



신재생에너지를 중심으로 한  
농촌전력화 프로그램 개발협력 모델

2011. 12.

저자

---

**임 소 영**

한국국제협력단 기후변화대응실 연구관

(E-mail : sylim316@koica.go.kr / TEL : 031-740-0283)

▶ 주요 경력

- 한국국제협력단 근무 (2008년~현재)
- 서울대학교 공학박사

▶ 주요 연구실적

- “개발도상국 개발협력에 대한 기후변화 통합화 방안 및 방글라데시의 적용 사례”, 「환경정책」 제 19권 3호, pp.25-60, 2011
- Green Growth : Global Cooperation(공저), 2011, 경제·인문사회연구회

본 연구보고서의 내용은 한국국제협력단의 공식적인  
입장과 일치하지 않을 수도 있습니다.

## 목차

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 표 목차 .....                        | iv |
| 그림 목차 .....                       | v  |
| 요약 .....                          | 1  |
| <br>                              |    |
| 제1장. 서론 .....                     | 3  |
| 1. 연구의 필요성 및 배경 .....             | 3  |
| 2. 보고서의 구성 및 연구 추진체계 .....        | 5  |
| 3. 연구 성과 및 기대효과 .....             | 6  |
| <br>                              |    |
| 제2장. 농촌전력화 프로그램의 배경 .....         | 8  |
| 1. 농촌전력화 프로그램 수립의 당위성 .....       | 8  |
| 2. 농촌전력화 프로그램 유형 분석 .....         | 13 |
| <br>                              |    |
| 제3장. 농촌전력화를 위한 신재생에너지의 활용 .....   | 17 |
| 1. 배경 .....                       | 17 |
| 2. 신재생에너지 정의 및 분류 .....           | 17 |
| 3. 신재생에너지 종류별 특징 .....            | 19 |
| 3.1 수력 발전 .....                   | 19 |
| 3.2 바이오매스 에너지 .....               | 20 |
| 3.3 태양 에너지 .....                  | 20 |
| 3.4 풍력 발전 .....                   | 21 |
| 3.5 지열 .....                      | 22 |
| 4. 농촌전력화를 위한 신재생에너지 활용의 당위성 ..... | 23 |

|                                                                             |           |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.1 온실가스 농도의 안정화 .....                                                      | 23        |
| 4.2 개발의 활성화 및 안정적 전력 보급 .....                                               | 24        |
| 5. 국제사회의 신재생에너지 분야 개도국 지원 현황 .....                                          | 25        |
| 5.1 양자 지원 현황 .....                                                          | 25        |
| 가. 독일 .....                                                                 | 28        |
| 나. 일본 .....                                                                 | 29        |
| 5.2 다자 지원 현황 .....                                                          | 30        |
| 가. 세계은행 .....                                                               | 30        |
| 나. 국제재생에너지기구(IRENA) .....                                                   | 32        |
| <b>제4장. 농촌전력화 사례분석 .....</b>                                                | <b>33</b> |
| 1. 기존 농촌전력화 지원 사례 .....                                                     | 33        |
| 1.1 세계은행의 Lighting Africa .....                                             | 33        |
| 가. 시장 정보 제공 .....                                                           | 35        |
| 나. 품질 보증 .....                                                              | 36        |
| 다. 비즈니스 지원/금융 확보 .....                                                      | 37        |
| 라. 소비자 교육 .....                                                             | 38        |
| 마. 정책 및 공공 부문 유인 .....                                                      | 38        |
| 1.2 네덜란드와 독일의 Energising Development Partnership<br>Programme (EnDev) ..... | 39        |
| 2. 개발도상국 농촌전력화의 성공사례 .....                                                  | 43        |
| 2.1 튀니지의 농촌전력화 .....                                                        | 44        |
| 가. 튀니지 농촌전력화 역사 .....                                                       | 44        |
| 나. 튀니지 농촌전력화의 특징 및 성공요인 .....                                               | 46        |
| <b>제5장. 농촌전력화 프로그램을 위한 국내 기반 분석 .....</b>                                   | <b>49</b> |
| 1. 우리나라 농촌전력화 역사 및 현황 .....                                                 | 49        |
| 2. 국내 신재생에너지 기술수준 분석 .....                                                  | 50        |
| 3. KOICA 신재생에너지 분야 지원 현황 .....                                              | 54        |
| 3.1 (소)수력 .....                                                             | 55        |
| 3.2 태양광 .....                                                               | 56        |

|                                          |    |
|------------------------------------------|----|
| 제6장. KOICA 협력대상국 분석 .....                | 59 |
| 1. 국가군 분류 .....                          | 59 |
| 2. 지역별·국별 농촌전력화 및 신재생에너지 여건 분석 .....     | 65 |
| 2.1 동남아시아 .....                          | 66 |
| 가. 베트남 .....                             | 66 |
| 나. 필리핀 .....                             | 66 |
| 다. 인도네시아 .....                           | 67 |
| 2.2 남아시아 .....                           | 67 |
| 가. 스리랑카 .....                            | 67 |
| 나. 파키스탄 .....                            | 68 |
| 다. 방글라데시 .....                           | 69 |
| 2.3 아프리카 .....                           | 70 |
| 제7장. 농촌전력화 프로그램 개발 모형 .....              | 71 |
| 1. 모형 개요 .....                           | 71 |
| 2. 모형의 세부 요소 .....                       | 72 |
| 2.1 프로그램 개발 단계별 지침 .....                 | 72 |
| 가. 프로그램 선택 단계 .....                      | 73 |
| 나. 프로그램 수립 단계 .....                      | 73 |
| 다. 프로그램 이행 단계 .....                      | 75 |
| 라. 프로그램 모니터링 및 평가 단계 .....               | 76 |
| 2.2 농촌전력화의 목적, 목표 및 실행방안 .....           | 77 |
| 2.3 농촌전력화 프로그램 구성요소 .....                | 79 |
| 가. 모듈 1. 농촌전력화를 위한 제도적 기반 마련 .....       | 79 |
| 나. 모듈 2. 농촌전력화를 위한 인프라 확대 .....          | 81 |
| 다. 모듈 3. 지속가능한 농촌전력화 프로그램을 위한 역량강화 ..... | 83 |
| 라. 모듈 4. 농촌전력화 관련 시장의 활성화 .....          | 84 |
| 제8장. 결론 및 제언 .....                       | 85 |
| 참고 문헌 .....                              | 87 |

## 표 목차

|                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| [표 1] 2010 에너지개발지수(EDI)에 의한 국가 순위 .....                                          | 10 |
| [표 2] 2009년 기준, 전기를 사용하지 못하는 인구와<br>전통적인 바이오매스에 의존하는 인구 .....                    | 11 |
| [표 3] 에너지와 새천년개발목표(MDG)의 상호 관계 .....                                             | 11 |
| [표 4] 개발도상국 농촌 지역 전기의 수요처와 전력화로 인한 파급효과 .....                                    | 12 |
| [표 5] 다양한 분류 기준에 따른 농촌전력화 유형의 구분 .....                                           | 13 |
| [표 6] 전력공급모델 형태 및 적용 예시 .....                                                    | 16 |
| [표 7] 주요국 및 기관의 재생에너지 분류 기술 .....                                                | 18 |
| [표 8] 신재생에너지원별 비교 .....                                                          | 22 |
| [표 9] Lighting Africa 프로그램의 활동영역 .....                                           | 35 |
| [표 10] 현대식 에너지 접근성의 개선을 위한 네덜란드-독일 파트너십<br>(Energising Development, EnDev) ..... | 39 |
| [표 11] EnDev 프로젝트 현황 - 아프리카 지역 .....                                             | 42 |
| [표 12] EnDev 프로젝트 현황 - 아프리카 외 지역 .....                                           | 43 |
| [표 13] 튀니지 농촌전력화 프로그램의 발전과 실적 .....                                              | 45 |
| [표 14] 우리나라 8대 재생에너지 기술수준의 주요 선진국과의 비교 .....                                     | 52 |
| [표 15] KOICA의 신재생에너지 지원 사업 목록 .....                                              | 55 |
| [표 16] KOICA 무상협력 중점 및 일반 협력국 .....                                              | 59 |
| [표 17] 분류기준들의 기술통계분석 .....                                                       | 61 |
| [표 18] 분류기준들의 상관분석 결과 .....                                                      | 61 |
| [표 19] 농촌전력화 프로그램 필요 여부 판단을 위한 군집분석 결과 .....                                     | 64 |
| [표 20] 농촌전력화 프로그램이 필요한 KOICA 협력대상국 도출 결과 .....                                   | 64 |
| [표 21] 지역별 농촌전력화 관련 여건 비교 .....                                                  | 65 |
| [표 22] 프로그램 개발을 위한 전 단계 .....                                                    | 73 |
| [표 23] 농촌전력화 프로그램의 설계를 위한 목적, 목표 및<br>목표별 실행방안(1) .....                          | 78 |
| [표 24] 농촌전력화 프로그램의 설계를 위한 목적, 목표 및<br>목표별 실행방안(2) .....                          | 78 |
| [표 25] 농촌전력화 프로그램의 설계를 위한 목적, 목표 및<br>목표별 실행방안(3) .....                          | 79 |

## 그림 목차

|                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| [그림 1] 연구의 주요 내용 및 추진 체계 .....                                                  | 6  |
| [그림 2] 개발도상국의 농촌전력화 비율 분포 .....                                                 | 8  |
| [그림 3] 2008년 기준 전력의 혜택을 받지 못하는<br>인구분포와 2030년 예측치 .....                         | 9  |
| [그림 4] 1999~2008년 기간의 OECD DAC 회원국들의<br>신재생에너지 원별 지원 추세(2년 이동 평균) .....         | 26 |
| [그림 5] OECD DAC 회원국들의 신재생에너지 분야 2006~2007년 및<br>2008~2009년 평균 양자 지원 금액 현황 ..... | 27 |
| [그림 6] 2007년 OECD DAC 회원국들의 신재생에너지 분야 양자 지원의<br>주요 수혜국 현황 .....                 | 28 |
| [그림 7] 세계은행 기후투자기금(CIF)의 구성 .....                                               | 31 |
| [그림 8] 가나의 “One Child, One Solar Light” 프로젝트 .....                              | 37 |
| [그림 9] Lighting Africa 운영 조직도 .....                                             | 38 |
| [그림 10] EnDev의 국가별 및 기술별 지원 현황 .....                                            | 41 |
| [그림 11] 튀니지 농촌전력화 담당 조직도 .....                                                  | 47 |
| [그림 12] 최근 5년간 신재생에너지 설치용량 증가율 .....                                            | 50 |
| [그림 13] KOICA 협력대상국들의 농촌전력화비율과<br>도·농간 비율 차 분포도 .....                           | 62 |
| [그림 14] KOICA 협력대상국들의 농촌전력화비율과<br>인간개발지수 분포도 .....                              | 63 |
| [그림 15] 농촌전력화 프로그램 개발 모형 개요 .....                                               | 72 |
| [그림 16] 농촌전력화 유형의 적용기술 선택 과정 .....                                              | 82 |

## 요 약

전기로 대표되는 현대식 에너지의 사용은 생산성 증대, 교육기회 확대, 보건위생 증진, 여성지위 향상 등 현대사회에 다양한 이익을 제공해 왔다. 이에 선진국들은 경제개발 단계에서 자국 내의 전기보급에 주력하였으며, 그 결과 거의 100%에 달하는 국가 전력보급률을 보이고 있다. 그러나 전 세계적으로는 전기의 보급이 불평등하게 이루어져, 여전히 많은 개발도상국들이 전기의 혜택을 충분히 누리지 못하고 있다. 특히 최빈국이 밀집해 있는 사하라 이남 아프리카와 남아시아 지역의 전력 사정이 매우 열악하여, 이들 지역에 대한 농촌전력화(Rural Electrification) 프로그램 지원이 시급한 실정이다.

“농촌지역 또는 격지에 전기를 제공하는 과정”이라고 정의되는 농촌전력화는 개발도상국의 농촌이나 격지의 삶의 질을 개선하기 위한 주요한 역할을 하게 될 것이다. 비록 UN의 새천년개발목표(MDGs)에 명시적으로 언급되지는 않았지만, 에너지 문제는 전 세계 개발도상국들의 개발을 위한 노력 및 생활 여건의 개선을 위하여 결정적인 역할을 하고 있으며, 각 MDG와도 밀접한 관계를 맺고 있다. 아울러, 에너지 안보와 온실가스 감축의 차원에서 지속가능한 방식으로 농촌전력화를 수행하기 위해, 독립형 전력보급 형태를 중심으로 한 신재생에너지원의 활용이 주목을 받고 있다. 이 때 농촌전력화는 정책, 제도, 규제, 시장, 금융 등의 제도적 인프라와 자연환경, 기술 등 다양한 요소들이 밀접한 관계를 맺고 있어 통합적인 방법으로 접근해야 하며, 이에 단일 프로젝트가 아닌 프로그램 형식의 지원이 타당하다.

본 연구는 프로젝트 중심에서 프로그램 중심으로 개발사업 형태의 전환을 요구하는 국내·외의 기조에 부합하고자, 농촌전력화의 지원을 위해 프로그램 형식으로 사업을 추진하는 방법론을 제시하였다. 이를 위해 개발도상국의 농촌전력화 프로그램 지원 및 신재생에너지 활용의 당위성을 객관적인 데이터와 현황자료를 토대로 도출하였다. 아울러, 국제사회의 농촌전력화 사례와 신재생에너지 지원 사례를 분석하여, 동 분야 국제사회의 동향을 파악하는 한편, 농촌전력화 프로그램의 성공요인 및 도전과제를 파악

하였다. 구체적으로는 세계은행의 Lighting Africa와 독일-네덜란드의 Energising Development Partnership Program과 같은 농촌전력화 지원 사례와 튀니지의 농촌 전력화 성공 사례를 소개하였다. 또한 농촌전력화 프로그램을 위한 국내기반을 우리나라 농촌전력화의 역사 및 신재생에너지 기술 수준과 지원 현황을 중심으로 분석하였다. 한편, KOICA 협력대상국들의 농촌전력화 프로그램 필요성을 진단하여, 농촌전력화 프로그램이 필요한 국가군들을 도출하고, 각 지역별과 국가별로 현황을 살펴보았다.

이와 같은 농촌전력화 배경 분석 결과들을 바탕으로 프로그램의 선택, 수립, 이행, 모니터링 및 평가의 각 개발 단계별로 인지해야 하는 고려사항 및 유의점을 포함하는 농촌전력화 프로그램 개발모형을 도출하여 제시하였다. 이 때 프로그램의 선택과 수립 단계에 걸쳐서 설정해야 하는 프로그램의 목적, 세부목표 및 실행방안들을 제공하였는데, 이 때 도출된 농촌전력화 프로그램의 세 가지 장기개발목적은 국가 및 지역 여건에 부합하는 농촌전력화의 달성, 효과적인 신재생에너지의 활용을 통한 농촌전력화 및 지역개발 달성, 그리고 전 지구적 차원에서 지속가능한 에너지로서 신재생에너지를 효과적으로 활용함으로써 에너지안보 확보 및 환경요소 고려의 촉진이다. 또한 농촌전력화 프로그램의 구성요소로서 제도기반의 마련, 인프라 확대, 역량강화, 시장의 활성화를 제안하여 프로그램의 디자인을 돕고자 하였다.

마지막으로, 결론 부분에서는 연구의 의미 및 활용도를 되짚어 보면서, 본 연구에서 개발한 농촌전력화 프로그램 개발모형을 적용할 시 유의할 점에 대해 고찰하였다. 또한 효과적인 프로그램의 지원이 가능하도록, 농촌전력화 프로그램의 사례에서 도출한 프로그램의 성공요인과 도전과제들을 확인하였다.

본 연구에서 구축된 농촌전력화 프로그램 개발모형은 개발도상국의 국별협력전략(CPS) 등 전략 및 계획 수립 단계에서 활용할 수 있으며, 이를 통해 보다 더 효과적이면서 체계적인 프로그램의 지원이 가능할 것으로 기대한다.

주요어 : 농촌전력화, 신재생에너지, 프로그램, 에너지개발지수, 국별협력전략(CPS), 국제에너지기구(IEA), 국제재생에너지기구(IRENA), 계통연계형, 독립형, 태양광흡시스템(SHS)

# 제1장. 서 론

## 1. 연구의 필요성 및 배경

전 세계 인구의 20% 이상인 약 14억 명의 사람들이 전기의 혜택을 받지 못하고 있으며, 특히 이들 중 85%가 농촌지역에 거주하고 있다(IEA, 2009). 그 중에서도 특히 최빈국이 밀집해 있는 사하라 이남 아프리카와 남아시아 지역 농촌의 전기보급 상황이 매우 열악한 상황이다. 이러한 사실은 인류의 생활양식을 극적으로 개선해 온 전기가 전 인류에 대해 고르게 보급되지 못하여 개발도상국의 빈곤층이 집중해 있는 농촌 지역과 그 외 지역 사이의 빈부 격차를 벌리는 원인이 되는 현상을 보여주고 있다. 그러나 이러한 사실은 역으로 효과적인 농촌전력화의 노력이 개발도상국 내의 빈부격차를 좁히는 주요 열쇠가 될 수 있는 가능성을 보여준다.

농촌전력화(Rural Electrification)는 “농촌지역 또는 격지에 전기를 제공하는 과정”이라고 정의된다. 여기에서 말하는 전기란, 조명이 주된 용도인 가정용에 국한되지 않고 수공업 및 농업 분야의 생산성을 증대시킬 수 있는 용도까지 포함하며, 농촌이나 격지의 삶의 질 개선에 주요한 역할을 하게 된다. 그렇기 때문에 새천년개발목표(MDGs)에 직접적으로 명시되지는 않았지만, 개발도상국의 개발과 밀접하게 관련되어 있는 전력 보급이 개발도상국의 개발에서 차지하는 중요성은 매우 크다고 할 수 있다. 특히 전력 보급에 의한 개발에서 더 나아가 에너지 안보, 온실가스 감축 등의 차원에서 지속가능한 방식으로 농촌전력화를 수행해야 할 당위성을 찾을 수 있다. 실제로 개발도상국의 국가전력망으로부터 멀리 떨어진 지역에서 설치되는 독립형 전력보급 형태를 중심으로 재생에너지원 활용이 확대되고 있다.

우리나라의 농촌전력화는 1960년대 농어촌전력화사업을 제정하면서 시작하였으며, 1970년대에 들어서 시작된 새마을운동과 더불어 활성화되었다. 그 결과, 농촌전력화 사업이 시작할 당시 약 12%에 지나지 않던 농촌 전력화율은 2000년대에는 99.9%를 달성할 정도로 농촌전력화가 성공적으로 수행되었다. 이와 같은 우리나라의 성공적인 농촌전력화 경험을 개발도상국에 적용하여 효과적인 성과를 볼 수 있을 것이라 기대한다.

개발도상국에서의 필요성과 수요 및 우리나라의 성공경험을 고려할 때, 많은 개도국들이 우리나라의 농촌전력화 프로그램의 지원을 필요로 할 것이 예상된다. 특히 전력 정책과 제도, 규제, 시장, 금융 등의 제도적 인프라와 자연환경, 기술 등 다양한 요소들이 밀접한 관계를 맺고 있어 통합적인 방법으로 접근해야 하는 농촌전력화는 단일 프로젝트가 아닌 프로그램의 형식으로 지원할 것이 권장된다. 또한 프로그램 형식의 지원은 단일 프로젝트의 지원에서 대두되는 사후관리 및 운영, 유지 문제를 해결하는데 유리하다.

국제사회는 1990년대까지 개발협력 분야에서 거의 독점적으로 수행되던 단일 프로젝트의 실행이 초래하는 비효율성 및 문제점들<sup>1)</sup>을 극복하고자, 2000년대 들어서면서 통합적으로 문제를 해결할 수 있는 방식을 추구하게 되었다. 그 결과, 북유럽 국가들을 중심으로 섹터별접근법(Sector-Wide Approaches, 이하 SWAp)이 활용되고, 프로그램형접근법(Programme-Based Approach, 이하 PBA)의 개념이 수립되었다. 실제로 PBA는 파리선언에서 제시된 원조효과성을 위한 원칙들을 실제 상황에서 체계적이고 통합적으로 구현해 나갈 수 있는 방식을 제시하고 있는 것으로 평가된다. 그렇기에 PBA의 장점<sup>2)</sup>에 대한 실증적 근거는 아직 없지만, PBA가 효과적이라는 부분에 대해 국제사회가 합의하고 있는 것이다(이현주, 2010).

KOICA는 원조효과성을 제고하기 위해 기존의 프로젝트 중심에서 프로그램 중심으로 사업의 형태를 전환하고자 섹터기준으로 구분되어 있던 조직을 2011년에 지역기준으로 개편 편제하였다. 따라서 유무상 통합 국별협력전략(Country Partnership Strategy, 이하 CPS)의 수립을 위한 조직적인 기반이 마련되었으며, CPS에서 우선 지원 프로그램으로 선정되는 분야에 대한 체계적인 프로그램 기획, 수립, 이행이 필요

- 
- 1) i) 공여국 원조의 파편화로 인해 개발 프로젝트의 수 자체가 수원국에게 부담이 되었으며, 따라서 수원국에게 원조 행정 자체가 인적, 기술적, 시간적, 물적으로 고비용 활동이 됨.  
 ii) 목표 혹은 섹터에 있어서 수원국의 필요와 공여국의 지원이 상충하는 경우가 발생함으로써 수원국이 정작 필요로 하는 부분에서 원조를 받지 못하거나 우선순위가 떨어지는 분야에 대한 공여국 지원을 초래함.  
 iii) 수원국 정부의 공공 재정관리 시스템을 사용하지 않는 예산 기획, 집행, 조달 구조로 인해 수원국 정부 시스템의 유효성과 역량강화를 간과함.  
 (이현주, 2010)
  - 2) i) 수원국의 국가 및 섹터의 개발전략에 따라 집중 지원함으로써 수원국의 우선순위에 따라 공여국의 지원을 적재적소에 투입하는 것이 가능함.  
 ii) 수원국 개발전략의 중기예산안을 바탕으로 함으로써 원조의 중장기적 예측성 강화  
 iii) 수원국 정부의 공공 재정관리 시스템을 활용함으로써 수원국 정부 시스템의 유효성을 인정하고 국가 기관 기능의 역량강화를 도모  
 iv) 공여국 간 조화를 바탕으로 지원함으로써 개발사업 거래비용의 축소와 수원국 원조행정의 간소화  
 (이현주, 2010)

하게 되었다. 이에 본 연구는 KOICA가 농촌전력화 프로그램 개발협력 모델을 선정하고 이행하는 동안에 필요한 정보를 제공하면서, 향후 CPS의 수립 시 참조할 수 있는 가이드라인을 제공하기 위해 수행되었다.

## 2. 보고서의 구성 및 연구 추진체계

본 연구의 내용은 크게 다음의 다섯 부분으로 구성되어 있다.

보고서의 2장에서는 농촌전력화 프로그램 수립의 당위성을 개발도상국의 열악한 전력상황과 개발목표에서의 농촌전력화의 중요성을 중심으로 살펴보았다. 또한 다양한 기준으로 분류할 수 있는 농촌전력화 프로그램의 유형을 비교 분석하였다.

3장은 개도국 농촌전력화에서 중점적으로 활용할 수 있는 신재생에너지에 대한 조사를 실시하였다. 이를 위해 먼저 신재생에너지란 무엇인가를 살펴본 후, 특히 개도국 농촌전력화에 유리한 신재생에너지원들에 대해 분석한다. 또한 농촌전력화를 위한 신재생에너지 활용의 당위성과 그간의 국제사회 지원현황을 검토하였다.

4장은 국제기구 및 선진원조기관에서 기존에 수행하고 있던 대표적인 농촌전력화 프로그램과 성공적으로 농촌전력화를 이룬 국가들의 사례를 분석함으로써 농촌전력화의 성공요인과 장애요인을 도출하고자 하였다.

농촌전력화에 대한 수요자 분석과 국제사회의 사례조사와 아울러, 우리나라의 농촌전력화 및 신재생에너지와 관련된 역량과 경험을 5장에서 분석하였다. 이 때 KOICA에서 그동안 지원하였던 신재생에너지 분야 사업들의 지원 추세 및 사례도 소개했다.

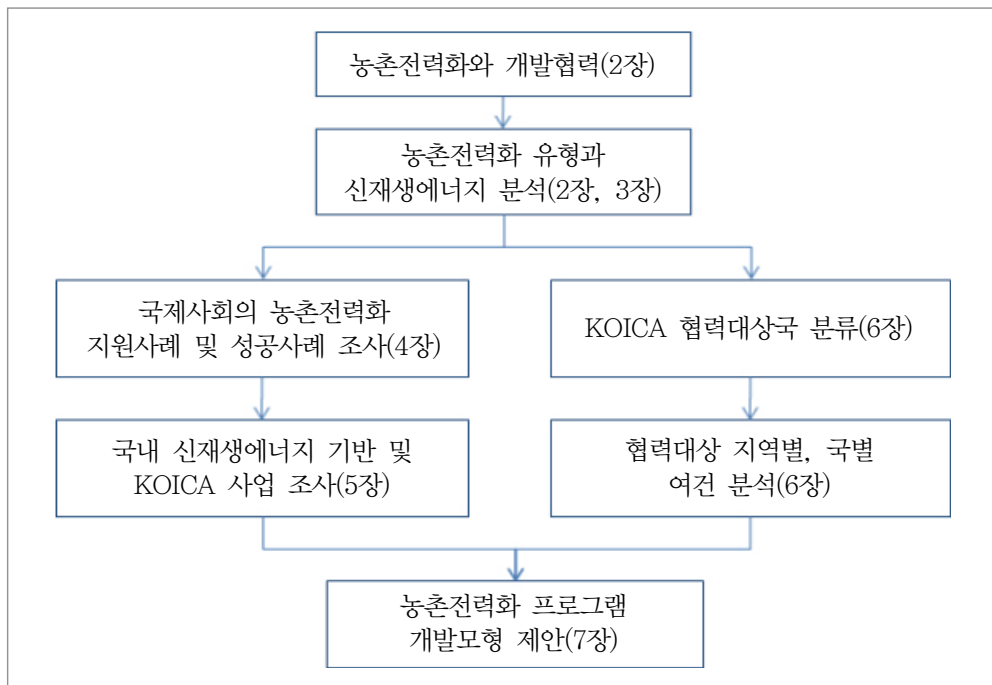
농촌전력화 프로그램 개발을 위한 배경 및 기반을 살펴본 뒤, 6장부터는 KOICA가 프로그램을 수행하면서 실제로 참조할 수 있는 자료를 제공하고 있다. 6장은 KOICA 협력국들을 대상으로 농촌전력화가 우선적으로 필요한 국가군들을 분류해 내는 방법론을 제시하였으며, 실제 국가군 분류도 수행하여 향후 CPS 수립 시 프로그램 선택을 위한 참고자료를 마련하였다. 국가군 분류와 더불어 지역별, 국별 농촌전력화 또는 신재생에너지의 여건을 대략적으로 분석하여, 지역별 및 국별로 전체적인 상황 이해를 돕고자 하였다.

마지막으로 7장에서는 농촌전력화 프로그램 개발모형을 제시하고 있다. 이를 위해

프로그램 개발 시 고려해야 할 단계별 지침 및 유의점을 제시하면서 농촌전력화를 위한 개발목적을 규명하고 이에 따른 실행방안을 이끌어내었다. 또한 KOICA 농촌전력화 프로그램의 구성요소를 도출하였다.

본 보고서의 내용 및 추진 체계를 한눈에 알아볼 수 있도록 연구의 주요 내용 및 추진 체계를 다음 [그림 1]과 같이 도식화하였다.

[그림 1] 연구의 주요 내용 및 추진 체계



### 3. 연구 성과 및 기대효과

본 연구는 KOICA 직원들을 포함하는 개발협력 이해관계자들의 개발도상국 농촌전력화의 현황과 중요성에 대한 인식을 제고할 것으로 기대된다. 한편, 국제사회의 농촌전력화와 관련된 다양한 협력현황에 대해 상세한 정보를 제공함으로써, 특히 지속가능한 에너지를 활용하여 농촌전력화 프로그램을 개발하려는 주체들에게 지침을 제공하게 될 것이다.

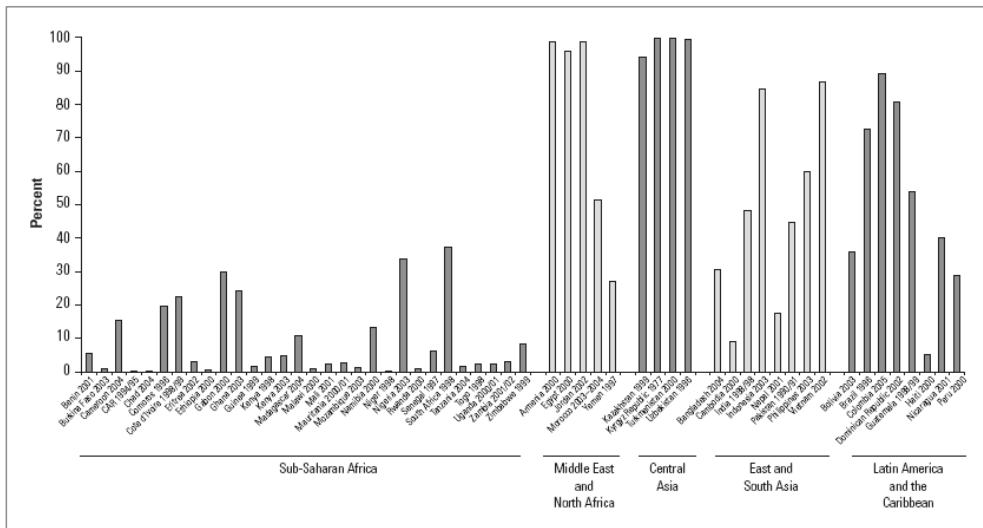
현재 진행 중인 우리나라 유무상 통합 국별협력전략(CPS)의 수립 시, 본 연구가 해당 국가의 농촌전력화와 재생에너지 기반 분석을 위한 기초자료로 활용될 수 있다. 또한, 농촌전력화 프로그램의 지원이 필요하다고 판단된 국가들의 CPS를 작성할 시, CPS의 세부 사업을 디자인하는 단계에서 본 연구가 제안한 농촌전력화 프로그램 개발모형을 적용하여, 포괄적이면서 체계적인 프로그램의 개발이 가능할 것으로 기대된다.

## 제2장. 농촌전력화 프로그램의 배경

### 1. 농촌전력화 프로그램 수립의 당위성

오늘날 전 세계 인구의 20% 이상인 약 14억 명이 전기의 혜택을 받지 못하고 있으며, 특히 이들 중 약 85%에 해당하는 인구가 농촌 지역에 분포하고 있다. 아울러 전기 미수혜 지역 대부분이 사하라이남 아프리카(5억 8,500만 명; 나이지리아 7,600만 명, 에티오피아 6,900만 명 등)와 남아시아(인도 4억 명, 방글라데시 9,600만 명 등)에 집중되고 있다는 점은 전력 수급이 전 지구적으로 불평등하게 이루어지고 있음을 단적으로 보여주고 있다(그림 2, 3).

