

도서지역의 공급가능 전원대안별 발전원가 분석

조인승(KERI, 선임연구원), 이창호 (KERI, 책임연구원, 그룹장)

e-mail: isjo@keri.re.kr

Tel : 031-420-6122

Fax : 031-420-6129

< 목차 >

- I. 서론
- II. 도서지역 공급가능 전원대안 식별
- III. 경제성 검토 및 민감도분석
- IV. 결론

Key word : 수명기간분석방법 (LCCA), 균등화발전원가, 민감도분석

도서지역의 공급가능 전원대안별 발전원가 분석

I. 서론

도서지역의 전화사업은 규모가 큰 도서를 제외하고는 '80년대 말부터 '90년대 전반기에 걸쳐 집중적으로 이루어져 왔으며, 주로 내연력에 의한 전원공급방식으로 그 동안의 전력수요 증가에 대응하여 왔다. 그러나, 최근 들어와 “농어촌전화촉진법” 개정에 의한 전력회사의 도서지역 전력사업 인수범위의 확대와 전력산업 구조개편에 따른 전력수급기본계획의 수립 등 도서지역 전력사업을 둘러싼 대내외적인 환경의 급격한 변화에 대응하고, 지속적인 전력수요의 증가, 신재생에너지를 이용한 발전기술의 비약적인 발전, 수요증가에 대비한 도서지역 수요관리방안의 필요성 제기 등 도서지역 전력사업의 수급문제를 보다 체계적으로 정비하기 위한 새로운 개념의 도서지역 전력수급계획의 수립이 필요하게 되었다.

그동안 도서지역 등 계통으로부터 고립된 지역에 적용할 수 있는 전원은 매우 제한적이었으나, 최근 전력설비기술 및 대체에너지이용기술의 비약적인 발전으로 기존의 내연력 발전설비외에도 풍력, 태양광발전, 가스터빈, 연료전지발전 등의 설비도 단독, 또는 기존시스템과의 Hybrid방식으로 도서지역 전력수급계획시 공급대안 설비로 검토되고 있다. 물론, 아직까지는 설비의 신뢰도, 연료제약, 입지제약, 계통의 안정성 등 기술적인 측면과 아직은 시장 규모가 크지 않아 경제성 측면에서도 보급상의 문제는 다소 있지만, 앞으로 조만간에 소규모 도서부터 시범적으로 도입되는 사례가 많아 질것으로 전망된다.

본 연구에서는 도서지역에 공급가능한 전원설비대안에 대한 발전원가를 분석하여 보고, 설비비용, 설비이용률, 설비효율, 연료가격의 변화에 따른 발전원가의 민감도를 분석하여 봄으로써 향후 시장의 확대 및 연료수급상황의 변화에 따른 보급가능성에 대하여 검토하고자 하였다.

II. 도서지역 공급가능 전원대안 식별

1. 공급대안 선택시 검토요인

도서지역에 전력 공급설비 대상 평가시에는 기본적으로 대상 도서의 부하분석

및 추정, 수용가의 전력사용패턴 및 특성, 도서의 자연/입지조건, 대상 전원별 기술 및 경제적 보급 타당성 등 다양한 측면에서 검토가 선행되어야 한다. 구체적으로 각 검토인자를 나열하면 다음과 같다.

- 부하 특성
- 수용가 분포 및 특성 (대수용가 분포비율 등)
- 자연조건 : 일사량 및 풍속
- 도서의 전원입지 조건
- 대상전원별 기술적 보급 가능성 및 적합성/신뢰성
 - . 전원별 보급을 위한 적정 설비규모 (도서 수요규모 대비)
 - . 전원의 시장보급단계 및 기술적 성숙도
 - . 설비의 신뢰성 및 운전편의성
 - . 도서의 지형적 특성에 대한 적합성
- 대상전원의 경제성

2. 공급가능설비의 식별 및 특성

도서지역은 지리적으로 계통이 연계된 육지와는 달리 계통비연계 지역이 대부분이며, 인구, 경제적 측면에서 봐도 5,000명 이하의 소규모가 대부분이기 때문에, 계통연계지역에서 적용되는 공급대안과는 차별화 되어야 한다.

이러한 측면을 고려해 볼 때, 도서지역의 전력수요 증가에 대비한 증설용 전원으로 검토가능한 대상 설비로는 현재 보급중인 내연력 발전을 비롯하여 태양광/풍력 등의 대체에너지 발전, 연료전지발전, 마이크로 가스터빈발전 등의 분산형전원 (Distributed Generation)과, 이들 전원과 기존전원과의 Hybrid방식, 그리고 수요측 자원으로 직접부하제어, 부하관리요금제의 시행 등의 수단을 검토대안으로 고려해 볼 수 있다.

