

미 전화 도서 자가 발전방식 도입에 따른 경제성 검토

안교상, 임희천, 엄영창

*한전 전력연구원, *신에너지그룹

Economic Evaluation on a private electric Generation Application in Unelectrified Remote Islands in Korea

Kyo-Sang Ahn, Hee-Chun Lim, Young-Chang Eom

*Korea Electric Power Research Institute, KEPCO

ABSTRACT

According to Electricity Acceleration Law of Rural Area recently, the needs for replacement of a small scale diesel power generation facility which supplied electricity to 10-50 households Remote Islands has been revealed due to high operating and maintenance cost of Diesel Power Generation.

Optimization of electric power system for Small Remote Islands must be made considering the economics, reliability and stability as power sources and estimation of total construction cost of those power stations. For its purpose, an assessment of power generation options such as Photovoltaic, Fuel cell, Wind-hybrid was implemented. economic evaluation of power supply shows the Photovoltaic, Fuel Cell for few household's islands and Diesel, Wind-hybrid for more inhabited islands. Power supplied by Diesel shows the best response to increasing electric demand and system reliability even with its lower economic value.

Those who are in charge of power planning have to pay attention to system reliability, stability and operating characteristics of candidate's power supply besides its economics.

주요기술용어 : Fuel Cell(연료전지), Wind-hybrid(풍력 하이브리드), Diesel power generation facility(디젤발전소)

1. 서론

1965년 정부가 농어촌 전화촉진법을 제정하면서 시작된 농어촌 전화사업은 당시 전국적으로 25.5%, 그리고 농어촌은 12%에 불과하였던 전

화율은 현재 전화율 99.9%를 달성하고 있다. 이러한 높은 농촌 전화율에도 불구하고 지역적 사정으로 미 전화되고 있는 도서 지역 전화사업을 위하여 1990년부터 1998년까지 100호 이상 52개 도서와, 50호 이상 36개 도서에 대한 전기공급 사업

을 완료하였고, 이어 2002년부터는 50호 미만도서 (10호 이상)에 대한 전화 사업을 시작 할 예정이다.

이와 같은 소규모 도서 지역 발전을 위하여, 현재까지 대부분 디젤 발전에 의하여 전력공급이 이루어지고 있으나, 디젤 발전은 설비 운영을 위한 운전 유지 보수비가 많이 들어 경제성에서 문제가 되고 있으며, 또한 소음, 환경 등 공해문제 등으로 인하여 경제성 있는 무공해 신 발전방식의 도입이 고려되고 있다. 특히 새로운 발전기술 개발의 결과로 연료전지 발전, 태양광 발전, 풍력 hybrid 발전 등 대체 에너지 전원에 의한 보급 가능성이 크게 증가되고 있다.

본 논문은 이와 같은 배경에 따라 현재 미 전화되어 있는 국내 50호 미만 소규모 도서지역에 대한 다양한 발전원의 도입을 고려하여, 보급 가능한 4 가지 종류의 도서지역 자가발전에 대한 경제성을 상호 비교 및 검토 결과에 대하여 논하고자 한다.

2. 자가발전 전원에 대한 경제성 검토 방법 선정

발전 전원 경제성을 분석, 검토하는 방법에는 회계적 이익률 법(Accounting Rate of Return Method), 투자회수 기간법(Pay-back Period Method), 내부 수익율법(Internal Rate of Return Method), 비용/편익 분석법(Benefit/Cost Ratio Method), 발전원가 분석법(Generation Cost of Electricity Method) 등으로 분류할 수 있다[1]. 이중 가장 보편적으로 사용하는 방법은 발전원가 산출에 의한 비교 분석 방법이다. 이는 전력공급 비용에서 발전비용 부분이 가장 큰 비중을 차지하기 때문으로, 발전원에 대한 경제성 평가는 단위 발전량에 대한 발전원가를 상호 비교하면 분석이 가능하다. 발전원가 산출 방법에는 연도별 발전원가, 수명기간 누계 발전원가, 균등화 발전원가, 전력계통 비용분석 발전원가 방법 등을 사용하는데, 수명기간 동안 소요 비용을 할인율 및

물가 상승률 등에 의해 균등화 시킨 후 생산 전력량으로 나눈 금액으로 표시하는 균등화 발전원가 방식이 가장 많이 사용된다.

본 검토에서는 도서지역 설치용 발전방식 경제성 평가에서 발전에 따른 수익이 고려되고 있지 않기 때문에, 발전에 필요한 제반 비용을 산정하여, 단위 발전량에 대한 발전원가를 계산한 균등화 발전원가를 사용하여 분석하였다.

