

## 研究論文

연료전지 개질기로 활용을 위한 스위스 롤 연소기의  
크기와 연료의 종류에 따른 특성연구

김연호\* · 허환일\*\*† · Paul D. Ronney\*\*\*

Effect of Scale and Fuel Type on Heat-recirculating  
Swiss-roll Combustor Performance for Fuel Cell Reformer  
Applications

Younho Kim\* · Hwanil Huh\*\*† · Paul D. Ronney\*\*\*

## ABSTRACT

The geometrically similar swiss roll reactors of different physical sizes were tested with the aim of independently determining the effects of Re and Da. It is found that the difference between catalytic and non-catalytic combustions extinction limits are narrowed as scale decreases. In addition to assess the importance of fuel chemistry, different families of fuels including alkanes and ethers were tested. From these results the effect of scale and fuel type on microscale reactor performance and implications for practical micro combustion devices are discussed.

## 초 록

비슷한 형상을 가진 스위스롤 연소기의 물리적 크기에 대한 시험이 레이놀즈수와 담켈러수의 독립적인 효과를 알아보기 위해 진행되었다. 이를 통해서 촉매연소와 비촉매연소의 소멸한계 경계가 연소기의 크기 감소에 따라 다른 경향으로 좁아지는 것을 알 수 있었다. 추가적으로 연료의 화학적 성질의 중요성을 판단하기 위해 알칸기와 에테르기를 포함한 동종의 다른 형태 연료를 적용하여 시험을 수행하였다. 이러한 결과들을 통해 연소기의 크기와 연료의 형태에 따른 효과로 소형 연소기의 성능 및 그러한 장치들에 미치는 영향력에 대한 부분들이 논의 되었다.

Key Words: Damköhler Number(담켈러 수), Renolds Number(레이놀즈 수), Catalytic Combustion(촉매연소), Extinction Limits(소멸한계)

접수일 2010. 10. 6, 수정완료일 2010. 11. 15, 게재확정일 2010. 11. 21

\* 정희원, (주)썬트랙아이

\*\* 중신회원, 충남대학교 항공우주공학과

\*\*\* University of Southern California

† 교신저자, E-mail: hwanil@cnu.ac.kr

## 1. 서 론

기술집약형의 고부가가치 산업인 항공우주산업은 지식과 기술을 바탕으로 발달되어 왔으며

생산 및 기술 파급효과가 매우 크게 작용할 것을 기대하고 있다. 또한 정밀가공기술이 발달함에 따라 항공우주분야는 소형화의 추세에 있으며, 특히 추진기관 및 동력원의 소형화와 안정성이 더욱 요구되고 있는 실정이다. 이러한 기술의 원동력을 확보하기 위한 기초연구로써 희소성과 기대효과 측면에서 가치가 있는 휴대용 연료전지의 연구가 활발히 진행되고 있다[1]. 일부 정밀기계·전자분야 제조기술은 국제적으로도 인정받고 있는 우리나라 역시 기계장치의 소형화라는 세계적인 추세를 따라가게 될 것이다. 이를 위해 가장 중요한 요소로서 마이크로 동력발생장치와 연소·추진 장치에 대한 연구가 절실한 실정이다. 국외 여러 연구에 따르면 마이크로 연소 및 고체산화물 연료전지를 이용하여 동력과 전기력을 생산할 수 있는 스위스롤 연소기의 활용 가능성이 높아지고 있으며[2,3], 특히 내부개질형 마이크로 연료전지의 연소기 크기와 형상, 재질에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[4,5].

이러한 연구를 바탕으로 연소기의 소형화와 더불어 성능증가 및 장기간 사용 가능성이 더욱 요구되고 있다[6]. 본 연구에서는 선행 연구[7]를 바탕으로 스위스롤 연소기의 크기에 따른 성능변화와 적용연료의 종류에 대한 특성을 확인하는 것을 목표로 하고 있다. 이에 대하여 연소기의 크기를 정의하여 동일한 조건에서 시험하였으며, 비교적 안정하고 낮은 온도에서 연소를 유지하며 금속에 대한 독성이 적은 탄화수소계열의 연료인 Di-Methyl Ether(DME)를 이용하여 연소기의 성능을 분석하는 연구를 수행하였다.

