

# 새로운 代替에너지 CWF

曹 在 秀  
(油公 石炭事業部長)

## I. 사업 배경

1, 2차 석유위기를 계기로, 국내 부존자원이 부족한 우리 나라는 에너지원의 다변화 및 장기 안정 공급 체계의 확보를 위해 原子力과 더불어, 유연탄의 사용 증대를 위한 직간접적인 지원을 계속하고 있다. 그러나 실질적 유연탄 수요처인 일반 산업체에 있어서는 가격의 저렴함에도 불구하고, 기존 유류 사용 설비의 改替에 따르는 과도한 초기 투자비 부담, 석탄 취급 설비 부지의 확보 문제, 재처리 문제, 기타 사용상의 불편성 등으로 인하여, 유연탄 소비 확대에 큰 제약을 받고 있는 실정이다.

설립 이후 20여년간 석유류 제품 공급을 통해 국가에너지산업을 주도해온 유공은 석유사업과 병행하여, 새로운 대체 에너지 개발사업의 一環으로, 현재 세계적으로 연구개발이 완료되어 商業化 단계로 돌입하고 있는 CWF 사업을 선정, 이에 대한 사업화 방안을 구체화시키고 이 분야의 세계 관련 기업들을 대상으로 수차례의 협의를 한 끝에, CWF 제조기술 면에서 가장 우수한 기업으로 인정되고 있는 美国의 ARC(Atlantic Research Corporation)社를 최종 선정하여, 85년 1월 31일자로 기술도입 및 용역계약을 체결하고, 3월 15일에는 해외 기술도입에 대한 정부의 최종 승인을 득하였다.

85년 5월 현재 공장건설을 위한 지질조사 및 상세설계가 진행중에 있으며, 85년 후반기부터는 경남 울산시 소재 당사 정유 공장 부지 내에 日産 600배럴 규모의 시험 생산공장을 착공하여, 86년 4월경부터는 생산에 들어갈 계획이다. 이 기간중

에 생산된 CWF는 자체 유류용으로 설계된 68T/H 보일러(MHI CE-VU 50 BP Type)에서 연소시험용으로 사용할 계획이며, 경우에 따라서는 일부 市販도 고려하고 있다.

당사 자체 보일러에서의 시험 연소가 끝나는 86년 말부터는 年産 석탄기준 50만톤 규모의 본격적인 상업화 공장을 건설하여, 저렴하고 취급이 편리한 CWF를 일반 산업체에 87년 말부터 안정적으로 공급할 계획이다.

## II. CWF 概說

### 1. 特 徵

CWF에 대한 아이디어는 COM, CMM 등과 아울러 수십년 前부터 발상이 된 바 있으나, 實用化를 위한 연구개발은 최근의 석유위기 등으로 유가가 급등하면서 本格化되어, 구미 선진국은 물론 공산권의 소련, 中共 등에서도 다수의 기업들이 다투어 개발에 착수, 현재 거의 실용화 단계로 접어들었으며, 이와 관련된 연소기술 및 취급 장비류의 개발도 거의 정립단계에 와 있다.

여기에서 말하는 CWF란 COAL WATER FUEL의 약자로 유연탄을 粉末化하여 여기에 물 및 소량의 첨가제를 넣어 液狀化시켜 놓은 일종의 高濃度 석탄 슬러리(SLURRY)로서 대체적인 성분비는 석탄이 약 70%, 물이 약 29%, 그리고 첨가제가 약 1%인 低價의 단순 혼합물로 분류되지만, 주 성분인 석탄의 입도 분포나 구성비와 사용 첨가제에 따른 物性的 차이가 심하고, 유연탄의 종류 및

제조기술에 따라서도 그 유체 역학적 특성 및 연소 특성에 큰 차이가 있어, 이것이 현재 각 製造社간 에 노하우로 되어 있다.

CWF의 物性은 상온에서 펌핑이 가능하고 수송, 저장 등의 취급방법이 유류연료와 흡사하며, 기존의 유류용 보일러에서 사용할 경우 약간의 개조로 연소가 가능하다.

