

주요산업 기초소재의 전력원단위

글/김 선 경(당협회 이사)

이 내용은 1981년부터 1991년까지 격년제로 실시된 연구결과를 기초로한 것으로 주요산업별 기초소재에 대한 전력원단위를 간추린 내용이다.

- 목 차
- 1. 금속
 - 2. 화학
 - 3. 요업
 - 4. 제지
 - 5. 섬유

우리나라 전체전력의 약 61%('92년 기준)를 산업용전력이 차지하고 있어 이 산업용전력에 대하여 실증적 분석방법에 의한 미시적 접근이 절실하게 요구되고 있다.

그리하여 그중에서 전력다소비 업종인 금속, 화학, 요업, 제지, 섬유 등 주업종의 전력수요실태를 분석하기 위하여 전력소요량(Requirement)과 전력집적도(Intensity)가 높은 산업기초소재를 선정하여 이를 생산하는 국내 대규모업체에 대하여 생산공정에 초점을 두고 전력사용, 기술수준 등의 현황을 파악 분석하여 전력원단위를 산출하였다.

조사대상 품목은 42개 품목이었으나 지면관계로 그중 비교적 비중이 큰 29개 품목만을 선정하여 소개하기로 한다<표 1 참조>.

<표 1> 조사대상품목

업종	산업 분류 번호	산업세분류	제품명 (조사대상품목)	품목 수
광업	21000	석탄·광업	석탄	1
섬유·의복	32112	면방직업	면사	7
	32113	모방직업	소모사	
	32121	면직물제조업	면직물	
	32122	모직물제조업	모직물	
	35143	합성섬유제조업	나일론, 폴리에스터, 아크릴	
제지·인쇄	34111	펄프제조업	펄프(쇄목펄프 및 화학펄프)	5
	34112	신문용지제조업	신문용지	
	34113	인쇄 및 필기용지제조업	인쇄용지, 판지, 크라프트지	
석유화학	35111	석유화학계 기초제품 제조업	나프타분해(에틸렌, 프로필렌), BTX	12
	35114	플라스틱물질제조업	고밀도폴리에틸렌, 저밀도 폴리에틸렌, 폴리프로필렌	
	35122	가성소다 및 관련제품 제조업	가성소다, 소다회	
	35123	산업용가스제조업	암모니아, 카바이드	
	35300	석유정제업	석유정제	
	35511	타이어 및 튜브제조업	타이어, 튜브	
비금속광물	36201	제1차유리제조업	관유리	2
	36921	시멘트제조업	시멘트	
	37111	제철업	선철, 주철	

**주요산업 기초
소재의 전력원단위**

업종	산업 분류 번호	산업 세분류	제품명 (조사대상품목)	품 목 수
1차금속	37112	합금철강제조업	망간철, 규소철, 규소망간철	15
	37113	제강업	전로강괴, 전기로강괴	
	37121	열간압연업	열간압연강재	
	37122	냉간압연업	냉간압연강재	
	37123	강관제조업	강관	
	37124	철강연신업	철강선	
	37211	동1차제련 및 정련업	동괴	
	37212	알루미늄제1차제련 및 정련업	알루미늄괴	
	37213	연계1차제련 및 정련업	아연	
37214	아연제1차제련 및 정련업	아연괴		
계				42

이들 품목을 생산하는 업체선정은 수전설비 500 kW 이상, 연간 전력사용량 100만 kW 이상의 업체로 서면조사와 현장방문조사를 병행하였다.

전력원단위에는 생산물당 전력원단위, 부가가치당 전력원단위, 생산액당 전력원단위가 있으나 여기서는 생산물당 전력원단위만 기술하기로 한다.

생산물당 전력원단위는 생산물당 전력투입량을 뜻한다. 즉 생산물에 대한 전력원단위는 특정제품을 생산하는데 소비된 전력량을 생산물로 나눈 값으로 계산되며 그 단위는 제품의 계측단위에 따라 표시된다. 또한 물량과 금액의 환산단위로 표시되기 때문에 물량대 금액의 가치평가로 인한 왜곡현상을 배제할 수 있는 장점이 있다.

