



# 스리랑카 농촌 지역의 에너지 자립화 모델 개발

오동건<sup>1)</sup> · 강용혁<sup>2)\*</sup> · 김보영<sup>1)</sup> · 윤창열<sup>3)</sup> · 오명찬<sup>1)</sup> · 김현구<sup>4)</sup>

## Developing an Energy Self-Reliance Model in a Sri Lankan Rural Area

Donggun Oh<sup>1)</sup> · Yong-heack Kang<sup>2)\*</sup> · Boyoung Kim<sup>1)</sup> · Chang-yeol Yun<sup>3)</sup> · Myeongchan Oh<sup>1)</sup> · Hyun-goo Kim<sup>4)</sup>

Received 16 February 2024 Revised 11 March 2024 Accepted 12 March 2024 Published online 18 March 2024

**ABSTRACT** This study explored the potential and implementation of renewable energy sources in Sri Lanka, focusing on the theoretical potential of solar and wind energy to develop self-reliant energy models. Using advanced climate data from the European Centre for Medium-Range Weather Forecasts and Global Solar/Wind Atlas provided by the World Bank, we assessed the renewable energy potential across Sri Lanka. This study proposes off-grid and minigrid systems as viable solutions for addressing energy poverty in rural regions. Rural villages were classified based on solar and wind resources, via which we proposed four distinct energy self-reliance models: Renewable-Dominant, Solar-Dominant, Wind-Dominant, and Diesel-Dominant. This study evaluates the economic viability of these models considering Sri Lanka's current energy market and technological environment. The outcomes highlight the necessity for employing diversified energy strategies to enhance the efficiency of the national power supply system and maximize the utilization of renewable resources, contributing to Sri Lanka's sustainable development and energy security.

**Key words** Balanced regional development(지역균형개발), Self-reliance energy model(에너지 자립 모델), Optimal energy mix(에너지 최적믹스), Renewable energy(재생에너지), Renewable energy resource map(자원지도)

### Subscript

ERA-5 : ECMWF Reanalysis v5

DNI : direct normal irradiance

GDP : gross domestic product

GHI : global horizontal irradiance

1) Senior Researcher, Renewable Energy Big Data Laboratory,  
Korea Institute of Energy Research

2) Honorary Researcher, Renewable Energy Big Data Laboratory,  
Korea Institute of Energy Research

3) Principal Researcher, Renewable Energy Big Data Laboratory,  
Korea Institute of Energy Research

4) Principal Researcher, Renewable Energy Institute, Korea Institute  
of Energy Research

\*Corresponding author: yhkang@kier.re.kr

Tel: +82-42-860-3518

Fax: +82-42-860-3462

### 1. 서론

스리랑카의 에너지 전환 전략은 재생에너지의 잠재량 탐색과 현지 시장에 맞는 에너지 모델의 구현에 초점을 맞춘다. 또한, 태양광 및 풍력 에너지의 이론적 잠재량 평가는 에너지 자립 모델을 개발하는 데 중요한 기초를 제공한다.<sup>[1,2]</sup> 최근에는 기후 데이터를 통해 스리랑카 전역에서 재생에너지원의 잠재량을 정밀 분석함으로써, 에너지 인프라 및 전력 공급 비용 사이의 지역적 차이를 확인할 수 있었다. 이러한 차이는 농촌 지역의 에너지 접근성 개선을 위한 새로운 접근법의 필요성을 시사하며, 재생에너지 기반의 오프그리드 및 미니그리드 시스템을 통해 이러한 문제를 해결할 수 있는 효과적인 방안을 제시할 수 있다.

농촌 지역에서 재생에너지를 활용한 자립적 에너지 공급

모델의 개발은 지속 가능한 개발 목표를 달성하기 위한 스리랑카의 노력을 반영한다. 본 연구에서는 태양광과 풍력 자원의 경제성과 실용성을 평가하며, 이를 통해 에너지 믹스의 다양화와 국가 전체의 에너지 자립도를 향상시키는 전략을 제공한다. 이 연구는 에너지 소비자와 생산자 모두에게 이익이 되는 방식으로 에너지 자원을 효율적으로 활용하는 방안을 모색하며, 스리랑카의 에너지 안보 강화와 장기적인 지속 가능한 발전을 지원하는 데 중요한 기여를 할 것으로 기대된다.

