동아시아 주요국 재생에너지 기반조사 및 분석

2012. 10

연구진

연구책임자

은 종 환 • (주)에코시안 대표이사

공동연구원

김 성 우 • (주)에코시안 신사업부문 상무

이 경 화 • (주)에코시안 해외사업그룹 실장

배 혜 미 • (주)에코시안 해외사업팀 컨설턴트

고 은 • (주)에코시안 해외사업팀 컨설턴트

본 연구보고서는 (주)에코시안에 연구용역으로 위탁·작성되었으며, (주)에코시안 은종환 대표이사가 책임연구원으로, 김성우 상무, 이경화 실장, 배혜미 컨설턴트, 고은 컨설턴트 등이 공동 연구원으로 참여하여 작성하였음을 밝힙니다.

본 연구보고서의 내용은 한국국제협력단의 공식적인 입장과 일치하지 않을 수 있습니다.

제 출 문

한국국제협력단 이사장 귀하

본 보고서를

[동아시아 주요국 재생에너지 기반조사 및 분석]

의 최종 보고서로 제출합니다.

2012년 10월

(주)에코시안 대표이사

은 종 환

목 차

약어 ····· xiii
국문 요약 ····· 1
Executive Summary ····· 4

Ⅰ. 연구개요 ····· 8
1. 연구 배경 및 목적 ····· 8
가. 연구 배경 ····· 8
나. 연구 목적 ····· 12
2. 연구 범위 ····· 13
3. 연구 일정 ····· 14
4. 연구 방법 ····· 15

Ⅱ. 동아시아 3국의 재생에너지 잠재력·사회제도적 현황 ····· 22
1. 동아시아지역 국가들의 전력 및 재생에너지 현황 개괄 ····· 22
가. 동아시아지역 국가들의 에너지 및 전력 현황 ····· 22
나. 동아시아지역 국가들의 재생에너지 현황 ····· 26
2. 동아시아 3개국 선정 기준 및 방법 ····· 31
3. 동아시아 3국의 재생에너지 잠재력 및 제도적 현황 ····· 38
가. 베트남의 재생에너지 잠재력 및 제도적 현황 ····· 38
1) Country Profile ····· 38
2) 에너지 및 전력 현황 ····· 40
3) 재생에너지 잠재력 ····· 53
4) 재생에너지 관련 사회시스템 ····· 64
나. 캄보디아의 재생에너지 잠재력 및 제도적 현황 ····· 79
1) Country Profile ····· 79
2) 에너지 및 전력 현황 ····· 82
3) 재생에너지 잠재력 ····· 94
4) 재생에너지 관련 사회시스템 ····· 108

다. 스리랑카의 재생에너지 잠재력 및 제도적 현황 ····· 121
1) Country Profile ····· 121
2) 에너지 및 전력 현황 ····· 123
3) 재생에너지 잠재력 ····· 135
4) 재생에너지 관련 사회시스템 ····· 148
4. 동아시아 3국의 재생에너지 잠재력 및 제도적 현황 ····· 164

Ⅲ. 동아시아 3국의 재생에너지 국제원조 사례연구 ····· 169
1. 베트남 ····· 169
2. 캄보디아 ····· 179
3. 스리랑카 ····· 188

Ⅳ. 동아시아 3국의 재생에너지 사업 수행방안 연구 ····· 203
1. 재생에너지 국제원조 규모 및 현황 개괄 ····· 203
2. 재생에너지 사업모델 선정 방법 및 결과 ····· 207
3. 재생에너지 사업 추진 시 고려사항 ····· 220
4. 재생에너지 사업모델별 수행방안 ····· 223

Ⅴ. 재생에너지사업 평가지침 ····· 248
1. 국제개발원조기구 재생에너지사업 평가지침 해외사례 분석 ····· 248
2. 재생에너지 사전조사 지침 개발 ····· 258
3. 재생에너지 사업 사후평가 지침개발 ····· 268

Ⅵ. 동아시아 재생에너지 사업 정책 제언 ····· 284
1. 국가별 재생에너지 사업 추진에 대한 제언 ····· 284
2. 재생에너지 사업 기획 및 관리 측면의 제언 ····· 286

참고 문헌 ····· 288

부록 ····· 299
Annex 1. 재생에너지 사후평가 점수체계안(案) ····· 300
Annex 2. 재생에너지사업 사전조사 성과지표 ····· 307
Annex 3. 3국 사업모델별 사업개요 ····· 308
Annex 4. 동아시아 3개국 재생에너지 전문가 인터뷰 질의문항 ····· 311

표 목차

[표 1] 연구 범위 ····· 13
[표 2] 연구 일정 ····· 14
[표 3] 연구 방법 ····· 15
[표 4] 3국의 재생에너지 자원 및 시스템 현황 관련 수령자료 목록 ····· 16
[표 5] 3국 자문단 세부정보 ····· 16
[표 6] 3국 연구대상 원조사업사례 ····· 17
[표 7] 재생에너지 원조사업 사례조사 관련 수령자료 목록 ····· 18
[표 8] 현장방문 지역 및 인터뷰 대상자 세부정보석 ····· 18
[표 9] 현장조사 항목 및 내용 ····· 19
[표 10] 재생에너지사업 수행방안 연구 절차 ····· 19
[표 11] 재생에너지사업 사후평가 지침개발 절차 ····· 20
[표 12] 아세안 주요국가 GDP 증가율 ····· 22
[표 13] 1980년~2007년 아세안 국가들의 에너지 수요 ····· 24
[표 14] 2008년 아세안 국가별 전력보급 현황 ····· 26
[표 15] 아세안 국가 2007년 발전원별 전력 생산량(MWh) ····· 27
[표 16] 아세안 국가 대상 2030년까지 개발가능한 재생에너지 잠재량 ····· 29
[표 17] 동아시아 3국 선정 기준 및 방법 ····· 31
[표 18] EACP 자금 지원 프로젝트 건수 ····· 33
[표 19] 한국국제협력단의 아시아지역 중점협력국 및 일반협력국(2008) ····· 33
[표 20] 2012년 동아시아기후파트너십 저탄소에너지사업 ····· 34
[표 21] 2005~2011년 한국국제협력단 10대 원조국가 순위 ····· 35
[표 22] 한국국제협력단의 대베트남 공여액과 순위(2007~2010) ····· 35
[표 23] 기후변화영향 분야별 12개 취약 국가 리스트 ····· 36
[표 24] 기후변화 리스크 취약도에 따른 국가분류 ····· 37
[표 25] 1990~2009년 1차 에너지원별 베트남 총 소비량 ····· 40
[표 26] 2007년 베트남 상업에너지 소비량 ····· 41
[표 27] 1990~2009년 베트남 최종에너지 소비량 ····· 42
[표 28] 2030년까지 베트남 최종에너지 수요 전망 ····· 43

[표 29] 2030년까지 베트남 1차 에너지 수급 전망 ····· 44
[표 30] 1990~2009년 베트남 연중 월별 강수량 ····· 46
[표 31] 2010년 기준 베트남 전력망 세부 정보 ····· 49
[표 32] 베트남 풍력에너지 잠재력 ····· 55
[표 33] 베트남 지역별 태양에너지 잠재력 ····· 60
[표 34] 베트남 지열발전 잠재량이 높은 지역 ····· 62
[표 35] 베트남 바이오매스원별 잠재량 ····· 62
[표 36] 베트남 내 주요 농산품 생산량 ····· 63
[표 37] 베트남 내 주요 바이오매스 잠재량 ····· 63
[표 38] 베트남 국가전력개발계획 2011~2020 구성내용 ····· 64
[표 39] 베트남 국가전력개발계획 2011~2020 목표 ····· 65
[표 40] 베트남 국가전력개발계획 2011~2020 세부내용 ····· 65
[표 41] 베트남 전력망 개발계획 ····· 68
[표 42] 베트남 전력망 확대 계획 ····· 68
[표 43] 베트남 지역전력 보급계획의 세부내용 ····· 68
[표 44] 베트남 재생에너지 관련법 ····· 69
[표 45] 베트남 재생에너지 관련법령 ····· 70
[표 46] 베트남 재생에너지 관련 대통령령 ····· 70
[표 47] 베트남 자유경쟁전력시장법(Decision 26/2006/QD-TTg) ····· 73
[표 48] 2011년 베트남 산업계 대상 전력요금 ····· 75
[표 49] 2011년 베트남 관개 펌프 시설 대상 전력요금 ····· 76
[표 50] 2011년 베트남 행정기관 및 공공기관 대상 전력요금 ····· 76
[표 51] 2011년 베트남 기업체 대상 전력요금 ····· 77
[표 52] 2011년 베트남 가정 대상 전력요금 ····· 77
[표 53] 2009년 캄보디아 에너지 공급량 ····· 82
[표 54] 2009년 캄보디아 부문별 에너지 소비량 ····· 83
[표 55] 2007~2010년 캄보디아 전력수요 ····· 86
[표 56] 2010년 자국 및 전력수입업체 전력공급가 비교 ····· 87
[표 57] 2010년 캄보디아 전력망 시스템 세부 정보 ····· 90
[표 58] 2010년 캄보디아 민간전력공급자 세부내용 ····· 92
[표 59] 1990~2009년 캄보디아 연중 월별 강수량 ····· 94

[표 60] 캄보디아 수력발전 규모 판단기준 ····· 94
[표 61] 캄보디아 수력발전 잠재 프로젝트 ····· 95
[표 62] 캄보디아 연중 월별 일조시간 ····· 97
[표 63] 캄보디아 연중 월별 일사량 ····· 98
[표 64] 캄보디아 풍력발전 잠재력 ····· 100
[표 65] 캄보디아 연중 월별기온 ····· 105
[표 66] 2009~2011년 캄보디아 바이오매스원별 생산량 ····· 107
[표 67] 재생에너지 기반 지역전력보급 국가계획 ····· 109
[표 68] 캄보디아 전력사업 허가종류 ····· 116
[표 69] 2010년 기준 캄보디아 사업허가별 등록상황 ····· 116
[표 70] 스리랑카 전력 부문 투자계획(2011~2020) ····· 129
[표 71] 스리랑카 지역별 재생에너지 잠재력 현황 ····· 135
[표 72] 1990~2009년 스리랑카 연중 월별 강수량 ····· 143
[표 73] 스리랑카 토지이용 현황표 ····· 145
[표 74] 스리랑카 에너지 정책 및 전략 ····· 148
[표 75] 스리랑카 에너지 정책 및 전략 세부내용 ····· 149
[표 76] 스리랑카 가정단위 전력보급 목표율 ····· 150
[표 77] 전력공급 형태에 따른 스리랑카 보조금 지급형태 ····· 151
[표 78] 에너지원에 따른 스리랑카 발전비중 계획 ····· 151
[표 79] 스리랑카 재생 에너지원별 누적 발전 용량 계획 ····· 154
[표 80] 스리랑카 재생에너지 프로그램 지원 항목(KPMG) ····· 154
[표 81] 스리랑카 발전차액지원제도 ····· 155
[표 82] 스리랑카 고정발전차액지원가체계 ····· 156
[표 83] 2011년 스리랑카 가정부문 대상 전력요금 ····· 160
[표 84] 2011년 스리랑카 종교부문 대상 전력요금 ····· 160
[표 85] 2011년 스리랑카 산업부문 대상 전력요금 ····· 160
[표 86] 2011년 스리랑카 호텔부문 대상 전력요금 ····· 161
[표 87] 2011년 스리랑카 상업 및 공공건물 부문 대상 전력요금 ····· 161
[표 88] 동아시아 주요 3국 재생에너지 사회시스템 비교·분석 ····· 165
[표 89] 동아시아 주요 3국 원조사업 추진 기반 비교·분석 ····· 168
[표 90] 2000~2010년 베트남 축산업 현황 ····· 170

[표 91] 베트남 프로젝트 진행 절차 ····· 171
[표 92] 캄보디아 프로젝트 진행 절차 ····· 181
[표 93] 캄보디아 면담 대상자 ····· 183
[표 94] 스리랑카 풍력 프로젝트 진행 절차 ····· 190
[표 95] 스리랑카 풍력 사업부지 세부내용 ····· 191
[표 96] 풍력발전기 간 간격 ····· 192
[표 97] 스리랑카 태양광 프로젝트 진행 절차 ····· 198
[표 98] 2003~2008년 세계은행의 재생에너지 사업 투자규모 ····· 206
[표 99] 아시아개발은행 내 에너지 관련 기금 및 후원국가 ····· 207
[표 100] 베트남과 스리랑카 재생에너지 개발목표 비교 ····· 209
[표 101] 3국 재생에너지 잠재력 비교 ····· 210
[표 102] 캄보디아 촌락가정의 주요 연료원 및 사용용도 ····· 213
[표 103] 캄보디아 촌락가정의 조명용 주요 연료원 ····· 214
[표 104] 캄보디아 연료별 가격 계수 비교 ····· 214
[표 105] 스리랑카 지역별 사용연료 비교 ····· 216
[표 106] 3국의 전력보급률 비교 ····· 217
[표 107] 3국의 재생에너지 사업모델 선정 시 고려 요인 ····· 218
[표 108] 3국의 재생에너지 사업모델 ····· 220
[표 109] 코코넛 피트 펠렛화 설비 지원 사업내용 ····· 226
[표 110] 코코넛 피트 펠렛화 설비 지원사업 양국 분담사항 ····· 228
[표 111] 코코넛 피트 펠렛화 설비 지원사업 수행 절차 ····· 229
[표 112] 2008년 캄보디아 가정별 사육 가축 규모 ····· 232
[표 113] 바이오가스 포집사업의 장점 ····· 232
[표 114] 마을공동형 바이오가스 포집설비사업 양국 분담사항 ····· 237
[표 115] 마을공동형 바이오가스 포집설비 사업수행 절차 ····· 239
[표 116] 스리랑카 풍력발전단지 조성 기술지원사업 양국 분담사항 ····· 245
[표 117] 스리랑카 풍력발전단지 조성 기술지원사업 수행 절차 ····· 246
[표 118] 아시아개발은행(ADB) 평가의 종류와 목적 ····· 248
[표 119] 개발원조위원회 5대 평가기준 ····· 251
[표 120] 국제원조기구별 평가기준 적용 사례 비교 ····· 252
[표 121] 유엔개발계획(UNDP)의 SMART 지표 설정 기준 ····· 253

[표 122] 일본국제협력기구(JICA) 지표 설정 기준 ····· 253
[표 123] 아시아개발은행 점수시스템 ····· 256
[표 124] 유엔개발계획 점수시스템 ····· 257
[표 125] 사업 사전조사 지침 개발 절차 ····· 258
[표 126] 한국국제협력단 기존 사전타당성조사 보고서 목차 ····· 259
[표 127] 사전타당성조사 항목 중 삭제 항목 ····· 260
[표 128] '사업 위험관리 분석' 및 '사업 기술내용' 항목별 소항목 ····· 261

표 목차

[그림 1] 세계 주요 국가별 1인당 탄소배출량 ····· 10
[그림 2] 아세안 주요국 인구 증가 전망 ····· 23
[그림 3] 아세안 국가들의 연료별 발전량 ····· 25
[그림 4] 아세안국가 재생에너지 개발 현황 및 잠재량(TWh) ····· 29
[그림 5] EACP 파트너 국가 ····· 32
[그림 6] 1998~2007년 베트남 상업에너지 소비량 ····· 41
[그림 7] 베트남 에너지원별 소비량 증가 추이 ····· 42
[그림 8] 2020년 베트남 에너지원별 수요 전망 ····· 43
[그림 9] 2020년 베트남 부문별 에너지수요 전망 ····· 43
[그림 10] 1976~2009년 베트남 전력보급률 추이 ····· 45
[그림 11] 발전원별 베트남 전력생산 비율 ····· 46
[그림 12] 생산자별 베트남 전력생산 비율 ····· 46
[그림 13] 1990~2009년 베트남 월별 강수량 그림 ····· 47
[그림 14] 2001~2010년 베트남 전력수요 추이 및 증가율 ····· 47
[그림 15] 2010년 부문별 베트남 전력 소비 비중 ····· 48
[그림 16] 2001~2010년 베트남 500kV와 220kV 송배전망 확대 추이 ····· 48
[그림 17] 2001~2010년 베트남 500kV와 220kV 송전용량 확대 추이 ····· 48
[그림 18] 2003~2010년 베트남 전력손실률 추이 ····· 50
[그림 19] 2010년 베트남 전력망 지도(1) ····· 51

[그림 20] 2010년 베트남 전력망 지도(2) ····· 52
[그림 21] 베트남 수력발전 잠재력 지도 ····· 54
[그림 22] 베트남 지상 30m 높이 풍속 ····· 57
[그림 23] 베트남 지상 65m 높이 풍력자원 ····· 57
[그림 24] 베트남 지상 10m 높이 풍속 지도 ····· 58
[그림 25] 베트남 북부/중부/남부지역 일사량 ····· 59
[그림 26] 베트남의 일사량지도 (kWh/m^2·day) ····· 61
[그림 27] 2020년 베트남 발전원별 전력생산비중(3,300억 kWh) ····· 66
[그림 28] 2020년 베트남 발전원별 발전용량비중(75,000MW) ····· 66
[그림 29] 2030년 베트남 발전원별 전력생산비중(6,950억 kWh) ····· 67
[그림 30] 2030년 베트남 발전원별 발전용량비중(146,800MW) ····· 67
[그림 31] 베트남 전력관련 기관 구조 ····· 71
[그림 32] 베트남 전력공사의 역할 및 조직 구성 ····· 73
[그림 33] 베트남 전력시장개발 로드맵 ····· 74
[그림 34] 2009년 캄보디아 에너지 공급량 ····· 83
[그림 35] 2009년 캄보디아 부문별 에너지 소비량 ····· 83
[그림 36] 2010년 캄보디아 전력보급률 현황지도 ····· 84
[그림 37] 캄보디아 국가전력보급 계획(배터리 기반 전력공급 포함) ····· 85
[그림 38] 캄보디아 계통연계형 국가전력보급 계획 ····· 85
[그림 39] 2003~2008년 캄보디아 발전용량 확대추이 ····· 86
[그림 40] 2010년 캄보디아 전력생산자별 발전용량(Capacity) ····· 88
[그림 41] 2010년 캄보디아 전력생산자별 전력생산량(Production) ····· 88
[그림 42] 2010년 캄보디아 발전원별 발전용량 ····· 88
[그림 43] 2010년 캄보디아 발전원별 생산량 ····· 88
[그림 44] 캄보디아 전력수요 예측 ····· 89
[그림 45] 2010년 현재 캄보디아 변전소가 위치한 주 ····· 91
[그림 46] 2010년 현재 캄보디아 주별 민간전력공급업자의 수 ····· 93
[그림 47] 캄보디아 환경보호구역 및 소수력 발전 잠재 지역 ····· 96
[그림 48] 캄보디아 연중 월별 일조시간 ····· 97
[그림 49] 캄보디아 연중 월별 일사량 ····· 98
[그림 50] 캄보디아 일사량 지도 ····· 99

[그림 51] 캄보디아 해발 30m 풍력잠재량 ····· 101
[그림 52] 캄보디아 지상 65m 높이 풍력잠재량 ····· 102
[그림 53] 풍력발전 개발 가능 지역 1 – 캄보디아 서남부지역 ····· 103
[그림 54] 풍력발전 개발 가능 지역 1 – 캄보디아 서남부지역 ····· 104
[그림 55] 캄보디아 토지이용 및 농업부산물 현황 ····· 106
[그림 56] 2011년 캄보디아 작물별 경작지 면적 비율 비교 ····· 107
[그림 57] 캄보디아 재생에너지 전력보급 마스터플랜 ····· 110
[그림 58] 캄보디아 에너지 담당기관 및 역할 ····· 114
[그림 59] 캄보디아 전력산업 구조 ····· 117
[그림 60] 2009년 스리랑카 부문별 에너지소비 현황 ····· 124
[그림 61] 2009년 스리랑카 에너지원별 발전 비중 ····· 124
[그림 62] 2011년 스리랑카 에너지원별 전력생산량 ····· 125
[그림 63] 2011년 스리랑카 전력생산자별 전력생산량 ····· 125
[그림 64] 2011년 스리랑카 부문별 전력 소비 비중 ····· 125
[그림 65] 스리랑카 미래 전력수요 및 발전용량 예상 추이 ····· 126
[그림 66] 1990~2009년 스리랑카 월별 강수량 그림 ····· 127
[그림 67] 2009~2010년 스리랑카 석유연료 사용량 ····· 128
[그림 68] 스리랑카 미래 전력부문 투자계획 ····· 129
[그림 69] 2008~2010년 스리랑카 전력보급률추이 ····· 130
[그림 70] 스리랑카 전력보급 현황 ····· 131
[그림 71] 스리랑카 220kV & 132kV 송전망 지도 ····· 132
[그림 72] 스리랑카 33kV 배전망 지도 ····· 133
[그림 73] 2000~2010년 스리랑카 전력 손실률 추이 ····· 134
[그림 74] 스리랑카 부문별 전력손실 현황 ····· 134
[그림 75] 2001~2010년 스리랑카 재생에너지 발전량 증가 추이 ····· 136
[그림 76] 미국국립재생에너지연구소의 스리랑카 풍력자원 지도 ····· 139
[그림 77] 스리랑카 풍력에너지 잠재지역 ····· 140
[그림 78] 스리랑카 중부·서부 해안지역의 계절에 따른 풍속변화 ····· 141
[그림 79] Madulsima, Kudawa, Ukuwela 지역의 월별 강수량 ····· 142
[그림 80] 스리랑카 소수력에너지 잠재력 ····· 143
[그림 81] 스리랑카 토지이용 현황지도 ····· 144

[그림 82] 스리랑카 연간 일사량 지도 ····· 146
[그림 83] 스리랑카 태양에너지 잠재력 ····· 147
[그림 84] 스리랑카 미래 에너지 구성 계획 ····· 152
[그림 85] 스리랑카 전력망연계 재생에너지원 전력량 계획 ····· 153
[그림 86] 스리랑카 전력 관련 담당기관 ····· 158
[그림 87] 스리랑카 전력 공급 절차 ····· 159
[그림 88] 동아시아 주요 3국의 재생에너지 잠재력 현황 ····· 166
[그림 89] 캄보디아 30kW급 하이브리드 태양광발전 시스템 도식도 ····· 182
[그림 90] 스리랑카 함반토타 위치 ····· 189
[그림 91] 풍력 발전기별 지대 높이 ····· 192
[그림 92] 기후변화 완화(좌측) 및 적응(우측) 원조사업 유형 ····· 204
[그림 93] DAC 국가 재생에너지 사업 원조비중 비교 ····· 204
[그림 94] 세계은행의 신재생에너지 및 에너지효율화 비중 추이 ····· 205
[그림 95] 세계은행그룹의 재생에너지사업 포트폴리오 ····· 206
[그림 96] 재생에너지 사업모델 개발 절차 ····· 208
[그림 97] 에너지 사다리 도식 ····· 211
[그림 98] 3국의 빈곤선 이하 소득 촌락인구 비율 비교 ····· 212
[그림 99] 스리랑카 연료별 사용 목적 비교 ····· 216
[그림 100] 코코넛 피트 펠렛화 설비 지원 사업 추진체계 ····· 227
[그림 101] 바이오가스 포집설비 구조 ····· 233
[그림 102] 캄보디아 마을공동형 바이오가스 포집설비 사업추진체계 ····· 235
[그림 103] 스리랑카 풍력발전단지 조성 기술지원 사업 추진체계 ····· 243
[그림 104] 프로젝트 평가 진행 단계 ····· 249
[그림 105] 국제개발원조사업 평가 절차 ····· 250
[그림 106] 국제개발원조사업 평가방법 수립 절차 ····· 251
[그림 107] 평가질문 수립 예시 ····· 253
[그림 108] 일본국제협력기구의 평가 매트릭스 ····· 254
[그림 109] 유엔개발계획의 평가 매트릭스 ····· 255
[그림 110] 유럽개발협력청의 평가질문별 평가 틀 ····· 255
[그림 111] 평가 절차 ····· 256
[그림 112] 대항목 '사업내용기술'의 세부분리 ····· 261

[그림 113] '사업 위험관리 분석' 소항목 세부분리 ····· 262
[그림 114] 국제원조기구의 사후평가보고서 목차 ····· 268
[그림 115] 사업 사후평가지침 개발 절차 ····· 269
[그림 116] 한국국제협력단 사업 사후평가 보고서 목차 ····· 271
[그림 117] '영향력' 평가항목 비교 ····· 272
[그림 118] 평가 프레임 구성(案) ····· 272
[그림 119] 결과평가체계 기반 평가절차 ····· 273
[그림 120] 사후평가보고서 중 Ⅳ. 평가 결과 ····· 274
[그림 121] 적절성 항목 변경내용 ····· 275
[그림 122] 효율성 항목 변경내용 ····· 276
[그림 123] 효과성 항목 변경내용 ····· 276
[그림 124] '영향력' 항목내용 개념정립 및 구분 ····· 277
[그림 125] 지속 가능성 항목 변경내용 ····· 278

사진 목차

[사진 1] 베트남 바이오가스 포집설비 건설 현장 ····· 172
[사진 2] 베트남 바이오가스를 이용한 취사 ····· 175
[사진 3] 베트남 바이오가스 포집설비 저장 ····· 176
[사진 4] 베트남 바이오 찌꺼기 처리 장소 ····· 176
[사진 5] 베트남 현장 인터뷰 장면 ····· 178
[사진 6] 네덜란드-베트남 협력 표지 ····· 178
[사진 7] 캄보디아 태양광패널 ····· 184
[사진 8] 디젤발전기 ····· 184
[사진 9] 자동차 배터리를 이용한 충전 모습 ····· 184
[사진 10] 태양광배터리 ····· 184
[사진 11] 한글로 작성된 배터리 관리수칙 ····· 185
[사진 12] 한글 및 영문으로 작성된 디젤발전기 운영매뉴얼 ····· 185
[사진 13] 캄보디아 캄폿주 태양광발전소 사업장 입구 ····· 188

[사진 14] 스리랑카 풍력발전 관리매뉴얼 ····· 194
[사진 15] 스리랑카 풍력발전소 내부 ····· 194
[사진 16] 스리랑카 풍력발전소 현장 ····· 195
[사진 17] 스리랑카 풍력발전기 전경 ····· 195
[사진 18] 운영매뉴얼 ····· 200
[사진 19] 운영자료 ····· 200

약어

약어	정식명칭
ADB	Asian Development Bank
ASEAN	Association of Southeast Asian Nations
ASTAE	Asia Sustainable and Alternative Energy Program
BOT	Built-Operate-Transfer
BPD	Biogas Project Division
BS	British Standard
CCF	Climate Change Fund
CDM	Clean Development Mechanism
CEA	Central Environmental Authority
CEB	Ceylon Electricity Board
CEFPF	Clean Energy Financing Partnership Facility
CFDT	The Cambodian Rural Development Team
CFL	Compact Fluorescent Light Bulb
CHP	Combined Heat and Power
CIEDC	The Cambodian Indian Entrepreneurship Development Centre
CPP	The Cambodian People's Party
CPTL	Cambodia Power Transmission Lines LTD
CWPD	Cambodia Women for Peace and Development
DAC	Development Assistance Committee
EACP	East Asia Climate Partnership
EDC	Electricite Du Cambodge
EDCF	Economic Development Cooperation Fund
EU	European Union
EVN	Electricity of Vietnam
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nation
FIT	Feed In Tariff
FLD	Farmer Livelihood Development Organization
GEF	Global Environmental Facility
HDPE	High Density Polyethylene
IDB	International Development Board
IEA	International Energy Agency
ITC	Institute of Technology of Cambodia
ITI	Industrial Technology Institute

JICA	Japan International Cooperation Agency
KOICA	Korea International Cooperation Agency
LaRC	Langley Research Centre
LECO	Lanka Electricity Company
LED	Light Emitting Diode
LNG	Liquefied Natural Gas
MAFF	Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries
MIME	Ministry of Industry Mines and Energy
MOIT	Ministry of Industry and Trade
NBPC	National Biodigestor Programme Cambodia
NERDC	National Engineering Research and Development Centre
NPT	National Power Transmission Corporation
NREL	National Renewable Energy Laboratory
ODA	Official Development Assistance
OECD	Organization for Economic Cooperation and Developmen
OECF	Overseas Economic Co-operation Fund
PUCL	Public Utilities Commission of Sri Lanka
PV	Photovoltaic
PVEST	Photovoltaic Energy Saving Technology
REACH	Renewable Energy, Energy Efficiency, and Climate Change
REAP	Renewable Energy Action Plan
REEP	Renewable Energy and Energy Efficiency Partnership
REF	Rural Electricity Fund
SLSEA	Sri Lanka Sustainable Energy Authority
SNV	Netherlands Development Organization (Stichting Nederlandse Vrijwilligers)
TA	Technical Assistance
UNDP	United Nations Development Program
UNFCCC	United Nations work Convention on Climate Change
USAID	United States Agency for International Development
WB	World Bank

국문 요약

화석연료의 고갈로 인해 인류의 에너지안보가 위협받기 시작하면서 에너지 패러다임이 재생에너지로 전환되고 있다. 화석연료로 인한 온실가스 배출과 지구온난화, 환경오염 등으로 인해 인류의 생존이 나날이 위협받고 있어 이에 대한 국제사회의 대응 수위도 높아지는 추세이다. 향후 포스트교토체제부터는 개발도상국도 의무감축국으로 포함될 가능성이 농후한 만큼, 청정에너지인 재생에너지 개발은 이제 전 세계 모든 국가들에게 주요 이슈가 되었다.

국제 개발원조 사업에서 재생에너지사업이 차지하는 비중은 나날이 커지고 있으며, 이는 한국국제협력단도 예외는 아니다. 본 연구는 이러한 국제적인 추세에 발맞추어 한국국제협력단이 각종 기후변화 재생에너지 관련 사업을 효율적으로 추진할 수 있는 기반을 마련하기 위해 추진되었다. 본 연구의 목적은 ① 동아시아 주요국의 재생에너지 자원 및 사회시스템 현황 조사를 바탕으로 KOICA 재생에너지 지원사업의 효과적인 수행 기반을 확보하고, ② 재생에너지사업을 위한 평가지침을 개발하고 기 진행된 국제원조사업을 연구하여, 향후 동아시아국가를 포함한 개발도상국을 대상으로 재생에너지 사업 방안을 수립하며, ③ 개발도상국의 녹색성장 지원을 위한 재생에너지 관련 사업 기반 구축을 통하여 국내 정부 출연 및 민간기관의 해외 진출을 독려하고 동아시아지역 기후변화대응을 위한 온실가스감축을 선도하는 것이다.

본 연구의 범위는 크게 ① 동아시아 주요국 재생에너지 자원현황 및 사회시스템 조사, ② 재생에너지 국제원조 사례연구, ③재생에너지 사업 수행방안 조사, ④ 재생에너지사업 사전조사 및 사후평가지침 개발로 구성된다. 동아시아 주요국은 베트남, 캄보디아, 스리랑카 3국으로 선정하였다. 재생에너지사업 사전조사 지침은 사업 사전타당성조사 지침을 보완하는 방향에서, 재생에너지사업 사후 평가지침은 기존의 지침을 항목별로 세분화하여 보완하는 방향에서 진행하였다.

동아시아 주요 3국 재생에너지 잠재량 조사 결과 베트남, 캄보디아, 스리랑카 모두

수력과 풍력, 바이오매스, 태양에너지의 잠재량이 풍부한 것으로 파악되었다. 베트남과 스리랑카는 특히 풍력, 바이오매스, 태양에너지가 풍부하며, 캄보디아는 태양에너지와 수력, 바이오매스가 풍부한 것으로 조사되었다. 3국 모두 재생에너지원은 풍부하나, 재생에너지 개발을 지원하는 사회적인 제도 및 정책이 취약한 것으로 조사되었다. 캄보디아의 경우 전력보급률 및 전력인프라 수준이 대단히 저조하여 전력망 확충 및 보급사업이 시급한 것으로 조사되었다.

재생에너지사업 사례연구는 한국국제협력단이 동아시아기후파트너십(EACP) 프로그램으로 진행하였던 태양광 사업 2건과 국제 재생에너지사업 2건을 대상으로 하였다. 조사방식은 3국을 방문하여 사업 관리 현황을 직접 확인하고 관련자를 인터뷰하며 관련 자료를 수집하여 분석하는 방식으로 진행하였다. 외국의 재생에너지 원조사례연구는 네덜란드 원조기관인 SNV가 지원하였던 베트남의 바이오가스 포집설비 사업과 스리랑카 정부가 세계은행의 차관을 받아 진행하였던 풍력단지 조성사업을 대상으로 하였으며, 한국국제협력단의 원조사례연구는 캄보디아의 독립형 태양광발전 사업과 스리랑카의 계통연계형 태양광발전사업을 대상으로 진행하였다. 베트남의 바이오가스 포집설비 설치사업의 경우 현지의 바이오가스 잠재량을 활용하여 가정 에너지 수요를 적절하게 충족한 사업으로써 성공적인 사례로 평가되고 있었다. 캄보디아 독립형 태양광사업은 빈곤지역에 전력을 무상으로 공급한다는 의의를 가지고 있으나, 사후 사업관리자인 캄보디아 정부의 역량이 매우 저조하고 주민의 교육수준이 낮아 사업의 지속가능성에 대한 우려가 다소 있었다. 스리랑카 풍력단지 조성사업은 예상치 않은 사업부지의 변경으로 인하여 발전량이 설계치보다 적다는 문제가 있었으나 방문 당시 풍력설비는 사업 후 10년 이상이 흘렀음에도 불구하고 적절히 관리되고 있었다. 스리랑카 계통연계형 태양광 사업의 경우 사업 종료 후 무난히 운영되어 왔으나 조사팀 방문 당시 인버터 1기의 고장으로 인해 전력손실이 발생한 상황이었다.

재생에너지 사업 수행방안은 동아시아 주요 3국의 재생에너지 잠재력 및 사회시스템 현황과 원조사업 사례조사에서 얻은 결론을 바탕으로 각 국에 추진가능한 적절한 사업모델을 선정 후 사업수행 방안을 제시하였다. 베트남의 경우 바이오매스 잠재력이 풍부한 데 반하여 이를 적절히 활용할 수 있는 기술이 널리 보급되지 않은 상태이므로 펠렛기 도입사업을 추진하면 버려지는 자원을 에너지화 할 수 있다. 캄보디아의

경우 국민의 에너지 이용률이 극히 낮은 점을 감안하여 기본적인 취사를 해결할 수 있는 바이오가스 포집설비 사업을 추진하는 것이 적절하다. 스리랑카는 북부지역의 전력보급률이 낮고 풍력자원이 풍부하므로 북부에 풍력단지를 조성하여 북부지역 주민에게 전력을 공급하는 사업이 타당성이 있는 것으로 파악되었다.

재생에너지사업 사전조사 지침은 기존 한국국제협력단의 사업타당성조사 항목을 재정리하고 내용을 보완하였다. 적절한 사업기획을 위해서는 누락되는 정보가 없도록 꼼꼼하게 사업타당성조사를 진행해야 하며 이를 위해서는 체계적인 자료조사항목을 수립하는 것이 필수적이다. 재생에너지사업 사후평가지침은 기존 한국국제협력단의 사업평가지침을 토대로 하여 재생에너지 사업 평가기준을 개발하는 방향으로 진행하였다. 사전조사 지침과 사후평가지침은 모두 한국국제협력단의 사전조사 및 사후평가 현황을 고려하여 최대한 실용적이고 사용하기 용이하도록 구성하였다.

보고서의 마지막장에서는 재생에너지 원조사업 추진에 대해 제언을 하였다. 캄보디아는 빈곤률이 높고 국민의 교육수준이 낮아 에너지 및 전력분야 기술인력이 부족하고 정부의 재생에너지 사업관리역량이 낮으므로 재생에너지 원조사업을 추진할 경우 역량강화 프로그램에 예산을 좀 더 투입할 것을 제언한다. 베트남의 경우 에너지 및 전력 분야의 기술인력을 일정 수준 보유하고 있으며 풍력발전기 제조시설 등이 운영중에 있으므로 재생에너지 신기술을 도입하기에 무난한 것으로 파악된다. 스리랑카의 경우 자체적으로 전력인프라 및 재생에너지 제도 및 법규 등을 갖추고 있으므로, 재생에너지 사업 추진 시 현지조건을 최대한 반영하는 것이 적절하다고 사료된다. 재생에너지 사업 기획 시 현지조건을 최대한 반영하며, 사업 전 후 평가기준을 체계화하고 사업 사후관리방안을 구체적으로 수립한다면 수원국의 국가경제개발에 기여와 기후변화 대응이라는 재생에너지 원조사업의 소기 성과를 충분히 달성할 수 있을 것이다.

Executive Summary

The energy paradigm is shifting from fossil fuels to renewable energy as the depletion of fossil fuels is threatening energy security of many nations today. As the global warming caused by burning fossil fuels has become a major concern for humans, international societies are putting more efforts to reduce greenhouse gas emission. Under the post-Kyoto system, developing countries are highly likely to share the obligation to reduce greenhouse gas emission according to the Durban outcome. Renewable energy development will become a major issue of concern for all countries in the future.

The share of renewable energy projects in the total development assistance is growing and is believed to be so for Korea International Cooperation Agency (KOICA). The goal of this research project is to provide KOICA with a basis for a successful delivery of renewable energy projects. The objectives of this research is to ① build a strong foundation to deliver renewable energy ODA projects of KOICA more effectively by providing information on renewable energy potentials and the social system in the region, ② establish methods for an effective implementation of renewable energy projects by developing project evaluation guidelines and studying past renewable energy projects cases, and ③ encourage Korean public and private sectors to explore overseas renewable energy markets and lead the East Asian region to make actions for mitigating the effects of global warming.

The scope of this research is ① research on renewable energy potentials and the social systems in major East Asian countries, ② case studies on renewable energy projects funded by development agencies, ③ study on the methods for successful implementations of renewable energy projects, and ④ development

of pre-assessment and post evaluation guidelines for renewable energy projects. The subject countries for the research are Vietnam, Cambodia and Sri Lanka. The major methodologies to develop the pre-assessment guidelines and post-evaluation guidelines were re-categorizing and reorganizing KOICA's existing evaluation criteria as well as complementing the evaluation details.

All three major East Asian countries, Vietnam, Cambodia and Sri Lanka have abundance renewable potentials in hydro, wind, biomass and solar energy. The potentials of wind, biomass and solar energy are high in Vietnam and Sri Lanka. Cambodia possesses high energy potentials in solar and hydro as well as biomass. All three nations have poor policy supports for renewable energy development. In case of Cambodia, it is urgent to expand the grid infrastructure and improve national electrification as the power sector of the country is largely underdeveloped.

The case studies on renewable energy projects were conducted on 2 solar PV projects implemented by KOICA as East Asia Climate Partnership (EACP), and 2 projects funded by other international agencies – the biodigester program in Vietnam funded by SNV and the wind farm project by World Bank– in the three major countries. The methodologies for conducting the case study are site visits, interviews with the relevant stakeholders and collection of the project documents. The biodigester program implemented in Vietnam was largely considered as successful, meeting the regional households' energy needs with an abundant regional energy source. The stand alone solar PV project in Cambodia has a significant meaning of providing energy to the poor, but not without a concern over the government's and the people's capacity to manage the project properly after implementation. The performance of the wind farm project in Sri Lanka was slightly unsatisfactory but the facilities have been well maintained at the time of the visit by the research team. The grid-connected solar PV project in Sri Lanka has been well managed until recently,

but because of one of the inverters broken, there was a significant loss in the power production when Ecosian visited the site.

The major study methodologies applied to develop the methods for a successful implementation of renewable energy projects are analyses of the renewable energy potentials and the lessons from the case studies in the three countries. It is feasible to introduce pellet making machines and technology in Vietnam as the abundant biomass in the country were abandoned without being utilized for energy sources. Community biodigester project to provide basic energy to people is feasible for Cambodia who suffers from a lack of energy. Wind energy is abundant while the electrification rate is low in Northern Sri Lanka, thus it is feasible to implement a wind farm project to provide electricity to the Northern people.

Ecosian research team developed the pre-assessment guidelines by reorganizing and complementing the existing KOICA's pre-feasibility guidelines. It is essential to conduct a detailed feasibility study based on a systemized data collection methodology in order to plan a project properly. We also developed post-evaluation guidelines based on the existing KOICA's feasibility study framework. The renewable energy project evaluation criteria of other international development agencies were analyzed and reflected. Pre-assessment and post-evaluation guidelines were developed accordingly with the KOICA's pre-assessment and post-evaluation processes to maximize the practicality of the guidelines.

Recommendations for KOICA in implementing renewable energy projects are elaborated in the end of this report. We recommend KOICA allocate a greater budget on capacity building for projects in Cambodia, because of the government's low project management skills and the poor education level of the people. New renewable energy technology should be smoothly transferred to Vietnam as a good pool of electricity experts and a few power generator manufacturing

facilities exist. It is recommended KOICA follow the local power regulations and guidelines in Sri Lanka. It should be easily achievable for KOICA to meet the goals of renewable energy projects – economic development and greenhouse gas reduction – if KOICA reflects on the local conditions when planning a project, systemizes the pre-assessment and post-evaluation of a project, and establishes concrete post-project management methods.

Ⅰ. 연구개요

1. 연구 배경 및 목적

가. 연구 배경

1) 새로운 에너지 패러다임인 재생에너지 대두

산업혁명 이후 지난 200년에 걸친 인류의 경제발전은 화석연료를 기반으로 하여 이루어진 것이라고 해도 과언이 아니다. 화석연료는 이동성과 저장성이 높고, 발열량이 높으며, 교통수단과 발전 등 다양한 설비 및 수단의 주요 연료로 사용할 수 있어 그동안 널리 사용되어 왔다. 오늘날 인류가 사용하는 총 에너지의 80% 가량이 화석연료라는 점은[1] 현대사회의 화석연료에 대한 의존도가 매우 크다는 사실을 시사한다.

화석연료는 수천만 년에 걸쳐 서서히 형성되는 연료로써 재생에 오랜 시간이 소요되는 문제가 있어 한정적 자원으로 분류되어 왔다. 그러나 산업혁명 이후 동 연료에 대한 수요가 지속적으로 증가하고 있어 많은 과학자들은 화석연료의 고갈에 대한 우려를 표명해 왔다. 특히 자원으로 형성되기까지 오랜 시간이 소요되는 석유의 경우 에너지수요가 매년 3%씩 증가하고 있다. 국제에너지기구(International Energy Agency : IEA)는 2035년 전 세계 석유수요는 2009년보다 150만 배럴 증가한 9,900만 배럴에 도달할 것으로 전망하였다[2]. 석유수요가 증가함에 따라 고갈속도도 점차 빨라지고 있다. 석유생산 최대점(Peak Oil)이 언제인지에 대해서는 무수한 논란이 있으나 생산 최대점이 이미 지났거나 가까운 미래에 도달하리라는 데에는 많은 학자들이 의견의 일치를 보인다.[3]

---

1) International Energy Agency(IEA). *Share of Total Primary Energy Supply in 2009*, IEA,

2) International Energy Agency(IEA), *World Energy Outlook 2010 : Executive Summary*, IEA, 2010.

3) 국제에너지기구(International Energy Agency)는 2010년 발간한 World Energy Outlook에서 이미 2006년에 오일피크에 도달하였다고 밝혔다. 참고: IEA, *World Energy Outlook 2010*, France, IEA, 2010,

화석연료 연소 시 발생하는 각종 환경문제 역시 많은 이들이 우려하는 문제들 중 하나이다. 화석연료는 연소 시, 이산화황 및 일산화탄소와 같이 환경오염을 일으키는 동시에 인간에게 유해한 물질을 배출한다. 특히 다량으로 발생되는 이산화탄소는 지구온난화의 주범이 됨으로써 인류의 미래를 위협한다. 1992년 리오 환경회의에서 지구온난화 문제가 국제사회에서 처음 논의된 이후, 인류는 화석연료를 대체할 새로운 연료를 찾기 위해 다방면으로 노력을 기울여 왔다.

재생에너지는 고갈의 염려가 없어 에너지안보에 기여할 수 있으며, 오염물질을 배출하지 않아 친환경적이라는 장점이 있다. 또한 초기투자비를 제외하고는 운영비가 거의 들지 않아 지속적인 에너지공급이 가능하다. 재생에너지는 이러한 장점으로 인해 화석연료를 대체할 최적의 대안에너지로 부상하고 있다.

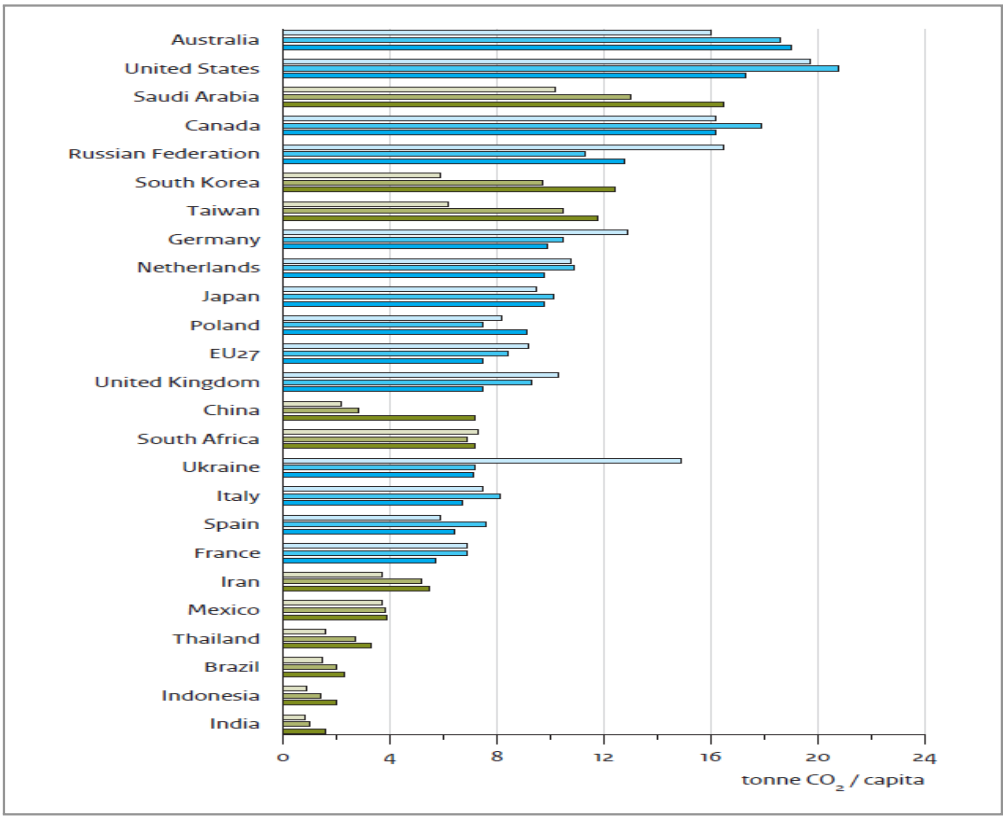
2) 기후변화대응과 녹색성장을 위한 재생에너지의 중요성 증가

유엔기후변화협약은 1997년에 교토의정서(Kyoto Protocol)를 채택, Annex Ⅰ 국가들에 대해 온실가스 감축목표를 설정하였다. 의무대상국은 유럽연합(EU) 회원국, 일본, 미국, 캐나다 등 총 38개국이며 1990년 배출량을 기준으로 1차 의무이행기간인 2008년부터 2012년까지 온실가스 배출량을 평균 5.2% 수준으로 감소시켜야 한다. 교토체제 내에서 대부분의 개발도상국들은 Annex Ⅱ국가로 구분되어 감축의무를 지지 않았으나, 포스트교토 체제에서는 다소의 변화가 생길 예정이다. 2011년 말에 남아프리카 수도 더반에서 열렸던 당사국 기후회의에서 참가국들은 2012년 말에 종료되는 교토체제를 향후 5년간 연장하는 한편, 2015년까지 포스트교토체제에 대한 합의를 도출, 2020년에 발효하기로 합의하였다. 포스트교토체제는 교토체제와 유사하게 감축목표에 대한 법적구속력을 부여하나 여기에는 중국과 인도를 비롯한 모든 국가들을 감축 대상으로 포함하는 것을 골자로 논의되었다. 따라서 2020년 이후에는 우리나라를 포함한 개발도상국도 마찬가지로 온실가스 감축목표를 수립하여 감축노력을 해야 할 가능성이 커졌다.

한편 전 세계 탄소배출량은 꾸준히 증가하고 있다. 2011년 지구 탄소증가율은 전년도 대비 3%를 기록하며 총 탄소배출량 340억 톤을 기록하였다.[4] 2008년 세계경제위

기 이후 2009년에 12% 가량 하락하였던 배출량은 2010년에 접어들면서 다시 상승세를 타고 있다. 국가별 탄소배출량을 비교했을 때 탄소 최다배출 국가는 중국(29%), 미국(16%), 유럽연합(11%), 인도(6%), 러시아(5%), 일본(4%) 순이다. 주목할 만한 점은 2011년 유럽연합 및 미국의 배출량이 각각 3%, 2%씩 감축되었다는 점이며, 일본의 경우도 역시 2%의 탄소저감률을 기록하였다는 사실이다. 반면 Annex Ⅱ에 속한 국가들의 탄소배출량은 급격히 증가하고 있다. 2011년 중국의 탄소배출량은 전년도 대비 9% 증가하여 총 배출량 97억 톤을 기록하였으며, 인도는 전년도 대비 6% 증가하여 총 배출량 20억 톤을 기록하였다. 사우디아라비아의 배출량 증가율은 7%, 브라질과 한국은 각각 3%였다.

[그림 1] 세계 주요 국가별 1인당 탄소배출량[5)]



4) Olivier, Jos. G.J. et al. *Trends in Global CO_2 Emissions : 2012 Report*, Hague, PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, 2012.

5) *Ibid.*

상기 그림에서 볼 수 있듯이 1인당 배출량이 가장 많은 국가는 미국 및 호주이며, 그 뒤를 사우디아라비아와 캐나다가 잇고 있다. 중국의 탄소 배출량 수준이 선진국에 비해 적다고는 하나 탄소배출 증가율이 급격하게 상승하고 있어 2010년 현재 유럽 27개국의 1인당 탄소배출량 수준에 근접한다. 이 외 한국, 중국, 사우디아라비아와 같은 중도국을 포함하여 인도, 인도네시아, 브라질과 같은 개발도상국의 1인당 탄소배출량도 급격히 증가하는 추세를 보이고 있어 전 세계 기후변화 문제에 대한 개발도상국의 책임이 점차 커지고 있음을 알 수 있다.

개발도상국은 1차 산업 의존도가 매우 높아, 기후변화에 취약한 구조를 가진다. 기후변화로 인해 폭우, 가뭄, 폭염으로 인한 농작물 피해가 발생하고 농업 생산성 감소로 인해 농산물 가격 급등으로 이어짐에 따라 빈곤층과 농민들이 입는 경제적 타격이 매우 클 것으로 예상된다. 또한 앞으로는 개발도상국도 온실가스 감축의무를 공동으로 부담하게 될 가능성이 커진 만큼, 이들 국가의 경제발전을 저해하지 않으면서 기후변화를 심화시키지 않는 재생에너지의 필요성이 대두되고 있다.

3) 효과적인 재생에너지 관련 국제개발원조를 위한 기반 마련

이명박 대통령이 지난 2008년 7월 일본 토야코에서 열린 G8 정상회담에서 아시아 지역의 녹색성장을 지원하기 위해 주창함으로 동아시아기후파트너십(EACP) 프로그램을 시작되었다. 이에 따라 한국은 2008년부터 2012년까지 5년 동안 동아시아를 비롯한 중앙아시아, 동남아시아 등 아시아 국가에 2억 달러(약 2,000억원)을 지원하기로 하였다.

EACP 프로그램의 목적은 ① 아시아 파트너국가들의 기후변화 적응능력 강화 및 기후변화 피해 감축 ② 파트너국가들이 새로운 경제성장 패러다임으로 녹색성장을 도입하도록 지원함으로써 경제성장과 기후변화 감축이라는 선순환구조 형성 ③ 아시아국가 간의 새로운 파트너십을 통해 효율적인 기후변화대응을 위한 국제협력 플랫폼 구축 ④ 한국의 녹색성장 관련 지식과 경험을 개발도상국들과 공유함으로써 “저탄소, 녹색성장” 정책개발 지원 등 4가지로 구분할 수 있다. 주요 사업분야는 물 관리, 폐기물, 저탄소에너지, 저탄소도시, 산림분야 등 5개 부문이다.

이 중 저탄소에너지사업의 경우(특히 재생에너지 사업), 개발도상국의 기후변화대응과 녹색성장이라는 2가지 목표에 모두 부합하고 있어 5개 사업 분야 중에서 중요도가 매우 높은 부분이라고 할 수 있다. 특히 에너지 수요가 급증하고 있는 개발도상국 및 1차 에너지원에 크게 의존하고 있는 최빈국의 경우, 재생에너지의 중요성은 더욱 확대될 것이라 예상된다. 이와 관련해 현재 세계은행을 비롯한 다수의 국제원조기관들 역시 재생에너지 관련 원조규모를 확대하고 있는 추세이다. 이러한 추세에 발맞추어 동아시아 지역 내 한국국제협력단의 재생에너지 지원사업의 비중도 점차 높아지리라 예상된다. 따라서 향후 재생에너지 지원 사업을 효율적으로 추진하고 효과를 배가시키기 위하여 동아시아지역의 재생에너지 현황을 파악하고 이를 바탕으로 사업추진방안을 수립하는 연구가 필요하게 되었다.

나. 연구 목적

동 연구는 한국국제협력단이 향후 효과적으로 동아시아기후파트너십을 비롯한 각종 기후변화·재생에너지 관련 사업을 추진할 수 있도록 기반을 마련하는데 그 의의를 둔다.

연구의 구체적인 목적은 다음 세 가지로 요약된다.

① 동아시아 주요국의 재생에너지 자원 및 사회시스템 현황 조사를 바탕으로 KOICA 재생에너지 지원사업의 효과적인 수행 기반 확보
② 재생에너지사업을 위한 평가지침을 개발하고 기 진행된 국제원조사업을 연구하여, 향후 동아시아국가를 포함한 개발도상국 대상 재생에너지 사업 방안 수립
③ 개발도상국의 녹색성장 지원을 위한 재생에너지 관련 사업 기반 구축을 통하여 국내 정부 출연 및 민간기관의 해외 진출을 독려하고 동아시아지역 기후변화대응을 위한 온실가스감축 선도

동 목적을 달성하기 위하여 베트남, 캄보디아, 스리랑카 3국을 동아시아 주요국 재생에너지 연구대상국가로 선정하여 재생에너지 자원 현황, 재생에너지 사업개발을 위한 사회시스템, 재생에너지 국제원조 사례연구를 진행하였다. 그리고 이를 바탕으로 재생에너지사업 수행방안 및 사업 전·후 평가지침을 개발하였다.

2. 연구 범위

연구의 범위는 다음과 같다.

[표 1] 연구 범위

항목	주요 내용
동아시아 주요국 재생에너지 자원현황 및 사회시스템 조사	• 동아시아 지역 전력현황 및 재생에너지 현황 • 동아시아 주요 3국 선정방법 • 동아시아 주요 3국 현황조사 - Country Profile - 에너지 및 전력현황 - 재생에너지 잠재력 - 재생에너지 관련 정책 및 제도
재생에너지 국제원조 사례연구	• 베트남 : 바이오가스 사업 • 캄보디아 : 독립형 태양광발전 사업 • 스리랑카 : 풍력발전사업 및 태양광발전사업
재생에너지 사업 수행방안	• 재생에너지 국제원조 규모 및 현황 • 재생에너지 사업모델 선정 • 재생에너지 사업모델별 수행방안
재생에너지 사업 전·후 평가지침	• 개발원조기구 재생에너지 사업 평가지침 해외사례 • 사전조사 지침개발 • 사후평가 지침개발

동아시아 주요국 재생에너지 자원현황 및 사회시스템, 재생에너지 국제원조 사례연구는 현실적이고 타당성 있는 재생에너지사업 수행방안 및 사업평가지침을 도출하기 위해 진행하였다. 연구대상 국가는 베트남, 캄보디아, 스리랑카 3국으로 선정하였으며, 구체적인 선정 기준 및 방법은 Ⅲ. 동아시아 3국의 재생에너지 잠재력·사회제도적 현황, 2. 동아시아 3개국 선정 기준 및 방법에서 다루도록 한다.

연구대상지역의 범위는 동남아시아와 남아시아국가들로 한정하였다. 동 연구는 동아시아기후파트너십 프로그램의 일환으로 진행되는 것으로써, 연구대상지역은 동아시아지역이 되는 것이 합당하나, 일반적으로 동아시아지역이라 함은 몽골계 인종 및 유교권 문화로 대표되는 지역, 즉 한국, 일본, 중국을 비롯한 대만, 몽골, 홍콩 등을 지칭하는 것이다. 그러나 사실상 동아시아기후파트너십의 대상 국가들은 일정 수준 경제개발이 이루어진 동아시아 지역만을 뜻하는 것이 아니며, 동남아시아 및 서남아시

아, 중앙아시아를 모두 포함한 포괄적인 개념이다. 이에 동 연구의 지역적 범위를 명확히 할 필요가 있다.

동남아시아, 서남아시아, 중앙아시아에 분포된 동아시아기후파트너십 대상국가들은 약 20개국으로써 문화적, 지리적 차이가 현저한 국가들이므로 이들을 모두 연구대상으로 포함하는 것에는 현실적인 한계가 있을 뿐더러 연구의 초점이 흐트러질 가능성이 있다. 실제 한국국제협력단의 주요 원조제공 국가들이 동아시아 및 태평양 국가들임을 감안하여[6], 동 연구의 주요 대상지역은 동남아시아 및 남아시아 국가들로 한정하였다.

3. 연구 일정

본 연구는 2011년 12월 27일부터 2012년 10월 26일까지 약 10개월 동안 진행되었다. 크게는 상반기와 하반기로 나누어지는데, 상반기에는 동아시아 3국의 재생에너지 현황조사와 사업 사례조사 중심으로, 하반기에는 사업모델 및 사업 평가지침 개발을 중심으로 진행하였다.

[표 2] 연구 일정

사업내용		2012년									
		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월
추진전략수립											
문헌조사											
현지 간담회/ 인터뷰	베트남										
	캄보디아										
	스리랑카										
원조사례연구											
평가지침개발											
사업모델개발											
보고 일정	중간보고										
	최종보고										

6) 2005-2010년 한국국제협력단 원조제공 아시아국가 22개국 중 동남아시아 국가들은 싱가포르, 브루나이, 말레이시아, 태국, 동티모르, 미얀마, 라오스, 캄보디아, 필리핀, 인도네시아, 베트남을 포함한 총 11개국으로써, 아시아원조대상국가의 과반 가량을 차지하였다. 참조 : 한국국제협력단 무상원조통계 지역별 통계자료.

4. 연구 방법

연구 방법은 문헌조사, 해외사례조사, 표적집단 심층인터뷰(Focused Group Interview) 및 그룹간담회, 현장방문 및 현장인터뷰로 수행되었다. 본 연구에 사용된 방법은 다음과 같다.

[표 3] 연구 방법

연구 항목	연구 방법
동아시아 주요국 재생에너지 자원현황 및 사회시스템 조사	• 문헌조사 - 인터넷 및 해당국가 정부자료 수집 • 표적집단 심층인터뷰 및 간담회 - 3국별 재생에너지 전문가 및 ODA 전문가 4인
재생에너지 국제원조 사례연구	• 문헌조사 - 인터넷 및 해당국가 정부자료 수집 • 현장방문 - 현장조사 및 관계자 인터뷰
재생에너지 사업 수행방안	• 문헌조사 - 인터넷 자료수집 - 3국 재생에너지 사례연구결과 참조 • 해외 개발원조기관 재생에너지사업 현황 분석 • 한국국제협력단의 재생에너지사업 평가보고서 분석 • 3국별 재생에너지 사업 추진 조건 분석
재생에너지 사업 전·후 평가지침	• 문헌조사 - 인터넷 자료 및 한국국제협력단 사업평가보고서 수집 • 국제원조기관 평가지침 벤치마크 및 분석 • 한국국제협력단 재생에너지 사업절차 및 활동 분석

■ 동아시아 주요국 재생에너지 자원현황 및 사회시스템 조사

동아시아 주요국 재생에너지 자원현황 및 사회시스템 조사는 인터넷 문헌조사를 실시하는 한편 해당 국가 정부로부터 직접 자료를 수집하였다. 인터넷자료는 아시아개발은행(Asia Development Bank), 세계은행(World Bank), 국제에너지기구(International Energy Agency), 3개국 에너지정부기관 웹사이트 등을 중심으로 수집하여 자료의 신뢰성을 높였다. 또한 연구대상 3국에게 유선 및 무선, 대면을 통하여 정부 내부 문건을 요청하여 수령하였다. 수령자료 목록은 다음과 같다.

[표 4] 3국의 재생에너지 자원 및 시스템 현황 관련 수령자료 목록

국가	수령자료 목록
베트남	• Master Plan for National Electricity Development • Research on Renewable Energy in Vietnam • Vietnam Renewable Energy Overview
캄보디아	• National Policy on Renewable Energy 2007 • The Current Status of Renewable Energy, Energy Efficiency Development in Cambodia(ppt) • The Master Plan Study on Rural Electrification by Renewable Energy in the Kingdom of Cambodia(2006)
스리랑카	• Renewable Energy Development • Renewable Energy Resource Development Plan 1/2012 • Generation Expansion Plan 2011~2025 • On-grid Renewable Energy Development • Load Research

또한 해당 국가의 전력상황 및 재생에너지원별 정책적 중요성을 파악하기 위하여 재생에너지 전문가 2인 및 ODA 전문가 2인을 대상으로 자문단을 구성하여 간담회 및 표적집단 심층인터뷰를 진행하였다. 베트남과 캄보디아의 경우 해당국가 에너지부 소속 공무원으로 자문단을 구성하였으며, 스리랑카의 경우 지속가능에너지청 공무원으로 자문단을 구성하였다. 자문단의 세부정보는 다음과 같다.

[표 5] 3국 자문단 세부정보

국가	전문분야	자문위원 세부정보
베트남	재생에너지	Nguyen Ninh Hai - Official, New and Renewable Energy Department, General Directorate of Energy Ministry of Industry and Trade(MOIT)
		Duong Thuy Kim - Researcher, Head of Research and Development Division, Centre of Science-Technology & Environment Viet Nam Co-operative Alliance
	ODA	Le Huu Phuc - Deputy Director General, International Cooperation Department, Ministry of Industry and Trade(MOIT)
		Nguyen ThuHong - Official, International Cooperation Department, Ministry of Industry and Trade(MOIT)
캄보디아	재생에너지 & ODA	Victor Jona - Deputy Director General of Energy Department, Ministry of Industry, Mines and Energy (MIME)
		Toch Sovanna - Director of the Department of Energy Technique Ministry of Industry Mines and Energy (MIME)

캄보디아	재생에너지 & ODA	Veasna So - Official of Energy Department, Ministry of Industry Mines and Energy(MIME)
		Lieng Vuthy - Deputy director of Department of Energy Technique, Ministry of Industry Mines and Energy(MIME)
스리랑카	재생에너지	Thusitha Sugathapala - Director General, Sri Lanka Sustainable Energy Authority(SLSEA)
		Harsha Wickramasinghe - Deputy Director General (Operation), SLSEA
	ODA	Kithsiri Dissanayake - Chairman, SLSEA
		Ajith Alwis - Director, Economic Affairs, SLSEA

인터뷰 및 간담회는 재생에너지와 ODA를 주제로 각각 2시간씩 진행하였다. 인터뷰 및 간담회 질의사항은 첨부파일 2번에 첨부되어 있다. 주요 질의내용은 재생에너지 자원현황 및 정책적 중요성, 재생에너지 시장현황 및 재생에너지 ODA 사업 현황 등이다.

■ 재생에너지 국제원조 사례연구

재생에너지 국제원조 사례연구는 현장방문 및 관계자 인터뷰, 문헌조사를 통해 진행되었다. 대상사업은 동아시아기후파트너십(EACP) 지원사업 혹은 국제기관 재생에너지 원조사업이며, 사례선정은 해당 3국 자문단의 추천을 받아 선정하였다. 각 국가별 연구대상 원조사업사례는 다음과 같다.

[표 6] 3국 연구대상 원조사업사례

국가	원조사업명
베트남	• 가축분뇨를 이용한 바이오가스 포집 프로그램 - 네덜란드 개발기관(SNV) 원조제공
캄보디아	• 캄보디아 독립형 태양광발전소 건립사업 - 한국국제협력단(KOICA) 원조제공
스리랑카	• 풍력발전단지 조성 시범사업 - World Bank 차관, Global Environment Facility 원조제공
	• 스리랑카 500kW 계통연계형 태양광발전사업 - 한국국제협력단(KOICA) 원조제공

원조사례 연구를 위한 자료는 동아시아기후파트너십 원조사업의 경우 한국국제협력단으로부터, 그 외 국제기관 사업의 경우 해당 정부로부터 직접 수령하였다. 그리고 일부 사업은 해당 원조기관의 웹사이트에 공개된 사업평가보고서를 참고하였다. 해당 기관 및 정부로부터 직접 수령한 자료의 목록은 다음과 같다.

[표 7] 재생에너지 원조사업 사례조사 관련 수령자료 목록

국가	자료명
베트남	• Biogas Program for the Animal Sector in Vietnam • Biogas Program Summary • Vietnamese Agricultural Cooperatives • FS Study for Biogas Projects for Big Animal Farms
캄보디아	• 캄보디아 독립형 태양광발전소 건립사업 제안요청서 • 캄보디아 독립형 태양광발전소 건립사업 사업계획서 • 캄보디아 독립형 태양광발전소 건립사업 Record of Discussion
스리랑카	• 3MW Pilot Wind Power Project : Semi-annual Report on the Performance • 3MW Pilot Wind Power Project : Actual Physical Progress
	• 500kW 계통연계형 태양광발전사업 타당성조사 보고서 • 500kW 계통연계형 태양광발전사업 실시협의 보고서 • 500kW 계통연계형 태양광발전사업 제안요청서 • 500kW 계통연계형 태양광발전사업 종료평가보고서

현장방문 지역 및 인터뷰 대상자는 다음과 같다.

[표 8] 현장방문 지역 및 인터뷰 대상자 세부정보

국가	방문지역	인터뷰 대상자
베트남	Hoai Duc 지역 Cat Que마을	• Tuyen(바이오가스사업 전문가) • Hao(바이오가스 발전기 설치 전문가)
캄보디아	Kampot 주 Koh sna 마을	• Tuyen(바이오가스사업 전문가) • Hao(바이오가스 발전기 설치 전문가)
	Siemreap 주 Phom Kulen 마을	• Meas Vanny(발전소 운영자)
스리랑카	Hambantota 지역	• Amila Rathnagak(전기기술사)
	Hambantota 지역	• Amila Mapa(기술자)

현장조사는 사업기획과정, 추진과정, 성과, 목적달성여부 등을 중심으로 조사하였으며, 현장 관리자의 의견과 현장방문에 동행하였던 자문위원의 의견을 주로 참고하였다.

[표 9] 현장조사 항목 및 내용

항목	조사내용	
사업기획 과정	• 사업기획과정에 수원국의 의견 반영 여부 • 사업부지 선정 및 내용의 적절성	
사업추진 내용	연수	• 연수 횟수, 기간, 내용, 자료, 언어의 적절성 • 연수자 선정과정 및 기준의 명확성 • 연수자 자격확인과정 (Certification)
	현지참여	• 현지인력 사업 참여 여부
사업성과	사업성과	• 프로젝트의 실질적 성과
	사업유지 보수현황	• 유지·보수 활동 내용 • 문제점 • 해결방안 • 개선방안
	수혜자 의견	• 사업에 대한 수혜자의 의견 • 개선방안
사업목적 달성여부	• 목적 달성 여부	
결론	• 사업 성공요인과 실패요인, 개선요인	

■ 재생에너지사업 수행방안

연구의 편의를 위하여 대상국별 사업모델을 설정한 후 수행방안 연구를 진행하였다. 재생에너지사업 대상범위는 널리 상용화된 재생에너지사업에 한정하고자 하였다. 동 연구의 진행절차는 다음과 같다.

[표 10] 재생에너지사업 수행방안 연구 절차

3국별 사업모델 선정 기준 설정

↓

사업추진 여건분석

↓

사업모델 선정

↓

사업수행방안 개발

↓

사업모델 완성

3국별 사업모델 선정기준은 정책적 적절성·중요성, 재생에너지 잠재력, 가정 부문 에너지 수요, 전력보급률로 구성하였다. 동 네 가지 한국국제협력단이 재생에너지 사

업을 추진하는 데 있어서 반드시 고려되어야 할 요소들이다. 이를 바탕으로 3국별 사업모델을 선정하여 사업의 당위성 및 추진체계, 자금 조달방안, 사후관리 방안 등 사업수행방안을 개발하여 연구를 완성하였다.

■ 사업평가 지침개발 방법

사업평가 지침개발은 사업 사전조사 및 사후평가를 대상으로 진행하였다. 사업 사전조사지침은 한국국제협력단이 기존에 보유하고 있는 사업타당성평가 체크리스트를 보완하는 방향으로, 사후평가지침은 기존의 지침을 항목별로 세분화하여 체계화하는 방향에서 개발하였다. 사업사후평가지침 개발 절차는 다음과 같다.

[표 11] 재생에너지사업 사후평가 지침개발 절차

해외 원조기구 사업평가지침 사례분석
↓
한국국제협력단 재생에너지사업 평가지침 분석
↓
평가 프레임 구성
↓
평가 세부기준 개발
↓
사후 평가지침 완성

재생에너지사업 사후평가시스템은 향후 한국국제협력단 실무자 차원에서 용이하게 사용할 수 있도록 하기 위하여, 너무 방대하거나 난해하지 않으며, 사업핵심활동을 중심으로 평가할 수 있도록 구성하였다. 평가체계 및 지표는 Ⅴ. 재생에너지사업 전·후 평가지침에서 구체적으로 다루도록 한다.

■ 연구의 한계

동 연구는 향후 한국국제협력단의 원활한 재생에너지사업 추진 기반을 마련하기 위한 목적으로 추진되었기 때문에 연구대상국가 3국(베트남, 캄보디아, 스리랑카)의 전력현황 및 재생에너지 현황을 파악하는 것이 무엇보다 중요하다. 이를 위해 동 연구

팀이 그간 신뢰성 있는 자료를 확보하고자 많은 노력을 기울였음에도 불구하고 최신 자료의 수집에 한계가 있었음을 인정할 수밖에 없다.

우선 베트남, 캄보디아, 스리랑카 3국 중 캄보디아의 경우 내전이 종료된 지 얼마 지나지 않은 국가로서, 국가의 각종 데이터베이스가 구축되어 있지 않거나 정보를 공개하지 않는 경우가 많았다. 캄보디아의 경우 에너지 및 전력에 대한 연간보고서가 제대로 업데이트되어 있지 않아 보고서의 내용이 오래된 자료로 이루어져 있는 경우가 허다하였으며, 대부분의 관련 웹사이트도 제대로 운영되지 않고 있었다. 베트남과 스리랑카의 경우 정부차원의 정보관리가 어느 정도 체계적으로 이루어지고는 있으나, 베트남의 경우 자료가 현지어로 되어 있어 정확한 번역에 한계가 있었다.

3국 모두 전력부문에 대한 데이터 업데이트는 1년 단위로 하고 있어 전력현황을 파악하는 데에는 큰 어려움이 없었다. 그러나 재생에너지 잠재력 조사의 경우 3국 모두 재생에너지원별로 국가 지역 전체를 대상으로 하는 잠재력 조사능력이 부재한 것으로 파악되었다. 스리랑카의 경우 지속가능에너지청에서 다양한 에너지원별로 잠재력 조사를 하고 있으나 방법론에 대한 신뢰성이 낮다는 문제가 있었다. 3개국 모두 세계은행이나 미국국립재생에너지센터 등에서 10여 년 전에 발간한 풍력, 태양력 잠재력 분석 보고서에 크게 의존하고 있었으며, 간헐적으로 일본이나 네덜란드 등 선진국가들에게 기술지원(Technical Assistance)을 요청하여 자국 재생에너지 잠재량을 평가하고 있었다.

재생에너지 잠재력의 경우 기후, 물, 태양 등 자연환경의 영향을 많이 받기 때문에 자연조건이 급격하게 변동하지 않았다는 전제 하에, 비록 자료가 오래되었다고 하더라도 공신력 있는 기관에서 발간하였다면 아직 유효하다고 판단하였다. 이에 3개국의 재생에너지 잠재력 조사는 세계은행 및 아시아 개발은행, 각종 원조기관에서 발간한 자료를 기반으로 하여 진행하는 한편, 해당 국가들에게서 수령한 데이터를 함께 포함함으로써 자료의 한계를 보완하고자 하였다.

Ⅱ. 동아시아 3국의 재생에너지 잠재력·사회제도적 현황

1. 동아시아 국가들의 에너지 및 재생에너지 현황 개괄

가. 동아시아 지역 국가들의 에너지 및 전력 현황

일반적으로 에너지 현황은 경제 및 인구 규모와 밀접한 관계가 있으므로 동남아시아 국가들의 에너지 현황을 살펴보기에 앞서 경제와 인구 규모에 대해 우선 알아보기로 한다.

동남아시아는 중국 남부와 인도 동부, 뉴기니섬 서부와 오스트레일리아 북부를 경계로 한 지역과 역내 국가들을 의미한다. 이들 국가들은 흔히 아세안(Association of Southeast Asian Nations)이라고도 불리며 소속국가는 브루나이, 미얀마, 캄보디아, 인도네시아, 라오스, 말레이시아, 필리핀, 싱가포르, 태국, 베트남 10개국이다. 이들 권역 국가들의 총 면적은 지구 면적의 3%, 인구 비중은 8.8%, 경제규모로는 세계 9위에 해당한다.

이들 국가들은 지난 30년 동안 연평균 4% 이상의 GDP 성장률을 보이며 급격한 경제성장을 이루어 왔으며 향후에도 지속적인 경제성장이 기대되고 있다. 이 중 싱가포르와 브루나이는 2009년 현재 인당 GDP가 각각 26,000달러, 36,000달러를 상회하고 있어 이미 선진국 반열에 진입했다고 할 수 있다. 다음 표는 지난 1980~2007년 동안 아세안 주요 국가들의 GDP 과거증가율 및 2007~2030년 예상증가율을 나타낸 것이다.

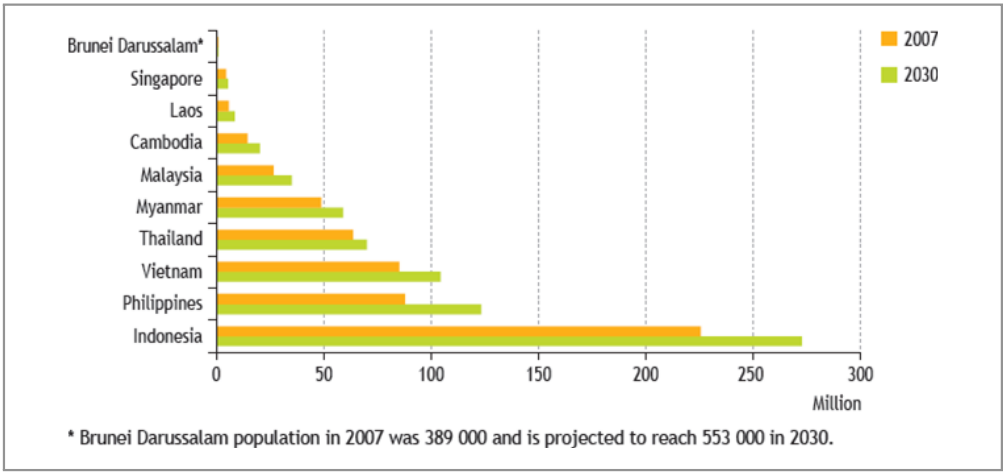
[표 12] 아세안 주요국가 GDP 증가율[7)]

구분	인도네시아	말레이시아	필리핀	태국	기타국가
1980~2007년 과거증가율	4.8%	6.2%	3.0%	5.9%	6.2%
2007~2030년 예상증가율	3.7%	3.4%	3.8%	3.3%	4.6%

7) International Energy Agency, *World Energy Outlook 2009*, France, IEA, 2009

한편 아세안 국가들의 1990~2007년 연간 인구증가율은 1.5%를 기록하였다. 이는 2000~2005년 우리나라의 연간 인구증가율이 0.45%였던 것에 비해 매우 높은 수치이며, 중국의 0.6%와 비교해서도 매우 높은 편이다[8]. 국제에너지기구는 2007~2030년 아세안 국가들의 인구증가율이 연간 0.9%에 달할 것으로 예측한 바 있다.

[그림 2] 아세안 주요국 인구 증가 전망[9]



이처럼 아세안 국가들의 경제와 인구가 급격하게 성장함에 따라 대두되고 있는 주요 문제들 중의 하나가 에너지 수요 증가이다. 2007년 기준 아세안 국가들의 자원 매장량은 원유 103억 배럴, 천연가스 6.6조 입방미터(cm), 석탄 125억 톤에 달한다. 그러나 지난 1980년대 말부터 에너지 수요가 급증하면서 해외 에너지 의존도가 증가하기 시작하였다. 1980년부터 2007년까지 27년 동안 아세안지역 전체 에너지 수요는 149Mtoe에서 513Mtoe로 3배 이상 증가하였으며, 이들 국가의 2007년 에너지 수요는 전 세계 에너지 수요의 4.3%를 차지하고 있다.[10].

8) United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2011). *World Population Prospects: The 2010 Revision, Highlights and Advance Tables*. Working Paper No. ESA/P/WP.220.

9) International Energy Agency, *World Energy Outlook 2009*, France, IEA, 2009

10) *Ibid.*

[표 13] 1980년~2007년 아세안 국가들의 에너지 수요[11)]

구분	1980년	2007년	1980~2007년 증가율
1차 에너지 수요	149Mtoe	513Mtoe	4.7%
1인당 1차 에너지 수요	0.42toe	0.91toe	2.9%

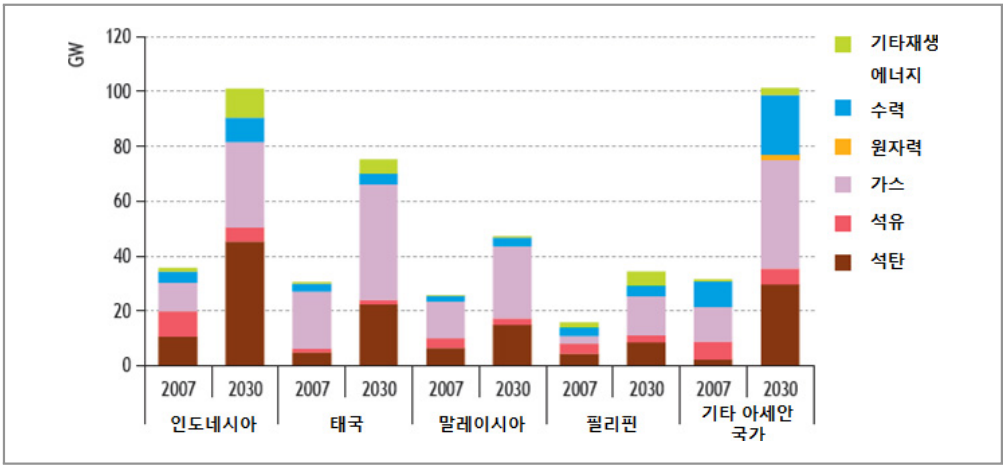
국제에너지기구는 2030년까지 아세안 지역의 1차 에너지 수요가 매년 2.5%의 증가율을 보일 것으로 전망하고 있으며, 전 세계 1차 에너지 수요에서 차지하는 비중 또한 4.3%에서 5.4%로 증가할 것으로 예상하고 있다. 또한 2030년까지 에너지 수요가 가장 큰 폭으로 증가하는 국가는 인도네시아, 태국, 말레이시아, 필리핀이 될 것으로 전망하였다[12)].

2007년 현재 아세안 국가들의 에너지의 73%는 화석연료에 의존하고 있으며, 2030년까지 화석연료의 비중은 76%로 증가할 것으로 전망되고 있다. 2030년까지 석유 소비 비중은 30%로 낮아지지만 천연가스 수요는 매년 2.3%씩 증가하여 전체 에너지 수요의 22%를 차지할 것으로 전망된다. 한편 2007년 기준 바이오매스는 에너지의 23%를 차지하고 있는데, 바이오매스(폐기물 에너지 포함) 사용량은 매년 1.2% 증가할 것으로 예상된다. 그러나 증가 속도가 1.2%로 완만하여 동 지역의 전체 에너지에서 차지하는 비중이 2007년 현재 23%에서 2030년에 18%로 오히려 감소할 것으로 보인다[13)].

한편 2007년 현재 아세안 국가들의 전력 생산량은 568TWh이며, 발전원별 비중은 천연가스 46%, 석탄 27%, 석유 11%이다. 수력발전의 비중은 12%이며, 이 중 대부분이 라오스, 미얀마, 베트남에서 발생한 것이다. 국제에너지기구는 아세안 국가들의 전력생산량이 2030년까지 매년 4.5%의 비율로 증가하여 1,550TWh를 초과할 것으로 전망하고 있다. 천연가스, 석탄, 석유는 2030년까지 발전원의 84%를 차지할 것으로 예상된다[14)].

11) *Ibid.*
12) *Ibid.*
13) *Ibid.*
14) *Ibid.*

[그림 3] 아세안 국가들의 연료별 발전량[15)]



2008년 현재 전력을 공급받지 못하고 있는 아세안 국가들의 인구는 1,600만 명으로써, 전체 인구의 28%를 차지한다. 이들의 대다수는 산간 및 촌락지역에 거주하며, 지역전력보급률은 약 55% 수준이다. 이에 반해 도시의 전력보급률은 91%에 이르고 있다[16)].

전력보급률은 국가별로 차이가 크다. 미얀마의 전력보급률은 13%에 불과하나 싱가포르는 100%에 달한다. 인도네시아(810만 명), 미얀마(430만 명), 필리핀(130만 명) 등의 국가들 또한 상당수의 국민들이 전력 혜택을 받지 못하고 있으며, 이들 인구가 동남아시아 지역 내 전력 미공급 인구의 85%를 차지한다[17)].

지난 2005년 이후 아세안 국가들의 국민 270만 명이 전력을 공급받기 시작하여 전력보급률이 상당히 증가된 측면이 있다. 그러나 2030년까지도 아세안 지역 전체 인구의 9% 정도는 전력을 공급받지 못할 것으로 보여[18)], 전력보급은 향후에도 아세안 지역의 주요 과제로 남을 전망이다.

15) *Ibid.*
16) *Ibid.*
17) *Ibid.*
18) *Ibid.*

[표 14] 2008년 아세안 국가별 전력보급 현황[19)]

국가	인구 (십만명)	전력보급률 (%)	전력미공급 지역인구 (십만명)	전력미공급 도시인구 (십만명)
브루나이	4	100	0	0
캄보디아	147	24	101	11
인도네시아	2,283	65	740	71
라오스	60	55	24	3
말레이시아	270	99	2	0
미얀마	492	13	298	130
필리핀	895	86	108	17
싱가포르	47	100	0	0
태국	642	99	4	0
베트남	861	89	94	1
합계	5,702	72	1,371	233

나. 동아시아 국가들의 재생에너지 현황

동아시아지역 재생에너지 현황 조사는 향후 재생에너지사업 추진 역량과 가능성이 있는 캄보디아, 인도네시아, 말레이시아, 필리핀, 베트남, 태국 등 아세안 6개국을 중심으로 하도록 개괄하도록 한다.

국제에너지기구의 2010년 보고서에 따르면 2007년 현재 아세안 6개국 재생에너지 발전 비중은 수력 12%, 지열 3%, 바이오매스 1%로, 총 16%이다. 비록 현재의 재생에너지 개발 수준이 낮은 편이라고는 하나, 잠재력은 매우 크다. 아세안 6개국의 수력 발전 잠재량은 150GW이며[20)], 바이오에너지 잠재량은 90GW에 달한다.

19) *Ibid.*

20) *Ibid.*

[표 15] 아세안 국가 2007년 발전원별 전력 생산량(MWh)[21]

국가	석탄	석유	천연가스	수력	지열	태양·풍력	바이오매스	합계
인도네시아	63,830	37,703	22,396	11,286	7,021	0	0	142,236
말레이시아	29,902	2,074	62,858	6,490	0	1	0	101,325
필리핀	16,837	4,495	19,442	8,563	10,215	59	0	59,611
싱가포르	0	8,762	32,372	0	0	0	0	41,134
태국	30,681	3,848	96,542	8,114	3	0	4,190	143,378
베트남	14,839	2,466	22,299	29,883	0	0	0	69,487
합계	156,089	59,348	255,909	64,336	17,239	60	4,190	557,171
비중	28%	11%	46%	12%	3%	0%	1%	100%

아세안 6개국의 바이오에너지 잠재량은 앞서 언급했듯이 90GW에 달하는데, 대표적인 원료로는 농업 및 삼림부산물, 에너지작물 및 삼림자원, 가축분뇨, 도시 폐기물 등을 꼽을 수 있다. 6개국 모두 농업이 경제에서 큰 비중을 차지하고 있어, 바이오가스 잠재력도 큰 편이다. 말레이시아의 경우 전 세계 팜오일 생산량의 80%를 생산하고 있으며, 태국의 카사바 생산량은 세계 2위, 사탕수수와 팜오일 생산량은 세계 4위, 쌀과 코코넛 생산량은 세계 6위를 차지하고 있다[22].

아세안 6개국은 모두 열대기후에 속하여 일일 일사량이 4~7kWh/㎡에 달해 태양에너지 잠재량도 매우 크다. 인도네시아, 필리핀, 태국, 베트남 등은 산간 및 촌락 지역에 에너지를 공급하기 위해 독립형 태양광발전소를 건립하여 운영하고 있다. 계통연계형 태양광발전은 현재까지 진행된 바 없으나 전력 피크로드를 관리하기 위해서는 필요성이 높다[23].

그 외 지열발전의 경우 인도네시아와 필리핀의 잠재량이 각각 27GW, 2.6GW에 달하여, 세계 1위와 2위를 차지한다[24]. 풍력발전 잠재량의 경우 대부분 베트남과 필리핀에 집중되어 있다.

---

21) Olz, Samantha and Beerepoot, Milou., *Deploying Renewables in Southeast Asia : Trends and Potentials, France*, IEA, 2010

22) *Ibid.*

23) *Ibid.*

24) *Ibid.*

2007년 기준 인도네시아는 지열과 수력이 전체 발전량에서 각각 5%, 8%를 차지한다. 2008년 현재에는 2MW급 풍력발전, 12MW급 태양광 발전을 보유하고 있다.

말레이시아의 경우 2007년 기준 재생에너지 발전 비중이 6.5%를 차지하고 있으며, 이 중 대부분이 수력발전이다. 2008년 현재 2MW급 태양광 발전을 보유하고 있다. 2030년까지 말레이시아의 발전량은 216TWh를 돌파할 것으로 보이는데, 이 중 4%는 수력발전으로 공급될 것으로 보인다[25].

필리핀의 경우 수력이 전체 발전량에서 차지하는 비중은 14%, 지열발전이 차지하는 비중은 17%이다. 필리핀은 풍력자원이 풍부한 국가로서, 2008년 현재 설치된 풍력발전 총용량은 33MW에 달한다. 필리핀은 2013년까지 재생에너지 발전용량을 4,700MW까지 확대할 계획이다[26].

싱가포르의 경우 현재까지 재생에너지원 기반 전력생산이 이루어지고 있지 않다. 영토 면적이 좁아 재생에너지 잠재력이 매우 제한적이기 때문이다. 이러한 상황에서 유일한 개발 타당성이 있는 재생에너지는 태양광발전으로, 2009년 기준 발전용량은 2,000kWp이다[27].

태국의 경우 전력 생산량이 수요에 못 미쳐 그간 전력수요의 3~4%에 해당하는 전력을 수입에 의존해 왔다. 재생에너지 발전은 활성화되어 있지 않으며, 수력발전이 차지하는 비중은 총 발전량의 약 5.5% 가량이다. 태국은 지역에서 유일하게 상업적 바이오매스와 바이오가스를 발전에 사용하는 국가로서 동 발전원이 발전량에서 차지하는 비중은 약 3% 수준이다. 태국의 전력수요는 2007년 143TWh에서 2030년 325TWh에 이를 것으로 전망되며, 미래의 안정적인 전력수급을 위해 태국 정부는 재생에너지원을 적극적으로 개발하려는 의지를 보이고 있다. 2022년까지 태국의 재생에너지 발전 비중 목표는 20.3%이다[28].

베트남은 아세안 6개국 중 재생에너지 잠재력이 가장 큰 국가이다. 특히 수력자원

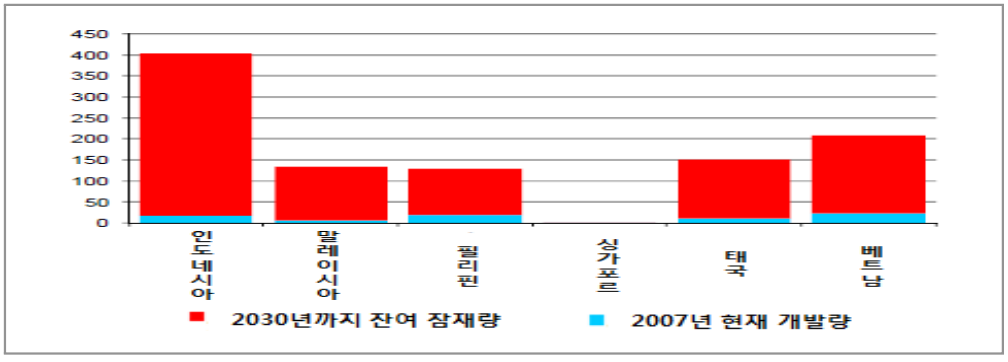
25) *Ibid.*
26) *Ibid.*
27) *Ibid.*
28) *Ibid.*

이 풍부하여 2007년 현재 발전량의 43%를 수력발전으로 공급하고 있다. 소수력, 풍력, 태양에너지가 모두 풍부해 산간 및 촌락 지역에 재생에너지원 기반 전력 공급을 확대하려는 노력을 하고 있다[29].

[표 16] 아세안 국가 대상 2030년까지 개발가능한 재생에너지 잠재량[30]

2030년까지 개발가능한 RE 잠재량(GWh)	인도네시아	말레이시아	필리핀	싱가포르	태국	베트남	합계
재생에너지원 잠재량							
바이오가스	55,430	7,410	20,230	1,140	17,900	21,640	123,750
바이오매스	69,580	25,950	15,190	110	25,910	38,680	175,410
도시폐기물	7,710	1,060	3,020	210	2,410	2,850	17,260
수력	60,800	50,340	17,830	0	14,660	74,210	217,830
해상풍력	41,750	22,770	15,650	80	37,970	29,090	147,310
내륙풍력	21,340	13,390	6,960	220	19,420	14,870	76,210
지열	84,660	0	28,960	0	20	0	113,630
태양광	61,700	12,370	20,440	20	32,950	27,260	154,750
태양열	440	40	80	0	130	10	690
조력/파력	660	140	220	0	120	110	1,250
재생에너지열 잠재량							
바이오매스 열(CHP)	42,730	13,910	13,260	6900	17,350	19,670	107,610
바이오매스열 (소규모, Off-grid)	8,820	7,020	3,610	1,500	1,370	22,350	43,320
지열 스팀	14,480	360	3,600	0	1,620	1,890	21,950
태양열 스팀	24,100	7,810	2,090	900	12,190	5,910	52,180

[그림 4] 아세안국가 재생에너지 개발 현황 및 잠재량(TWh)[31]



29) *Ibid.*

30) *Ibid.*

31) *Ibid.*

현재 아세안 6개국은 재생에너지 개발을 위해 중장기 개발 목표를 세우고 있다. 인도네시아의 재생에너지 관련 국가전략 및 정책은 “녹색에너지 정책[32]”, “국가에너지 정책[33]”, “에너지법 30호[34]” 등이 있다. 국가에너지정책은 2025년 에너지 비중에 대해 기술하고 있는데, 석유의 비중을 20%까지 낮추고 재생에너지원 발전을 17%로 확대하는 것을 목표로 하고 있다. 재생에너지의 연료별 비중은 바이오연료 5%, 지열 5%, 바이오매스·원자력·수력·태양력·풍력 5%, 액화석탄 2%이다. 2009년에 인도네시아 에너지광물자원부는 2010년에 총 624만 달러를 투자하여 발전용량 2,200kWp에 해당하는 태양광발전사업을 추진하겠다고 밝힌 바 있다.

말레이시아는 제10차 말레이시아 플랜(2011~15)에서 재생에너지 전략을 수립하고 있다. 2015년까지 바이오매스 330MW, 바이오가스 100MW, 소수력발전 290MW, 태양광 65MW, 폐기물 200MW을 확보하여 총 발전용량 985MW를 달성, 전체 발전용량 중 재생에너지 비중을 5.5%로 확대한다는 계획이다. 동 플랜에서 정부는 전력요금의 1%를 지원하는 발전차액지원제도를 도입한다는 내용을 밝히고 있다[35].

필리핀은 2009~2030 필리핀 에너지플랜(Philippine Energy Plan)에서 2030년까지 지열발전을 현재 1,972MW에서 3,000MW로 확대하는 한편, 바이오디젤은 현재 2% 수준에서 20%로, 바이오에탄올은 현재 5%에서 20%로 확대한다는 계획을 밝히고 있다[36]. 필리핀 정부는 재생에너지 사업 활성화를 위해 발전차액지원제도 및 신재생에너지의무할당제, 상계제도 등을 도입하겠다고 밝혔다.

2008년에 태국은 2008~2022 재생에너지 개발플랜을 발표하였다. 동 플랜은 1기(2008~2011년)와 2기(20012~2016년), 3기(2017~2022년)로 나뉘어져 있는데, 단계적으로 최종에너지 수요의 20%를 재생에너지로 충당한다는 목표를 밝히고 있다. 1기 재생에너지 목표는 바이오매스, 바이오가스, 바이오연료 등을 중심으로 2011년까지 재생에너지 비중을 15.6%로 확대하고 2기에서는 재생에너지 비중을 19.1%로 확대하

32) Green Energy Policy (Ministerial Decree No. 2/2004), Indonesia.

33) National Energy Policy(2006), Indonesia.

34) Energy Law No. 30(2007), Indonesia.

35) Prime Minister's Department. The Economic Planning Unit, *Tenth Malaysia Plan 2011-2015*, 2010.

36) The Philippines Department of Energy, *Highlights of the 2009-2030 Philippine Energy Plan*, 2009.

는 한편, 대체에너지 기술개발에 역점을 두고 녹색도시 등의 도시모델을 도입한다는 계획이다. 3기에서는 재생에너지 비중 20.3%을 달성하고 수소에너지 등의 신에너지 개발에 주력하는 한편 국가 전역에 녹색도시 모델을 확대하고 태국을 바이오연료 및 재생에너지 기술을 수출하는 아세안의 허브로 육성한다는 계획이다[37].

아세안 6개국은 상기 재생에너지 개발 정책 이외에도 지원제도를 수립하고 있는데, 대표적인 제도로는 발전차액지원제도가 있다. 태국은 발전차액지원제도를 2007년에 도입하였으며, 인도네시아는 지열발전에 대한 발전차액지원제도를 2010년 초에 도입하였고, 필리핀과 말레이시아는 동 제도를 수립 중에 있다. 말레이시아, 필리핀, 인도네시아는 재생에너지 관련 기술 장비 수입에 대해 세금을 면제하며 태국은 재생에너지 사업에 대한 자금지원을, 싱가포르는 기술개발 인센티브를 제공한다.

2. 동아시아 3국 선정 기준 및 방법

본 연구의 대상국가로 베트남, 캄보디아, 스리랑카 3개국이 선정되었다. 공여국 측면만을 부각시킨 편협한 시각에서 벗어나 공여국과 수원국, 양측의 입장을 균형있게 반영하고자 노력하였다, 구체적인 선정 기준 및 방법은 다음과 같다.

