

유연탄의 이단 열분해에 따른 생성물의 특성

송광섭 · 이상남 · 윤형기 · 김상돈*

한국에너지기술연구소 에너지환경연구부

*한국과학기술원 화학공학과

The Product properties of Bituminous Coal in Two-Stage Pyrolysis

Kwang Sup Song, Sang Nam Lee, Hyung Kee Yoon and Sang Done Kim*

Energy and Environment Research Division,

Korea Institute of Energy Research

*Department of Chemical Engineering, Korea Advanced
Institute of Science and Technology

요 약

직접 연소시 다량의 공해물질이 배출되는 유연탄을 가공하여 산업용 및 도시가스로 활용이 가능한 고열량 가스(발열량 : 7000 kcal/Nm³)를 생산하기 위한 유연탄 가공 기술개발 연구의 일환으로 고정층 유연탄 이단 열분해 실험을 수행하였다. 본 연구에서는 코우크스 촉매를 사용하여 열분해온도를 468, 516, 565°C, 촉매분해온도를 700, 750, 800, 850°C로 변화시키면서 이단열분해 조건이 생성물의 특성에 미치는 영향을 조사하였다. 동진탄에 대하여 코우크스 촉매를 사용하여 이단 열분해 실험을 수행한 결과 촉매에 퇴적되는 탄소량은 생성 tar의 5% 이하였으며, 전체 석탄에너지중 15% 정도가 고열량 가스로 회수되는 것을 확인하였다. Tar 중에 포함된 oil성분의 양은 이단 열분해의 경우가 저온 열분해에서 보다 많이 생성되었으며, 열분해온도가 565°C 인 경우 생성된 tar는 516°C 에서 생성된 tar보다 이단 열분해의 경우 촉매 분해가 잘 되지 않았다. 생성가스의 분석 결과는 촉매분해온도가 800°C 이상이면 에틸렌의 분해속도가 급격히 증가하므로 800°C 이하로 유지하는 것이 적절함을 보여준다.

Abstract—Pyrolysis of bituminous coal has been carried out in a two-stage fixed bed reactor to produce high heating value gas(7000 kcal/Nm³) for industrial or town gas usage. The effects of coke catalyst, pyrolysis temperature (468~565°C), and catalytic cracking temperature (700~850°C) on the product gas properties from pyrolysis of bituminous coal have been determined. From pyrolysis of Dong Jin coal with coke, the carbon deposition on catalyst is found to be less than 5% of product tar and approximately 15% of total energy in the parent coal can be recovered as high heating value gas. Oil composition in the product tar from the two-stage pyrolysis is higher than that from low-temperature pyrolysis. The tar produced from pyrolysis below 516°C can be easily catalytically cracked but, the tar produced above 565°C cannot be cracked easily with catalyst. From the product gas analysis, the catalytic cracking temperature should be maintained below 800°C since cracking speed of ethylene increases remarkably with the cracking temperature above 800°C.

1. 서 론

석유 및 LNG에 비하여 열량가격이 저렴한 유연탄을 직접 연소할 경우 매연과 SO₂ 등 공해 물질이 많이

발생하므로 가공하여 사용하여야 한다. 이를 위하여 유연탄의 건류 및 가스화 공정 개발에 관한 많은 연구가 수행되었으나 가정 연료로 사용할 수 있는 유연탄 가공처리 기술은 개발되지 못했다. 그 이유는 유연탄을

고온에서 건류시킬 경우 발생가스의 발열량이 너무 낮아 도시 가스로 직접 활용할 수 없고 생성 코우크스는 반응성이 낮아 가정 및 산업체에서 연료로 사용할 수 없다. 또한 유연탄을 저온에서 건류할 경우 반응성이 양호한 char와 고열량 가스가 생성되지만 생성된 가스량이 너무 적다. 따라서 유연탄으로부터 반응성이 양호한 저공해 char와 다량의 고열량 열분해 가스를 생산할 수 있는 유연탄의 가공공정을 개발하기 위한 기초 연구로서 본 연구가 수행되었다¹⁾.