CWF의 물성

구 분	C W F	B-C유
열량(Kcal/Kg)	4,530-5,820	10,420
밀 도(g/cm)	1.2	0.96
성 상		
점도(cp) at20℃	300-2,000	2,500
Sulfur(%)	1%이하	1.6-4%
Ash(%)	1-5	N/A
휘발분(%)	22-40	"
유 동 성	상온에서 Pumping 가능	Heating 필요
안 정 성	교반없이 1-2 개월 저장 가능	

CWF는 製造工程 내에 있는 별도의 石炭精製 工程(Beneficiation Process)에서 회분(Ash) 및 일부 무기 유황분이 제거되므로 고체 상태로 직접 연 소시키는 PC 보일러나 FBC 보일러에 비해서 제

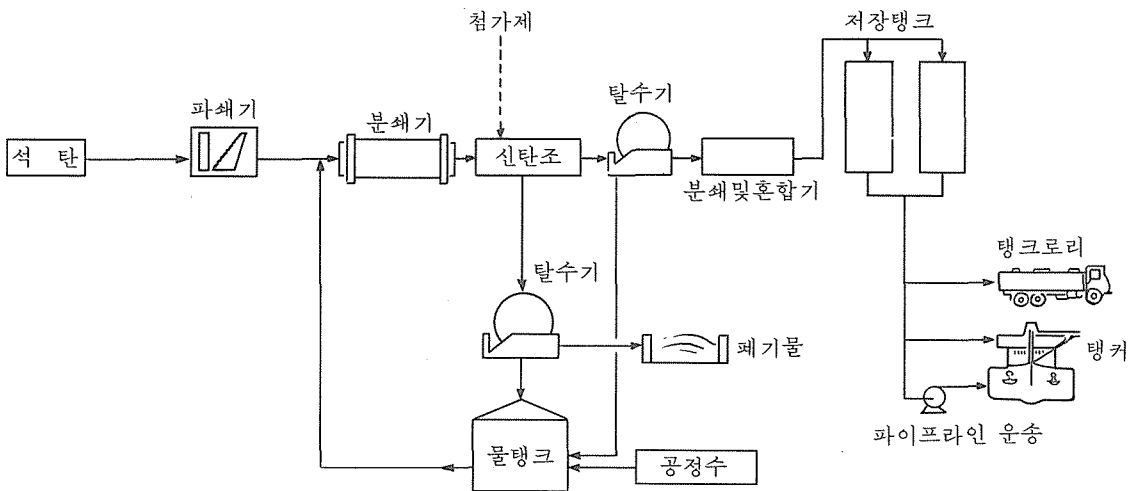
의 발생이 적고, 또한 유황 함량이 현재 국내에서 市販되고 있는 저유황 B/C 유(1.6%)의 절반 이 하인 0.6% 정도이므로, 공해 면에서도 오히려 기 존 유류 보일러보다 월등히 유리한 것으로 알려져 고 있다. 특히 유류와는 달리 CWF는 보일러 외부 에서 점화되지 않아 安全性이 매우 높고 강이나 바 다로 漏出되더라도 水質汚染을 가져오지 않는 장 점이 있다.

또, PC나 FBC에서 요구되는 엄청난 규모의 석 탄 취급 설비 및 부지 확보 문제, 운반 및 저장시 석탄의 飛散으로 인한 주변 환경 오염 등의 문제 점이 없으며, B/C유 및 가스와 병행 사용이 가능 하고 일부 저장 시설 등은 약간의 보완으로 B/C유 탱크를 그대로 사용할 수 있는 등, 개조에 따르는 투자비가 PC나 FBC에 비해 훨씬 저렴하므로, 기 존 유류 보일러를 비유류 보일러로 개조하는 方法 中 가장 효율적인 것으로 판단된다.

2. 製造와 燃燒

CWF 제조공정은 美国, 스웨덴, 中共 등에서 각각 독자적으로 제조 및 연소에 관련된 기술을 보 유하고 있으며, 이밖에 호주, 日本, 캐나다 등에서 도 유사한 공정으로 제조한 경험이 있는 것으로 보 고되고 있으나, 各社마다 제조 기술상 다소의 차 이가 있어 노하우로 취급하고 있다.

CWF 제조 공정도



일반적으로 CWF 제조공정은, 분쇄공정, 미분화 공정, 선탄공정, 혼합공정 등으로 구성되어 있다. 즉 연료탄이 분쇄 공정에서 粗粉碎된 다음, 다시 微粉碎 공정에서, 浮遊選鑛에 적합한 粒度인 50 mesh 정도로 분쇄되어 選炭槽로 넘어가, 회분 및 無機黃分이 일부 제거되고, 미분쇄 공정을 다시 거치면서 혼합공정에서 첨가제와 혼합, 高速攪拌되어 완제품이 된 후, 저장 탱크에 저장되었다가, 선박, 열차, 또는 파이프라인을 통해 B/C유와 유사한 과정으로 출하된다. 이와 같은 일련의 과정을 도시하면 그림과 같다.

