

# 에너지節約 研究事例 産業構造의 改善에 의한



尹昌求

〈韓國科學技術院 化學工程研究室長〉

## ◇ 에너지 施策의 問題點

국내 부존자원이 부족하여 대부분의 에너지를 해외로부터 수입하고 있는 우리나라에서 에너지 다소비형 공업구조의 개선을 통하여 국가적으로 에너지를 절약하려는 국내 연구노력을 몇 가지 소개함으로써 이와 같은 원천적 합리화 가능성을 제시하는 것이 본 발표의 목적이다.

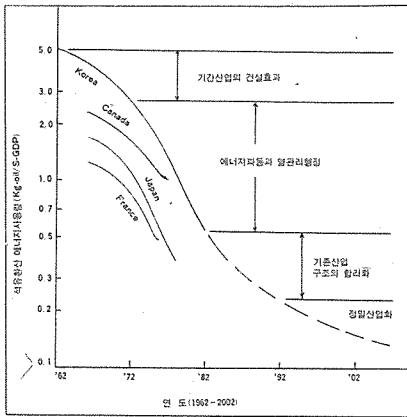
〈그림 1〉에 보인 것은 국민 총생산당국내 에너지 소비의 지난 20년간 실적과 앞으로 20년만에 대한 예측이다. 여기에서 지난 '60년대의 에너지 절약은 주로 기간산업의 건설효과로 보이며 '70년대의 절약은 에너지 가격의 앙등과 이에 대처하기 위한 정부와 주요 기업체들의 열관리 노력의 결과로 보인다. 그러나 이 방법도 이제는 한계에 도달하여 현 에너지節約施策上の問題點은 아래와 같이 요약된다.

- (1) 政策의 限界(열관리운동, 시민의식의 호소)
- (2) 技術의 限界(공정, 신기술의 결핍)
- (3) 産業構造의 限界(원료구조, 자금도)

지금까지의 열관리 노력은 대부분이 일반 소비자와 중소기업에 집중됨으로써 에너지 다소비 산업체들에는 큰 영향을 주지 못하였는데 이는 turn-Key 기준으로 해외에서 도입한 중화학공장들의 원료구조와 공정을 과감하게 개선할 수 있는 기술수준을 보유하지 못한 때문이었다. 이러한 과거 생산방식의 답습은 기간산업들의 경쟁력 상실과 순차적 사양화를 초래하고 있어 높은 수준의 기술과 기획을 요하는 합리화 작업이 불가피하게 된 것이다.

앞으로 '80년대에 걸쳐 우리 경제가 에너지 절약추세를 지속하려면 기존 산업의 구조적 합리화 작업이 불가피하며 이에 뒤이어 '90년대에는 산업자체가 정밀화함으로써 대량 에너지에의 의존을 벗어 나지 못하면 국제경쟁에 뒤지고 말게 될 것이다. 지금 당장에 정밀산업화를 목표로 할 수 없는 것은 인구 4천만의 경제가 필요로 하는 최소 중화학기반의 조성이 아직 끝나지 않은 때문이며 이러한 변화에 불가결한 기술의 성숙과 투자여력도 '80년대의 합리화 작업을 통

〈그림 1〉 우리나라의 경제발전단계별  
에너지절약추세



하여 축적이 가능할 것이다.

산업구조의 합리화란 기업의 통폐합이나 국내 가격구조의 인위적 조정과 같은 일시방편이 아닌 기술개선과 신규투자에 의한 국가 전반적 생산성 향상을 말하는 것이다. 한가지 다행한 일은 자유시장기능을 최대한 살리겠다는 근래의 정책방향으로서 앞으로는 과잉보호와 관료에 의한 기업평가가 지양되고 시장에서의 판매경쟁과 생산성 향상을 위한 기술 및 투자경쟁에서의 승부가 기업의 사활을 좌우하게 될 것이다.