유연탄에 대한 이단 열분해의 개념은 Serio 등²⁾이 처음 도입하였는데 총괄 열분해속도의 비교 연구에서 압력의 증가에 따른 tar의 생성량이 상당히 감소됨을 발견하였으며, 열분해에서 생성되는 tar는 active component를 함유하고 있고 이것이 2차 반응을 한다고 제안하고 생성되는 tar를 재 열분해시킬 수 있는 2단 열분해 시스템으로 연구하여 500°C 이하의 온도범위에서 열분해온도가 증가할수록 이단 열분해에서 반응성이 떨어지고, 생성 tar를 분해반응의 특성에 따라 3종류로 구분하였다. 또한 저온 열분해에서 메탄, 에탄, 에틸렌, C₃계의 생성속도와 tar의 분해에 의한 메탄과 에틸렌의 생성속도에 관한 연구를 수행하여 가열속도에 따라 tar의 수율이 변하고, tar의 수율을 최대화하기 위한 time-temperature path의 예측이 필요하다고 보고하였다^{2,3)}.

Bertho 등⁴⁾은 석탄의 열분해에서 탈휘발속도에 영향을 주는 인자들을 연구하는 동안에 석탄층 내에서 휘발물질의 반응 정도는 열분해에서 생성되는 가스의 유속에 따라 영향을 받으며, 이단반응기와 같이 석탄으로부터 휘발물질의 생성영역과 반응영역이 분리될 수 있다고 보고하였다. 한편 유연탄의 이단 열분해에 의해 생성된 tar의 분해반응에 대한 연구는 tar를 효율적으로 이용하기 위해 연구되어 왔다. Griffiths와 Mainhood⁶⁾는 석탄의 휘발물질과 활성탄의 상호작용에 대하여 고찰하여 방향족 화합물이 500°C의 활성탄 층을 통과하면서 partial dealkylation 혹은 dehydroxylation 등이 일어나

고, 화합물의 일부가 탄소로 석출되는 양은 분자량이 클수록 많이 생성되며, tar중 비점이 낮은 성분에 대해서는 활성탄이 분해반응의 촉매로 작용하지만 비점이 높은 성분에 대해서는 coking promoter로 작용한다고 보고 하였다.

Wen과 Calm⁷⁾은 고충층 반응기에서 coal tar의 catalytic pyrolysis에 대하여 연구하였는데, Zeolite계 촉매에 대하여 열분해 온도와 촉매 종류에 따른 열분해 특성 변화를 고찰하여, LZ-Y82 Zeolite는 기공이 0.7 nm보다 크고 tar vapor가 접근할 수 있는 기공내의 표면적이 넓고, 활성점의 수가 많아 열분해온도 400~500°C 범위에서 다른 Zeolite 보다 활성이 좋다고 보고하였다.

Lee⁸⁾는 코우크스 촉매를 이용하여 Merlebach tar를 700~900°C 사이에서 촉매분해 실험을 수행하여 유연탄을 이단 열분해 하여 고열량 가스를 다량 회수하는데에는 코우크스 촉매가 활성이 매우 좋다고 보고하였다.

본 연구에서는 에너지원의 다양화를 위한 유연탄의 이단 열분해 공정개발의 기초 연구로서, 코우크스 촉매를 이용한 동진탄의 이단열분해에서 열분해온도와 촉매 분해 온도의 변화에 따라 액체생성물 및 기체 생성물의 특성 변화를 고찰하였다. 특히 기체 생성물 중 고열량 가스의 다량회수를 위한 최적조건의 설정에 초점을 맞추었다.

2. 시료 및 실험방법

2-1. 시료

이단 열분해에 사용한 유연탄은 중국에서 수입한 동진탄으로 7mm이하로 분쇄하여 시료로 사용하였다. 동진탄에 대한 공업분석 및 원소분석치는 Table 1과 같다.

코우크스 촉매는 포항제철에서 구입한 코우크스를 분쇄하여 8~16 mesh를 취하고 미분말을 제거하기 위하여 증류수에 넣고 끓인 다음 110°C의 건조오븐에서

Table 1. Chemical property of Dongjin coal.

Proximate analysis(wt%)	Moisture 2.50	V.M. 28.04	F.C. 54.72	Ash 14.74				
Altimate analysis(wt%)	Hydrogen 4.01	Carbon 71.23	Nitrogen 0.94	Sulfer 0.78	Oxygen 23.04			
Heating value(kcal/kg)	6420							
Ash analysis(wt%)	Al ₂ O ₃ 17.79	SiO ₂ 41.40	CaO 6.36	Fe ₂ O ₃ 28.21	K ₂ O 0.67	Na ₂ O 0.24	MgO 2.90	SO ₂ 1.62

