

의사결정의 최적화를 위한 환경·경제성 통합분석 -BEES 모델을 기초로-

정정만 · 이한경 · 정남철* · 방양진*

((주)에코프론티어, 한국가스공사*)

Integrated Environment & Economic Analysis for Optimization of Decision Making - Based on BEES Model -

Jungman Chung · Hankyoung Lee · Namchul Chung* · Yangjin Bang*

(Eco Frontier Co(www.ecofrontier.co.kr), Korea Gas Organization*)

ABSTRACT

In order to support decision making of energy related policies of government and industry, intergrated environment & economic analysis applying the BEES(Building for Environmental and Economic Sustainability, Lippiatt) model has been tried to simulate for finding the best alternatives of energy resources such as coal, oil, and LNG. To achieve this aim, LCA tool has been applied to the environmental analysis based on ISO14040's, while the unit price for generating 1GWh electricity including construction cost, operating cost, and fuel cost has been considered for the economic analysis. Integrated environment & economic analysis is based on the result of simulation according to relative weigting of environment and economic importance. As the result of research, LNG over thirty percent in environmental weighting(seventy percent in economic with regard to relative importance) is the best fuel resource for generating electricity, when the operating rate of power plant is the sixty percent. Furthermore, the higher environmental weighting in relative importance is, the better integrated environment and economic result to LNG power plant is.

Keywords : LCA, integrated environment and economic analysis, BEES model

요 약 문

정부, 공공기관 그리고 각종 산업체의 에너지원과 관련된 의사결정을 지원하기 위하여 1998년 Lippiatt의 BEES모형을 참고로 하여 액화천연가스, 석탄, 오일 등과 같은 에너지시스템의 환경·경제성의 통합분석을 시도하였다. 이때 환경성은 ISO14040's에 기반한 LCA기법을 활용하였고, 경제성은 건설비, 운전유지비, 연료비로 구성되는 발전단가를 기초로 하였다. 또한 환경·경제성의 통합분석은 환경성과 경제성의 상대적인 가중치에 따른 시뮬레이션분석을 기초로 하였다. 본 연구수행 결과 발전소 이용율을 60%로 가정했을 때, 액화천연가스는 환경가중치가 30%이상일 때" 가장 바람직한 에너지원으로 나타났다. 환경에 대한 가중치가 높아질수록 액화천연가스의 환경경제통합지수가 유리해지는 경향을 볼 수 있었다.

주제어 : LCA, 환경·경제 통합분석, BEES 모델

I. 서 론

에너지 시스템과 관련된 의사결정은 환경성, 경제성 등의 다양한 요소들을 포함하고 있다. 그러나 의

1) 통합분석은 환경성과 경제성의 상대적인 중요도를 다양하

게 적용한 시뮬레이션분석을 기반으로 수행되었는데, 이때 환경성의 중요도가 30%이상인 경우를 의미함

Table 1. Requirements for Comparability of Energy Systems

항 목	적용기준	액화천연가스	석 탄	오 일
제품시스템 의 정의	원료채취, 수송, 제조, 발전단계 까지 포함	채취(인도네시아), 수송, 생산 및 공급(가스공사), 발전(인천, 안양복합, 서 인천복합)	채취, 수송, 발전 (무연탄 : 영월, 동해, 역청탄 : 보령, 태안)	채취, 수송, 제조, 발전(여수, 평택)
기능 /기능단위 /기준호름	기능 : 발전 기능단위 : 전기1GWh 공통적용	기준호름 : 175.8Ton	기준호름 무연탄 : 674.67Ton 역청탄 : 363.36Ton	기준호름 중유 : 248.32kl
시스템경계	· 누적질량기여도분석 · 유해화학물질관리법에 의한 “유독물, 관찰물 질지정”에 수록된 물 질 재포함 · 에너지소비공정포함 · Upstream 데이터 의 유용성*	· 발전단계를 기준으로 누적질량기여도분석에 의해 Cut-off level 99.99%에 포함되지 않 는 물질의 상위공정은 제외시킴	· 발전단계를 기준으로 누적질량기여도분석에 의해 Cut-off level 99.99%에 포함되지 않 는 물질의 상위공정은 제외시킴	· 발전단계를 기준으로 누적질량기여도분석에 의해 Cut-off level 99.99%에 포함되지 않 는 물질의 상위공정은 제외시킴
데이터의 품질요건	· 시간적범위 · 지역적범위	· 채취: 1990~, 발전 1997~8 · 채취:동남아시아 발전:국내	· 채취:1990~, 발전 1998 · 채취:유럽 발전:국내	· 채취:1990~, 발전 1998 · 채취:유럽 발전:국내
영향평가	· CML방법론 동일적용	-	-	-

