가스터빈 촉매연소기의 개발 현황

이동훈* · 이강엽* · 최성만*

The Catalytic Combustor for Gas Turbines

Dong-Hun Lee, Kang-Yeop Lee, Seong-Man Choi

ABSTRACT

Some catalytic reactors for industrial/generation gas turbines were reviewed and investigated to understand the current status and future prospect for ultra low NOx catalytic gas turbine combustor. Catalytic reactor which was applied to 1~10MW class gas turbine has achieved the ultra low emission corresponding to less than 3ppm NOx and 10ppm CO. But the durability and sizing flexibility of catalyst is needed to improve the catalyst performance for commercial gas turbine operation.

Key Words : Catalyst, Xonon 촉매연소, RCL(Rich Catalytic Lean-Burn combustion), Dry Low NOx, RAMD(Reliability, Availability, Maintainability, Durability)

1. 서 론

최근 대기오염으로 인한 환경문제는 각국의 지역적인 문제에서 벗어나 전 지구적인 문제로 확산되고 있고, 대기오염원에 대한 일반의 관심 또한 예전과는 비교가 안 될 정도로 높아졌다고 볼 수 있다. 더구나 과거 십수 년 전만 하더라도 연료 효율성과 고 부하 연소가 주요 이슈가 되었으나, 현재는 배기가스 배출물질의 저감이 가장 큰 연구대상이 되고 있다. 특히, 화석연료가 연소하면서 발행하는 질소산화물이 대도시의 스모그 현상을 유발시키고 인체의 호흡 장애를 가져온다는 사실이 밝혀지면서 질소산화물에 대한 관심과 규제가 한층 증가되었다. 특히 미국의 CARB(California Air Resource Board), EPA(Environmental Protection Administration)와 같은 곳에서 질소산화물과 같은 오염원에 대해 강력한 규제를 가하고 있어 저 NOx화 연소기술에 대한 각국의 개발 경쟁이 심화되고 있는 실정이다.

이러한 질소산화물의 배출원은 크게 발전소와 같은 고정 배출 원과 자동차, 항공기와 같은 이동 배출 원으로 나눌 수 있는데, 가장 대표적인 이동 배출원인 자동차 연소 분야에서는 질소산화물 저감이 가장 큰 연구 주제중의 하나로 부각되었다. 지상용 및 항공기용 가스터빈 기관에서도 질소산화물에 대한 규제가 시작된 단계이므로며, 이 분야에 대한 개발여부가 시장진입에 중요한 평가요소로 작용할 것으로 전망된다[1].

그러나 자동차 연소분야의 질소산화물 저감 노력에 비하면, 가스터빈 분야의 질소산화물 저감 정도는 매우 낮은 수준이라고 볼 수 있다. 가스터빈은 그 운용 특성상, 항공기와 선박의 추진용

* 삼성테크윈 파워시스템연구소

으로 많이 사용되고 있고 아직까지는 배출가스 저감보다는 엔진의 출력 및 효율에 더 많은 관심과 연구가 집중되고 있는 형편이다.

그러나 가스터빈 분야에서도 최근 발전용 및 산업용 가스터빈 엔진을 중심으로 저 NOx 연소 기술이 활발히 연구되고 있으며, 항공용 엔진에서도 저 NOx 기술이 적용되고 있는 추세이다.

특히 10MW급 이하의 발전용 가스터빈에서 괄목할 만한 저 NOx화를 이루었고, 일부 촉매연소기를 장착한 가스터빈의 경우, zero emission에 근접한 결과를 보이고 있다. Fig. 1은 일본 가와사키 중공업의 1.4MW급 엔진의 연도별 NOx 발생량 변화를 나타낸 것이다[2]. 90년대 이후 가스터빈 분야의 NOx 발생량이 현저히 개선되었음을 알 수 있다.

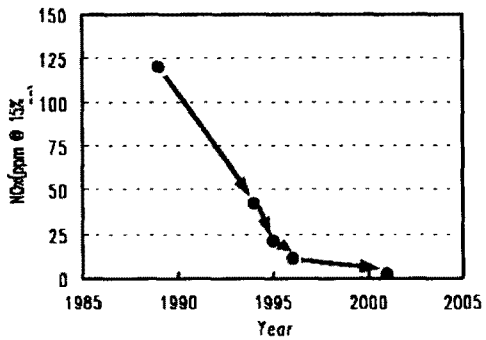

Fig. 1 가스터빈 엔진 NOx 발생량 변화의 예

향후 가스터빈 또는 가스터빈/연료전지 하이브리드 방식의 분산형 발전이 현재의 대규모 발전 플랜트를 대체하는 전력 공급원이 될 것으로 예측되고 있으므로, 가스터빈의 저 NOx화는 매우 중요한 연구 과제로 부각되고 있다. 특히, 2000년 이후 저 NOx 가스터빈의 개념들이 구체적으로 실현되고 있으며, 상업 운전에서도 성공하고 있어 2010년 이전에는 거의 대부분의 신규 발전용 가스터빈의 NOx 배출량이 single digit 수준으로 떨어질 것으로 전망된다.

