

代替에너지 技術評價에 관한 研究**

南 輔 祐*

目 次

- | | |
|-----------------|------------------|
| I. 序 言 | 5. 代案의 比較評價方法 |
| II. 技術平價의 方法論 | III. 資料의 蒐集 및 分析 |
| 1. 技術平價의 概念과 過程 | 1. 平價基準의 樹立 |
| 2. 平價體系의 構造化 | 2. 分野 및 技術平價 |
| 3. 平價項目의 操作化 | IV. 結 論 |
| 4. 價値構造의 定量化 | |

I. 序 言

最近 技術의 重要性이 크게 부각되고 있으며, 기술획득을 위하여 적절한 投資와 효율적인 管理가 필요하다는 것은 周知의 사실이다. 구체화된 프로젝트가 限定된 投資支援 기회를 얻기 위하여 競爭하는 경우에는 費用 - 便益分析 (cost - benefit analysis) 에 의존하지만, 비용이나 편익의 平價에서 고려하여야 할 要因이 매우 多樣하다. 따라서 研究 提案者나 平價者는 상황에 따라 평가요인의 重要性을 달리하여, 때로는 技術의 직접적인 經濟的인 成果를 가장 중요하게 고려하고, 어떤 경우에는 波及效果를 중요한 要素로 고려하기도 한다. 상황에 따라 다양한 평가기준을 적용할 때는 국가적으로 필요한 技術의 확보노력이 一貫성있게 추진되기 어렵다. 특히 多數의 프로젝트나 技術分野의 평가 및 主要기술의 選定時는 보다 복잡한 평가요인이 존재하여, 평가항목의 體系化가 필요하며, 체계화된 評價基準으로 대상분야

*本 研究所 研究員, 經商大學 會計學科 副教授

**本 論文은 1991년 動力資源部에서 代替에너지 技術需要調查研究에 參與하여 研究報告한 內容을 論文으로 構成하였음.

나 과제를 선정할 필요가 있다.

1970년대 이후, 세계적으로 化石에너지의 枯渴 및 지역 偏在性으로 인하여 에너지 安定供給에 대한 위기의식이 고조되었고, 최근들어서는 지구온난화, 대기오염, 산성비 등의 環境問題가 심각하게 대두 되고 있다. 이러한 에너지 관련 環境의 변화에 대응하는 방법의 하나로 代替에너지開發이 가속화 되고 있다. 우리나라도 이와 같은 추세에 따라 1987년 「代替에너지開發促進法」을 제정하고 대체에너지개발 기본계획을 수립함으로써, 그간 학계, 연구계, 산업계 등에서 간헐적으로 이루어지던 대체에너지 기술개발을 국가주도의 기술개발사업으로 推進하고 있다. 그러나 技術開發을 통한 대체에너지의 확보가 필연적인 상황에서 연구를 제안하는 과학자나 연구를 평가하는 평가자는 서로 다른 基準을 적용함으로써 국가적으로 필요한 개발대상 기술을 선정하는데 어려움이 크다. 우리나라의 경우 장기적인 에너지 기술확보를 위한 研究開發政策은 그 대체적인 방향만 인식되고 있을 뿐, 과제의 선정등에서 科學的인 方法論에 입각한 분석과 평가작업이 충분히 이루어지지 못하고 있는 것으로 나타나고 있다(김승식(1990), 김진오(1988)). 따라서 개발대상 대체에너지 기술을 선정할 때 상황에 따라 에너지供給寄與度, 波及效果, 研究容易性, 環境問題의 解決, 立地問題의 緩和, 研究基盤強化, 社會的 弘報效果 등이 단편적으로 주장되어 필요한 기술이 歪曲 선정되는 가능성을 줄일 수 있는 平價基準의 體系化와 科學的인 選定方法의 開發은 중요한 연구과제이다.

評價項目이 多數인 경우는 기술평가에서 뿐만아니라, 투자대안의 평가, 경영평가, 전산시스템의 사전평가 등 다양한 분야에서 나타나고 있다. 多屬性, 多目的의 意思決定要素를 통합하는 연구는 다중기준의사결정이론(multi-criteria decision making: MCDM)의 분야로 분류되고 있으며, 적용되는 방법으로는 중회귀방법(multiple regression)에 의한 가중치의 결정방법, 분석적 계층구조방법(analytic hierarchy process: AHP)에 의한 계층적 목적구조상에서 대안의 우위성을 평가하기 위한 쌍비교(pairwise comparison)를 수행하는 방법, 직접경합법(direct tradeoffs)으로 다속성효용함수에 의하여 가중치를 결정하는 방법, 직접가중치를 결정하는 방법인 가중치 배분법(point allocation), 독립변수들의 척도를 통일하여 동일한 분포를 가정 한 후 이를 합하여 가중치를 결정하는 단위가중치법(unit weighting)이 있다.¹⁾ 현실상황에 適用이 容易한 관점에서는 Saaty(1980)가 제시한 分析的 階層構造方法(AHP)이 복잡한 평가체

1) P. J. H. Schoemaker and C. C. Waid, "An Experimental Comparison of Different Approaches to Determining Weights in Additive Models", Management Science, Vol. 28, No. 2, 1982.

계의 구조를 밝히는 유용한 틀로 알려져 있다. 이 과정을 통하여 여러가지 정책목표가 論理的인 階層構造로 定立되며, 각 하위 의사결정기준은 雙比較에 의하여 얻어진 상대적 중요성 자료를 변환하여 최종적인 加重値를 導出한다. 이 방법은 설문 응답자로 하여금 가중치에 대한 부담없이 단순한 쌍비교를 수행케 함으로써, 여러 전문가의 의견을 용이하게 統合시킬 수 있다는 것이 長點을 갖는다.