## 2. 스위스롤 연소기

### 2.1 스위스롤 연소기

스위스롤 연소기(Swiss-roll reactor)는 연료전지의 적용을 위한 연료개질기(Fuel reformer)로 연구가 진행되었다. 탄화수소계열의 연료와 공기를 이용하여 연소과정 중 생성되는 수소와 산소를 연료전지에서 직접 이용하는 개념으로 Fig. 1과 같은 형상을 보인다. 스위스롤 연소기의 특

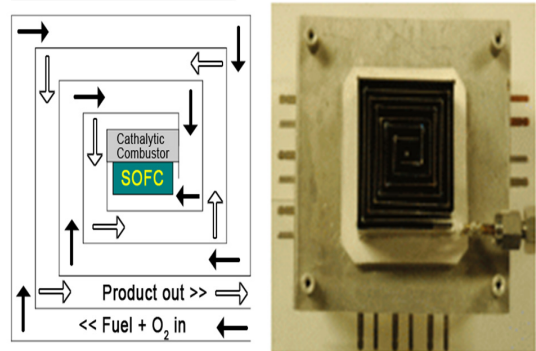
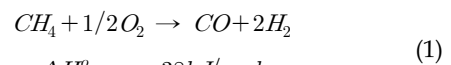


Fig. 1 Configuration of swiss-roll reactor

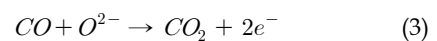
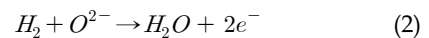
징은 외부에서 유입되는 연료와 공기의 혼합 기체를 중앙에서 연소에 의해 생성된 열로 예열하여 높은 수준의 엔탈피를 가진 상태로 주입되는 것이다. 이는 또한 벽면을 통한 열 손실을 줄여 줄 수 있는 이점이 있다. 반응물과 생성물이 이동하는 경로가 겹겹이 이루어져 있어 각 채널별로 열에너지의 공급이 이루어지기 때문이다.

### 2.2 연소기의 기본 반응

스위스롤 연소기의 기본 개념은 연료·공기의 혼합비와 연료주입 속도에 따라 작동온도와 생성되는 산소와 수소의 양이 달라짐으로써 연료전지가 요구하는 수준에 맞게 조절하는 것이다. 고체산화물 연료전지는 탄화수소와 산소의 혼합가스를 사용하여 전극으로 사용되는 촉매의 선택적 특성을 이용하여 작동한다. 이는 음극으로 사용되는 전극물질이 일반적인 연료개질반응에 사용되는 니켈로 Eq. 1에서와 같이 탄화수소와 공기의 혼합가스를 부분산화 반응을 통해 수소와 일산화탄소와 같은 환원성 가스를 생성하게 되고, Eq. 2, Eq. 3에서와 같이 음극에서 연료를 공급하게 된다[8].



$$\Delta H_{298}^0 = -38kJ/mol$$



이와는 반대로 양극으로 사용되는 전극물질은 Eq. 1에 대해 불활성이므로 Eq. 4와 같이 산소를 공급하게 되어 전극 양단에 기전력이 발생한다.



이러한 혼합가스형 고체산화물 연료전지는 탄화수소의 직접내부개질의 이점을 가진다. 또한 기존의 평판형 고체산화물 연료전지와 비교해 밀봉부분이 필요하지 않은 시스템의 단순함을 장점으로 가지고 있다.

스위스롤 형태 연소기의 기본모형은 연소기의 입구 채널로 유입되는 반응물과 출구 채널로 방출 되는 생성물 사이에 Well Stirred Reactor (WSR)를 위치시킨 형태이다. 이 연소기에 대한 기존 실험과 해석 결과 WSR 중심에서 이루어지는 열교환은 화학 반응을 유지시키기 위해 필요하다. Fig. 2에서 볼 수 있듯이 열전도에 대한

연소기 내의 이론적 해석으로 채널을 구분해 주는 벽면 열전달(Eq. 5), 반응물 영역 열전달(Eq. 6), 생성물 영역 열전달(Eq. 7)의 세부분으로 나눌 수 있다. 이 세영역들에 대한 에너지 균형은 Eq. 5 ~ Eq. 7과 같이 나타낼 수 있다.

