

〈論 文〉

# 同軸二重空氣噴流中的 亂流擴散火焰에 관한 實驗的 研究 ( I )

趙 庸 大\* · 崔 炳 輪\*\*

(1990년 4월 25일 접수)

## An Experimental Study on Turbulent Diffusion Flame in Double Coaxial Air Jets ( I )

Y. D. Cho and B. R. Choi

**Key Words :** Double Coaxial Air Jets(동축이중 공기분류), Turbulent Diffusion Flame(난류 확산화염), Multi-Annular Swirl Burner(다중선회 연소기), Equivalence Ratio(당량비), Rim Attached Flame(림 부착화염), Lifted Flame(부상화염)

### Abstract

This burner consists of two concentric circular tubes and a surrounding duct, and commercial LPG is injected into the mixing layer of central air jet and annular air jet to increase the mixing rate of fuel and oxidant in contrast to the conventional fuel-jet type diffusion flame, and this study focuses on the examination of the structure of turbulent diffusion flames in turbulent shear flow which is formed in double coaxial air jet system. Experiments are executed through measurements of mean velocity and time mean local equivalence ratio in non-burning condition. And measurement of time mean temperature, gas concentrations, ion current, schlieren photograph and direct photograph are employed to clear the structure of four different flames obtained. We obtained four different flames by varying the flow conditions of axial jet and annular air jet. Mixing of fuel and oxidant played an important role on the structure of flame.

### 기 호 설 명

$d$  : 중심기류가 분출되는 원관의 내경  
 $D_h$  : Hydraulic diameter for an annulus  
 (=  $D_o - D_i$ )  
 $D_i$  : 주위기류가 분출되는 환형출구단면의 내경  
 $D_o$  : 주위기류가 분출되는 환형출구단면의 외경  
 $I$  : 시간평균 이온전류  
 $R$  : 노즐중심에서 반경방향 좌표  
 $S$  : 선회강도

$t$  : 환형연료노즐의 간격(2mm)  
 $U$  : 연소기출구에서 축방향 평균유속  
 $W$  : 연소기출구에서 접선방향 평균유속  
 $Z$  : 노즐출구에서 유동방향 좌표  
 $\nu_{air}, \nu_{gas}$ : Kinematic viscosity of air, propane  
 at 20°C  
 $\phi$  : 당량비

### 하첨자

$c$  : 중심 기류  
 $s$  : 주위 기류  
 $g$  : 연료

\*정회원, 부산대학교 대학원

\*\*정회원, 부산대학교 공과대학 기계공학과

1. 서 론

일반적으로 실용가스연소기의 화염은 연료노즐 주위로 공기가 공급되는 형태이며 이에대한 기초연구로서 난류제트확산화염에 대한 연구<sup>(1~5)</sup> 및 선회확산화염에 대한 연구<sup>(6~10)</sup>등이 보고되어 있다. Yuasa<sup>(11)</sup>는 선회공기류중에 분출되는 연료제트에 선회를 부여할때 부상화염(lifted flame)의 안정을 향상시킬 수 있다고 보고하였고, Gupta 등<sup>(12)</sup>은 유동장이 난류상태에서는 전단응력이 큰 영역과 연료농도가 높은 영역이 일치하도록 연료의 농도와 유동방향을 조절함으로써 높은 열방출(heat release)을 얻을 수 있다는 원리를 이용하여 새로운 형태의 다중선회연소기(multi-annular swirl burner)에 대해 연구한 결과 기존의 선회연소기보다 화염안정한계가 더 넓은 이점이 있다고 보고하였다.

본 연구에서는 다중선회연소기의 원리에 기초하여 속도차가 있는 두 공기류의 전단층에 기체연료를 분출하여 연소시키면 연료가 두 공기류 사이에 유입되므로 연료가 산화제의 접촉면적이 증대되고 또한 난류혼합속도가 큰 영역으로 연료가 유입되므로 혼합효과가 증대되어 고부하연소에 적절한 방식이 될 것으로 생각하여 동축이중공기분류중의 난류확산화염에 대해 그 화염구조를 밝히고 이 화염을 실용연소기에 응용하기 위한 기초자료를 얻는데 목적이 있다.

