

## 1 T/D급 습식 분류상 석탄가스화기에서의 석탄가스화 특성연구

박태준 · 김재호 · 손성근 · 이재구 · 홍재창 · 김용구 · 최영찬

한국에너지기술연구소 에너지환경연구부

### Experimental Study on the Characteristics of Coal Gasification by 1 T/D BSU Coal-slurry Entrained Gasifier

Tae-Jun Park, Jae-Ho Kim, Sung-Geun Son, Jae-Goo Lee, Jae-Chang Hong,  
Yong-Ku Kim and Young-Chan Choi

Department of Energy Environment, Korea Institute of Energy Research  
Taejeon, 305-343, Korea

#### 요 약

1 T/D급 습식 분류상 석탄가스화 장치를 이용하여 외국의 각종탄에 대한 가스화 실험을 통해, 1) 석탄 가스화를 위한 적절한 탄종을 선정하고, 2) 탄종에 따른 가스화 반응식 데이터베이스를 구축하며, 3) 가스화 반응기에서 예상되는 문제점을 사전에 제거하고, 4) 습식분류상 가스화기술에 대한 요소기술 및 운전기술을 확보하므로써 향후 IGCC Plant 설계, 건설시에 시행착오를 줄이는데 크게 기여하고자 하였다. 가스화 실험을 위해 미국산 Cyprus 및 Alaska탄이 사용되었으며, 실험결과 Cyprus 및 Alaska탄은 국내발 전용 탄인 역청탄 및 갈탄으로 비교적 반응성은 양호하였으며, slag의 용융온도 또한 약 1290°C로서 비교적 낮게 나타났다. 석탄슬러리 농도는 Cyprus탄의 경우 58, 62, 65%로 유지하였으며, 가스화 장치에 공급하는데는 점도 상승에 따른 큰 문제점이 없었으나, Alaska 탄의 경우엔 수분함량이 많아 슬러리 제조 및 feeding상의 문제점을 고려하여 58%로 운전하였으며, 60% 이상 슬러리 농도를 유지할 수 없었다. O<sub>2</sub>/coal ratio는 0.6에서 1.2까지 유지하면서 운전하였으며, 갈탄인 Alaska탄의 경우 수분함량이 많아 산소 소모가 많은 것으로 나타났다. 두 탄종에 대한 가스화실험을 통해, 생성된 합성가스(H<sub>2</sub>+CO)는 40~62%로 나타났으며, 생성가스의 열량은 1,400~2,050 kcal/Nm<sup>3</sup>(HHV)로 분석되었다.

**Abstract**—This study has been implemented to investigate various characteristics of coals which are imported from abroad. KIER has developed 1 T/D bench-scale unit, entrained-flow coal-slurry gasification technology to investigate the followings: 1) to assess the appropriate foreign coals for gasification, 2) to establish the data base for gasification phenomena, 3) to minimize the technical risks prior to introduction of commercial scaled IGCC power plant, 4) to develop essential key technologies and to establish operational experiences for coal gasification. The foreign coals used in the gasification are Cyprus and Alaska coals from U.S.A. Cyprus coal(bituminous) and Alaska coal (lignite) were conducted stable gasification operation due to the their higher reactivities. The ash fusion temperatures of both coals were shown about 1,290°C. The concentrations of coal-slurry for Cyprus were maintained up to 58%, 62% and 65% in order to enable to feed satisfactorily it into the gasifier without any other problems at feeding systems. However, the Alaska coal was unable to maintain slurry concentration over the 60% due to its high viscosity. During the experiments, O<sub>2</sub>/coal ratios in both coals were maintained from 0.6-1.2, but especially Alaska coal was required excessive oxygen feed due to its high inherent moisture contents. During the experiments with two different coals, the concentrations of syngas (H<sub>2</sub>+CO) were shown as 40-62%, and the heating value of syngas were detected as 1,400-2,050 kcal/Nm<sup>3</sup> (HHV).

