

## MAUT를 이용한 에너지 기술평가 및 선정 연구 Assessment & Selection for Energy Technology using MAUT Method

이덕기\*, 박수억\*, 김경희\*, 양종택\*\*

한국에너지기술연구원\*, 충북대학교\*\*

Doek-ki Lee\*, Soo-uk Park\*, Kyung-hee Kim\*, Jong-taek Yang\*\*

Korea Institute of Energy Research\*, Chung-Buk University\*\*

### 1. 서 론

에너지분야는 국가 경제 활동의 근간이 되는 기반산업으로서 경제의 안정적 성장에 영향을 미치는 공공성이 강한 산업이다. 그렇기 때문에 에너지 기술혁신 연구를 통한 장기적 비전의 설정과 함께 신기술투자의 전략과 효율성, 기술혁신 파급효과를 극대화하는 방안 마련이 무엇보다 필요하다.

에너지 기술혁신의 중요성을 부각시키고 있는 것으로서 가장 큰 이유는 기존의 화석에너지사용에 따른 환경문제로서 지구환경문제와 밀접한 관계성을 지니고 있다. 실제 우리나라의 에너지 소비는 2000년 들어 IMF이전 수준인 1997년의 180,638천TOE를 넘어선 192,440천TOE를 소비한 것으로 나타났다. 특히, 수입의존도에 있어서는 연도를 더해가며 지속적인 증가를 보여 왔으며 2000년 들어서는 97.3%를 차지하고 있다. 이러한 에너지 소비에 대처하여 에너지기술은 다가올 환경 변화의 대응과 경제분야를 동시에 만족시켜줄 수 있으며 기술 확보 및 개발 여하에 따라 기대할 수 있는 효과는 실로 막대한 국가적 공공 이익성 재화이다. 또한, 에너지기술은 적용범위 뿐만 아니라 개발 분야에 있어서도 공학의 전 분야를 망라하고 있으며 본 연구는 많은 에너지기술중 2010년을 대비하여 차세대에 혁신되어야 할 기술분야를 선정코자 하였다. 본 연구에서는 차세대 에너지 기술혁신에 크게 기여를 할 수 있는 기술분야를 선정하기 위해 여러 요인의 고려와 함께 多屬性 效用理論(Multi-Attribute Utility Theory)을 이용하여 기술들을 선정하였다.

### 2. MAUT 적용절차

본 연구의 핵심인 에너지기술 분야의 기술을 선정하기 위해 적용절차를 ①속성 결정 및 속성수준의 정량화, ②기술대안 결정, ③단일속성 효용함수 도출, ④속성의 중요도 결정, ⑤다속성 효용함수 도출, ⑥ 속성치 및 기술대안 우선순위 결정으로 하고 이에 따른 분석 및 평가를 수행하였다. 또한, MAUT 적용을 위한 전문가들의 서면평가를 3차에 걸쳐 실시하였으며 1차는 속성과 기술대안을 결정하기 위해, 2차와 3차는 동일한 내용을 평가한 것으로, 단일속성 효용함수 도출 및 속성의 중요도 결정과 다속성 효용함수 도출 및 속성치를 결정하기 위해 실시하였다. 또한, 평가의 객관성을 위하여 1차, 2차, 3차에 참여한 전문가는 서로 다르게 구성하였으며 이를 위한 대상으로는 국내 유일의 전문연구기관에 소속된 인력을 중심으로 실시하였다. 1차 서면평가에서는 13인을 대상으로, 2차는 경력 20년 이상의 연구인력 7인을 대상으로, 3차는 경력 15-20년의 연구인력 7인을 대상으로 하였다.

### 3. MAUT를 적용한 기술평가 및 선정

#### 3-1. 속성 결정 및 속성수준의 정량화

속성이란 사물의 주요성질로서 본 연구에서는 에너지 기술이 혁신되어야 하는 이유를 의미한다. 본 연구의 속성을 결정하기 위한 사전 조치로서 국내에서 발행된 여러 기획보고서 등을 고려하여 선정/구성하였다. 한편, 1차 설문을 실시하기 전에 내부적으로, 몇 개의 속성

