

[논문] 태양에너지

*Solar Energy*

Vol. 18, No. 3, 1998

## 도서용 태양광/내연기관 발전시스템 경제성 비교 분석

이만근\*, 정명웅\*, 진영택\*\*

\* 한국에너지기술연구소

\*\* 대전산업대학교

## Economic Analysis on PV/Diesel Power System for Remote Islands' Electrification

M. G. Lee\*, M. W. Jeong\*, Y. T. Jin\*\*

\* *Korea Institute of Energy Research*

\*\* *Taejon National University of Technology*

### Abstract

Several PV-diesel hybrid systems were built in isolated islands in Korea, where they are far from the inland to be supplied the electric power to a utility level from it. A lot of efforts has been concentrated to find a cost-effective electric supply system with higher reliability and minimum maintenance when compared with a diesel generator.

For this purpose, an autonomous PV-diesel hybrid system with multi-channel remote monitoring system was investigated to supply electric power under minimum operating cost and maintenance in a small isolated island.

In this report, the economic analysis was performed for comparison with photovoltaic system and diesel generator by computer simulation. And it was proven that a PV system is more cost-effective than an internal combustion engine for the remote island with less than 150 households. Especially, in the case of islands with less than 50 households, the initial construction cost of the PV system is comparable to and its operating cost is about 70% less than the diesel generator.

## 1. 서 론

현재까지 제 1, 2단계로 50호 이상의 유인도서에 실시해온 농어촌 전화사업은 발전방식은 계통선을 연결할 수 없는 지역에 대해서는 일률적으로 내연기관을 이용하여 상시전원화를 시켜왔다. 그러나 현재 각 도서별로 발생하는 발전소 운영비에 적자폭은 유류비 증가와 운영요원의 인건비 증가함에 따라서 그 적자액이 연간 400여억원에 이르고 적자폭도 매년 10% 이상으로 큰 폭으로 인상되고 있는 실정이다. 그러므로 초기부터 경제성을 떠나서 도서민의 생활향상 및 복지차원에서 실시해온 농어촌전화 사업의 경제성 향상을 위하여 처음부터 다시 전력공급 방식을 검토해볼 필요가 있다.

## 2. 경제성 분석

### 2.1 경제성 분석을 위한 시뮬레이션 자료

#### 2.1.1 경제성 분석을 위한 방법 및 가정값

- 분석방법 : 평준 에너지 단가 계산 (수명주기를 고려한 현재가치계산(NPV)법)
- 분석을 위한 가정값
  - 인플레이션율 : 0.0%
  - 할인율 : 0.0%
  - 법인세 및 기타 제세율 : 0.17%
  - 보험율 및 기타 : 0.3%

#### 2.1.2 시스템 구성을 위한 일반자료

경제성분석은 농어촌 전화축진법에 의거하여 시행된 50호 이상의 건설비 및 제반 인건비, 유지관리비를 기초자료로 인용하여 태양광발전으로 시행할 경우와 기존 내연발전시설에 대한 경제성을 비교 분석 하였다.

- 분석년도 : 1997, 2000, 2005, 2010, 2015, 2020년 (6가지)

- 대상 가구수 : 20호, 30호, 50호, 100호, 150호, 300호 (6가지 유형)
- 가구당 월 사용량(Kwh) : 110Kwh, 170Kwh, 253Kwh (3가지 유형)
- 설비 수명 : 각 설비별 수명 관련 자료는 Table. 1과 같이 요약된다.

Table 1. 소도서 내연기관 및 태양광발전 설비 수명

연도	모듈	배터리	비상발전기	내연발전기
1997	20년	7년	15년	15년

- 효율 자료 : 각 설비별 효율 관련 자료는 Table. 2와 같이 요약된다.

Table 2. 소도서 내연기관 및 태양광발전 효율 자료

연도	모듈	백업 발전기 (내연발전)	PV-BOS
1997	12%	25%	60%

- 운전원수 : - PV : 2인  
- 내연발전 : 4인(30호 이상), 3인(30호 미만)
- 수평면 일사량 자료 (kcal/m<sup>2</sup>.day) : 국내 수평면일사량 참조
- 월별 평균 연속 부조일

Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
4.0	4.0	3.0	3.0	3.0	5.0	5.0	5.0	3.0	3.0	3.0	4.0

- 축전지로 공급가능한 부조일

Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0

#### 2.1.3 태양광, 디젤 관련 시스템 자료

경제성 평가를 위하여 태양광발전에 기본 단위가 되는 태양전지 가격과 모듈의 특성은 Table.

3과 Table. 4과 같다. 그리고 축전지의 전기적 특성과 단위가격은 Table. 5과 같다.

