

## 신재생에너지 평가시스템 구축

김 유정<sup>1)</sup>

### A Study on the R&D Evaluation system of New & Renewable Energy

Yu Jeong Kim,

Key words : New & Renewable Energy(신재생에너지), Extended cost benefit analysis(확장비용편익분석), Analytic Hierarchy Process(계층분석과정)

Abstract : his paper develops the systematic and quantitative priority-determining method for national investment using the framework of evaluating R&D. This study proposes multi criteria for evaluating the R&D of New & Renewable Energy through analysing the attribute of 11 types of energy. The framework is constituted by 4 criteria, the political urgency, economic impact, regional constraint, and technological attribute and the each criteria has 3 or 4 sub-criteria. These sub-criteria are weighted using AHP.

#### subscript

AHP : Analytic Hierarchy Process

CBA: Cost benefit Analysis

### 1. 서론

현재 화석에너지의 고갈 및 환경적 문제로 인해 세계 각국은 신재생에너지 개발을 위해 많은 자본 및 인력을 투자하고 있다. 환경성과 에너지의 안보 확보의 관점에서 바라볼 때, 재생에너지와 화력에너지의 여러 가지의 한계로 인해 신재생 에너지의 확보가 필요하다. 경제성장의 동력이 되는 에너지자원의 확보는 더 이상 미룰 수 없는 과제이다.

기후변화협약의 발효가 시작된 상황에서 이산화탄소배출권 가격이 16.46유로/tCO2(2005.4월말기준)으로 점차 증가하고 있는 추세를 보이고 있는 등 더 이상 에너지로 인한 환경문제는 비시장재가 아닌 것으로 보인다. 신재생에너지원들은 여러 가지 특성 및 제약을 가지고 있어 국가자본투자의 효율성을 제고하기 위해서는 국가적 현실에 맞는 신재생에너지 투자 우선 순위를 결정하는 것은 중요하다. 그래서 본 연구에서는 체크리스트 형식의 R&D평가틀 구축을 통해 체계적이고 정량적인 국가투자 우선순위 결정기법을 개발하고자 한다. 본 연구에서는 현재 우리나라에서 연구개발 중에 있는 신재생에너지원 모두를 연구범위의 대상으로 지정하였다. 따라서 법적으로 지정하고 있는 11개의 신재생에너지 외에 현재 개발 중에 있는 가스 하이드레이트을 신재생에너지원의 범주에 포함하고 이들의 특성분석을 통해 신재생에너지 R&D 평가를 위한 항목을 선정하였다. 정책적 시급성, 경제적 효과, 기술성, 사회적 지속가능성 등의 4개 대분류와 각각의 대분류에 2-3

개 정도의 중분류 평가항목으로 구성되어지는 2단계 구조로 구성하였다. 또한 중분류 평가항목에 대해서는 AHP분석틀을 이용하여 각각의 가중치를 책정하며, 신재생에너지 원별로 각각의 항목에 대해서 10 점기준으로 점수를 매기는 이원화 평가체계를구축하였다.

### 2. 본론

#### 2.1 우리나라의 신재생에너지 투자현황

우리나라는 미래에 사용될 대체에너지로 석유, 석탄, 원자력, 천연가스가 아닌 에너지로 재생에너지 8개분야(태양열, 태양광발전, 바이오매스, 풍력, 소수력, 지열, 해양에너지, 폐기물에너지) 및 신에너지 3개 분야(연료전지, 석탄액화·가스화, 수소에너지)등 11개 분야를 신재생에너지로 지정하였다.