과 이러한 속성에 대표되는 기술을 열거하여 각각에 대한 우선순위를 명시토록 하였으며 보다 객관적이고 연구의 취지에 맞는 속성과 기술을 추천토록 하였다. 이러한 결과에 따라 에너지 기술혁신을 위하여 고려하여야 할 6개의 속성이 결정되었으며 각 전문가의 대속성에 대한 우선순위 평가에 의한 가중치는 환경성 0.487, 경제성 0.231, 자원성 0.282로 나타났다. 그리고 대속성에 의한 세부속성도 같은 방법으로 평가한 결과 세부속성의 순위는 에너지 이용효율 향상, 자원 공급가능량, CO<sub>2</sub> 저감의 순서로 평가되었다. 그리고 VOC(휘발성유기화합물) 저감은 1차 설문지에는 없는 속성이었지만, 몇몇 전문가의 강한 추천에 따라 속성으로 정하였다. 한편, 응답에 따라 제안된 여러 속성들로는 사회성, TSP 저감, 로알티 지급액, 에너지 저소비 생활 등이 있었으나 우선 순위에서 뒤지거나 평가기준이 명확하지 않기 때문에 제외시켰다.

<표 1> 속성과 속성수준의 정량화

대속성	세부속성	속성수준의 정량화
환경성(0.487)	1. CO <sub>2</sub> 저감(0.395)	CO <sub>2</sub> 저감량(TC)
	2. SO <sub>x</sub> , NO <sub>x</sub> 저감(0.355)	SO <sub>x</sub> , NO <sub>x</sub> 저감율(%)
	3. VOC(휘발성유기화합물) 저감	VOC 저감률(%)
경제성(0.231)	4. 에너지 이용효율 향상(1.000)	에너지 이용 효율 향상율(%)
자원성(0.282)	5. 자원 공급가능량(0.447)	자원 공급 증가 정도(TOE)
	6. 기술과급효과(0.368)	기술개발에 따른 경제가치 증가

### 3-2. 기술대안의 결정

본 연구의 특징은 하나의 기술에 대한 효용을 평가하는 것이 아니라, 여러 기술들의 효용을 한꺼번에 평가하여 이들의 중요도를 결정하는 것이다. 그런데, 대상인 에너지 기술자체의 종류가 너무나 광범위하고, 게다가 차세대 에너지 기술혁신을 목표로 하기 때문에 가능한 모든 기술을 비교한다는 것은 어렵다. 따라서 각각의 기술이 지닌 특성과 중요성 등을 고려하여 각각의 대속성별로 적정한 기술대안들을 선정하였다. 이러한 기술대안의 선정은 1차 설문을 기준으로 이루어 졌는데 1차 설문에서는 각 기술에 대한 중요성을 부여토록 하는 서열평가를 실시토록 하였으며 결과에 따른 각각의 속성별 기술들을 우선순위에 따라 결정하였다. 우선, 대속성별로 기술을 선정하였으며 각각의 기술들은 환경성의 대표기술 18, 경제성의 대표기술 15기술, 자원성의 대표기술 17기술의 총 50개 기술을 가지고 분야별 전문가들의 서열평가 및 추천에 의한 순위를 결정하였다. 다음으로 각 기술에서 몇 개의 기술을 선택할 것인가를 결정하는 기준으로는 각 대속성이 지니고 있는 중요성의 비율을 가지고 각 분야별 평가 및 분석 대상 기술의 수를 결정하였다. 예로서 환경성의 중요도를 평가한 결과, 1을 기준으로 0.487의 비중을 갖는 것으로 분석됨에 따라 환경성 관련기술을 18개 기술중 48.7%에 근접한 기술의 수를 대안에 포함시켰다. 그 결과 최종적으로 환경성 관련기술로 6개 기술을, 경제성 관련기술은 3개 기술을, 자원성 관련기술은 4개 기술로서 기술대안 13개를 선정하였으며 이들 기술을 대한 분석과 평가를 실시하였다.

<표 2> 속성별 평가 기술대안의 결정

대속성	기술명
환경성(0.487)	· 기술 6 : 폐기물에너지 이용기술(추천)
	· 기술 7 : VOC 제거기술(추천)
	· 기술 8 : 고효율 열펌프 냉난방기술(0.361)
	· 기술 9 : 환경친화적 건물 부하 저감기술(0.283)
	· 기술 10 : 저연비·저공해 자동차 기술(0.651)
	· 기술 11 : 석탄가스화 복합발전(IGCC)기술(0.472)
경제성(0.231)	· 기술 4 : 산업용 연소설비의 고효율화기술(0.607)
	· 기술 2 : 고효율 집단에너지 공급기술(0.513)
	· 기술 13 : 에너지절약형 축열시스템기술기술(0.351)
자원성(0.282)	· 기술 1 : 수소에너지 이용기술(0.495)
	· 기술 3 : 연료전지 발전기술(추천)
	· 기술 5 : 바이오매수 이용기술기술(추천)
	· 기술 12 : 산업용 태양열 시스템 개발(0.373)