또한 생산물당 전력원단위는 기술수준 등 생산조건에 의한 원단위 차이를 신속히 파악할 수 있다. 이 방법은 동일한 제품에 대한 원단위 비교에서는 생산물당 전력원단위가 좋은 비교지표가 될 수 있으나 다양한 산업생산물 가운데서 동질적인 품목의 수는 한정되어 있어 전반적인 업종별 비교 및 국제간의 원단위 분석으로는 어려운 점이 있다.

이와같이 업종간 비교분석의 한계를 극복하고자 동일 업종간의 제품구성도 및 질적인 차를 고려하여 개별 제품별로 세분한 미시적인 기법을 시도하였다.

조사대상업체의 조사대상품목 6개에 대한 전국 생산량에 대한 비중은 표 2와 같다. 또한 조사대상업체의 전력사용 현황은 표 3과 같다.

< 표 2 > 조사대상품목의 생산량

업종	조사 품목	단 위	최종 조사 업체	'91년 생산량		조사 비율 (B/A) %
				전국생산량 (A)	조사업체 생산량(B)	
섬유·의복	면사	M/T	20	485,422	393,168	81
	나일론	"	6	227,035	227,035	100
	폴리에스터 YARN	"	7	520,275	449,565	86
	아크릴 YARN	"	3	182,832	99,481	54
제지·인쇄	쇄목펠프	"	2	167,408	890,448	53
	회학펠프	"	1	160,000	160,000	100
	신문용지	"	4	562,604	541,407	100
	인쇄용지	"	10	919,011	699,177	76
	판지	"	18	2,485,979	1,053,544	42
	크라프트지	"	6	240,258	242,027	100
석유화학	석유정제	천KL	6	65,633	61,440	100
	나프타분해	M/T	4	1,567,229	1,655,812	100
	B.T.X	M/T	4	1,826,476	1,323,150	72
	H.D.P.E	"	6	696,171	677,120	97
	L.D.P.E	"	5	500,368	381,258	76
	P.P.	"	6	814,338	879,847	100
	가성소다	"	6	381,785	268,542	70
	소다회	"	1	344,800	344,800	100
	암모니아	"	2	501,000	479,061	100
	카바이트	"	3	41,635	41,635	100
비금속광물	관유리	천C/S	4	10,421	13,206	100
	시멘트	M/T	12	38,334	38,334	100
1차금속	선철	"	2	18,423,467	18,498,503	100
	주철	"	7	1,350,000	123,421	9
	전로강괴	"	2	18,423,467	19,444,988	100
	전기로강괴	"	10	7,557,862	6,571,434	87
	열간압연	"	16	26,503,700	23,321,899	88
	망간철	"	3	94,894	93,220	100
	규소망간철	"	3	74,573	89,305	100
	동괴	"	2	290,000	200,623	100
알루미늄괴	"	3	13,604	0	-	

업종	조사품목	단위	최종조사업체	'91년 생산량		조사비율(B/A)%
				전국생산량(A)	조사업체생산량(B)	
	연괴	"	2	48,520	32,597	100
	아연괴	"	2	258,830	264,434	100

[주] 1. 생산업체 전체를 조사한 품목 중 전국생산량과 조사업체의 생산량의 차이가 있는 것은 각 업체의 통계수치와 생산업체 생산부서의 통계수치가 차이가 있음에 기인함.
2. 다품종 생산업체가 있어 품목별 최종조사업체수는 276개 업체임.

<표 3> 조사업체의 전력사용량

구분	1990년			1991년		
	판매전력량(A)	조사업체 전력사용량(B)	B/A(%)	판매전력량(A)	조사업체 전력사용량(B)	B/A(%)
섬유·의복	9,505,113	3,590,168	38	9,905,848	3,736,698	38
제지·인쇄	3,877,055	2,024,422	52	4,230,996	2,107,528	50
석유화학	10,922,408	3,321,555	30	12,828,150	3,818,937	30
비금속광물	5,633,144	3,403,341	60	6,544,445	3,859,036	59
1차금속	10,063,750	8,969,432	89	10,439,868	9,796,667	94
계	55,789,727	21,687,943	38	62,400,145	23,695,928	38
총판매전력량	94,382,292	21,687,943	23	104,374,022	23,695,928	23

[주] 본 조사대상업체의 산업별 판매전력량에 대한 비율은 섬유가 38%, 1차금속 96%, 요업 59%, 제지 50%, 화학 30%로서 이들 조사업체의 최전력사용량은 '91년의 경우 23,695,928MWh에 달하여 광공업 조사업종 전체 판매전력량의 38%를 점유하고 있으며 총판매전력량의 23%에 달한다.