2.1. 균등화 발전원가 (Levelized Cost of Electricity)

발전원가는 발전소를 건설하고 운영하는 데 소요되는 총 비용으로 보통 단위 전력량 1 kWh를 생산할 때 필요한 비용을 말한다. 균등화 발전원가는 연도별로 불규칙하게 변화하는 제반 비용과 발전량을 화폐의 시간적 가치를 고려, 일정 시점으로 할인하고, 또한 발전량도 동일 시점으로 할인하여 연도별로 균일하게 만든 다음, 발전원가를 산출 비교하는 방법이다. 이를 간단히 식으로 나타내면,

$$\begin{aligned} \text{균등화 발전원가} &= \text{고정비} + \text{변동비} \\ &= \frac{\text{건설단가} \times \text{고정비율}}{8,760 \times \text{이용율} (1 - \text{소내소비율})} \\ &\quad + \frac{\text{연소비율} \times \text{연료단가}}{1 - \text{소내소비율}} \quad (1) \end{aligned}$$

이 식에서는 연료비만을 변동비에 포함시키고, 그 외 고정비는 모두 고정 비율에 포함시키고 있다. 즉 고정비를 이루는 각 비용을 더하는 대신, 건설 단가에 일정 고정 비율을 곱해 고정비를 구하고 여기에 변동비를 더해 균등화 발전비용을 산출하는 방법이다. 발전원가 구성요소 중 가장 큰 비중을 차지하는 부분은 발전비용으로 크게 고정비와 변동비 부분의 두 가지로 나누어진다.

고정비는 발전소의 이용율과 무관한 비용, 즉 발전량과 관계없이 발전설비에 대한 투자비의 일정비율로 매년 고정적으로 발생하는 비용이다.

초기 투자비를 회수하기 위한 감가상각비, 투자수익과 연도별 고정운전유지비, 보험료, 법인세 및 제세 등으로 이루어지고 있다. 본 경제성 분석을 위한 투자비 산정에서는 향후 도서지역에 설치되는 영구 설비로서 발전설비 설치를 위한 부지 정지비, 건축비 및 배전 설비비용을 일괄적으로 적용하였다. 고정비 가운데 자본비와 감가상각(정액법 적용)비를 자본회수 계수 (CRF: Capital Recovery Factor)로 계산하여 고정비를 산출하는데 발전원가 계산에 있어서 중요한 변수로 작용한다. 자본비는 투자비에 대한 일종의 투자 보수로 생각할 수 있다. 자본비 및 감가상각을 위한 자본회수계수 CRF는 다음 식으로 계산한다.

$$CRF = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (2)$$

여기서 i=이자율(%), n=수명기간(년)을 나타낸다.

발전소 수명기간동안의 평균 법인세 및 세세의 고정비율 t' 는

$$t' = t \frac{\{n - \frac{n \times (n-1)D}{2}\}}{n}, \quad (3)$$

$$t = (Y/1-Y) \times (c+fc) \times (1-D)$$

가 되며, 여기서

- t' : 수명기간동안의 고정비율,
- n : 수명기간,
- D : 정액법에 의한 감가 상각율,
- t : 초년도 연간고정비율,
- Y : 세전순익에 대한 세율,
- fc : 자기자금비율,
- c : 자기자본의 수익률
- $(1-D)$: 최초투자의 미 감가상각비율

을 각각 나타내며, 여기에서는 한전에서 사용

하는 정액법에 의한 고정비 산정비율을 적용하였다.

한편 운전 유지비는 발전설비를 운영하는 운전원의 인건비와 수선 유지비로 구성된다. 즉,

$$\text{년간 운전 유지비} = \text{총 투자비} \times \text{운전유지비율} \quad (4)$$

로 표시하며, 운전유지 비율은 인건비, 수선 유지비 및 기타 비용을 더한 총 투자비에 대한 비율이다. 여기서 적용한 운전 유지비는 현재 운영 중인 기존 도서지역 디젤발전소 운전실적을 참조하여 유사하게 적용하였고 할인율은 6%를 적용하였다. 본 연구 검토 대상의 발전원 소내 소비율은 태양광 발전 및 풍력발전 2%, 연료전지발전 5%[2], 그리고 디젤발전 15%를 각각 적용하였다. 소규모 도서지역의 전기소비는 도서지역과 큰 차이가 있다. 50 호 미만 도서에서의 세대 당 전력소비는 도시와 비교할 때 대략 20% 정도 낮은 것으로 분석된다. 따라서 세대 당 전기 소비량 200 kWh와 공동 전기 부하량 25%를 추가하여 연간 발전량을 산정하였다.

변동비는 비교적 단기간(1년 이내) 소요되는 재화 및 서비스 비용으로 발전량에 비례하여 지출되는 연료비와 변동 운전 유지비(소모성 물품비등)가 있다. 연료비는 발전전원의 효율과 밀접한 관계를 갖는다. 열 소비율(Heat rate)은 1 kWh를 생산하는데 필요한 연료 열량(kcal), 즉 kcal/kWh의 단위로 표시하며, 발전기 효율에 크게 좌우된다. 또한 현재 도서지역 발전용 연료(경유)에는 면세로 공급되고 있어 경유 연료 값은 이를 적용하고, LNG 가격은 가스공사에 공급하는 발전용 판매가격을 적용하였다.