[그림 2] 개발도상국의 농촌전력화 비율 분포

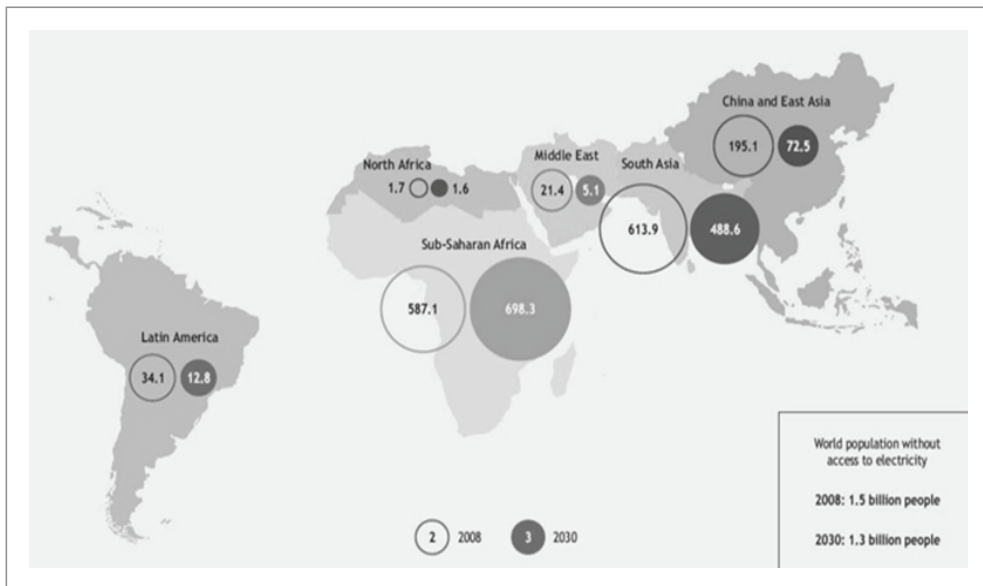


자료 : IEG/World Bank(2008)

지역별, 국가별로 개발도상국 농촌전력화 비율을 그래프로 나타낸 [그림 2]는 전기 보급의 불평등 현상을 단적으로 나타내고 있다. 사하라이남 아프리카는 전반적으로 농촌전력화 비율이 저조했으며, 다른 지역에서도 캄보디아, 네팔, 아이티 등 특히 전력화

현황이 열악한 국가들이 있다. 만약 현 상황을 획기적으로 개선할 만한 새로운 정책이나 해결책이 마련되지 않는다면, 2030년까지 12억 명이라는 여전히 많은 수의 사람들이 전기의 혜택을 받지 못하여 어려운 생활을 이어나갈 수밖에 없게 될 것이다. 예측치 중에서도 전기혜택을 받지 못하는 이들은 여전히 사하라이남 아프리카와 인도 등 개발도상국에 집중될 것으로 예상된다(IEA, 2010).

[그림 3] 2008년 기준 전력의 혜택을 받지 못하는 인구분포와 2030년 예측치



자료 : IEA(2009)

국제에너지기구(IEA)는 각 국가들의 현대식 에너지에 대한 접근성이 어떠한지, 그 진전 상황을 모니터링하기 위하여 에너지 분야의 인간개발지수(HDI)와 같은 에너지개발지수(Energy Development Index, EDI)를 개발하였다. EDI를 최초로 개발한 2004년 이후, 대부분의 국가들은 현대식 에너지에 대한 접근성을 개선해 왔으며, 특히 대부분의 국가들이 조리시설의 현대화보다는 전력화 부분에서 상당한 개선을 경험하였다. 그러나 사하라이남 아프리카의 에너지 사정은 여전히 열악하여, 남아프리카공화국을 제외한 모든 국가들이 EDI에 의한 분류들 중 하위그룹을 형성하고 있다[표 1]. 아시아 국가들은 에너지 개발 사정이 다양하여 상위그룹에 속하는 말레이시아부터 하위그룹의 미얀마, 캄보디아 등 국가들마다 매우 다른 에너지 개발단계를 보이고 있다.

[표 1] 2010 에너지개발지수(EDI)에 의한 국가 순위

| 구 분    | 국 가                                                                                          |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 상위 25% | 리비아, 이란, 베네수엘라, 아르헨티나, 레바논, 말레이시아, 요르단, 시리아, 알제리, 남아프리카공화국, 우루과이, 쿠바, 코스타리카, 이집트, 브라질, 자메이카  |
| 50%    | 태국, 몽골, 에콰도르, 도미니카공화국, 중국, 콜롬비아, 모로코, 예멘, 파나마, 튀니지, 파라과이, 볼리비아, 페루, 엘살바도르, 필리핀, 베트남          |
| 75%    | 가봉, 보츠와나, 인도네시아, 온두라스, 과테말라, 파키스탄, 인도, 스리랑카, 니카라과, 짐바브웨, 가나, 방글라데시, 세네갈, 카메룬, 나이지리아, 코트디부아르, |
| 100%   | 콩고, 수단, 앙골라, 베냉, 아이티, 캄보디아, 콩고민주공화국, 잠비아, 에리트레아, 토고, 케냐, 탄자니아, 미얀마, 에티오피아, 네팔, 모잠비크          |

자료 : IEA(2010)

IEA는 2010년에 연간보고서인 세계에너지전망(World Energy Outlook)을 통해 가정 수준의 에너지 빈곤을 측정할 수 있는 척도로서 전기 혜택을 받지 못하는 인구와 함께 조리를 위해 전통적으로 사용되는 연료인 바이오매스에 의존하는 인구를 제시하였다 [표 2]. 전통적인 연료로서 바이오매스에 의존하는 전체 인구는 오늘날 27억 명(전 세계 인구의 약 40%)에서 2030년에는 28억 명으로 오히려 증가할 것으로 예측된다. 바이오매스를 연료로 하여 비효율적인 스토브를 사용하면서 발생하는 실내공기의 오염은 특히 가정 내에서 여성들과 아이들의 건강을 악화시켜, 2030년까지 연간 150만 명이 이로 인해 조기 사망할 것으로 추정된다. 아울러, 개발도상국에서 전통적인 연료를 구하기 위한 노동은 대부분 여성들과 아이들의 부담으로 이루어지기 때문에, 현대식 에너지에 대한 열악한 접근성은 양성 불평등과 교육기회의 박탈도 야기하게 된다.

에너지 문제는 비록 UN의 MDGs에 명시적으로 언급되지는 않았지만, 전 세계 개발도상국들의 개발을 위한 노력 및 생활 여건의 개선을 위하여 결정적인 역할을 하고 있다[표 3]. 따라서 현 상황에서 빈곤층의 에너지 접근성을 향상하기 위한 상당 수준의 진전이 수반되지 않으면 UN MDG의 달성이 어려울 것으로 전망된다. IEA는 구체적으로 3억 9,500만 명의 빈곤층들이 전기를 제공받고, 10억만 명이 효율적인 조리 기구를 제공받아야 2015년까지 MDG를 달성할 수 있을 것으로 내다보고 있으며, 이는 2010~2015년 기간 동안 연간 총 410억 불의 투자 또는 전 세계 GDP의 0.06%에 해당하는 금액이 지원되어야 가능하다(IEA, 2010).

[표 2] 2009년 기준, 전기를 사용하지 못하는 인구와  
전통적인 바이오매스에 의존하는 인구(백만 명)

|            | 전기 미수혜 인구 | 전통적인 취사용 바이오매스<br>연료에 의존하는 인구 |
|------------|-----------|-------------------------------|
| 아프리카       | 587       | 657                           |
| 사하라이남 아프리카 | 585       | 653                           |
| 아시아(개발도상국) | 799       | 1,937                         |
| 중국         | 8         | 423                           |
| 인도         | 404       | 855                           |
| 기타         | 387       | 659                           |
| 라틴 아메리카    | 31        | 85                            |
| 개발도상국*     | 1,438     | 2,679                         |
| 전 세계**     | 1,441     | 2,679                         |

\* 중등 국가들 포함

\*\* OECD 및 체제전환 국가들 포함

자료 : IEA 데이터베이스

[표 3] 에너지와 새천년개발목표(MDG)의 상호 관계

| MDG                  | MDG와 에너지의 관계                                                                                                                                                           |
|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 절대빈곤 및<br>기아퇴치    | <ul style="list-style-type: none"> <li>에너지서비스의 사용은 경제개발을 촉진시키며, 극심한 빈곤감소를 지원</li> <li>안전한 식수 공급을 위한 펌프의 사용 및 조리를 위한 연료 제공</li> </ul>                                   |
| 2. 보편적<br>초등교육 달성    | <ul style="list-style-type: none"> <li>학령기 아동(특히 여아)들의 기초 생존활동에 소요되는 시간을 줄임으로써 교육의 기회 확대</li> <li>조명의 사용은 가정학습 및 치안 강화</li> <li>학교에서의 교육 도구 사용 및 정보통신 기회 확대</li> </ul> |
| 3. 남녀평등 및<br>여성능력 고양 | <ul style="list-style-type: none"> <li>진화된 도구의 사용으로 인하여 여성들의 가사부담 경감과 학교교육 기회 확대</li> </ul>                                                                            |
| 4. 아동사망률<br>감소       | <ul style="list-style-type: none"> <li>에너지는 의료시설의 기능을 위한 가장 기초적인 수단</li> </ul>                                                                                         |
| 5. 모성보건 증진           | <ul style="list-style-type: none"> <li>농촌지역 병원에 각종 정보를 제공함으로써 의료 서비스 개선</li> </ul>                                                                                     |
| 6. 각종질병 퇴치           | <ul style="list-style-type: none"> <li>전통적 연료의 사용이 배출하는 실내공기 오염물질을 감소시켜 여성 건강 개선</li> </ul>                                                                            |
| 7. 지속가능한<br>환경보전     | <ul style="list-style-type: none"> <li>에너지효율의 개선 및 청정 대체연료의 사용으로 배출가스를 감소시키고 지역 및 전 지구적인 환경을 보전함.</li> </ul>                                                           |
| 8. 범지구적<br>파트너십 구축   | <ul style="list-style-type: none"> <li>무역 및 국제협력은 에너지 개발 및 공급에 필수적</li> </ul>                                                                                          |

자료 : UNDP 제작성

농촌전력화 결과 전기 수요가 가장 많은 사용처는 조명이고, 그 다음이 국지적 냉각(팬) 및 TV인 것으로 조사되었다(Barnes, 2005). 또한 농촌전력화의 가장 큰 수혜자는 조명으로 인한 야간학습이 가능해지고 가전제품 사용 등으로 인하여 노동활동이 효율적으로 이루어지게 된 어린이들과 여성들이다. 농촌 지역에서 전기를 사용하는 수요처와 각 수요처별로 기대되는 농촌전력화의 직·간접적 효과가 [표 4]에 정리되었다. 이에 따르면, 농촌 격지에 제공되는 전기는 조명이나 선풍기 등의 사용으로 얻을 수 있는 직접적 효과뿐 아니라, 생산성 증대 및 삶의 질 개선과 같은 보다 더 긍정적인 간접적 효과를 야기하여 주민들 전반적인 생활의 변화를 가져올 수 있다.

[표 4] 개발도상국 농촌 지역 전기의 수요처와 전력화로 인한 파급효과

| 전기 수요처                   | 직접적 효과                                                                                                                                         | 간접적 효과                                                                                              |
|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 조명                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 시간절약 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 학습·여유 시간 증가</li> </ul> </li> <li>• 실내 공기질 개선</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 삶의 질 개선</li> </ul>                                         |
| 미디어 매체<br>(라디오, TV, 인터넷) | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 건강상식 증가</li> <li>• 오락</li> </ul>                                                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 건강 및 영양 개선</li> </ul>                                      |
| 선풍기, 에어컨                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 편의성 증가</li> </ul>                                                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 생활여건 개선</li> </ul>                                         |
| 공공 시설                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 병원: 백신 저장 등을 위해 필요한 냉동시설 사용시간의 증가</li> <li>• 학교: 성인을 위한 저녁수업 시간 증가</li> <li>• 펌프: 깨끗한 식수공급</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 공동체 생활여건 개선</li> </ul>                                     |
| 산업활동                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 작업장 및 농업용 전기 설비</li> </ul>                                                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 생산성 증대</li> <li>• 소득 및 고용 증가</li> <li>• 업무시간 증가</li> </ul> |
| 조리                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 냉장 및 끓임 가능</li> </ul>                                                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 영양 개선 및 질병 감소</li> </ul>                                   |
| 지역사회 조명                  |                                                                                                                                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 치안 및 삶의 질 개선</li> </ul>                                    |

자료 : World Bank IEG(2008) 재작성

지금까지 살펴본 자료들과 연구결과를 되짚어 볼 때, 개발도상국 중에서도 아직 전기가 보급되지 않은 지역에 전기를 제공하는 농촌전력화는 개발도상국의 절대빈곤 감소에 기여하면서 아울러 MDG에서 명시하는 전체 개발목표들을 달성하는데 있어서 매우 중요한 역할을 할 것으로 기대된다.

## 2. 농촌전력화 프로그램 유형 분석

농촌전력화 사업의 유형은 분류하는 기준에 따라 다양하게 분류할 수 있다. 농촌전력화 사업규모 및 중앙전력망과의 관계에 따라 i) 계통연계형(grid-connected), ii) 소규모 그리드(mini grid), iii) 독립형(stand alone)으로 분류된다. 또는 전력화 사업의 주체가 누구인지에 따라 i) 공공기관(public companies) 주도형, ii) 민간회사(private or decentralized companies) 주도형, iii) 공공+민간 협력형(cooperative model)으로 구분된다. 마지막으로 전력화에 사용하는 에너지원에 따라 i) 신재생에너지<sup>3)</sup>, ii) 화석연료, iii) 혼합형(hybrid)으로 나눌 수도 있다. 이와 같은 농촌전력화 프로그램의 유형별 내용과 특성은 표 5에 정리, 비교하였다.

[표 5] 다양한 분류 기준에 따른 농촌전력화 유형의 구분

| 분류 기준                   | 농촌전력화 유형                           | 내용                                                   | 비고                                                                                                                                                           |
|-------------------------|------------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 사업 규모<br>및<br>전력화<br>형태 | 계통연계형<br>(Grid-connected)          | 대규모(주로 공공)<br>중앙전력망에 연결,<br>시스템에서 발전된<br>전기를 전력망에 공급 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 대규모 발전에 유리한 화석연료가 주 에너지원</li> <li>• 신재생에너지 중에는 풍력, 바이오매스, 수력, 지열 등이 유망</li> <li>• 전력망으로부터 거리가 멀어질수록 비경제적</li> </ul> |
|                         | 소규모 그리드<br>(Mini grid)             | 마을 또는 공동체<br>단위의 소규모 전력망<br>구축                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 소수력, 바이오매스, 또는 신재생에너지와 화석연료의 혼합형(hybrid)이 적절</li> </ul>                                                             |
|                         | 독립형<br>(Stand alone /<br>Off-grid) | 중앙전력망에 연결되지<br>않고 독립적으로 발전                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 개도국은 가구당 약 50~150W의 용량이 필요</li> <li>• 태양광 및 소규모 풍력 등이 적절</li> </ul>                                                 |
| 사업<br>주체                | 공공기관 주도형<br>(Public companies)     | 정부 또는 공공기관이<br>주도하여 농촌전력화<br>사업 수행                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 가장 보편적으로 적용</li> <li>• 태국, 튀니지, 멕시코, 아일랜드 등</li> </ul>                                                              |

3) 우리나라는 이를 기존의 화석연료를 변환시켜 이용하거나 햇빛·물·지열·강수·생물유기체 등을 포함하는, 재생이 가능한 에너지를 변환시켜 이용하는 에너지라고 정의함. 구체적으로는 태양에너지, 생물자원을 변환시켜 이용하는 바이오에너지, 풍력, 수력, 연료전지, 석탄을 액화·가스화한 에너지 및 중질잔사유를 가스화한 에너지, 해양에너지, 폐기물에너지, 지열에너지, 수소에너지, 그 밖에 석유·석탄·원자력 또는 천연가스가 아닌 에너지로서 대통령령이 정하는 에너지를 해당 범위로 제시함(신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법(1987.12.4 제정, 2009.5.21 개정)).

|                   |                                                  |                              |                                                                                                                       |
|-------------------|--------------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 사업<br>주체          | 민간회사 주도형<br>(Private or decentralized companies) | 민간회사가 주도하여 전력화 수행            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 보조금 지급 등 어느 정도의 정부 개입 필요</li> <li>• 칠레 및 중국 등</li> </ul>                     |
|                   | 공공+민간 협력형<br>(Cooperative model)                 | 공공기관과 민간회사가 공동으로 농촌전력화 수행    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 방글라데시, 코스타리카, 필리핀, 미국 등</li> </ul>                                           |
| 전력화<br>에너지원<br>종류 | 신재생에너지<br>(Renewable energy)                     | 태양광, 풍력, 소수력 등 재생가능한 에너지원 사용 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 주로 소규모 그리드나 독립형에 사용</li> </ul>                                               |
|                   | 화석연료<br>(Fossil fuel)                            | 석유, 석탄, 디젤 등 화석연료 사용         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 석유, 석탄은 주로 대규모 계통연계형에 사용</li> <li>• 디젤, 등유는 충전시스템이나 가정용, 상업용으로 활용</li> </ul> |
|                   | 혼합형<br>(Hybrid)                                  | 화석연료와 신재생 에너지를 혼합해 사용        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 일반적으로 태양광과 디젤, 또는 풍력과 디젤 등의 조합</li> </ul>                                    |

자료 : World Bank(2008) 재작성

각 분류 기준들은 동시에 적용할 수 있으므로, 한 프로그램에 세 분류기준을 모두 적용한 유형이 가능하다. 예컨대, 신재생에너지를 이용한 공공기관 주도의 소규모 그리드 프로그램의 형식으로 프로그램을 설계하는 방안이 그 한 예이다.

전력화 방식에 따른 유형들 중, 전력을 중앙전력망으로부터 받아 보급하는 형태를 계통연계형(grid-connected)이라 하며, 대규모 발전에 유리한 화석연료를 주 에너지원으로 사용한다. 신재생에너지원 중에서는 풍력, 바이오매스, 지열, 수력 등이 계통연계형 용 에너지원으로서 유망하다. 그러나 풍력은 전기가 꾸준히 발생하지 않고 간헐적으로 생산되므로, 계통연계형으로 활용 시 중앙 전력을 불안하게 만드는 단점이 있다. 또한 계통연계형 방식은 전력망으로부터 거리가 멀어지는 경우에 과다한 전력망 구축 비용이 소요되므로 비경제적이 될 수 있다. 반면, 독립형(off-grid)은 중앙전력망과 분리되어 건물 또는 단위 수요처마다 독립적으로 전기를 생산하여 사용하는 가장 작은 단위의 농촌전력화 형태이다. 태양광 및 소규모 풍력이 독립형에 적용할 수 있는 가장 적절한 에너지원으로 평가되고 있다. 개발도상국은 가구 당 약 50~150W의 용량을 필요로 한다. 특히 중앙전력망 구축 상황이 열악한 개발도상국의 상황을 고려할 때, 독립형 전력보급 형태가 개발도상국에 적합한 것으로 알려지면서 최근에 독립

형의 적용이 개발도상국을 중심으로 늘어나고 있다. 마지막으로 소규모 그리드(mini grid)는 중앙전력망과의 연결 상태에 따라 계통연계형과 독립형 모두 가능한 형태로서, 마을 또는 공동체 단위로 전력망을 구축하여 전기를 생산, 보급하는 방식이다. 소규모 그리드의 가장 큰 차별점은 국가 또는 지역 전력망의 운영자가 아닌 다른 주체에 의해 독자적으로 운영된다는 점이다. 주로 소수력 또는 바이오매스와 같은 신재생에너지나 신재생에너지와 화석연료의 혼합형(hybrid)이 적용된다. 일반적으로 혼합형은 태양광과 디젤, 또는 풍력과 디젤 등의 조합으로 이루어진다.

사업주체에 따른 유형 중 전력 보급을 위해 가장 보편적으로 적용되는 유형은 공공기관 주도형이다. 전력화 과정은 단일 사업의 수행으로 가능한 것이 아니라 다양한 이해관계자가 얹혀 있는 규제, 보조금, 민간투자, 비즈니스 연계 등과 복잡하게 관계를 맺기 때문에 정부 또는 공공기관이 주도하여 사업을 계획, 수행하는 경우가 대부분이다. 공공기관이 주체가 되어 전력보급에 성공한 사례를 태국, 튀니지, 멕시코, 아일랜드 등에서 찾을 수 있다. 반면, 민간회사가 주도하여 전력화를 수행한 경우는 많지 않으며, 민간에 의해 수행된다 하더라도 보조금 지급 등 어느 정도의 정부 개입이 요구된다. 칠레 및 중국의 전력화 과정이 민간회사 주도의 농촌전력화 프로그램의 예를 보여준다. 마지막으로 공공기관과 민간회사가 공동으로 농촌전력화를 이끈 협력형 모델(cooperative model)은 방글라데시, 코스타리카, 필리핀, 미국 등에서 적용되었다.

또한 농촌전력화 유형은 전력화에 활용되는 에너지원 또는 에너지 기술 종류에 따라 신재생에너지, 화석연료, 그리고 두 에너지원을 혼합한 혼합형으로 구분된다. 농촌전력화를 위해 신재생에너지를 활용하는 경우, 해당 지역의 기후, 자연여건 뿐 아니라 전력화 형태에 따라 에너지원의 종류를 선택해야 한다. 반면, 화석연료 중 석유와 석탄은 주로 대규모 계통연계형에 사용되며, 디젤, 등유는 충전기의 충전시스템이나 가정용, 상업용으로 활용된다.

[표 6]은 전력공급 형태를 적용 기술과 전력화 주체에 의해 구분하고 있다. 전력공급을 위한 기술은 열로 구분되어 있는데, 왼쪽의 전력망 연장부터 오른쪽의 단일 시스템까지 있다. 전력화 사업의 주체는 행으로 구분되어 있으며, 최하단의 국가소유 대규모 중앙집중형부터 가장 위에 자리 잡은 민간주도의 소규모 분산형으로 분류되었다. 즉, 왼쪽/아래쪽으로 갈수록 기존 시스템의 형태를 보인다고 한다면, 오른쪽/위쪽으로 갈수록 새로운 시스템의 형태를 나타내고 있다.

[표 6] 전력공급모델 형태 및 적용 예시

| 주체               | 전력망 연장           | 계통연계 마을 단위<br>소규모그리드                                                                                                                              | 독립형 마을 단위<br>소규모그리드                                                                                 | 단일 시스템                                                                                                                                                        |
|------------------|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                  |                  | 계통연계형 <-----> 독립형                                                                                                                                 |                                                                                                     |                                                                                                                                                               |
| 민간<br>(영리<br>목적) | 소규모<br>분산형       | <ul style="list-style-type: none"><li>• 소규모 소비자와 주요 전력망에 전력을 판매하는 수력 소규모 그리드 (중국, 니카라과)</li><li>• 독립형 소규모그리드에서 계통연계형 소규모 그리드로 전환 (캄보디아)</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• 디젤 또는 수력 소규모 그리드 (캄보디아, 에티오피아)</li></ul>                    | <ul style="list-style-type: none"><li>• 독립형시스템(온두라스, 인도네시아, 케냐, 스리랑카)</li><li>• 태양광/풍력/디젤 펌프 (브라질, 칠레, 멕시코)</li><li>• 풍력시스템 또는 펌프수력 (아르헨티나, 몽골, 네팔)</li></ul> |
|                  | 대규모<br>중앙<br>집중형 | <ul style="list-style-type: none"><li>• 민간 영업권자 (아르헨티나, 칠레, 파테말라, 우간다)</li></ul>                                                                  |                                                                                                     | <ul style="list-style-type: none"><li>• 독립형시스템 (방글라데시, 볼리비아, 모로코, 남아프리카)</li></ul>                                                                            |
| 비정부<br>기관        | 협동<br>조합         | <ul style="list-style-type: none"><li>• 협동조합 재정 전력망 확장 (방글라데시, 코스타리카, 미국)</li></ul>                                                               | <ul style="list-style-type: none"><li>• 복합서비스 협동조합에 의한 디젤 또는 수력 마이크로 그리드(방글라데시, 필리핀 볼리비아)</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• 농업 협동조합에 의한 디젤 발전기(볼리비아)</li></ul>                                                                                    |
|                  | 여타<br>공동체<br>기관  | <ul style="list-style-type: none"><li>• 소규모 지역사회 조합 (볼리비아)</li></ul>                                                                              | <ul style="list-style-type: none"><li>• 지역사회 마이크로 그리드(브라질, 캄보디아, 온두라스, 인도네시아, 니카라과, 스리랑카)</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• 학교, 병원, 시민회관용 디젤 발전기 또는 재생에너지 (아르헨티나)</li><li>• 태양광 배터리 충전소 (니카라과)</li></ul>                                          |
| 공공<br>(국가<br>소유) | 소규모<br>분산형       | <ul style="list-style-type: none"><li>• 소규모 국유 시설용 전력망 확장(브라질, 콜롬비아)</li></ul>                                                                    | <ul style="list-style-type: none"><li>• 디젤 또는 수력 소규모그리드(볼리비아)</li></ul>                             |                                                                                                                                                               |
|                  | 대규모<br>중앙<br>집중형 | <ul style="list-style-type: none"><li>• 국유 시설용 전력망 확장과 소매판매(보츠와나, 모잠비크, 태국, 튀니지)</li></ul>                                                        | <ul style="list-style-type: none"><li>• 연료 보조금 활용 독립형 디젤 소규모그리드 (캄보디아, 니카라과)</li></ul>              | <ul style="list-style-type: none"><li>• 태양광시스템(멕시코)</li></ul>                                                                                                 |

자료 : World Bank(2006)

## 제3장. 농촌전력화를 위한 신재생에너지의 활용

### 1. 배 경

교토의정서의 발효로 인한 온실가스 감축의 필요성과 유가 상승으로 인한 에너지 안보 문제의 대두는 지난 10년 간 신재생에너지의 기술개발 및 보급의 급속한 성장을 이끌어왔다. 1차 에너지원으로서 신재생에너지의 공급은 2000년 13억 toe에서 2008년 16억 toe로 증가하였다. 이 수치는 대부분 개발도상국에서 사용되고 있는 나무, 숯, 농업 잔재물, 동물 배설물 등 전통적인 바이오매스를 포함한 실적이며, 바이오매스의 사용은 2008년 기준으로 12억 toe에 달한다.

전 세계 신재생에너지 부문에 대한 투자의 대부분인 약 80%의 투자가 유럽, 중국, 미국에 의해 이루어지고 있다. 특히 대부분의 지역이 전년 대비 하락세를 보였던 2009년 신재생에너지 투자 규모가 중국에서는 약 50%에 가까운 증가폭을 보이면서, 중국 신재생에너지 시장에 대한 잠재력을 과시하였다. 그러나 최근 들어 아프리카나 동남아시아와 같은 개발도상국들도 신재생에너지의 수요가 꾸준히 증가하고 있는 추세이다(IEA, 2010). 신재생에너지는 재생이 가능하면서 온실가스 배출을 감소시킨다. 또한 신재생에너지의 사용은 에너지원을 다변화시켜 화석연료 가격의 변동성에 대한 내성과 에너지안보를 강화하며 더 많은 일자리를 창출한다는 측면에서, 개발도상국들이 이의 도입에 적극적인 입장이 되어가고 있다.

### 2. 신재생에너지 정의 및 분류

신재생에너지란 고갈되지 않고 계속 재생되어 사용할 수 있는 에너지라는 개념이 중심이지만, 이를 사용하는 국가 및 기관에 따라 그 용어, 정의 및 범위에 조금씩 차이를 보이고 있다. 이와 같이 신재생에너지의 용어 및 정의부터 서로 다른 입장이 상존하고 있는 이유는 신재생에너지가 매우 다양한 에너지원 및 기술을 보유하고 있으

며, 각 국가의 이해관계 및 국내 사정에 따라 중요시하는 요소가 모두 상이하기 때문이다[표 7]. 이에 본 연구는 대표적인 국가와 기관들의 신재생에너지에 대한 정의 및 분류를 실시한 문헌들을 조사하였다.

[표 7] 주요국 및 기관의 재생에너지 분류 기술

| 기관/<br>국가 | 태양 | 풍력 | 대수력 | 소수력 | 지열 | 바이오<br>매스 | 폐기물 | 매립지<br>가스 | 해양 | 수소 | 연료<br>전지 | 석탄<br>가스화 | 중질<br>잔사유 |
|-----------|----|----|-----|-----|----|-----------|-----|-----------|----|----|----------|-----------|-----------|
| IEA       | ○  | ○  | ○   | ○   | ○  | ○         | ○   |           | ○  |    |          |           |           |
| EU        | ○  | ○  | ○   | ○   | ○  | ○         | ○   | ○         | ○  |    |          |           |           |
| 미국        | ○  | ○  | ○   | ○   | ○  | ○         | ○   | ○         | ○  |    |          |           |           |
| 일본        | ○  | ○  |     |     |    | ○         | ○   |           |    |    | ○        |           |           |
| 호주        | ○  | ○  | ○   | ○   | ○  | ○         | ○   | ○         | ○  |    |          |           |           |
| 중국        | ○  | ○  | ○   | ○   | ○  | ○         |     |           | ○  |    |          |           |           |
| 인도        | ○  | ○  |     | ○   |    | ○         | ○   |           |    |    |          |           |           |
| 한국        | ○  | ○  |     | ○   | ○  | ○         | ○   | ○         | ○  | ○  | ○        | ○         | ○         |

자료 : 에너지경제연구원(2010)

에너지와 관련한 대표적 국제기구인 IEA는 재생에너지라는 용어를 사용하고 있으며, 가연성재생에너지 및 폐기물(고형바이오매스, 목탄, 바이오가스, 액체 바이오연료, 도시폐기물 등), 수력, 지열, 태양에너지, 풍력, 해양에너지를 재생에너지에 포함한다(IEA, 2007). IEA의 정의 및 분류는 가장 기본적인 형태를 띠고 있지만, 몇 가지 특징이 있다. 먼저 IEA가 정의하는 재생에너지는 대수력을 포함하고 있으며, 히트펌프의 사용은 지열에서 제외되고, 폐목재는 고형바이오매스에 포함되고 있다(에너지경제연구원, 2010). 또한 IEA는 재생에너지의 기술개발 측면에서 1세대 기술은 수력, 바이오매스 연소, 지열 발전 및 열 공급을, 2세대 기술은 태양열 냉난방, 풍력, 태양광, 현대식 바이오에너지를, 3세대 기술은 집중형 태양열 발전, 해양에너지, 지열시스템, 통합 바이오매스 가스터빈 등으로 구분하여 제시하였다(IEA, 2007).

미국도 기본적으로 IEA의 분류체계와 비슷한 분류방법을 채택하고 있으며, 히트펌프의 사용을 지열의 범주에 포함시키고 있다는 점과 매립가스를 재생에너지원의 하나로 구분하고 있다는 점에서 IEA와 차이를 보이고 있다. 반면, 일본은 태양에너지와 풍력과 같은 자연 에너지, 폐기물에너지와 같은 재활용에너지, 그리고 전통적인 화석 에너지를 새로운 방식으로 사용하는 경우 등을 포함하여 재생에너지보다 넓은 개념

을 포괄하는 신에너지라는 용어를 사용하고 있다. 일본이 신에너지로 분류한 기술은 태양에너지, 풍력, 연료전지, 바이오매스, 폐기물에너지, 청정연료 자동차, 미활용에너지 및 열병합 발전 등이다(에너지경제연구원, 2010).

대부분의 국가들과 기관들이 사용하는 재생에너지라는 용어 대신, 우리나라는 신에너지와 재생에너지를 합한 신재생에너지라는 용어를 사용하고 있다. 따라서 우리나라의 분류 상 신에너지에 속하는 수소, 연료전지, 석탄 및 중질잔사유 액화·가스화가 신재생에너지로 분류된다는 점이 여타의 분류체계와 가장 차별을 보이는 부분이다(에너지경제연구원, 2010).

### 3. 신재생에너지 종류별 특징

본 연구에서 조사하여 정리한 신재생에너지는 개발도상국에서 이미 상당 수준 보급이 이루어져 온 수력 및 바이오매스 에너지와 개발 및 보급 잠재력이 높은 태양 에너지, 풍력 발전, 지열이다. 각 에너지원에 대한 설명에 이어 [표 8]은 신재생에너지원별 장점과 단점을 중심으로 분석한 내용을 담고 있다.

#### 3.1 수력 발전

수력 발전은 물의 잠재적 에너지를 전기로 바꾸는 기술로서, 신재생에너지 기술들 중 가장 완성도가 높으며, 지구상 거의 모든 지역에서 활용될 수 있다. 대수력에 적절한 장소는 선진국들에서는 이미 거의 개발되었으며, 아시아, 라틴아메리카, 아프리카 지역에서 추가적인 대상 지역을 찾아 볼 수 있다.

