

<논 문>

쓰레기 소각로의 2차공기가 유동현상에 미치는 현상 연구

이금 배*

(1995년 2월 21일 접수)

Study for a Secondary Air Affecting Fluid Flow in a Solid Waste Incinerator

Kum-Bae Lee

Key Words : Incinerator(소각로), Solid Waste(쓰레기), Secondary Air(2차공기), Fluid Flow(유체흐름), Cold Flow Test(냉간유동실험), Partial Hot Flow Test(부분열간유동실험), Injection Angle(분사각)

Abstract

As the environmental pollution can be greatly reduced and the waste heat can be also recovered through a combustion of municipal solid waste, the incineration begins to be highlighted recently in our country. But it is very difficult to be operated with constant combustion conditions for a long time as the domestic waste is composed of various components, contains a large percentage of water, and has a low heating value. Therefore, the cold flow test and partial hot flow test were conducted in the incinerator by use of injection angles of a secondary air affecting fluid flow as the first action to maintain the optimum combustion conditions. A model to a scale of 1 : 10 was designed and manufactured through the similarity of model and prototype flows. Velocities and temperatures were measured through the experiment. From the results, fluid flows of secondary air obtained from partial hot flow test correspond almost well with those of main flow obtained from cold flow test. Consequently, injection angles of secondary air are proved to affect main flow decisively.

1. 서 론

경제의 성장과 더불어 도시에서 배출되는 쓰레기의 양은 급속도로 증가하여 도시환경 및 국토를 크게 오염시키고 있으나, 쓰레기 매립지의 확보가 어려워 큰 사회문제가 되고 있다. 그러나 이런 환경오염문제 해결에 크게 기여할 수 있고, 또한 열회수 등 자원 재활용 측면에서 쓰레기 소각이 최근에서야 크게 각광을 받기 시작하였다.

외국에서는 100여년 전부터 소각로를 개발하여

가동시켜 왔으나, 우리나라에서는 이제서야 외국기술을 이용하여 건설단계에 있다. 그러나 국내 쓰레기는 성상면에서 매우 잡다하고, 수분함유량이 50% 이상이 되며, 발열량이 매우 낮은 1500 kcal/kg 정도밖에 되지 않는 등 효율적으로 소각하기에는 많은 어려움이 뒤따르고 있다.⁽¹⁾

따라서 본 연구는 초보적인 소각기술을 향상시키고 독자적인 설계 및 제작기술을 확보키 위한 일환으로 소각로 설계시 가장 중요한 소각로내에서 가스의 유동현상에 관한 기초적인 기술을 확보키 위해 소각로 형상에 알맞게 2차공기의 분사각도를 잘 해주어 최적의 연소상태를 유지할 수 있도록 하는데 있으며, 이에 연소로내에서 일정한 체류시간

*회원, 공주대학교 기계공학과

유지, 강한 난류의 조성, 연소촉진에 도움이 되지 않는 순환(circulation)현상의 감소 등에 도움을 준다. 그러나 이런 요소들이 만족스럽지 못하면 연소효율 저하, 오염물질 발생, 연소로의 파손 등을 유발시킨다.

Fehr와 Vaclavinek⁽²⁾에 의해 행하여진 소각로내에서 냉간유동실험은 저공해 연소를 위한 최적의 가스흐름을 도출해 내는 것이다. Bohn⁽³⁾도 또한 냉간유동실험을 행하였으며, 축소모델내에서의 유속과 혼합배분 등을 밝혀내는데 있으며, 상사법에 맞는 요소를 적용하고 관찰하여 원형 연소실에다 유동관계를 적용할 수 있도록 하는데 있다.

Chung와 Simon⁽⁴⁾은 터빈 날개 주위에서 격자그리드에 가는 실(single tuft & tuft grid)를 달아 유동현상을 관찰하였다. 한용식 등⁽⁵⁾은 버너원드박스 출구에서의 최적의 공기속도 분포도를 도출키 위해 상사법칙을 적용시켜 축소모델을 이용 실험을 행하였다. 서항식 등⁽⁶⁾은 건물의 축소모델을 이용하여 상사법칙을 적용시켜 유동가시화 실험을 행하였다. 이금배⁽⁷⁾는 축소모델을 제작하여 상온에서 공기를 유동물질로 하여 가는 실를 이용하여 유선흐름(streamline flow) 및 격자 그리드를 이용한 단면에서의 흐름현상을 관찰하였으며, 피토크를 이용 속도분포도를 얻었다.

본 연구에서 다루고자 하는 300 T/d급의 소각로는 규모가 매우 크고, 공기를 공급하는 송풍기 또한 대용량이기 때문에 현장에서 원형 소각로를 이용하여 연소로내에서 유동현상을 조사하기란 많은 인력 및 비용이 요구되고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 원형에 1/10 축소모델을 제작하여

차원해석을 통하여 공학적으로 상사가 유지되도록 2차공기의 분사각을 변화시켜 공기로 실험을 수행하였다. 3방향의 속도를 측정할 수 있는 5공 피토크관을 이용하여 속도분포도를 얻었으며, 또한 부분열간유동실험을 통한 온도분포도로부터 각각의 흐름현상을 조사분석하였다.