2.2. 대상 발전방식의 시스템구성, 특징 및 발전원가 산정 입력

2.2.1 대상 발전방식의 시스템구성 및 특징

미 전화 도서지역 전원의 공급대상 발전방

식은 도서지역 독립형 발전 전원으로 보급 가능한 연료전지, 태양광, 디젤발전방식과 풍력-디젤 Hybrid 발전방식을 대상으로 하였다. 발전시스템 구성은 연료전지의 경우, 연료전지 2set와 비상용 발전기 1set를 병렬로, 태양광 발전의 경우는 태양광 발전시스템 1set와 비상용발전기 2set를 기본 시스템으로 구성하였다. 또한 디젤발전은 발전기 3대를 기본으로 하였고, 풍력-디젤 Hybrid 발전시스템의 경우에는 디젤발전기와 영구자석형 풍력 발전기를 조합하여 구성하였다. 그림 1은 각 발전원의 시스템 구성도를 보여주고 있다.

발전방식별 설비용량은 도서지역의 향후 전력 수요를 예측하고, 각 발전원들의 특징을 고려하여 전원별, 즉 연료전지 160~260kW, 태양광 110~215kW, 풍력hybrid 160~270kW, 디젤 150~250kW로 각각 선정하였다. 이렇게 용량이 차이가 있는 것은 과거 도서지역에서의 운전경험과 현실 가능한 제작용량을 종합적으로 고려하여 적용하였기 때문이다.

2.2.2 대상 발전방식 투자비 산정

대상발전소의 투자비 산정은 공정성을 최대한 확보하기 위해, 국내에서 설치 판매한 실적이 있는 경우에는 이를 적용하였고, 없는 경우에는 해외자료를 활용하였다.

연료전지의 경우 최근 일본 Toshiba 및 Canada Ballard에서 판매하는 200 kW 인산형 (PAFC) 및 고분자 전해질 연료전지(PEMFC) 가격은 각각 5,600 \$/kW, 8,000 \$/kW로서[3] 기존 발전방식과 비교하면 아주 높은 가격이다. 최근 보고서(Spencer Management Associates)에 의하면 2004~2008년경 기술 향상과 대량 생산에 따

라 900~2,000 \$/kW로 떨어질 것으로 전망하고 있다. 따라서 본 검토에서 PAFC는 현재 투자비 3,000 \$/kW와 미래의 투자비 1,150/kW(high) 및 650 \$/kW(low)를 각각 적용하여 발전 원가 민감도를 분석하였다[4].

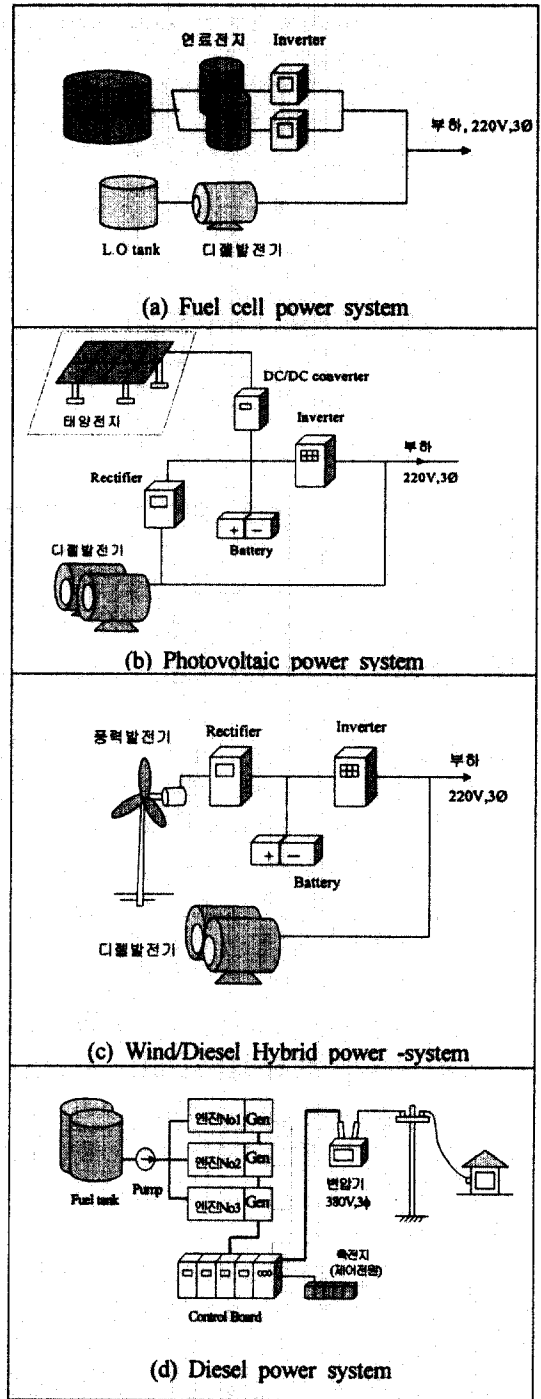


Fig. 1. Power system configurations for remote island.