가스터빈의 저 NOx화 기술은 초기 물분사, 스팀분사 등의 방법에서 SCR(Selective Catalyst Reduction)등의 후처리 방법을 거쳐, 최근에는 촉매연소기를 이용한 cool combustion과 LPP(Lean Premix Pre-vaporized) 등의 Dry Low NOx 방법으로 양분되고 있는 추세이다.

Dry Low NOx 가스터빈 연소기는 연소기내 공연비를 희박한계까지 낮추는 LPP(Lean Premix Pre-vaporized) 연소, 연소기내 연료 공급을 다단계 화하는 Fuel Staging 기술, Variable Geometry 연소기 등 많은 개념들이 제시되고 실현되고 있다. 이러한 Dry Low NOx 연소기는 지상 용 뿐만 아니라, 항공용에서도 실현이 가능한 구조를 가지고 있어, 최근 개발되는 항공용 가스터빈들은 위와 같은 저 NOx 연소 기법들을 채택하고 있다. 일례로 General Electric에서 최근 개발한 GE90-115B 엔진의 경우, 이중 연소기에서의 Fuel Staging을 통해 고효율, 저공해 개념을 실현하고 있다.

위와 같은 Dry Low NOx 연소 기술은 현재 약 NOx 25ppm 정도의 수준에 도달한 것으로 평가되고 있고 각 개발사들의 연구 동향에 따르면, 실험실 차원에서는 이미 single digit NOx 배출 수준을 달성한 것으로 파악되고 있으며, 실제 엔진에 적용하기 전 단계에 도달한 것으로 평가할 수 있다.

위와 같은 Dry Low NOx 연소 기술은 항공용과 지상용에 모두 적용이 가능하고, 촉매연소나 SCR과 같은 후처리 방법, 물 분사 스팀분사 등과 같은 Wet Low NOx 연소 기법에 비해 상대적으로 크기가 작으며, 시스템의 구성이 단순하다는 장점이 있는 반면, 강화되고 있는 배기가스 규제와 향후 발전용 가스터빈의 zero emission에 근접한 NOx 배출치에는 미치지 못하고 있는 실정이다.

한편, 촉매연소를 이용한 가스터빈 엔진의 저 NOx는 현재까지 달성한 기술 중 가장 낮은 수준의 배출치를 보이고 있다. 상업 운전 조건에서도 대체적으로 NOx 3ppm 이하, CO 10ppm 이하의 배출 수준을 보이고 있으며, 일부 촉매연소기에서는 1.5ppm 이하의 zero emission에 가까운 배출 수준을 보이기도 한다.

이러한 촉매연소를 이용한 가스터빈 저 NOx 기술은, 시스템의 크기가 커지고, 안정적인 운전 영역이 매우 제한적이며, 촉매로 인한 엔진 내구성 제한 등 많은 단점에도 불구하고 뛰어난 배출가스 제어 능력으로 인해 향후 발전용 가스터빈 시장의 유력한 저 NOx 기술로 평가받고 있다. 또한 Dry Low NOx 방법에서 일어날 수 있는 연소 불안정성 및 연소 소음, 진동에 대한 문제점을 해결할 수 있는 장점이 있다.

본 논문에서는 이러한 촉매 연소를 이용한 저 NOx 가스터빈의 개발과 실제 응용 현황을 살펴보고, Dry Low NOx 연소 기법과 비교한 가스터빈 촉매연소의 장, 단점을 고찰하며, 향후 가스터빈에서의 촉매연소기 적용 전망을 살펴보고자 한다.

2. 가스터빈 촉매연소기 개요

가스터빈 연소에서의 NOx 저감의 기본 개념은 화염 온도를 낮춰 Zeldovich 기구에 의한

Thermal NOx를 줄이는 것이다. 현재까지 개발된 저 NOx 연소 기술들은 대부분 연소실 내 화염온도의 저감을 통해서 NOx 발생량을 줄이는 기구를 채택하고 있다.

