

## 도서벽지 신재생 전력공급 기술적 대안분석

배위섭<sup>1)</sup>, 정태문<sup>2)</sup>, 최성호<sup>3)</sup>, 허은녕<sup>4)</sup>, 조동호<sup>5)</sup>

### Study on Technical Alternatives of Electricity Supply to Remote Islands and Inland

Wisup Bae, Taemoon Chung, Sung-ho Choi, Eunnyeong Heo, Dongho Cho

**Key words** : 도서벽지전화사업, 디젤기관발전방식, 신재생에너지방식, 기술적 대안, 대안별비용, 태양광발전

**Abstract** : 현행 농어촌전화촉진법에 의한 10호이상 도서전화사업이 2006년말까지 완료될 예정임에 따라 전국적으로 43개에 달하는 10호미만 미전화유인도서 및 벽지지역에 대한 전화사업의 필요성이 제기되었다. 10호미만 도서지역의 전화사업을 위하여 도서전화사업의 기본취지인 전력정책의 보편공급목표를 달성하면서 사회적, 경제적비용을 최소화할 수 있는 방법의 채택이 요구되었다. 본 연구에서는 대부분의 도서지역이 채택하고 있는 기존의 디젤방식과 최근 활발한 보급이 이루어지고 있는 태양광, 풍력 등 신재생에너지에 의한 발전방식의 기술적 옵션에 대한 타당성 분석을 실시하였다. 10호미만 도서지역과 5호미만 벽지지역에 디젤엔진과 태양광 등 신재생에너지를 보급할 경우 발생될 기술적, 경제적 비용의 분석을 실시하였으며 연구 결과 소규모 도서지역과 벽지에서는 태양광이 디젤엔진보다 경제적인 대안으로 판명되었다.

#### 1. 서론 (연구배경 및 필요성)

농어촌전화사업은 지리적 및 경제적으로 불리한 여건에 놓여있는 도서벽지지역 농어민에게 전기를 공급하여 해당지역 농어업의 생산성 증대와 주민의 생활을 향상시키고자 하는 사업으로 정부와 시, 도 및 한전이 그 공사비의 대부분을 부담하고 있다. 동 사업은 1965년 12월 30일 정부의 농어촌전화사업 제정공포와 함께 시작되었으며 당시 전력공급상황은 전국의 403만 6천호 가운데 102만 7천호에 한정되었으며 도서를 포함한 전국의 전화율이 25.5%, 농어촌 전화율 12%에 불과하였다.<sup>1)</sup> 도서지역의 전화사업은 규모가 큰 도서를 제외하고는 '80년대 말부터' 90년대 전반기에 걸쳐 집중적으로 이루어져 왔으며 주로 내연력에 의한 전원공급방식을 선택하였다. 주민의 대부분이 농어업을 영위하는 촌락으로서 단위공사별 전기수용자가 10호이상인 도서지역과 5호이상인 벽지지역인 농어촌 전화사업의 대상지역에 해당되었다. 사업추진결과 1964년 말 12%에 불과했던 농어촌 전화율이 1975년말에 74%, 1980년말에 99.3%, 1990년말에는 99.9%를 달성하게 되

었다.<sup>2)</sup> 소규모 도서지역에서 운영 인건비의 비중이 커지고 있으며 기존 디젤기관 발전방식에 대한 경제적 적합성 제고가 필요한 상황이어서 태양광, 풍력 등의 신재생을 활용한 전력공급방법과 디젤엔진의 공급방식에 따른 비용을 검토하여 소규모 도서벽지 지역에 대한 전력공급의 대안을 제시하게 되었다.

#### 2. 발전방식별 장단점 분석

도서벽지지역에 기존 전력공급방식인 디젤엔진과 태양광, 풍력, 연료전지 등 신재생에너지의 장단점과 원리, 기술의 종류 등을 분석하였다.