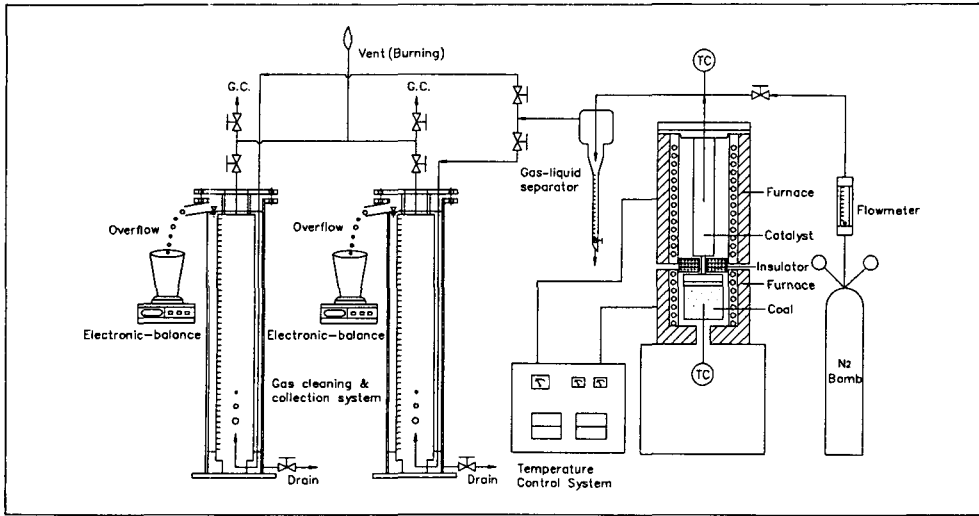


Fig. 1. Schematic diagram of the two stage pyrolysis apparatuses.

약 24시간 동안 건조시킨 후 데시케이터에 보관하여 사용하였다. 코르크스 촉매의 진밀도는 1700 kg/m^3 , 비표면적은 $2.160 \text{ m}^2/\text{g}$ 이며 촉매 반응기에 충전했을 때 충전밀도는 330 kg/m^3 이었다.

2-2. 실험장치 및 실험방법 실험에 사용한 이단 열분해 시스템에 대한 대략적인 흐름도는 Fig. 1과 같으며, 열분해 및 촉매 반응기는 SUS304로 제작하였는데 크기는 각각 내경 76 mm 길이 100 mm, 내경 26 mm 길이 500 mm이다. 촉매 반응기와 열분해 반응기 사이의 간격은 0.1 m 정도이고, 이들은 온도차이에 기인한 열교환을 방지하기 위하여 세라믹으로 단열하였다. 가스포집장치는 이중원통관으로 내관의 외벽에 눈금자를 부착하여 발생하는 가스량의 측정 및 압력의 증가에 의해 감소되는 양을 보정하였다.

이단 열분해 실험 방법은 먼저 데시케이터에 보관된 촉매를 정량하여 촉매 반응기에 충전한 후(약 86 g), 동진탄은 200 g을 정확히 정량하여 반응기에 넣고 질소가스를 30분간 흘려보낸 뒤 밀봉하였다. 열분해 반응기와 촉매 반응기가 결합된 것을 미리 예열된 가열로에 넣고 상부와 연결부위는 세라믹을 이용하여 단열하였으며, 시간이 흐름에 따라 5분 간격으로 중심온도, 액체 성분의 생성량, 건류가스의 생성량 등을 기록하였는데 열분해온도는 468, 516, 565°C로 설정하였고, 촉매분해온도는 700, 750, 800, 850°C로 설정하였다.

반응시간이 약 120분 정도 경과하면 중심 온도가 거의 변하지 않게 되는데, 중심온도가 20분 동안 일정하면 전원을 끄고 가열로에서 반응기를 꺼내어 공기중에서

냉각시켰다. 중심온도가 상온까지 떨어지면 반응기에서 고체 생성물을 분리하여 무게를 측정하였다.

유연탄이 열분해되어 발생하는 건류가스에는 많은 종류의 탄화수소가 존재한다. 그러나 대부분(약 99% 정도)이 수소, 메탄, 에탄, 에틸렌, 일산화탄소, 이산화탄소, 황화수소로 구성되어 있는데, 황화수소를 제외한 수소 외 5종의 가스를 Gas Chromatography(모델: Carleseries 400; Hach사)를 이용하여 분석하였다. GC에 사용한 Column은 Molecular sieve 13X(45/60, 7 ft)와 80% Polapark N+20% Polapark Q(50/60, 6 ft)이고 valve switching system이 채택되어 있다. GC에서 나온 신호는 Integrator(모델: SP 4270, Spectra physics사)에서 면적이 계산되고, 면적값을 농도로 환산하기 위해 본 연구에서는 표준가스로부터 구한 보정인자를 사용하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

