

도서지역 기존 디젤과 신재생 전원의 경제성 비교 방안

김봉석*, 정지훈, 김해인, 윤용범, 유제면†
한국전력공사 경영연구소, 배전전략실†

Economic Evaluation between Diesel vs Renewable Energy for Remote Islands

Bong-Suck Kim*, Jee-Hong Jung, Hae-In Kim, Yoon-Yong Beum, Je-Myun Ryu†
KEPCO Management Research Institute, Distribution Strategy Office†

Abstract - 우리나라 자가발전 도서 132개 중 10개 도서를 대상으로 디젤발전과 태양광·풍력의 경제성을 비교하였다. 도서별 전력수요 추정과 함께 발전원의 수명기간 동안 총 비용을 총 발전량으로 나눈 균등화발전단가(원/kWh)를 경제성 분석지표로 사용하였다. 도서별 실제 태양광과 풍황 등 자원량을 반영하지는 않았고 태양광 15%, 풍력 21% 이용률을 가정하였다. 그 결과 4개 도서가 경제성 확보가 가능한 것으로 분석되었다.

향후 국가 차원의 손실 최소화 방안 및 국가적 편익 비용을 산출함으로써 향후 도서지역 중장기 경제적 전력공급을 위한 도서 전원 구성에 관한 정책적 방향을 제시할 예정이다.

1. 서 론

국내 도서지역의 평균 발전원가는 내륙의 5.7배 수준으로 높아 전국 단일 요금 체계 하에서 매년 수백억원의 손실이 발생하고 있다. 정부에서는 금년 7월부터 보일러등유 폐지를 결정·고시('10.12월)하였고 발전용 연료를 경유로 전환을 할 경우 대폭적인 연료비의 증가가 불가피하여 대책 마련이 시급하다. 발전용 연료를 기존 보일러등유에서 경유로 전환을 할 경우 한해에 약 200억원의 추가적인 연료비의 증가가 예상된다.[1]

이와 같이 도서 지역은 발전원가가 높고 보일러등유 폐지에 따른 연료비의 대폭적인 증가 등 태양광과 풍력의 진입장벽이 내륙에 비해 상대적으로 낮아질 것으로 전망된다. 또한 배터리와 같은 신재생 주기기의 지속적인 가격 하락도 태양광과 풍력의 경제성 확보에 유리하게 작용할 것이다.

본 연구에서는 중장기적으로 도서지역의 내연발전과 태양광·풍력의 신재생 발전방식의 경제성을 분석·비교하였다.

2. 본 론

2.1 도서 현황

2.1.1 도서 운영 현황

국내 유인 도서수는 총 429개로 이 중 약 70%인 297개는 철탑 및 해저케이블을 통해서 내륙과 연계하여 전력을 공급받고 있으며, 나머지 132개는 전력계통 상 내륙과 분리되어 내연발전을 통한 자가발전 형태로 운영되고 있다.

〈표 1〉 전력공급방식별 도서 운영 현황

구 분	내륙연계 (철탑,해저케이블)	자가발전 (내연발전)	합 계
도서 수 (개)	297	132	429
고객호수 (호)	266,088	22,362	288,450
운영 주 체	한 전	한전/지자체/주민자치	-

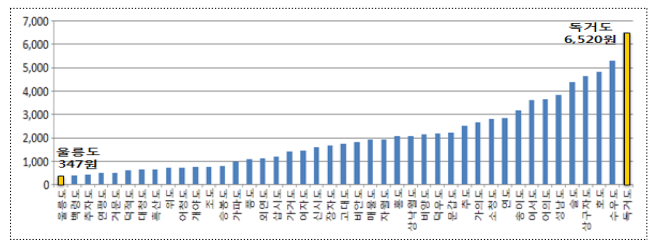
이 중 자가발전 형태로 운영되는 132개 도서 중 한전은 63개 도서(48%), 20,360호(91%), 설비용량 69,005kW(89%)를 담당하고 있으며, 지자체는 22개, 주민자치는 47개 도서를 운영하고 있다.