<표 1> 도서지역 전력수급 대안

대안	대안유형	설비 대안	적용사례
공급측 대안	화석연료 발전	내연력발전 (디젤)	- 우리나라 대부분의 도서에 적용
		연료전지발전	- 시험운전단계
		소형가스터빈발전	- 기술성 검토단계
	신·재생 에너지발전	풍력발전	- 제주도에 보급
		태양광발전	- 하와도 등 소도서에 보급
		소수력발전	- 울릉도 (추산)에 보급
	하이브리드 발전	풍력/디젤 발전	- 선진국에서 시험보급이 활 발히 이루어지고 있음 - 국내에서는 일부 실험적으 로 시도되고 있으나, 실제 통에 적용되고 있지 못함
		풍력/태양광/디젤	
		풍력/소수력발전	
		풍력/태양광발전	
기타 Hybrid방식			
수요측 대안	에너지절약	고효율기기 보급	- 부하증가속도가 빠를 경우 단계적으로 검토
	부하관리	부하관리요금제도	
		직접부하제어	

그러나, 이들 공급용 전원설비가운데 일부는 이미 도서용 전원으로 기 보급되어 있는데 반해, 현장 적용시험이 진행중이거나, 아직 실험실 연구단계에 머물고 있는 설비도 있다. 따라서, 도서지역의 전원설비는 설비의 성능에 대한 입증은 물론, 도서부하에 대한 적합성, 경제성 등에 대한 다양한 검토가 이루어진 후에 그 설치 여부를 결정해야 된다. 여기서 검토가능한 공급용 전원 설비의 특성을 비교하여 보면 <표 2>와 같다

<표 2> 주요 분산형 전원의 특성비교

구분	내연발전	풍력	태양광	TPV	연료전지	마이크로 터빈
연료공급	연속공급	불연속	불연속	연속공급	연속공급	연속공급
배출물질	높음	없음	없음	낮음	매우낮음	매우낮음
소음	높음	낮음	없음	낮음	매우낮음	낮음
배열	있음	없음	약간	있음	가능	있음
수선비용	높음	중간	낮음	낮음	중간	낮음
입지적용	매우우수	나쁨	우수	매우우수	매우우수	매우우수

