

# H<sub>2</sub>/CO비, 희석량, 메탄/석탄가스비가 합성가스용 가스터빈의 연소특성에 미치는 영향

이민철\*\*\* † · 윤영빈\*

## Effect of H<sub>2</sub>/CO Ratio, Dilution Ratio, and Methane/Syngas Ratio on Combustion Characteristics of Syngas Turbine

Min Chul Lee\*\*\*†, Youngbin Yoon\*

### ABSTRACT

This paper describes gas turbine combustion characteristics of synthetic gas which is mainly composed of hydrogen and carbon monoxide. The combustion characteristics such as combustion instability, NO<sub>x</sub> and CO emission, temperatures at turbine inlet, liner and dump plane, and flame structure were investigated when changing when changing H<sub>2</sub>:CO ratio, dilution ratio, and CH<sub>4</sub>:syngas ratio. From the results, quantitative relationships are derived between key aspects of combustion performance, notably NO<sub>x</sub> emission. It is concluded that NO<sub>x</sub> emission of syngas is strongly influenced by the diluent heat capacity and combustion instability. Moreover, NO<sub>x</sub> control method using diluents such as N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, steam is verified.

**Key Words** : Gas Turbine Combustion, Synthetic Gas Combustion, NO<sub>x</sub> emission, Combustion Instability

석탄가스화 복합발전기술(IGCC)은 탄소저장수집(CCS)이 용이하고, 높은 효율과 낮은 NO<sub>x</sub> 및 SO<sub>x</sub>배출 특성 때문에 청정석탄이용기술로서 신재생에너지로 분류되고 있다. 이러한 석탄으로부터 생성된 합성가스는 수소와 일산화탄소를 주성분으로 다량의 희석제를 포함하고 있고, 가스화 연료의 종류 및 조업조건에 따라 H<sub>2</sub>/CO비는 물론이고, 합성가스의 조성이 크게 변화하며, NO<sub>x</sub>를 제어하기 위해 Syngas Saturator 및 ASU에서 사용 후 남은 잉여 질소를 주입하기도 하기에 실제 가스터빈에 주입되는 가스 상의 연료의 성상은 매우 다양하다. 이에 다양한 조건에서의 가스터빈 연소특성을 60kW급 가스터빈 연소시험설비에서 GE7EA 모사연소기를 대상으로 상압연소시험을 수행하였고, 부하별로 NO<sub>x</sub> 및 CO배출 특성, 동압 및 온도 특성 등을 살펴보았다. 또한 가스화플랜트의 특성상 저부하시에는 메탄을 주성분으로 하는 천연가스로 발전을 하다가 합성가스로 전환하기에 이에 따른 연소특성도 본 연구에서는 살펴보았다. 그림 1과 같이 연소기로 공급되는 연료가스는 수소, 일산화탄소, 메탄, 질소,

이산화탄소의 연료통으로부터 공급되었고, 스팀은 물을 증발시켜 공급되었으며 최종단 온도는 200°C로 맞추어 주었다. 연소용 공기는 66Nm<sup>3</sup>/hr의 유량조건에서 실제 GE7EA 가스터빈 압축기 출구온도와 동일하게 365°C로 가열되어 공급되었으며, 연소기 가시화를 위한 냉각용 공기가 별도로 공급되었다. 배기가스 중 NO<sub>x</sub> 및 CO 농도측정은 연소기 출구에서 배가스를 추출 후 TEST O360 가스분석기를 이용하여 측정하였다.

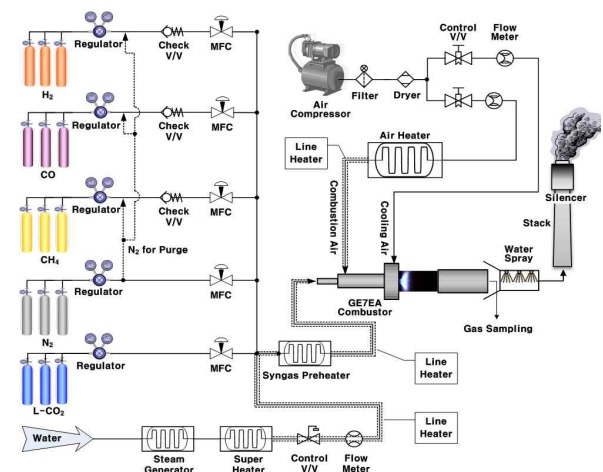


Fig. 1 Schematic diagram of 60kW scale ambient pressure gas turbine combustion facility.