2. 실험장치 및 방법

2.1 실험장치의 개략도

Fig. 1는 가시화 유동실험장치 시스템의 개략도를 보여주고 있다. 유동물질로 공기를 이용하였으며 이는 송풍기에서 주입된다. 송풍기 입·출구에 설치된 댐퍼에 의해 송풍기에서 생성되는 공기량이 조절되며, 생성된 공기는 일단 배분상자(wind box)로 보내진다. 배분상자에는 1차 및 2차 공기 주입구로 통하는 6개의 관이 연결되어 있으며, 이들 각 관중간에는 공기량을 조절하는 댐퍼와, 공기량을 측정하는 오리피스가 설치되어 있다. 각 오리피스에는 Scanning box와 Micro-manometer로 연결되어 있어 공기량을 측정할 수 있다. 또한 배분상자와 댐퍼사이에 히터가 설치되어 있어 부분열간유동실험시 공기를 가열시키는 기능을 하고 있다. 오리피스를 통과한 공기는 각 관으로부터 각각 2개의 관으로 나누어져 균일하게 연소실로 들어간다. 1차 공기주입구는 3부위로 건조부, 주연소부, 후연소부로 되어 있으며, 2차 공기주입구도 3부위로 되어 있으며 이들은 미연소물질을 연소시키는데 산화제 역할을 한다.

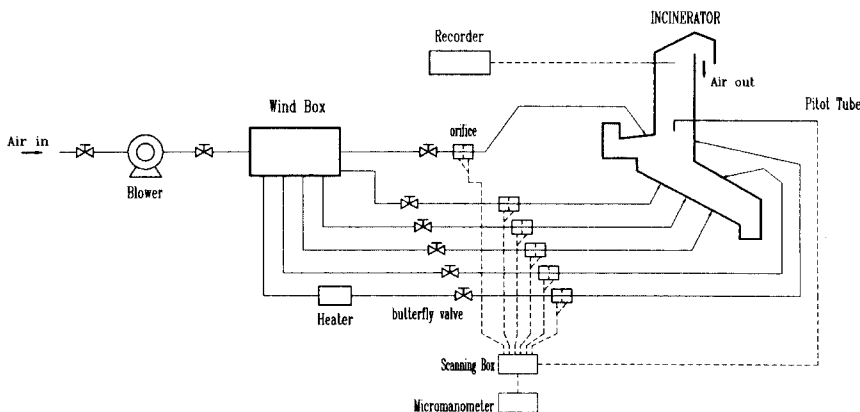


Fig. 1 Flow diagram of experimental incinerator system

2.2 실험장치 설계 및 제작

Fig. 2에서는 축소모델의 연소로를 보여주고 있다. 이는 개발예정인^(1,8) 쓰레기 용량 300 T/d 연소로의 형상이며, 이를 치수기준 1/10로 축소시켜 실험장치를 제작하였다. 모델 조각로의 외형 크기는 가로, 세로, 높이가 각각 1250×650×1695(L×W×H)mm이 된다.

상온에서 유동시험은 쓰레기 연소도 없으며, 실험도 상온에서 수행해야 때문에 단면적이 350×650 mm(L×W)인 2차연소실(1차패스 지역 또는 복사연소실이라 부르며, 복사열전달이 주요한 지역, Fig. 2에서 중상단 부분)에서 속도 4 m/s를 유지시켜 주기 위한⁽¹⁾ 공기유량 0.91 m³/s(54.6 m³/min)이 공기주입구에서도 필요하며, 따라서 이 값이 모델에서 송풍기 용량이 된다.

참고문헌⁽¹⁾에 의하면 원형에서는 연소공기량중 1차 공기량이 60~80%, 공기속도는 1차공기 노즐에서 약 80 m/s, 2차공기 노즐에서 40~60 m/s가 되며, 1차공기가 주입되는 ③ 지역은 위쪽에서 아래 방향으로 건조부, 주연소부, 후연소부로 분류하며,

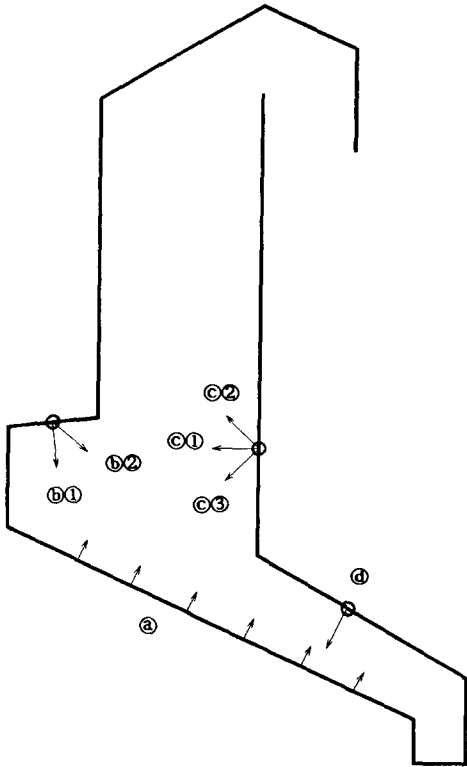


Fig. 2 Injection direction of secondary air nozzle

주입되는 공기량의 비는 대략 2 : 3 : 1이 되며, 2차공기에 대해서는 ⑥ 노즐, ③ 노즐, ④ 노즐에서 공기량의 비가 대략 4 : 2 : 1이 된다.

