

# 燃料와 熱供給施設

金 鍾 爽

〈環境廳 大氣管理課長·技術士〉

## 7. 인공연료의 경제성평가

현재 흔히 사용하고 있는 석유류 연료 및 청정연료인 가스연료의 경제성과 이용성은 불확실하고 불투명한 미래를 갖고 있다.

산업경영의 관점에서 볼 때 연료는 그 공급이 안정적이고 신뢰성이 높아야 한다. 흔히 사용되고 있는 연료로는 천연가스, 석유류, 석탄 등이 있다. 이들 연료별 Energy 가격은 천연가스, 석유류 및 석탄의 순으로 에너지 단가가 낮다. 이중 현재 가장 많이 사용되고 있는 것은 석유류 연료로서 타연료에 비하여 다루기 쉽고 시설투자비가 저렴한 장점이 있으나 석유생산국의 감산, 수출금지 등을 통한 조처에 크게 영향을 받고 더욱이 이들을 공업적으로 취급하는 석유화학공업의 입장에서 볼때 원유를 중유등의 연료로 가공하는 것 보다는, 부가가치가 높은 다른 석유화학제품, 윤활유 및 기타 특제품을 생산판매하는 쪽으로 기울어지게 된다.

자원이 풍부한 미국에서도 연료의 무기화에 기인하는 경제적 압박때문에 가스연료 및 석유류연료를 석탄 및 그 가공품으로 점차 전환해가고 있는 실정이다. 대체연료로서의 석탄이용은 석탄사용시 발생하는 열생산시설의 출력감소, 공장부지활용의 제한, 석탄안정공급의 난이 및 공해문제와 같은 불리한 점 때문에 그 속도가 지연되고 있다. 따라서 석탄대체에는 이와같은 불리점의 개선과 이를 해결키 위한 정책, 기술적 대책이 필요하게 된다.

석탄 Slurry는 석탄의 위와같은 불리점을 개량한 것의 하나로 석탄을 석유류와 같은 성질을 갖도록 한 것으로 이를 사용할 때 석탄사용시의 불리점을 최소화 시킬 수 있도록 한 것이다. 따라서 석탄사용때 발생하는 출력감소의 최소화, 기름의존도의 탈피, 연료전환에 요하는 시간의 단축, 유류용기존시설의 사용가능, 석탄사용에 의한 환경오염감소를 가능케하고 있다.

산업시설에는 동력 및 공정열이 필요하며 이는 각종보일러를 사용하여 얻고 있다,

따라서 산업시설의 대부분은 보일러를 소유하고 있다.

여기서는 청정연료 또는 석유류를 사용하는 산업용보일러에 각종 석탄스러리연료를 사용할 때 얻을 수 있는 경제성과 기술적문제를 토론하여 장래 산업용Energy 연료 선택의 기본자료를 만들고자하였다,

### (1) 산업용보일러의 특성과 연료전환의 필요성

산업용보일러라함은 대부분 공장에 설치된 보일러를 총칭하는 것으로 보통 시간당 수증기생산량이 5톤~50톤 범위에 속하고 열병합발전 또는 발전용 보일러는 시간당 증기발생량이 50톤이상의 대형보일러이다. 소규모산업보일러는 노판식, 발전용처럼 고온 고압의 증기를 요하는 대규모산업보일러는 수관식보일러의 구조를 갖는다. 이들 보일러구조의 상이는 수증기생산방법이 상이

한데서 유래된다. 노관식보일러는 수증기생산을 열의 對流전달 (Convection) 을 이용하여 수증기를 발생하는 것이 특징이며 수관식보일러에는 열의 복사를 이용하여 수증기를 발생한다. 산업용보일러의 수증기온도는  $170^{\circ}\text{C} \sim 500^{\circ}\text{C}$  ( $350^{\circ}\text{F} \sim 950^{\circ}\text{F}$ ), 압력은  $9\text{ kg/cm}^2 \sim 70\text{ kg/cm}^2$  ( $125\text{ Psig} \sim 1,000\text{ Psig}$ ) 범위에 있게 된다.

소형산업용보일러는 열사용량의 변화가 큰 산업공정에 주로 사용되므로 소형산업용보일러는 증기생산량부하변화폭 (출력감발폭) 이 커야하며 생산된 증기의 사용목적을 변경시키기 쉽도록 설계 설치되어야 한다.

