

저공해 compact 유해폐기물 dump 소각기 개발

The Development of Hazardous Waste Compact Dump Incinerator for Low Emissions

전 영 남 · 채 종 성¹⁾ · 정 오 진

조선대학교 환경공학부 ¹⁾조선대학교 환경공학부 대학원

(2000년 3월 8일 접수, 2000년 10월 9일 채택)

Young-Nam Chun, Jong-Seong Chae¹⁾ and Oh-Jin Jung

Department of Environmental Engineering, Chosun University

¹⁾Department of Environmental Engineering, Graduate School, Chosun University

(Received 8 March 2000; accepted 9 October 2000)

Abstract

A lot of hazardous wastes are discharged as by-products of working process by industrial development. Hazardous wastes is physical characteristics of difficult destruction at high temperature. Numerical simulation and combustion experiment performed of dump incinerator for hazardous waste incineration.

For the numerical simulation, the SIMPLEST algorithm was used to ensure rapid converge. A $K-\epsilon$ model was incorporated for the enclosure of turbulence flow. Combustion model was used by ESCRS (extended simple chemically reacting system) model available of CHEMKIN thermodynamic data for the source term of species conservation equation or energy equation. Radiation model is used by six flux model.

A parametric screening studies was carried out through numerical simulation and experiment. Residence time and concentration in the incinerator was strongly dependent on the parameters of mixture velocity, mixture equilibrium ratio, surrogate velocity and surrogate equilibrium ratio.

Key words : dump incinerator, hazardous waste, incineration

1. 서 론

산업의 발달로 인하여 유해폐기물의 양과 종류가 날로 증가하고 있다. 대부분의 유해폐기물은 독성이 강하고 분해시 고온이 필요한 매우 안정된 물리적인 특성을 가지고 있다. 최근까지 대부분의 유해폐기물을 처리가격의 저렴성과 기술적으로 어려움이 적은 매립 및 밀봉등의 방법과 물리화학적 방법으

로 처리하였다. 그러나 앞으로는 유해폐기물 처리를 위하여 소각법의 사용이 점차 증가할 것이다. 소각은 전체 폐기물의 부피를 감소시키고, 많은 양의 에너지를 회수할 수 있을 뿐만 아니라 특히 유해폐기물의 독성을 제거할 수 있어서 여러 종류의 유독성 폐기물을 처리하기 위한 매력적인 방법이다.

소각처리를 하기 위해서는 일반 도시폐기물(MSW)의 소각로와는 달리 고온에서의 체류시간이 충분하고 소각기 자체 연소유지(self-sustaining combus-

tion)를 위한 열보유 능력이 우수한 특성을 가진 소각기의 개발이 요구된다. 이러한 요구에 적용될 수 있는 소각기가 dump 소각기이다. 본래 dump 소각기는 액체나 고체 연료를 사용하는 ramjet 연소기나 ducted-rocket 미사일 (Stull and Craig, 1985) 디자인에 강력한 추진력을 얻기 위하여 사용된다. 본 연구에서는 이러한 dump 연소기를 유해폐기물 소각에 적용하였다. 지난 여러해 동안 dump 연소기의 운전 특성을 파악하기 위하여 실험과 수치해석이 수행되었다 (Stull and Craig, 1974). 이러한 수치해석은 간단한 유체 유동장으로 해석하기 위하여 기하학적인 형상이 무시되었다. 또한 수치해석이 2차원 (Marchant and Helper, 1992; Cadou *et al.*, 1991)으로 해석되었기 때문에 실제 연소기의 특성을 파악하기는 어렵다. 또한 유해폐기물 분해를 위한 dump 연소기의 실험이 (Willis *et al.*, 1993, 1994) 유해폐기물 분해를 위한 소각로 제작의 기초 데이터로 활용되기 위하여 수행되었다.

본 연구는 보조연료와 폐기물의 반응성보다는 소각기의 설계조건과 최적의 운전조건을 제시하기 위한 수치해석 연구가 중요하다. 따라서 연소모델과 복사모델을 이용한 정상 3차원 모델의 소각기의 구조와, 재순환 영역내에서의 폐기물의 체류시간과 산화율, 그리고 보조연료와 폐기물의 주입율에 관해서 수치해석 연구를 수행하였다. 이러한 3차원 수치해석 결과를 검증하기 위하여 실제 소각기를 제작하여 실험을 수행하였으며 hydrocarbon 계통의 유해폐기물을 대신하여 프로판올 폐기물로 사용하였다.

