

전력 구조 개편에 따른 환경 영향 평가 및 경제적 분석을 위한
DECADES 데이터 베이스 구축 및 활용

오 영 진, 노 재 형, 김 발 호, 전 영 환, *박 중 배
홍익대학교, *건국대학교

DECADES database implementation and application for the enhanced electricity system
analysis methodology in the restructured electricity industry

Young-Jin Oh , Jae-Hyung Noh , Balho H. Kim , Yeong Han Chun , *Jongbae Park
Hongik University, *Konkuk University

Abstract - The key objectives of this study are to develop the enhanced electricity system analysis methodologies and decision making process applicable to the analysis of the energy policies, especially the renewable energy policy, through surveying the recent trend and relevant study results. This study utilizes DECADES model, a comparative assessment tool developed by IAEA, and suggests a way to establish DECADES database required to make it applicable to Korean electricity system analysis. For this, a survey on the existing database of various organizations is performed. A case study on the economic and environmental impact of renewable energy is made using DECADES model.

DES는 기존의 전원계획용 프로그램들(WASP, EGEAS)과는 달리 환경에 대한 기능이 대폭적으로 강화된 것으로, 신재생에너지원을 비롯한 신기술의 DATA BASE 구축과 동태적 해석에 유용하게 상용될 수 있는 프로그램이다. 이 프로그램을 기초로 하면, 전력부문의 규제완화 및 환경 규제에 따른 전력신기술의 경제성 분석이 보다 심층적으로 이루어질 수 있다.

우선, DECADES 프로그램의 활용에 필요한 데이터 베이스의 종류에 대해 알고 보고 실제적인 데이터 베이스 통합의 의의와 전체 에너지 체인 데이터 베이스 구축의 한계를 살펴본다, 또한 데이터 베이스를 기반으로 프로그램을 사용하여 얻을 수 있는 이상적 경제/환경 영향분석 결과를 제시한다.

1. 서 론

2.1 Database 구축 현황 및 한계

전력산업의 경쟁도입은 에너지시장에 막대한 영향을 미칠 것으로 판단된다. 특히, 환경친화적인 대체에너지원 및 신기술의 전력시장 진출에 막대한 영향을 미칠 것으로 예상된다. 이는 경쟁적 전력시장에 상당 수준 접근한 영국, 미국 등의 국가에서 이미 관찰되고 있으며, 이러한 선진국들은 현재 대체에너지기술의 지속적인 도입을 위하여 에너지정책, 경제성 분석 기법 등 새로운 제도의 개발에 관한 적극적인 연구를 수행하고 있다. 따라서 우리나라도 전력산업 구조개편이 대체에너지기술에 미치는 영향에 대하여 체계적인 분석을 수행할 필요가 있으며, 특히, 경쟁적 전력시장에서 대체에너지 기술 도입에 대한 체계적인 분석, 국가의 에너지 정책 및 기후변화협약 대응 차원에서 적극적인 검토가 필요하다. 그러므로, 대체에너지기술 및 기존의 전력기술 간 경제성 분석/비교, 환경영향 평가 등을 위해서는 이러한 각 기술에 대한 국내·외의 기술적/경제적/환경적 데이터 베이스를 구축하는 것이 우선되어야 한다. 이러한 데이터 베이스 구축은 우리나라의 에너지정책, 환경정책 및 기술개발 정책 수립에서 가장 중요한 부문이며, 이를 기초로 각 기술의 경제성 평가, 환경영향 평가 등을 분석할 수 있는 Package/Tool이 필요하다. 본 논문에서는 이러한 요구에 부응하여 발전기술의 경제성/환경영향을 종합적으로 비교평가 하는 DECADES 프로그램에 대한 소개와 프로그램 수행을 위한 데이터 베이스 조사 진행 상황 및 전력정책, 대체에너지 정책 등의 분석에 활용할 수 있는 이상적 결과 도출 형태를 제시함으로써, 진보된 분석 절차, 방법론, 이를 활용하기 위해 요구되는 정보와 의사결정체계 구축을 위한 기반을 마련하고자 한다.

