

국내 석탄산업 현황 및 생존방안

“국내탄의 산업용으로의 전환을 확대하기 위해서는
기술개발을 통한 용도를 개발하고 사용에 편리하도록 청정에너지화하여
날로 강화되는 환경규제에 능동적으로 대처하며,
탄광과 석탄 수요처 사이에 장기계약을 체결하여 계획생산이 가능토록 유도해야 한다.
정부에서는 장기 수급계획을 수립하여 지속적으로 추진하며
정부 보조금의 지원범위를 석탄회 활용기술 개발,
가스화 기술개발, 활성탄 제조 기술개발 등 기술개발 및 연구분야로
대폭 확대한다면 석탄의 신규수요는 창출될 것이다.”

金 東 基 대한광업진흥공사 국내자원본부장

1. 서론
 2. 개발현황
 3. 수급현황
 4. 활용방안
 5. 결론
-

1. 序論

우리나라의 석탄산업은 해방후 40여년간 거의 불황을 모르고 오직 생산의 극대화에 전념하며 국가경제의 유지에 필수적인 에너지, 주로 민수용 에너지를 공급하는데 지대한 공헌을 하여왔다.

국내 석탄산업은 50년대 1인당 국민소득 100US\$에도 미치지 못하였던 우리나라의 경제규모를 한때 10,000US\$까지 100배의 신장을 이룩하는데 가장 중요한 역할을 담당하였으며, 또한 해방전 우리나라의 가정용 주 에너지원이었던 신탄을 무연탄으로 대체함에 따라 산림녹화에 의한 치산치수와 환경개선에 지대한 공헌을 하였다.

이처럼 '80년대 이전까지 우리나라 경제성장에 중요한 역할을 했던 무연탄은 국민소득의 증대에 따른 청정에너지의 선호, 국제 유류가격 하락 등의 영향으로 그 수요가 감소한 반면 석유류의 소비가 급격히 증가하여 정부에서는 수급불균형에 따른 석탄산업합리화 조치를 단행하여 '89년도부터 '97년사이 347개의 탄광을 폐광하여 '97년도 9월이후 11개(석공3, 민영8) 탄광만을 장기가행탄광으로 지정 가행하고 있다. 이로인해 무연탄 생산은 '88년도 24,295천톤으로 최고기록을 세운 이후 매년 급감하여 불과 11년 후인 '98년도에는 4,360천톤에 달하였으며 현재의 추세가 지속될 경우 장기적으로는 300만톤 수준까지 감소할 것으로 예측되고 있다.

소비량도 매년 줄어들어 '86년도 26,298천톤이던 것이 '97년도에는 3,723천톤으로 급감하여 재고량이 9,720천톤에 달하는 등 무연탄의 수급불균형이 심각한 문제로 대두되어 정부에서는 수급불균형 해소를 위해 막대한 자금을 투입하지 않으면 안될 상황에 이르게 되었다.

이와같은 상황에서 국내 석탄산업이 사양화되어 경쟁력을 상실하였으므로 더 이상의 지원을 중단하고 소요량을 수입해서 사용할 것을 주장하기도 하는 사람이 있지만, 지난 2차에 걸친 석유파동을 겪고나서 석탄이야말로 매장량이 풍부하여 공급의 안정성과 중·장기적 경제성이 우월한 에너지라는 장점이 재평가되어 세계 각국에서 그 이용이 촉진되고 있으며 우리나라의 석탄수입이 이미 50,000천톤에 육박하는 세계 제2위의 수

입국으로 부상하고 있음을 감안할 때 국내 석탄산업의 존속은 해외 석탄수입을 장기적으로 안정되게 그리고 경제적으로 공급받을 수 있는 초석이 될 것으로 생각된다.

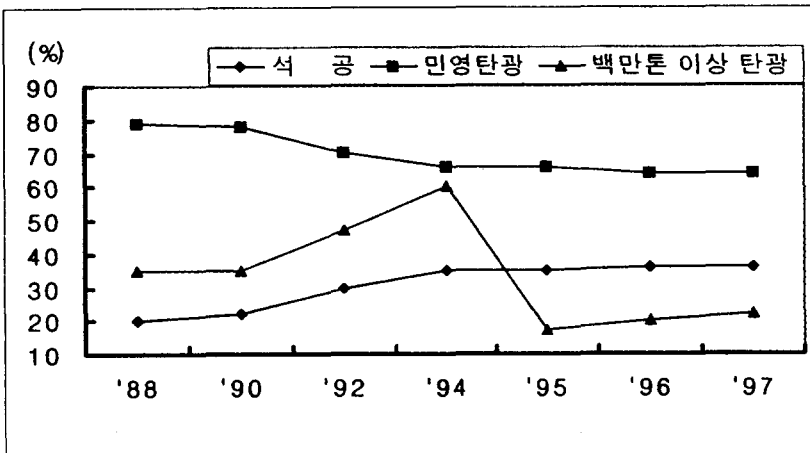
따라서 본 고에서는 국내 석탄산업의 현황을 분석하고 이를 토대로 석탄산업의 활성화 방안을 기존의 발표자료를 중심으로 요약 정리하고자 한다.