또한 어떤 종류의 의사결정기준이든 하나의 최종의사결정기준으로 變換시킬 수 있다는 것이 長點이다.

연구개발과 관련한 기술평가는 프로그램의 進行課程과 연계하면 기술개발옵션을 선정하기 위한 事前評價, 중간 연구결과를 평가하기 위한 中間評價, 최종 연구결과를 평가하기 위한 事後評價로 구분할 수 있다. 본 연구는 事前評價를 研究對象으로 하였다. 개발대상 대체 에너지 기술의 선정시 다양한 평가요소가 작용하고 있어 과학적인 평가방법의 적용이 필요함을 고려하여, 本 研究는 평가항목을 체계적으로 분석하여 評價基準를 樹立하고, 이를 활용하여 국가적으로 필요한 개발대상 대체에너지 기술분야와 기술의 우선순위점수를 算定함을 목적으로 한다. 이러한 목적을 달성하기 위하여 AHP방법을 評價基準, 對象分野, 對象技術에 각각 적용하여 설문을 실시하고 설문자료를 분석하여 상대적 우선순위를 부여하고자 한다. 이러한 결과는 향후의 개발대상 대체에너지 技術의 選定時에 有用하게 活用될 수 있을 뿐 아니라, 본 연구에서 適用한 방법은 多屬性 意思決定의 問題가 포함된 다양한 경영의 문제에 적용될 수 있을 것으로 期待된다.

II. 技術評價의 方法論

1. 技術評價의 概念과 過程

일반적으로 技術과 社會의 關係는 사회를 변화시키는(seed oriented) 경우와 사회의 요구와 가치관이 기술을 변화시키는(market oriented) 경우, 그리고 기술과 사회적 요구가 相互 依存的으로 작용하는(mutual causality) 경우가 있다. 혁신적인 과학적 발견과 기술의 발명이 나

타나는 시대에 있어서 기술발전은 기술자체의 발전을 指向하게 되고 기술이 성숙단계에 이르러 開發危險이 커지면 그 발전의 흐름은 사회의 요구에 부응하는 방향이 된다. 에너지 분야에서의 기술은 기술의 수준과 에너지 시스템을 둘러싼 환경적 요구인 技術需要(needs)에 부응하는 방향으로 개발되어야 할 것으로 논의되고 있다. 이러한 측면에서 대체에너지 기술은 기술자체의 중요성 보다는 기술개발 環境에 의하여 評價되어야 한다. 그러나 기술개발 환경은 多様な 屬性으로 나타나고 있기 때문에 체계적인 評價基準의 開發 및 適用이 필요하다.

신기술의 개발을 효율적으로 추진하려면 장래의 사회경제적 불확실성을 고려하여 각 기술이 갖고 있는 기술환경특성, 경제성, 상용화시기, 기여도, 개발의 난이도 등을 종합적으로 評價·分析할 필요가 있다. 평가기법을 개발하는데 있어서 대상기술의 선정은 물론, 평가의 범위, 규모, 도입시기 등을 상세히 고려하여 條件에 따라 評價技法이 달라져야 한다. 또한 기술을 평가하는 구체적인 방법은 연구목적이나 연구방법, 연구형태 등의 기술고유의 특성이나 과학기술적 요인, 시장요인, 제도적 요인 등의 관련 환경에 따라서 현격하게 달라질 수 있다.

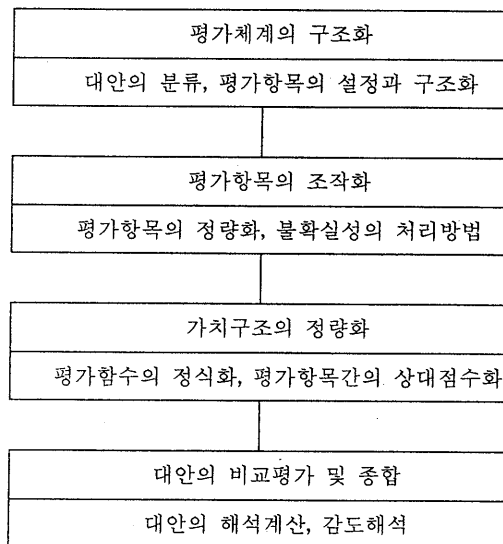
따라서 모든 상황에 적용가능한 평가모형의 개발은 근본적인 어려움이 있으며 각각의 평가상황에 맞는 평가기법의 개발적용이 불가피하다고 인식되고 있다. 기술평가상의 어려움은 기술평가의 전문가인 G. S. Tolley의 논의²⁾에 잘 나타나고 있는데 그는 “연구개발관리부문의 주요연구분야인 評價技法에 관한 研究는 수백편에 이르고 있으나 아직도 일반적으로 운용될 수 있는 普遍的인 方案이 마련되지 못하고 있으며 어느 면에서는 영원히 해결되지 못할 難題가 될 수도 있다”고 논하고 있다. 따라서 대체에너지 분야 개발대상 기술선정을 위한 평가체계는 대체에너지 분야의 여건을 전제로 구축되어야 함은 당연하다.