최근 Dry Low NOx 방법 중의 하나로 주목받고 있는 초저희박 연소의 개념은 Lean Blow-out Limit에 근접한 조건에서 작동할 때 가장 낮은 NOx 배출량을 보인다는 것에 기초하고 있다.

이와 같은 연소 온도 - NOx 배출량간의 상관관계에서 볼 수 있듯이 가능한 한 낮은 온도, 혹은 무염(無炎, flameless) 연소 방법을 통해 NOx 배출을 최대한 억제할 수 있게 된다. 연소가스 온도와 NOx 배출량간의 상관관계를 Fig. 2에 나타내었다[7].

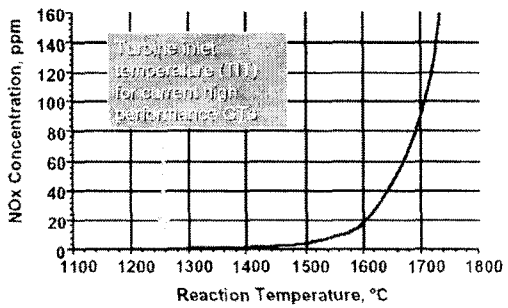

Fig. 2 연소가스온도와 NOx 배출과의 상관관계

Fig. 3은 전통적인 화염 연소방식의 가스터빈 구동 원리를 보인 것이다.

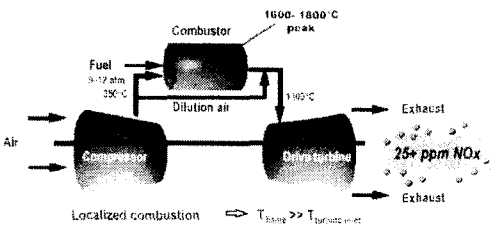

Fig. 3 전통적 화염연소 방식의 가스터빈 작동

Fig. 3과 같은 화염연소 방식의 가스터빈 연소기 내부의 화염 온도는 최고 2000℃ 내외로 고온 영역 내에서 Thermal NOx 량의 급격한 증가를 가져오는 반면, Fig. 4에서 보인 것과 같이 촉매를 채택한 가스터빈 엔진에서는 최대 연소 온도가 1500℃ 이내로 제한되어 NOx 배출량을 최소화 시킨다.

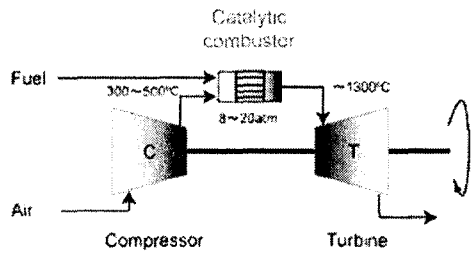

Fig. 4 촉매연소 방식의 가스터빈 작동

가스터빈 엔진에서의 전통적인 화염 연소 방식과 Dry Low NOx 기법으로서의 예 혼합 희박연소, 그리고 촉매연소의 연소기내 화염온도와 NOx 배출량을 Fig. 5에 비교하였다.

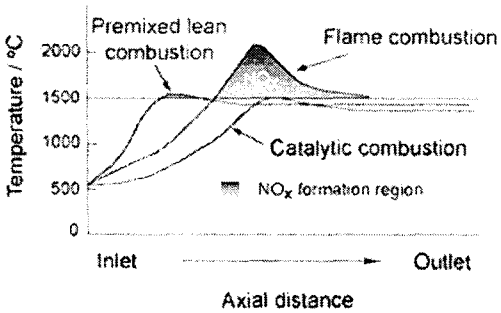

Fig. 5 각 연소방식의 화염온도-NOx 배출량 비교

Fig. 5와 같이 최고 화염 온도에 도달하지 않으면서도 동일한 TIT(Turbine Inlet Temperature)를 달성하기 위해서는 연료-공기의 일반적인 가연한계 이하의 온도에서도 연료의 산화반응이 지속적으로 이루어질 수 있도록 해주는 촉매의 적용이 필수적이며, 가스터빈 촉매연소기의 성패 여부는 이 촉매제에 달려있다고 볼 수 있다.

촉매연소를 이용하여 가스터빈에서의 저 NOx 화를 달성하고자 하는 시도는 오래전부터 있어 왔으나, 촉매 담체의 내구성 문제와 최적의 성능을 얻기 위해서는 연료-공기 혼합기가 매우 균일하게 공급되어야 한다는 점, 그리고 높은 연소효율과 낮은 NOx 배출 수준을 동시에 만족시키기 위해서는 상당히 좁은 온도 영역에서만 운용 가능하다는 점 등의 단점으로 인해 그동안 개념연구 및 실험적인 수준에서만 접근되어져 왔다.