모델에서는 원형에서의 값들을 참고하여 1차공기 노즐에서 65%의 공기량과 80 m/s의 공기속도, 2차공기 노즐에서 35%의 공기량과 50 m/s의 공기속도가 되도록 노즐의 단면적을 결정하였다. 1차공기 노즐은 원형(prototype) 화격자와 비슷하게 전

표면에서 골고루 공기가 주입되도록 해주기 위해 지름이 5 mm인 노즐을 일정한 간격으로 배치하였다.⁽⁹⁾ 2차공기 노즐의 지름은 참고문헌⁽¹⁰⁾을 인용하여 체트의 침투거리가 연소실 폭(L=350 mm를 기준으로 하였음)의 90% 정도 되도록 하여 구하면 15 mm가 되며, 2차공기 노즐의 배치도 원형과 비슷하게 한열로 일정한 간격을 유지하면서 배치하였다. 이로부터 계산되어진 각각의 주입구에서 노즐의 개수는 1차공기인 경우 건조부, 주연소부, 후연소부는 124, 188, 64개가 되며, 2차공기는 ⑥ 노즐, ③ 노즐, ④ 노즐이 각각 21, 10, 5개가 된다.

히터는 제작하기 쉽고 다루기 쉬운 저항코일을 이용한 전기가열방식을 채택하였으며, 2 kw 저항코일 3개를 설치하여 최대용량 6 kw를 생성할 수 있도록 제작하였다. 배분상자는 2.6 m³의 공기를 저장할 수 있도록 1200×1800×1200 mm의 크기로 제작하였으며, 송풍기는 500 mmAq, 30 m³/min의 용량의 것을 채택하였다.

2.3 상사법칙

축소모델의 실험이 의미를 가지려면 원형과 상사성을 유지하여야 한다. 모형은 원형과 형상이 같으며, 척도인자가 1/10로 일정하기에 기하학적으로 상사법칙을 만족시킨다. 운동학적 및 역학적 상사성을 만족시켜 주기 위해서는 두 흐름의 무차원 운동량방정식이 일치하여야만 한다. 이를 위해서는 Re값이 같아야 한다. 원형과 모형의 레이놀즈 수를 일치시키면

$$\frac{V_p L_p}{\nu_p} = \frac{V_m L_m}{\nu_m} \quad (1)$$

이다. 여기서, V , ν , L 은 각각 속도, 동점성계수, 길이척도이며, 하첨자 p , m 은 각각 원형과 모형을 뜻한다. 길이척도는 1 : 10, 원형의 연소실에서 연소가스의 평균온도를 800°C, 모형에서는 상온(25°C 기준)에서의 물성치들을 대입하면

$$v_m = \left(\frac{L_p}{L_m} \right) \left(\frac{v_m}{v_p} \right) V_p \approx 1.2 V_p \quad (2)$$

가 된다. 원형의 유속을 연소실에서 4 m/s로 하였을 때 모형에서는 4.8 m/s가 된다.

그러나 원형의 연소가스 유동을 모형화하는데 정확한 모사가 곤란한 문제가 야기되었다. 하나의 물리적인 인자(비중, 점성)의 유사한 분배가 모형내에서는 실제적인 연소실과 같이 이루어지도록 하는 것이 사실상 불가능하다. 연소와 열교환과정으로 인해 유동하는 매체의 성질이 연소실내에서는 변하나 모형인 경우 불변하기 때문이다. 레이놀즈 수가 10^4 이상이면 레이놀즈수에 따른 난류유동장의 변화가 없다는 사실은 레이놀즈 상사성(Reynolds similarity)이라는 이름으로 잘 알려져 있다.⁽¹¹⁾ 따라서 이런 점들을 고려하여 이상적인 유동상사 기준으로 레이놀즈수 상사를 만족시키는 수준에서 유량을 조절하였다. 모형의 레이놀즈 수를 원형의 1/4로 하였는데, 이것은 원형의 2차연소실에서 4 m/s는 모형에서 1.2 m/s 정도가 된다. 2차연소실에서 단면의 길이(0.35 m) 기준 Re값은 26,000 정도가 되는데 이것은 충분히 발달된 난류상태에서 상사의 조건을 만족시킬 수 있다.

2.4 실험

실험은 송풍기 입·출구에 있는 탭퍼를 완전 개방하여 수행하였으며, 각 노즐로 통하는 공기량은 오리피스 앞에 있는 탭퍼로 조절하였다. 전체 공기량은 $0.273 \text{ m}^3/\text{s}$ ($16.4 \text{ m}^3/\text{min}$)로 고정시켰으며, 이는 2차 연소실에서 속도가 1.2 m/s가 된다. 1, 2차공기량의 비를 65% : 35%로 고정시켜 실험을 행하였으며, 1차공기는 건조부, 주연소부, 후연소부의 공기량을 2 : 3 : 1로 분배하였으며, 2차공기는 ㉑, ㉒, ㉓ 노즐의 공기량을 4 : 2 : 1로 분배하였다. 화격자 위에서는 쓰레기와 유사한 효과를 주기 위해 가는 철사망울(철사두께는 0.3 mm, $3 \times 3 \text{ mm}$ 의 사각망) 20겹으로 하여 화격자 면적 크기만큼 하여 설치하였다.

상온에서 행한 냉간유동실험(cold flow test)으로부터 속도를 측정하였으며, 2차공기 일부를 가열하여 행한 부분 열간유동실험(partial hot flow test)으로부터 온도를 측정하였다. 실험은 5공 피토관을 이용하여 속도측정을 하였으며, 온도측정은 T타입 열전대로 60채널 기록계를 이용하여 측정하였다.