## 2. 스리랑카 재생에너지 현황 조사

### 2.1 재생에너지 잠재량 산정

스리랑카의 재생에너지 잠재량 산정은 국가 에너지 정책의 중요한 초석으로, 태양광과 풍력 에너지의 이론적 잠재량 평가를 통해 에너지 자립 모델 개발의 기반을 마련한다. 본 연구에서는 스리랑카 전역에 걸친 재생에너지 잠재량을 정밀하게 측정하기 위하여 유럽중기예보센터의 고급 기후 데이터(ERA-5)와 World Bank의 Global Solar/Wind Atlas의 광범위한 자료를 활용하여 분석하였다. 특히, 태양광 에너지 잠재량은 수평면 전일사량(GHI)과 직달일사량(DNI), 기온 및 풍속 데이터를 기반으로 King's model을 이용해 계산하였으며, 이는 스리랑카의 다양한 지역에서 태양광 패널의 효율적인 배치와 운용 및 풍력 발전기 설치를 위한 중요한 정보를 제공한다.

#### 2.1.1 태양광 에너지 잠재량

Fig. 1은 스리랑카 전역의 태양광 이론적 잠재량을 보여

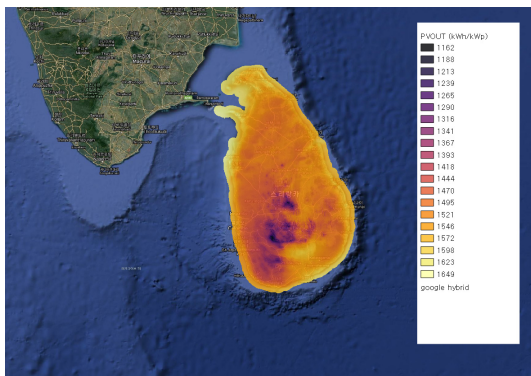


Fig. 1. Theoretical potential solar energy in Sri Lanka

준다. 스리랑카 내 서남부 지역에서 관측된 태양광 잠재량은 상대적으로 낮은 편으로, 이는 주로 도심 밀집도와 지형적 특성 때문으로 분석된다. 반면, 해안가 및 북부, 동남부 지역은 높은 수준의 태양광 잠재력을 보여, 농어촌 지역들이 에너지 자립 및 재생에너지 기반 발전에 있어 유리한 위치에 있음을 시사한다.

#### 2.1.2 풍력에너지 잠재량

Fig. 2는 스리랑카 전역의 풍력 에너지의 이론적 잠재량을 보여준다. 풍력 에너지에 대한 평가는 100 m 상공의 풍속과 에너지 밀도 데이터를 활용하여 이루어졌으며, World Bank의 Global Solar Atlas에서 풍속과 에너지밀도 등을 활용하였다. 스리랑카의 북서부와 남동부 해안 지역에서 특히 높은 풍력 잠재량을 확인하였다. 이러한 지역들은 해상풍력 발전에 있어 큰 잠재력을 가지고 있음에도 불구하고, 현재 스리랑카의 경제적 및 기술적 여건상 대규모 해상풍력 발전소 설치에 여전히 도전적인 과제로 남아있다.

본 연구에서 제공하는 재생에너지 잠재량 정보는 스리랑카의 재생에너지 개발 전략 수립에 있어 중요한 기초 자료를 제공하며, 태양광 및 풍력 에너지의 이론적 잠재량을 통해 지역별 에너지 자립 모델 개발을 위한 방향성을 제시한다.

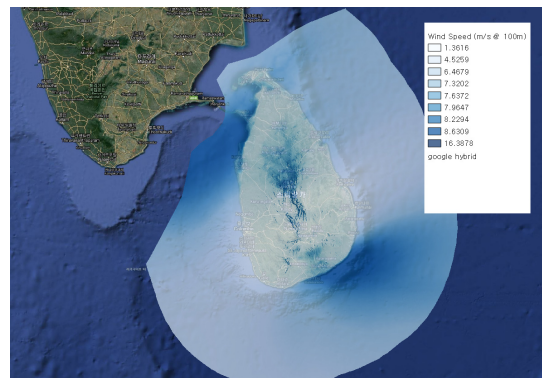


Fig. 2. Theoretical potential wind energy in Sri Lanka

## 3. 스리랑카 전력 수요·공급 동향 조사

### 3.1 농어촌 지역 전력 수요 조사

스리랑카 농어촌 지역 전력 수요 조사는 국가 전력 공급 체계의 효율적인 관리와 재생에너지 자원의 통합을 위한 중

요한 단계이다. 이 조사는 스리랑카 경제 현황과 전력소비 구조를 분석하여 농어촌 지역의 전력 수요와 공급 동향을 파악하고, 향후 전력 수요 증가에 대비하는 전략을 수립한다.