〈표 2〉 도서지역 자가발전 주요 현황

구 분	한 전	지자체	주민자치	합 계
도서 수 (개)	63 (48%)	22	47	132
고객호수 (호)	20,360 (91%)	1,698	304	22,362
설비용량 (kW)	69,005 (89%)	5,978	2,596	77,579

2.1.2 도서 발전원가

도서는 규모의 경제를 실현할 수 없고 고가의 유류를 사용하여 평균발전원가는 약 533원으로 내륙의 5.7배로 매우 높다. 또한, 도서별 발전설비의 규모가 상이하어 발전원가의 편차는 347원(울릉도)에서 6,520원(독거도)으로 매우 크다.



〈그림 1〉 도서별 발전원가

2.1.3 도서별 전력수요

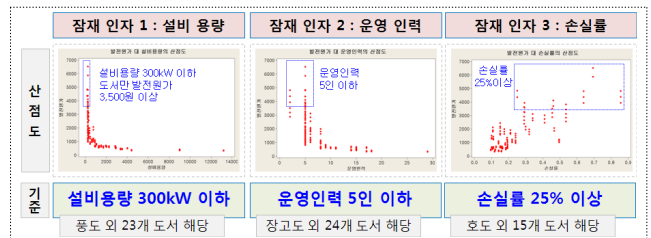
도서별 전력수요는 자연증가분 예측치와 단기 신규수용가 조사 결과를 합산하여 예측하였다. 자연증가분은 연도별 추세와 회귀분석기법을 혼합하여 추정하였으며, 대규모 신규수용가는 향후 5년간 관한 지점의 조사결과를 바탕으로 수립되었다. 발전설비용량 1,000kW 이상인 대규모 도서의 최대수요는 연평균 2.8% 성장하였으며, 특히 대규모 신규수용이 예상되는 울릉도와 거문도는 4.2%, 3.4%로 크게 상승하였다. 발전설비용량 240kW 이하인 소규모 도서는 연평균 2.4%로 1,000kW 이상 대규모 도서에 비해 비교적 낮은 성장이 예측되었다.

2.2 경제성 분석 : 디젤발전 vs 태양광·풍력

분석대상 도서의 2011~2038년까지 전력수요를 예측하였고 디젤발전과 태양광·풍력 균등화발전단가를 산출하여 경제성을 비교하였다. 전력 공급의 안정성을 위해 디젤발전을 배제하지 않고 전체 발전량의 10%로 고정하였다. 태양광과 풍력의 발전량 비율의 합은 90%이며 각각의 비율은 변경하였다. 본 분석을 위해 할 인을 6.3%, 태양광 이용률 15%, 풍력 이용률 21%를 가정하였다.

2.2.1 분석대상 선정

자가 디젤발전의 발전원가에 영향을 큰 잠재인자 3가지를 충족하는 도서를 분석대상으로 선정하였다. 통계 분석 틀인 미니맵을 활용한 산점도 분석결과 설비용량 300kW 이하, 운영인력 5인 이하, 손실률 25% 이상인 잠재인자 3가지를 모두 충족하는 도서는 가의도 외 총 10개 도서이다.