III. 경제성 검토 및 민감도분석

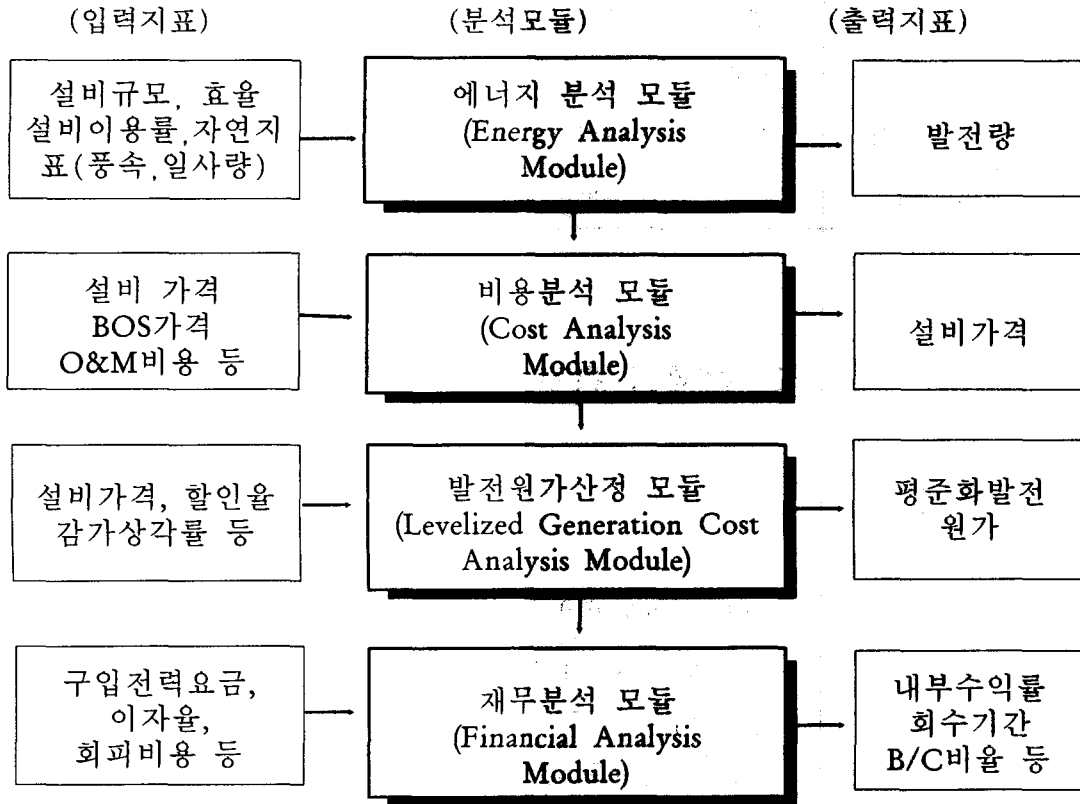
1. 분석방법

일반적으로 에너지산업의 비용평가 및 경제성분석에는 수명기간비용 분석법 (LCCA : Life Cycle Cost Analysis) 기법이 적용된다. 수명기간 및 비용구조가 다른 시스템의 평가기준으로, 미국의 DOE에서 에너지산업의 평가기법으로 주로 이용되고 있다. 이 기법 이외에도 경제성을 평가하는 기법 및 기준은 많이 있으며, 평가의 주체, 평가의 목적, 평가대상에 따라 다양하다. 기법 상호간에는 보완적인 관계가 있어 다양한 평가 기준이 동시에 경제성판단의 기준지표로 이용되기도 한다. 이와같은 평가기법/기준으로는 다음과 같은 것들이 있다.

- 순현재가치법 (NPV : Net Present Value)
- 내부수익율법 (IRR : Internal Rate of Return)
 - . 조정된 내부수익률법 (Adjusted Internal Rate of Return)
- 회수기간분석법 (PP : Payback Period)
- 비용/편익비율 (BC : Benefit to Cost Ratio Analysis)
- 절약/투자비율 (SI : Saving to Investment Ratio Analysis)

본 논문에서는 기본적으로 수명기간 비용분석법 (LCCA : Life Cycle Cost Analysis) 를 적용하여 각각의 공급전원대안들에 대한 평균화된 발전원가를 도출하고, 설비가격, 설비효율, 에너지가격의 변화에 대한 민감도를 분석 하였다.

본 논문에서 발전원가 산정은 다음과 같은 단계로 수행하였다.



<그림 1> 공급전원대안별 발전원가 산정절차

2. 주요입력지표

발전원가 분석을 위한 각 전원의 설비구성은 실제로 가구수 500호 이상의 도
서지역에 적용가능한 설비규모로 상정하였으며, 각각의 발전설비의 성능지표 및 가
격지표 등은 기존의 설치사례를 준용하였거나, 사례가 없을 경우에는 해외의 적용
사례 및 문헌을 토대로 설정하였다. 다음의 <표 3>은 디젤발전 (500kW, 1,000kW,
1,500kW), 풍력발전, 태양광발전, 연료전지발전 등에 대한 경제성평가의 주요 입력
지표이다.

<표 3> 경제성평가를 위한 주요 입력지표

구분	단위	내연력			풍력	태양광	연료 전지	마이크로 터빈	비고
		500kW급	1000kW	1500kW					
기준년도		2002	2002	2002	2002	2002	2002	2002	
설비	설비용량	kW	500	1000	1500	200	60	200	30
	건설비단가	천원/kW	3,518	2,102	1,850	1,430	13,000	2,600	1,950
		\$/kW	2,700	1,610	1,420	1,100	10,000	2,000	1,500
운전 유지비	수선유지비	%	2.0	2.0	2.0	2.0	0.5	2.0	2.0
	소요인력	명	2.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0
재무	경제수명기간	년	15	20	20	20	30	10	10
	할인율	%	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
	투자보수율	%	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
운전	연간이용율	%	32.9	32.9	32.9	20.0	17.7	80.0	50.0
발전	사용연료		경유	경유	경유	-	-	LNG	LNG
	연료단가	원/kg, ℓ	585.5	585.5	585.5	-	-	494.5	494.5
	연료발열량	kcal/kg, ℓ	9,153	9,153	9,153	-	-	13,042	13,042
	평균열효율	%	34.70	34.70	34.70	-	-	50.0	30.0