대규모 수력발전의 개발은 환경적으로나 사회적으로 그 영향에 대해 많은 논란을 일으키고 있으므로, 개발 시 주변 생태계에 대한 악영향을 줄이고 하류에서 발생할 수 있는 다른 영향들을 최소화하기 위해 특별한 주의를 기울여야 한다. 아울러, 저수지를 사용하여 수력을 개발하는 경우에는 메탄의 발생을 방지하도록 설계와 관리에 신중을 기해야 한다(IEA, 2010). 수력발전 중 특히 신재생에너지로 분류되는 소수력의 용량은 500kW에서 10MW급에 해당된다.

### 3.2 바이오매스 에너지

바이오매스는 유기물질로부터 얻는 에너지로서, 전기, 열, 수송용 모두에 사용될 수 있는 현재까지 유일한 신재생에너지원이다. 바이오매스를 활용하여 전기를 생산하기 위하여, 직접 연소, 메탄 발효, 가스화 등의 방법을 사용하게 된다. 이들 중 직접 연소 방법은 바이오매스를 직접 태우고 증기 터빈을 활용하여 전기를 생산하는 방식으로, 대형 설비가 필요하다. 메탄 발효 방식은 바이오매스로부터 추출한 메탄을 연소시켜 전기를 발생시키는 방법이다. 가스화는 바이오매스를 가스화한 뒤, 이를 태워 전기를 발생한다. 바이오매스 연소나 가스화를 바탕으로 한 소규모 바이오매스 시스템은 지역 단위 전기를 생산하고, 자트로파와 같은 비식용 작물로 제조하는 바이오연료는 수송용으로 직접 사용되기도 한다.

이와 같이 활용되는 바이오매스 에너지는 싼 가격으로 쉽게 얻을 수 있다는 장점이 있다(IEA, 2010). 더불어 다른 신재생에너지와 달리 저장에 용이하면서, 소량의 온실가스만을 배출한다는 효과도 있다. 그러나 바이오매스의 불완전 연소 또는 비효율적인 장치나 전환기술들로 인한 비효율성은 특히 아프리카 주민들의 건강문제 및 환경문제를 악화시키는 문제를 갖고 있다. 또한 바이오매스 에너지를 획득하기 위한 잘못된 자연자원 관리나 벌채 활동, 농경지 확장도 문제점으로 지적되고 있다(GTZ, 2006). 바이오매스 에너지의 사용은 토지 및 물의 사용 가능여부가 결정짓는다.

### 3.3 태양 에너지

태양 에너지는 지금까지 지구상에서 가장 풍부한 에너지 자원을 갖고 있는 것으로 평가받고 있다. 태양 에너지는 다음의 세 가지의 다른 기술들에 의해 얻을 수 있다 ;

i) 태양광발전(PV), ii) 집광형 태양열발전(CSP), iii) 태양열 난방 및 냉각(IEA, 2010)

반도체 장치를 활용하여 태양 복사선을 전기로 전환하는 태양광 시스템은 전 세계 어느 곳이든 적당한 땅 위나 건물 위에 설치될 수 있으며, 태양광 모듈, 충전제어기(charge controller), 인버터, 축전지로 구성된다. 태양광은 풍력과 마찬가지로 전기 생산이 안정적이지 못하고 변동이 매우 심하여 계통연계형 보다는 독립형에 아주 적절한 시스템이다. 따라서 기저부하로 활용되는 경우보다 태양광 전기 발생이 가장 왕성한 낮 시간에 에어컨 사용 등 냉각장치용 피크 부하에 적절한 것으로 평가된다(IEA,

2010). 태양광에너지는 일사량이 풍부하면서 전력망이 제대로 구축되지 않은 농촌 격지에 적용하기 적합하며, 태양광 시스템은 상대적으로 흩어져서 살고 있는 주민들이나 마을 전체에 전기를 제공하게 된다. 개발도상국 농촌지역에서 가장 흔하게 사용하는 시스템은 조명, 텔레비전, 라디오, 팬 등 가정용 기기에 주로 적용되는 독립형 태양광 홈시스템(SHS)이다.

집광형 태양열발전은 전기 생산 또는 열병합 발전을 위하여 직사광선을 활용하며, 고온의 열을 발생시킨다. 따라서 강한 태양빛과 맑은 하늘이 있는 건조 또는 반건조 지역이 집광형태양열발전의 개발에 적합하다. 이 기술은 1980년대 미국에서 처음으로 상용화되었으며, 최근 들어 널리 사용되고 있는 추세이다. 집광형 태양열발전 기술은 열에너지 저장의 가능성을 열어 주었으며, 충분한 저장용량이 동반한다면 기저 전력을 제공할 수도 있다(IEA 2010).

태양열 난방은 집열장치를 통해 태양 복사열을 모아 물을 데워 상대적으로 낮은 온도의 열을 발생한다. 따라서 이 때 발생한 열은 한정된 장소의 난방이나 온수 공급에 주로 사용된다. 태양열 난방은 난방 수요가 가장 큰 겨울에 그 공급이 제한적이라는 단점 때문에 다른 열원들에 비해 상대적으로 낮은 잠재성을 갖고 있다(IEA 2010).

### 3.4 풍력 발전

바람이 가지고 있는 운동에너지가 풍력 터빈에 의해 전기를 생산하게 되며, 이 때 필요한 풍속은  $4\sim 25\text{m/s}$ 이다. 적당한 입지조건을 만족하는 부지를 찾는 것이 풍력발전의 제약조건이며, 풍량이 변할 때마다 전기 생산이 크게 변동한다는 점도 풍력발전을 중앙전력계통의 주 에너지원으로 사용 시 주의해야 할 사항이다. 이러한 육상 풍력발전의 한계를 극복하기 위하여, 장시간 동안 규칙적으로 높은 풍속의 바람이 가능하며 까다로운 부지 입지 조건에 대해 상대적으로 관대한 해상 풍력이 주목받고 있다(IEA 2010). 또한 풍력을 중앙전력망에 연계하지 않는 독립형 시스템으로 활용함으로써 안정적인 에너지 이용이 가능하다.

대규모 풍력발전은 1980년대 중반에 덴마크, 네덜란드, 미국에서 적용하기 시작하였으며, 이후 독일, 영국, 스페인, 이탈리아 등을 중심으로 급속하게 도입되었다. 한편, 풍력발전으로 농촌전력화를 성공적으로 수행한 사례는 북대서양의 카나리아 제도, 아조레스 제도, 카보베르데 등이다.

### 3.5 지열

지열은 지하 깊은 지점에 저장되어 있는 열 에너지원이다. 지하로부터 추출된 지열은 연료로서 직접 활용될 수 있고, 전기 터빈을 돌려 전기를 발생할 수도 있다.

[표 8] 신재생에너지원별 비교

| 에너지원   | 장 점                                                                                                                                                                                                                              | 단 점                                                                                                                                                                            |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 수력     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 낮은 유지관리비</li> <li>• 비교적 안정된 전력 공급</li> <li>• 성숙된 기술 수준</li> <li>• 다양한 규모의 전력 생산 가능</li> <li>• 다른 섹터(관개, 토양보전, 홍수조절)와 연계된 개발 가능</li> <li>• 자국 내의 에너지원</li> <li>• 낮은 이산화탄소 배출량</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 한정된 입지 조건<br/>(수요처와 분리, 우기/건기의 영향)</li> <li>• 지역에서 자치적으로 관리 시, 유지관리 기술 필요</li> <li>• 막대한 초기 투자비용</li> </ul>                           |
| 바이오 매스 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 탄소 중립적</li> <li>• 자연여건에 의한 영향 없음.</li> <li>• 자국 내의 에너지원</li> </ul>                                                                                                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 안정적 전력공급에 어려움.</li> <li>• 낮은 전력생산 효율</li> </ul>                                                                                       |
| 태양     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 이산화탄소 배출 없음.</li> <li>• 고갈의 우려 없음.</li> <li>• 수요에 따라 태양광 모듈의 이동 가능성</li> <li>• 용이한 유지관리</li> <li>• 성숙된 기술 수준</li> <li>• 자국 내의 에너지원</li> </ul>                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 낮은 에너지 밀도</li> <li>• 자연 여건에 의한 영향 큼.</li> <li>• 전력생산을 위한 초기 투자비용 큼.</li> <li>• 안정적 전력공급에 어려움.</li> </ul>                              |
| 풍력     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 성숙된 기술 수준</li> <li>• 자국 내의 에너지원</li> <li>• 이산화탄소 배출 없음.</li> </ul>                                                                                                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 안정적 전력공급에 어려움.</li> <li>• 소음 제어 필요</li> <li>• 한정된 자원 잠재성</li> <li>• 유지관리 기술이 있어야 함.</li> </ul>                                        |
| 지열     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 기저 전력원으로 가능</li> <li>• 성숙된 기술 수준</li> <li>• 자국 내의 에너지원</li> <li>• 현저하게 낮은 이산화탄소 배출량</li> <li>• 열펌프와 같은 다목적 활용 가능</li> </ul>                                                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 수요의 변동성에 대비한 운영 조정의 어려움.</li> <li>• 한정된 자원 잠재성</li> <li>• 높은 발굴 비용 및 리스크</li> <li>• 유지관리 기술이 있어야 함.</li> <li>• 막대한 초기 투자비용</li> </ul> |

자료 : JICA(2006)

#### 4. 농촌전력화를 위한 신재생에너지 활용의 당위성

신재생에너지는 특정 지역이나 국가에서 더 나아가 전 세계의 지속가능한 개발을 위해 다양한 이익을 제공한다. 먼저, 사용 과정에서 신재생에너지는 온실가스의 배출이 전혀 없거나 배출량이 극히 미미하여 기후변화 완화의 효과가 있다. 또한 기존의 전통적인 화석연료나 취사용 연료를 현대식 신재생에너지로 대체함으로써 환경 및 건강에 미치는 악영향을 절감할 수 있다. 아울러, 지역적으로 사용가능한 신재생에너지원을 활용하여 수입 에너지원에 대한 의존성을 줄이고 에너지원의 다변화를 추구함으로써, 결과적으로 에너지 안보를 증진시킬 수도 있다. 이는 지방 일자리 및 지역사회의 새로운 수입원의 창출이라는 측면에서 지역시장의 활성화와 지역개발의 촉진을 앞당기는 역할도 할 수 있다(World Bank, 2008).

개도국 중에는 중국, 인도, 브라질, 남아프리카공화국, 멕시코 등 중소득 개발도상국들이 중심이 되어 신재생에너지 기술을 에너지 시장에 진입시키기 위한 정책을 시도해 왔다. 한편 몇몇 개발도상국들<sup>4)</sup>은 인식제고, 역량개발, 연구·개발·보급을 결합한 특정 신재생에너지 프로그램을 수행하기도 하였다. 하지만 대다수의 개발도상국들은 신재생에너지만을 위한 특정 프로그램을 계획하기보다는 신재생에너지를 농촌에너지나 전력 확대를 위한 프로그램에 병합하는 형식으로 추진하고 있다.

##### 4.1 온실가스 농도의 안정화

2009년 유엔기후변화협약 제15차 당사국총회에서 합의된 코펜하겐 합의문은 지구 온도의 상승폭을 산업혁명 이전 대비 2℃ 이하로 억제한다는 내용을 담고 있다. 이를 위해서는 1990년의 이산화탄소 배출량의 50% 이상을 2050년까지 감축해야 한다는 연구 결과가 있다(EC, 2007). 그러나 IEA의 기준 시나리오에 따르면 2005년부터 2030년까지 전 세계 에너지 사용과 관련된 이산화탄소 배출은 오히려 약 45% 증가할 것으로 예상되며, 특히 그 중에서 97%는 중국, 인도, 중동 지역을 중심으로 하는 OECD 비회원국에서의 증가가 차지할 것으로 전망된다(IEA, 2008). 심지어 선진국들이 2030년까지 온실가스 배출을 완전히 없앤다 하더라도, 개도국의 배출만으로 지구 온도가 2℃ 상승할 것이라는 관측도 있다. 이에 기후변화 현상에 대한 역사적 책임으로 교토

4) 이집트, 튀니지, 우간다, 마다가스카르, 파키스탄

의정서 하에서 평균 5.2%의 온실가스 감축의 의무가 있는 기후변화협약 부속서I 국가들은 그 감축의무가 다하는 2012년 이후의 포스트 교토체제에는 개도국들도 감축의무에 참여할 것을 강력하게 주장하고 있다. 그러나 개발도상국들은 선진국의 지속적이고도 영향력 있는 지원 없이는 온실가스 감축의 의무를 지지 않겠다는 입장이다(임소영 외, 2009). 이와 같이 국제적으로 급변하고 있는 기후변화 관련 논의에 능동적 이면서 사전적으로 대처하기 위하여 개도국 온실가스 감축에 기여할 수 있는 재생에너지 확대·보급하는 방안이 필요하다.

#### 4.2 개발의 활성화 및 안정적 전력 보급

많은 개발도상국들이 도시지역 또는 생산활동을 위한 전기 수요의 급증을 경험하고 있으나, 이들 국가들의 극단적인 기후변화, 기존 전력생산 시설이나 전력망 기반시설의 노후화와 부적절한 관리로 인해 늘어나는 전기 수요를 충족시키지 못하고 있다. 그 중에서도 특히 기존의 노후화된 수력 발전소의 복구사업이 가장 절박한 문제이다. 이와 같이 개도국에서 시급하게 필요로 하는 전력의 보충을 지속가능한 개발 차원에서 기존의 화석연료가 아닌 신재생에너지로 이루려는 노력이 점차 설득력을 얻고 있다.

개발도상국의 농촌지역은 일반적으로 전력망으로부터 멀리 떨어진 지역에 위치해 있다. 따라서 인구밀도도 높고 전기수요도 높은 도시지역에 비해, 농촌지역의 낮은 인구밀도와 제한된 수준의 전기수요는 전력망을 확장하여 전기를 보급하는 계통연계형의 경제성을 확보하기 어렵게 만든다. 이와 같은 이유로 전기회사들은 격지에 전기 서비스를 보급하고자 하는 인센티브를 찾기 어려운 것이다. 결과적으로 전력망이 닿지 않는 개발도상국 격지의 주민들은 필요한 에너지를 공급받기 위하여 질 낮은 에너지 서비스를 사용하기 때문에 이들 지역 주민들의 삶을 더 힘겹게 하고 있다. 따라서 중앙전력망으로부터의 거리가 너무 길어서 전력망의 확장이 비경제적인 농촌 격지에는 전기나 가스와 같은 현대식 에너지를 소규모 그리드나 독립형으로 제공하는 방식의 타당성이 더 높으며, 환경적으로 지속가능하고 주민들 건강에도 유익한 결과를 가져올 수 있다. 이러한 현대식 에너지의 개도국에 대한 제공을 위해, 태양, 소형 풍력, 소수력, 바이오가스와 같은 신재생에너지 기술들이 유망하다.

개발도상국 농촌지역의 신재생에너지 보급은 개인 수준에서 삶의 질을 향상시키기도 하지만, 소득창출을 직간접적으로 유도하는 생산활동의 촉진에도 영향을 준다. 예

컨대, 소득창출을 위한 신재생에너지의 적용은 관개용수 펌핑, 가내수공업(재봉, 직물, 수공예 등), 농산물 가공, 작물 및 육류의 건조 및 냉동, 용접 등의 분야에서 가능하다. 한편, 사회서비스의 제공을 위해서는 가정, 학교, 지역센터 등의 조명, 식수 펌핑, 보건소 및 병원의 의료기기, 가로등, IT 및 정보화기기 활용 등에 신재생에너지를 활용할 수 있다(World Bank, 2008).

석유가 중심이 되는 화석연료는 특정 지역이나 국가에 편중되어 매장되어 있다. 이는 전 세계 에너지 빈부 격차를 더욱 벌리고, 아울러 개도국들에게는 유가 변동이나 자원 고갈에 의한 타격을 더 크게 받도록 하는 문제를 낳는다. 그렇기 때문에 만약 개도국들이 자국 내에서 지역적으로 사용가능한 신재생에너지원을 활용하여 수입 에너지 지원에 대한 의존성을 줄이고 에너지원의 다변화를 추구한다면, 에너지 안보를 증진 시킴과 동시에 지방 일자리 창출 및 지역시장의 활성화를 촉진할 수 있게 된다.

## 5. 국제사회의 신재생에너지 분야 개도국 지원 현황

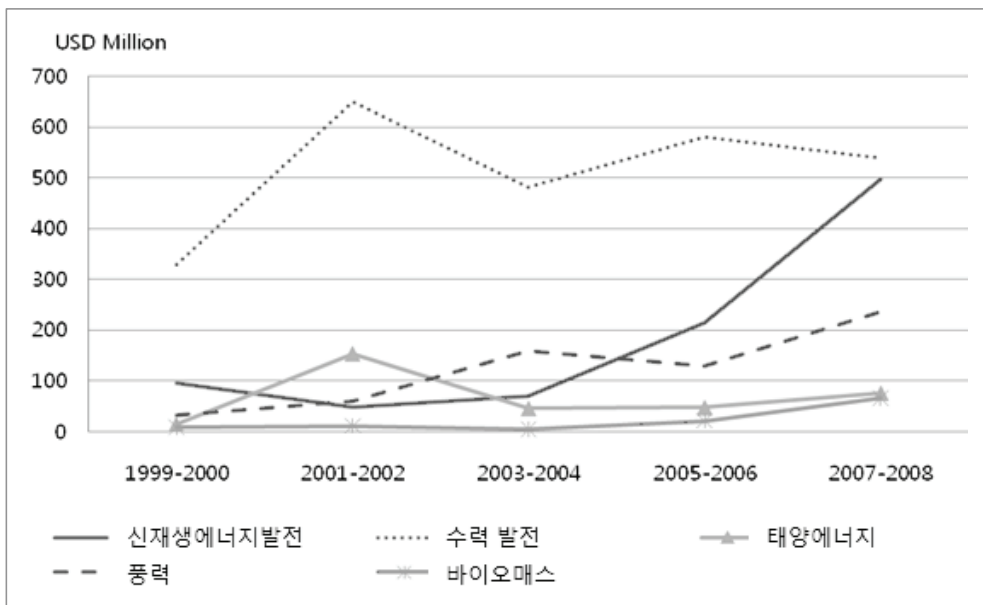
신재생에너지 기술은 전통적인 에너지에 비해 아직 경제성을 확보하지 못해 고비용인 경우가 많다. 따라서 대부분의 개도국들이 풍부한 신재생에너지 잠재량을 보유하고 있음에도 불구하고 신재생에너지 기술을 개발, 보급하기 위한 경제적 여건이 아직 부족한 실정이다. 이에 많은 개발도상국들이 효과적인 신재생에너지의 도입을 위하여 외부로부터 재정 및 기술 지원을 받고 있다. 이 때 신재생에너지의 활성화는 시장에만 의지해서는 충분히 확보되기 어려우며, 명확한 정부 정책, 민간의 참여, 그리고 국제사회의 지원이 함께 작용하는 경우에 성공을 거둘 수 있게 된다.

### 5.1 양자 지원 현황

신재생에너지 분야에 대한 양자 지원 현황을 살펴보기 위하여, OECD DAC 통계시스템을 활용하여 DAC 회원국들을 대상으로 신재생에너지 원별 지원 규모를 조사하였다. DAC 통계시스템의 원조목적코드로 등록되어 있는 신재생에너지의 종류에는 재생에너지로 생산된 전력, 수력, 풍력, 태양에너지, 지열, 바이오매스, 해양에너지가 있다. 이들 중 개발도상국에서 가장 오랫동안 개발되어 오고, 농촌 지역을 중심으로 보

급되어 온 수력에 대한 지원이 압도적으로 많았다[그림 4]. 현재까지 활용 가능한 전체 수력 용량의 10%만이 개발된 상태라는 점을 감안할 시, 소수력의 개발 잠재성은 상당하다고 할 수 있다. 단, 10MW 이상의 대수력 개발이 야기하는 생태 및 사회적 영향을 고려하여, 소수력 위주의 지원을 수행해야 한다는 의견도 있다. 지열과 해양에너지 분야에 대한 DAC 회원국들의 지원은 거의 이루어지지 않은 관계로 그림 4에서 생략하였다. 개발도상국에 대한 신재생에너지 지원은 계속 증가하는 추세이며, 2000년 약 9억 불이던 지원 금액이 2007년에는 약 28억 불로 증가하였다. 특히 2004년 이후 뚜렷하게 관찰되는 신재생에너지 분야 지원의 증가세는 교토의정서의 발효 이후 온실가스 감축을 위한 방안으로 신재생에너지가 각광을 받게 되면서 나타난 현상인 것으로 해석된다(임소영 외, 2009).

[그림 4] 1999~2008 기간의 OECD DAC 회원국들의 신재생에너지 원별 지원 추세 (2년 이동 평균)

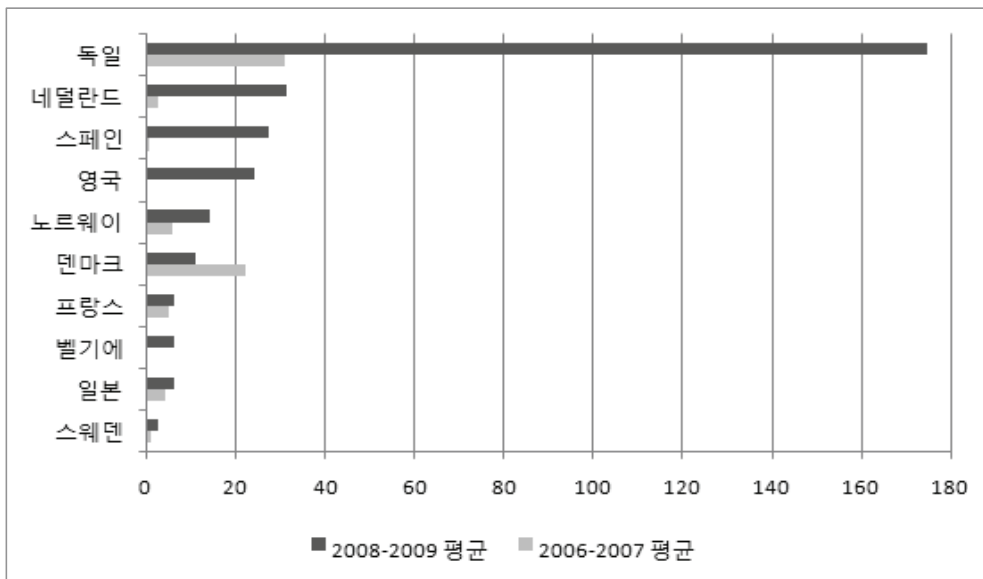


(자료 : Lim(2011))

[그림 5]와 [그림 6]은 신재생에너지 분야 상위 10개 지원국 및 수혜국을 나타내고 있다. 2008~2009년 간 평균 지원액 기준으로, 활발한 기술개발 및 보급정책에 힘입어 신재생에너지의 개발 및 보급의 확대를 성공적으로 이끌어 온 독일이 신재생에너지

지 분야의 선두적인 공여국인 것으로 조사되었으며, 그 뒤를 네덜란드, 스페인 등이 뒤따르고 있다. 네덜란드, 스페인, 영국은 2009년 이후 신재생에너지 지원이 급증함으로써 신재생에너지 분야의 영향력 있는 공여국으로 대두되었다. 특히 네덜란드는 네덜란드-독일 에너지 파트너십에 대한 지원액(2009년 2,100만 불)이 증가하면서 신재생에너지 분야 지원에 대한 급등세를 보였다. 반면, 2007년까지 신재생에너지 분야 주요 공여국이었던 독일과 일본은 모두 세계적인 태양광과 풍력 회사<sup>5)</sup>를 보유하고 있으며, 전통적으로 환경 분야의 주요 공여국이라는 공통점을 보인다. 그 다음으로 세계적인 자국의 풍력 회사<sup>6)</sup>가 있는 스페인과 덴마크가 신재생에너지 분야의 주요 지원국이었다(Lim, 2010). 한편, 신재생에너지 분야의 지원을 받는 주요 국가는 2007년 기준으로 인도네시아, 모로코, 이집트, 네팔, 카자흐스탄, 케냐, 방글라데시, 세르비아, 이라크, 르완다 순이었다.

[그림 5] OECD DAC 회원국들의 신재생에너지 분야  
2006~2007년 및 2008~2009년 평균 양자 지원 금액 현황(백만 불)



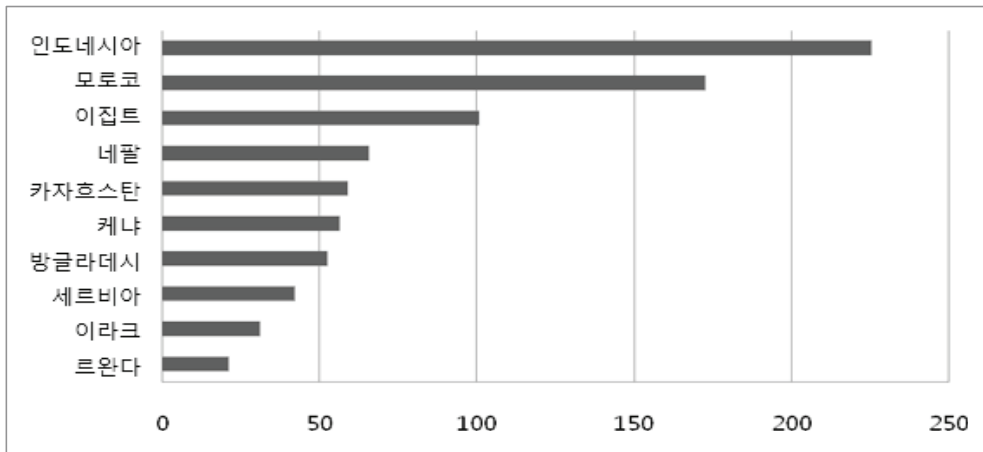
자료 : OECD DAC 통계시스템 자료 활용

5) 독일 : Q-cell(태양광), Enercon(풍력), Siemens(풍력)

일본 : Sharp(태양광), Mitsubishi(풍력)

6) Gamesa(스페인), Vestas(덴마크)

[그림 6] 2007년 OECD DAC 회원국들의 신재생에너지 분야  
양자 지원의 주요 수혜국 현황(백만 불)



자료 : Lim(2011)

#### 가. 독일<sup>7)</sup>

세계적인 태양광 전지 생산 업체를 보유하고 있으며, 풍력 발전 설비 누적량이 세계 1위인 독일은 2008년 신재생에너지 보급 확산을 위한 국제기구 IRENA (International Renewable Energy Agency)의 창설에 주도적인 역할을 하기도 하였다. 독일의 공적원조 전담기관인 독일국제협력공사 GIZ(구 GTZ)는 농촌산간지방 주민들의 낮은 에너지 접근성을 향상시키고, 화석연료를 사용하여 전기를 생산하는 과정에서 발생하는 온실가스로 야기되는 지역적인 오염을 줄일 수 있는 방안으로 재생에너지의 사용을 제안하였다. 이러한 재생에너지 확대를 위한 전략으로 정부 프로그램과 시장 주도적인 정책을 추진하고 있다(Enskat, et al., 2009). :

- i) 정부 프로그램 : 산간지방의 병원, 학교, 식수공급시스템에 태양광 발전설비를 지원하는 것과 같이 사회 기본 시설에 재생에너지를 활용한 전력화를 지원하여 개개인의 만족도 증진,
- ii) 시장 주도적인 확산 정책 : 시장시스템을 통한 농촌산간지역의 전력화는 공급자, 투자자, 금융기관 등 다양한 그룹의 상호작용 촉구

7) 임소영 외(2009)

GIZ가 제공하는 서비스로는 i) 소수력, 태양광, 태양열 등과 같은 재생에너지 시스템 설치 지원, ii) 에너지효율이 높은 가전제품 특히 스토브의 기술 개발 및 보급, iii) 재조림과 산림 관리를 통한 에너지 안보 구축 지원, iv) 에너지 문제에 대한 인식 제고, 그리고 v) 공공기관과 중소기업에서의 에너지효율 향상에 기여하는 기술의 축진이 있다. 그 결과, 2006년 한 해 동안 에너지 절약형 스토브 보급사업으로 22만 톤의 이산화탄소의 배출 감소라는 성과를 달성하였으며, 태양광을 이용한 펌핑 시스템 설치 사업을 통해 농촌산간지방의 전력화와 생산성 향상을 추진해 왔다.

#### 나. 일본<sup>8)</sup>

2000~2004년 동안 일본은 물, 농업, 산림, 환경보호뿐만 아니라 에너지 분야에서도 세계 1위의 공여국이었다. 동 기간에 OECD의 DAC 회원국들이 에너지 분야에 지원한 금액은 141억 불이었으며, 일본은 50%를 차지하여 1위를 기록하였고 이는 2위인 미국에 의한 지원 금액의 두 배를 약간 넘어선다. 앞서 살펴 본 2007년 신재생에너지 부문 지원 금액도 2억 8,500만 불을 기록하여 독일에 이어 두 번째로 많이 신재생에너지 분야에 대한 지원을 실시했음을 알 수 있다.

일본의 기후변화 대응 지원은 온실가스 감축과 개발을 함께 달성하는 co-benefit 형을 추구한다. 에너지 분야는 co-benefit형 기후변화 대책에 깊게 연관되는 분야이다. JICA의 전력 분야 지원은 그 동안 개도국의 발전소 건설 타당성 조사와 관련 인력 양성 등이 중심이 되었다. 그러나 최근 개도국 정부의 역할도 많은 선진국들과 마찬가지로 전력 사업을 실시하는 주체에서 민간에 의한 전력 개발을 지도하는 주체로 변화하고 있기에 JICA도 민간 주도에 의한 전력의 안정적 공급을 위한 정책 입안과 관련 제도 정비에 대한 지원을 중시하고 있으며, 이를 통해 신재생에너지의 보급 확대를 지원하고자 한다.

그리고 2008년 1월, 후쿠다 총리의 ‘Cool Earth Partnership 추진구상’ 발표에 따라 일본 정부의 ODA 추진방향은 i) 온실가스 감축과 경제성장의 동시 달성을 위해 개도국과 일본정부의 정책대화를 통하여 협력 실시 ii) 개도국의 경제성장과 주민의 삶의 질 향상 및 온실가스 저감을 양립하는 개발원조 접근 iii) 일본의 발

8) 임소영 외(2009)

달된 기술을 적극적으로 활용 iv) 국제사회에 공헌하는 연구 추진으로 정해졌다. 2008년에서 2012년까지 기후변화 대응을 위해 100억 달러의 기금 조성을 공약한 Cool Earth Partnership은 전기를 사용하지 못하는 개도국이 태양광과 소수력 등의 신재생에너지를 활용하여 농촌전력화 및 경제발전을 달성할 수 있도록 지원하는 파트너십이다. 특히 청정에너지 접근성 향상의 관점에서 지열이용 지방전력화 사업조사 및 온난화대책을 위한 co-benefit 원조사업 등을 추진하며, 이의 성공을 위해 환경부 등과 기술협력을 실시하고 있다.

## 5.2 다자 지원 현황

신재생에너지 분야의 지원을 주도하고 있는 대표적인 다자기구로 세계은행을 꼽을 수 있다. 따라서 본 연구에서는 세계은행 그룹을 중심으로 다자기구의 지원현황을 분석하고, 또한 최근 설립된 국제재생에너지기구(International Renewable Energy Agency, IRENA)의 배경과 현황에 대해 살펴보기로 한다.

### 가. 세계은행

세계은행그룹 중에서 에너지 분야에서 온실가스 감축을 지원해 온 가장 큰 기관은 IBRD(International Bank for Reconstruction and Development), IDA(International Development Association), IFC(International Finance Corporation)이다. IBRD와 IFC는 모두 탄소금융부서를 가지고 있으며, 교토의정서 하의 청정개발체제(CDM)와 공동이행제도(JI) 프로젝트를 위한 공공과 민간의 투자를 끌어들이는 데에 집중하고 있다. 세계은행의 탄소금융부는 회계연도 2006년에 재생에너지와 에너지효율 부분에서 1,400만 불을 제공하였다(김대환 외, 2009). 저소득 국가의 지원에 집중하고 있는 IDA는 ODA 형태를 중심으로 신재생에너지 분야를 지원하며, 2008~2009년 기간 동안 연평균 약 8,400만 불에 해당하는 금액만큼 지원하였다.