2. 開發現況

2-1. 生産現況

국내 무연탄 생산량은 '88년 24,295천톤으로 최고기록을 수립한 이후 수요의 급격한 감소로 '97년에는 11개 장기가행탄광에서 4,514천톤을 생산하였다. '97년도 생산량을 지역별로 살펴보면 주 부존지역인 강원지역이 3,920천톤을 생산하여 86.9%의 구성비를 점하여 국내 무연탄 생산량에 대한 비중이 높음을 알 수 있다. 규모별 생산실적을 살펴보면 '97년도 총생산량 4,514천톤중 22.2%인 1,000천톤을 경동탄광에서 생산하였다. 이는 '88년 총생산실적 24,295천톤중 100만톤 이상 규모의 5개 탄광(장성,도계,동원,삼탄,경동)의 생산실적이 7,999천톤으로 32.9%인 것과 비교 67% 수준으로 하락하였는데 이는 합리화 이후 '94년도의 경우 총생산량 7,438천톤중 대규모 탄광의 생산량이 4,390천톤으로 59.0%까지 올라갔으나 그후 동원, 삼탄이 합리화 계획을 발표하면서 생산량을 대폭 감축하여 '95년도에는 17.5%까지 하락하였으나 이들 탄광이 합리화계획을 일단 보류하면서 다시 증가하는 추세를 보이고 있다.

〈 생산량 점유율 비교 〉



2-2. 稼行現況

석탄생산을 제약하는 요인중에는 가격과 같은 경제적요인 이외에도 탄폭, 탄층상태, 부존여건 등 자연적으로 주어진 채탄여건이 포함되는데, 국내 석탄광의 경우 탄층 평균경사가 30~50°로 급경사여서 생산의 집약화가 어려우며 탄폭은 삼척탄전의 3M를 제외하고는 대부분이 협소하여 평균탄폭이 1.9M에 불과하고 부존심도가 깊으며 불규칙적인 부존상태로 인해 자연적, 경제적 여건이 불리한 것으로 되어있다. 탄폭협소로 인한 심도증가율은 연평균 20M에 달하여 가행중인 탄광 대부분이 심부화 되어 국내 석탄광의 평균가행심도는 G.L하부 392M에 달하고 있으며 민영탄광의 평균가행심도는 264ML로 석탄공사의 평균가행심도 -228ML보다 상부지역에서 작업하고 있어 채탄조건이 비교적 양호하다.

< 가행탄광 현황 >

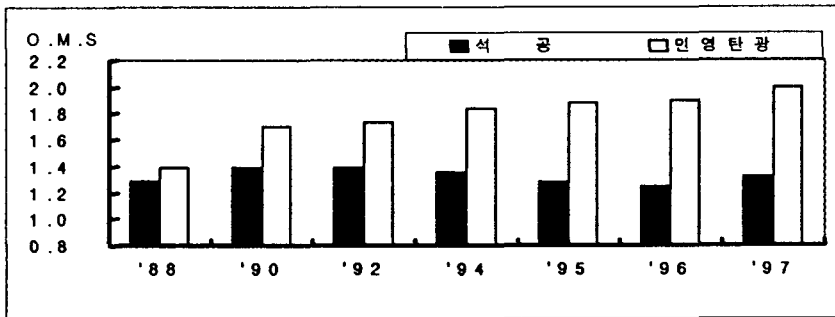
광산명	주개활심도		매장량 (천톤)	가채량 (천톤)	탄질(Kcal/kg)		심도증가 (M/년)
	ML	M			막장	출하	
경 동	200	400	29,595	15,608	6,490	5,198	25
동 원	200	450	54,340	21,382	5,650	4,675	20
삼 탄	450	382	85,346	28,083	5,730	4,924	20
한 보	283	453	34,521	16,529	5,920	4,691	20
태 서	675	245	10,765	5,647	5,880	5,200	10
태 맥	- 90	216	2,290	1,365	5,660	5,252	24
마 로	- 30	220	1,605	904	6,370	6,400	25
영 월	425	127	4,282	2,125	5,820	4,962	10
석공장성	-225	825	181,678	37,062	5,039	4,893	25
석공도계	-110	460	61,642	25,890	5,060	4,916	17
석공화순	-350	534	46,323	16,790	4,950	4,819	23

'95년 6월 정부가 선정 고시한 11개 장기가행탄광중 석공 장성탄광과 동원, 경동 등 2개 민영탄광이 연50만톤 이상의 생산규모를 가지고 있으며 이들 3개탄광의 '97년도 생산규모는 전체의 53.9%를 차지하고 있다. 종업원수는 총9,723명중 석공이 4,556명으로 총 종업원수의 46.9%를 차지하고 있어 총 생산량중 석공이 차지하는 비율 21.5%에 비해 월등히 높은 비율을 차지하여 석공의 생산능률(OMS)이 타 민영탄광에 비해

떨어지고 있는 주요 원인으로 작용하고 있음을 알 수 있다.

작업능률을 살펴보면 매년 20M에 달하는 심도증가에도 불구하고 최고생산량을 나타냈던 '88년도 작업능률 1.35에서 '97년 1.656으로 연평균 3.46%의 신장률을 나타내고 있다. 이는 '80년도 이후 정부에서 꾸준히 추진하여온 탄광기계화 보조사업에 의한 채탄작업의 기계화가 효과를 나타낸 것으로 보이며 또한 석탄광의 석탄생산량 감축에 따른 인력감축 운영에도 기인한 것으로 분석된다.