이러한 산업구조의 개선에 의한 에너지 절약을 추진하는 데에 부각되는 科学技術의 役割은 다음과 같이 요약된다.

- (1) 효율적 政策樹立에 기여
- (2) 핵심적 産業構造의 개선을 지원
- (3) 기술情報와 新技術의 제공
- (4) 共通애로技術의 지원
- (5) 長期的 구조전환을 위한 技術開發과 先導 역할

이러한 노력의 대표적 예로는 한국과학기술원(전 KIST)을 비롯한 국내 연구기관에서 소수의 화학공학도들이 지난 10년간 수행하여 온 몇 가지 프로젝트를 들 수 있다. 이들 과제는 제철·비료·석유화학·전력·시멘트·알루미늄등과 같은 에너지 다소비형 산업을 대상으로 하여 국내 고유의 여건과 첨단기술을 결합한 구조개

선을 기하는 것이 특징이며 '90년대의 정밀산업화에 대비한 기술능력 배양에도 기여가 클 것이다.

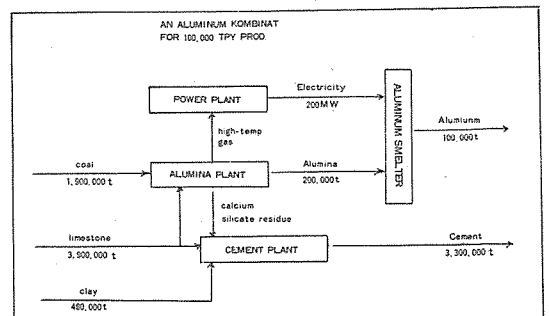
◇알루미늄-시멘트 콤비나트

알루미늄은 제련에 소모되는 전력이 톤당 16 Mwh나 되어 전력비가 비싸고 보키사이트의 부존이 없는 우리나라는 제련소 입지로서 부적당하다는 것이 통설이다. 그러나 알루미늄의 국내 수요는 급증하고 있어 '80년도에 10만톤을 수입, 2억불의 외화가 지출되었고 이는 고급 에너지의 수입에 해당되어 '90년대에는 연간 10억불 이상의 규모로 늘어나게 될 전망이다.

이러한 여건에서 한국과학기술원의 연구진이 착안하게된 것이 알루미늄 콤비나트개념이다. 이는 국내 매장량의 대부분을 차지하는삼척지구 저질탄이 회분중에 알루미늄을 33% 이상 함유하고 있어 이를 현지에서 처리하여 알루미늄을 회수함과 동시에 그 열량을 전력으로 변환시켜 알루미늄 제련에 사용할 수 있으리라는 것으로서 알루미늄 연산 10만톤 규모의 경우를 그림 2에 보였다. 이 경우에는 석탄의 일부가산화로 연소가 쉬워지고 잔사의 활용으로 시멘트 제조의 소요열량이 절감되는 등의 이점이 크다. 경제적인에서도 저질탄의 톤당 채광비가 20-40 \$일때의 알루미늄의 톤당 제조원가는 1,200 ~ 1,600\$로서 국제시세보다 매우 낮은 것으로 추정된다.

과학기술원에서는 이의 산업화시험을 위하여 우선 소형 회전로시험과 전산시험을 실시하였고

〈그림 2〉 연산 10만톤 규모의 알루미늄 콤비나트



이를 토대로 일 60톤 장입규모의 시범공장을 설계 완료, 11의 건설비 조달방안을 모색중에 있다.

◇ 磷酸우라늄의 回收

국내 복합비료공장들이 수입하는 인광석에는 100-200ppm 가량의 우라늄이 함유되어 있어 이의 회수시 연 160-230톤의 우라늄 생산이 가능한 우리나라는 자유세계 제 2위의 생산국이 될 것으로 보인다. 여기에 소요되는 첨단기술의 개발은미국에서와 거의같은 시기에한국과학기술원과 영남화학주식회사가 공동으로 착수, 1978년 6월부터 1981년 8월까지 일 60톤원료 처리규모의 시범공장을 건설조업하여 수톤의 엘로케이크를 시험생산하였고 상용공장 건설을 가능케 하는 장기공급계약의 체결을 전력회사측과 협의중에 있다.