Table 3. 태양전지 단위 모듈가격

(단위 : 원/Wp)

1997년	2000년	2005년	2010년
5,400	4,500	2,700	1,800

Table 4. 태양전지 모듈 특성

출력 전압 (volt)	최대 출력 (Wp/ea)
16.5	50

Table 5. 축전지 특성 및 가격

입력전압 (v)	출력전압 (V)	용량 (Ah/ea)	방전심도	비용 (원/개)
2.2	2.0	2,700	0.425	550,000

- 태양전지 지지대 가격(원/Wp)
  - 1997sus : 1,500원
- 연료비용 (원/liter) : 소비자가격(1997년 물가자료) 기준으로 연간 4-5% 상승율을 고려하여 Table. 6과 같이 가정함
  - 소모량 : 디젤발전인 경우 : 최대 부하, 연간 운전시간, 연료 가격 고려 태양광+디젤발전인 경우 : 디젤발전이 담당하는 비율(10%)

Table 6. 연도별 유류가격(경유) 변동 추이

(단위 : 원/l)

년도	1997	2000	2005	2010	2015
가격	383	440	550	687	858

- 인버터 용량 및 비용자료

(단위 : 천원)

15kW	20kW	30kW	40kW	50kW	60kW	75kW	100kW	150kW	200kW	250kW
25,000	30,000	37,000	45,000	52,000	55,000	61,000	80,000	110,000	140,000	160,000

- 발전설비 및 비용 자료 : 상·하화도 실제 자료 참조

- 디젤 단독 발전인 경우(저속 내연발전기 3대 기준)

(단위 : 원)

30kW	50kW	80kW	100kW	150kW	250kW	450kW
500,000	600,000	700,000	1,000,000	1,200,000	1,500,000	2,000,000

- 태양광의 백업용인 경우 (고속 발전기 2대 기준)

(단위 : 천원)

30kW	50kW	80kW	100kW	150kW	250kW	450kW
30,000	50,000	60,000	80,000	100,000	200,000	300,000

- 공사비용(건물+토목+배전)

- 디젤 단독 발전인 경우 (각 용량별 3대 기준)

(단위 : 천원)

30kW	50kW	80kW	100kW	150kW	250kW	450kW
530,000	670,000	930,000	1,020,000	1,150,000	1,300,000	1,550,000

- 태양광 발전인 경우 (백업 발전기 2대 및 배전설비 비용)

(단위 : 천원)

30Kw	50Kw	80Kw	100Kw	150Kw	250Kw	450Kw
225,000	340,000	500,000	560,000	630,000	750,000	870,000

- 제어장치 가격자료 (원/kWp)

- 태양광인 경우 : 1,500,000원
- 디젤 발전인 경우 : 배전설비에 포함된 것으로 고려함

- 운전원의 1인당 연간 비용

- 18,000,000(M/Yr)

- 설비의 유지보수비

- 디젤 단독발전인 경우 : 디젤 발전기 용

- 량 x 35,000원
- 태양광+디젤발전 병용인 경우 : 어레이 크기 x 25원

2.2 경제성 분석결과 (기준연도 : 1997년)

2.2.1 발전 방식·규모별 경제성 분석결과

- 호수별 발전방식에 따른 발전단가 (단위 : 원/kWh)

발전방식 \ 호수	20호	30호	50호	100호	150호	300호
태양광발전	3142.9	3317.6	2386.6	1975.3	1880.2	1670.7
디젤발전	4948	3904	2883	2020	1685	1154

- 도서 규모별 발전 방식에 따른 초기 투자비용 (단위 : 백만원/kWh)

발전방식 \ 호수	20호	30호	50호	100호	150호	300호
태양광발전	765.8	1454.8	1735.2	3022.4	4425.6	7992.8
디젤발전	1030	1270	1630	2350	2800	3550

- 도서 규모별 발전 방식에 따른 연간 운영비 (단위 : 천원/kWh)

발전방식 \ 호수	20호	30호	50호	100호	150호	300호
태양광발전	38,345	39,569	41,965	47,931	53,896	71,844
디젤발전	87,944	98,574	114,519	151,723	204,872	311,169

- 도서 규모별 발전 방식에 발전설비 용량 (단위 : kW)

발전방식 \ 호수	20호	30호	50호	100호	150호	300호
태양광발전	42	62	103	206	309	617
디젤발전x3기	30	50	80	150	300	450

2.2.2 연도별·발전방식별·규모별 경제성 분석 결과

연도별 태양광발전과 디젤발전의 경제성 분석 결과는 Table. 7과 같다.