DECADES에서 각 국가별 데이터 베이스는 CSDB(Country Specified Database)로 구성되며, RTDB(Reference Technology Database)에 있는 자료는 참고자료로 활용한다. 기본 데이터베이스인 에너지원, 구성물질, 에너지기술 등은 CSDB 데이터 베이스의 기본요소이며, 발전설비나 에너지체인을 생성할 때 다양한 조합으로 함께 구성되어진다. 그러므로 에너지관련 설비, 연료물질, 환경기준 등의 포괄적인 목록 작성과 데이터 베이스 수립이 필요하며, 구축된 자료는 DECADES 프로그램의 데이터 베이스로 활용될 뿐만 아니라 여러 가지 모델에 사용될 수 있는 유연성 높은 자료이다.

에너지원 데이터 베이스는 고체 연료, 가스 연료, 액체 연료, 우라늄, 재생 가능 에너지(바이오매스, 태양열, 수력, 풍력 등) 각각의 발열량, 수분, 원소 성분, 회 성분 등을 조사한다. 다음은 특성자료 일부를 표로 나타낸 것이다.

표 1. 사용 연료의 특성자료 (일부)

특성자료		단위
물리적	총 발열량 (HHV)	MJ/kg
	순 발열량 (LHV)	MJ/kg
	순 발열량 (LHV)	MJ/m3
	밀도	g/cm3
공업분석	밀도	kg/m3
	수분	wt %
	휘발분	wt %
	고정 탄소	wt %
	회분	wt %

2. 본 론

에너지원에 관한 자료는 이미 조사된 상태이다.

구성물질 데이터 베이스는 설비의 수명기간동안에 사용되어지는 모든 물질, 특히 설비건설 제작 등에서 사용

현재 IAEA에서 개발중인(시제품 완성) DECADES 프로그램은 IAEA에서 개발한 장기발전자원 DB 및 최적화 프로그램으로, 각 발전자원별 국내/국제 DB 구축 및 각 자원별 ENERGY-CHAIN 개념을 활용하고 있다. DECA

되어지는 에너지와 관련수산물(시멘트, 철근, 철합금 등 설비건설에 사용되어지는 모든 물질)을 생산하기 위해 발생되는 환경관련 배출물도 함께 고려한다. 이는 에너지사원의 전주기 동안에 발생되는 모든 환경배출물을 고려해 환경분석 측면에서 정확한 평가가 가능하기 때문이다. 환경 분석의 범주는 물질생산과정에서 발생하는 방출량, 온실효과, 산성비, 오존 파괴 등이다. 현재까지는 환경배출물에 대한 정량적인 분석이 이루어지지 않고 있으며, 비용 측면에서도 고려되지 않았기 때문에 대안평가에서 정확한 비교평가가 이루어지지 않고 있다. 이를 보완하기 위하여 구성물질 데이터 베이스 구축이 필요하다. 경제적 분석을 위한 비용 자료 조사는 용이하나 환경 자료 조사는 어려운 실정이다.

에너지 기술 데이터 베이스는 1차 에너지원 추출에서 최종적인 폐기물처리까지 에너지 체인 전과정에 사용되어진 모든 에너지관련 공정을 제공한다. 연료수송기술, 발전기술, 환경제어기술, 폐기물 수송 및 처리기술의 기술, 경제, 환경 세 부분에 대한 특성자료를 조사한다. 에너지체인 데이터 베이스는 에너지체인 구조, 에너지 체인 단계, 각각의 연결 상태, 각 단계별로 사용되어진 설비에 대한 정보, 수송거리, 연료처리 등을 위해 소요되는 인도 및 지연시간 등과 같은 특수 정보가 필요하다. 또한 전체 발전 체인(천연자원 상태에서부터 소비자에게로의 수송까지)에서의 에너지와 물자의 흐름, 오염물질 배출, 폐기물 발생을 분석한다. 이 방법을 사용함으로써 유사한 대안들의 경제성, 물자 소요량, 환경 측면을 비교 분석할 수 있다. 이 분석은 에너지 체인을 구성하는 설비의 운전, 건설과 관련된 소요량과 영향에 초점을 맞추고 있지만, 건설 자체의 생산 등과 관련된 '2차 효과'를 제외한다. 그러나 1차 효과만을 고려한다는 제약 조건이 있다라도 연료 운송중인 차량, 건설 주변의 환경오염 물질 배출량에 대한 조사는 어렵다. 아래 그림은 일반적인 표준 에너지 연료체인의 단계를 자세히 보여준다.

