[2008-03-RP-004]

대형과제 기획시 계층분석적 의사결정기법을 적용한 전략적 에너지기술 R&D 프로그램 선정

이성곤*, Gento Mogi, 김종욱

Selecting Strategic Energy Technology R&D Programs Applied to the AHP Approach as Planning a Big-sized Energy R&D Program

Seongkon Lee*, Gento Mogi and Jongwook Kim

Abstract The R&D budget of energy technology development has increased in the sector of korean energy technology development continuously. In addition to that, KIER, the government invested research institute and unique energy technology R&D research institute, is trying to plan for a big-sized energy R&D program for the well focused R&D and excellent research outcomes. In the phase of R&D process, the planning is one of the most important sectors because it drives the direction of R&D. In this study, we suggest the assessment criteria to select a strategic energy technology R&D programs by the analytic hierarchy process, which is one of multi-criteria decision making method (MCDM). We structure 2 tiers of hierarchy for assessing a big-sized R&D program and also establish 6 criteria in the level 1, which are energy environment, economic spin-off, technical spin-off, marketability, KIER mission, and cost. We allocate the relative weights of criteria by checking the values of consistency ratio as making pairwise comparisons. The result of this research will provide the decision makers as they select a right well focused R&D program.

Key words R&D program(연구개발 프로그램), Energy policy(에너지 정책), MCDM(다속성 의사결정), AHP(계층분석적 의사결정기법)

* 한국에너지기술연구원 정책연구실
E-mail : sklee@kier.re.kr Tel : (042)860-3036 Fax : (042)860-3097

Subscrip

AHP : *Analytic hierarchy process*
DM : *Decision maker*
MCDM : *multi criteria decision making*
TFN : *triangular fuzzy number*
UNFCCC : *united nations framework convention on climate change*

1. 서 론

우리나라의 에너지 환경적 지수를 보면 에너지소비의 대부분(98%)을 수입에 의존하고 있으며, 에너지소비 증가율은 세계 1위를 차지하는 에너지소비대국이다. 2004년 기준으로, CO_2 배출량은 약 590.6백만 TC로 세계 9위이나, CO_2 배출증가율은 세계 1위를 차지하였다. 최근 배럴당 87.2$(2008.2.1) 이상의 고유가로 인하여 에너지원의 대부분을 수입에 의존하고 있는 우리의 경우 경제적 영향을 많이 받고 있는 실정이다. 국가에너지 안보확보를 위해서 많은 대안중에 하나의 해결책으로는 에너지기술개발이다. 최근 산자부의 에너지자원기술개발 10개년 계획의 수립을 통하여 2006년부터 2015년까지 향후 10년간의 전략적인 기술개발 대안 및 기술로드맵을 작성하였다. 또한 UNFCCC의 발효로 인하여 향후 2013년 기후변화협약 온실가스감축 의무대상국이 될 경우를 사전에 대비하기 위해 기후변화협약대응 환경 친화적 무공해 무한대의 신재생에너지기술개발에도 중점을 두어야 할 시점이다.

또한 에너지자원기술개발관련 R&D 비용의 급속한 증가로 인하여, 최근 에너지자원기술기획평가원이 수립 되는 등 에너지자원기술개발관련 R&D 비용을 보다 전략적으로 할당할 시점이다. 선택과 집중을 통한 에너지기술개발과제 발굴을 위해 본 연구는 다기준 의사결정(multi-criteria decision making) 기법중 하나인 계층분석적 의사결정(analytic hierarchy process) 기법을 통하여 한국에너지기술연구원이 전략적 대형과제 기획시 활용할 수 있는 과학적이며 객관적인 평가 방법론을 제시하고자 한다. 다기준 의사결정방법론으로 AHP, ANP, TOPSIS, MAUT 등 다양한 방법론이 있으나, 본 연구에서는 현실적으로 평가기준간의 독립성을 유지하고, 문제해결을 보다 용이하게 해결할 수 있으며, 가장 보편적으로 널리 활용되고 있는 AHP 기법을 적용하였다.

전략적 대형과제 발굴을 위해 KIER는 2006년 에너지환경분석 및 내부역량분석을 통해 중기전략계획을 도출하여 2007년 3월 공공기술연구회에 제출하였다. 본 연구의 결과는 현재 수행중인 중기전략계획의 전략과제 평가 및 신규과제 발굴에 적용할 수 있으며, 연구원의 전략적 대형과제 발굴을 위해 적용할 수 있는 방법론을 제시하였다.