2008년 7월에 세계은행은 기후투자기금(Climate Investment Fund, CIF)을 설립하였다[그림 7]. 이 기금은 온실가스 배출감축을 위한 청정기술에 대한 투자 및 국가개발전략 상의 저탄소 프로젝트에 대한 지원을 목적으로 한다. CIF는 또 다시

전략적기후기금(Strategic Climate Fund, SCF)과 청정기술기금(Clean Technology Fund, CTF)으로 나뉜다. 이들 중 향후 전반적인 개발 측면에서 파급효과가 기대되는 기후변화 관련 시범 프로젝트를 지원하는 SCF는 저소득 국가의 신재생에너지 확대를 주요 활동 내용으로 설정하고 있다. 그러나 기존 CIF 프로그램들은 주로 중위소득국가를 대상으로 기술지원을 실시한다는 한계점을 드러내었으며, 이에 대한 보완책으로 저소득국에 대해 재생에너지를 확대하기 위한 프로그램이 2009년 UNFCCC COP15에서 제안되었다(임소영, 2011).

[그림 7] 세계은행 기후투자기금(CIF)의 구성

| 기후투자기금 Climate Investment Funds                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 청정기술기금<br>(Clean Technology Fund, CTF)                                                                                                                                                  | 전략적기후기금<br>(Strategic Climate Fund, SCF)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• 국가투자계획 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 13개 국가<sup>9)</sup>에 대한 전체 44억불의 투자계획</li> <li>- 저탄소기술의 시범적용, 보급, 이전 지원</li> </ul> </li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 기후변화 적응능력 강화를 위한 시범프로그램 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 핵심개발계획 수립 시 기후변화 적응능력 고려</li> </ul> </li> <li>• 산림투자프로그램 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 산림벌채 및 산림 황폐화로 인한 온실가스배출 감축</li> </ul> </li> <li>• 저소득국가의 신재생에너지 확대 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 신재생에너지로의 전환 지원</li> </ul> </li> </ul> |
| 약 44억 불 약정                                                                                                                                                                              | 약 19억 불 약정                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

자료 : 임소영(2011) 인용, IBRD/World Bank(2010) 편집

세계은행이 그동안 수행해 온 신재생에너지 지원의 지역적 분포를 살펴보면, 최근 급격한 경제성장을 이루고 있는 동아시아와 남아시아를 포함한 아시아 지역에 가장 많은 지원이 이루어져 왔다. 개발과 경제성장에서 차지하는 에너지의 역할과 전력공급망의 부재로 근대적인 에너지를 사용할 수 없는 농촌산간지역에서 독립형 신재생에너지 시스템이 가지는 비교우위 등을 고려할 때, 대다수가 절대빈곤으로 고통 받고 있는 사하라 이남 아프리카 지역에서의 신재생에너지 지원이 더욱 중요해진다(임소영 외, 2009). 이에 세계은행은 본 보고서 4장에서 자세하게 다루고 있는 Lighting Africa

9) 캄보디아, 이집트, 인도네시아, 카자흐스탄, 멕시코, 중동·북아프리카 지역, 모로코, 필리핀, 남아프리카공화국, 태국, 터키, 우크라이나, 베트남

등 사하라 이남 지역의 재생에너지 확대를 위한 프로그램을 추진해 왔다.

#### 나. 국제재생에너지기구(IRENA)

재생에너지의 개발 및 보급 확대를 위한 국제협력을 강화하겠다는 목적 하에 설립된 IRENA는 지난 2009년 1월 26일에 독일의 본(Bonn)에서 창립총회를 개최하였으며, 동 총회에서 75개국이 IRENA 설립규정에 서명하였다. 현재 2011년 기준으로 149개국과 EU가 IRENA 규정에 서명하고, 80개국과 EU가 회원국으로 활동하고 있다. 크게 사무국(UAE 아부다비 소재), 기술센터(독일 본 소재), 대외연락사무소(오스트리아 비엔나 소재)의 3개 요소로 구성되어 있으며, 2011년 4월 아부다비에서 제1차 IRENA 총회를 개최하였다.

IRENA는 특히 개도국에서의 신재생에너지의 보급 확산을 중점적으로 추진하려고 하며, 선진국과 개도국의 관련 정책 틀의 개선과 역량 강화를 지원하고자 한다. 이를 위해 신재생에너지의 잠재성, 재정 메커니즘, 관련 첨단 기술 등에 대한 정확한 정보의 제공도 목표로 두고 있다. 2011년 IRENA의 활동 프로그램은 크게 i) 지식관리 및 기술협력(Knowledge Management and Technology Cooperation, KMTC), ii) 정책자문 서비스 및 역량강화(Policy Advisory Services and Capacity Building, PASCB), iii) 혁신과 기술(Innovation and Technology, IITC)의 세 부분으로 구분되어 진행 중이다. 세부적으로 살펴보면, KMTC 프로그램은 재생에너지와 관련된 기존 지식을 정리하고 체계화하며, 자원 잠재량의 지도화 및 에너지 통계구축 작업에 집중할 계획이다. 아울러, 전략적인 조정을 통해 재생에너지 사용에 대한 지역적 합의를 도출하고, 산업계, 시민사회, 기술전문가 등 다양한 이해관계자의 협력 네트워크를 구축할 예정이다. 한편, PASCB 프로그램은 유관기관들과의 협의 및 이해관계자 보고서의 작성, 국제에너지기구(IEA)와의 MOU 추진 등을 통해 재생에너지 정책개발 및 시장형성의 촉진을 위한 이해관계자들의 기반을 마련하고, 재생에너지 분야 투자를 위한 자금지원과 재정에 관한 이해를 증진함으로써 IRENA 회원들에게 정책자문을 제공하고 회원들의 역량을 강화하는 것을 주요 내용으로 하고 있다.

## 제4장. 농촌전력화 사례분석

### 1. 기존 농촌전력화 지원 사례

“개발을 위한 에너지 문제 해결”을 위해 국제 에너지 파트너십들<sup>10)</sup>이 왕성하게 활동하고 있다. 이와 같은 파트너십을 활용하면, 각 국가와 기관들이 보유하고 있는 정보와 경험들을 서로 공유함으로써 활동에 필요한 거래비용을 줄이고 그 질을 높일 수 있다. 뿐만 아니라, 파트너십은 관련 기관들끼리의 활동 중복성을 피하고 간극을 메우는 역할을 하게 되어, 에너지 프로젝트 또는 프로그램의 효과를 높이기 위한 필수적 요소라고 평가된다. 본 절은 전기의 혜택을 받지 못해 삶의 질이 낙후된 개발도상국의 농촌이나 격지에 전력을 보급하기 위한 국제사회의 지원 사례를 심층적으로 분석하였다. 개발도상국의 농촌전력화를 위한 다자 지원의 대표적인 사례로서 세계은행의 Lighting Africa를, 양자 지원의 사례분석을 위해서는 네덜란드와 독일의 Energising Development Partnership Programme(EnDev)을 선정해 면밀히 검토하였다.

#### 1.1 세계은행의 Lighting Africa<sup>11)</sup>

세계은행과 IFC는 2007년 9월 사하라 이남 아프리카의 전기혜택을 받지 못하는 주민들에게 안전하고 현대적인 조명기기를 보급하기 위한 프로그램인 Lighting Africa를 개발하여 운영하고 있다<sup>12)</sup>[표 9]. IEA의 통계를 인용하면, 전기의 혜택을 받지 못

10) 빈곤감축과 지속가능개발을 위한 EU 에너지 이니셔티브(EU Energy Initiative for Poverty Eradication and Sustainable Development, EUEI), 21세기 재생에너지정책네트워크(Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, REN21), 재생에너지 및 에너지효율 파트너십(Renewable Energy and Energy Efficiency Partnership, REEEP), 지속가능개발을 위한 에너지 지구네트워크(Global Network on Energy for Sustainable Development, GNESD)

11) [www.lightingafrica.org](http://www.lightingafrica.org)

12) 프로그램 협력기관: 아프리카재생에너지프로그램(The Africa Renewable Energy and Access Grants Program, AFREA), 아시아지속가능대체에너지프로그램(The Asia Sustainable and Alternative Energy Program, ASTAE), 에너지섹터관리지원프로그램(The Energy Sector Management Assistance Program, ESMAP), 지구환경기금(The Global Environment Facility, GEF), The Good Energies Inc., 민간기반시설자문기구(The Public-Private Infrastructure Advisory Facility, PPIAF), 재생에너지·에너지효율파트너십(The Renewable Energy and Energy Efficiency Partnership, REEEP), 이탈리아, 룩셈부르크, 네덜란드, 노르웨이, 미국

하는 전 세계 16억 인구 중 약 6억 명이 아프리카 지역에서 살고 있다. 이는 아프리카 전체 인구의 약 60%에 달하는 수치이다. 그러나 아프리카를 제외한 대부분의 국가에서는 전기보급률의 상승이 두드러지지만, 아프리카 지역의 전기 미수혜자들의 수는 점차 늘어나 2030년에는 7억에 다다를 것으로 추산하고 있다. 또한 개발도상국의 도시와 농촌 간 전력화율 차이는 평균 25% 정도임에 반해, 아프리카에서는 그 차이가 평균 40%를 넘는 것으로 나타났다. 중앙전력망으로부터 전기를 제공받는 주민들도 잦은 정전과 질 낮은 전기의 공급으로 인하여 많은 불편을 겪고 있다. 아프리카에서 전기를 보급 받지 못하는 주민들은 소득의 약 5~10%를 등유나 양초와 같은 조명용 연료 또는 기구에 소비하고 있다. 이와 같이 조명을 위한 연료의 의존성을 낮출 뿐만 아니라, 낙후한 전기 보급률을 개선하고, 또한 도시와 농촌 사이의 심각하게 불평등한 전력 보급 현황을 개선하기 위해서라도 이 지역에서의 혁신적인 프로그램의 추진이 필요하게 되었다. Lighting Africa는 초기 케냐와 가나를 중심으로 시작되어 현재는 탄자니아, 에티오피아, 말리, 세네갈까지 그 범위가 확대되어 진행되고 있다.

Lighting Africa는 MDGs에 기초하여 개발도상국의 빈곤감소와 삶의 질 향상을 주요 목표로 삼고 있다. 단기적으로 아프리카 전역의 민간 조명제품 생산 활동을 촉진 시킴으로써 독립형 조명제품을 바탕으로 2012년까지 2,500만 아프리카 사람들에게 전기를 제공하려고 한다. 또한 장기적으로는 2030년까지 2억 5,000만 명의 아프리카 주민들이 현대 조명기기를 사용할 수 있도록 조명산업을 더욱 확장하는 발판을 마련함과 더불어, 아프리카 이외의 다른 대륙과 국가에도 동 프로그램을 모델로 하는 새로운 시장을 형성하여 현대적 조명기기를 전 세계 전기혜택을 받지 못하는 사람들에게 보급하는 것을 목표로 하고 있다.

세계은행과 IFC는 Lighting Africa를 통해 단순히 조명제품을 지원하는 것에서 벗어나 현지실정에 맞는 조명산업을 개발하고 촉진시켜 자연스럽게 조명제품이 아프리카 전역으로 보급될 수 있도록 시장을 형성해주는 역할을 하고 있다. 즉 동 프로그램은 시장에서 생산자와 소비자 사이의 간극을 메움으로써 연결고리 역할을 담당하고 있는 것이다. 이를 위해 이 프로그램은 조명기기의 디자인에서 상업적인 생산 및 보급까지, 독립형 조명시장의 모든 단계에서 발생할 수 있는 장애요소들을 제거하기 위해 조명기기의 제작자, 공급자, 소비자, 금융기관, 정부와 협력하고 있다.

아프리카의 휴대용 태양광 조명장치 시장은 기술개발과 함께 이 지역의 더딘 계통 연장 및 급속하게 증가하는 인구 수와 맞물려 전망이 밝다. 그러나 문제는 아프리카

태양광 조명장치 시장이 성장세를 겪을수록 점차 더 많은 저품질의 조명제품들이 싼 가격에 시장에 진입하게 되었으며, 따라서 품질점검이 시장의 중요한 성공요인으로 작용하게 되었다. 이에 Lighting Africa는 조명시장 제품들의 품질보증 역할을 하면서, 매년 아프리카 현지 사정에 맞는 조명기술을 개발하기 위해 아프리카를 위한 신개념 조명기술 대회를 개최하고 민간차원에서의 참여를 유도하고 있다. 즉, 자본과 물품만을 지원하는 단일원조에서 벗어나 지속적으로 소비자가 저렴한 가격에 고품질의 제품을 이용할 수 있도록 기술, 행정 그리고 경제적 지원을 통해 아프리카 지역에 적합한 조명시장이 형성될 수 있도록 돕고 있다.

[표 9] Lighting Africa 프로그램의 활동영역

| 활동 영역                                                     | 내용                                                                               |
|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| 시장 정보 제공<br>(Market Intelligence)                         | 현대식 조명시장에 대한 정확한 정보를 이해관계자들에게 제공하여 시장의 효율성 제고                                    |
| 품질 보증<br>(Product Quality Assurance)                      | 시장의 수준을 어느 정도 유지하면서 독립형 제품의 질을 향상시키기 위하여, 제품 질의 사양에 대한 기준 및 방법론 개발               |
| 비즈니스 지원 / 금융 확보<br>(Business Support & Access to Finance) | 생산자, 유통업자, 소매업자를 지원하고 금융 서비스에 대한 접근성을 향상시킴으로써, 혁신적인 제품들이 시장에서 활발하게 거래될 수 있도록 도움. |
| 소비자 교육<br>(Consumer Education)                            | 현대식 조명에 대한 소비자 교육을 실시함으로써 소비자 인식 제고와 독립형 조명기구의 수요 창출                             |
| 정책 및 공공 부문 유인<br>(Policy & Public Support)                | 독립형 조명제품의 활성화에 적합한 환경을 제공하기 위해 정부의 참여 또는 개입의 유도                                  |

자료 : Lighting Africa(2010)

#### 가. 시장 정보 제공

Lighting Africa는 현대식 조명 시장에 대한 정확한 정보를 생산자, 수입자, 도매업자, 유통업자 등에게 제공하여 시장에 대한 확신을 가지고 참여할 수 있도록 하고 있으며, 시장정보의 제공 차원에서 다음과 같은 성과를 거두고 있다 ;

- i) 시장추세 분석 : 태양광조명 시장의 현주소를 분석하고 향후 5년간 추세까지 예측한 보고서인 “Solar Lighting for the Base of the Pyramid -

Overview of an Emerging Market”을 발간하였으며 2년마다 업데이트할 계획. 동 보고서는 전 세계의 태양광조명 시장 추세 분석과 통계치, 가격커브 등을 제공함.

- ii) 시장 연구 : 5개국(에티오피아, 가나, 케냐, 탄자니아, 잠비아)의 도시와 농촌 지역 모두의 2부문(가정, 소 상공)에 대한 시장 연구 실시. 1만 명 이상의 소비자들에게 인터뷰를 실시하여 얻은 결과를 바탕으로 가격, 디자인 요소, 제품 선호도, 필요 전력량 등에 대한 소비자들의 의견 분석
- iii) 유통경로 맵핑 : 기존의 또는 잠재적인 유통경로를 분석하여 수입자, 대규모 구매자, 기타 이해관계자들에게 제공함으로써 시장 효율성을 증대시켜, 소매 시장가격을 낮춤. 케냐와 가나를 대상으로 유통경로와 소매점들을 확인하는 데이터베이스 구축하기도 함.

#### 나. 품질 보증

현대식 독립형 조명시장이 성장하면서 저품질의 값싼 제품들도 시장으로 진입하게 되고, 이를 이용한 저소득 계층에게 현대식 조명에 관한 좋지 않은 경험을 안겨줄 수 있는 상황이 발생하게 된다. 이러한 현상을 최대한 방지하기 위하여 Lighting Africa는 기술자문 서비스를 제공하고, 시장 발달을 지원하면서 저소득 계층 소비자들을 보호하기 위한 품질보증 프로그램을 개발하였다.

- i) 독립형 조명제품 시험방법 개발 : 아프리카 독립형 조명제품의 성능을 평가하기 위한 표준화된 시험방법을 개발하여, 대규모 구매기관, 정부 규제 담당자, NGO 등 다양한 계층이 활용할 수 있도록 유도
- ii) 제품성능 검사 : 시판되는 독립형 제품들이 최소한의 성능기준을 만족하는지 확인하기 위해, 위에서 개발한 시험방법을 적용해 성능검사를 실시. 2009~2010년 기간 동안 총 32개의 제품들을 검사한 결과, 단 7개 제품들만 동검사를 통과함.
- iii) 기술자문 서비스 : 독립형 조명제품에서 반복적으로 거론되는 디자인과 제작 상 요구되는 문제들을 해결하기 위해 기술적 자문 및 문서를 제공하여, 향후 제품성능 검사에서 보다 더 많은 제품들이 검사기준을 만족할 수 있도록

록 지원.

- iv) 독립형 조명 제품 대전: 혁신적인 독립형 조명 제품을 발굴하고 모범사례 제품을 지원하기 위한 “Outstanding Product Awards” 개시하여 우수 제품들에게 시상. 제1회 시상은 2010 Lighting Africa 컨퍼런스와 무역박람회의 일환으로 케냐 나이로비에서 개최됨.
- v) 그 외, 세계 여러 나라(독일, 중국 등)에 성능시험실 지원, 품질표준을 구축하기 위해 케냐와 가나의 표준 지역사무소와 협력 등

#### 다. 비즈니스 지원/금융 확보

Lighting Africa는 컨퍼런스, 워크숍, 박람회 등을 통해 다양한 사업개발을 촉진하고 이해관계자들 간의 네트워크를 다져왔다. 아울러, 포털 서비스를 제공하여 프로그램 회원들 간에 정보와 기회를 교환할 수 있는 환경을 만들었으며, 외국의 독립형 조명 생산자들과 지역 유통업자들을 연결해 주는 역할도 수행하였다. 구체적으로는 조명 회사 자격별로 3단계의 사업지원 시스템을 고안하여 차별성 있는 자문서비스를 강화하였다.

그 밖에, 독립형 조명제품 개발의 혁신을 위한 착수자금이나 IFC 투자자금을 생산자들에게 제공하는 등 금융의 접근성을 높였으며, 적당한 자금원에 대한 정보를 담은 안내책자를 발간하기도 하였다.

#### [그림 8] 가나의 “One Child, One Solar Light” 프로젝트

가나 인구의 절반 이상은 전력망에서 나오는 전기의 혜택을 받지 못하고 있으며, 대부분은 조명을 위해 비싼 등유 램프 또는 다른 화석연료 기반의 조명 장치를 사용하고 있다. Lighting Africa는 이러한 가나 농촌 지역의 생활 여건을 개선하기 위하여 아이들과 그 가족들에게 태양광 휴대용 램프를 제공하였다.

태양광 램프의 효과성을 주민들과 유통업자들에게 효과적으로 전달하기 위하여 현지 선생님들과 긴밀한 협력 관계에서 활동하였다. 선생님과 학생들 사이의 관계와 함께 마이크로 금융에 대한 접근성의 개선이 동 프로젝트 성공의 열쇠를 쥐고 있다. 동 프로젝트는 가나의 50개 학교들 및 부녀회와 관계를 형성하여 그들의 협조를 구하고 있으며, 결과적으로 5,000여 개의 태양광 램프를 판매하고 지속적인 판매를 위하여 플랫폼을 구축하였다.

자료 : Lighting Africa(2010)

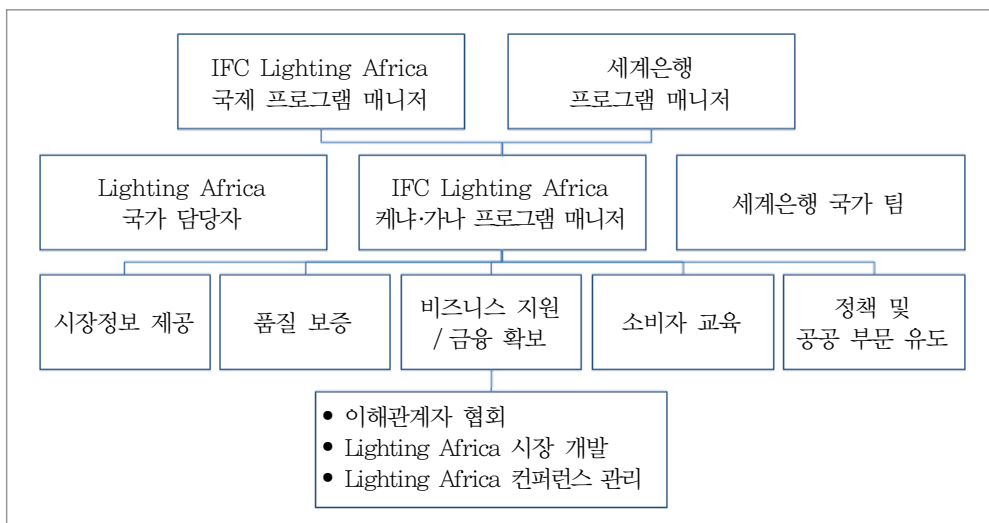
## 라. 소비자 교육

독립형 조명제품의 잠재적인 소비자들이 올바른 조명 선택을 할 수 있도록 유도하고, 또한 적정 수준의 수요를 창출하기 위해, Lighting Africa 프로그램은 미디어, 민간 부문, 시민 사회와 함께 소비자 교육에 앞장서고 있다. 현재 케냐(5백만 명 계획)에서 캠페인이 활발하게 진행 중이며, 가나(4백만 명 계획)에도 동 캠페인을 확장할 계획이다.

## 마. 정책 및 공공 부문 유인

Lighting Africa는 농촌지역 주민들에게 현대식 전기와 조명 서비스를 제공하는 것에 관심있는 사하라 이남 아프리카 정부들과 협력 관계에 있으며, 8개 국가들<sup>13)</sup>에 대해서는 심층적 사례분석을 통해 주요 장애요소와 해결책을 강구하는 종합적인 정책 연구를 시작했다. 더불어 동 프로그램은 에티오피아, 말리, 세네갈, 탄자니아의 농촌에너지 기관을 지원해 독립형 조명 프로그램을 개발하도록 돕고 있다.

[그림 9] Lighting Africa 운영 조직도



자료 : [www.lightingafrica.org](http://www.lightingafrica.org)

13) 카메룬, 콩고민주공화국, 에티오피아, 가나, 케냐, 르완다, 세네갈, 탄자니아

## 1.2 네덜란드와 독일의 Energising Development Partnership Programme(EnDev)

2004년 12월 네덜란드 개발협력부(Ministry for Development Cooperation, DGIS)와 독일 경제협력개발부(Federal Ministry for Economic Cooperation and Development, BMZ)가 현대식 에너지서비스의 접근성을 개선하기 위한 협력체계인 “Energising Development(EnDev)”를 발족하였다[표 10]. 이와 같은 두 국가의 협력은 한편으로 원조효과성의 제고를 위한 방법 중 하나인 원조조화를 위해 형성된 것이다. 아울러, 양기관의 비교우위가 결합하여 상승효과와 규모의 경제를 실현시킴으로써 사업의 효과성을 제고할 수 있었던 모범 사례가 되었다.

[표 10] 현대식 에너지 접근성의 개선을 위한 네덜란드-독일 파트너십  
(Energising Development, EnDev)

| 구 분  | 내 용                                                                                                                                                                                                                  |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 목표   | <ul style="list-style-type: none"> <li>2015년까지 개도국 빈민층 500만 명에게 현대식 에너지 서비스를 제공하여 MDG 달성에 기여</li> </ul>                                                                                                              |
| 부문   | <ul style="list-style-type: none"> <li>네 부문에서의 에너지 접근성의 개선을 목적으로 하고 있음 ;<br/>i) 취사용 에너지, ii) 조명 및 가정용 기기를 위한 에너지,<br/>iii) 사회기반시설용 에너지, iv) 생산성 증대를 위한 에너지</li> </ul>                                                |
| 참여기관 | <ul style="list-style-type: none"> <li>네덜란드 외교부 산하 개발협력을 위한 부서</li> <li>독일 경제협력개발부, GTZ, Senter Novem</li> <li>파트너국가들의 에너지 관련 부처 및 NGO 등</li> </ul>                                                                  |
| 대상국가 | <ul style="list-style-type: none"> <li>아프리카 10개국과 2개 지역(베냉, 부르키나파소, 에티오피아, 가나, 케냐, 말리, 모잠비크, 르완다, 세네갈, 우간다, SADC, 사하라이남)</li> <li>아시아 4개국(방글라데시, 몽골, 인도네시아, 네팔)</li> <li>라틴아메리카 4개국(볼리비아, 니카라과, 온두라스, 페루)</li> </ul> |
| 규모   | 2005~2008년 기간 동안 6,000만 유로 지원                                                                                                                                                                                        |

자료 : GTZ(2009)

EnDev는 개발도상국의 수요와 예상되는 효과를 감안하여, 조명, 조리, 사회기반시설, 생산시설에 필요한 현대식 에너지의 지속가능한 접근성을 마련해 주는 역할을 하고 있다(GTZ, 2009) ;

i) 현대식 에너지 사용의 가장 대표적인 형태인 조명용 에너지 확대를 위해 EnDev

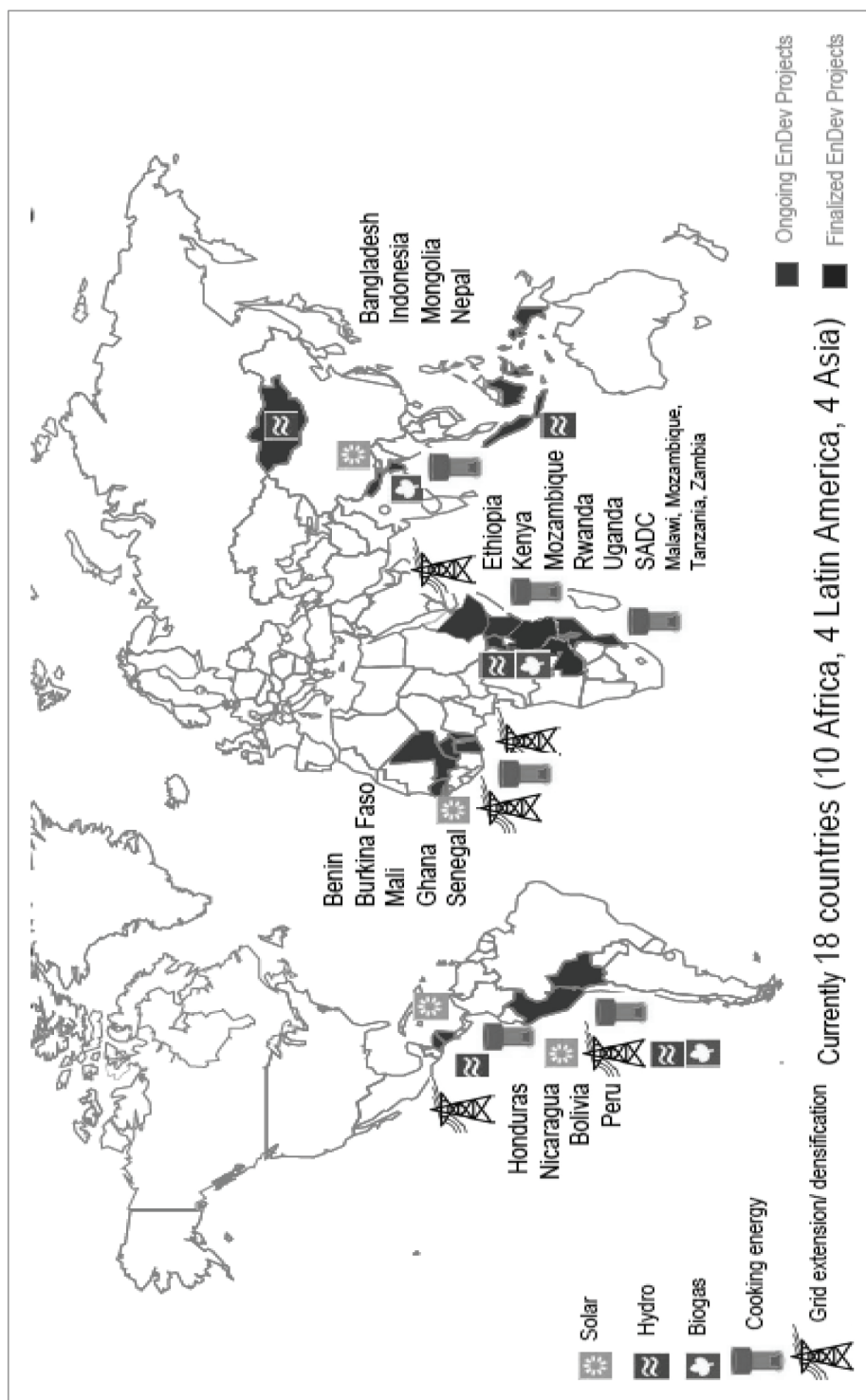
는 중앙전력망을 확장하거나 태양광 홈시스템을 분배하고, 소수력발전소를 건립하였다.

- ii) 전 세계 25억 명의 사람들은 조리 또는 난방을 위해 전통적인 바이오매스 에너지에 의존하고 있으면서 특히 대부분의 조리는 연료의 약 90%가 낭비되는 방식(3-stone-fire)으로 이루어진다. 더불어 뚝배기를 사용하지 않고 연료를 태우면서 실내공기 오염을 심화시켜 특히 여성들의 건강에 영향을 주고 있다. EnDev는 GTZ의 가정용에너지보급프로그램인 HERA와 함께 개선된 취사용 스토브의 생산과 판매를 위한 시장구축을 지원해 왔다.
- iii) 학교, 보건소, 병원, 지역주민 센터와 같은 사회기반 시설에 전기를 제공하거나, 때로는 열에너지도 제공하였다.
- iv) 농업생산물의 건조와 포장 등 생산활동에 필요한 에너지를 제공하여 지역의 부가적인 소득을 창출하였다.

EnDev는 2008년까지 21개 국가에서 24개 사업을 수행하는 과정에서 각 국가들의 관련 부처, 지역 NGO, 민간부문들과 긴밀한 협력을 이루어왔다. 그 결과 2008년 12월을 기준으로 443만 명의 사람들에게 전기 또는 개선된 조리기술이 제공되었고, 학교, 병원, 지역주민센터와 같은 사회시설에서 56만 명의 사람들이 개선된 취사용 에너지를, 그리고 29만 명의 사람들이 전기 서비스의 혜택을 누릴 수 있게 되었다. 또한 2만 명의 사람들은 생산활동에 쓰이는 현대식 에너지를 제공받게 되었다(GTZ, 2009).

성과기반(outcome-based)의 접근법을 따르고 있는 EnDev는 결과의 정량화를 중시하며, 따라서 최대한 많은 주민들에게 현대식 에너지를 제공하는 것을 목표로 하고 있다. 그 결과, 파트너십 첫 번째 단계인 2005~2009년 기간 동안 500만 명 이상의 개발도상국 사람들에게 지속가능한 에너지를 제공해 왔다. 이 성과는 2015년까지 1,000만 명에게 현대식 에너지를 제공하겠다는 네덜란드 정부의 목표 달성에 기여할 수 있게 되었다. 구체적으로는 500만 명의 사람들이 고효율의 스토브를 제공받거나, 지붕 위에 태양광 패널을 설치하거나, 국가 전력망에 연결되거나, 또는 바이오가스나 소수력으로 전기가 생산된 지역 전력망에 연결되는 등의 형태로 현대식 에너지를 제공받게 되었다(Kees, 2010).