##### 2.1 절 연료전기발전

연료전지발전은 연료의 수소결합에너지를 전기화학반응에 의해 직접 전기에너지로 변환시키는 즉, 연료의 연소 및 열에너지의 전기변환 과정이 없는 새로운 형태의 발전방식이다. 사용하는 전해질에 따라 알칼리형, 인산형, 용융탄산염형, 고체산화물형, 고분자전해질형 등 5가지로 나누며 연료개질장치, 연료전지스택, 전력변환장치 및 배열회수장치로 구성되어 있다.<sup>3)</sup>

연료전지의 가장 큰 장점은 전력에너지 변환 효율이 40% 이상으로 높다는 점이다. 연료전지

의 전극반응은 발열반응이므로 일정온도에서 운전할 경우 냉난방으로 이용할 수 있다는 장점이 있다.

Table 1 Characteristics of fuel cell

구분	장점
효율	부하에 관계없이 높은 효율유지
유지보수	Module type으로 유지보수 용이
크기	용량크기 변화의 다양성
발전방식	열병합 가능
부지선정	부지선정 용이
환경영향	최소한의 환경영향
부하용량성	신속한 부하용량
사용연료	천연가스, 메탄올, 석탄가스등 다양

## 2.2 절 태양광발전

태양광발전은 광에너지를 직접 전기에너지로 변환시키는 발전방식이다. 특징으로는 공해배출이 없는 깨끗한 청정 에너지원이며 태양에너지를 이용하므로 무한의 에너지를 얻을 수 있고 운전 및 유지보수가 간단하며 태양전지 모듈화가 가능하여 용량의 신속성이 있으며 주택 또는 건물 등 유휴지 공간을 활용할 수 있으나 일사량에 따라 출력변동이 생기는 등 기상상태의 영향을 받는 특징이 있다. 발전시스템은 태양전지, 태양전기 Array, 축전지, 전력변환장치 등이 있으며 hybrid system으로 하는 경우, 보조전원으로 디젤발전기를 설치하는 때가 많다. 독립형과 계통연계형으로 나눌 수 있다.

## 2.3 절 풍력발전

풍력에너지는 인류가 오래전부터 이용해 온 에너지원이며 풍차발전기는 바람이 갖는 운동에너지의 일부분을 유용하게 이용하고자 하는 장치이다. 육지지역과 같은 대규모 전력계통에서는 발전기의 규모이익차원에서 대형풍차가 사용되는 반면, 소규모 전력계통인 도서지역에서는 안정적인 전력공급이 중요하므로 소용풍차가 선호된다. 소형풍차는 출력으로 10kW 이하가 되며 적용시 roter 고속회전에 따른 강도계산에 주의를 요하며 풍차의 성능, 제작비용 등에서 대형풍차의 가동과 경제적, 기술적인 검토를 요한다.

## 2.4 절 디젤발전

내연기관은 19세기 증기기관의 출현 이후 4사이클 가스가기관이 제작되었으며 1898년 디젤이 디젤기관을 발명하였다. 디젤기관은 연소실, 연료분사장치, 조속기 및 연소시기 가감기, 과급기 등이 있으며 기관의 회전력이 크고 열효율이 높으며 접화장치가 필요없어 고장이 적은 장점이 있다. 도서지역에서는 3대의 엔진이 설치되어 저부하에서는 1대가 우선 가동되고 부하가 증가되면 두 번째 발전기가 병렬운전되어 부하를 균등하게 분할하였고 세번째 발전기는 대기 상태에서 준비하고 있었다. 도서지역은 독립된 하나의

전력계통이므로 엔진, 발전기, 배전선로 및 보조설비의 보호를 위해 여러 가지 안전 및 보호장치가 설치되어야 한다.

## 2.5 절 마이크로 터빈발전

최근 마이크로 가스터빈에 의한 분산발전기술이 미국을 중심으로 일본, 스웨덴에서 활발히 연구되고 있다. 소형분산발전은 배열을 유효하게 이용하여 냉난방을 비롯한 급탕을 할 수 있는 장점이 있다. 가스터빈은 왕복식 내연기관과는 달리 압축기, 연소기 및 터빈 등으로 독립된 장치에서 직접 회전운동으로 동력을 생산해 낸다. 크랭크가 없으므로 진동이 작고 구조가 간단하고 중량이 가벼우며 연료의 사용범위가 넓은 장점이 있는 반면 고온에서 회전하므로 양질의 베어링이 필요하고 고온에서 운전되므로 내열성이 우수한 금속재료가 필요하며 소음이 큰 단점이 있다.<sup>4)</sup>

## 3. 도서지역 적용검토

디젤엔진과 신재생에너지의 국내의 기술개발현황, 실용화 보급전망과 도서지역에의 보급전망에 대하여 분석하였다.