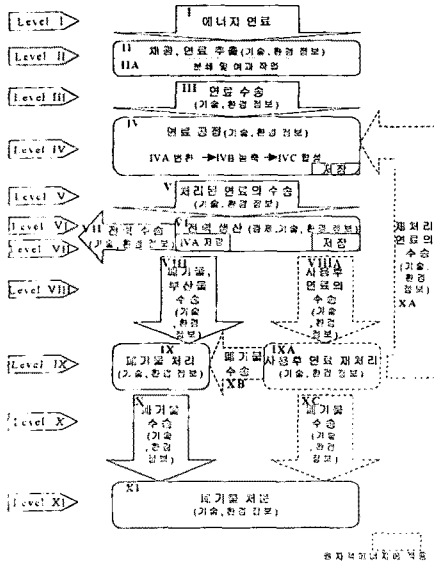


그림 1. 일반적인 표준 에너지 연료체인의 단계

2.2 DECADES를 이용한 경제/환경 영향분석

2.2.1 발전설비별 분석

발전 설비 대안을 정확하게 분석하기 위해서는 전체 에너지 체인을 고려한 비교평가가 이루어져야한다. 전력의

확장을 위한 자원후보 설정이 이루어진 후, 연간 에너지 생산비용, 균등화 에너지 생산비용, 공기오염물질 배출, 폐기물 및 토지사용 등의 평가와 대안별 비교가 가능하다. 수집한 데이터 베이스 입력 후 DECADES 프로그램으로 수행한 결과는 다음과 같다. 아래 그림 2는 분석 대안으로 선택된 발전 설비에 대한 특성자료(총출력량, 예방정비, 연간 발전량 등)를 요약한 것이다. C500와 C800은 석탄 화력 발전소, CC4H는 LNG 발전소, N10H와 N13H는 원자력 발전소이다. 발전기 특성은 다음 그림에서도 동일하게 적용된다. 그림 3은 발전기별 설비이용률을 0~100%까지 변화할 경우에 연간생산비용의 변화를 그래프로 나타낸 것이다. 간단히 그래프를 살펴보면 CC4H(LNG 발전기)가 설비 이용률이 낮을 때는 타 발전기에 비해 낮은 비용으로 운전 가능하지만 설비 이용률이 증가함에 따라 비용이 급격히 증가함을 보임으로써 발전기 특성을 잘 나타내고 있다. 그림 4는 단위 전력당 환경오염물질 배출 계수를 나타낸 것으로 비교 사항을 선택한 부분적인 비교가 가능하다. 여기서는 CO2, NOx, SOx만을 선택하여 비교하였다.

	C500	C800	CC4H	N10H	N13H	
1. Technical						
Rated Capacity (MW)	500	800	450	1000	1300	
Output Capacity (MW)	250	400	130	500	1170	
Equivalent Full Power	hr/yr	7446	7446	5256	7446	
Forced Outage	%	5.2	5.3	5.9	5.1	5.2
Scheduled Maintenance	hr/yr	40	48	46	50	60
Unit Spinning Reserve	%	10	10	10	10	10
Heat Rate - Average (Btu/kWh)		2007	1916	1512	2103	2185
Heat Rate - Min. Load (Btu/kWh)		2407	2226	1819	2428	2427
Particle Removal Efficiency	%	99.8	99.8	99.8	99.8	99.8
SO ₂ Inherent Control	%	10	10	10	10	10
NO _x Inherent Control	%	0	0	0	0	0
Ash Inherent Control	%	20	20	20	20	20
HCl Inherent Control	%	90	90	90	90	90
HF Inherent Control	%	91	91	91	91	91