[표 17] 동아시아 3국 선정 기준 및 방법

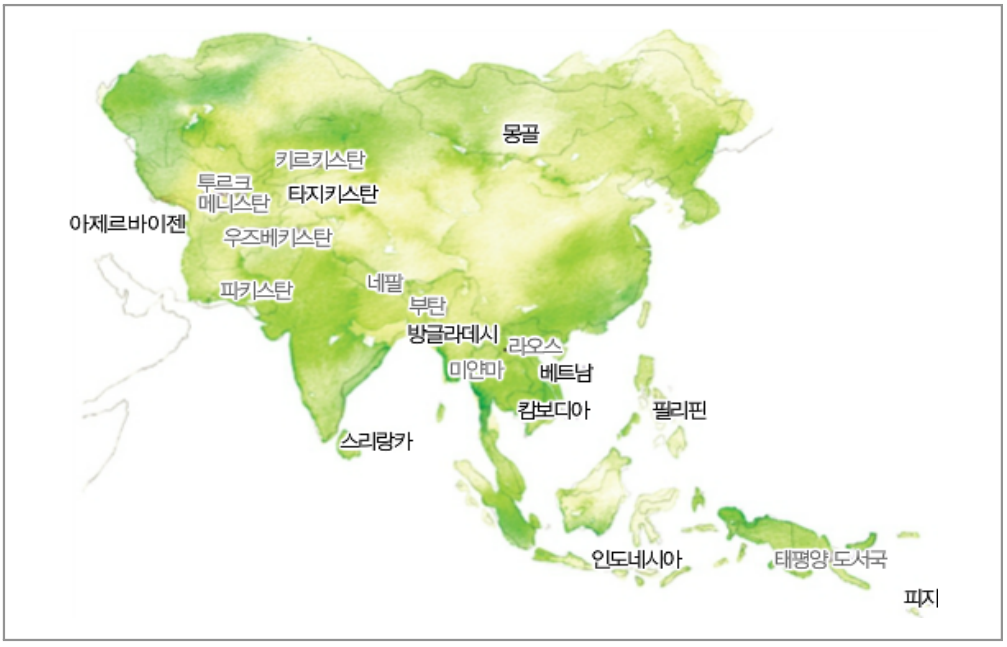
구분	내 용
공여국 측면	① EACP 파트너 국가 및 한국국제협력단 중점지원 대상국 여부 ② 한국국제협력단의 원조 규모 및 확대 가능성
수원국 측면	① 기후변화 취약도 ② 재생에너지 발전사업 추진 여건

37) Olz, Samantha and Beerepoot, Milou., *Deploying Renewables in Southeast Asia : Trends and potentials,* France, IEA, 2010.

가. EACP 파트너 국가 및 한국국제협력단 중점지원 대상국 여부

동 연구의 목적이 향후 EACP와 한국국제협력단이 재생에너지 사업을 추진하는데 실질적인 도움이 되기 위한 것인 만큼 대상국가를 EACP와 한국국제협력단의 전략국가 및 중점지원대상국 중에서 고려하였다.

[그림 5] EACP 파트너 국가



동아시아기후파트너십 대상 국가는 인도네시아, 캄보디아, 라오스, 미얀마, 태국, 베트남, 말레이시아, 필리핀 등 동남아시아지역, 방글라데시, 부탄, 인도, 몰디브, 네팔, 파키스탄, 스리랑카 등의 남아시아지역, 몽골과 아제르바이잔, 타지키스탄과 같은 중앙아시아지역을 포함한다.

한편 한국국제협력단은 중장기 ODA 전략 방향 중 하나로 아시아지역의 우선적 지원을 채택하고 있다. 특히 중점협력국을 별도로 선정하여 집중적인 지원전략을 수립하고 있는 바, 연구 대상 선정 시 중점협력국에 대한 우선적 고려가 필요하다.

[표 18] EACP 자금 지원 프로젝트 건수[38)]

국가	지원 프로젝트 건수
인도네시아	3
베트남	**3**
몽골	5
필리핀	3
캄보디아	**1**
타지키스탄	1
스리랑카	**2**
방글라데시	1
피지	1
아제르바이잔	1

[한국국제협력단 사업발굴대상국 선정 시 고려사항]
- "선택과 집중"의 원칙에 따라 한정된 재원의 효율적 배분을 통해 원조성과를 제고하기 위하여 중점협력대상국에 집중 지원
- 고중소득 및 개발원조위원회(Development Assistance Committee :DAC) 수원국 리스트에 포함되지 않는 국가는 배제

[표 19] 한국국제협력단의 아시아지역 중점협력국 및 일반협력국(2008)[39)]

구 분	아시아지역 국가	건 수
중점협력국	라오스, 몽골, 방글라데시, **베트남**, **스리랑카**, 인도네시아, **캄보디아**, 필리핀	8개국
일반협력국	네팔, 동티모르, 미얀마, 아프가니스탄, 중국, 파키스탄, 피지, 파푸아뉴기니	8개국
합 계		16개국

동 연구는 향후 재생에너지 원조사업을 보다 효과적으로 진행하기 위한 것으로써, 현재까지 동아시아기후파트너십의 재생에너지사업이 어느 국가에서 어떤 절차를 걸쳐 진행되었으며, 성과물은 무엇인지에 대한 연구가 반드시 포함되어야 한다. 동아시아 기후파트너십 홈페이지를 통해 파악한 에너지 관련 사업은 다음과 같다.

38) "개발도상국지원사업." 동아시아기후파트너십(EACP),

39) "2009 KOICA 대외무상원조 실적 통계." 한국국제협력단.

[표 20] 2012년 동아시아기후파트너십 저탄소에너지사업[40]

국가	사업명	수원규모 및 기간
인도네시아	인도네시아 자카르타 Ancol지역 식수공급을 위한 연료전지 발전소 건립 시범사업	300만 USD/ 2009-2012
몽골	바룬우르트시 난방 및 온수공급 시스템 구축사업	500만 USD/ 2009-2011(3년)
캄보디아	**독립형 태양광 발전소 건립사업**	**220만 USD/ 2009-2011(3년)**
스리랑카	**500kW급 계통연계형 태양광 발전사업**	**300만 USD/ 2009-2010(2년)**
방글라데시	태양광 관개펌프 및 홈시스템 지원 사업	250만 USD/ 2009-2011(3년)
피지	태평양도서국 재생에너지사업	240만 USD (피지 40만 USD 부담)/ 2009-2012(4년)

몽골의 "바룬우르트시 난방 및 온수공급 시스템 구축사업"의 경우 에너지 공급 사업이기는 하나 재생에너지 사업이 아니다.

나. 한국국제협력단의 원조 규모 및 확대 가능성

한국 정부의 국가별 원조 규모는 해당 국가에 대한 우리나라의 원조 정책상의 중요도를 나타내는 것이다. 이는 곧 재생에너지사업을 포함한 향후 다양한 원조사업들이 국가적 차원에서 정책적으로 중요한 국가들, 즉 원조 규모가 큰 국가들에게 지속적으로 지원될 것이라는 사실을 의미한다. 따라서 동 사업의 효과를 배가하기 위해서는 우리 정부의 주요 원조 국가들을 대상으로 연구 대상을 선정할 필요가 있다. 단, 여기에서는 양허성 차관 등 한국수출입은행 등을 통해 지원되는 원조는 제외하고 한국국제협력단의 원조로 한정키로 한다.

2005~2011년 동안 한국국제협력단을 통해 한국 정부의 원조를 받은 10대 아시아 국가는 다음과 같다.

40) "저탄소에너지분야 사업." 동아시아기후파트너십(EACP).

[표 21] 2005~2011년 한국국제협력단 10대 원조국가 순위[41)]

순위	국가	원조규모(백만원)
1	**베트남**	**121,787**
2	인도네시아	97,559
3	몽골	92,814
4	필리핀	84,147
5	**캄보디아**	**79,853**
6	**스리랑카**	**68,202**
7	라오스	54,316
8	방글라데시	40,507
9	네팔	37,732
10	미얀마	29,135

상기 10대 국가는 아프가니스탄을 제외하고 아시아지역 국가들을 대상으로 선정한 것이다. 아프가니스탄의 경우 많은 원조 자금이 투입되고 있기는 하나, 현재 내전지역으로 원조 효과가 크지 않다. 인도네시아의 경우 원조규모 2위를 차지하여, 정책적으로 중요한 국가이기는 하나 이미 동남아시아 지역 내 선진국 반열에 진입하여 제외키로 한다. 베트남의 경우 한국 ODA의 최대 수원국이자 정책상으로도 중요한 국가이다. 중기적으로 베트남에 대한 이러한 공여 추세는 큰 변화가 없을 것으로 예상되며, 재생에너지사업 추진 여건도 유리해 베트남에 대한 심도 있는 연구를 진행할 필요가 있다.

[표 22] 한국국제협력단의 대베트남 공여액과 순위(2007~2010)[42)]

사업년도	공여액(백만원)	순위
2010년	32,306	2
2009년	23,273	2
2008년	11,061	3
2007년	11,060	3
합 계	77,700	

41) “한국국제협력단 국별 원조제공 통계자료.” 한국국제협력단.

42) “국제협력단의 대베트남 공여액과 순위,” 한국국제협력단.

다. 기후변화 리스크 취약도

기후변화 리스크 취약도는 세계은행(World Bank)이 2009년에 발간한 보고서 "Convenient Solutions to an Inconvenient Truth: Ecosystem-based Approaches to Climate Change"를 바탕으로 국가별 기후변화 영향 취약도를 파악하였다. 동 보고서는 기후변화의 영향을 가뭄, 홍수, 폭풍, 해수면 상승, 식량 생산 감소의 5개 부문으로 나누고 각 부문별로 12개 국가를 나열하고 있다.

보고서에 따르면 기후변화 리스크에 취약한 국가들은 대부분 태평양과 인도양 근처의 아시아 해안 국가들이거나 적도 근처의 아프리카 국가들이다. 아시아 해안 국가들은 기후변화로 인한 각종 홍수 및 태풍의 위험에, 아프리카 국가들은 가뭄으로 인한 식량 생산 감소의 위험에 크게 노출되어 있다. 아래 표에서 음영이 들어간 국가들이 동아시아기후파트너십 대상 국가들이다.

[표 23] 기후변화영향 분야별 12개 취약 국가 리스트[43)]

가뭄	홍수	폭풍	해수면상승	식량생산감소
말라위	방글라데시	필리핀	모든 저해상 도서국가	수단
에티오피아	중국	방글라데시	베트남	세네갈
짐바브웨	인도	마다가스카	이집트	짐바브웨
인도	캄보디아	베트남	튀니지	말리
모잠비크	모잠비크	몰도바	인도네시아	잠비아
니제르	라오스	몽골	모리타니	모로코
모리타니	파키스탄	아이티	중국	니제르
에리트레아	스리랑카	사모아	멕시코	인도
수단	태국	통가	미얀마	말라위
차드	베트남	중국	방글라데시	알제리
케냐	베닌	온두라스	세네갈	에티오피아
이란	르완다	피지	리비아	파키스탄

기후변화 리스크 취약도에 따르면 베트남은 홍수, 폭풍, 해수면 상승의 3개 부문에, 캄보디아와 스리랑카는 홍수의 1개 부문에 취약한 것으로 나타났다.

43) World Bank. Environment Department, *Convenient Solutions to an Inconvenient Truth: Ecosystem-based Approaches to Climate Change*, Washington, 2009.

[표 24] 기후변화 리스크 취약도에 따른 국가분류

취약도 수준	국가명
3개 부문 취약	**베트남**, 인도, 방글라데시
2개 부문 취약	파키스탄
1개 부문 취약	라오스, 미얀마, **스리랑카**, 인도네시아, **캄보디아**, 태국, 필리핀, 몽골

동 3가지 기준으로 연구대상국을 선별하였을 때, 기준에 모두 부합하는 국가는 스리랑카와 캄보디아, 몽골, 방글라데시이다. 그러나 몽골의 경우 정보접근성과 지역적 접근성이 좋지 않고 방글라데시는 정보접근성이 좋지 않아 연구대상으로 선정하기에 어려움이 존재하는 바, 한국국제협력단 관계자와의 협의 하에 방글라데시와 몽골 대신, 2개의 기준에 대하여 상위에 부합하는 국가인 베트남을 대신 선별하였다. 마지막으로 선별된 국가를 대상으로 재생에너지 발전사업 추진 여건을 분석하였다.

라. 재생에너지 발전사업 추진 여건

재생에너지 발전사업 추진 여건에 대해서는 다음 장인 3. 동아시아 3국의 재생에너지 잠재력 및 제도적 현황에서 자세히 다루기로 한다.

1) 재생에너지 잠재량

베트남, 캄보디아, 스리랑카는 모두 적도 근처에 위치하고 있으며 몬순풍의 직접적인 영향을 받는 국가로써 다양한 재생에너지원의 잠재량이 매우 풍부하다. 베트남의 경우 수력이 풍부한 것은 이미 널리 알려진 사실이며, 풍력과 바이오매스, 태양에너지 잠재량이 모두 풍부하다. 캄보디아는 전국에 걸쳐 태양에너지가 풍부하여 열대 우림이 발달하였으며, 목재 부산물 및 농산물 등 바이오매스 잠재량도 풍부하다. 스리랑카도 마찬가지로 태양에너지와 풍력에너지가 풍부하여 재생에너지 사업을 추진하기 좋은 조건을 갖추고 있다.

2) 전력현황 및 재생에너지 사업 수요

베트남, 캄보디아, 스리랑카는 모두 빠른 경제성장을 이루고 있는 국가로써 향후

전력수요가 급격하게 증가할 것으로 예상되는 국가들이다. 3국의 과거 연간 경제성장률은 최저 5%를 상회하여 왔다. 특히 베트남은 7%를 웃도는 빠른 경제성장으로 인하여 전력수요가 급증하는 추세이며, 캄보디아와 스리랑카는 내전이 종료된 지 얼마 지나지 않아 파괴된 전력인프라와 전력보급이 시급한 상황이다. 전력난을 겪고 있는 3국 모두 재생에너지 개발에 대한 관심이 높으며, 재생에너지 정책을 수립하고 있다.

마. 대상국가 선정 결과

상기 기준 및 조건 분석을 바탕으로 하여 동 연구 대상 국가는 베트남, 캄보디아, 스리랑카 3국으로 선정하였다.

3. 동아시아 3국의 재생에너지 잠재력 및 제도적 현황

가. 베트남의 재생에너지 잠재력 및 제도적 현황

1) Country Profile

가) 지형 및 기후 특징

베트남은 인도차이나 반도 동쪽에 위치한 국가로서 타이만과 통킹만, 남중국해, 중국, 라오스, 캄보디아와 국경을 접하고 있다. 남·북간 길이가 1,650km에 달하고, 해안선의 총 길이는 3,260km이며, 내륙국경선의 길이는 총 3,730km에 달하는 남북으로 길게 뻗은 S자 형태를 지닌 나라이다. 국토면적은 331,211.6km^2로 한반도의 1.5배, 남한의 3.5배에 달한다.

지형은 주로 열대저지대, 언덕, 고지대밀림으로 되어 있으며, 평지는 국토의 약 20%에 불과하다. 국토는 북부의 고원지대와 홍하 삼각주, Dãy Trường Sơn 산악지대, 해안저지대와 남부지역의 메콩강 삼각주로 구성되어 있다.

북부지역의 기후는 다습한 아열대 기후의 특성을 보이고 있으며, 연중 평균 습

도는 84%이다. 북동 방향에서 몬순계절풍이 부는 11월에서 4월은 건기이며, 5월에서 10월은 우기이다. 우기에는 바다를 통과하면서 습기를 머금은 몬순계절풍이 내륙지대에 많은 비를 뿌린다. 호치민시와 주변의 메콩강 삼각주 지역의 경우 고온다습한 열대 사바나 기후에 속하며, 건기와 우기의 특징을 뚜렷하게 보인다.

연간 강수량은 1,200~3,000mm로서 많은 편에 속하며, 강수량의 90%는 여름에 집중적으로 발생한다. 가장 추운 달인 12월과 1월의 평균기온은 약 5℃이고 가장 더운 달인 4월의 평균기온은 37℃인데, 산지나 고원지대의 경우 평야지대보다 기온이 낮다. 베트남 남부의 연간 기온은 21~28℃ 사이로서 북부보다 남부의 계절간 기온 차가 더 적다.

나) 인구 특징

2009년 현재 인구는 8,580만 명이며, 85.8%가 베트남족(Viet) 또는 킨족(Kinh)으로 구성되어 있다. 다수민족인 킨족의 정치·사회적 영향력이 강한 편이다. 이들 외 몽족(Hmong), 다오족(Dao), 타이족(Tay), 타이족(Thai), 농족(Nung) 등 54개 소수 민족이 있다.

베트남의 공식 언어는 베트남어이며, 제1외국어는 프랑스어이다. 최근 외국과의 교류가 확대되면서 영어가 제1외국어로 부상하고 있다. 문화는 대승불교, 도교, 유교의 영향을 많이 받았으며, 제1종교는 불교이다.

다) 정치·경제적 특징

베트남 사회주의공화국 정부는 단일 정당인 공산당이 운영하고 있으며, 주요 정부 행정기관 및 국영기업 관장, 정책 수립, 정부 인사권을 가지고 있다. 대통령은 국가의 수장인 동시에 군 총사령관이며, 총리는 각료와 각 행정부서를 책임지는 정부의 수장이다. 베트남 의회는 단원제이며 의원의 수는 498명이다. 행정구역은 총 58개 주와 5개의 특별시로 이루어져 있다.

베트남전쟁 이후 사회주의 정부를 수립한 베트남은 1986년에 자유시장개혁을 공표하고 사회주의 지향의 시장체제로 전환하였다. 이후 1990~1997년 동안 연간 8%, 2000~2005년 동안 연간 7%를 상회하는 높은 경제성장률을 기록하여 왔다. 2005년, 미국의 투자은행인 골드만삭스(Goldman Sachs)는 2025년에 베트남 경제가 세계 35위로 올라설 것으로 전망한 바 있다. 베트남은 세계경제 침체기였던 2010년에도 6.8%의 성장률을 기록하는 등 경제 성장을 지속하여 왔으나, 빠른 경제 성장은 급격한 물가상승이라는 부작용을 초래하였다. 물가상승률은 2010년 12월에 11.8%의 최고치를 기록하였으며, 2010년에만 3차례의 통화절하가 이루어졌다. 2011년 현재 베트남 GDP는 1,227.22억 달러이며, 1인당 GDP는 1,374달러를 기록하였다.

주요 산업은 농업, 제조업, 광산업, 관광업 등이며 동남아시아의 3대 석유생산국이다.

2) 에너지 및 전력 현황

가) 에너지 현황

베트남의 1차 에너지 수요 증가율은 1990~2005년 동안에 연간 5.6%, 2006~2008년 동안에 6.4%를 기록하였다. 1차 에너지원별 국가 총 소비량은 다음과 같다.

[표 25] 1990-2009년 1차 에너지원별 베트남 총 소비량[44)]

(단위 : ktoe)

에너지원	1990년	1995년	2000년	2005년	2006년	2007년	2008년	2009년
석탄	2,212	3,314	4,372	8,341	9,030	9,681	11,888	12,645
석유	2,860	4,617	7,917	12,336	12,022	14,149	14,058	14,635
가스	7.7	196	1,441	4,908	5,360	5,653	6,533	7,290
수력	2,063	3,237	4,314	3,835	4,619	5,213	5,881	6,785
비상업 에너지	12,421	12,872	14,193	14,974	14,767	14,748	14,725	14,722
수입에너지	-	-	-	33	83	226	277	321
합계	19,564	24,225	32,236	44,247	45,881	49,670	53,362	58,370

44) Vietnam. Ministry of Industry and Trade. Energy Department. *Renewable Energy Status in Vietnam*, 2012

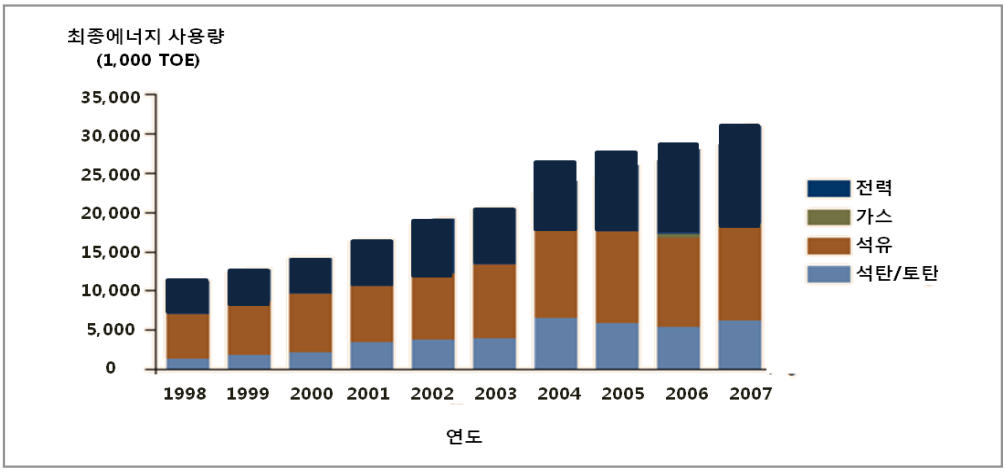
위의 [표 25]에서 드러나듯이 전체 에너지 소비량에서 비상업에너지가 차지하는 비중은 점차로 감소하여 1990년 63%에서 2009년에는 25%까지 하락하였다. 베트남의 상업에너지 소비가 증가한 주요 이유는 ① 산업화, ② 자동차의 증가, ③ 가정의 상업에너지 사용 증가(특히 전기)이다.

[표 26] 2007년 베트남 상업에너지 소비량[45)]

(단위 : ktoe)

구분	석탄	석유제품	천연가스	총연료소비량	전기	합계
산업	490	220	50	760	630	1,390
교통	0	780	0	780	10	790
상업 및 서비스업	30	80	0	120	90	210
가정	100	70	0	170	460	630
합계	620	1,150	50	1,830	1,180	3,010
비율	-	-	-	60.8%	39.2%	100%

[그림 6] 1998-2007년 베트남 상업에너지 소비량[46)]



베트남의 최종에너지 소비량은 1990년 1,676만 toe에서 2009년 4,680만 toe로 약 3배가량 증가하였다. 위의 [그림 6]은 에너지원별 최종에너지 소비량을 나타내

45) World Bank. Asia Sustainable and Alternative Energy Program(ASTAE), *Vietnam : Expanding Opportunities for Energy Efficiency*, Washington, 2010.

46) *Ibid.*

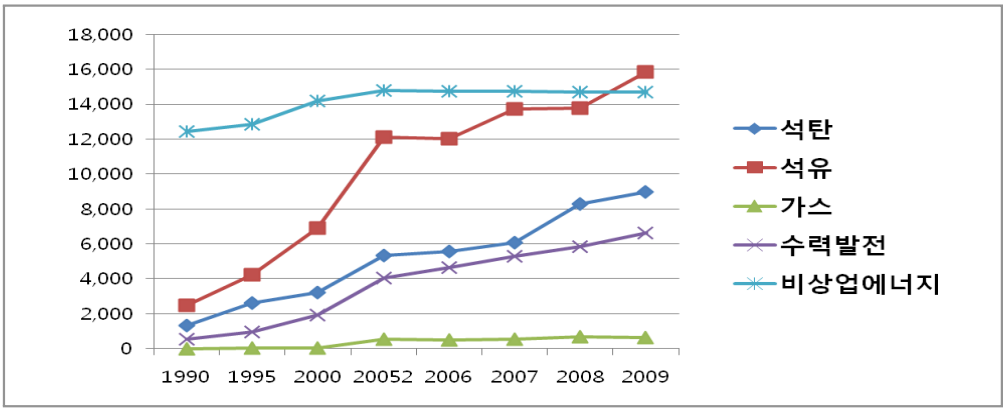
고 있다. 최종에너지 소비량이 [표 27] 1차 에너지원 총소비량의 약 80%에 해당하는 것을 감안할 때, 국가 총에너지 손실은 약 20%가량인 것으로 추정된다.

[표 27] 1990-2009년 베트남 최종에너지 소비량[47)]

(단위 : ktoe)

에너지원	1990년	1995년	2000년	2005년	2006년	2007년	2008년	2009년
석탄	1,324	2,603	3,223	5,351	5,562	6,089	8,271	8,966
석유	2,479	4,247	6,920	12,122	12,023	13,713	13,797	15,851
가스	5	21.2	19.4	537	485	542	666	639
수력발전	532	963	1,927	4,051	4,630	5,275	5,834	6,615
비상업 에너지	12,421	12,872	14,191	14,780	14,748	14,726	14,710	14,704
합계	16,760	20,707	26,280	36,841	37,449	40,345	43,277	46,774

[그림 7] 베트남 에너지원별 소비량 증가 추이



[그림 7]은 에너지원별 소비량 증가 추이를 나타낸 것이다. 여기에서 주목할 것은 화석연료(석탄·석유·가스)와 수력발전의 소비량이 대폭 증가한 사실이다. 석탄과 석유 소비는 1990년부터 2009년에 걸쳐 약 7배 증가하였으며 수력발전은 약 12배 증가하였다. 이에 반해 절대적 비중을 차지하고 있는 비상업에너지의 경우 소비량이 증가하기는 하였으나 증가속도가 화석연료와 수력발전에 비해 완만한 것으로 나타났다. 즉, 주로 상업연료로 사용되는 화석연료와 수력발전이 대폭 증가된 것으로 미루어, 베트남이 본격적인 산업화 단계로 접어들었음을 알 수 있다.

47) Vietnam. Ministry of Industry and Trade. Energy Department. *Renewable Energy Status in Vietnam*, 2012

향후 2030년까지 예상되는 최종에너지 수요는 아래의 [표 28]와 같다.

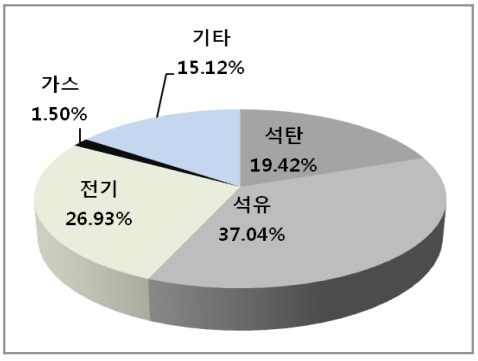
[표 28] 2030년까지 베트남 최종에너지 수요 전망[48)]

(단위 : ktoe)

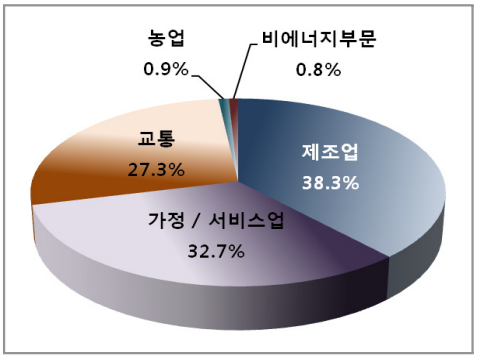
에너지원	2010년	2015년		2020년		2025년		2030년	
		최저	최대	최저	최대	최저	최대	최저	최대
석탄	9,547	13,607	13,897	17,997	72,873	23,608	25,812	29,974	34,197
석유	7,539	14,605	15,848	24,930	27,392	37,055	42,495	52,908	63,462
가스	15,770	23,472	23,904	34,434	35,855	48,231	51,939	66,959	74,753
수력발전	654	1,006	1,030	1,419	1,495	1,968	2,173	2,593	3,007
비상업 에너지	14,695	14,474	14,719	14,044	14,328	13,272	13,600	2,593	12,804
합계	48,205	67,163	69,398	92,824	97,943	124,134	136,018	12,443	188,223

2030년 에너지 소비량은 2009년에 비해 최소 3.5배에서 최대 4배까지 증가할 것으로 예상되며, 화석연료와 수력발전 소비량이 큰 폭으로 증가할 것으로 예상된다. 2010년 현재 베트남 내 화석연료 소비량이 전체 에너지 소비에서 차지하는 비중은 30%를 약간 상회하는 수준이나, 2030년에는 91%까지 확대될 것으로 예상된다. 따라서 향후 20년간은 화석연료에 의존한 경제개발에 집중할 것으로 보인다.

[그림 8] 2020년 베트남 에너지원별 수요 전망[49)]



[그림 9] 2020년 베트남 부문별 에너지수요 전망[50)]



48) *Ibid.*

49) *Ibid.*

50) *Ibid.*

[표 29] 2030년까지 베트남 1차 에너지 수급 전망[51)]

(단위 : ktoe)

구 분	2010년	2015년	2020년	2030년
최소 수요	61,123	91,675	148,786	256,691
국내 조달	76,889	87,402	96,172	113,387
석탄	27,888	31,680	34,562	55,932
석유	20,217	20,360	21,073	20,360
가스	7,183	10,288	11,413	9,000
소수력	6,478	11,695	12,994	12,523
수력	428	905	1,391	1,961
기타 신에너지	14,695	14,474	14,740	13,610
밸런스	+15,766	-2,273	-52,614	-143,304

[표 29]는 베트남 1차 에너지 수급 밸런스 전망을 나타내고 있다. 2010년 현재 베트남 에너지 수요는 충족이 되고 있으나 2015년부터는 수요가 공급을 초과할 것으로 예상됨에 따라 에너지 부족 현상이 예상된다. 따라서 에너지 소비저감 및 효율화 증대, 에너지 공급 확대가 주요 국가 이슈로 부상할 것으로 예상된다.

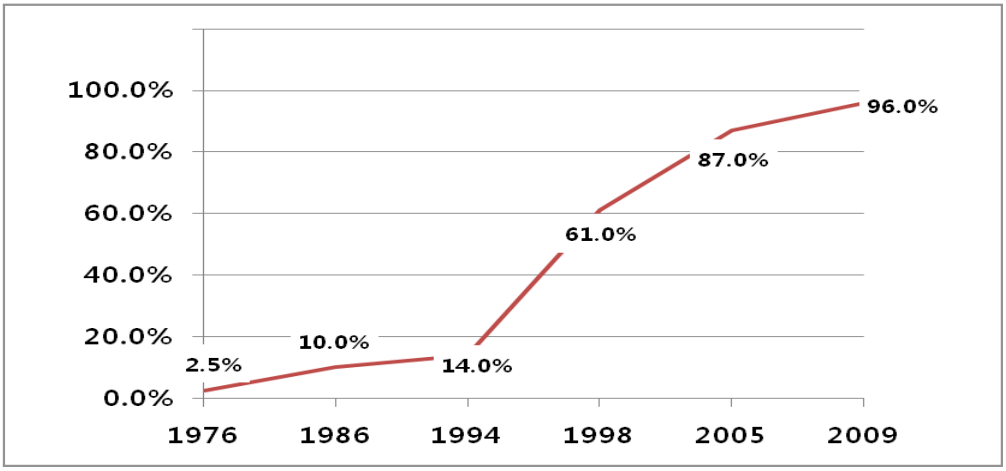
나) 전력 현황

베트남의 전력보급률은 1976년 베트남전쟁 종전 이후 1986년까지 10년 동안 2.5%에서 9.3%까지 증가하는 데 머물렀다. 그러나 전력보급화사업이 1986년 경제개방 개혁 이후 경제발전과 함께 본격적으로 진행되기 시작하면서 2005년에 전력보급률 87%를 달성하기에 이르렀다. 2010년 현재 지역단위 전력보급률은 98.63%, 가정단위 전력보급률은 97.3%에 달한다[52)].

51) *Ibid.*

52) Vietnam Electricity, *Corporate Profile 2010-2011*, 2011.

[그림 10] 1976-2009년 베트남 전력보급률 추이[53]



2010년 현재 베트남의 국가 총 전력 발전용량은 21,542MW이다. 이 중 베트남 전력공사인 EVN(Electricity of Vietnam, 이하 전력공사)이 11,848MW(총 발전용량의 55%)를 보유하고 있으며 민간업체들이 9,694MW(총 발전용량의 45%)를 보유하고 있다. 2010년 말에 추가된 발전용량은 2,546MW이다.

전력 생산량의 경우 2010년 기준으로 9,725,000만 kWh이며 이 중 전력공사의 생산량이 4,114,600만 kWh(42.3%), 기타 발전업체의 생산량이 5,614,000만 kWh (57.74%)이다.

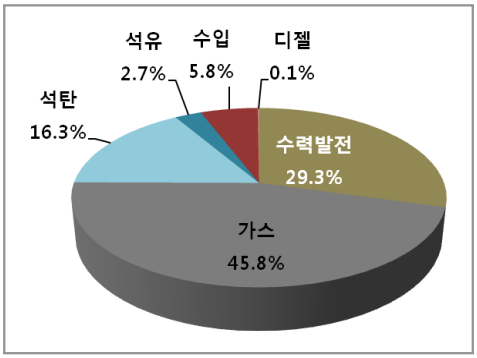
주요 발전원은 [그림 11]에서 볼 수 있듯이 가스발전, 수력발전, 그리고 화력발전에 집중되어 있다. 가스발전의 비중이 전체의 약 45% 이상을 차지하고 있음을 알 수 있는데 이는 최근에 건립된 3,900MW Phu My 가스발전 단지[54]가 전력생

53) World Bank. Asia Sustainable and Alternative Energy Program(ASTAE), *Vietnam : State and People, Central and Local, Working Together ; The Rural Electrification Experience*, Washington, 2011.

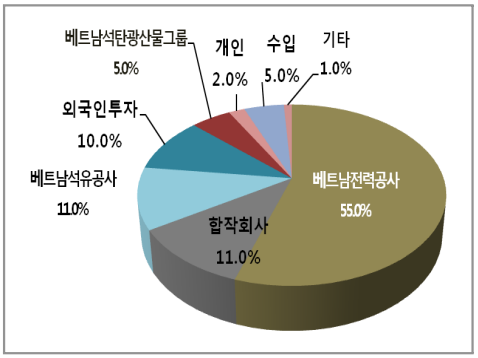
54) 동 발전단지는 1호, 2-1호, 2-1 extension, 2-2호, 3호, 4호 등 5개의 발전소로 구성되어 있다. 1호는 240MW급 복합가스발전기 3기와 350MW급 스팀발전기 1기로 구성되었으며 일본 미쯔비시 중공업이 건설하였다. 자금은 일본 Overseas Economic Co-operation Fund (OECF)와 Overseas Development Agency(ODA)가 공동으로 85%를 충당하였다. 발전소 2-1호는 발전용량 450MW, 2-1 Extension은 발전용량 440MW이며, 증설사업은 독일 Siemens사가 사업을 수주하였다. 2-2호는 발전용량 715MW이며, 프랑스전력청을 주축으로 하여 도쿄전력, 스미토모사가 컨소시엄을 이루어 투자한 BOT(Built-Operate-Transfer) 방식 프로젝트이다. 3호 발전용량은 716MW이며 BP, SembCorp, Kyushu Electric Power 등이 투자에 참여하였다. 발전소 4호는 450MW급이며, Siemens사가 사업을 수주하였다.

산을 개시하면서 가스발전 비중이 급격히 확대된 것이다. 발전비중은 가스(45.8%), 수력(29.3%), 석탄(16.3%) 석유(2.7%) 순이다[55].

[그림 11] 발전원별 베트남 전력생산 비율[56]



[그림 12] 생산자별 베트남 전력생산 비율[57]



수력발전은 1994년 당시 국가 전력 총생산의 75%를 공급했을 정도로 전력생산에서 큰 비중을 차지하는 발전원이었다. 그러나 화석연료에 대한 의존도가 높아짐에 따라 수력발전이 차지하는 비중은 2000년 51%에서 2010년 29%로 급감하였다. 수력발전은 계절에 따른 발전량의 차이로 인해 연중 전력공급이 일정하게 유지되기 어려운 구조이다. 특히 베트남의 경우 계절에 따른 강수량의 차이가 큰 편으로써 강수량이 가장 많은 9월의 경우 강수량이 가장 적은 1월에 비해 10배 이상 차이가 나기 때문에 계절별 발전량의 차이가 크다. 다음 [표 30]과 [그림 13]은 세계은행에서 제공하는 1990~2009년 동안의 베트남 월별 강수량을 나타낸 것이다.

[표 30] 1990-2009년 베트남 연중 월별 강수량[58]

(단위 : mm)

1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	월평균	총량
27	55	68	181	227	295	167	259	308	184	61	33	156	1,865

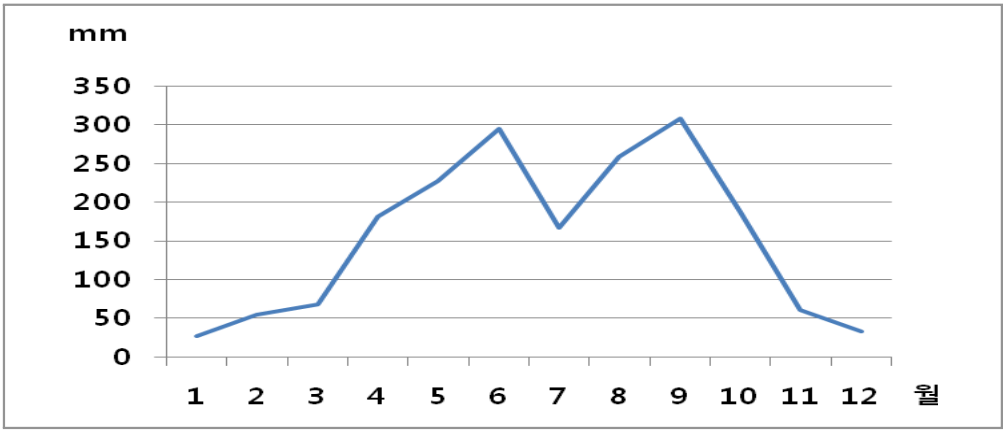
55) Vietnam. Ministry of Industry and Trade. Energy Department. *Op Cit.*

56) *Ibid.*

57) *Ibid.*

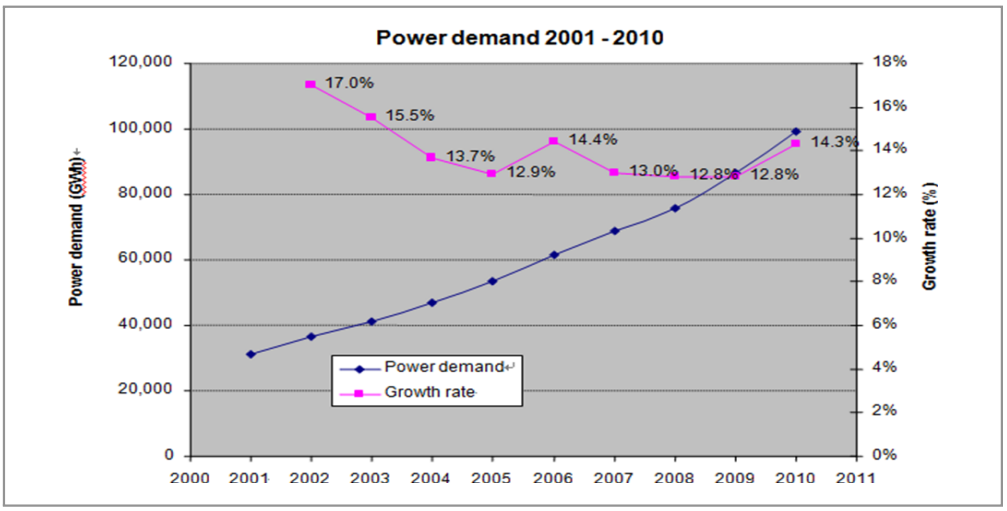
58) *Average monthly rainfall and Temperature for Vietnam 1990-2009*, Climate Change Knowledge portal for Development Practitioners and Policy Makers, The World Bank Group.

[그림 13] 1990-2009년 베트남 월별 강수량 그림[59)]



아래의 [그림 15]는 부문별 전력소비 비중을 나타내고 있다. 선진국의 경우 전력소비 비중이 상업, 가정, 산업 별로 비교적 균등하게 배분되는 것에 비해 베트남의 경우 산업/건설부문에 전력소비가 집중되어 있다. 이는 제조업이 국가 경제에서 큰 비중을 차지하고 있는 것으로 개발도상국에서 주로 나타나는 전력소비 구조이다.

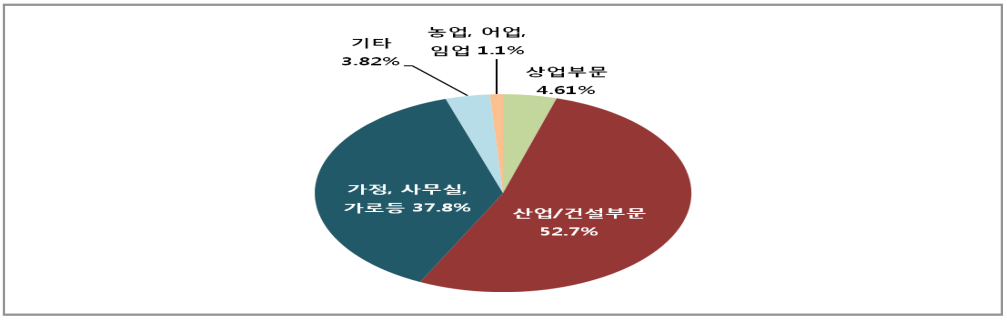
[그림 14] 2001-2010년 베트남 전력수요 추이 및 증가율[60)]



59) *Ibid.*

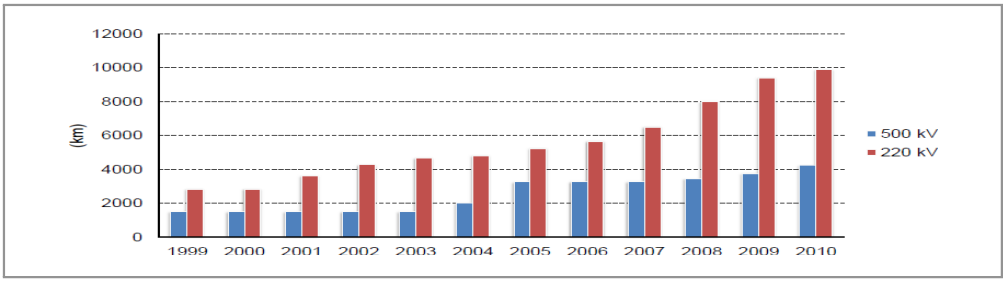
60) Vietnam. Ministry of Industry and Trade. Energy Department. *Op Cit.*

[그림 15] 2010년 부문별 베트남 전력 소비 비중[61)]

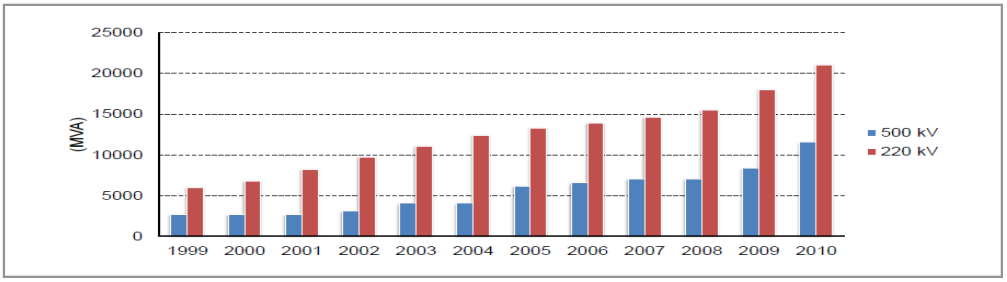


베트남의 전력망은 500kV, 220kV, 110/66kV로 구성되어 있다. 총 길이가 9,870km에 달하는 220kV 전력망은 베트남 전국에 걸쳐 설치되어 있으며 500kV망은 남북으로 길게 설치되어 있다.

[그림 16] 2001-2010년 베트남 500kV와 220kV 송배전망 확대 추이[62)]



[그림 17] 2001-2010년 베트남 500kV와 220kV 송전용량 확대 추이[63)]



61) Vietnam Electricity(EVN). *Op Cit.*

62) National Power Transmission Corporation(NPT), *Transmission Infrastructure Investment and Development in Vietnam*. 2011

63) *Ibid.*

남북으로 길게 뻗어있는 베트남의 지형적 특성상 남부와 북부 간 전력 생산량의 차이가 상당히 큰 편이다. 베트남의 주요 발전원은 앞서도 언급했듯이 가스, 수력, 화력발전인데, 이 중 대규모 수력발전소가 대부분 북부지역에 집중되어 있다. 화력발전소 또한 대부분 석탄이 많이 매장되어 있는 북동부 지역에 집중되어 있다. 북부지역에 발전소가 집중되면서 정부는 남부지역에 가스발전소를 건립하는 등 남·북간 전력생산 불균형 문제를 해결하려고 노력 중에 있다.

남북으로 뻗어있는 500kV 송전선은 북부지역의 잉여전력을 남부지역으로 수송한다. 1994년도에 처음 설치된 500kV 송전선은 1,488km였으며, 이후 전력 수요가 증가함에 따라 500kV 송전선 설치 2차 사업을 시작하여 2004년에 완료하였다. 2010년 현재 500kV 송전선의 길이는 총 3,890km에 달한다[64]. 최근 전력망 규모가 확대되고 각 송·배전선의 전력부하가 증가하면서 500kV, 220kV를 포함한 전력 송·배전 시스템의 운영이 불안정해지고 있는 상황이다.

[표 31] 2010년 기준 베트남 전력망 세부 정보[65]

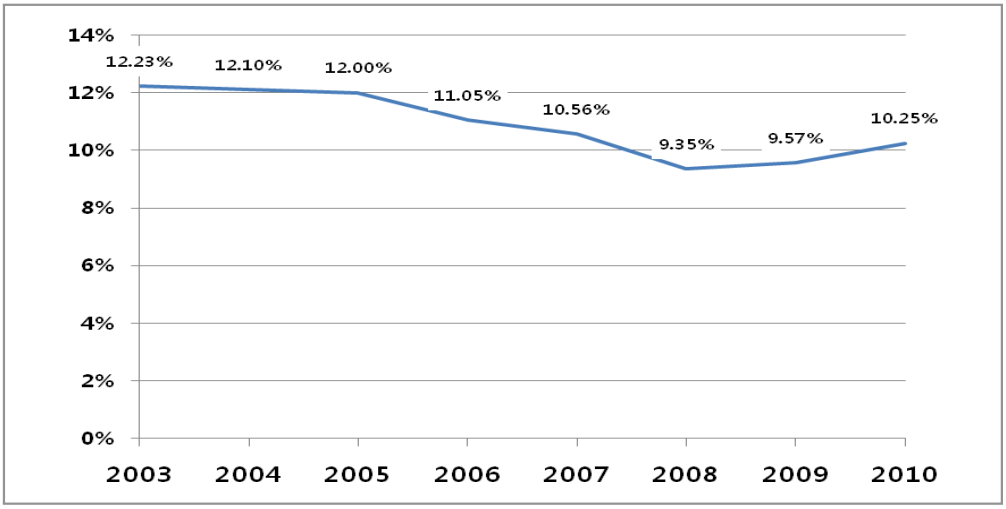
세부 내용	2010년 현재
500kV 송전망 총 길이	3,890km
220kV 배전망 총 길이	10,015km
110kV 배전망 총 길이	13,141km
500kV 변전설비용량	10,650MVA
220kV 변전설비용량	22,004MVA
110kV 변전설비용량	27,908MVA
500kV 변전소 수	23개소
220kV 변전소 수	135개소
110kV 변전소 수	746개소
중압전선 총 길이	134,966km
저압전선 총 길이	319,095km
배전소 수	239,925개소
배전설비용량	48,797MVA

64) Ngo, Son Hai. and Nguyen, The Huu., *Operational Problems and Challenges in Power System of Vietnam*, National Load Dispatch Centre of Vietnam.

65) Vietnam Electricity. *Op Cit.*

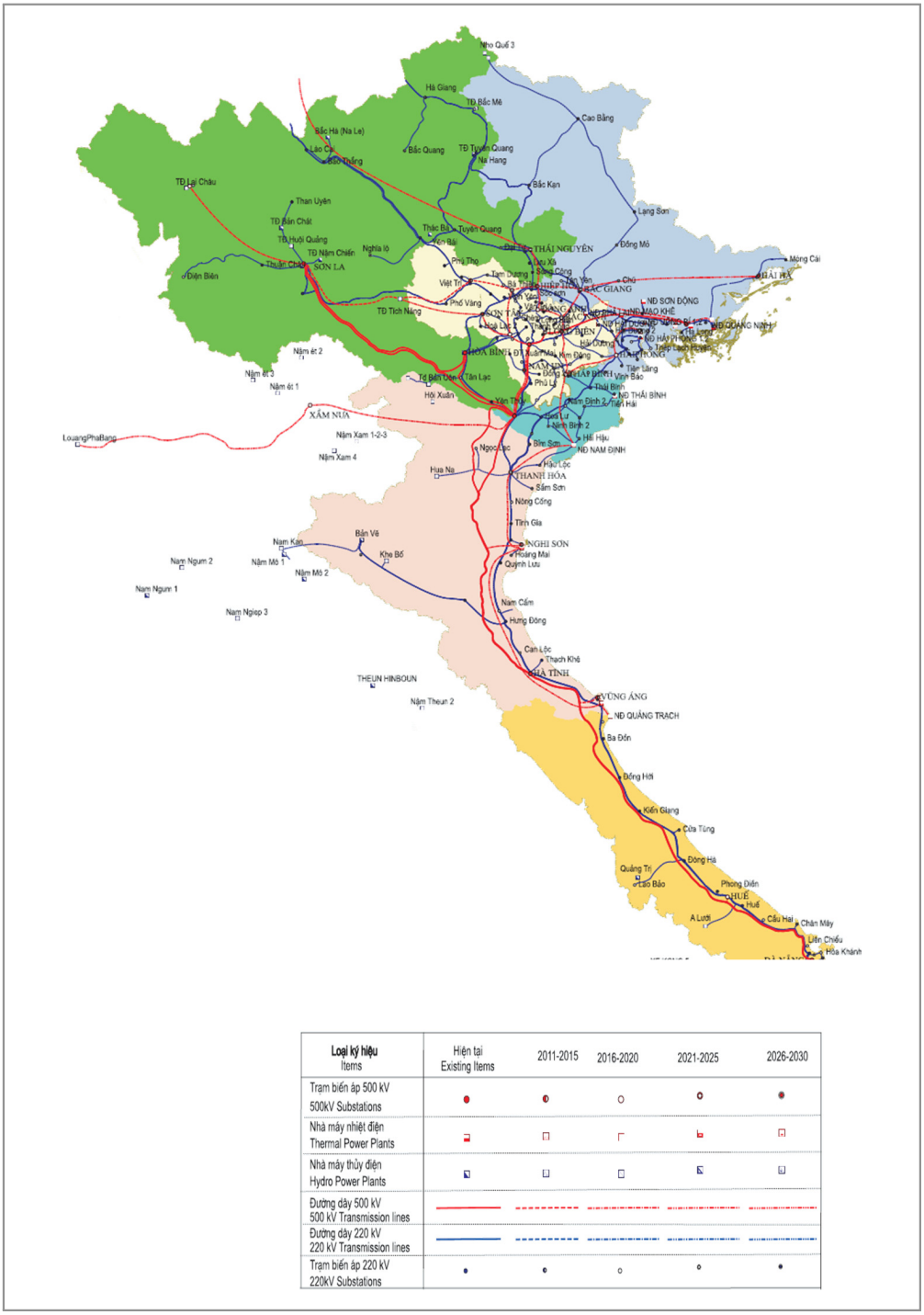
전력생산이 증가하고 전력망이 확대됨에 따라 부상하고 있는 또 다른 문제는 전력손실이다. 베트남의 전력손실은 지난 10년간 하락세를 보여 왔음에도 불구하고 현재 약 10%를 기록하고 있어 여전히 높은 편이다. 이는 대부분 전력 생산설비와 전력망 시스템의 노후화, 저효율의 에너지소비기기 사용으로 인한 것이다. 지난 10년 동안 전력 소비증가율이 연평균 10% 이상이었음을 감안할 때, 향후 전력수요는 지속적으로 증가할 것으로 예상된다. 이에 따라 전력손실로 인해 낭비되는 전력량도 상당한 수준이 될 것으로 예상된다. 이에 베트남 정부는 전력손실을 줄이기 위해 전력 효율화증대 방안을 고심하고 있으며 꾸준히 증가하는 전력소비 자체를 줄이기 위해 전력 절약에 총력을 기울이고 있다.

[그림 18] 2003-2010년 베트남 전력손실률 추이[66]

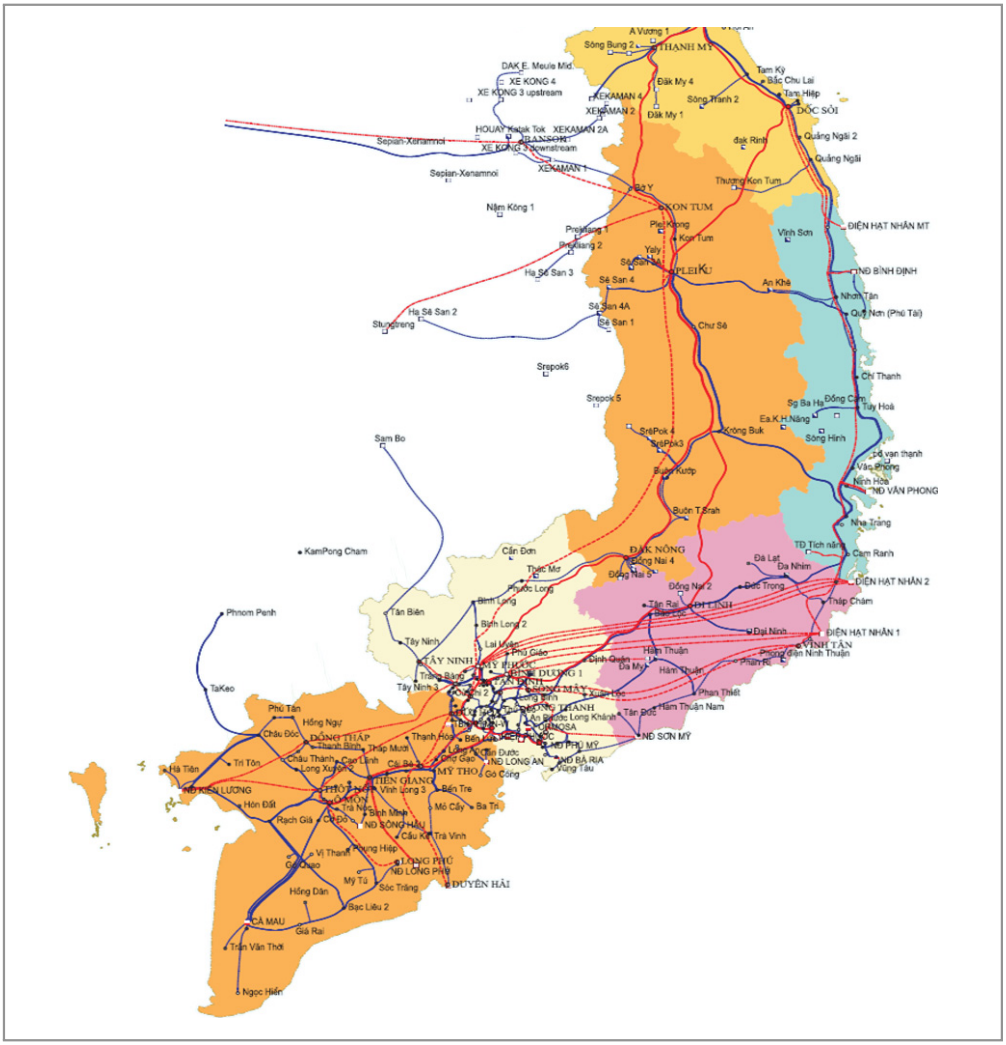


66) Nguyen, Anh Tuan. "A Case Study on Power Sector Restructuring in Vietnam," Pacific Energy Summit, 2012.

[그림 19] 2010년 베트남 전력망 지도(1)



[그림 20] 2010년 베트남 전력망 지도(2)[67]



67) Vietnam Electricity. *Op Cit.*

3) 재생에너지 잠재력

현재 베트남 국가 총 발전용량에서 재생에너지가 차지하는 비중은 약 2%에 불과하며, 재생에너지원별 비중은 수력발전(600MW), 바이오매스(150MW), 풍력(7.5MW), 태양너지(2MW) 순이다[68].

(1) 수력발전(≤30MW)

베트남은 강이 발달해 있고 산지가 국토 전역에 걸쳐 형성되어 있어 수력발전 잠재력이 높은 국가이다. 길이가 10km 이상인 강이 총 2,360여 개이며, 강 유역 면적이 10,000km^2 이상인 수계(水系)가 9개이다[69].베트남 내 최대 규모의 강은 홍강(Red River)과 메콩강(Mekong River)이며, 메콩강의 유량은 베트남 내 총 유량의 59%, 홍강은 14.9%를 차지한다.

수력발전 잠재력이 높은 지역은 북부와 중부 산악지대이다. 현재까지 약 1000여 곳이 소수력발전 잠재력이 높은 지역으로 발굴되었으며, 이들 지역의 총 잠재발전용량은 7,000MW에 이른다. 이 중 114개의 프로젝트가 완료되어 총 850MW가 개발되었으며, 총 발전용량이 2,600MW에 해당하는 228개 수력발전 프로젝트가 현재 진행 중에 있고, 약 700여 개 프로젝트가 타당성 검토 중에 있다[70]. 대부분의 대규모 수력발전소는 산악지대가 발달한 북부지역에, 중규모 수력발전소는 중부지역에 밀집하여 있다. 대규모 수력발전 잠재량은 이미 대부분 개발되었기 때문에 소수력발전사업이 주목받고 있다.

소수력발전 사업타당성이 큰 지역은 Lao Cai, Quang Nam, Gia Lai 지역이며, 몇몇 산간 지역의 경우 0.1MW 미만의 독립형 소수력발전이 사업타당성이 있다.

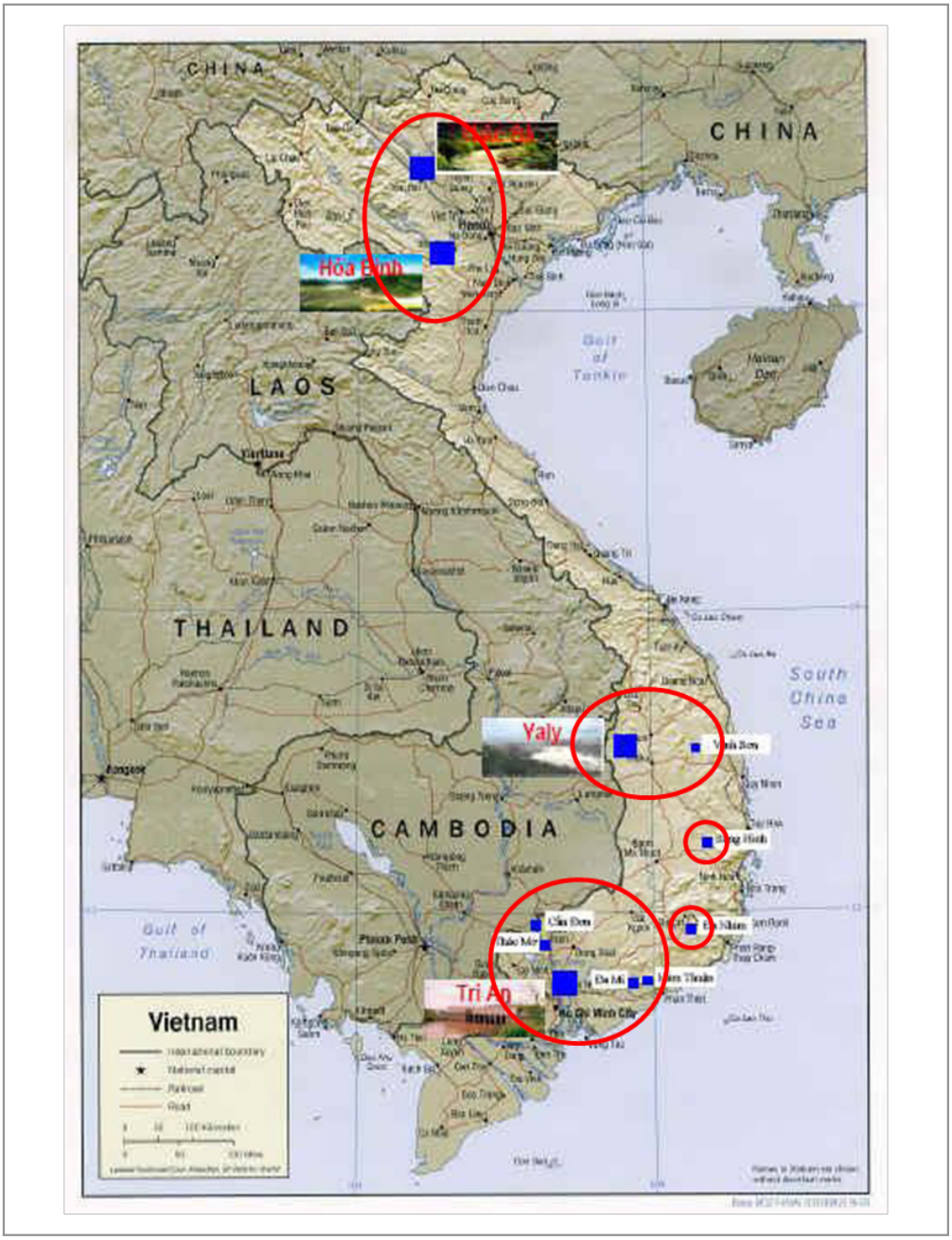
---

68) Cuong, N. Duc. *Overview on Current and Trend of Renewable Energy Market in Vietnam*, Institute of Energy. 2012

69) 홍하(Red), 타이빈강(Thai Binh), 방 지앙기 쿵강(Bang Giang-Ky Cung), 마강(Ma), 카라강(Ca La), 투본강(Thu Bon), 바강(Ba), 동나이강(Dong Nai), 쿤롱강(Cuu Long) 연안

70) Vietnam. Ministry of Industry and Trade. Energy Department. *Op Cit.*

[그림 21] 베트남 수력발전 잠재력 지도[71)]



71) *Ibid.*

나) 풍력발전

베트남은 산지가 발달하고, 해안선 총 길이가 3,000km에 달하여 풍력 잠재력이 풍부하다. 베트남의 지형을 보면, 해안지역은 대부분 평야지대로서 해발 1,000~1,500m 수준의 낮은 산지가 발달하였고, 중부내륙지역은 해발 2,000~3,000m 사이의 고산지대가 발달하였다. 기후는 북부 해안지역의 경우 고온다습한 아열대 기후특성을, 남부 해안지역은 건기와 우기가 뚜렷한 열대기후의 특징을 보이고 있다. 연평균 기온은 섭씨 25~27℃ 사이이며, 연평균 강수량은 약 1,900mm으로 높은 편이다. 10월에 불기 시작하여 남쪽으로 이동하는 북동몬순풍은 12월 중순에 베트남 전국으로 확대되며, 해안지역에 많은 비를 뿌린다. 4~5월경에 북동몬순풍이 잠잠해지면 남서몬순풍이 북부방향으로 불기 시작한다.

2001년 세계은행 보고서에 따르면 풍력 잠재력이 특히 우수한 지역은 베트남 중·남부 산악지역과 남부 해안지역이다. 북동몬순풍이 영향을 미치는 시기에는 남부 해안지역에 강한 바람이 불며, 중부와 남부의 산악지대의 경우 북동몬순풍과 남서몬순풍을 수직으로 받는 지형을 형성하고 있어 풍력 잠재력이 풍부하다.

[표 32] 베트남 풍력에너지 잠재력 (지상≥65m, 대규모 발전기 설치가능)[72]

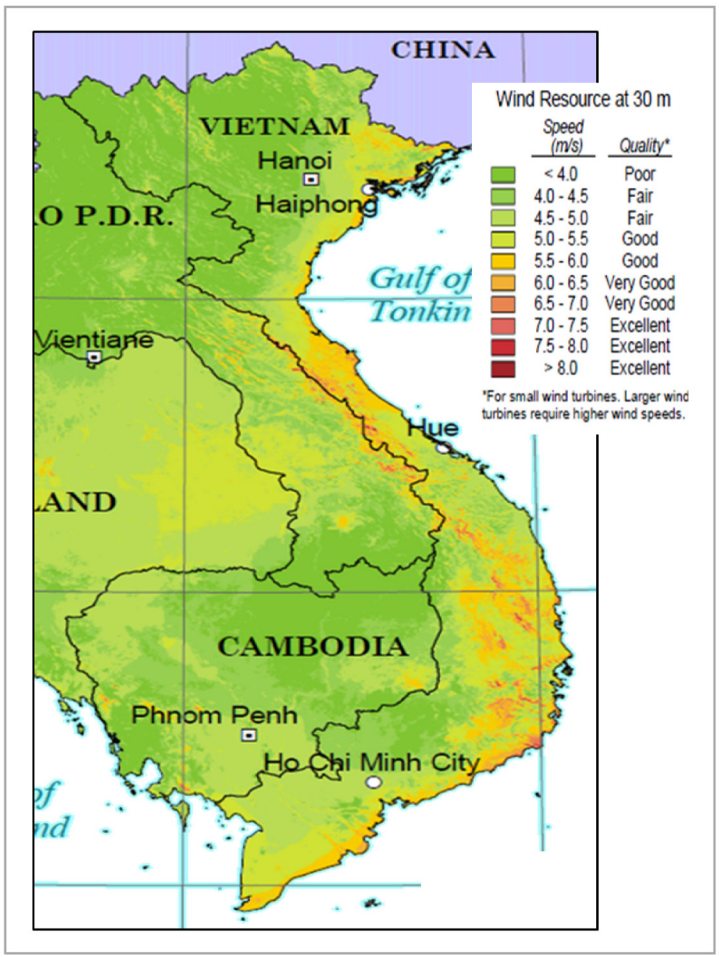
	Poor (< 6m/s)	Fair (6-7m/s)	Good (7-8m/s)	Very Good (8-9m/s)	Excellent (> 9m/s)
면적(km^2)	197,342	100,361	25,679	2,187	113
비율(%)	60.6%	30.8%	7.9%	0.7%	0.0%
잠재량(MW)	NA	401,444	102,716	8,748	452

남부지역은 메콩 델타와 호치민시를 포함하는 지역으로서, 풍속은 약 7.0~7.5m/s이다. 동 지역은 호치민시가 인접하고 있어 풍력발전소를 설치할 경우 전력공급이 용이하다는 장점이 있다. 내륙에서 약간 떨어진 콘손섬(Con Son island)에서 계측되는 풍속 또한 8~9m/s으로 매우 우수한 편이다.

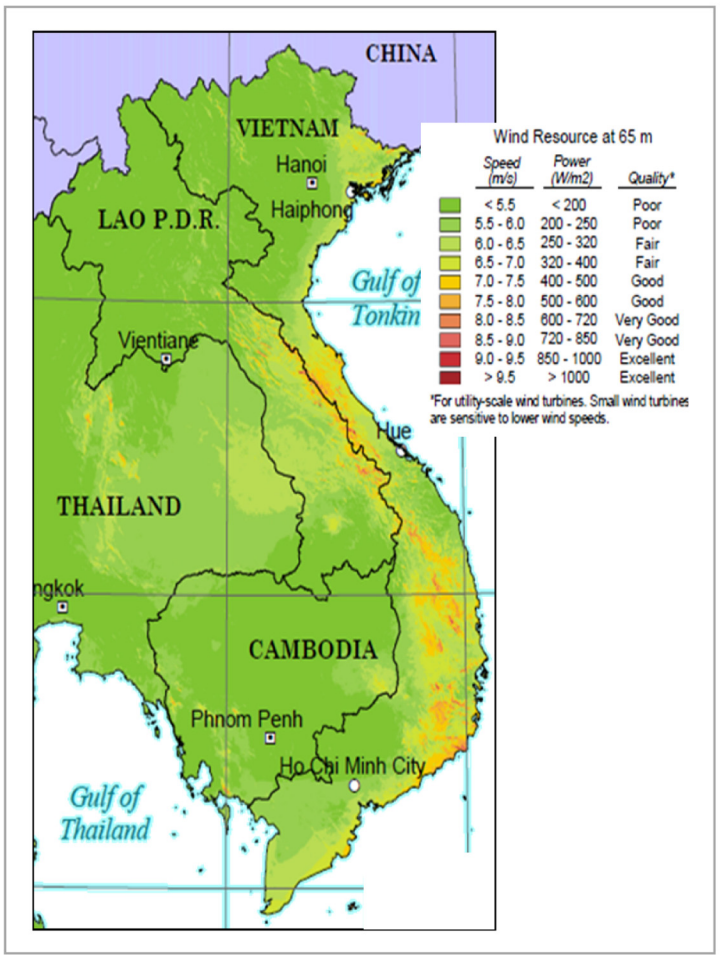
72) True Wind Solutions, LLC., *Wind Energy Resource Atlas of Southeast Asia*, New York, Asia Alternative Energy Program(ASTAE) of World Bank. 2001.

중남부 산악지역은 Boa Loc 지역 남서쪽을 포함하는 지역으로서, 해발 800~1,000m에서 관측되는 풍속은 약 7.0~7.5m/s이다. Boun Me Thuot 지역의 경우 고도는 약 500m에 불과하지만 지표면 65m에서 관측되는 풍속은 7.0m/s 가량이므로 풍력 잠재량이 매우 풍부하다. 해발 1,600~2,000m 산악지대에서 계측되는 풍속은 8~9.5m/s, 해발 1,600~2,000m 산악지대에서 계측되는 풍속은 8~9.5m/s로서 매우 우수한 편이다. 그러나 해발 1,600~2,000m의 경우 고도가 높아 접근성이 좋지 않다. Phan Rang을 기점으로 한 양 반도에서 관측되는 풍속은 8.0~9.5m/s으로 매우 우수하며, 이보다 약간 북쪽에 위치한 Tuy Hoa와 Qui Nhon반도에서 관측되는 풍속은 7.5~7.8m/s로서 역시 우수한 편에 속한다.

[그림 22] 베트남 지상 30m 높이 풍속



[그림 23] 베트남 지상 65m 높이 풍력자원



하노이 에너지센터(Honoi Institute of Energy)는 상기 세계은행의 연구가 30m, 65m 대규모 풍력타워를 대상으로 하고 있어 외진 산간 지역의 주민들에게 전력을 공급하기 위한 대안으로 미흡하다고 판단하였다. 이들은 2006년 재생에너지 기반 지역전력보급방안에 대한 연구를 진행하여, 소규모 풍력타워를 위한 지상 높이 10m의 풍속을 측정하였다. 그 결과는 아래 지도와 같다.

[그림 24] 베트남 지상 10m 높이 풍속 지도[73)]

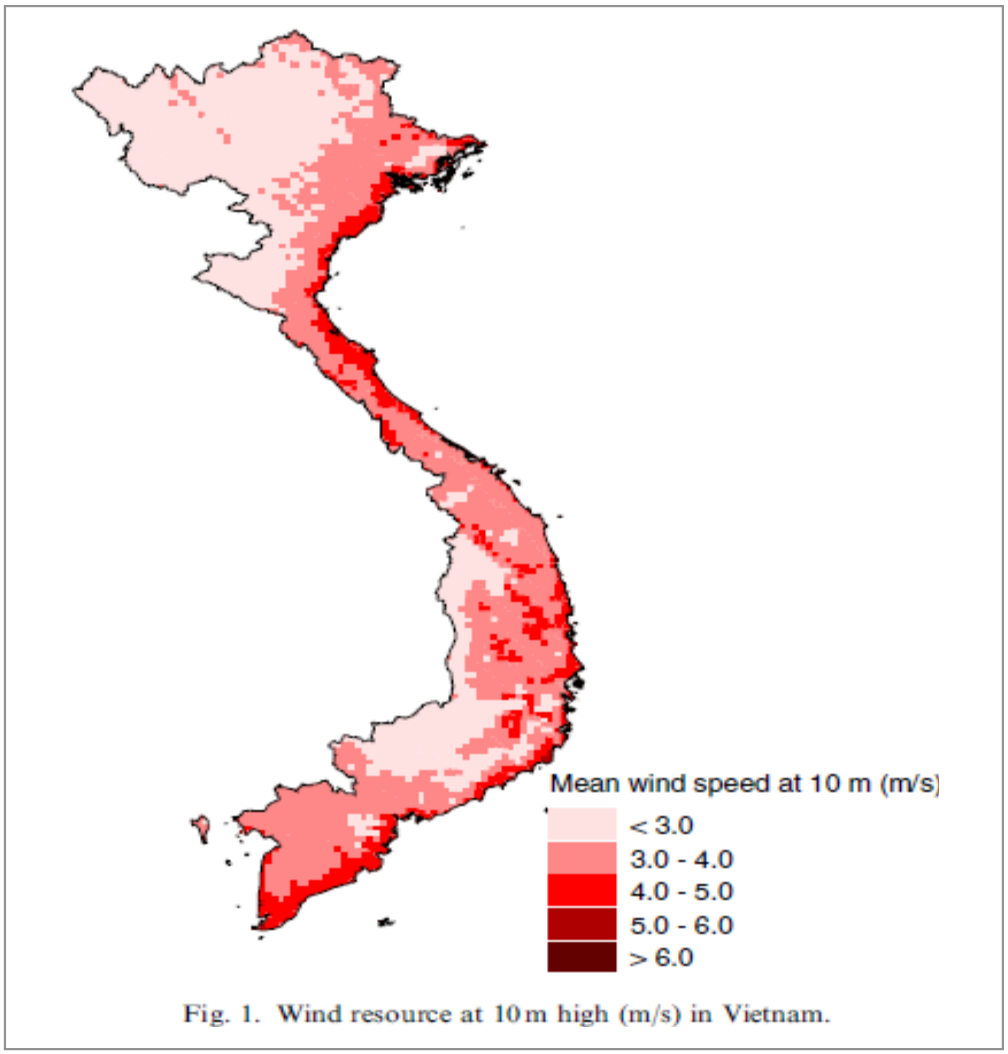


Fig. 1. Wind resource at 10 m high (m/s) in Vietnam.

73) Nguyen, Q. Khanh. "Alternatives to grid extension for rural electrification: Decentralized renewable energy technologies in Vietnam", *Energy Policy* 35, (2007).

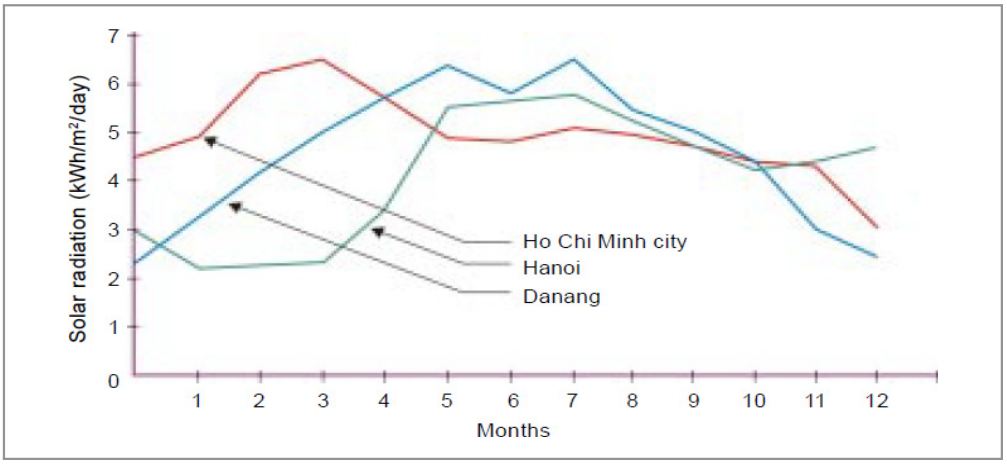
위 지도에서 풍속 5.0m/s 이상인 지역이 타당성이 있을 것으로 판단되며, 북동부 일부지역, 중부해안 및 남부해안 지역이 해당하는 것으로 보인다.

다) 태양광발전

태양에너지는 베트남의 주요 재생에너지원이다. 일사량은 중부 및 남부 지역의 경우 일일 평균 5kW/h·㎡, 북부지역의 경우 일일 평균 4kW/h·㎡[74]이며, 연중 일조시간은 2,000~2,500시간에[75] 달한다. 특히 위도 17도 이하 지역의 경우, 일사량이 풍부할 뿐만 아니라 건기와 우기 간 일사량의 차이가 약 20%가량으로 연중 일사량이 일정하게 유지되고 있어 태양에너지 이용에 우수한 조건을 갖추고 있다. 태양에너지의 잠재량은 연간 439억 toe로 추산된다.

일사량이 특히 풍부한 지역은 중부 및 남부지방이다. 호치민 기상청의 과거 10년간 데이터에 따르면 베트남 북·동부지방의 연간 태양복사(Solar Radiation)시간은 1,500~1,700시간인데 반해 중부 및 남부지역은 2,000~2,600시간으로 측정되었다.

[그림 25] 베트남 북부/중부/남부지역 일사량(하노이, 다낭, 호치민시)[76]



74) Dung, T. Quang. "Photovoltaic Technology and Solar Energy Development in Viet Nam," *TechMonitor*, 2009.

75) Vietnam. Ministry of Industry and Trade. Energy Department. *Op Cit.*

76) Dung, T. Quang, *Op Cit.*

[표 33] 베트남 지역별 태양에너지 잠재력[77)]

주	위도	총 일사량		일조시간	120Wp 배터리 기준 연간전력생산량 (kWh/년)
		cal/cm^2/day	Wh/m^2/day		
Hà Giang	20° 49'	301	3,496	1,437	86
Lào Cai	220° 30'	320	3,722	1,588	95
Điện Biên	210° 21'	383	4,456	2,015	121
Hoà Bình	200° 51'	325	3,780	1,621	97
Thanh Hoá	180° 48'	357	4,155	1,668	100
Quảng Trị	160° 44'	353	4,105	1,887	113
Pleiku	130° 59'	408	4,740	2,377	143
Qui Nhơn	130° 46'	404	4,702	2,559	154
Nha Trang	120° 15'	456	5,305	2,554	153
Phan Thiết	100° 57'	511	5,937	2,911	175
Sóc Trăng	90° 36'	405	4,708	2,400	144

아래의 태양에너지 지도는 베트남 정부가 미항공우주국에 2002년에 의뢰하여 수령한 것이다. 동 자료에 따르면 베트남의 연간 태양에너지는 5.2*1,014kWh이며, 이는 2005년 베트남에서 소비된 에너지의 1,000배를 상회하는 값이다. 태양에너지는 베트남 남부에 풍부하며, 남부지역의 하루 평균 일사량은 최대 5.32kWh/m^2, 최저 3.33kWh/m^{2}이다.

77) Vietnam. Ministry of Industry and Trade. Energy Department. *Op Cit.*

[그림 26] 베트남의 일사량지도 (kWh/m^2·day)[78]

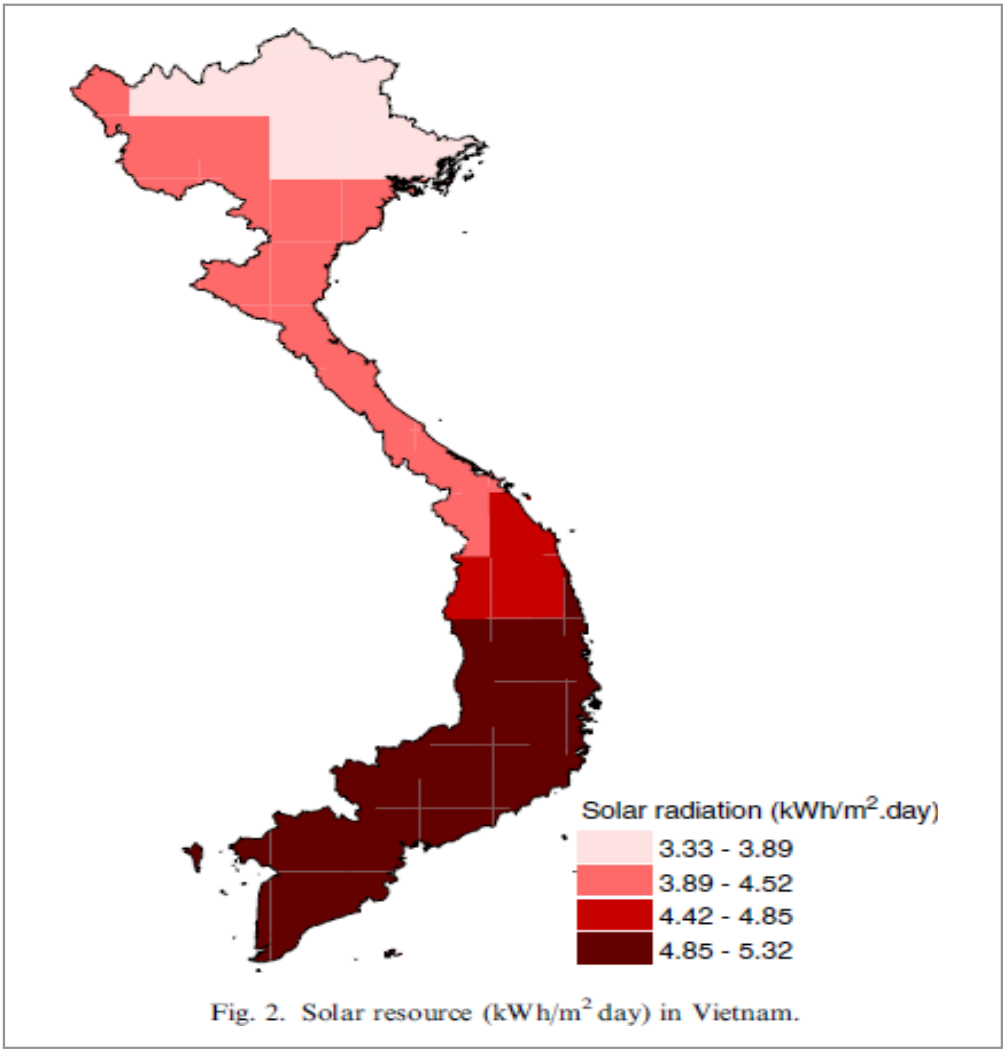


Fig. 2. Solar resource (kWh/m^2 day) in Vietnam.

라) 지열발전

베트남의 지열에너지 잠재량은 200~400MW인 것으로 파악되며, 잠재량이 큰 지역은 북서 및 북동지역, 중부지역의 Le Thuy(Quang Binh), Mo Duc, Nghia Thang (Quang Ngai), Hoi Van(Binh Dinh), Tu-bong, Danh Thach(Khanh Hoa) 등이다.

78) Nguyen, Q. Khanh. *Op Cit.*

[표 34] 베트남 지열발전 잠재량이 높은 지역[79]

지역	잠재 발전사업수	지열 온도(0℃)	규모별 개발 가능한 발전사업 수		
			대규모	중규모	소규모
북서부	79	103~200	10	25	44
북동부	11	95~146	2	6	3
레드강 삼각주	17	100~150	5	3	9
북부중앙부	42	120~210	4	10	28
남부중앙부	67	110~200	14	18	35
남부 및 메콩강 삼각주	53	150	-	22	31
총량	269		35	84	150

마) 바이오매스

바이오매스는 농업국가인 베트남에서 풍부하게 생산되는 주요 에너지원 중 하나이다. 주요 바이오매스 원료는 목재, 농업부산물, 가축분뇨, 도시폐기물 및 기타 유기폐기물 등이다.

[표 35] 베트남 바이오매스원별 잠재량[80]

바이오매스원	잠재량 (백만 톤)	이용가능성 (백만 톤)	발전잠재량 (MW)
목재 및 부산물	27~31	25	
농업부산물	60~72	50	418~501
가축분뇨	54~60	50	58
도시폐기물	7~10	8	212
바이오에너지	0.8~1.4	1	
총량	148.8~174.4	134	698~781

베트남에서 주로 생산되는 농산품은 쌀, 사탕수수, 카사바, 야채, 옥수수, 돼지고기, 과일 등이다. 구체적인 내용은 다음 표와 같다.

79) Vietnam. Ministry of Industry and Trade. Energy Department. *Op Cit.*

80) *Ibid.*

[표 36] 베트남 내 주요 농산품 생산량[81)]

순위	생산품	생산량(천 톤)
1	쌀	38,896
2	사탕수수	15,246
3	카사바	8,557
4	야채	6,313
5	옥수수	4,382
6	돼지고기	2,906
7	과일	2,617
8	바나나	1,532
9	고구마	1,208
10	커피	1,176
11	코코넛	1,129

[표 37] 베트남 내 주요 바이오매스 잠재량[82)]

생산품	잠재량(천 톤)	생산지역
쌀	38,896	생산량 50% - 남부 메콩강 삼각주지역 생산량 20% - 북부 홍하강지역
사탕수수	15,246	메콩강 삼각주지역, 북부 및 중부, 해안지역, 동남부지역
카사바	카사바줄기 3,000	중부, 북동부, 메콩강지역
대나무	7,000	생산량 33% - 북서부 및 동부
옥수수	4,382	생산량 50% - 북동부 생산량 10% - 중남부
돼지고기	2,906	국가전체
과일	2,617	국가전체
바나나	1,532	-
고구마	1,208	-
커피	135	로버스타종 - 중부 고원지대 아라비카종 - 북부지역
코코넛	껍질 1	생산량 84% - 메콩강지역
	연료 1,600	
	피트 1,000	

81) Netherlands. Netherlands Agency of Ministry of Economic Affairs. NL Energy and Climate Change, *Biomass Business Opportunities Viet Nam,* Utrecht, 2012.

82) *Ibid.*

네덜란드 경제농업혁신부 산하 NL Agency의 베트남 바이오매스 연구 결과에 따르면 베트남 내 바이오매스 잠재량은 대단히 풍부하나 폐기물 고형화 기술이 널리 보급되지 않아 폐기물 에너지화 수요가 높다고 밝히고 있다[83]. 그러나 바이오매스에 대한 발전차액지원제도 등 지원제도가 미흡하여 관련 산업이 경제성을 갖추었다고 보기는 어렵다.

4) 재생에너지 관련 사회시스템

가) 전력 정책

최근 베트남 정부는 향후 급격히 증가할 에너지 수요에 대비하기 위해 '국가전력개발계획 2011~2020'을 발표하였다. 동 국가계획은 전력원 개발계획, 전력망 개발계획, 인근국가와의 전력망 연계계획, 지역전력 보급계획, 사업자금조달계획, 지역 전력사업 활성화 계획, 전력효율화 계획으로 구성되어 있다.

[표 38] 베트남 국가전력개발계획 2011-2020[84] 구성내용

전력개발계획	담당기관
• 전력산업 전망 • 국가개발계획 목표 • 전력산업 개발계획 ① 전력원 개발계획 ② 전력망 개발계획 ③ 인근국가와의 전력망 연계계획 ④ 지역전력 보급계획 • 이행방안 ① 전력수급계획 이행방안 ② 전력부문 투자유치 방안 ③ 전력가 방안 ④ 전력산업 관리모델 도입 ⑤ 기술개발 방안 ⑥ 인재개발 방안 ⑦ 지역의 전력사업 개발방안 ⑧ 전력효율화 방안	• 산업무역부(The Ministry of Industry and Trade) • 기획투자부(The Ministry of Planning and Investment) • 재정부(The Ministry of Finance) • 베트남은행(The State Bank of Vietnam) • 베트남전력공사(Vietnam Electricity Corporation) • 베트남석유공사(Vietnam National Petroleum Corporation) • 베트남석탄 및 광물공사(Vietnam Coal-Minerals Industry Corporation) • 지방자치주(People's Committees of provinces and municipal cities)

83) *Ibid.*

84) Vietnam, "Decision: Approving the development plan of national electricity period 2011- 2020 with a vision to 2030", No. 1208/QD-TTg, 2011.

동 보고서에는 국가전력개발계획 중에서 전력원 개발계획과 전력망 개발계획, 그리고 지역전력 보급계획을 중심으로 내용을 기술하도록 한다.

우선 국가전력개발계획의 목표는 다음과 같다.

[표 39] 베트남 국가전력개발계획 2011-2020 목표

구 분	내 용
전체목표	• 전력생산을 위한 1차에너지 수입 • 고품질의 에너지서비스 제공 • 사회경제 개발 촉진을 위한 적절한 에너지가격 실현 • 국가에너지안보 보장
세부목표	• 2015년까지 1,940~2,100억 kWh, 2020년까지 3,300~3,620억 kWh, 2030년까지 6,950~8,340억 kWh로 전력공급 증대 • 전체 발전량에서 재생에너지원 비중을 2010년까지 3.5%, 2020년까지 4.5%, 2030년까지 6%로 확대 • 현재 2.0 수준인 GDP 대비 전력탄성계수를 2015년까지 1.5, 2020년까지 1.0으로 저감 • 지역 전력보급을 확대함으로써 2020년까지 전국 가정에 전력 보급 실현

전력산업개발계획의 첫 번째 계획인 전력원 개발계획의 방향은 다음과 같다.

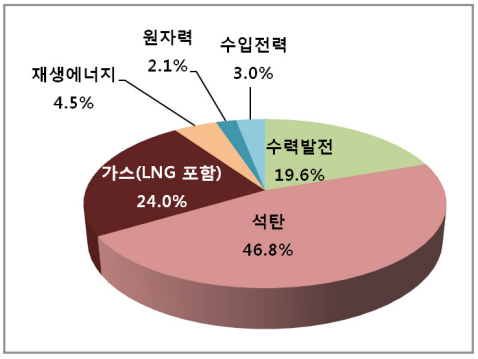
[표 40] 베트남 국가전력개발계획 2011~2020 세부내용

구 분	내 용
신재생에너지원 개발 확대	• 풍력발전용량을 2020년까지 1,000MW(0.7%), 2030년까지 6,200MW(2.4%)로 확대 • 바이오매스 발전용량을 2020년까지 500MW(0.6%), 2030년까지 2,000MW(1.1%)로 확대
수력발전 우선 개발	• 현재 9,200MW 수력발전용량을 2020년까지 17,400MW로 확대
전력시스템의 효율 개선	• 양수식 발전용량을 2020년까지 1,800MW, 2030년까지 5,700MW로 확대
화력발전소 확대	• 천연가스 기반 : 발전용량의 경우 2020년까지 10,400MW, 2030년까지 11,300MW으로 확대. 생산량의 경우 2020년까지 660억 kWh(전력생산비중 20%), 2030년까지 731억 kWh(전력생산비중 10.5%)로 확대 • 석탄 기반 : 발전용량의 경우 2020년까지 36,000MW, 2030년까지 75,000MW으로 확대. 생산량의 경우 2020년까지 1,560억 kWh(전력생산비중 46.8%), 2030년까지 3,940억 kWh(전력생산비중 56.4%)으로 확대
원자력발전 개발	• 2020년에 첫 번째 원자력발전소 가동 시작 • 2030년까지 발전용량 10,700MW로, 생산량 705억 kWh(전력생산비중 10.1%)로 확대

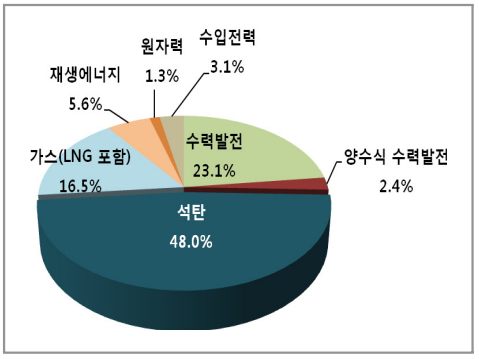
LNG 기반 발전 확대	• 발전용량을 2020년까지 2,000MW, 2030년까지 6,000MW로 확대
전력 수입 및 수출	• 인근 4개국(라오스, 캄보디아, 중국 등)과 전력교류 확대 • 전력 수입량이 2020년까지 2,200MW, 2030년까지 7,000MW로 확대될 것으로 전망됨.

전력원 개발계획 중 발전용량은 2020년까지 75,000MW, 2030년까지 146,800MW로 확대할 계획이다. 75,000MW 발전용량의 발전원은 수력 23.1%, 양수식 발전 2.4%, 석탄 48.0%, 가스발전 16.5%(LNG 2.6%), 재생에너지 5.6%, 원자력발전 1.3%, 수입전력 3.1%으로 구성하며, 146,800MW 발전용량의 발전원은 수력 11.8%, 양수식 발전 3.9%, 석탄 51.6%, 가스발전 11.8%(LNG 4.1%), 재생에너지 9.4%, 원자력발전 6.6%, 전력 4.9%로 구성할 계획이다. 전력생산량은 2020년까지 3,300억 kWh, 2030년까지 6,950억 kWh로 예상된다. 발전원별 전력 생산비중은 3,300억 kWh의 경우 수력 19.6%, 석탄 46.8%, 가스발전 24%(LNG 4%), 재생에너지 4.5%, 원자력발전 2.1%, 수입전력 3%로 구성할 계획이며 6,950억 kWh의 경우 수력 9.3%, 석탄 56.4%, 가스발전 14.4%(LNG 3.9%), 재생에너지 6%, 원자력발전 10.1%, 수입전력 3.8%로 구성할 계획이다.

[그림 27] 2020년 베트남 발전원별 전력생산비중(3,300억 kWh)[85]



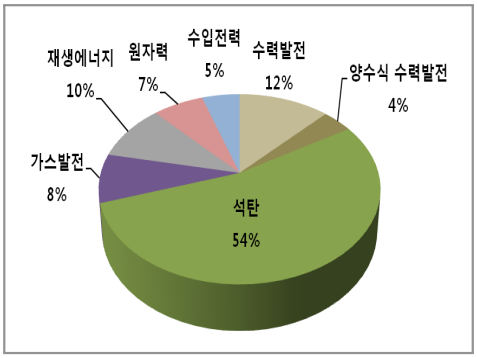
[그림 28] 2020년 베트남 발전원별 발전용량비중(75,000MW)[86]



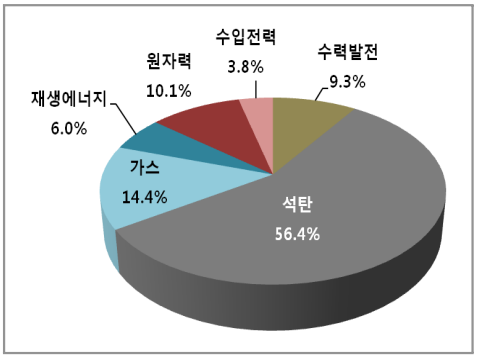
85) *Ibid.*

86) *Ibid.*

[그림 29] 2030년 베트남 발전원별 전력생산비중(6,950억 kWh)[87]



[그림 30] 2030년 베트남 발전원별 발전용량비중(146,800MW)[88]



전력산업개발계획의 두 번째 계획인 전력망 개발계획의 방향은 다음과 같다.

- 송전망 개발은 국가전력전략 및 계획, 각 지방정부의 계획에 따른다.
- 220kV급 및 500kV급 송전망을 확대하여 우기 및 건기 시 안정적 전력공급을 실현하고 전력손실을 저감한다.
- 220kV급 및 110kV급 송전망을 확대하여 전력공급의 안정성을 확보하고 전력손실을 최소화하며, 지방 전력 네트워크, 중압전력망 및 22kV급 전력망을 개선한다.
- 하나의 전신주에 다수의 전력회로와 다중출력전압을 도입하고, 전력부하가 높은 곳의 경우 예비전력을 충분히 준비하여 전력공급의 유동성을 높이며, 전력망의 현대화와 지하전력망 구축을 확대한다.
- 전력망 현대화와 고도화, 개폐기 업그레이드, 자동화를 추진하는 한편, FACTS, SVC에 대한 연구를 진행하여 전력망의 사용기한을 늘리고 제어시스템을 점진적으로 개선한다.
- 스마트그리드 기술에 대한 연구를 진행하여 에너지효율을 높인다.

전력망 개발계획의 세부내용은 다음과 같다.

87) *Ibid.*

88) *Ibid.*

[표 41] 베트남 전력망 개발계획

구 분	내 용
고압송전망	• 기본형태의 고압송전망은 500kV급 • 2020년 이후 750kV, 1,000kV, 또는 직류송전망을 개발하는 방안 검토
중압송전망(220kV)	• 모든 변전소는 2~3상 변압기 설치. 대도시의 경우 4상 변전소와 GIS 변전소, 지하변전소 설치 검토 • 신규 전선을 설치할 경우 2회선으로 하며, 주요 전력 공급원에서 송전을 받는 경우 최소 2회선을 장착한 500/220kV의 변전소 설립
저압망(110kV) 및 배전망	• 저압망(110kV) 과 배전망을 송전망과 적절히 동기화하여 전력공급의 안정화를 꾀하고 배전망 품질기준을 충족 • 배전망의 품질을 개선하기 위한 신규기술을 도입하며 지하전력망을 확충하는 한편, 전력손실 개선을 위한 기술을 도입하고 장기적으로 스마트그리드 시스템 개발

[표 42] 베트남 전력망 확대 계획

변전소	단위	2011-2015년	2016-2020년	2021-2025년	2026-2030년
500kV 변전소	MVA	17,100	26,750	24,400	20,400
220kV 변전소	MVA	35,863	39,063	42,775	53,250
500kV 전력망	km	3,833	4,539	2,234	2,724
220kV 전력망	km	10,637	5,305	5,552	5,020

전력산업개발계획의 세 번째 계획인 지역전력 보급계획의 목적은 다음과 같다.