2. 실험장치 및 방법

Fig. 1은 본 실험에 사용한 연소기의 상세도이다. 내경 18mm, 두께 2mm의 원관에서 중심기류가 분출되고 이와 동심으로 설치된 내경 26mm, 두께 2mm 원관의 주위에서 주위기류가 분출되며 중심기류와 주위기류의 전단층으로 연료인 상용프로판가스(LPG)가 유입된다. 선회류발생기(swirl generator)는 실린더형 공기덕트에 접선방향 및 축방향으로 공기를 공급하는 Axial Plus Tangential Entry Swirl Generator이며 접선방향공기류는 4개의 슬롯(slot)에서 접선방향으로 실린더내에 공급된다. 접선방향 및 축방향 공기의 유량을 조절하여 선회화염과 비선회화염을 형성시키고, 또한 중심기

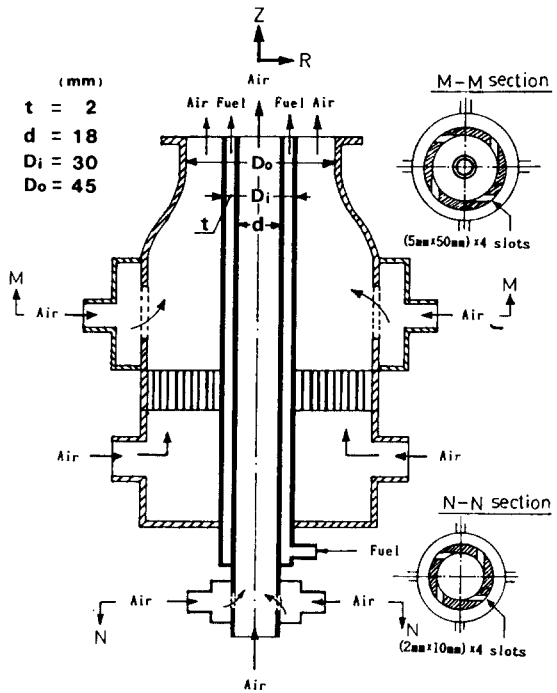


Fig. 1 Schematic diagram of burner

류와 주위기류의 선회방향을 반대로 하였다. 측정 좌표는 노즐선단에 유동의 하류 방향을 Z축, 노즐 중심에서 반경방향을 R축으로 설정하였다.

비연소시(non-burning state)의 유속측정에는 정온형 열선 유속계(constant temperature anemometer)를 사용하였고, 시간평균온도의 측정에는 직경 0.3mm Pt-Pt/Rh 13% 수냉식 열전대를 사용했으며, 정전탐침에 의한 이온전류의 측정에는 직경 0.1mm Pt/Rh 13% 세선(fine wire)을 프로브 선단에서 0.5mm 돌출시키고 -18볼트를 가해 화염내의 양이온을 검출하였다. 화염의 가시화에는 칼라 직접사진(노출 1/4sec) 및 유효직경 200mm인 2개의 오목거울을 이용한 솔리이렌법에 의하였고, 자동배기분석기(auto emission analyzer) 및 직경 1.5mm의 수냉식 가스샘플링 프로브를 사용하여 비연소상태 및 화염대의 가스농도를 측정하였다. 비연소시의 당량비 측정은 각 측정점에서  $O_2$ 의 농도(% vol.)를 측정하여  $100(1 - [O_2]/21)$ 의 식에 의해  $C_3H_8$ 의 농도(% vol.)를 구한 후 당량비의 정의에 따라  $100(1 - [O_2]/21) / (100[O_2]/21 \times 23.81)$ 의 식에 의해 국소당량비를 계산하였다.

Table 1은 측정대상화염의 실험조건을 나타낸

Table 1 Experimental conditions

	N1	N2	S1	S2
$U_g$ (m/sec)	1.46	1.46	1.46	1.46
$Re_g(d \cdot U_g / \nu_{gas})$	651	651	651	651
$U_c$ (m/sec)	1.60	13.0	1.80	8.00
$Re_c(d \cdot U_c / \nu_{air})$	1972	16023	2219	9860
S	0	0	0.3	0.45
$U_s$ (m/sec)	6.50	2.60	5.89	4.07
$Re_s(D_h \cdot U_s / \nu_{air})$	6216	2671	6051	4182
S	0	0	0.68	0.68

것이다. 주위기류의 출구평균유속( $U_s$ )이 중심기류의 출구평균유속( $U_c$ )보다 큰 조건에서 선회각 없는 경우가 N1조건이고, 선회각도가  $S_c=0.3$ ,  $S_s=0.68$ 인 경우가 S1조건이다. 중심기류의 출구평균유속( $U_c$ )이 주위기류의 출구평균유속( $U_s$ )보다 큰 조건에서 선회각 없는 경우가 N2조건이고, 선회각도가  $S_c=0.45$ ,  $S_s=0.68$ 인 경우는 S2조건이다. 그리고 연료유량은 4조건 모두 1.46m/s(250 cc/s)로 일정하다.

### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3.1 연소기 출구단면 유속분포

Fig. 2는 4조건에 대하여 비연소시의 연소기 출구단면에서의 중심기류 및 주위기류의 시간평균 유속분포를 나타낸 것이다. N1조건 및 N2조건은 모두 반경방향으로 균일한 속도분포를 나타내고 있다. S1조건에 대해서 보면 중심기류의 축방향 및

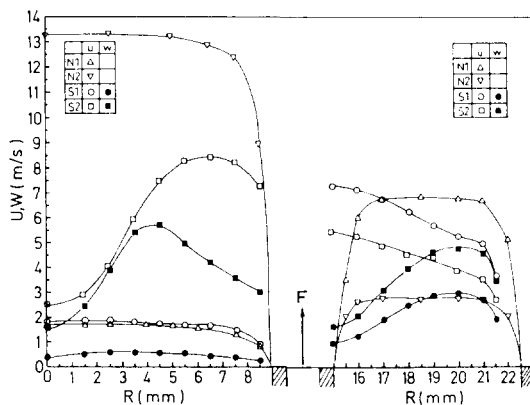


Fig. 2 Mean velocity distributions of non-burning conditions of air jets at nozzle exit

접선방향 속도분포  $U, W$ 는 모두 반경방향으로 균일한 분포이지만 주위기류의 속도분포는  $U$ 가 내벽( $R=15\text{mm}$ )부근이 높고,  $W$ 는 외벽( $R=22.5\text{mm}$ )부근이 높게 나타났다. S2조건에 대해서 보면 중심기류의 속도 분포는  $U$ 가 벽면( $R=9\text{mm}$ )부근에서 높고  $W$ 는 중심과 벽면의 중앙위치( $R=4.5\text{mm}$ )에서 높게 나타나며, 주위기류의 속도분포는  $U$ 가 내벽( $R=15\text{mm}$ )부근이 높고  $W$ 는 외벽( $R=22.5\text{mm}$ )부근이 높은 분포를 나타낸다.

#### 3.2 비연소시의 당량비 분포

Fig. 3은 비연소시 연료와 공기의 혼합상태를 나타내는 시간평균 국소당량비분포이다. 4조건 모두 연료는  $R=11\sim 13\text{mm}$ 에서 두 공기류 사이로 유입되며 노즐에서 가까운  $Z=10\text{mm}$ 단면에서는 N1조건 및 N2조건에서 반경방향의 확산이 거의 없으나  $Z=30\sim 50\text{mm}$ 에서 보면 N1조건에서는 각단면의 당량비 최고점이  $Z=30\sim 50\text{mm}$ 에서 중심축 쪽으로 급격히 이동하면서 반경방향으로 확산되고 있으며, N2조건은 당량비 최고점이  $Z=100\text{mm}$ 까지는  $R=10\text{mm}$ 부근에 위치하고  $Z=100\sim 150\text{mm}$ 에서 서서히 중심축 쪽으로 이동하고있다. 이것은 N2조건이 N1조건에 비해 중심기류의 축방향 운동량이 더 크기 때문으로 생각된다. 그리고 대표적으로  $\phi=1.0$ 을 기준으로 하여 N1 및 N2조건에서는 단면최고 당량비값( $\phi_{max}$ )이  $Z>150\text{mm}$ 에서  $\phi_{max}<1.0$ 인 반면에 S1 및 S2조건에서는  $Z>70\text{mm}$ 에서  $\phi_{max}<1.0$ 이고 또 숄단면에서 선회조건(S1, S2)이 비선회조건(N1, N2)에 비해 반경방향으로 연료가 더 넓게 확산되고 있으며 특히 노즐에서 가까운  $Z=10\text{mm}$ 단면에서도 비선회조건(N1, N2)보다 넓게 확산되어 있으므로 S1조건 및 S2조건이 N1조건 및 N2조건보다 반경방향의 연료확산이 빠름을 알 수 있다. 이것은 선회류확산의 특징인 노즐근처에서 혼합이 빠른 현상<sup>(9)</sup> (fast mixing close to nozzle)을 잘 나타내고 있다. 또한  $Z=10\text{mm}$  및  $20\text{mm}$  단면에서는 S2조건이 당량비 최고점이  $R=10\text{mm}$ 부근인 반면 S1조건은  $R=15\sim 17\text{mm}$ 부근이며 이것은 S1조건이 주위기류의 유속이 중심기류의 유속보다 더 큰 것에 의한 결과로 생각된다.

