동아시아 개도국 기후변화유발 재해경감 및 GAP 극복방안 연구

2012. 10

KOICA
한국국제협력단

본 연구보고서는 (사)환경과문명에 연구용역으로 위탁, 작성되었으며, (사)환경과문명 전병성 연구위원이 책임연구원으로, (사)환경과문명 정회성 대표, 김태용 소장, 인제대학교 박종길 교수, 대진대학교 장석환 교수, 강원대학교 최충익 조교수가 공동연구원으로 참여하여 작성하였음을 밝힙니다.

본 연구보고서의 내용은 한국국제협력단의 공식적인 입장과 일치하지 않을 수 있습니다.

제 출 문

한국국제협력단 이사장 귀하

본 보고서를 **'동아시아 개도국 기후변화유발 재해경감 및 GAP 극복방안 연구'**의 최종보고서로 제출합니다.

2012. 10.

연 구 책 임 : 전 병 성 ((사)환경과문명 연구위원)

공 동 연 구 원 : 김 태 용 ((사)환경과문명 연구소장)
박 종 길 (인제대학교 대기환경정보학과 교수)
장 석 환 (대진대학교 건설시스템공학과 교수)
정 회 성 ((사)환경과문명 대표)
최 충 익 (강원대학교 행정학과 조교수)

연 구 보 조 원 : 김 명 한 ((주)에코파이 연구원)
김 철 민 ((사)환경과문명 선임연구원)
신 창 호 ((사)환경과문명 연구원)
이 윤 미 ((사)환경과문명 연구원)

(사)환경과문명 대표
정 회 성

국문 요약

지구온난화로 인해 자연재해 발생 빈도 및 강도가 증가하여 점차 많은 피해를 발생시키고 있다. 미국 뉴올리언스의 허리케인'카트리나', 유럽의 150년 만에 최악의 폭염, 방글라데시의 초강력 태풍 '시드르', 일본의 2011년 최악의 쓰나미, 우리나라의 태풍'매미' 등 전세계 모든 지역이 기후변화로 인한 자연재해로 고통 받고 있다.

그러나 기후변화유발 재해의 피해가 국가에 따라 형평하지는 않다. 같은 재해라도 개발도상국은 선진국에 비해 상대적으로 많은 피해를 받는다. World Bank에서 발표한 자료에 의하면 개발도상국은 기후변화유발 재해 사상자 비율이 선진국에 비해 8배 이상 많았다.

전 세계적으로 기온이 상승하였고 향후 더 급격하게 상승할 것으로 전망된다. 동아시아 역시 모든 지역의 기온이 상승할 것으로 전망하고 있다. 좀 특이한 점은 해안을 접하는 면적이 넓은 지역은 상대적으로 기온 상승 폭이 적었다. 그러나 해안에 근접한 지역은 해수면 상승에 의한 영향 및 쓰나미 등의 위험이 높은 것으로 조사되었다.

동아시아 사례연구 국가의 대표적 기후변화유발 재해는 홍수, 태풍, 해수면 상승 등 기상재해로 유사한 특징을 보였다. 향후 급격한 기온상승 및 강수량 증가가 전망되어 현재 상태를 유지할 경우 재해 피해는 더 커질 것으로 예측된다. 본 연구의 대상국가로 한 6개국의 대표적인 기후변화유발 재해는 다음과 같다.

- 베트남 : 열대성 호우로 인한 홍수와 해수면 상승
- 필리핀 : 태풍과 열대성 호우로 인한 홍수
- 인도네시아 : 홍수 피해와 쓰나미
- 캄보디아 : 홍수와 가뭄
- 스리랑카 : 홍수, 홍수로 인한 산사태, 낙뢰, 태풍
- 몽골 : 조드(dzud)와 가뭄

동아시아 개도국들의 재해 피해가 큰 근본적인 이유는 방재 인프라가 열악하다는 것이다. 개도국 자체 재원이 부족하여 방재 인프라 투자가 미비하다. 방재 인프라 투자 미비는 재해 발생 시 피해 규모를 증가시키는 결과를 가져온다. 동아시아 사례연구 국가들을 대상으로 재해 대응 역량을 조사한 결과 다음과 같은 비슷한 특징이 도출되었다.

- 방재 관련 장비들이 부족하거나 열악
- 지원받은 시설들의 표준화 미비로 효율성 저하
- 전문인력이 부족하여 지원받은 기술을 제대로 활용하지 못함
- 과거 기초자료가 체계적으로 구축되지 않아 원활히 활용되지 못함
- 비효율적 법·행정체계로 재해 피해 증가
- 주거환경이 재해에 취약
- 방재 관련 교육 및 훈련 프로그램이 미비

재해 대응 역량이 부족한 동아시아 개도국을 지원하기 위해 선진 원조기관 및 국가들은 많은 재정·기술을 지원하였다. 우리나라도 공여국으로서 한국국제협력단(KOICA)를 통해 지원하고 있다.

우리나라 공적개발원조(ODA)금액의 규모가 작지 않지만, 선진 원조기관 및 국가에 비해서는 상대적으로 미약하다. 수혜국들도 많은 체감을 느끼지 못하고 있다. 선진 원조기관, 선진국, 우리나라에서 지원했던 사업 및 현지 공무원 인터뷰를 분석한 결과 다음과 같은 전략적 접근이 필요하다.

- 첫째, 액수가 큰 대규모 지원보다는 실효성 있는 기술력을 중심으로 지원
- 둘째, 사후관리까지 고려한 사업 프로그램 구성
- 셋째, 각 나라별 특성상 일방적인 지원을 하겠다는 입장보다는 공동발전의 입장으로 접근

동아시아 개도국의 기후변화유발 재해 피해를 경감하기 위해 크게 하드웨어, 소프트웨어, 휴먼웨어로 구분하여 제안하였다.

하드웨어는 구조물과 장비 관련 부문이다. 방재 구조물의 건설과 시설물의 설치, 방재 장비의 정비 및 첨단화, 사회기반시설 조성, 사후관리 장비의 확보 등이 있다.

소프트웨어는 비구조물 부문이다. 명확한 법·제도 구축, 방재에 신속한 행정체계 구축, 재해대응 예산의 확충, 사전 예방 기술 도입, 글로벌 플랫폼(POP)에 맞는 기술 지원, 재해 취약성 평가, 자료의 체계적 구축, 토지이용계획, 건축 설계기준 변경 및 강화, 재해보험 활성화 등이 있다.

휴먼웨어는 비구조물 부문에서 사람과 관련된 부문이다. 주민 참여 활성화, 주민 기반 방재 네트워크 지원, 다양한 교육프로그램, 교육과 소득의 연계, 지속적 교류체계 등이 있다.

국가마다 공여 환경이 다르기 때문에 우선적으로 필요한 사업을 환경에 맞게 지원해야 한다. 우리나라는 소프트웨어 및 휴먼웨어에 중점을 두는 전략을 채택하는 것이 바람직하다.

베트남은 홍수피해가 잦은 국가로 홍수 위주의 방재 시스템이 필요하다. 하드웨어로는 배수펌프장 시설 공사, 하천환경정비 사업, 긴급 대피시설 설치, 홍수조절용 저류지 조성, 배수로 정비 사업 등이 필요하다. 소프트웨어는 신속한 재해 대응을 위한 행정조직 개편, 방재 장비의 표준화 연구, 과거 자료의 디지털화 작업 및 D/B 구축, 수문자료, 강우자료 관측시설 및 자료의 D/B 구축, 재해 관련 보험제도 지원 방안 및 교육 프로그램 개발, 홍수 취약성 평가, 홍수위험지도 제작, 건물의 내수성 강화 시범 적용, 재해 저감을 위한 토지이용계획 수립 등의 사업이 필요하다. 휴먼웨어는 기후변화 재해관련 전문인력 양성 프로그램 지원(석사), 장비 표준화를 위한 공동연구 및 운영 인력 확보 등이 필요하다.

필리핀은 태풍 및 태풍으로 인한 호우 피해를 경감할 수 있는 방재 시스템이 필요하다. 하드웨어는 방재관련 정보 통신 시설 구축, 중소 하천의 자동 조기경보시스템 확장 설치, 강 및 하천의 준설, 긴급 대피시설 설치, 제방 축조 등이 필요하다. 소프트웨어는 강 유역에 대한 체계적 조사 및 D/B 구축, 재해 대응을 위한 구체적 행동지침 마련, 수치 예보 모형(현재 MIKE)의 검증 및 개선, 천리안 위성 수신 시스템 구축, 재해 관련 보험제도 지원 방안 및 교육 프로그램 개발, 재해 경감을 위한 토지이용계획 수립 등의 사업이 필요하다. 휴먼웨어는 기상레이더 관련 전문인력 양성, 천리안 수신을 위한 전문가 양성 등의 사업이 필요하다.

인도네시아는 무수한 섬으로 이루어진 지형적 특성에 적합하고 홍수, 해수면 상승을 고려한

방재 시스템이 필요하다. 하드웨어는 지형적 특성(섬)을 반영한 통신 전달시스템 구축, 홍수조절용 저류지 조성, 재해 대응 다목적 긴급 대피시설 설치, 첨단 연안침식 방지 공법 개발 및 시공, 해일 대처 방호벽 건설, 다용도 해일방파제 건설 등의 사업이 필요하다. 소프트웨어는 산사태 위험지도 제작 및 관리프로그램 설치, 해수면 상승으로 인한 국토변화 시나리오 구축, 쓰나미에 대한 취약성 평가, 천리안 위성 수신 시스템(중규모) 및 기술 지원, 재해 대응 훈련 및 운영 프로그램 개발 등의 사업이 필요하다. 휴먼웨어는 위성자료 기술 관련 전문인력의 연수 및 파견, 기후변화 재해관련 전문인력 양성 프로그램 지원(석사 과정), 관계 공무원 및 NGO 전문가 교육 연수, 주민 대상 재해 대응 교육 지원(파견) 등의 사업이 필요하다.

캄보디아는 홍수와 가뭄 피해가 매우 잦은 국가로 물관리 위주의 방재시스템이 필요하다. 하드웨어는 돌발홍수 대비 긴급대피시설 확보, 돌발홍수 예·경보 시설 설치, 다목적 댐 건설, 소규모 식수 전용 저수지 조성, 강 및 하천의 준설, 배수 펌프장 시설 공사, 제방 축조, 하수도정비, 긴급 대피시설 설치, 홍수조절용 저류지 조성, 광역 상수도 망 구축, 빗물 이용시설 시범 설치 등의 사업이 필요하다. 소프트웨어는 강 유역에 대한 체계적 조사 및 D/B 구축, 재해 관련 국가 마스터플랜 수립, 재해 대응을 위한 효율적 행정체계 정비 연구, 과거 기초자료의 디지털화 및 D/B 구축, 재해관리를 위한 법체계 정비, 가뭄 지수 개발 및 국가 지하수 관측망 구축, 물절약 프로그램 수립, 긴급 식수원 공급 체계 개선 등의 사업이 필요하다. 휴먼웨어는 재해관련 교육 및 훈련 프로그램 개발, NGO 지원을 통한 활동 지원 방안 연구 등이 필요하다.

스리랑카는 홍수, 홍수로 인한 산사태, 낙뢰 피해에 대한 방재시스템이 필요하다. 하드웨어는 사방댐 설치, 사면안정화 사업, 옹벽, 흙막이 공작물 설치, 낙뢰 피해 예방 시설 등의 사업이 필요하다. 소프트웨어는 과거 기초자료의 디지털화 및 D/B 구축, 산사태 위험지도 제작 및 관리프로그램 설치, 산사태 대응 행정 역량 강화, 지역 맞춤형 산사태 대책공법 연구, 재해 관련 보험제도 지원 방안 및 교육 프로그램 개발, 재해 경감을 위한 토지이용계획 수립 등의 사업이 필요하다. 휴먼웨어는 정부, NGO 대상 재해관련 전문 교육훈련 프로그램 개발, 낙뢰사고 피해방지 교육 및 훈련 지원(파견), 재해 피난 가상훈련 교육 지원(파견) 등의 사업이 필요하다.

몽골은 조드(dzud) 및 가뭄에 대한 방재시스템이 필요하다. 하드웨어는 조드 방지 시설 설치(축사 등), 재해정보 전달을 위한 통신 기반시설 구축, 다목적 댐 건설, 광역 상수도 망 구축, 빗물 이용시설 시범 설치 사업, 지상기상관측소의 자동화(AWOS) 사업, 기상레이더 관측 장비 지원 사업 등이 필요하다. 소프트웨어는 효율적인 재해관리를 위한 법체계 정비, 가뭄 대응 국가 마스터플랜 수립, 가뭄 지수 개발 및 국가 지하수 관측망 구축, 물절약 프로그램 수립, 긴급 식수원 공급 체계 구축, 조드 예·경보 시스템 구축 등이 필요하다. 휴먼웨어는 기상 관측 및 예보 능력 향상을 위한 전문 인력 교육 프로그램 지원, 방재 전문 인력 양성을 위한 전문대학과의 MOU 체결 및 교육 지원 등의 사업이 필요하다.

현재 정부는 개도국을 대상으로 향후 더 많은 공적개발원조(ODA)를 지원하겠다고 약속하였다. 해당 개도국에 우선적으로 필요한 사업을 지원하는 것이 필요하며, 사업들간 연계방안 모색이 강구되어야 한다. 본 연구 결과는 동아시아 개도국의 지원 사업의 가이드라인 역할을 할 것이다. 추후 본 연구에서 제시한 국가별 사업을 구체적으로 추진할 수 있는 연구가 진행되어야 할 것이다.

Abstract

Because of global warming, natural disasters are getting more frequent and strong er and causing increasingly large damage. Every part of the earth is suffering from natural disasters caused by climate change, as seen in 'Hurricane Katrina' of New Or leans, USA, the worst heat wave Europe has ever had in 150 years, 'Cidre', an ultra-powerful typhoon of Bangladesh, the worst tsunami of Japan in 2011, and 'Typhoon Maemi' of Korea.

However, the damage from climate-change-caused natural disasters is not equal a mong nations. Compared with developed countries, developing countries are afflicted relatively more from the same natural disaster. According to the data from the Worl d Bank, the ratio of casualties from climate-change-caused natural disasters of devel oping countries was over eightfold higher than that of developed countries.

The temperature has risen on the global scale, and is projected to rise more drasti cally henceforth. Unexceptionally, in East Asia too temperature is expected to rise in every part of the region. What is a little peculiar about the region, this study found, is that areas with longer stretch of land adjoining the sea showed a relatively smaller temperature increase. But coastal areas are found to be more vulnerable to sea-level rise and tsunami.

This study has found that the most salient climate-change-caused natural disasters in the target East Asian countries are characteristically similar; they were all weather -bound, such as floods, typhoons, and sea-level rise. With drastic rise in temperatur e and precipitation expected henceforth, the damage from disasters is expected to in crease more if the current state is maintained. The typical climate-change-caused di sasters of the six target countries of this study are as follows.

- Vietnam : Floods due to tropical downpours and sea level rise.
- Philippines : Typhoons and floods due to tropical downpours.
- Indonesia : Floods and tsunami.
- Cambodia : Floods and droughts.
- Sri Lanka : Floods, landslides caused by floods, lightning, and typhoons
- Mongolia: Dzud and drought.

The fundamental cause of large scale disaster-bound damage of East Asian develo ping countries is their poor disaster-preventive infrastructure. Because of financial s hortage, the countries can't afford to invest in the disaster-preventive infrastructure, which results in a greater-scale damage when disasters take place. The investigation on the target East Asian countries' capacity to cope with natural disasters has led to the finding of the following features they commonly have:

- Insufficient or poor disaster-preventive equipment.

- Low efficiency of the government-aided facilities due to incomplete standardization.
- Low applicability of aided technology because of short professional manpower.
- Low applicability of the basic data from the past because of its poor systematical construction.
- Inefficient legal and administrative system.
- High vulnerability of housing environment to natural disasters.
- Inadequate education and training programs for disaster prevention.

To support the East Asian developing countries with poor capability to handle natu ral disasters, aid organizations and countries in the developed world have given ampl e financial and technological support. Korea has joined the force as a donor nation t hrough KOICA(Korea International Cooperation Agency).

Although the amount of Korea's ODA(Official Development Assistance) is not small, it is relatively insignificant compared with the developed aid organizations and countr ies. The recipient countries can't perceive its existence tangibly either. Analysis of th e projects supported by developed aid organizations, developed countries, and Korea and interviews with governmental officials in recipient countries indicates the need of the following strategic approaches.

- First, when giving aids, focus should be given more on practicable technology than on the financial scale of projects.
- Second, when constituting project programs, consideration should be given up to follow-up management.
- Third, in giving aids, the approach should be one that pursues mutual development with regard to each country's needs rather than one-sided giving.

To lessen damage from climate-change-caused disasters to East Asian developing countries, this study has made suggestions under three categories: hardware, softwar e, and humanware.

Hardware is a category related with building structures and equipment. It includes: constructing disaster-preventive structures and installing facilities: maintaining and m odernizing disaster preventive equipment: creating social infrastructure: securing equi pment for post management.

Software is a category of non-structural sector. It covers: establishing clear-cut la ws and institutions: establishing an administrative system prompt in disaster preventi on: securing disaster-related budget: introducing precautionary preventive technolog y: assisting with technology geared for the global platform: assessing disaster-vulnera bility: constructing data in a systematic way: modifying and reinforcing land use plan s and architectural design standards: activating disaster insurance.

Humanware is a category related with people in the non-structural sector. It cover s: increasing residential participation: supporting residents-based disaster prevention network: developing various educational programs: providing differentiated education

tailored for each income level: establishing a system that allows continuous exchange with recipient countries.

Since each recipient country has unique conditions in need of aids, priority should be given to preferentially important projects which are different for each country. Ko rea should take a strategy that focuses on software and humanware sectors.

Vietnam, a country with frequent floods, needs a disaster prevention system which is especially geared for handling floods. For the hardware sector the country needs projects such as: constructing drainage pump station facilities: improving the stream environment: installing emergency refuge shelters: creating detention ponds to contro l flood: renovating drainage channels, etc. For the software sector the country needs projects such as: reshuffling the administrative system to increase responsiveness to natural disasters: research to standardize disaster prevention equipment: digitalization of the past data and establishment of data base: establishing data bases on sluice ga tes and precipitation observation facilities: devising measures to support disaster-rela ted insurance systems and developing related educational programs: making assessm ent of flood vulnerability: making flood danger maps: pilot application of reinforced water-resistance of buildings: establishing land use plans to reduce damage from dis asters. For the humanware sector, the country needs: supporting programs(master's degree program) to train professional manpower dealing with climate-change-caused disasters, conducting joint research to standardize equipment and secure manpower t o operate it.

The philippines needs a disaster prevention system to reduce damage from typhoo ns and typhoon-caused downpours. For the hardware sector the Philippines needs: e stablishing disaster preventive information and communication facilities: extensive ins tallment of an automated early warning system for small-and-medium size streams: c learing the floor of rivers and streams: establishing emergency refuge shelters; buildi ng levees. For the software sector, the Philippines needs projects such as: systematic investigation on river basins and establishment of data base: making specific action g uidelines to reduce damage from disasters: verification and improvement of mathema tical forecast model(currently MIKE): establishment of Chollian satellite data reception system: developing supportive measures for disaster-related insurance systems and e ducation programs: establishing land use plans to reduce damage from disasters, etc. For the humanware sector, the country needs projects such as: training professional manpower specialized in meteorological radar: training experts for Chollian satellite d ata reception, etc.

Indonesia, a country composed of countless islands, needs a disaster prevention sy stem reflecting its geographical features and expected sea level rise. For the hardwar e sector, Indonesia needs following projects: establishing communication transfer syst ems reflecting its geographical features(islands): creating detention ponds to control f loods: installing multi-purpose emergency refuge shelters from disasters: developing

and applying high-tech construction methods to prevent coastal erosion: constructing tsunami-protection walls: constructing multi-purpose storm surge barriers, etc. For t he software sector, Indonesia needs projects such as: making landslide danger maps and installing landslide management programs: establishing scenarios for national lan d change due to sea level rise, making assessment of tsunami vulnerability: establishi ng Chollian satellite data reception system(mid-scale) and giving technical support: dr illing to cope with disasters and developing its management programs, etc. For the h umanware sector the country needs projects such as: training and dispatch of profes sional manpower specialized in satellite data technology: supporting training program s(master's degree program) to foster specialists in climate-change-caused disasters: e ducating and training relevant government officials and NGO specialists: supporting(a nd sending personnel for) residential education to cope with natural disasters.

Cambodia, a country with very frequent floods and droughts, is in need of disaster prevention systems tailored for water management. For the hardware sector, the cou ntry needs projects such as: securing emergency refuge facilities against sudden floo ds: installing facilities to forecast and warn sudden floods: constructing multi-purpos e dams: creating small-size reservoirs for drinking water only: clearing the floor of r ivers and streams: constructing drainage pump facilities: building levees: repairing se wage way: installing emergency refuge shelters: creating detention ponds for flood co ntrol: building a wide-range water supply network: installing pilot facilities to use rai nwater. For the software sector the country needs projects such as: systematic invest igation on river basins and according construction of data base: establishing a natio nal master plan for disaster management: research for efficient overhaul of administ rative system to deal with natural disasters: digitalization of the basic data from the past and establishment of data base: reshuffling legal system for disaster managemen t: developing a drought index and building a national ground water observation netw ork: establishing water conservation programs: improving emergency drinking water s ource supply system, etc. For the humanware sector, the country needs projects suc h as: developing disaster-related education and training programs: research on meas ures to support NGOs activities through aids, etc.

Sri Lanka needs disaster prevention system to deal with damage from floods, flood -caused landslides, and lightning. For the hardware sector the country needs: constr uction of torrent-control dams: projects to stabilize slopes: installment of earth-retai ning structures: facilities to prevent damage from lightning, etc. For the software sec tor, the country needs projects such as: digitalizing the basic data from the past and construction a data base: making landslide danger maps and installing landslide man agement programs: reinforcing administrative capacity to cope with landslide: researc h on region-specific constructing methods to deal with landslide: developing supporti ve measures and education programs for disaster-related insurance systems, establis hing land use plans to reduce damage from disasters, etc. For the humanware secto r, the country needs projects such as: developing disaster-related specialized educati

on and training programs for the government and NGOs: supporting(and dispatching personnel for) education and training to prevent damage from lightning: supporting(a nd dispatching personnel for) virtual training and education for refuge from disaster s, etc.

Mongolia needs a disaster prevention system for dzud and drought. For the hardw are sector, the country needs projects such as: installing facilities(cattle house, etc) t o prevent dzud: establishing communication infrastructure to transmit disaster-relate d information: building multi-purpose dams: establishing wide-range water supply net works: installing pilot facilities to use rainwater: establishment of automated weather observing system(AWOS): supplying weather radar observation equipment. For the sof tware sector, the country needs projects such as: reshuffling legal system for efficien t disaster management: establishing a national master plan aimed at drought: develop ing drought index and establishing a national ground water observation network: mak ing a program to conserve water: establishing an emergency drinking water supply s ystem: establishing dzud forecasting and warning systems, etc. For the humanware s ector the country needs: supporting education programs to enhance weather observat ion and forecast abilities of professional manpower: signing MOU with colleges to fost er manpower specialized in disaster prevention and providing educational support.

At present, the Korean government has promised that it will increase official devel opment assistance(ODA) for developing countries henceforth. The aid should be given to preferentially important projects of the target developing country while looking for ways to increase connectedness between projects. The outcome of this study will act as a guideline of aid projects for East Asian developing countries. There should be f urther study to carry forward the projects this study suggested for each country.

목 차

국문 요약 ····· i

Abstract ····· v

제1장 서론

제1절 연구의 배경 및 필요성 ····· 3

제2절 연구의 목적 ····· 6

제2장 동아시아 개도국의 기후변화유발 재해유형 분석

제1절 기후변화유발 재해의 정의와 유형 ····· 9

제2절 동아시아 개도국 기후변화유발 재해 발생 동향 ····· 11

1. 동아시아 개도국 기후변화 추이 분석 ····· 11
2. 동아시아 개도국 기후변화유발 재해발생 현황 ····· 17

제3절 사례연구 국가별 기후변화유발 재해유형 분석 ····· 23

1. 베트남 ····· 23
2. 필리핀 ····· 31
3. 인도네시아 ····· 41
4. 캄보디아 ····· 47
5. 스리랑카 ····· 50
6. 몽골 ····· 56

제4절 사례연구 국가의 기후변화유발 재해유형 특징 ····· 66

1. 사례연구 국가의 재해 위험도 ····· 66
2. 사례연구 국가별 재해 유형 특징 ····· 70

제3장 선진원조기관의 재해 지원 및 방재기술 현황

제1절 동아시아 개도국 기후변화유발 재해 지원 현황 ····· 75

1. 세계은행(World Bank) ····· 75
2. 아시아개발은행(ADB) ····· 76
3. 일본국제협력기구(JICA) ····· 79

제2절 선진방재기술 현황 및 동향 ····· 80
1. 일본(Japan) ····· 80
2. 미국(USA) ····· 87
3. 영국(United Kingdom) ····· 93
4. 국제기구 ····· 95
5. 기타 주요 기술 현황 ····· 99

제3절 우리나라 적용을 위한 시사점 ····· 101

제4장 우리나라 방재기술 분석과 동아시아 개도국 재해 지원방향

제1절 국내 방재 기술 현황 및 평가 ····· 105
1. 국내 자연재해 현황 ····· 105
2. 국내 방재 기술 현황 ····· 111
3. 국내 방재 기술 평가 ····· 149

제2절 동아시아 개도국 재해관련 지원 현황과 시사점 ····· 157
1. 동아시아 개도국 재해관련 지원 개요 ····· 157
2. 사례연구 국가별 지원 사업 및 프로그램 내역 ····· 158

제3절 재해경감 및 Gap 극복을 위한 지원방향 ····· 168
1. 방재 기술 및 프로그램 지원방향 ····· 168
2. 지원가능 기술 및 프로그램 유형 ····· 169

제5장 사례연구 국가별 재해대응 역량 분석 및 협력 프로그램 개발

제1절 베트남 ····· 177
1. 일반사항 ····· 177
2. 기후변화유발 재해 대응 역량 분석 ····· 177
3. 베트남 정부가 요청한 사업 ····· 184

제2절 필리핀 ····· 185
1. 일반사항 ····· 185

2. 기후변화유발 재해 대응 역량 분석 ····· 187
3. 필리핀 정부가 요청한 사업 ····· 202

제3절 인도네시아 ····· 203
1. 일반사항 ····· 203
2. 기후변화유발 재해 대응 역량 분석 ····· 204
3. 인도네시아 정부 요청사업 ····· 208

제4절 캄보디아 ····· 209
1. 일반사항 ····· 209
2. 기후변화유발 재해 대응 역량 분석 ····· 210
3. 캄보디아 정부 요청사업 ····· 212

제5절 스리랑카 ····· 213
1. 일반사항 ····· 213
2. 기후변화유발 재해 대응 역량 분석 ····· 214
3. 스리랑카 정부가 요청한 사업 ····· 222

제6절 몽골 ····· 223
1. 일반사항 ····· 223
2. 기후변화유발 재해 대응 역량 분석 ····· 224
3. 몽골 정부가 요청한 사업 ····· 240

제6장 기후변화유발 재해경감 및 Gap 극복을 위한 발전방안

제1절 기후변화유발 재해대응 Gap에 대한 종합평가 ····· 243
1. 사례연구 국가의 주요 재해유형 ····· 243
2. 사례연구 국가별 기후변화유발 재해대응 역량 분석 ····· 244

제2절 기후변화유발 재해대응 Gap 극복정책 추진방안 ····· 251
1. 사업유형별 Gap 극복정책 추진방안 ····· 251
2. 재해유형별 Gap 극복정책 추진방안 ····· 258
3. 사례연구 국가별 Gap 극복정책 추진방안 ····· 259
4. 사례연구 국가 간의 네트워크를 통한 Gap 극복방안 ····· 270
5. 수원국과 공여국의 상생협력 방안 ····· 270

제3절 기후변화유발 재해유형별 적정기술 적용방안 ····· 271

1. 홍수위험국의 적정기술 적용방안 ····· 271
2. 태풍위험국의 적정기술 적용방안 ····· 272
3. 가뭄위험국에 대한 적정기술 적용방안 ····· 273

제7장 동아시아 개도국과의 협력을 위한 정책제언 및 가이드라인

제1절 효율적인 기후변화유발 재해경감 지원방안 ····· 277

제2절 기후변화유발 재해경감 협력 가이드라인 ····· 282
1. 기후변화유발 재해경감 협력의 기본방향 설정 ····· 282
2. 기후변화유발 재해경감 협력 가이드라인 ····· 283

제3절 기후변화유발 재해경감 전문인력 확보방안 ····· 286
1. 방재 교육관련 국내외 기관 현황 ····· 286
2. 방재교육 및 전문가 확보 방안 ····· 290
3. 재해경감 전문인력 양성을 위한 연계 협력 ····· 292

제4절 기후변화유발 재해경감을 위한 제도적 발전방안 ····· 294
1. 도시계획적 재해경감 기법 도입 ····· 294
2. PAR(Protection-Accommodation-Retreat) 시스템 도입 ····· 299
3. 보험과 연계한 도시개발 ····· 301
4. 건축적 기법의 활용 ····· 302
5. 위기관리 거버넌스의 확립 ····· 304

제8장 요약 및 정책제언

제1절 요약 ····· 309

제2절 권장사업 제안 ····· 312
1. 공동 추진 권장 사업 ····· 312
2. 국가별 추진 권장 사업 ····· 314

제3절 정책제언 ····· 326

참고문헌 ····· 328

표 목 차

[표 2-1] 자연재해대책법에 의한 재해 구분 ····· 9
[표 2-2] 동남아시아에서 관측된 평균온도 변화 ····· 11
[표 2-3] 동남아시아의 물 부족 문제로 인한 재해 사례 ····· 12
[표 2-4] 동남아시아에서 관측된 평균 강수량 변화 ····· 13
[표 2-5] 동남아시아에서 관측된 해수면 변화 ····· 14
[표 2-6] 동남아시아의 라니냐와 태풍으로 인한 재해 사례 ····· 14
[표 2-7] 동남아시아에서 관측된 기후 아노말리(anomalies)와 극한 기상현상 ····· 16
[표 2-8] 아시아 및 태평양 지역 10대 자연재해 유형 및 영향(1980-2009) ····· 18
[표 2-9] 아시아 및 태평양 지역 홍수, 태풍, 지진에 대한 최상위 10개 취약 국가 ····· 19
[표 2-10]자연재해 피해 유형별로 본 아태 국가 순위(1980-2009년) ····· 21
[표 2-11] 베트남의 기후변화 시뮬레이션 ····· 25
[표 2-12] 베트남에 영향을 미친 태풍 발생 현황(1950-1999) ····· 26
[표 2-13] 베트남에서의 기후변화 취약 지역 및 부문 ····· 26
[표 2-14] 기후위기지수(CRI, 1998~2007)로 본 취약국가 순위 ····· 27
[표 2-15] 베트남의 주요 재해 사례 및 피해내역 ····· 30
[표 2-16] 홍수 피해현황 (1980-2005) ····· 39
[표 2-17] 캄보디아의 2000년 8월 홍수피해 현황 ····· 48
[표 2-18] 스리랑카의 계절별 평균 강수량 비교(1961~1990년) ····· 51
[표 2-19] 스리랑카의 기후변화유발 재해 발생 유형과 빈도 ····· 52
[표 2-20] 스리랑카의 주요 재난재해 피해 내역(1957-2007년) ····· 52
[표 2-21] 스리랑카의 인명피해 기준 10대 재해/재난 ····· 52
[표 2-22] 스리랑카의 피해액 기준 10대 재해/재난 ····· 53
[표 2-23] 몽골 토양의 여름 상태 및 가뭄정도(%) ····· 58
[표 2-24] 몽골 조드의 사회경제적 피해(2009~2010) ····· 59
[표 2-25] 몽골의 자연재해 유형 ····· 59
[표 2-26] 몽골의 재해 빈도 및 위험도 ····· 60
[표 2-27] 몽골의 2009년 및 2010년 조드 피해의 원인과 영향 분석 ····· 62
[표 2-28] 몽골에서 발생한 대규모 지진 현황 ····· 64
[표 2-29] 기후변화유발 재해위험이 높은 동남아시아 지역 및 재해유형 ····· 66
[표 3-1] 세계은행 기후변화 대응 원조 사업 사례 ····· 76
[표 3-2] 아시아개발은행 기후변화 대응 원조 사업 사례 ····· 78
[표 3-3] 일본의 ODA 지원 현황 ····· 79
[표 3-4] 일본 방재기상정보의 예 ····· 83

[표 3-5] 유비쿼터스 IT활용 재난대응체계 현황 ····· 100
[표 4-1] 우리나라의 최근 대규모 자연재해 피해현황 ····· 105
[표 4-2] 우리나라의 주요 재해별 피해현황 ····· 105
[표 4-3] 태풍 '루사'의 피해 내역 ····· 107
[표 4-4] 우리나라 한강홍수통제소의 수위 및 우량 관측소 현황 ····· 111
[표 4-5]가뭄지수의 종류와 가뭄심도분류기준 ····· 122
[표 4-6] 농촌용수 종합정보시스템(RAWRIS) 구축 내용 ····· 125
[표 4-7] 가뭄 단계별 농업용수 관리 계획 ····· 126
[표 4-8] 국토해양부 가뭄상황별 단계구분 및 대처요령 ····· 127
[표 4-9] 연안침식 방지공법(강성공법) ····· 130
[표 4-10] 연안침식 방지공법(연성공법) ····· 130
[표 4-11] 재해 피해정보 수집 및 전송기술 유형 및 특징 ····· 134
[표 4-12] 우리나라 레이더 강수 예측 기술 특성 ····· 141
[표 4-13] 우리나라 레이더 강수 예측 기술 개발 내역 ····· 141
[표 4-14] 우리나라 천리안 기상위성의 주요 기능 ····· 142
[표 4-15] 우리나라 부처별 가상훈련 내용 ····· 145
[표 4-16] 분야 및 부문별 기술력 평가 결과 ····· 151
[표 4-17] 기상장비 국산화율 및 기술수준 종합 ····· 153
[표 4-18] 동아시아 기후변화 유발 재해 관련 KOICA 지원사업 현황(2011) ····· 157
[표 4-19] 베트남 기상재해 상시감시 시스템 구축 내용 ····· 158
[표 4-20] 베트남 WIS 구축 지원 사업 내용 ····· 159
[표 4-21] 베트남 온라인교육 지원 시스템 제공 사업 내용 ····· 160
[표 4-22] 몽골 항공기상업무 현대화 사업 내용 ····· 162
[표 4-23] 천리안위성 지원 사업 내용 ····· 163
[표 4-24] 스리랑카 천리안위성 전문교육 지원 내용 ····· 164
[표 4-25] 베트남, 필리핀 기후자료 복원 및 관리시스템 사업 내용 ····· 165
[표 4-26] 베트남, 필리핀 천리안 위성 수신시스템 구축 사업 내용 ····· 166
[표 4-27] 기상기술교육 지원 교육 프로그램 ····· 167
[표 5-1] 베트남 기후변화대응국가계획 목표 ····· 178
[표 5-2] 베트남의 환경분야 예산(2009~2010) ····· 180
[표 5-3] 베트남의 부처별 기후변화 업무 현황 ····· 182
[표 5-4] 재해 위험 저감을 위한 법적 발의 ····· 187
[표 5-5] SNAP(2009-2019)의 우선순위 프로그램/프로젝트 목록 ····· 189
[표 5-6] 국가재난기금(NCF)에 대한 연간 충당금 예산 ····· 190
[표 5-7] 인도네시아의 기후변화 대응 계획 ····· 204
[표 5-8] 위험요인별 대응부처 및 문제점 ····· 221

[표 5-9] 몽골 기상환경감시청 조직 ····· 226
[표 5-10] 몽골 기상환경감시청 관측소 현황 ····· 230
[표 5-11] 몽골 수문기상 관측소 현황 ····· 237
[표 5-12] 몽골 농업-목축기상관측소 현황 ····· 238
[표 6-1] 베트남의 재해 대응 역량과 지원 요청사업 ····· 245
[표 6-2] 필리핀의 재해 대응 역량과 지원 요청사업 ····· 246
[표 6-3] 인도네시아의 재해 대응 역량과 지원 요청사업 ····· 247
[표 6-4] 캄보디아의 재해 대응 역량과 지원 요청사업 ····· 248
[표 6-5] 스리랑카의 재해 대응 역량과 지원 요청사업 ····· 248
[표 6-6] 몽골의 재해 대응 역량과 지원 요청사업 ····· 249
[표 6-7] 사례연구 국가들의 재해유형별 Gap 극복정책 추진방안 ····· 258
[표 6-8] 베트남 재해경감 및 Gap 극복 정책 추진사업 ····· 261
[표 6-9] 필리핀 재해경감 및 Gap 극복 정책 추진사업 ····· 263
[표 6-10] 인도네시아 재해경감 및 Gap 극복 정책 추진사업 ····· 264
[표 6-11] 캄보디아 재해경감 및 Gap 극복 정책 추진사업 ····· 266
[표 6-12] 스리랑카 재해경감 및 Gap 극복 정책 추진사업 ····· 267
[표 6-13] 몽골 재해경감 및 Gap 극복 정책 추진사업 ····· 269
[표 6-14] 홍수위험국의 홍수, 집중호우 피해 대응을 위한 적정기술 및 사업 ····· 271
[표 6-15] 태풍위험국의 태풍, 해수면 상승, 쓰나미 피해 대응을 위한 적정기술 및 사업 ····· 273
[표 6-16] 가뭄위험국의 가뭄 피해 대응을 위한 적정기술 및 사업 ····· 274
[표 7-1] 동아시아 개도국 재해경감을 위한 기술협조 필요사항 ····· 277
[표 7-2] 분야별 GIS 기술 활용 방안 ····· 279
[표 7-3] 국내·외 재해경감 교육 기관 실태 ····· 287
[표 7-4] 사례연구 국가별 자연재해 실태와 방재 우선순위 ····· 291
[표 7-5] 위험기반 용도지역제의 예 ····· 294
[표 7-6] 위험지역 재해경감 계획기준 ····· 295

그 림 목 차

<그림 1-1> 소득수준국별 재해 사상자 비율(1960-2006) ····· 4
<그림 2-1> 동아시아 평균기온의 추이 및 전망 ····· 11
<그림 2-2> 동아시아 연평균 강수량의 추이 및 전망 ····· 12
<그림 2-3> 2020년대 증발량 변화(RCP8.5) ····· 13
<그림 2-4> 2080년대 증발량 변화(RCP8.5) ····· 13
<그림 2-5> 아시아 지역의 자연재해 발생 경향(1980~2007) ····· 17
<그림 2-6> 아시아 지역의 자연재해 재산 피해(1980~2007) ····· 17
<그림 2-7> 지역별 자연재해 발생 추이(1980-2009) ····· 18
<그림 2-8> 동남아시아의 홍수와 태풍으로 인한 피해 규모(1960-2008) ····· 20
<그림 2-9> 아.태 지역 재해유형별 발생추이(1980-2009) ····· 22
<그림 2-10> 동아시아 해수면 상승(5m)에 따른 위험도 분석 ····· 24
<그림 2-11> 필리핀의 지역별 태풍 경로도 ····· 31
<그림 2-12> 필리핀의 평균기온 추이(1951-2010년) ····· 32
<그림 2-13> 필리핀 최고기온 추이(1951-2010년) ····· 32
<그림 2-14> 필리핀 최저기온 추이(1051-2010년) ····· 32
<그림 2-15> 필리핀의 최고기온 99퍼센타일 평균(좌)과 최저기온 1퍼센타일 평균(우)(1971-2000)의 일 빈도 추이 ····· 33
<그림 2-16> 필리핀의 지역별/월별 강수량 추이 ····· 33
<그림 2-17> 필리핀의 기상이변위험 분석도 ····· 33
<그림 2-18> 필리핀의 집중호우 일수 평균(좌)과 장마일수 평균(우)(1971-2000) 추이 ····· 34
<그림 2-19> 필리핀에 영향을 준 태풍 발생 횟수(1948-2010) ····· 34
<그림 2-20> 태풍의 최대 풍속 150kph 이상의 동향 분석 ····· 35
<그림 2-21> 필리핀의 주요 세 개 섬을 통과한 태풍의 10년단위 변화(1951-2000) ····· 35
<그림 2-22> 필리핀의 재해유형별 경제적 손실도 ····· 36
<그림 2-23> 월평균 태풍 영향 빈도수 ····· 36
<그림 2-24> 태풍 파르마의 이동경로와 강우량 ····· 37
<그림 2-25> 태풍 온도이의 이동경로와 강우량 ····· 37
<그림 2-26> 필리핀의 재해 노출도 ····· 40
<그림 2-27> 인도네시아의 평균기온 변화 추이와 전망 ····· 41
<그림 2-28> 인도네시아 탄중프리오크(tanjung priok)의 평균 해수면 상승 ····· 43
<그림 2-29> 인도양의 열대태풍 경로 ····· 43
<그림 2-30> 인도네시아의 연도별 재해건수와 피해현황 ····· 44
<그림 2-31> 인도네시아 재해 현황 분포지도 ····· 45

<그림 2-32> 인도네시아 재해별 빈도수와 피해인원 현황 ····· 45
<그림 2-33> 인도네시아 아체(Aceh)지역의 2004년 쓰나미 피해 ····· 46
<그림 2-34> 인도네시아의 재해 종류 및 빈도수 ····· 46
<그림 2-35> 캄보디아 주요 자연지해 지역 ····· 49
<그림 2-36> 캄보디아 가뭄피해지역 ····· 49
<그림 2-37> 스리랑카 쓰나미 피해지역 ····· 55
<그림 2-38> 몽골의 최근 60년 간의 기온변화(단위: ℃) ····· 57
<그림 2-39> 몽골의 최근 60년 간의 연강수량의 변화(단위 : mm) ····· 57
<그림 2-40> 몽골의 가뭄 지수 변화추이 ····· 58
<그림 2-41> 몽골의 재해유형별 연평균 발생빈도(1988~2009) ····· 60
<그림 2-42> 동남아시아의 기후위험지도 ····· 66
<그림 2-43> 사례연구 국가의 주요재해 유형 ····· 70
<그림 3-1> 일본의 풍해방지를 위한 실험 및 모델링 시스템 ····· 81
<그림 3-2> 일본의 레이더 자료를 이용한 기상·수문 예측 ····· 81
<그림 3-3> 일본 기상청의 기상정보 수집과정 ····· 82
<그림 3-4> 일본의 방재기상정보 전달과 대응 체계 ····· 82
<그림 3-5> 일본 NHK의 2011년 3월 11일 지진 재해 방송 ····· 84
<그림 3-6> 일본 NHK의 지진으로 인한 화재현장 재해방송 ····· 84
<그림 3-7> 일본의 고도방재종합정보 네트워크 ····· 85
<그림 3-8> 일본 와카야마 방재무선시스템의 구성 ····· 85
<그림 3-9> 일본의 위성리모트센싱을 이용한 재해감시·방재시스템의 방재센터 기능흐름 ····· 86
<그림 3-10> FEMA에서 제공하는 재해정보 ····· 87
<그림 3-11> FEMA HAZUS-MH를 통한 홍수재해 모니터링 ····· 87
<그림 3-12> FEMA의 GIS·RS 기술 활용 홍수피해지역 분석 ····· 87
<그림 3-13> NOAA의 현재 해수면 도면 ····· 88
<그림 3-14> NOAA의 해수면 6ft 상승시의 도면 ····· 88
<그림 3-15> NOAA의 해수면상승에 따른 위험도 분석의 신뢰도 정보 제공 ····· 89
<그림 3-16> NOAA의 시나리오 기반 재해정보 제공 ····· 89
<그림 3-17> FEMA HAZUS-MH를 통한 지진, 풍수해 위험관리 ····· 91
<그림 3-18> 런던소방재난대비기구 홈페이지 ····· 93
<그림 3-19> WMO 제공 조기경보 시스템의 구조 ····· 95
<그림 3-20> WMO의 세계 위성 관측망 ····· 96
<그림 3-21> 태풍위원회 재해정보시스템(TCDIS) 매뉴얼 ····· 97
<그림 3-22> 표준화된 행동강령을 통해 지방정부의 방재시스템 재구성 과정(41차 태풍위원회) ·· 97
<그림 3-23> 웹 기반 태풍위원회 재해정보시스템(TCDIS) ····· 98
<그림 3-24> 일본 U-Japan 재난관리시스템 ····· 99

<그림 3-25> 미국, 독일, 호주 U-IT 재난관리시스템 ····· 100
<그림 4-1> 태풍 '루사'의 진로도 ····· 106
<그림 4-2> 우리나라 급경사지 재해 현장조사 현황 ····· 109
<그림 4-3> 우리나라 홍수통제소 현황 ····· 111
<그림 4-4> 한강홍수통제소의 홍수예보시설 망도 ····· 112
<그림 4-5> 홍수통제소 홍수예보 조직도 ····· 112
<그림 4-6> 한강권역 홍수예보 지점 현황 ····· 113
<그림 4-7> 우리나라 홍수예보 절차 ····· 113
<그림 4-8> 한강홍수통제소 홍수예보 발령 전파 체계도 ····· 113
<그림 4-9> 우리나라 국가통합 홍수방재시스템 구조 ····· 115
<그림 4-10> 우리나라 국가통합 홍수방재시스템 전달 구조 ····· 115
<그림 4-11> 우리나라 돌발홍수 예측시스템의 구성요소 ····· 117
<그림 4-12> 우리나라 돌발홍수 예·경보 체계도 ····· 117
<그림 4-13> 우리나라 낙석 및 산사태방지관리 시스템 ····· 119
<그림 4-14> 우리나라 GIS 기반 산사태위험지 관리시스템 주제도 ····· 120
<그림 4-15> 우리나라 산사태 예측도 ····· 121
<그림 4-16> 우리나라 GIS 기반 급경사지 붕괴판단시스템 구성도 ····· 122
<그림 4-17> 우리나라 가뭄재해 정보시스템 화면 ····· 124
<그림 4-18> 우리나라 가뭄재해 정보시스템 시나리오 분석 화면 ····· 124
<그림 4-19> 하천관리지리정보시스템의 사용자별 제공 내용 ····· 128
<그림 4-20> 국가하천 전자지도 실행화면 ····· 129
<그림 4-21> 진파의 전파와 조기경보의 개념도 ····· 132
<그림 4-22> 재난경보방송 전달체계 ····· 135
<그림 4-23> 해양기상 관측 방법별 빈도 ····· 136
<그림 4-24> 연안 방재 관측 시스템 구축 방안 ····· 136
<그림 4-25> 항만기상정보전달 장비 및 시스템 ····· 137
<그림 4-26> 우리나라 기상청 해양기상 예측 모델 ····· 137
<그림 4-27> 맞춤형 해양기상 정보전달 서비스 및 장비 ····· 138
<그림 4-28> 활주로 기상관측 ····· 139
<그림 4-29> 공역기상 감시 체계도 ····· 139
<그림 4-30> 우리나라 기상레이더 관측소 현황 ····· 140
<그림 4-31> 우리나라 기상레이더 자료처리 흐름도 ····· 140
<그림 4-32> 천리안 기상위성 운영 체계도 ····· 142
<그림 4-33> 천리안 기상위성 서비스 가능 국가 ····· 143
<그림 4-34> 천리안 기상위성 영역별 관측 빈도 ····· 143
<그림 4-35> 우리나라 소방방재청 유비쿼터스 기반기술 ····· 143

<그림 4-36> 부산 u-도시방재시스템 구성도 ····· 144
<그림 4-37> 소방방재청 시·군·구 재난대응시스템 구축사업 ····· 144
<그림 4-38> CCTV 자동위험인식 시스템 처리과정 ····· 147
<그림 4-39> CCTV 통합·연계시스템 ····· 147
<그림 4-40> 풍수해 상황분석·판단시스템 흐름도 ····· 148
<그림 4-41> 국가 기상기술력 평가 결과 ····· 150
<그림 4-42> 베트남 기상재해 상기감시시스템 구성(안) ····· 159
<그림 4-43> 민나다오 설치 하천 수위계 ····· 160
<그림 4-44> 필리핀에 지원된 재난 경보기(좌)와 예·경보 모델(우) ····· 161
<그림 4-45> 몽골에 지원한 웹기반 기상분석 시스템 ····· 161
<그림 4-46> 몽골 항공기상업무 현대화 지원 프로세스 ····· 162
<그림 4-47> 몽골에 설치한 황사감시탐 ····· 163
<그림 4-48> 스리랑카 천리안위성 자료 수신/분석시스템 구성 현황 ····· 164
<그림 4-49> 스리랑카 천리안위성 사업 시스템 구성 내역 ····· 164
<그림 4-50> 기후자료 복원 시스템 프로세스 ····· 166
<그림 4-51> 개도국 지원사업의 효율성 분석 ····· 169
<그림 4-52> 재난 대비 현장 학교 교육과정 ····· 173
<그림 4-53> 기후변화 정보 및 기술 공유 플랫폼 ····· 173
<그림 5-1> 베트남 지도 ····· 177
<그림 5-2> 베트남 CCFSC 조직도 ····· 182
<그림 5-3> 필리핀의 지도 ····· 185
<그림 5-4> 필리핀의 기후유형도 ····· 186
<그림 5-5> 필리핀 NDCC의 17개 부서 ····· 191
<그림 5-6> 필리핀 OCD 조직도 ····· 192
<그림 5-7> 필리핀 DCC의 태풍 기구 조직도 ····· 193
<그림 5-8> 종관기상관측소 ····· 196
<그림 5-9> 레이더관측소 ····· 196
<그림 5-10> 필리핀 EFCOS 관측망 ····· 199
<그림 5-11> 필리핀 재해방지조기경보시스템의 구성도(1차) ····· 200
<그림 5-12> 필리핀 재해방지조기경보시스템의 구성도(2차) ····· 201
<그림 5-13> 인도네시아의 지도 ····· 203
<그림 5-14> 인도네시아 BNBP 조직 구조 ····· 205
<그림 5-15> 인도네시아 BMKG 조직 구조 ····· 206
<그림 5-16> 캄보디아 지도 ····· 209
<그림 5-17> 캄보디아 NCDM 조직도 ····· 211
<그림 5-18> 스리랑카의 지도 ····· 213

<그림 5-19> 스리랑카 방재관련 중앙정부기구 업무처리 흐름도 ····· 216
<그림 5-20> 스리랑카 재난관리인권부의 조직도 ····· 218
<그림 5-21> 스리랑카 재난관리인권부 업무처리 흐름도 ····· 218
<그림 5-22> 스리랑카 재난관리센터 조직 구성 ····· 219
<그림 5-23> 스리랑카 지방 비상작전센터 ····· 220
<그림 5-24> 몽골의 지도 ····· 223
<그림 5-25> 몽골 기상환경감시청 조직도 ····· 226
<그림 5-26> 몽골의 NEMA 조직 기구 ····· 227
<그림 5-27> 몽골의 기상관측소(5인 근무) 분포도 ····· 229
<그림 5-28> 몽골의 186개 기상 포스트(1인 근무) 분포도 ····· 230
<그림 5-29> 수소가스 풍선(balloon) ····· 232
<그림 5-30> 러시아제품 존데(우측)와 수신기(좌측) ····· 232
<그림 5-31> 핀란드 바이살라제품 존데(우측)와 수신기(좌측) ····· 232
<그림 5-32> 몽골 모린울산에 위치하고 있는 기상레이더관측소 ····· 233
<그림 5-33> 몽골 기상환경감시청이 사용하고 있는 청사 옥상의 기상위성자료 수신 안테나 ····· 234
<그림 5-34> 몽골 기상위성 수신용 PC와 수신영상 자료 ····· 234
<그림 5-35> 몽골 MM5/WRF 수치예보모델 영역 ····· 235
<그림 5-36> 몽골 수문관측망도 ····· 237
<그림 5-37> 몽골의 GIS 기반 수문데이터베이스 구축 현황 ····· 237
<그림 5-38> 몽골 농업기상관측 ····· 238
<그림 5-39> 몽골 목축기상관측 ····· 238
<그림 5-40> 몽골 인공강우 실험 장면 ····· 239
<그림 5-41> 몽골의 이동식레이더 ····· 239
<그림 7-1> 시간 흐름에 따른 기후변화 적응 효과 ····· 283
<그림 7-2> 개도국 원조 지원시스템에 대한 Schematic Diagram ····· 284
<그림 7-3> 사회기반시설 강화 프로젝트 ····· 297
<그림 7-4> 환경적 지속가능성 기준 (출처: 해양환경관리공단, 2010) ····· 298
<그림 7-5> 연안지역 기후변화 적응 수단 (출처: 해양환경관리공단, 2010) ····· 299
<그림 7-6> 기후변화 적응 효과에 따른 위험 회피 정도 ····· 301

제 1 장 서 론

제1절 연구의 배경 및 필요성
제2절 연구의 목적

제1장 서론

제1절 연구의 배경 및 필요성

가. 기후변화유발 재해 피해 증가 전망

OECD 환경전망 2050 보고서에 따르면 2010년 세계 전체 이산화탄소 배출량이 역사상 최고치인 30.6기가 톤(Gt)을 기록할 것으로 예측하고 있고, 온실가스는 50% 증가하여 지구 평균기온이 3~6℃ 상승할 것으로 전망하고 있다. 해빙기와 간빙기의 기온 차이가 5℃ 인 것을 감안하면, 그 심각성에 대한 결과를 추측할 수 있다.

급격하게 기온이 상승하면 강우 유형이 바뀌고 빙하가 녹아 해수면이 상승하는 등 전례가 없는 극한기후 상황을 맞이하게 될 것이다. 2050년까지 대기 중 온실가스 농도가 450ppm이 되면 지구온도가 2℃ 상승할 가능성이 50%에 이르는데, 아무런 정책의 변화가 없을 경우 온실가스 농도는 685ppm에 이를 것으로 전망하고 있다.

그리고 극한현상 및 재해의 위험관리 특별보고서(SREX) 요약집에 따르면 극한기후로 인한 영향의 정도는 극한기후 자체의 강도뿐만 아니라 극한기후에 노출(exposure)과 취약성(vulnerability) 정도와 같은 사회경제학 조건에 따라 달라지며, 인위적인 요인에 의한 기후변화와 더불어 자연적 기후변동의 영향으로 미래 극한기후가 변화할 수 있음을 강조하였다(2011년 11월 18일 뉴스와이어 보도자료).

1950년 이후 관측자료를 분석한 결과에 의하면, 기후변화에 따른 극한기후, 영향, 취약성, 피해는 지역에 따라 다르다. 하지만 고온현상 증가, 집중호우 증가, 평균 해수면 고도 상승, 유럽 남부와 아프리카 서부에서의 가뭄 증가 등은 뚜렷하게 나타났다. 기상청에서 IPCC 4차 평가보고서(2007)에 사용된 40개 기후변화 시나리오를 분석한 결과는 다음과 같다.

- 21세기 후반에 폭염 증가 가능성과 해수면 고도 상승으로 인한 피해 가능성은 90% 이상, 집중호우 증가 가능성은 66% 이상 증가할 것으로 예상
- 20세기 후반에 20년 빈도로 나타나던 일최고기온은 21세기 후반에는 2-5년 빈도로 더 자주 나타날 것으로 예상
- 20세기 후반에 20년 빈도로 나타나던 일강수량은 21세기 후반에 5-15년 빈도로 더 자주 나타날 것으로 예상

또한, IEA(국제에너지기구) 보고서에 따르면 향후 5년 안에 대기 중 CO_2 농도를 대폭 떨어뜨리지 않으면 미래는 더욱 심각해 질 것이라고 경고하였다.

이상과 같이 전 세계적으로 기후변화 문제의 심각성을 인식하고 대처하려는 움직임을 보이고 있지만, 이미 기후변화에 대한 영향들이 발생하고 있고 각 국가별 이익 우선의 정책으로 기후

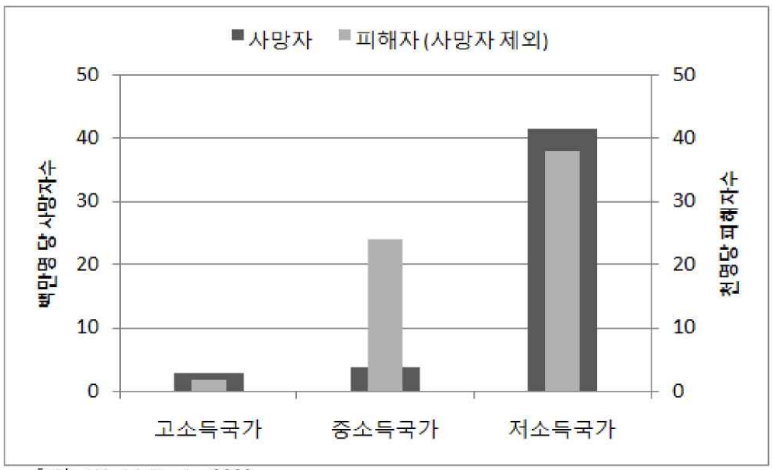
변화에 대한 문제를 쉽게 풀지 못하고 있다. 급격한 기후변화로 인한 재해피해가 날로 심해지고 있으며 기후변화에 대한 미래전망은 더욱 심각한 상황이다.

나. 아시아국가로 기후변화유발 재해 피해 집중

전 세계적으로 기후변화로 유발되는 재해의 규모(범위, 피해액, 사상자 등)가 점차 증가하고 있다. 2010년, 한 해 동안에 발생한 자연재해로 인해서 전 세계적으로 사망자와 경제적 피해규모가 최근 20년간 최대 규모로 발생하였다. 자연재해 발생 373건, 자연재해로 인한 사망자는 29만 7천명, 재산피해는 총 1,090억 달러(122조 원)에 달하였다.

특히 전 세계 기후변화유발 재해의 42%가 아시아 지역에서 발생하고 있는데 비해 이로 인한 아시아 지역 사망자는 전 세계의 90%를 차지하고 있다. 이는 아시아 지역의 국가들의 기후변화 대응 능력이 매우 취약하여 피해를 증가시키고 있다는 것을 시사하고 있다.

또한, World Bank에서 조사한 바에 의하면 저소득국가에서 기후변화유발 재해 발생시 더 많은 피해를 입는 것으로 조사되었다(<그림 1-1> 참조). 특히 동남아시아 지역은 개도국이 집중되어 있어 더 많은 피해를 발생시키는 것으로 분석되었다.



〈그림 1-1〉 소득수준국별 재해 사상자 비율(1960-2006)

자료 : World Bank(2008) 자료를 한국국제협력단(2009.07.13), 불평등한 기후변화에서 인용.

다. 기후변화유발 재해에 대한 국제협력 공감대 고조

기후변화유발 재해는 일반적으로 개도국에 심각한 영향을 미치는 경우가 많아, 기후윤리, 불평등한 기후변화에 대한 국제개발 협력사업 공감대가 형성되고 있다. 특히, 2009년 UN의 글로벌 플랫폼에서 2015년까지 재해인명피해 최소화를 위한 재해경감(기후변화유발) 투자확대를 천

명하였다.

그러나 국가 간 재난 대응 시스템과 기술차이로 인해서 효율적인 공조가 어려운 상황이다. UN 재해경감 아시아 각료회의가 3차에 걸쳐 개최되었으나, 우리나라는 특별한 지원책을 마련하지 못하고 있는 현실이다. 우리나라는 지리적으로 동아시아에 위치하고 있어 기후변화대응을 위해서 적극적으로 협조함으로서 국가의 위상을 높일 수 있는 중요한 상황에 직면해 있다.

라. 차이(Gap) 극복을 위한 연구의 필요성 증대

재해대처 방안 중 재해발생 후 피해복구를 하는 것보다는 재해가 발생하기 전에 사전경보를 통해서 피해를 저감하는 것이 피해를 효과적으로 줄일 수 있다. 그러나 대부분의 개도국들은 사전예방 분야가 매우 취약하여 선진화된 재해 예방 방안을 적용하기 위한 연구가 요구되고 있는 상황이다.

국제기구 및 기관이 지속적으로 동아시아 개도국에 대해 지원을 하고 있지만 대상국 현실에 맞는 지원 및 체계적 관리가 이루어지지 못해 실효성이 떨어지고 있다. 그러므로 원조 대상국의 실태를 분석하고, 대상국의 요구사항을 면밀히 파악하는 전략적인 지원 방안 연구가 필요하다.

기후변화에 대한 심각성 등으로 기후시장의 규모와 범위는 확대·성장하고 있으나 기후의 불확실성에 대한 우려 때문에 민간의 직접 투자를 기대하기가 어려운 상황으로 공적개발원조(ODA : Official Development Assistance)의 지원 필요성이 높은 연구분야이다.

제2절 연구의 목적

본 연구는 이러한 상황 하에서 다음과 같은 목적으로 수행되었다.

첫째, 우리나라의 재해방재와 관련한 핵심기술을 분석하고 이를 동아시아 개도국에 제공할 수 있는 공여국으로서의 기반을 구축하고자 하였다. 기후변화유발 재해와 관련하여 우리나라가 상대적으로 우위에 있는 기술을 발굴하고 이것을 수요국 필요에 맞는 사업으로 전환하고자 하였다.

둘째, 국별 협력전략(CPA : Country Partnership Strategy)이 수립하였거나 수립 중에 있는 동아시아 주요국을 중심으로 기후변화유발 재해유형별 대응수준의 파악 및 Gap 극복 방안을 제시하였다. 사례연구 국가는 베트남, 필리핀, 인도네시아, 캄보디아, 스리랑카, 몽골을 대상으로 하였다.

셋째, 기후변화유발 재해에 의한 피해가 극심한 동아시아 개도국에 선진화된 계측시스템과 조기경보시스템을 적용하는 방안을 제시함으로서 인적·경제적 피해저감 전략을 제시하였다. 따라서 기상 관측, 예보 및 경보 시스템에 대한 조사 분석이 주가 되었다.

넷째, 이 같은 연구 성과를 토대로 향후 기후변화유발 재해 관련 분야의 발전 방안을 모색하였다. 특히 동아시아 개도국은 물론 여타 개도국에 대해서 녹색발전의 선도국가로서 우리나라의 정책 및 기술지원의 방향이 무엇인지를 살펴보았다.

제 2 장 동아시아 개도국의 기후변화유발 재해유형 분석

제1절 기후변화유발 재해의 정의와 유형
제2절 동아시아 개도국 기후변화유발 재해 발생 동향
제3절 사례연구 국가별 기후변화유발 재해유형 분석
제4절 사례연구 국가의 기후변화유발 재해유형 특징

제2장 동아시아 개도국의 기후변화유발 재해유형 분석

제1절 기후변화유발 재해의 정의와 유형

기후변화와 자연재해는 서로 원인과 결과로 나타난다. 인구 증가 및 개발도상국들의 무분별한 자원개발(화석연료)로 탄소 배출량이 증가하여 지구온도가 상승하는 온난화현상이 발생하고, 이로 인해 이상 고온, 가뭄, 폭우(폭설), 지진, 해일 등 자연재해를 발생시킨다.

이상기후는 자연변화의 한 부분이기도 하지만 가장 큰 이유는 인간 활동에 의한 온실가스의 대기 중 농도 증가가 그 주된 원인이다. 인간 활동이 대규모적으로 기후에 영향을 미치기 시작한 것은 산업 혁명 초기 인 18세기 중엽부터이다. 그러나 가속도가 붙은 것은 1970년부터 2004년 사이로서 지구 온실가스 배출량은 70%나 증가했고 이 증가 속도는 최근 2만년 동안 전례가 없는 속도인 것으로 나타났다.

이로 인해 해수면은 계속 상승하고 있고 세계의 많은 지역에서 기상이변 발생률이 크게 증가하고 있다. 극심한 가뭄, 홍수를 유발하는 엘니뇨현상도 그 크기나 발생 빈도 및 지속성이 계속 증가하고 있다. 뿐만 아니라 이 같은 기상이변의 강도도 증가하여 재해도 커지고 있다. 그렇다고 우리가 기후변화를 명확하게 정의하고 있다고 하기는 힘들다.

UN 기후변화협약(UNFCCC : United Nations Framework Convention on Climate Change)에서 정의하는 기후변화는 “대기조성을 변경시키는 인간 활동에 직·간적접인 원인으로 자연적 기후변동이 관측된 기후 변화”로 정의하고 있다.

우리나라 자연재해 관련 최상위법인 「자연재해대책법」 제2조에서는 자연재해 및 풍수해에 대한 세부유형이 규정되어 있다([표 2-1] 참조). 「자연재해대책법」 제2조에는 재해를 크게 자연재해와 풍수해로 구분하고 태풍, 홍수, 호우, 강풍, 대설 등 기상에 의한 재해를 다수 포함하고 있으나, 최근 기후변화로 인해 새로운 위험으로 대두되고 있는 폭염, 열대야, 해수면상승 등은 현재 법률상에 규정되어 있지 않다(국토해양부, 2012).

[표 2-1] 자연재해대책법에 의한 재해 구분

근거	구분	세부 유형
자연재해대책법 제2조	자연재해	태풍·홍수·호우·강풍·풍랑·해일·조수(潮水)·대설·낙뢰·가뭄·지진(지진해일 포함)·황사 그밖에 이에 준하는 자연현상으로 인하여 발생하는 재해
	풍수해	태풍·홍수·호우·강풍·풍랑·해일·조수(潮水)·대설 그밖에 이에 준하는 자연현상으로 인하여 발생하는 재해

자료 : 소방방재청(2009), 2008 재해연보.

기후변화유발 재해는 기온 상승, 열파 빈도 증가, 집중호우 빈도 증가, 가뭄 피해지역 증가, 강력한 열대성 저기압 활동 증가, 극단적으로 높은 해수면 출현빈도 증가 등 기후변화 현상과 밀접한 관련이 있는 재해를 말한다. 주로 수문기상재해(hydro-meteorological disaster)가 해당되며, 이는 「자연재해대책법」의 풍수해와 유사하다(국토해양부, 2012).

따라서 기후변화로 인해 발생하는 폭염, 집중호우, 가뭄피해, 강력한 열대성 저기압[1], 높은 해수면 출현, 해수면 상승으로 인한 재해 등을 기후변화 유발 재해로 정의할 수 있다. 그러므로 기후변화유발 재해의 유형은 열대성 저기압인 태풍(폭풍), 집중호우에 의한 홍수, 해수면 상승, 가뭄, 산사태, 쓰나미, 산불, 조드 등에 의한 재해로 유형화할 수 있다.

1) 열대지역인 5°와 20° 사이 위도의 해양 위에서 발생하는 저기압으로 강한 비바람을 동반하여 움직일 때 태풍이라고 불린다. 열대저기압은 최대풍속에 의해 분류된다. 특히 열대저기압은 발생지역에 따라 북태평양 서부에서는 태풍, 남인도양에서는 윌리윌리, 벵골만·아라비아해에서는 사이클론, 대서양과 북태평양 동부에서는 허리케인 등으로 불린다. 극동지방에서는 열대저기압 중심 부근의 최대풍속이 17㎧를 넘게 되면 태풍이라고 하며 태풍의 중심 부분에는 반지름 15~50㎞ 정도의 하강기류가 있는 원형지역이 나타나는데, 이를 태풍의 눈이라고 한다. 평균적인 태풍의 크기는 300~600㎞로 보는데, 때로는 중심에서 800㎞ 떨어진 곳에서 강풍이 나타나기도 한다. 열대저기압 중 허리케인이 단일 재해요인으로서 가장 막대한 피해를 초래한다고 한다. 일반적으로 태풍은 그 발생지·통과중심지·발생순 등으로 이름을 붙이며, 한국에는 주로 7~9월에 나타나 때때로 해양사고, 폭풍우로 인한 풍수해를 일으킨다.

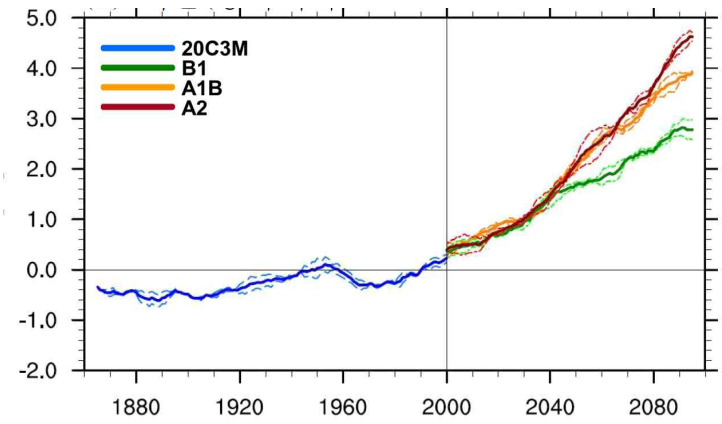
제2절 동아시아 개도국 기후변화유발 재해 발생 동향

1. 동아시아 개도국 기후변화 추이 분석

❑ 평균기온의 상승

동아시아의 평균기온은 지난 100년 동안 10년 당 0.1-0.3℃ 상승하였다(<그림 2-1> 및 [표 2-2] 참조). 앞으로는 상승폭이 점차 커져 2100년 기준으로 동아시아는 현재보다 평균온도 3~4℃ 상승할 것으로 전망된다.

평균기온의 상승은 지구환경 전반에 많은 영향을 미친다. 평균기온 상승은 강, 댐 등에서 증발량을 증가시켜 인간 소비, 농업관개, 수력발전소의 능률 등에 영향을 준다.



〈그림 2-1〉 동아시아 평균기온의 추이 및 전망
자료 : 국립기상연구소(2009), 기후변화 이해하기 Ⅱ.

[표 2-2] 동남아시아에서 관측된 평균온도 변화

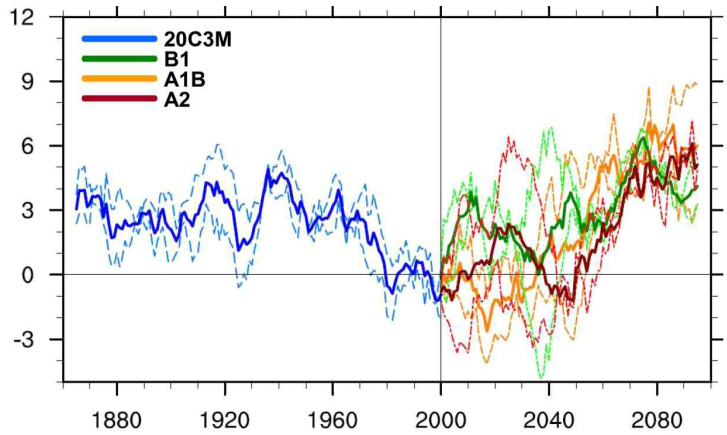
구분	기온변화(℃)	출처
인도네시아	1세기 당 1.04-1.40℃ 상승	Rataq(2007)
필리핀	1세기 당 1.4℃ 상승	IPCC(2007)
싱가포르	1987-2007 관측자료 분석결과, 10년 당 약 0.3℃ 상승	Ho(2008)
태국	1세기 당 1.04-1.80℃ 상승	Jesdapipat(2008)
베트남	1세기 당 1.0℃ 상승	Cuong(2008)

❑ 평균 강수량 감소

동아시아의 평균 강수량은 1960부터 2000년까지 하강하는 경향을 보였다(<그림 2-2> 참조).

물 부족 문제는 특히 엘니뇨 해에 증가하였고, 흉작, 식수부족, 전력생산부족 문제를 발생시켰다([표 2-3] 참조). 강수량 감소는 환경에 폭 넓게 영향을 미치는데 대표적으로 물 부족 문제로 이어진다.

하지만 국립기상연구소에서는 향후 강수량이 증가할 것으로 전망하고 있다. 또한 기온 증가에 따른 증발량도 증가하므로, 표층의 토양 수분은 일부 지역을 제외하고는 줄어들고 심층에 대해서는 증가할 것으로 전망하고 있다(<그림 2-3> 및 <그림 2-4> 참조).



〈그림 2-2〉 동아시아 연평균 강수량의 추이 및 전망
자료 : 국립기상연구소(2009), 기후변화 이해하기 Ⅱ.

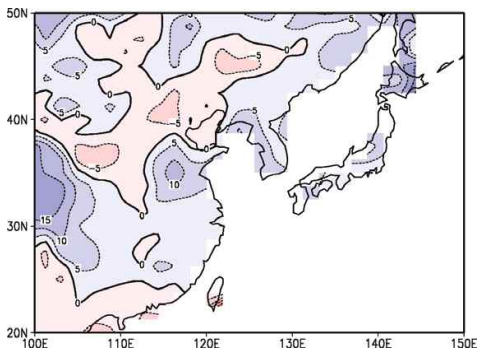
[표 2-3] 동남아시아의 물 부족 문제로 인한 재해 사례

구분	관측된 영향
베트남	기온증가로 인해 증발산량이 증가하였고, 이로 인해 농업에 필요한 관개수나 이외 목적에 필요한 수자원 사용이 감소되었다(Cuong 2008).
필리핀	엘니뇨 해인 1997-1998년 동안, 극심한 가뭄이 발생하였고, Angat 댐에서 극심한 물부족 문제와 마닐라와 그 주변지역에 주요 수자원부족문제가 발생하였다. 수자원의 10%가 감소되었고, 어떤 지역에서는 물 배급제도가 시행되었다. 또한 해수면상승은 물부족 문제를 악화시켰을 뿐 아니라, 해수가 지하수로 스며들면서, 주요 식수와 관개수에 악영향을 미쳤다(Perez, 2008).
태국	풍부한 수자원을 가지고 있으나 기후변화가 시작됨에 따라 연간 물균형 문제가 발생하기 시작하였고, 최근 들어 중요한 문제로 대두되었다. 강수패턴, 강수 빈도와 강도의 변화는 유역에서 강과 하구로 흐르는 수자원의 양과 질에 영향을 미칠 것이다.

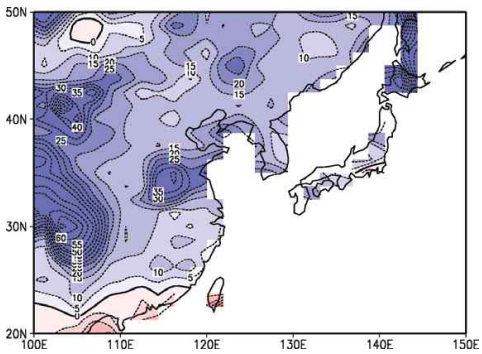
[표 2-4] 동남아시아에서 관측된 평균 강수량 변화

구분	기온변화(℃)	참고문헌
베트남	9월부터 11월 ENSO가 강해 태풍강도 증가	Cuong(2008)
필리핀	강수일수와 평균 강수량 증가	Anglo(2006)
인도네시아	몇 몇 지역에서 최근 10년 동안 평균 강수량 감소	Aldrian(2007)
싱가포르	지난 30년 동안 평균 강수량 감소	Ho(2008)
태국	지난 50년 동안 평균 강수량 감소	Jesdapipat(2008)

주 : ENSO(El Nino Southern Oscillation)는 남방진동(Southern Oscillation)과 엘니뇨(El Nino)가 합쳐져서 일어나는 현상을 말함.



〈그림 2-3〉 2020년대 증발량 변화(RCP8.5)



〈그림 2-4〉 2080년대 증발량 변화(RCP8.5)

자료 : 국립기상연구소(2010), IPCC 5차 평가보고서 대응을 위한 기후변화 시나리오 보고서.

❑ 해수면 상승

지난 수십 년 간, 동남아시아에서는(세계 평균 해수면보다 미미하게) 평균적으로 1년당 1-3mm사이의 해수면이 상승하고 있다([표 2-5] 참조).

해수면 상승 및 해수면 기온 상승은 라니냐(폭우와 관련된)와 태풍 등의 크기 및 빈도를 증가시킨다. 이로 인해 동남아시아의 다수 유역에서 엄청난 홍수를 발생시켰으며, 이러한 자연재해가 빈번히 발생할 경우, 엄청난 생계, 인명, 재산 피해를 일으켰다([표 2-6] 참조).

동남아시아의 연안에서 발생하는 홍수와 침식은 최근 몇 년 동안 극한 기후적 요소와 비 기후적 요소로 인해 빈번해졌다.

해수면과 극한기상현상 때문에 연안의 불안정성이 가속되어 연안에서의 홍수와 침식이 증가하였고, 이로 인한 피해지역이 증가하고 있다. 최근 몇 년 간 태풍과 태풍에 의한 해일이 동남아시아를 강타하였으며, 그로인해 해변과 가파른 절벽 및 맹그로브 습지가 사라지고 있다.

그런데 2100년까지 동남아시아의 해수면 상승은 40cm까지 상승할 것으로 예측되고 있다. 경우에 따라서는 작은 규모의 섬들이 사라질 가능성이 있다. 그리하여 연안지역의 녹지나 도시가 침수위험에 노출되고 있다.

[표 2-5] 동남아시아에서 관측된 해수면 변화

구분	해수면 변화	출처
베트남	2-3mm/년 증가	Cuong(2008)
필리핀	주요 해안 도시에서 해수면이 상승하였으며, 특히 마닐라의 해수면이 가장 많이 증가	Yanagi and Akaki(1994), Perez(1999), Hulme and Sheard(1999)
인도네시아	지역에 따라 1-8mm/년 증가	SME(2007)
싱가포르	지금까지 평균 해수면보다 높아지지 않음	Ho(2008)
태국	최근 몇 년간 높아지는 경향	Jesdapipat(2008)

[표 2-6] 동남아시아의 라니냐와 태풍으로 인한 재해 사례

구분	관측된 영향
베트남	홍강 델타, 메콩 델타, 중심부에서 발생한 엄청난 홍수로 인하여 상당한 피해와 손실을 입었으며, 1996년부터 2001년까지 100만여 가구가 홍수로 인한 피해를 입었다. 적어도 1,684명이 사망한 것으로 기록되었다. 재배지역은 20,690-401,342 ha 이상이 홍수로 인한 피해를 입었다. 생선이나 새우양식장도 홍수로 인해 큰 피해를 입었으며, 이로 인한 총 피해액은 680백만 달러로 집계되었다. 지난 수 십 년 간, 홍수와 산사태로 인해 발생한 사상자가 발생하였다.
필리핀	폭우, 태풍은 유출, 홍수, 산사태의 원인이 된다. 1991년부터 2006년까지 산사태와 홍수로 인한 사망자는 약 10,000명이다. 1975년부터 2002년까지 강한 태풍으로 인하여 연간 593명이 사망하였고, 연간 자산피해는 농업에 미친 피해액 55 백만 달러를 포함하여 약 83 백만 달러의 피해가 발생하였다.
태국	2001년에 홍수로 인하여 920,000여 가구가 피해를 입었다. 1989년부터 2002년까지 홍수, 폭풍, 가뭄으로 인한 경제적 손실이 17.5억 달러보다 많이 발생하였다. 1991년부터 2000년까지 농업부분에서 발생한 손실이 12.5억 달러보다 증가하였다.

❑ 기후변화로 인한 영향 전망

동남아시아 지역에서는 지구온난화현상으로 인해 이상기후와 극한기상현상이 빈번하게 발생함으로 다양한 피해를 초래하고 있다. 폭염에 따른 열대야 일수가 증가하고 전례가 드문 폭우와 홍수가 자주 발생하였다. 엘리뇨 현상과 관련된 가뭄피해도 늘고 있으며 필리핀 등에서는 태풍의 발생빈도가 늘고 있다고 한다([표 2-7] 참조).

많은 선행연구들은 지구온난화에 따른 동아시아 지역의 기온 상승과 강수량 증가가 지속될 것으로 전망하고 있다(Min et al., 2006; Lu et al., 2007; Moon et al., 2008; Yun et al., 2008). 향후 미래(2070~2099년) 기온의 경우(1971~2000년 대비) 연평균, 여름철, 겨울철 모두 동아시아 전 지역에서 온도상승을 전망하고 있다. 특히 고위도에서의 온도상승이 크게 나타날 것이라 전망하고 있다(국립기상연구소, 2010).

IPCC 4차 평가보고서의 종합보고서에서는 동아시아 지역에 대해 다음과 같은 전망을 하고 있다.

- 기후변화로 인해 폭염, 가뭄, 홍수, 태풍과 같은 극한기상현상의 빈도와 강도가 증가하고 있다.
- 아시아 여름 몬순의 일 강수량의 연간 변동성이 증가하고 강수량 강도가 증가 예측, 이는 몬순 변동성에 영향을 미치는 ENSO[2]의 변화는 강우 변동성에도 상당한 영향을 미칠 것으로 예상, 또한 ENSO는 열대 저기압의 발생, 강도, 특성과 경년변동성에 영향을 미칠 것으로 전망하고 있다.
- 동남아시아의 북쪽지역은 열대 저기압 특성에 상당한 영향을 미칠 것이며, 이로 인해 강수량과 풍속의 강도가 증가할 것으로 전망된다.
- 2050년까지 특히 큰 강 유역에서 담수 이용률이 감소하고, 해안 지역, 특히 인구가 과밀한 메가델타 지역은 강물과 해수 범람 증가로 인해 최대의 위험에 처할 것으로 전망된다.
- 전망되는 수문 순환의 변화로 인해 풍토병 발생률과 주로 홍수와 가뭄에 관련된 설사병으로 인해 사망률이 증가할 것으로 예상된다.
- 현재 해수면 온도가 2-4℃ 상승하는 것 때문에 열대 저기압의 강도가 10-20% 강해질 것이며 폭풍해일 높이의 확장은 더 강한 풍속을 발생시킬 것이며, 해수면 온도 상승과 저기압으로 인해 열대성 폭풍이 증가하고, 이로 인해 연안의 재해 위험성이 증가한다고 경고하고 있다.

2) ENSO(El Nino Southern Oscillation)는 남방진동(Southern Oscillation)과 엘니뇨(El Nino)가 합쳐져서 일어나는 현상을 말함.

[표 2-7] 동남아시아에서 관측된 기후 아노말리(anomalies)와 극한 기상현상

극한 기상현상	주요 경향	참고문헌
폭염	1961년부터 1998년 사이 추운 날과 찬 밤은 줄어들고 더운 날과 열대야는 증가함.	Manton et al.(2001); Cruz et al(2006); Tran et al(2005)
폭우와 홍수	베트남에서 증가한 극한 강우의 발생은 홍수로 이어짐. 1990년과 2004년, 필리핀에서 산사태와 홍수가 발생하였고, 2000년 캄보디아에서 홍수가 발생함.	FAO/WFP(2000), Environment News Service(2002); FAO (2004); Cruz et al.(2006), Tran et al.(2005)
가뭄	인도네시아, 라오 PDR, 미얀마, 필리핀, 베트남의 가뭄은 일반적으로 엘니뇨 해와 관련이 있다. 1997년, 1998년의 가뭄은 흉작의 원인이 되었고, 물부족뿐만 아니라 인도네시아, 라오 PDR, 필리핀의 여러 지역에서 산불의 원인이 됨.	Duong(2000); Kelly&Adger (2000); Glantz(2001); PAGASA(2001)
태풍	평균적으로 20개의 태풍이 매년마다 필리핀의 8-9개 지역을 지나감, 1990년부터 2003년까지 필리핀을 통과하는 태풍의 빈도가 평균적으로 4.2회 증가함.	PAGASA(2005)

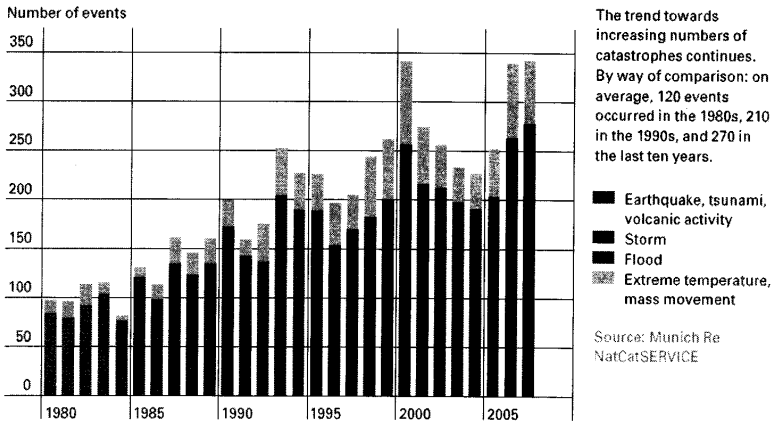
주 : 아노말리(anomalies)는 어느 특정지역에서 기온, 강수량 또는 다른 기상요소와 같은 고유요소가 장기간의 평균값으로부터 변화하는 차이값을 말한다.

2. 동아시아 개도국 기후변화유발 재해발생 현황

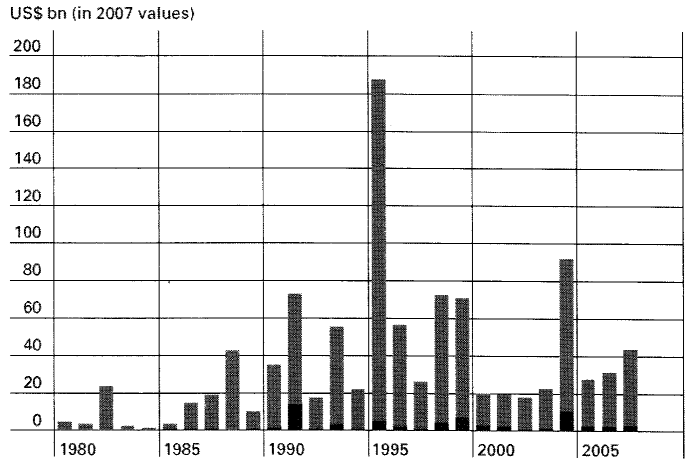
❑ 아시아 지역의 자연재해 발생과 피해 추이

최근 지구 온난화 등의 전 지구적 기상의 변화와 관련하여 IPCC(2007) 기후 종합 보고서에서 태풍증가를 예측한 것과 관련하여 세계 2대 재보험사중 하나인 Minich Re의 자료에 의하면 아시아 지역에서 발생한 자연재해 중 60%이상이 태풍, 폭풍 및 홍수에 의하여 발생하는 것으로 나타났으며, 점진적으로 증가하고 있음을 알 수 있다(<그림 2-5> 참조).

1980~2007년 동안 자연재해로 인한 아시아 지역의 사망자는 약 90만명에 이르며, 재산피해는 약 9,400억 달러(약 1,200조원)에 달한다(<그림 2-6> 참조).



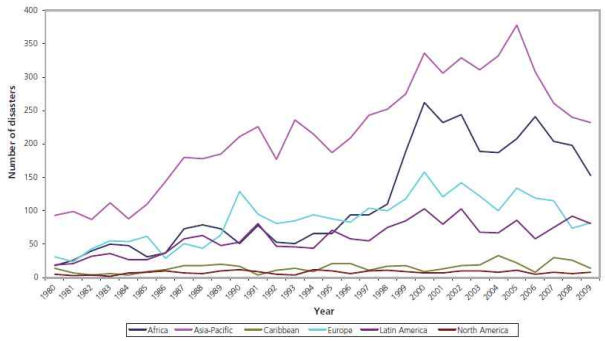
〈그림 2-5〉 아시아 지역의 자연재해 발생 경향(1980~2007)



〈그림 2-6〉 아시아 지역의 자연재해 재산 피해(1980~2007)

❑ 아시아 및 태평양 지역 자연재해 발생 위험과 취약국가 분석

ESCAP(Economic and Social Commission for Asia and Pacific, 2010)의 보고서에서는 EM-DAT를 이용하여, 1980년부터 2009년까지 전 세계적으로 보고된 자연재해 발생빈도의 지역별 분포를 분석하고 있다. 이에 의하면 아시아 및 태평양 지역에서의 빈도가 가장 높게 나타나고 있다(<그림 2-7> 참조).



〈그림 2-7〉 지역별 자연재해 발생 추이(1980-2009)

Source : ESCAP based on data from EM-DAT; The OFDA/CRED International Disaster Database.

[표 2-8] 아시아 및 태평양 지역 10대 자연재해 유형 및 영향(1980-2009)

Rank	Disaster	Events	Deaths (thousands)	People affected (millions)	Damage ($ millions)
1	Floods	1,317	128.95	2,676.16	301,590
2	Storms	1,127	384.20	664.03	165,770
3	Earthquakes	444	570.80	109.71	264,530
4	Mass movements - wet	264	14.28	1.36	2,130
5	Extreme temperatures	119	17.51	85.90	18,080
6	Droughts	108	5.33	1,296.27	53,330
7	Wildfires	96	1.06	3.31	16,210
8	Volcanic eruptions	71	17.51	2.36	710
9	Mass movements - dry	20	1.53	0.02	10
10	Insect Infestations	8	0.0	0.00	190

주 : * Damage and loss reported in $millions at 2005 constant prices.
자료 : ESCAP based on data from EM-DAT; The OFDA/CRED International Disaster Database - www.emdat.be - Universit Catholique de Louvain - Brussels - Belgium, and data on implicit price deflators in $ from the United Nations Statistics Division National Accounts Main Aggregates Database.

흥미로운 것은, 온난화로 인한 기후변화로 지표면의 이동현상(mass movement) 등이 서서히 증가하고 있다는 것이다. 이는 지진, 해빙, 폭우 등으로 인한 토양의 내부마찰 감소로 인해 발생하는 자연재해로 2000년대 들어 발생횟수가 늘어나고 있음을 확인하였다.

EM-DAT를 이용하여 1980년부터 2009년까지 아시아 및 태평양 지역에서 발생한 재해를 순위별로 살펴본 것은 [표 2-8]과 같다. 발생빈도가 비교적 높은 것은 홍수(floods), 폭풍(storms, 태풍), 지진(earthquakes) 순이었다. 그러나 인명피해는 지진에 의한 경우가 가장 많았다. 여기에서 지진은 피해규모가 적은 작은 규모의 지진을 제외한 것이다.

아시아 및 태평양 지역을 대상으로 홍수, 태풍(폭풍), 지진에 대한 절대적 발생빈도와 상대적 노출도(Exposure)를 기준으로 한 최상위 10개 국가는 [표 2-9]와 같이 나타났다.

전 세계적으로 자연재해 유형별로 취약한 10개국을 선정하면, 홍수는 10개국, 사이클론(폭풍)은 6개국이 아시아 및 태평양 지역에 위치하고 있었다. 지진의 경우는 일본이 가장 취약하고, 다음으로 중국과 필리핀, 인도네시아로 나타났다. 본 연구의 사례연구 국가 중에서는 베트남, 필리핀, 인도네시아, 캄보디아가 포함되어 있다.

[표 2-9] 아시아 및 태평양 지역 홍수, 태풍, 지진에 대한 최상위 10개 취약 국가

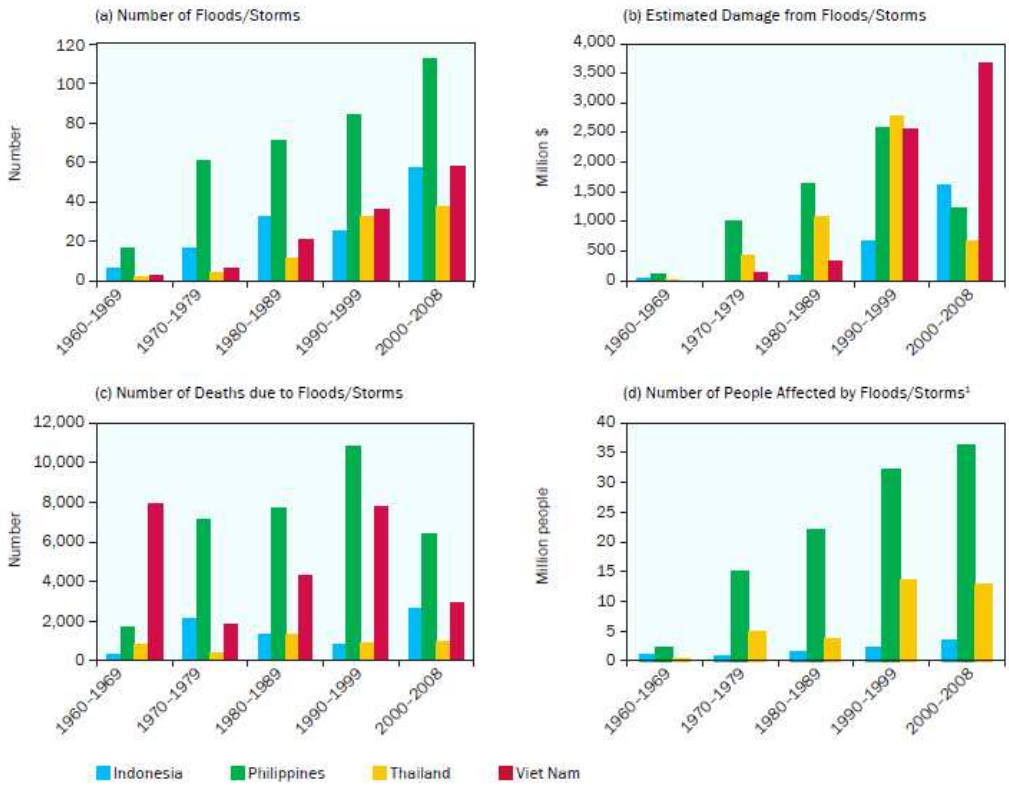
Rank	Floods		Storms		Earthquakes	
	Absolute (millions)	Relative (%)	Absolute (millions)	Relative (%)	Absolute (millions)	Relative (%)
1	Bangladesh1 (19.2)	Cambodia1 (12.2)	Japan1 (30.9)	North Marina Isl.2 (58.2)	Japan1 (13.4)	Vanuatu1 (60.4)
2	India2 (15.8)	Bangladesh2 (12.1)	Philippines2 (20.7)	Niue9 (25.4)	Philippines2 (12.1)	Solomon Isl.2 (36.3)
3	China3 (3.9)	Viet Nam3 (3.9)	China3 (11.1)	Japan10 (24.2)	Indonesia3 (11.0)	Tonga6 (21.1)
4	Viet Nam4 (3.4)	Bhutan4 (1.7)	India4 (10.7)	Philippines11 (23.6)	China4 (8.1)	Papua New G..9 (17.5)
5	Cambodia5 (1.7)	India5 (1.4)	Bangladesh6 (7.5)	Fiji12 (23.1)	India8 (3.3)	Philippines12 (13.8)
6	Indonesia6 (1.1)	Thailand6 (1.3)	Rep. of Korea9 (2.4)	Samoa15 (21.4)	Pakistan9 (2.8)	Timor Leste14 (11.3)
7	Thailand7 (0.8)	Nepal7 (1.2)	Myanmar11 (1.2)	New Caledonia18 (20.7)	Iran15 (1.7)	Japan15 (10.5)
8	Philippines8 (0.7)	Lao PDR8 (1.1)	Viet Nam13 (0.8)	Vanuatu20 (18.3)	Bangladesh17 (1.3)	Bhutan17 (0.8)
9	Pakistan9 (0.5)	Myanmar9 (0.9)	Hong Kong17 (0.4)	Tonga21 (18.1)	Papua N. G..9 (1.1)	Indonesia31 (0.4)
10	Myanmar10 (0.4)	Philippines10 (0.9)	Pakistan19 (0.3)	Cook Islands32 (10.5)	Afghanistan (1.0)	Kyrgystan35 (0.4)

주 : Number in parenthesis is the value. Number in superscript against each country shows its global rank.
자료 : P. Peduzzi, UNEP/GRID-Europe.

❑ 동아시아 지역 재해 발생 동향

동남아시아의 극한 기상현상은 지난 수 십 년 동안 증가하였다. IPCC(2007)에 따르면, 1950년대 이후로 지속적인 지구온난화로 인하여 추운 날과 찬 밤의 일수는 줄어들고 더운 날과 열대야 일수가 증가하였고, 폭염과 같은 기온 극값이 변하였다. 1900년부터 2005년까지 폭우가 내린 일수가 상당히 증가하고 있다. 게다가, 열대성 저기압의 개수가 ENSO가 강한 해의 여름(7-8월), 가을(9-11월) 동안 현저히 증가한 것으로 기록되었다.

2004년에 동남아시아에서 발생한 열대성 저기압, 열대성 폭풍, 태풍은 총 21개로 사상 최고를 기록 하였으며, 1990년부터 2003년 동안 발생한 열대저기압 개수의 중앙값(median)은 17.5개로 나타났다. 이러한 극한기상현상은 동남아시아의 많은 지역에서 엄청난 홍수와 산사태를 발생시켰으며, 이로 인해 막대한 재산 및 인명피해가 발생하였다(<그림 2-8> 참조).



〈그림 2-8〉 동남아시아의 홍수와 태풍으로 인한 피해 규모(1960-2008)
(a) 홍수와 태풍의 빈도, (b) 홍수와 태풍으로 인해 측정된 피해액, (c) 홍수와 태풍으로 인한 사망, (d) 홍수와 태풍으로 인한 인명피해

최근 30년간(1980-2009) 동아시아 지역의 자연재해 발생 빈도를 살펴보면, 근래에 들어 홍수와 태풍 발생 빈도가 급격하게 증가하는 것을 볼 수 있다. 이는 기후변화로 인한 영향으로 추측되며, 동아시아에 주요 재해 유형을 홍수, 태풍으로 볼 수 있다.

재해발생 횟수를 보면 중국(574회), 인도(416회), 필리핀(349회), 인도네시아(312회), 방글라데시(229회) 순으로 나타났으며, 재해 발생으로 인해 영향을 받은 사람들의 누적 수치는 중국(25.5억 명), 인도(15.0억 명), 방글라데시(3.1억 명), 필리핀(1.1억 명), 베트남(0.7억 명) 순으로 나타나 재해발생 빈도의 순서와 유사하게 나타났다([표 2-10] 참조).

재해발생으로 인한 사망자수를 비교해보면 매우 특이하다. 재해발생 횟수와 영향을 받는 사람수에서 모두 1위를 차지했던 중국이 3위로 밀려나, 방글라데시(192천 명), 인도네시아(191천 명), 중국(148천 명), 인도(142천 명), 미얀마(139천 명)순으로 나타났다. 자연재해에 따른 인명피해가 동아시아 국가들에서 매우 두드러지는 것으로 나타났다. 선진국으로 갈수록 재해발생 횟수가 증가하면, 재산피해는 늘어나는 반면, 사망 및 실종과 같은 인명피해는 감소하는 추세이나 이들 동아시아 지역에서는 재해발생이 인명피해를 더욱 부추기는 것으로 나타났다.

재해로 인한 경제적 손실액을 비교해 보면 단연 중국(3,220억 달러)이 가장 많으며, 일본(1,880억 달러), 인도(520억 달러), 북한(460억 달러), 터키(350억 달러) 순으로 나타났다. 우리나라의 경우 200억 달러에 달하고 있다.

북한의 경우 오히려 우리나라보다 더 많은 피해를 입는 것으로 나타났는데, 이는 한반도라는 유사한 기후변화유발 자연재해 여건을 갖추고 있음에도 큰 차이를 보이고 있는 것은 대응여건 및 방재 기술의 차이가 존재하기 때문인 것으로 사료된다.

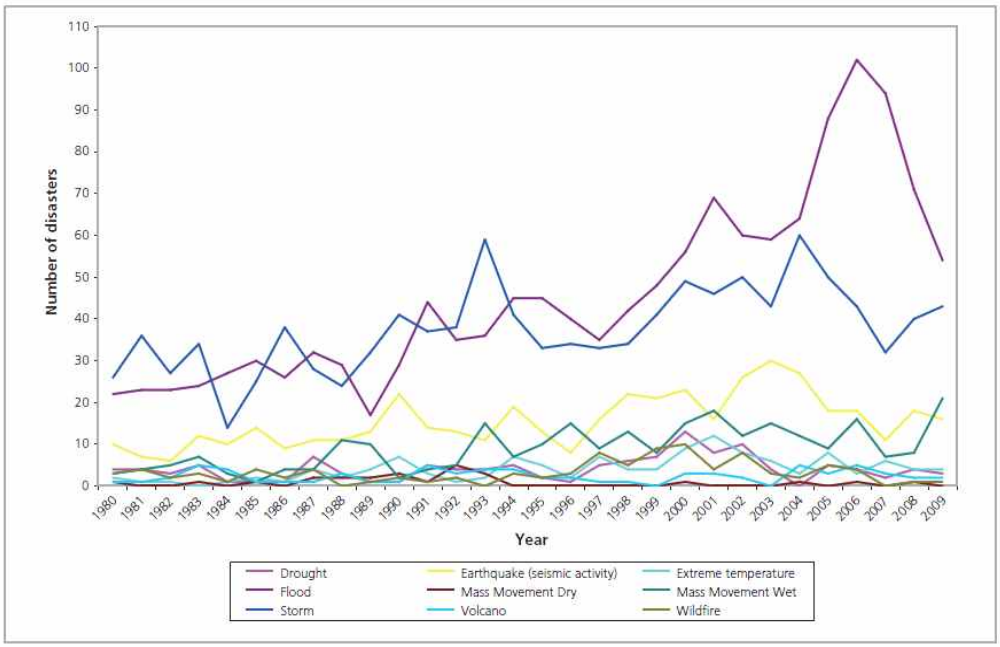
이 같은 상황을 종합해보면 동아시아 국가들의 재해발생에 따른 인명피해와 재산피해에는 선진국과의 다양한 Gap이 존재하며 이를 줄이기 위한 다양한 정책적 지원이 강구될 필요가 있다.

[표 2-10]자연재해 피해 유형별로 본 아태 국가 순위(1980-2009년)

순위	재해 발생 횟수		재해 사망자 수		재해 피해 경제적 손실	
	국가	건수	국가	명	국가	십억 달러
1	중국	574	방글라데시	191,650	중국	322
2	인도	416	인도네시아	191,140	일본	188
3	필리핀	349	중국	148,419	인도	52
4	인도네시아	312	인도	141,888	북한	46
5	방글라데시	229	미얀마	139,095	터키	35
6	러시아 연방	176	파키스탄	84,841	오스트렐리아	34
7	일본	155	이란	77,987	이란	25
8	오스트렐리아	154	스리랑카	36,871	인도네시아	23
9	베트남	152	필리핀	32,578	한국	20
10	이란	140	러시아 연방	31,795	방글라데시	16

자료 : ESCAP based on data from EM-DAT: the OFDA/CRED International Disaster Database; www.emdat.be; Universite Catholique de Louvain, Brussels, Belgium.

아시아 태평양 지역의 기후변화유발 재해 유형별 발생추이를 살펴보면 홍수, 폭풍(태풍), 지진, 산사태, 가뭄 등의 순으로 많이 발생하고 있는 것을 알 수 있다(<그림 2-9> 참조).



Source: ESCAP based on data from EM-DAT: The OFDA/CRED International Disaster Database – www.emdat.be – Université Catholique de Louvain – Brussels – Belgium

〈그림 2-9〉 아태 지역 재해유형별 발생추이(1980-2009)

제3절 사례연구 국가별 기후변화유발 재해유형 분석

1. 베트남

가. 기후변화 추이와 전망

베트남은 지리적으로 길이가 1,630km로 길쭉하여 위도에 따라 온도 차이가 나타나지만, 겨울(11월-이듬해 2월)에도 영하로 내려가는 추위는 거의 없다. 그런데 2011년 1-2월 한 달간 중·북부지방에 한파(cold wave)가 계속되어 영하까지 내려가는 일이 있었으며, 이로 인해 소, 말, 돼지, 염소 등 약 5만 마리가 추위에 동사하였다.

2010년 여름에는 북부와 중부지방에 3월부터 이상고온 현상이 계속되면서 농업, 수력발전, 보건에 심각한 영향을 미쳤다. KOICA(2010) 보고서에 보면 부이 바봉 베트남 농업 및 농촌개발 차관은 중부지방의 논농사 3분의 1이 망쳤으며 수력발전용 댐도 물이 마르고 있다고 언급하였다. 베트남 국립 수력발전 기상예보센터는 그늘에서의 온도도 41-43℃에 달하고 1949년 이후 최고의 이상고온현상이 나타나고 있다고 밝히고 있다.

또한 베트남의 이상고온 및 한파로 인해 중부지방에서 2010년에 파종한 25만 4천 ha의 논 중 10만 ha정도가 황폐화 되었으며, 이로 인한 피해는 1억 3천 500만 달러에 달한다고 한다. 한편 이러한 고온현상으로 인해 노인, 아동의 건강이 위협을 받고 있으며, 고열, 호흡기질병, 뇌염 및 소화기 질병으로 인해 하루에 1,800-2,000명의 어린이가 병원치료를 받았다고 한다.[3)]

❑ 평균기온의 상승

베트남 기상청 자료에 의하면, 연평균 온도 중 가장 높게 기록된 온도는 27.7℃이고 가장 낮은 온도는 12.8℃이며 호앙 리엔손(Hang Lien Sn)에서 관측되었다. 온도는 위도에 따라 다르게 나타나며 베트남은 100m에 0.5℃ 정도 차이가 난다. 베트남의 연평균 기온 변화를 보면 지난 1900년에서 2000년 사이에, 연평균 기온이 10년마다 0.1℃씩 상승하였다.

1990년도와 비교해 봤을 때 2050년까지 1.4~1.5℃가 2100년에는 2.5~2.8℃가 상승할 것으로 전망하였다. 베트남 기술 및 자원환경원의 연구결과는 지난 50년 동안 베트남의 평균온도는 0.7℃ 상승했고, 2050년까지 2℃, 2100년까지 3℃가 증가할 것으로 전망하고 있다.

❑ 평균 강수량의 증가

베트남 지역의 강수량 변화추이는 다양하며 북부를 제외한 다른 지역들의 강수량은 2050년까지 5mm 증가할 것으로 예상되며, 중부지방의 경우는 강수량이 10mm 증가할 것으로 전망하였다. 또한 2070년까지 우기에 강수량이 약 19% 증가할 것으로 예상하였다. 베트남 중부지역은 건기 동안 강수량이 줄어들어 가뭄 현상이 빈번히 발생할 것으로 보인다.

---

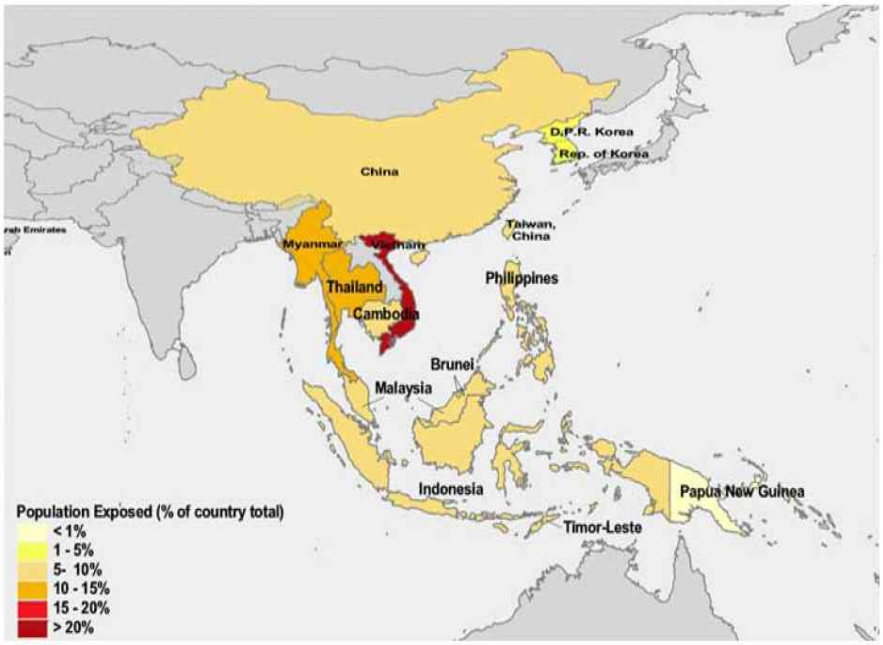
3) 하노이 연합뉴스 참고하여 작성(보도날짜 2011.6.13.).

❑ 해수면 상승

UNEP(1993)에 따르면, 베트남 주변의 해수면은 1960년대와 1990년대 사이에 5cm 증가하였고, 수로기상총국(Hydro-meteorological General Department)은 해수면이 연간 평균적으로 2 mm 증가하는 것으로 예측하였다. 해안 침식 또한 보고되었으며, Cau Mau 지역 경우에 600ha 이상의 토양이 침식되었고 일부 지역에서는 200㎡ 넓이의 토양이 손실되었다.

끄아옹(Cua ng) 관측소와 헌자우(Hn Dau) 관측소의 지난 50년 동안 자료에 따르면 평균 바다수위는 20cm 상승하였다. 2003년에 작성된 "Vietnam Initial National Communication to the UNFCCC"에 의하면, 베트남의 해수면은 2009년까지 9cm, 2050년까지 33cm, 2100년까지 1m 상승할 것으로 예상되고 있다.

베트남은 기후변화와 해수면 상승의 피해와 영향이 가장 큰 5개국 중 하나로 평가되고 있다. 기후변화 시뮬레이션에 따르면(<그림 2-10> 참조) 온도 증가뿐 아니라 강우량 변화, 해수면의 상승이 예상되며, 농업, 수자원, 해안지대, 산림, 양식업과 에너지 분야에 대하여 취약한 것으로 나타났다(UNFCCC, 2003). 베트남의 기후변화 시뮬레이션 결과 기후요인을 자세히 살펴보면 [표 2-11]과 같다.



〈그림 2-10〉 동아시아 해수면 상승(5m)에 따른 위험도 분석

자료 : World Bank(2007).

[표 2-11] 베트남의 기후변화 시뮬레이션

요인	지역	시즌	2010	2050	2070
온도증가(℃)	북서, 북부		0.5	1.8	2.5
	북부 평원		0.3	1.1	1.5
	북부 중심부		0.3	1.1	1.5
	중앙 중심부		0.3	1.1	1.5
	중심부 남쪽		0.3	1.1	1.5
	중앙 고지대		0.5	1.8	2.5
	남부		0.3	1.1	1.5
강우량 증가(+) 또는 감소(-)(%)	북서, 북부	우기	0	0-+5	0-+5
		건기	0	-5-+5	-5-+5
	북부 평원	우기	0	0-+5	0-+5
		건기	0	-5-+5	-5-+5
	북부 중심부	우기	0	0-+10	0-+10
		건기	0	0-+5	0-+5
	중앙 중심부	우기	0	0-+10	0-+10
		건기	0	0-+5	0-+5
	중심부 북쪽	우기	0	0-+10	0-+10
		건기	0	0-+5	0-+5
	중심부 남쪽	우기	0	0-+5	0-+5
		건기	0	-5-+5	-5-+5
	중앙 고지대	우기	0	0-+5	0-+5
		건기	0	-5-+5	-5-+5
	남부	우기	0	0-+5	0-+5
		건기	0	-5-+5	-5-+5
해수면상승(cm)	모든연안		9	33	45

자료 : KOICA(2012), 동아시아 주요국가별 기후변화 적응정책 조사.

❑ 극한기상 증가

2007년 세계은행이 발간한 연구보고서 “The Impact of Sea Level Rise on Developing Countries: A Comparative Analysis”에 의하면 베트남의 대표적인 극한기상은 다음과 같다.

- 홍수 : 1996년에 해안지역의 2,000㎢이상이 연간 홍수로 피해를 겪었으며 특히 메콩강 삼각주 지역은 총 피해규모의 75%이고, 홍강 삼각주 지역은 10%에 달하고 있다(UNDP, 2007). 전문가들은 홍수 피해가 2070년에는 12-19% 증가할 것으로 예상하고 있다(MoNRE, 2003).
- 가뭄 : 기온 상승에 따라 2070년까지 내륙 지역에 8%, 해안 지역에는 3%의 수증기 증가 및 강수량의 변이를 보일 것으로 전망하고 있다.
- 태풍 : 베트남에 영향을 미친 태풍의 빈도수는 1950년대와 1980년대 사이에는 증가하였으며, 1990년대에는 다소 감소하고 있다. 월별로는 1950년대에는 8월에 가장 빈번하게 발생한 반면 1990년대에 11월로 바뀌었다([표 2-12] 참조). 태풍의 경로는 최근 남쪽으로 이동하는 것으로 나타났으며(EU/MWH, 2006), 기온상승에 따라 남쪽 지역이 태풍에 보다 빈번하게 노출될 것으로 보이고 폭풍의 강도역시 증가하여 풍속과 집주호우가 더 악화될 것으로 예측된다(IPCC, 2007). 베트남 인구의 80-90%가 잠재적으로 태풍에 직접 영향을 받게 될 것이다(UNDP, 2007).

그 외 기후변화에 따른 베트남 지역의 취약지역과 부분은 [표 2-13]과 같다.

[표 2-12] 베트남에 영향을 미친 태풍 발생 현황(1950-1999)

기간(년)	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	총계
1950~1959	0	0	0	1	1	4	5	11	9	9	7	3	50
1960~1969	0	1	0	1	1	5	11	13	19	12	8	1	72
1970~1979	0	0	0	0	2	9	7	13	18	15	10	4	72
1980~1989	0	0	2	0	1	9	10	9	9	24	11	2	78
1990~1999	0	0	0	1	0	6	8	10	12	14	15	5	71
평균	0	0.02	0.04	0.06	0.1	0.66	0.82	1.12	1.34	1.48	1.02	0.3	6.94

출처 : MoNRE.