2. 수치해석

2.1 지배방정식

Dump 소각기내 3차원 난류유동의 해석을 위해 정상상태, 비압축성, 뉴우턴 유체로 가정하고 일반중속 변수에 대한 지배방정식은 대류 및 확산 束 (flux)의 텐서와 단위체적당 생성항의 합으로 식(1)과 같다.

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial x}(\rho \bar{u} \bar{\phi}) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho \bar{v} \bar{\phi}) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho \bar{w} \bar{\phi}) \\ &= \frac{\partial}{\partial x} \left(\Gamma_{\phi} \frac{\partial \bar{\phi}}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\Gamma_{\phi} \frac{\partial \bar{\phi}}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\Gamma_{\phi} \frac{\partial \bar{\phi}}{\partial z} \right) + S_{\phi} \end{aligned} \quad (1)$$

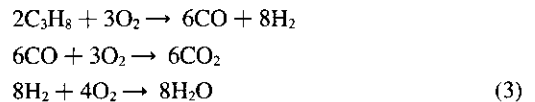
위 식에서 $\bar{\phi}$ 는 일반적인 종속변수로서 속도 ($\bar{u}, \bar{v}, \bar{w}$) 및 압력 (\bar{p}), 엔탈피 (\bar{h})를 나타낸다. Γ_{ϕ} 와 S_{ϕ} 는 각각 $\bar{\phi}$ 에 대한 확산계수와 생성항이다.

난류유동은 $k-\epsilon$ 모델을 사용하였다. 난류전달력항은 Boussinesq 가정에 의하여 난류 또는 에디점성계수 (μ_t)와 평균속도 구배의 곱으로 표시되며, 난류점성계수 μ_t 는 아래와 같이 Prandtl-Kolmogorov 관계식으로 부터 산출된다 (Samaniego and Candel, 1993).

$$\mu_t = C_{\mu} \frac{\rho k^2}{\epsilon} \quad (2)$$

2.2 연소모델

연소모델은 ESCRS (extended simple chemically reacting system)을 사용하였으며 여기에 이용된 데이터는 CHEMKIN 열역학 데이터를 이용하였다. 프로판올 연소시키면 프로판올과 중간생성물인 H₂와 CO의 반응은 아래식과 같이 2단계 3가지 반응으로 이루어진다.



연료와 산화제가 혼합되는 시간은 보통 에디가 아주 작은 에디로 붕괴되는 시간으로 나타내어지며 이 반응은 ($i=1, 2, 3$) 아래 식과 같다.

$$w_j = -a \times \min(m_i, s \times m_{ox}) \times \epsilon / K \quad (4)$$

여기서 a 는 EBU 상수이며 s 는 stoichiometric ratio, m_{ox} 는 산화제의 질량분율, m_i 는 각각 C₃H₈, H₂, CO ($i=1, 2, 3$)의 질량분율을 각각 나타낸다. 표 1에 eddy break-up을 이용한 ESCRS 모델의 변수들을 나타내었다.

2.3 복사모델

Dump 소각로에서 보조연료 및 유기 폐기물의 연소시 발생하는 연소생성물중 CO₂, H₂O는 강한 흡수 (absorber) 및 방사체 (emitter)이기 때문에 열전달 중 복사모델의 적용이 필요하다. 본 연구에서는 지금까지 연소로 등에 잘 적용되어진 composite flux model (Gosman and Lockwood, 1973)를 사용하였다. 복사 열전달에 의한 열손실을 고려하기 위해 에너

Table 1. Expression for Γ_ϕ and S_ϕ for combustion models.

ϕ	Γ_ϕ	S_ϕ
$m_{C_3H_8}$	$\frac{\mu_{eff}}{\sigma_{C_3H_8}}$	$w_{C_3H_8}$
m_{CO}	$\frac{\mu_{eff}}{\sigma_{CO}}$	w_{CO}
m_{H_2}	$\frac{\mu_{eff}}{\sigma_{H_2}}$	w_{H_2}
h	$\frac{\mu_{eff}}{\sigma_h}$	$(m_{C_3H_8} H_{C_3H_8} + m_{CO} H_{CO} + m_{H_2} H_{H_2}) - S_{rad}$
f	$\frac{\mu_{eff}}{\sigma_f}$	-

* S_{rad} is in equation (5)
 Constant in combustion models
 $\sigma_{C_3H_8} = \sigma_{CO} = \sigma_{H_2} = \sigma_h = \sigma_f = 0.9$

지 방정식의 생성항에 아래 식 (5)가 적용되었다.

$$S_{rad} = 2a [\bar{R}_x + \bar{R}_y + \bar{R}_z - 6E] \quad (5)$$

여기서 a 는 흡수계수, E 는 흑체 방사, R_x, R_y, R_z 는 복사속 밀도이다.