3-1. 생성 tar의 특성분석

유연탄을 저온에서 열분해하면 물을 포함한 oil성분, 상온에서 물보다 비중이 작은 light-tar, 물보다 비중이 큰 heavy-tar 등이 생성되는데, 액체생성물중에서 이들이 차지하는 비율은 최종 열분해 온도에 많은 영향을 받으며 800°C 이하에서는 열분해온도의 증가에 따라 액체 생성물의 총 양은 증가한다고 보고되었다⁹⁾. 이와 같이 최종 열분해온도의 변화에 따라 tar의 생성량 및 조성이 변하므로 이단 열분해에서는 열분해온도와 촉매분해온도의 조합에 대한 비교 연구가 이루어져야

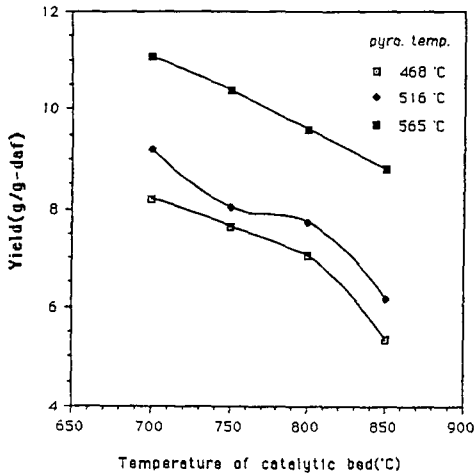


Fig. 2. Yield of liquid product from two stage pyrolysis of Dongjin coal.

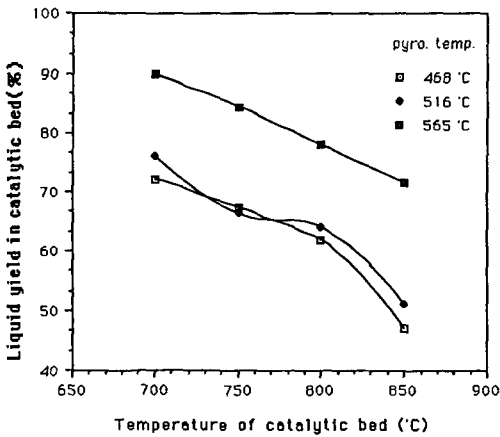


Fig. 3. Cracking ratio of tar in catalytic bed.

한다.

Fig. 2는 동진탄의 고정층 이단 연속 열분해에서 생성되는 액체산물의 양을 나타낸 것으로, 촉매 분해 온도의 변화에 따라 무수 무회분 기준의 석탄 1g에 대해 얻어지는 액체산물의 무게로 나타낸 것이다. 그림에서 보인 바와 같이 468~565°C의 온도범위에서는 열분해 온도(pyrolysis temp.)가 증가할수록 생성되는 액체 산물의 양은 증가하지만, 촉매분해온도(catalytic cracking temp.)가 증가할수록 액체산물의 양은 감소함을 알 수 있다. 특히 열분해 온도에 따라 얻어지는 tar의 조성이 변하므로 이단 열분해의 경우에 촉매 분해 온도가 같아도 열분해 온도가 변하면 얻어지는 생성물의 특성 즉 가스와 액체 산물의 수율 변화가 있으리라 예상된다.

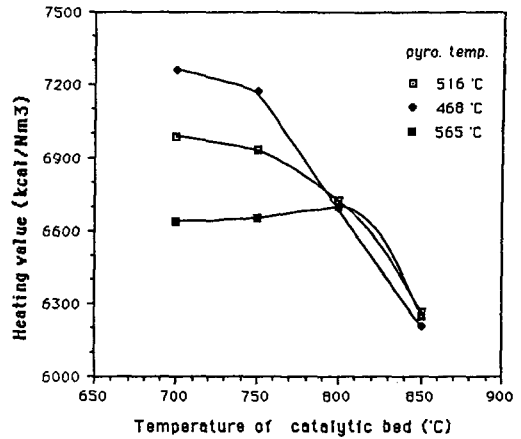


Fig. 4. Heating value of product gas from two stage pyrolysis of Dongjin coal.

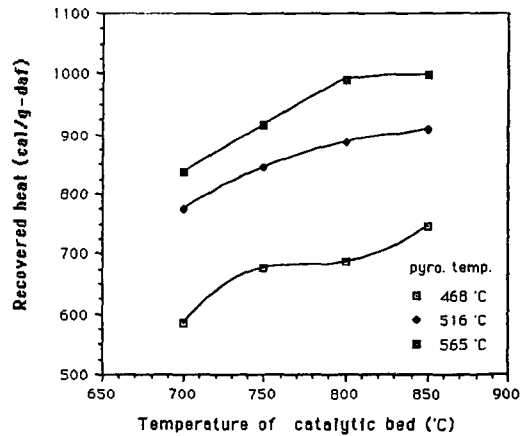


Fig. 5. Recovered heat from two stage from two stage pyrolysis of Dongjin coal.

