

長期 에너지 需給體系化 研究 (Long-term Energy Systems Otimization Study)

全 豊

ABSTRACT

In order to recommend future national policy directions on energy supply and consumption and to suggest energy technological priorities to be developed, comprehensive energy models have been developed through this study in a sense of strategic and systematic approach.

The "energy input-output model" has been formulated to analyze the mutual impacts between energy consumption patterns and industrial structures and to calculate energy intensities of industrial sectors.

The long-term energy demands to the year 2000 were forecasted by using multi-regressional method and the optimal energy flow balances for five-year interval have been studied by using the "energy linear programming model" being took full account of interfuel substitutability and technolgy.

1. 序 論

우리나라는 1962년 이래 성공적인 經濟發展을 통하여 年平均 GNP실질 성장율은 10% 이상의 高度成長을 기록하였으며 이는 에너지 産業部門의 주도적인 역할에 의하여 이룩되었다.

그러나 1973년말 "石油波動"은 우리나라를 비롯한 세계의 經濟에 일대 위기를 몰고온 바 있으며, 최근에 겪었던 "이란 事態"를 비롯하여 앞으로 다가올지도 모를 또 다른 "에너지위기"에 적절히 대처할 수 있도록 에너지資源의 安定確保가 중요한 과제로 대두하게 되었다. 따라서 여기서는 高度의 經濟成長과 국민생활 向上維持 그리고 점차 深化되고 있는 에너지 需給사정의 硬直性에 적절히 대처할 수 있도록, 長期 에너지 需給·流通構造 分析에 관한 模型들을 개발 또는 활용하여 국가 에너지政策 수립의 기초를 제공하고자 한다.

本 研究에서 고려한 시기 2000년까지의 에너지源은 化石에너지인 石炭, 石油, 가스; 原子力에너지인 輕水爐, 重水爐, 高速增殖爐; 自然에너지인 薪炭, 水力, 揚水, 太陽熱, 風力, 潮力 등이다.

2. 研究方法

가. 과거의 에너지 需給構造를 분석하기 위해서 "에너지 I/O模型"을 개발 국내 全體産業을 18개 部門으로 분류하여 에너지强度 등을 산출하였다. 이 模型은 經濟學에서의 産業聯關模型을 변형하여 설정한 것으로서 각 産業部門간의 상호연관성을 고려하므로써 각 部門別로 直接에너지의 소비만이 아니라 原材料의 생산을 위하여 소비된 에너지를 나타내는 間接에너지까지도 감안할 수 있다. 이의 중요한 결과는 각 部門의 單位生産當 소요되는 直·間接에너지 量을 나타내는 에너지强度이다.

나. 에너지需要 豫測은 部門別豫測과 總量豫測으로 구분할 수 있으며, 여기서는 2000년까지의 에너지需要를 國民所得과 人口增加와 상관관계를 유도하여 多元回歸 分析法을 이용한 總量豫測方法으로 國民所得의 增加率에 따라 5개 案으로 豫測하였다(그림 1 참조).

다. 이와 같이 예측된 에너지需要를 적절히 供給할 수 있도록 "에너지 L/P模型"을 설정하여, 國內資源開發의 程度에 따른 4개의 案을 설정하여(그림 1 참조) 2000년까지 5년간격으로 需給 및 流通構造를 분

* 韓國原子力研究所

석하였다.

이 모델은 에너지源의 相互代替性を 고려하여 最適의 에너지流通構造를 구하기 위한 것으로 본 연구에서는 에너지源別 供給能力下에서 最終消費의 有效 에너지량을 충족시켜 주면서 에너지源의 代替에 의해 總에너지 供給량을 최소화하도록 설정하였다.

라. “에너지 L/P模型”은 直接에너지만을 대상으로 한다. 따라서 間接에너지까지 고려하여 最適에너지流通構造를 구하기 위하여 “에너지 I/O模型”과 “에너지 L/P模型”의 장점들을 살릴 수 있는 “에너지 I/O 最適化模型”을 개발하였다. 이는 “에너지 I/O模型”을 直接 L/P化한 방법과 “에너지 I/O模型”과 “에너지 L/P模型”을 통합하는 방법의 두가지로 설정하였다. 이의 결과로서 에너지節約型 産業構造 및 最適에너지 流通構造를 구하였다.