#### 3.3 화염의 가시화 관찰

Fig. 4는 각 화염의 직접사진(direct photo-

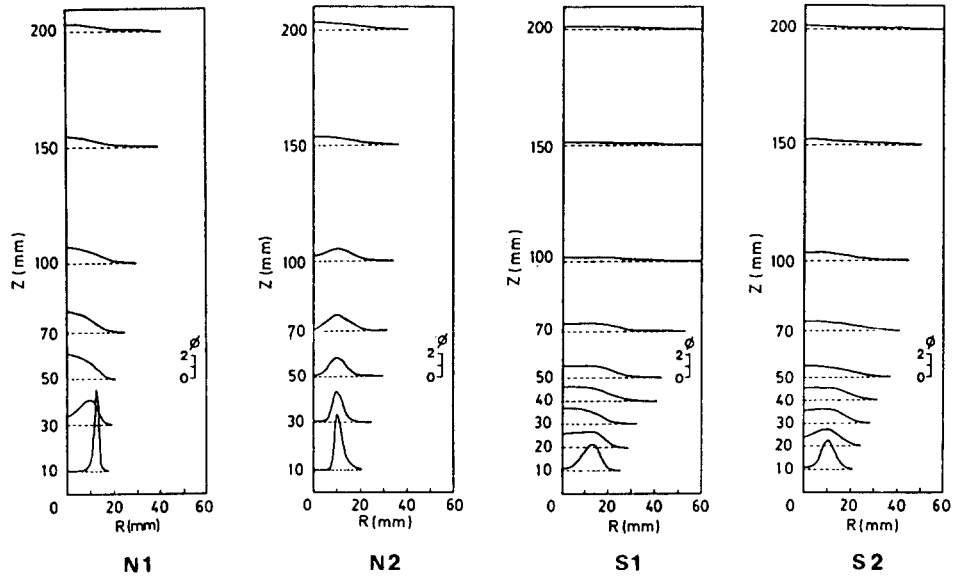


Fig. 3 Distributions of local mean equivalence ratio of non-burning conditions

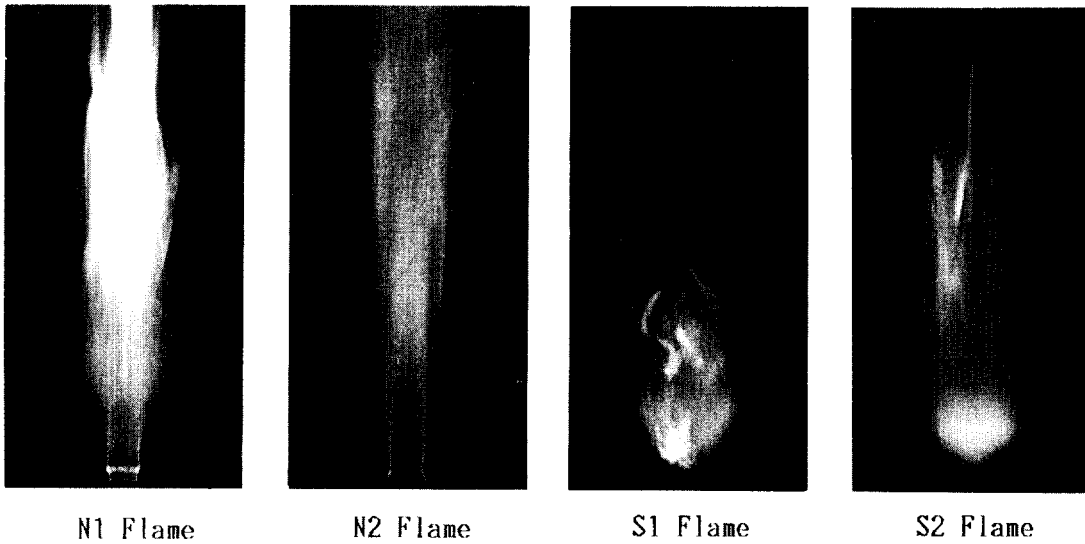


Fig. 4 Direct photographs of flames

graph)이며 노출시간은 1/4 sec이다. N1 화염과 N2 화염은 림부착화염(rim attached flame)이고 S1 화염과 S2 화염은 부상화염(lifted flame)이며 N1 화염의 꼬리부가 휘염인 것을 제외하고는 4화염 모두 전반적으로 청염이다. 특히 N2 화염이 청염인 것은 일반적으로 연료제트형 확산화염이 화염길이와 긴 휘염인 것에 비하여 대조적이며 마치

에혼합화염과 같은 형상을 가지고 있다. 이것은 연료제트형 확산화염의 연료와 산화제의 혼합층에 산소부족으로 인해 그을음(soot)이 발생하는 반면 N2 화염은 연료와 산화제의 접촉면적 증대 및 혼합속도 증가에 의해 그을음의 발생이 감소되기 때문으로 생각된다. 그리고 선회화염(S1 화염, S2 화염)이 비선회화염(N1 화염, N2 화염)보다 길이