평가의 一般過程과 같이 技術의 評價過程은 [그림1]과 같이 4단계의 과정에 따르게 된다. 첫번째 단계는 평가대상이 되는 代案들을 분류하여 체계화하고, 평가기준의 설정과 구조화를 수행하는 評價體系의 構造化 단계이다. 이 단계에서 어떠한 기술들을 평가의 대상으로 할 것인가와 이를 평가하는 기준은 무엇인가를 결정하게 된다. 두번째 단계는 評價項目들을 操作化하여 正量化 함으로써 평가결과의 과학적 신뢰도를 높이고 함으로써 불확실성을 감소

2)G. S. Tolley, G. Fishelson and S. Tiwari, "A Framework for the Appraisal of Energy R&D", Resources and Energy, Vol. 11 pp145-158, 1989.

시키는 단계이다. 다음으로는 다양한 評價項目을 통합할 수 있도록 평가함수의 정식화와 평가항목간의 상대점수화를 통한 대안의 종합적인 평가단계이다. 이 단계는 주관적 판단요소의 개입이 큰 과정이라고 할 수 있다. 마지막 단계는 평가점수를 토대로 代案에 대한 解析과 모형내에서 고려되지 못한 요소들에 대한 感度등을 종합하여 대안을 比較評價하는 단계이다.

본 연구에서는 기술평가의 과정에 따라 평가기준을 설정하고, 대체에너지 분야의 기술을 평가하고자 한다.



[그림 1] 기술평가의 과정

2. 評價體系의 構造化

평가체계의 구조화 방법은 평가의 目的을 먼저 定義하고 목적에 따른 평가대상을 설정한 후 평가항목을 설정하는 것이다. 따라서 평가대상의 설정에는 기술평가수준, 즉 요소기술수준 평가인가, 시스템기술수준 평가인가 아니면 대체에너지 源別 평가인가를 먼저 결정하고 이를 바탕으로 평가대상 옵션들을 선정하여야 한다. 본 연구는 開發對象 技術의 選定이라는

産 業 研 究

目的下에 에너지분야에 직접적으로 영향을 줄 수 있는 시스템기술 수준을 對象으로 하였으며 <표 1>은 평가대상기술의 범위를 나타내고 있다. 이러한 평가대상 기술은 외국의 문헌에서 대체에너지 기술로서 중요시 되고 있는 것과 국내 대체에너지 분야의 전문가들이 고려하고 있는 것, 그리고 기존 계획들에 반영된 것을 검토하여 선정한 것이다.

<표 1> 評 價 對 象 技 術

분 야	評 價 對 象 技 術
太 陽 光	發電技術(특수목적용, 독립형, 가정용, 집합주택용, 계통병입용)
太 陽 熱	自然採光, 자연형냉난방, 태양열발전, 태양로 설비형 태양열(급탕시스템, 냉난방시스템, 산업공정열)
바이오 에너지	바이오알콜, 혐기성 소화, 가스화, 液化, 熱分解, 수송용 알콜
廢 棄 物	燒却, 건류 액화/가스화, 고체연료화, LFG추출
石 炭 利 用	슬러리, 액화, 고열량가스화, IGCC, 수소추출
小 水 力	소수력발전
風 力	소형, 중형, 대형발전시스템, 독립형, 집합형발전시스템
水 素 에 너 지	제조기술(전기분해, 열화학분해, 고온직접열분해, 광화학분해) 수송/저장기술, 이용기술(수송용, 연료기술, 히트펌프)
燃 料 電 池	인산형, 용융탄산염형, 고체전해질형, 알칼라인형
海 洋 에 너 지	조력, 파력, 해양온도차
地 熱	바이너리사이클, 열이용(난방, 공정열, 온실, 건조, 온천 등)

평가대상 기술이 설정되면 다음에는 이들 기술들을 평가하기 위한 評價項目을 설정해야 한다. 설정된 평가항목들은 多屬性効用(multi-attribute utility)理論으로 이용되고 있는 意思決定樹 階層構造와 같이 구조화 될 필요가 있다. 문제의 구조화에 있어서 상위계층시스템은 조정적 종합기능을 가지고 있기 때문에 구조화 단계에서부터 집단이기주의 배제를 감안한 신중한 판단을 요한다. 왜냐하면 설문응답자는 자신이 속한 분야의 기술을 중요하게 고려할 수 있고, 분야간의 競合時에 자신이 속한 분야에 유리하도록 응답하려는 傾向이 있기 때문이다. 본 연구에서는 기술평가 기준의 궁극적인 역할을 개발대상 기술이 대체에너지 기술개

代替에너지 技術評價에 관한 研究

발사업의 投資目的 達成에 어느정도 寄與할 수 있는가로 보고, 크게 미래 에너지 수급에 기여할 수 있는 공급잠재력의 총량, 개발대상시스템의 보급용이성, 연구개발 용이성, 파급효과, 환경 및 입지에의 영향으로 나누어 평가항목을 설정하였다. 이러한 기준은 국내의 많은 전문가의 의견과 기술평가관련 문헌, 해외의 정책실무 등을 참작하여 그 構造를 提案한 것으로 완전무결한 것은 아니며 각 평가요소의 상대적 중요성을 측정하고 주요 기술분야에 대한 평가를 시도하기 위한 방안으로 고안된 것이라 할 수 있다. 이들 평가항목의 구조를 나타내면 <표 2>와 같다.