2.4 벽함수

벽 근처에서의 수치 해석은 특별한 처리가 요구되는데 벽가까이에서 층류저층이 형성되기 때문이다. 식 (2)의 난류점성계수는 완전히 발달한 난류지역에 적용되므로 벽 근처에서는 식 (6)과 같이 난류점성계수가 새롭게 정의되어야 한다.

$$\mu_{eff} = \mu \quad \text{if } y^+ < 11.5$$

$$= \frac{\mu y^+}{2.5 \ln(9y^+)} \quad \text{if } y^+ \geq 11.5 \quad (6)$$

여기서, $y^+ = \rho k^{1/2} C_\mu^{1/4} \frac{y_l}{\mu}$, y_l 은 최초의 내부 grid point에서 벽까지의 거리를 말한다.

2.5 체류시간

유해 폐기물이 분해하는데 소각기내에서의 체류시간은 중요하다. 소각기 내의 각 셀에서의 국부 체류시간 (local residence time)의 생성항은 아래 식 (7)과 같다.

$$S_\phi = \frac{\rho Vol}{\sum_j \dot{m}_{inj,j}} \sum_j \dot{m}_{inj,j} = \rho Vol \quad (7)$$

여기서 Vol 은 셀의 부피, \dot{m}_{inj} 는 셀로 유입되는 유량이다.

2.6 수치해석방법

식 (1)과 같이 표현된 일반적인 2차 편미분 지배 방정식의 해를 얻기 위해서 검사체적에 기초한 유한차분법 (control volume based finite difference method)과 power law scheme을 이용하여 이산화방정식을 유도하였다. 본 논문에서 사용한 수치해석은 Patankar (1980) 방법을 사용하였으며 차분화된 운동방정식의 셀-압력

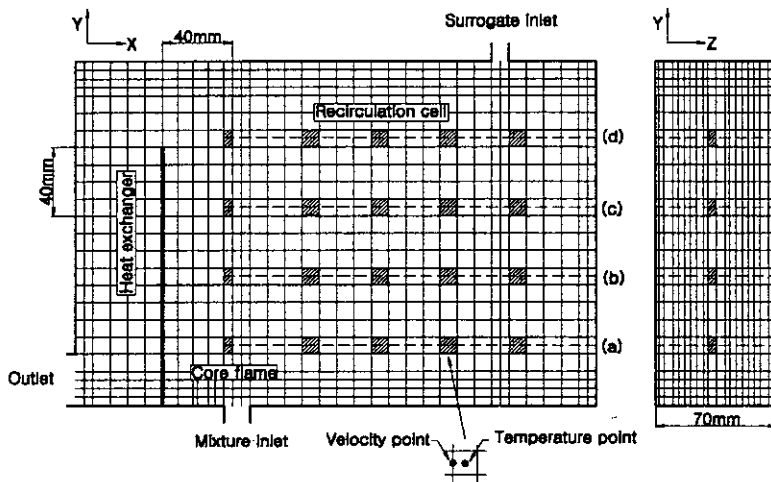


Fig. 1. Computational grid and measurement point.