### 3-3. 단일속성 효용함수 결정

효용함수는 크게 위험중립형과 위험선호형, 위험기피형이 있으며 각각의 형태는 다음과 같다.

$$- \text{위험중립} : u(x) = \alpha + \beta x \quad (1)$$

$$- \text{위험기피 및 선호} : u(x) = \alpha + \beta e^{\gamma x} \quad (2)$$

$x$  : 속성의 특정수준

$U(x)$  : 속성의 특정수준에서 평가되는 효용

모수  $\alpha, \beta, \gamma$ 를 결정하기 위해서 각 속성 범주의 각 끝 값을 결정하여 다음과 같이 표시한다.

$$U(a) = 1, \quad a \text{는 속성의 범주에서 가능한 최고점}$$

$$U(b) = 0, \quad b \text{는 속성의 범주에서 가능한 최저점}$$

그리고, 효용의 중간값(0.5)이 되는 속성치를 설문을 통해 파악하였다. 이때의 속성치를  $c$ 라 하면 식(3)과 같이 표시할 수 있다.

$$U(c) = 0.5U(a) + 0.5U(b) \quad (3)$$

이때, 응답자가  $c$ 를  $a$ 와  $b$ 의 중앙값을 선택한다면 이는 위험중립 성향이고, 중앙값보다 큰 값을 선택한다면 위험선호, 작은 값을 선택한다면 위험기피 성향이다. 본 연구에서  $a, b$ 는 응답자가 이해하기 쉽도록 기준치를 부여한 수치로 정했다.

위 식 3개가 결정된다면, 모수가 3개이므로 값을 구할 수 있다. 그런데 이와 같은 초월함수에 대한 방정식을 풀고자 할 때는 직접 계산하는 것보다, MAPLE, Mathematica, MACSYMA와 같은 CAS(Computer Algebra System)을 이용하는 것이 간편하며 본 연구에서는 MAPLE과 MS Excel을 사용하였다.

### 3-4. 속성의 중요도 결정

속성의 중요도를 결정함에 있어서 전문가들의 응답에 따른 편의를 줄이기 위하여 앞에서 대속성별로 분류한 순서를 따르지 않고 다음과 같이 임의의 순서로 질문하였으며 이후의 계산결과는 이 순서에 따라 제시하였다.

•속성 1 : CO<sub>2</sub> 저감, •속성 2 : 자원공급가능량, •속성 3 : 에너지 이용효율 향상, •속성 4 : SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> 저감, •속성 5 : VOC(휘발성유기화합물) 저감, •속성 6 : 기술과급효과

또한, 다속성 효용함수의 계수로서 사용될 6개 속성의 중요도를 우선순위 평가를 통하여 결정하였는데, 다속성 효용함수의 계수는 중요도가 큰 속성의 계수가 큰 수로 들어가야 하므로 평가된 우선순위를 역으로 한 후 각 수치를 속성별로 표준화 하였다. 각 요소를 표준화하는 방법으로 벡터 표준화(Vector normalization)를 들 수 있으며 이 방법은 각 열벡터를 자신의 norm으로 나눔으로써 얻어진다. 본 연구에서 수행된 6개의 속성치  $x_i$ 에 대한 표준화 값을  $r_i$ 라 한다면 이를 구하기 위한 식은 식(4) 같이 나타낼 수 있다.

$$r_i = \frac{x_i}{\sqrt{x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_6^2}} \quad (i=1 \dots 6) \quad (4)$$

이에 따라 산출된 결과를 살펴보면 속성3인 에너지 이용효율 향상이 가장 중요한 속성으로 나타났으며 다음으로 CO<sub>2</sub> 저감, 자원공급가능량, 기술과급효과, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> 저감, VOC(휘발성유기화합물) 저감의 순서로 나타났다.