Table 1. System configuration and characteristic of the power generation options

| 발전원 | | 연료전지 | 태양광 | 풍력hybrid | 디젤 | 비고 |
|-----|-----------|-----------------|-----------------|-----------------|---------|--------------------------------|
| 구분 | 시스템 구성 | 연료전지 +비상용발전기 | 태양전지 +비상용발전기 | 상용발전기 +풍차발전기 | 상용발전기 | H: high M: medium L: low |
| | 설비 용량(kW) | 160~260 | 110~215 | 160~270 | 150~240 | |
| 특징 | 운전용이성 | M | HH | L | H | |
| | 설비안정성 | M | H | M | H | |
| | 설비신뢰성 | M | H | M | H | |
| | 투자비merit | L | L | M | M | |

태양광 발전시스템에서 가장 많은 투자비가 소요되는 부분은 태양전지로, 독립형인 경우 전체 투자비의 약 40% 정도가 된다. 태양전지 모듈의 국내 판매가격은 3.2 \$/Watt 수준이고, 해외 판매가격은 4.3\$/Watt 정도이다. 본 연구 검토에서는 현재 국내시장 거래가격을 고려하여 Watt당 6\$(7,800원/Watt)을 적용하였다. 축전지는 축전용량 3,000 AH의 경우 cell당 가격은 100 만원 정도이고, 태양광 발전시스템에서 차지하는 비중은 발전설비 투자비의 약 20%를 차지한다.

디젤 발전기는 상용화 단계에 있고, 국내 도서 지역에도 독립 전원 공급용으로 보급되어 운전되고 있다. 본 검토에서는 설치 대상지역의 특수한 토지 상황은 고려하지 않고(토목 공사비가 현저한 차이가 발생할 수 있으므로), 최근 충남 호도에 설치된 상용 디젤발전소(100 kW)를 참조하여, 세대수 15호, 25호, 35호에 따른 발전기 용량을 각각 50 kW, 65 kW 및 80 kW로 적용하여 발전원가를 산출하였다.

풍력 발전기 건설비는 설치장소, 용량, 규모 및 전력 계통 연결방식에 따라 크게 달라진다. 풍력 Hybrid 발전에 적용될 소형 풍차발전기의 경우, kW당 건설 단가는 대형 풍차와 커다란 차이가 있다. 국내 설치 700 kW급 계통연계형 풍력발전기 건설비는 kW당 대략 1,450~1,700\$ 정도이지만 50호 미만 소규모 도서지역에 설치하기 위

한 10 kW급 및 20 kW급 소형 풍력 발전기 건설비는 약 7,700만원 및 10.04억원 정도가 소요될 것으로 추정된다[5][6].

실제 설치 대상 지역의 육지와 이격 거리, Access 조건 및 부지 여건 등에 따라 크게 달라진다. Hybrid 시스템 구성 시 상용발전기 또는 비상용 발전기를 선정하여 사용할 수 있다. 부하가 많지 않은 도서일 경우에는 비상용 발전기를 적용해도 무리는 없을 것으로 판단되나, 전기공급의 신뢰성을 고려하여 상용 발전기를 적용하기로 한다.

2.2.3 대상 발전방식 운전유지비

연료전지 운전유지비는 인건비, 수선유지비 및 일반관리비로 구분하여 계산하였다. 소규모 도서지역에서는 설비 자동화 및 단순화를 전제로 하기 때문에 운전원 인건비는 기존 디젤 발전방식보다 적게 적용할 수 있다. 운전원을 3 명으로 하고, 운전원 인건비는 기존 도서지역 발전소의 평균지급 인건비의 80%를 적용하였다. 수선 유지비 역시 설비비의 2.5%를 적용하였다.

태양광발전 운전유지비는 기존 디젤발전과 비교하여 크게 절감할 수 있어 발전원가를 구성하는 고정비를 대폭 낮출 수 있다. 설비 유지보수비는 비상용 디젤발전기를 가동에 따른 보수비용과

Table 2. Input data for calculation of leveled cost of electricity

| 구 분 | | 검토 대상 전원 | | | |
|--------------|---|-------------------------------|------------------------|--|-----------|
| | | 연료전지 | 태양광 | 풍력 Hybrid | 디젤 |
| 세대수 | 15호 | FC 50 kW × 2 | 태양전지 35 kW × 1 | D/G 50 kW × 3 | 50 kW × 3 |
| | | D/G(비상용) 60 kW × 1 | D/G(비상용) 75 kW × 1 | 풍차 10 kW × 1 | |
| | 25호 | FC 65 kW × 2 | 태양전지 60 kW × 1 | D/G 65 kW × 3 | 65 kW × 3 |
| | | D/G(비상용) 80 kW × 1 | D/G(비상용) 100 kW × 1 | 풍차 10 kW × 2 | |
| | 35호 | FC 80 kW × 2 | 태양전지 85 kW × 1 | D/G 80 kW × 3 | 80 kW × 3 |
| | | D/G(비상용) 100 kW × 1 | D/G(비상용) 130 kW × 1 | 풍차 10 kW × 3 | |
| 투자비 | High: 3,000\$/kW Low: 1,150 " | 태양전지: 6\$/kW 축전지: 40만원 /Wh | 풍력발전기 10 kW: 52백만원 | 50 kW: 277백만원 65 kW: 288 " 80 kW: 319 " | |
| Heat rate | 1,103 kcal/kWh | 3,440 kcal/kWh | 3,440 kcal/kWh | 3,440 kcal/kWh | |
| 소내 소비율 | 5% | 2% | 2% | 15% | |
| 수 명 | Stack 40,000hr | 태양전지 20년 | 풍차 20년 | 발전기 15년 | |
| 운전원 | 3인 | 2인 | 4인 | 4인 | |
| 연료비 | LNG; 371원/m ³ , 경유; 380원/ℓ | | | | |
| 이용율 | 풍차 20%, 태양광 의존율 90% | | | | |
| 발열량 | LNG: 10,500 kcal/m ³ , 경유: 9,070 kcal/ℓ, LNG: 10,500 kcal/m ³ | | | | |
| 발전량 (부하량) | 15호/45,000 kWh, 25호/70,000 kWh, 35호/105,000 kWh | | | | |
| 할인율 | 6% | | | | |