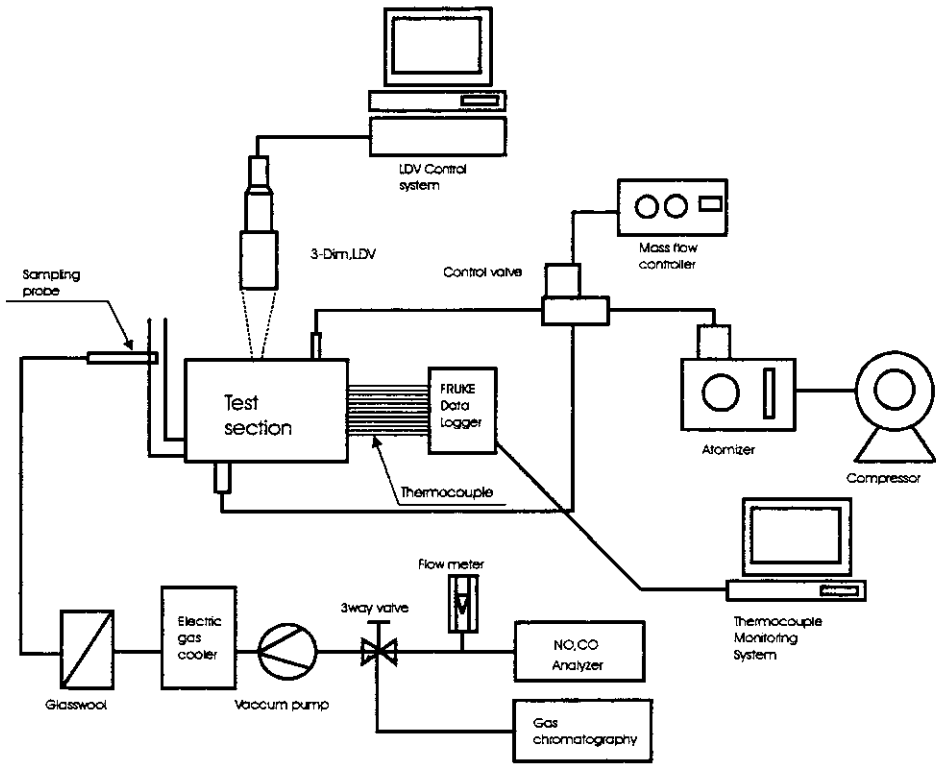


Fig. 2. Schematic diagram of incinerator and measurement system.

의 decoupling을 없애기 위해 연결된 격자망(staggered grid)을 사용하였다. 본 연구에 이용된 연결된 격자망(41×26×18) 및 유속, 온도 측정점을 그림 1에 나타내었다. Line-by-line TDMA (Tridiagonal Matrix Algorithm) 알고리즘에 의해 해를 구하였으며 압력과 속도의 연계는 SIMPLE (Semi Implicit Methods for Pressure Linked Equation) 알고리즘에서 변형, 발전된 SIMPLEST 알고리즘 (Spalding, 1989)을 사용하였다.

3. 실험 및 방법

3.1 실험장치

본 연구에서 사용한 소각기와 측정시스템을 그림 2에 나타내었다. 본 연구의 실험장치는 유속 및 온도, 농도를 측정하기 위하여 재질을 달리하여 각각 제작하였다. 유속 및 난류강도 측정은 투명한 아크릴로, 온도 및 농도 측정은 stainless steel로 제작하

였다. 2가지 실험장치의 dimension은 동일하다.

3.2 실험방법

3차원으로 수치해석한 결과와 실제 측정 유속이 얼마나 일치하는지를 알아보기 위하여 소각기 내부의 유속을 측정하였다. 소각기내의 유속 측정을 위하여 TSI사의 3D fiber optic LDV system을 사용하여 3차원 유속측정을 하였다. 도플러 신호는 후방산란법을 이용하여 취득하였으며 레이저는 5W Ar-Ion laser를 사용하였고 산란입자로는 atomizer에서 무화된 미립자를 사용하였다.

고온의 연소가스 온도를 측정하기 위하여 R-type 열전대 (Pt/Rh 13%)와 K-type 열전대를 이용하였다. 화염의 열손실을 방지하기 위하여 열전대 냉각은 하지 않았으며 보상선을 사용하지 않았다. 온도 측정기는 Fluke사의 data acquisition unit를 사용하였다. 배기가스 농도측정은 sampling probe을 연소기 후류에 삽입하여 배기가스를 측정라인으로 공

급되도록 하였으며 cooler에서 응축점 이하로 온도를 낮추어 수분을 제거한 후 분석기로 유입되도록 구성하였다.

4. 결과 및 고찰

4.1 유속 및 온도

그림 3에 수치해석 결과와 LDV 측정값을 비교하여 소각기내의 Y방향의 평균 유속을 나타내었다. 본 연구에서 사용한 정상 3차원 모델을 수치해석한 결과가 실제 측정값과 얼마나 일치하는가를 알아보

는 것은, 본 연구의 수치해석 결과가 소각기의 최적 설계에 이용될 수 있는가를 결정하기 때문에 중요하다. 수치해석 및 LDV 실험은 혼합기(이하: 보조연료) 유속을 3.5 m/s로 하여 수행하였으며, (a), (b), (c), (d)의 위치는 그림 1에 나타내었다. Line은 수치해석값이고 Symbol은 측정값이다. 측정값이 (+)값이면 순방향을 뜻하며 (-)값이면 역방향울 의미한다. 소각기의 중앙에서 속도값이 (-)로 재순환 영역이 형성됨을 알 수 있으며, 소각기의 어느 지점에서나 수치해석한 결과와 측정값이 거의 일치함을 알 수 있다.