* Upstream 데이터의 유용성(availability of upstream data) : 투입물에 대한 시스템경계를 설정한다는 것은 그 투입물의 상위공정에 대한 데이터(투입물의 채취단계에서부터 제조단계까지)의 시스템경계 포함여부를 결정하는 것이며, 따라서 Upstream데이터의 유용성은 시스템경계설정에 상당한 영향을 미칠 수 있음. 본 연구에서도 이러한 조건이 반영되었으며, 이는 액화천연가스, 석탄, 오일시스템에 동일하게 적용된 기준임. 이때, Upstream데이터의 유용성을 고려해야 하는 물질은 미량 투입되는 보조물질로서, 모든 시스템에 누적질량기여도의 99.99%수준은 유지되도록 함. 즉, 누적질량기여도에서 99.99%안에 포함되는 물질중 Upstream의 추적이 불가능한 물질은 시스템경계에서 제외시키고, 그 대신 처음 제외되었던 물질중 Upstream 데이터를 추적할 수 있는 물질을 다시 시스템경계에 포함시켜 99.99%의 수준은 유지되도록 함.

사결정상에 있어 이러한 요소들은 각기 다른 기본 측정단위를 가지고 있기 때문에 통합된 하나의 지표로 고려되기는 매우 어렵다. 만약에 이러한 요소들이 하나의 지수로 통합될 수 있다면 의사결정자는 가장 환경적으로 바람직하면서도 경제성있는 대안을 선택할 수 있게 될 것이다.

이에 전세계적으로 환경성과 경제성을 통합적으로 분석할 수 있는 여러 가지 기법들이 개발되고 있는데, 가장 대표적으로 사용되어온 방법은 신고전경제학적인 접근으로 비용편익분석(Cost Benefit Analysis: CBA)을 들 수 있다. 이 분석방법에는 여러 가지 접근법이 있으나 대표적인 것으로는 환경영향정도를 이해관계자가 복구를 위해 필요하다고

생각하는 비용수준(Willing-To-Pay: WTP)으로 계산하여 환경성과 경제성을 통합하는 방법이라 할 수 있다. 그러나 이러한 접근방법들은 기본적으로 특정 시점에 특정 대상의 의견을 설문조사를 통하여 WTP 수준을 결정하는 것이므로 설문지의 시점이나 대상에 따라 결과의 일관성을 확보할 수 없는 등 객관성이 보장되지 않는다는 한계가 있다.

이러한 분위기 속에서 최대한의 객관성을 확보하기 위한 일환으로 미국통상산업부의 National Institute of Standards and Technology(NIST)와 응용경제청의 건물 및 화재조사연구실의 지원을 받아 Lippiatt가 1998년 4월에 발표한 Building for Environmental and Economic Sustainability

Table 2. LCA Results of Energy Systems.