### 3.1.1 전력 수요 동향

스리랑카의 1인당 국내총생산(GDP)은 2020년 기준으로 \$3,682로 보고되었으며, 이는 전년 대비 다소 감소한 수치이다.<sup>[3]</sup> 경제는 주로 상업, 서비스, 산업 부문이 주도하고 있으나, 2019년 부활절 테러와 2020년 코로나19 팬데믹으로 인해 경제 성장에 큰 타격을 입었다.

Fig. 3은 스리랑카의 연도별 전력 소비량을 보여준다. 스리랑카의 전체 전력 소비는 2018년에 14,010 GWh를 기록했으며, 산업 부문이 32.5%, 가정이 40.7%, 상업 및 공공시설이 26.8%를 차지하고 있다. 특히, 산업 및 상업 부문의 성장으로 인해 가정 부문보다 전력 사용량이 증가하는 추세이다.<sup>[3]</sup>

Fig. 4는 스리랑카의 부문별 전력수요 동향을 보여준다. 전력 수요는 2020년까지 연평균 6.9% 증가하여, 피크 수

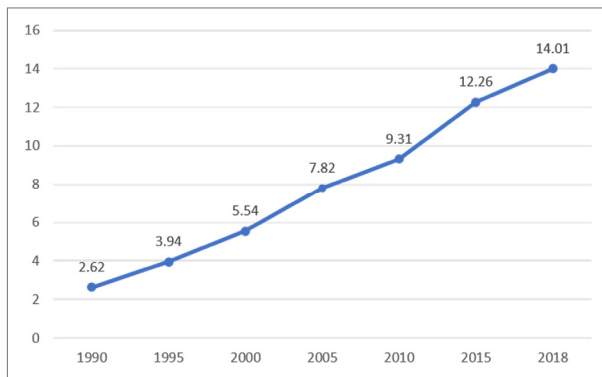


Fig. 3. Yearly power consumption in Sri Lanka (TWh)<sup>[3]</sup>

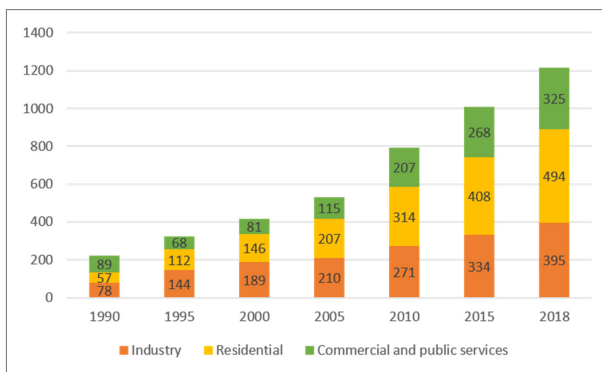


Fig. 4. Power demand trends by sectors in Sri Lanka<sup>[3]</sup>

요는 3,131 MW에 이를 것으로 전망된다.<sup>[3]</sup> 시간별 전력 사용량은 주로 오후 6시부터 8시 30분 사이에 집중되며, 이는 전력 공급 시스템의 효율적인 관리를 요구한다. 스리랑카의 전력설비용량과 피크 수요 사이에는 충분한 예비율이 있지만, 수력 발전의 계절적 변동성과 원유 기반 발전의 고비용으로 인해 피크 수요 관리에 어려움이 있다.