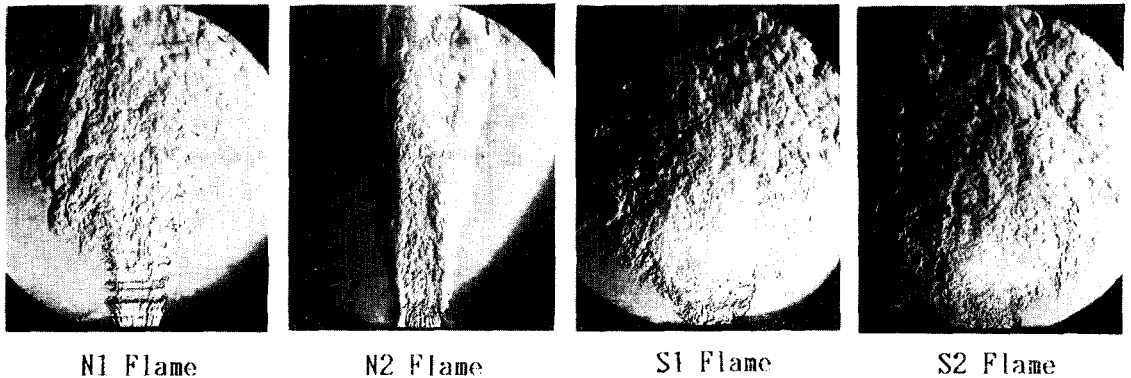


Fig. 5 Schlieren photographs of flames

가 더 짧고 폭이 더 넓은 화염이며 주위기류의 유속이 더 큰 화염인 N1 화염, S1 화염이 각각 N2 화염, S2 화염보다 더 짧고 폭이 더 넓게 형성되었다.

Fig. 5는 각 화염의 순간 슐리어렌사진을 나타낸 것이다. N1 화염은 주위기류에 의해渦(eddy)가 형성되며  $Z < 40\text{mm}$ 에서는 규칙적인渦가 형성된 반면에  $Z > 40\text{mm}$ 에서는 급격히 불규칙한渦가 넓게 분포되어있다. N2 화염은 중심기류에 의해渦가 형성되며  $Z < 100\text{mm}$ 에서渦의 경계면이  $R = 10\text{mm}$  부근에 형성되어 있다. S1 화염 및 S2 화염은

N1 화염과 N2 화염에 비해 노즐 부근에서부터 반경방향으로 넓게 불규칙한渦가 형성되어 있음을 알 수 있다. 이상에서 관찰한 바를 Fig. 3의 비연소시 당량비 분포와 비교해 보면, 각 화염에 대해 비연소시의 혼합구조가 연소시의 슐리어렌사진관찰에 의한 화염구조와 정성적으로 잘 일치함을 알 수 있으므로 비연소시의 연료와 공기의 혼합작용이 화염의 구조에 큰 영향을 미침을 알 수 있다.