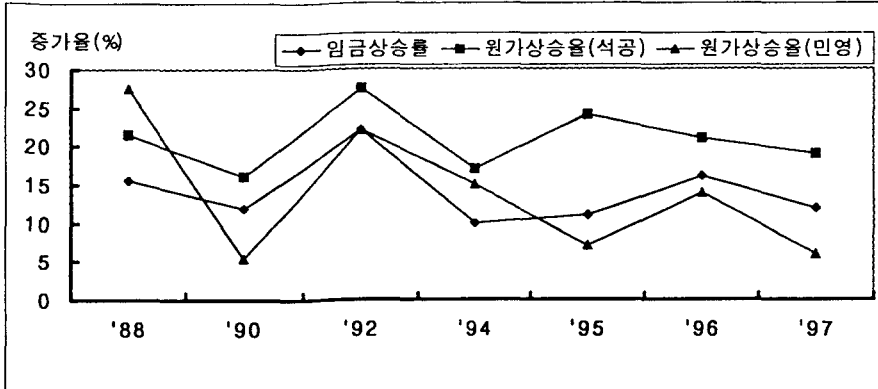
〈 연도별 OMS 증가율 추이 〉



24,295천톤을 생산한 '88년도의 탄광별 OMS를 살펴보면 석공 1.25, 민영 1.38로 석공이 민영탄광의 91.9% 수준이던 것이 '97년도에는 석공 1.237, 민영 2.033으로 민영탄광의 60.8% 수준으로 그 격차가 점점 벌어지고 있음을 알 수 있다. '97년도 전광 OMS는 1.656으로 탄층부존여건이 양호한 영국, 독일, 프랑스 등의 3~4.3, 미국, 호주 등의 10~16에 비해 훨씬 낮은 것으로 나타나 상대적으로 높은 원가로 생산하고 있음을 알 수 있다.

'88년도 석공 평균생산원가는 톤당 46,097원으로 민영탄광 평균치 41,457원에 비해 11.9% 높게 나타났으나 '97년도에는 194,092원과 114,209원으로 69.9%가 높은 것으로 나타났으며, 석공 생산원가의 연평균 증가율은 17.3%에 달해 민영탄광의 생산원가 증가율 보다 훨씬 높아 경영압박의 요인으로 작용하고 있음을 보여주고 있다. 한편 동 기간동안의 임금인상률을 보면 '88년도 석탄광 평균임금이 463,749원 이던 것이 '97년도에는 1,591,928원으로 연평균 증가율이 14.68%에 달해 타산업에 비해 비교적 높은 증가율을 보이고 있으며 석공의 경우 생산원가 증가율이 임금증가율을 상회하고 있다.

< 연도별 임금증가율, 생산원가 증가율 비교 >



톤당 판매가격이 4급탄(4,600~4,799Kcal/kg) 기준 57,010원 인점을 감안하면 석공의 경우 톤당 137,082원, 민영의 경우 57,199원의 적자를 나타내고 있다. 정책산업인 석탄산업을 지속적으로 개발 유지키위해 정부에서는 운영부문에 대해서는 석탄가격보조금으로 시설부문에 대해서는 갱도굴진, 탄광기계화, 광산안전시설 등을 지원하여 적자부분을 보상해주고 있다.

'97년도 지원실적을 살펴보면 석탄가격 보조금등 4개 부문에 총300,971백만원을 지원하여 톤당 지원액은 66,682원에 달해 민영탄광의 경우 정부지원에 의해 채산성을 유지하고 있으나 석공의 경우에는 생산원가 증가에 따른 적자를 면치 못하고 있는 실정이다.

< 연도별 생산비 지원현황 >

(단위 : 백만원)

구 분	'88	'90	'92	'94	'95	'96	'97
생산비 지원	6,449	84,024	150,637	292,121	281,519	293,617	289,291
갱도굴진	14,419	10,134	10,644	3,779	3,302	2,265	2,061
탄광기계화	11,708	11,288	12,878	6,360	4,176	2,407	2,194
안전시설	3,360	4,527	5,057	6,027	6,443	6,835	7,425
계	35,936	109,973	179,216	308,287	295,440	305,124	300,971

< 톤당 생산원가 >

(단위 : 원/톤)

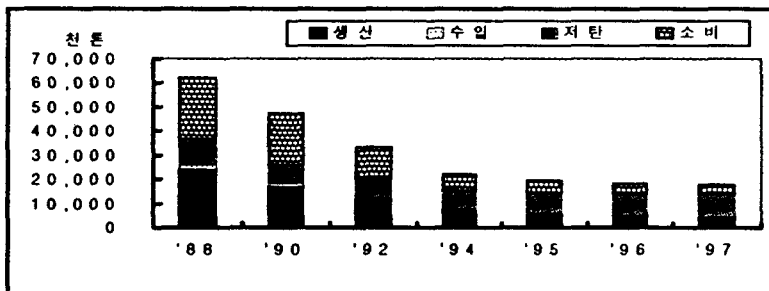
구분	'88	'90	'92	'94	'95	'96	'97
석공	46,097	56,554	76,819	108,088	134,661	162,685	194,092
민영	41,457	47,170	67,754	88,549	94,817	108,139	114,209

3. 需給現況

국내 무연탄의 용도는 주로 민수용, 발전용, 정부비축용, 기타산업 및 군납용 등으로 구분되는데 최대생산량을 나타냈던 '88년도를 전후하여 꾸준히 수요량이 생산량을 초과하여 사용되어 왔으며 수요량의 대부분이 민수용이었다. 그러나 민수용이 급감하며 '94년 이후부터는 생산량의 급감에도 불구하고 수요량이 생산량에 미치지 못하게 되어 저탄량이 심각한 수준에 이르게 되었다. '88년도의 경우 수요량 25,641천톤에 대한 비축량은 10,774천톤으로 연간수요량의 5개월분이던 비축량이 '97년도에는 수요량이 3,723천톤인데 반해 비축량은 꾸준히 증가하여 9,720천톤으로 연간수요량의 31개월분에 달하여 수급불균형이 심각한 수준에 이르고 있음을 보여주고 있다.