국내 신·재생에너지 이용량은 2003년말 기준 3,258천TOE로서 총 에너지의 1.51% 수준이며 신·재생에너지 연평균 신장율('92~2003)은 17.6%수준으로 총 에너지 증가율의 약 3배에 달하고 있다. 하지만 선진국과 비교해볼 때 '03년말 1차에너지의 2.1%로서 선진국에 비해 낮은 수준이다. 그리고 기술개발 투자 역시 미국, 일본 등 선진국의 2~4%로 매우 낮은 수준이며, 기술수준은 선진국 대비 5

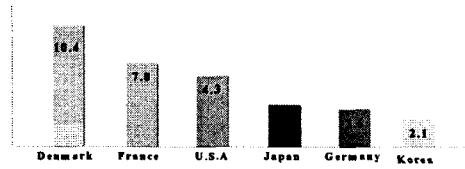
한국지질자원연구원, 정책연구부

Email: [kyj@kigam.re.kr](mailto:kyj@kigam.re.kr)

Tel: 042-868-3025 ,Fax: 042-868-3062

0~70% 수준이다.

FIG1. Renewable Energy Supply in Advanced Countries (2001,%)



\* 2003 IEA자료(Renewables Information), 한국은 '03년 기준

최근의 국제적 시류에 발맞추어 『제2차 신-재생 에너지 기술개발 및 이용-보급 기본계획』을 수립하여 총에너지소비증 신-재생에너지비중을 2006년 3%, 2011년 5%까지 확대하기 위한 신-재생에너지 원별, 연차별 기술개발 및 보급 세부추진 계획을 마련하였다.

Table1. New & Renewable Energy Supply Goal in Korea

분 야	2003년	2006년	2011년
폐기물	68.5	71.3	57.3
수력	27.6	17.1	12.3
풍력	0.1	2.2	9.7
바이오	3.0	7.1	7.8
태양광	0.1	0.6	2.5
태양열	0.7	1.5	2.4
지열 등	-	1.1	8.0
<b>보급 목표</b>	<b>2.1%</b>	<b>3%</b>	<b>5%</b>

## 2.2 신재생에너지 특성 분석

11개의 신재생에너지는 경제성, 에너지밀도, 사용처, 지리적 조건, 지역주민에게 미치는 영향 등 각기 다른 여러 가지 특성을 가지고 있다.

**경제성:** 신재생에너지의 개발 및 보급의 가장 큰 문제는 생산비용이다. 현재 태양광, 풍력은 발전 비용이 높아 '신재생 에너지 발전전력 차액지원\*' 제도를 이용해 보조금을 지급하고 있다.

**에너지 밀도:** 태양광, 풍력 및 바이오는 에너지 밀도가 낮아서 상당량의 부지확보가 중요하다. 따라서 경제성뿐만 아니라 소요용지를 확인하여 현실적으로 가능한지를 파악해야 한다. 원전 1기(15만평) 대체에 필요한 부지를 살펴보면 풍력 280배, 태양광 80배로 기존 발전에 비해 상당한 부지가 필요함을 알 수 있다.

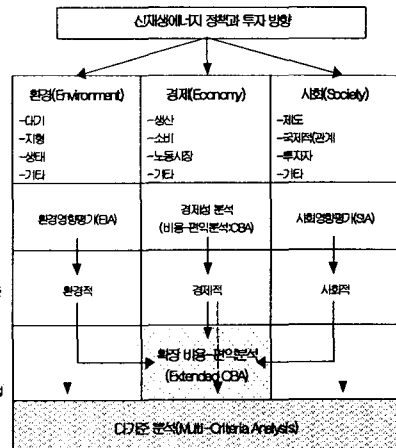
**수요처(사용용도):** 풍력, 지열 등은 주로 발전과 냉난방에 쓰이며 특성상 석유 대체제로써 동력 자원 및 에너지 사용량의 상당량을 차지하는 자동차연료로 사용이 불가능하다. 한편 가스 하이드레이트는 현재 사용되는 가스의 대체제로 가능하여 산업동력 뿐만 아니라 자동차연료로 사용가능하여 그 사용처가 다양하다.

소음 및 미관적 문제 및 생태계 파괴: 풍력은 회전날개로 인한 소음 발생시키고 미관적 문제를 일으킬 수 있으며 바이오 에너지는 악취를 발생시킬 수 있어 주민저항이 발생할 수 있다.