3.4 거시적 화염구조

Fig. 6은 화염의 등온선도이며 Fig. 7은 각 화염

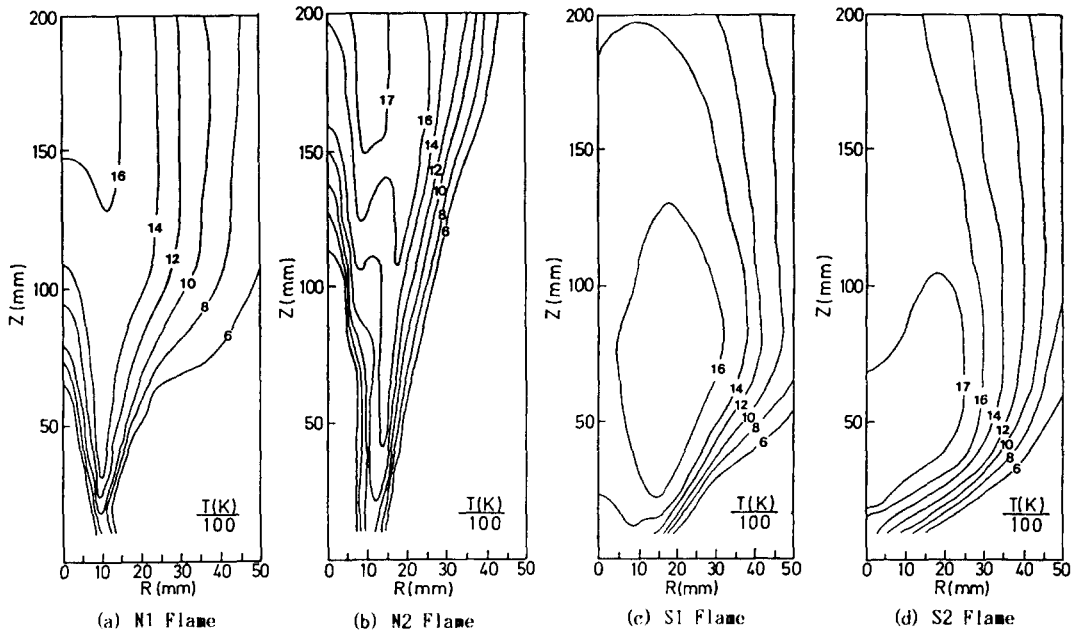


Fig. 6 Contour of mean temperature of flames

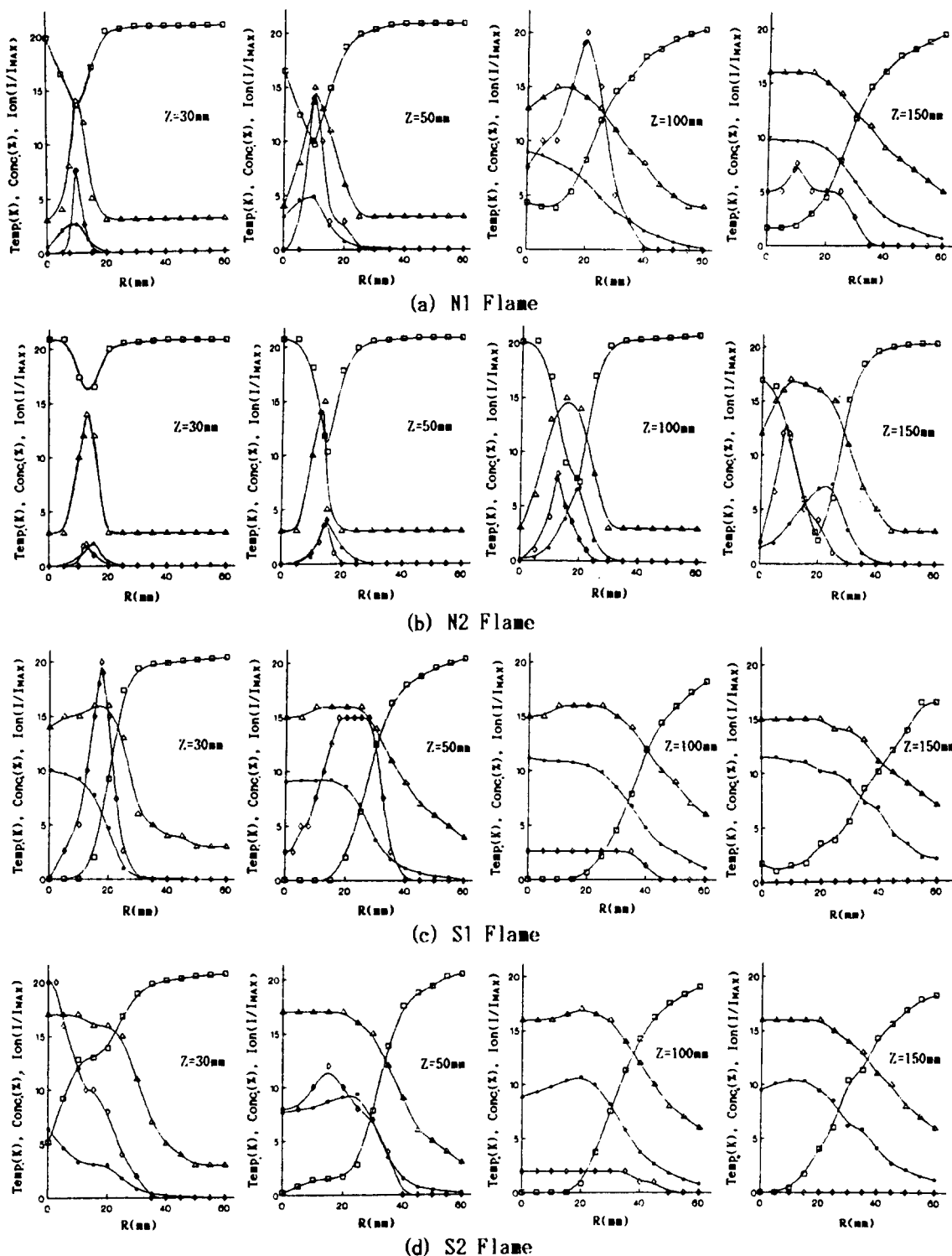


Fig. 7 Distributions of mean temperature, gas concentration( $O_2, CO_2$ ), and ion current( $\Delta: T(K)/100$ ,  $\diamond: (I/I_{max})/20$ ,  $\square: O_2(\%vol.)$ ,  $\bullet: CO_2(\%vol.)$ )

의  $Z=30, 50, 100, 150\text{mm}$  단면에서의 온도, 가스농도( $\text{O}_2, \text{CO}_2$ ) 및 이온전류치의 시간평균적인 분포를 나타낸 것이다.

Fig. 6(a) 및 Fig. 7(a)에서  $N1$  화염에 대해 고찰해 보면  $Z=30, 50\text{mm}$  단면에서는 온도 및 이온전류치가 최고값을 가지고  $\text{O}_2$  농도가 최저값을 나타내는  $R=10\text{mm}$  부근에서 반응이 활발하며,  $Z=100\text{mm}$  단면에서는  $R=0\sim 30\text{mm}$ 의 넓은 영역에서 이온전류치가 높게 분포되어 반응영역이 넓게 분포되어 있음을 알 수 있고 또 중심기류의  $\text{O}_2$  농도가 4%미만의 낮은 값이고 이온전류치의 최고값이  $Z=50\text{mm}$  단면에 비해 10mm 정도 반경방향으로 이동한  $R=20\text{mm}$  부근에서 나타나며 이곳에서 주위기류의  $\text{O}_2$  농도의 구배가 크므로 주로 주위기류에 의해 반응이 활발하게 일어남을 알 수 있다.  $Z=150\text{mm}$  단면에서는  $Z=100\text{mm}$  단면에 비해 이온전류치는 크게 감소했으나 온도 및  $\text{CO}_2$  농도가 더 높은 값을 나타내고 있다. 이것은  $Z=150\text{mm}$  단면에서 연소반응은 감소하였으나 상류의 고온기연가스의 영향이 중첩되기 때문으로 생각된다.