이러한 촉매연소의 단점을 극복하기 위해서는 Variable Geometry나 Fuel Staging, 예 혼합 Pre-Burner와 같은 연소 기법들과의 접목 등과 같은 기술적 접근을 통해 해결해 나가야 할 것이다.

Fig. 6에 가스터빈 엔진에 적용된 촉매연소기의

장착 lay-out을 보였다.

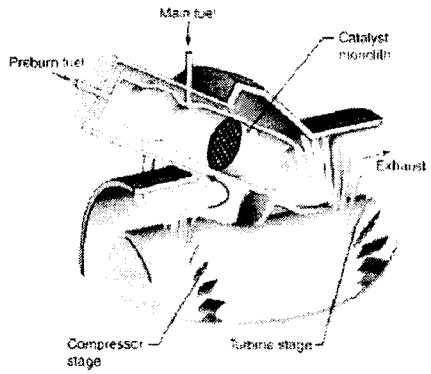

Fig. 6 가스터빈 촉매연소기 Lay-out

3. 가스터빈 촉매연소기 개발 현황

가스터빈에 적용되는 촉매연소기의 종류에는 개발 개념과 적용 위치, 그리고 개발 회사에 따라 몇 가지 종류가 있으나, 대부분 충분한 상업 운용까지는 도달하지 못한 상태이다. 본 절에서는 가스터빈 촉매연소기를 개발하고 적용한 사례 중, 최근의 대표적인 두 가지 경우를 소개하고자 한다.

하나는 Precision Combustion사와 Solar Turbines사, Honeywell사가 공동으로 개발, 적용한 RCL(Rich Catalytic Lean-burn combustion) 촉매 연소 기법이며, 또 하나는 Catalytica사와 가와사키 중공업이 공동으로 개발, 적용한 Xonon 촉매 연소 기법이다. 이 중, Xonon 촉매 연소기는 가와사키 중공업의 1.4MW급 발전용 가스터빈에 장착되어 세계 최초로 상업 운전을 하고 있는 가스터빈용 촉매 연소기이다.

1) Xonon 촉매연소기

Xonon은 Catalytica사에 의해 개발된 가스터빈 연소기용 촉매체이다. 촉매연소기의 분류상 CST(Catalystically Stabilized Thermal Combustor) 촉매연소기로 분류할 수 있으며, 전체 연소기 구조는 Pre-Burner Stage, Catalyst Stage, Combustor Discharge/Burn-out Stage로 나뉠 수 있다. 연료는 촉매체 전 단계에서 분사되며, 촉매체 출구에서 최종 TIT에 도달하는 온도 상승 단계가 있는 구조이다.

Fig. 7에 가와사키 중공업의 1.4MW급 발전용 가스터빈인 M1A-13X에 탑재된 Xonon 촉매체와 전체 연소기의 형상을 보였다.

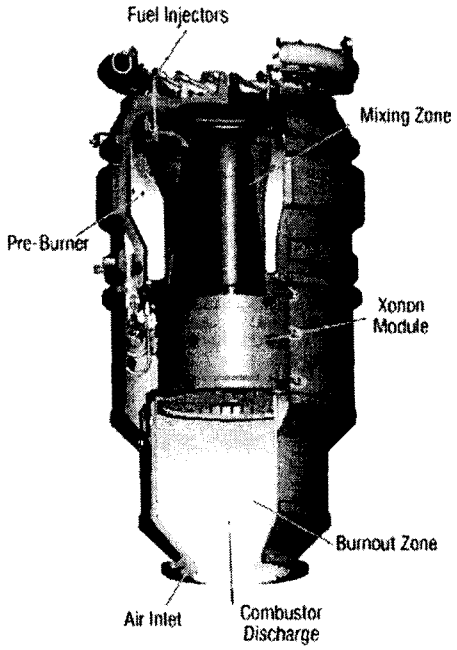

Fig. 7 가와사키 M1A-13X의 Xonon 촉매체

Xonon 촉매체를 적용한 가스터빈에서의 연소기 길이에 대한 화염온도를 기존 화염 연소와 비교한 결과는 Fig. 8과 같다.