<표 3> 속성의 중요도 산출결과

구 분	속성 1	속성 2	속성 3	속성 4	속성 5	속성 6	합 계
전문가1에서 14까지의 점수평균	0.21	0.17	0.25	0.13	0.09	0.14	1.00
순 위	2	3	1	5	6	4	

### 3-5. 다속성 효용함수 도출

이 단계는 단일속성 효용함수를 결합하여 다속성 효용함수를 도출하는 과정이다. 다속성 효용함수의 대표적 형태는 다음과 같다.

$n$ 개의 속성  $x=(x_1, \dots, x_n)$ 에 대한 다속성 효용함수

$$U(x) = U(x_1, \dots, x_n)$$

$x_i$  : 각 속성

$$\text{가법형 : } U(x) = \sum_{i=1}^n k_i u_i(x_i) \quad (5)$$

$$\text{승법형 : } U(x) = \frac{1}{k} [\prod_{i=1}^n k_i u_i(x_i) - 1] \quad (6)$$

$$U(x), u_i(x_i), k_i \in [0, 1], \quad 1 + k = \prod_{i=1}^n (1 + k_i)$$

$i$  : 속성 인덱스,  $j$  : 응답자 인덱스

$k_i$  : 비례상수로서 속성  $i$ 의 가중치

$u_i(x_i)$  : 개별속성에 대한 단일 속성 효용함수

승법형은 속성의 독립성이 보장되지 않는 경우에 쓰인다. 본 연구의 설문에서는 속성들간의 독립성이 보장되도록 정했기 때문에 가법형을 사용하였다. 예로서, 가법형을 적용한 전문가 6에 대한 다속성 효용함수는 다음과 같이 계산된다. 여기서 계수  $k$ 는 각 속성의 중요도 계수이고,  $U_i(x_i)$ 는 속성  $i$ 에 대한 단일속성 효용함수이다.

$$\begin{aligned} U(x) &= \sum_{i=1}^6 k_i u_i(x_i) \\ &= k_1 u_1(x_1) + k_2 u_2(x_2) + k_3 u_3(x_3) + k_4 u_4(x_4) + k_5 u_5(x_5) + k_6 u_6(x_6) \\ &= 0.29(-0.30902 + 0.26322 e^{0.00106 x_1}) + 0.14(-0.30902 + 0.26322 e^{0.00106 x_2}) \\ &\quad + 0.24(1.00000 - 512.00000 e^{-6.93147 x_3}) + 0.10(1.00000 - 511.99805 e^{-0.69315 x_4}) \\ &\quad + 0.05(-0.00514 + 0.00052 e^{0.22935 x_5}) + 0.19(1.00000 - 512.00000 e^{-0.69315 x_6}) \end{aligned}$$

### 3-6. 속성치 및 기술대안의 우선순위 결정

전문가는 속성치로 직접 응답한 것이 아니라 각 기술별 우선순위로 응답하였으므로, 그 우선순위를 속성치로 변환해야 한다. 변환방법은 속성범주에 우선순위를 등간격으로 맵핑하였다. 예로서, CO<sub>2</sub> 저감에 해당하는 범위는 1000-100(TC)이므로, 전체 기술(13개)에 대한 우선순위가 8이라면, 우선순위가 높은 수치가 속성치도 높게 하기 위해 역을 취한다. 따라서 수정 우선순위는 5(=13-8)가 된다. 이때의 속성치는 다음과 같이 구한다.

$$1000-100 : 13-1 = 1000-x : 13-5$$

이 식은 수정 우선순위 13에 해당하는 속성치가 1000, 수정 우선순위 1에 해당하는 속성치가 100임을 뜻한다. 이러한 방법에 따라 속성치를 계산하고 이후 각 전문가의 각 기술에 대한 효용치(각 속성에 대한 속성치를 다속성 효용함수에 대입한 값)를 산출하였다.

각 전문가의 기술에 대한 효용치의 합계는 서로 다르게 나타날 수 있는데 이는 각 전문가의 위험성향이 다른 결과에 기인된 것이다<표 4>. 따라서 모두에 대하여 같은 비중으로 규준화하기 위해 각 기술 효용치의 합이 같도록 한 후, 이를 선형 변환하여 지표로 나타낸 결과는 <표 5>와 같다.

각 전문가들 평가에 대한 효용치의 차이는 각 전문가들의 평가 성향으로 나타날 수 있는데 효용치의 합계가 많은 경우는 위험기피형 전문가이고 합계가 낮은 경우는 위험선호형 전문가로 볼 수 있다. 즉, 본 연구에서의 14인의 성향을 살펴보면 전문가 10이 10.561로 가장 위험기피 정도가 큰 것으로 분석되었으며 위험선호형 전문가로는 전문가 14가 5.629의 효용치를 보이고 있는 것으로 분석되었고 이에 따른 차이는 4.932로 나타났다.