[표 2-13] 베트남에서의 기후변화 취약 지역 및 부문

기후변화 영향	취약지역	취약 부문
기온 상승	산악지역 : 동북, 동서 및 중북부 지역 북부 삼각지 지역	•농업(경작, 가축, 수산양식, 어업) •자연생태계 및 생물종 다양성 •에너지(생산, 소비) •지역사회 보건
해수면 상승 및 염분 침투 (salinity intrusion)	해안지역 섬지역	•농업(경작, 가축, 수산양식, 어업) •해양 생태계 •수자원 •주거지역 •에너지 •인프라, 산업 지역 •지역사회 보건
홍수, 배수 문제 및 산사태	해안지역 산악지역	•농업(경작, 가축, 수산양식, 어업) •수자원(생활 및 공업 용수) •인프라 •거주 지역 •교통 •지역사회 보건
폭풍 및 열대성저기압	해안지역 섬지역	•농업(경작, 가축, 수산양식, 어업) •해안가 활동 •인프라 •주거지역 •에너지 •교통 •지역사회 보건
가뭄	중부 지역(특히 중남부 지역) 삼각주 및 중부내륙지방 북쪽 메콩강 삼각주 고지대	•농업(경작 및 가축) •에너지(수력) •수로 •수자원

자료 : World Bank(2009), Climate Change in Vietnam and Respond.

나. 기후변화유발 재해 발생 동향과 특징

베트남은 지형과 지리적 특성으로 인해 태풍, 열대성 폭풍, 홍수, 가뭄, 해수 침입, 산사태 등 자연재해에 상당히 취약하다. 기후변화는 베트남의 수력, 전력, 오일 생산뿐만 아니라 농업, 임업, 양식업 등 베트남 경제 전반에 부정적인 영향을 미치고 있다.

베트남이 1950년대와 1980년대 사이에 겪은 태풍의 수는 증가하였으며 해안지대는 강한 태풍으로 고통을 겪고 있다.

태풍은 사회기반 시설 및 농업 생산에 심각한 위협을 가하며 베트남 인구의 80~90%가 잠재적으로 태풍의 영향을 받고 있다. 기후변화로 태풍이 보다 강력해지고 피해범위도 확대되고 있다. 옛날에는 북부지방에 국한했던 것이 남부지방에도 발생하며 호우를 동반하는 경우가 많다.

베트남은 열대성 호우가 자주 내리는 곳이며 태풍은 바람이 한국에서와 같이 강하지 않으며 대부분 육지에 상륙하면 소멸되어 바람에 의한 피해는 발생하지 않는다. 단 호우 피해는 발생하고 있다.

베트남의 또 다른 자연피해는 해수면 상승이다. 향후 해수면 상승 정도에 대한 예측은 국가보고서에 따라 다르지만 2100년까지 약 55cm ~ 1m정도 상승할 것으로 판단되는 것이 지배적이다. 특히 베트남 지역의 해수면 상승은 저지대 메콩강 삼각주에 영향을 미칠 것이 분명하며 적어도 일부 면적은 완전히 침수 피해를 입을 것이다.

국제연합(유엔)에 의하면, 베트남은 기후변화유발 재해의 피해를 받는 나라 안에서, 세계 워스트 10에 들어간다고 한다([표 2-14] 참조). 1998~2007년의 통계를 보면, 태풍, 홍수, 토지침식, 한발 등의 기후변화유발 재해에 의한 연평균의 손해액은 국내 총생산(GDP)의 1.47%에 상당하고 있다.

[표 2-14] 기후위기지수(CRI, 1998~2007)로 본 취약국가 순위

순위	국가	CRI 점수	연평균 사망자수	인구 십만명당 연평균 사망자수	GDP 평균 손실률(%)
1	온두라스	6.75	579	8.5	5.15
2	방글라데시	10.92	1,093	0.70	3.02
3	니카라과	11.67	308	5.70	4.30
4	도미니카 공화국	14.83	414	5.00	0.98
5	앙티	15.75	402	5.10	2.42
6	베트남	18.33	406	0.50	1.47
7	인도	18.83	4,532	0.40	0.62
8	모잠비크	24.75	121	0.60	1.98
9	베네수엘라	24.75	3,012	11.9	0.18
10	필리핀	25.83	472	0.60	0.33

주 : CRI : Climate Risk Index, 기후위기지수
자료 : KOICA(2012), 동아시아 주요국가별 기후변화 적응정책 조사.

기후변화유발 재해로 인한 사망자는 406명에 달하고 있으며 1990년대와 2000년대의 주요 재해 현황을 살펴보면 [표 2-15]와 같다.

2008년 독일의 세계적인 비정부기관(NGO) 가운데 하나인 '저먼위치(Germanwatch)' 조사에 의하면 베트남이 2007년 전세계에서 자연재해 피해를 가장 심하게 당한 상위권 국가로 나타났다. 일간신문 탕니엔은 '저먼워치(Germanwatch, 2008)'의 최근 보고서를 인용해 지난해 베트남은 미얀마와 예멘에 이어 전 세계에서 세 번째로 자연재해 피해가 극심한 나라로 밝혀졌다고 보도했다.

보고서는 또 지난 1990년부터 2007년까지 18년 동안 베트남이 방글라데시, 미얀마, 온두라스에 이어 태풍 등 자연재해가 가장 극심한 4개국 가운데 하나라고 밝혔다.

베트남의 경우 메콩 델타, 중부, 북부의 지역별 기후유형이 크게 다르므로 기상재해도 다른 특성을 보인다.

- 북부지역
  · 태풍과 홍수가 발생하나 가뭄은 상대적으로 덜 심각하다.
  · 돌발홍수는 계절풍시절 태풍 후에 발생한다.
  · 홍강이 흐르고, 바다 인근지역은 태풍피해가 심각하고 평야와 산지 지역은 홍수 피해가 심각하다. 상류에 다목적 댐을 건설한 이후 하노이 홍수피해 크게 감소하였다.
- 중부지역
  · 태풍, 돌발홍수가 자주 발생한다. 강우 시작 후 6~12시간이면 홍수피해가 발생한다.
  · 가장 건조한 기후이며 홍수와 태풍이 자주 발생한다. 태풍 발생 시 홍수를 수반하며 산사태가 빈발하게 발생한다.
- 남부지역
  · 메콩강의 홍수는 서서히 진행되고 이것을 막기 위해 할 수 있는 일이 적기 때문에 적응하여 살고 있는 실정이다. 지역별 차이는 적다.
  · 남부 메콩델타지역은 바다 밀물의 만수위와 강의 홍수위가 겹치는 경우가 발생하여 피해가 커지고 있다. 특히 11월과 12월에 심각한데 호치민시 등에 피해가 발생한다.
  · 그리고 산지와 연안지역에서의 자연재해 현상에 차이가 있다.
  · 메콩강 유역의 특징은 태풍이 없고 발생해도 강도가 미약하다. 2012년 처음 태풍 발생했다. 9-11월 사이의 홍수문제 심각, 메콩강의 하상이 높아 홍수시 침수상태가 1개월 이상 지속된다. 2100년 70cm의 해수면 상승이 예상된다. 메콩델타의 40%가 침수될 전망이다.

토네이도는 건기와 우기 사이인 4-8월에 발생하여 연 평균 10여 명이 사망하고 있다. 엘리뇨 시절에는 중부와 남부에 심한 가뭄이 발생하는 경향이 있다. 가뭄 시에는 연안지역에 염도가 증가하여 피해가 발생하고 있다.

최근 이상기후현상, 홍수, 가뭄, 염수피해 등이 발발하고 있으며 건기의 농업피해가 심각하다.

- 집중호우가 하루에 1,000mm 내리는 경우도 있다.
- 몬순기후현상이 북부지방(6-7월)에서 시작해서 중부(8-10월) 그리고 남부(11-12월)에서 끝난다.

[표 2-15] 베트남의 주요 재해 사례 및 피해내역

재해 사례	사망/실종/부상자 수	피해내역	피해액수 (백만달러)
홍강 삼각주 지역 홍수(1996)	89/0/82	•84,265채 가옥 붕괴 및 휩쓸려감 •1,313개의 교실 피해 •11,675ha 농지 피해 •806ha 수산 양식장 피해 •178톤의 물고기 피해	30
Ca Mau 지방 태풍(1997)	778/2,123/1,232	•312,456채 가옥 붕괴 및 휩쓸려감 •7,151곳의 학교 피해 •348곳의 병원 홍수 피해 •323,050ha 논 피해 •57,751ha 농지 홍수 피해 •136,334ha 양식장 홍수 피해 •7,753척 선박 피해	450
가뭄(1997, 1998)	-	•중부지역의 농작물 피해	N/A
중부 지방 홍수(1999)	721/35/476	•100만 가구 이상 피해 •5,915개의 교실 피해 •701곳의 병원 홍수 피해 •67,345ha 논 홍수 피해 •98,109ha 농지 피해 •41,508ha 양식장 피해 •1,335톤 물고기 피해 •2,232척 선박 침수	300
메콩강 삼각지 홍수(2000)	481/1/6	•895,499채 가옥 피해 •12,909개의 교실 피해 •379곳의 병원 홍수 피해 •401,342ha 논 홍수 피해 •85,234ha 농지 홍수 피해 •16,215ha 양식장 피해 •2,484톤 물고기 피해	250
메콩강 삼각지 홍수(2001)	393/1/0	•345,238채 가옥 피해 •5,315개의 교실 피해 •209,690ha 논 홍수 피해 •1,872ha 농지 홍수 피해 •4,580ha 양식장 피해 •969톤 물고기 피해	100
북부, 중북부 해안지역 Damrey 태풍(2005)	10/0/11	•113,431채 가옥 피해 •3,922개의 교실 피해 •2,227,627ha 논 홍수 피해 •55,216ha 농지 홍수 피해 •21,193ha 양식장 피해 •1,300톤 물고기 피해	200
중부 지역 Chanchu 태풍(2006)	19/249/1	•남지나해 어선 침몰	2
중부 지역 Xangsane 태풍(2006)	72/4/532	•349,348채 가옥 피해 •5,236개의 교실 피해 •21,548ha 논 홍수 피해 •3,974ha 양식장 피해 •494톤 물고기 피해 •951척 선박 피해	650

자료 : UNDP(2007).

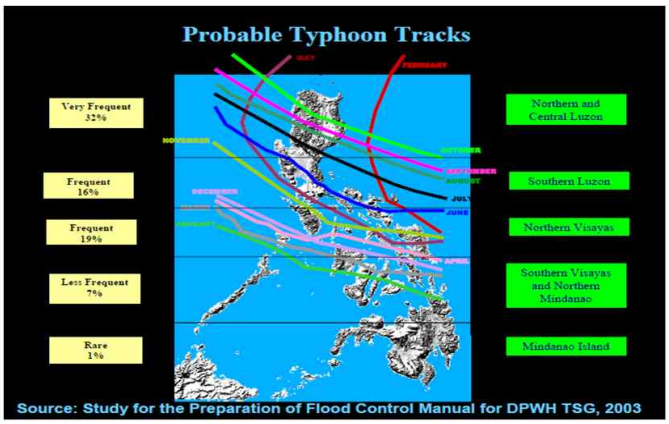
2. 필리핀

가. 기후변화 추이와 전망

필리핀은 지리적으로 여러 유형의 자연재해에 매우 취약하다. 화산과 지진활동이 활발한 서부 환태평양지구대에 위치하며, 현재 필리핀은 220여개의 화산이 있는데 그중 20 여개가 활동하고 있는 것으로 알려져 있다.

특히 필리핀의 동해안은 시속 150km의 강풍을 동반하는 태풍(열대성 저기압)에 자주 노출되어 있고 연평균 강수량은 965-4,064mm로 북부 루손(Luzon), 남동부 루손 및 동부 비사야스(Visayas) 지역은 열대 폭풍우 및 태풍 발생 위험도가 매우 높다.

필리핀은 평균적으로 연간 20개의 태풍이 통과하며 9개 태풍의 영향을 받는다. 그중 5개에서 7개는 파괴력이 아주 크다(<그림 2-11> 참조).



〈그림 2-11〉 필리핀의 지역별 태풍 경로도

또한 필리핀은 대부분 다도해로 구성되어 많은 해안 지역으로 폭풍, 해일 및 해수면 변화 등이 증가하고 있다. 36,289km의 긴 해안선은 해수면의 상승과 강력한 파도의 영향으로 매우 취약하다.

또한 태풍과 계절풍으로 인한 산사태, 홍수/범람, 토네이도, 강한 강수, 호우 등이 일반화 되어 있다. 필리핀은 계절풍에 영향을 주는 엘리뇨 현상으로 인한 가뭄의 증가와 몬순의 지연 때문에 주요 댐의 낮은 수위로 수력발전의 부족과 식수의 부족으로 도시를 포함한 대부분의 지역이 취약하다.

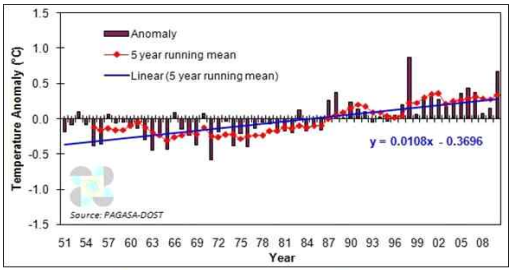
게다가, 수많은 작은 섬으로 이루어진 지리적 특성상 기후변화에 매우 취약하다. 과거 50년간의 기후 추세는 기온상승, 강우량 및 강우패턴 변화, 그리고 태풍(폭풍)·홍수·가뭄과 같은 극한기상현상이 증가하는 추세이다.

❑ 평균기온의 상승

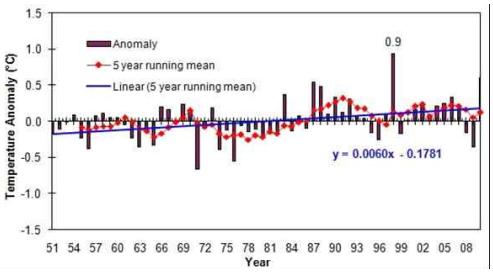
필리핀은 기후변화의 영향으로 온도가 급격히 상승하였다. 메트로 마닐라의 대부분 지역이 약간 따뜻해지는 동안 북부와 남부 지역에서도 대부분 기온상승이 관찰되었다.

1951년부터 2010년까지 관측된 평균기온 아노말리(anomalies)는 연평균 기온이 0.0108℃가 상승함을 나타내고 있으며(<그림 2-12> 참조), 1951년부터 2010년까지 총 0.648℃가 상승하였다.

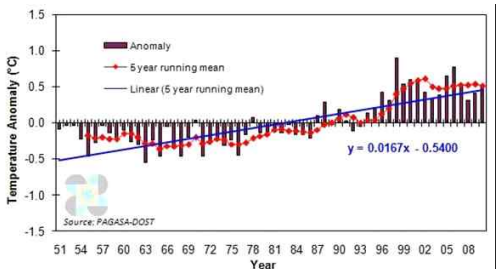
최고기온과 최저기온의 변화도 <그림 2-13>과 <그림 2-14>에 나타내었는데 지난 60년 동안 최고기온과 최저기온은 각각 0.36℃, 1.0℃ 상승하였다.



〈그림 2-12〉 필리핀의 평균기온 추이(1951-2010년)



〈그림 2-13〉 필리핀 최고기온 추이(1951-2010년)



〈그림 2-14〉 필리핀 최저기온 추이(1051-2010년)

극한기상현상의 동향을 알아보기 위한 지수는 개발되어 사용되고 있는데, 극한 일 최고기온과 최저기온 분석을 통해 더운 날의 일수는 증가하고 추운 날의 일수는 감소한 것을 알 수 있었고, 이는 통계적으로도 유의하였다(<그림 2-15> 참조).

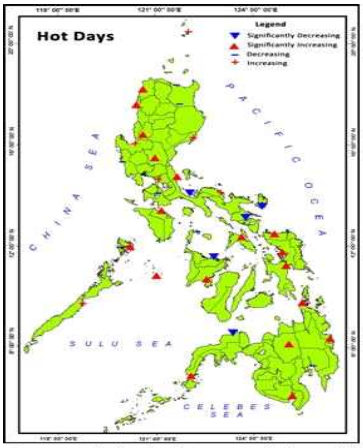


Fig.12: Trends in the frequency of days with maximum temperature above the 1971-2000 mean 99th percentile.

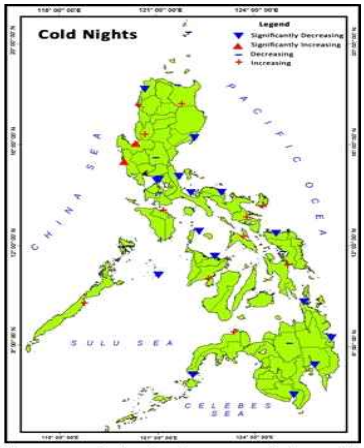


Fig.13: Trends in the frequency of days with minimum temperature below the 1971-2000 mean 1st percentile.

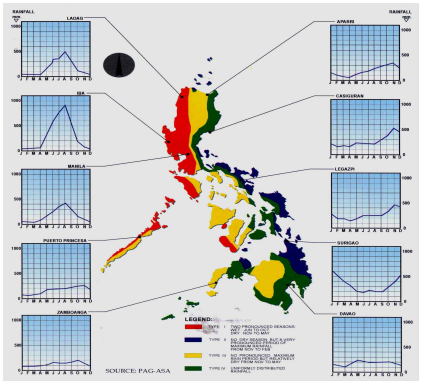
〈그림 2-15〉 필리핀의 최고기온 99퍼센타일 평균(좌)과 최저기온 1퍼센타일 평균(우)(1971-2000)의 일 빈도 추이

❑ 강수량 감소 및 강우강도 증가

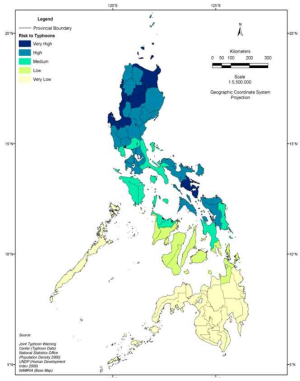
필리핀은 기후변화의 영향으로 온도가 상승한 반면 따뜻하지 않았던 지역은 대부분 건조해졌다. 최대 강수량이 20세기 동안 약 10% 감소하였다.

한편 <그림 2-16>은 건기 동안 감소한 강수량과 우기 동안 증가한 강수량을 함께 보여주고, <그림 2-17>은 예견된 강수량 변화의 위험을 나타내고 있다. 이는 예측하지 못한 지역에서 점점 더 많은 비가 내리고 있음을 보여준다.

그러나 극한 일 강우량에서 증가 또는 감소의 경향은 통계적으로 유의하지 않았다. 예를 들어, 필리핀의 대부분 지역에서 극한 일 강수량의 강도가 크게 나타나거나 빈도가 증가하는 경향이 있으나 통계적으로 유의하지 않을 수도 있다(<그림 2-18> 참조).



〈그림 2-16〉 필리핀의 지역별/월별 강수량 추이



〈그림 2-17〉 필리핀의 기상이변위험 분석도

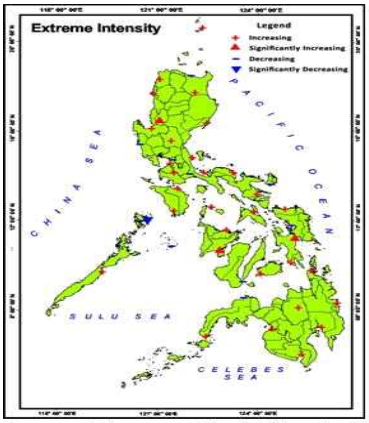


Fig.14: Trends in extreme daily rainfall intensity in the Philippines (1951-2008) compared with the 1971-2000 mean values. Index used is the amount of rainfall exceeding the top four events during the year.

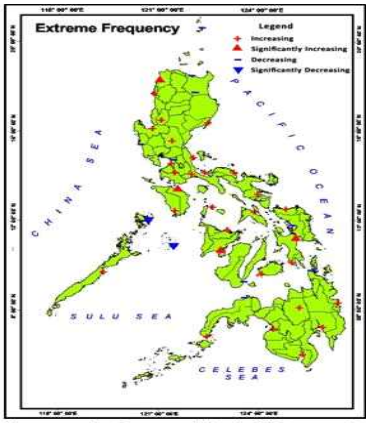
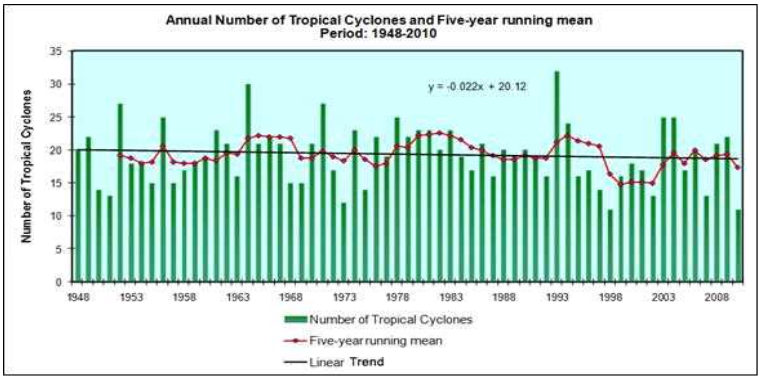


Fig.15: Trends of extreme daily rainfall frequency in the Philippines (1951-2008) compared with the 1971-2000 mean value. Index used is the number of days with rainfall exceeding the top four events during the year.

〈그림 2-18〉 필리핀의 집중호우 일수 평균(좌)과 장마일수 평균(우)(1971-2000) 추이

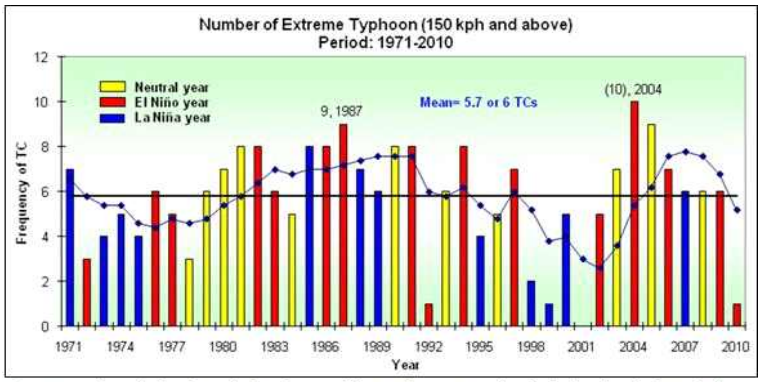
❑ 태풍발생 및 위험도 증가

Philippine Area of Responsibility(PAR)이라 불리는 태풍(열대성 저기압)의 발생, 경로 및 경향을 분석한 결과 매년 평균 20개의 태풍이 필리핀에 상륙한 것으로 나타났다(<그림 2-19> 참조).



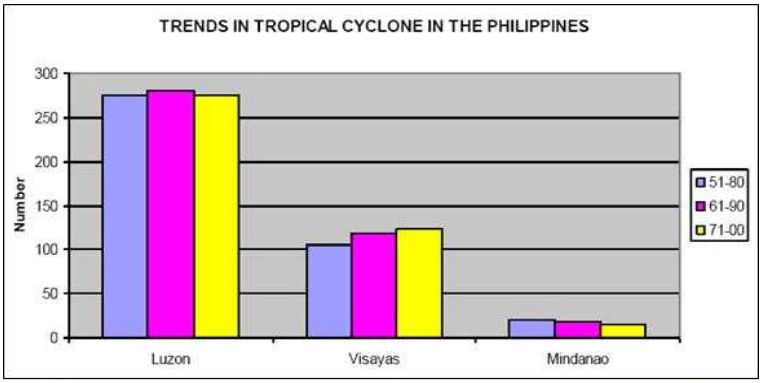
〈그림 2-19〉 필리핀에 영향을 준 태풍 발생 횟수(1948-2010)

발생 경향에서 10년 단위로 강한 변동성이 나타났으나, 빈도에서는 많이 증가하지 않았다. 그러나 엘니뇨가 발생한 기간 동안에는 150kph이상의 최대풍속을 가진 태풍의 개수가 매우 조금 증가하였다(<그림 2-20> 참조).



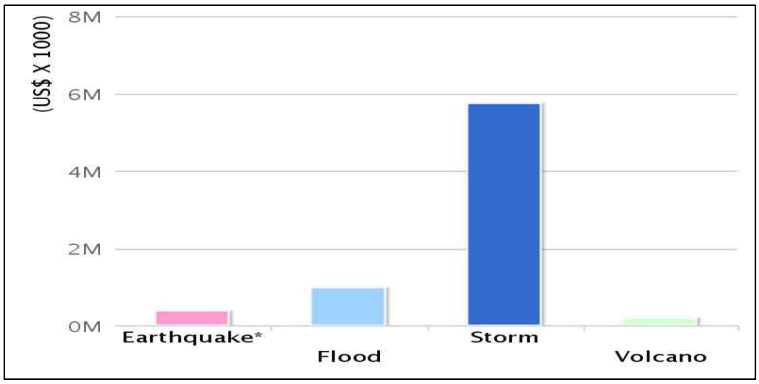
〈그림 2-20〉 태풍의 최대 풍속 150kph 이상의 동향 분석

더욱이, 주요 세 개의 섬(Luzon, Visayas, Mindanao)을 통과한 태풍 경로 분석을 통해 1951 - 1980년, 1960-1990년보다 1971-2000년 동안 비사야스(Visayas)에서 약간 증가한 것으로 나타났다(<그림 2-21> 참조).



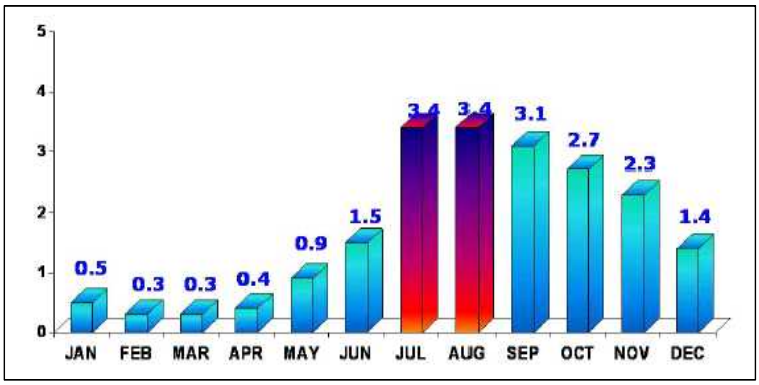
〈그림 2-21〉 필리핀의 주요 세 개 섬을 통과한 태풍의 10년단위 변화(1951-2000)

필리핀은 태풍에 의한 피해가 매우 심하며, 전 세계 위험순위에서도 상위에 속한다. 태풍의 영향은 전 국민의 20%에 가깝게 피해를 주며, 경제적 손실도 GDP의 20%에 육박하는 피해를 주는 것으로 나타났다(<그림 2-22> 참조).



〈그림 2-22〉 필리핀의 재해유형별 경제적 손실도

필리핀을 남북으로 구분하여 분석해 보면 루손섬 북쪽지역이 가장 많은 태풍경로에 놓여 있으며, 가장 남쪽인 민다나오지역은 가장 적은 태풍의 경로를 보인다. 또한 태풍의 영향은 주로 7월에서 11월까지 이다. 7월에서 11월 사이에도 월평균 2회 이상의 태풍이 내습하며 7, 8, 9월에는 매월 3회 이상 태풍의 피해를 입는 것으로 조사되었다(<그림 2-23> 참조).



〈그림 2-23〉 월평균 태풍 영향 빈도수

❑ 해수면의 상승

Yanagi와 Akaki(1994)는 필리핀의 여러 연안 지역에서 해수면이 약간 상승하는 경향이 나타났다고 하였다. 그러나 지반 침하뿐만 아니라 전 세계적인 해수면 상승 때문에 마닐라 지역의 평균 해수면 상승은 두드러졌다고 한다.

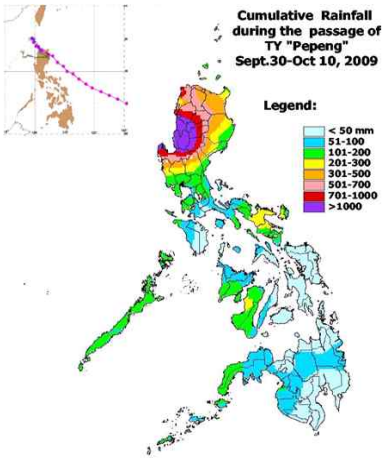
나. 기후변화유발 재해 발생 동향과 특징

필리핀은 동남아시아와 마찬가지로 열대성 저기압(태풍), 홍수, 산사태, 가뭄 등이 대표적인 재해유형으로 분석되며, 지진과 화산도 포함된다.

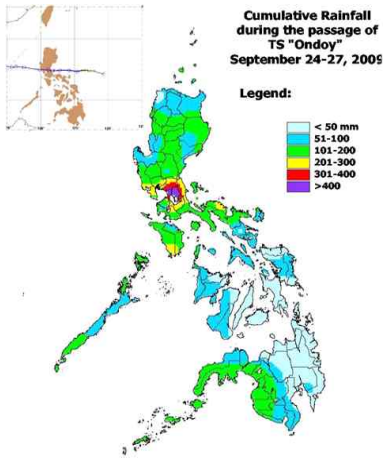
역대 필리핀의 자연재해를 살펴보면 1990년 7.8규모의 지진으로 루손섬의 3개 도시에서 약 1,300명이 사망하였고, 같은 해 8개의 지역에서도 8회의 태풍피해로 약 700여명이 사망하였다. 또한 1998년 엘리뇨의 영향을 받아 98만 5천여세대가 기아에 시달렸으며, 1999년에는 라니냐의 영향으로 8개의 태풍, 호우, 홍수의 현상이 나타났다.

필리핀에서는 우기인 7-8월 사이에 태풍이 많이 생기고 대체적으로 우기에 평균 두 차례 이상 일어난다. 최근에도 강도가 큰 태풍들도 7-9월 사이에 나타났다. 그 예로 2009년에 일어난 태풍 파르마(Pepeng)와 태풍 온도이(Ondoy)를 들 수 있다(<그림 2-24> 및 <그림 2-25> 참조).

태풍 파르마는 4,478,184명이 피해를 입혔고 492명의 사망, 207명의 크고 작은 부상, 47명의 실종의 큰 인명피해를 일으켰다. 또 태풍 온도이는 4,901,234명의 인명피해와 464명의 사망, 529명의 부상, 37명의 실종을 가져왔다. 이 두 태풍은 2009년 9월과 10월에 일어나면서 필리핀의 피해를 더 크게 만들었다.



〈그림 2-24〉 태풍 파르마의 이동경로와 강우량



〈그림 2-25〉 태풍 온도이의 이동경로와 강우량

2009년 발생한 태풍 파르마와 온도이 등과 같은 현상들은 기후변화로 인한 예측 불가능한 것이었다. 기존에 구축된 홍수통제 시설물들이 늘어난 강우량을 감당하지 못하는 지역이 늘어나고 있다. 2009년 태풍은 필리핀 수도 마닐라지역을 포함한 광범위한 지역에 영향을 주었던 과거의 자연재해방지 개념과 대책에 대해 다시 생각해보는 계기가 되었다.

2011년 12월 16일 태풍 와시(Washi)는 45-55 mph의 풍속으로 8시간가량 필리핀 남부에 있는 민다나오(Mindanao) 섬을 관통하였는데, 그 당시 인근 바다의 수온은 관측 이래 다섯 번째로 높은 상태였다. 따라서 와시는 바다로부터 수증기를 이례적으로 공급받아 많은 수분을 함유하고 있었다.

와시가 몰고 온 폭우는 벌목을 한 민둥산과 파인애플 플랜테이션에 집중적으로 내리면서 순식간에 집채만 한 흙더미들을 휩쓸고 지나갔다. 태풍이 한 밤중에 마을을 관통한데다 조기경보시스템의 부재로 많은 사망자가 발생했다. 최소 1,249명이 목숨을 잃었으며 79명은 행방불명인 상태다.

필리핀 사상 최악의 기상재해는 1991년 11월 5,956명의 목숨을 앗아갔던 태풍 셀마(Thelma)이다. 필리핀에서 홍수는 2번째로 피해를 가장 많이 주는 재해이다([표 2-16] 참조).

필리핀에서 발생하는 산사태는 태풍과 그에 따른 호우와 무관하지 않다. 2004년 11월 14일부터 12월 3일 사이에 발생한 퀘존 지역의 산사태는 태풍 무이파(Muifa), 므르복(Merbok) 그리고 난마돌(Nanmadol)에 의한 것으로 사상자 수와 피해는 다음과 같다.

- 1,068명 사망, 1,163명 부상, 553명 실종
- 피해 가구/인구 : 728,724가구/3,643,770명
- 피해 평가 금액 : 7,615.980백만페소(136백만 달러)
- 피해 주택수 : 56,591채 완파, 160,285채 부분 파손

2006년 2월 17일 발생한 Guinsaugon Southern Leyte의 산사태로 인한 사상자수와 피해는 다음과 같다.

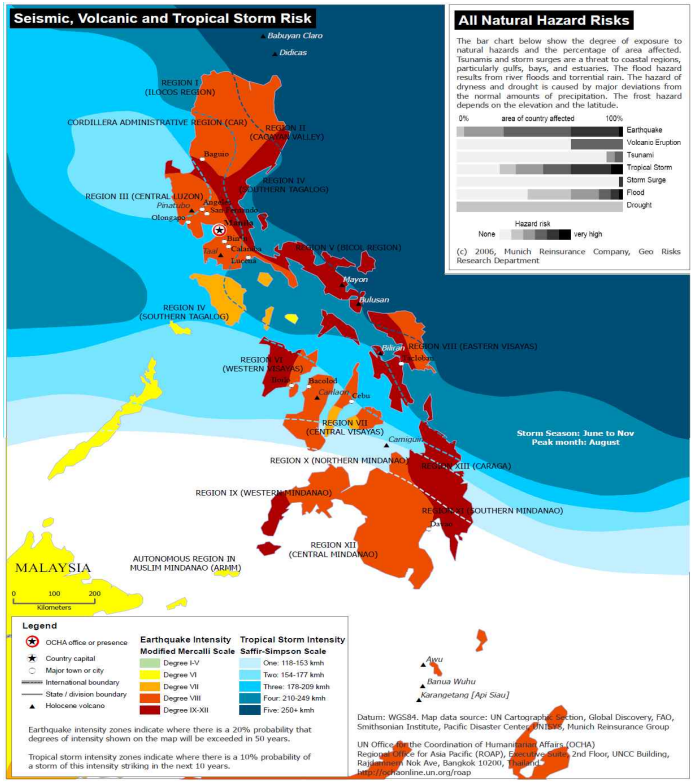
- 154명 사망, 968명 실종
- 피해 가구수/인구 : 3,850가구/18,862명
- 피해 평가 금액 : 114.800백만 페소(2.251백만 달러)

필리핀의 각 지역과 도시들은 홍수와 같은 자연재해에 대한 위험도가 각각 다르다. 자연재해 빈발지역을 분석한 'Hazard Management Unit of World Bank' 보고서에 따르면, 필리핀은 자연재해가 자주 일어나는 지역에 많은 인구가 거주하는 국가에 속한다. 인구밀집지역은 여러 위험에 노출되어 있는데, 필리핀 영토의 22.3%는 세 가지 이상의 위험에 노출되어 있고, 그 지역 인구의 36.4%가 이러한 위험에 노출되어 있다.

[표 2-16] 홍수 피해현황 (1980-2005)

년도	피해자 현황**			피해 금액
	사망	실종	부상	
1980	36	4	55	1,472
1981	484	264	1,922	1,273
1982	337	223	347	1,754
1983	126	168	28	523
1984	1,979	4,426	732	416
1985	211	300	17	3
1986	171	43	155	1,838
1987	1,020	213	1,455	8,763
1988	429	195	468	8,675
1989	382	89	1,088	4,494
1990	676	262	1,392	11,713
1991	5,201	4,278	357	74
1992	145	95	51	7,359
1993	814	214	1,637	25,038
1994	266	54	260	3,401
1995	1,255	669	3,027	57,781
1996	124	49	97	10,109
1997	199	28	66	4,842
1998	498	116	873	17,823
1999	56	3	25	1,555
2000	338	59	370	7,217
2001	431	134	418	6,924
2002	169	33	71	829
2003	139	28	182	4,567
2004	1,046	437	836	7,679
2005	62	36	51	2,487
Total	16,594	12,420	15,980	198,609

필리핀의 서부와 중앙부는 태풍에 덜 노출되어 있다. 또한 루손섬 중앙 지역에서 가장 높은 기후변화유발 재해 위험도를 갖고 있는 지방은 가장 인구가 밀집된 지역이기도 하다(<그림 2-26> 참조).



〈그림 2-26〉 필리핀의 재해 노출도

그러나 지정학·기후학적 여건과는 별도로, 상대적으로 빈곤한 지역에서 홍수의 영향을 더 많이 받는다. 소득 수준이 가장 낮은 계층의 대다수는 무슬림 민다나오 자치 구역(ARMM)과 비콜 지역, 특히 1-4 구역에 거주한다. ARMM구역은 엘리뇨 위험도가 가장 높고 쓰나미 가능성 또한 높다.

필리핀은 쓰나미와 폭풍에 의한 높은 파도는 주로 해안선을 따라 발생하나 특히 필리핀은 동부지역과 해역, 만 지역에 주로 큰 피해가 발생한다. 또한 필리핀 대부분 지역은 지진의 위험에 놓여 있으며, 정도 또한 강한 것으로 알려져 있다. 가장 강한 태풍은 8월로 알려져 있지만 최근에는 일반적인 경향에서 벗어나는 경우가 빈번히 발생한다.

필리핀에서 발생한 극한 기상현상은 일반적으로 장기간 지속되는 폭우로 인한 것이다. 태풍은 연평균 강수량의 40%에 달하는 호우를 생성한다. 폭우는 산사태와 홍수를 발생시키며 또한 인명 및 재산피해뿐만 아니라 환경까지 파괴한다(Amodore, 2005). 지난 100년 동안 필리핀에서 발생한 자연재해의 80%는 태풍과 홍수와 관련되어 있다. 대규모 호우는 산사태를 일으키고 퇴적물이 흐르는 길을 만들어 저지대에 홍수를 다시 일으키는 악순환을 일으킨다.

3. 인도네시아

가. 기후변화 추이와 전망

인도네시아는 17,000여개의 섬으로 이루어진 군도 국가로, 80,000㎞의 해안선을 가지고 있어 해수면 상승에 매우 취약한 나라이다. 이처럼 지리적으로 기후변화 영향에 취약한 인도네시아는 해수면 상승 외에도 기온상승, 강수량 변화 및 각종 극한기상현상이 발생한다.

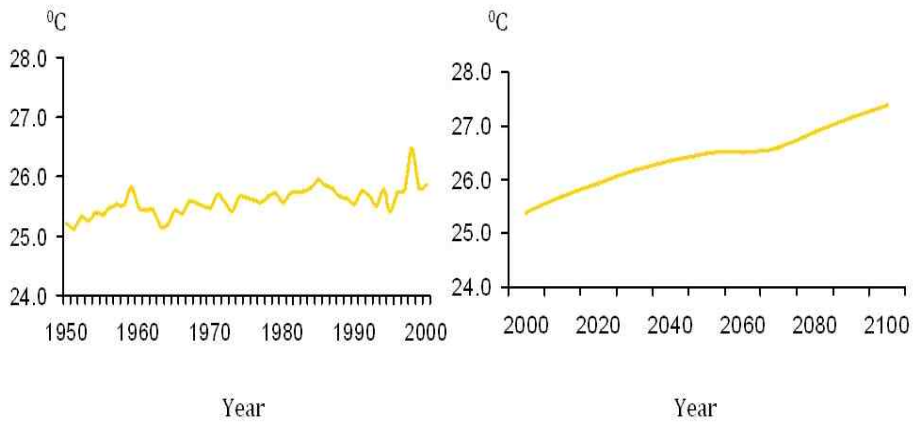
또한 인도네시아는 ENSO와 관련하여 극한기상현상도 발생한다. 이러한 ENSO 징후는 자바, 발리, 누사텡가라와 같은 몬순기후를 가진 섬에서 강하게 나타난다. 이러한 섬은 다른 섬보다 건기의 강우가 2배 정도 적다.

Hansen et al.(2006)에 의하면 최근 몇 년간, 엘리뇨는 전 지구적인 기온 아노말리(anomalies)가 증가함에 따라 더 빈번해지고 있으며, 지난 50년 동안 기후와 관련된 재해도 증가하였다. 그 중 가장 많이 증가한 재해는 홍수이며, 산사태, 수인성 또는 매개인자성 병도 증가하는 추세이다.

❑ 평균기온의 상승

1961년부터 1990년까지 30년 동안 인도네시아는 평균기온이 거의 1℃ 상승하였다. 1990년 이후에는 0.3℃ 상승한 것으로 나타났으며, 2100년까지 1.5-3℃까지 상승할 것으로 예측되고 있다(<그림 2-27> 참조).

이러한 평균기온의 지속적인 상승으로 인도네시아는 강수량 변화, 해수면 상승, 홍수 및 가뭄 빈발, 식량 감소, 질병 증가, 생물종다양성 영향 등 각종 문제에 직면하게 될 것으로 예상된다.



〈그림 2-27〉 인도네시아의 평균기온 변화 추이와 전망

❑ 평균 강수량의 증가

1994년부터 2002년까지 우기의 강우데이터와 1970년에서 2000년까지 30년 간 우기의 강우데이터를 비교해 본 결과, 인도네시아의 여러 지역에서 강수량이 감소한 것으로 나타났다. 주요 지역은 인도네시아 북부지역, 수마트라 남부지역, 칼리만탄 서부지역, 자바 동부지역, NTT, NTB, 술라웨시 동남지역 등 광범한 지역에서 발생하고 있다.

또한 지난 몇 십년간 인도네시아의 강우형태에도 변화가 있었는데 다음과 같다.

- 첫째, 우기가 늦어지거나 빨라지는 등 우기의 변화
- 둘째, 해안지역에서 지난 50년 간 여러 개월에 걸쳐 극심한 강우현상이 증가하는 경향
- 셋째, 강우형태 변화의 지역적 차이

예를 들면 수마트라 북부와 칼리만탄의 경우는 강우강도가 상승했지만 우기기간은 축소된 반면, 자바의 남쪽과 발리에서는 강우강도는 감소했지만 우기기간은 증가하는 현상을 나타냈다. 이러한 강우량 감소와 강우형태의 변화는 쌀 생산 등 인도네시아 농업에 직접적인 영향을 미치게 될 것이다.

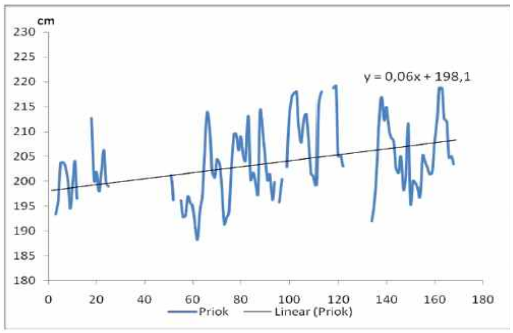
❑ 해수면의 상승

인도네시아는 해수면이 계속 상승하면 2030년에 산호초와 무인도를 포함하여 저지대에 위치한 2,000개의 섬들이 잠길 것으로 예측되고 있다. 자카르타 포스트(Jakarta Post, 2007)에 따르면, 현재 자카르타만의 해수면은 매년 57㎜ 증가하고 있다.

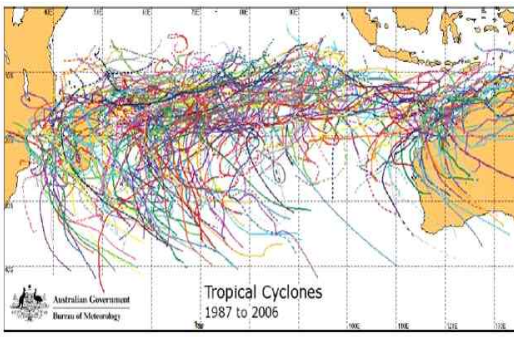
이러한 해수면 상승추세가 계속된다면 2050년에는 찔린찡(Cilincing), 코자(Koja), 탄중프리오크(Tanjung Priok), 파데망간(Pademangan)과 펜자링간(Penjaringan) 지역을 포함하여 약 160㎢에 달하는 자카르타 지역이 물에 잠길 것으로 예측된다(<그림 2-28> 참조).

이러한 해수면 상승으로 인하여 해발 10m 미만의 저지대에 살고 있는 약 4,200만 명에 달하는 인도네시아 주민들의 생존을 위협하고, 저지대 해변 도시들의 홍수 위험이 더욱 높아질 것으로 예상된다. 그리고 인도네시아의 농업과 어업은 생산량에도 큰 영향을 미치게 될 것이다.

인도네시아 State Ministry of Environment(SME, 2007)는 평균 해수면이 매년 1-8mm 증가하였고, 특히 Belawan지역에서 가장 크게 증가하였다고 한다. 한사리(음력 보름과 그믐 무렵의 밀물이 가장 높은 때)를 일컫는 'rob'은 연안 지역의 범람지역에서 많이 관찰된다. 1995년에는 'rob'이 발생한 곳은 처음 드막(Demak)에서 발생한 이후 반텐주(Banten), 자카르타, 그리고 이 외 지역에서 연쇄적으로 발생하였다.



〈그림 2-28〉 인도네시아 탄중프리오크(tanjung priok)의 평균 해수면 상승
자료 : PEACE(2007).



〈그림 2-29〉 인도양의 열대태풍 경로
자료: BOM, Australia(2006).

❑ 기후변화로 인한 영향 전망

기후변화로 인한 열파, 태풍, 홍수와 가뭄 등 동아시아의 많은 나라와 같이 극한기상현상의 발생도 증가할 것이다.

온난화로 인도네시아에서 열파 일수가 증가할 것으로 전망된다. 지구 온난화로 인한 평균기온의 상승은 폭염(extreme heat)을 발생시킨다. 폭염으로 인한 열파, 뎅기열 등은 전염병 환자의 증가를 초래하고, 단기간에 열사병 또는 일사병으로 인한 인명피해 발생이 늘어날 것으로 보인다.

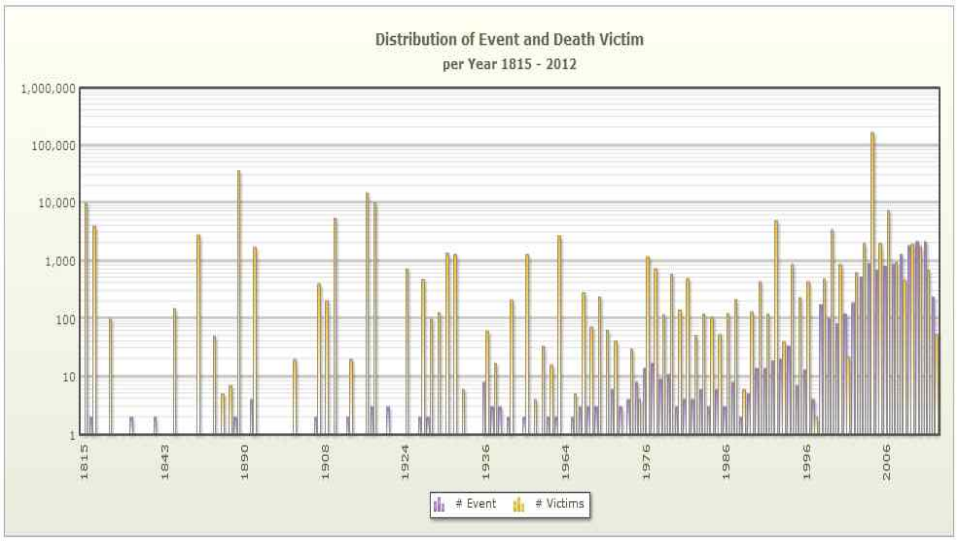
태풍의 발생빈도 및 크기가 증가할 것으로 전망된다. 열대성 저기압 또는 태풍은 시기별로 우기에는 인도네시아 남쪽과 인도양 사이에서 발생하고, 건기에는 태평양 서쪽 부근의 인도네시아 북쪽에서 발생한다. 따라서 인도네시아는 태풍의 영향을 직접적으로 받지 않는다. 하지만 인도양, 남중국해 남쪽, 태평양 서부, 그리고 반다해에 노출된 해안지역이 태풍으로 발생하는 해일 등에 영향을 받는다(<그림 2-29> 참조).

강수량 및 강우강도의 증가로 홍수·가뭄 발생이 증가할 것으로 전망된다. 인도네시아는 대부분 지역이 홍수에 취약한 실정이며, 특히 수마트라와 자바-발리지역의 홍수 취약성이 매우 높게 나타났다. 인도네시아에서 홍수 발생의 주요 요인으로 월평균 400㎜가 넘는 높은 강우강도를 들 수 있다.

인도네시아 동부지역은 가뭄에 취약하다. 특히, 인구밀도가 높은 자바-발리 등 지역에서 가뭄위험이 높은 것으로 나타났다. 구체적으로 자바 중부지역, 수마트라 북쪽, 누사 텡가라 지역이 가뭄위험에 직면해 있다. 가뭄은 위생에 필요한 물 가용성 감소, 산불 위험도 증가, 농작물 수확량 및 어류 포획량의 감소로 인한 식량 공급 감소 등 문제를 야기할 위험성을 갖고 있다.

나. 기후변화유발 재해 발생 동향과 특징

인도네시아의 과거의 자연재해 피해를 보면 피해규모가 큰 것을 볼 수 있다. 이것은 자연재해의 중요성과 위험성을 잘 파악하고 대처하지 못하였고 대비시스템이 많지 않아 속수무책으로 당한 것이다. 최근에 국가의 발전과는 상관없이 이상기후로 인하여 자연재해의 빈도수가 많아지고 그 규모도 커 피해규모가 점점 커지고 있는 것을 <그림 2-30>에서 알 수 있다.



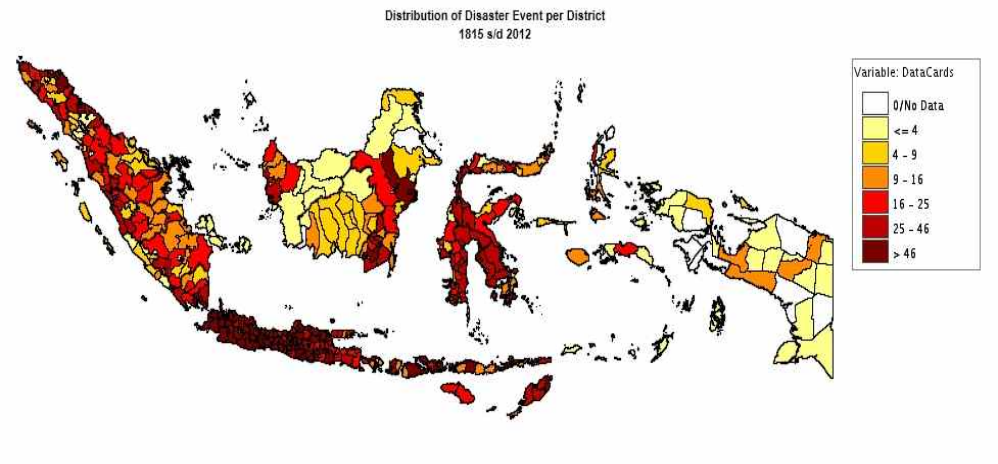
〈그림 2-30〉 인도네시아의 연도별 재해건수와 피해현황

인도네시아는 국토의 전 지역이 자연재해에 취약한 지역이다(<그림 2-31> 참조). 4개의 판구조가 접하는 지역에 위치해 있기 때문에 지진과 지진에 의한 해일, 그리고 홍수가 빈번하게 일어난다. 과거에는 자연재해의 빈도수가 많지 않았지만 20세기 후반 들어 자연재해의 빈도수가 점점 증가하고 있는 추세이다.

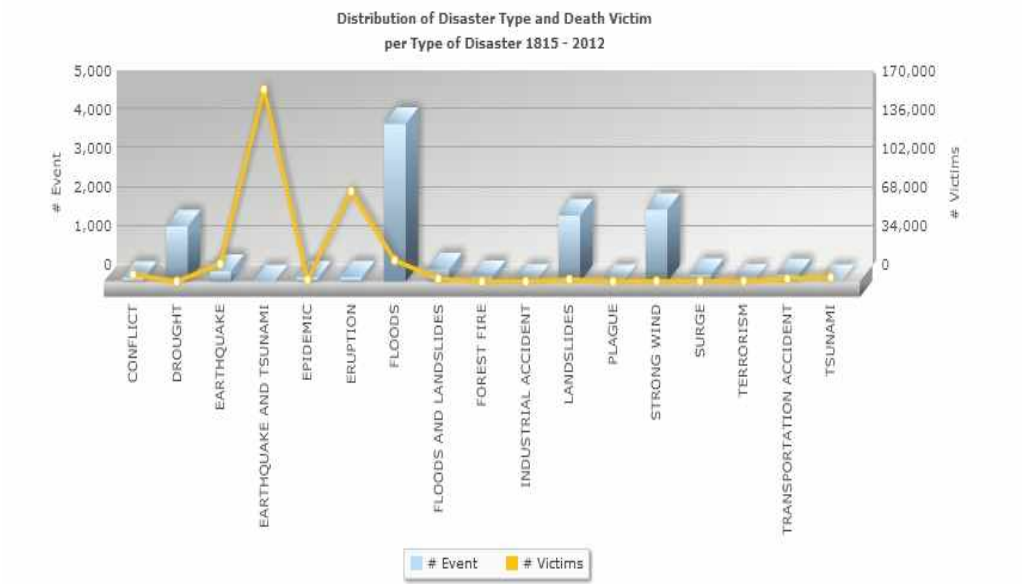
<그림 2-32>에서 보여 주듯 인도네시아에서 인명피해를 많이 내는 재해는 지진과 지진에 의한 해일이다. 이는 4개의 판구조가 접해있기 때문에 크고 작은 지진이 많이 발생하기 때문이다. 큰 지진이 일어나게 되면 속수무책으로 당하고 인명피해가 많다.

2004년 12월 26일 인도네시아 아체(Aceh)지역은 규모 9.0의 엄청난 지진과 지진해일로 큰 피해를 입었다(<그림 2-33> 참조). 인도네시아 수마트라섬 북쪽의 서부해안에서 지진이 발생하였다. 아체는 인도네시아 수마트라 섬의 북단에 위치한 지역으로 진앙지가 근처에 위치해 있고 지진으로 인한 강력한 해일이 발생했다.

이 지역에서는 약 13만 여명의 희생자가 발생하였으며 최근에도 강도 8.2-8.6의 강진피해가 빈번한 지역이다. 이 지진과 해일은 인도네시아뿐만 아니라 스리랑카, 인도, 태국 등의 남아시아의 해변까지 피해를 입혔다.



〈그림 2-31〉 인도네시아 재해 현황 분포지도



〈그림 2-32〉 인도네시아 재해별 빈도수와 피해인원 현황

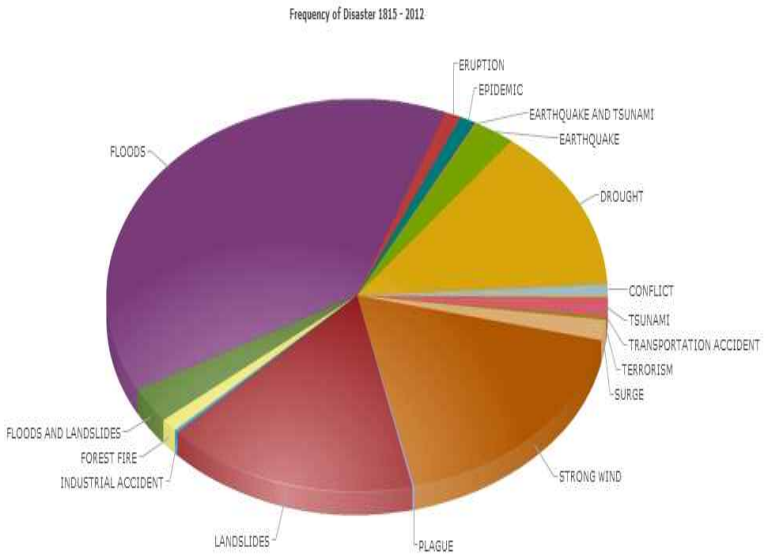


〈그림 2-33〉 인도네시아 아체(Aceh)지역의 2004년 쓰나미 피해

나머지 재해들은 빈도수도 적고 피해현황도 그다지 크지 않은 걸 봐서 인도네시아에는 지진, 지진해일과 홍수가 주요 재해인 것을 알 수 있다(<그림 2-34> 참조).

인도네시아에서는 많은 자연재해들이 발생하고 있지만 그 중 홍수의 빈도가 다른 재해에 비하여 월등히 높다.

2003-2005년에 라니냐로 인한 홍수는 집, 공공시설, 도로, 다리, 댐, 터널, 도랑, 수자원, 건물, 거주지, 농작지역에 피해를 끼쳤는데 이로 인한 사회기반시설의 총 피해액은 약 2억 5백만 달러로 나타났다(Sutardi, 2004).



〈그림 2-34〉 인도네시아의 재해 종류 및 빈도수

4. 캄보디아

가. 기후변화 추이와 전망

캄보디아의 기후는 고온 다습한 열대 몬순 기후이며 5-11월 사이의 우기와 12-4월의 건기를 가지고 있다. 농업의 의존도가 높아 자연재해의 취약한 구조이고 주요 자연재해는 홍수, 집중호우, 하천범람, 가뭄 등이다(한국수출입은행, 2010).

최근에는 기후변화로 홍수가 증가하고 건기에는 가뭄 피해가 커지고 있다. 온도의 변동 폭도 매우 커져서 2월 중반에도 35℃에 이른 경우도 있으며 온도의 변덕스러운 변화로 농업과 건강에 대한 피해가 증가하고 있다.

❑ 평균기온의 상승

캄보디아의 평균기온은 1960년 이래 0.8℃ 상승하였으며, 비정상적인 밤과 낮의 더운 주기도 증가하였다. 2025년에는 0.3-0.6℃가 더 상승할 것으로 예상하고 있으며, 2060년대에는 0.7-2.7℃까지 상승할 것으로 예측되고 있다 (http://www.tharri.com/upload/contents/data_item01/424.pdf).

❑ 평균 강수량의 편차 심화

캄보디아의 강수량은 모든 기후변화 모델에서 증가할 것으로 예측하고 있으나, 변화의 정도는 불확실하다. 추정값은 최소 3%에서 최대 35%까지 차이가 많다 (http://www.tharri.com/upload/contents/data_item01/424.pdf). 기후모델에서 우기에 강수량이 증가하여 보다 많은 홍수가 있을 것으로 예상하며, 건기에는 강우량은 변화가 없거나 또는 낮을 것으로 예측하고 있다.

강수량은 고지대보다 저지대에서 더욱 많아질 것이다. 특히 중부 농업의 중심지인 평야 지역에서 강수량과 홍수가 많아져서 이미 홍수와 건기에 의한 피해를 입고 있는 이 지역에서의 피해가 더욱 증가할 것이라 전망되고 있다 (http://www.tharri.com/upload/contents/data_item01/424.pdf).

❑ 기후변화로 인한 영향 전망

기후변화는 캄보디아에 태풍, 열풍, 한발 및 홍수 등과 같은 극한기상현상을 증가시킬 것이다.

지난 10년 동안 잦아진 태풍에 의해 피해가 심해졌으며, 향후 더욱 악화될 것으로 전망된다. 태풍피해도 증가하여 2009년 9월에 발생한 태풍 케차나로 1억 3,100 달러의 피해가 발생(톤레사브레주에 홍수 발생)하였다.

해수면 상승은 21세기말까지 55-100cm 상승할 것으로 예측되고 있다.

나. 기후변화유발 재해 발생 동향과 특징

2000년 8월 캄보디아 북부, 남부, 동부에 걸쳐 대규모 홍수로 큰 피해를 입었다. 특히 따께우 지방피해가 컸는데 캄보디아 정부는 메콩강 주변의 세 지역(Stung Treng, Kratie and Kmpng Cham)과 수도인 프놈펜에 국가 비상사태를 선포하였다. 121,000명의 인명피해와 170명 이상이 사망하였고 10백만 달러의 재산피해를 입었다([표 2-17] 및 <그림 2-35> 참조).

다음해인 2001년 8월에도 큰 홍수가 발생하였다. 12개의 지역에 피해를 입혔고 1.7백만 명의 사람들이 피해를 입었으며 그 중 56명이 사망하였다. 또한 약 41만 명의 사람들이 피난 대피소에서 생활하였다. 메콩강 상류지역에 있는 지역은 전년도에 입은 피해 기록을 갈아치웠다.

홍수피해의 특이한 점은 주로 톤레삽(Tonre Sap)호수의 영향을 많이 받는다는 것이다. 메콩강의 경우 상류의 상황에 따라 홍수가 발생한다. 그리고 톤레삽 호수의 수위조건에 따라 홍수위가 결정된다. 메콩강의 수위가 늘면 톤레삽 호수의 담수량이 10배 정도로 확대되어 하류의 홍수가 서서히 진행될 수 있도록 해준다. 이것은 어떤 한 지역의 홍수가 인구가 밀집된 다른 지역의 범람을 초래하기도 한다.

현지 일부 공무원들은 도시지역 침수피해의 원인을 도시쓰레기 때문이라고 주장한다.

캄보디아의 또 하나의 큰 자연재해인 가뭄으로도 많은 피해를 입었다. 2000년, 2001년의 큰 홍수 피해를 입고 나서, 2002년 1월 이후 지속된 건조기후로 홍수가 발생했던 지역을 중심으로 8개 지방의 극심한 가뭄의 피해를 입었다(<그림 2-26> 참조). 이 가뭄의 피해는 20년만의 최고의 가뭄 피해가 되었다. 200만 명의 인원이 가뭄의 피해를 입었고 심각한 식량부족이 발생하였다.

[표 2-17] 캄보디아의 2000년 8월 홍수피해 현황

Report On Flood Disaster And Storm

	Affected Areas			Affected People				Evacuation		Rice'h		Subsidiary Crops		Houses		Livestock	
Provinces	Districts	Communes	Villages	Families	People	Death	Injured Sick	Families Center	People Center	Flooded	Destroyed	Flooded	Destroyed	Flooded	Destroyed	Ox/Buffalo	Pigs
Stung Treng	5	29	63	4719	29129	1				7698	5164	469	347				
Kratie	4	37	179	11232	56347	5		6274	26528	10655	9056	1520	1520	2677	236	4	
Kompong Cham	14	106	677	97288	620673	74	450	3157	9837	45136	36102	18459	16835	13980	742	145	228
Prey Veng	12	85	503	84166	417547	26	152	3253	16458	145215	74085	2025	2025	19257	147	76	112
Takeo	6	34	105	9142	39382	7		837	3172	48645	42985			578	69		
Kompong Thom	8	64	482	32536	97608			649	1947	32412	32412				5	27	
Siem Reap	8	18	113	37261	136144	9	4			28115	23761	331	287	3973	26	47	217
Koh Kong	5	8	23	665		1				1086		2		123	202	63	58
Oddor Meanchey	3	7	18	706	3250			40	160	6315	4037	253	210	424	284		100
Svayrieng	7	46	231	25627	139678	8		11589	54070	26847	11216	626	166	14215	40	1	
Kandal	10	103	428	95494	427836	51		17132	69522	12242	10418	12195	12195	99697	597	16	
Kampot	6	40	102	13928	68776	4		1768	8048	81931	19387	71	71	1604	36	5	
Preah Vihear	1			300	1647					415	415						
Phnom Penh	4	16	52	17046	68681			1199	6192	558	128	255	255	3829	129		
Kg Chnaing	5	27	132	18081	76429	2				19098	6885			3172			
Rattanakiri	3	14	47	925	6138					2628	644	60	30		8	37	131
Pursat	4	17	84	4385	17650	5				24220	18453			1915			
Battambang	4	20	29	7430	27044			692	3659	12103	4135						
B Meanchey	4			4067	16268	2				28910	4655	15	15	1928	3	5	
Kompong Som	1									950	950						
Total 20	114	671	3268	464998	2250227	195	606	46590	199593	535178	304887	36279	33955	167372	2524	426	846

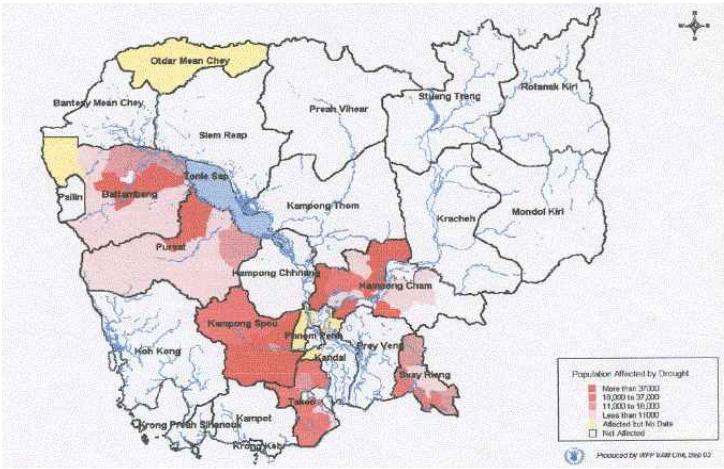
캄보디아에서는 기후변화유발 재해로 인한 사망자 수는 연간 수백 명(작년에는 645명)이나 되며, 경제적인 손실도 국내총생산의 15%에 이른다.

토네이도(Tornado)는 건기와 우기 사이인 4-8월에 발생하여 연 평균 10여명이 사망하는 것으로 조사되었다.

현지 공무원과 인터뷰 결과, 생각보다 벼락(lightening)에 의한 피해가 심각하다고 주장하고 있다. 2012년 1사분기에만 60명이 벼락으로 사망했는데, 그 이유를 mobile phone, motorbike, 강우 유형의 변화라고 주장하고 있다. 이를 위해 공교육을 강화하고 있으나, 이를 잘 준수해도 피해가 발생한다고 한다.



〈그림 2-35〉 캄보디아 주요 자연재해 지역



〈그림 2-36〉 캄보디아 가뭄피해지역

5. 스리랑카

가. 기후변화 추이와 전망

스리랑카는 열대성 몬순기후의 특징을 나타내며 강수패턴은 섬 기후의 특성을 잘 나타내고 있다.

❑ 평균기온의 상승

스리랑카는 평균기온이 20-30℃를 유지하고 있으며, 해발 고도에 따라서는 높은 지역의 경우 최저기온이 5-10℃ 정도로 기온이 낮은 지역도 있다. 저지대의 경우 20℃이하로 떨어지는 경우는 매우 드물며 건기에는 30℃에서 35℃를 상회하고 있다.

스리랑카 기상국이 조사한 바에 따르면 기후변화 여파로 기온이 높은 날이 증가하고 있으며 기온이 낮은 날은 감소하는 것으로 나타나고 있다. 1961년부터 2000년까지의 자료를 분석해 본 결과 대부분의 지역이 연평균최고기온이 증가한 것으로 나타났다. 특히 Badulla 지역은 매년 0.046℃ 증가한 것으로 분석되어 스리랑카에서도 높은 상승률을 보였다.

2100년에는 2000년보다 5-9월 평균기온이 1.1~2.4℃ 상승할 것으로 전망하고 있다(스리랑카 기상국, 2011).

❑ 평균 강수량의 감소 및 변동 폭의 증가

스리랑카의 강수량은 지역과 시기에 따라 편차가 크며, 5-9월은 남서몬순(Southwest Monsoon : SWM) 기간이며, 12-2월은 북동문순(Northeast Monsoon : NEM) 기간이다.

남서몬순기간 중에는 중부 고지대에 매년 500- 4,000mm의 강수량을 기록하며, 그 외 지역은 500mm이하인 경우가 많다. 북동몬순기간 중에는 북동지역에 500-2,500mm의 강수가 내린다. 첫 번째 몬순(First Inter Monsoon : FIM) 사이인 3월, 4월에는 상대적으로 강수량이 적다([표 2-18] 참조).

1961년부터 2000년까지의 연평균 강수량을 분석해 본 결과 스리랑카 전체의 강수량은 매년 9.46mm 감소한 것으로 나타났다. 2100년에는 현재보다 강수량의 변동폭이 증가할 것으로 전망되고 있는데 5~9월에는 17% 감소에서 38% 증가까지 전망하고 있다(스리랑카 기상국, 2011).

[표 2-18] 스리랑카의 계절별 평균 강수량 비교(1961~1990년)

계절	기간	평균 강수량(mm)	연강수량 대비 비율(%)
FIM	3 ~ 4월	268	14
SWM	5 ~ 9월	556	30
SIM	10 ~ 11월	557	30
NEM	12 ~ 2월	479	26
Annual	1 ~ 12월	1860	100

❑ 기후변화로 인한 영향전망

스리랑카는 고온다습한 열대성 기온과 불안한 지질구조, 저고도의 해안지역을 갖고 있어 홍수·산사태·가뭄 등의 기후변화유발 재해에 매우 취약한 구조를 갖고 있다.

단시간에 생명 및 재산피해를 촉발하지 않더라도 중장기적으로 국민의 생계와 생활에 큰 악영향을 주거나 상당한 비용을 초래하는 재난재해로는 가뭄, 부식/침식, 하천의 염분유입, 전염병, 야생코끼리의 공격, 식수오염으로 인한 신장병 환자 증가, 산불 등이 있다. 이러한 자연재해는 국토의 난개발 및 환경파괴 등에 의한 기상이변으로 점점 악화되고 있는 실정이다.

스리랑카는 기후변화로 인한 농업분야의 영향에 관심이 많다. 쌀, 차, 고무, 사탕수수 등의 농산물 수확에 영향을 끼칠 것으로 전망된다.

나. 기후변화유발 재해 발생 동향과 특징

스리랑카의 기후변화로 인해 인명과 재산상의 피해를 초래하는 주요 자연재해는 싸이클론(태풍), 집중호우로 인한 홍수 및 산사태이며, 그 외에 번개, 돌풍, 해안침수, 가뭄, 쓰나미, 지진이다. 발생빈도로 구분하면 [표 2-19]와 같다.

스리랑카의 주요 재해 및 재난 피해통계 자료를 보면 쓰나미는 발생빈도 면에서 낮지만 모든 재난 중 가장 많은 인명 및 재산피해를 낳았으며, 홍수는 발생빈도가 비교적 높고 인명 및 재산피해 또한 많은 것으로 나타나고 있다([표 2-20] 참조). 인명피해 기준 10대 재난사고는 [표 2-21]과 같고 피해액 기준 10대 재난사고[4]는 [표 2-22]와 같다.

최근 들어 기후변화로 인한 재해 피해는 더욱더 증가하고 있다.

4) UN ISDR / EM-DAT 비상재난 DB자료.

[표 2-19] 스리랑카의 기후변화유발 재해 발생 유형과 빈도

발생빈도	재해 발생 유형
높　　음	홍수, 산사태, 번개, 돌풍, 가뭄
중　　간	싸이클론(태풍), 해안침수
낮　　음	지진, 쓰나미

[표 2-20] 스리랑카의 주요 재난재해 피해 내역(1957-2007년)

유형	건수	사망자	부상자	이재민	피해자	피해액(USD)
가뭄	8	0	0	0	6,256,000	0
역병	5	58	0	0	206,777	0
홍수	39	993	1,002	2,746,601	6,849,408	373,444
산사태	3	119	0	0	130	0
쓰나미	1	35,399	23,176	480,000	516,130	1,316,500
폭풍(태풍)	5	1,151	5,000	100,000	1,913,000	137,300
산업사고	1	25	0	0		-
단순사고	1	39	0	8,000	40,000	-
교통사고	19	860	325	0		-

[표 2-21] 스리랑카의 인명피해 기준 10대 재해/재난

순	재난유형	발생일자	인명피해(명)
1	쓰나미	2004.12.26	35,399
2	폭풍	1978.11.24	740
3	홍수	1989.05.30	325
4	홍수	2003.05.17	235
5	폭풍	1964.12.22	206
6	폭풍	1957.12.25	200
7	산사태	1993.10.08	65
8	홍수	1969.12.25	62
9	전염병	1987.11.	53
10	홍수	1984.05.24	45

[표 2-22] 스리랑카의 피해액 기준 10대 재해/재난

순	재난유형	발생일자	피해액(USD)
1	쓰나미	2004.12.26	1,316,500
2	홍수	1992.06.05	250,000
3	폭풍	1978.11.24	100,000
4	폭풍	1964.12.22	37,300
5	홍수	1989.05.30	35,000
6	홍수	1991.06.02	30,000
7	홍수	2003.05.17	29,000
8	홍수	1969.12.25	8,500
9	홍수	1966.09.	5,000
10	홍수	1967.10.18	3,000

❑ 홍수

홍수는 스리랑카에서 다른 기후변화유발 재해에 비해 빈번히 발생하는 재해로 Kelani, Gin, Kalu, Nilwala, Mahaweli 강과 같은 스리랑카의 주요 하천에서 빈번하게 발생하고 있다.

인구의 증가와 이로 인한 토지의 이용증가는 홍수범람 위험지역에 사람들이 거주하는 결과를 초래하였다. 이러한 적절치 못한 토지이용과 집중호우, 범람 등이 스리랑카 홍수피해의 주요 원인이 되고 있다.

또한, 지구온난화의 가속화는 열대지역의 강우량을 저하시키는 반면, 강우강도가 크게 발생하는 기현상을 계속적으로 유발시키고 있다.

홍수는 2개의 몬순계절과 관련되어 있는데, 남동부지역은 5-9월이 우기로서 Western Province, Southern Province, Sabaragamuwa Province가 홍수가 빈발하는 지역이다. 북동부지역은 12-2월이 우기로서 Nother Province, North-central Province가 홍수가 자주 발생한다. 이 우기 중에 중부지역의 서쪽 산비탈 계곡으로 흘러내려가는 강들은 Kalu Ganga와 Kelani Ganga 등 저지대에 홍수를 유발한다. 기록에 의하면 1913년, 1940년, 1947년, 1957년, 1967년, 1968년, 1978년, 1989년, 1992년, 2003년에 대홍수가 발생하여 막대한 인명 및 재산피해를 낳았다.

1978년 11월 동부주에 발생한 폭우와 강풍, 홍수 등을 동반한 풍속 193kmph의 싸이클론(태풍)으로 915명이 사망하고, 가옥 100,000채가 완전 파괴되었으며, 85,000채의 가옥이 심하게 파손되어 약 1백만 명의 주민들이 수일동안 전력, 전화, 수도 공급 중단 등으로 고통을 받았다.

2003년 5월 Singharaja 산맥을 둘러싼 5개 District에 50년 만의 최악의 홍수가 발생하여 235명이 사망하고, 17명이 실종되었으며, 9,879채의 가옥이 완전 파괴되고, 25,300채의 가옥이 부분적인 피해를 입었다. 154개의 학교가 피해를 입어 106,274명의 학생들의 수업에 영향을 주었으며, 기간시설 또한 도로 684km, 교각 155개소, 공동구 505개소가 크고 작은 피해를 입는 등 총 피해액이 6,593,552,000루피에 달하였다.

2006년 10월 콜롬보, 깔루따라 등지의 홍수발생으로 26명이 사망하고, 125채의 가옥이 완파되고, 469채가 피해를 입었으며, 2007년 5월 또 다른 홍수발생으로 17명이 사망하고 가옥 200채가 완파되고 1,700채가 피해를 입었다.

❑ 가뭄

가뭄은 갑작스런 재해로 분류되고 있지는 않지만, 스리랑카 국민의 대부분이 농업으로 생활을 영위하고 있는 현실을 볼 때, 심각한 경제적 피해를 발생시키고 있다. 우기의 강우량 부족으로 발생하는 가뭄은 주로 남동부 지역, 북중부 지역, 북서부 지역에서 발생하여 주민의 생계를 위협하고 환경을 황폐화시키고 있다.

수개월 혹은 수년간 계속되면서 큰 피해를 초래하는 극심한 가뭄[5]은 국가의 주요 에너지자원인 수력발전소에 직접 영향을 주어 막대한 피해를 일으키기도 한다. 가뭄은 인간과 재산에 악영향을 줄 뿐 아니라 해갈노력에 천문학적인 비용이 들어가기 때문에 더욱 관심의 대상이 되고 있다.

가뭄은 통상 3-4년에 한 번꼴로 찾아오며, 10년 주기의 대 가뭄이 도래하는데 강수량 부족이 직접적인 원인이지만, 삼림훼손 및 무분별한 국토개발의 영향도 크다고 할 수 있다. 2001년의 극심한 가뭄으로 7개 District[6]에서 370,541명이 피해를 입었으며, 구호활동에 약 381,415,000 루피가 투입되었다.

일부 District에서는 식수오염[7]으로 인한 피해사례가 보고되고 있는데 특히 Anuradhapura와 Puttalam의 피해가 많은 것으로 알려져 있다.

❑ 싸이클론(태풍)

11월과 12월에 주로 동부지역 및 북동부지역에서 피해를 입히고 있으며, 북중부 및 북서부 지역의 일부에서도 가끔 피해를 입고 있다. 싸이클론(태풍) 피해가 심했던 해는 1907년, 1922년, 1964년, 1978년, 2000년 등이다.

❑ 산사태

집중호우 등 과도한 강우량, 지형지세, 산림황폐화, 비계획적인 국토이용 등이 맞물려 '산사태'라는 사회적·자연적인 위험요인을 만들어 낸다. 산사태가 빈발하는 지역은 Badulla, Nuwara Eliya, Patnapura, Kegalle, Kalutara, Kandy, Mantale 등의 District이다.

2003년 Matara, Galle, Hambantota 등의 District에서 발생한 산사태는 인명, 재산, 환경 등에 막대한 피해를 안겨다 주었다. 기록에 의하면 1986년 1월, 1989년 5-6월, 1998년 10월, 2003년 5월에 극심한 산사태가 발생한 바 있다.

---

5) 1935-37년, 1947-49년, 1953-56년, 1965년, 1974-77년, 1981-83년, 1985년, 1993-94년, 2000-2001년, 2003-2004년.

6) Hambantota, Moneragala, Kurunegala, Puttalam, Ratnapura, Badulla, Ampara 등.

7) Anuradhapura District의 식수오염으로 인한 피해통계 : 1996-2005년 사이에 야생코끼리 289마리 폐사, 주민 129명 사망.

❑ 해안침식

스리랑카 전체인구(1,950만 명)의 반 이상은 총 연장 1,585km의 해안 지역에 거주하고 있다. 스리랑카 해안지역은 고도의 산업화와 상업용도의 항만건설 등으로 인해 경제적 중요성이 매우 증가하고 있다.

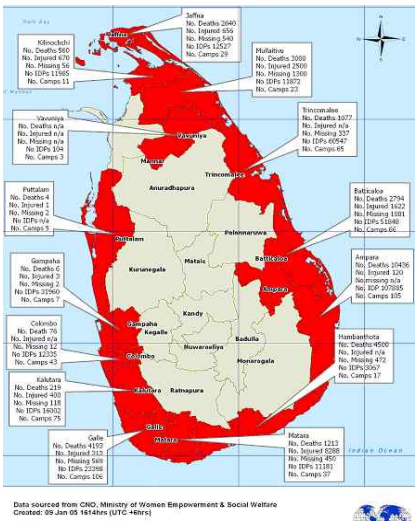
그러나 전체 해안의 50-55%가 침식의 위험에 노출되어 있는 상태이다. 북서쪽 갈피터야(Kalpitiya)에서 남쪽은 마타라(Matara) 해안이 가장 큰 침식의 피해를 받고 있으며, 해안침식으로 인한 해안선의 변화는 심각한 문제점으로 대두되고 있다.

❑ 쓰나미

2004년 12월 26일 북수마트라 섬 해안에서 발생한 100년만의 5번째로 강한 규모 9.0의 대지진으로 해상 인접국가 12개국[8]이 동시에 피해를 입는 초유의 재난이 발생하였다. 현지시각 아침 6시 59분에 쓰나미를 맞아 스리랑카는 북동부 지역과 남동부 지역 해안을 끼고 있는 13개의 District에서 막대한 피해가 발생하였다.

사망자 30,959명, 이재민 562,601명, 가옥파손 113,625채, 180억 달러의 경제적 손실을 입었다. 쓰나미 복구비용은 스리랑카 GDP의 4.5%에 달하며 이로 인해 2005년 GDP 성장률이 1% 저하된 것으로 추산된다.

쓰나미 피해가 컸던 어업 및 관광업은 GDP에서 차지하는 비중이 미미하여 GDP 성장률에 미치는 부정적 영향은 어느 정도 상쇄되었다. 쓰나미로 인한 피해지역 및 각 지역별 인명피해 등 현황은 <그림 2-37>에서 표시된 바와 같다.



〈그림 2-37〉 스리랑카 쓰나미 피해지역

8) 인도, 방글라데시, 인도네시아, 케냐, 말레이시아, 몰디브, 미얀마, 소말리아, 스리랑카, 태국, 탄자니아, 모리셔스(Mauritius), 세이셸 공화국(Seychelles).

6. 몽골

가. 기후변화 추이와 전망

몽골은 기후변화로 인한 생태환경의 변화가 몽골 국민들의 생활과 경제에 직접적인 영향을 미치고 있다. 특히 강, 하천 등 수자원 감소, 호수와 우물 건조화, 경지 및 방목지 토양여건 악화로 사막화가 급속하게 진행되고 있다. 또한 식물과 야생동물의 분포지역 감소를 초래하고, 산과 초원에서 자연화재 발생빈도의 증가를 가져와 자연환경을 훼손시키고 있다.

그리고 지속적인 기온상승으로 만년설, 설빙과 전 국토의 반 이상을 차지하고 있는 영구결빙 지역이 계속해서 해빙되는 결과를 초래하고 있다. 이처럼 몽골은 유라시아 내륙 중심지에 해발 1.5km 고지대에서 위치하며 산과 산맥으로 둘러싸여 있어 대륙성 기후에 강하게 영향을 받고 있기 때문에 세계에서 기후변화 현상이 매우 뚜렷하게 나타나는 나라 가운데 하나이다.

❑ 평균기온의 상승

몽골에서 기상관측을 시행해온 1940년대 이후 60여년에 걸친 기온관측을 분석하면 지난 60년 동안에 약 1.6℃가 증가한 것으로 나타나고 있다(<그림 2-38> 참조). 특히 같은 기간에 겨울철의 기온 상승은 3.6℃로 상승 경향이 두드러지게 나타나고 있다. 지역적으로는 몽골의 북서 산악지역이 고비사막과 초원지역보다 상승률이 더 크게 나타나고 있다.

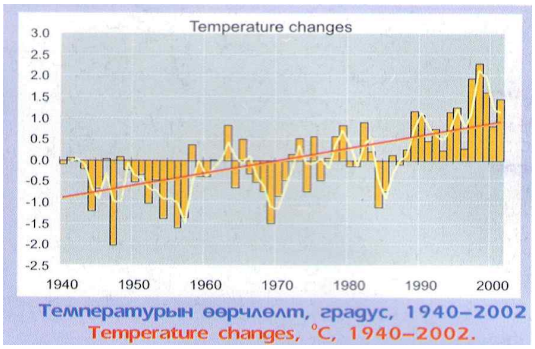
몽골의 48개 기상관측소 관측자료에 따르면 1940년부터 2007까지 지난 70년간 몽골의 지표면 평균온도가 2.17℃ 상승한 것으로 나타났다(Sarantuya et al., 2010). 특히 겨울철 온도가 눈에 띄게 상승하고 있다. 산악지역은 1.9-2.3℃, 고비사막과 초원지대는 1.6-1.7℃ 각각 상승하여, 세계 평균보다 약 3배 정도 빠른 기온상승을 보이고 있다.

지난 70년 가운데 가장 따뜻한 10년 중 9년은 1997년도 이후에 속해 있으며, 지구온난화로 인한 최고온도와 최저온도는 지속적으로 증가하고 있다. 지구온난화의 영향을 받아 1961년대 이후 더운 일수가 16-25일 증가하였고, 추운 일수는 13-14일 감소하였다. 따뜻한 계절의 지속기간이 8~13일 연장되었고, 추운 계절의 지속기간이 7-11일 단축된 것으로 관측되었다. 그리고 식물의 생장기간이 14-19일 연장된 것으로 나타났다(MNAE, 2006).

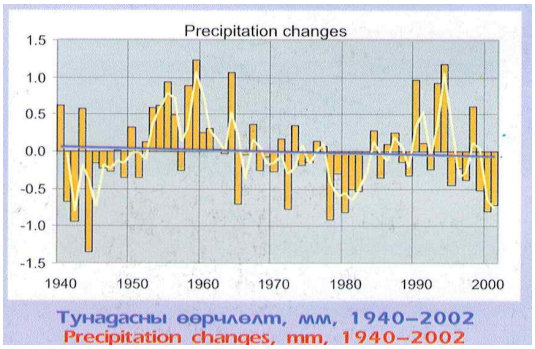
또한 평균기온의 상승은 몽골지역의 눈 녹는 시기를 앞당길 것으로 예측되었다. 겨울철에 50일 이상 눈이 녹지 않은 지역이 지난 20세기 후반에 전 국토의 62%를 점했다. 하지만 지구온난화로 인하여 금세기 초에는 43-46%로 줄어들고 금세기 중반 이후에는 31-35%까지 감소할 것으로 예상되었다.

몽골 기후변화평가보고서(2009) 결과는 기후변화와 그로 인한 자연환경 및 사회경제에 미치는 영향은 더욱 증대될 것으로 예측하고 있다. 몽골 전역의 연평균 온도는 금세기 중반에 2.1~3.0℃, 금세기 말에는 3.1~5.0℃ 상승할 것이라는 예측이다.

이러한 평균온도의 상승은 지난 20세기보다 온난화 속도가 약 2~3배나 빨라진다는 것을 의미한다.



〈그림 2-38〉 몽골의 최근 60년 간의 기온변화(단위: ℃)



〈그림 2-39〉 몽골의 최근 60년 간의 연강수량의 변화(단위 : mm)

❑ 영구결빙 지역의 해빙

최근 30년간 영구결빙지역의 해빙층은 힌티(Hentii), 항가이 산악지방에서 평균 0.1-0.6cm, 홉스골 산악지대에서 0.6-1.6cm 늘어났으며, 몽골 동부지역 토양의 결빙층이 최근 30년 사이에 10-20cm 줄어든 것으로 관측되었다. 반면에 영구결빙 기반지층의 연평균 온도가 근래 10-30년간 셀렝게 유역에서 0.05-0.15℃, 힌티 산악지역에서 0.05-0.10℃, 홉스골, 항가이 산악지대에서 각각 0.10-0.15℃ 상승하였다.

그 결과, 몽골 알타이산맥의 빙하면적이 지난 20세기 40년대 이후 감소하기 시작하여 현재는 약 30% 정도 감소했으며 동시에 빙하의 경계선 표고가 올라가고 있다. 몽골의 가장 큰 빙하인 타왕털거이 산맥의 알렉산드라 빙하 가장자리의 표고가 1945년에서 1989년 사이에 약 550m, 1989년에서 2001년 사이에 약 185m 각각 상승한 것으로 관측되었다(Davaa.G., 2005).

지구온난화로 인하여 참바가랍 산의 빙하해빙으로 빙하 가장자리 표고가 2010년부터 2039년 사이에 131cm, 2040년부터 2069년대 사이에 371cm, 그리고 2070년부터 2099년 사이에 739cm 높아질 것으로 예측되고 있다. 빙하 가장자리 표고의 상승과 함께 2040년경에는 50m 두께의 빙하, 2050년에서 2060년 사이에 100m 두께의 빙하, 2070년에서 2080년 사이에 200m 두께의 빙하, 2090년경에는 300m 두께의 빙하가 각각 녹아 사라질 것으로 예상된다.

이처럼 몽골에서는 다년간 얼음 덩어리 정상이 해빙되고 가라앉음으로써 저지대를 생성하고, 언덕위의 얼음이 녹아 호수가 형성되고 있다. 얼음이 많은 영구동토토양 해빙, 열카르스트의 호수생성 등 현상은 다르하드(Darkhad) 계곡, 출루트(Chuluut) 강 계곡, 바춤버(Batsumber) 부근에서 많이 발생하였다. 향후 기후변화로 인해 몽골지역에서 영구동토지역이 지금에 비해 3배 감소하고, 영구동토 부재지역은 2배 증가될 것으로 예상되고 있다.

❑ 평균 강수량의 감소

연강수량의 경우는 <그림 2-39>에서와 같이 지난 60년간 1940년대로부터 50년대까지 증가하여 1960년 정점에 이르렀다. 그러다 1980년까지 감소하였고, 다시 증가하여 1990년대 중반에 정점을 보였다. 그 이후부터는 계속 감소추세를 보이고 있다. 이러한 추세와 함께 고비의 사막지역에서는 가뭄이 심각해지고 있다. 반면 몽골의 중부와 북부는 강수가 증가하여 때로는 호우로

홍수피해가 발생하기도 한다.

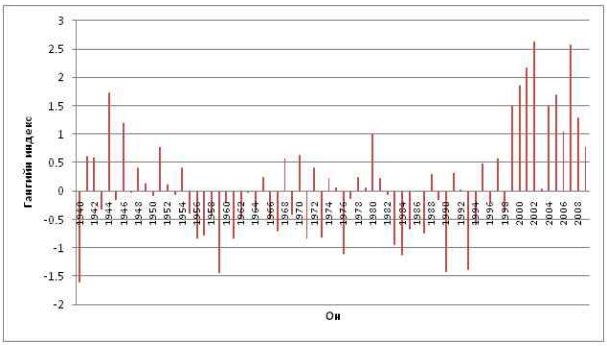
몽골의 연간 총 강수량은 지난 1940에서 2009년 사이 9.4%가 감소하였다. 지역별 변화에 있어서는 동·서부 지역의 강수량은 3.5-9.3% 증가했으나 중부 및 남부지역은 8.6-12.5% 감소하였다. 계절적으로 겨울의 강수량은 증가한 반면 여름 등 따뜻한 계절의 강수량은 약간 감소했다.

또한 겨울철 강설량은 금세기 말기에 약 50% 증가될 것으로 예측되고 있다. 동절기 강설량 증가는 긍정적인 효과와 함께 가축아사 등 대설재해로 인한 피해가 빈발하는 부정적인 영향을 미치게 될 것이다.

❑ 기후변화로 인한 영향전망

유목생활방식, 인구의 거의 절반 정도가 목축생활, 관개시설이 거의 없는 경작 등 목축업에 의존한 농업특성을 갖고 있는 몽골에서는 자연재해로 인한 사회경제적 피해는 대부분 가뭄과 혹한에 의해 발생되고 있다.

먼저 몽골의 기후변화유발 건조화 현상은 점점 확대되고 있는데, 가뭄평가지수에 의하면 1940년 이후 몽골에서 발생한 6회에 걸친 극심한 가뭄 가운데 5회가 2000년 이후 발생되었다 (Ulaanbaatar & GIZ, 2010, <그림 2-40> 참조). 이러한 극심한 가뭄으로 하천·연못·호수의 수자원 고갈, 토양 건조 등의 현상이 발생하고, 농축업의 기반을 약화시키고 식량 생산량과 가축수의 감소를 초래한다([표 2-23] 참조).



〈그림 2-40〉 몽골의 가뭄 지수 변화추이

[표 2-23] 몽골 토양의 여름 상태 및 가뭄정도(%)

년도	여름 상태 좋음/보통	가뭄	가뭄동반
2004	30	50	20
2005	50	40	10
2006	60	30	10
2007	20	60	20

자료 : MNAE(2008).

가뭄 뿐 아니라 과거 20년 동안 겨울철의 극심한 추위인 조드(dzud) 발생 횟수의 증가로 인하여 가축 등 동물의 사망률이 높아지고 있어, 가축 및 식량과 밀접한 관계가 있는 주민의 생존에도 악영향을 미치고 있다. 1999년, 2001년, 2009~2010년에 발생한 조드로 인해 몽골 전체 가축의 20%가 영향을 받아 사회경제적 손실이 크게 발생했다([표 2-24] 참조). 이는 몽골의 사회경제 및 생태시스템에 걸쳐 광범위한 영향을 미치고 있다.

이처럼 최근 기후변화로 인한 가뭄과 혹한의 빈발에 따른 방목 가축수의 감소로 인하여 인구의 거의 절반을 점하고 있는 농촌지역 주민들의 생활수준이 저하되고 몽골 국가경제에 악영향을 끼치고 있는 것이다.

[표 2-24] 몽골 조드의 사회경제적 피해(2009~2010)

피해 내용	수량	전체 중 비율(%)
영향 받은 지역	1,262,040km^2	80.9 / 몽골 국토면적(156㎢)
가축 손실	690만 마리	16.0
가축손실에 따른 경제적 손실	288.2백만 달러(US$)	22(목축업의 총 GDP)
사망 목축업자	17명	-
가축을 모두 잃은 목축업자	8,711가구	5.1
가축의 반이 손실된 목축업자	32,756가구	19.3
농촌에서 도시이주 가구(목축업 종사자)	4,000~6,000가구	3~4

나. 기후변화유발 재해 발생동향과 특징

자연재해의 문제는 국가의 개발수준, 국민 생활양식, 기반시설 정도 등 사회경제적 상황과 관련이 있다. 예를 들면, 겨울에서 봄 사이에 대설로 목장에 눈이 표류하는 "화이트조드" (혹한의 겨울) 현상은 유목 형태의 목축을 하는 몽골에서는 자연재해의 범주에 들어가지만 정주 형태의 문명생활을 하는 다른 국가에서는 자연재해로 간주되지 않을 수도 있을 것이다.

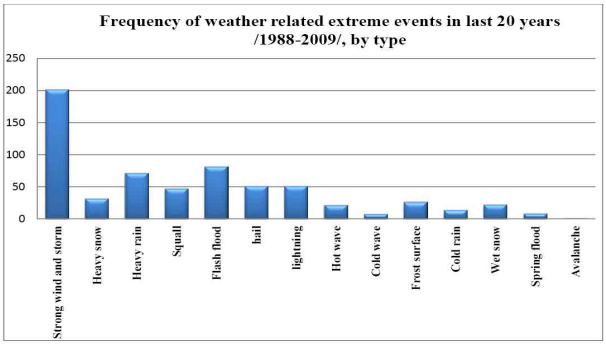
사람이 살지 않는 사막에서 발생된 강한 지진은 몽골에서 재해가 아니다. 반면, 그것이 인구가 밀집된 어떤 다른 나라에서 발생한다면 막대한 자연재해가 될 것이다. 또한 계절적 특성이 강하지 않은 자연현상이 자연재해로 바뀌는 것도 많다. 그러한 예는 여름에 눈이 온다거나 겨울에 비가 오는 것과 같은 사건들이다.

[표 2-25] 몽골의 자연재해 유형

주된 재해	부차적 재해
눈보라(blizzard) / 대설 / 먼지폭풍 / 조드 홍수(3가지 형태) / 찬비 / 우박 / 산불 가뭄 / 사막화 현상	번개 / 메뚜기 출몰 / 역병 / 유행성 질환 생태학적 위험 / 산업 위험 / 독성 화학물질 방사선 / 사고(도로, 항공)

자연재해 지역 범위도 변화가 크다. 조드의 경우를 예로 들면, 극단적인 낮은 기온과 가뭄이 몇 개의 솜(군 단위)에 걸쳐 나타날 수도 있고, 넓으면 아이막(도 단위)까지 확대될 수도 있다. 또한 자연현상 중의 하나가 또 다른 현상과 함께 나타날 수도 있게 된다. 대설이 강풍에 동반되면 눈보라로 변한다. 가축이 눈 속에 묻히고 이 현상이 몇 일간 계속되면 가축이 결국은 죽는 재해가 된다.

몽골의 재해는 강한 눈보라(브리저드), 대설, 먼지폭풍, 조드(dzud), 비홍수, 염기성 물흐름, 융설홍수 같은 기상학적인 것과 함께 지진, 산불, 가뭄, 사막화현상 등이다([표 2-25] 및 <그림 2-41> 참조).



〈그림 2-41〉 몽골의 재해유형별 연평균 발생빈도(1988~2009)

1970년대 이후 자료에 따르면 몽골에서는 매년 1년에 25~30회 정도 기후변화유발 재해가 발생하고 있다[9]([표 2-26] 참조). 그 중, 약 1/3은 천재지변 수준의 재해로서 몽골이 매년 입은 사회경제적 피해는 매년 약 50~70억 달러에 달한다. 최근 20년 동안 몽골에서 소나기, 돌풍, 우박, 홍수 등으로 국지적으로 발생하는 재해 횟수가 2배나 증가하였다.

[표 2-26] 몽골의 재해 빈도 및 위험도

년도	위험 사례 건수	재해 건수	재해 유형				사상자수	솜(Soum) 개수	
			바람, 태풍	폭설 폭우	강풍, 하류 홍수	기타		가뭄 영향	조드 영향
2004	37	28	14	3	18	3	10	27/108	77
2005	26	25	23	2	9	1	12	40/124	66
2006	50	32	10	4	9	9	39	12/59	-
2007	45	11	6	4	1	-	26	63/165	-

자료 : MNAE(2008).

9) Ministry of Food, Agriculture and Light Industry, Mongolia(2011) 참고하여 작성.

❑ 조드

혹독한 겨울 상황을 나타내는 '조드(dzud)'는 가축이 겨울, 봄 또는 가을에 사료의 부족으로 일제히 대량으로 죽는 재해현상이다. 조드에는 발생형태에 따라 화이트조드, 블랙조드(투레인조드), 폭풍조드, 철조드(유리조드)로 나뉠 수가 있다.

화이트조드(white dzud)란 늦가을이나 초겨울에 대설이 내려 목장이 깊은 눈에 묻혀 가축이 목장의 먹이에 접근하지 못해 겨울-봄철에 죽는 현상을 말한다.

블랙조드(black zud)는 장기간 눈이 오지 않을 때 많은 수의 가축들이 물 부족으로 죽거나, 또는 목장에 가축이 과잉 방목되어 먹이 부족으로 가축이 죽는 현상을 말한다. 또 극단적으로 낮은 기온 때문에도 실제로 블랙조드가 나타나기도 한다. 1969년 겨울의 블랙조드가 대표적인 사례이다.

폭풍조드(stormy dzud)는 장기간에 걸쳐 눈보라가 내릴 때는 그 눈 위에 얼음이 형성되어, 가축은 풍상으로 갈수 없어 풍하로 이동하게 되는 현상을 말한다. 1944-1945년의 조드가 악명 높은 이런 유형의 조드였다.

철조드(iron dzud, glass dzud)란 겨울-이른봄, 또는 늦가을에 습설이 내리거나, 적설이 형성된 이후 갑자기 녹았다 다시 얼면 얇은 얼음 껍데기가 형성되어 가축이 먹이에 접근할 수 없게 된다. 이런 현상은 겨울에 비가 내리는 경우에도 발생한다.

극심한 여름철 가뭄 후에 겨울철 혹한으로 이어지는 자연재해를 몽골에서는 하얀 눈이 몰고 온 재앙이라고 해서 하얀재앙(차강조드)라고 한다.

조드가 단 한 개의 '솜'(마을)에서도 일어나지 않았던 겨울은 매우 희귀하다. 조드는 몽골의 어느 지역에서든지 발생할 수 있다.

화이트조드, 폭풍조드 또는 복합된 형태로 발생할 수도 있는데, 이런 것을 거대조드(great dzud) 또는 복합조드(combined dzud)라고 한다.

역사자료에 보면, 조드가 발생할 때마다 국가적 규모의 큰 재해가 뒤따랐다. 가물었던 여름-가을간 이후 겨울에 많은 눈이 내리지 않더라도 극심한 조드가 발생하게 된다. 반대로, 만약 여름에 초지가 충분하였다면 겨울에 많은 눈이 오더라도 조드 상태까지는 되지 않았을 것이다.

1944-1945의 여름동안에 몽골 전역에 미쳤던 레드조드가 덮쳤고, 이후 60년 만인 1972년에도 국가적인 규모의 조드가 발생했다. 1972년 대설이 11월 이후 시작되어 그 깊이가 15-28cm에 이르렀고, 겨우내 강한 서리가 동반되었다. 1940년 이래 그처럼 낮은 기온이 11월부터 1월, 2월을 지나 3월까지 오래 기록된 해는 없었다. 그때 몽골 전국 가축의 1/3에 해당하는 800 만 두 이상을 잃었다.

2000년 몽골에서는 조드때문에 전체 가축 수의 5분의 1에 해당하는 820만 두의 소와 양, 염소가 몰사하는 재앙이 벌어졌다. 동물들의 사체로 인하여 5세 미만 유아들의 사망이 증가하고 심장병, 뇌졸중 발병이 크게 늘어나는 등 유목민의 건강이 위협 받았다.

몽골의 겨울은 매우 길고 혹독한 날씨를 보인다. 보통 11월~3월까지의 기간을 이르는데 몽골

의 겨울 평균기온은 지역에 따라 차이가 있지만 보통 산지는 -45~-35℃ 정도, 고비지역은 -15℃, 그 밖의 지역은 -20~-25℃ 정도의 기온을 보인다.

몽골 정부에서는 지난해 한 보고서에서 기후변화로 인해 몽골에서 가뭄과 조드가 더욱 빈발하고 있음을 들어 몽골의 울타리 없는 목초지와 가축떼가 기후변화에 특히 취약하다고 지적했다.

❑ 2009년 및 2010년 조드 피해

앞서 언급된 것처럼 조드(dzud)는 건초를 저장하지 못할 정도의 여름가뭄에 이어 겨울에 대설, 강풍, 저온이 나타남으로 구성된 복합적 자연재해이다. 조드 중 극심한 형태가 이중조드(double dzud)라는 것이다. 이중조드는 여름가뭄에 이어 겨울에 대설과 비정상적인 저온이 이어지고 그후 봄에 눈이 녹아 위험이 복합적이고 장기간 계속되는 자연재해이다. 2009/2010년 겨울의 조드는 전형적인 예이다([표 2-27] 참조).

[표 2-27] 몽골의 2009년 및 2010년 조드 피해의 원인과 영향 분석

원인	영향
주요 목초재배지역에 여름가뭄이 심함	가뭄 때문에 가구당 비축해야 할 건초 생산 부족
	가축들이 지방 축적 부족으로 건강상태 불량
	시장에서 건초 부족
전국적인 가축 수자 증가 (1993년 23백만두에서 2009년 44백만두로 증가)	대체 수입원이 없음으로 더 많은 가축을 기르게 됨.
	현금 수입원인 염소 사육 두수의 현저한 증가
	환경의 황폐화(부실 초지, 사막화)에 따른 초지의 생산성 감소, 사료 가치의 감소와 과다 방목에 따라 여름동안 영양을 축적하지 못해 가축의 영양상태 불량.
비정상적인 겨울추위 도래	많은 지역에서 장기간 -45℃ 이하 지속
빈번한 많은 강설 때문에 겨울 초지로 이동을 방해	일찍 내린 눈이 녹았다 얼어서 초지 위에 얼음막 형성
	두껍게 쌓인 눈으로 목부와 가축의 이동이 방해됨
	빈번한 눈보라
판매하거나 배분할 저장된 건초의 부족	사회주의 시절 계획 생산하여 비축이 가능하였으나 지금은 시장에 맡겨짐
	여러 해 계속된 좋은 여름 기후 때문에 판매용 건초 수요가 적어 2009년 여름 건초생산이 적었음

❑ 눈보라

목축 경제에서 매우 짧은 시간에 가장 크게 피해를 유발하는 기상재해 현상 중의 하나가 눈보라(blizzard)다.

몽골에서 9시간 이상 지속되는 눈보라는 16m/초 이상의 바람을 동반하여 특별히 위험하다. 지속시간이 1시간 이하이거나 또는 12시간 이상으로 길게 지속되는 눈보라는 매우 드물다. 지속시간이 아주 긴 것은 30-60시간의 경우도 있다.

1980-1984년 몽골 동부에서 발생된 눈보라는 1회에 평균적으로 약 74만 달러 정도의 피해를 발생시켰다. 눈보라는 1년에 사막지방인 항가이와 고비 경계선 지역에서 10-15일, 향간산맥 서부에서 20일 이상, 대호수 저지대에서는 약 1회 발생하고 있다.

1980년 4월 15-20일에 60-70시간 계속된 강한 눈보라가 몽골 국토의 절반까지 확대되었고, 풍속은 40-55m/초까지 달하였다. 이때 43명의 인명과 90만두의 가축을 잃었다. 1987년 3월 19-22일에는 헨티, 수흐바타르, 도르노고비 아이막에서 발생한 눈보라로 19명의 인명과 3만 7천두의 가축을 잃었다.

1988년 1월 18-22일에도 도르노드, 헨티, 수흐바타르, 도르노고비 아이막에서 발생한 눈폭풍은 30-37시간 계속되어 6명의 사람이 죽었고, 가축을 돌보던 114명의 사람은 철야로 밖에서 머물다가 5명은 동사하였으며, 30채의 게르가 무너지고, 3개 빌딩의 지붕은 바람에 날려가 버렸다. 거의 1만두의 가축이 죽었다. 1993년 5월 5-6일 강한 눈보라가 몽골의 6개 중부 아이막 지역에 맹위를 떨치는 동안 16명의 사람이 목숨을 잃었고, 10만두의 가축이 죽었다.

❑ 가뭄

몽골 영토의 90% 이상이 건조, 반건조, 보통건조, 수분이 부족한 지방이다. 영토의 41.3%(647,000㎢)가 매우 현저한 가뭄과 사막화로 문제가 되고 있는 고비사막(Gobi desert)이다. 몽골의 사막지방에서는 가뭄이 대략 2년주기인 반면, 삼림초원과 초원지대에서는 10년을 주기로 나타난다.

가뭄은 경작물이나 자연초지의 목초 수확량의 손실을 초래하며 또한 토양의 비옥도를 고갈시키는 자연재해 현상이다. 가뭄의 강도를 분류할 때, 약한 가뭄(초지 수확량이 부족), 가뭄(초지 수확량이 매우 부족), 적색 가뭄(초목의 성장이 전혀 없음)으로 분류한다. 1940년 이후 몽골의 가뭄 발생은 증가하고 있는 경향이다.

몽골에서 지난 30년 동안 초지의 양은 20% 감소했는데 총 가축수는 44% 증가하였다. 과도한 방목으로 현재 초지 1ha당 수확량이 19-44% 감소하였다.

몽골 국토의 약 8%가 삼림으로 이루어져 있다. 그러나 빈약한 삼림자원도 과도한 용재생산, 벌목, 삼림화재, 해충 등에 의해 감소되고 있다. 해마다 1-1.4만 ha의 삼림이 벌채되고, 0.23-2.30만 ha의 땅이 화재로 파괴되며, 10만 ha의 삼림이 해충으로 손상되고 있다.

고비와 사막지대에서 자라고 있는 saxaul 관목덩굴은 화목으로 쓰이는데 이들의 사용 증가로 사막에서 모래가 날리는 것을 촉진시키고 있다. 1975-1990년 사이 saxaul 관목덩굴의 평균 생육기간은 이전에 기록된 기간의 거의 절반 정도로 짧아졌고, 새로운 saxaul 관목덩굴이 자라는 지역이 34.2% 감소하여 중간정도 연령의 덩굴은 4만 2천 ha로 줄었다.

❑ 돌발홍수(flash flood)

돌발홍수는 막대한 인명희생을 일으키는 자연재해 중의 하나이다. 이 형태의 홍수는 몽골 어디에서나 발생할 수 있다. 이러한 홍수의 전제조건은 소나기이고 폰바람과 우박이 결합되는 것이 대부분이다.

❑ 우박과 번개

몽골에서는 여름에 우박이 빈번하게 발생한다. 이들에 의한 피해가 상당하지만, 피해에 관한 기록은 불완전하다. 연구조사에 의하면, 1994년 주요 곡창지대인 셀렝게, 트우, 헨티, 불간, 아르항가이 지방에서 경작지 23,164ha의 수확물이 우박으로 손실을 입었다. 이는 국가 총 수확량의 8.8%에 달하는 규모이다. 그 경제적 손해는 총 7억 투그릭이 넘었다.

1972년 7월 31일 셀렝게 아이막 오르혼툴 마을에 큰 우박이 떨어지고 있을 때 주민들은 마치 그 곳 위로 비행기가 지나고 있는 것과 같은 소음을 들었다고 말했다.

1984년 8월 4일 바얀 헨티 아이막 아달가 솜에 계란 정도 크기의 우박이 내렸는데, 지역주민의 증언으로는 낙하 충격으로 토양이 실제로 패어나갔다고 한다.

1988년 8월 4일 오보르항가이 아이막 나린틸 솜에서 강한 소나기와 함께 우박이 내려, 게르 4동 파괴, 200두의 가축손실과 14인이 목숨을 잃는 피해를 입기도 했다.

❑ 지진

몽골의 전 국토는 활성 지진영역에 속한다. 지난 20년 동안 규모 6 이상의 지진이 몽골에서 40회 이상 발생한 것으로 기록되었다. 규모 8 이상의 지진은 20세기에만 4회 발생하였다([표 2-28] 참조).

[표 2-28] 몽골에서 발생한 대규모 지진 현황

진앙	지진년도	위치		규모(리히터 스케일)	진앙의 강도
		위도	경도		
1.몽골알타이	1931	46.8	89.9	8.0	11
2.샨드	1950	51.8	100.1	7.0	9
3.고비알타이	1957	45.0	100.5	8.1	11-12
4.바얀차간	1958	45.1	98.7	6.9	9
5.부르히아르	1960	43.2	104.5	6.7	9
6.모고드	1967	48.1	103.0	7.8	10-11
7.우레그호수	1970	50.3	91.3	7.0	9
8.타키인샤르	1974	40.5	94.0	6.9	9

❑ 기타 위험

봄·가을의 강설은 특히 유의할 필요가 있다. 그것은 조드와는 다르다. 예를 들면, 1993년 3월 15-21일 항가이 산맥의 남쪽사면에 내린 57-62mm의 비로 34-90cm의 적설(날려서 쌓인 눈이 160cm 이상이 됨)이 형성되었고, 4월 중순까지 도로가 눈으로 막혀 어떤 의료지원과 보호도 받지 못하여 실제적으로 84만두의 가축 손실과 함께 40여명이 사망 피해가 발생한 것으로 보고되었다.

여름의 호우(목부들은 “찬비(cold rain)”라고 부름) 사례가 많은데 가축의 손실이 크게 나타난다. 특히 양털깎기 후 미처 적응하지 못한 양들에게 차가운 비의 영향으로 양은 물론이고 목부들도 동사하는 것으로 보고되고 있다. 조사에 따르면 이른 여름에 내리는 비의 84.8%는 가축을 방목장으로 몰아가는데 곤란을 주고, 비가 영하 8℃ 이하에서 8시간 이상 계속하여 5mm 이상 내리거나 비록 기간은 짧아도 바람이 동반되면 어쨌든 양의 손실이 생긴다. 1974년 6월 24-25일 밤에 수흐바타르 아이막 지역에 강풍을 동반한 호우로 6만두의 양이 죽었다. 찬비에 의한 가축의 피해 사례는 흐르는 수원이 없는 초원과 고비지역에서 발생 가능성이 매우 높다.

지금까지는 지구온난화의 영향으로 보고되고 있는 상황으로서, 강과 호수의 얼음이 얇아지는 경향이어서 차량이 통행 중 얼음이 붕괴되어 자동차 사고가 증가하고 있다.

늦여름과 이른 봄의 서리는 농업수확량의 손실을 증가시키고 있다. 1992년 6월 4일 몽골의 주요 농업지역에서 -5～-12C의 서리로 2만ha의 곡물수확, 788ha의 감자, 73ha의 채소, 36ha의 과일류, 또 여러 ha의 얼갈이 채소가 피해를 입는 손실을 기록하였다.

지구온난화와 관련하여 영구동토가 서서히 감소할 것이며, 토양융기와 얼음조각 형성과정이 추가로 발생할 것이다. 통계자료에 따르면, 약 20개의 마을에서 건물들이 토양융기 현상으로 주저앉았다.

제4절 사례연구 국가의 기후변화유발 재해유형 특징

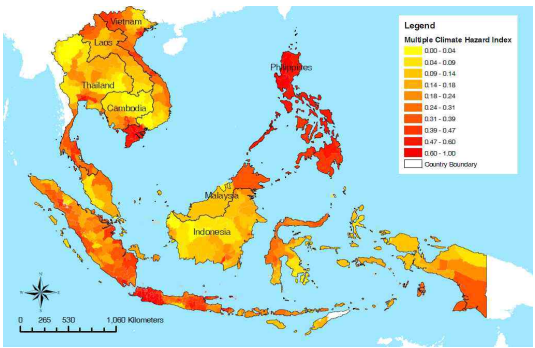
1. 사례연구 국가의 재해 위험도

Economy and Environment Program for Southeast Asia(EEPSEA)가 수행한 동남아시아를 대상으로 기후변화 취약성에 대한 위험지도를 작성한 결과, 동남아시아 전체가 전반적으로 기후변화로 인한 재해위험도가 높은 것으로 분석되었다(<그림 2-42> 참조). 특히 필리핀, 베트남 남부, 인도네시아의 자바 및 수마트라 섬이 취약한 것으로 나타났다.