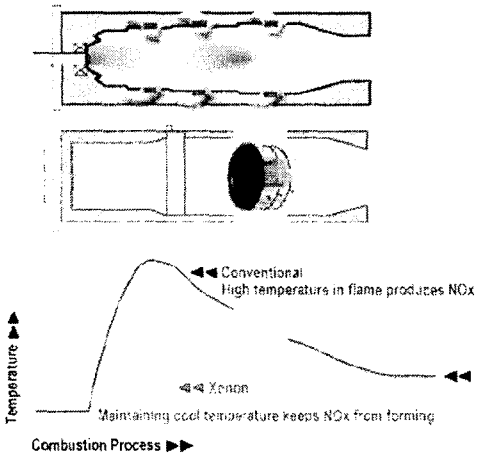

Fig. 8 Xonon 촉매연소와 화염연소와 비교

CST 연소를 위해 Catalytica사는 촉매 내의 가스층 온도를 800~950℃ 정도로 유지하고 촉매 후 영역에서 목표 TIT인 1000~1500℃로 상승시키는 것으로 판단된다. 위와 같은 연소 기법을 통해 Catalytica사는 평균 NOx 배출 3ppm(@15% O_2), 최대 1ppm까지의 배출량을 보

인 것으로 추정된다.

Catalytica사는 위의 Xonon 촉매제를 이용하여 미국의 발전 회사인 SVP(Silicon Valley Power)와 함께 캘리포니아 지역에 가와사키의 M1A-13X 가스터빈을 이용한 상업 발전을 지난 2002년 11월 27일에 시작하였는데, 이는 세계 최초로 상업 발전을 시작한 가스터빈 촉매연소기로 기록되었으며, NOx 배출량은 3ppm, CO 배출량은 10ppm을 보이고 있다. 약 8,000시간의 내구성능을 보였으며, 가와사키 M1A-13X 가스터빈에서 총 16,000시간의 운용시간을 가지고 있다. 이러한 운전 조건은 연속 운전 조건으로 약 1년의 기간에 해당하는 것으로 평가된다.

미국에서 가스터빈의 촉매 연소를 이용하여 저 NOx를 실현하기 위한 움직임은 1990년대 후반에 본격적으로 가시화 되었는데, Catalytica는 미국 정부(캘리포니아 에너지 위원회, 미 환경 보호청 등)와 민간 부문이 공동으로 구성한 RAMD(Reliability, Availability, Maintainability, Durability) 프로젝트를 통해 가스터빈 촉매 연소기의 실증 가능성을 꾸준히 연구해 온 것으로 평가되고 있으며, 이러한 노력의 일환으로 가와사키 중공업과의 상업 발전에 이어 GE 및 Solar Turbine과의 추가 촉매연소기 적용 가스터빈 발전기 개발 프로그램을 진행 중에 있다.

Table. 1에 Catalytica사와 가와사키 중공업의 저 NOx 발전용 가스터빈 패키지인 GPB15X의 성능 특성을 보였다[7].

Table. 1 GPB15X의 성능/배기가스 특성

Performance /Emission	Evaluation
Power	1400kW
EGT	531℃
NOx	< 3.0ppm
CO	< 10.0ppm
VOC	< 2.0ppm

2) RCL(Rich Catalytic Lean-burn combustion)

RCL(Rich Catalytic Lean-burn combustion) 촉매 연소기술은 미국의 Precision Combustion社가 최근 개발한 것으로 Catalytica사의 Xonon 촉매 연소기와 더불어 가스터빈 촉매 연소기 분야의 선두에 서있다고 평가된다. 다만, Catalytica사의 Xonon이 가와사키 중공업의 가스터빈에서 실제 상업 운전을 시작한 것에 비해 RCL 촉매 연소 기법은 상업 운전 전 단계에 온 것으로 추정되고 있다.

RCL(Rich Catalytic Lean-burn combustion) 촉매 연소 기술 개발은 최근 Precision사가 Solar Turbine의 T70 엔진과 Honeywell사의 ASE50DLE 엔진에 적용하였는데, 두 경우 모두 NOx 배출량이 3ppm이하의 Ultra Low NOx를 실현하였다고 보고하고 있다. 이 개발 프로젝트에는 미 정부와 Texas A&M 대학 등의 학계가 공동으로 참여하고 있으며, 특히 Solar Turbine사는 자사의 T70 엔진을 RCL과 함께 Xonon 프로젝트를 동시에 수행하고 있기도 하다.