### 3.1.2 전력 공급 동향

스리랑카 전력 자급률은 현재 98% 수준이며, 2030년까지 100% 달성을 목표로 하고 있다. 이를 위해 발전 설비용량을 2018년 기준 4,186 MW에서 2025년까지 6,900 MW로 증가시킬 계획이다(Table 1 참조). 또한, 스리랑카 에너지부는 Soorya Bala Sangramaya 프로젝트를 통해 가정 및 회사에서 태양광을 포함한 재생에너지 사용을 촉진하고 있다. 이 프로젝트는 가정 및 기업에서 재생에너지를 사용할 경우 발전 라이선스 취득을 면제하고, 다양한 혜택을 제공하여 자생적인 에너지 공급을 촉진한다. 이러한 노력은 스리랑카의 에너지 자립과 지속 가능한 발전을 위한 중요한 단계이며, 특히 농어촌 지역의 에너지 접근성 개선과 경제 발전에 기여할 것으로 기대된다.

Table 1. Sri Lanka power supply capacity change, 2005–2018<sup>[4]</sup>

System Parameters	'15	'16	'17	'18
Total Gross Generation (GWh)	13,226.6	14,361.3	15,021.2	16,131.3
Total Grid Connected Capacity (MW)	3,888.4	4,013.0	4,093.6	4,186.8
Maximum Demand (MW)	2,283.4	2,452.9	2,523.0	2,616.0
Reserve Capacity	1,605.0	1,560.1	1,570.6	1,570.8
System Load Factor	66.0%	66.7%	67.7%	70.3%
System Reserve Margin	70.3%	63.6%	62.3%	60.0%

## 4. 스리랑카 신재생에너지 환경 분석

### 4.1 발전 포트폴리오

스리랑카의 재생에너지 환경은 다양한 발전 포트폴리오

와 정책 동향을 통해 국가의 에너지 믹스와 지속 가능한 발전 전략을 제공한다. 현재 스리랑카의 발전 포트폴리오는 송전망(Grid-Connected)과 오프그리드(Off-Grid) 시스템으로 구성되어 있다. 송전망 시스템의 경우 발전소에서 직접 연결된 배전용 변전소까지 전력을 수송하며, 오프그리드 시스템은 외부에서 전기나 가스 등의 에너지를 제공받지 않고 직접 에너지를 생산하는 시스템을 의미한다. 스리랑카의 송전망 시스템으로는 Ceylon Electricity Board (CEB), Independent Power Producers(IPP), 소규모 전력 생산자(Small Power Producers), Net-metered Projects or Micro power producers( $\mu$ PP) 등이 있으며, 오프그리드 시스템의 경우 정책 문제로 일부 지역에서만 활용되고 있다.<sup>[4]</sup>

#### 4.1.1 송전망 시스템

CEB는 1997년까지 스리랑카의 전력 시스템을 단독으로 관리하며 국가 전력망의 대부분의 발전소를 운영하고 있다. CEB가 관리하는 송전 시스템은 스위칭 스테이션, 그리드 변전소, 그리고 전력 발전소에 연결된 220 kV 및 132 kV의 송전 네트워크로 이루어져 있다. 이 시스템에서, 132 kV 송전라인은 그리드 변전소에서 지역 내 배급을 위해 33 kV로 변환되며, 특정 상황에서는 이 33 kV의 전력이 일차 변전소에서 11 kV로 추가 변환된 후 최종 소비자에게 공급된다. 이러한 구조는 스리랑카 전력 공급의 효율성과 신뢰성을 보장하는 데 중요한 역할을 한다.

1997년 이후, 스리랑카 전기 시장에는 IPPs가 진입하여 국가 전력망에 전력을 공급하기 시작했다. 이들은 CEB와 장기 전력 공급 계약을 체결, 서로 다른 조건 하에 국가 송전망에 전력을 제공한다. 2018년 기준, 6개의 IPPs가 운영 중에 있다. 소규모 전력 생산자의 수는 저렴한 비용 기반과 기술별 특화된 요금제도와 같은 지원 환경 조성을 통해 급속히 증가하고 있다. Sri Lanka Sustainable Energy Authority(SLSEA)의 지원 아래, 민간 부문 투자자들은 발전 규모를 10 MW로 제한하여 운영한다.  $\mu$ PP의 경우, 옥상 태양광 발전 사업을 시작으로, 2018년 말까지 19,164개의 시스템이 국가 송전망에 연결되어 총 154 MW의 발전 용량을 추가하였다.

#### 4.1.2 오프그리드 시스템

스리랑카는 오프그리드 발전 시스템을 통해 전력망의 가용성이 제한적인 지역에서도 에너지 접근성을 개선하고 있다. 이러한 오프그리드 시스템은 디젤 발전기, 소수력, 풍력 및 태양광 발전 등 다양한 재생에너지 기술을 활용하여 지역 커뮤니티의 에너지 수요를 충족시키는데 중요한 역할을 한다.

