

### 3D1) 고온플라즈마 촉매 개질 특성 연구

## Study on Characteristic of Thermal Plasma with Catalysts Reforming

전영남 · 김성천 · 송형운  
조선대학교 환경공학부

#### 1. 서 론

산업의 발전과 과학기술문명의 발달로 인하여 개인 당 에너지의 수요가 급증하고 있으며 이러한 에너지의 공급은 주로 석탄, 석유, 천연가스등 화석연료의 연소와 원자력으로부터 얻어지고 있다. 하지만 화석연료의 한정성으로 인한 에너지 고갈의 문제와 지구온난화 가스 배출 및 핵폐기물 등의 환경오염의 문제로 인해 대체에너지의 개발이 시급한 실정이다. 다양한 대체에너지 개발연구 중 수소의 경우, 청정 에너지라는 인식으로 전 세계가 환경문제로 고심하고 있는 지금 차세대의 에너지원으로 기대가 되고 있다. 또한 현재의 에너지 시스템에서 사용되는 거의 모든 분야에 이용될 수 있으며, 기존의 화석연료 에너지 시스템에 대체하여 사용할 수 있는 가장 적합한 에너지로서의 특성을 가지고 있다고 할 수 있다.

화석연료로부터 수소의 생산 방법으로는 부분 산화법(POX), CO<sub>2</sub> 개질법(Carbon Dioxide Reforming), 수증기 개질법(SR), 자열 개질법(ATR), 그리고 플라즈마 등이 있다. 플라즈마는 저온과 고온으로 나누어지며, 각각의 특징과 용도에 따라 다양한 분야에 사용된다. 고온 플라즈마에 의한 개질방법의 특징으로는 수 천도의 플라즈마를 생성하여 연료를 개질 하므로 자체 내부 반응열을 사용하고 개질 및 반응 속도가 빠르며 장치의 소형화로 적용 가능분야가 넓다.

본 연구에서는 고온 플라즈마 개질법을 사용하여 수소가 풍부한 SynGas로 전환하기 위한 기술 개발을 수행하였다. 이에 프로판을 연료로 사용하고 개질시 수증기, 이산화탄소 그리고 Ni 촉매를 첨가하여 개질특성을 파악 및 비교 하였다.

#### 2. 연구 방법

실험에 사용한 고온 플라즈마 개질 실험장치를 나타낸 것으로 개질기, 전원공급장치, 연료 및 수증기 공급라인, 측정 및 분석 라인으로 구성되어 있다. 개질기는 플라즈마트론, 혼합기, 반응기, 전원공급기, 점화기 및 전류제어 시스템으로 구성되어 있다. 전원공급기는 최대 전류 50 A와 아크 전력 200 V를 공급한다. 점화기(ignitor)는 30 kV까지 고전압을 공급하며, 트리거(triger) 시스템은 플라즈마 아크발생을 위한 점화 역할 및 전류제어를 하여 플라즈마를 지속적으로 유지한다. 공급라인에는 수분 공급을 위한 미터링 밸브 및 터보 유량계 (FMT-8-7, USA)를 사용하였으며 C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>, CO<sub>2</sub> 그리고 Air의 공급을 위해 MFC(Mass Flow controller)를 사용하였다. 반응기내의 온도확인용 직경이 0.3mm인 K-type 열전대와 로듐과 백금으로 구성된 R-type을 사용하였으며 데이터 로거 (Hydra data Logger, USA)에 의해 측정되었다. 그리고 전압과 전류의 특성을 디지털 오실로스코프(Tektronix TDS 3052, USA)에 의해 측정되었다. 분석 시 샘플링 루프, 진공펌프, 두개의 컬럼과 TCD로 구성된 가스 크로마토그래피 (Simazu R-14B) 사용하였으며 개질가스에 포함된 수분의 양은 건식가스 미터와 흡수병을 이용하여 측정하였다.

주입된 공기에 의해 플라즈마를 형성하게 되며 프로판(C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>)을 연료(fuel)로 사용하여 실험하였다. O<sub>2</sub>/fuel의 변화에 따른 실험을 거쳐 수소의 농도가 가장 높게 나온 조건을 분석하였다. 조건에 따른 O<sub>2</sub>/fuel를 고정한 상태에서 수증기(H<sub>2</sub>O)를 추가하여 H<sub>2</sub>O/fuel의 변화에 따른 실험을 진행하고 Ni 촉매를 반응기에 추가하여 결과를 비교 분석하였다. 또한 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)를 추가하여 CO<sub>2</sub>/fuel의 변화에 따른 실험과 Ni 촉매를 반응기에 추가하여 결과를 비교 분석하였다.