RCL 촉매 연소의 기본 개념은 촉매체로 유입되는 공기를 산화용과 냉각용, 두 종류로 분리해서 촉매체 내에서는 과농(Fuel Rich) 촉매 반응이 일어나게 하고, Catalyst 후류에서 희박 연소가 일어나게 하는 것이다. Fig. 9에 RCL 촉매 연소의 기본 개념을 도시하였다[3].

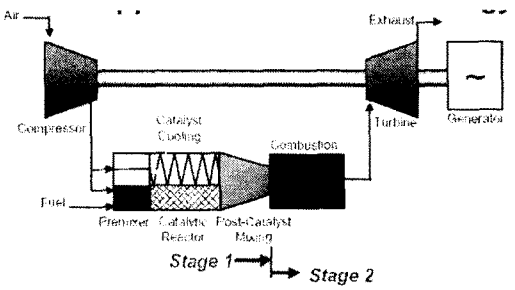

Fig. 9 RCL 촉매연소의 작동 개념

RCL 촉매연소에서 압축기 출구 공기는 두 부분으로 분리되어 일부는 촉매체로 유입되어 촉매 연소 반응을 일으키게 되며, 일부는 촉매 주위로 유입되어 촉매체의 냉각에 사용되는 구조를 가지고 있다. 촉매체 내부로 유입된 공기 일부와 연료는 촉매 반응에 필요한 용량보다 과농하게 되어 충분히 산화되지 않음과 동시에 촉매 반응이 확산되는 것을 방지하게 된다. 이는 결국 촉매 단계에서의 최대 온도를 제한하는 역할을 해 촉매체가 항상 정상 작동하게 하는 구조를 가지게 된다. 과농 촉매 반응된 연료-공기 혼합기는 촉매체 후류에서 냉각 공기와 혼합되어 다시 희박 연소를 일으켜 최종 터빈 입구 온도에 도달하는 개념으로 설계되었다.

이러한 Rich-Catalytic, Lean-Burn의 장점은 촉매체의 내구성을 향상시킴과 동시에 촉매체의 소화 온도를 200℃이하로 낮출 수 있는 장점이 있다고 알려져 있다. 또한 촉매 반응을 위한 pre-burner가 불필요해 비용 및 설치 공간이 절약되고, 내구성이 향상된다는 장점이 있다. Fig. 10에 RCL 개념을 적용해 실제 제작된 T70 엔진의 reactor 실물을 보였다.

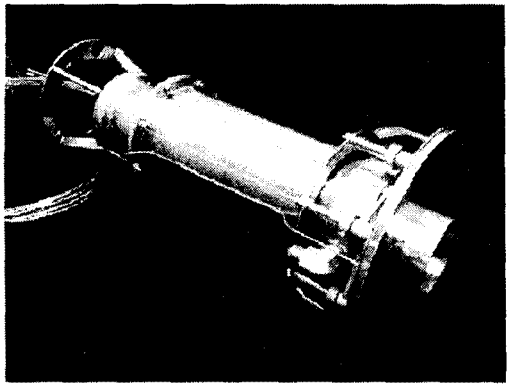

Fig. 10 T70의 RCL Reactor

이와 같은 방법으로 NOx 배출은 3ppm 이내, CO 배출은 10ppm 이내의 결과를 보였다고 보고하고 있다. Fig. 11에 RCL 촉매 연소의 NOx, CO 배출에 대한 성능 곡선을 보였다[3].

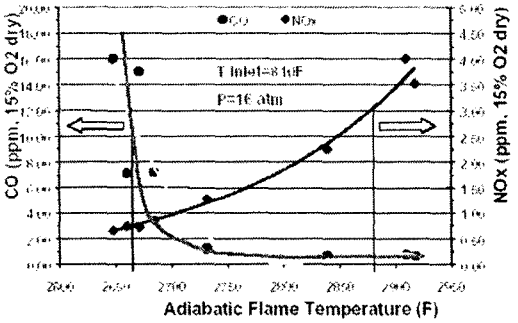

Fig. 11 RCL 촉매연소의 emission 성능 특성

4. 촉매연소와 DLE 연소 비교

촉매연소와 더불어 가스터빈의 저 NOx화를 추구하고 있는 연소 기법중의 하나가 Dry Low Emission 연소 기법을 이용하는 것이다. 이 방법은 전술했다시피, WLE(Wet Low Emission) 방법이 가져오는 부작용, 즉, 과도한 시스템 추가/유지비용, 엔진의 내구성 및 손상 문제, 항공용 엔진에의 미적용성 등을 개선하고자 제시되는 개념들이다. 이 DLE방법들에는 예 혼합 희박연소, Rich-Burn Quick-Quench Lean-Burn, Fuel Staging 등과 같은 연소 개념들이 포함된다. 이들 연소 개념들은 운전 중 연소 불안정성으로 인한 진동/소음/배출가스 과다 등의 문제점으로 인해 완전한 상업운전까지는 아니지만, 어느 정도 실현되고 있거나 실현 가능하다고 평가되고 있다.