〈그림 2〉 분석대상 선정

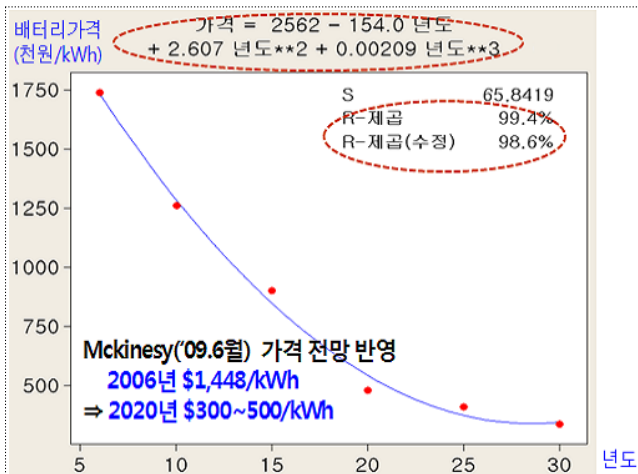
2.2.2 신규/대체 설비투자

도서별 자가발전 설비 예비율은 도서가 보유한 발전기의 대수에 따라 차등 적용하고 있다. 따라서 도서 발전의 신규투자는 도서별 최대수요를 바탕으로, 적정 설비 예비율 기준을 적용하여 산정하였다. 대체설비는 디젤발전기 중속엔진의 내용연수 20년을 기준으로 투자 여부를 산정하였다.

〈표 3〉 도서지역 적정 설비 예비율 기준

구 분	3대 이하	4대	5대	6대~8대	9대 이상
설비예비율	55%	38%	30%	25%	20%

신규와 대체 설비의 투자를 디젤을 적용하였을 경우와 신재생을 적용을 하였을 경우의 투자비를 각각 산정하였다. 국내 주요 제작사로부터 디젤발전기와 신재생 주기기의 견적을 받아 통계 분석 툴인 미니탭을 활용하여 기기별 가격 공식을 도출하였다. 특히, 대폭적인 가격의 하락이 예상되는 배터리의 경우는 회귀 분석을 통하여 연도별 가격 예측 회귀방정식 결과를 투자비 산정에 반영하였다.

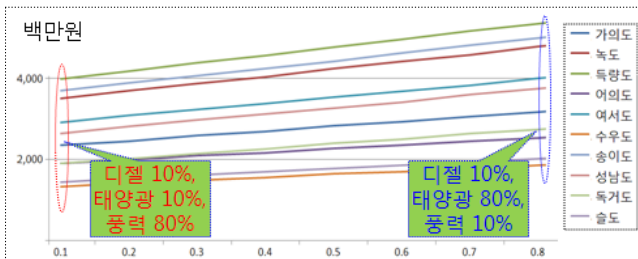


$$\text{배터리 가격} = 0.00209 \times \text{년도}^3 + 2.6070 \times \text{년도}^2 - 154 \times \text{년도} + 2,562$$

〈그림 3〉 배터리 가격 공식

시장 전망 전문가인 Mckinesy는 2020년 리튬이온 전지 가격을 현재 가격의 약 1/3수준으로 예상하였다. 이를 반영한 배터리 가격 공식은 상기와 같다. R-제곱은 회귀분석 방정식에 대한 설명력을 의미하며 통상적으로 65% 이상일 경우 Fitting이 잘 된 것으로 해석할 수 있다. 본 분석의 R-제곱은 99.4%로 매우 높아 각 연도별 배터리의 가격 공식은 타당하다고 할 수 있다.

분석대상 도서 10개를 대상으로 디젤, 태양광, 풍력의 전원 비율별 투자비를 각각 산정하였다. 풍력은 이용률이 높아 경제성은 우수하나 안정성이 떨어지는 단점이 존재하여 태양광과의 동시 설치가 유리할 것으로 예상된다. 안정성을 고려하여 부조일수 하루에 해당하는 배터리를 투자에 반영하였다. 부조일수 하루는 디젤과 태양광·풍력이 발전을 하지 않고 충전된 배터리의 방전만으로 하루 동안 해당 도서에 전력을 공급할 수 있음을 의미한다.



