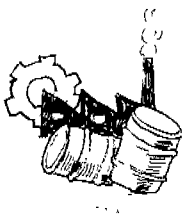


에너지節約! 節電!
지금 國家는
貴下의 도움을 必要로
하고 있습니다.

長期에너지需給体系



전 품 일
 (韓國原子力研究所에너지室長)

1. 序 論

우리나라는 1962년 이래 성공적인 經濟發展을 통하여 年平均 GNP 실질 성장율이 10% 이상의 高度成長을 이룩하였으며, 이는 에너지産業部門의 주도적인 역할에 의하여 이루어진 것으로 볼 수 있다.

그러나, 1973년말 '石油波動'은 우리나라를 비롯한 世界經濟에 일대 위기를 준 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 있는데 도움을 주고자, 長期에너지 需給 模型들을 開發 또는 活用하여, 서기 2,000년까지의 長期에너지 需給展望을 분석하였으며, 여기서 고려한 에너지 資源은 化石에너지인 石炭, 石油, 天然가스, 原子力發電, 自然에너지 資源인 薪炭, 水力, 揚水, 太陽熱, 風力, 潮力 등이다.

2. 研究方法

(1) 과거의 에너지 需給構造를 분석하기 위해서 'I/O 模型'을 개발, 국내 全体産業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 상호 연관성을 고려함으로써 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 부문의 單位生産當소 요되는 直·間接에너지량을 나타내는 에너지强度이다.

(2) 과거 20年間の 實積資料를 토대로, GNP 증가 및 人口增加率에 따라 多元回歸分析法를 이용하여, 서기 2,000년까지 에너지 總需要를 5個案([그림 1] 참조)으로 예측하였다.

(3) 에너지 需要를 적절히 供給할 수 있도록 '에너지 L/P 模型'을 설정하여 2,000년까지 5년 간격으로 4개의 流通構造를 설정 하였으며 이러한 السين리오(Scenario)는 [그림1]에 보이는 바와 같다. 이 模型은 에너지源의 相互代替性을 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 有効 에너지量을 충족시키 주면서 에너지源의 代替에 의해 總에너지供給量을 최소화하도록 설정하였다.

이의 결과로서 節約型 最適에너지 流通構造를 구하였다.