#### 4.2 재생에너지 보급 정책 동향

스리랑카의 전력부문 정책은 2006년에 Ministry of Power and Renewable Energy(M/P&RE)에 의해 처음 제정되고 2019년에 개정된 국가 에너지 정책 및 전략(National Energy Policy and Strategies, NEPS)에 의해 주도되고 있다. 이 정책은 재생에너지의 성장을 촉진하고 통합하기 위해 다양한 정책을 발표하고 관리하는 데 중점을 두고 있으며, 국가 감축목표(Nationally Determined Contributions, NDC)를 포함한다. 2008년에는 비전통적 방식의 재생에너지 자원의 점진적 확대를 목표로 하여, 소규모 재생에너지 발전 비중을 2008년 5%에서 2010년 7%, 그리고 2015년까지 10%로 확대한다는 계획을 세웠으며, 이 목표는 실제로 초과 달성되었다. 2015년에는 CEB에서 장기 발전 확대 계획을 발표하여, 재생에너지 설비 용량을 2014년 442 MW에서 2020년 972 MW로 확대하고 전력 비중을 2014년 11%에서 2020년 20%로 증가시키겠다고 발표했다. 같은 해, 에너지부는 중장기 정책인 지식경제를 위한 에너지 개발계획을 통해 중진국 진입을 목표로 하고 안정적 에너지 믹스를 추구하는 정책을 제시했다.

스리랑카 정부는 World Bank의 Carbon Partnership Facility(CPF)의 일환으로 탄소 배출권 시장 개발을 추진하고 있으며, MRP(Market Readiness Proposal) 개발을 위해 \$350,000의 기금을 받아 2016년 4월에 Partnership for Market Readiness(PMR) 그룹의 18번째 시행국가가 되었다. 이를 통해 국내 탄소 시장 개발과 국가 Monitoring Reporting and Verification(MRV) 시스템 및 레지스트리 추적을 강화하여 스리랑카의 녹색 성장 활동에 대한 민간 투자를 확대하고자 한다.



### 4.3 지역적 특성

스리랑카는 적도 부근에 위치해 연중 태양 에너지를 풍부하게 받으며, 이는 시기적 및 계절적 차이가 적은 이점을 제공한다. National Renewable Energy Laboratory(NREL)의 태양 자원 지도에 따르면, 스리랑카 지역의 대부분은 하루 평균 4.0~4.5 kWh/m<sup>2</sup>의 태양열을 받는 건조한 평지대로 이루어져 있어 높은 태양 에너지 잠재력을 가진다. 그러나 일부 고지대는 구름이 많아 일사량이 2.0~3.5 kWh/m<sup>2</sup>/day로 상대적으로 낮다. SLSEA는 재생 가능한 에너지 공급 목표를 달성하기 위해 추가적인 태양 에너지 발전이 필요하다고 밝혔다.

## 5. 스리랑카 에너지 자립 모델 개발

스리랑카의 농촌지역과 도시지역 사이에는 에너지 인프라와 전력 보급 비율에 상당한 차이가 존재한다. 이러한 차이는 농촌지역의 에너지 빈곤 문제 해결을 위해 도시지역과는 다른 접근법이 필요함을 시사한다.<sup>[5]</sup> 도시지역에서는 전통적인 화석연료 기반의 전력망 확장이 비용 면에서 유리할 수 있지만, 농촌지역에서는 이러한 접근법의 경쟁력이 떨어질 수 있다. 따라서 오프그리드 또는 미니그리드 시스템이 재생에너지를 활용한 새로운 대안으로 부상하고 있다. 재생에너지는 오프그리드 시스템에서 경제적, 기술적, 환경적 측면을 모두 고려할 때 다른 에너지원에 비해 높은 경쟁력을 제공한다. 특히, 스리랑카는 태양광 에너지의 높은 잠재력을 바탕으로 태양광 발전 시스템을 기본으로 하되, 일사량이 충분하지 않은 경우에 대비해 풍력, 소수력, 바이오매스 등을 포함한 하이브리드 시스템 구성이 가능하다.

