

[논문] 한국태양에너지학회 논문집  
Journal of the Korean Solar Energy Society  
Vol. 24, No. 3, 2004

# 환경비용을 고려한 재생에너지의 경제성 분석

이 관 호\*

\*울산과학기술대학교 공간디자인학부(ghlee@mail.uc.ac.kr)

## An Economic Measures of the Renewable Energy considering Environmental Costs

Lee, Gwan-Ho\*

\*School of Space Design, Ulsan College(ghlee@mail.uc.ac.kr)

### Abstract

This study aims to presents the applicability of economic measures for renewable energy. The basic principle and method of economic analyses were investigated and total life cycle cost considering environmental costs according to CO<sub>2</sub> generation. In case study, adaptation of new small wind power system to buildings were proved to produce a profit if it is considered the environmental cost and increment of energy prices. And so the economic measures can be used not only for the investment decisions for economic analysis but also for the comparative analysis of environmental cost and economic profits.

**Keywords** : 재생에너지(Renewable energy), 경제성 분석도구(Economic Measures), 전생애비용(Life Cycle Cost), 환경비용(Environmental Costs)

### 기 호 설 명

$\lambda$  : 할인율 (%)  
 $\lambda_c$  : 물가 상승율을 고려한 이자율 (%)  
 $\lambda_i$  : 물가 상승률 (%)  
NPV : 순현재가치, 원가 (원)  
IRR : 내부수익율  
BCR : 편익/비용 비율  
DPB : 할인회수기간 (년)

SIR : 투자 대 절감 비율  
TLCC : 총전생애비용 (원)

### 1. 서 론

기존의 연구가 재생에너지원(태양광, 풍력, 자연형태양열 시스템, 설비형태양열 시스템 등)을 건축물에 적용하기 위한 단순한 경제성 분석에 대한 연구인데 반하여 본 연구는 단순한 인터페이스

를 통하여 종합적으로 환경비용을 고려한 재생에너지의 다양한 경제성 분석도구를 건축주(또는 투자자), 설계업자, 및 시공업자(건설업자)들이 쉽게 건축물에 적용하는 것이다. 특히, 건축주의 요구조건에 따른 투자의 효율성 분석이 가능하고, 민감도 분석을 이용하여 다양한 요소의 변화에 따른 환경경제성의 변화를 분석함으로써 재생에너지를 이용한 설계요소의 수정이 가능할 것이다. 또한, 에너지의 소비를 절감뿐만 아니라 지구온난화와 같은 환경의 문제를 해결하는 방안으로 점차 가시화되는 CO<sub>2</sub> 배출량 제한과 같은 그린라운드 등에 능동적으로 대처할 수 있을 것이다.

따라서 본 연구에서는 재생에너지를 위한 경제성 분석도구의 적용가능성과 활용방안을 제시하는 것을 목적으로 한다. 재생에너지를 이용 현황 및 국내외 기술개발과 보급에 대하여 문헌을 통해 고찰하고, 경제성분석에 대한 주요 인자 및 기법을 조사하며 우리나라 상황을 고려한 경제성 분석도구의 적용가능성을 분석한다. 또한 환경성능을 고려한 경제성 분석을 실시하여 최적의 적용방안을 제시한다.

## 2. 재생에너지 경제성분석의 예비적 고찰

재생에너지 경제성분석을 위한 재생에너지의 이용현황 및 특성에 관해 고찰하였으며, 각 내용은 다음과 같다.

### 2.1 재생에너지 이용현황

태양에너지가 종종 환경 친화적이지만 동시에 비경제적으로 여겨졌다. 그러나 전 지구적으로 경제적인 관점에서 재생에너지는 현재 지속가능한 경제 및 사회적으로 이점을 제공한다. 재생에너지를 통하여 경제적인 혁신이 가능하다. 즉, 장기적으로 산업, 기술 및 농업분야에 새로운 일자리를 제공, 행정 및 보건비용을 절감, 에너지공급의 안정을 위하여 지출되는 군비의 절감 및 지속가능을 기반으로 농업의 보존이 있다.