$$k_w \tau \frac{d^2 T_w}{dx^2} - 2h_1 T_w + h_1 (T_{w,i} + T_{w,e}) = 0 \quad (5)$$

$$\dot{m} C_p \frac{dT_i}{dx} - h_1 (T_{w,i} - T_i) + h_2 (T_i - T_\infty) = 0 \quad (6)$$

$$\dot{m} C_p \frac{dT_e}{dx} - h_1 (T_e - T_{w,e}) - h_2 (T_e - T_\infty) = 0 \quad (7)$$

$$T_w \approx (T_{w,e} + T_{w,i})/2 \quad (8)$$

$$T_{w,e} - T_{w,i} \ll T_e - T_i \quad (9)$$

평균 벽면의 온도 Eq. 8을 사용하여 열적으로 반응물과 생성물 면이 차이가 거의 없다는 가정 Eq. 9를 적용하여 Eq. 6과 Eq. 7을 가감하여 정리하면 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\frac{k_w \tau}{h_1} \frac{d^2 T_w}{dx^2} - 2T_w = -(T_i + T_e) \quad (10)$$

$$\dot{m} C_p \frac{d}{dx} (T_i - T_e) + (h_1 + h_2)(T_i + T_e) - 2h_2 T_\infty - 2h_1 T_w = 0 \quad (11)$$

$$\dot{m} C_p \frac{d}{dx} (T_i + T_e) + (h_1 + h_2)(T_i - T_e) = 0 \quad (12)$$

Equation 10 ~ Eq. 12를 이용하여 Eq. 13으로 정리할 수 있다.

$$\frac{M^2}{BH(1+H)} \frac{d^4 \tilde{T}_w}{dx^4} - \left[ \frac{M^2}{H(1+H)} + \frac{1+H}{BH} \right] \frac{d^2 \tilde{T}_w}{dx^2} + \tilde{T}_w = 1 \quad (13)$$

$$\left( M \equiv \frac{\dot{m} C_p}{h_1 L}, B \equiv \frac{2h_1 L^2}{k_w \tau}, H \equiv \frac{h_2}{h_1}, \tilde{x} \equiv \frac{x}{L}, \tilde{T} \equiv \frac{T}{T_\infty} \right)$$

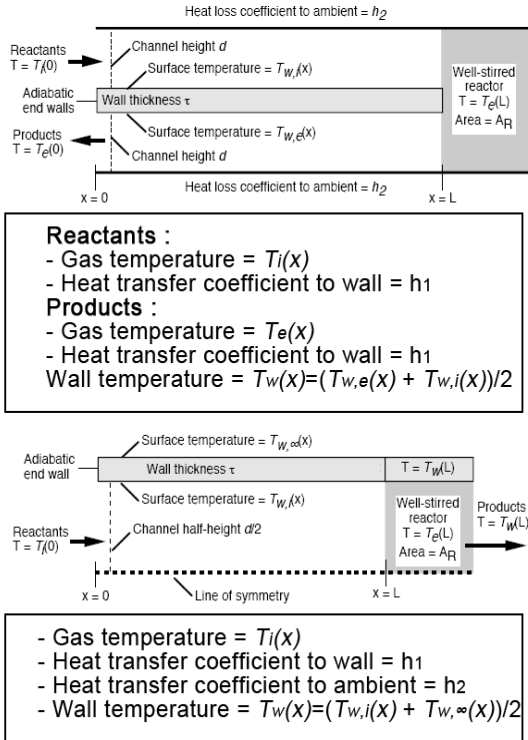


Fig. 2 Schematic diagram of Swiss-roll combustor configuration for analysis

위 Eq. 13을 통해 스위스롤 형태 연소기 내부의 열전도에 관련된 세가지 무차원 변수, 즉 Biot number(B), 열손실 계수(H), 질량 플럭스(M)로 정리할 수 있다. 마이크로 연소기는 생성 가스에 의해 주위 표면으로의 전도를 통한 열전달이 크게 작용한다. 이는 흡기구, 출구, 연소실 내에서의 온도구배가 특성길이의 감소에 의해 커지기 때문이다. 또한 특성길이의 감소에 의해 방사(Radiation)에 의한 열전달이 증가한다. 더하여 장치 크기의 감소에 의하여 표면적/부피의 비가 증가하면 열 플럭스를 향상시킨다. 그 결과 장치의 표면 또는 경계에서의 열전달이 매우 중요한 요소로 작용한다.