3. 전원별 발전원가 분석 및 민감도분석

가. 내연력발전

1) 시스템의 구성

내연력발전 시스템은 이미 국내에서 상용화되어, 많은 계통비연계 도서의 전원 공급용으로 설치되어 있다. 최근 설치된 내연력발전기는 대부분이 국내 기업체에서 생산된 설비로서, 도서별 부하규모 및 기 설치된 발전기와의 연계운전 등을 고려하여 설비의 용량이 결정되고 있다. '90년대 후반이후 가구수 500호이상의 도서에 설치된 디젤발전기의 연도별, 규모별 설치내역을 보면 국내 도서에는 주로 500kW 규모의 디젤엔진발전설비가 설치되고 있는 것으로 나타났으며, 최근 들어와 1,500kW 규모의 설비도 설치되고 있다.

<표 4> 내연력발전시스템 설비용량별 보급현황 (2001년)

구분	300kW	450kW	500kW	750kW	1000kW	1500kW
1980			울릉도(2)			
1983	조 도(3)					
1986					울릉도(2)	
1987	추자도(4)		흑산도(3)			
1989		거문도(2) 400kW	거문도(2)			
1990	덕적도(3)					
1993		위 도(3)				
1994			흑산도(1)			
1995			추자도(1)			백령도(3)
1996			조 도(2)	흑산도(2)		울릉도(2)
1997			덕적도(1) 거문도(1)			
1999			추자도(2)			
2001			덕적도(1)			백령도(1)
2002		거문도(-2)	거문도(2) 위 도(1)			울릉도(1)
총계	10	3	19	2	2	7

주 : ()안의 숫자는 단위기 개수를 의미함

2) 발전원가 분석 및 민감도 분석

① 설비규모 차이에 따른 발전원가 차이 분석

현재, 500호이상 도서에 설치되고 있는 내연력(디젤)발전설비는 단위기 설비용량이 주로 500kW, 750kW, 1500kW 급으로 구성되어 있으며, 각 도서의 기 설치설비의 단위기 구성 및 입지, 그리고 도서별 부하특성, 경제성에 따라서 결정된다.

단위기 용량별 발전원가는 설비규모에 대한 규모의 경제성 때문에 단위기 용량이 커질수록 발전원가는 점차 하락하는 것으로 나타났다. 경제성평가결과 500kW, 1000kW, 1500kW 발전설비의 발전원가는 각각 352원/kWh, 269원/kWh, 257원/kWh로 추산된다.

<표 5> 단위기 설비용량 차이에 따른 발전원가 비교

설비규모 (kW)	500	1000	1500
발전원가 (원/kWh)	352	269	257

② 설비이용률 변화에 따른 발전원가 분석

도시지역의 내연발전시스템은 일반적으로 정기적인 예방정지 및 불시 사고에 대비하기 위하여 구성되어 있는 설비 중 최대 단위기를 예비력설비로 보유하고 있기 때문에 도시지역 전체 설비의 평균이용률은 연평균 30~40% 정도로 낮은 편이다. 설비이용률변화에 따른 발전원가의 변화를 분석하여 보면 설비규모에 따라 다르지만 설비이용률 1%의 변화에 따라 약 4~8원/kWh의 변화를 보이는 것으로 분석되고 있다.

<표 6> 설비이용률(풍속)변화에 따른 발전원가 비교

설비이용률 (%)		25	30	35	40	45	50	55	60
발전원가 (원/kWh)	500kW	414	372	341	318	300	286	274	265
	1000kW	305	280	263	250	239	231	225	219
	1500kW	288	266	251	239	230	223	217	212

주 : 분석 대상 단위설비용량은 1000kW기준임

③ 연료가격 변화에 따른 발전원가 분석

한편, 디젤(경유)가격 변화에 따른 발전원가의 변화추이를 보면 연료가격 (100원/리터)당 약 27원/kWh정도로 발전원가에 영향을 미치고 있는 것으로 분석된다.

<표 7> 연료가격 변화에 따른 발전원가 비교

연료가격 (원/리터)		650	600	550	500	450	400	350	300
발전원가 (원/kWh)	500kW	370	356	343	329	316	302	289	275
	1000kW	287	273	260	246	233	219	206	192
	1500kW	274	261	247	234	220	207	193	180

나. 풍력발전

1) 주요입력지표

풍력발전시스템은 이미 전 세계적으로 주요 발전전원으로 자리잡아가고 있으며, 단위기당 설비용량도 1MW이상으로 대형화되어 가고 있는 추세에 있다. 그리고 이전보다 낮은 풍속에도 양질의 발전을 가능케 하는 신기술들이 속속들이 개발되어 감에 따라서 풍력발전시장은 화석연료발전을 대체할 수 있는 전원으로 급성장을 지

속하고 있다.