1. 금속

가. 선철(銑鐵)

국내 유일의 P제철의 P공장과 K공장에서만 생산되고 있다.

제조공정은 크게 나누어 원료처리공정과 소성(燒成)공정, 고로(高爐)공정 및 고온바람을 불어 넣기 위한 송풍시설로 구분할 수 있는데 그 공정에서의 전력소비 비율은 다음과 같다. 표 4에 그 비율을 표시한다.

'90, '91년의 전력원단위는 각기 33kWh/톤과 35kWh/톤이며 앞으로 당분간 이러한 현상은 지속

<표 4> 선철제조 공정별 전력소비비율

공정	전력소비율[%]
원료처리공정	17.2
소결공정	30.3
고로공정	49.5
송풍시설	3.0

될 것으로 기대된다.

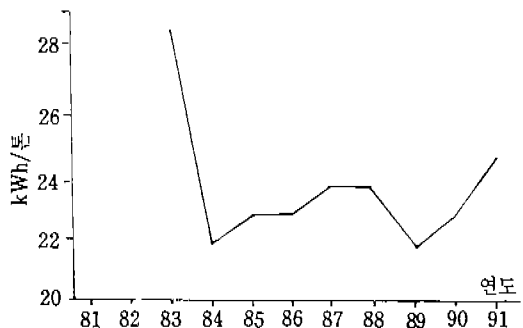
원단위의 변동요인을 보면 장입원료의 사전처리강화 고온고압조업, 각종 센서를 이용한 고로감시장치의 도입 등으로 생산성의 향상을 도모하고 있다. 그림 1에 선철의 전력원단위 추이를 표시한다.



<그림 1> 선철의 전력원단위 추이

나. 전로강괴(轉爐鋼塊)

전로강괴도 P제철의 두 공장에서만 생산하고 있다. 전로강괴는 선철에서 다시 탄소 및 기타 불순물을 줄이고 각종용도에 적합한 철을 만드는 제강공정이며 이 제강의 원료는 선철외에 고철이나 합금철이 쓰이며 이 제강은 방법에 따라 전로, 평로와 전기로



<그림 2> 전로강괴의 전력원단위 추이

로 구분된다. 전로는 탈황, 탈린이 가능하고 강인한 재질을 얻을 수 있다.

'90, '91년의 전력원단위는 각기 23kWh/톤과 25kWh/톤으로 예년과 큰 차가 없다. 전력원단위의 변동요인은 가동률에 크게 좌우된다.

다. 전기로 강괴

전기로부분은 기술축적의 부족 및 설비의 노후로 회수율, 제강시간, 회당출강량, 전력원단위 등 모든 분야에서 매우 낙후되어 있다. 그러나 최근 생산성 향상을 위한 초고전력조업이나 산소부화조업에 의하여 전력원단위가 개선되고 있으며 전기로에서 배기 가스를 이용하여 스크랩에 미리 열을 가하는 스크랩 예열법으로 전력원단위를 개선시키는 방법도 이용되고 있다.

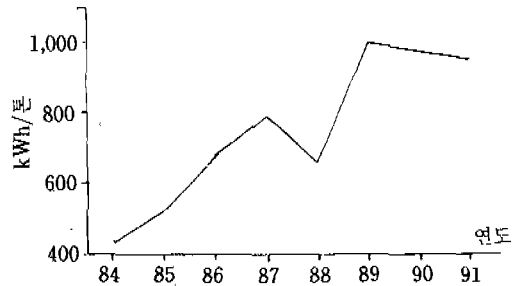
전기로강괴의 전력원단위는 '90, '91년에 각기 455kWh/톤과 457kWh/톤으로 업체간의 차이는 343~671kWh/톤으로 비교적 크다. 이는 제조되는 품목의 종류의 차이에 기인하는 것으로 본다. 앞으로도 전력원단위는 예년과 비슷한 수준이 당분간 유지되리라 전망된다.