<표 2> 대체에너지 技術評價項目의 構造

	評 價 要 素	구 성 요 소
시	共 給 潛 在 力	안정공급능력(국내부존량, 해외개발 용이성), 대체시장 규모
스		효율 향상
템	普 及 容 易 性	대체 용이성, 공급원가, 이용 편이성, 안정성
	研 究 開 發 容 易 性	개발기간, 국제환경(기술경로 확실성, 모방개발 가능성)
가		국내능력(국내기술수준, 인력 및 장비), 소요자금
치	波 及 効 果	기술수출가능성, 타산업 응용 가능성, 사회문화적 파급효과
	立 地 · 環 境	환경오염(CO ₂ , 대기오염, 수질오염)
		부지제약(소요면적, 입지제약), 지역 수용성

3. 評價項目의 操作化

(1) 測定道具化

AHP분석은 특정 評價項目들에 대하여 모든 대안들의 雙比較(pairwise comparison)를 통하여 그 기준에 대한 총괄 점수를 산정하는 기법이다. 따라서 대안들의 雙比較과정에서 정확한 척도의 준비가 중요하게 된다. AHP설문의 척도에 관한 논의는 AHP기법에 관한 논의중

에 가장 논란이 되고 있는 분야라 할 수 있다. 처음 Saaty³⁾에 의해 제시된 척도는 比率尺度로 통상 정책분석 연구를 위하여 많이 이용되고 있는 구간척도 또는 리카르도 척도(Likert Scale)와는 달랐다. 특히 AHP설문에는 語義的인 척도(semantic scale)를 이용해야 되는데 Saaty의 비율척도와 의 연계성에 의문성이 제기될 수 있었다. 더우기 사회과학분야나 정책연구 분야에 있어서는 설문답변자의 가치관, 성향등에 의해서 정확한 측정보다는 왜곡된 측정이 되기 쉽다는 논란이 제기되어 왔다.

이러한 논란에도 불구하고 보다 보편적으로 적용할 수 있는 AHP분석을 위한 척도의 고안 및 검증에 관한 연구를 시도하여 왔다. 측정도구를 선정하는데 있어서 중요한 기준은 설문답변자들이 갖고 있는 지식을 얼마나 정확하게 반영할 수 있는가에 의하여 결정되기 마련이다. 척도수가 너무 적게 되면 구분이 모호하게 될 가능성이 많고, 척도수가 많다고 하더라도 의미있는 분석이 되지 못한다고 알려져 있다. Saaty와 그의 동료들은 이러한 척도의 보편적 적용에 관한 연구(27종류의 척도 비교)를 수행하였는데, 그 결과로 보편적으로 9점 척도를 이용하는데 큰무리가 없으며, 7점 척도 또는 9점 척도의 적용이 무난하다고 논의하고 있다. <표 3>은 본 연구의 雙比較과정에서 이용한 어의적 척도와 9점 척도와 의 관계이다.

<표 3> AHP분석 과정에서의 尺度 (Scale Measurement)

옵션 A의 점수	옵션 B의 점수	어의적 정의
9	1/9	A가 B보다 절대적으로 우수함
7	1/7	A가 B보다 매우 우수함
5	1/5	A가 B보다 우수함
3	1/3	A가 B보다 약간 우수함
1	1	A가 B보다 동등하게 우수함

주: 2, 3, 6, 8의 점수도 중간값으로 이용이 가능함

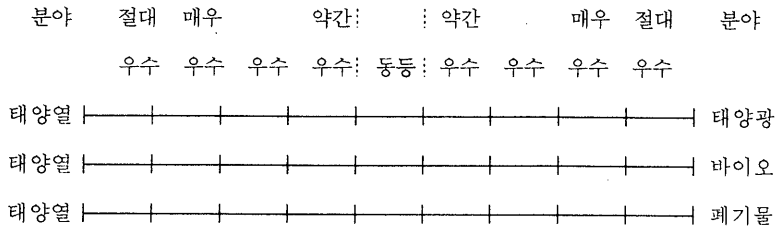
AHP분석에 사용되는 설문양식은 많은 연구논문들에서 논의되어 있으나, 雙比較를 한다는 점에서 기본개념은 동일하다. [그림 2]는 본 연구의 과정에서 설계한 AHP설문서의 예이다.

3) T. L. Saaty, 『The Analytic Hierarchy Process』, McGraw-Hill, 1980.

이러한 설문서를 모든 評價項目에 대하여, 그리고 모든 評價對象업선간의 쌍비교를 수행함으로써 AHP분석이 가능해 진다.

AHP방법은 그 이용방법이 간단하여 실무적으로 많이 이용되고 있는 多目的 意思決定技法이라고 할 수 있으나 AHP를 이용하는 과정에서 쌍비교의 필요성으로 인하여 평가요소의 수가 많아지면 쌍비교 횟수는 $N(N-1)/2$ 가 되어 指數倍로 증가하게 되는 단점이 있다. 본 연구에서는 이러한 한계를 극복하기 위하여 모든 평가 시스템기술에 대하여 AHP분석을 하지 않고, ①대체에너지원간의 우선순위평가를 위한 AHP분석을 하고, ②각 대체에너지 분야 내의 시스템기술간의 우선순위 평가를 위한 AHP분석을 하는 2단계 접근방법을 이용하였다. 또한 評價項目水準도 AHP네트워크상의 1단계의 評價項目에 대해서만 쌍비교를 고려함으로써 설문서의 분량을 줄였다.

[질문] 에너지공급잠재력(대체시장규모, 에너지효율향상, 부존량 및 해외개발도입용이성 등 공급안정성의 측면을 모두 포함)기준에 비추어 볼 때, 왼쪽의 대체에너지가 오른쪽의 대체에너지분야에 비하여 얼마나 유리합니까?