영향범주	단위	액화천연가스	석탄	오일
지구온난화	kg CO ₂ equiv.	6.24E+05	9.71E+05	7.57E+05
산성화	kg SO ₂ equiv.	1.12E+03	4.20E+03	4.04E+03
부영양화	kg Phosphate equiv.	1.30E+02	2.51E+02	2.91E+02
광화학적산화물형성	kg ethene equiv.	1.45E+03	7.34E+02	5.97E+01
자원소비량	kg	2.16E+05	1.33E+06	3.24E+05
고형폐기물	kg	1.00+03	9.10+05	6.44+04

(BEES)는 최근 발표된 접근방법중 환경성과 경제성을 동시에 고려할 수 있도록 하는 모델을 제시하고 있다.²⁾

BEES 방법론은 기본적으로 다차원적(Multi-dimensional)이고 전과정적(Life-cycle)인 접근방법을 취하고 있다. 다시 말해서 이 모델은 시스템의 여러 가지 환경영향과 경제적 파급효과를 고려하고 있는데, 여러 가지 영향들과 전과정을 고려하는 것은 포괄적이고 균형있는 분석을 위해 매우 중요하다고 할 수 있다. 이에 본 연구에서는 이 모델을 에너지 시스템의 최적화 의사결정에 적용하여 액화천연가스, 석탄 그리고 오일에 대한 에너지시스템들간의 환경성과 경제성을 통합평가하여 “지속가능한 개발”을 실현하기 위한 가장 최적의 에너지시스템을 제시하고자 하는 한 예를 보여주고자 한다.

II. 에너지시스템의 환경성평가

BEES 모델에서의 환경성평가는 ISO14040's에 입각한 전과정평가를 기반으로 한다. 전과정평가는 제품 시스템의 전과정에 걸친 환경영향을 포괄적이며, 정량적으로 평가할 수 있도록 해준다. 이에 따라 본 연구에서는 액화천연가스, 석탄 그리고 오일 에너지 시스템에 대한 원료채취, 수송, 제조, 발전단계에 대한 환경데이터를 전기 1GWh를 기준으로 수집·계산하였다.

2) Barbara C. Lippiatt, “BEES1.0 Building for Environmental and Economic Sustainability, Technical Manual and User Guide”, NIST(National Institute of Standards and Technology) and Building and Fire Reserach Laboratory(1998).

이때 ISO14040, 5.1.2.4항에 따라 에너지시스템의 동등성을 보장하기 위하여 다음 항목을 동일하게 적용하도록 하였다.

이때 국내 석탄화력발전의 경우에는 국내 총 석탄화력발전소의 총전력량중 92%가 역청탄을 연료로 한 것이며, 나머지는 국내 무연탄을 연료로 하고 있는 점을 감안, 역청탄발전소로 분류되는 보령, 태안 발전소의 데이터에 92%를 적용하고, 무연탄발전소로 분류되는 영월, 동해 발전소의 데이터에 8%를 적용하여 최종 석탄화력발전소의 환경부하를 구하도록 하였다.

위와 같은 조건하에 각 에너지시스템별로 전과정 평가를 수행한 결과, 다음 Table 2와 같은 영향평가 점수(목록분석값 또는 특성화값)를 얻을 수 있었다.

이때 본 연구에 적용된 방법론과 데이터는 천연가스에너지시스템의 LCA연구결과는 덴마크공과대학 IPU연구소의 Bo. Weidema 박사로부터 ISO 14040's에 입각한 정밀검토를 받은 것을 참고한 것이며, 석탄 및 오일에너지시스템의 LCA연구결과는 산업자원부 “산업기술기반조성에 관한 보고서-한국형 환경영향평가지수(Eco-indicator)개발 1차년도 중간보고서”를 참고하였다.

III. 에너지시스템의 경제성평가

경제성평가는 BEES방법론에 의하면 ASTM의 전과정비용분석 기준에 따른다. 전과정비용분석이란 어떤 시스템의 전과정, 즉 원료채취에서 생산, 수송, 사용 및 폐기처리에 이르는 과정에서 발생하는 비용을 산출해내는 것을 말한다. 그러나 전과정비용분석

과 관련하여 전세계적으로 수용되고 있는 구체적인 적용방법이 없는 만큼 이 접근방법을 그대로 적용하기란 매우 어렵다. 특히 전과정비용분석은 관리회계의 차원에서 개발된 것이므로 표준화시켜 사용하는 데에도 문제가 있다. 왜냐하면 관리회계란 근본적으로 의사결정의 내용에 따라 그 적용방법을 다르게 활용할 수 있는 것이기 때문이다.