이러한 작용은 표면에서의 열손실이 그들의 효율을 감소시키거나 연소실에서 벽면 소멸(Wall quenching)을 발생하는 등의 문제를 야기할 수도 있다. 마이크로 크기의 시스템에서 연소는 연소반응을 위한 시간과 벽면에 의한 연소의 소멸(Quenching) 가능성과 관련한 문제들이 있다. 연소실의 부피가 줄어들면 표면적/부피의 비율이 증가하고, 결과적으로 연소기 표면에서의 열손실이 증가하며 연소실 벽면에서의 과도한 구배가 발생한다. 이러한 메커니즘은 결과적으로 연소반응의 진행을 종료시킬 수 있다. 연소 소멸을 극복하기 위한 열-화학적 관리 기술들은 Excess enthalpy 연소기 사용, 단열벽 사용, 고온의 세라믹 벽사용, 표면코팅 등이 있다. Excess enthalpy, Recirculating burners에 대한 초기의 연구는 Weinberg와 공동 연구자[9]들에 의하여 행해졌다. 이러한 연구에서 연소반응은 "Swiss roll"이라고 알려진 연소기에서 이루어 졌으며, 연소생성물의 엔탈피 의해 예열된 연료와 공기의 혼합에 의해 최적화되었다.

### 2.3 적용 연료의 적합성

스위스롤 연소기는 적용되는 연료전지의 종류에 따라 요구되는 작동온도와 당량비가 결정된다. 당량비에 따라 연소 효율이 변화하지만 연료전지의 적용을 위해서는 연소 효율 뿐만 아니라 연료소모율, 작동온도, 연소 후 생성물 등을 고려하여야 한다. 특히 금속성의 연소기를 사용할

시 장기간 사용을 위해 낮은 금속 부식성과 독성이 적은 연료를 채택하는 것이 바람직하다. 또한 점화원으로 공급되는 전력이 높게 되면 점화 장치의 부수적인 시스템이 요구 되므로 낮은 발화점을 가진 연료가 적합할 것이다.

현재 스위스롤 연소기에 적용되고 있는 연료전지는 고체산화물형(SOFC)으로 높은 작동온도(>700 °C)를 요구한다. 작동 조건을 만족시키기 위해 높은 연소온도를 유지할 수 있는 연료로 매탄과 프로판, 부탄 등이 사용되고 있으며 이들의 물성치는 Table 1에 정리되어 있다.

최근 많은 연구에서 그 우수성을 입증 받고 있는 디메틸에테르(DME)는 이러한 탄화수소계 열의 연료에 비해 많은 장점을 가지고 있다. Table 1에서 살펴볼 수 있듯이 스위스롤 연소기에 적합한 조건을 가진 연료로서 디메틸에테르가 우수하다는 것을 확인 할 수 있다. 우선 높은 자기발화성과 낮은 당량비, 높은 세탄가(Cetane) 함유량, 그리고 낮은 금속 부식성과 생성물의 무독성이 장점으로 작용한다. 이는 연소기에 필요한 모든 조건을 만족하고 있어 여러 연구에서 많은 관심이 대두되고 있다.

Table 1. Physical characteristics of hydrocarbon fuels

Physical characteristics	DME	Propane	Butane	Methane	Methanol
Chemical formula	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	CH <sub>4</sub>	CH <sub>3</sub> OH
Boilingpoint (°C)	-25.1	-42.0	-0.5	-161.5	64.6
Density of liquid (g/cm <sup>3</sup> , 20°C)	0.67	0.49	0.57	0.42	0.79
Viscosity of liquid (kg/ms)	0.12 ~ 0.15	0.2	0.2	-	0.7
Saturated vapor pressure (Mpa)	0.6	0.9	0.2	-	-
Evaporation heat (kJ/kg)	467	372	358	510	1110
Stoichiometric (kg/kg)	9.0	15.7	15.5	16.9	6.5
Max. Burning velocity (cm/s)	50	43	43	37	52
Detonation limit (%)	3.4 ~ 17	21 ~ 9.4	1.9 ~ 8.4	5 ~ 15	5.5 ~ 36
Ignition point (°C)	235	470	365	650	450
Cetan content	55 ~ 60	5	10	0	5
Caloric value at low-position (MJ/kg)	28.8	46.3	45.7	49.0	20.0

24 연소형태에 따른 분류

기본적으로 연소기의 연소 형태는 두 가지로 나눌 수 있는데 비촉매연소(Gas phase)와 촉매연소(Catalytic phase)가 이에 해당한다.