## 1. 서 론

석탄은 화석연료 중에서 매장량이 가장 풍부한 에너지 자원으로서 전체 화석에너지 매장량 중 75%를 점유하고 있다<sup>[1]</sup>. 주요 화석에너지 중에 석유나 천연가스의 사용 가능년수는 향후 40~60년에 불과하나 석탄은 약 200년 이상을 쓸 수 있는 것으로 예측되고 있다<sup>[2]</sup>. 그러나 이처럼 풍부한 석탄을 현재와 같은 연소 방식에 의해서는 CO<sub>2</sub> 및 SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> 배출을 억제하는데 많은 문제점이 있다. 화석연료 사용에 따른 환경문제와 지구온난화 문제는 날이 갈수록 더욱 심각해지고 있으며, 최근 환경문제를 경감시키기 위한 국제적인 압력이 점차 증대되고 있어 석탄사용은 많은 제약을 받게 되었다. 환경문제를 줄이기 위해 기존 발전소에 배연 탈황시설 등을 설치하고 설비를 개조하는 방안이 강구되고 있으나 설비투자 비용이 많고 설비운영시 발전효율이 떨어지며 단기적으로 공해저감효과는 있으나, CO<sub>2</sub> 배출량의 증가 등 장기적인 대책이 되지 못하고 있다. 석탄가스화복합발전(IGCC)은 석탄 사용에 따르는 당면한 문제점을 해결하기 위한 대안으로 제시되고 있으며, 발전효율을 증대시키고 환경부하를 현저하게 줄이며 지구온난화가스인 CO<sub>2</sub> 생성량을 현저하게 줄일 수 있어 미국, 독일, 화란, 일본 등 선진국은 많은 연구개발비를 투입하여 IGCC 발전기술 개발에 박차를 가하고 있다.

현재 선진국에서 실증단계에 있는 300 MW급 IGCC 발전소는 효율이 40~43%에 접근하고 있으며, 기존 석탄화력 발전소에 비해 CO<sub>2</sub> 배출량은 10~20% 줄일 수 있고, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> 및 분진의 배출량은 1/3~1/10 수준으로 줄일 수 있음이 입증되었다<sup>[3]</sup>. IGCC 발전소는 화석연료 사용에 따른 지구 온난화 문제를 완화시키는데 매우 효과적이며, 또한 환경 보전성이 매우 우수한 것으로 평가되고 있다. 선진국에서는 IGCC 발전소의 개발 목표를 지구온난화와 환경문제뿐만 아니라 발전효율 향상, 건설비 및 발전단가를 줄이는데 중점을 두고 단위 공정 기술 개발과 전체시스템의 최적화를 위한 연구개발에 노력을 기울이고 있다.

석탄가스화 복합발전기술(IGCC)은 약 16개 이상의 단위공정으로 구성된 복합기술<sup>[4]</sup>로서 가스화 부분을 제외하면 가스정제 및 복합싸이클 계통등 대부분의 공정이 이미 상업화된 기술로서 구성되어있다. 이들 단위기술 중 석탄가스화기술은 공정과 기술의 신뢰성 등이 전체 IGCC 플랜트 구성에 중요한 영향을 미치므로 석탄가스화 기술의 요소기술 개발은 물론 기술의 장애요인을 사전에 파악하여, 문제점을 사전에 제거함으로써 적절한 가스화 공정을 선택하는 것은 매우 중요하다고 하겠다.

본 연구에서는 가스화 복합발전에서 가스화 반응속도

가 빨라 부하변동에 민감하게 대처할 수 있으며, 공정이나 장치가 간단한 석탄처리 0.5~1.5T/D 규모의 습식 분류상 가스화 장치를 이용하여 연속운전을 통한 각종 탄종에 대한 가스화 특성 및 운전상의 문제점을 파악하고, 습식분류상 가스화기술에 대한 요소기술 및 운전기술을 확보하프로서 향후 IGCC Plant 설계, 건설시에 시행착오를 줄이는데 크게 기여하고자 하였다.

## 2. 실 험

### 2-1. BSU급 습식 분류상 가스화장치

본 연구에 사용된 습식 분류상 석탄가스화 장치의 정경 및 개략 공정도를 Fig. 1 및 Fig. 2에 나타내었다. 그림에서 볼 수 있는 바와 같이 본 가스화장치는 크게 석탄 전 처리부, 석탄 가스화장치부, 자동제어 및 분석시스템부 그리고 가스 정제장치부로 크게 나누어진다.

석탄전처리부에서는 200 mesh로 분쇄된 석탄을 계면활성제와 물을 섞은 후 CWM을 생성하여 공급되는 석탄슬러리 농도를 58%~65%, 점도를 400~1000 cp 범위에서 유지하고 고압스크류 펌프에 의해 가스화 반응기에 공급하도록 설계되었다.

석탄슬러리와 공급되는 99%의 산소는 반응기의 상단에 특수하게 제작된 버너에서 분사되기전에 석탄슬러리와 혼합되고 가스화 반응기의 하부로 down firing의 형태로 점화되어 부분산화 반응을 일으키며, 가스화 반응기 내부에서 약 1300~1600°C 온도에서 석탄의 건조, 열분해 연소 및 가스화 반응 등이 일어나 합성가스로서 주로 H<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>를 생성하게 된다. 석탄슬러리는 가스화 반응에 필요한 steam량을 공급하게 되며, 반응기의 온도는 O<sub>2</sub>/coal ratio로 조절하며 반응기 체류시간은 불과 1~4초로서 분류상 가스화장치는 반응속도가 매우 빠



Fig. 1. KIER entrained-flow coal gasification experimental facilities.

