

신·재생에너지전원의 발전차액지원제도 적용을 위한 발전원가 적용범위 산정

조인승, 이창호,
한국전기연구원

Evaluation of renewable generation cost for designing the purchasing tariff system about renewable energy power

I. S. jo, C. H. Rhee

Korea Electrotechnology Research Institute

Abstract - Since 2001, Korea government has been purchasing the generation from renewable generation facilities with the higher incentive prices than market price in order to increase the penetration of renewable energies. Generally, the incentive purchase tariff is calculated on the base of the generation cost of renewable power facilities. This paper constructs the input data for economic analysis and evaluates the generation cost of PV, wind power, LFG and small hydro power using LCCA model

일반적으로 에너지산업의 비용평가 및 경제성분석에는 수명기간비용분석법(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. 이와 같은 평가 기법/기준으로는 다음과 같은 것들이 있다.

1. 서 론

최근 국제 석유가격의 급등 및 지구온난화에 따른 이산화탄소 등의 배출가스 억제 등의 환경문제 대두로 국가마다 신·재생에너지 보급 확대를 위한 정책을 시행하고 있다. 우리나라도 신·재생에너지 보급잠재량을 적극적으로 개발하여 에너지의 해외의존도를 줄임과 동시에 친환경적인 신·재생에너지보급을 에너지정책의 최우선 정책으로 추진중에 있다. 이러한 차원에서 태양광, 풍력, 수소·연료전지를 3대 중점 기술개발 대상 전원으로 선정하고 기술개발 및 보급과 관련된 정부 예산을 증액 시행중에 있다. 특히, 신·재생에너지 보급확대를 위해서는 신·재생에너지를 이용한 발전전원의 적극적인 개발, 보급에 있다고 판단한 국가에서는 신·재생에너지에너지를 이용하여 발전한 전력을 전력거래소에서 우선적으로 구매하고 정부가 정책적으로 선정한 신·재생에너지 전원에 대해서 일종의 구입가격인 기준가격을 설정하여 시장가격과 기준가격간의 차액은 정부의 전력산업기반기금에 보전해주고 있다. 이와 같은 기준가격을 산정하는 방법 및 산정기준은 이 제도를 적용하는 국가별로 다양한 방법과 기준을 적용하고 있다. 우리나라도 2002년에 기준가격을 시행함에 있어 중유발전의 회피비용을 기준으로 하거나, 발전원가를 기준으로 산정한 바 있다. 본 논문에서는 이러한 발전차액지원제도 시행의 근간이 되는 신·재생에너지 발전전원의 기준가격을 산정함에 있어서 일차적으로 검토하게 되는 발전원가의 산정방법 및 적용범위에 대해서 검토하기로 한다.

2. 발전원가 산정방법

발전원가를 산정하는 방법은 산정주체, 산정 목적, 대상사업의 특성, 관련 지표의 입수가능성 등 다양한 판단요소에 따라서 다양한 방법 및 경제성평가 지표를 활용하고 있다. 발전차액지원제도를 적용하기 위한 기준가격은 기본적으로 해당 전원의 발전사업자가 신·재생에너지 발전시장에 진입하여 정상적인 이유를 확보하여 발전사업의 지속적으로 수행할 수 있을 정도의 사업성을 보장할 수 있는 발전원가를 토대로 하여 결정된다.

- 평균화 발전원가 (Levelized Generation cost)
- 순현재가치(NPV: Net Present Value)
- 내부수익율(IRR : Internal Rate of Return)
- 회수기간(Payback Period)
- 비용/편익비율(BC Ratio)
- 절약/투자비율(Saving to Investment Ratio)

3. 입력지표 적용범위

3.1 기본 지표

경제성을 평가함에 있어서 기본적으로 적용되는 공용지표는 <표 1>과 같다. 우선 할인율은 미래에 발생하게 될 편익과 비용을 현재의 가치로 환산하기 위하여 사용하는 이자율로서 적용기준 및 산정방법에 따라 사회적 할인율과 재무적 할인율로 구분되고 있다. 신 재생에너지 발전사업의 경제성 평가에 적용되는 할인율은 기본적으로 금융시장에서의 차입이자율 및 사업의 위험도 등 다양한 요인을 감안하여 결정되어야 한다. 신 재생에너지 발전사업에 적용되는 할인율은 최근의 금융시장여건을 반영한 재무적 할인율이 적절할 것으로 보이며, 수명기간동안의 물가상승율을 어떻게 고려하느냐에 따라서 실질할인율과 명목할인율이 선택적으로 사용될 수 있다.