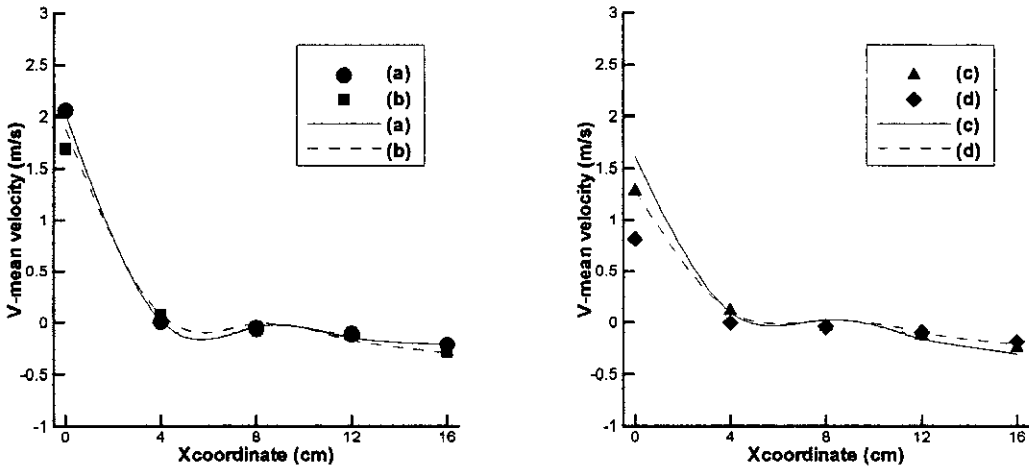


Fig. 3. Velocity of computational result and LDV experimental result.

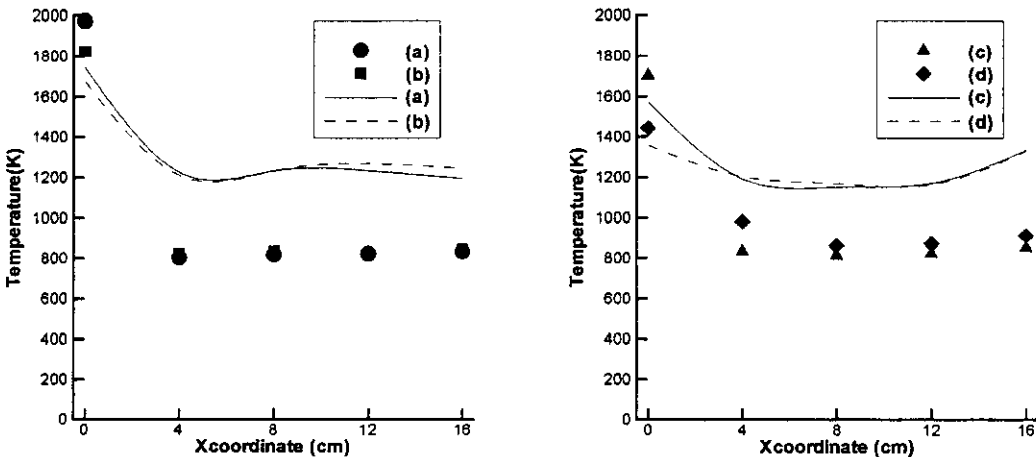


Fig. 4. Temperature of computational result and experimental data.

그림 4에 소각기 내부의 온도를, 수치해석 계산값과 실제 측정값을 비교하여 나타내었다. 온도 측정점은 그림 1에 나타내었다. 보조연료가 유입되어 연소되는 X=0인 지점의 온도가 가장 높으며 재순환 영역이 형성되는 (b), (c) 지점의 온도는 1,200°K 이상의 고온으로 대부분의 유해 폐기물을 분해할 수 있다. 수치해석한 계산값과 실제 측정값을 비교해보면 실제 측정값의 온도가 낮는데 이는 실험장치를 단열하지 않았고, 측정에 사용된 열전대를 단열하지 않았기 때문이다.

4. 2 Reference flame

소각기 내부의 상태가 최적일때를 reference flame으로 선택하였다. 보조연료의 유속은 3.5 m/s, surrogate(이하: 폐기물) 유속은 5 m/s, 당량비는 각각 0.8로 동일하다.