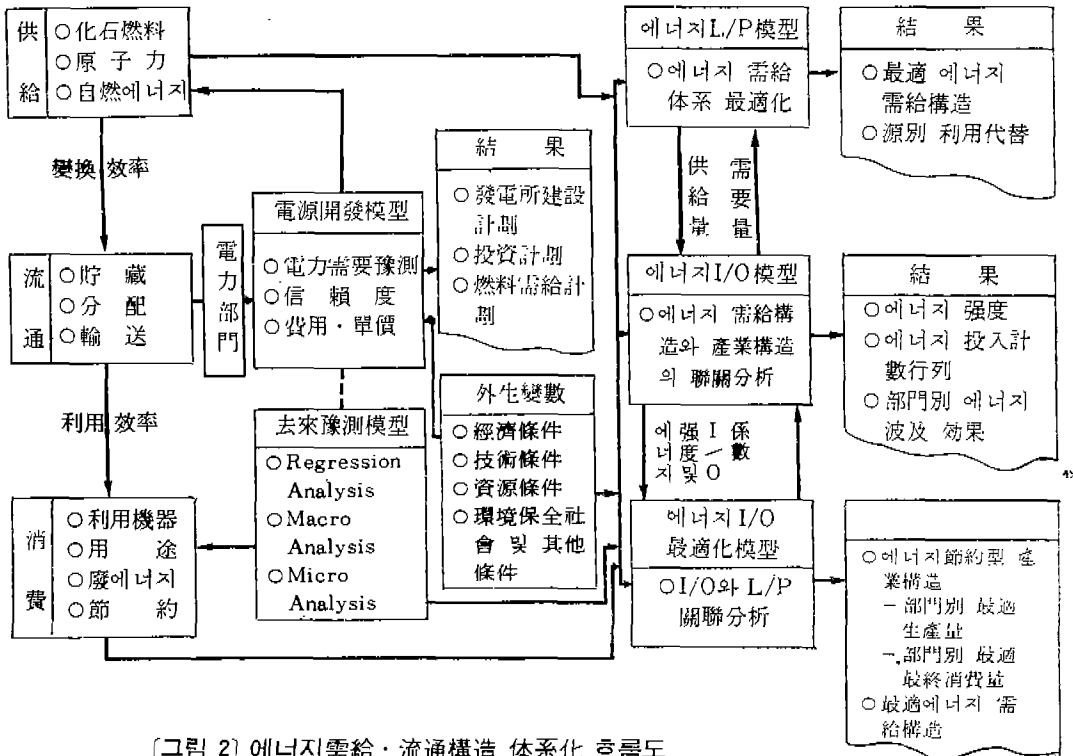
(4) '에너지 L/P 模型'은 直接에너지만을 대

상으로 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 살

[그림 1] 長期에너지 需給流通分析 السين리오

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

السين리오 流通分析前提	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 2] 에너지需給·流通構造 体系化 흐름도

릴 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 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.

(5) 長期電源開發計劃에 관한 WASP (Wien Automatic System Planning Package)模型을 이용하여 原子力發電所의 導入 爐型別에 따른 5개 案의 계획을 수립하고 각 案에 대한 核燃料週期費 등을 比較分析하였다.

(6) 이들 模型의 聯關關係를 살펴보면 [그림 2]와 같다.

3. 結果分析

(1) 에너지消費 現況

● 우리나라 에너지消費實績을 總에너지 측면에서 살펴보면, 1955년의 15,984천톤(1톤은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 54,169천톤으로 3.4배의 增加를 나타내었다.

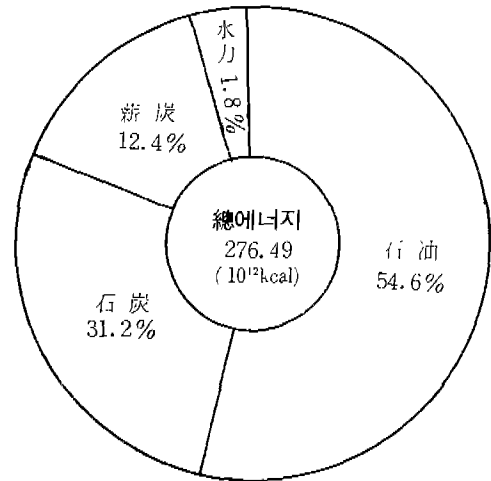
● 1人當 消費 측면에서 보면, 1955년도를基準으로 할 때, 1960년에 1.5배, 1965년에 3.2배, 1970년에 6.4배, 1975년에 9배로 각각 增加하였으며, 이와 같이 1人當 消費가 增加한 要因은 1人當 GNP의 急上昇과 産業生産의 增大에 있다고 보겠다.

● 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 1975년 까지 每5년마다 2배 이상의 增加(年平均 40%

增加)를 示現하여 에너지消費의 급격한 伸張을 나타내었다.

● 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([그림 3] 참조).

● 1975년의 에너지 用途別 消費構成을 보면, 産業用이 19,910천톤으로 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 5,686천톤으로 9.5%를 나타내었다.



에너지源	熱量 (10 ¹² kcal)	에너지源	熱量 (10 ¹² kcal)
石炭	86.47	薪炭	34.20
石油	151.61	水力	4.21

[그림 3] 源別 消費量 · 構成比(1975年度)

(2) 에너지 強度 分析

● 産業聯關模型을 이용하여 '에너지 I/O模型'을 設定하였는바, 이 模型에 의해 각 部門別 單

位 生産當 所要되는 直・間接에너지량을 나타내는 에너지強度(Energy Intensity)를 계산할 수 있다.