마. 이들 모델의 聯關係를 살펴보면 그림 2와 같다.

에너지需要 성장률(%)	씨나리오				
	1	2	3	4	5
4차 기간('77- '81)	10.3	10.3	9.3	10.3	10.3
5차 기간('82- '86)	10.3	10.3	9.3	9.8	9.3
6차 기간('87- '91)	10.3	10.3	9.2	9.2	8.2
7차 기간('92- '96)	10.2	9.4	9.2	8.7	7.2
8차 기간('97- 2001)	10.2	9.1	9.2	8.2	6.1

流通分析前提	씨나리오			
	A	B	C	D
國內資源開發	中	大	大	大
石油依存度	大	中	大	中
原子力發電	大	大	中	小
有煙炭輸入	中	中	大	中
利用技術開發	中	中	中	大
新에너지開發	小	小	小	小

그림 1. 長期에너지 需給流通分析 씨나리오

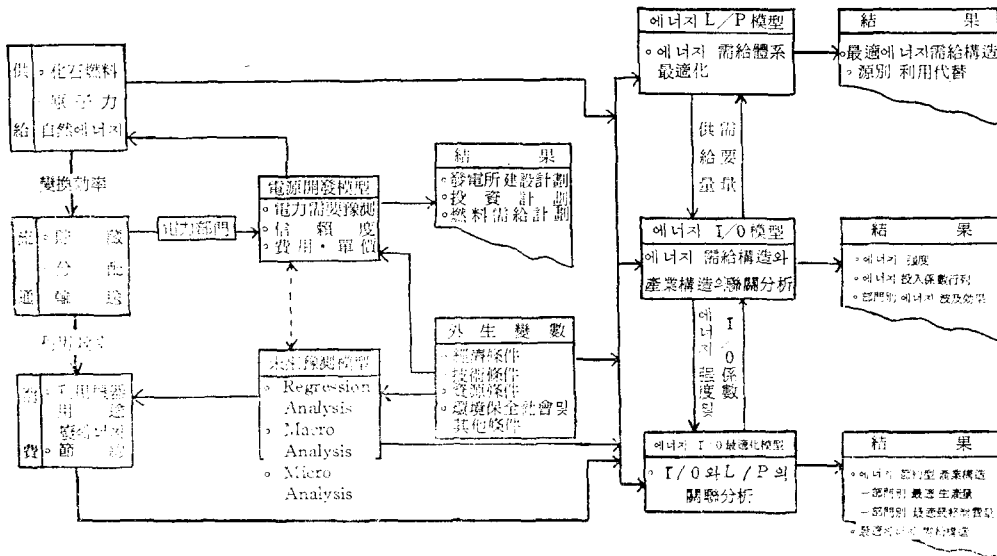


그림 2. 에너지需給 流通構造 體系化 흐름도

3. 結果 分析

가. 에너지消費 現況

(1) 우리나라 에너지 消費實績을 總에너지 측면에서 살펴보면, 1955년의 15,984천톤(1천은 無煙炭換算

5,100Kcal 基準)에서 1960년에는 18,509천톤으로 약 1.16배; 1965년에는 23,755천톤으로 1.5배; 1970년에는 38,876천톤으로 2.4배; 그리고 1975년에는 54,169千噸으로 3.4배의 增加를 나타내었다.

(2) 1人當 消費 측면에서 보면, 1955년도를 基準으로 할 때, 1960년에 1.0배; 1965년에 3.2배; 1970년에 1.6배; 1975년에 2.1배로 각각 增加하였으며, 이와 같이

1人當 消費가 增加한 要因은 1人當 GNP의 急上昇과 産業生産의 增大에 있다고 보겠다.

(3) 薪炭을 제외한 石炭, 石油類消費는 工業發展과 國民所得水準의 向上에 따라 1955년의 3,288천톤에서 1960년에 6,562천톤으로 2배 增加하였고, 이러한 趨勢는 加速化되어 1975년까지 每 5년마다 2배 이상의 增加(年平均 40% 增加)를 시현하여 에너지消費의 급격한 伸張을 나타내었다.

(4) 1975년 현재 에너지消費 現況을 보면, 石炭이 16,910천톤으로 總에너지의 31.2%를 占하였고, 石油는 29,728천톤을 消費하여 總에너지의 54.9%, 水力은 925천톤으로 1.8% 및 薪炭은 6,706천톤으로 12.4%의 比重을 각각 나타내었다.