베트남, 필리핀는 태풍에 의한 홍수와 산사태, 해수면 상승, 인도네시아는 쓰나미, 홍수, 캄보디아는 홍수와 가뭄의 위험이 높은 편이다.

또한 스리랑카는 태풍에 의한 홍수와 산사태, 쓰나미 등에 의한 재해로 막대한 피해를 입고 있다. 아시아의 북동쪽에 위치하고 있는 몽골은 가뭄과 조드라는 혹한 바람에 어려움을 겪고 있다.

따라서 사례연구 국가의 대표적 재해유형은 홍수, 태풍, 쓰나미, 산사태, 가뭄, 해수면 상승, 조드(Dzud)로 나타났다([표 2-29] 참조).



〈그림 2-42〉 동남아시아의 기후위험지도

[표 2-29] 기후변화유발 재해위험이 높은 동남아시아 지역 및 재해유형

기후위험지역	재해 유형
베트남 북서부	가뭄
베트남 동부 해안 지역	태풍, 가뭄
베트남 메콩강 지역	해수면 상승
방콕과 태국의 주변 지역	해수면 상승, 홍수
태국의 남부 지역	가뭄, 홍수
필리핀	태풍, 산사태, 홍수, 가뭄
말레이시아 사바(Sabah) 주	가뭄
인도네시아 자바섬의 동부와 서부 지역	가뭄, 홍수, 산사태, 해수면 상승

자료 : Climate change vulnerability mapping for Southeast Asia, EEPSEA, p.6.

가. 홍수

홍수는 아시아 태평양 지역의 재해유형에서 가장 많은 부분을 차지하고 있다. 1980년부터 2009년까지 아시아 태평양 지역에서 1,317건의 홍수로 인한 재해가 발생하여 128,950명의 사망자, 26억 7,616만 명의 피해 인구, 3,015억 9천만 달러의 경제적 손실이 발생하였다(ESCAP, 2010).

또한 홍수는 동아시아 개도국에서 가장 빈번하게 발생하는 재해유형이다. 특히 사례연구 국가 중 베트남, 필리핀, 인도네시아, 캄보디아는 홍수로 인한 재해 위험이 매우 높은 국가이다.

베트남의 경우 1996년에 연간 홍수로 해안지역의 2,000㎢이상이 피해를 겪었다. 특히 메콩강 삼각주 지역은 총 피해규모의 75%에, 홍강 삼각주 지역은 10%에 달하고 있다(UNDP, 2007). 전문가들은 홍수 피해가 2070년에는 12-19% 증가할 것으로 예상하고 있다. 베트남은 홍수 재해 노출도에 있어 절대적인 면에서는 세계 4위, 상대적인 면에서는 세계 3위를 차지할 정도로 높은 편이다(ESCAP, 2010).

필리핀의 경우 Amodore(2005)에 따르면, 필리핀에서 발생한 극한 기상현상은 일반적으로 장기간 지속되는 폭우로 인한 것이다. 폭우는 홍수와 산사태를 발생시키며 또한 인명 및 재산피해뿐만 아니라 환경까지 파괴한다. 필리핀의 경우 홍수 재해 노출도는 절대적인 면에서 세계 8위, 상대적인 면에서는 세계 10위에 올라가 있다(ESCAP, 2010).

인도네시아는 홍수로 인한 재해가 2001년부터 2005년까지 661건이 발생하여 126,649명의 사망자, 94,790명의 행방불명자, 1,240,907명의 피해 인구, 242,197채의 가옥 피해가 발생하였다(DIBI, BNPB, 2010). 인도네시아는 홍수 재해 노출도가 절대적인 면에서 세계 6위를 차지하고 있으나 상대적인 면에서는 10위 밖에 있다(ESCAP, 2010).

캄보디아의 경우는 홍수 재해 노출도가 절대적인 면에서 세계 5위이나 상대적인 면에서는 세계 1위이다(ESCAP, 2010). 이는 캄보디아가 홍수 재해에 대한 사전 예방 등이 매우 부족하다는 것을 보여주고 있다. 따라서 홍수 재해가 발생하는 경우 피해가 많이 발생할 수 있는 상황이다.

나. 태풍(열대성 저기압)

지난 50년간 북서 태평양 지역 열대성 저기압의 발생 빈도는 수 십 년, 그리고 연간 주기로 많은 변동이 있어왔지만 뚜렷한 장기적인 추세는 없었다(Typhoon Committee, ESCAP and WMO, 2009). 이러한 현상은 한 지역 내에서도 서로 다르게 발생하였는데, 예를 들어 일본과 필리핀에서는 육지까지 도달하는 열대성 저기압의 발생빈도의 뚜렷한 경향이 나타나지 않았다.

중국과 태국의 경우에는 그 수가 감소하고, 한국에서는 증가하는 것으로 나타났다. 중국에서는 육지까지 도달하는 열대성 저기압의 최대 강도는 감소하는 것으로 나타나지만, 평균적인 강도에서는 변화 경향이 나타나지 않고 있다. 또한 열대성 저기압에 의해 발생하는 강한 바람은 감소하는 것으로 보이지만, 강수량은 변화 경향이 없다.

1970년대 이후로 큰 피해를 주는 강력한 열대성 저기압의 활동이 북대서양에서 증가하고 있다는 확실한 증거가 있으며, 이는 열대 해수면 온도 상승과도 연관이 있다. 하지만 전 지구적 열대성 저기압의 연간 발생 빈도는 뚜렷한 경향이 없다. 열대성 저기압에 동반되는 폭우와 강한

바람들은 동·동남·남아시아에서 증가할 것으로 예상된다.

사례연구 국가에서 열대성 저기압에 의한 재해를 겪는 국가는 필리핀, 베트남, 캄보디아, 인도네시아, 스리랑카이다. 태풍에 의한 재해 노출도는 절대적인 면에서 필리핀이 세계 2위, 베트남이 세계 13위를 차지하고 있으며 상대적인 면에서는 필리핀이 세계 11위를 차지하고 있다.

다. 쓰나미

쓰나미는 자주 발생하여 피해를 입히는 것은 아니나, 2004년 12월 26일 북수마트라섬 해안에서 발생한 100년만의 5번째로 강한 규모 9.0의 대지진으로 해상 인접국가 12개국이 동시에 피해를 입는 초유의 재난이 발생하였다.

일본의 경우도 2011년 3월에 발생된 쓰나미를 통해 천문학적 손실과 인명 피해를 입었다. 특히 후쿠시마의 원자력 발전소가 폭발하여 막대한 피해를 초래하였다. 해당 지역의 복구는 요원한 상태이다. 이처럼 쓰나미가 발생된 경우 상상할 수 없을 정도의 참사를 발생시킨다.

지진에 의한 재해 노출도는 절대적인 면에서 일본, 필리핀, 인도네시아가 세계 1~3위를 차지하고 있어 동아시아에서의 쓰나미에 대한 재해 노출도는 매우 높은 상황이다. 사례연구 국가에서는 인도네시아, 필리핀, 스리랑카, 베트남, 캄보디아가 해당된다.

라. 산사태

집중호우 등 과도한 강우량, 지형지세, 산림황폐화, 비계획적인 국토이용 등이 맞물려 '산사태'라는 사회자연적인 위험요인을 만들어 낸다. 따라서 경제개발을 추진하고 있는 동아시아 개도국들은 산사태가 증가하고 있는 추세이다.

사례연구 국가에서 집중호우가 발생하고 있는 베트남, 필리핀, 인도네시아, 캄보디아, 스리랑카가 이에 해당한다. 특히 지진으로 지반구조가 취약해진 필리핀, 인도네시아, 스리랑카에서 태풍을 동반한 집중호우가 발생하면 산사태가 많이 일어나고 있다.

마. 가뭄

동아시아에서는 피해인구수를 통해 살펴보면, 가뭄이 홍수 다음으로 가장 심각한 재해이며, 피해정도를 기준으로 하면 네 번째로 큰 재해이다. 가뭄은 홍수, 산사태, 열대성 저기압에 비해서 즉각적으로 나타나는 물리적 피해가 적다. 때문에 종종 재해경감의 우선순위에서 낮게 평가된다. 하지만 일반적으로 오랜 시간 지속되어 식량과 물 생산에 영향을 미치고, 발생 빈도수와 피해지역이 점차 증가하고 있으므로 더 많은 관심이 필요하다.

1900년부터 2005년까지의 장기적 추세를 살펴보면, 북·중앙아시아의 강수량은 확실하게 증가하였고, 남아시아 지역은 보다 건조한 상태가 되었다. 보다 강하고 장기간의 가뭄은 1970년대

이후 보다 많은 지역에서 특히 열대와 아열대 지역에서 나타났다. 온도의 증가와 강수량의 감소는 건조한 기후의 확산과 가뭄 분포의 변화를 가져왔다.

사례연구 국가 모두가 가뭄 재해를 겪고 있으며 특히 몽골, 캄보디아, 스리랑카가 심한 편이가. 몽골은 사막화 현상이 진행되고 있는 국가이다. 캄보디아는 중부권이 홍수와 함께 가뭄이 취약한 상황이다. 스리랑카는 3~4년 빈도로 가뭄이 발생하여 재해로 간주될 수 있는 심각한 가뭄은 10년에 한번씩 발생하고 있는 실정이다. 비록 가뭄은 갑작스런 재해로 분류되고 있지는 않지만, 동아시아 개도국 대부분이 농업으로 생활을 영위하고 있는 현실을 볼 때, 심각한 경제적 피해를 발생시키고 있다.

바. 해수면 상승

몰디브와 태평양 제도의 개발도상국들이 해수면 상승에 가장 취약하다. 이와 더불어 해수면 상승은 방글라데시와 같이 규모가 더 큰 저지대 국가 나 메콩 강과 같은 삼각주 유역에서도 심각할 것으로 예상된다.

UNU and UNHCR(2009)의 연구결과 갠지스 강과 메콩 강에서는 해수면의 1 m 상승이 2,400만 명의 사람들에게 영향을 미치고, 현재 활발하게 농업이 이루어지고 있는 150만 헥타르의 땅을 침수시킬 수 있다는 결과를 제시하였다. 또한 해수면이 2m 상승하면, 추가적으로 1,100만 명의 사람들에게 영향을 미치고 969,000 헥타르에 달하는 농지의 생산성을 약화시킬 것으로 예상하고 있다.

전 지구적으로 해수면 높이는 바닷물의 온도상승으로 인한 열팽창, 그린랜드와 남극대륙의 대빙원, 빙하, 만년설의 해빙에서 오는 해수의 증가, 그리고 지표면 유량 증가에 의해서 계속 상승하고 있다. 20세기에 들어서 전 지구적 평균 해수면 높이는 매년 1.7mm씩 증가하였고, 1993년과 2003년 사이에는 매년 3.1mm, 그리고 2003년 이후부터는 매년 2.5mm씩 증가하였다.

World Bank(2007)에 의하면 해수면이 5m 상승하는 경우 동아시아에서 가장 취약한 국가는 베트남이다. 사례연구 국가에서는 베트남뿐만 아니라 인도네시아, 스리랑카, 필리핀, 캄보디아가 해수면 상승에 대한 대비를 하여야 한다.

사. 조드

몽골에서 발생하는 조드는 매서운 바람을 동반한 혹한을 나타내는 기상현상이다. 조드는 가뭄, 폭설, 습설 등과 동반하는 경우 그 피해는 커지게 되어 있다. 조드에 의해 이동이 어렵거나 추위를 이기지 못하는 경우, 먹이활동을 못하는 경우 등이 발생하여 경제적 피해가 커진다.

2. 사례연구 국가별 재해 유형 특징

사례연구 국가의 재해 유형은 홍수, 태풍(열대성 저기압), 쓰나미, 가뭄, 해수면 상승, 산사태, 낙뢰, 혹한 등이 있다. 홍수가 가장 많은 재해 유형이다. 즉 베트남, 필리핀, 인도네시아, 캄보디아, 스리랑카가 홍수에 의한 재해가 발생하고 있다.

베트남은 홍수와 해수면 상승, 필리핀은 태풍과 홍수, 인도네시아는 쓰나미와 홍수, 캄보디아는 홍수와 가뭄, 스리랑카는 홍수와 산사태, 몽골은 조드와 가뭄이 주요 재해 유형이다(<그림 2-43> 참조).



〈그림 2-43〉 사례연구 국가의 주요재해 유형

가. 베트남

베트남은 돌발홍수와 태풍으로 인한 피해가 가장 심각했으며, 해수면 상승, 가뭄 등에 피해가 많았다. 집중호우에 의한 산사태도 주요 재해 유형의 하나이다.

집중호우는 주로 태풍과 함께 발생하며 베트남의 북부 및 중부지역에서 돌발홍수를 발생시킨다. 베트남 남부지역은 홍수가 서서히 진행되며 바닷물의 만조와 겹치는 경우 피해가 확대된다. 홍수에 대한 베트남의 인명 취약성은 세계에서 세번째로 인구 백만 명당 위험에 노출된 인구가 많으며 이로 인한 사망 위험도는 세계에서 네번째로 높은 것으로 나타났다(ESCAP, 2010).

태풍은 1950년대에 8월에서 많이 발생하다가 점차 늦어져 1990년대에는 11월에 가장 많이 발생하고 있다. 태풍의 경로는 북부지역에서 잠차 나부지역으로 옮겨가고 있는 추세이다. 태풍 후에 집중호우가 발생하며 태풍에 의한 피해는 주로 해안가에, 집중호우에 의한 피해는 평야와

산지에 집중되는 경향이다. 태풍의 풍속은 내륙에서 약화되는 상황이기에 태풍 피해는 주로 해안가에서 발생하고 있다.

해수면 상승에 대한 피해가 가장 큰 나라로 전망되고 있다. 특히 메콩강 삼각주 저지대는 대부분 침수될 것으로 보인다. 또한 해안선이 길기 때문에 해수면 상승에 따른 해안침식과 염분침투가 우려되고 있다. 가뭄은 베트남 중남부 지역에서 주로 발생하고 있는데 건기에 강수량이 줄어들어 발생하고 있다.

나. 필리핀

필리핀은 태풍, 홍수로 인한 피해가 가장 심각하며, 해안과 인접한 지역이 많아서 해수면 상승에 취약하다. 또한 지진에 의한 피해가 많은 편이다. 필리핀은 인구밀집지역이 기후변화유발 재해 가능성이 높으며 경제적으로 빈곤한 계층이 재해 피해를 입고 있다.

필리핀은 태풍에 의한 피해가 가장 크며 태풍경로는 루손섬 북쪽지역이 가장 많이 지나가며 민다나오 지역은 가정 적은 태풍이 지나간다. 태풍은 돌발홍수, 산사태를 동반하여 재해 피해를 확대시킨다. 태풍에 대한 필리핀의 인명 취약성은 세계에서 세번째로 인구 백만 명당 위험에 노출된 인구가 많으며 이로 인한 사망 위험도는 세계에서 두번째로 높은 것으로 나타났다(ESCAP, 2010). 이는 태풍에 대한 취약성에 비해 사전 예방 시스템 등이 미비하여 사망 위험도가 더 높은 국가로 분류되고 있는 것을 보여주고 있다.

홍수에 대한 인명 취약성은 세계에서 아홉번째이며 이로 인한 사망위험도는 십이번째이다. 상대적으로 홍수에 대한 대비가 잘 되어 있는 상황이다. 필리핀은 대부분 지역이 지진의 위험에 노출되어 있다. 절대적인 면에서 세계에서 2위, 상대적인 면에서는 세계 12위의 지진 노출 위험이 있다(ESCAP, 2010).

다. 인도네시아

인도네시아는 홍수의 피해가 가장 심각하며, 많은 섬으로 이루어져 있는 특성상 쓰나미와 해수면 상승에 취약하다. 또한 집중호우에 의한 산사태, 지진이 발생하고 있다.

인도네시아의 홍수는 대부분 집중호우에 의해 발생하며 절대적인 면에서 세계에서 6위의 홍수 위험 노출도를 나타내고 있다. 상대적으로 홍수 재해 대비가 잘 되어 있는 편이다.

인도네시아는 4개의 판구조가 접해있기 때문에 지진이 많이 발생하고 있으며 이에 따른 쓰나미도 발생하고 있다. 지진과 지진에 의한 쓰나미는 인명피해를 많이 발생시키고 있다. 지진에 대한 인도네시아의 인명 취약성은 세계에서 세번째로 인구 백만 명당 위험에 노출된 인구가 많으며 이로 인한 사망 위험도는 세계에서 서른한번째로 높은 것으로 나타났다(ESCAP, 2010). 지진으로 인한 재해 대비가 상대적으로 잘 되어 있다.

인도네시아는 섬들이 많기 때문에 해수면 상승에 매우 취약하다. 해수면 상승으로 2030년에 저지대의 2,000개의 섬들이 잠길 것으로 추정되며 해안 인접 도시들은 홍수가 더욱 빈번해 질 것으로 전망된다.

라. 캄보디아

캄보디아는 톤레샵 호수 주변의 홍수와 가뭄에 의하여 농업 중심사회에 따른 심각한 피해를 받고 있다. 또한 집중호우로 인한 산사태와 낙뢰에 의한 피해가 증가하고 있는 상황이다.

홍수는 톤레삽 호수의 영향을 많이 받는다. 메콩강의 수위가 늘면 톤레삽호수의 담수량이 늘어 홍수위를 결정한다. 즉 메콩강이 범람하면 물의 흐름이 바뀌어 톤레삽 호수로 물이 채워져 홍수위를 조절한다. 홍수에 대한 캄보디아의 인명 취약성은 세계에서 첫번째로 인구 백만 명당 홍수 위험에 노출된 인구가 가장 많으며 이로 인한 사망 위험도는 세계에서 세번째로 높은 것으로 나타났다(ESCAP, 2010). 즉 현재 홍수에 대한 위험 노출도는 캄보디아가 세계에서 가장 높다고 보아야 한다.

가뭄은 캄보디아 중부지역에서 발생하며 건기가 길어짐에 따라 발생한다. 홍수가 발생했던 지역이 대부분 가뭄이 발생하고 있다. 따라서 톤레삽 호수의 수자원 관리가 중요해 지고 있다.

마. 스리랑카

스리랑카도 홍수와 태풍의 피해가 가장 심각했으며, 낙뢰피해가 증가하고 있는 특징을 보였다. 또한 집중호우로 인한 산사태와 지진에 의한 쓰나미가 발생하고 있다.

홍수는 2개의 몬순계절과 관련되어 있다. 남동부지역은 5-9월에, 북동부지역은 12-2월에 집중적으로 비가 와서 홍수를 발생시킨다. 우기에 집중적으로 내리는 호우는 저지대의 평야나 해안가에 홍수를 유발시킨다. 홍수에 대한 스리랑카의 인명 취약성은 세계에서 열번째로 인구 백만 명당 홍수 위험에 노출된 인구가 많으며 이로 인한 사망 위험도는 세계에서 열다섯번째로 높은 것으로 나타났다(ESCAP, 2010).

큰 가뭄은 약 10년 주기로 도래하고 있으나 통상 3~4년에 오는 가뭄은 심각한 편은 아니다. 다만 농업국가이기 때문에 피해가 큰 편이다.

우기의 집중 호우에 의한 산사태가 늘어나고 있으며 또한 낙뢰로 인한 인명 피해가 급증하고 있다.

바. 몽골

몽골은 주로 조드와 같은 매서운 바람을 동반한 혹한과 가뭄으로 인한 피해가 심각한 것으로 조사되었다.

몽골의 조드는 다양한 유형이 있으며 이상기후, 가뭄 등과 동반하여 피해를 키우고 있다. 사막화가 진행되는 지역이 많다. 극심한 가뭄은 2000년대 이후에 많아지는 추세이다.

몽골은 홍수의 발생 가능성은 낮으나 발생하게 되면 많은 피해를 낼 수 있는 구조이다. 실제로 홍수에 대한 몽골의 인명 취약성은 세계에서 스물한째로 인구 백만 명당 홍수 위험에 노출된 인구가 많으며 이로 인한 사망 위험도는 세계에서 일곱번째로 높은 것으로 나타났다(ESCAP, 2010).

제 3 장 선진원조기관의 재해 지원 및 방재기술 현황

제1절 동아시아 개도국 기후변화유발 재해 지원 현황
제2절 선진방재기술 현황 및 동향
제3절 우리나라 적용을 위한 시사점

제3장 선진원조기관의 재해 지원 및 방재기술 현황

제1절 동아시아 개도국 기후변화유발 재해 지원 현황

1. 세계은행(World Bank)

세계은행그룹은 세계은행이라 지칭되는 국제부흥개발은행(IBRD), 국제개발협회(IDA), 국제금융공사(IFC), 국제투자보증기구(MIGA), 국제투자분쟁해결기구(ICSID) 등의 5개 기구로 구성되어 있다.

주요 목적은 가맹국의 정부 또는 기업에 융자하여 경제·사회 발전에 기여하고 국제무역의 확대와 국제수지의 균형을 도모하며 저개발국(개발도상국)에 대하여 기술 원조를 제공하는 데 있다.

자금은 가맹국에의 주식할당에 의한 자기자본, 특별준비금, 차입금(세계은행채의 발행으로 조달), 투자이윤 등으로 이루어진다. 회원국은 2009년 현재 185개국(IMF 회원국은 자동 가입)이며, 한국은 1955년에 가입하여 1970년 대표이사국으로 선임되었다.

❑ 기후변화 대응 ODA 추진방향

2008년 10월에 개최된 세계은행그룹 연간회의에서 개발과 기후변화를 위한 전략 프레임워크(framework)를 채택하였다.

프레임워크는 개발도상국내의 고객들에게 추가비용과 기후변화의 위험 및 전 세계 기후변화 대응 정책으로부터의 경제적 기회를 달성하며 가난 감소와 개발 목표를 동시에 달성할 수 있도록 지원하고 있다. 가장 주요 관심은 대부분의 개발도상국에서 우선시 하고 있는 기후위험관리와 적응에 있다.

프레임워크는 국제금융공사(IFC), 국제투자보증기구(MIGA)와 세계은행의 개발도상국 지원을 위한 상세한 전략과 비즈니스플랜을 제시하였다. 또한 전 세계 국가가 참여하는 전 지구적 행동과 관련하여 세계은행그룹을 보다 유리한 위치로 인도하는 것을 목표로 하고 있다.

세계은행그룹의 프레임워크는 총 여섯 개의 행동에 근거하고 있으며, 각각은 적응과 저감을 포함하고 있다. ① 국가차원의 개발과정에서의 기후행동을 지원, ② 추가 할당 및 혁신적 금융동원, ③ 시장 중심의 금융 매커니즘 추구, ④ 민간부문 자원의 차입 자본 이용, ⑤ 빠른 성장 및 새로운 기술 도입 지원, ⑥ 정책연구, 지식 및 능력 배양 도모 등이다.

❑ 기후변화 대응 원조 사업 사례

세계은행에서 기후변화 대응을 위한 원조 사업은 신재생 에너지 사업, 온실가스 감축, 에너

지 효율 등 저감 분야와 관련이 높은 사업을 실시하고 있는 것으로 파악되었다. 최근 재해관리, 농업 및 식량안보, 능력배양 등 적응 분야와 관련이 높은 사업이 진행되고 있다([표 3-1] 참조).

[표 3-1] 세계은행 기후변화 대응 원조 사업 사례

국가/지역	사업유형	사업 제목 및 개요	자금 (백만달러)
중국	에너지 효율	Nanjing Steel Convertor Gas Recovery Project - 철강산업의 에너지 효율성 증가, 환경오염물질의 대기 중 배출 감소, 지역사회에 삶의 질 개선	7.5
	온실가스저감	CN-PCF Jincheng Coal Bed Methane Project - 온실가스 감축 및 CDM	84.6
	농업 및 식량 안보	Mainstreaming Climate Change Adaptation in Irrigated Agriculture Project - 농업 및 관개 관리에 있어서 기후변화 적응 증강	55
몰디브	능력배양	Maldives Environmental Management Project - 관광산업 개발에서 기인하는 해양 서식지 파괴와 환경위협에 효과적으로 대체할 수 있는 능력 배양	13.9
키리바티	재해관리 (침수, 가뭄 등)	Kiribati Adaptation Project - 키리바티의 기후변화, 해수면 상승에 대한 취약성을 줄이는 것. 준비단계(2002-2005)의 목적은 기후변화, 기후의 다양성에 대한 적응을 국가의 경제개혁에 주류화 하며 다음단계의 프로젝트를 준비하는 것	3.7
필리핀	수자원 관리	Philippines Ethanol Plant Wastewater Biogas Project - 에탄올 공장의 폐수처리시설의 메탄 방출 줄이기. 벙커유를 폐수처리 시설에 포집된 메탄으로 대체	20

2. 아시아개발은행(ADB)

아시아개발은행(ADB)은 아시아·태평양 지역 개발도상국의 경제발전을 지원하기 위해 1966년에 설립되었으며 2008년 역내·외 통틀어 67개국이 가입한 상태이다.

ADB의 설립목적은 아시아·태평양 지역의 경제성장 및 경제협력을 촉진하고 역내에 있는 개발도상국들의 경제발전에 기여하는데 있다. ADB의 비전은 시민의 삶의 질 향상과 빈곤감소를 통

해 빈곤으로부터 자유로워지는데 있다.

현재 개발 사업은 하루 1달러 미만으로 빈곤한 삶을 사는 6억 9,000만 아시아·태평양 지역민들의 복지증진을 목적으로 한다. ADB의 프로젝트와 프로그램은 빈곤 개입과 다음과 같은 사항에 초점을 맞춰 기능을 수행하고 있다. ① 개발목적을 위한 공공 및 민간자본의 역내 투자를 촉진하는 기능, ② 역내 국가의 균형적인 경제발전을 위해 역내 개발도상국의 개발 사업에 대한 자금을 지원, ③ 융자재원의 효율적 활용과 세계무역, 특히 역내 교역의 확대 및 촉진을 위해 역내 가맹국 개발정책 및 계획에 대한 조정을 지원, ④ 개발계획서의 작성 및 집행을 위한 기술지원을 제공, ⑤ UN 및 산하 기관, 지역 내 개발에 관심이 있는 기타 국제기구, 가맹국 및 민간기구와의 협력을 도모 등이다.

주요 활동은 모든 회원국에 대한 대출, 기술원조, 실태 조사, 특정 프로젝트에 대한 융자 등이다. 1990년 후반에 이르러 석유 위기에 의한 회원국의 무역수지 악화를 줄이기 위한 긴급융자가 늘어가고 있다.

활동에 필요한 비용의 재원은 일반재원으로 자본금 및 차입금이 있다. 차입금은 아시아개발은행채의 발행에 의하여 이루어지고 그밖에 다목적 특별기금, 기술원조 특별기금 및 1974년 6월에 발족한 아시아개발기금(Asian Development Fund: ADF)의 3가지 특별기금이 있다.

❑ 기후변화 대응 ODA 추진방향

ADB는 아시아.태평양 지역에서 기후변화의 원인과 결과에 관련하여 매우 활발한 활동을 하고 있다. “전략 2020”이라는 새로이 도입된 장기 전략 아래, ADB는 아시아.태평양 지역에서 기후변화와 환경적으로 지속가능한 성장과의 관계에 대해 집중하고 있다.

기후변화의 다양한 여러 피해가 가난한 이들에게 집중되는 경향이 있기에, 기후변화에 대응하는 “전략 2020”의 또 다른 목표인 포괄적인 성장을 도모하는데 있어 매우 중요한 요소로 보고 있다.

다양한 개발은행들의 깨끗한 에너지 투자 프레임워크와 연계하여, ADB는 기후변화 대응을 위한 재원에 중심적 역할을 수행함으로써 기후변화행동에 큰 기여를 하고 있다. 기후변화 대응으로 적응과 저감 노력의 통합에 많은 노력을 기울이고 있으며, 재원확보, 능력 및 지식과 관련하여 많은 파트너들과 협력하고 있다.

기후변화 저감과 관련하여, 아시아개발은행은 다름의 네 가지 핵심 요소와 연계된 프로그램을 진행한다. ① 에너지 효율의 향상과 저에너지 에너지원의 이용, ② 지속가능한 교통 정책 및 효율적 시스템의 도입, ③ 도심위생의 향상 도모 및 메탄가스 배출량 감소, ④ 지속가능한 토지 및 산림 이용 등이다.

기후변화 적응 프로그램은 다음을 포함한다. ① 국가차원의 개발 전략 및 행동계획에 대한 위험성 평가, ② 수자원과 농업과 같은 기후변화에 취약한 부문에 대한 복원, ③ 기후변화 방어 사업, ④ 사회차원의 이슈 등이다.

❑ 기후변화 대응 원조 사업 사례

아시아개발은행(ADB)에서 기후변화 대응을 위한 원조 사업을 살펴보면 신재생에너지 사업, 에너지 효율 등 저감 분야와 기후변화 대응 능력배양, 적응프로그램 개발, 재해관리 등 적응 분야의 사업을 두루 실시하고 있는 것으로 파악된다([표 3-2] 참조).

[표 3-2] 아시아개발은행 기후변화 대응 원조 사업 사례

국가/지역	사업유형	사업 제목 및 개요	자금 (백만달러)
중국	신재생에너지	**Utilization of Renewable Shallow-Ground Geo-Energy** - Shallow-Ground Geo-Energy 개발 촉진을 위한 정책 권고, 개발자들을 위한 중장기 발전 전략 및 사업모델 수립	0.2
인도		**Integrated Renewable Energy Development Project** - 2012년까지 재생에너지 비중을 10%까지 끌어올리기 위한 전략 마련	1.4
필리핀	에너지 효율	**Philippine Energy Efficiency** - 필리핀의 경우 전력요금이 매우 비싸며, 소비의 상당부분이 에너지 분야에 집중, 에너지 효율성 확보를 위해 지속가능한 사업모델 구축 및 공공분야 에너지 소비 감축 추진 체제 마련	31.1
몽골	능력배양	**Renewable Energy Development in Small Towns and Rural Areas** -몽골 기후에 적합한 소규모 재생가능에너지 발굴, 197곳의 마을에 위치한 학교와 병원에 알맞은 재생가능에너지원 권고, 덴마크, 노르웨이, 캐나다 견학을 통한 선진국 사례 공유	0.4
네팔		**Strengthening Capacity for Managing Climate Change and the Environment** - 2006년 네팔정부가 ADB에 환경마스터플랜수립을 위한 기술지원(TA) 요청, 현지 조사 후 좌측과 같은 프로그램명으로 확정되어, 네팔 의회와 지방정부의 지지를 받으며 진행 중	0.5
태평양 지역	재해관리 (침수, 가뭄 등)	**Regional Partnerships for Climate Change Adaptation and Disaster Preparedness** - 태평양지역 섬국가들이 겪는 자연재해에(특히 재정적인 측면에서) 대응능력을 제고하려는 목적, Caribbean Catastrophe Insurance Facility의 유용성을 파악하기 위한 대상국간 정보교류 및 파트너쉽 구축에 중점	1
사모아	연구지원(적응 프로그램 개발)	**Implementing the National Energy Policy** - 사모아 전력공급의 신뢰도와 비용효과 측면 개선, 전력 분야 수요 측면에서의 운영 전략 마련 등	2

3. 일본국제협력기구(JICA)

일본국제협력기구는 일본이 개발도상국에 대한 경제 사회적 협력을 목적으로 세운 기구이다. 1974년 8월 외국기술협력사업단, 외국이주사업단, 외국농업개발재단 등을 통합하여 발족했다.

아시아, 남미, 아프리카, 동유럽, 중동 등 세계 전역의 개발도상국에 대한 기술 협력, 무상자금 협력, 노동자 원조, 기계 공여 등의 사업을 벌인다. 개발도상국에 대한 정부 기반 기술 협력은 연수원 연수나 전문가 파견 등의 형태로 이뤄진다.

또 기계를 공여하거나 지역사회 개발, 농림업·광공업 개발에 대한 투융자, 중남미 등으로 이주하는 노동자 원조, 기술 협력을 위한 인재의 육성과 확보, 무상자금 협력의 실시 등도 벌이고 있다. JICA는 기존 원조사업과 CDM 사업의 접목을 통한 시너지 효과를 제고하고, 인간안보에 기반을 둔 능력개발 분야를 중점 지원하고 있다([표 3-3] 참조).

2008년 다보스포럼에서 “Cool Earth Promotion Program”을 제안하고, 100억 달러 규모의 재정기구인 "Cool Earth Partnership”을 설립하였다. 동 파트너쉽을 통해 향후 5년간 개발도상국의 온실가스 감축(80억 달러)과 기후변화 적응(20억 달러) 분야를 지원하고, 이를 통한 개도국의 경제발전 달성을 목적으로 한다.

세계은행, 아시아개발은행과 공동으로 아시아 지역 연안 도시(마닐라, 방콕, 콜카타, 호치민)의 기후변화에 의한 영향과 적응에 관한 연구를 실시하여, 이 지역의 홍수에 대한 취약성을 평가하여 기후변화 완화와 적응 정책에 반영하기도 하였다.

2008년 New JICA라는 이름으로 유·무상 원조통합을 시행하였다. New JICA에서는 크게 비전과 구조에 있어서의 변화를 살펴볼 수 있다. New JICA는 3S(Speed up, Scale up, Spread out)의 원칙하에 포괄적이고 역동적인 개발이라는 비전을 제시하였다. 이와 같은 변화가 가능했던 이유는 통합이라는 구조적인 변화가 뒤따랐기 때문이다.

일본 유·무상 원조 시행 기관이 New JICA라는 이름으로 통합함으로 인해 원조 집행 절차가 간소화되면서 신속하게 대처할 수 있게 되었다(Speed up). 또한 공통된 국가별 지원 정책하에 기술협력과 유·무상 원조의 복합적인 지원(Scale up, Spread out)이 가능할 수 있게 되었다. 일본 원조 통합으로 인한 변화 핵심 요소를 5가지로 아래와 같이 정리할 수 있다.

① 정부 정책에 따른 신속하고 즉각적인 도움을 위한 지역부서 운영
② 기술협력, 무상원조, 유상원조의 3가지 원조 방식의 혼합과 지역중심적 운영 관리
③ 적재적소에 알맞은 인사채용을 위한 새로운 인사 시스템
④ 3가지 다른 방식의 원조 집행을 위한 현지파견 중심적 접근
⑤ 국가별, 지역별 중심의 구조 설립과 합리적인 업무 배분

[표 3-3] 일본의 ODA 지원 현황

	2009	2010	전년대비 증가폭(%)
지원금액(Net ODA)	9,457	10,583	11.9%
ODA/GNI	0.18%	0.2%	

자료 : OECD/DAC : www.oecd.org/dac/stats.

제2절 선진방재기술 현황 및 동향

1. 일본(Japan)

가. 일본의 주요 방재 체계

❑ 국가 방재 행정 조직

일본의 행정조직은 중앙정부, 도도부현(都道府縣), 시정촌(市町村) 및 지정 행정기관, 지정 공공기관으로 구성되어 있으며 이 중에서 방재행정의 중추적 역할을 하고 있는 기관은 도도부현(都道府{縣) 혹은 시정촌(市町村)이다.

일반적으로 대도시의 광역 행정기관인 도와 부의 경우 광역자치단체가 방재의 중심적 기능을 담당하고 있으며, 도와 부에 소속된 구는 실행적 기능을 담당하고 있다. 농촌지역을 포함하고 있는 현의 경우에는 기초 자치단체인 시정촌이 현의 지원을 받아 지방의 핵심적 방재센터 역할을 하고 있다.

❑ 국가 방재 관리 체계

일본은 자연재해를 당하기 쉬운 국토조건으로 인해 국가가 일찍이 재난 관리법과 자연대책법을 합친 재해대책기본법 등 관련법을 제정하여 재해의 예방이나 재해시 응급 대책 등 종합적인 방재계획을 수립하고 있다. 그동안 빈번했던 지진·태풍에 경험을 통해 비교적 잘 정비된 방재관리체계를 갖추고 있다. 내각부 산하 중앙방재회의가 방재업무를 위한 종합 조정을 하며 기상청 등 24개의 국가 행정기관을 지정행정기관으로, NHK 등 60개 기관을 지정공공기관으로 책정하여 운영하고 있다.

❑ 중앙방재회의

국가방재대책의 종합성 및 계획성을 확보하기 위해 설치된 행정조직으로 방재기본계획의 작성과 실시 및 방재 기본방침, 방재시책 조정 등에 관하여 총리대신을 자문하는 총리부의 부속기관이다. 그러나 단순한 자문기관이 아니고, 방재기본계획을 작성하여 추진하는 실시기관의 성격을 갖는다.

주요 업무로는 방재기본계획의 작성과 실시, 비상재해에 대한 긴급 조치계획의 작성 및 실시, 내각 총리의 자문에 따라 방재에 관한 중요사항 심의 등의 역할을 한다. 중앙방재회의는 방재기본계획을 작성하고, 방재에 관한 종합적이고 장기적인 계획을 정하는 것과 함께 방재업무계획 및 지역방재계획에서 중점을 두어야 할 사항 등을 포함하고 있다.

❑ 재해대책본부

비상재해 대책본부는 국가의 경제, 공공의 복지에 영향을 미치는 중대한 재해가 발생한 경우 재해긴급사태를 포고하고 총리부에 비상재해대책본부를 설치하게 된다. 지방정부의 재해대책은 일차적으로 시정촌을 중심으로 이루어지며 각 도도부현에서 중앙정부의 정책을 반영하여 총괄

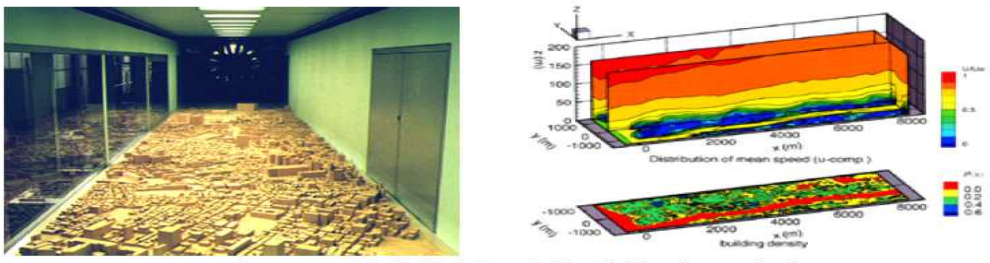
관리하고 있다. 재해 발생 시에는 일반적으로 시정촌이 일차적인 대응을 하지만, 필요에 따라 정부, 관계청 및 지방 공공단체가 긴급 재해대책을 주도적으로 행할 필요가 있는 경우에 재해대책본부를 설치한다.

나. 일본의 주요 방재 시스템

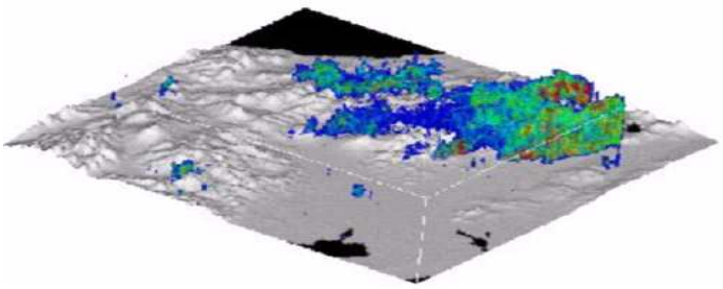
❑ 풍수해 방지를 위한 실험 및 모델링 시스템

내각 총리실 산하 국토청 방재국내에 국제자연재해경감 10개년 사업 국가위원회를 설치하였다. 우리나라 방재 관련 연구비의 121배(2000년 기준)에 달하고 다양한 방재기술을 개발하기 위한 실험 및 모델링을 수행하고 있다(<그림 3-1> 참조).

그리고 1,300개의 자동기상관측장비(AMeDAS)를 설치하여 기상관측체계를 구축하는데 활용하고 있다. 또한 레이더-AMeDAS 합성자료 처리기술 등을 개발하여 자연재해 대비 예·경보시스템과 연계시키고 있다(<그림 3-2> 참조).



〈그림 3-1〉 일본의 풍해방지를 위한 실험 및 모델링 시스템



〈그림 3-2〉 일본의 레이더 자료를 이용한 기상·수문 예측

❑ 국토교통성의 방재시스템

최근 일본은 www.river.go.jp의 사이트를 운영하여 홍수에 많은 영향을 미치는 강우량, 하천 수위, 댐 저수량의 정보를 제공하고 있다. 이는 국가적 인프라를 늘리고 수문평가를 제공하기 위한 것이다. 일반 시민들도 웹사이트를 통하여 재해에 대한 정보를 취득한다.

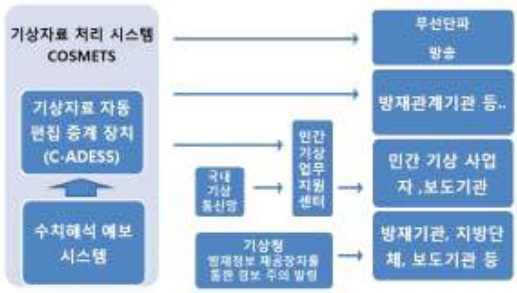
중앙재난관리위원회에서는 수집된 데이터를 지속적으로 분석하여서 휴대전화, 텔레비전, 라디오 등을 통하여 시민들에게 알리고 있다. 일본은 세계에서 자연재해에 대해 위험국가로 분류가 되어서 일반 시민들이 더 손쉽게 현 상황을 파악할 수 있는 시스템이 더 많이 만들어지고 발전해야 할 필요를 느끼고 있다.

❑ 일본 기상청의 방재 시스템

일본 기상청은 기상경고, 주의보, 지진 및 해일정보 등의 방재기상정보를 작성하여 도도부현으로, 경보의 종류에 따라 NTT, 경찰청, 해상보안청, NHK 등의 기관에 통지하는 것이 주요 책무이다. 통지 받은 각 기관은 각각 정해진 기관 등으로 전달, 방송해야 한다.



〈그림 3-3〉 일본 기상청의 기상정보 수집과정



〈그림 3-4〉 일본의 방재기상정보 전달과 대응 체계

기상정보의 수집을 하는 지역기상관측시스템(AMeDAS)이나 정지기상위성시스템(GMSS)의 관측을 통하여 구름의 분포 및 높이 등의 정보를 수집한다. 수집된 정보들을 기상자료종합처리시스템(COSMETS)에 의해 해석되고 예측혹은 가공된다. 이어 기상청 본청에 설치된 전국 중추 기상자료인 자동편집 중계 장치(C-ADESS)를 거쳐서 내각부, 방위청, 소방청 등 중앙부처와 기상대 등에 전달된다. 그리고 정비되어 있는 기상자료 전송망(L-ADESS)을 통해 국토교통성, 지방정비국 및 지방 공공단체 체계로 전달되어 진다(<그림 3-3> 및 <그림 3-4> 참조).

이외에도 업무지원 센터로부터 보도기관 등을 통해서 일반적으로 제공되며, 또한 국토교통성으로부터 우량, 하천, 수위 등의 정보가 인터넷 및 휴대전화에 의해 리얼타임으로 제공되어 지고 있다([표 3-4] 참조).

[표 3-4] 일본 방재기상정보의 예

종 류	주요 기능	내용
기록적 단시간 호우정보	속보기능	수년 동안 한번 밖에 일어나지 않은 기록적인 단시간의 큰 비를 관측했을 경우, 속보를 함으로써 방재효과를 높이는 것을 목적으로 하는 호우관련 정보
	경고기능	주의보, 경보에 앞서 피해나 영향이 예상되는 현상의 개요 등을 해설 주의보, 경보에 해당하는 기상현상이 예상되는 반나절부터 1일전에 발표
기상정보	보완기능	주의보, 경보가 발표된 후의 경과나 예상, 방재상의 주의를 필요할 때
날씨정보	주의환기 기능	보슬비·장마·저온 등 비교적 장기에 걸치는 현상에 대해서 피해나 영향이 예상되는 경우

❑ 방재기상정보의 전달과 대응체계

일본의 방재기본계획은 기상청이 기상, 지진, 해일 등의 정보수집 및 전달을 신속하고도 정확히 실시할 것을 명기하고 있다. 기상청이 발표하는 방재기상정보는 초동대응에 중요한 역할을 담당하는 것으로 인식되고 있다.

기상청 본청의 컴퓨터시스템과 내각부, 방위청, 국토교통성, 소방청의 시스템이 온라인으로 접속되어 방재기상정보를 신속하고도 정확하게 제공한다. 이와 함께 관련 관측데이터의 교환도 이루어지고 있으며, 방재업무계획에서 별도로 기상업무 시설 정비와 관련하여 기상업무에 필요한 관측, 예보 및 통신 등의 시설 및 설비에 관한 계획과 관측 기관 상호간의 정보교환, 연계에 관한 계획을 수립하고 있다.

또한 기상청은 국가 방재와 관련하여 단계별 수행을 보면, 재해예방단계에 있어서 기상청은 국토교통성 및 지방공공단체와 함께 경보 등을 주민, 수방관리자 등에게 전달하는 체계를 정비하고, 기상청에서 발표한 정보에 대해 도도부현과 연계하여 시정촌에서의 효과적인 활용에 관해 조언을 함으로써 재해발생을 미연에 방지할 수 있도록 하고 있다.

❑ 일본 NHK 재해방송

긴급사태시 NHK의 재해방송은 『재해대책기본법』과 『대규모지진대책 특별조치법』에 입각한 “지정공공기관”이기 때문에 지진, 해일, 태풍 등의 재해, 대사건, 대사고 등 인명이나 국민 생활에 중대한 영향을 미치는 긴급상황에 있어 국민의 생명 및 재산을 지키기 위해 정보를 신속, 정확하게 전달할 책무를 지고 있다(<그림 3-5> 및 <그림 3-6> 참조).

NHK의 재해대책 규정은 재해규모에 따라 1~3종까지의 비상대책 체계를 취하여 재해방송을 실시하도록 정하고 있다. 관동 대지진 이후부터 수차례의 태풍 등을 거치며 오랜 시간을 거쳐 재해방송 시스템이 확립되었다. NHK의 다음과 같은 구체적인 기준을 정하여 실행하고 있다.

- 지진방송과 쓰나미 경보를 신속하고 정확하게 전달하고, 태풍이나 호우에 의해 피해가 발생할 우려가 높을 경우 방송을 통해 피해를 최소화 한다.
- 피해상황을 신속하게 전달하고, 국가와 자치단체 등의 행정기관, 의료기관, 자원봉사자를 포함한 광범한 지원에 도움이 되도록 노력한다.
- 재해 시뿐만 아니라 일상에서도 재해를 예방하기 위해 적극적으로 이를 다루어 안전한 사회구축에 기여한다.



〈그림 3-5〉 일본 NHK의 2011년 3월 11일 지진 재해 방송



〈그림 3-6〉 일본 NHK의 지진으로 인한 화재현장 재해방송

❑ 방재통신·정보시스템

자연재해의 피해를 입기 쉬운 조건에 있는 일본에 있어서 방재대책은 중요한 과제이고 구조적, 비구조적 양면으로부터 각종 시책이 시행되어 왔다. 재해에 이용되는 무선통신 네트워크로서는 중앙방재 무선망, 소방방재 무선망, 도도부현 방재행정 무선망, 시정촌 방재행정 무선망, 방재상호통신용무선 등이 있다(<그림 3-7> 참조).

중앙방재 무선망은 대규모 재해가 발생했을 때 일반 공중회선이 두절되거나 전화의 쇄도에 의해 통신회선이 마비되어 그 이용이 어려운 사태에 빠질 경우에도 비상재해대책본부, 총리대신관저, 지정 행정기관 및 지정 공공기관 등과의 사이에 재해정보의 수집, 전달을 가능케 하는 것을 목적으로 삼고 있다. 크게 나누어 고정통신회선, 위성통신회선 및 이동통신회선으로 구성되어 있다.

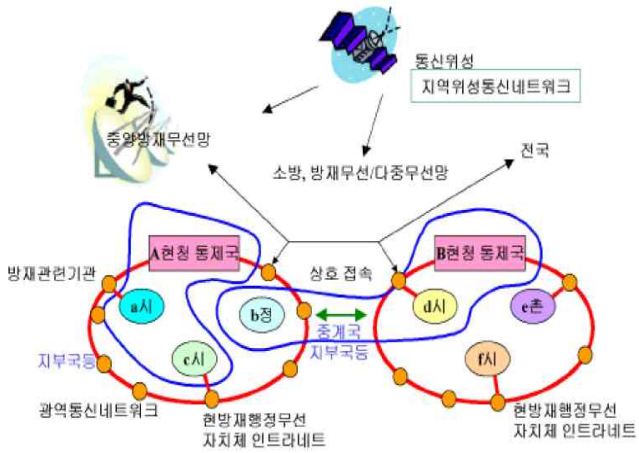
이동통신 회선은 재해 발생 시에 공중회선 등에 장해가 발생할 경우에도 각료, 재해 대책요원 등과의 연락을 확보하려고 하는 것으로 도내에 기지국을 정비하여 각료, 재해대책요원 등의 자택, 관계성청에 무선전화장치를 준비하여 통신회선을 확보해 두고 있다.

또한 도도부현과 시정촌, 방재관계 기관 등과의 사이를 연결하는 무선 통신망으로 지역방재계획에 의하여 재해 정보의 수집·전달을 위해서 지상계, 지역위성통신 네트워크에 의한 위성 방식에 의해 구성되어 있다. 현재 방재통신시스템, 방재정보시스템 모두 적극적인 연구개발을 전개하고 있고, 실적을 쌓아 오고 있다.

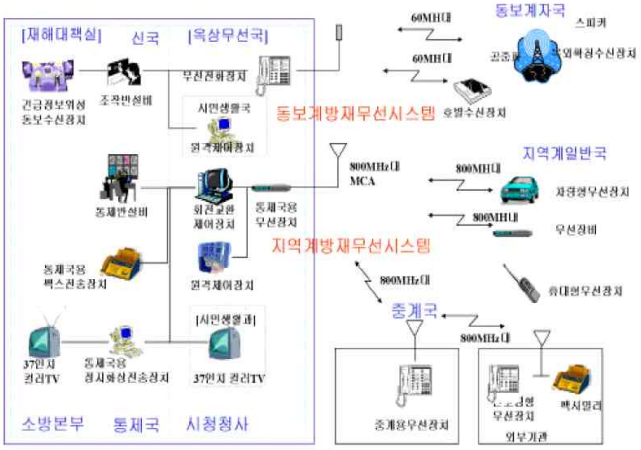
와카야마 방재행정 무선시스템은 동보계와 지역계로 구성되어 있고, 지역계는 시청·소방본부, 외부기관, 중계국, 일반국이 연결되어 있다(<그림 3-8> 참조).

1995년부터 정비사업을 추진해 온 와카야마시가 방재행정무선시스템에 동보계 방재무선과 지역계 방재무선을 도입하여 완성하였다. 이 시스템은 시청과 시내 각 소에 설치된 각 방재무선의 통신망에 의해, 평상시에는 일반행정사무와 지역으로부터의 정보발신에 활용하고, 재해시에는 정보의 전달과 재해체제의 확립을 신속히 처리하여 재해를 미연에 방지하여, 발생한 피해를 최소한으로 줄이기 위한 방재행정무선시스템이다.

특징으로는 지진·지진해일 경보에 관한 정보를 신속히 주민에게 전달하고, 긴급정보위성 동보수신장치와의 네트워크화, 정비화면 전송의 데이터통신, 원격제어기를 임의로 교환 접속하여 통신회선기능의 도입을 들 수 있다.



〈그림 3-7〉 일본의 고도방재종합정보 네트워크

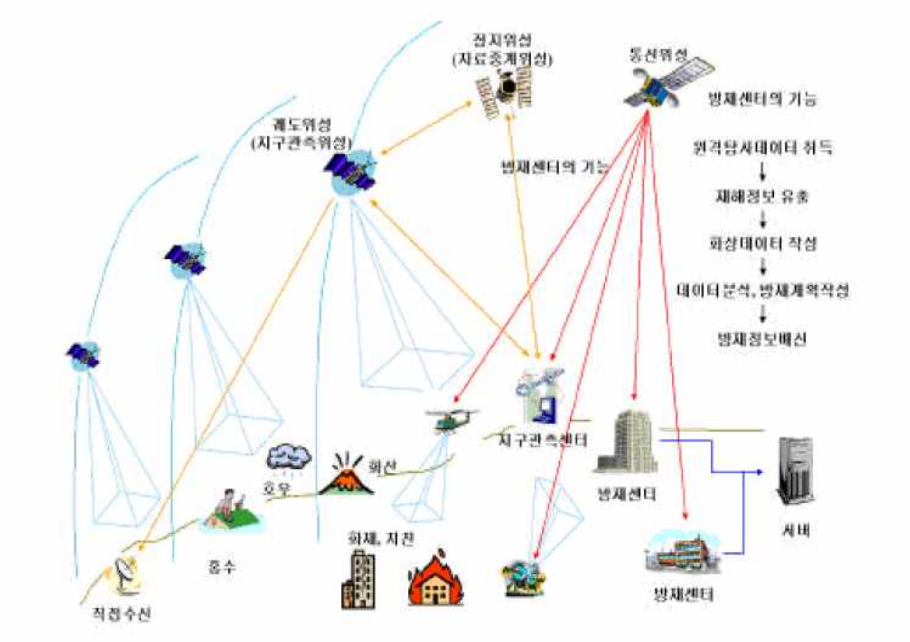


〈그림 3-8〉 일본 와카야마 방재무선시스템의 구성

❑ 위성 리모터센싱을 이용한 재해감시와 방재 대응

관측센터는 평시, 경계 시에는 위성데이터를 정상처리하고, 현 레벨에서 설치된 방재센터에 정지적으로 배송한다. 재해발생 시와 발생 직후에는 센서의 포인팅 운용 등에 의해 거의 실시간으로 위성데이터를 취득하고, 긴급처리 후 배송할 수 있다. 방재센터는 재해 시에 피해지역주변을 대상으로 지상과 항공관측도 총동원하여 정확하고 신속한 정보의 수집, 분석, 화상데이터의 작성, 방재계획을 거쳐 시민에게 통보한다.

위성에 의한 리모트센싱은 광역, 주기적으로 계속 관측하기 때문에 오존층과 해빙의 관측 등, 특히 지구환경문제해명에 큰 역할을 할 수 있다. 재해감시에 관해서도 화산분화, 지진, 기름유출사고를 감지할 수 있으나 방재에 이용하기 위해서는 평상 감시 등 재해 위험 지구를 특정 또는 추정할 수 있는 해석기술의 확립이 필요하다(<그림 3-9> 참조).



〈그림 3-9〉 일본의 위성리모트센싱을 이용한 재해감시·방재시스템의 방재센터 기능흐름

2. 미국(USA)

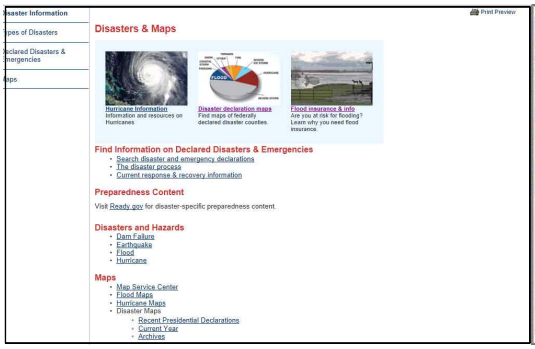
가. 미국의 주요 방재 관련 체계

❑ FEMA(Federal Emergency Management Agency)

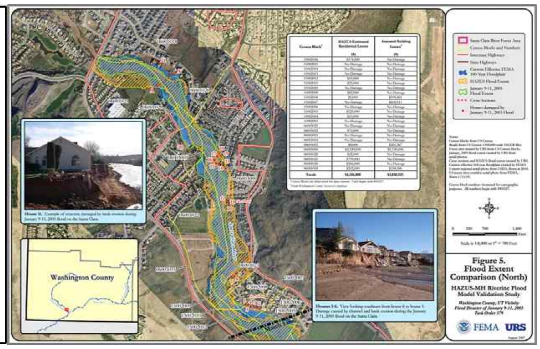
미국의 연방위기관리청으로 재해대책과 위기관리를 담당하는 FEMA가 국토안전보장성(DHS : Department of Homeland Security)내에 설치되어 있다. 대규모 재해 발생 시에는 FEMA가 중심이 되고 지방정부, NPO 등의 민간조직이 협력체제를 구축하여 재해관련 정보를 제공하고 지방정부의 업무를 지원하는 역할이다.

정보의 제공은 단순 실적 자료뿐만 아니라 많은 시나리오를 바탕으로 예측된 자료를 포함하고 있다. 대부분의 정보를 웹을 통해 제공하고 있으며 FEMA에서 제공하는 웹기반 정보는 임의의 지역에 대한 재해 관련 정보를 손쉽게 확인할 수 있도록 구성되어 있다(<그림 3-10> 참조).

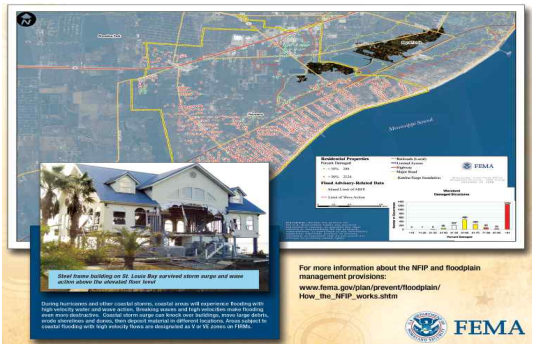
또한 FEMA에서는 과거 실적자료를 기반으로 홍수, 태풍, 지진 등의 재해지도, 과거 실적자료와 모델링 자료를 포함하여 고유의 코드를 지정한 홍수지도를 제공하고 있다(<그림 3-11> 및 <그림 3-12> 참조).



〈그림 3-10〉 FEMA에서 제공하는 재해정보



〈그림 3-11〉 FEMA HAZUS-MH를 통한 홍수재해 모니터링



〈그림 3-12〉 FEMA의 GIS·RS 기술 활용 홍수피해지역 분석

❑ NOAA(National Oceanic and Atmospheric Administration)

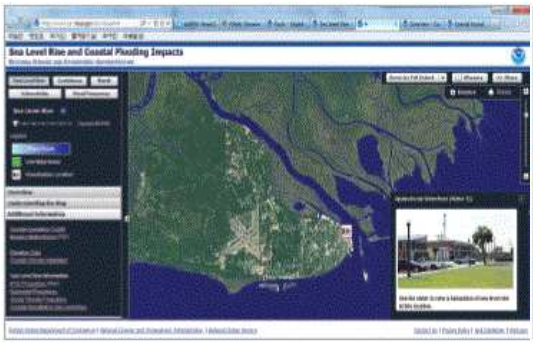
NOAA(국립해양대기청)는 지구환경의 변화를 조사 및 예측하여 미국의 연안지역이나 해양의 자연자원을 보전 및 관리하고 지속적인 경제활동을 확보하는 것을 목적으로 미국 상무성(USDOC)의 하부 기관이다. 지구환경 변동의 이해와 예측을 진행시키고 있다.

최근, 사회의 계획 능력과 대응 능력을 늘리기 위해서 기후변동을 이해하고, 기상과 물에 관한 정보에 대한 사회요구에 응하는 것을 중요시 하고 있다. NOAA의 주요 구성 조직 및 역할은 다음과 같다.

- 미국 해양수산청(NMFS : National Marine Fisheries Service)이 국내 및 국제적인 수산자원의 보전 및 관리를 담당한다.
- 미국 해양국(NOS : National Ocean Service)은 미국 내의 연안지역·해양 환경의 건전성 및 안전성을 담당한다.
- 미국 기상청(NWS : National Weather Service)은 미국 내의 허리케인, 토네이도, 홍수 및 여름이나 겨울의 폭풍우 등의 기상재해의 예측 및 경보를 실시한다. 또 기상 데이터·정보의 수집·제공도 담당하고 있다.
- 해양대기연구소(OAR : Office of Oceanic and Atmospheric Research)는 NOAA의 제일의 연구기관이며, 정책·자원 관리의 결정에 임하여 과학적인 정보를 제공하는 것을 목적으로 한다. 연안지역, 해양대기 및 우주와 넓은 범위를 취급한다.

NOAA의 웹사이트에서 일반적으로 수치고도모형(DEM : Digital Elevation Model)과 토지피복도와 같은 수치지도와 위성자료 뿐만 아니라 각종 분석 자료를 확인할 수 있다. 따라서 관련 분석도구에 대한 사전지식이 없는 일반인도 손쉽게 시스템에 접근하여 분석내용을 확인할 수 있고 미래 재해계획 및 현재의 상황관리에 분석자료를 손쉽게 활용할 수 있도록 개발되어 왔다.

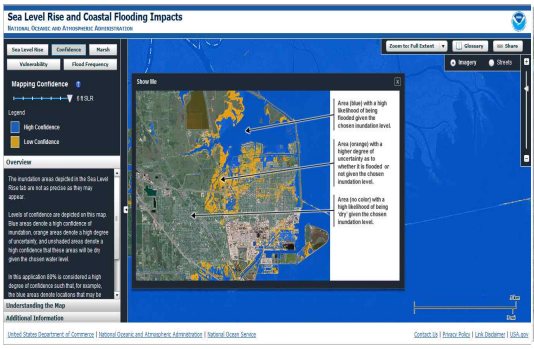
NOAA Coastal Service Center의 The Digital Coast Website에서 제공하고 있는 도구 중 연안침수분석 도구를 이용하면 해수면 상승에 따른 침수범위, 예측자료의 신뢰범위, 연안습지에 미치는 영향, 취약성의 정도, 연안의 홍수빈도 등의 내용을 확인할 수 있다(<그림 3-13>, <그림 3-14>, <그림 3-15> 및 <그림 3-16> 참조).



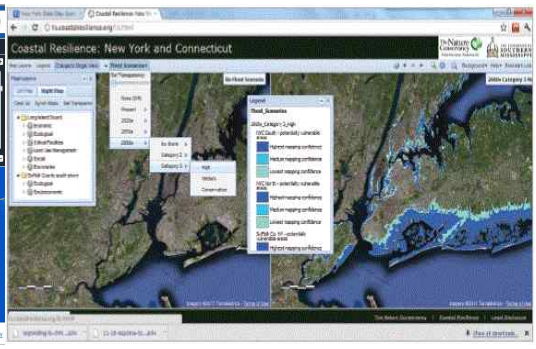
〈그림 3-13〉 NOAA의 현재 해수면 도면



〈그림 3-14〉 NOAA의 해수면 6ft 상승시의 도면



〈그림 3-15〉 NOAA의 해수면상승에 따른 위험도 분석의 신뢰도 정보 제공



〈그림 3-16〉 NOAA의 시나리오 기반 재해정보 제공

❑ NEMIS(National Emergency Management Information System)

FEMA가 1998년에 도입한 재해 피해관련 자료와 work flow data를 저장하는 저장고의 역할을 하는 시스템이며, 2005년의 태풍 "카트리나"가 발생하였을 때, 설계용량의 5배 이상의 정보처리를 담당하기도 하였다. 최근 보안상의 취약점과 늘어나는 정보량으로 인하여 처리능력 강화에 주력하고 있다.

크게 재해 및 재난 상황 관리·통제 시스템과 위험분야(방사능, 항공 운송 관리, 지진, 기상 등)별 정보 시스템, 그리고 현장 비상 대응 조직(911구조대, 응급 의료 지원단 등)별 정보시스템으로 구성된다.

NENIS는 하드웨어와 소프트웨어, 통신, 어플리케이션의 광범위한 FEMA 시스템으로서 FEMA에 새로운 기술적 베이스를 제공하고 또한 FEMA의 파트너들인 유관 기관들이 위기라는 임무를 수행할 수 있도록 도와준다. NEMIS는 국가 위기를 관리하는 총체적인 정보 시스템의 집합체로서 재난 관리와 연관되어 있는 유관 기관들과의 시스템 연계를 제공하여, 재난 관리의 효율성을 높여준다.

❑ SNDR(The Subcommittee on Natural Disaster Reduction)

미국 국가과학기술위원회(National Science and Technology Council)에 소속된 환경과 자연자원 분과(Committee on Environment and Resources)의 산하 위원회로 자연재해에 탄력적으로 대처하는 능력을 강화하기 위한 조직이다.

❑ EOC(Emergency Operations Center)

미국 내에서 긴급사태가 발생하였을 때, 대처하기 위한 정보의 수집 및 조정을 위한 재해대책 본부이다. EOC는 대부분의 경우, 재해를 관할하는 지역 내에 설치되며, 구성 및 하는 일은 다음과 같다.

❍ EOC의 구성과 네트워크 환경

- 위기관리실; 해당 재해대응에 필요한 위기관리 관계자의 대표자가 집결해, 실무의 조정·제휴를 실시
- 보도 발표 준비실; 경찰·소방 등 각 조직의 대외 대응 담당자가 대기해 간부들이 논의한 내용에 근거하여, 다양한 보도 기관 대응을 실시
- 정보 수신실; 상황 파악을 위해서 기상 정보를 시작해 각 기관으로 부터 여러 가지 정보를 수신하며 시내의 각 피난소에도 아마추어 무선과의 교신 설비가 준비되어 있다. 때문에, 위성 회선마저 사용할 수 없게 된 경우에도 위력을 발휘하고 있다.

EOC 구내에 교환기를 독자적으로 준비하고, 공중 교환망이 서비스 정지 상태에 빠졌을 경우에는 자동적으로 위성 회선으로 바뀌는 구조를 도입하고 있는 EOC도 있다.

일반 시민에게의 주지·경보에 대해서도 지정한 지역의 모든 유선 전화 번호에 자동적으로 전화를 걸어 발표 내용을 재생하는 시스템의 도입이 진행되고 있다. 이러한 IT 기술을 이용한 네트워크 환경을 유지하는 것이 긴급 사태에 대해 매우 중요하기 때문에 서버나 전원은 시설 내에서도 가장 안전성이 높은 장소에 설치되고, 보안 확보를 위해서 전자파 누설 방지 대책 등도 강구되고 있으며, 전원의 공급 정지에 대비해 대용량 발전기 및 연료도 준비된다.

긴급사태의 정보는 센서에 의하여 자동 입력되는 것도 있지만, 대부분은 현장이나 재해대책본부 등에 있는 담당자가 손으로 입력하게 된다. 입력된 정보는, 전자 게시판 형식으로 토픽 마다 자동적으로 축적·정리되어 적당한 단계에서 수동으로 정리한다. 정보의 집약·공유·제휴 이용자는 이러한 정보를 실시간으로 공유할 수 있다.

IT의 성능 향상과 저렴화에 의해 GIS를 활용, 다음과 같은 정보를 지도상에 중첩 및 정렬하여 표시할 수 있게 되어 있다. 통행금지 지역, 주목 지점의 국소적인 날씨(현상 및 정밀 예보), 보도 관계자의 대기 장소, 상황을 아이콘으로 표시, 웹 카메라 등에 링크를 표시, 인터넷상의 지도 서비스와의 제휴, 경로 검색이나 소요 시간의 분석, 지도상에서 지역을 선택하면, 그 지역 내에 등록된 인물 등을 열람할 수 있다.

위기관리 소프트웨어가 인식한 정보는 모두 자동적으로 기록되어 보도 발표에 사용되는 것은 물론, 사중·사후의 반성에도 도움이 되도록 한다. 이러한 기록은 법정에서 증거로 사용될 가능성도 있기 때문에 “누가, 언제, 무엇을 했는지”를 그대로 보존하는 것도 있다.

많은 위기관리 소프트웨어에는 오·판단을 막는 기능이 있다. 예를 들면 어느 정도 정형적인 대응이 가능한 재해에 대해서는 평소 검토해 오고 사전에 준비한 재해 대응 계획이나 순서 등을 기초로 사람이 취해야 할 행동이나 작업의 진척 상황을 자동적으로 표시한다. 만일의 경우, 오·조작을 막을 수 있도록 평소부터 훈련하기 위한 연습 모드가 있다. 최근 관련 조직 외에도 많은 사람이 누구나가 쉽게 익숙할 수 있도록 웹 브라우저를 인터페이스로 하는 것이 주류가 되어 있다.

나. 미국의 주요 방재 시스템

❑ 재해 예측 시스템 및 자동화 연구

FEMA에서 재해관리 업무를 총괄하고 있다(<그림 3-17> 참조). 이 중에서 수문자료는 USGS에서 통합관리하고 있다. 기상청을 중심으로 수문기상학적 홍수예측모형 연구가 활발히 진행 중에 있다.

또한 연구소와 대학 등에서 수치모형 기반의 태풍(storm) 규모 예측시스템을 개발하고 있다. 그리고 기후 예보를 위한 대기-해양통합 모형의 개발 및 예측시스템 자동화 연구를 수행하고 있다.



〈그림 3-17〉 FEMA HAZUS-MH를 통한 지진, 풍수해 위험관리

❑ All-Hazards Warning System의 구축

NOAA(국립해양대기청)와 NWS(미국 기상청)는 각종 재해관리에서 정보의 역할을 강조하여 재해에 대한 경보를 통합하여 관리하고 있다. All Hazards NOAA Weather Radio를 통하여 토네이도, 허리케인, 지진 등의 자연재해, 화학물질 방출, 유조선 파선, 핵발전소 사고, 열차전복 등의 기술적 사고, 테러리스트 공격 등 모든 재해·재난과 관련된 경보나 메시지를 발송한다.

❑ 위성을 이용한 통신 시스템

국토안전보장성은 고정망 및 휴대전화의 기지국, 통신 센터 등이 파괴되어도 통신 가능한 기기를 현지 직원에게 휴대하게 하고, FEMA 본부와 언제라도 연락을 취할 수 있기 위한 체제를 취하고 있다. 또한 군용기와 연안 해안경비선을 이용하여 공중과 해상에서 위성전화를 중계하는 계획을 가지고 있다. 위성통신은 기기가 비싸고 통신이 불안정한 결점을 가지고 있다. 하지만 재해 등의 긴급한 상황이 발생하였을 때 대체 통신 수단으로 주목받고 있다.

❑ 경보체계에서의 다양한 기술의 활용

경고 시스템들은 효과적인 사용 가능성을 유지하기 위하여 평상시에 다른 목적으로 사용되는 시스템들로 비상 신호를 계속 감시할 수 있어야 한다. 비상시에는 장비를 켜고 메시지나 알람을 방출하는 작은 양의 회로를 포함한 라디오, 텔레비전, 전화, 호출기와 기타 일상적으로 이용되는 장치들을 소유하도록 하고 있다.

지상, 대기권, 위성 등에 장치된 수 만개의 센서가 수집하는 정보들이 미국 전역에 있는 수백개의 재해관측센터로 보내지고 있다. 센서들은 연방 및 주정부, 대학교, 연구소 등에 의하여 운영하고 있다. 이들은 각각 나름대로 경보를 발효시킬 수 있지만 재해 관련, 특히 기상관련 경보 발효의 일차적 책임은 미국 기상청에 있다.

과학자들이 정교한 재해예측모델 등을 이용하여 보다 예측력이 뛰어난 분석기술을 기반으로 정확한 경보를 발생하기 위해 노력하고 있다. 재해경보는 엘니뇨의 경우와 같이 재해발생 수개월 전에 발효될 수도 있고, 지진의 경우와 같이 수초 전에 내려질 수도 있다. 경보전달 수단으로 EAS(Emergency Alert System)를 운영하고 있다.

- EAS는 미국의 주와 지역 수준의 비상사태 시에 사용
- 긴급사태 발생 시 미국 대통령이 미국 시민에게 알릴 수 있는 수단을 확보하기 위하여 고안
- 대통령은 수천 개의 방송, 케이블 방송 및 위성 프로그램을 통해 미국 시민에게 메시지를 전송할 수 있음
- EAS 메시지; 생명과 재산에 즉각적인 위협이 되는 재해에 대하여 기상청과 주지사, 비상사태 관리자, 경찰과 기타 주와 지방 당국들이 작성
- 지역 라디오 프로그램을 중단하거나 텔레비전 화면 모서리를 따라 자막을 넣을 수 있음, 상업 방송국들은 프로그램이나 광고 방송 중에 불필요한 중단을 원하지 않아 EAS의 사용은 개별 방송국의 이해관계에 따라 방송국마다 다양함

3. 영국(United Kingdom)

❑ 런던 소방재난대비기구

영국에는 런던지역 내 평화 시 긴급사태에 대비하는 계획수립 및 이행, 교육, 훈련을 담당하는 지방정부 기구로서 런던소방재난대비기구(London Fire Brigade)가 있다(<그림 3-18> 참조). 이 기구는 런던 지역 내 33개 자치구 간의 포럼을 구성하여 런던 지역 내 소방·재난 분야의 협업을 활성화 하고 있다. 또한, 포럼 산하에 주제별로 팀을 구성하여 특정 분야별로 협업 채널을 갖고 있다.

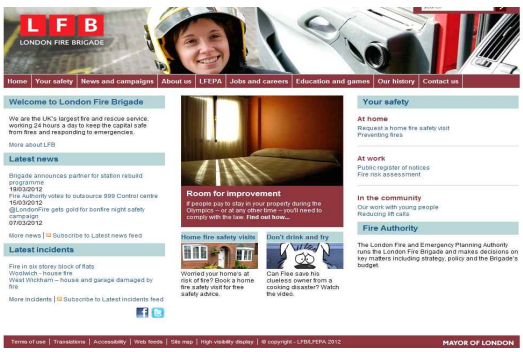
런던지역의 재난은 대비, 대응, 복구 등 3단계로 접근하고 있다. 여기서 일반적인 예방활동은 자치단체 내 개별 부서에서 수행하고 화재 및 재난 발생상황에 집중하여 활동하고 있다.

런던의 재난 관리 3단계에서 대비분야의 LFEPA의 역할은 비상계획 수립, 절차 수립, 역할 규명, 자원 규명, 상하지원그룹 조직, 교육 등이다. 이 중 런던지역 내의 대비분야에서 특별히 강조되고 있는 것은 상호지원그룹 조직과 교육이다.

상호지원그룹조직은 런던지역 내 33개 자치구를 5개 구역으로 분할하여 기본적으로 5개 구역 내의 자치구에서 상호간에 지원할 수 있는 체계를 마련하는 것이다. 이는 폐쇄적인 구역분할이 아니라 상호지원그룹 간에 협조할 수 있는 개방적인 구역 분할이라고 할 수 있다.

대응 분야에서의 LFEPA의 역할은 지방정부기구 연락사무소, 자원공급, Joint Emergency Control Center 지원에 대한 부분으로 한정되어 있다. 재난·사고 대응시 현장지휘는 경찰이 담당하고, 이때는 소방현장 지휘차량과 유사한 현장 지휘차량(LALO)이 급파되고 소방차량, 구급차, 통신차량 중앙에 현장지휘소가 개설된다.

재난, 사고처리는 기본적으로 자치구 및 상호지원그룹 내에서 해결이 된다. 타 그룹으로부터 지원이 필요한 경우 런던지역의 Local Authority Co-Ordination Control에서 통제하도록 되어 있다.복구분야는 기본적인 기능에 대한 부분으로 청소, 환경복원, 지역 커뮤니티 지원, 비즈니스 지원, 재난기금 마련, 장기간 이슈해결 지원 등과 같이 LFEPA 역할이 점차 축소되고 자치단체의 역할이 증가되도록 되어 있다.



〈그림 3-18〉 런던소방재난대비기구 홈페이지

❑ 국방성 TCP

영국의 각 군은 개별적인 공급업체와 수백 개에 달하는 공급품을 서로 다른 재고관리 시스템으로 관리하고 있었다. 영국 국방성의 DLO(Defense Logistics Organization)는 효율적인 정부 조달 프로세스가 효율적인 공급망에 기인한다고 본다. 그리하여 효율성 향상, 다양한 프로세스 및 시스템 통합을 촉진하기 위하여, 조달 데이터의 품질 향상을 위한 TCP(The Cleansing Project)를 정착시켰다.

TCP는 영국 국방부의 대용량 데이터의 품질을 향상시킬 수 있는 성공적인 수행열차를 제공하였다. 또한 적절한 상용 소프트웨어를 이용하여 품질 향상은 물론 품질관리 체계를 확립하여 많은 비용절감 효과를 가져왔다. 이것은 종합DB관리지침의 작성뿐만 아니라 실제 적용절차에 있어서 참고가 될 만한 적용사례로 판단된다.

영국의 국방성 TCP는 2000년 Comwell Management Consultants의 IT컨설턴트와 MoD 담당자를 중심으로 한 TCP 수행조직 구성이다. 데이터의 프로파일링 및 분석 작업을 진행하기 위하여, 대용량 파일에 대하여 빠르고 정확한 분석이 가능하다.

큰 기관을 상대로 다수의 성공 실적을 가지고 있는 Avellino Discovery를 선택하였고 이 제품을 사용하여 1.7백만 레코드를 약 한 시간여 만에 분석한다. 또한 벤다이어그램을 포함하여 그 관계성, 불일치성, 그리고 부정확성을 밝히며, 데이터 구조 및 오류에 대한 문제점을 찾는다. 문제점 도출 후, 품질표준을 정립하고 그 유지관리를 담당할 사용자를 선임한다. 사용자가 새로운 데이터 포맷과 규칙을 준수하는 지를 평가하고, 데이터 품질의 변화성향을 확인한다.

이를 통하여 올바른 장소와 시간에 올바른 보급품 조달이 가능하게 되어 MoD 평가결과 3,200만 달러 이상의 비용 절감 효과를 발생시켰다. 이는 중복자원의 통합을 통한 다양한 시스템의 통합으로 부정확한 데이터에 노출될 위험성을 크게 감소시킨 좋은 사례이다.

4. 국제기구

❑ 세계기상기구 재해위험경감 프로그램(DRR)

DRR은 세계기상기구(WMO) 188개의 회원국의 기상수문당국과 전 세계 기상센터, RSMC와의 긴밀한 협조 하에 악기상을 관측하고 감시하고 예측하여 조기경보를 발표하여 재해 방지에 효과적인 그리고 시기적절한 방식으로 기상정보를 전달하려는 목적을 갖고 있다.

DRR의 주된 활동 계획에는

① 기상당국의 현대화와 관측 네트워크 강화
② 국가적인 복합 재해에 대한 조기 경보 시스템 구축
③ 재해 분석과 수문 기상 관련 위험요소 산정 도구의 강화
④ 기상당국과 방재관련 기관과의 긴밀한 협조체계 강화
⑤ 일반인들에 대한 교육 및 소통 프로그램 구축 등이 포함된다.



〈그림 3-19〉 WMO 제공 조기경보 시스템의 구조

조기경보 시스템교육프로그램은 일반 대중들에 대한 태풍 정보 전달, 재해 관련 행동은 물론 일반 대중들로부터 Feedback을 강조하고 있다. Community Preparedness에서는 일반인들에 대한 태풍의 이해와 대비를 강조하고 있다(<그림 3-19> 참조).

최근 기상위성, 레이더 등 관측 장비의 발달과 더불어, 지구 온난화 및 기후변화를 이해하고 각종 기상이변을 감시하는 노력이 계속되고 있다. 이를 위하여 세계기상기구는 전 지구를 공백 없이 관측할 수 있는 유일한 관측수단인 기상위성을 이용하여 세계기상감시(World Weather Watch : WWW)를 추진하고 있다.



〈그림 3-20〉 WMO의 세계 위성 관측망

<그림 3-20>은 각 기상위성 보유국간의 위성설계·발사·운용·자료 공동 활용을 목적으로 형성된 기상위성조정그룹(Conditional Group of Meteorological Satellite : CGMS)에서 제공하는 전 지구위성관측망도이다.

전 지구위성관측망은 기본적으로 정지궤도 기상위성인 GOES(Geostationary Operational Environmental Satellites, 미국), Meteosat(유럽), MTSAT-1R(일본), FY-2C(중국), GOMS(Geostationary Operational Meteorological Satellite, 러시아) 등과 NOAA, FY-1D 등의 극궤도위성으로 구성되어 있다.

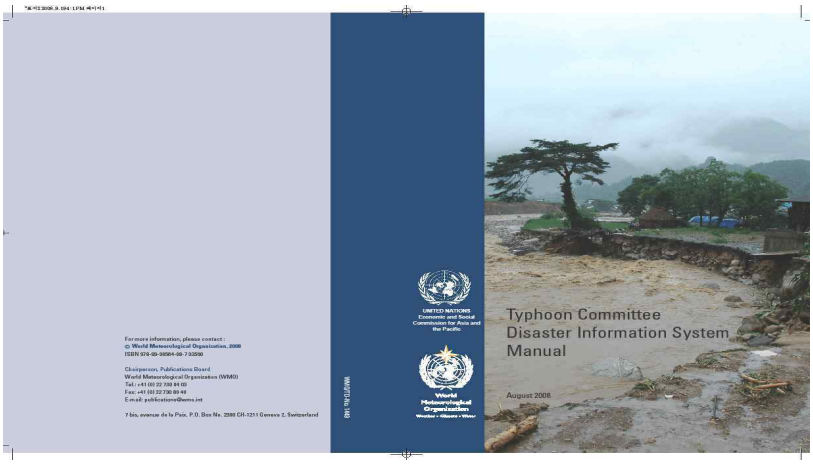
우리나라의 통신해양기상위성(Communication, Ocean and Meteorological Satellite : COMS)인 천리안도 전 지구위성관측망에 포함되어 있다. COMS는 다목적 정지궤도 위성으로 기상/해양/통신/탑제체 등이 포함되어 있다. 이 위성의 이용으로 정규 관측시 한반도를 포함한 동아시아 지역의 영상획득 주기가 매 15분으로 향상되었다. 그리고 악기상 모니터링 및 특별관측으로 많은 기상현상 해석을 위한 다양한 자료 산출이 가능하다.

❑ 태풍위원회 방재 분과

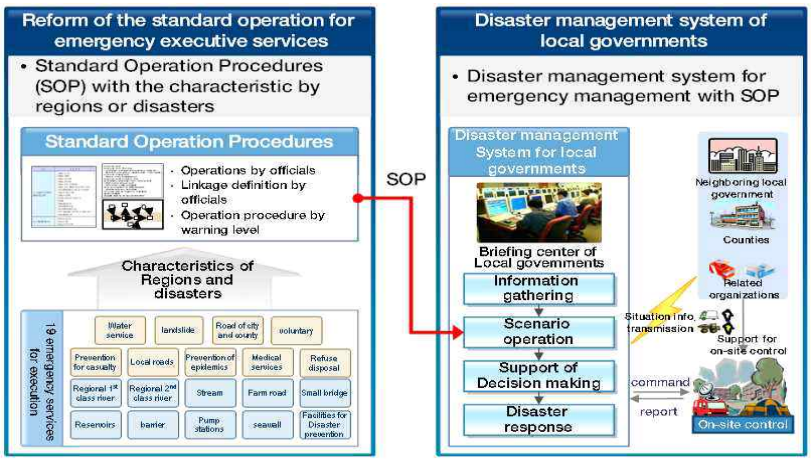
WMO 태풍위원회는 한국, 중국, 일본, 캄보디아, 홍콩, 마카오, 라오스, 말레이시아, 필리핀 싱가포르, 태국, 미국, 베트남, 북한 등 14개 회원국으로 이루어져 있다. WMO 태풍위원회는 3개의 분과 즉 기상분과, 수문분과, 방재분과로 구성되어 있는데, 특히 방재분과는 한국에서 위원장을 맡고 있으며 활발한 국제 활동을 벌이고 있다. 방재분과의 주요 성과는 TCDIS(Typhoon Committee Disaster Information System) 매뉴얼 제작이다(<그림 3-21> 참조).

태풍위원회 방재분과에서는 지방정부를 위한 재해관리시스템을 개발하여 제공한다(<그림 3-22> 참조). 내용은 다음과 같다

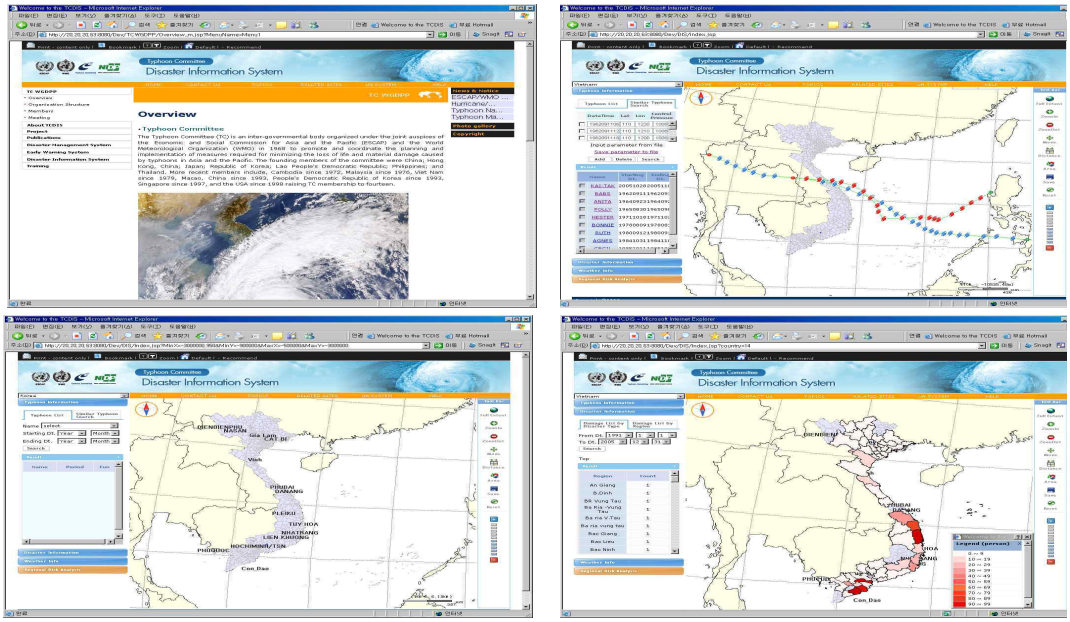
- 표준화된 운영과정(SOP: Standard Operation Procedure) : 홍수나 폭설 등에 대비하는 13개의 관리 방안을 제시
- 재해 대응 활동 방안의 운영
- 활용 자원에 대한 정보 운영 : 여러 가지의 재해로부터 모아진 정보를 처리하고 재해 정보를 SOP의 기본 정보로 활용하여 당국의 비상사태 대응과 의사결정에 활용
- 관측 정보의 운영 : 수위, 방수, 강설량, 여러 재해 당시의 CCTV 등의 자료를 검색하고 활용하는 시스템 구축
- 의사결정 : GIS에 기반을 둔 재해 감시 및 정보시스템을 통한 의사 결정을 보조하는 기능 구축(<그림 3-23> 참조)



〈그림 3-21〉 태풍위원회 재해정보시스템(TCDIS) 매뉴얼



〈그림 3-22〉 표준화된 행동강령을 통해 지방정부의 방재시스템 재구성 과정(41차 태풍위원회)



〈그림 3-23〉 웹 기반 태풍위원회 재해정보시스템(TCDIS)

5. 기타 주요 기술 현황

❑ 선진국 u-방재 시스템

u-방재 서비스는 도시안전의 효율성, 공익성, 안전성을 위해 재난의 사전예방, 대비 대응, 복구의 재난관리를 효율적으로 수행하기 위한 서비스로 구성된다. 공공부문에 대한 서비스 모델을 의미한다. 특히, 재난관련 전문가에 있어서는 업무지원 기능 강화, 방재시스템의 보강, 재난관리 능력 향상을 위한 기능을 가진다.

u-방재시스템은 각종 재난 및 재해로부터 도시민의 생명과 재산을 안전하게 보호할 수 있는 방재성능이 강화된 도시를 실현하기 위한 각종 방재 시스템의 유비쿼터스 기능화, 재난관리 네트워크를 종합적으로 구현하는데 있다. 물론 국가재난관리체계에 있어 국가 안전관리(예방, 대비, 대응, 복구) 체계를 기초로 하고 있다.

일본은 일찍부터 방재관리에 있어 정보시스템을 도입하여 운영함으로써 재난발생예측과 재난발생시 신속하고 적절한 대응을 지원하고 있다. 중앙정부차원에서는 지정행정 기관별로 정보시스템을 구축 운영하고 있다. 특히 IT를 활용한 다양한 방재와 사회안전시스템 구축, 특히 IT활용 지역 방재력 향상을 위해 고령화 관련 방재 연구와 전략이 다양하게 추진 중에 있다(<그림 3-24> 참조).



〈그림 3-24〉 일본 U-Japan 재난관리시스템

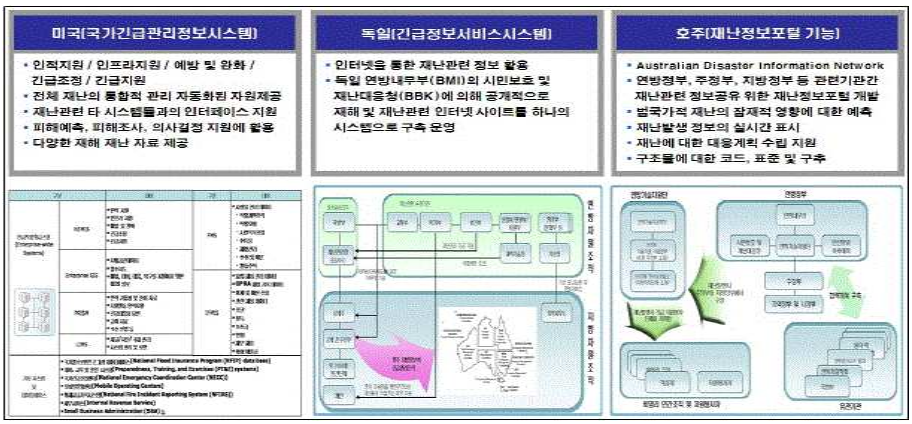
미국 역시 9.11 이후 한층 업그레이드된 테러 대책과 재난 재해 예방을 강화하고 있으며 연방위기관리청(FEMA), 주정부, 지방정부가 재난관리체제를 이용하여 조직체계를 구축하고 있다. 재해 정보 공유를 위해 U-IT를 기반으로 하는 커뮤니케이션 허브를 구축하여 제도적으로 활용하고 있다.

연방위기관리청은 대규모 재해 발생 시 중심이 되어 연방 부처, 주정부, 지자체, 민간조직 등 여러 관계자와 협력하여 대응하고 있다. 향후 IT활용도를 한층 더 높여 위기관리 의사결정이나 계획을 입안할 수 있는 '워크플로 인텔리전산시스템'을 구축할 계획이다.

호주의 경우는 연방정부, 주정부, 지방정부 등 관련기관 재난 관련 정보공유를 위하여 재난정보포털(AusDIN)을 개발하였다.

21세기를 기점으로 모든 국가들이 자연환경보전, 즉 자연재해 및 재난 사전 예방의 중요성을 강조하고 있다. 이에 u-방재 서비스는 편리한 도시, 건강한 도시, 쾌적한 도시, 안전한 도시를 구현하기 위한 방재적 차원의 계획도시 서비스이다. u-방재 서비스에 기존 혹은 현행의 기반기술 가운데 신뢰성과 안전성이 확보된 RFID, USN 등 유비쿼터스 기술과 WCDMA, Wibro 등 무선 통신망은 기술을 적용하고 있다.

이러한 시스템은 위험과 위기를 시공간상에서 다양하게 보여 주는 국제적, 범국가적, 지역적, 지리정보를 제공하여 재난발생 예측 및 구조물 등에 대한 재난의 잠재적 영향 예측이 가능토록 하고 있다(<그림 3-25> 참조). 해당 국가별 유비쿼터스를 활용한 재난대응체계를 정리하면 [표 3-5]와 같다.



〈그림 3-25〉 미국, 독일, 호주 U-IT 재난관리시스템

[표 3-5] 유비쿼터스 IT활용 재난대응체계 현황

구분	활용현황
미국	9.11 이후 한층 강화된 테러 대책에 IT를 적극 활용 재해 대책에서 IT는 사전 확립된 체계에 따라 기관과 협력, 커뮤니케이션, 순조로운 재해복구 지원 툴로 활용
EU	각국 차원 긴급관리체계 통일뿐만 아니라 EU차원에서도 국가 간 제휴와 함께 IT 활용 방재대책 근대화
영국	광우병이나 구제역 발생, IRA나 동시다발 테러 등 긴급사태시 IT활용의 중요성을 인식, IT 취약성 보강에 주력
일본	방재선진국으로서 IT를 활용한 다양한 방재와 사회안전시스템 구축, 특히 IT 활용 지역방재력 향상을 위해 노력
호주	기후변화가 심하고, 다양한 자연재해 피해가 많아 독자적으로 축적한 경험을 토대로 재해대책 IT 활용
싱가포르	2002년 동남아 일대를 덮친 SARS 발생을 계기로 정부 주도로 방재관리를 하고, IT를 정보 공유나 다국간 협력 네트워크에 활용

제3절 우리나라 적용을 위한 시사점

선진원조기관 혹은 선진국의 방재기술들은 해당 국가에 빈번이 발생하는 재해와 피해 유형에 대응하면서 많이 발전하여 온 것으로 보여 진다. 그리하여 특정 재해유형에 적합한 방재 전문가들이 많고 방재 프로그램들도 잘 개발된 것으로 보인다. 또한 선진원조기관은 개도국의 지형특성, 재해유형 등에 맞추어 자국이 보유하고 있는 방재기술을 변형시켜 개도국에 원조하고 있다.

우리나라도 기존의 원조사업의 경험과 국내 방재기술들을 접목시켜 개도국을 지원하여 원조사업과 국내 기술발전이라는 시너지 효과를 창출하여야 한다. 또한 개도국의 기후변화에 의한 영향과 적응에 대하여 꾸준히 연구해 일회성이 아닌 장기간의 노력으로 방재시스템 및 방재기술들을 개발하여 적용하여야 할 것이다.

즉 개도국에 기술을 지원하기 이전에 우리나라의 방재시스템 및 기술을 발전시킬 필요성이 있다. 우리나라도 예·경보 시스템 및 각종 재해에 따른 기술 및 시스템들이 발달되어 있지만 최근들어 기후변화 및 기상이변으로 많은 자연재해 피해를 입고 있는 현실이다.

이러한 기후변화 및 기상이변으로 인한 피해가 우리나라뿐만 아니라 개도국 지역에도 발생하는 것은 당연한 일이며 그 피해 또한 상당히 클 것이다. 그렇기 때문에 우리나라의 경험을 통하여 무수히 많은 경우의 수를 가지고 연구를 통하여 방재기술을 발전시켜야 할 것이다.

미국, 일본 등 선진국은 피해지역의 복구보다 사전예방 분야에 더 집중하여 연구하고 있다. 하지만 우리나라는 최근까지도 피해지역의 복구사업을 중심으로 연구를 하고 예산을 투자하였고 이로 인하여 반복적인 자연재해 발생과 대규모 피해를 가져오는 직접적인 원인이 되었다.

우리나라도 향후 복구사업의 중심이 아닌 사전예방 분야에 대하여 좀 더 많은 연구를 하고 발전시켜야할 것이다. 사전예방의 발전은 우리나라뿐만 아니라 우리가 원조할 국가들 즉, 개도국의 발전에도 크게 기여할 것이다.

개도국에 사전예방의 기술 및 시스템이 도입되면 경제발전 중간에 자연재해 피해를 입어 다시 처음으로 돌아가는 경우가 많이 줄어들 것이다. 개도국의 방재기술 지원은 3가지 부분의 분야로 나누어 지원하여야 할 것이다.

첫째로 하드웨어 분야로 개도국이 기후변화로 인하여 발생하는 재해에 적절히 대응하기 위한 인프라 혹은 설비에 대한 지원이다. 이는 물적 투자가 불가피하기 때문에 지원국의 재정 부담을 크게 할 수 있다. 선진국에 비하여 개도국은 자금력이 부족함에 따라 인프라에 대규모 투자가 이루어지지 못하였다. 따라서 하드웨어 분야의 지원은 불가피한 상황이다.

둘째로는 소프트웨어 분야이다. 이는 각종 재난에 대한 대응역량을 강화하기 위하여 기술적인 지원을 하는 것을 말한다. 소프트웨어 분야에는 GIS활용이나 위성정보에 대한 공동 활용을 통한 방재기술 등을 말한다. 이 분야는 자금이 하드웨어 분야보다는 적게 소요된다. 그러나 개도국에 적합한 기술이나 시스템을 확보하여야 가능한 분야이다.

마지막으로 휴먼웨어 분야이다. 하드웨어 및 소프트웨어 분야의 기술들을 원조하고 지원하여도 기계, 프로그램 등을 사용할 수 있는 사람이 없다면 이는 돈 낭비뿐 아니라 무용지물이 된다. 때문에 그러한 기술 혹은 설비들의 기능을 제대로 사용할 수 있도록 담당인력을 전문화 및 교육

시키는 것이다. 우리나라에 개도국의 책임자들을 불러들여 교육시키거나 우리나라의 전문가들이 개도국에 파견하여 교육시키는 것도 그 방법 중에 하나이다.

또한 지속적인 지원이 필요하다. 초기에 개도국에 장비 및 프로그램, 인력을 지원해 주지만 이것 또한 오래가지 못한다. 예를 들어 장비의 고장이나 프로그램의 오류, 인력의 인사발령 등 변수들은 많아진다. 그리하여 지속적으로 고장과 오류에 대한 사후지원이 필요하며 체계적으로 담당자들의 교육과 전문화가 필요하다.

우리나라는 ODA 사업이 시작하는 단계로 선진국에 비해 자금 등이 미흡한 실정이다. 초기에는 소프트웨어 분야나 휴먼웨어 분야에 중점적으로 지원할 필요가 있다. 동아시아 개도국의 실정에 맞는 기술이나 시스템 위주로 지원하고 또한 수원국의 담당 인력을 양성하는 교육 훈련 프로그램에 지원하는 방안이 효과적이다.

제4장 우리나라 방재기술 분석과 동아시아 개도국 재해 지원 방향

제1절 국내 방재 기술 현황 및 평가
제2절 동아시아 개도국 재해관련 지원 현황과 시사점
제3절 재해경감 및 Gap 극복을 위한 지원방향

제4장 우리나라 방재기술 분석과 동아시아 개도국 재해 지원방향

제1절 국내 방재 기술 현황 및 평가

1. 국내 자연재해 현황

가. 개관

우리나라에서는 매년 호우, 태풍, 대설 등 자연재해로 인하여 많은 피해가 발생하고 있다. 연평균(2001-2010년) 인명피해는 68명, 재산피해는 1조 7,044억 원에 달한다([표 4-1] 참조). 하지만 재해관리체계의 강화로 인명이나 재산피해의 규모는 감소하고 있다.

자연재해 양상을 살펴보면, 근래에는 국지적인 집중호우, 태풍, 폭설, 가뭄, 화재 등 이상기후 현상으로 인한 재해 피해가 발생하고 있다. 특히 자연재해 중 태풍으로 인한 피해가 크다. 1980년대 8,467억 원, 1990년대 2조 2,093억 원 규모였던 태풍 피해는 2000년대 들어 최근 10년간 9조 9,289억 원으로 증가했다. 최근 주요 재해별 피해현황을 살펴보면 [표 4-2]와 같다.

[표 4-1] 우리나라의 최근 대규모 자연재해 피해현황

(단위 : 명, 억원)

년도	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
인명피해	82	270	148	14	52	63	17	11	13	14
재산피해	12,562	61,153	44,082	12,304	10,498	19,430	2,518	637	2,988	4,268

자료 : 중앙재난안전대책본부(소방방재청) 통계자료.

[표 4-2] 우리나라의 주요 재해별 피해현황

재해(발생년도)	발생건수(건)	인명피해(명)		재산피해(원)
		사망	부상	
지진 및 지진해일(2010년)	지진 42회	0	0	0
태풍 및 집중호우(2010년)	태풍 3회 집중호우 9회	14	0	3,436억
해양사고(2009년)	1,921	97		166억 6,300만
화재(2009년)	47,318	409	2,032	2,518억 3,500만
산불(2009년)	570	5	4	38억 8,300만
수난(물놀이, 익사, 2009년)	3,740	326	334	0
등산(2009년)	2,366	63	1,702	100만

자료 : 동아일보(2011년 4월 7일).

나. 홍수

❑ 수도권 집중호우로 인한 홍수

2011년 7월 27일부터 시작된 집중호우는 한국 중부에 막대한 양의 비를 내리면서 많은 피해를 발생시켰다. 특히 27일 오전 서울특별시 관악구에 시간당 110.5㎜의 집중호우가 내리는 등 중부지방을 중심으로 시간당 최고 113㎜의 비가 쏟아졌다. 산사태, 하천 범람, 하수구 역류 등으로 서울 도심이 물바다가 되고 교통이 통제되어 출퇴근하던 시민들은 큰 불편을 겪었다.

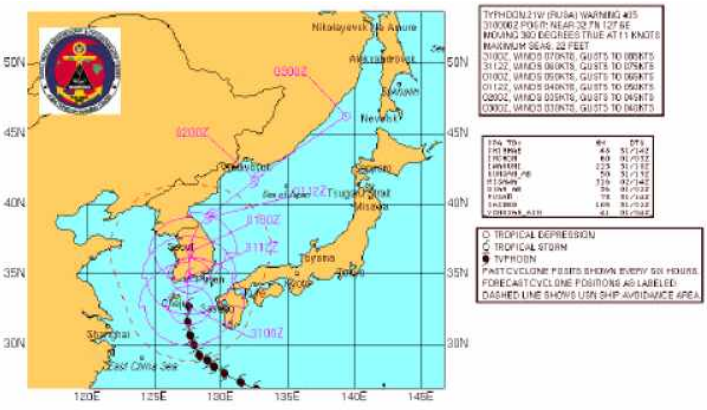
수도권 전철 1호선 오류동역이 일시적으로 침수되어 운행이 중단되기도 했다. 분당선 선릉역 등도 마찬가지 상황에 휩싸였다. 2010년에도 수해가 났던 강남역 사거리가 또 다시 침수되었다. 광화문 일대도 범람했고, 청계천도 큰물에 휩싸여 사람들의 출입이 통제되었다. 특히 서초구 방배동의 경우 정전사태가 길어져 차질을 빚었다. 관악구의 도림천, 경기도 광주의 경안천이 범람하면서 많은 피해가 났다. 이 집중호우로 62명이 사망하였고 9명이 실종되었다.

북태평양 고기압을 따라서 강한 남서풍을 타고 들어온 따뜻하고 습한 공기가 대기 중하층에 위치한 건조한 공기와 충돌하면서 대기가 불안정해졌다. 또한 사할린 섬 지역에 위치했던 저지고기압으로 인해 기압이 정체되면서, 중부 지방과 같은 좁은 지역에 비가 몰리고 집중호우가 발생했다고 기상청은 발표했다.

다. 태풍

❑ 태풍 루사

2002년 태풍 루사는 남해상의 해수온도가 평년보다 높아 지속적으로 수증기를 흡수하면서 우리나라에 접근했다. 제주도 동해상을 거쳐 8월 31일 18시경 전남 고흥군으로 상륙, 9월 1일 15시경 동해 속초지역을 지나면서 열대성 저기압으로 약화되어 소멸되었다. 태풍으로 인해 강릉지방의 경우 연평균 강수량(1,402mm)의 62%인 870.5mm가 하루 만에 내렸다. 8월 평균 강수량의 3.3배에 달하는 극치가 발생한 것이다(<그림 4-1> 참조).



〈그림 4-1〉 태풍 '루사'의 진로도

대형 태풍 루사가 한반도를 관통함으로 역대 강우관측기록을 경신하는 국지성 집중폭우를 기록하였으며, 산사태 및 하천범람 등으로 많은 인명과 극심한 재산피해가 발생하였다. 집중호우가 산지 계곡부에서 집중적으로 발생하여 하천 통수능을 초과한 지방 2급 및 소하천 상류부의 피해가 두드러지게 나타났다.

집중호우로 인한 외수 범람과 내수배제 불량으로 도심지 저지대를 중심으로 대규모 침수피해가 발생하였다. 강한 바람으로 시가지의 입간판 추락, 과수원의 낙과, 연안의 방파제 및 수산증양식 시설 파괴 등 피해가 극심하였다. 또한 산사태로 인한 피해도 컸으며 특히 인명피해도 많이 발생하였다([표 4-3] 참조).

[표 4-3] 태풍 '루사'의 피해 내역

피해지역	인명피해(명)	재산피해액(백만원)	비고
계	321	5,147,917	
서울특별시	-	610	-
부산광역시	6	12,565	-
대구광역시	1	4,306	-
인천광역시	-	696	-
광주광역시	3	5,173	-
대전광역시	-	700	-
울산광역시	4	5,823	-
경 기 도	-	11,231	-
강 원 도	178	2,530,523	현장조사
충 청 북 도	10	160,500	현장조사
충 청 남 도	1	36,434	-
전 라 북 도	18	292,840	-
전 라 남 도	16	379,705	현장조사
경 상 북 도	53	865,805	현장조사
경 상 남 도	31	789,855	-
제 주 도	-	51,151	-

자료 : 2002 태풍 루사 피해현장 보고서.

❑ 태풍 곤파스

2010년 제7호 태풍 "곤파스(KOMPASU)"는 8월 29일 21시경 일본 오키나와 남동쪽 약 880㎞ 부근 해상에서 발생하였다. 제4호 태풍 "뎬무(DIANMU)"와 마찬가지로 발생 당시 21.2°N의 다소 고위도에 위치하였다. 그러나 더 동쪽으로 이동하여 일본에 위치한 북태평양 고기압의 가장자리를 따라 지속적으로 북서진 하였는데, 이동경로에 고온의 해수면 온도역이 분포하면서 세력이 더욱더 강화되었다.

태풍 발생 당시, 라니냐 현상에 의해서 동태평양의 해수면 온도가 낮아지면서 서태평양의 해

수면 온도가 평년보다 1℃ 정도 높았고, 우리나라 부근의 해수면 온도 역시 다른 지역보다 2~3℃ 정도 높았다. 그리하여 태풍이 북태평양 고기압의 가장자리를 따라 북상하면서 강한 태풍으로 발달하였다.

태풍 곤파스는 우리나라 수도권을 강타하며 2010년에 가장 큰 피해를 입힌 태풍이었다. 또한 우리나라가 태풍의 진행방향의 오른쪽인 위험반원에 위치하면서 수원, 서산, 홍천에서 관측개시 이래 최대 순간풍속 극값을 경신하며 강한 바람으로 인한 피해가 컸다. 반면, 빠른 진행속도로 강수의 지속시간이 짧아 강수 피해는 상대적으로 적었다.

❑ 태풍 볼라벤

볼라벤은 제주도를 시작으로 우리나라 전역에 피해를 속출 하였다. 제주도에서만 강풍으로 수많은 전신주와 가로등, 건물이 파손되었으며 정전이 발생해 7만 가구의 전기 공급이 중단되었다. 전라남도 완도군에서는 최대순간풍속이 51.8 m/가, 진도군에서는 43.6 m/가 각각 관측되었기도 했다.

8월 28일 전국에서 190만 명에 달하는 주민이 정전 피해를 겪었다. 또한 19명이 숨졌고 수백 명이 대피하게 되는 사태가 벌어졌다. 전라남도 나주시에서는 약 1,400 헥타르(배 작물의 60%에 해당한다.)에 달하는 농경지가 파괴되었다. 또한 전국에서 9,000 헥타르(22,000 에이커)의 사과와 배 농장이 파괴되어 볼라벤이 지나간 후 과일값은 엄청나게 뛰었다.

태풍 볼라벤으로 인해 800억원(7천만 달러)의 재산피해액이 집계되었는데 이 중 170억 원이 항공사의 손실액이었다.

라. 산사태

우리나라는 지형적, 기상학적 영향으로 산지의 경사가 급하고 계곡이 짧아 여름철 우기에 태풍 및 집중호우로 산사태의 발생빈도가 높고 이에 따른 인명과 재산피해가 많이 발생하고 있다. 산사태는 산지의 자연사면에서 강우, 지진 또는 중력작용으로 사면의 붕괴, 지반침식 및 토석류가 한꺼번에 많은 흙과 돌이 빠른 속도로 사면 아래로 이동하는 현상이라고 할 수 있다.

산사태의 유형은 발생위치와 형태, 외형 등에 의하여 구분된다. 발생위치에 따라서는 지표면의 불연속 또는 토양단명상의 불연속이 원인이 되어 일어나는 산사태로 산복부에서 발생하는 산복붕괴, 계류의 종·횡 침식작용에 의하여 발생하는 계안붕괴, 집수가 원인이 되어 산복과 계안 사이의 토심이 비교적 깊은 와지에서 발생하는 와지붕괴 등으로 구분할 수 있다.

국내에서 발생되는 급경사지 재해로 인한 인명피해는 대부분이 태풍과 집중호우에 의한 산사태에 의해 발생된다. 최근 10년간(2001~2010년) 국내 자연재해 사망자와 비교해보면, 전체 자연재해 사망자 중 약 26%인가 급경사지 재해로 사망하였다(국립방재연구소, 2010).

번호	일시	위치		사망
1	2011.07.09	경남 밀양시 상동면 신곡리		4
2		전남 보성군 회천면 화죽리		2
3	2011.07.10	전북 군산시 옥도면 개야도리		1
4		충남 서천군 장항읍 원수리		1
5	2011.07.11	경남 하동군 옥종면 회신리		2
6	2011.07.27	우면산	윗성지마을 (서울시 서초구 방배3동)	1
7			보덕사 (서울시 서초구 방배동)	1
8			래미안 및 임광아파트 (서울시 서초구 방배동)	5
9			양재자동차학원 뒷산 (서울시 서초구 양재동)	1
10			전원마을 (서울시 서초구 방배동)	6
11		서울시 서대문구 북아현동		1
12		강원도 춘천시 신북읍 천전리		13
13		경기도 포천시 일동면 기산리		3
14		경기도 포천시 신북면 금동리		3
15		경기도 포천시 신북면 심곡리		1
16		경기도 파주시 탄현면 금산리		4
17		경기도 동두천시 하봉암동 인덕물산		1
18		경기도 과천시 과천동		1
19		경기도 용인시 처인구 모현면 능원리		1
20	2011.07.28	경기도 동두천시 상봉암동 도솔암		4
21	2011.08.09	전북 정읍시 입암면 지선리		1

〈그림 4-2〉 우리나라 급경사지 재해 현장조사 현황

자료 : 국립방재연구원(2011), 급경사지 붕괴경보 및 대피기준 설정.

2011년도 국내 급경사지 재해로 사망 56명 및 실종 1명이 발생되었다(<그림 4-2> 참조). 2011년 27일 우면산 일대에 산사태가 발생해 인근 아파트와 주택가의 주민 16명이 사망하였다. 이는 도시 중심에서 발생하여 그 피해가 더욱 컸다. 2011년 춘천시 신북읍 천전리 소양강댐 인근에서 산사태가 발생, 펜션 등 3곳에서 투숙객 40여명이 매몰돼 13명이 숨지고 26명이 중경상을 입었다.

마. 가뭄

가뭄은 다른 재해와 다른 특성을 가지고 있다. 가뭄의 영향 및 피해는 상당 기간 동안 완만히 누적되어 나타나며 가뭄이 해갈된 후에도 상당한 긴 시간동안 파급효과를 나타낼 수 있다. 때문에 가뭄의 시작과 종료를 결정하기에 매우 어려움이 발생된다.

우리나라는 주기적으로 가뭄의 피해를 받아왔다. 그 중에서는 1967~1968년과 1994~1995년 가뭄은 우리나라 수자원계획의 지표로 이용될 정도로 심각했던 가뭄으로 평가되고 있다. 1939년의 가뭄피해는 그 이전까지 최대 규모로 관개기 강수량이 예년의 1/3 수준이었다. 고온이 겹치면서 거의 전국에 걸쳐 피해가 발생하였다. 특히 남부지방의 6개도에서는 모내기를 할 수 없었거나 모내기가 완료된 논에서도 벼가 고사하는 사태가 발생하였다. 2012년에는 104년 만에 최악의 가뭄이 발생하였다. 경기, 충남, 전남 등을 중심으로 전국 저수지 285속이 바닥을 드러냈다. 특히 1,621개 저수지는 저수율이 30%를 밑돌았고 285곳은 물이 완전히 말라버렸었다.

2. 국내 방재 기술 현황

가. 재해 유형별 국내 방재 기술

1) 홍수

❑ 홍수예보 관련 시설 현황

강 및 하천의 홍수예보 관련 시설은 홍수통제소, 수문관측소, 홍수 예보 시설 망도 등이 있다.

우리나라의 홍수통제소는 한강(한강, 임진강, 수도권 주요 지천, 안성천), 낙동강(낙동강, 형산강, 태화강), 금강(금강, 삽교천, 갑천), 영산강(영산강, 만경강, 동진강, 탐진강, 섬진강) 등 4개 통제소가 있다(<그림 4-3> 참조).

우리나라 한강 홍수통제소의 경우 수위관측소 107개소, 우량관측소 152개소가 있다([표 4-4] 참조).