가정과 상업부문으로 대별되는 민수용 무연탄은 국내 무연탄 수요량의 절대량을 차지하여 오다가 '60년 이후 경제개발정책 추진과 '80년대의 저유가에 따른 연탄과 경유와의 가격차 축소 및 무연탄 생산여건의 악화, 고유의 임금상승으로 인한 생산비 증가로 에너지원간의 상대가격 변화요인과 국민소득 증가로 인한 청정에너지 선호경향 등에 따라 향후 민수용탄의 수요량은 지속적으로 감소할 것으로 보이며 이러한 민수용탄의 감소분을 대처할만한 수요처 개발에 국내 석탄산업의 사활이 걸려있다 하겠다.

< 연도별 무연탄 수급추이 >



한편 국내 무연탄 발전소 현황을 살펴보면 현재 발전용으로 무연탄을 사용하고 있는 발전소는 영월, 영동, 군산, 서천, 동해 1호 등 5개소에서 110만KW(동해화력 2호기 20만KW, '99. 9준공 예정)의 전력을 생산하는데 2,500천톤 가량의 무연탄이 소비되고 있어 발전용 무연탄의 사용량은 최근 15년동안 연간 200만톤 내외로 큰 변동없이 유지되어오고 있으나 발전용 무연탄의 수요량은 금년 9월 준공예정인 동해화력 2호기가 준공되면 연간 50만톤 가량 증가할 것으로 예상되어 2000년 이후 수요량은 300만톤 수준을 유지할 것으로 보인다. 국내 석탄산업의 보호육성을 위해서 민수용탄의 감소분 대체방안의 하나로 무연탄 발전소의 건설을 추진하거나 발전소별로 혼소율을 증대시키는 방안 등이 적극 검토되어야 할 것이다.

< 부문별 무연탄 소비현황 >

(단위 : 천원)

구 분	'88	'90	'92	'94	'95	'96	'97
민수용	22,926	18,779	11,069	4,684	3,005	1,960	1,389
발전용	2,407	1,983	1,945	2,192	2,421	2,514	2,305
산업용	209	171	63	49	59	28	29
기 타	99	46	-	-	-	-	-
계	25,641	20,979	13,077	6,925	5,485	4,502	3,723
저탄용	10,774	8,013	7,725	7,723	8,508	8,973	9,720

< 국내 무연탄 발전소 현황 >

발전소	발전용량 (만KW)	혼소율(%)		탄질(Kcal/kg)		'98년탄계획 (천톤)	비 고
		설 계	실 적	설 계	실 적		
영 월	10	100	77.4	3,500	5,000내외	330	2005폐쇄
영 동	32.5	80	61.5	4,030	"	685	
군 산	7.5	90	42.7	4,930	"	103	
서 천	40	90	78.1	3,500	"	872	
동해1호	20	80	86.0	4,600	"	510	
동해2호	20	80		4,600			
합 계	130		70.1			2,500	'99. 9

4. 活用方案

4-1. 國內 無煙炭 活用현황

'60년대초 이후 주요 에너지원으로 등장한 석유의 소비가 증대됨에 따라 상대적으로 석탄의 비중이 감소하였으며 이러한 국제환경에 맞추어 영국, 서독, 일본 등 주요 산업국들은 불가피하게 석탄산업합리화정책을 실시하였다. 한편 1, 2차 석유파동을 겪으면서 수급의 안정을 위해 석탄산업 육성정책을 실시하였던 이들 나라들도 '80년대 지속된 저유가 현상으로 석탄의 수요확보 및 유지에 어려움을 겪게 되었다.

하지만, 각국에서는 석탄산업합리화정책과 병행하여 석탄산업과 관련한 기술개발을 지속적으로 추진하여 수요확대를 도모하고 언제 또 닥칠지 모르는 제3의 석유파동에 대비하여 적절한 석탄생산량을 유지하려는 정책을 수행하고 있다.

'97년도 주요국별 1차에너지 소비현황을 살펴보면 영국과 독일은 에너지구조가 에너지원별로 고르게 분포되어 있어 한 부분에서의 파동효과를 충분히 흡수할 수 있는 구조를 가지고 있으나 우리나라와 일본의 경우는 석유의존도가 높아 우리나라의 석유 소비 비율은 전체 에너지량중 59.2%를 차지하고 있어 석유의존비율이 지나치게 높아 석유수급을 전량 수입에 의존하고있는 우리나라가 제3의 석유파동이 일어날 경우 그 타격이 막대할 것으로 보인다.