이단 열분해에서 얻어진 액체 생성물중에서 oil과 물이 차지하는 비율은 모든 경우에 대해 저온 열분해에서 보다 많았으며 촉매분해온도가 증가할수록 비율은 상당히 증가하였다.

Fig. 3은 열분해온도와 촉매분해온도의 변화에 따라 얻어지는 액체산물의 수율변화를 나타낸 것으로써, 저온 열분해에서 생성된 액체산물(H₂O + oil과 tar의 합)을 100으로 하여 이단 열분해의 경우 액체산물의 수율을 비교하여 나타낸 것이다. 그림에서 보인 바와 같이 촉매분해온도가 같다고 할지라도 열분해온도가 468, 516 °C 인 경우에는 열분해온도의 변화에도 불구하고 tar가 촉매 분해되는 경향은 비슷하지만, 열분해온도가 565 °C에서는 촉매분해에 의해 tar가 가스로 전환되는 양은

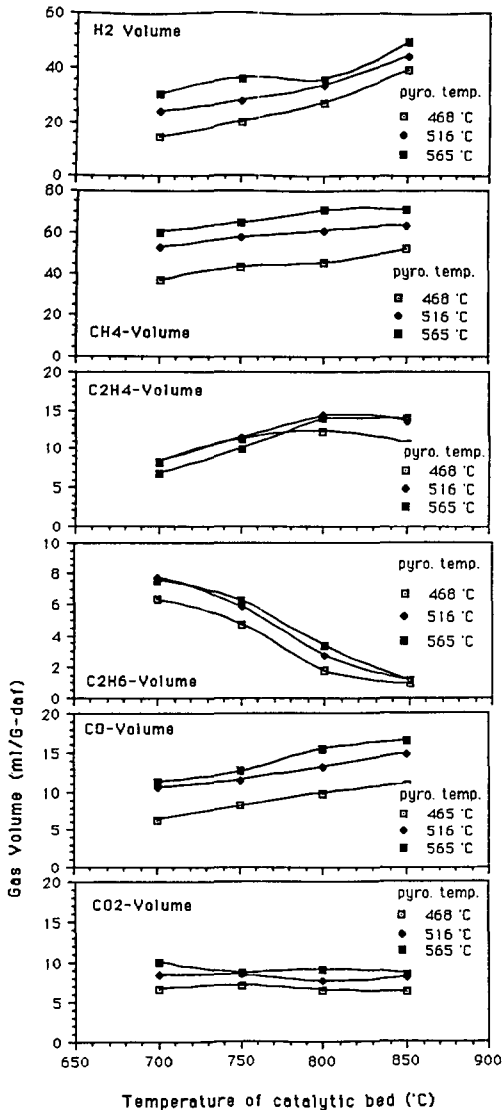


Fig. 6. Compositions of product gases from two stage pyrolysis (Coal type: Dongjin Coal).

상당히 적음을 보여준다. 이것은 열분해온도가 증가할수록 다핵 방향족 화합물이 많이 생성되기 때문이라 판단된다. 이에 대한 원인을 정확히 규명하기 위해서는 tar의 분석이 필수적이지만, tar는 구성성분이 다양하고 분자량이 크기 때문에 분석이 매우 힘들어 비중을 측정하여 본 결과 열분해 온도가 증가 할수록 비중이 커짐을 알 수 있었다.