측정위치는 세로방향길이 $W=650 \text{ mm}$ 의 중간지점(대칭점)으로 하여 오차를 최대한 줄이도록 하였으며, 또한 노즐입구 주변에서 빠른속도의 영향을 최대한 줄여 단면 평균속도값을 얻기위해 노즐분사구로부터 떨어진 지점으로 측정위치를 정하였다. 본 모형의 연소실은 가로(폭)방향길이가 높이에 비해 매우 작고 세로방향길이에 비해서는 거의 1/2정도 되며, 특히 세로방향길이 중간지점에서 가로방향을 따라 연소로 형상, 노즐개수, 노즐간격 등이 완전대칭이 된다. 이러한 지형적인 조건에도 불구하고 3차원 모델을 2차원으로 분다는 것은 많은 오차를 야기시킬 수도 있다. 그러나 참고문헌 등의 의하면 전산프로그램 등을 통하여 2차원으로 가정하여 많은 연구를 하였고 그 결과들은 매우 만족스럽게 나타나고 있다.^(12,13) 또한 제트노즐간의 간격과 노즐직경과의 비가 8 이하면 제트의 궤적이 크게 변하지 않고 평면제트와 유사해진다고 하였으며,⁽¹⁴⁾ 본 연소로는 그 비가 대략 2~8이므로 2차원으로 가정할 수 있다고 본다.

3차원 5공 피토관을 이용하여 측정된 값들을 2차원 백터값으로 그 결과들을 표시하였다. 이는 앞에서 설명한 대로 연소로가 완전대칭이 되며 또한 노즐 등도 대칭이 되도록 배치하였기에 실제 측정된 값들을 보면 세로방향의 값들은 가로 및 높이방향의 값들과 비교하여 무시될 정도로 매우 작았다. 또한 피토관은 제작회사에서 상온에서 보정한 것을 사용하였다.

쓰레기가 주입되면서 건조, 연소, 후연소과정을 거치면서 시간 및 위치에 따라 연소로내에서 온도 분포도, 반응특성, 유동장 등이 매우 다르게 나타나는 것은 당연하다. 그러나 그 중에서 본 연구는 최적연소가 되도록 지원하기 위한 여러 요인 중에서 공기를 이용한 냉간유동실험과 부분 열간유동실험을 통하여 연소로내에서 유동현상을 관찰하기 위한 것이므로 최적 연소상태 및 정상상태하에 있다고 가정하고 실험을 행하였다. 그러나 이런 단순화의 과정을 통하여 모형화하는 것이 정량적인 엄밀성은 부족하지만 냉간 및 부분 열간유동의 이해로부터 정성적인 특성을 관찰하여 설계의 기초적인 자료를 도출해 낼 수 있다.

부분 열간유동실험은 온도측정으로 높이방향을 따라 단면에서 온도크기를 비교함으로써 2차공기 노즐에서 분사된 공기의 경로를 추적하는 것이 주목적이다. 가열된 공기와 비가열된 공기의 분사직

진 온도차는 약 50°C 정도가 되나 분사되자마자 가열공기는 비가열된 공기와 혼합하여 연소로내에서 공기의 최대 온도차가 10°C 이하가 되며 이는 공기의 밀도차가 3% 이하가 되는 수치이다. 따라서 부력효과가 그리 크지 않다고 판단이 되어 고려치 않았다.

3. 결과분석

1차공기 분사각도는 노즐이 부착된 연소로 분사면으로부터 수직으로 분사되도록 하였으며, 2차공기는 Fig. 2에서 보는 바와 같이 ㉞ 노즐은 분사면에서 수직(㉞1) 또는 위쪽으로 +45도(㉞2) 방향으로 분사되도록 하였으며, ㉟ 노즐은 분사면에서 수직(㉟1), 위쪽으로 +45도(㉟2), 또는 아래쪽으로 -45도(㉟3) 방향으로 분사되도록 하여 실험을 행하였다. ㉠ 노즐은 분사면에서 수직으로 분사되도록 고정시켰다. 여기서 특별한 언급이 없으면 분사면에서 수직으로 분사되는 것을 뜻한다.

Fig. 3 및 Fig. 4는 냉간유동실험으로부터 속도벡

터를 보여주고 있으며, Fig. 5 및 Fig. 6은 부분열간유동실험으로부터 온도분포도를 보여주고 있다.

Fig. 3(a)는 ㉞, ㉟ 노즐 공히 수직으로 분사되도록 하였다. 2차공기인 ㉞ 노즐로부터 분사되는 공기에 의해 ㉟ 노즐주위에서의 속도는 매우 크며, 멀어질수록, 주위로 갈수록 크기는 작아지고 있다. 상승하는 공기는 ㉠ 노즐의 영향으로 본류(main flow)의 방향이 왼쪽으로 강하게 쏠리고 있으며, 위로 올라가면서도 계속되다가, 노 중간을 지나면서 오른쪽으로 방향을 틀어 상단을 지나 밖으로 배출된다. 2차 연소실 중간 오른쪽에서는 순환영역이 매우 크게 형성되어 오른쪽 벽면을 따라 하강하는 공기가 양은 매우 적지만 뚜렷하게 존재함을 보여주고 있다.