본 연구에서 개발한 에너지 자립 모델은 농촌지역에서의 각 마을별로 태양광, 소수력, 바이오매스 등의 재생에너지 자원 현황을 파악하여 자원지도 데이터베이스를 구축하고, 이를 기반으로 마을 단위별 맞춤형 독립 발전 모델을 제안한다.<sup>[6,7]</sup>

### 5.1 스리랑카 농촌마을 유형 분류

스리랑카의 에너지 자립 모델 개발은 재생에너지 잠재량

의 정밀한 산정과 농촌 마을의 유형 분류를 통해 진행되었다. 먼저, 스리랑카 전역에 대한 재생에너지 잠재량 산정을 기반으로 일사량과 풍속 데이터를 활용하여 농촌 마을을 네 가지 유형으로 분류하였다. 앞서 소개된 자원지도 산출을 위한 일사량 지도 및 바람지도에 따르면, 스리랑카의 평균 일사량은 1,600 kWh/m<sup>2</sup>·year에서 2,100 kWh/m<sup>2</sup>·year에 분포하였고, 연평균 풍속은 3 m/s에서 9 m/s에 분포하는 것을 확인하였다.<sup>[6]</sup> 본 연구에서는 이 값을 기준으로 일사량 및 바람이 풍부하거나 부족한 지역을 선정하였고, 크게 아래와 같이 신재생 위주, 태양광 위주, 풍력 위주, 디젤발전기 위주로 분류하였다. 각 유형은 해당 지역의 일사량과 풍속 조건에 최적화된 에너지 자립 모델을 개발하는 데 중요한 기준이 된다.

- 1) 신재생 위주 : 일사량과 바람이 모두 풍부한 곳 (일사량 > 2,100 kWh/m<sup>2</sup>·year, 평균 풍속 > 9 m/s)
- 2) 태양광 위주 : 일사량은 풍부하지만 바람이 부족한 곳 (일사량 > 2,100 kWh/m<sup>2</sup>·year, 평균 풍속 > 3 m/s)
- 3) 풍력 위주 : 일사량이 부족하지만 바람이 풍부한 곳 (일사량 < 1,600 kWh/m<sup>2</sup>·year, 평균 풍속 > 9 m/s)
- 4) 디젤발전기 위주 : 일사량과 바람이 모두 부족한 곳 (일사량 < 1,600 kWh/m<sup>2</sup>·year, 평균 풍속 < 3 m/s)

특히, 신재생 위주 모델은 일사량과 풍속이 모두 풍부한 지역에 적용되며, 이러한 조건을 만족하는 지역에서는 디젤 발전기 없이도 경제적으로 효율적인 에너지 공급이 가능하다. 태양광 위주 모델은 일사량은 풍부하지만 바람이 부족한 지역에, 풍력 위주 모델은 일사량이 부족하지만 바람이 풍부한 지역에 적합하다. 마지막으로, 디젤발전기 위주 모델은 일사량과 바람이 모두 부족한 지역에서 필요한 에너지 공급을 위해 사용된다.

### 5.2 유형별 에너지 자립모델 개발

본 연구에서는 에너지 믹스 산정 소프트웨어인 Homer Pro를 사용하였다. 스리랑카 가정용 표준 프로파일을 바탕으로 한 전력 수요 분석에서는 가구당 월평균 100 kWh의 전력 소비를 가정하였고 사용된 일사량과 풍속 데이터는 앞서 소개된 태양광 및 풍력 자원 지도를 활용하였다.

또한, 경제성 분석을 위한 주요 요소로는 디젤 발전기, 태양광 발전기, 풍력 발전기, 에너지 저장 시스템(ESS), 그리고 컨버터의 가격이 포함된다. 스리랑카에서 널리 사용되는 디젤 발전기의 가격은 kW당 \$130으로 설정되었으며, 디젤 연료 가격은 리터당 \$1로 책정되었다. 이는 원유 가격 상승 및 스리랑카의 경제 상황을 고려한 것이다. 태양광 발전기의 가격은 kW당 \$1,000, 풍력 발전기는 3 kW 단위로 \$9,000로 설정되었다. ESS로 사용된 납산 배터리의 가격은 kWh당 \$300, 컨버터의 가격은 kW당 \$300으로 설정되었다. 이러한 분석 조건들은 스리랑카의 실제 에너지 시장 및 기술 환경을 반영하며, 에너지 자립 모델 개발에 있어 경제적 타당성을 평가하는 데 중요한 기준을 제공한다. 이 분석을 통해 각 모델의 경제성을 평가하고, Net Present Cost(NPC)와 Levelized Cost of Energy(LCOE)를 기준으로 최적의 모델을 도출한다.