3-2. 기체 생성물의 특성분석

Fig. 4는 열분해온도를 각각 468, 516, 565°C로 하고

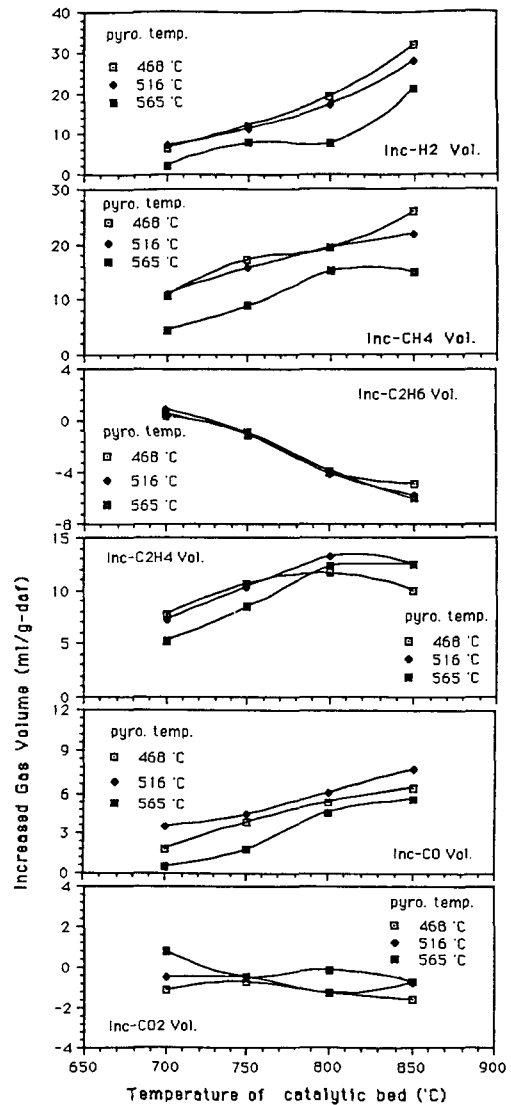


Fig. 7. Volume of gases produced by catalytic cracking.

촉매분해온도를 변화시켰을 때 얻어지는 가스의 발열량을 비교하여 나타낸 것이다. 그림에서 열분해온도 및 촉매분해온도가 증가할수록 발열량이 낮아지는데, 7000 kcal/Nm³ 이상의 발열량을 갖는 건류가스를 생산하기 위해서는 열분해온도를 468°C로 유지한 경우에는 촉매분해온도가 760°C 이하이어야 하고, 열분해온도를 516°C로 유지한 경우에는 촉매분해온도가 750°C 이하이어야 하고, 열분해온도를 565°C로 유지한 경우에는 촉매분해온도에 관계없이 7000 kcal/Nm³ 이상의 발열량을 갖는 건류가스를 얻을 수 없다. 특히 촉매분해온도가

800°C 이상인 경우에는 열분해 온도에 관계없이 생성되는 가스의 열량이 유사하게 나타난다. 그 이유는 가스의 조성분석에서 자세히 언급되었지만 촉매분해온도가 800°C 이상이 되면 단위 발열량이 높은 에탄 및 에틸렌의 분해속도가 빨라져 생성가스중에 이들의 구성비가 적어지기 때문이라 판단된다.

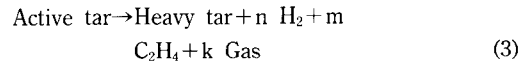
한편 유연탄의 이단 열분해에서 열분해온도 및 촉매 분해온도가 증가할수록 생성가스의 발열량은 낮아지지만 발생량이 증가하므로 전체적으로 회수되는 열량은 달라지는데, Fig. 5 에는 동진탄을 이단 열분해 장치에서 열분해온도와 촉매분해온도를 변화시켰을 때 무수 무회분 기준의 석탄 1g당 회수되는 총열량을 비교하여 나타낸 것이다. 저온열분해만을 수행하였을 때 가스로 회수되는 열량과 비교하여 보면(565°C의 경우 : 약 600 kcal/kg) 이단열분해의 경우에서 보다 많은 양의 가스가 회수됨을 알 수 있다. 그럼에서 열분해온도가 증가함에 따라 또한 촉매분해온도가 증가할수록 회수되는 열량이 증가하지만, 앞에서 언급한 바와 같이 열분해온도가 565°C 인 경우에는 7000 kcal/Nm³ 이상의 고열량 가스를 얻을 수 없으므로 7000 kcal/Nm³ 이상이 고열량 가스를 최대한 많이 회수하기 위해서는 열분해 온도를 516°C, 촉매분해온도를 750°C 로 유지하는 것이 최적의 조건으로 판단된다. 여기서 이온도 범위는 탄종에 따라 다르고, 반응기 형태가 변하면 가열 조건이 변하므로, 탄종 혹은 반응기 형태에 따라 차이가 있으리라 생각된다.