우리나라 총 에너지 소비량과 주요 에너지원별 구성비 추이 변화를 보면 1차에너지 총량은 '88년도 74.2백만TOE에서 '97년도에는 175.1백만TOE로 연평균 증가율 10%를 보이고 있으며, 총에너지 소비량중 석유소비량은 '88년도 35,390천TOE에서 103,404천TOE로 연평균 증가율 12.7%로 석유소비 증가율이 총 에너지소비 증가율을 상회하고 있다.

국가의 에너지문제는 한나라의 경제발전 및 생활수준 향상에 필수적인 것으로 다른 어떤 정책보다도 중요하게 다루어져야 할 부분이며 또한 에너지정책은 현재의 상황만을 고려하여 수립되기 보다는 중장기적인 안목을 가지고 능동적으로 대처할 수 있는 잠재력을 보유하는 쪽으로 수립되어야 한다. 이러한 관점에서 우리나라의 에너지 자급률을 높이는 방향으로 중장기 계획이 수립되어 실행되어야 하며 이를 위해서는 국내 유일한 화석에너지인 석탄에 대해 전체 에너지량의 일정비율을 유지하는 쪽으로 방향을 잡아야 할 것으로 보인다.

따라서 민수용탄의 급격한 감소추세에 대응하여 국내 석탄산업을 유지발전시키기 위한 방안으로 국내.외에서 현재 적용되고 있는 활용사례와 기술개발 내용등을 소개하고 적용가능성 여부와 우리나라의 대응방안을 고찰해보고자 한다.

4-2. 國內 石炭産業 活性化를 위한 향후 推進方向

가. 循環流動層 燃燒方式에 의한 무연탄 발전소의 증설

대기환경보전법에 의거 '99년도부터 강화된 SO₂의 규제허용 농도가 1,650PPM에서 270PPM으로 대폭 강화되고, 질소산화물의 경우 350PPM, 먼지50mg/Sm²로 규제됨에 따라 국내 무연탄발전소 납탄용 무연탄의 유허합량 허용치가 기존 납품량보다 훨씬 낮아져야 할 것이며 무연탄과 B-C유와의 혼소율도 변동되어야 할 것으로 보인다.

무연탄 발전소의 초기 연소방법은 기포유동층방식이었으며 '80년대 중반부터 빠른 유속에서 조업하고 비산되는 미반용 석탄 및 회재를 사이클론에서 포집하여 충내부로 순환시키는 순환유동층 연소방식(CFBC)이 널리 보급되기 시작하였다. '90년대 초기부터는 유동층 연소기를 가압하여 운전하는 가압유동층 연소방식(PFBC)을 개발하여 높은 연소효율, 높은 탈황률 및 고온, 고압의 연소가스로 가스터빈을 구동하는 복합발전으로 발전효율을 52%까지 상승시킬 수 있는 장점을 지니게 되었다.

기 術	미분탄	1세대 PFBC		2세대 PFBC	
		36%	39%	42%	45%
표 율					
CO ₂ /기준발전	2.778	2.564	2.381	2.222	1.923
CO ₂ 저감률	-	7.69%	14.29%	20.00%	30.77%

'98년 6월 준공된 영동화력1호기(20만KW용량)는 순환유동층 연소방식(CFBC)으로 무연탄을 로에 충전하고 하부에서 연소공기를 주입하여 입자를 유동화 시키면서 연소하는 기술로 연료의 선택폭이 넓고, 충내부의 온도가 균일하여 국부적인 과열부가 없으며, 연소온도가 낮으면서도 연소효율이 높고, 연소중 탈황제와 함께 연소 가능하여 별도의 탈황설비 없이도 90%이상의 유허분을 제거할 수 있으며, 연소온도가 낮아 질소산화물 가스의 발생이 없다. 순환유동층 연소방식은 미국과 유럽등지에서 개발되기 시작하여 첨단기술로 보호되고 있으며, 국내 기술은 아직 부진한 단계여서 국내보급은

1) 순환유동식 연소방식의 특징

- 연료사용의 유연성 : 회분과 수분의 함량이 많은 저급 및 저열량의 연료를 포함한 여러종류의 연료의 연소에 효과적임
- 높은 연소효율 : 훌륭한 고체 혼합효과와 연장된 기체 및 고체의 로내 체류시간으로 높은 연소효율(98~99%)을 보임
- 효과적인 탈황 : 기체/고체의 좋은 접촉효과와 긴 접촉시간으로 인하여 기포식에 비해 같은 Ca/S 몰비에서 더 높은 탈황효과를 보인다. 일부 산업용 순환유동층 보일러에서는 Ca/S 몰비가 1.5~2에서 평균 90%의 탈황효과를 나타냄
- 낮은 NOx 배출농도 : 낮은 연소온도와 단계적인 연소방식으로 NOx 배출농도를 100~ 300PPM으로 유지 가능
- 연료 취급과 주입 용이 : 순환유동층 보일러는 미분탄 보일러에 비해 상당히 굵은 입도(약 50mm이하)의 석탄을 사용하므로 전 처리과정이 매우 간편하며 로내에서 매우 격렬한 고체혼합이 이루어지기 때문에 기포유동층 보일러에서 보다 작은 수의 석탄 주입구로 연료의 고른 분배가 가능하다.
- 우수한 전열속도 : 로내 전열면에서 비산입자의 격렬한 고체거동으로 기포유동층에서와 거의 유사한 전열속도를 유지하여 미분탄보일러에 비해 전열면의 크기가 축소된다.
- 우수한 부하조절 능력 : 큰 유속과 단계적인 연소로 유속의 조절에 의한 부하조절이 간단
- 우수한 조업성 : 조업능력에 있어서 높은 조업률(약 90%)을 보임