이에 따라 본 연구에서는 에너지시스템의 경제성 평가를 건설비, 운전유지비, 연료비를 종합한 발전 단가로서 평가하였다. 기준시점은 1999년 12월로 정하였으며, 기초자료 수집시점이 1999년 1월이기 때문에 (1+할인율 8%)를 곱해서 환산하도록 하였다. 환율은 1,100원/\$를 적용하였다. 이때 할인율 8%는 에너지부문 경제성평가 관련문헌을 볼 때 대부분 할인율 8%내외를 적용하는 것이 일반적인 방법이므로 본 연구에서도 8%를 적용하였다.

건설비, 운전유지비, 연료비에 대한 기초자료는 한국전력자료³⁾와 관련문헌자료⁴⁾로서, 경제수명은 한전자료, 에너지경제연구원자료, 열효율은 액화천연가스의 경우 Modern Power System Journal의 GE발전자료를 활용하여 60%로 가정하였다.

Table 3. The Lifetime of Power Plants

	액화천연가스	석탄	오일
한전자료	25년	30년	30년
관련문헌자료	30년	30년	30년

1. 건설비

건설비는 크게 나누어 순건설비와 건설이자로 구성되고 순건설비는 다시 직접비와 간접비로 구분된다. 직접비는 발전설비의 제작과 시공에 직접적으로 소요되는 비용을 말하고 간접비는 직접비를 제외한 기타 제비용을 말한다.

건설비는 발전량과는 관계없는 고정비이기 때문에 이용율이 증가할수록 건설단가는 하락하게 된다. 다

3) "에너지원별 경제성평가에 관한 세미나", 경북대(1999).

4) 경제수명 : 에너지경제연구원 연구자료(1994).

열 효율 : Modern Power System Journal(1997)에 의하면 GE Power Generation이 생산한 480MW설비의 열 효율은 60%임.

음은 한전자료와 관련문헌자료를 통해 건설단가를 비교한 표이다.

Table 4. The Unit Price of Construction in Different Energy Systems.

[단위 : 천원/년]

구분	액화천연가스	석탄	오일
한전자료	22,254,648	41,300,010	32,226,120
관련문헌자료	18,545,540	41,300,010	32,226,120

2. 운전유지비

운전유지비는 인건비, 수선유지비, 경비, 공통비, 일반관리비 등 발전소의 운전 및 보수에 소요되는 모든 비용이 포함되어 있다.

Table 5. The Items included in the Unit Price of Operation & Maintenance

인건비	급여 및 임금, 제수당, 잡비 등
수선유지비	설비경상보수비, 사육관리비, 비품수선비 등
경비	광고선전비, 교육훈련비, 원자력철거비 및 사후처리비, 연구개발비, 지역협력비, 제세/보험료 등
공통비	발생되는 발전원별 비용들 - 직접재료비를 제외한 운전유지비(인건비, 수선유지비, 경비)
일반비	발전원별 일반관리비 (공무비, 사무비, 통신비 등)

다음은 한전자료를 바탕으로 산출해 낸 연료별 운전유지비를 나타낸 것이다.

Table 6. The Unit Price of Operation & Maintenance in Different Energy Systems

[단위 : 천원/년]

구분	액화천연가스	석탄	오일
한전자료	33,697,296	53,382,240	37,298,880

3. 연료비

연료단가를 산정하는 과정은 연료비와 발열량 데이터를 조합하고 단위변환을 거쳐 발열량 단가를 산정한다. 발열량 단가를 연료단가(원/kWh)로 변환하기 위해서는 이용률과 소내소비율 자료가 요구되는