### 3.1 절 연료전지

연료전지는 미국이 우주선의 동력전원으로 사용하기 위해 개발한 것이 기술개발의 시초이다. 국내의 기술개발은 1985년 한전과 에너지기술연구원 이 공동으로 5kW급 인산형 연료전지(PAFC)를 개발한 것이 시초이며 그후 정부의 적극적인 개발참여 유도로 1994년 호남정유에서 40kW급 stack을 개발하여 시험한바 있다. 실용화를 위하여는 과도한 설비투자비를 어떻게 저감하느냐에 달려있다. 실용화 설비투자비의 목표는 용융탄산염연료전지의 경우 900~2,500\$/Kw 수준으로 예상하고 있는데 이를 달성하기 위해서는 현재의 설비가격의 1/4~1/5이하로 줄일 필요가 있다. 설비에 대한 신뢰성과 내구성이 아직은 미약하여 부하변동에 대한 응답성, 설비유지보수의 용이성 등에서 많은 개선이 이루어져야 할 것이다.

도서 자가발전원으로 사용하기 위한 연료전지의 도입은 현재 기술적 및 경제적인 면에서 시기적으로 적합하지 않다고 판단된다. 도서에서의 전력공급은 육지와 같이 고품질의 전기공급은 요구되지는 않지만 24시간의 안정적인 전력공급 측면에서 최소한의 설비신뢰성이 요구되고 있다. 최근 국내외에서 기술개발이 빠른 속도로 추진되고 있지만 실용화보급이 이루어지기까지는 앞으로 수년이 경과되어야 할 것으로 예상된다. 또한 연료전지시스템이 가동되기 위해서는 가스공급 및 저장을 위한 시설도 병행추진되어야 하므로 도서지역에 대한 실용화측면에서는 많은 어려움이 예상된다.

### 3.2 절 태양광발전

태양광발전시스템의 주요 구성요소는 크게 태양전지, 인버터 및 공사의 세 부분으로 나눌

수 있다. 투자비의 비중은 대략 60%, 10% 및 30% 정도로서 태양전지가 차지하는 비중이 가장 높음에 따라 태양광발전의 보급은 낮은 비용, 고효율의 태양전지 개발에 달려있다. 국내의 경우 kW 당 설치비는 약 1000만원에 달하며 인버터 및 주변기기는 기술개발에 의한 비용저감효과로 가격이 크게 내려갔음에도 불구하고 태양전지가격은 별다른 진전이 없다. 태양전지는 국내에서 생산되지 않고 대부분 수입에 의존하여 인버터부분도 기술개발이 늦어 비용저감효과가 적다.<sup>5)</sup> 태양광 발전은 관리비, 설치비 등 여러 관점에서 검토하여 볼 때, 신재생 에너지원 가운데 도서지역 보급에 가장 효율적인 전원이라고 할 수 있다.

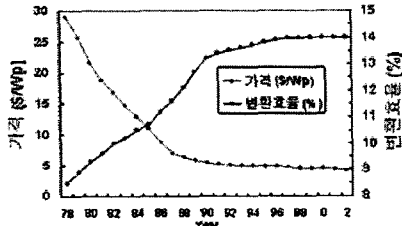


Figure 1 Electricity transform efficiency of Fuel cell

### 3.3 절 풍력발전

국가별 풍력발전의 비중을 살펴보면 덴마크 10%, 독일 2%, 미국 1% 정도를 점하고 있다. 세계시장 점유율은 덴마크의 NEC 및 vestas 제품이 전세계 시장의 약 52%를 점하고 있으며 독일 11%, 미국 8%, 일본 3% 및 기타 국가가 19%를 차지하고 있다. 국내는 1970년대 유류파동 이후 풍력발전 연구를 시작하여 1975년에는 KAIST에서 경기도 화성군 엽섬에 설치한 2kW급 풍력발전기가 국내 풍력발전기의 효시로 꼽히고 있다.