[그림 10] EnDev의 국가별 및 기술별 지원 현황



자료 : Kees(2010)

[표 11] EnDev 프로젝트 현황 - 아프리카 지역

| 국가                       | 중점 분야                                   | 사업 명                                                                                                                                                                                                                  | 활동 내용                   |
|--------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 베냉                       | • 취사용<br>스토브 개선                         | • 분권화·공동체발전 프로그램<br>(Programme for Decentralisation and Communal Development, PDCC)<br>• 자연자원보호·관리 프로그램<br>(Programme – Conservation et gestion des ressources naturelles)                                            | • 농촌전력화<br>• 조리기술<br>개선 |
| 부르키나<br>파소               | • 취사용<br>스토브 개선                         | • 분권화·공동체발전 프로그램<br>(Programme Décentralisation et Développement Communal, PDDC)                                                                                                                                      | • 조리기술<br>개선            |
| 에티오피아                    | • 취사용<br>스토브 개선<br>• 태양에너지              | • 식량안보개선을 위한 자연자원의 지속가능한<br>이용(Sustainable Utilization of Natural<br>Resources for Improved Food Security, SUN)<br>• 에티오피아 현대식에너지서비스에 대한 접근성<br>개선(Access to Modern Energy Services in<br>Ethiopia, AMES-E)           | • 조리기술<br>개선<br>• 농촌전력화 |
| 가나                       | • 전력망확충                                 | • 생산활동을 위한 에너지사용 프로젝트<br>(Energy for Productive Use Project, EPUP)                                                                                                                                                    | • 농촌전력화                 |
| 케냐                       | • 취사용<br>스토브 개선                         | • 민간 농업섹터개발 증진(Promotion of Private<br>Sector Development in Agriculture)                                                                                                                                             | • 조리기술<br>개선            |
| 말리                       | • 태양에너지                                 | • 지방정부 활성화<br>(Promotion of Local Government)                                                                                                                                                                         | • 농촌전력화                 |
| 모잠비크                     | • 태양 / 수력<br>• 전력망확충                    | • 모잠비크 현대식에너지서비스에 대한 접근성<br>개선(Access to Modern Energy Services in<br>Mozambique, AMES-M)                                                                                                                             | • 농촌전력화                 |
| 르완다                      | • 바이오가스<br>/ 수력                         | • 농촌개발을 위한 민간부문의 초소형 수력발전<br>공급 참여(Private Sector Participation in<br>Micro-Hydro Power Supply for Rural<br>Development, PSP Hydro)<br>• 국가 바이오가스 프로그램 지원(Support of the<br>National Domestic Biogas Programme, NDBP) | • 농촌전력화<br>• 바이오가스      |
| 남아프리카<br>개발위원회<br>(SADC) |                                         | • 바이오매스에너지관리 프로그램(Programme for<br>Biomass Energy Conservation, ProBEC)                                                                                                                                               | • 조리기술<br>개선            |
| 세네갈                      | • 취사용<br>스토브 개선<br>• 태양에너지<br>• 전력망확충   | • 전력화 촉진(Promotion of Electrification)                                                                                                                                                                                | • 농촌전력화<br>및 조리기술<br>개선 |
| 사하라이남<br>아프리카            |                                         | • 아프리카 국가들 간의 에너지 부문 협력 증진<br>(Promotion of Cooperation between African<br>Nations in the Energy Sector)                                                                                                              | • 농촌전력화<br>및 조리기술<br>개선 |
| 우간다                      | • 취사용<br>스토브 개선<br>• 태양 / 수력<br>• 전력망확충 | • 에너지자문 프로젝트(Energy Advisory Project,<br>EAP)                                                                                                                                                                         | • 농촌전력화<br>및 조리기술<br>개선 |

자료 : GTZ(2009), www.sinternovem.nl

[표 12] EnDev 프로젝트 현황 - 아프리카 외 지역

| 국가    | 중점 분야                                               | 사업명                                                                                                                                 | 활동 내용                   |
|-------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 방글라데시 | • 태양에너지                                             | • 재생에너지·에너지효율 프로그램(Programme Renewable Energy and Energy Efficiency)                                                                | • 농촌전력화                 |
| 볼리비아  | • 취사용<br>스토브 개선<br>• 태양 / 수력 /<br>바이오가스<br>• 전력망 확충 | • 농업개발 프로그램(Agricultural Development Programme, PROAGRO)                                                                            | • 농촌전력화<br>및 조리기술<br>개선 |
| 온두라스  | • 취사용<br>스토브 개선<br>• 수력<br>• 전력망 확충                 | • PRORENA 에너지 자문 프로젝트(PRORENA Energy Advisory Project)                                                                              | • 농촌전력화<br>및 조리기술<br>개선 |
| 인도네시아 | • 수력                                                | • 지속가능한 경제개발을 위한 초소형 수력발전<br>프로젝트(Micro Hydro Power for Sustainable<br>Economic Development, MHPP)                                  | • 농촌전력화                 |
| 몽골    |                                                     | • 재생에너지자원개발(Development of Renewable<br>Energy Resources)                                                                           | • 농촌전력화                 |
| 네팔    | • 전력망 확충                                            | • 소수력발전 촉진 프로젝트(Small Hydropower<br>Promotion Project, SHPP)                                                                        | • 농촌전력화                 |
| 니카라과  | • 태양 / 수력<br>• 전력망 확충                               | • 자연자원의 지속가능한 관리와 기업경쟁력 강화<br>(Sustainable Management of Natural<br>Resources and Strengthening of<br>Entrepreneurial Competencies) | • 농촌전력화<br>및 조리기술<br>개선 |
| 페루    | • 취사용<br>스토브 개선<br>• 태양 / 수력<br>• 전력망 확충            | • 식량안보를 위한 자연재해 위험관리(Disaster<br>Risk Management for Food Security)                                                                 | • 농촌전력화<br>및 조리기술<br>개선 |

자료 : GTZ(2009), [www.sinternovem.nl](http://www.sinternovem.nl)

## 2. 개발도상국 농촌전력화의 성공사례

개발도상국 중에서도 성공적인 농촌전력화 프로그램의 수행으로 90% 이상의 농촌 전력화 비율을 달성한 국가들이 있다. 본 연구에서는 이들 중 튀니지의 사례를 분석하여 농촌전력화의 성공요인과 장애요인을 도출하고자 한다(Barnes, 2005).

## 2.1 튀니지의 농촌전력화

튀니지 정부는 1970년대 초반부터 농촌전력화를 강력하게 지원해 왔다. 튀니지 농촌전력화 프로그램의 특징은 다양한 기관들로부터 폭넓은 자문을 구해오면서 농촌개발프로그램과 연계하여 지원했다는 점이다.

### 가. 튀니지 농촌전력화 역사

튀니지가 농촌전력화를 시작한 1970년대 중반 당시, 튀니지 인구의 절반이 살던 농촌지역 가구의 6% 정도만이 전기를 사용하고 있을 정도로 전기보급률은 상당히 저조한 실정이었다. 그러던 농촌전력화 비율이 2000년 말 88%, 2008년 기준으로 99%를 기록할 정도로 농촌전력화가 성공적으로 이루어졌다. 튀니지의 성공적인 농촌전력화 경험을 다른 아프리카 국가들에 대해서도 동일하게 적용함으로써 성공을 거둘 수 있을지는 미지수이다. 이는 튀니지의 경우 성공요인으로 분석되는 강력한 정부정책 및 재정 지원, 여성 및 사회적 평등, 제도적 단결, 기술적 혁신, 경쟁력 있는 정치적·경제적 여건 등이 여타의 아프리카 국가들에서는 충족되지 못하기 때문이다. 그럼에도 불구하고, 튀니지 사례는 성공적인 농촌전력화를 위한 보편적인 필요요소를 제시함으로써 전력화 프로그램을 계획하는 많은 국가들에게 길을 제공할 수 있을 것이다.

1956년 프랑스로부터 독립한 이후 튀니지는 전기, 가스, 물, 철도, 은행 등 주요 경제활동을 국유화하는 정책을 단행했으며, 1962년 튀니지 정부는 전력생산과 전기/가스의 운송 및 보급에 관한 사업을 국유화하게 되었다. 그 결과 설립된 회사가 튀니지 전기가스회사(이하 STEG)였으며, 그 당시 튀니지 전역의 전력보급률은 26%에 지나지 않았다. 이후 10년간 주로 새로운 산업 프로젝트의 수요를 충족시키기 위해 튀니지 전기 생산과 수송이 개발되었다. 프랑스 전력공사 EDF의 도움과 튀니지 정부의 적극적인 교육정책에 힘입어 STEG는 높은 수준의 자격을 갖춘 기술자와 엔지니어 그룹을 만들 수 있었다. 그 결과, 1970년대 중반까지 STEG는 한계비용에 기반한 요금을 통하여 재정적 지속가능성과 건전한 사업관례를 구축하였다.

이후 튀니지 정부는 농촌 지역에 대한 전력의 확대 보급에 중점을 두고, 1973

년에 기술적 검사를 실시하였다. 기술적 검사의 주요 권고사항은 3상선(three-phase line)과 단상선(single-phase line)을 결합한 저비용의 신규 배전시스템을 개발하는 것이었다. 북아메리카 모델을 토대로 한 이 시스템은 MALT로 명명되었으며, 1974~1975년에 수립된 튀니지 배전 마스터플랜은 MALT 시스템으로 18~24%의 절전효과를 기대한다고 밝혔다. 1976년부터 이 새로운 시스템으로 전환하기 시작하였으며, 이를 바탕으로 튀니지 기획부는 STEG와 함께 제5차 5개년 경제계획(1977~1981년)부터 농촌전력화 목표를 추가하게 되었다[표 13].

[표 13] 튀니지 농촌전력화 프로그램의 발전과 실적

|                 | 5개년 경제계획              |                      |                       |                        |                         |                       |
|-----------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|-------------------------|-----------------------|
|                 | IV<br>(1972~<br>1976) | V<br>(1977~<br>1981) | VI<br>(1982~<br>1986) | VII<br>(1987~<br>1991) | VIII<br>(1992~<br>1996) | IX<br>(1997~<br>2001) |
| 총 투자비<br>(MTD)  |                       | 29                   | 52                    | 105                    | 130                     | 134                   |
| 신규 보급<br>가구수    | 30,000                | 70,000               | 80,000                | 114,000                | 180,000                 | 135,000               |
| 누적 보급<br>가구수    |                       | 100,000              | 180,000               | 294,000                | 474,000                 | 609,000               |
| 농촌전력화 비율<br>(%) | 6                     | 16                   | 28                    | 48                     | 75.7                    | 88.1                  |
| 전국전력화 비율<br>(%) | 37                    | 56                   | 69                    | 81                     | 90                      | 94.9                  |
| 신규 PV시스템<br>가구수 |                       |                      |                       |                        | 3,919<br>(누적)           | 3,838                 |

자료 : Barnes(2005)

제5차 5개년계획에서 STEG의 가장 큰 주안점은 MALT 시스템으로의 전환이었다. 그 결과, 7만 농촌 가구들에 전력망이 보급되었고, 초기 투자비도 회수할 수 있었다. 제6차 5개년계획 단계(1982~1986년)에서는 새로운 배전 시스템 덕분에 같은 예산으로 1만 가구에 대해 추가적인 전력을 공급할 수 있었으며, 결과적으로 8만 가구들에게 전력망을 보급하고 농촌전력화비율을 28%까지 끌어올릴 수 있었다.

제7차 5개년계획 단계(1987~1991년)부터 농촌전력화 프로그램을 위해 아프리카 개발은행(AfDB), 쿠웨이트펀드, 프랑스원조개발청(AfD) 등 외부 지원자금을 조달

하기 시작하였다. 그 결과, 농촌전력화 프로그램의 효과가 매우 집중적으로 나타나 1986년 28%이던 농촌전력화비율이 2000년에는 88%까지 증가하였다. 이때까지 전기가 보급되지 못한 대부분의 지역이 국가전력망으로부터 매우 멀리 떨어진 농촌 지역들인 점을 고려하여, 국가재생에너지기구(이하 ANER)는 1990년에 현재 농촌 가구의 약 1%를 차지하는 태양광 프로그램을 착수하였다.

#### 나. 튀니지 농촌전력화의 특징 및 성공요인

튀니지 농촌전력화의 특징적인 점은 농촌전력화가 단독으로 이루어지지 않고 강력한 정부의 주도로 농촌개발, 여성평등, 사회적 평등과 통합되어 달성되었다는 것이다. 제4차 5개년계획(1972~1976년)에서 시작된 농촌개발은 기초교육, 보건서비스 개선, 농촌전력화의 3가지 요소들로 구성되었다. 이들 중 세 번째 요소인 농촌전력화는 나머지 두 요소들인 기초교육, 보건서비스 개선과도 밀접한 관련성이 있다. 농촌에 전기가 보급되어 TV 사용이 확산되면서, 특히 다른 국가들 또는 도시 여성들의 다양한 역할에 대한 자각을 가져왔다.

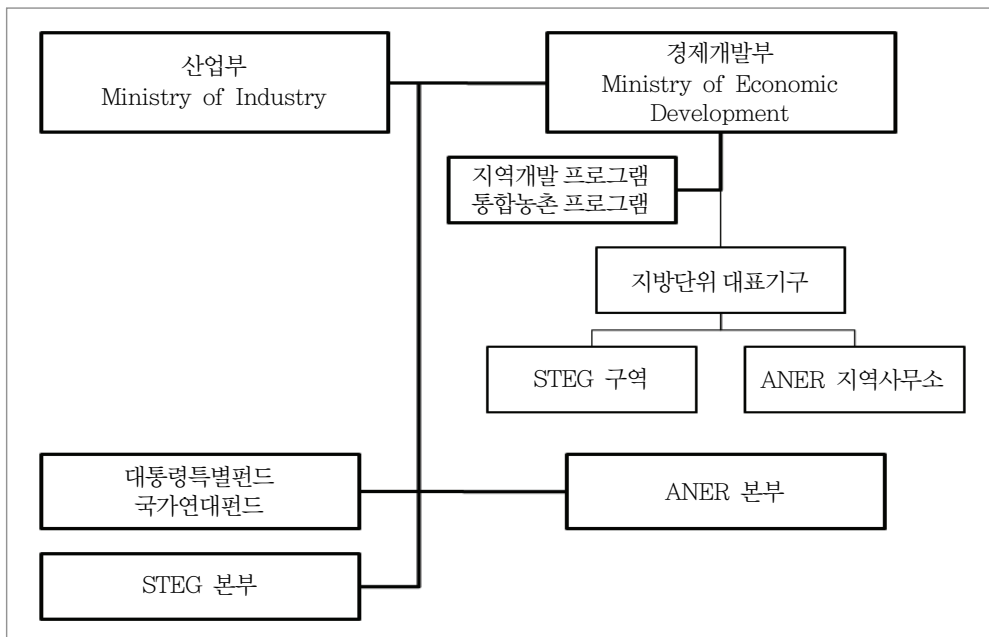
농촌전력화를 위한 주된 재원은 1970년대부터 생성된 지역개발프로그램(PRD)이었으며, 1984년에 PRD가 확장된 통합농촌개발프로그램(PDRI)도 중요한 재원이 되어왔다. PRD와 PDRI의 까다로운 지원자격을 만족하지 않는 사업에 대한 지원을 위하여 대통령이 추가적으로 두 개의 예산펀드(대통령특별펀드, 국가연대펀드)를 신설, 지역부처와의 회의나 지역 방문을 통하여 사업을 선정하여 지원하기도 하였다. 이들 중 특히 국가연대펀드는 NGO와 공공/민간 기업들로부터 자발적인 기부금을 받아 효과를 보았다. 이상과 같은 국내 재원과 더불어 아프리카개발은행(AfDB), 세계은행, 프랑스원조개발청(AfD), 쿠웨이트펀드 등 외부로부터의 차관도 농촌전력화에 활용되었다.

1980년대 중반 들어서서는, 너무 외딴 지역에 위치하여 재원을 받을 수 있는 기준을 만족하지 못하는 가구들에 대해서는 태양광프로그램을 개발하여 독립형 태양광사업으로 전기를 보급함으로써 전체 농촌전력화 프로그램을 완성할 수 있었다.

이상과 같은 강력한 정부 주도의 프로그램 운영과 더불어, 튀니지 농촌전력화가 신속하고 효과적으로 달성될 수 있었던 성공요인을 매우 효과적으로 구성되었던 조직들의 구조적인 이유에서도 찾을 수 있다[그림 11]. 농촌개발프로그램의 전

체 틀 안에서 국가 정책 및 계획을 담당하는 중앙정부뿐만 아니라 지방정부 수준에서도 다양한 부처와 기관들이 관여되어 농촌전력화를 기획하고 수행하고 있다. 언뜻 보기에는 너무 많은 이해관계자가 얹혀 있어 비효율적으로 운영될 것이 우려되긴 하지만, 공식적인 조정기구를 통해 통일성있게 각자의 책임과 권한을 수행하고 있다.

[그림 11] 튀니지 농촌전력화 담당 조직도



자료 : Barnes(2005)

튀니지 경제개발부는 전체 농촌개발정책을 정하고 농촌전력화의 전체적인 틀을 제공한다. 또한 지원을 위한 재원을 확충하고, 농촌개발에 필요한 국가예산을 지방정부와 실행기관에 배분하는 역할을 한다. 한편 다양한 에너지부문을 관장하면서 에너지정책을 개발하고 있는 튀니지 산업부는 국가농촌전력화위원회를 주관하고 STEG와 5개년 경제계획에 자문을 제공한다. 반면 지방정부는 지원할 농촌전력화 프로젝트를 선정하고 지원예산을 배분하는 역할을 담당한다. 이 때 구체적인 프로젝트를 선정, 설계하게 된다.

농촌전력화의 실행은 STEG와 ANER의 두 기관이 담당하고 있다. STEG는 산업

부 관할이지만 최대한 자율성을 보장받으면서 전력 생산, 송배전과 천연가스의 운송, 보급을 수행하고 있다. STEG는 농촌전력화 프로그램 중에서도 특히 계통연계형 프로그램을 맡고 있다. STEG는 지역사무소를 운영하여 농촌전력화 프로젝트의 수행에 관해 지방정부의 카운터파트 역할을 담당한다. 반면, ANER은 환경부의 관리 하에서 에너지보존과 재생에너지개발을 담당하는 기관이다. 농촌전력화를 위해서는 주로 독립형 태양광 사업을 수행하고 있으며, 튀니스 본부 이외에 3개 지역에 사무소를 운영하고 있다.

이렇듯 다양한 수준에서 다양한 기관들이 관계를 맺고 농촌전력화를 추진하고 있는 상황에서 각 기관들의 역할을 조정하는 기구(CNER)가 마련되었으며, STEG, ANER, 경제개발부, 산업부, 환경부 등이 참여하면서 산업부 국장이 의장을 맡고 있다. CNER은 정기 모임을 통해 농촌전력화 프로그램에 대한 정보를 서로 교환하고, 문제해결을 위해 상호간 협조하고 있다.

지금까지 살펴본 튀니지의 농촌전력화 사례의 성공요인을 정리하면 다음과 같다.

- i) 튀니지의 농촌전력화는 정부의 강력한 주도로, 튀니지 독립 이후 정부가 시행해 온 5개년 경제계획의 농촌개발 프로그램의 한 요소로 포함되어 통합적으로 수행되었다. 이 과정에서 농촌전력화는 여성의 지위 향상과 사회계층 간의 형평성 증진과 맞물려 상승작용을 더하여 추진되었다.
- ii) 아울러 농촌전력화와 관련된 다양한 부처와 기관들이 각자의 역할을 명확하게 부여받아 수행하고, 동시에 조정기구가 역할 관리를 담당함으로써, 효과적인 조직 운영을 통한 농촌전력화가 가능하였다.
- iii) STEG의 효과적이면서 효율적인 사업 수행도 튀니지 농촌전력화 프로그램이 정치적, 대중적 지지를 얻게 하는 원동력이 되었다. 특히 MALT 시스템이라는 아프리카 실정에 맞는 기술적 진보와 함께 투명한 사업선정 과정도 STEG의 강점으로 꼽힌다.
- iv) 국가 중앙전력망으로부터 원거리에 흩어져 분포하고 있는 농촌지역 주민들에 대해서는 태양광 시스템을 보급함으로써 기존의 계통확장만으로는 소외될 수 있는 지역에도 전기를 공급할 수 있게 되었다. 이를 통해 농촌전력화의 완성도를 높일 수 있었다.

## 제5장. 농촌전력화 프로그램을 위한 국내 기반 분석

### 1. 우리나라 농촌전력화 역사 및 현황<sup>14)</sup>

우리나라의 낙후된 농어촌에 근대화의 상징인 전기를 공급하기 위한 농촌전력화사업은 1965년 12월 30일 정부의 농어촌전화사업 제정공포와 함께 시작되어, 1970년부터 시작된 새마을운동과 더불어 확장되었다. 당시 전력보급은 전국의 403만 6천호 중 102만 7천 호에 한정되었으며, 전국의 전력화율은 25.5%, 농어촌 전력화율은 12%이었다. 1965년 농촌전력화사업이 시작될 당시, 사업의 기초단위인 행정구역 설정의 문제부터 수혜자 부담의 원칙까지 해결하기 어려운 문제들이 산적하여 5년 후의 전력화율이 21%에 불과할 정도로 성과가 좋지 못했다. 이러한 전력화사업이 새마을운동의 시작으로 탄력을 받아 1970년 한전이 농어촌전화추진본부를 발족했고, 1971년에는 “농어촌전화장기계획”을 발표하여 1979년까지 농촌전력화사업을 완료할 계획을 세웠다. 이 계획에 따라 지역선정 기준을 다시 마련, 지역균형배분을 주요 원칙으로 세우고 우수마을을 지정하여, 우수마을에 전기가설 비용을 우선 지원하였다. 농촌전력화사업은 새마을 운동의 핵심인 소득증대에 원동력을 제공했을 뿐만 아니라 환경개선을 위해서도 중요한 역할을 담당했다. 사업의 추진 결과, 1964년 말 12%에 불과했던 농촌전력화 비율은 1975년에 74%, 2000년대에는 99.9%를 달성하게 되었다.

우리나라의 농촌전력화사업 결과 농어촌 주택이 전등을 사용할 수 있게 되었을 뿐만 아니라, 전기를 이용한 양수 배수펌프 이용에 따른 갈수의 해소 및 전천후 영농의 개발, 전동탈곡기의 사용에 의한 노동력 및 노동시간 절약 등으로 소득 증대사업을 추진할 수 있게 되었다. 또한 라디오 및 텔레비전의 보급 증대로 신속한 정보 전달 역시 가능해졌다. 우리나라 농촌전력화사업의 특징은 신속하게 추진되었다는 점이다. 이는 새마을운동이라는 정부 주도의 지역개발 운동의 영향을 받은 결과이며, 이 과정에서 이 사업의 이해관계자인 지역주민, 중앙 및 지방 정부, 한전, 등의 역할이 모두 중요하게 작용하였다.

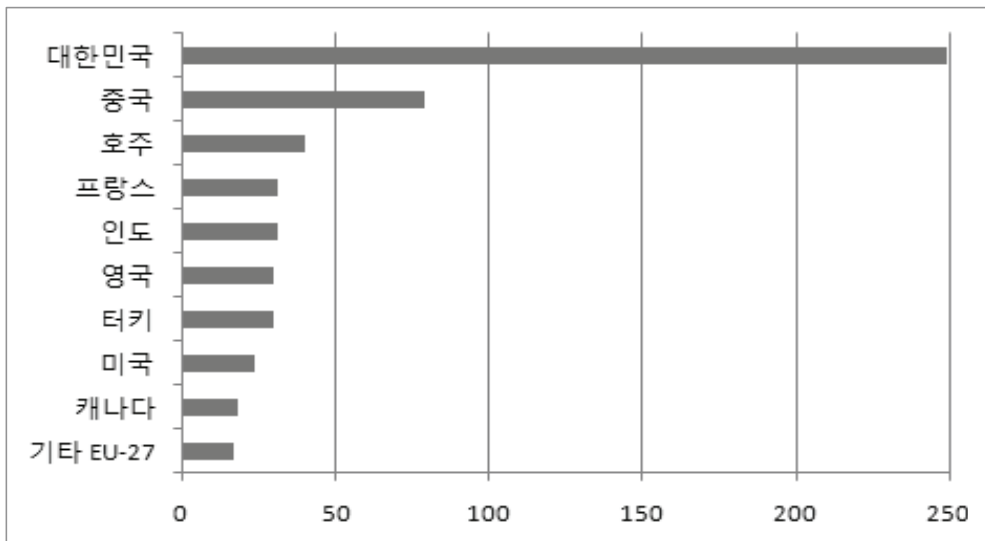
---

14) 이장규 외(2009)

## 2. 국내 신재생에너지 기술수준 분석<sup>15)</sup>

최근 우리나라 정부는 장기적으로 신재생에너지를 우리나라 주요 에너지 공급원으로 자리매김하겠다는 계획 아래 2030년 1차 에너지 소비의 11%를 신재생에너지로 공급하기 위하여 신재생에너지의 이용과 보급을 촉진하고 있다. 우리나라의 신재생에너지에 대한 연구와 개발은 1970년대 두 차례의 심각한 석유파동을 경험하면서 장기적이고 안정적인 에너지수급 기반조성의 필요성을 인식하고 주목을 받기 시작하였으며, 1980년 초반부터 이를 위한 연구활동을 체계화하기 시작하였다. 이후 1988년 「대체에너지개발촉진법」이 제정되어 태양광, 풍력 등 11개 신재생에너지 분야에 2009년 말까지 정부자금으로 9,606억 원을 투자하였으며, 그 결과 태양열온수급탕, 태양광발전, 바이오, 폐기물소각 및 폐열회수 등 66개 과제가 실용화되었다.

[그림 12] 최근 5년간 신재생에너지 설치용량 증가율(%)



자료 : 한국에너지기술평가원(2011) 재작성

1988년 본격적으로 시작한 신재생에너지 기술 개발은 1997년, 2003년, 2008년에 걸쳐 3차례 「신재생에너지 기술개발 및 이용·보급 기본계획」을 발표하면서 구체적인 공급 계획을 수립하였다. 제3차 기본계획에서는 신재생에너지의 보급을 1차 에너지 중

15) 에너지관리공단(2010), 한국에너지기술평가원(2011)

2015년 4.3%, 2020년 6.1%, 2030년 11.0%로 제시하고, 2020년 이전에 신재생에너지의 Grid Parity(화석연료 수준의 발전단가와 동일한 수준)를 달성할 것을 목표로 세웠다. 우리나라 정부는 2020년까지 화석연료 대비 모든 국산 신재생에너지원의 경제성 확보를 위하여 단계별, 에너지원별 기술개발 및 상용화 로드맵과 제품로드맵을 제시하고, 이에 따른 구체적인 경제성 확보시기를 전망하였다. 그 결과, 우리나라는 최근 5년 동안 설치용량 증가율 기준으로 249%라는 괄목할 만한 증가를 보였다[그림 12]. 여기서 더 나아가 2010~2024년 기간에 사업자건설의향 8,346.1MW에 RPS 건설전망 10,811.3MW를 포함하여 총 19,157.4MW의 신규 신재생에너지설비가 건설될 것으로 전망된다(한국에너지기술평가원, 2011).

우리나라는 신재생에너지 중 산업화 잠재력 및 기술 중요성을 고려하여 수소·연료전지, 태양광, 풍력 분야를 3대 중점분야로 선정하여 기술개발을 위한 투자를 집중하고 있다. 태양광 기술은 태양전지 기술, 소재 기술, 모듈 및 주변기기 기술, 시스템 기술로 구분되며, 2008년부터 본격적으로 개발이 추진되었다. 특히 모듈제조 핵심장비의 국산화와 차세대 박막 태양전지 개발에 집중해 왔다. 산업 측면에서는 결정질 실리콘 태양전지 중심으로 산업 규모를 증대하고 있으나, 기술 및 가격경쟁력의 지속적인 확보가 요구된다. 풍력발전 기술은 풍력발전시스템 기술과 시스템 운영 및 연계 기술로 구별되며, 대형풍력시스템 실증 및 핵심부품 국산화에 중점을 두고 있다. 특히 중공업계를 중심으로 풍력발전 시스템의 개발 및 상용화가 추진 중이며, 타워·부품 등 중간제품도 중소기업이 주축이 되어 세계시장에 진출하고 있다. 풍력 설비 대형화의 추세에 따라 설비 용량별 개발이 각각 추진 중<sup>16)</sup>이다.

소수력 기술은 자원조사 및 활용 기술, 계통보호 및 자동화 기술, 발전설비 국산화 및 표준화 기술, 성능평가 및 현대화 기술로 구분된다. 소수력 무인화설비 및 계통보호 기술은 2007년 실증사업을 수행하였으며, 국내 소수력발전소 9개소에 총 15기(설비용량 7,144kW)를 보급함으로써 소형 수차개발 및 발전 기술의 국산화를 도모하였다. 향후 소수력 발전은 소형화를 추진하고 소형시스템에 대한 저가화를 실현하는 방향으로 기술 개발을 추진하고 있다.

바이오에너지 기술은 수송용 바이오연료 생산 기술, 유기성 폐기물 생산 및 활용 기술, 목질계 바이오매스 활용 기술로 구분할 수 있다. 이 중 유기성 폐기물 생산 및 활용기술인 바이오가스 기술은 20톤/일급 축산분뇨 혐기소화 시설을 완공하여 사업

16) 750kW급(2007년 국산화 완료) → 2 또는 3MW(개발 후 실증 중) → 5MW급(개발 중)

의 가능성을 확인하였으며, 지방보급사업도 추진 중이다. 또한 2010년에는 바이오가스 저장조 및 전처리 설비 등의 국산화 기술개발이 착수되었고, 액화 및 반응조 실증 연구 등이 완료될 예정이다. 우드칩, 펠릿 등의 고형연료 생산기술과 가스화 기술이 주를 이루고 있는 목질계 바이오매스 활용기술 중 목질계 원료를 대상으로 한 가스화 실증 연구가 완료될 예정이다.

국내 신재생에너지 기술 중 태양열, 태양광, 바이오, 폐기물 에너지 분야의 핵심기술인 태양열 온수급탕기술, 독립형 태양광 발전기술, 바이오디젤, 폐기물소각 및 폐열 회수 기술은 선진국 수준에 근접하여 실용화 내지 상용화 단계에 진입한 반면, 수소 저장·이용기술 등은 아직 기초·응용 연구단계로 기술수준이 낮은 편이다. 국내 신재생에너지 기술 수준은 전반적으로 선진국의 77% 수준으로 평가되고 있으며, 태양광 87%, 풍력은 81%, 수소연료전지는 63~78% 수준이다[표 14].