세계 풍력시장에서는 보편적으로 중대형 발전설비로 많이 이용되고 있으나, 여
기서의 평가대상 시스템은 도서지역에 기설치된 타유형의 발전설비와의 계통연계시
타 발전설비 및 계통의 주파수, 전압에 미치는 영향을 감안하여, 총 설비용량의
15%미만 정도인 약 200kW 규모의 중규모 풍력발전설비를 평가대상으로 하였다.
설비이용률은 약 25%, 수명기간은 20년을 가정하고 분석을 시행하였다.

<표 8> 기본 입력지표

항 목	전 제	비 고
설비용량	200kW	
설비이용률	25%	- 제주지역의 풍량 참조
설치비용	1,430천원/kW	- 국내 설치실적(약 \$1,100/kW)
설비수명	20년	- 설계수명기간
송전손실율	3.2%	- 계통연계에 따른 전력손실 (발전소 자체소비포함)
수선유지비	2.0%	- 국내 가동설비 기준

2) 발전원가 분석 및 민감도 분석

① 설비비용 변화에 따른 발전원가 분석

시스템의 설치비용은 발전기 제작회사 및 발전기를 설치하는 입지조건, 등 여
러 가지 요인에 따라서 다소 차이가 발생하고 있다.

풍력발전설비비용이 \$1,000/kW로 가정하였을 경우에 발전원가는 약 134원
/kWh 정도로 추산되며, 약 \$100/kW정도의 설비가격 인하시 발전단가에 미치는 영
향은 약 7원/kWh정도로 분석되었다. 만약 설비가격이 \$800/kW일 경우 발전단가는
113원/kWh로 현재에 비해 약 15%정도 인하될 것으로 보인다.

<표 9> 설비비용변화에 따른 발전원가 비교

설비 비용	\$/kW	1500	1400	1300	1200	1100	1000	900	800
	천원/kW	1950	1820	1690	1560	1430	1300	1170	1301
백만원	390	364	338	312	286	260	234	208	
발전원가(원/kWh)		162	155	148	141	134	127	120	113

② 설비이용률 차이에 따른 발전원가 분석

풍력발전시스템의 설비이용률은 주로 풍력의 세기 및 연간 풍력자원의 가용능력에 따라서 결정된다.

우리나라에서 풍력자원이 풍부한 제주지역에서 현재 가동중인 설비의 설비이용률은 약간의 고장 등의 원인을 감안한다고 하더라도 최대 30~35% 수준이 가능하지만, 평균적으로 보면 25%수준이다.

설비이용률에 대한 민감도 분석결과 설비이용률 1%의 변화가 발전원가에 미치는 영향은 설비이용률 단계에 따라 다르지만 대략 10~3원/kWh 정도의 범위내에서 영향을 미치는 것으로 나타났다.

<표 10> 설비이용률(풍속) 차이에 따른 발전원가 비교

설비이용률 (%)	15	20	25	30	35	40	45	50
발전원가 (원/kWh)	223	167	134	112	96	84	74	67

다. 태양광발전

1) 주요입력지표

태양광발전시스템은 작게는 수W정도의 통신용 설비로부터 수MW급의 발전소용 설비에 이르기까지 이용용도 및 입지여건에 따라 다양한 설비의 구성이 가능하다. 여기서는 기본적으로 50호이상 500호미만의 비교적 소규모 도서에 적용될 수 있는 설비로 우리나라에서 충남의 호도, 전남의 하와도에 보급된 태양광발전시스템 정도인 약 60kW급 설비를 평가 대상으로 설정하였다.

일사량 조건은 우리나라 중부지방의 평균적인 일사량지표 (충남 서산지역의 일사량)를 적용하였으며, 태양전지의 효율은 현재 상용화되고 있는 제품의 평균치로 볼 수 있는 12%를 적용하였다. 아울러 태양광 발전시스템의 수명기간은 30년, 설비비용은 \$10.0/Wp 로 가정하였다.