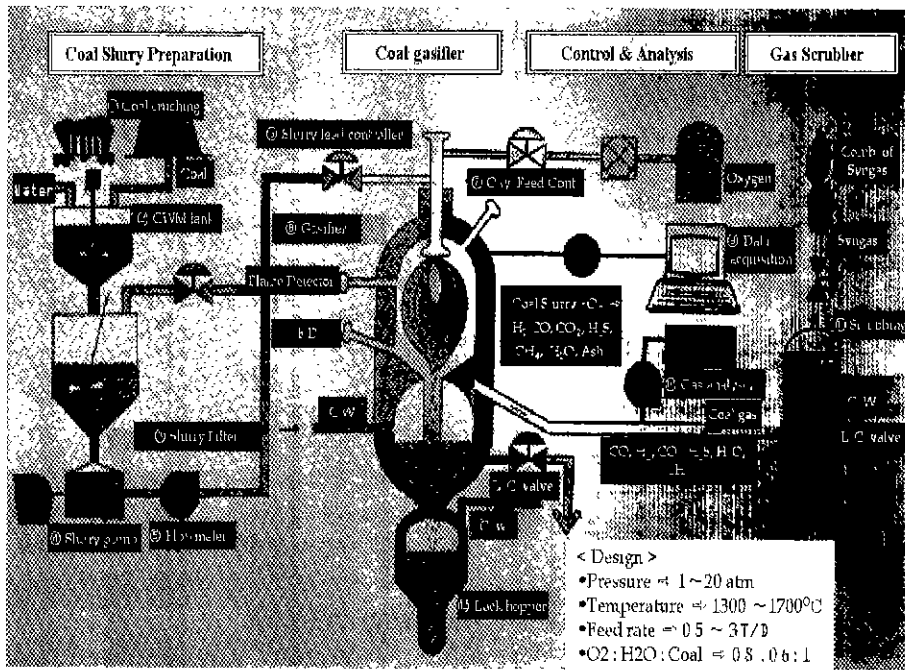


Fig. 2. Schematic flow diagram of 1T/D slurry feed type entrained-flow coal gasifier.

른 것이 특징이다.

특히, 석탄가스화 장치부에는 시동을 위한 가스보조버너가 설치되어 있으며, 가스화기 내부반응온도 측정 및 각 반응기 shell의 온도측정을 통한 열손실 등을 측정하기 위한 다량의R-type thermocouple이 가스화기 벽면에 설치되어 있다 또한, 가스화기 상단과 하단부에 가스화 반응시 화염형태와 하단부의 슬래그 형태를 관찰할 수 있는 관찰구를 설치하여 운전중에 화염을 관찰하거나 폐쇄회로에 의한 녹화장치로 저장할 수 있게 하였다 가스화기는 25기압, 1800°C까지 견딜 수 있도록 내부는 2중으로 된 내화성과 전열특성을 갖는 Alumina 내화재로 보온되었으며, 반응장치는 S.S-304로 제작되고 반응기의 상부와 하단부에 냉각수 coil을 설치하여 실험장치의 과열을 방지토록 하였다.

공급되는 냉각수는 자동레벨 조정장치와 공급 유량계에 의해 조절되며, 공급되는 석탄슬러리, 산소 또는 슬러리의 재순환 및 산소의 배출계통 등은 석탄가스화 시스템의 안전운전을 위해 비상정지 될 수 있는 safety interlock system으로 되어 슬러리의 공급정지 또는 산소공급 정지 및 기타 시스템의 비정상 상태에서 비상 정지되도록 설계되었다.

가스정제장치부를 통해 배출되는 가스는 가스샘플링 시스템을 거쳐 2차 scrubber를 거쳐 대기로 배출되는데, 이때 stack의 상부에 설치된 연소장치에서 자체 연소에 의

하여 배출된다. 또한, 본 실험의 공정제어를 위하여 자동제어 및 분석 시스템부에서는 적외선(Infrared) 분석기를 이용하여 2~4초 간격으로 생성가스의 조성을 monitoring하며, 주기적으로 off-line에서 sampling을 실시하여 Gas Chromatography를 이용 생성가스 조성을 분석 하였다.