<표 4> 전문가의 각 기술에 대한 효용치

구 분	전문가 1	전문가 2	전문가 3	전문가 4	전문가 5	전문가 6	전문가 7	구 분	전문가 8	전문가 9	전문가 10	전문가 11	전문가 12	전문가 13	전문가 14
기술 1	0.624	0.500	0.558	0.629	0.646	0.852	0.382	기술 1	0.626	0.771	0.862	0.718	0.667	0.647	0.524
기술 2	0.671	0.874	0.427	0.785	0.676	0.794	0.612	기술 2	0.415	0.727	0.838	0.730	0.821	0.763	0.450
기술 3	0.632	0.653	0.756	0.666	0.512	0.889	0.441	기술 3	0.514	0.741	0.830	0.716	0.656	0.643	0.733
기술 4	0.640	0.882	0.629	0.731	0.626	0.880	0.763	기술 4	0.524	0.795	0.842	0.730	0.943	0.946	0.735
기술 5	0.674	0.705	0.319	0.467	0.770	0.876	0.278	기술 5	0.288	0.556	0.858	0.730	0.536	0.485	0.171
기술 6	0.860	0.713	0.316	0.577	0.751	0.912	0.446	기술 6	0.683	0.710	0.834	0.729	0.366	0.913	0.294
기술 7	0.276	0.428	0.217	0.262	0.588	0.798	0.084	기술 7	0.230	0.555	0.481	0.728	0.641	0.508	0.067
기술 8	0.478	0.755	0.328	0.610	0.627	0.721	0.623	기술 8	0.503	0.645	0.826	0.730	0.356	0.714	0.283
기술 9	0.488	0.381	0.230	0.542	0.350	0.872	0.556	기술 9	0.349	0.849	0.818	0.598	0.430	0.514	0.434
기술10	0.707	0.823	0.685	0.800	0.648	0.727	0.702	기술10	0.538	0.725	0.854	0.730	0.839	0.685	0.689
기술11	0.793	0.703	0.518	0.754	0.619	0.589	0.568	기술11	0.280	0.910	0.822	0.730	0.450	0.580	0.772
기술12	0.612	0.335	0.651	0.394	0.426	0.873	0.325	기술12	0.798	0.832	0.850	0.574	0.538	0.661	0.292
기술13	0.566	0.693	0.480	0.484	0.590	0.425	0.400	기술13	0.267	0.650	0.846	0.730	0.552	0.644	0.185
합 계	8.021	8.445	6.114	7.700	7.830	10.208	6.180	합 계	6.016	9.468	10.561	9.175	7.796	8.703	5.629

<표 5> 각 기술에 대한 효용치의 선형변환에 따른 결과

구 분	전문가 1	전문가 2	전문가 3	전문가 4	전문가 5	전문가 6	전문가 7	전문가 8
기술 1	0.0778	0.0592	0.0912	0.0817	0.0825	0.0835	0.0618	0.1041
기술 2	0.0837	0.1035	0.0698	0.1020	0.0863	0.0778	0.0990	0.0690
기술 3	0.0787	0.0773	0.1236	0.0865	0.0654	0.0871	0.0714	0.0854
기술 4	0.0798	0.1045	0.1029	0.0949	0.0799	0.0862	0.1235	0.0871
기술 5	0.0841	0.0835	0.0522	0.0606	0.0983	0.0859	0.0450	0.0479
기술 6	0.1072	0.0845	0.0517	0.0749	0.0959	0.0894	0.0722	0.1136
기술 7	0.0345	0.0506	0.0354	0.0341	0.0751	0.0782	0.0136	0.0383
기술 8	0.0596	0.0894	0.0536	0.0792	0.0801	0.0706	0.1007	0.0836
기술 9	0.0609	0.0451	0.0377	0.0704	0.0447	0.0855	0.0900	0.0580
기술 10	0.0881	0.0974	0.1121	0.1039	0.0828	0.0712	0.1135	0.0894
기술 11	0.0988	0.0832	0.0847	0.0979	0.0791	0.0577	0.0919	0.0465
기술 12	0.0763	0.0397	0.1065	0.0511	0.0544	0.0856	0.0525	0.1327
기술 13	0.0705	0.0820	0.0784	0.0628	0.0753	0.0416	0.0648	0.0443
합 계	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