<표 11> 기본 입력지표

항 목	전 제	비 고
설비용량	60kW	
일사량조건	4.47kWh/m ² .일	- 충남 서산지역 일사량
시스템손실	5%	- 캐나다 (RetScreen) 적용사례
전지효율	12%	- 단결정 실리콘 (12%~14%)
설치비용	780백만원	- 설치가격 (\$10.0/Wp)
설비수명	30년	- 설계수명기간
수선유지비	0.5%	- 국내 태양광발전설비 운전실적 참조

2) 발전원가 분석 및 민감도 분석

① 설비비용 변화에 따른 발전원가 분석

현재 우리나라는 태양광발전 시스템이 비교적 통신, 가로등 등의 특수용도 및 지역에너지사업에 의한 도서용 전원설비로 소량 보급되어 왔기 때문에 외국과 같은 규모의 시장이 형성되어 있지 못하고 있다. 따라서, 외국에 비하여 비교적 높을 수 있으며, 현재 설치단가를 10.0\$/Wp로 가정하였을 경우 발전원가는 약 848원/kWh 정도로 추산되며, 약 \$1/Wp 정도의 설비가격 인하시 발전단가에 미치는 영향은 약 53원/kWh 정도로 분석되었다. 만약 설비가격이 현재의 50%수준인 \$5/Wp까지 인하되더라도 발전단가는 534원/kWh로 현재에 비해 약 37%정도의 인하효과밖에 없는 것으로 추산되고 있다.

<표 12> 설비비용변화에 따른 발전원가 비교

설비	\$/Wp	11	10	9	8	7	6	5	4
비용	원/Wp	14300	13000	11700	10400	9100	7800	6500	5200
	백만원	858	780	702	624	546	468	390	312
발전원가	(원/kWh)	910	848	785	723	661	598	534	474

② 태양전지 효율 변화에 따른 발전원가 분석

기술개발로 인한 태양전지의 효율개선은 그만큼 적은 면적의 태양전지로 기존의 발전량과 동일한 발전량을 생산할 수 있다는 장점이 있다.

시스템비용이 \$10/Wp수준일 경우 이때 태양전지 효율이 12%에서 약 25%가량 개선된 15%수준에 이르면 발전원가는 약 678원/kWh로 기준 발전원가에 비하여 약 20%인하효과가 있는 것으로 보인다.

태양전지 효율에 대한 민감도 분석결과 태양전지효율 1%의 변화가 발전원가에 미치는 영향은 전지효율 단계에 따라 다르지만 대략 20~100원/kWh 정도의 범위내에서 영향을 미치는 것으로 나타났다.

<표 13> 태양전지효율 변화에 따른 발전원가 비교

태양전지 효율 (%)	9	11	13	15	17	19	21	23
발전원가 (원/kWh)	1130	925	783	678	598	535	484	442

라. 연료전지발전

1) 주요입력지표

연료전지 발전시스템은 작동 온도와 전해질의 형태에 따라 알카리형(AFC), 인산형(PAFC), 용융 탄산염형(MCFC), 고체 산화물형(SOFC), 고분자 전해질형(PEMFC) 연료전지등으로 구분되며, 일반적인 발전시스템으로의 이용은 물론, 휴대폰, 자동차, 특수 용도의 전원 등 다양한 분야로의 활용이 가능한 전원으로 일부 분야에서는 그 실용화가 빠른 속도로 진행되고 있다.

도서지역의 분산형 전원으로는 인산형 연료전지(PAFC)나 용융탄산염형 연료전지(MCFC) 등이 이용될 수 있으며, 여기서는 이미 세계적으로 실용화되어 운전중에 있는 인산형 연료전지(PAFC) 200kW급 설비를 분석대상으로 한다.

설비이용률은 80%를 가정하고, 설비수명은 총 운전시간을 기준으로 하여 10년으로 가정하였다. 한편, 설비비용은 해외의 거래가격을 참조로 하여 약 \$2,000/kWh로 설정하였다.

<표 14> 기본 입력지표

항 목	전 제	비 고
대상시스템	200kW	- 일반 상업용
설비이용률	80%	- 제품 사양
설치비용	520백만원	- 해외 거래가격 (2,000\$/kW)
설비수명	10년	- 설계수명기간
수선유지비	2.0%	- 설비비 대비
연료가격	494.5원/m ³	- 2001년 평균 소비자가격

2) 발전원가 분석 및 민감도 분석

① 설비비용 변화에 따른 발전원가 분석

연료전지발전시스템의 설치비용은 시장규모에 따라서 많은 변화가 예상되며, 보급초기에는 단위 설비단가가 높지만 향후 시장보급이 확대되면 제품의 시장가격도 하락하게 될 것으로 예상된다.