Fig. 3(b)에서는 ㉞ 노즐은 ㉞ 2방향으로 분사되도록 하였다. ㉞ 노즐하단에서는 속도의 크기가 거의 일정하며, 노하단 중앙에서는 ㉞ 노즐의 영향으로 흐름이 오른쪽으로 쏠리고 있고, 오른쪽에서는 ㉞ 노즐에 의해서 반대로 왼쪽으로 쏠리고 있다. 위쪽으로 상승하면서 ㉞ 노즐에서 분사되는 힘에

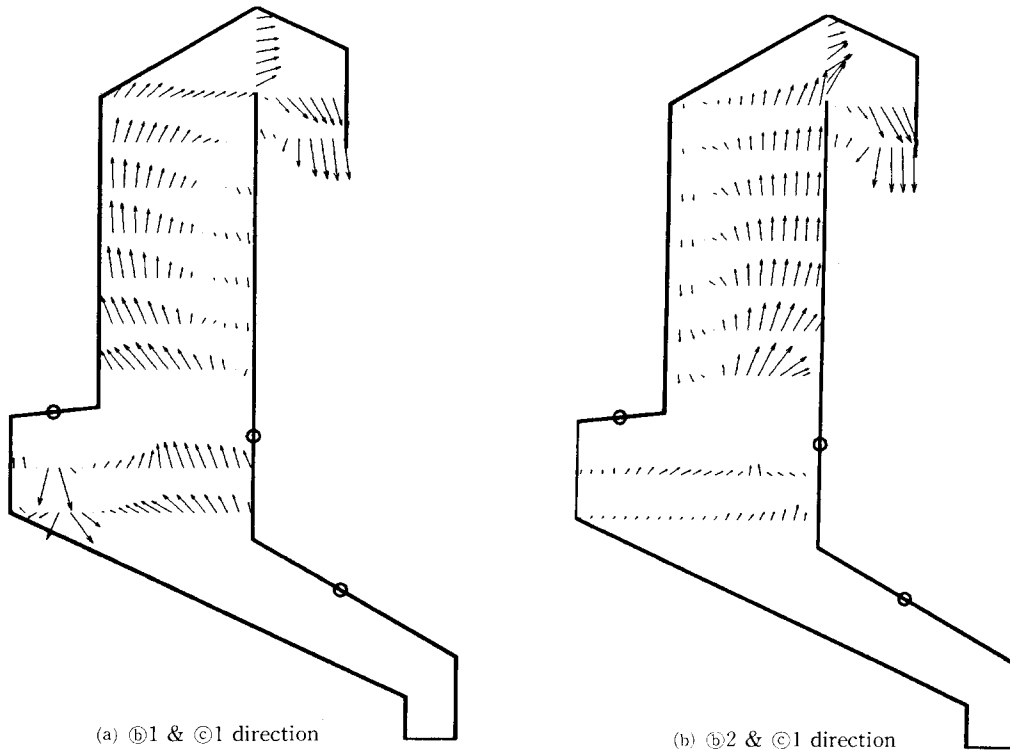


Fig. 3 Velocity vector plot