기존의 유류용 보일러에서 CWF를 연소시킬 때, 石炭粒子 및 회분의 특성으로 인하여 최대 부하의 감소 즉 Derating현상(보일러 형태에 따라 0~40%)을 가져오게 된다. 이는 CWF가 완전연소하는데 더 긴 시간이 소요되어 보다 큰 용량이 요구되며, Slagging이나 Fouling현상에 의해 傳熱面의 기능이 저하되기 때문이다. 또한, 유류용 보일러에의 CWF 적용을 위하여는 보일러의 개조가 뒤따라야 하는데, 그 주요 개조 항목은 Soot-blower 추가, Flyash Collection Facility(Baghouse or Precipitator)의 설치, Balanced Draft Fan System 등이다. 그리고 Burner의 改替, 연료공급체계 및 저장 탱크 내의 攪拌시설 등, 연료의 연소, 공급, 저장

시스템의 개조가 필요하다.

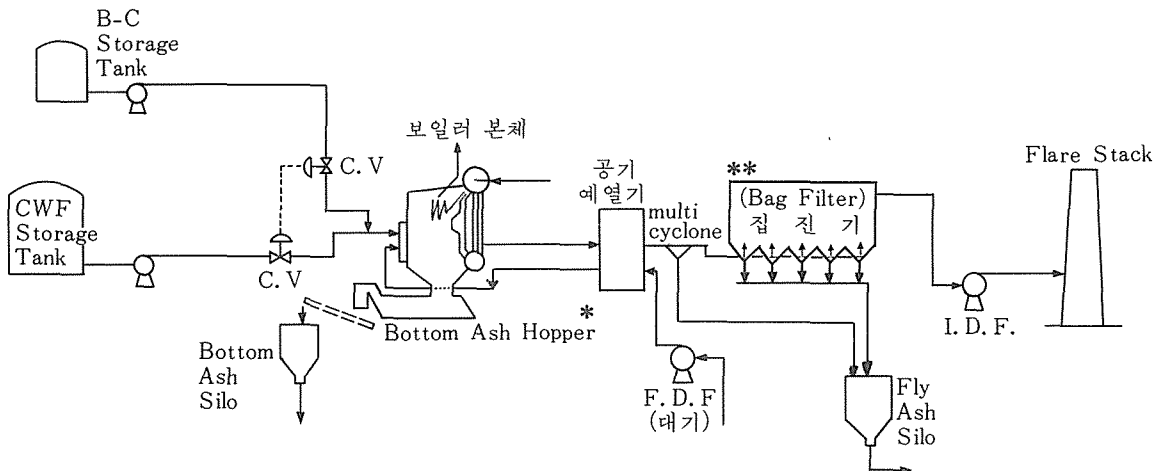
85T/H 규모의 유류용 보일러를 개조한 후의 예상 성능을 살펴보면,

개조후의 보일러 예상 성능  
(Case Study)

사 양	구 분	개 조 전	개 조 후
	형 식		MHI-CE 2 Drum 수관식 (VU-60) 옥외식
발생증발량(MCR)		85T/H	60T/H
효 율		91%	88%
증기압력(S.H.O)		114kg/cm <sup>2</sup> g	114kg/cm <sup>2</sup> g
증 기 온 도		510℃	510℃
급 수 온 도		190℃	190℃
통 풍 방 식		Forced Draft	Balanced Draft
연 료	종 류	B-C	CWF
	사용량	5.97T/H	8.21T/H
배 가 스 량		71,000NM <sup>3</sup> /H	57,000NM <sup>3</sup> /H
화 로 부 하		296,000Kcal/m <sup>2</sup> h	218,000Kcal/m <sup>2</sup> h
화로방사면부하		353,000Kcal/m <sup>2</sup> h	258,000Kcal/m <sup>2</sup> h

개조 후의 Flow chart는 다음과 같다.