촉매연소란 고체 촉매를 이용하여 비교적 저온 또는 저농도에서 산화시키는 것을 말하는데 연소 중 NOx의 생성을 크게 줄이면서도 저온영역에서 에너지를 절감할 수 있다. 또한 촉매연소는 불균일계 산화반응으로서 적당한 촉매 하에서는 기상균일 반응보다도 훨씬 낮은 활성화 에너지에서 불균일 연소반응이 진행된다. 촉매를 사용한 불균일 반응은 기상균일 반응보다 훨씬 낮은 반응온도 또는 희박한 연료농도에서도 반응이 진행된다. 이러한 촉매연소의 스위스 롤 연소기로의 적용은 다양한 연료전지의 적용가능성을 말해준다. 본 실험에 사용된 촉매는 백금(Pt)으로 박막형태를 유지하여 연소기의 중앙에 위치시켰다.

비촉매연소는 가스 상태의 연료를 직접 공급하여 높은 온도에서의 반응을 의미한다. 좁은 간격의 연소기 채널에서 연소가 이루어지나 연료의 평균 연소 온도에 가깝게 연소열을 가지며 촉매연소에 비해 높은 연소효율을 가진다. 또한 연소 안정구간에서는 우수한 연소 안정성을 유지한다. 이러한 비촉매연소는 혼합가스형 고체산화물 연료전지의 적용을 위해서 필수적인 작동 온도를 만족하고 있으나 소량의 이산화탄소 및 일산화탄소등의 독성가스를 배출하기도 한다. 연료의 당량비와 공급 속도에 따라 연소현상이 많이 변화하며 일정 구간에서 연소영역이 중앙을 이탈하는 현상도 발생한다. 또한 고온의 연소조건이므로 연소기 재료의 산화를 유발하여 수명을 단축시키는 단점을 가지고 있다.

25 시험장치 구성 및 실험방법

Figure 3과 같이 실험장치가 구성되어 있으며, 유량 제어 밸브를 통해 연료의 당량비와 공급 속도를 조절 할 수 있다.

LabVIEW 프로그램을 통해 시스템의 동작을 제어할 수 있으며, 각 채널에서 측정된 온도 데이터는 실시간으로 확인할 수 있어 연소기 상태

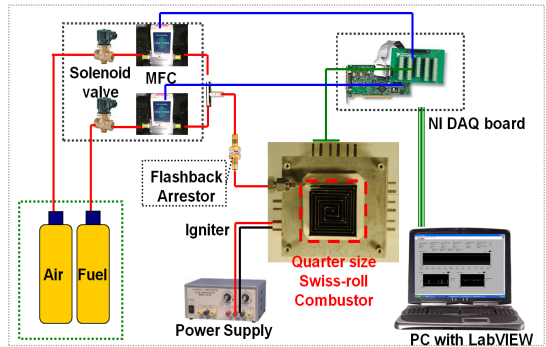


Fig. 3 Schematic of experimental set-up

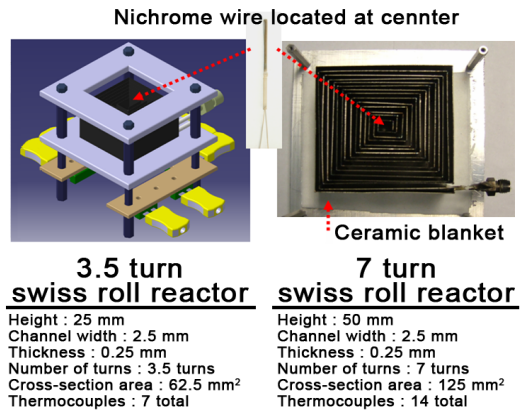


Fig. 4 Swiss-roll reactor configuration for experiment

를 점검할 수 있다. 실험은 연료의 당량비와 혼합연료의 채널내부 흐름 속도를 변화 시키며 진행하였고, 각 채널에 분포되어 있는 온도센서를 통해 온도를 측정하였다. 실험에 사용된 연소기는 Titanium-811 합금 벽면 재료로 사용하였으며, Fig. 4와 같이 회전수가 3.5 와 7 인 스위스 롤 연소기를 설계, 제작 하였다. 기준이 되는 연소기는 가로×세로×높이가 각각 9×9×5 cm이고, 재료의 두께는 0.5 mm, 채널 폭은 5 mm이며, 절반 크기(Half scale)의 연소기는 크기가 각각 4.5×4.5×5 cm에 재료의 두께는 0.5 mm, 채널 폭은 2.5 mm이며, 실험에 사용된 Quarter scale 크기의 연소기는 Half scale의 연소기와 같은 조건에서 높이만을 1/2로 줄여 부피가 1/4로 감소된 크기이다. 또한 회전수 7의 연소기는 기준 되는 연소기의 크기와 같으며 회전수만을 2배 증가시