따라서 재생에너지의 적극적 이용에 따른 태양경제로의 전환이 요구된다. 김종달(2002)<sup>1)</sup>에 따르면 태양경제로의 변화에 결정적인 영향을 미칠 3가지 요소는 기후변화, 기술경제구조변화, 그리고 에너지전환 등이다. 태양에너지를 포함한 다양한 재생에너지는 미래에너지에서 점차 보조에너지의 역할을 하며 2020년 이후에 추가 수요를 주로 담당하는 주 에너지로서의 역할을 할 것이다. 또한 기술적 면이나 자원 면에서 볼 때 이용효율만 증대된다면, 재생에너지는 모든 추가 에너지 수요를 충족할 수 있을 것이다.

IEA에서 수행한 「한국의 에너지정책의 조사보고서」에 따르면 총 1차 에너지공급에서 차지하는 신 재생에너지의 비율은 IEA 회원국들의 평균인 3.9%에 비해 1999년 1.4%(수력 제외)로 국내 에너지공급에서 여전히 미미한 수준에 머물러 있다. 그런데 신 재생에너지 생산의 92% 이상은 일반 및 산업폐기물 활용에 의한 것이다. 따라서 태양에너지를 포함한 바람 등의 신 재생에너지 기술의 보급 및 확대가 요청된다. 그 중에서도 점차적으로 적절히 건물과 일치된 재생에너지원의 사용이 절박한 환경변화에 친화적이고 비용적인 면에서 효율적인 대안일 것이다.

### 2.2 재생에너지의 특성

우리나라가 미래에 사용될 대체에너지로 화석연료 및 원자력이 아닌 11개 분야를 지정하였고(대체에너지개발 및 이용·보급촉진법 제2조), 이 중에서 재생에너지는 태양열 태양광발전, 바이오매스, 풍력, 소수력, 지열, 해양에너지, 폐기물에너지 등 8개 분야가 있다. 이러한 재생에너지 재원의 특성<sup>2)</sup>을 요약하면 다음 표 1과 같다.

1) 김종달, "에너지시스템 전환과 태양경제 전망", 경북대학교 경제연구소 경상논문집 제 30권, 제 1호, 2002. 6. pp. 35~47  
 2) Walter Short et al., "A Manual for the Economic Evaluation of Energy Efficiency and Renewable Energy Technologies", National Renewable Energy Laboratory, 1995. 3, p. 64

표 1. 재생에너지 자원의 특성

항 목	재생에너지 기술
용량	태양 및 바람선정 시 계절적인 면과 시간적인 면을 고려해야 함.
유효성	재생에너지의 주요한 특징으로 바람 및 태양은 간헐적임.
위치	분배 및 전송수준과 관련성이 있음.
모듈방식	편리한 선정을 위하여 재생에너지의 모듈크기 및 도입시간은 작으며 짧음.
비용	연료비용이 없다. 연료공급의 포트폴리오를 위한 다양성을 제공함.

즉, 재생에너지의 저효율 및 간헐성이 비경제적이고, 비실용적인 문제를 제기하지만, 기술의 발달 및 에너지 자원의 다양성을 위한 보급의 확대로 인하여 이러한 단점들이 보완될 것이다. 또한 재생에너지원의 비 고갈성, 비 위험성, 지리적 제한이 없는 등의 특징을 고려하면 유용한 대체에너지원이 될 것이다.

이러한 재생에너지원(태양광, 바람)과 기존의 에너지원(화석연료, 원자력)을 이용한 전기발전의 내부과정<sup>3)</sup>을 비교하면 그림 1과 같다.