3-3 열분해 가스의 조성분석

유연탄 이단 열분해에서 생성가스의 발열량은 가스의 조성분석과 연소열을 계산하므로 써 얻어지므로 생성가스의 조성변화에 대한 고찰은 다량의 고열량 가스를 회수하는데 매우 중요하다. Fig. 6은 동진탄이 이단 열분해 될 때 생성된 가스의 조성을 촉매 분해 온도에 따라 무수 무회분의 석탄 1g을 기준으로 나타낸 것이다. 그림에서 먼저 수소와 메탄의 경우를 살펴보면 열분해온도가 증가할수록 또한 촉매분해온도가 증가할수록 생성되는 양이 많아진다. 촉매분해 반응에서 수소는 다른 화합물과 반응하기 어려우므로 이단 열분해에서 생성된 수소는 저온 열분해에서 생성된 수소와 촉매 분해반응에서 생성된 수소의 합으로 생각할 수 있다. 일반적으로 석탄의 열분해에서 수소의 발생량은 열분해온도가 증가함에 따라 증가하는 것으로 알려져 있고⁹⁾ 촉매분해 반응에서 발생된 수소 양에 대해서는 Fig. 8에 나타내었다. 그림에서 보인 바와 같이 저온 열분해온도가 같고 촉매분해온도가 증가하면 수소 생성량이 증가하는 것을 잘 보여주지만⁷⁾, 촉매분해온도를 일정히 하고 열분해 온도를 변화시킬 때 촉매 분해반응에서 생성된 수소의

양은 촉매 분해반응의 온도에 관계없이 열분해온도가 565°C 인 경우에서 가장 작은 값을 나타낸다.

촉매 분해반응에서 가스의 생성 및 분해반응을 살펴 보면 다음과 같다.



위의 반응에서 char와 steam의 반응은 온도가 1000 K 이상에서 Gibbs자유 에너지가 음의 값을 갖으므로 그 이하의 온도에서는 반응이 일어나기 힘들다¹⁰⁾. 또한 유연탄을 저온에서 낮은 가열속도로 열분해 시킬 경우 열분해온도의 변화에 따른 생성가스의 조성변화가 작으므로¹⁰⁾ tar의 분해반응에 의해 생성된 수소가 촉매분해 반응에서 수소 생성량 증가에 중요한 역할을 함을 알 수 있다.

한편 그림에서 보인 바와 같이 저온 열분해온도가 같고 촉매분해온도가 증가하면 메탄의 생성량도 증가하고⁷⁾, 촉매분해온도를 일정히 하고 열분해온도를 변화시키면 촉매 분해 반응온도에 관계없이 열분해 온도가 565°C 인 경우에서 가장 작은 값을 나타내었다. 이것으로부터 보다 낮은 온도(516, 468°C)에서 생성된 tar가 565°C 에서 생성된 tar보다 쉽게 분해되고 많은 양의 수소와 탄화수소로 전환됨을 알 수 있다. 열분해 가스 중 수소의 조성 변화를 살펴보면 촉매분해온도가 상승할수록 수소의 부피분율은 증가한다. 수소는 열분해 가스 중에 존재하는 가연성 가스성분중에서 발열량이 가장 낮기 때문에 수소의 부피분율 증가는 필연적으로 열분해가스의 발열량 감소를 가져온다.

한편 에틸렌의 경우 촉매분해온도가 증가할수록 에틸렌의 생성량은 800°C 까지 증가하지만 그 이상의 온도에서는 감소하는데, 특히 열분해온도가 468°C 인 경우에는 급격히 감소한다. 촉매 분해반응기에서 에틸렌은 에탄의 분해반응과 식 (3)과 같은 tar의 분해반응에 의해 생성되고, 에틸렌의 분해반응이 일어난다. 촉매 반응온도가 800°C 이하인 경우에는 에틸렌의 분해반응이 잘 일어나지 않아 tar 및 에탄의 분해에 의해 에틸렌의 생성이 증가하지만, 촉매 반응온도가 800°C 이상인 경우에는 에틸렌의 분해반응이 빠르게 일어나 에틸렌의 생성량이 적어지고, 에틸렌이 아세틸렌과 수소가 되어 생성가스의 발열량을 떨어뜨린다. 열분해 생성가스 중

에틸렌의 조성변화를 살펴보면 촉매 분해온도가 800°C 이하에서는 열분해온도에 관계없이 촉매분해온도가 상승할수록 에틸렌의 부피분율은 증가하지만, 촉매분해온도가 800°C 이상인 경우에는 부피분율이 감소하며 열분해온도가 낮을수록 더욱 심하다. Wen과 Caln⁷⁾의 실험에서도 촉매의 종류에 따라 최대값을 나타내는 온도범위가 다르지만 이와 비슷한 결과를 보이고 있다. 한편 에틸렌의 조성은 촉매분해온도가 같은 경우에는 열분해온도가 낮을수록 높게 나타나는데 이것은 동진탄의 경우 이단 연속 열분해 실험의 온도 범위에서 열분해 온도가 낮을수록 active tar가 많이 존재하기 때문이라고 판단된다.