투자보수율은 신 재생에너지 발전사업에 투자되는 자본의 투자자본의 기회비용을 고려하여 사업에 투자할 수 있는 투자수익률로서 타인자본비용, 공금리수준, 물가상승률, 사업의 위험도 등을 고려하되 발전사업의 기업성과 수익성을 조화시킬 수 있는 수준에서 결정된다. 공기업에 의한 전력사업의 경우 적정 투자보수율은 타인자본에 대한 일반 대출금리, 자기자본에 대한 1년 정기에 금금리를 적용한 가중평균자본비용을 초과할 수 없음. 다만, 금리 및 물가전망, 차입금의 평균이자율, 사업계획 등을 고려하여 그 율을 조정할 수 있다.

한편, 경제성평가지표 또 다른 주요한 경제지표의 하나는 사업자금의 구성 및 차입이자율이다. 신 재생에너지 발전사업은 최근 정부의 적극적인 보급정책에 따라서 정부의 저리융자가 대폭적으로 늘고 있는 실정으로, 이와 같은 추세는 신 재생에너지 발전시장의 보급이 본래도에 정착하기까지는 재정적인 유인수단으로 하나로서 지속될 것으로 보인다. 따라서, 신규로 신 재생에너지 발전시장에 참여하는 사업자는 보다 저렴한 정부의 정책자금 (에

너지이용합리화자금)을 이용하려는 유인이 강할 것으로 추정되며, 차입이자율 설정시 이러한 시장여건이 감안되어야 한다.

<표 1> 경제성평가를 위한 기본 입력지표

구분	단위	지표값	비고
할인율	%	7.0	2차 수급기본계획 적용지표
투자보수율	%	8.0	
법인세율	%	27.5	법인세25%, 주민주세 10%
타인자본	%	70.0	국내실적 검토
차입이자율	%	4.7	차입자금 가중평균

<표 2> 신·재생에너지 발전전원별 입력지표 범위

구분	단위	태양광	풍력	LFG	소수력
설비비	천원/kW	7500~10,000	1,700~2,000	1,600~1,900	2,500~3,000
운전유지비	% (설비비대비)	0.5~1.0	2.0~3.5	1.5~2.0	2.0~3.0
경제수명기간	년	30	20	15	30
설비이용률	%	13~15	20~25	50~60	35~40

주: 태양광은 모듈효율

3.2 기술 및 비용지표

3.2.1 설비비용률

태양광발전시스템의 발전량은 기본적으로 시스템 설치 지역의 일사량과 시스템의 성능, 즉 모듈의 효율과 주변장치(BOS)의 효율에 따라 결정된다. 일반적으로 국내에서 적용되는 태양전지는 단결정 실리콘 및 다결정 실리콘 전지로 모듈 효율은 개략적으로 12~17%정도다. 한편, 주변장치(BOS)의 효율은 시스템 요소장치간의 배선손실률, PCS효율, 인버터효율 등을 종합적으로 고려하여 결정된다.

모듈효율	%	13.0	단결정 : 12~17%
일사량	kcal/일	3,044	국내 연평균(수평면)
배선손실	%	1.0	적용실적
PCS효율	%	95.0	적용실적
인버터효율	%	95.0	적용실적
설비수명	년	30	

풍력발전의 경우 풍력자원, 설비특성에 따라서 발전량이 산정되나, 발전차액지원 제도 적용을 위한 발전원가 산정시에는 평균개념의 실적지표를 활용한다. 2004년말까지 설치된 국내 풍력발전시스템의 평균 설비이용률은 지역별로 차이가 발생하기 때문에 실제 평균치를 적용하기 위해서는 상당기간의 운전실적이 필요하다.

구분	상업운전 가능시점	설비용량	설비이용률		
			2002	2003	2004
전북새만금	2002.11	4.5MW	-	6.8%	11.6%
한경풍력	2004.12	6.0MW	-	-	20.0%
경북포항	2001.07	600kW	22.1%	18.2%	15.0%
강원대관령	2003.11	2.64MW	-	-	16.1%
태백매봉	2004.11	1.7MW	-	-	-

소수력발전의 경우 입지, 연간강수량 및 발전방식 등에 따라서 발전소별로 이용률이 각각 다르다. 우리나라의 경우 2004년말 현재 37개소의 소수력발전설비 50MW 정도가 운전중에 있으며, 최근 3년간 평균설비이용률은 약 36.8%로 경제성평가지에는 설비이용률의 입력범위를 35~40% 범위내에서 적용하는 것이 타당하다

구분	단위	2002	2003	2004	평균
발전소수	개소	30	33	37	
설비용량	kW	42,440	48,055	50,559	
발전량	MWh	108,960	185,491	160,406	
설비이용률	%	30.9	44.6	36.2	36.8%