[그림 2] 기술평가를 위한 쌍비교 설문 예

(2) 評價項目의 操作的 定義

1) 供給潛在力

공급잠재력은 대상 시스템 기술이 개발되어 보급되었을 때, 에너지 수급에 공헌 할 수 있는 잠재력의 總量을 말하며, 이는 공급측면의 요인인 에너지 안정공급능력과 수요측면의 대체시장규모, 그리고 에너지 수급체계 전반에 걸친 에너지 효율향상에의 기여도등에 의하여 결정된다고 할 수 있다. 安定供給能力은 기술적으로 공급가능한 에너지의 양을 의미하는 것

으로, 국내의 1차 에너지원 부존량의 크기나 해외에서의 자원개발 및 도입의 용이성 등에 의해 평가된다. 이는 국제적인 에너지 정세 및 자원정책 등에 의해 우리나라 에너지 수급시스템이 받는 영향을 최소화한다는 안정성(security)측면의 평가이다. 代替市場規模는 대상 시스템 기술이 개발되었을 때 그 기술을 사용할 수 있는 시장의 규모를 의미한다. 에너지 效率向上은 대상 시스템기술이 전체적인 에너지 수급체계에서 에너지의 효율을 향상시킴으로써 달성되는 에너지 수급상의 기여도를 의미한다. 공급잠재력은 안정공급능력, 대체시장규모, 효율향상 등으로 나누어 고려할 수는 있지만 상호 연관성이 강하고, 설문응답자가 정확한 추정을 하기가 어려우므로 統合된 하나의 項目인 공급잠재력으로 측정하였다.

2) 普及容易性 (목표시장 수용성)

보급용이성은 대상 시스템 기술이 개발되어 보급되었을 때, 목표로 하는 시장에서 실제로 수급에 기여할 수 있는 정도를 평가하기 위한 것으로, 대체용이성, 공급원가, 이용편의성, 안정성의 네가지로 구성하였다. 代替容易性은 개발대상 기술이 기존의 기술을 대체시킬 때 기술적, 심리적 용이성을 나타내며, 供給原價는 경제적인 측면에서 기존 에너지기술을 대체할 수 있는 단위 에너지당 공급원가에 의한 경쟁적 우위성을 의미한다. 利用便宜性은 이용 및 보수유지시의 편의성, 청결성 등의 이유로 가격등의 기타요인에도 불구하고 수요자가 선호하게 되는 정도를 의미한다. 安定性은 안전사고의 가능성 및 그 영향의 정도를 의미한다.

3) 研究開發容易性

연구개발용이성은 해당기술의 연구개발이 얼마나 용이한가 혹은 성공의 확률이 얼마나 되는가를 의미한다. 이를 결정하는 요인은 소요개발기간, 선진국의 기술동향, 국내연구개발능력 및 기술격차, 연구개발, 소요자금의 4가지 요소로 구분하였다. 所要開發期間은 실용화 기술수준에 도달할 때까지의 연구개발 기간과 그 불확실성을 의미하며, 先進國 技術動向은 기술수명주기상의 위치, 기술이전에 대한 태도, 모방개발가능성을 의미한다. 國內能力은 연구기반조성의 정도와 선진국과의 기술격차를 의미하며, 所要資金은 연구개발에 착수하여 실용화에 도달하기까지 소요되는 연구개발자금의 규모를 의미한다.

4) 波及效果

파급효과는 해당기술이 개발되었을 때 기대되는 경제·사회·문화적인 영향으로 크게 기술수출가능성, 타산업응용가능성, 사회·문화적 파급효과로 3가지로 한정하여 구분하였다. 技術輸出可能性은 개발기술이 성공하였을 때, 수출을 통하여 국가 경제발전에 기여할 수 있는 정도를 의미하며, 他産業應用可能性은 해당기술이 타산업의 기술발전에 기여하는 정도를 의미한다. 社會·文化的 波及效果는 기술개발에 따른 국가과학기술의 발전 및 대국민 홍보 효과등이 포함된다.

5) 立地·環境

대상기술이 개발되어 보급될 때 입지 및 환경 영향과 이에 대한 주민의 수용성을 의미하는 것으로 환경오염, 부지제약, 지역수용성으로 구분하였다. 環境汚染은 개발된 시스템의 보급시 기대되는 대체가능시장의 기존 에너지 기술에 비하여 환경오염저감에의 기여도를 말하며, 敷地制約은 개발된 시스템이 보급될 때 부지의 추가 소요량을 의미한다. 지역수용성은 개발된 시스템이 보급될 때 또는 건설될 때 발생할 수 있는 지역주민의 태도를 의미한다.

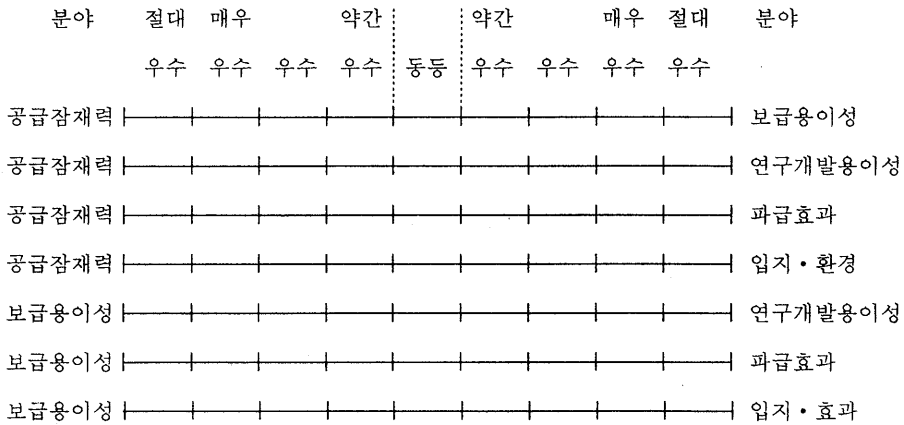
4. 價値構造의 定量化

가치구조의 정량화란 지금까지 단계로 명확히 된 문제구조를 效用이라는 價値에 의하여 定量化하는 것이다. 구체적으로 각 評價項目의 효용치를 정하고 계층별로 각 평가기준의 加重值(weight)를 결정하는 것이다. 이렇게 결정된 評價項目의 加重值는 시스템기술의 우선순위를 결정하기 위한 최종적인 점수를 계산하는데 필요하다.