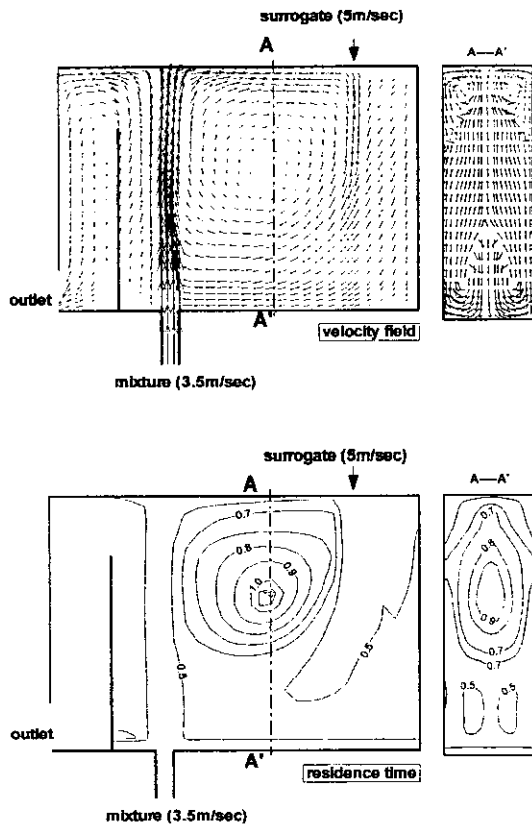


Fig. 5. Velocity vector and residence time of reference flame.

그림 5에 소각기내의 속도벡터와 체류시간을 각각 나타내었다. 연료와 공기가 예혼합되어 연소됨에 따라 dump plane에서 화염이 유지되면서 급격한 팽창이 일어나기 때문에 dump 소각기내에 커다란 재순환 영역이 형성된다. 본 연구에서 사용한 소각기는 기존의 dump 연소기와는 달리 배출구가 소각기 옆면에 위치하고 벽이 존재하기 때문에 배기가스에 의한 대류열손실을 최대한 회수할 수 있는 구조이다. 본 연구에서 사용한 소각기의 재순환영역에서의 체류시간은 약 1초이며 고온영역에서 일정 체류시간이 필요한 유해폐기물을 충분히 분해할 수 있다.

A----A' 단면을 보면 소각기 상단부분과 하단 부분에도 부분적으로 재순환 영역이 형성되는데 체류시간이 아주 짧다. 재순환 영역의 형성과 체류시간은 보조연료와, 폐기물 공급 유속 및 장치의 기하학적인 형상에 가장 많은 영향을 받는다.

그림 6에 보조연료와 폐기물로 공급된 프로판과 산화제인 O₂의 mass fraction을 나타내었다. 프로판 농도는 연소에 의하여 소비되기 때문에 화염 하향류쪽으로 갈수록 농도가 급속히 감소된다. 재순환 영역에서 프로판의 농도는 폐기물이 주입되는 지점에서 가장 높게 나타난다. 연소되지 못한 미연 프로판은 재순환영역으로 유입되어 열교환에 의하여 재반응하게 된다. 재순환 영역에서도 반응하지 못하고 배기가스로 빠져나가는 프로판은 화염 좌측의 벽으로 인한 체류시간 증가와 열교환에 의하여 한번 더 재반응하여 배기구쪽에서의 프로판 농도는 거의 감소된다.

O₂는 각각 보조연료와 폐기물 주입구로 유입되며 연소가 진행될수록 농도가 감소하게 된다. 총당량비는 0.9로 연료가 희박하고 산소가 풍부한 상태이다. 잔류하는 산소는 재순환 영역에서 폐기물과 재반응하거나, 남아있는 가연성분과 열교환에 의하여 재반응한다. 배기구에서의 농도측정은 실험 시작 후 30분 정도 경과하여 화염이 안정화되고 소각기가 충분히 운전되었을때 측정하였다. O₂의 농도는 4.56%로 수치해석한 값 4.4%과 거의 비슷하다.

그림 7에 CO와 CO₂의 mass fraction을 나타내었다. 화염대에서 불완전 연소로 형성된 CO가 재순환영역으로 유입되면서 재순환영역내에 잔류하는 산소와 재반응하여 농도가 감소됨을 알 수 있다. 또한 폐기물 주입으로 인하여 생성된 CO도 재순환