Table 2. Swiss-roll reactor specification

Name	Envelope size	Number of turn
Full scale	9.0×9.0×5.0 cm	3.5
Half scale	4.5×4.5×5.0 cm	7
Quarter scale	4.5×4.5×2.5 cm	3.5

킨 상태이다. Table 2에 실험에 사용된 연소기의 정보를 나열하였다.

### 3. 실험 결과 및 분석

#### 3.1 소염한계

Figure 5는 회전수 3.5 인 Half scale 연소기와 높이를 반으로 줄인 Quarter scale 연소기의 비축매연소 실험 결과이다. 연소안정영역에서 점화를 시켜 연료의 당량비와 레이놀즈수를 변화시키며 연소온도가 대기온도로 떨어진 지점을 찾아 이 부분을 소염한계로 정의하였다.

실험 결과를 살펴보면 높이를 반으로 줄인 Quarter scale 연소기의 연소가능영역이 Half scale 연소기에 비해 좁다는 것을 알 수 있다. 또한 소염한계곡선이 당량비 1을 기준으로 위쪽으로 치우친 경향을 살필 수 있다. 이는 높이를 반

으로 줄인 연소기의 경우 연료과농 상태에서 연소상태가 안정적이며 연료희박 영역에서는 그렇지 못하다는 것을 의미한다. 또한 레이놀즈수를 살펴보면 Half scale 연소기에 비해 Quarter scale 연소기의 연소 영역이 감소하고 연소가능 영역의 감소는 곧 연소기의 효율감소를 의미한다. 연소기의 높이를 1/2 로 줄이면 전체 부피도 1/2 로 줄게 되어 단위부피당 표면적 값은 일정하여 효율의 저하가 크게 발생하지 않을 것을 예상하였으나, 실험을 통해 연소기 효율 저하가 발생한 것을 살필 수 있었다. 이는 연소기 채널의 높이변화에 따른 유효 연소구간이 축소되어 연료희박 영역에서 충분한 연료공급이 이루어지지 못하였을 것으로 예측된다.

Figure 6에서는 연료에 따른 연소기 특성을 살펴기 위해 크기와 형상이 동일한 연소기에 대하여 Propane과 DME를 연료로 사용하여 축매연소 및 비축매연소 상태에서 실험을 수행한 결과를 보여준다. 실험을 통해 두 연료의 연소 특성이 매우 유사한 결과를 보이는 것을 확인할 수 있다. 두 연료의 경우 이론당량비와 발화점, 세탄가(Cetane) 함유량의 차이가 크며 단위 질량당 에너지 밀도의 차이도 Propane이 DME에 비하여 약 2배 정도 높는데 비해 소염한계 영역이 비슷한 경향을 보임을 확인할 수 있었다.