분석결과, 현재 설치단가를 \$2000/kW로 가정하였을 경우 발전원가는 약 189원/kWh정도이며, 설치단가가 약 25% 인하된 \$1500/kW 일 경우에는 약 174원/kWh로 약 8% 정도의 인하효과가 발생하고 있다.

<표 15> 설비비용 변화에 따른 발전원가 비교

설비 비용	\$/kW	2500	2000	1750	1500	1250	1000	750
	천원/kW	3250	2600	2275	1950	1625	1300	975
	백만원	650	520	455	390	325	260	195
발전원가(원/kWh)		204	189	182	174	167	159	152

② 설비이용률 변화에 따른 발전원가 분석

연료전지발전시스템은 고효율의 발전시스템으로 시스템상의 고장, 또는 정기적인 보수기간을 제외하곤 상시 운전이 가능한 설비로서 비교적 설비이용률이 높은 발전시스템이다.

연료전지시스템의 경우 설비이용률 1%의 변화에 따라서 발전원가는 1~2원/kWh 정도의 영향을 받는 것으로 나타났다.

<표 16> 설비이용률변화에 따른 발전원가 비교

설비이용률 (%)	60	65	70	75	80	85	90	95
발전원가 (원/kWh)	221	211	203	196	189	184	179	174

③ 연료가격 변화에 따른 발전원가 분석

연료전지 발전시스템의 연료는 천연가스(LNG), 프로판가스, 매립지가스, (LFG), 프로판가스 등이 이용되지만, 여기서는 일반적으로 이용되는 천연가스를 적

용한다. 그러나, 실제로 도서지역에서 천연가스는 운송 및 저장 문제 때문에 연료로 활용하기는 곤란한다.

천연가스 50원/m³ 인하시 연료전지 발전단가는 약 10원/kWh 정도의 인하효과가 발생하는 것으로 나타나고 있다.

<표 17> 연료가격 변화에 발전원가 비교

연료가격 (원/m ³)	650	600	550	500	450	400	350	300
발전원가 (원/kWh)	219	209	200	190	181	171	162	153

마. 마이크로로 터빈

1) 주요입력지표

마이크로 터빈발전은 비교적 소형으로 모듈단위로 설치가능하며, 공해배출이 적은 편이고 효율이 낮은 편이지만, 분산형 전원으로서의 이점을 활용한 실용화 기술개발이 선진국을 중심으로 매우 활발하게 진행되고 있다. 마이크로 터빈발전은 50,000~100,000rpm으로 비교적 고속으로 회전하는 터빈에 의하여 발전되며, 사용연료는 LNG, 휘발유, 디젤, 알콜 등을 사용 할 수 있다.

평가대상 기준설비는 현재 미국에서 소량이나마 시제품이 나와 실용화되고 있는 Capston사의 30kW급 설비를 분석대상으로 하였다. 설비이용률은 약 50%를 가정하고, 설비수명은 총 운전시간을 기준으로 하여 10년으로 가정하였다. 한편, 설비비용은 해외의 거래가격을 참조로 하여 약 \$1,500/kWh 로 설정하였으며, 사용연료는 천연가스로 가정하여 분석하였다.

<표 18> 기본 입력지표

항 목	전 제	비 고
대상시스템	30kW	- Capstone사 제품기준
설비효율	50%	- 제품 사양
설치비용	58,500천원/kW	- \$1,500/kW
설비수명	10년	- Duty Cycle에 따라 상이 (5~10)
수선유지비	2.0%	- 설비비 대비
연료가격	494.5원/m ³	- 2001년 평균 소비자가격

2) 발전원가 분석 및 민감도 분석

① 설비비용 변화에 따른 발전원가 분석

마이크로터빈발전시스템의 설치비용은 보급초기에는 단위 설비단가가 높지만 향후 시장보급이 확대되면 제품의 시장가격도 하락하게 될 것으로 예상 발전시스템에 대한 수요도 대폭적으로 확대될 것으로 전망된다.

분석결과, 현재 설치단가를 \$1500/kW로 가정하였을 경우 발전원가는 약 276원/kWh정도이며, 설치단가가 약 33% 인하된 \$1000/kW 일 경우에는 약 252원/kWh로 약 8.9% 정도의 인하효과가 발생하고 있다.