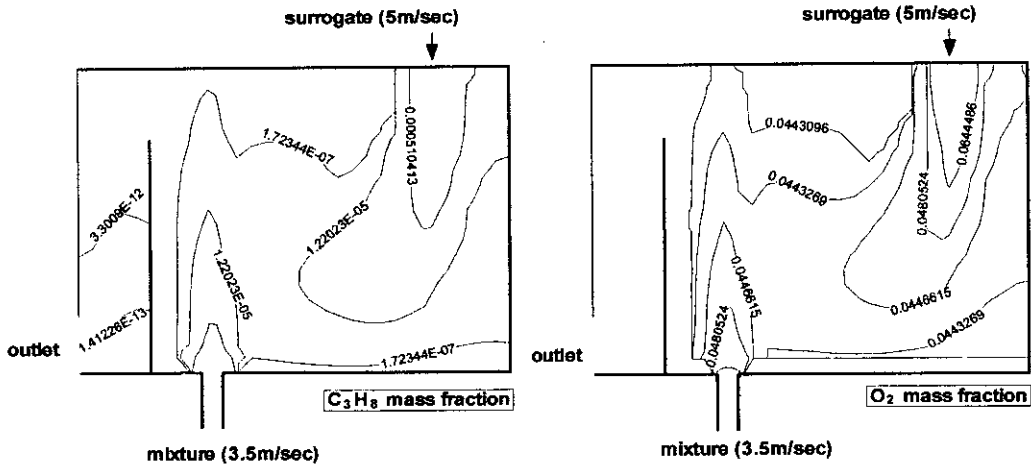


Fig. 6. C₃H₈ and O₂ mass fractions of reference flame.

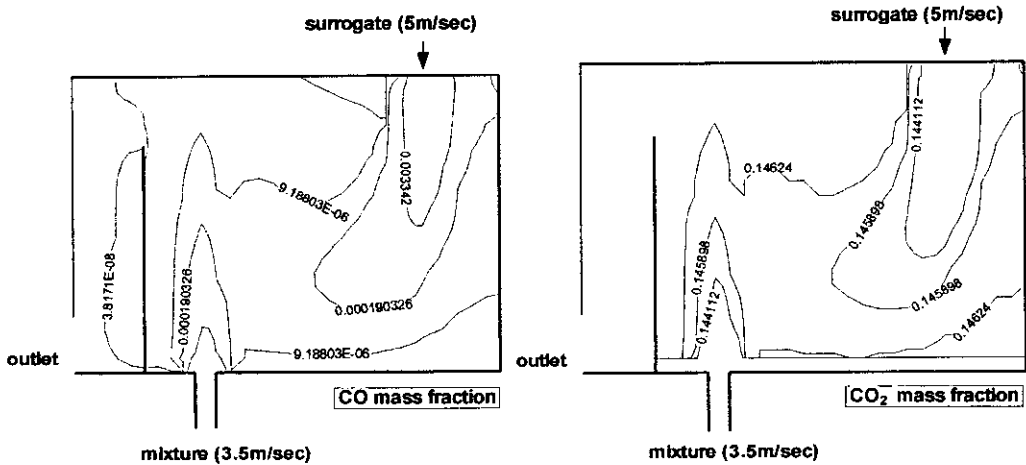


Fig. 7. CO and CO₂ mass fractions of reference flame.

영역에서 재반응을 하게 된다. 재순환 영역에서 분해되지 못하고 잔류하는 CO는 화염대 좌측의 벽면을 통과하여 배기구 쪽으로 나가면서 잔류산소와 다시 한번 재반응을 하여 농도가 감소하게 된다. 배출구에서의 CO 농도를 낮게 유지하는데, 재순환영역과 화염 좌측의 벽면이 중요한 역할을 함을 알 수 있다.

CO의 농도는 약 6 ppm 정도로 측정되었다. 수치 해석한 결과는 CO 농도가 ppm 수준인데 비해 측정값이 높게 나오는 것은 재순환 영역내의 온도가 소각기의 외부를 단열하지 않아 낮게 유지되었고

화염대에서 발생한 CO의 일부가 재순환 영역으로 유입되지 않고 바로 배출구쪽으로 빠져나갔기 때문이다.

완전연소 생성물인 CO₂는, core flame 안쪽에서 생성되는 CO 같은 중간생성물이 반응하는 화염 뒤쪽에서 대부분 형성된다. 그림에서 보면 재순환영역과 화염 좌측 벽에서 CO₂의 농도가 약간 증가하게 되는데 이것은 core flame에서 완전히 반응하지 못한 CO가 재순환영역과 벽면에서 재반응하여 CO₂로 전환되기 때문이다. 측정된 CO₂의 농도는 12.8%이다. 수치해석한 결과 14.6%보다 낮게 측정되었는

데 이는 실제 측정된 CO 농도가 수치해석한 결과보다 높게 나온것처럼 연료중의 미연분과 CO가 재순환영역으로 유입되어 CO₂로 전환되지 않고 바로 배기구로 배출되었기 때문이다.