\* 서울대학교 기계항공공학부

\*\* 한국전력공사 전력연구원

† 연락처, lmc@snu.ac.kr

TEL : (02)-880-7396 FAX : (02)-880-8032

그림2는 H<sub>2</sub>와 CO의 비에 따른 NO<sub>x</sub>배출특성은 보여준다. 수소의 비율이 높을수록, 부하가 높을수록 NO<sub>x</sub> 발생량이 높아지는 것을 확인할 수 있으며, 이는 주로 수소 연소시 화염의 온도가 높아 열적 NO<sub>x</sub>의 발생이 다량 생성으로 기인한다. 한편 수소와 일산화탄소비가 1:2인 조건에서 질소, 일산화탄소, 스팀의 희석에 따른 NO<sub>x</sub> 발생량을 비교하면, 희석비율이 높을수록 그리고, N<sub>2</sub><CO<sub>2</sub><Steam 순서로 NO<sub>x</sub>저감에 효과적임을 확인할 수 있었고, 이는 각각의 희석가스가 가지는 열용량(Heat capacity)와 관계됨을 알 수 있다. 위 두 가지 경우의 실험결과를 바탕으로 실제 부가됨 IGCC플랜트의 합성조성을 대상으로 실험결과에 대해 고찰해 보았다. 우선 그림 4와 같이 NO<sub>x</sub>발생량은 부가됨 플랜트의 조성(희석비율 126%의 질소희석 상당)에서는 2ppm 이하로 검출되어 그림 3의 결과에서와 잘 일치하는 것을 확인할 수 있고, 메탄의 비율을 높일수록 전체 연료중 희석비율이 낮아지면서 NO<sub>x</sub> 발생량이 점차 증가하는 경향을 확인할 수 있다. 또한 35kW에서 그림 5와 같이 연소진동과 함께 메탄연소의 경우 NO<sub>x</sub>의 불규칙적 저감현상을 확인할 수 있었는데, 이는 연소진동으로 기인한 압력파가 시간에 따른 당량비 섭동을 유발하여, 불완전연소를 일으키는 터빈입구온도 측정을 통해 예상할 수 있었다.

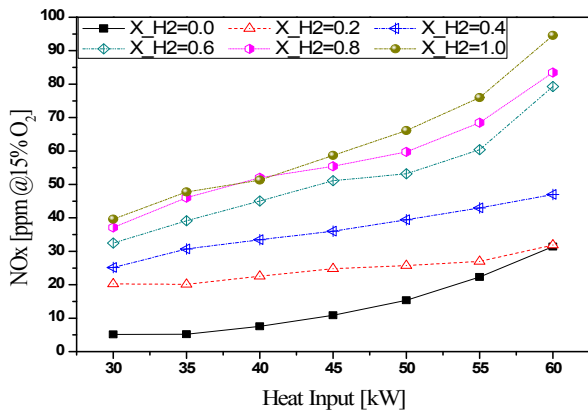


Fig. 2 NOx emission characteristics w.r.t. H<sub>2</sub>/CO ratio.

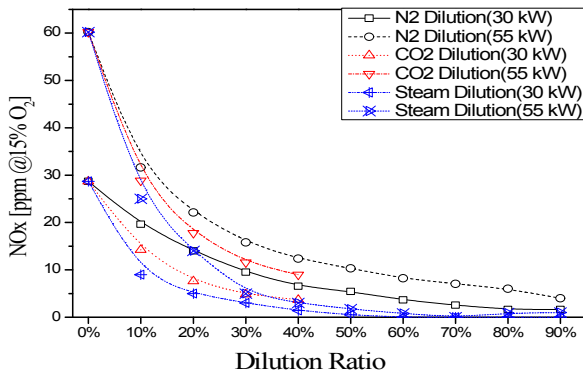


Fig. 3 NOx emission w.r.t. dilution of N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> and steam.

본 연구를 통해 다양한 성상에 따른 기초실험이 실제 가스조성에서 연소특성을 분석 및 예측하는데, 활용될 수 있음을 확인할 수 있었고, 이러한 DB는 향후 태안 IGCC 플랜트의 연소진단에 활용될 계획이다.

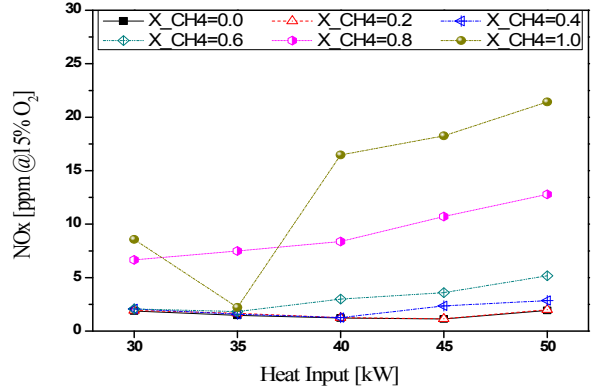


Fig. 4 NOx emission w.r.t. CH<sub>4</sub>/syngas ratio.

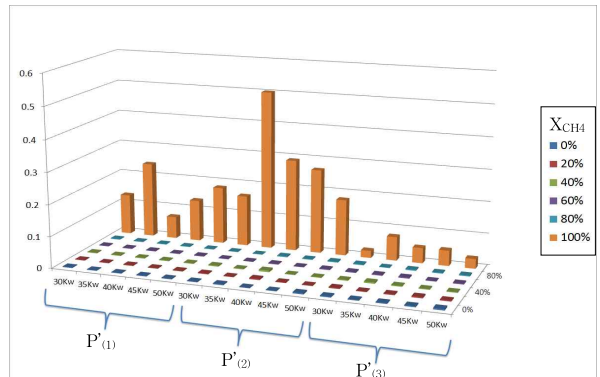


Fig. 5 Combustion instability w.r.t. CH<sub>4</sub>/syngas ratio.

## 후 기

본 연구는 2010년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행된 신재생에너지 기술개발사업(0420-20110006)의 연구성과입니다. 또한 본 연구는 교육과학기술부의 중견연구자지원사업(0498-20110009)과 서울대학교 항공우주신기술연구소(IAAT)의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

## 참고 문헌

- [1] M. C. Lee et al., "Gas turbine combustion performance test of hydrogen and carbon monoxide synthetic gas", FUEL, 89, 2010, pp. 1485-1491.
- [2] M. C. Lee et al., "Experimental study on the effect of N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, and steam dilution on the combustion performance of H<sub>2</sub> and CO synthetic gas in an industrial gas turbine", FUEL, 102, 2012, pp. 431-438.
- [3] 주용진 외 "한국형 300MW IGCC 실증플랜트 운영기술 개발 1단계 최종보고서", 2011.