● 18個 部門으로 分類된 産業構造에 ‘에너지 I/O 模型’을 적용하여 구한 1970, 1973, 1975 년도에 대한 에너지強度는 [표 1]과 같다. 이 표에는 생산제품을 열량단위로 환산할 수 있는 에너지 생산부문은 單位 熱量 生産當 所要에너지로, 열량단위로 환산할 수 없는 非에너지 생산부문은 單位 金額 生産當 所要에너지로 에너지強度를 나타냈다.

● 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 변화가 없다. 이는 산업기술상에서 큰 변동이 없었음을 의미한다.

● 單位 生産當 所要되는 直接에너지가 많은 부문이 에너지強度도 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.

● 에너지強度를 이용함으로써, 最終消費 抑制 혹은 에너지 代替에 의한 에너지절약형 産業構造 연구를 위한 ‘에너지 I/O 最適化 模型’을 설정할 수 있다.

(3) 總에너지 需要 展望

● 에너지需要 豫測은 部門別豫測과 總量豫測으로 구분할 수 있으며, 여기서는 에너지需要

[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 에너지 生産 部門	7	運 輸 및 保 管		13.49	10.21	5.13
	8	其 他 鑛 業		4.32	3.91	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	서 비스 및 其 他		2.79	2.04	1.05

를 國民所得과 人口增加와 상관관계를 유도하여 多元回歸分析法를 이용하여 후자의 方法으로서 2,000년까지 5개 案으로 豫測하였다(〔그림 4〕 참조).

- 第1案은 1981년에 513×10^{12} kcal, 1986년에 837×10^{12} kcal, 1991년에 $1,365 \times 10^{12}$ kcal, 1996년에 $2,015 \times 10^{12}$ kcal, 2,000년에 $3,272 \times 10^{12}$ kcal로 豫測되었다.

- 第2案은 1991년까지는 第1案과 동일하고 1996년에 $1,941 \times 10^{12}$ kcal 및 2,000년에 $3,037 \times 10^{12}$ kcal로 豫測되었다.

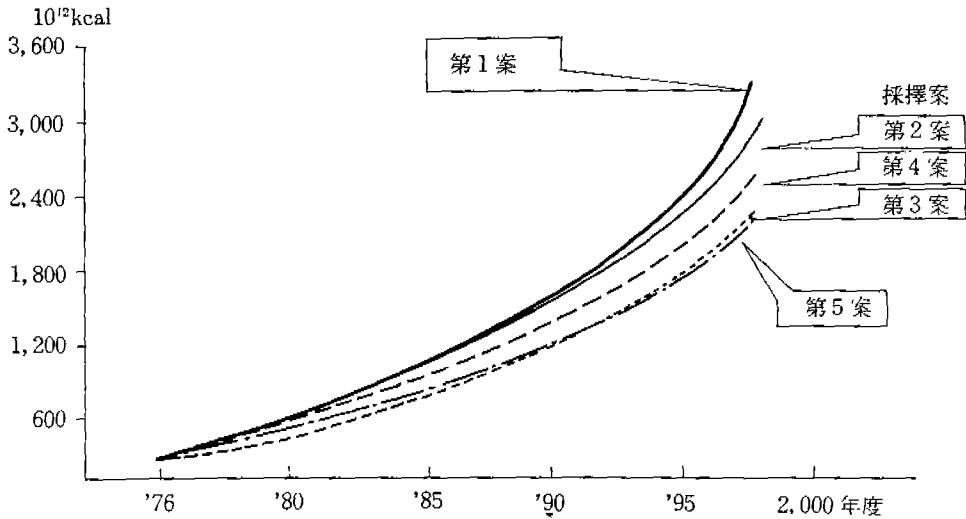
- 第3案은 1981년에 489×10^{12} kcal, 1986년에 762×10^{12} kcal, 1991년에 $1,186 \times 10^{12}$ kcal, 1996년에 $1,842 \times 10^{12}$ kcal, 2,000년에 $2,617 \times 10^{12}$ kcal로 豫測되었다.

- 第4案은 1981년에 513×10^{12} kcal, 1986년에 818×10^{12} kcal, 1991년에 $1,272 \times 10^{12}$ kcal, 1996년에 $1,930 \times 10^{12}$ kcal, 2,000년에 $2,641 \times 10^{12}$ kcal로 豫測되었다.