2-2. 실험방법

발화성이 낮은 석탄의 가스화를 위하여 반응기내의 온도를 예열시켜야 하며, 본 논문에서는 가스화를 위해 안정적인 부분산화가 이루어질 수 있도록 LPG를 이용하여 1200°C 정도를 유지하였다 반응기의 온도가 안정을 유지하게되면 LPG를 차단하고 슬러리를 주입하면서, 화염의 상태가 안정성을 보이면 슬러리와 산소의 양을 늘리도록 하였다. 이러한 조절기능은 control room에 있는 폐쇄회로 T.V를 보면서 화염 및 온도의 변화를 주시하여 자동조절 밸브로 조절할 수 있도록 하였다. 이때 화염의 온도 및 내부벽의 온도변화가 기록계 및 data acquisition이 장착된 컴퓨터에 전 과정을 기록할 수 있도록 하였다. 본 실험의 슬러리 제조를 위해 사용된 탄은 미국산 Cyprus 및 Alaska탄이며, 각 탄종에 대한 성분분석 결과는 Table 1에 나타내었다 ASTM 방법으로 분류하면 Cyprus 및 Alaska탄은 각각 역청탄 및 갈탄의 범위에 해당하며, 비교적 휘발분 함량이 높게 분석

Table 1. Analysis of experimental coals.

Coal source		Cyprus	Alaska
Proximate Analysis (wt%)	Moisture	9.97	22.32
	VM	42.24	36.73
	Ash	3.56	11.74
	FC	44.21	29.17
H.V (kcal/kg, HHV)		6,050	5,399
Ultimate Analysis (wt%, daf)	C	66.37	48.24
	H	5.44	6.07
	N	0.95	0.62
	S	0.16	0.12

Table 2. Analysis of ash composition and fusion temperature.

		Cyprus	Alaska
Ash composition	SiO <sub>2</sub>	58.56	54.57
	CaO	6.45	13.42
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.72	18.90
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.38	4.94
	TiO <sub>2</sub>	0.68	0.58
	Na <sub>2</sub> O	0.36	1.06
	K <sub>2</sub> O	0.89	1.89
Fusion Temperature (°C)	MgO	2.67	2.61
	IDT	1226	1192
	ST	1227	1227
	HT	1233	1274
	FT	1294	1291

되었다.

석탄가스화 반응온도의 결정을 위하여 Ash 성분과 용융온도를 분석하여 Table 2에 나타내었다. 석탄가스화 장치의 조작에서 가장 중요한 것은 ash의 용융점(T<sub>f</sub>: Fluid temperature)으로서 선점된 탄의 경우 각각 1294°C와 1291°C로 분석되었다.

슬러리의 제조는 74 m 이하(70% 이상)로 미분화된 석탄을 양이온 계면활성제(CWM1002)와 가성소다 용액을 사용하여 점도 및 유동성을 조절하였다. 실험실적으로 첨가제 없이 석탄 슬러리를 제조 가능한 농도의 한계치는 탄종별로 다른데 각 탄 종에 대한 농도별 점도 유지는 2000 cp 이하로 하였다. 석탄과 물만의 혼합으로 조제 가능한 농도는 60 wt.% 수준으로 본 실험에서는

Table 3. Experimental conditions for entrained-flow gasifier.

Parameters		Gasification conditions
Coal slurry	Coal conc. (wt %)	58, 62, 65
	Viscosity (cp)@ 20°C	450~1520
	Temperature (°C)	70
	Feed rate (kg/hr)	58~83
Coal feed rate (kg/hr)		25~50
Oxygen	Oxygen-coal ratio (wt/wt)	0.6~1.2
	Temperature (°C)	200
Gas temperature (°C)		1300~1550°C
Reactor pressure (atm)		0~5

슬러리 농도를 58, 62, 65 wt.%로 조절하였다. 그러나 Alaska탄의 경우에는 안정화 특성이 매우 저하되어 저장 및 이송시 문제점을 고려하여 58 wt.%로 유지하였다. Table 3은 본 연구에 사용된 슬러리 공급 및 운전조건을 나타내고 있다.

### 3. 실험결과 및 고찰

미국산 Cyprus 및 Alaska탄의 가스화 실험을 위하여 사용된 슬러리 농도는 각각 58, 62, 65%와 58%이며, 각 슬러리 농도에 대하여 여러번의 시료를 채취, 분석을 실시하였다. 실험결과는 O<sub>2</sub>/Coal ratio에 따른 생성가스의 조성변화, 발열량 변화, 가스화내부의 온도변화 및 가스화 내부온도에 대한 생성가스의 조성변화를 작성하여 정성적인 특성 분석을 실시하였다.