본 연구는 전략적 대형과제 발굴을 위해 대형과제 선정시 평가 기준으로 6가지 항목을 도출하였고, 도출된 각각의 6가지 항목에 대한 하부 평가기준에 대한 상대적 가중치를 부여하였다. 또한 과제 선정시 평가 기준의 상대적 가중치를 과학적으로 배분함으로써 기존의 일괄적인 평가 기준 및 평가 가중치의 비과학적인 부문을 보완하였다.

과제선정시 내외부 전문가의 정성적 선호도를 평가하기위해 AHP 기법을 적용함으로써 기존의 비과학적인 평가방법론의 맹점을 보완하고 평가위원이 보다 객관적으로 대형과제 선정 평가를 수행할 수 있다.

대형과제 선정을 위해 평가 기준을 기존의 연구 및 국내외 에너지분야 학술지의 평가 사례를 참고하여 선정하고, 계층적 구조(Hierarchical structure)로 문제를 구조화 하였다.

본 연구의 결과로 산출된 기술개발 우선순위는 추후 에너지기술 정책 개발 및 에너지기술 정책 입안자의 의사결정시 기초 자료로 활용 가능하며 객관적 기술개발 방향을 제시하고자 한다.

2. 계층분석적 의사결정기법(AHP)

계층분석적 의사결정기법(AHP)은 1970년대 초반에 Thomas Saaty 교수에 의하여 최초로 개발되었다. AHP기법은 R&D 분야의 예비타당성조사 및 기술의 가치평가, 정부나 국방의 정책결정문제, 도시, 환경 등의 사회문제, 기업의 마케팅, 생산, 제조 등의 기술문제, 입지선정문제 등 공공부문 및 민간부문을 포함하여 다양한 분야에서 폭넓게 적용되고 있는 의사결정기법이다.

AHP기법은 현실세계의 복잡하거나 애매모호한 의사결정문제를 Goal, Criteria, Alternatives라는 3가지 항목으로 계층구조화(hierarchy structure)하고, 각 계층의 항목들 간의 평가기준을 기준으로하여 쌍대비교(pair-wise comparisons)를 수행한다. 이때 쌍대비교시 대안들간의 일관성을 검증한후 일관성이 있는 대안만 선택하여 각 계층간 결정된 가중치를 종합한다. AHP기법은 다수의 대안에 대하여 다기준평가(MCDM)와 다수의 주체에 의한 의사결정을 위해 설계된 의사결정방법이다.

AHP기법의 장점은 계층구조화 및 합리적 의사결정 가중치 도출 방법론으로 평가기준에 대한 선호도를 1~9점까지의 정량적인 지수로 변환하여 상대적 선호도 및 가중치를 도출할 수 있다.

AHP기법은 의사결정자(DM)가 선택할 수 있는 다수의 대

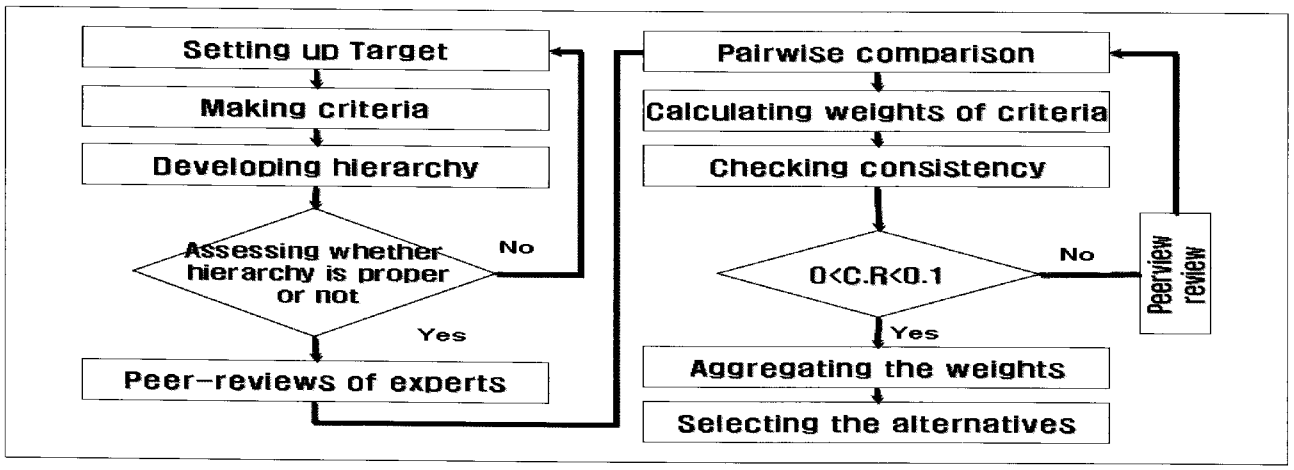

Fig. 1 Flow of the AHP method.