구 분	전문가 9	전문가 10	전문가 11	전문가 12	전문가 14	전문가 14	합 계	순위
기술 1	0.0814	0.0816	0.0782	0.0855	0.0744	0.0931	1.1361	6
기술 2	0.0768	0.0794	0.0796	0.1053	0.0877	0.0799	1.1998	3
기술 3	0.0783	0.0786	0.0780	0.0842	0.0738	0.1302	1.1987	4
기술 4	0.0840	0.0797	0.0796	0.1210	0.1087	0.1306	1.3624	1
기술 5	0.0587	0.0812	0.0796	0.0688	0.0558	0.0305	0.9320	10
기술 6	0.0750	0.0790	0.0794	0.0469	0.1049	0.0522	1.1268	7
기술 7	0.0587	0.0455	0.0794	0.0822	0.0584	0.0119	0.6959	13
기술 8	0.0681	0.0782	0.0796	0.0456	0.0821	0.0503	1.0207	9
기술 9	0.0897	0.0774	0.0651	0.0552	0.0590	0.0771	0.9158	12
기술 10	0.0766	0.0809	0.0796	0.1076	0.0787	0.1225	1.3043	2
기술 11	0.0962	0.0778	0.0796	0.0578	0.0667	0.1371	1.1550	5
기술 12	0.0879	0.0805	0.0625	0.0690	0.0759	0.0518	1.0265	8
기술 13	0.0687	0.0801	0.0796	0.0709	0.0740	0.0328	0.9260	11
합 계	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	14.0000	

이러한 결과들을 종합한 각 기술들의 효용치를 계산한 결과 제 1순위는 기술4로 나타났으며 그에 따른 결과를 종합하여 정리하면 <표 6>과 같다. 본 결과에 따르면 속성과 연계하여 분석하여 보면 상위 5개 기술중 환경성에 해당하는 기술이 3개를 차지하고 있으며 1순위 기술과 2순위 기술은 효용치에 있어서 거의 유사한 것으로 나타났다.

<표 6> 차세대 에너지기술혁신을 위한 기술개발 우선 순위

순 위	기 술 명	환산 효용치	대속성 위치
1순위	산업용 연소설비 고효율화 기술	1.3620	경제성
2순위	저연비·저공해 자동차 발전 기술	1.3040	환경성
3순위	고효율 집단에너지 공급 기술	1.2000	경제성
4순위	연료전지 발전 기술	1.1990	자원성
5순위	석탄가스화 복합발전(IGCC) 기술	1.1550	환경성
6순위	수소에너지 이용 기술	1.1360	자원성
7순위	폐기물에너지 이용기술	1.1270	환경성
8순위	산업용 태양열시스템 개발 기술	1.0270	자원성
9순위	고효율 열펌프 냉난방 기술	1.0210	환경성
10순위	바이오매스 이용 기술	0.9320	자원성
11순위	에너지 절약형 축열시스템 기술	0.9260	경제성
12순위	환경친화적 건물 부하 저감기술	0.9160	환경성
13순위	VOC 제거기술	0.6960	환경성
합 계		14	

#### 4. 결 론

본 연구는 아직까지 국내에서 에너지 기술에 대한 기획연구로서 수행된 바 없는 MAUT를 이용하여 차세대 에너지 기술혁신 분야를 평가하고 선정하였으며 기술대안이나 속성의 변화에 대한 유연성, 화폐가치가 아닌 기술대안의 우위를 결정할 수 있는 MAUT를 활용하여 기술을 평가하고 선정하였다. 본 연구에서 대상으로 한 기술은 50개의 기술들 중에서 여러 차례의 선택과정을 거쳐 13개 기술을 선정된 것으로서 13개 기술 모두 차세대 에너지기술 혁신 분야에서 가장 중요한 기술이라고 말할 수 있다. 그러나 지극히 제한된 투자조건(예컨대, 인력, 예산 등)으로 인해 개발에 우선순위를 두고자 할 때 본 연구에서 제시한 순위를 고려하는 것도 바람직할 것으로 보여진다.