데 구체적인 변환식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} & \text{전력량단가(원/kWh)} \\ &= \frac{860.112(\text{Kcal/kWh}) \times \text{발열량단가(원/Gcal)}}{\text{열효율} \times (1 - \text{소내소비율})} \\ & \times \frac{1\text{Gcal}}{1,000,000\text{kcal}} \end{aligned}$$

식에서 860.112(Kcal/kWh)는 kWh의 단위를 Kcal로 변환하기 위한 항이고 ‘열효율’은 석탄과 오일발전의 경우 0.4(40%), 액화천연가스의 경우 0.49(49%)의 값을 갖는 항이다. 소내소비율은 앞서도 언급한 바와 같이, 발전소내에서 소비되는 전력의 비율로, 석탄발전의 경우 0.065, 오일의 경우 0.06, 액화천연가스의 경우 0.025의 값을 갖는다.

위와 같은 방식으로 계산한 결과는 다음표와 같다.

Table 7. The Unit Price of Energy Source in Different Energy Systems

[단위 : 원/kWh]

구분	액화천연가스	석탄	오일
한전자료	40.5	15.0	30.7
관련문헌자료	36.8	15.0	42.8

4. 경제성평가 결과

한전자료를 기준으로 경제성평가를 수행한 결과 (Fig. 1 참조), 발전소 이용률이 10%일 때에는 오일, 액화천연가스, 석탄의 순으로 경제성이 있는 것으로 나타났지만, 20%이상일 때에는 석탄, 오일, 액화천연가스의 순서를 유지하고 있음을 알 수 있다. 다른 관련문헌에서 통상적인 이용률을 65~80%로 가정하고 있다는 사실 등으로 미루어 볼 때 일반적인 이용률에서는 석탄, 오일, 액화천연가스의 순서로 경제성을 나타내고 있다고 결론지을 수 있다.

관련문헌자료를 기준으로 경제성평가를 수행한 결과(Fig. 2 참조), 모든 이용률 범위에 대해서 액화천연가스가 오일에 비해 경제성이 있는 것으로 나타났고 액화천연가스와 석탄과의 경제성은 20%정도를 기준으로 이보다 낮을 경우에는 액화천연가스가, 이보다 높을 경우에는 석탄이 경제성이 있는 것으로

나타났다.

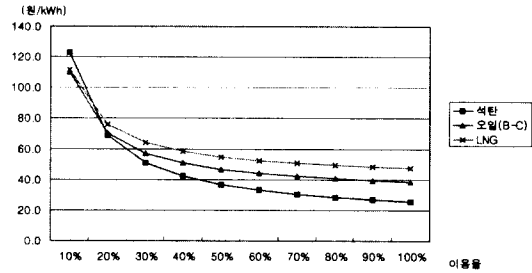


Fig. 1. The result of economic analysis - 1.

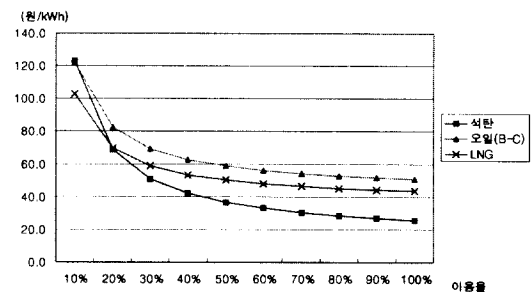


Fig. 2. The result of economic analysis - 2.

그러나, 이와 같은 결과를 그대로 현실에 적용하는 것에는 무리가 따른다. 현실적으로 본 연구에 사용된 자료가 공신력있는 기관에서 발표되었으나 신뢰성이 완전히 보장된 것이라고 보기에는 무리가 따르기 때문이다. 또한 사용된 데이터 및 가정들이 액화천연가스에 다소 유리하게 고려된 점을 감안할 때 현실에서의 경제성은 두 분석결과의 중간지점이라고 결론지어야 할 것이다.