(5) 1975년의 에너지 用途別 消費構成을 보면, 産業用이 19,190천톤으로 28.0% : 發電用은 8,480천톤으로 14.4% : 輸送用은 7,747천톤으로 12.8% : 住居 및 商業用은 21,056천톤으로 35.3% 그리고 其他用이 5,689천톤으로 9.5%를 나타내었다.

나. 에너지 強度 分析

(1) 産業聯關模型을 이용하여 “에너지 I/O模型”을 設定하였는 바 이 模型에 의해 각 部門別 單位 生産當 所要되는 直·間接에너지 양을 나타내는 에너지 強度(Energy Intensity)를 계산할 수 있다.

(2) 18個 部門으로 分類된 産業構造에 “에너지 I/O模型”을 적용하여 구한 1970, 1973, 1975년도에 대한 에너지 強度는 표 1과 같다. 이 표에는 生産제품을 열량단위로 환산할 수 있는 에너지 生産부문은 單位 熱量 生産當 所要에너지로, 열량단위로 환산할 수 없는 非에너지 生産부문은 單位 金額生産當 所要에너지로 에너지 強度를 나타냈다.

(3) 非에너지 生産部門에서 에너지 強度가 큰 産業部門은 年度에 관계없이 金屬工業, 非金屬工業, 運輸 및 保管, 化學工業, 機械工業, 建設業 등이며, 각 年度사이에 그 순위는 거의 變化가 없다. 이는 산업기술 상에서 큰 變동이 없었음을 의미한다.

(4) 單位 生産當 所要되는 直接에너지가 많은 부문이 에너지 強度” 역시 큰 편이나, 機械工業과 建設業은 直接에너지 消費는 적지만 直接에너지 消費가 더 많은 其他 鑛業보다도 에너지 強度는 더 크다. 이는 에너지를 많이 消費하는 金屬工業製品을 이들 부문에서 原材料로 사용하기 때문이며, 에너지 절약방안 연구에서 에너지 強度가 중요한 量이 됨을 의미한다.

(5) 에너지 強度를 이용함으로써, 最終消費 抑制 措

은 에너지 代替에 의한 에너지 절약형 産業構造 연구를 위한 “에너지 I/O最適化 模型”을 설정할 수 있다.

표 1. 産業部門別 에너지 強度

産業部門		年 度		
		1970	1973	1975
單位		10 ⁷ Kcal/ 10 ⁷ Kcal	10 ⁷ Kcal/ 10 ⁷ Kcal	10 ⁷ Kcal/ 10 ⁷ Kcal
에너지 生産 部門	1 石炭鑛業	1.02	1.02	1.02
	2 石油製品	1.06	1.07	1.04
	3 事業用電力	2.39	2.22	2.73
	4 薪炭	1.00	1.00	1.00
	5 石炭製品	1.13	1.06	1.10
	6 自家發電	2.96	4.60	2.46
單位		10 ⁷ Kcal/ 백만원	10 ⁷ Kcal/ 백만원	10 ⁷ Kcal/ 백만원
非 에 너지 生 産 部 門	7 運輸 및 保管	13.49	10.21	5.13
	8 其他鑛業	4.32	3.94	2.03
	9 農林漁業	2.41	2.20	1.18
	10 食品工業	3.55	2.72	1.61
	11 纖維工業	5.85	4.32	2.78
	12 化學工業	13.14	10.54	5.47
	13 非金屬工業	15.08	8.81	6.17
	14 金屬工業	12.66	5.99	5.15
	15 機械工業	7.54	4.43	2.88
	16 其他製造業	5.09	3.64	2.33
	17 建設業	7.46	4.70	2.92
	18 서비스 및 其他	2.79	2.04	1.05

다. 에너지源別 需給展望

(1) 계속 증가될 에너지需要를 적절히 공급하기 위하여, 국내資源을 최대한로 개발해야 하고, 石油, 有煙炭, 우라늄, 天然가스등의 수입資源의 多元化를 기해야 할 것이다. 씨나리오 2-A의 경우에 대한 에너지 需給展望은 표 2와 같다.