- 第5案은 1981년까지 第1案과 동일하고, 1986년에 799×10^{12} kcal, 1991년에 $1,095 \times 10^{12}$ kcal, 1996년에 $1,562 \times 10^{12}$ kcal, 2,000년에 $2,123 \times 10^{12}$ kcal로 豫測되었다.

- 5개 案에 대해 5個年 經濟開發 期間別 에너지需要 增加率을 살펴보면 [표 2]와 같다. 第1, 3案은 각 기간동안 에너지需要 增加率이 거의 동일한 趨勢를 나타내고 있는 반면에, 第4, 5案은 각 기간이 경과함에 따라 점차 增加率이 低下되고 있다. 여기서는 第2案을 채택하여 에너지流通構造 最適化 연구에 직접 이용하였다.

〔그림 4〕 總에너지 需要 展望



〔표 2〕 5個年 經濟開發計劃 期間別 에너지需要 增加率

(單位: %)

案 / 計劃期間	1	2	3	4	5
第4次 5個年計劃('76~'81)	10.3	10.3	9.3	10.3	10.3
第5次 5個年計劃('82~'86)	10.3	10.3	9.3	9.8	9.3
第6次 5個年計劃('87~'91)	10.3	10.3	9.2	9.2	8.2
第7次 5個年計劃('92~'96)	10.2	9.4	9.2	8.7	7.2
第8次 5個年計劃('97~2001)	10.2	9.1	9.2	8.2	6.1

(4) 에너지源別 需給展望

● 계속 증가될 에너지需要를 적절히 공급하기 위하여, 국내資源을 최대로 개발해야 하고, 石油, 有煙炭, 우라늄, 天然가스 등의 수입資源의 多元化를 기해야 할 것이다. 씨나리오 2-A의 경우에 대한 에너지 需給展望은 [표 3]과 같다.

● 原子力發電의 비중은 1981년의 1.7%에서

2,000년에는 전체에너지 供給量의 20%(電力에 너지의 70%) 정도를 공급하게 될으로써 주요한 에너지源이 될 것이며, 爐型은 輕水爐와 重水爐로 多元化함으로써 核燃料週期の 安定體制를 확립해야 할 것이다.

● 石油는 점진적으로 전체에너지중에서의 供給率을 낮출 수 있도록 發電用으로 使用를 減하고 重化學工業의 效率的인 用途에 使用되도록 추진되어야 할 것이다.

[표 3] 에너지源別 需給 展望(2-A의 경우)

單位：無煙炭換算千屯

	1975	1981	1986	1991	1996	2000
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	89,207	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)
가 스 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)	(0.2)
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	16,630	43,170	78,634	131,921	22,916	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.

● 發電 및 제철용으로 有煙炭, 輸入이 증대되어, 2,000년에는 10% 이상의 비중을 차지하게 될 것이다.

● 國內 無煙炭 供給은 일정 수준이상의 供給은 점차 어려워질 것이며, 80년대부터는 輸入이 漸增되어야 할 것이다.

● 薪炭供給 비중은 점차 감소되어갈 것이며, 供給量은 일정 수준을 유지하게 될 것이다.

● 水力資源은 최대한 개발토록 추진되어야 하고, 尖頭負荷용으로 揚水發電所의 건설이 계속되어야 하겠다.

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

● 潮力, 風力, 太陽熱 이용을 위해 開發投資를 해야 할 것이지만 2,000년까지 전체에너지에서 차지하는 供給比重은 微細할 것이다.

(5) 用途別 需給 展望

● 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.

● 씨나리오 2-A의 결과(표 4) 참조)를 분

석하면 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.

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

● 輸送用의 비중은 1981년 10.1%에서 2000년에는 16.9%로 크게 상승할 전망이다.