본 연구에서는 가치구조의 정량화를 위해서 국내 대체에너지분야 정책전문가들의 과거 업무자문과정에서의 경험과 지식을 집약 활용하기로 하고 AHP방법을 활용하여 評價屬性들간의 加重值를 算定하였다. 각 평가항목 및 구성요소에 대한 분석방법과 결과는 차후에 논의하기로 하고 [그림 3]에 AHP방법을 이용하여 평가속성들간의 加重值를 決定하기 위한 일부를 제시하였다.

[그림 3] 평가항목들 간의 가중치 결정을 쌍비교 설문서 예

[질문] 우선적으로 연구되어야 할 대체에너지 기술은 공급잠재력, 보급용이성, 연구개발용이성, 파급효과, 입지·환경측면의 제약등을 고려하여 시스템기술의 가치를 평가한후 결정해야 합니다. 다음 왼쪽의 평가항목과 오른쪽의 평가항목중 어느쪽이 얼마나 중요하게 고려되어야 한다고 생각하십니까?



5. 代案의 比較評價方法

AHP에 의한 평가방법은 각 대안들을 쌍비교하여 이를 점수화한 行列로부터 優先順位點數(加重值)를 계산하는 것이다. 이러한 방법은 대안이 評價項目, 技術分野, 開發對象技術에 모두 적용될 수 있다. 즉, 쌍비교의 자료로부터 점수화된 行列이 준비되면 다음의 4단계⁴⁾를 적용하여 우선순위점수를 導出한다.

第 1段階: 각 설문을 쌍비교 行列로 전환한다. 이 때 설문응답자가 여러명인 경우 모든 사람에게 대하여 쌍비교 行列을 작성한 후 각 行列요소에 대해 기하평균을 취하여 하나의 통합된 行列을 구한다.

4) T. L. Saaty, "Priority Setting in Complex Problem", IEEE Transactions on Engineering Management, Vol. EM-30, No. 3, 1983.

第 2段階: 쌍비교 행렬의 각 행(column)에 대하여 합계를 구한다.

第 3段階: 쌍비교 행렬 값을 각 행(column)의 합계로 나누어 각 행마다 합계가 1이 되도록 평준화(normalization) 시킨 값을 구한다.

第 4段階: 평준화 행렬의 각 열(row)마다 합계를 구하고 평균을 구한다. 이 때 계산된 각 열의 값이 각 비교대상의 최종 가중치 또는 우선순위 점수이다.

이렇게 산정된 우선순위의 信賴度는 설문응답자의 일관성 (consistency) 유지여부에 의해 좌우된다고 볼 수 있다. 설문응답자의 일관성유지 여부는 다음과 같이 검토할 수 있다.

第 1段階: 각 개개인의 설문응답자에 대하여 AHP분석방법으로 우선순위를 산정한다.

第 2段階: 각 개개인의 쌍비교 행렬과 구해진 우선순의벡터를 곱해서 가중치 벡터값을 구한다.

第 3段階: 가중치 벡터값을 각각 우선순위 벡터값으로 나눈다. 그리고 평균값을 구한다.

第 4段階: 일관성 지수 (consistency index)값을 다음과 같이 구한다.

$$\text{일관성지수} = \frac{\text{평균} - \text{쌍비교대상수}}{\text{쌍비교대상수}}$$

第 5段階: 일관성 비율 (consistency retio)을 다음과 같이 계산한다.

$$\text{일관성비율} = \frac{\text{일관성지수}}{\text{쌍비교상수}}$$

쌍비교 상수는 쌍비교 대상수가 2일때 0.58, 3일때 0.90, 4일때 1.12, 5일때 1.12, 6일때 1.24, 7일때 1.32, 8일때 1.41인 것으로 알려져 있다.

AHP分析經驗에서 보면 일관성 비율 (CR)이 0.1보다 작으면 설문답변자가 일관성 있게 설문을 답하였다고 판단할 수 있으며, 설문서 작성이 신뢰도가 높다고 알려져 있다. 따라서 본 연구에서는 각 응답 설문서의 일관성 비율을 산정하여 신뢰도가 확보된 설문서만을 기초 자료로 활용하여 평가하였다.

Ⅲ. 資料의 蒐集 및 分析

1. 評價基準의 樹立

評價項目體系에 대하여 가치구조의 정량화를 위한 설문서를 준비하고 총괄적인 정책전문가 24명을 대상으로 설문조사를 하였다. 분야간의 집단이기주의에 의하여 응답자가 소속된 분야의 기술이 갖는 평가항목의 우위성을 답하려는 경향을 극복하기 위하여 특정한 분야에 속하지 않는 에너지 정책전문가를 설문대상으로 하였다. 설문조사의 자료를 AHP방법으로 분석한 결과, 대체에너지분야 연구개발기술을 평가하는 기준들간의 加重値는 <표 4>와 같이 나타났다. 대체에너지분야 개발대상 기술의 선정시 가장 중요하게 고려되어야 할 評價項目은 供給潛在力으로 평가점수가 0.307로 나타나고 있다. 이는 기술개발 대상을 선정할 때 에너지 수급 기여도가 30.7%정도 중요하게 고려되어야 한다는 것을 의미한다. 공급잠재력은 안정공급능력, 대체시장규모, 에너지 효율향상 등의 구성요소를 갖지만 각 구성요소들간에 상관성이 크므로 공급잠재력의 통합된 기준으로 설문을 작성하고 분석하였다.