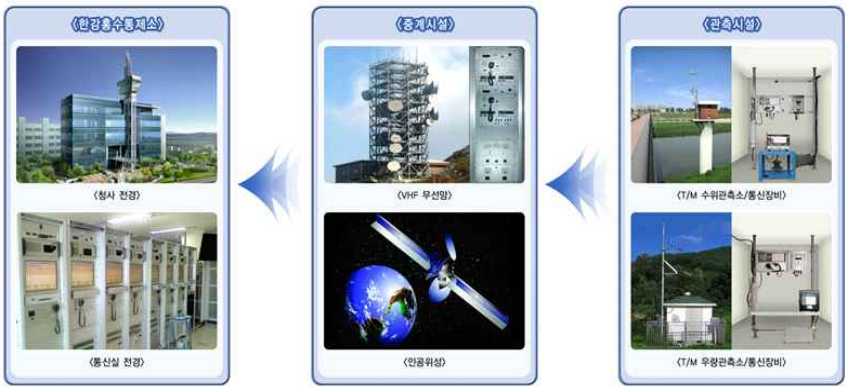
〈그림 4-3〉 우리나라 홍수통제소 현황

[표 4-4] 우리나라 한강홍수통제소의 수위 및 우량 관측소 현황

구 분	수 위	우 량
계	107	152
한 강	84	117
임 진 강	10	17
안 성 천	10	13
기 타	3	5

수문관측소의 관측 자료는 10분 단위로 실시간 전송되고 있으며 VHF, CDMA, VSAT 방식을 활용한다. 실시간 화상 모니터링 시설(CCTV)을 설치하여 하천 상황을 상세하게 파악하고 있다. 이를 통해 16개 주요 지점에 대한 실시간 확인 가능하다.

한강홍수통제소의 홍수예보시설 망도는 관측시설로부터 관측된 자료는 인공위성, VHF를 통해 한강홍수통제소로 전송된다. 구체적 흐름은 <그림 4-4>와 같다.

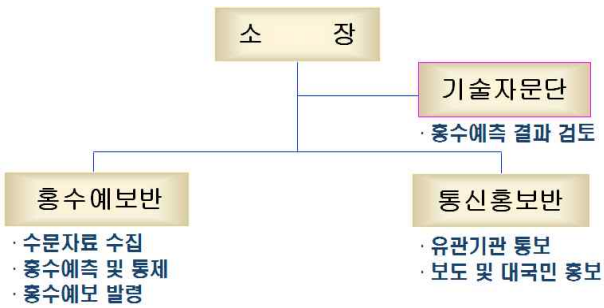


〈그림 4-4〉 한강홍수통제소의 홍수예보시설 망도

❑ 홍수예보 절차

홍수로 인하여 인명과 재산에 대한 피해가 예상될 때 홍수주의보 또는 경보를 발표한다. 홍수주의보의 경우, 주의보수위(계획홍수량의 50%) 초과 예상시 발령한다. 홍수경보의 경우, 경보수위(계획홍수량의 70%) 육박 또는 초과 예상시 발령한다. 우리나라 홍수통제소 홍수예보 조직도는 <그림 4-5>과 같다. 한강권역의 경우에는 10여개 홍수예보 지점이 있다(<그림 4-6> 참조).

우리나라의 일반적으로 우량계, 수위계, 강우레이더를 통해 수문관측자료를 전송받고 이를 10분 간격으로 유관기관에 전송한다. 전송된 자료를 통해 홍수를 분석하고 댐 방류량 및 홍수예보 발령 여부를 검토한다. 위험수위에 도달하면 중앙재난 안전본부와 언론사에 이를 전파한다(<그림 4-7> 참조).



〈그림 4-5〉 홍수통제소 홍수예보 조직도



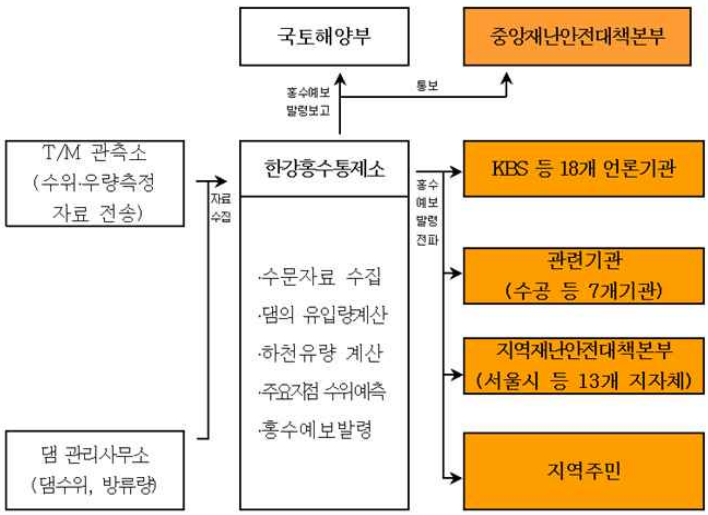
〈그림 4-6〉 한강권역 홍수예보 지점 현황



〈그림 4-7〉 우리나라 홍수예보 절차

❑ 예보 발령 전파 절차

한강홍수통제소의 경우 홍수예보 발령 사항을 유관기관에 전파하는 체계는 <그림 4-8>과 같다.



〈그림 4-8〉 한강홍수통제소 홍수예보 발령 전파 체계도

❑ 통합 홍수 예·경보시스템[10)]

우리나라의 하천관리는 등급별·행정구역별 하천관리체계와 치수·방재기능 이원화의 문제점으로 인해 지방 하천에서 매년 홍수로 인하여 반복피해가 발생하고 있다. 동일수계에 대하여 하천등급별·행정구역별로 관리 주체가 달라 좌우안, 상하류간 연계 관리하는데 한계가 있었다. 또한 유역면적이 작은 지방하천 및 소규모 도시하천의 경우 급격한 홍수발생으로 현행 대 유역 위주의 홍수관리로는 홍수를 예측하는데 시간이 부족하다. 부처 및 지방자치단체별로 별도의 홍수 관리 정보시스템을 운영하고 있어 홍수관련 정보를 연계하는데 어려움이 있었다.

그런데 각 기관별로 다원화된 홍수 정보의 연계와 공동 활용 요구가 증가하였다. 그리고 개별 정보를 효율적으로 실시간 수집 및 저장할 수 있는 체계를 수립하여 통합정보제공의 기반을 마련할 필요가 있었다. 또한 현재 각 기관별 보유정보의 사용 환경 조성이 미흡한 실정이므로 불특정 다수가 손쉽게 접근하여 활용할 수 있도록 정보 및 업무간의 연계성을 고려한 인터넷 기반의 정보제공 및 모니터링 시스템 구축이 필요했다.

통합 홍수 예·경보시스템은 현재의 기상상황에 대한 정보를 수집하고 이를 바탕으로 발생 가능한 상황을 예측하여 홍수관리를 목표로 하는, 수자원시설물의 조작을 위한 의사결정지원시스템이다(<그림 4-9> 참조).

홍수를 정확하게 예측하고 경보를 발령하기 위해서는 첫째, 정확한 정보수집이 이루어져야 한다. 관측자료 수집방법에는 자동기상관측장비(AWS : Automatic Weather Stations), 우량계 및 수위계 등 특정 지점에 대한 기상수문정보 수집방법(Site Specific Observation), 위성자료나 기상레이더 등 원격탐사를 통한 기상수문정보 수집방법(Remote Sensing Observation)이 있다.

둘째, 수집된 자료를 홍수예보시스템을 통해 분석해서 정해진 위험수위에 따라 경보단계를 신속하게 결정해야 한다. 기상정보 분석에는 자료 동화를 통해 3일에서 5일 정도 리드 타임을 주는 수치예보모델이나, 기상레이더 정보를 기반으로 3시간에서 6시간의 리드 타임을 주는 나우캐스팅 기능이 일반적으로 활용된다. 수문정보 분석에는 강수, 유출, 물수지 등 수문학적 물리량을 관측하는 각종 장비들을 활용하여 수문자료를 분석한다.

셋째, 수집·분석된 자료를 토대로 대국민 경보, 대피령 발령 및 각 시군구 재난책임기관에 상황 전파가 신속하게 이루어져 리드 타임을 최대한 확보하고, 각 담당자들은 재난대응 준비를 해야 한다. 특히 대국민 경보발령 시 단계별·매체별 표준운영방침(SOP)을 정해서 이에 따라 기관별 재난 경보가 대상자에게 신속하게 전달될 수 있어야 한다(<그림 4-10> 참조).

우리나라는 한강홍수통제소를 중앙시스템으로 하고 나머지 4대강 홍수통제소에서는 각기 별도의 시스템을 구성하여 해당 유역의 모든 수문자료 관리와 홍수 예경보 업무를 수행한다. 수집된 자료는 해당 통제소와 중앙의 한강홍수통제소에서 2중으로 관리하고 있다.

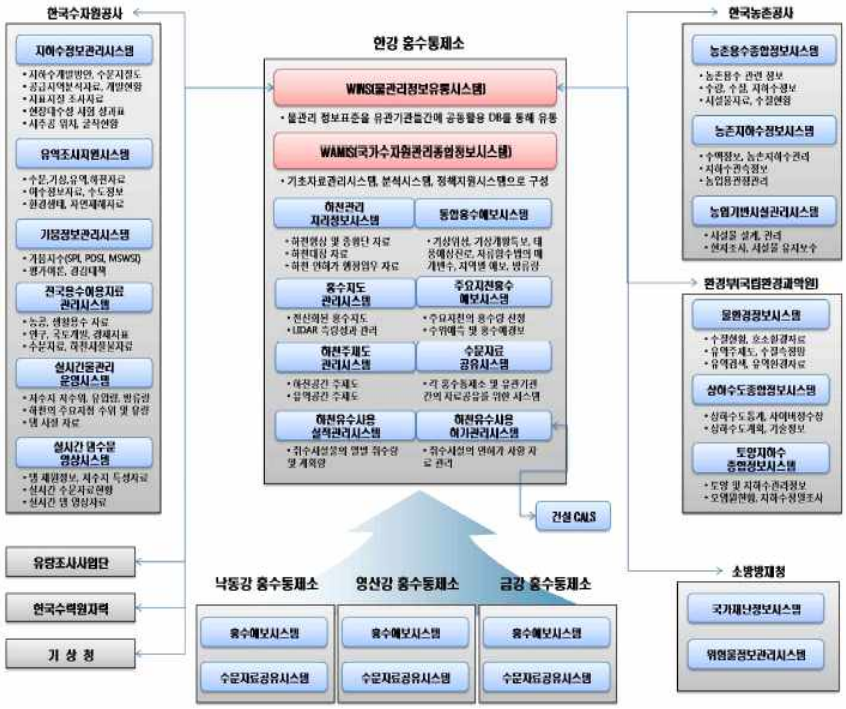
실시간 수문자료, 기상자료, 수치예보 자료를 이용하여 수위예측을 수행한 후 하류예상 수위 및 하구 반응시간 검토를 통하여 예·경보시스템을 가동하도록 구성되었다.

---

10) 2009 대한토목학회 정기학술대회,'통합홍수방재시스템 구축 방안.



〈그림 4-9〉 우리나라 국가통합 홍수방재시스템 구조



〈그림 4-10〉 우리나라 국가통합 홍수방재시스템 전달 구조

❑ 국가수자원관리종합시스템

국가수자원관리종합시스템(WAMIS)은 1999년 수자원관리종합정보시스템 기본계획을 기반으로 기관별로 각기 다른 목적에 의해 생성되는 물 관련 정보를 On-Line/One-stop 서비스하기 위해 개발되었다. 이 시스템은 장기적인 관점에서 수자원 관련 분야의 모든 정보를 종합적이고 체계적으로 관리하는 것을 목표로 기초자료 관리시스템, 분석시스템, 정책지원시스템의 3개 분야의 세부 시스템으로 개발추진 되었다.

국가차원의 물관리 정보 공동활용 시스템 구성, 물관리 정보의 통합체계 기반조성, 공동활용 체계 구축 등으로 2004년 확정된 물관리 정보표준으로 유관기관들 간에 공동 활용 데이터베이스를 통하여 상호 유통할 수 있도록 한 것이다.

❑ 해양안전종합정보시스템

해양안전종합정보시스템(GICOMS)은 첨단 정보기술(IT)을 활용, 해양안전·재난을 종합적으로 관리하는 범국가적 해양위기 관리 시스템으로 구축된 것이다. 전 세계에 운항중인 선박을 실시간 모니터링하고, 해양안전정보 공유망을 통하여 해양재난발생시 신속한 대응 및 피해를 최소화하고자 한 것이다. 우리나라 최신 정보통신기술(IT)에 기반한 해양안전종합정보시스템의 해외진출로 관련기술 표준을 선점하고 있다.

❑ 돌발홍수 예·경보 시스템

기후변화로 인해 게릴라성호우 발생 빈도가 증가하고 있다. 게릴라성 호우는 한 번에 엄청난 양의 호우를 집중적으로 내려 예측하기 힘든 돌발홍수를 발생시킨다. 이를 예측하기 위한 방법으로 돌발홍수 예·경보시스템을 주로 사용한다.

돌발홍수 예보시스템은 산지지역이나 도시지역에 갑작스러운 집중호우나 태풍 등의 영향으로 하천에서 일반적인 방법으로는 예측하기 힘든 홍수량을 예보하기 위한 시스템이다. 기본적으로 레이더 시스템을 기반으로 초단기 강우량 예측을 통하여 구축되어야 하는 시스템이다(<그림 4-11> 참조).

돌발 홍수 예·경보시스템은 기상관련 자료를 받아 수문학적 수치모형으로 돌발홍수에 대한 여부를 판단하여 돌발홍수 예·경보 발령을 결정한다(<그림 4-12> 참조).

레이더 및 위성영상으로부터의 강우산정 및 대기 수치모형으로부터 1, 3, 6시간 등의 강우의 지속 시간별 누적 예측 강수량을 산정한다. 현재의 토양수분 조건에서 특정시간 동안 하천의 제방을 월류하는 홍수가 발생할 때까지 앞으로 필요한 누적강수량을 산정하여 돌발 홍수능을 산정한다. 그리고 토양수분을 모의할 수 있고 유량의 흐름을 추적할 수 있는 강우-유출 연속모델을 이용하여 한계유출량을 산정한다.



〈그림 4-11〉 우리나라 돌발홍수 예측시스템의 구성요소



〈그림 4-12〉 우리나라 돌발홍수 예·경보 체계도

2) 태풍

기후변화로 인한 태풍 발생 및 강도 증가로 경각심이 고조되고 있다. 그래서 각종 재난의 위험요소에 대한 관측, 분석 및 조기경보를 일괄적으로 지원하는 예·경보시스템에 대한 필요성 또한 새로운 주목을 받고 있다.

❑ 국가재난관리시스템

우리나라는 1996년부터 국가재난관리시스템(NDMS) 기본계획을 수립하여 2004년 12월 1단계 정보화사업이 완료되었다. 중앙 및 16개 시·도, 234개 시·군·구와 네트워크 되어 공동으로 활용하고 있다.

재난 발생 시 기존의 전화·팩스·인력파견 등에 의존한 상황전파 및 대응체계는 NDMS를 통해 이루어진다.

우선 기상청의 기상특보에 따라 특보정보가 NDMS를 통해 자동으로 소방방재청과 지자체에 동시에 전달된다. 그리고 소방방재청은 NDMS를 이용하여 각종 예방활동 및 주민대피지시를 지자체에 내려 지자체는 상황조치 결과에 대해 NDMS를 통해 보고하는 체계를 가진다.

수집된 재난 상황정보는 NDMS 서버에서 자동전파 기능으로 전파되며, 네트워크 등의 이상상황 발생 시에는 팩스 등의 대체수단을 통해 전파되는 것으로 개선되었다. 기상대와 기상청에서는 위성을 통하여 지자체 방재기관에 주의보, 경보 등을 발표한다.

지상에서는 고속디지털 회선을 통하여 단시간 강수 예측도, 위성사진 등과 같은 자료를 기상청과 방재기관에서 동시화면으로 공유한다. 또한 지자체 방재기관의 방재시스템과 연결되어 있는 무선호출기, 팩스와 방재무선을 통하여 위급 시에 전달할 수 있다.

기상정보 발표 시 기상대와 지자체 방재기관의 신속한 연락체계는 1분이라도 빨리 정보를 전달하여야 한다. 제약이 많고 부자유스런 이전의 문자정보 중심에서 컬러 화상, 시계열 그래프 등으로 연결되었기에 방재 담당자가 방재활동 중 쉽게 방재기상정보의 입수가 가능하다.

그리고 기상대 예보관과 방재기관의 담당자가 같은 자료의 공유가 가능하기 때문에 같은 화면을 보고 이후 전망 등의 해설과 조언을 행함에 따라, 보다 정확하게 정보를 전달할 수 있다.

❑ 태풍위원회 재해정보시스템

우리나라는 태풍위원회 회원국이다. 현재 태풍위원회 회원국은 우리나라를 포함하여 일본, 중국, 필리핀, 베트남 등 동아시아 국가들로 이루어져 있다.

태풍피해 방지를 위한 각 회원국의 진행사항을 정기적으로 검토, 기상, 수문시설의 개선을 위한 협력, 재해예방과 공동대처방안의 연구, 태풍 예·경보, 홍수수문 및 통제 분야의 인력 훈련, 태풍 관련 활동 및 연구협력 등을 주로 수행한다.

태풍위원회 재해정보시스템(TCDIS : Typhoon Committee Disaster Information System)은 태풍위원회 회원국의 재해 정보를 공유함으로써 각 회원국의 방재역량을 강화하여 재해로 인한 인명피해를 감소하기 위해 개발된 시스템이다. TCDIS는 태풍위원회 회원국 재난관리시스템 및 조기경보시스템, 기상재해에 대한 각국의 경보 발령 수준, 회원국의 재해 특성 및 현황분석, 재해정보 통계분석, 회원국의 기상 및 태풍 재해정보 기반을 마련하였다.

그리고 과거의 50년간 태풍자료를 모아 태풍이 발생할 시에 데이터에서 유사태풍을 찾아 분석할 수 있다. 자동화 시스템, 지진재해 대응 시스템 등 우리나라의 우수한 첨단 방재기술로 재해의 피해를 최소화 한다. 또한 회의 성과로 구축되는 기술·정보를 공유 플랫폼을 통해 각 국가에 무상으로 사용할 수 있도록 제공함으로써 국제 사회에서 방재관련 기술·정보 공유와 협력 시스템 구축·운영에 선도적 역할을 할 것으로 보인다.

3) 산사태

산지토사재해의 예측은 언제, 어디서, 어느 정도로 나누어 생각할 수 있다. 발생 시기의 예측은 강우, 지진 등과 같은 직접적인 요인과 관련이 있으며, 위치와 규모는 지형, 지질 등과 같은 간접적인 요인과 관련되어 있다.

우리나라의 경우는 지진보다는 강우가 직접적인 요인의 대부분을 차지하므로 재해 발생 시기 예측에는 강우예측이 반드시 요구된다. 산림청에서 1997년 작성한 산사태 위험지 판정표를 기초로 산사태 위험지도를 작성하는 GIS 활용 기법을 개발하였다. 더욱이 2004는 웹 기반으로 산사태 위험지도 정보 제공, 피해지 관리는 물론 산사태 위험기준우량을 기초로 한 산사태 조기경보 기능을 탑재한 산사태 위험지 관리시스템을 개발하여 운영하고 있다.

GIS를 이용한 위험지도 제작을 위해 판정표에 제시된 각 인자를 수치지도(임상도, 입지도, 지질도, 지형도)에서 추출하고, 각 인자들의 주제도를 작성하였다. 또한 판정표 상의 인자별 점수를 각 주제도의 중첩을 통해 각 cell단위로 계산한 후 이들의 합계를 산사태 위험도 판정기준에 적용하고 등급화 하여 위험지도를 제작하였다.

등급정보는 호우시 산사태 발생가능성이 높은 지역을 위험도 순으로 4등급으로 구분하여 나타

내어 합리적인 산사태 예방사업을 지원한다. 산사태 발생 위험 예보도를 검색가능하게 하고 기상청으로부터 실시간으로 전달되는 강우자료를 분석하여 산사태 주의보와 산사태 경보의 형태로 제시된다.

시군구 산지재해 담당자에게 산사태발생 위험성에 대한 정보를 제공함으로써 효과적인 산사태 대응방안 수립 및 지역주민들을 안전하게 대피시킬 수 있도록 지원한다.

❑ 국토해양부 산사태 관리 체계

국토해양부에서는 국도상의 인공비탈면에 설치된 상시계측기를 통하여 지반변동 등 각종 위험징후를 실시간으로 계측하여 위험요인 발생 시 한국건설기술연구원에 설치된 상황실 컴퓨터와 국도관리 담당자 핸드폰을 통하여 자동적으로 경보가 발령되는 시스템을 운영하고 있다.

현재'낙석 및 산사태 방지를 위한 차세대 신기술 개발' 연구 과제를 통해 웹기반으로 사면관리기술, 광역 산사태 저감기술, 사면 안정성 증대기술 등의 결과물을 하나로 통합하고 있다. 그리고 모든 일련의 과정을 실시간 자동화로 조속한 의사결정에 기여하고 과학적이면서 체계적인 낙석 및 산사태 유지관리 기술에 관한 연구를 추진하고 있다. 현재 웹페이지를 구축·운영하고 있다(<그림 4-13> 참조).



〈그림 4-13〉 우리나라 낙석 및 산사태방지관리 시스템

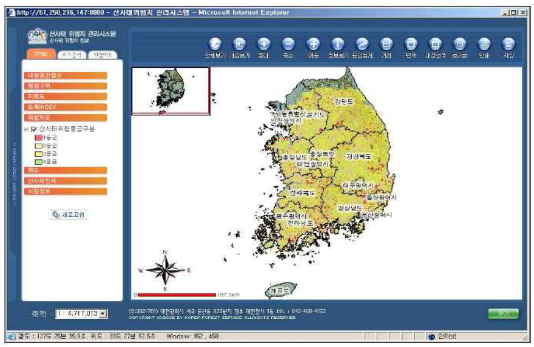
❑ 산림청과 국립산림과학원

산림청은 산사태 발생 취약지를 집중관리하고, 기상예보에 따른 주의보·경보 등 산사태 사전예보제 실시를 목적으로 산사태를 유발하는 지질, 지형 등 산림의 입지환경 요인에 대한 지리정보를 구축하는 '산사태 발생 위험지도'를 일부 제작하였다.

또한 산림청은 '산사태 위험지 관리시스템' 웹페이지를 구축·운영하고 있다(<그림 4-14> 참조). 이 웹페이지에서는 가입한 모든 회원은 산사태 발생의 일반정보 및 위험지 정보를 알 수 있다. 관리자 모드에서는 산림유역 및 사방시설, 산사태 위험지구 등 관리대장 등록과 통계관리를 할 수 있다.

국립산림과학원에서는 산사태 및 토석류와 같은 산지 재해의 위험성을 사전에 예측하여 피해를 줄일 수 있는 기술개발을 연구목표로 하고 있다. 더불어 사막화와 대기오염 등 국경을 초월하는 환경문제를 해결하기 위하여 중국, 몽골 등과 국제공동연구를 수행하고 있다.

과제명은 '산지개발에 따른 산사태 발생특성 및 산지토사재해 예지시스템 개발'이다. 인공사면의 산사태 예지 및 방지를 위해 인공사면의 안정공법의 설계와 기존의 시공면을 안정화하기 위한 보강공법에 대한 기준모델을 제시하여 산지개발로 인한 산사태 예방 및 방지 시스템을 구축하고자 한 것이다. 또한 '토석류 발생특성 및 피해규모 예측기법 개발' 연구과제로 태풍 및 집중호우 시 자주 발생하는 토석류에 대한 피해방지를 위해 토석류 발생원인 및 유동특성 연구로 재해위험지역 예측 및 관리방안을 제시하고 있다.



<그림 4-14> 우리나라 GIS 기반 산사태위험지 관리시스템 주제도

❑ 한국지질자원연구원 산사태 관리 시스템

한국지질자원연구원의 산사태재해연구팀에서는 산사태 발생가능성을 정량적으로 예측하여 산사태 피해위험도를 산정함으로써 위험성 정도에 따라 적정 피해저감기술을 개발하여 재해예방대책을 효과적으로 수립·적용하기 위한 연구를 추진하고 있다.

경기도 등 국내 주요지역에 대한 산사태 예측도(1 : 5,000)를 작성하였으며 2004년에는 산사태 DB 프로그램 개발로 총 1,101개의 산사태 자료를 구축하였다. 산사태 이동경로 확산범위 산정을 위해 지질특성과 산사태 규모와의 관련성 해석, 사태물질 이동경로 예측 프로그램의 개발, 인공지능 기법을 이용한 사태물질 확산 모델을 개발하였다.

또한 2008년에는 급경사지 재해를 예측·관리할 수 있는 GIS를 활용한 급경사지 통합관리시스템을 개발하였고, 자연비탈면의 로지스틱 희귀모델을 이용한 산사태 예측기술을 개발하고 이를

급경사지 관리시스템에 적용하는 단계에 있다(<그림 4-15> 참조).

국내에서 지금까지 수행된 급경사지 재해관리 시스템은 대부분 지반변위 발생 위주의 계측결과를 통하여 예·경보를 발령하는 체계이다. 이러한 계측을 이용한 재해관리시스템은 특정 급경사지를 대상으로 설치·운용되고 있어, 전국에 산재된 수많은 급경사지에 대한 예·경보가 현실적으로 불가능하다. 설치 및 운용비용 또한 과대하게 소요될 뿐만 아니라 재난을 피하기 위한 주민대피시간의 확보도 어려운 실정이다.

따라서 전국에 산재된 불특정 다수 급경사지면을 대상으로 적용하기에는 비현실적이다. 그러므로 보다 현실적이고 저비용·고효율의 급경사지 예·경보 시스템으로의 전환을 시도하고 있는 추세이다. 따라서 국내의 각 기관에서는 다양한 방법으로 급경사지 예·경보 시스템과 피해저감을 위한 시스템 구축이 시도되고 있다.



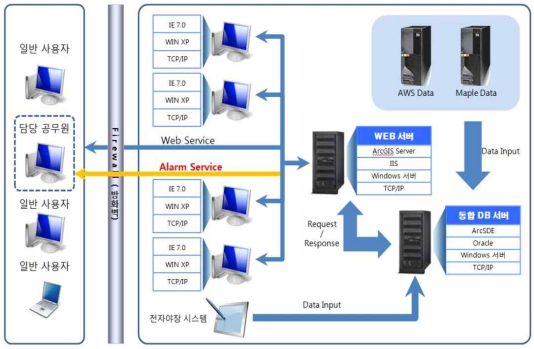
〈그림 4-15〉 우리나라 산사태 예측도

❑ GIS 기반 급경사지 붕괴판단 시스템

최근 들어 자주 발생하는 국지성 집중호우에 의한 급경사지 붕괴로 부터 신속한 초기대응 및 사전대피로 인명피해 저감과 붕괴 위험지역의 효율적인 관리를 실현하는 것이 중요하다. 이는 지역별 강우자료와 지역별 붕괴자료를 활용한 예·경보 시스템에 지리정보시스템을 적용하여 개발하면 가능하다. 결국 신뢰성 높은 재해유발 예측과 빠른 의사결정 지원 시스템 개발로 효율적인 급경사지 재해 관리체계를 구축할 수 있다.

이를 위해 시범지구 시스템에 GIS 기법을 도입하여 전국단위 예·경보 시스템을 구축하여 급경사지 재해 인명피해 저감과 신속한 초기대응을 기하고자 하였다. 기상청의 AWS 강우자료를 활용하기 위해서 AWS 측점별 영향범위 설정이 필요하고, 실시간 강우자료의 변환, 분석, 검증 과정을 통해 시스템의 기초자료로 활용할 수 있도록 하였다.

전국단위 재해이력 자료는 표준화 과정을 통해 타 연계 시스템과 통합할 수 있도록 DB 표준화를 연구하고 있다. 또한, 1~3차 시범지구의 지속적 유지관리 활동과 함께 급경사지 DB 통합관리 시스템 구축을 위한 기초 계획 수립 및 로드맵을 제시한 바 있다(<그림 4-16> 참조).



〈그림 4-16〉 우리나라 GIS 기반 급경사지 붕괴판단시스템 구성도

4) 가뭄

가뭄을 결정하는 가뭄지수는 강우, 강설, 유출 그리고 다른 물 공급을 나타내는 여러 가지의 자료들을 이해하기 쉬운 숫자 및 그림으로 나타내기 위해 사용되어 진다. 가뭄지수 값은 일반적으로 하나의 숫자로 나타내는데 실제의 기본 자료보다 정책결정에 있어 대단히 유용하다.

가뭄지수 산정방법들은 모든 가뭄 상황에 대해서 우수할 수는 없지만, 특정한 용도에 있어서 적정하게 적용되어질 수 있다. 여러 국가에서 사용되어 지고 있는 가뭄지수의 종류와 가용자료는 [표 4-5]와 같다.

[표 4-5]가뭄지수의 종류와 가뭄심도분류기준

WADI			PDSI, MSWSI			SPI			SMI		
범위	가뭄상태	범례	범위	가뭄상태	범례	범위	가뭄상태	범례	범위	가뭄상태	범례
0.2~5	극한습윤		4이상	극한습윤		2이상	극한습윤		0	정상가뭄	
0.1~0.2	심한습윤		4~3	심한습윤		2~1.5	심한습윤		-1	약한가뭄	
0~0.1	보통습윤		3~2	보통습윤		1.5~1	보통습윤		-2	보통가뭄	
-0.1~0	약한습윤		2~1	약한습윤		1~-1	정상상태		-3	심한가뭄	
-0.2~-0.1	정상상태		1~-1	정상상태		-1~-1.5	보통가뭄		-4	매우가뭄	
-0.3~-0.2	약한가뭄		-1~-2	약한가뭄		-1.5~-2	심한가뭄		-5	극심한가뭄	
-0.4~-0.3	보통가뭄		-2~-3	보통가뭄		-2~-4	극한가뭄				
-0.5~-0.4	심한가뭄		-3~-4	심한가뭄							
			-4 이하	극한가뭄							

❑ 소방방재청 가뭄 관리 시스템

재난은 전담하고 있는 소방방재청에서는 중앙 유관부처와 지자체를 네트워크로 연결하여 국가재난관리시스템(NDMS)을 구축 운영하고 있다. NDMS에서는 주로 재해로 인한 피해현황을 파악·전파하기 위한 시스템이며, 여기에는 자연재난과 인적재난 등이 모두 포함되어 있다. 또한 조직이 개편되어 행정안전부 소속기관인 국립방재연구원에서는 방재정보를 분석하기 위한 다양한 자료의 실시간 DB를 구축하고 있는 실정이다. 가뭄과 관련한 시스템은 NDMS 내에 가뭄분야가 있으나 체계적인 구축이 이루어지지 않은 실정이다.

○ 국가재난관리시스템(National Disaster Management System)

풍수해, 대설, 가뭄, 지진, 이재민 등 재해관련 피해상황 및 피해 집계와 재해로 인한 복구지원금 등의 현황을 파악하기 위한 것이다. 그러나 다양한 재난항목으로 인해 일부는 사용하고 있으나 일부는 구축 중에 있으며 본 연구와 관련된 가뭄분야에 대해서는 아직 구축하지 못하고 있는 실정이다.

NDMS는 주로 전국의 재해발생에 따른 재해피해 상황과 복구추진 현황 및 자료관리 등을 파악하기 위한 것이다. 국지적 혹은 전국적인 피해에 대하여 중앙정부 차원 또는 시·도, 시·군·구 차원에서 대응해야 할 사항을 파악하여 정책적으로 의사결정하는데 매우 유용한 시스템이다.

○ 국립방재연구원 분석평가센터 가뭄재해 정보시스템

행정안전부 소속의 국립방재연구원은 소방방재청 국립방재교육연구원 소속의 방재연구소가 이전된 기관이다. 국립방재연구원 분석평가센터는 가뭄과 관련하여 별도로 자료를 구축하고 있는 것은 아니다. 하지만, 현재 각 기관과 연계되어 실시간 수집·구축되는 자료를 가뭄분야에 활용할 수 있다.

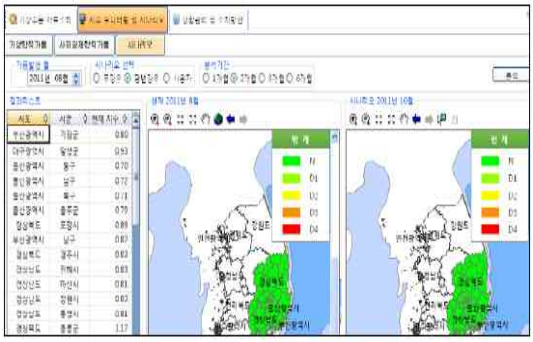
분석평가센터에서는 자체에서 관측하여 생성하는 자료보다는 관련 기관과의 연계를 통해 재난관련 DB를 구축하고 있다. 가뭄과 관련하여 자료를 연계·활용할 수 있는 기관으로는 기상청, 한국농어촌공사, 한국수자원공사, 한강홍수통제소 및 지방자치단체들이 해당된다.

국립방재연구원에 구축되는 가뭄과 관련하여 연계·활용이 가능한 자료는 <그림 4-17>로 제시되어 있다. 관계기관, 자료정보명, 전송수기 및 지점수 등이다. 전송되는 자료의 전송주기를 보면 짧게는 10분에서 1일 1회 전송되는 자료가 있음을 알 수 있다.

지수 모니터링 및 시나리오는 가뭄지수를 산정하기 위해 강우자료를 활용하여 기상학적 사회학적 가뭄지수를 산정하며, 강우 및 분석기간에 따른 향후의 가뭄단계를 예측할 수 있도록 하였다(<그림 4-18> 참조).



〈그림 4-17〉 우리나라 가뭄재해 정보시스템 화면



〈그림 4-18〉 우리나라 가뭄재해 정보시스템 시나리오 분석 화면

❑ 농림수산식품부의 가뭄 관리 시스템

농림수산식품부의 경우 가뭄과 관련 있는 부분은 농림부분이며, 용수로는 농업용수 및 축산용수 등이 관계가 있어 주로 한국농어촌공사에서 추진하고 있다. 농림 분야에 있어서는 용수의 수요량과 공급량을 파악하는 것이 매우 중요하다고 할 수 있다.

그러므로 한국농어촌공사에서는 농업용수 관리 자동화(TM/TC) 사업, 농업가뭄 정보시스템, 농촌용수 종합정보시스템, 농촌지하수 넷 등을 운용하고 있다. 또한 농촌진흥청에서는 농업기상정보서비스를 구축하여 운용하고 있다.

❍ 농업용수 관리자동화(TM/TC) 사업

농업용수를 관리하는 사업으로 중앙감시제어식 물 관리 시스템을 말한다. 이 사업은 저수지, 양·배수장, 용·배수로 등 주요시설의 원격측정 및 제어가 가능한 사업이다.

대상시설을 보면 수원공[11] 분야에서는 저수지(취수탑, 수문, 여수토 홍수조절문비), 양수장 취입보, 관정 등이 있다. 배수시설 분야에서는 배수장, 배수갑문 등이 있다. 용·배수로 분야에는 분수문(간선, 지선), 제수문, 방수문, 배수문 등이 있다. 재해예방시설 분야로는 댐, 담수호 및 방조제 등 홍수 예·경보시설 등이 해당된다.

농업기반시설인 저수지 등의 관리에 있어서는 3,334개 저수지에 대하여 매일 1회씩 유효저수량, 현저수량, 저수율 등을 관측한다.

❍ 농업가뭄 정보시스템

한국농어촌공사 소속 농어촌연구원에서는 연구성과 시스템에 농업가뭄정보로서 가뭄모니터링 값을 제시하고 있다. 여기서는 우리나라 광역시를 제외한 전국의 도 및 시군의 가뭄단계, 저수현황, 강수 현황, 평년강우비율 및 표준강수지수에 의한 값을 산정하여 색깔로서 제시하고 있다.

11) 일정한 수혜구역내에 농업용수를 공급하기 위하여 인위적으로 물을 집수, 도수 또는 배수하는 시설을 수원공이라 하며 주수원공, 보조수원공, 부속시설로 구분한다.

❍ 농촌용수 종합정보시스템(RAWRIS)

농촌용수 종합정보시스템에서는 수량, 수질, 지하수, 시설물 자료 등을 제공하고 있다. 전국 1,200개 저수지에 대한 저수위, 저수율, 저수량 및 행정구역별 논 및 밭에 대한 용수 수요량을 제시하고 있다. 또한 농업용수 수질측정망을 전국 저수지 800개소, 호소 수질측정망 26개소를 보유하고 있다.

가뭄관리를 위한 1) Web-GIS 기반의 가뭄관리시스템 개발, 2) 가뭄대응 의사결정 지원시스템, 3) 농업용수 물 관리를 위한 가뭄 예·경보 기준 및 시스템, 4) 가뭄 대응을 위한 웹기반 농촌용수 물 관리 시스템을 구축하고 있다([표 4-6] 참조).

[표 4-6] 농촌용수 종합정보시스템(RAWRIS) 구축 내용

구분	내용
Web-GIS 기반의 가뭄관리시스템 개발	실시간으로 전국의 본부 및 사별 개별 저수지에 대한 가뭄현황 정보를 제공하고 있다. 농업가뭄 관리를 위한 지구단위 가뭄모델의 적용과 웹을 통한 공간정보를 제공하고 있다.
가뭄대응 의사결정 지원시스템	농업가뭄관리를 위한 수원공 및 지구단위 가뭄모델과 농업가뭄 실시간 제공을 위한 그래픽 인터페이스를 제공하고 있다. 또한 농업용수 관리에 활용할 수 있는 토양수분지수, 저수지 가뭄지수 및 통합농업 가뭄지수의 정보를 제공하고 있다.
농업용수 물 관리를 위한 가뭄 예·경보 기준 및 예·경보 시스템	농업용수 수요시기별 동적의사결정 모형에 의한 가뭄대응모델 및 시나리오와 기상전망 및 실시간 자료를 활용한 가뭄 예·경보 시스템을 제공하고 있다.

❍ 농업용수 추진 대책

용수대책 추진계획은 4단계로 구분하여 각기 기상상황과 가뭄전망 등에 비추어 급수대책을 수립하도록 한 것이다. 1단계는 가뭄대책 준비·계획단계, 2단계는 가뭄우려 초기단계, 3단계는 가뭄확산단계, 4단계는 가뭄대책 마무리단계이다([표 4-7] 참조).

이러한 4단계 과정을 지역실정에 맞게 세부 추진일정 계획을 수립하여 시행하고, 단계별 기간은 기상예보, 강수량, 저수율과 가뭄의 발생 상황 등을 감안하여 추진하고 있다.

[표 4-7] 가뭄 단계별 농업용수 관리 계획

구 분	내 용
1단계 (가뭄대책 준비·계획 단계)	장단기 기상예보· 저수율 분석 저수지 물관리 철저 수리시설· 관정· 양수장비 점검· 정비 계획수립 및 실시 암반과정, 간이용수원 등 용수개발 계획 수립 대· 중규모 용수개발, 대단위 농업종합개발 등 공사 중인 지구의 조기급수대책 수립
2단계 (가뭄우려 초기단계)	용수대책상황실 설치 운영 영농대비 용수확보 대책 추진 가뭄대비 용수개발 예산단계별 지원계획 수립 지원 암반관정 및 간이용수원 등 용수개발 적극 추진 가뭄대책용 장비 및 인력동원 계획 수립 추진
3단계 (가뭄확산단계)	가뭄대책상황실로 개편 확대편성 운영 정부 관련부처와 협조체계 유지 및 지원 강화 가뭄극복 비상령 발동 급수대책총력추진 및 용수원 개발적극 확대 가뭄극복 3대운동(저수· 절수· 용수개발) 전개 및 홍보활동 강화 가뭄지역 지원을 위한 주재관 현지 파견 민· 관· 군 가뭄대책 장비 및 인력 총동원
4단계 (가뭄대책 마무리 단계)	가뭄대책용 장비 및 시설 점검· 정비 후관리 가뭄대책사업의 조속 마무리 및 평가· 보고 항구적인 가뭄대책 수립 가뭄피해 농업인의 피해지원대책 수립· 추진 풍수해대책 등 일상업무체제로 전환 추진

❑ 행정안전부(중앙재해대책본부) 가뭄 관리 시스템

행정안전부 산하 중앙재해대책본부에서는 가뭄 단계별로 상황실을 운영하여 가뭄 시 가뭄관련 부처 상호간 업무를 분담하고 긴밀한 연계체계를 구축한다. 가뭄대책 관련부처에서는 가뭄대책 추진상황을 신속히 중앙재해대책본부에 통보하여야 한다. 관련기관에서 중앙재해대책본부로 통보하는 주요 보고 내용은 제한급수실태, 댐 및 저수지 저수율 현황, 농작물 가뭄 등과 관련된 사항이다.

보고절차는 우선 당해 시·군·구의 장은 관할구역내의 가뭄관련 추진사항을 그 업무를 관장하는 중앙행정기관의 장에게 보고한다. 가뭄관련 중앙행정기관의 장은 시·군·구 가뭄관련 추진사항을 취합하여 중앙재해대책본부장에게 보고한다. 중앙재해대책본부장은 가뭄추진상황을 총괄 관리한다.

❑ 환경부 가뭄 관리 시스템

환경부의 가뭄상황관리 시스템은 상하수도국장을 본부장으로, 수도정책과장을 부본부장으로 하고, 기획팀, 상황팀, 위생관리팀, 원수관리팀, 오염원관리팀 등 총 5개팀으로 구성된다. 가뭄시

에는 급수안정 대책 상황실을 설치하여 운영한다.

급수안정 대책 상황실은 가뭄기간의 급수안정 대책을 추진하고 지자체별 제한 급수 실태를 파악한다. 평상시에는 상황팀별로 운영되고 비상시에는 합동근무를 실시한다. 근무인원 및 시간은 가뭄 상황에 따라 조정하여 운영한다.

❑ 국토해양부 가뭄 관리 시스템

국토해양부는 매년 11월에 다목적댐 유역에 내리는 누가강수량을 기준으로 전국 다목적댐 평균 누가강수량에 의해 가뭄상황을 판단한다. 그리고 전국적으로 제한급수지역 발생 상황을 고려하여 가뭄대책상황실에는 행정·홍보지원반, 댐 운영반, 수도 운영반 및 지하수지원반이 편성된다.

가뭄대책근무는 가뭄상황에 따라 단계별로 구분하여 근무인원을 편성하여 시행한다. 단 가뭄재해가 홍수재해 기간과 중복되는 경우에는 가뭄재해대비 근무체제와 홍수재해대비 근무체제를 병행하여 편성한다. 가뭄상황은 지방상수도 및 간이상수도의 감량공급을 기준으로 1단계에서 6단계로 구분하고 각 단계별 근무인원을 자체 실정에 맞게 편성한다. 가뭄상황별로 구분된 단계와 대처요령 및 근무 인원은 [표 4-8]과 같다.

[표 4-8] 국토해양부 가뭄상황별 단계구분 및 대처요령

단계	가뭄상황	대 처 요 령	근무 인원
1단계	10% 감량공급	• 가뭄극복 현수막 설치 • 물부족지역 등 가뭄지역 현황 파악 • 방송·캠페인, 홍보물 배포 등을 통한 절수 홍보	3명내외
2단계	10~30% 감량공급	• 수공본사 및 각 현장사업단에 가뭄재해대책상황실 운영 • 댐 요우공급능력 및 용수공급 방안 재검토 • 상수원 및 정수장 수질관리 강화	5명내외
3단계	30~50% 감량공급	• 가뭄대책상황실 설치·운영 • 지자체 요청시 댐 방류량 조정지원 • 가뭄지역 파악 및 지원방안 협의 • 물통 및 비상급수차량 운행	5명 내외
4단계	50~60% 감량공급	• 용수공급 시설을 이용한 물부족 해소방안 검토 • 비상급수차량 운행 확대 • 다목적댐의 용수공급 위주 운영 • 다목적댐 사수용량 활용방안 강구	10명 내외
5단계	60%이상 감량공급	• 다목적댐 사수용량 활용 공급 • 생·공용수전용댐의 일정비율 조절 방류	10명 내외
6단계	취수원 고갈	• 다목적댐 사수용량 활용 공급 • 다목적댐 용수공급 우선순위에 따른 용수공급 실시 • 다목적댐의 일정비율 조절 방류	20명 내외

❑ 물관리정보유통시스템

물관리정보유통시스템(WINS)은 초기 한국수자원공사에서 2002년부터 구축·운영하였다. 그러나 2007년 3월부터 현재까지 국토해양부 한강홍수통제소 하천정보센터로 시스템이 이관되어 운영되고 있다.

주사용자는 중앙부처 및 지자체 공무원, 학교 및 연구기관 연구자, 일반 시민 등이다. 수문/기상, 댐 운영, 환경생태, 이수, 하천, 지하수, 지형공간, 해양환경/조석 등 주요 8개 분야에 유관기관 간 공동 활용을 위하여 32개의 세부 정보를 제공한다.

❑ 하천관리지리정보시스템

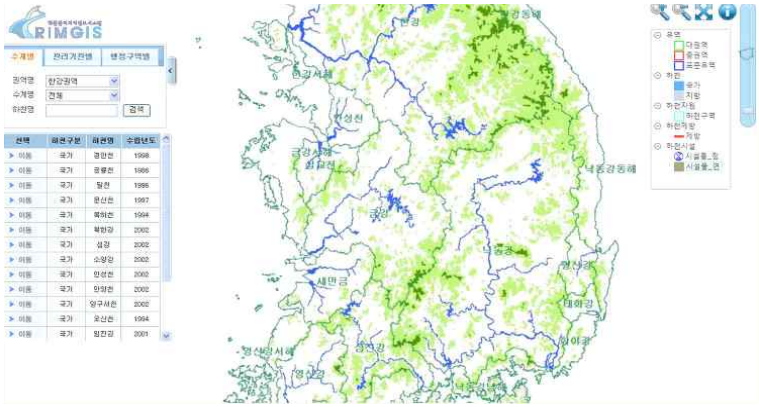
하천관리지리정보시스템(RIMGIS)은 국토해양부가 국가하천의 효율적인 관리와 대민 서비스의 질 향상, 하천관리업무의 효율성 제고 등을 목표로 하천정보의 표준화 및 전산화를 통한 정보제공 및 하천에 관련한 제반 업무를 지원하기 위해 개발된 시스템이다.

RIMGIS는 5개 지방국토관리청에서 관리하고 있는 하천대장 및 부도, 구조물도 등 다양한 하천관련정보를 정보화한 것이다. 인허가 및 하천기본계획 등의 하천업무를 보다 신속하고 효율적으로 수행할 수 있는 지원 체계의 마련과 하천에 대한 정보를 대국민에게 효율적으로 전달할 수 있는 서비스 체계를 지원하기 위해 만들어졌다. 국토해양부 산하 한강홍수통제소 하천정보센터에서 운영 및 관리하고 있다. 2009년 시범운영을 거쳐 현재까지 서비스 되고 있다.

RIMGIS는 일반 국민들에게 하천에 대한 다양한 정보를 제공하는 대국민 서비스, 하천관리대장, 하천점용허가, 홍수위험지도 등 하천관리자들이 하천업무를 수행하는데 필요한 기능을 제공하는 하천관리 서비스로 구성되어 있다. 시스템에서는 하천에 대한 일반적인 정보와 용어에 대한 설명을 자세히 다루고 있다(<그림 4-19> 참조). 또한 국가하천 전자지도 실행화면은 <그림 4-20>과 같다.

대국민	국토부 하천관리자	지자체 하천관리자 방재담당자	공공기관 연구소 일반용역회사
하천일반정보 홍수위험지도 조회 하천기본계획 보고서 한국하천일람 국가하천 공간정보	하천행정업무지원 국가하천 공간정보 (하천업무에 필요한 전문자료) 하천기본계획 성과물 (측량자료, 하천관리대장 등)	하천정보 전산화지침 홍수위험지도 자료제공	하천기본계획 보고서 국가하천 공간정보 국가하천 관련 연구, 설계에 필요한 자료 제공

〈그림 4-19〉 하천관리지리정보시스템의 사용자별 제공 내용



〈그림 4-20〉 국가하천 전자지도 실행화면

5) 해수면 상승

해수 온도 상승, 해빙 등으로 해수면이 지속적으로 상승하여 이를 대처하기 위한 방안들이 지속적으로 도출되고 있다. 그 중 대표적인 하드공법은 연안침식 방지공법이다.

연안침식방지공법은 대표적으로 돌제, 이안제, 인공리프, 헤드랜드, 양빈으로 구분된다.

돌제는 해안침식방지시설에 가장 빈번히 적용되는 하드공법 중 하나이다. 해안에 직각 방향으로 설치되는 좁고 긴 구조물로서 오래 전부터 사용되어 온 해안선 침식방지공법이다. 보통 다수의 돌제로 구성되는 돌제군으로 설치하며 일정량의 연안표사를 허용하는 방식으로 설계하나 경우에 따라서는 연안표사의 완전 차단을 목적으로 설치하기도 한다.

이안제는 해안과 떨어져 해안과 평행한 방향으로 설치되어 입사파랑을 반사, 분산, 회절, 굴절시킴으로써 그 배후면, 즉 이안제와 해안선 사이의 파랑에너지를 감쇠시키고 그에 따라 연안표사를 저감시키는 구조물이다.

인공리프는 잠제라고 하기도 하며 최근에는 광폭잠제를 사용하여 침식대책공법으로 상용하고 있으며 구조물을 수면 이하로 하여 바다 조망권을 확보할 수 있다.

헤드랜드(Head land)는 천연 곶지형으로 둘러싸인 해안이 장기적으로 일정한 사빈을 유지할 수 있는 원리를 응용한 것이다. 일반적으로 해안선 주변의 표사이동은 자연 지형에 따른 순환과정을 반복한다.

양빈은 크게 공급 모래가 해당지역 표사시스템 내에 있는지의 여부로 구분할 수 있으며, 시스템 내의 모래를 이용할 경우에는 모래의 연안방향 강제이동방법과 입자 임계이동수심 이하의 모래를 해안으로 이동시키는 방법이 있다.

연안침식방지공법의 기술별 기능과 장단점을 구분하면 <표 4-9>, <표 4-10>과 같다.

[표 4-9] 연안침식 방지공법(강성공법)

공법	구조	기능	장점	단점
완경사 방파제	연안도로나 옹벽 등과 같이 연안에 수평한 구조물 설치	▸파랑반사를 줄이고 파랑에너지 감쇄	▸연안의 이용성 및 친수환경 조성 가능 ▸세굴 및 호안 전면침식 현상 감소	▸공사비가 많이 듬
돌제	연안에 직각으로 설치	▸연안표사를 직접제어 연안침식방지 ▸연안선 안전성 확보	▸연안에 평행한 표사 이동차단 효과 ▸비교적 공사비 저렴	▸연안경관 손상 ▸외해로 표사이동 유발시키기도 함
이안제	연안과 약간의 거리를 유지하여 평행하게 설치	▸파랑을 소파시켜 회절파에 의해 표사퇴적 유도	▸연안선 안정측면에서 돌제보다 양호	▸연안선의 극심한 변화 ▸연안경관파괴
잠제	이안제와 동일하나 바다속에 건설	▸파를 쇄파 또는 감쇄시키며 침식을 방지함	▸연안경관 보존 ▸연안환경변화 최소화	▸공사비에 비해 이안제보다 비효과적임
헤드랜드	대칭형/비대칭형	▸HEAD부에 의해 배후해역을 정온화시킴	▸대규모 연안선 창출 ▸관광객 접근성 및 이용성 양호	▸경관불량 ▸안전성문제

[표 4-10] 연안침식 방지공법(연성공법)

공법	구조	기능	장점	단점
Geo Tube	합성수지 내부에 모래 등을 채워 파력과 조류력에 저항	▸침식연안 전면에 잠제 역할을 수행토록 배치하여 모래유출 방지	▸이동설치가능 ▸친환경적 공법	▸고파랑지역 적용시 내구성 불량 ▸합성수지의 파손 예상
E.B.R	가이드 파일을 항타하고 연안의 직각방향으로 설치	▸연안류에 의한 모래 이동을 차단하여 해빈모래 포집	▸친환경공법 ▸설치 및 해체 용이	▸고파랑지역 적용시 내구성 불량 ▸경관성 불량
식재공법	식물뿌리에 의한 모래층 안정화 유도	▸사구안정화의 주요 공법 ▸연안 배후지개발 지역에 적용 가능	▸줄기와 잎은 바람막이 역할을 하여 퇴적촉진 ▸친환경적 공법	▸연안류/이안류 차단효과 불량 ▸식생유지관리 곤란
양 빈	모래를 인공적으로 공급하여 자연상태와 유사한 연안을 조성	▸연안에 모래를 공급 해빈폭 복구	▸연안경관 보존 ▸친환경적 공법	▸모래 유실에 따른 지속적인 비용 발생
부방파제	구조물을 수면 거치후 해저면과는 중량물로 앵커링	▸침입파랑 에너지를 감소시켜 해빈퇴적 유도	▸설치/해체 용이 ▸인근 해역에 미치는 영향 적음 ▸이동설치가능	▸내구성 불량 파손 및 유실에 의한 2차적인 환경피해 발생

6) 지진

21세기 들어 서남아시아 및 동아시아 등 우리나라 주변국가에서 지진으로 인한 대규모 인명피해가 속출하고 있다. 국가적으로 핵심적인 기능을 수행하는 많은 구조물들의 피해도 발생하고 있다. 특히 서울과 수도권 일대를 뒤흔든 시흥지진(2010년 2월 9일/규모 3.0)은 많은 주민들이 지진동을 직접 느껴 지진에 대한 두려움이 더욱 커지는 계기가 되었다.

이러한 국민 불안감을 해소하기 위하여 국가는 지진발생시 신속한 지진경보를 발령하여 인명 및 재산 피해를 최소화 할 수 있는 범국가적인 지진재해 대응체계를 구축할 필요가 있다. 내진설계를 통해 지진에 의해 발생되는 큰 진동으로부터 빌딩이나 교량, 댐 등이 무너지지 않도록 함으로써 1차원적인 피해를 줄이는 방법이 매우 중요하다.

그러나 내진설계 뿐만 아니라 지진조기경보를 이용하여 국민들의 대피시간을 확보하여 인명피해를 줄이는 노력과 신속 정확한 지진정보의 전달로 가스, 지하철과 같은 파이프라인이 파괴되면서 발생하는 2차적인 피해를 줄이는 방법도 매우 중요하다.

일반적으로 지진재해를 줄이기 위한 방법으로 지진 신속대응체계 구축, 내진설계, 내진 보수·보강 등 여러 가지가 있을 수 있다. 그 중 지진 신속대응체계는 지진 조기경보 및 지진 대응 시스템 등 지진발생에 대한 신속한 전파와 피해 예측을 통해 신속한 대응을 함으로써 인명 및 재산 피해를 최소화하는 대응 방법이라 할 수 있다.

내진설계는 신설되는 구조물이 일정규모 이상의 지진에 견딜 수 있도록 설계하여 항구적인 내진 대책이라 할 수 있다. 내진 보수·보강은 기존 구조물의 내진성능을 개선시켜 지진재해에 대비하는 것이라 할 수 있다.

지진 조기경보의 개념을 보면 일반적으로 지진파는 종파라고 불리는 P파(초속 7~8km)와 횡파라고 불리는 S파(초속 3~4km)로 이루어진다. 지각에서 가장 빨리 이동하는 지진파는 P파로, 소리처럼 지진의 진행방향으로 진동을 하게 된다. P파는 보통 주파수가 높고 규모가 크지 않아 빌딩이나 구조물에 거의 피해를 주지 않는다.

과거에는 P파와 S파를 이용하여 지진이 발생한 진앙지의 위치, 거리, 발생시각 및 지진의 크기(규모)를 파악할 수 있었다. 그러나 최근 지진관측 장비와 관측기술의 발달로 P파의 진동을 통해 다음에 도착할 S파가 얼마나 위험한지 크기를 신속하게 예측할 수 있게 되었다.

지진 조기경보는 먼저 도달하는 P파를 이용하여 P파가 도착하는 즉시 피해를 일으킬 수 있는 S파의 도달 시각을 예측하여 그 정보를 빨리 전달함으로써 지진에 대비할 수 있도록 경보를 발령하는 것을 의미한다(<그림 4-21> 참조). 지진 조기경보가 가능한 이유는 S파에 비해 P파의 전파속도가 약 2배가 빠르기 때문이다.

우리나라 현황을 보면 기상청의 지진관측은 1978년부터 수행된 이래 1994년부터 실질적인 계측자료를 얻기 시작하였으나, 지진 계측자료가 지진방재나 내진설계에 효율적으로 활용되지 못하고 있다. 이에 따라 2008년 3월 “지진재해대책법”이 제정되어 향후 지진조기경보, 주요 시설물에 대한 지진방재 대책 수립 및 내진설계기준에 활용할 수 있게 되었다.

우리나라 기상청의 평균 지진 통보시간은 2002년 12.3분, 2005년 발생한 일본 후쿠오카 지진을 계기로 2분 이내 지진속보와 5분 이내 지진 통보 체계로 개선되었다. 그러나, 2~5분의 통보

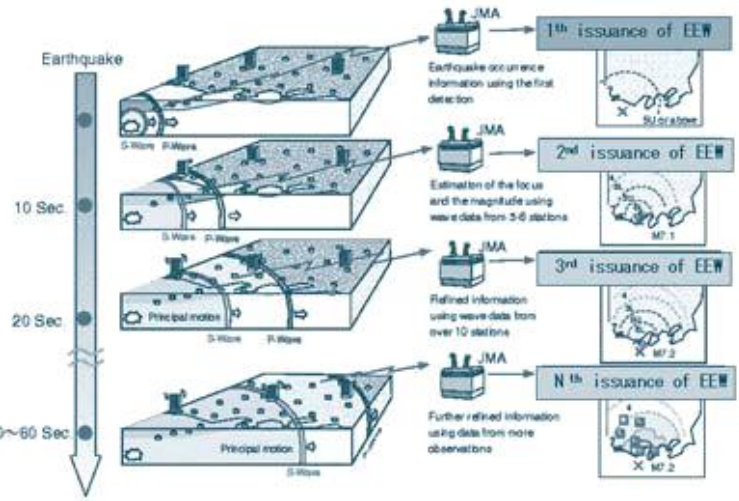
시간은 지진피해 발생이 종료된 이후의 시간이다. 때문에 지진발생시 2차 피해를 최소화하기 위해서는 분석시간 및 경보시간 단축을 통한 신속한 지진조기경보 체계가 절실히 필요한 실정이다.

이에 따라 기상청에서는 2009년 3월에 소방방재청, 방송통신위원회 등 10개 부처의 실무자가 참여하는 지진조기경보 추진 기획단 TFT를 구성·운영하여, 현행의 지진속보 발표 체제를 2015년까지는 50초 이내, 2020년까지는 10초 이내를 목표로 지진 조기경보 체계를 구축할 계획을 밝힌 바 있다.

지진 조기경보 체제가 구현되면 국민들은 지진 발생 즉시 관련 정보를 알 수 있어 지진으로 인한 혼란과 두려움으로부터 빨리 벗어 날 수 있을 것으로 기대 된다. 그리고 소방방재청에서는 주요 시설물 및 지반에 지진 가속도계를 설치·운영토록 지진재해대책법에 의무화하고 있다. 이들 관측 및 계측자료를 적절히 활용한다면 향후 지진조기경보체계 구축에 더욱 활발한 활용이 예상된다.

지진발생시 시설물의 피해는 광역적인 지반특성 뿐만 아니라 국부적 지반조건에 의한 증폭현상, 지반-구조물 상호작용 효과 등으로 인해 시설물의 위치에 따라 많은 차이가 날 수 있다. 따라서 이와 같은 지진가속도계측기는 시설물의 동적특성 및 지반특성 규명과 더불어 실제 피해여부를 결정하는 것에도 적극적으로 활용이 가능하여 더욱 바람직하다.

지진재해대책법이 2009년 3월부터 시행됨에 따라 주요 시설물에 대해 지진가속도계 설치가 활성화되고 있다. 이러한 계측결과를 적극적으로 활용한다면 향후 우리나라의 지진조기 경보 시스템의 완성도가 매우 높아질 것으로 기대 된다(국립방재연구소, 2010).



〈그림 4-21〉 진파의 전파와 조기경보의 개념도
자료: 국립방재연구소, 선제적 대응을 위한 조기경보시스템(2010), 방재연구지 제12권 제1호.

나. 관련 분야별 국내 방재 기술

1) 정보통신 분야 방재 기술

정보통신 분야 방재 기술로는 재해에 관련된 정보를 디지털화 하여 체계화 하는 것과 방송과 통신매체를 이용하여 배포되는 문서, 화상, 데이터 및 이미지 등과 관련되어 있으며, 재해관리를 위한 의사결정 과정에서 매우 중요한 역할을 한다. 재해 정보가 통신 매체를 통해 전달되려면 음성, 데이터, 화상, 영상, 이미지 등 멀티화 되어야 시너지 효과를 발휘할 수 있다.

❑ 첨단 재해 정보 전달시스템의 구축 조건[12)]

- 정보수집시설이 있어야 한다. 재해 정보를 체계적이고도 신속 정확하게 수집할 수 있어야 한다.
- 실시간으로 전달될 수 있어야 한다. 적시성과 긴급하고 위급한 상황을 즉시 실시간으로 전달해야 하는 신속성이 무엇보다 중요하다.
- 공공성이 있어야 한다. 공유하면 할수록 정보의 가치가 더 높아지는 공공성을 갖고 있어야 한다.
- 전달성이 탁월해야 한다. 단방향의 정보보다는 다방향의 정보들이 종합 될 수 있어야 한다.
- 융통성이 있어야 한다. 특정 상황에 부합되게 잘 변화하는 다양한 형태로 가공·처리할 수 있어야 한다.
- 연속성이 있어야 한다. 연속적으로 정보활동을 하고 축적하며 그의 정보 가치를 더욱 증대시킬 수 있다.
- 활용성이 있어야 한다. 아무리 좋은 정보라고 하더라도 의사결정을 하는데 도움을 주지 못한다면 정보로서의 가치가 없다.
- 신뢰성이 있어야 한다. 정보는 신뢰할수록 가치가 증대되는 것이다.

12) 출처 : 국립방재연구소, 선제적 대응을 위한 조기경보시스템(2010), 방재연구지 제12권 제1호.

❑ 재해 피해정보의 수집 및 전송기술

휴대폰 재난문자 방송, 자동우량 경보시스템, 재해에 대한 정보전달 시스템, 홍수 조기경보 시스템, CBS(Cell Broadcasting Service) 등 다양한 예·경보 시스템을 운영하고 있다. 이러한 시스템으로 라디오 재해 경보 방송시스템, 자동음성 통보시스템, 재해문자 전광판 등으로 공무원, 재해 취약지 주민, 행락객, 산간 계곡, 유원지, 야영객 등에게 신속하게 대응할 수 있도록 도와준다([표 4-11] 참조).

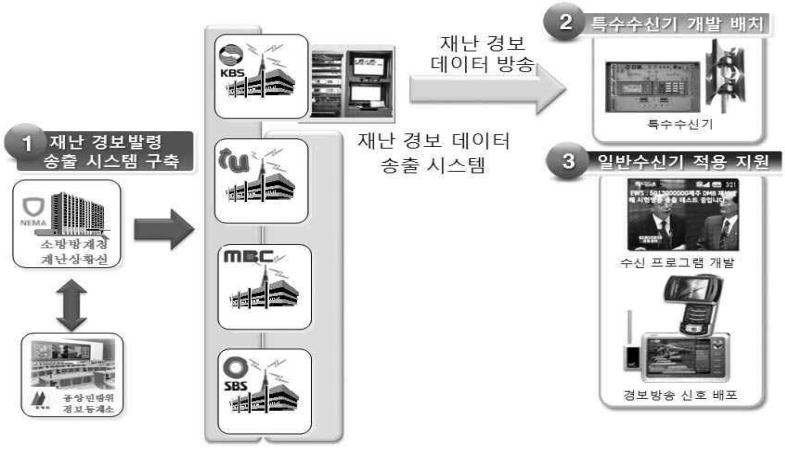
[표 4-11] 재해 피해정보 수집 및 전송기술 유형 및 특징

분야	적용기술	용도	종류 및 특징
재해 피해 정보 수집	인공위성	광역지역재해정보수집	재해 정보 수집은 물론 DEM을 통한 3D 입체영상지도 제작. 이를 이용해 피해지역 예측에도 활용. 발생시점의 영상획득 어려움
	비행선	재해현장 영상정보수집	고공에서 장시간 연속정점 촬영가능(저속 이동 및 정지) 바람에 의한 영향 적어 긴급 재난 시 유리
	헬기/무인 비행기	재해현장영상정보수집	재해규모, 상황 및 범위 등을 신속히 확인 가능. 기상에 영향 받음
	열기구	재해현장영상정보수집	고도별 풍향에 따라 방향을 조절함으로 기동성은 떨어지나 경제적임
	(전자파) 유속측정기	실시간(홍수)정보 수집	비접촉식 유속측정으로 기존방식보다 안전성 향상, 설치 및 조작 용이
	레이더 우량계	실시간 강우량 정량정보수집	반사 신호를 데이터처리장치에 해석시켜 정량적 강우량이나 강우 지역 분포를 제공. 강우분포, 이동방향, 속도 및 성쇠정보 제공
	기타 센서	실시간 재해정보 수집	레벨센서, 온도센서, 진동센서, 가스센서 등을 통해 실시간 정보수집이 가능하여 대형 재난 방지에 유리
재해 피해 정보 전송	유선전송	원격지 장비 연결을 통한 실시간 정보전송	전용선: 설치비용과다(대규모 부적합),정합성 및 안정성 보유 전화선: 이동성 저하. 공용회선으로 대량 측정정보 전송이 어려워 압축기술 필요. 노이즈 및 낙뢰 가능성 전력선: 다양한 전기부하 연결, 고속, 고품질 부적절 경제성 저하
	무선전송	원격지 장비 연결을 통한 실시간 정보전송	광전송 :신뢰성, 경제성 높으나 간섭에 영향받음.악천후에 약하고, 장애물이 없는 근거리에 적합. 전파전송:PCS 무선통신으로 원거리 이동중 계측정보 전송 가능 위성전송:지상설비가 거의 없어 재난시 강점.대용량 정보 전송

자료: 국립방재연구소, 선제적 대응을 위한 조기경보시스템(2010), 방재연구지 제12권 제1호.

❑ DMB를 활용한 재난 정보 전달 시스템

방송망은 도시와 산간 지역에 걸쳐 널리 분포하고 있어, 재난 정보를 전국적 또는 국지적으로 신속하게 실시간으로 전달할 수 있다(<그림 4-22> 참조). 미국, 일본 등에서는 일찍부터 방송망을 활용한 재난정보전달을 실시하고 있다. 우리나라도 아날로그 TV, FM 라디오 방송, 지상파 DMB(T-DMB)에 재난경보방송을 도입하였다(한국정보통신기술협회, 2003, 2005, 2009).



〈그림 4-22〉 재난경보방송 전달체계

자료: 국립방재연구소, 선제적 대응을 위한 조기경보시스템(2010), 방재연구지 제12권 제1호.

DMB는 다른 방송통신 미디어와 비교하여 재난경보 방송 미디어로 매우 우수한 특징을 가지고 있다. 예를 들어 DMB는 이동형, 휴대용 수신기를 사용하지만, 지상파 DTV는 이동수신이 불가능하고 예비전원을 갖추고 있지 않다. 따라서 지상파 DTV는 재난경보방송을 수신할 수 있는 영역이 매우 좁고 정전 시 동작이 불가능하다.

하지만 DMB 수신기는 이동형이기 때문에 달리는 지하철이나 자동차에서도 수신이 가능하여 수신 영역이 매우 넓다. 또한 휴대전원이 장착되어 있기 때문에 정전시에도 방송수신이 가능하다. 이러한 장점을 활용하기 위해 DMB를 사용한 재난경보방송 서비스에 대해 많은 관심이 있었다. 이러한 관심의 결과 T-DMB를 활용한 재난경보방송 서비스를 위해 방송 표준이 제정되었다.

2) 해양기상 분야 방재 기술

해양기상의 경우 해양기상 관측, 예측, 서비스로 분류된다. 해상에서 발생하는 각종 재해를 감지하고 관련 기관 및 사람들에게 전달함으로써, 재해에 대한 피해를 최소화 하기 위해 서비스된다.

❑ 관측지원선박을 활용한 해양기상 관측 시스템

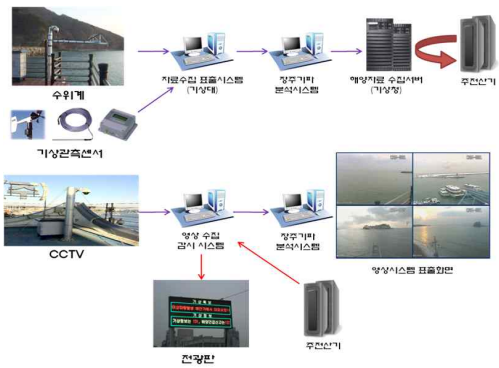
해양의 기상 관측은 선박을 이용한 관측방법과 연안 방재 관측시스템이 주로 사용된다. 현재 관측지원선박(VOS) 33척, 해경함정 1척, 국내외 여객선을 위탁하여 해양 기상 관측에 이용하고 있다. 앞으로 어업 지도선을 이용하는 방안을 계획하고 있다. 현재 해양기상을 감시하는 시스템은 <그림 4-23>과 같다.



〈그림 4-23〉 해양기상 관측 방법별 빈도

❑ 연안 방재 관측시스템

해양의 너울, 이상파랑에 의한 수난사고 방지를 위하여 실시간 해양기상을 감시하는 시스템이다(<그림 4-24> 참조). 수위계, CCTV, 기상관측센서를 활용하여 위험을 감지하고 자동으로 전광판 등에 위험성을 알리는 시스템이다.



〈그림 4-24〉 연안 방재 관측 시스템 구축 방안

❑ 항만기상정보전달 장비 및 시스템

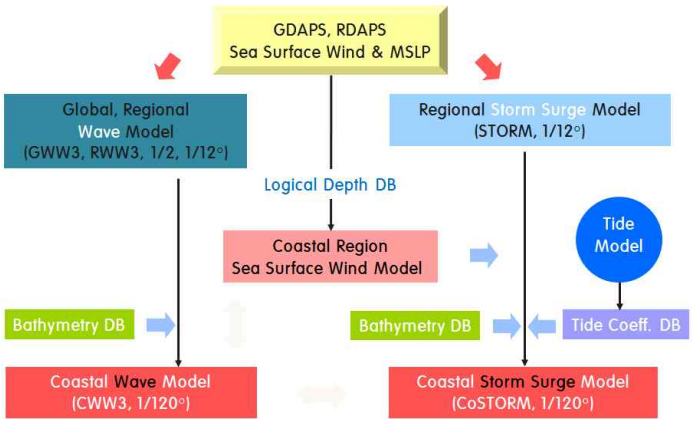
현재 기상청에서 개발한 한국형 항만기상서비스(KHOPE : Korea Harbor Observation Prediction and dissEmination)는 한국형 특성에 맞게 설계된 서비스로 각 종 해양관련 재해 피해를 효율적으로 최소화하고 있다. 주요 구성은 자동기상관측장비(AWS), 현천시정계, 해양영상감시시스템, 연안파고관측부이 등의 장비와 시스템이 있다(<그림 4-25> 참조).



〈그림 4-25〉 항만기상정보전달 장비 및 시스템

❑ 해양기상 예측 모델

사전에 해양에 대한 위험요소를 탐지하기 위해서는 관측된 자료를 분석하여 위험요소를 예측하는 프로그램이 필요하다. 현재 기상청에서 운영하고 있는 해양기상 예측 모델은 <그림 4-26>과 같다. 기존 예측 모델을 UM 기반 NWP 모델로 교체한 후 파랑예측에 있어 세계 5위권으로 발전하였다.



〈그림 4-26〉 우리나라 기상청 해양기상 예측 모델

❑ 해양기상정보전달 서비스 및 장비

해양의 재해를 관측하고 예측한 정보는 관련 부서, 기관, 관련 종사자들에게 빠르고 정확하게 전달되어야 한다. 현재 우리나라는 우리나라 실정에 맞는 해양맞춤형 해양기상 정보 서비스를 시행하고 있다.

대표적 방법으로는 ARS 서비스를 통한 해양기상정보 전달 방법, 해양기상방송(We-Fax)를 통한 방법, 수신기 없는 소형선박을 대상으로 전달하는 해양기상 음성방송, 선박간 음성통신을 활용한 정보 제공, 휴대폰 문자서비스를 활용한 방법 등이 있다(<그림 4-27> 참조).



〈그림 4-27〉 맞춤형 해양기상 정보전달 서비스 및 장비

3) 항공기상 분야 방재 기술

우리나라 기상청의 항공기상 분야는 2008년 국제민간항공기구(ICAO : International Civil Aviation Organization) 항공안전종합평가 결과(98.89%)가 세계 최고 수준으로 나왔다. 2012년부터 국토해양부와 공동으로 악기상 및 재해로 인한 사고를 대처하고 있다. 2011년에는 이란, 인도, 수단, 몽골 등의 해외 자문을 실시하였다.

❑ 항공기상 관측

활주로 주변 기상을 관측하여 관측자료를 수집·분배한다. 관측된 관련 항공기상 정보를 항공교통기관 등에 통보한다(<그림 4-28> 참조).

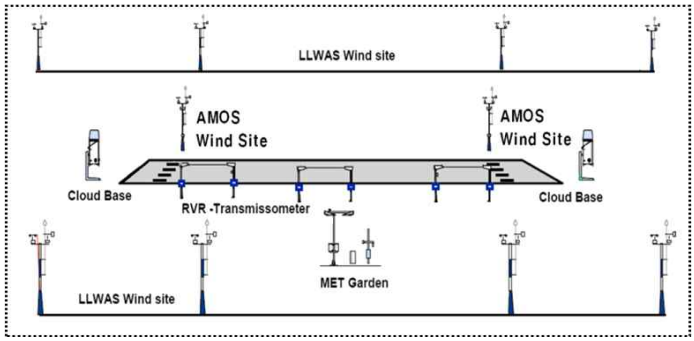
항공기상관측은 공항기상 관측장비(AMOS), 공항기상레이더(TDWR), 윈드프로파일러(Wind profiler), 저층윈드시어경보시스템(LLWAS), 항공고정통신망(AFTN)으로 운영된다. 공항기상관측장비는 풍향풍속계, 활주로 가시거리계(RVR : Runway Visual Range), 현천계, 운고계, 기온, 습도, 기압, 강수량계 등으로 이루어진다.

공항기상레이더는 호우 및 강설현상의 탐측은 물론 항공기 이,착륙시 위험한 기상현상인 저층윈드시어, 마이크로버스트, 돌풍전선을 탐지하여 표출한다. 이 정보는 항공로의 위험한 기상현상과 윈드시어 회피 등 안전한 항공기 운항을 위한 정보로 활용되고 있다.

윈드프로파일러는 구름이나 강수입자, 맑은 대기의 난류에 의해 반사된 전파신호를 수신하여 대기와 바람장의 연직구조를 관측하는 장비이다.

저층윈드시어경보시스템은 활주로를 중심으로 여러 개의 풍향 풍속계를 설치하여 실시간 바람의 변화를 관측하고 종합적으로 분석하여 저층의 윈드시어와 마이크로버스트를 탐지한다.

항공고정통신망은 항공고정통신국간 항공기 운항관련 정보를 제공하기 위해 전세계 항공 관련 기관에 연결된 네트워크이다.



〈그림 4-28〉 활주로 기상관측

❑ 항공기상 예보

항공기상 예보에는 위험기상정보(SIGMET), 저고도 위험기상정보(AIRMET)를 포함하는 공역예보(Area Forecast), 공항예보(Terminal Aerodrome Forecast : TAF), 착륙예보(Landing Forecast), 이륙예보(Forecast for Take-off)로 이루어진다.

중고도, 고고도 공역기상 감시로는 중고도, 고고도 위험기상정보(SIGMET)가 있고 저고도 공역기상 감시로는 저고도 위험기상정보(AIRMET)가 있다(<그림 4-29> 참조).



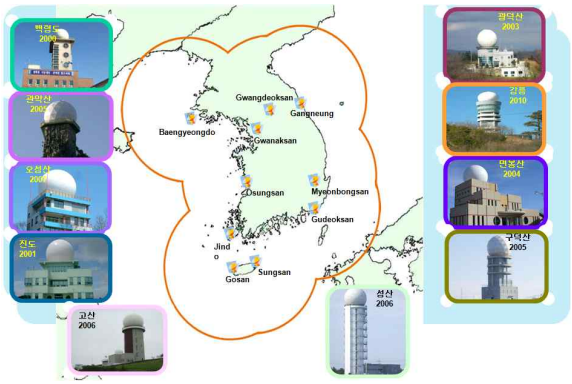
〈그림 4-29〉 공역기상 감시 체계도

4) 레이더 활용 분야 방재 기술

기상청이 보유하고 있는 10개의 기상레이더와 국토해양부의 강우레이더, 공군의 레이더를 통합 활용하여 실시간으로 강우실태를 파악하고 있다(<그림 4-30> 참조).

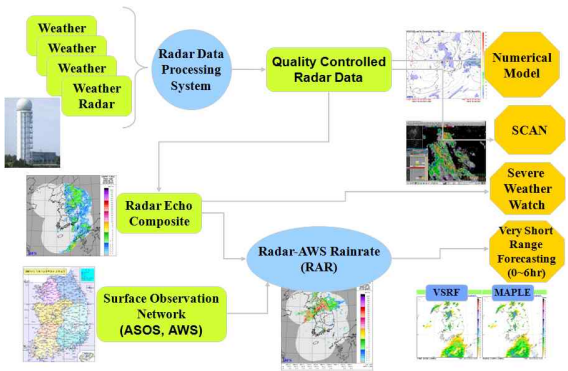
국토해양부의 강우레이더는 강우관측을 주목적으로 하는 레이더로서 비가 오는 지역에 전파를 단속적으로 발사하여 반사파를 수신함으로써 비의 강도를 감지하고 이를 토대로 지상의 우량계와 연계하여 면적 우량을 산출한다.

레이더는 여름철에는 강우를, 겨울철에는 강설량을 관측할 수 있으며, 100㎞ 이내의 구름아래 강우를 집중 관측한다. 강우레이더는 약 1㎢마다 우량관측소가 설치되어 있는 이상의 효과를 얻으며 산악지역같이 우량관측이 어려운 지역을 공간적으로 무리 없이 관측한다.



〈그림 4-30〉 우리나라 기상레이더 관측소 현황

기상 레이더 자료 처리기술에는 첫째 정량적 사용을 위한 품질관리기술, 둘째 레이더 강수량 예측기술, 셋째 레이더 합성영상 생성기술, 넷째 레이더 영상 분석 및 표출 프로그램 등이 있다. 기상레이더 자료 처리 흐름도는 <그림 4-31>과 같다.



〈그림 4-31〉 우리나라 기상레이더 자료처리 흐름도

❑ 레이더 정량적 사용을 위한 품질관리기술

레이더 활용에 있어 속도 펼침과 반사도는 관측자료 활용도에 매우 큰 영향을 미치는 변수이다. Radar Data QC(Quality Control)는 반사도에 대한 6개 항목과 속도 펼침에 대한 항목의 알고리즘을 개선하는 것이다. 우리나라는 Radar Data QC를 통해 레이더 자료의 효율성을 크게 향상시켰다.

❑ 우리나라 레이더 강수 예측 기술

우리나라 레이더 강수 예측 기술에는 VSRF(Very Short Range Forecast of Precipitation), MAPLE(McGill Algorithm for Precipitation Nowcasting by Lagrangian Extrapolation), KONOS(KOrea NOwcasting System) 등 3가지가 있다([표 4-12] 및 [표 4-13] 참조).

레이더를 활용한 강수 예측 기술은 현재 및 과거의 관측된 레이더 반사도 이미지 자료를 이용한 최적의 이동벡터 산출을 통해 향후 강수 에코의 이동을 예측한다.

[표 4-12] 우리나라 레이더 강수 예측 기술 특성

기술명	강우	경보	이류(외삽법)	확률	에코 생성
VSRF	○	×	× (단순상관)	×	×
MAPLE	○	×	○ (세미-라그랑지안)	○	×
KONOS	○	×	○ (세미-라그랑지안)	○	×

[표 4-13] 우리나라 레이더 강수 예측 기술 개발 내역

시스템 구분	레이더 입력자료	활용자료	추정기법	개발현황			
				예측	자료주기	공간분해능	개발부서
VSRF	RAR	11개 사이트 CAPPI 합성장	1km 격자 강수자료 이동벡터 산출기법	6시간	1시간	5km	국립기상연구소 (지구환경시스템 연구과)
				6시간	1시간	1km	
				1시간	10분	1km	
MAPLE	반사도	11개 사이트 CAPPI, CMAX, BASE, PPI 합성장	2차원 격자형 합성장 이용 변분에코 추적 기법	6시간	10분	1km	국립기상연구소 (예보연구과)
KONOS	RAR	11개 사이트 CAPPI, CMAX, 합성장		6시간	10분	1km	

❑ 레이더 합성영상 생성기술

여러 사이트에서 나온 자료를 합성하는 기술로 최대값 합성, 최소값 합성, 평균값 합성 등이 있다. 다양한 기종의 레이더 운영시스템 환경을 단일화하여 기상레이더 자료 활용의 최적화를 목적으로 한다. 기상청 10개 레이더 사이트의 자료 생성 및 표출을 지원한다. 그리고 레이더 합성자료의 영상 표출을 실행한다. 활용도를 높이기 위해 백맵, 확대/축소, 동영상, 연직단면, 고도 선택 등 다양한 기능을 적용할 수 있게 만들었다.

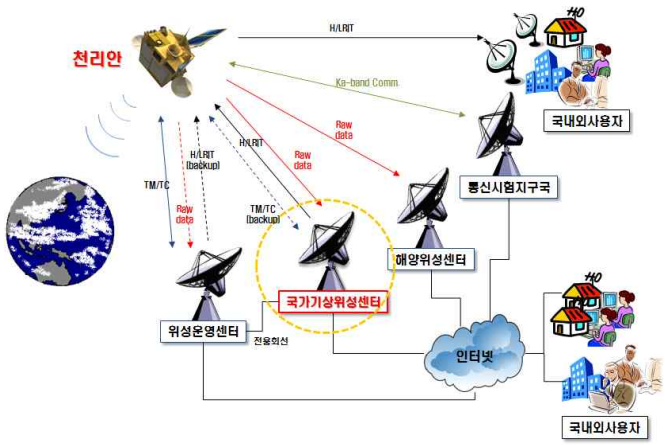
5) 천리안 위성 활용 분야 방재 기술

천리안 위성 발사로 우리나라는 세계 7번째 기상위성 보유국으로 도약하였다. 아·태지역에 분배되는 천리안 기상위성자료는 기후변화 및 위험기상 연속 모니터링으로 기후변화 대응 분야에서 주요 역할을 담당한다.

기후변화의 직접적 영향권에 있는 아·태지역 국가들이 천리안 기상위성자료를 적극 활용하여 기후변화로 야기되는 피해에 대응할 수 있도록 지원·육성하는 것이 필요하다. 천리안 기상위성의 주요 기능은 [표 4-14] 및 <그림 4-32>와 같다.

[표 4-14] 우리나라 천리안 기상위성의 주요 기능

관측채널	파장영역(μm)	공간해상도(km)	활용분야
가시(VIS)	0.55-0.80	1	구름(주간), 황사, 산불, 연무
단파적외(SWIR)	3.50-4.0	4	야간안개, 하층운, 산불, 지면온도
수증기(WV)	6.5-7.0	4	중상층 수증기량, 상층대기 운동벡터
적외1(IR1)	10.3-11.3	4	구름(주,야간), 해수면온도, 황사
적외2(IR2)	11.5-12.5	4	구름(주,야간), 해수면온도, 황사

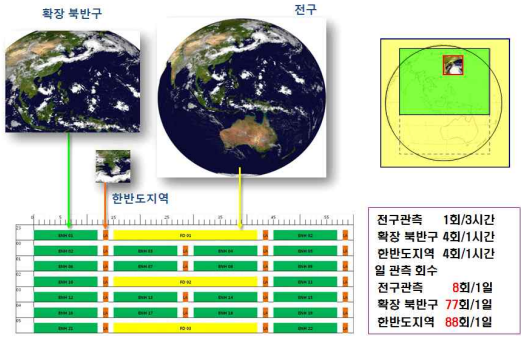


〈그림 4-32〉 천리안 기상위성 운영 체계도

천리안 위성의 활용범위는 아.태지역의 30여 개국, 22억 명에 이른다. 천리안 기상위성의 주요 관측 능력은 전 지구를 3시간 간격으로 1번씩 관측하고 한반도는 1시간에 4회를 관측한다 (<그림 4-33> 및 <그림 4-34> 참조).



〈그림 4-33〉 천리안 기상위성 서비스 가능 국가

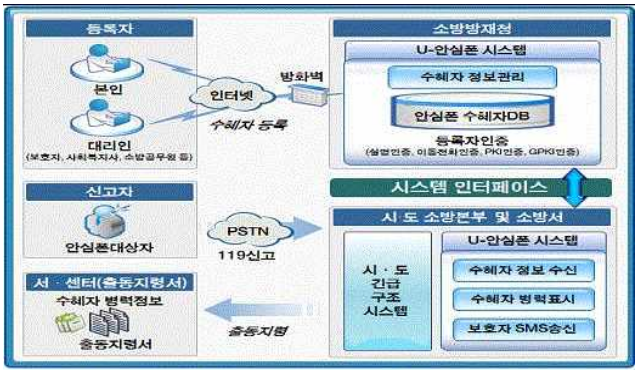


〈그림 4-34〉 천리안 기상위성 영역별 관측 빈도

6) u-시스템 분야 방재 기술

우리나라는 1990년대 중반 이후 정보화를 위해 많은 노력을 기울여 왔다. 이러한 노력에 힘입어 세계에서 가장 앞선 정보통신 인프라를 확보하였다. 이러한 인프라의 강점을 바탕으로 유비쿼터스 환경을 적극적으로 구축하여 유비쿼터스 IT를 선도하는 국가를 지향하고 있다. 그리고 세계 최초의 u-City 사업이 국가적 차원에서 추진되고 있다.

방재분야는 평상시의 안전관리나 재해 시 상황관리에 있어 중앙과 지방, 재난관리 책임기관, 지역 간의 연계 및 표준적인 대응이 중요하다. 사업별로 운영시스템이 상이하게 될 경우, 통합서비스 제공에 문제가 발생할 수도 있다. 그러므로 u-방재 City사업의 방재서비스 부문, 기존도시의 u-방재사업, 지구단위의 각종 개발사업 등의 추진 시 방재 부문에 대한 표준화가 추진되어야 한다. u-방재 City계획은 이러한 표준화 기반 조성에 기여할 것으로 기대된다(<그림 4-35> 참조).



〈그림 4-35〉 우리나라 소방방재청 유비쿼터스 기반기술

❑ 서울시 종합방재센터

서울특별시 종합방재센터는 종합적인 도시 안전망을 구축하기 위해 기존의 재난 종합상황실을 2001년부터 서울종합방재센터로 이관하였다. 그리고 상황실을 연계한 상황관리 시스템을 구축하여 다양한 방재활동에 필요한 각종 정보를 신속 정확하게 수집, 분석, 지원을 할 수 있도록 종합방재센터, 서울특별시 건설국 치수과, 수도방위사령부, 한국전력공사 등의 유관기관과의 인터페이스를 구축하였다. 재해·재난의 발생 시 효과적인 명령 및 지원체계 구축을 목표로 하고 있는 것이다.

부산은 지자체중 가장 적극적으로 u-방재 도시모델을 추진하고 있다. 부산은 부산발전 2020 비전 전략과 연계하여 다변화하는 환경에 대해 효율적으로 대처하기 위하여 u-City 인프라를 최대한 활용하여 시민들에게 안전복지를 구현하고 있다. GIS기반의 방재시스템 구축을 통한 대피지도 작성 및 재난 대피계획 지원 체계를 구축하고, 재난관련 정보의 통합관리를 구현하고 있다. 이로써 유관기관 및 지자체간의 정보를 공유하여 재난관리계획의 수립을 지원하는 체계를 구축하고 있다(<그림 4-36> 참조).

현재 개발된 연계모듈을 통하여 NDMS, 범정부 재난관리 DB, 시·군·구 재난 DB와의 지리정보 데이터를 동적으로 공유시켜준다. 긴급구조시스템과도 GML을 통해 상호 자료를 공유할 수 있도록 시스템이 구성되어 있다. 현재 시·도 긴급구조 표준화 시스템 2차 사업을 통해 GIS 기능의 고도화를 추진 중에 있다(<그림 4-37> 참조).



〈그림 4-36〉 부산 u-도시방재시스템 구성도



〈그림 4-37〉 소방방재청 시·군·구 재난대응시스템 구축사업

다. 방재 역량 강화를 위한 교육 및 훈련 프로그램 분야

❑ 재해 대비 가상훈련 시스템

현재 우리나라 각 부처에서는 재해에 신속하게 대응하기 위한 대책을 마련하였다. 이런 대책은 재해 시 신속한 대응과 복구를 진행하는데 많은 도움이 된다. 각 부처별 가상훈련 내용은 [표 4-15]와 같다.

[표 4-15] 우리나라 부처별 가상훈련 내용

부처	훈련 내용
소방방재청	풍수해, 설해, 가뭄, 지진, 해일, 폭발, 대형화재, 건축물 등 시설물 관련 재난대책
국토해양부	항공, 철도, 도로재난대책
농림수산식품부	해상재난대책, 산불방지, 수리시설 및 방조제재난대책
교육과학기술부	방사능방재대책, 통신재난대책
지식경제부	전기, 유류, 가스재난대책
환경부	독극물, 환경오염 사고대책
행정안전부	국가기반체계보호대책
노동부	산업재난대책
보건복지부	생물테러안전대책
문화관광부	문화재안전대책

라. 기타 주요 방재 기술

❑ 지능형 CCTV 적용 방재 기술

재난관리에 쓰이는 지능형 CCTV의 개발로 사전경고 및 대응 기술이 발전하였다. 일반적으로 CCTV모니터링에서 온전한 의사결정을 내리기까지 응시시간이 20분 이상 초과하게 되면 집중도나 업무상 효율성이 떨어진다고 한다. 다시 말해 재난관리를 위해 설치된 CCTV를 24시간 동안 모니터를 보며 상황대기를 하기란 본래부터 무리가 있다는 말이다.

2009년 임진강 상류 북한지역에 위치한 황강댐에서 일시에 4,000만 톤을 무단 방류함에 따라 임진교 부근에서 야영과 낚시 중이던 사람들이 갑자기 불어난 물로 인해 사망한 사고가 발생했다. 이 임진강 사태는 1차적인 책임으로 북한의 무단방류가 있었겠지만 현실을 일깨워주는 좋은 본보기라고 할 수 있다.

지능형 CCTV는 이상 징후 감지 및 사전 사고예방, 사고 자동판단 및 즉각 조치의 기능이 강화된 감시시스템을 의미한다. CCTV카메라가 스스로 재난을 감지하고 관리자가 자리를 비우더라도 센서가 재난을 감지하여 즉각적으로 알려주는 인공지능을 말한다(<그림 4-38> 참조).

예를 들면 눈이 올 경우 도로지역에 쌓인 적설량을 배경 영상과 적설 영상의 밝기와 선명도, 비율 등을 측정하여 적설 상태를 감지한다. 또한 CCTV카메라가 비추고 있는 구역에 내리는 눈의 밀도 그리고 지속시간을 기준으로 감지한다.

지금 현재 5,400여대의 CCTV를 표준화하고 연계하여 상호 공동 활용할 수 있는 체계를 구축한 것으로, 16개 시·도 및 136개 시·군·구의 하천, 수위, 위험지역 감시용 등 3,200여대와 23개 유관기관의 산불, 기상, 문화재, 도로 감시용등 2,200여대를 통합하여 실시간 모니터링을 할 수 있게 되었다(<그림 4-39> 참조).

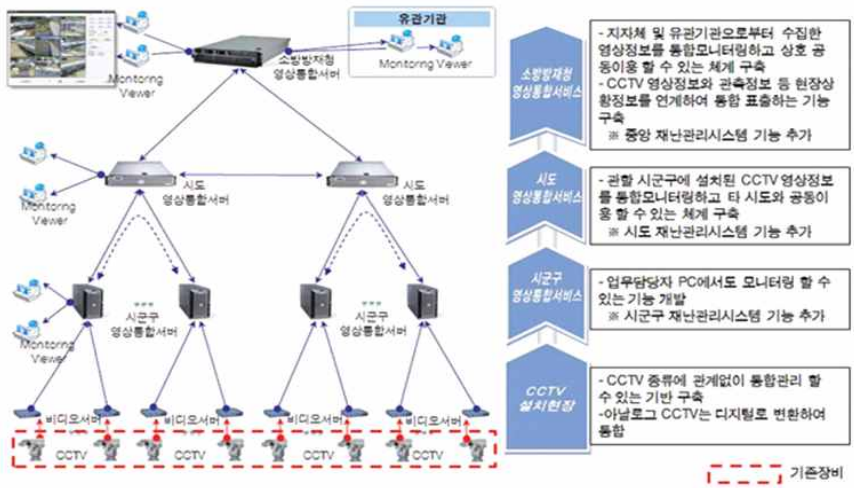
이러한 시스템을 가지고 있음에도 불구하고 풍수해 발생은 생기기 마련이고, 피해조사의 범위는 국부적 혹은 국지적인 피해현장의 조사 위주였다. 그래서 개발이 된 것이 피해조사자동화기술개발이다. 이 개발의 목적은 재해현장 영상정보 촬영시스템의 표준화와 공공 시설물의 국지피해지역으로부터 보다 정확한 재해정보를 취득하여 객관적이고 신뢰성 높은 재해정보와 피해액 산정을 하고자 하는 것이다.

피해 조사의 결과를 데이터베이스화 하여 피해정보의 유지관리가 용이하도록 하며 향후 복구계획에 환류토록 하고 있다. 방재인력을 통한 피해조사를 자동화하여 객관적이면서도 신속하고 효율적인 선진화된 피해복구체계를 이룩하는데 앞장서고자 개발이 되었다.



〈그림 4-38〉 CCTV 자동위험인식 시스템 처리과정

자료: 인터넷 http://cafe.naver.com/cctvstory/684.

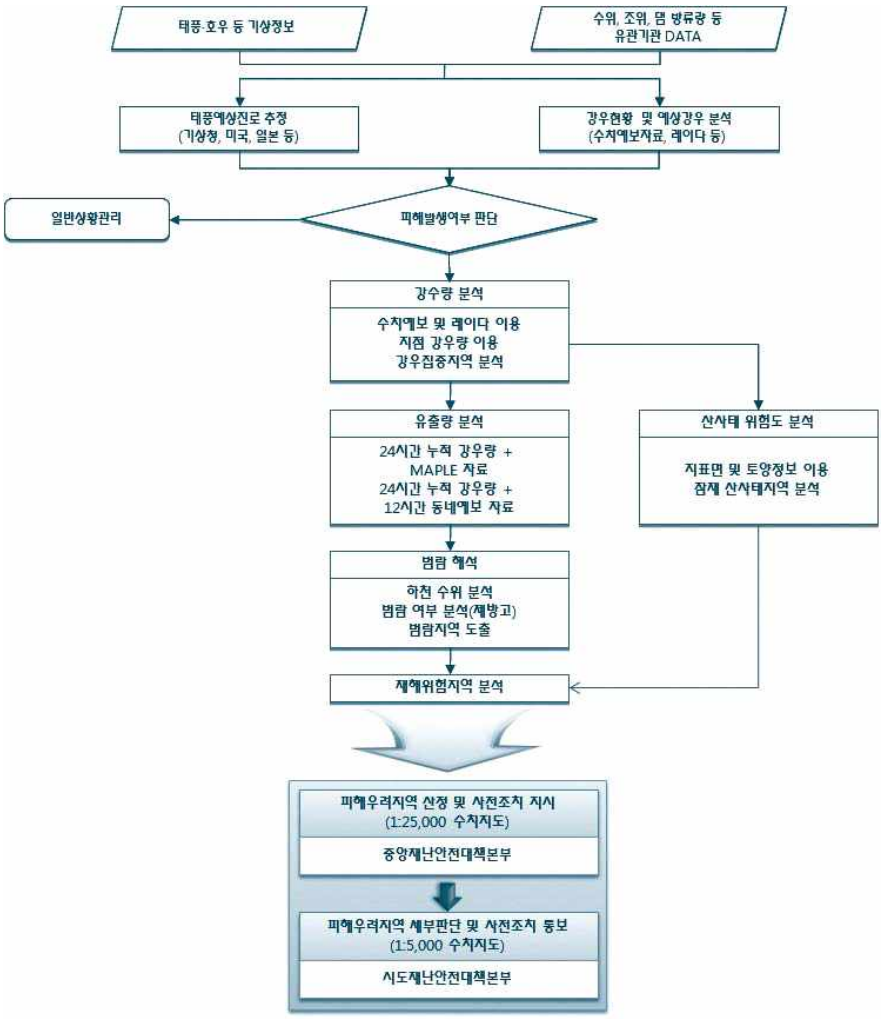


〈그림 4-39〉 CCTV 통합·연계시스템

자료: 인터넷 http://cafe.naver.com/cctvstory/684.

❑ GIS 기반의 풍수해 상황분석·판단시스템

풍수해 상황분석 및 판단시스템은 태풍 진로 예측 및 태풍으로 인한 피해우려지역, 예상되는 피해액 등을 분석한다(<그림 4-40> 참조). 또한, 강우집중지역을 분석하고 집중형 수문모형을 이용하여 주요 하천의 홍수량을 계산하고 이를 홍수고로 변환, 하천범람을 모의하는 재해 상황 분석시스템을 운영하고 있다.



〈그림 4-40〉 풍수해 상황분석·판단시스템 흐름도

자료: 국립방재연구소, 선제적 대응을 위한 조기경보시스템(2010), 방재연구지 제12권 제1호.

3. 국내 방재 기술 평가

국내 방재 기술 평가는 재해유형별 방재 기술 평가, 관련 분야별 방재 기술 평가, 방재 역량 강화를 위한 교육 및 훈련 프로그램, 기타 주요 방재 기술로 나누어 실시하였다.

특히 분야별 방재 기술평가에서 국가 기상기술력 평가를 위한 선행연구들을 고찰하였다. 주로 기상청에서 기상기술력을 평가하기 위해 연구한 결과를 정리하였다.

❑ 재해유형별 방재 기술 평가

우리나라 방재 기술은 홍수, 태풍, 산사태, 가뭄, 해수면 상승, 지진 등의 재해유형별로 나눌 수 있다. 우리나라는 홍수, 태풍에 의한 재해가 많이 발생됨에 따라 이에 대한 방재 기술이 발달하였다. 최근에는 기후변화로 인한 집중호우로 산사태 발생이 늘어남에 따라 이에 대한 방재 기술이 개발되고 있다.

홍수로 인한 재해 대응 기술은 우리나라가 경쟁력이 있다고 평가된다. 홍수 예.경보시스템, 해양안전종합정보시스템, 돌발홍수 예.경보시스템 등은 선진국 못지않게 발전되어 동아시아 개도국에 수출할 수 있는 기술이다. 특히 우리나라에서 운영하고 있는 홍수통제소 조직 및 운영시스템은 홍수가 빈번한 동아시아 개도국에 적용할 수 있는 사업이다. 그리고 돌발홍수가 빈번한 동아시아 개도국에 대해서는 돌발홍수 예.경보시스템을 이전하여 설치하는 것이 바람직하다.

태풍에 대비한 방재기술인 국가재난관리시스템과 태풍위원회 재해정보시스템은 재해를 관리하고 피해를 저감시키기 위한 기술이다. 이러한 기술은 우리나라가 동아시아 개도국에 지원해 줄 수 있는 것으로 평가된다. 특히 태풍위원회의 재해정보시스템은 회원국들에게 이미 보급되고 있는 기술이다.

산사태로 인한 재해를 예방하기 위한 기술로는 산사태 위험지 관리 시스템이 있다. 최근에는 GIS 기반 급경사지 붕괴판단 시스템도 개발되어 시범적용하고 있다. 이러한 기술들은 개도국의 실정에 맞게 수정하면 바로 적용할 수 있다고 판단된다.

가뭄관련 방재기술로는 다양한 접근에 따라 여러 가지가 있다. 동아시아 개도국이 대부분 농업국가인 점을 감안하면 우리나라가 개발한 농업용수 종합정보시스템을 지원하는 것이 쉽게 할 수 있는 방안이다. 가뭄을 극복하기 위해서는 수자원 개발의 측면에서 접근할 수 있다. 우리나라는 댐, 저수지, 보 등의 물 저장 기술에 대한 경쟁력을 확보하고 있다. 또한 홍수와 가뭄을 같이 관리할 수 있는 국가수자원관리종합시스템에 대해서도 경쟁력을 가지고 있다.

해수면 상승에 대비한 방안으로는 연안침식 방지공법이 있다. 연안침식 방지공법에는 강성공업과 연성공법이 있는데 대부분 토목구조물을 만드는 기술이다. 동아시아 개도국에 지원할 수 있는 기술은 설계 부문에 있다고 본다.

❑ 관련분야별 방재 기술 평가

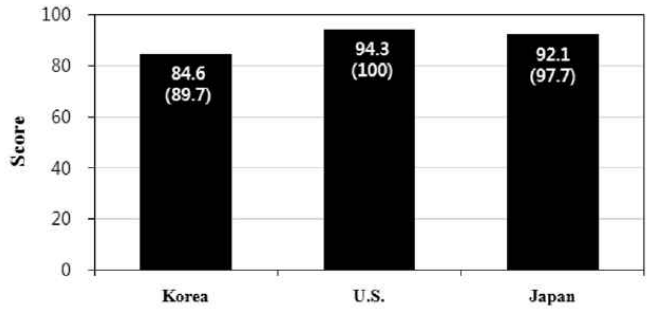
관련분야별 국내 방재 기술에는 정보통신분야, 해양기상분야, 항공기상분야, 레이더활용분야, 천리안 위성활용분야, u-시스템분야 방재기술로 나눌 수가 있다. 해양기상분야, 항공기상분야, 레이더활용분야, 천리안 위성활용분야는 다음에 나오는 국가 기상기술력 평가와 기상장비 수준 평가에서 다루기도 한다.

우리나라 정보통신분야 방재 기술은 우리나라가 경쟁력이 있는 것으로 평가된다. 재해 피해정보의 수집 및 전송기술은 물론 최근에 개발된 DMB를 활용한 재난 정보 전달시스템은 동아시아 개도국에 적용할 수 있는 기술이다. u-시스템분야 방재 기술에는 우리나라 소방방재청이나 도시 정부가 유비쿼터스 기반 방재시스템을 개발하여 운영하고 있다. 이 기술도 상당한 경쟁력을 가지고 있다고 평가된다.

❑ 국가 기상기술력 평가

기상청(2011), 『국가 기상기술력 수준 평가 보고서』에 따르면 한국·미국·일본에 대한 기상기술력 평가 결과 우리나라는 절대 기술력 달성도에서 84.6점을 받았고 미국은 94.3점, 일본은 92.1점으로 평가되었다(<그림 4-41> 참조).

미국·일본에 대한 상대적 기상기술 도달 수준은 미국의 89.7%, 일본의 91.9% 수준이다. 분야별로 보면 기후 분야에 대한 절대 기술력에서 우리나라는 77.6점을 받아 4개 분야 중 가장 낮은 기술력을 보유하고 있다. 또한 미국(96.5점)과 일본(90.5점)에 비교했을 때도 18.9점과 12.9점이 낮아 가장 큰 기술격차를 나타내는 분야로도 평가되고 있다([표 4-16] 참조).



〈그림 4-41〉 국가 기상기술력 평가 결과

우리나라의 기상기술력 수준은 천리안 위성 발사, 슈퍼컴 3호기 도입, 영국 통합수치 예보모델 도입·운영 등으로 절대적으로 성장하였다. 상대적으로 취약한 기후예측, 원격관측망, 관측자료 품질, 수치 자료동화, 수치예보모델 부문에 대한 투자와 관심이 필요하다.

[표 4-16] 분야 및 부문별 기술력 평가 결과

분야	한국	미국	일본	부문	한국	미국	일본
관측분야	81.5	92.6	90.0	기본관측망	91.9	91.3	92.9
				원격관측망	79.5	98.9	95.0
				관측자료 품질	72.3	87.5	81.7
자료처리분야	86.1	94.5	91.2	자료동화	86.3	98.9	95.6
				수치 모델 수준	82.9	94.4	92.9
				슈퍼컴 성능	91.3	89.2	82.8
예보분야	90.0	94.3	95.3	예보 정확도	90.3	94.2	95.3
기후분야	77.6	96.5	90.5	기후 예측	82.8	94.3	91.7
				기후 변화	72.0	98.9	89.2

주: 과학기술정책연구원('00)과 한국과학기술기획평가원('06)이 수행한 평가기법을 적용하고 전문가 112명이 참여한 설문 평가를 모두 반영(국립기상연구소, '11).

기상청의 『기상기술로드맵』 보고서(2007)에 따르면 선진국 대비 우리기술 수준은 자연재해 저감기술, 기후예측기술, 선진인프라구축기술이 선진국 기술의 55-65% 수준으로 다른 기술에 비해 상대적으로 높았고, 지구시스템 모델링기술, 기후변화 적응기술, 기상조절기술이 선진국 기술 대비 35% 미만으로 낮았다.

기술개발에 투자하면 당장 선진국 수준을 달성할 수 있는 기술은 초단기 악천후실황 예보기술, 기후예측기술, 산업/생활기상 정보생산/활용기술 등이 있다. 10년 동안 투자해도 선진국 수준에 도달할 수 없는 기술은 기상영향 평가기술, 기상장비 산업기술, 자료처리 자동화기술, 우주/군사기술, 기상조절기술 등이 있다. 대부분의 기술들은 5-10년간의 지속적인 투자가 필요하다.

기술개발의 우선순위를 각 기술영역에서 분석, 정리하면 다음과 같다.

- 자연재해 저감기술 분야에서는 중기예측, 초단기 악천후실황 예보기술, 악기상 감시/예측시스템기술 순으로 나타났다.
- 기후예측/변화 적응기술 분야에서는 기후예측기술, 지구시스템 모델링기술, 기후변화 적응기술 순으로 나타났다.
- 기상산업기술 분야에서는 산업/생활 기상정보 생산/활용기술, 기상영향 평가기술, 기상장비 산업기술 순으로 나타났다.
- 선진기반기술 분야에서는 선진인프라 구축기술, 원격탐사기술, 자료처리자동화기술, 우주/군사기술, 기상조절기술 순으로 나타났다.

❑ 기상장비 수준 평가

기상청의 기상장비 국산화율 조사연구(2011)에 따르면 국내 기상장비 시장 규모는 2009년 기준으로 363.1억 원 정도이다. 세계 시장규모는 2014년에 7~8조 원 정도로 추정하고 있다.

기상장비의 국산화율 평균은 29.1% 정도이다. 방재기상 관측장비, 종관기상 관측장비, 농업기상 관측장비, 레윈존데, 해양 기상부이, 선박기상 관측장비 등을 제외하면 국산화율이 50% 이하 수준이다.

특히 운고·운량계, 시정·현천계, 연직바람 관측장비, 라디오미터, 파랑계, 지진계, 기상레이더 등은 국산화가 낮은 실정이다. 선도기술 보유국 대비 국내 기술수준은 평균 71.7% 정도이며 기술격차는 4.3년이 나는 것으로 분석되었다([표 4-17] 참조).

[표 4-17] 기상장비 국산화율 및 기술수준 종합

대분류	장비(중분류)	구성품(소분류)	국산화율	선도기술 보유국	선도기술 보유기업	기술선진국(미,일,유럽) 대비 국내		비고
						기술수준	기술격차	
지상 기상 관측	방재기상 관측장비 (AWS)	풍향계 풍속계 온도계 습도계 강수량계 강수유무계 기압계 자료처리기 소프트웨어 차광통 비상전원공급장치 기상실황판	84.9%	핀란드	▪ 바이살라(핀) ▪ NEI(일)	81.7%	3.0년	※지상기상관측지침에 따른 구성품 분류 ※응답률 : 66.7%
	종관기상 관측장비 (ASOS)	풍향계 풍속계 온도계 습도계 강수량계 강수유무계 기압계 일사계 일조계 초상온도계 지면온도계 지중온도계 철관지중온도계 자료처리기 소프트웨어 차광통 비상전원공급장치 기상실황판	55.8%	핀란드	▪ 바이살라(핀) ▪ NEI(일)	75.8%	4.2년	※지상기상관측지침에 따른 구성품 분류 ※응답률 : 60.0%
	농업기상 관측장비 (AAOS)	풍속계 온도계 습도계 조도계 순복사계 지면온도계 지중온도계 철관지중온도계 토양수분측정장치 자료처리기 소프트웨어 차광통 비상전원공급장치	59.5%	미국	▪ 캠벨(미) ▪ 바이살라(핀)	80.5%	3.0년	※농업기상관측지침에 따른 구성품 분류 ※응답률 : 53.3%
	초음파식 적설계	초음파송수신부 차광통 온도계 자료처리기 소프트웨어	44.0%	일본	▪ 바이살라(핀) ▪ KAIJO(일본) ▪ 오가사와라측기	77.8%	4.0년	※지상기상관측지침에 따른 구성품 분류 ※레이저식, 광학식 등 개발 중 ※응답률 : 60.0%
	운고·운량계	레이저빔송수신부 자료관리컴퓨터	0.0%	핀란드	▪ 바이살라(핀) ▪ JENOPTIK(독)	77.0 %	3.2년	※응답률 : 80.0%

<표 계속>

대분류	장비(중분류)	구성품(소분류)	국산화율	선도기술 보유국	선도기술 보유기업	기술선진국(미,일,유럽) 대비 국내		비고
						기술수준	기술격차	
고층 기상 관측	시정·현천계	적외선송수신부 소프트웨어 현천관측요소(9개) 습도계	0.0%	핀란드	▪ 바이살라(핀) ▪ BIRAL(영)	75.3%	3.3년	※응답률: 71.4%
	지하수위계	압력센서 자료처리기	89.5%	호주	▪ UNIDATA	-	-	※응답률 : 60.0%
	증발계	소형/대형증발계	100.0%	–	▪ –	-	-	※수동식 증발계 기준이며, 자동식은 대구기象臺에서 개발 중 ※응답률 : 50.0%
	부유분진 측정기 (PM10)	공기 흡입관 처리장치(측정기) 소프트웨어 소모성 부품	12.8%	미국	▪ ThermoScientific (미) ▪ MOI(미)	80.3%	3.3년	※응답률 : 70.0%
	라이다 (LIDAR)	송신부 수신부 신호·자료처리부	20.0%	미국	▪ LEOSPHERE(프) ▪ 바이살라(핀)	77.0%	4.3년	※응답률 : 80.0%
	레윈존데	안테나 지상수신장치 지상점검장치 자료분석장치 기구 낙하산 열레 헬륨가스 GPS라디오존데	69.6%	핀란드	▪ 바이살라(핀) ▪ GRAW(독) ▪ MEISEI(일)	75.8%	4.3년	※고층기상관측지침에 의한 구성품 분류 ※(주)진양공업에서 개발된 제품을 기상청 및 군에서 활용 중 ※응답률 : 64.3%
	자동 레윈존데	안테나 제어컴퓨터 합체/공기압축기 노즐제어/누출장치 기구비양장치 기구 낙하산 열레 헬륨가스 GPS라디오존데	19.3%	핀란드	▪ 바이살라(핀) ▪ MEISEI(일)	50.0%	4.7년	※고층기상관측지침 의한 구성품 분류 ※응답률 : 50.0%
	연직바람 관측장비	송수신안테나 전파송수신부 자료처리부 운영감시시스템	0.0%	핀란드	▪ 바이살라(핀) ▪ DEGREANE(프)	65.0%	5.0년	※고층기상관측지침 의한 구성품 분류 ※응답률 : 50.0%
	라디오미터	마이크로파수신부 자료처리부 자료관리표출부	0.0%	독일	▪ RPG(독) ▪ RadioMetrics(미)	58.5%	4.3년	※응답률 : 41.7%
해양 기상 관측	등표기상 관측장비 (AOOS)	풍향풍속계 온도계 습도계 기압계 파고계 자료처리기 소프트웨어 차광통 태양전지판 비상전원공급장치	42.0%	미국	▪ AADI(노)	75.0%	3.8년	※해양기상관측지침 의한 구성품 분류 ※응답률 : 60.0%
	선박기상 관측장비	풍향풍속계 온도계 습도계 파고계 수온계 자료처리기 소프트웨어 차광통 비상전원공급장치	75.4%	미국	▪ R.M.young(미) ▪ NEI(일)	80.0%	3.3년	※응답률 : 80.0%

<표 계속>

대분류	장비(중분류)	구성품(소분류)	국산화율	선도기술 보유국	선도기술 보유기업	기술선진국(미,일,유럽) 대비 국내		비고
						기술수준	기술격차	
	해양 기상부이 (BUOY)	구조물 풍향풍속계 온도계 습도계 차광통 기압계 파고계 수온계 전자컴퍼스 GPS 침수감지센서 개폐감지센서 경광등 레이더반사증폭기 레이더반사경 태양전지판 주통신장비 무선모뎀 전원공급장치 자료처리기 계류장치 소프트웨어	50.9%	미국	▪ HARRS(미)	76.7%	3.7년	※해양기상관측지침 의한 구성품 분류 ※응답률 : 75.0%
	파고부이	구조물 파고계 수온계 GPS 침수감지센서 주통신장비 무선모뎀 전원공급장치 자료처리기 계류장치 자료관리컴퓨터	32.5%	미국	▪ AADI(노)	71.7 %	5.0년	※응답률 : 75.0%
	ARGO 플로트	수감부 주통신장비 자료처리기	6.7%	미국	▪ WEBB(미)	72.3 %	3.7년	※응답률 : 60.0%
	수위계 (연안방재)	마이크로파송수신부 자료처리기 자료관리컴퓨터	20.0%	미국	▪ NEI(일)	81.3 %	2.7년	※응답률 : 75.0%
	파랑계	마이크로파송수신부 자료처리기 자료관리컴퓨터	0.0%	미국	▪ NEI(일) ▪ MIROS(노)	74.8 %	3.8년	※응답률 : 60.0%
항공 기상 관측	공항기상 관측장비 (AMOS)	풍향계 풍속계 온도계 습도계 강수량계 기압계 시정계 현천계 활주로가시거리계 운고계 배경휘도계 자료처리기 주처리장치컴퓨터 차광통 비상전원공급장치	26.7 %	핀란드	▪ 바이살라(핀) ▪ MTECH(호주)	70.5%	4.0년	※항공기상업무지침 및 항공기상장비 운영기술노트에 의한 구성품 분류 ※응답률 : 57.1%
	저층바람시어경보장비 (LLWAS)	풍향풍속계 무선통신장치 자료처리기 주처리장치컴퓨터	24.1%	핀란드	▪ 바이살라(핀) ▪ SELEX(독)	66.7%	3.0년	※항공기상업무지침 의한 구성품 분류 ※응답률 : 50.0%

<표 계속>

대분류	장비(중분류)	구성품(소분류)	국산화율	선도기술 보유국	선도기술 보유기업	기술선진국(미,일,유럽) 대비 국내		비고
						기술수준	기술격차	
지진 관측	지진계	지진자료획득장비	0.0%	미국	▪ KENEMETRICS (미) ▪ KENKEI(일)	71.3%	7.8년	※응답률 : 62.5%
		광대역지진계						
		가속도계						
		시추공						
	해저지진계	지진계	0.0%	미국	▪ BRTT(미) ▪ GURALP(미)	72.0%	4.0년	※응답률 : 37.7%
		파고계						
		지진자료획득장비						
		자세제어장치						
원격 탐사	기상위성 수신장치	안테나	70.0%	미국	▪ GMV(스페인) ▪ HARRIS(미)	73.7%	5.5년	※응답률 : 70.0%
		피드LMB						
		수신기						
		수신소프트웨어						
	기상레이더	송신기	0.0%	미국	▪ EEC(미) ▪ JRC(일) ▪ 미쯔비시(일)	65.0%	5.0년	※응답률 : 75.0%
		수신기						
		레이더신호처리장치						
		자료분석표출부						
		안테나						
	낙뢰 관측장비	낙뢰센서	0.0%	핀란드	▪ 바이살라(핀) ▪ GAI(미)	63.8%	4.5년	※응답률 : 60.0%
		소프트웨어						
연구	스카이 라디오미터	수감부	0.0%	미국	▪ LEOSPHERE ▪ RadioMetrics ▪ RPG(독)	63.3%	5.0년	※응답률 : 60.0%
		트랙커						
		소프트웨어						
	광학디스 트로미터	수감부	0.0%	미국 독일	▪ OTT(독)	60.0%	5.8년	※응답률 : 60.0%
		자료처리기						
		소프트웨어						
	마이크로파 강수레이더	수감부	0.0%	미국 독일	▪ METEK(독) ▪ ITT(미)	65.7%	6.0년	※응답률 : 60.0%
		자료처리기						
		소프트웨어						

❑ 방재 역량 강화를 위한 교육 및 훈련 프로그램 평가

홍수, 태풍, 산사태, 가뭄 등의 시설물 관련 재난대책 교육 및 훈련 프로그램은 소방방재청에서 기상장비 운영, 기상 관측 및 예.경보 관련 교육 및 훈련 프로그램은 기상청이 각각 수행하고 있다. 현재 개도국 공무원을 대상으로 교육 연수 프로그램을 운영할 수 있는 프로그램이라 평가된다.