(2) 原子力發電의 비중은 1981년의 1.7%에서 2000년에는 전체에너지 供給量의 20% (電力에너지의 70%) 정도를 공급하게 됨으로서 주요한 에너지源이 될 것이며 爐型은 輕水爐와 重水爐로 多元化함으로서 核燃料 週期の 安定체제를 확립해야 할 것이다.

(3) 石油는 점진적으로 전체에너지 중에서, 供給率을 낮출 수 있도록 發電用으로 사용을 급하고 重化學工業의 效率의인 육성에 사용되도록 추진되어야 할 것이다.

(4) 發電 및 製철용으로 有煙炭 輸入이 증대되어, 2000년에는 10%이상의 비중을 차지하게 될 것이다.

國內 無煙炭 供給은 일정 수준이상의 供給은 점차 어려워질 것이며 80년대 부터는 輸入이 漸增되어야 할 것이다.

(5) 薪炭供給 비중은 점차 감소되어 갈 것이며, 供給量은 일정 수준을 유지하게 될 것이다.

(6) 水力資源은 최대한 개발토록 추진되어야 하고, 尖頭負荷用으로 揚水發電所의 건설이 계속되어야 하겠

다.

(7) 石油 및 無煙炭 燃料의 代替를 위해서 天然가스의 供給比重을 증대해야 할 것이다.

(8) 潮力, 風力, 太陽熱 이용을 위해 開發投資를 해야 할 것이지만 2000년까지 전체에너지에서 차지하는 供給比重은 微細할 것이다.

표 2. 에너지源別 需給 展望(2-A의 경우)

單位: 無煙炭換算 千屯

年 度	1975	1981	1986	1991	1996	2000
에너지源						
石 炭	18,460	28,600	47,023	72,322	95,050	121,899
增加率(%)	(9.0)	(7.6)	(10.5)	(9.0)	(5.6)	(6.4)
構成比(%)	(30.8)	(29.5)	(29.3)	(28.4)	(22.9)	(20.6)
石 油	33,971	61,247	89,247	128,173	208,748	297,302
增加率(%)	(10.2)	(10.32)	(7.8)	(7.5)	(10.2)	(9.2)
構成比(%)	(56.7)	(63.3)	(55.6)	(50.4)	(50.2)	(50.2)
가스類			739	8,030	17,264	30,790
增加率(%)	—	—	(—)	(61.1)	(16.5)	(15.6)
構成比(%)			(0.5)	(3.2)	(4.2)	(5.2)
水 力	826	1,147	2,184	2,248	2,265	2,265
增加率(%)	(1.2)	(5.6)	(13.7)	(5.8)	(0.2)	(0.0)
構成比(%)	(1.4)	(1.2)	(1.4)	(0.8)	(0.6)	(0.4)
原子力		1,670	16,129	40,619	83,885	122,507
增加率(%)	—	(—)	(57.4)	(20.3)	(15.6)	(9.9)
構成比(%)		(1.7)	(10.1)	(16.0)	(20.2)	(20.7)
薪 炭	6,706	4,165	3,448	1,874	1,804	1,786
增加率(%)	(△3.4)	(△7.6)	(△3.7)	(△11.5)	(△0.8)	(△0.3)
構成比(%)	(11.2)	(4.3)	(2.2)	(0.7)	(0.4)	(0.3)
潮 力			923	1,124	4,823	10,720
增加率(%)	—	—	(—)	(0.4)	(33.8)	(22.1)
構成比(%)			(0.5)	(0.4)	(1.2)	(1.8)
太陽熱					1,678	2,978
增加率(%)	—	—	—	—	(—)	(15.4)
構成比(%)					(0.4)	(0.50)
風 力						1,786
增加率(%)	—	—	—	—	—	(—)
構成比(%)						(0.3)
電 力(GWH)	16,630	43,170	78,634	131,921	222,916	316,747
增加率(%)	(18.4)	(17.2)	(12.7)	(10.9)	(11.1)	(9.2)
總에너지	59,963	96,828	160,547	254,390	415,517	592,032
增加率(%)	(9.0)	(8.3)	(10.6)	(9.6)	(10.3)	(9.3)
構成比(%)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)

註: ① 電力은 電力量基準임.

② 소수점 이하는 반올림하였으므로 總에너지量에는 약간의 차이가 있음.