안에 대한 선호도 차이와 평가 항목의 우선순위를 종합적으로 고려하여 정량적인 요소뿐만이 아니라 정성적인 요소도 평가할 수 있는 강력한 의사결정방법이다. AHP기법 적용절차는 Fig. 1과 같다. 절차로는 의사결정문제의 목표설정 후 대안간의 관련기준 설정 및 계층구조를 개발한다.

대안간의 독립성을 인정하고 서로 중복되지 않는 독립적인 평가기준을 선정한다. 계층구조의 적정성을 고려한 후 평가기준간의 독립성이 안되는 요소는 검토후 재 수립을 하고 평가기준간 독립성이 보장된 경우 평가기준으로 선정을 완료한다. 대안간의 가중치를 도출하기 위해서 설문조사 문항을 작성하고 전문가들로부터 설문결과를 취합하며, 가중치 도출시 대안간의 쌍대비교를 통하여 일관성(C.R≤0.1)이 있는 값만을 가중치 도출에 반영한다. 도출된 값을 토대로 각각의 기준과 대안의 가중치를 계산한다. 일관성검증 후 각 대안의 전반적인 우선순위를 계산한 결과를 이용하여 가중치가 가장 큰 대안을 선택한다.

3. AHP 추진절차 및 평가 배점

AHP 추진절차로 목표를 설정하고, 계층구조의 적절성을 점검한다. 수립된 계층구조가 적절하면 쌍대비교를 위한 설문지를 평가기준별로 작성하여, 설문을 실시한다. 전문가의 의견을 담은 설문지의 체크요소를 확인하여 쌍대비교 및 일관성 검정을 수행한다. 일관성 검정후 일관성(consistency ratio)이 0.1 이하인 설문항목만 채택한다. 산출된 일관성이 있는 대안만 선정하여 평균값을 산출하고 각 대안별 상대적 가중치를 도출한다.

Fig. 1은 계층분석적 의사결정기법 적용을 위한 전반적인 추진절차를 도식한 것이다. 첫단계에서는 평가대상의 목적을 설정하고, 평가기준을 선정한다. 평가기준을 바탕으로한 계층구조의 적절성을 검토한후 설문지를 작성하고 설문조사를 수행한다.

설문항목별 설문지의 일관성을 검증한후 가중치를 취합하여 최종 평가기준별 가중치를 도출한다. Fig. 2는 쌍대비교시 선호도는 상대적 가중치를 도식한 것이다. 쌍대비교시 AHP기법은 일반적으로 1~9까지의 계량화된 9 points scale을 적용하여 상대적 선호도 및 가중치를 객관적으로 계량화한다. 선호도의 정성적 사항은 동등, 약간 중요, 중요, 매우 중요, 절대중요로 나타낼 수 있다.

Fig. 3은 대형과제 선정을 위한 평가기준 및 평가기준의 계층구조를 나타낸 것이다. 평가기준은 에너지자원기술개발 10개년 계획수립시 전문가들의 의견을 취합하여 수립한 평가기준을 활용하여 6가지의 평가기준으로 구성되었다. 에너지 환경요소의 경우고유가, 기후변화협약, 수소경제사회구현의 3가지 하부 기준을 도출하였다. 경제적 파급효과의 경우에너지 절감량과 CO_2 저감량을 하부 기준으로 선정하였다. 기술적 파급효과는 기술개발시급성, 상용화가능성, 기술수준 및 목표수준을 하부 기준으로 선정하였다. 시장성은 국내외 시장규모, 수출가능시장규모, 고용창출효과를 고려하였다. 기관미션의 경우 국가정책 연계성, 공공성, 내부역량을 고려하였다. 비용의 경우 투자대비 효과 및 투자규모를 고려하였다.

Scale		definition		Scale
1	not preferred ←	Equal importance	→ preferred	1
1/3	not preferred ←	Moderate importance	→ preferred	3
1/5	not preferred ←	Strong importance	→ preferred	5
1/7	not preferred ←	Very strong importance	→ preferred	7
1/9	not preferred ←	Extreme importance	→ preferred	9

Fig. 2 Pari-wise comparisom values.