이와 같이 생산되는 인산 우라늄은 유실자원의 회수와 공해방지라는 관점을 떠나서도 제조원가가 북미지역의 재래식 우라늄광산에서보다 저렴한 것과 한국이 인산우라늄을 회수하는 미국 밖에서의 세계최초의 국가인 것, 기업주도형의 기술개발에 성공한 것 등이 특기할만 하다.

그러나 이 프로젝트의 가장 큰 중요성은 비료산업이 사용하는 에너지보다 여러배 많은 양의 에너지를 우라늄 형태로 공급함으로써 Net energy exporter가 될 수 있다는 사실에 있다.



〈그림 3〉 영남화학시범공장에서 최초로 생산된 엘로케이크(1978. 12)

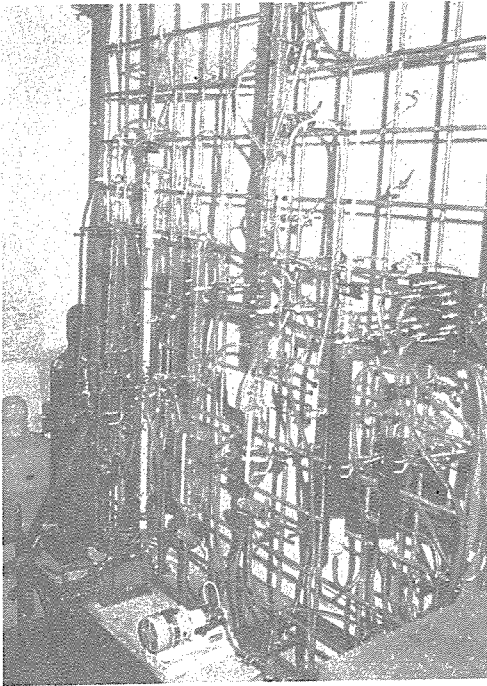
◇ 肥料 副産物로서의 重水回收

비료산업을 에너지 생산자로 바꾸어 놓을 수 있는 또 한가지 가능성은 월성 1호기와 같은 중수로에 사용되는 중수의 회수로서 이는 암모니아 합성에 쓰이는 대량의 수소로부터 중수소를 분리함으로써 이루어지고 국내 5개 암모니아 센터에 모두 적용시 연간 260톤의 생산이 가능하다.

중수의 대규모 생산에서 확립되어 있는 방법은 GS (Girdler-Sulfide) 공정이지만 이는 소규모 생산의 경제성이 없고 열량 단위가 23GJ/kg이나 되며 높은 수준의 설계기술을 요한다.

한국과학기술원에서는 일찍부터 국내에서의 소규모 중수생산에 적합한 공정을 모색한 끝에 암모니아 센터의 기존설비에 촉매탑을 추가하여 중수소를 분리하는 이른바 CRC (Combined Reforming & Catalytic) 공정을 창안하고 여기에 사용되는 촉매와 설비류의 개선에 힘쓰고 있다. 이 공장의 특징은 소규모 생산에 적합하고 에너지원단위가 낮으며 설계가 단순하여 국내 적용이 쉬운 것이다. 이의 산업화시에는 국내 비료공장들이 국내의 시장에 값싼 중수를 공급함으로써 에너지 부가가치를 더욱 높이게 될 것이다.