발전기 Overhaul 등 경상보수 등에 소요되는 비용이 대부분을 차지하고 있으며, 이 비용은 전체적으로 발전원가에 미치는 영향은 아주 적다. 풍력 Hybrid 발전 운전유지비는 운전원 인건비와 설비유지 보수비 및 풍력발전기 운전에 따른 수선유지비를 디젤발전 운전유지비에 추가 계상하였다. 운전 유지비 계상에 있어서 필요 운전원은

4인, 풍력 발전기 이용율은 20 %를 적용하였고, 이에 상당한 운전유지 보수비를 산정하였다. 50호 이상 국내 도서지역 디젤발전소의 운전원은 6명이나, 50호 미만 도서의 경우에는 4명으로 설비를 운영토록 하여 발전원가를 계상하였다.

2.2.4 대상 발전방식 열소비용

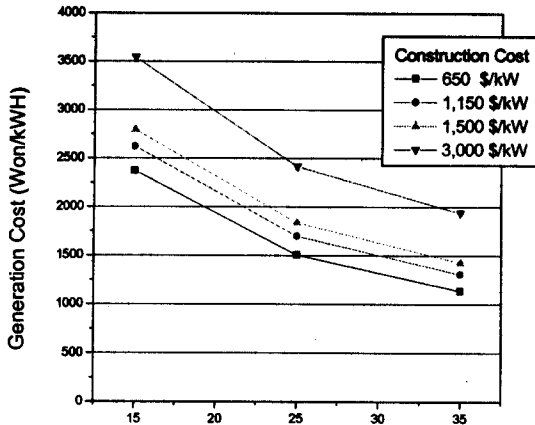


Fig. 2. Levelized cost of electricity of fuel cell.

(Heat rate)

연료전지의 경우 한전 전력연구원에서 운용한 50 kW급 인산형 연료전지 운전결과에서 보여준 종합 효율 78% (발전효율 38%, 열효율 40%)를 전제로 계상하였고[7], 사용연료는 가스공사에서 공급하는 LNG 연료 (10,500 kcal/m³)를 기준하였다.

상용 및 비상용 디젤발전기 평균부하 효율 25%(3,440kcal/ℓ)를 적용하였다. 연료비 단가는 천연가스 m³당 371원, 그리고 경유인 경우 ℓ당 381원을 적용하였다. 이를 앞에서 설정한 발전원가 산정을 위한 입력요소를 종합하여 정리하면 표 2와 같이 나타낼 수 있으며, 이를 기준으로 균등화 발전원가를 계산하였다.

3. 발전방식별 발전원가 분석

3.1. 연료전지

앞에서 검토한 연료전지 발전원가 산정을 위한 입력요소를 종합하여 이를 연료전지 발전에 대하여 균등화 발전원가를 계산하여 그 경향을 살펴보았다. 세대수 15호, 25호, 그리고 35호에 대하여 각각 kW당 설비투자비가 \$650 및 \$3,000일 경우의 발전원가를 산출하였고, 분산전원의 개발 목표인 kW당 \$1,500로 계산하는 경우, 가구수 15

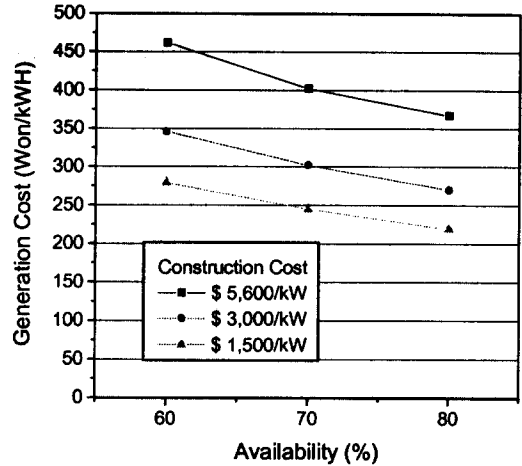


Fig. 3. Levelized C.O.E of fuel cell in power grid system.