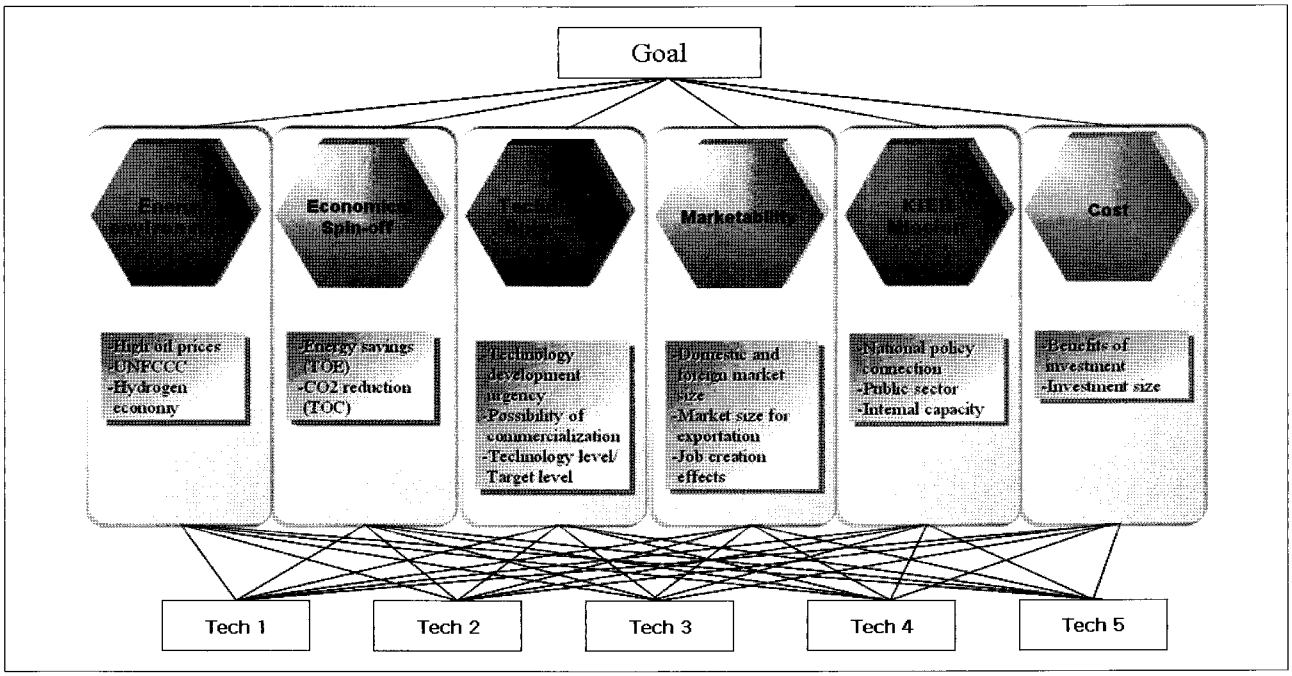

Fig. 3 Assessment hierarchy of criteria.

본연구에서 가중치값을 도출하기 위해서 일반적으로 활용되는 ExpertChoice 프로그램을 활용하지 않고 Microsoft사의 엑셀 Marco를 활용하여 가중치값을 도출하였다. 가중치 도출시 일관성값이 0.1이하인 값만을 취합하였다.

4. AHP 결과

설문조사 결과를 취합하여 Level 1의 가중치를 Table 1에 기술하였다. Level 1에서 에너지환경, 경제적 파급효과, 기술적 파급효과, 시장성, KIER 미션, 비용의 6가지 평가기준 간에 쌍대비교를 통하여 일관성 검증을 통하여 일관성이 있는 가중치를 산출하고 상대적 가중치를 도출하였다.

AHP 가중치 취합결과 Level 1 단계에서는 기술적 파급효

Table 1. Level 1 weights

Criteria	Weight
Energy environment	0.1566
Economical spin-off	0.1811
Technical spin-off	0.2253
Marketability	0.1688
KIER mission	0.1840
Cost	0.0842

과가 가장 선호되었고, 기관미션, 경제적 파급효과, 시장성, 에너지환경, 비용 순으로 선호되었다.

Level 2의 최종가중치는 Level 2의 각 평가 요소간의 쌍대비교를 통하여 Level 2의 가중치를 산출하였다. Level 2의 가중치 산출시 쌍대비교후 일관성 검증을 통하여 0.1 이하인 값만을 도출하여 가중치에 반영하였다.