IV. 환경 · 경제성 통합평가 결과

본 연구에서의 환경 · 경제성 통합평가는 BEES모델의 다중요인의사결정분석(Multiattribute Decision Analysis)⁵⁾을 기반으로 하였다. 다중요인의사결정분석이란 하나의 의사결정을 하는데 있어 환경성과 경제성과 같이 서로 다른 요인들을 고려하여야

5) "Standard Practice for Applying the Analytic Hierarchy Process to Multiattribute Decision Analysis of Investments Related to Buildings and Building Systems", ASTM(American Society for Testing and Materials) (1996)

하는 경우 적용하는 방법이다⁶⁾. 결국 이 방법은 환경성과 경제성의 서로 다른 요소를 최대한 객관성을 보장하면서 하나로 통합하기 위해 대안간의 환경성, 경제성을 비교한 수치를 이용함으로써 각각의 단위를 무차원화시킨다.

미국 환경보호청(EPA : Environmental Protection Agency)에서도 실행법(Executive Order) 12873(10/93) “연방 구매, 재활용 및 폐기물 예방(Federal Acquisition, Recycling, and Waste Prevention)”에 기반하고 있는 환경친화적구매(EPP : Environmentally Preferable Purchasing) 프로그램 차원에서 이미 이 방법을 적용한 BEES 방법론을 지원하고 있다.

다음 Fig. 3은 BEES방법론의 환경·경제성 통합 평가방법의 구조를 보여주고 있다.

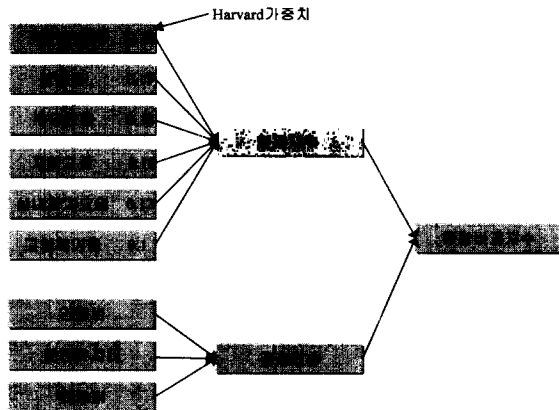


Fig. 3. The structure of integrated environment & economic analysis.

환경지수는 제2항에서 얻어진 영향평가점수를 다음과 같은 식에 의해서 전환한 값이며, 이 중 실내공기오염은 광화학적산화물형성에 영향을 미치는 휘발성유기화합물의 발생량을 적용한 것이다. 각 영향범주별 중요도는 1992년 Harvard(1992)⁷⁾의 연구결과

6) 구체적인 방법으로는 계층적 분석모형(AHP : Analytic Hierachy Process)이 있는데, 이는 전문가들에게 각 요인들의 중요성을 각 요소들간의 상대적 중요성으로 파악하여 이를 종합한 후 각 요인들의 중요도를 결정하는 방법임.

7) Vicki Norberg-Bohm et al, "International Comparisons of Environmental Hazards : Development and Evaluation of a Method for Linking Environmental Data with the Strategic Debate Management Priorities for Risk Management", Center for

에 계층적 분석모형을 적용해서 개발한 인자를 적용하였으며⁸⁾, 에너지시스템의 환경지수는 각 영향범주별 영향평가지수를 합한 값이다.

영향평가지수 $_{jk}$ =

$$\frac{\text{영향평가점수}_{jk} \times \text{영향범주별중요도}_k}{\text{Max}(\text{영향평가점수}_{1k}, \text{영향평가점수}_{2k}, \dots, \text{영향평가점수}_{mk})}$$

- 영향범주별중요도 $_k$: 영향범주 k 의 중요도(AHP결과)
- m : 시스템 대안의 수
- 영향평가점수 $_{jk}$: 영향범주 k 에 대한 대안 j 의 영향평가점수

$$\text{환경지수}_j = \sum_{k=1}^p \text{영향평가지수}_{jk}$$

- 환경지수 $_j$: 대안 j 의 환경성과점수
- p : 환경영향범주의 수
- 영향평가지수 $_{jk}$: 환경영향범주 k 에 대한 대안 j 의 영향평가지수

액화천연가스, 석탄, 오일 에너지시스템의 환경지수는 다음 Table 8과 같다.