호, 25호, 그리고 35호의 kWh당 발전원가는 2,794원, 1,834원 및 1,426원으로 나타나고 있다. 그림 2는 도서지역에 적용될 연료전지 발전시스템의 투자비 및 세대수를 상정하여 계산한 균등화 발전원가를 보여주고 있다.

한편, 동일 조건에서 100 kW급 연료전지 발전시스템이 전력 계통과 연계 운전되는 경우, 균등화 발전원가를 설비 이용율을 반영하여 산정하여 계산한 값을 그림 3에서 보여주고 있다. 독립형 및 계통연계형 연료전지 발전시스템 발전원가 차이는 설비 이용율 차이에 따라 변화하게 된다. 즉 독립형인 경우 이용율은 각각 12~14% 정도인 반면에, 계통 연계형인 경우에는 60~80%로 시스템이 운전될 수 있기 때문이다.

그림 3과 같이 발전원가는 연료전지 시스템 이용율이 60%, 70% 80%로 증가함에 따라 kWh당 발전원가는 kW당 설비비가 \$1,500이 되는 경우 279원, 246원 및 219원 정도가 되는 것으로 나타나고 있다. 이는 기존 대용량 발전소의 원가보다 커다란 값으로 연료비, 운전유지비 등 고정비 증가에 따른 영향으로 생각된다.

만약 연료전지 설비용량이 증가되어 용량증가에 비해 운전유지비가 상대적으로 낮아진다면

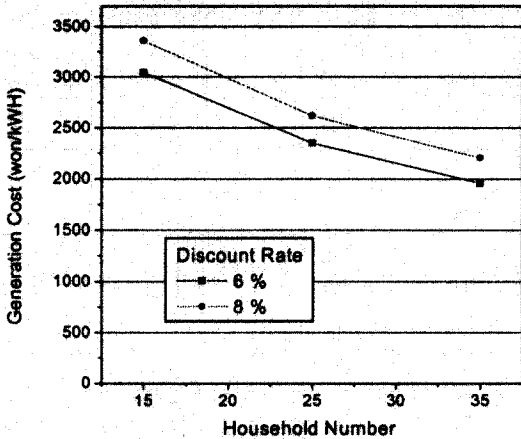


Fig. 4. Levelized cost of electricity of photovoltaic power system.

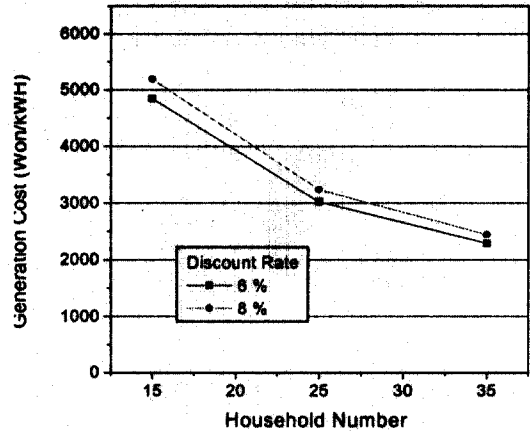


Fig. 5. Levelized cost of electricity of diesel power system.

기존 발전시스템과 충분한 경쟁력을 가질 수 있을 것으로 여겨진다. 독립형 발전방식인 경우 발전원가를 줄이기 위하여

이용율을 높게 할 필요가 있지만 최대부하 및 부하 급변 시에 대비할 수 있는 설비용량을 갖추어야하기 때문에 50% 이상 높게 할 수 없는 문제점을 가지고 있다.

3.2. 태양광발전

태양광발전에 있어서 여러 가지 조건을 고려한 균등화 발전원가를 계산하여 그림 4에 나타내고 있다. 35세대의 경우 발전원가는 대략 2,000 원/kWh 이상으로 아주 높은 수준을 보여주고 있다. 태양광 발전시스템의 발전원가가 높은 것은 발전 시스템 원가의 약 50%정도가 태양전지 및 축전지에 집중적으로 투자되고 있으며 또한 운전 유지비가 타 발전방식에 비하여 높게 나타나고 있기 때문이다.

즉 과도한 투자비에 따른 자본비 및 감가상각비가 발전원가의 대부분을 차지하기 때문이다. 태양광 발전의 보급 및 실용화를 위하여 태양전지와 시스템 건설에 필요한 비용을 저감하는

노력이 필요하다.

3.3. 디젤발전

디젤 발전방식에 대한 균등화 발전원가를 할인율을 반영하여 산출한 값을 그림 5에 나타내고 있다. 그림에서는 할인율 6%인 경우 15세대, 25세대 그리고 35세대가 사용하는 경우 디젤발전의 발전원가는 kWh 당 4,835원, 3,024원과 2,285원으로 나타났고, 8%로 적용하는 경우 각각 5,187원, 3,234원 그리고 2,443원으로 나타나고 있다. 이는 세대수에 따라 대략 2,000원 정도인 태양광 발전

방식보다 높고 세대수 변화에 따라서도 가격차가 크게 나타나고 있다. 이렇게 디젤발전 방식의 발전원가가 세대수에 따라 크게 나타나고 있는 것은, 고정비는 일정한데 비하여 발전량은 세대수 증가에 따라 증가하여 설비 이용율이 높아지기 때문이다.