<표 19> 설비비용변화에 따른 발전원가 비교

설비 비용	\$/kW	2000	1750	1500	1250	1000	800	500
	천원/kW	2600	2275	1950	1625	1300	1040	650
	천원	78,000	68,250	58,500	48,750	39,000	31,200	19,500
발전원가(원/kWh)		300	288	276	264	252	242	228

② 설비이용률 변화에 따른 발전원가 분석

마이크로 터빈시스템은 주로 자가발전용으로 기동성이 뛰어나 피크용이나, 대기전원용으로 주로 활용될 수 있는 전원으로 이러한 용도로 사용될 경우 설비이용률은 그다지 높지 않겠지만, 도서전원용으로 이용했을 경우 설비이용률은 그보다 훨씬 높아질 수 있을 것으로 보인다.

앞에서의 가정에 따라 설비이용률을 50%로 가정했을 경우 발전원가는 약 276원/kWh 정도이며, 설비이용률이 5%정도 변화함에 따라서 발전원가는 약 7~9원/kWh 정도로 변하는 것으로 나타났다.

<표 20> 설비이용률 변화에 따른 발전원가 비교

설비이용률 (%)	45	50	55	60	65	70	75	80
발전원가 (원/kWh)	295	276	261	248	237	228	220	213

③ 연료가격 변화에 따른 발전원가 분석

마이크로 터빈발전시스템의 연료는 천연가스(LNG), 프로판가스, 수소, 디젤 등 다양한 연료의 사용이 가능하다. 여기서는 천연가스를 비교하여 적용하였으나, 실질적으로 도서에서는 천연가스의 보관과 이동상의 문제로 실질적인 사용은 불가능하다고 볼 수 있다.

천연가스 50원/m³ 인하시 마이크로 발전시스템의 발전단가는 약 11원/kWh 정도의 인하효과가 발생하는 것으로 나타나고 있다.

<표 21> 연료가격 변화에 발전원가 비교

연료가격 (원/m ³)	650	600	550	500	450	400	350	300
발전원가 (원/kWh)	310	299	288	277	266	255	244	233

IV. 결론

이상과 같이 도서에 공급 가능한 전원대안별로 발전원가분석 결과 현재 우리나라 도서에 집중적으로 보급되고 있는 내연력 발전설비는 발전원가만을 놓고 보면 현재 기술개발이 진행되고 있거나 이미 보급이 활발히 이루어지고 있는 신재생전원에 비하여 비교적 높은 수준이다.

<표 22> 공급가능 전원별 발전원가 비교

항 목	검토설비 규모	발전원가 (원/kWh)
내연력발전	500kW	352
	1000kW	269
	1500kW	257
풍력발전	200kW	134
태양광발전	60kW	848
연료전지	200kW	189
마이크로터빈	30kW	276

따라서, 현재 기 보급된 내연발전시스템과 신재생에너지를 이용한 전원시스템과의 안정적인 연계시스템기술을 확보할 수 있다면 환경친화적인 신재생에너지 전원설비는 도서지역의 전원 공급대안으로 매우 유망하다고 볼 수 있다. 이들 신재생에너지 전원기술에 대한 기술개발 및 시장확대를 위한 정부차원의 노력이 뒷받침 될 경우 현재보다 보다 낮은 저렴한 비용으로 친환경적인 전기의 사용이 조만간에 가능해질 것으로 전망된다.

References

- [1] 한국전기연구소, “한국전력공사, 지역별 수요 및 부하특성 예측기법 개선 연구”, 1998
- [2] 한국전기연구원, 도서지역 전력수요예측 및 수급계획 수립방안 연구“, 2002
- [3] 한국전기연구소, 대체에너지를 이용한 발전전력의 의무구매방안, 2000.2
- [4] 한국전력거래소, 제1차 전력수급기본계획 수립기법 관련 자료집, 2002.1
- [5] 한국전력공사, 소도서 장기전력수급계획용자료조사 (수요예측보고서) 1995. 6.
- [6] 한국전력공사, 소도서 전력사용실태조사 연구, 1997. 10
- [7] 한국전력공사, '99 도서발전기술지원실적보고서, 2000. 1.
- [8] Feibus, Howard., "The role of distributed generation in a restructured utility environment." Electrotek Concepts, Inc. Washington D.C. 1999.
- [9] Friedman, N. Richard, "Technology update: Microturbine." Powering the New Millenium, An Interational Symposium on Distributed Energy Resources, San Diego, CA, 13-14 September, CADER and DPCA. 1999.
- [10] Sieglinde K. Fuller, "Life-Cycle Costing Manual for te Federal Energy Management Program" 1995