[표 14] 우리나라 8대 재생에너지 기술수준의 주요 선진국과의 비교

| 구분  | 국내 기술수준                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 선진국 기술수준                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 태양광 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 결정질 실리콘계 태양전지 기술의 국산화 확보 완료 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 폴리실리콘-잉곳·웨이퍼-태양전지-모듈시스템 국내 일괄 생산기반 구축</li> </ul> </li> <li>• 박막형 태양전지는 국산기술 확보를 위한 핵심원천기술 개발 추진 중</li> <li>• 각종 독립형 시스템 및 운전패턴에 대응한 연축전지 개발 완료</li> <li>• 대형발전소 설계, 운영기술 확보</li> <li>• BIPV 시공기술 상용화</li> </ul>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 미국, 일본, 유럽 등 선진국을 중심으로 고효율 저가 태양전지 산업화 완료 및 기술선점 경쟁 심화</li> <li>• 일부 박막 태양전지 산업화 완료</li> <li>• 미국은 첨단기술의 전략적 개발과 시장개척 및 상업화 지원</li> <li>• 일본은 정부 주도의 상용화 기술 개발과 보급 촉진 및 수출시장 확대</li> <li>• 유럽은 분야별 컨소시엄 또는 EU를 통한 기술개발 및 실증시험 등 공동 수행</li> </ul> |
| 풍력  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 육상용 중대형 풍력발전시스템 개발완료 및 상용화 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 3MW급 시스템 개발완료, 실증 중</li> <li>- 5MW급 대형 해상 풍력발전기 개발 중</li> <li>- 주요 핵심부품 개발 중</li> </ul> </li> <li>• 시스템 설계 및 성능평가 기술 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시스템 설계 관련 핵심기술 해외 설계업체 컨설팅 의존</li> <li>- 성능평가 핵심기술 미보유</li> </ul> </li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 주요 선진국은 대형의 상용화 구현</li> <li>• 풍력 발전시스템의 대형화(3MW 이상) 및 해상 풍력단지 건설 증가 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 6MW급 용량 시스템 설계 및 제작기술 상용화</li> <li>- 부유식 풍력발전기 설계기술 확보 및 2, 3MW 실증 중</li> </ul> </li> <li>• 시스템 성능 평가기술 고도화</li> </ul>              |

|     |                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 바이오 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 농가형 축산분뇨 메탄가스 처리공정 개발 실증착수</li> <li>• 매립지가스 이용 기술개발 완료</li> <li>• 바이오디젤은 상용 생산공정 확보 단계이며, 보급 활성화를 위해 BD5, BD20 형태로 보급 중</li> </ul>                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 유럽, 일본, 미국 등은 메탄발효 기술과 유기폐기물의 혐기처리 기술 상용화</li> <li>• 미국은 바이오매스 연소 및 가스화 발전 10GW 보급</li> <li>• 독일은 농가형 혐기소화 플랜트 4,000기 보급</li> </ul>                                                     |
| 태양열 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 태양열온수기는 기술개발 완료하여 2009년 말 기준 85,830㎡, 태양열냉난방설비는 4,549㎡ 보급</li> <li>• 태양열발전 부문은 Dish형 및 타워형 태양열발전 연구 수행 중</li> </ul>                                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 태양열온수기는 미국과 일본은 시장성숙단계로 각각 300만대, 500만대를 보급</li> <li>• 태양열발전은 미국 캘리포니아에서 365MW의 발전설비가 상업 운전 중이며, 유럽은 7MW, 4MW 파워 타워를 운영 중임.</li> </ul>                                                  |
| 폐기물 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 대형도시 쓰레기 및 생활폐기물 소각시설로부터 약 700만 Gcal 에너지 회수</li> <li>• RDF 제조기술은 상용화 단계이며, RDF 활용(열병합발전 등) 기술은 실증연구 수행 중임.</li> <li>• 폐플라스틱 열분해 유화는 실증 연구 단계이며, 가스화는 기술개발 추진 중</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 미국은 25개 이상의 RDF 제조 시설과 30여개의 RDF-석탄 혼합 발전소 운영 중</li> <li>• 독일은 RDF 300만 톤/연 생산 중이며, 폐플라스틱 상용규모 열분해 유화시설 실증완료</li> <li>• 일본은 중소형 소각로를 RDF 생산 시설로 대체하고 있으며, 상용규모 열분해 유화시설 가동 중</li> </ul> |
| 지열  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 경제성 확보를 위한 지열히트펌프 냉난방시스템 개발 및 지중열 교환기 효율향상 기술개발 중</li> <li>• 이미 설치·운전되고 있는 건물의 지열이용시스템에 대한 성능평가 및 효과측정 실증 중</li> </ul>                                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 미국은 지열협회를 중심으로 연구를 시작하여 1980년대부터 실용화 보급을 실시</li> <li>• 지열발전설비는 미국, 필리핀, 유럽 등지에서 2007년말 기준 9,737MW에 가동 중이며, 미국, 유럽을 중심으로 관련기술 개발 중</li> </ul>                                            |
| 소수력 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 중·저 낙차 프란시스수차 개발 및 실증 완료</li> <li>• 패키지형, 수도관 차압용 수차 개발 중</li> </ul>                                                                                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 수차의 표준화 개발 완료</li> <li>• 전 세계적으로 매우 광범위하게 운영되고 있음.</li> </ul>                                                                                                                           |
| 해양  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 254MW급 시화호 조력발전 건설 추진 중</li> <li>• 조류 및 파력 이용 발전장치 개발 중</li> </ul>                                                                                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 일본은 540kW급 파력발전 개발, 100kW급 온도차발전 가동 중</li> <li>• 프랑스 240MW급 조력발전 운영 중</li> </ul>                                                                                                        |

자료 : 에너지관리공단(2010)

최근 우리나라의 신재생에너지 분야는 정부의 지원을 바탕으로 기업의 신규 참여와 투자가 대폭 확대되어 새로운 가치사슬(value chain)이 구축되고 산업생태계가 이미 형성된 상태이다. 신재생에너지 분야 민간투자도 대폭 확대되어 2007년 약 1조원에서 2009년 약 3조원, 2010년 약 4조원 규모의 투자가 이루어졌다.

원별로 살펴보면 태양광 분야에서는 우리나라의 반도체와 LCD 산업 경쟁력을 바탕으로 폴리실리콘, 잉곳·웨이퍼, 셀, 모듈, 발전시스템까지 일괄 생산체제를 구축하였고, GW 규모의 생산시대에 진입하였다. 또한 소재·셀·모듈 등 태양광 생산 전 단계 수출이 꾸준히 증가하고, 최근에는 장비 및 발전소 공사 수주도 증가하고 있는 추세이다. 풍력은 조선, 중공업 등 대기업의 참여가 가속화되고 있다. 특히 타워·부품 등 중간 제품은 중소·중견 기업이, 그리고 시스템 완제품은 대기업이 맡아 상생하는 중소·대기업의 동반성장 분야로 성장하고 있다.

### 3. KOICA 신재생에너지 분야 지원 현황

KOICA는 1992년 “네팔 모디강 수력발전소 실시설계” 사업을 필두로 신재생에너지 분야 사업을 지원해 왔다. 1991~2010년 기간에 지원된 사업을 기준으로 한 KOICA의 신재생에너지 분야 사업 지원 현황이 [표 15]에 정리되었다. 이 사업들의 지원규모는 총 약 330억 원에 달한다.

신재생에너지 분야는 KOICA가 주력하여 지원해 온 분야가 아니었다. 따라서 2000년대 중반까지 소수력발전에 국한되어, 본 사업이 아닌 주로 사전조사, 타당성조사, 실시설계에 한정되어 지원되어 왔다. 이처럼 제한적으로 지원된 이전의 지원 양상은 2000년대 중반 들어서 아프가니스탄과 이라크의 소수력발전소 건립 본 사업의 지원을 시작으로 지원규모가 크게 증가하였다. 또한 2009년부터 KOICA가 동아시아기후파트너십<sup>17)</sup>을 집행하기 시작하면서 신재생에너지 분야의 지원이 본격화되었으며, 소수력 이외에도 태양광, 폐기물에너지, 연료전지 등 신재생에너지원의 종류도 다양해졌다.

17) East Asia Climate Partnership(EACP) : 2008년 7월 일본 토야코에서 열린 G8 정상회담에서 아시아의 기후변화 대응능력을 강화하고 파트너 국가와의 협력을 강화하기 위해 우리나라가 국제사회에 제안한 이니셔티브. 이를 위해 우리나라는 2008년부터 2012년까지 5년간 총 2억 불(약 2,000억 원)의 자금으로 프로젝트, 초청연수, 포럼개최 등을 지원하기로 하였다. EACP는 동아시아뿐 아니라 중앙아시아, 남아시아, 동남아시아, 태평양 도서국까지 아시아 전역의 31개 국가를 대상으로 물, 저탄소에너지, 저탄소도시, 산림, 폐기물 분야에 대한 지원을 하고 있다.

[표 15] KOICA의 신재생에너지 지원 사업 목록

| 종 류   | 사 업 명 (사업기간)                                  |
|-------|-----------------------------------------------|
| (소)수력 | 네팔 모디강 수력발전소 실시설계('92~'94)                    |
|       | 라오스 타드살렌 소수력발전소건설 타당성조사('96~'97)              |
|       | 네팔 차멜리야 수력발전소 사전조사('99)                       |
|       | 네팔 차멜리야 수력발전소 건립 실시설계('00~'02)                |
|       | 아프간 이스탈리프 소수력발전소 건립사업('04~'08)                |
|       | 이라크 아르빌 소수력발전소 건립사업('07)                      |
|       | 타지키스탄 흐름식 수력발전소 타당성조사 및 설치사업('09~'11)         |
|       | 코트디부아르 수력발전소 건설 타당성 조사('10~'11)               |
| 태양광   | 스리랑카 500kW급 계통연계형 태양광 발전사업('09~'10)           |
|       | 방글라데시 태양광 관개시설 펌프 및 태양광 홈시스템 개발사업('09~'11)    |
|       | 캄보디아 독립형 태양광 발전소 건립사업('09~'11)                |
|       | 지부티 태양광 발전설비 지원사업('10~'11)                    |
|       | 에콰도르 갈라파고스 태양광발전소 건립사업('10~'12)               |
| 바이오   | 인도네시아 팜오일 폐잔재를 활용한 바이오에너지 및 부산물 생산사업('09~'10) |
|       | 인도네시아 한-인니 산림바이오매스 개발모델 협력사업('09~'11)         |
| 기타    | 인도네시아 연료전지 발전소 건립 시범사업('09~'11)               |
|       | 피지 재생에너지 개발 프로젝트('09~'12)                     |
|       | 짐바브웨 태양열 온수시스템 설치사업('10~'11)                  |

자료 : KOICA 통계사이트 자료 정리

### 3.1 (소)수력<sup>18)</sup>

KOICA 신재생에너지 분야의 첫 사업인 수력발전소 실시설계 사업이 수행된 네팔은 연 40,000MW라는 세계 제2위의 포장수력을 자랑할 정도로 풍부한 수력자원을 보유하고 있지만, 전력 생산이 불안정해 매년 건기 때마다 제한 송전이란 어려움을 겪고 있다. 네팔 정부는 부족한 전력여건을 개선하면서 경제 발전의 기반을 다지기 위해 모디강(Modi Khola) 수력발전소를 건설하기로 하고, 이를 위한 실시설계 사업을 우리나라에 요청하였다. KOICA는 1992~1994년 기간 동안 71만 불 규모의 “네팔 모디강 수력발전소 실시설계 사업”을 통해 모디강 수력발전소 건설의 타당성조사를 실시

18) 김진오 외(2009)

하고, 공사 착수를 위한 실시설계 수립 및 공사 시방서와 입찰 제반 서류 등을 준비하였다. 동 사업의 결과를 바탕으로 네팔 정부의 자체 재원과 우리나라 ‘대외경제협력 기금(EDCF)’으로 모디강 수력발전소를 건설하여 2000년 9월에 본격적인 발전을 시작하면서 네팔 서부 전역에 원활한 전력공급이 가능하게 되었다. 그 결과, KOICA는 우리나라의 우수한 수력발전소 설계기술로 산악국가에 적합한 중소 수력발전소의 모델을 제시했다는 평가를 받기도 했다. 이 사업의 성공을 계기로 네팔 정부는 네팔 서부지역 차멜리야(Chameliya) 강에 30MW급 수력발전소를 건설하는 데 필요한 실시설계와 시공 입찰 관련 서류를 작성하기 위한 수력발전소 실시설계 사업을 우리나라에 요청하였다. KOICA는 2000~2002년까지 95만 불 규모로 차멜리야 수력발전소 건설을 위한 타당성을 재검토하고, 현지 지형·지질·송전선 등의 조사를 실시하였다. 아울러 수력발전소 및 도로와 교량 등 부대시설에 대한 실시설계 및 실제 공사를 위한 입찰서류의 준비도 수행하였다. 또한 수력발전의 기술전수를 위해 우리 전문가를 현지에 파견하고, 관련자의 국내초청연수를 실시하였다.

네팔의 수력발전소 건설을 위한 타당성조사 및 실시설계 사업과 유사한 사업이 라오스에도 지원되었다. 항상 전력난에 시달리고 있는 라오스 세폰 주민들에게 전기를 공급하기 위하여 라오스 정부는 타드살렌의 풍부한 수자원을 이용해 소수력 발전소를 건설하기로 하고, 이에 대한 타당성조사를 우리나라에 요청해 왔다. KOICA는 1996~1997년 기간 동안 18만 3천 불을 투자하여 수문과 기상, 사회경제 및 환경, 지형·지질·전력 여건 등을 조사하고 대안별 기본설계와 공사비 산정 결과를 작성하였다.

수력발전소 건설을 위한 타당성조사 및 실시설계에서 머무르지 않고, KOICA는 2004~2006년까지 300만 불을 투입하여 아프가니스탄에서 개발 가능성이 높고 관광산업의 잠재력이 높은 지역인 이스타리프에 수력 발전을 개발하여 전력을 공급하기로 하였다. 2006년 발전소가 준공되었지만 현지 공무원들과 관리자들이 소수력 발전 분야 기술 수준이 낮은 점을 감안하여, 전반적인 분야에 대한 교육 및 사후관리도 지원하여 사업의 지속성을 유지하도록 하였다.

### 3.2 태양광

KOICA의 태양광 분야 사업은 동아시아기후파트너십의 일환으로 지원된 “스리랑카 500kW급 계통연계형 태양광발전사업”, “방글라데시 태양광 관개펌프 및 홈시스템 지

원사업”, “캄보디아 독립형 태양광발전소 건립사업”을 시작으로 점차 확대되고 있다.

스리랑카 동력에너지부 산하의 지속가능에너지청(Sustainable Energy Authority)은 스리랑카의 지속가능 에너지원 개발목표와 맞물린 태양광 발전의 기초 정책자료를 생성하기 위한 시범사업인 “500kW급 계통연계형 태양광발전사업”을 2009년 우리나라 동아시아기후파트너십 사업으로 요청하였다. 스리랑카 남동부 해안지역인 함반토타 바루탄칸다의 에너지파크에 들어선 동 사업은 2011년 5월에 완료되었다. 우리나라는 태양광 모듈, 인버터 및 모니터링 설비 등 주요 기자재 일체를 제공하고, 모듈 지지대 설치 및 조립, 케이블 및 인버터 설치 등의 태양광 시스템을 통합 지원하였다. 또한 발전소 건립 과정에서 동 사업을 총괄하고 유지·관리 기술을 지원할 전문가들을 파견하고, 동시에 스리랑카 공무원, 기술실무자들을 국내에 초청하여 연수를 실시함으로써 관련 기술을 이전하고자 하였다. 스리랑카도 부지 제공 및 정리, 배수로 건설, 전기실 건축, 치안시설 설치, 국가전력망 연결 등 많은 부분을 담당하여 수행하였다. 동 사업을 통해 스리랑카는 지속가능에너지 확대를 위한 태양광에너지 발전차액 지원제도의 기초자료를 생성하고, 상업적 규모의 파일럿 프로젝트를 이행함으로써 태양광에너지 시장기반을 마련하고자 하였다.

방글라데시는 빈번한 홍수, 열대성 사이클론, 태풍, 가뭄 등으로 세계에서 가장 기후 변화에 취약한 국가로 알려져 있다. 뿐만 아니라 전력 사정도 매우 열악하여, 방글라데시 국가 전체 전력화 비율은 41%, 농촌전력화 비율은 28%에 그치는 형편이다. 전기가 보급되는 지역이라 할지라도 전기 공급이 불안정하여 정전이 자주 발생하기 때문에, 방글라데시 국민들의 삶의 질과 생산성이 악화되고 있다. 이에 방글라데시는 국가 차원에서 전기 공급의 확대와 안정화에 주력하고 있으며, 특히 이를 기존의 주 에너지원인 천연가스보다 태양광, 바이오가스 등 지속가능한 에너지원으로 실현하고자 한다. 이와 같은 방글라데시 국내 여건과 우리나라 동아시아기후파트너십의 취지에 부합하는 “방글라데시 태양광 관개펌프 및 홈시스템 개발사업”을 방글라데시 농촌전력화위원회(Rural Electrification Board)가 KOICA에 요청하였다. 동 사업은 방글라데시 코밀라, 파브나, 마닉간즈, 마이멘싱, 라즈샤히, 모울비바자르, 시라즈곤즈 의 7개 지역에서 전기가 공급되지 않는 마을에 태양광 관개펌프 20대와 홈시스템(SHS) 1,250대를 지원하는 내용이다. 이를 위해 우리 측은 태양광 모듈, 인버터 및 모니터링 설비 등의 태양광 주요 기자재와 심정펌프 및 유량계 등의 기자재를 지원하고, 태양광 관개펌프 시스템의 설치를 지원한다. 아울러 태양광 시스템의 운영과 관리를 담당할

인력의 국내초청연수도 실시하였다. 방글라데시 측은 대상 부지 및 해당 가구의 선정, 태양광 홈시스템의 설치 등을 담당한다.

## 제6장. KOICA 협력대상국 분석

국가마다 다른 전력보급 사정과 자연자원 잠재량 등을 고려하여, 농촌전력화 프로그램을 시급하게 필요로 하는 KOICA 협력대상국들을 파악하고자, 본 장에서는 농촌 전력화 프로그램의 필요성을 진단할 수 있는 기준들을 도출하고 이에 따른 국가군 분류를 실시한다. 이를 통해 농촌전력화 프로그램이 필요한 국가들에 대한 전체적인 이해를 돕고, 더 나아가 각 지역과 국가들이 보이는 여건과 특수성에 대해 진단하고자 하였다.

### 1. 국가군 분류

농촌전력화 프로그램 지원 시, 우선적으로 고려해야 하는 사항은 해당 국가가 농촌 전력화 프로그램을 필요로 하는지 여부를 파악하는 것이다. 전력화 프로그램이 필요하다고 판단된 경우, 이들 대상 국가들의 전력에 대한 수요 및 특성을 조사, 분석하여 그 결과를 각 국가별 프로그램의 설계 시 적용해야 한다.

이를 위해 본 연구에서는 KOICA 무상협력 중점 및 일반 협력 국가들을 대상으로 하여 농촌전력화 프로그램의 필요 여부를 분석하였다. 분류는 기존의 협력국과 2010년 새로 선정된 협력국을 대상으로 [표 16]의 60개 국가에 대해서 실시하였다.

[표 16] KOICA 무상협력 중점 및 일반 협력국

| 지역(국가 수)     | 국 가                                                                                                                   |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 아시아<br>(16)  | 네팔, 동티모르, 라오스, 몽골, 미얀마, 방글라데시, 베트남, 스리랑카, 아프가니스탄, 인도네시아, 중국, 캄보디아, 파키스탄, 파푸아뉴기니, 피지, 필리핀                              |
| 아프리카<br>(21) | 가나, 나이지리아, 르완다, 마다가스카르, 모로코, 모잠비크, 세네갈, 수단, 알제리, 앙골라, 에티오피아, 우간다, 이집트, 잠비아, 카메룬, 짐바브웨, 케냐, 코트디부아르, 콩고민주공화국, 탄자니아, 튀니지 |
| 오세아니아<br>(1) | 솔로몬군도                                                                                                                 |

|                 |                                                                    |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------|
| 중남미<br>(11)     | 과테말라, 니카라과, 도미니카공화국, 볼리비아, 에콰도르, 온두라스, 엘살바도르, 자메이카, 콜롬비아, 파라과이, 페루 |
| 중동<br>(5)       | 예멘, 요르단, 이라크, 이란, 팔레스타인                                            |
| 동구 및 CIS<br>(6) | 아제르바이잔, 우즈베키스탄, 우크라이나, 카자흐스탄, 키르기스스탄, 투르크메니스탄                      |

자료 : KOICA

본 연구와 같은 농촌전력화 프로그램 설계를 위한 국가군 분류의 국내·외 사례는 찾을 수 없었다. 대신에 에너지 및 기후변화 이슈와 관련하여 국가들을 그룹별로 분류한 사례<sup>19)</sup>는 주로 온실가스 감축 의무의 부여를 위한 국가군 분류의 경우에서 찾아볼 수 있다. 이 때 사용한 분류 기준은 총 국가 온실가스 배출량, 탄소집중도(인구 일인당 배출량, GDP당 배출량), 전 세계 배출량 중 점유 비율, 배출 증가율, 인구 일인당 GDP, 인간개발지수(HDI), 누적 배출량 및 기후취약성 지수 등이었다.

본 연구는 기존 사례연구에 사용된 분류 기준과 연구 목적 모두를 감안하여 i) 농촌전력화 비율, ii) 농촌과 도시 전력화 비율 차이, iii) 인간개발지수의 세 가지 요소를 농촌전력화 프로그램이 필요한 국가들을 구분하기 위한 기준으로 지정하였다. 협력국가들 중 위의 세 분류기준에 대한 변수 값을 모두 가지고 있어 분석이 가능한 국가들은 총 43개<sup>20)</sup> 국가들이었다.

농촌전력화가 필요한 국가군들을 분류하기 전에 분류기준들의 기술통계분석[표 17]과 상관분석[표 18]을 통해 분류기준들에 대한 세부 검토를 실시하였다. 이들의 평균 농촌전력화 비율은 45.6%이었으며, 도·농 간 전력화비율은 평균 33.3%의 차이가 나는 것으로 나타났다. 또한 평균 2010 인간개발지수는 0.540으로서, 세계 평균 HDI 0.624와 비교할 때 분석대상국들의 기본적인 삶의 질이 낙후한 것을 알 수 있었다. 분류기준들의 상관분석 결과, 농촌전력화 비율은 도·농 간 전력화 비율 차이와 음의 상관관계가, 인간개발지수와는 양의 상관관계가 있었다. 이 결과는 특정 국가 농촌지역에 전기 보급률이 높을수록, 도시와의 전기 보급률 차이는 적으면서 인간의 기본적인 삶의 질 수준은 높은 현상을 설명하고 있다.

19) Ott *et al.*(2004), Hoehne *et al.*(2005), IGES(2008), Egenhofer *et al.*(2008) 등

20) 협력국 60개 국가들 중 아프가니스탄, 파푸아뉴기니, 피지, 르완다, 마다가스카르, 잠비아, 짐바브웨, 코트디부아르, 솔로몬군도, 이라크, 팔레스타인, 아제르바이잔, 우즈베키스탄, 우크라이나, 카자흐스탄, 키르기스스탄, 투르크메니스탄은 자료 부재로 분석 불가

[표 17] 분류기준들의 기술통계분석

| 변수              | 평균     | 표준편차   | 관측치 개수 |
|-----------------|--------|--------|--------|
| 농촌전력화 비율        | 45.64% | 34.40% | 43     |
| 도·농 간 전력화 비율 차이 | 33.33% | 22.48% | 43     |
| 인간개발지수          | 0.54   | 0.13   | 43     |

[표 18] 분류기준들의 상관분석 결과

| 변수              | 농촌전력화<br>비율 | 도·농 간 전력화<br>비율 차이 | 인간개발지수 |
|-----------------|-------------|--------------------|--------|
| 농촌전력화 비율        | 1.00        | .                  | .      |
| 도·농 간 전력화 비율 차이 | -0.68       | 1.00               | .      |
| 인간개발지수          | 0.80        | -0.32              | 1.00   |

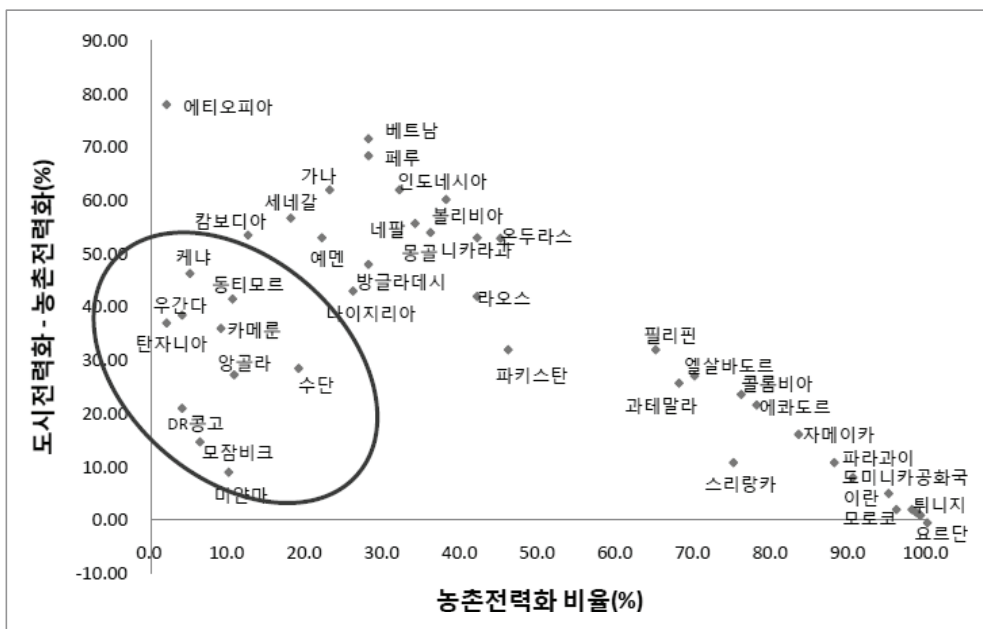
아울러, 본 연구에 사용된 세 가지 분류기준들에 대한 데이터를 모두 가지고 있지 않은 관계로 이번 분석대상에서는 누락되었지만, 부분적으로 데이터를 보유하고 있는 국가들의 여건을 살펴보았다. 이들 중 아제르바이잔, 우즈베키스탄, 우크라이나, 카자흐스탄, 키르기스스탄, 투르크메니스탄의 CIS 국가들은 국가 전체 전력화 비율이 2005년 기준으로 모두 100%를 기록하였으며, 인간개발지수도 세계 평균 HDI를 약간 상회하는 정도(0.6~0.7)인 것으로 나타나, 다른 분석대상 국가들에 비해 전력상황이나 전체적인 개발지수가 비교적 양호한 것으로 나타났다. 그러나 이 지역 국가들의 기초 인프라는 주로 구소련 시대에 구축한 노후화된 설비들로 이루어져 있어서, GDP당 에너지사용으로 계산되는 에너지원단위(energy intensity)가 높은 편이다. 특히 우즈베키스탄과 카자흐스탄의 에너지원단위가 매우 높은 것으로 조사되었다. 따라서 이 지역의 에너지 부문을 위해서는 전력의 확대 보급보다 온실가스 감축이나 환경개선을 위해서 에너지 효율 개선을 중심으로 접근해야 한다.

이외에 부분적인 데이터가 있는 르완다와 솔로몬군도는 전체 전력화 비율이 각각 6.0%(2005년 기준), 15.0%(2004년 기준)이고, 2010년 인간개발지수는 각각 0.385와 0.494인 것으로 조사되었다. 따라서 이 두 국가들은 전력화 상황을 비롯한 국가 전체 개발 정도가 매우 열악한 것으로 분류되며, 따라서 본 연구의 대상 국가는 아니지만 농촌전력화 사업이 필요한 국가군으로 고려될 수 있다.

각 분류기준들에 대한 국가들의 현황을 산포도를 통해 살펴보았다. [그림 13]은 대

상 국가들의 농촌전력화비율과 도·농 간 전력화비율의 차이에 대한 분포를 나타내고 있다. 그림에서 음의 선형 관계에서 벗어나 타원표시 안에 속하게 된 국가군들을 제외하고는 농촌전력화 사정이 좋지 않을수록 도시와의 전력보급 정도의 차이도 큰 양상을 확인할 수 있다. 이러한 추세는 농촌전력화 비율이 높은 국가들일수록 확연하게 증명되어, 농촌전력화비율과 도시와의 전력화비율 차이가 강한 음의 상관관계를 보인다. 구체적으로 살펴보면, 농촌지역에 대한 전력보급이 똑같이 열악하더라도, 에티오피아, 가나, 베트남 등의 국가들은 도시 지역에 전력이 비교적 양호하게 공급되어 도·농 간 전력화비율의 차이가 큰 반면, 콩고민주공화국, 모잠비크 등 대부분의 아프리카 국가들과 미얀마 등은 도시와 농촌 지역 모두에 대한 전력 공급이 충분치 않음을 알 수 있다.

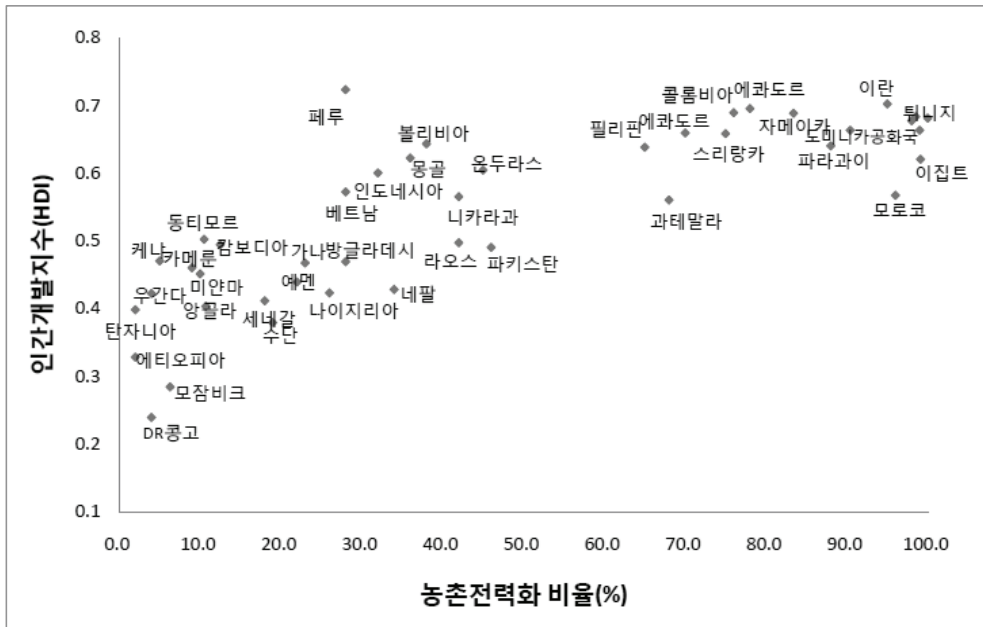
[그림 13] KOICA 협력대상국들의 농촌전력화비율과 도·농간 비율 차 분포도



한편, [그림 14]는 농촌전력화비율과 인간개발지수에 대한 각 국가들의 현황을 보여 준다. 도시 및 농촌의 전력 사정이 모두 안 좋은 국가군들의 영향으로 음의 선형관계에서 예외적인 사례들이 존재하였던 [그림 13]에 비해 [그림 14]는 농촌전력화비율과 인간개발지수 사이의 완만한 양의 상관관계가 존재하는 것을 증명한다. 여기에서도 콩

고민주공화국, 에티오피아, 모잠비크 등 아프리카 국가들의 농촌전력화 사정과 기본적인 삶의 질 수준이 모두 열악한 현실을 확인할 수 있다. 전반적으로 북아프리카, 남미, 중동 지방의 전력사정은 양호한 반면, 북아프리카를 제외한 아프리카와 아시아 지역의 전력사정이 열악한 것으로 파악되었다.

[그림 14] KOICA 협력대상국들의 농촌전력화비율과 인간개발지수 분포도



KOICA의 협력국가들 중 분류기준 데이터가 모두 있는 국가들을 대상으로, 농촌전력화가 필요한 국가군들을 분류해 내기 위하여 k-means 군집분석(Cluster Analysis)을 실시하여 두 개의 그룹으로 분류하였다. k-means 군집분석은 각 개체의 유사성을 측정하여 서로 유사성이 높은 그룹끼리 분류하는 통계분석방법이다. 필요한 데이터를 모두 보유하고 있는 국가들을 대상으로 분석한 결과, 농촌전력화비율이 낮으면서 도·농 간 전력화비율 차이가 크고, 기본적인 인간 삶의 질도 상대적으로 낮아서 농촌전력화 프로그램이 필요한 그룹(그룹 1)과 상대적으로 그렇지 않은 그룹(그룹 2)으로 분류되었다[표 19]. 농촌전력화 프로그램이 시급한 국가군들의 농촌전력화 비율은 평균 21.36%이며, 도시와는 평균 45.37%의 차이를 보이고 있다. 이 국가군들의 평균 인간개발지수는 0.47인 것으로 집계되었다. 반면, 상대적으로 농촌전력화가 시급한 상

황이 아닌 국가군들의 전력화는 평균 86.21% 정도 이루어져 있으며, 도시와의 차이는 약 11.73%이다. 이들의 인간개발지수는 농촌전력화가 시급한 국가군들에 비해 높아, 평균 0.66으로 분석되었다.