## 2-3 평가시스템 기본틀

경제적 측면에서는 비용편익분석과 경제 파급효과를, 정책 및 사회 인문사회측면에서는 신재생에너지원들의 다양 한 특성을 고려하게 되는데, 이 때 정량분석이 가능한 것은 정량분석결과를 제시할 수 있지만 그렇지 아니한 영향은 정성분석으로 대신하게 된다. 경제성평가를 수행하기 위하여 economic CBA에서 화폐가치로 나타낼 수 없는 외부효과까지 고려 하는 확장 비용-편익분석(extended CBA)의 형태로 경제영향평가를 수행하게 된다. 앞선 환경, 사회, 경제 영향평가로부터의 결과들이 확장 비용-편익분석과 다기준 분석(MCA: Multi-Criteria Analysis)분석에서 중요한 평가 자료로 쓰이게 된다. 다기준분석의 장점은 커뮤니티에 기초를 둔 협력적인 의사결정으로서 전통적인 경제 접근(B/C분석)의 윤리적, 이론적, 실용적 결점을 피하기 때문에 개념적으로 단일 기준법보다 우수하다. 따라서 본 연구에서는 다기준분석방법론에 기초하여 평가시스템을 구축하였다.

FIG2. New & Renewable Energy Evaluation System



다기준 평가시스템을 구축을 위해 우선 신재생에너지원의 특성분석을 통해 신재생에너지 투자우선

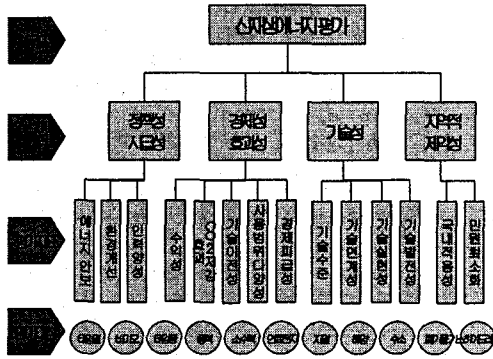
\* 태양광, 풍력 등 5개분야 발전 전력을 높은 가격으로 우선 구매하기 위해 원별로 구매 기준가격을 정하고 시장에서 거래되는 가격과의 차액을 보전해주는 발전 전력 차액지원제도를 기 도입 (전력산업기반기금)

< 운영중인 신-재생에너지 발전 기준가격 >

에너지원	태양광	풍력	소수력	매립지 가스
기준가격(원/Kwh)	716.40	107.66	73.69	65.20

순위 결정을 위한 평가항목을 선정하였다. 경제성, 기술성, 정책적 시급성, 지역적 제약성 등의 4개 대분류와 각각의 대분류에 3-4개 정도의 중분류 평가항목으로 구성되어지는 2단계 구조로 하는 다기준 분석틀을 구성하였다.

FIG.3 Decision Making Stratum



또한 중분류 평가항목에 대해서는 AHP분석틀을 이용하여 각각의 가중치를 책정하며, 신재생에너지 원들에 대해서 각각의 항목에 대해서 10점기준으로 점수를 매기는 이원화 평가체계를 구축하였다. 이러한 2원화 평가시스템은 이해관계자의 의견을 통합적으로 수렴하면서 또 한편으로는 객관적인 기준에 의한 평가를 위해 평가기준에 따라 평가함으로써 평가자에 따라 결과가 달라지는 평가에서 탈피하고자했다.