현재 DLE 연소 기술을 채택하고 있는 가스터빈들의 경우, 전체적으로 액체 연료는 NOx 40ppm 내외, 가스 연료는 NOx 25ppm 내외의 배출 수준에서 운용되는 것으로 파악되고 있다. 그러나 실험실 수준에서는 가스연료로 single digit 수준을 이미 달성한 것으로 보이고 있으며, 특히 네덜란드의 OPRA turbine社는 자사의 상용 OP-16 가스터빈으로 이미 single digit 수준의 NOx 배출 성능을 보인바 있다.

Table. 2에 촉매연소와 DLE 연소 기법의 비교를 보였다[4].

Table. 2 촉매연소와 DLE 연소의 비교

	촉매연소	DLE 연소
NOx 배출 (gas)	< 3ppm	< 10~25ppm
CO 배출 (gas)	< 10ppm	<10~50ppm
적용 엔진 class	1~10MW	1~100MW
주 적용대상	지상용	지상용/항공용
기술적 난제	촉매작동온도 촉매내구성	연소불안정성

향후 발전용 가스터빈의 개발 방향을 살펴볼 때 두 연소 방식의 방식을 적절히 활용하여 최적의 연소 방식을 도출하는 것이 무엇보다 중요할 것이다.

5. 촉매연소기의 향후 전망

지금까지 가스터빈용 촉매연소기의 개발 현황과 기존 Dry Low NOx 연소 기술과의 차이점을 살펴보았다.

촉매연소 가스터빈은 가장 낮은 수준의 NOx 배출이라는 장점에도 불구하고 몇몇 단점들을 가지고 있는데, 이를 살펴보면 다음과 같다.

- 항공용 엔진에의 적용 어려움 : 촉매연소기의 특성상 상대적으로 큰 연소기 부피 및 무게의 증가가 필연적이고, 탈 설계점에서의 배출가스 성능 확보가 곤란하다. 또한 매우 제한적인 온도 범위에서 촉매가 작용하기 때문에 다양한 부분부하 성능을 만족해야 하는 항공용 엔진에의 적용이 사실상 불가능하다.
- 내구성 확보와 운용비용의 증가 : 내구성 있는 촉매체가 원활히 작동할 경우, 촉매연소 가스터빈 발전은 저 비용을 실현할 수 있으나, 촉매체의 내구성이 현재까지는 충분히 확보된 상태가

아니기 때문에 국부적인 NOx 과다 배출과 운용 비용 증가를 피할 수 없게 된다.

- 촉매 작동 온도 및 sizing : 엔진의 효율을 높이기 위해서는 높은 TIT(Turbine Inlet Temperature)가 요구되나, 현 단계의 촉매 작동 온도는 이보다 훨씬 낮다. 따라서 촉매 작동 온도가 향상될 필요성이 있으며, 다양한 가스터빈에 적용되기 위해서는 촉매의 sizing이 원활해야 한다.

- 연료의 제한 : 현재까지 시도되었거나 운용중인 촉매연소 가스터빈은 대부분 가스연료, 특히 천연가스에 집중되어 있는 실정이다. 가스터빈의 장점 중의 하나인 Fuel Flexibility 차원에서 액체연료에 대한 저 NOx화가 함께 병행되어야 할 것이다.

이러한 단점에도 불구하고 가스터빈에서의 촉매 연소는 향후 배기가스 규제 강화와 맞물려 한층 연구, 개발이 활성화될 것으로 판단된다. 수년 이내 현재의 10MW급 엔진에서 3ppm의 NOx 배출량은 1ppm수준으로 감소할 것으로 전망되며, 약간의 후처리 과정을 추가할 경우, zero emission 달성이 가능할 것으로 전망되고 있다. 특히 촉매체의 Size Flexibility가 확보될 경우, 다양한 출력의 가스터빈에 적용이 가능할 것으로 생각되며, Dry Low NOx 방식의 연소 기법에 비해 기존 운용중인 가스터빈 엔진에 적용하기가 더 용이하리라 판단된다[5][6].