따라서 공정중 수증기사용량변화가 큰 시설에는 출력감발 (이용율) 이 큰 보일러를 설치하거나, 또는 소형산업용보일러를 몇개 함께설치하여 개개보일러의 가동을 조절하므로써 열공급 System의 신뢰성을 확보하는 경우가 많다.

산업용보일러의 연료사용현황면에서 보면 미국에선 1977년도 까지는 가스나 기름을 사용하는 보일러가 전체 보일러의 54% 석탄보일러는 10% 정도였다. 그러나 1977년 이후는 석탄등의 고체연료 (재생폐기물연료등) 를 사용하는 보일러가 20%정도 증가하고 있다.

산업시설에서 연료를 선택함에 있어서는 연료 이용성 (대치등), 유통성에 대한 신뢰성에 중점을 두어 연소시설 (보일러) 를 선택하게 된다. 따라서 동일한 연소시설로 다수의 연료 (석탄, 기름, 가스등) 를 사용할 수 있는 보일러를 사용코자한다. 석탄스러리 (Coal Slurry) 중 최근에 관심을 모으고 있는 콤 (COM) 이나, CWF 등은 기름이나 가스를 연료로 사용하는 보일러는 복잡하고 특별한 개조나 구조의 변경없이 간단히 개조 또는 변경하여 이들 석탄스러리를 쉽게 연료로 사용할 수 있다는 점과 발열량당 원가가 타연료보다 싸다는 점에서 앞으로 상당기간 연료시장에서 이들이 활발하게 유통될 가능성이 높다.

(1) 연료전환시 요하는 시설장치등, 앞서 설명한 바와같이 몇가지 필요성에 의하여 보일러의 연료를 전환하여야할 때 기존보일러의 구조나 부속시설을 변경하여야할 경우가 생긴다. 여기서는

기체 또는 기름사용보일러를 석탄스러리를 사용하는 보일러로 전환할 때 필요한 변경사항에 대하여 살펴보고 이들이 경제성에 미치는 영향을 검토코저하였다.

### ① 중유연소보일러

소규모산업용보일러는 앞서 언급한 바와 같이 노관식보일러가 많다. 중유를 사용하는 이들 소형로관식보일러를 석탄스러리용의 보일러로 전환하자면 아래와 같은 부대시설을 설치하지 않으면 안된다.

- Strainer
- Pump
- Supply Line
- 혼합기
- 버너개조
- 공해방지기 보강 및 설치

여기서 Strainer라함은 석탄스러리를 연료로서 사용할 때 석탄스러리의 큰입자나 덩어리를 방지하기 위해서 화실내에 설치하는 Strainer를 의미하며, 스러리는 중유보다는 부식성이 높으므로 내부식성의 펌프가 필요하며, 스러리공급 Line도 중간에 침진이 일어나지 않도록 재배열하여야 하며, 스러리의 일정화를 위한 혼합기가 필요하며, 버너 또한 제한통로가 막히지 않도록 개조하여야 하고 유훈중에는 버너가 막히지 않도록 세척할 세척장치도 필요하다. 현재 사용하고 있는 중유의 회분과 유황함량에 따라 분진 및 야황산가스제거용 공해방지기가 설치되어 있을 수 있으나 석·중유보일러를 석탄스러리보일러로 전환하면 기존방지기의 효율 및 성능을 보완하거나 새로운 방지시설을 설치하여야 하며 이 경우 1~2년의 기간이 소요되는 경우도 있다.

### ② 가스연소보일러

가스연소보일러를 석탄스러리보일러로 전환하려면 COM과 가스의 연소특정차가 크기 때문에 보일러설계를 전면적으로 재편해야 한다. 석탄연소는 고체석탄입자를 완전연소하여야 하기 때문에 체류시간이 길어져야 하며, 회분제거를 위한 여분의 공간이 필요하므로 동일용량의 보일러라도 석탄연소보일러는 기름이나 가스연료를 사

용하는 보일러에 비하여 용적이 커지게 된다.

따라서 가스연소보일러를 석탄스터리연소보일러로 전환하면 25~50%의 증기출력감소(Derating)를 감안해야만 한다는 자료가 많다.

가스보일러의 석탄스터리보일러로의 전환시에는 이에 추가하여, bottumash 제거와 fly-ash를 포집키 위한 몇가지 설비와 열전달 효율을 증가시키기 위하여 보일러표면에 침착한 검댕등을 제거하는 검댕제거장치(Soot Blower)도 추가 설치되어야 한다.