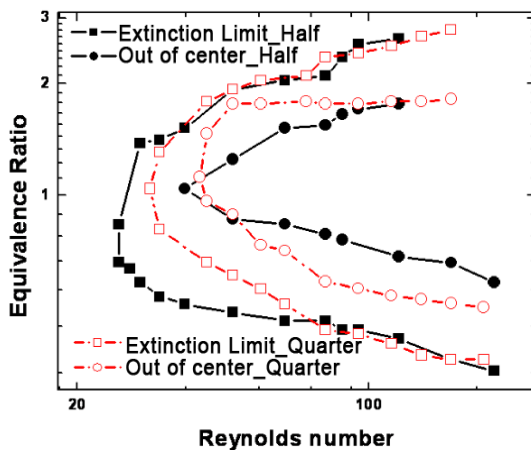


Fig. 5 Extinction Limit using Propane on Half and Quarter scale combustor

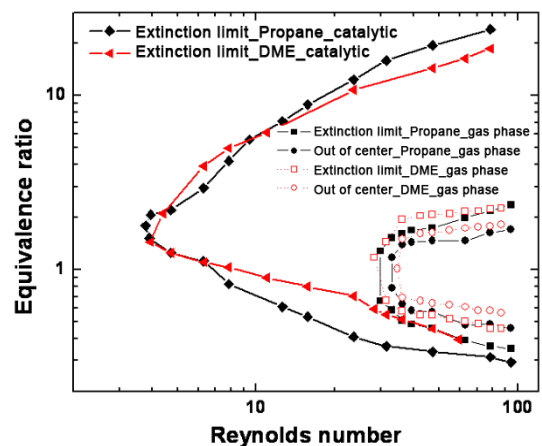


Fig. 6 Extinction Limit using Propane and DME on 7 turn combustor

3.2 온도특성

Figure 7은 회전수 7 turn의 연소기에 Propane과 DME 연료를 사용하여 촉매연소 조건에서 반응온도와 각 채널에서의 온도특성을 파악하기 위한 실험의 결과이다. 동일한 조건에서 비교하기 위해 일정한 레이놀즈수(12.6)영역에서의 연소기 내부에 각 채널에서 온도분포를 비교 하였다. 이를 통해 연소가 진행되는 중앙부분(TC 1)에서는 연료전지의 작동온도를 유지하고, 최 외곽 채널(TC 14)에서의 온도는 상온과 같아 외부 환경에 영향을 미치지 않는 것을 확인할 수 있었다.

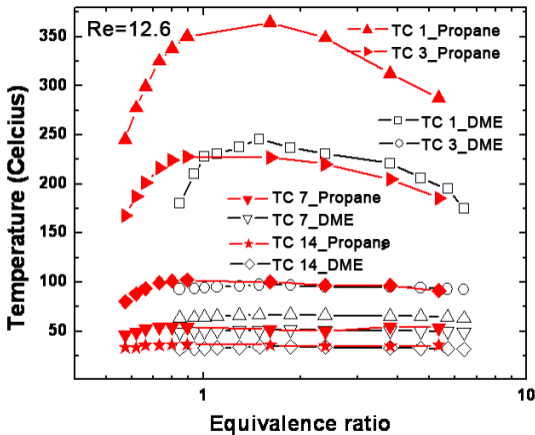


Fig. 7 Temperature profiles over a range of mixture compositions

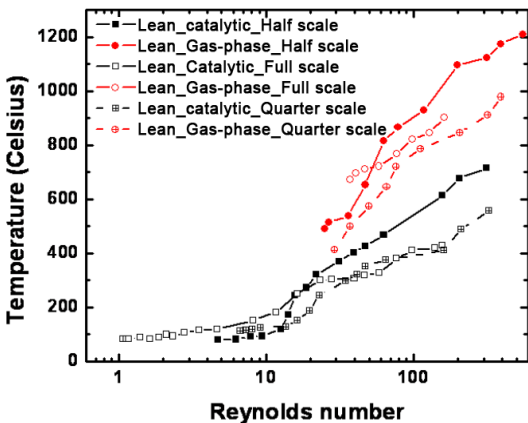


Fig. 8 Maximum temperature at the lean extinction limits

DME의 경우 Propane의 경우에 비하여 중앙에서의 연소온도가 약 120 ℃ 정도가 낮음을 알 수 있으며 더욱 낮은 Re 영역에서는 약 90 ℃의 연소온도를 유지하는 것을 확인하였다.

Figure 8은 레이놀즈수의 변화에 따른 세 연소기의 소염 직전 온도를 기록한 것으로 특히 주목할 점은 촉매 연소기의 온도 부분이다. 프로판 가스의 발화 온도는 500 ℃이상에서 진행되는데 촉매 연소 시 Re 수 10 이하에서 연소기 내부 온도가 100 ℃이하에서도 연소가 형성되는 것을 볼 수 있다. 또한 기존 연소기에 비해 크기를 줄인 연소기의 경우 레이놀즈수가 증가하면서 소멸 온도도 높아지는 것을 확인할 수 있다.

3.3 연소기 설계조건

고효율 연소기의 개발에 앞서 반드시 갖추어야 할 조건으로 연소안정성과 내구성을 들 수 있다. 본 실험에 사용한 연소기는 Titanium-811계열로 열적 내구성은 강하나 연소과정 중 산화반응을 일으키는 단점이 있다. 고온의 조건일 때 발생하는 독성의 산소에 의해 산화티타늄이 생성되어 부식되는 현상을 실험을 통해 살펴 수 있었다. Fig. 9는 Propane 연료를 이용하여 장시간 비촉매연소 실험을 수행하였을 때 발생한 벽면산화에 의해 연소기가 손상된 모습이다.