#### 1) 신재생 위주 모델

재생에너지를 중심으로 한 모델은 일사량과 풍속이 풍부한 지역, 특히 실론 왕조의 마지막 수도였던 Kandy 북쪽과 남쪽 일부 지역에서 높은 경제성을 보였다. 이러한 지역에서는 태양광과 풍력을 결합한 디젤 발전기 없는 모델이 가장 효율적이었다. 태양광 발전 용량 18.5 kW와 풍력 발전기 5대, 94 kWh 용량의 ESS 구성 시 가장 경제적인 결과를 얻을 수 있었으며, 이는 NPC가 \$159,125, LCOE가 \$0.271/kWh로 계산되었다. 추가적으로, ESS 없는 모델도 가능했으나 경제성 면에서 약간의 하락을 보였다.

#### 2) 태양광 위주 모델

태양광 중심 모델은 일사량은 높으나 바람이 약한 지역, 주로 Kandy의 북동쪽과 남서부 지역, 그리고 현재 수도인 콜롬보에서 유리했다. 이 모델에서는 풍력 자원의 부족으로 풍력 발전기 설치를 배제하였으며, 태양광 40.5 kW, 디젤 발전기 31 kW, 110 kWh 용량의 ESS 조합이 경제적으로 가장 유리한 것으로 나타났다. 이 경우 NPC는 \$234,363, LCOE는 \$0.386/kWh로, 신재생 위주 모델에 비해 높은 구축비용과 에너지 비용을 요구했다.

#### 3) 풍력 위주 모델

풍력 중심 모델은 일사량은 부족하지만 풍속이 강한 지역, 주로 스리랑카 북부 지역에 적합했다. 이 모델에서는 태양광 23.5 kW와 풍력 발전기 5대, 95 kWh의 ESS가 가장 경제성이 높았으며, NPC와 LCOE는 각각 \$165,332와 \$0.281/kWh로 산정되었다. 신재생 위주 모델과 비교하여 태양광 용량과 ESS 용량이 증가했다.

#### 4) 디젤발전기 위주

화석연료 중심 모델은 일사량과 풍속 모두 부족한 지역, 주로 스리랑카 남서쪽과 동쪽에서 고려되었다. 이 모델에서 필요한 태양광은 47.4 kW, 디젤 발전기 31 kW, 113 kWh의 ESS 조합으로 나타났으며, 다른 모든 경우 중 가장 많은 태양광을 요구했다. NPC는 \$247,112, LCOE는 \$0.407/kWh로 가장 높은 구축비용과 에너지 비용을 나타냈다.

종합적으로, 태양광에 비해 풍력 자원의 지역별 편차가 큰 것으로 나타났으며, 풍력 자원이 부족한 지역에서는 풍력 발전기 설치를 고려하지 않는 것이 경제적으로 더 유리했다. 반면, 바람이 풍부한 지역에서는 풍력 발전기 설치가 LCOE와 구축비용을 줄이는 효과적인 방법이었다. 일사량 또는 풍력 중 한 가지의 재생에너지 자원이라도 풍부하다면 디젤발전기 위주의 발전 방식보다 항상 낮은 LCOE 및 구축비용을 필요로 하는 것으로 나타났으며, 이를 통해 증가하는 스리랑카의 전력 수요에 대응하기 위해 전력화가 잘 이루어지지 않은 지역에 대해서는 재생에너지 발전을 통한 오프그리드 시스템이 합리적인 선택이 될 수 있음을 시사한다.

### 5.3 에너지 자립모델 유형별 구획화

마지막으로 에너지 자립 모델 유형을 활용하여 스리랑카 전국을 재생에너지 활용 가능성에 따라 구획화 하였다(Fig. 5). 해석 결과, 해안 지역에서 태양광 및 풍력 에너지의 풍부한 잠재력을 시사하는 반면, 내륙의 도심 지역에서는 재생에너지 자원이 상대적으로 부족한 것으로 관찰되었다. 북쪽 지역은 풍력 에너지가, 동쪽과 남쪽의 농촌 지역은 태양광 에너지가 상대적으로 유리한 조건을 가지고 있음을 보인다.