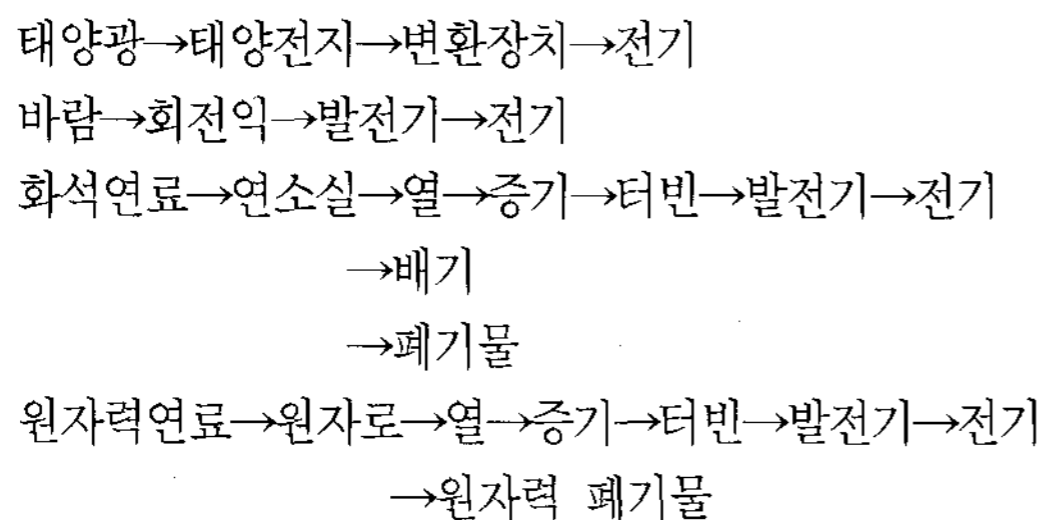


그림 1. 전기발전의 내부과정

여기서, 전기발생과정을 고찰해 보면 재생에너지가 청정 에너지원이며 단순한 과정으로 인하여 다양한 요구에 부응할 수 있을 것이다.

### 3. 환경비용을 고려한 경제성 분석

재생에너지는 기존의 화석연료 및 원자력 에너지와는 달리 새로운 경제적인 가능성을 있다. 따라서 경제성을 분석할 때에 환경비용 또는 비용절감의 추가적 가능성(건물 피복제로써의 BIPV 등)을 고려하여야 한다.

#### 3.1 경제성 분석도구

일반적인 경제성 분석은 크게 자금의 흐름을 어느 시점의 등가로 환산하여 대안의 경제성을 평가하는 방법과 얻어지는 이익이 등가가 되는 비율을 비교하여 대안의 경제성을 평가하는 방법이 있다. 이를 위한 분석도구 중 본 연구에서는 현가(Net Present Value, NPV), 내부수익률(Internal Rate of Return, IRR), 편익/비용 비율 분석(Benefit/Cost Ratio, BCR), 회수기간(payback period), 투자 대 절감비율(SIR), 감가상각(Depreciation), 민감도 분석(Sensitivity Analysis) 및 전생애비용(Life Cycle Cost)을 사용 하였다. 또한 지구온난화비용<sup>4)</sup>을 근거로 배출탄소량에 따라 환경부과금을 산정하는 방식으로 환경비용을 고려하였다.

이러한 경제성 분석도구를 이용한 투자의 분석 방법은 표 2와 같다.

표 2. 투자결정을 위한 경제성 분석도구

투자결정	NPV	TLCC	IRR	DPB	BCR	SIR
승락/거절		N	C			
서로연관성 없는 대안들	R	C	N	N	N	N
등급화			C,N	N	R	R

R : 권장, N : 사용되지 않음, C : 일반적으로 사용

3) Hermann Scheer, The Solar Economy : Renewable Energy for a Sustainable Global Future, Earthscan Publication, 2004. p. 81

4) 조균형외 33인, "건축시스템의 라이프사이클을 고려한 에너지 비용 산정에 관한 연구", 한국과학재단 특정기초연구 최종보고서, 2001, pp. 31~32

이상의 분석도구 중에서 다양한 대안들의 투자를 결정할 경우에는 IRR, BCR, 및 SIR로 분석하고, 연관성이 없는 대안 및 단일안일 경우에는 NPV 및 TLCC를 사용한다.

**3.2 경제성분석의 주요인자**

(1) 물가 상승률 및 이자율<sup>5)</sup>

물가상승률이란 일반물가수준이 상승하는 과정이다. 건물에너지의 경제성 분석에 있어서 이러한 물가상승률의 영향을 비용과 효용의 측정으로부터 제거시켜야 한다. 본 연구에서 사용할 물가 상승률은 소비자 물가지수와 생산자 물가지수의 합을 1/2로 나누어서 구한다. 최근 10년(1994-2003) 및 5년간(1999-2003)의 물가상승률은 각각 3.45%, 1.48%이다. 물가 상승률을 고려한 이자율은 장기 정부채권의 이율을 사용하는 것이 원칙이다. 따라서 최근 9년(1995-2003) 및 5년(1999-2003)의 국고채 유통수익율(3년)은 각각 9.16%, 6.40%이다.