Table 2. Level 2 weights

Level 1	Level 2	Weight
Energy environment	High oil prices	0.4353
	UNFCCC	0.4527
	Hydrogen economy	0.1120
Economical spin-off	Energy saving	0.6461
	CO_2 reduction	0.3539
Technical spin-off	Technology development urgency	0.4264
	Possibility of commercialization	0.2102
	Technology level/target level	0.3634
Marketability	Domestic and foreign market size	0.4219
	Market size for exportation	0.3710
	Job creation effects	0.2071
KIER mission	National policy connection	0.4774
	Public sector	0.3270
	Internal capacity	0.1956
Cost	Benefits of investment	0.7855
	Investment size	0.2145

Table 3. Overall weights

Level 1	Level 2	Weight
Energy environment	High oil prices	0.0682
	UNFCCC	0.0709
	Hydrogen economy	0.0175
Economical spin-off	Energy saving	0.1170
	CO_2 reduction	0.0641
Technical spin-off	Technology development urgency	0.0961
	Possibility of commercialization	0.0474
	Technology level/target level	0.0819
Marketability	Domestic and foreign market size	0.0712
	Market size for exportation	0.0626
	Job creation effects	0.0350
KIER mission	National policy connection	0.0878
	Public sector	0.0602
	Internal capacity	0.0360
Cost	Benefits of investment	0.0661
	Investment size	0.0181

Table 3은 Level 1과 Level 2의 가중치를 곱하여 최종가중치를 도출하였다.

5. 결 론

현실세계의 복잡한 의사결정문제를 AHP기법을 적용하여 정성적인 요인을 정량화 할 수 있다. 특히, 다기준의사결정문제 중 AHP기법을 적용하여 보다 합리적으로 대안을 선정할 수 있다.

본연구에서는 대형과제선정을 위해 기존의 일괄적인 평가기법대신 보다 합리적인 의사결정을 위해 AHP기법을 적용하였으며, 평가기준간의 상대적 선호도를 9점척도와 일관성 검증을 통해 대형과제선정시 평가요인으로 고려할 평가기준 및 이들 평가기준의 상대적 가중치를 도출하였다.

에너지분야 R&D 투자예산의 지속적인 증대와 에너지기술 개발 수요의 필요성으로 투자예산의 효과적인 활용과 연구성과투자 기획시 전략적 대형과제 선정은 필수적이다. 이러한 need 충족을 위해 기획단계에서 보다 과학적인 기법의 적용을 통해 well focused R&D 할 수 있는 대형과제를 도출 할 수 있을 것이다. 본 연구의 결과는 추후 기술정책개발 및 의사결정과 같은 에너지 정책수립부문에서 다양하게 활용할 수 있을 것이다.

추후 본 연구의 결과를 바탕으로한 퍼지 기법 및 네트워크 분석 기법을 적용하여 이들 결과를 상대적으로 비교 및 분석할 예정이다.

Acknowledgement

본 연구의 설문에 응해주신 에너지기술개발분야 및 정책분야 전문가분들께 감사합니다. 본연구는 KIER의 기본사업 및 과기부 HERC의 연구비 지원으로 진행되었습니다.

References

[1] Lee, S. K., Yoon, Y. J., Kim, J. W., 2007, "A study on

making a long-term improvement in the national energy efficiency and GHG control plans by the AHP approcah", Energy Policy, Vo1. 35, No. 5, pp. 2862-2868.

[2] Lee, S. K, Kim, J. W., Yoon, Y. J., 2006, "A study on world energy outlook and the optimal alternatives for energy technology development: focusing on coal utilization technology", Journal of energy engineering, Vol. 15, No. 3, pp. 174-180.

[3] Lee, S.K., Yoon, Y.J., Kim, J.W., 2006, Prioritizing the development of the national energy and resource R&D program by AHP approach, INFORMS HongKong 2006.

[4] Saaty, T. L., 1980, "The analytic hierarchy process", 1st edition, McGraw-Hill, NewYork.

이 성 곤

2000년 한국외국어대학교 산업공학과 공학사
2000-2001년 산업공학연구정보센터(CIMERR) O.R분야 정보자문 및 연구원
2002년 고려대학교 산업공학과 공학석사
2003-2005년 한국국방연구원 무기체계연구센터 연구원

현재 한국에너지기술연구원 정책연구실 연구원
(E-mail : sklee@kier.re.kr)

김 종 욱

1980년 고려대학교 산업공학과 공학사
1991년 아주대학교 에너지공학과 공학석사
1999년 아주대학교 에너지공학과 공학박사

현재 한국에너지기술연구원 정책연구실 책임연구원
(E-mail : jongwkim@kier.re.kr)

겐토 모기(Gento Mogi)

1982년 日本 동경대학교 자원개발공학과 공학사
1982-1985년 일본광업사(Nippon Mining Co.Ltd.) 근무
1991년 日本 동경대학교 공학박사

현재 日本 동경대학교 기술경영학과 부교수
(E-mail : mogi@tmi.t.u-tokyo.ac.jp)