● 民需用의 비중은 國民生活水準의 향상에 도 불구하고, 1975년의 35.3%에서 2000년의 13.4%로 저하될 전망이다. 이는 電力用, 産業用 및 運輸用의 에너지需要가 民需用의 에너지需要보다 상대적으로 급상승하고 있기 때문이다. 이와 같이 에너지需要構造가 民需用 중심으로부터 産業用 중심의 需要패턴으로 轉換될 것으로 전망된다.

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

[표 4] 用途別 總에너지 需給 展望

單位：千屯(無煙炭換算)

用途別	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 (7.0)	26,425 (6.3)	35,672 (5.9)
總 에 너 지	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.

● 시나리오 2-A에 의한 最高值의 결과를 이용하여 작성한 2000년도의 에너지流通 構造圖는 [그림 5]와 같다.

(6) 長期 電源開發計劃

● 電源開發計劃을 수립하기 위해서는 需要特性, 供給信賴度 보장을 위한 適正 豫備率, 發電所 형태별 建設費, 資本費率, 燃料 및 運轉維持費, 건설공기, 효율 및 사고율 등을 고려하여, 基底負荷 또는 尖頭負荷로 負荷를 구분하여 發電所의 系統投入方案을 설정하는 것이 바람직하다.

● 電源開發計劃을 수립하기 위하여 개발된 模型은 많이 있으나 여기서는 WASP에 의한 방법을 사용하였다.

● 電力事業計劃 수립에는 8~10년 정도의 事前調查期間(Lead Time)을 고려하여야 하는바, 1986년까지는 政府의 推進計劃을 인용하였다.

● 1987년부터 2000년까지 고려한 發電形態는 500MWe의 復合火力, 500MWe 및 900MWe의 石油火力, 500MWe 및 900MWe의 石炭火力, 900MWe 및 1,200MWe의 原子力發電 그리고 尖頭負荷用 揚水發電을 고려하였다.

● 經濟性 및 燃料의 安定確保面에서 고려된 2000년까지의 計劃은 [표 5] 및 [그림 6]과 같으며, 潮力發電과 LNG發電은 포함하지 않았으나, 앞으로 고려해야 할 것이다.

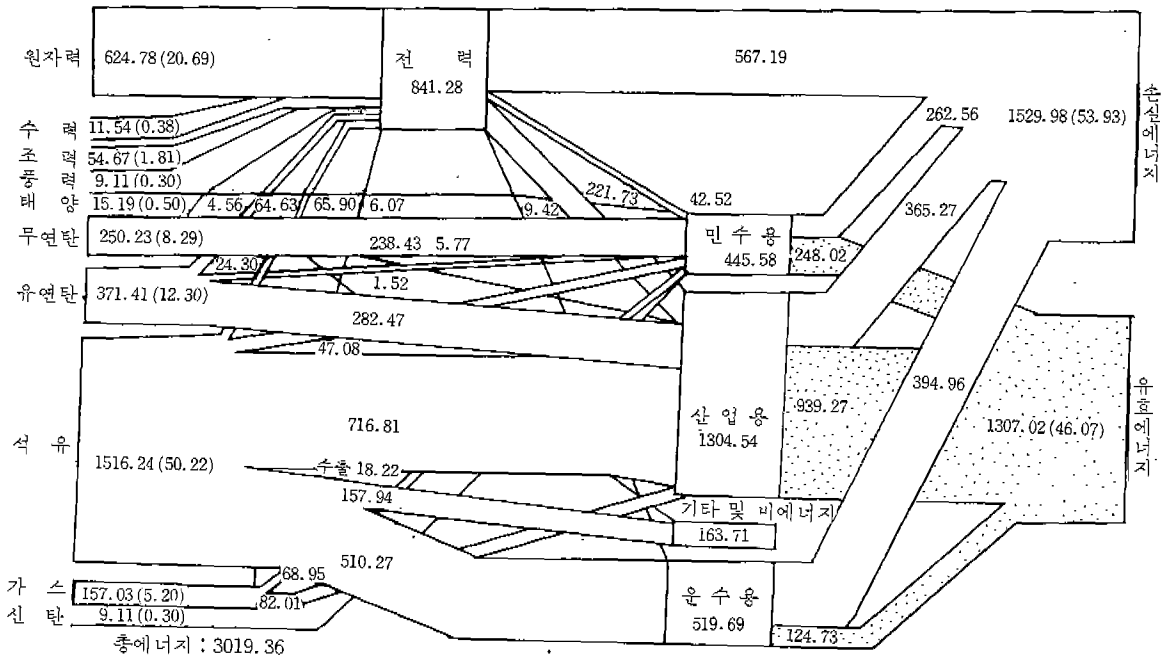
● 2000년까지의 原子力發電所 建設計劃은 總 44機로 全体發電施設容量의 61%에 해당되며, 原子爐型 및 核燃料 供給源은 多元化하도록 추진되어야 하겠다.