6. 국내 가스터빈 촉매연소기 현황

국내의 가스터빈 촉매연소기 적용은 거의 전무한 실정이다. 가스터빈 자체의 국산화 개발이 이제 막 시작단계이며, 자체적으로 발전용 가스터빈을 양산하는 단계에 이르지 못했기 때문에 저 NOx를 위한 촉매연소기에 대한 연구는 초보적인 수준에 머물러 있다.

특히 가스터빈에 대한 배기가스 규제가 사실상 없는 실정이어서, 다른 분야의 촉매 연구나 저 NOx 연구에 비해 상대적으로 뒤떨어진 분야에 속한다. 우리나라도 미국과 같이 RAMD 프로그램과 같은 정부-민간 공동 프로젝트를 통해 본격적인 연구와 기술 개발에 나서야 할 것으로 생각된다.

최근 일부 가스터빈 제작사와 관련 연구기관을 중심으로 가스터빈 촉매연소기의 개발 가능성 및 적용을 고려하고 있으며, Xonon 촉매체의 개발사인 Catalytica사와의 기술 협력을 통해 가스터빈 촉매연소기의 기초 기술을 획득하려는 시도가 진행되고 있으나, 연구 기반의 미비로 어려움이 많은 실정이다. 삼성테크윈에서는 지난 90년대 이미 1.2MW급의 산업용/발전용 엔진(Turbo Green 1200, Fig. 12)을 개발하였고, 이 엔진의 저 NOx 프로그램을 진행한 경험을 보유하고 있다. 또한 1.2MW급의 엔진은 촉매연소를 적용하기 가장 용이한 엔진으로 평가되고 있고, 촉매 장착에 가장 적합한 Can형 연소기를 채택하고 있다는 점에서 국내 촉매연소 가스터빈의 실제 구현에 가장 근접해 있다고 평가된다.

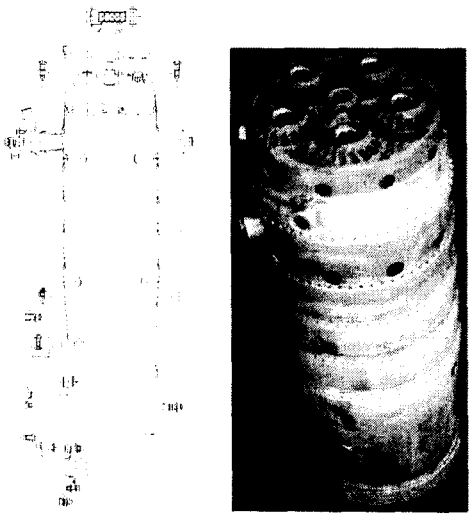

Fig. 12 삼성테크윈의 1.2MW급 저공해 연소기

따라서 향후 발전용 가스터빈의 시장 규모가 증가하고, 분산 형 발전이 대두됨에 따라 국내에서도 가스터빈용 촉매연소기의 개발에 나서야 할 것으로 생각된다.

7. 결론

지금까지 가스터빈 촉매연소기의 개발 배경, 작동 기구, 대표적인 개발 사례를 기존 Dry Low NOx 기법과의 비교를 통해 가스터빈 촉매연소의 현황을 고찰하였다.

촉매연소가 가지는 여러 가지 단점에도 불구하고 향후 배기가스 규제 강화와 분산형 발전에의 요구 등에 힘입어 가스터빈 촉매연소에 대한 수요가 증가할 것으로 예상되며, 국내에서도 이에 대비한 가스터빈 촉매연소기 연구가 본격적으로 시작되어야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 5IWCC, "Proceedings of 5th International Workshop on Catalytic Combustion", Coex,

Seoul, Korea, 2002
2. 강성규, "5IWCC 보고서", 한국에너지연구원, 2002
3. Lance L. Smith, et a., "Rich-Catalytic Lean-Burn Combustion for Low-Single-Digit NOx Gas Turbines", GT-2003-38129, Proceedings of ASME Turbo Expo, 2003
4. Petter Egil Rokke, et al., "Technology Update on Gas Turbine Dual Fuel, Dry Low Emission Combustion Systems", GT2003-38112, Proceedings of ASME Turbo Expo, 2003
5. Ralph A. Della Betta, "Catalytic Combustion Gas Turbine Systems : The Preffered Technology for Low Emissions Electric Power Production and Co-generation", Catalyst Today, 35, pp129-135, 1997
6. Ralph A. Della Betta, "Application of Catalytic Combustion to a 1.5MW Industrial Gas Turbine", Catalyst Today, 47, pp369-375, 1999
7. www.catalyticaenergy.com