2) 외국의 적용현황

'70년대 중반 최초로 순환유동층 연소기술이 개발되어 '82년 서독의 Luenen에 84MW 규모의 최초 순환유동층 보일러를 설치한 것이 효시이며, '60년대말 기포유동층 연소보일러를 개발중이던 핀란드의 Ahlstrom사와 미국의 Pyropower사는 당시 기포유동층 슬릿지 연소시설의 보완 연구과정에서 고온 사이클론을 채용한 순환유동층을 개발 '79년 15MW급 순환유동층 보일러를 개발하였다. 한편 스웨덴의 Studsvik사는

'78년부터 CFBC의 개발에 착수하여 '87년도 미국 Main주에 폐목재를 원료로하는 28Kg/h의 순환유동층 보일러를 건설하였다.

가압유동층 연소에 대한 기초개념은 '69년 영국에서 시작되었으며 미국, 스웨덴, 스페인 및 일본에서 성공적으로 시험을 마치고 일부지역의 발전과 스팀을 공급하기 위해 가동하고 있으며, 현재 일본에서 340MW 상용공정의 설계 및 제작단계에 있다. 그 외에도 미쓰비시 중공업에서 자체기술로 북해도 발전소에 80MW 규모, Babcock Hitachi에서 250MW 상업용 가압유동층 복합발전설비를 건설중에 있다.

3) 검토방향

순환유동층 연소방식은 고체, 액체, 기체 및 슬러리 형태까지의 다양한 연료형태에 적용할 수 있으며 열 전달효과가 우수한 보일러 구조를 가진다는 장점 이외에 환경문제에 대한 대처방안중 하나가 될 수 있다는 점에서 대규모 발전설비에 대한 연구와 투자는 국내 에너지자원을 가장 효과적으로 사용할 수 있는 방법으로 보다 많은 연구와 개발에 대한 지원이 정부차원에서 필요하며, 특히 세계적으로 환경오염에 대한 규제가 강화되고 있어 장기적으로 반드시 이행하여야할 공해억제의 당위성 측면에서 판단할 때 국내 무연탄이 가지는 환경적 측면에서의 다소간의 열세를 극복할 수 있는 기술로서 적극적인 활용이 필요하다 하겠다.

나. 무연탄 발전소의 적정 혼소율 유지

각 무연탄 발전소에 공급되는 석탄의 탄질을 살펴보면 모든 발전소에서 현재 설계 탄질 이상의 열량을 가진 무연탄이 공급되고 있다. 하지만 각 발전소의 효율은 동해 1호(20만KW)와 서천화력(40만KW)이 비교적 설계치에 접근하는 최대 가능혼소율을 보여주고 있는 반면 시설이 노후된 영월(10만KW), 군산(7.5만KW), 영동(32.5만KW)화력은 설계혼소율에 미달되는 수치를 보여 '98년도 평균혼소율은 70.1%이었으며 무연탄 소비량은 2,526천톤 이었다.

무연탄과 증유 혼소방식은 60년대 저유가 시대의 전력생산만을 목표로한 해결책으로 효과가 있었을지 모르겠으나 고유가 시대인 현재에는 오히려 무연탄의 경제성을 저하시키고 설계혼소율을 유지하지 못하게 되며 환경적인 측면에서 여러 문제점을 유발하게 되어 적정 무연탄 소비에 방해요인이 되고 있다.

무연탄 혼소율이 20% 높아지면 연간 약 70만톤의 무연탄 소비가 증가하는 반면, 발전용탄의 발열량을 200Kcal/kg 향상시킬 경우 석탄 사용량은 약 64만톤 감소하는 것

으로 나타났다. 따라서 무연탄 소비를 촉진하기 위해서는 설계치 보다 아주높은 고열량의 탄을 공급하기 보다는 설계치와 비슷한 수준의 발열량의 탄을 사용하여 최대 가능한 혼소율과 이용률을 유지하는 것이 수요증대를 위한 하나의 방법이 될 것이다.

다. 시멘트 산업용 무연탄 수요개발

1) 무연탄 사용시 시멘트 품질 및 제조공정에 미치는 영향

㉠ 무연탄의 회분과 크링카 반응의 불균일

유연탄의 회분은 약13%이며 무연탄의 경우 유연탄보다 약3배 많은 38%정도이다. 그런데, Kiln의 연료로 사용할 경우 발열량은 무연탄의 경우 4,500Kcal/kg으로 유연탄(6,600Kcal/kg)보다 1.5배 더 사용해야 함으로 회분량은 유연탄 사용시보다 4~5배 증가하게 된다.

이 회분량중 상당부분이 시멘트의 주원료인 크링카와 혼합하게 되는데 이들은 서로 용융온도가 달라 융합하지 못하고 크링카 광물과 광물입자 사이에 경계층을 형성 조직이 불균일 해지고 결정 발달상태가 불량해지며, 용융점이 높은 회분(용융온도 1,600°C)층이 잔존하여 크링카의 품질이 저하되어 시멘트의 압축강도를 떨어뜨린다.