<표 4>

開發對象 技術 評價基準

(단위: 상대적 중요성 비율)

評 價 項 目	評 價 基 準 點 數	構 成 要 素	構 成 要 素 點 數
공 급 잠 재 력	0. 307		
보 급 용 이 성	0. 219	공급원가	0. 334
		안정성	0. 261
		대체용이성	0. 213
		이용편의성	0. 192
입 지 · 환 경	0. 216	환경오염	0. 469
		입지계약	0. 273
		지역수용성	0. 258
R & D 용 이 성	0. 159	소요자금규모	0. 316
		국내연구능력	0. 299
		국제기술환경	0. 206
		개발기간	0. 179
파 급 효 과	0. 099	기술수출가능성	0. 368
		타산업응용가능성	0. 356
		기타 파급효과	0. 276

공급잠재력 다음으로 보급용이성이 중요한 평가기준으로 분석된다. 普及容易性은 加重値가 21.9%로 나타나고 있으며, 보급용이성의 요소로는 供給原價가 33.4%, 安定性이 26.1%, 代替容易性이 21.3%, 利用便宜性이 19.2%의 비중으로 고려되어야 하는 것으로 나타나고 있다. 立地 및 環境의 評價項目은 加重値가 21.6%로 나타나서 개발대상 대체에너지 기술의 선정시 3번째로 중요한 기준으로 나타나고 있으며, 환경오염의 문제가 46.9%로 고려되어야 하는 것으로 분석된다. 研究開發容易性 및 波及効果는 개발대상 대체에너지기술의 평가라는 측면에서는 加重値가 적게 나타나고 있다. 연구개발용이성 중에서는 소요자금규모가 31.6%, 국내 연구능력이 29.9 로 중요하게 고려되어야 하고, 파급효과의 면에서는 기술수출가능성이 36.8, 타산업응용가능성이 35.6%를 중요하게 고려되어야 하는 것으로 분석된다.

2. 分野 및 技術評價

評價對象 分野는 대체에너지개발 촉진법에 규정되어 있는 10대 대체에너지 분야와 지열분야를 대상으로 하였다. 대체에너지 분야에 대하여 총괄적인 지식을 갖고 있는 전문가들을 대상으로 각 분야에 대한 AHP평가분석을 수행하였다. 총 설문대상자는 20명이었으나, 분석과정에서 설문응답내용의 일관성이 결여된 설문지 2개를 제외하였다. 각 분야내에서의 기술에 대한 평가는 각 분야에서 연구하고 있는 전문가를 15명 - 25명까지 선정하여 AHP설문을 하였으며, 일관성이 결여된 설문지는 분석에 포함하지 않았다.

〈표 5〉는 분야를 대상으로한 AHP분석의 결과이다. 전반적으로 볼 때 石炭利用技術分野와 太陽熱 分野가 대체에너지 기술전체에서 각각 12%의 비중으로 고려되어야 하고, 연료전지 분야는 11%, 폐기물 분야와 수소분야의 우선순위 종합점수가 10%로 나타나고 있다. 따라서 국내의 대체에너지 기술개발중 重點推進分野는 石炭利用技術分野, 太陽熱分野, 燃料電池分野, 廢棄物分野, 水素分野의 순으로 분석되고 있다.

供給潛在力과 波及容易性을 기준으로 보면 석탄이용기술, 태양열기술, 연료전지기술이 높은 점수를 받고 있으며, 研究開發容易性 측면에서는 수소력, 태양열, 폐기물의 순으로 높은 점수를 받고있다. 波及効果의 측면에서는 연료전지기술, 수소에너지기술, 태양광기술이 중요한 기술로 나타나고 있으며, 立地環境의 측면에서는 수소에너지와 연료전지기술 분야가 유

리한 것으로 나타나고 있다.

분야내의 기술중 개발이 필요한 기술은 石炭利用分野의 복합가스화발전기술, 太陽熱分野의 온수 및 급탕기술, 燃料電池分野의 인산형 연료전지의 개발, 廢棄物分野에서는 직접소각 방식등이다. 물론 평가대상 기술에 대하여도 상대적인 중요성이 분석되었지만 본 연구에서는 각 분야내의 가장 중요한 기술로 분석된 기술을 <표 5>에 제시하였다.

<표 5> AHP分析을 통한 代替에너지 分野 및 技術 優先順位評價 (우선순위점수)

분 야	공 급 보 급 R & D	과 급 입 지	중 합 분 야 내 의	점 수 주 요 기 술			
	잠 재 력 용 이 성 용 이 성 효 과 환 경						
석 탄 이 용	0.16	0.15	0.10	0.11	0.07	0.12	IGCC (0.24)
태 양 열	0.14	0.12	0.14	0.08	0.10	0.12	온수 / 급탕 (0.26)
연 료 전 지	0.12	0.11	0.07	0.15	0.13	0.11	인산형 (0.30)
폐 기 물	0.08	0.11	0.13	0.09	0.09	0.10	직접소각 (0.34)
수 소	0.11	0.06	0.04	0.14	0.14	0.10	허트펌프 (0.37)
태 양 광	0.10	0.10	0.07	0.13	0.08	0.09	독립형 (0.26)
소 수 력	0.05	0.10	0.16	0.05	0.09	0.09	소수력발전
바 이 오	0.07	0.08	0.09	0.08	0.09	0.08	매탄발효 (0.31)
풍 력	0.05	0.07	0.10	0.06	0.08	0.07	중형풍차 (0.48)
해 양 에 너 지	0.07	0.05	0.05	0.06	0.07	0.06	조력발전 (0.54)
지 열	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.05	열수이용
합 계	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	