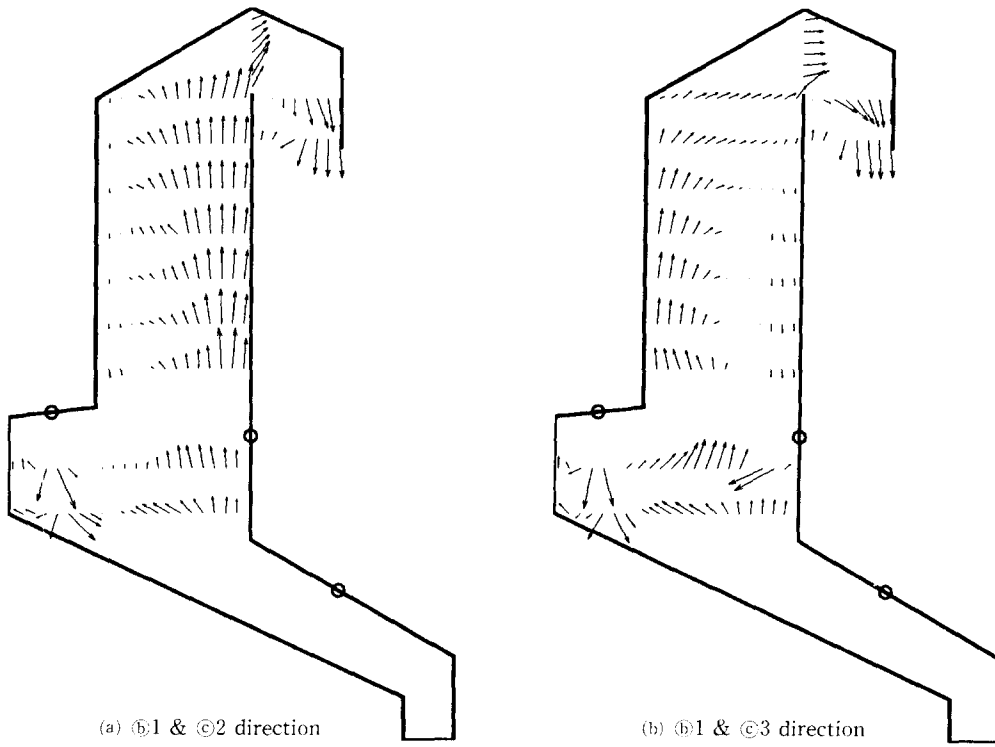


Fig. 4 Velocity vector plot

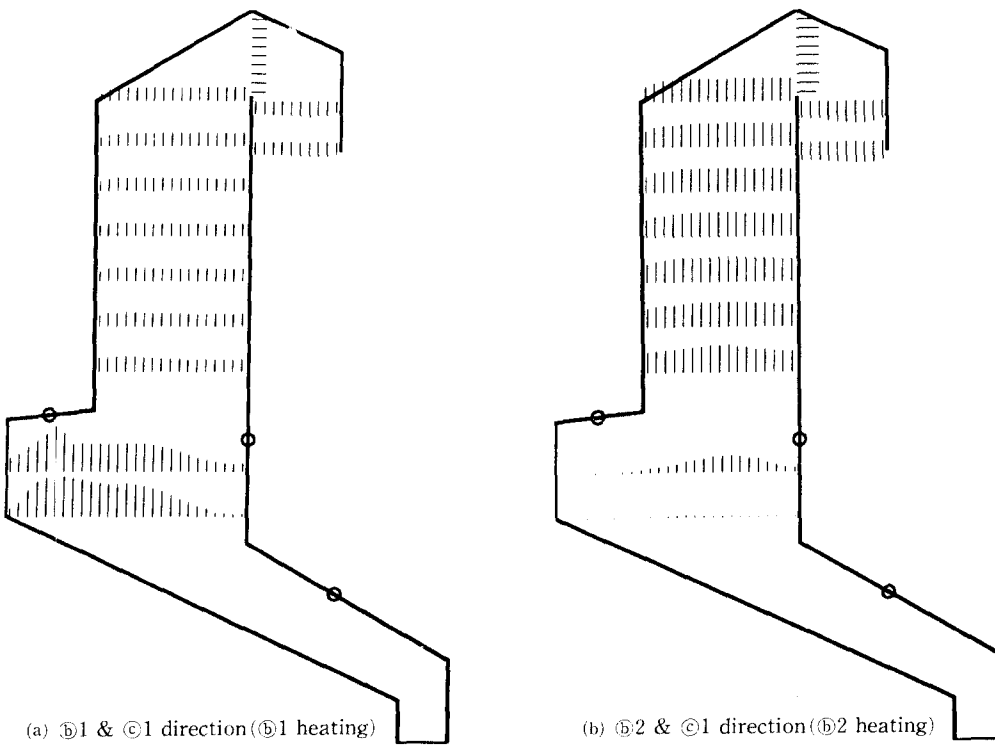


Fig. 5 Temperature profile

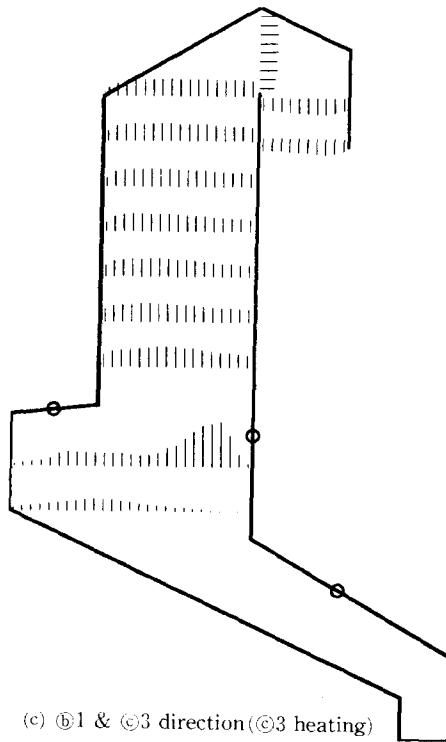
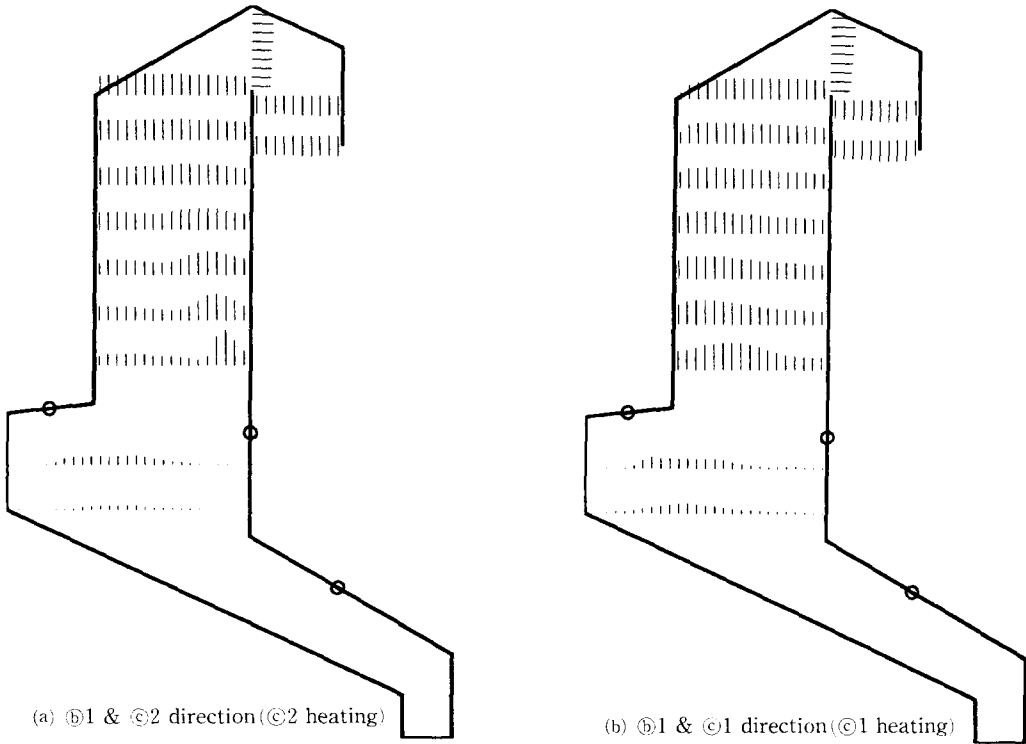