- 국가전력망과 재생에너지원(소수력, 태양력, 풍력 등) 개발에 투자 : 2015년까지 마을단위 100%, 가정단위 98.6% 전력 보급을 실현하며 2020년까지 전력 보급 100% 달성
- 지역 전력망을 개선하여 양질의 전력서비스 제공

지역전력 보급계획의 세부내용은 다음과 같다.

[표 43] 베트남 지역전력 보급계획의 세부내용

구 분	내 용
지역전력보급 전망	• 지역전력보급을 통하여 지역의 산업화 및 농업의 근대화 달성 • 산간도서지역에 신·재생에너지 개발 장려 • 정부 방침에 따른 전력가 현실화

전력 공급계획	<2011~2015년> • 전력망을 확충하여 50만 가구에 전력공급 • 37.7만 가구에 재생에너지를 이용한 전력 공급 <2016~2020년> • 20만 가구에 계통연계형 전력 공급 • 23.1만 가구에 재생에너지를 이용한 전력 공급

나) 관련 법·제도

베트남은 재생에너지 관련 법에 의거하여 재생에너지 사업에 대해 보조금이나 세제 혜택 등을 지원하고 있다. 관련 사업자들은 재생에너지 수입 장비나 설비에 대해 관세 혜택을 받을 수 있으며, 저리 대출 등의 재정보조를 받을 수 있다. 자세한 내용은 다음과 같다.

[표 44] 베트남 재생에너지 관련법

법률명	내 용
전력법 (Law on Electricity) - 2005년	조항 4. 재생에너지 발전 활동 장려 조항 13. 재생에너지 발전소 건립에 투자 조항 60. 독립형 신재생에너지를 이용한 발전사업 투자 장려 조항 61. 농촌, 산간, 도서지역의 투자사업에 대한 정부지원 a) 투자지원 b) 사업대출에 대한 이자 혜택
투자법 (Law on Investment) - 2005	조항 27. 투자 인센티브 부문 : 신·재생에너지 조항 28. 지역에 따른 투자 인센티브 제공 : 사회취약계층 조항 32. 투자 인센티브 대상자 및 조건 : 조항 27.28에 해당하는 사업자는 동 법 및 기타 유관 법에서 지정한 인센티브 혜택을 받을 수 있음. 조항 33. 세제혜택
환경법 (Law on Environmental Protection) - 2005	조항 6. 환경보호활동 장려 조항 33. 신·재생에너지 사용 및 친환경제품 개발 1) 신·재생에너지에 투자하는 기관이나 개인은 세제혜택, 금융지원, 토지혜택 등을 받을 수 있음. 2) 정부는 다음 목표를 달성하기 위한 신·재생에너지 개발 전략을 수립함. • 국가 신·재생에너지 기술 및 연구 역량 증진 • 신·재생에너지를 개발하기 위한 국제협력을 강화하고 관련 자원을 효율적으로 이용 • 신·재생에너지의 비중을 확대하고, 에너지안보를 강화하며, 자연자원을 보호하고, 온실가스 배출을 저감

환경법 (Law on Environmental Protection) - 2005	• 신·재생에너지 개발 프로그램을 급식 프로그램, 빈곤퇴치 프로그램, 지역개발 프로그램 등과 연계
기술법 (Law on Technology)	조항 9. 기술이전 장려

[표 45] 베트남 재생에너지 관련법령

법률명	내 용
Decree No. 04/2009/ND-CP (환경보호사업 지원 및 인센티브 제공 관련 법령)	환경보호사업 및 동 사업을 통해 생산된 제품에 대해 토지, 재정, 세제혜택 제공 a) 특별 인센티브 및 지원 대상 사업 • 건설업: 폐기물 처리 설비 도입 • 연구개발, 제조업, 서비스업 : 폐기물 수거, 운반, 저장, 재활용(신·재생에너지)에 사용되는 모든 장비, 기계, 도구, 물건의 수입에 대한 세제혜택 b) 인센티브 및 지원 대상 사업 • 연구개발, 제조업, 서비스업 : 신·재생에너지 발전사업 • 덤프소각기에서 발생하는 폐에너지 활용사업
Decree No. 75/2011/ND-CP (투자세액공제 및 수출지원 관련 법령)	풍력, 태양력, 지열, 바이오에너지, 기타 재생에너지원 발전소 건립 프로젝트는 저리로 제공되는 정부 투자 대출 혜택을 받을 수 있음.
Decree No. 108/2006/ND-CP (투자법 이행을 위한 세부 실행사항)	a) 특별 인센티브 대상 사업 • 신에너지 : 태양력, 풍력, 바이오가스, 지열, 조력발전사업 b) 인센티브 대상 사업 • 외딴 지역이나 사회취약층 거주지역 사업
Decree No. 133/2008/ND-CP	기술법(Law on Technology)의 세부 시행사항 명시

[표 46] 베트남 재생에너지 관련 대통령령

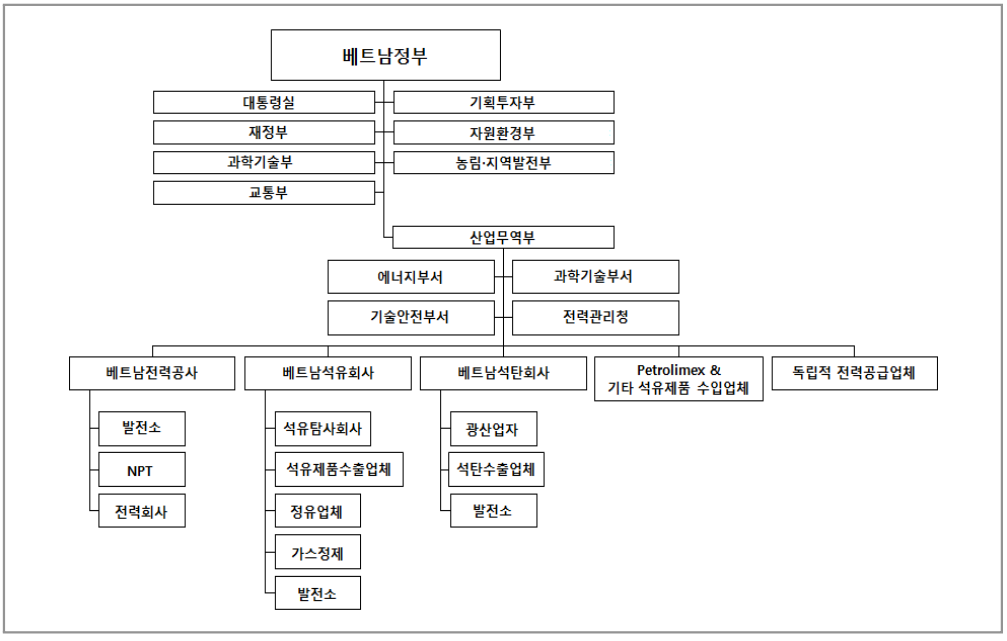
법률명	내 용
Circular No. 58/2008/ TTLT-BTC-BTN&MT (Decision 130/ 2007/ QD-TTg에 대한 실행방안)	CDM 프로젝트 및 다음의 사업에 대해 정부 보조금 제공 • 풍력, 태양력, 지열, 조력에너지원 발전 • 메탄(CH_4) 포집, 매립가스, 탄광메탄포집 사업을 통한 발전
Circular No. 97/2008/TT-BTC	산간·도서지역의 전력사업에 대한 정부지원 안내
Decision 18/2008/QD-BCT (회피원가 표준전력 구매협약에 대한 세부내용)	• 소규모 재생에너지원 계통연계형 발전에 대한 전력가 책정 및 절차, 폐기 등 • 소규모 재생에너지원 전력 구매 및 판매 관련 유관기관 및 대상자

현재 베트남에는 풍력발전에만 발전차액지원제도(Feed In Tariff: FIT)가 마련되어 있다. 그 외 재생에너지사업은 사업의 수가 많지 않아 아직 발전차액지원제도가 마련되어 있지 않은데, 태양광발전의 경우 현재 검토 중에 있는 만큼, 가까운 미래에 지원제도가 수립될 것으로 예상된다. 한편 풍력발전의 전력 수매가는 2012년 현재 1,614VND/kWh(약 7.8미화센트/kWh)이다.

다) 관련 기관

베트남의 전력관련 주요 담당기관은 산업무역부(Ministry of Industry and Trade), 전력관리청(Electricity Regulatory Authority of Vietnam), 베트남 전력공사이다. 이 중 산업무역부는 정책수립 부처로서 전력생산 및 유통, 소비활동을 포함한 전력산업의 전 부문을 감독·관리한다. 전력관리청은 산업무역부 산하 전력을 관리하는 기관이며 전력공사는 전력생산 및 송배전을 담당하는 국영기업이다. 한편 베트남에는 각 주마다 국민위원회(Provincial People's Committees)가 있는데 이들은 관할 구역 내 전력관련 활동을 관리하는 역할을 한다.

[그림 31] 베트남 전력관련 기관 구조



에너지부서(Energy Department) : 에너지부서는 산업무역부 산하기관으로서, 관련 법률 제정, 전략 및 정책 수립, 전력가격 책정, 사업투자 승인, 국가전략 및 계획 실행 및 감독, 연구활동 등의 업무를 수행함으로써 국가의 에너지자원관리(석유, 가스, 전력, 신·재생에너지 부문)가 원활히 이루어지도록 지원한다.

과학기술부(Ministry of Science and Technology) : 과학기술부도 산업에너부 산하기관으로서 ① 에너지 설비에 대하여 에너지 소비기준을 도입하고, ② 변화하는 기술수준을 반영하고, 경제적으로 합리적이며, 사회적으로 수용 가능하고, 지역 및 국제기준에 부합할 수 있도록 에너지 소비기준을 지속적으로 개정하며, ③ 설비의 에너지 소비수준이 국가기준에 부합하는지 여부를 확인·검증하는 역할을 한다.

전력관리청(Electricity Regulatory Authority of Vietnam) : 전력관리청 또한 산업무역부 산하기관으로 ① 고품질 전력을 안전하고 안정적으로 공급 ② 에너지 절약 ③ 공정하고 투명한 시장 확립, ④ 규제책 수립, ⑤ 전력활동 및 시장 규제 ⑥ 법·제도 및 절차 수립(전력유통가 결정 절차, 규제 방법 등) ⑦ 전력관련 정책 및 계획 수립, 관련 프로그램 실행, ⑧ 전력개발계획 수립 등의 업무를 담당한다.

베트남 전력공사(Vietnam Electricity : EVN) : 전력공사는 전력생산, 송배전, 판매 활동 외에도 정보통신, 은행업 등의 활동을 수행하는 기관이다. 전력공사는 정부가 지분의 100%를 소유하고 있다. 경영진은 7인으로 구성되어 있는데, 정부 관계자가 대다수를 차지하고 있어 정부의 영향력이 대단히 크다. 자세한 내용은 다음과 같다.

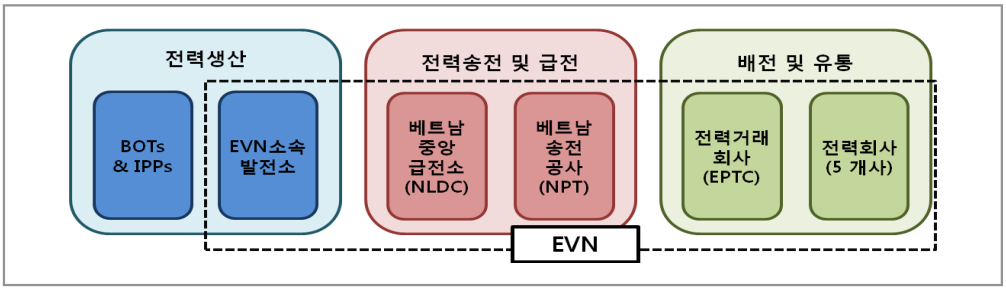
- 최고경영자(Executive Director) : 1명
- 정부관계자(Government representatives) 6명

전력공사는 산하에 조정위원회(Control Committee)[89]와 행정위원회를 두고 있는데 이들 위원회의 회원들은 독립적 인사들로 구성된다. 조정위원회의 동의하에 경영진은 최고경영자 및 핵심경영인을 해임할 수 있다.

89) 감사위원회와 유사한 역할을 담당함.

전력공사는 현재 베트남 내 최대 전력 생산자이며(국가 총 전력의 67% 공급), 독점 전력수매자인 동시에 송배전을 담당하는 기관이다. 북부, 중부, 남부, 하노이, 호치민 등 5개의 지사와 베트남송전공사로 구성되어 있으며, 이들은 독립적 전력생산업체 및 중국, 라오스 등의 국가로부터 전력을 독점적으로 수매하여 소비자에게 공급한다. 베트남송전공사는 기존의 배전회사 4개사를 통합하여 만들어진 조직으로써 전력공급을 담당한다.

[그림 32] 베트남 전력공사의 역할 및 조직 구성



라) 시장 및 전력요금

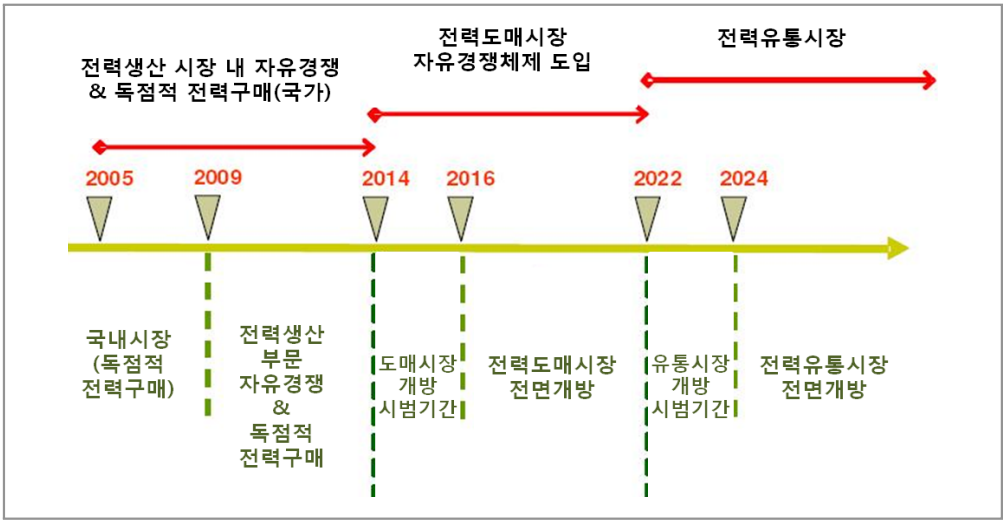
베트남 전력시장은 전통적으로 국가가 전력을 생산하고 공급하는 독점체제였다. 그러나 증가하는 전력수요에 따른 투자비 부담이 커지면서 정부는 2004년에 전력시장에 자유경쟁체제를 도입하는 것을 골자로 하는 전력법안을 수립하였으며, 2006년에 자유경쟁전력시장법[90]을 제정하였다. 이후 전력생산시장은 민간업체 및 외국인에게 개방되기 시작하였다. 전력 송배전 및 판매는 전력공사(EVN)가 독점권을 보유하고 있으며, 동회사는 전력의 대부분을 생산하고 있다.

[표 47] 베트남 자유경쟁전력시장법(Decision 26/2006/QD-TTg) 내용

기 간	내 용
1기(2005~2014년)	전력은 전력공사가 독점적으로 수매하나, 전력생산은 민간업체에 개방함으로써 자유경쟁 환경 조성
2기(2015~2022년)	전력도매시장 개방 및 자유경쟁체제 도입
3기(2022년 이후)	전력시장의 전면 개방

90) 동 법의 영문명칭은 Decision 26/2006/QD-TTg임.

[그림 33] 베트남 전력시장개발 로드맵



베트남에서 생산된 전력은 특별한 경우를 제외하고는[91] 대부분 전력공사가 전량 수매한다. 전력수매가는 전력 발전에 사용된 연료가격에 따라 차등적으로 결정된다. 전력공사는 각 전력공급업체와 전력수매가를 협상하고, 전력수매계약(Power Purchase Agreement)을 독점적으로 체결한 뒤 전력을 수매한다. 수매한 전력과 자체 생산한 전력을 배전회사들에게 판매하는데, 이때 전력도매가는 전력생산가(전력수매가)와 송전비용을 합산한 후 전력손실비용을 제외하여 결정된다.

2010년에 전력공사가 생산자로부터 수매한 전력의 평균가격은 1,060.30VND/kWh, 약 5센트/kWh[92]였다.

전력생산가(전력수매가) + 송전비용 - 전력손실비용 = 전력도매가

2006년에 베트남 자유경쟁전력시장법(Decision26/2006/QD-TTg)이 발표된 이후 베트남 정부는 시장가격을 반영하여 전력요금을 매년 인상하였다. 2007년 1월에

91) 산간 도서 지역과 같이 도시에서 멀리 떨어진 지역의 경우 계통연계형이 아닌 독립형으로 전력을 공급하는 경우가 있으며, 이 경우 전력공사가 전력을 수매하지 않음.

92) 1USD = 20,800VND 환율 적용

인상된 전력요금은 2006년에 비해 7.6% 인상된 842VND/kWh로 결정되었으며, 이후로 매년 5~10% 가량 인상되었다. 인상폭이 가장 컸던 해는 전년도에 비해 15.28% 인상률을 기록하였던 2011년이었으며, 당시 전력요금은 1,242VND/kWh(약 6센트)로 결정되었다. 2011년 4월 15일, 베트남 총리는 법률 24호(Decision 24/2001/QD-TTg)를 통해 전력요금을 연단위로 검토하는 대신 3개월 마다 검토한다고 발표하였다. 동 법률은 2011년 9월 1일에 발효되었다.

전력요금 결정 기준은 2001년 산업무역부에서 발표한 가이드라인(Circular 31/2011/TT-BCT)을 기본으로 한다. 동 가이드라인에 따르면 전력가 결정 시 고려되는 3대 주 요인은 ① 연료가, ② 베트남 동-미화 환율, ③ 전력공급량이다. 연료가격 혹은 환율이 크게 상승했거나 공급되는 전력량이 계약분에 미치지 못할 경우 산업무역부는 전력요금을 다음과 같이 인상한다.

① 5% 인상 : 전력공사가 산업무역부의 승인을 득했을 경우
② 5% 이상 인상 : 전력공사가 산업무역부에 보고하고 재정부에 전력구매가 갱신에 대한 승인을 득했을 경우

전력공사가 총리에게 전력판매단가 갱신에 대해 보고했음에도 불구하고 15일 안에 정부가 대응하지 않았을 경우, 전력공사는 자유재량으로 전력요금을 5% 인상할 수 있다.

2011년 기준, 베트남 전력요금은 다음 표와 같다.

[표 48] 2011년 베트남 산업계 대상 전력요금

		단위(VND/kWh)	단위(미화센트/kWh)[93]
1	110kV 이상		
	a) Mid-peak 시간	1,043	5.0
	b) Off-peak 시간	646	3.1
	c) On-peak 시간	1,862	8.9

93) 2011년 9월 30일 환율적용: 1USD=20,830VND

2	22kV ~ 110kV		
	a) Mid-peak 시간	1,068	5.1
	b) Off-peak 시간	670	3.2
	c) On-peak 시간	1,937	9.3
3	6kV ~ 22kV		
	a) Mid-peak 시간	1,093	5.2
	b) Off-peak 시간	683	3.3
	c) On-peak 시간	1,999	9.6
4	6 kV 이하		
	a) Mid-peak 시간	1,139	5.5
	b) Off-peak 시간	708	3.4
	c) On-peak 시간	2,061	9.9

[표 49] 2011년 베트남 관개 펌프 시설 대상 전력요금

		단위(VND/kWh)	단위(미화센트/kWh)[94]
1	6kV 이상		
	a) Mid-peak 시간	956	4.6
	b) Off-peak 시간	497	2.4
	c) On-peak 시간	1,415	6.8
2	6kV 이하		
	a) Mid-peak 시간	1,023	4.9
	b) Off-peak 시간	521	2.5
	c) On-peak 시간	1,465	7.0

[표 50] 2011년 베트남 행정기관 및 공공기관 대상 전력요금

	사용자	단위(VND/kWh)	단위(미화센트/kWh)[95]
1	병원, 보육원, 학교 등		
	6kV 이상	1,117	5.4
	6kV 이하	1,192	5.7
2	가로등		
	6kV 이상	1,217	5.8
	6kV 이하	1,291	6.2
3	공공기관 및 행정기관		
	6kV 이상	1,242	6.0
	6kV 이하	1,291	6.2

94) 2011년 9월 30일 환율적용: 1USD=20,830VND

95) 2011년 9월 30일 환율적용: 1USD=20,830VND

[표 51] 2011년 베트남 기업체 대상 전력요금

	사용자	단위(VND/kWh)	단위(미화센트/kWh)[96]
1	22kV 이상		
	a) Mid-peak 시간	1,713	8.2
	b) Off-peak 시간	968	4.6
	c) On-peak 시간	2,955	14.2
2	6kV~22kV		
	a) Mid-peak 시간	1,838	8.8
	b) Off-peak 시간	1,093	5.2
	c) On-peak 시간	3,067	1.5
3	6kV 이하		
	a) Mid-peak 시간	1,862	8.9
	b) Off-peak 시간	1,142	5.5
	c) On-peak 시간	3,193	15.3

[표 52] 2011년 베트남 가정 대상 전력요금

	소비량	단위(VND/kWh)	단위(미화센트/kWh)[97]
1	50kWh 이하(빈곤층)	993	4.8
2	0~100 kWh	1,242	5.9
3	101~150 kWh	1,304	6.3
4	151~200 kWh	1,651	7.9
5	201~300 kWh	1,788	8.6
6	301~400 kWh	1,912	9.2
7	401kWh 이상	1,962	9.4

전력망에 연계된 전력공급이 어려운 산간도서지역의 경우 해당 주의 국민위원회(People's Committee)가 다음의 최저가와 최고가를 반영하여 전력요금을 산정한다.

- 최저가 : 1,863VND/kWh(약 8.9 미화센트/kWh)
- 최고가 : 3,105VND/kWh(약 14.9 미화센트/kWh)

96) 2011년 9월 30일 환율적용: 1USD=20,830VND

97) 2011년 9월 30일 환율적용: 1USD=20,830VND

마) 기술 및 설비

베트남의 재생에너지 R&D 기반은 대단히 취약한 상황이다. 현재 정부는 재생에너지 R&D에 거의 투자를 하고 있지 않으며, 별도 예산을 편성하고 있지 않다. 재생에너지 R&D 연구기관으로는 호치민대학과 하노이대학, 전력공사 소속 컨설팅 기관인 Institute of Energy 등의 기관을 꼽을 수 있으며, 이들의 기술 수준은 아직 기초단계에 머물러 있다. 호치민대학과 하노이대학 모두 재생에너지 관련 리서치 센터 또는 관련 학부를 마련하고 있다.

태양광발전 연구의 경우 PV에 관한 연구가 1975년 이후 호치민시에 위치한 베트남과학협회 물리학센터에서 진행되었다. 동 센터는 1976년 직경 5cm의 단결정 태양 전지셀을 만들었다. 또한 베트남 과학기술연구원(The Vietnam Academy of Science & Technology)의 솔라랩(Solarlab)은 20년간의 연구를 통해 박막 태양전지셀, 단결정 태양 전지셀(η = 13%), 다결정 태양 전지셀(η = 12%), 비정질 실리콘 태양전지(η = 7%) 등의 다양한 태양전지셀을 개발하였다. 2000년 국제품질표준을 만족하는 첫 번째 프로토타입[98]의 태양전지 모듈이 개발되었다.

PV 시스템의 효율 향상을 위한 태양전지에너지절감기술(PVEST, A photovoltaic energy saving technology)에 대한 연구와 개발도 진행되었다. 태양전지 모듈을 제외한 태양전지 조절기, 사인파 변환장치(True sine inverter), 직류형 소형 에너지절감 조명 등 모든 종류의 PV 장비가 베트남에서 제조되고 있다. 즉, 80%의 PV 장비가 지역 내 제조사로부터 공급되고 있다. 제조업체의 대부분은 아날로그 방식을 사용하며 부분적으로 모니터링과 관리시스템에서 디지털기술을 활용한다.

사인파 변환장치(True sine inverters)는 최대 10kVA, 10~12개 채널의 태양광 충전기를 구비한 사양으로 개발되었다. 독일의 SPI GmbH와의 합작벤처를 통해 제작된 태양광 발전기는 Smart Green Power의 상표를 달고 아프리카, 유럽, 이라크 등지로 수출되었다. PV 장비 기술은 베트남에서 개발이 비교적 잘 이루어졌고 이는 경쟁력 있는 가격과 품질로 지역시장에 공급되었다.

98) 양산(量産)에 앞서 제작해보는 원형(原型)

3년 전 솔라랩(Solarlab)은 언제 어디서든 태양전지발전의 확장을 위한 통합적 태양광 지역망 관리시스템 Madicub을 성공적으로 구현했다. 이러한 방식은 농어촌 전력보급을 위해 추가 연구가 진행 중이다. 이는 경량 태양광 발전소로 100kWp 이하 정도의 전력 생산규모이다. 이 통합 시스템은 하이브리드 기술에 기반을 두어 다양한 지역조건에 적합하도록 유연하며 변경이 용이하도록 설계되었다. Madicub은 태양전지판 출력 500Wp에서 10kWp 범위에서 최소 1kVA에서 최대 10kVA까지 이용가능하다.

베트남의 풍력발전 설비는 General Motors가 도입한 1.5MW 규모 풍력발전기 제조설비가 있으며, 미국시장을 주 시장으로 하여 제품을 수출하고 있다.

2009년 3월 Long An 지방에서 설립된 Red Sun은 베트남 최초의 PV 모듈 생산시설로써 연간 약 3~5MWp의 PV 모듈을 생산한다. 현재 베트남에서는 5개의 회사가 PV 모듈을 생산하고 있다.

미국회사인 First Solar와 Ho Chi Minh City Energy가 공동으로 Solar PV 패널 생산을 Duc Hoa Ha 산업단지 내에 도입하기로 예정하였으나 현재 설비 도입이 연기된 상태이다. 대부분의 재생에너지 관련 시설은 독일, 프랑스, 중국 등으로부터 수입되며, 베트남 자체 제조시설은 없거나, 있더라도 매우 열악한 상황이다.

나. 캄보디아의 재생에너지 잠재력 및 제도적 현황

1) Country Profile

가) 지형 및 기후 특징

캄보디아는 위도 10°~15° 사이에 위치한 국가로서 북쪽과 서쪽으로는 태국과, 북동쪽으로는 라오스와, 동쪽 및 남동쪽으로는 베트남과 국경을 접하고 있다. 국토면적은 181,035km^2이며 태국만과 접한 해안선의 총 길이는 443km이다.

고지대와 저지대에 둘러싸인 캄보디아 중부지역은 대호수인 툰레 삽(Tonle Sap)

과 메콩강 삼각주 상류지를 포함하고 있는 저지대이다. 중부 바깥부분은 해발 200m의 완만한 경사 지대이며, 수목림이 우거져 있다. 북부지대는 정남방향으로 뻗어 있는 사암(砂巖)절벽을 접하는데, 이 사암절벽은 서쪽에서 동쪽으로 200마일 가량 완만하게 이어지다가 해발 180~550m로 급격하게 솟는다. 이 절벽은 당렉산맥의 남쪽 끝을 이룬다.

캄보디아 동남부 지역에는 메콩강이 있으며, 메콩강 동부는 베트남과 라오스로 이어지는 산림 및 고지대와 연결된다. 서남부는 툰레 삽(Tonle Sap)과 태국만 사이에 위치한 크라반(Kravanh)산악지대와 담레이(Damrei)산악지대로 구성되어 있다. 캄보디아에서 가장 높은 산인 프놈 아우랄(Phnom Aural: 해발 1,813m)은 사람이 거의 살지 않는 무인지대에 솟아 있다. 태국만과 접해 있는 남부 해안지역은 서남 고지대에 막힌 외딴 지역이며, 삼림이 울창하고 인구수가 적다.

대호수인 툰레 삽의 규모는 건기에는 2,590km^{2}에 불과하나 우기에는 24,065km^{2}까지 확장된다. 인구밀도가 높은 이 지역은 캄보디아의 중심부로써 주요 벼 경작지대인 동시에 생물권 보전지역으로 지정된 구역이다.

캄보디아의 기후는 다른 동남아국가들과 마찬가지로 열대우기와 건기의 특징을 가지고 있는 몬순계절풍의 영향권에 속한다. 5월부터 10월까지는 태국만과 인도양에서 습기를 머금은 남서몬순풍이 불면서 캄보디아 내륙에 비를 뿌리고 우기를 형성한다. 11월부터 3월까지는 북동 몬순풍이 불면서 건조기후를 형성한다. 강우량이 가장 많은 기간은 9월, 10월이며, 가장 건조한 기간은 1월과 2월이다. 기온은 21~35℃를 오르내리는데, 우기에는 22℃까지 떨어지고 건기에는 40℃까지 올라간다. 연평균 강수량은 1,000~1,500mm이며, 강우량이 많은 지역은 남동지역이다.

나) 인구 특징

2010년 현재 캄보디아 인구는 1,480만명이며, 인구의 95%가 크메르족이고, 공식언어는 크메르어이다. 소수민족으로는 베트남계(2,200,000), 중국계(1,180,000) 참족(317,000), 크메르 로우족(550,000)이 있다. 인구증가율은 1.7%이다. 내전으로 인한 급격한 인구감소로 인구의 50%가 22세 이하이며, 남녀 성비가 1.04이다.

65세 이상 인구의 남녀성비는 1.6이다.

과거 인도차이나 정부의 공식 언어였던 프랑스어는 제1외국어로 널리 쓰이고 있으나 최근에 외국관광객이 몰려들기 시작하면서 주요 도시 및 관광지역에서는 영어를 널리 쓰고 있다.

공식종교는 국민의 95%가 신봉하는 소승불교이다. 참족과 말레이 소수민족들은 이슬람을 신봉하며, 신자의 수는 약 30만 명으로 추산된다. 기독교도는 국민의 1%에 해당하며, 이 중 다수는 가톨릭 신자이다.

다) 정치·경제적 특징

캄보디아는 1953년에 프랑스령 인도차이나 식민지배에서 벗어난 이후 입헌군주제를 정치체제의 기본으로 하며, 의회민주주의를 표방한다. 현재 캄보디아 정부의 수장은 훈센(Hun Sen)총리이며, 국가의 수장은 2004년 왕좌에 오른 노로돔 시하모니(Norodom Sihamoni)국왕이다. 훈센 총리의 집권기간은 1985년 이후 올해로써 27년을 기록하고 있다.

집권내각은 총리를 비롯한 상·하원으로 구성되어 있다. 하원의원의 수는 123명, 상원의원의 수는 58명이며, 상원의원 중 2인은 국왕이, 2인은 의회가 임명하고, 나머지 52명은 캄보디아 24개 주의 지방의원들이 추천한다. 여당은 캄보디아국민당(The Cambodian People's Party: CPP)이며 73개 하원의석과 43개 상원의석을 확보하고 있다. 제1야당은 삼 레인지(Sam Rainsy)당이며, 26개의 하원의석과 2개의 상원의석을 확보하고 있다.

2011년 현재 캄보디아 국민 1인당 구매력은 2,470미화달러이다. 인당 구매력이 급격히 상승 중에 있기는 하나, 인접 국가들과 비교할 때 여전히 낮은 수준이다. 주요 경제활동은 농업이며, 주요 수출품은 쌀, 어류, 목재, 의류, 고무 등이다. 최근 관광객 수가 1997년 219천 명에서 2007년 2000천 명으로 급증하면서 관광산업이 빠르게 성장하고 있다. 지난 2001~2010년 기간 동안의 연간 GDP 성장률은 7.7%

를 기록하여 세계 10대 고성장 경제국가로 꼽혔다.

급격한 경제성장에도 불구하고 아직까지 캄보디아의 대다수의 국민들은 기본적인 인프라시설의 혜택이나 교육의 혜택을 받지 못하고 빈곤 속에서 살아가고 있다. 캄보디아는 국제기관의 주요 원조국으로써, 2004년 한 해에만 아시아개발은행으로부터 85천만 달러의 원조를 받았다.

2) 에너지 및 전력 현황

가) 에너지 현황

캄보디아의 주요 에너지원은 바이오매스이며, 국가 총 에너지소비량의 70% 이상을 차지하고 있어 바이오매스에 대한 의존도가 매우 높다. 바이오매스 다음으로 많이 쓰이는 에너지원은 가솔린 및 디젤과 같은 석유연료이며, 가솔린은 주로 교통부문에, 디젤은 교통 및 발전부문에 주로 사용된다.

[표 53] 2009년 캄보디아 에너지 공급량[99)]

에너지 종류	공급량(ktoe)	비중(%)
석유	1,442	27.8
바이오매스	3,664	70.8
전력	72	1.4

[표 49]에 의하면 에너지 중 전력이 차지하는 비중이 1.4%에 불과하다. 즉 에너지 소비가 석유와 바이오매스의 1차 에너지에 집중되어 있으며 향후 전력부문이 성장할 여지가 다분함을 나타내고 있다.

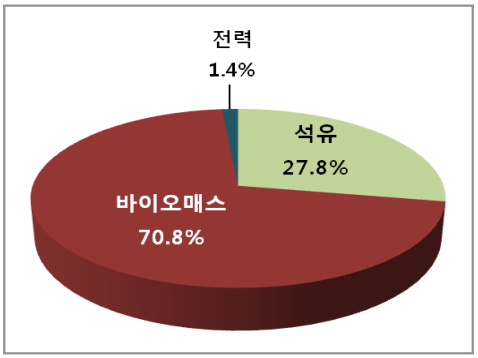
99) “2009 Energy Balance for Cambodia,” International Energy Agency, 2009.

[표 54] 2009년 캄보디아 부문별 에너지 소비량[100]

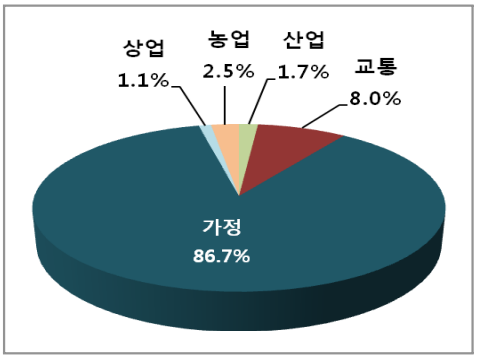
연료 종류	소비량(ktoe)	비중(%)
산업	81	1.7
교통	371	8.0
가정	4,043	86.7
상업	53	1.1
농업	117	2.5

[표 54]에서 볼 수 있듯이 캄보디아에서 에너지를 가장 많이 소비하는 부문은 가정이며, 그 뒤를 교통과 산업, 상업부문이 잇고 있다. 산업이 소비하는 에너지 비중이 1.7%에 불과한 것을 볼 때, 캄보디아의 경제가 아직 가정 단위의 에너지 비집약적 산업구조, 즉 농업 및 어업과 같은 1차 산업에 머물러 있으며, 아직 산업화 이전의 경제구조에 머물러 있다는 것을 알 수 있다.

[그림 34] 2009년 캄보디아 에너지 공급량[101]



[그림 35] 2009년 캄보디아 부문별 에너지 소비량[102]



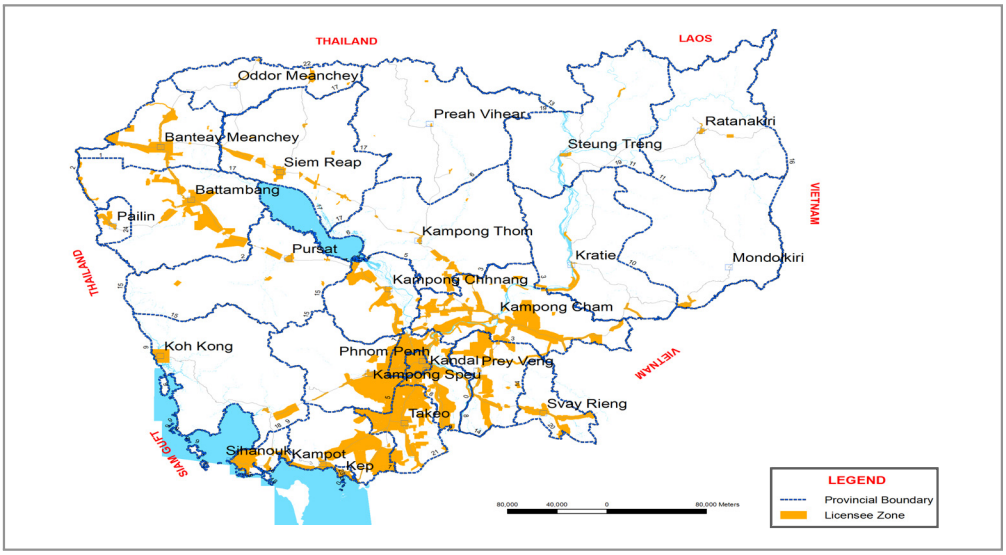
나) 전력 현황

캄보디아의 전력보급률은 매우 낮은 수준으로써 2010년 현재 국가 전역의 총 13,898개의 마을 중 절반을 약간 상회하는 7,063개의 마을만이 전력을 공급받고

100) *Ibid.*
101) *Ibid.*
102) *Ibid.*

있다. 가구 수를 기준으로 할 때 전력보급률은 국가 전체 가구의 20%에 불과한 것으로 파악된다. 전력보급률이 높은 지역은 프놈펜을 포함한 수도권 지역이며, 비율이 낮은 지역은 동부지역이다. 전력보급률이 특히 낮은 지역은 캄보디아 동부에 위치해 있는 라타나키리(Ratanakiri) 7.92%, 프레아 비헤아르(Preah Vihear) 12.02%, 스베이 리엥(Svay Rieng) 18.26% 등이다.

[그림 36] 2010년 캄보디아 전력보급률 현황지도[103)]



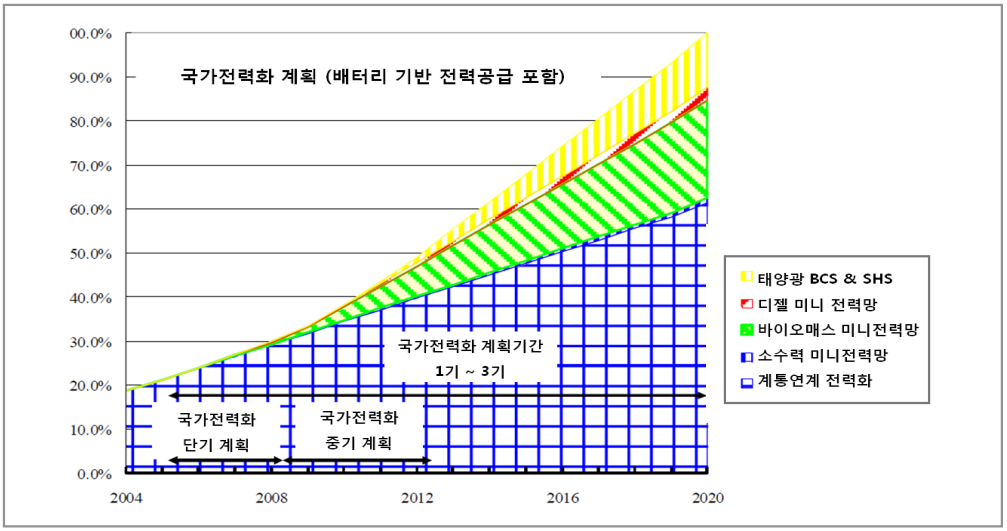
전력보급률을 높이는 것은 국민의 삶의 질을 향상시키기 위한 정부의 핵심 국가개발목표 중 하나이다. 산업광물에너지부(Ministry of Industry, Mines and Energy: MIME) 는 전력보급률 100% 달성을 위해 2007년 일본국제협력단 (Japan International Cooperation Agency, JICA)의 지원으로 수립한 재생에너지 기반 지역전력보급 국가계획(Master plan study on rural electrification by renewable energy in the kingdom of Cambodia)에서 다음의 목표를 밝히고 있다.

① 2020년까지 마을단위 전력보급 100% 달성(배터리 충전방식 포함)
② 2030년까지 전 가정의 70%에 계통연계형 전력 공급

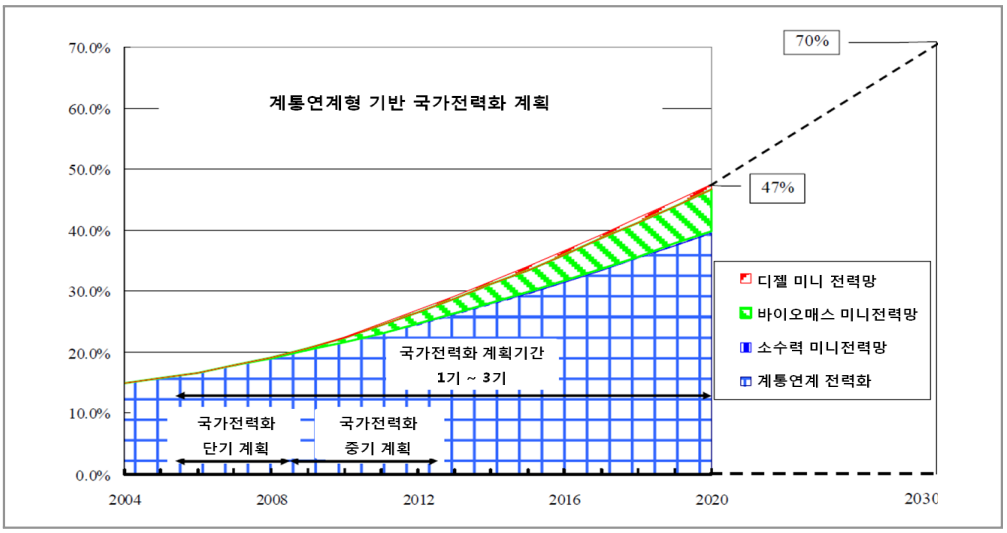
103) Cambodia. Electricity Authority of Cambodia(EAC), *Report on Power Sector of the Kingdom of Cambodia: 2011 Edition*, 2011.

동 목표 달성을 위해 캄보디아 정부는 바이오매스와 수력, 태양에너지를 주축으로 한 재생에너지 발전을 적극적으로 장려하고 개발할 계획이다.

[그림 37] 캄보디아 국가전력보급 계획(배터리 기반 전력공급 포함)[104]



[그림 38] 캄보디아 계통연계형 국가전력보급 계획[105]

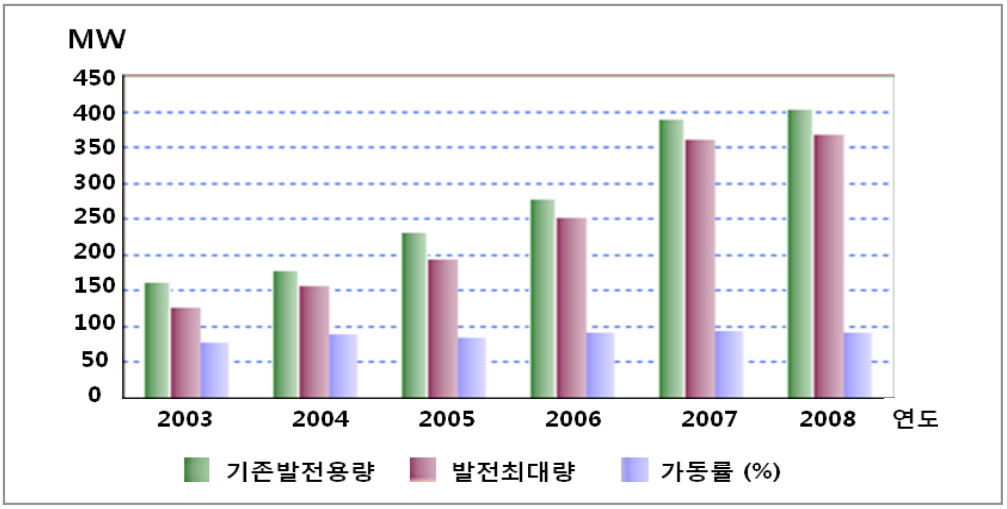


104) Nippon Koei Co., LTD. & KRI International Corp., *The Master Plan Study on Rural Electrification by Renewable Energy in the Kingdom of Cambodia*, Japan International Agency(JICA). 2006.

105) *Ibid.*

2003년부터 2008년까지 캄보디아의 전력산업은 연간 공급증가율 21.5%, 수요 증가율 22.3%를 기록하며 급격하게 성장하였다.

[그림 39] 2003-2008년 캄보디아 발전용량 확대추이[106)]



[표 55] 2007-2010년 캄보디아 전력수요[107)]

구 분	2007년 (백만 kWh)	2008년 (백만 kWh)	2009년 (백만 kWh)	2010년 (백만 kWh)	2008년 증가율(%)	2009년 증가율(%)	2010년 증가율(%)
국내생산	1,349	1,484	1,235	968	1.0	-16.8	-21.6
총수입전력량	167	374	842	1,547	123.6	125.1	83.7
- 태국	90	274	324	385	203.5	18.3	18.8
- 베트남	77	100	518	1162	29.9	417.4	124.3
합 계	1,517	1,858	2,077	2,516	22.5	11.8	21.1

[그림 39]은 2003~2008년 캄보디아의 발전용량 확대 추이를, [표 55]는 2007~2010년 전력 수요 증가 추이를 나타낸 것이다. [표 55]는 전력수요 급증으로 인해 수요가 공급을 초과하여 수입 전력량이 급격히 증가하고 있음을 보여주고 있다. 국내 전력 생산량이 감소하는 이유 중의 하나는 저렴한 전력이 외국에서 수입되면서 가격경쟁력을 확보하지 못한 캄보디아 전력생산자들이 시장에서 물러났기 때문

106) "EDC's Installed Capacity and Maximum Output, MW," Electricite Du Cambodge(EDC).

107) EAC, *Op Cit.*

인 것으로 파악된다. 다음 [표 56]은 캄보디아 국내전력공급업체의 평균 전력공급 가격과 수입전력 전력공급가를 비교한 것이다.

[표 56] 2010년 자국 및 전력수입업체 전력공급가 비교[108)]

지역명	국내전력공급업체 평균전력소비자가	수입전력업체 전력소비자가
바탐방 (Battambang)	58센트/kWh	Franasie Import Export Co,Ltd[109)]
		• 가정 : 23센트/kWh • 호텔 및 공장 : 17센트/kWh
코콩 (Koh Kong)	70센트/kWh	L.Y.P. Group Ltd.[110)]
		• 가정 : 20센트/kWh • 기업체 : 14센트/kWh
크라티에 (Kratie)	73센트/kWh	Electricity of Kratie[111)] (Kratie주 전체 서비스 공급)
		• 42센트/kWh
		Electricity of Kratie(Snoul지역)
		• 저압전선망 : 14센트/kWh • 중압전선망 :11.5센트/kWh
프레이 벵 (Prey Veng)	57센트/kWh	Bun Liv Co. Ltd Development Import Export[112)]
		• 21센트/kWh

[표 56]을 보면 국내 전력공급업체의 전력소비자가가 수입전력업체 전력소비자가에 비해 2~3배가량 비싸다는 것을 알 수 있다. 이는 캄보디아 발전업체들이 대부분 디젤발전을 하기 때문에 전력생산원가가 높기 때문인 것으로 파악된다.

108) *Ibid.*

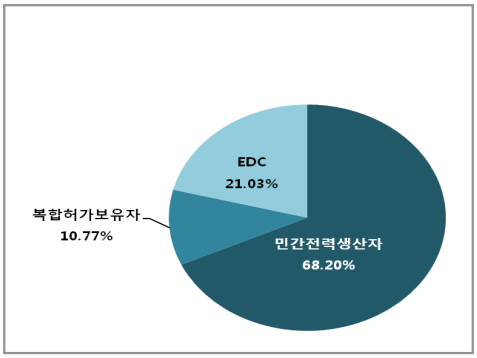
109) 태국전력 수입업자

110) 태국전력 수입업자

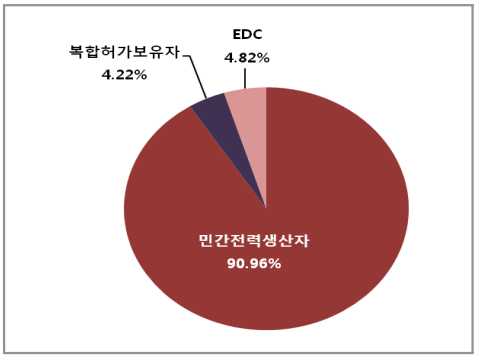
111) 베트남전력 수입업자

112) 베트남전력 수입업자

[그림 40] 2010년 캄보디아
전력생산자별 발전용량(Capacity)[113]

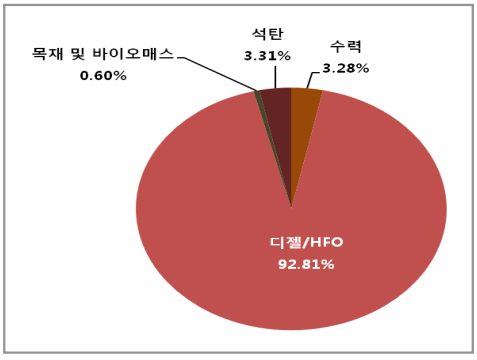


[그림 41] 2010년 캄보디아
전력생산자별 전력생산량(Production)[114]

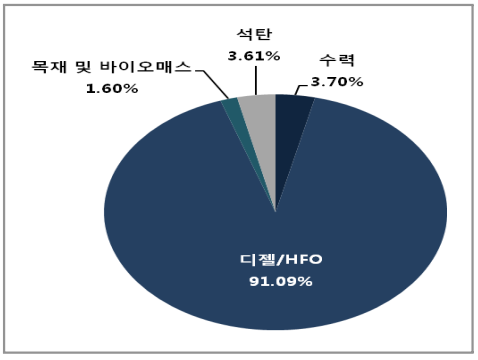


[그림 39]와 [그림 40]은 2010년 캄보디아 전력생산자별 발전용량과 생산량을 나타낸 것이다. 캄보디아 전력공사(EDC, 이하 전력공사)가 차지하고 있는 발전용량 비중은 20%가량에 불과하고 실제 생산량은 전체 10%에 미치지 못하는 바, 전력생산에 있어 민간전력생산자들의 영향이 크다는 것을 알 수 있다. 즉, 캄보디아의 경우 전력생산부문을 전면 개방함으로써 민간업체에 의존하여 증가하는 전력수요를 충족하고 있다.

[그림 42] 2010년 캄보디아
발전원별 발전용량[115]



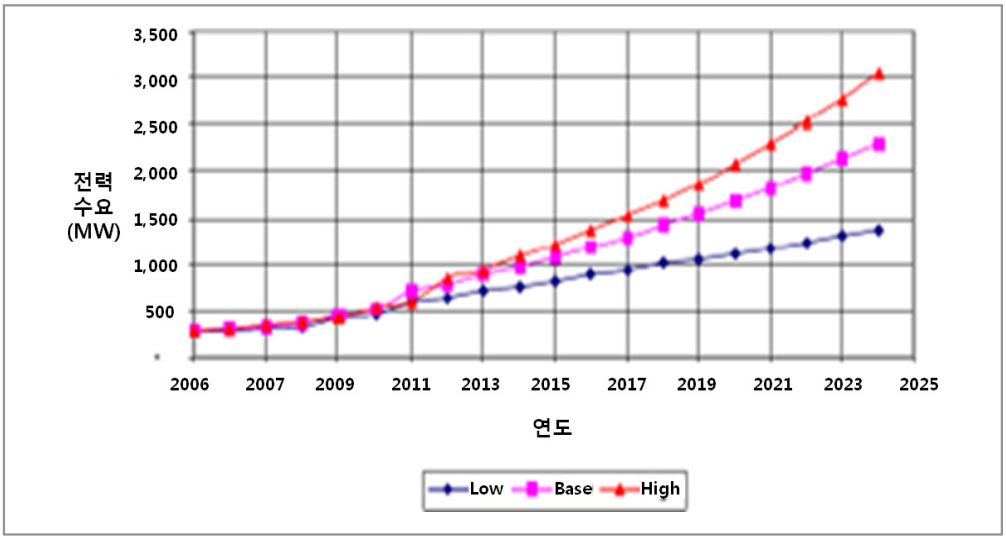
[그림 43] 2010년 캄보디아
발전원별 생산량[116]



113) EAC, *Op Cit.*
114) *Ibid.*
115) I*bid.*
116) *Ibid.*

위의 [그림 41]과 [그림 42]는 2010년 현재 발전원별 발전용량과 생산량을 나타낸 것이다. 위 그림을 보면 캄보디아 내 전력생산이 대부분 디젤과 부생유를 기반으로 하고 있다는 사실을 알 수 있다. 발전원이 지나치게 디젤 및 부생유에 집중되어 있어 국제석유가 변동에 의한 가격리스크가 큰 것으로 파악되는 바, 향후 수력 및 화력, 재생에너지의 발전비중을 늘려 발전원 포트폴리오를 다양화할 필요가 있다.

[그림 44] 캄보디아 전력수요 예측[117)]



위의 [그림 44]은 2025년까지 전력수요를 Low, Base, High의 3단계로 예측한 것이다. High를 기준으로 2024년 전력수요는 3,045.33MW, 수요량은 16,244.61GWh를 돌파할 것으로 보인다. 이는 2009년 대비 9배를 상회하는 값이다. 증가하는 전력수요에 대비하여 현재 다수의 대규모 수력발전소가 건립 중에 있거나 건립 예정에 있으므로, 앞으로는 수력발전원의 비중이 점차 높아질 것으로 보인다.

캄보디아 전력 공급설비는 1970~1979년 내전이 진행되는 동안 크게 파괴되었다. 당시 국내 송전선이라고는 키리롬(Kirirom) 수력발전소와 프놈펜시를 잇는 120km의 115kV용 송전선이 전부였음을 감안해보면 내전 당시의 전력상황을 알 수 있

117) Phnom Penh Securities PLC, "Cambodia Electricity Sector," Phnom Penh. 2011.

다. 캄보디아 정부는 내전과 베트남과의 전쟁이 종결된 1990년도부터 본격적으로 전력설비 복구 작업을 진행하기 시작하였다. 현재 단일 국가전력망은 구축되어 있지 않으며, 전력공급은 24개 주에서 개별적으로 이루어지고 있다.

캄보디아의 주요 전력망은 프놈펜(Phnom Penh), 반테이 민체이(Banteay Meanchey), 캄퐁 참(Kampong Cham), 시하누크(Sihanouk) 등 4개의 고압전력망이며, 베트남, 태국, 라오스 전력망 등 3개의 국외전력망과도 연계되어 있다. 이 외에 민간업자들이 독립적으로 운영하는 전력망 시스템이 구축되어 있다. 자세한 내용은 아래 [표 57]과 같다.

[표 57] 2010년 캄보디아 전력망 시스템 세부 정보[118)]

전력망	투입전력량 (kWh)	비율 (%)	전력판매량 (kWh)	비율 (%)	소비자수	비율 (%)
Phnom Penh	1,714	68.1	1,542	68.4	326,065	48.5
Banteay Meanchey	274	10.9	238	10.6	82,426	12.3
Kampong Cham	31	1.3	26	1.2	22,141	3.3
Sihanoukville	62	2.5	59	2.6	16,078	2.4
베트남	198	7.9	175	7.8	76,635	11.4
태국	113	4.5	101	4.6	22,830	3.4
라오스	6	0.2	5	0.2	2,634	0.4
민간전력공급자	116	4.6	106	4.7	123,882	18.4
합계	2,514	100	2,254	100	672,709	100

프놈펜망은 프놈펜 내 4개의 변전소와 캄퐁 스퓨(Kampong Speu) 변전소, 타케오(Takeo) 변전소, 베트남과 연계된 230kV 전력망으로 구성되어 있다. 2010년 말 현재 동 전력망에 연계된 사업자는 총 53명이다[119)]. 반테이 민체이망(Banteay Meanchey)은 반테이 민체이, 시엠립(Siem Reap), 바탐방(Battambang) 변전소, 태국과 연계된 115kV 전력망으로 구성되어 있다. 2010년 말 현재 동 전력망에 연계된 사업자는 총 15명이다[120)]. 라오스와 연계된 전력망은 개통된 지 얼마 되지 않아 수입전력량은 미미한 수준이다.

118) EAC, *Op Cit.*

119) *Ibid.*

120) *Ibid.*

캄퐁참망(Kampong Cham)과 시하누크망(Sihanouk)은 22kV의 중압권선망이며, 연계된 사업자의 수는 캄퐁참망의 경우 9명, 시하누크망의 경우 7명이다[121]. 이 외 베트남과 태국의 전력망과 연계된 22kV 전력망 시스템이 있으며, 베트남전력의 주요공급 지역은 캄퐁참, 캄폿, 스베이 리엥(Svay Rieng), 몬둘키리(Mondulkiri) 등 13개 지역, 태국전력의 주요공급지역은 바탐방, 파일린(Pailin), 반테이(Banteay) 등 8개 지역이다. 2010년 말 현재 베트남 전력수입 관련 사업권을 보유한 사업자는 29명, 태국 전력수입 관련 사업권을 보유한 사람은 7명이다[122]. 라오스 전력망은 2010년에 처음 개통되었으며, 수입된 전력은 스텅 트렝(Steung Treng)지역으로 공급된다. 전력수입자는 전력공사이다.

캄보디아 내 변전소는 총 9개이며, 이 중 4개소가 프놈펜에 위치해 있다. 프놈펜 변전소 4개소와 타케오(Takeo)변전소는 전력공사가 운영하고 있으며, 잔여 4개소는 캄보디아 전력송전회사(Cambodia Power Transmission Lines LTD: CPTL)가 운영한다. 변전소는 수도인 프놈펜과 관광지인 시엠립이 있는 캄보디아 서부에 위치하고 있다.

[그림 45] 2010년 현재 캄보디아 변전소가 위치한 주



121) *Ibid.*

122) *Ibid.*

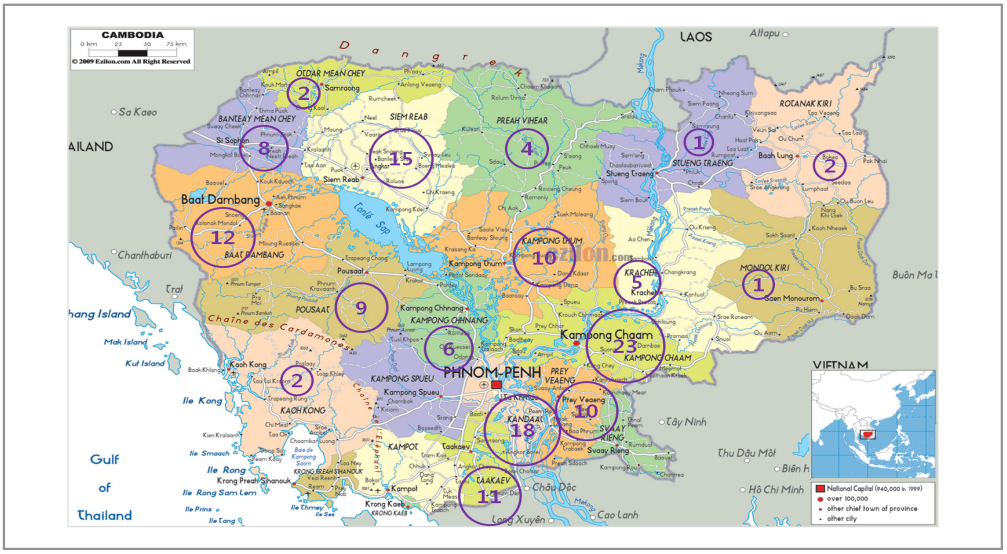
[표 58]> 2010년 캄보디아 민간전력공급자 세부내용[123)]

	지역	사업자 수	소비자 수	용량(kW)	생산량(kWh)	판매량(kWh)
1	Banteay Meanchey	8	4,159	1,106	803,347	620,310
2	Battambang	12	6,900	2,090	1,788,948	1,477,747
3	Kampong Cham	23	17,824	3,739	4,876,229	3,853,775
4	Kampong Chhnang	6	8,936	2,888	5,879,769	4,858,178
5	Kampong Speu	2	883	164	234,909	180,170
6	Kampong Thom	10	14,653	3,533	6,509,269	5,102,450
7	Kampot	4	2,572	24,244	59,024,767	58,806,477
8	Kandal	18	16,623	3,753	3,232,646	2,577,287
9	Koh Kong	2	2,340	856	1,231,255	936,913
10	Kratie	5	7,522	2,045	6,095,927	4,595,698
11	Mondol Kiri	1	1,328	670	1,821,545	1,571,300
12	Phnom Penh	-	-	-	-	-
13	Preah Vihear	4	4,349	1,632	1,975,129	1,622,573
14	Prey Veng	10	4,858	1,320	1,487,386	1,178,433
15	Pursat	9	13,002	4,057	8,565,145	6,928,269
16	Ratanakiri	2	3,204	3,060	8,236,605	7,544,886
17	Siem Reap	15	7,310	2,270	1,960,769	1,566,985
18	Sihanouk	-	-	-	-	-
19	Steung Treng	1	164	80	17,200	13,482
20	Svay Rieng	-	-	-	-	-
21	Takeo	11	5,665	1,030	1,530,994	1,205,177
22	Oddor Meanchay	2	1,590	1,180	1,226,998	881,180
23	Kep	-	-	-	-	-
24	Pailin	-	-	-	-	-
	합계	139	123,882	59,718	116,498,838	105,521,311

민간전력공급자의 경우 판매량 규모는 크지 않으나 전력망이 미치지 않는 지역에서 소규모로 전력을 공급하고 있다. 민간전력공급자의 경우도 대부분 서부에 몰려 있어 지역에 따른 전력공급의 불균형이 심각한 것으로 파악된다.

123) *Ibid.*

[그림 46] 2010년 현재 캄보디아 주별 민간전력공급업자의 수



2010년 현재 230kV 송전망 구축 프로젝트 2건이 진행 중에 있으며 자세한 내용은 다음과 같다.

① 전력공사가 발주하고 캄보디아 전력망회사(Cambodia Power Grid Co., Ltd)가 수주한 프로젝트로써, 프놈펜에서 바탐방(Battambang)지역을 통과하는 230kV 송전선망을 비롯, 캄퐁 크하낭(Kampong Chhanang), 퍼삿(Pursat), 바탐방 지역에 변전소를 건립하는 사업임. 현재 진행 중에 있으며 2012년에 완공 예정임.

② 전력공사가 발주하고 캄보디아 송전회사(Cambodian Transmission Ltd)가 수주한 프로젝트로써, 프놈펜과 캄퐁참(Kampong Cham)지역을 통과하는 230kV 송전선망을 비롯, 프놈펜, 캄퐁참 지역에 변전소를 건립하는 사업임. 현재 진행 중에 있으며 2012년에 완공 예정임.

3) 재생에너지 잠재력

가) 수력발전

캄보디아는 물자원이 풍부한 국가로서 수력발전 개발에 좋은 조건을 갖추고 있다. 캄보디아 내 강의 총 길이는 4,425km이며, 내륙으로 유입되는 유량은 4,000천억m^3, 바다로 이어지는 유량은 연간 5,000억m^3에 달한다.

[표 59] 1990-2009년 캄보디아 연중 월별 강수량[124]

(단위 : mm)

1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	평균	총량
12	71	75	191	219	246	279	326	344	128	36	10	16	1934

2003년에 산업광물에너지부가 조사한 바에 따르면 캄보디아의 수력발전 개발 잠재량은 10,000MW이다. 잠재량의 50%는 메콩강 본류에, 40%는 강의 지류에 있으며, 잔여 10%는 서남 해안지역에 있는 것으로 보인다[125]. 메콩 강 외에도 25개의 지류가 있으며, 수백 여 개에 달하는 소규모 강이 캄보디아 국토를 흐르고 있어, 약 60여개에 해당하는 지역에서 소수력발전 프로젝트가 가능할 것으로 파악된다[126]. 산업광물에너지부에서 분류하는 수력발전 규모의 기준은 다음과 같다.

[표 60] 캄보디아 수력발전 규모 판단기준[127]

규모 구분	발전용량(kW)
소수력	
- Micro	500 이하
- Mini	501~5,000
- Small	5,001~10,000
중규모	10,001~50,000
대규모	50,000 이상

124) *Average monthly rainfall and Temperature for Cambodia 1990-2009*, Climate Change Knowledge portal for Development Practitioners and Policy Makers, The World Bank Group.

125) Cambodia. Ministry of Industry, Mines and Energy. *Hydropower*, National Sector Review 2003, 2003.

126) *Ibid.*

127) *Ibid.*

실제 사업타당성이 있는 사업만을 바탕으로 계산했을 경우 수력발전 개발 잠재량은 4,347MW 가량으로 파악되며, 이 중 1,445MW가 메콩강 본류 지역에, 1,908MW가 메콩강 지류에, 994MW가 메콩강 이외의 지역에 잠재하는 것으로 보인다[128]. 2003년 산업광물에너지부가 발굴한 주요 수력발전 프로젝트는 다음과 같다.

[표 61] 캄보디아 수력발전 잠재 프로젝트[129]

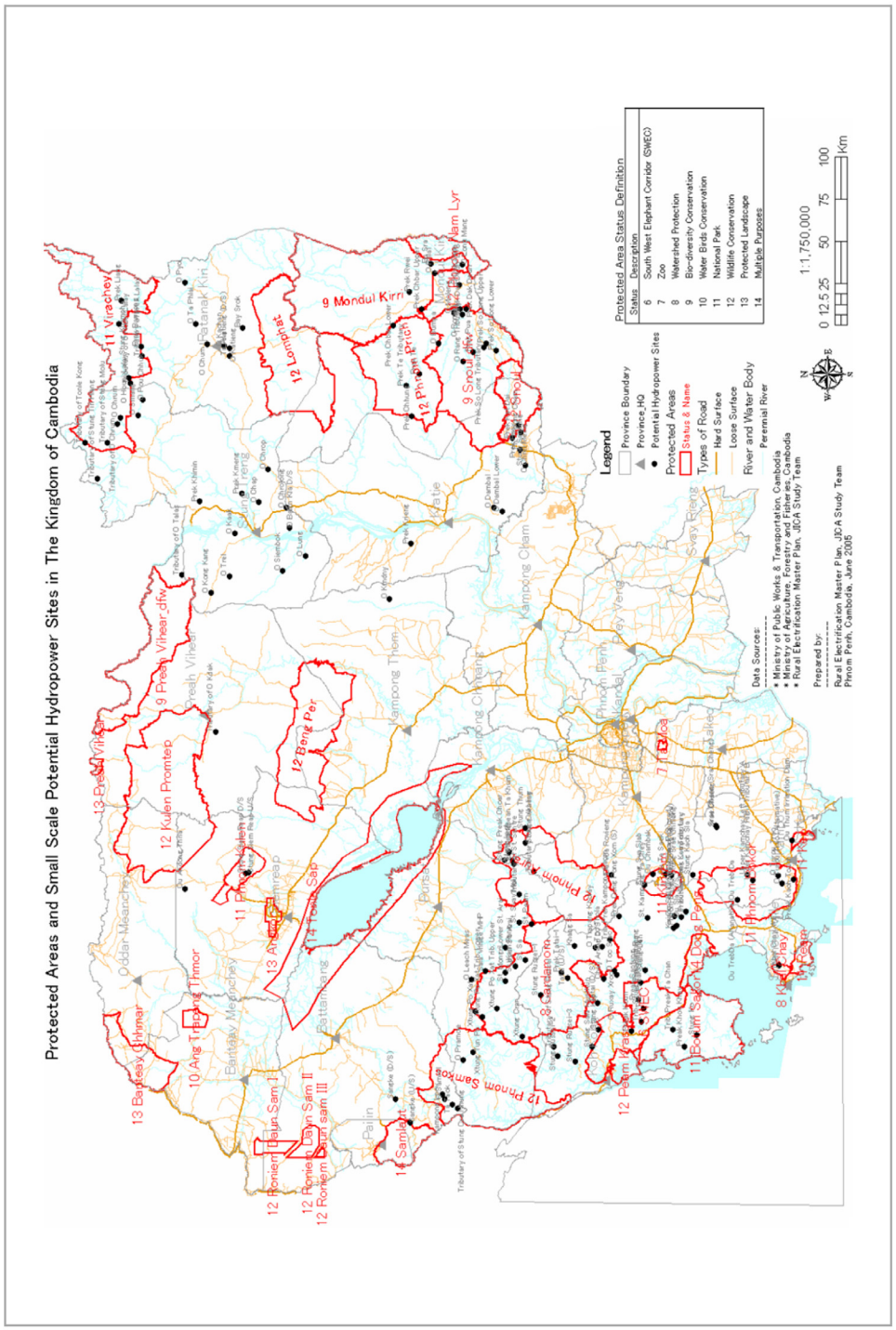
수력발전 명	잠재량(MW)	연간생산량(GWh)
Kirirom Ⅲ	1,374	70
Battambang Ⅲ	13	76
Kamchay	180	558
Battambang Ⅱ	36	187
Battambang Ⅰ	24	120
Stung Tatay	80	426
Stung Atay	110	588
Middle Stung Russey Chrum	125	668
Lower Stung Ressey Chrum	125	656
Upper Stung Ressey Chrum	32	211
Stung Chay Areng	260	1,358
Sambor	367 or 3,300	2,800 or 14,870
Lower Sre Pok Ⅱ	222	1,174
Power Se san Ⅱ	207	1,065

상기 발굴된 프로젝트는 대부분 현재 사업 추진 중에 있거나 사업 등록 완료 상태에 있다. 2010년 현재 발전용량 193MW의 Kamchay 발전소가 완공되어 시운전 중에 있고, 발전용량 18MW의 Kirirom Ⅲ 프로젝트가 금년에 시운전 예정이다. 발전용량 246MW의 Stung Taray 발전소가 2013년에, 발전용량 338MW의 Stung Tatay 수력발전소가 2014년에 완공예정을 목표로 건립 중에 있어, 2015년부터는 수력발전원 생산전력 비중이 대폭 증가될 것으로 예상된다.

128) *Ibid.*

129) *Ibid.*

[그림 47] 캄보디아 환경보호구역(빨간 선 표시) 및 소수력 발전 잠재 지역[130]



130) Nippon Koei Co., LTD. & KRI International Corp. *Op Cit.*

상기 지도는 2006년 일본국제협력단(Japan International Cooperation Agency)에서 캄보디아 정부에 제공한 것이다. 소수력발전 잠재량은 대부분 캄보디아 동부와 남서부의 산악지역에 집중되어 있으며 중부 평지의 경우 잠재량이 거의 없는 것으로 파악되었다. 대규모의 수력발전 프로젝트가 이미 진행 중에 있는 만큼, 향후에는 소수력발전에 대한 관심이 커질 것으로 보인다.

나) 태양광발전

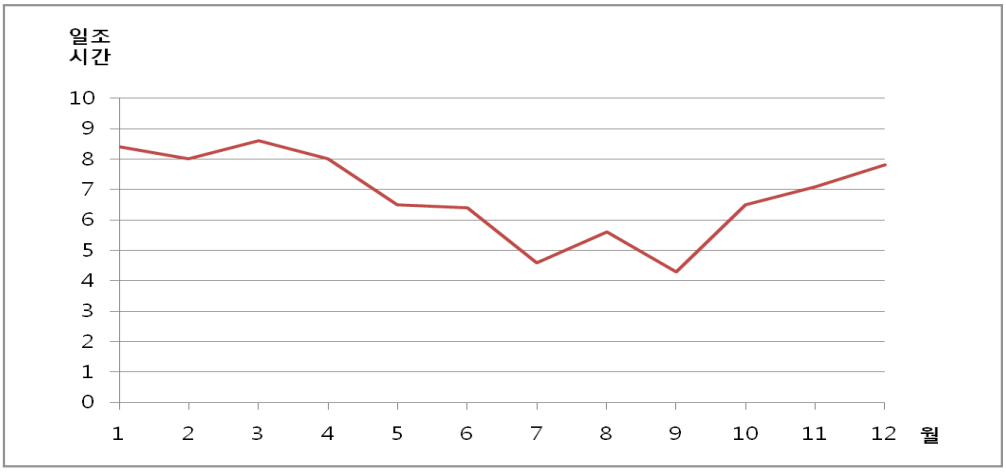
캄보디아는 북위 10°~15°에 위치해 있어 태양에너지가 매우 풍부한 국가이다. 국토 전역에 걸쳐 연중 내내 일사량이 풍부하며, 일조시간이 길어 태양에너지를 개발하는 데 매우 우수한 조건을 가지고 있다. 다음 [표 62]는 캄보디아의 연중 월별 일조시간을 나타낸 것이다.

[표 62] 캄보디아 연중 월별 일조시간[131)]

(단위 : 시간/일)

	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	평균
일평균 일조 시간	8.4	8.0	8.6	8.0	6.5	6.4	4.6	5.6	4.3	6.5	7.1	7.8	6.8

[그림 48] 캄보디아 연중 월별 일조시간



131) *Temperatures Table in English Units*, ClimateTemp.

[표 62]에서 볼 수 있듯이 캄보디아의 월별 평균 일조시간은 6.8시간이며, 건기인 5월부터 10월까지 평균 일조시간이 5.6시간으로 짧고, 우기인 11월부터 4월까지 평균 일조시간이 7.9시간으로 긴 편이다.

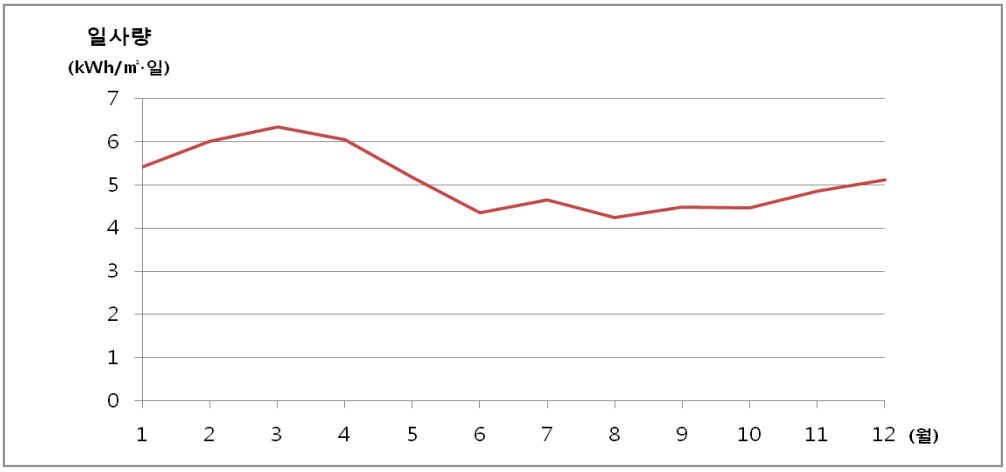
[표 63] 캄보디아 연중 월별 일사량[132)]

(단위 : kWh/㎡)

	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	평균
일평균 일사량	5.4	6.0	6.3	6.0	5.2	4.4	4.7	4.2	4.5	4.5	4.9	5.1	5.1

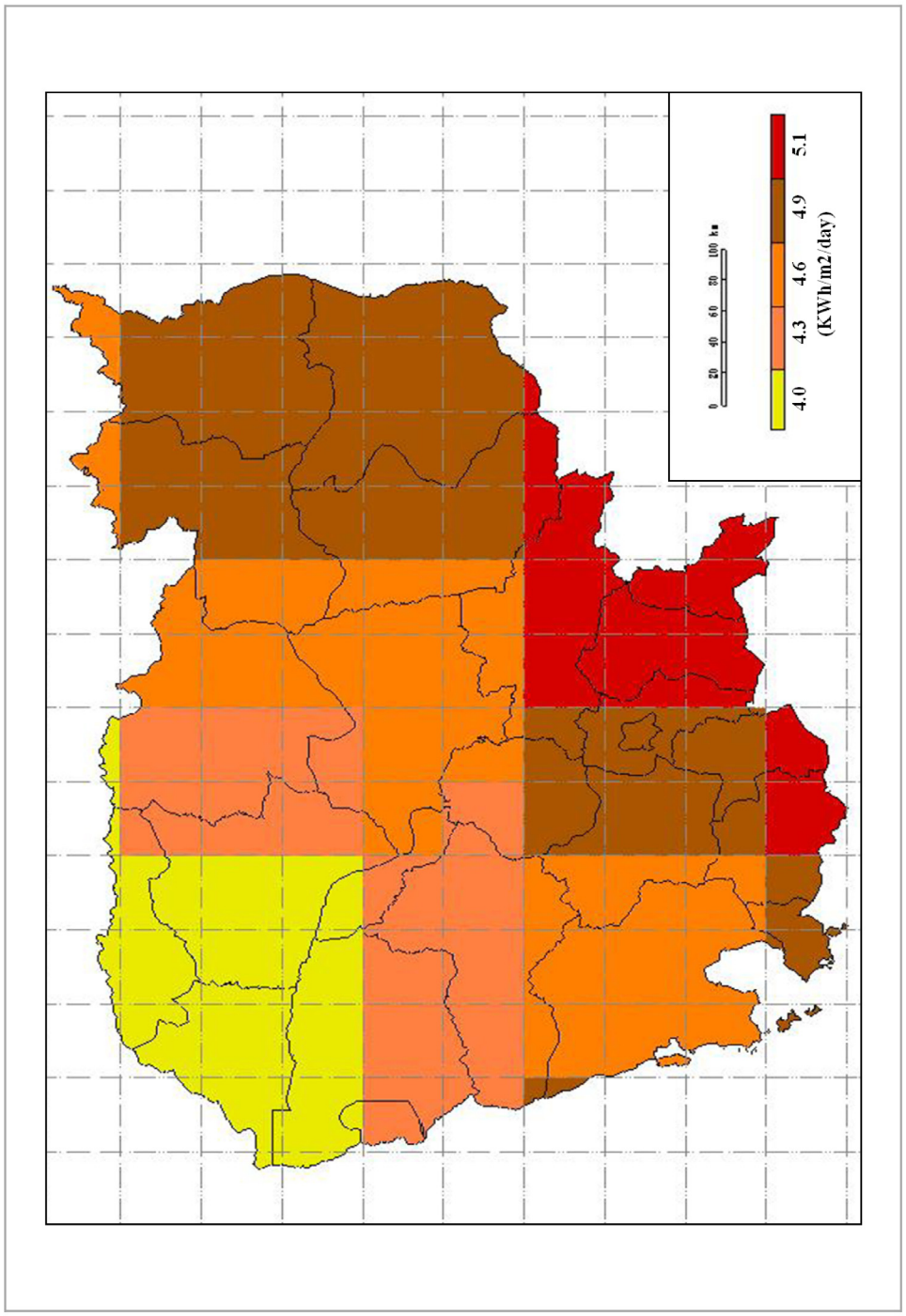
위의 [표 63]은 연중 월별 일조량을 나타낸 것이다. 일조량이 가장 낮은 달은 8월이며, 가장 높은 달은 3월이다. 연중 평균 일조량은 일일 5.1kW/h·㎡에 달한다.

[그림 49] 캄보디아 연중 월별 일사량



132) *Ibid.*

[그림 50] 캄보디아 일사량 지도[133]



133) Williamson, Andrew et al. *Sustainable Energy in Cambodia: Status and Assessment of the Potential for Clean Development Mechanism Projects*, Cambodia Research Centre for Development, 2004.

상기 일사량 지도는 NASA의 Langley Research Centre(LaRC)와 National Renewable Energy Laboratory(NREL)의 데이터를 바탕으로 캄보디아개발리서치센터(Cambodia Research Centre for Development)가 2004년도에 제작한 것이다. 국토 전역에 걸쳐 일사량이 강하며, 특히 북서부에서 남동부로 갈수록 일사량이 강한 것을 알 수 있다. 북서부 지역 일일 일조량의 수준은 4.7kW/h·㎡이며, 남동부 지역 일조량의 수준은 일일 5.3kW/h·㎡이다[134].

다) 풍력발전

2001년 세계은행에서 발간한 풍력발전 잠재력평가 보고서에 따르면 캄보디아의 풍력발전 잠재력은 베트남에 비하여 낮은 편이며, 대부분 서남부와 동남부 산악지역에 한정되어 있다.

[표 64] 캄보디아 풍력발전 잠재력(지상≥65m 높이, 대규모 발전기 설치가능)[135]

	Poor (< 6m/s)	Fair (6-7m/s)	Good (7-8m/s)	Very Good (8-9m/s)	Excellent (> 9m/s)
면적(km^2)	175,468	6,155	315	30	0
비율(%)	96.4	3.4	0.2	0.0	0.0
잠재량(MW)	NA	24,620	1,260	120	0

[표 64]는 세계은행에서 측정한 풍력발전 잠재력을 나타낸 것이다. 위에서 알 수 있듯이 캄보디아 대부분의 지역에서 측정된 풍력 잠재력은 6m/s 이하로 낮은 편이며, 국토의 3.4%의 지역에 한하여 잠재력이 6-7m/s가량인 것으로 파악되었다.

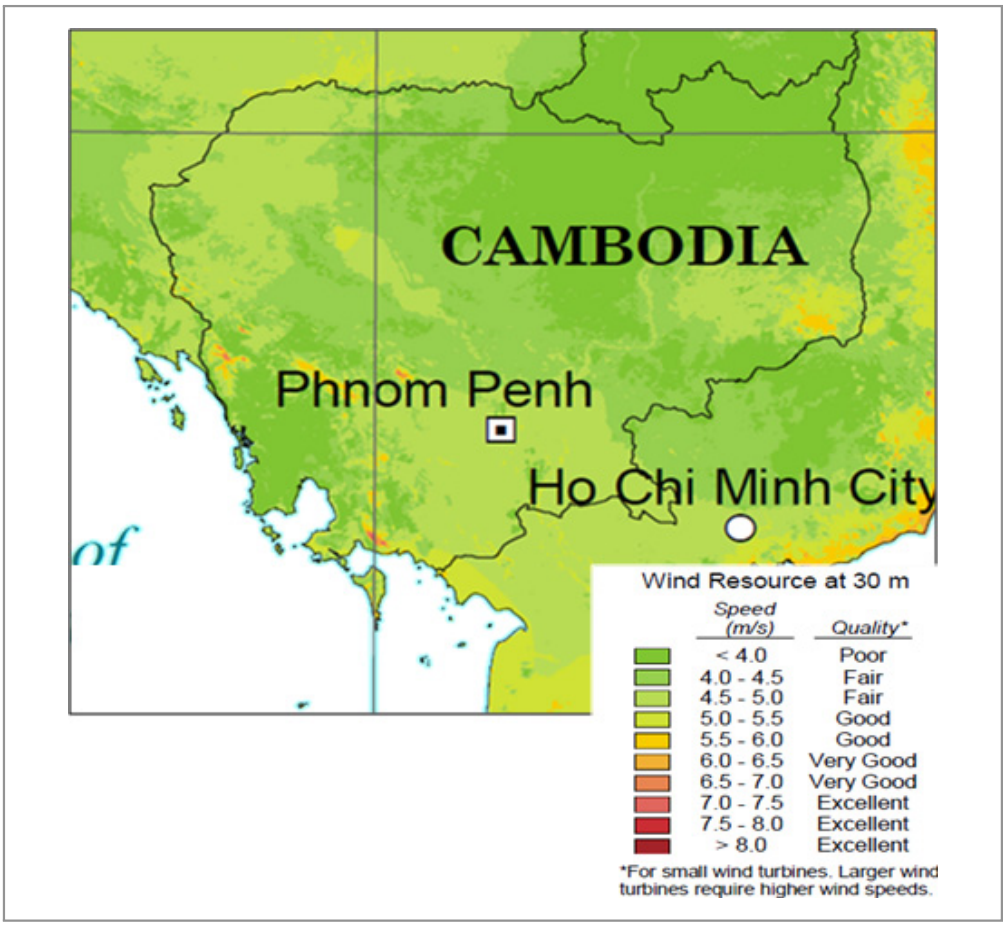
풍력 잠재력이 풍부한 지역은 서남지역 크로반(Krovanh)산맥 (1,000~1,200m) 지대이다. 풍속이 8m/s 이상인 지역은 해발 1,600~1,800m에 해당하는 프놈 툼봇(Phnum Tumbot), 프놈 삼코스(Phnum Samkos), 프놈 아오랄(Phnum Aoral)산 정상이다. 동 산악지대는 고도가 높아 접근이 쉽지 않은 바, 풍력 개발 가능성이 크지 않다.

134) Hanko, Johanne. & Völler, Cindy. *Energy for Life Country Profile: Cambodia*, 2010.

135) True Wind Solutions, LLC., *Wind Energy Resource Atlas of Southeast Asia*, New York. Asia Alternative Energy Program(ASTAE) of World Bank. 2001.

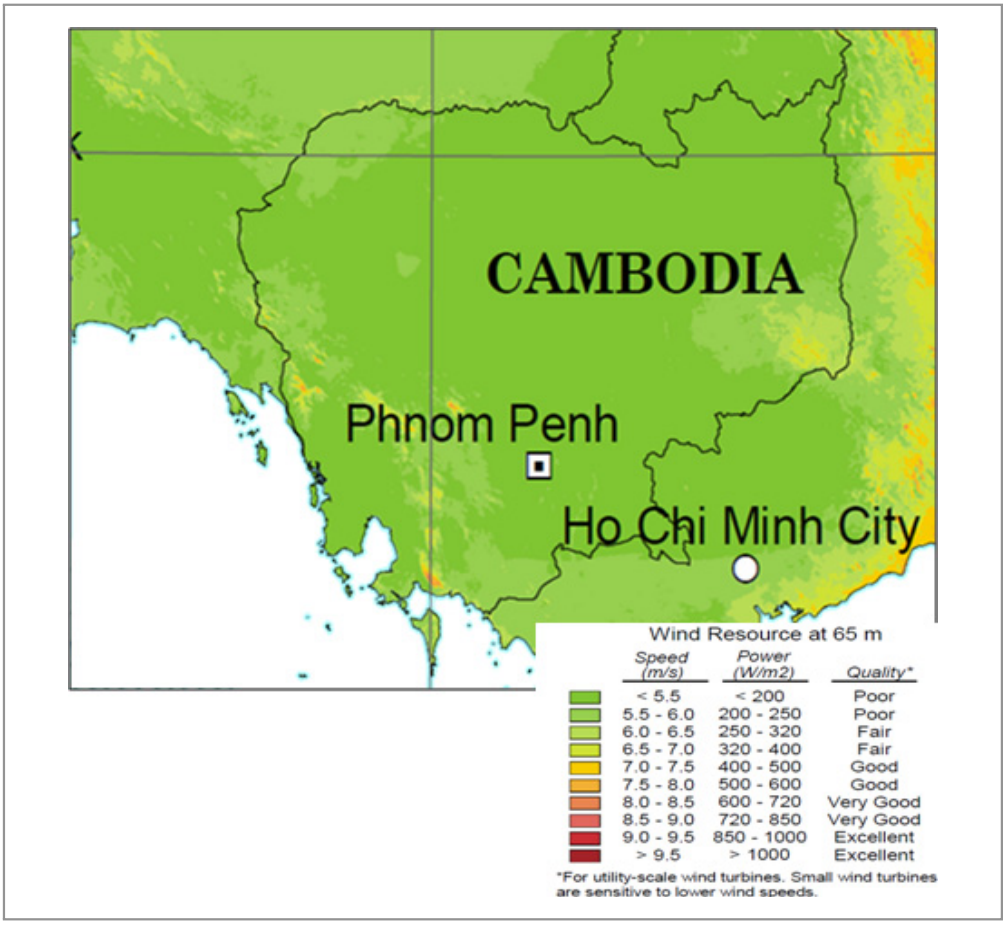
풍력 잠재력이 풍부한 또 다른 지역은 크라체흐(Kracheh)지역으로, 베트남 국경에 인접한 남동부 지역이다. 주목할 만한 지역은 플레이쿠(Pleiku) 중간지점과 부온 메 투옷(Buon Me Thuot) 사이에 있는 해발 500m가량 되는 지역이다. 동 지역 해발 65m에서 관측되는 풍속은 7.0m/s에 달하는 바, 풍력 잠재력이 큰 것으로 판단된다.

[그림 51] 캄보디아 해발 30m 풍력잠재량[136)]



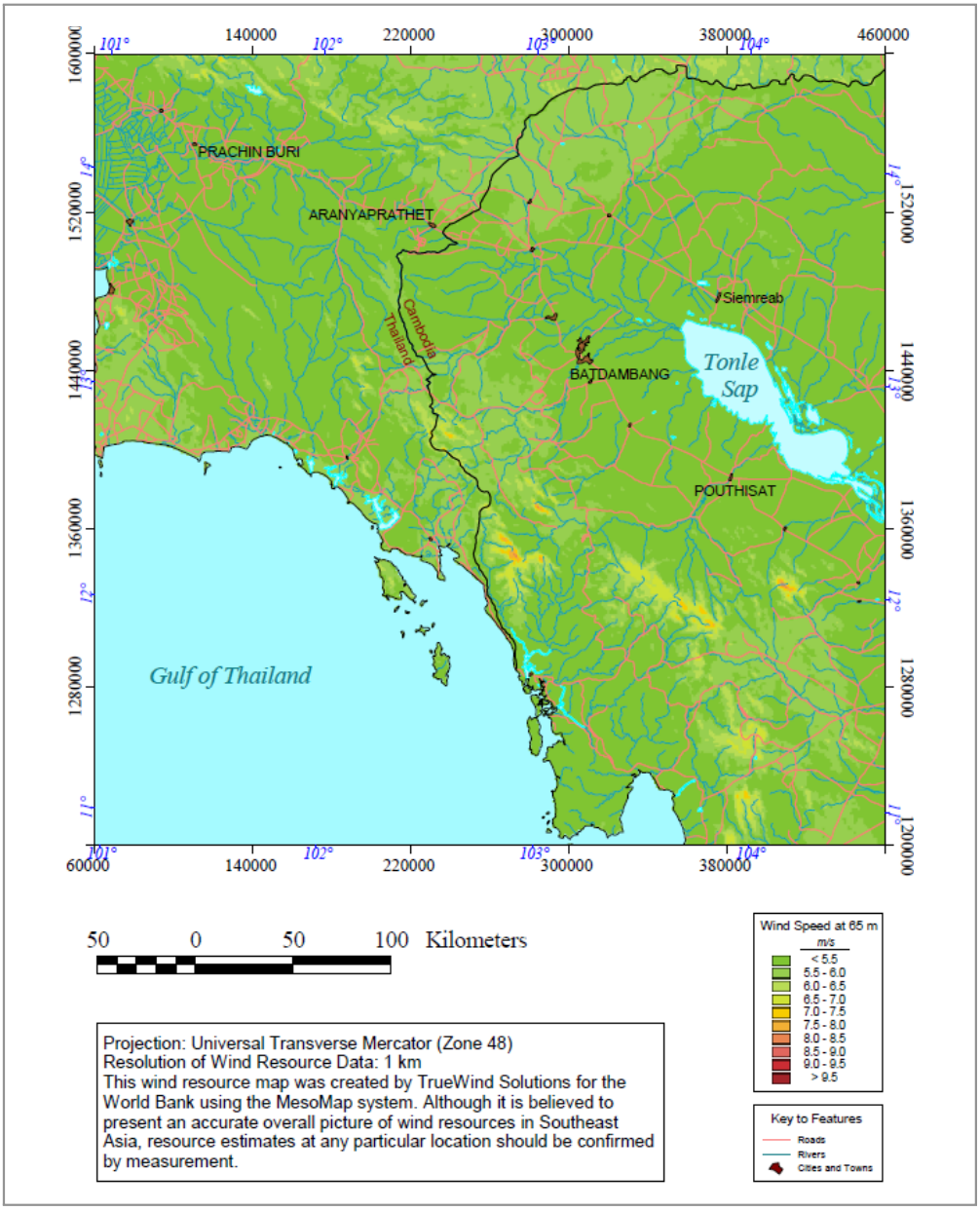
136) *Ibid.*

[그림 52] 캄보디아 지상 65m 높이 풍력잠재량[137]



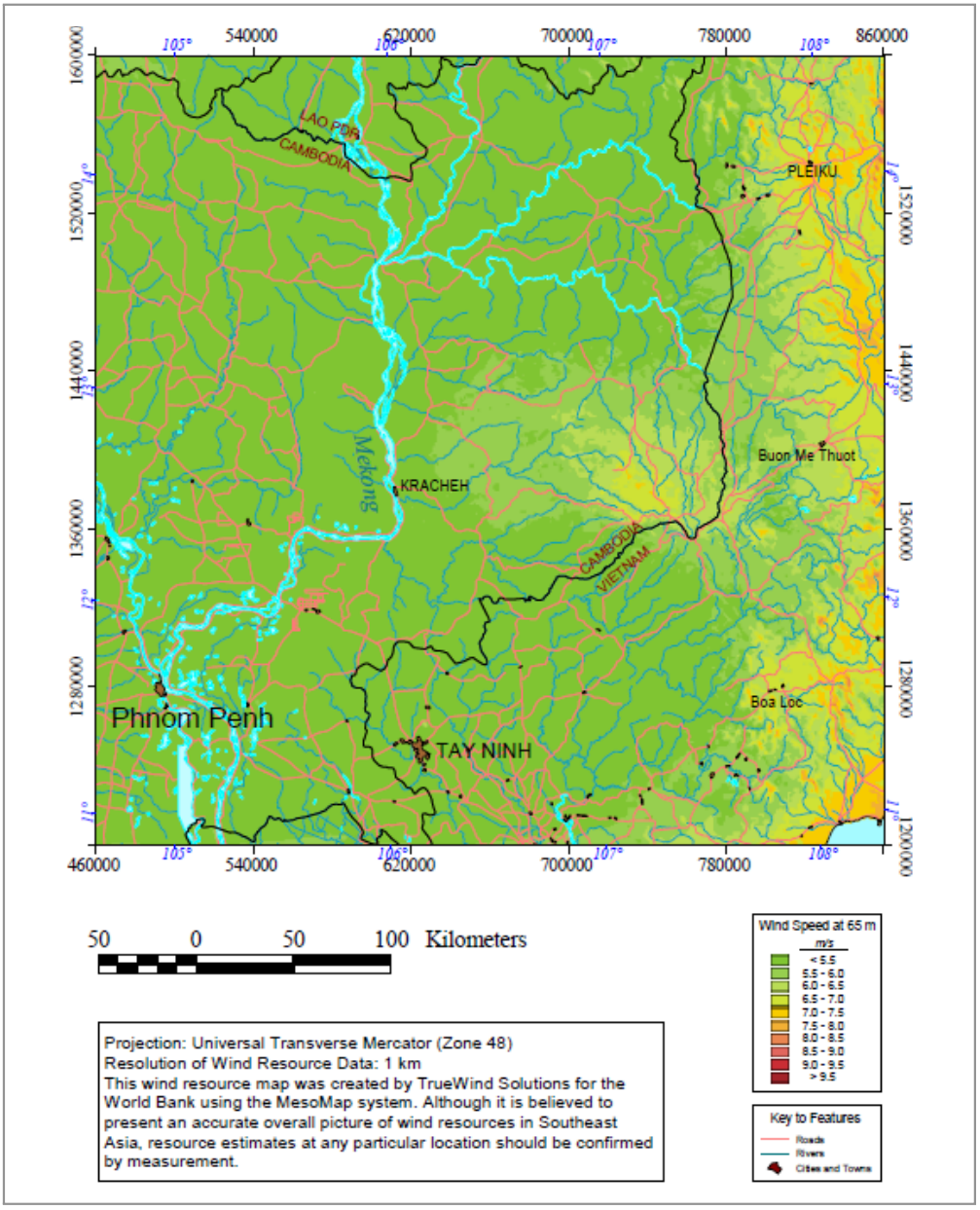
137) *Ibid.*

[그림 53] 풍력발전 개발 가능 지역 1 - 캄보디아 서남부지역[138]



138) *Ibid.*

[그림 54] 풍력발전 개발가능 지역 2 - 캄보디아 동남부지역[139]



139) *Ibid.*

라) 바이오매스

캄보디아는 연중 일사량과 강수량이 풍부하고 기온이 높아 국토 전역에 걸쳐 삼림이 넓게 형성되어 있다.