#### 3-1. Cyprus탄의 가스화실험

Cyprus탄의 실험결과는 Table 4에 나타난 바와 같다. 표에서 볼 수 있는바와 같이 슬러리 농도 58%의 경우 생성가스 조성은 CO+H<sub>2</sub>가 40%~55%로서 매우 낮고 과잉 산소공급에 의해 가스발열량은 1,400~1,850 kcal/Nm<sup>3</sup>로 나타났다.

슬러리 농도를 62%로 유지한 실험에서는 H<sub>2</sub>+CO는 43%~58%, 가스열량은 1,720~1,906 kcal/Nm<sup>3</sup>으로 슬러리 농도 58%의 실험에 비해 다소 높게 나타났으며, 슬러리 농도 65%의 결과는 H<sub>2</sub>+CO 농도는 62%까지 상

Table 4. Syngas output with respect to the slurry concentration for Cyprus coal.

Slurry Conc. (%)	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> +CO	H.V (kcal/Nm <sup>3</sup> )
58	20~26	1.52~1.98	20~29	43~57	40~55	1,400~1,850
62	18~27	0.7~1.38	29~32	40~56	43~58	1,720~1,906
65	18~28	0.99~2.47	23~35	37~54	42~62	1,525~2,044

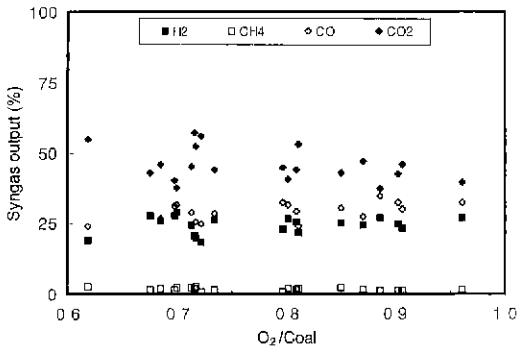


Fig. 3. Syngas output changes with respect to O<sub>2</sub>/Coal ratio for Cyprus coal.

승하였으며, 가스발열량도 1,525~2,044 kcal/Nm<sup>3</sup>으로 상승하였다

Cyprus탄에 대한 O<sub>2</sub>/Coal ratio에 따른 생성물의 조성 변화는 Fig. 3에 나타낸 바와 같다.

석탄의 가스화는 기체-고체 반응인 아래의 반응들을 포함한다.



반응(1)과 (2)는 매우 빠르게 반응이 진행되며, char의 가스화 반응인 반응(3)과 (4)의 흡열반응에 필요한 열을 공급한다. 일반적으로, 석탄가스화 반응에 있어서 석탄 공급량이 일정한 경우 O<sub>2</sub>/Coal ratio를 증가하여 가스화 반응온도를 증가시키면, 반응(3)이 활성화되어 반응(1)에서 생성된 CO<sub>2</sub>를 소모하게 되고 결과적으로 생성가스 중 CO<sub>2</sub>의 농도를 감소시키게 된다. 그러나, O<sub>2</sub>/Coal ratio값이 계속 증가되어 과잉으로 O<sub>2</sub>가 공급될 경우 CO<sub>2</sub>의 농도는 다시 급격하게 증가하며 연소분위기로 전환되는 경향을 갖는다. Texaco 가스화 pilot plant의 경우 Illinois coal을 사용한 실험에서 O<sub>2</sub>/Coal ratio가 증가하면서 생성가스 중 CO<sub>2</sub> 농도는 감소하다가 0.8 이상에서 다시 급격하게 증가하는 경향을 보였다<sup>[5]</sup>. 본 실험의 경우는, O<sub>2</sub>/Coal ratio가 1.0에서도 감소되는 것으로 나타났다.

Cyprus탄의 O<sub>2</sub>/Coal ratio에 따른 생성가스의 발열량 변화를 Fig. 4에 나타내었다.

그림에서 보는바와 같이 생성가스의 발열량은 실험조건에 따라 매우 분산되었으나, 대체적으로 생성가스의 발열량은 O<sub>2</sub>/Coal ratio의 값이 커지면서 슬러리 농도가 높을수록 커지는 것으로 나타났다. 또한, 58%와 62%의 경

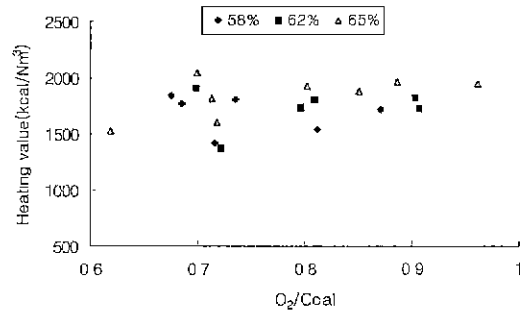


Fig. 4. Heating Value changes with respect to O<sub>2</sub>/Coal ratio for Cyprus coal.