또한 우리나라 대학에서도 방재관련 학과가 개설되어 있어 이를 활용하는 것도 적극 검토하여야 한다.

❑ 기타 주요 방재 기술 평가

우리나라가 보유하고 있는 지능형 CCTV 적용 방재 기술, GIS 기반의 풍수해 상황분석.판단 시스템은 동아시아 개도국에 적용할 수 있는 기술들이다.

제2절 동아시아 개도국 재해관련 지원 현황과 시사점

1. 동아시아 개도국 재해관련 지원 개요

한국의 기후변화유발 재해 지원사업은 주로 한국국제협력단(KOICA)을 통해서 진행되어 왔다. 기후변화유발 재해 관련 사업은 기후변화대응, 기상재해 경감, 해외재난 긴급구호 측면에서 수행하였다([표 4-18] 참조).

한국국제협력단은 2009년부터 '동아시아기후파트너쉽(EACP)' 사업을 총괄·추진하게 되었다. 2008년 일본에서 개최된 G8 확대정상회담에서 우리나라가 개발도상국의 기후변화 대응 지원을 위해 발표한 국제 이니셔티브가 동아시아기후파트너쉽이다.

개발도상국의 기후변화 관련 공동 이행을 목표로 하고, 5년간 2억 달러 규모의 ODA 재원으로 개발도상국들의 저탄소정책협의와 기술혁신, 재원 확대, 기술시범사업 등을 지원하는 것이다. 그리고 2011년에는 필리핀 재해방지 조기경보 및 대응시스템 구축을 위한 ODA 사업에 착수, 기상관측부터 하천정보와 수문자료 관리 등에 기반한 유역별 상세 홍수예측이 가능하도록 하였다([표 4-18] 참조).

또한 지진, 태풍, 홍수, 자연재해로 긴급재난에 빠진 외국정부가 지원을 요청하거나 또는 국제기구가 피해국 지원을 요청해 올 경우 긴급재난정도를 고려하여 적절한 지원을 하고 있다.

기상청은 2011년 KOICA의 필리핀 ODA 사업에 참여하고 있고, 2009년에는 개별적으로 베트남과 기상협력 MOU를 체결하였다. 현재까지 아시아 17개국에 수퍼컴에서 예측한 수치예보자료를 무상으로 지원하고 있다.

국립방재연구원은 2006~2009년 동안 태풍위원회 회원국 태풍정보 공유, 태풍피해가능성 예측 그리고 태풍조기경보 등을 위해 GIS 기반의 태풍재해정보포털시스템(WGTCDIS)을 개발하여 현재까지 아시아 태평양 지역 7개국에 보급하고 있다.

[표 4-18] 동아시아 기후변화 유발 재해 관련 KOICA 지원사업 현황(2011)

국가	지원액($)	사업명
인도네시아	1,352,007	• 인도네시아 기후변화 대응을 위한 해안보호 및 관리정책사업(2010. 05~2011. 12) • 사업규모 : $3,000,000
필리핀	7,393,975	• 필리핀 재해방지 조기경보 및 대응시스템 구축사업(2010.06~2012.06) • 사업규모 : $3,000,000
		• 필리핀 농업용수 확보 및 홍수피해 저감을 위한 소규모 저류시설 건설사업(2010.01~2012.12) • 사업규모 : $19,130,000
스리랑카	894,705	• 천리안 기상위성 수신분석 시스템 개발사업(2010.01~2012.12) • 사업규모 : $2,000,000
베트남	15,319	• 베트남 부온호 지역 식수 공급 시스템 확장 및 개선사업 (2009.01~2012.12) • 사업규모 : $4,500,000

2. 사례연구 국가별 지원 사업 및 프로그램 내역

가. 베트남

❑ 태풍분석 및 예측시스템(TAPS) 지원

태풍 분석 및 예측 시스템의 영문버전을 개발하고 개발된 시스템을 베트남에 적용시키기 위해 지원하는 사업이다. 개도국 지원의 용이성을 확보하기 위해 노트북 탑재 시스템을 개발하여 공급하였다.

❑ 베트남 기상청 현대화 자문단 파견

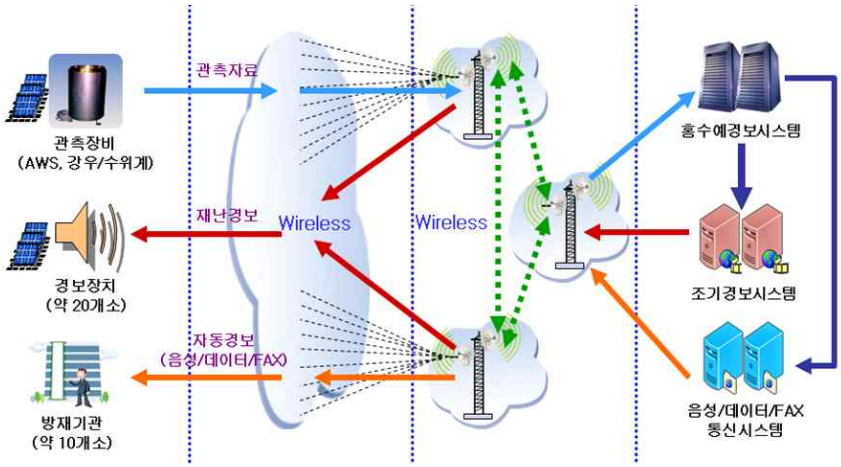
조직개편을 추진 중인 베트남 기상청의 조직관리, 행정, 관측, 예보업무 전반에 대한 컨설팅을 지원한 사업이다(2011년 11월). 현대화 사업을 위한 Top 10 List를 제공하였다.

❑ 베트남 기상재해 상시감시 시스템 구축(계획)

향후 한국에서 베트남 기상재해 상시감시 시스템 구축 지원을 협의하였다. 2013년부터 3년간 총 30억 원을 지원하여 빈롱 또는 하이퐁에 구축할 계획이다. 기상재해 상시감시 시스템 구축을 통해 베트남의 재해 대응 능력을 제고하고 주민피해를 줄일 수 있을 것으로 예상된다. 구체적 내용은 [표 4-19]와 같다. 또한 베트남 기상재해 상시감시 시스템 구성안은 <그림 4-42>와 같다.

[표 4-19] 베트남 기상재해 상시감시 시스템 구축 내용

세부 사업명	대상국가 사업기간/규모	사업목적	수혜그룹	양국 부담사항	
				한국	수원국
베트남 기상재해 상시 감시 시스템 구축	1 후보지: 빈롱 2 후보지: 하이퐁 2013-2015(3년)/ 총 30억원 ※ 2012년 사업 타당성 조사 실시	○베트남 기상재해 상시 감시시스템 구축을 통한 자연재해 대응능력 제고 및 주민피해 경감 ○기상·기후 이슈의 국제적 협력을 통한 주도적 리더쉽 확보 및 베트남과의 지속적인 기상협력 강화	빈롱(또는 하이퐁)주민, 기상관련 종사자	○모니터링시스템 구축(10억원) ○홍수예보시스템 구축(5억원) ○조기경보시스템 구축(7억원) ○전력통신인프라 구축(5억원) ○전문가 파견 및 국내초청 연수 (3억원)	○동 사업 진행을 위한 법적, 제도적, 행정적 지원 등 ○장비 유지관리, 인력지원, 장비 설치 지점 선정 -장비 및 경보 장치에 대한 기초공사



〈그림 4-42〉 베트남 기상재해 상기감시시스템 구성(안)

❑ WIS 구축 지원(계획)

WMO의 새로운 정보시스템 구축 지원을 통해 베트남의 기후변화 대응 능력 제고를 계획하고 있다. 2013년부터 3년간 총 15억 5천만 원을 지원하여 WIS 구축 사업을 지원할 예정이다. 구체적 내용은 [표 4-20]과 같다. 이 사업은 세계기상 정보시스템 구축의 일환으로 추진되는 것으로 베트남뿐만 아니라 우즈베키스탄도 대상국으로 계획하고 있다.

[표 4-20] 베트남 WIS 구축 지원 사업 내용

세부 사업명	대상국가 / 사업기간/규모	사업목적	수혜그룹	양국 부담사항	
				한국	수원국
세계기상 정보시스템 체계 구축 지원	우즈벡, 베트남 '13-'15(3년)/ 총 15.5억원	○WMO 새로운 정보시스템체계 구축 지원을 통한 수원국 기후변화 대응능력 강화 ○전지구정보시스템 센터 한국 유치를 위한 국제 협력체계 구축	수원국 기상·기후 정보 관련 종사자 및 정보 이용자	○IT 인프라개선(3.2억원) ○전용 네트워크구축 (2.3억원) ○SW 개발(4.8억원) ○전문가 파견 및 국내 초청 연수(3.4억원) ○정보센터 그룹 확대 지원(1.8억원)	○동 사업 진행을 위한 법적, 제도적, 행정적 지원 등 ○센터운영 인력 확보 및 정보 통신인프라환경 개선 협조 등

❑ 온라인교육 지원 시스템 개발 제공(계획)

개도국의 기성업무 역량 강화를 위해 2013년부터 3년가 총 5억 2천만 원을 지원하여 온라인 교육 지원 시스템을 개발할 예정이다. 기존 매뉴얼의 영문화, 영문기상교육콘텐츠 등을 지원하며 IT강국인 우리나라의 사업진출에도 도움이 될 것으로 예상한다. 구체적 사업 내용은 [표 4-21]과 같다.

[표 4-21] 베트남 온라인교육 지원 시스템 제공 사업 내용

세부 사업명	대상국가 사업기간/규모	사업목적	수혜그룹	양국 부담사항	
				한국	수원국
온라인교육 지원 e-Learning 시스템 및 콘텐츠 개발	베트남 '13-'15(3년)/ 총 5.2억원	○개도국에 대한 온라인 기상교육 지원을 통한 기상기술 공여 및 국가 위상 제고 ○온라인교육을 통한 개도국 기상업무 역량 및 세계적 핵심 과제인 기상·기후 변화 대응 역량 강화	개도국 기상수문 분야 종사자	○영문 교육운영시스템 (하드웨어)구축(1억원) ○영문 교육운영 시스템 (LMS) 개발(1억원) ○영문기상교육콘텐츠 개발(3억원) ○온라인교육 운영인력 (0.2억원)	○인터넷 접속을 위한 기반 확보

나. 필리핀

❑ 재해방지 시스템 지원 1차 사업

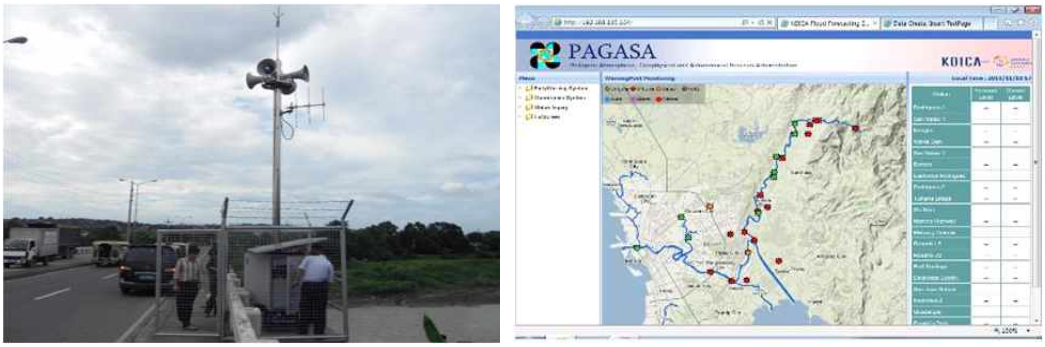
민다나오에 수위계 설치 등 100만 달러를 지원하는 사업이다(<그림 4-43> 참조). 재해방지를 위한 기초사업으로 강수위에 대한 기초정보를 전달하여 재해를 경감시키는 효율적 사업이다.



〈그림 4-43〉 민나다오 설치 하천 수위계

❑ 재해방지 시스템 지원 2차 사업

1차 사업의 후속으로 강유역 돌발홍수 예·경보 시스템 구축을 지원하기 위해, 우량계, 수위계, 자동기상 관측기, 경보기, 홍수 예·경보 모델 등을 지원하는 사업이다(<그림 4-44> 참조).

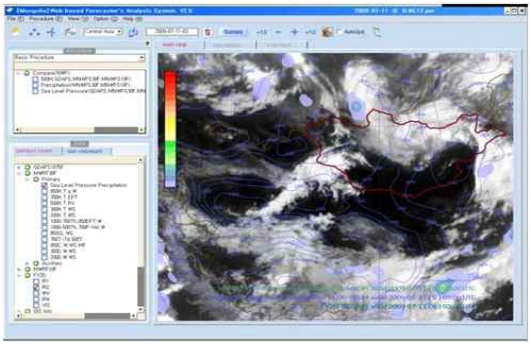


〈그림 4-44〉 필리핀에 지원된 재난 경보기(좌)와 예·경보 모델(우)

다. 몽골

❑ 몽골 웹기반 기상분석 시스템 지원

국산화된 WebFAS 시스템을 몽고 기상청에 적용시켜 예보분석업무를 개선하는 사업으로 업무 자동화에 의한 효율성을 제고하는데 목적이 있다(<그림 4-45> 참조).



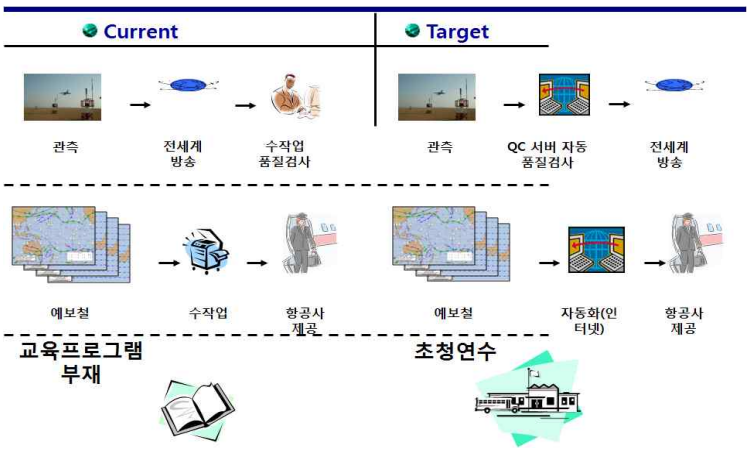
〈그림 4-45〉 몽골에 지원한 웹기반 기상분석 시스템

❑ 항공기상업무 현대화 지원(계획)

2013년부터 1년간 총 12억 원을 지원하여 몽골의 노후된 기상기술의 현대화를 추진할 계획이다. 항공의 경우 사고시 매우 큰 인명피해를 발생시키므로 시급하게 추진되어야 할 사업이다. 사업을 통해 우리나라의 항공기상 기술력을 제고할 것으로 예상한다. 구체적 사업내용은 ([표 4-22] 및 <그림 4-46> 참조)와 같다.

[표 4-22] 몽골 항공기상업무 현대화 사업 내용

세부 사업명	대상국가 / 사업기간/규모	사업목적	수혜그룹	양국 부담사항	
				한국	수원국
항공기상 업무 현대화 지원	몽골-울란바토르 징기스칸 국제공항 항공기상센터 / '13(1년)/ 총 12억원	○IT기반이 취약하고, 관측 환경(장비,기술,인력 등)도 열악하여 항공안전에 큰 위협이 되고 있어 이에 대한 개선 ○선진국 수준의항공기상 기술을 전수하여 국가 위상 제고와 함께 우리나라 국제지지기반 구축	몽골 항공기상센터, 항공사, 이용고객	○관측자료 수집체계 개선 (8억원) ○비행예보철 자동편집·분배시스템 구축(2억원) ○전문가파견(0.7억원) ○국내 초청 연수(0.6억원) ○사업관리평가(0.3억원)	○법적, 제도적, 행정적 지원 등 ○장비 유지관리, 인력지원, 장비 설치지점 선정 -장비/시스템 구축에 대한 기초공사



〈그림 4-46〉 몽골 항공기상업무 현대화 지원 프로세스

❑ 몽골 황사감시탑 구축 및 모델 개발

황사발원지 관측을 위한 관측타워를 설치하고 실시간 자료수집 시스템을 구축하는 사업으로 이동예측을 위한 황사모델 개발에 목적이 있다(<그림 4-47> 참조).



〈그림 4-47〉 몽골에 설치한 황사감시탑

라. 스리랑카

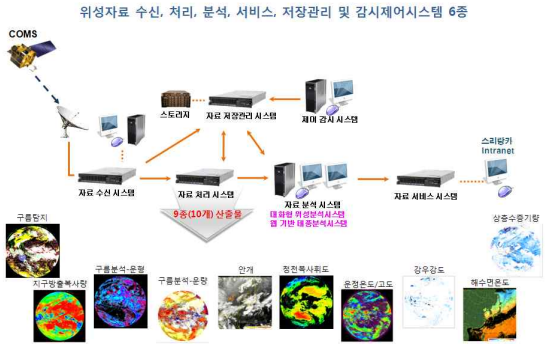
❑ 천리안 위성 지원 사업

스리랑카는 현재 중국, 인도 등의 기상위성으로부터 가공된 위성영상을 받아 사용하여 자국에 필요한 기상정보를 생성/활용하는데 한계를 호소하였다. 실시간 위험기상을 감시할 수 있는 시스템과 스리랑카 기후변화 적응과 기상재해의 피해경감에 대응할 역량 확보가 필요한 실정이다.

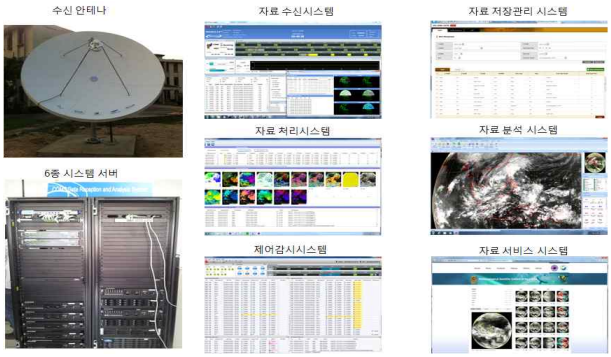
보다 정확한 기상예보 생산과 방재 서비스 실현과 농어업 및 산업생산 부문에 유익한 기상정보 제공을 위해 천리안 위성 지원 사업이 추진되었다. 구체적 사업의 개요는 [표 4-23]과 <그림 4-48> 및 <그림 4-49>와 같다.

[표 4-23] 천리안위성 지원 사업 내용

구분	내용
사업명	천리안위성자료 수신/분석시스템 개발 구축(녹색성장위원회 동아시아기후파트너쉽 사업)
대상국가	스리랑카(재난관리부 기상국)
규모/재원	200만 달러(2010-2012년) / KOICA ODA 예산
내용	수신/분석시스템 개발·구축(H/W, S/W), 전문가 기술지원, 교육훈련 기상청은 PMC로 참여하여 전문 기술지원 및 교육훈련 담당
지원사업 시스템 구성	위성자료 수신, 처리, 분석, 서비스, 저장관리 및 감시제어시스템 6종



〈그림 4-48〉 스리랑카 천리안위성 자료 수신/분석시스템 구성 현황



〈그림 4-49〉 스리랑카 천리안위성 사업 시스템 구성 내역

천리안 위성 자료의 원활한 수신·처리 및 기상예보 등에 활용할 수 있는 전문교육을 제공하기 위한 교육 및 국내 초청 연수도 수행되었다([표 4-24] 참조).

[표 4-24] 스리랑카 천리안위성 전문교육 지원 내용

구분	내용
과정명	스리랑카 초청 COMS 기상자료 활용 및 시스템 운영교육
기간(1차)	2011. 11. 20 - 12. 3(2주) / 2차는 시스템 시험운영 완료 후 실시 (2012년 6월)
대상	스리랑카 기상국 직원 총 7인
연수 내용	위성자료 분석 및 해석분야 / 시스템 설치 및 운영분야
교육 내용	천리안 기상위성의 관측원리, 자료 특성 및 서비스, 다양한 기상현상 분석 및 예보활용법, 위성자료처리, 수신분석시스템 운영 및 장애대응 등 이론과 실습교육 병행 실시

마. 동아시아 개도국 공동 지원 사업

❑ 몽골, 스리랑카 수치모델 지원

자체 수치모델 수행을 위한 PC 클러스터 시스템을 지원하고 모델 수행기술 지원 및 유지보수를 지원하였다.

❑ 개도국 레이더운영 기술지원

개도국의 위험기상 조기관측 능력배양 및 재해예방능력 강화를 위해 레이더 운영 기술을 지원하였다. 구체적 지원 내용을 다음과 같다.

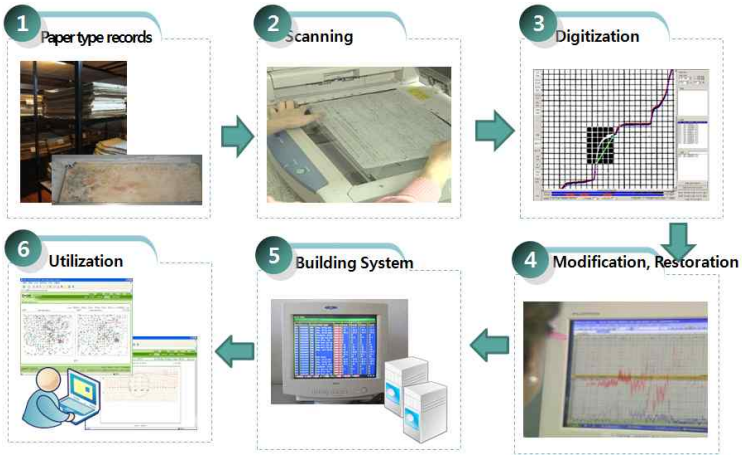
- 레이더 활용능력 배양을 위한 전문가 지원
- 레이더 설치지원을 통한 레이더 인적 네트워크 구축 및 인프라 구축 지식 전수
- 기상레이더 전문가 교육 : 기상레이더센터 업무지식과 최신기술 소개 등
- 기상레이더 전문가 과정 : 국내 석· 박사 과정과 연계한 전문가 양성과정

❑ 베트남, 필리핀 기후자료 복원 및 관리시스템 지원(계획)

재해를 예측하기 위해서는 우선적으로 기초자료가 필요하다. 하지만 개도국들은 기초자료가 구축되어 있지 않아 예측이 어려운 실정이다. 재해 예측을 위해 우선적으로 시행해야 하는 사업이 기존 아날로그 방식의 기후자료를 디지털화 하는 사업이다. 베트남, 필리핀 기후자료 복원 및 관리시스템 지원사업의 구체적 내용은 [표 4-25]와 <그림 4-50>과 같다.

[표 4-25] 베트남, 필리핀 기후자료 복원 및 관리시스템 사업 내용

세부 사업명	대상국가 / 사업기간/규모	사업목적	수혜그룹	양국 부담사항	
				한국	수원국
기후자료 복원 및 관리시스템 구축·운영	베트남, 우즈벡, 필리핀, 케냐 / '13~'16(4년)/ 총 32억원	○미진한기후자료 복원을 위해 종이 형태의 기후자료를 현대적인 데이터베이스 시스템으로 구축 ○개도국의 기후자료 관리 시스템 개발 촉진 및 자료 관리 기술전수 ○개도국과의 국제협력 강화	해당국의 기상관련 종사자 및 국민	자료복원/관리 시스템 구축 (13억원) ○자료복원 (11.5억원) ○전문가 파견 (7.5억원)	○동 사업 진행을 위한 법적, 제도적, 행정적 지원 등 ○장비 유지관리, 인력지원, 장비설치 지점 선정



〈그림 4-50〉 기후자료 복원 시스템 프로세스

❑ 베트남, 필리핀 천리안위성 수신시스템 구축(계획)

천리안 위성은 아태지역에서 활용하기에 적합한 위치에 있다. 그래서 대부분의 동남아 개도국들은 천리안 위성 수신을 요청하고 있다. 먼저 스리랑카에 지원하였던 천리안위성 수신시스템을 베트남, 필리핀에 지원할 계획이다. 좀 더 각국 특성에 맞는 천리안위성 자료 수신 및 분석 시스템 구축 사업을 지원할 예정이며 구체적 내용은 [표 4-26]과 같다.

[표 4-26] 베트남, 필리핀 천리안 위성 수신시스템 구축 사업 내용

세부 사업명	대상국가 사업기간/규모	사업목적	수혜 그룹	양국 부담사항	
				한국	수원국
아태지역 천리안위성 (COMS) 기상자료 수신시스템 지원	필리핀, 베트남 2개국 기상청 2012년/ 총 2.9억원	○아태지역 개발도상국의 위험 기상 및 기후변화 감시의 역량 강화를 위한 천리안 위성 수신 시스템 구축 및 활용지원 ○아태지역 천리안위성 기상자료 수신·활용 지원 사업을 통한 국제사회의 기여	아태 지역 국가 국민	○천리안위성 중규모 수신시스템 구축 (2.9억원)	○동 사업 진행을 위한 법적, 제도적, 행정적 지원 등 ○장비 유지관리, 인력지원, 장비설치 지점 선정 등

❑ 기술 교육 지원

현재 기상청, 국립방재연구원 등은 한국국제협력단과 함께 많은 교육 프로그램을 지원하고 있다. 현재 진행되고 있는 교육프로그램은 [표 4-27]과 같다.

[표 4-27] 기상기술교육 지원 교육 프로그램

과정	내용
기상관측장비 운영 과정(2주)	관측시스템 현대화, 관측망 구성 및 관리, 관측자료 수집 및 검증 등
전지구기후변화서비스체제 (GFCS) 이해 과정(2주)	GFCS에 대한 이해, 기후변화시나리오, 기후예측 등
항공기상예보 과정(2주)	항공기상예보, 위험기상 감시 및 예보 등
위험기상 예보기술 과정(2주)	태풍, 집중호우 등에 대한 감시 및 예보기술
수치예보모델링 과정	(향후 석박사 학위과정)

❑ 해양기상 예·경보 시스템 지원

사례연구 대부분의 국가가 태평양과 접해 있어 해양과 관련이 많다. 그래서 해양에서 발생하는 재해 밀접한 영향을 받는다. 해양기상의 재해 대응을 위해 지원하는 사업은 다음과 같다.

- 개발도상국을 대상의 실시간 해역별 해양기상자료 확보를 위한 최적의 해양기상 관측망 구축
- 국산 파고부이, 표류부이를 활용한 해양기상 실황 모니터링
- 연안방재 관측시스템, 등표 기상관측시스템 구축을 통한 수난사고 예방
- 기상청 현업 해양기상(폭풍해일, 파랑) 예측시스템의 현업화 기술전수를 통한 개발도상국의 해양기상 피해 저감
- 해양기상 예측자료 저장, 후처리, 표출 서버 등 인프라 통합지원
- 해양기상 국제워크숍 및 교육과정 추진

제3절 재해경감 및 Gap 극복을 위한 지원방향

1. 방재 기술 및 프로그램 지원방향

최근 동아시아 지역의 기후변화유발 재해로 인한 피해가 급증하는 추세이다. 반면 동아시아 개도국의 기후변화유발 재해 대응능력은 현저히 떨어지는 상황에서 물적 및 인적피해가 지속적으로 증가할 우려가 존재한다. 기후변화유발 재해 위험성 증가에 따른 대응능력을 향상시키기 위해 기술협력이 절실한 상황이다.

하지만, 동아시아지역의 기후변화유발 재해 대응의 근본적인 시스템 개선을 위해서는 다양한 분야에 걸쳐 동시적 투자가 필요하다. 동아시아 개도국 기후변화유발 재해 저감을 위한 실질적 지원방안을 고찰하기 위해 3부문의 기술적 협조가 필요하다.

- 첫째, 하드웨어 부문(Hardware)에 대한 지원이다. 기후변화로 인해 발생하는 재해대응시스템을 근본적으로 개선하기 위해서는 물적 투자가 불가피한 상황이다. 하지만, 이 같은 하드웨어 투자는 대규모 투자를 필요로 하게 되어 지원국의 재정 부담을 가중시킬 수 있는 우려가 존재한다.
- 둘째, 소프트웨어(Software) 부문에 대한 지원방안이다. 기후변화로 발생하는 각종 재난에 대한 대응역량을 강화하기 위한 기술적 지원을 의미한다. GIS 활용이나 위성정보에 대한 공동 활용 등을 통한 방재기술을 지원할 수 있다.
- 셋째, 휴먼웨어(Humanware) 부문에 대한 지원방안을 들 수 있다. 하드웨어 및 소프트웨어가 제대로 기능할 수 있도록 담당인력을 전문화 하고 교육시키는 일련의 지원을 의미한다.

ODA 선진국인 북유럽 국가들의 경우 현재 우리나라에서 시행하고 있는 프로젝트 단위의 ODA 지원에서 탈피하여 PBA(프로그램형 접근법) 또는 SBA(분야별 접근법)과 함께 Value Chain Approach 개념을 ODA에 적용하여 프로그램을 지원하고 있다. Value Chain Approach를 지원하는데 있어서의 가장 큰 특징으로는 정식적으로 서로 공유할 수 있는 국가들과 함께 하는 것이다. 다자간 지원이 가능하며, 각 국가에서 가장 우월한 분야에 대해서 서로 공유를 하며 지원을 하고 있다.

우리나라는 현재 PBA/SBA 도입을 준비하고 있는데 이와 더불어서 Value Chain Approach라는 개념 도입을 준비할 필요성이 있다고 판단된다. 무엇보다 현지인을 적극적으로 영입을 하여 그 곳 주민들을 대상으로 교육훈련을 통하여 스스로 자립을 할 수 있는 자체시스템을 만들어 주는 방향을 모색할 필요가 있다. 결론적으로 개도국 지원방향을 요약하면 다음과 같다.

① 액수가 큰 대규모 지원보다는 실효성 있는 기술력을 중심으로 지원해야 한다. 하드웨어 보다는 소프트웨어나 휴먼웨어(교육, 연수 등) 분야 지원이 실효성이 크다(<그림 4-51> 참조).
② 개도국에서 필요한 부분 중 하나는 사업 및 시설 설치 후 사후 관리에 대한 사항으로 지속적인 시설 및 기술에 대한 A/S가 필요하다.
③ 각 나라별 특성상 일방적인 지원을 하겠다는 입장보다는 공동발전의 입장으로 접근하는 것이 유리하다.



〈그림 4-51〉 개도국 지원사업의 효율성 분석

2. 지원가능 기술 및 프로그램 유형

가. 하드웨어 부문

❑ 수자원 확보

동아시아 국가들의 기후재해로 인한 중요한 이슈는 수자원 문제가 될 수 있다. 안정적인 수자원 확보를 통해 주민들이 기초적인 생활을 영위할 수 있도록 기반을 마련해야 한다. 이와 관련한 기술로는 빗물 재활용을 비롯한 각종 물관리 기술을 들 수 있으며 국내에서 개발된 관련 기술을 정리하여 제시하는 것이 바람직하다.

지속적인 강우의 공급이 불가능하므로 해수쐐기 제어, 지하수댐 공법은 해수침투만 방지하므로 비효율적일 수 있다. 적극적인 지하수 확보를 위해서는 현재 사용 중인 우물을 활용하여 취수관정 최적 배치와 인공함양을 고려한 연구가 추진되어야 할 것이다.

장기적인 수자원 확보 방안에 대한 계획 수립이 추진될 필요가 있다. 단기적, 단편적인 계획 수립보다 지속적이고 안정적인 수자원을 확보할 수 있는 침투시설과 저류시설을 병행하는 것이 바람직하다.

❑ 연안침식 대응

동아시아의 많은 지역이 바다에 인접하고 있어 연안침식으로 인한 각종의 재해가 발생하고 있다. 연안침식 방지를 위해서는 기본적인 하드웨어 설비가 갖추어져야 할 필요가 있다.

아울러 연안관리시스템 구축을 위한 연안침식 모니터링 기술과 함께 관측기술과 같은 소프트웨어도 동시에 지원되어야 제대로 기능할 수 있다. 연안침식을 방지하고 침식된 연안을 효과적으로 보호하기 위한 하드웨어적 방재기술은 크게 강성공법과 연성공법으로 구분될 수 있다.

❑ 기상자동관측·경보 장치 설치 지원

기상현상을 자동으로 관측할 수 있는 자동기상관측장비(AWS), 하천유량계, 수위계, 조기경보 시스템 등을 시범적으로 지원할 필요가 있다. 장기적으로 우리나라의 AWS 등 관측장비를 동아시아에 수출할 수 있는 전략적 품목으로 육성하여야 한다.

천리안(COMS) 위성영상과 자료를 활용할 수 있는 수신기를 보급하고 이의 활용기술을 전파하는 것이 좋다. 기타 수위관측기, 유량관측기기 및 CCTV시설, 조기경보시설 등 설치를 지원하는 것이 바람직하다.

나. 소프트웨어 부문

❑ 지리정보시스템(GIS) 활용

지리정보시스템(GIS)은 응급 대응 및 피해복구를 위한 각종 인프라시설의 피해상황 및 대응책 마련을 위한 의사결정지원에 효과적으로 활용될 수 있다. GIS 기술을 활용한 지구환경의 효율적 관리와 모니터링, 동아시아 지역 공간이해를 위한 효과적 툴을 제공할 필요가 있다.

- 환경변화 모니터링 분야 : 기후변화, 해수온도 상승, 동식물 서식지 모니터링, 가뭄 해안침식, 산림벌목, 현황분석
- 해양 모니터링 분야 : 해양 기본도, 해저지형도, 해양건강지구, 지질, 해양공간계획, 수종 밀도 모니터링, 해류와 수온 분석
- 천연자원 관리 분야 : 산림 자원, 탄소량 추정, 지하수 관리, 지질 탐사, 산림재해, 바이오매스 추정, 석유/가스 매장량 분석, 에코시스템 관리
- 에너지 개발 분야 : 지온 및 석유/가스 생산량 추정, 풍력터빈 조망권 분석, 신재생에너지 개발분포, 파이프라인 매설현황, 태양열주택 분포현황 분석
- 도시계획/개발분야 : 도시계획 및 토지이용현황, 용도지역지구도, 경제성장, 도시개발비 투자현황, 도시재생 및 복구, 자전거 도로망도 등
- 교통관리 및 계획 : 교통 모니터링, 통행배분계획, 교통소음 분석, 철도 계획 및 고속철도망 현황도, 선박 트래킹, 항공 노선계획 수립
- 시설물 관리 분야 : 올림픽/월드컵 경기시설 관리, GIS와 BIM통합, 녹색건물, 병원관리, 응급 대응, 도시풍력장 모델링
- 국토 안보/공공안전 및 국방 분야 : 미 국토안보부 안보운영센터 소개, 화재대응시스템, 범죄현황분석 및 맵핑, 응급구조차량 경로분석, 상황 판단시스템, 해양 안보, 대테러 위협분석, 3차원 조망권 분석, 아군이동 트래킹, IED 분석
- 인구 통계 및 건강/보건 분야 : 인구환경분석, 인구변화, 인구밀도분석, 선거구분석, 의사 수, 병원 접근성 등 의료서비스 수준 분석, 전염병 확산
- 자연재해재난 대응 분야 : 산불 모델링, 홍수범람 및 침수, 상황인지/판단 시스템, 쓰나미 예측, 지진 피해규모 추정, 토네이도 피해분석, 방사능 확산 모델링

❑ 위성정보기반

위성자료는 지진해일로 인한 내륙피해 발생규모 산출과 대규모 침수지역에 대한 선별적 우선 양수기 공급지역과 중점피해발생 지역분석에 매우 유용한 기술이다. 위성 및 레이더영상(SAR) 기반으로 하는 화산관측 기술노하우를 공유하고 전수하여 동아시아 지역의 재해예측기술의 향상을 도모할 수 있다.

화산폭발에 따른 경계레벨을 도입하여 화산경보 및 분화예보와 같은 예·경보시스템 개선, 항공회사 및 민간항공기관 등에 제공하기 위한 항공로 화산재 감시시스템을 도입하여 동아시아지역에 정보를 제공할 수 있다. 국제민간항공기구(ICAO)가 세계기상기구(WMO)와 협력하여 항공로 화산재 정보센터(VAAC: Volcanic Ash Advisory Center)를 구성하였으며 아시아지역에서는 현재 일본 기상청이 담당하고 있다. 유관기관들은 VAAC 홈페이지를 통해 실시간 확인이 가능하므로 우리나라의 자료를 동아시아 국가와 공유할 수 있는 시스템 마련이 필요하다.

❑ 소셜 네트워킹 기술(Social Networking Technology)

모바일 및 컴퓨팅 기술발전으로 인해 이슈화되고 있는 소셜 네트워킹과 공간정보 및 GIS 기술과의 효율적인 연계방안을 마련하여 동아시아 지역의 재해대응체계를 개선한다.

최근 급성장하고 있는 소셜 미디어(Social Media)를 재난관리에 이용하고 소셜 미디어 사용자들의 다양한 요구에 대한 재난관리자들이 대응능력을 향상시킨다. 재난 대응에 있어 소셜 미디어를 이용한 커뮤니케이션은 단순한 소프트웨어기술 만으로도 신속한 대응에 도움을 줄 수 있어 매우 효과적이다.

실제 토네이도나 태풍의 경우 트위터를 사용하여 생존자들이 상호 의사소통함으로써 생사를 확인할 수 있으며 구호물품의 위치를 확인하는 데에 매우 요긴하게 사용된다.

동아시아지역에서 소셜 미디어를 어떻게 이용할 것인지에 대한 논의가 활발하게 진행될 필요가 있다. 제한된 인력으로 인해 개인 소셜 미디어 사용자들의 일대일 답변이 거의 불가능하기 때문이다.

❑ 재난관리용 CCTV 보급

재난관리용 CCTV 보급 등을 통해 하천관리, 산사태, 화재감시 등의 기후재해를 효율적으로 감시 및 대응할 수 있다. 각 개별 용도에 따라 필요한 CCTV 설치 및 운영에 대한 소프트웨어 기술 이전을 통해 동아시아지역의 재해시스템 향상을 도모할 수 있다.

다. 휴먼웨어 부문

❑ 시나리오별 방재교육 시스템 강화

기후변화 방재역량 강화를 위한 하드웨어와 소프트웨어가 구비되어 있어도 이를 제대로 운영할 수 있는 인적 자원과 시스템이 확보되어 있지 못하면 제대로 기능할 수 없다. 주정부, 지방정부, 연방기관, 교육기관, 민간 기업 등 다양한 방재주체별 재난경감 프로그램 및 계획을 수립하여 실행하도록 한다.

재난관리 분야는 상황을 신속하게 파악하여 대처하는 능력이 중요하다. 동아시아 지역 재난관리 담당자에게 재난관리 전공분야에 대한 기초능력 함양과 교육이 필요하다. 여러 가지 주어진 시나리오를 분석하여 어떤 배경을 통해 여러 가지 위기상황이 도출되었는지 분임토의를 진행하고 대처방법에 대한 의견 교환 및 발표를 진행함으로써 교육의 효과를 극대화시킨다.

❑ WGTCDIS 구축 및 교육

재해정보 구축 현황 및 기술격차를 파악하고 시스템 구축 기술지원과 함께 인력훈련을 지원한다. 태풍재해관리시스템의 도입 활용 및 지속적 검정과 자료공유체계 구축이 필요하다.

우리나라 국립방재연구소가 개발하고 UN 태풍위원회가 인증한 Web GIS 기반 태풍재해정보시스템(WGTCDIS: Web GIS Typhoon Committee Disaster Information System) 구축과 활용을 위한 인력 훈련을 실시한다.

WGTCDIS의 동아시아지역 태풍재해 관리시스템으로 활용하기 위한 지속적 검정 및 자료공유체계 운영자 훈련을 지원한다. UN 태풍위원회 교육·훈련 프로그램을 활용하여 태풍영향권 국가 간 공동대응 역량 강화에 기여한다.

❑ 소프트웨어 운영기술 교육

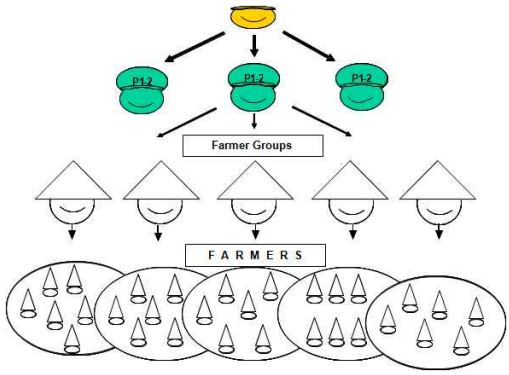
동아시아 개도국 재난담당자들의 방재능력 향상을 위해 GIS, Operation Research 등의 여러 과학적 도구들을 교육시키고 트레이닝 시킨다. 홍수피해 저감을 위한 홍수범람지도 수치해석 기반의 작성기술과 홍수범람지도와 GIS를 결합한 지도기반의 재해위험도 관리기술을 교육시킨다. 기후변화 적응 및 방재기술 정보 공유 플랫폼에 대한 강의와 훈련을 실시한다.

❑ 국민 대상 재해 교육

동남아시아 개도국들은 농업에 의존하는 경우가 대부분이다. 농업종사자의 대부분이 방재관련 지식을 접하지 못해 재해발생시 적절히 대응하지 못하는 실태이다. 재난 대비를 위한 현장 학교(ADPC)는 실제 재해피해의 영향을 가장 많이 받는 농부들을 대상으로 재해 대응에 관한 교육을 시행하여 재해에 대한 직접적인 대응 능력 강화를 제고한다.

현재 국립방재연구원에서 시행중인 재난 대비 현장학교의 교육과정은 다음과 같다(<그림 4-52> 참조).

1단계 : 농업전문가 교육과정 (시단위)
2단계 : 농업 종사자 교육과정(읍, 면, 동 단위)
3단계 : 농업공동체 지도자 과정
4단계 : 농부와 소통

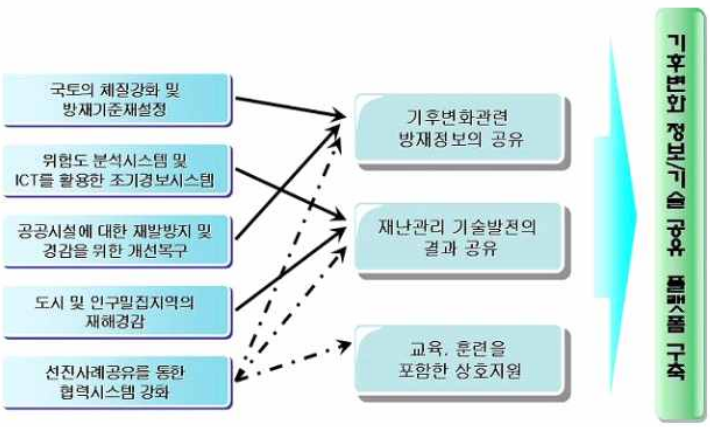


〈그림 4-52〉 재난 대비 현장 학교 교육과정

라. 기후변화 정보/기술 공유 플랫폼 구축

이상의 내용에서 언급한 하드웨어(재난관리 기술발전), 소프트웨어(방재정보의 공유), 휴먼웨어(교육 및 훈련)를 종합하여 일종의 정보 및 기술 공유 플랫폼을 구축하고 이를 통해 합리적인 지원시스템을 마련할 필요가 있다. 이를 도식화하면 <그림 4-53>과 같다.

- 기후변화 적응 및 방재기술·정보 공유 플랫폼 구축과 관련하여 동아시아 지역 및 국제기구 참여 유도



〈그림 4-53〉 기후변화 정보 및 기술 공유 플랫폼

제5장 사례연구 국가별 재해대응 역량 분석 및 협력 프로그램 개발

제1절 베트남
제2절 필리핀
제3절 인도네시아
제4절 캄보디아
제5절 스리랑카
제6절 몽골

제5장 사례연구 국가별 재해대응 역량 분석 및 협력 프로그램 개발

제1절 베트남

1. 일반사항

베트남은 인도차이나 반도에 위치하고 있으며 중국과 라오스 그리고 캄보디아와 인접해 있으며, 면적은 331,000km^2으로 한반도의 1.5배에 해당한다. 수도는 하노이이고, 베트남의 총인구는 90.5백만 명으로 추정되고 있다(<그림 5-1> 참조).

남부는 곡창지대를 이루며, 북부는 산악, 구릉, 고원지대를 형성하고 있다.

베트남의 기후는 북부 지역이 아열대성 기후를 나타내며, 남부는 열대성 기후의 특징을 갖고 있다. 3월부터 9월까지는 건기이며, 10월부터 이듬해 4월까지는 장마기간으로 연간 총강수량이 4,000mm를 상회하기도 한다.

이러한 지형적, 기후학적 요인에 의해 기후변화의 취약성이 높으며, 태풍과 홍수, 해수면 상승, 가뭄 등이 주요 자연재해이다.



〈그림 5-1〉 베트남 지도

2. 기후변화유발 재해 대응 역량 분석

가. 관련 법·제도

2004년 8월에 베트남 총리는 공식적으로 Vietnam Agenda 21(Guideline for the sustainable development in Vietnam)을 발표하였다. 여기에 “기후변화를 저감하는데 도움이 되는 조치

를 이행"하는 것이 지속가능발전의 목표를 실현하는데 필요한 우선분야 중 하나로 명기하였다.

또한 베트남 정부는 2007년 4월에 2007~2010년간 UNFCCC이행 조직관련 계획을 승인하였다. 이 계획을 통해 UNFCCC 이행 및 CDM 프로젝트 이행을 위한 법제도 정비를 완료하고, 대중인식 강화 및 기반시설 개발을 통해 역량을 구축하며, 관련분야 국제협력을 강화해 나가고 있다.

베트남은 이미 홍수 및 태풍과 같은 자연재해를 위한 대응제도를 갖추고 있다, 자연재해 위험관리 활동은 1955년에 설립된 "홍수·폭풍 통제 중앙 위원회(Central Committee for Flood and Storm Control : CCFSC)에 의해 조정된다.

자연재해저감 파트너쉽(Natural Disaster Mitigation Partnership : NDMP)은 정부, NGO, 공여국으로 구성하고, 자연재해 저감 및 관리를 위한 제2차 국가전략 및 행동계획(Second National Strategy and Action Plan for Disaster Mitigation and Management)의 이행을 위해 조정 및 공동의 방법을 모색하고 있다.

현재 천재지변 관련 법규 개정 중에 있으며, 특히 재해경보관련 규정을 집중적으로 고치고 있다 예를 들어 뉴스 등 환경부에서 총리실로 보고해야 할 사항들을 명시하였다.

재해경보관련 규정은 매 5년마다 의무적으로 개정해야 하며 담당기관, 대응방안, 국민 준수사항 등을 규정하였다. 현재 지진예보규정, 홍수예보규정, 기타 천재지변예보규정 등을 정비 중에 있다. 별도의 기상수문, 기상재해, 기상관련법이 없어 현재 제정을 추진 중에 있다.

❑ 기후변화대응국가계획(NTP-RCC) 수립

베트남은 세계은행의 지원을 받아 '2100년 기후변화대응국가계획'을 수립하였다. 그리고 베트남 63개성 중에서 10개성이 행동계획을 수립 시행 중에 있다. 기후변화대응국가계획의 목표는 [표 5-1]과 같다.

[표 5-1] 베트남 기후변화대응국가계획 목표

순서	국가 목표
1	기후변화가 베트남에 미치는 영향 평가
2	기후 변화를 대처하기 위한 해결책 제시
3	기후 변화 대처용 과학적 해결책 제시를 위한 과학, 기술분야 활동
4	기후 변화 대처를 위한 기관, 메커니즘, 정책 통합 및 강화
5	기후 변화에 대한 인식 증대와 관련 분야 인적 자원 개발
6	기후 변화 대처를 위한 국제 사회와의 협력관계 증대
7	기후변화에 따른 사회경제적 발전 전략과 마스터 플랜 계획
8	기후 변화 대처를 위한 정부 수준의 활동 계획 수립과 실행

자료 : Decision 158/2008/QD-TTg on the NTP-RCC.

❑ 환경보호법

환경관련법의 핵심은 환경보전법으로 2005년 처음 제정되었다. 환경관련법은 Law on Environmental Protection(LEP), Land Law, Strategy on Sea, Waste Resource Law 등이 있다.

기후변화와 관련하여 다음과 같은 조항들을 포함하고 있다.

환경 보호 부문의 법률 조항인 LEP는 일반적으로 대기오염물질 및 온실가스 배출에 대하여 규정하고 있다. 대기오염물질을 배출하는 개인, 사업자, 서비스 분야 종사자들은 환경법의 규정을 준수하여야 한다. 운반 수단, 기계, 건설 작업 등 대기 중으로 오염물질을 배출하게 되는 경우 필터 및 덮개 장착 등의 보조수단을 통해 배출 기준을 준수해야 한다.

지역 대기오염물질의 배출과 산업, 의료고형 폐기물 처리 시설 등 기타 폐기물 처리, 자동차 배출 및 특수 기계에서 방출되는 대기오염물질 규제를 포함한다.

환경보호에 관한 법률은 162종의 일정규모의 사업자에 대하여 시멘트 생산(300,000톤 규모), 화력발전(30MW 이상), 산림채벌(200ha 이상), 방목(1,000마리 이상) 등과 같이 일정규모 이상 온실가스를 배출하는 프로젝트에 대하여 환경영향평가를 요구하고 있다.

더 나아가 자연자원환경부 장관의 권한으로 위에서 언급된 산업 외에도 환경영향평가서를 제출해야 하는 사업을 따로 규정하고 있다. 베트남에서 환경영향평가 시 중요한 요소는 대기 중의 유해물질에 관한 구체적인 저감 및 완화정책을 제시하고 평가하는 데에 있다.

환경영향평가서를 제출하지 않아도 되는 프로젝트의 경우, 연료를 얼마나 소모하는지, 어떤 폐기물을 배출하게 되는지(대기배출 포함), 환경보호기준을 준수하기 위해 어떠한 수단을 강구할 예정인지에 대한 환경보호준수 관련 문서를 제출하여야 한다.

최근 민간기업 차원에서 일부 환경보호를 위한 건설기법 및 생산 공정 신설시 에너지 효율화와 환경보호에 대한 공법이 추진되는 사례가 있기는 하지만 아직까지 초기 실험단계에 불과하다. 해외정부 또는 국제기구의 협력은 매우 활발한 편으로 최근 각국 최대관심 분야인 CDM 분야에서 원조협력사업 제안이 쇄도하고 있다.

❑ 국가전략행동계획

재해 완화를 위한 첫 번째 국가전략행동계획은 1994년에 수립되었다. 그것은 재해관리조치(공학기술, 기관, 사회)에 여러 학문에 걸친 접근의 필요성을 제기하였다. 기후변화 취약성을 감소시키고 자연의 위협으로부터 영향에 대항할 수 있는 능력을 늘리기 위한 기초계획의 성격을 띠고 있다. 계획에서는 재난완화와 관리 관련 기관의 기능을 더욱 강화하였다.

두 번째 국가전략행동계획은 재난 완화와 관리에 몇 가지 전략을 준비했다. 재난과 사람, 재산, 농업, 경제(경제 복지), 환경, 지속가능한 개발 등에 미치는 충격 감소를 목표로 하는 몇 가지 전략들이다. 2020년을 목표로 전략개발계획을 수립하여 기상수문관리의 현대화를 추진하고 있다. 주요 내용은 홍수, 돌발홍수, 토네이도, 가뭄, 태풍 등에 대한 예측과 예방능력의 제고를 추진하는 것이다.

❑ 기후변화 대응 정책 동향

베트남은 교토의정서에 따른 온실가스 배출량 감소 책임이 없다. 때문에 자체적으로 온실가스 배출량을 적극 규제하지 않고 있다. 환경보호법에서는 온실가스 배출관리 및 오존층의 고갈에 관련된 소수의 조항을 볼 수 있다.

- 베트남 자연자원환경부(MNRE)는 전국 온실가스 배출목록(emission inventory)을 책임지고 있으며 다자간 환경조약(MEA) 등 베트남이 체결 당사국이 되는 협약의 주체이다. 온실가스의 양도와 거래, 베트남과 다른 국가사이 온실가스배출 할당량과 관련하여서는 베트남 주석에 의해서 관할되고 있다.
- 환경보호법 27조에 의하면 국가는 생산과 서비스관련 분야에 있어 온실가스 저감을 장려해야 한다. 오존층을 파괴하는 물질의 생산 및 수입은 베트남이 계약당사국으로 참여하고 있는 다자간 환경조약에 의해 금지된다. 또한 정부는 청정에너지, 재생에너지 개발 정책을 수립하고 점진적으로 그 비중을 늘려 나감으로써 국가 에너지 안보 확립은 물론 자연을 보호하고, 온실가스를 저감하여야 한다(환경보호법 제28조).

IPCC에서 제시한 가이드라인(1996)에 따라 1994년도의 국가 온실가스 배출량을 집계해 본 결과, 총 103,839천 톤이 발생하였다. 배출전망치(BAU) 시나리오에 의한 온실가스 예상치는 2010년에는 약 140백만 톤 CO_2, 2020년에는 약 233백만 톤 CO_2가 발생할 것으로 예상된다.

베트남 기후변화 대응 기본계획의 경우, 세계자연보존연맹(International Union for Conservation of Nature)과 스웨덴 국제개발청(SIDA) 등 원조기구의 지원으로 수립되었으며, 덴마크는 상기 계획 이행을 위해 2013년까지 4,000만 달러를 무상지원하기로 하는 등 국제사회의 관심과 지원이 상당하다.

베트남 총리 Nguyen Tan Dung은 2008년 12월 2일 기후변화 국가계획을 발표했다. 2010년 한국에너지관리공단(KEMCO)과 CO_2 감축, CDM 사업 등 기후변화 관련 협력을 위한 MOU을 교환하였다. 베트남은 생산 활동에 온실가스 배출 저감기술을 장려하는 정책을 도입하였으며, 환경 보호를 위한 클린 에너지 사용, 합리적인 광물의 사용 및 에너지 절약 정책을 마련하였다.

[표 5-2] 베트남의 환경분야 예산(2009~2010) **(단위 : 만 달러)**

환 경 분 야	합계	2009	2010
과학기술 활동 강화	228	85	143
기후변화 대응 정부부처별, 섹터별, 지자체별 행동계획 개발	532	198	334
기후변화에 관한 기관, 제도, 정책 역량강화	128	48	80
인적자원 역량 개발 및 인식제고	146	61	85
국가계획과 여타 전략, 계획, 프로그램, 프로젝트와의 통합	91	33	58
국제협력 촉진	35	15	20
합 계	1,160	440	720

자료 : VEA(2011).

기후변화 대응정책을 향후 사회·경제개발 프로그램 및 프로젝트 승인을 위한 지표로 활용하고자 한다. 기상 현상에 대한 예보 역량 배양을 통해, 24시간 내에 홍수, 폭풍, 가뭄, 염해, 집중호우, 강둑의 침식 예측, 72시간 내에 해안지대 해일 예측을 하도록 하는 적응정책을 마련했다. 또한 건물, 교통, 수자원 보전, 수력발전 등의 건설 기준을 기후변화에 대응할 수 있도록 개선하고 있다.

2009~2015년 기후변화 대응 및 완화 사업에 총 1억 3,500만 달러를 투자할 계획이며, 재원은 외국자본 공적개발원조(ODA)가 전체의 50%, 정부예산 40%, 민간자본 10%로 구성된다.

나. 행정체계

중앙정부에는 Central Committee for Flood and Storm Control(CCFSC)을두고, 부총리(충하이)가 위원장, 각 부서의 장·차관이 위원으로 참여하고 있다. 농업농촌개발부가 사무국 역할을 담당한다. 산하에는 재난관리단(Disaster Management Unit : DMU)이 있어 재난관리업무를 수행하며, 홈 페이지에 관련 정보들을 수록하고 있다.

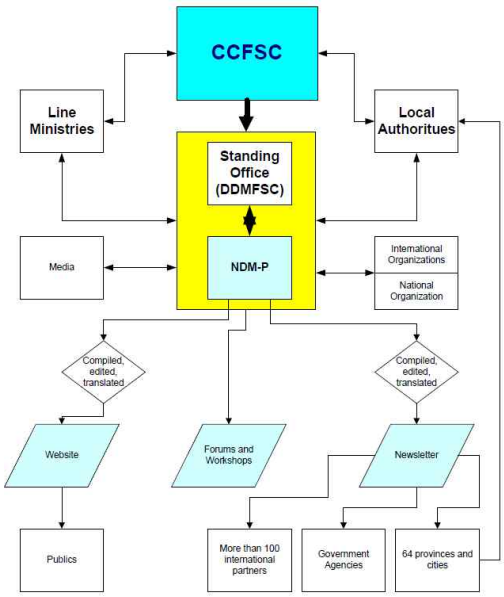
국가위원회 내부 부처 기관은 베트남 재난감소 노력을 위해 조직화된 단체로서 역할을 한다. 사무국은 농림부와 농림개발부의 DDMFC 부처에 의해서 정해진다. CCFSC는 태풍과 홍수에 관한 모든 규정과 완화 정책을 만든다. 중점은 수로의 보호, 감시와 유지에 있다. 지역 비상 업무는 해당 주의 CCFSC에 의해서 조직화 된다(<그림 5-2> 참조).

주정부는 Provincial Committee for Flood and Storm Control을 두고 있다. 그리고 지방정부는 District Committee for Flood and Storm Control을 두고 있다. Commune의 관련조직이 없다. 농업개발부가 홍수·태풍예보를 담당하고 있다. 자연재해 예·경보국은 태풍, 홍수 등을 예상하며 현재는 기후변화업무에 치중하고 있다.

베트남 정부는 UNFCCC와 교토의정서에 참여하고 정부정책 추진을 위해 국가 집행주체를 베트남 자연자원환경부(MNRE)로 지정했다. 베트남 자연자원환경부 산하에 있는 수문기상·기후변화국이 청정개발체제(CDM)의 국가인증기구(DNA)이다. 베트남 수문기상·기후변화국은 국가기후변화 총괄 뿐 아니라 CDM 사업 평가의 임무를 갖고 있다.

UNFCCC와 교토의정서 관련 베트남 국가위원회의 의장은 자연자원환경부 차관이 담당한다. 환경부(의장과 부의장), 외무부, 재정부, 투자기획부, 과학기술부, 산업무역부, 농촌개발부, 교육부, 건설부, 교통통신부, 법무부, 문화관광부, 노동복지부 그리고 베트남과학기술연합회 등 총 16개 부처로 구성된다.

기후변화와 관련하여 기후변화위원회를 설치하였는데, 이는 기후변화 관련 기관 중 가장 권위있는 위원회라고 할 수 있다. 총리가 의장을 맡고 부의장은 자연자원환경부 장관, 각 부처 장관들이 위원을 맡고 있다. 수문기상.기후변화국이 실행을 하고 있다.



〈그림 5-2〉 베트남 CCFSC 조직도

[표 5-3] 베트남의 부처별 기후변화 업무 현황

부 처	관련 업무
자연자원환경부 (Ministry of National Resources and Environment : MNRE)	○ UNFCCC 포컬포인트 ○ MPI 및 MFA와의 공조 하에 UNFCCC 이행을 위한 국가계획 준비 ○ MF와 공조로 CERs거래 예측 및 시장 조사와 CDM 프로젝트 준비 가이드라인 작성 ○ 국제협약 및 협정하에 환경보호와 관련된 활동 내에서 CDM 통합
방송통신·문화부 (Ministry of Communication and Culture)	○ 기후변화 위험성 및 UNFCCC 이행관련 사항 대 국민 인식 강화 프로그램 마련
법무부 (Ministry of Justice)	○ 베트남의 UNFCCC 이행을 위한 법제도 정비
MPI	○ 에너지, 폐기물 관리, 교통, 농업 및 임업 분야 CDM 프로젝트 이행을 위한 투자 유치 계획 준비

자료 : UNFCCC(2007).

❑ 국가방재위원회(National Committee on Disaster Management)

베트남 자연자원환경부는 UNFCCC와 교토의정서의 실행을 위한 위원회의 운영, 자연자원환경부를 중심으로 기후변화와 관련된 국제협력, 기후변화 상황 및 해수면 상승 모니터링을 수행하고 있다. 더 나아가 연구, 개발, 평가기법 개발 등 기후변화와 관련된 연구들을 진행하고 있다.

이중 지속가능한 발전을 위해 교토의정서가 3가지 축 가운데 하나로 제시하고 있는 청정에너지 개발을 중심으로 하고 있다. 이러한 노력들 외에도 베트남은 2010~2070년까지 기후변화 시나리오에 기반한 관련프로젝트의 지원과 선진국에서의 기술지원을 받으려고 모색하고 있다.

❑ 메콩강위원회

메콩강위원회는 메콩강 하류 유역의 수자원과 관련된 개발을 조정하기 위하여 1957년에 ESCAP의 전신인 ECAFE의 제안으로 설립되었다. 태국, 라오스, 베트남, 캄보디아 등 4개국이 회원국이다. 1978년에 태국, 라오스, 베트남 3개국이 잠정 메콩강위원회를 설립하여 운영하고 있다.

메콩강위원회에서 다른 국가의 홍수정보는 받아서 운영한다. 베트남메콩강위원회는 베트남지역의 예·경보만 담당한다.

다. 관련 기초 인프라 실태

베트남은 홍수 예·경보 등 재난경보는 라디오 등 대중매체를 이용하며, 전국 500개 관측소를 이용하여 지역별 예·경보체계가 구축되어 있다.

베트남의 홍수 예·경보는 매우 비효율적으로 운영되고 있다. 현재 홍수예보 절차는 인민위원회에 우선 통보되고 인민위원회 산하의 홍수위원회의 결정으로 경보를 발령하기 때문에 시간을 놓쳐 대부분 사후처리에 국한되는 경우가 많다.

따라서 제도개혁이 필요하며, 현재 제도개혁을 추진하고 있는 중이다. 현재의 수문기상.기후변화국을 한국 기상청과 유사하게 독립체제인 기상수문청으로 독립하기 위한 법규 제정 중에 있다. 아울러 과거 아날로그 방식의 자료를 디지털화 하여 정보 정리 및 예측능력 제고를 위한 노력이 필요하다. 현재 부분적으로 작업 진행 중이나, 매우 느리게 진행되고 있다. 현재 7개의 레이더를 보유하고 운영하고 있으나, 추가 확대하려고 한다.

3. 베트남 정부가 요청한 사업

베트남이 우리나라에 요청한 지원 사업은 주로 소프트웨어 기반이었다. 홍수 예·경보 시스템의 경우 다른 나라의 지원을 받아 이미 어느 정도 설치되었지만 우리나라에서도 지원받기를 희망하였다. 베트남에서 우리나라에 지원을 요청한 사업은 다음과 같다.

- 우선순위는 태풍, 호우 등의 예·경보체계
- 돌발홍수, 위험기상(태풍 등)에 대한 예보기술 지원
- 수치예보연구 개선
- 관측네트워크 현대화 지원
- 응용기상서비스 개발 지원
- 자료처리 및 관측 자료의 디지털화(기후자료 복원) 기술지원
- 돌발홍수 경보 기술 개발 연구
- 사막화모니터링 기술개발
- 수문기상학의 데이터 활용 현대화
- 수문기상학의 서비스 능력 강화
- 관련 직원의 교육 및 훈련
- 재해예방 및 대응, 사회경제 성장 체계의 규정을 위한 강수량과 홍수의 예보 기술 개발 연구(베트남 홍강 홍수방지를 위한 지원)
- 천리안 수신장치 지원요청 : 현재, 일본, 중국, 미국(NOA) 등 위성 수신 장치를 가지고 있으나, 한국 COM의 최신 정밀 정보를 받기 원함
- 한국기상청(KMA)에 자동기상관측소, 수위측정장치, 자료수신장치 등의 지원을 요청
- 다양한 나라에서 지원을 받다 보니 장비의 표준화가 어려워 장비표준화 방안 요청

제2절 필리핀

1. 일반사항

필리핀 공화국(필리핀어: Republika ng Pilipinas, 영어: Republic of the Philippines)은 서태평양 상에 있는 동남아시아의 섬나라로 전체 면적은 290,000km^{2}이다. 북쪽으로는 루손 해협 건너 타이완과 근접해 있고, 서쪽으로는 남중국해 건너편 베트남과 인접해 있다. 남서쪽으로는 보르네오 섬 사이에 술루해가 있으며, 남쪽으로는 술라웨시해의 건너편 인도네시아 섬들과 근접해 있다. 동쪽으로는 필리핀해가 인접해 있다(<그림 5-3> 참조).

환태평양 조산대에 위치하고 있는 필리핀은 지진과 태풍이 자주 발생하는 지역이다. 천연자원이 풍부하고, 생물의 다양성이 풍부하다. 필리핀 군도는 남북 길이가 1,850km에 이르는 7,107개의 크고 작은 섬들로 구성되어 있으며, 루손, 비사야, 민다나오의 세 지역으로 나뉜다.

인구는 대략 9,800만 명으로 추정되는 세계 12번째 인구가 많은 나라이며 약 1,100만 명의 필리핀인들이 해외에 살고 있다. 필리핀은 다양한 민족과 문화가 공존하고 있다. 선사시대에 필리핀에 거주했던 네그리토가 있으며, 그 뒤 오스트로네시아 언어를 사용하는 사람들이 정착하였다. 말레이인의 문화와 힌두교, 이슬람교 등이 차례로 전해졌다. 또한 무역으로 인해 중국 문화 역시 필리핀에 영향을 주고 있다.

행정조직은 자치단체로 81개 주(Province), 117개의 시(City), 1,501개 구(Municipality), 41,982개 마을(Barangay)로 구성되어 있다. 수도 마닐라는 메트로 마닐라를 구성하는 하나의 시이며, 메트로 마닐라는 14개의 시와 3개의 읍으로 구성되어 있다. 메트로 마닐라를 통괄하는 행정기관은 Metro Manila Development Authority(MMDA)로 광역행정업무를 협의 조정하고 있다.



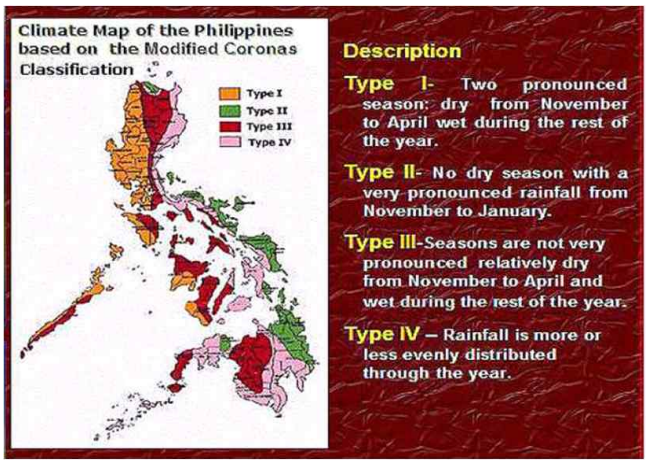
〈그림 5-3〉 필리핀의 지도

필리핀의 기후는 지리적으로 15°N 이상에 위치하고 있으며, 높은 산이 많은 지형적인 요인 때문에 지역에 따라 기온차가 크며 일 년 내내 무덥고 습한 기후를 나타낸다. 계절풍의 영향으로 1월에서 6월까지는 건기를 나타내며, 7월에서 9월은 우기로 많은 비를 내린다.

평균 기온은 25℃이며, 5월 이후에는 기온이 40℃까지 올라간다. 3월과 5월 사이에는 22-28℃ 정도로 다소 선선한 날씨를 나타내며, 연평균 습도는 77% 정도이다. 루손 섬은 태풍이 통과하는 지점에 위치하지만, 민다나오 섬에는 태풍이 잘 접근하지 않는다. 필리핀에 영향을 주는 태풍의 85% 이상은 사마르 섬 북쪽을 통과한다.

필리핀의 기후는 일반적으로 4가지 유형으로 구분된다(<그림 5-4> 참조).

- 기후유형 I (Type I, 서해안지역, 황색) : 건기(11 ~ 4월)와 우기(5 ~ 12월)가 뚜렷함.
- 기후유형 II (Type II, 동남쪽 해안지대, 녹색) : 건기 없이 연중 습윤하고, 11월에서 1월까지 강한 우기가 나타남.
- 기후유형 III (Type III, 중부지역, 빨간색) : 계절이 뚜렷하지는 않으나 11-4월은 건조하고, 5-10월은 습윤함.
- 기후유형 IV (Type IV, 중동부지역, 분홍색) : 연중 강수가 일정하게 분포함.



〈그림 5-4〉 필리핀의 기후유형도

2. 기후변화유발 재해 대응 역량 분석

가. 관련 법·제도

1997년 이후로 재난관리 법안의 수정을 요구하는 안건들이 필리핀 의회에 상정되었고, 2009년 필리핀 의회는 “필리핀 재난위험관리행동”법안을 제출하였다.

의회는 위원회 보고서에서 다양한 DRM(Disaster Reduction Management) 관련 법안들을 강화하는 초고를 완성하였다. 전략적 국가행동계획(Strategic National Action Plan : SNAP) 및 필리핀 재난관리 행동(Republic Act 10121, RA10121) 법안은 전 영역에 걸쳐 사전재난관리의 중요성을 강조하고 있다([표 5-4] 참조).

홍수재해를 줄이기 위한 국가정책 및 법제도는 지속적으로 개선되어 왔다. 그러나 여전히 해결해야 할 과제가 많이 남아있다. 재난 위험을 줄이고 그 취약성을 개선하기 위해서는 단순히 글에 머무르지 않고 실제로 이행하는 것이 절실하다.

[표 5-4] 재해 위험 저감을 위한 법적 발의

Legislative Initiatives on Disaster Risk Reduction
o Republic Act No. 10121 -"Philippine Disaster Risk Reduction and Management Act of 2010" o Republic Act No. 9729 -"Climate Change Act of 2009" o Ratification of the ASEAN Agreement on Disaster Management and Emergency Response (AADMER)
National Initiatives
o Strategic National Action Plan(SNAP) for Disaster Risk Management o Administrative Order No. 1, Series of 2010 o Memorandum of Understanding between the National Disaster Risk Reduction Management Council(NDRRMC) and the Climate Change Commission(CCC) o Other NDRRMC Initiatives o Philippine Institute of Volcanology and Seismology(PHIVOLCS) o Philippine Atmospheric Geophysical and Astronomical Services Administration(PAGASA)

필리핀은 법적·제도적 협의를 통해 재난관리 강화 방안을 논의한 Hyogo Framework for Action(HFA) 협약에 가입한 선도국가 중 하나이다. HFA협약은 UN의‘자연재해로부터 안전한 지구 만들기 10개년 계획’인 United Nations International Strategy for Disaster Reduction(UNISDR)에서 논의된 협약으로, 2005년 인도양 쓰나미 직후 개최된 세계 재난감소 회의에서 채택된 바 있다.

HFA협약은 자연재해를 해결하기 위한 필리핀 정부의 국제적 노력의 발현이라 할 수 있다. 일례로 HFA는 비콜 알베이 Local Government Unit (LGU)가 기후변화적응 및 재해위험 감소를

위해 예산의 4.5%를 책정하면서 지역 발전도를 4.6(최저점 1, 최고점 5)까지 끌어올리는데 기여한다.

또한 알베이 지역에는 재해위험 경감, 비상사태 연구 및 재난 전문가, 조기경보시스템 기구가 존재한다. 재난위험관리 기능의 분산화는 현재진행형이며 필리핀 전역으로 확산시킬 필요가 있다.

재해위험경감(Disaster Risk Reduction : DRR)의 법적 기초는 RA10121법안이다. 하지만 이 법안을 이행하는 데에 있어서 2009 기후변화행동 법안(Weather Change Act of 2009, RA9729)이 보완적인 역할을 한다. RA9729법안은 국가 및 LGU의 각종 정책, 계획, 프로그램 및 프로젝트들이 온전한 환경적 고려사항 및 지속 가능한 개발 원칙에 따라 설립되는 것을 보장한다. RA9729법안은 정책수립, 개발계획, 빈곤 감소 전략 등과 기후변화 개념을 체계적으로 통합한다.

이 법안으로 기후변화와 관련된 정부의 행동계획과 프로그램을 모니터링 및 평가, 조정하는 단독 정책 결정기관인 기후변화위원회(Weather Change Commission : WCC)를 설립하게 되었다.

위원회는 기후변화 추이, 연구 및 개발, 확장 및 활동 모니터링 프로그램을 기반으로 하는 프레임워크를 제시하도록 되었다. 이에 대한 결과가 바로'2010-2022 기후변화에 관한 국가전략 프레임워크(National Framework Strategy on Weather Change 2010-2022)'이다. 이 기후변화법은 지자체들로 하여금 지역기후변화행동계획(Local Weather Change Action Plan ; LWCAP)을 수립하도록 촉구하고 있다.

전략적 국가행동계획(Strategic National Action Plan, SNAP)은 재해위험경감관리를 위한 전반적인 국가 로드맵이라고 할 수 있다. 한편, 홍수 예·경보에 대한 더욱 구체적인 법·제도는 RA 10121(Philippine Disaster Risk Reduction and Management Act)와 CCA(RA9729 혹은 Weather Change Act of 2009)라는 두 법안에 바탕을 두고 있다. 이 법안들은 자연재해 후 국가와 사회의 빠른 회복력을 증대시키고, 재해로 인한 피해와 손실을 줄인다는 공통된 목표를 갖는다.

❑ 전략적 국가행동계획(SNAP)

NDCC는 HFA의 연장선상에서 재해경감을 위한 전략적 국가행동계획(SNAP)의 수립을 주도했다. SNAP은 국가 수준에서 HFA의 전략적 목표를 추구함으로써 향후 10년간의 비전을 보여주는 국가 로드맵이다. SNAP은 기존에 있던 재난대비 4가지 중점 계획(4PPADP)을 이어받아 다양한 DRR대책을 제시한다. 특히, SNAP은 다섯 가지 전략적 목표를 제시한다.

- 첫째, 재해위험경감을 우선적인 과제로 한다.
- 둘째, 위험정보 및 조기경보를 선진화 한다.
- 셋째, 안전성 및 견고성을 중시하는 문화를 만든다.
- 넷째, 주요 분야에 대해 위험요소를 최소화 시킨다.
- 다섯째, 재난대응에 대해 체계적으로 준비한다.

이러한 다섯 가지 전략적 목표를 달성하기 위하여 [표 5-5]에서 보듯이 2009년부터 2019년 동안 이행해야 할 18가지 프로젝트들이 150가지 전략적 행동에 기초하여 제안되었다.

[표 5-5] SNAP(2009-2019)의 우선순위 프로그램/프로젝트 목록

	프로그램/프로젝트	주요 책임 기관
1	Disaster Risk Management(DRM) Act	Office of Civil Defense
2	Multi-stakeholder Dialogues on Disaster Risk Reduction	Office of Civil Defense
3	Institutionalization of Disaster Management Office (DMO)	Department of Interior & Local Government
4	Enhancing Capacity Development for Local Disaster Coordinating Councils (LDCCs)	Department of Interior & Local Government
5	Main streaming DRR into the Peace Process	Armed Forces of the Philippines, Office of the President Advisor on the Peace Process
6	Main streaming DRR in Various Government Plans and Programs	National Economic Development Authority
7	Public-Private Partnership (PPP)	Office of Civil Defense
8	Resource Mobilization	Department of Budget & Management
9	Information and Database Generation	Office of Civil Defense, Department of Science & Technology
10	Knowledge Management	Department of Science & Technology, Department of Environment & Natural Resources
11	Supporting DRR: Main streaming Through Sectoral Approach	Office of Civil Defense
12	Preparedness for Effective Disaster Response	Office of Civil Defense
13	Information, Education and Communication (IEC) Campaign	Philippine Information Agency
14	Institutional and Technical Capacity Building	Office of Civil Defense
15	Education and Research	Education: Department of Education, Commission on Higher Education for Research Research: Department of cience and Technology
16	Forecasting and Early Warning	Department of Science & Technology
17	Risk Evaluation	Department of Interior & Local Government
18	Development of Tools for Assessment and Monitoring of DRR Measures	National Economic Development Authority

❑ 기후변화 관련 정책 동향

CY2009 일반 세출 법안에 따라, PhP2,000,000,000.00는 인위적인 재난과 자연재난에 의한 사회/지역에 대한 재활활동과 구호, 다른 자본 지출을 포함한 영구 구조물의 보수 및 재건, 재난 운영 및 재활 활동을 위한 국가재난기금(NCF)으로 할당하고 있다([표 5-6] 참조). 이 기금은 재정경제부(DBM)에서 재해조정위원회(NDCC) 추천에 따라 대통령의 승인 후 적절한 시행 기관 또는 지방정부단위(LGUs)에 직접 지원된다.

특별지원기금은 보건복지부(DOH)에 의해 선언된 자연재난, 전염병과 연관된 활동, 재활, 재건과 관련하여 다른 작업이나 서비스나 구호에 대해 전환하여 사용할 수 있다. 위기, 무력충돌의 결과, 반란, 테러 그리고 다른 재앙, 예산 연도내에 발생하는 사전재해, 재활활동, 기지/장비 및 시설 준비활동, 직접적인 재난 관리에 종사하는 인력의 양성을 포함한 활동 등에 특별 지원될 수 있다. 특별법에 의해 기 지원된 대재앙과 특별한 기상, 전염병, 위기와 관련하여 다른 작업이나 서비스는 이 기금이 완전히 소진되었을 때까지 기금의 지원이나 도움을 받을 수 없다.

Quick Response Fund (QRF) : 긴급지원자금
- 25% x PhP1.150B = (DSWD)사회 복지개발부
- 20% x PhP1.150B = (OCD)민방위의 사무소
- 20% x PhP800M = (DPWH)토목 공사 및 고속도로부
- 15% x PhP800M = (DND) 국방부

[표 5-6] 국가재난기금(NCF)에 대한 연간 충당금 예산 **(단위 : 백만 Peso)**

	충당금	실제 피해액	충당금/피해액(%)
1994	2,000	5,245.9	38%
1995	2,000	19,001.6	11%
1996	2,800	1,678.4	167%
1997	2,000	5,586.7	36%
1998	2,000	28,368	7%
1999	1,000	5,668	18%
2000	998.5	9,406	11%
2001	998.5	9,267	11%
2002	800	3,420.2	23%
2003	800	5,192.9	15%
2004	700	14,244.3	5%
2005	700	3,367.3	21%
2006	700	21,651.1	3%
2007	1,000	4,533.2	22%
2008	2,000	23,512.6	9%
2009	2,000	NA	

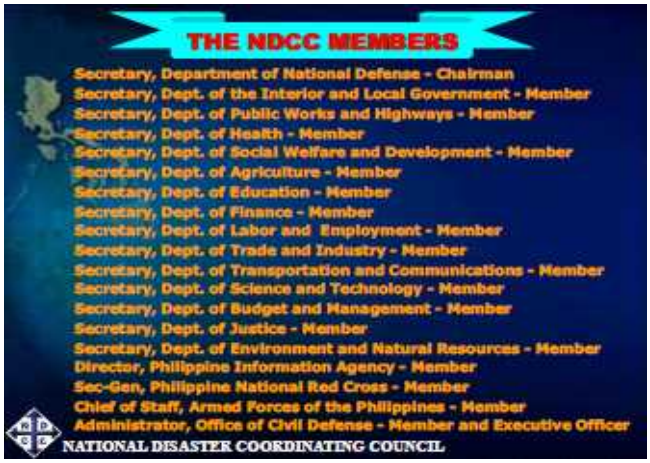
나. 행정체계

❑ 국가재해조정위원회

국가재해조정위원회(NDCC : The National Disaster Coordinating Council)는 정부 및 민간 모든 부문에서 공동의 방재계획 및 완화, 재난대응 운영 및 복구를 선도하는 기관이다. 최고의 정책을 수립, 조정하고, 국가차원의 재해위험을 관리하고 협조 조정하는 국가 최고 기관으로 OCD(Office of Civil Defense)와 함께 17개의 부서와 기관을 두고 있다(<그림 5-5> 참조).

NDCC는 국가 방재프로그램의 경영상태, 관리계획 재해운영, 재활노력, 재앙에 따라 필요한 국가재난 펀드의 출시 등에 대해 필리핀 공화국 대통령에게 자문한다. NDCC의 법적 권한은 1978년 6월 11일 발행된 대통령령 1566(PD1566), 필리핀 재해 조정능력과 재해예방위원회의 국가계획 설립 등의 지역방재 국가 프로그램을 수행한다.

NDCC은 자금, 서비스 및 구호물자의 배분에 우선순위를 수립하고 비상대비 및 재난 업무에 관한 지침을 발행하여 민방위의 사무실을 통해 하위DCCs에 자문 역할을 수행한다.



〈그림 5-5〉 필리핀 NDCC의 17개 부서

❑ 국가위험경감관리위원회

국가위험경감관리위원회(NDRRMC)는 기존 NDCC의 기능을 보완하여 개편한 조직이다. RA10121의 제정을 근거로 설립되었다. 재난관리의 핵심을 재난 후 대응 및 복구하는 것에서 재해위험을 줄이고 사전에 대비하는 것에 두었다.

NDRRMC는 주요 역할은 National Disaster Risk Reduction and Management Framework(NDRRMF)를 만드는 것이다. 이는 재난관리를 위한 국가계획의 틀에 해당하는 문서로서 매 5년마다 개편되어야 한다.

RA10121는 재해위험경감계획 이행을 위한 책임 및 권한은 각 LGU에게 부여하였다. 즉, 각

지역의 위험요소들을 효과적으로 관리하기 위하여 재해위험경감 수준을 조정하는 법적권한은 지방정부에게 있다. 또한 LGU들은 Local Disaster Risk Reduction Management Office(LDRRMO)를 조직할 수 있는 권한을 갖고 있다. 최근의 조사에 따르면 80개 중 40개의 지방들이 LDRRMO를 갖고 있으며 80개 중 23개 지방들은 정규직원을 고용하고 있다.

❑ 민방위 사무소

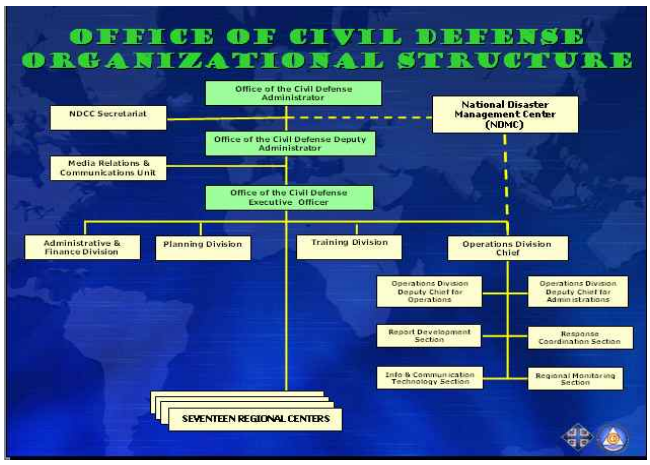
민방위 사무소(Office of Civil Defense : OCD)는 공식적으로 1973년 7월 1일에 설립된 국방부의 5개 부처중 하나이다. 전국의 재해조정, 집행위원회의 집행부서와 사무국 역할을 수행한다. 주요 업무는 재해 경고 및 모니터링을 위한 신경 센터, 자원 동원, 응답 조정, 정보 등을 관리한다. 또한 비상사태기간동안 생명과 재산의 보호와 보존을 위한 다양한 정부기관, 민간기관 및 시민단체의 활동을 조정하는 임무를 수행한다.

기본적으로 대책의 지속적인 개발에 리더십을 제공하여 종합적인 국가 민간 방위 및 민간 지원 프로그램을 관리한다. 현재 OCD는 17개 지역 재해 조정위원회에 임원 사무국 서비스를 제공하며 수행기관의 역할 및 지역 센터를 유지하고 있다(<그림 5-6> 참조).

OCD는 24시간 운영되는 NDRRMC 운영센터에서 전국의 재난상황을 팩스, 전화, 이메일 등을 통해 전달 받는다. 수신된 재난정보는 필리핀의 17개 지역마다 있는 OCD 지역센터로 NDRRMC SAWS(SMS Alert and Warning System)을 통해 전달된다.

동시에 OCD는 각 NDRRMC 기관으로 전송될 상황보고서를 준비하고 자체적으로 운영하는 웹사이트(www.ndcc.gov.ph)를 업데이트한다. 따라서 지역 센터에서 팩스로 못 받을 경우 온라인으로 이 자료를 다운로드 받을 수 있다. 또한 관련 담당자 및 지역 SMS 시스템으로 SMS를 보낸다.

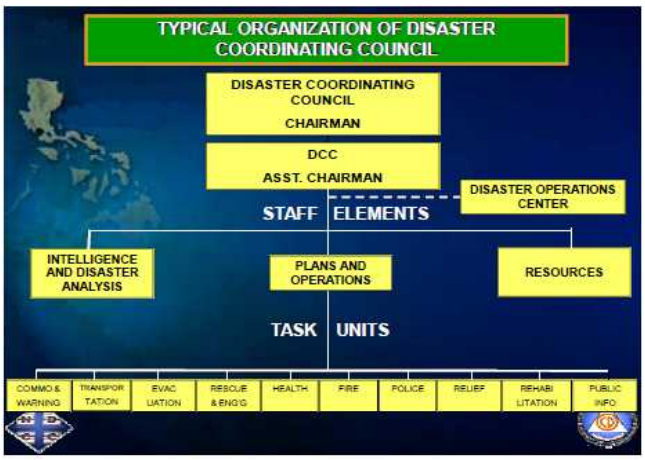
홍수상황이 발생했을 경우, OCD는 기상청(PAGASA)으로부터 정보를 받는 즉시 OCD 지역 센터에 이 정보를 전달하고, 각 지역 센터는 관할 LGU 담당자들에게 전화나 SMS로 연락을 취한다.



〈그림 5-6〉 필리핀 OCD 조직도

❑ 재해조정위원회

재해조정위원회(DCCs : Disaster Coordinating Councils)는 재난 운영 센터를 관장한다. 각 지방 정부 단위(도, 시 또는 시정촌, Barangay)에서는 군수 또는 시장으로 선출된 사람들에 의해 운영하게 된다(<그림 5-7> 참조).



〈그림 5-7〉 필리핀 DCC의 태풍 기구 조직도

❑ 강 유역 조사기관 (NAMRIAI, DPWH)

필리핀에서 강 유역을 조사하는 대표적인 두 기관은 전국지도 작성기관인 NAMRIA(National Mapping and Resource Information Authority)와 전국 홍수예방 구조물 공사를 담당하고 있는 DPWH(Department of Public Works and Highways)이다. DPWH는 홍수를 예방하기 위한 구조물 공사를 하기 전에 면밀한 강 유역을 조사하기 때문에 가장 세밀하고 많은 강의 속성정보를 갖고 있다.

NAMRIA의 주요 기능은 지형지도 작성, 국가 측지 네트워크(geodetic network) 개발, 토지 분류, 수문조사 및 항해 차트 작성, 해상경계 구분 및 지리정보 관리 등이다. 특히 이 기관은 데이터베이스·정보시스템·네트워크 개발 및 유지관리, 정보자료 패키징, 지리 및 자원정보배포 등 업무를 수행하고 있다. 또한 국가공간데이터인프라(National Spatial Data Infrastructure: NSDI), 즉, 필리핀 전역에 디지털 데이터베이스 망을 구축하는 중이다.

한편, DPWH는 도로, 다리, 제방 등 인프라를 설계·구축·유지하며, 그 산하 조직인 FCSEC(Flood Control and Sabo Engineering Center)는 홍수통제를 위해 지형 정보(지형지도, 토지 이용지도), 하천 정보(단면 데이터, 채석장 데이터), 수문 정보(구체적으로 방전 곡선, 강우량 데이터, 강우 강도 기간 주파수(RIDF) 곡선, 확률 일일 강우량 및 특정 계수) 등과 같은 강에 대한 기초자료를 수집한다.

DPWH가 홍수통제 마스터플랜 수립을 위해 실시하는 현장조사는 다음과 같이 구성되어 있다.

첫째, 강 교차단면 조사(발전 용량을 파악하기 위해 초기에는 500m~1,000m 간격으로 조사)를 실시한다.

둘째, 하천의 길이 프로필(지형 지도를 보고 참조)을 구한다.

셋째, 강의 세그먼트를 식별하기 위해 강바닥 자료 조사를 한다.

넷째, 과거 홍수정보를 수집한다. 이외에도 하천 기존 시설 현황, 홍수통제활동 내역, 강에 대한 인위적 활동 여부 등을 조사한다.

이처럼 홍수통제를 위한 마스터플랜을 위해 수집하는 정보들은 단순히 홍수통제뿐이 아니라 홍수 예·경보시뮬레이션 모델링을 위한 정보로도 쓰일 수 있다.

❑ 홍수예보부서

홍수예보는 1972년에 제정된 대통령령 78호(Presidential Decree 78)에 따라 기상청(PAGASA)이 담당하게 되었다. 이를 위해 홍수예보부서(Flood Forecasting Branch : FFB)가 발족되었다.

그러나 2008년 조직개편을 통해 FFB는 명칭을 수문기상국(Hydro-meteorological Division : HMD)으로 개명하였다. 필리핀 내 수문정보에 대한 수요가 홍수관련 정보에 국한되지 않고 훨씬 더 다양하여 이러한 수요를 충족하기 위한 기능 확대가 필요했기 때문이다.

현재 HMD는 3개부서(Sections), 즉 FFWS(Flood Forecasting and Warning Section), HDMAS(Hydro-meteorological Data Application Section), HMTS (Hydro-meteorological Telemetry Section)와 4개 강 홍수 예·경보센터 (River Flood Forecasting and Warning Centers : RFFWC)로 구성되어 있다.

HMD는 홍수 예·경보를 본부 각 부서 및 강변에 있는 사무소에서 수행한다. 본사는 또한 댐 운영을 주도하고 있으며, 메트로 마닐라의 EFCOS (Effective Flood Control Operation System)와도 정보를 공유하고 있다.

한편 기상청은 우선적으로 OCD에 홍수상황을 팩스로 전달하고, 필요할 경우, 또는 요청이 있을 경우 LGU에도 직접 정보를 전달한다. 이 정보는 물론 OCD에서 다시 LGU로 보내지게 되므로 중복전송이 이루어지게 된다. 같은 정보를 두 차례 받게 되는 점은 비효율적인 면도 있으나, 팩스수신이 이뤄지지 않는 경우도 있어 확실한 전달을 위해 유용하기도 하다.

다. 관련 기초 인프라 실태

❑ 홍수 예·경보체계

필리핀의 홍수 예·경보체계를 자세히 살펴보면 다음과 같은 세 가지 주요 단계로 나눌 수 있다.

첫째, 기상·수문·강 정보를 관측하고 수집하는 단계다. 기상정보는 태풍과 같은 악천후에 대해 몇 시간 내지 며칠 전에 대비할 수 있도록 해준다. 수문정보는 강과 하천 등의 수위를 실시간으로 관측할 수 있게 해줌으로써 임박한 홍수를 예측할 수 있도록 해준다. 강 정보는 강에 대한 GIS기반 속성정보를 제공함으로써 홍수예측모델의 각 파라미터 값들을 입력할 수 있도록 해준다.

둘째, 수집된 정보를 분석하는 단계다. 수집된 정보를 기반으로 담당자가 직접 판단하여 경보 발령 여부를 결정할 수 있고, 분석시스템이 있을 경우 각종 분석모델을 활용한 시뮬레이션을 통해 정보 분석이 이루어질 수 있다.

셋째, 홍수정보를 전파하는 단계다. 기관 간 또는 대국민에게 홍수에 대한 정보를 전파하며, 팩스, SMS, 전화, 대중매체, 경보음 등 다양한 경로를 통해 이루어진다.

필리핀에서는 이러한 홍수 예·경보 체계에 대해 단계별로 다양한 기관이 연관되어 있다. 현재 필리핀에는 관측된 정보를 자동으로 수집·전송하는 홍수 예·경보시스템(Flood Forecasting and Warning System: FFWS)과 수동으로 정보를 수집·전송하는 홍수 예·경보시스템도 있다.

자동화된 홍수 예·경보시스템은 1973년 일본정부와 필리핀 기상청(PAGASA)의 협력 프로젝트로 팜팡가(Pampanga)에 처음 구축되었다. 1981년에는 이 시스템을 비콜(Bicol) 강 유역으로 확산·적용되었으며, 그 다음 해에는 비콜(Bicol) 강을 포함하여 아그노(Agno) 강과 카가얀(Cagayan) 강 전체를 통합하는 홍수 예·경보시스템이 구축되었다.

또한 댐 운영을 위한 홍수 예·경보시스템(Flood Forecasting and Warning System for Dam Operations: FFWSDO)이 1차 사업으로 1983년에 앙갓(Angat)댐과 판타방안(Pantabangan)댐을 중심으로 구축되었다. 2차 사업으로 마갓(Magat)댐과 빙가/암북라오(Binga/Ambuklao)댐에 대해, 그리고 데이터정보센터(Data Information Center: DIC, 퀘존시 기상청 본사 부근 소재)가 구축되었다. 이는 일본정부의 차관을 통해 NPC(National Power Corporation), NIA(National Irrigation Administration)와 기상청의 협력으로 이루어졌다.

한국 정부는 2008년에 KOICA 원조사업의 일환으로 필리핀 기상청과 함께 3개 지역(아우로라, 일로일로, 아구스 지역)에 홍수 예·경보시스템을 구축하였다. 또한 2010년에는 메트로 마닐라 지역에 홍수 예·경보시스템을 구축하는 프로젝트가 착수되었으며, 현재는 시스템 구축사업이 완료되어 운영 중이다.

이와 같은 자동화된 홍수 예·경보시스템 외에도 일부 지역은 UNDP나 AusAID의 지원으로 우량계 및 수위계를 설치하였다. 그리고 홍수 임박 시 관측 및 경보발령을 위한 표준운영지침 마련 및 담당자 교육을 실시하는 등 지역사회기반 홍수 예·경보시스템(Community-Based Flood Early Warning System : CBFEWS)이 있다.

1) 기상정보 관련 기초인프라 현황

❑ 자동기상관측소

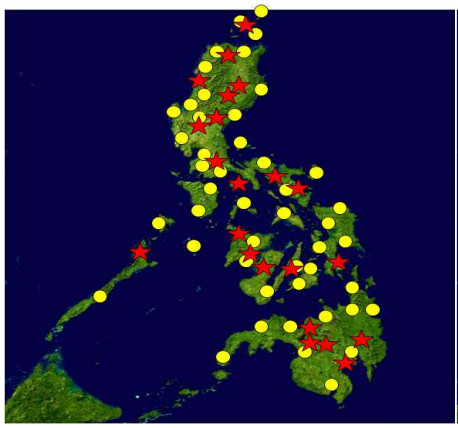
필리핀 전역 곳곳에 설치된 자동기상관측소(Automatic Weather Station : AWS), 종관관측소(synoptic station) 및 농업기상관측소(agrometeorological stations)에 설치된 기압계, 풍향계, 풍속계, 온도계, 습도계 또는 비중계 및 우량계 등 기기를 활용하여 압력, 풍향과 속도, 공기의 온도, 습도, 구름, 강수량 가시도 등 다양한 기상매개변수 측정을 위해 매 3시간마다 관측을 실시하고 있다(<그림 5-8> 참조).

해안기상방송국, 기상선(weather ship), 부이(buoy) 등은 바다의 상태를 관측하고, 고층기상관측소(upper air station)는 압력, 온도, 포인트 온도, 바람의 방향과 속도 등을 최소 12시간마다 관측한다.

또한 각종 외국 정지궤도 위성과 극궤도 위성으로부터 기상청에 위치한 위성정보 수신시설을 통해 다양한 영상정보를 받는다. 또한, 필리핀의 다양한 지역에 설치된 레이더 또한 각 레이더 범위 내 기상상황을 관측하는 데 사용된다(<그림 5-9> 참조).

다양한 데이터 수집 장비로부터 들어오는 기상정보는 암호화된 숫자, 기호 등으로 변환되어 무선 전화기, 텔레타이프, 팩시밀리 또는 SMS를 통해 지정된 수집센터로 보내지며, 이는 다시 WFFC(Weather & Flood Forecasting Center)로 보내진다. 또한, 위성 데이터는 각 수신시설로 보내지며, 레이더 관측은 지상 통신망을 통해 기상청 본사로 보내진다.

수신된 암호화 상태의 메시지는 디코딩된 후 각 지역의 기상 차트에 기호 또는 숫자로 기입된다. 이와 같은 지상 및 해상 기상정보 가시화 작업은 하루에 네 차례 이루어진다. 라디오존데, 경위의, 항공기 및 위성 관측 자료에 대한 차트는 하루에 두 차례 작성된다.



〈그림 5-8〉 종관기상관측소



〈그림 5-9〉 레이더관측소

예를 들어, 기상청에서 등압선(isobaric lines)과 바람벡터 분석에 가장 많이 활용하고 있는 GSM(Global Spectral Model)의 경우, 오전 8시와 오후 8시에 자료를 산출하여 오후 12시와 오전 2시에 각각 결과를 받아볼 수 있다.

최근에는 기상청이 기상정보 수집 및 분석 기능을 향상시키기 위한 계획을 진행 중에 있다.

❑ 기상정보 네트워크 체계

기상청은 현재 전국을 잇는 백본망이 없다. 따라서 <표 2-3>에서 보는 바와 같이 기상정보 수집 장비들은 SSB(Single-Side Band), SMS, 유선전화, 인터넷 등 다양한 경로로 자료를 전송한다.,

기상청은 투게가라오(Tuguegarao), 바기오(Baguio), 발레르(Baler), 퀘존(Quezon), 레가스피(Legaspi) 및 다바오(Davao)에 1970년대에 JICA가 구축한 microwave network이 있다. 그러나 구축 후, 불과 몇 년 만에 상용 모바일 네트워크 사업자가 같은 800~900MHz 주파수를 사용하기 시작하면서 주파수 간섭문제가 발생했다.

이후 이 백본망은 사용되지 못하였으며 현재 상당수 관측 장비들은 태풍이 발생했을 때 상용 통신망이 작동되지 않는 경우가 많다. 때문에 해당 정보가 가장 필요한 시점에 기상청 본사로 정보를 보내지 못하는 경우가 많다.

❑ 기상자료 표준화 정도

기상청은 TAC(Traditional Alphanumeric Codes)에서부터 TDCF(Table-Driven Code Forms)로 기상자료 작성방식을 변경하였다. TDCF를 도입함으로써 새로운 데이터 타입, 데이터와 메타 데이터의 높은 해상도와 정밀도, 유연성, 확장성 등의 장점을 살릴 수 있게 되었다. WMO는 앞으로 각 기관들과 모든 기상 데이터를 TDCF로 주고 받을 예정이므로 기상청의 이러한 노력은 정보교환에 있어서 매우 의미 있다고 할 수 있다.

기상관측 장비는 관측방법에 따라 두 종류로 구분할 수 있다. 첫째는 특정지점(site-specific) 관측 장비(지상 및 상층관측 장비)이며, 둘째는 원격감지(remote sensing) 관측 장비(기상위성 및 기상레이더 등)이다. 이러한 장비들은 무선 네트워크를 통해 또는 SMS, 팩스, 핫라인 또는 이메일과 같은 수동적인 방법을 통해 전송되며, 다양한 소프트웨어에 입력된다.

❑ 특정지점 관측 장비

기상청은 특정지점(site-specific) 관측 장비로서 현재 44개의 자동기상관측소(AWS), 58개의 종관관측소(synoptic station), 25 개의 농업기상관측소(agrometeorological stations), 6개의 고층기상관측소(upper air station)를 운영한다.

AWS는 데이터 로거에 수집된 기록을 저장하고 3시간마다 SMS를 통해 자료를 본사로 전송한다. 종관관측소와 농업기상관측소 자료도 각각 매 3시간과 12시간 간격으로 자료를 본사로 보고한다. 그러나 AWS와는 달리 현지에서 담당자가 자료를 직접 입력해야 한다.

현재 DOST는 전국적으로 AWS를 1,000개 이상 구축하려는(전국을 50km x 50km 그리드 박스로 나눠 각 그리드 내에 최소한 한 개 이상의 AWS를 우선적으로 설치하고 있음) 야심 찬 계획을 진행 중에 있다. 기상청도 이 일환으로 AWS 설치에 박차를 가하고 있다.

예로서 기상청은 2012년부터 2016년까지 125개의 AWS를 설치하는 5개년 계획을 세워놓았다. 또한 DOST 산하 ASTI(Advanced Science and Technology Institute)가 자체적으로 개발한 80개의 AWS와 100개의 ARG(Automatic Rain Gauge)를 설치하고 있다.

❑ 원격감지 관측 장비

현재 필리핀에는 운영 중인 레이더가 5개(수빅, 바기오, 발레르, 히나투안 레이더는 도플러 레이더, 탐파칸 레이더는 구식 레이더) 있다. 그리고 현재 5개의 레이더가 세부, 따가이따이, 비락, 아파리, 기우안에 건설 중에 있다. 이들은 내년 혹은 내후년에 완성될 예정이다.

현재 도플러 레이더 이미지 정보는 종합적으로 자료를 수집해서 분석하는 시스템에 자료를 보내고 있지 못하고 있다. 각자 별도의 모니터를 통해서만 자료를 볼 수 있는 실정이다. 2011년 8월 기준으로 수빅 레이더만 기상청이 운영 중인 클러스터 컴퓨터(Integrated High Performance Computing system : IHPC)로 자료를 전송 중이다. 한편, 히나투안 레이더도 IHPC에 연계작업 중에 있어 조만간 완료될 예정이다.

기상청은 현재 5개의 위성(MTSAT, NOAA, FY2, MODIS, WAFS)으로부터 자료를 받고 있다. 이는 기상청 본사의 WFFC(Weather & Flood Forecasting Center)에 설치된 수신 장비를 통해 이루어진다. 한편 세부에서도 WAFS와 MTSAT 위성 이미지 자료를 받고 있다. 일본 정지궤도 위성인 MTSAT은 매 30분마다 이미지를 전송하고 있으며, 이는 IHPC에 연계되어 있다.

2) 수문정보 관련 기초 인프라 현황

필리핀 전역에 대해서는 HMD가 수문정보 수집업무를 수행한다. 하지만 메트로 마닐라 지역에 대해서는 MMDA가 1993년에 구축된 EFCOS (Effective Flood Control Operation System)를 통해 별도로 수문정보를 수집한다.

필리핀에서는 주요 강 유역별 홍수예보를 실시하고 있으며, 홍수예보는 매일 6시에 24시간 예보를 발표하고 있다. 하지만 홍수 예·경보를 위한 장비의 운영 및 업무가 통합 운영되지 못하고 있다. 관측데이터 또한 통합관리 및 상호 연동되지 않아 실질적이고 효율적인 운영을 하지 못하고 있다.

따라서 필리핀에서 홍수 예·경보 시스템을 효과적으로 운영하기 위해서는 중앙에 홍수 예·경보 센터를 두고 각 지역에 수위 관측소, 우량 관측소 등 각종 시설들을 설치 운영하는 것이 바람직하다. 또한 각 지역에 설치된 우량계 및 수위계에서 관측된 자료는 데이터 전송을 통해 강수예보와 홍수예보에 활용하고 이러한 정보를 통해 홍수 경보 대비, 경보 전파 및 행동 요령을 제공하는 것이 필요하다.

그리고 필리핀의 재해방지활동은 중앙정부와 지방정부로 분리되어 운영되고 있다. 때문에 지

방정부 자체적으로 재해방지시스템을 구축·운영하고 있다. 이러한 운영체계는 지방정부의 재정 및 방재능력에 따라 재해방지가 다르게 나타나 일부 지역의 경우 심각한 피해가 발생할 가능성이 있어 조정이 필요하다.

❑ EFCOS

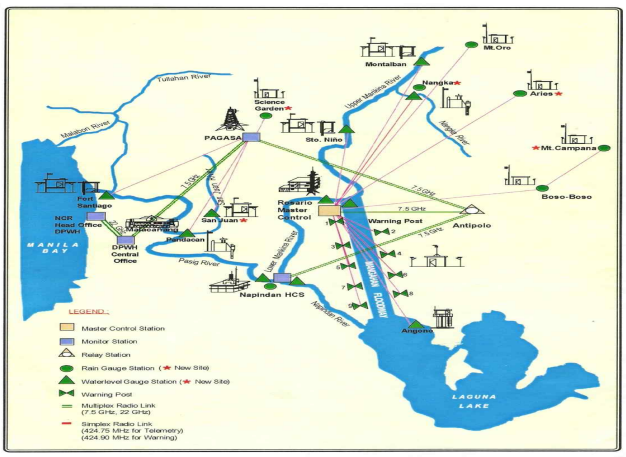
EFCOS는 메트로 마닐라를 관통하는 파시그-마리키나 강 유역에 7개의 우량계, 11개의 수위계를 설치하여 실시간으로 관측한다. 비가 많이 와서 수위가 위험해지면 수문을 열어 마리키나 강물이 파시그강에 도달하기 전에 물을 라구나 호수로 빠지게 하는 수문개폐시스템도 EFCOS의 주요 기능 중 하나다. 또한 수문개폐 시 수로를 따라 9개의 경보 포스트에서 경보음을 울려 인근 주민 및 수로 내 불법 거주자들의 인명피해를 줄이려 하고 있다(<그림 5-10> 참조).

2009년 온도이 태풍에 의해 발생한 피해로 현재 18개의 관측 장비 중 70%만 제대로 기능하고 있다. 또한, 안티폴로(Antipolo) 기지국은 2007년에 파손되어 아직도 수리를 기다리고 있다.

1993년, EFCOS 1 단계가 완료되었을 때 데이터는 수동으로 인코딩 되었고, 일본의 스토리지 기능모델(storage function model)을 통해 시뮬레이션을 했다. 당시 매개변수는 1988년에 실시했던 파시그-마리키나 강 유역 조사를 바탕으로 입력했다.

2001년, EFCOS 2단계에선 데이터가 시스템에 자동으로 인코딩되었다. 또한, 시뮬레이션 및 예측은 수위에 따라 침수 지역을 보여주는 GIS 플랫폼 위에 얹은 마이크 11(MIKE 11)을 사용하여 수행하였다. 그러나 DHI 마이크 11의 보증기간 문제로 매개변수를 더 이상 바꿀 수 없게 되었다.

한편, 하천의 폭, 깊이 등 속성은 매년 변화하기 때문에 이에 따라 매개변수를 꾸준히 조정해 주지 않으면 시뮬레이션 모델은 어느 순간부터 쓸 수 없게 된다. 때문에 매개변수를 바꿀 수 없음은 시뮬레이션에 따른 예측 자체가 어려워짐을 의미한다.



〈그림 5-10〉 필리핀 EFCOS 관측망

또한 1988년 이후 강 유역에 대해 체계적으로 이루어진 조사가 없어 현재 EFCOS에서 일하는 전문가들조차도 정확한 강의 속성을 파악하지 못하고 있다. 이러한 제약으로 컴퓨터 기반 시뮬레이션은 2006년부터 중단되었다. 대신 표준참조표를 담당자들이 만들어서 상류 수위, 상류 수위별 하류 관측지점 도달시간, 수문개방 개수에 대한 가이드를 보고 상류수위가 높을 경우 수문 개폐 및 LGU에 상황전파를 한다.

현재 상황전파는 주로 전화로 주고받고 있다. 하지만 MMDA가 메트로 마닐라 지역에 대해 와이맥스 망을 구축하고 있는 만큼 향후 이를 상황전파 및 기타 정보교환 수단으로 쓸 가능성이 있다. 한편, EFCOS에서 운영 중인 서버는 DOST 산하 기관인 ASTI의 서버와도 연결되어 기상청은 ASTI 서버를 통해 EFCOS 정보를 접속하고 있다.

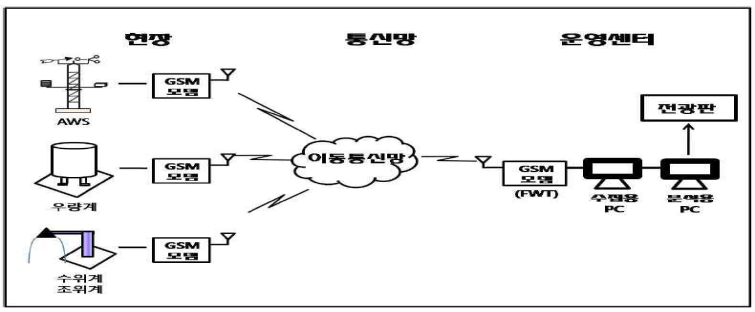
수문관측을 위한 자동관측은 강우량 관측과 원격관측시스템을 사용하는데, 각각 티핑버켓과 압력형 계측기를 이용해 강우량과 수위를 측정한다. 이 관측 자료는 원격측정(telemetry) 시스템을 통해 150MHz 대역 라디오로 전송하여 데이터 로거에 저장된다. 이를 통해 네트워크가 장애가 있어도 자료가 안전하게 저장될 수 있다. 각 관측소는 지속적인 활동을 보장하기 위해 태양전지가 탑재되어 있다.