그림 2. 발전설비 특성자료 비교

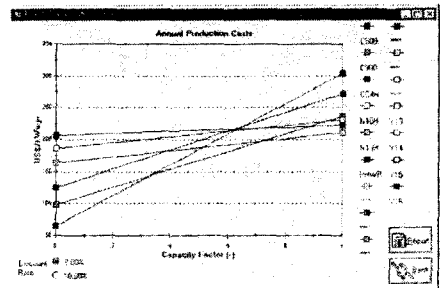


그림 3. 연간 생산 비용

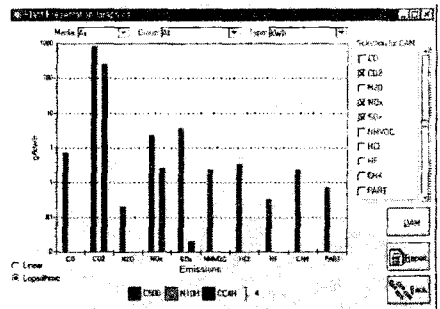


그림 4. 단위 전력당 환경오염 물질 배출 계수

2.2.2 연료체인 분석

발전 설비별 분석만으로는 환경영향에 대한 고려가 불충분하다고 할 수 있다. 에너지체인에서 CO₂ 배출의 주요인은 화석연료 발전소의 사용이지만, 건설 또는 폐기단계에서 평가되는 환경배출물도 비교평가를 수행하는데 있어서 중요성을 가지고 있다. 다양한 발전 대안의 전력 생산에 따른 연료체인의 분석으로, 사용연료의 채광 및 추출에서부터 사용 후 폐기물 처리까지 발전에 관련된 전체 연료체인을 분석한다. 이 분석에서는 각 단계별 연료와 폐기물의 이동경로, 소요 및 발생량, 전력생산에 따른 균등화비용 등을 산정하며, 공기오염물질 배출량, 온실가스 배출량, 폐수 배출량, 고체폐기물 발생, 토지사용 등과 같은 환경영향물질에 대한 정량적인 분석을 수행한다. 전기, 연료, 건설과 철거에 사용되는 자재 등과 같은 보조물질의 사용에 따른 환경 영향도 포함한다. 그림 4 내의 표는 직접, 간접, 사용재료, 전체 환경 배출량을 나타낸 것으로 여기서는 직접 배출량만을 계산하였다. 그래프는 그 내용을 나타낸 것이다.

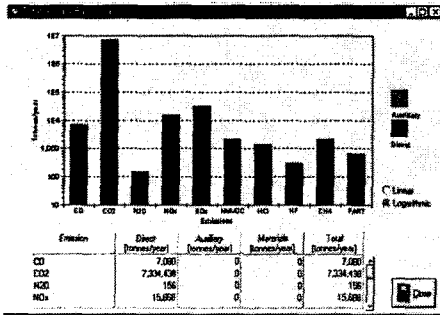


그림 4. 총 연간 배출량

2.2.3 전체 시스템 분석

본 단계는 전력생산 시스템의 환경을 고려한 최소비용 확장계획을 수립하거나 견고성이 높은 장기 최소비용 개발계획을 위한 특별한 사업을 분석하기 위해 사용된다. 확장계획 최적화에는 설비투자비, 운전유지비용, 연료비용, 연료재고비용, 공급지장비용 등이 고려되고, 장기전력수급계획 전략에 대한 탐색분석을 빠르게 수행할 수 있으며, 전체 시스템 수요를 만족하는 발전자원 에너지체인 조합(Mix)의 비교분석이 가능하다. 다음은 분석 결과이다. 그림 5는 해마다 연료 종류에 따른 각각의 총 발전량이다. 2002년 이후는 우라늄보다 석탄을 이용하여 발전할 것으로 예상된다.