Fig. 6 Temperature profile

의해 흐름을 강하게 오른쪽으로 밀어 오른쪽벽면을 따라 상승하면서 밖으로 배출된다. Fig. 3(a)에서는 ㉠ 노즐에 의해서 왼쪽벽을 따라 상승하고 오른쪽에서 순환영역이 형성되지만, Fig. 3(b)에서는 ㉡ 노즐의 영향으로 오른쪽벽면을 따라 상승하고 왼쪽에서 순환영역을 형성한다.

Fig. 4(a)에서는 ㉢ 노즐은 ㉢ 2방향으로 분사하고 있으며 Fig. 3(b)와 비슷한 결과들을 보여주고 있다. Fig. 4(b)에서는 ㉢ 노즐은 ㉢ 3방향으로 분사하고 있으며 노하단에서부터 ㉢ 노즐의 영향으로 흐름이 강하게 왼쪽으로 쏘리고 있으며 상승하면서도 그의 영향은 계속하여 흐름을 왼쪽벽면을 따라 흐르게끔 하고 있다.

Fig. 5 및 Fig. 6은 부분 열간유동실험으로부터 온도분포도를 보여주고 있다. 공기비는 냉간유동실험때와 같이 1, 2차공기량을 65%대 35%로 하였으며, 측정된 온도는 무차원으로 하여 크기를 막대그림표로 나타내었다. 무차원온도 값은 연소로 노즐입구에서 측정한 가열 및 비가열 공기의 온도차와 연소로내에서 측정한 공기온도와 노즐입구에서 측정한 비가열공기의 온도차와의 비로 하였다.

Fig. 5는 ㉡ 노즐에서 분사되는 공기를 70°C로 가열하여 분사하였으며, Fig. 6은 ㉢ 노즐의 공기를 78°C로 가열하여 분사하였다. 비가열된 공기는 23°C로 노내로 들어가게끔 실내온도를 조절하였다. Fig. 5(a)에서는 ㉡ 노즐공기를 가열하여 ㉡ 1방향으로 분사하였으며, 최대온도는 가열된 공기의 분류의 경로를 보여주고 있다. ㉡ 노즐 주위에서는 가열된 공기에 의해서 온도가 매우 높으며 분사된 공기는 화격자 근처에서 방향을 약 135도 돌아 위쪽으로 상승하며, 상승하면서도 온도는 매우 높으나 ㉢ 노즐부근을 지나면서 다른 공기와의 혼합으로 온도가 급격히 떨어져 단면을 따라 크기가 거의 비슷한 것을 볼 수 있다.

Fig. 5(b)에서는 ㉡ 2방향으로 가열된 공기를 분사하였으며, 노하단으로 약간의 영향을 끼치고 있으나 그 크기는 미미하며, 위쪽으로 올라가면서 중앙에 온도가 조금 높게 나타나고 있어 ㉡ 노즐에서 분사된 분류가 노중앙을 따라 상승하고 있음을 보여주고 있다.

Fig. 6(a)에서는 ㉢ 2방향으로 가열된 공기를 분사하였으며, 가열된 공기의 분류는 Fig. 4(a)의 분류흐름과 거의 일치하고 있다. 특히 노중간 높이에서 부터 중앙에 온도가 왼쪽에 온도보다 낮은 것은

순환흐름의 영향 때문인 것으로 판단된다.

Fig. 6(b)에서는 ㉢ 1방향으로 가열된 공기를 분사하였으며, ㉢ 노즐 밑에서는 ㉢ 노즐의 영향을 거의 받지 않았으며, 2차연소실 중간높이에서부터 중앙에서 왼쪽으로 방향을 틀어 상승하면서 밖으로 배출되고 있다. 흐름경향은 Fig. 3(a)의 분류와 거의 비슷한 경로를 따라 흐르고 있다.

Fig. 6(c)에서는 ㉢ 3방향으로 가열된 공기를 분사하였으며, ㉢ 노즐 바로 밑에서는 ㉢ 노즐의 영향으로 온도가 매우 크며, 위쪽으로 올라가면서는 Fig. 6(b)와 비슷한 흐름현상을 보여주고 있다.