라. 주철(鑄鐵)

주철은 철제품중 그 품목수와 다양한 품목으로 자동차, 전기, 전자, 기계공업, 건축 등의 기초소재로서 널리 사용된다. 따라서 그 용도에 따라 크기, 품질이 다르므로 제조과정에 있어서 전력원단위의 기

복이 매우 심하다.

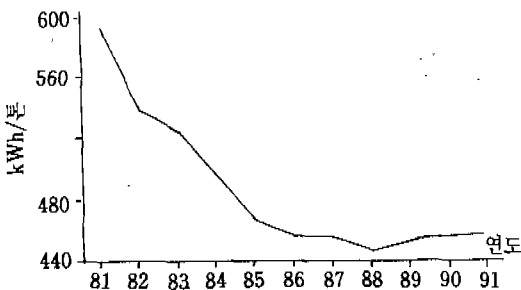
'90, '91년의 전력원단위는 각기 977kWh/톤과 944kWh/톤이다. '91년의 업체간 차이는 최소 650kWh/톤~1,470kWh/톤으로 2배 이상의 차이가 있다. 그 이유는 제품의 모양의 차이 (크고 작은 것, 복잡한 것과 단순한 것)에 기인한다고 보며, 전체적으로 '88년보다 상승하고 있는 이유는 최근의 자동차, 전자업종의 신장에 따라 고강도 소형화된 제품이 많이 생산되고 아울러 다품종 소량생산 때문인 것으로 풀이된다. 앞으로도 원단위는 원만하게 상승하리라 예측된다.



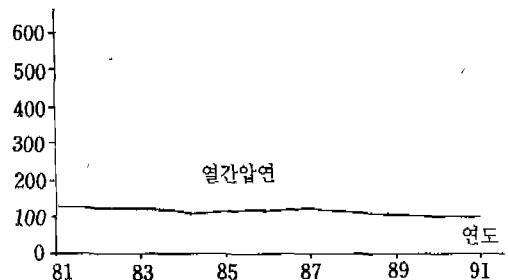
<그림 4> 주철의 전력원단위 추이

마. 열간압연

열간압연은 전력소비가 많은 품목으로, 생산비에 점유하는 전력비의 비율이 5.2%나 차지하고 있다. 전력원단위는 '90, '91년에 각각 98kWh/톤과 100kWh/톤이고 업체간의 차이는 65kWh/톤~204kWh/톤으로 기록이 심한 편이다. 이는 제품의 품종 차



<그림 3> 전기로강괴의 전력원단위 추이

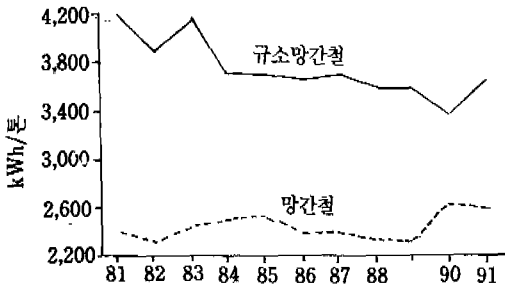


<그림 5> 열간압연 원단위 추이

이와 가동률에 깊은 관계가 있다. 앞으로 이 품목에서 공정의 연속화와 에너지사용합리화로 원단위는 조금씩 감소될 것으로 전망된다.

바 합금철

합금철제조는 전기로법에 의하여 제조되기 때문에 다른 금속보다 전기사용비중이 매우 높다. 특히 규소철의 경우 톤당 8,000~9,000kWh의 많은 전력을 소비하고 있기 때문에 채산성이 맞지 않아 모든 공장에서 생산을 중단하였다. 전력원단위 추이는 다음과 같다.



<그림 6> 합금철의 전력원단위 추이

475kWh/톤과 467kWh/톤으로 O공장에 비하여 매우 낮다. 그 이유는 O공장에서는 원광석을 정련하여 만들고 있으나 O공장에서는 고동을 재생하기 때문이다. 따라서 O공장 1개소만을 동괴제조업체로 보아야 하겠다.