### 3. 결과 및 고찰

그림 1은 입력전력이 모두 8 kW인 상태에서  $O_2/fuel$ ,  $H_2O/fuel$ ,  $CO_2/fuel$  변수별 실험에 대한 개질 특성을 비교하였다. 수증기와  $CO_2$ 를 주입한 경우는 반응기에 Ni 촉매를 추가하여 fuel의 전환율을 높이고자 하였다. 그림 1.(a)의 경우  $H_2/CO$ 의 비는  $O_2/fuel$ 의 비가 1~1.12사이에서 가장 높게 나타났으며  $O_2$ 의 량을 증가할 수록 낮게 나타났다. 이는 부분산화반응에 필요한 산소의 몰 수와 비슷한 경향을 나타낸다. (b)의 경우 (a)의 반응에 수증기와 Ni 촉매를 추가함으로써  $H_2/CO$ 의 비가 4~6으로 높게 나타났다. 반면 (c)의 경우 이산화탄소를 주입하게 되면 수소의 농도가 (a), (b)보다 매우 낮게 나타나며 CO의 농도는 매우 높게 나타난다.

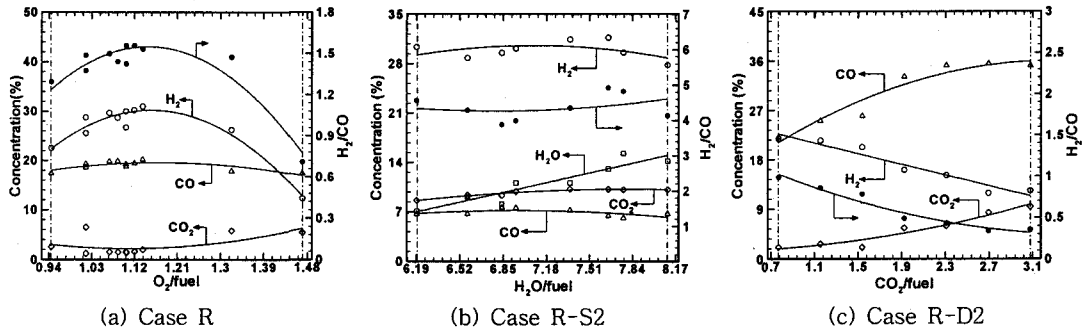


Fig. 1. Concentration and  $H_2/CO$  ratio in reformed gas according to experiment condition.

그림 2는  $O_2/fuel$  실험결과와  $H_2O$ ,  $CO_2$ , Ni 촉매를 반응에 추가한 결과를 수소 농도의 최고치를 기준으로 비교한 것이다.

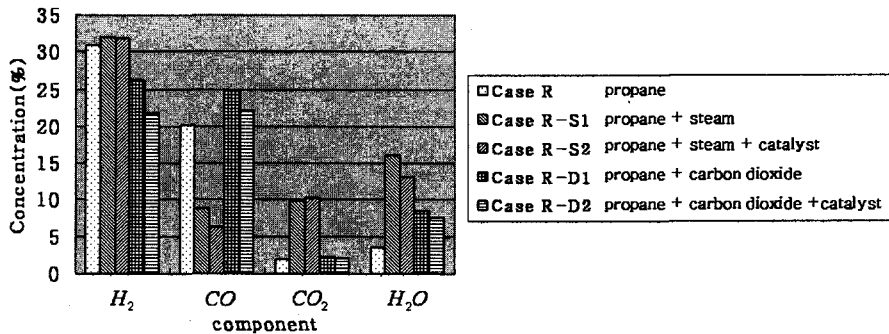


Fig. 2. Concentration of major component in reformed gas according to maximum  $H_2$ .

Case R-S1의 경우 수소의 농도가 32.5%로 가장 높게 나타났다. 그리고 CO는 Case R-S2에서 가장 낮게 나타났다. 이는 Ni 촉매가 반응기를 차지하므로 반응기 내부의 체류시간이 길어지게 되어 CO와  $H_2O$ 가 반응하여  $CO_2$ 로 전환하는 반응에 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. 반면 수소 농도에 대한 Ni 촉매의 영향은 크게 나타나지 않았다. Case R-D1과 Case R-D2의 경우, Case R-S1, Case R-S2 보다 상대적으로 수소의 농도가 낮게 나타났으며 CO의 농도는 매우 높게 나타났다. 이는 플라즈마에 의해 CO나 탄소가 Cracking되어 CO의 농도를 증가되는 것을 알 수 있다.

#### 참 고 문 헌

- L.Bromberg, A.Rabinovich, N. Alexeev and D.R. Cohn (1999) Plasma reforming of diesel fuel, PSFC/JA-99-4
- Ariane, L.L, Neuman, S.R, Vera M.S, Jos, C.P (2001) Modeling and optimization of the combined carbon dioxide reforming and partial oxidation of natural gas, Applied Catalysis A: General, Vol. 215