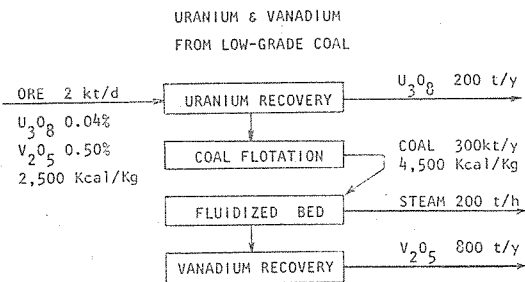
〈그림 4〉 한국과학기술원에서의 CRC 공정개발에 사용되고 있는 증수 제조설비



◇ 低質炭으로부터의 우라늄회수

국내 부존 자원으로부터 에너지와 유가금속을 동시에 회수하는 또 다른 과제는 국내 옥천계 저질탄에 함유된 우라늄, 바나듐, 연소열을 대상으로 하여 한국동력자원연구소와 한국에너지연구소가 공동으로 수행하고 있으며 그 개략은 그림 5와 같다.

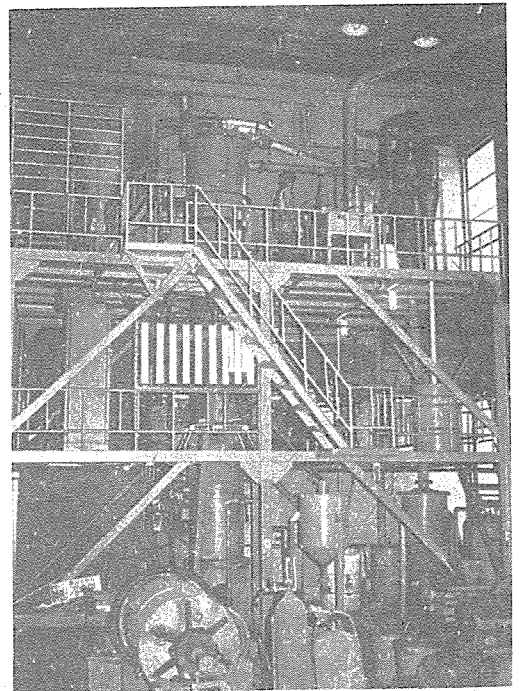
〈그림 5〉 옥천계 저질탄으로부터의 에너지 회수(일 2,000톤 처리 경우)



옥천계 저질탄은 우라늄 0.04%, 바나듐 0.5%, 발열량 2,500k cal 가량을 함유하고 있어 정상적으로는 활용하기 어려운 광물이나 위의 그림과 같이 우선 우라늄을 침출하고 부유선탄법으로 발열량을 높여 유동층 연소설비에서 소다화합물등의 부원료와 함께 배소시키면 연소열은 스팀으로 회수, 회분으로부터는 바나듐 침출이 가능하여 진다.

여기에 사용되는 유동층 연소시험설비의 한 예를 그림 6에 보였는바 한국과학기술원에서는 이러한 유동층 연소기술의 개발에 주력하고 있다.

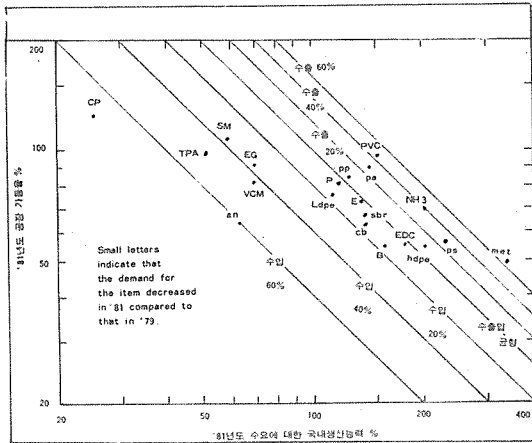
〈그림 6〉 한국과학기술원에 설치된 유동층 연소시험설비



◇ 제철 - 석유화학 콤비나트

원유가격의 압력으로 위기에 처한 국내 석유화학산업은 '81년에도 그림 7에 보인 것과 같이 생산감축과 운휴등의 어려움을 겪었으며 이는 국제경기의 침체에 기인하지만 원료구조가 전적으로 남사에 의존하도록 되어 있는 단순성에도 큰 원인이 있다.