Table 7. 태양광발전 및 디젤발전의 연도별 경제성 분석

(단위 : 원/kWh)

발전방식 \ 연도	호수	1997	2000	2005	2010	2015	2020
		태양광발전	20호	3142.9	3048.1	2856.7	2762.7
	30호	3317.6	3224.5	3036.5	2944.2	2945.9	2945.9
	50호	2386.6	2293.8	2106.5	2014.6	2016.3	2016.3
	100호	1975.3	1882.5	1695.2	1603.3	1605	1605
	150호	1880.2	1787.4	1600.1	1508.2	1510	1510
	300호	1670.7	1578.1	1391.1	1299.3	1301.1	1301.1
디젤발전	20호	4948.3	4992.9	5062.5	5116.6	5135.9	5135.9
	30호	3904.2	3953.7	4031.1	4091.1	4112.6	4112.6
	50호	2883.1	2930.6	3004.9	3062.6	3083.2	3083.2
	100호	2020.6	2065.1	2134.8	2188.9	2208.2	2208.2
	150호	1685.7	1735.2	1812.6	1872.7	1894.1	1894.1
	300호	1154	1198.5	1268.2	1322.3	1341.6	1341.6

3. 전화사업의 경제성 평가

도서의 호수에 따라 발전단가의 차이가 발생하고 있으며 태양광발전의 경우 kWh당 2,386~3,317원, 디젤 발전의 경우 kWh당 2,883~4,948원이 소요되어 경제성 문제를 검토할 만한 원가의 한계를 크게 초과하고 있는 실정이다.

현행 전기요금의 가격 수준에 의하면 월간 가정에서 호당 50kWh 사용할 때 kwh당 39.80원, 100kWh사용시 58.25원, 200kWh사용시 88.93원, 1996년 전국 가정 평균 사용량인 208kWh 사용할 때는 94.85원이며, 현행 요금 수준의 종합 평

균 단가는 96.88원이다. 발전 원가가 저렴한 태양광발전과 비교할 때 가정에 있어서 표준적 사용량이라 할 수 있는 150kWh 사용할 때의 요금단가가 80.13원의 30-40배, 전국 가정의 평균사용 208kWh의 요금단가가 94.85원의 25-35배에 이르고 있다.

종업원 1인당 생산성 지표는 1인당 요소별 관리수치라고 말할 수 있으며 생산성과 전력사업

경영의 경제성 기준이며 Table. 8에서 보는 바와 같이 도서지역의 생산성은 극히 저조함을 알 수 있다.

결국 도서전화사업의 경우 경제성 검토에 있어 일반지역과 동일한 전기요금 으로는 투자회수가 영원히 불가능하며, 오히려 적자폭이 갈수록 심화되는 실정이며 정상적인 원가산정방법상으로는 경제성이 전혀 없는 것으로 분석된다.

Table 8. 에너지원별 발전단가

원 별	태 양 광 발 전			디 젤 발 전		
	20	30	50	20	30	50
표 준 호 수	20	30	50	20	30	50
발 전 투 자 비 ( 천 원 )	765,800	1,454,000	1,735,200	1,030,000	1,270,000	1,630,000
호 당 투 자 비 ( 천 원 )	38,290	48,467	34,704	51,500	42,333	32,600
연 간 운 영 비 ( 천 원 )	38,345	39,579	41,965	87,944	98,574	114,519
발 전 원 가 ( 원/kwh )	3,142	3,317	2,386	4,948	3,904	2,883
발 전 규 모	42kwp	62kwp	103kwp	30kw	50kw	80kw
연 간 발 전 량 ( Mwh )	40.8	61.2	102	40.8	61.2	102

# Economic Analysis on PV/Diesel Power System for Remote Islands' Electrification

M. G. Lee\*, M. W. Jeong\*, Y. T. Jin\*\*

\* *Korea Institute of Energy Research*

\*\* *Taejon National University of Technology*

## Abstract

Several PV-diesel hybrid systems were built in isolated islands in Korea, where they are far from the inland to be supplied the electric power to a utility level from it. A lot of efforts has been concentrated to find a cost-effective electric supply system with higher reliability and minimum maintenance when compared with a diesel generator.

For this purpose, an autonomous PV-diesel hybrid system with multi-channel remote monitoring system was investigated to supply electric power under minimum operating cost and maintenance in a small isolated island.

In this report, the economic analysis was performed for comparison with photovoltaic system and diesel generator by computer simulation. And it was proven that a PV system is more cost-effective than an internal combustion engine for the remote island with less than 150 households. Especially, in the case of islands with less than 50 households, the initial construction cost of the PV system is comparable to and its operating cost is about 70% less than the diesel generator.