그림 6은 디젤발전 방식에 있어서 발전원가 구성비를 보여주고 있다. 여기에서 보는 바와 같이 디젤 발전 원가 중 고정비가 발전원가의 94~97%, 변동비가 3~6%를 차지하고 있으며, 고정비 가운데에서도 운전 유지비가 그 중 50% 이상을 차지하고 있다. 이와 같은 구성은 소규모 도서지

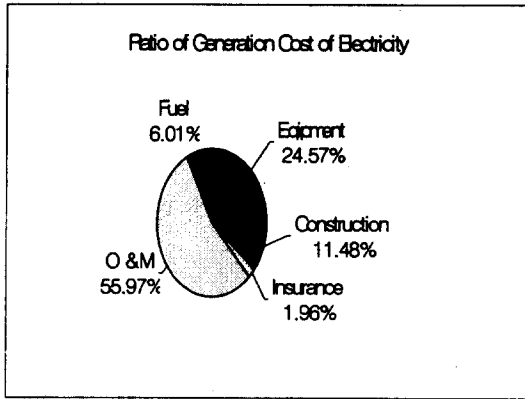


Fig. 6. Ratio of C.O.E of diesel power system

역에서 디젤발전방식 원가 중 인건비 및 수선 유지비가 타 발전방식에 비하여 상대적으로 많이 들어가기 때문이다. 한편 할인율에 대한 발전원가의 민감도도 그림 7과 같이 세대수에 따라 150~380원/kWh 정도의 차이를 보고 있음을 알 수 있으며, 전체 비율로 보면 발전원가의 약 6%~7%를 점하고 있다.

3.4. 풍력-디젤 hybrid

그림 7은 상용 디젤발전기 및 풍력발전기를 기준으로 하여 균등화 발전원가를 산출하여 나타낸 것이다. 세대수로 풍력-디젤 Hybrid 발전방식의 발전원가는 세대수 15호, 25호, 그리고 35호인 경우 kWh당 대략 5,009원, 3,329원, 그리고 2,591원으로 나타나 4가지 발전방식 중 가장 높은 값을 보여주고 있다.

풍력 Hybrid 발전방식의 발전원가 구성을 살펴보면 15호인 경우 발전원가 5,009원 중 고정비가 4,878원, 25호인 경우, 3,329원 중 3,198 원, 그리고 35호인 경우 2,591원 중 2,460원으로 나타나고 있으며, 발전원가는 세대수가 증가함에 따라 낮아지게 된다. 이는 소규모 세대인 경우 발전원가에서는 투자비가 높아 고정비 비중이 큰 반면, 발전량 (전력사용량)이 적어 전체 발전원가는 높아지고, 다 세대인 경우 호수가 증가함에 따라 발

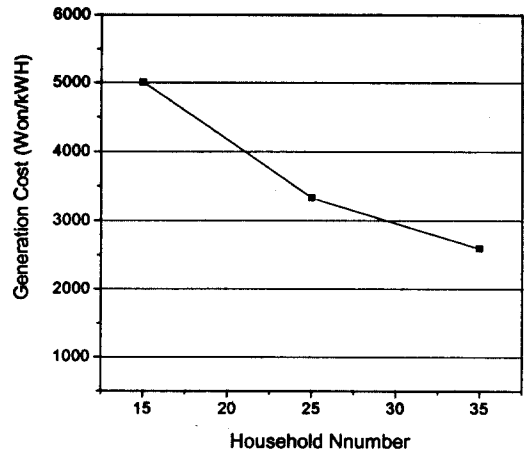


Fig. 7. Levelized cost of electricity of wind-diesel hybrid system.

전량이 크게 증가하여 발전원가가 상대적으로 완만하게 낮아지기 때문이다.

3.5. 발전방식별 발전원가 비교.

표 3과 그림 8에서는 도서지역에 적용 가능

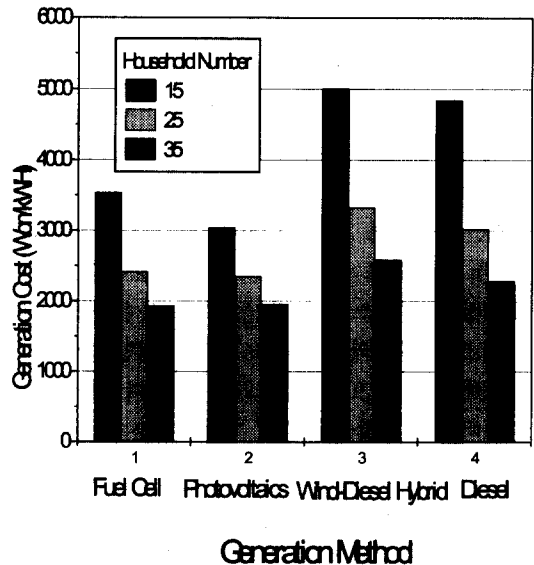


Fig. 8. Comparison of cost of electricity by power generation options.