㉡ 회분의 고알카리로 인한 압축강도 저하

시멘트 크링카중 알카리는 대부분 Na, K로서 미량 함유하고 있는데, 주성분인 Ca에 비해 이온의 활성도와 확산속도가 크고, 고염기성으로 반응특성에 큰 영향을 미치는데, 무연탄 회분중에 포함된 K₂O(3~5%), Na₂O(2~5%) 등의 알카리 성분으로 인해 압축강도를 저하시키며 CaO의 용해속도를 저하시킨다.

㉢ 버너에서의 장염(Long Flame)으로 인한 품질저하

로타리 Kiln내에서 무연탄 연소시 버너에서의 화염이 장염이 되어 Kiln내에서 원료가 단계적으로 온도변화를 거쳐야 하는데 장염으로 인한 단계적인 온도변화를 받지 못하여 원료의 주성분인 CaO성분이 Al₂O₃, SiO₂ 또는 Fe₂O₃와 화합하지 못하고 F-CaO 성분이 늘어나게 되는데 이 F-CaO성분이 늘어나면 건물이나 건축물에 시멘트를 타설할 때 양생중 팽창하여 균열이 발생 시멘트로서 기능을 하지 못하게 된다.

㉣ 예열실 코팅 형성

시멘트 제조공정은 건식형태인 NSP, SP Kiln으로 예열시 흔히 발생하는 코팅 형성문제는 시멘트 원료 및 연료로부터 유입되는 알카리, 황, 염소성분이 Kiln내에서

1,450℃의 크링카 반응시 대부분 휘발되어 Kiln에 원료가 들어오기 전의 온도가 600℃ 정도로 낮은 예열실 하단에서 원료에 응축되어 Kiln에 재유입되어 다시 휘발되는 순환 과정을 거치게 된다.

이때 무연탄이 유연탄보다 6배나 많은 회분중의 알카리 성분으로 인해 알카리-황의 성분 균형이 맞지않아 예열실에 코팅을 형성하여 안정조업에 영향을 미치게 된다.

2) 검토방향

시멘트 업계에서 무연탄 혼소시 예상되는 문제점을 요약하면,

- 무연탄 발열량이 유연탄의 70%정도로 낮아 원료소성 온도에 어려움
- 무연탄에는 휘발성분이 적고 착화온도가 높아 연소시간이 길고 장염(long flame)을 형성하여 소성조건 불리
- 회분증가에 따른 시멘트원료 조성비 차이, 특히 크링카 반응의 방해 등으로 크링카의 품질 저하
- K₂O 증가로 크링카의 강도, 용결특성에 악영향이 우려되며 예열실의 코팅형성 및 사이크론에 적분발생 우려

이상 4가지의 문제점을 검토하여 보면 모두가 Kiln버너 부위와 예열실내에서 발생하는 문제점들로 Kiln버너에서의 무연탄 혼소는 제외하고 하소버너에서의 무연탄 혼소방안은 큰 문제점이 없는 것으로 판단되어 하소로에서의 무연탄 혼소방안을 적극 검토해볼 필요가 있다.

이는 시멘트업계의 협조하에 면밀한 검토를 거친 후 가능성 여부를 판단해야 할 것이며 혼소율 10~20% 달성시 무연탄 소요량은 250~500천톤에 달할 것으로 예상된다.

라. 지역난방 사업의 무연탄 사용

지역난방이란 도시 혹은 지역내의 주택, 상가, 사무실, 병원 등에서 개별난방을 지양하고 열수용가의 열부하를 집합하여 일개소 혹은 수개소에 중앙집중화된 대규모 열원설비를 설치하여 여기에서 생산된 열매(증기,온수)를 수송관을 통해 각 수용가에 공급하는 난방방식을 말하는데, 열원시설은 지역난방열을 생산하는 시설로서 연료를 연소하여 발생하는 연소열을 이용하는 방식과 폐열을 회수하여 이용하는 방식으로 대별되며 폐열 이용이 가능한 경우를 제외하고는 에너지 이용률이 높은 열병합발전방식이 채택되고 있다. 열원으로 사용되는 연료는 무연탄, 중유, LNG 등이 사용되고 있으나 공해, 청결성, 폐재처리 등의 문제로 무연탄을 사용하는 난방시스템은 없는 형편이지만

연료형태별 공사비와 수익성을 종합적으로 평가하면 무연탄을 사용할 경우 공사비가 다소 많이드는 대신 단위열량당 가격이 저렴하여 장기간에 걸친 수익성 면에서는 他에너지에 비해 경제성이 있는 것으로 분석된다. 따라서 정부에서는 무연탄의 수요확대를 위해 지역난방 시스템에 무연탄을 사용하는 시설을 설치할 경우에는 보조금 지원 등 적극적인 수요확대 방안을 검토해야 할 것으로 보인다.

마. 활성탄 제조

1) 연료용

염화아연($ZnCl_2$) 용액을 스팀으로 하여 석탄을 처리하면 무기물이 제거된다. 회분 제거율은 수용액의 농도와 알카리 화합물과 석탄의 비에 따라 달라지게 되는데, 기본적으로 약10% 농도에 알카리금속 화합물과 석탄의 비율 1:1 정도로 하면 약50%의 무기물이 제거되며 석탄입자의 표면이 활성화 된다.