풍력발전의 출력은 풍속의 3승에 비례하기 때문에 설치지점의 바람강도가 중요하다. 전국 지역 조사결과에 의하면 제주도 지역을 제외하고는 국내도서지역에 풍속조건이 좋은 곳은 드물다고 하겠다.

풍력발전시스템이 대형화될수록 설비단가가 인하되며 지속적인 기술발전으로 가동률의 증가와 신뢰도의 향상으로 운영유지비용의 절감되고 있다. 풍력발전시스템 가격의 약 20~30%정도가 기초공사 및 계통연계 설비 등의 부대비용으로 이용되며 운영유지비는 소모품 교체, 보험 및 부지 임대료, 유지관리 계약비용 등인데 독일의 경우 풍력시스템 공장도 가격의 약 4%정도가 소요된다고 한다.

### 3.4 절 디젤엔진

국내 도서지역에서는 대부분 쌍용 STX에서 공급한 상용발전기가 많이 사용되고 있으며 디젤발전은 오래전부터 국내의 많은 도서지역에 설치 운용되고 있고 앞으로 전력수요가 비교적 많은 소규모 도서지역에서 전력공급에 크게 기여할 것으로 예상된다. 향후 기술자립에 의한 엔진의 국산화가 100% 성취되면 경제성도 현재보다 더욱

개선되리라 예상된다.

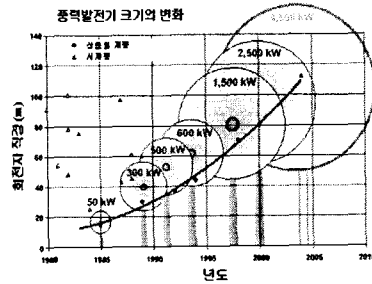


Figure 2 Development of wind power generator

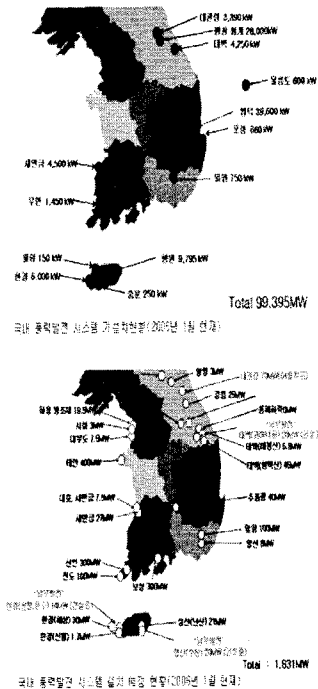


Figure 3 Current domestic wind power allocation

### 3.5 절 마이크로 터빈발전

마이크로 가스터빈을 개발하고 있는 대표적인 기업체는 미국의 Capstone사, Honeywell사, NREC사, Volvo/ABB사, 스웨덴의 Turbec사 및 일본의닛산자동차 등이 있다. 마이크로 가스터빈은 현재 발전효율이 25%정도이고 대부분의 경우 아직도 배기가스 기준을 초과하고 있는 실정이다. 기술의 실용화를 위해서는 핵심기술인 고온재료 개발, 저 NOx 연소기술, 고정밀도의 양산기술 등이 더 높은 단계로 진입되어야 한다. 현재 투자비는 \$800/kW 정도이며 현재보다 20% 정도의 투자비가 저감되면 보급될 가능성이 커진다. 도서

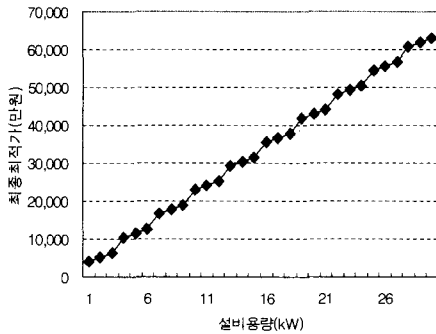
지역의 보급을 위해서는 가스 공급 및 저장을 위한 인프라의 시설이 갖추어져야하며 이러한 사정을 고려할 때 아직도 도서지역의 보급은 상당한 시간이 소요될 예정이다.