[표 19] 농촌전력화 프로그램 필요 여부 판단을 위한 군집분석 결과

| 구 분  | 농촌전력화<br>비율(%) | 도·농 간 전력화<br>비율 차이(%) | 인간개발지수<br>(HDI) |
|------|----------------|-----------------------|-----------------|
| 그룹 1 | 21.36          | 45.37                 | 0.47            |
| 그룹 2 | 86.21          | 11.73                 | 0.66            |

구체적으로 모두 28개 국가들이 농촌전력화 프로그램이 필요한 것으로 분류되었다 [표 20]. 농촌전력화를 필요로 하는 국가들이 가장 많은 지역은 아프리카로서, 모두 13개국에 이에 해당되었다. 이 결과는 각 국가들의 전력화 사정을 한 눈에 확인할 수 있도록 도식화된 [그림 13]의 내용과도 상통한다. 농촌전력화비율 데이터가 보고되지 않은 동구 및 CIS 국가들은 농촌 지역의 전력부족 문제보다 에너지효율 개선이 더 시급한 사안인 것으로 조사되어, 이번 결과에서는 농촌전력화 프로그램이 필요한 국가로 분류되지 않았다.

[표 20] 농촌전력화 프로그램이 필요한 KOICA 협력대상국 도출 결과

| 지역(국가 수)     | 국 가                                                                    |
|--------------|------------------------------------------------------------------------|
| 아시아<br>(10)  | 네팔, 동티모르, 라오스, 몽골, 미얀마, 방글라데시, 베트남, 캄보디아, 인도네시아, 파키스탄                  |
| 아프리카<br>(13) | 가나, 나이지리아, 르완다, 모잠비크, 세네갈, 수단, 앙골라, 우간다, 에티오피아, 카메룬, 케냐, 콩고민주공화국, 탄자니아 |
| 중남미<br>(4)   | 니카라과, 볼리비아, 온두라스, 페루                                                   |
| 중동<br>(1)    | 예멘                                                                     |

## 2. 지역별·국별 농촌전력화 및 신재생에너지 여건 분석

본 절은 분석대상을 크게 동남아시아, 남아시아, 아프리카로 구분하여 전반적인 농촌전력화 및 신재생에너지 여건을 분석하였다. 지역별 사회경제 및 에너지 여건과 신재생에너지 잠재성이 [표 21]에 정리되었다. 물론 동일한 지역 내의 국가들끼리도 농촌전력화와 관련된 여건은 매우 다를 수 있지만, [표 21]은 전체적인 지역 여건의 이해를 돕고 있다.

[표 21] 지역별 농촌전력화 관련 여건 비교

| 지역      | 사회경제적 여건                                                                                                          | 에너지 이슈                                                                                                         | 재생에너지 잠재성                                                                                                                   |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 동남아시아   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1980, 1990년대 급속한 경제성장</li> <li>• 재생에너지 촉진을 위한 정책 수행</li> </ul>           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 급속한 경제성장으로 인한 에너지소비 증가</li> </ul>                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 풍부한 바이오매스 자원</li> <li>• 필리핀, 인도네시아의 지열 잠재성 우수</li> <li>• 활발한 민간, NGO 활동</li> </ul> |
| 중앙아시아   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 계획경제에서 시장경제로 체제전환</li> <li>• 대부분의 인프라는 구소련 시대에 구축됨.</li> </ul>           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 경제적 우선순위로 에너지 공급의 남용</li> <li>• 노후한 설비의 사용으로 에너지의 비효율적인 사용</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 가축 배설물로 바이오가스 생산</li> <li>• 중국과의 접경 지대에서 풍력발전 잠재성 우수</li> </ul>                    |
| 서남아시아   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 절대빈곤 및 인구증가</li> <li>• 산림자원의 감소와 고갈</li> </ul>                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 석탄 연료와 노후한 생산설비의 사용으로 비효율적인 에너지 사용</li> </ul>                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 바이오매스 발전의 촉진</li> <li>• 세계 5위의 풍력 잠재력(인도)</li> <li>• 지열자원의 잠재성 (인도)</li> </ul>     |
| 아프리카    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 부채의 증가 및 경제적 붕괴</li> <li>• 사막화 진전 및 산림자원 고갈</li> <li>• 물환경 악화</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 목재용 산림자원 별채</li> <li>• 도시인구의 증가로 인한 에너지수요 급증</li> </ul>               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 풍부한 태양 방사열</li> <li>• 가축배설물로 바이오매스 잠재성</li> <li>• 소수력 잠재성</li> </ul>               |
| 라틴 아메리카 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 특정 일차산물 수출에 의존하는 취약한 경제구조</li> <li>• 산림자원의 감소와 고갈</li> </ul>             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 자연자원의 고갈</li> <li>• 도시인구의 증가로 인한 에너지수요 급증</li> </ul>                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 풍부한 바이오매스 자원</li> </ul>                                                            |

자료 : JICA(2006)

## 2.1 동남아시아

약 2억 명의 동남아시아 사람들이 전기를 사용하지 않고 살아가고 있다. 특히 캄보디아와 네팔의 농촌지역 전력보급률이 매우 낮다. 동남아시아 지역에서 전력망이 아직 보급되지 않은 지역은 대체적으로 인구밀도가 높아서 전력선 확장과 같은 계통연계형도 효율적인 방안으로 고려될 수 있다.

동남아시아는 전반적으로 수력 잠재량이 풍부하기 때문에 재생에너지 중에서 소수력 발전의 개발이 유망하다. 또한 주요 생계수단인 농업활동으로 얻어지는 농작물 부산물 또는 가축의 배설물에 의해 바이오매스 발전의 잠재력도 큰 편이다.

### 가. 베트남<sup>21)</sup>

석탄, 천연가스 등의 에너지 자원을 보유하고 있으나, 최근 급격한 경제성장으로 인한 전력 수요의 급증으로 수력, 석탄, 천연가스에 의존하는 현재의 전력 생산 방식에 한계점을 보이고 있다. 이에 베트남 정부는 에너지 안보와 지속적인 성장을 위해 신재생에너지의 중요성을 인식하고, 주요 산업 에너지 중 신재생에너지 비율을 2020년 5%, 2050년에는 11%까지 증가시키려고 한다.

베트남에서 유망한 신재생에너지원은 수력, 풍력, 태양, 바이오매스 등으로 정리할 수 있다. 특히 길이가 10km 이상인 강과 수원지가 2,000개 이상이며, 이론적으로 약 3,000억kWh의 잠재량을 갖고 있는 수력발전의 잠재성이 상당히 높은 것으로 평가된다. 또한 해안선이 길고 적도에 가까운 지리학적 특성상, 동남아시아 국가들 중에서 풍력과 태양 에너지의 잠재성이 높은 것으로 분석된다. 또한 주요 산업이 농업인 관계로 농업 생산에서 얻어지는 잔여물과 장작 등으로부터 풍부한 바이오매스 자원의 획득도 가능하다.

### 나. 필리핀<sup>22)</sup>

약 7,000여 개의 섬으로 이루어져 있는 필리핀은 풍력, 수력, 지열, 태양 에너

---

21) 대한무역투자진흥공사(KOTRA)(2010)

22) 필리핀 환경자원부(2010)

지와 바이오매스 자원이 풍부한 여건을 갖추고 있다. 특히 세계 2위의 지열발전량을 자랑하고 있다. 필리핀의 재생에너지 발전 잠재력은 20만MW로 평가되고 있으며, 유럽, 북미, 일본 기업을 중심으로 활발한 투자계획이 발표되고, 세계은행과 아시아개발은행의 자금지원도 확대되고 있다. 필리핀의 재생에너지법이 규정하는 재생에너지는 바이오매스, 풍력, 수력, 지열, 조력 등이며, 바이오연료법(Biofuels Act)은 바이오디젤과 바이오에탄올 등 바이오 연료에 대한 인센티브의 규정을 담고 있다.

#### 다. 인도네시아<sup>23)</sup>

인도네시아는 아시아 최대의 열대 산림자원 보유국으로서, 특히 바이오에너지, 지열 등 신재생에너지를 활용한 발전이 전력난 해소를 위한 새로운 대안으로 부상하고 있다. 현재 미국, 필리핀, 멕시코에 이어 세계 제4위의 지열 생산국인 인도네시아는 800MW 이상의 지열을 보유하고 있으며, 지열의 잠재량은 27GW 이상일 것으로 예상하고 있다. 한편, 인도네시아 전력공사는 농업 폐기물을 활용한 바이오에너지 발전사업에 적극적이며, 특히 팜오일 폐기물과 쌀겨 등을 활용한 바이오매스 발전 프로젝트에 대해 전력구매 의사를 피력하였다.

## 2.2 남아시아

남아시아 국가들은 최근의 경제성장으로 인한 에너지 수요 급증으로 심각한 전력 및 에너지 부족 상황에 직면해 있다. 이러한 에너지 부족 문제의 해결책으로 신재생에너지 개발에 주목하고 있으며, 에너지 안보를 위한 대외 에너지의존도 완화, 농촌 전력화에 있어 독립형 신재생에너지 발전의 유용성, 신재생에너지에 유리한 자연조건 등의 이유를 그 근거로 두고 있다(KOTRA, 2010).

#### 가. 스리랑카

스리랑카의 재생에너지 사업은 1990년대 후반부터 계통연계형 소수력 발전을

---

23) 한국수출입은행(2010)

중심으로 시작되어 발달되어 왔다. 스리랑카 정부는 2015년까지 전체 에너지의 10%를 전력, 수송, 가정 부문을 모두 포함하여 재생에너지로 충당하겠다는 목표치를 설정하고 있다. 이와 같은 목표치를 달성하기 위하여, 2007년 10월 재생에너지 개발 전담기구로서 동력에너지부 산하에 지속가능에너지청(Sustainable Energy Authority, 이하 SEA)을 신설하였다. SEA는 에너지안보 확보, 재생에너지 확대, 에너지원단위 관리를 활동의 주요 목표로 설정하고, 사업을 추진하고 있다.<sup>24)</sup>

스리랑카에서 잠재성 있는 대수력 발전은 거의 모두 개발되었지만, 소수력 발전의 개발 잠재력은 여전히 풍부하다. 소수력과 함께 스리랑카 재생에너지 분야에서 가장 활발히 진행되고 있는 재생에너지 분야는 풍력이다. 스리랑카는 섬나라인 지형적 특성으로 상당히 많은 풍력자원을 보유하고 있으며, 남동부 해안지역에 풍력발전 단지가 구축되었고, 북서부 지역에 풍력에너지 단지 건설이 계획 중이다. 한편, 현재 스리랑카의 태양광 에너지 보급은 주로 인도의 지원으로 수행된 독립형 태양광 홈시스템 형태로 이루어져 왔다. 계통연계형 태양광 발전소는 스리랑카 남동부 해안 지역에 위치한 에너지파크에 우리나라와 일본의 지원으로 시범 프로젝트가 수행된 정도이다.

#### 나. 파키스탄<sup>25)</sup>

신재생에너지 발전용량을 2015년까지 전체의 10%로 확대할 계획이며, 신재생에너지 개발 전담기구로서 중앙정부기관인 대체에너지개발청(Alternative Energy Development Board)을 설립하였다. 태양광, 풍력터빈 등 주로 독립형 신재생에너지가 중심으로 이루고 있으며, 계통연계형 신재생에너지 이용은 아직 거의 전무한 상황이다. 그러나 풍력 및 소수력 발전을 중심으로 건설 중 또는 계획 단계에 있는 계통연계형 프로젝트는 다수 있다. 특히 풍력은 ‘바람의 통로(Wind Corridor)’ 지역만 잠재 발전용량이 50GW에 달할 정도로 풍력자원이 풍부하다. 이에 800MW 이상의 풍력발전 프로젝트가 계획되어 있는 등 신재생에너지 분야 중 가장 많은 프로젝트가 계획되어 있으며, 파키스탄의 민간업체들도 관심을 보이고 참여하려고 한다. 풍력발전 다음으로 신재생에너지 중 프로젝트가 많은 (소)수력 분야는 한

24) [www.energy.gov.lk](http://www.energy.gov.lk)(스리랑카 지속가능에너지청 공식 홈페이지)

25) 대한무역투자진흥공사(KOTRA)(2010)

때 전체 발전소의 절반 이상을 차지할 정도로 풍부한 발전자원을 보유하고 있으며, 잠재용량이 45GW 이상인 것으로 집계된다.

#### 다. 방글라데시

방글라데시는 빈번한 홍수, 열대성 사이클론, 태풍, 가뭄 등으로 세계에서 가장 기후변화에 취약한 국가로 알려져 있다. 뿐만 아니라 전력 사정도 매우 열악하여, 방글라데시 국가 전체 전력화 비율은 41%, 농촌전력화 비율은 28%에 그치는 형편이다. 전기가 보급되는 지역이라 할지라도 전기 공급이 불안정하여 정전이 자주 발생하기 때문에, 방글라데시 국민들의 삶의 질과 생산성이 악화되고 있다. 이에 방글라데시는 국가 차원에서 전기 공급의 확대와 안정화에 주력하고 있으며, 특히 이를 기존의 주 에너지원인 천연가스보다 태양광, 바이오가스 등 지속가능한 에너지원으로 실현하고자 한다(임소영, 2011).

지금까지 방글라데시의 주요 에너지원이었던 천연가스의 개발 및 보급이 저조해지면서 방글라데시 정부 차원에서 재생에너지로 전력 부족분을 충당하고자 하는 욕구가 크다. 구체적으로는 재생에너지 발전용량을 2015년까지 전체의 5%, 2020년까지 10%로 확대 보급할 계획이다. 특히 태양광 에너지와 바이오매스 에너지를 중심으로 보급 활동을 벌이고 있다. 계통연계형 재생에너지 이용은 아직 계획 또는 시범운영 단계에 있지만, 독립형 가정용 태양광 홈시스템은 매우 활발히 보급되고 있다. 특히 정부기관인 농촌전력화위원회(Rural Electrification Board)와 인프라개발공사(IDCOL), NPO인 그라민샹티<sup>26)</sup>를 중심으로 농촌 지역의 독립형 태양광 사업이 활발하게 진행되고 있다. 태양광 홈시스템(SHS)이 2012년까지 농촌 지역에 100만 개가 설치될 예정으로 월 평균 1만 개의 신규수요가 발생할 것으로 예상된다. 또한 10층 이상 고층빌딩에 대한 태양광 발전설비설치 의무화 계획의 발표로 태양광 발전이 도시로도 보급 확대될 것으로 기대된다. 또한 바이오매스 에너지에 대해서는 2015년까지 14개의 바이오가스 발전소를 건설해 발전용량을

---

26) Grameen Shakti : 그라민 은행 소속의 기관으로서, 1996년 설립 후 태양광 홈시스템 사업을 중심으로 농촌지역에 대한 전력보급을 실시하고 있다. 세계은행과 GEF로부터 받은 지원금을 바탕으로 소액대출(micro-credit)을 제공함으로써 빈곤층이 손쉽게 전기를 사용할 수 있는 길을 열어 주었으며, 태양광 홈시스템의 설치, 운영 기술 등을 특히 여성들에게 전수시킴으로써 이슬람 국가인 방글라데시 여성들의 권익을 향상시켰다. 최근에는 바이오가스 사업도 시작하여 2009년 말까지 약 7,000개의 소형 바이오가스 발전기가 설치되었다.

5MW 확보하겠다는 목표를 설정하였다. 반면, 풍력발전 가능성은 해안지역 및 연안의 섬 지역으로 제한되어, 개발 가능성은 낮은 편이다(KOTRA, 2010).

## 2.3 아프리카<sup>27)</sup>

아프리카 지역의 전체 전력화 비율은 매우 낮으며, 광대한 국토 면적 때문에 농촌의 전력보급은 더욱 열악한 실정이다. 이 지역에서 가장 주목받고 있는 재생에너지원은 (소)수력, 바이오매스, 태양 에너지이다.

사하라이남 지역의 기술적으로 사용 가능한 수력 잠재량은 1,800TWh 이상인 것으로 평가된다. 게다가, 소수력에 대한 급속한 수요의 증가가 예상되며, 특히 농촌 지역에서 소수력이 중요한 역할을 할 것으로 기대된다. 한편, 아프리카의 대부분 국가들이 4~6kWh/m<sup>2</sup>/일의 일사량을 보유하는 등 태양광 에너지 생산에 필요한 매우 양호한 자연여건을 갖추고 있다. 또한 농촌 지역의 낮은 인구밀도로 인하여 독립형이 농촌전력화의 적절한 유형인 점을 고려할 때, 태양광의 잠재성은 크다고 할 수 있다. 그러나 가구당 약 550~1,200불이 소요되는 독립형 태양광시스템의 설치 비용과 기술에 대한 불확신 등은 자발적인 보급을 어렵게 하고 있다.

전 세계 바이오매스 에너지의 가장 큰 소비는 아프리카에서 이루어지고 있다. 아프리카 내 많은 국가들이 1차 에너지 공급원의 70% 이상을 바이오매스 에너지로 충당하고 있으며, 그 수요는 점차 증가할 전망이다. 전체 바이오매스 에너지 중 약 80%가 가정용으로 쓰이고 있으며, 나머지는 산업 및 서비스 등에서 사용된다. 에티오피아, 세네갈, 탄자니아, 우간다는 바이오매스 섹터에 대한 국가 정책을 채택하기도 하였다.

---

27) IEA, 2010

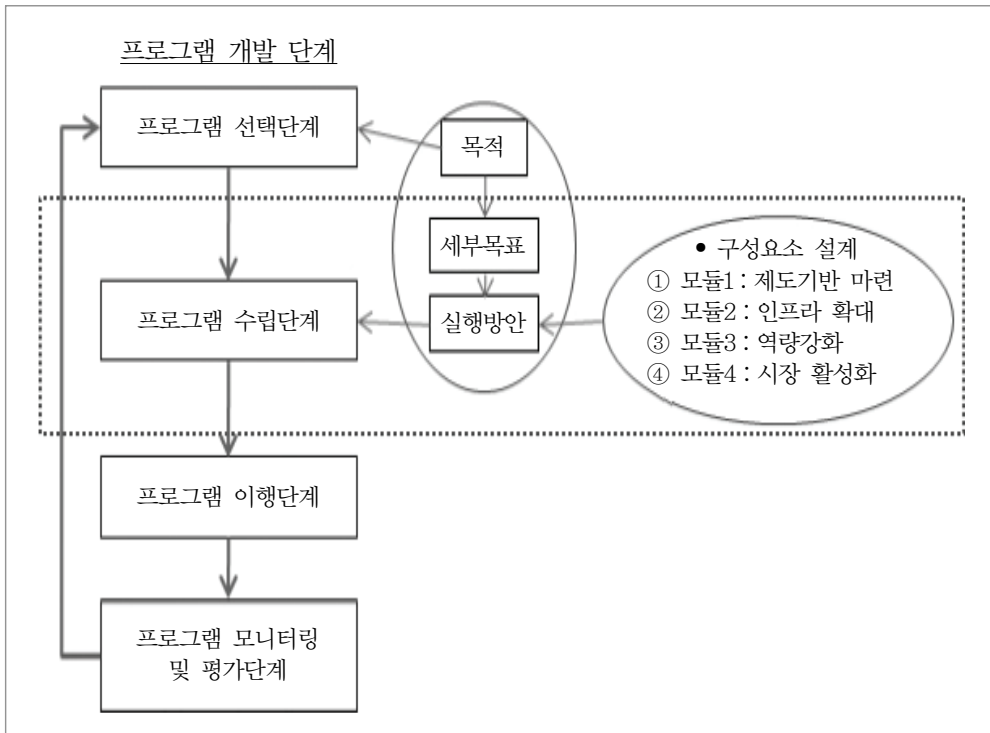
## 제7장. 농촌전력화 프로그램 개발 모형

### 1. 모형 개요

개발도상국들의 전력사정이나 농촌전력화를 위한 여건은 국가별로, 그리고 지역별로 매우 다양하다는 사실을 본 연구에서 확인하였다. 따라서 농촌전력화를 위한 일률적인 방식을 모든 국가에 적용하기보다, 각 국가의 배경과 여건에 부합하는 프로그램을 개발하여 적용해야 한다. 본 연구는 농촌전력화 지원 대상 국가 또는 지역에 대해 프로그램을 설계하여 이행할 때 토대로 할 농촌전력화 프로그램 개발모형을 제안한다. 동 모형은 개발정책자 또는 이해관계자들이 농촌전력화 프로그램을 계획하여 이행하고자 할 때 고려해야 할 사항들과 절차, 유의점 등에 대해 지침을 제시하고 있다.

본 연구에서 제안하는 농촌전력화 프로그램 개발모형은 i) 프로그램 개발 단계별 지침, ii) 목적, 목표 및 실행방안, iii) 프로그램 구성요소로 이루어져 있다. 즉, 농촌전력화의 필요성이 입증되어 농촌전력화 프로그램을 지원하기로 결정되고 나면, 프로그램 수립 단계에서 농촌전력화 프로그램의 장기 및 중기 목적과 세부목표를 설정하고, 이에 부합하는 실행방안을 구체화한다. 이때 설정된 세부목표와 실행방안에 대해 농촌전력화 프로그램의 구성요소를 확정하게 된다. 본 연구에서는 KOICA가 적용할 수 있는 농촌전력화 프로그램 구성요소로서 4가지 모듈을 제시하였으며, 이들은 i) 제도적 기반 마련, ii) 인프라 확대, iii) 역량강화, iv) 시장의 활성화로 구분된다. 이 상에서 도출된 농촌전력화의 목적, 목표 및 실행방안과 구성요소들을 동 모형의 처음에 제공한 프로그램 개발 단계별 가이드라인을 통해 프로그램에 흡수하여 활용할 수 있다. 즉, 프로그램의 선택, 수립, 이행, 모니터링 단계에서 각각 고려해야 하는 요인들과 유의점을 파악하여, 도출된 목적, 목표 및 실행방안과 구성요소들을 프로그램화하게 된다[그림 15].

[그림 15] 농촌전력화 프로그램 개발 모형 개요



## 2. 모형의 세부 요소

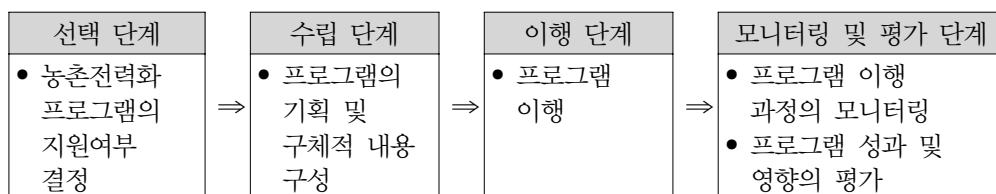
### 2.1 프로그램 개발 단계별 지침

어떤 목적을 달성하기 위한 프로그램을 지원하고자 하는 경우, 프로그램의 지원을 선택하는 단계부터 프로그램의 이행을 모니터링하고 평가하는 단계까지의 전 단계를 거치면서, 각 단계에서 요구하는 지침과 고려사항을 체계적으로 적용해야 한다. 본 연구는 농촌전력화 프로그램의 개발도상국 지원에 따른 단계를 규명하고[표 22], 각 단계에서 필요로 하는 조건들과 수행지침을 단계별로 분석하였다.

프로그램 개발 단계는 먼저 CPS 등 지원전략의 대상이 되는 국가가 농촌전력화 프로그램을 필요로 하는지를 검토하여 프로그램 지원을 결정하는 단계인 프로그램 선택 단계, 프로그램의 지원이 결정된 후 구체적인 프로그램 내용을 구성하는 프로그램 수

립단계, 수립된 프로그램을 이행하는 프로그램 이행단계, 프로그램의 이행과정과 프로그램의 완료 이후의 성과 및 영향을 평가하는 프로그램 모니터링 및 평가 단계로 구분하였다.

[표 22] 프로그램 개발을 위한 전 단계



#### 가. 프로그램 선택 단계

특정 국가의 지원전략을 수립할 시, 농촌전력화 프로그램을 선택할 것인지 여부를 결정하기 위해서는 먼저 농촌전력화 프로그램의 필요성을 진단해야 한다. 이 때 본 연구의 6장 “KOICA 협력대상국 분석”의 분석 과정과 결과를 참조할 만하다. 즉, 국가군을 분류하기 위해 사용한 지표들인 농촌전력화 비율, 도시와 농촌 간의 전력화 비율의 차이, 인간개발지수 등을 활용하여 판단할 수 있다. 이와 같이 국가의 전력화 현황을 정량적으로 살펴보는 한편, 국가 차원에서 농촌전력화에 어느 정도 우선순위를 두고 있는지를 고려하기 위하여 수원국의 개발문서 또는 개발계획을 참조하여, 정성적으로 판단하는 과정을 거친다. 이 때 활용할 수 있는 문서로는 빈곤감소전략문서(PRSP), 국가개발전략(NDS)과 같은 개발 관련 문서와 국가보고서(NC)와 같은 기후변화 관련 문서가 가능하다.

#### 나. 프로그램 수립 단계

국가 지원전략에 농촌전력화 프로그램을 포함하여 지원하기로 결정하고 나면, 프로그램의 내용을 기획하고 구성하는 프로그램 수립 단계를 밟는다. 농촌전력화 프로그램의 각 구성 요소를 선정하기 위해서는 각 국가의 정책, 제도, 기술, 자연 환경, 전력상황 등 다양한 여건을 고려하여야 한다. 또한, 국가마다 기존 농촌전력화 방식이 다르므로, 기존의 제도나 규제를 파악하여 현지 사정에 부합하면서

현지 제도에 역행하지 않는 프로그램을 기획해야 한다.

본 연구에서 제안한 농촌전력화 프로그램 개발 모형에서 설계된 바와 같이, 프로그램의 효과적인 수립을 위해 7장 “2.2 농촌전력화의 목적, 목표 및 실행방안”과 “2.3 농촌전력화 프로그램 구성요소”에서 소개할 내용들을 고려해야 한다. 또한 본 연구는 프로그램 수립 단계에서 염두에 두어야 할 사항들을 각 용도별로 고려해야 할 체크리스트로 정리하여 다음과 같이 제시하였다.

#### ① 제도적 기반 마련을 위한 체크리스트

농촌전력화 프로그램 구성 요소들 중 제도적인 시스템을 설계하기 위해서는 다음과 같은 다양한 변수에 의한 전력화 형태를 고려하여, 현지에 가장 적절한 제도 및 규제 시스템을 디자인해야 한다(World Bank, 2006). :

- delivery model : fee-for-service, dealers, or hybrids
- 보조금 종류
- 시스템 운영자의 선정 과정(특히 경쟁의 성립 유무)
- 공급자, 소비자, 정부 사이의 리스크 분담 상황
- 시장개발 단계
- 재정구조

#### ② 인프라 확대를 위한 체크리스트

농촌전력화 프로그램 중 인프라 확대를 설계하기 위해서는 그 유형별로 다음과 같은 선택과정과 고려사항들을 참조하여, 해당 국가 또는 지역에 가장 적합한 형태를 선택한다. :

- 전력망 여건
  - 중앙전력망으로부터의 거리
  - 가까운 시일 내에 해당 지역에 대한 전력망 확장 계획
- 에너지 사용 현황
  - 가정의 평균 일일 에너지 소비량
  - 제분소, 펌프 등 상업용 또는 서비스 섹터 용 전기 수요
  - 전기 수요 증가율
  - 일별 또는 계절별 부하 변동

- 인구 밀도
  - 해당 지역의 전체 가구 수 및 가구 밀도
- 에너지원 여건
  - 주변의 재생에너지원을 이용할 수 있는 기후 및 자연환경 여건
  - 운송 비용, 보조금 등을 고려한 연료 가격

### ③ 지속가능한 독립형 농촌전력화를 위한 체크리스트

만약 위의 사항들을 참조하여 독립형 농촌전력화 유형이 결정되었다면, 다음과 같은 요소들을 충분히 고려하여 지속가능한 독립형 농촌전력화 프로그램이 되도록 설계해야 한다. :

- 적절한 운용 메커니즘
  - 장기적인 관점에서 예비품과 수리서비스의 접근성
  - 공급자, 사용자, 정부 관계자들에 대한 교육
- 정부의 주인의식 및 책임성
  - 보조금 제도 실시
  - 간편하고 단순한 규제
- 비용효과적인 설계
- 실제 적용 가능한 기술의 선택
  - 신뢰성 있는 수요 데이터 활용
- 지역사회 인식 및 참여정도 제고
- 생산 활동을 위한 적용 기회 확대
- 국제 공동자금조달(co-financing) 확대
- 전체 국가 농촌전력화계획과 부합하는 정도

### 다. 프로그램 이행 단계

농촌전력화 프로그램의 지원 결정과 구체적인 프로그램 내용의 기획, 설계 후, 효과적인 프로그램의 완수를 위해서 실제로 프로그램을 이행하는 단계에서도 몇 가지 고려사항을 염두에 두고 진행해야 한다. 사실 프로그램의 내용은 기획, 수립 단계에서 거의 확정되어 프로그램 내용 중 많은 부분이 변경되기는 어렵지만, 다

음과 같은 사항들을 꾸준히 인지하면서 프로그램을 이행하여, 당초 설정했던 농촌전력화 프로그램의 장기목적, 중기목적, 세부목표를 달성할 수 있도록 한다.

□ 지속가능한 독립형 농촌전력화를 위한 체크리스트

- 수원국 시스템을 이용한 수원국 주인의식 강화
- 시장 활성화와의 연계 방안
- 지속적인 재원조달 및 금융 수단
- 주민 소득수준을 고려한 보조금 및 소액금융 등 사용자 지원
- 민간투자 유도
- 정부기관, 서비스 공급자, 사용자에게 대한 꾸준한 유지·관리 교육
- 수행기관 지정 등

라. 프로그램 모니터링 및 평가 단계

지금까지 KOICA의 평가는 일반적으로 개발활동이 종료된 후 실시하는 평가가 주를 이루었다면, 최근 평가 기조는 파리선언 이후 파리선언 5대 원칙에 포함된 “성과관리(Managing for results)”의 실행 차원에서 개발활동 초기부터 계획된 평가 및 모니터링을 실시하는 방향으로 전환되고 있다. 즉, 기존의 산출물(outputs) 중심의 사업관리에서 결과물(outcomes) 및 영향력(impact) 중심의 사업관리 평가로 평가의 개념이 질적, 양적으로 확장되고 있다.

개발 프로그램 중 특히 성과목표가 명확하고, 목표달성도 측정이 용이하면서 수혜대상이 명확한 사업들을 중심으로 효과적인 성과관리가 가능하다. 농촌전력화 사업의 경우, 전기를 보급받기 전과 이후의 사용자 생활여건의 비교가 용이하며, 특히 독립형 사업은 수혜대상이 명확하고 직접 확인이 가능하므로, 성과관리 사업으로 적격이다. 따라서 프로그램의 수립 단계부터 성과관리를 염두에 두고 성과관리 계획을 포함한 프로그램을 설계해야 한다. 이를 위해 성과관리 용 지표들을 확정하고, 문헌조사 및 필요 시 현지조사를 통한 지표별 기준치(baseline) 조사 및 목표치를 설정한다. 농촌전력화 프로그램의 모니터링 및 평가를 위하여, 다음과 관련된 사항을 중심으로 지표를 계획하고 실시하도록 한다. :

□ 모니터링 및 평가를 위한 예상 지표

- 농촌전력화 비율의 변화
- 농촌전력화로 인한 후생 증진
  - 공공시설에 대한 전기보급으로 보건, 교육 등 기초생활 수준 향상
  - 실내공기 오염으로 인한 사망률 및 유병률 감소, 초등학교 등록률 증가 등
- 농촌전력화로 인한 경제활동 촉진
  - 생산성 향상
  - 소득수준 향상
- 주민들의 농촌전력화에 대한 인식변화 및 프로그램 참여 확대 정도

## 2.2 농촌전력화의 목적, 목표 및 실행방안

개발협력사업의 효율성, 효과성 및 질적 제고를 위하여 국제적으로 프로그램 접근법(PBA)이 권장되고 있으며, PBA의 유용성은 1장 서론에서 이미 언급한 바 있다. 프로그램의 설계 시에는 프로그램의 목표 달성을 위해 해결해야 할 이슈들, 이슈의 해결을 위한 방향성 및 시나리오 등이 규명되어야 하고, 이와 관련된 분석이 프로그램 설계 초기 단계에 실시되어야 한다. 특히 정책, 시장, 금융 등 다양한 요소와 관련되어 있는 전력 및 에너지 분야의 특성상, 농촌전력화는 단일 프로젝트의 실시만으로는 효과성을 기대할 수 없다. 결과적으로 지원 대상 국가의 농촌전력화를 위한 장기개발 목적, 중기목적, 세부목표, 실행방안 순으로 프로그램을 설계할 것이 권장된다. 신재생에너지를 중심으로 하는 농촌전력화 프로그램의 설계를 위한 목적들과 실행방안이 표 23~25에 정리되었다.