우 O<sub>2</sub>/Coal ratio의 값이 커짐에 따라 대체적으로 발열량이 낮아졌으나, 65%의 경우 반대로 O<sub>2</sub>/Coal ratio의 값이 커짐에 따라 발열량이 조금씩 증가되는 것으로 나타났다. 이는 탄소전환율과의 관계로 분석될 수 있으며, 58%와 62%의 경우 탄소 전환율이 거의 100%에 가까워 O<sub>2</sub>/Coal ratio의 값이 커짐에 따라 (1)의 반응이 증가되지만, 65% 경우에는 탄소전환율이 90%정도 이므로 산소량이 커짐에 따라 앞의 (3), (4)의 반응이 계속적으로 진행되어 생성가스의 조성 중에 CO+H<sub>2</sub>의 양이 많아짐에 따른 것으로 분석된다.

Cyprus탄의 O<sub>2</sub>/Coal ratio에 따른 반응기 내부 온도의 변화를 Fig. 5에 나타내었다. O<sub>2</sub>/Coal ratio의 값이 커짐에 따라 반응기 내부의 온도는 대체적으로 상승함을 알 수 있다. 이는 연소 반응성과 탄소 전환율과의 관계로서 해석할 수 있으며, 즉 O<sub>2</sub>가 증가하면서 발열반응인(1)과 (2) 반응이 증가되기 때문이다. 그런데 산소량을 증가시켜도 반응기의 내부 온도는 1430°C 이상으로 올릴 수가 없었는데, 이는 Cyprus탄의 발열량이 6000 kcal/kg인 것에 기인한다.

반응기 내부온도 변화에 따른 생성가스 조성은 Fig. 6에 나타내었다. 반응온도가 상승할수록 CO 및 H<sub>2</sub>의 농도는 증가하며, CO<sub>2</sub>의 농도는 약간 감소함을 알 수 있

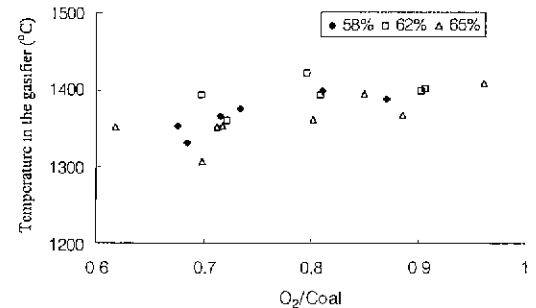


Fig. 5. Temperature changes in the gasifier with respect to O<sub>2</sub>/Coal ratio for Cyprus coal.

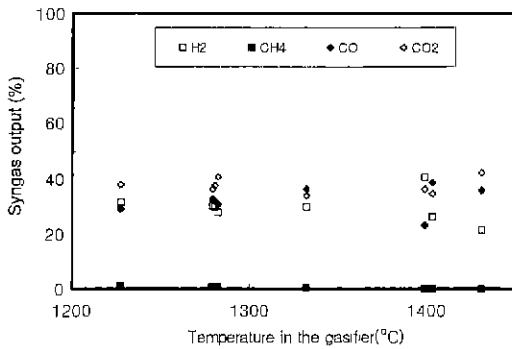


Fig. 6. Syngas output changes with respect to the temperature in the gasifier for Cyprus coal.

는데, 이는 탄소전환율과 관계가 있으며, 반응온도 상승 시 (1) 반응에서 생성된 CO<sub>2</sub>가 (3)의 반응에서 소진된 결과로 생각된다. 따라서 CO+H<sub>2</sub>의 량을 증가시키기 위해서는 반응온도의 상승이 필수적이며, 탄소전환율의 상승이 필요하다 할 수 있다.

3-2. Alaska탄의 가스화 실험

본 Alaska탄의 가스화실험에서는 가스화기내에서의 가스화반응을 증가시켜 가스화기 내부의 온도를 상승시킴으로써 합성가스 농도를 높이기 위하여 가스화기 외부를 단열재를 사용하여 보온함으로써 가스화기 외벽을 통한 열손실을 줄이고자 하였다. Alaska탄은 수분함량이 높은 갈탄으로 Slurry 제조 및 feeding의 어려움을 고려하여 Slurry 농도를 58%로 유지하며 실험을 진행하였다. Alaska탄의 생성가스 조성은 Table 5와 같다 표에서 나타난 바와 같이 CO+H<sub>2</sub>의 농도는 57~65%로 나타났으며, 가스발열량은 1,747~2,022 kcal/Nm<sup>3</sup>으로 높게 나타났다.