❑ FFWS/FFWSDO (JICA)

원격측정이 되는 FFWS는 현재 팜팡가(20개 관측소), 아그노(11개 관측소), 비콜(9개 관측소), 카가얀(5개 관측소)에 위치하고 있다. 댐 운영을 위한 FFWSDO도 이와 같이 관측소와 경보음을 울릴 수 있는 시설로 구성되어 있다. 현재 팜팡가와 아그노는 마이크로웨이브망으로 자료를 전송하지만 비콜과 카가얀은 자료를 SMS로 전송한다.

❑ FFWS (KOICA)

KOICA는 아우로라, 할라우어, 아구스 강 유역에 FFWS를 구축했다. 각 유역은 2개의 AWS, 4개의 우량계, 4개의 수위계로 구성되어 있다. 이들로부터 수집되는 정보는 SMS를 통해 기상청으로 전송된다(<그림 5-11> 참조).



〈그림 5-11〉 필리핀 재해방지조기경보시스템의 구성도(1차)

현재 메트로 마닐라에서 2차 사업으로 완료된 프로젝트로 4개의 AWS, 7개의 우량계, 10개의 수위계, DRR 사무소에 설치될 7개의 경보시스템, 외부에 설치될 20개의 경보 포스트 등으로 구성되었다. 이 장비들로 수집되는 자료는 기상청에 설치된 홍수예측시스템을 통해 분석되고, 자연재해 발생 시 경보포스트를 통해 취약지역에 경보를 전달함으로 인명 및 재산피해를 극소화 할 수 있을 것으로 기대된다(<그림 5-12> 참조).



〈그림 5-12〉 필리핀 재해방지조기경보시스템의 구성도(2차)

3) 강 관련 기초 인프라 현황

DPWH의 FCSEC은 JICA와 “전국 홍수 위험 평가에 대한 연구와 필리핀 공화국에 있는 선택 영역에 대한 홍수 완화 계획"이라는 공동 연구프로젝트를 수행하였다. 본 연구는 홍수가 발생하기 쉬운 954개의 도시지역을 조사하여 홍수위험이 높은 56개의 주요 하천별 우선순위를 만들었다. 현재 이 56개 강 유역 중 12개 유역에 대한 조사가 진행 중이다.

그리고 다양한 기관 간 협력하여 진행 중인 READY(Hazards Mapping and Assessment for Effective Community-Based Disaster Risk Management) 프로젝트가 AusAID의 보조금으로 UNDP의 기술 지원 하에 진행 중이다. 이는 각 지역사회기반 재해위험관리 계획을 짜고 실행할 수 있도록 지원해 주는 사업이며, 그런 차원에서 위험지도를 그리기 위해 다양한 강 유역 지리정보조사가 진행된다.

이 프로젝트는 2004년에 동부 루존 지역에 돌발홍수에 피해를 입은 이후 유사한 피해를 예방하기 위해 착수되었다. 본 프로젝트는 27개 주를 위험도가 높은 지역으로 지정하고 이 지역들을 각각 맵핑하고 있다.

3. 필리핀 정부가 요청한 사업

필리핀 대부분의 관측 장비는 노후화되어 있으며, 고장율도 높아 정확한 관측 자료의 획득이 매우 어려운 실정이다. 때문에 관측망 구성에 따른 장비 지원을 요청하였다.

또한 수문 관련 자료가 장비의 부재나 노후로 인한 고장 등으로 관련 정보를 수집하지 못하고 있어 강정보 관리 시스템 구축 사업을 요청하였다.

그리고 천리안 위성 수신 시스템을 요청하였다. 이미 기상청에서 지원할 계획을 가지고 있으며, 현재는 사전 타당성조사 중이다. 관련 교육도 함께 지원해야 할 것이다. 이와 함께 우리나라에서 지원 받기 희망하는 사업은 다음과 같다.

- **재해관련 기본 관측 자료의 획득을 위한 기본 관측망 구축사업 (기상자료, 수문자료, 원격탐사자료)**
- **DB 구축사업**
- **조기경보를 위한 기상/수문정보 수집, 분석, 전달 시스템구축사업**
- **원격탐사자료의 확보를 위한 천리안 위성 정보수신 및 활용시스템 구축사업**
- **돌발홍수 조기경보 시스템 구축사업**
- **수해 통합관리시스템 구축사업**
- **강 정보관리 시스템 구축사업**
- **통합 홍수관리시스템 구축**
- **각종 재난에 대한 대응역량을 강화하기 위하여 기술적인 지원(방재기술)**
- **기술교육 및 전문가의 양성**

제3절 인도네시아

1. 일반사항

인도네시아는 인도양과 태평양 사이에 17,500개의 섬으로 이루어져 있고, 약 190만 km^2인 면적을 가지고 있다(<그림 5-13> 참조). 이는 한반도의 약 8.5배가 되는 면적이다. 오스트레일리아 판, 유라시아 판, 태평양판과 필리핀해판의 중간에 위치하여 인도네시아는 지진과 화산활동이 자주 일어난다.

인도네시아는 큰 섬들로 이루어졌고 고원과 분지가 많으며, 정글에 넓은 습지대가 분포하고 있다. 인도네시아의 기후는 열대 다습하나 고도가 높은 지역은 온난건조하다. 인도네시아는 홍수, 산사태, 가뭄, 지진, 지진해일, 화산, 산불이 많이 일어나고 특히, 홍수와 지진이 매우 빈번하게 일어나고 있다.



〈그림 5-13〉 인도네시아의 지도

2. 기후변화유발 재해 대응 역량 분석

가. 관련 법·제도

국가의 자연재해대책으로서 정비된 제도는 1996년 자연재해관리자문위원회를 설립하였으나, 활동은 아직 피해자에 대한 긴급구호에 중점을 두고 있다. 1997년에 국가재해관리조정국(Penanggulangan Bencana Alam, BAKORNAS PBA)이라고 하는 국가 자연재해 대책기구가 설립되었다. 이 기구는 자연재해 억제와 관리활동을 주로 수행하며 인적재해에 관해서도 그 발생 전, 발생기간 중, 발생 후에 방지, 완화, 구출, 부흥 재건 측면에서 관리하고 있다.

1990년 인도네시아 정부는 재난관리법 초안을 제안하였으나, 통과되지 못하였다. 2004년 12월에는 수마트라에서 지진 및 지진해일이 발생하였다. 그 후 인도네시아 정부는 재난관리의무를 긴급히 규정하고 재난관리의 문제해결을 위한 새로운 계획을 만들었다.

온실가스 감축에 관한 법률로서 2009년에 제정된「환경관리법」을 들 수 있다. 환경관리법에는 기후변화 대응을 위한 온실가스 감축과 적응에 관한 조항을 포함하고 있다.

또한 개발계획 과정에서 재해위험 감소 및 기후변화 적응대책과의 조화라는 정책과제에 관한 법적 근거로서 2004년 '국가개발계획 시스템에 대한 법률(NO.25)'과 2007년 '재해관리에 대한 법률(NO.24)'이 제정되어 시행되고 있다.

인도네시아는 국가중기발전계획(2010~2014)을 통해 기후변화에 대응할 수 있는'기후변화완화 및 적응계획'을 발표하였다. 구체적으로 기후변화 국가행동계획(RAN-PI)과 국가온실가스감축 행동계획(RAN-GRK), 기후변화 분야별 로드맵(ICCSR) 등을 수립하고 효과적인 온실가스 감축, 기후변화 적응에 관련한 전략과 활동을 제시하였다([표 5-7] 참조).

인도네시아 정부의 온실가스 감축계획에 따르면 2020년까지 온실가스 배출량을 2005년 수준의 26%까지 감축시킨다는 목표를 갖고 관련 정책을 추진하고 있다.

[표 5-7] 인도네시아의 기후변화 대응 계획

법령	주요 내용
기후변화 국가행동계획(NAP) (2007)	- 인도네시아 기후변화 대책 지침서 - 단기(2009~2012), 중기(2012~2025), 장기(2025-2050)의 단계적 계획 제시
기후변화 국가개발 계획	- 개발과정에서 환경과 자원 보호, 기후변화 완화 및 적응 프로그램

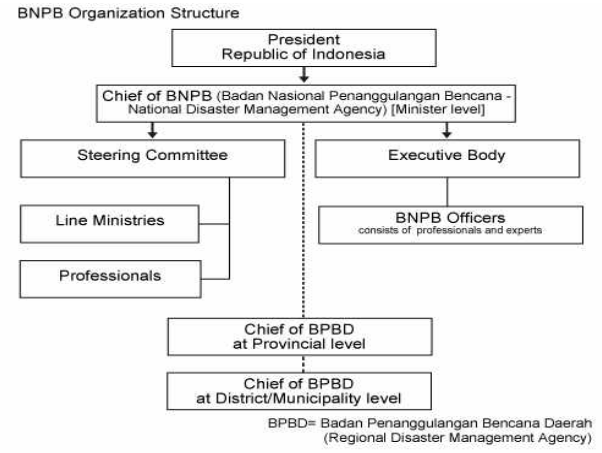
자료: ICCSR(2009).

나. 행정체계

❑ 국가재난관리기관

국가재난관리기관(BNPB : Baden Nassional Penanggulangan Bencana)은 2008년에 설립되었으며, 관리 및 운영위원회, 정책구현 기관 등으로 구성되어 장관급이 조직을 담당하고 있다(<그림 5-14> 참조). BNBP는 재해예방, 비상대응, 구호, 재건 등 재해 관리의 지침과 방향을 제공하고, 기본 및 요구사항을 바탕으로 재난관리 법안을 마련한다. 또한 재해관리활동 정보를 대중에게 전달한다.

기후변화에 대응하여 인도네시아 정부는 CDM사업을 통한 재원확보를 위해 노력하고 있다. 인도네시아 CDM관리에서 온실가스 배출량 감축분야는 환경부가 담당하고 있으며, 삼림복구분야는 산림부가 담당하고 있다.



〈그림 5-14〉 인도네시아 BNBP 조직 구조

❑ 국가기후변화위원회

인도네시아 정부는 2008년에 대통령령(Presidential Decree No. 46/2008)으로 국가기후변화위원회(National Council on Climate Change)를 설치하여 체계적인 기후변화 대책을 실시하기 시작하였다. 국가기후변화위원회는 위원장(대통령), 부위원장(경제조정부 장관, 복지조정부 장관), 간사(환경부 장관), 위원(14개[13] 부처 장관 및 기상청장)으로 구성되어 있다.

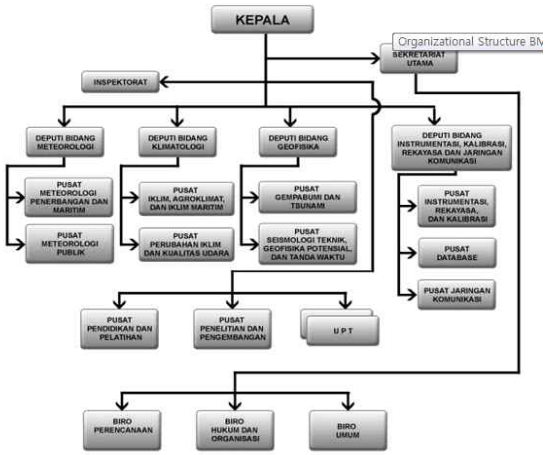
기후변화대응 국가정책 및 전략 수립, 탄소배출권거래 관련 정책·체제 구축 및 대책 마련, 사업 발굴 및 시행 등에 관한 업무를 담당한다.

13) 재무부, 내무부, 외교부, 에너지 광물자원부, 산림부, 농업부, 산업부, 공공사업부, 국가발전기획청, 해양수산부, 무역부, 연구기술부, 교통부, 보건부.

국가기후변화위원회에서는 CDM사업관리와 대통령 보고도 맡고 있다. 국가기후변화위원회는 DNPI의 CER/CDM사업 등록과 국내승인을 맡고 있는 인도네시아 CDM사업의 핵심기관이다.

❑ 기상기후지구물리청

기상기후지구물리청(BMKG: Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika)은 본청과 5개 지방청, 173개 기상대로 구성되어 있다(<그림 5-15> 참조).



〈그림 5-15〉 인도네시아 BMKG 조직 구조

BMKG는 인도네시아기후변화신탁기금(ICCTF)의 지원을 받아 '인도네시아 기후변화 적응대책' 책자와 국민을 대상으로 하는 홍보용 기후변화관련 만화책 등을 발간하고 있다.

기상장비 중 일부는 한국산이 들어가 있으며 일부는 인도네시아에서 개발된 장비를 사용하고 있다. 한국기상청(KMA)과는 상호협력의향서(MOU)를 작성하여 양국의 관련기관의 승인을 기다리고 있는 상황이다.

❑ 기상예보센터

수치예보 모델은 프랑스에서 도입한 모델을 사용하며, PC-Cluster를 이용하여 모델을 운용하고 있다. 장기예보는 한국 기상청의 「WMO 장기예보 선도센터」로부터 수신하여 활용중이다. 그러나 수치모델관리관실에서 제공하는 「주요 도시에 대한 수치예보 모델 자료」는 제공받지 않고 있다.

인도네시아의 태풍 경보체계는 해안 및 내륙지역에 대한 경보, 공해상에 대한 경보 등 2종류로 구성하고 있다. 해안 및 내륙 지역에 대한 경보는 관할 지방청에서 발령하고, 공해상 경보는 관할 지방청의 책임 하에 태풍감시센터에서 발령하는 것이 바람직하다.

❑ 푼작 기상대

인력 약 20여명이 상근하여 3교대로 관측 및 시설 유지를 위한 업무를 수행하며, 관측 자료는 위성으로 10분 단위로 송출하고 있다. 기상대 부지는 매우 넓어 강당, 회의실, 강의실, 숙소, 식당 등이 설치되어 있다. 많은 투자로 시설은 현대화되어 있어, 인도네시아 기상청의 간부 연찬회, 교육훈련 등의 행사가 개최되고 있다.

❑ 자카르타 국제공항 항공기상청

45명의 직원이 3교대 근무하며, AMOS가 활주로 옆에 설치되어 있다. 활주로에서 다소 떨어진 곳에 기상관측소와 종관관측소가 있다. 설치되어 있는 지상관측장비는 프랑스 제품이며, 그 외 운고계가 있었으나 Windshear 탐지장비는 없다.

예보실의 경우 별다른 특징은 없었으나 연간 항공사로부터 받는 수수료가 150만 달러(한화로 18억 원 정도)이었으며 이 돈은 전액 국고로 환수된다고 한다. 항공기상체계는 미국 항공기상체계를 사용하고 있다.

다. 관련 기초 인프라 실태

2005년 조기경보시스템을 구축한 이후 2010년 신규 쓰나미 조기경보시스템이 도입되었다. 쓰나미 조기경보 시스템은 다음과 같이 세 가지 주요 관측 데이터를 활용하고 있다. 또한 조기경보시스템은 잠재적 쓰나미 발견 후 5분내 경보 발령이 가능하다.

- 쓰나미의 시발점이 되는 지진을 측정하는 지진계
- 지각 변화에 대해 위성을 통한 모니터링 시스템 구축
- 해양의 변화를 관측하기 위한 관측기기와 부이

2010년 Java, Sumatra, Sulawesi, Papua 해안을 따라 50개의 조수 관측 장비를 설치하였고, 20개 이상의 해양 부이를 설치하였다. 전화, SMS를 통해 쓰나미 경보 발령을 전파하고 있다. 쓰나미 모니터링 및 조기경보시스템은 첨단시설로 잘 구축되어 있다. 관련 장비는 독일, 미국, 일본 등에서 지원받아 설치하였다.

3. 인도네시아 정부 요청사업

인도네시아 기상청은 천리안위성자료수신체계(COMS), 항공기상체계, 기상청 직원 대상 체계적 연수(3회/년) 등에 대한 지원을 요청하고 있다. 국제기구, NGO 등과의 국제협력은 사전에 법제정담당기관의 승인을 받은 MOU가 있어야 가능한 구조이다. 인도네시아 재난훈련청은 재해 대응 훈련센터 설립 및 관련 프로그램 개발 운영 지원을 요청하였다.

- 천리안위성자료수신체계(COMS)
- 항공기상체계
- 기상청 직원 대상 체계적 연수(3회/년)
- 국제기구, NGO 등과의 국제협력은 사전에 법제정담당기관의 승인을 받은 MOU가 있어야 가능한 구조이다.
- 재해 대응 훈련센터 설립 및 관련 프로그램 지원

제4절 캄보디아

1. 일반사항

캄보디아는 인도차이나반도 남서부에 위치하고 있으며 베트남, 태국, 라오스와 접경하고 있다. 면적은 181천km^2로 한반도의 4/5의 크기를 가지고 있다(<그림 5-16> 참조). 수도는 프놈펜이며 14.7백만 명의 인구를 가지고 있다. 또한 북쪽에는 세계문화유산인 앙코르와트 사원을 가지고 있다.

캄보디아의 기후는 고온 다습한 열대 몬순 기후이며 5~11월 사이의 우기와 12~4월의 건기를 가지고 있다. 농업의 의존도가 높아 자연재해에 취약한 구조이고 홍수, 집중호우, 하천범람, 가뭄 등이 주요 자연 재해이다. Tonle Sap 호수는 세계에서 가장 큰 호수 중 하나로 캄보디아 중서부에 위치하고 메콩강의 동쪽에서 시작한다.



〈그림 5-16〉 캄보디아 지도

2. 기후변화유발 재해 대응 역량 분석

가. 관련 법·제도

캄보디아는 아직 재난관리에 관한 국가정책도 없고 법도 없다. 제안된 정책은 1997년에 처음 토론된 이후로 3번의 수정을 거쳤으나, 아직 각료 이사회에서 승인되지 않아 장관(수상)에 의한 공식문서로 서명되지 못하고 있다. 재해관리법이 기안되어 총리실의 위원회에 제출 예정이나, 기후변화관련법은 구상되지 않고 있다.

기후변화적응국가행동계획(National Action Plan for the Adaptation to Climate Change)을 수립 중에 있다. 기후변화에 대한 감축과 적응 정책을 보면 다음과 같다.

- 감축: 녹색경제, 녹색성장; 녹색성장위원회 구성, 녹색성장종합계획 수립 중
- 적응: 2000년 홍수 경험, 2001년에는 태풍 피해, 2011 홍수피해(태국이 홍수피해 겪을 때)를 바탕으로 적응계획 추진

가뭄, 홍수 등과 같은 월경성 재난의 발생으로 베트남과 경계에 있는 주들은 상호협력협정을 체결하고 있다. 메콩강위원회가 있으나 실제 재난관리에는 도움이 되지 않고 있다.

❑ NGO의 참여

캄보디아에서 활동하는 국제 NGO는 캄보디아 정부와 밀접한 공조체제를 구성하고 다방면에서 지원하고 있다. 지역사회의 개발계획에 참여하여 함께 계획하거나 주민의식 제고 훈련 등에 참여한다.

NGO활동에 대한 정부 지원은 없으며 외국기관(EU, 국제기구, UK 등)의 재정지원에 의존하고 있다. 한국 KOICA도 NGO활동을 지원하고 있다. NGO는 국제적인 연계를 가진 조직과 지역 활동에 국한된 조직으로 나누어져 있다.

NGO가 수자원 부족 시 또는 홍수 시에 대처하는 정부활동을 지원하고 있다. 다양한 작물 재배도 권장하여 수자원의 효율적 이용을 도모한다. 수자원은 지역에 따라서는 지하수에 의존하기도 한다. 통상 6, 7월에 벼농사를 시작하나, 2011년에는 가뭄으로 8월에야 농사를 시작하였다.

❑ 기후변화 관련 대응 정책 동향

국민 대부분이 농업에 종사하여 농촌지역(농업부) 영향이 주요 관심사이다. 농업부는 새로운 종자이용, 작물다양성 증가를 위해 단기 수확용 종자를 권장하고 있다. 관개시설이 부족하여 메콩 강 수위는 작물파종기에 감소한다. 때문에 메콩 강지역과 다른 지역이 작물재배 조건에서 차이가 난다. 신종 쌀과 다른 대체작물을 개발하여 적응하려 노력 중에 있다. 교육부 등 다른 부처도 기후변화에 적응하는 노력에 참여하고 있다. 현재 기후변화 문제에 대한 수상의 지지가 매우 크다. 이에 지방자치단체의 기후변화 적응노력을 적극 지원하려는 계획을 하고 있다.

나. 행정체계

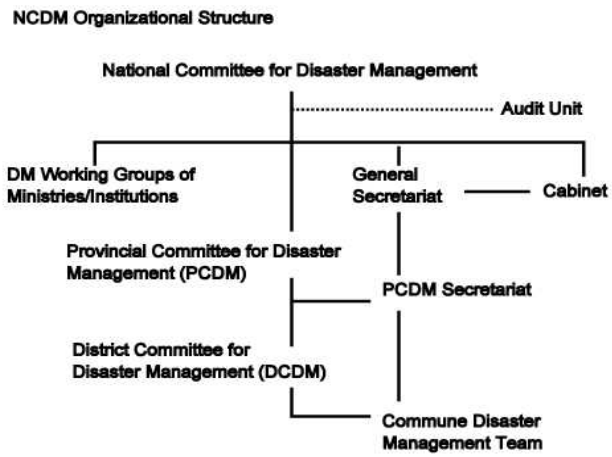
❑ 재난관리기관(NCDM)

캄보디아의 국가 자연재해대책 행정체계는 공간적 범위에 따라 국가, 주정부, 지방정부, 마을 단위로 구분된다.

- 국가: National DM (NCDM)
- 주정부: Provincial DM (PCDM)
- 지방정부: District DM (DCDM)
- 마을단위: Commune(Village) DM (VCDM) ; 지역사회의 행태변화를 유도

관련된 모든 각료들과 기관들은 긴급 상황에서 필요시에 NCDM와 협력하고 있다. NCDM은 재난 시에 연대적으로 구조 활동을 하기 위해서 캄보디아 적십자회를 그들의 주요 파트너로 택해 활용하고 있다(<그림 5-17> 참조).

NCDM은 재해 관리 사안에 관한 국왕정부에 조언을 주기 위해 NCDM 본부에 총사무국을 가지고 있고 또한 주와 지방 그리고 지역차원의 CDM에서도 유사한 구조를 갖추고 있다.



〈그림 5-17〉 캄보디아 NCDM 조직도

NCDM에서는 종합적인 재난 관리 계획을 세우고 있다. 이 계획은 경제적이고 사회적인 사회 기반시설을 회복하는 데에 목적이 있다. 또한 간접적으로는 지방의 생산과 활동, 소득 증진을 지원한다. 반복되는 홍수 재난의 자기극복력을 기르기 위해 캄보디아 국왕정부가 지원하는 프로젝트인"지역사회 재해대응 역량제고와 홍수 위험 감소 프로젝트"의 기술적인 지원도 아끼지 않고 있다.

NCDM은 DRR(Disaster Resistance and Reduction) 포럼을 운영하고 있는데 NGO가 참여한다. 환경 NGO만 아니라 개발 NGO도 참여하여 다각적인 협력체제를 유지하고 있다.

❑ 기후변화국가위원회

기후변화를 대응하기 위해 기후변화국가위원회(National Committee on Climate Change)를 구성하였다. 환경부장관이 의장이며 환경부가 사무국이다. 기후변화국가위원회는 농업, 임업, 수자원, 환경부 등 관련 부처가 함께 Climate Change Strategic Plan을 수립 중에 있다.

다. 관련 기초 인프라 실태

캄보디아는 전반적으로 모든 인프라가 매우 열악하다. 재해 피해를 줄이는 기초시설의 실태는 다음과 같다. 돌발홍수시에 필요한 긴급대피시설이 부족하여 더 많은 인명 피해가 발생하고 있다. 재해발생시 사전에 피해를 저감할 수 있는 돌발홍수 조기경보시스템이 거의 없어 사후처리 위주로 진행되고 있다. 재해 관련 교육 및 훈련 프로그램도 없어 적절한 대처를 하지 못하고 혼란을 겪고 있다.

3. 캄보디아 정부 요청사업

캄보디아 일부 지역은 돌발홍수 시에 필요한 긴급대피시설이 매우 부족하고 돌발홍수 조기경보시스템이 없다. 이에 캄보디아 정부는 우리나라에게 돌발홍수 조기경보시스템 등의 시스템, 지역, 주정부에 정보를 제공할 수 있는 체계, 그에 따른 교육/훈련 프로그램 등의 지원을 요청하고 있다.

- 돌발홍수시에 필요한 긴급대피시설
- 재해 대비 교육/훈련 프로그램
- 돌발 홍수 예ㆍ경보 시스템,
- 홍수예ㆍ경보시스템
- 천리안 위성 자료 수신 및 활용 시스템
- 자동기상관측소 및 수위측정장치 등

제5절 스리랑카

1. 일반사항

스리랑카(스리랑카 민주 사회주의 공화국)는 인도의 최남단 남동쪽에 있는 섬으로 이루어진 국가이다. 면적은 65,607km^2이며, 최대길이(Devundara에서 point Peduru까지)는 445km이며 최대 폭은 224km(Colombo에서 sangamankanda까지)이다. 해안선의 길이는 1,340km이며 스리랑카의 중심과 북쪽은 고산이 많다(<그림 5-18> 참조).

스리랑카의 기후는 열대기후이나, 해풍과 높은 습도에 의해 따뜻한 기후를 나타낸다. 스리랑카는 기후학적인 계절변화가 없다. 해안선을 따라 평균온도는 26.7℃에서 19.7℃이며 서쪽해안에 위치한 행정수도 Colombo는 대략 26.4℃에서 27.8℃이다.

습도는 낮에 70%로부터 밤에 90%까지 변한다. 저지대는 전형적으로 열대기후를 나타내며 평균 27℃이나, 2,000m 이상의 고지대로 올라가면 온도는 16℃까지 내려간다. 5월부터 7월은 가장 더운 날씨이다. 우기 때에도 대부분 밝고 따뜻한 날씨를 가지고 있다.

주요 기후 유형은 북동 우기와 남서 우기로 나뉠 수 있는데, 먼저 남서 우기는 5월부터 7월까지 비가 많이 내리며 서쪽에 영향을 준다. 날씨와 위치의 영향으로 보았을 때, 모든 자연재해는 수문기상학적 재해이다. 그 중에서도 홍수, 산사태, 가뭄은 스리랑카 재해에서 가장 많이 차지하는 유형이다.



〈그림 5-18〉 스리랑카의 지도

2. 기후변화유발 재해 대응 역량 분석

가. 관련 법·제도

❑ 국가 재해위험 관리 로드맵

스리랑카 정부는 2005년 12월에 국가 재해위험 관리 로드맵 “Towards a Safer Sri Lanka Road Map for Disaster Risk Management”를 발표하였다. 국가재난관리계획, 스리랑카의 재해 상황, 재난관리조직 및 역할, 방재를 위한 비상대응 우선순위 및 전략을 제시하였다.

국가 재해위험 관리 로드맵은 스리랑카 재난 관리의 비전을 달성할 수 있는 방향을 제공한다. 국가 재해위험 관리 로드맵은 7가지 부문에 대해 다루고 있다. 정책개발, 위험성 평가, 다수위험 조기경보시스템, 대비 및 대응계획, 재난위험 완화 및 경감의 발전통합, 주민기반 재난위험 관리, 공공홍보 및 교육훈련이다. 구체적 내용은 다음과 같다.

① 정책개발(총사업비 USD 2.24백만 달러)
- 스리랑카 재난관리법 집행, 법령의 재검토 작업, 법령 제도화 등 법적 능력 발효, 주민기반 재난위험 관리 정책 구축, 정책의 집행

② 위험성 평가(총사업비 USD 4.17백만 달러)
- 산사태 위험구역 지도 작성, 재난관리센터에 재난위험관리정보시스템 구축, 홍수 위험평가, 해안지역 위험평가 및 분석, 가뭄 빈발지역 지도 작성, 댐 안전 및 위험평가, 지방정부의 위험지역 평가, 재난취약 지도의 작성, 풍해 및 폭풍해일 지도개발, 지진구역 지도, 전염병 위험평가

③ 다수위험 조기경보시스템(총사업비 : USD 1.94백만 달러)
- 조기경보센터, 기상관측 및 예보, 홍수관측 및 예측, 산사태 예측 및 조기경보, 가뭄 관측 및 예측, 싸이클론 및 폭풍해일 추적, 지진 관측, 주요 댐에 대한 조기경보 시스템, 해안지역 관측시스템, 핵/방사능 관측 시스템

④ 대비 및 대응계획(총사업비 : USD 2.70백만 달러)
- 위험유형별 대응계획, 국가신속대응팀, 비상작전센터, 위험유형별 임시대책, 비상연락망 구축, 지식관리시스템

⑤ 재난위험 완화 및 경감의 발전통합(총사업비 : USD 2.87백만 달러)
- 고위험 지역에서의 산사태 완화, 주요도시의 홍수로 부토의 보호, 재난완화 조치계획, 재난충격평가의 개발계획으로의 통합, 국토이용 및 물리적 계획 정책, 해안지역 관리, 개발통제 및 건축법, 주택, 교육, 여행, 기간시설 등, 특정 군의 가뭄완화, 주요 댐의 안전, 위험전이 메커니즘, 재난관리 연구개발, 오염된 지표수로 인한 건강위험

⑥ 주민기반 재난위험 관리(총사업비 : USD 13.30백만 달러)
- 주민기반 재난위험관리 볼론티어제도의 촉진, 주민기반 재난위험관리 자원센터 설치, 소액기부 프로그램을 통한 대비 및 완화, 초 소액재정 추진계획, 주민기반 재난위험관리에 대한 연구기부금 제도의 적용

⑦ 공공홍보 및 교육훈련(총사업비 : USD 1.65백만 달러)
- 재난안전의 날을 통한 홍보, 국가의 공공홍보 프로그램, 학교 및 학교 교과목을 통한 홍보, 계속되는 교육 및 대학교육을 통한 홍보, 정부 공무원을 위한 교육훈련, 비상대응자를 위한 훈련으로 역량 제고, 특별홍보 프로그램

❑ 위험평가분석 추진전략

위험평가 분석 추진전략은 주요 하천 홍수시뮬레이션 모델 개발 및 도시지역 홍수범람지도 작성, 쓰나미 위험지구 지도 작성, 산사태 빈발지역에 대한 산사태 위험지구 지도 작성, 지진활동이 활발한 지역에 대한 지진지구 지도 작성, 가뭄빈발 지역 지도 작성, 싸이클론 빈발지역에 대한 싸이클론 지구 지도 작성으로 구성되어 있다.

❑ 조기경보시스템 구축전략

조기경보시스템 구축전략은 조기경보센터 설치, 기상관측 및 예측역량 강화, 홍수관측 및 예측역량 강화, 산사태 예측 및 조기경보 역량 강화, 싸이클론 추적, 폭풍해일, 해안침수 경보시스템 개발, 농업분야 등을 위한 중장기 가뭄예측시스템 개발, 지진관측 및 자료처리 통합망의 개발, 해양관측 시스템의 개발, 핵사고 조기경보 및 환경방사능 관측 시스템의 개발로 구성되어진다.

❑ 피해저감을 위한 재해완화전략

피해저감을 위한 재해완화의 노력은 다양한 방식으로 이행된다. 각 책임기관에서 과거의 재해경험과 위험수준, 투입소요비용 및 충격의 정도 등을 감안하여 합리적으로 판단한다. 그리고 이상적인 전략을 우선하여 추진한다.

재난관리센터의 기술완화과에서는 정치·경제·사회·제도·행정·기술·환경 등 요인을 종합 분석한다. 이때 관계기관 및 NGO 등과 협력이 이루어져야 한다. 재해완화의 책임기관 및 보조기관은 재해유형에 따라 달라진다.

구체적인 전략내용은 특정 완화프로젝트의 집행, 기존구조의 강화, 개발의 완화, 종합적인 재해복구완화의 노력, 자연자원 관리실패의 통제를 통한 재해위험저감, 완화조치로서의 생계개발 및 빈곤해소 등이 될 수 있다.

또한 각종 재해로부터 취약한 인프라 시설 및 건물 등 구조물에 대한 평가 및 보강이 요구된다. 발전소·교각·댐·상수원 등에 대해 벽을 보강하거나 강철 프레임을 설치하여 재해로부터 피해를 최소화하여야 한다.

특정 완화프로젝트 종류

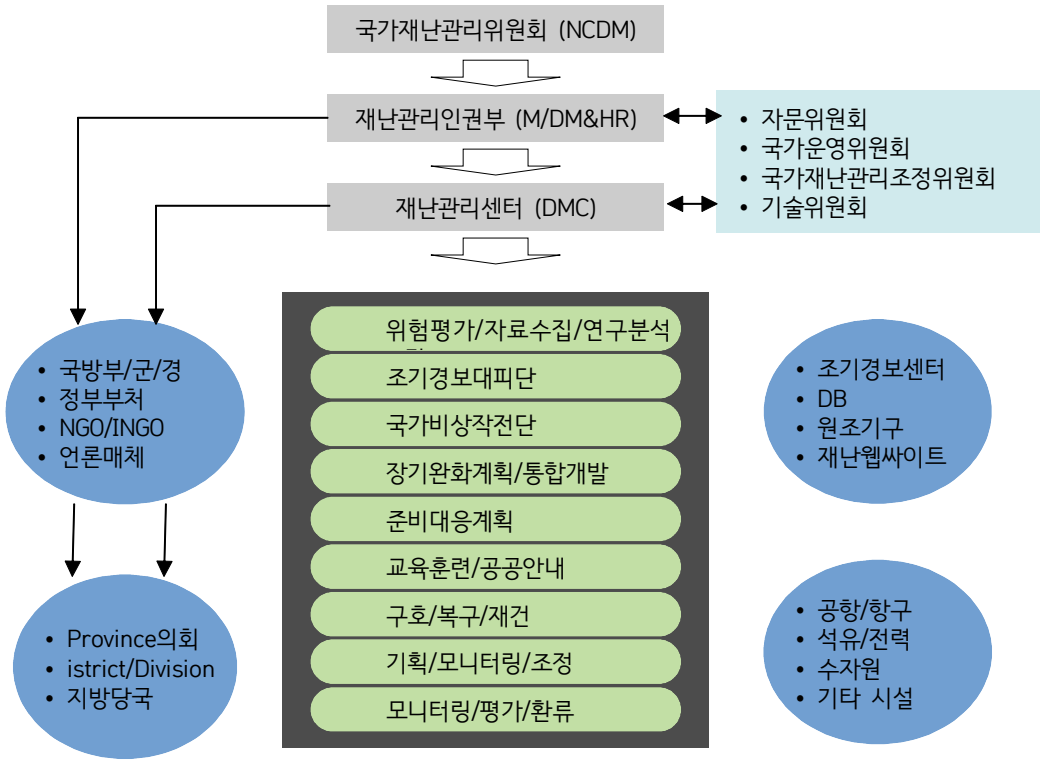
가뭄지역 주택의 우수저장, 산사태 초래위험이 있는 비탈면의 안정화 조치, 위험지역 주민의 이주 및 생계대책, 가뭄지역에 대한 수리대책, 가뭄지역에 대한 하천수로 연장, 가뭄지역 악화방지를 위한 산림조성, 식수부족 완화를 위한 염분유입방지 둑의 설치, 강의 염분통제를 위한 댐 및 저수지의 축조, 하천의 홍수조절용 댐 및 저수지의 축조, 홍수조절용 강둑 설치, 해안침수 및 쓰나미로 인한 식수오염 대비 해안지역에 대한 우수저장 탱크 설치

나. 행정체계

스리랑카의 방재정책 비전은 생존자의 육체적·심리적 건강의 피해를 최소화하며 전 국민에 대한 최고의 재해안전서비스 제공, 재난으로 인한 인프라시설의 파손 및 파괴 방지, 경제활동 및 환경에 대한 피해의 최소화, 위험경감의 극대화를 통한 경제손실 최소화로 지속적인 국가성장을 목표로 삼고 있다.

방재정책 방침으로는 평시 위험경감 및 재해예방전략 추진을 통한 지속적 성장, 재해발생시 신속대응 및 향상된 수준으로의 복구 또는 재건, 재해저감 10개년 계획의 성공적인 추진, 국가재해관리정책 승인, 국가비상활동계획 수립, 의회선정보고서의 권고안에 대한 성공적인 집행 및 추진 등이 있다.

이를 위한 재해관련 중앙정부의 조직 구조를 살펴보면, 재난관리인권부 장관의 책임 하에 재난관리센터에서 재해관리관련 제반업무를 관장하며, 비상작전센터는 상황관리, 각 위원회는 필요한 기술자문을 제공하고 있다.



〈그림 5-19〉 스리랑카 방재관련 중앙정부기구 업무처리 흐름도

자료 : 소방방재청(2007), 스리랑카 응급대응에 관한 지방행정역량 강화사업 사전조사평가 보고서.

중앙정부의 조직편제는 재난관리인권부, 재난관리센터, 비상작전센터, 각 기술자문위원회(국가자문위원회, 비상작전대응위원회, 재해관리단계별 기술위원회, 위험평가 정보수집 연구 분석 기술위원회, 다수 위험요인 조기경보기술위원회, 재해대비 대응계획 기술위원회, 손실경감 재해완화 통합 개발 기술위원회, 교육훈련홍보 기술위원회)로 구성되어 있다(<그림 5-19> 참조).

지역 혹은 지방 수준의 기관으로는 지역재난관리센터(Province/District/Division), 지역 비상작전센터(Province/District/Division), 지방/지역 재난관련위원회로 구성되어 있다. 지방/지역 재난관련위원회는 다시 Province(州) 재난관리위원회(PDMC), District(郡) 재난관리위원회(DDMC), Division(面) 재난관리위원회(DDMC), 지역당국 재난관리위원회(LSDMC), 소방서로 분류된다.

❑ 재난관리인권부

재난관리인권부는 2006년 1월 신설되었으며 다음과 같은 기능을 한다.

- 재난완화, 대응, 복구관련 정책 및 계획의 수립시행
- 국가정책에 따른 국가재난관리계획 및 국가비상활동계획의 수립
- 스리랑카 재난관리법(2005-13호)의 집행 및 운영
- 외국이 주도하는 재난완화, 대응, 복구관련 프로젝트의 조정
- 정부 타 부처 및 기관단체, NGO, 국제기구 등과 협력 및 연락업무
- 자연재해 및 인적재난관련 구호활동의 조정관리
- 자연재해 및 인적재난관련 인지프로그램의 조정
- 조기경보시스템
- 재난관리 및 인권분야의 NGO 등 활동에 대한 관리감독

재난관리인권부는 장관, 차관, 부차관 아래에 재난관리 수석차관보를 두고 정부 각 부처 재난관리 업무를 총괄조정하고 있다. 하부조직으로 재난관리센터(DMC)를 두고 있다. 보다 안전한 스리랑카를 지향하는 비전[14] 을 가지고 있으며, 미션[15]은 스리랑카의 인권보호 및 증진과 더불어 자연재난 및 인적 재난의 효율적인 예방 및 완화를 통한 조화와 번영, 인간 생명의 존엄촉진이며 재난으로부터 주민의 보호, 주민의 인권보호 및 증진을 목표로 하고 있다(<그림 5-20> 및 <그림 5-21> 참조).

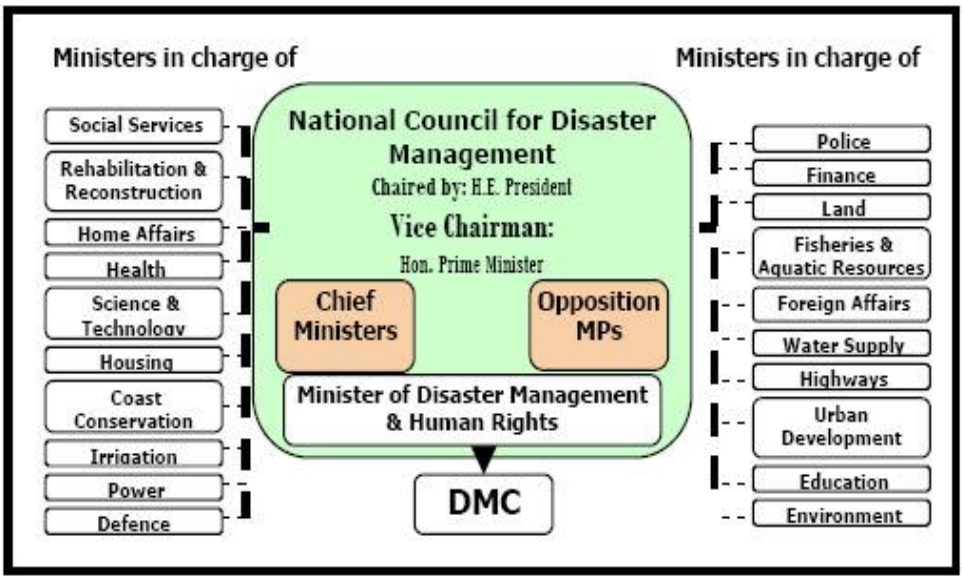
현재 각계의 전문가들이 참여하여 각 지역별로 경찰통신 및 일반전화로만 가능한 재난발생 전파방식을 재난의 강도 및 국민행동요령 등을 표준화하여 미리 정해진 절차에 따라 전국적으로 전파될 수 있는 표준재난조기경보 신호메시지를 작성 운영하기 위한 작업이 진행 중이다.

14) Towards a safer Sri Lanka.

15) To facilitate harmony, prosperity and dignity of human life through effective prevention and mitigation of natural and man-made disasters, while promoting and protecting human rights in Sri Lanka.



〈그림 5-20〉 스리랑카 재난관리인권부의 조직도



〈그림 5-21〉 스리랑카 재난관리인권부 업무처리 흐름도

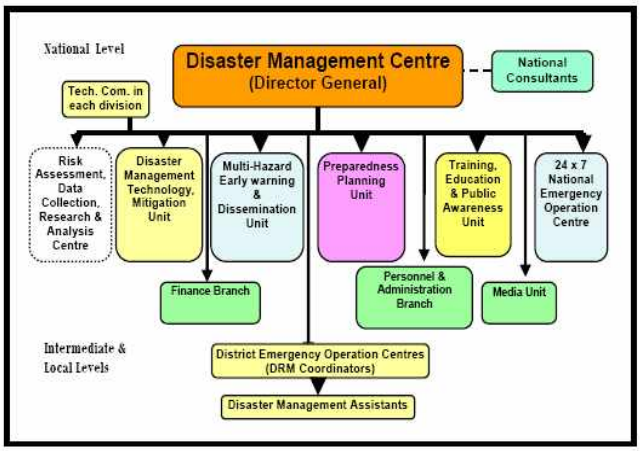
❑ 재난관리센터

재난관리센터에서는 쓰나미, 산사태 등 조기경보시스템 구축을 위하여 각 부처에서 위험정보를 평가 분석하여 위험지도를 작성하는 작업을 총괄하고 있다.

재난관리센터의 발전을 위해서는 기능을 보다 분명하게 정의하고, 기구유형의 재검토를 통하여 국가재해관리의 전 분야에 대한 책임기관으로 발전하여야 하며, 재난관리센터의 재정 및 행정지원과 관련한 재난관리법의 조항에 대한 면밀한 분석, 이사회 포함, 금융거래에 관한 명확한 업무범위 지정 등이 요망된다.

재난관리센터는 쓰나미 발생 후 스리랑카재난관리법-제13호('05.5월)에 의해 2005년 7월 국가재난관리위원회(NCDM) 및 재난관리센터(DMC)가 대통령 직속기구로 신설되었고, 동년 11월 총리직속의 재난관리부가 설치되었다.

국가재난관리센터의 본부장사무처, 부본부장실, 위험평가·정보수집·연구분석센터, 쓰나미·복합위험조기경보·소개센터, 대비계획과, 구호복구재건과, 진행계획·관측·국가하부조직 조정과, 인사행정과, 재정과, 언론홍보단, 내부감사과로 구성되어 있다(<그림 5-22> 참조).



〈그림 5-22〉 스리랑카 재난관리센터 조직 구성

❑ 비상작전센터

비상작전센터(EOC)는 재해발생시 국가차원의 효율적이고 조정된 대응을 위해서는 중앙정부차원의 비상작전센터의 개념이 중요하다. 연중 365일 24시간 운영되는 비상작전센터는 재해 상황관리 및 자원조정의 기능을 수행하게 되며, 신속한 상황판단을 통한 재해수습을 위해 정보의 접수, 분석, 전파 등의 업무를 수행한다.

상황통제실에 전문 인력을 배치하여 국가적인 재난재해를 모니터링하고 있으며, 상황관리에 필요한 각종 통신장비 등을 배치하여 체계적으로 운영되고 있다.

핵심자원의 물색, 우선순위 선정, 동원 뿐 만아니라 정책의 결정, 통신, 수집, 조정기능을 수행하는 비상작전센터는 우리나라의 소방방재청 종합상황실과 유사한 기능을 수행하고 있다.

향후 오일누출, 유해물질사고, 화학사고 및 산업사고, 방사능사고 등 비상사태에 대비한 국가차원의 신속대응팀 설치운영 계획이 추진되고 있으며, 구성자원은 경찰, 소방, 육군, 의료진, 원자력에너지 분야, NGO 등으로 이들은 기술적 재난으로 인한 치명적인 유해물질 사고를 처리하는 역할을 수행하게 될 것이다.

Province, District, Division, Local Authority 등 지방정부 및 행정구역에도 단계적으로 비상작전센터(EOC)가 설치 운영되고 있으며, UNDP(유엔개발계획)의 기금지원으로 일부지방은 이미 가동이 되고 있는 중이다(<그림 5-23> 참조).

지방 비상작전센터는 상황별로 여러 가지 기능을 수행한다. 자연재난 빈발시기에는 조기경보 유관기관 비상연락 유지, 당직관 및 보조자 근무, 유관기관 비상연락 유지 기능을 수행하고, 경보 접수 시에는 고위간부 대기 근무 혹은 즉각적인 연락태세 가동, 유관기관 통신유지를 통한 지속적인 정보파악, 고위간부 대기, 기타간부 비상연락망 유지, 유관기관 통신유지 및 정보파악, 재난관리위원회 위원과 통신가동, 병원과 경찰, 군(軍), 수도·전기·전화·도로공사 등과 통신가동 등의 기능을 수행한다.

재해발생 시에는 고위간부 및 재난관리위원회 관련 인사 현지대기, 유관기관 통신유지를 통한 지속적인 정보파악, 대피, 구조, 응급처치 등 자원봉사단체 조정 및 협력, 병원, 경찰, 군, 상하수도·전기·전화·도로공사 등과 협력 대응의 역할을 수행한다.

쓰나미조기경보기술위원회 등 조기경보기구조정메커니즘은 국가재난위험요인 평가 및 위험예보를 통한 대피유도 등 조기경보에 있어 중요한 기능을 수행한다.



〈그림 5-23〉 스리랑카 지방 비상작전센터

다. 관련 기초 인프라 실태

스리랑카는 홍수가 빈번한 11개 하천에 대한 경보시스템이 미흡한 상태이다. 또한 홍수예보시

스템이 노후화되어 있다. 현재 대형 댐 위주로만 조기경보체계가 구축되어 있다. 지자체 단위는 재해 관련 시설이 제대로 구축되어 있지 못하고 Kelani Ganga 홍수경보시스템도 미흡한 상태이다.

제도(행정 및 법)는 잘 갖추어져 있으나, 예산 부족 등으로 장비 설치 및 전문인력 양성 프로그램이 미흡하다.

현재는 조기경보시스템과 관련하여 당국의 역량이 부족하고, 유관기관 간 정보통신체계가 열악하므로 새로운 시설의 구축 및 통신체계의 개선이 시급한 과제이다([표 5-8] 참조).

[표 5-8] 위험요인별 대응부처 및 문제점

위험요인	책임기관	보완문제점
기상 위험	기상국	• 통신체계의 개선
가 뭄	기상국 농업부 수리국 토지국	• 지방별 수요에 맞는 예보역량 (수확시기 결정 등) • 엘니뇨현상 등 가뭄관측메커니즘 향상
하천범람 및 홍수	수리국	• Kelani Ganga 홍수경보시스템 미흡 • 11개 홍수빈발 하천에 대한 경보 시스템 요망 • 홍수예보시스템 개선요망
저수지/하천 홍수, 역류	수리국 MASL (스리랑카 마하웰리당국) CEB(싸이클론전기위원회) 국가상하수도위원회	• 대형 댐만 경보가능 • 다른 댐, 저수지 등 경보체계 요망
산 사 태	NBRO(국가건축연구협회)	• 대응시스템 개선요망
전 염 병	보건부 전염병방역과	

❑ 조기경보 대피시스템

조기경보 대피시스템의 통신체계는 주로 경찰통신망과 일반통신망을 이용하고 있다. 전국을 커버할 수 있는 별도의 통신망 사업을 계획 중이다. 향후 재난관리센터에서 방송매체와 연계한 메커니즘으로 개선시킬 계획이다.

지역주민에 대한 소개령은 화재 시 경보발령, 산업사고 발생시 싸이렌 취명, 지역 및 마을단위 스피커를 통한 방송, 기타 드럼, 종, 깃발 등 전통적인 통신방법, 싸이클론, 홍수, 산사태 등에 대한 라디오 및 TV 등 언론을 통한 전파의 방식으로 이루어진다. 선별되지 않은 경보발령으로 주민의 신뢰도를 떨어뜨려 유사시 소개 작전의 실패로 이어질 수도 있으므로 재난유형별 경

보책임자를 별도로 지정할 필요가 있다.

❑ 재해 대비 공공교육

재해 관련 공공교육 훈련은 지역주민이 재난발생시 대응방법을 알 수 있도록 하는 것이다. 때문에 재해대비계획 단계의 필수적인 요소가 되고 있다. 그러나 현재 스리랑카의 교육훈련은 전문가 부족, 교육훈련 기자재의 미흡 등으로 인하여 체계적인 방법으로 이루어지지 않고 있다.

3. 스리랑카 정부가 요청한 사업

스리랑카는 자연재해 관련 조기경보 및 대피시스템의 개발이 필요한 상황으로 기존 시스템과의 네트워크 구축 사업 및 경보전달시스템 신설 사업을 지원해 줄 것을 요청하였다.

또한 기상국은 기상자료가 1850년대부터 수기로 작성하고 있기 때문에 이를 디지털 문서화하여 보존 이용하는 사업, 2050년 스리랑카 기상전망 및 적응방안 연구사업, 기상레이더 설치 운영사업, 수치예보시스템 사업 등에 대한 지원을 요청하고 있다.

재난관리부에서는 고위공무원 정책연구과정 프로그램 지원을 요청하였다.

스리랑카는 낙뢰로 인한 피해가 해마다 증가하여 이에 대한 기술 및 교육을 요청하였다.

- 기상자료 디지털화 하여 보관 활용하는 사업
- 2050년 스리랑카 기상 전망 및 적응방안 연구사업
- 기상 레이더 설치 및 운영사업
- 수치예보시스템 구축 사업, 기상국 직원 교육 훈련 연수 프로그램
- 고위 공무원 정책연수 과정
- 낙뢰 등 피해 예방 프로그램
- 기후변화가 농작물 수확 등에 미치는 영향에 대한 연구 사업

제6절 몽골

1. 일반사항

몽골은 중앙아시아 고원지대에 위치한 내륙국가로서 남쪽으로는 중국, 북쪽으로는 러시아의 시베리아 지역과 접경하고 있는 북위 41°~52° 동경 88°~119° 사이에 위치하고 있다. 면적은 1,567,000km^2(한반도의 약 7.4배)의 크기이다.

국토의 길이는 동서로 2,394km, 남북으로 1,259km인 배 모양의 영토를 가진다. 인구 100만을 가진 수도 울란바타르(Ulanbaataar)는 평균 해발고도가 1,350m이고, 톨강을 따라서 동서로 길게 분지를 이룬 지형에 자리 잡고 있다.

몽골의 평균 고도가 해발 1,580m(오대산 정상 높이)의 고원국가로써 북서쪽은 산악형 고산지대, 남부는 사막지대, 중부와 동부가 초원지대를 이루고 있다. 특히 전국토의 40% 가량이 사막지대인데, 모래사막은 극히 드물고 대부분 강수량이 적어 초지가 없는 황무지 토양 사막이다.

지형은 북서부의 알타이 산맥으로부터 동남부의 평원지대로 서고동저 형태로 펼쳐져 있다. 서쪽 끝 러시아와 중국의 국경지대에 솟아 있는 호이틍 어르길(Huityn Origil)이라는 "추위의 정상"이라는 뜻을 가진 봉우리가 있다. 최고봉으로는 알타이 산맥의 후이븐산이 해발 4,374m이고, 동부 평원지대가 최저 지대로 후흐호수의 수면이 해발 522m이다(<그림 5-24> 참조).



〈그림 5-24〉 몽골의 지도

2. 기후변화유발 재해 대응 역량 분석

가. 관련 법·제도

❑ 민방위 법률(Civil Defence Law)

- 제6조. 민방위 기능은 다음과 같다.
  : 살상 무기로부터 주민 및 재산을 보호, 영향을 받는 지역에서 구조 작업을 수행, 피해자에게 원조를 제공하고 긴급 복구 및 사회복귀 활동을 조직
  : 방사능, 화학독성과 세균오염으로부터 가축, 경작 식물, 식품, 수원, 재산 등을 보호하기 위한 조치와 그 영향에 대한 대처
  : 파괴적인 무기, 응급 상황과 주민의 사고 위협에 대한 정보를 보급, 경고 정보 및 관리 시스템을 수립하고 준비를 유지
  : 파괴적인 무기, 재해 및 사고로부터 보호하기위한 조치와 기술을 시민에게 교육 실시
  : 구조 및 보호 활동을 수행하는 데 필요한 조직 및 인력 양성, 그들의 준비상태 유지, 병참공급제공(재질, 기술 설비, 도구, 기계 및 기구, 부품공급)
  : 재해 또는 사고피해 지역에서 구조작업 조직 및 수행
- 제10조. 민방위 관리의 구조 및 조성
  : 몽골총리는 민방위부의 장이며, 모든 행정수준(아이막, 수도, 마을, 지구)의 책임자는 각 민방위대의 장이다.
  : 민방위본부의 장은 국가차원의 민방위 활동의 일반적인 감독을 임명할 것이며 민방위 문제에 관심이 있는 국가 행정 조직의 장에게 직접 활동을 안내할 것이다.
  : 경제실체 또는 조직의 장은 또한 민방위의 장이 될 것이다.

❑ 환경 보호에 관한 법률

- 제22조. 자연재해 및 비상구역
  : 2. 정부는 국가중앙행정기관의 권고사항을 바탕으로 자연재해 및 비상구역을 설치한다.
  : 3. 국가중앙행정기관, 민방위부, 모든 행정수준의 지사 및 기타 관련 단체는 공동으로 자연재해 및 비상상황의 예방 및 완화와 피해의 제거, 환경의 향상, 그리고 자연자원의 복원에 조치를 취하여야 한다.
  : 4. 자연재해 및 비상상황으로 인한 손해제거를 위한 모든 비용은 국가예산에서 할당한다. 원인조사 후 책임이 있는 집단은 손해에 충분한 보상을 한다.

❑ 기상 및 환경감시에 관한 법률

- 제4조. 정부의 권한은 다음과 같다.
  : 4.1.2. 일어날 수 있는 재해와 환경오염의 심각한 위협 방지, 기상 및 환경 데이터를 적용하기위한 시스템을 구축한다.
- 제6조. 기상 및 환경감시에 대한 중앙행정기관의 권한은 다음과 같다.
  : 6.1.2. 기상 및 환경 정보를 시민, 경제실체 및 조직에 서비스를 제공하고 자연재해와 환경오염을 방지하기위한 조치를 수행한다.
- 제7조. 모든 행정수준(아이막, 수도, 마을, 지구, 루(壘) 및 주거 블록)의 지사의 권한과 책임은 다음과

같다.

: 7.1.3. 각 지역의 시민, 경제실체 및 기관에게 제공되는 기상 및 환경정보 데이터와 적절한 서비스, 있을 수 있는 자연재해와 환경오염을 방지 조치를 보장한다.

: 7.1.4. 자연재해로 인해 각각의 영역에서 지속되는 손해의 정도를 평가하고, 그 영향의 완화를 위한 절차 및 규정에 대해 수정하고, 시기적절하게 국가행정기관에 발생된 손해를 통보한다.

- 제13조. 기상 및 환경 정보와 데이터의 보급

: 13.4. 자연재해에 대한 모든 정보는 소유형태와 관계없이 모든 통신수단을 통해 첫 번째 사례에 배포되어야 한다.

나. 행정체계

몽골의 재난관리 조직과 역할은 1990년대 이후 재난의 충격으로부터 국민의 생명, 재산, 국토환경을 보호하기 위하여 재해예방, 구조, 대응, 복구에 초점을 맞추어 활동하고 있다. 최근 국제표준과 요구조건에 따라 법을 개정하였으며, 2003년 6월 20일에 몽골의회에 의하여 승인된 재난방지법은 재난관리를 위한 법률적 환경을 강화시켰다.

재난방지법의 재정 이후 2004년 1월 7일에 정부 제1령으로 몽골의 국가재난관리청(National Disaster Management Agency : NDMA)이 설립되었다. 2005년도에 동법의 개정으로 국가재난관리청을 비상사태관리청(National Emergency Management Agency: NEMA)으로 변경하였다.

비상사태관리청은 민방위 위원회(State Board for Civil Defence), 소방부(Fire Fighting Department), 국가예비청(State Reserve Agency)이 통합되어 설립되었다. 재난방지법에 따르면 비상사태관리청은 전국적인 활동영역을 갖는 전문적인 조직뿐만 아니라 국가의 재난관리 정책의 집행과 입법에 관한 책임을 지고 있다.

자연재해 및 산업재해가 발생했을 때 주요한 역할은 자연환경부, 국가민방위부서, 국가상설비상위원회와 지방자치단체, 자원 공공단체 그리고 시민단체 등에 의해 수행된다.

몽골주재 유엔재해구호기구 관리팀은 UNDP, UNCEF 및 WHO의 직원뿐만 아니라 몽골의 유엔 상임대표 등으로 구성되어 정부와 보다 효율적으로 협력하여 광범위한 자연재해방지활동 수행 역량을 구축하기 위해 설립되었다. 이 관리팀은 국가프로그램 수립 및 이행에 적절히 공헌하는 권위 있는 단체이다.

❑ 자연환경부

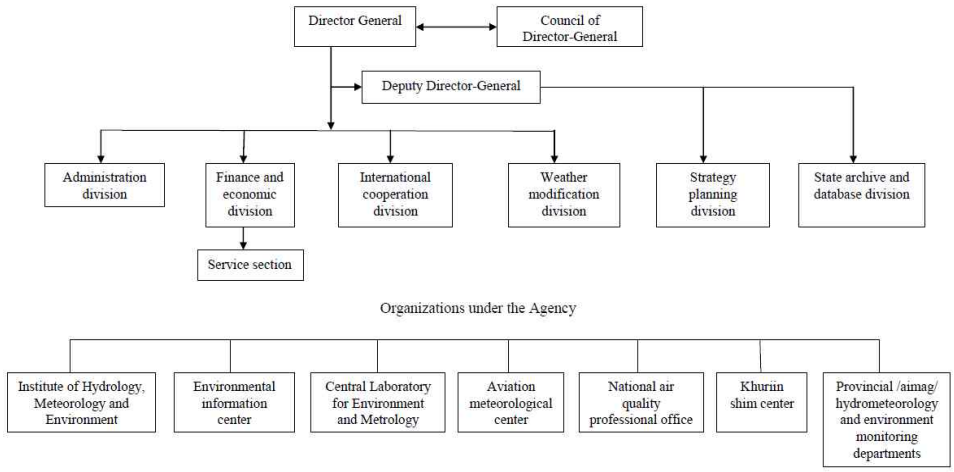
자연환경부(MNE : Ministry of Nature and Environment)는 자연재해 예방과 그 영향의 완화 연구와 관련되는 정책과 정보의 조정, 연구조사에 관한 특별한 권한을 가지고 있다. 자연재해 평가 및 정보부서로 4개청을 두고 있으며, 장관의 직무구조 내에서 규정된 환경 모니터링에 대한 기능을 기상환경감시청에 할당하였다.

자연환경부는 재해예방을 위한 감시 및 정보활동을 강화하고, 자연재해의 경감에 관한 법률초안을 만든다. 자연재해경감 10년 활동을 통제 감독하고, 자연재해에 대한 평가, 분석, 장기 단기 예측 및 재해경보 정보시스템에 있는 그룹과 서브그룹으로 구성되도록 규정된 자연재해 관리를 위한 국가 프로그램을 개발하는 업무를 수행하고 있다.

❑ 기상환경감시청

몽골 기상환경감시청(NAMEM : National Agency for Meteorology and Environment Monitoring)은 몽골의 기상, 수문, 환경감시 측정업무를 맡고 있으며, 자원환경부 소속으로 되어 있다. 정확하고 신속한 기상, 수문, 환경정보의 제공으로 자연재해로부터 국민의 생명과 재산을 보호하며, 기상 기후자원의 충분한 활용으로 경제사회 발전에 기여함을 미션과 비전으로 삼고 있다.

몽골기상청은 청장, 차장, 5과, 6개 기능별 연구소 및 센터, 21개 아이막 기상환경센터로 구성되어 있다. 본청에 청장 직속으로 행정과, 국제협력과, 재정경제과 등이 있으며, 차장이 관할하는 전략기획과, 국가자료관리과가 있다. 기능별 연구소 및 센터로는 수문·기상연구소, 환경정보센터, 중앙환경·기상실험실, 항공기상센터, 국가대기질관리소, 인공강우센터 등이 있다. 전체 직원 수는 1,790명이다(<그림 5-25> 및 [표 5-9] 참조).



〈그림 5-25〉 몽골 기상환경감시청 조직도

[표 5-9] 몽골 기상환경감시청 조직

구 분	산하 부서/ 기관
청장 직속	행정과, 국제협력과, 재정경제과, 기상조절과
차장 직속	전략기획과, 국가자료관리과
산하기관	수문、기상연구소, 환경정보센터, 중앙 환경、기상실험실, 항공기상센터, 국가대기질관리소, 인공강우센터
지방 조직	21개 아이막 기상센터

❑ 국가비상관리기구(NEMA)

NEMA는 국가 재해 보호 정책 및 법률을 다루는 것뿐만 아니라 국민을 대상으로 다양한 활동을 하는 전문 조직이다(<그림 5-26> 참조). NEMA의 주요 임무는 재해 보호 입법 환경을 개발하기 위해 위험 분류 형태를 제공하고 평가하는 전략적 관리를 한다.

- 방재에 대한 활동을 실시, 재해 경고, 방재 정리, 구조작업, 국제기관과의 협력을 통하여 재해 방지 능력 강화를 하고 모니터링, 그리고 비정부 또는 정부 기관 및 민간 부분, 지역 사회 단체와 국제기구를 포함한 재해 대응과 관련된 다양한 이해관계자의 활동 조정을 담당한다.



〈그림 5-26〉 몽골의 NEMA 조직 기구

❑ 국가상설비상위원회

국가상설비상위원회(SPEC : State Permanent Emergency Commission)는 지진, 눈보라, 대설, 모래 폭풍, 가뭄, 조드, 홍수, 산불 등 자연재해 발생시 구조, 보호, 피해자에 대한 구호, 복구 등의 대책을 수립한다.

SPEC의 인력은 정부의 승인을 받는다. 위원회의 일상 업무 운영을 담당하는 사무소는 국가민방위부다. 위원회는 국가 행정의 중앙 및 지방 조직은 전문 기관과 협력하여 재난이나 사고의 상황 및 조건을 평가한다. 그리고 재난 사고의 대비를 위한 예방 조치를 수행한다. 위원회는 다음과 같은 권한을 가지고 있다.

- 재해와 사고를 방지하기 위한 준비, 국가중앙행정기관 및 지방조직의 과제와 임무 할당, 그들로부터 비롯된 영향의 제거를 아이막의 지사가 감독한다.
- 위원회의 장이 발표하는 명령은 위원회의 결정이행, 수행된 활동과 관련하여 기금 처분의 법적 문서가 된다.
- 합법적인 근거가 있는 위원회에서 발표된 모든 결정은 구속력이 있으며, 모든 중앙행정기관, 지방행정기관, 경제실체, 공무원, 시민이 준수해야 한다.
- 아이막, 솜과 지구의 상설비상위원회 직원은 해당 단위의 장의 승인을 받아야 한다. 각 상설위원회 규정은 아이막, 수도 지사의 승인을 받아야 하고, 위원회의 일상적인 활동은 군대, 민방위본부 및 공무원에 의해 관리된다. 상설비상위원회는 각 해당 단위의 장이 지도한다.
- SPEC는 대표(장), 대표 대리, 14명의 회원, 22개 아이막으로 구성되고, 수도위원회는 대표, 대표 대리

와 8-10명의 회원으로 구성된다. 마을과 지구의 위원회는 대표, 대표대리, 3-5명의 회원으로 구성되어 있다.
- 마을과 지구 위원회는 자체적으로 상설직원이 없고, 그들의 일상적인 활동은 국가민방위부, 아이막, 수도, 솜과 지구의 군대 및 민방위본부 직원 각자에 의해 수행된다.

❑ 국가민방위부

국가민방위부(State Civil Defence Department : SCDD)는 평화시기에 모든 민방위 관련 조치 배치 및 관리, 자연재해 및 사고에 관한 정보 전달 및 경고, 국가의 규모에 대한 모든 수준의 민방위 조직의 훈련, 민방위에 대한 대중 인식 증진, 자연재해와 사고 중에는 SPEC의 지도하의 활동 등과 같은 업무를 수행한다.

국가민방위부는 대표, 대표 대리, 2개 사단과 5개 기관으로 구성되어 있다. 아이막, 수도의 민방위대는 4-8개의 회원, 솜과 지역의 대원(1-3명)을 포함한다.

❑ 인프라개발부

인프라개발부(Ministry of Infrastructure Development : MID)는 자연재해 및 사고 발생 시 부의 권한과 책임의 범위 내에서 시행되는 활동의 프로그램으로 1995년에 승인되었다.

프로그램은 재난과 사고로부터 예방, 구조, 구제원조 같은 것에 어떻게 활동해야 하는 지를 상술하고, 영향의 완화와 사회복귀조치는 통신, 교통, 고속도로, 주거용 부동산, 공공서비스 및 건설 분야를 포함한 사회기반시설 내에 마련하고 시행되어야 한다. 프로그램은 주 상설비상위원회와 국가민방위의 계획과 프로그램으로 협력되어야 한다. 프로그램은 다음과 같은 우선순위가 포함되어 있다.

- 라디오 방송국과 통신국의 위성기반 모든 기술수단과 장비에 관한 모든 수준의 준비상태의 유지
- 자연 재해의 경우에 필요한 교통시설 공급
- 공공 및 주거건물의 저항능력 결정과 재해영향에 대한 구조, 그것들의 피해범위와 원상복구
- 재해 및 사고 시 파손된 도로와 교량의 복구 및 복원
- 매년 조달 비축량, 재해 및 사고의 경우 반드시 필요한 기술 설비와 부품 재료

❑ 기후변화 관련 대응정책 동향

몽골 기상환경감시청의 연간 예산액은 한화로 환산했을 때 2012년도에 약 150억 원 정도이다. 예산은 인건비 69%, 사업 예산 16.5%, 장비유지비 13.5% 등으로 소요된다. 따라서 많은 장비를 원조하여 줄 경우 장비의 원활한 운영을 위하여서는 모자라는 장비유지비에 대한 대비책이 필요할 것으로 판단된다.

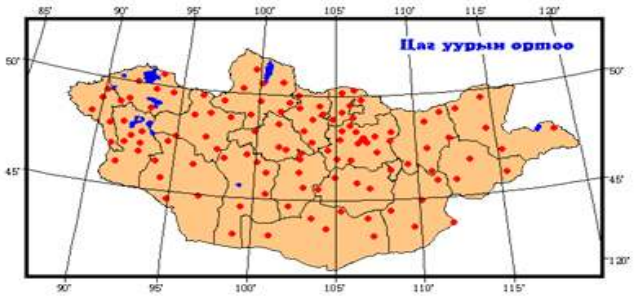
다. 관련 기초 인프라 실태

몽골 기상환경감시청은 기상, 수문, 환경감시에 관한 모든 관측업무를 담당하고 있다. 관측업무로는 지상기상관측, 고층기상관측, 농업기상관측, 복사관측, 기상레이더관측, 기상위성관측, 수문관측, 환경관측 등이다.

몽골의 기상관측장소(site)를 분류하면 크게 본청과 도청소재지의 지방기상청격인 아이막 기상센터급(21개소), 5인 근무의 기상대급(130개소), 1인 관측소인 포스트(186개소) 등 3가지 형태로 분류할 수 있다.

1) 지상기상관측

전국에 130개소의 종관관측소(5인 근무, <그림 5-27> 참조)가 있으며, 기상관측, 기상예보, 기상업무 등 기상업무 전반을 수행하고 있다.



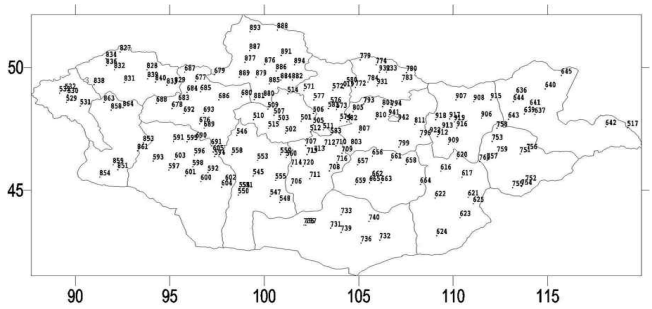
〈그림 5-27〉 몽골의 기상관측소(5인 근무) 분포도

130개소의 종관기상관측소 중 60개소는 자동기상관측장비가 설치되어 자동관측을 수행하고 있으나 70개소는 아직도 재래식 구형 기상관측장비에 의존하고 있다. 자동기상관측장비가 설치된 60개소도 대부분 고장으로 자동기상관측장비의 관측 값과 재래식 기상관측장비의 관측 값을 함께 이용하고 있어 기상관측 정보 생산에 많은 어려움을 겪고 있다.

자동기상관측소 60개소 중 13개소는 일본에서 원조된 것이고, 30개소는 중국에서, 17개소는 핀란드제품이다. 일본과 중국이 원조한 장비는 거의 고장 중이다. 2011~2012년 기간에 40대가 도입 계약되어 이중 18대는 설치 추진 중이나 On-line System이 아니므로 관측자동화는 기대하기 어렵다.

대부분의 기상관측소는 관측된 자료를 토대로 기상관측 전문을 만들어 인터넷이나 전화를 통하여 아이막센터에 위치한 아이막기상센터로 수집하여 이들 관측정보들을 수도인 울란바타르에 위치한 기상환경감시청 본부로 송신하고 있다.

186개소의 기상포스트(<그림 5-28> 참조)는 1인이 배치되어 있으며 일 3회 기상관측을 수행하고 있다. 기상과 농업 및 목축 등과 관련된 식물 및 동물에 대한 생물 관측을 보고한다.



〈그림 5-28〉 몽골의 186개 기상 포스트(1인 근무) 분포도

자동 기상관측 장비가 설치되었지만 기상관측 업무는 여전히 수작업으로 이루어지고 있다. 그리고 대부분의 자동기상관측 장비는 중국, 러시아, 일본, 핀란드 등에서 무상원조사업으로 설치되어 운영과 관리에 어려움이 있다. 고장 발생 시 수리를 위한 부품조달이 거의 안 되고 있으며, 수리요원도 없는 실정이다.

[표 5-10] 몽골 기상환경감시청 관측소 현황

구 분	내 용	개소	계
관측소 (5인 이상 근무)	기상관측소(5인 관측소)	130	207
	고층관측소	7	
	복사관측소	35	
	농업관측소	2	
	목축관측소	8	
	기상레이더관측소	1	
	기상위성수신	3	
	황사관측소(dust station)	9	
	기타	12	
포스트 (1인 근무)	농업포스트	194	350
	수문포스트	132	
	환경감시포스트	24	
실험실(laboratory)	환경감시실험실	11	11
합계		568	

전 국토를 대상으로 기상요소별 관측망을 설계하고 이를 토대로 기상관측장비를 체계적으로 구축하여야 하나 많은 부분을 원조로 지원받아 계획성 있고 체계적인 설치가 어려웠다.

전국에 산재된 자동기상관측장비와 재래식 기상관측장비에 대하여 정기적인 검·교정이 제대로 이루어지지 않아 관측 자료의 정확도에 대한 신뢰도가 매우 낮은 편이다.

1인이 근무하는 186개소의 기상포스트도 문제점이 있다. 자동기상관측장비 보급이 전무하고, 하루 3회 00Z(현지시각 오전 8시), 06Z(현지시각 오후 2시), 12Z(현지시각 오후 8시) 관측으로 관측의 연속성이 없고 실시간 기상상황감시가 불가능하다.

사용하고 있는 기상관측장비는 재래식 기상관측장비로 관측함으로서 관측 자료의 신뢰도가 매우 낮다. 사무공간이 없어 타 기관(솜) 사무실에 자리를 배정받아 근무하고 있으나 책상에는 관측야장, 관측지침 등 몇 가지 외에는 PC, 사무용품, 기상현황판 등이 없어 업무능률 저하가 우려된다.

뿐만 아니라 1인 근무로 인하여 년 중 휴무가 없어 년 중 연속근무에 어려움이 많아 보이며 전기 통신 여건도 매우 열악하여 기상전문 송신은 전화에 의존하고 있다.

2) 고층 기상 관측

정확한 일기예보를 위해서는 지방은 물론 상층의 대기 상태도 파악을 해야 한다. 고층기상관측은 관측기구(라디오존데)를 상공으로 올려서 지상으로부터 약 30km까지의 기압, 기온, 습도, 풍향풍속 등을 관측한다.

몽골에는 고층기상관측소가 7개소를 운영하고 있다. 00Z(현지 시각 오전 8시)와 12Z(현지 시각 오후 8시) 하루 두 번 관측을 원칙으로 하나 UB기상센터에서는 일 2회 관측하고 있고, 나머지 6개소에서는 일 1회 관측하고 있다.

UB기상센터에서는 <그림 5-29>의 수소가스 풍선에 라디오존데를 매달아 하루 2번 고층기상관측을 실시하고 있었다. 라디오존데와 수신기는 <그림 5-30>의 러시아제와 <그림 5-31>의 핀란드 바이살라(Vaisala)제품이 있으나 소모품 비용 때문에 원조받은 러시아제를 주로 사용하고 있다.

몽골의 국토면적은 우리나라(남한)의 약 15배에 이르나 고층기상관측소 수는 7개소로 국토면적 대비 관측소 수가 매우 적고, 예산 등 사정으로 소모품(존데)이 부족하여 1개소를 제외하고는 하루에 한번 관측으로 관측의 연속성이 미흡하다. 고층관측용 라디오존데 수신기도 많은 부분 노후되어 교체가 절실한 실정이다.

몽골지방의 고층기상관측자료는 전 지구적으로 널리 이용되고 특히 우리나라 기상예보에 매우 중요하나 관측 값의 신뢰성이 낮아 관측자료 품질향상이 절실히 요구되고 있다.



〈그림 5-29〉 수소가스 풍선(balloon)



〈그림 5-30〉 러시아제품 존데(우측)와 수신기(좌측)



〈그림 5-31〉 핀란드 바이살라제품 존데(우측)와 수신기(좌측)

3) 기상레이더관측

몽골 기상레이더관측소는 울란바타르의 징기스칸 국제공항 남서쪽 4km의 모린울산(Mt. Morin-Uul)의 정상에 2000년 C-Band Doppler Radar가 1개소 설치되어 운영 중에 있다. 유효 탐지거리는 단일모드 시 400km, 도플러모드 시 120km이며, 관측요소는 PPI, CAPPI 등이다.

관측된 자료는 마이크로웨이브 통신으로 기상환경감시청 사무실로 전송되어 초단기 예보에 매우 유용하게 사용되며 천둥 번개 등 재해경보에 활용되고 있다. 현재 일본의 제안으로 2대의 기상레이더장비가 원조 추진되어 몽골정부의 승인을 기다리는 중이다. <그림 5-32>는 몽골 유일의 기상레이더관측소 전경이다.

몽골의 넓은 국토면적에 비해 단 1개소의 기상레이더관측소는 매우 적다고 할 것이며 눈보라, 먼지폭풍, 강풍, 집중호우 등 악기상이 수시로 발생하는 상시감시 수요에 부응하지 못하는 실정이다.

3개 주요 시를 중심으로 한 눈보라, 집중호우 등 몽골 악기상 상시감시용 S-band 기상레이더 관측소 3~4개소를 신설(심층조사 필요)하여 인구밀집지역 기상재해 집중 감시망을 구축하며, 17개 아이막센터와 지방공항을 연계한 X-band 레이더 감시망을 구축할 필요가 있다.



〈그림 5-32〉 몽골 모린울산에 위치하고 있는 기상레이더관측소

4) 기상위성관측

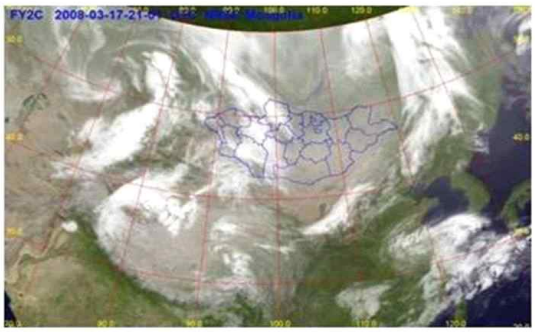
기상위성은 지구로부터 우주 공간으로 복사되는 복사에너지, 지구와 대기가 반사하는 태양 광선의 반사량, 대기권 밖의 태양에너지 양을 관측한다. 세계기상기구는 전 지구 영역의 기상위성 관측 자료를 취득하기 위하여 5기의 정지 기상위성과 2기의 극궤도 기상위성으로 구성된 세계기상위성관측망을 운영하고 있다.

몽골은 기상환경감시청 기상센터에서는 정기기상위성으로는 중국의 FY-2C 자료(동경 105°E에 위치), 극궤도 위성으로는 미국의 NAA 15, 18 및 MDIS 기상위성자료를 하루 여러 차례 수신하여 기상예보에 활용하고 있다(<그림 5-33> 및 <그림 5-34> 참조).

몽골의 기상위성수신소는 울란바타르 기상환경감시청에서 중국의 FY-2C위성(동경 105도 적도 상공에 위치) 자료를 매시간 수신하는 단일 정지기상위성 수신소이다.




〈그림 5-33〉 몽골 기상환경감시청이 사용하고 있는 청사 옥상의 기상위성자료 수신 안테나

〈그림 5-34〉 몽골 기상위성 수신용 PC와 수신영상 자료

극궤도위성은 국토 면적이 동서로 길게 자리 잡고 있는 몽골 국토의 특성과 극궤도 위성의 특성상 동부 수신소와 중부 수신소, 서부 수신소로 나누어 최소 3소의 위성수신소 증설이 필요하다.

그리고 한국의 기상위성인 천리안위성 수신을 못하고 있어 이 수신을 위한 천리안위성 수신장비(MDUS) 및 전문 분석요원 확보가 필요하다.

5) 수치예보

❑ 수치예보모델

몽골 기상환경감시청에서의 수치예보는 2003년 한몽협력약정이 체결되면서 첫 협력 사업으로 개발된 것이다. 한국기상청(KMA)과 몽골 기상환경감시청이 개발한 PC 클러스터를 이용한 개발도상국 수치예보 지원 사업을 바탕으로 한다.

2012년 2월 현재 기상환경감시청에서의 수치예보모델은 KMA의 통합모델(Unified Model : UM) 결과인 144시간 예측자료를 인터넷을 통해서 기상환경감시청의 방화벽 밖의 외부서버에서

받고 자료변환을 수행한 후 방화벽 안쪽의 기상환경감시청의 슈퍼컴퓨터(Cray XE6m)에 넣어 수행하게 된다. KMA로부터 제공받은 자료는 기상환경감시청의 수치예보모델에서 꼭 필요한 모델의 초기자료와 경계자료로 이용된다.

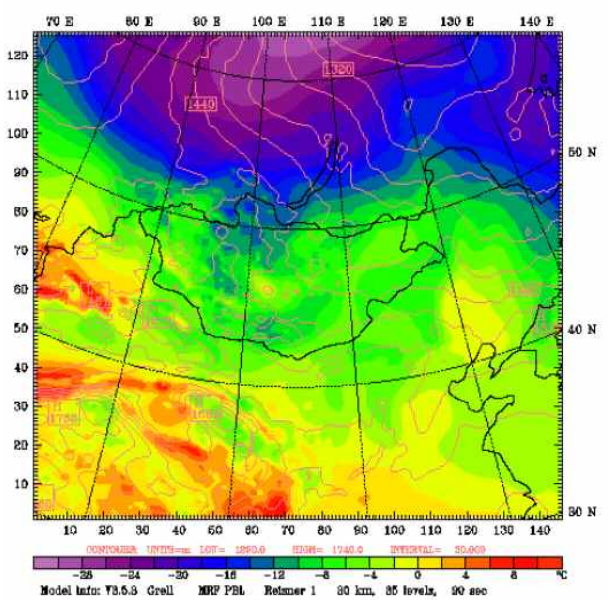
기상환경감시청에서 운영하고 있는 수치예보모델은 MM5(Fifth-Generation NCAR/Penn State Messcale Model)와 WRF(Weather Research Forecasting)이다. 두 모델의 수평 해상도는 30km와 10km이며, 모델 영역은 <그림 5-35>와 같다. 모델의 예보시간은 +72시간이다.

몽골 기상환경감시청은 2011년에 슈퍼컴퓨터 Cray XE6m을 도입하였다. Cray XE6m은 한국기상청의 슈퍼컴퓨터 Cray XE6와 유사하지만 코어 수가 적다. 몽골 슈퍼컴퓨터는 정보통신과 전산실에 칸막이나 별도의 시설 없이 설치되어 있다.

슈퍼컴퓨터의 도입 후 MM5와 WRF수치예보모델을 운영하고 있으며, 환경 분야의 대기질 모델링을 위해서 CALPUFF모델을 설치했다. MM5와 WRF의 몽골지역에 맞는 최적화 시스템 설치 및 운영을 위해서 아직까지 여러 가지를 테스트 중이다.

2011년 12월 KMA의 수치예보 전문가 및 슈퍼컴퓨터 운영 전문가를 초청하여 슈퍼컴퓨터 운영을 위해서 전산담당부서와 수치예보 부서간의 역할 분담, 슈퍼컴 관리자용 매뉴얼 및 사용자용 매뉴얼 제작과 보급 등 슈퍼컴퓨터 시스템 관리 및 운영에 대한 자문을 받았다.

몽골 기상환경감시청의 수치예보 분야 인력은 예보과에 소속되어 있었는데 슈퍼컴퓨터가 도입, 운영됨에 따라 2012년 수치예보 전담인력을 예보과와 분리되었다. 아직까지는 2~ 3명의 인력이지만 앞으로 2명 정도 더 늘릴 계획이다.



〈그림 5-35〉 몽골 MM5/WRF 수치예보모델 영역

❑ 수치예보업무의 문제점

수치예보시스템의 예측시간이 72시간 밖에 되지 않아 오늘/내일/모레 예보에는 수치예보자료를 이용할 수 있으나 주간예보에는 이용하기 어렵다. 아직까지 몽골의 수치모델을 분석하는 슈퍼컴퓨터의 성능이 낮고 이를 관리하는 환경도 취약하다. 수치예보시스템의 예측 성능(performance) 점검을 위한 실시간 검증체계가 없으므로 운영 중인 모델의 문제점 및 개선 필요부분을 파악하기 어렵다.

6) 수문기상

❑ 수문기상 현황

몽골은 연평균 강수량이 50~400mm로 매우 적으며 그 중 65~78%가 여름에 내리는 기후특성에 따라 기상 행정은 주로 수자원 확보와 관리 차원에서 중요하게 이루어지고 있다. 몽골의 수자원 관리 대상은 호수(500km^2), 빙하(62.9km^2), 강(34.6km^2), 지하수(10.8km^2) 등으로서 전체 면적이 599km^{2}이다.

수문기상업무는 크게 수계관측(water regime), 수질분석(water quality), 수생물관측(hydrobiology)과 빙하와 동토 관측(glacier and permafrst) 등으로 이루어지고 있다

수문관측 주요 항목은 수위, 유출, 수온, 침전물, 얼음현상, 눈과 얼음두께, 증발, 강수량, 수면경사, 강바닥 변형 등이다.

수질분석 내용은 주요 이온, 유기성분, 독성성분 등이고, 수생물 분석은 식물성플랑크톤, 동물성 플랑크톤, 저생물 등이다.

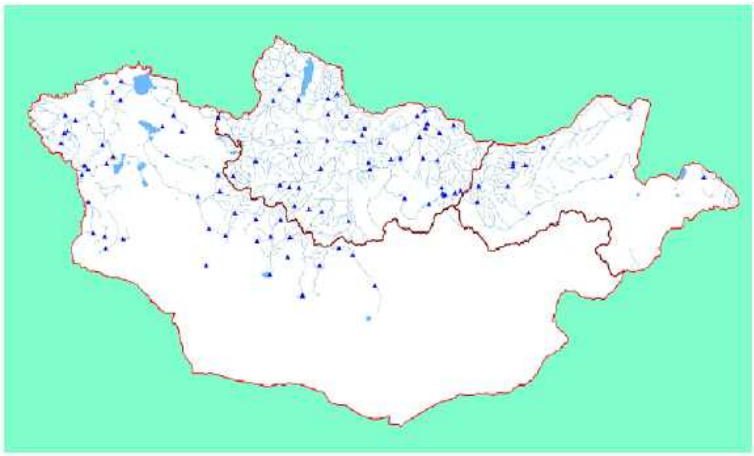
몽골기상청 수문관측망은 134개 수문관측소로 구성되어 있는데, 이중 지표수(ground water) 관측소가 25개소, 우물형(spring dept.) 관측소가 11개소이다. 그리고 148개 강.호수에 대한 수질모니터링인데, 이중 수생물모니터링이 76개소, 빙하와 동토관측은 13개소이다([표 5-11] 및 <그림 5-36> 참조).

수문관측은 각 지점에서 대부분 수작업으로 이루어지고 있고 관측된 수문관측 자료는 아이막 기상센터에서 월 말에 수집하여 수문연보를 만든다.

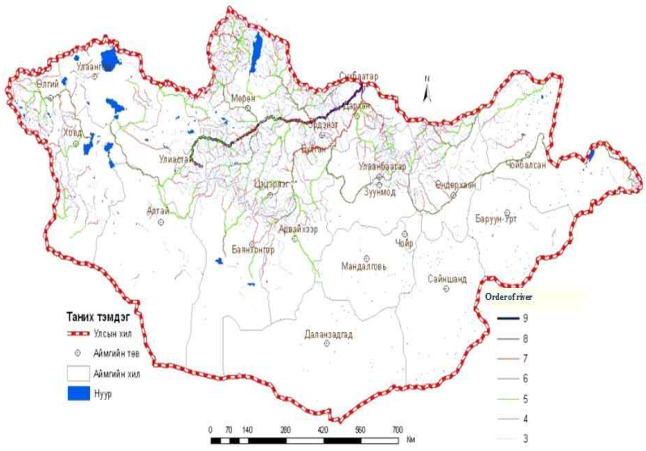
또한 강과 호수의 지리적 특성 파악을 위해 1:100,000 지형데이터, MDIS와 Landsat ETM 위성자료 등 GIS와 원격탐사정보 데이터베이스를 구축하고 있다. 이를 이용하여 GIS기반 배수유역 및 하천망 시스템의 수문지리 데이터베이스(<그림 5-37> 참조), 호수형태 계측 데이터베이스 구축과 빙하의 변동 및 재고, 강 흐름 역학 연구 및 분석을 수행하고 있다.

[표 5-11] 몽골 수문기상 관측소 현황

구분	관측소	내용
수문	• 134개 수위관측소 • 25개 지하수관측소 • 11개 우물형 지하수관측소	• 수위, 유량, 강수량, 온도, 증발, 하상변형
수질	• 148개 강.호수관측소	• 이온, 오염물질
수생물	• 76개 강.호수관측소	• 식물성 플랑크톤 • 동물성 플랑크톤 • 저생생물
빙하, 동토층	• 13개 빙하와 동토층관측소	• 빙하구역, 두께, 질량균형



〈그림 5-36〉 몽골 수문관측망도



〈그림 5-37〉 몽골의 GIS 기반 수문데이터베이스 구축 현황

7) 농업·목축기상

농업·목축 기상관측소로는 2개의 농업·목축 관측소(5인 근무, 일8회 관측)와 186개의 농업기상 포스트(1인 근무, 일 3회 관측), 8개의 목축 기상포스트(1인 근무)가 있다(<그림 5-38>과 <그림 5-39> 및 [표 5-12] 참조).

농업 기상관측은 곡물 및 방목지의 기상 및 기후조건의 영향 등을 관측하여 보고하고, 목축 기상관측은 양, 염소, 소, 낙타 등 주요 가축의 기상조건의 영향 등을 관측한다. 몽골 전체 면적의 80%가 방목지이기에 이에 대한 관측이 매우 중요하여 총 1,550개의 관측 포인트를 정하여 초지의 상태 등을 10일에 1회 정도 관측한다. 각 솜에 위치한 200여개 포스트를 3개의 지역(frest, steppe, desert)으로 구분하여 년 2회(여름과 겨울) 가축의 상태(비육정도 등)를 모니터링한다.

농업 및 목축을 위한 기상예보는 각 지역 아이막기상센터의 예보관(synoptic engineer)에 의해서 매 10일 간격으로 특별예보 형태로 생산되어 전달된다.



〈그림 5-38〉 몽골 농업기상관측



〈그림 5-39〉 몽골 목축기상관측

[표 5-12] 몽골 농업-목축기상관측소 현황

구분	관측소	관측요소	비고
농업기상관측	관측소: 2소 (다르항아이막, 하르허룽 아이막)	농경지 및 방목지의 기상 및 기후 조건의 영향 등	일 8회 관측
	포스트: 186소		일 3회 관측
목측기상 관측	포스트: 8소	양, 염소, 소, 낙타 등 주요 가축의 기상 조건의 영향 등	

8) 기상조절(인공강우) 활동

몽골 기상환경감시청은 수자원량을 늘리고, 우박으로부터 농업작물을 보호하고, 삼림 및 초원의 산불을 예방하기 위한 목적으로 기상조절센터(Khuryn Shim)를 운영하고 있다. 그리고 5개 아이막기상센터에 52명의 직원과 6명 정도의 전문연구원을 두고 35개 모든 아이막기상센터에서의 인공강우 활동을 지원하고 있다(<그림 5-40> 및 <그림 5-41> 참조).

인공강우는 평지 타입으로 로켓을 이용하여 구름씨(요오드화은 사용)를 투입하는 방식으로 년 500회 정도 시행을 하고 있다. 각 회 당 8개 정도 사용하여 년 2~3천개 정도의 로켓을 사용한다. 인공강우를 위해 5개의 이동식 레이더를 도입했는데 현재는 모두 고장으로 사용하지 못하고 있다. 인공강우의 효과에 대한 분석은 쉽지 않으나 위성사진 등으로 추정할 경우 15 % 정도의 효과가 있다고 보고 있다.

몽골은 러시아의 지원으로 러시아와 함께 비행기를 이용한 인공강우 및 구름물리 연구를 1990년부터 2년간 수행한 적이 있다. 이러한 공동연구를 한국과도 같이 수행하기를 희망하고 있다.



〈그림 5-40〉 몽골 인공강우 실험 장면



〈그림 5-41〉 몽골의 이동식레이더

9) 교육 훈련 체계

❑ 교육 훈련 현황

몽골 기상환경삼시청의 전체 직원은 1,790명이며 매년 교육 수요는 110명 정도이다. 이 중 90명 정도는 국내에서 교육시키고, 20명은 해외 훈련을 시키고 있다. 해외 훈련의 경우 교육비 조달은 자체 예산으로 20%, 해외 원조자금 80%로 충당하고 있다.

몽골 기상환경감시청의 경우 한번 직원이 채용되면 거의 전보발령 등이 없기 때문에 한 곳에 장기간 근무하게 된다. 따라서 실력 배양을 위한 다양한 경험 기회가 적고, 자기 능력 배양을 위한 기회도 적기 때문에 무엇보다도 많은 교육이 필요하다.

❑ 교육 훈련의 문제점

국가, 아이막, 수도, 마을, 지구, 루의 민방위부서 및 주거 블록, 자연환경부장관을 포함한 유사한 권력과 책임이 있는 상당한 수의 기관과 명확한 책임과 기능의 특정 영역을 묘사하는 규정이 없다.

또한 산업재해 및 화학독성물질 관련 위험에 대한 기업, 경제 단체, 조직, 국가민방위부서와 지방당국의 권력과 책임의 범위가 명확하지 않다. 기존 산업과 경제 단체는 안전 분석을 수행하며 기준 및 행동을 바탕으로 적절한 비상계획을 준비하고 관련 교육 및 훈련을 수행할 수 있어야 한다.

3. 몽골 정부가 요청한 사업

몽골에서 우리나라에게 요청하는 사업은 주로 기상예보 시설 및 프로그램을 요청하였다. 관측 자동화를 위한 AWOS 설치, 지원사업의 원활한 유지보수, 기상레이더 관측 시스템 등 주로 자동화 시설 및 시스템과 이에 대한 기술 교육이다.

- 지상기상관측소의 자동화(AWOS)
- 유지보수를 위한 전담 인력
- 고층관측소 첨단의 윈드프로파일러 시설
- 기상자료 국내외 수집 분배 체제와 세계기상정보시스템(WIS)과의 연결 시스템
- 아이막기상센터에 기상관측정보수집시스템 구축, 본청에 실시간 기상감시시스템 구축

제6장 기후변화유발 재해 경감 및 Gap 극복을 위한 발전방안

제1절 기후변화유발 재해대응 Gap에 대한 종합평가
제2절 기후변화유발 재해대응 Gap 극복정책 추진방안
제3절 기후변화유발 재해유형별 적정기술 적용방안

제6장 기후변화유발 재해경감 및 Gap 극복을 위한 발전방안

제1절 기후변화유발 재해대응 Gap에 대한 종합평가

동아시아 개도국의 기후변화 재해대응 Gap을 하드웨어, 소프트웨어, 휴먼웨어 측면에서 살펴본 결과 전반적인 개선이 필요한 것으로 판단되었다. 특히 공여국의 지원을 통해서 기상재해나 기후변화 관련 재해를 감지할 수 있는 하드웨어적인 장비 도입이 이루어진다고 하더라도 이를 활용할 수 있는 소프트웨어나 휴먼웨어가 절대적으로 부족하기 때문에 이러한 부분에 대한 보강 또한 필요할 것으로 보인다.

공여국의 기술적 지원을 바탕으로 기후변화 재해를 감지할 수 있는 능력이 높아진다고 하더라도 현재의 예·경보체계로는 신속한 대응을 할 수 없다. 이에 따라 사전예방보다는 사후처리 형태로 재해대응이 이루어지고 있다.

따라서 보다 나은 선진기술이 도입된다고 하더라도 이러한 기술을 신속히 활용하여 전달할 수 있는 제도적 개혁과 기상 및 재해 관측이 선결되어야 한다. 수치예보기술 향상을 위해 GIS 정보구축이 이루어지지 않는다면, 결과적으로 동아시아 개도국의 기후변화 재해대응 Gap 감소가 어려울 것으로 판단된다.

이처럼 대상국과 공여국 사이에는 많은 기반시설과 전문가, 그리고 기술적, 재정적 큰 Gap을 갖고 있다. 그러므로 단기적으로는 공여국의 기술과 인력을 선 배치하여 기반을 구축하며 지도하여야 할 것이다. 장기적으로는 관련 공무원과 대학생에게 유학의 기회를 제공하여 기 제공된 기반시설의 유지 보수가 이루어지게 해야 한다. 동시에 재정적인 문제를 해결할 수 있는 하드웨어적 지원이 필요한 사회간접자본 시설 등에 투자하여 해당국의 재정에 기여할 수 있어야 한다.

또한 한 국가 내에서도 발생하는 재해의 종류에 따라서 피해규모가 지역별로 큰 편차를 보이고 있는 것으로 나타났다. 그러나 현재의 지원 정책은 일반적인 기술력 향상에 초점을 두고 있다. 때문에 지역별로 발생하는 재해대응이 이루어지지 않아 여전히 큰 Gap이 발생하고 있는 상황이다. 따라서 공여국은 대상국에게 자신들이 잘 전달할 수 있는 일반적인 기술을 넘어서 대상국의 실정에 적합한 최적화된 지원이 이루어져야 할 것이다.

앞에서 분석한 내용을 종합하여 정리하면 다음과 같다.

1. 사례연구 국가의 주요 재해유형

사례연구 국가의 주요 재해 유형은 홍수, 태풍, 쓰나미, 가뭄, 해수면 상승, 산사태, 조드 등이 있다.

베트남은 홍수와 태풍에 의한 재해 피해가 극심하다. 또한 해수면 상승에 의한 피해가 동아시아 개도국에서 가장 클 것으로 전망된다. 홍수는 주로 태풍과 함께 발생하며 북부 및 중부 지역에 돌발 홍수를 발생시킨다.

필리핀은 태풍, 홍수에 의한 재해가 크다. 태풍에 대한 취약성이 상당히 높으며 돌발홍수로 인한 피해가 심각하다. 태풍, 홍수가 자주 발생되는 지역에 인구가 밀집되어 있다.

인도네시아는 쓰나미, 홍수에 의한 피해가 많은 국가이다. 특히 쓰나미는 자주 발생은 하지 않지만 발생되는 경우 많은 인명피해를 유발시킨다. 홍수에 의한 피해는 주로 집중호우에 의하여 발생한다.

캄보디아는 홍수와 가뭄에 의한 재해가 발생한다. 주로 톤레샵 호수 주변에서 홍수와 가뭄이 번갈아 가며 재해를 일으키는 경향이다. 캄보디아는 인구 백만 명당 홍수 위험에 노출된 인구가 세계에서 가장 많다.

스리랑카는 홍수와 이로 인한 산사태에 의한 재해가 큰 편이다. 우기에 집중 호우가 내리면서 홍수를 발생시키고 산사태가 일어난다. 또한 최근에는 낙뢰사고 발생이 늘어나고 있다.

몽골은 조드와 가뭄으로 인한 재해가 심각하다. 조드는 다양한 유형이 있으며 가뭄, 이상기후 등을 동반하면 피해가 증폭된다. 극심한 가뭄이 2000년대 이후에 많아지고 있으며 사막화가 진행되는 지역이 많다.

2. 사례연구 국가별 기후변화유발 재해대응 역량 분석

동아시아 개도국들의 가장 큰 문제는 개도국 자체 재원 부족으로 재해대응 관련 인프라가 미비하여 재해 피해가 커진다는 것이다. 개도국 대부분이 장비의 노후화 및 기술력, 전문인력 등이 매우 부족하다. 그러므로 일부분에 대한 지원으로는 해결되지 못한다.

사회전반적인 영향들을 고려하여 체계적인 지원이 필요하다. 하지만 이런 지원은 대규모 재원과 시간이 소요됨으로 쉽게 접근하지 못하는 것이 현실이다. 연구대상 국가들 중 인도네시아, 필리핀, 베트남은 상대적으로 ODA 지원을 많이 받은 것으로 조사되었다.

또 다른 문제는 다양한 기구 및 국가에서 지원을 받아 시설을 설치한 경우, 각 시설 및 기술의 표준화가 미비하여 연동하지 못하고 별개로 운영되어 효율적인 통합관리가 이루어지지 못하고 있는 점이다. 또한 기술 운영 및 관리, 수리 등 전문인력 및 유지보수 능력도 부족하여 원조사업의 효율성을 매우 저하시키고 있다.

재원과 인력의 부족으로 과거 기초자료의 복구 및 디지털화가 안되어 과거 기상관측 자료에 대한 데이터베이스를 구축하지 못하고 있다. 과거의 기상관측 자료가 향후 기상 및 기후변화를 예측하고 평가하는 모델 작업을 위한 자료로 활용되지 못하고 있는 상황이다.

공산국가의 경우 복잡한 보고체계와 재해 경보 발령 등의 결정권한이 중앙집권화 되어 있어,

경보시간 증가로 인한 인명 및 재산 피해 증가를 발생시킨다. 재해관련 행정체계가 효율적이지 못한 것이다. 예를 들어 베트남의 경우 예·경보 발령시 인민위원회의 승인을 받아야 하는 절차가 의사결정을 지체하게 하고 있다. 또한 재해관련 법령에 담당, 역할, 기능, 책임 등이 명확히 규정되지 않아 재해발생시 혼란을 야기하고 있다.

개도국 국민들은 소득 수준이 낮고, 상하수도 시설 등 사회기반시설이 잘 갖추어 있지 않아 강 또는 하천 주변에 집을 짓고 사는 경우가 많다. 이는 강이나 하천 범람시 바로 인명피해를 불러와 개선이 매우 시급한 상황이다.

가. 베트남

베트남은 홍수와 해수면 상승이 주요 기후변화유발 재해이다. 홍수는 현재 가장 큰 피해를 끼치고 있으며, 해수면 상승은 향후 피해를 더욱더 증가시킬 것으로 전망된다.

베트남은 비교적 선진원조기관의 ODA 지원을 많이 받은 국가에 속하여 어느 정도 재해 인프라를 구축해 놓고 있다. 재해 관련 인프라를 원활히 운영하기 위한 기초자료 수집 및 DB 구축과 지원받은 기술들을 연계하는 방안이 시급하며, 비효율적 행정체계 정비를 통한 신속한 대응체계가 필요하다.

ESCAP(2010) 자료에 의하면 베트남은 2000~2004년에 비해 2005~2009년에 복합적 재해의 발생 가능성은 개선되지 않았으며 복합적 재해로 인한 총 피해 인구 또한 줄어들지 않은 것으로 나타났다. 그리고 복합적 재해로 인한 경제적 피해는 오히려 늘어난 것으로 보고되었다. 기상학적 재해는 발생 가능성, 총 피해 인구, 경제적 피해 모든 면에서 동기간에 증가하였다. 수문학적 재해 또한 개선되지 않은 것으로 나타났다.

베트남의 기후변화유발 재해 대응 역량은 비효율적인 재해경보발령 제도를 운영하고 있고 과거 기상관측 자료들이 아나로그식으로 보관하고 있으며 지원받은 기술들이 표준화되지 못하여 효율적인 재해 대응을 못하고 있다([표 6-1] 참조).

[표 6-1] 베트남의 재해 대응 역량과 지원 요청사업

구분	주요 내용
주요재해	• 홍수(돌발홍수 포함), 해수면 상승, 태풍, 가뭄
재해대응 역량	• 비효율적 경보발령 제도 • 과거 데이터의 아날로그 방식 • 지원받은 다양한 기술을 표준화 하지 못하는 비효율적 운영
기후변화 전망	• 급격한 기온 상승 전망(2100년까지 2.5 ~ 2.8℃ 상승 전망) • 우기에 급격한 강수량 증가 전망(2070년까지 우기에 19%증가 전망) • 동아시아에서 최고 수준의 해수면 상승 피해 예상
지원 요청사업	• 돌발홍수, 위험기상(태풍 등)에 대한 예보기술, 수치예보 모델, 관측네트워크 현대화 지원 • 응용기상서비스 개발 지원, 자료처리 및 관측자료의 디지털화(기후자료 복원) 기술지원 • 돌발홍수예·경보시스템, 홍수 예·경보 시스템, 천리안 위성 수신시스템 지원 등

나. 필리핀

필리핀은 태풍과 이로 인한 홍수로 피해가 가장 크며, 향후 엘니뇨 및 라니냐 현상 증가로 인한 피해가 심각해 질 것으로 예상된다. 돌발홍수에 대한 조기경보시스템의 운영을 위한 수문관련 데이터베이스 구축이 미흡하다.

필리핀은 비교적 선진원조기관으로부터 재해관련 ODA 지원을 많이 받아 각종 장비 및 시스템을 설치하였으나 A/S가 되지 않아 운영이 안 되고 있는 경우가 많다.

ESCAP(2010) 자료에 의하면 필리핀은 2000~2004년에 비해 2005~2009년에 복합적 재해의 발생 가능성, 총 피해 인구, 경제적 피해 모든 면에서 개선되지 않았다. 기상학적 재해는 발생 가능성, 총 피해 인구는 변동이 없으며, 경제적 피해는 동기간에 증가하였다. 수문학적 재해는 발생 가능성에서 줄어들었으며 총 피해인구, 경제적 피해는 증가한 것으로 나타났다.

필리핀의 설치된 대부분의 재해 관련 장비가 노후화 되어 있어 재해 대응에 효과적이지 못하다. 또한 수문관련 정보 수집이 어려워 정확한 홍수 예보가 힘들다. 그리고 주파수 간섭문제로 인하여 기상자료의 네트워크 구축이 안 되고 있어 관련 기관 간의 정보공유가 안 되고 있다([표 6-2] 참조).

[표 6-2] 필리핀의 재해 대응 역량과 지원 요청사업

구분	주요 내용
주요재해	• 태풍, 홍수, 해수면 상승, 지진
재해대응 역량	• 대부분의 관측장비 노후화 • 수문관련 정보 수집이 어려워 정확한 홍수예보가 힘듬 • 주파수 간섭문제로 인한 기상자료의 네트워크 미흡
기후변화 전망	• 급격한 기온 상승 전망 (2100년까지 4.8℃ 상승 전망/1990년 대비) • 강수량 증가 전망(2050년까지 5% 증가 전망)
요청사업	• 재해관련 기본 관측자료의 획득을 위한 기본 관측망 구축사업(기상자료, 수문자료, 원격탐사자료) • 천리안 위성 정보수신 및 활용시스템 구축사업, 돌발홍수 조기경보 시스템 구축사업, 재해통합 관리시스템 구축사업, 강 정보관리 시스템 구축사업

다. 인도네시아

인도네시아는 쓰나미, 홍수로 인한 피해가 가장 크며, 향후 해수면 상승으로 인해 2,000개의 섬이 사라질 것으로 전망된다. 쓰나미에 대한 예.경보시스템에 대한 사항은 선진국들로부터 이미 최첨단의 장비와 기술을 지원을 받아서 운영되고 있다. 인도네시아는 비교적 선진원조기관의 지원을 많이 받은 국가로 재해 대응 관련 인프라가 어느 정도 갖추어져 있다.

ESCAP(2010) 자료에 의하면 인도네시아는 2000~2004년에 비해 2005~2009년에 복합적 재해의 발생 가능성과 총 피해 인구는 개선되지 않았으며 경제적 피해는 오히려 늘어난 것으로 보고되었다. 기상학적 재해는 발생 가능성, 경제적 피해 모든 면에서 개선되지 않았다. 수문학적 재해의 발생 가능성은 줄어들었으며 총 인구 피해와 경제적 피해는 늘어난 것으로 나타났다.

인도네시아는 수많은 섬들로 이루어져 있어 각 섬들 간 신속한 정보전달을 위한 통신체계 구축이 필요하다. 또한 재해 대응 행정체계가 미흡하여 중앙정부와 지방정부 간 연계가 부족한 편이다([표 6-3] 참조).

[표 6-3] 인도네시아의 재해 대응 역량과 지원 요청사업

구분	주요 내용
주요재해	• 홍수, 쓰나미, 해수면 상승, 지진, 산사태
재해대응 역량	• 수많은 섬들로 이루어져 있으나, 통신 시스템 미비로 소통이 원활하지 못함 • 재해 대응 행정체계 미흡(중앙-지방간 연계 부족) • 쓰나미 경보 시스템은 미국, 일본 등 지원으로 최첨단 시스템 구축
기후변화 전망	• 기온 상승 전망 (2100년까지 1.5~3.0℃ 상승 전망) • 강수량 감소 전망(2100년까지 2~3% 감소 전망)
요청사업	• 천리안 자료 수신 및 활용 시스템 구축 사업, 항공기상 체계 개선, 기상청 직원 대상 체계적 교육 • 연수 프로그램 운영, 재난 대응 훈련 센터 설립 및 운영 프로그램 개발 사업

라. 캄보디아

캄보디아는 톤레샵 호수를 중심으로 주변지역 혹은 메콩강 유역에 홍수와 가뭄을 발생시키는 특징이 있다. 향후 점점 더 많은 피해가 전망된다. 캄보디아는 기후변화유발 재해에 대한 기본 인프라 구축이 매우 열악한 상태로 피해는 더욱더 가중되고 있다.

ESCAP(2010) 자료에 의하면 캄보디아는 2000~2004년에 비해 2005~2009년에 복합적 재해의 발생 가능성과 총 피해 인구는 개선된 것으로 나타났다. 그리고 복합적 재해로 인한 경제적 피해는 오히려 늘어난 것으로 보고되었다. 기상학적 재해는 발생 가능성과 경제적 피해에서 동기간에 개선되지 않았다. 수문학적 재해의 발생가능성과 총 피해 인구에서 개선된 것으로 나타났다.

돌발홍수에 대한 예·경보시스템 및 기상예보, 관측, 방재시설 등 기초 인프라 시설에 대한 지원이 시급하다. 돌발홍수 조기경보시스템 구축과 함께 이에 대한 교육 및 훈련 프로그램이 필요하다. 기상수문이나 자연재해 대응 관련 제도가 미비한 실정이다. 특히 관련 법의 제정이 이루어져야 한다([표 6-4] 참조).

[표 6-4] 캄보디아의 재해 대응 역량과 지원 요청사업

구분	주요 내용
주요재해	• 홍수, 가뭄, 집중호우
재해대응 역량	• 전반적으로 모든 인프라가 매우 열악 • 돌발홍수 조기경보시스템 및 이에 따른 교육/훈련 프로그램 부재 • 기상수문이나 기상재해 관련 제도(행정 및 법) 미비(관련 법은 없음)
기후변화 전망	• 기온 상승 전망 (2060년까지 0.7~2.7℃ 상승 전망) • 강수량 증가 전망(2060년까지 3 ~ 35% 증가 전망)
요청사업	• 돌발홍수시에 필요한 긴급대피시설, 재난 대비 교육/훈련 프로그램, 돌발 홍수 예ㆍ경보 시스템 • 홍수예ㆍ경보시스템, 천리안 수신장치, 자동기상관측소, 수위측정장치, 자료수신장치 등

마. 스리랑카

스리랑카는 홍수와 이로 인한 산사태의 피해가 매우 크며 새롭게 낙뢰로 인한 피해가 증가하고 있다, 급격한 기후변화 전망으로 향후 더 많은 피해가 발생할 것으로 예측한다.

홍수가 빈번한 11개 하천에 대한 조기경보시스템 구축이 미흡한 상황이다. 재해관리 제도는 잘 갖추어져 있으나 예산 부족, 역량 부족 등으로 장비 설치나 운영이 미흡한 실정이다.

ESCAP(2010) 자료에 의하면 스리랑카는 2000~2004년에 비해 2005~2009년에 복합적 재해의 가능성은 증가하였으며 복합적 재해로 인한 총 피해 인구 또한 줄어들지 않은 것으로 나타났다. 기상학적 재해는 발생 가능성과 경제적 피해에서 개선되지 않았다. 수문학적 재해 발생 가능성은 증가하였으며 총 피해 인구는 개선되지 않은 것으로 나타났다.

전문인력 양성 프로그램 마련이 필요하며, 기후변화에 따른 농업분야 영향에 대한 관심도가 높아 이에 대한 연구결과의 공유 및 공동 연구도 고려할 필요가 있다([표 6-5] 참조).

[표 6-5] 스리랑카의 재해 대응 역량과 지원 요청사업

구분	주요 내용
주요재해	• 홍수, 쓰나미, 산사태, 태풍
재해대응 역량	• 홍수가 빈번한 11개 하천에 대한 경보 시스템 미흡 • 제도(행정 및 법)는 잘 갖추어져 있으나, 예산 부족 등으로 장비 설치 및 전문인력 양성 프로그램 미흡
기후변화 전망	• 기온 상승 전망(2100년까지 2.4℃상승 전망) • 강수량 상승 전망(2100년까지 94~213mm 증가 전망)
요청사업	• 기상자료 디지털화하여 보관 활용하는 사업, 2050년 스리랑카 기상 전망 및 적응방안 연구사업 • 기상 레이더 설치 및 운영사업, 수치예보시스템 구축 사업, 기상국 직원 교육 훈련 연수 프로그램 • 고위 공무원 정책연수 과정, 낙뢰 등 피해 예방 프로그램, 기후변화가 농작물 수확 등에 미치는 영향에 대한 연구 사업

바. 몽골

몽골은 방목으로 인한 조드 피해는 국가 경제사회 전반에 걸쳐 막대한 영향을 주고 있다. 향후 기후변화가 급격하게 진행되면 그 빈도 및 피해가 증가할 전망이다.

기상관측소와 이를 운영하는 전문인력이 부족한 상황이다. 이와 함께 기상관측 기기의 노후화와 기상 자료 정보통신시스템이 미비하여 자료의 신뢰성이 떨어지고 있다. 재해 시 역할 및 책임의 분담에 대한 법적 근거가 미흡하여 재난 발생시 효율적인 관리가 이루어지지 않고 있다.