### 3. 신재생에너지 평가를 구축

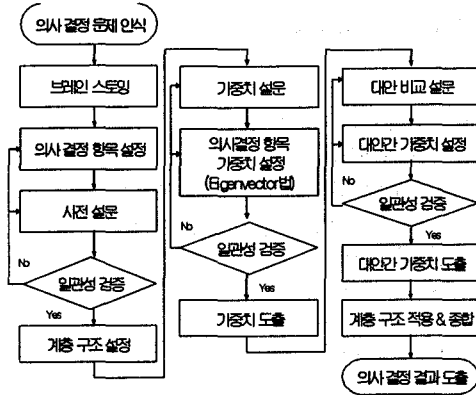
#### 3.1 가중치 선정 방법론 - AHP

본 연구에서는 경제성, 기술성, 지역적 제약성, 정책성 등과 같은 평가항목간의 가중치를 부여 하기 위해서 Thomas Satty에 의해 개발된 설문에 기초하는 AHP (Analytic Hierarchy Process: 계층 분석과정)분석을 통해 수행하였다.

AHP는 다수의 대안에 대하여 다면적인 평가 기준과 다수 주체에 의한 의사결정을 위해 설계된 의사결정 방법의 하나이다. 평가자의 직관적이고, 합리적인 또는 비합리적인 판단을 근거로 정량적인 요소와 정성적인 요소를 동시에 고려함으로써, 의사결정문제의 해결을 위한 포괄적인 틀을 제공해준다. AHP의 가장 큰 특징은 복잡한 문제를 계층화하여 주요 요인과 세부 요인들로 나누고, 이러한 요인들에 대한 쌍대비교(Pairwise comparison)를 통해 중요도를 도출하는데 있다. 이 기법은 인간의 사고와 유사한 방법으로 문제를 분석하고 분해하여 구조화 할 수 있다는 점과, 모형을 이용하여 상대적 중요도 혹은 선호도를 체계적으로 비율척도(ratio scale)화 하여 정량적인 형태로 결과를 얻을 수 있다는 점에서 그 유용성을 인정받고 있다. 뿐만 아니라 간결한 적용절차에도 불구하고 척도 선정, 가중치 산정 절차, 민감도 분석 등에 사용되는 각종 기법

이 실증분석과 엄밀한 수리적 검증과정을 거쳐 채택된 방법들을 활용한다는 점에서 이론적으로 높게 평가되고 있다. 또한 AHP는 설문의 신뢰성을 확보 하기 위해 응답자들이 얼마나 일관된 사고를 하고 있는지를 평가 하는 일관성 평가를 하게 된다. 일관성 평가를 위해 CR(Consistency Ratio)가 널리 이용되고 있다. CR이 10% 이하 정도면 일관성이 있다고 판단하여도 좋다고 알려져 있다.

Fig.4 AHP Apply steps



### 3.2 신재생에너지 평가항목 및 세부사항

평가항목은 4대분류 15개 중분류로 구성되었으며 각 항목에 대해서는 학계, 연구소에 계신 기술전문가 및 인문사회전문가들의 자문을 거쳐 항목들을 결정하였다.

Table 1 Evaluation Indicators

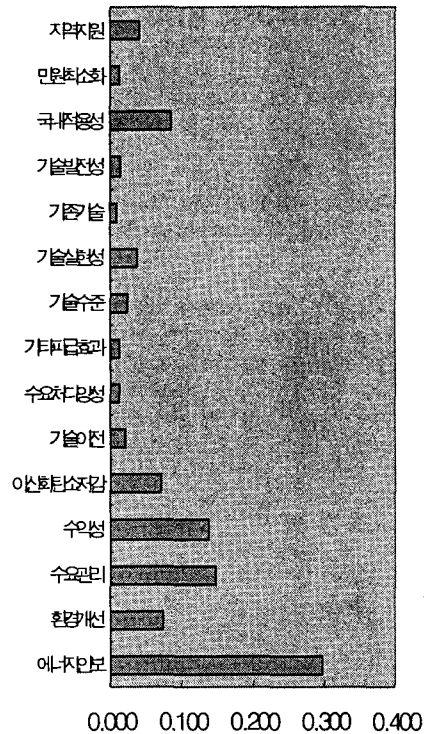
평가지표	설명
정책적 시급성	에너지안보성 에너지 자립도 상승에 기여하는 정도를 평가한다. (해당에너지원의 개발가능량의 평가를 이용)
	환경개선효과 전과정에서 발생하는 환경오염 물질이 적음을 평가한다. (이산화탄소관련 된 것 제외 : 이산화탄소저감에 따른 편익은 화폐화 가능함으로 경제성 부분에서 평가)
	수요관리성 에너지원의 수요관리가 용이함 정도를 평가한다.
경제적 효과성	수익성 신재생에너지원들의 경제적 수익성의 비교를 평가하는 항목으로 생산원가를 평가한다.(정부재정지원 미포함)
	이산화탄소저감 기여도 신재생에너지원의 화석에너지 대체로 인한 이산화탄소저감을 통한 효과를 평가하는 항목으로 이산화탄소배출권거래 시장을 활용하여 평가한다.