Alaska탄에 대한 O<sub>2</sub>/Coal ratio에 따른 생성물의 조성 변화는 Fig. 7에 나타내었다. 보온의 영향으로 벽면의 온도가 높아 낮은 O<sub>2</sub>/coal ratio에서 수소의 생성량이 많으며, CO+H<sub>2</sub>의 양도 60%가 넘음을 알 수 있다. 그러나 CO<sub>2</sub>의 경우 O<sub>2</sub>/Coal ratio가 0.9보다 커지면서 가깝게 상승함을 알 수 있어 O<sub>2</sub>/Coal ratio가 1.0에서도 감소했던 앞의 Cyprus탄과는 다른 결과를 얻을 수 있었다.

Alaska탄의 O<sub>2</sub>/Coal ratio에 따른 생성가스의 발열량 변화는 Fig. 8과 같다 산소량이 증가할수록 생성가스의 발열량은 낮아지는 것으로 나타났으며, 이는 앞의 Cyprus

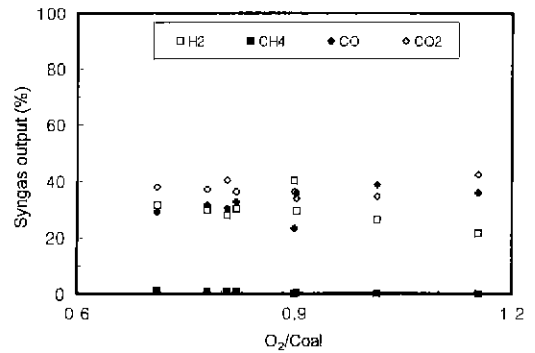


Fig. 7. Syngas output changes with respect to O<sub>2</sub>/Coal ratio for Alaska coal.

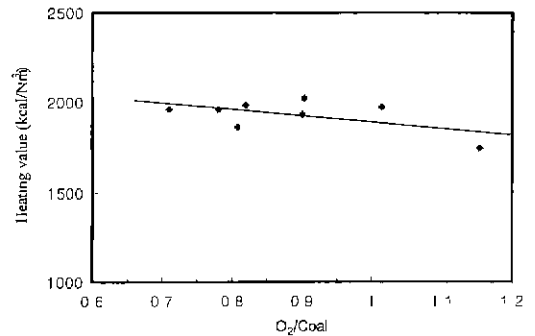


Fig. 8. Heating Value changes with respect to O<sub>2</sub>/Coal ratio for Alaska coal.

탄과 같이 탄소전환율이 거의 100%에 가까운 58% 슬러리의 경우 산소량이 증가하면서 (1)의 반응이 증가하고 결과적으로 생성가스의 발열량을 낮추는 것으로 분석된다. 이는, O<sub>2</sub>/Coal ratio가 0.9정도에서 CO<sub>2</sub> 농도가 증가되는 결과로부터도 알 수 있다.

Alaska탄의 O<sub>2</sub>/Coal ratio에 따른 반응기 내부 온도의 변화는 Fig. 9와 같다. 산소량이 증가할수록 반응온도는 증가함을 알 수 있는데, 이는 탄소 전환율이 거의 99% 이상이기 때문인 것으로 분석된다

Alaska탄의 반응기 내부온도 변화에 따른 생성가스 조성변화는 Fig. 10과 같다. 반응온도가 높아질수록 대체적으로 CO농도가 높아지고, H<sub>2</sub> 및 CO<sub>2</sub>의 농도는 약간 낮아지고 있는데 이는 앞의 Cyprus탄의 실험결과에서 본 것과 같이 반응온도가 높아지면서 (3)의 반응이 활성화 되기 때문으로 판단된다.

Table 5. Syngas output for Alaska coal.

Slurry Conc. (%)	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> +CO	H.V (kcal/Nm <sup>3</sup> )
58	21~41	0.02~1.21	29~39	33~42	57~65	1,747~2,022

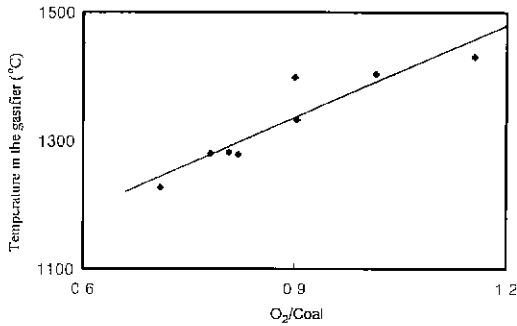


Fig. 9. Temperature changes in the gasifier with respect to O<sub>2</sub>/Coal ratio for Alaska coal.