[표 65] 캄보디아 연중 월별기온[140)]

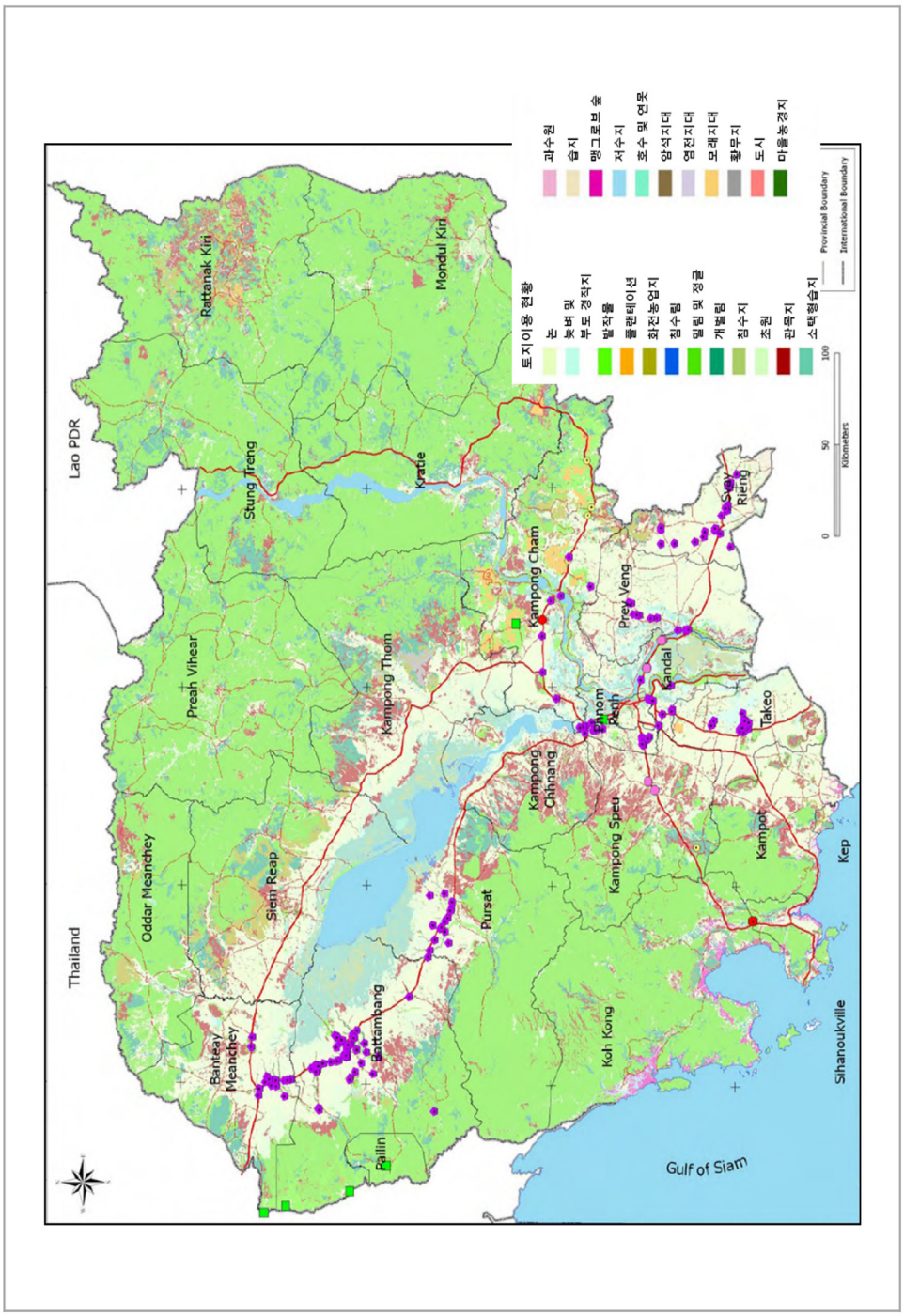
(단위 : ℃)

	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	평균
최저 기온평균	21	22	23	24	24	24	24	25	25	24	23	22	23
최고 기온평균	31	32	34	35	34	33	32	32	31	30	30	30	32
연평균 기온	26	27	29	30	29	29	28	29	28	27	27	26	28

캄보디아의 대표적인 바이오매스는 목재로, 국가 총 에너지소비의 80%를 차지하는 주요 연료이다. 이외 쌀, 사탕수수, 옥수수, 캐슈넛, 카사바 등의 작물에서 다양한 농업부산물이 생산되고 있다.

140) *Temperatures Table in English Units*, ClimateTemp.

[그림 55] 캄보디아 토지이용 및 농업부산물 현황[141]



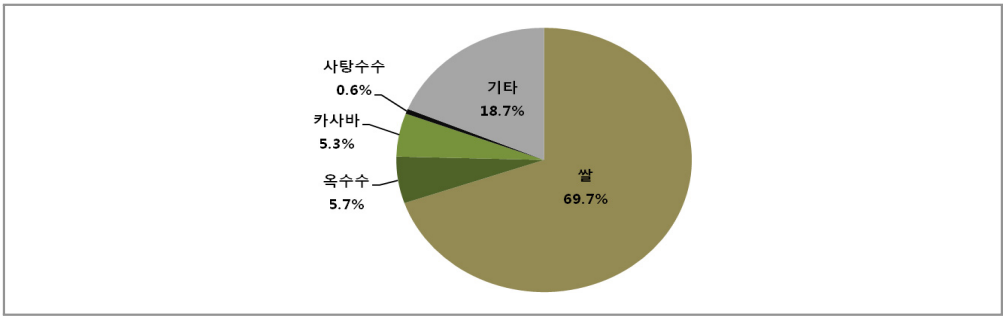
141) Cambodian Research Centre for Development (CRCD). *Renewable Energy Resource Maps of Cambodia and Clusters/Market Packages for Feasibility Studied*, EuropeAid/119920/C/SV. 2005.

농업은 캄보디아 국민의 50% 이상이 종사하고 있는 산업으로써, 2009년 국가 GDP의 36%가 농업부문에서 발생하였다. 2009년 현재 캄보디아 국토면적의 약 22.1%가 농경지로 사용되고 있으며, 면적은 약 390만 헥타르이다. 바이오매스로 사용가능한 농작물은 쌀, 옥수수, 카사바, 사탕수수 등으로 파악되며, 전체 농경지 면적 대비 쌀 경작지 면적비중은 약 69.7%, 옥수수는 5.7%, 카사바는 5.3%, 사탕수수는 0.6%로 추정된다[142].

[표 66] 2009-2011년 캄보디아 바이오매스원별 생산량[143]

작물종류	생산량(만톤)			경작면적(헥타르)		
	2009년	2010년	2011년	2009년	2010년	2011년
쌀	759	825	878	2,719,080	2,795,892	2,968,529
옥수수	92	77	72	221,287	213,622	174,257
카사바	350	425	803	160,326	206,226	391,714
사탕수수	35	37	47	13,533	17,207	22,614

[그림 56] 2011년 캄보디아 작물별 경작지 면적 비율 비교



캄보디아는 에너지 의존도가 목재에 치중되어 있어, 무분별한 삼림 벌채로 인한 삼림파괴가 급속도로 진행되고 있다. 캄보디아의 삼림파괴 속도는 나이지리아와 베트남에 이어 세계 3번째이다. 1969년 국토의 70%가 고목이 우거진 원시림이었으나, 2007년 현재 국토의 3%만이 원시림지대로 남아있다. 1969년부터 2005년 사이에 파괴된 열대다우림 면적은 약 250만 헥타르이며 이 중 33.4만 헥타르가 원

142) Trading Economics, *Arable Land in Cambodia.*

143) Cambodia. Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, Agriculture Statistics.

시림인 것으로 추정된다[144].

4) 재생에너지 관련 사회시스템

가) 전력 정책

캄보디아의 전력 및 에너지정책은 대개 해외 원조기관의 기술지원으로 수립되었으므로 국가의 에너지 수요 및 계획을 독자적으로 수립하였다고 보기 어렵다. 이미 다수의 에너지 계획 및 정책이 수립되었다가 폐기되었으며, 심지어는 액션플랜 수립 후 정책을 수립하는 경우가 발생한 적도 있어 정책의 일관성이나 통일성이 대단히 취약한 상황이다. 캄보디아 정부는 1999년에 "1999~2016 캄보디아 전력부문 전략(Cambodia Power Sector Strategy 1999-2016)[145]"을 수립하여 장기계획을 세운 바 있으나 이후 산업이 예상보다 급격히 성장하고 에너지 수요가 증가하면서 동 국가전략은 시대에 뒤떨어지게 되었다. 동 국가전력부문 전략을 대체하기 위해 산업광물에너지부는 2005년 세계은행의 지원으로 캄보디아 에너지 전략 계획을 수립하였다.

재생에너지 정책으로는 3단계에 걸친 국가 실행계획인 Renewable Energy Action Plan (REAP)이 있으며, 동 실행계획은 2002년에 수립되어 2011년에 종료되었다. 이 외 JICA의 지원으로 수립한 재생에너지 기반 지역전력보급 국가계획(Master plan study on rural electrification by renewable energy in the kingdom of Cambodia)이 있으며 동 계획은 REAP보다 상위 개념이다. 동 계획을 바탕으로 산업광물에너지부는 재생에너지 정책을 수립하였으나 정량적인 목표는 수립하고 있지 않다. 여기에서는 재생에너지 기반 지역전력보급 국가계획과 재생에너지 정책을 중심으로 알아보도록 한다.

재생에너지 기반 지역전력보급 국가계획은 다음과 같이 구성되어 있다.

---

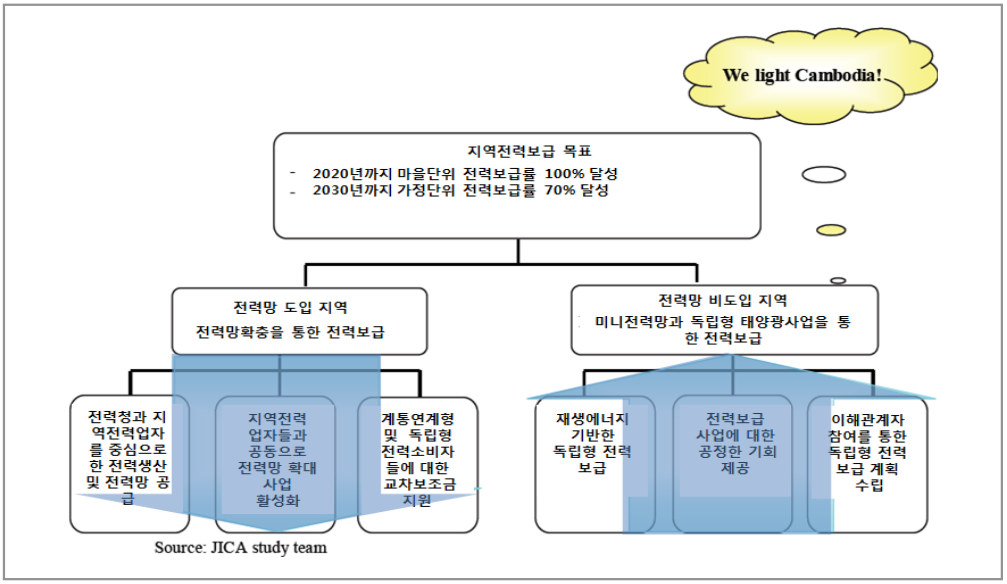
144) Food and Agriculture Organization of the United Nation(FAO), Forestry Department. *Brief on National Forest Inventory: Cambodia*, 2007.

145) Nippon Koei Co., LTD. & KRI International Corp. *Op Cit.*

[표 67] 재생에너지 기반 지역전력보급 국가계획 2006

정책목표	① 2020년까지 마을단위 전력보급률 100% 달성 ② 2030년까지 가정단위 전력보급률 70% 달성
전력보급 전략	① 국가 전력보급 프로그램 시행 - 동 재생에너지기반 지역전력보급 국가계획 실행안 마련
	② 국가차원의 계통연계형 전력보급 및 민간차원의 독립형 전력보급
	③ 계획 실행 및 지원 시스템 구축 - 산업광물자원부/산업광물자원부서의 역량 강화 - 지역전력공급업자 지원 제도 구축
	④ 금융지원 - 금융지원 - 보조금 및 저리대출 - 지역전력펀드 - 저리대출 기준 완화
	⑤ 지역 및 촌락의 전력공급자 지원 - 지역 전력보급 사업에 대한 교육 및 사업 실행 및 관리 모니터링 - 지역전력보급사업추진 및 사업관리 지원, 기술지원
전력보급 계획 및 자금조달	2020년까지 272,200 가정에 미니 전력망 및 태양광 BCS를 통한 전력보급. 예상소요자금은 1억 4700만 미화달러
권고사항	단기(2006~2008) ① 금융적 측면 - 재생에너지 수입장비에 대한 면세 - 교차보조금 제도 ② 재생에너지 전력보급 펀드 보완 - 저리대출 기준 완화 - 지역전력업자 지원 제도
	중기(2009~2012) ① 교차보조금제도 시행 ② 재생에너지 전력보급 펀드 시행 ③ 재생에너지 전력보급 계획 전면 실행

[그림 57] 캄보디아 재생에너지 전력보급 마스터플랜[146)]



캄보디아는 계통연계형과 독립형 발전사업을 6:4의 비율로 추진하여 2020년까지 마을단위 전력보급률 100%를 달성할 계획이다. 독립형 발전사업 비중 중 태양광발전에 의한 전력보급을 12%, 소수력 및 기타 발전원 미니전력망을 통한 전력보급을 26%[147)] 가량으로 구성하였다. 그러나 이는 산업 및 상업부문을 제외한 가정부문만을 다룬 것이므로, 국가 재생에너지 정책으로서의 한계를 가지고 있다. 마스터플랜 구축 이후 후속적으로 도입된 금융 및 기술 지원 제도는 대단히 미비한 상황이며, 마스터 목표달성 여부는 불확실하다.

나) 재생에너지 정책

재생에너지 이용을 장려하고 활성화하기 위해 산업광물에너지부는 2007년 1월 재생에너지 기반 국가전력보급 정책을 발표하였다. 재생에너지 기반 전력보급 정책은 정책목표와 실행방안을 제시하고 있음에도 불구하고 정량적인 재생에너지 목표나 구체적인 전략을 제시하고 있지 않다. 자세한 내용은 다음과 같다.

146) *Ibid.*

147) 보고서 앞부분에 기술되어 있는 캄보디아 전력정책 내용 참조

정책목표 1.

재생에너지 기술을 육성하고 활성화하기 위해 정부 프로그램 및 실행계획을 수립하고 인센티브를 제공함으로써 전력보급에 기여한다. 기존 전력망을 확대하는 사업은 경제성이 낮은 바, 지역중심의 재생에너지를 사용한 발전을 장려함으로써 화석연료, 수력발전, 전력수입에 기반한 전력공급에 중점을 두어 정부의 현 국가 전력보급 계획을 보완한다.

실행방안

재생에너지 기반 전력보급의 기본 원칙은 저가전력을 공급함으로써 전체 지역민의 전력사용을 확대하는 것이다.

재생에너지 활성화 전략은 캄보디아 정부의 전력정책 일환으로 진행한다.

국가계획에 기반하여 바이오매스, 바이오가스, 소수력, 태양에너지, 풍력 등의 재생에너지원에 대한 타당성조사를 실시한다.

재생에너지 개발의 난점(정책적, 재정적, 제도적, 사회적, 경영적 및 기술적 난점)을 명확히 파악하고 저소득계층 주거지역에 대한 적절한 전력공급전략과 계획을 세운다.

재생에너지 잠재력을 정확하게 평가하는 한편, 개인과 기관의 역량을 강화시킬 수 있는 계획을 수립한다.

기술원조(Technical Assistance), 유상원조 등을 최대한 이용한다.

국제기관 및 정부에서 제공하는 기술원조를 최대한 활용한다.

정책목표 2.

다양하고 효과적인 법 체계를 마련하여 재생에너지산업을 장려하고 민간기업들이 재생에너지사업에 적극 참여할 수 있도록 유도하고 지원한다.

실행방안

① 지역 전력보급 프로그램을 적절하게 관리하기 위해 법제도 및 규제시스템을 개선한다.

② 법제도 및 규제시스템 개선 시, 해외의 모범사례를 반영한다.

③ 지역의 소규모 재생에너지 프로젝트의 도입, 허가, 운영, 모니터링 현실을 반영하여 적절한 전력구매 계약모델을 수립한다.

④ 법제도 및 규제시스템 개선 시, 사업개발자와 구매자의 이익을 적절하게 반영한다.

정책목표 3.

지역민들이 저가의, 친환경적이고, 안정적이며 안전한 전력을 이용할 수 있도록 시장을 형성한다.

실행방안

① 민간기업들이 당면한 재생에너지 기반 전력공급 관련 각종 제도적, 정책적 문제들에 대한 연구를 진행한다.

② 장기대출, 저리대출, 소액금융 등 구체적이고 실질적인 인센티브제도를 마련하여 재생에너지 분야에 민간투자를 유치한다.

③ 재생에너지 전력 서비스 공급 업체들의 권리 및 의무를 명시한 가이드라인을 수립한다.

④ 민간부문의 재생에너지 발전부문 참여를 독려하기 위해 인적자원 개발 프로그램을 마련한다.

정책목표 4.

캄보디아 전력당국의 정책에 부합하는 전력요금 설정을 통해 효율적인 생산, 송전, 배전활동을 독려한다.

실행방안

① 프로젝트 개발자가 고품질의 전력서비스를 효율적으로 제공할 있도록 적절한 수익수준을 감안하여 재생에너지원 전력가를 설정한다.

② 합리적인 전력요금 설정을 위해 '지능형(Smart)' 보조금, 성과보조금, 저리대출 등의 구체적인 인센티브 체제를 수립한다.

③ 특수사례가 아닌 한, 직접적인 현금보조금을 제공하지 않는다.

④ 인센티브체제는 국가법령으로 지정된 지역전력보급기금(REF) 법·규제사항에 기반하여 운영한다.

⑤ 전력구매-판매 계약 체결 시, 전력요금 조건을 정확하게 반영한다.

⑥ 효율적인 전력요금 징수 시스템을 개발하여 거래비용을 최소화하는 한편, 채무불이행, 서비스 중단 등에 대한 징계를 명확히 한다.

⑦ 외부 자원을 극대화하여 재생에너지 전력공급 확대에 필요한 초기비용과 기술지원 등을 마련한다.

정책목표 5.

연구와 시범사업 등을 통해 최소비용으로 재생에너지원 전력을 공급한다.

실행방안

① 지역에 독립형 소수력발전 및 바이오가스/바이오매스발전을 도입하고, 민간 및 지역사회의 발전소 공동운영을 장려한다.

② 계통연계형 전력공급이 불가능한 지역의 경우 태양광조명시스템과 같은 가정용 발전이나 소수력, 바이오매스/바이오가스와 같은 지역형 전력생산을 장려한다.

③ 경제·생산적인 방향으로 전력공급목표를 꾸준히 추구하고 개선함으로써 국민들이 자연스럽게 전력을 이용·소비할 수 있도록 장려한다.

④ 재생에너지 기반 지역단위 전력보급 계획 수립 시, 국민인식제고, 지역사회 참여, 이해관계자 역량강화 등 지역사회 참여활동을 포함한다.

⑤ 지역개발 계획 수립 시, 재생에너지 기반 발전 프로그램 및 사업 등을 포함함으로써 여성의 지역사회 참여 확대, 빈곤퇴치, 삶의 질 향상 등의 지역사회 개발에 직접적으로 기여토록 한다.

정책목표 6.

적절한 제도적 지원을 통해 지역빈곤계층의 역량을 강화함으로써 지역 전력보급사업에 참여토록 한다.

실행방안

① 외부자원을 최대한 활용하여 전력사업 기획 및 실행 단계에 지역빈곤계층이 참여할 수 있도록 제도적 장치를 마련한다.

② 인적자원개발 및 지역빈곤층 전력사업 참여를 위한 기술지원(TA)의 기본 체계는 지역전력보급기금의 원칙에 따른다.

③ 중앙정부 및 주정부 차원의 효율적인 제도적 체계를 수립함으로써 각 부서별, 기관별 긴밀한 업무협조가 이루어지도록 한다.

④ 지역전력보급 프로그램·사업을 효과적으로 이행하기 위해 지역차원의 민·관 협력체제를 구축한다. 지역 민간업체, 비정부기구, 여성그룹, 지역기관 등을 지역전력보급 프로그램에 공동 참여하도록 한다.

⑤ 자원관리를 통해 지역전력부문의 금융기관의 역량을 강화한다.

⑥ 동기부여를 위하여 민·관 이해관계자들의 적극적인 참여를 유도하고 투명한 운영체제를 기획·이행한다.

다) 관련 법·제도

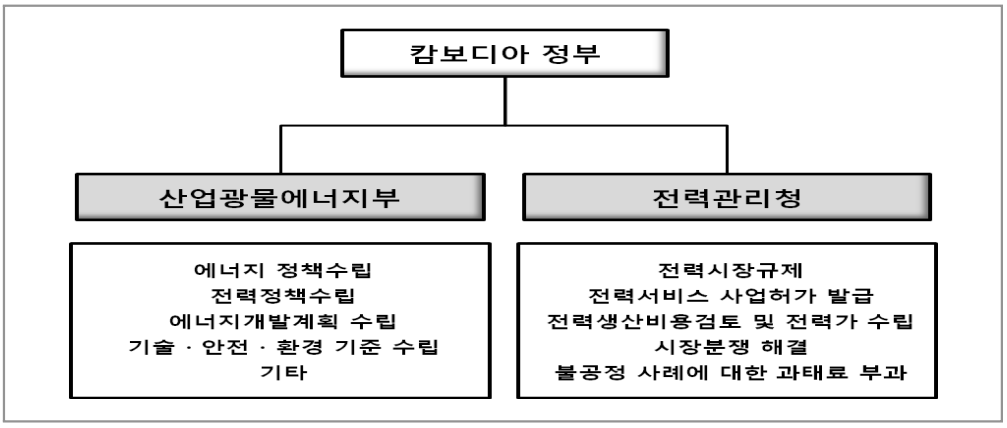
캄보디아에는 재생에너지 정책이 이미 2007년에 수립되었음에도 불구하고, 재생에너지 소비자와 공급자를 대상으로 한 체계적인 지원제도는 아직 마련되어 있지 않다. 재생에너지에 대한 발전차액지원제도(Feed in Tariff : FIT)[148]는 수립하고 있지 않으며, 재생에너지 관련 ODA 사업에 한해 수입 장비에 대한 세금을 면제해 주고 있을 뿐이다. 동 분야에 대한 정부 투자는 미미한 수준이며, 관련 산업 육성을 위한 예산도 거의 없는 실정이다.

별도의 재생에너지 관련 부서는 없으며, 에너지부 산하 신재생에너지실이 마련되어 있을 뿐이다. 신재생에너지실 소속 직원은 총 3인에 불과하다.

라) 관련 기관

캄보디아의 에너지를 담당하는 주요 기관은 산업광물에너지부와 전력관리청이다. 산업광물에너지부는 에너지정책을 수립하며 전력관리청(Electricity Authority of Cambodia)은 전력시장 관리를 담당한다.

[그림 58] 캄보디아 에너지 담당기관 및 역할[149]



148) 신·재생에너지 발전에 의하여 공급한 전기의 전력거래가격이 시장 가격보다 낮은 경우에 그 차액을 정부가 지원해 주는 제도

149) EAC. *Op cit.*

산업광물에너지부는 국가 전력부문의 비전을 수립하고 그에 따른 정책 및 계획을 수립한다. 또한 전력부문에 필요한 각종 기술표준을 수립하는 역할을 담당하고 있다.

전력관리청은 산업광물에너지부에서 수립한 각종 전력관련 법률, 규제, 가이드라인의 이행 여부를 감시하고, 전력공급자 및 소비자에게 관련 정보를 제공한다. 또한 전력공급과 이용이 효율적이고 원활하게 공급되고 있는지, 지속적이고 투명한 방식으로 진행되고 있는지 확인하고 감독한다.

전력법에 명시된 전력관리청의 업무는 다음과 같다.

① 전력사업허가 발급, 개정, 유보, 폐기, 반려
② 전력가 및 각종 전력관련 부가금 결정/전력사업허가 조건 설정
③ 전력사업허가 종류에 따른 투자 규제, 절차, 기준 정립
④ 전력시장의 원활한 운영과 효율적인 전력공급을 저해하는 활동에 대하여 대상기업의 재정상태 및 경영활동 조사
⑤ 허가기준 및 이행 기준 수립
⑥ 소비자 불만 접수·해결/사업허가 조건에 위배되는 각종 계약관련 분쟁 조정
⑦ 전력사업자들로부터 수집한 자료를 포함, 전력부문 현황 보고
⑧ 사업허가 발급비용 결정
⑨ 전력관리청이 투명하게 운영될 수 있도록 전력관리청의 활동 공개
⑩ 전력공급자에 대한 규제·시정명령·일시적 또는 영구적 사업정지 처분
⑪ 전력서비스 공급자 및 소비자들에게 국가에너지안보, 에너지경제, 환경 등의 국가정책을 준수하도록 요구
⑫ 전력관리청 소속 전 직원(전문가 및 자문위원 포함)에 대한 근로조건 수립

전력사업자는 전력관리청으로부터 관련 사업허가를 반드시 발급받아야 하며, 전력사업 허가종류는 아래 표와 같다. 한편, 캄보디아 전력시장은 생산, 송전, 배전의 전력서비스 전 부문에 대하여 민간사업자 및 외국사업자에게 개방하고 있다.

[표 68] 캄보디아 전력사업 허가종류

허가 종류	세부 내용
전력생산허가	• 특정 설비에 대한 전력생산 허가
송전허가	• 국가송전허가(NTL) : 국영기업에 한하여 발부. 배전회사 및 대규모 전력소비자에게 송전할 수 있는 허가 • 특수목적에 의한 송전허가(SPTL): 특수한 목적에 의해 송전 설비를 건설하고 운영할 수 있도록 허용하는 허가
배전허가	• 특정한 인접 지역에 배전할 수 있는 허가
복합허가	• 복수의 전력허가를 통합한 사업허가. 동 허가는 전력공사 및 기타 독립 사업자들에게 생산, 송전, 급전, 배전, 판매 등에 대한 권한을 부여
급전허가	• 급전설비를 통제하고, 관리하여, 운영할 수 있는 허가
대규모 전력판매 허가	• 전력생산자나 인근 국가로부터 전력을 구매하고 소비자에게 공급할 수 있도록 허용하는 허가
전력판매 허가	• 소비자에게 전력을 판매할 수 있는 허가
하도급 허가	• 기존 사업자와의 하도급 계약을 통해 전력사업에 참여할 수 있는 허가

2010년 현재 캄보디아 내 수력발전소는 3개가 있으며, 바이오매스 발전소 2개, 석탄발전소 1개를 제외한 나머지 발전소는 모두 디젤 또는 중유를 기반으로 하는 발전소이다. 아래 [표 65]은 사업허가별 등록상황이다.

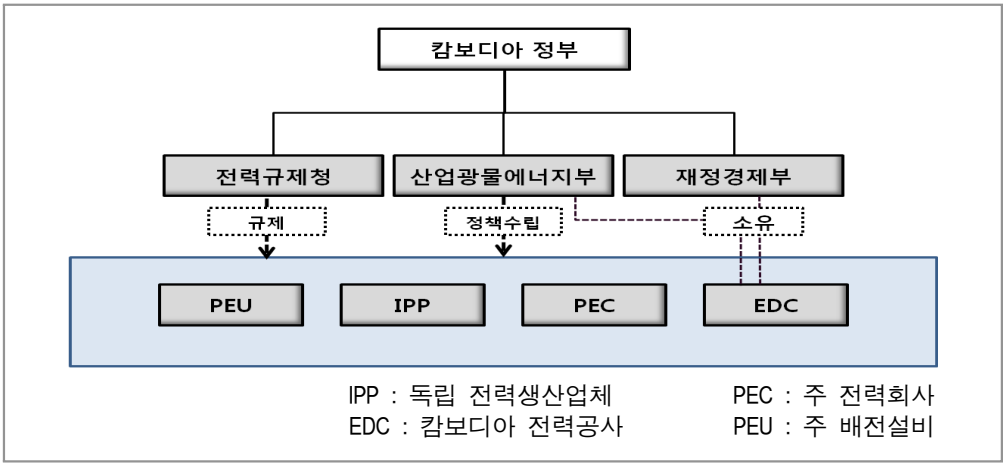
[표 69] 2010년 기준 캄보디아 사업허가별 등록상황[150]

NTL 복합허가	전력생산 허가	SPTL	SPTL 복합허가	전력판매 허가	배전허가	복합허가	총계
15	16	7	8	1	31	233	311

NTL 복합허가는 전력공사 담당 지역 13개사를 포함한 주 전력회사에 발급한 허가이다. 복합허가 발급 사업자수가 다수임을 볼 때, 전력생산 및 배전을 통합하여 전력서비스를 제공하는 민간사업자들이 다수임을 알 수 있다.

150) *Ibid.*

[그림 59] 캄보디아 전력산업 구조



마) 시장 및 전력요금

캄보디아의 재생에너지 산업기반은 대단히 취약하다. 재생에너지 관련 설비를 자체적으로 생산하는 국내기업은 없으며, 100% 수입에 의존하고 있다. 재생에너지 관련 국내 R&D 기관으로는 정부의 지원을 받고 있는 Institute of Technology of Cambodia(ITC)가 있으나, 동 기관의 재생에너지 R&D 수준은 기초적인 단계에 머물러 있다.

캄보디아의 전력요금에 영향을 미치는 주요 요인은 전력생산가와 민간전력생산자 및 인근 국가로부터 구매하는 전력수매가이다. 캄보디아 전력의 93%가 디젤/중유를 발전원으로 하여 생산되는 만큼, 디젤가와 중유가가 공급가격에 큰 영향을 미친다. 이에 연료가를 전력가에 적절하게 반영하기 위하여 전력관리청은 전력요율 산정에 대하여 연료비용적용제(Fuel Cost Adjustment Mechanism)를 도입하였다. 동 제도는 공공의견 수렴을 통하여 연료 종류에 따른 전력 요율을 결정하고 이를 전력관리청이 도입하는 것을 골자로 한다. 사업자가 각기 다른 요율이 적용된 전력을 다수의 전력생산자로부터 구매했을 경우, 전력관리청이 전력구매가와 전력공급비(고정가)를 합산하여 전력판매요금을 결정한다. 수력발전원에 기반한 전력과 외국에서 수입된 전력의 경우 대부분 전력요율이 일정하기 때문에 연료비적용제를 적용하지 않는다.

2010년 전력공사 지역별 전력요금은 다음과 같다.

① 프놈펜(Phnom Penh), 칸달(Kandal), 캄퐁스퓨(Kampong Speu) 지역[151]

소비자	전력요금(미화센트/kWh)	조건
Phnom Penh, Takhmao 마을, Kandal	14.9	월별전력사용량 < 50kWh
	17.6	월별전력사용량 < 50kWh
Kampong Speu 주 Ch. Bamon 시	17.6	국내 소비자
대사관, NGO, 외국인, 외국기관	20.0	
정부보조기관, 산업체, 기업	과거 월평균 전력구매비 + 3.6센트/kWh	소기업 및 산업체
	과거 월평균 전력구매비 + 2.8센트/kWh	중기업 및 산업체
	과거 월평균 전력구매비 + 2.4센트/kWh	대기업 및 산업체
	과거 월평균 전력구매비 + 2.0센트/kWh	고압전력망에 연계된 전력소비자

② Takeo(타케오) 및 앙 타솜(Ang Tasom) 지역 전력요금[152]

소비자	전력요금(미화센트/kWh)
소규모 소비자	22.4
중규모 소비자	18.3
대규모 소비자	17.3
고압전력망 연계 소비자	16.6

③ 시엠립(Siem Reap) 지역 전력요금[153]

소비자	전력요금(미화센트/kWh)
소규모 소비자	20.0
중규모 소비자	19.5
대규모 소비자	18.3
고압전력망 연계 소비자	17.1
전력사업자	14.6

151) *Ibid.*

152) *Ibid.*

153) *Ibid.*

④ 시하누크빌(Sihanoukville) 지역 전력요금[154)]

소비자	구분	전력요금(미화센트/kWh)
지역	전체	17.6
정부보조 전력소비자	전체	20.0
ⅰ. 정부비보조 행정기관, 상업기관, 산업체 ⅱ. 대사관, NGO, 외국인 ⅲ. 저압배전망에 연계된 시외 소비자	소규모	과거 월평균 전력구매비용 + 4.6센트/kWh
	중규모	과거 월평균 전력구매비용 + 3.8센트/kWh
	대규모	과거 월평균 전력구매비용 + 3.4센트/kWh
	고압전력망 연계소비자 (275~500kVA)	과거 월평균 전력구매비용 + 2.5센트/kWh
	고압전력망 연계소비자 (501~1,000kVA)	과거 월평균 전력구매비용 + 2.2센트/kWh
	고압전력망 연계소비자 (1,001~3,000kVA)	과거 월평균 전력구매비용 + 1.8센트/kWh
	고압전력망 연계소비자 (3,000kVA 이상)	과거 월평균 전력구매비용 + 1.5센트/kWh

⑤ 바탐방(Battambang), 반테이 민체이(Banteay Meanchey), 몽콜 보레이(Monkol Borey)[155)]

소비자	전력요금(미화센트/kWh)
소규모 소비자	24.4
중규모 소비자	21.9
대규모 소비자	20.7
고압전력망 연계 소비자	18.3
전력사업자	14.6

⑥ 캄퐁챔(Kampong Cham) 지역 전력요금[156)]

소비자	구분	전력요금(미화센트/kWh)
지역	전체	22.9
정부보조 소비자	전체	22.9

154) *Ibid.*

155) *Ibid.*

156) *Ibid.*

ⅰ. 정부비보조 행정기관, 상업기관, 산업체 ⅱ. 대사관, NGO, 외국인 ⅲ. 저압배전망에 연계된 시외 소비자	소규모	과거 월평균 전력구매비 + 4.6센트/kWh
	중규모	과거 월평균 전력구매비 + 3.8센트/kWh
	대규모	과거 월평균 전력구매비 + 3.4센트/kWh
	고압전력망 연계소비자 (275~500kVA)	과거 월평균 전력구매비 + 2.5센트/kWh
	고압전력망 연계소비자 (501~1,000kVA)	과거 월평균 전력구매비 + 2.2센트/kWh
	고압전력망 연계소비자 (1,001~3,000kVA)	과거 월평균 전력구매비 + 1.8센트/kWh
	고압전력망 연계소비자 (3,000kVA 이상)	과거 월평균 전력구매비 + 1.5센트/kWh

⑦ **기타지역**[157]

지역	전력요금(미화센트/kWh)	조건
Steung Treng	29.7	전체 소비자
Rattanakiri	16.3	전체 소비자
Kampot	26.8	전체 소비자
Prey Veng	29.7	전체 소비자
Memot	12.2	Bun Rany Hun Sen 초등학교 및 고등학교
	15.8	소규모 소비자
	12.5	중규모 소비자
	11.5	중압전선망
Pohnea Krek & Bavet	15.8	소규모 소비자
	12.5	중규모 소비자
	11.5	중압전선망
Kampong Trach	15.8	중·소규모 소비자
	11.5	대규모 소비자
Svay Rieng, Kampong Row, Svay Teap	15.8	전체 소비자

157) *Ibid.*

바) 기술 및 설비

캄보디아의 재생에너지 기술은 대단히 열악한 형편으로써 캄보디아 내 대학기관 중 재생에너지 학부를 설치하고 있는 대학은 현재로써는 없으며 정부 차원의 재생에너지 R&D 기관도 없다. 재생에너지 설비 수입업체는 소수 존재한다.

다. 스리랑카의 재생에너지 잠재력 및 제도적 현황

1) Country Profile

가) 지형 및 기후 특징

스리랑카는 인도 남부 인도양에 위치해 있는 섬나라로서, 적도 북부 880km 상에 위치해 있다. 지리적 좌표는 위도 상 5도 55분과 9도 55분 사이, 경도 상 79도 42분과 81도 52분 사이이다. 인도양, 만나만, 포크 해협을 접하고 있으며, 인도와 몰디브가 인접해 있다. 주요 해양과 접해 있는 지형적 특성으로 인해, 스리랑카는 고대 실크로드의 주요 경유지로서 서아시아와 동남아시아를 잇는 전략적 해양 요충지이다. 국가 총 면적은 65,610km²이며, 이 중 호수 등 육수(陸水)가 차지하는 면적은 2,905km²이다. 섬의 남부 지역에는 고도 2,500m 이상의 산지가 형성되어 있다.

열대 아열대 기후이며 열대 저지대의 평균 기온은 섭씨 27도, 중앙부 고산지대는 섭씨 14도이다. 5월부터 7월 사이에는 남서계절풍의 영향으로 섬의 서부, 남부, 중부지역에 비가 내리며, 12월부터 1월 사이에는 북동계절풍의 영향으로 북부와 동부지역에 비가 내린다. 연간 평균 강수일은 90일이며, 강수량은 약 2,000mm이다. 중부 고지대는 강수량이 연간 2,500mm 정도로 많은 편이나 건조지대인 동부, 남동부, 북부지역의 강수량은 연간 800~1,200mm 정도이다.

나) 인구 특징

인구는 2010년 기준으로 2,065만 명이며, 연간 인구 증가율은 0.73%이다. 민족은 신할족(Sinhaleserk) 74%, 타밀족(Sri Lankan Tamis) 12.6%로 구성되어 있다. 언어는 싱할라 및 타밀어를 국어로 사용하나 영어가 일반적으로 통용된다. 평균수명은 74세이며, 2010년부터 2040년까지 30년 동안 60세 이상 노인 인구가 2배로 증가할 것으로 예상되는 바, 고령화를 대비한 사회 대책이 시급한 상황이다. 종교는 불교가 63.9%로 대부분을 차지하고 있으며 힌두교가 15.5%로 두 번째를 잇고 있다.

다) 정치·경제적 특징

스리랑카는 1505년부터 1948년까지 약 460년 동안 포르투갈, 네덜란드, 영국의 식민통치를 받았다. 1948년에 영국으로부터 독립하였으나, 다수민족이었던 신할족과 영국 식민기간 동안 소외되어왔던 타밀족 간의 정치적 분쟁이 발생하여 1983년에 내전이 시작되었다. 내전은 2009년 5월에 종식될 때까지 25년간 지속되었으며, 동 내전으로 인해 약 8~10만 명이 사망한 것으로 추정된다.

내전이 종식된 현재 스리랑카는 사회민주공화국이며, 준대통령제를 채택하고 있다. 과거의 사회주의적 요소가 남아 있으나 현재는 자본주의 친서방 정책을 취하고 있다. 9개의 지방정부로 구성되어 있으며 정치적 수도는 스리자야와르데네푸라코테(Sri Jayewardenepura, Kotte)이고 행정·경제적 수도는 콜롬보(Colombo)이다.

스리랑카 정부는 내전 종식 이후 연간 8~10%의 GDP 성장을 달성하겠다는 목표 하에 산업 발전에 총력을 기울이고 있다. 2009년 기준 스리랑카의 경제규모는 420억 달러이며, 이는 2008년 대비 3.5% 증가한 수치이다. 정부는 GDP의 30~35% 수준의 투자유치계획을 발표한 바 있는데, 이 중 27~28%는 민간투자를 통해, 잔여 6~7%는 공공투자를 통해 달성하겠다는 계획이다. 동 목표를 달성하기 위해서는 외국인투자를 유치하는 것이 중요하기 때문에 향후 정부가 외국인투자에 유리한 사업 환경을 제공하기 위해 노력할 것으로 전망되고 있다. 스리랑카는 2006~

2010년 동안에 평균 경제 성장률이 6.4%에 달해 남아시아 국가들 중에서 성장 속도가 매우 빠른 국가들 중의 하나로 평가되고 있다. 2009~2013년 동안에 스리랑카의 GDP 증가 속도는 7.2%에 달할 것이라고 전망되고 있다. 한편 콜롬보 증권거래소는 2009~2010년 동안에 아시아에서 가장 큰 성과를 보인 거래소였다.

국가 산업은 1948년부터 1977년까지 사회주의 정부가 집권하면서 모두 국유화되었으나, 1977년 자유시장 체제가 들어서면서 국가산업의 상당부분이 민영화되었다. 현재는 민간기업이 전체 경제의 85%를 차지하고 있다. 전통적으로 스리랑카는 계피, 고무, 실론티 등을 생산하여 왔으나, 시장이 개방된 이후로는 식품가공, 의류, 전기통신, 금융 산업 등의 발달과 함께 산업화 사회로 전환되고 있다. 현재 스리랑카의 주요 산업은 관광, 차 수출, 의류, 쌀 생산 등이다. 2010년 기준으로 스리랑카 경제의 60%는 서비스업, 28%는 제조업, 나머지 12%는 농업이 차지하고 있다.

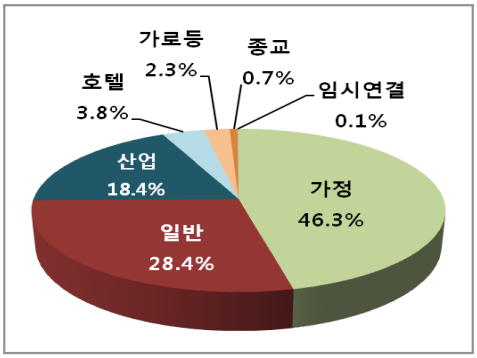
2) 에너지 및 전력 현황

가) 에너지 현황

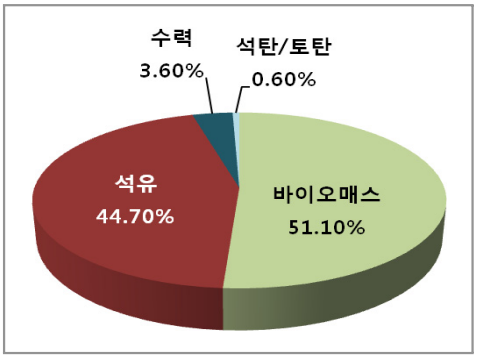
스리랑카의 주요 에너지원은 바이오매스(주로 연료용 목재) 47.39%, 화석연료 43.05%, 수력발전 3.6%로 구성되어 있어 1차 에너지원에 대한 비중이 높은 편이다. 2010년 기준 전체 에너지 소비량은 8,535ktoe이며, 1인당 에너지 사용량은 0.4toe이다. 에너지를 가장 많이 소비하는 부문은 가정부문으로 전체 에너지소비의 46.29%를 차지한다. 가정부문 다음으로 에너지를 많이 소비하는 부문은 상업부문 및 산업부문이다[158]. 산업부문의 에너지소비 비중이 가정과 상업부문에 이어 세 번째로 크기는 하나 국가 총 에너지의 18.4%만을 소비한다는 사실을 볼 때 국가경제에서 산업이 차지하는 비중이 아직 낮음을 알 수 있다.

158) Sri Lanka. Ministry of Power and Energy, *Sectors at a Glance.*

[그림 60] 2009년 스리랑카
부문별 에너지소비 현황[159]



[그림 61] 2009년 스리랑카
에너지원별 발전 비중[160]



향후 스리랑카의 에너지 수요 증가율은 연평균 3%로 예상된다. 2020년까지 약 15,000ktoe의 에너지를 더 사용할 것으로 예상되는데, 이 중 전력과 화석연료 부문의 증가율이 연간 7~8%에 달할 것으로 예측된다.

나) 전력 현황

2011년 현재 스리랑카의 총 발전설비 용량은 3,141MW이며, 총 발전량은 11,528GWh이다[161]. 발전량 기준으로 2011년에는 2010년(10,714GWh) 대비 7.6%, 2010년에는 2009년(9,882GWh) 대비 8.4% 증가하여[162] 매년 전력 생산량이 급격히 증가하고 있음을 알 수 있다. 그러나 우리나라 발전설비 용량이 2010년 현재 80,429MW[163]임을 고려할 때 스리랑카 전력산업의 규모가 아직 상당히 작음을 잘 알 수 있다. 현재 스리랑카 내 에너지수요 중에서 전력이 차지하는 비중은 약 9.4%이다. 2010년 기준 스리랑카의 1인당 전력 소비량은 449kWh[164]인데, 이는 필리핀 1인당 전력 소비량과 비슷한 수준이다.

159) *Ibid*

160) International Energy Agency(IEA), *IEA Energy Statistics : Share of Total Primary Energy Supply in 2009*, 2009.

161) Ceylon Electricity Board(CEB), *CEB Statistical Digest 2010*, 2010.

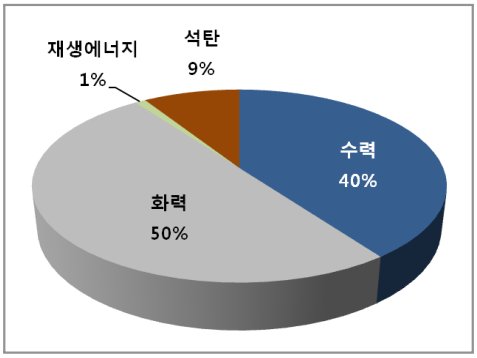
162) *Ibid.*

163) 한국전력공사 (2010).「한국전력통계」. 제80호. 한국전력공사.

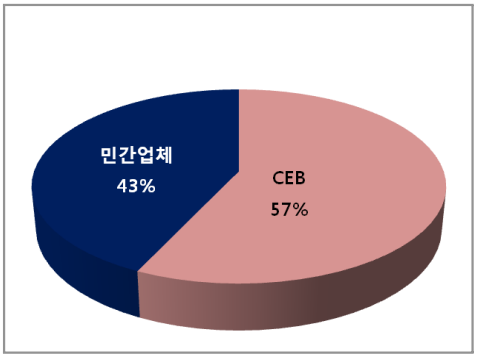
164) Ceylon Electricity Board(CEB), 2010. *Op Cit.*

2011년 현재 발전소 현황은 대규모 수력발전소 16기, 소수력발전소 90기, 석유 기반 화력발전소 17기, 석탄발전소 1기, 재생에너지 발전 15기로 구성되어 있다[165]. 2012년 말까지 600MW급 석탄발전소 1기, 2014년까지 500MW급 석탄발전소 1기 완공을 예정 중에 있어 석탄발전의 비중이 향후 다소 높아질 것으로 보인다. 발전원은 2011년 현재 석유가 50%, 수력이 40%를 차지하고 있어, 수력발전에 대한 의존도가 상대적으로 높은 편이다.

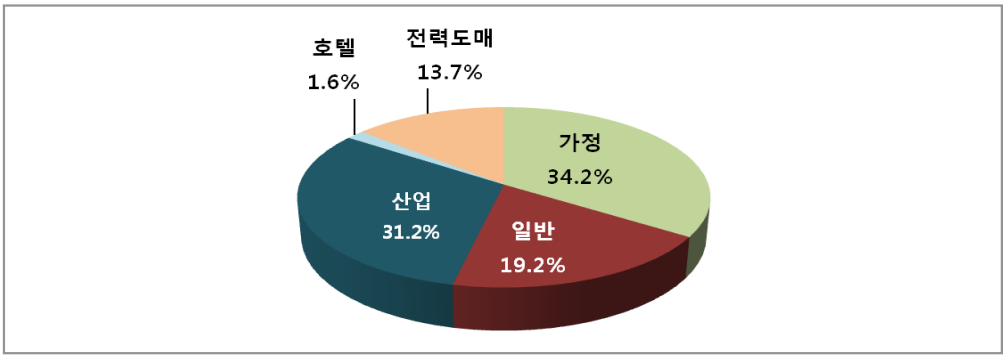
[그림 60] 2009년 스리랑카 부문별 에너지소비 현황[166]



[그림 61] 2009년 스리랑카 에너지원별 발전 비중[167]



[그림 64] 2011년 스리랑카 부문별 전력 소비 비중[168]



165) Ceylon Electricity Board(CEB), *CEB Statistical Digest Report*, 2011.

166) *Ibid*

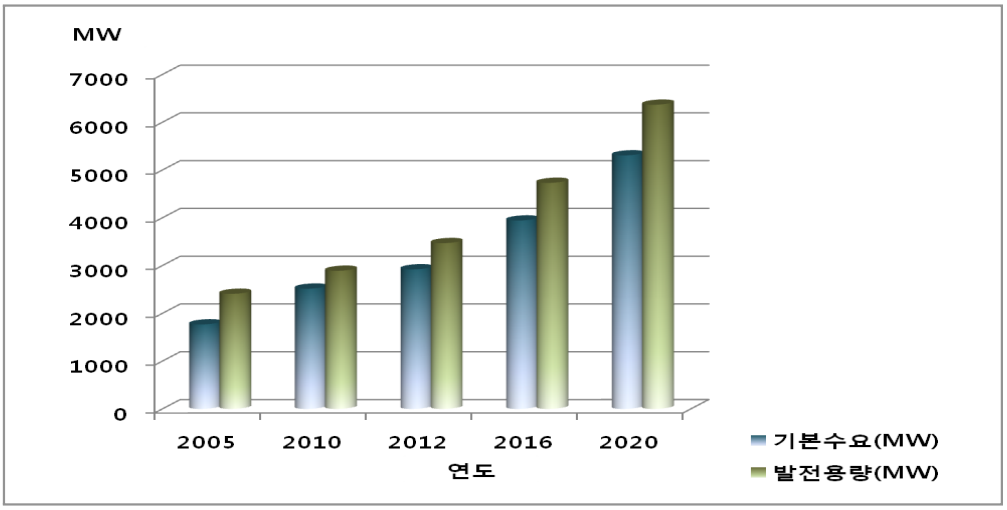
167) International Energy Agency(IEA), *IEA Energy Statistics : Share of Total Primary Energy Supply in 2009*, 2009.

168) *Ibid.*

전력소비 비중이 가장 큰 부문은 가정(34.2%)과 산업(31.2%)이며, 상업 및 공공부문, 호텔이 약 20%의 비중을 차지하고 있다. 아래 그림에서 전력도매가 뜻하는 것은 랑카전력공사로 공급되는 전력량을 뜻하는 것이며, 랑카전력공사의 주요 부문별 전력공급량 비중은 가정(44%), 상업 및 공공부문(30%), 산업(19.8%)이다.

경제가 발전함에 따라 향후 전력 수요는 더욱 증가할 것으로 예상된다. 2006년부터 2010년 동안 경제성장률은 연간 6.4%를 기록하였으며, 그에 따른 전력 수요도 연평균 8.9% 가량 증가하였다. 경제성장률이 8%를 기록한 2010년의 경우, 전력 생산량은 2009년에 비하여 8.9% 증가하였다. 2010년 기준 연간 전력 생산량은 10,740GWh이며, 2025년에는 27,559GWh에 이를 것으로 전망된다[169]. 2010년 현재 발전 용량은 2,806MW이나 2025년까지 6,802MW 이상이 추가되어야 할 것으로 예상된다[170]. 현재 계획 중이거나 진행 중에 있는 발전 프로젝트를 통해 2020년까지 추가 확보되는 전력용량이 4,588MW 가량이므로, 향후 10년 동안 신규 프로젝트를 통해 1,914MW의 전력을 추가로 확보해야 할 것으로 예상된다[171].

[그림 65] 스리랑카 미래 전력수요 및 발전용량 예상 추이[172]



169) Sri Lanka. Ministry of Finance and Planning, *Annual Report 2010*, 2010.

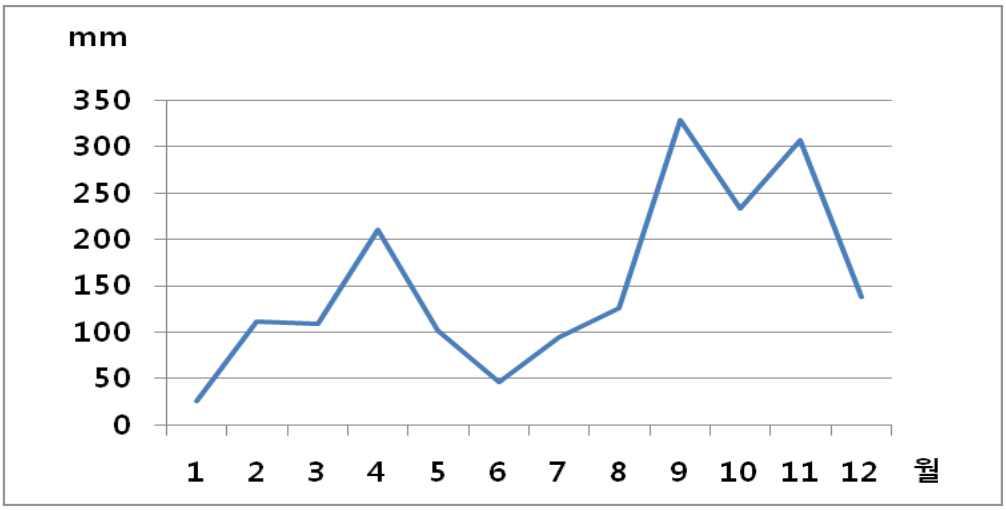
170) *Ibid.*

171) *Ibid.*

172) Sri Lanka. Ministry of Finance and Planning. *Mahinda Chintana: Vision for the Future*, 2010.

스리랑카는 수력발전에 대한 비중이 높은 편이다. 그러나 베트남과 마찬가지로 계절에 따른 강수량의 차이가 크기 때문에 수력발전에 지나치게 의존할 경우 연중 전력생산량이 일정하지 못하게 되는 위험이 크다. 또한 강이 발달한 베트남에 비해 스리랑카는 중부 산악지역을 중심으로 한 수력발전이 대부분이기 때문에 저수량이 작은 편이다.

[그림 66] 1990-2009년 스리랑카 월별 강수량 그림[173]

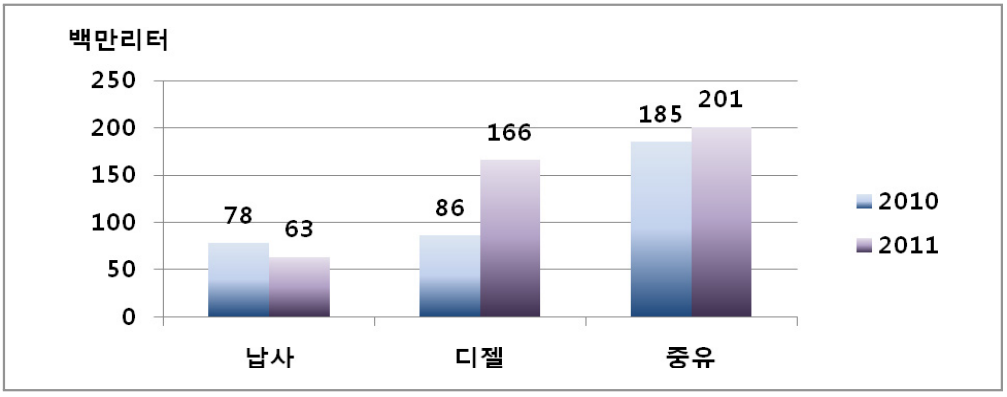


수력발전은 개발이 이미 상당부분 이루어졌기 때문에 추가 개발 잠재성이 낮은 상태이며, 바이오매스의 경우 국민의 삶의 질이 개선되면서 발생량이 줄어들 것으로 예상된다. 장기적인 관점에서 볼 때 기존의 화석연료와 재생에너지가 스리랑카의 주요 1차에너지원이 될 것으로 예상된다.

화력발전의 주요 연료는 석유이며, 석탄기반의 화력발전소는 2011년부터 전력을 생산하기 시작한 300MW급 화력발전소 1기가 있을 뿐이다. 대부분의 석유발전소의 경우 중유, 납사, 디젤 등을 사용하여 가스터빈을 돌려 발전하는 형태를 취하고 있다. 스리랑카의 경우 석유가 전혀 생산되지 않아 전량을 수입하고 있어 석유발전의 경우 석유가 변동에 취약하다.

173) The World Bank Group, *Average Monthly Rainfall and Temperature for Vietnam from 1960-1990*, 2010.

[그림 67] 2009-2010년 스리랑카 석유연료 사용량



지속되는 유가 상승과 2009년에 건립된 300MW급 Kerawalapitiya 화력발전소가 이제 막 운전을 개시했음을 감안할 때, 스리랑카의 전력 생산비용은 단기적으로 지속적으로 증가할 것으로 예측된다. 그러나 스리랑카 정부가 향후 3개의 화력발전소, 1개의 수력발전소, 1개의 재생에너지 발전소를 건립한다는 계획을 수립하고 있어 중기적으로는 전력 생산비용이 하락할 것으로 예측된다. 스리랑카 정부는 전체 전력의 90%를 비화석 연료에 기반한 전력으로 대체할 때까지 석유발전소 건립을 유예하고 있다.

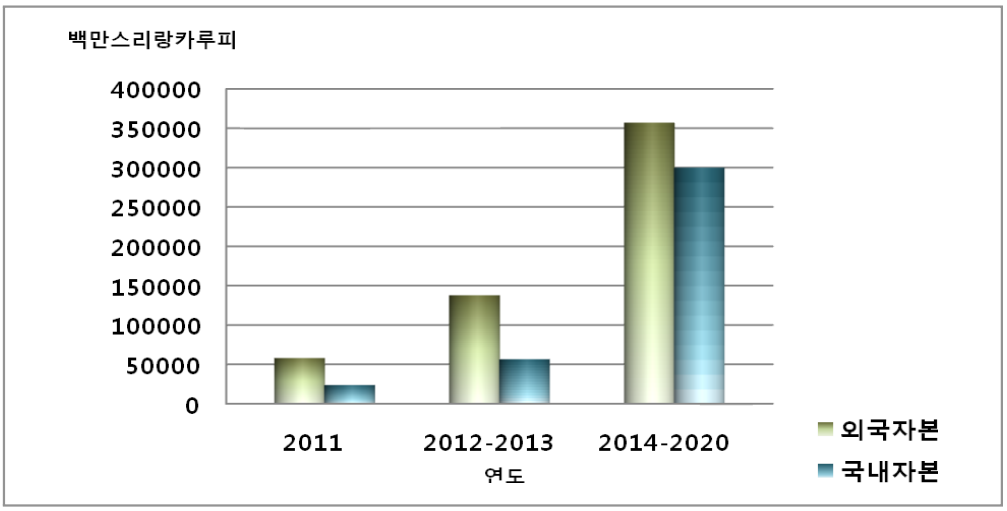
다음 표는 스리랑카 정부의 전력부문 투자계획을 나타낸 것이다. 향후 전력수요가 확대될 것으로 예상되면서 스리랑카 정부는 전력산업에 외국자본과 국내자본을 함께 유치할 것을 계획하고 있다. 투자 최우선순위는 전력생산이며, 송전 및 배전망 확충이 그 뒤를 잇고 있다. 전력효율의 경우 전체 투자예상금액에서 차지하는 비중이 아직 미미한 것으로 파악되어 스리랑카 정부가 2020년까지는 전력생산 및 전력망 확충에 투자를 집중할 것으로 예상된다.

[표 70] 스리랑카 전력 부문 투자계획(2011-2020)[174]

(단위 : 1억 LKR)

구분		발전	송전	배전	전력효율	합계
2011년	외국 자본	401 (31억 USD)	80 (6억 USD)	81 (6억 USD)	18 (1억 USD)	817 (63억 USD)
	국내 자본	77 (6억 USD)	112 (9억 USD)	43 (3억 USD)	5 (0.4억 USD)	
2012-2013년	외국 자본	1,047 (81억 USD)	132 (10억 USD)	171 (13억 USD)	29 (2억 USD)	1,945 (150억 USD)
	국내 자본	281 (22억 USD)	200 (15억 USD)	73 (6억 USD)	12 (1억 USD)	
2014-2020년	외국 자본	3,000 (231억 USD)	220 (17억 USD)	214 (16억 USD)	136 (10억 USD)	6,570 (505억 USD)
	국내 자본	1,760 (135억 USD)	720 (55억 USD)	320 (25억 USD)	200 (15억 USD)	
2011-2020년	외국 자본	4,448 (342억 USD)	432 (33억 USD)	466 (36억 USD)	184 (14억 USD)	9,333 (718억 USD)
	국내 자본	2,117 (163억 USD)	1,033 (79억 USD)	436 (34억 USD)	217 (17억 USD)	

[그림 68] 스리랑카 미래 전력부문 투자계획[175]

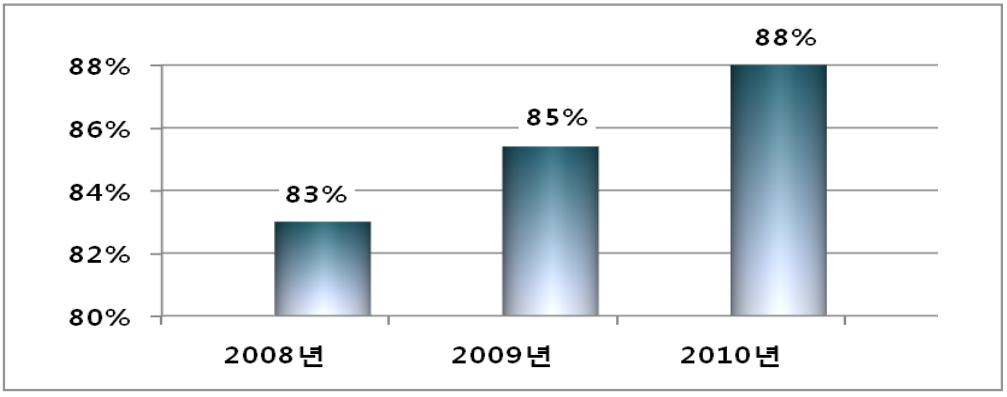


174) Sri Lanka. Ministry of Finance and Planning. 2010. *Op Cit.*

175) *Ibid.*

2010년 기준 스리랑카의 가정 전력 공급 비율은 88%인데[176], 이는 1990년에 전력보급률이 29%에 불과했던 것과 비교하면 상당한 발전이라고 할 수 있다. 현재 전력을 공급받는 88%의 가구 중 84%는 전력망을 통하여, 4%는 독립적인 형태로 전력을 공급받고 있다.

[그림 69] 2008-2010년 스리랑카 전력보급률추이[177]



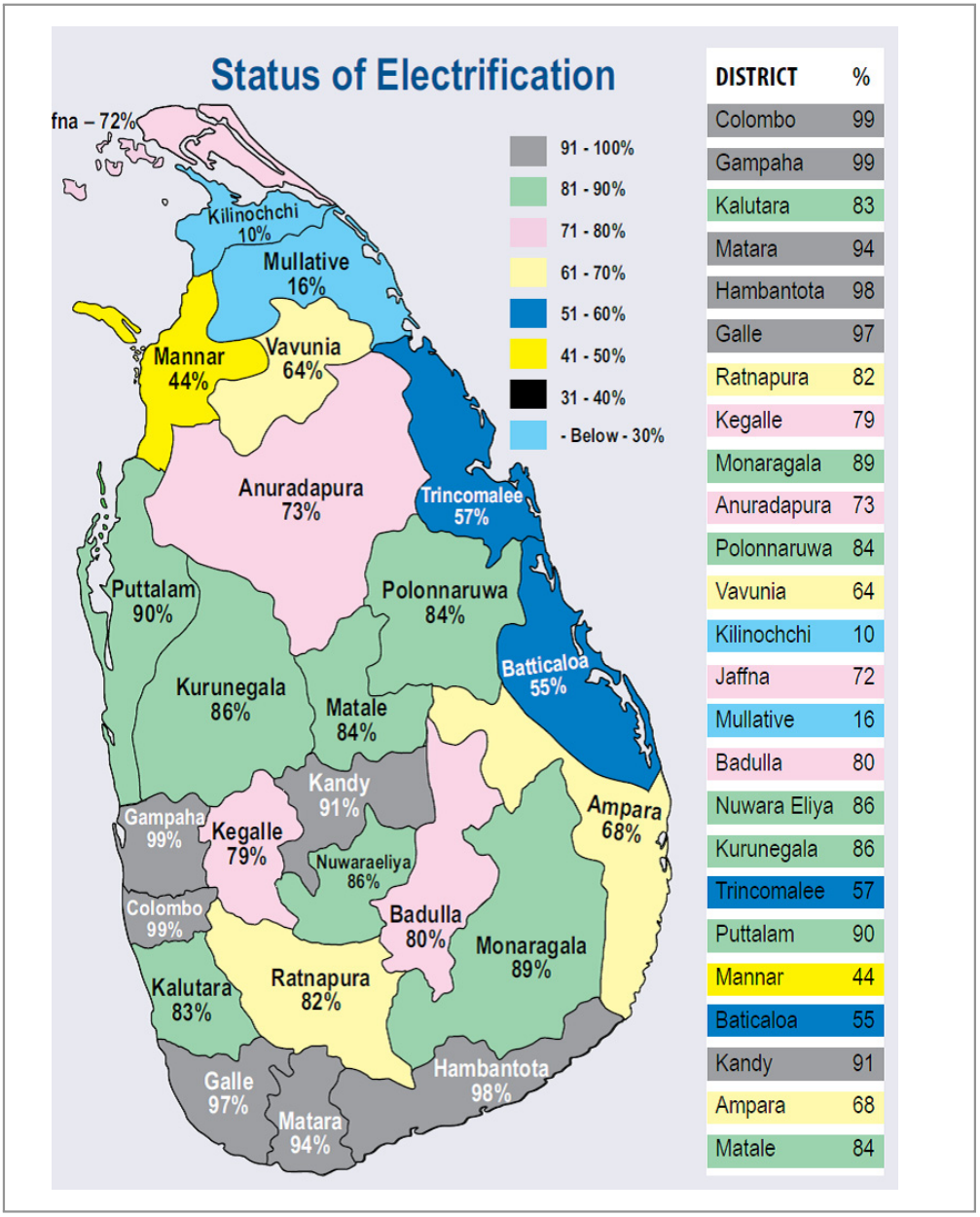
그러나 전체 가구의 12%에 해당하는 인구가 여전히 전력 공급의 혜택을 받지 못하고 있으며, 전력공급의 지역 간 편차가 큰 편이다. 수도인 콜롬보(Colombo) 및 감파하(Gampaha), 갈레(Galle) 같은 인근 도시의 전력보급률은 95% 이상인 데 비해 바티칼로아(Batticaloa), 모나라갈라(Monaragala)와 같이 수도에서 멀리 떨어진 도시의 경우 전력보급률이 60%에도 미치지 못하는 실정이다. 내전이 있었던 킬리노크치(Kilinochchi)나 물라티브(Mullative)와 같은 북부지역의 경우는 전력보급률이 20%에도 미치지 못하기 때문에 향후 스리랑카 정부가 송전망 확대, 변전소 추가 건설 등 이 지역에 지속적으로 투자할 것으로 예상된다. 이러한 지역불균형의 편차를 해소하기 위해 정부는 2011년부터 2020년까지 10년 동안 약 1,285백만 달러(1,464억 7,300만 스리랑카 루피)를 송전망에 투자하여 전력인프라를 구축할 계획이다[178].

176) Ceylon Electricity Board(CEB), 2011. *Op Cit.*

177) *Ibid.*

178) *Ibid.*

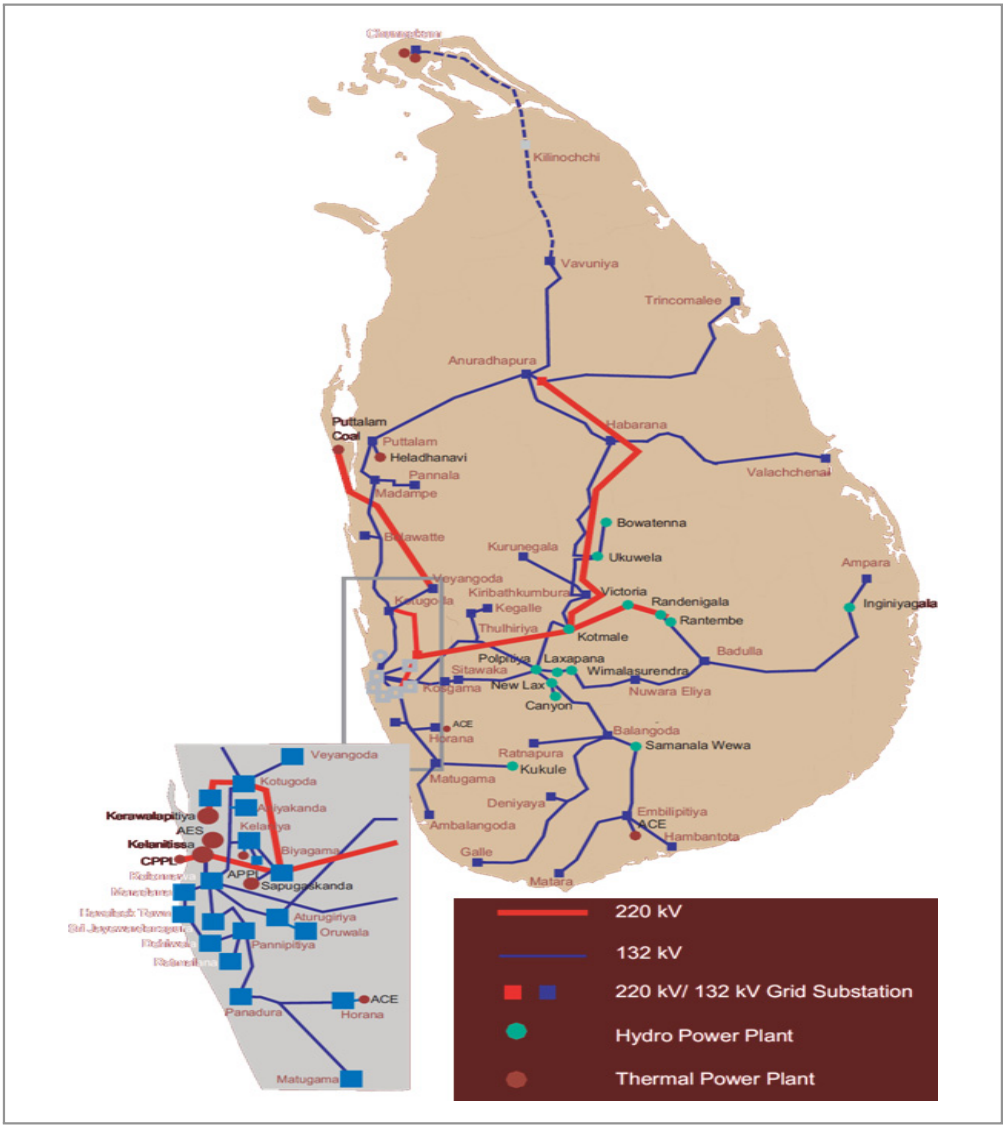
[그림 70] 스리랑카 전력보급 현황[179)]



179) *Sectors at a Glance*, Ministry of Power and Energy of Sri Lanka.

국가전력망은 220kV의 송전망(Transmission Line)과 132kV의 배전망 (Distribution Line)으로 구성되어 있으며, 주요 송전망은 실론전력위원회(Celyon Electricity Board : CEB)가, 일부는 랑카전력공사(Lanka Electricity Company : LECO)가 관리하고 있다.

[그림 71] 스리랑카 220kV & 132kV 송전망 지도[180]

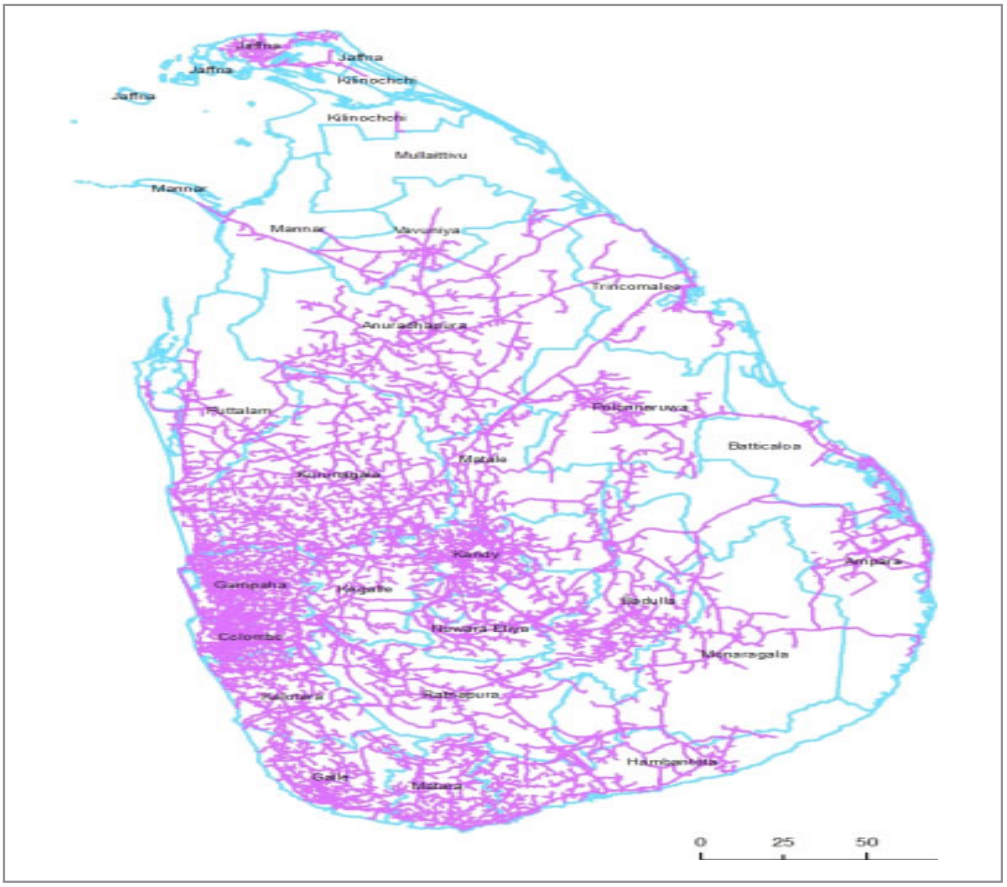


180) *Ibid.*

대부분의 수력발전 및 화력발전은 산악이 발달한 중부 및 서남부에 밀집해 있으며, 220kV 송전망을 통하여 수도인 콜롬보 및 주요 도시에 전력을 송전하는 구조를 이루고 있다. 송전망은 수도를 포함한 인근 도시를 중심으로 국가 서부지역에 밀집하여 있으며 동부 및 북부지역으로 갈수록 송전인프라 기반이 약하다.

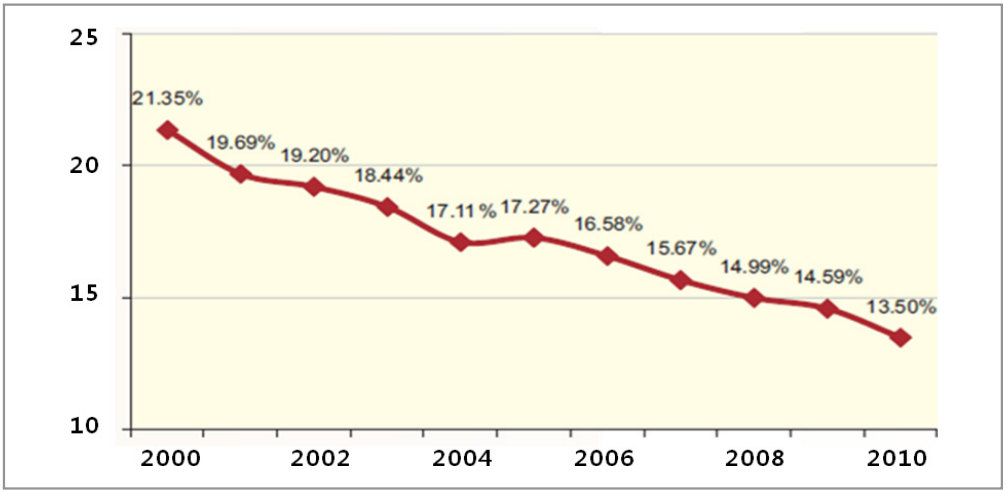
배전망은 주로 33kV의 국가망(National Grid)이 이용되지만 콜롬보 시내에서는 11kV가 주요 배전전압으로 이용되고 있다. 저압망은 220/380V, 50Hz 3상4선식을 사용하고 있으며 사용규정은 BS(British Standard)를 준수하고 있다. 배전망도 마찬가지로 수도를 중심으로 하여 발달되어 있어 북부 및 동부지역의 배전망 인프라가 확충되어야 할 필요가 있다.

[그림 72] 스리랑카 33kV 배전망 지도

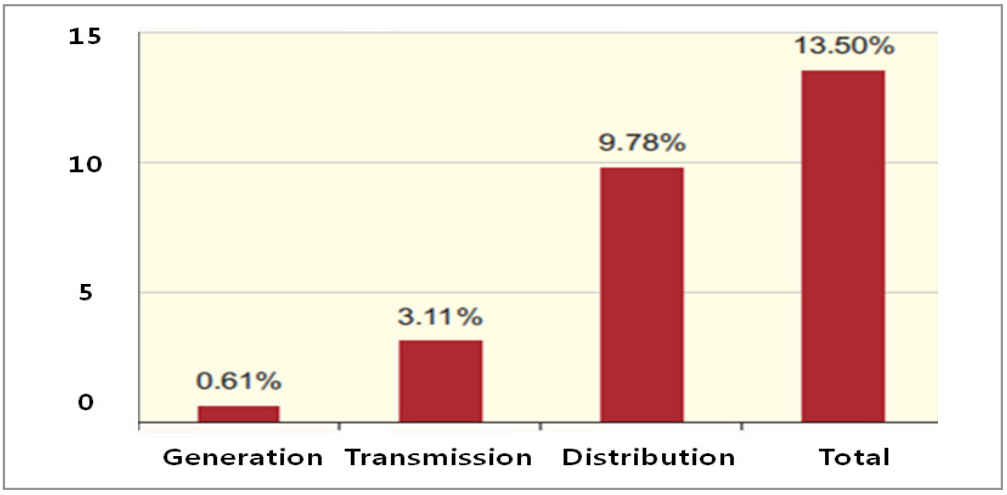


스리랑카 전력산업에서 생산 확대, 전력망 확충과 더불어 개선되어야 할 점은 바로 전력 손실률 개선이다. 전력 손실률은 2000년에 21.35%를 기록한 이후 지난 10년 동안 꾸준히 개선되어 2010년에는 14.59%를 보였다. 그러나 전력 손실률이 7~8%에 불과한 선진국과 비교할 때 아직 높은 수준이어서 향후 개선의 여지가 높다.

[그림 73] 2000-2010년 스리랑카 전력 손실률 추이[181)]



[그림 74] 스리랑카 부문별 전력손실 현황[182)]



181) CEB. Annual Report 2010, *Op Cit.*

182) *Ibid.*

전력망 시스템에서 전력손실이 가장 많이 발생하는 부문은 배전 부분이다. 현재 스리랑카 정부는 전력 손실률을 2016년 13%, 2020년에는 12%로 감소시킬 계획으로 전력망 연구를 진행하고 있다. 또한 전력 관리시스템과 계량성능 개선을 통하여 상업부문의 전력사용 효율을 높이는 한편, 전력망의 체계적인 관리를 통해 전력손실을 개선하고, 선로 및 변압기의 성능을 향상시킴으로써 에너지 효율을 개선하려는 노력을 하고 있다.

3) 재생에너지 잠재력

스리랑카는 풍력, 수력, 바이오매스, 태양에너지 등 재생에너지 개발 잠재성이 높은 국가이다. 지속가능에너지청이 자체 추산한 자료에 따르면 재생에너지 국가 총 잠재량은 2,222MW에 달하며, 각 재생에너지별 잠재량은 풍력 1,010MW, 소수력 602MW, 바이오매스 360MW, 태양력 250MW이다. 재생에너지 잠재력이 가장 높은 지역은 푸탈람(Puttalam: 275MW), 마나르(Mannar: 260MW), 함반토타(Hambantota: 176MW)지역이다. 잠재력이 가장 낮은 지역은 감파하(Gampaha: 5MW), 바티카로아(Batticaloa: 15MW), 갈레(Galle: 27MW)이다.

[표 71] 스리랑카 지역별 재생에너지 잠재력 현황[183)]

(단위 : MW)

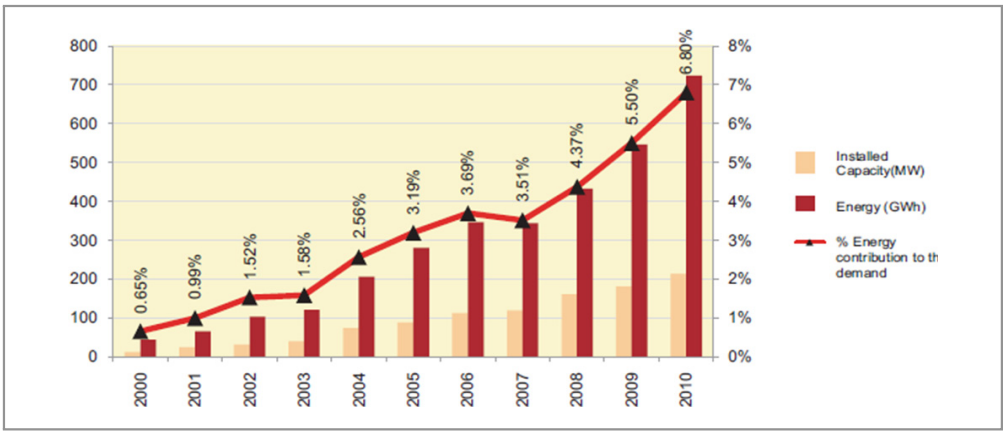
	지역명	풍력	수력	바이오매스	태양력	총계
1	Ampara	0	0	30	0	30
2	Anuradhapura	0	2	15	30	47
3	Badulla	60	61	15	0	136
4	Batticaloa	0	0	15	0	15
5	Colombo	0	0	40	0	40
6	Galle	0	12	15	0	27
7	Gampha	0	0	5	0	5
8	Hambantota	60	1	15	100	176
9	Jaffna	100	0	0	0	100
10	Kalutara	0	3	30	0	33
11	Kandy	30	80	15	0	125
12	Kegalle	0	94	0	0	94

183) Sri Lanka. Sustainable Energy Authority. *Facilitating and Enable Renewable Energy Development,* Colombo.

13	Kilnochchi	60	0	15	30	105
14	Kurunegala	0	0	30	30	60
15	Mannar	260	0	0	0	260
16	Matale	30	38	0	0	68
17	Matara	0	13	15	0	28
18	Monaragala	0	6	30	15	51
19	Mullaittivu	30	0	15	0	45
20	Nuwara Eliva	60	133	0	0	193
21	Polonnaruwa	0	8	15	30	53
22	Puttalam	260	0	15	0	275
23	Ratnapura	30	151	0	0	181
24	Trincomalee	30	0	15	0	45
25	Vavuniva	0	0	15	15	30
	총계	1,010	602	360	250	2,222

2010년 현재 국가 재생에너지 총 발전용량은 213MW이며, 이는 전체 발전량의 약 7%에 해당하는 수치다.[184] 현재 125,000의 가구가 태양광발전을 이용한 전력을 사용하고 있으며, 7,000가구가 소수력발전을 이용한 전력을 사용하고 있다[185]. 다음의 아래 그림은 재생에너지 발전용량 증가 추이를 나타내고 있다.

[그림 75] 2001~2010년 스리랑카 재생에너지 발전량 증가 추이[186]



184) *Ibid.*

185) *Ibid.*

186) *Ibid.*

현재까지 개발된 대부분의 재생에너지원은 소수력발전이며, 풍력과 바이오매스가 그 뒤를 잇고 있다. 2012년 스리랑카 국가 내 소수력발전용량은 36MW, 풍력 79MW, 바이오매스 76.5MW, 태양광 1.4MW이다[187]. 풍력의 잠재량이 풍부하고 상당 부분 미개발 상태로 남아 있어 향후 풍력발전이 다수 개발될 것으로 보인다.

가) 풍력발전

스리랑카는 남서 몬순계절풍과 북동 몬순계절풍의 주요 영향권에 속하는 국가이다. 북동 몬순계절풍에 비해 풍속이 강한 남서 몬순계절풍은 5월부터 9월까지 영향을 미치며 풍속 10m/s 이상의 바람이 낮게는 해발 몇 백 미터에서 높게는 2,000m까지 분다[188]. 북동 몬순계절풍은 12월부터 2월까지 영향을 미치며 지형풍의 최대풍속은 7~8m/s이다[189]. 지형풍이 부는 고도는 해발 600~1,000m에 불과하여 남서 몬순계절풍에 비해 지표면에 가깝다. 3월, 4월, 10월, 11월은 몬순계절풍의 직접적인 영향권 밖에 있어 풍속이 상대적으로 약하나 간헐적으로 강한 바람이 분다.

2003년 미국 국립재생에너지연구소(National Renewable Energy Laboratory: NREL)가 실시한 연구 결과에 따르면 스리랑카 내 풍력자원 잠재력이 가장 우수한 지역은 북부지역의 경우 칼피티야(Kalpitiya) 반도로부터 마나르(Mannar)와 델타(Delta)섬을 포함한 자프나(Jaffna)지역, 남부지역의 경우 중부 고산지대 및 아바라가무와(Sabaragamuwa) 및 우바(Uva) 등이다. 남부지역의 대부분의 고산지대는 해발 1,500m 이상이다[190].

187) Ceylon Electricity Board. *Present Status of Non-Conventional Renewable Energy Sector (as at 31/08/2012)*.

188) Elliot, D., Schwartz. M., et al. *Wind Energy Resource Atlas of Sri Lanka and the Maldives*, National Renewable Energy Laboratory(NREL) and Asia Alternative Energy Program (ASTAE) of World Bank, 2003.

189) *Ibid*.

190) *Ibid*.

• 스리랑카 북부

자프나 반도가 있는 스리랑카 북부지역은 대부분 저지대이며 서부 해안 지역은 칼피티야반도, 마나르섬, 델타섬, 푼쿠우티부섬, 카라티부섬, 만다티부섬과 같이 만과 섬으로 이루어져 있다. 풍력자원이 가장 풍부한 지역은 칼피티야(Kalpitiya) 반도 북부지역, 푸타람(Puttalam)석호, 마나르(Mannar)섬, 델타(Delta)섬, 자프나(Jaffna)반도 서부 일부지역이다. 특히 자프나(Jaffna)지역의 풍력 잠재력이 큰 편이다. 서중부 지역의 칼피티야 반도로부터 북서부인 자프나(Jaffna)에 이르는 해안지역은 남서 몬순풍의 영향이 강한 지역으로써 남서계절풍의 풍력자원을 최대한 활용할 수 있는 지역이다[191].

• 스리랑카 남부

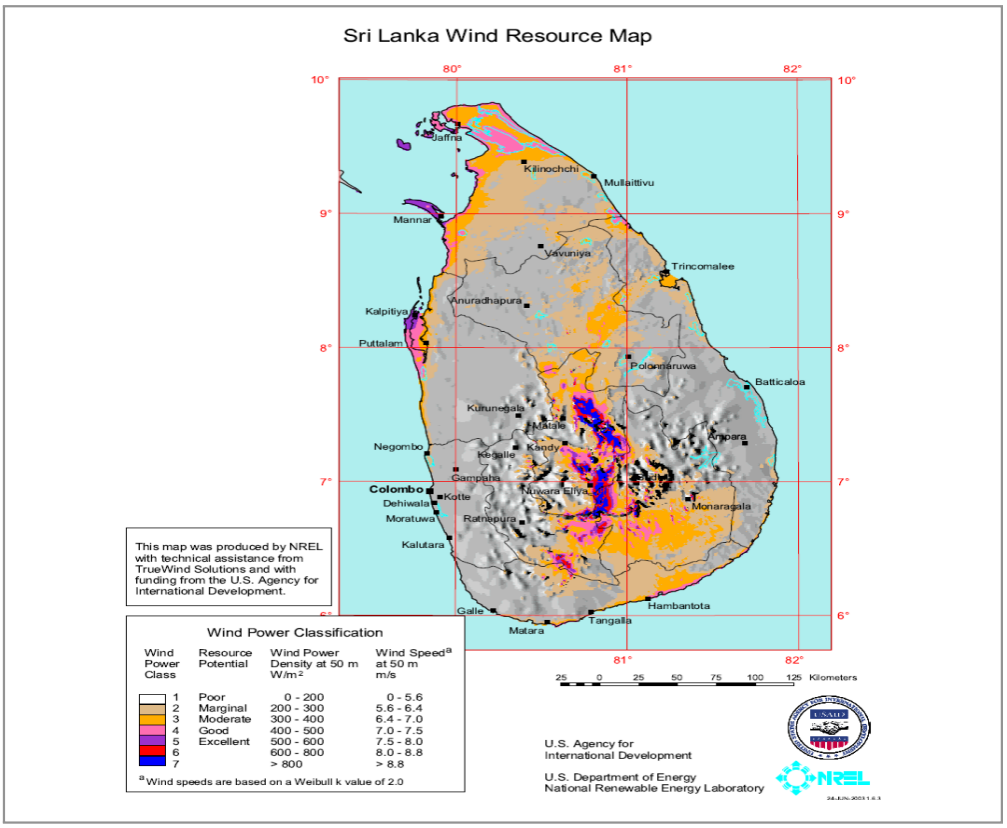
스리랑카 중부지역의 3분의 2에 해당하는 지역은 해발 1,500~2,500m에 이르는 고산지대로 이루어져 있다. 중부 고산지역은 스리랑카에서 풍력자원이 가장 풍부한 지역이며 해발 1,500m 이상 지역에서 발생하는 풍력은 대부분 남서 몬순계절풍의 영향으로 인한 것이다. 풍력자원이 풍부한 주요 지역은 고지대의 북부지역으로부터 누와라엘리야(Nuwara Eliya)를 지나 베라가라(Beragala)에 이르는 지역과 사바라가무와(Sabaragamuwa) 지역의 고지대와 남부의 북쪽 경계에 해당하는 지역이다. 코슬란다(Koslanda) 지역의 디얄루마(Diyaluma) 폭포 부근과 중부 캔디(Kandy) 지역의 너클스 산맥(Knucles Range) 부근과 같이 경사도가 20%가 넘는 지역은 풍력자원 개발이 어렵다. 스리랑카 남부 인도양을 따라 발달한 해안지역 역시 풍력을 이용하기 적합한 지역이다. 특히 남부지방의 돈드라(Dondra), 함반토타(Hambantota)에서 동쪽 경계를 따라 이어지는 해안지역은 풍력자원을 개발하기 적합하나 풍력자원 이용이 가능한 범위는 해안으로부터 10m 이내이다. 이는 바람이 해안을 따라 불기 때문에 오버랜드 궤도(Overland Trajectory)를 형성하기 때문이다.

현재 스리랑카에서 풍력발전 설비를 설치할 수 있는 면적은 약 5,000km^{2}로

191) 스리랑카 중서부 해안지역 해발 10m 지점에서 관측되는 몬순풍의 풍속은 8-9m/s임.

추정된다. 이 중 약 4,100km^{2}는 육상에 위치하고 있으며, 이는 스리랑카 전체 면적인 65,600km^{2}의 약 6%를 차지하는 수준이다.[192] km^{2}당 5MW의 전력 생산이 가능하다고 보수적으로 가정할 때 개발 가능한 풍력발전 잠재력은 20,000MW 이상인 것으로 추정된다[193]. 여기에 700km^{2}에 달하는 호수 지역에서 발생 가능한 3,500MW의 전력용량을 합하면, 스리랑카에서 개발 가능한 전체 풍력발전 잠재력은 25,000MW에 달하는 것으로 추정된다[194]. 그러나 국가전력망의 분포 현황을 고려해 볼 때 이 중에서 실질적으로 개발 가능성이 있는 풍력에너지는 최대 200MW 정도인 것으로 보인다.

[그림 76] 미국국립재생에너지연구소의 스리랑카 풍력자원 지도(경사지역 검게 표시)[195]



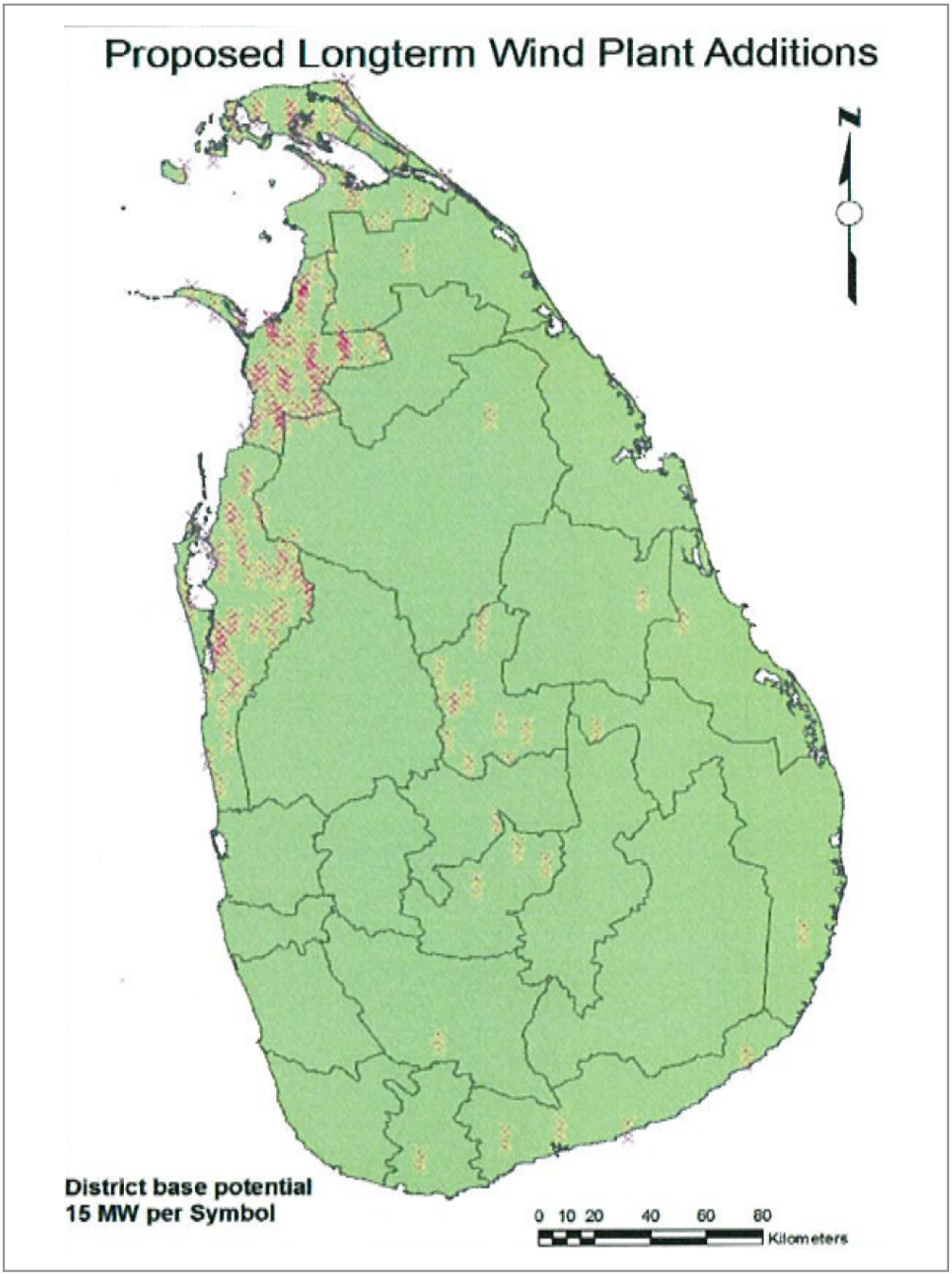
192) Elliot, D., Schwartz. M., et al. 2003. *Op Cit.*

193) *Ibid.*

194) *Ibid.*

195) *Ibid.*

[그림 77] 스리랑카 풍력에너지 잠재지역[196)]

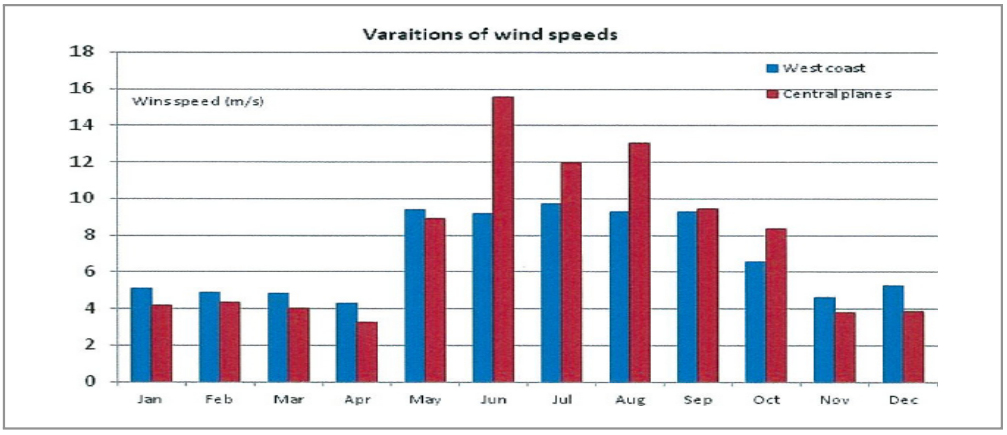


196) Sri Lanka. Sustainable Energy Authority. Renewable Energy Group, *Renewable Energy Resource Development Plan 1/2012*, Colombo, 2012.