Fig. 6(b) 및 Fig. 7(b)에서  $N2$  화염에 대해 고찰해 보면  $Z=30, 50\text{mm}$  단면에서는  $N1$  화염과 비슷한 구조이나  $Z=100, 150\text{mm}$  단면에서는  $N1$  화염과 비교하여 중심기류의  $\text{O}_2$  농도가 현저하게 높고 이온전류치의 최고값이 중심기류의  $\text{O}_2$  농도의 구배가 큰  $R=10\sim 13\text{mm}$ 에서 나타나므로 주로 중심기류에 의해 반응이 활발하게 일어남을 알 수 있다. 그리고  $Z=150\text{mm}$  단면에서는  $N1$  화염과는 달리  $Z=100\text{mm}$  단면에 비해 이온전류치가 계속 증가하고 있으므로  $N1$  화염에 비해 훨씬 하류까지 반응영역이 존재하며  $Z<150\text{mm}$ 에서 대부분의 반응이 중심축에서 이탈한 곳에서 일어나고 있음을 알 수 있다. 또한 Fig. 6(a) 및 Fig. 6(b)에서 볼 때  $N2$  화염이  $N1$  화염에 비해 폭이 좁고 최고 온도가 약 100K 더 높다.

Fig. 6(c) 및 Fig. 7(c)에서  $S1$  화염에 대해 고찰해 보면  $Z=30\text{mm}$  단면에서는 중심( $R=0$ ) 부근에서  $\text{O}_2$  농도가 영(zero)이고  $\text{CO}_2$  농도가 최대이며  $R=18\text{mm}$  부근에서는  $\text{O}_2$  농도구배가 크고 온도 및 이온전류치가 최고값을 가지므로 주로 주위기류에 의해 반응이 일어난다.  $Z=50\text{mm}$  단면에서는  $Z=30\text{mm}$  단면과 비슷한 구조이나 이온전류치가  $R=17\sim 30\text{mm}$ 의 넓은 영역에서 최고치를 나타내고 있어 반응대가 넓어져 있음을 알 수 있다.  $Z=100$

mm 단면에서는 온도 및  $\text{CO}_2$  농도는 전체적으로 높아 졌으나 이온전류치가 크게 감소하였으며 이것은  $Z=100\text{mm}$  단면에서 연소반응은 크게 감소하였으나 상류의 고온기연가스의 영향이 중첩되기 때문으로 생각된다.  $Z=150\text{mm}$  단면에서는 이온이 검출되지 않았다. 즉  $S1$  화염은  $Z=100\sim 150\text{mm}$ 에서 반응이 거의 종료되어  $N1$  화염 및  $N2$  화염에 비해 훨씬 상류에서 반응이 종료되며 주 반응영역은 주위기류에 의해 중심축에서 이탈한 곳에서 형성됨을 알 수 있다.

Fig. 6(d) 및 Fig. 7(d)에서  $S2$  화염에 대해 고찰해 보면  $Z=30\text{mm}$  단면에서는 중심( $R=0$ ) 부근에서 온도,  $\text{CO}_2$  농도 및 이온전류치의 최고값을 나타내고  $\text{O}_2$  농도가 5~15% 존재하므로 주로 중심기류에 의해 반응이 일어난다.  $Z=50\text{mm}$  단면에서는 중심( $R=0$ ) 부근에  $\text{O}_2$  농도가 1% 이하로 매우 적고 이온전류치는  $R=0\sim 30\text{mm}$ 의 넓은 영역에서 높은 값을 가지고 최고값이  $R=15\text{mm}$  부근이므로 주위기류에 의해 반응영역이 넓어졌음을 알 수 있다.  $Z=100\text{mm}$  단면에서는 이온전류치가 크게 감소하였으며  $Z=150\text{mm}$  단면에서는 이온이 검출되지 않았다. 즉  $S2$  화염은  $Z=100\sim 150\text{mm}$ 에서 반응이 거의 종료되어 비선화화염인  $N1$  화염과  $N2$  화염에 비해 훨씬 상류에서 반응이 종료되며 주 반응영역은 중심기류 및 주위기류에 의해 중심축을 포함하여 반경방향으로 넓게 분포하고 있다. 또한 Fig. 6(c) 및 Fig. 6(d)에서 볼 때  $S2$  화염은  $S1$  화염에 비해 최고온도가 약 100K 더 높다.