Table 8. Environmental Index of Energy Systems

구분	액화천연가스	석탄	오일
환경지수	4.08E-01	1.32E+00	8.39E-01

경제지수는 제3항에서 조사한 건설비, 운전유지비, 연료비를 모두 합함으로써 얻어진다.

$$\text{총비용}_j = \text{건설비}_j + \text{운전유지비}_j + \text{연료비}_j$$

- 총비용 $_j$: 현재가치로 할인 된 대안 j 의 총비용
- 건설비 $_j$: 현재가치로 할인 된 대안 j 의 건설비용
- 운전유지비 $_j$: 현재가치로 할인 된 대안 j 의 운전

Science & International Affairs, John F. Kennedy School of Government, Harvard University(1992)

8) 여기서 사용한 Harvard 가중치는 국내 현실을 반영한 결과물이 아니므로 국내에 적용할 때에는 같은 결과가 나오지 않을 수도 있음을 감안해야 할 것이다.

유지비용

· 연료비_j : 현재가치로 할인 된 대안 j의 연료비용

환경 · 경제성 통합지수는 다음과 같이 정리될 수 있다.

$$\text{통합지수}_j = \frac{\text{환경가중치} \times (\text{환경지수}_j) + \text{경제가중치} \times \left(\frac{\text{총비용}_j}{\text{Max}(\text{총비용}_1, \text{총비용}_2, \dots, \text{총비용}_n)} \right)}{\sum \text{환경경제가중치}_1 + \sum \text{환경경제가중치}_2 + \dots + \sum \text{환경경제가중치}_n}$$

- 통합지수_j : 대안 j의 통합성과
- 환경가중치, 경제가중치 : 환경성과 경제성에 대한 가중치(환경가중치 + 경제가중치 = 1)
- n : 대안의 수
- ∑ 환경경제가중치_j : 환경가중치 × (환경지수_j)와 경제가중치 × (총비용_j / Max(총비용₁, 총비용₂, ..., 총비용_n))의 합

본 연구에서는 발전소의 이용률을 10%에서부터 100%까지 총 10가지로 적용하고, 환경성과 경제성의 중요도를 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50, 60:40, 70:30, 80:20, 90:10로 변환하면서 에너지시스템의 통합분석결과가 어떻게 변화되는지를 시뮬레이션을 통해 살펴보았다. 다음은 일반적인 이용률 60%시 에너지원별 환경 · 경제성 통합지수를 나타낸 것이다. Fig. 4는 한전자료를 기준으로 한 것이며, Fig. 5는 관련문헌자료를 기준으로 한 결과이다.

한전자료와 관련문헌자료를 기초한 두 가지 경우 환경가중치가 25%(관련문헌 기준) 혹은 30%(한전

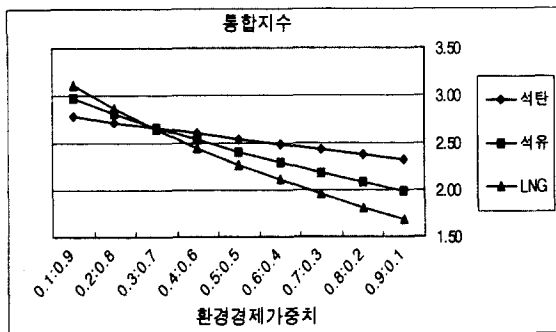


Fig. 4. Environmental & economic index of energy systems (utilisation ratio 60%) - 1.