(2) 할인율 및 에너지가격 지수<sup>6)</sup>

할인(Discounting)이란 서로 다른 시점에서 발생하는 비용과 효용을 기준이 되는 시점으로 바꾸어 비교하기 위해 사용하는 방법이다. 할인비용을 구하기 위해서는 실질할인율 또는 할인율<sup>7)</sup>을 구해야 한다.

$$\lambda = \frac{1 + \lambda_c}{1 + \lambda_j} - 1 \quad (\text{식 1})$$

이러한 할인율은 상세한 투자 자료가 없는 경우 다음 표와 같은 권장 할인율<sup>8)</sup>에 따라 투자결정에 도움을 준다.

표 3. 프로젝트에 따른 권장 할인율

용 도	할인율(%)	비 고
공공시설	3.0	기존 및 재생에너지 대안의 에너지 투자
설 비	4.9	

최근 10년 및 5년간의 물가 상승률 및 이자율의 평균값으로 할인율을 (식 1)에 따라 구하면 각각 5.52%, 4.84%이다. 또한 최근 10년간의 주요 에너지가격 지수를 참고로 하여 물가 상승율을 제외한 에너지를 에스컬레이션을 구한 값은 0.1%이다.

**3.2 경제성 분석 과정**

경제성 분석기법과 전생애비용 매뉴얼(Life-Cycle Costing Manual)<sup>9)</sup>의 LCC 분석 작업표를 참고로 하여 만든 경제성 분석과정은 표 4와 같다.

표 4. 경제성 분석과정

분석 과정	주요 내용
1 프로젝트 개요	장소, 기준일, 작업일 기준안 및 절감안
2 비용 흐름도	수명기간 사이의 비용의 흐름도
3 기초자료 입력	비용, 발생빈도 기간 초기투자비와 관련
4 NPV 계산	투자비, 할인계수, 운영비, 총생애비용
5 SIR 계산	초기비용에 대소에 따른 대안의 절감액
6 IRR 및 BCR 계산	초기투자비, 연간 및 주기 발생비용 사용기간을 고려한 IRR 및 BCR
7 DPB 계산	초기투자비, 연간 및 주기 발생비용에 따른 할인 회수 기간
8 선정 및 민감도 분석	대안 선정 및 선정안의 민감도
9 감가상각에 따른 교체시기	선정안에 대해 감가 상각에 따른 교체시기

5) <http://ecos.bok.or.kr>(경제통계시스템, 금리 및 물가)

6) <http://www.keei.re.kr> (주요에너지지표)

7) Courtland A. Collier and Charles R. Glagola, ENGINEERING ECONOMIC AND COST ANALYSIS, ADDISON-WESLEY, 1998, pp. 649~650

8) Walter Short et al., op. cit., p. 9

9) Sieglinde K. Fuller and Stephen R. Petersen, "Life-Cycle Costing Manual for the Federal Energy Management Program", National Institute of Standards and Technology, 1996. 2, pp. C-1~C-27

<1> 초기 투자비와 관련된 비용	<2> W-기준일의 비용 W X 10 <sup>-3</sup> (V) W X 10 <sup>6</sup> ( )	<3> 할인 계수	<4> 현재 (4) = (2)x(3)	<5> 현재 총계 (5) = (4)유형의 합
초기 투자	300,000	1.000	300,000	
교체	0	1.158	0	초기 투자비 300,000
불기	0	0.341	0	
전매가치	0	0.341	0	교체비용 + 0
				불기/전매비용 - 0
				초기 투자비와 관련된 총계 300,000
운영유지비와 관련된 비용	W-기준일의 비용 W X 10 <sup>-3</sup> (V) W X 10 <sup>6</sup> ( )	할인 계수	현재 (4) = (2)x(3)	현재 총계 (5) = (4)유형의 합
유지보수(연간)	3,680	11.981	44,025	유지보수비(연간) W 44,025
유지보수(비연간)	0	0	0	
에너지	0	12.029	0	유지보수비(비연간) + 0
물	0	0	0	에너지비 + 0
환경	0	12.029	0	물비용 + 0
				환경비용 0
				유지보수비와 관련된 총계 44,025
<b>총 현재까지 비용 = W</b>				<b>344,025</b>

그림 2. 현재(NPV) 계산

이상의 분석과정을 종합한 경제성 분석도구는 다음 그림 2~그림 6과 같다. 여기서 기초 자료의 입력을 통하여 자동적으로 현재(NPV), 투자에 대한 절감율(SIR), 내부수익율(IRR) 및 B/C 비율(BCR), 할인율 고려한 회수기간(DPB), 그리고 대안의 선정이 자동적으로 계산된다.