아. 연괴

연괴는 K아연 1개소에서만 생산하고 있다. '90, '91년의 원단위는 각기 253kWh/톤으로 전년에 대비하여 약간 줄었으나 이는 자체 전기사용합리화에 기인한다고 본다.

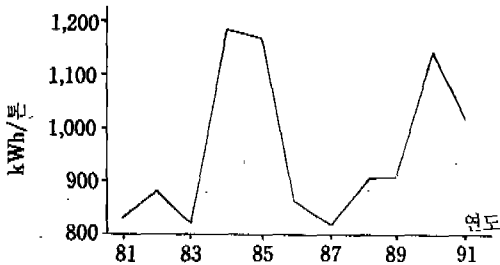


<그림 8> 연괴의 전력원단위 추이

사. 동괴

우리나라 동괴생산업체중 원광석을 도입하여 정련 생산하고 있는 곳은 L금속의 O공장 1개소 뿐이다. '90, '91년의 전력원단위는 각기 1,142kWh/톤과 1,013kWh/톤이다.

같은 회사의 C공장의 경우는 '90, '91년에 각기



<그림 7> 동괴의 전력원단위 추이

자. 아연괴

도금용, 피복용 등 부식방지용으로 사용되고 있는 아연은 국내 비철금속중 가장 안정된 수급구조를 이루고 있다. 제련공법은 습식공법으로 제련시 수은 및 석고제거 공정기술의 도입으로 고순도의 아연을



<그림 9> 아연괴의 전력원단위 추이

생산하고 있다. 이 공정에서 사용되는 전해조는 전체전력사용량의 86%를 소비하고 있으며 알루미늄 다음으로 전력소비가 큰 품목이다.

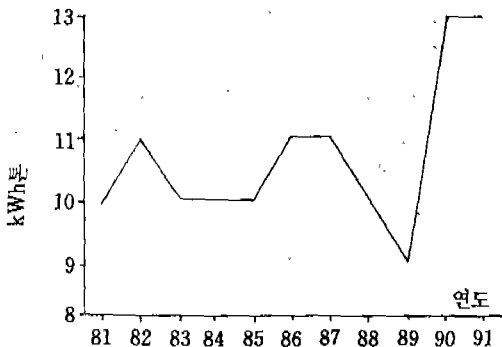
'90, '91년의 전력원단위는 4,213kWh/톤과 4,078 kWh/톤으로 예년과 큰 변동이 없다.

2. 화학

가. 석유정제

석유정제는 원유가 함유한 불순물을 제거하는 탈염설비를 통하여 탈수되고, 많은 에너지를 필요로 하는 상압증류장치를 작동하게 되는데 전력원단위는 주로 상압증류방식을 어떤 동력원으로 하느냐에 따라 크게 좌우된다. 또한 증류탑의 상층부에서 생산하는 가스류는 하층부의 벙커C유보다 전력소비나 스팀소비가 많아 국내의 정유생산업체는 거의 상압설비 에너지원을 전기보다는 스팀으로 사용하고 있어 전력원단위는 낮다.

'90, '91년도 전력원단위는 각기 13kWh/kℓ 로 나타났다. 업체간의 차이를 보면 최소 8kWh/kℓ 에서 42kWh/kℓ 까지의 차이를 보이고 있다. 이는 앞서 기술한 상압설비 에너지원을 전기로 하느냐 스팀으로 하느냐에 따라 다르기 때문이다.