(2) 연료전환시 고려할 환경문제

대기오염정도는 지역내 대기오염물질을 배출하는 오염원의 종류, 크기 및 오염물질배출정도(Emission factor), 지역특성, 기상등의 여건에 따라 좌우된다.

오염원의 종류, 크기, 배출계수는 오염원강도를 결정하며 대부분의 경우 도시대기오염은 각종난방 및 에너지공급용 연소시설에 의하여 오염되게 된다.

연료에 의한 대기오염문제를 파악키 위해서는 연료공급현황 연소시설현황, 배출계수, 오염도 및 방지대책현황에 기초를 두어야 한다. 여기서는 연소시설과 연료에 의한 대기오염과 그 대책을 전망키위해서 이들 현황을 살펴보고자한다.

표 7-1은 1983년 주요연료 소비실적으로 주요연

< 표 7-1 > 1983 주요연료소비실적

석유류 (10 <sup>3</sup> BbL)			석 탄 (10 <sup>3</sup> %)	
경유	벵커C유	프로판	무연탄	유연탄
48,560	83,212	-	21,670	10,059

료는 석유류의 B.C유이며 이들은 주로 도시내 난방시설과 산업시설에 사용되고 있다. B.C중 2,800만 bbL은 유험함량이 1.6%이하인 저황유가 공급되고 있다. 경유는 주로 운수용으로 사용되고 있다. 무연탄은 대부분이 가정난방용 및 발전용이며 유연탄은 시멘트공업과 제철공업에서 주로 사용되었으나 앞으로 발전과 기타 산업시설에 사용이 증가될 것이며 석탄을 원료로한 석탄

스터리연료인 COM CWF등은 개발여하에 따라 도시난방시설에 사용될 가능성 또한 높다.

또 표 7-2와 7-3은 우리나라 보일러종류(연료)와 용량분포를 정리한 것으로 우리나라 보일러의 76.4%가 벵커C유를 사용하는 보일러이며 이들중 30%정도는 그 용량이 5~10톤/시간에 해당하며 이 규모의 보일러는 대부분 도시내 난방시설 및 소규모 산업시설에 설치된 보일러로서 대부분 도시내에 산재하고 있다고 생각된다.

대부분의 소형보일러는 열효율이 낮고, 운전및 유지관리가 미흡한상태에 있기 때문에 오염원강도가 비교적 높은 오염원이라고 생각된다.

이들 연소시설별 사용연료에 따라 배출되는 오

< 표 7-2 > 1983 보일러현황  
(Energy 관리공단자료)

사용연료에 따른 보일러종류	대수	%	비고	
경유보일러	3,301	14.65		
중질유보일러	17,467			
중유	37			
B·B	222			
	B·C	17,208	76.4	
목재용보일러	945			
석탄용보일러	218			
폐열보일러	67			
혼용보일러	157			
기타보일러	317			
계	22,530			

염물질배출량도 각각 상이하다. 다음 표 7-4는 연소시설의 연료별 오염물질배출계수로서 아황산가스는 중질유와 석탄에서 분진은 유연탄이 주요오염원이 됨을 알 수 있다.

도시대기오염은 따라서 주로 이들 연소시설에 의한 오염이 증가 된다고 판단되므로 이들 연소시설의 오염강도를 감소시키는 것으로부터 출발하여야 할 것이다. 다음그림 7-1은 주요도시대기중 아황산가스오염도의 경년변화를 표시한다.

〈표 7-3〉 보일러용량별 분포현황

시·도	용량	계	용량별 분포 (TON)						
			0~1	1~3	3~5	5~10	10~20	10~50	50~
서울	1,037	74	116	151	347	211	98	40	
부산	284	29	36	54	81	58	21	5	
대구	177	18	37	31	53	24	12	2	
인천	185	9	31	28	50	37	19	11	
경기	431	21	76	79	143	71	33	8	
강원	41	1	2	6	11	12	0	9	
충북	65	2	12	88	20	18	5	0	
충남	135	7	19	27	34	24	20	4	
전북	74	7	8	8	21	33	14	3	
전남	110	13	13	16	25	15	16	12	
경북	189	13	24	33	48	30	19	22	
경남	427	35	83	89	86	75	29	30	
제주	9	1	0	3	0	0	2	3	
합계	3,184	230	457	533	919	608	288	149	