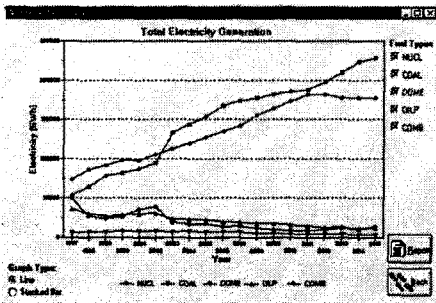


그림 5. 연도별 총 발전량

그림 6은 해마다 최적의 발전을 하기 위한 연료 사용량의 변화이다.

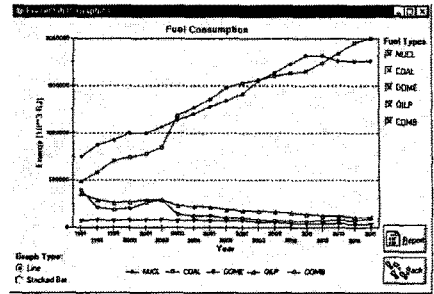


그림 6. 연도별 연료 사용량

3. 결 론

국내에서 경제성과 환경영향 등 다양한 사회적 목표를 동시에 고려하기 위한 에너지 자원 비교 평가의 기술 개발은 매우 취약한 실정이다. 특히 에너지 체인에 대한 데이터베이스의 미비가 합리적인 에너지 정책 수립과 대체에너지 보급에 가장 큰 장애 요인이다. 따라서, 보다 합리적이고 효율적인 에너지 정책 수립과 대체에너지 보급 확대를 위해서는, 경제성과 사회성을 동시에 고려할 수 있는, 즉 사회 효용을 최대화하는 해를 찾아 낼 수 있는 진보된 에너지 자원 비교 분석 방법론의 개발이 현실적으로 매우 중요하다. 또한, 신재생에너지원을 중심으로 한 전력신기술 및 기존의 전력기술 사이의 경제성 평가/비교는 에너지정책 및 장기 에너지효율 기술의 개발 정책 수립에서 가장 중요한 요소이다. 그러므로 발전자원간 비교 평가(비용, 환경, 보건 등) 및 데이터베이스 구축이 용이한 DECADES 프로그램의 활용이 적극 검토되어야 한다. 그러나 데이터 베이스 구축에 필요한 자료는 에너지원에 관한 자료만 확보된 상태이며, 다른 자료에 대한 조사 진행은 어려운 상태이다. 특히 설비건설 제작 등에서 사용되어지는 에너지와 관련된 구성물(시멘트, 철근, 철합금 등 설비건설에 사용되어지는 모든 물질)의 특성 자료, 1차 에너지원 추출에서 최종적인 폐기물처리까지 에너지 체인 전과정에서 필요로 하는 환경 특성 자료 확보는 설비 건설, 수송, 처리 등에 대한 자료 조사가 어려운 상황이며, 타 기관과의 긴밀한 협조가 요구된다. 위에 보여진 결과는 시범 국가 자료로 결과물 도출한 것으로 현재 조사하고 있는 데이터가 확보된다면 그와 유사한 결과를 도출하여 각 데이터에 대한 비교·평가가 가능할 것으로 예상된다.

[참 고 문 헌]

- [1] IAEA, "Enhance electricity system analysis for decision making-A reference book, 2000,
- [2] IAEA, "Health and Environmental Impacts of electricity generation systems", 1999
- [3] IAEA, "DECADES Tools User's Manual for Version 1.0", 2000
- [4] 임재규, "국내 CHG 감축을 위한 정책포트폴리오에 대한 연구", 2001
- [5] 전기연구소, "전력기술 및 경제정보 체계화를 위한 DECA DES/TAG 구축 연구", 1999
- [6] 한국전력공사 환경관리처, "연료, 연소관리 업무편람", 1998
- [7] S.S. "33 Impact of environmental factors on the economic evaluation of renewable energy alternative generation" Devgan
- [8] 김발호, 박종배, "전력산업 구조개편에 따른 대체에너지 기술 도입 정책, 환경 영향 평가 및 경제적 분석에 관한 연구" 에너지 관리공단, (진행중)