상기 지도 역시 북서부 해안지역의 풍력잠재성이 가장 높으며, 중부 산악지역 및 남부 해안지역의 풍력잠재성이 높다는, 세계은행의 분석과 유사한 분석 결과를 내놓고 있다. 스리랑카의 풍력자원 자체 분석 자료에 따르면 타당성이 있는 풍력발전의 총 잠재량은 1,000MW 이상이라고 밝히고 있어 세계은행의 추정치인 200MW를 훨씬 상회한다. 이는 세계은행이 추정한 풍력잠재량(200MW)이 2001년 당시 전력망 상황을 고려하여 도출된 결과이기 때문에 지속가능에너지청의 수치와 차이가 발생하는 것으로 판단된다. 잠재력이 가장 풍부한 지역은 푸탈람(Puttalam, 260MW)과 마나르(Mannar, 260MW), 함반토타(Hambantota, 100MW)이다.

풍력발전을 개발하는 데 있어 가장 어려운 점은 계절에 따른 풍속의 변화가 심하다는 점이다. 다음 그림은 중부와 서부 해안지역에서 관측된 계절에 따른 풍속의 변화를 나타내고 있다.

[그림 78] 스리랑카 중부지역과 서부 해안지역에서 관측된 계절에 따른 풍속변화[197]



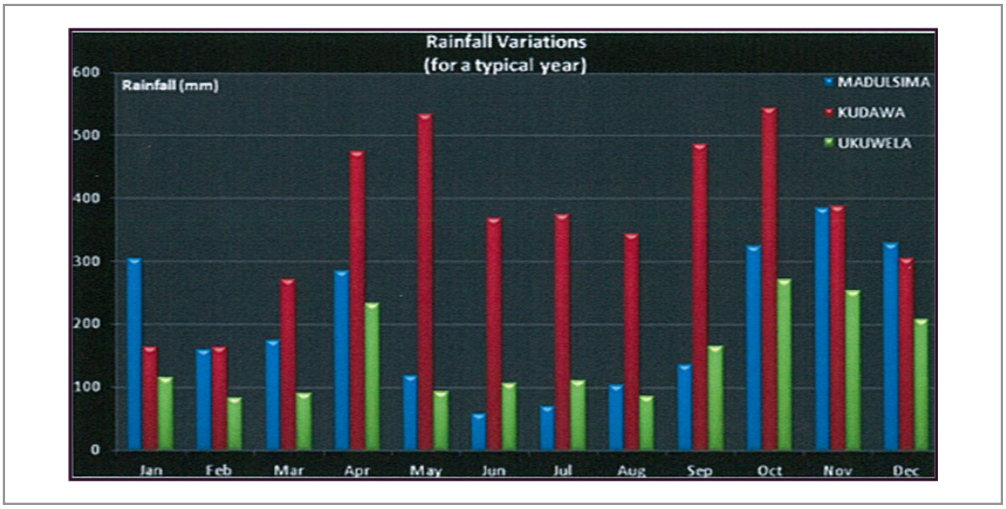
위의 그림에서 보면 풍속이 가장 강한 6, 7월과 가장 약한 4월 간 차이가 중부지역의 경우 4배, 서부해안지역의 경우 2배 이상임을 알 수 있다. 따라서 풍력발전 개발을 위해서는 계절에 따른 풍력의 차이를 극복하거나 활용하는 방안이 수립되어야 할 것으로 보인다.

197) *Ibid.*

나) 수력발전

스리랑카는 남서 계절풍과 북동 몬순계절풍의 영향권에 속해 있어 계절에 따라 장마 전선이 형성되면서 비가 많이 내린다. 기후가 습하고 산지가 많아 수력발전에 적합한 최적의 조건을 형성하고 있어 이미 1950년대부터 수력발전 개발에 주력하여 왔다. 1990년대 중반까지 수력발전이 국가전력의 주요 공급원이었으며, 1995년까지 국가 전력의 94%가 수력발전으로 공급되었다. 이후 낙차 폭이 큰 대규모 수력발전의 개발가능성이 대부분 고갈되면서 낙차 폭이 3~30m 수준인 저낙차 지역이 미개발 상태로 남아 소수력발전이 주목을 받기 시작하였다. 현재 재생에너지 총 발전용량에서 소수력발전이 차지하는 비중은 약 82%이다.

[그림 79] Madulsima, Kudawa, Ukuwela 지역의 월별 강수량[198]



위의 그림은 Madulsima, Kudawa, Ukuwela 지역에 한하여 월별에 따른 강수량을 나타내고 있다. 상기 그림을 보면 건기인 11월부터 3월까지 강수량이 적고 우기인 4월부터 10월까지 강수량이 많음을 알 수 있다.

198) *Ibid.*

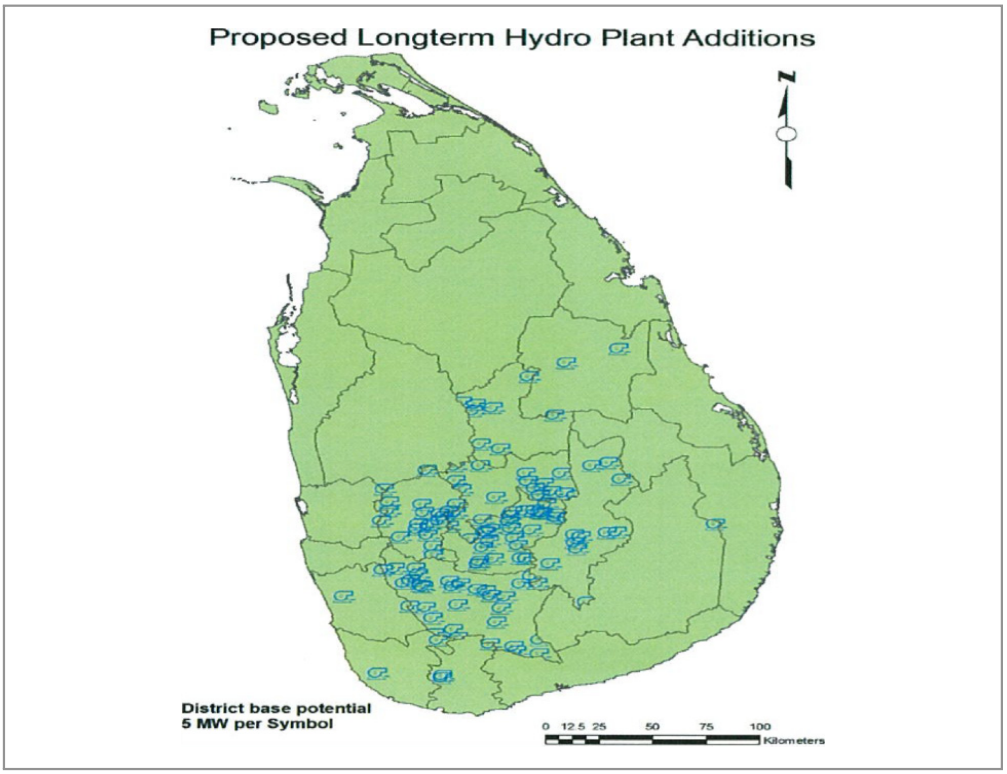
[표 72] 1990-2009년 스리랑카 연중 월별 강수량[199)]

(단위 : mm)

1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	평균	총량
26	112	109	211	102	47	95	126	329	233	307	138	153	1,834

상기 표에서 알 수 있듯이 강수량이 가장 적은 1월과 가장 많은 10월의 강수량의 차이는 4배 이상이다. 이에 따라 과거 15년 동안은 소수력발전 개발에 주력하여 왔으며, 소수력발전을 통해 약 180MW의 전력용량이 추가되었다. 이는 전체 발전량의 4%에 해당된다. 1996년부터 2009년까지 소수력발전을 통한 전력 생산이 꾸준히 증가해 왔다. 현재 개발 가능한 소수력발전 잠재량은 400MW로 추정된다. 소수력발전 잠재량이 풍부한 곳은 중부 산간지역을 중심으로 한 지역이다.

[그림 80] 스리랑카 소수력에너지 잠재력[200)]



199) Average Monthly Rainfall and Temperature for Sri Lanka from 1990-2009, World Bank Group, 2010.

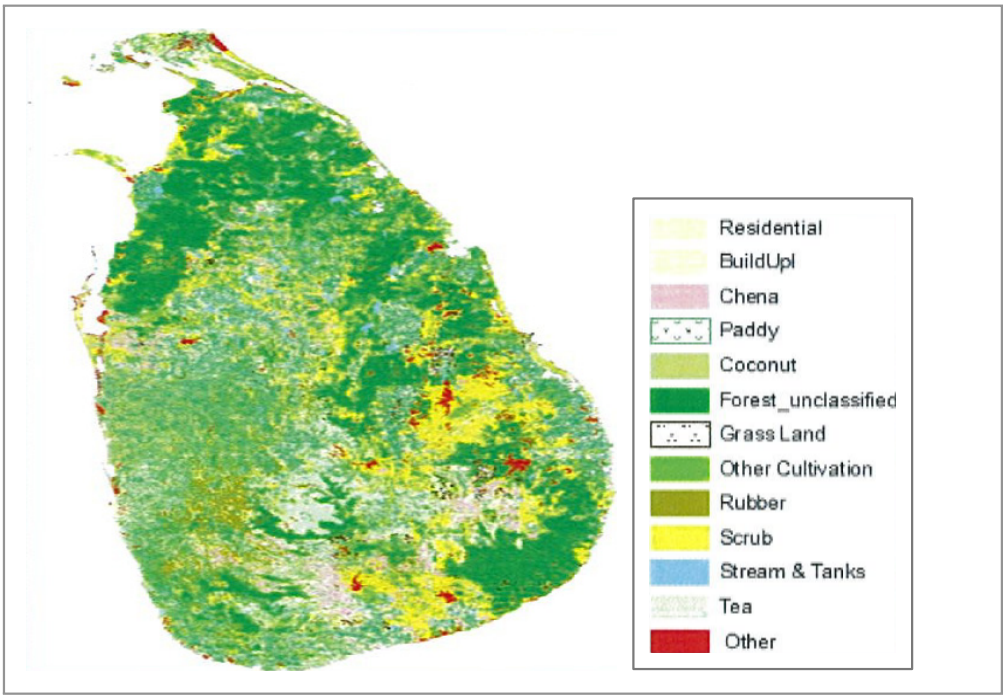
200) Sustainable Energy Authority. 2012. *Op Cit.*

다) 바이오매스

바이오매스는 스리랑카에서 가장 많이 쓰이는 에너지원으로 대부분 가정에서 조리용 연료로 사용되고 있다. 주로 연료재, 도시폐기물, 산업폐기물과 농업폐기물 등인데, 공급량이 풍부하여 바이오매스 가치가 저평가된 경향이 있다.

스리랑카의 주식량은 쌀이며, 76만 헥타르에 달하는 토지에서 쌀이 생산되고 있다. 또한 80만 헥타르에 달하는 토지에서 주요 수출품인 차와 고무, 코코넛이 생산되고 있기 때문에 여기에서 발생하는 농업부산물의 양이 상당할 것으로 추정된다. 바이오 플랜테이션을 실시하기 적합한 지역의 총 면적은 현재까지 약 72만 헥타르로 추정되며, 여기서 발생 가능한 바이오매스의 양은 헥타르당 약 25톤으로 추정된다[201].

[그림 81] 스리랑카 토지이용 현황지도[202]



201) *Ibid.*

202) *Ibid.*

[표 73] 스리랑카 토지이용 현황표[203]

토지이용 현황	면적(km^2)	토지이용현황	면적(km^2)
모래	239	기타	1,604
방치된 저수지(Abandoned tanks)	263	차경작지	2,324
초지(Grassland)	334	고무	2,399
저수구역(Reservoir boundary)	358	온천(Chena)	3,391
호수(Lagoon)	416	코코넛	4,018
늪지(Marshy)	475	쌀	8,793
암반지(Rocks)	481	가정식 텃밭	9,689
개울(Streams)	630	수풀지대	10,815
저수지(Tanks)	1,588	삼림	17,705

위의 토지이용 현황지도와 토지이용 현황표는 스리랑카의 바이오매스 분포현황을 나타내고 있다. 우선 스리랑카 토지이용에서 가장 많은 비중을 차지하고 있는 것은 삼림이며(27%), 그 다음으로 수풀지대(16.5%), 가정용 텃밭(14.8%), 벼농사(13.4%) 순이다. 잠재력이 큰 바이오매스로는 쌀겨 및 왕겨와 같은 벼 부산물과 코코넛 부산물일 것으로 파악된다.

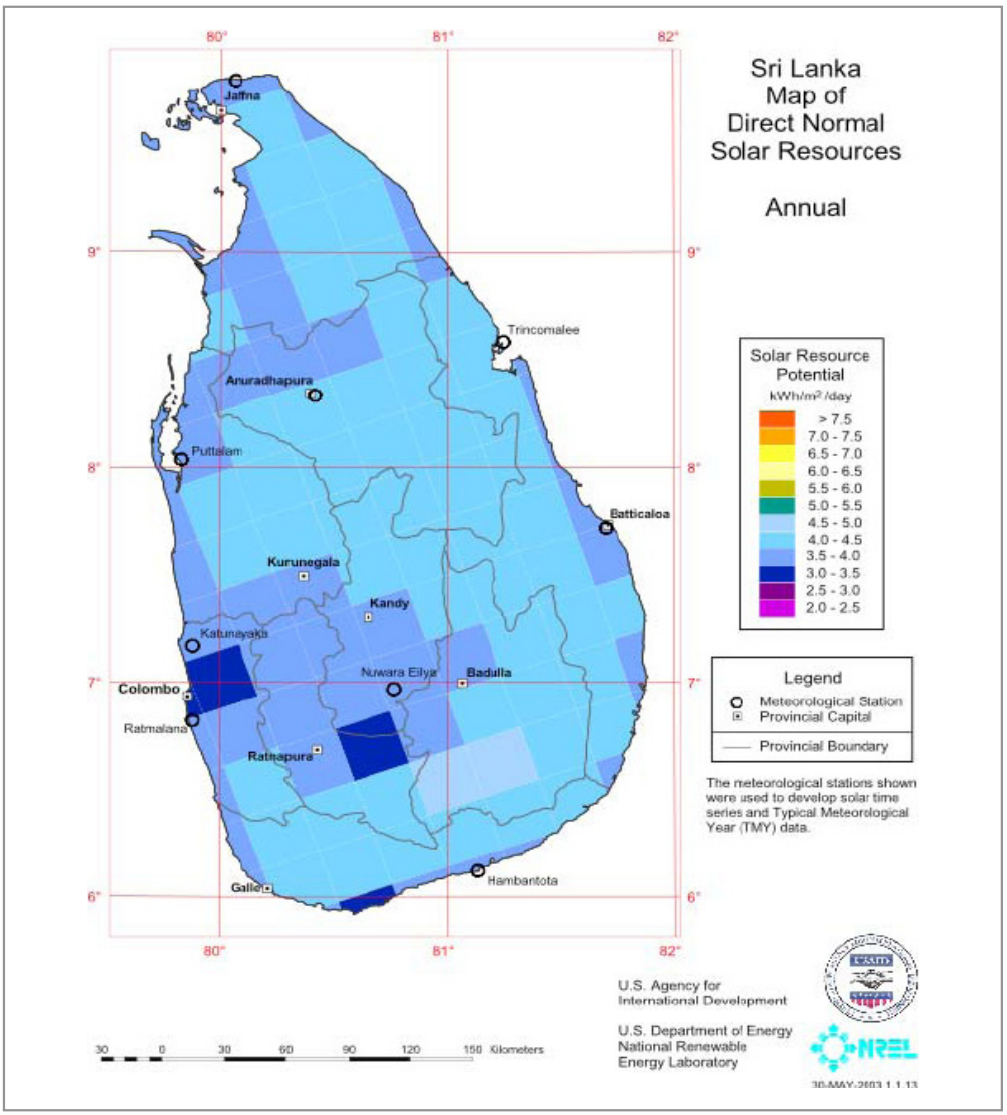
라) 태양광발전

스리랑카는 적도에 위치해 있어 연중 일사량이 풍부하다. 저지대와 고산지대의 지역별 차이에 따른 일사량의 차이는 있으나 계절에 따른 일사량의 변화는 크지 않다. 미국의 국립재생에너지연구원(National Renewable Energy Laboratory : NREL)의 연구 결과에 따르면 구름의 영향을 많이 받는 고산지대의 경우 일일 평균 일사량이 2.0~3.5kW/h·㎡에 불과하나 국토의 3분의 2에 해당하는 건조지역의 경우 대규모 태양광이나 태양열 발전사업을 진행하기에 무리가 없는 것으로 나타났다. 동 연구에서 국립재생에너지연구원은 전 국토에 걸친 스리랑카의 일일 평균 일사량은 4.5~6kW/h·㎡에 달하며, 태양에너지 개발 가능성이 매우 크다고 언급하였다[204].

203) *Ibid.*

204) Renné, D., George, R., & Gueymard, C. *Solar Resource Assessment for Sri Lanka and Maldives*, U.S. Department of Energy National Renewable Energy Laboratory, 2003.

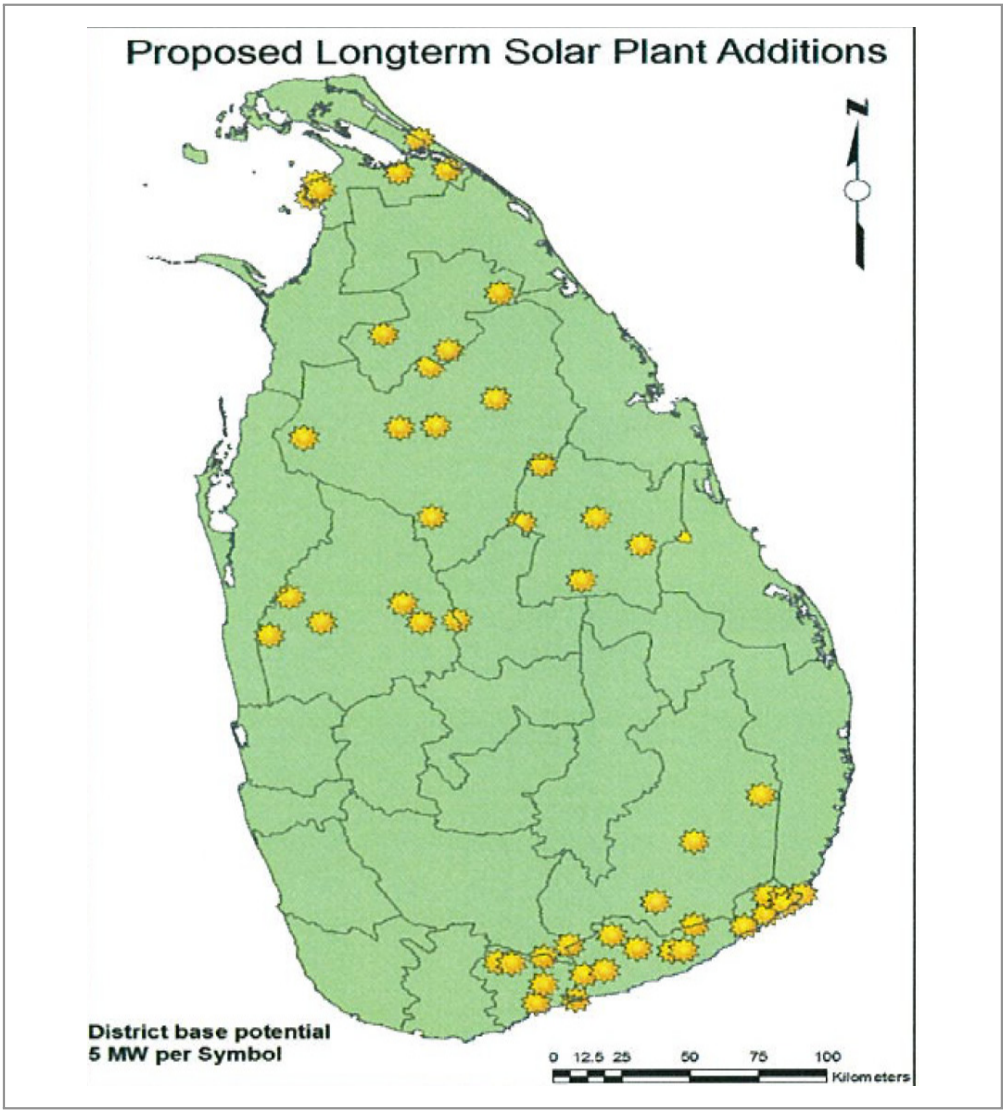
[그림 82] 스리랑카 연간 일사량 지도[205]



다음 하기의 지도는 스리랑카 지속가능에너지청에서 자체 개발한 태양에너지 잠재력 지도이다. 동 지도의 경우 전국의 지속가능에너지청 소속 기관이 자체 측정한 데이터를 기반으로 한 것이다. 동 지도에 따르면 태양에너지 개발 잠재력이 높은 지역은 남부지역 및 중부지역인 것으로 파악된다.

205) *Ibid.*

[그림 83] 스리랑카 태양에너지 잠재력[206)]



스리랑카 내 태양에너지 개발 관련 기관으로는 국가 공학리서치 및 개발센터(National Engineering Research and Development : NERD)가 있으며, 동 기관은 그리드 시스템을 이용한 배터리 상용화(조명 및 텔레비전 공급용)를 비롯, 태양열을 이용한 온수생산 및 채소 건조 시스템을 상용화하는 데 크게 기여하였다.

206) Sustainable Energy Authority. 2012. *Op Cit.*

4) 재생에너지 관련 사회시스템

가) 전력 정책

스리랑카 정부는 2006년에 “스리랑카 에너지 정책 및 전략(National Energy Policy and Strategies of Sri Lanka)”을 수립하였다. 동 정책은 다음과 같은 내용으로 구성되어 있다.

[표 74] 스리랑카 에너지 정책 및 전략

구성	내용
서론	① 에너지수급 ② 에너지수요 확대 ③ 에너지부문 규제
에너지정책 주요목표	① 기본적 에너지 수요 충족 ② 에너지안보 보장 ③ 에너지효율 개선 ④ 지역에너지자원 활용 ⑤ 적절한 전력가 정책 도입 ⑥ 에너지부문 관리역량 개선 ⑦ 소비자 보호 및 공정경쟁 확립 ⑧ 에너지서비스 품질 제고 ⑨ 에너지 설비에서 발생하는 환경영향 최소화
이행전략	에너지정책 각 주요목표에 따른 실행 전략
세부목표 및 기관별 역할	① 전력 보급 ② 보조금 지급 ③ 에너지원 다각화 ④ 계통연계를 위한 재생에너지원 개발 ⑤ 전력가 ⑥ 석유부문 관리 및 석유제품가 수립 ⑦ 석유 및 가스 탐사 ⑧ 해운산업 ⑨ 에너지공급부문 효율개선 ⑩ 에너지소비부문 효율개선 ⑪ 국가에너지 데이터베이스 및 국가에너지 계획 ⑫ 지역전력보급

동 보고서에는 이행전략 및 세부목표 및 기관별 역할 부분을 중심으로 내용을 정리하였다. 세부목표 및 기관별 역할 부분의 경우 전력 보급, 보조금 지급, 에너

지원 다각화, 계통연계를 위한 재생에너지원 개발, 전력가, 에너지공급부문 효율개선, 지역전력보급에 대해 살펴본다. 우선 이행전략의 내용은 다음 표와 같다.

[표 75] 스리랑카 에너지 정책 및 전략 세부내용

정책목표	이행 전략
1차에너지 수요충족	• 가정의 바이오매스 이용성 확보 • 지역의 상업에너지(전력·석유 등) 이용성 확대 • 전력망 확충 및 바이오매스 플랜테이션 장려 • 사회적 약자에 대한 전력보조
에너지안보 보장	• 바이오매스를 현대적 에너지원으로 점차적으로 대체 • 전력 에너지원의 다각화 및 석유연료 사용 지양 • 교통부문의 에너지원 다각화 및 바이오연료 장려 • 인근국가 간 에너지 교류 등을 통한 지역협력 확대 • 석유 정제용량 확대
에너지효율 개선 및 보존	• 각종 인센티브 및 불이익 제도를 통한 에너지공급자 및 최종소비자의 에너지효율 증대 • 에너지효율사업 활성화 • 에너지세 징수 및 각종 펀드를 조성하여 에너지 변환, 송배전 부문의 효율개선 자금 마련 • 에너지절약펀드를 조성하여 에너지 절약 및 관리 활동 지원 • 에너지효율 및 개선에 대한 교육 프로그램 확대 • 가정 및 상업, 산업 부문에 에너지효율기술 보급 • 기존의 석유 유통 인프라 개선 • 전력생산 및 전력망에서의 전력손실 개선 • 전철보급 및 내륙 교통시설의 에너지효율 개선 • 도로와 철도수송의 최적의 이용형태를 통한 에너지효율 개선 • 가로등 관리
지역자원의 이용 최대화	• 적절한 에너지공급가를 보장, 재생에너지원 개발 장려 • 친환경사업(CDM 포함)에 대한 지원자금 확대 • 석유 및 천연가스 자원개발 활성화 • 재생에너지 신기술 개발에 대한 연구개발 활성화 • 교통부문의 바이오연료 사용 장려 • 바이오매스 공급 및 에너지화 사업 활성화
적절한 전력가 정책 수립	• 에너지 관리기관으로서의 공공시설위원회의 권한 확대 • 비용효율적인 전력가 정책 수립 및 실행 • 적절한 에너지공급 확대계획 수립 • 사회적 약자에 대한 지원책 수립
에너지 관리능력 향상	• 장기적 에너지플랜 개발 및 각 에너지부처의 역량 강화 • 독립형 발전시설 확장을 위한 지방자치위원회의 역량강화 • 국가 에너지 데이터베이스 확대 및 관리 • 역량강화훈련을 통한 에너지기관들의 관리능력 개선
소비자보호 및 공정경쟁 확립	• 에너지제품 및 서비스를 이용하는 소비자의 권리 보호 • 에너지부문 사업자들에게 공정한 경쟁의 장 마련

에너지서비스 품질 개선	• 에너지 사업자들이 제공하는 에너지 제품 및 서비스 품질 기준 의무화
에너지설비에서 발생하는 환경영향 최소화	• 에너지사업자들의 공공시설위원회 안전기준 준수 의무화 • 에너지부문에서 발생하는 산재사건에 대한 보상체계 마련 • 전 에너지사업자들에 대해 국가환경법에 따라 신규 및 기존 설비에 대한 환경안전 감독부서를 설치하도록 의무화

세부목표 및 각 사회기관의 역할의 내용은 다음 표와 같다.

(1) 전력 보급

정부는 계통연계형 및 독립형 발전을 통해 다음과 같은 가정단위 전력보급 목표를 달성할 계획이다.

[표 76] 스리랑카 가정단위 전력보급 목표율

연도	계통연계형 가정단위 전력보급 목표율[207]	독립형 발전 가정단위 전력보급 목표율[208]
2003	65%	2%
2006	75%	4%
2010	80%	6%
2015	85%	8%

(2) 보조금 지급

전력 및 등유에 대한 보조금은 2007년까지 단계적으로 폐지하되, 가정용 전력 및 등유에 대한 보조금은 2007년까지 다음의 기준을 기반으로 하여 제공한다. 에너지부가 공공시설위원회에 보조금 지급 가이드라인을 제공하며 공공시설위원회는 실행계획을 수립한다.

207) Sri Lanka. Ministry of Power and Energy. *National Energy Policy and Strategy of Sri Lanka*, 2006.
208) *Ibid.*

[표 77] 전력공급 형태에 따른 스리랑카 보조금 지급형태[209)]

전력공급 형태	보조금 제공 대상	보조금 지급 기준	보조금 제공 방법
계통연계형 전력공급 가정	사무르디 지역민	초기 30kWh에 한하여 공급비용의 50%를 보조 (쿠폰지급)	총 보조금은 재정부가 지급
독립형 전력 공급 가정		초기 30kWh에 대하여 공급비용 50%에 해당하는 보조금을 쿠폰으로 지급	
전력 비공급 가정		초기 30kWh에 대하여 공급비용 50%에 해당하는 보조금을 쿠폰으로 지급하여 등유를 구매하도록 보조	

(3) 에너지원 다각화

스리랑카 정부는 기존의 수력발전과 석유발전에 치중한 에너지원을 다양화할 목표를 수립하였다. 정부는 전력생산의 80%가 비석유연료 에너지원으로 생산될 때까지 석유에 기반한 발전사업을 허가하지 않기로 하였으며, 동 목표를 달성하기 위하여 석탄발전과 재생에너지발전을 장려하기로 하였다. 정부의 미래 발전원 구성 목표는 다음과 같다.

[표 78] 에너지원에 따른 스리랑카 발전비중 계획

연도	계통연계 전력공급 비중			
	수력발전	석유	석탄	재생에너지
1995	94%	6%	0%	0%
2000	45%	54%	0%	1%
2005	36%	61%	0%	3%
2010	42%	31%	20%	7%
2015	28%	8%	54%	10%

(4) 계통연계를 위한 재생에너지원 개발

스리랑카 정부는 재생에너지발전 비율을 2015년까지 10%로 끌어올리겠다는 목표를 수립하였다. 동 목표를 달성하기 위해 인센티브가 제공될 필요성이 있는 특정 재생에너지사업의 경우에는 경쟁에 기초하여 인센티브를 제공하되, 적용기술 및 계

209) *Ibid.*

통에 연결되는 전력생산량을 고려하여 결정한다. 또한 에너지 펀드(Energy Fund)를 조성하여 재생에너지 기술에 대한 인센티브를 제공키로 하였다. 신재생에너지 기반 전력의 경우 에너지원에 대한 세금은 운영 개시 후 15년 동안 면제된다.

(5) 전력가

전력 소매단가는 소비자에 따라 차등 책정되며, 전력 대량 구매 시에는 협상에 따라 전력 가격을 결정한다. 사무라디 지역민에 대한 전력가 보조는 해당 지역주민의 일생에 걸쳐 제공되며 전력보조한도는 30kWh이고 보조수준은 전력공급 금액의 50%이다. 전력가 정책은 에너지부, 공공시설위원회, 전력공급자 및 재정부가 수립하고, 전력가는 배전기업이 제안하며, 이를 공공시설위원회가 재정부의 동의 하에 승인한다.

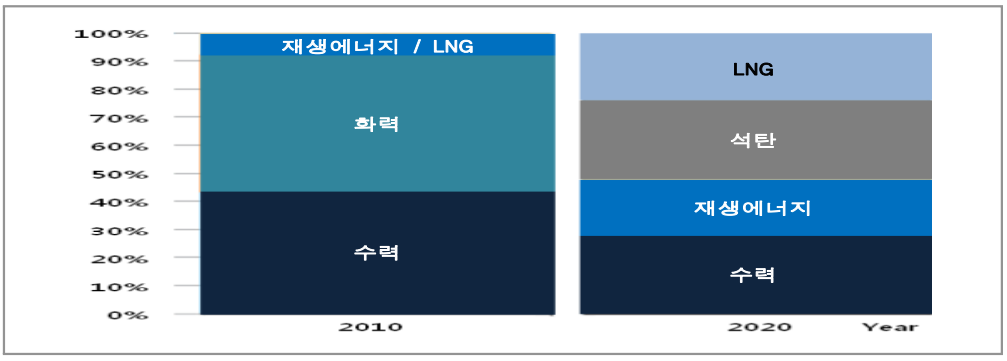
(6) 전력공급부문 에너지효율 개선

송배전부문의 에너지손실은 2009년까지 최대 13.5%로 저감할 예정이다.

(7) 지역 전력보급

정부는 펀드를 조성하여 지역 전력보급 프로그램을 지원하고 지역 전력보급 프로그램은 에너지부, 재정부, 그리고 공공시설위원회가 공동으로 담당한다.

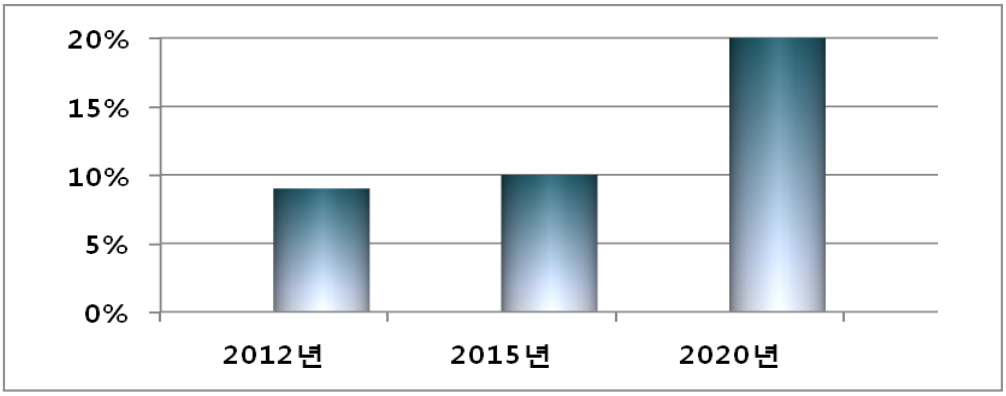
[그림 84] 스리랑카 미래 에너지 구성 계획[210]



210) *Ibid.*

2007년 스리랑카 정부는 지속가능에너지청법(Sri Lanka Sustainable Energy Authority Act)을 제정하고 지속가능에너지청을 출범하여 민간부문의 신재생에너지 투자를 활성화하기 위한 제도적 장치를 마련하였다. 2006년에 '국가 에너지 정책 및 전략'을 수립하여 2015년까지 총 전력의 10%를 재생에너지원에서 발생한 전력으로 공급하겠다고 발표하였다.

[그림 85] 스리랑카 전력망연계 재생에너지원 전력량 계획[211)]



상기 국가 에너지 수급계획에 따르면 스리랑카 정부는 전력 생산에 있어서 기존 수력발전과 석유에 대한 의존도를 낮추고 석탄과 신재생에너지 사용을 장려하겠다는 계획이다. 동 목표달성을 위해 스리랑카 정부는 에너지 펀드를 조성하여 신재생에너지 기술 개발 및 송전망 개선 사업 등을 지원할 방침이다. 또한 정부는 2005년에 차, 고무, 코코넛, 글리시디아 세피엄(Gliricidia Sepium)을 4가지 주요 작물로 선정하고, 동 작물의 부산물을 이용하여 2020년까지 전체 교통연료의 20%를 바이오연료로 공급하겠다는 목표도 수립하였다[212)].

211) *Ibid.*

212) *Ibid.*

[표 79] 스리랑카 재생 에너지원별 누적 발전 용량 계획[213]

(단위 : MW)

년도	바이오매스	수력	풍력	기타	합계	에너지원 비중(%)
2007	1	119	3		123	4.0
2008	11	155	3		169	4.5
2009	15	165	14		194	4.7
2010	15	200	34	1	250	6.4
2011	20	225	34	1	280	6.8
2012	20	280	35	1	336	9.1
2013	20	295	85	2	402	9.8
2014	30	310	85	2	427	9.9
2015	40	330	85	5	460	10.0

2010년 말 현재 82개의 소수력발전 프로젝트(172MW급), 8개의 바이오매스 프로젝트(34MW급)와 9개의 풍력발전 프로젝트(85MW급)가 진행 중에 있다. 또한 지속가능에너지청이 331개의 재생에너지 프로젝트를 승인하였기 때문에, 향후 총 938MW의 재생에너지 발전용량이 추가될 것으로 예상된다[214].

나) 관련 법·제도

스리랑카의 경우 발전차액지원제도(Feed-In-Tariff)를 제외하고는 재생에너지사업에 대한 국가적 차원의 지원 프로그램은 없다.

[표 80] 스리랑카 재생에너지 프로그램 지원 항목(KPMG)[215]

재생에너지 지원제도	지원 여부
발전차액지원제도(Feed-In-Tariff)	O
재생에너지 쿼터제	X
보조금	X
투자혜택 및 세금 혜택	X
부가가치세 혜택	X
거래가능한 재생에너지 증서	X
에너지 생산 지불 또는 세금 혜택	X

213) *Ibid.*

214) Sri Lanka. Ministry of Finance and Planning, *Annual Report 2010*, 2010.

215) KPMG International, *Taxes and Incentives for Renewable Energy*, 2011.

Net Metering(전력요금인하)	X
공공투자, 공공대출	X
공공입찰 관련 혜택	X

스리랑카는 재생에너지 기반 전력가의 경우 비용과 해당 기술의 수요를 고려한 3단계 발전차액지원제도(Feed in Tariff: FIT)를 수립하고 있다. 여기에는 수력, 풍력, 바이오매스(전력), 바이오매스 (농업부산물 및 산업폐기물), 도시폐기물, 폐열회수 등 6가지 에너지원이 포함되어 있다[216]. 발전차액지원가는 비용 및 기술 사양을 반영하여 결정되며, 전력개발자는 3단계 발전차액지원가체계와 고정발전차액지원가체계 중에서 하나를 선택할 수 있다. 다음 [표 81]은 2010년 11월 이후부터 체결되는 전력수매표준협약 대상 재생에너지의 3단계 발전차액지원가를 나타낸 것이다.

[표 81] 스리랑카 발전차액지원제도[217]

(단위 : LKR/kWh)

기술종류	상향조정 가능	상향조정 가능	상향조정 불가		16년 이후 상향조정 가능	16년 이후 정부에 지급할 세금
	기본 O&M	기본 연료가	1~8년	9~15년		
소수력	1.6 (1.2)	없음	12.6 (9.4)	5.2 (3.9)	1.7 (1.3)	전력가의 10%
소수력(지역)	1.7 (1.3)	없음	12.9 (9.6)	5.3 (4.0)	1.7 (1.3)	전력가의 10%
풍력	3.0 (2.2)	없음	17.8 (13.3)	7.3 (5.4)	1.7 (1.3)	전력가의 10%
풍력(지역)	3.1 (2.3)	없음	18.3 (13.7)	7.5 (5.6)	1.7 (1.3)	전력가의 10%
바이오매스 (전력)	1-15년 : 1.3(1.0) 16년～ : 1.6(1.2)	9.1 (6.8)	7.6 (5.7)	3.1 (2.3)	1.7 (1.3)	없음
바이오매스 (농업부산물 & 산업폐기물)	1-15년 : 1.3(1.0) 16년～ : 1.6(1.2)	4.6 (3.4)	7.6 (5.7)	3.1 (2.3)	1.7 (1.3)	없음
도시폐기물	4.5 (3.4)	1.8 (1.3)	15.2 (11.3)	6.2 (4.6)	1.7 (1.3)	없음
폐열회수	0.4 (0.3)	없음	7.1 (5.3)	2.7 (2.0)	1.7 (1.3)	없음
2010년 대비 인상 수준	7.7%	5.1%	없음	없음	5.1%	

※ 괄호 안의 수치는 미화센트(US cent/kWh)이다.

216) Sri Lanka. Public Utilities Commission of Sri Lanka. *Electricity Tariff* 2011.

217) Sri Lanka. Public Utilities Commission of Sri Lanka. *Non Conventional Renewable Energy Tariff Announcement: Purchase of Electricity to the National Grid Under Standardized Power Purchase Agreement*, 2010.

고정발전차액지원가체계는 아래 〈표 82〉와 같다.

[표 82] 스리랑카 고정발전차액지원가체계[218)]

기술	통합요금(1~20년, LKR/kWh)
소수력	13.0(10미화센트/kWh)
소수력(지역)	13.3(10미화센트/kWh)
풍력	19.4(15미화센트/kWh)
풍력(지역)	19.9(15미화센트/kWh)
바이오매스(전력)	20.7(15미화센트/kWh)
바이오매스(농업부산물 & 산업폐기물)	14.5(11미화센트/kWh)
도시폐기물	22.0(17미화센트/kWh)
폐열회수	6.6(6미화센트/kWh)

상기 발전차액지원제도는 태양광발전을 통한 전력은 고려하고 있지 않다. 현재 스리랑카 내 홈솔라시스템을 제외한 태양광발전시설은 일본국제협력단과 한국국제협력단이 시범사업의 차원에서 무상으로 제공한 1.3MW 급 태양광발전소가 유일하기 때문이다. 정부는 현재 태양광발전사업의 보급추세 및 시장가를 주시하고 있으며, 빠르면 내년 중으로 발전차액지원제도에 태양광발전을 포함시킬 예정이다.

다) 관련 기관

스리랑카의 전력담당 주요 기관은 전력에너지부(Ministry of Power and Energy)이며, 이외에 공공시설위원회(Public Utilities Commission of Sri Lanka: PUCSL), 지속가능에너지청(Sri Lanka Sustainable Energy Authority), 실론전력위원회(Ceylon Electricity Board) 등이 있다. 전력에너지부는 정책수립부처, 공공시설위원회는 전력시장 관리기관, 지속가능에너지청은 청정에너지 관련정책 수립기관, 실론전력위원회는 전력생산, 송배전을 담당하는 국영회사이다.

전력에너지부(Ministry of Power and Energy) : 주요 업무는 전력 및 에너지 정책, 실행전략 수립이다. 전력사업을 기획하고, 투자하며, 개발하는 동시에 전력

218) *Ibid.*

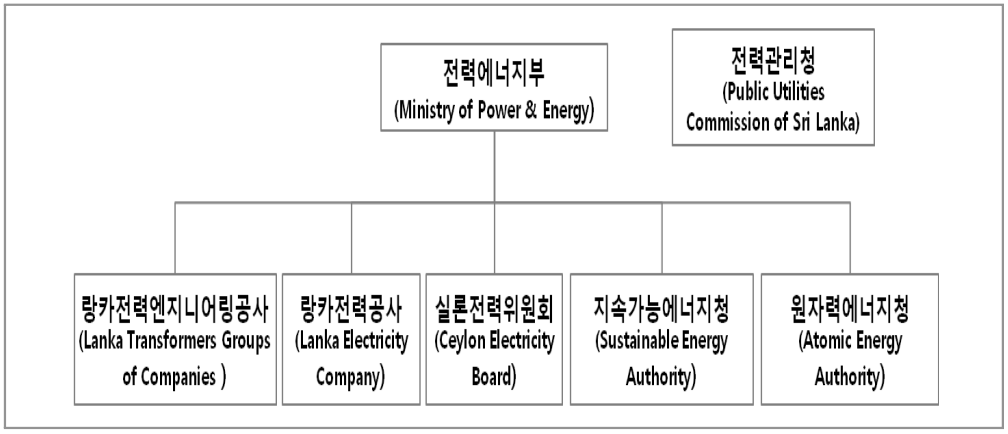
사업이 원활하게 진행되기 위한 각종 지원책을 수립한다. 동 부처는 산하에 실론 전력위원회(Ceylon Electricity Board), 지속가능에너지청(Sri Lanka Sustainable Energy Authority), 원자력에너지청(Atomic Energy Authority), 랑카전력공사(Lanka Electricity Company Limited), 랑카전력엔지니어링공사(LTL Holdings (Pvt) Ltd), 랑카석탄공사(Lanka Coal Comapny (Pvt) Ltd) 등의 기관을 두고 있다.

공공시설위원회(Public Utilities Commission of Sri Lanka: PUCSL) : 스리랑카 공공시설위원회는 2002년에 공공시설법(PUCSL Act)이 제정됨에 따라 출범한 관리기관이다. 본래 에너지 및 수자원 관련 규제를 주요 업무로 하였으나 2009년 4월부터는 전력 공급업자들도 규제하고 있다. 전력생산 및 송배전 허가를 발급하며, 고객 불만을 처리하고 안전검사를 실시하는 등 공공서비스의 품질을 보장하는 동시에 불공정·독점거래행위 등을 감독한다. 전력요금 결정 및 각종 벌금을 징수하며, 전력안전, 품질제고, 전력서비스 지속성 등에 대한 각종 관리기준을 수립한다.

지속가능에너지청(Sustainable Energy Authority) : 지속가능에너지청은 재생에너지 개발, 에너지효율향상 프로그램 추진, 비용효율적인 에너지 공급과 정보를 제공한다는 목적 하에 2007년 10월에 출범하였다. 이외에도 에너지절감 정책 수립, 재생에너지 프로젝트에 투자하는 민간기업 지원 제공 등의 업무도 하고 있다. 민간기업에게 제공되는 지원은 1) 잠재 프로젝트 발굴, 2) 정부 인허가, 3) 스리랑카 지속가능에너지 펀드를 통한 정부 보조금 지원, 4) 실론전력위원회와 전력가 협상 시 공동참여 등이다.

실론전력위원회(Ceylon Electricity Board: CEB) 및 랑카전력공사(Lanka Electricity Company: LECO) : 실론전력위원회는 전력 생산, 송배전, 발전설비 설치, 유지보수 등의 업무를 담당하고 있는 국영기업이다. 과거에는 이러한 업무를 실론전력위원회가 전담하여 왔으나, 점차 업무 규모가 확대되면서 경영 비효율화를 초래하게 되었다. 이에 1982년에 국영기업인 랑카전력공사를 설립하고 배전부문을 분할하였다. 송전은 실론전력위원회가 독점적으로 담당하며, 배전은 실론전력위원회와 랑카전력공사가 공동으로 담당한다.

[그림 86] 스리랑카 전력 관련 담당기관



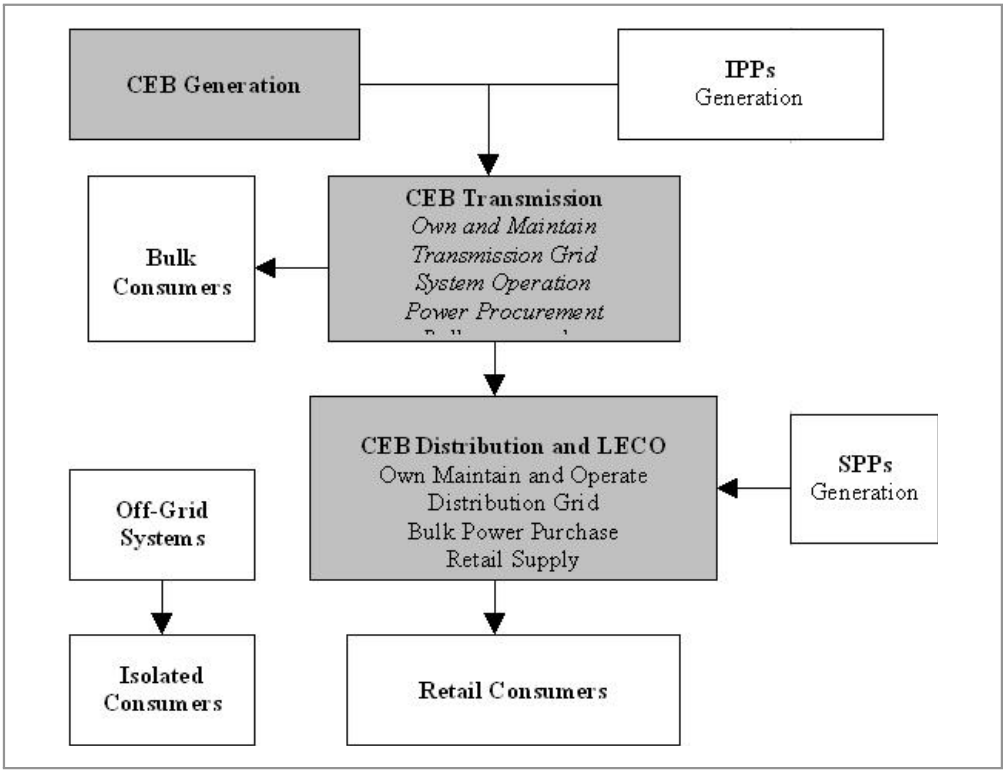
라) 시장 및 전력요금

스리랑카에서 전력시장은 전통적으로 공공부문의 독점 서비스 분야이며, 2002년 제정된 스리랑카 전력법 또한 원칙적으로 공공부문만이 전력생산 허가를 받을 수 있도록 규정하고 있다. 그러나 1996년에 25MW급 이하의 전력생산에 한하여 민간업체에게도 허가를 한 이후 민간 전력 생산업자의 수가 꾸준히 증가하는 추세이다. 2010년 현재 전체 전력 생산에서 민간부문에 의한 전력 공급이 약 40%에 달하고 있다[219].

재생에너지사업의 경우 스리랑카 정부는 민간투자의 경우 10MW 미만의 재생에너지 프로젝트에 한하여 승인허가를 내고 있는데, 여기에는 국내자본과 외국자본이 모두 해당된다. 정부는 재생에너지 발전에 대한 잠재적 투자자들에게 부지 선정, 조사 등 프로젝트 개발에 필요한 사항에 대해 혜택을 제공함으로써 투자유치를 하고 있다.

219) CEB. 2011. *Op Cit.*

[그림 87] 스리랑카 전력 공급 절차



공공부문과 민간부문이 함께 생산한 전력은 실론전력위원회가 전량 수매하여 랑카전력공사(LECO)와 함께 각 소비자에 공급한다. 전력수매가는 전력수매표준협약에 의해 전력 생산자와 실론전력위원회의 협상으로 결정된다.

전력가는 2008년 이전에는 기존의 회피비용(Avoided cost)을 반영하여 책정하였으나 2008년부터는 실질비용을 반영하여 결정한다. 동 체제는 상업과 산업소비자로 분류되어 전력보조금을 이중으로 받았던 전력사용자들의 혜택을 축소하기 위해 도입된 것이며, 이로 인해 전력 평균 소매가가 30% 가량 인상되었다. 그러나 기본적인 생활을 보장하기 위한 '최저 요금제(Lifeline Tariff)'는 유지되었다. 현재 실론전력위원회는 운영 1차 연도에 대하여 최저 전력가의 90%를 보장함으로써 투자리스크에 대한 부담을 경감시키고 있다.

전력요금은 가정부문, 종교부문, 산업부문, 호텔, 상업 및 공공건물 등으로 구분하여 부과하며, 소비전력량에 따라 전력단가에 차등을 둔다. 전력요금은 공공시설위원회가 결정한다. 전력요금은 공급비용을 감안하여 설정되며 에너지 정책방향을 따르는 것을 원칙으로 한다. 2011년 현재 소비자별 전기요금은 다음과 같다.

[표 83] 2011년 스리랑카 가정부문 대상 전력요금

전력소비구분(kWh)	단가(LKR/kWh)	고정징수액(LKR/월)
0-30	3(2미화센트/kWh)	30(22미화센트/월)
31-60	5(4미화센트/kWh)	60(45미화센트/월)
61-90	8(6미화센트/kWh)	90(67미화센트/월)
91-120	21(16미화센트/kWh)	315(235미화센트/월)
121-180	24(18미화센트/kWh)	315(235미화센트/월)
> 180	36(27미화센트/kWh)	315(235미화센트/월)

[표 84] 2011년 스리랑카 종교부문 대상 전력요금

전력소비구분(kWh)	단가(LKR/kWh)	고정징수액(LKR/월)
0-30	2(2미화센트/kWh)	30(22미화센트/월)
31-90	3(2미화센트/kWh)	60(45미화센트/월)
91-120	7(5미화센트/kWh)	180(134미화센트/월)
121-180	8(6미화센트/kWh)	180(134미화센트/월)
> 180	9(7미화센트/kWh)	240(179미화센트/월)

[표 85] 2011년 스리랑카 산업부문 대상 전력요금

산업구분	단가(LKR/kWh)	고정징수액(LKR/월)	월최대징수액(LKR/kVA)
I-1[220]	11(8미화센트/kWh)	240 (179미화센트/월)	
I-2[221]			
Day (05:30-18:30)	11(8미화센트/kWh)	3,000 (2,239미화센트/월)	850 (634미화센트/kVA)
Peak (18:30-22:30)	14(10미화센트/kWh)		
Off-peak (22:30-05:30)	7(5미화센트/kWh)		
I-3[222]			
Day (05:30-18:30)	10(8미화센트/kWh)	3,000 (2,239미화센트/월)	750 (560미화센트/kVA)
Peak (18:30-22:30)	13(10미화센트/kWh)		
Off-peak (22:30-05:30)	7(5미화센트/kWh)		

[표 86] 2011년 스리랑카 호텔부문 대상 전력요금

산업구분	단가(LKR/kWh)	고정징수액(LKR/월)	월최대징수액(LKR/kVA)
H-1[223]	20(15미화센트/kWh)	240 (179미화센트/월)	
H-2[224]			
Day (05:30-18:30)	13(910미화센트/kWh)	3,000 (2,238미화센트/월)	850 (634미화센트/kVA)
Peak (18:30-22:30)	17(13미화센트/kWh)		
Off-peak (22:30-05:30)	9(7미화센트/kWh)		
H-3[225]			
Day (05:30-18:30)	13(9.7미화센트/kWh)	3,000 (2,238미화센트/월)	750 (560미화센트/kVA)
Peak (18:30-22:30)	16(11.9미화센트/kWh)		
Off-peak (22:30-05:30)	9(6.7미화센트/kWh)		

[표 87] 2011년 스리랑카 상업 및 공공건물 부문 대상 전력요금

전력소비구분(kWh)	단가(LKR/kWh)	고정징수액(LKR/월)	월최대징수액(LKR/kVA)
GP-1[226]	20(15미화센트/kWh)	240 (179미화센트/월)	
GP-2[227]	19(14미화센트/kWh)	3,000 (2,238미화센트/월)	850 (634미화센트/kVA)
GP-3[228]	19(14미화센트/kWh)	3,000 (2,238미화센트/월)	750 (560미화센트/kVA)

마) 기술 및 설비

스리랑카의 재생에너지 R&D 관련 주요 기관은 국립공학연구개발센터(National Engineering Research and Development Centre : NERDC), 국제개발위원회(International Development Board), 산업기술기관(Industrial Technology Institute:

220) 전력공급 전압이 400/230 볼트이며, 계약전력량이 42kVA 이하일 경우
221) 전력공급 전압이 400/230 볼트이며, 계약전력량이 42kVA 초과할 경우
222) 전력공급 전압이 11,000 볼트 이상일 경우
223) 전력공급 전압이 400/230 볼트이며, 계약전력량이 42kVA 이하일 경우
224) 전력공급 전압이 400/230 볼트이며, 계약전력량이 42kVA 초과할 경우
225) 전력공급 전압이 11,000 볼트 이상일 경우
226) 전력공급 전압이 400/230 볼트이며, 계약전력량이 42kVA 이하일 경우
227) 전력공급 전압이 400/230 볼트이며, 계약전력량이 42kVA 초과할 경우
228) 전력공급 전압이 11,000 볼트 이상일 경우

ITI)이 있으며, 대학으로는 모라투와대학(University of Moratuwa), 페라데이아대학(University of Peradeiya), 루부나대학(University of Rubuna)이 재생에너지 학부를 두고 있다. 이들 공공 및 대학기관은 대부분 연구와 기술 개발 및 적용 분야에 중점을 두고 있다. 민간기관으로는 영국기반의 개발기관인 Practical Action이 있으며, 이들은 기술개발에 중점을 두고 있다. Practical Action은 역량강화, 정보 보급, 시범사업 등을 중심으로 재생에너지 사업을 진행한다.

국립공학연구개발센터(National Engineering Research and Development Centre : NERDC) : 국립공학연구개발센터는 국민의 삶의 질을 개선하기 위해 1974년에 설립되었다. 동 기관은 소규모기업을 지원하기 위한 다양한 연구 이외에도 재생에너지, 전력공급, 비용효율적인 건축 기술, 에너지 관리 및 환경 엔지니어링, 고효율 에너지 조명시스템 등의 분야에서도 활발한 연구를 진행하고 있다. 현재 40여 명의 공학연구원들을 포함하여 총 340여 명의 직원들이 근무하고 있으며, 이 중 21명은 기술인력이다.

국립공학연구개발센터가 제공하는 서비스는 다음과 같다.

- 태양광 테스트 : 태양광 패널 테스트와 가정용 태양광 시스템 테스트
- 교육훈련
- 기술 이전 : 센터에서 개발한 기술 및 지원 프로그램을 통해 획득한 기술을 민간업체에 이전

보유 설비는 다음과 같다.

- 토목 설비, 전기 및 전자, 농업, 재생에너지 관련 설비 등
- 태양광 및 CFL 조명테스트 연구실
- 국립공학연구발전센터가 개발한 기술을 시범 적용한 기술 공원
- 도서관

보유 기술은 다음과 같다.

- 바이오가스 플랜트
- 소수력발전 터빈
- 태양열 온수기 및 증류기
- 왕겨를 연료로 가열되는 제빵 오븐기
- 펠렛 스토브
- 태양열과 톱밥연료를 이용하여 작동하는 채소 건조기
- 송풍기에 장착된 건조기(톱밥과 왕겨를 연료로 이용)

국제개발위원회(International Development Board) : IDB는 지역개발부 산하 소속기관으로 산업 개발 및 발전을 목적으로 1969년에 설립되었다. 주요 서비스는 다음과 같다.

- 산업부문 컨설팅
- 기계 디자인 및 제작
- 사업 개발
- 상품 및 제조 발전
- 산업정보 제공
- 원료 제공 및 상품 테스트
- 교육훈련
- 산업 분쟁 중재
- 마케팅 지원
- 인프라 개발

신재생에너지 관련하여 수행한 사업으로는 가정용 요리 화덕 및 산업용 가마(벽돌, 타일, 석회) 개발 등이 있다.

모라투와대학(University of Moratuwa) : 모라투와대학은 교육, 연구조사, 공학기술 컨설팅, 기타 서비스를 제공하고 있다. 동 대학의 화학공학부는 코코넛 기름, 고무씨 기름, 자트로파 기름, 폐유 등의 원료를 이용한 바이오디젤 생산부문에서 전문성을 보유하고 있다.

Practical Action : Practical Action은 지역주민의 삶의 질 개선을 목적으로 1989년에 설립되었다. 주로 지역사회와 협력하여 농산물 가공, 에너지, 지역 교통 및 재해예방 등 분야의 기술 개발에 주력하고 있다. 신재생에너지 관련하여서는 주로 소수력발전에 주력하였다. Practical Action이 진행하는 소수력발전 장려 활동으로는 1) 폐기된 플랜트 재건을 위한 기술지원, 2) 지역민 대상 소수력발전 설계, 운영, 유지·보수 교육훈련 실시, 3) 발전소 운영자 및 기계공을 위한 운영 및 유지·보수 교육훈련 실시, 4) 펠톤 터빈, 전력 로드 제어기, 유도발전 제어기 제조를 위한 기술 지원, 5) 소수력발전 시범사업 실시 및 장려 등이다. 현재는 피코수력발전(Pico-hydro)[229] 개발에 주력하고 있다. 이외에도 풍력발전 터빈 설계, 농업 부산물을 이용한 바이오연료 개발, 바이오가스 기술개발 및 상업화 등의 다양한 활동을 하고 있다.

한편 스리랑카의 재생에너지 설비 제조기반은 매우 취약한 상황이다. 현재까지스리랑카 R&D 기관인 국립공학연구개발센터나 대학에서 재생에너지 설비 연구를 진행하고 있기는 하나 상업적인 차원에서 재생에너지 설비를 제조하는 기관은 없다. 현재 대부분의 풍력터빈과 바이오매스 터빈은 수입에 의존하고 있으며, 태양광은 민간부문에서 추진한 사업이 없으므로 아직 시장이 형성되지 않았다고 할 수 있다.

4. 동아시아 주요3국 재생에너지 현황조사 비교 및 분석

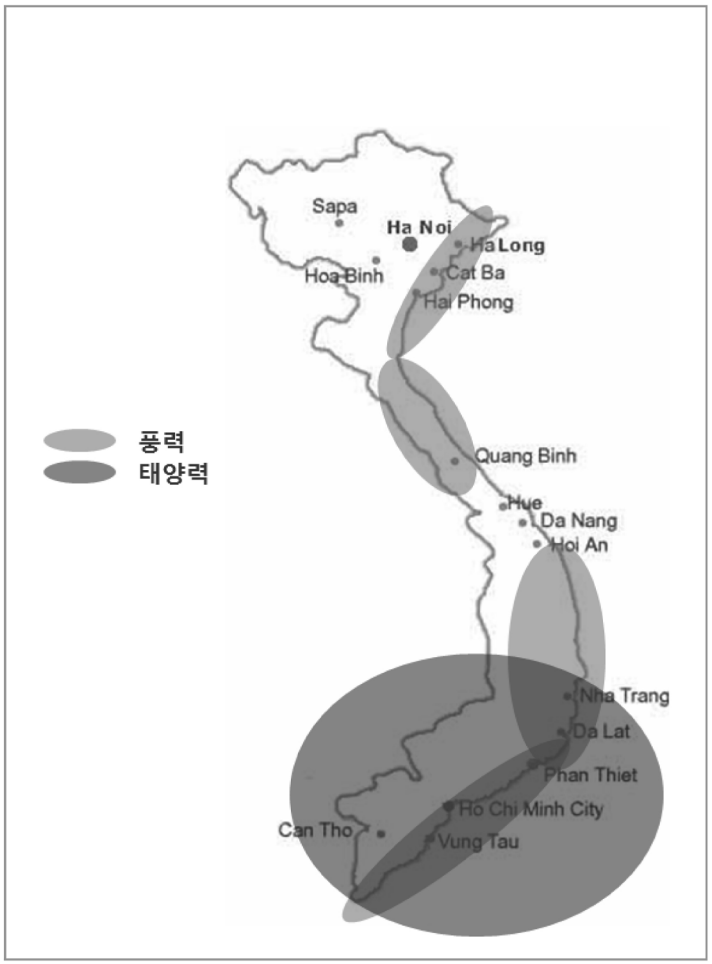
다음은 동아시아 주요 3국의 재생에너지 현황조사를 비교 분석한 것이다.

229) 10kW 이하의 수력발전

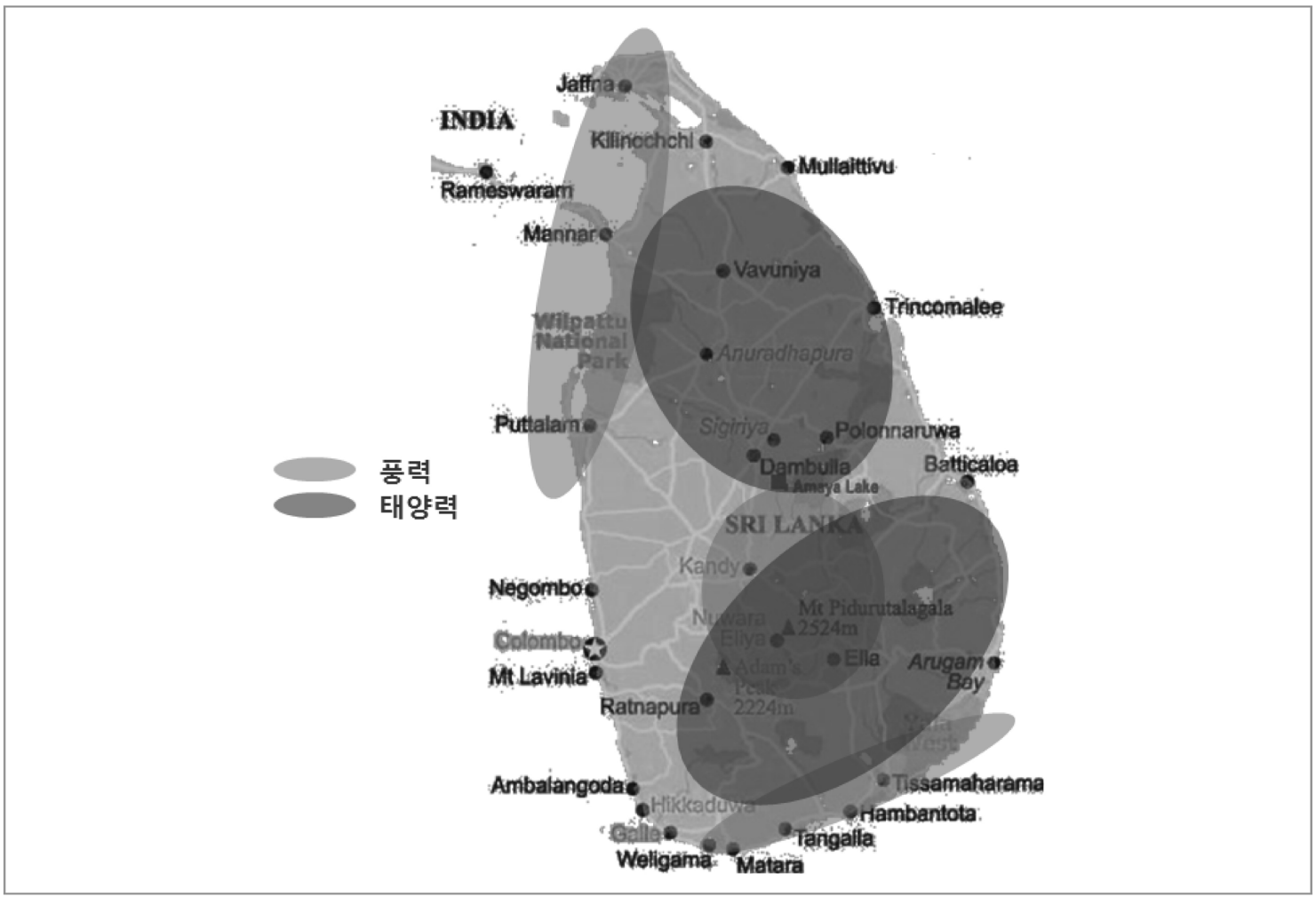
[표 88] 동아시아 주요 3국의 재생에너지 개발을 위한 사회시스템 비교·분석

항목	베트남	캄보디아	스리랑카
1차 에너지 의존도	• 비상업에너지 비중 26%	• 바이오매스 82%	• 바이오매스 51%
전력소비 비중	• 40% 이상	• 1%	• 9%
주요 발전원	• 화석연료(55%), 수력(38%)	• 디젤(90% 이상)	• 수력(52%), 화석연료(47%)
전력시장 개방수준	• 전력생산부문 개방	• 전력생산, 송전, 배전 • 전 부문 개방	• 전력생산부문 개방
전력보급률	• 98% (산간지역 전력보급률 저조)	• 20% 미만	• 88% (북부지역 전력보급률 매우 저조)
전력손실률	• 10.3%	-	• 14%
재생에너지 전담부서	• 전담부서는 없으며 산업무역부 산하 에너지부서에서 사업담당	• 산업광물에너지부 산하 재생에너지실(직원 3인)	• 지속가능에너지청
재생에너지 정책	• 전력정책의 일환으로 재생에너지 목표수립 • 정량적인 목표 수립	• 재생에너지 정책수립 • 정량적 목표나 구체적 전략 없음	• 독립적인 재생에너지 계획 및 전략수립 • 정량적 목표 및 전략 수립
R&D 기관	• 호치민대학과 하노이대학 모두 재생에너지 학부가 있으며 Institute of Energy가 재생에너지 연구 • R&D 국가예산은 거의 없음.	• 없음	• Moratuwa대학, Peradeiya대학, Rubuna대학에 모두 재생에너지 학부 있음. • 국립기관인 NERD센터, IDB센터, ITI 센터에서 재생에너지 연구 진행 • 재생에너지 R&D 정부예산을 소규모로 편성
재생에너지 제조기술	• 재생에너지 제조설비 있음.	• 없음(전량 수입에 의존)	• 없음(전량 수입에 의존)

[그림 88] 동아시아 주요 3국의 재생에너지 잠재력 현황






풍력
태양력
Jaffna
INDIA
Kilinochchi
Mullaittivu
Rameswaram
Mannar
Vavuniya
Trincomalee
Wilpattu National Park
Anuradhapura
Puttalam
Sigiriya
Polonnaruwa
Dambulla
Batticaloa
Ameya Lake
SRI LANKA
Kandy
Negombo
Mt Pidurutalagala 2524m
Nuwara Eliya
Colombo
Ella
Arugam Bay
Mt Lavinia
Adam's Peak 2224m
Ratnapura
Ambalangoda
Tissamaharama
Hikkaduwa
Hambantota
Galle
Tangalla
Weligama
Matara

[표 89] 동아시아 주요 3국 원조사업 추진 기반 비교·분석

국가	재생에너지 자원·사회시스템 현황 및 개발가능 원조사업	고려사항
베트남	• 재생에너지사업에 대한 정책적 수요 있음. • 산간지역 인구 중심으로 전력수요 있음. • 기본적인 전력인프라와 도로인프라가 구축되어 있음. • 풍력자원 및 태양에너지(남부지역), 소수력 자원이 풍부함. • 풍력자원개발에 대한 정부의 의지가 높음. • 산악지대 전력미보급 인구 대상으로 소규모 풍력발전 추진이 유망함.	• 다수의 태양광, 풍력발전 사업은 이미 진행된 바 있으며 수력발전 기술은 자체적으로 확보하고 있음. • 풍력발전의 경우 우천시에도 일정하게 전력을 유지할 수 있는 기술 확보가 필요함.
캄보디아	• 재생에너지사업에 대한 정책적 수요 없음. • 전력미보급 인구가 전체 80%인 바, 전력수요가 높음. • 전력인프라와 도로인프라가 대단히 저조함. • 태양에너지가 풍부함. • 대부분 지역의 경우 사업추진에 필요한 기본적인 전력공급이 어려움. • 교통시설과 전력인프라가 있는 서남지역과 시엠립 지역 대상으로 태양광사업 추진이 가능함.	• 전력인프라 구축사업이 필요함. • 국가 전체의 전력부문 및 재생에너지 부문 기술 역량이 대단히 낮음. • 국민의 교육수준이 낮고 빈곤수준이 높음.
스리랑카	• 재생에너지 사업에 대한 정책적 수요 있음. • 북부 인구 대상으로 한 전력수요가 높음. • 기본적인 도로인프라와 전력인프라가 갖추어져 있으며, 주요 항구가 4개[230] 있음. • 풍력자원 및 태양자원이 풍부함. • 풍력자원개발에 대한 정부의 의지가 높음. • 전력보급률이 낮은 북부지역 중심으로 풍력사업 추진이 가능함.	• 기본적인 전력기술 및 재생에너지 기술기반을 확보함. • 풍력과 태양광 시범사업은 이미 진행된 바 있으며 수력발전 기술은 자체적으로 확보하고 있음. • 지속가능에너청을 통한 원활한 사업추진이 가능함.
3국 공통	• 향후 재생에너지 관련 ODA사업 지원 시 단순히 재생에너지 발전소 지원을 넘어서 전력 효율화 기술, 재생에너지 R&D기술, 설비제조기술 이전 등의 지원이 필요함.	

230) 북부지역 1, 서부해안지역 2개, 동부해안에 1개

III. 동아시아 3국의 재생에너지 국제원조 사례연구

1. 베트남

가. 프로젝트 개요

■ 프로젝트 명

- 국문명 : 가축분뇨를 이용한 바이오가스 포집 프로젝트
- 영문명 : Biogas Program for Animal Husbandary Sector of Vietnam

■ 프로젝트 목적

- 바이오가스 기술을 활용하여 베트남의 바이오가스 부문을 상업적으로 개발·발전시킨다.
- 청정에너지를 공급함으로써 지역사회 발전 및 환경보호를 실현하고, 지역사회의 위생 및 보건환경을 개선한다.
- 지역사회의 고용을 창출하고 온실가스 저감에 기여한다.

■ 대상지역

- 베트남 전역

■ 추진배경

1980년 말 소비에트 연방이 붕괴된 후 개방경제로 들어선 베트남은 현재 제조 산업이 급격하게 성장하고 있기는 하나, 아직까지 농업 위주의 산업 구조를 가지고 있다. 특히 축산업의 규모는 세계적으로도 상당한 수준이다. 베트남은 중국, 미국, 브

라질 다음으로 돼지를 많이 사육하고 있으며, 오리 생산량은 세계 2번째, 버팔로 생산량은 세계 6번째를 차지하고 있다. 연간 생산되는 육류는 400만 톤에 달하는데, 이는 아시아에서 중국과 인도 다음으로 많은 양이다.

[표 90] 2000-2010년 베트남 축산업 현황[231)]

<단위: 백만 마리>

가축수	연 도							2000~2010 성장률(%)
	2000년	2005년	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	
버팔로	2.9	2.9	2.9	3.0	2.9	2.9	2.9	0.3
소	4.1	5.5	6.5	6.7	6.3	6.1	5.9	43.1
돼지	20.2	27.4	26.9	26.5	26.7	27.6	27.3	35.6
닭	198.1	280.1	277.2	225.9	247.2	280.1	296.2	49.5

베트남의 축산업은 가정 단위의 축산업에서 대규모 축산업으로 점차 확대되어 가는 추세에 있으며, 규모가 확대됨에 따라 집약적 축산의 형태로 전환되고 있다[232)]. 대규모 집약적 축산은 고용 창출과 농가 소득 증대라는 긍정적인 결과를 가져온 바 있지만, 가축분뇨로 인해 발생하는 환경오염 또한 대표적인 부정적인 영향으로 점차 이슈화되고 있다. 베트남 정부는 그간 축산업계의 환경오염 문제를 해결하고자 여러 가지 정책을 수립하고 지원하여 왔다. 가축분뇨를 이용한 바이오가스 포집 프로그램은 가축분뇨를 이용하여 축산업계의 환경문제를 해결하고 지역주민의 삶을 개선하는 데 기여한, 네덜란드 정부와 베트남 정부가 함께 이루어 낸 대표적인 성공 사례라고 할 수 있다.

가축분뇨를 이용한 바이오가스 포집 프로그램은 2003년부터 현재까지 네덜란드 정부가 무상지원(Grant)하고 베트남 바이오가스 프로젝트 부문(Biogas Project Division: BPD)[233)]과 네덜란드개발기관(Netherlands Development Organization: SNV)이 공동으로 2기째 수행해 오고 있는 프로젝트이다. 동 프로젝트는 베트남 농림부가 제공한 자료를 바탕으로 베트남의 대규모 바이오가스 잠재 가능성을 파악한 네덜란드 정

231) Dung, Nguyen Quang. *Biogas User Survey 2010-2011*, Biogas Program for the Animal Husbandry Sector in Vietnam, 2011.

232) 2005~2010년 동안에 집약적 축산은 2.9%에서 14.6%로 증가하였음(출처: Biogas survey).

233) 동 부문은 농업 및 지역개발부(Ministry of Agriculture and Rural Development) 산하 가축생산부서(Department of Livestock Production)에 소속되어 있음.

부가 아이디어를 제공하여 시작되었으며, 사업 1기에는 소수의 지역을 대상으로 하였으나 2기부터는 전국적인 규모로 확대되었다.

동 프로젝트는 베트남 내에서 대표적인 ODA 재생에너지 성공 프로젝트로 알려져 있으며, 2006년에 세계에너지상(Energy Globe Award)을 비롯하여 2010년 Ashden Sustainable Award를 수상함으로써 세계적으로도 이름을 알리게 되었다.

나. 프로젝트 수행 과정

■ 프로젝트 진행 절차

프로젝트의 주요 내용은 가축분뇨에서 발생되는 바이오가스를 포집하여 취사 및 조명에 사용하는 것을 골자로 하며, 포집 설비의 규모는 4-50m^3 가량이다.

프로젝트는 다음과 같이 2단계로 나뉜다.

- 1단계(2003.1~2006.1) : 네덜란드 정부 측에서 250만 유로 무상지원, 12개 주를 우선 대상지역으로 선정하여 프로젝트 진행
- 2단계(2007~2012) : 프로젝트 전국 42개 주로 확대

프로젝트는 다음의 절차로 진행되었다.

[표 91] 베트남 프로젝트 진행 절차

각 마을에서 연수자 1인 선정
↓
바이오가스 포집설비 건설 관련 연수 진행
↓
연수자 각자 마을 복귀 및 바이오가스 포집설비 건설팀 구성
↓
마을별로 바이오가스 포집설비 샘플 건설(포집설비 건설팀)
↓
각 신청 가구에 바이오가스 포집설비 건설(포집설비 건설팀)

■ 포집설비 종류 및 형태

바이오가스 포집설비는 돔 형태의 설비가 가장 일반적이며, 건설에 있어 특별히 어려운 기술을 요하는 것은 아니다. 가스 포집설비의 주요 건설재료는 ① 벽돌, ② 플라스틱 비닐, ③ HDPE(High Density Polyethylene)[234]이며, 이 중 벽돌은 소규모 설비 건설에, HDPE는 대규모 설비 건설에 주로 쓰인다. 플라스틱 비닐은 가격이 저렴하나 내구성이 좋지 않아 오래 지속되지 않는 단점이 있다. 현재 베트남에서 사용되는 HDPE는 전량 수입에 의존하고 있다.

[사진 1] 베트남 바이오가스 포집설비 건설 현장[235]



■ 교육·연수

교육연수 대상자는 ① 교육수준(2년제 대학 학위 이상 보유자) ② 건축기술 보유여부 ③ 축산관련 지식수준[236]을 고려하여 각 마을별로 1인을 선정하였으며, 정부는 선정된 이들을 전국 12개 지역으로 소집하여 교육을 진행하였다. 연수과정은 ① 바이오가스 포집설비 관련 기초 학습과 ② 설비 건설 방법의 2가지 내용을 핵심으로

234) 에틸렌을 중합하여 제조하는 합성수지로서 성상은 반투명 고체(밀도가 0.94 이상의 것)이며, 강도는 우수하나 유연성·가공성이 떨어지며, 주로 일회용 쇼핑백, 각종 용기, 콘테이너, 파이프 등의 원료로 사용됨.

235) Sustainable Energy Development Consultancy Joint Stock Company, *Final Report : Evaluation Study for Household Biogas Plant Model*, SNV(Netherlands Development Organization), 2010.

236) 축산 관련 지식수준을 연수대상자 선정기준에 포함한 이유는 연수가 종료된 이후 연수자들이 지역에서 바이오가스 포집설비를 건설할 때 각 농가의 가스포집설비 규모를 적절하게 판단하도록 하기 위해서이다. 가스포집설비를 건설하는 사람은 가축분뇨의 생산량에 적합한 가스포집설비의 규모를 판단할 수 있어야 하는데, 이를 위해서는 축산관련 지식이 필수적으로 요구되기 때문이다.

하며, 강의 및 학습 4일, 현장방문 2일, 테스트 1일의 일정으로 진행되었다. 연수코스의 마지막 날은 테스트를 진행하여 테스트를 통과한 이들에게만 자격증을 부여함으로써 연수자들의 자격을 공식적으로 입증할 수 있도록 하였다. 자격증을 취득한 연수자들은 각자 마을로 돌아가 4인으로 구성된 바이오가스 포집설비 건설팀을 결성하고 마을별로 바이오가스 포집설비 샘플을 건설하였다. 가스포집설비 샘플 건설에 소요된 비용은 모두 네덜란드 정부가 부담하였으며, 샘플 건설 이후에는 희망하는 농가의 신청을 받아 수수료를 받고 바이오가스 포집설비를 구축하였다. 연수 프로그램 제공은 초기에는 네덜란드 전문가들이 담당하였으나 프로그램이 확대됨에 따라 지역 전문가들에게 역할이 이전되었다.

■ 가정별 재정지원 규모

동 프로젝트에 대한 재정지원은 ① 신청농가의 보유한 가축 수가 일정한지 여부[237], ② 바이오가스 포집설비 건설에 필요한 충분한 토지와 연못이 있는지 여부[238], ③ 전력을 공급받고 있는지 여부[239], ④ 환경오염을 발생시키는지 여부[240]를 고려하여 결정되었다. 프로젝트 주요 대상자는 소규모 축산 농가이며, 각 농가별 가스포집설비 설치비용은 베트남 통화로 2,800만 동(VND), 약 1,300 미화달러 가량이다. 즉, 전체 설비 투자비용 2,800만 동에서 네덜란드 정부가 120만 동, 약 60 미화달러를 지원한 것[241]이었으니 농가당 재정지원 규모는 사실상 상당히 미미한 수준이라고 할 수 있다. 베트남 정부는 농가가 부담해야 하는 비용에 대해 어떠한 금융적 지원(저리대출, 지원기금 등)을 마련하지 않았기 때문에 빈농의 경우 재정적 부담이 적지 않았음을 예상할 수 있다. 그러나 2010년 기준 베트남 1인 구매력(Purchasing Power Parity) 수준이 미화 2,948불[242]이었음을 감안할 때, 대부분의 농가에게 있어 가스포집설비 설치비용은 감당할 만한 수준이었던 것으로 판단된다.

---

237) 바이오가스 포집의 효율성을 높이기 위해서는 일정한 양의 가축분뇨 발생 및 가스 생산이 필수적이다.

238) 바이오가스 포집 설비 건설에 연못이 필요한 이유는 가스를 포집하고 남은 슬러지(Slurry)를 처리하기 위함이다. 일반적으로 슬러지는 연못에 투척하여 처리한다.

239) 전력이 공급되지 않는 가정에 우선적으로 재정을 지원한다.

240) 환경오염을 많이 발생시키는 농가를 우선적으로 지원한다.

241) 베트남 자문위원이었던 Ms. Duong Thuy Kim과의 인터뷰 내용

242) VietNamNet, *Vietnam's income per capita far lagging behind regional countries*, 2012.

2011년 현재 베트남 GDP는 1,227.22억 달러였으며, 1인당 GDP는 1,374달러였다.

다. 프로젝트 현황 및 성과

동 프로젝트의 현황 및 성과 조사는 사업대상지인 Hoai Duc 지역, Cat Que 마을에서 진행되었다. 면담 대상자는 바이오가스 포집설비 사업에 참여하였던 전문가 Nguyen Duc Tuyen과 Hao였으며, Center of Science Technology and Environment 소속 전문가인 Duong Thuy Kim이 참여하였다.

1) 프로젝트 현황

Cat Que 마을의 주 수입원은 70%가 축산업에서 발생하고 있어 마을의 경제의존도가 축산업에 크게 집중되어 있는 편이다. 현재 지역 농가의 18%가량이 바이오가스 포집설비를 설치하여 운영하고 있으며, 이 중 1가구만이 2대의 바이오가스 포집설비를 설치하여 운영하고 있다. 마을주민이 바이오가스 포집설비 설치를 주저하는 주요 이유는 가축 사육규모가 너무 영세하여 가스포집설비 설치 효과가 적거나, SNV 지원금액 120만 동(약 60미화달러)을 제외한 2,680만 동(약 1,240달러)의 투자비용에 대한 부담 때문인 것으로 파악된다.

바이오가스 포집설비는 정기적으로 청소하는 것 외에 설비 유지를 위한 특별한 기술을 요하지 않아 설비 운영이 용이한 것으로 파악된다. 생산된 가스는 주로 조명 및 취사용으로 사용되는데, 70마리의 돼지를 사육하는 농가의 경우 취사 연료의 70%를 바이오가스로 공급하고 있어 이전에 나무 및 석탄을 사용하던 것과 대비하여 시간 및 비용 효율적이다. 특히 취사용 나무 수집을 주로 담당하는 여성 및 아이들의 노동량을 단축하는 효과를 내고 있다.

바이오가스 생산량은 계절 및 지역, 가축사육 규모에 따라 차이가 있으나 베트남 전역에서 시행하기에 큰 문제가 없는 것으로 파악된다. 바이오가스 생산량이 가장 활발한 온도는 섭씨 35도이며, 여름의 생산량이 겨울의 생산량보다 많고 북쪽에 비해 남쪽 지역의 생산량이 더 많다. 규모가 큰 농가일수록 동 프로젝트 효과는 배가되는

데 그 이유는 ① 잔여 바이오 찌꺼기를 비료로 사용할 수 있고, ② 축산 분뇨로 인해 발생하는 환경오염(수질오염, 공기오염)을 저감할 수 있기 때문이다. 규모가 큰 농가의 경우 잉여 가스를 이용하여 전력을 생산하는 것도 가능하나, 베트남 정부가 발전기 설치에 대해 지원하지 않고 있기 때문에 대부분의 잉여 가스를 소각하고 있는 실정이다.

방문 당시 바이오가스 포집설비는 원활하게 운영되고 있는 상태였으며, 바이오가스를 이용한 취사에도 문제가 없는 상태였다. 농장주는 포집설비에 물과 분뇨를 혼합하여 메탄을 생성한다고 답변하였으며, 포집설비에 사용되는 물은 돼지를 씻기거나 돈사를 청소하고 난 물을 이용하므로 물공급을 위한 추가적인 비용은 발생하지 않는다고 답변하였다. 바이오가스포집설비 관리는 2년마다 1회씩 주기적으로 청소하는 것 외에 특별한 기술을 요하지 않아 관리에 어려움이 없다고 하였으며, 메탄을 포집하고 난 잔여 분뇨는 양이 많지 않아 냇가에 투척한다고 답하였다. 포집설비 설치 후, 분뇨에서 발생하는 악취 문제 및 분뇨처리 문제가 사라진 한편, 환경적으로 깨끗하고 취사연료에 대한 부담이 사라져 대단히 만족한다고 답하였다.

[사진 2] 베트남 바이오가스를 이용한 취사[243)]



243) Sustainable Energy Development Consultancy Joint Stock Company. 2010. *Op Clt.*

[사진 3] 베트남 바이오가스 포집설비 저장 (축사 아래에 묻혀 있음)



[사진 4] 베트남 바이오 찌꺼기 처리 장소



2) 프로젝트 성과

동 프로젝트의 성과로는 바이오가스 관련 베트남측 기술진의 역량 제고와 고용 창출을 들 수 있다.

베트남측 기술진의 역량 제고는 체계적이고 효과적인 연수 프로그램을 실시한 결과로, 대부분의 ODA 역량강화 프로그램과 유사하게 1주씩 2회에 걸쳐 진행되었다. 2주간의 짧은 연수 프로그램이 성공적일 수 있었던 이유는 다음과 같이 두 가지로 요약된다. 첫째, 연수자 선정 시 건설기술을 보유한 이들을 연수대상으로 선정하였기 때문에 교육 효과를 배가시킬 수 있었다. 둘째, 연수 프로그램의 말미에 테스트를 포함하여 통과한 이들만 자격증을 부여함으로써 향후 각 마을에서 프로그램 보급자로 활동할 연수자들의 자격 수준을 제고할 수 있었다.

연수 과정을 통과한 이들은 각 마을로 돌아와 가스포집설비 건설팀을 구성하고 다음 두 가지 활동을 진행하였다. 첫째는 가스포집설비 샘플 건설 및 마을주민을 상대로 한 교육이었으며, 둘째는 가스포집설비 건설이었다. 가스포집설비 건설은 희망 농가를 대상으로 수수료를 받고 진행되었다. 연수자를 중심으로 구성된 건설팀은 이익 창출을 목적으로 하는 민간단체이다. 동 민간단체가 전국 42개 주 각 마을 단위로 조직되었음을 고려할 때, 동 프로젝트를 통해 상당한 수준의 고용창출 효과가 발생하였음을 알 수 있다.

3) 결론

동 프로젝트의 성공 요인은 다음과 같다.

① 용이한 기술 도입을 통한 현지 수용성 제고
② 적절한 설비투자 규모
③ 현지 자원 현황을 최대한 활용한 독창적인 아이디어
④ 현지 전문가의 참여
⑤ 현지 주민들의 수요(Needs) 반영
⑥ 효율적인 연수 프로그램 운영

동 프로그램에 대해 베트남 정부가 희망하는 개선요인은 다음과 같다.

① 바이오가스를 이용한 전력생산 방안 고려 필요
② 대규모 농가에 대한 지원 필요
③ 철저한 사업계획 및 충분한 자재 확보

동 프로젝트는 바이오가스를 포집하여 전력 생산이 아닌 조명 및 취사용으로 이용하기 위한 것이다. 이에 베트남 정부는 대규모 농가의 경우 충분한 양의 바이오가스를 포집할 잠재력이 있는 바, 전력을 생산하여 계통 연계까지 하는 방안을 고려할 필요가 있다고 언급하였다. 몇몇 대규모 농가에서는 많은 양의 바이오가스가 배출되는 것을 여전히 방치하고 있기 때문이다.

베트남 정부는 동 프로젝트를 통해 네덜란드 정부와 함께 전국적으로 27,000여 개의 바이오가스 포집설비를 설치하였다. 그러나 조합형 농가와 대규모 축산농가는 동 프로젝트 참여대상에 포함되지 않아 혜택을 받을 수 없었다. 베트남의 축산업은 앞으로 계속 성장할 전망이며, 이에 따라 대규모 축산농가 및 조합형 농가가 증가하리라 예상되는 만큼[244], 환경보호[245]와 잉여가스를 활용한 발전의 차원에서 이들에 대한

244) 베트남의 축산업의 연성장률은 2010년 8~9%를 기록하였으며, 2010~2015년에는 6~7%, 2015~2020년에는 5~6%를 기록할 것으로 전망된다(자료 : Centre of science-technology and environment).

245) 미처리된 분뇨가 외부환경으로 방류될 경우 1톤당 0.24톤의 CO_2를 발생시킴(자료 : Centre of science-technology and environment).

지원도 필요할 것으로 보인다.

대규모 농장에 대한 바이오가스 포집설비 건설 지원과 발전설비 설치 지원에 대한 베트남 정부의 수요(Needs)가 절실한 바, 현재 베트남 정부는 해외 여러 정부기관에 기회가 있을 때마다 이에 대한 지원요청을 하고 있으며, 에너지관리공단을 포함한 한국 정부에도 이미 관련 내용을 전달한 바 있다. 본 조사팀에게도 한국국제협력단이 동 사안을 지원하길 원한다는 내용[246]을 전달하였다. 이에 관련 내용을 구체적으로 조사한 바, 향후 한국국제협력단이 대규모 농가를 대상으로 하여 동 사업을 지원하게 된다면, 지원가능 대상은 개인농장이 아닌 조합형농장이 되어야 할 것으로 보인다. 조합형 농장은 베트남의 과거 집단농장이 변형된 형태로서 소규모 농민들이 연합하여 결성한 민간협력조직이며, 베트남 내 축산업조합은 약 3,080여 개로 파악된다.

마지막 개선요인으로는 철저한 사업계획 및 충분한 자재 확보를 들 수 있다. 가스 포집설비를 건설하는 과정에서 주요 건설자재인 벽돌이 고갈되는 상황이 종종 발생하였다고 한다. 벽돌이 고갈된 경우 플라스틱 비닐로 대체하여 사용하였는데, 비닐은 내구성이 좋지 않아 오래 가지 않는 단점이 있다고 한다. 따라서 이러한 사항을 미연에 방지하기 위해서는 철저한 사업계획 수립이 필수적으로 요구된다.

[사진 5] 베트남 현장 인터뷰 장면



[사진 6] 네덜란드-베트남 협력 표지



246) 베트남 정부에서 특히 관심을 보인 것은 바이오가스 발전기 지원가능 여부임. 현재 베트남 내에서 용량 1.5kW급 바이오가스 발전기를 생산하고는 있으나 이는 소규모 가축농가에 설치하기 적당한 규모임. 10,000마리 규모의 돈사에서 바이오가스를 포집하여 발전을 하고자 하는 경우 50kW급 발전기 1대가 필요함. 베트남 내 자체 기술이 부족하여 대규모 바이오가스발전기를 생산하지 못하는 만큼, 베트남 정부는 한국국제협력단이 바이오가스 발전기를 지원해주기를 희망하고 있음.

2. 캄보디아

가. 프로젝트 개요

■ 프로젝트 명

- 국문명 : 캄보디아 독립형 태양광발전소 건립사업
- 영문명 : The Establishment of Hybrid(PV/Diesel/Batteries) Power System

■ 프로젝트 목적

- 생활여건이 낙후되고 빈곤도가 심각해 전기 혜택을 받고 있지 못한 캄보디아 시엠립 및 캄폿주에 유지관리가 용이하고 지속 가능한 하이브리드형 독립형 태양광발전소 건설을 통해 청정에너지원 전기 공급 모델수립과 지역발전을 도모한다.

■ 대상지역

- 캄보디아, 캄폿주 꺼스나 마을, 시엠립주 프놈꿀렌 마을

■ 추진배경

캄보디아는 전 국민의 84%가 농촌에 거주하는 전형적인 농업국가이다. 국민의 23%가 하루 1.25달러 미만으로 생활하는 최빈국으로서[247] 생활수준이 매우 열악한 실정이며, 전력공급도 대단히 제한적으로 이루어지고 있다. 국민의 약 83%가 전력을 공급받지 못하고 있으며, 특히 주민의 87%가 전력을 공급받지 못하고 있다.

사업 대상지인 꺼스나마을과 프놈꿀렌마을 역시 전력공급이 부족한 마을들 중 하나이다. 꺼스나마을에 317가구, 프놈꿀렌마을에 120가구가 거주하고 있으며, 정부지원으로 생활하는 상이용사 가족 거주 지역인 까닭에 소득수준이 매우 낮다[248]. 동

247) 2008년 기준. 참조 – “Poverty headcount ratio at $1.25 a day (PPP) (% of population),” World Bank Data, 2008.

마을의 주요 경제활동은 농업 및 축산업이며, 마을주민의 수입은 일일 2달러 미만, 주민 연령은 35~60세 사이이다[249]. 즉, 사회적 지위 및 교육 기반이 취약한 고령인구의 거주지역이라 할 수 있다.

태양광발전소 추진 전의 꺼스나마을과 프놈꿀렌마을은 전력 공급이 제대로 되지 않는 상태였다. 꺼스나마을의 경우, 일본 정부가 2008년 4월에 5kW급 태양광발전 시설을 지원하였으며 주민들은 동 시설에서 생산되는 전력을 자동차용 배터리를 이용하여 충전해 사용하고 있었다. 1회 충전 시 금액은 0.25달러였다. 프놈꿀렌 마을의 경우 전력이 전혀 공급되지 않는 상태였다.

최소한의 삶의 질을 보장하기 위한 전력공급에 대한 수요가 높아짐에 따라 캄보디아 정부는 한국국제협력단에 태양광발전소를 설치해 줄 것을 요청하였다. 프놈꿀렌마을과 꺼스나마을의 일사량은 하루 4.5kW/h·㎡ 수준으로 태양광에 유리한 입지조건을 지니고 있다.[250] 이에 한국국제협력단은 2009년부터 독립형 태양광발전소 건립 사업을 추진하여 꺼스나마을에 태양광 60kW+디젤 40kW, 프놈꿀렌마을에 태양광 30kW+디젤 20kW를 설치하였다.

2년에 걸쳐 진행된 동 사업은 에코시안 조사팀이 방문 당시 사업종료 단계였으며, 2012년 5월 3일에 준공식을 진행할 계획이었다.

나. 프로젝트 수행 과정

■ 프로젝트 진행 절차

동 프로젝트는 다음과 같은 순서로 진행되었다.

---

248) 정부는 2011년까지 각 가정에 매월 약 70달러를 지원하였으며, 현재는 지원이 중단된 상태임.

249) 동 내용은 프놈꿀렌마을의 독립형 태양광발전소 운영자가 밝힌 내용으로써 구체적인 데이터를 바탕으로 제시한 수치는 아님.