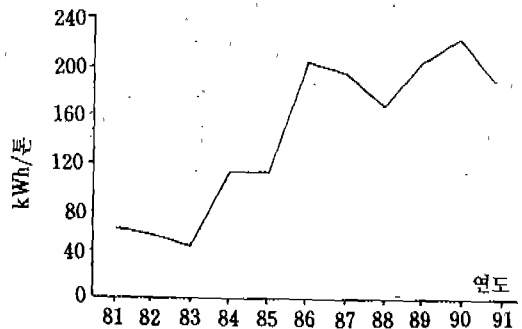
<그림 10> 석유정제 전력원단위 추이

나. 나프타 분해

나프타 분해는 다량의 열에너지를 필요로 하는 제법특성으로 이를 위한 스팀터빈 구동률이 매우 높아

전력원단위는 다른 석유화학제품에 비해 낮은 편이다. 공정이 나프타의 열분해처리로 에틸렌, 프로필렌, BTX 등이 산출되므로 이를 제품생산에 필요한 공정별 전력소비 비율산출이 매우 어렵다. '90, '91년의 전력원단위는 각기 228kWh/톤과 190kWh/톤으로 나타났다. 업체간 차이는 142kWh/톤~377kWh/톤으로 그 격차가 크다. 그 이유는 다음과 같다.

석유화학공업은 일반적으로 화학반응에 의하여 제품이 생산되고 전력은 일부 구동장치를 운전하기 때문에 정확한 품목별 전력원단위의 산출이 어렵다. 또한 부하의 분포상태를 보면 공통적인 프로세스별로 기본적인 구동장치외에 Utility의 구동과 열병합발전의 배기 및 추기시스템으로 직접 터빈을 구동하는 업체가 있다. 따라서 구동에너지원이 스팀이나, 전기나에 따라 또한 그 사용비율에 따라 현저한 차이가 있다.



<그림 11> 나프타분해 전력원단위 추이

라. 고밀도 폴리에틸렌(HDPE)

HDPE는 주로 병이나 큰 용기를 만드는데 사용하고 가정용품, 완구, 필름이나 시트를 만드는 원자재로 쓰인다.

'90, '91년도의 전력원단위는 각기 50kWh/톤과 491kWh/톤으로 나타났으며 업체간의 차이는 333kWh/톤~767kWh/톤으로 되었다. 공정간 전력소비비율은 제립공정에서 60% 이상을 점유하고 Utility부분에서 15% 이상을 점유하고 있다.



<그림 12> HDPE의 전력원단위 추이

라. 저밀도 폴리에틸렌(LDPE)

LDPE는 인체에 무해하므로 식품포장, 일상용기, 섬유포장, 쇼핑백, 비닐하우스 등에 널리 이용되고 있다.

에틸렌이 주원료인 LDPE의 제조공정은 HDPE와 비슷한데 압축공정에서 58% 분리공정에서 14%, Utility부문에서 22%의 전력을 쓰고 있다. '90, '91년도의 전력원단위는 각기 1,051kWh/톤과 1,076 kWh/톤이다. LDPE역시 HDPE와 같이 압축공정의 시설내용에 따라 차이가 난다.

원단위가 '89년보다 상승한 이유는 신설공장의 시운전분이 포함된 것으로 생각된다.



<그림 13> LDPE의 전력원단위 추이

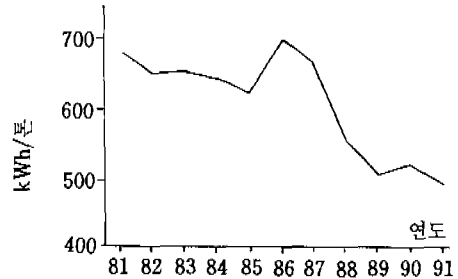
마. 폴리프로필렌(P.P)

P.P는 필름, 시트, 각종 포장재료로 쓰이며 고온에서의 특성, 고탄력성이 있어 파이프, 병 등 공업, 어업용에 많이 쓰인다.

공정별 전력소비비율은 제립공정에서 54%로 많

이 소비하고 Utility부문이 20%가 소비된다.

'90, '91년도의 원단위는 529kWh/톤과 500kWh/톤으로 조사되었다.

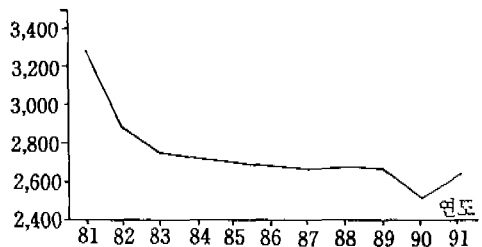


<그림 14> P.P의 전력원단위 추이

바. 가성소다

가성소다제조업은 공법에 따라 다르나 전력소비가 생산원가에 점유하는 비율이 26~53%에 이르는 전력다소비 산업이다. 전력의 대부분을 전해조에서 소비하고 있다.