LFG 발전의 경우 각 매립장별로 매탄가스의 배출량

및 품질, 운전효율에 따라서 결정된다. 2004년말 현재 국내에서 운영되고 있는 8개 쓰레기매립장 발전소의 평균 이용률은 52%수준으로 경제성평가지 적용되는 설비이용률은 50~60% 범위내에서 적용하는 것이 타당하다

구분	설비용량 (kW)	발전량 (MWh)	상업 운전일	이용률 (%)
부산LFG	6,348	51,831	2003.4	56
포항LFG	2,116	34,089	2002.5	71
제주LFG	2,116	12,321	2003.4	39
광주LFG	2,116	14,298	2003.12	73
청주LFG	1,058	5,541	2004.1	62
김포LFG	10,210	68,584	2003.1	51
대전LFG	3,460	8,206	2003.	23
군산LFG	1,058	8,484	2002.12	53
계	28,482	203,364		52

3.2.2 설비비용

국내의 PV시스템 설치비는 주택용의 경우 설치단가는 Wp당 약 9000원~15,000원(미화로 환산하면 \$7.5/Wp~\$12.5/Wp 정도임)로 PV설치가격은 외국에 비교적 높은 편이다. 경제성평가지에는 시장확대에 의한 점진적인 가격하락추이를 반영하고, 아울러 미국 제품에 관세/운반비 9%, 환율 1,050원/\$를 적용하여 시스템 단가 범위 설정하는 것이 타당하다

구분	주택용 1 (3kW)		주택용 2 (3kW)		건물용 (5kW)	
	단가 (원/Wp)	구성비 (%)	단가 (원/Wp)	구성비 (%)	단가 (원/Wp)	구성비 (%)
모듈	7,276	49.7%	5,400	60.0%	3,128	41.6%
지지대	1,840	12.6%	1,300	14.4%	1,240	16.5%
PCS	2,140	14.6%	1,600	17.8%	1,284	17.1%
BOS	630	4.3%	700	7.8%	430	5.7%
인건비	2,750	18.8%	0	0.0%	1,428	19.0%
계	14,636	100.0%	9,000	100.0%	7,510	100.0%

자료: 신·재생에너지 이용의무화를 위한 적용모듈개발연구, 2004. 9

풍력발전 설비가격은 최근 풍력발전시장규모의 확대와 기술개발에 따른 단위기 설비의 대용량화로 점차 하락하고 있다. 국내 시장의 경우 설치되는 대형 풍력발전은 모두 덴마크나 독일로부터 수입되고 있기 때문에 운반비 및 관세 등을 감안할 경우 일반적인 설비비용보다는 비싸다고 볼 수 있다. 따라서 육상풍력의 경우 2MW시스템을 설치할 경우 현행 시스템(주로 1.5MW이하의 중소형 시스템)설치단가인 kW당 1700~2000천원, 해상풍력은 육상풍력발전시스템 대비 설치단가 상승요인을 30%~80%를 상정할 경우 약 2,200~3,000천원/kW 적용하는 것이 타당하다

구분	육상풍력 1		육상풍력 2		육상풍력 3	
	단가 (천원/kW)	구성비 (%)	단가 (천원/kW)	구성비 (%)	단가 (천원/kW)	구성비 (%)
발전기	917	54	926	52		
BOP장치	124	7	-	-		
공사비	527	31	529	30		
설계비	65	4	91	5		
기타	51	3	229 ¹⁾	13		
설치비용	1,705	100	1,775	100	1,950	

주 1) 부지구입/임차료

국내 소수력발전설비의 설비비단가는 kW당 2,000천원~5,000천원으로 발전형태 및 입지 등의 요인에 따라 그 편차가 큰 편이다. 총 설치비용에서 발전기가 차지하는 비중은 38~62% 범위이다. 경제성평가지 소수력발전시스템의 설치비 단가는 국내 설치사례 및 향후 보급이

예상되는 입지를 감안하여 결정하되 잠정적으로 kW당 2,500~3,000천원 수준에서 검토대안을 설정하는 것이 타당하다.

구분	소수력 1 (2000년)		소수력 2 (2001년)		소수력 3 (2003년)	
	단가 (천원/kW)	구성비 (%)	단가 (천원/kW)	구성비 (%)	단가 (천원/kW)	구성비 (%)
발전기	959	38.3	1,140	51.7	1,712	65.6
공사비	1,545	61.7	1,065	48.3	842	32.3
설계비					56	2.2
설치비용	2,504	100.	2,205	100.	2,610	100.