250) 국내 수준인 3.6-4.0kW/h·㎡에 비하면 20% 이상 높은 수준임. 한국국제협력단 태양광발전소 건립 사업계획서 발췌

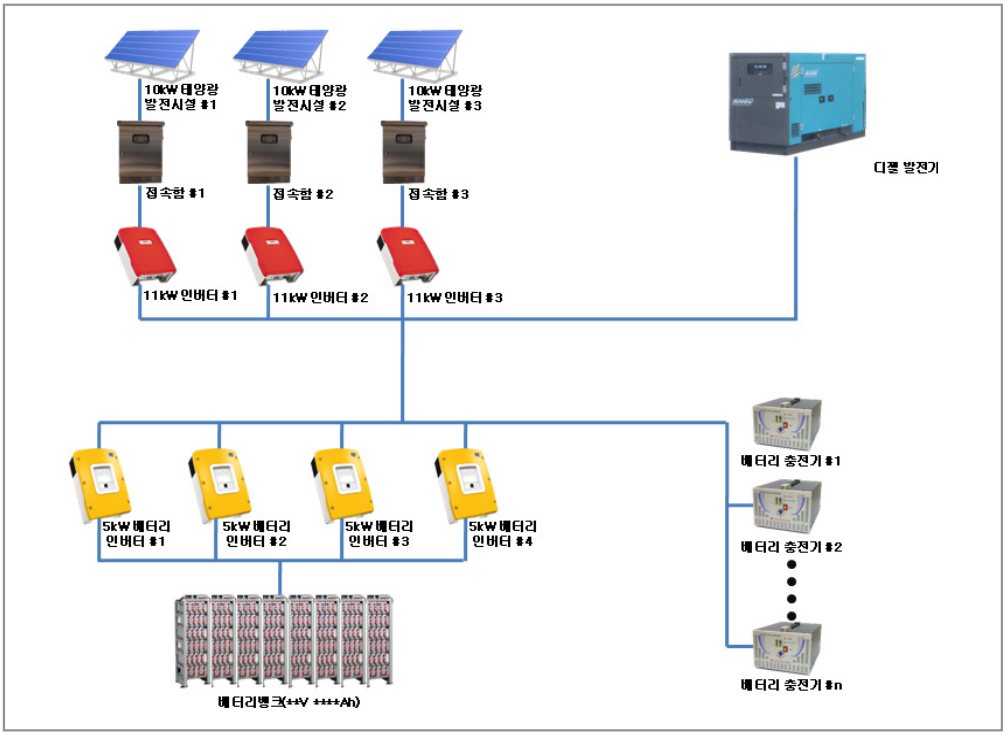
[표 92] 캄보디아 프로젝트 진행 절차

사전조사(현지조사)
↓
착수보고회
↓
시스템 설계 및 승인
↓
기자재 발주 및 토목공사
↓
국내초청연수
↓
기자재 운송 및 통관
↓
시스템설치
↓
현지인력교육
↓
시운전
↓
시스템인수인계
↓
준공식

전력공급방식은 계통연계형이 아닌 배터리 충전식의 독립형으로 되어 있다. 독립형으로 발전소를 건립한 이유는 캄보디아 내 전력망이 체계적으로 구축되어 있지 않아 계통연계로 추진할 경우 전력망 연계를 위한 추가비용이 많이 발생하기 때문이다[251]. 디젤발전기는 우천으로 인해 태양광발전이 여의치 않을 경우를 대비하여 설치하였으며, 태양광 발전이 이루어지지 않을 경우 운전된다. 발전소 부지 제공 및 부지정리는 캄보디아 정부가 담당하였으며, 한국국제협력단은 태양광발전소 건립 및 기자재 제공, 전문가 파견, 현지교육, 국내초청교육을 지원하였다.

251) 비제이파워 유은희 과장 유선통화 내용(2012.4.20)

[그림 89] 캄보디아 30kW급 하이브리드 태양광발전 시스템 도식도[252)]



부지정리 및 사무소 건설 과정에는 캄보디아 현지 업체와 주민이 함께 참여하였다. 기자재 및 관련 설비는 대부분 한국에서 운송되었으며, 발전소 설치는 한국 전문가들이 주도적으로 수행하였다. 발전소 설치에 참여한 현지 주민은 꺼스나마을의 경우 약 30명, 프놈꿀렌마을의 경우 약 15명이었다. 부지 정리 및 사무실 건설이 완료된 이후, 한국 기술자들이 파견되어 태양광 패널 및 각종 설비를 설치하였다.

■ 교육·연수

현지교육은 3개월 동안 3차례 제공되었으며, 1회에 약 20일 동안 진행되었다. 주요 교육내용은 설비에 대한 설명, 운영, 유지·보수 방법 등이었으며, 교육 세션이 끝날 때마다 테스트를 하여 연수자의 지식 습득 정도를 확인하였다. 교육자료로 태양광발전기 및 디젤발전기 운영매뉴얼이 제공되었는데, 모두 영어 및 한국어로 되어 있다.

252) 한국국제협력단 사업계획서 발췌

국내초청교육은 서울에서 진행되었으며, 산업광물에너지부 소속 3인, 전력공사 1인 등 관계자 총 5명이 참가하였다. 교육은 1주에 걸쳐 진행되었으며, 3일은 태양광발전 원리 교육, 2일은 현장방문으로 진행되었다. 현지인력교육은 산업광물에너지부 소속 1인, 현장운전 인력 2인(대상지별 1인), 유지보수 인력 2인(대상지별 1인)을 대상으로 프놈펜, 캄폿, 시엔립에서 3개월 동안 3차례에 걸쳐 진행되었다.

다. 프로젝트 현황 및 성과

동 프로젝트의 현황 및 성과 조사는 사업대상지인 캄폿주 꺼스나 마을과 시엠립주 프놈꿀렌 마을에서 각각 진행하였다. 마을 별 면담 대상자는 다음과 같다.

[표 93] 캄보디아 면담 대상자

구 분	면담 대상자
꺼스나 마을	• 발전소 운영자: Kean Sakhon, Cheen Vannputh, Som Thean • 마을 촌장: Meng Long • 산업광물에너지부: Mr. Veasna So(통역)
프놈꿀렌 마을	• 발전소 운영자: Meas Vanny • 산업광물에너지부: Mr. Veasna So(통역)

1) 프로젝트 현황

2012년 4월 25일 방문 당시 꺼스나마을의 경우 이미 발전소 시운전에 들어가 전력을 공급하고 있는 상태였으며 프놈꿀렌마을의 경우 아직 시운전을 시작하지는 않았으나 발전소 완공 단계여서 대부분의 설비가 이미 설치된 상황이었다.

꺼스나마을의 경우 태양광발전의 발전량은 초기 설계 용량과 비교하여 큰 차이가 없는 편으로 대체적으로 잘 운영되고 있었다. 발전은 저녁 6시까지 이루어지는데, 기후변화가 심하지 않아 전력생산량이 일정한 편이다.

캄보디아 기후는 건기와 우기로 나뉘는데 건기는 11월부터 4월까지, 우기는 5월부터 10월까지이다. 우기에는 하루 3~4시간에 걸쳐 비가 내리는데 대부분 저녁에 비가 오기 때문에 발전에 미치는 영향은 미미한 편이다. 우천 시에는 디젤발전기가 자동으로 가동되어 전력을 생산한다.

[사진 7] 캄보디아 태양광패널



[사진 8] 디젤발전기



전력은 무료로 공급되며 현재 각 가정은 자동차용 배터리를 이용하여 충전을 하고 있다. 50Ah 자동차용 배터리의 가격은 약 65달러이고 1회 충전으로 램프 2대 점등과 흑백텔레비전을 3시간가량 시청 가능하다. 자동차용 배터리에 비해 태양광 배터리는 수명이 길고[253] 충전설비에 사용하기 더 적합하다는 장점이 있으나 자동차용 배터리에 비해 가격이 약 5배가량 비싸기 때문에 주민들이 구매하기에는 금전적 부담이 크다[254]. 최근 한국국제협력단에서 각 가정에 100Ah 태양광 배터리를 제공하기로 결정함에 따라, 가정의 전력사용량이 크게 증가하지 않는다는 가정 하에 향후 10년간 배터리에 대한 우려는 하지 않아도 될 것으로 예상된다. 1회 충전에 소요되는 시간은 약 2~3시간 정도이다.

[사진 9] 자동차 배터리를 이용한 충전 모습



[사진 10] 태양광배터리



253) 일반 자동차용 배터리 수명은 대부분 2년 미만인 것에 비해 태양광 배터리 수명은 10년 이상임.

254) 현재 캄보디아는 태국, 인도네시아, 한국, 베트남 등에서 배터리를 전량 수입하고 있음.

프놈꿀렌마을에 디젤 발전기는 태양광발전이 진행되지 않을 경우를 대비하여 설치하였으나 조사단 방문 당시 예비된 디젤량이 15리터에 불과하여 관리가 부실하게 이루어지고 있었다. 디젤이 소진되었을 경우 보충하는 방안에 대하여 운영자에게 질문하였으나 운영자는 별다른 대책을 마련하고 있지 않다고 답하였다. 또한 설비 관리 교육이 제대로 이루어지지 않은 것과 설비 운영 자료의 부실한 관리도 눈에 띄었다. 사무실 문에 배터리 관리수칙이 부착되어 있었으나 한글로 작성되어 있었고 영문이나 현지어로 작성된 관리수칙은 없었다. 운영매뉴얼을 보여 달라고 운영자에게 요청했으나 사무실 내에는 디젤발전소 관리 매뉴얼만 비치되어 있었으며, 태양광발전소 관리 매뉴얼은 집에 있다는 답변을 들었다.

[사진 11] 한글로 작성된 배터리 관리수칙



[사진 12] 한글 및 영문으로 작성된 디젤발전기 운영매뉴얼



프놈꿀렌마을에 설치된 발전소의 경우 유지·보수는 비교적 잘 이루어지고 있었다. 담당자는 유지·보수 업무가 주로 태양광패널 세척·관리, 전선줄, 컨트롤러 및 인버터, 발전기 체크 등의 단순업무로 이루어져 있기 때문에 특별히 어렵지 않다고 하였다. 발전소 운영은 마을에서 전담하며, 발전소 상주운영자 2인 외에도 자원봉사단을 별도로 조직하여 24시간 관리하고 있었다. 운영비용은 운영자에 대한 임금 외에 별도로 발생하는 것이 없으며, 동 비용은 현재 마을에서 자체적으로 부담하고 있었다.

한편 프놈꿀렌마을의 경우 발전소 가동을 시작하지는 않았으나 대부분의 설비가 설치된 상태였다. 방문 당시 컴퓨터가 작동되지 않아 기본적인 전산 처리를 하지 못하는 상황이었으며, 컴퓨터 수리를 위해 현지 운영자는 비제이파워에 연락을 취하였다

고 답하였다. 컴퓨터 오작동 문제조차 자체적으로 해결하지 못하는 현실에 미루어 볼 때, 마을 자체적으로 발전소를 운영할 수 있는 능력이 대단히 제한적임을 알 수 있다. 현지 운영자도 발전소에 심각한 기술적인 문제가 발생했을 경우 자체적으로 처리할 수 없다고 인정하였으며, 이 경우 산업광물에너지부에 직접 연락하여 도움을 요청한다고 답변하였다. 그러나 산업광물에너지부가 위치한 프놈펜에서 시엠립까지 거리가 약 314km인 것을 감안할 때[255], 프놈펜 현지에서 지원을 요청한다고 해도 즉각적인 보수가 이루어지는 것은 대단히 어렵다고 판단된다. 운영자들의 낮은 발전소 운영능력과 마을주민들의 낮은 소득수준을 감안했을 때,[256] 향후 운영상의 문제가 발생했을 때 즉각적인 조치가 이루어지기 어려울 것으로 예상된다.

2) 프로젝트 성과

동 프로젝트의 가장 큰 성과는 전력이 전혀 공급되지 않은 마을에 태양광발전 설치를 통해 전력을 무료로 공급, 에너지복지를 실현시켰다는 점이다. 따라서 마을 주민들은 프로젝트 초기부터 태양광발전 시설 설치에 매우 환영하는 입장을 보였다. 민간전력공급업자를 통해서 충전하는 경우 1회당 0.6달러의 비용을 지불해야 하는데 반해 동 사업은 전력을 무료로 공급하기 때문에 사업 초기부터 주민들이 적극적으로 참여해 왔다.

유지·보수 관련하여서는 전문 인력이 없어 아쉬움이 남았다. 발전소 유지·보수에 대한 교육이 제공된 바 있으나, 짧은 교육 과정과 운영자들의 제한적인 공학 기술 등을 고려할 때, 운영 문제를 마을 자체적으로 처리할 수 있다고 보기는 어렵다. 양 발전소 모두 발전설비 가동에 경미한 문제가 발생했을 경우[257] 자체적으로 처리하지만 중대한 결함이 발생했을 경우에는 동 사업의 시행사인 한국의 비제이파워에 직접 연락을 취하고 있다. 사업 종료 이후에는 산업광물에너지부에 연락하여 기술자 지원을 요청할 수 있다. 현재 산업광물에너지부에 소속된 기술자는 총 5명이며, 정부는 금년에 기술자 2인을 추가 채용할 예정이다[258].

---

255) 프놈펜에서 캄폿까지의 거리는 약 148km이며 차로 약 2시간 소요됨.

256) 꺼스나마을 주민의 경우 발전소 운영자 임금을 지불하는 것도 부담스러워 하고 있었으며 한국국제협력단에서 지급가능한지 여부를 조사팀에 확인하였음.

257) 전선줄 마모, 빗물침투로 인한 Control Panel 고장 등

연수 관련하여서도 주민들의 교육 수준이 낮아 아쉬운 점이 많았다. 마을 주민들 중에서 연수자를 선정할 시 주요 선정기준은 크메르어(현지어) 문해(文解)능력을 보유한 자였다. 강의는 한국에서 파견된 전문가들이 영어로 진행하였으며, 현지통역이 크메르어로 통역을 하였다. 두 마을의 운영자 모두 교육 내용은 유익하였으나 기간이 너무 짧았으며, 특히 기술교육 부분은 이해하기 어려웠다고 답변하였다. 꺼스나마을의 운영자의 경우 아직까지 태양광발전 전체 프로세스를 이해하기 어렵다고 답변하였다. 두 마을의 운영자 모두 영어구사가 불가능하거나, 매우 낮은 수준의 영어실력을 보유하고 있어 영어로 제공된 수백 페이지에 달하는 관리매뉴얼을 완전히 이해하고 있다고 판단하기에는 무리가 있다.

꺼스나마을의 발전소 운영자는 발전소 운영에 대한 별다른 문제는 없으나 자동차 배터리에서 발생하는 산 냄새로부터 운영자를 보호하기 위한 별도의 사무공간이 필요하다고 밝혔다. 또한 프놈꿀렌마을은 물이 부족한 지역이므로 잉여 태양광 전력을 이용하여 지하수 펌프시설을 설치하면 좋겠다는 의견을 본 조사팀에 전달하였다. 현재 디젤을 이용한 펌프시설이 있으나, 디젤 가격이 비싸기 때문이다.

3) 결론

태양광발전의 경우 유지비가 상대적으로 적게 들고 관리가 편리하다는 장점이 있어 사회 취약계층이 거주하는 마을에 추진하기 적절한 프로젝트이다. 그러나 방문한 2개 마을의 경우 지역민들의 소득 및 교육수준이 매우 낮아 발전소 자체 운영 능력이 매우 낮음을 알 수 있었다. 발전소 운영 자체능력을 다소나마 향상시키기 위해서는 발전소 운영자의 교육수준 및 언어수준에 적절한 교육 자료 및 관리수칙 자료를 최대한 제공하고, 교육 진행 시 연수자들의 지식습득 수준을 철저히 확인하는 것이 필요하다. 또한 필요할 경우 추가 교육을 제공하는 것도 좋은 방안이라고 판단된다.

단기 교육과 운영자의 기술적인 한계로 인해 향후 발전소 운영상의 문제가 발생할 가능성이 다분한 바, 현재 마을의 전 가구가 전력 공급 중단 가능성에 노출되어 있

258) 캄보디아 전체에서 공대를 보유한 대학은 4개에 불과하여 국가 전체적으로 기술자의 수가 매우 부족한 실정임(동 수치는 산업광물에너지부 소속 Mr. Veasna So가 언급한 것으로서 검증된 수치는 아님).

다. 대안으로 디젤발전기가 설치되어 있다고는 하나 가격이 비싼 디젤을 장기간 사용하기에는 무리가 있으므로[259], 운영리스크를 최소화하는 것이 주요 관건일 것이다.

[사진 13] 캄보디아 캄폿주 태양광발전소 사업장 입구



한국국제협력단이 재생에너지 발전사업 추진 시 캄보디아 정부 차원에서 책임 있는 사업 사후관리 방안을 수립할 수 있도록 지원한다면 사업의 운영리스크를 감소시키고 지속성을 높일 수 있을 것으로 판단된다.

3. 스리랑카

함반토타 풍력발전 사업

가. 프로젝트 개요

■ 프로젝트 명

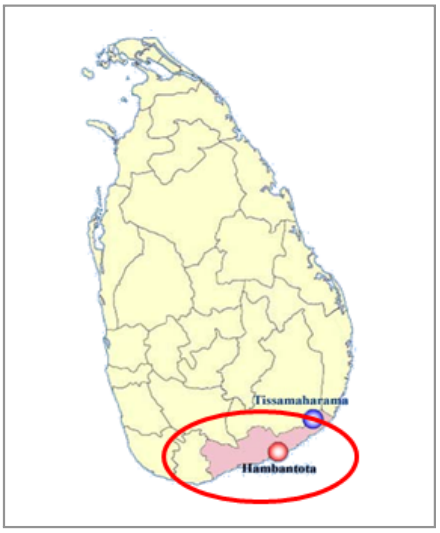
- 국문명 : 풍력발전단지 조성 시범사업
- 영문명 : Pilot Wind Farm

259) 캄보디아 디젤 가격은 2010년 현재 리터당 0.98달러인데, 하루 수입이 2달러에 불과한 마을 주민들이 사용하기에는 무리가 있다고 판단됨.
참조- ChartsBin Statistics Collector Team, *Worldwide Retail Prices of Diesel (US cents per litre)*, 2011.

■ 프로젝트 목적

풍력발전단지 조성 시범 사업을 통해 풍력발전의 상업화 가능성과 장기적인 경제성을 보여줌으로써 풍력발전 부문에 대한 민간투자를 유도한다.

[그림 90] 스리랑카 함반토타 위치



■ 대상지역

스리랑카, 함반토타

■ 추진배경

동 프로젝트는 풍력발전의 경험을 쌓기 위하여 실론전력위원회(Ceylon Electricity Board)가 세계은행(World Bank)에 자금지원을 요청하여 이루어진 것이다. 요청이 이루어진 이후 기존의 세계은행이 자금을 지원하기로 계획되어 있었던 에너지서비스사업(Energy Service Delivery) 프로젝트[260]에 3MW 풍력발전소 건립 프로젝트가 추가되었으며, Global Environmental Facility(GEF)가 무상원조를 일부 제공하였다. 소요된 총 자금은 358만 달러이며, 이 중 세계은행 차관이 210만 달러, GEF이 제공한 무상원조가 88만 달러, CEB가 자체적으로 조달한 자금이 60만 달러이다. 동 프로젝트는 1999년 2월부터 2000년 5월까지 16개월 동안 진행되었다.

스리랑카 남부해안지방을 대상으로 한 풍력자원 사전연구는 네덜란드정부의 자금 지원을 받아 실론전력위원회가 1988~1992년에 걸쳐 진행하였으며, 동 연구를 통해 남부지방의 총 풍력 잠재력이 200MW에 이른다는 결론을 도출하였다[261]. 사전연구 이후

260) ESD 프로젝트는 프로젝트 자금규모 5,530만 달러에 달하는 대규모 프로젝트로서, ① 솔라홈 시스템과 마을 소수력발전 프로젝트를 지원하기 위한 금융대출 프로그램, ② 풍력발전단지 조성 시범사업, ③ 재생에너지 및 전력효율 부문 역량강화 프로그램으로 구성되어 있다. ESD 프로젝트는 ① 각종 계통연계형·독립형 전력을 공급하는 민간업계, NGO, 조합들이 친환경 재생에너지 기술을 도입하고 사용하도록 장려, ② 전력소비관리 강화, ③ 재생에너지 및 전력소비관리를 통해 민간 및 공공부문이 전력공급 서비스를 개선하도록 돕는 것을 주목적으로 한다. 동 프로젝트는 1997년부터 2002년까지 진행되었다.

261) 야생동물 보호지역 및 농경지 제외

덴마크 컨설팅사인 Danish Power Consult of Denmark사가 사전타당성 조사를 실시하였으며, 이후 이어진 사업타당성조사는 미국 컨설팅사인 RLA컨설팅사가 세계은행의 지원으로 수행하였다. 양 조사 결과 동 지방의 풍력발전이 타당성이 있다는 최종 결론이 도출되었다. 이에 민간투자를 통한 풍력발전의 활성화를 위해 동 사업을 시범적으로 진행하여 경제적타당성을 입증하기로 하였다.

나. 프로젝트 수행과정

■ 프로젝트 진행 절차

프로젝트 진행 절차는 다음과 같다.

[표 94] 스리랑카 풍력 프로젝트 진행 절차

함반토타 지역 풍력자원연구
↓
사전사업타당성조사
↓
사업타당성조사
↓
부지선정
↓
환경영향평가
↓
경쟁입찰
↓
토목공사
↓
초청교육
↓
풍력타워 조립 및 건립
↓
시운전 (운영교육)
↓
사업종료

원래 동 사업은 분달라(Bundala) 지역에 5~10MW급 풍력발전소를 건립하는 것을 목적으로 하였으나 타당성조사 결과 동 지역의 야생동물 보호구역 지정으로 인해 사업추진이 불가하다는 사실이 드러났다. 이에 분달라지역 동부의 Wirawila 지역에 풍력타워를 설치하고자 하였으나 야생동물보호부가 동 안을 허가하지 않아 Karagam Lewaya 인근의 부지를 선정하게 되었다. 부지가 결정된 후 환경영향평가를 실시하여 중앙환경청 (Central Environmental Authority)의 허가를 받았다.

[표 95] 스리랑카 풍력 사업부지 세부내용[262)]

위 치	내 용
해안으로부터의 거리	~ 2.5km
사업부지	144km^2
도로로부터의 거리	~ 2km
인근마을로부터의 거리	~ 1km
33kV 전력망으로부터의 거리	약 240m
터빈 간 간격	240m
식물군	3~4m 길이 덤불
대지조건	대부분 점토지대
접근경로	2km 자갈길
연평균 풍속	6m/s

■ 수행사 선정 및 풍력발전설비 설치

동 프로젝트는 경쟁입찰을 통한 턴키 방식으로 진행되었으며, 자금조달은 66%를 세계은행과 GEF를 통해, 33%는 실론전력위원회가 부담하였다. 세계은행은 차관을, GEF는 무상원조를 제공하였으며, 차관과 무상원조의 비율은 각각 3:1수준이다. 입찰결과 덴마크의 NEG Micon A/S이 사업수행기관으로 선정되었으며, 1998년 1월에 계약이 성사되었다.

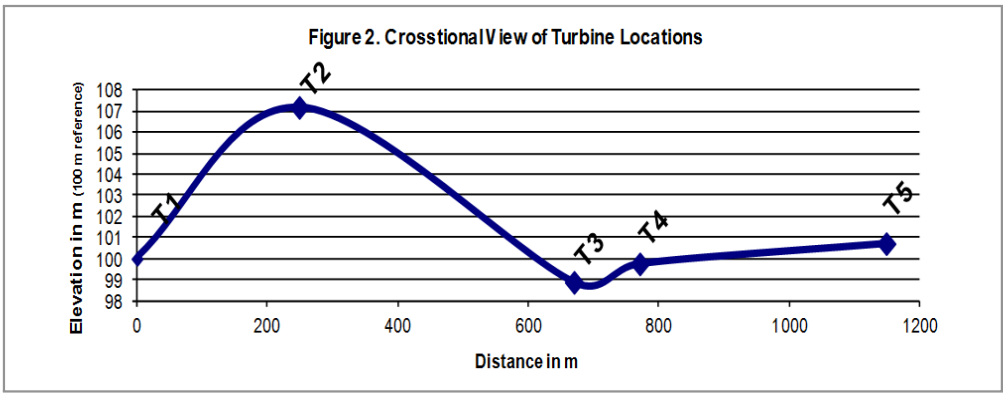
풍력발전기는 600kW급 5대로 결정되었으며, 연간발전량은 4.5GW로 추산되었다. 타워높이는 43m이며, 날개는 46m이다. 당초 계획은 5대의 발전기를 일렬로 설치하고 발전기 간 간격을 날개 길이의 5배를 유지하는 것이었으나, 사업부지가 변경되면서 새 사업지대의 침수문제로 인하여 계획대로 추진할 수가 없었다. 다음 표는 발전기 간 간격을 나타낸 것이다.

262) Ceylon Electricity Board. *3 MW Pilot Wind Power Project: Semi-Annual Report on the Performance*. 2000

[표 96] 풍력발전기 간 간격[263]

발전기	간격(m)
T1 ~ T2	250
T2 ~ T3	421
T3 ~ T4	140
T4 ~ T5	379

[그림 91] 풍력 발전기별 지대 높이[264]



■ 시운전

전 풍력 발전기는 1999년 2월에 시운전을 시작하였으며, 시운전 후 며칠 후에 발전기패널에 화재가 발생하는 사건이 있었다. 원인은 33kV 궤전선(Feeder)에 설치된 차단기(Auto Recloser) 때문이었던 것으로 드러났다. 차단기의 세팅내용은 다음과 같다.

Cycle 1 – 즉시트립(Instantaneous trip) 및 자동재폐시간 t1=0.45초
Cycle 2 – 지연트립(Delayed trip) 및 자동재폐시간 t2=15초

풍력발전기와 차단기가 원활하게 작동하도록 하기 위해 사업수행사는 별도의 빠른 보호계전기(Mains decoupling relay : SEC MRN2)를 전 발전기 컨트롤 패널에 설치하였다.

263) *Ibid.*
264) *Ibid.*

각 풍력발전기는 붙박이 컴퓨터(Built-in Computer)와 함께 설치되어 발전기의 운영 상태를 자동으로 모니터링할 수 있도록 하였다. 또한 공원 컴퓨터와 리모트 컴퓨터도 함께 설치하여 원거리에서도 풍력발전기의 상태를 확인할 수 있도록 하였다. 이 외 설치된 설비는 다음과 같다.

- 풍력측정마스트
- 컨트롤 빌딩
- 전력품질분석기
- 비행기 경고 라이트
- 전기펜스
- 사무실

■ 교육·연수

교육·연수는 덴마크 풍력발전기 제조과정 교육과 현지 인력교육 2단계에 걸쳐 이루어졌다. CEB 기술인 2인이 덴마크에 가서 풍력발전기 날개 및 제어시스템 제조과정, 기타공정 등을 시찰하였으며, NEG Micon은 다음과 분야에 대하여 교육을 제공하였다.

- 풍력발전시스템 부품 설명
- 제어 및 감시시스템
- 풍력발전기 유지보수 및 문제해결(Trouble Shooting)
- 풍력발전기 점검
- 유압장치
- 센서

제공된 교육은 다음과 같다.

- 운영매뉴얼과 문서 리뷰
- 유지관련 시범교육
- 안전교육
- 보증서 평가

NEG Micon에서 파견된 인도인 엔지니어 1인이 시운전 전 기간에 걸쳐 Full-time으로 근무하며 풍력발전기를 관리하는 한편, 지역엔지니어들에게 교육을 제공하였다. NEG Micon은 시운전 트레이닝을 위하여 관련 인도 회사와 계약을 하여 트레이닝을 제공한 것으로 판단된다. 수행사는 계약상의 프로그램 외에도 덴마크 기술자를 파견하여 2회의 추가적인 교육프로그램을 제공하였다.

다. 프로젝트 현황 및 성과

1) 프로젝트 현황

에코시안 조사팀이 방문했을 당시, 풍력발전소 5기는 모두 관리수준이 양호한 편이었으며, 정상적으로 작동 중에 있었다. 설비 이용률(Capacity Factor)은 14% 가량, 연간 전력생산량은 3GWh 수준으로, 애초 계획했던 연간 발전량 4.5GWh에 못 미치고 있었으며, 이로 인해 유지비용이 전력생산량에 비해 크다는 점이 주요 문제로 작용하고 있었다. 유지비용이 전력생산량에 비해 큰 이유는 사업추진 당시 최적의 사업부지가 아닌 곳을 선정하였기 때문에 타당성평가 당시 예상했던 전력량에 비해 실제 전력량이 적게 생산되고 있기 때문이다.

방문 당시, 운영매뉴얼 및 각종 설비 유지·보수 관련 지침은 모두 사무실에 비치되어 있었으며, 체계적으로 관리되고 있었다. 풍력발전기 유지활동은 주로 모든 부품에 대한 윤활작업을 실시하고, 기어박스의 필터를 교체하며 풍력타워의 볼트를 죄는 것이었으며, 유지관리는 정기적으로 이루어지고 있었다.

현재 동 발전소를 관리하는 인원은 CEB 소속 직원 7인이다. 이들은 발전소 운영에 있어 큰 어려움은 없으나 유지비용이 다소 크다고 답변하였다. 비용이 가장 많이 드는 부품은 베어링과 기어박스이며 동 제품은 모두 수입에 의존하고 있다.

[사진 14] 스리랑카 풍력발전 관리매뉴얼



[사진 15] 스리랑카 풍력발전소 내부



[사진 16] 스리랑카 풍력발전소 현장



[사진 17] 스리랑카 풍력발전기 전경



2) 프로젝트 성과

동 사업 이후에 민간업체에서 10MW급 4기의 풍력발전사업을 추진하였다. 현지 담당자에 따르면 이는 동 사업의 영향이 컸다고 답하였다. 동 사업을 통하여 스리랑카 최초로 풍력발전 추진 가능성에 대한 조사가 이루어졌으며, 풍력발전 기술이전이 이루어졌기 때문이다. 이는 곧 민간부문의 풍력발전 투자를 활성화하겠다는 동 사업의 소기의 목적을 달성한 성과라고 할 수 있다.

3) 결론

동 사업은 종료된 지 10년이 지난 사업임에도 불구하고 운전 및 관리상태가 상당히 체계적으로 진행되고 있었다. 사업이 지속적으로 성공적으로 진행되는 이유는 다음과 같다.

① 오랜 사업 준비 기간(사업연구 → 사전타당성평가 → 사업타당성평가)
② 사업기획 및 종료 전 단계에 걸친 스리랑카측의 주도적 참여
③ 전문가 투입을 통한 체계적인 사업관리
④ 지역사회와의 소통을 통한 지역민들의 사업지원 획득
⑤ 효과적인 교육과정 및 체계적인 교육자료 관리

이 중에서도 가장 큰 성공요인은 스리랑카측이 자체조사를 통해 동 사업을 발굴하

고, 사업조사부터 종료에 걸친 전 과정에서 주도적으로 참여했다는 것이다. 사업 전 단계를 진행하면서 스리랑카측은 풍력발전의 기술적인 측면에 대한 이해도를 상당히 높인 것으로 보이며, 그 결과 10년이 지난 현재 발전소 유지·보수에 전혀 어려움이 없는 것으로 파악되었다. 지역 환경단체의 반발로 사업부지가 변경되어 전력생산이 기대에 못 미치는 것은 아쉬운 점으로 남아있으나, 이는 당시 재생에너지에 대한 지역사회의 이해도가 부족했기 때문에 발생한 것으로 보인다. 그럼에도 불구하고 지역사회의 의견을 수용함으로써 동 사업에 대한 지역민의 지속적인 지지를 확보할 수 있었던 것으로 판단된다.

교육과정이 성공적일 수 있었던 이유는 첫 번째로 충분한 기간에 걸친 체계적인 교육 및 충분한 교육자료가 제공되었기 때문이다. 특히 시운전 전 기간 동안에는 수행사가 파견한 인도 기술자가 상주하여 교육을 제공하였는데, 수행사는 인접한 국가에서 기술자를 고용하고 시운전 및 운영교육을 제공함으로써 사후 관리의 효율성을 높인 것으로 보인다. 또한 사후에 추가적으로 교육을 제공하면서 교육연수자들의 교육 효과가 상승한 것으로 판단된다. 두 번째 이유로는 스리랑카에 기본적인 전문인력풀이 존재하고 이들이 교육에 참여하였으며, 현재까지 동 사업을 관리하고 있기 때문인 것으로 판단된다. 이 사실은 교육에 참가하는 이들의 교육수준 및 전문지식의 수준이 높을수록, 교육에 참가하는 이들이 지속적으로 사후관리에 투입될수록 교육의 효과 및 발전소 운영효과가 높아진다는 점을 시사한다.

■ 스리랑카 500kW 계통연계형 태양광발전사업

라. 프로젝트 개요

■ 프로젝트 명

- 국문명: 스리랑카 500kW 계통연계형 태양광발전사업
- 영문명: 500kW Grid Connected Solar PV Power Generation Project

■ 프로젝트 목적

스리랑카의 전력공급을 확대하고, 지속가능 에너지원 개발목표와 맞물린 태양광발전의 기초정책자료를 생성한다.

■ 추진배경

동 프로젝트는 태양광설비가 전무한 스리랑카에 500kW급 태양광시범사업을 통해 태양에너지 보급 활성화를 꾀하고자 하는 목적에서 시작되었다. 현재 스리랑카는 재생에너지를 활용한 전력공급에 대한 강한 의지를 보이고 있으며, 풍력, 바이오매스, 소수력에 대한 발전차액지원제도(FIT: Feed in Tariff)를 수립하고 있으나 태양광발전의 경우 사업사례가 없어 지원제도를 마련하고 있지 않은 상황이다. 이에 동 시범사업을 통해 태양광발전부문에 민간투자를 유도하고 향후 태양광에 대한 발전차액지원제도를 마련할 방침이다. 동 사업에 투입된 자금은 총 400만 달러이며, 이 중 한국국제협력단이 300만 달러를 무상지원하고, 스리랑카 정부가 100만 달러를 자체조달하였다. 사업기간은 2009년부터 2010년까지 총 2년이다.

동 사업은 500kW급 계통연계형 사업으로 진행되었다. 발전소 옆 부지에 일본국제협력기구인 JICA가 737kW급 계통연계형 태양광발전 사업을 진행하였기 때문에 국가전력망에 연결되는 태양광발전용량은 총 1,273kW이다.

현재 동 태양광발전소와 JICA 태양광발전소는 지속가능에너지청에서 전담하여 관리하며, 관련 전문가 11인이 상주한다.

마. 프로젝트 수행 과정

■ 프로젝트 진행 절차

동 프로젝트를 위한 부지제공 및 정리는 스리랑카 정부가, 시공은 LG CNS가 담당하였다. 프로젝트 진행 절차는 다음과 같다.

[표 97] 스리랑카 태양광 프로젝트 진행 절차

현장조사 및 상세설계
↓
토목공사
↓
구조물 및 설비설치
↓
전기 & 통신공사
↓
전문가 파견
↓
연수생 초청 및 교육
↓
시운전

주요 설치 설비는 태양광 Array, 인버터, 수변전 설비, 수변전설비 보호시스템, 모니터링 시스템이었으며, 발전시설용량은 500kWp이었다. 인버터는 250kW급 2대가 설치되었고, 변전기기는 33kV급 배전반이 설치되었으며, 송전선로 및 수변전설비 보호는 한전 표준방식을 적용하여 고압설비를 설치하였다. 동 프로젝트 사업비는 총 400만 USD였으며, 이 중 300만 USD를 한국국제협력단 측에서, 100만 USD를 스리랑카 정부가 부담하였다. 프로젝트 진행 과정 중 주목할 만한 것은 스리랑카 측의 토목공사지연으로 인해 공기가 지연되고 추가적인 비용이 발생하였다는 점이다[265].

바. 프로젝트 현황 및 성과

1) 프로젝트 현황

발전소 방문 당시 250kW급 인버터 2대 중 1대가 고장을 일으켜 50%의 전력손실이 발생한 상황이었으며, 현장 관리자들은 고장원인을 전혀 파악하지 못하고 있는 실정이었다. Technical Officer인 Mr. Amila는 이와 관련하여 LG CNS에 지원요청을 하였다고 대답하였다. 이 외 모니터링 시스템도 고장을 일으킨 상황이었으며, 현장관리

265) 스리랑카 계통연계형 태양광발전소 건립사업 최종평가보고서 참조

자들은 고장원인에 대해 전혀 알지 못하였다. Mr. Amila는 현장관리자들이 인버터에 대한 기술적인 지식이 부족하여 고장원인을 파악하기 어렵다고 대답하였다.

Mr. Amila에 따르면 인버터 고장 전까지 전력생산량은 일정한 편이었으나 시간단위 전력생산량이 약 350kW라고 답하여 평균발전량이 설계용량대비 약 75%인 것으로 파악되었다. 하루 평균 전력생산량은 2,500kWh였으며, 발전소 가동은 오전 11시 30분에 자동으로 운전을 시작하여 오후 6시에 마감한다고 답변하였다.

방문 당시 태양광 Array가 청소 중에 있어 태양광 Array 및 케이블 등 기본적인 설비에 대해서는 관리가 이루어지고 있음을 알 수 있었다. 그러나 인버터 내부는 먼지가 쌓여 있었다. Mr. Amila는 현재 발전소 내부에 설치된 전 설비에 대한 유지보수가 전혀 이루어지지 않고 있다고 하였다.

2) 프로젝트 성과

인터뷰 대상자들은 교육이 전반적으로 유익하게 진행되었다고 답변하였다. 그러나 교육내용이 발전소 운영방법에 한정되어 있어 기술적인 내용은 상대적으로 파악하기 어렵다고 답변하였다. 특히 인버터의 경우 전력관련 전문가들에도 낯선 신기술이라고 여기고 있어 운영에 어려움을 느끼고 있다고 답변하였으며, 인버터 기술에 대한 구체적인 자료가 제공되거나 추가적인 기술교육이 있었으면 좋겠다고 답변하였다. 특히 고압설비의 경우 스리랑카 전력전문가들에게 낯선 설비인데도 불구하고 운영교육이 진행되지 않아 인터뷰 대상자들이 운영에의 어려움을 호소했다.

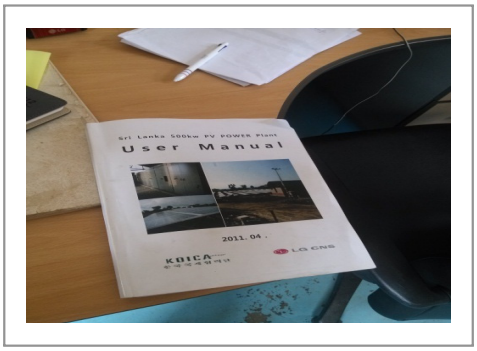
또한 교육 시행 당시, 태양광 설비 운영에 대한 교육은 진행되었으나 유지·보수 방안에 대한 교육이 진행된 적이 없어 발전소 내부에 설치된 전 설비(인버터, 고압설비 등)에 대하여 먼지 등 잡물질을 제거하는 방법을 알지 못한다고 답변하였다.[266] 인터뷰 대상자들은 전 설비에 대한 유지·보수 방법에 대한 교육을 제공해주거나 유지·보수 장비들을 지원해 주길 희망하고 있었다.

---

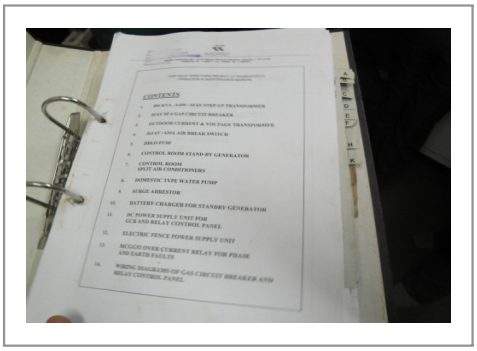
266) JICA가 시행한 태양광발전사업의 경우 현지업체와 2년 계약을 맺어 유지·보수 업무를 아웃소싱(outsourcing)하였음. 계약 종료 시점에서는 현지업체가 유지·보수업무를 지속가능에너지청 전문가에 인수인계하기로 함.

교육자료로는 영어로 된 운영매뉴얼이 제공되어 이해하기에 무리가 없다고 답변하였다[267]. 운영교육에는 스리랑카 지속가능에너지청 전문가들이 참가하였으며, 교육수료 후 연수자들이 발전소 운영자들에게 내용을 전수하였다. 인터뷰 대상자들은 교육자료가 대단히 유용하다고 답변하였다.

[사진 18] 운영매뉴얼



[사진 19] 운영자료



프로젝트 진행과정 중 스리랑카 측의 공사지연으로 인해 공기가 다소 지연된 것 외에는 주목할 만한 문제점은 없는 것으로 파악되었다. 다만 프로젝트 기획과정 중에서 스리랑카측에 생소한 고압설비가 추가된 것은 스리랑카측과 한국국제협력단 간의 충분한 논의가 이루어지지 않은 결과로 보인다. 고압설비는 한국전력 표준설비가 공급되었으며 인터뷰 대상자들은 고압설비 운영 및 관리에 많은 어려움을 느끼고 있었다. 지속가능에너지청 경제부 부장 Mr. Alwis는 고압설비 관련하여 “향후 발전소 용량을 증설할 경우 고압설비가 유용할 것으로 보이나 현재의 시점에서는 유용성이 크지 않으며, 비용효율성의 측면에서 불필요한 비용이 집행되었다”는 의견을 제기하였다.

이외의 개선점으로는 냉방시설 설치에 대한 의견이 있었다. 현재 발전소 내 많은 전력기기들이 운전되고 있으나 냉방시설이 없어 발생되는 열을 감당하기 어려운 수준이라는 의견이었다. 스리랑카 기후가 고온다습한데다가 전력기기의 경우 운전 중 열이 추가적으로 많이 발생하므로, 전력기기를 적절하게 유지하기 위해서는 냉방시설이 필요한 것으로 보인다.

267) 스리랑카는 영어를 널리 쓰고 있어 전력전문가들도 영어로 소통하는 것에 무리가 없었음.

또한 발전소 내에 운영자들을 위한 사무실 공간이 없는 점도 개선점이라고 판단된다. 동 내용은 스리랑카 측에서 제기하지는 않았으나 동 발전소에 전문인력들이 24시간 교대근무를 한다는 사실을 감안할 때 이들을 위한 사무공간이 필요하다고 판단된다. 냉방시설 및 사무실 공간관련 비용에 대해서는 지속가능에너지청과의 협의를 통해서 결론도출이 가능할 것으로 보인다.

3) 결론

동 사업은 태양광발전이 전무한 스리랑카에 시범사업을 통하여 태양광발전부문을 활성화시킴으로써 장기적으로는 스리랑카 재생에너지 정책목표 달성에 기여하고, 국내기업의 해외진출 교두보를 마련한다는 목적에서 시작되었다. 인버터 고장 전까지 전력이 일정하게 생산되어 스리랑카 전력공급에 기여한 것으로 보이며, 동 사업 이후 다수의 민간투자자들이 태양광발전사업에 관심을 보이고 있다는 사실을 감안할 때, 민간자본의 태양광발전부문 투자를 활성화시킨다는 동 프로젝트의 소기의 목적을 달성했다고 할 수 있다.

고압설비 설치문제는 프로젝트 기획과정에서의 쌍방 협의가 충분하지 않았기 때문인 것으로 판단되며, 이미 설치가 된 현 시점에서는 현지 운영자들을 대상으로 고압설비 운영에 대한 교육을 추가로 제공하는 것이 바람직하다고 판단된다. 태양광 발전설비에 대한 운영교육은 이미 제공되었지만 현지 운영자들이 인버터 운영이 아직 어렵고 기술적인 내용을 완전히 이해하지 못한다고 대답한 만큼, 설비관련 기술교육을 추가로 진행하는 것도 고려할 만한 사항이다.

조사팀 방문 당시 인버터 1대가 작동을 멈춘 상태여서 LG CNS가 관련 후속조치를 하기로 결정된 상황이었다. 인버터가 250kW급 2대로 구성되어 있어 1대라도 문제가 발생할 시 전력손실이 50% 발생하며, 문제발생 시에는 현지의 유지·보수 역량이 낮아 즉각적인 보수가 이루어지지 못하고 멀리 떨어져 있는 한국 시공사의 도움을 요청해야 하는 상황이다. 이렇게 현지의 기술적 역량이 낮은 경우에는 설비에 문제가 발생했을 경우 즉각적인 조치가 이루어지기 어려운 바, 리스크요인을 분산하여 설비 고장으로 인한 피해를 줄일 필요가 있을 것으로 판단된다. 사업기획 시 250kW급 인

버터 2대가 아닌 100kW급 인버터 5대로 리스크 요인을 분산하는 방안 등을 고려할 수 있을 것으로 보인다.

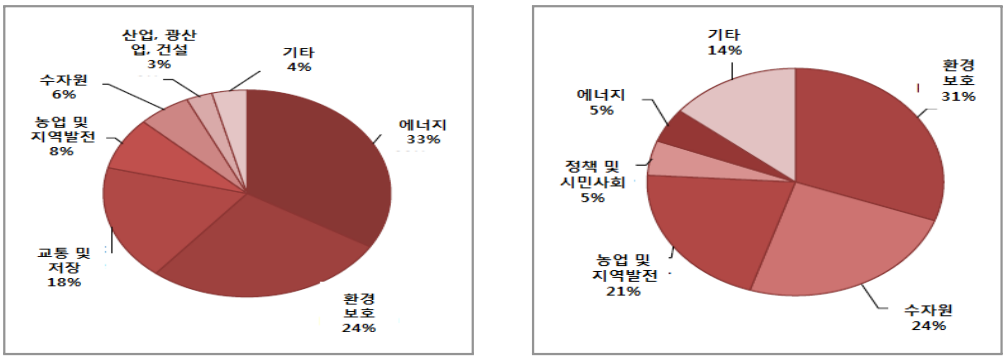
Ⅳ. 동아시아 주요 3국의 재생에너지 사업 수행방안 연구

1. 재생에너지 국제원조 규모 및 현황 개괄

국제원조는 크게 양자원조(Bilateral Aid)와 다자원조(Multilateral aid)로 구분된다. 양자원조는 공여국이 수원국에 직접 자원 및 재화를 지원하는 방식이며, 다자원조는 세계은행과 같은 국제적인 대부기관에 출자함으로써 간접적으로 원조하는 방식이다. 경제협력개발기구(Organization for Economic Cooperation and Development: OECD) 내 설치된 개발원조위원회(Development Assistance Committee) 회원국들의 양자원조와 다자원조 비중은 각기 다른데 노르웨이와 핀란드 등의 북유럽 국가들의 경우 다자원조 비중이 높으며, 일본, 미국 등은 양자원조 비중이 높다. 개발원조위원회 회원국들의 원조 현황은 경제협력개발기구 웹사이트와 각 국 원조기관 홈페이지에 공개되어 있으며, 세계은행과 아시아 개발은행과 같은 다자원조기관은 대개 자체 통계시스템을 통하여 원조국가, 원조규모, 원조산업 등의 데이터를 수집하여 공개한다. 여기서는 세계은행과 ADB와 같은 핵심 다자 기관들을 중심으로 재생에너지 개발원조사업 지원 현황을 알아보도록 한다.

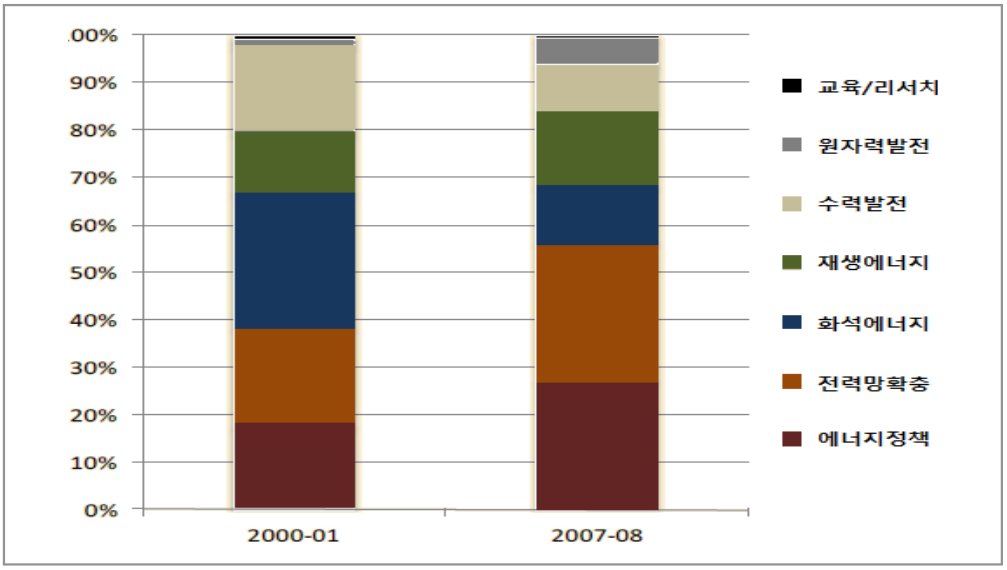
기후변화 적응 및 완화를 위한 개발원조사업을 유형별로 구분하면 에너지, 수자원, 환경보호, 농업 및 지역개발 등으로 구분할 수 있다. 에너지사업은 다시 에너지효율화 사업과 신재생에너지 사업으로 세분화된다. 에너지효율화 사업은 일반적으로 LED (Light emitting diode) 조명 등 에너지 고효율 기기 지원 및 전력망효율화, 에너지 진단 등의 사업을 지칭하며, 신재생에너지 사업은 태양열, 태양광, 지열, 풍력, 바이오매스, 연료전지 발전사업을 통칭한다. 개발원조위원회 회원국들이 지원하는 기후변화 대응사업에서 에너지 부문이 차지하는 비중은 아래 그림에 잘 나와 있다. 기후변화 완화 분야에서 에너지사업은 전체사업의 33%, 적응 분야에서는 5%가량을 차지하여, 에너지 사업은 상대적으로 완화의 차원에서 이루어지고 있음을 알 수 있다.

[그림 92] 기후변화 완화(좌측) 및 적응(우측) 원조사업 유형[268]



아래 그림은 2000~2001년과 2007~2008년 개발원조위원회 회원국들의 에너지 원조사업 유형별 변화를 비교한 것이다. 여기서 보면 재생에너지 사업과 에너지 정책 사업, 전력망 확충 사업 비중이 크게 증가한 반면에 화석에너지 및 수력발전 사업의 비중이 크게 감소했음을 알 수 있다. 이는 개발원조위원회 회원국들의 에너지 개발원조사업의 유형이 화석연료 중심에서 청정에너지로 전환되고 있음을 보여주는 것이다.

[그림 93] 2000-1년, 2007-8년 DAC 국가 재생에너지 사업 원조비중 비교[269]

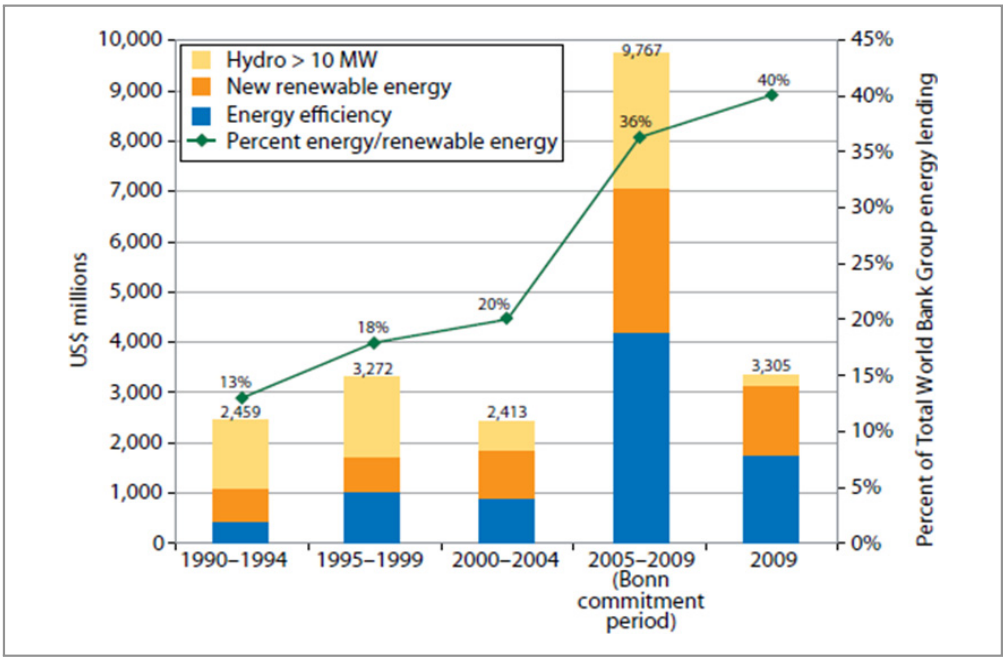


268) Organization of Economic Cooperation and Development. *OECD DAC Statistics on Climate-related Aid*, 2012.

269) OECD, *Measuring Aid for Energy*, 2010.

세계은행의 재생에너지 및 에너지효율화 사업 비중도 2004년 본 선언(Bonn Commitment) 이후 크게 증가하는 추세이다. 2009년 세계은행의 재생에너지 및 에너지효율과 사업 지원규모는 전년도와 비교 24% 증가한 33억 달러를 기록함으로써 최대의 증가율을 보였다. 2005년부터 2009년까지 세계은행이 동 분야에 지원한 사업 규모는 85개국에 걸친 364건에 달한다.

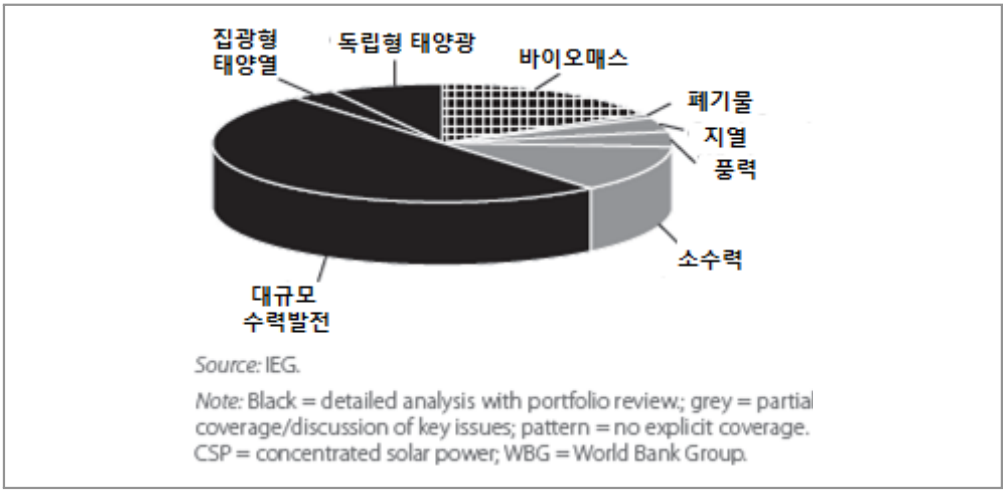
[그림 94] 세계은행의 에너지부문 원조 규모에서 신재생에너지 및 에너지효율화 비중 증가 추이[270]



세계은행의 재생에너지 사업은 포트폴리오가 다양해지는 추세이긴 하나 아직까지 대규모 수력발전사업의 비중이 큰 편이다. 대규모 수력발전 다음으로는 바이오매스와 소수력의 비중이 높으며, 독립형 태양광이 그 뒤를 잇고 있다. 폐기물, 지열, 풍력 발전 사업의 비중은 낮은 편이다.

270) World Bank, Energy and Mining Sector Board *Beyond Bonn: World Bank Group Progress on Renewable Energy and Energy Efficiency in Fiscal 2005-2009*, Washington, 2009.

[그림 95] 세계은행그룹의 재생에너지사업 포트폴리오[271)]



아래 표는 세계은행의 재생에너지 중 풍력, 수력, 지열, 바이오매스, 태양에너지의 투자규모를 계통연계형과 독립형으로 구분하여 나타낸 것이다. 전체 재생에너지 사업 투자기금 중 23.6%는 독립형 발전에 사용되었으며 나머지는 계통형 발전에 사용되었음을 알 수 있다. 이는 곧 세계은행의 재생에너지 사업이 계통연계형 대규모 사업이 주를 이루었음을 나타내는 것이다.

[표 98] 2003~8년 세계은행의 재생에너지 사업 투자규모

(단위 : 백만USD)

재생에너지원별	투자규모	
	계통연계형[272)]	독립형[273)]
풍력	521	81
수력	2,422	378
지열	406	280
바이오매스	229	313
태양에너지	142	100
합계	3,721	1,152

271) World Bank. Independent Evaluation Group, *Phase II: The Challenge of Low-Carbon Development*, Washington, 2010.

272) 동 수치는 IBRD, IDA, IFC, MIGA, GEF, 카본 펀드 등 세계은행과 자매기관의 투자금까지 모두 고려한 수치임. World Bank, *Phase II: The challenge of low-carbon development*, 2010.

273) *Ibid.*

지금까지 살펴본 바에 따르면 경제협력개발기구 회원국들과 세계은행 등 다수의 개발원조 기관들이 재생에너지 및 에너지효율화 사업에 투자하고 있음을 알 수 있다. 세계은행의 경우 대규모 수력발전 비중이 아직 높기는 하나, 소수력이나 다른 재생에너지 발전사업 비중도 확대하는 추세이다.

최근에는 특히 에너지를 비롯한 인프라사업을 주로 지원하는 일본과 재생에너지 기술이 발달한 유럽이 적극적으로 재생에너지 원조사업을 추진하고 있다. 유럽원조기구(Europe Aid)의 경우, 재생에너지 및 에너지효율화 사업 투자 비중이 화석연료 발전사업의 10배 이상이다[274]. 현재 아시아개발은행 내 설치된 에너지 관련 기금의 대부분은 유럽국가 및 일본이 지원한다.

[표 99] 아시아개발은행 내 에너지 관련 기금 및 후원국가

펀드명	후원국가
Clean Energy Financing Partnership Facility (CEFPF)	오스트레일리아, 노르웨이, 스페인, 스웨덴, 일본, 국제탄소포집저장기구
Climate Change Fund(CCF)	ADB
Renewable Energy, Energy Efficiency, and Climate Change(REACH)	캐나다, 덴마크, 네덜란드, 핀란드
Energy for All Partnership	ADB, SNV, 한국풍력산업협회, Renewable Energy and Energy Efficiency Partnership(REEP) 등 다수 기관

2. 재생에너지 사업모델 선정 방법 및 결과

가. 재생에너지 사업모델 선정 방법

동아시아 3국의 재생에너지 사업 수행방안은 재생에너지 사업모델안을 수립하고 모델별 추진방안을 제시하는 방향으로 진행하였다. 재생에너지원 8종별[275] 원조사업 수행방안을 3국별로 연구하는 것은 범위가 너무 방대할 뿐 아니라 국가별로 유사사업을 반복적으로 도출해내는 우를 범할 여지가 있다. 따라서 국가별 실행가능성이 높은

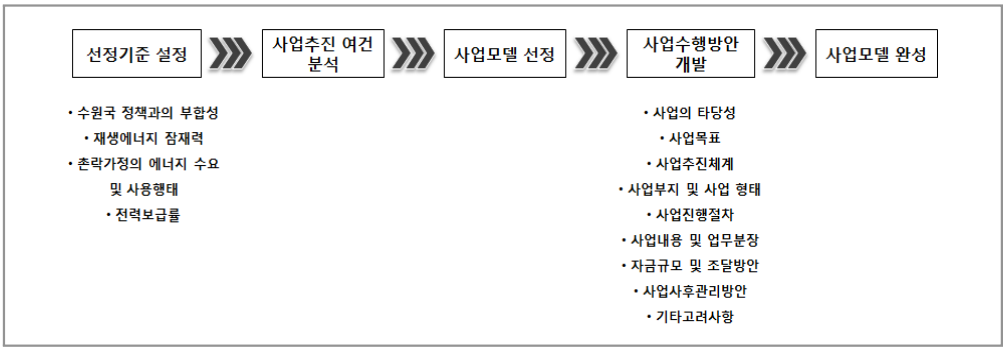
274) European Commission. *Support for Energy in Developing Countries and the Sustainable Energy for All Challenge: Much achieved and a lot more to be done*, 2012.

275) 태양열, 태양광, 소수력, 풍력, 지열, 바이오에너지, 해양에너지, 폐기물에너지

사업모델을 우선 선정하고 선정된 사업모델을 기반으로 재생에너지 사업 수행방안을 제시함으로써 향후 한국국제협력단 실무 담당자들이 실제 업무에 적용 가능하도록 하였다.

재생에너지 사업모델을 선정하기 위한 기준은 수원국 정책과의 부합성, 재생에너지 잠재력, 촌락가정의 에너지수요와 사용행태, 전력보급률의 4가지로 하였다. 동 4가지 기준을 근거로 사업추진 여건을 분석함으로써 적절한 재생에너지 사업모델을 국가별로 1개씩 총 3개를 선정하였다. 선정된 모델을 바탕으로 사업의 타당성, 목적, 추진체계, 진행절차, 자금조달방안 등 사업수행방안을 개발하여 사업모델을 완성하였다.

[그림 96] 재생에너지 사업모델 개발 절차



나. 선정 기준별 국가 여건 분석

1) 수원국 정책과의 부합성

수원국 정책과의 부합성은 한국국제협력단이 원조사업을 추진하는 데 있어서 가장 중요하게 고려하는 사항 중 하나이다. 재생에너지 사업은 수원국의 개발정책 및 수요에 부합함으로써 국가경제개발 및 빈곤 퇴치에 기여해야 한다. 또한 전 인류가 기후변화의 위협에 직면해 있는 만큼 국제적인 온실가스 감축 노력에 기여해야 한다는 당위성을 확보하여야 한다.

에너지는 국가경제 및 산업을 발전시키는 데 있어 가장 중요한 기간산업이다. 따라

서 에너지정책은 동서고금을 막론하고 국가개발정책에서 빠지지 않는 핵심 사안이다. 또한 최근 기후변화 문제가 대두되면서 다수의 선진국 및 개발도상국들이 온실가스 감축 정책을 수립하였거나 수립하는 추세이다. 수원국이 에너지정책과 온실가스 감축 정책의 일환으로 재생에너지 개발에 대한 국가목표를 수립하였다면, 이는 재생에너지원 개발에 대한 해당 정부의 의지를 표방한 것이다. 이는 한국국제협력단의 재생에너지 원조사업의 정책적 당위성을 더욱 공고히 하는 것이므로, 수원국이 재생에너지 개발 국가목표를 수립하였는지 여부를 확인하는 것은 매우 중요하다.

베트남과 스리랑카는 재생에너지 개발정책 및 구체적인 목표를 수립하고 있으나 캄보디아의 경우에는 국가 에너지수급 차원에서의 목표가 아닌 가정 및 마을단위 전력 보급 차원에서의 재생에너지 정책을 수립하고 있다. 베트남과 스리랑카의 재생에너지원별 국가 개발목표는 다음과 같다.

[표 100] 베트남과 스리랑카 재생에너지 개발목표 비교

발전원	베트남	스리랑카
풍력	• 2020년까지 1,000MW(0.7%)로 확대 • 2030년까지 2,000MW(1.1%)로 확대	• 2015년까지 85MW로 확대
바이오매스	• 2020년까지 500MW(0.6%)로 확대 • 2030년까지 2,000(1.1%)로 확대	• 2015년까지 40MW로 확대
소수력 (양수식발전)	• 2020년까지 1,800MW로 확대 • 2030년까지 5,700MW로 확대	• 2015년까지 330MW로 확대

베트남과 스리랑카가 정책적으로 중요하게 생각하는 자원은 소수력이다. 그러나 양국 모두 자체적으로 상당한 수준의 수력발전 기술을 보유하고 있으며, 관련 산업도 상당히 발전되어 있어 외부의 기술지원이 크게 필요하지 않은 상황이다. 기술이전 및 국가에너지산업 육성 측면에서 판단할 때, 풍력발전과 바이오매스 발전사업이 원조사업으로 더 적절할 것으로 판단된다. 베트남과 스리랑카 양국 모두 수력발전 다음으로 풍력자원 개발을 정책적으로 우선시한다. 한편, 양국 모두 아직까지 태양에너지에 대한 국가목표를 수립하고 있지는 않은데, 태양에너지 개발이 활발해지는 추세인 만큼 향후 국가목표를 수립할 것으로 예상된다. 동 연구팀과의 현지 간담회에서 스리랑카 지속가능에너지청은 가까운 미래에 태양광발전 발전차액지원제도를 수립할 예정이라고 밝힌 바 있으며, 베트남 정부 또한 태양광발전사업이 증가하고 있어 발전차액지원

제도 수립을 고려하고 있다고 밝힌 바 있다.

캄보디아의 경우 2020년까지 마을단위 전력보급률 100%를 달성한다는 목표를 수립하였는데, 이 중 계통연계형이 60%, 독립형이 40%를 차지할 예정이다. 독립형 중 태양광발전에 의한 전력보급이 12%, 소수력 및 기타 발전원에 의한 전력보급이 26%[276]를 차지한다. 그러나 이는 산업 및 상업부문을 제외한 가정부문만을 다룬 것이므로, 국가 재생에너지 정책으로서의 한계를 가지고 있다.

2) 재생에너지 잠재력

재생에너지 원조사업을 추진하기 위해서는 재생에너지 잠재력에 대한 평가가 반드시 수반되어야 한다. 베트남, 캄보디아, 스리랑카 3국 모두 풍력, 태양력, 바이오매스, 소수력 등의 재생에너지 자원이 풍부하다는 사실은 앞서 살펴본 바와 같다. 따라서 여기에서는 에너지원별 잠재량을 비교하여 국가별로 우수한 에너지원을 선별하도록 한다. 에너지원별 잠재량 비교표는 다음과 같으며, 캄보디아의 경우 재생에너지원 잠재력을 MW 단위로 평가한 자료가 없었던 바, 재생에너지원별 잠재량 비교가 불가능하였다.

[표 101] 3국 재생에너지 잠재력 비교[277]

(단위 : MW)

발전원	베트남	캄보디아	스리랑카
풍력	1,785~8,700	-	1,010
바이오매스 (농업부산물)	418~501	-	360
바이오가스 & 매립가스	270	-	-
소수력	7,000	-	602
태양력	1,799	-	250

소수력을 제외하고 잠재력이 풍부한 자원은 베트남의 경우 풍력과 태양력이고, 스리랑카는 풍력과 바이오매스이다[278]. 캄보디아의 경우 풍력과 소수력은 국토 일부

276) 보고서 앞부분에 기술되어 있는 캄보디아 전력정책 내용 참조

277) 앞서 기술된 각 3국 별 전력정책 및 재생에너지 정책 내용 참조

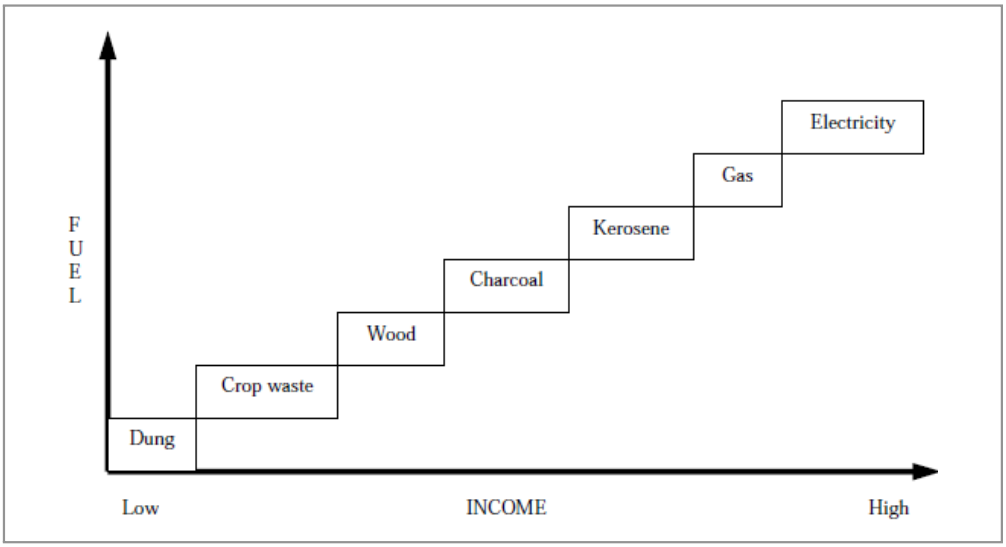
지역에서만 개발이 가능한 데 반해, 태양에너지는 전 국토에 걸쳐 개발이 가능하다.

3) 촌락가정의 에너지수요 및 사용행태

원조사업의 수혜자는 사업의 종류 및 성격에 따라 다르나, 재생에너지 사업의 경우 수혜자는 전력을 공급받지 못하고 있는 계층으로, 즉, 촌락 빈곤가정 및 마을주민이 해당된다. 수혜자의 수요를 반영한 사업모델을 개발하기 위해서는 지역주민들의 에너지 소비 형태 및 수요를 먼저 파악해야 한다.

가정의 에너지원에 가장 큰 영향을 미치는 요소 중의 하나는 소득이다. 소득수준이 낮을수록 가축 분뇨나 농업부산물 등의 전통적 형태의 에너지를 사용하고, 소득수준이 높을수록 가스나 전기 등의 상업적 에너지를 사용한다. 이는 가정의 소득수준이 높을수록 가공된 에너지를 사용한다는 개념으로, 에너지 사다리(Energy Ladder)라고 부른다.

[그림 97] 에너지 사다리 도식[279)]

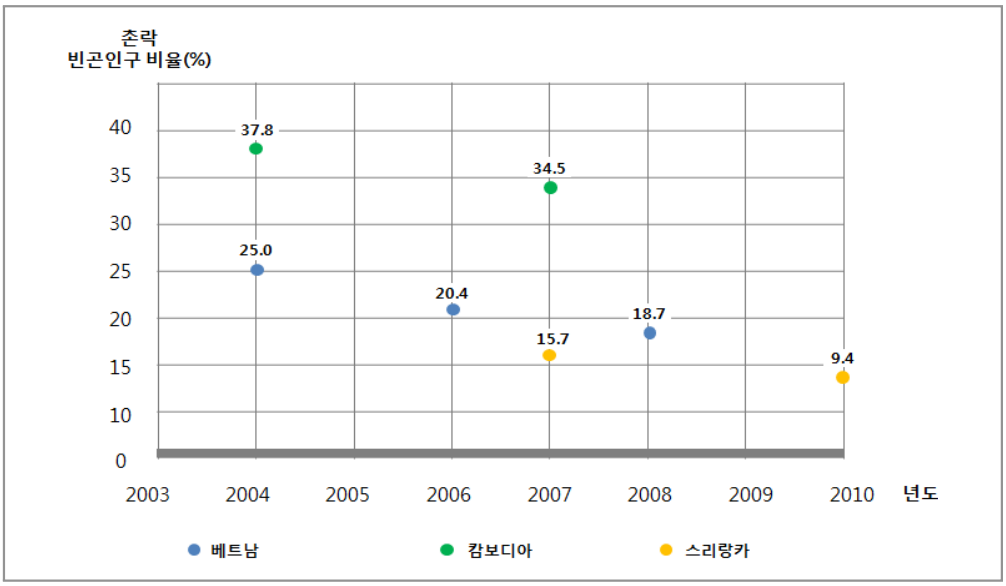


278) 상기 태양력 잠재량은 가정별 지붕에 설치 가능한 면적을 기준으로 산정된 것이다. 출처: Nguyen, Kuanh. 2005. *Op Cit.*

279) Rajmohan, K. and Weerahewa, J. *Household energy consumption Patterns in Sri Lanka*, Sri Lankan Journal of Agricultural Economics, Vol. 9, 2007.

베트남, 캄보디아, 스리랑카 3국 내 촌락가정은 모두 소득수준이 낮은데, 이 중 소득수준이 가장 낮은 국가는 캄보디아이며, 소득수준이 가장 양호한 국가는 스리랑카이다. 아래 그림은 세계은행의 데이터를 기반으로 도출한 그림인데, 전체 지역인구에서 소득수준이 빈곤선 이하인 인구가 차지하는 비율을 나타낸 것이다. 2007년 현재 캄보디아의 지역 빈곤인구비율은 34%를 상회하고 있으며, 이는 지역 촌락인구 3명 중 1명의 경제수준이 빈곤선 아래에 위치한다는 것을 보여준다. 스리랑카의 경우 2010년 현재 빈곤선 아래의 촌락인구 비율이 10%선을 나타내고 있어 지역경제의 빈곤수준이 비교적 양호함을 보여준다.

[그림 98] 3국의 빈곤선 이하 소득 촌락인구 비율 비교[280]



3국별 촌락지역 인구의 소득수준에 가시적인 차이가 보임에 따라, 에너지 수요 및 사용 행태 또한 약간의 차이가 있을 것으로 보인다. 캄보디아 촌락가정의 경우 농업 부산물이나 가축 분뇨, 임산연료 등 전통적인 연료에 크게 의존, 최소 수준의 에너지를 사용할 것으로 예측되는 데 반해, 스리랑카의 촌락가정은 사용하는 연료종류가 약간의 다양성을 보일 것으로 판단된다.

280) *Poverty Headcount Ratio at Rural Poverty Line (% of Rural Population)*, Data, World Bank.

여기서부터는 3국별 촌락가정의 에너지 수요 및 사용 행태를 좀 더 구체적으로 알아보도록 한다. 베트남의 경우 신뢰성 있는 최신의 자료를 확보하지 못한 바, 캄보디아와 스리랑카에 한정하여 촌락가정의 에너지 사용 행태에 대해 알아본다.

■ 캄보디아

캄보디아 촌락가정의 에너지 수요 및 소비 행태는 프놈펜왕립대학의 Vibol 교수가 진행하여 2011년에 발간한 연구자료를 바탕으로 알아보도록 한다. 이 연구팀은 캄퐁츠낭(Kampong Chlnang)주의 프놈춤레이(Phnom Chumriey)지역을 표본지역으로 하여 가정의 에너지 소비 형태를 설문을 통해 조사하였다. 설문 응답자는 지역민 803명이며 이들의 주 업종은 농업과 야자조청제조업, 숯생산업 등의 1차산업이다. 이 지역 가정의 평균 소득수준은 약 930~1,000달러이다.

아래 표는 설문 응답가정의 주요 연료원에 대해 나타내고 있으며, 각 가정은 해당 사항에 대해 복수 응답하였다. 연료사용의 주요 목적은 취사이며, 응답 가정의 96.5%가 임산연료를 취사용으로 사용하고 있음을 알 수 있다. 12.4%는 취사용으로 임산연료와 숯을 함께 사용하며, 일부 가정은 LPG를 사용한다. 등유는 주로 조명용으로 사용된다.

[표 102] 캄보디아 촌락가정의 주요 연료원 및 사용용도[281)]

연료원	가정 수	비율(%)	용도
임산연료	736	96.5	취사, 가축사료 준비, 가축 보호
숯	94	12.4	취사
가축분뇨	1	0.1	취사
농업부산물	50	6.6	취사
LPG	5	0.7	취사
등유	22	2.9	조명
바이오가스	2	0.3	취사, 조명

임산연료나 숯과 같은 전통적 에너지의 경우 자연환경을 파괴할 뿐만 아니라, 불완전 연소되었을 경우 일산화탄소 및 각종 오염물질을 배출함으로써 인간의 건강을

281) Vibol, San. *Assessment of the energy Potential, and Environmental and Economic Cost of Rural Energy Household Consumption*, Cambodia, Cambodian Development Research Forum, 2011.

위협한다. 설문응답 가정의 경우 임산연료의 50%는 자연산림에서, 18%는 관목지에서 채집하고 있어, 대부분의 연료원을 주변 자연환경에 의존하여 얻고 있다. 무분별한 산림자원 채취로 인한 삼림생태계의 파괴는 비단 설문대상지역뿐 아니라 캄보디아 국가 전체에 걸친 심각한 문제이다.

조명용 연료는 등유와 배터리를 가장 많이 사용한다. 배터리는 자동차용 배터리를 가장 많이 사용하며, 일부 가정의 경우 알카라인 배터리도 사용한다. 빈곤가정의 경우 양초를 사용하는 것으로 보이며, 소득수준이 높은 가정의 경우 전기를 사용한다.

[표 103] 캄보디아 촌락가정의 조명용 주요 연료원[282]

연료원	가정 수	비율(%)	주요 용도
등유	464	60.5	조명
양초	37	4.8	조명
바이오가스	2	0.3	조명
전기	39	5.1	조명, 전자제품사용
충전식 전지	444	57.9	조명, 전자제품사용
알카라인 전지	87	11.3	조명
디젤 엔진	7	0.9	조명

연료선택의 가장 중요한 요인 중 하나는 연료가이다. 다음 표는 연료종류별 가격계수를 나타낸 것이다. 연료별 가격을 비교하기 쉽도록 단위를 발열량 기준으로 통일하였다. 임산연료의 발열량은 약 3,500kcal/kg이며, LPG는 12,000kcal/kg, 등유는 8,200kcal/kg, 전기는 860kcal/kWh, 바이오가스는 4,800~6,900kcal/m^3이다.

[표 104] 캄보디아 연료별 가격 계수 비교[283]

(연료 단위: 1,000kcal)

가격	임산연료	LPG	전기	바이오가스	등유
Riel 기준	71	333	3,140	23~33	426
미화센트 기준	2	8	78	1	10

282) *Ibid.*

283) *Ibid.*

상기 표에 따르면 가장 저렴한 에너지원은 바이오가스와 임산연료이며, 가장 비싼 에너지원은 전기와 배터리이다. 바이오가스는 중상 규모의 가축을 보유한 경우 포집이 가능한 에너지이므로, 바이오가스를 사용하는 가정의 수는 한정적이다.

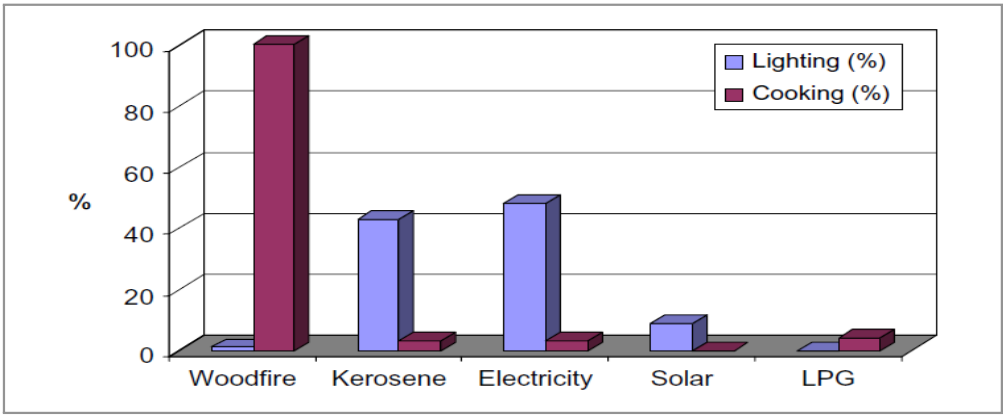
캄보디아 촌락가정의 경우 연료사용의 주요 목적이 취사 및 조명이므로 가능한 재생에너지 사업모델은 바이오가스 포집시설 사업과 같은 취사연료 공급사업 및 발전을 통한 조명용 전기 공급사업이다. 단, 전기 공급사업을 추진할 시, 각 가정이 조명기구 등의 전기기구를 구매해야 한다.

■ 스리랑카

스리랑카의 가정 에너지 수요 및 사용행태는 스리랑카 페라데니야대학 지질학교수인 Anoja Wickramasinghe의 연구결과를 바탕으로 알아보도록 한다. 동 연구는 2006~2007년 동안에 바둘라, 마탈레, 모네라갈라 지역의 2,269가구를 대상으로 에너지 소비 형태를 조사하였다. 응답가구의 42%는 월별 소득이 빈곤선 수준인 1인당 1,500루피(약 12미화달러) 이하이다. 응답가구의 12%만이 정기적인 소득원이 있으며, 나머지 가구의 경우 임시노동 등을 통해 가계수입을 충당한다고 밝혔다.

Anoja 교수의 연구를 살펴보면 스리랑카와 캄보디아 촌락가정의 에너지 수요 및 사용행태가 유사함을 알 수 있다. 스리랑카의 촌락가정의 경우에도 에너지 사용의 주요 목적은 취사와 조명이다. 설문응답 전 가구가 바이오매스를 취사용 연료로 사용한다고 답하였으며 이 중 121가구는 등유, 전기, LPG를 간헐적으로 함께 사용한다고 답하였다. 조명용 주요 연료는 전기보급률이 높은 지역의 경우 전기를, 전기보급이 낮은 지역은 등유를 사용하며, 비율은 52(태양광 전기 포함) 대 48이다. 자세한 내용은 다음 그림 및 표와 같다.

[그림 99] 스리랑카 연료별 사용 목적 비교[284]



[표 105] 스리랑카 지역별 사용연료 비교[285]

연료		바둘라 (Badulla)	모네라갈라 (Moneragala)	마탈레 (Matale)
조명	전기	48%	10%	72%
	등유	47%	72%	23%
	태양력	5%	18%	5%
취사	임산연료	100%	100%	89%
	등유	-	-	3%
	전기	-	-	3%
	LPG	-	-	4%
	바이오가스	-	-	1%

촌락가정에서 사용하는 취사용 바이오매스의 92%는 임산연료이며, 나머지 8%는 코코넛 이파리나 껍데기 같은 농업부산물이다. 취사용으로 임산연료를 사용하는 가장 큰 이유는 경제적으로 저렴하기 때문이다. 임산연료를 등유나 전기, LPG로 전환했을 때 한 가구가 추가로 지불해야 하는 비용은 월 12~14달러로 예상된다. 따라서 대부분의 응답가정들은 조명용으로 사용하는 등유를 전기로 전환하는 것에는 관심을 보였으나 취사용으로 사용하는 임산연료를 상업용 에너지로 전환하는 것에는 부정적인 태도를 보였다.

284) Wickramasinghe, Anoja., *Energy Access and transition to Cleaner Cooking Fuels and Technologies in Sri Lanka: Issues and policy limitations*, Energy Policy 39 (2011).

285) *Ibid.*

스리랑카도 캄보디아와 마찬가지로 취사용으로 주로 임산연료를 사용하고 있어 산림 및 자연환경의 파괴가 심각한 상황이다. 2006년 한 해 동안 스리랑카 가정에서 사용한 바이오매스는 310만 toe에 달했다. 이를 비용 환산 시 연간 4억 4,000달러에 달한다.

스리랑카 촌락가정의 경우 연료사용의 주요 목적이 취사 및 조명이므로 가능한 재생에너지 사업모델은 취사연료 공급사업 및 조명용 전력공급 사업이다. 전력사업을 추진할 시 각 가정이 조명기구 등의 전기기구를 구매해야 하는데, 설문조사 결과 가정들이 전기기구를 사용하는 데에 긍정적인 태도를 보였으므로 사업을 추진하는데 무리가 없을 것으로 판단된다.

4) 전력보급률

3국의 전력보급률은 앞서 알아본 바와 같다.

[표 106] 3국의 전력보급률 비교

	베트남	캄보디아	스리랑카
전력보급률	98%	20% 미만	88%

스리랑카의 경우 베트남보다 소득수준이 높음에도 불구하고 전력보급률이 낮은 이유는 북부지방에 내전이 발생하여 전력보급률이 상대적으로 매우 낮기 때문이다. 캄보디아는 전력보급률이 전국에 걸쳐 매우 낮아 전력사업에 대한 수요가 높다. 베트남의 경우 전력보급률이 이미 98%에 달해 독립형 전력사업의 수요는 낮은 편이다. 따라서 앞으로는 계통연계 자가 발전시설로 전환하는 정책적 배려가 필요한 것으로 보인다.

다. 사업모델 선정

3국에 적용 가능한 재생에너지 사업모델 선정 시 고려해야 할 요인을 정리하면 다음과 같다.

[표 107] 3국의 재생에너지 사업모델 선정 시 고려 요인

기준	베트남	캄보디아	스리랑카
정책과의 부합성	풍력, 소수력, 바이오매스, 태양력(잠재적)	-	풍력, 소수력, 바이오매스, 태양력(잠재적)
재생에너지 잠재력	풍력, 태양력, 바이오매스	태양력, 소수력	풍력, 태양력
촌락가정의 에너지수요	-	취사용, 조명용	취사용, 조명용
전력보급률	98%	20% 미만	88%
종합결론	• 전력비보급 인구 및 공공기관 대상으로 전력사업 수요 발생 • 재생에너지 기술이전 및 역량강화 수요 발생	• 가정대상 전력사업 및 취사연료 공급사업 모두 수요가 높음.	• 전력비보급 인구 중심으로 가정 대상 전력사업 수요 발생

베트남의 경우 전력보급률이 98%에 달해 이미 상당 수준 전력이 보급되고 있으므로 산간지역의 전력비보급 인구를 중심으로 한 재생에너지 발전사업이나, 가정이 아닌 학교 등 공공시설을 대상으로 한 재생에너지 발전사업이 적절한 것으로 판단된다. 산간지역의 경우 전력인프라 설치 비용이 높으므로 독립형 발전사업이 적절하다. 적절한 재생에너지 사업으로는 풍력과 바이오매스가 정책적 수요와 잠재력을 바탕으로 가장 타당한 것으로 판단되며[286], 기술적 측면에서는 태양광발전 기술 수요가 매우 크다. 설비 중심 사업 이외에 신재생에너지 관련 기술지원 및 교육지원, 정책지원 사업도 추진 가능하다. 그간 태양광 및 풍력사업이 정부 및 민간차원에서 다수 진행된 사례가 있어 현 단계에서는 기술지원 및 협력사업을 추진하기 좋은 시점이기도 하다. 또한 국가 전체에 바이오매스가 풍부한 만큼 재생에너지 전력보급사업이 아닌 폐기물 에너지화 사업도 고려할 만하다. 결론적으로 베트남의 경우 바이오매스가 풍부한데 비해 제대로 활용되지 않고 있으며 동 부문에 대한 한국국제협력단의 원조사례가 없었다는 점을 감안하여 바이오매스 에너지화 사업으로 연구모델을 최종 선정하였다. 베트남은 세계적인 코코넛 생산 국가로, 많은 코코넛 부산물이 활용되지 못하고 버려지고 있다. 이러한 현실을 감안하여 코코넛 피트 펠렛화 사업으로 결정하였다. 코코넛 생산량의 75%가 메콩강 삼각주에 집중되어 있으므로 남부 지역에 사업을 추진하는 것이 적절하다.

286) 태양에너지 개발을 위한 정책적 목표는 현재 수립되어 있지 않으나 가까운 미래에 수립될 것으로 예상됨.

캄보디아의 경우 태양에너지가 풍부하고 다수의 촌락가구가 조명용 연료를 배터리 전기로 공급받고 있기 때문에 마을단위의 태양광 발전사업이 타당성이 높다고 판단된다. 현재 캄보디아 전력인프라 수준이 전국에 걸쳐 매우 낮으므로 독립형 발전사업이 적절하다. 또한 촌락가정의 주요 연료가 취사용으로 사용되는 것을 고려할 때 취사연료와 조명용 에너지를 동시에 공급하기 위한 바이오가스 포집사업도 고려해볼 만하다. 다만 캄보디아의 경우 베트남에 비해 가구별 가축의 수가 적고 빈곤수준이 높아 바이오가스 사업을 가구별로 진행하기에는 무리가 있다. 이에 바이오가스 사업을 추진한다면 마을 공동소유 형태의 바이오가스 사업을 통해 가정에 취사용 및 조명용 연료를 공급하는 것이 방안이 될 수 있다. 캄보디아의 경우도 마찬가지로 한국국제협력단이 독립형 태양광발전사업을 이미 수행한 바 있으므로 마을공동형 바이오가스 설치사업을 사업모델로 최종 선정하였다. 캄보디아는 아직까지 교통 인프라가 대단히 열악하므로 프놈펜 인근 지역 주민을 대상으로 재생에너지 원조사업을 추진하는 것이 적절하다.

스리랑카의 경우 정책적 수요 및 재생에너지 잠재력 측면에서 볼 때 풍력발전이 가장 타당성이 높다. 스리랑카 정부는 현재 태양광에너지 개발에 대한 정책적 목표를 수립하고 있지 않으나 베트남과 유사하게 가까운 미래에 관련 정책을 수립하리라 예상되므로 사업 전망이 밝은 편이다. 현재 다수의 가정에서 조명용으로 전기를 사용하고 있고 전기보급률이 높으므로, 전력비보급 지역을 중심으로 발전사업을 추진하는 것이 적절하다. 전력비보급 지역의 경우 현재 전력인프라가 저조하여 계통형 전력사업을 추진하기가 어려우나 스리랑카 정부가 향후 전력인프라 확대에 적극 투자하리라 예상되는 만큼 정부의 전력인프라 계획과 연계하여 계통형 재생에너지 사업이 추진 가능하리라 판단된다. 스리랑카의 경우도 마찬가지로 한국국제협력단이 계통연계형 태양광발전사업을 이미 수행한 바 있으므로 계통연계형 풍력발전사업을 사업모델로 최종 선정하였다. 스리랑카는 북부지역에 풍력에너지가 풍부하므로 북부지역 주민을 대상으로 사업을 추진하는 것이 적절하다.

[표 108] 3국의 재생에너지 사업모델

국가	재생에너지 원조사업 모델안
베트남	• 학교 및 병원 등 공공건물에 대한 태양광패널 지붕설치 사업 • 산간지역을 중심으로 한 솔라홈 시스템 설치사업 • 산간지역을 중심으로 한 독립형 풍력발전사업 • 바이오매스 및 폐기물 에너지화 사업 • 재생에너지 기술이전 및 기술협력 사업 ☞ 선정 모델 : 바이오매스 에너지화 사업-코코넛 피트 펠렛화 사업
캄보디아	• 마을공동형 바이오가스 설치사업 • 독립형 태양광 발전사업 ☞ 선정 모델 : 프놈펜 인근지역 마을공동형 바이오가스 설치사업
스리랑카	• 계통연계형 풍력발전사업 • 계통연계형 태양광발전사업 ☞ 선정 모델 : 북부지역 계통연계형 풍력발전사업

3. 재생에너지 사업 추진 시 고려사항

가. 사업수요발굴

한국국제협력단은 수요조사, PPP 사업, 기업의 제안 등을 통하여 다양한 사업을 제안 받아 발굴한다. 좋은 사업을 발굴하는 것은 대단히 어려운 일이나, 또한 기억해야 할 것은 좋은 사업을 제안 받았음에도 제대로 선정하지 못하여 놓치는 일이 없도록 해야 한다는 것이다. 따라서 좋은 사업을 발굴하는 것은 사업발굴의 채널 확보뿐만 아니라 정밀한 사업 선정 프로세스를 수립했을 때 가능하다.

좋은 사업수요발굴방안 중의 하나는 PPP사업의 확대이다. 한국국제협력단의 경우 최근 PPP사업의 비중을 확대하는 과정에 있기는 하나, 아직 그 비중은 미미하다. 한국국제협력단의 원조사업의 경우 시민사회의 참여가 특히 부족하다고 할 수 있다. 현지의 시민사회단체 및 비정부기구 등의 참여를 확대함으로써 수원국 내 정부차원의 사업수요발굴뿐 아니라 민간차원의 사업수요를 발굴하는 것에도 관심을 기울일 필요가 있다.

나. 기술적 측면

재생에너지 사업은 첨단 기술과 정밀함이 요구되는 한편, 고급기술인력과 많은 자본이 필요한 사업이다. 재생에너지 원조사업의 경우 선진기술을 확보한 유럽 및 일본과 같은 나라들이 자국의 핵심 기술을 전수함으로써 재생에너지원이 풍부한 동남아 국가의 재생에너지 시장을 선점하려는, 다소 전략적인 차원에서 개발원조사업을 추진하고 있다. 예를 들어 풍력발전 기술이 발달한 독일, 덴마크와 같은 경우 관련 재생에너지사업을 다수 지원하고 있으며, 일본의 경우 동남아시아의 바이오매스 시장을 선점한다는 전략 하에, 바이오매스원에 대한 조사 및 원조사업에 많은 금액을 투자하고 있는 실정이다.

한국국제협력단의 경우 2008년 동아시아 기후파트너십 기금 조성 이후 재생에너지 사업에 대한 본격적인 지원이 시작됨으로써, 다른 선진국에 비하여 재생에너지사업에 대한 지원이 다소 늦게 시작되었다고 할 수 있다. 재생에너지 원조사업을 보다 효과적으로 추진하기 위해서는 우선 우리나라의 재생에너지 기술 현황을 파악한 후 전략적 재생에너지원을 선정하는 것이 필요하다. 우리나라의 경우 재생에너지 기술이 전반적으로 타 선진국에 비하여 대단히 발달했다고 말하기는 아직 어려우며, 정부의 지원 하에 향후 지속적으로 육성되어야 할 산업부문이다. 그러나 태양광 발전기술은 국제적 경쟁력을 갖추고 있으므로, 이러한 재생에너지원을 전략적 사업아이템으로 삼아 다양한 관련 사업을 추진하는 것이 바람직하다고 사료된다.

최근의 재생에너지 사업은 에너지효율사업과 재생에너지사업을 복합적으로 결합하는 방식으로 나아가고 있으므로, 한국국제협력단 역시 발전사업의 형태로만 사업을 진행할 필요는 없다고 사료된다. 태양광과 LED 조명을 결합하는 방식이나, 지열과 고효율냉방시설을 결합하는 사업 등은 에너지효율사업과 재생에너지사업을 복합적으로 결합하는 좋은 사업의 예가 될 수 있다. 또한 태양광시설관리서비스 사업이나 전력저장장비 설치 사업 등도 최근 각광을 받고 있으므로 경쟁력을 갖춘 전략적 아이템을 우선 선정한 후 수원국의 에너지수요 및 상황에 맞추어 적절하게 관련사업을 구성하여 제안하고 추진하는 것이 좋다.

다. 경제적 지속가능성

사업의 필요성과 공공성은 경제적 측면에서만 그 가치를 평가하기 어려우며, 이는 개발원조사업의 경우에도 마찬가지이다. 수익성이 좋지 않은 경우라 하더라도 사회적 정의를 실현하는 차원에서 소외계층이나 지역에 공공 사업이 이루어져야 하는 경우가 많이 발생하는데, 이 경우 발생할 수 있는 문제가 사업의 추진필요성에 대한 판단 여부이다. 재원은 한정되어 있고 다양한 사업에 대한 수요는 많은 상황에서, 특정 사업을 추진해야 하는 필요성과 가치를 적절하게 판단하기 어렵기 때문이다.

한국국제협력단의 많은 사업은 공공성을 주요 가치로 하는 사업들로써 경제성을 바탕으로 추진되는 것이 아니다. 경제성을 기준으로 하지 않으므로 사업의 가치 평가 및 선정에 있어서 기준이 애매한 경우가 종종 발생한다. 이 경우 사용가능한 툴 중 하나는 비용편익분석이다. 비용편익분석은 흔히 비용과 수익을 기준으로 하여 이루어지는 것이 보통이나 여기에서는 비계량적인 비용이나 이익, 즉, 환경적, 사회적인 이익까지 포함한 개념이다. 즉 사업을 통하여 발생가능한 일자리의 수, 가사노동시간의 단축 등의 요인까지 모두 포함하여 편익을 계산하는 것이다.

고려되어야 할 또 다른 중요한 사안은 사업의 사후 지속가능성이다. 다수의 원조개발사업, 특히 무상원조사업의 경우, 공공이익을 실현하는 차원에서 이루어지는 사업이 경제적·기술적 지속성을 갖지 못하고 실패하는 경우가 종종 발생하기 때문이다. 재생에너지 사업의 경우 더더욱 지속가능성의 문제가 발생하게 되는데, 이는 재생에너지 사업 대부분이 초기 투자비가 높고 유지 보수비가 높아 재생에너지 사업을 정책 차원에서 지원하거나 소수에게 전력을 공급하기 위한 형태로 다수 추진하기 때문이다.

지속가능성의 이슈는 개발원조위원회에서 채택하고 있는 평가 5대 기준에 포함되는 항목이다. 사업의 지속가능성은 국가마다 다른 기준과 지표를 기반으로 평가한다. 예를 들어 사업 종료 후 수원국이 해당사업 운영 및 관리를 위해 배정할 예산규모나, 사후관리를 위한 민간차원의 자금확보 여부, 운영을 보장하기 위한 수익성 여부 등은 사업의 지속가능성을 판단할 수 있는 주요 지표이다.

한국국제협력단의 경우 현재 원조사업에 있어서 경제성을 주요하게 평가하고 있지 않으나 사업의 지속가능성을 확보하기 위해서는 최소한의 운영경제성에 대한 분석을 실시하고 이를 보장할 방안에 대하여 구체적인 계획을 수립하는 것이 적절할 것으로 보인다. 사업운영을 위한 경제적 지속가능성을 보장하기 위한 방법으로는 수익사업 기획, 민간 자본 유치, 일정 수준의 정부예산배정 등의 방안을 고려할 수 있다.

또한 일본국제협력단의 경우 사업 종료 이후라고 하더라도 설비보수팀을 구성하여 보수서비스를 제공한다. 한국국제협력단의 경우에도 향후 재생에너지사업을 다수 실시하게 된다면 이에 대한 수원국의 의견을 반영하여 설비보수팀을 구성하고 설비를 보수하는 서비스를 제공하는 것이 적절하다고 판단된다. 이와 더불어 운영기술 교육을 제공한다면 사업의 사후관리를 더욱 튼튼히 할 수 있을 것이다.

4. 재생에너지 사업모델별 수행방안

이번 장은 앞서 선정된 각각의 재생에너지 사업모델을 기반으로 수행방안을 제시하였다. 사업의 추진 타당성, 사업목표 및 사업내용, 추진체계 및 양국 분담사항, 대상지역, 자금 규모 및 조달방안, 사업수행 절차, 사후관리방안, 기타 고려사항의 총 8개의 항목으로 구분하여 재생에너지 원조사업을 수행함에 있어 가장 적절하고 일반적인 수준에서 수행방안을 제시하고자 하였다. 사업모델별 수행방안에 대한 연구는 문헌조사 및 사례조사를 기반으로 하여 진행된 바, 현장조사 및 실태파악은 이루어지지 않았다.