● 燃料資源 확보를 위해서는 가능한 한 長期契約에 의한 購入과 國內外 資源開發에 힘써야 하겠다.

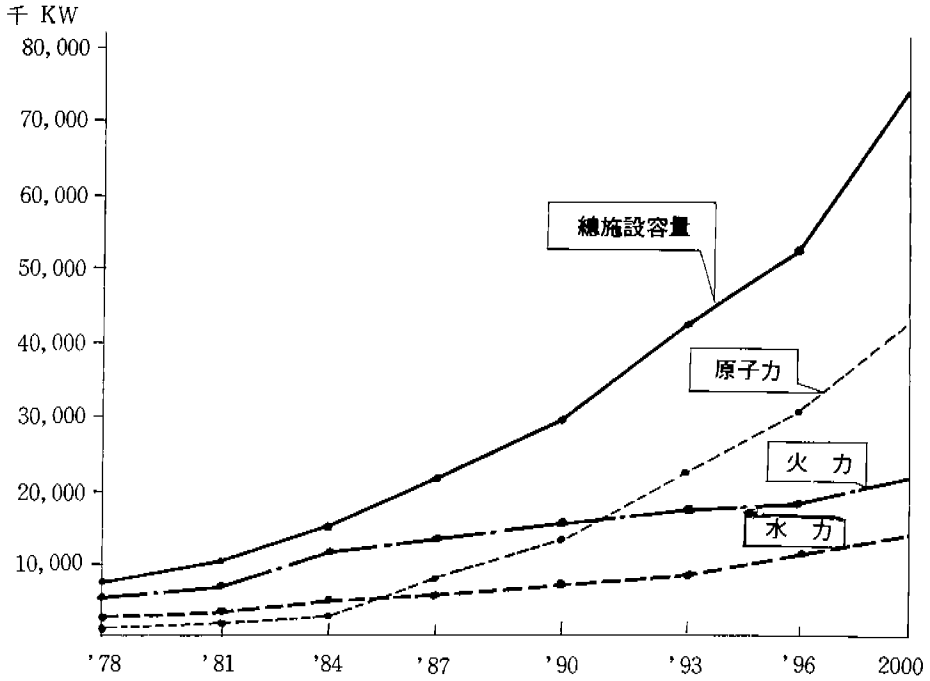
● 加급적 同--數地에 몇 機씩 年次的으로 建設함이 바람직하다.

(單位 : 10²kcal)

[그림 5] 우리나라의 에너지流通 構造圖(2000년도)



[그림 6] 長期電源開發計劃



[표 5] 燃料種類別發電所施設容量

年 度	水 力		揚 水		石 油		石 炭		原 子 力		計
	MW	%	MW	%	MW	%	MW	%	MW	%	
1977	711	12	-		4,471	77	608	11	-		5,790
1981	802	8	400	3	7,453	74	883	9	587	6	10,125
1986	1,605	8	1,400	7	10,061	49	1,104	5	6,416	31	20,586
1991	1,605	5	3,000	9	10,061	29	3,404	10	16,616	47	34,686
1996	1,605	3	5,000	9	11,781	21	6,234	11	30,716	56	55,336
2000	1,605	2	8,600	11	12,131	16	8,184	10	47,516	61	78,036