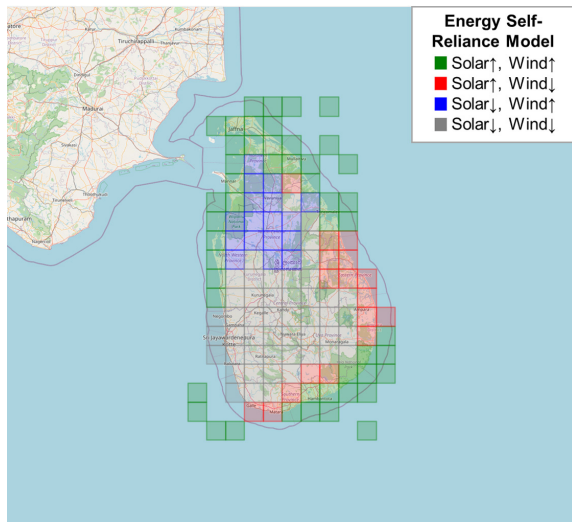


Fig. 5. Energy self-reliance model for Sri Lanka

다. 이러한 결과는 스리랑카의 국가 전력 공급 체계의 효율성을 높이고, 재생 가능한 에너지 자원의 활용을 최대화하는 데 중요한 역할을 할 것이다. 또한, 이는 스리랑카가 지속 가능한 에너지 미래를 향한 전략적인 접근 방식을 개발하는 데 중요한 기초 자료로 활용될 것이다.

## 6. 결론

본 연구는 스리랑카에서 재생에너지의 잠재력을 평가하고, 다양한 에너지 자립 모델의 개발을 통해 지속 가능한 발전을 촉진할 수 있는 방안을 제시하였다. 태양광 및 풍력 에너지를 중심으로 한 분석을 통해 전력화가 잘 이루어지지 않은 지역에 대해서 재생에너지 발전을 통한 오프그리드 및 미니그리드 시스템이 농촌 지역의 에너지 접근성을 개선하고, 에너지 자립을 실현하는 데 효과적임을 확인하였다. 이러한 시스템은 스리랑카의 에너지 보안 강화와 환경적 지속 가능성을 달성하는 데 중요한 역할을 할 것으로 기대된다. 본 연구의 결과가 스리랑카뿐만 아니라 유사한 에너지 환경을 가진 다른 국가들에게도 재생에너지 솔루션을 모색하는 데 중요한 참고 자료가 될 수 있기를 기대한다.

## 감사의 글

본 연구는 2021년도 과학기술정보통신부의 재원으로 국제협력연구사업으로 수행된 연구임(No. 2020K1A3A9A0100003312).

## References

- [1] Kim, J., Yun, C., Kim, H., Kim, C.K., Kang, Y., and Kim, H., 2018, "Market potential assessment of renewable energy based on renewable energy resource map", Proc. Korean Society of New and Renewable Energy Fall Conference, 117.
- [2] Yun, C., Kim, K., and Jeong J., 2006, "The establishment of the GIS based resource map system for new and renewable energy", New. Renew. Energy, 2(4), 27-32.
- [3] International Energy Agency, 2024, "Energy system of Sri Lanka", Accessed 16 February 2024, <https://www.iea.org/countries/sri-lanka>.
- [4] Sri Lanka Sustainable Energy Authority, 2018, "Sri Lanka Energy balance 2018", <https://www.energy.gov.lk/images/energy-balance/energy-balance-2018.pdf>.
- [5] Chung, D., Yoon, K., and Kang, Y., 2021, "Development of business model for rural energy independence project using renewable energy resource map in Sri Lanka", Proc. Korean Society of New and Renewable Energy Conference, 230.
- [6] Kang, Y., Kim, B., Jeong, D., Yun, K., and Kim, H., 2022, "Rural energy independence model for balanced regional development in Sri Lanka", Proc. Korean Society of New and Renewable Energy Spring Conference, 217.
- [7] Kang, Y., Yoon, K., and Chung, D., 2021, "Development of energy self-reliance model in rural communities for balanced regional development of Sri Lanka", Proc. Korean Solar Energy Society Spring Conference, 266.