주: - 종합점수가 높은순으로 정리함

- 분야내의 주요기술에서 괄호는 분야의 평가기술중 획득점수임
- 소수력 및 지열분야의 개발대상 기술은 국내 전문가의 부족으로 설문 불가

IV. 結 論

최근 대체에너지 技術開發의 必要性이 強調되고 있으며, 국가적으로 종합적인 계획의 수

代替에너지 技術評價에 관한 研究

립과 추진이 시도되고 있다. 그러나 한정된 자금과 국가의 능력하에서 다양한 기술을 모두 연구개발하기에는 어려우므로, 다양한 여건을 고려해서 開發對象 分野와 技術을 選定할 必要가 있다. 이러한 분야별, 기술별, 比較優位 選定時 다양한 평가요인이 상황에 따라 작용하고 있어서 문제로 지적되고 있다. 따라서 본 연구는 평가요인의 체계화를 통한 評價基準의 樹立 및 이를 활용한 기술분야와 기술의 重要性 評價를 수행하였다.

본 연구는 대체에너지 개발 기술 선정시 고려해야 하는 평가요인을 체계화한 후, 評價項目에 대한 雙比較 (pairwise comparison) 설문을 실시하고, 분석적 계층구조방법 (AHP)을 적용하여 평가항목의 加重值를 산정하여 評價基準을 提示하였다. 개발대상 대체에너지 분야나 기술의 선정시 가장 중요하게 고려되어야 할 평가항목은 그 기술획득으로 부터 달성될 수 있는 에너지의 供給潛在力으로 전체의 평가항목중 30.7%의 비중으로 고려해야 할 것으로 분석되었다. 또한 획득된 기술의 普及容易性은 21.9%, 立地 및 環境 要因은 21.6%, 研究開發容易性은 15.9%, 波及効果는 9.9%의 비중으로 고려하는것이 바람직한 것으로 분석되었다. 개발대상 분야와 기술에 대하여 AHP방법을 적용한 결과 대체에너지 분야중에는 石炭利用技術分野와 太陽熱 技術分野가 각각 12%의 비중으로, 燃料電池分野는 11%, 廢棄物과 水素分野는 각각 10%의 비중으로 고려되어야하는 것으로 나타났다. 또한 석탄이용기술분야 중에는 複合가스화發電이 24%, 태양열분야에서는 溫水와 給湯技術이 26%, 연료전지분야는 磷酸型 연료전지기술이 30%의 비중을 갖는것으로 나타나고 있다.

本 研究의 結果는 향후 국가적인 대체에너지 기술개발사업에서 개발대상 분야와 기술의 선정은 물론 연구과제의 선정에도 有用하게 活用될 수 있을 것으로 기대된다. 또한 본 연구에서 適用한 方法은 기술의 평가뿐만 아니라 다양한 평가항목을 갖는 여러 분야의 評價問題에 適用하는데 有用할 것으로 期待된다. 本 研究는 靜的인 관점에서 기술평가를 하였으나 기술개발은 未來指向的이라는 측면에서 기술개발 성과가 期間에 따라 달리 나타나므로, 개발대상 기술의 평가시 시간은 중요한 變數이다. 시간의 차원을 기술평가에 반영하여 평가기준을 설정하고 시간축에 따른 평가기준의 不確實性을 考慮하는 연구는 중요한 研究課題가 될 것이다.

〈 参 考 文 献 〉

〈 國內文献 〉

- 과학기술처, 『신에너지 기술개발 사업계획』, 1989.
- 김승식, "국내에너지, 자원 연구개발 투자분석", 에너지경제신문, 30호 - 33호, 1990.
- 김진오, 『신재생 에너지 R&D활성화 대책 연구』, 에너지경제연구원보고서, 1988.
- 동력자원부, 『대체에너지 기술수요조사 및 필요기술확보에 관한 연구』, 1991.
- 이영우, "계층화의사결정법(AHP)에 의한 전투잠재력의 집단평가에 관한 연구", 한국과학기술원 박사학위논문, 1991.

〈 外國文献 〉

- 通商産業省, 『石油代替エネルギー便覧』, 1988.
- P. J. Abert, "Energy Research and Long-term Energy Pollicy in the Netherlands", Resources and Energy, 1990.
- G. S. Tolley, G. Fishelson and S. Tiwari, "A Framework for the Appraisal of Energy R&D", Resources and Energy, Vol. 11. 1989.
- C. S. Kim, "A Design of the DSS Evaluation System", Working Paper Missouri State University, 1990.
- J. Lee, J. Bai and D. Choi, "Technology Development Process : A Model for a Developing Country with a Global Perspective", R&D Management, Vol. 18, No. 3, 1988.
- OECD/IEA, 『Renewable Sources of Energy』, 1987.

OECD, 『The State of the Enviroment』, 1991.

T. L. Saaty, 『The Analytic Hierarchy Process』, New York : McGraw - Hill, 1980.

T. L. Saaty, " Priority setting in Complex Problems", IEEE Transactions on Engineering Management, Vol. EM - 30, No. 3, 1983.

P. J. H. Shoemaker and C. C. Waid, "An Experimental Comparison of Different Approaches to Determing Weights in Additive Utility Models", Management Science, Vol. 28, NO. 2, 1982.