ESCAP(2010) 자료에 의하면 몽골은 2000~2004년에 비해 2005~2009년에 복합적 재해의 발생 가능성은 감소한 것으로 나타났다. 기상학적 재해의 발생 가능성도 감소하였으나 수문학적 재해의 발생 가능성은 개선되지 않은 것으로 나타났다.

재난 예·경보시스템의 설치와 함께 재난관련 제도(행정 및 법)의 정비와 교육에 대한 지원이 필요하다. 가뭄 극복을 위한 지하수 수자원 지도 및 지하수 개발 기술이 필요하다. 하천, 댐, 지하수를 연계한 종합 물관리시스템을 운영하여야 한다. 혹한을 대비하기 위한 장기 기후예측시스템 및 기반시설을 갖출 필요가 있다([표 6-6] 참조).

[표 6-6] 몽골의 재해 대응 역량과 지원 요청사업

구분	주요 내용
주요재해	• 조드(dzud), 가뭄, 혹한
재해대응 역량	• 기상 관측소 및 전문인력 부족 • 재해관련 기기의 노후화 및 기상자료의 정보통신 체계 미비 • 재해시 관련 역할 및 책임에 대한 불명확한 제도(행정 및 법)
기후변화 전망	• 특히 겨울철 기온이 급상승(2100년 3.1~5.0℃ 상승 전망) • 2100년 겨울철 강설량은 현재 보다 50% 증가 예상
요청사업	• 지상기상관측소의 자동화(AWOS) 요청, 유지보수를 위한 전담 인력, 고층관측소 첨단의 윈드프로파일러 시설, 기상자료 국내외 수집 분배 체제와 세계기상정보시스템(WIS)의 시스템 활용 사업 • 아이막기상센터에 기상관측정보수집시스템 구축, 본청에 실시간 기상감시시스템 구축

사. 종합평가

동아시아 개도국의 대표적 기후변화유발 재해는 홍수, 태풍, 해수면 상승 등(몽골의 경우 조드)으로 분석되었다. 향후 급격한 기온상승과 강수량 변동폭이 증가할 것으로 전망되어 현상태 유지시 재해피해는 더 커질 것으로 전망된다.

상대적으로 기후변화가 유발하는 자연재해에 의한 동아시아 개도국의 피해가 큰 이유는 여러 가지가 있겠으나 크게 다음 몇 가지를 지적할 수 있다. 가장 큰 이유는 첫째로, 동아시아 개도국의 재원 부족으로 재해관련 기반 인프라 시설이 열악하기 때문이다. 둘째, 재해관련 행정 및 법이 체계적으로 구축되어 있지 못하고, 명확한 역할 및 책임에 대한 내용이 없어 재해발생시 혼

란을 야기하고 있다는 점이다. 셋째는 과거 데이터의 기초 자료가 D/B화 되어있지 않고 현재 정보들조차 체계적으로 구축되지 못해 위험요소 분석이 잘 이루지지 못하고 있다는 점이다. 넷째는 개도국의 정치적 영향에 의한 지역 및 부처 간 비효율적 재원 분배로 재해피해를 증가시키는데 일조하고 있다는 점이다. 끝으로 선진기관 및 선진기구로부터 원조받은 시설 및 기술은 전문인력 및 운영비용이 없어 원활히 관리되지 못하는 한계성을 노출하였다.

이 모든 인프라를 지원하는 것이 가장 바람직한 방법이지만, 현실적으로 불가능에 가깝다. 관련 인프라 시설을 모두 지원하기 위해서는 막대한 재원 및 시간이 소요될 것이기 때문이다. 그러므로 개도국 대상 원조사업은 지원 규모 대비 효율성 높은 성과를 얻기 위한 전략이 필요하다고 생각된다.

또한 선진원조기관들이 국제 공동노력으로 동아시아 개도국에 지원하는 시설이나 장비에 대한 표준화 작업을 별도로 진행할 필요가 있다. 동아시아 개도국에는 선진원조기관에서 지원한 다양한 시설이나 장비가 있는데 서로 호환이 안 되어 운영상에 어려움과 함께 서로 간에 시너지 효과를 낼 수가 없는 실정이다.

제2절 기후변화유발 재해대응 Gap 극복정책 추진방안

1. 사업유형별 Gap 극복정책 추진방안

사업유형별 Gap 개선방안 추진에 대해 논의하기에 앞서 무엇보다도 개선되어야 할 점은 사례연구 국가별 기후변화 관련 재해 영향을 평가하는 기준을 표준화하는 것이다. 현재 조사된 사례들은 구호단체나 연구기관의 목적에 따라 각기 다른 기간과 기준에 의해서 영향 정도를 평가하고 있는 것으로 조사되었다. 따라서 보다 효율적으로 재해에 대응하기 위해서는 정확한 평가가 선행되어야 할 것이다.

사례연구 국가들의 경우 홍수, 태풍, 가뭄 등의 재해가 빈번하게 발생하고 있다. 기후변화로 인한 불안정성이 증대되면서 정확한 예측능력, 자동관측시설, 자동경보시설, 신속한 전달 체계, 훈련된 전문인력의 필요성이 증대되고 있다. 사례연구 국가들의 경우 이러한 인프라의 부족으로 피해가 반복적으로 발생하므로 우리나라가 시행중인 예·경보 및 방재시스템을 최대한 활용하여야 한다.

- 지리정보시스템(GIS) 및 위성정보기술 제공, 레이더기술 활용
- 자동관측시스템(AWS) 및 경보시스템, 재난관리 CCTV 등을 활용
- Social Networking Technology 등에 대한 활용방안 교육 및 전파

재해유형에 따른 Gap 개선을 위한 사례연구 국가들의 특성을 다음과 같이 세 가지로 분류할 수 있다. 즉, 홍수위험국, 태풍위험국, 가뭄위험국으로 분류하여 각각의 재해특성에 맞는 Gap 극복방안이 고려되어야 할 것으로 사료된다.

- 홍수위험국 : 베트남, 필리핀, 인도네시아, 캄보디아, 스리랑카
- 태풍위험국 : 베트남, 필리핀
- 가뭄위험국 : 캄보디아, 몽골

사업유형별 Gap 극복정책 추진방안은 앞에서 제시한 우리나라의 동아시아 개도국 지원사업 추진방향과 일치시켜 제시하였다. 이에 따라 소프트웨어, 하드웨어, 휴먼웨어 접근방법에 따른 Gap 극복정책 추진방안을 강구하였다.

가. 소프트웨어적 극복방안

법·제도적 접근 필요성 증대, 재해경감을 위한 국가적, 지역적 노력이 동시에 이루어져야 할 필요가 있으며 실효성을 높이기 위한 법·제도적 접근이 불가피하다.

- 국가별 제도적 역량(institutional capacity)을 고려하여 재해경감을 위한 제도적 장치 마련할 필요가 있다.

- 입법지원 및 사회보호 시스템 구축(supportive legislation and social protection systems) 마련이 필요하다.

재해경감을 위한 예산확보 및 인식전환이 필요하다. 사례연구 국가들 대부분 열악한 재정형편에 처해있다. 재해경감이 자국민의 재산과 생명 보호에 중대함에도 불구하고 예산부족을 이유로 우선순위에서 뒤처지고 있다. 재해예방을 위한 지출이 재해발생으로 인한 피해비용보다 훨씬 적을 수 있음을 인지시켜줄 필요가 있다.

❑ 명확한 법·제도 구축

대부분의 동아시아 개도국은 재해관련 법·제도가 없거나 명확하지 않아 재해 발생시 혼란을 야기한다. 명확하지 않은 역할과 책임은 재해 예방에 대해 방조와 혼란을 불러온다. 법은 사회에 매우 중요한 원칙이고 쉽게 바꾸기 힘든 특성을 가진다. 우선 기존 법의 적합성을 분석해야 한다. 이를 바탕으로 국가별 제도적 역량(Institutional Capacity)에 맞는 법·제도를 구축해야 한다.

❑ 방재에 신속한 행정체계 구축

동아시아 개도국들은 경제 발전 위주의 정책을 추진하여왔다. 요즘 들어 점차 재해저감의 중요성을 인식하고 있지만, 아직까지 관련 재원 및 부석 역량이 미비한 수준이다. 베트남의 경우 당, 위원회 등의 복잡한 절차로 인해 재해피해를 더욱더 키웠다. 재해 피해 저감의 중요성을 인식하고 신속한 결정을 할 수 있는 행정체계 구축이 필요하다. 최고 결정권자의 직속 라인, 또는 자체적 결정권을 가진 조직으로 개편해야 한다.

❑ 재해 대응 예산의 확충(budget tracking)

재해 대응을 위한 예산확보 및 인식전환이 필요하다. 동아시아국가들 대부분 열악한 재정형편에 처해있다. 재해 대응이 자국민의 재산과 생명 보호에 중대함에도 불구하고 예산 부족을 이유로 우선순위에서 뒤처지고 있다. 재해예방을 위한 지출이 재해발생으로 인한 피해비용보다 훨씬 적을 수 있음을 인지시켜줄 필요가 있다.

재해예방 및 재건을 위한 노력에 절대적 역할을 하는 것이 바로 재원이라고 볼 수 있다. 다양한 기관으로부터 예산을 마련하는 것이 중요하다. 중앙정부 차원의 원조뿐만 아니라 지방정부, 민간부문, 국제기구의 NGO 등으로 부터 적절한 지원을 받는 것도 관건이다. 인도네시아의 경우 대규모 쓰나미 발생이후 300개 이상의 기관이 재해 대응을 위한 파이낸싱에 동참하여 1,500여개에 달하는 프로젝트를 진행한바 있다.

다양한 기관에서 다양한 재해경감 프로젝트가 진행될 때 중요한 것은 집행된 예산의 투명성을 확보하고 평가하는 문제이다. 다양한 단체로부터 지원받는 것도 중요하다. 하지만 모아진 재원을 얼마나 투명하게 활용하는지에 대한 시스템을 확보하는 것도 매우 중요하다.

❑ 사전 예방 기술 도입

재난 발생시 현재의 상황을 정확히 분석하여 신속하게 의사결정을 하기 위해서는 사전예방 기술이 필요하다. 대표적 사전예방기술 중 하나가 조기경보시스템이다. 조기경보시스템은 재해를 미리 판단하여 경보하는 시스템이다. 사전에 미리 재해를 예측하고 대응할 시간을 얻는 것이 목적이다. 현재 우리나라도 높은 수준의 기술력을 보유하고 있으며 지속적으로 연구하고 있다. 기후변화유발 재해 피해를 저감하기 위해서 반드시 지원되어야 한다.

❑ 글로벌 플랫폼(POP)에 맞는 기술 지원

각 기술별 정보공유 및 네트워크를 통해 시너지를 얻을 수 있는 공통 포맷(Format)으로 개선돼야 한다. 수혜국들이 공여국에 지원하는 각 기술들이 서로 다른 포맷을 가지고 있어 통합·운영하거나 정보 교류를 할 수 없었다. 현재 UN 주관 아시아지역 재난 관리 각료 국제회의(AMCDRR)에서 기술개발을 합의하여 '재난기술 정보 고유를 위한 글로벌 체계 구축'사업을 추진하고 있다. 사업을 통해 도출된 글로벌 포맷에 맞게 기술을 개발하고 지원해야한다.

❑ 재해 취약성 평가

각국이 처한 취약성에 관한 상세지도를 구축하여 재해경감 정보를 생산해낼 수 있도록 지원해줄 필요가 있다. 취약성 지도는 행정 및 정책 결정에 기초자료로 활용된다. 또한 국민들에게 위험성을 홍보하여 재해 피해를 저감시킬 수 있다.

캄보디아의 경우 World Food Programme(WFP)이 생산한 가난 관련 취약성 지도인 가난지도(Poverty Map)를 만들어 활용하고 있다. 가난지도에는 자연재해 발생으로 인한 취약성 정보와 지역의 영양부실상태 및 교육 수요에 관한 정보까지 포함하고 있다. 이는 정책 결정에 유용하게 사용되고 있다. 재해 취약성 평가 자료는 정부 및 국제기구 등에 의해 수행되는 각종 프로젝트 실행에 중요한 정보로 활용될 수 있다. 뿐만 아니라 지역별 정책 결정의 지표 및 주민들에게 경각심을 심어주는 역할을 할 것이다.

❑ 자료의 체계적 구축

체계적으로 구축된 관련 자료는 재해 예방에 가장 기본적인 요소이다. 향후 미래 예측을 위해서는 과거 자료를 바탕으로 전망해야한다. 뿐만 아니라 기초자료는 정책 등의 의사결정의 중요한 기준이 된다. 보정되지 않은 불명확한 정보는 사용할 수 없다. 사용하더라도 전혀 다른 결과를 가져 올 수 있다. 재해 피해를 분명히 예측하고 대응하기 위해서 기초자료의 체계적인 구축은 우선적으로 추진되어야 한다.

❑ 토지이용계획

자연재해 피해 저감을 위해서는 토지이용 규제가 필요하다. 재해위험구역은 거주하지 못하거나 개발을 제한해야 한다. 동아시아 개도국들은 강 또는 해안에 근접하여 생활을 한다. 재해 역량이 부족한 지역은 직접적인 재해피해를 여과 없이 받아 돌이킬 수 없는 피해를 속출한다. 일

본은 토지이용규제를 통해 침수위험구역에 거주하지 않도록 하거나, 개발을 제한 또는 위험구역에서 이전을 촉구 등을 하고 있다. 토지이용계획을 통해 생활공간의 위험성을 줄이고 좀 더 안전한 국토관리를 해야 한다.

❑ 건축 설계기준 변경 및 강화

전례 없는 자연재해로 과거 기준에 의해 설계된 구조물·건축물 등은 많은 피해를 받고 있다. 지속되는 폭염, 폭설, 호우, 지진 등은 구조물·건축물의 노후화를 재촉하여 균열 등의 피해를 발생시킨다. 향후 변화하는 기후를 고려한 건축재료 사용, 건축기법 개발 등 구조물·건축물 등의 건축 기법 변경 및 강화가 이루어져야 한다.

❑ 재해보험

현재 방재 기술이 많이 발달하였지만 재해 피해를 100% 저감 시킬 수는 없다. 이러한 경우 방재 기술로 저감 시키고 남은 잔여 위험성에 대한 대처가 필요하다. 재해 보험은 잔여 위험성을 저감할 수 있는 수단이 될 수 있다. 동아시아 개도국들은 재해 피해를 입으면 피해 복구에 소요되는 자본이 충분치 않아 어려움을 겪는다. 정부차원에서 다양한 재해보험을 주민들에게 제공하고 지원하여 불가항력적인 피해에 대처해야 한다.

나. 하드웨어적 극복방안

기후변화유발 재해경감을 위한 가장 기초적인 부분인 재해 대비 인프라 구축과 관련된 분야이다. 물적 투자가 필요한 분야라 많은 재원이 소요된다. 예를 들면 홍수예방을 위한 댐, 저수지 등의 건설사업이나 하천정비사업은 많은 재원을 필요로 한다.

사례연구 국가들은 대규모 재원이 소요되는 하드웨어적 극복방안 추진에 한계가 있다. 또한 우리나라도 많은 재원이 소요되는 하드웨어적 지원 방식을 추진하는데 어려움이 있다. 따라서 하드웨어적 극복방안도 비교적 재원이 적게 소요되면서 효과가 큰 시설, 장비, 시스템 등의 설치사업을 추진하는 것이 바람직하다. 대규모 재원이 필요한 하드웨어 사업은 기초조사, 타당성평가, 상세설계 등의 분야를 집중 추진하고 재원 조달 방안은 별도로 제안하여 추진하는 것이 좋다.

❑ 방재 구조물의 건설과 시설물의 설치

재해 피해를 저감하는 가장 근본적인 방법이다. 댐, 저수지, 저류시설, 사방댐 등 방재를 목적으로 하는 시설물을 건설 또는 설치하는 것이다. 방재 시설물은 건설 및 설치비용이 많이 필요하다. 때문에 자체 재원이 부족한 동아시아 개도국들은 쉽게 추진하지 못하고 있다. 많은 재원이 소요됨으로 항상 사전타당성검사가 필요하며, 전략적 판단에 의한 우선 사업부터 시행해야 한다.

❑ 방재 장비의 정비 및 첨단화

재해를 예측, 대처, 복구하기 위해서는 활용할 수 있는 장비가 필요하다. 동아시아 개도국은 전반적으로 방재 장비가 노후하고 구식이여서 방재 역할을 수행하기에 한계를 노출하였다. 우리나라 방재 기술도 날로 발전하고 있다. 하지만 일부 장비는 해외 수입에 의존함으로 국내 기술 및 자원 위주의 장비를 지원해야 한다. 우리나라 첨단기술이 적용된 장비 지원으로 동아시아 개도국의 자연재해를 저감 시켜야 한다.

❑ 사회기반시설 조성

재해 피해는 사회전반적인 구조에 의해 영향을 받는다. 주민들의 삶의 방식, 주거 환경 등은 재해피해와 밀접한 관계를 가진다. 예로 공원은 주민에게 휴식을 제공하지만, 홍수 발생시 저류지 역할을 담당하기도 한다. 또한 도로는 산불 피해를 저감시키는 구조물이 된다. 주거환경 정비, 통신체계 구축 등 사회기반시설 조성은 지역 경제 및 생활환경을 향상시킴과 동시에 재해피해 저감 효과를 가져 온다. 하지만 사회기반시설도 많은 비용이 필요함으로 사전에 타당성을 검토한 후 장기간 지원해야 한다.

❑ 사후관리 장비의 지원

자체 재정 능력이 부족한 동아시아 개도국은 지원받은 시설을 유지하기 위한 비용을 별도로 마련하기 힘들다. 결국 일정 기간이 지나면 지원받은 시설을 운영하지 못하는 상황이 발생한다. 이는 사업의 효율성을 현저히 떨어뜨리는 주요 원인이다. 사업 완료 후에도 일정 기간 A/S에 필요한 장비를 지원해야 한다.

다. 휴먼웨어적 극복방안

소프트웨어적 혹은 하드웨어적 극복방안은 모두 인력에 의해 성과가 달리 나타날 수 있다. 즉 시설, 장비, 기술 및 시스템 등은 운영하는 인력에 의해 성과를 낼 수 있다는 것이다. 따라서 휴먼웨어적 극복방안은 사례연구 구가들의 인력을 양성하는 것에 초점을 맞추고 있다.

❑ 지식, 혁신, 교육의 활용

재해경감에 대한 교육과 지식 그리고 기후변화 적응은 사례연구 국가들의 레질리언스(resilience) 개선을 위한 필수요소이다. 특히, 모든 정부에서 안전과 레질리언스에 대한 주민의 의식을 향상시키기 위한 교육이 필요하다.

아울러 취약성을 감소시키는 다양한 옵션에 대한 교육과 지식전달도 중요하다. 미디어를 통한 대국민 홍보뿐만 아니라 의무초등교육제도 등이 재해위험경감을 위한 교육부문의 방안으로 활용될 수 있다.

❑ 지역기반 방재 네트워크 활성화

재해 피해의 주체인 주민을 대상으로 재해 대응 네트워크를 구축해야 한다. 재해와 가장 직접적인 영향을 받는 주민들이 자립적이고 능동적으로 대처할 수 있는 환경을 조성해야 한다.

스리랑카의 전통 쌀 경작 증진은 국가 농민 연합(National Farmer Federation)에 의해 활성화된 좋은 사례이다. 국가농민연합은 농민과 농민의 네트워크를 형성하는 매우 중요한 조직이다. NFF는 또한 아시아 농민 연합(Asia Farmer Association)과 연계되어 있어 자연재해에 적응하고 살아남기 위해 각종 생계전략에 관한 시장정보들을 공유하고 있다.

주민들의 자립적 조직의 네트워크 구성은 재해저감에 가장 이상적인 모습이다. 주민들이 능동적으로 재해에 대처할 수 있게 지속적으로 지원해야 한다.

❑ 주민 참여적 취약성 분석

네팔, 방글라데시, 인도의 학교에서 수행되고 있는 프로그램의 하나이다. 지식을 전달하고 위험정보에 대한 공유가 학교를 통해 이루어짐으로써 위험지역에 위치한 학교를 보다 안전하게 만드는 데에 일조한다.

주민 참여적 취약성 분석은 지역사회에 기반을 두고 있으며 토착민들의 재해정보공유를 전제하고 있다. 지역의 긴급상황에 대비하여 만들어진 주민자치 프로젝트인 것이다. 이는 학교를 활용하여 아이들 및 학부모를 교육하고 선생님과 관련 공무원들에 대한 재해경감의 인식을 높이는 방안이다.

❑ 지역사회의 참여

자연재해 경감 및 기후변화에 적응하기 위해서는 지역사회의 참여 (Community participation)가 아무리 강조되어도 지나치지 않다. 특히, 사례연구 국가들과 같은 하드웨어 인프라가 부족한 국가에서 지역사회의 협력은 재해경감정책의 효과를 높일 수 있는 중요한 요소이다.

지역사회가 가지고 있는 자연재해에 관한 정보들을 체계화하여 대처방안에 활용할 수 있도록 모니터링 할 필요가 있다. 하지만 지역사회의 참여가 의사결정과정에서 효과적으로 반영되지 못할 수 있다. 지역사회에서 어느 그룹이 보다 취약한지 파악하고 긴급하게 지원이 가야할 곳에 대한 우선순위를 파악해야 한다.

지역사회 참여를 위해 지역사회의 역량이 어느 정도 되는지 파악하는 과정이 필요하다. 또한, 지역사회가 지역사회 참여에 어떻게 반응하는지에 대한 세밀한 모니터링이 동반되어야 한다. 사례연구 국가들에서 이 같은 위험관리역량은 여전히 미진하며 예산 투자 역시 미비한 것으로 나타난다. 자연재해 노출에 위험한 지역사회 역시 준비과정(preparedness activities)에 미비하며 외부자원 의존적인 대응을 하고 있다. 고위험 지역에서만이라도 지역사회 참여를 위한 준비과정을 독려할 필요가 있다.

방글라데시의 통기(Tongi)와 가이반다(Gaibandha) 지역에서 이루어진 프로젝트는 지역사회의 참여를 통해 위험지도를 만드는데 성공하였다. 훈련된 자원봉사자들이 함께하여 지역사회의 위험분석을 도왔으며 자치구 단위(ward-level)의 위험지도를 만들어 생산하였다. 위험지도 생산에

지역사회에 함께 함으로써 주민들의 인식정도를 높일 수 있었으며 자연재해 취약성 및 재해경감에 관한 관심을 자연스럽게 증가시킬 수 있었다. 이 프로그램은 방글라데시 정부와 ADPC의 아시아 도시재해경감 프로그램(Asian Urban Disaster Mitigation Program)을 통해 기술적, 재정적 지원이 이루어졌다.

❑ 지역사회 기반 재해경감

지역사회기반 재해경감 프로그램(community-based DRR)은 재해관리에 있어서 효과적인 방안의 하나이다. 이는 정책에 대한 지역의 기여도를 향상시킬 뿐만 아니라 정책집행 단계에서도 인지정도를 향상시켜 정책의 효과성을 제고하게 한다.

또한, 조기경보시스템의 효과성을 높이는 역할을 수행하게 된다. 경보가 발효될 때에 지역사회의 신속한 대응능력을 유도할 수 있으며 이를 통해 지역의 인명과 재산을 보호할 수 있는 방안이다.

방글라데시의 경우 국가 사이클론 대응 프로그램(Bangladesh's Cyclone Preparedness Programme : CPP)이 실행된 바 있다. 정부는 이를 실행할 수 있는 구체적인 실행방안(action plans)을 각각의 정부수준 단위로 세부적으로 개발하였다.

효과적인 커뮤니티 기반 재해대응(effective Community-Based Disaster Preparedness : CBDP)을 위해 지역사회뿐만 아니라 지방정부의 적극적인 노력이 필요하다.

2. 재해유형별 Gap 극복정책 추진방안

재해유형별 Gap 극복정책 추진방안은 사례연구 국가들을 대상으로 하는 경우 홍수, 태풍, 쓰나미, 산사태, 가뭄, 해수면상승, 조드로 나누어 제시할 수 있다. 구체적인 재해유형별 Gap 극복정책 추진방안은 [표 6-7]과 같다.

[표 6-7] 사례연구 국가들의 재해유형별 Gap 극복정책 추진방안

재해 유형	Gap 극복정책 추진방안
홍수	• 홍수 예·경보 제도 개선 • 돌발홍수, 위험기상(태풍 등)에 대한 예보기술 확보 • 수치예보 연구 개선 • 기상, 수위, 유량 관측 네트워크 현대화 시행 • 자료처리 및 관측자료의 분석 기술 개발 • 돌발홍수 경보시스템과 기술 개발 연구 • 대도시 중심의 홍수예·경보 시스템 확장 운영 • 자동관측소를 통한 강우량과 수위 유량 원격 관측 시스템 확보와 경보 전달체계 구축 • 수치 예보 모형 검증 및 개선 보완 • 주기적 하천정보(하상 변동, 수위-유량 관계 곡선 등) 업데이트 시행 • 중소 하천 홍수 취약지구 자동 조기 경보시스템 구축 • COMS 자료 수신기 및 한국기상청의 기상 기술 이전을 통한 기술력 확보 • 홍수 취약지도 작성 • 기초 자료 수집 및 분석 및 모니터링 시스템 구축 • 하천법 제정 및 관련 행정조직 정비(예: 홍수통제소) • 하천 및 호수의 자동 관측 장비의 확충 • 돌발홍수 시에 필요한 긴급대피시설 확보 • 관계 공무원 및 전문가 교육 프로그램 확보 및 지원 • 주요하천 홍수시뮬레이션 모델 개발 및 도시지역 홍수범람지도 작성 • 난개발로 인한 토지이용계획 재수립으로 유출율 제고 • 표준재난조기경보신호 작성 및 예·경보 운영 방안 구축
쓰나미	• 쓰나미 영향 해안침식 방지 예측 및 공법 개발 • 쓰나미 예·경보 제도 개선 • 쓰나미 조기 경보 시스템 및 경보 전달체계 구축 • 해안 및 주요지점 기상관측기기 유지보수 • 기상 데이터 전송을 위한 통신수단 구축 • 쓰나미 감시 센터 설립 • 쓰나미 대응 행정조직 정비(전담부서 설립) • 표준재난조기경보신호 작성 및 예·경보 운영 방안 구축
태풍	• 태풍 위험도 평가기법 개발 • 태풍 예·경보 제도 및 경보 전달 체계 구축 • COMS 자료 수신기 및 한국기상청의 기상 기술 이전을 통한 기술력 확보 • 태풍 피해 관련 기초 자료 분석 D/B 구축 • 태풍재해위원회와의 지속적 교류 채널 유지 • 재해정보시스템(TCDIS) 활용 • 태풍 대응 지침 마련 • 재해관리를 위한 행정조직 정비(전담부서 설립)

<표 계속>

재해	Gap 극복정책 추진방안
산사태	• 전국 산사태 재해 위험 지구 지정 및 산사태 위험 등급 부여 • GIS 기법을 통한 위험 지구 상시관리 체계구축 • 돌발홍수 및 위험기상(태풍 등)과 연계한 산사태 예보기술 제고 • SMS를 통한 예·경보시스템 구축 • 사방댐 설치 및 필요한 긴급대피시설 확보 • 관계 공무원 및 NGO 전문가 교육 프로그램 확보 및 지원
가뭄	• 가뭄 취약지도 작성 • 가뭄 지수 개발 및 예보기술 구축 • 국가 지하수 관측 망 구축으로 지역간 지하수 부존량 파악 • 년 평균 강수량 감소를 고려한 수자원 확보 방안 구축 • 건기 대비 관개 시설 확장 및 적정 기술 확보 • 벼농사 대체 단기 수확 대체작물 확보 및 보급 • NGO 중심의 자체 가뭄 극복 프로그램 교육 및 적정기술 확보 • 기상 관측 장비의 현대화 및 전문인력 강화 • 기상청 관련 수치예보모델 개발 및 운영 • 가뭄재해정보 시스템 구축 • 농업용수 관리 자동화(TM/TC) 구축 • 농촌용수 종합정보시스템(RAWRIS) 구축 • 농업용수 및 생활용수 긴급지원 시스템 구축
해수면 상승	• 해수면 상승으로 인한 국토변화 시나리오 구축 • 연안침식 방지공법(연성공법, 강성공법) 개발 • 해수면 관련 기후자료 복원 시스템 개발 • 해수면 예측정보 분석시스템 개발 • 해양 지구환경 3차원 가시화 시스템 개발 • 해수면 상승 관련 온라인 교육 지원 시스템 개발
조드	• 웹기반 기상분석 시스템 지원 방안 마련 • DMB를 활용한 조드 정보 전달시스템 개발 • 조드 예측정보 분석시스템 개발 • 조드 유형별 자동 위험인식기능 개발 • 조드 관련 기상자료 수집/표출 시스템 개발 • 조드 관련 온라인 교육 지원 시스템 개발

3. 사례연구 국가별 Gap 극복정책 추진방안

가. 베트남

베트남의 주요 자연재해는 태풍과 홍수, 해수면 상승, 가뭄 등이며, 행정조직상 자연자원환경부(MNRE)가 온실가스의 배출목록(emission inventory)을 책임지고 다자간환경조약(MEA)의 체결 당사국으로서 역할을 하고 있다.

베트남은 지난 1994년 11월 유엔기후변화협약(United Nations Framework Convention on Climate Change : UNFCCC), 2002년 9월에는 교토의정서(Kyoto Protocol : KP)를 비준하고 실행을 위한 위원회 운영과 기후변화 상황 및 해수면 상승 감시 등 기후변화에 대해 적극적으로

대응하고 있다.

그의 일환으로 2004년 8월에는 베트남 총리가 베트남 의제 21을 발효시키면서 지속가능발전을 위해 기후변화를 저감하는데 필요한 조치들을 이행시켰다. 그 예로 2007년 4월에는 2007~2010년간 UNFCCC 이행 조직관련 계획을 승인하였다. 이 계획을 통해 UNFCCC 및 CDM 사업 수행에 필요한 법제도를 정비하였고, 대중 홍보 교육 및 기반시설 개발을 통해 역량을 구축해 가고 있으며, 국제협력도 강화해가고 있다.

현재 기후변화 대응정책을 향후 사회경제개발 프로그램 및 프로젝트 승인을 위한 지표로 사용하는 등의 노력을 하고 있다. 그러나 여전히 돌발적으로 발생하는 홍수 등에 대한 대비책 마련이 시급하며 이와 관련된 구체적인 기술 지원이 필요하다.

베트남이 홍수 및 태풍과 같은 자연재해를 위한 대응제도로 1955년에 설립한 "홍수·폭풍통제 중앙위원회(Central Committee for Flood and Storm Control : CCFSC)는 부총리를 위원장으로 하고, 각 부서의 장·차관이 위원으로 참여하고 있으며, 농업농촌개발부가 사무국 역할을 하고 있다. 그리고 산하에 재난관리단(Disaster Management Unit : DMU)을 두고 상황발생 시 조정하고 있다.

그러나 실제 홍수 예·경보의 경우, 홍수 예보가 인민위원회에 통보되면 위원회 산하의 홍수위원회 결정에 의해 경보를 발령하기 때문에 시간을 놓치는 경우가 많다. 그러므로 현재의 기상수문국을 한국의 기상청과 유사하게 기상수문청으로 독립시키는 등의 제도개혁을 위한 행정적·기술적인 지원도 필요하다.

또한 재해예방 및 대응, 사회경제 성장 체계의 규정을 위한 강수량과 홍수의 예보기술 개발이 필요하며, 아울러 과거 아날로그 방식의 자료를 디지털화하여 정보 정리 및 예측능력 제고를 위한 노력이 필요하다. 현재 부분적으로 이 작업이 진행 중이나 속도가 느리므로 소프트웨어적인 면과 하드웨어적 지원이 필요하다.

베트남에서는 지역별로 재해에 따른 피해정도가 다르게 나타난다. 때문에 지역의 특성을 고려한 홍수 예·경보 시스템이 지역별로 적용되어야 한다. 그러므로 중앙정부차원의 예·경보 시스템 뿐 만 아니라, 지방자치단체에서도 대응정책이 개발되어야 한다.

다양한 나라에서 지원을 받다 보니 장비의 표준화가 어려워 장비표준화를 위한 정비가 필요하다. 이미 지원받았거나 지원받게 될 항목은 이탈리아에서의 중부와 남부에 홍수 예·경보체계 지원, 일본에서의 기후예측장비 지원, 한국에서의 북부지역 홍수예보체계 지원 등이 있다.

이러한 최신 기술 지원도 중요하지만, 이를 실제 정책에서 활용할 수 있는 전문 인력개발 및 관련 직원의 교육과 훈련도 필요하다. 베트남 재해경감 및 Gap 극복 추진사업에 있어 우선 사업별 추진방안을 제시하면 [표 6-8]과 같다.

[표 6-8] 베트남 재해경감 및 Gap 극복 정책 추진사업

순위	재해경감 및 Gap 극복 추진사업
1차 사업	- 배수 펌프장 시설 공사 - 신속한 재해 대응을 위한 행정조직 개편 사업 - 방재 장비의 표준화 연구 - 과거 자료의 디지털화 작업 및 D/B 구축 - 홍수 취약성 평가 사업 - 홍수위험지도 제작 - 기후변화 재해관련 전문인력 양성 프로그램 지원(석사) - 장비 표준화를 위한 공동연구 및 운영 인력 확보
2차 사업	- 하천환경정비 사업 1차 - 긴급 대피시설 설치 - 홍수조절용 저류지 조성 - 수문자료, 강우자료 관측시설 및 자료의 D/B 구축 - 재해 저감을 위한 토지이용계획 수립
3차 사업	- 하천환경정비 사업 2차 - 홍수조절용 저류지 조성 - 배수로 정비 사업 - 수문자료, 강우자료 관측시설 및 자료의 D/B 구축 - 재해 관련 보험제도 지원 방안 및 교육 프로그램 개발 - 건물의 내수성 강화 시범사업

나. 필리핀

필리핀은 태풍, 홍수, 산사태와 지진, 화산 폭발, 그리고 해일에 의한 자연재해가 빈번히 발생하고 있다. 특히 태풍의 의한 피해가 규모가 크고, 소득수준이 낮은 지역에서의 피해규모가 크게 나타난다.

필리핀은 1997년 이후 재난관리법 수정을 요구하는 안건이 의회에 상정되었고, 2009년 필리핀 의회는“필리핀 재난위험관리행동”법안을 제출하였다. Disaster Reduction Management(DRM)와 관련한 다양한 법안들을 강화하였는데, 전략적국가행동계획(Strategic National Action Plan : SNAP) 및 필리핀 재난관리행동법안(RA10121)은 전 영역에 걸쳐 사전재난관리의 중요성을 강조하였다.

필리핀은 법적·제도적 협의를 통해 재난관리 강화방안을 논의한 Hyogo Framework for Action(HFA) 협약에 가입한 나라 중 하나이며, HFA 협약은 자연재해를 해결하려는 필리핀 정부의 국제적 노력의 한 예이다. 재해위험경감을 위한 법적 기초는 RA10121 법안이며, 이를 이행하기 위한 2009 기후변화 행동법안(Weather Change Act of 2009, RA9729)이 보완적인 역할을 한다.

SNAP는 재해위험경감관리를 위한 전반적인 필리핀의 국가 로드맵인데, 다섯 가지 전략적 목표를 가지고 있다.

- 첫째, 재해위험경감을 우선 과제로 선정
- 둘째, 위험정보 및 조기경보의 선진화
- 셋째, 안전성 및 견고성을 중시하는 문화
- 넷째, 주요 분야에 대해 위험요소를 최소화
- 다섯째, 재난대응에 대한 체계적 준비

이와 같이 필리핀은 재해로 인한 피해를 저감하기 위해서 국가정책 및 법제도를 지속적으로 개선하여 왔지만, 실제로 이행되고 있지 않아 여전히 개선의 여지가 많다.

국가재해조정위원회(National Disaster Coordinating Council : NDCC)는 정부 및 민간 모든 부문에서 공동의 방재계획 및 완화, 재난대응의 운영 및 복구를 선도하며, 정책을 수립, 조정하고 국가차원의 재해위험을 관리·협조·조정하는 국가 최고 기관으로 산하에 민방위 사무소(Office of Civil Defense : OCD)와 17개 지역의 재해조정위원회(Disaster Coordinating Councils : DCCs)를 두고 있다.

필리핀의 홍수 예·경보체계를 자세히 살펴보면, 기상·수문·강 정보를 수집 및 분석, 그리고 전파하는 세 가지 주요 단계로 나눌 수 있다. 필리핀 기상청(PAGASA)은 전국을 잇는 기상정보 네트워크가 없고 일부 지역에 구축한 microwave network가 있으나, 주파수 간섭문제로 현재 사용할 수 없다. 따라서 필리핀 내 설치되어 있는 상당수의 관측 장비들이 태풍이 발생하였을 때 현재 상용 통신망이 작동되지 않는 경우가 많아 해당 정보가 가장 필요한 시점에 기상청 본사로 정보를 보내지 못하는 경우가 많다.

또한 하천의 폭, 깊이와 같은 속성은 매년 변하므로 이들 매개변수를 꾸준히 조정해주지 않으면 기 구축된 시뮬레이션 모델은 어느 순간부터 사용할 수 없게 된다. 그러므로 이들 매개변수를 바꿀 수 없음은 시뮬레이션에 따른 예측 자체가 어려워짐을 의미한다. 1988년 이후 특히 강 유역에 대한 체계적인 조사가 이루어진 적이 없어 관련 전문가조차 정확한 강의 속성을 파악하지 못하고 있어 이들에 대한 기술적·재정적 지원 방안이 필요하다.

한편 KOICA에서는 필리핀 아우로라, 할라우어, 아구스 강 유역에 재해방지조기경보시스템(FFWS)을 구축하였다. 각각의 강 유역에는 2개소의 AWS, 4개의 우량계, 4개의 수위계가 설치되어 있으나, 추가적인 지원이 필요하다.

또한 현재 필리핀에서는 각종 기상·수문·강 관측 및 실시간 자료전송이 제대로 이루어지지 않고 있고 이를 통합적으로 관리하고 분석할 수 있는 시스템 또한 부재하다. 따라서 현재 이러한 통합홍수 데이터분석을 수행할 수 있는 제도적·재정적 지원이 요구된다.

이상과 같이 필리핀에서는 주요 강 유역별 홍수예보를 실시하고 있으며, 홍수예보는 매일 6시에 24시간 예보를 발표하고 있다. 하지만 홍수 예·경보를 위한 장비의 운영 및 업무가 통합 운영되지 못하고 있다. 관측데이터 또한 통합관리 및 상호 연동되지 않아 실질적이고 효율적인 운영을 하지 못하는 실정이다.

따라서 필리핀에서 홍수 예·경보 시스템을 효과적으로 운영하기 위해서는 중앙에 홍수 예·경보 센터를 두고 각 지역에 수위 관측소, 우량 관측소 등 각종 시설들을 설치 운영하는 것이 바람직하다. 각 지역에 설치된 우량계 및 수위계에서 관측된 자료는 데이터 전송을 통해 강수예보와 홍수예보에 활용하고 이러한 정보를 통해 홍수 경보 대비, 경보 전파 및 행동 요령을 제공하는 것이 필요하다.

그리고 필리핀의 재해방지활동은 중앙정부와 지방정부로 분리되어 운영되고 있기 때문에, 중앙정부는 지방정부에 권한을 부여하고 지방정부 자체적으로 재해방지시스템을 구축·운영하고 있다. 이러한 운영체계는 지방정부의 재정 및 방재능력에 따라 재해방지 활동의 규모가 다르게 나타나기 때문에 일부 지역의 경우 심각한 피해가 발생할 가능성이 잠재하고 있다.

대상국 중에서 기후변화 재해대응 관련 지원과 조직이 가장 잘 구성되어 있지만, 재해감지부터 사전대응까지 연결되는 구체적인 행동지침이 부족으로 인해 발생하는 Gap이 크다.

필리핀 재해경감 및 Gap 극복 추진사업에 있어 우선 사업별 추진방안을 제시하면 [표 6-9]와 같다.

[표 6-9] 필리핀 재해경감 및 Gap 극복 정책 추진사업

순위	재해경감 및 Gap 극복 추진사업
1차 사업	- 정보 통신 시설 구축 - 긴급 대피시설 설치 - 강 유역에 대한 체계적 조사 및 D/B 구축 1차 - 재해 대응을 위한 구체적 행동지침 마련 - 수치 예보 모형(현재 MIKE)의 검증 및 개선 - 천리안 위성 수신 시스템 구축(중규모) - 천리안 수신을 위한 전문가 양성
2차 사업	- 중소 하천의 자동 조기경보시스템 확장 설치 - 강 및 하천의 준설(1개 군) 1차 - 제방 축조 1차 - 강 유역에 대한 체계적 조사 및 D/B 구축 2차 - 재해 저감을 위한 토지이용계획 수립
3차 사업	- 강 및 하천의 준설 2차 - 제방 축조 2차 - 기상레이더 관련 전문인력 양성 - 재해 관련 보험제도 지원 방안 및 교육 프로그램 개발

다. 인도네시아

인도네시아는 홍수, 쓰나미, 산사태 및 가뭄과 같은 자연재해가 증가하고 있으며, 홍수와 지진이 매우 빈번하게 일어나고 있다. 이러한 자연재해에 대한 대책으로 1996년 자연재해관리자문위원회를 설립하였으나, 재해경감보다는 긴급구호 활동을 치중하였다. 1997년에는 국가재해관리조정국(Penanggulangan Bencana Alam, BAKORNAS PBA)이라고 하는 국가자연재해관리조정위원회가 설립되어 활동범위를 자연재해에 중점을 두고 재해 억제 및 관리 활동을 수행하도록 한 단계 개선되었다.

그러나 2004년에 발생한 수마트라 지진과 해일로 재해관리 의무를 긴급히 규정하고 재해관리 문제해결을 위한 새로운 계획을 수립하였으며, 2007년 4월에 재난관리법이 시행되었다. 이후 기후변화 대응을 위한 온실가스 감축과 적응에 대한 조항이 포함되었으며, 재해관리에 대한 법률(NO.24)이 제정되어 시행되고 있다.

인도네시아 정부는 2008년에 대통령령(No.46/2008)으로 국가기후변화위원회(National Council on Climate Change)를 설치하여 체계적인 기후변화 대책을 수립하고 국가중기발전계획(2010

-2012)을 통해 기후변화에 대응할 수 있는 기후변화 완화 및 적응 계획을 발표하였다. 그리고 기후변화 국가 행동계획(RAN-PI), 국가 온실가스 감축 행동 계획(RAN-GRK), 기후변화 분야별 로드맵(ICCSR) 등을 구체적으로 제시하고 관련 전략과 활동을 수행하고 있다.

그리고 같은 해 국가재난관리기관(BNPB)을 설립하였으며 재해예방, 비상대응, 구호, 재건 등과 같은 재해 관리 지침과 방향을 제공하고, 기본 및 요구사항을 바탕으로 재난관리 법안을 마련하여, 재해관리활동 정보를 대중에게 전달하고자 하였다. 뿐만 아니라 기상예보센터, 쓰나미 감시센터 등 재해대응을 위한 기관들을 구축하고, 대응을 위한 노력을 기하고 있다. 그러나 Gap을 극복하기 위해 재해대응 훈련이나 운영 프로그램 개발과 같은 지원이 필요하다.

기상예보센터의 경우 수치예보 모델은 프랑스에서 도입한 모델을 사용하고 있으며, 장기예보는 한국으로부터 자료를 수신하여 활용중이다. 그러나 주요 도시에 대한 수치 예보 자료는 제공받지 않아 실효성이 떨어지고 있어 장비 및 자료의 표준화를 위해 한국에 추가지원을 요청하고 있다.

특히 인도네시아 기상청은 천리안 위성의 자료수신 및 활용 시스템 구축, 항공기상 체계 개선을 위해 한국기상청으로부터 기술이전을 요청하고 있으므로 긍정적인 지원을 고려할 필요가 있다.

현재의 관측 시설을 제대로 유지하고, 향후 지점을 확충할 수 있는 지원이 필요하다. 그리고 인도네시아 측에서 요구하는 위성자료에 대한 지원과 더불어 위성자료를 활용할 수 있는 기상청 직원을 대상으로 하는 체계적인 교육연수 프로그램 운영 및 전문 인력 양성에 대한 지원이 함께 필요하다. 인도네시아 재해경감 및 Gap 극복 추진사업에 있어 우선 사업별 추진방안을 제시하면 [표 6-10]과 같다.

[표 6-10] 인도네시아 재해경감 및 Gap 극복 정책 추진사업

순위	재해경감 및 Gap 극복 추진사업
1차 사업	- 지형적 특성(섬)을 반영한 통신 전달시스템 구축 - 재해 대응 다목적 긴급 대피시설 설치 - 다용도 해일방파제 건설 1차 - 산사태 위험지도 제작 및 관리프로그램 설치 - 쓰나미에 대한 취약성 평가 - 천리안 위성 수신 시스템(중규모) 및 기술 지원 - 재해 대응 훈련 및 운영 프로그램 개발
2차 사업	- 홍수조절용 저류지 조성 1차 - 첨단 연안침식 방지 공법 개발 및 시공 1차 - 해일 대처 방호벽 건설 1차 - 다용도 해일방파제 건설 2차 - 주민 대상 재해 대응 교육 지원(파견)
3차 사업	- 홍수조절용 저류지 조성 2차 - 첨단 연안침식 방지 공법 개발 및 시공 2차 - 해일 대처 방호벽 건설2차 - 다용도 해일방파제 건설 3차 - 해수면 상승으로 인한 국토변화 시나리오 구축 - 위성자료 기술 관련 전문인력의 연수 및 파견 - 기후변화 재해관련 전문인력 양성 프로그램 지원(석사) - 관계 공무원 및 NGO 전문가 교육 연수

라. 캄보디아

캄보디아는 농업의 의존도가 높아 자연재해에 취약한 구조를 갖고 있으며, 홍수, 집중호우, 하천범람, 가뭄 등이 주요 자연 재해이다.

그러나 캄보디아는 재해관리를 위한 국가정책이나 법이 아직 없다. 제안된 정책도 1997년에 처음 토론된 이후로 3번의 수정을 거쳤으나, 아직 각료 이사회에서 승인되지 않아, 장관(수상)에 의한 공식문서로 서명되지 못하고 있는 실정이다.

또한 효율적인 공무원 행정조직업무를 수행할 수 있는 주와 지역의 리더십, 특히 재해관리활동과 관련한 정부의 능력은 구체적인 역할과 책임, 통신선의 투명성의 부족 그리고 결정을 만들고 계획하고 실행하기 위한 기준의 불충분한 이해 때문에 제약을 받고 있다.

재난관리기관(NCDM)에서 종합적인 재해관리계획을 세우고 있으며, 정부차원에서"지역사회 자기의존과 홍수 위험 감소 프로젝트"를 수행하면서 홍수에 의한 피해를 감소시키고자 한다. 그러나 홍수와 같은 재해가 발생하였을 때, 구체적인 행동지침이나 관련 법규가 현재 없기 때문에 여러 가지 Gap이 발생할 수 있다. 그러므로 특정 재해 발생 시 대응할 수 있는 교육과 훈련 프로그램 개발이 필요하다.

게다가, NCDM은 재해 발생 시에 연대적으로 구조 활동을 하기 위해서 캄보디아 적십자회를 그들의 주요 파트너로 택해 활용하고 있다. NGO 활동에 대한 정부 지원은 없으며 외국기관(EU, 국제기구, UK 등)의 재정지원에 의존하고 있고, 한국 KOICA에서도 NGO 활동을 지원하고 있는데, 더욱 확대할 필요가 있다.

기후변화로 인한 재해대응 정책은 수자원부가 주도하며, 수문정비, 강폭의 확대, 홍수에 적응할 수 있도록 쌀 품종 개량, 건강영향, 교육 강화에 노력하고 있다. 기후변화 문제에 관한 캄보디아 수상의 지지가 매우 커, 기후변화적응국가행동계획(National Action Plan for the Adaptation to Climate Change)이 수립 중에 있다.

기후변화로 인한 재해대응 노력의 일환으로 2020년 전략개발계획을 수립하여 기상수문관리의 현대화를 추진하고 있다. 홍수, 돌발홍수, 토네이도, 가뭄, 태풍 등에 대한 예측과 예방능력의 제고를 추진하고 있다. 우선순위는 태풍, 호우 등의 예·경보체계에 중점을 두고 있으며 이들 피해가 잦은 캄보디아 중부지역에 우선할 필요가 있다.

캄보디아 일부 지역은 돌발홍수 시에 필요한 긴급대피시설 및 긴급홍수 경보시설이 부족하다. 돌발홍수 조기경보시스템도 없어 주정부에 정보를 제공할 수 있는 체계가 마련되어야 한다. 천리안 위성자료를 수신할 수 있는 체계 지원도 필요하다.

현재 일본, 중국, 미국(NOA) 등의 위성 수신 장치를 갖고 있으나, 한국 COM의 최신 정밀 정보를 받고자 한다. 아울러 한국 기상청으로부터 자동기상 관측소, 수위측정 장치, 자료 수신 장치 등의 지원을 요청하고 있으며, 그에 따른 교육/훈련 프로그램도 필요하다.

기후변화 재해에 대한 감지를 위한 관측 장비의 경우 공여국의 지원을 통해 그 종류가 많지만, 장비 자체의 표준화가 이루어지지 않아서 이를 활용하는 데에도 Gap이 발생하고 있다. 따라서 관측 장비에 대한 표준화가 필요하다.

캄보디아 재해경감 및 Gap 극복 추진사업에 있어 우선 사업별 추진방안을 제시하면 [표 6-11]과 같다.

[표 6-11] 캄보디아 재해경감 및 Gap 극복 정책 추진사업

순위	재해경감 및 Gap 극복 추진사업
1차 사업	- 돌발 홍수 대비 긴급대피시설 확보 - 돌발홍수 예·경보 시설 설치 - 다목적 댐 건설 1차 - 소규모 식수 전용 저수지 조성 1차 - 배수 펌프장 시설 공사 - 하도정비 - 광역 상수도 망 구축 1차 - 강 유역에 대한 체계적 조사 및 D/B 구축 1차 - 재해 대응을 위한 효율적 행정체계 정비 연구 - 과거 기초자료의 디지털화 및 D/B 구축 - 재해관련 교육 및 훈련 프로그램 개발
2차 사업	- 다목적 댐 건설 2차 - 소규모 식수 전용 저수지 조성 2차 - 강 및 하천의 준설 1차 - 제방 축조 1차 - 홍수조절용 저류지 조성 1차 - 광역 상수도 망 구축 2차 - 강 유역에 대한 체계적 조사 및 D/B 구축 2차 - 재해 관련 국가 마스터플랜 수립 - 가뭄 지수 개발 및 국가 지하수 관측망 구축 1차 - 긴급 식수원 공급 체계 개선
3차 사업	- 다목적 댐 건설 3차 - 강 및 하천의 준설 2차 - 제방 축조 2차 - 홍수조절용 저류지 조성 2차 - 빗물 이용시설 시범 설치 사업 - 재해관리를 위한 법체계 정비 - 가뭄 지수 개발 및 국가 지하수 관측망 구축 2차 - 물절약 프로그램 수립 - NGO 지원을 통한 활동 지원 방안 연구

마. 스리랑카

인도의 최남단 남동쪽에 위치한 스리랑카는 대부분의 자연재해가 수문기상학적 재해이다. 그 중에서도 홍수, 가뭄의 재해 피해가 심각하다. 기후변화와 관련하여 발생하는 재해는 홍수, 산사태, 태풍(열대성 저기압), 가뭄, 쓰나미 등이 있다.

스리랑카 정부는 2005년 12월에"재해위험관리로 안전한 스리랑카를 향해"를 발표하였다. 국가재난관리계획, 스리랑카의 재해 상황, 재난관리조직 및 역할, 방재를 위한 비상대응에서 재해관리 우선순위 및 전략을 포함하는 도면을 완료하였다.

국가방재 발전계획 로드맵을 통해서 정책개발과 위험성 평가, 조기경보시스템 등의 다양한 분야에 대한 기후변화 대응 및 방재체계를 수립하고자 하였다. 또한 재해와 관련하여, 중앙정부와 지방정부에서 센터를 운영하여 효율적으로 대처하고자 노력하고 있다.

그러나 현재 시스템에서는 조기경보 대피시스템이 이루어지지 않아서 홍수나 산사태 등에 의한 피해가 점차 증가하고 있는 실정이다. 따라서 공여국에서 스리랑카에 지원 시, 조기경보시스템 관련 기술과 시스템 구축에 대한 지원이 가장 시급하다. 이와 더불어 효율적인 사전방재를 위해서는 각 유관기관 간 정보통신이 원활해야 하지만, 현재 스리랑카의 정보통신체계가 열악하므로 새로운 시설 구축 또는 기존 체계의 개선이 함께 이루어져야 할 것이다.

재난과 관련한 공공교육훈련은 지역주민이 재난발생시 대응방법을 알 수 있도록 하는 것이기 때문에 재난대비계획 단계의 필수적인 요소가 되고 있다. 그러나 현재 여러 정부기구, NGO 등이 수행하고 있는 교육훈련은 전문가 부족, 교육훈련 기자재의 미흡 등으로 인하여 체계적인 방법으로 이루어지지 않고 있어 현실적으로 어려운 여건이나 다음의 시책을 차근차근 추진할 필요가 있을 것이다.

스리랑카 재해경감 및 Gap 극복 추진사업에 있어 우선 사업별 추진방안을 제시하면 [표 6-12]와 같다.

[표 6-12] 스리랑카 재해경감 및 Gap 극복 정책 추진사업

순위	재해경감 및 Gap 극복 추진사업
1차 사업	- 사방댐 설치 - 옹벽, 흙막이 공작물 설치 - 과거 기초자료의 디지털화 및 D/B 구축 - 산사태 위험지도 제작 및 관리프로그램 설치
2차 사업	- 사면안정화 사업 - 낙뢰 피해 예방 사업(시설, 교육) - 산사태 대응 행정 역량 강화 사업 - 재해 저감을 위한 토지이용계획 수립 - 정부, NGO 대상 재해관련 전문 교육훈련 프로그램 개발
3차 사업	- 지역 맞춤형 산사태 대책공법 연구 - 재해 관련 보험제도 지원 방안 및 교육 프로그램 개발 - 낙뢰사고 피해방지 교육 및 훈련 지원(파견) - 재해 피난 가상훈련 교육 지원(파견)

바. 몽골

몽골의 기후는 전형적인 대륙성 기후로 동남아의 다른 지역과는 다르게 조드(dzud), 가뭄, 눈보라, 대설, 먼지폭풍 등이 주요 자연재해로 분류된다. 홍수, 찬비, 먼지폭풍, 산불, 지진, 전염병 등 국지성이 강한 재해가 발생하기도 한다. 따라서 자연재해 및 기타 비상사태 방지를 위한 시스템 구축이 필요하다.

몽골의 재난관리 조직과 역할은 1990년대 발생한 재난 충격으로부터 국민의 생명과 재산 및 국토환경을 보호하기 위하여 재해예방, 대응, 구조, 복구에 초점을 맞추어 활동하고 있다. 최근 국제표준의 요구조건에 따라 법을 개정하였으며, 2003년 6월에 승인된 재난방지법은 재난관리를 위한 법률적 환경을 강화시켰다.

재난방지법이 재정된 이후, 2004년에는 국가재난관리청(NDMA)이 설립되었으나, 2005년에 동 법이 개정되면서 국가재난관리청을 비상사태관리청(National Emergency Management Agency : NEMA)으로 변경되었다. 자연환경부(Ministry of Nature and Environment : MNE)에서는 자연재해 예방과 영향 완화와 관련된 정책 수립, 정보 조정, 연구조사의 권한을 가지고 집행하고 있다. 아울러 그 산하에 우리나라 기상청에 해당하는 기상환경감시청(NAMEM)을 두고 몽골의 기상, 수문, 환경감시 측정업무를 맡고 있다.

그리고 국가상설비상위원회(SPEC)는 구조, 복구, 피해자 구호, 사회복귀 등 대책 수행과 조드, 가뭄, 지진, 눈보라, 대설, 모래 폭풍, 홍수, 산불 등 자연재해 및 기타 유형의 재해로 발생하는 영향에 대처하고, 이런 상황과 관련하여 적용되는 모든 행동을 규정하도록 SPEC 헌장에 정의하고 있다.

해당 조직이 자연재해와 산업 재해에 관한 규정의 이행 책임을 법률에 규정하고 있지 않으면 실패하는 경우가 많다. 예를 들어, 자연 재해가 이미 발생했을 때 즉각적인 행동을 구현하기 위해, 꾸준히 홍수와 산불을 방지하기 위한 일련의 대책 수행의 우선 책임이 지방당국임을 나타내는 명확한 서술이 없다. 따라서 관계법령 추가 및 자연환경부의 권한과 책임을 상세하게 관련 개정안에 통합시키는 것이 필요하다.

재해와 환경오염의 심각한 위협 방지, 기상 및 환경 데이터를 적용하기 위한 시스템 구축, 그리고 자연재해에 관한 정보를 소유형태와 관계없이 모든 통신수단을 통해 배포해야 하는 기상 및 환경감시 부분에 대해 살펴보면, 관측, 예보, 법규 전반에 걸쳐 공여국으로부터 많은 지원을 받고 있고, 관련 조직도 잘 구성되어 있다.

그러나 실제로 재해대응을 위한 몽골 자체 예보능력이 떨어져, 관측이나 관련 규정이 있다고 하더라도 초기 대응으로 이어지지 않아 많은 Gap이 발생하고 있다. 뿐만 아니라 재해대응 정책에 대하여 각 기관의 권한과 책임 여부가 명확하지 않아 조직적인 대응이 이루어지고 있지 않다. 이에 대한 기술적 지원이 필요하다. 이에 대한 구체적인 내용을 살펴보면 [표 6-14]와같다.

따라서 몽골의 경우 Gap을 극복하기 위해서는 현재 공여국에서의 지원 정책들이 공여국 위주가 아닌 몽골을 대상으로 몽골에 특화된 기술로서의 지원으로 변화되어야 할 것이다. 관련 정책이나 법규에서 책임기관을 명확히 정할 수 있는 근거 제시가 필요하다.

또한 무상원조사업으로 설치되어 있는 장비의 운영과 관리에 어려움이 있으므로 기상관측장비의 기종을 단계적으로 통일하여 고장수리 능력과 관측자료 품질향상을 도모하고 검·교정 체계를

갖춘다. 또한 고장 발생 시 수리를 위한 부품조달과 수리요원의 양성 및 지원이 필요하다.

몽골의 국토면적은 우리나라(남한)의 약 15배에 이르나 고층기상관측소 수는 국토면적 대비 관측소 수가 매우 적고, 예산 부족으로 관측의 연속성이 미흡하고, 장비가 노후되어 교체가 절실한 실정이다. 또한 위험기상의 상시관측을 위해 기상레이더 관측이나 위성 관측이 필요하나 수요에 부응하지 못하고 있다. 그러므로 KOICA는 한국기상청과 협의하여 기상위성 천리안 수신 장비 및 전문 위성자료 분석요원 양성이 필요하다. 장기적으로는 대학과 MOU를 맺어 전문 교육을 실시하여 전문가 양성 및 확보가 필요하며 해외 유학생 유치할 수 있는 지원시스템 구축이 요구된다.

몽골 재해경감 및 Gap 극복 추진사업에 있어 우선 사업별 추진방안을 제시하면 [표 6-13]과 같다.

[표 6-13] 몽골 재해경감 및 Gap 극복 정책 추진사업

순위	재해경감 및 Gap 극복 추진사업
1차 사업	- 조드 방지 시설 설치(축사 등) - 재해정보 전달을 위한 통신 기반시설 구축 - 다목적 댐 건설 1차 - 광역 상수도 망 구축 1차 - 효율적인 재해관리를 위한 법체계 정비 - 긴급 식수원 공급 체계 구축 - 조드 예·경보 시스템 구축
2차 사업	- 다목적 댐 건설 2차 - 광역 상수도 망 구축 2차 - 지상기상관측소의 자동화(AWOS) 사업 - 기상레이더 관측 장비 지원 사업 - 가뭄 대응 국가 마스터플랜 수립 - 가뭄 지수 개발 및 국가 지하수 관측망 구축 1차
3차 사업	- 다목적 댐 건설 3차 - 광역 상수도 망 구축 3차 - 가뭄 지수 개발 및 국가 지하수 관측망 구축 2차 - 빗물 이용시설 시범 설치 사업 - 물절약 프로그램 수립 - 기상 관측 및 예보 능력 향상을 위한 전문 인력 교육 프로그램 지원 - 방재 전문 인력 양성을 위한 전문대학과의 MOU 체결 및 교육 지원

4. 사례연구 국가 간의 네트워크를 통한 Gap 극복방안

사례연구 국가 간의 네트워크를 통해 Gap을 극복하기 위한 방안을 몇 가지 제시하고자 한다.

첫째, 우리나라가 개발한 GIS 기반의 태풍재해정보 토탈시스템(WGTCDIS)의 활용을 강화한다. 특히 베트남, 필리핀, 인도네시아, 캄보디아, 스리랑카 등 사례연구 국가들에 대한 집중 교육을 실시한다.

둘째, 인접 국가(베트남, 캄보디아 등)간 재해정보공유시스템을 구축하여, 실시간으로 활용토록 하는 네트워크를 개발한다. 태풍이나 집중호우 등 특정 기단을 통해서 이동하는 자연재해의 경우 주변국의 자료를 실시간으로 공유함으로써 피해 저감에 기여할 수 있으므로 이를 적극적으로 활용한다.

셋째, 동아시아 국가들 간에 APEC Climate Center의 중장기 기후예측 자료를 공유토록 하고 교육훈련을 강화하여 기후변화 및 이상기후에 대한 평가 및 대응 능력을 강화한다.

넷째, 대상국과 공여국 사이의 원활한 자료 공유와 자료 활용에 대한 교육을 실시한다. 공여국에서 생산되고 있는 대상국에 대한 자료를 원활히 제공함으로써 이중의 지출을 방지하고, 하드웨어적인 기술지원을 늘리는 것보다 소프트웨어와 휴먼웨어측면에서의 지원을 증가시키는 방안이다.

5. 수원국과 공여국의 상생협력 방안

기후변화 감지를 위한 전지구 데이터를 확보한다. 공여국의 지원으로 관측되는 수원국의 기후변화 관련 자료는 전지구의 기후변화를 이해하고 연구하는데 있어 매우 귀중한 자료이다. 자료의 신뢰도를 향상시켜야 수원국에서 발생하는 재해를 저감함과 동시에 공여국에서 발생하는 기후변화 관련 연구를 발전시킬 수 있다.

수원국 상호간에 기후변화 관련 관측자료를 공유할 수 있는 기반을 더욱 강화하고 또한 관측장비 및 자료에 국제표준화를 추진하여야 한다. 이는 국제기구를 통해 수원국과 공여국이 같이 참여하여 수행하도록 한다.

제3절 기후변화유발 재해유형별 적정기술 적용방안

1. 홍수위험국의 적정기술 적용방안

홍수는 대부분 집중호우에 의하여 발생하게 되고 홍수의 피해는 집중호우의 피해와 같은 눈으로 바라 볼 수 있다. 홍수에 의한 피해는 동남아시아 및 우리나라뿐만 아니라 전 세계적으로 다른 재해와 비교하여 많은 피해를 주고 있는 재해이다.

동남아시아의 기후는 강수량이 점차 증가하고 있으며 그 피해 규모도 점점 증가하고 있다. 강수량이 많아지면서 해수면 상승과 홍수의 피해 또한 많은 빈도수를 보이며 발생하고 있다. 강수량 증가로 인하여 홍수 및 산사태의 피해를 야기 시킬 수 있으며 피해를 줄이기 위하여 사전예방에 치중해야 한다.

[표 6-14] 홍수위험국의 홍수, 집중호우 피해 대응을 위한 적정기술 및 사업

국가	적정기술 및 사업
베트남	• 기상, 수위, 유량 관측네트워크 현대화 지원 • 자료처리 및 관측자료의 분석 기술 • 수치예보 연구 개선 • 홍수 예·경보 제도 개선 • 돌발홍수에 대한 예보기술
필리핀	• 현재 사용되고 있는 MIKE 수치 예보 모형 검증 및 개선 보완 • 주기적 하천정보(하상 변동, 수위-유량 관계 곡선 등) 업데이트 • 자동관측소를 통한 강우량과 수위 유량 원격 관측 시스템 확보와 SMS 활용 • 대도시 중심의 홍수 예·경보 시스템 확장 운영 • 중소 하천 홍수 취약지구 자동 조기 경보 시스템 구축
인도네시아	• COMS 자료 수신기 및 한국기상청의 기상 기술 이전을 통한 기술력 확보 • 기초 자료 수집 및 분석 및 모니터링 필요 • 수마트라, 자바, 발리 지역의 홍수 취약지구 수치 예보 구축 • 대도시 중심의 홍수 예·경보 시스템 확장 운영 • 중소 하천 홍수 취약지구 자동 조기 경보 시스템 구축
캄보디아	• 재난 및 홍수 관련 법률 미 제정으로 인한 홍수관리 체계 분석 • 하천법 및 재해관리법 제정으로 재해관리 기반 구축 • 메콩강 및 톤레삽 호수의 자동 관측 장비의 확충 • 돌발홍수 시에 필요한 긴급대피시설 확보 • 관계 공무원 및 전문가 교육 프로그램 확보 및 지원
스리랑카	• 표준재난조기경보신호 작성 및 예·경보 운영 방안 구축 • 난개발로 인한 토지이용계획 재수립으로 유출율 제고 분석 • 주요하천 홍수시뮬레이션 모델 개발 및 도시지역 홍수범람지도 작성 • 돌발홍수 시에 필요한 긴급대피시설 설계 및 확보 • 관계 공무원 및 NGO 전문가 교육 프로그램 확보 및 지원

홍수 예·경보시스템의 절차는 우량 및 수위, 강우레이더를 통한 자료, 댐 수위 및 유입·방류량들의 수문관측을 통하여 기초자료들을 분석한다. 이러한 자료를 토대로 각 기관의 서버로 단시간 간격으로 실시간으로 전송하고 유관기관의 자료를 실시간으로 교환하여 홍수 규모 및 위험성을 판단한다. 이를 기반으로 중앙재해관리기관에서 예보 및 경보를 전달한다.

그러나 개도국들은 이러한 절차가 이루어지기 힘들다. 호우에 의한 홍수를 방지하기 위해서는 사전조사가 필요하다. 우리나라 같은 경우 한강 홍수통제소를 중앙 시스템으로 하고 나머지 4대강 홍수통제소를 두어 각기 별도의 시스템을 구성하여 해당 유역의 모든 수문자료, 기상자료, 수치예보 자료를 실시간으로 분석 및 해석하여 사전예방을 할 수 있다.

하지만 개도국들은 시스템이 없을뿐더러 실시간으로 자료를 얻기에 기술이 부족한 실정이다. 예·경보 시스템을 지원해주는 것도 좋은 방법이지만 예·경보시스템을 원활하게 운영할 수 있도록 기초자료의 수집을 할 수 있는 기술 도입이 우선이라 보여진다. 그 후 예·경보 시스템을 지원하여 자연재해의 피해를 줄여야한다. 사례연구 국가별 홍수 및 집중호우에 대응하기 위한 적정기술을 [표 6-15]와 같이 제시하였다.

2. 태풍위험국의 적정기술 적용방안

2007년에 발간 된 IPCC 4차보고서에 의하면 기후변화로 인하여 전 지구적으로 태풍(열대성저기압)의 강도는 증가하고 있다. 세계 곳곳에서 관측되는, 태풍 및 허리케인 등의 증가가 이러한 경향을 뒷받침 해주고 있다.

이로 인해 농작물, 삼림 등의 자연생태계의 파괴, 정전 및 시설 파괴로 인한 피해, 재해로 인한 직접적인 인명피해 및 재해로 인한 산업계의 전반적인 혼란을 야기시키고 손실이 발생하고 있다.

태풍으로 인한 호우뿐만 아니라 강풍의 피해도 호우에 못지않게 크게 나타나고 있다. 이로 인하여 건물, 도로, 간판, 임시 시설물 등에 의한 재산피해와 구조물 파손 및 파편에 의한 인명피해가 일어난다. 태풍의 위력을 고려하여 이동경로와 그 강도를 미리 예측하고, 미리 적절한 대책을 세워야 한다.

개도국들은 우리나라의 국가재난관리시스템과 같은 기술을 만들어 전국적으로 공동으로 활용하고 재해 발생시 기존의 전화, 팩스, 인력파견 등에 의존했던 상황전파 및 대응체계를 실시간으로 기상자료를 분석하여 위험성을 판단하여 공동 시스템에서 자동으로 유관기관에 전파하여 태풍을 예방하고 주민들이 대피할 수 있도록 하여야 한다. 태풍에 대응하기 위한 적정기술 및 사업에는 쓰나미, 해수면 상승에 대응하기 위한 적정기술 및 사업이 포함된다. 사례연구 국가별 태풍, 해수면 상승 및 쓰나미에 대응하기 위한 적정기술을 [표 6-15]과 같이 제시하였다.

[표 6-15] 태풍위험국의 태풍, 해수면 상승, 쓰나미 피해 대응을 위한 적정기술 및 사업

국가	적정기술 및 사업
베트남	• 해수면 상승으로 인한 국토변화 시나리오(2050년 12% 감소) 구축 • 태풍 및 쓰나미 영향 해안침식 방지 예측 및 공법 개발 • 메콩강 삼각주 피해 저감 방안 구축 • 태풍 및 쓰나미 예·경보 제도 개선 • 재해 관련보험 제도 도입 및 교육
필리핀	• 기상청에 데이터를 전송하기 위한 통신수단 구축 • 해안 및 주요지점 기상관측기기 유지보수 시급 • COMS 구축 및 활용 교육시스템 정착 • 태풍 및 쓰나미 조기 경보 시스템 구축으로 인명피해 저감 개선 • 북부 루손 및 동부 비사야스 지역의 태풍 위험도 평가 • 태풍 및 쓰나미 영향 해안침식 방지 예측 및 공법 적용
인도네시아	• 국가쓰나미감시센터(NTWC) 기구 확장 • 해수면 상승으로 인한 국토변화 시나리오(년간 57mm 상승) 구축 • 반다 해안지역 태풍 및 해일 조기 경보 시스템 구축 • 태풍 및 쓰나미 예·경보 제도 개선 및 SMS 구축 • COMS 자료 수신기 및 한국기상청의 기상 기술 이전을 통한 기술력 확보
캄보디아	• 재해관리법 제정으로 재해관리 초석 다짐 • COMS 자료 수신기 및 한국기상청의 기상 기술 이전 • 베트남 및 메콩강 경보체계 의존도 탈피 및 독자 시스템 구축 • 중부지역의 태풍 예·경보 시스템 구축
스리랑카	• 11, 12월 동부지역 사이클론 피해 관련 기초 자료 분석 • 해안침식으로 인한 해안선 변화에 따른 해안침식 방지 예측 및 공법 개발 • 표준재난조기경보신호 작성 및 예 경보 운영 방안 구축

3. 가뭄위험국에 대한 적정기술 적용방안

최근의 기후변화로 인한 IPCC에서 발표한 온도 변화를 보면 1900년 이후 세계평균온도가 0.76℃ 상승하였으며, 우리나라는 도시지역이긴 하지만 평균온도가 1.5℃ 상승하였다. 이러한 온도의 상승은 세계적으로 보면 국지적인 홍수와 가뭄 등이 끊이지 않고 발생하는 것을 볼 수 있다.

우리나라도 예외는 아니어서 예전의 기록을 보면 홍수로 인한 많은 인명피해와 재산피해가 있었다. 최근까지도 홍수와 가뭄으로 인해 고통을 받는 사람들이 많이 있음을 알 수 있다.

강우로 인한 홍수발생에 대해서는 국가의 기반시설을 강화함으로써 예방할 수 있는 방향으로 정책을 추진하고 있다. 가뭄에 있어서는 용수를 확보하기 위한 방안으로 댐 및 보 건설, 지하수 관정개발, 하천정비 등에 지속적인 투자를 하고 있다.

가뭄에 대응하기 위해 인공강우의 개발, 해수담수화 등 다양한 연구와 개발이 시급하다. 가뭄은 어느 지역의 동식물 생육에 저해를 가져올 수 있는 정도로 강수의 부족이 매우 심각하게 장기간 지속되는 상태이거나 생활용수와 수력발전에 필요한 용수를 정상적으로 확보하지 못한 상태로 정의되고 있고 기상학적 가뭄, 수문학적 가뭄, 농업적 가뭄으로 나뉜다.

가뭄을 결정하는 가뭄지수는 강우, 강설, 유출 그리고 다른 물 공급을 나타내는 여러 가지의 자료들을 이해하기 쉬운 숫자 및 그림으로 나타내기 위해 사용되어 지며, 가뭄지수 값은 일반적으로 하나의 숫자로 나타내는데 실제의 기본 자료보다 정책결정에 있어 대단히 유용하다. 가뭄지수 산정방법들은 모든 가뭄 상황에 대해서 우수할 수는 없지만, 특정한 용도에 있어서 적정하게 적용되어질 수 있다. 이러한 가뭄지수를 개발하여 가뭄을 예방하는데 도움을 주어야 할 것이다.

개도국들의 가뭄의 피해를 줄이기 위해서는 무엇보다 사전조사가 필요하다. 과거에 어떻게 가뭄이 일어났으며 피해를 어떻게 입었는지, 그리고 위성과 GIS를 통하여 기후 및 기상, 지형이 어떻게 변하고 있는지 실시간으로 자료를 얻어야 한다.

하지만 대부분의 개도국의 국가는 위성시스템의 기술이 현저히 떨어진다. 그렇기 때문에 큰 비용이 들지만 기상레이더나 천리안 위성 같은 기술들을 지원해 줘야 한다. 또한 사례연구 국가들이 가지고 있는 가뭄지수를 통하여 가뭄을 예방하여야 한다. 가뭄지수는 가뭄의 피해, 상황을 확실하게는 알 수 없지만 강우, 강설 등 물 공급을 나타내는 자료를 이해하기 쉽게 숫자나 그림으로 나타내어 일반인들에게도 이해하기 쉽게 만들어져 사전예방에 큰 도움을 준다. 하지만 각 국가들은 자기 나라에 맞는 가뭄지수를 만들어 좀더 정확성 있는 데이터를 통하여 가뭄에 대비하여야 한다. 사례연구 국가별 가뭄에 대응하기 위한 적정기술을 [표 6-16]과 같이 제시하였다.

[표 6-16] 가뭄위험국의 가뭄 피해 대응을 위한 적정기술 및 사업

국가	적정기술 및 사업
베트남	• 2070년 까지 건기 시 중부 내륙지방의 8% 가뭄 증가 예측 분석 • 가뭄 지수 개발 및 예보기술 구축 국가 지하수 관측 망 구축으로 지역간 지하수 부존량 파악
인도네시아	• 자바 중부, 수마트라 북부, 칼리만탄 지역 우기 감소로 농업 생산량 관계 분석 • 연평균 강수량 감소로 인한 수자원 확보 방안 구축 • 가뭄 지수 개발 및 예보기술 구축 • 국가 지하수 관측 망 구축으로 지역간 지하수 부존량 파악
캄보디아	• 재난 및 홍수 관련 법률 미 제정으로 인한 가뭄관리 체계 분석 • 가뭄 지수 개발 및 예보기술 구축 • 국가 지하수 관측 망 구축으로 지역간 지하수 부존량 파악 • 건기 대비 관개 시설 확장 및 적정 기술 확보 • NGO 중심의 자체 가뭄 극복 프로그램 교육 및 적정기술 확보 • 벼농사 대체 단기 수학 대체작물 확보 및 보급
스리랑카	• 남동부 북서부 지역의 10년 주기의 가뭄 심화 분석 • 가뭄 지수 개발 및 예보기술 구축 • 국가 지하수 관측 망 구축으로 지역간 지하수 부존량 파악 • 관계 공무원 및 NGO 전문가 교육 프로그램 확보 및 지원
몽골	• 세계 평균보다 빠른 기온 상승과 사막화 현상 분석 • 중남부 지역의 강수량 감소 및 알타이 산맥 빙하 면적 감소 분석 • 기상 관측 장비의 현대화 및 전문인력 강화 • 기상청 관련 수치예보모델 개발 및 운영 • 가뭄 지수 개발 및 예보기술 구축 필요 • 국가 지하수 관측 망 구축으로 지역간 지하수 부존량 파악 • NGO 중심의 자체 가뭄 극복 프로그램 교육 및 적정기술 확보

제 7 장 동아시아 개도국과의 협력을 위한 정책제언 및 가이드라인

제1절 효율적인 기후변화유발 재해경감 지원방안
제2절 기후변화유발 재해경감 협력 가이드라인
제3절 기후변화유발 재해경감 전문인력 확보방안
제4절 기후변화유발 재해경감을 위한 제도적 발전방안

제7장 동아시아 개도국과의 협력을 위한 정책제언 및 가이드라인

제1절 효율적인 기후변화유발 재해경감 지원방안

최근 동아시아 지역의 자연재해로 인하여 피해가 급증하고 있는 추세이다. 특히 동남아시아 개도국의 기후재해 대한 대응능력은 현저히 떨어지고 이로 인하여 물적 및 인적피해가 규모가 크고 급증할 것으로 보인다.

기후변화로 인하여 자연재해의 위험성이 증가하고 있고 이에 따른 대응능력을 향상시키기 위해서는 우리나라뿐만 아니라 선진국의 기술협조가 필요한 상황이다. 동아시아 개도국의 피해저감을 위하여 기술협조가 필요한 부분은 [표 7-1]과 같이 3가지 부분으로 나눌 수 있다.

[표 7-1] 동아시아 개도국 재해경감을 위한 기술협조 필요사항

구분	내용
하드웨어 부분	• 기후변화로 인하여 발생하는 재해대응시스템을 근본적으로 개선하기 위해서는 물적 투자가 불가피하다. • 대규모투자를 필요로 하게 되며 지원국의 재정 부담을 가중시킬 수 있다.
소프트웨어 부분	• 각종 재난에 대한 대응역량을 강화하기 위한 기술적인 지원 • GIS활용이나 위성정보에 대한 공동 활용 등을 통한 방재기술
휴먼웨어 부분	• 하드웨어 및 소프트웨어의 기능을 제대로 사용할 수 있도록 담당인력을 전문화 및 교육 시키는 지원

현재 우리나라에서 시행하고 있는 여러 프로젝트의 단위의 ODA(공적개발원조) 지원과 달리 북유럽의 국가들은 PBA(프로그램형 접근법) 또는 SBA(분야별 접근법)과 함께 Value Chain Approach 개념을 ODA에 적용하여 지원하고 있는 추세이다.

Value Chain Approach의 개념은 공유할 수 있는 국가들과 함께 하는 것으로 여러 국가 및 여러 회사 간의 지원이 가능하며, 각 국가의 우월한 부분을 서로 공유하면서 지원을 도모하고 있다. 하지만 Value Chain Approach 또한 동아시아 개도국의 자체적으로 자립을 할 수 있는 자체시스템을 만들어 주는 방향을 가질 필요가 있다.

가. 하드웨어 부분

1) 수자원 부분

동아시아 개도국의 기후변화에 따른 재해로 인한 중요한 이슈는 수자원 문제이다. 안정적인 수자원을 확보하고 이를 통하여 주민들이 기초적인 생활을 영위 할 수 있도록 기반을 마련해 주어야 한다. 국내에서 개발된 관련기술들을 정리하여 적용을 검토하여야 한다. 국내 기술로는 빗물 재활용 기술 및 각종 물관리 기술들이 있다.

단기적인 수자원 확보는 지속적인 강우의 공급이 불가능하기 때문에 우리나라의 현실에 맞는 기술 및 공법들은 개도국에는 비효율적일 수도 있다. 때문에 적극적인 지하수 확보를 위하여 현재 사용 중인 우물을 활용하여 취수관정 최적배치와 인공함양을 고려한 연구가 추진되어야 한다.

장기적인 수자원 학보에 관한 계획 수립이 필요하며 단기적이고 단편적인 수자원 확보의 계획 수립보다 지속적이고 안정적인 수자원 확보를 도모할 수 있는 침투시설과 저류시설을 병행하는 것이 합리적일 것으로 보인다.

2) 연안침식 대응

동아시아 개도국의 많은 지역은 바다에 접해 있고 연안침식으로 인하여 각종 재해가 빈번히 발생하고 있다. 연안침식 방지를 위해서는 기본적인 하드웨어 설비가 갖춰져야 할 필요가 있다.

또한 연안관리시스템 구축을 위한 연안침식 모니터링 기술과 함께 관측기술과 같은 소프트웨어도 동시에 지원되어야 그 기능을 발휘할 수 있다. 하드웨어 및 소프트웨어의 개발 및 지원뿐만 아니라 휴먼웨어도 같이 개발 및 지원 되어야 제대로 된 기능을 할 수 있다.

연안침식을 방지하고 침식된 연안을 효과적으로 보호하기 위한 하드웨어적 방재기술은 호안, 이안제 등과 같은 경성공법과 양빈, 잠제, 모래포집기 등과 같은 연성공법이 있다. 환경을 고려하며 연성공법을 복합적으로 시도해야 한다. 즉 자연경관이 훼손될 가능성이 있거나 환경적으로 악영향을 줄 수 있는 인공시설물을 최소화하고 해역별 특성을 고려한 친환경적 공법을 지원할 필요가 있다.

3) 기상자동관측 및 예·경보 장치 설치 지원

기상현상을 자동으로 관측할 수 있는 자동기상관측시스템(AWS), 하천유량계, 수위계, 조기경보시스템 등을 재해가 빈번하게 발생하는 개도국의 도시에 시범적으로 지원하고 지속적으로 보완 및 개선해 주어야 한다.

장기적으로는 우리나라의 AWS 등 관측장비를 동아시아 개도국에 수출할 수 있는 전략적인 품목으로 육성해야 한다. 또한 천리안 위성영상과 자료를 활용할 수 있는 수신기를 보급하고 활용기술을 전파해야 한다.

현재 우리나라에서 사용하고 있고 보편화 되어 있는 수위관측기 및 유량관측기기, CCTV시설 및 조기 경보시설 등을 설치 및 지원해야 한다. 보편화 된 기기를 좀 더 보완 및 개선, 발전시켜 동아시아 개도국에서 조금 더 쉽게 사용할 수 있도록 지원하는 것도 좋은 방법이다.

나. 소프트웨어 부분

1) 지리정보시스템 활용

지리정보시스템(GIS)은 응급 대응 및 피해복구를 위한 각종 인프라시설의 피해상황 및 대응책 마련을 위한 의사결정지원에 효과적으로 활용될 수 있다. GIS 기술을 활용한 지구환경의 효율적 관리와 모니터링, 동아시아 지역 공간이해를 위한 효과적인 툴이 제공될 것이다. 지리정보시스템을 이용하여 여러 분야의 재해정보를 확인할 수 있다([표 7-2] 참조).

[표 7-2] 분야별 GIS 기술 활용 방안

분야	내용
해양 모니터링 분야	해양 기본도, 해저지형도, 지질, 해양공간계획 등
천연자원 관리 분야	산림 자원, 탄소량 추정, 지하수 관리, 산림재해 등
에너지 개발 분야	신재생에너지 개발 분포, 석유 및 가스 생산량 추정 등
도시계획/개발분야	도시계획 및 토지이용현황, 도시재생 및 복구 등
교통관리 및 계획	교통 모니터링, 철도 계획 및 고속철도망 현황도 등
시설물 관리 분야	GIS와 BIM 통합, 응급대응, 경기시설관리 등
국토 안보, 공공안전 및 국방분야	화재대응시스템, 상황판단시스템, 대테러 위협분석 등
인구 통계 및 건강, 보건 분야	인구변화, 인구밀도분석, 전염병확산 등
자연재해재난 대응 분야	산불모델링, 홍수범람 및 침수, 쓰나미 예측, 지진피해규모 추정, 태풍 피해분석 등

2) 위성정보기반

위성자료는 지진해일로 인한 내륙피해 발생규모 산출과 대규모 침수지역에 대한 선별적인 양수기 공급지역과 피해가 중점적으로 발생한 지역분석에 매우 유용한 기술이다. 위성 및 레이더 영상 기반으로 하는 화산관측 기술노하우를 공유하고 전수하여 동아시아지역의 재해 예측기술의 발전과 향상을 도모할 수 있다.

화산폭발뿐만 아니라 산사태 또한 예·경보시스템을 개발하고 개선하여 동아시아 개도국에 적용하여 피해를 줄일 수 있다. 항공회사 및 민간항공기관에 항공로 화산재 감지시스템 등을 개발 도입하여 개도국 전지역의 정보를 제공해야 한다. 또한 위성을 통하여 산사태의 움직임을 확인

할 수 있는 시스템을 개발하여 산사태가 빈번히 일어나는 지역에 도입해야 한다.

3) 소셜 네트워킹 기술

전 세계적으로 스마트폰의 발전과 모바일 컴퓨터의 기술발전으로 인하여 급속도로 발전하고 이슈화되고 있는 소셜 네트워킹을 이용하여 공간정보와 GIS기술을 연계하여 재해대응체계를 수립하는 것을 추진해 볼 필요가 있다.

소셜 미디어는 전파속도가 다른 매체들보다 현저히 빠르고 쉽게 접할 수 있어서 사용자들의 재해대응능력을 향상시킬 수 있을 것이다. 또한 다른 소프트웨어에 비하여 소셜 미디어는 단순한 기술만으로도 자연재해 피해를 대폭으로 줄일 수 있는 효과적인 프로그램이다.

스마트폰 및 모바일, 컴퓨터가 보급이 부족한 개도국에 이러한 소셜 미디어를 어떻게 전파할 것이며 어떻게 이용할 것인지 논의가 필요하다.

다. 휴먼웨어 부분

기후변화 방재역량 강화를 위하여 하드웨어와 소프트웨어가 개도국에 도입되고 구비되어 있어도 이를 제대로 운영할 수 있는 인적 자원과 시스템이 확보되어 있지 못하면 제대로 하드웨어와 소프트웨어의 기능을 제대로 할 수 없다.

재난관리 분야는 상황을 신속하게 파악하여 대처하는 능력이 중요하고 개도국 지역 재난관리 담당자에게 재난관리 전공분야에 대한 기초능력 함양과 교육이 필요하다. 여러 가지 주어진 시나리오를 분석하여 어떤 배경을 통해 여러 가지 위기상황이 발생하였는지 분석하고 이를 진행하고 대처방법에 대한 의견 교환 및 발표를 진행함으로써 교육의 효과를 극대화시켜야 할 것이다.

재해정보 구축 현황 및 기술격차를 파악하고 시스템 구축 기술지원과 함께 인력훈련을 지원해야 할 것이다. 동아시아 개도국 재난담당자들의 방재능력 향상을 위해 GIS, Operation Research 등의 여러 과학적 도구, 홍수피해 저감을 위한 홍수범람지도 수치해석 기반의 작성기술, 홍수범람지도와 GIS를 결합한 지도기반의 재해위험도 관리기술, 기후변화 적응 및 방재기술 정보 공유 플랫폼 등을 교육시키고 훈련시켜야 한다.

1) 직접기술 개발 지원방안

우리나라의 직접적인 기술들은 항공기상 기술, 해양기상기술, 천리한 수신 기술, 홍수 예·경보 기술 등 여러 가지 기술들이 있다. 이러한 기술들을 개도국에 지원하고 있지만 더 많은 발전이 필요하다. 이번 연구에 들어가 있는 동아시아 개도국들은 대부분 바다에 인접해 있는 나라들이고 홍수, 태풍, 쓰나미, 가뭄 등 많은 자연재해 피해를 입고 있다. 우리나라는 관련 기술을 좀 더 발전시켜 지원해 줄 필요성이 있다.

해양기상 부문에서는 개도국 특성에 맞는 해양기상 모니터링시스템을 개발하여야 한다. 아무리 우리나라에 좋은 해양기상의 시스템들이 있다 하더라도 그 시스템들은 우리나라에 맞는 기술이기 때문에 개도국 현지에서는 부적합할 수 있다. 그렇기 때문에 다양한 국가 영역 및 특성에

맞는 최적의 해양기상 모델을 개발하여야 한다. 또한 국가별, 현상별, 특성별로 폭풍과 해일 예측결과를 비교, 분석, 검증할 수 있는 프로그램을 개발하여 도입해야 한다.

항공기상 부문에서는 우리나라가 가지고 있는 항공기상운영서비스(AWOS) 성능을 개선하여 적용하여야 한다. 국제민간항공기구(ICAO)의 기술규격에 맞게 발전시켜 설치를 해야 하고 각 국가에 기상관측의 관리체계를 구축하여야 한다. 각 국가에 맞는 예보용 전용 시스템을 구축하고 TAF, METAR QMS 등 소프트웨어를 개발하여 다른 나라의 자료를 가지고 모니터링을 하는 것이 아니라 사례연구 국가에 맞는 자료를 모니터링 하게 해야 한다.

천리안 위성은 수신분석시스템을 기본시스템으로 하고 동아시아 개도국별 수요에 따라 기상종합 분석시스템, 일기도 편집시스템, 재해 조기경보시스템 등의 모듈을 개발하여 추가하고 각 국가에 제공해야 할 것이다.

예·경보시스템은 동아시아 개도국에 많이 지원되어 있지만 동아시아 개도국에서 현실적으로 활용을 못하고 있는 경우가 많다. 이러한 경우 우리나라도 지원을 해주면서 자금을 낭비하게 되는 경우가 발생한다. 우리나라에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 사례연구 국가의 현실에 맞는 시스템을 개발하여야 한다.

2) 간접기술 개발 지원방안

슈퍼컴의 발전으로 IT기술이 발전하고 있고 우리나라도 IT기술로는 선진국에 뒤지지 않는 기술력을 가지고 있다. 기상위성과 레이더망을 활발하게 활용하여 기상관측망을 확보하여 기상 및 기후 관측자료의 시·공간적 정밀도를 향상시킬수 있도록 개발하여야 한다. 또한 자료동화 기술 개발을 통한 수치모델을 개발하여 기상예측기술을 고도화 하여야 한다.

또한 해양기상예보에 필요한 우리나라의 해양기상 장비를 개선 및 개발하여야 한다. 파고부이 및 표류부이 같은 해양기상장비를 크기를 작게 개발하여 대량으로 동아시아 개도국에 지원하고 해양기상 관측 및 예측자료 저장과 후처리 서버를 개발하여 지원한다.

홍수 예·경보시스템에서 예보와 경보도 중요하지만 범람의 위험이 많은 교량에서는 수위 변화 관측이 중요하다. 이러한 수위변화를 실시간으로 관측하고 이러한 수위변화를 자체적으로 전송할 수 있는 시스템을 개발하여 동아시아 개도국에 지원하면 좀 더 안전하게 대처할 수 있을 것으로 보인다.

또한 GIS를 이용하여 산사태와 가뭄의 발생위험도를 예측할 수 있도록 시스템을 개발하여 시스템의 자료를 수집하고 분석하여 예·경보를 발령하여 신속하게 대피할 수 있게 만들어야 한다.

이러한 기술 개발도 중요하지만 인적자원의 교육 및 프로그램 개발도 필요하다. 소프트웨어나 하드웨어가 아무리 잘 갖춰져 있어도 이러한 기술 및 프로그램을 유지, 보수하지 못한다면 지원국은 자원 낭비이고 동아시아 개도국들은 또 똑같은 피해를 입으며 인명, 재산피해 등을 입게 된다. 우리나라 모든 분야의 전문 인력들을 사례연구 국가에 파견하여 현장에서 교육을 시키고 동아시아 개도국의 전문인력들을 국내에 불러들여 우리의 기술을 보여주고 교육시켜야 한다. 또한 사례연구 국가에 맞는 시스템을 만들 수 있도록 교육 및 프로그램을 만들어서 체계적으로 운영되어야 한다.

제2절 기후변화유발 재해경감 협력 가이드라인

1. 기후변화유발 재해경감 협력의 기본방향 설정

기후변화유발 재해에 대해 별다른 조치를 취하지 않는 것은 장기적으로 볼 때 많은 국가적 자산을 위험에 처하게 만드는 매우 비용이 큰 선택이다. 특히 동아시아 개도국 대부분 국가들이 재해에 취약하고 향후 기후변화로 인한 이들의 재해위험 가능성은 더욱 커지고 있는 실정이다.

이들에게 있어 '계획된 적응(planned adaptation)'은 기후변화에 대한 균형있고 신중한 정책의 일부분으로서, 기후변화의 결과들을 최소화하거나 적응하거나 혹은 유리하게 이용할 수 있는 능력을 적극적으로 길러 줄 것으로 인식된다.

특히 동아시아 개도국의 기후변화유발 재해에 대한 적응정책은 다음의 사항을 고려하는 것이 필요하다.

첫째, 위험을 이해하고 관리할 수 있는 프레임웍(framework)을 개발하여야 한다. 이는 기후변화가 현재 연안지역의 물적 자산에 대한 위험과 취약성, 그리고 위험임계치(critical threshold)에 어떻게 영향을 미치는지 등을 포함한다.

둘째, 변화하는 위험과 불확실성에 충분히 대응할 수 있는 유연성을 갖추면서, 단계적인 접근이 갖는 가치를 인지하여야 한다.

셋째, 새로운 계획과 공간적 투자결정에 있어 기후변화를 고려할 경우, 위험기반의 접근을 적용한다.

넷째, 예방적 원칙을 적용하고 미래 기후변화에의 대응을 보다 어렵게 만드는 행위들은 제한한다.

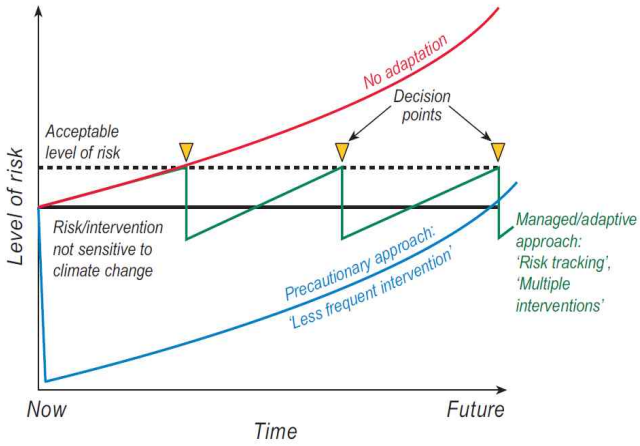
다섯째, 어느 정도의 위험들을 미래 세대에 넘길 것인지, 그리고 건조환경과 자연환경 사이의 균형은 어느 지점에서 기초할 것인지 등에 대한 보다 지각있는 결정이 필요하다.

여섯째, 자연적인 연안 보호물들은 가능한 유지하거나 보강을 권장한다.

마지막으로 작은 비용의 적응노력으로써 미래의 위험을 줄이는 이익을 현실화 하여야 한다.

기후변화에 대한 적응계획은 최고의 과학(best science)에 기초하여 개발되어야 하며, 정기적으로 새로운 과학(new science)의 출현에 따라 업데이트되어야 한다. 그리고 토지이용계획 및 건축의 일관된 기준은 기상이변과 장기적으로 상승하는 해수면에 따른 영향을 관리하기 위한 국가적 역량의 핵심요소가 될 것으로 전망된다.

기후변화유발 재해에 대한 복원력을 증가시키는 토지이용계획 및 공학에서의 기준을 적용하기 위해서는 미래에 어떻게 이 위험이 변화할지에 대한 상당한 지식기반을 구축하여야 한다(해양환경관리공단, 2010). <그림 7-1>은 기후변화유발 재해에 대비한 경우와 대비하지 않는 경우, 그리고 재해가 발생하여 대응하는 경우의 적응효과를 시간흐름에 따라 나타낸 것이다.



〈그림 7-1〉 시간 흐름에 따른 기후변화 적응 효과

2. 기후변화유발 재해경감 협력 가이드라인

동아시아 개도국을 대상으로 기후변화로 인한 재해 경감 및 극복을 돕기 위한 몇 가지 고려사항이 있다.

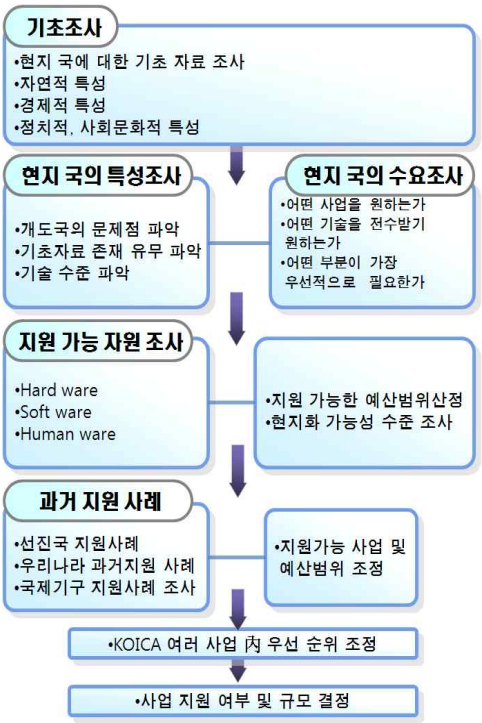
첫째, 동아시아 개도국의 경우 중앙정부의 지방정부 통제가 원활하지 못함을 감안할 때 지방정부의 자체적인 기후변화 재해경감 능력을 향상시키는 것이 필요하다.

둘째, 지방자치단체 레벨에서 원조가 이루어질 경우 현지화 된 정보가 제대로 활용될 필요가 있다. 현지 정보가 제대로 반영되지 못할 경우 지원된 장비와 기술이 자칫 무용지물이 될 우려가 발생하기 때문이다.

셋째, 동아시아 국가들에게 지원되는 사업의 종류와 양이 체계적으로 결정되는 시스템을 확보할 필요가 있다. 현지 정보와 기초자료가 제대로 확보되지 않은 채로 우선적으로 지원하여 원조대상국의 실질적인 발전과 연계되지 못하는 사태를 막아야 한다.

동아시아 개도국 원조를 위한 지원시스템에 대한 Schematic Diagram을 그려보면 <그림 7-2>와 같다.

개발도상국에 대한 원조를 위해서는 먼저 현지국에 대한 기초조사가 이루어져야 한다. 지원국의 자연적 여건뿐만 아니라 정치, 경제, 사회 문화적 조사를 통해 기초자료를 확보하고 분석할 필요가 있다.



〈그림 7-2〉 개도국 원조 지원시스템에 대한 Schematic Diagram

다음으로 현지국의 특성에 관한 면밀한 현황조사와 분석이 필요하다. 예를 들어 기후변화유발 재해경감에 있어서 어떤 문제를 갖고 있고 이에 대처하는 기술수준이 어떤지 체계적으로 파악하여 필요한 부분을 체크해야한다. 가장 필요하고 시급한 지원 사업이 무엇인지 결정하는 데에 중요한 자료가 된다.

실제 시급한 문제해결보다 현지국의 바램은 다른 곳에 존재할 수 있다. 이에 어떤 사업을 원하는지, 어떤 기술을 전수받기 원하는지 파악하여 지원방식을 결정할 필요가 있다. 현지국에 가장 필요한 것을 지원할 것인지 현지국이 가장 원하는 것을 지원할 것인지에 대한 검토가 이루어져야 한다. 원칙적으로 현지국이 가장 원하고 현장에서 가장 필요한 부문에 대한 사업이 우선적으로 이루어져야 한다.

현지국에 대한 지원은 지원국의 보유 자원에 따라 달라진다. 아무리 원하는 곳이 많아도 지원하는 곳의 여력이 없으면 지원은 이루어지기 어렵다. 무엇보다 지원국의 지원 가능자원이 무엇인지 파악할 필요가 있다. 어떤 부분을 지원할 수 있는지 하드웨어, 소프트웨어, 휴먼웨어로 나누어 자원을 체계적으로 조사할 필요가 있다.

최근 물리적 시설물 위주의 지원보다 소프트웨어나 인력개발과 같은 유무형의 기술지원에 대한 관심이 늘고 있다. 하드웨어 시설 역시 적절한 소프트웨어와 휴먼웨어의 지원이 동반되지 않을 경우 현지화되기 어렵기 때문에 균형있게 지원될 필요가 있다.

과거 어떤 지원이 이루어졌는지 파악해보는 것도 중요하다. 이미 이루어진 사업일 경우 중복 투자를 막을 수도 있다. 선진국과 국제기구의 지원사례를 조사하고 당시 지원사업의 효과와 결과를 모니터링 해보는 것이 필요하다. 우리나라의 과거 지원사례를 조사하여 중복성 여부를 판단해보거나 새로운 사업의 효과성을 검토한다.

현지국에 대한 최종 사업지원 여부와 규모를 결정하기 위해 다양한 조사와 분석이 이루어져야 하며 지원 사업 내 우선순위도 고려 대상이다. 다음은 사업추진 시 고려해야할 사항들이다.

❍ 사업 추진 단계에서 고려해야 할 사항
- 수행사 PM 능력 제고(수행사 선정 시 PM 경력 최소 10년 이상)
- 수원국 기상청 사전 현황 파악 중요
  : 수원국의 시스템에 대한 실질적 활용 능력 및 전파수신환경, 향후 유지보수 재정능력 고려

❍ 사업 진행 단계에서 고려해야 할 사항
- 수원국 현지 사정 아주 열악, 사전 예비품 충분히 확보(비상시 필요한 부 품 구입할 현지 시장 조사)
- 시스템 설계단계시 수원국 요구사항 충분히 반영
- 현지 시스템 구축 파견 시 예상치 못한 상황 발생에 대한 상황별 대비책 준비
- 수원국 보안 및 시스템 전담 인력 확보
- 수원국 연락 포인트를 정해서 꾸준히 사업 관련 연락 유지
- 국내 시험운영 시 보안상 담당기관 외 장소 선택

❍ 사업 종료 단계에서 고려해야 할 사항
- 국내초청연수 시 사전에 수원국 요구사항 받아서 교육 일정 편성
- 시스템 시험 운영 및 안정화 최대 1개월 후 공여식 진행

제3절 기후변화유발 재해경감 전문인력 확보방안

기후변화유발 재해경감을 위해서는 기상, 방재뿐만 아니라 환경, 보건, 해양, 생태 등 다양한 분야에 거쳐서 기후재해 대응 및 대책을 위한 인력이 양성되어야 할 것이다. 지금까지의 재난에 대한 대응은 소방방재청의 준비, 대응, 복구 등의 순에 의해 이루어져 왔다.

그러나 최근 발생하는 재해는 기후변화로 인한 모든 분야에서 재해 및 재난이 발생한다. 때문에 다방면의 기후재해 대응이 필요하다. 1차적으로는 기상, 기후와 관련 있는 기상전문가나 관련 기관의 협조 하에 이루어져야 할 것이다.

동아시아 개도국에 대한 기후변화유발 재해경감 전문 인력 양성에 대해서도 사례연구 국가의 방문조사와 대상 국가와 상호협력관계를 유지해 오던 관련 전문가들의 자문을 통해 그들이 원하거나, 기존 시설에 대한 유지 및 관리, 대상국의 기후변화 대응 실태에 따라 우선순위를 정하고 국내 대학이나 해당 기관을 통해 국내·외 전문가를 집중 양성하고 그에 따른 지원이 이루어질 필요가 있다.

또한 동아시아 개도국의 대상국의 환경과 국민들의 정서 등을 고려하여 공여국이 지원할 수 없는 부분까지 함께 고려하여 정책을 개선할 수 있는 능동적인 전문인력 양성이 이루어져야 할 것이다.

이를 위해 먼저 공여국과 대상국의 인력교환을 통한 전문 인력 확보가 필요하다. 대상국에서 공여국으로 인력을 파견하여 전문적인 지식을 교육하는 과정도 중요하다. 그러나 실제 대상국에서 발생하는 구체적인 상황까지 모두 고려하여 교육하기에는 어려움이 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 공여국의 전문 인력을 대상국으로 파견하여 즉각적으로 발생하는 문제를 해결하는 방법을 함께 노력하는 과정이 필요하다.

1. 방재 교육관련 국내외 기관 현황

국내 방재교육 관련 기관에 대해서 살펴보면, 공공기관에서의 역할은 주로 방재에 관련된 정책을 수립하고, 전체적인 방향을 설정하거나 온라인을 통해서 일반적인 대응 지침을 제공하거나 대학이나, 일선 전문가에 의한 각 지자체의 재난관련 공무원들을 대상으로 교육하는 경우가 대부분이다.

반면 대학에서는 학문적으로 깊이 있게 연구하고 전문 인력 양성을 위해 재난관련 교육과정을 수립하여 전문가를 양성하고 있다. 때로는 대학에서 국가 또는 자치단체의 요구로 공무원 등을 대상으로 교육하는 경우도 있다.

해외의 방재교육 관련 기관 또한 중앙정부의 정책과 일반적인 대응 지침을 관련 공무원들에게 온라인 교육을 통해 제공하는 것은 우리와 유사하다. 미국 FEMA의 경우 자연재해의 유형에 따라서, 전문가(관련 공무원)와 비전문가(일반인 및 학생들)로 구분하여 교육 프로그램을 개발하고, 이를 상설 교육시키거나, 일정기간 체험 교육을 통해 교육의 기회를 제공하고 있다. UNISDR에

서는 도시를 복구시키는 방법, 기후변화와 더불어 생태계가 직면한 연안과 해양에서의 위험 등과 같이 매우 구체적인 사항에 대한 대응방법을 함께 제공하고 있다.

그러나 현재 사례연구 국가에서는 중앙정부나 대학에서 자연재해 경감과 관련한 전문가 양성 과정이나 지역 주민에 대한 교육이 부족하다. 또한 사례연국 국가에서 발생하는 주요 자연재해가 다르기 때문에 이에 맞는 정책의 수립이 필요하다.

[표 7-3]은 국내외 재해경감 교육 기관 실태를 공공기관과 대학으로 나누어 조사한 것이다.

[표 7-3] 국내·외 재해경감 교육 기관 실태

구분		방재기관
국내	공공기관	국립방재연구원 - 기후변화에 대비한 선제적 대응 기술을 연구하고, 정부의 재난 및 안전관리 정책 개발을 지원함. - 연구기획과, 복합재난연구실, 방재연구실, 분석평가센터로 구성되어 있음. 강릉 재해기상연구센터 - 타 지역에 비해서 위험기상의 발생 빈도가 높은 강원도를 대상으로 현장중심의 재해기상연구를 수행함. 기상청 기후변화정보센터 - 기후변화와 기후변화협약에 대한 일반 국민의 이해를 보다 증진시킴으로써 온실가스 감축의 필요성에 대한 공감대를 형성하고, 생활 속의 에너지 절약을 유도하고 있음. 기후변화센터 - 글로벌 네트워크 조직으로 기후변화 문제해결을 위한 정책 제안이나 기후변화 교육/문화 프로그램 등을 운영함. 국가재난정보센터 - 재난발생에 따른 발생 시각과 지역, 기상정보와 함께 유사 재난의 특성을 제공하여, 재난 대응할 수 있도록 정보 제공함. 한국방재협회 - 방재관련 기술의 조사와 건의, 홍보, 교육 및 공공 단체가 수행하는 관련 사업에 대한 기술협조, 자문과 수업수행 등을 통한 총체적인 방재역량의 향상에 기여함. 한국기후변화대응전략연구소 - 기후변화관련 국내·외 최신 기후변화정보제공, 기후변화 대응전략수립/컨설팅 서비스, 배출권거래제 설계 그리고 기후변화 교육프로그램을 제공하여 기후변화 통합 솔루션을 제공함과 동시에 기업의 사회적 책임을 다하고자 함.
	대학	울산과학기술대학교 도시환경공학부 - 도시환경공학 내에서도 재난위기관리공학의 교과과정을 운영하고 있음. - 중점교육 사항은 중대 자연 재난 예측, 인적재난의 위험성 저감, 환경보호, 기반시설에 대한 재난사후복구 분야 등임.

(표 계속)

구분		방재기관
국내	대학	인제대학교 재난관리학과 - 예상되어지는 인위적 재난은 물론이고, 예기치 않은 자연재난에 대한 대비와 대응전략 수립을 위하여, 자연적·인위적 재난에 대해 과학적이고 합리적인 방법으로 이들 문제를 해결하고, 예방할 수 있는 전문 인력을 양성함. - 안전공학분야와 자연재해분야, 재난정신건강분야, 방사선안전공학분야로 구분하여 교과과정을 운영함. 인제대학교 대기환경정보연구센터 및 대기환경정보공학과(학관협동과정) - 기후변화에 의해 발생하는 극한기상현상에 대한 감시와 자연재해(태풍, 폭염 등)에 대한 해결방안의 연구개발은 물론 기후산업에의 응용에 이르기 까지 다양한 분야의 전문가를 양성함. 경기대학교 행정대학원 행정학과 소방 및 위기관리행정전공 - 소방 및 위기관리행정 전공은 예측 불가능한 위기를 초래하는 인적재난은 물론이고, 전통적인 자연재난 전반에 관한 정책과 대응 관리의 이론 습득 및 실증적 교육을 병행하여 소방행정 및 위기관리 전문가를 양성함. 서울시립대학교 재난과학과 - 재난의 발생으로부터 대비, 제어, 진압, 복구, 부흥, 예방 등 재난관리 Life-cycle의 전 과정에 요구되는 도시, 건축, 토목, 정보, 기계, 역학, 경영, 행정 등에 걸친 범학제적 종합전문가 양성 교육체계를 구축함. - 재난과학의 학제적 접근을 바탕으로 한 심도 있는 이론적 접근을 통한 학문적 능력과 국내외 산/연/관/학 네트워크 구축과 활용을 통한 최고위의 국제적 재난과학 분야의 학자 및 재난관리 CEO를 양성함. 연세대학교 방재안전관리 연구센터 - 국민의 생명과 재산을 재해로부터 보호하기 위한 노력을 교육하고, 연구하며, 상품을 개발함. - 국가기관 자문, 해외 자문, 봉사활동 등 다양한 분야에 학술적 활동을 진행하여 오고 있음.
국외	공공기관	FEMA (Federal Emergency Management Agency)내의 EMI(Emergency Management Institute) - 재난관리의 완화, 준비, 대응, 복구의 네 가지 단계에 초점을 맞추어 지도하며, 자연재해, 과학기술상의 위험, 교수연수, 리더십, 교육방법, 공적정보, 통합된 재난관리, 교수-학습과 같은 프로그램을 재해 및 교육대상별로 체계적인 교육과정을 제공함. - 재해에 따른 교육과정은 수련자 과정과 비수련자 과정으로 구분하여 제공하고 있음. NDEC(The National Disaster Education Coalition) - 정부와 비영리단체가 협동하여, 재해를 예방하기 위한 일관된 교육 정보를 개발하고 알리는 역할을 함. - 긴급 구조원, 기상학자, 교수, 재해 및 화재 교육자, 공무원, 홍보관, 재해 저감전문가, 대중매체, 극한기상, 지진 재해와 관련된 기관 또는 지역사회에 교육프로그램을 제공함.

(표 계속)

구분		방재기관
국외	공공 기관	UNISDR(The United Nations Office for Disaster Risk Reduction) - 재난위험저감과 기후변화완화 및 적응, 지역사회의 취약성을 저감, 지속가능한 개발을 위한 기관 - 도시 복구에 대한 교재와 여러 가지 자연재해에 대한 정보 및 저감방법 등을 수록해 놓은 교재들을 제공함. 미국적십자(American Red Cross) - 재난 안전과 대응에 대해서 청소년을 대상으로 교육함. 특히, 저학년, 고학년, 중학교 교과에 특성화 됨. UNDMTP(유엔 재난관리 훈련 프로그램) - 기준과 정책, 현재 역량의 평가, UN프로젝트 훈련 등을 통해 UN 재난관리 시스템 강화 추진 UNDP DRU(UNDP 재해저감 Unit) - 현장대응을 포함한 모든 레벨에서의 multi-havards 재난저감 실현을 위한 프로그램 운영, 복구자원 동원 및 평시 역량강화를 위한 지원사업 추진, 재난관리훈련 프로그램 사무국 역할 CSTI(캘리포니아 특별훈련원) - 테러리즘, 지진위기관리 입문, 위기관리센터 설계 및 기능, 지속된 작용 관리, 재난계획, 위기부서 조정관 기초훈련, 학교외 복합위기계획, 위기계획과 재해약작 과정, 향상된 실험 설계등의 교과목을 운영하여 교육함. ADEM(미국 애리조나 위기관리부) - 재난시 인적관리, 학교복합위험, 위기대응센터관리 및 활동, 정부의 시나리오 등의 강좌를 운영하고 있음. 사람과 방재미래센터(일본) - 1995년 한신-아와지 대지진을 계기로 재해문화 형성, 지역 방재력의 향상, 방재정책의 개발을 통하여 안전한 사회를 실현하는 것을 목적으로 설립된 기관, 상설전시, 현지조사, 방재연구, 자료수집 및 보존, 재해대책 전문가의 육성, 해외교류 및 네트워크 구축을 농하여 재난피해를 저감함. ADRC(일본 아시아재해저감센터) - 방재정보의 수집, 제공 및 방재협력의 추진에 관한 조사, 재해발생시의 각국의 긴급지원 등에 관한 정보 수집, 방재지식의 보급・의식의 향상자료 기획, 방재에 관한 교육・훈련 프로그램의 기획 ADPC(태국 아시아 재난대비센터) - 교육 및 훈련을 위주로 국가, 단체, 지역사회 및 개인의 재난 저감능력을 강화함. 정규과목에는 재난관리의 원리, 지진 및 태풍재난 예방, 홍수위험예방 등이 있음. EMA(호주 재난관리청) - 공동체의 위험요소를 감소시키기 위해서 인적자원의 개발과 재난관리를 위한 국가 리더십의 고양으로 지속가능한 안전공동체를 개발하는 것이 목표로 하며, 재난계획 수립 등의 교과과정을 운영함.