가성소다의 제법에는 격막법과 이온교환막법이 있다. 격막법은 에너지 원단위, 제품의 품질 양면에서 이온교환막법에 비하여 떨어지기 때문에 앞으로의 제법은 이온교환법이 주류를 이룰 것으로 본다. '90, '91년도의 전력원단위는 각기 2,497kWh/톤과 2,634kWh/톤으로 조사되었다. 업체간의 차이는 2,554kWh/톤~3,275kWh/톤이나 이는 제법상의 차이로 인한 것이다. 즉 이온교환막법을 채택하고 있는 대단위 공정의 원단위가 낮다.



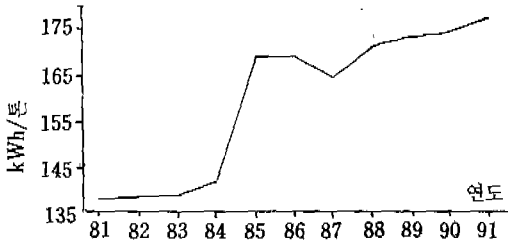
<그림 15> 가성소다 전력원단위 추이

사. 소다회

소다회는 D사의 완전 독점생산품이다. 소다회는 유리의 원료로 가장 많이 쓰이며 이밖에 각종 소다 염료의 제조, 제철의 탈황제, 비누원료, 염료, 향료, 표백, 유리의 정제 등에 쓰인다.

소다회제조과정에서는 스팀공급원인 보일러에서 39%의 전력을 소비하고 있다.

'90, '91년도의 전력원단위는 각기 174kWh/톤, 177kWh/톤으로 나타났다.



<그림 16> 소다회 전력원단위 추이

아. 암모니아

암모니아 제조과정중 전력소비 비중은 암모니아 합성공정에서 70%를 차지하고 개질 및 가스제조공정에서 29%를 소비하고 있다. 우리나라 암모니아 제조공장은 N화학과 H비료의 2개공장 뿐이다.

'90, '91년도의 원단위가 각기 300kWh/톤과 309kWh/톤으로 나타났다. 업체간의 차이는 N사가 7kWh/톤이고 H사가 798kWh/톤으로 현저한 차이를 보이고 있다. 그 이유는 N화학의 경우 동력구동원이 대부분 열병합전설비를 이용한 스팀으로 구동하고 있기 때문이다.

자. 카바이트

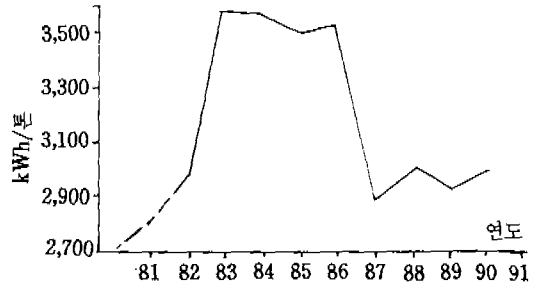
카바이트 제조과정별 전력소비율은 다음과 같다.

<표 5> 카바이트 생산과정별 전력소비 비율

공정별	전력소비율(%)	공정별	전력소비율(%)
전기료	94.02	전극설비	0.1
소성료	0.59	원료운반	0.59
파쇄설비	0.6	공해방지	4.1
		계	100

카바이트 제조공정에 있어서 전력비가 생산비에 차지하는 비율은 약 40%에서 53% 정도로 큰 비중을 차지하고 있으며 전력소비의 94%를 전기료가 차지하고 있다.

'90, '91년도 전력원단위는 2,936kWh/톤이고 3,006kWh/톤으로 나타났다. 카바이트는 생산공장에 따라 순도가 다르기 때문에 이를 모두 표준품인 280L/kg로 환산하여 산출하였다. 앞으로 이 업종은 대체품인 LPG사용이 증가되어 사양산업화 되어가고 있다.



<그림 17> 카바이트의 전력원단위 추이

**전기절약
365일**