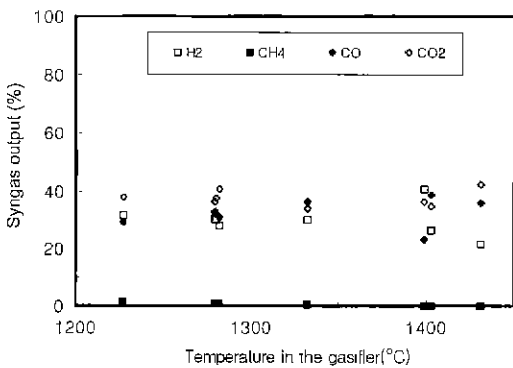


Fig. 10. Syngas output changes with respect to the temperature in the gasifier for Alaska coal.

#### 4. 결 언

1. 미국산 Cyprus 및 Alaska탄의 가스화실험을 수행하였으며, 슬러리농도는 Cyprus탄의 경우 58, 62, 65%로 유지되었고, Alaska탄의 경우 슬러리 제조 특성상 58%로 유지하여 실험을 하였다.

2. 가스화 반응시 열손실을 줄이기 위해서 Alaska탄의 가스화실험에서는 Reactor 외부를 단열재로 보온함으로써 열손실이 방지됨과 동시에 가스화 반응을 향상시키고자 하였다.

3. Cyprus탄은 역청탄 계통으로 탄소 성분이 Alaska탄에 비해 다소 높고 가스화 반응후 합성가스의 열량은 1,400~2,000 kcal/Nm<sup>3</sup>으로 나타났다.

4. Alaska탄은 갈탄 계통으로서 반응성은 매우 높으나 수분 함량이 높고 탄소 성분이 낮지만 외부단열을 통한 열손실을 줄임으로서 가스화기 내부의 온도가 상승하였으며, 가스화 반응 후 생성가스 열량이 Cyprus탄에 비해 1,700~2,020 kcal/Nm<sup>3</sup>으로 높게 나타났다.

#### 참고문헌

1. Ganey, B.W.: "Current Status and Projects for the use of clean coal technologies in power generation", The Australian Coal Journal No. 34 (1991).
2. Clean coal technology, options for the future, International Energy Agency, ETSU/DTI (1993).
3. The Tampa Electric Integrated Gasification Combined Cycle Project, Demonstration of an advanced 250 MW IGCC plant, U.S. DOE/Tampa Electric CO. (1996).
4. Cool Water Coal Gasification Program-First Annual Report. Palo Alto, EPRI, AP-2487 (1982).
5. Wen, C.Y. and *et al.* "Entrainment Coal Gasification Modeling", Ind. Eng. Chem. Process Des. Dev., Vol. 189, No. 4 (1979).
6. Park, T.J., Kim, J.H., Lee, H.J. and Lee, J.G.: Experimental Study on the Gasification Characteristics of Coal and Ormulsion in 0.5T/D Gasifier, Research Report KRC-93G-J13. KIER/KEPCO (1995)
7. Park, T.J., Kim, J.H., Lee, H.J. and Lee, J.G.: An Experimental Study on the Coal Gasifier and Purification System for IGCC Plant, KRC-90G-J07, KIER/KEPCO (1993).
8. Park, T.J., Kim, J.H., Lee, H.J., Lee, J.G., Smith, L.W. and Coilm Paulson: Development of Coal Gasification Technology for IGCC, Collaborative Research Report, KIER/CSIRO (1994).
9. Kim, D.C. and *et al.*: An Experimental Study on the Coal-Water Mixture and Combustion, KIER Report (1987)
10. Hurst, H.J., Patterson, J.H., Novak, F. and Lee, J.G.: Viscosity Study of Melts Derived from KIER Coal Ashes. Investigation Report CET/IE365R, KIER/CSIRO Collaborative research for IGCC Technology (1995).
11. John E. ME Daniel, *et al.*: Tampa Electric Polk Power Status. Proceeding at 1998 Gasification Technologies conference, SF, USA (1998)
12. Clean Coal Technology Demonstration Program, US DOE (1997).
13. Park, T.J., Kim, J.H. and *et al.*: Status of Coal Gasification R&D in KIER, 1st China-Korea Joint Workshop in Coal Utilization Technology, September 2-6, Beijing (1996).
14. Nicholas R. Soelberg, L.D. Smoot, *et al.*: Entrained Flow Gasification of Coal [2], Fuel 1985, Vol. 64, June.