국내 LFG발전 건설비단가는 kW당 1,500천원 ~ 1,900천원이며, 총 설치비용에서 발전기가 차지하는 비중은 40~53% 정도를 차지하고 있다. 경제성평가시 설비비 적용범위는 kW당 1600~1900천원 이다

구분	LFG 1		LFG 2	
	단가 (천원/kW)	구성비 (%)	단가 (천원/kW)	구성비 (%)
발전기	840	53.2	761	40.1
BOP장치	69	4.4		
공사비	670	42.4	576	30.3
설계비			52	2.7
기타			511	26.9
설치비용	1,579	100.0	1,900	100.0

3.2.3 운전유지비용

태양광발전은 일반적으로 구동부분이 없기 때문에 O&M비용은 타 전원에 비하여 저렴한 편으로 연평균 설비비 대비 0.5%를 적용한다.

구분	설비비대비 O&M비용	비고
미국 EPRI	0.21%	- EPRI, TAG ('97)
미국 NREL	0.6%	- 3kW미만의 소형설비 - NREL

풍력발전의 O&M비용은 설비의 노후화에 따라 부품의 교체 등의 비용증가요인이 발생하기 때문에 수명기간동안 평균 초기설비비대비 3~5%의 O&M비용이 발생한다.

구분	O&M 비용	비고
국내	풍력 1 설치비대비 3.0%	설계치
	풍력 2 설치비대비 2.0%	설계치
해외	독일 -초기(2년이내) : 2~3% -중후반 : 5%내외	-EWE

LFG 발전 및 바이오가스 발전은 타 신 재생에너지 전원에 비하여 저급의 연료사용에 따른 수선유지비 과다 등으로 비교적 운전유지비용이 많이 소요되며, 국내의 경우 설비비 대비 20~30%수준이다. 이러한 사정을 감안하여 설비비 대비 15~20%를 O&M비용으로 설정할 수 있다.

구분	O&M 비용	비고
LFG 1	설치비대비 28.2%	설계치
LFG 2	설치비대비 22.1%	설계치

소수력의 경우 입지별, 운영주체별로 다소 차이가 발생하지만 현재는 수자원공사 소유의 소수력발전 건설시의 O&M비용 적용치를 적용하고 있다.

구분	O&M 비용	비고
소수력 1	설치비 대비 3.32%	건설부의 "댐설계 기준" 안
소수력 2	설치비 대비 2.0%	

4. 시나리오별 발전원가 적용범위

수명기간비용분석법(LCC)을 사용하여 설비비, 운전유지비 및 설비이용률 적용범위에 따른 발전원가를 산정하였다. 산정결과 시나리오 범위내에서 태양광은 508~895원/kWh, 풍력은 99~157원/kWh, LFG발전은 86~144원/kWh, 소수력은 88~136원/kWh로 산정된다.

(단위 : 원/kWh)

구분	설비비 (천원/kW)	O&M비 (설비비대비)	설비이용률	
			13%	15%
태양광 50kW	9000	0.5%	508	-
		1.0%	537	-
	15,000	0.5%	847	-
		1.0%	895	-
풍력 10MW	설비비 (천원/kW)	O&M비 (설비비대비)	설비이용률	
			20%	25%
	1,700	2.0%	123	99
		3.0%	133	107
	2,000	2.0%	145	107
		3.0%	157	125
LFG 3MW	설비비 (천원/kW)	O&M비 (설비비대비)	설비이용률	
			50%	60%
	1,600	15.0%	92	86
		20.0%	122	101
	1,900	15.0%	122	102
		20.0%	144	120
소수력 2MW	설비비 (천원/kW)	O&M비 (설비비대비)	설비이용률	
			35%	40%
	2,500	2.0%	100	88
		3.5%	113	99
	3,000	2.0%	120	105
		3.5%	136	119

5. 결 론

신·재생에너지 발전전원의 보급을 위한 발전차액지원제도의 효율적인 적용을 위해서는 적절한 기준가격의 설정이 전제가 되어야 한다. 본 논문에서는 기준가격 산정을 위한 기본적인 방법론 및 입력자료 적용범위를 검토하였고, 이를 토대로 수명기간동안 발전원가를 개략적으로 검토하였다. 보다 정교한 기준가격의 설정을 위해서는 국내외 관련 전원의 시장동향을 계량적으로 예측하고, 정부의 정책효과를 극대화시킬 수 있도록 다양한 분석이 선행되어야 한다.

[참 고 문 헌]

- [1] 한국전기연구원, "신·재생에너지발전 차액지원제도 개선 및 RPS제도와 연계방안"
- [2] 한국에너지기술연구원, "신·재생에너지 이용의무화를 위한 적용모듈개발연구", 2004.9
- [3] 한국전기연구소, 한국전력공사, "대체에너지를 이용한 발전 전력의 의무구매방안", 2000. 2.
- [4] EWEA, "Wind Energy - the facts", 2004