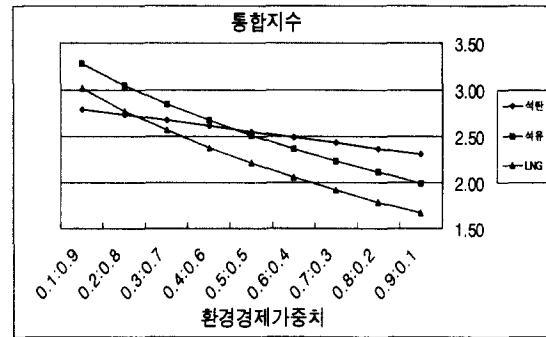


Fig. 5. Environmental & economic index of energy systems (utilisation ratio 60%) - 2.

자료 기준) 이상 일 때는 석탄, 오일에 비해 액화천연가스의 통합지수가 보다 바람직한 것으로 나타나고 있다. 즉 다시 말해 환경성과 경제성에 대한 중요도를 100으로 볼 때 환경성을 25~30% 이상만 생각해도 다른 연료에 비해 액화천연가스의 환경경제통합지수가 유리해지는 경향을 보이고 있다.

V. 결 론

본 연구에서 도출된 결론은 한전자료와 문헌자료를 기초한 두 가지 경우 모두 환경가중치가 30% 이상일 때 석탄, 석유를 사용한 발전보다 LNG를 이용한 통합지수가 보다 바람직한 것으로 나타난다. 즉 통상적인 발전소 이용률을 60%로 볼 때 발전을 위한 연료원의 선택을 위해 환경성과 경제성을 동시에 고려한 최적의 의사결정을 위해서 환경적측면의 상대적 중요도(경제적측면과 비교)를 30%이상 고려한다면, 다른 연료원(원자력은 제외 됨) 보다 액화천연가스를 이용한 발전소 가동율을 높이는 것이 국가적인 차원에서 최적의 의사결정이 될 수 있음을 본 연구를 통해 알 수 있다.

본 연구는 정부나 산업계의 에너지관련 환경정책 수립시 주요 고려요소가 될 수 있는 경제성과 환경성의 통합평가를 시도했다는 점에서 의의를 갖는다. 단, 현실에서 본 연구결과를 활용하기 위해서는 석탄, 오일, 액화천연가스 에너지시스템의 비교연구라는 점에서 데이터의 품질 및 방법론에 대한 동등성을 보장하기 위한 추가적인 노력이 부가적으로 요구

되며, 이의 직접적인 활용을 위해서는 분석에 사용된 데이터의 신뢰성에 보다 심도 있는 검토가 필요하다. 더불어 결과를 유도하기 위해 사용된 가중치는 국내 현실을 그대로 적용한 것이 아니므로 국내에 수정 없이 그대로 사용하기에는 다소 무리가 따를 수도 있음을 감안해야 할 것이다.

최근 정부 및 산업차원에서 기후변화협약, 에너지 관련 자발적협약, 환경경영체제, 제품환경성평가, 기업환경신용평가 등의 지속가능개발을 위한 환경이슈가 중요한 의미를 가지고 있는 시점에서, 에너지원의 환경·경제성을 동시에 고려한 의사결정의 최적화를 위한 방법으로 제시된 본 연구는 하나의 초석으로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- 1) Barbara C. Lippiatt, "BEES1.0 Building for Environmental and Economic Sustainability, Technical Manual and User Guide", NIST (National Institute of Standards and Technology) and Building and Fire Reserach Laboratory(1998).
- 2) "에너지원별 경제성평가에 관한 세미나", 경북대 (1999).
- 3) "Standard Practice for Applying the Analytic Hierarchy Process to Multiattribute Decision Analysis of Investments Related to Buildings and Building Systems", ASTM(American Society for Testing and Materials)(1996).
- 4) Vicki Norberg-Bohm et al, "International Comparisons of Environmental Hazards : Development and Evaluation of a Method for Linking Environmental Data with the Strategic Debate Management Priorities for Risk Management", Center for Science & International Affairs, John F. Kennedy School of Government, Harvard University(1992).
- 5) "천연가스 전과정 환경영향평가(LCA)기술용역 최종 보고서", 한국가스공사(1999).
- 6) ISO14040 Environmental Management - Life Cycle Assessment - General Principle(1997).