③ 源別 및 總에너지量은 비에너지 및 輸出量도 포함되었음.

라. 用途別 需給 展望

(1) 經濟開發 5個年 計劃에 따른 지속적인 經濟成長

에 따라 에너지의 消費패턴이 電力需要가 급증하는 패턴으로 轉換하게 되었다. scenario 2-A의 결과(표 3 참조)를 분석하면 에너지 流通構造中 電力의 비중은

1975년에 전체에너지 중 14.4%에 불과하였던 것이 1981년에는 23.5%를 차지하고 2000년에는 27.9%를 점유할 것으로 전망된다.

(2) 産業用은 1975년의 28.0%에서 1991년에는 38.3%로 크게 상승하고 그 이후는 어느정도 안정세를 보여 1996년에 37.3%, 2000년에 35.9%의 비중을 차지할 것으로 展望된다.

(3) 輸送用的 비중은 1981년의 10.1%에서 2000년에는 16.9%로 크게 상승할 전망이다.

(4) 民需用의 비중은 國民生活水準의 향상에도 불구하고 1975년의 35.3%에서 2000년의 13.4%로 저하될

전망이다. 이는 電力用, 産業用 및 運輸用的 에너지需要가 民需用의 에너지需要보다 상대적으로 급상승하고 있기 때문이다. 이와같이 에너지需要構造가 民需用 중심으로 부터 産業用 중심의 需要패턴으로 轉換될 것으로 전망된다.

(5) 其他用은 輸出 및 非에너지用을 합한 것으로 전체에너지에 대한 비중은 2000년에는 5.9%로 점점 저하될 것으로 전망된다.

(6) 씨나리오 2-A에 의한 最適値의 결과를 이용하여 작성한 2000년도의 에너지流通構造圖는 그림 3과 같다.

표 3. 用途別 需給 展望(2-A의 경우)

單位：無煙炭換算 千屯

用途別	年度	1975	1981	1986	1991	1996	2000
産業用		16,784 (28.0)	32,398 (33.5)	57,936 (36.1)	97,468 (38.3)	154,936 (37.3)	212,317 (35.9)
發電用		8,665 (14.4)	22,704 (23.5)	41,635 (25.9)	68,721 (27.0)	115,895 (27.9)	164,957 (27.9)
輸送用		7,672 (12.8)	9,822 (10.1)	21,606 (13.5)	40,151 (15.8)	67,108 (16.2)	100,094 (16.9)
民需用		21,157 (35.3)	22,980 (23.7)	26,852 (16.7)	30,322 (11.9)	51,153 (12.3)	79,031 (13.4)
其他用		5,684 (9.5)	8,923 (9.2)	12,788 (7.8)	17,728 (7.7)	26,425 (6.3)	35,672 (5.9)
總 에너지		59,962 (100.0)	96,827 (100.0)	160,547 (100.0)	254,390 (100.0)	415,517 (100.0)	592,031 (100.0)

註：① 其他用에는 輸出과 非에너지用이 포함되어 있음.

② ()안은 構成比임.

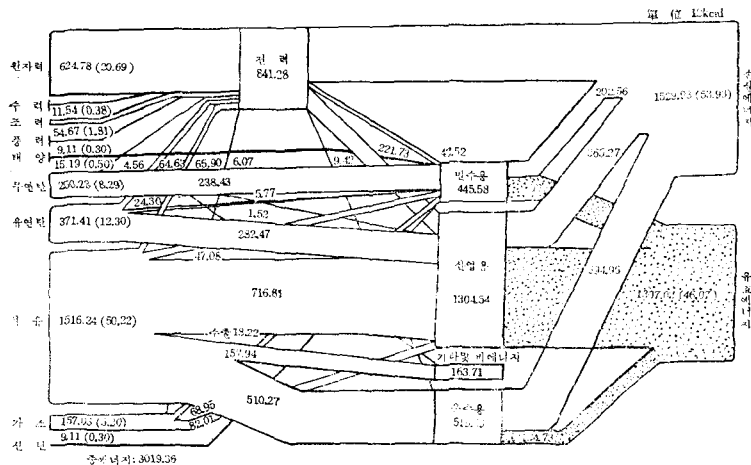


그림 3. 우리나라 에너지 流通 構造圖(2000년도)