보일러 개조후의 FLOW CHART



註: \*선탄공정에서 Ash를 최대한 제거하므로 Bottom Ash 제거시설은 불필요할 것으로 예상

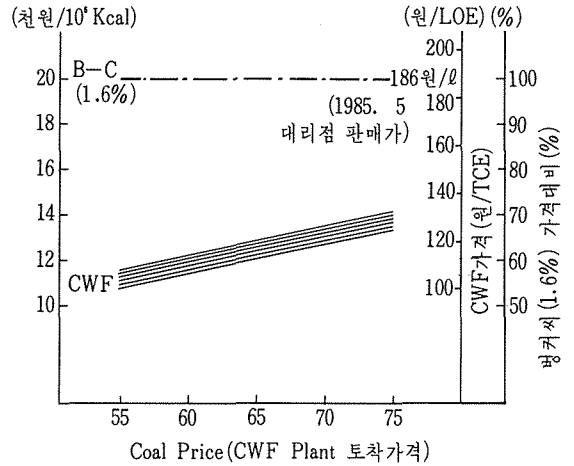
\*\*개조 또는 추가될 부분

### 3. 經濟性

CWF의 가장 큰 장점은 역시 경제성에 있다. <표-1>에서 보면, CWF의 공장도가격(추정)이 현 국내 B/C유(1.6% 저유황유)의 60~70% 선이므로, 보일러 용량 및 형태, 공장의 입지 조건, 연간 운전시간에 따라 다소의 차이가 있을 수 있으나, 보일러 개조비에 대한 투자비 회수가 0.5~3년 정도로 가능하므로 매우 양호한 투자 효과가 기대된다.

一例(표-2)로 모회사의 85T/H 유류용 보일러를 개조할 경우의 경제성은, 많은 개조비에도 불구하고 약 6개월 정도면 투자비 회수가 가능한 것으로 분석되고 있다. 또한, 개조비의 상당한 부분을 차지하는 집진 설비는 현재 환경보전법이 강화되어 B-C油 보일러에서도 조만간에 설치해야 할 것이므로, 이를 감안한다면 더욱 경제성이 유리하게 된다.

(表-1) B-C, CWF의 가격비교



- 註: 1) 환율 860원/\$ 적용  
 2) LOE: Liter Oil Equivalent  
 3) TCE: Ton Coal Equivalent

(表-2) CWF 보일러 경제성 분석

구분	종 류	단 위	개 조 전	개 조 후	비 고	
기본제원	형 식	—	수관식	수관식	CWF 제조시 첨가되는 약29%의 물의 증발 잠열로 인해 보일러효율은 약 3% 저하됨	
	보 일 러 효 율	%	91	88*		
	증 기 생 산 량	T/Hr	60	60		
	사 용 열 량	—				
	연 료 단 가	원/Ton	195,000	63,000		
	사 용 량	T/Yr	33,700	65,700		
	소 요 전 력	Kw	200	300		
시설개조비	기 계 장 치 비	만원	—	105,000*	Bottom Ash 제거시설을 고려치 않으면 실제 비용은 그 이하임	
	토 목 건 축 비	"	—	10,000		
	합 계	"	—	115,000		
운전경비	직접비	연 료 비	만원/년	657,000	414,000	절감비용: 238,800
		전 력 비	"	10,200	15,400	
		소 계	"	668,200	429,400	
	간접비	인 건 비	"	5,400	6,400	추가비용: 2,200
		유 지 보 수 비	"	1,600	2,300	
		감 가 상 각 비	"	—	—	
		시설투자금리	"	—	11,500	
연료저장비이자	"	2,700	1,700			
소 계	"	9,700	11,900			
합 계	"	678,000	441,000	절감비용: 237,000		
투자 회수기간:			115,000 ÷ 237,000 × 12 = 6 (개월)			

註: \*상기 시설투자비는 공장의 위치, 조건 및 기타 특수사정에 따라 증감이 있을 수 있음.

산 출 근 거

내역	구분	개 조 전 (B-C)	개 조 후 (CWF)
증기압력		114kg/cm <sup>g</sup>	좌 동
증기온도		510°C	"
급수온도		190°C	"
연료열량 (LHV)		9,620Kcal/kg	7,300Kcal/kg Coal
연료소비량		$\frac{60,000 \times 1,107 \times 8,000}{0.91 \times 1.8 \times 9,620}$ =33,720T/Yr	$\frac{60,000 \times 1,107 \times 8,000}{0.88 \times 1.8 \times 7,300}$ =46,000Ton Coal/Yr
전력비		200KwH×64W/Kw×8,000H/Yr =10,200만원	300KwH×64W/Kw×8,000H/Yr =15,400만원
인건비		30만/월×10인×18월/년=5,400만원	30만/월×12인×18월/년=6,400만원
유지보수비		시설투자비의 2%	좌 동
연료저장비		1 / 2 개월 저장	좌 동
이자		이자율 10%	좌 동
시설투자금리		이자율 10%	좌 동

Ⅲ. 세계의 동향

물이 30% 정도 혼합된 CWF의 연소가 과연 가

능한가, 또 유류용 보일러에 CWF를 연소시킬 때, 어떠한 특성을 보이는가에 대한 시험이 여러 관련 회사에서 실시되었다. 이를 요약하여 다음과 같이 나타내었다.