물리적 방법에 의해 제조된 활성탄은 표면적이 $600m^2/g$ 으로 활성화되어 연소반응에서 활성점으로 작용하여 $600^\circ C$ 온도에서 착화시간은 원탄이 약500초 정도 지연되는데 반해 활성탄은 즉시 착화되는 특성을 지니게 된다.

활성탄의 회분을 10%대로 낮추어 발전소의 보일러에 사용하게 되면 회분, 처리 설비가 최소화되어 운전비가 절감되고 비산재가 최소화되어 대기오염 문제가 해결될 뿐 아니라 설비내에서 비산입자의 충돌에 의한 시설의 마모가 적어지고 회분 용착에 의한 열전달 방해문제가 없어 단위당 발전효율이 증가하고 공해문제를 해결할 수 있어 앞으로 알카리화합물 처리 비용만 줄일 수 있다면 그 용도는 대폭 확대될 것으로 보인다.

2) 폐수처리용

알카리 금속화합물($NaOH$, KOH) 스팀으로 석탄을 처리하면 회분중의 산성분인 Si와 Al이 알카리 성분인 Na와 격렬히 반응하여 회분이 제거된다.

이렇게 화학적 방법에 의해 제조된 활성탄은 $ZnCl_2$ 에 의해 처리한 활성탄 보다 약40%의 표면적이 증가한 $800m^2/g$ 의 활성탄이 제조되어 가스흡착능과 이온교환능을 갖게된다. 제조된 활성탄은 국내 하천의 주 오염원인 Tri-halomethane과 페놀의 흡착능력이 우수하여 폐수중의 중금속을 처리하거나 대기중의 SO_x , NO_x 등의 제거에 우수한 성능을 갖는 것으로 분석되었다.

우리나라의 활성탄 수입액이 연간 1,000억원 규모로 추정되고 있어 국산 무연탄을 활성탄 원료로 사용하여 수입대체 효과를 거둘 수 있다면 무연탄 활성화 측면에서 뿐

아니라 외화절약의 효과도 거둘 수 있을 것으로 기대되며, 현재 국내에서도 이 분야에 대한 연구가 활발히 진행되고 있어 머지않은 장래에 가시적인 성과가 나타날 것으로 기대한다.

5. 結 論

'80년대 이전까지 우리나라의 경제성장에 주도적인 역할을 담당하였던 석탄산업은 국민소득 증대와 국제 유가 하락에 따른 수요감소로 급격히 쇠퇴하기 시작하여 합리화 과정을 거치면서 '98년도 생산 규모가 최대 생산량을 나타냈던 '88년도의 18% 수준인 4,360천톤으로 '97년도 경상가격 기준 540억원에 불과하여 국내 석탄산업이 국민경제에 미치는 영향은 미미한 수준에 불과하게 되었다. 그러나 유일한 부존 에너지자원으로 장기간(약50년) 안정적으로 공급이 가능한 무연탄의 사용을 확대하고 신규용도를 개발하는 등 지속적인 활성화 정책을 추진하여 나간다면 언제 닳칠지 모르는 제3의 유훈과 동에 유연하게 대처할 수 있으며, 산업원료용으로 수입량이 49,314천톤('97년)에 달하는 유연탄의 안전확보를 위한 수단으로 해외개발수입을 적극적으로 추진할 수 있는 노하우를 보유할 수 있을 것으로 생각한다.

우리나라보다 경제구조가 튼튼한 선진 산업국들의 경우를 살펴보면 자국의 석탄산업의 어려움이 날로 가중되고 있음에도 불구하고 석유 의존비율을 줄이기 위해 전체 에너지량중 일정부분을 석탄에 배당하는 기본원칙을 수립하고 경제성 있는 탄광을 집중적으로 육성 지원하는 정책을 실시하고 있으며, 수요처 확보를 위해 발전소 등 대규모 석탄소비자와 장기계약을 체결하여 생산자가 안심하고 생산에 전념할 수 있도록 유도하고 생산에 소요되는 지원금은 정부가 석탄생산자와 수입단가의 차액을 보존해 주거나 소비처에서 높은 단가로 자국탄을 구입하는 대신 자국탄 소비실적에 따라 수입에너지원에 대해 가격보상을 해주는 방법 등을 이용하고 있다.

총 에너지 소비중 석유부분이 차지하는 비중이 지나치게 높고 석유 수급을 전량 수입에 의존하고 있는 우리나라도 선진산업화 과정을 차질없이 추진하기 위해서는 선진 산업국들처럼 생산액 기준 우리나라 에너지 수입액의 1%에도 미치지 못하는 국내 석탄산업을 원가면에서 다소의 적자요인이 발생하더라도 지속적으로 활성화시키지 않으면 안될 것으로 생각한다.

구조적인 문제점을 안고있는 민수용탄의 감소율을 저하시키고 산업용으로 전환을

확대하기 위해서는 기술개발을 통한 용도를 개발하고 사용에 편리하도록 청정에너지화 하여 날로 강화되는 환경규제에 능동적으로 대처하며, 탄광과 석탄 수요처 사이에 장기계약을 체결하여 계획생산이 가능토록 유도하고, 정부에서는 장기 수급계획을 수립하여 지속적으로 추진하며 정부 보조금의 지원범위를 석탄회 활용기술 개발, 가스화 기술개발, 활성탄 제조 기술개발 등 기술개발 및 연구분야로 대폭 확대한다면 석탄의 신규수요는 창출될 것이다.