Table 3. Comparison of cost of electricity by power options (Unit : Won/kWh)

| Power option No. of Household | Fuel Cell | Photovoltaic | Wind-Diesel Hybrid | Diesel |
|----------------------------------|-----------|--------------|-----------------------|--------|
| 15 | 3,539 | 3,040 | 5,009 | 4,845 |
| 25 | 2,415 | 2,349 | 3,329 | 3,024 |
| 35 | 1,937 | 1,957 | 2,591 | 2,285 |

한 발전방식별 발전원가를 비교하였다. 소규모 도서지역에 적용하기 위한 발전방식으로 태양광, 연료전지, 풍력, 디젤 등 어떠한 전원을 적용하더라도 발전원가는 최소한 kWh당 1,900원을 넘고 있으며, 세대수가 증가 할수록 발전원가는 낮아지는 경향을 보여주고 있다. 전체적으로 도서지역 적용 발전방식 중에서는 태양광 및 연료전지 발전방식이 대상전원들 가운데 상대적으로 낮은 발전원가를 보여주고 있다. 이는 연료전지 수명을 기술개발이 완료된 시점을 전제로 하였기 때문으로, 이를 바로 적용하기 위하여 보다 신뢰성이 있고, 장수명화 할 수 있는 기술개발이 필요하다. 세대수가 적은 경우 풍력 Hybrid 발전시스템이 상대적으로 발전원가가 가장 높게 나타나고 있는데, 이는 적은 발전량에 비해 높은 운전유지 보수비에 기인하는 것으로 분석된다.

풍력-디젤 Hybrid 발전방식 및 디젤발전 방식은 타 전원과 비교할 때 상대적으로 높은 발전원가를 보였는데, 이것은 세대수와 관계없이 상용 디젤발전기 선정과 발전기 병렬 운전방식 채택에 따른 높은 투자비에 기인하고 있다. 4 개 대상 발전방식 전원들을 도서지역 전원으로 이용하기 위하여 발전원가 측면에서 경제성을 비교하면 태양광, 연료전지 발전이 상대적으로 유리하지만, 세대수가 많게 되면 디젤발전, 풍력 Hybrid 발전으로 경제성이 올라가는 경향을 보여주고 있다. 그러나 도서지역에 태양광 등 대체에너지원을 보급하기 위하여 에너지 자원량 및 부지확보 등 또 다른 주위환경에 대한 여건을 고려하여 결정하여야 할 것으로 생각된다.

4. 결론

현재 미 전화되고 있는 50호 미만도서 (10호 이상)에 대한 전화사업에 있어서 지금까지 공급된 디젤 발전방식 외 연료전지발전, 태양광발전, 풍력 Hybrid 발전 등 대체 에너지 전원에 대한 보급 가능성이 크게 증가되고 있다. 이와 같은 배경에 따라 현재 미 전화되어 있는 국내 50호 미만 소규모 도서지역에 대한 다양한 발전원의 도입을 고려하여, 보급 가능한 4가지 종류를 자가발전 대상 도서 전원들의 경제성을 상호 비교, 검토하였다.

경제성 비교를 위하여 균등화 발전원가 분석 방법을 사용하였고, 이에 따른 여러 가지 변수를 조사하였다. 분석결과 4개 대상 발전방식의 전원들을 소규모 도서지역 전원으로 이용하기 위하여 발전원가 측면에서 경제성을 비교하면 태양광, 연료전지 발전이 상대적으로 유리하였고, 세대수가 많게 되면 디젤발전, 풍력 Hybrid 발전으로 경제성이 올라가는 경향을 보여주고 있다. 태양광, 연료전지, 풍력, 디젤 등 어떠한 전원을 적용하더라도 발전원가는 최소한 kWh당 1,900원 이상이며, 세대수가 증가 할수록 발전원가는 낮아지는 경향을 보여주고 있다.

소규모 도서지역 전화사업시행은 육지와는 다른 열악한 환경 하에서 이루어질 수밖에 없는 상황에서 경제성 검토는 그 의미가 크다. 그러나 이들 대체 전원들의 도입에 있어서 보다 중요한 사항은 전기공급, 설비 신뢰성 및 운전 용이성 등이

종합적으로 고려된 도서 전원개발 계획수립이 필요한 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. 한국전력공사: 발전원가 산정기법 해설, 1990.
2. 일본 연료전지 발전시스템 편집위원회 연료전지 발전시스템, 1993.
3. OHM지: “분산형 전원의 최신동향과 장애전망, 2000.12.
4. Spencer Management Associates: “Market Performance and Attendant Intervention Strategies to Accelerate the Development of Fuel Cell in Distributed Power Generation for Developing Countries, 2001.
5. 산업자원부: “풍력발전단지 건설타당성 분석연구, 1999
6. OHM지: “풍력발전Q&A, 2000.2
7. 이창우, 임희천, 안교상 외: 40kW급 인산형 연료전지 발전시스템 개발”, 한전 전력연구원, KRC-90G-S03, 1994