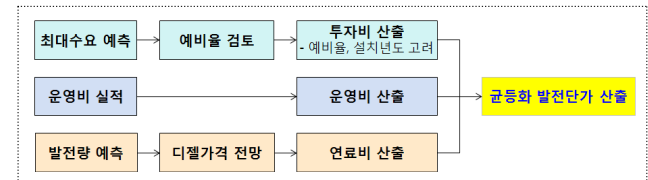
〈그림 4〉 전원비율에 따른 투자비 산정

2.2.3 균등화발전단가(경제성 분석 지표)

발전원의 수명기간 동안 총 비용(투자비, 연간유지비, 연료비)을 현금으로 전환 한 후 해당기간의 총 발전량으로 나눈 균등화 발전단가를 경제성 분석지표로 사용하였다. 디젤발전과 태양광·풍력 발전은 연료와 설비가 상이하나 균등화를 통해 경제성 비교가 가능하다.

$$\text{균등화발전단가} = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{\text{투자비}_t + \text{연료비}_t + \text{운영비}_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{\text{발전량}_t}{(1+r)^t}}$$

신규투자와 대체투자를 고려하여 투자비를 산정하였다. 운영비는 인건비, 경비, 수선유지비, 판매 및 관리비로 구성되어 있으며 최근 3년간 도서별 운영실적 평균을 적용하였다. 배전비용도 배전선로 투자비용과 수선유지비 합계로 구성되어 있으며, 운영실적을 반영하였다. 연료비는 EIA 디젤유 장기 유가 전망치를 적용하여 균등화 발전단가를 산출하였다. 그 결과 분석대상 10개 도서 중 4개 도서가 태양광과 풍력의 경제성 확보가 가능한 것으로 분석되었다.



〈그림 5〉 균등화발전단가 산출 흐름

3. 결 론

최근 중동의 정정 불안, 원유의 가채년수 감소 및 일본 지진에 의한 원전의 안정성 논란 등 유가의 지속적인 증가가 예상된다. 금년 7월 도서의 발전연료가 보일러등급유에서 경유로 전환이 될 경우 태양광·풍력과 같은 신재생 전원의 경쟁력은 높아질 전망이다. 국내 도서 신재생 적용 사례를 조사한 결과 풍력 블레이드 이상, 배터리 수명 저하, 전력조정기 고장 등의 사례가 다수 발생하여 도서용 신재생 주기기의 신뢰도의 확보가 선행적으로 요구된다. 또한 도서와 같은 소규모 시스템에 출력 간헐성이 큰 신재생에너지의 적용을 위해서는 전력품질 향상을 위한 저장장치와 풍력 예측 시스템 등을 적용하여 공급의 안정성을 확보해야 한다.

본 논문에서는 한전에서 운영 중인 도서에서 분석대상을 선정하여 디젤발전과 태양광·풍력 신재생 전원의 균등화발전단가를 비교하였다. 도서별 자원량을 반영하지 않은 한계가 있지만 분석결과 10개 도서 중 4개 도서가 경제성 확보가 가능한 것으로 분석되었다.

향후 추진 예정인 도서 신재생 적용 타당성 연구에서는 본 분석에서 미흡했던 도서별 자원량 반영과 안정성 측면도 충분히 고려하여 국내 도서에서 신재생 우선 투자 대상을 선정하여 정부 정책에 반영을 할 계획이다. 단기적으로는 신재생 우선 투자 대상 도서들 중심으로 우선 보급하고 중기적으로는 국내 나머지 도서로 확대보급, 장기적으로는 국내 보급 실적을 바탕으로 동남아 도서 등 진출을 모색할 필요가 있을 것으로 사료된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 한국전력공사, “2011년도 농어촌전기공급지원 사업수행계획서”, 2011
- [2] 대한전기학회, “도서지역 경제적 전력공급 방안 연구”, 2010
- [3] EIA, “Annual Energy Outlook 2010”, 2010
- [4] 지식경제부, “도서벽지의 주민 등에 대한 전력공급지원사업 수행결과보고서”, 2009
- [5] 에너지경제연구원, “도서·벽지 전력공급사업의 합리적인 추진방안”, 최종보고서, 2002
- [6] 한국전기연구원, “도서지역 전력수요예측 및 수급계획 수립방안 연구”, 2002