본 연구의 특징은 MAUT를 적용할 때, 다속성을 고려하는 것뿐만 아니라, 다기술을 비교한다는 것으로서 이에 따른 속성에 대한 각 전문가의 우선순위 결과에 따른 중요도는 ①에너지 이용효율 향상(0.25), ②CO<sub>2</sub> 저감(0.21), ③자원공급가능량(0.17), ④기술파급효과(0.14), ⑤SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> 저감(0.13), ⑥VOC 저감(0.09)의 순으로 나타났다. 위의 6가지 속성에 대하여 차세대 에너지 기술혁신분야의 효용치를 MAUT의 다속성효용함수를 이용하여 평가하였는데, 분석결과에 따른 우선순위와 환산 효용치는 다음과 같다. ①산업용 연소설비 고효율화 기술(1.3620), ②저연비·저공해 자동차 발전 기술(1.3040), ③고효율 집단에너지 공급 기술(1.2000), ④연료전지 발전 기술(1.1990), ⑤석탄가스화 복합발전(IGCC) 기술(1.1550), ⑥수소에너지 이용 기술(1.1360), ⑦폐기물에너지 이용기술(1.1270), ⑧산업용 태양열시스템 개발 기술(1.0270), ⑨고효율 열펌프 냉난방 기술(1.0210), ⑩바이오매스 이용 기술(0.9320), ⑪에너지 절약형 축열시스템 기술(0.9260), ⑫환경친화적 건물 부하 저감기술(0.9160), ⑬VOC 제거기술(0.6960)로 나타났다.

본 연구에서는 설문응답자의 주관을 고르게 반영하기 위하여 각 분야의 전문가를 고루 안배하였으나 각 전문가 주관의 크기 자체를 고르게 반영하기는 어려웠다. 따라서, 설문을 실시하기 전에 응답자간의 의견조율이나, 속성, 기술대안의 변화에 민감하지 않아 제외시켰던 AHP 방법에 정해진 속성과 기술대안에 적용하여 MAUT의 결과와 비교해 보는 것도 가치 있는 일이라 하겠다. 향후, 본 연구는 이와 같이 결정된 차세대 에너지 기술혁신을 위하여 각 기술의 선행기술과 요소기술에 대한 계획을 수립하고, 타 기술과의 상호 적용성을 고려하여 연차적 계획을 수립하여야 할 것이다. 그리고 본 연구에서는 기술대안의 우선순위를 제시하는 것으로 연구를 마무리하였으나, 추후 실제적인 투자 자본이 주어질 경우 각 조합의 효용치를 극대화시킬 수 있는 방안마련 또한 필요할 것이다.

## 참고문헌

1. 민완기, 오완근, 이찬구, “CDMA의 비경제적 가치 평가”, 기술혁신학회지 제 3권, 제 1호, pp. 127-138, 2000.
2. 유승훈, 원중호, 채경석, “케이블TV 방송 신제품의 잠재적 가치평가”, 기술혁신학회지 제 3권, 제 1호, pp. 113-126, 2000.
3. 한국에너지기술연구소, “기후변화협약과 연계된 에너지 원천기술 기획”, 1997.
4. 허은녕, “가치평가기법의 최근 동향”, 기술혁신학회지, 제 3권, 제 1호, pp. 37-54, 2000.
5. 에너지경제연구원, “에너지통계월보”, 2001. 3 제 7권 3호
6. Behnam Malakooti and Sriram Subramanian, “Generalized polynomial decomposable multiple attribute utility functions for ranking and rating multiple criteria discrete alternatives”, *Applies Mathematics and Computation*, Vol. 106, Issue 1, pp. 69-102, 1999.
7. Chapman G.B.; Elstein A.S.; Kuzel T.M.; Nadler R.B.; Sharifi R.; Bennett C.L., “A multi-attribute model of prostate cancer patients' preferences for health states, *Quality of Life Research*”, Vol. 8, Issue 3, pp. 171-180, 1999.
8. Clifford Russel, Virginia Dale, Junsoo Lee, Molly Hadley Jensen, Michael Kane and Robin Gregory, “Experimenting with multi-attribute utility survey methods in a multi-dimensional valuation problem”, *Ecological Economics*, Vol. 36, Issue 1, pp. 87-108, 2001.
9. Goicoechea, A., Hansen, D., Duckstein, L., *Multiobjective decision analysis with engineering and business application*, Wiley, 1982.
10. Gordon V. Smith, “Technology valuation method and successful valuation cases in the United States”, 기술의 가치평가기법 및 사례에 관한 국제세미나, pp. 4-1-4-24, 2000.