	기술이전 효과	관련기술의 개발을 타국가에 이전함으로써 얻을 수 있는 편익을 평가하는 항목으로 기술이전가능성 및 기술이전편익을 평가한다. (에너지원의 해당 시장의 규모에 따라 결정되는 요소)
	수요처의 다양성	해당에너지원이 발전, 산업동력, 난방, 자동차원료 등 어느 정도의 사용가능범위(보급력과의 연결)를 가지고 있는지를 평가한다.
	경제과급 효과	고용효과, 환경규제 방침 준수 효과 등을 산업계에 미치는 기타 경제과급성을 평가한다.
기술성	기술수준	현보유 기술수준이 선진국과 비교하여 기술력이 높은지를 평가한다.
	기술실현성	개발시기의 적시성(timing) 및 성공가능성(개발 risk)을 통해 기술의 실현성의 높음을 평가한다.
	기존기술과의 연관성	기술과급성이 높아 타분야 및 기존기술과의 융합가능성이 높음을 평가한다.
	기술발전성	기술축적의 기여도 및 차세대기술로의 진화 용이성 등 기술발전가능성이 높음을 평가한다.
사회적 지속가능성	국내적용성	우리나라의 지리적, 기상적 조건 및 자원보유 조건과 적합성이 높은지를 평가하는 항목으로 국내적용성을 평가한다.(부지확보문제, 일사량 등등)
	지역주민 민원 최소화	신재생에너지원의 개발 및 탐사과정에서 발생하는 민원의 최소화(주변 지역 주민 민원(소음, 악취))하는 것을 평가한다.
	지역적차원의 지원	지역적 차원에서 해당 에너지원 개발시설 유치에 대한 적극적 의지를 평가한다.

### 3.3. 가중치 설정

학계 및 연구소에 계신 사회과학전문가들을 중심으로 AHP를 실시하여 각 평가항목의 가중치를 선정하였으며 그 결과 및 전반적인 분석를 Table4에 제시하였다. 가중치는 정책성, 경제성, 사회적 지속가능성, 기술성 순으로 높은 것으로 나타났다. CR값이 0.062로 10%이하로 일관성을 확보하였다.

FIG5. 항목별 가중치



본 연구에서는 일단 인문사회과학자를 대상으로 각 항목별 가중치를 선정하였다. 그러나 추후 지역주민 및 환경전문가, 해당공무원, 기술전문가 등을 대상으로 설문 실시를 통해 좀 더 포괄적이고 통합적인 평가체계를 구축할 예정이다.

### References

- [1] Ernest Forman, 2004, Decision By Objective, McGraw-Hill
- [2]. 김유정, 2004, 투명한 기업환경정보 제공을 위한 환경보고서 평가가이드라인 제안, pp344-353, 한국기술혁신회. 추계학술대회,
- [3]. 산업자원부, 2004, 산업자원백서 2003
- [4]. 산업자원부, 2004, 에너지 정책 추진방향
- [5] 에너지관리공단, 2004, 2003년도 대체에너지 보급통계
- [6] 에너지시민연대, 2004, 에너지시민연대의 녹색전력 2015 제안, 에너지시민연대-산업자원부 토론회 자료