그림 2의 현재는 비용의 발생형태에 따라 연속 정액형(연간 유지보수 비용, 에너지비용, 환경비용 등), 집중 정액형(폐기비용, 전매가치 등), 주기 정액형(교체비용 및 비연간 유지보수 비용 등)으로 구분하여 계산한다.

총생태비용에 따른 현재 총액				
분자				
운영과 관련된 비용				
에너지비	209,368	-	0	W 209,368
물 비용	0	-	0	W 0
유지보수비(연간)	0	-	44,025	W -44,025
유지보수비(비연간)	0	-	0	W 0
환경 비용	97,478	-	0	W 97,478
<b>총 절감액</b>				<b>W 261,822</b>
분모				
초기 투자비와 관련된 비용				
초기 투자비	300,000	-	0	W 300,000
교체비용	0	-	0	W 0
불기비용	0	-	0	W 0
전매 등	0	-	0	W 0
<b>총 투자비용</b>				<b>W 300,000</b>
<b>투자에 대한 절감율</b>				
SIR =	<b>총 절감액</b>		261,822	=
	<b>총 투자비용</b>		300,000	=
				<b>0.9</b>

그림 3. 투자에 대한 절감율(SIR) 계산

기간별 투자액 W X 10 <sup>-3</sup> (V) W X 10 <sup>6</sup> ( )	초기비용이 적은 대안 A		차액								
	투자액	초기비용이 많은 대안 B									
1. 초기 투자 비용	0	300,000	-300,000								
2. 매년 발생 비용 유지보수비 에너지비 환경 비용	0 3,680 17,322 8,103	- - - -	-3,680 17,322 8,103								
3. 집중 정액 비용 교체비 폐기비 기타(전매 등)	0 0 0 0	- - - -	0 0 0 0								
<1> 연수	<2> 초기 투자액	<3> 교체비	<4> 폐기비	<5> 유지보수비 (연간)	<6> 에너지비	<7> 환경비용	<8> 현재 값	<9> 누적 값	<10> IRR	<11> NPV	<12> BCR
0	-300,000						-300,000	-300,000			
1	0	0	0	-3,680	17,322	8,103	-5,178	-294,822	-0.989	0.883	
2	0	0	0	-3,680	17,322	8,103	5,362	-289,460	-0.866	0.184	
3	0	0	0	-3,680	17,322	8,103	5,724	-283,736	-0.788	0.185	
4	0	0	0	-3,680	17,322	8,103	6,082	-277,516	-0.678	0.254	
5	0	0	0	-3,680	17,322	8,103	6,417	-270,689	-0.471	0.309	
6	0	0	0	-3,680	17,322	8,103	6,772	-263,237	-0.286	0.302	
7	0	0	0	-3,680	17,322	8,103	7,145	-255,182	-0.226	0.411	
8	0	0	0	-3,680	17,322	8,103	7,540	-246,442	-0.275	0.458	
9	0	0	0	-3,680	17,322	8,103	7,958	-237,006	-0.238	0.503	
10	0	0	0	-3,680	17,322	8,103	8,395	-226,871	-0.199	0.546	
11	0	0	0	-3,680	17,322	8,103	8,858	-216,033	-0.170	0.588	
12	0	0	0	-3,680	17,322	8,103	9,347	-204,588	-0.146	0.624	
13	0	0	0	-3,680	17,322	8,103	9,863	-192,522	-0.125	0.660	
14	0	0	0	-3,680	17,322	8,103	10,408	-179,814	-0.108	0.694	
15	0	0	0	-3,680	17,322	8,103	10,982	-166,432	-0.092	0.726	
16	0	0	0	-3,680	17,322	8,103	11,586	-152,344	-0.079	0.757	
17	0	0	0	-3,680	17,322	8,103	12,222	-137,518	-0.067	0.788	
18	0	0	0	-3,680	17,322	8,103	12,891	-121,811	-0.056	0.814	
19	0	0	0	-3,680	17,322	8,103	13,594	-105,297	-0.047	0.840	
20	0	0	0	-3,680	17,322	8,103	14,332	-87,919	-0.039	0.864	
<b>DPB : 12.5년</b>											