주 체/후 원	시간당 연소량 (MMBTU)	무 적	결 과
1) 기초연구			
Bobcock & Wilcox/EPRI	4	기존설비에서의 CWF 실증 연소시험	안정적인 점화, 보조연료 없이 연소 가능
Bettelle/Florida Power and Light	1	재의 축적 정도	근소한 양의 재의 축적으로 제거 용이
Adelphi Univ./Long Island Lighting	—	CWF 시스템의 실행가능성 연구, Pumping과 Handling 특성 결정	Pumping, Handling 조건 초과
2) 실증 연구			
DOE (PETC)	25	유류전용 보일러에의 CWF 사용을 위한 개조기술의 개발	100, 700HP 보일러에서 기술가능성 실증
DuPont/EPRI	60 (3×20)	산업용보일러 실증 시험	적정부하량하에서의 운전 지속 연료안정성, Handling과 연소 특성이 우수

주 체 / 후 원	시간당 연소량 (MMBTU)	목 적	결 과
Combustion Engineering/ Gulf Research/DOE  Chatham (캐나다)	50	유류전용 보일러에의 사용가 능성 시험  산업용 보일러 실증시험	진행중  보조연료 없이 연소, 유류와 부하변동 없이 상호전환가능 25%에서 100%까지의 부하 변동 가능

또, 국가별로 그 현황을 살펴 보면,

국 가	현 황
美 國	1) CWF 플랜트를 개조하여 연산 12만톤 규모의 CWF 플랜트 가동중 2) 연산 75만배럴 규모의 COM 플랜트를 생산 용으로 개조
스 웨 덴	1) 연산 27.5만톤 규모의 상업플랜트 가동 (85. 2) 2) 25T/H 규모의 유류보일러를 CWF보일러로 개조하여 정상 가동중(84. 4)
中 共	85. 6월 연산 5만톤의 CWF 제조계획하에 데 모플랜트 건설 추진중
이탈리아	35MW 길라 발전소를 CWF 용으로 전환계획중 200°C의 Combustion Air로서 보조연료없이 연소
필 리 핀	850MW 발전소를 CWF용으로 전환 검토중 (연 250만톤의 자국산 석탄 이용)

85년도 2월에 발표된 IEA (International Energy Agency) 보고서에 의하면, 동 회원국(미국, 일본, 캐나다, 네덜란드, 스웨덴, 영국) 전체 유류 사용 발전소의 75~85%(유류 700만 배럴분)와 산업용 보일러의 50%(유류 480만 배럴분)를 CWF가 代替할 수 있을 것이라고 전망하였다.

이와 같은 CWF의 제반 여건을 바탕으로 종합 에너지 회사를 지향하고 있는 油公이 이 사업에 착수하게 된 것은 매우 자연스러운 일이며, 국가 에너지 정책상 그 의의가 크다 하겠다.

#### IV. 맺는 말

이상에서 살펴본 바와 같이, 석탄·물 혼합 연료

인 CWF는, 두 차례에 걸친 석유위기를 겪으면서 우리 앞에 「거대한 검은 희망」으로 浮上한, 석유 대체 에너지源으로서의 석탄을 이용한 연료로서, 그 이용 기술은 이미 선진국에서 제조로부터 연소에 이르기까지 실용화 되었다.

국내에서도 CWF 실증 연소 시험이 과학 기술처의 85년도 특정 연구 개발사업 과제로 선정되는 등, CWF에 대한 관심이 높아지고 있다. 특히 부존자원이 빈곤하고 석유 의존도가 높은 우리나라에서는 그 경제성을 비롯하여 여러가지 장점을 보유한 CWF의 이용 확대가 매우 시급하고도 절실한 문제라 하겠다. \*

〈註〉

COM : Coal Oil Mixture

CWM : Coal Methanol Mixture

PC : Pulverized Coal

FBC : Fluidized Bed Combustion

EPRI : Electric Power Research Institute(美)

DOE : Department of Energy(美)

PETC : Pittsburgh Energy Technology Center(美)