〈표 7-4〉 연焼施設の 煙料別 汚染物質 排出係數

연료별	오염물질별	TSP	SO <sub>x</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC
		가스류	LPG (kg/톤)	0.2	0.01S	0.18
	LNG (kg/10 <sup>6</sup> Nm <sup>3</sup> )	160	9.6	272	2,800	48
석유류	중질유 (kg/kl)	1.25S+0.38	19.25S	0.63	7.5	0.12
	경질유 (kg/kl)	0.25	17.25S	0.63	2.8	0.12
석탄류	유연탄 (kg/톤)	6.5A	19S	0.5	15	0.15
	무연탄 (kg/톤)	8.5A	19S	0.5	5	-

※ 1.S=연료중 유황함량의 무게 %  
 2.A=연료중 회분함량의 무게 %

이상으로 볼 때 아황산가스대책은 도시내 산재하는 보일러등 연소시설의 배출량을 감소시키는 방법이 중요하다.

이들 도시내 연소시설의 아황산가스배출량을 감소시키는 방법은 청정연료공급, 저황유사용방법과 배연탈황법이 있다. 액체연료에 대한 아황산가스대책은 저황경질유공급 확대가 보편적인 것이며 석탄에 대한 것은 배연탈황이 적합하나 이는 대규모시설이 아니면 경제성이 없으며 부생폐기물처리의 어려움이 따르게 된다.

앞으로 석탄사용이 증가되며 특히 석탄을 원료로한 석탄스러리제품은 그 물성과 열량이 증유와 비슷하여 사용확대가 전망되며 이들 인공연료에 대한 오염물질배출정도는 증유와 석탄의 중간정도가 될 것으로 예측되고 있다. 석탄을 원료로한 인공연료에 대한 대기오염방지방법에는 석탄세척과 배연탈황이 겸용될 때 더욱 효과적이다. 석탄세척은 석탄을 세척하여 석탄내 유황분과 ash를 제거하는 것으로 다량의 폐액과 폐스러지가 발생되어 제 2의 공해문제를 유발한다.

배연탈황은 배가스를 처리하는 별도의 시설이 필요하며 대규모 연소시설이 아닌 경우에는 경제성에 문제가 있다.

석탄사용연료시설은 청정연료나 액체연료를 사용하는 연소시설에 비하여 약 10배정도의 시설투자비가 추가되며 보일러구조도 이들에 비하여 복잡하게 될 뿐만아니라 운전유지관리비도 증가되게 된다.

더욱이 대부분의 산업용연소시설은 액체연료를 사용하여 왔기때문에 석탄사용에 필요한 기술축적이 빈약하며, 석탄연료의 수송, 취급, 저장등에 관한 시설이 낙후되어 있어 그 사용이 기피당하고 있는 형편이었으나 최근 개발되고 있는 인공연료중 콤 (COM) CWF. 등 석탄을 원료로한 인공연료로 물성과 열량등을 크게 개선하므로써 오염물질배출량도 상당량 감소시키기 때문에 앞으로 인공연료사용량이 크게 증가된다. 따라서 기존액체연료보일러를 이들 인공연료보일러로의 대처 가능성과 경제성을 검토하고자 한다.

<다음호에 계속>

## 의식개혁 9대실천요강

**정직** 모든 생활은 정직에 원칙을 두고 새시대의 올바른 가치관을 정립하여 살신성품을 과감히 추방한다.

**질서** 모든 생활의 기초를 질서에 두고 이를 체질화하기 위해 국민적 역량을 최대한 경주한다.

**창조** 왜곡된 미풍양속의 본질을 되찾아 민족정기와 전통을 창조적으로 계승·발전시킨다.

**책임** 모든 공직자는 청렴의무를 준수하고 무사안일등 고질적인 폐습에서 탈피, 스스로를 철저히 책임지는 풍토를 확립한다.

**본분** 각자가 자기본분에 충실하고 부여된 책임과 의무를 성실히 수행한다.

**분수** 생활주변의 고질화된 각종 낭비요소를 과감히 제거하여 분수에 맞는 생활자세를 정립한다.

**주인의식** 민주시민으로서의 주인의식을 가지고 사회의 부정·비리와 무질서에 대한 건전한 고발정신을 함양한다.

**국민화합** 지나친 이기주의와 뿌리깊은 파벌, 연고의식을 철저히 불식함으로써 국민화합의 기반을 확충한다.

**가정교육** 모든 교육은 가정교육에서 비롯된다는 점을 깊이 인식, 여성의 적극적인 참여가 있어야 한다.