표 23~25는 세 가지 장기개발목적을 제시하고, 각 장기개발목적 하에 중기목적, 세부목표, 실행방안이 구체화되어 있다. 장기개발목적은 i) 국가 및 지역 여건에 부합하는 농촌전력화 달성, ii) 효과적인 신재생에너지의 활용을 통한 농촌전력화 및 지역개발 달성, iii) 전 지구적 차원에서 지속가능한 에너지로서 신재생에너지를 효과적으로 활용함으로써 에너지안보 확보 및 환경요소 고려 촉진으로 구분되어 제시되었다. 농촌전력화를 통해 얻고자 하는 장기적인 목적이 무엇인지 인지하고 나서, 이에 해당하는 중기목적과 세부목표를 설정한 후 표에서 제시하고 있는 실행방안을 중심으로 프로그램을 설계할 수 있다.

[표 23] 농촌전력화 프로그램의 설계를 위한 목적, 목표 및 목표별 실행방안(1)

| 장기개발목적 1. 국가 및 지역 여건에 부합하는 농촌전력화 달성                |                                           |                                                                                                                                                                                                                                   |
|----------------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 중기목적                                               | 세부목표                                      | 실행방안                                                                                                                                                                                                                              |
| 1.1<br>각 국가 및 지역<br>여건에 부합하는<br>전체 농촌전력화<br>계획의 수립 | 1.1.1<br>농촌전력화의 정치적<br>입장 규명              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 국가개발계획 내 전력정책 수립 및 전력보급의 우선순위 검토</li> <li>• 기존 농촌전력화 프로그램의 지원 상황 점검</li> </ul>                                                                                                           |
|                                                    | 1.1.2<br>여건에 부합하는<br>적절한 농촌전력화<br>프로그램 도출 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 국가 에너지 제도 검토 및 분석</li> <li>• 전력화 방식과 지역 선정을 위한 지표 결정</li> <li>• 해당지역의 에너지 사용현황 및 인구 밀도 검토</li> <li>• 국가전력망과의 거리 및 전력망 보급 계획 조사</li> <li>• 경제성분석과 검토결과를 토대로 에너지원 및 농촌전력화 유형 결정</li> </ul> |
| 1.2<br>각 국가 및 지역<br>여건에 부합하는<br>농촌전력화의<br>적절한 수행   | 1.2.1<br>농촌전력화를 위한<br>재원의 다변화             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 무상원조 프로젝트 등 자금조달을 위한 제안서</li> <li>• 보조금 시스템 신설을 위한 제안서</li> <li>• 민간투자를 유도하기 위한 정보제공과 품질보증 실시</li> <li>• 소액금융 제도 설계</li> </ul>                                                           |
|                                                    | 1.2.2<br>농촌전력화의<br>지속가능성 증진               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 주민들의 농촌전력화에 대한 인식제고 및 교육 제공</li> <li>• 모니터링 및 평가 실시</li> </ul>                                                                                                                           |

자료 : 저자 작성

[표 24] 농촌전력화 프로그램의 설계를 위한 목적, 목표 및 목표별 실행방안(2)

| 장기개발목적 2. 효과적인 신재생에너지의 활용을 통한 농촌전력화 및 지역개발 달성  |                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 중기목적                                           | 세부목표                                | 실행방안                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 2.1<br>지역개발을 위한<br>신재생에너지<br>활용 농촌전력화<br>계획 수립 | 2.1.1<br>신재생에너지 도입의<br>정치적 입장 규명    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 에너지정책 수립의 지원 및 검토</li> <li>• 전력개발정책 수립의 지원 및 검토</li> <li>• 신재생에너지정책 수립의 지원 및 검토</li> </ul>                                                                                                                                                                      |
|                                                | 2.1.2<br>신재생에너지 도입의<br>타당성 및 적절성 규명 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 특정 분산형(decentralized) 신재생에너지원 잠재량의 확인</li> <li>• 전력 미수혜 지역의 설문조사를 통한 전력수요 예측</li> <li>• 전력 미수혜 지역 주민들의 전력 사용에 대한 지불의사액 조사</li> <li>• 전력화 방식과 지역 선정을 위한 지표 결정</li> <li>• 경제적/재정적 분석을 통한 프로젝트의 유효성 확인</li> <li>• EIA 또는 SEA를 통한 환경 및 사회적 요소의 고려를 위한 조사</li> </ul> |

자료 : JICA(2006) 수정, 보완

[표 25] 농촌전력화 프로그램의 설계를 위한 목적, 목표 및 목표별 실행방안(3)

| 장기개발목적 3. 전 지구적 차원에서 지속가능한 에너지로서 신재생에너지를 효과적으로 활용함으로써 에너지안보 확보 및 환경요소 고려 촉진 |                                               |                                                                                                                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 중기목적                                                                        | 세부목표                                          | 실행방안                                                                                                                                                 |
| 3.1<br>에너지안보 및<br>기후변화방지<br>차원에서 신재생<br>에너지를 사용한<br>전력개발계획의<br>수립           | 3.1.1<br>신재생에너지를 사용한<br>전력개발의 정치적<br>입장 규명    | <ul style="list-style-type: none"> <li>에너지정책 수립의 지원 및 검토</li> <li>전력개발정책 수립의 지원 및 검토</li> <li>신재생에너지정책 수립의 지원 및 검토</li> </ul>                        |
|                                                                             | 3.1.2<br>신재생에너지를 활용한<br>전력개발의 타당성 및<br>적절성 규명 | <ul style="list-style-type: none"> <li>각 에너지원의 잠재량 파악</li> <li>경제적/재정적 분석을 통한 프로젝트의 유효성 확인</li> <li>EIA 또는 SEA를 통한 환경 및 사회적 요소의 고려를 위한 조사</li> </ul> |
| 3.2<br>에너지안보 및<br>기후변화방지<br>차원에서 신재생<br>에너지를 활용한<br>전력개발의 적절한<br>수행과 촉진     | 3.2.1<br>신재생에너지를 사용한<br>전력개발에 필요한<br>자원의 다변화  | <ul style="list-style-type: none"> <li>CDM 활용과 민간자금 도입을 위한 제안서</li> <li>보조금 시스템 신설을 위한 제안서</li> </ul>                                                |
|                                                                             | 3.2.2<br>신재생에너지를 사용한<br>전력개발을 위한<br>기술이전의 수행  | <ul style="list-style-type: none"> <li>각 프로그램의 타당성확인, 승인, 이행을 위한 인력개발</li> </ul>                                                                     |

자료 : JICA(2006) 수정, 보완

## 2.3 농촌전력화 프로그램 구성요소

본 모형은 KOICA 차원에서 수행할 수 있는 농촌전력화 프로그램의 구성요소 중 4개의 중점모듈을 소개하고, 각 모듈의 배경과 내용을 제시함으로써 농촌전력화 프로그램의 구체화를 돕고자 하였다.

### 가. 모듈 1. 농촌전력화를 위한 제도적 기반 마련

전력보급에 관한 제도나 규제는 주로 대규모 보급사업에 대해 초점을 맞추어 고안되어 왔다. 반면, 전기의 혜택을 받지 못하는 격지에 소규모로 전력을 공급하는 방안에 대한 제도 및 규제는 상대적으로 관심을 받아오지 못했다. 그러나 대부분의 전기 미수혜 지역이 중앙전력망으로부터 원거리에 위치하여 소규모 독립형으로 전력을 공급하는 것이 경제적인 점을 고려할 때, 소규모 전력보급을 위한 규제

및 제도 마련이 시급하다. 특히 최근 들어 독립형으로 전력을 공급할 때 활용할 수 있는 에너지원으로서 기존의 디젤 발전기를 대신하여 재생에너지의 활용이 각광을 받으면서, 농촌 지역에서의 재생에너지 활성화를 위한 제도적 기반 마련의 필요성에 대한 요구가 증가하고 있다.

재생에너지를 활용한 전력보급을 위한 제도는 주로 고정가격제도(feed-in-tariff) 설정을 위해 필요한 기준가격(tariff)과 최소한의 서비스품질 표준(quality of service standard)의 마련을 중심으로 논의되고 있다. 그러나 이와 같은 전력 보급을 위한 제도 및 규제는 하나의 일률적인 형태로 적용되지 않고, 전력보급 형태와 대상, 전력보급 주체의 경제적, 제도적, 기술적 특성에 따라 탄력적으로 구상, 시행되어야 한다. 예컨대, 지역사회 소규모 그리드는 전력공급이 지역사회 공동체 소유이기 때문에 소비자와 공급자가 동일하다. 따라서 이런 경우에는 기준가격 제정과 같은 규제는 의미가 없게 된다(World Bank, 2006).

기준가격 제정을 위해 가장 많이 고민되어야 하는 요소는 소비자 기준가격을 어떻게 설정할 것인지, 보조금은 얼마나 많이 제공할 것인지, 그리고 얼마나 자주 기준가격을 재검토하고 재설정할 것인지 이다. 기준가격은 주로 등유, 배터리, 촛불과 같은 기존의 다른 에너지원에 대한 현재의 지출 수준과 소비자들의 재정적 능력 및 지불의사액을 토대로 결정된다(Martinot 외, 2000).

경험적으로 농촌전력화 사업의 실패사례의 주된 원인 중 하나는 낮은 품질의 제품을 방만하게 제공하는 것이라는 사실이 증명되었다. 이에 제품 개발과 판매를 위한 표준 및 성적서의 개발이 시장 리스크를 줄이면서 농촌전력화를 효과적으로 이행할 수 있는 중요한 역할을 할 것으로 기대한다. 실제로 세계은행이 아프리카에서 수행하고 있는 Lighting Africa 프로그램도 이 지역 시장에 새롭게 진입하고 있는 태양광 조명제품들의 품질보증 역할을 하고, 현지 사정에 맞는 조명기술을 개발하기 위해 조명기술 대회를 개최하는 등 품질 점검에 중점을 두고 있다. 즉, 소비자가 지속적으로 저렴한 가격에 고품질의 제품을 이용할 수 있도록 함으로써, 아프리카 지역에 건전한 조명시장이 형성될 수 있도록 돕고 있다.

농촌전력화를 위한 규제의 효과적인 설계 및 이행을 위하여 다음의 원칙들이 권장된다(World Bank, 2006).

- i) 원칙 1: 간편하고 단순한 규제 채택
- ii) 원칙 2: 효과적인 규제 계획과 이행을 위해 규제업무를 다른 정부기관이나 비정부기관에 이양 가능<sup>28)</sup>
- iii) 원칙 3: 규제 대상의 특성 및 여건에 따라 유연한 규제의 운용 허용<sup>29)</sup>
- iv) 원칙 4: 서비스품질 표준의 중요성을 인식하되, 현실적이고, 감당할 수 있으며, 모니터가 가능한 표준의 구축 필요

## 나. 모듈 2. 농촌전력화를 위한 인프라 확대

일반적으로 농촌전력화를 위한 단일 프로젝트는 인프라 설치 형태로 이루어져 왔으며, 이 인프라의 구축이 가장 보편적으로 인식되는 농촌전력화 지원형태이다.

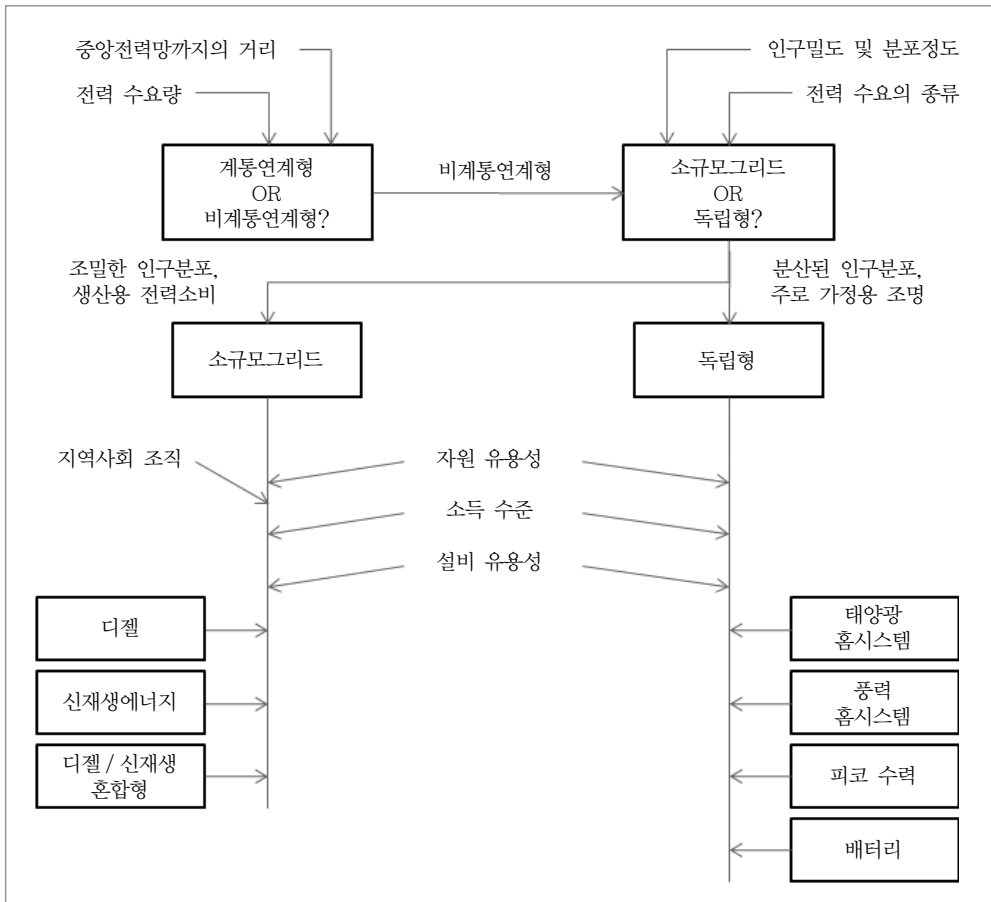
농촌전력화를 위한 인프라 구축을 위해서 우선 본 보고서의 2장 2절에서 분석한 바와 같은 농촌전력화 유형을 결정한다. 농촌전력화 유형을 구분하는 기준들인 사업규모 및 전력화 형태, 사업 주체, 에너지원 종류 중 농촌전력화의 주체에 대한 결정은 모듈 1(제도적 기반 마련)과 관련 있다. 따라서 본 모듈 2에서는 전력화의 형태와 에너지원 종류에 대하여 전력화 유형을 구분하여 설계한다. 다시 정리하면, 전력화의 형태에 따라서는 계통연계형, 소규모 그리드와 독립형으로, 에너지원 종류에 따라서는 화석연료, 신재생에너지와 혼합형으로 분류하여 유형을 결정할 수 있다.

먼저 전력화의 유형 설계를 위해 [그림 16]과 같은 단계를 거칠 수 있다. 다음에 소개하는 단계별로 고려해야 하는 요소들과 그 요소들에 따른 선정결과는 반드시 적용해야 하는 절대적인 기준은 아니지만, 농촌전력화 유형을 선정하고자 하는 의사결정자들에게 포괄적인 지침을 제공할 것으로 기대한다.

28) 방글라데시는 농촌전력화위원회(Rural Electrification Board, REB)와 REB의 관리 하에 1978년부터 생성된 60여 개의 농촌전기협동조합(PBS)들을 중심으로 농촌전력화 수행

29) 수력발전소에 의해 마을 단위로 독립형 전력 보급이 이루어지고 있는 스리랑카의 한 지역에서는 정부가 기술적 지원과 안전보장을 그대로 지원하는 한편, 전기 가격은 마을 내 협동조합 위원회가 결정하는 방식으로 운용

[그림 16] 농촌전력화 유형의 적용기술 선택 과정



자료 : World Bank(2008)

먼저, 중앙전력망으로부터 멀리 떨어져 있으면서 가까운 시일 내에 전력망이 확장될 계획도 없으며, 전력 수요가 크지 않은 경우 계통연계형보다는 비계통연계형이 더 적합하다. 비계통연계형 중에서 소규모그리드 형태를 적용할 것인지, 독립형을 적용할지는 인구밀도 및 분포정도나 전력수요의 종류에 따라 결정할 수 있다. 즉, 해당 지역의 전체 가구 수가 적거나 가구 밀도가 낮으면서 전기의 수요가 주로 가정용으로 국한되는 경우에는 독립형으로 계획하는 것이 알맞다. 소규모그리드나 독립형 중에 어떤 유형을 적용할 것인지가 결정되고 나면 자원유용성, 설비유용성, 주민들의 소득수준 등을 고려하여 전력생산을 위한 에너지를 선정해야 한다. 중앙전력망과 분리되어 건물 또는 단위 수요처마다 독립적으로 전기를

생산하여 사용하는 가장 작은 단위의 농촌전력화 형태인 독립형에는 태양광 및 소규모 풍력, 피코수력, 배터리 등이 가장 적절한 에너지원인 것으로 평가되고 있다. 반면, 마을 또는 공동체 단위로 전력망을 구축하여 전기를 보급하는 소규모 그리드는 주로 소수력 또는 바이오매스와 같은 신재생에너지나 신재생에너지와 화석연료의 혼합형(hybrid)이 적용된다. 일반적으로 혼합형에 사용되는 화석연료로는 디젤이 가장 흔하게 사용되고 있다.

#### 다. 모듈 3. 지속가능한 농촌전력화 프로그램을 위한 역량강화

단일 프로젝트의 지원이 갖는 한계점은 일회성 지원으로 그칠 가능성이 높으며, 따라서 지속가능한 유지 및 관리가 어렵다는 것이다. 이에 프로그램 지원의 당위성이 설득력을 얻게 되며, 특히 상대적으로 주민들에게 생소한 기술을 활용하는 신재생에너지원을 지원하기 위해서는 유지 및 관리 기술의 전수에 중점을 둔 프로그램을 설계해야 한다.

만약 농촌에 전기를 보급하기 위한 설비 공급, 설치, 교육 등을 담당하는 기존의 기관이나 단체가 있다면 이들과 연계하여 기술을 이전할 때 효과성을 높일 수 있을 것이다. 아울러 지역 역량을 구축, 확대하여 전력화의 구상, 실행, 유지에 지역 공동체를 참여시킬 수 있다. 소규모 재생에너지원을 활용하여 전기를 보급하게 되면, 지역 공동체 차원에서 설비를 직접 조립, 설치하고, 이 설비들을 사용하는 단계에서도 지속적으로 점검해야 하며, 고장 시 수리까지 담당해야 한다. 기존의 성공적인 농촌전력화 사례를 살펴보면, 지역 공동체의 참여와 기술 인력의 훈련 등이 중요한 역할을 했음을 알 수 있다.

이 때 가정 내에서 전기의 주 사용자가 될 여성들의 참여를 확대할 수 있으며, 지역사회에 기술 훈련원을 설치하여 관련 역량을 강화함으로써 전력 공급에 사용되는 설비들을 자족적으로 운영할 수 있게 된다. 파트너 국가와 기관들의 지원 프로젝트와 관련된 역량을 강화하기 위하여 KOICA가 전통적으로 다수 수행해 온 국내초청연수 사업도 활용할 수 있다. 단, 지원된 설비의 구축, 유지, 관리 등을 담당하게 될 지역 공동체 인력을 중심으로 연수가 진행되어야 성공적인 프로그램의 성과를 얻을 수 있게 될 것이다.

#### 라. 모듈 4. 농촌전력화 관련 시장의 활성화

전력을 공급하는 주체의 입장에서 아직 전력의 혜택을 받지 못하고 있는 주민들은 리스크가 높은 고객에 해당한다. 이는 소규모로 공급되기 때문에 규모의 경제(economy of scale) 측면에서 불리하고, 전기를 사용하지 않고 있던 소비자들의 경제적 여건 상 전력의 수요가 당분간 크지 않을 것으로 예상되기 때문이다. 따라서 농촌지역이나 격지에 대한 전력보급을 시장경제에만 맡겨두는 경우 충분히 활성화될 수 없으며, 정부의 보조나 지원이 어느 정도 투입되어야 한다. 이러한 보조나 지원은 특히 전력화 초기 단계에서 투자비용으로 중요하게 작용할 수 있다.

개도국 농촌전력화 사업에 대한 민간투자를 활성화하고 결과적으로 건전한 시장기능을 작동시키기 위하여, 현지실정에 맞는 산업을 촉진시켜 자연스럽게 관련 제품이 개도국에 보급될 수 있도록 시장을 형성해 주어야 한다. 이를 위해 농촌전력화 프로그램은 시장에서 생산자와 소비자들에게 정보를 제공함으로써 이들이 리스크를 줄이고 확신을 가지고 시장에 참여할 수 있도록 도우며, 아울러 둘 사이의 연결고리 역할을 담당할 수 있다. 또한 시장추세에 대한 분석이나 시장연구를 보고서화 하여 발간하고, 유통경로를 분석하여 데이터베이스를 구축함으로써 보다 더 신뢰성 있는 정보를 제공할 수 있다.

또한 새로운 시장에 진입하려는 투자자나 소비자들이 저 품질의 제품을 경험하여 신흥 시장에 대한 부정적인 기억을 생성하지 않도록, 농촌전력화 프로그램 내에서 기술자문 서비스를 제공하고, 시험방법 및 제품성능 검사를 개발할 수 있다.

## 제8장. 결론 및 제언

본 연구는 개발도상국 국민들의 삶의 질을 극적으로 제고할 수 있음에도 불구하고, 특히 빈곤층에 대한 보급상황이 절대적으로 열악하여 개도국의 불평등 현상을 심화시키고 있는 전력보급 문제를 해결하기 위한 농촌전력화 프로그램 개발모형을 제안하고 있다. 특히 KOICA 사업의 프로그램 중심으로의 전환 시류에 부합하는 가이드라인을 제시하고자 수행되었다. 구체적으로는 농촌전력화 프로그램 개발협력 모델을 선정하고 이행하는 과정에서 필요로 하는 정보를 제공하고, 향후 국별파트너십전략을 수립할 때 참조할 수 있는 가이드라인을 제공하고 있다.

본 연구에서 개발된 농촌전력화 프로그램 개발모형은 i) 프로그램 개발 단계별 지침, ii) 목적, 목표 및 실행방안, iii) 프로그램 구성요소를 포함하고 있다. 동 모형에 의하면, 프로그램을 개발하기에 앞서 농촌전력화 프로그램의 장기 및 중기 목적과 세부목표를 설정한 뒤, 이에 부합하는 실행방안을 구체화한다. 이때 설정된 세부목표와 실행방안에 대한 프로그램 구성요소를 확정하게 된다. 본 연구에서는 KOICA가 적용할 수 있는 농촌전력화 프로그램 구성요소로서 4가지 모듈을 제시하였으며, 이들은 i) 제도적 기반 마련, ii) 인프라 확대, iii) 역량강화, iv) 시장의 활성화로 구분된다. 이상에서 도출된 농촌전력화의 목적, 목표 및 실행방안과 구성요소들을 동 모형의 처음에 제공한 프로그램 개발 단계별 가이드라인을 통하여 프로그램에 흡수할 수 있다. 즉, 프로그램의 선택, 수립, 이행, 모니터링 단계에서 각각 고려해야 하는 요인들과 유의점을 파악해, 도출된 목적, 목표 및 실행방안과 구성요소들을 프로그램화할 수 있다.

본 연구는 농촌전력화 프로그램을 개발하기 위한 가이드라인과 더불어, 프로그램을 개발할 때 참조할 수 있는 기존 사례와 KOICA 협력대상국들의 현황을 살펴보았으며, 그 결과 농촌전력화 프로그램의 성공요인과 도전과제도 도출하였다. 성공적인 농촌전력화를 위해 필요한 공통적인 요인들은 i) 협력대상국 정부의 강력한 의지와 주도, ii) 간편하고 단순한 규제 채택, iii) 다양한 이해관계자들의 조직적인 임무 수행 및 운영 메커니즘, iv) 지역사회의 인식제고 및 적극적인 참여, v) 충분한 사전조사를 통해 지역에 맞는 기술선택, vi) 초기부터 면밀히 계획된 성과관리 등인 것으로 파악되었

다. 반면, 농촌전력화를 수행함에 있어서 풀어야 할 과제들은 i) 농촌의 낮은 인구밀도로 인한 경제성 확보의 어려움, ii) 농촌 빈곤층의 전기료 납부의 어려움 및 낮은 전기사용 실적, iii) 전력망 설치 및 유지에 대한 농촌 지역사회 또는 지역주민들의 반대, iv) 지속적인 인프라 관리를 담당할 조직의 부재, v) 저 품질 제품의 시장 진입, vi) 시장정보 부족으로 인한 리스크의 민간투자 억제 등이다. 어떤 경우에는 전력망이 구축된 이후에도 농촌 주민들에게 전력이 공급되지 않는 경우가 있는데, 이는 농촌 지역 소비자들에게 전기 요금이 너무 낮게 책정되어 전기회사가 농촌지역에 전기를 보급하고자 하는 의지를 꺾기 때문인 것으로 조사되었다.

또한 농촌전력화 프로그램을 수행할 때 발생 가능한 불평등 현상이 간과되는 경향이 있다. 즉, 농촌전력화로 인한 혜택은 전기사용료를 납부할 만한 경제적 여력도 없고 조명기구나 가전제품의 사용도 여의치 않은 농촌지역의 최고 빈곤층보다 어느 정도 경제력이 있는 가구에 돌아갈 수 있다. 실제로 농촌전력화의 활성화를 위한 보조금 제도가 주민들 간의 불평등을 야기하는 경우가 종종 발생하기도 한다. 즉, 농촌 지역에서 전기 수요가 있는 세대들은 어느 정도 경제력이 있어 이미 현대시설의 혜택을 누리고 있는 계층이라 이들에 대한 보조금 지급은 극빈층과의 격차를 더 벌리는 현상을 초래할 수 있는 것이다. 그 결과, 이러한 현상은 오히려 농촌지역의 불평등 현상을 심화시킬 수 있으며, 지금까지 이러한 농촌전력화로 인한 사회적 불평등 현상은 간과되는 경향이 있었다.

그러나 농촌전력화로 인한 불평등 심화현상은 단기적 현상이며, 장기적으로는 고용창출 또는 여성과 어린이들에 대한 전기의 혜택 등과 같은 간접적 영향으로 인해 농촌 극빈층에게도 농촌전력화의 혜택이 분배된다는 보고도 있다. 그렇기 때문에 일회성 프로젝트가 아닌, 지속가능하도록 잘 계획되고 설계된 농촌전력화 프로그램이 더욱 더 필요한 것이다.

## 참고 문헌

### 국내문헌

- 김대환, 박희수, 임소영 (2009), 국제개발협력 분야별 민관협력 활성화 방안 - 기후변화 분야, *국제개발협력*, 2009년 통권 3호, pp.72-96, 한국국제협력단, 성남.
- 김진오 외 (2009), *지구촌에 생긴 KOICA의 발자국*, 도서출판 푸른세상, 서울.
- 대한무역투자진흥공사(KOTRA) (2010), *신재생에너지로 변화하는 서남아*, KOTRA, 서울.
- \_\_\_\_\_ (2010), 호찌민 코리아비즈니스센터(KBC) 자체조사 에너지경제연구원 (2010), *APP 재생에너지 및 분산전원 T/F 활동수행 지원*, 지식경제부, 서울.
- 에너지관리공단 (2010), *2010 신재생에너지 백서*, 지식경제부, 과천
- 이현주 (2010), *한국 ODA의 프로그램형접근법(PBA) 도입 방안*, 한국국제협력단, 성남.
- 이장규 외 (2009), *한국 전기 120년의 역사와 사회 변화*, 서울대학교, 서울.
- 임소영 (2011), *국제개발협력이슈 - 3장 환경과 개발*, 한국국제협력단, 성남.
- 임소영, 박희수 (2009), 기후변화 관련 최근 원조 현황과 논의 방향(3) - 신재생에너지 분야, *국제개발협력*, 2009년 통권 4호, pp.133-154, 한국국제협력단, 성남.
- 한국수출입은행 해외경제연구소 (2010), *인도네시아 전력산업 현황과 전망*, 한국수출입은행, 서울.
- 한국에너지기술평가원 (2011), *그린에너지 전략로드맵 2011*, 한국에너지기술평가원, 서울.

### 국외문헌

- Alliance for Rural Electrification (2009), *Best Practises of the Alliance for Rural Electrification*, Alliance for Rural Electrification, Brussels.

- Barnes, D.F. and Foley, G. (2004), *Rural electrification in Developing World*, World Bank, Washington, DC.
- Barnes, D.F. ed. (2005), *Meeting the Challenge of Rural Electrification in Developing Nations : The Experience of Successful Programs*, World Bank, Washington, DC.
- Energy Sector Management Assistance Program (2007), *Technical and Economic Assessment of Off-grid, Mini-grid and Grid Electrification Technologies*, World Bank, Washington, DC.
- Enskat, M., Bernhard, Z., and Kuhne, R. (2009), *GTZ Energy News* No. 10., GTZ, Eschborn.
- European Commission (2007), Limiting Global Climate Change to 2 Degrees Celsius – The Way Ahead for 2020 and Beyond, *Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions*, Brussels.
- GTZ (2006), *Energising Sustainable Development – Concepts and Projects*, GTZ, Eschborn.
- \_\_\_\_ (2009), *Energising Development–Report on Impacts*, GTZ, Eschborn.
- IEA (2007), *Renewables in Global Energy Supply*, International Energy Agency, Paris
- \_\_\_\_ (2008), *World Energy Outlook 2008*, International Energy Agency, Paris.
- \_\_\_\_ (2010), *World Energy Outlook 2010*, International Energy Agency, Paris
- JICA (2006), *JICA Thematic Guidelines on Renewable Energy*, JICA, Tokyo.
- Kees, M. (2010), Outcome-based Approach for the Dissemination of Renewable Energy Technologies in Developing Countries, UNCTAD Expert Meeting on Green and Renewable Technologies as Energy Solutions for Rural Development, February 2010, Geneva
- Lighting Africa (2010), *Lighting Africa Progress Report – Building Market Momentum*, IFC & World Bank, Washington, DC.

- Lim, S. (2011), *Green Growth : Global Cooperation* – Ch.4 The Need for Green Growth in Developing Countries, National Research Council for Economics, Humanities and Social Sciences, Seoul.
- Martinot, E. and Reiche, K. (2000), *Regulatory Approaches to Rural Electrification and Renewable Energy : Case Studies from Six Developing Countries*, Working paper, World Bank, Washington, DC.
- Ministry of Power and Energy (2006), *National Energy Policy and Strategies of Sri Lanka*, Colombo.
- Ministry of Power, Energy and Mineral Resources (2008), *Renewable Energy Policy of Bangladesh*, Dhaka.
- World Bank (2006), *Electrification and Regulation : Principles and a Model Law*, World Bank, Washington, DC.
- \_\_\_\_\_ (2008a), *Designing Sustainable Off-Grid Rural Electrification Projects : Principles and Practices*, World Bank, Washington, DC.
- \_\_\_\_\_ (2008b), *REToolkit : A Resource for Renewable Energy Development*, World Bank, Washington, DC.
- World Bank Independent Evaluation Group (2008c), *The Welfare Impact of Rural Electrification: A Reassessment of the Costs and Benefits*, World Bank, Washington, DC.

[www.lightingafrica.org](http://www.lightingafrica.org)

[www.senternovem.nl](http://www.senternovem.nl)

연구자료 ODA연구 2011-09-199

---

신재생에너지를 중심으로 한 농촌전력화 프로그램 개발협력 모델

---

발행 2011년 12월  
저자 임 소 영  
발행인 박 대 원  
발행처 한국국제협력단  
편집인 ODA연구실  
주소 경기도 성남시 수정구 대왕판교로 825 (우 : 461-833)  
전화 031) 740-0493  
팩스 031) 740-0681  
홈페이지 <http://www.koica.go.kr>  
인쇄 동화인쇄

[무단 복제를 금함]

ISBN 978-89-6469-042-0 13320