가. 베트남 코코넛 피트 펠렛화 설비 및 기술지원 사업

1) 사업의 추진 타당성

■ 정책·경제적 타당성

베트남은 빠른 경제 성장을 보이고 있는 유망 신흥국가 중 하나로써 2000~2005년 동안 연간 경제성장률 7%, 2010년에 6.8%의 경제성장률을 기록하였다. 경제성장속도가 빠른 만큼 향후 에너지 수요도 가파르게 증가할 것으로 예상되어 2015년부터는 에

너지 수요가 공급을 초과하여 에너지 불균형을 초래할 것으로 예상된다. 증가하는 에너지 수요를 충족하기 위해서는 재생에너지 잠재력을 최대한 개발할 필요가 있다. 베트남 정부의 2011년 "국가전력개발계획 2011-2020"에 따르면, 풍력과 바이오매스, 수력발전을 핵심 재생에너지원으로 지정하고 개발목표를 수립하였다. 이 중 바이오매스는 2020년까지 발전용량을 1,000MW로 확대할 계획이다.

베트남 경제에서 농업이 차지하는 비중은 22%에 달하며[287] 농산물은 국가 수출의 30%를 차지한다. 인구의 60%가 농업에 종사하는데, 가장 많이 생산되는 작물은 쌀이며, 사탕수수, 카사바, 채소, 옥수수 등이 그 뒤를 잇고 있다. 사탕수수와 카사바, 자트로파 등의 부산물은 바이오에탄올의 원료로 사용 가능하며, 옥수수 부산물은 브라켓화하여 가축사료로 사용 가능하다. 또한 커피나 코코넛 부산물은 펠렛화하여 연료로 사용 가능하다. 그러나 베트남은 펠렛화 기술 부족으로 농업부산물을 적절히 활용하지 못하고 있다. 따라서 버려지고 있는 농업부산물을 활용하여 지역에 청정연료를 공급하는 사업이 타당성이 있다.

■ 기술·환경적 타당성

베트남은 세계 1위의 코코넛 수출국이며, 코코넛 재배면적은 130,000헥타르에 달한다. 코코넛 껍질은 대개 코이어라는 섬유를 만드는 재료로 사용되는데, 코이어를 제조하는 과정에서 발생하는 부산물이 코코넛 피트(Coconut Pith)이다. 코코넛 피트는 코코넛 열매 중량의 약 12%를 차지한다. 코코넛 피트는 비료 및 소각 재료로 사용 가능하나 가루형태를 띄고 있어 이를 이용하기 위해서는 펠렛화해야 한다. 베트남 내 펠렛화기술이나 브라켓화기술이 아직 상용화되어 있지 않아 매년 80,000톤에 달하는 코코넛 피트가 메콩강에 버려지고 있어 수질오염의 주요 원인이 되고 있다.

코코넛 껍질(Husk)은 연소했을 때 3,500kcal/kg의 열량을 내어 임산연료가 생산하는 열량 수준과 비슷하다. 연료가치가 높은 코코넛피트가 제대로 활용되지 않는 베트남의 현실을 고려할 때, 코코넛 피트를 이용한 펠렛기술이 도입되면 이로 인한 환경오염을 방지하고 온실가스 감축효과를 함께 기대할 수 있을 것이다.

287) World Bank. *Rural Development and Agriculture in Vietnam*, 2007.

2) 사업목표 및 사업내용

동 사업의 목표는 다음과 같다.

- 바이오매스를 이용하여 지역에 청정연료 공급
- 폐기물 에너지화를 통한 환경오염 저감
- 청정에너지 공급을 통한 국가 온실가스감축에 기여
- 경제적 이익 창출, 일자리 창출 및 지역경제 활성화에 이바지
- 수익창출을 통한 메콩강 수자원 보호 및 관리 기금 확보

사업내용은 펠렛설비 지원, 전문가 파견, 역량강화교육의 3가지로 구성된다.

■ 펠렛설비 지원

펠렛설비는 사업장 내 원료생산량에 따라 용량을 결정하며, 원료의 성질, 형태, 함수량에 따라 사양을 결정한다. 일반적으로 고형화 공정은 1) 투입, 2) 분쇄, 3) 건조, 4) 성형, 5) 냉각, 6) 포장, 7) 저장 과정을 거치는데, 원료 생산 규모 및 성분, 성질, 사용처에 따라 공정 사양을 적절하게 선택한다. 설비규모는 시간당 생산량 3톤 미만의 소규모급으로 도입한다. 펠렛 사이즈 및 포장 공정은 펠렛의 최종 사용처 및 운반방식, 경로 등을 종합적으로 고려하여 사양을 결정한다.

■ 전문가 파견

전문가는 건축토목 전문가와 펠렛 전문가를 파견한다. 건축토목 전문가는 사업부지 정리, 공장 및 저장소 건립을 감독한다. 펠렛 설비는 대규모가 아닌 소규모를 도입하므로 공장 규모는 소규모로 건립하며, 생산된 펠렛을 저장할 수 있는 저장장소가 마련되어야 한다. 공장이 건립되면 펠렛 전문가를 파견하여 펠렛 설비를 설치하고 관련기술을 전수하는 한편, 운영교육을 실시한다.

■ 역량강화교육

역량강화교육은 국내 초청연수 1회로 구성하되 이론교육과 현장교육을 병행한다. 이론교육은 우리나라의 바이오매스 정책, 기술 이론교육을 중심으로 하고 현장교육은 국내의 우수한 바이오매스 펠렛 공장을 견학하고 실제 펠렛화 과정을 체험한다. 교육 대상자는 Vinafood Ⅱ[288] 소속 엔지니어, 농업지역개발부 관료뿐 아니라, 가능하면 산업무역부 내 에너지부서 관료도 포함함으로써 향후 바이오매스원에 대한 개발 및 지원체계를 부처 간 상호 통합적으로 수립할 수 있도록 한다.

[표 109] 코코넛 피트 펠렛화 설비 지원 사업내용

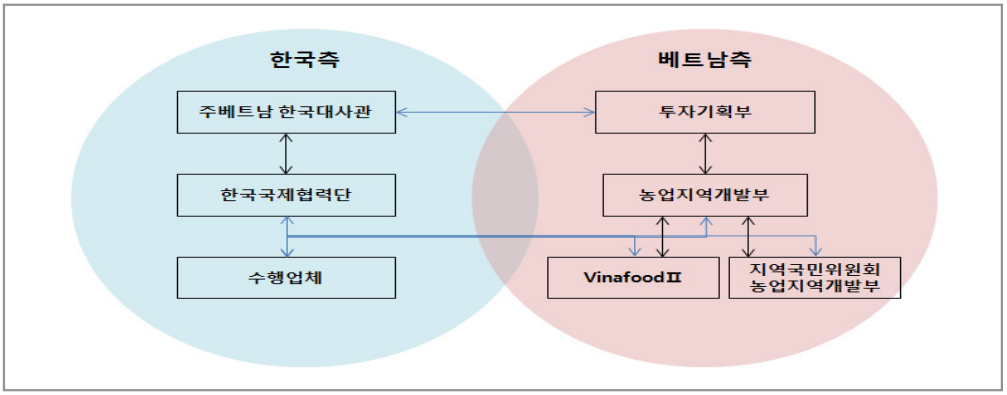
항목	세부 내용
펠렛설비 지원	• 용량 : 사업장 내 원료생산량에 따라 결정 • 사양 : 원료의 성질, 형태, 함수량에 따라 결정 • 공정 사양 : 원료 생산규모, 성분, 성질, 사용처에 따라 결정 • 설비규모 : 시간당 생산량 3톤 미만의 소규모급 • 펠렛 사이즈 및 포장 : 펠렛의 최종 사용처 및 운반 방식, 경로 등 종합 고려
전문가 파견	• 건축토목 전문가 : 사업부지 정리, 공장 및 저장소 건립 감독 • 펠렛 전문가 : 펠렛설비 설치, 기술 이전 교육, 운영교육 실시
역량강화교육	• 이론교육 : 바이오매스 정책, 기술 이론교육 • 현장교육 : 펠렛 공장 견학, 펠렛화 과정 체험

3) 추진체계 및 양국 분담사항

사업 추진체계는 다음과 같이 구성한다.

288) 농산품 수출을 목적으로 식품 가공 및 저장, 해외 수출 등의 서비스를 제공하는 베트남 국영기업

[그림 100] 코코넛 피트 펠렛화 설비 지원 사업 추진체계



동 사업은 바이오매스 사업의 일환이므로 농업지역개발부(Ministry of Agriculture and Rural Development)와 협의해야 한다. 베트남의 경우 대부분의 정부 부처 내에 국제협력부가 설치되어 원조사업을 산업별로 효율적으로 추진한다. 해당산업부처와 논의된 원조사업은 투자기획부의 승인을 득해야 하나, 실질적인 사업제안 및 업무협의는 해당산업부처 내 국제협력부와 진행한다. 농업지역개발부도 마찬가지로 국제협력부서가 설치되어 있으므로 동 부서와 직접 원조사업에 대한 협의를 하면 된다.

사업에 대한 구체적인 협의는 대상사업장이 위치한 지역의 지역국민위원회(주정부)를 비롯, VinafoodⅡ와 함께 진행한다. 베트남은 58개의 주정부를 이루고 있는데, 주정부는 지역국민위원회(People's Committee)라는 명칭으로 운영된다. 지역의 원조사업은 주정부와 협의하는 것이 일반적이므로 사업부지가 있는 주의 지역국민위원회와 함께 사업을 협의해야 한다. 지역국민위원회 내에 농업지역개발부서가 설치되어 있으므로 해당 부서의 담당자와 직접 업무협의를 하면 된다.

Vinafood는 농산품 수출을 목적으로 식품 가공 및 저장, 수출 등의 서비스를 제공하는 베트남 국영기업이다. VinafoodⅡ는 농업지역개발부 산하 기업이며, 메콩 델타 지역을 주요 거점으로 하여 사업을 하고 있다. 3개의 자회사를 거느린 거대기업인 만큼 지역의 농산물 산업에 미치는 영향이 크고 지역산업동향을 잘 파악하고 있을 것으로 판단된다. 따라서 사후 사업관리도 VinafoodⅡ가 담당하는 것이 적절하다고 판단되므로, VinafoodⅡ로 하여금 동 사업 책임자를 지정, 사업 전반에 참여토록 한다.

산업무역부의 경우 직접적으로 동 사업에 참여하지는 않으나 바이오매스 에너지화 사업은 에너지 정책에 반영되어야 할 부분이므로 가급적이면 역량강화 프로그램에 한정하여 부분적으로 참여하도록 한다. 역량강화 프로그램에 참여하고 관련분야에 대한 인식을 높임으로써 향후 농업지역개발부와 협력적으로 바이오매스 지원 정책을 수립할 수 있도록 한다.

[표 110] 코코넛 피트 펠렛화 설비 지원사업 양국 분담사항

항목	한국 측	베트남 측
펠렛설비 지원	• 펠렛 설비 규모 및 사양 결정 • 펠렛 가공설비 지원 및 설치 • 공장 건설 및 저장소 건설	• 부지 제공 및 부지정리 • 설비 설치를 위한 각종 인허가 획득 • 설비 및 기자재 수입관세 면제 • 유지·관리계획 수립
전문가 파견	• 건축 전문가 파견 • 펠렛 전문가 파견	• 전문가 활동을 위한 제반사항 지원
역량강화교육	• 연수생 초청교육 실시	• 적격 연수생 추천

4) 대상지역

펠렛 사업이 향후에도 지속가능하게 운영되기 위해서는 최소한의 경제성을 확보하여야 한다. 동 사업의 경제성을 결정하는 주요 요인 중의 하나는 원료의 운송비이다. 특히 원료가 되는 코코넛 피트는 분말가루형태를 띄고 있어 운송하기 어려우므로 사업 부지를 신중하게 선택해야 한다. 가급적이면 사업부지는 코코넛 재배가 국가 전체 생산량의 84%를 차지하고 있는 메콩강 델타 지역에서 원료수급이 가장 적절한 지점, 즉 코코넛 가공공장이 밀집해 있는 지점으로 선택한다.

5) 자금 규모 및 조달방안

사업자금은 300만 미화달러 미만으로 하되, 원조사업이므로 한국국제협력단 단독으로 조달한다.

6) 사업수행 절차

사업은 다음의 절차로 진행한다.

[표 111] 코코넛 피트 펠렛화 설비 지원사업 수행 절차

업무	수행기관
양국 사업 협의	한국국제협력단, 농업지역개발부
↓	
사업부지 선정 및 사전타당성조사	한국국제협력단
↓	
추진체계 구성 및 양국 분담사항 결정	한국국제협력단, 농업지역개발부, 지역국민위원회, VinafoodⅡ
↓	
수행업체 선정	한국국제협력단
↓	
부지 정리, 공장 및 저장소 건립	지역국민위원회, VinafoodⅡ
↓	
펠렛 설비 설치	한국국제협력단, 수행업체
↓	
초청교육	수행업체
↓	
현지 운영교육	수행업체
↓	
사업종료	

사업협의는 농업지역개발부, 지역국민위원회, VinafoodⅡ와 진행하되, 대상사업지를 선정하고 사업을 기획하는 실질적인 업무협의는 주로 지역국민위원회 농업지역개발부서와 VinafoodⅡ와 함께 진행한다. 한국과 베트남 양 정부 간 사업추진체계를 구성하고 양국 분담사항을 결정한다. 이후 사업 대상지를 결정하고 사전타당성조사를 실시하여 사업의 경제성 및 기술적 타당성을 분석한다. 이후 공개입찰을 통해 사업수행업체를 선정하여 베트남 측과 협의하여 사업부지를 정리하고 공장과 저장소를 건축, 펠렛설비를 설치한다. 초청교육은 한국에서 1회 진행하며, 현지에서 약 1주간의 운영교육을 실시한다. 중·소규모의 펠렛설비 운영은 고도의 기술을 요하는 것이 아니므로

운영교육은 단기간 진행한다.

7) 사후관리방안

생산된 코코넛 펠렛은 혼소용으로 VinafoodⅡ 사업장 내에서 자체적으로 소비하거나, 인근 공장이나 인근 발전소에 연료로 판매 가능하다. 사업 후 펠렛설비는 VinafoodⅡ가 소유하고 운영 및 관리를 담당한다. 동 기업은 대규모의 농산물 가공 설비를 소유하고 운영하고 있는 바, 일정 수준의 기술 및 인력 인프라를 갖추고 있는 것으로 판단된다. 또한 VinafoodⅡ는 지역에 걸쳐 대규모의 농산물 가공 사업을 운영하고 있는 만큼, 광대한 사업자 네트워크를 보유하고 있으리라 판단되며 이를 이용하여 향후 펠렛 판매 경로를 확보하는 데 유리할 것으로 판단된다. 사업운영 능력도 검증된 만큼 향후 동 사업 운영을 비교적 원활하게 추진할 수 있다.

사업으로 발생하는 수익은 메콩강 수자원 보호 및 관리에 사용하도록 한다. 메콩강 지역은 기후변화의 영향을 강하게 받는 지역으로써 인구 밀도가 높아 향후 홍수와 가뭄의 피해가 클 것으로 예상되는 지역이다. 동 지역의 수자원 관리 및 재난방지시스템의 필요성은 이미 다수의 연구를 통해 알려진 바 있으나, 이에 대한 정부차원의 적절한 대응계획이 부재한 상황이다.

8) 기타 고려사항

베트남은 바이오매스 원료가 풍부한 데 반해, 생산기술이 확보되지 않아 활용에 한계를 가지고 있다. 그러나 펠렛화 기술이 도입될 경우 관련 산업 활성화 및 수출 증대에 기여해, 궁극적으로는 국가 경쟁력 증대에 이바지할 수 있을 것으로 기대된다.

나. 캄보디아 마을공동형 바이오가스 포집설비 설치 시범사업

1) 사업의 추진 타당성

■ 정책적 타당성

캄보디아의 국가 전력보급률은 20%에 불과하여 캄보디아 정부는 낮은 전력보급률을 높이기 위해 다양한 노력을 기울이고 있다. 이와 관련해 2006년 일본국제협력단의 기술지원으로 재생에너지전력보급 마스터플랜을 수립하고 2020년까지 마을 단위의 전력보급 100%, 2030년까지 가정단위 전력보급 70%를 달성한다는 목표를 세웠다. 또한 2020년까지 독립형 전력보급과 계통연계형 전력보급을 통해 마을단위 전력보급률 100%를 달성할 계획이며, 독립형 전력보급은 미니그리드와 태양광 발전을 통해 이룰 계획이다. 캄보디아 정부가 계획하는 독립형 마을전력보급률 목표는 바이오매스와 디젤, 소수력 미니그리드를 통한 전력보급률 25.9%, 태양광 전력보급률 12.4%이다.

바이오가스에 대한 내용은 동 마스터플랜에서 제외되어 있어 바이오가스 포집 사업의 정책적인 타당성은 태양광발전과 소수력에 비하여 다소 미흡한 부분이 있다. 그러나 동 마스터플랜은 8종 재생에너지 원을 다루는 종합적인 플랜이 아니며, 가정부문에 한정한 플랜임을 감안해야 한다. 폐기물(가축분뇨)을 이용하여 바이오가스를 생성, 재생에너지를 공급함으로써 지역경제 개발에 기여하고 온실가스 감축에 기여한다는 큰 프레임에서 볼 때 바이오가스 사업은 정책적으로 타당하다.

■ 기술·경제적 타당성

캄보디아는 인근 동남아시아 국가들과 마찬가지로 농업, 측산업과 같은 1차 산업에 기반한 국가이다. 다수의 가정이 소, 돼지와 같은 가축을 기르고 있으며, 열대몬순기후로 바이오가스를 포집하기 적절한 조건을 갖추고 있다. 바이오가스 포집사업을 추진하기 위해서는 보유 가축수가 일정 수준 이상이 되어야 하는데, 캄보디아의 경우 빈곤률이 높아 가구당 보유하고 있는 가축의 수가 적으므로, 가정형 바이오가스 설비가 아닌 마을공동형 바이오가스 포집사업이 적절할 것으로 판단된다.

[표 112] 2008년 캄보디아 가정별 사육 가축 규모

(단위 : 마리)

	소	버팔로	돼지	닭
총 가축량[289]	3,457,787	746,207	2,215,641	16,928,075
가정별 사육가축량[290]	1.5	0.3	0.9	7.3
마을별 사축가축량[291]	303	60.6	182	1,475

규모 20㎥의 바이오가스 설비를 설치하면 하루 약 60㎥의 바이오가스를 생산할 수 있으며, 이는 바이오가스 60,000ℓ에 해당하는 양이다. 바이오가스 60,000ℓ는 100~150마리의 소의 일일 분뇨량, 85~95마리의 버팔로 일일분뇨량, 300~500마리의 돼지 일일분뇨량, 33,333~41,666 마리의 닭의 일일분뇨량에서 각각 발생 가능한 양이다[292]. 바이오가스 스토브에 1시간 동안 연소되는 연료가 350~400ℓ임을 감안하면[293], 60,000ℓ의 바이오가스로 150~171시간 동안 취사를 할 수 있다. 바이오가스 전등을 1시간 점등하는 데 소요되는 연료가 약 100ℓ 임을 감안할 때 60,000ℓ의 바이오가스로 600시간 동안 점등이 가능하다. 생산된 바이오가스는 고무파이프를 통하여 희망하는 가정에 판매하며, 바이오가스를 포집하고 남은 찌꺼기는 농업용 비료로 마을주민에 분배하거나 판매할 수 있다.

[표 113] 바이오가스 포집사업의 장점

항목	장점
경제적 측면	• 임산연료, 배터리 전기, 케로신 등 연료비 절감
주민건강 증진	• 임산연료 연소과정에서 발생하는 메탄으로 인한 건강 악화 해소

289) Cambodia, Ministry of Agriculture, Forestry, and Fisheries(MAFF). *Livestock statistics*, 2008.

290) 동 수치는 농림수산부의 국가 가축 총 생산량 통계와 2008년 인구통계를 고려하여 산출되었다. 2008년 캄보디아 총 인구는 10,778,072명이며, 이 중 80.5%가 농촌지역인구임. 1가구 당 평균 인구수는 4.7인이 바, 농촌지역인구 2,293,206명에서 4.7명을 나눔으로써 농촌지역 가구 수는 2,293,206이라는 결과를 도출하였다. 가구당 가축 수는 가축생산량 통계를 농촌지역 가구 수로 나누어 산출하였다.
참조 : Cambodia. Ministry of Planning, National Institute of Statistics, *General Population Census of Cambodia 2008*, Phnom Penh, 2008.

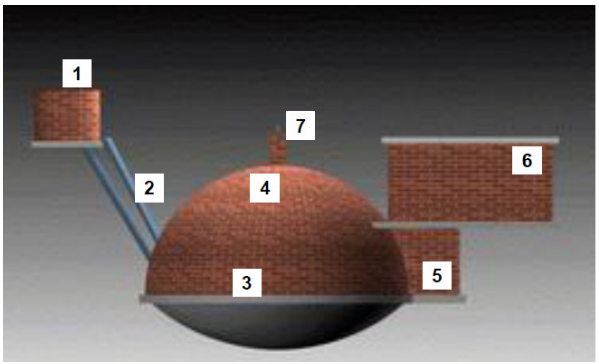
291) 2008년 인구통계에 따르면 캄보디아 국가 내 마을(Commune)은 총 14,073 개로써 마을당 인구수는 약 951명, 가구 수는 약 202가구로 분석되었다. 마을별 가축 수는 가정별 가축수에 마을별 가구 수를 곱하여 산출한 것이다. 참조 : National Institute of Statistics, 2008

292) National Biodigestor Programme Cambodia(NBPC), *Information Folder*, 2011.

293) *Ibid.*

환경보호	• 산림 보호 • 온실가스 저감 • 친환경 분뇨 처리
사회적 이익	• 취사용 연료 수집을 담당하는 여성의 노동량 저감 • 개선된 조명시설을 통한 가정업무 효율 증진 • 화재 발생률 저감

[그림 101] 바이오가스 포집설비 구조[294)]



1. *Mixing Tank*
2. *Inlet Pipe*
3. *Digester*
4. *Gas Holder*
5. *Manhole*
6. *Outlet Tank*
7. *Main Gas Pipe*

2) 사업목표 및 사업내용

동 사업의 목표는 다음과 같다.

- 폐기물(가축분뇨) 자원화를 통한 지역사회 에너지 공급
- 무분별한 벌목 방지로 인한 삼림자원 보호 및 환경보호
- 온실가스 감축 및 국제 기후변화대응 노력에 동참
- 지역 일자리 창출 및 지역 경제 활성화에 이바지

사업내용은 마을공동형 바이오가스 포집설비 설치, 전문가 파견, 교육 및 연수로 구성된다.

294) Ibid.

■ 마을공동형 바이오가스 포집설비 설치

조달 가능한 분뇨량은 마을별로 다르므로, 바이오가스 포집설비는 각 마을별 적정 규모로 설치한다. 마을 바이오가스 위원회, 한국 사업수행업체와 현지 NGO가 함께 바이오가스 포집설비를 설치하며, 설치 후에는 바이오가스 구매 희망 가정을 대상으로 파이프라인을 설치하고 가스를 공급한다.

발전기는 마을별 전력수요 및 잉여가스 생산여부에 따라 설치 여부를 결정한다. 그러나 생산되는 전력이 충분치 않고, 가스를 전력화하는 과정에서 에너지 손실이 발생하므로 잉여가스가 다량 발생하지 않는 이상 발전기를 설치하는 것은 권장할 만한 사안은 아니다.

■ 전문가 파견

사업기간 전반에 걸쳐 바이오가스 전문가를 파견한다. 전문가는 바이오가스 포집설비를 설계하고, 설비 건설을 감독하며 운영교육을 실시한다.

■ 교육 및 연수

교육 및 연수는 현지연수 1회, 초청교육 1회, 운영교육으로 구성하되, 현지연수는 바이오가스 포집설비 건설 기술교육을 중심으로, 초청교육은 정책교육을 중심으로 진행한다. 현지연수 대상자는 문해자이고, 건설경력을 보유하고 있는 이로 선정하되 반드시 마을별 1인씩 선정함으로써 마을별 사후관리가 이루어지도록 한다. 기술교육자료는 가급적이면 영어와 크메르어 2가지 버전으로 제공하는 것이 바람직하다. 캄보디아의 공식 언어는 크메르어이며, 비록 캄보디아 내에서 영어가 널리 쓰인다고는 하나 대다수의 촌락민은 영어를 교육받지 못한 이들이기 때문이다. 또한 사진 및 그림과 같은 비주얼 자료를 최대한 제공함으로써 연수자들의 이해를 높이고, 다량의 보조 자료를 제공하여 교육의 질을 향상시킬 수 있도록 한다. 교육 자료는 연수자들의 교육수준, 바이오가스 포집설비 이해수준, 건설기술 수준 등을 종합적으로 고려하여 이해하기 쉽도록 구성한다.

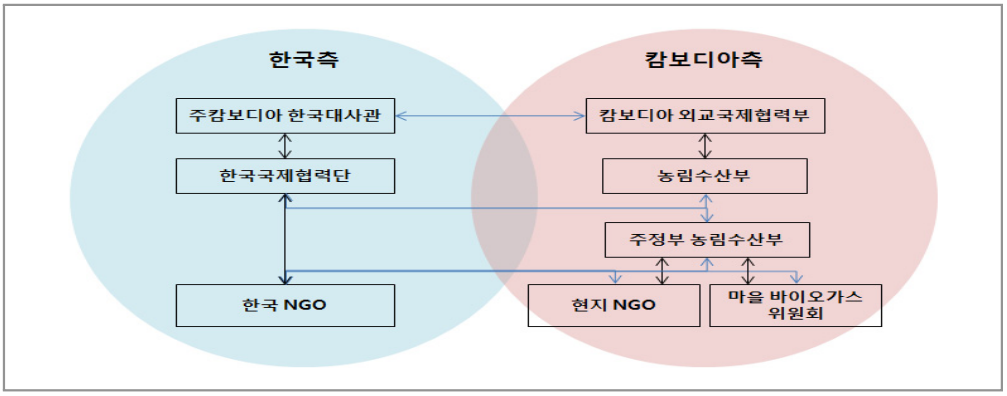
초청교육은 정책 및 기술교육을 중심으로 진행하며, 정책입안자와 기술자 모두에게 교육을 제공해야 효과를 높일 수 있다. 정책입안자는 지방정부 및 주정부 농림수산부 관료가 주 대상이나, 예산이 허락한다면 산업광물에너지부관료를 함께 초청하는 것도 좋은 방법이다. 교육내용은 기술교육 및 한국의 바이오가스 설비 시찰, 관련 정책 교육 등으로 구성한다.

운영교육은 가급적이면 현지 NGO와 연계하여 진행함으로써 사후 대응과 사업관리를 원활하게 진행할 수 있도록 한다. 특히 캄보디아와 같이 국민의 교육수준이 낮고 빈곤률이 높은 경우, 마을 주민을 중심으로 한 사업관리위원회는 사업관리 역량이 대단히 낮다. 다수의 경우 정부 지원이 이루어진다고는 하나, 캄보디아 정부의 사업관리 역량이 낮고 관리하는 원조사업이 다수인 바, 정부차원의 사업관리가 적절하게 이루어지기 어렵다. 실제로 해외 원조기관의 경우 시운전 교육 및 사후관리는 현지업체에 약 1~2년 위탁하여 진행하는 사례를 종종 볼 수 있다. 바이오가스 포집설비의 경우 관리에 고난이도의 기술을 요하는 것이 아니므로, 현지 NGO와 연계하여 사후 간헐적인 상태조사 및 문제발생 시 즉각적인 보수가 이루어질 수 있도록 하는 것이 적절하다.

3) 추진체계 및 양국 분담사항

사업추진체계는 다음과 같다.

[그림 102] 캄보디아 마을공동형 바이오가스 포집설비 사업추진체계



캄보디아 측 사업추진체계에 포함되어야 기관은 중앙정부와 지방정부 각각의 농림수산부(Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, MAFF)와 현지 NGO, 마을 바이오가스 위원회이다. 축산업은 농림수산부 소관이므로 캄보디아 농축산업 정책 및 마을 축산업 상황, 관련 통계 및 자료 등은 동 기관을 통해서만 수령이 가능하다.

한국측 참여기관은 주캄보디아 한국대사관을 비롯, 한국국제협력단과 한국 NGO이다. 동 사업은 한국에서 기자재를 운반해서 현지에서 설치하는 사업이 아닌, 현지에서 재화를 조달하여 포집설비를 건설하는 사업이므로 현지지역사회와의 긴밀한 협력이 필요하다. 바이오가스 포집설비 설치 시, 한국은 전문가를 파견하여 설비 설계 및 포집설비 공사 지휘 및 감독을 실시하며, 실질적인 설비 건설 및 재화조달은 현지 인력을 이용하면 된다. 따라서 수행업체를 선정하는 것보다 NGO와 협력하는 것이 효율적이다. 한국국제협력단은 그간 굿네이버스와 같은 국내 NGO들과 함께 캄보디아 사업을 진행한 바 있으므로 국내 NGO를 통하여 현지 NGO와 함께 사업을 진행하도록 한다. 참고로 SNV는 The Cambodian Rural Development Team (CRDT)나 Farmer Livelihood Development Organization (FLD)와 같은 농촌지역발전 단체를 포함하여 Cambodia Women for Peace and Development(CWPD)과 같은 여성단체 등과 광범위하게 협력하여 캄보디아 국가 바이오가스 프로그램(National Biodigester Programme Cambodia) 사업을 추진하였다.

바이오가스 사업을 추진할 때에는 폭발위험성이 있어 현지 주민들의 반대에 부딪히는 경우가 매우 많다. 따라서 사업 착수 이전에 반드시 마을 주민들에게 사업의 안정성을 홍보하고 동의를 구하는 것이 필요하다. 이때 현지 NGO를 참여시키면 사업을 훨씬 원활하게 추진할 수 있다. NGO가 사업 전반에 걸쳐 참여하면 마을주민들의 협조를 구하기 수월할 뿐 아니라, 현지 자료 수집 및 연구조사 등을 용이하게 진행할 수 있고, 마을 주민들과 효율적으로 의사소통을 할 수 있다. 현지 NGO는 사업을 공동수행할 뿐 아니라 사업 종료 후 마을 바이오가스 위원회와 함께 1~2년 동안 사업을 관리함으로써 바이오가스 운영체계를 체계화하고 위원회의 사업관리 역량을 강화시킨다.

마을 바이오가스 위원회를 구성하여 바이오가스 포집설비 설치사업에 참여하고 사후관리를 담당토록 한다. 동 사업은 가스 포집설비 운영을 위한 최소한의 수익창출을 지향하므로 바이오가스 위원회는 사후 사업 운영 및 수익창출 역량을 갖추고 있어야 있다. 위원회는 현지교육에 참여할 마을주민 1인을 선정하고, 현지교육 후 연수자를 중심으로 바이오가스 포집설비 설치 과정에 참여한다. 사업이 종료되면 바이오가스 수익구조 및 사업관리체계를 구성한다. 바이오가스를 생산하고 남은 분뇨찌꺼기는 퇴비로 사용할 수 있으므로, 위원회는 분뇨찌꺼기 관리 및 배분시스템도 체계화해야 한다. 마을 바이오가스 위원회 구성 시 가급적이면 조합이나 위원회와 같이 마을 내에 형성되어 있는 조직을 활용하는 것이 좋다. The Cambodian Farmer Association Federation of Agricultural Producers는 캄보디아 농민조합이며 캄보디아 4개 주에 마을 단위로 조직되어 있으므로 동 조직을 활용하여 위원회를 설치하는 것도 좋은 방안이 될 수 있다.

이외에도 현지 컨설턴트를 참여시키는 방법도 고려해 볼 만하다. The Cambodian Indian Entrepreneurship Development Centre(CIEDC)는 바이오가스 포집설비 건설 비즈니스 창업을 지원하는 기관이며 Sombo YIN은 SNV의 바이오가스 포집설비 프로그램 내에서 바이오가스 비즈니스를 지원하는 현지 컨설턴트이다. 이들 현지 기관들을 사업에 참여시키면 사업을 수월하게 추진할 수 있을 뿐 아니라 사업사후관리를 보다 지속가능하게 할 수 있다.

[표 114] 마을공동형 바이오가스 포집설비사업 양국 분담사항

항목	한국 측	캄보디아 측
바이오가스 포집설비 설치	• 바이오가스 포집설비 건설자재 현지조달 • 바이오가스 포집설비 설계, 건설 현장 지휘 및 감독	• 부지 제공 및 부지정리 • 설비 건설 인력 제공 • 설비 건설자재 현지조달 관련 제반사항 지원 • 유지·관리계획 수립
전문가 파견	• 바이오가스 설비 설계 및 건설 전문가 파견	• 전문가 활동을 위한 제반사항 지원
교육 및 연수	• 관리 및 운영기술, 실무 과정	• 적격 연수생 추천

4) 대상지역

사업부지는 프놈펜에 인접한 주의 2개 마을을 대상으로 하는 것이 적절할 것으로 판단된다. 사업에 필요한 각종 인프라 및 시설은 프놈펜에 집중되어 있어 프놈펜에서 멀어질수록 사업을 진행하기가 어려워진다. 프놈펜 인근 지역은 시하누크빌 항구와 인접하여 해상수송이 편리할 뿐 아니라 도로인프라가 일정 수준 갖추어져 있다는 장점도 있다. 정부기관 및 교육기관, 각종 NGO 기관들도 프놈펜에 위치하고 있는 바, 사업 사후관리 지원을 비교적 용이하게 받을 수 있다는 장점도 있다.

바이오가스는 가축분뇨와 물을 1:1로 섞은 후 혐기성소화공정을 통해 발생하므로 포집을 하기 위해서는 다량의 물이 필요하다. 또한 이용가능한 분뇨량에 따라 사업의 실패율이 결정되므로 사업부지 선정 시, 인근에 취수지가 있고 이용 가능한 분뇨량이 많은 지역을 선정하여야 사업의 성공률이 높아진다.

5) 자금 규모 및 조달방안

2개 마을에 $20m^3$ 규모 바이오가스 설비를 설치할 경우 예상되는 자금은 규모는 10억 원 미만으로 예상되며, 한국국제협력단 단독으로 사업 자금 조달이 가능하다.

바이오가스를 이용하기 위한 바이오가스 스토브, 조명기구 등은 각 가정별로 구비해야 하는 품목이다. 동 기구는 각 가정별 자체적으로 구매해야 한다. 바이오가스 취사기구나 조명기구를 구매하는 데 큰 비용이 소요되는 것은 아니다. 그러나 이를 조달하지 못하는 가구의 경우 현지 금융기관과 연계하여 소액금융 프로그램을 제공하는 것도 좋은 방법이다.

6) 사업수행 절차

사업진행절차는 다음과 같다.

[표 115] 마을공동형 바이오가스 포집설비 사업수행 절차

업무	시행기관
양국 사업 협의	한국국제협력단, 캄보디아 외교국제협력부, 캄보디아 농림수산부
↓	
사업부지 선정 및 사전타당성조사	한국국제협력단
↓	
추진체계 구성 및 양국 분담사항 결정	한국국제협력단, 캄보디아 농림수산부, 주정부 농립수산부
↓	
수행업체 선정	한국국제협력단
↓	
현지교육	한국 NGO, 현지 NGO
↓	
바이오가스 포집설비 설치	한국 NGO, 현지 NGO, 마을 바이오가스 위원회
↓	
초청교육	한국 NGO
↓	
현지 운영교육	한국 NGO, 현지 NGO
↓	
사업종료	

사업추진체계를 구성하고 업무분장을 하면 사업부지를 선정하고 사업타당성조사를 진행한다. 사업타당성 조사 시 특히 유의해야 할 점은 마을 내 이용 가능한 분뇨의 양과 수원지 인접 여부, 마을 내 바이오가스 수요이다. 타당성 조사 후 한국 NGO를 선정하여 바이오가스 설비 관련 기술교육을 제공한다. 교육 후에는 바이오가스 포집설비를 설치한다. 바이오가스가 설치되면 관련자들을 국내로 초청하여 국내 바이오가스 포집설비 시찰 및 정책교육을 진행한다. 운영교육은 현지 NGO 기술인력과 공동으로 수행함으로써 사후관리가 이루어지도록 한다.

7) 사후관리방안

바이오가스 포집설비는 마을 공동 소유로 하되 수익관리 및 운영은 마을 바이오가

스 위원회가 담당하도록 한다. 사후 1~2년 동안은 현지 NGO도 사업운영에 참여토록 하여 사업관리체계 구축을 지원한다.

8) 기타 고려사항

캄보디아는 다른 동남아시아 국가들과 비교하여 국민 교육 수준이 낮고 빈곤률이 높아, 마을 단위의 사업을 진행할 경우 마을주민들의 사업관리능력이 매우 낮다. 따라서 사업을 기획하고 추진할 때 마을주민의 조건을 최대한 자세하게 파악하여 적절한 사업구도를 구성하는 것이 좋다. 즉, 마을주민들의 역량과 교육수준 등을 분석하여 주민들이 관리 가능한 사업을 추진하고, 주민수준에 맞는 적절한 교육과 자료를 제공하며, 합리적인 사업사후관리 방안을 제시해야 사업의 지속가능성을 보장할 수 있다. 캄보디아의 경우 역량강화 및 기술이전 프로그램의 예산을 확대 편성하여 추진하는 것을 제언한다.

다. 스리랑카 풍력발전단지 조성 기술지원 사업

1) 사업의 추진 타당성

■ 정책적 타당성

스리랑카는 지난 5년 동안 연평균 6% 이상의 급속한 경제성장을 이루고 있다. 경제가 성장함에 따라 전력수요가 급증할 것으로 예상되고 있어 전력원의 개발이 대단히 시급한 문제 중 하나이다. 현재 대부분의 수력발전원이 개발된 상태이며, 화석연료 발전은 기후변화 및 대기오염 등 환경문제의 주요 원인이 되는 바, 미래 전력수요를 충족하기 위해서는 재생에너지 개발이 필수적이다. 이에 따라 스리랑카는 2020년까지 국가 전체 발전량 중 재생에너지 비중을 15%로 끌어올리겠다는 목표를 수립하고 재생에너지 사업을 다각도로 지원 중에 있다[295].

스리랑카는 전력보급률이 낮은 편인데, 특히 북부지역은 내전 발생 지역으로 2009

295) 동 보고서 2장 3-다-2) 에너지 및 전력 현황 중 전력 현황 내용 참고

년 종전이 이루어진 이후 지금까지 다수의 주민들이 전력 혜택을 제대로 받지 못하고 있다. 킬리노크치나 물라티브 지역의 경우 전력보급률이 20%를 밑돌고 있으며, 자프나나 마나르와 같이 도시가 발달한 지역의 경우에도 전력보급률은 77%, 44%에 불과하다[296].

■ 기술적 타당성

스리랑카는 풍력에너지가 풍부한 국가로써 특히 잠재력이 큰 지역은 북부 마나르 부근이다. 동 지역의 풍속은 7m/s 이상으로써 대규모 풍력단지를 조성하기에 알맞은 조건을 갖추고 있다. 동 지역의 전력보급률은 12% 가량에 불과하여 전력 수요도 높은 편이다. 동 지역에 전력을 보급하기 위하여 스리랑카 정부는 ADB 자금을 조달하여 북부 마나르 지역에 100MW급 규모의 대규모 풍력단지 건설을 계획 중이다.

풍력발전은 대규모 비용이 발생하는 사업이므로 사업의 규모는 총 발전용량 40MW 미만 소규모 풍력발전단지로 하며, 수출입은행의 대외경제협력기금(Economic Development Cooperation Fund: EDCF) 차관을 이용하여 사업을 진행하는 것이 적절하다. 한국국제협력단의 업무범위는 풍력발전단지 조성에 필요한 사업타당성조사 및 환경영향평가 지원으로 한정한다.

2) 사업목표 및 사업내용

동 사업의 목표는 다음과 같다.

- 대규모 풍력발전단지를 조성하기에 앞서 사업타당성조사 및 환경영향평가를 실시함으로써 사업 리스크 해소

동 사업의 내용은 풍력발전단지 건설을 위한 사업타당성조사와 환경영향평가이다.

296) 동 보고서 2장 3-다-4) 전력정책 내용 참고

■ 사업타당성조사

일반적으로 한국국제협력단의 사업타당성조사는 사업기획의 차원에서 실시되고 있으나, 동 사업의 경우 실제사업은 수출입은행과 스리랑카 정부가 추진하는 것이므로 사업기획 단계부터 수출입은행과 스리랑카 정부와 함께 진행해야 한다. 따라서 사업타당성평가는 정책적 타당성, 기술적 타당성, 경제적 타당성, 온실가스 감축 타당성을 중심으로 기술한다. 지속가능에너지청은 재생에너지사업의 승인을 위하여 타당성조사를 제출토록 하고 있으며 관련 기준을 마련하고 있으므로 관련 자료를 요청하여 파악한 후, 가급적이면 현지 기준을 반영하여 사업타당성조사를 기획한다.

정책적 타당성은 스리랑카 재생에너지정책 및 경제개발 정책, 온실가스 감축정책을 모두 고려하여 작성하며, 경제적 타당성은 사업 투자비용 및 전력생산량, 내부수익률 등을 모두 고려해야 한다. 기술적 타당성은 도입설비 및 사양, 부지, 계통연계 시스템, 주변 환경 등을 종합적으로 고려하여 작성한다. 특히 전력계통 연계 시스템의 경우 실론전력위원회가 자체적으로 수립하고 있는 기준이 있으므로, 실론전력위원회에 자료를 요청하거나 자문을 구함으로써 이를 최대한 반영하는 것이 바람직하다. 온실가스 감축타당성은 온실가스 감축잠재량 계산을 중심으로 작성한다.

사업부지 선정 및 현지조사, 환경영향평가 관련 지원은 전력에너지부 및 지속가능에너지청에 요청하고 사업기술타당성 조사 및 전력망 시스템에 대한 자료 및 기술지원은 실론전력위원회에 요청한다.

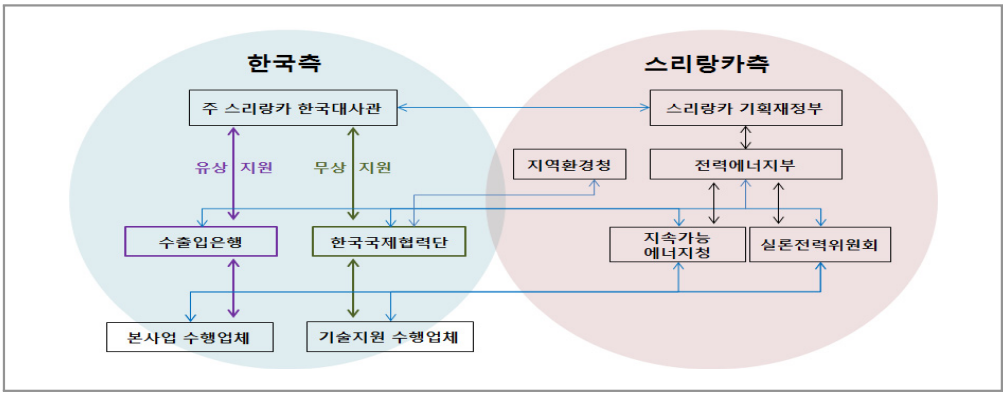
풍력발전의 경우 소음 문제로 인한 민원이 발생할 여지가 있으므로 사전타당성조사 수행 시, 지역 주민들을 대상으로 한 공청회 개최, 지역단체들과의 미팅을 통하여 주변 환경 및 조건 등에 대하여 세밀하게 조사해야 한다. 지역주민의 의견을 사업에 최대한 반영해야 향후 사업 진행을 원활히 하고 주민의 불만을 최소화할 수 있다.

■ 환경영향평가

스리랑카의 환경영향평가 심사는 중앙환경청(Central Environmental Authority: CEA)이 담당하며 관련 자료는 중앙환경청 홈페이지에 공개되어 있다. 스리랑카 자체적으로 환경영향평가 가이드라인을 수립하고 있는 만큼 가급적이면 스리랑카 정부 기준에 맞추어서 환경영향평가를 진행함으로써 사후에 문제발생 가능성을 줄이도록 한다. 스리랑카 자체 기준을 반영하기 위해서는 스리랑카 현지 컨설턴트를 함께 참여시켜 진행하는 것이 바람직하다. 스리랑카 중앙환경청은 자체 등록된 환경영향평가 수행 컨설턴트 목록을 홈페이지에 공개하고 있다.

3) 추진체계 및 양국 분담사항

[그림 103] 스리랑카 풍력발전단지 조성 기술지원 사업 추진체계



동 사업은 대규모사업이므로, 추진체계를 언급하기에 앞서 사업의 형태를 명확히 할 필요가 있다. 사업형태는 수출입은행의 유상원조와 한국국제협력단의 무상원조를 함께 지원하는 형태로 하되, 풍력발전설비 지원 및 역량강화 프로그램은 유상원조로, 사업타당성조사와 환경영향평가는 무상원조로 추진한다. 사업 추진 전에 수출입은행과 스리랑카 정부 간 사업 공동개발 및 대외경제협력기금 차관조달에 대한 합의를 이루는 것이 중요하다. 수출입은행과 스리랑카 정부 간 차관에 대한 합의가 이루어지면, 사업타당성조사와 환경영향평가가 이루어진 직후에 바로 본사업을 추진하면 된다.

한국측 사업참여기관은 주 스리랑카 한국대사관을 비롯하여 한국국제협력단, 수출입은행, 기술지원 수행업체 및 본사업 수행업체이다. 기술지원 수행업체는 사업타당성 조사와 환경영향평가를 수행하며, 본사업 수행업체는 실제 풍력발전단지 건설에 참여한다. 스리랑카측 참여기관은 스리랑카 기획재정부, 전력에너지부, 지속가능에너지청, 실론전력위원회 등이다. 전력에너지부는 스리랑카 에너지부문을 관장하는 기관이기는 하나, 실질적인 업무협의는 산하기관인 지속가능에너지청과 실론전력위원회와 함께 진행한다.

사전타당성평가를 위하여 풍력발전사업의 경험이 있는 업체와 경제성분석 및 온실가스 감축잠재량 계산을 수행할 수 있는 국내업체를 선정하여 사전타당성조사 수행조직을 구성한다. 전력계통연계 관련 정보 및 자문은 실론전력위원회를 통하여 구한다. 동 사업은 대규모 사업이므로 사업의 성공률을 높이기 위해서는 현지 상황을 최대한 반영하는 것이 중요한 바, 가급적이면 향후 사업관리를 담당할 기관의 관료, 즉 실론전력위원회나 지속가능에너지청 관료를 사업타당성조사에 참여시키는 것이 좋다. 지속가능에너지청은 재생에너지 사업에 대하여 환경영향평가를 실시하도록 의무화한다. 풍력발전단지조성은 대규모 사업이므로 환경영향평가를 반드시 실시해야 한다.

지속가능에너지청은 재생에너지 사업에 대하여 환경영향평가를 실시하도록 의무화한다. 풍력발전단지조성은 대규모 사업이므로 환경영향평가를 반드시 실시해야 한다. 환경영향평가는 기본환경조사(Initial Environmental Examination)와 환경영향평가(Environmental Impact Assessment)로 나뉘는데 사업의 환경영향도가 낮을 경우 기본환경조사만 하기도 한다. 환경영향평가결과는 일반적으로 중앙환경청(Central Environmental Authority)에 보고하며, 중앙환경청은 심사위원회를 구성하여 사업의 환경영향을 평가하고 사업승인여부를 결정한다. 북서부 지역의 경우 북서부지역 환경청이 환경영향승인을 담당하고 있으므로 중앙환경청이 아닌 지역환경청의 환경영향평가 절차를 따른다.

[표 116] 스리랑카 풍력발전단지 조성 기술지원사업 양국 분담사항

항목	한국 측	스리랑카 측
사업타당성 조사	• 기술적, 경제적, 온실가스 감축 • 타당성조사 실시 • 타당성조사를 위한 현장조사 실시	• 조사대상 부지 선정 • 현지조사 제반사항 지원 • 관련 자료 및 자문제공
환경영향평가	• 환경영향평가 실시 • 지역환경 및 문화재 지표조사	• 환경영향평가 수행관련 정보제공 및 제반사항 지원 • 자문제공

4) 대상지역

스리랑카에서 풍력에너지가 우수한 곳은 북부 지방으로써 자프나(Jaffna), 마나르(Mannar), 칼리피야(Kalipiya) 지역 등이다. 따라서 사업부지는 북부 지역을 중심으로 선정하되 부지확보가 가능하고 전력망연계가 가능한 지역을 선정한다. 풍력발전은 소음의 파장이 커 여타 재생에너지보다 훨씬 넓은 사업부지가 필요하다. 마나르 지역의 경우 인구밀도가 48명/㎢에 불과하여 북부지역 인구밀도 평균인 112명㎢을 훨씬 하회하므로 사업을 추진하기 위한 부지를 확보하기 용이할 것으로 추정된다[297]. 사업부지는 지속가능에너지청과 협의하여 최종 결정한다.

5) 자금 규모 및 조달방안

사업자금규모는 5억 원 미만으로 예상되며 사업자금은 한국국제협력단 단독으로 조달 가능하다.

6) 사업수행 절차

사업은 다음의 절차로 진행한다.

297) Sri Lanka. Department of Census and Statistics, *Enumeration of Vital Event 2011: Northern Province*, 2011.

[표 117] 스리랑카 풍력발전단지 조성 기술지원사업 수행 절차

업무	시행기관
사업 협의	한국국제협력단, 수출입은행 & 스리랑카 에너지부, 지속가능에너지청
↓	
업무분장 및 합의문 작성	한국국제협력단, 수출입은행 & 스리랑카 에너지부, 지속가능에너지청
↓	
사업타당성평가	한국국제협력단 & 실론전력위원회
환경영향평가	한국국제협력단 & 실론전력위원회
↓	
대외경제협력기금 차관 신청	스리랑카 기획재정부, 에너지부, 지속가능에너지청
↓	
본사업 추진	스리랑카 기획재정부, 에너지부, 지속가능에너지청

사업협의 시 한국국제협력단, 수출입은행, 스리랑카 정부 3자가 함께 협의하여 각 기관의 업무를 분장하고 사업의 윤곽을 잡는다. 한국국제협력단이 지원할 부분은 사업타당성조사와 환경영향평가이다. 환경영향평가 이후 대외경제협력기금 자금신청 및 관련자료 제출은 스리랑카 정부에서 담당하며 자금조달 이후 사업절차, 즉 본사업 기획 및 수행에 대해서는 수출입은행과 스리랑카 정부(스리랑카 재정기획부, 전력에너지부, 지속가능에너지청, 실론전력위원회)가 상호 협의하여 결정한다.

7) 사후관리방안

동 사업 사후관리는 국가 발전시설을 총체적으로 관리하는 실론전력위원회가 담당하는 것이 적절하다. 향후에 조성될 마나르 지역 100MW급 풍력발전단지도 실론전력위원회가 관리를 담당하리라 예상되므로 동 사업 사후관리도 실론전력위원회가 함께 관리하는 편이 효율적이다. 실론전력위원회는 현재 다수의 풍력발전기를 보유하고 관리하고 있어, 동 사업 유지 및 관리에 큰 어려움이 없을 것이라 판단된다.

8) 기타 고려사항

스리랑카는 전력 관련 인적자원과 기술이 어느 정도 확보되어 있고 풍력발전 기술을 일정 수준 보유하고 있어 동 사업을 추진하는 데에 큰 어려움이 없을 것으로 예상된다. 영어가 널리 사용되고 있으므로 비교적 수월하게 의사소통이 가능한 바 기술이전 및 사업수행이 원활할 것으로 판단된다. 그러나 재생에너지 사업 및 전력계통 연계의 경우 지속가능에너지청의 기준과 실론전력위원회가 자체적으로 수립하고 있는 기준 및 규제가 있으므로 가급적 이를 최대한 반영하여 사업을 기획하는 것이 중요하다. 사업타당성조사 수행 시 이러한 점을 고려하여 핵심 이해관계자들(지속가능에너지청, 실론전력위원회)과 충분히 소통하고 의견을 반영한다면 현지 사정에 적절한 사업타당성평가보고서를 작성할 수 있다. 이는 향후 사업인수인계를 수월하게 진행하고 사업의 지속가능성을 높이는 지름길이다.

Ⅴ. 재생에너지사업 평가지침

1. 개발원조기구 재생에너지사업 평가지침 해외사례 분석

가. 평가 개요

경제협력개발기구(Organization for Economic Cooperation and Development: OECD) 내 개발원조위원회(Development Assistance Committee, DAC)는 원조사업 평가란 "진행 중이거나 종료된 프로젝트, 프로그램, 정책의 기획, 집행과 성과에 대해 최대한 체계적이고 객관적으로 심사하는 것"이라고 정의한다. 평가는 유용하고 신뢰할 만한 정보를 제공함으로써 향후 수원국과 공여국 양 측의 의사결정 과정에서 적절한 교훈을 제공할 수 있어야 한다[298]. 평가의 목적은 크게 다음 두 가지이다.

- 사업으로부터 교훈을 얻어 미래 원조정책, 프로그램, 프로젝트를 개선
- 대중에 대한 원조책임성을 확보함과 동시에 정보를 제공

대부분의 국제원조기구는 유엔개발계획(United Nations Development Program, UNDP), 세계은행(World Bank), 경제협력개발기구 개발원조위원회 등 다자적 국제원조기구가 발간한 지침을 참고하여 자체적으로 원조사업 평가 기준을 마련하고 있다. 다자적 국제원조기구들의 평가 지침은 약간의 차이가 존재하기는 하나, 내용면에서 상당히 유사하다. 현재 일반적으로 이행되고 있는 평가의 종류와 목적은 다음과 같다.

[표 118] 아시아개발은행(ADB) 평가의 종류와 목적[299]

종류	목적
프로젝트 평가	특정 프로젝트로 인한 기대효과가 발생했는지 여부 및 프로젝트 목적 달성 여부 평가
프로그램 평가	특정 프로그램으로 인해 발생한 성과, 과정, 변화, 개발영향 평가

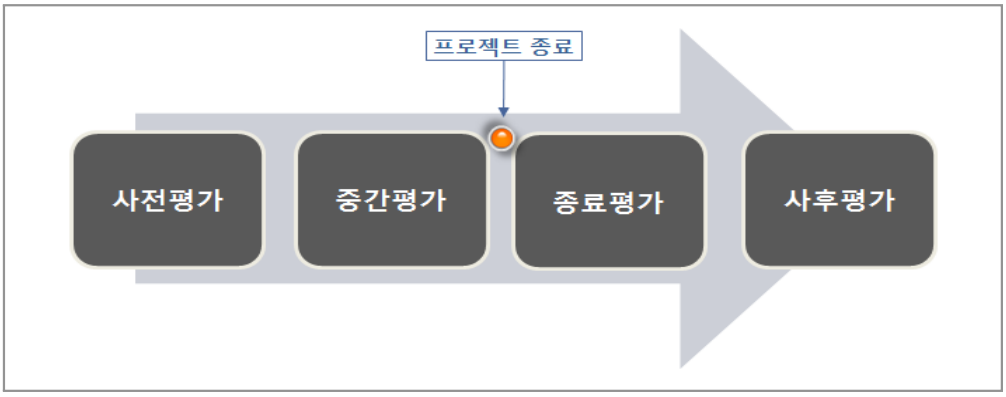
298) OECD, The Network on Development Evaluation, *Evaluating Development Co-operation: Summary of key norms and standards*, 2nd edition, 2010.

299) Asian Development Bank(ADB). Operations Evaluation Department. *Guidelines for Preparing Performance Evaluation Reports for Public Sector Operations*, 2006.

분야별 평가	특정 분야별 전략, 정책, 프로젝트 및 기술지원 등 평가
국가별 평가	대상국가에 대한 원조효과 평가
형태별 평가	특정 사업의 효율성과 효과성을 평가하기 위한 것으로써, 정책수립 지원, 프로젝트 지원, 기술지원 등의 사업이 포함됨.
주제별 평가	시민사회, 거버넌스(Governance)[300], 여성, 환경 등 특정 주제를 중심으로 평가
영향 평가	특정 프로젝트나 프로그램, 정책이 지역주민의 삶과 지역사회/기업의 생존 및 유지에 영향을 끼쳤는지 여부를 평가

상기 평가의 종류 중에서 가장 활발하게 이루어지는 것은 프로젝트/프로그램 평가이다. 프로젝트/프로그램은 일정 기간 동안에 진행되는 특성상, 사전평가, 중간평가, 종료평가, 사후평가 등 시기별로 나누어 평가를 진행하게 된다. 일반적으로 사전평가, 중간평가, 종료평가는 원조기관의 사업 수행부서에서 진행하고 사후평가는 평가부(실) 또는 별도의 독립적인 평가기관에서 진행한다. 세계은행이나 아시아개발은행(Asian Development Bank, ADB)은 별도의 평가기관을 두고 사후평가인 프로젝트 성과평가(Project Performance Evaluation Report)를 진행하고 있으며, 한국국제협력단의 경우도 협력단 내에 평가실을 두어 사후평가를 진행하고 있다. 유엔개발계획(UNDP)의 경우 모든 프로젝트평가는 프로젝트 담당부서에서 진행하고 있으나, 대개 제3자를 통하여 평가를 진행하는 것이 일반적이다[301].

[그림 104] 프로젝트 평가 진행 단계



300) 해당 분야의 여러 업무를 관리하기 위해 정치·경제 및 행정적 권한을 행사하는 국정 관리 체계를 의미함.

301) Clark, Helen et al. *Handbook on Planning, Monitoring and Evaluating for Development Results*, United Nations Development Programme, New York, 2009.

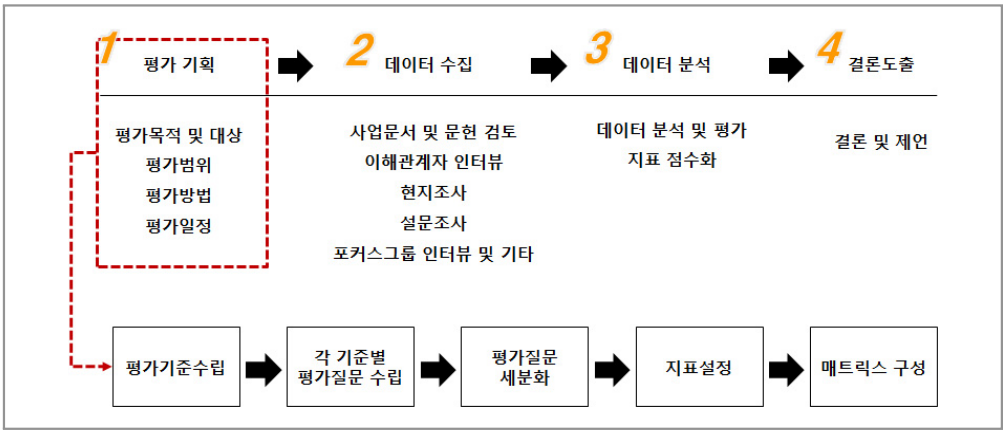
사전평가는 사업 절차의 투명성을 보장하고, 사업을 보다 효과적이고 효율적으로 수행하기 위해 실시한다. 중간평가는 사업 수행 중간시점에서 계획대비 변동사항이 있는지 여부, 일정에 차질은 없는지 등을 평가한다. 종료평가와 사후평가는 사업이 종료된 후 진행한다는 점에서는 같으나, 목적에서 차이점이 존재한다. 종료평가의 경우 사업이 종료된 직후에 실시하며, 사업의 수행이 적절히 이루어졌는지를 평가하기 위한 것이며, 사후평가는 사업의 효과가 발생하기까지의 충분한 시간을 두고 사업의 파급효과, 영향, 지속성 등을 광범위하게 평가하기 위한 것이다. 즉, 종료평가는 프로젝트 산출물(Output) 중심으로, 사후평가는 성과물의 활용 중심으로 평가가 진행된다.

나. 국제원조기구 사업 사전·후 평가지침 분석

국제원조기구 사업 평가지침 분석은 유엔개발계획(UNDP), 아시아개발은행(ADB), 유럽개발협력청(EuropeAid), 일본국제협력기구(JICA), 미국 국제개발처(USAID)를 주요 조사 대상으로 하였다. 이 중 다자 원조기구는 유엔개발계획, 아시아개발은행, 유럽개발협력청이며, 양자 원조기구는 일본국제협력기구와 미국 국제개발처이다.

사전·후 평가 절차는 크게 1) 평가 기획, 2) 데이터 수집, 3) 데이터 분석, 4) 결론 도출의 순서로 이루어진다. 이를 도식으로 나타내면 다음과 같다.

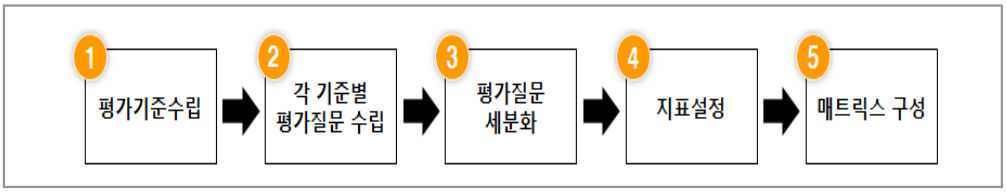
[그림 105] 국제개발원조사업 평가 절차



세부적으로는 1) 평가 기획 단계에서는 평가목적 및 대상, 평가범위, 방법, 일정 및 예산 등을 수립하며, 2) 데이터 수집 단계에서는 사업문서 및 문헌 검토, 이해관계자 인터뷰, 현지 조사 및 설문조사 등을 통하여 데이터를 수집한다. 3) 수집된 데이터를 분석하여 평가지표별로 점수화하고 4) 결론을 내는 것이 평가의 일반적인 절차이다.

동 연구에서 중점적으로 다룰 내용은 평가 기획 단계의 평가방법 수립이다. 상기 그림에 나와 있듯이 일반적으로 원조사업의 평가방법 수립은 ① 평가기준 수립, ② 각 기준별 평가질문 수립, ③ 평가질문 세분화, ④ 지표 설정, ⑤ 매트릭스 구성의 절차로 이루어진다.

[그림 106] 국제개발원조사업 평가방법 수립 절차



1) 평가 기준 수립

대부분의 국제원조기구들은 개발원조위원회에서 권장하는 5대 평가기준인 적절성(Relevance), 효과성(Effectiveness), 효율성(Efficiency), 영향력(Impact), 지속가능성(Sustainability)에 기반하여 사전·후 사업평가를 실시한다. 5대 평가기준의 구체적인 내용은 다음과 같다.

[표 119] 개발원조위원회 5대 평가기준

기준	세부설명
적절성	• 프로젝트가 수원국 및 공여국의 정책과 우선사항에 부합하는 정도
효과성	• 원조활동의 목표 달성 여부 및 수준
효율성	• 투입자원 대비 결과의 효율성 - 원하는 결과를 달성하기 위해 최소 비용을 사용한 정도 • 비용 및 시간 효율성, 사업관리의 효율성

영향력	• 프로젝트로 인해 발생한 각종 긍정적, 부정적인 효과 • 지역, 사회, 경제, 환경 및 기타 개발 지표 확인 - 프로젝트 및 사업의 결과로 발생한 영향이 무엇이며 왜 발생하였는가? - 수혜자에게 미친 변화는 무엇인가?
지속가능성	• 프로젝트가 종료된 후 사업효과가 지속적으로 발생할 수 있는지 여부 • 프로젝트는 환경뿐만 아니라 경제적으로 지속 가능해야함.

일본국제협력기구의 경우 개발원조위원회의 5대 평가기준을 그대로 적용하고 있으며, 아시아개발은행의 경우 적절성, 효과성, 효율성, 지속가능성을 평가기준으로 적용하고 있다. 영향력은 평가기준이 아닌 기타평가로 구분하여 정성적 평가로 진행하는데, 이는 영향력의 경우 사업으로 인한 거시적 영향을 뜻하는 것이므로 정량적 평가가 대단히 어렵기 때문이다. 유럽개발협력청(EuropeAid)의 경우 5대 평가기준에 일관성/상보성과 지역사회가치 반영여부를 추가하여 평가를 진행한다. 미국 국제개발처의 경우 5대 평가기준에 전략과 정책 항목을 추가하여 평가체계를 구성한다.

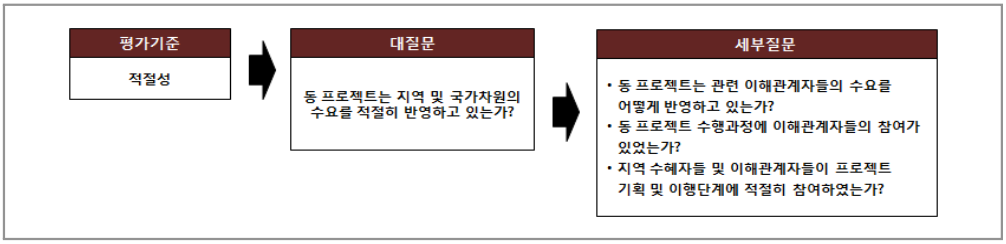
[표 120] 국제원조기구별 평가기준 적용 사례 비교

원조기구	평가기준
개발원조위원회	• 적절성, 효율성, 효과성, 영향력, 지속가능성
아시아개발은행 (ADB)	• 성과평가(적절성, 효과성, 효율성, 지속가능성) • 기타평가영향력, 은행성과평가, 수원국성과평가, 기술지원(TA)평가)
유럽개발협력청 (EuropeAid)	• 개발원조위원회 5대 평가기준 + 일관성/상보성 + 지역사회가치 반영여부
일본국제협력기구 (JICA)	• 개발원조위원회 5대 평가기준 적용
미국 국제개발청 (USAID)	• 개발원조위원회 5대 평가기준 + 전략 + 정책(기구)

2) 평가질문 수립 및 세분화

상기 5대 평가기준은 포괄적인 내용을 다루는 것으로써 이를 적용하기 위해서는 각 기준에 대한 평가질문을 수립한 후, 각 평가질문을 다시 세분화해야 한다. 평가질문은 사업성과 판단 시, 사업의 핵심적인 부분이 드러날 수 있도록 구성해야 하며, 사업으로 인해 의도했던 성과 및 산출물이 발생했는지 여부를 파악할 수 있어야 한다. 평가질문은 5대 평가기준별로 핵심질문을 수립한 후, 핵심질문별 세부질문을 개발한다.

[그림 107] 평가질문 수립 예시



3) 지표 설정

평가질문을 개발하고 나면, 질문에 대한 지표를 설정한다. 가장 널리 사용되고 있는 유엔개발계획(UNDP)의 좋은 성과지표의 기준은 다음과 같다.

[표 121] 유엔개발계획(UNDP)의 SMART 지표 설정 기준[302]

기준	세부설명
Specific	• 지표가 성과 달성 과정을 측정하기에 충분히 구체적인가?
Measurable	• 지표는 성과를 측정할 수 있는가?
Achievable	• 지표는 달성하고자 목표한 성과를 달성할 수 있는가?
Relevant	• 지표는 투입자원 및 성과물을 측정하기에 적절한가?
Time-bound	• 적절한 비용과 노력을 투입했을 때 지표에 해당하는 데이터를 얻기가 용이한가?

유럽개발협력청은 SMART 기준에 따라 지표를 수립하며 일본국제협력기구의 지표 설정 또한 SMART 기준과 유사하다.

[표 122] 일본국제협력기구(JICA) 지표 설정 기준[303]

기준	세부설명
타당성	• 지표가 현상을 직접적으로 설명할 수 있는지 여부
실용성	• 지표가 충분히 실용적인지 여부
적절성	• 지표가 적절하게 목적을 대변할 수 있는지 여부

지표는 정량적 지표와 정성적 지표로 나눌 수 있는데, 정량적 지표는 횟수, 퍼센트, 비

302) *Ibid.*

303) *Ibid.*

율 등을 뜻하는 반면에 정성적 지표는 이해관계자의 의견, 태도, 판단 등을 뜻한다. 좋은 지표는 데이터를 많이 요구하거나 정확한 측정을 유도하는 것이 아닌, 신뢰성이 높은 지표이다. 지표가 많을수록 측정비용이 많이 발생하기 때문에 지표를 다수화하는 것이 반드시 좋은 것은 아니며 발생한 변화를 측정하기에 충분한 수의 지표가 있으면 된다.

사업성과 측정 지표는 영향지표(Impact Indicator), 성과지표(Outcome Indicator), 산출지표(Output Indicator) 등 3가지 종류로 분류할 수 있다. 영향지표는 사업으로 인해 주민의 삶의 질 또는 지구적, 지역적, 국가적 차원의 개발수준에 변화가 발생했는지 여부를 측정하며, 대개 새천년개발목표에 비추어 지표를 설정한다. 성과지표는 성과달성목표 대비 실제 달성 정도를 평가하는 것이며 대개 지구적, 지역적, 국가적 프로그램의 변화를 측정한다. 산출지표는 산출달성 목표대비 실제 달성 정도를 평가하며, 평가 및 측정이 영향지표나 성과지표에 비해 용이하다.

4) 매트릭스 구성

지표를 설정하고 나면 평가 매트릭스를 구성한다. 평가 매트릭스는 프로젝트 성과를 평가하고 평가의 근거가 어디에서 발생했는지를 나타내기 위한 것이다. 평가 틀은 대질문, 세부질문과 지표, 근거자료 등으로 구성하는 것이 일반적이나 기관별로 규모 및 복잡도가 약간씩 상이하다. 유엔개발계획의 평가 매트릭스의 경우 평가기준, 대질문, 지표, 근거자료 등 기본항목으로 구성되어 있으며, 일본국제협력기구의 경우 평가기준, 질문, 평가근거, 자료원, 자료수집방법으로 매트릭스를 구성한다. 유럽개발협력청의 경우 각 평가질문별로 평가 틀을 구성하여 평가를 진행한다.

[그림 108] 일본국제협력기구의 평가 매트릭스[304]

Evaluation Criteria	Evaluation Questions		Basis for judgement	Data Needed	Data Sources	Data Collection Methods
	Main questions	Sub-questions				
Relevance						
Effectiveness						
Efficiency						
Impact						
Sustainability						
Others						

304) United Nations Development Programme. Evaluation Office. *Project Level Evaluation, Guidance for Conducting Terminal Evaluations of UNDP-Supported, GEF-Financed Projects*, New York, 2012.

[그림 109] 유엔개발계획의 평가 매트릭스[305]

Evaluative Criteria	Questions	Indicators	Sources
Relevance: How does the project relate to the main objectives of the GEF focal area, and to the environment and development priorities at the local, regional and national levels?			
Effectiveness: To what extent have the expected outcomes and objectives of the project been achieved?			
Efficiency: Was the project implemented efficiently, in-line with international and national norms and standards?			
Sustainability: To what extent are there financial, institutional, social-economic, and/or environmental risks to sustaining long-term project results?			
Sustainability: To what extent are there financial, institutional, social-economic, and/or environmental risks to sustaining long-term project results?			
Impact: Are there indications that the project has contributed to, or enabled progress toward, reduced environmental stress and/or improved ecological status?			

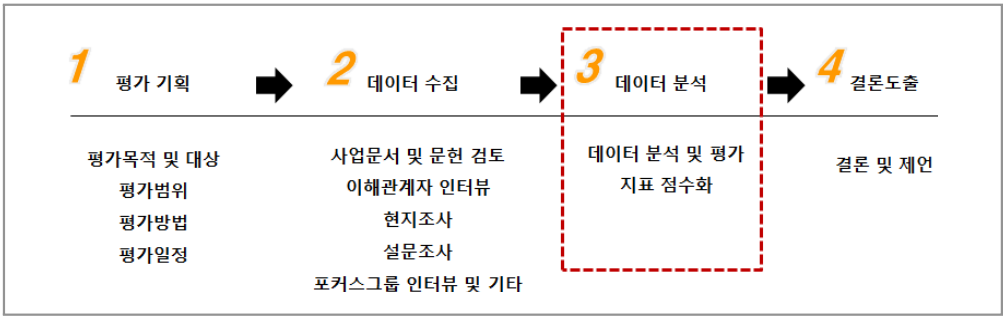
[그림 110] 유럽개발협력청의 평가질문별 평가 틀[306]

Question	Text of the question
Comments	Why is the question asked?
Scope	What does the question cover?
Judgement criterion / criteria	How will the merits and success be assessed?
Indicator(s)	Which data will help assessing the merits and success?
Target level(s)	Which level or threshold can be considered as a success?
Chain of reasoning	Steps of reasoning planned to answer the question by: - quantifying / qualifying indicators - analysing information - formulating the value judgement
Analysis strategy	Type(s) of analysis to be applied (see Section 10.1.1)
Investigation areas	Areas where data are to be collected and analysed (see Section 8.3.2)
Information sources and tools	What will be the origin of data (see Section 8.3.3)

305) *Ibid.*

306) EuropeAid Co-operation Office, Directorate General Development, Directorate General External Relations. *Evaluation Methods for the European Union's External Assistance*. Vol. 1, France, 2006.

[그림 111] 평가 절차



평가 기획 후 데이터를 수집하고 나면, 데이터 분석 및 결론 도출 단계로 넘어가게 된다. 이때 데이터 분석 단계에서 이루어지는 것이 바로 지표별 점수화이다. 일반적으로 점수화는 평가 성과에 한정하여 이루어지며, 대부분 원조기구의 경우 각 지표에 대한 점수를 정하여 평가기준별로 점수를 도출한다. 각 기관마다 평가 항목 및 기준은 약간의 차이를 보인다. 아시아개발은행의 평가성과 점수시스템은 기준별 가중치를 두어 4단계로 구성되어 있으며, 유엔개발계획의 점수시스템은 항목의 특성에 따라 2~6단계까지로 구성되었다.

[표 123] 아시아개발은행 점수시스템

기준	가중치	세부내용	점수등급	점수
적절성	20	• 사업이 수원국의 개발정책, 아시아개발은행의 차관정책, 아시아개발은행의 전략적 목표에 부합하는지 여부	매우적절함 적절함 일부적절함 비적절함	3 2 1 0
효과성	30	• 계획했던 사업성과 및 목표가 달성되었는지 여부	매우효과적 효과적 일부효과적 비효과적	3 2 1 0
효율성	30	• 투입자원 대비 산출물의 효율성 • 경제적 효율성(내부수익률, 투입자원의 비용효율성)	매우효율적 효율적 일부효율적 비효율적	3 2 1 0
지속 가능성	20	• 사업 사후관리를 위한 인적, 제도적, 금융적, 기타 자원이 충분한지 여부	매우높음 높음 높지않음 낮음	3 2 1 0
총점	• 매우 성공적 : 가중치점수 ≥ 2.7 • 부분성공적 : 0.8 ≤가중치점수 < 1.6		• 성공적 : 1.6 ≤ 가중치점수 < 2.7 • 실패 : 가중치점수 < 0.8	

[표 124] 유엔개발계획 점수시스템

기준	세부내용	점수등급	점수
효과성, 효율성, 영향력, 모니터링 및 평가항목	• 적절성, 효과성, 효율성 항목을 목표를 무리 없이 달성했을 경우	매우높음	6
	• 약간의 결점이 있을 경우	높음	5
	• 보통수준의 결점이 있을 경우	보통	4
	• 중요한 결점이 있을 경우	약간낮음	3
	• 목표달성에 심각한 결함이 있을 경우	낮음	2
	• 매우 중대한 결함이 있을 경우	매우낮음	1
지속가능성	• 약간의 리스크가 있을 경우	높음	4
	• 중간 정도의 리스크가 있을 경우	약간높음	3
	• 심각한 리스크가 있을 경우	약간낮음	2
	• 매우 중대한 리스크가 있을 경우	매우낮음	1
적절성		적절함	2
		적절치않음	1
영향력		중대함	3
		저조함	2
		거의없음	1

지금까지 알아본 바에 의하면 성과평가체계는 각 원조기구별 지침에 의하여 수립하며, 성과평가 세부기준은 사업의 특성을 반영하여 평가팀 또는 평가자가 질문 및 지표, 점수체계 등을 적절하게 구성한다. 성과평가질문 및 지표는 사업별로 사업기획 시 작성하였던 Logical Framework상 지표를 반영하여 설정하는 것이 일반적이다. 성과평가질문 및 지표는 원조기구별로, 사업종류별로 다르며 평가자가 누구냐에 따라서도 영향을 받으므로, 사례가 대단히 다양하다. 다수의 원조기구의 경우 원조사업 사후평가는 평가실을 별도로 두고 진행한다.

한편 재생에너지 사업에 특화된 사전·후 사업평가 체계는 아직까지 어떤 국제원조기구들도 마련하고 있지 않다.

2. 재생에너지 사전조사 지침 개발

가. 사업 사전조사 지침 개발 방향 및 절차

사업 사전조사 지침 개발은 한국국제협력단이 기존에 보유하고 있는 사전타당성조사 보고서 목차를 보완하고 체계화하는 방향에서 진행하였다. 본 사전조사 지침의 목적이 사업을 발굴하는 단계에서 실무자들이 본 지침을 바탕으로 사업의 타당성을 평가하기 위한 것인 만큼, 실무자들 선에서 이해하기 쉽고 사용하기 편리하도록 개발하고자 하였다.

우선 한국국제협력단의 사전타당성조사 보고서 목차의 각 항목별 세부 내용을 추가하는 한편, 불필요한 항목을 삭제하고 정리하였다. 특히 타당성평가항목 중 기술적 타당성, 경제적 타당성, 사회·문화적 타당성, 환경적 타당성의 세부내용은 재생에너지 발전사업의 특성을 고려하여 보완하였다. 사업 사전조사 지침 개발 절차는 다음과 같다.

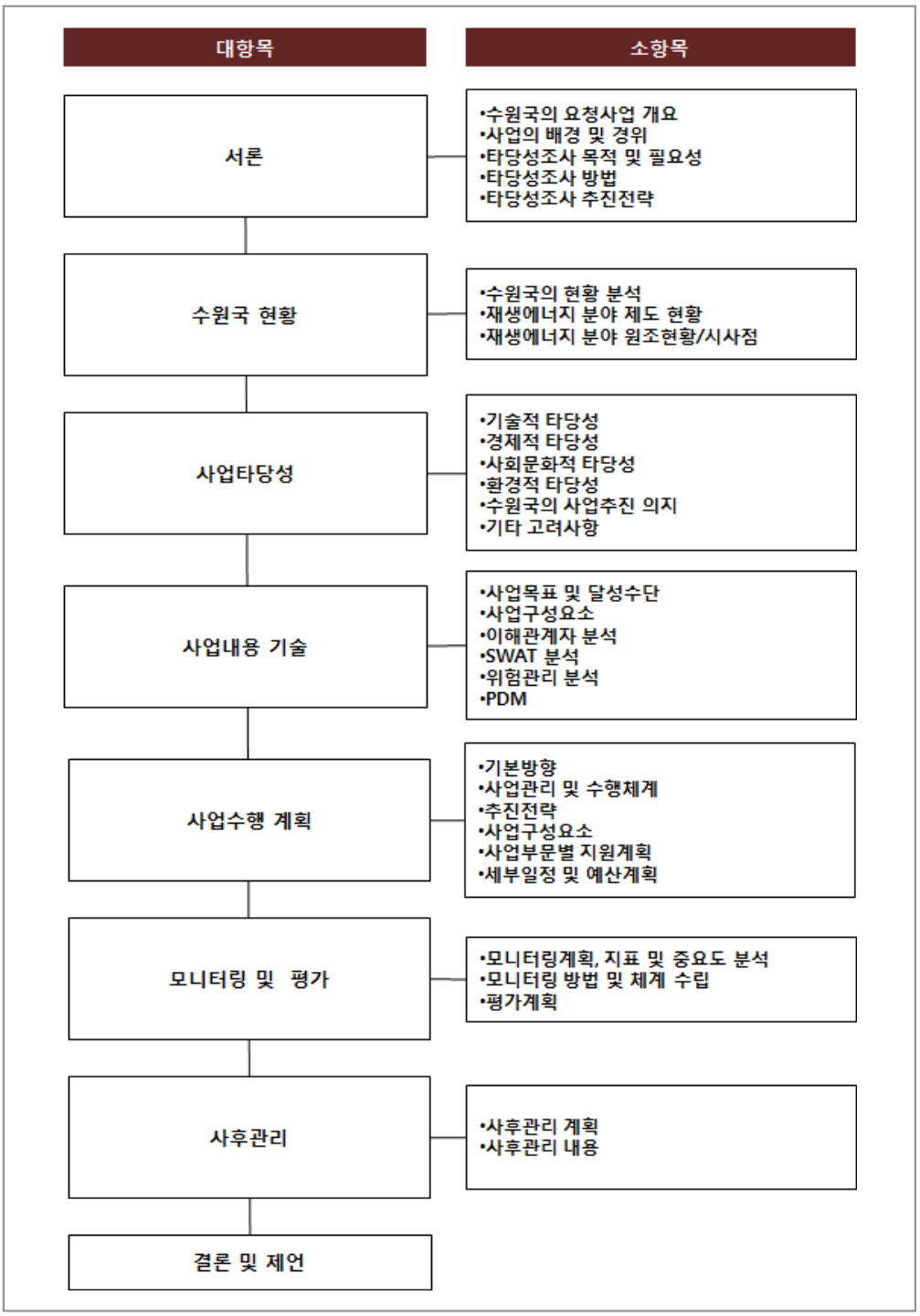
[표 125] 사업 사전조사 지침 개발 절차

한국국제협력단 사업 사전타당성조사 보고서 목차 및 내용 분석
↓
항목 정리
↓
항목 별 세부내용 추가 및 내용 보완
↓
사전조사 지침 완성

1) 한국국제협력단 사전타당성조사 보고서 목차 및 내용 분석

우선 한국국제협력단의 사업타당성조사 보고서 목차는 다음과 같다.

[표 126] 한국국제협력단 기존 사전타당성조사 보고서 목차



기존의 사전타당성조사 보고서 목차는 대항목과 소항목으로 구성되어 있다. 그러나 항목에 대한 설명이 없어 보고서 작성 시 구체적인 방향을 파악하기 어렵다는 점이 단점으로 파악되었다. 특히 사전타당성조사는 주로 외부 전문가 그룹에 의해 수행되는 바, 각 항목에 대한 구체적인 설명 없이는 내용의 일관성을 보장하기 어려우며, 체계적인 보고서 작성이 어려울 수 있다.

특히 기술적, 경제적 타당성의 경우, 조사되어야 하는 항목을 세부적으로 제시하지 않을 경우, 중요한 정보가 누락될 가능성이 있어 향후 사업 추진 시 치명적 결함으로 작용할 수 있다. 이에 세부내용을 추가해야 할 필요성이 절실하였다.

2) 항목 정리

목차 항목 중 불필요한 항목을 삭제하였다. 삭제된 항목은 다음과 같다.

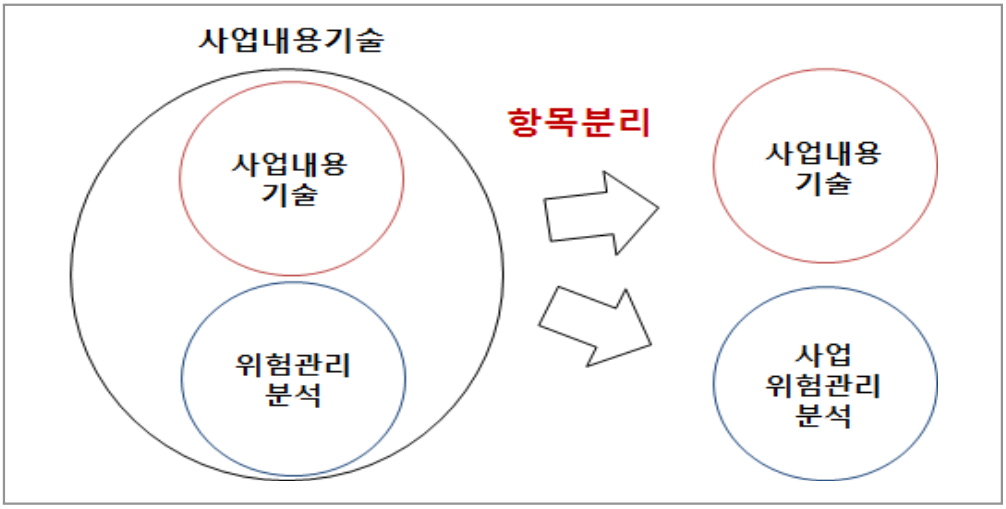
[표 127] 사전타당성조사 항목 중 삭제 항목

대항목	기존항목	수정사항
서론	타당성조사 추진전략	삭제

‘서론’의 ‘타당성조사 추진전략’의 경우 타당성조사가 장기간에 걸쳐 많은 재원이 투입되는 사업이 아니기 때문에 조사방법으로 대체가 가능하다고 판단하여 삭제하였다.

또한 기존의 보고서 목차 항목에는 대항목 ‘사업내용 기술’ 아래 사업내용과 위험관리 분석이 함께 들어가 있다. 위험관리 분석은 중요성이 매우 높은 부분으로써 사업위험 분석결과를 반영하여 사업을 설계하고 추진해야 사업의 효율성과 지속가능성을 높일 수 있다. 따라서 동 항목의 중요성을 고려, 이를 별도의 대항목으로 분리하여 위험관리 분석이 사업설계 및 계획에 적절히 반영될 수 있도록 하였다.

[그림 112] 대항목 '사업내용기술'의 세부분리



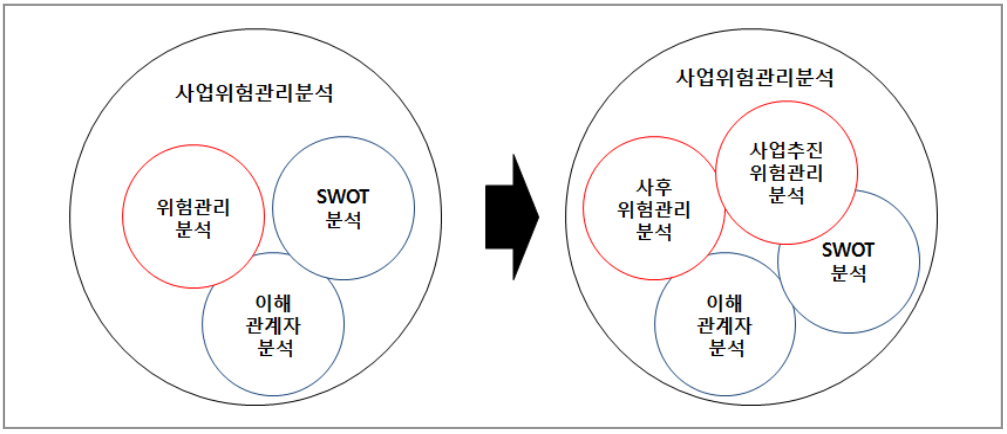
'사업 위험관리 분석' 항목과 '사업 기술내용' 항목에 포함된 소항목은 다음과 같다.

[표 128] '사업 위험관리 분석' 및 '사업 기술내용' 항목별 소항목

대항목	소항목
사업 기술내용	• 사업목표 및 달성수단 • 사업구성요소 • PDM
사업 위험관리 분석	• SWOT 분석 • 위험관리 분석 (사업추진 위험관리 분석과 사후 위험관리 분석으로 재분리) • 이해관계자 분석

대항목 '사업 위험관리 분석' 아래 소항목인 '위험관리 분석'을 다시 '사업추진 위험관리 분석'과 '사후 위험관리 분석'으로 분리하여 사업 전·후 위험이 타당성조사 시 함께 반영될 수 있도록 하였다. 비록 사후관리가 한국국제협력단의 직접적 책임은 아니나, 사업 추진 시 중요하게 고려되는 항목이 '지속가능성'이므로, 사업의 사후관리 부분이 사업계획 시에 고려되어야 한다.

[그림 113] '사업 위험관리 분석' 소항목 세부분리



3) 항목별 세부내용 추가

사전타당성조사 보고서의 기존 목차가 대항목과 소항목으로만 이루어져 있는 바, 각 항목에 대한 세부내용을 추가하여 보고서 작성자로 하여금 지침에 대한 이해를 돕도록 하였다. 세부내용은 한국국제협력단의 사전타당성조사 보고서의 내용을 기반으로 정리하였다.

사업타당성 조사항목의 기술적, 경제적, 사회·문화적, 환경적 타당성의 내용은 재생에너지의 특성을 반영하여 새롭게 추가하였다. 재생에너지라는 공통부분과 주요 재생에너지원 별 조사가 필요한 내용을 명시함으로써 사전타당성조사에 중요한 정보가 누락되지 않도록 하였다. 공통부분은 계통연계형 발전사업과 독립형 발전사업의 두 가지 경우를 제시하였으며, 재생에너지원 별 조사항목에서는 태양광, 바이오매스, 바이오가스, 풍력, 소수력을 중심으로 제시하였다.

또한 각 사업 단계별로 비고란을 두어 사전타당성조사 보고서 작성 시 유의할 사항에 대해 설명하였다.

4) 내용의 보완

내용의 보완 부분에서는 사전타당성조사 보고서 목차 중 사업 위험관리 분석에서 내용을 보완하였다.

① 사업추진 위험관리 : 사업 추진 시 발생 가능한 주요 리스크 세부분석 및 관리 방안
② 사후 위험관리 : 사후관리 시 발생 가능한 문제 분석 및 관리방안

수원국이 사업추진과 사업사후관리에 모두 참여하는 만큼, 수원국의 사업추진 역량과 사후 사업관리 역량이 함께 분석되어야 한다. 사후사업관리 역량 분석결과는 사업설계에 반영하고 수원국의 사업추진 역량 분석결과는 사업추진계획에 반영해야 원활한 사업추진과 높은 지속가능성을 보장할 수 있다. 그러나 현재 기존의 한국국제협력단의 타당성평가 보고서 목차로는 이를 충분히 반영하기가 어렵다.

나. 사업 사전조사 지침(案)

상기 기술한 사업 사전조사 지침 개발 방향 및 절차를 토대로 개발된 지침은 다음과 같다.

사업 사전조사 체크리스트 항목(案)

대항목	소항목	세부내용	비고
서론	수원국의 요청사업개요	• 사업명, 국명, 분야, 사업목적, 사업내역(한국측, 수원국측) • 사업대상지, 사업규모/기간, 기대효과 • 사업수행기관(한국측, 수원국측)	
	사업의 배경 및 경위	• 수원국의 사업요청 내용 및 현재까지의 진행상황 • 사업 추진 배경	
	타당성조사 목적 및 필요성	• 사전타당성조사 목적 및 필요성	
	타당성조사 방법	• 조사기간, 조사지역, 조사단 구성 및 임무, 조사단 활동 일정 • 사전타당성조사 활동 내역(조사항목, 업무분장)	
수원국 현황	수원국의 현황 분석	• 국가 일반현황 • 정치현황 • 경제현황 : 한-수원국 경제·통상관계, 여타국 진출현황, 해외투자유치 사례, 사회기간시설 현황 등 • 에너지현황 : 에너지 수급현황, 에너지 정책, 신재생에너지 개발 현황, 에너지 유관기관, 에너지 사용환경 분석 등 • 전력현황 : 전력 수급현황, 전력 정책, 전력 유관기관 등	
	재생에너지 분야 제도 현황	• 재생에너지 제도 및 사용현황 • 발전부문 규제 및 가이드라인	
	재생에너지 분야 원조현황/시사점	• 타 기관의 재생에너지 원조사업 유사사례 및 운영상황 • 시사점 파악	
사업 타당성	사회·문화적 타당성	• 지역주민의 사회/경제적 여건 및 에너지 수요 • 해당 지역 전력 수요 기여도 • 동 사업으로 인한 온실가스 감축효과 • 고용창출, 여성복지, 환경개선효과 등	온실가스 감축효과 반드시 포함

사업 타당성	환경적 타당성	• 인근 자연환경 조사 • 소음 및 진동 발생 가능성 • 악취 및 생물다양성의 위협 가능성 여부 • 환경영향평가 진행 필요성 여부 등	
	기술적 타당성	- 공통사항 - • 계통연계형: 자원현황 데이터 및 지도, 기상여건, 부지 조건 및 지형도, 발전소 설계기준(발전용량 및 연간 전력생산량) 및 발전소 시공여건, 전력계통 시스템, 송배전 시스템, 연계 전력망, 변전소 위치, 도로, 항구 여건 등 • 독립형: 자원현황 데이터 및 지도, 기상여건, 부지 조건 및 지형도, 발전소 설계기준(발전용량 및 연간 전력생산량) 및 발전소 시공여건, 도로, 항구 여건 등	
		- 재생에너지원 별 현황조사 - • 태양광 : 일사량, 일조시간 • 바이오매스 : 바이오매스 원료 종류 및 생산량, 원료 조달방법, 연간 수확횟수, 인근 농경지 위치 및 규모, 용수 이용가능성, 바이오매스 연료 수분함량 및 발열량, 대체연료 유무 • 바이오가스 : 가축의 수, 분뇨량, 메탄가스 발생량, 용수 이용가능성, 분뇨의 유기성분 및 수분, 평균기온 • 풍력 : 연간/계절별 풍속 및 풍향, 밀도 • 소수력 : 유량, 수두(Water head), 인근 수원지도	사업의 특징에 따라 적절히 내용을 선별하여 사용
	경제적 타당성	• 총 사업비, 운영비(원료비, 관리비 포함), 예상 매출 등	
	수원국의 사업추진 의지	• 수원국의 사업 이행의지 및 역량	
	기타 고려사항	• 추가 고려사항	

사업 내용 기술	사업목표 및 달성수단	• 국가 개발계획과 연계된 사업목표 및 달성 수단	사업 장비 및 설비는 수원국의 수요와 역량에 적절한 것으로 선택하며, 역량강화 프로그램 역시 수원국의 역량과 수요를 반영함.
	사업구성요소	• 수원국 역량 및 사후 관리위험을 반영한 시스템 설계 • 부지정리 및 장비 설치 • 역량강화	
	PDM	• Logical Framework	Logical Framework 작성 시, 개발목표(Impacts), 사업성과(Outcome), 결과(Outputs), 사업활동(Inputs) 등 4개 항목으로 구분하여 적절한 지표 설정
사업 위험 관리 분석	SWOT 분석	• 사업의 강점(Strength), 약점(Weakness), 기회(Opportunity), 위협요소(Threatening) 분석	사업 추진 시 발생위험과 사업 사후관리 시 발생위험을 함께 분석하여 사업 설계에 반영
	사업추진 위험관리	• 사업 추진 시 발생가능한 주요 리스크 세부분석 및 관리방안	
	사후 위험관리	• 사업 사후관리 시 발생 가능한 문제 분석 및 관리방안	
	이해관계자 분석	• 수원국 유관 정부기관, 사업수혜자, 지역 사업파트너 등	
사업 수행 계획	기본방향	• 사업수행 계획 방향 수립	사업수행계획 및 추진전략은 사업추진 리스크를 최소화하고, 사업수행의 효율성을 최대화하는 방향으로 설정함.
	사업관리 및 수행체계	• 양측 분담 사항 • 사업관리 방안 및 참여기관의 업무분장	
	추진전략	• 추진전략수립	
	사업구성요소별 계획	• 시스템 설계, 부지정리 및 장비설치, 역량강화 등 요소별 계획	
	사업부문별 지원계획	• 기자재 지원 사항 • 전문가 파견 : 분야별 파견 인력 및 규모 • 국내 초청연수 : 교육 인원 및 기간, 교육대상자, 교육방침, 연수자 선정 방법 • 현지 교육 : 교육 인원 및 기간, 교육대상자, 교육방침, 연수자 선정 방법 • 현지전문가 지원 및 활용방안: 현지교육기관 및 NGO	
	세부일정 및 예산계획	• 세부일정 : 사업설계, 토지정리, 기자재운반, 설치, 교육, 시운전 • 사업완료 기간에 걸친 일정 및 소요 예산	

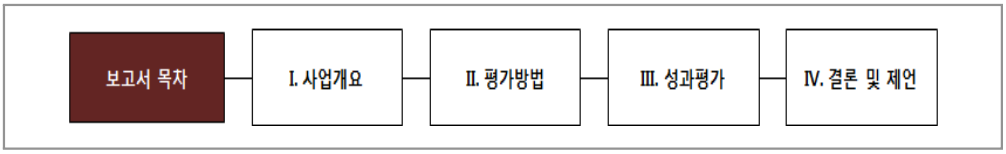
모니터링 및 평가	모니터링계획	• 단계별 모니터링 계획 : 사전평가, 수시평가, 중간평가, 최종평가 및 사후평가	
	지표 및 중요도 분석	• 모니터링 지표(Indicator) 수립	
	모니터링 방법 및 체계 수립	• 모니터링 시기 • 모니터링 항목 • 모니터링 방법	
	평가계획	• 사전평가 계획 • 중간평가 계획 • 종료평가 계획	
사후관리	사후관리계획	• 수원국측 사후관리 역량 및 방안 • 한국측 사후관리 지원 활동	
	사후관리내용	• 발전소 운영 및 유지·보수 관련 주요 활동	
결론 및 제언			

3. 재생에너지 사업 사후평가 지침개발

가. 개발 방향 및 절차

일반적인 국제원조기구의 사후평가보고서 목차는 크게 Ⅰ. 사업개요, Ⅱ. 평가방법, Ⅲ. 성과평가, Ⅳ. 결론 및 제언의 순으로 구성되어 있다. 한국국제협력단의 사후평가 보고서의 목차도 국제원조기구의 보고서 목차와 유사한 체계를 가지고 있지만 항목의 명칭과 내용이 약간 다르다. 한국국제협력단의 사후평가보고서 목차는 Ⅰ. 평가개요, Ⅱ. 평가방법과 절차, Ⅲ. 평가대상 분석, Ⅳ. 평가결과, Ⅴ. 제언으로 구성되어 있다. 한국국제협력단의 사후평가보고서에 대해서는 다음 장에서 분석하도록 한다.