그림 4. 내부수익율(IRR) 및 BCR 계산

그림 4에서 연수는 시스템의 작동기간으로 일반적으로 20년 후에 폐기된다고 가정하였다. IRR 계산은 단일 투자안에 대하여 일련의 수입과 지출을 현재로 바꾸어 0이 되게 하는 이율을 구하는 것이다. 의사결정 기준으로써 상호 배타적인 투자안일 경우에는 IRR 및 BCR이 가장 큰 투자안을 선택한다. 단일 투자안이나 독립적인 투자안을 평가할 경우에는 IRR이 무위험이자율보다 큰 모든 투자안 및 BCR이 1보다 클 때 투자가치가 있다고 평가한다.

기간별 투자액 W X 10 <sup>-3</sup> (V) W X 10 <sup>6</sup> ( )	초기비용이 적은 대안 A		차액								
	투자액	초기비용이 많은 대안 B									
1. 초기 투자 비용	0	300,000	-300,000								
2. 매년 발생 비용 유지보수비 에너지비 환경 비용	0 3,680 17,322 8,103	- - - -	-3,680 17,322 8,103								
3. 집중 정액 비용 교체비 폐기비 기타(전매 등)	0 0 0 0	- - - -	0 0 0 0								
<1> 연수	<2> 초기 투자액	<3> 교체비	<4> 폐기비	<5> 유지보수비 (연간)	<6> 에너지비	<7> 환경비용	<8> 현재 값	<9> 누적 값	<10> IRR	<11> NPV	<12> BCR
1	17,322	8,103	-3,680	0	20,538	-300,000	-259,822	-259,822	-0.878	0.100	
2	17,322	8,103	-3,680	0	19,591	-300,000	-248,831	-248,831	-0.851	0.181	
3	17,322	8,103	-3,680	0	18,628	-300,000	-237,006	-237,006	-0.819	0.254	
4	17,322	8,103	-3,680	0	17,652	-300,000	-224,354	-224,354	-0.782	0.309	
5	17,322	8,103	-3,680	0	16,664	-300,000	-210,922	-210,922	-0.740	0.354	
6	17,322	8,103	-3,680	0	15,664	-300,000	-196,737	-196,737	-0.694	0.389	
7	17,322	8,103	-3,680	0	14,652	-300,000	-181,822	-181,822	-0.644	0.414	
8	17,322	8,103	-3,680	0	13,628	-300,000	-166,237	-166,237	-0.590	0.429	
9	17,322	8,103	-3,680	0	12,591	-300,000	-149,982	-149,982	-0.532	0.434	
10	17,322	8,103	-3,680	0	11,541	-300,000	-133,082	-133,082	-0.471	0.429	
11	17,322	8,103	-3,680	0	10,478	-300,000	-115,522	-115,522	-0.407	0.414	
12	17,322	8,103	-3,680	0	9,403	-300,000	-97,237	-97,237	-0.341	0.389	
13	17,322	8,103	-3,680	0	8,315	-300,000	-78,237	-78,237	-0.273	0.354	
14	17,322	8,103	-3,680	0	7,215	-300,000	-58,522	-58,522	-0.204	0.319	
15	17,322	8,103	-3,680	0	6,103	-300,000	-38,082	-38,082	-0.134	0.274	
16	17,322	8,103	-3,680	0	4,978	-300,000	-16,822	-16,822	-0.064	0.219	
17	17,322	8,103	-3,680	0	3,841	-300,000	8,157	8,157	0.006	0.154	
18	17,322	8,103	-3,680	0	2,691	-300,000	27,322	27,322	0.076	0.079	
19	17,322	8,103	-3,680	0	1,528	-300,000	50,637	50,637	0.146	0.004	
20	17,322	8,103	-3,680	0	354	-300,000	78,002	78,002	0.216	-0.061	
<b>DPB : 12.5년</b>											

그림 5. 할인을 고려한 회수기간(DPB) 계산

그림 5의 DPB는 이율을 감안하여 회수기간을 결정하기 위해서 현금 흐름을 등가로 계산한 것으로 순절감액이 0이상일 때의 년수이다.