Fig. 4의 직접사진 및 Fig. 6과 Fig. 7에서 볼 때 선화화염( $S1, S2$ )은 비선화화염( $N1, N2$ )에 비해 화염폭이 넓고 길이가 짧으며 또한 Fig. 3의 비연소시 탕량비분포에서 연료화산의 빠르기를 비교해 볼 때 선화조건( $S1, S2$ )이 비선화조건( $N1, N2$ )에 비해 반경방향의 화산이 빠름을 알 수 있으므로 비연소시의 연료와 공기의 혼합작용이 화염의 구조에 지배적인 영향을 미침을 알 수 있다.

#### 4. 결 론

중심기류와 주위기류의 유동조건을 변화시켜서 형성된 동축 이중공기분류중의 난류화산화염에 대해 비연소시의 혼합특성 및 연소시의 거시적인 화염구조에 대해서 실험적으로 연구한 결과 본 연구의 범위내에서 다음의 결론을 얻었다.

(1) 중심기류와 주위기류의 유동조건의 변화에 따라 대표적으로 4가지의 안정된 화염을 얻었으며 비선회화염은 림부착화염(rim attached flame)이고 선회화염은 부상화염(lifted flame)이다.

(2) 비연소시의 연료와 공기의 혼합작용이 화염의 구조에 지배적인 영향을 미친다.

(3) 비선회화염( $N1, N2$ )보다는 선회화염( $S1, S2$ )이, 중심기류의 속도가 더 큰 화염( $N2, S2$ )보다는 주위기류의 속도가 더 큰 화염( $N1, S1$ )이 화염길이가 더 짧고 폭이 더 넓다.

(4)  $N2$  화염이 청염인 것은 일반적으로 연료제트형 확산화염이 화염길이가 긴 휘염인 것에 비하여 대조적이며 이것은 연료와 산화제의 접촉면적 증대 및 혼합속도 증가에 의한 것으로 생각된다.

(5) 주위기류의 속도가 더 큰 화염( $N1, S1$ )보다 중심기류의 속도가 더 큰 화염( $N2, S2$ )의 1600K 이상의 고온 영역이 더 상류로 이동해 있으며 최고 온도는 약 100K 더 높다.

### 참 고 문 헌

- (1) Scholefield, D.A. and Garside, J.E., 1949, "The Structure and Stability of Diffusion Flames", 3rd Symposium(International) on Combustion, pp. 102~110.
- (2) Hawthorne, W.R., Weddel, D.S. and Hottle, H.C., 1949, "Mixing and Combustion in Turbulent Gas Jets", 3rd Symposium(International) on Combustion, pp. 266~288.
- (3) Takeno, T. and Kotani, Y., 1975, "A study on the Structure of Turbulent Jet Diffusion Flame", Combustion Science and Technology, Vol. 10, pp. 45~57.
- (4) Kimoto, K., Shiraish, I. and Matsumoto, R., 1981, "Structure of Turbulent Jet Flames Stabilized in Annular Air Jet", Combustion Science and Technology, Vol. 25, pp. 31~41.
- (5) Günther, R. and Wittmer, V., 1981, "The Turbulent Reaction Field in a Concentric Diffusion Flame", 18th Symposium(International) on Combustion, pp. 961~967.
- (6) Lockwood, F.C., El-Mahallawy, F.M. and Spalding, D.B., 1974, "An Experimental and Theoretical Investigation of Turbulent Mixing in a Cylindrical Furnace", Combustion and Flame, Vol. 23, pp. 283~293.
- (7) Syred, N., Chigier, N.A. and Beér, J.M., 1971, "Flame Stabilization in Recirculation Zones of Jets with Swirl", 13th Symposium(International) on Combustion, pp. 617~624.
- (8) Takagi, T. and Okamoto, T., 1981, "Characteristics of Combustion and Pollutant Formation in Swirling Flame", Combustion and Flame, Vol. 43, pp. 69~79.
- (9) Gupta, A.K., Lilley, D.G. and Syred, N., 1984, "Swirl Flows", Abacus press, pp. 161~293.
- (10) Rawe, R. and Kremer, H., 1981, "Stability Limits of Natural Gas Diffusion Flames with Swirl", 18th Symposium(International) on Combustion, pp. 667~677.
- (11) Yuasa, S., 1986, "Effects of Swirl on the Stability of Jet Diffusion Flame", Combustion and Flame, Vol. 66, pp. 181~192.
- (12) Gupta, A.K., Beér, J.M., Swithenbank, J., 1977, "Concentric Multi-Annular Swirl Burner: Stability Limits and Emission Characteristics", 16th Symposium(International) on Combustion, pp. 79~91.