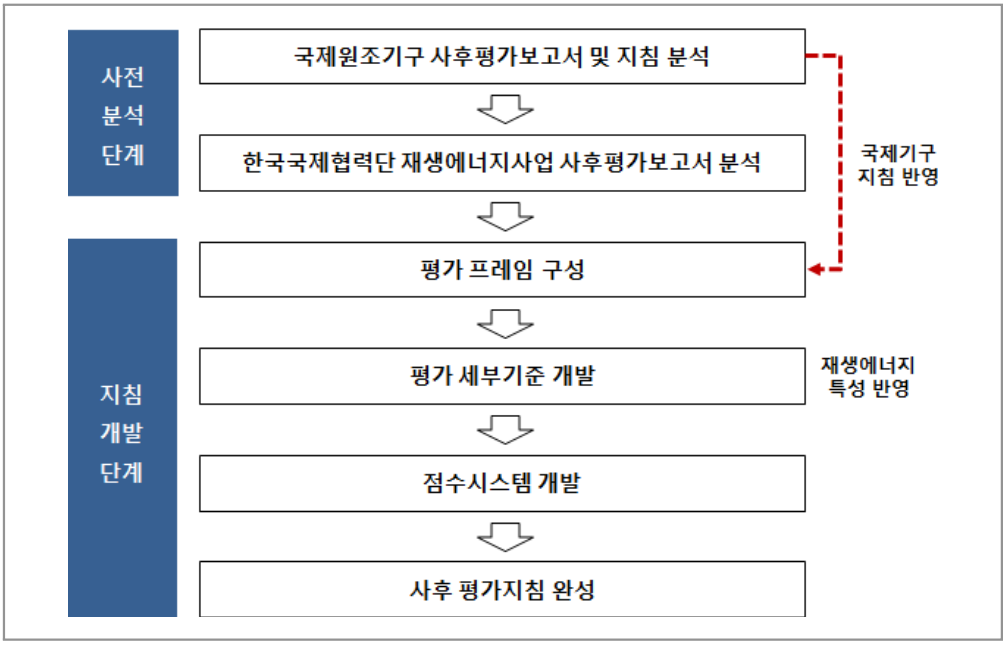
[그림 114] 국제원조기구의 사후평가보고서 목차



사후평가에서 다수의 국제원조기구들과 한국국제협력단의 차이점은 '성과평가(결과평가)' 항목에서 발견된다. 앞에서 이미 밝힌 바와 같이, 다수의 원조기구들은 개발원조위원회의 5대 평가기준을 바탕으로 사업의 성과평가 항목을 체계화하여 각 항목별 목표 달성치를 수치화한다. 한국국제협력단은 현재 성과평가에 대해 목표 달성치를 수치화하지는 않으나 향후 정량적 평가시스템 도입 가능성이 있는 만큼 이에 대한 연구가 필요할 것으로 보인다. 평가의 체계성과 일관성, 그리고 객관성과 신뢰성을 확보하기 위해서는 평가지침을 반드시 구축하여야 한다. 이에 한국국제협력단의 사업 규모 및 동 연구의 목적을 고려하여 최적의 사후평가지침을 구축하였다.

재생에너지 사업 사후평가 지침개발은 아래와 같은 절차로 진행하도록 한다.

[그림 115] 사업 사후평가지침 개발 절차



사후평가지침을 개발하기 위해서는 평가 프레임을 우선 구성하고 평가기준 별 질문과 지표 등 내용적인 부분, 즉 평가 세부기준을 개발해야 한다. 평가 프레임은 국제원조기구들의 지침 및 사례를 최대한 반영하고 한국국제협력단의 평가 체계를 고려하여 구성하였다. 평가질문 및 점수, 지표와 같은 평가세부기준은 동 연구용역의 목적 및 범위에 따라 재생에너지사업의 특성을 반영하여 개발하였다.

다수의 국제원조기구들은 평가결과를 수치로 정량화하고 있으며 평가결과를 공개하고 있으나 한국국제협력단의 경우 정성적 평가를 실시하고 있다. 동 연구는 향후 한국국제협력단에게 실용적인 연구결과를 제공하는 것이 목표이므로, 한국국제협력단의 상황을 반영하여 본문에서는 정성적 평가체계안을 제시하였다. 정량적 평가체계안은 첨부자료로 제시하여 참고할 수 있도록 하였다.

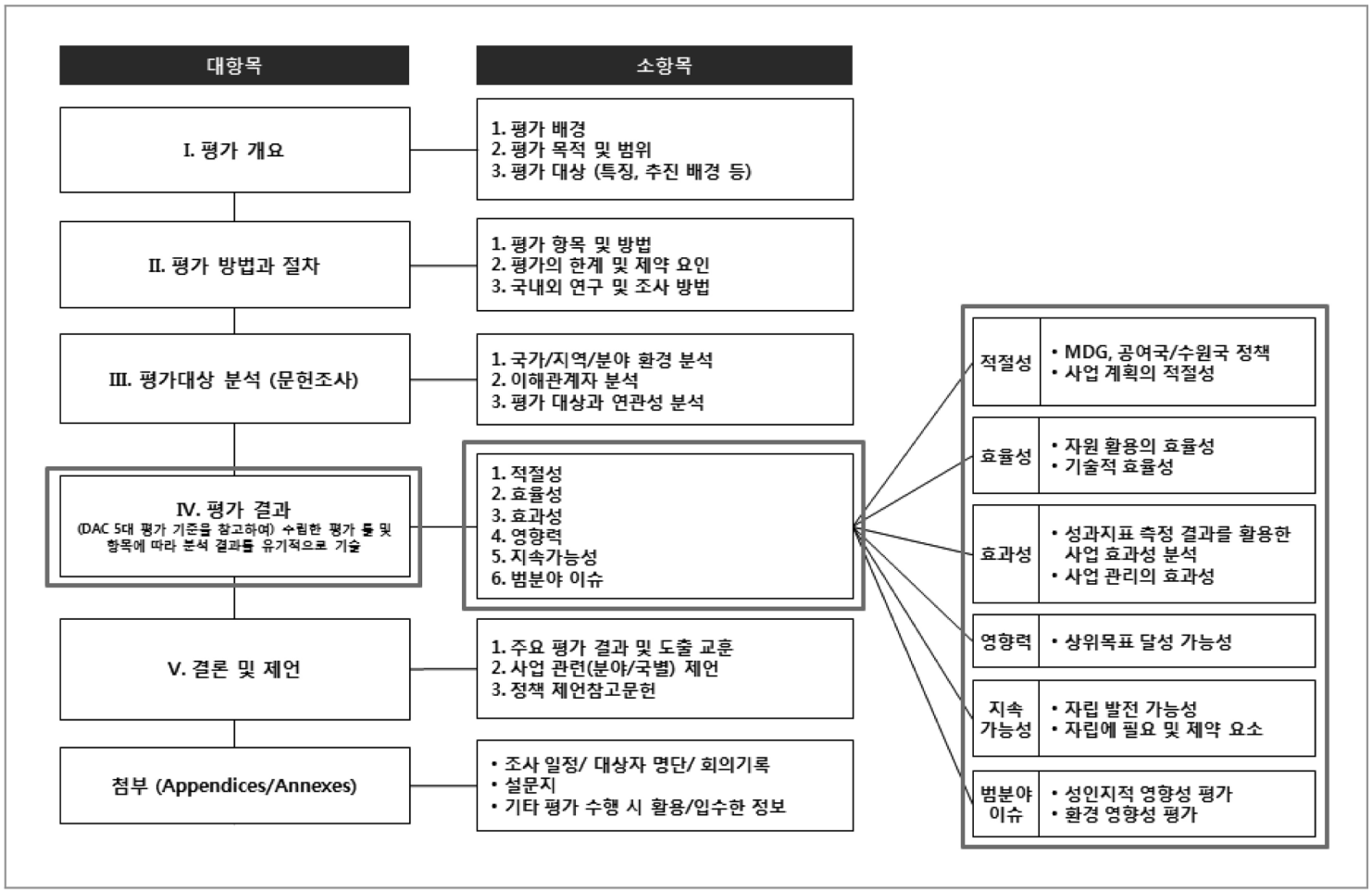
나. 사후평가지침 개발

사후평가지침 개발 부분에서는 개발 절차 중에서 한국국제협력단 재생에너지사업 사후평가보고서 분석에서부터 기술하도록 한다.

1) 한국국제협력단 재생에너지사업 사후평가보고서 분석

한국국제협력단의 사업 사후평가 보고서 목차는 다음과 같다. 아래 목차에서 빨간색으로 표시된 항목은 동 연구의 사후평가지침 개발이 적용되는 범위, 즉 평가 결과 부분이다.

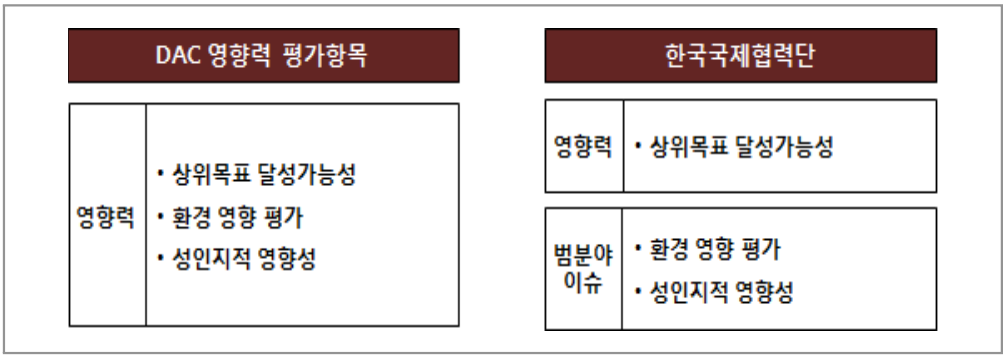
[그림 116] 한국국제협력단 사업 사후평가 보고서 목차



2) 평가 프레임 구성

상기 보고서 목차에서 평가 프레임이 도입되어야 할 항목은 대항목 4번, 즉, 평가결과 부분이다. 개발원조위원회 5대 평가기준은 ① 적절성, ② 효과성, ③ 효율성, ④ 영향력, ⑤ 지속가능성으로 이루어져 있으나 한국국제협력단 사후평가보고서의 평가결과 부분은 여기에 '범분야 이슈' 항목을 추가하여 총 6항목으로 구성되어 있다. 범분야 이슈는 사업의 사회경제적 영향, 성평등 영향, 환경 영향 등을 평가하는 것이다. 개발원조위원회 평가기준은 범분야 이슈를 영향력 항목으로 통합하여 평가한다.

[그림 117] 개발원조위원회와 한국국제협력단의 '영향력' 평가항목 비교



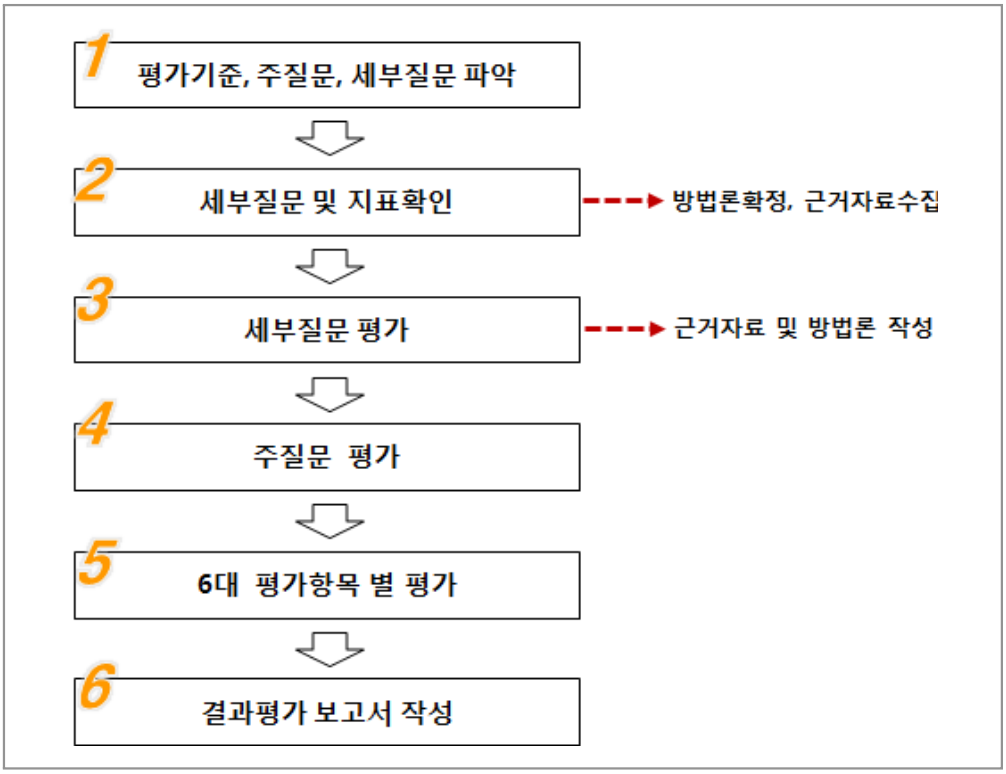
평가 프레임은 평가기준, 주질문, 세부질문, 지표, 근거자료, 방법론을 평가 항목으로 설정하여 수립하였다. 평가기준은 한국국제협력단 6대 평가기준에 따라 수립하고, 주질문은 각 기준에 대한 핵심 질문 2~3개, 세부질문은 대질문에 대한 핵심질문 4~5개로 구성하였다. 지표는 세부질문에 대한 평가를 할 수 있도록 가급적이면 접근가능하고, 이용에 용이하되, 적절성 여부를 최우선으로 고려하여 구성하였다.

[그림 118] 평가 프레임 구성(案)

평가기준	평가질문		지표	근거자료	방법론
	주질문	세부질문			

평가절차의 시작은 각 평가기준, 주질문, 세부질문을 파악하는 것부터 이루어지며, 실제평가는 세부질문부터 시작된다. 세부질문에 대한 평가는 지표를 확인하고 관련 방법론 및 근거자료를 수집한 후 자료에 근거하여 평가한다. 세부질문에 대한 평가가 이루어진 후, 각 주질문에 대한 평가를 진행하고, 이를 기반으로 6대 항목별 평가를 진행한다. 평가 후 시사점을 도출하고 결과평가 보고서를 작성한다.

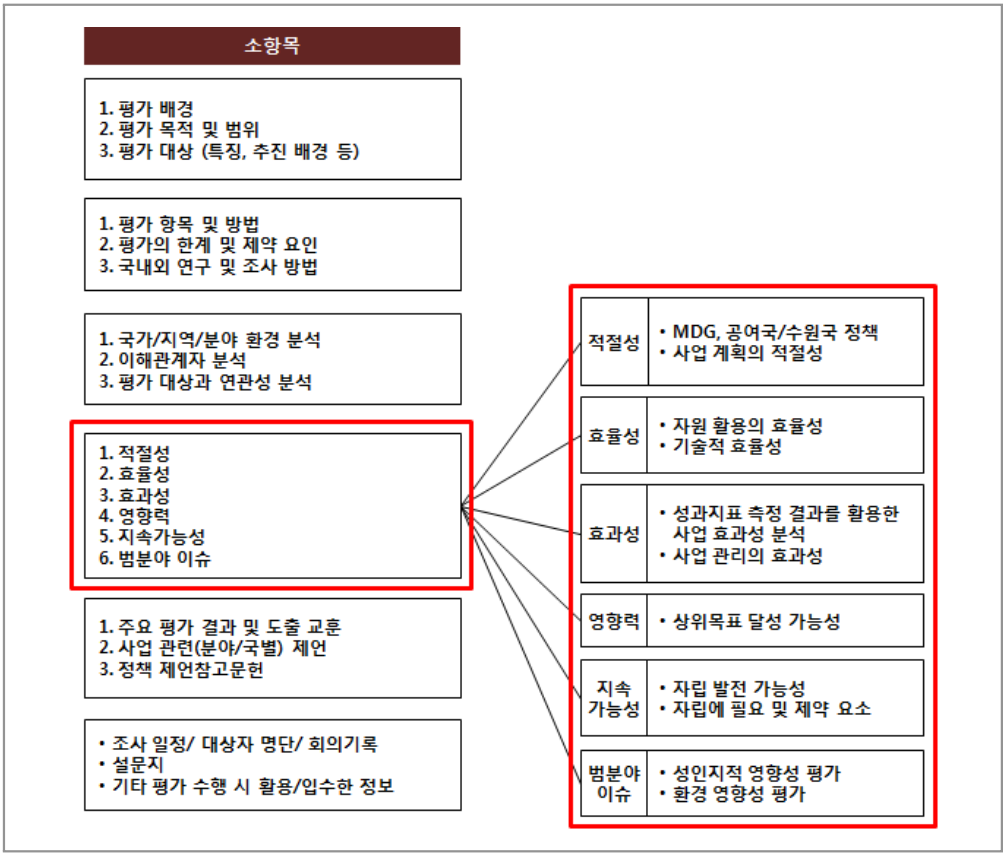
[그림 119] 결과평가체계 기반 평가절차



3) 평가 세부기준 개발

평가 세부기준 개발은 한국국제협력단의 6대 평가기준을 바탕으로 개발하였다.

[그림 120] 사후평가보고서 중 Ⅳ. 평가 결과

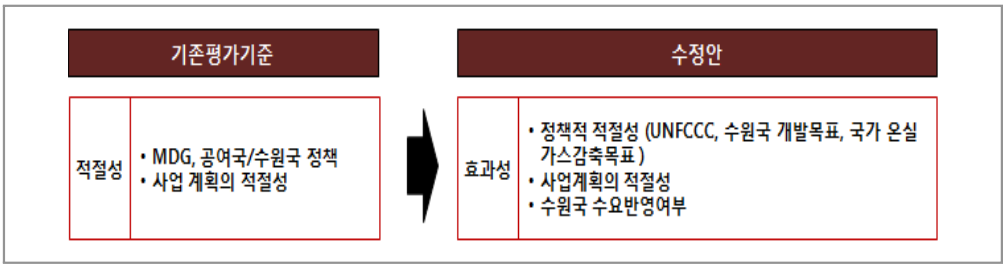


■ 적절성

우선 사후평가보고서 목차 중 Ⅳ. 평가 결과의 적절성에 대해 살펴본다. 적절성 평가는 크게 정책적 적절성 평가와 사업계획의 적절성 평가로 구분된다. 정책적 적절성 평가는 새천년개발목표 및 공여국과 수원국의 개발정책에 비추어 사업이 적절한지를 평가하는 것이다. 이는 개발원조위원회의 5대 평가지침의 적절성 평가내용과 일치하나, 재생에너지사업의 경우 국가개발과 기후변화문제에 동시에 기여하는 측면이 있다. 이에 재생에너지 관련 평가지침은 경제개발 정책과 더불어 기후변화정책과의 부합여부를 반드시 포함하여야 한다.

현재 세계 기후변화 정책 수립은 유엔기후변화협약인 UNFCCC(United Nations work Convention on Climate Change)가 주도하고 있다. 이에 재생에너지 사업 사후평가 지침에는 UNFCCC의 온실가스 감축목표와 수원국의 온실가스 감축목표를 바탕으로 기후변화정책 적절성 여부를 판단하도록 하였다. 또한 수원국의 경제개발정책 부합여부를 기반으로 개발 정책적 적절성을 판단하도록 하였다. 또한 수원국의 수요반영 여부를 추가하여, 정책적 적절성, 사업계획의 적절성, 수요반영 여부로 적절성 평가항목을 구성하였다.

[그림 121] 적절성 항목 변경내용

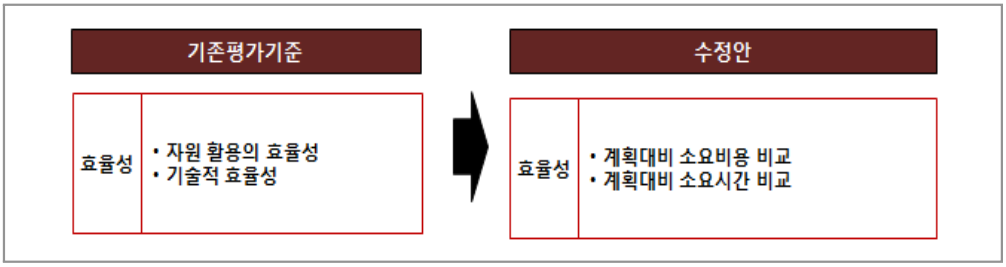


■ 효율성

한국국제협력단의 사후평가에서 효율성 평가란 자원활용의 효율성 및 기술적 효율성 평가를 의미한다. 그러나 자원활용의 효율성과 기술적 효율성은 명확한 기준이 없이는 평가하기가 대단히 어렵다는 한계가 있다. 따라서 동 항목에 대한 평가 기준을 명확히 할 필요가 있다.

아시아개발은행의 경우 효율성 항목을 최소비용 대비 최대효과로 규정하고 있으며, 사업 후 IRR을 평가하여 IRR이 높은 수준에 따라 효율성을 평가한다. 일본국제협력기구의 경우 사업계획 당시 사업비용과 실제 소요된 사업비용을 비교하여 차액을 분석하고 차액의 수준에 따라 효율성을 평가한다. 일본국제협력기구의 효율성평가 방식은 사업계획 당시 산정한 비용을 최대한 효율적으로 집행하였다는 가정 하에 가능한 것이다. 일본국제협력단의 방식이 적용하기 간편하고 합리적이라는 판단 하에 동 방식을 적용하였다.

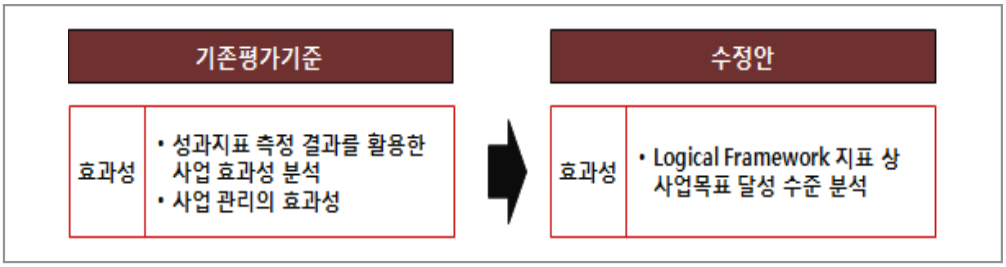
[그림 122] 효율성 항목 변경내용



■ 효과성

한국국제협력단의 사후평가에서 효과성 평가는 성과지표를 활용한 사업효과성 분석과 사업관리 효과분석으로 구성된다. 그러나 개발원조위원회의 평가기준 상 효과성은 사업 목표를 달성하고 계획했던 사업효과가 나타났는지를 평가하는 것이다. 이는 세부적으로는 사업기획 시 작성하였던 Logical Framework 상 산출물(Output)과 성과(Outcome)가 적절히 달성되었는지를 평가하는 것이다. 이에 개발원조위원회의 기준에 따라 효과성은 사업목표달성 수준을 평가하는 항목으로 수정하였다.

[그림 123] 효과성 항목 변경내용

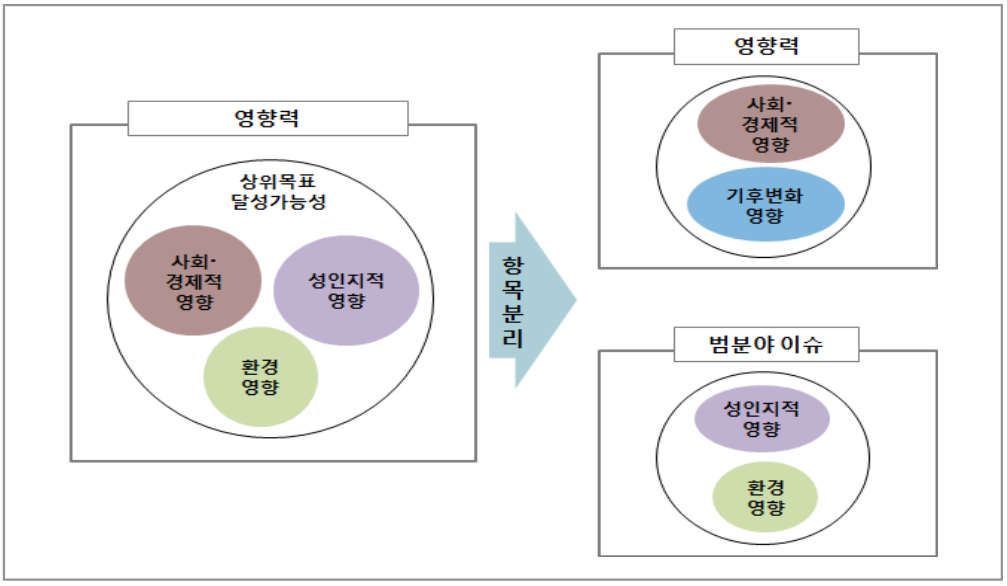


■ 영향력

개발원조위원회의 평가기준 상 영향력 평가는 사업으로 인해 발생한 거시적 차원에서의 사회경제적 영향, 환경, 성인지도 영향 등을 평가하는 것이다. 반면 한국국제협력단의 사후평가보고서의 영향력 평가는 '상위목표 달성 가능성여부'를 평가하는 것이라고 정의하고 있다. 여기에서 말하는 상위목표란 내용적으로 볼 때 개발원조위원

회 평가기준에서 말하는 거시적인 사회경제적 영향, 환경 및 성인지적 영향을 모두 포함하는 포괄적인 개념이다. 그러나 개발원조위원회 평가기준은 사회경제적, 환경, 성인지적 영향을 영향력 항목으로 포함하여 평가하도록 권고하는 데 반해 한국국제협력단은 환경 및 성인지적 영향을 범분야 이슈로 별도로 평가하고 있는 바, '영향력' 항목 내 '상위목표'로 함께 묶여 있는 3가지 영향력의 개념을 명확하게 구분하여 영향력 항목과 범분야 이슈 항목별로 배치할 필요가 있다. 즉 영향력 평가는 '상위목표 달성 가능성 여부' 평가가 아닌 '사회경제적 영향'으로 구성하고 '범분야 이슈'는 '환경영향' 및 '성인지적 영향'으로 구분하여 구성해야 중복 평가를 피할 수 있다. 또한 재생에너지 사업의 주요 영향 중 하나는 '기후변화 관련 영향'이므로 이를 '영향력' 항목 내 사회경제적 영향과 함께 포함시킬 필요가 있다. '영향력' 항목 내 '기후변화영향'과 중복되지 않도록 '범분야 이슈' 항목 내 '환경영향'은 일반적인 환경오염 및 공해 영향(기후변화 제외)을 다루도록 한다.

[그림 124] '영향력' 항목내용 개념정립 및 구분

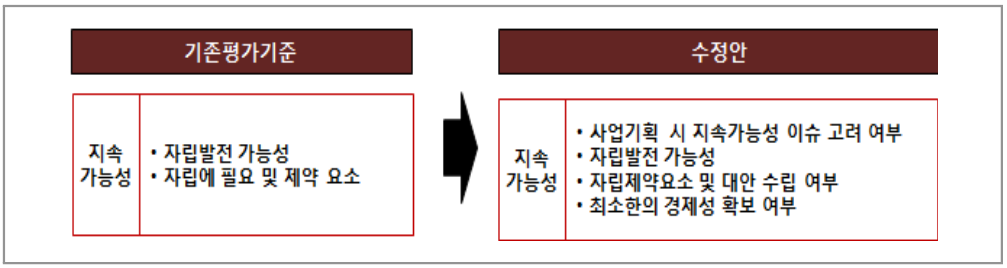


■ 지속가능성

한국국제협력단의 사후평가에서 지속가능성 평가란 자립발전 가능성과 자립을 위한 필요 및 제약요소를 평가하는 것이다. 이는 개발원조위원회의 평가기준에 비추어 적

절하다고 사료된다. 다만 자립을 위한 필요 및 제약요소의 경우, 제약요소에 대한 대안을 수립하고 있는지에 대한 평가가 이루어져야 향후 사업의 발전을 도모할 수 있다. 이에 자립을 위한 필요 및 제약요소 평가를 지속가능성 제약요소 및 대안수립 여부 평가로 수정하고, 사업기획 시 지속가능성 이슈 고려 여부를 추가하여 세부기준을 구성하였다. 또한 재생에너지는 지속적으로 전력을 생산·공급해야 하는 바, 원조사업일지라도 최소한의 경제성을 확보해야 운영이 가능하다. 따라서 전력생산을 위한 원료 조달비, 운영비, 유지보수비 등을 고려하여 최소한의 경제성을 확보하도록 한다.

[그림 125] 지속가능성 항목 변경내용



■ 범분야 이슈

범분야 이슈는 기존의 한국국제협력단 평가내용인 성인지 영향과 환경 영향 평가를 별도로 수정하지 않고 사용하기로 하였다. 다만 환경영향 평가 내용에서 기후변화 영향은 앞서 영향력 평가에서 다루고 있으므로 해당 내용은 제외한 일반적인 환경 영향을 평가하는 것으로 정리하였다.

4) 결과 평가

한국국제협력단은 평가를 정량화하지 않으므로, 이를 감안하여 본문에서는 정성적 평가 프레임을 제시하였다. 정량적 평가 체계는 별도로 작성하여 첨부자료로 제시하였다.

5) 사후평가지침 완성

상기 설명한 사업 사후평가지침 개발 절차에 따라 완성된 사후평가지침은 다음과 같다.

프로젝트 사후평가지침(案)

평가기준	질문	세부질문	지표 (예시)	근거자료 (예시)	방법론
적절성 (20%)	사업목표는 정책적으로 적절한가?	UNFCCC 기후변화정책 목표에 부합하는가?	• UNFCCC 국제 기후변화 정책과의 부합성	사업집행계획서,사업타당성조사보고서,사업협의보고서 등	사업자료 분석
		수원국의 경제개발정책 목표에 부합하는가?	• 수원국의 국가개발정책과의 부합성	사업집행계획서,사업타당성조사보고서,사업협의보고서 등	사업자료 분석
		수원국의 기후변화 정책 및 지속가능개발 정책 목표에 부합하는가?	• 수원국의 기후변화 정책과의 부합성 • 수원국의 지속가능개발 정책과의 부합성 • 수원국 유관 기관 공무원들의 사업 참여도	사업집행계획서,사업타당성조사보고서,사업협의보고서 등	사업자료 분석
	사업계획은 적절한가?	프로젝트 성과와 기획 (파트너, 사업구조, 수행체계, 범위, 예산, 자원사용 등)이 논리적인 일관성을 갖추었는가?	• 프로젝트 성과와 기획 간의 논리구조의 적절성	사업집행계획서,사업타당성조사보고서,사업협의보고서 등	사업자료 분석
		프로젝트의 기간이 프로젝트 목적을 달성하기에 충분하였는가?	• 프로젝트 기획과 수행계획 간의 논리구조의 적절성	사업집행계획서,사업타당성조사보고서,사업협의보고서 등	사업자료 분석
	지역 및 국가의 수요를 반영하였는가?	관련 이해관계자들의 수요를 적절히 반영하였는가?	• 관련 관계자와의 회의 및 인터뷰, 사업설명회, 주민공청회 등 Communication 횟수 및 시간	사업집행계획서,사업타당성조사보고서,사업협의보고서,관련이해관계자인터뷰, 설문조사 결과 등	사업자료 분석, 관계자 인터뷰

적절성 (20%)	지역 및 국가의 수요를 반영하였는가?	사업수행단계에 관련 이해관계자들의 참여가 있었는가?	• 사업기획 및 수행단계에서 지역이해관계자(정부관계자 지역주민, 지역 시민단체 등)의 주요 회의참석 여부 및 횟수, 의견개진 여부 등	사업중간보고서,결과보고서,관련이해관계자인터뷰,설문조사결과등	사업자료 분석, 관계자 인터뷰
		지역 수혜자 및 이해관계자들이 사업기획 및 수행단계에 적절히 참여하였는가?		사업집행계획서,사업타당성조사보고서,사업협의보고서,사업중간보고서,결과보고서,관련이해관계자인터뷰,설문조사결과 등	사업자료 분석, 관계자 인터뷰
효율성 (20%)	계획대비 투입 자원이 효율적으로 사용되었는가?	투입자원 (1) 비용 - 비용은 계획대로 사용되었는가?	• 계획 대비 소요 비용 비교	사업집행계획서,사업타당성보고서,중간보고서,결과보고서,정산보고서	사업자료 분석
		투입자원 (2) 시간- 일정은 계획대로 진행되었는가?	• 계획 대비 소요 시간 비교	사업집행계획서,사업타당성보고서,사업중간보고서,결과보고서	사업자료 분석
효과성 (20%)	계획하였던 목표를 달성하였는가?	Logical Framework 상의 목적 및 성과를 달성하였는가?	• 경제적 효과 분석 - 사업내부수익률분석, 전력생산량 분석	사업협의보고서, 사업집행계획서,사업타당성조사보고서,관련이해관계자인터뷰,설문조사결과보고서, 현지조사 결과 보고서 등	사업자료 분석, 관계자 인터뷰, 현지조사 등
			• 사회적 효과 - 에너지 공급으로 인한 지역주민의 삶의 질 변화 여부 (에너지 조달 소요시간 및 비용 저감, 건강 증진 등)		
			• 기후변화 대응 효과 - 온실가스 배출량 및 화석연료 사용량 감축량 계산		
			• 기술지원 효과 - 발전소 운영 및 유지보수 역량 수준 평가		

효과성 (20%)	계획하였던 목표를 달성하였는가?	Logical Framework 상의 목적 및 성과를 달성하였는가?	• 교육효과 - 재생에너지에 대한 수원국 정책입안자들의 의식 변화 수준 평가 - 재생에너지에 대한 지역주민들의 의식 변화 수준 평가	사업협의보고서, 사업 집행계획서,사업타당성 조사보고서,관련이해관 계자인터뷰,설문조사결 과보고서, 현지조사 결과 보고서 등	사업자료 분석, 관계자 인터뷰, 현지조사 등
			• 정책적 효과 - 수원국 국가차원의 발전차액지원 제도 및 기타 재생에너지 지원제도, 재생에너지 담당기관 및 부처 신설 여부 확인		
영향력 (20%)	사회·경제적 효과가 발생하였는가?	지역경제 발전 효과가 발생하였는가?	• 사업 전·후 지역경제(지역주민) 및 국가 차원의 빈곤수준 감소 분석 • 사업 전·후 지역 에너지 안보 개선 효과 분석 • 사업 후 재생에너지 사업 민간투자가 이루어지는지 여부	지역경제발전인덱스, 지역 에너지수급 포트폴리오, 재생에너지 민간투자발생지표 등	현지 경제지표 및 에너지 수급 자료 분석
	기후변화 대응 효과가 발생하였는가?	재생 에너지 정책 변화가 발생하였는가?	• 사업 이후 수원국 정부 차원의 재생에너지 관련 지원정책 수립 여부 (발전차액지원제도 등) • 사업 이후 수원국 국가차원의 재생에너지 관련 담당기관 및 부처 신설 여부	지역 및 중앙 정부관계자 인터뷰보고서, 재생에너지 정책자료 등	현지정책자료 분석, 관계자 인터뷰 등
		지역의 기후변화 의식수준이 변화하였는가?	• 기후변화에 대한 지역사회 및 정책입안자의 의식수준 변화 수준	지역 및 정부관계자 인터뷰 보고서	관계자 인터뷰

지속 가능성 (20%)	지속가능성의 문제가 사업 기획 시 고려되었는가?	사후 지속가능성의 문제가 사업 기획 및 수행단계에서 적절히 고려되었는가?	• 사업 기획 및 수행 단계에서 사후 지속가능성 전략수립 여부 분석	사업협의보고서,사업집행계획서,사업타당성보고서,사업중간보고서, 결과보고서	사업자료 분석
	자립발전 가능성이 있는가?	경제적 자립가능성이 있는가?	• 사후 관리비용 분석 • 사후관리비용 출자자(기관, 주민) 존재 여부 및 지원역량 분석	사업협의보고서,사업집행계획서,사업타당성보고서,사업중간보고서, 결과보고서, 관련이해관계자인터뷰	사업자료 분석, 관계자 인터뷰, 현지조사 등
		사업관리 주체들은 사업관리 역량이 있는가?	• 사업관리 체계 수립 여부 및 부문별 역량 분석 (사업이해, 기술이해, 운영능력, 자발적 활동 등)	사업협의보고서,사업집행계획서,사업타당성보고서,사업중간보고서, 결과보고서,관련이해관계자인터뷰,현지조사보고서 등	사업자료 분석, 관계자 인터뷰, 현지조사 등
	자립제약 요소 및 대안이 수립되어 있는가?	지속가능성의 제약요소에 대한 대안이 적절하게 수립되어 있는가?	• 경제적/기술적 차원의 사업관리 제약요소 및 대안 수립 여부, 적절성 분석	사업협의보고서,사업집행계획서,사업타당성보고서,사업중간보고서, 결과보고서, 관련이해관계자인터뷰	사업자료 분석, 관계자 인터뷰 등
		사업지속가능성을 개선하는 기타 방안이 있는가?	• 주민대상 재생에너지 교육 및 교육기관과의 연계 등 전략 수립 여부 • 전문기관과의 기술협력 프로그램 등의 방안 수립 여부	사업협의보고서,사업집행계획서,사업타당성보고서,사업중간보고서, 결과보고서,현지조사보고서, 관련이해관계자 인터뷰 등	사업자료 분석, 관계자 인터뷰 등

범분야 이슈	의도적·비의도적 환경 영향이 발생하였는가?	환경오염 및 공해가 발생하였거나 지역생태계에 변화가 일어났는가?	• 사업 이후 소음, 악취, 수자원 오염 및 고갈, 생물다양성 훼손 등으로 인한 지역주민의 삶의 변화 분석 • 지역생태계의 변화 분석	현지조사보고서,이해관계자인터뷰보고서,주민민원 접수횟수, 환경모니터링 보고서 등	관계자 인터뷰, 현지조사, 환경모니터링 보고서 등
	성인지적 영향이 발생하였는가?	여성의 노동력 절감이 이루어졌는가?	• 사업 전·후 여성의 취사 및 가사노동시간 비교 • 사업이후 가사노동 절감효과 비교	현지조사보고서,이해관계자인터뷰보고서 등	관계자 인터뷰, 현지조사 등
		여성의 사회경제적 지위 향상이 이루어졌는가?	• 사업 전·후 여성의 경제활동 수준 비교 (가계수입 증가 등)	현지조사보고서,이해관계자인터뷰보고서 등	관계자 인터뷰, 현지조사 등

평가 결과

적절성		효과성		효율성		지속 가능성		영향력	
총평									
시사점									

Ⅵ. 동아시아 재생에너지 사업 정책 제언

1. 국가별 재생에너지 사업 추진에 대한 제언

■ 베트남

베트남은 전력보급률이 98%에 달하고 기본적인 전력 인프라도 갖추어져 있는 바, 전력공급의 양적 측면뿐만 아니라 전력망 확충 및 손실률 감소, 재생에너지 R&D 기술 개발, 에너지효율 기술 도입 등 기술적인 측면에서도 개선의 노력을 기울여야 할 시점이다. 따라서 향후 베트남에 재생에너지 관련 ODA 사업 추진 시 단순히 재생에너지 발전소 지원을 넘어서 전력 효율화 기술 이전, R&D 기술 이전, 설비 제조 기술 이전 등의 지원이 필요할 것으로 보인다. 기술 이전 시에는 가급적 수원국 에너지관련 부처의 자문을 받아 수원국이 필요로 하는 기술을 이전하도록 한다.

재생에너지 사업을 추진할 경우 베트남 내 지역·환경적 특성을 면밀히 파악하여 진행할 필요가 있다. 풍력발전의 경우 여름에 강수량이 많은 베트남의 기후 특성을 고려하여 풍력이 강하지 않은 날씨나 우천 시, 태풍 발생 시에도 발전을 지속적으로 유지시킬 수 있는 기술을 적용하여야 한다. 베트남은 농업에 기반한 국가이므로 바이오매스가 풍부하나 제대로 활용되고 있지 않으므로 이를 활용한 사업도 추진 가능하다. 다만 바이오매스 관련 잠재량 자료가 체계적으로 구축되어 있지 않으므로 사업추진 시 현지에 대한 세부적인 현황조사가 선행되어야 한다.

■ 캄보디아

캄보디아는 전력보급률이 매우 낮고 전력 및 도로인프라가 미비하여 재생에너지 사업을 추진하기 어려운 조건을 갖추고 있다. 국가 전역의 전력망이 대단히 한정적이어서 계통형 재생에너지 사업을 추진하기 어려우며 전력보급률이 낮은 내륙지역은 도로가 정비되어 있지 않고, 사업추진에 기본적으로 필요한 전력마저 공급되지 않는

경우가 허다하다. 기술인력 부족 및 관련 연구기관 부재는 재생에너지 기술이전을 더욱 어렵게 만드는 요인이다. 국민들의 교육수준 및 의식수준 또한 대단히 낮다.

따라서 캄보디아에 재생에너지 사업을 추진할 경우 기획과 실행, 그리고 역량강화 훈련에 좀 더 많은 예산을 투입할 필요가 있다. 신기술 도입보다는 캄보디아 정부 및 지역사회의 역량을 파악한 후 적절한 사양의 기술을 도입하는 것이 좋으며, 기술 도입 시 현지 운영리스크를 최대한 낮추는 방향에서 사업을 기획한다. 교육 연수생 선발 시에는 일정 기준을 적용하여 적절한 인력을 선발하여 교육하고, 가급적이면 장기간에 걸쳐 자세한 교육을 진행하며, 교육 후에는 엄격한 테스트를 진행함으로써 기술이전이 완전히 이루어지도록 한다. 교육자료는 가급적이면 현지어로 제공함으로써 영어가 통용되지 않는 지역민들 및 일반 전문가들도 이해할 수 있도록 하며, 최대한 다양한 자료를 제공함으로써 일시적인 문제가 발생했을 경우 자체 처리할 수 있도록 한다. 캄보디아는 재생에너지 사업 추진에 많은 악조건을 가지고 있어 사후관리가 잘 이루어지지 않을 가능성이 농후하므로 사업기획 시 사후관리방안을 최대한 현실적으로 구축하도록 한다. 정부의 관리 역량이 미치지 않는 경우 현지 전문업체 및 기술인력과 계약하여 사업을 관리하고 지역민에게 기술이전을 하는 것도 좋은 방법 중 하나이다.

재생에너지원이 풍부함에도 불구하고, 높은 초기 투자금, 제도적, 정책적 무관심, 전력인프라 부족 등의 문제로 인하여 재생에너지 잠재력이 상당 수준 개발되지 않은 상황이므로 향후 캄보디아의 재생에너지 개발 원조사업 수요는 높을 것으로 보인다. 태양에너지가 풍부하므로 태양광사업을 추진하는 것이 좋으며, 목재 바이오매스는 무분별한 벌목으로 인한 삼림파괴문제가 국제 이슈로 점차 부상하고 있으므로 목재 대신에 농업부산물을 이용한 재생에너지 사업을 추진하는 것이 바람직하다. 캄보디아의 에너지 수요는 취사용 연료가 큰 비중을 차지하고 있으므로 재생에너지 전력사업 뿐 아니라 바이오매스 및 바이오가스 사업 등의 연료공급 사업을 추진하는 것도 고려해 볼 만 하다.

캄보디아 정부의 재생에너지 정책 역량 및 사업관리 역량도 대단히 취약하므로 동 부분에 대한 역량강화 프로그램을 지원하고 기술인력 교육 및 양국 산학협력 프로그

램 등을 지원하는 것도 추천할 만하다. 또한 재생에너지 사업뿐 아니라 전력인프라 공급 사업을 지원하는 것도 적절하다고 판단된다.

■ 스리랑카

스리랑카는 베트남과 유사하게 기본적인 전력 및 기술인력을 갖추고 있으며, 재생에너지 잠재력이 풍부하여 재생에너지 사업 수요가 높다. 또한 내전이 발생하였던 북부지역을 중심으로 전력보급률이 낮은 바, 북부지역의 재생에너지 개발원조 사업의 수요도 높다고 할 수 있다. 스리랑카 정부가 북부지역 전력망 확충에 대한 의지를 보이고 있어 북부지역의 전력망 확대사업이 대대적으로 이루어질 것으로 예상되므로, 스리랑카 정부의 전력사업 계획과 발맞추어 재생에너지 사업을 진행할 필요가 있다.

스리랑카는 베트남, 캄보디아와 다르게 지속가능에너지청을 두고 재생에너지 정책을 전담토록 하고 있다. 지속가능에너지청은 재생에너지 관련 수요 및 관련 데이터를 수집하여 재생에너지 정책 및 실행계획을 수립하는 동시에, 사업타당성 조사 및 사업 승인 절차, 허가 등을 담당하고 있으므로 재생에너지 사업 전반에 걸쳐 지속가능에너지청의 의견을 최대한 반영하는 것이 적절하다. 실론전력위원회는 전력망 연계 관련 기준을 마련하고 있고, 환경청은 사업 환경영향평가를 담당하고 있으므로, 재생에너지 사업 추진 시 가급적이면 동 기관들의 자문을 구하여 의견을 반영하면 현지 사정에 적절한 사업을 기획하고 추진할 수 있다.

2. 재생에너지 사업 기획 및 관리 측면의 제언

■ 사업기획 시 수원국 수요 반영

한국국제협력단은 오랜 기간 다양한 원조사업을 추진하면서 자체적으로 충실한 사업기획을 진행하여 왔다. 사업타당성 조사 결과 및 수원국의 사업추진 및 관리역량, 지역주민의 역량 등을 고려하였으며, 담당 기관 관료 뿐 아니라 지역주민 등 다양한 이해관계자와 회의를 진행함으로써 현지의 의견을 최대한 반영하였다. 이러한 기존의 사업기획 방안은 재생에너지를 포함한 전력 및 에너지 분야에도 해당된다. 다만, 에

너지의 경우 모든 국가들이 자체적으로 수립하고 있는 기준이 있으므로 현지 정부와 협의하여 사업기회에 반영하는 것이 중요하다. 정부 부처 내 발전사업 컨설턴트 데이터베이스를 구축하고 있는 경우 현지 전문가를 이용하는 것도 좋은 방안 중 하나이다. 또한 도입된 재생에너지 기술이 수원국에게 있어 신기술일 경우에는 운영리스크를 최대한 낮출 수 있는 방향에서 사업을 기획해야 한다. 역량강화 교육 기획 시에는 연수자 선정 기준 및 기술역량수준, 언어능력 등을 파악하여 이에 적절한 교육 프로그램을 제공한다. 수원국에서 영어를 공용어로 사용하지 않는 경우에는 교육 및 자료를 현지어로 제공하는 것을 권장한다. 완성된 사업기획은 세부적인 평가 프로세스를 통하여 철저한 검증을 거치도록 한다.

■ 사업 전·후 평가기준 체계와 및 통일화

재생에너지 사업의 경우 일반적인 에너지 관련 성과지표를 사용하기보다 재생에너지의 특수성을 고려하여 사업내용 및 목적에 근거한 성과지표를 설정하는 것이 필요하다. 성과지표 설정을 통해 사업 전후 평가기준의 일관성을 확보하고 사업에 대한 정확한 평가가 가능하다. 따라서 사업기획 평가 기준을 체계화 한 후, 이를 바탕으로 사후평가 기준을 통일성 있게 구축하고 사업결과를 정량화할 것을 제언한다.

■ 사업 사후관리방안 구체화

재생에너지 설비는 초기자본이 많이 들 뿐 아니라 설비 유지 및 관리 비용이 높아 적절한 사후관리가 반드시 필요하다. 대부분의 경우 사후관리는 수원국 정부 담당으로 이전되는 경우가 많으나 정부의 역량이 부족한 경우 후속관리가 잘 이루어지지 못할 가능성이 높다. 특히 사업지가 해당정부기관에서 멀리 떨어져 있는 경우 문제 발생 시 즉각적인 조치가 이루어지지 못하고 방치될 가능성이 크므로 대안적인 사업 사후관리방안을 수립할 필요가 있다. 사업사후관리에 있어 현지 기술 인력이 가능한 경우 이를 활용할 것을 제언한다. 국내기업은 현지국가와 멀리 떨어져 있어 사후관리 서비스를 제공하기 어려우므로 현지 기술 인력과의 계약을 통하여 사후관리 서비스를 제공토록 하는 것이 좋다. 다수의 해외 개발원조 사업에서도 현지 기술 인력과

의 계약을 통한 사후관리 서비스를 제공하고 있다.

참고 문헌

<국내 문헌>

한국국제협력단 (2007).「요르단 2개 정부부처 정보화 지원사업 사후평가 보고서」. 한국국제협력단 사업평가실.

한국국제협력단 (2008).「평가보고서 목차」. 한국국제협력단.

_____.「사업타당성조사 목차」. 한국국제협력단.

한국국제협력단 (2009).「스리랑카 500kW 계통연계형 태양광발전사업, 사전타당성조사 결과보고서」. 한국국제협력단.

_____.「프로젝트 기획, 모니터링 및 평가 방법록 2009」. 한국국제협력단 사업평가실.

한국국제협력단 (2010).「캄보디아 독립형 태양광 발전소 건립사업, 사업시행업체 선정 제안요청서」. 한국국제협력단.

_____. 「캄보디아 독립형 태양광 발전소 건립사업, 사업시행업체 선정 사업 집행계획(안)」. 한국국제협력단.

_____.「스리랑카 500kW 계통연계형 태양광발전사업, 실시협의 결과보고서」. 한국국제협력단.

_____.「스리랑카 500kW 계통연계형 태양광발전사업, 태양광발전소 구축사업 업체선정 제안요청서」. 한국국제협력단.

_____.「에콰도르 태양광: 실시협의 보고서(에콰도르 갈라파고스 태양광 발전소 건립사업, 사전타당성조사 결과보고서」. 한국국제협력단.

_____.「에콰도르 갈라파고스 태양광 발전소 건립사업 현장 조사 Check List」. 한국국제협력단.

한국국제협력단 (2011).「에콰도르 갈라파고스 태양광 발전소 건립사업, 실시협의 결과보고서」. 한국국제협력단.

_____.「케냐 식수사업 사후평가 보고서(케냐 식수지원사업 사후평가 보고서」. 한국국제협력단 평가실.

한국국제협력단 (2012).「스리랑카 500kW급 계통연계형 태양광 발전사업 종료평가 결과 보고」. 한국국제협력단 기후변화대응실.

_____.「KOICA 산업에너지분야 성과지표 풀(POOL) 구성(안)」. 한국국제협력단.

한국전력공사 (2010).「한국전력통계」. 제80호. 한국전력공사.

<국외 문헌>

Asian Development Bank(ADB). Operations Evaluation Department. *Guidelines for Preparing Performance Evaluation Reports for Public Sector Operations*, 2006.
http://www.adb.org/sites/default/files/pub/2006/guidelines-pper-pso.pdf

Cambodia. Ministry of Industry, Mines and Energy. *Hydropower*, National Sector Review 2003, 2003.
http://www.mekonginfo.org/assets/midocs/0001935-society-national-sector-review.pdf

Cambodia. Ministry of Planning, National Institute of Statistics, *General Population Census of Cambodia 2008,* Phnom Penh, 2008.
http://www.stat.go.jp/english/info/meetings/cambodia/pdf/pre_rep1.pdf

Cambodian Research Centre for Development (CRCD). *Renewable Energy Resource Maps of Cambodia and Clusters/Market Packages for Feasibility Studied*, 2005.
http://www.camdev.org/_publications/REOREC%20Task%202%20Report-final.pdf

Ceylon Electricity Board. 3 *MW Pilot Wind Power Project: Semi-Annual Report on the Performance*. 2000

—. *Statistical Digest 2010*, 2010.
http://www.ceb.lk/sub/publications/getPubFile.aspx?id=19

—. *Statistical Digest Report*, 2011.
http://www.ceb.lk/sub/publications/getPubFile.aspx?id=28

Clark, Helen et al. *Handbook on Planning, Monitoring and Evaluating for Development Results*, United Nations Development Programme, New York, 2009.
http://www.gesci.org/assets/files/Media/UNDP%20Handbook%20on%20ME%202009.pdf

Cuong, N. Duc. *Overview on Current and Trend of Renewable Energy Market in Vietnam, Institute of Energy*. 2012

Dung, Nguyen Quang. *Biogas User Survey 2010-2011*, Biogas Program for the Animal Husbandry Sector in Vietnam, 2011.
http://biogas.org.vn/english/getattachment/An-pham/Nam-2011/Biogas-user-survey-2010-2011/BUS_2010-2011_final-report_ENG.pdf.aspx

Dung, T. Quang. "Photovoltaic Technology and Solar Energy Development in Viet Nam," *TechMonitor*, 2009.
http://www.techmonitor.net/tm/images/6/63/09nov_dec_sf3.pdf

Electricity Regulatory Authority of Vietnam(ERAV). *Power Market Developments in Vietnam*. 2009.

Elliot, D., Schwartz. M. et al. *Wind Energy Resource Atlas of Sri Lanka and the Maldives*, National Renewable Energy Laboratory(NREL) and Asia Alternative Energy Program (ASTAE) of World Bank, 2003.
http://www.nrel.gov/wind/pdfs/34518.pdf

EuropeAid Co-operation Office. Directorate General Development, Directorate General External Relations. *Evaluation Methods for the European Union's External Assistance*. Vol. 1, France, 2006.
http://ec.europa.eu/europeaid/evaluation/methodology/examples/guide3_en.pdf

European Commission. *Support for Energy in Developing Countries and the Sustainable Energy for All Challenge: Much achieved and a lot more to be done*, 2012.
http://ec.europa.eu/europeaid/what/energy/documents/brochure_eu_energy2012.pdf

Food and Agriculture Organization of the United Nation(FAO), Forestry Department. *Brief on National Forest Inventory: Cambodia*, 2007. http://www.fao.org/forestry/18231-0d35a9bf63431f66eb211ef62e1c93664.pdf

Hanko, Johanne. & Völler, Cindy. *Energy for Life Country Profile: Cambodia*, 2010. http://www.energy-for-life.info/allegati/2011-Cambodia-Country-Profile-long.pdf

International Energy Agency(IEA), *IEA Energy Statistics : Share of Total Primary Energy Supply in 2009*, 2009. http://www.iea.org/stats/pdf_graphs/LKTPESPI.pdf

—. *Share of Total Primary Energy Supply in 2009*, IEA, http://www.iea.org/stats/pdf_graphs/29TPESPI.pdf

—. *World Energy Outlook 2010 : Executive Summary*, IEA, 2010. http://www.iea.org/Textbase/npsum/weo2010sum.pdf

—. *World Energy Outlook 2010*, France, IEA, 2010,

—. *World Energy Outlook 2009*, France, IEA, 2009

KPMG International, *Taxes and Incentives for Renewable Energy*, 2011. http://www.kpmg.com/Global/en/IssuesAndInsights/ArticlesPublications/Documents/Taxes-Incentives-Renewable-Energy-2011.pdf

National Biodigestor Programme Cambodia(NBPC), *Information Folder*, 2011. http://www.nbp.org.kh/userfiles/file/publication/Promotion%20Materials/Information%20folder%202011%20English.pdf

National Power Transmission Corporation(NPT), *Transmission Infrastructure Investment and Development in Vietnam*. 2011

Netherlands. Netherlands Agency of Ministry of Economic Affairs. NL Energy and Climate Change, *Biomass Business Opportunities Viet Nam*, Utrecht, 2012. http://www.agentschapnl.nl/sites/default/files/bijlagen/NL%20Agency%20-%20Biomass%20Opportunities%20Viet%20Nam.pdf

Ngo, Son Hai. and Nguyen, The Huu., *Operational Problems and Challenges in Power System of Vietnam*, National Load Dispatch Centre of Vietnam.
http://www.nldc.evn.vn/Upload/NewsGroup/Files/02122011091556.pdf

Nguyen, Anh Tuan. "A Case Study on Power Sector Restructuring in Vietnam," Pacific Energy Summit, 2012.
http://www.nbr.org/downloads/pdfs/eta/PES_2012_summitpaper_Nguyen.pdf

Nguyen, Q. Khanh. "Alternatives to Grid Extension for Rural Electrification: Decentralized Renewable Energy Technologies in Vietnam", *Energy Policy* 35, (2007). www.elsevier.com/locate/enpol

—. *Long Term Optimization of Energy Supply and Demand in Vietnam with Special Reference to the Potential of Renewable Energy*, Hanoi, 2005.

Nippon Koei Co., LTD. & KRI International Corp., *The Master Plan Study on Rural Electrification by Renewable Energy in the Kingdom of Cambodia*, Japan International Agency(JICA). 2006.

Organization of Economic Cooperation and Development(OECD), *Measuring Aid for Energy*, 2010.
http://www.oecd.org/investment/aidstatistics/45066235.pdf

—. *OECD DAC Statistics on Climate-related Aid*, 2012.
http://www.oecd.org/dac/aidstatistics/FactsheetRio.pdf

—. The Network on Development Evaluation, *Evaluating Development Co-operation: Summary of Key Norms and Staandards*, 2nd edition, 2010.
http://www.oecd.org/dataoecd/12/56/41612905.pdf

Olivier, Jos. G.J. et al. *Trends in Global CO_2 Emissions : 2012 Report*, Hague, PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, 2012.
http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/PBL_2012_Trends_in_global_CO2_emissions_500114022.pdf

Olz, Samantha and Beerepoot, Milou., *Deploying Renewables in Southeast Asia : Trends and Potentials*, France, IEA, 2010 http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Renew_SEAsia.pdf

Phnom Penh Securities PLC, "Cambodia Electricity Sector," Phnom Penh. 2011. http://www.pps.com.kh/Electricity.pdf

Prime Minister's Department. The Economic Planning Unit, *Tenth Malaysia Plan 2011-2015*, 2010. http://www.pmo.gov.my/dokumenattached/RMK/RMK10_Eds.pdf

Rajmohan, K. and Weerahewa, J. *Household energy consumption Patterns in Sri Lanka*, Sri Lankan Journal of Agricultural Economics, Vol. 9, 2007. http://www.sljol.info/index.php/SJAE/article/view/1833

Renné, D., George, R., & Gueymard, C. *Solar Resource Assessment for Sri Lanka and Maldives*, U.S. Department of Energy National Renewable Energy Laboratory, 2003. http://www.nrel.gov/docs/fy03osti/34645.pdf

Sri Lanka. Department of Census and Statistics, *Enumeration of Vital Event 2011: Northern Province*, 2011, http://www.statistics.gov.lk/PopHouSat/VitalStatistics/EVE2011_FinalReport.pdf

Sri Lanka. Ministry of Finance and Planning, *Annual Report 2010*, 2010. http://www.treasury.gov.lk/reports/annualreport/AnnualReport2010-eng.pdf

—. *Mahinda Chintana: Vision for the Future*, 2010. http://www.treasury.gov.lk/publications/mahindaChintanaVision-2010full-eng.pdf

Sri Lanka. Ministry of Power and Energy. *National Energy Policy and Strategy of Sri Lanka*, 2006. http://www.futurepolicy.org/fileadmin/user_upload/PACT/Laws/Sri_Lanka_Energy_Policy_2006.pdf

Sri Lanka. Public Utilities Commission of Sri Lanka. *Electricity Tariff 2011*. http://www.pucsl.gov.lk/index.php?option=com_content&view=article&id=167&Itemid=129&lang=en

—. *Non Conventional Renewable Energy Tariff Announcement: Purchase of Electricity to the National Grid Under Standardized Power Purchase Agreement*, 2010. http://www.pucsl.gov.lk/download/Electricity/PUCSL_NCRE_Advertisement.pdf

Sri Lanka. Sustainable Energy Authority. *Facilitating and Enable Renewable Energy Development*, Colombo.

—. *Renewable Energy Resource Development Plan 1/2012*, Colombo, 2012.

Sustainable Energy Development Consultancy Joint Stock Company, *Final Report : Evaluation Study for Household Biogas Plant Model*, SNV(Netherlands Development Organization), 2010. http://www.snvworld.org/sites/www.snvworld.org/files/publications/evaluation_study_for_household_biogas_plant_models_vietnam_2010.pdf

The Philippines Department of Energy, *Highlights of the 2009-2030 Philippine Energy Plan*, 2009. http://www.doe.gov.ph/pep/

True Wind Solutions, LLC., *Wind Energy Resource Atlas of Southeast Asia*, New York, Asia Alternative Energy Program(ASTAE) of World Bank. 2001. http://siteresources.worldbank.org/EXTEAPASTAE/Resources/wind_atlas_complete.pdf

United Nations Development Programme. Evaluation Office. *Project Level Evaluation, Guidance for Conducting Terminal Evaluations of UNDP-Supported, GEF-Financed Projects*, New York, 2012. http://erc.undp.org/resources/docs/UNDP-GEF-TE-Guide.pdf

United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2011). *World Population Prospects: The 2010 Revision, Highlights and Advance Tables*. Working Paper No. ESA/P/WP.220. http://esa.un.org/unpd/wpp/Documentation/pdf/WPP2010_Highlights.pdf

Vibol, San. *Assessment of the energy Potential, and Environmental and Economic Cost of Rural Energy Household Consumption, Cambodia*, Cambodian Development Research Forum,, 2011. http://api.ning.com/files/YG6mAz9vlZMJs-yBWVlvodREHs4pTbVMDxJbwatImLQsAdRSE557vOHSKUfGb*ZAw-fQwUsjN4mePky5jj*R4HumtRBJ7UgM/AssessmentoftheEnergyPotentialandEnvironmentalandEconomicCostofRuralEnergyHouseholdConsumption_finalreport.pdf

Vietnam. "Decision: Approving the Development Plan of National Electricity Period 2011-2020 with a Vision to 2030", No. 1208/QD-TTg, 2011.

Vietnam Electricity, *Corporate Profile 2010-2011*, 2011. http://www.evn.com.vn

Vietnam. Ministry of Industry and Trade. Energy Department. *Renewable Energy Status in Vietnam*, 2012

Wickramasinghe, Anoja., "Energy Access and transition to Cleaner Cooking Fuels and Technologies in Sri Lanka: Issues and policy limitations", *Energy Policy* 39 (2011). www.elsevier.com/locate/enpol

Williamson, Andrew et al. *Sustainable Energy in Cambodia: Status and Assessment of the Potential for Clean Development Mechanism Projects*, Cambodia Research Centre for Development, 2004.

World Bank. Asia Sustainable and Alternative Energy Program(ASTAE), *Vietnam : Expanding Opportunities for Energy Efficiency*, Washington, 2010. http://siteresources.worldbank.org/EXTEAPASTAE/Resources/ASTAE-Vietnam-Expanding-OpportunitiesEE-Web.pdf

—. *Vietnam : State and People, Central and Local, Working Together : The Rural Electrification Experience*, Washington, 2011. http://siteresources.worldbank.org/INTEAPASTAE/Resources/Viet-Elec-WebReport.pdf

World Bank. Energy and Mining Sector Board, *Beyond Bonn: World Bank Group Progress on Renewable Energy and Energy Efficiency in Fiscal 2005-2009*, Washington, 2009. http://siteresources.worldbank.org/EXTENERGY2/Resources/RE_EE_FY09_Full.pdf?resourceurlname=RE_EE_FY09_Full.pdf

World Bank. Environment Department, *Convenient Solutions to an Inconvenient Truth: Ecosystem-based Approaches to Climate Change*, Washington, 2009. http://www.irinnews.org/pdf/Convenient_Solutions_to_an_Inconvenient_Truth.pdf

World Bank. Independent Evaluation Group, *Phase II: The Challenge of Low-Carbon Development*, Washington, 2010. http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/COUNTRIES/EASTASIAPACIFICEXT/VIETNAMEXTN/0,,contentMDK:20534368~isCURL:Y~pagePK:141137~piPK:141127~theSitePK:387565,00.html

< 인터넷 문헌 >

한국국제협력단, "2009 KOICA 대외무상원조 실적 통계." http://stat.koica.go.kr

동아시아기후파트너쉽(EACP), "개발도상국지원사업." http://eacp.koica.go.kr/business/01.jsp

—. "저탄소에너지분야 사업." http://eacp.koica.go.kr/business/04.jsp

한국국제협력단, "한국국제협력단 국별 원조제공 통계자료." http://stat.koica.go.kr/

—. "한국국제협력단 대베트남 공여액과 순위." http://stat.koica.go.kr

—. "한국국제협력단 무상원조통계 지역별 통계자료." http://stat.koica.go.kr

Cambodia. Electricity Authority of Cambodia(EAC), *Report on Power Sector of the Kingdom of Cambodia: 2011 Edition*, 2011. http://www.eac.gov.kh/pdf/reports/Annual%20Report%202010%20En_final.pdf

Cambodia. Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, *Agriculture Statistics*. http://www.stats.maff.gov.kh/en/index.php?option=com_content&view=article&id=1&Itemid=37

—. *Livestock Statistics*, 2008. http://www.stats.maff.gov.kh/en/index.php

Ceylon Electricity Board(CEB). *Present Status of Non-Conventional Renewable Energy Sector (as at 31/08/2012)*, http://www.ceb.lk/sub/db/op_presentstatus.html

ChartsBin Statistics Collector Team, *Worldwide Retail Prices of Diesel (US cents per litre)*, 2011. http://chartsbin.com/view/1128

ClimateTemp. *Temperatures Table in English Units*, http://www.cambodia.climatetemp.info/

Electricite Du Cambodge(EDC). "EDC's Installed Capacity and Maximum Output, MW," http://www.edc.com.kh/capacity.html

International Energy Agency, "2009 Energy Balance for Cambodia," 2009. http://www.iea.org/stats/balancetable.asp?COUNTRY_CODE=KH

Sri Lanka. Ministry of Power and Energy, *Sectors at a Glance*. http://powermin.gov.lk/english/?page_id=1507

—. *Sectors at a Glance*. http://powermin.gov.lk/english/?page_id=1509

Trading Economics, *Arable Land in Cambodia*. http://www.tradingeconomics.com/cambodia/arable-land-percent-of-land-area-wb-data.html

VietNamNet, *Vietnam's Income per Capita far Lagging behind Regional Countries*, 2012. http://english.vietnamnet.vn/en/business/20682/vietnam-s-income-per-capita-far-lagging-behind-regional-countries.html

World Bank. *Average Monthly Rainfall and Temperature for Sri Lanka from 1990-2009*, 2010. http://sdwebx.worldbank.org/climateportal/index.cfm?page=country_historical_climate&ThisRegion=Asia&ThisCCode=LKA

—. *Average Monthly Rainfall and Temperature for Vietnam from 1990–2009*, 2010. http://sdwebx.worldbank.org/climateportal/index.cfm?page=country_historical_climate&ThisRegion=Asia&ThisCCode=VNM

—. *Average Monthly Rainfall and Temperature for Cambodia 1990–2009*, 2010. http://sdwebx.worldbank.org/climateportal/index.cfm?page=country_historical_climate&ThisRegion=Asia&ThisCCode=KHM

World Bank. "Poverty Headcount Ratio at $1.25 a Day (PPP) (% of Population)," Data. http://data.worldbank.org/indicator/SI.POV.DDAY

—. "Poverty Headcount Ratio at Rural Poverty Line (% of Rural Population)," Data, http://data.worldbank.org/indicator/SI.POV.RUHC

—. *Rural Development and Agriculture in Vietnam*, 2007. http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/COUNTRIES/EASTASIAPACIFICEXT/VIETNAMEXTN/0,,contentMDK:20534368~isCURL:Y~pagePK:141137~piPK:141127~theSitePK:387565,00.html

부 록

1. 재생에너지 정량적 사업사후평가체계(案)
2. 재생에너지사업 성과지표풀(案) 0
3. 3국 사업모델별 사업개요 0
4. 동아시아 3개국 재생에너지 전문가 인터뷰 질의문항 0

재생에너지 사업 정량적 사업사후평가체계(案)

평가 기준	주질문	세부질문	지표 (예시)	점수 (세부질문)	근거자료 (예시)	방법론	평점 (주질문)
적절성 (20%)	사업목표는 정책적으로 적절한가?	UNFCCC 기후변화정책 목표에 부합하는가?	UNFCCC 국제 기후변화 정책과의 부합성	3 (대단히 부합함) 2 (부합함) 1 (부합수준 약간 저조) 0 (부합수준 매우 저조)	사업집행계획서,사업 타당성조사보고서,사 업협의보고서 등	사업자료 분석	
		수원국의 경제개발정책 목표에 부합하는가?	수원국의 국가개발정책과의 부합성	3 (대단히 부합함) 2 (부합함) 1 (부합수준 약간 저조) 0 (부합수준 매우 저조)	사업집행계획서,사업 타당성조사보고서,사 업협의보고서 등	사업자료 분석	
		수원국의 기후변화 정책 및 지속가능개발 정책 목표에 부합하는가?	수원국의 기후변화 정책과의 부합성 수원국의 지속가능개발 정책과의 부합성 수원국 유관 기관 공무원들의 사업 참여도	3 (대단히 부합함) 2 (부합함) 1 (부합수준 약간 저조) 0 (부합수준 매우 저조)	사업집행계획서,사업 타당성조사보고서,사 업협의보고서 등	사업자료 분석	
	사업계획은 적절한가?	프로젝트 성과와 기획 (파트너, 사업구조, 수행체계, 범위, 예산, 자원사용 등)이 논리적인 일관성을 갖추었는가?	프로젝트 성과와 기획 간의 논리구조의 적절성	3 (대단히 높음) 2 (높음) 1 (약간 낮음) 0 (매우 낮음)	사업집행계획서,사업 타당성조사보고서,사 업협의보고서 등	사업자료 분석	

적절성 (20%)	사업계획은 적절한가?	프로젝트의 기간이 프로젝트 목적을 달성하기에 충분하였는가?	프로젝트 기획과 수행계획 간의 논리구조의 적절성	3 (대단히 충분함) 2 (충분함) 1 (약간 불충분함) 0 (매우 불충분함)	사업집행계획서,사업타당성조사보고서,사업협의보고서 등	사업자료 분석	
	지역 및 국가의 수요를 반영하였는가?	관련 이해관계자들의 수요를 적절히 반영하였는가?	관련 관계자와의 회의 및 인터뷰, 사업설명회, 주민공청회 등 Communication 횟수 및 시간	3 (적절히 반영함) 2 (반영하였음) 1 (반영수준 약간 저조) 0 (반영수준 매우 저조)	사업집행계획서,사업타당성조사보고서,사업협의보고서,관련이해관계자인터뷰, 설문조사결과 등	사업자료 분석, 관계자 인터뷰	
		사업수행단계에 관련 이해관계자들의 참여가 있었는가?	사업기획 및 수행단계에서 지역이해관계자(정부 관계자 지역주민, 지역 시민단체 등)의 주요 회의참석 여부 및 횟수, 의견개진 여부 등	3 (대단히 적절함) 2 (적절함) 1 (약간 저조) 0 (매우 저조)	사업중간보고서,결과보고서,관련이해관계자인터뷰,설문조사결과등	사업자료 분석, 관계자 인터뷰	
		지역 수혜자 및 이해관계자들이 사업기획 및 수행단계에 적절히 참여하였는가?			사업집행계획서,사업타당성조사보고서,사업협의보고서,사업중간보고서,결과보고서, 관련이해관계자인터뷰 ,설문조사결과 등	사업자료 분석, 관계자 인터뷰	
적절설 평점							

효율성 (20%)	계획대비 투입 자원이 효율적으로 사용되었는가?	투입자원 (1) 비용 - 비용은 계획대로 사용되었는가?	계획 대비 소요 비용 비교	3 (계획 대비 ≦ 100%) 2 (계획대비 ≦ 120%) 1 (계획대비 ≦ 140%) 0 (계획대비 > 140%)	사업집행계획서,사업타당성보고서,중간보고서,결과보고서,정산보고서	사업자료 분석	
		투입자원 (2) 시간- 일정은 계획대로 진행되었는가?	계획 대비 소요 시간 비교	3 (계획 대비 ≦ 100%) 2 (계획대비 ≦ 120%) 1 (계획대비 ≦ 140%) 0 (계획대비 > 140%)	사업집행계획서,사업타당성보고서,사업중간보고서,결과보고서	사업자료 분석	
효율성 평점							
효과성 (20%)	계획하였던 목표를 달성하였는가?	Logical Framework 상의 목적 및 성과를 달성하였는가?	경제적 효과 분석 - 사업내부수익률분석	3 (달성효과 ≥ 100%) 2 (달성효과 ≥ 80%) 1 (달성효과 ≥ 60%) 0 (달성효과 < 60%)	사업협의보고서, 사업집행 계획서,사업타당성조사보고서,관련이해관계자인터뷰,설문조사 결과보고서, 현지조사결과 보고서 등	사업자료 분석, 관계자 인터뷰, 현지조사 등	
			사회적 효과 - 에너지 공급으로 인한 지역주민의 삶의 질 변화 여부 (에너지 조달 소요시간 및 비용 저감, 건강 증진 등)				
			기후변화 대응 효과 - 온실가스 배출량 및 화석연료 사용량 감축량 계산				
			기술지원 효과 - 발전소 운영 및 유지보수 역량 수준 평가				

효과성 (20%)	계획하였던 목표를 달성하였는가?	Logical Framework 상의 목적 및 성과를 달성하였는가?	교육효과 - 재생에너지에 대한 수원국 정책입안자들의 의식 변화 수준 평가 - 재생에너지에 대한 지역주민들의 의식 변화 수준 평가 정책적 효과 - 수원국 국가차원의 발전차액지원제도 및 기타 재생에너지 지원제도, 재생에너지 담당기관 및 부처 신설 여부 확인	3 (달성효과 ≥ 100%) 2 (달성효과 ≥ 80%) 1 (달성효과 ≥ 60%) 0 (달성효과 < 60%)	사업협의보고서, 사업집행 계획서,사업타당성조 사보고서,관련이해관 계자인터뷰,설문조사 결과보고서, 현지조사결과 보고서 등	사업자료 분석, 관계자 인터뷰, 현지조사 등	
효과성 평점							
영향력 (20%)	사회·경제적 효과가 발생하였는가?	지역경제 발전 효과가 발생하였는가?	사업 전·후 지역경제(지역주민) 및 국가차원의 빈곤수준 감소 분석 사업 전·후 지역 에너지 안보 개선 효과 분석 사업 후 재생에너지 사업 민간투자가 이루어지는지 여부	3 (대단히 높음) 2 (높음) 1 (약간 저조) 0 (매우 저조)	지역경제발전인덱스, 지역 에너지수급 포트폴리오, 재생에너지민간투자 발생지표 등	현지 경제지표 및 에너지 수급 자료 분석	

영향력 (20%)	기후변화 대응 효과가 발생하였는가?	재생 에너지 정책 변화가 발생하였는가?	사업 이후 수원국 정부 차원의 재생에너지 관련 지원정책 수립 여부 (발전차액지원제도 등) 사업 이후 수원국 국가차원의 재생에너지 관련 담당기관 및 부처 신설 여부	3 (대단히 높음) 2 (높음) 1 (약간 저조) 0 (매우 저조)	지역 및 중앙 정부관계자 인터뷰보고서, 재생에너지 정책자료 등	현지정책 자료 분석, 관계자 인터뷰 등	
		지역의 기후변화 의식수준이 변화하였는가?	기후변화에 대한 지역사회 및 정책입안자의 의식수준 변화 수준		지역 및 정부관계자 인터뷰 보고서	관계자 인터뷰	
영향력 평점							
지속 가능성 (20%)	지속가능성의 문제가 사업 기획 시 고려되었는가?	사후 지속가능성의 문제가 사업 기획 및 수행단계에서 적절히 고려되었는가?	사업 기획 및 수행 단계에서 사후 지속가능성 전략수립 여부 분석	3 (적절히 고려되었음) 2 (고려되었음) 1 (약간 저조) 0 (매우 저조)	사업협의보고서,사업 집행계획서,사업타당 성보고서,사업중간보 고서,결과보고서	사업자료 분석	
	자립발전 가능성이 있는가?	경제적 자립가능성이 있는가?	사후 관리비용 분석 사후관리비용 출자자(기관, 주민) 존재 여부 및 지원역량 분석	3 (대단히 높음) 2 (높음) 1 (약간 저조) 0 (매우 저조)	사업협의보고서,사업 집행계획서,사업타당 성보고서, 사업중간보고서,결과 보고서, 관련이해관계자인터뷰	사업자료 분석, 관계자 인터뷰, 현지조사 등	

지속 가능성 (20%)	자립발전 가능성이 있는가?	사업관리 주체들은 사업관리 역량이 있는가?	사업관리 체계 수립 여부 및 부문별 역량 분석 (기술, 시스템, 전략, 인센티브 등)	3 (대단히 높음) 2 (높음) 1 (약간 저조) 0 (매우 저조)	사업협의보고서,사업 집행계획서,사업타당 성보고서,사업중간보 고서,결과보고서,관련 이해관계자인터뷰,현 지조사보고서 등	사업자료 분석, 관계자 인터뷰, 현지조사 등	
		지속가능성의 제약요소에 대한 대안이 적절하게 수립되어 있는가?	경제적/기술적 차원의 사업관리 제약요소 및 대안 수립 여부, 적절성 분석	3 (적절한 대안 있음) 2 (대안이 있음) 1 (약간 불충분함) 0 (대안이 거의 없음)	사업협의보고서,사업 집행계획서,사업타당 성보고서,사업중간보 고서,결과보고서, 관련이해관계자인터뷰	사업자료 분석, 관계자 인터뷰 등	
	자립제약 요소 및 대안이 수립되어 있는가?	사업지속가능성을 개선하는 기타 방안이 있는가?	주민대상 재생에너지 교육 및 교육기관과의 연계 등 전략 수립 여부 전문기관과의 기술협력 프로그램 등의 방안 수립 여부	3 (적절한 방안 있음) 2 (방안이 있음) 1 (약간 불충분함) 0 (방안이 거의 없음)	사업협의보고서,사업 집행계획서,사업타당 성보고서,사업중간보 고서,결과보고서,현지 조사보고서, 관련이해관계자인터뷰 등	사업자료 분석, 관계자 인터뷰 등	
지속가능성 평점							
범분야 이슈	의도적·비의도적 환경 영향이 발생하였는가?	환경오염 및 공해가 발생하였거나 지역생태계에 변화가 일어났는가?	사업 이후 소음, 악취, 수자원 오염 및 고갈, 생물다양성 훼손 등으로 인한 지역주민의 삶의 변화 분석 지역생태계의 변화 분석	3 (영향도 미미) 2 (영향도 가시적) 1 (영향도 약간 심각) 0 (영향도 매우 심각)	현지조사보고서,이해 관계자인터뷰보고서, 주민민원 접수횟수, 환경모니터링 보고서 등	관계자 인터뷰, 현지조사, 환경모니터링 보고서 등	

범분야 이슈	성인지적 영향이 발생하였는가?	여성의 노동력 절감이 이루어졌는가?	사업 전·후 여성의 취사 및 가사노동시간 비교 사업이후 가사노동 절감효과 비교	3 (대단히 높음) 2 (높음) 1 (약간 저조) 0 (매우 저조)	현지조사보고서,이해관계자인터뷰보고서 등	관계자 인터뷰, 현지조사 등	
		여성의 사회경제적 지위 향상이 이루어졌는가?	사업 전·후 여성의 경제활동 수준 비교 (가계수입 증가 등)	3 (대단히 높음) 2 (높음) 1 (약간 저조) 0 (매우 저조)	현지조사보고서,이해관계자인터뷰보고서 등	관계자 인터뷰, 현지조사 등	
범분야이슈 평점							

평가 결과

적절성		효과성		효율성		지속 가능성		영향력	
총평									
시사점									

※ 점수시스템은 4등급인 0~3점으로 구성하였다. 점수등급이 방대하면 산정시스템이 복잡해지고 너무 적으면 정확한 평가가 어렵다. 유엔개발계획은 2~6등급 점수체계를 평가항목에 따라 달리 사용하고 있으나 이는 한국국제협력단의 사업규모를 고려할 때, 사용하기 방대하고 불편한 측면이 있으며, 3등급 점수시스템은 평가의 정확도가 떨어진다는 우려가 있었다. 이에 아시아개발은행이 사용하는 4등급 Scale을 적용하여 점수시스템을 구성하였다. 앞서 밝힌 바대로 평가기준은 한국국제협력단의 6대 기준을 기본으로 하되, 가중치는 적용하지 않았다. 각 세부질문에 대한 점수를 산정한 후, 이를 바탕으로 주질문에 대한 평점을 산정하고, 주질문의 평점을 합산하여 평점을 도출하면 각 5대 기준에 대한 점수를 산정할 수 있다.

재생에너지사업 성과지표풀(案)

사업요소 구분	성과지표(Result Indicators)			영향(Impact)
	산출물(Output)	초기성과 (Initial Outcome)	중기성과 (Intermediate Outcome)	최종성과 (Ultimate Outcome)
재생에너지 장비 지원	재생에너지 연료 및 전력 생산량 재생에너지 설비 제공 가구 수 재생에너지 연료 및 전력 공급 가구 수 신설/보완된 배전선 길이 신설 가로등 수 재생에너지 연료 및 전력 판매 수익 새로 요리 시설 구비한 가구 수	• 사업수익률 • 화석연료 사용량 저감률 • 정전 횟수 저감률 • 수혜자의 에너지 소비량 증가율 • 에너지 구매비용 저감률 • 수혜자의 에너지 확보 소요 시간 저감률 • 여성 및 아동의 가사노동 시간 저감률	• 수혜자의 소득 증가율 • 지역/국가 에너지(전력) 총 소비량에서 재생에너지 비중 증가율 • 화석연료 사용량 저감률 • 여성의 생산활동 참가 증가율 • 아동의 입학률 및 성적향상율	- 주민의 가구소득 증가 및 삶의 질 향상 - 지역경제 활성화 - 재생에너지 의식 제고 - 온실가스 저감 - 화석연료 의존도 저감 - 재생에너지 민간투자 활성화 - 여성의 사회적 지위 향상
교육	재생에너지 교육 연수자 수 교육 횟수 및 기간 교육자료의 종류 및 양 주민 의식제고 캠페인 횟수 및 기간 재생에너지 의식 제고 캠페인 대상 주민 수	• 수원국 정부 홈페이지 내 재생에너지 정보 추가 및 업데이트 건수 • 수원국 정부 내 재생에너지 관련 교육 및 행사건 증가율 • 재생에너지부를 신설한 교육기관의 수 • 주민의 재생에너지 관련 문의 증가율	• 추가 도입된 재생에너지 정책 및 정책 업데이트 횟수 • 추가 도입된 재생에너지 프로그램 및 이니셔티브 • 정부 내 재생에너지 전담부처 신설 및 관련 분야 공무원 증가분	
재생에너지 민간산업 지원	재생에너지 대출 지원 사업자의 수 기술 및 장비 지원 사업자의 수 기술지원 횟수 재생에너지 장비 지원량 재생에너지 산업지원 정책제언 건수	• 재생에너지 사업 대출 횟수 증가율 • 재생에너지 사업 대출기준 완화 수준 • 재생에너지 사업타당성평가 시행 증가율 • 신규창출된 일자리의 수 • 재생에너지 사업에 대한 문의 증가율 • 제언된 정책에 대한 문의 증가율	• 재생에너지 신규사업 증가율 • 재생에너지 관련 일자리 증가율 • 추가 도입된 재생에너지 사업 지원제도 건수	

사업모델별 개요

- 베트남 -

구 분		내 용	
사업명		베트남 코코넛 피트 펠렛화 설비 및 기술지원 사업	
사업목적		베트남 내 폐기되고 있는 코코넛 부산물을 에너지화하여 공급함으로써 지역 경제발전을 도모하는 한편 청정에너지 생산을 통해 온실가스 감축에 기여함.	
MDG목표		목표 7(지속가능한 환경 확보) 및 세부목표 9(국가정책에 지속 가능발전 원칙 통합 및 환경자원손실 보전)에 기여	
사업 내역	한국	펠렛설비 지원	ㅇ 용량 : 사업장 내 원료생산량 등 고려 ㅇ 사양 : 원료의 성질, 형태, 함수량 등 고려 ㅇ 공정 사양 : 원료 생산규모, 성분, 성질, 사용처 등 고려 ㅇ 설비규모 : 시간당 생산량 3톤 미만의 소규모급 ㅇ 펠렛 사이즈 및 포장 : 펠렛의 최종 사용처 및 운반 방식, 경로 등 종합 고려
		전문가 파견	ㅇ 건축토목 전문가 : 사업부지 정리, 공장 및 저장소 건립 감독 ㅇ 펠렛 전문가 : 펠렛설비 설치, 기술 이전 교육, 운영교육 실시
		역량강화 교육	ㅇ 이론교육 : 바이오매스 정책, 기술 이론교육 ㅇ 현장교육 : 펠렛 공장 견학, 펠렛화 과정 체험
		행정성 경비	ㅇ 사전조사, 실시협의, 평가 및 행정성경비 등
	베트남	사업부지 제공 및 부지 정리, 설비 설치를 위한 각종 인허가 획득, 설비 및 기자재 수입관세 면제, 유지관리계획 수립, 전문가 활동을 위한 제반사항 지원, 적격 연수생 추천	
사업대상 지역		ㅇ 메콩강 델타 지역에서 원료수급이 가장 적절한 지점, 즉 코코넛 가공공장이 밀집해 있는 지점으로 선택	
사업규모/ 기간		ㅇ 300만불	
수혜자		ㅇ 베트남 사업대상지 지역 주민 및 전력관련 기관 관계자	
기대 효과	한국	ㅇ 국내 바이오매스 펠렛 선진기술 전수를 통한 개도국 환경개선 및 경제 발전에 기여하고 향후 국내 펠렛기술 수출의 교두보 마련	
	베트남	ㅇ 펠렛화 기술 도입을 통한 바이오매스 펠렛산업 활성화 및 수출 증대	
시행 기관	한국	ㅇ KOICA, 주베트남 한국대사관, 수행업체	
	베트남	ㅇ 투자기획부, 농업지역개발부, 지역국민위원회, VinafoodⅡ	

- 캄보디아 -

구 분		내 용	
사업명		캄보디아 마을공동형 바이오가스 포집설비 설치 시범사업	
사업목적		가축분뇨 에너지화를 통하여 지역에너지 빈곤가정에 청정에너지를 공급하고 온실가스 감축에 기여함.	
MDG목표		목표 7(지속가능한 환경 확보) 및 세부목표 9 (국가정책에 지속 가능발전 원칙 통합 및 환경자원손실 보전)에 기여	
사업 내역	한국	포집설비 설치	ㅇ 용량 : 마을에 이용가능한 가축분뇨량 고려 ㅇ 설비규모 : 20m^{3}급 마을공동형 포집설비 2기
		전문가 파견	ㅇ 바이오가스 전문가: 포집설비 설계 및 건설과정 감독, 운영 교육 실시
		역량강화 교육	ㅇ 현장교육 : 포집설비 건설 기술교육(영어 및 크메르어 병용 교육) ㅇ 초청교육 : 정책교육, 기술교육, 한국 바이오가스 설비시찰 ㅇ 운영교육 : 사후 대응 및 사업관리 교육
		행정성 경비	- 사전조사, 실시협의, 평가 및 행정성경비 등
	캄보디아	사업부지 제공 및 부지 정리, 설비 건설 인력 제공, 설비 건설자재 현지조달관련 제반사항 지원, 유지관리계획 수립, 전문가 활동을 위한 제반사항 지원, 적격 연수생 추천	
사업대상 지역		ㅇ 프놈펜 인근 지역	
사업규모/ 기간		ㅇ 10억원(2개 마을 20m^3 규모)	
수혜자		ㅇ 캄보디아 사업대상지 지역 주민	
기대 효과	한국	ㅇ 국내 바이오가스 포집기술 전수를 통한 개도국 환경개선 및 경제 발전에 기여하고 향후 국내 바이오가스 포집기술 수출의 교두보 마련	
	캄보디아	ㅇ 청정에너지 공급을 통한 지역 에너지 빈곤 감소 및 지역 주민의 삶의 질 개선	
시행 기관	한국	ㅇ KOICA, 주캄보디아 한국대사관, 한국 NGO	
	캄보디아	ㅇ 캄보디아 외교국제협력부, 캄보디아 농림수산부, 주정부 농림수산부, 현지 NGO	

- 스리랑카 -

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th colspan="2">내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">사업명</td><td colspan="2">스리랑카 풍력발전단지 조성 기술지원 사업</td></tr>
<tr><td colspan="2">사업목적</td><td colspan="2">대규모 풍력발전단지를 조성하기에 앞서 사업타당성조사 및 환경영향 평가를 실시함으로써 사업 리스크 해소</td></tr>
<tr><td colspan="2">MDG목표</td><td colspan="2">목표 7(지속가능한 환경 확보) 및 세부목표 9(국가정책에 지속 가능발전 원칙 통합 및 환경자원손실 보전)에 기여</td></tr>
<tr><td rowspan="4">사업 내역</td><td rowspan="3">한국</td><td>사업타당성 조사</td><td>ㅇ 정책적 타당성 : 재생에너지정책 및 경제개발 정책, 온실가스 감축정책 모두 고려
ㅇ 기술적 타당성 : 도입설비 및 사양, 부지, 계통연계 시스템, 주변 환경 고려
ㅇ 경제적 타당성 : 투자비용 및 전력생산량, 내부수익률
ㅇ 온실가스 감축 타당성 : 온실가스 감축잠재량 계산
ㅇ 소음문제 : 주민공청회 및 지역단체의 의견 수렴</td></tr>
<tr><td>환경영향평가</td><td>ㅇ 기본환경조사
ㅇ 환경영향평가</td></tr>
<tr><td>행정성 경비</td><td>- 사전조사, 실시협의, 평가 및 행정성경비 등</td></tr>
<tr><td>스리랑카</td><td colspan="2">타당성조사대상 부지 선정, 현지조사 제반사항 지원, 관련 자료 및 자문제공, 환경영향평가 수행관련 정보제공 및 제반사항 지원</td></tr>
<tr><td colspan="2">사업대상지역</td><td colspan="2">ㅇ 풍력에너지가 우수한 북부 지방(자프나, 마나르, 칼리피야 등지)</td></tr>
<tr><td colspan="2">사업규모/기간</td><td colspan="2">ㅇ 5억원 미만</td></tr>
<tr><td colspan="2">수혜자</td><td colspan="2">ㅇ 스리랑카 사업대상지 지역 주민 및 전력관련 기관 관계자</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기대 효과</td><td>한국</td><td colspan="2">ㅇ 재생에너지사업에 대한 기술지원을 제공함으로써 수원국 내 재생에너지 사업을 활성화하고 국내기술의 해외이전을 장려함.</td></tr>
<tr><td>스리랑카</td><td colspan="2">ㅇ 동 기술지원 사업에 참여함으로써 한국의 선진기술을 습득하여 자국 내 재생에너지 산업을 활성화함.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">시행 기관</td><td>한국</td><td colspan="2">ㅇ KOICA, 주 스리랑카 한국대사관, 수출입은행, 본사업 수행 업체, 기술지원 수행업체</td></tr>
<tr><td>스리랑카</td><td colspan="2">ㅇ 스리랑카 기획재정부, 전력에너지부, 지속가능에너지청, 실론전력위원회</td></tr>
</table>

동아시아 3개국 재생에너지 전문가 인터뷰 질의문항

Discussion Agenda

Ⅰ. Group Meeting

1. General Renewable Energy Status

1) What are the main renewable energy sources with the highest development potential in your country? (Solar, wind, biomass, hydro, geothermal, tide, waste) What is the potential capacity of each renewable energy source where it is feasible for development?

2) What is your policy goal for renewable energy development (short, mid, and long term)?

3) What are the key renewable energy sources does your government plan to promote the most in your country? What renewable energy sources do you think should be developed and utilized for the benefit of the country both in the short and long run?

4) What is your government's strategy to achieve the goal for renewable energy development? Do you think the goal is achievable? What do you think the government need to do to achieve the goals?

5) Do you have any specific government organizations (or department) responsible for renewable energy policies and implementation?

6) Is there any criteria specified by the government on setting the tariff for the electricity sourced from renewable energy?

7) What are the institutional, technological, financial, infrastructural, policy challenges in developing renewable energy?

8) What is needed to be done to promote the renewable energy market in your country?

2. ODA Fund for Renewable Energy Development

1) How many ODA funded projects have been implemented so far, and what are the major renewable energy sources that have been utilized through ODA fund?

2) Has technology transfer taken place significantly through ODA funded projects?

3) How effectively were ODA funded projects implemented? How effective and useful were the project results after implementation?

4) Has any of ODA funded projects produced positive spin-off effects after implementation?

5) What are the major benefits of implementing renewable energy development projects with ODA fund?

6) What are the major problems associated with ODA funded projects during and after implementation? What majorly caused the problems? What should be done in order to improve the problems?

7) What is your opinion about attracting ODA fund for renewable energy development? Do you think it is beneficial for your country? If you think

so, what is the reason? If you do not think so, what is the reason?

8) What are your general recommendations to improve the performance of ODA funded RE projects?

9) Which particular renewable energy sources do you think needs to be developed with ODA fund for the benefit of the country?

10) What do you think about bringing social enterprise models (non-profit business model) in the area of renewable energy supply (or development) with ODA fund?

Ⅱ. Interview Questionnaires

1. Renewable Energy

1) What are the main renewable energy sources with the highest development potential in your country? (Solar, wind, biomass, hydro, geothermal, tide, waste) What is the potential capacity of each renewable energy source where it is feasible for development?

2) What kind of financial supports does your government offer to renewable energy based electricity providers? (Tax exemption, incentives, subsidies etc) What are the main renewable energy related regulations?

3) Which renewable energy do you think needs technology transfer from other countries? What specific technologies of the renewable energy are needed to be transferred for each renewable energy source?

4) What is the number of companies in your country involved in the renewable

energy market? What services and products do they provide? What does the government need to do in order to increase the competency of domestic companies in the renewable energy area?

5) How strong is the R&D basis for renewable energy in your country? How many universities, research centres and government institutions, and company R&D centres are dedicated for renewable energy development? What types of technology do they possess? How many renewable energy professionals are there in your country?

6) What is the government budget for R&D on renewable energy? What are the main areas of renewable energy that the government R&D investment is directed to? Do you have any specific R&D programs or projects for renewable energy provided by the government?

2. ODA funded RE Project

1) Where is the funding for the RE project sourced from? Were there any conditions attached to the funding? If there were, what are the conditions? Was the project affordable for your government? Do you think it was worth for the money?

2) How easy is it to operate the plant? (Very easy, easy, moderate, difficult, very difficult)

3) How often do you have operational problems with the plant? If you have problems with the plant, is it fixable with the skills and resources that you have in your country? If the problems are not fixable by yourself, how do you solve the problem? What is the general cost for maintenance of the plant?

4) Were trainings provided before, during, and after implementation? Who were the recipients of the training? How effective and useful the training was? What could have been done better with the training?

5) What were the expected and unexpected outcomes of the project, and how do you currently deal with them?

6) What are the major successes of the project and why?

7) What are the major failures of the project and why? What should have been done better?

8) What is your general evaluation of the project performance? Do you think the performance successful, or failed?

연구자료 기후변화 2012-07-279

동아시아 주요국 재생에너지 기반조사 및 분석

발 행 2012년 10월
발 행 인 박 대 원
발 행 처 한국국제협력단
편 집 인 기후변화대응실
주 소 경기도 성남시 수정구 대왕판교로 825 (우 : 461-833)
전 화 031) 740-0114
팩 스 031) 740-0655
홈 페 이 지 http://www.koica.go.kr
인 쇄 동화인쇄

[본 보고서의 저작권은 한국국제협력단에 있으며,
한국국제협력단의 허락없이 무단 전제와 복제를 금합니다.]

ISBN 978-89-6469-129-8 93320