4. 결 론

300 T/d급의 원형 소각로를 1/10로 축소제작하여 상사법칙을 적용시켜 실험을 수행하였으며 피토판을 이용하여 속도측정, 열전대를 이용하여 온도측정을 하였다. 결과들로부터

(1) 냉간유동실험으로부터 ㉡ 노즐의 분사방향이 노하단쪽에서 상단쪽으로 이동하면서 분류는 왼쪽에서 오른쪽으로 이동하고 있다. ㉢ 노즐은 분사방향이 상단쪽에서 하단쪽으로 이동하면서 분류는 오른쪽에서 왼쪽으로 이동하다가 다시 오른쪽으로 이동하고 있으며, 분류가 왼쪽으로 최대 이동할때는 분사면에서 수직으로 분사될때이다.

(2) 부분 열간유동실험으로부터 ㉡ 노즐에서 분사된 가열공기는 분사방향이 노하단에서 상단으로 이동하면서 노 하단으로의 침투거리는 짧아지며, ㉢ 노즐이 위치한 단면을 지나면서 가열된 공기의 분류는 왼쪽에서 오른쪽으로 이동하고 있다. ㉣ 노즐에서 분사된 가열공기의 분류는 분사방향이 노상단에서 하단으로 이동하면서 오른쪽에서 왼쪽으로 이동하다가 분사각이 90도 보다 커지면서 다시 오른쪽으로 분류가 이동하고 있다.

결론적으로 부분 열간실험으로 얻은 2차공기의 흐름현상이 냉간유동실험으로 얻은 분류의 흐름현상과 거의 일치함을 보여주고 있으며, 이는 2차공기의 분사각도가 분류의 흐름에 결정적인 영향을 끼치고 있다는 것을 알 수 있다.

본 연구에서 얻은 2차원 모델의 실험결과를 실제의 연소실 설계에 적용시키기 위해서는 이 실험의 가정들, 즉 냉간 및 부분 열간유동, 2차원 등에 대한 충분한 검증이 뒷받침되어야 한다. 이러한 검증은 통하여 실험의 결과를 수치해석에 사용하는 불

리적 모델의 개선에 이용하고, 수치해석으로부터 열간유동 등을 포함한 좀 더 현실에 가까운 작업을 수행한다면 설계에 필요한 더 많은 자료를 얻어낼 수 있을 것이다.

후 기

이 연구는 한국과학기술원에서 주관하여 수행한 (G7-프로젝트) '대도시형 저공해 소각시스템 개발' 과제의 위탁과제로서 일부가 추진되고, 일부는 1994년도 한구과학재단 연구비지원(핵심전문연구 과제번호: 941-1000-048-2)에 의해 수행된 것으로, 이에 관계자 제위께 진심으로 감사드립니다.

참고문헌

- (1) 조광제, 김성진, 최상민, 김석준, 1993, "저공해 소각기술, 대도시형 저공해 소각시스템 개발," 환경처 및 과학기술처 위탁과제 제 1차년도 연구보고서, 한국과학기술원/한국기계연구원.
- (2) Fehr, M. and Vaclavinek, J., 1992, "Cold Model Analysis of Solid Waste Incineration," *Int. J. of Energy Research*, Vol. 16, pp. 277~283.
- (3) Bohn, T. J., 1991, "소각로 풍동 모형실험," 독일 Essen 종합대학교 에너지와 발전소기술의 중간보고서.
- (4) Chung, J. T. and Simon, T. W., 1990, "Three-Dimensional Flow near the Blade/Endwall Junction of a Gas Turbine: Visualization in a Large-Scale Cascade Simulator," *ASME 90-WA/HT-4*.
- (5) 한용식, 고흥중, 최준석, 1992, "버너윈드박스 출구에서의 공기속도 분포개선," 선박해양기술 제9호, 한국기계연구원.
- (6) 서항석, 신기석, 유승선, 1992, "축소모델에 의한 실내외 종합열전달 해석기법 개발연구 (III)," 과학기술처 특정과제 연구보고서, 한국에너지기술연구소.
- (7) 이금배, 1993, "도시쓰레기 소각로의 연소로내에서 유동현상 특성분석," 한국과학기술원 위탁과제 연구보고서, 공주대학교.
- (8) 조광제, 김성진, 최상민, 김석준, 1994, "저공해 소각기술, 대도시형 저공해소각시스템 개발," 환경처 및 과학기술처 위탁과제 제 2차년도 연구보고서, 한국과학기술원/한국기계연구원.
- (9) 이금배, 1994, "도시쓰레기 소각로의 축소모델에 의한 유동가시화 실험," 한국과학기술원 위탁과제 연구보고서, 공주대학교.
- (10) 현영진, 1988, "연소 및 소각공정," 중앙경제사.
- (11) Obata, M., Miyao, S., Kurata, K. and Kusakari, K., 1977, *Visualization of Gas Flow in Natural Circulation Boilers*, in *Flow Visualization, Proceedings of the International Symposium on Flow Visualization*, edited by T. Asanuma, Hemisphere Publishing Co., Washington, USA, pp. 189~194.
- (12) Nasserzadeh, V., Swithenbank, J. and Jones, B., 1991, "Three-Dimensional Modelling of a Municipal Solid-Waste Incinerator," *J. of the Institute of Energy*, Vol. 64, pp. 166~175.
- (13) Nasserzadeh, V., Swithenbank, J., Scott, D. and Jones, B., 1991, "Design Optimization of a Large Municipal Solid-Waste Incinerator," *Waste Management*, Vol. 11, pp. 249~261.
- (14) Niessen, W. R., 1978, *Combustion and Incinerator Processes*, Marcel Dekker, Inc., New York, USA, pp. 129~178.