그림 6의 대안의 선정은 총 생애비용을 비교하여 순위를 결정한다. 또한 민감도 분석은 비용항목에 가중치를 부여하여 대안 순위의 변동 유무를 판단한다. 즉 각 대안들의 현재액 등을 구함으로써 요소들의 변화에 따르는 이들 대안의 경제적 타당성을 판단한다.

1. 대안 분석						
순위	제목/설명	현재 (V) ₩ x 10 <sup>3</sup>			( ) ₩ x 10 <sup>6</sup>	
		초기	에너지	유지보수	기타	총 생애비용
A	1	0	208,369	0	97,478	305,847
B	2	300,000	0	44,025	0	344,025
C						
D						
E						
F						

2. 민감도 분석 (V)필요 ( )불필요								
시도	개수 변경		새로운 순위					
	이름	비율	A	B	C	D	E	F

3. 선정 (V)전생애비용 ( )기타				
대안	대안 명	선정된 대안의 경제적 지표		선정된 주요 기준
		LCC 차이 (=순 절감액)	기타 (초기, 에너지 등)	
A	기준안	36,178		최저 LCC
비 고				

그림 6. 선정 및 민감도 분석

4. 사례 연구

소형풍력발전을 공동주택에 적용한 박진철<sup>10)</sup>(2003)의 기존 연구를 바탕으로 경제성 분석을 위한 기본입력 자료를 초기투자비 관련 비용과 운영유지비 관련 비용으로 재구성한 값은 표 5과 같다.

10) 박진철, "건물에서의 풍력발전 적용에 관한 연구", 대한건축학회논문집 19권 6호, 2003. 6, pp. 145~146

표 5 경제성 분석을 위한 기본 입력자료

내 용		내역	비고
초기 투자비 관련	초기투자비(천원)	300,000	평균공사비 (5,000천원/kW)
	교체비용(천원)	0	주기, 횟수
	폐기비용(천원)	0	20년
운영 유지비 관련	운영유지비 (천원/년)	3,690	
	에너지비용 (천원/년)	17,322	연간 전력판매비
	환경비용(천원/년)	8,103	전력

여기서 기존 연구의 경제성 분석을 재해석한 이유는 본 연구에서 개발한 분석기법의 타당성을 검증하기 위한 것으로 기존 연구들이 투자자의 입장에서 요구되는 다양한 분석 결과가 미흡하기 때문이다. 따라서 쉽게 경제성 분석결과(NPV, SIR, IRR, BCR, DPB 및 민감도 등)를 계산함으로써 다양한 설계안에 따른 대안들의 선정이나 투자안의 결정에 도움이 되는 분석기법이 요구된다. 이상의 경제성 분석을 위한 기본입력 자료를 통한 소형 풍력발전의 경제성 분석결과는 다음 표 7과 같다.

표 6 소형 풍력발전에 대한 경제성 분석결과

분석과정	분석결과	비 고
NPV 계산	기준안 : 305,847천원 절약안 : 344,025천원	
SIR 계산	0.9	
IRR 및 B/C 계산	IRR : -0.039 B/C : 0.864	
DPB 계산	수명기간을 초과	20년기준
선정 및 민감도 분석	기준안 13% 증가하면 절약안	최저 LCC 에너지비용

표 6의 경제성 분석의 결과를 살펴보면, 사업(B/C 비율)자체로는 경제성이 없지만, 에너지 수급의 불안전성과 현재의 고유가를 고려하면 민감도 분석과 같이 에너지비용이 13%이상 증가 때

실질적인 수익이 발생할 것이다. 특히 국내의 풍력발전시스템의 사용은 경제성뿐만 아니라 환경부하를 줄이고, 새로운 일자리 및 지역경제에도 도움이 될 것으로 사료된다.

환경비용을 고려한 경제성분석 도구를 이용하여 효과적 건축설계를 위한 경제성 및 타당성 분석에 요구되는 프로세스를 요약 정리하면 다음과 같다.

- 1) 단순한 인터페이스를 가지는 평가방법
- 2) 재생에너지를 이용한 시스템조합에 따른 경제성 평가
- 3) 리모델링 및 신축에 대한 다양한 대안 중 최적안의 선정

## 5. 결 론

재생에너지를 이용 현황 및 국내외 기술개발과 보급에 대하여 문헌을 통해 고찰하고, 경제성분석에 대한 주요 인자 및 기법을 조사하며 환경성능을 고려한 재생에너지의 경제성 분석도구에 대한 적용가능성을 분석하고, 최적의 적용방안을 제시한 본 연구의 결론은 다음과 같다.