〈그림 7〉 국내석유화학산업의 '81년 현황



Ethylene (E), Propylene (P), Benzene (B), Xylene (X), Styrene Monomer (SM), Polystyrene (PS), Acrylonitrile (AN), Caprolactam (CP), Ethylene Glycol (EG), Styrene-Butadiene Rubber (SBR), Carbon Black (CB), Methanol (MEI), Phthalic Anhydride (PA), Ammonia (NH<sub>3</sub>).

한국과학기술원에서는 석유화학공업의 구조 개선과 국제경쟁력 회복을 위한 작업의 일환으로 국내 30여개의 단위공장들을 하나의 Global model 로 묶어 여러가지 여건변화에 따르는 감응도 분석이 가능케 하는 일을 최근에 시작하였으며 이는 원료구조, 에너지 사용구조, 가격체제 등에 대한 판단에 큰 도움이 될 것이다.

석유화학과 관련 산업분야에서 구체적으로 적용시되는 구조개선방안의 예로는 코크로가스의 활용을 들 수 있다. 종합제철소에서 수입탄으로 제철용 코크스를 만들 때에 발생하는 코크로가스는 부피의 절반이상을 수소가 차지하며 통상의 콜탈과 경유제거를 거친 뒤에도 상당량의 유기물질을 함유하고 있으나 현재는 제철소의 자재 연료로 사용되고 있을 뿐이다. 이를 석유화학과 비료산업원료로 활용하는 경우에는 아래의 표 1 과 같은 가능성을 예측케 하여준다.

〈표 1〉 코크로가스의 활용가능성

(포항 '83+광양 '92=2천만톤/연 철강생산)

코 크 로 가 스		석 유
중간제품	가능한최종제품 생산량	'81년도 국내생산
	에틸렌 9만톤	37만톤
	프로필렌 3 "	22 "
수소 26만톤	→ 암모니아 140 "	90 "
메탄 80 "	→ 메타놀 100 "	16 "
경유 21 "	→ 벤젠 14 "	10 "
납탈렌 3 "	→ 무수프탈산 3 "	4 "

이중에도 코크로가스로부터 수소를 분리하여 암모니아 센터들에 공급하는 방안의 기술적, 경제적 타당성이 한국과학기술원에서 본격적으로 검토연구되고 있으며 이렇게 생산되는 암모니아는 제철소의 열량손실을 보전하고도 국제경쟁력을 가질 수 있을 것으로 전망되며 여기에는 에틸렌과 프로필렌 등 부산물의 역할이 상당히 중요하게 된다.

◇ 에너지節約規模의 比較

위에 든 사례에 대한 에너지 절약규모를 비교하여 보면 표 2 와 같다. 물론 에너지 대체등의 필요때문에 이들 전량이 절약되는 것은 아니나 전체적으로 연간 원유도입량의 몇 분의일 규모에는 변함이 없다.

에너지 절약규모 추정

프로젝트	계		에너지 절약	
	물 명	수량, t/y	기준치*	10 <sup>9</sup> GJ/y
알루미늄	알루미늄	100,000	16MWh/t	16
비료	시멘트	3,300,000	0.3 GJ/t	1
수입인광석	우라늄	160	*	80
육천제철정단	중수	260	23GJ/kg	6
	정단	300,000	19 GJ/t	6
	바나듐	800	-	-
제철-석유화학-비료	암모니아	1,300,000	0.8 t/t	43
	에틸렌	180,000	2.8 t/t	21
계			273	
			Equiv. Oil 6.5Mt/y	
			(*81년 수입량의 1/4)	

\* Equivalence : 10<sup>9</sup> GJ=100MWh=24t-oil=2kg-U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>

나한번 이권청탁 사천만이 사천만번