이단 열분해에서 에탄의 생성량은 열분해온도에 관계없이 촉매분해온도가 증가할수록 급격히 감소하는데, 촉매분해온도가 700°C 인 경우에만 에탄의 생성량이 저온 열분해의 경우보다 많고, 촉매분해온도가 750°C 이상인 경우에는 이단 열분해 반응에서 생성된 에탄의 양이 저온 열분해 보다 모두 적게 나타난다. 이것은 촉매분해 반응온도가 증가할수록 생성된 에탄의 분해 속도가 tar의 분해에 의한 에탄의 생성속도보다 빨라지기 때문이다.

일산화탄소의 경우 Fig. 6에 보인 바와 같이 열분해온도가 증가할수록, 촉매분해 온도가 증가할수록 생성량이 증가한다. 그러나 촉매분해에 의한 증가량은 열분해온도가 516°C 인 경우 가장 많이 증가하였고 565°C 인 경우에 가장 적게 증가하였다. 촉매분해반응기에서 일산화탄소는 식 (4)와 같은 Boudouard의 반응과 식 (5)와 같은 char와 수증기의 반응에 의해 생성되는데, 촉매분해반응온도가 700~750°C 인 경우에는 Boudouard반응에 의해 일산화탄소가 주로 생성되고, 촉매분해 반응온도가 800°C 이상인 경우에 char와 수증기 반응에 대한 Gibbs 자유에너지가 음의 값을 나타내므로¹⁰⁾ 두반응 모두에 의해 일산화탄소가 생성된다고 생각된다.

일산화탄소의 경우 열분해온도의 증가에 따라 생성량이 많아지지만 촉매 분해온도가 증가하여도 생성량은 거의 변하지 않는다. 특히 Fig. 7에 보인 바와 같이 이단 열분해에 의한 일산화탄소의 생성량이 저온 열분해의 경우보다 적다. 이것으로부터 Boudouard 반응이 일어남을 알 수 있다.

4. 결 론

동진탄을 이용한 이단 열분해 실험에서 열량단가가 저

렴한 유연탄으로부터 부가가치가 높은 고열량 가스를 다량 회수하였다. 동진탄의 경우 열분해온도를 516°C, 촉매분해온도를 750°C 로 유지하는 것이 도시가스로 활용이 가능한 고열량 가스를 회수할 수 있는 적절한 조건으로 판단된다. 열분해온도가 565°C 이상인 경우에 생성된 tar는 516°C 에서 생성된 tar보다 촉매분해 되는 양이 적었으며, tar중에 포함된 oil성분의 양이 이단 열분해의 경우가 저온 열분해보다 많이 생성되므로 부산물의 처리가 용이하리라 판단된다. 특히 촉매분해온도를 800°C 이상으로 하면 에틸렌의 분해속도가 급격히 증가하므로 촉매분해온도를 800°C 이하로 유지하는 것이 적합한 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 윤형기 외 5인, "유연탄 이단 연속 열분해 기술개발 (II)", 연구보고서 KE-92022G 한국에너지기술연구소 (1992).
2. Serio, M. A., Peters, W. A., Sawada, K. and Howard, J. B.: Proc. Int. Conf. on Coal Science, Pittsburgh, PA, U.S.A, 533 (1983).
3. Serio, M. A., Peters, W. A., Sawada, K. and Howard, J. B. Am. Chem. Soc., Fuel. Chem. Prepr., **28**(4), 65 (1983).
4. Serio, M. A., Peters, W. A. and Howard, J. B.: Ind. Eng. Chem. Res, **26**, 1831 (1987).
5. Griffiths, D. M. L. and Mainhood, J. S. R.: Fuel, **46**, 167 (1967).
6. Bertho, C., Julien, L., Vantelon, J. P. and Goudeau, J. C.: Proc. 1986 Int. Congress on Renewable Energy, Madrid, Spain (1986).
7. Wen, W. Y. and Caln, E.: Ind. Eng. Chem. Process Des. Dev. **23**, 627 (1984).
8. Lee, J. S.: Ph.D. Thesis. 'INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE DE LORRAINE, France (1990).
9. Elliott, M. A.: "Chemistry of Coal Utilization" 2nd ed., Wiley, New York, 665 (1981).
10. Wen, C. Y. and Lee, E. S.: "Coal Conversion Technology" Addison-Wesley, London (1979).