- (1) 전 지구적으로 경제적인 관점에서 재생에너지는 현재 지속가능한 경제 및 사회적으로 이점을 제공한다. 특히 적절히 건물과 일치된 재생에너지원의 사용이 절박한 환경변화에 친화적이고 비용적인 면에서 효율적인 대안일 것이다.
- (2) 지구온난화비용을 근거로 배출탄소량에 따라 환경부과금을 산정하는 방식이 우리나라의 실정에 좀더 현실적이기 때문에 환경비용 산정방안으로 선정하여 환경비용을 고려하여야 한다.
- (3) 경제성 분석기법과 전생애비용 매뉴얼(Life-Cycle Costing Manual)의 LCC 분석 작업표를 참고로 하여 만든 경제성 분석과정을 통해 환경비용을 고려한 경제성 분석도구를 통하여 경제성 및 타당성 분석 시 요

구되는 프로세스를 제시하였다.

- (4) 사례연구에 의한 경제성 분석결과에 따르면 소형 풍력발전에 대한 경제성이 없지만, 에너지 수급의 불안전성 및 최근의 고유가를 고려하면 민감도 분석과 같이 실질적인 수익이 발생할 것이다.
- (5) 건축주의 요구조건에 따른 투자의 효율성 분석이 가능하고, 민감도 분석을 이용하여 다양한 요소의 변화에 따른 환경경제성의 변화를 분석함으로써 재생에너지를 이용한 설계요소의 수정이 가능할 것이다
- (6) 본 연구에서 제시한 경제성 분석도구는 단순한 인터페이스를 가지는 평가방법, 재생에너지를 이용한 시스템조합에 따른 경제성 평가, 그리고 리모델링 및 신축에 대한 다양한 대안 중에서 최적 안을 선정하는 도구로써 활용이 기대된다.

## 참 고 문 헌

1. 강소연, "공동주택단지내 풍력발전시스템의 적용방안에 관한 연구", 중앙대학교 대학원 석사학위논문, 2002. 6.
2. 김경호, "건물에너지의 경제성 평가방법에 관한 비교분석연구", 대한건축학회논문집 3권 6호, 1987. 12.
3. 김종달, "에너지시스템 전환과 태양경제 전망", 경북대학교 경제연구소 경상논문집 제 30권, 제 1호, 2002. 6.
4. 박진철, "건물에서의 풍력발전 적용에 관한 연구", 대한건축학회논문집 19권 6호, 2003. 6, pp. 139~146
5. 이관호, "건축물의 환경성능과 경제성을 고려한 평가 프로그램 개발에 관한 연구", 중앙대학교대학원 박사학위논문, 2002. 6.
6. 조균형외 33인, "건축시스템의 라이프사이클을 고려한 에너지비용 산정에 관한 연구", 한국과학재단 특정기초연구 최종보고서, 2001.

7. 함효준, 경제성공학, 동현출판사, 서울, 1998
8. Ari Reeves, "Wind Energy for Electric Power", Renewable Energy Policy project, 2003. 11.
9. Courtland A. Collier & Charles R. Glagola, Engineering Economic and Cost Analysis, Addison-Wesley, 1988.
10. CHAN S. PARK, 김진욱외 11인 역, 현대 공업 경제학, 경문사, 2000
11. Walter Short et al., Principles of Solar Engineering, Taylor & Francis, 2000
12. Hermann Scheer, The Solar Economy : Renewable Energy for a Sustainable Global Future, Earthscan Publication, 2004.
13. Patrina Eiffert, "U.S. Guidelines for the Economic Analysis of Building-Integrated Photovoltaic Power Systems", National Renewable Energy Laboratory, 2000. 2.
14. Sieglinde K. Fuller and Stephen R. Petersen, "Life-Cycle Costing Manual for the Federal Energy Management Program", National Institute of Standards and Technology, 1996. 2.
15. Walter Short et al., "A Manual for the Economic Evaluation of Energy Efficiency and Renewable Energy Technologies", National Renewable Energy Laboratory, 1995. 3.
16. Yong-Su Kim and Göran Runeson, "The Theory and Practice of Investment Evaluation", School of Building University of New South Wales, 1995