#### 4. 디젤방식과 태양광발전의 비용분석

15호 이상의 도서지역에서 설치되는 디젤발전소는 발전기 3대를 기본으로 하여 연료탱크, 발전기 병렬운전 제어반, 변압기 및 제어전원용 축전지가 설치된다. 그러나 10호 미만의 소규모 도서에서 디젤발전소를 설치하는 것은 비효율적이기 때문에 비상용발전기만으로 구성된다. 디젤발전기는 국내외적으로 상용화단계에 있고 국내 도서지역에도 독립적인 공급용으로 많이 보급되어 운전되고 있다.

설비용량 (kW)	모듈가격 (만원)	인버터 (만원)	축전지 (만원)	수선유지비 (만원)	최종최저가 (만원)
1	1000	100	3000	8	4108
5	5000	500	6000	23	11523
10	10000	1000	12000	46	23046
15	15000	1500	15000	63	31563
20	20000	2000	21000	86	43086
25	25000	2500	27000	109	54609
30	30000	3000	30000	126	63126

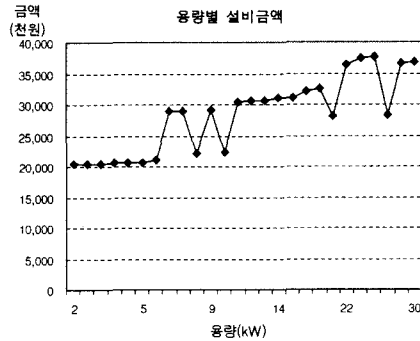
용량별 설비금액



설비용량 (kW)	발전기 조합	발전기 가격 및 설치비	연료비 및 수선 유지비	축전지 및 발전실 건축	합계 (천원)
2	가솔린	3100	5241	12000	20341
5	가솔린	3400	5241	12000	20641
10	가솔린	5200	5241	12000	22441
15	가솔린(10+5)	8600	10482	12000	31082
20	디젤(반자동)	10800	5241	12000	28041
25	디(20)+가(5)	15200	10482	12000	37682
30	디(26)+가(4)	14300	10482	12000	36782

본 연구에서는 설치대상지역의 특수한 토지상황은 고려하지 않고(토목공사비가 현저한 차이가 발생할 수 있으므로) 10호 미만의 소규모 도서에 설치될 발전기에 대한 가능한 한 표준적으로 적

용될 수 있는 투자비를 산정하고 이를 근거한 수명기간동안의 고정비용 및 균등화 발전 원가 등을 산정 하였다. 발전실 건축의 이유는 디젤발전기는 소금기에 쉽게 고장이 나며, 소음이 심하기 때문에 거주건물외부에 필히 발전실을 건축하는 것이 좋다.



#### 5. 결론

- 2006년말 까지 10호이상 도서지역, 5호이상 벽지지역에 대한 전화사업이 완료됨에 따라 소규모 도서벽지의 전화사업에 대한 정책이 필요하게 되었다.
- 도서지역에 적용가능한 전력업선인 기존의 디젤발전과 태양광, 풍력, 연료전지, 마이크로터빈의 적용가능성을 검토하였다.
- 10호미만 소규모 도서지역은 초기투자비가 적고 인건비가 적은 태양광이 디젤발전과 비해 경제적으로 우위에 서는 것으로 나타났다.

#### References

- 임희천, 2001, "자가발전도서 최적발전방식 선정 연구", 한국전력공사 연구보고서, '01전력연-단638 호, pp 3-4
- 이창호, 2002, "도서지역 전력수요예측 및 수급계획 수립방안 연구", 한국전력거래소, pp 10-11
- Wald, Matthew L. "Fuel cell will supply all power to a test house." 1998, New York Times, New York
- Department of Energy, "Advanced Microturbine System", March 2000
- 양운섭, 1999, "대체에너지원으로서의 태양에너지 활용방안", 한국에너지기술연구소