비촉매연소 시 작동온도는 약 850~1000 ℃에 있으며 심하게는 1200 ℃를 넘는 경우도 존재한다. 연소영역이 연료가 공급되는 채널을 따라 움직였을 뿐 소멸되지 않고 오히려 작동온도가 1500 ℃이상으로 증가하고, 이 부분에서 연소가 중앙에서 벗어나 형성되어 "Out of center reaction zone"이라고 정의하였다[7]. 이러한

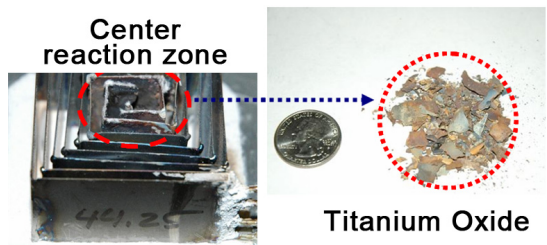


Fig. 9 Damaged reactor form oxidation

“Out of center” 현상이 발생하게 되면 외곽채널에서 고온으로 연소가 지속되어 연소기의 변형 및 파괴, 열에 의한 피해 등이 있을 수 있어 연소기 설계 시 반드시 고려해야할 사항이다.

#### 4. 결 론

연료전지의 연료 개질기로의 적용을 위해 스위스틀 연소기의 크기와 연료의 종류에 따른 특성연구를 수행하였다. 연소기 크기에 대한 실험 결과, 높이를 반으로 줄인 연소기는 크기가 반으로 줄어든 만큼 성능이 소폭 감소하였으나, 시스템 부피를 줄일 수 있는 가능성을 확인할 수 있었다. 고체산화물 연료전지는 700 °C 정도의 온도에서 작동하여 장시간 사용되게 되면 금속성의 연소기 벽을 산화시켜 파손을 유도하기도 한다. 그러나 PEM형 연료전지는 낮은 온도(80 °C)에서 작동하므로 스위스틀 연소기를 연료개질기로 적용한다면 높은 활용도를 기대할 수 있다. 본 연구에서 DME연료를 적용하여 낮은 온도(90 °C)에서 안정적인 연소가 이루어짐을 확인 하였고, 이를 통해 PEM형 연료전지의 적용 가능성을 고찰해 볼 수 있었다.

#### 감 사 의 글

본 연구는 한국과학재단의 목적기초 연구지원(과제번호: KOSEF R01-2003-000-11735(2005))과 2007년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단(과제번호: KRF-2007-314-D00033)의 지원을 받아 수행된 연구 결과의 일부이며 연구비를 지원해 주신 재단에 감사드립니다.

#### 참 고 문 헌

1. Fu, K., Liepmann, D., Fernandez-pello, A.C. and Miyasaka, K., “Micro scale Combustion Research for Applications to MEMS Rotary IC Engines,” Proc. 35th ASME N.H.T. conf. 2001
2. Lloyd, S.A., Weinberg, F.J., Nature251, 1974, pp.47-49
3. Lloyd, S.A. Weinberg, F.J., Nature 257, 1975, pp.367-370
4. Norton, D.G., Vlachos, D.G., Combustion and Flame 138, 2004, pp.97-107
5. Ronney, P.D., “Analysis of non-adiabatic heat recirculating combustors,” Combustion and Flame 135, 2003, pp.421-439
6. Ahn, J., Eastwood, C., Sitzki, L., Ronney, P.D., “Gas-phase and catalytic combustion in heat-recirculating burners,” Proc. Combust. Inst. 30, 2005, pp.2463-2472
7. 오화영, 김연호, 허환일, “크기에 따른 스위스틀 형태의 연소기의 성능 변화,” 제33회 KOSCO SYMPOSIUM 논문집, 2006, pp.46-49
8. Shao, Z., Haile, S., Ahn, J., Ronney, P.D., Zhan, Z., Barnett, S.A., “A thermally self sustained micro Solid-Oxide Fuel Cell with high power density,” Nature, Vol. 435, June 9, 2005, pp.795-798
9. Maruta, K., Takeda, K., Sitzki, L. Borer, K., Ronney, P.D., Deutschmann, S., Deutschmann, O., “Catalytic Combustion in Microchannel for MEMS Power Generation,” Third Asia-Pacific Conference on Combustion, Seoul, Korea, June 24-27, 2001