(표 계속)

구분		방재기관
국외	공공기관	중국 민정부 국가재해경감센터 - 중국의 방재와 구호정보의 교류, 기술지원, 정책자문, 인원교육, 기초연구 등을 담당하고, 각종 자연재해에 대하여 정보제공과 정책결정을 보조하는 전문기구 중국재해방어협회 - 전국적으로 재해예측, 예방, 구조, 복구(재건설), 홍보, 교육 등 정부기구 또는 단체 및 과학기술과 재해관리자들로 구성된 사회단체로 법적 등기된 국가일급 사회단체임.
	대학	일본 방재·위기관리 디지털 대학 - 지역주민, 소방대원, 지방고무원 등을 대상으로 인터넷상에서 방재·위기관리에 관한 교육기회 제공 - 대규모 지진에서의 생존, 풍수해로부터의 신체보호, 대규모 지진에 대비한 책임 등의 교과목을 운영 중임.

2. 방재교육 및 전문가 확보 방안

현재 사례연구 국가에서 운영되고 있는 기후변화 대응관련 기관은 주로 중앙정부나 지방자치단체 등과 같은 공공기관이 대부분이다. 이러한 공공기관은 방재에 대한 정책을 수립하거나, 일반인을 대상으로 한 일반적인 정보를 제공하고 있다. 그러나 일방적인 정보 전달에 불과해, 시민들이 이해하고 교육을 받아들이는 정도는 부족한 실정이고 전문가 양성프로그램은 운영되지 않고 있다.

동아시아 개도국의 사례연구 국가들은 주변국의 지원에 의해 대부분 구축되어진 방재시스템으로 방재관련 교육 시스템을 운영할 수 있는 전문가와 예산 부족으로 효율성이 떨어져 있는 상태이거나 거듭되는 재해로 시스템의 운영이 어려운 상태이다.

일부 국가에서는 주변국의 지원으로 운영되고 있으나 방재시스템의 하드웨어와 소프트웨어적인 요소를 효과적으로 운영할 전문가가 부족하며, 직접 방재활동을 해야 하는 주민들의 협조가 적어 방재효과는 낮아질 수밖에 없다.

따라서 사례연구 국가에서는 주어진 상황에서 기후변화에 따른 재해 실태를 정확히 파악하고 우선순위를 두어 해당분야에 적합한 전문가 교육 및 확보 방안과 재정적 지원체제의 구축이 필요하다.

세부적 추진 사항으로는 공여국에서는 하드웨어적 지원보다는 해당국의 관련 공무원 및 전문가를 양성하는 소프트웨어적 지원과 함께 해당국의 우선순위에 따라 하드웨어적 지원을 실시하는 것이 장·단기적으로 효과를 높일 수 있을 것이다.

이를 위해 먼저 관련 기관과 재난관련 학과를 갖고 있는 대학에 의뢰하여 교육 및 훈련을 지원한다. 그리고 해당국의 관련 공무원이나 대학생 가운데 한국어 능력시험에 합격한 이들을 대

상으로 국내 대학에 기후 및 재난교육을 받을 수 있는 장학의 기회를 부여하는 것이다.

이를 통해 해당국에 대한 국가적 지원이 보다 능동적이며, 단기적인 효과는 물론 장기적으로 우리나라에 우호적이며, 동아시아 국가가 상생할 수 있는 터전을 마련할 수 있을 것이다. 결론적으로 방재교육 및 전문가 확보 방안을 [표 7-4]와 같이 제시하고자 한다.

[표 7-4] 사례연구 국가별 자연재해 실태와 방재 우선순위

국가	주요 자연재해	방재교육 및 전문가 확보 방안 제안
베트남	홍수, 태풍, 해수면상승	❍ 공공기관 - 베트남의 요청에 따라서 천리안 위성 수신시스템을 지원 시, 위성자료 처리와 활용 관련 전문가 교육 실시 - 홍수, 태풍과 같은 자연 재해의 경우 즉각적인 예보와 대비를 통해 인명피해를 저감할 수 있으므로 기상예보 전문가에 대한 정기적인 교육 프로그램을 마련이 필요함. ❍ 대학 - 기상관측과 예보 기술 분야의 전문가 양성을 위한 관련 학과 지원시스템 마련 - 자연재해 발생 시 대응정책을 수립할 수 있는 전문가 양성 교육과정 개발 - 타 선진 대학과의 교류를 통한 효과적인 전문가 양성 프로그램 개발과 지역 주민에 맞는 전문 교육기관 설립 - 해외 유학생 유치 및 장학금 지원
필리핀	태풍, 홍수, 해수면상승, 지진	❍ 공공기관 - 재해가 발생하는 지역 중에서도 특히 최근 10년 또는 그 이상의 기간 동안 상습적으로 재해가 발생하는 지역에 대해서는 지역주민을 대상으로 한 상시적인 교육기관이 설립 ❍ 대학 - 강 범람에 의해서 발생하는 피해를 저감하기 위해서 기상과 수문을 함께 이해할 수 있는 교육 과정 개설 - 지역 주민 교육을 위한 상설 기관 설립 - 해외 유학생 유치 및 장학금 지원
인도네시아	홍수, 쓰나미, 가뭄, 산사태, 태풍	❍ 공공기관 - 인도네시아 기상청과 한국 기상청의 인력교류를 통해서 우리나라의 예보기술을 전수하고, 현재 운영 중인 시스템에 대한 보완을 실시함 ❍ 대학 - 지역 주민 교육을 위한 상설 연구 및 교육기관 설립 지원 - 해외 유학생 유치 및 장학금 지원
캄보디아	홍수, 가뭄, 태풍	❍ 공공기관 - 홍수, 태풍은 우리나라, 일본과 같은 공여국에서도 빈번히 발생하는 자연재해 중 하나이므로, 대상국의 인력을 공여국에 파견하여 전문지식을 습득하는 프로그램 개발 ❍ 대학 - 지역 주민 교육을 위한 상설 연구 및 교육기관 설립 지원 - 해외 유학생 유치 및 장학금 지원

(표 계속)

국가	주요 자연재해	방재교육 및 전문가 확보 방안 제안
스리랑카	홍수, 가뭄, 태풍, 산사태, 쓰나미	❍ 공공기관 - 산사태는 각 지역의 지형적 특성에 의한 영향이 크므로 GIS 기술이 중요함. 이를 위해서 공여국에서는 GIS 기술을 수혜국에 전수하고, 수혜국에서는 공여국으로의 인력 파견을 통해서 GIS 전문가를 양성함 ❍ 대학 - GIS 관련 전문 교육 기관을 설립하여 지속적인 전문가 양성이 가능하도록 함. - 해외 유학생 유치 및 장학금 지원
몽골	조드, 가뭄, 대설, 먼지폭풍	❍ 공공기관 - 상시 관측 자료 생성을 위한 기기 관리 전문가 파견을 통한 현지 집중 교육 - 전 세계에서 수집되는 자료를 몽골에 맞게 활용할 수 있는 분석 기법에 대한 전문가 양성 ❍ 대학 - 타 국가에서 관측되는 위성 등의 자료와 몽골 내에서 관측되는 자료를 함께 융합할 수 있는 전문가 교육과정 개발 - 재해 발생 시기가 인접하였을 때, 주변 지역 주민을 대상으로 한 자체 연구 및 교육 기관 설립 및 지원 - 해외 유학생 유치 및 장학금 지원

3. 재해경감 전문인력 양성을 위한 연계 협력

재해경감 전문인력 확보를 위해서는 전담기관의 노력도 중요하지만 연계를 통한 협력적 교육 프로그램 개발이 무엇보다 중요하다. 특히, 동아시아 개도국의 경우 현지 공무원 및 주민들의 기후변화 및 재해에 대한 인식제고와 전문능력을 배양하기 위한 타 기관과의 연계 전문인력 양성 프로그램을 개발할 필요가 있다. 교육은 동아시아 개도국의 주민 및 공무원들의 의식을 변화시키고 새로운 기술이 해당국에 잘 접합될 수 있도록 환경을 조성해 주는 기술혁신의 윤활유 역할을 할 수 있다.

❑ 공공기관 연계를 통한 전문인력 양성

동아시아 개도국의 재해관련 담당 전문직 공무원을 직접 초청하여 상대국의 현황 및 기술정보를 교류시키는 방안이다. 수혜국과 공여국 간에 발생하는 Gap을 확실하게 줄일 수 있는 방식이기도 하다. 무엇보다 동아시아 개도국의 장기 협력 담당 공무원을 지정하여 업무의 전문성과 통일성을 동시에 확보할 필요가 있으며, 일련의 교육 과정 수료자를 대상으로 우리나라 공공기관에서 근무할 수 있도록 하는 제도적 장치를 마련하는 것도 의미가 있다.

❑ 국제기구 및 NGO와 연계를 통한 전문인력 양성

동아시아 개도국에 대한 교육원조가 반드시 공여국만이 홀로 할 수 있는 사업이 아니다. 국제기구와 연계하여 재해경감 전문가 양성을 할 수 있으며 이를 위한 프로그램을 개발하여 운영하는 것이 가능하다. WMO, GGGI, APEC 기후센터 등에 교육과정을 신설하고 동아시아 개도국 재해담당자들을 교육시킬 수 있다. 아울러 재해경감 전문인력을 양성하는 민간연구소나 기업의 설립을 지원할 수도 있다. 재해경감에서 무엇보다 중요한 것은 현지성이라는 점을 감안해볼 때 현지 재해정보에 능숙한 NGO와 지속적인 교류 및 지원을 통해 전문인력의 활동범위를 확대시킬 수 있다.

❑ 교육기관과 연계를 통한 전문인력 양성

앞서 살펴본 바와 같이 국내외 대학의 교육 프로그램의 다양화를 통해 재해경감 인력을 훈련시킬 수 있다. 일반인 대상을 위한 재해경감 교육훈련 프로그램 개발뿐만 아니라 중급 및 고급의 다양한 등급의 프로그램을 운영해서 활용할 수 있다. 아울러 동아시아 개도국에 기 개설된 재난 관련 학과의 지원을 통해서 자체적인 전문성을 확보할 수 있으며 이 경우 해당 교수진(faculty)에 대한 사전교육과 검증단계를 거칠 필요가 있다. 전문인력 양성을 위한 재해경감 전문대학과 MOU를 체결하고 평생학습 지원 등의 지역사회 접근도 가능하다. 한국어가 가능한 우수한 동아시아 개도국 학생들을 선발하여 장학금을 부여하고 재해경감 관련 학과가 개설된 국내대학에 기후 및 재난 교육을 받을 수 있도록 기회를 부여하는 것도 가능하다.

❑ 지역민과의 연계를 통한 전문인력 양성

기후변화 및 재해관리의 중요한 요소는 주민들의 대응성(responsiveness)이라고 볼 수 있다. 아무리 좋은 정보와 이를 다루는 기술이 있더라도 현지국의 주민 및 공무원들에게 소화되지 않으면 죽은 기술이 된다. 이를 막기 위해 지역주민에 맞는 전문 교육기관을 설립하고 교육 프로그램을 개발하여 현지민들의 교육을 이끌어갈 필요가 있다. 이와 병행하여 기존 지역민 대상 교육 프로그램에 재해관련 교육과정을 추가하여 진행시킬 수도 있다.

제4절 기후변화유발 재해경감을 위한 제도적 발전방안

1. 도시계획적 재해경감 기법 도입

도시계획적 재해경감 방안은 동아시아 개도국 내에서 이루어지는 각종 도시개발행위를 체계적으로 관리함으로써 위험지역에 대한 개발행위를 시스템적으로 막는 방안이 된다. 기후변화 대응에 있어서 공간계획은 위험지역을 인지하여 사전에 위험한 개발행위가 일어나지 못하도록 예방하는 중요한 기능을 수행한다.

무엇보다 동아시아 개도국 대부분 개발 위주의 행정으로 위험지역에 대한 각종 개발계획이 성행할 수 있기에 정부차원에서 체계적인 도시계획 수립 및 집행으로 위험을 줄일 수 있는 대안을 마련할 필요가 있다.

아울러 해수면 상승으로 인해 동아시아 개도국들의 연안지역에 대한 도시계획적 방어기반이 마련될 필요가 있다. 특히 동아시아 연안지역의 경우 바다에 인접하여 기후변화로 인한 해수면 상승 및 지진 해일 등으로 인한 재해 취약성이 높다.

때문에 공간계획을 통한 사전예방적인 기후변화 적응정책과 같은 대비책 도입이 적절이다(최충익 외, 2012). 기후변화에 대비한 구체적인 제도 방안을 소개하면 [표 7-5]와 같다.

[표 7-5] 위험기반 용도지역제의 예

위험 범위	설 명
저위험지역	2100년까지의 기후변화 시나리오의 최악의 시나리오 하에서도 천년주기 미만의 침식, 홍수 등이 예상되는 지역 → 토지이용계획에 있어서 별다른 제한을 가하지 않음
중간위험지역	천년주기 내지 오백년주기의 침식, 홍수 등에 직면하는 해안, 저지대 등 → 극단적인 기후변화 상황에서도 작동이 가능할 수 있도록 설계되지 않은 이상은 필수적이거나 중요한 기반시설을 건설하지 않음
고위험지역	오백년주기 내지 백년주기의 침식, 홍수 등에 영향을 받을 수 있는 지역 → 이전이 가능하거나 극단적인 상황이나 홍수 등의 영향에 견딜 수 있도록 설계되면서 인접 연안지역에 부정적인 영향도 야기하지 않는 개발들만 승인
최고 위험지역	최악의 기후변화 시나리오 하에서 100년 주기 미만의 침식, 홍수 등을 겪을 수 있는 지역 → 상당한 지표의 불안정에도 양립가능한 개발만을 허용; 해당 지역내 높은 가치를 갖는 자산들은 인접지역에 잠재적으로 부정적 결과를 줄 수 있는 신규개발 및 유지관리의 규제

가. 위험기반 용도지역제도

위험은 시간과 공간에 따라 달라질 수 있으며, 개발을 선호하는 동아시아 저개발 국가들의 경우 개발유형에 따른 위험변화는 더욱 민감하게 나타날 수 있다.

특히 해안이나 하천 저지대(low-lying area)와 같은 위험지대에 집중적으로 거주하는 대다수 저소득 주민들의 삶의 터전을 안전지대로 옮겨야 하는 사회, 경제적인 계획도 함께 포함되어야 한다. 아울러, 위험한 지역에 주민들의 주요 생활기반시설이 입지하지 않도록 정부의 강력한 제도실행이 요구된다.

이에 따라 기후변화 위험에 대응함에 있어 서로 다르면서도 상호보완적인 단계적 대응(tiered response)이 요구된다. 유럽, 뉴질랜드, 미국 등에서 이미 실행되고 있는 위험기반 용도지역제도(risk-based land use zoning)를 동아시아 개도국에도 조심스럽게 적용해 볼 필요가 있다.

기후변화유발 재해경감을 위한 도시계획적 수단은 주로 해수면 상승이나 강풍이라는 기후변화 위험인자에 초점을 두고 있다. 하지만, 이 같은 위험기반 용도지역제는 동아시아 개도국에 대한 기후변화 위험 취약성 평가를 기반으로 이루어져야 한다. 취약지역에 대한 제대로 된 정부가 없이 위험지역으로 구분할 수 없기 때문이다.

위험기반 용도지역제의 경우 위험지역에 대한 취약성 분석과 이에 대한 토지이용규제까지 계획이 수립되어 동아시아 개도국에서 강제성을 갖고 효과를 내기까지는 상당한 시간이 필요하다. 때문에, 관련 자료 구축 및 이를 토대로 한 취약성 평가와 토지이용규제가 체계적으로 중장기 정책으로 추진될 필요가 있다.

한편, 위험지역 재해경감 계획기준의 경우 공간계획 수립지침 상의 원칙으로 채택하고 향후 개발을 통제하면 되기 때문에 단기적으로 도입가능한 정책으로 분류될 수 있다([표 7-6] 참조). 특히, 동아시아 개도국의 경우 위험지역에 과도한 개발이 이루어질 가능성이 높기 때문에 안전성 확보차원에서 다음의 계획지침을 수립하여 활용해 볼 수 있다.

[표 7-6] 위험지역 재해경감 계획기준

1. 개발행위는 기존 위험지역의 위험도를 저감할 수 있어야 한다.
2. 개발행위는 기후변화로 인한 재해로부터 위험지역 거주민들의 안전을 확보하여야 한다.
3. 개발행위는 공공의 안전을 저해해서는 안 되며 개발의 결과로 해당지역의 위험도를 증가시켜서는 안 된다.
4. 개발행위는 개발지 인접한 지역의 자산에 위험을 가중시켜서는 안 된다.
5. 개발지 내에 위치한 기존 사회기반시설 및 각종 편의시설이 제 기능과 역할을 수행할 수 있도록 하여야 한다.
6. 연안지역 개발행위의 경우 해안침식과 같은 자연스러운 해안환경변화를 수용할 수 있어야 한다.
7. 개발행위로 인해 기존 생태계가 훼손되어서는 안된다.
8. 개발행위가 기존의 도시공간 및 수변공간의 접근을 막아서는 안 된다.

동아시아 개도국의 위험지역에서 이루어지는 개발이 지역민을 보호하고 연안지역의 사회기반시설의 기능을 저해하지 않아야 할 것이다. 기후변화 적응에 위해한 개발행위의 경우 엄격하게 금지할 수 있는 정책적 수단으로 활용될 수 있을 것이다. 또한 대부분 토지가 이미 고밀개발된 지역의 경우 사후적 용도지역제는 큰 의미가 없기 때문에 정책의 실효성은 아무래도 개발밀도가 낮은 지역에 시범 도입될 필요가 있겠다.

나. 기후변화유발 재해경감을 위한 도시계획시설 기준

기후변화 위협은 과거 발생했던 재난 및 재해유형과 다르다. 이 같은 사실은 기후변화 대응역량이 부족한 동아시아 개도국에서 더욱 심각한 결과를 초래할 수 있다. 도시 공간 내 물적 자산의 수명 및 가치도 사회마다 다르므로 본질적으로 만병통치약(one-size-fits-all approach)인 대책은 존재하지 않는다.

더구나 동아시아 개도국의 경우 사회기반시설(SOC) 보급 자체가 미흡하기 때문에 사회기반시설 보급 우선순위와 사회기반시설의 중요도에 따르는 방어기준을 설정해 줄 필요가 있다. 예를 들어 병원, 도로, 항만, 공항 등에 대한 도시계획시설의 접근과 휴양시설에 대한 접근은 달라질 필요가 있다.

무엇보다 주요 방재 구조물 및 도시계획시설들에 안전기준을 마련할 필요가 있다. 동아시아 개도국의 현재 시설 기준들이 대부분 존재하지 않거나 과거 자료에 기초하여 작성된 경우가 많기 때문에 기후변화 위험에 제대로 적응할 수 있는 새로운 기준을 마련할 필요가 있다. 구 기준에 의한 시설물의 경우 시간이 지날수록 오히려 시설 피해위험을 증가시킬 수 있다.

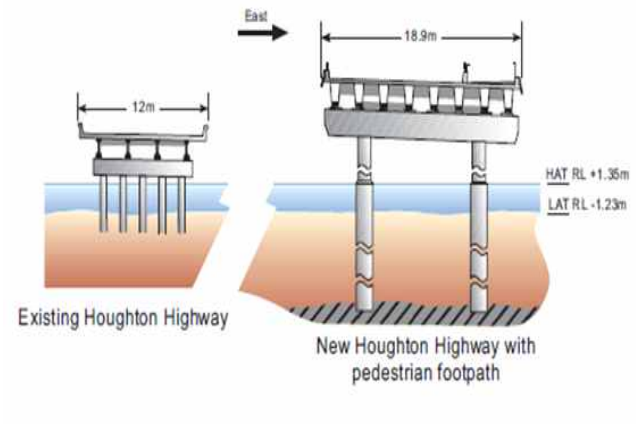
기후변화로 인해 강풍과 해수면 상승에 대한 위협은 증가하였지만 과거 건축기준은 이를 제대로 반영하지 못하는 경우가 많다. 경제개발에 대한 의욕이 안전을 앞지르는 경우가 많기에 동아시아 지역에서 도시계획 시설기준 마련은 절실하다. 특히 기후변화의 위험은 비선형(non-linear)이며, 동시에 극단적인 사건들이 나타날 위험도 점차 증가하고 있다.

건축재료의 복원력이나 수명 등을 포함, 기술적·공학적 상세내용들 또한 함께 검토되고 업데이트될 필요가 있다. 예를 들어, 건물, 배관, 토목 등에 대한 규제 프레임웍을 정기적으로 검토하고 업데이트하는 작업을 주기적으로 시행하고 기후변화 위험에 대처할 수 있는 시스템을 전수할 필요가 있다.

사회기반시설 여건이 열악한 동아시아 개도국의 경우 재해로 인한 시설피해가 커질 수 있는 위험이 있다. 이에 무엇보다 안전한 사회기반시설 설치에 대한 도시계획적 기준이 필요하다. 예를 들어, 호주에서는 미국의 허리케인 카트리나 발생 당시 파도로 인해 수개의 교량이 파괴되어 위험에 처했던 상황을 교훈으로 삼아 사회기반시설 강화 프로젝트를 시행한 바 있다.

사회기반시설 강화사업(duplication project)은 장래 발생할 수 있는 기후변화유발 재해 위험에 대비하여 기존 사회기반시설 시설물의 방어강도를 제고하기 위해 추가적으로 시설을 설치하는 것을 의미한다. 강화된 사회기반시설은 종전의 방어수준보다 훨씬 강화된 보호능력을 갖게 되어 동아시아 개도국 도시의 기후변화 재해위험에 대한 대응력을 향상시킬 수 있다(<그림 7-3> 참조).

하지만, 동아시아 개도국들의 열악한 재정여건 속에서 사회기반시설을 강화하여 설치하는 것을 요구하기란 쉽지 않을 것이다. 그러므로 자체 사업보다 선진국들의 사회기반시설 원조사업 시 강화된 기준을 적용하는 것을 고려해볼 수 있다.



〈그림 7-3〉 사회기반시설 강화 프로젝트

기후변화유발 재해경감을 위한 가이드라인에 있어 건축적 기법과 기준은 기본적이고 핵심적 역할을 수행할 수 있다. 대부분 도시 및 농촌 공간이 아직 고도로 개발되지 않은 개도국의 경우 개발에 따른 지침의 효과가 선진국보다 오히려 클 수 있다.

첫째, 개간사업과 일반설계기준은 개발도상국에서도 도입할만한 기법으로 판단된다. 무엇보다 해수면 상승의 위험으로부터 건축의 안전성을 담보하기 위해서는 매립높이의 기준을 상향시킬 필요성이 존재한다.

특히 연안도시 기후변화 적응에 대한 사회적 합의 도출이 선행될 필요가 있으며 세부적인 시뮬레이션이 동반되어야 하겠다. 일반설계기준을 통해 연안도시의 특수성을 반영한 세부건축기준을 수립하는 것을 고려할 필요가 있다.

둘째, 저영향개발(LID: Low Impact Development)기법과 연계프로그램의 하나로서 일반설계기준은 의미가 크다. LID는 기후변화에 따른 건축적 기법을 활용하여 도시개발에 따른 불투수면 증가를 막고 우수유출을 줄이는 방안을 활용하는 건물외적인 기법에 초점을 둔다. 반면, 일반설계기준은 건축물 내부의 기후변화 영향요소를 줄이는 건물내적인 기법에 초점을 두게 된다.

특히, 동아시아 개도국 대부분은 바다에 인접한 연안도시를 갖고 있다. 바다에 인접한 도시의 경우 바람이 많이 불고 해수 유입에 따른 염도가 증가되어 도시에 건설되는 건축행위에는 일반설계기준 개정을 통해 강풍과 염도에 강한 건축자재를 사용하고 미끄럼방지 건물 바닥재에 대한 기준을 설정하여 제시해 줄 필요가 있다.

셋째, 환경적 지속가능성 기준을 응용하여 기후변화 적응기준(Climate Change Adaptation Criteria)을 제작하여 각종 개발행위에 따라 기후변화 자연재해 취약성에 미치는 영향을 평가하

는 기준으로 활용할 필요가 있다(<그림 7-4> 참조). 자연재해 취약성 항목과 기준 점수 설정에 따른 점수부여로 자연재해 취약성에 위해한 개발행위를 사전에 막을 수 있도록 제도적 준비를 할 필요가 있다.

물론, 취약성 항목과 기준 점수에 대해서는 도시에 따라 달라질 수 있으며 평가는 전문가 집단 및 개발행위 허가당사자인 지방자치단체가 담당할 수 있다. 국제기구 및 선진국들의 각종 개발원조가 동아시아 개도국 정부의 체계적인 관리·감독 하에 이루어질 필요가 있다는 측면에서 이 제도의 도입가능성은 의미가 있다.

Framework and Point Allocations for Residential Building Criteria

		Category	Point Allocations
(I)		**Energy Related Requirements**	
Maximum Cap of 50 points	Minimum 30 points	**Part 1 : Energy Efficiency**	
		RB 1-1 Building Envelope – RETV	15
		RB 1-2 Dwelling Unit Indoor Comfort	16
		RB 1-3 Natural Ventilation in Common Areas	2
		RB 1-4 Lighting	15
		RB 1-5 Ventilation in Carparks	8
		RB 1-6 Lifts	2
		RB 1-7 Energy Efficient Features	7
		Category Score for Part 1 – Energy Efficiency (Exclude Bonus Points)	**65**
Bonus 20 points		RB 1-8 Renewable Energy (Bonus Points)	20
(II)		**Other Green Requirements**	
Maximum Cap of 50 points	Minimum 20 points	**Part 2 : Water Efficiency**	
		RB 2-1 Water Efficient Fittings	10
		RB 2-2 Water Usage	1
		RB 2-3 Irrigation System	2
		Category Score for Part 2 – Water Efficiency	**13**
		Part 3 : Environmental Protection	
		RB 3-1 Sustainable Construction	12
		RB 3-2 Greenery	6
		RB 3-3 Environmental Management Practice	9
		RB 3-4 Public Transport Accessibility	2
		Category Score for Part 3 – Environmental Protection	**29**
		Part 4 : Indoor Environmental Quality	
		RB 4-1 Noise Level	1
		RB 4-2 Indoor Air Pollutants	3
		RB 4-3 Waste Disposal	1
		RB 4-4 Indoor Air Quality in Wet Areas	1
		Category Score for Part 4 – Indoor Environmental Quality	**6**
		Part 5 : Other Green Features	
		RB 5-1 Green Features & Innovations	7
		Category Score for Part 5 – Other Green Features	**7**
		Total Points Allocated :	**120**
		Total Point Allocated (Include BONUS points):	**140**
		Green Mark Score (Max) :	**100 + Bonus 20 points**

〈그림 7-4〉 환경적 지속가능성 기준 (출처: 해양환경관리공단, 2010)

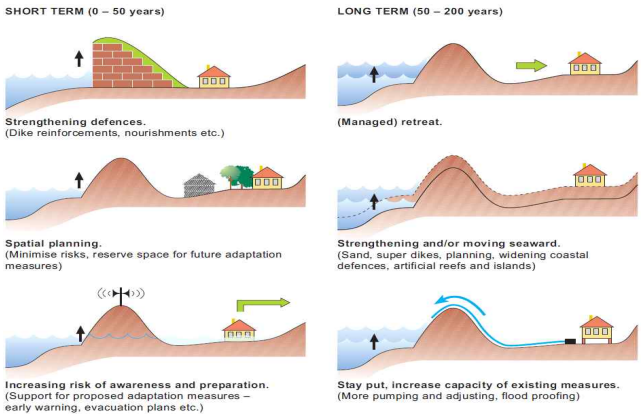
2. PAR(Protection-Accommodation-Retreat) 시스템 도입

위험기반 용도지역제와 마찬가지로 위험한 지역에 대한 공간계획기법을 활용한 대응전략이 동아시아 개도국에서 적용될 수 있다. 위험지역에 대한 토지이용규제를 통해 사전에 위험상황을 예방할 수 있는 가장 바람직한 방안이 될 수 있다.

예를 들어, 호주의 연안도시 기후변화 적응보고서(2010)에는 네덜란드 적응사례가 제시되고 있는데 <그림 7-5>와 같이 적응전략을 크게 단기와 장기(50년 이상)로 구분하고 있다.

단기적으로는 보호물을 보강하거나 토지이용계획을 조정하거나 위험상황 시 이를 알리고 재빠르게 대응하는 전략들이 논의되고 있다.

장기적으로는 건물의 이전, 보호물의 보강 및 이동, 배수시설의 개선 등 홍수로부터 안전한 건축 및 토지이용 등의 전략이 가능할 것이다.



〈그림 7-5〉 연안지역 기후변화 적응 수단 (출처: 해양환경관리공단, 2010)

특히 해수면 상승 위험과 관련한 동아시아 연안지역의 건조환경을 관리하기 위해 크게 세 가지 접근이 제안될 수 있는데, 보호(protection), 순응(accommodation), 후퇴(retreat)가 그것이다. 먼저 보호는 현재 위치 내에 있는 연안지역의 자산을 유지할 목적으로 방파제(seawall), 제방(dyke) 및 다른 '단단한(hard)' 공학적 보호물을 건설하는 것을 뜻한다. 해사 공급과 같은 소프트한 접근도 가능하지만, 해변의 상황을 유지하기 위해서는 상당한 반복이 요구된다.

대부분의 보호 구조물의 수명은 약 10년 정도로, 이 기간이 지나면 시간에 따른 기후변화로 달라진 기준에 따라 건축될 필요가 있다. 지속적으로 보호 전략을 취해온 인구밀집 혹은 자본이 집중적으로 투자된 도시지역, 혹은 대체될 수 없는 문화적이거나 고유한 유산으로서의 가치를 보존할 필요가 있는 지역에 대해 적용할 만하다.

보호전략은 구조물의 건설 및 유지를 위해 비용이 많이 소모된다. 또 해당 지역이 보호될 것이라는 기대는 미래 후퇴 전략의 적용 가능성을 차단할 수 있는 것도 보호전략의 비용에 해당된

다. 만약 구조물이 실패하게 되면 비용은 훨씬 더 증가한다. 구조물 건설로 인해 상대적으로 더 많은 개발이 해당 지역 내에서 이루어지기 때문이다.

구조물의 건설로 인해 인근 지역의 연안 및 해양생물의 서식지(예: 양식장)가 파괴될 수도 있다. 보호전략의 편익으로는 직접적인 토지 및 건축물의 피해나 손실을 막는 데서 찾을 수 있다. 해안이나 다른 휴게시설로의 접근도 유지할 수 있다. 전반적으로 보호전략은 공공안전을 증대시킬 수 있다.

순응전략은 건물의 바닥레벨과 같은 기존 구조물을 고치거나 조수에 따라 유입된 물의 배수구를 설치하는 등의 다양한 소규모 작업들을 필요로 한다. 해수유입의 방해물(setback, buffer)을 만들거나 비상관리계획을 준비하는 것도 여기에 포함된다. 이를 통해 위험에 처해 있는 지역이 지속적으로 이용될 수 있도록 한다.

이 전략은 기후변화 위험에 대한 노출 정도가 상대적으로 낮으면서 노출된 자산의 가치가 상대적으로 큰 지역에 적합하다. 접근로를 제한하거나 개발규제를 가하는 등의 일로부터 시작되며, 민간 소유자들의 개발기대를 관리해야 하는 어려움이 있다.

순응전략에는 추가건설비용이 크게 들어가지 않는다. 그러나 만약 순응정책이 적합하지 않을 경우 피해 및 손실이 증가할 수 있다. 순응전략이 적용된 부동산의 투자가치가 감소하는 것도 순응전략의 비용으로 볼 수 있다.

한편 순응전략은 기존 토지 및 기반시설을 계속 사용할 수 있다는 점이 편익으로 계상된다. 보호전략보다 주변지역에 미치는 영향이 일반적으로 작다는 것도 장점으로 지적할 수 있다. 공공안전을 증대시키고 위험관리를 증진시키면서 보호전략보다 일반적으로 저렴한 것이 바로 순응전략이다.

계획된(planned) 혹은 관리된(managed) 후퇴는 건물자산이 위험이 높은 지역에서 낮은 지역으로 이전하도록 하는 것이다. 이는 위험이 높은 지역 내 자산에 대한 포기를 수반한다. 장기적으로 볼 때 홍수나 침식의 위험에서 노출되어 있는 중상위 수준의 자산들에 대한 위험을 관리하기 위한 접근들 중 가장 비용효과적일 수 있는 대안이다.

이는 증가된 setback 조항, 토지내 구조물의 이전, 토지의 rezoning, 토지의 인수(buyout) 등 다양한 방식으로 전개될 수 있다. 그러나 거의 사례가 없으며, 조기에 후퇴 전략을 선택하는 것에 대해 주민들의 반대가 클 수 있다. 이는 댐 수몰지역의 사례와 유사할 것이다. 이에 대해 지역계획, 재산소유권의 제약, 재정지원, 보험의 인센티브 등과 결합이 필요하다.

후퇴전략의 비용으로는 토지, 기반시설, 그리고 사회적, 경제적, 환경적 가치가 소실되는 비용, 토지 및 기반시설의 손실에 대한 잠재적인 보상비용, 후퇴계획과 관련된 관리비용 등이 들 것으로 예상된다. 반면 후퇴전략의 편익으로는 보호전략에 비해 관리비용이 현저히 낮다는 점, 미래에 값비싼 적응전략을 필요로 할 가능성이 줄어든다는 점, 그리고 생태계가 기후변화에 적응할 수 있는 더 많은 공간을 제공한다는 점을 들 수 있다.

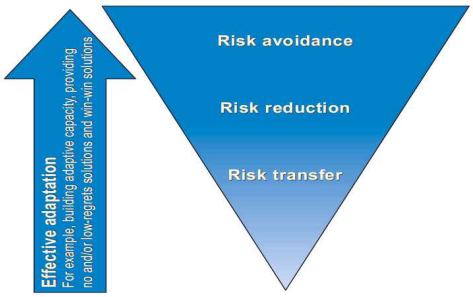
동아시아 개도국에서 보호, 수용, 후퇴 전략의 선택적 사용은 하드웨어적 지원방식에 비해 적은 비용으로 높은 재해경감 효과를 기대해볼 수 있다. 기존 방재구조물 및 시설물 원조방식과 함께 토지이용전략이 활용될 경우 보다 근본적인 기후변화 대응체계가 갖추어질 것으로 판단된다.

3. 보험과 연계한 도시개발

동아시아 개도국의 경우 도시지역에서 조차도 미개발지역이 많이 존재한다. 특히 미개발지역의 경우 적절한 계획을 통해 위험지역 밖으로 신규개발이 일어나도록 하여야 한다. 그러나 이미 위험에 노출된 것으로 판단되는 미개발지역은 보다 신중하게 다루어야 할 필요가 있다.

이 지역의 경우 단순히 위험에서 피하는 것은 어려우며, 대신 위험을 줄이거나 위험을 이전시키는 접근이 이루어져야 한다. 그러나 위험회피 및 위험축소 전략도 모든 위험을 완전히 제거할 수는 없으며, 결국 일부 잔여 위험에 대한 대응이 필요하다(<그림 7-6> 참조).

이에 보험과 비상관리(emergency management)는 잔여 위험에 대응하는 유용한 수단이 될 수 있다. 보험은 기후변화, 특히 극단적 기상사건이 기업 및 가구에 미치는 부정적 영향을 완화시키는 수단이 될 수 있다. 만약 보험의 프리미엄이 정확하게 작동한다면, 보험은 기후변화 충격에 대한 노출을 줄이려는 노력의 인센티브를 제공할 수도 있을 것이다.



〈그림 7-6〉 기후변화 적응 효과에 따른 위험 회피 정도

그러나 현 시점에서의 보험은 이러한 긍정적 효과와 거리가 존재한다. 이는 대부분 선진국에서의 보험 운영에서도 폭풍해일, 거대조수, 해양활동, 침식 등은 예외조항으로 처리하고 있기 때문이다. 이러한 예외조항은 프리미엄의 산정기반이 될 자료의 부족에 기인한다. 기후변화 자연재해 대응정책을 개발함에 있어 건물 등의 보험 보장범위를 개선하는 것도 중요한 과제이다.

자연재해에 대응함에 있어 비상관리능력은 매우 중요하게 인지된다. 국가의 비상관리체제에 있어서도 기후변화가 중요한 이슈로 부각된다. 이에 따라 호주 비상관리위원회(Australian Emergency Management Committee)는 기후변화행동강령(climate change action plan)을 개발 중에 있다.

이 과정에서 재난을 막는 대부분의 작업이 사회 및 정부의 계획 및 건물규제 부문과 관련되어 있음이 인지되고 있다. 따라서 토지이용계획, 기후변화, 그리고 비상관리 사이의 연결고리를 잘 만드는 것이 기후변화 위험에 대한 공동체의 위험을 줄일 수 있는 예방적이고 일관적인 토지이용계획 원칙들을 마련하는데 도움을 줄 수 있을 것이다.

선진국에서도 제대로 활용되기 어려운 재해보험제도가 동아시아 지역에서 정착하기란 현실적

으로 어려운 측면이 있다. 하지만, 개도국에서 재해보험제도의 의미는 사유재산권의 보호라는 측면보다 위험지역에 대한 개발억제의 측면이 더욱 강하다고 볼 수 있다.

위험지역에서 이루어진 무분별한 개발의 경우 국가뿐만 아니라 보험업체에서도 지원받기가 어렵다는 사실을 인지시킴으로써 일종의 토지이용규제의 효과성을 높이는 보조도구로 활용될 필요가 있다. 아울러 안전지역으로 개발을 이전시킴으로써 보다 안전한 도시개발체계를 갖추도록 유도하는 효과가 있다.

4. 건축적 기법의 활용

건축적 기법은 도시공간을 이루는 주요 행위가 바로 건축임을 착안할 때 동아시아 개도국들의 기후변화유발 재해경감을 위해 매우 중요한 요소임을 알 수 있다. 특히 싱가포르와 같은 동남아 국가에서 건축적 기법이 활용된 사례를 검토 및 정리해보면 다음과 같다.

예를 들어, 싱가포르의 경우 열대기후로 인한 고온다습 환경을 고려하기 위해 BCA(Building and Construction Authority)디자인에 관한 일반 지침(universal design)에서 지역열대기후(tropical climate)를 감안한 건축설계기준을 제시하고 있다. 이는 건축에 관한 일반지침의 성격으로 기후변화로 인한 위험이 건축물 내부를 이용하는 사람들의 위험을 증가시킬 수 있음을 인지하고 대비하는 것으로 파악할 수 있다.

간척사업(reclamation projects)은 섬을 보유하고 있는 동아시아 기후변화 적응의 대표적인 건축적 사례이다. 싱가포르의 경우 1991년부터 PUB(Public Utilities Board)는 새로운 간척사업이 가장 높은 조수로 기록된 125cm 이상으로 이루어질 것을 요구하는 것을 명문화하여 건축행위가 기후변화에 대응할 수 있도록 하였다. 아무리 안전한 건축물이라도 기초가 너무 낮은 곳에 입지할 경우 침수의 위험을 피할 수 없음에 착안한 것이다.

동아시아 개도국들의 경우도 기후변화에 따른 해수면 상승을 감안하여 매립 높이를 상승시키는 방안을 고려해볼 필요가 있다. 가장 먼저 홍수와 관련된 적응정책을 들 수 있다.

높은 해수면은 바다에서 빗물(rainwater)을 뽑아내는 것을 더 어렵게 만든다. 이것은 폭풍해일과 폭풍우 동안에 내륙에 홍수를 악화시킬 수 있다(해수가 폭풍주변에 소용돌이치는 바람의 힘에 의해 해안 쪽으로 밀려날 때).

1991년 이후 국립수자원공사(PUB)는 새로운 간척사업은 가장 높이 기록된 조수수준(조위) 이상인 125cm 수준으로 지어져야 한다고 요구하고 있다. IPCC 4차 평가보고서는 최악의 시나리오로 21세기 말까지 59cm 해수면 상승을 예상하고 있다.

기후변화유발 재해경감을 위한 도시 내 건축물 기준에 관한 방안도 존재한다. 주위 온도를 낮출 수 있는 대책으로 도시의 온실의 양 증가를 포함하는 것(도시공원, 옥상정원, 벽면 녹화)과 건축 설계(배치)와 디자인을 수정하는 것이 있다(더 나은 열 특성을 가진 건축 재료를 사용하고, 건물 (겉)표면의 색을 밝게 하고, 건물 인테리어와 더 나은 통풍을 위한 건물의 외관 설계를 하고 바람 터널 효과를 극대화)

해외사례 (싱가포르)

싱가포르는 동남아시아 도시국가 중 하나로 여타 개발도상국 동아시아 국가들과 지리적, 기후적 여건을 함께 한다. 유사한 기후환경 속에 잘 적응하고 있는 싱가포르 사례는 다른 동아시아 국가들의 기후변화유발 재해에 대한 대응에 많은 시사점을 주고 있다.
싱가포르 도시개발청(Urban Redevelopment Authority : URA)과 국립공원위원회(National Parks Board : NParks)는 공원과 녹지공간 조성, 그리고 도로와 개발 주변에 씨뿌리기와 같은 면밀한 계획을 하고 있고 녹지섬을 제공하고 있다. URA와 NParks는 또한 가이드라인과 인센티브 계획을 통해서 우리 주거 및 상업용 건물에 옥상과 벽면녹화를 하고 있다. 싱가포르 주택개발청(Housing Development Board : HDB)은 다층식 주차장과 주거건물에 옥상 녹화를 도입하는 과정에 있다.

Planning our City in a Garden
비록 싱가포르가 정원도시로써 알려져 있지만, 녹지의 건강과 푸르름을 유지하기 위해서 지속적인 관심과 관리가 필요하다. 국립공원위원회(NParks)의 녹지 유지와 개선을 위한 종합적인 프로그램으로 2006년에 62,600 그루의 나무를 심었다. 국립공원위원회가 녹지거리를 더욱 강화시킴으로써 싱가포르 주민들은 넓은 가로수길에 나무가 늘어서 있는 것을 볼 수 있다.
싱가포르 녹지거리를 더욱 특징짓고 차별화 하려면, 정원도시의 중추를 형성해야 하고, 국립공원위원회(NParks)는 섬을 가로질러 주요 도로를 따라 Streetscape Greenery Master Plan (SGMP)을 구현해야 한다. SGMP는 다양한 생태 주제(테마)와 특징을 따라 녹지 거리를 강화해야 한다. 예를 들면 해안 근처의 길을 위한 Coastal Treatment를 포함하여 산림지역 근처 길을 위한 Forest Treatment가 그것이다.

Community In Bloom
원예 문화 양성은 국립공원위원회(NParks)가 'Community In Bloom' 프로그램으로 원예(정원가꾸기)와 삼림에 대한 애착(열정)을 심어 주는 것이다. 현재 'Community In Bloom' 프로그램 아래에 200개 이상의 활동하는 원예 그룹이 있다. 국립공원위원회(NParks) 참여 원예사(정원사)는 식물을 잘 유지시키는 방법에 대한 조언을 하고, 또한 정원을 가꾸는 것에 대한 조언과 (본인의) 정원을 만드는 방법에 대한 지침서와 같은 원예에 대한 전문지식을 제공한다. 이것으로 지역 사회의 유대관계를 북돋아 줄 수 있고, 주민들은 정원 가꾸기에 대한 조언을 함께 교환할 수 있다.
싱가포르는 vector-borne 질병, 특히 뎅기열 지역에 위치하고 있다. 뎅기열 패턴은 여러 요인에 의해 발생지만 기후변화와도 관련이 있다. NEA는 온도, 습도와 같은 기후 요인과 뎅기열 사례가 있는 강우량 사이의 연관성을 연구했다. 예비분석 결과 싱가포르 뎅기열 사례 안에서 주위 온도와 상관있는 것으로 나타났다.

NEA는 모기를 감시·통제 장소에 넣어 모기 벡터 인구를 억제하기 위한 선제공격을 포함한 강제시스템, 환경보건원(Environmental Health Institute)에 의해 착수한 뎅기열과 관련된 연구 그리고 잠재적인 breeding 습관을 줄이기 위한 빌딩 디자인 검토 등을 수행했다 (새로운 건물 지붕의 배수로는 특별한 상황을 제외하고 금지).
해수면 상승은 맹그로브(홍수림)의 손실을 일으킬 수 있는데, 이것은 단지 생물종다양성의 손실만을 나타내는 것은 아니다. 그러나 해수면 상승은 해안 침식률을 더욱 악화시킨다. 또한 지구온난화의 결과로써 해수온도 상승은 바다 생물에 부정적인 영향을 미친다.
NParks는 탄소고정(carbon sequestration)에서 자연보호지역의 역할에 대해 조사하고 있고, 장기간 나무 다양성, 나무 성장 그리고 생존에 대해 모니터링하고 있다. 싱가포르 정부는 남부 섬 주위에 산호초의 역할을 인정했고, 탄소와 폭풍피해 및 침수 완화를 분리시켰다. 산호 종묘장을 Palau Semakau에 세웠는데, 이 산호초 종묘장은 자연스러운 산호 발생의 생존 극대화에 의해 기존의 해양 서식지를 개선시킬 수 있을 것이다.
맹그로브는 침식에 대한 해안을 보호하는 데 도움이 되고 국립공원위원회는 일부 해안 지역침식에 대응하기 위해 우선적으로 경영 전략을 개발하는 중이다. 싱가포르는 해수 온도에 영향을 미치는 글로벌 동향을 막을 수 없지만, 물 냉각 또는 침전의 방출과 같은 대책을 통해서 해수의 질에 어떤 추가적인 영향을 완화하려고 한다.
기후 변화가 장기적인 현상과 그 영향을 수십 년 동안 느껴왔다. 싱가포르 국토개발부는 기후변화 대응의 전반적인 정부의 접근의 일환으로써 정부 부처 간 기존의 기반 적응 방법을 검토한다. 정부기관은 싱가포르에서 기후변화의 가능한 영향을 평가하기 위해서 함께 연구를 지속할 것이고, 정기적으로 싱가포르의 기존의 적응 방법을 검토할 것이며 필요에 따라 이러한 영향들을 활발히 관리하고 감시하기 위해서 국가적 시스템을 세움으로써 새로운 대안을 찾고 있다.

5. 위기관리 거버넌스의 확립

재해경감을 위한 하드웨어 및 소프트웨어 자원이 부족한 동아시아 개도국에서 위기관리 거버넌스의 확립은 무엇보다 중요하다. 재해경감 자원을 최적화하여 적시에 사용하기 위한 각 주체들의 협력적 거버넌스는 기후변화 대응을 위해 필수적이라 할 수 있다.

동아시아 개도국의 기후변화유발 재해경감에 있어서 거버넌스 도입의 필요성은 레질리언스(Resilience)에 대한 개념을 통해서 접근될 수 있다. 레질리언스는 도시 기능의 복원에 더하여 유사시 초기 관리능력 배양을 위한 조직 또는 지역사회의 능력으로 평가되고 있으며, 특히 불확실성이 강한 리스크(uncertainty)에 이르기까지 현대사회의 리스크에 대한 경영 또는 관리 차원의 일련의 해결방안을 제공하고 있다.

과거 수치적이고 정량적인 시방 기준에 더하여 논리적이고 지능적인 관리기준으로의 변이는 현대 사회 리스크 특성 및 관리기술 발전에서 쉽게 찾을 수 있다. 특히 레질리언스가 행동의 주체와 이해관계자를 중심으로 설계되는 특징을 가지고 있음을 감안한다면 리스크 거버넌스 도입의 중요성은 날로 강조되고 있는 실정이라고 볼 수 있겠다.

기후변화유발 재해경감과 복구계획의 설계에 있어서는 해당 도시가 가진 기능 중 리스크에 무관하게 연속적으로 수행되어야 하는 사항에 대해 영향분석(Impact Analysis ; 기후변화 발생에 따른 영향이 아닌 해당 기능 중단 시의 영향)을 통해 방어선의 물리적, 논리적 기준을 설정하고 기준에 정성, 정량적으로 부합하는 하드웨어를 설치하는 쪽으로 계획이 필요하다.

또한 이러한 과정을 수행할 수 있는 도시계획 또는 방재계획상의 근거를 마련해야 할 필요가 있겠다. 따라서 하드웨어적 적응수단과 소프트웨어적 적응수단이 연안도시의 거버넌스 차원에서 다양하게 활용된다면 동아시아 개도국의 기후변화에 대한 효과적 적응에 도움이 될 수 있을 것이다.

기후변화라고 하는 불확실성에 대해서 동아시아 개도국들 모두에게 일률적으로 적용되는 적응지침을 제시하기는 어려울 수 있다. 결국 다양한 시설기준을 다양한 주체가 효율적으로 활용하기 위한 방안을 필요로 하는 바, 해당하는 지역의 리스크를 효과적으로 관리할 수 있는 거버넌스의 운영과 그에 대한 가이드라인 개발이 바람직하다고 하겠다.

동아시아 개도국의 기후변화 적응은 결국 재해의 대응이라는 관점에서도 살펴볼 수 있다. 최근의 리스크 관리 트렌드는 예방의 기능 못지않게 대응과 복구를 통한 연속성 확보라는 개념이 중요하게 대두된다. 여기서 어려운 점은 두 기능 모두 기후변화가 해당 지역에 미치는 결과 또는 영향을 중심으로 계획, 운영되어야 한다는 점이며 그 영향에 대한 윤곽이 아직도 미지수라는 점이다.

무엇보다 동아시아 개도국의 재해경감을 위한 인프라가 미흡하다는 점은 리스크 관리의 어려움을 대변한다. 리스크 거버넌스가 다루는 이슈를 예방과 대응/복구의 관점에서 볼 때 예방차원의 경우 주로 하드웨어를 위주로 적용되어야 하는 불확실성에 반하여 그 규격을 알 수 없는 바, 향후 지속적으로 과제로 안고가야 하는 부담이 있다는 것이다.

이에 따라 향후 동아시아 개도국에는 기술인력 지원 및 훈련과 같은 휴먼웨어와 위기관리 시스템 운용기술과 같은 소프트웨어 지원 중심의 재해유발 경감지원책이 더욱 다양하게 개발되어

야 할 것으로 판단된다.

해외사례 (호주)

○ 호주의 거버넌스 수립사례는 동아시아 기후변화 대응에 다양한 시사점을 던져준다. 지방자치법(Local Government Act, 1979)에서는 해안 및 하천관리에 대한 책임을 해당 자치단체에게 위임하고 있으며 자치단체가 기후변화의 잠재적 위험을 고려하여 정책을 수립하는 구조를 취하고 있다. 일단 책임소재를 분명히 하고 해당 자치단체의 정보력을 인정하려는 의도로 판단된다. 이후 살펴보는 내용을 보면 해당 지자체는 기후변화 적응정책수립의 중심에 서있을지언정 거버넌스를 통해 각 주체들의 다양한 정보수집능력을 활용하고 있음을 알 수 있다. 호주 연안도시 정부들은 종합해안평가(Comprehensive Coastal Assessment)를 통해 관련 정부기관들이 모여 3년 동안 해안지역의 물리적, 생태학적, 사회적, 경제적 가치에 대해 파악하고 분석하고 조사한 자료와 정보들을 제공하고 공유하는 제도를 의미한다. 국내 연안실태조사와 유사하나 다양한 자료와 정보들을 다루고 있는 것이 특징이다.

○ 해안관리프로그램(Coastal Zone Management Program)은 해변의 쾌적성을 제고하고 생태적으로 지속가능한 방식으로 해안기반시설을 보호하는 시스템인데 지방자치 의회가 계획수립 예산의 50%를 지원한다. 의회제도를 채택하고 있는 호주에서 나타나는 독특한 제도라고 볼 수 있다. 해안관리자치회(Coastal Erosion Management)는 해안의 커뮤니티와 자치의회들이 해안침식에 대응하기 위한 정책대응을 수립하는 일종의 거버넌스인데 해수면 상승에 따른 해안지역주민들의 실천계획(action plan)과 공공기관과의 협력체계를 다루고 있는 것이 특징이다. 지방의회와 커뮤니티와의 긴밀한 협조는 연안관리가 정부주체만의 문제가 아님을 보여준다. 이 같은 협조관리체계는 우리의 기후변화 적응시스템에도 적용될 수 있는 여지를 남긴다.

○ 거버넌스는 다양한 주체들의 참여와 함께 다양한 프로그램을 만들어내고 있다. 해안보호프로그램(Coastal Protection Package, 2001)은 호주 뉴사우스웨일즈(NSW)주에서 이루어지는 대표적인 프로그램인데 해안 및 해변가 주변 자원을 보호하기 위한 종합적 보호 프로그램이다. 연안환경보호정책71(State Environmental Planning Policy Number 71: Coastal Protection) 역시 해안지역 개발을 통제하기 위한 거버넌스로 볼 수 있는데 해안지역의 개발이 적절하게 적소에 이루어질 수 있도록 해안계획과 관리의 일관성을 규정하고 있다. 해안지역의 개발평가에 대한 명확한 프레임웍 제시하고 있으며 해변으로의 진입로차단 및 오수발생 개발 등과 같은 개발부작용이 큰 개발행위를 규제한다.

○ 한편, 해안보호계획(Coastal Lands Protection Scheme)은 1973년 시작되었는데 해안지역 토지를 공공이 소유하고 토지에 대해 장기적인 보호 및 관리계획을 수립하는 내용이다. 호주 지방정부(NSW)는 매년 토지구입에 3백만 달러를 예산 책정하여 구매한다. 토지는 공공접근성, 경관가치, 생태가치 등을 기준으로 구매되며 가장 효과적이고 근본적인 방법으로 활용될 수 있다. 하지만, 연안지역의 토지가격이 높아 구매 예산이 과다하게 소요되는 문제가 있으며 구매 기간이 많이 소요되어 효과적으로 관리되기 어려운 측면도 있다. 우리나라의 경우 상대적으로 토지가격이 저렴한 지역을 중심으로 국유화를 시도할 필요가 있으며 취약성분석을 통해 취약정도가 높은 지역을 우선순위로 구매계획을 수립하는 것을 고려해볼 수 있겠다.

제 8 장 요 약 및 정 책 제 언

제1절 요약 및 정책제언
제2절 권장사업 제안
제3절 정책제언

제8장 요약 및 정책제언

제1절 요약

지구온난화로 인해 자연재해 발생 빈도 및 강도가 증가하여 점차 많은 피해를 발생시키고 있다. 미국 뉴올리언스의 허리케인 '카트리나', 유럽의 150년 만에 최악의 폭염, 방글라데시의 초강력 태풍 '시드르', 일본의 2011년 최악의 쓰나미, 우리나라의 태풍 '매미' 등 전세계 모든 지역이 기후변화로 인한 자연재해로 고통 받고 있다.

그러나 기후변화유발 재해의 피해가 국가에 따라 형평하지는 않다. 같은 재해라도 개발도상국은 선진국에 비해 상대적으로 많은 피해를 받는다. World Bank에서 발표한 자료에 의하면 개발도상국은 기후변화유발 재해 사상자 비율이 선진국에 비해 8배 이상 많았다.

전 세계적으로 기온이 상승하였고 향후 더 급격하게 상승할 것으로 전망된다. 동아시아 역시 모든 지역의 기온이 상승할 것으로 전망하고 있다. 좀 특이한 점은 해안을 접하는 면적이 넓은 지역은 상대적으로 기온 상승 폭이 적었다. 그러나 해안에 근접한 지역은 해수면 상승에 의한 영향 및 쓰나미 등의 위험이 높은 것으로 조사되었다.

동아시아 사례연구 국가의 대표적 기후변화유발 재해는 홍수, 태풍, 해수면 상승 등 기상재해로 유사한 특징을 보였다. 향후 급격한 기온상승 및 강수량 증가가 전망되어 현재 상태를 유지할 경우 재해 피해는 더 커질 것으로 예측된다. 본 연구의 대상국가로 한 6개국의 대표적인 기후변화유발 재해는 다음과 같다.

- 베트남 : 열대성 호우로 인한 홍수와 해수면 상승
- 필리핀 : 태풍과 열대성 호우로 인한 홍수
- 인도네시아 : 홍수 피해와 쓰나미
- 캄보디아 : 홍수와 가뭄
- 스리랑카 : 홍수, 홍수로 인한 산사태, 낙뢰, 태풍
- 몽골 : 조드(dzud)와 가뭄

동아시아 개도국들의 재해 피해가 큰 근본적인 이유는 방재 인프라가 열악하다는 것이다. 개도국 자체 재원이 부족하여 방재 인프라 투자가 미비하다. 방재 인프라 투자 미비는 재해 발생 시 피해 규모를 증가시키는 결과를 가져온다. 동아시아 사례연구 국가들을 대상으로 재해 대응 역량을 조사한 결과 다음과 같은 비슷한 특징이 도출되었다.

- 방재 관련 장비들이 부족하거나 열악
- 지원받은 시설들의 표준화 미비로 효율성 저하
- 전문인력이 부족하여 지원받은 기술을 제대로 활용하지 못함
- 과거 기초자료가 체계적으로 구축되지 않아 원활히 활용되지 못함
- 비효율적 법·행정체계로 재해 피해 증가
- 주거환경이 재해에 취약

- 방재 관련 교육 및 훈련 프로그램이 미비

재해 대응 역량이 부족한 동아시아 개도국을 지원하기 위해 선진 원조기관 및 국가들은 많은 재정·기술을 지원하였다. 우리나라도 공여국으로서 한국국제협력단(KOICA)를 통해 지원하고 있다.

우리나라 공적개발원조(ODA)금액의 규모가 작지 않지만, 선진 원조기관 및 국가에 비해서는 상대적으로 미약하다. 수혜국들도 많은 체감을 느끼지 못하고 있다. 선진 원조기관, 선진국, 우리나라에서 지원했던 사업 및 현지 공무원 인터뷰를 분석한 결과 다음과 같은 전략적 접근이 필요하다.

- 첫째, 액수가 큰 대규모 지원보다는 실효성 있는 기술력을 중심으로 지원
- 둘째, 사후관리까지 고려한 사업 프로그램 구성
- 셋째, 각 나라별 특성상 일방적인 지원을 하겠다는 입장보다는 공동발전의 입장으로 접근

동아시아 개도국의 기후변화유발 재해 피해를 경감하기 위해 크게 하드웨어, 소프트웨어, 휴먼웨어로 구분하여 제안하였다.

하드웨어는 구조물과 장비 관련 부문이다. 방재 구조물의 건설과 시설물의 설치, 방재 장비의 정비 및 첨단화, 사회기반시설 조성, 사후관리 장비의 확보 등이 있다.

소프트웨어는 비구조물 부문이다. 명확한 법·제도 구축, 방재에 신속한 행정체계 구축, 재해대응 예산의 확충, 사전 예방 기술 도입, 글로벌 플랫폼(POP)에 맞는 기술 지원, 재해 취약성 평가, 자료의 체계적 구축, 토지이용계획, 건축 설계기준 변경 및 강화, 재해보험 활성화 등이 있다.

휴먼웨어는 비구조물 부문에서 사람과 관련된 부문이다. 주민 참여 활성화, 주민 기반 방재 네트워크 지원, 다양한 교육프로그램, 교육과 소득의 연계, 지속적 교류체계 등이 있다.

국가마다 공여 환경이 다르기 때문에 우선적으로 필요한 사업을 환경에 맞게 지원해야 한다. 우리나라는 소프트웨어 및 휴먼웨어에 중점을 두는 전략을 채택하는 것이 바람직하다.

재해대응 역량 강화를 위한 국가별 필요사업을 나열하면 다음과 같다.

- 베트남 : 홍수피해가 잦은 국가로 홍수 위주의 방재 시스템이 필요하다. 하드웨어로는 배수 펌프장 시설 공사, 하천환경정비 사업, 긴급 대피시설 설치, 홍수조절용 저류지 조성, 배수로 정비 사업 등이 필요하다. 소프트웨어는 신속한 재해 대응을 위한 행정조직 개편, 방재 장비의 표준화 연구, 과거 자료의 디지털화 작업 및 D/B 구축, 수문자료, 강우자료 관측시설 및 자료의 D/B 구축, 재해 관련 보험제도 지원 방안 및 교육 프로그램 개발, 홍수 취약성 평가, 홍수위험지도 제작, 건물의 내수성 강화 시범적용, 재해 저감을 위한 토지이용계획 수립 등의 사업이 필요하다. 휴먼웨어는 기후변화 재해관련 전문인력 양성 프로그램 지원(석사), 장비 표준화를 위한 공동연구 및 운영 인력 확보 등이 필요하다.

- 필리핀 : 태풍 및 태풍으로 인한 호우 피해를 경감할 수 있는 방재 시스템이 필요하다. 하드웨어는 방재관련 정보 통신 시설 구축, 중소 하천의 자동 조기경보시스템 확장 설치, 강 및 하천의 준설, 긴급 대피시설 설치, 제방 축조 등이 필요하다. 소프트웨어는 강 유역에 대한 체계적 조사 및 D/B 구축, 재해 대응을 위한 구체적 행동지침 마련, 수치 예보 모형(현재 MIKE)의 검증 및 개선, 천리안 위성 수신

시스템 구축, 재해 관련 보험제도 지원 방안 및 교육 프로그램 개발, 재해 경감을 위한 토지이용계획 수립 등의 사업이 필요하다. 휴먼웨어는 기상레이더 관련 전문인력 양성, 천리안 수신을 위한 전문가 양성 등의 사업이 필요하다.

- 인도네시아 : 무수한 섬으로 이루어진 지형적 특성에 적합하고 홍수, 해수면 상승을 고려한 방재 시스템이 필요하다. 하드웨어는 지형적 특성(섬)을 반영한 통신 전달시스템 구축, 홍수조절용 저류지 조성, 재해 대응 다목적 긴급 대피시설 설치, 첨단 연안침식 방지 공법 개발 및 시공, 해일 대처 방호벽 건설, 다용도 해일방파제 건설 등의 사업이 필요하다. 소프트웨어는 산사태 위험지도 제작 및 관리프로그램 설치, 해수면 상승으로 인한 국토변화 시나리오 구축, 쓰나미에 대한 취약성 평가, 천리안 위성 수신 시스템(중규모) 및 기술 지원, 재해 대응 훈련 및 운영 프로그램 개발 등의 사업이 필요하다. 휴먼웨어는 위성자료 기술 관련 전문인력의 연수 및 파견, 기후변화 재해관련 전문인력 양성 프로그램 지원(석사 과정), 관계 공무원 및 NGO 전문가 교육 연수, 주민 대상 재해 대응 교육 지원(파견) 등의 사업이 필요하다.

- 캄보디아 : 홍수와 가뭄 피해가 매우 잦은 국가로 물관리 위주의 방재시스템이 필요하다. 하드웨어는 돌발홍수 대비 긴급대피시설 확보, 돌발홍수 예·경보 시설 설치, 다목적 댐 건설, 소규모 식수 전용 저수지 조성, 강 및 하천의 준설, 배수 펌프장 시설 공사, 제방 축조, 하수도정비, 긴급 대피시설 설치, 홍수조절용 저류지 조성, 광역 상수도 망 구축, 빗물 이용시설 시범 설치 등의 사업이 필요하다. 소프트웨어는 강 유역에 대한 체계적 조사 및 D/B 구축, 재해 관련 국가 마스터플랜 수립, 재해 대응을 위한 효율적 행정체계 정비 연구, 과거 기초자료의 디지털화 및 D/B 구축, 재해관리를 위한 법체계 정비, 가뭄 지수 개발 및 국가 지하수 관측망 구축, 물절약 프로그램 수립, 긴급 식수원 공급 체계 개선 등의 사업이 필요하다. 휴먼웨어는 재해관련 교육 및 훈련 프로그램 개발, NGO 지원을 통한 활동 지원 방안 연구 등이 필요하다.

- 스리랑카 : 홍수, 홍수로 인한 산사태, 낙뢰 피해에 대한 방재시스템이 필요하다. 하드웨어는 사방댐 설치, 사면안정화 사업, 옹벽, 흙막이 공작물 설치, 낙뢰 피해 예방 시설 등의 사업이 필요하다. 소프트웨어는 과거 기초자료의 디지털화 및 D/B 구축, 산사태 위험지도 제작 및 관리프로그램 설치, 산사태 대응 행정 역량 강화, 지역 맞춤형 산사태 대책공법 연구, 재해 관련 보험제도 지원 방안 및 교육 프로그램 개발, 재해 경감을 위한 토지이용계획 수립 등의 사업이 필요하다. 휴먼웨어는 정부, NGO 대상 재해관련 전문 교육훈련 프로그램 개발, 낙뢰사고 피해방지 교육 및 훈련 지원(파견), 재해 피난 가상훈련 교육 지원(파견) 등의 사업이 필요하다.

- 몽골 : 조드(dzud) 및 가뭄에 대한 방재시스템이 필요하다. 하드웨어는 조드 방지 시설 설치(축사 등), 재해정보 전달을 위한 통신 기반시설 구축, 다목적 댐 건설, 광역 상수도 망 구축, 빗물 이용시설 시범 설치 사업, 지상기상관측소의 자동화(AWOS) 사업, 기상레이더 관측 장비 지원 사업 등이 필요하다. 소프트웨어는 효율적인 재해관리를 위한 법체계 정비, 가뭄 대응 국가 마스터플랜 수립, 가뭄 지수 개발 및 국가 지하수 관측망 구축, 물절약 프로그램 수립, 긴급 식수원 공급 체계 구축, 조드 예·경보 시스템 구축 등이 필요하다. 휴먼웨어는 기상 관측 및 예보 능력 향상을 위한 전문 인력 교육 프로그램 지원, 방재 전문 인력 양성을 위한 전문대학과의 MOU 체결 및 교육 지원 등의 사업이 필요하다.

현재 정부는 개도국을 대상으로 향후 더 많은 공적개발원조(ODA)를 지원하겠다고 약속하였다. 해당 개도국에 우선적으로 필요한 사업을 지원하는 것이 필요하며, 사업들간 연계방안 모색이 강구되어야 한다. 본 연구 결과는 동아시아 개도국의 지원 사업의 가이드라인 역할을 할 것이다. 추후 본 연구에서 제시한 국가별 사업을 구체적으로 추진할 수 있는 연구가 진행되어야 할 것이다.

제2절 권장사업 제안

1. 공동 추진 권장 사업

동아시아 사례연구 국가들은 공통적인 문제점이 있었다. 전문인력이 부족하여 지원받은 장비를 원활히 운영하지 못하였다. 지원 받은 장비는 기술 및 규격이 달라 서로 연동하지 못하고 고장시 제때 수리하지 못하였다. 교육 역량이 부족하여 체계화된 교육체계가 없었다. 생계 및 정치적 영향으로 인해 장기적으로 담당하는 인력이 부족하였다.

이런 실태로 인해 사례연구 대부분의 국가들도 훈련 프로그램, 방재교육, 기술 연수 등을 요청하였다. 천리안 위성 수신 전문가 교육도 필요하지만, 기상청에서 매년 실시하고 있어 본 보고서에서는 제외하였다.

사례연구 국가들이 공통으로 요청하고 있는 사항은 효율성을 기하기 위해 개도국 대상으로 공동 추진할 것을 제안한다. 전문가 장기 양성 프로그램, 방재 장비의 표준화 공동 연구, 재해 보험 활성화 프로그램, 재해 대응 교육자 프로그램, 연구결과의 구체적 활용을 위한 연구 사업단 구성을 권장한다.

이로 인해 동아시아 개도국과의 협력관계 형성, 인적 네트워크 형성, 운영비 절감 등 시너지 효과를 창출할 것으로 기대한다.

① 재해 대응 역량 강화를 위한 전문가 장기 양성 프로그램

❍ 목적
- 사례 연구국가들은 지원 받은 시설의 운영, 관리, 수리 등을 할 수 있는 전문인력이 부족하여 첨단시설들을 원활히 활용하지 못하고 있는 문제점 해결
- 생계 및 정치적 영향으로 인해 담당자 교체 문제 발생에 대한 대응
- 방재 담당자를 대상으로 선진 방재 교육 및 기술을 전수하고 장기적으로 직업, 생계 등을 해결할 수 있도록 지원

❍ 효과
- 개도국 방재 기능의 안정성 유지
- 개도국 전문가와 네트워크 형성으로 긴밀한 교류체계 확보

❍ 예산
- 약 40억 원($370만) / 지속

② 방재 장비의 표준화 공동 연구

❍ 목적
- 다양한 기구 및 국가에서 지원을 받아 시설을 설치한 경우, 각 시설 및 기술들이 달라 연동하지 못하고 별개로 운영, 결과적으로 효율적인 통합관리가 이루어지지 못하는 문제점 해결
- 지원 받는 수혜국들의 연구진들로 이루어진 공동연구단을 설립하여 실무적인 문제점 보완

❍ 효과
- 표준화된 기술의 활용도 극대화
- 지원 받은 장비의 지속 및 운영이 용이
- 공동발전의 파트너쉽 형성으로 국가적 이미지 제고
- 재해 관련 사업들의 시너지 효과 기대

❍ 예산
- 약 35억 원($323만) / 반복

③ 재해 보험 활성화 프로그램

❍ 목적
- 불가항력인 재해의 피해를 100% 대처 할 수 없음, 이러한 경우 방재 기술로 저감 시키고 남은 잔여 위험성에 대한 대처가 필요
- 동아시아 개도국들은 재해 발생시 피해 복구에 소요되는 자본이 충분치 않아 어려움을 겪음
- 불가항력적인 재해 피해의 잔여 위험을 저감할 수 있는 재해보험 지원 정책이 필요
- 개도국의 공무원들을 대상으로 재해 보험의 필요성 및 정책의 중요성에 대한 교육 실시
- 국내 보험회사들과 제휴하여 개도국의 보험 정착에 필요한 기초 지식 및 프로그램 지원

❍ 효과
- 국내 보험회사와의 긴밀한 교류체계 구성으로 개도국 진출의 발판 마련
- 향후 재해 복구에 소요되는 비용 및 시간 획기적 단축

❍ 예산
- 약 20억 원($185만) / 반복

④ 재해대응 역량 강화를 위한 교육자 프로그램

❍ 목적
- 재해와 관련한 공공교육훈련은 지역주민이 재난발생시 대응방법을 알 수 있도록 하는 것이기 때문에 재해대비계획 단계의 필수적인 요소
- 현재 여러 정부기구, NGO 등이 수행하고 있는 교육훈련은 전문가 부족, 교육훈련 기자재의 미흡 등으로 체계적이지 못함
- 재해관련 관계자를 대상으로 공공교육 프로그램 및 행동요령 교육
- 선진국가 관계자를 초청하여 공동으로 선진 재해 대비 교육 기술 전파
- 방재 교육에 필요한 기자재 지원 프로그램과의 연계로 지속적 지원

❍ 효과
- 재해 발생시 국민들의 체계적 대처 유도로 재해피해 저감
- 자체 교육과정을 통한 지역 맞춤형 재해 대처 방법 개발 기대

❍ 예산
- 약 20억 원($185만) / 반복

⑤ 동아시아 개도국 기후변화유발 재해경감을 위한 연구 사업단 구성

❍ 목적

- 연구 대상 사례국들이 시급히 필요한 사업을 제안하였지만 구체적 진행 방법이 없으면 실효성이 떨어짐
- 동아시아 사례국가들의 구체적 사업진행 방법, 협의 방안, 지속 개발 방안, 세부 사업 발굴을 위한 연구 진행이 반드시 필요함

❍ 효과
- 지원 사업의 통일성을 통한 최적의 목적 달성
- 사례연구 국가들과 친밀한 협력관계 형성
- 우리나라 기업들의 동아시아 개도국 진출 기회 제공

❍ 예산
- 약 40억 원($370만) / 5년

2. 국가별 추진 권장 사업

❑ 베트남

베트남은 재해대응 행정체계의 개선이 시급하였다. 복잡한 재해경보 의사결정 구조로 인해 피해가 증가되고 있었다. 또한 수도 하노이는 매년 반복적으로 홍수 피해를 겪고 있지만 배수가 잘 되지 않아 피해가 증가하고 있었다. 돌발적으로 발생하는 홍수를 사전에 신속하게 예측할 수 있는 기술 역량 강화도 시급하다.

베트남은 우리나라 정부에 우선적으로 천리안위성 수신 시스템과 현재 아날로그로 되어 있는 과거자료의 디지털 변환을 요청하였다. 천리안 위성수신 시스템 지원은 계획중에 있다.

베트남의 홍수 피해 저감을 위해 행정체계 개선사업, 과거 자료의 디지털화 사업, 천리안위성 수신 시스템, 배수펌프장 설치를 권장한다.

① 재해 대응을 위한 행정조직 역량 강화

❍ 목적
- 베트남의 홍수 예·경보는 매우 비효율적으로 운영되고 있음, 홍수예보 절차는 인민위원회에 우선 통보되고 위원회 산하의 홍수위원회의 결정으로 경보를 발령하기 때문에 시간을 놓쳐 대부분 사후처리에 국한되는 경우가 많음
- 재해 피해를 저감하기 위해서는 반드시 행정체계의 개선 필요
- 베트남 행정조직 및 선진국 행정조직을 분석하여 재해 맞춤형 행정조직으로 개선

❍ 효과
- 재해 대응에 신속한 행정체계 구축으로 인명피해 최소화
- 재해뿐 아니라 국가의 행정체계 발전의 기틀 마련
- 향후 우리나라와 정책 교류를 통한 파트너쉽 형성

❍ 예산
- 약 5억 원($46만) / 반복

② 과거 자료의 디지털화 작업 및 D/B 구축

❍ 목적
- 베트남은 과거 자료가 아직 종이문서 형태로 존재하여 기초자료로서 원활히 활용되지 못하고 있음
- 모든 시스템은 정확한 기초자료를 바탕으로 효용성 있는 예측이 가능, 활용할 수 없거나 정확하지 못한 자료의 경우 첨단시스템이라도 그 성능을 원활히 활용할 수 없음
- 아날로그 데이터를 디지털 데이터로 복원하고 전환하여 D/B로 구축

❍ 효과
- 모든 사업의 기초자료로 활용되어 정확한 예측이 가능
- 기초사업으로 향후 유상 원조 및 기상산업 진출에 유리

❍ 예산
- 약 20억 원($185만) / 4년

③ 천리안 수신 시스템 구축(중규모)

❍ 목적
- 천리안 기상위성은 동남아 기상예측 활용에 최적의 위치
- 천리안 위성 수신 자료를 통해 좀 더 면밀한 기상 예측 가능
- 베트남에서 가장 우선적으로 요청
- 기상청에서 지원예정

❍ 효과
- 좀 더 정밀한 기상예보를 통한 자연재해 피해 저감
- 우리나라 기상기술력의 국제적 위상 제고

❍ 예산
- 약 4억 원($37만) / 2년

④ 배수 펌프장 설치

❍ 목적
- 하노이시의 빗물 배수망의 처리 능력은 현재 50~60mm(2일간)에 지나지 않음, 매년 큰 비가 내릴 때마다 시내 각처에서 침수가 반복적으로 발생
- 2030년까지의 수도 하노이 건설 마스터 플랜에서 배수망 발전 방침 발표
- 배수 시설을 계획하고 추진하고 있지만 여전히 홍수 피해 저감에는 부족한 실정, 추가적인 배수 시설의 필요

❍ 효과
- 하노이 침수피해 저감을 통한 인명 및 재산 피해 보호
- 우리나라 배수 기술의 국제적 위상 제고
- 국내 배수관련 기업의 베트남 진출 발판 마련

❍ 예산
- 약 120억 원($110만) / 3년

❑ 필리핀

필리핀의 많은 국민들은 경제성 및 생활편의를 위해 강 주변에 거주하고 있다. 그러나 강폭이 좁고 강 주변 거주 인구가 증가함과 함께 홍수위가 높아지고 있어 홍수 피해에 점차 취약해지고 있다. 특히 파시그강 주변 지역이 취약하였다.

필리핀은 재해취약성이 높아 여러 기관들로부터 장비를 공여 받았으나 통신체계가 미약하여 사업 효율성이 떨어지고 있다. 또한 각 부서별 정보가 연계되지 못하고 별개로 진행되고 있어 시너지효과를 낼 수 없다.

필리핀은 우리나라에 천리안 위성 수신 시스템, 강 정보 관리 시스템 구축사업, 재해관련 기본 관측자료의 획득을 위한 기본 관측망 구축사업(기상자료, 수문자료, 원격탐사자료)을 요청하였다. 강 정보 조사 및 재해 관측 기초자료 구축은 많은 시간과 비용이 소요됨으로 많은 준비기간을 가져야 한다. 우리나라는 필리핀 메트로 마닐라 지역에 홍수 예·경보 시스템 구축사업을 진행하였다. 효율적인 사업 진행을 위해 자동 경보시스템 구축이 필요하다.

필리핀의 홍수 피해 저감을 위해 파시그강의 준설, 재해 전용 통신시스템의 구축, 통합홍수 데이터 분석 시스템 구축, 마닐라 메트로 지역 홍수 자동 경보 시스템 구축 등의 사업을 권장한다.

① 파시그 강 준설 보강사업

❍ 목적
- 메트로 마닐라지역은 홍수 발생이 매우 잦은 곳, 많은 사람들과 가옥들이 강주위에 밀집되어 있으며, 특히 파시그강 주변은 빈민가로 형성되어 재해피해에 매우 취약한 상태
- 대부분의 강들이 강바닥이 높아져 있으며, 강폭 또한 매우 좁은 상태로 짧은 시간에 내리는 많은 비에는 매우 취약
- 강바닥에 쌓인 토사 제거를 통한 강의 유량을 증가할 필요가 있음

❍ 효과
- 홍수 예방 및 재해 대응시간 확보
- 썩어있는 강바닥의 오염물질을 제거하여 수질 개선
- 현장공사로 인한 지역민 고용 효과
- 홍수로 인한 인명 및 재산 피해 저감 효과

❍ 예산
- 약 260억 원($2,400만) / 3년

② 재해정보 전용 통신 시스템 구축

❍ 목적
- 필리핀 내 설치되어 있는 상당수의 관측 장비들이 태풍이 발생하였을 때 현재 상용 통신망이 작동되지 않는 경우가 많아 해당 정보가 가장 필요한 시점에 기상청 본사로 정보를 보내지 못하는 경우가 많음
- 기상 정보를 실시간으로 송수신 할 수 있는 통신장비 필요
- 긴급 상황을 대비한 다양한 통신 채널 구축

❍ 효과
- 실시간 체계적 정보 송수신으로 신속한 재해경보 발령 가능
- 정보의 정확성 증가 및 다차원적 정보 해석의 활용성 증가

❍ 예산
- 약 10억 원($93만) / 3년

③ 통합홍수 데이터 분석 시스템 구축

❍ 목적
- 각종 기상·수문·강 관측 및 실시간 자료는 산출되나 자료전송이 제대로 이루어지지 않아 분석에 활용하지 못하고 있음, 수집된 자료를 통합적으로 관리하고 분석할 수 있는 시스템 또한 부재
- 재해관련 업무의 부서들은 서로 정보를 공유하지 못하고 개별로 대처하고 있음
- 필리핀 내 다수의 지역사회 기반 홍수경보 체계들은 해당 지역 내 정권이 바뀌거나 새로운 담당자가 임명되면서 기존에 있던 홍수경보 지침이 더 이상 활용되지 않음
- 재해관련 자료를 공유하고 통합 처리하는 시스템 필요
- 관련 업무 및 대처 등은 D/B로 구축하여 통합 관리 필요

❍ 효과
- 재해관련 업무의 지속성 유지
- 통합관리를 통한 효율적 대처 가능
- 지속적 정보 교류를 통한 분야별 발전 가능성 확보

❍ 예산
- 약 10억 원($93만) / 3년

④ 마닐라 메트로 지역 홍수 자동 경보 시스템 구축

❍ 목적
- 필리핀에는 태풍 등으로 짧은 시간에 집중 호우가 자주 발생
- 때문에 한국국제협력단은 필리핀에 조기경보시스템 구축 사업을 여러 차례 추진
- 하지만 자주 변화하는 수위에 맞게 자동으로 경보를 발령하는 시스템의 보완 필요
- 홍수취약지역에 위치한 강에 대한 실시간 수위 관측 장비 설치하고 자동 경보상황 발령 시스템과 연계

❍ 효과
- 실시간 변화하는 상황을 경보하여 인명 및 재산 피해 저감
- 홍수 예·경보 시스템의 국제적 위상 제고

❍ 예산
- 약 12억 원($110만) / 3년

❑ 인도네시아

인도네시아는 수많은 섬으로 이루어진 지형적 특성으로 통신체계가 필수적이다. 그러나 재해 전용 통신체계의 미흡으로 재해 대응 역량을 현저히 저하시키고 있어 시급한 개선이 요구된다.

인도네시아는 여러 기관에서 지원은 많이 받아 쓰나미 예·경보 시스템 등은 최첨단 장비를 보유하고 있다.

우리나라로부터 장기예보 자료를 수신중이다. 자료의 표준화를 위해 주요 도시들의 수치예보 자료 수신 시스템을 요청하였다. 천리안 위성 수신시스템도 요청하였다.

인도네시아의 재해 역량 강화를 위해 지형을 고려한 통신체계, 천리안 위성 수신 시스템, 수치예보 교류체계 사업을 권장한다.

① 지역 맞춤형 재해 정보 통신 전달체계 구축

❍ 목적
- 인도네시아의 경우 수많은 섬으로 이루어져 있어 통신인프라 구축에 선진 기술 및 많은 투자 필요
- 재해 대응에 대한 일정부분은 지원을 통해 보완 되었지만 서로간 통신체계가 미약하여 효율성을 저하시키고 있음
- 각 섬별 통신체계를 구축하여 재해 발생시 신속한 정보를 교류할 수 있는 시스템 구성
- 긴급 상황에 대비한 다방면의 통신 채널 확보

❍ 효과
- 신속한 경보발령으로 재산 및 인명피해 최소화
- 통신체계 구축으로 다양한 정보교류의 폭 확대

❍ 예산
- 약 10억 원($93만) / 2년

② 홍수 피해 저감을 위한 천리안 수신 시스템 구축(중규모)

❍ 목적
- 인도네시아는 월평균 400㎜가 넘는 높은 강우강도로 인해 홍수 피해 심각
- 기상 레이더와 함께 홍수를 예측할 수 있는 기상위성 정보 필요, 우리나라 천리안 기상위성은 동남아 기상예측 활용에 최적의 위치
- 천리안 위성 수신 자료를 통해 좀 더 명확하고 빠르게 홍수 예측 가능
- 인도네시아 기상청에서 가장 우선적으로 요청

❍ 효과
- 좀 더 정밀한 기상예보를 통한 자연재해 피해 저감
- 우리나라 기상기술력의 국제적 위상 제고

❍ 예산
- 약 5억 원($46만) / 2년

③ 수치예보자료 교류 체계 구축

❍ 목적
- 장기예보는 한국으로부터 자료를 수신하여 활용 중, 그러나 주요 도시에 대한 수치 예보 자료는 제공받지 않아 실효성이 떨어지고 있어 장비 및 자료의 표준화를 위해 한국에 추가지원을 요청
- 수치예보 자료를 공유할 수 있는 시스템 구축

❍ 효과
- 신속한 경보발령으로 재산 및 인명피해 최소화
- 통신체계 구축으로 다양한 정보교류의 폭 확대

❍ 예산
- 약 5억 원($46만) / 2년

❑ 캄보디아

캄보디아는 홍수와 가뭄으로 인한 피해가 심각하다. 사회전반에 걸쳐 대부분의 인프라가 부족하고 열악하여 더 많은 재해 피해를 초래하고 있다.

메콩강은 매년 우기에 범람하여 주변지역에 피해를 발생시키지만 돌발적으로 발생하는 홍수를 예측할 수 없고 대피시설이 부족하여 반복된 피해가 발생한다. 또한 재해관리를 위한 법이 없어 책임 소재가 불명확하고 재해 대응 행정체계가 구축되어 있지 않아 혼란을 야기하고 있다.

매번 반복되는 홍수 예방을 위해서는 홍수 위험지도, 재해경감을 위한 토지이용계획, 체계적으로 구축된 기초자료가 필요하다.

캄보디아는 우리나라에 긴급대피시설, 재난 대비 교육 프로그램, 홍수 예·경보 시스템, 천리안 위성 수신 장치를 요청하였다.

캄보디아의 홍수 피해 경감을 위해서는 메콩강 지역 긴급 대피시설 확보, 돌발홍수 예·경보 시스템 구축, 재해관리 법제도 및 행정체계 구축, 과거 자료의 디지털화 작업 및 D/B 구축, 톤레삽 지역 토지이용계획, 홍수 위험지도 제작 등의 사업을 권장한다.

① 메콩강 지역 긴급 대피시설 확보

❍ 목적
- 캄보디아 주민들은 소득원, 생활편의 등을 위해 메콩강 주변에 집을 짓고 사는 경우가 많음
- 하지만 메콩강 범람시 대피할 곳이 마땅치 않아 더 많은 재산 및 인명 피해 발생
- 메콩강 주변 학교, 공공기관 등 긴급 대피시설로 활용할 수 있는 건물의 확대 지정 및 응급물자 비치
- 대피시설이 부족한 지역은 교육기관을 건설하여 긴급상황시 대피시설로 활용
- 긴급 대피시설의 위치 및 행동요령 전파

❍ 효과
- 인명 피해의 최소화
- 교육 기회의 확대
- 재해 대응에 체계적 행동 유도

❍ 예산
- 약 100억 원($923만) / 3년

② 돌발홍수 예·경보 시스템 구축

❍ 목적
- 캄보디아의 경우 잦은 홍수 피해로 많은 인명 및 국가적 손실 발생
- 재난 발생시 현재의 상황을 정확히 분석하여 신속하게 의사결정을 하기 위해서는 사전예방 기술이 필요
- 대표적 사전예방기술 조기경보시스템을 구축하여 사전에 위험을 통보
- 우리나라는 이미 선진기술력을 확보하고 있어 비교적 기술 전수가 용이
- 가장 직접적이고 효율적인 재해 저감 방법

❍ 효과
- 신속한 정책 및 행동을 결정하여 피해를 최소화
- 사업비용 대비 효율적 사업성과 기대
- 우리나라의 사전예방기술의 국제적 위상 제고

❍ 예산
- 약 30 억 원($28만) / 3년

③ 재해관리 법제도 및 행정체계 구축

❍ 목적
- 캄보디아는 재해관리를 위한 국가정책이나 법이 아직 없음, 제안된 정책도 1997년에 처음 토론된 이후로 3번의 수정을 거쳤으나, 아직 각료 이사회에서 승인되지 않아, 장관(수상)에 의한 공식문서로 서명되지 못하고 있는 실정
- 또한 효율적인 공무원 행정조직업무를 수행할 수 있는 주와 지역의 리더십, 특히 재난관리활동과 관련한 정부의 능력은 구체적인 역할과 책임, 통신선의 투명성 부족 그리고 의사결정을 만들고 계획하고 실행하기 위한 기준의 불충분한 이해 때문에 제약을 받음
- 이런 실태로 재해 발생시 혼란을 야기하여 피해를 증가시킴
- 캄보디아의 법제도 및 행정체계를 분석하고 선진제도와 비교분석을 통해 적합한 법 및 제도 구축

❍ 효과
- 명확한 책임소재로 재해 대응역량 강화
- 법적기준을 통한 신속한 결정 가능
- 재해에 대한 체계적 대응

❍ 예산
- 약 5억 원($46만) / 2년

④ 과거 자료의 디지털화 작업 및 D/B 구축

❍ 목적
- 체계적으로 구축된 관련 자료는 재해 예방에 가장 기본적인 요소
- 향후 미래 예측을 위해서는 과거 자료를 바탕으로 전망해야 함, 뿐만 아니라 기초자료는 정책 등의 의사결정의 중요한 기준
- 캄보디아는 아직까지 과거자료가 종이 등 아날로그 형태로 존재하여 활용가치가 미약함
- 재해 관련 분석 및 예측을 위해 아날로그 자료를 디지털화 하고 D/B로 체계화 필요

❍ 효과
- 다양한 기술 및 연구 분야 발전에 기초자료 활용
- 명확한 자료를 통한 실효성 있는 결과 도출

❍ 예산
- 약 35억 원($323만) / 4년

⑤ 톤레삽 지역 토지이용계획

❍ 목적
- 톤레삽 호수는 우기가 되면 강이나 하천이 역류하여 호수 크기의 약 4배로 범람, 소득원이 부족한 주민들은 호수 주변에서 생활하여 피해를 직접적으로 받음
- 점차 호수 주변 생활하는 주민들이 증가하여 오염 등을 발생 가능성 증가
- 톤레삽 호수는 주민들의 생활터전으로 계획적이고 안전한 토지이용 필요
- 톤레삽 호수의 특성 및 주민 생활환경을 분석하여 안전하고 지속 가능한 토지이용계획 수립

❍ 효과
- 환경을 고려한 공간배치로 주민의 안전성 및 토지이용 효율성 증가
- 주민들의 삶의 질 향상
- 지속가능한 공간 창출

❍ 예산
- 약 7억 원($65만) / 2년

⑥ 홍수 위험지도 제작

❍ 목적
- 캄보디아는 재해를 분석하고 체계적으로 구축한 자료가 거의 없어 반복적 피해 발생
- 특히 많은 피해를 발생하는 홍수에 대한 정보 미흡
- 잦은 홍수피해 지역이나 위험지역을 조사하고 위험 지도로 작성하여 정책 결정에 활용하여야 함
- 주민들에게 공개하여 보다 정확한 내용 전달 및 대처를 유도

❍ 효과
- 위험지역에 대한 효율적 정책 및 지원 가능
- 공여국 지원사업의 기초 자료로 활용
- 산업발전에 기초 자료로 활용

❍ 예산

- 약 30억 원($280만) / 3년

❑ 스리랑카

스리랑카는 홍수피해가 심각하다. 중부지역은 높은 산악지대가 위치한 특성으로 홍수로 인한 산사태 피해도 심각하다. 특히 켈러니강은 조기경보시스템이 미약하여 피해가 많다.

특이한 점은 점차 낙뢰로 인한 인명피해가 증가하고 있다. 국내에서도 KOICA 봉사단원이 사망하는 사례가 발생하였다.

당국의 역량 부족과 재해정보통신체계 미비는 재해 대응에 걸림돌로 작용하고 있다.

스리랑카는 우리나라에 기상자료 디지털화, 기상 레이더 설치, 낙뢰 피해예방사업 등을 요청하였다. 기상 레이더의 경우 국산화율이 저조해 사업성이 떨어진다고 판단되는 사업이다.

스리랑카의 홍수 및 홍수로 인한 산사태 피해를 저감하기 위해 켈러니강 홍수 예·경보 시스템 구축, 스리랑카 중남부 산사태 예방 시스템 구축, 재해정보통신체계 구축, 낙뢰 예방 시스템 구축 사업을 권장한다.

① 켈러니강 홍수 예·경보 시스템 구축

❍ 목적
- 스리랑카는 현재 대형 댐 위주로만 조기경보 시스템이 구축되어 있어 중소하천 11개 주변에 사는 주민의 피해가 큼, 특히 켈러니강의 홍수 예·경보시스템이 미흡하여 피해 증가
- 피해를 사전에 저감할 수 있는 첨단 예·경보 시스템 필요

❍ 효과
- 홍수취약지역 개선을 통한 인명 및 재산 피해 저감의 효율성 증진
- 스리랑카의 안전성 확보로 국제 산업 자본 유입 증가
- 우리나라 기업의 스리랑카 진출 발판 마련

❍ 예산
- 약 30억 원($280만) / 3년

② 스리랑카 중남부 산사태 예방 시스템 구축

❍ 목적
- 스리랑카는 중남부의 산악지대가 높게 형성되어 있어 잦은 홍수로 인한 산사태 피해 급증, 관광객 피해도 증가
- 산사태에 취약지역 조사를 통해 산사태 위험지도 제작
- 산사태 조기경보 시스템을 구축하여 위험지역 사전 경보체계 구축
- 사방댐 설치를 통해 구조적 피해 저감

❍ 효과
- 산사태 발생의 예방 및 저감을 통해 인명 및 재산 피해 최소화
- 안전성을 기반으로 관광산업 발전
- 주변 주민들의 안전성 및 소득 증대 확보

❍ 예산
- 약 120억 원($1,107만) / 4년

③ 재해정보통신체계 구축

❍ 목적
- 재해피해 저감은 실시간 관련자료 분석을 통한 조기경보 발령이 매우 중요, 하지만 현재 스리랑카 당국의 역량 부족과 유관기관 간 정보통신체계가 열악하여 피해 증가를 불러오고 있음
- 스리랑카 통신체계 및 선진 통신체계를 분석하여 가장 적합한 통신체계 구축
- IT강국인 우리나라의 최고 기술을 보완하여 재해정보 전용 통신체계 구축

❍ 효과
- 재해 관련 기초자료의 소통으로 효율적 의사 결정 가능
- 각 업무별 자료 및 지식 공유로 재해대응 역량 강화
- 스리랑카와의 협력 체계 구축

❍ 예산
- 약 20억 원($185만) / 3년

④ 낙뢰 예방 시스템 구축

❍ 목적
- 스리랑카는 홍수와 함께 낙뢰로 인한 피해가 증가하고 있음, 지난 2012년 10월 6일 하푸탈레에서 KOICA 해외봉사단원 2명이 낙뢰로 사망하는 사고 발생, 이외에도 스리랑카 자국내에서도 낙뢰로 인한 피해 증가
- 점차 증가하는 낙뢰 피해를 저감하기 위해 피뢰침 등 낙뢰 피해 예방 시설의 설치 필요
- 국민을 대상으로 낙뢰교육을 진행, 낙뢰는 예방 교육을 통해 그 피해를 획기적으로 감소시킬 수 있음

❍ 효과
- 시설물과 교육을 병행하여 낙뢰피해의 최소화 가능
- 관광산업 발전 기대

❍ 예산
- 약 10억 원($93만) / 3년

❑ 몽골

몽골은 조드와 가뭄으로 인한 피해가 심각하다. 사막화 방지에 대한 국제적 관심이 높아 수자원 활용분야는 지원을 많이 받은 상태이다. 그럼에도 가뭄에 대한 피해를 원활히 경감하지 못하고 있다.

기상관측을 통해 재해를 대응해야하나 기상관측장비의 부족으로 재해피해를 사전에 경감하지 못하고 있다. 또한 몽골은 기후변화 영향에 매우 취약하여 구체적인 미래 기후변화 시나리오가 필요하다.

몽골의 문화적 특성상 유목생활을 하기 때문에 고정된 방재시설의 효율성이 저하되고 있다.

몽골의 조드 및 가뭄 피해를 저감하기 위해 기상관측 장비 개선, 빗물 이용시설 설치, 지역별 미래기후변화 시나리오 구축, 지역 특성을 고려한 통신 시스템 개발 등의 사업을 권장한다.

① 기상관측 장비 개선

❍ 목적
- 몽골은 돌발적 극한 기상으로 인한 피해가 매우 크지만, 기상관측소 130개소 중 70소는 재래식 기상관측장비를 사용
- 나머지 자동기상관측장비가 설치된 60소의 자동기상관측장비도 대부분이 부분고장 또는 전체고장으로 관측기능을 제대로 수행하지 못하고 있는 실정
- 돌발적으로 발생하는 재해를 예방하기 위해서는 기상관측 장비의 개선이 필요
- 전문 인력이 부족하여 기술 교육도 병행 필요

❍ 효과
- 사전 예보 기술력 상승으로 재해 피해의 최소화 가능
- 우리나라 기술력 이전을 통한 국내 기업의 몽골 진출 발판 마련
- 몽골 기상 기술 발전에 이바지

❍ 예산
- 약 35억 원($323만) / 3년

② 빗물 이용시설 시범 설치 사업

❍ 목적
- 몽골은 연평균 강수량이 50~400mm로 매우 적으며 그 중 65~78%가 여름에 내리는 기후 특성으로 관리가 중요, 현재 몽골은 가뭄피해가 심각함
- 사막화방지협약(UNCCD) 및 각 나라에서 몽골의 효율적 수자원 관리 지원에 노력
- 빗물을 저장하고 유용하게 사용할 수 있는 구조 필요
- 일정 지역을 대상으로 빗물 이용 체계 구축

❍ 효과
- 국가 수자원 관리의 효율성 증대
- 물 부족 해소에 도움

❍ 예산
- 약 30억 원($280만) / 3년

③ 몽골 지역별 미래기후변화 시나리오 구축

❍ 목적
- 몽골은 이미 사막화가 심각하게 진행됐고 중점적 노력 없이는 더 나빠질 전망, IPCC 보고서에는 2080년 몽골의 92%가 사막화 될 것으로 예상
- 기후예측을 위한 상세 시나리오 없어 향후 기후변화 적응 정책 결정에 어려움 존재
- 현재 우리나라 기상청의 기후예측 기술을 바탕으로 몽골 지역별 1km 상세 시나리오 구축
- 교육용 시나리오 책자 배포 및 교육과정에 활용

❍ 효과
- 지역별 맞춤 정책을 통한 기후변화 적응 역량 강화
- 기후변화 적응에 대한 주민의식 제고
- 우리나라 기후변화 예측분야의 국제적 위상 제고

❍ 예산
- 약 7억 원($65만) / 2년

④ 국민의 방재 대응 역량 강화를 위한 통신 시스템 개발

❍ 목적
- 몽골의 특성상 국토면적이 넓고 유목 생활을 하기 때문에 고정적 방재 시설 등은 효율성이 낮음
- 재해 대응역량을 강화하고자 유목민들을 대상으로 방재정보를 수신할 수 있는 통신수단 개발 필요
- 통신수단 개발을 통해 언제 어디서나 재해 대응을 할 수 있는 체계 구축
- 개발방안 연구, 통신 시스템 구축, 통신 장비 개발
- 우리나라 정보기술(IT)의 적극 활용

❍ 효과
- 개인별 직접적인 재해 대응 역량 강화
- 지역 맞춤형 지원으로 사업 효율성 제고
- 우리나라 IT산업의 몽골 진출 기회 마련

❍ 예산
- 약 15억 원($140만) / 3년

제3절 정책제언

❑ 동아시아 기후변화유발 재해경감 센터(가칭) 설립

동아시아 국가간 기후변화유발 재해경감 관련 현황, 기술, 정보, 교육 등을 교류하고 통합하여 효율적으로 운영할 수 있는 기구가 필요하다. '동아시아 기후변화유발 재해경감 센터'설립으로 기후변화 대응에 대한 국제사회 위상을 제고할 수 있다.

동아시아 기후변화유발 재해경감 센터의 주요 기능은 다음과 같다.

- 실시간 위성 정보 공유(기상 및 해양), 동아시아 레이더 정보의 공유(동아시아 레이더 네트워크 구축)
- 동아시아 지역의 기후변화 중장기 예측 및 대응(APEC 기후센터 협조)
- 기후변화유발 재해 대응(도시재해, 쓰나미 등 포함) 교육·훈련, 정보 공유
- 각 부처에서 별개로 운영되는 기후변화 재해 교육 및 프로그램을 통합하여 운영

❑ 한국국제협력단에 개도국 지원 사업 사후관리 전담 부서 신설

동아시아 개도국 지원 사업의 대표적 문제점 중 하나는 사업 종료 후 관리 운영이 원활히 이루어 지지 못한다는 것이다. 현재 한국국제협력단과 별개의 부처별 개별적 지원으로 체계적 관리가 곤란하다. 이로 인해 지원받은 개도국의 운영재원 및 전문인력 지원이 원활하지 못하고 A/S에 대한 구체적 방안이 부족할 것으로 예측된다.

그러므로 한국국제협력단에 개도국 지원 사업 사후관리 전담 부서를 신설하여 효율적 관리를 해야 한다.

사후관리 전담 부서의 주요 역할은 다음과 같다.

- 수원국들의 독자적 운영이 가능하도록 운용요원에 대한 교육
- 교육훈련에 필요한 제반 환경 지원
- 지원시스템의 원활한 관리 운영이 될 수 있도록 예비품 및 기술 지원
- 사후 운영 교육, 전산 및 네트워크 운영/보완 지침 가이드 지속적 개발
- 인터넷 통신 기술을 활용한 통합 A/S 시스템 구축 및 운영
- 부처별 지원된 ODA 사업의 사후관리 통합

❑ 재해대응 구조물의 경관 개선

동아시아 개도국은 대부분 문화·자연 등 관광자원이 풍부하고 보존 가치가 높다. 관광산업을 통한 재원도 국가 발전에 큰 바탕이 된다. 경관은 관광산업에 큰 요인이다. 기능만을 고려한 방재시설의 경우 개도국 경관을 해칠 위험요인으로 작용할 여지가 크다. 지원시설 설치에 앞서 각 지역에 특성에 맞는 경관 디자인을 고려하여 반영하는 것이 필요하다. 이를 통해 지역 소득 창출 및 발전에 이바지할 것으로 기대한다.

❑ 기후변화유발 재해 관련 대상국가별 정밀 진단을 위한 연구사업 지속

베트남, 필리핀, 인도네시아 등 본 연구에서는 사례대상 국가 6개국에 대해 필요사업 및 권장사업을 제시하였다. 제시한 국가별 사업의 구체적 개발 및 진행방안, 그 외 국가 및 타 분야의 사업을 추가적으로 연구하여 동아시아 개도국의 기후변화유발 재해를 효율적으로 경감하여야 한다.

기후변화유발 재해의 지속적인 노력은 지원사업의 효율성을 높이는 동시에 우리나라 기업들의 동아시아 개도국 진출 기회를 제공할 것이다.

참고문헌

1. 국립방재연구소(2011), “기후변화로 인한 재해경감기술 현황”, 방재연구 Vol.13. No.3.

2. 국립방재연구소(2010), “A Study on Developing Roadmap for Disaster Risk Reduction through Climate Change Adaptation in Asia and the Pacific”.

3. 국립방재연구소(2010), “아시아-태평양 재해정보 분석(2010)”.

4. 국립방재연구원(2010), “선제적 대응을 위한 조기경보시스템”, 방재연구지 제12권 제1호(통권 45호).

5 국립방재교육연구원방재연구소(2010), “지능형 형상정보 인식기술을 이용한 재난관리 고도화 기법개발(2010)”.

6 국립방재교육연구원방재연구소(2009), “산지유역 돌발 홍수 대응체계 조사·분석 연구 : 자동우량경보시설을 중심으로”.

7. 국립방재교육연구원방재연구소(2009), “태풍위원회 통합 태풍재해정보 분석시스템 구축”.

8. 국립방재교육연구원방재연구소(2009), “미래형 재난대비 통신체계 구축 기획 연구”.

9. 국립방재교육연구원 방재연구소(2008), “삶의 질 향상과 지속가능한 재난저감대책”, 「제13회 방재안전세미나」.

10. 국립방재교육연구원 방재연구소(2008), “국제방재공동체 추진을 위한 국제 방재전략 조사·연구 : 아시아·태평양 지역을 중심으로”.

11. 국립환경과학원(2008), 「한국판 스턴 보고서 작성을 위한 기초연구」.

12. 국립방재연구소(2008), “Analysis of Disaster Information of Typhoon Committee Member Countries”.

13. 국립방재교육연구원방재연구소(2006), “태풍위원회 방재분야 조기경보시스템 구축방안 연구”.

14. 국립방재연구소(2005), “기후변화에 대한 자연재난 대처방안 연구”.

15. 국립방재연구소(2008), 「태풍위원회 회원국 태풍재해 특성 및 재난관리 체계 비교분석」.

16. 국립기상연구소(2010), 「IPCC 5차 평가보고서 대응을 위한 기후변화 시나리오 보고서 2011」.

17. 국립방재연구소(2001), “종합재해경보전달체계 구축방안에 관한 연구”.

18. 국립방재연구원(2008), “u-방재 city 기본계획 및 구축에 관한 연구”.

19. 국립방재연구원(2008), “기후변화에 따른 풍수해 재난관리 종합계획 연구”.

20. 국립방재연구원(2009), “홍수범람모의 표출 및 정보지원시스템 구축”.

21. 국립방재연구원(2009), “GIS 기반 소하천 홍수방재시스템 프로토타입 개발”.

22. 국립방재연구원(2009), “극한가뭄 대응방안에 관한 연구”.

23. 국립방재연구원(2011),「급경사지 붕괴경보 및 대피기준 설정」.

24. 국립방재연구소(2010), “선제적 대응을 위한 조기경보시스템”, 방재연구지 제12권 제1호(통권45호).

25. 국립방재연구소(2010), “A Study on Developing Roadmap for Disaster Risk Reduction through Climate Change Adaptation in Asia and the Pacific”.

26. 국립방재연구소(2001), “종합재해경보전달체계 구축방안에 관한 연구”.

27. 국립방재연구소(2005), “기후변화에 대한 자연재난 대처방안 연구”.

28. 국립방재연구소(2006), “태풍위원회 방재분야 조기경보시스템 구축방안 연구”.

29. 국립방재연구소(2010), “아시아-태평양 재해정보 분석”.

30. 국립방재연구소(2010), “지능형 영상정보 인식기술을 이용한 재난관리 고도화 기법개발”.

31. 김대환 외(2009), “국제개발협력 분야별 민관협력 활성화 방안”.

32. 김종걸 외 5인(2009), “자연재해 저감기술 개발전망 조사 연구, 대한안전경영과학회 춘계학술대회”.

33. 김만재·황성남(2011), “기상재해의 사회적 접근에 관한 모색”.

34. 김백조 외(2009), “한반도 남해안에 상륙한 태풍에 따른 재해 특성 분석”.

35. 김수일(2011.12.16.), “기후변화에 따른 미래 에너지 이용 예측 및 전망”.

36. 니콜라스 스턴(2006), “Stern Review on the Economics of Climate Change”, 박년배 번역

37. 류석형·이규혁(2003), “디지털 위성방송을 통한 기상정보 / 재해방송 구현 및 기상자료 전파체계 연구”.

38. 명수정(2012.02.03.), “기후변화적응과 사회기반시설의 취약성 평가”.

39. 명수정 외(2009), “기후변화 적응 강화를 위한 사회기반시설의 취약성 분석 및 대응방안 연구Ⅰ”, 2009-10.

40. 박기준 외(2010), “재개기상연구 선진화 방안 연구”.

41. 박정규(2012. 04. 19), “우리나라 항공기상분야 기술현황 및 동남아 개도국(몽골) 기술지원 방안”, (사)환경과문명 워크숍.

42. 박종길 외(2005), “해일재해 예측을 위한 기준 설정 및 검증”.

43. 박종길 외(2004), “한반도 기상재해 현황과 태풍재해”.

44. 박희수(2009.07.13), “불평등한 기후변화”, 동아시아기후파트너쉽 발표자료.

45. 베트남 환경부(2011),「National Climate Change Strategy」.

46. 베트남 환경부(2008),「National target Program To Respond To Climate Change」.

47. 변희룡(2006), “가뭄예측의 현재와 미래”.

48. 산림청(2012),「산사태 예방·대응 현장매뉴얼」.

49. 서장원(2012. 04. 19), “우리나라 해양기상분야 기술현황 및 동남아 개도국 기술지원 방안”, (사)환경과문명 워크숍.

50. 성지혜 외(2011), “최근 우리나라 기상재해 피해 현황 분석”.

51. 소방방재청(2010), “기후변화에 대응한 녹색 방재”, 방재의 날 기념 제 15회 방재안전 세미나 발표자료.

52. 손철(2011), “재해영향예보를 위한 전제조건”.

53. 손승희(2012. 04. 19), “천리안 기상위성 수신분석시스템 동아시아 개도국 지원”, (사)환경과문명 워크숍.

54. 손성화·이종국(2004), “지구촌 자연재해 영향분석”.

55. 스리랑카 환경부(2010),「National Climate Change Adaptation Strategy for SriLanka 2011 to 2016」.

56. 스리랑카 환경부(2010),「SRI LANKA THE EMERGING WONDER OF ASIA」.

57. 스리랑카 환경부(2011),「Sri Lanka's Second National Communication on Climate Change」.

58. 신용승(2012.01.06.), “기후변화에 따른 건강영향 평가·적응 정책현황 및 추진방향”.

59. 심규철(2012. 03. 07), “동아시아 개도국 대상 재해 유형 및 현황”, (사)환경과문명 워크숍.

60. 안명환(2012. 03. 07), “동아시아 지원사업 현황과 새로운 기상·기후 분야 협력사업”, (사)환경과문명 워크숍.

61. 안숙희 외(2007), “한반도 영향 태풍의 이동경로에 따른 재해특성분석”.

62. 엄원근(1996), “기상재해가 국민경제에 미치는 영향”.

63. 연세대학교 산학협력단(2008),「한반도 및 동아시아 기후변화 추세분석 및 원인규명」.

64. 운종혁(2010), “자연재난관리를 위한 통합형 조기경보모델. 숭실대 정보과학과 석사학위 논문”.

65. 유철환(2012. 04. 19), “우리나라 레이더활용 기술현황 및 동남아 기술지원 방안”, (사)환경과문명 워크숍.

66. 육근형(2012.01.06.), “해수면 상승에 대한 연안지역 적응전략의 현황과 방향”.

67. 이용우(2011.12.16.), “메가트렌드와 국토 미래 : 기후변화를 중심으로”.

68. 이범희(2006), “유럽의 홍수 예·경보 시스템 개발 사례”, vol.39 no. 7

69. 정태성(2012. 03. 07), “동아시아 개도국별 지원사업 현황과 지원이 필요한 협력사업”, (사)환경과문명 워크숍.

70. 조광우(2009), “해수면 상승에 따른 취약성 분석 및 효과적인 대응정책 수립 I -해안침식 영향평가”, 한국환경정책·평가연구원 녹색성장연구 2009-12.

71. 조정원(2012. 03. 07), “필리핀 기상·기후 재해 대응 실태 및 동향”, (사)환경과문명 워크숍.

72. 채여라(2011.12.16.), “우리나라 기후변화의 경제학적 분석”.

73. 캄보디아 환경부(2008), “Strategic National Action Plan : For Disaster Risk Reduction”.

74. 캄보디아 환경부(2006), “National Adaptation Programme of Action To Climate Change(NAPA)”.

75. 한국건설기술연구원(2006), “돌발홍수예·경보 기술동향, 건설기술정보 통권 266호”.

76. 한국국제협력단(2009), “기후변화대응을 위한 한국의 ODA전략 연구”.

77. 한국국제협력단(2011), “동아시아 주요국가별 기후변화 적응정책 조사”.

78. 한국환경정책·평가연구원(2006), “기후변화 영향평가 및 적응시스템 구축 Ⅱ”.

79. 한국환경정책평가연구원(2010), “프로그램형 접근방식을 통한 환경분야 ODA 지원방안 연구 및 동아시아 주요국가별 기후변화 적응정책 조사”.

80. 한국국제협력단(2011), 「Mapping The Environmentally Vulnerable Area In Jakarta Bay Indonesia」.

81. ADB(2012), “Intense climate disasters and development in Asia and the Pacific”.

82. BNPB(2008), 「HIMPUNAN PERATURAN PERUNDANGAN TENTANG PENANGGULANGAN BENCANA」.

83. Edvin Aldrian(2011), 「Adaptasi dan Mitigasi Perubahan Iklim di Indonesia」.

84. EEPSEA(2009), 「Climate Cahnge Vulnerability Mapping for Southeast Asia」.

85. ESCAP(2010), 「Protecting Development Gains : Reducong Disaster Vulnerability and Building Resilience in Asia and the Pacific」.

86. Ilan Noy etc.(2009), 「The Economics of Natural Disasters in a Developing Country: The Case of Vietnam」.

87. Iponre(2009),「Ha Tinh Assessment Report on Climate Change」.

88. IPCC(2007),「4차 평가보고서」.

89. OECD(2008),「환경전망 2050 보고서」.

90. PEACE(2007),「Executive Summary : Indonesia and Climate Change」.

연구자료 기후변화 2012-08-283

동아시아 개도국 기후변화유발 재해경감 및 GAP 극복방안 연구

발 행 2012년 10월

발행인 박 대 원

발행처 한국국제협력단

편집인 기후변화대응실

주 소 경기도 성남시 수정구 대왕판교로 825(우:461-833)

전 화 031) 740 - 0289

팩 스 031) 740 - 0663

홈페이지 http://www.koica.go.kr

[본 보고서의 저작권은 한국국제협력단에 있으며, 한국국제협력단의 허락 없이 무단 전제와 복제를 금합니다.]

ISBN : 978-89-6469-130-4 93320