그림 8에 수치해석한 온도장을 나타내었다. 소각기 내부의 온도보다 상대적으로 배출구쪽의 온도가 높게 유지되는데 이것은 화염대 좌측에 위치하는 벽면이 열을 축열하여 복사열을 방출하기 때문이다. 본 연구에서 사용한 dump 소각기는 고온의 재순환 영역내에서 체류시간을 충분히 유지시켜 유해

폐기물을 완전히 분해시키는게 목적이다. 재순환 영역에서의 온도가 대략 1,470°K 이상으로 유해폐기물을 분해할 수 있는 1,000°C보다 높게 유지된다. 또한 완전히 분해되지 못하고 배출구로 빠져나가는 폐기물을 화염대 좌측에 위치한 벽면의 축열효과를 이용하여 한번 더 분해할 수 있다.

4.3 변수별 연구

4.3.1 유속 변화

그림 9에 다른 조건은 reference Hame과 동일하고 보조연료의 유속을 2 m/s로 감소하였을때의 체류시간과 CO 농도를 나타내었다. 보조연료의 유속을 감소시키는것은 소각시 보조연료의 사용량을 줄일 수 있기 때문에 소각기의 경제적인 측면에서 중요하다. 폐기물의 유속이 일정할 때 보조연료의 유속이 작아지면 체류시간과 CO 농도가 같이 증가함을 알 수 있다. CO 농도가 증가하는 것은 보조연료의 부하량 감소로 인하여 전체적인 소각기 내부온도가 감소하여 연소성이 나빠졌기 때문이다. 또한 폐기물의 속도가 보조연료 속도보다 상대적으로 커서 재순환 영역의 크기가 감소하였기 때문이다. 소각되지 못한 미연성분들이 재순환영역으로 유입되어 열교환에 의하여 재반응을 하게 되는데 재순환 영역의 크기가 작아져서 이러한 재반응이 감소하였기 때문이다.

그림 10에 다른 조건은 reference Hame과 동일하

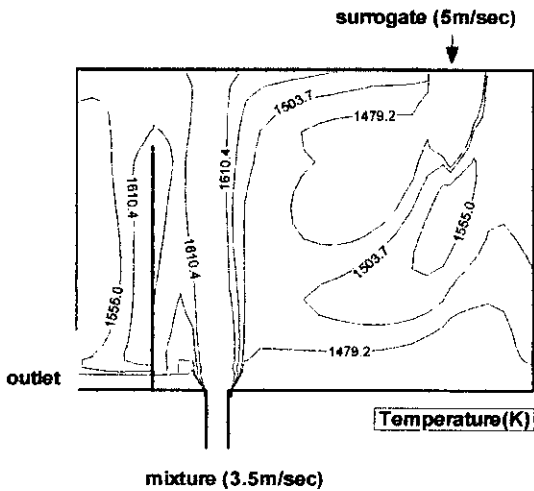


Fig. 8. Temperature of reference flame.

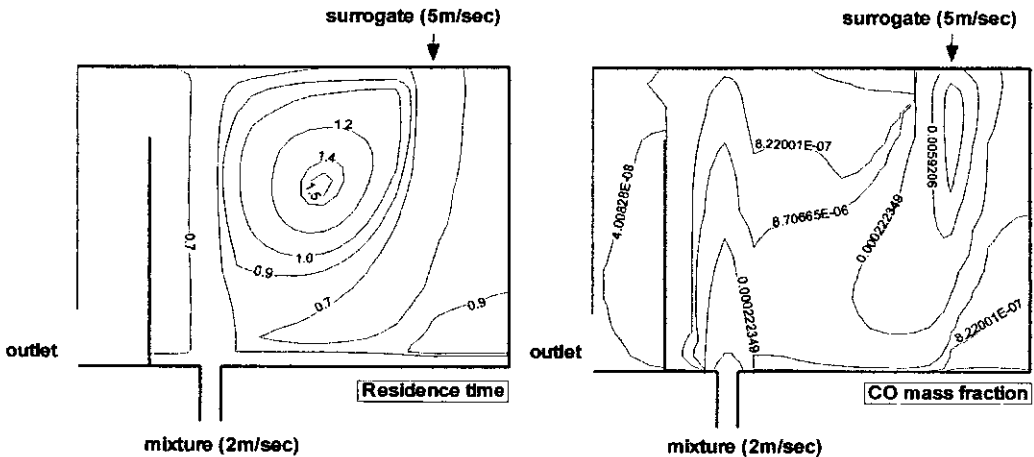


Fig. 9. Residence time and CO mass fractions changed mixture velocity.

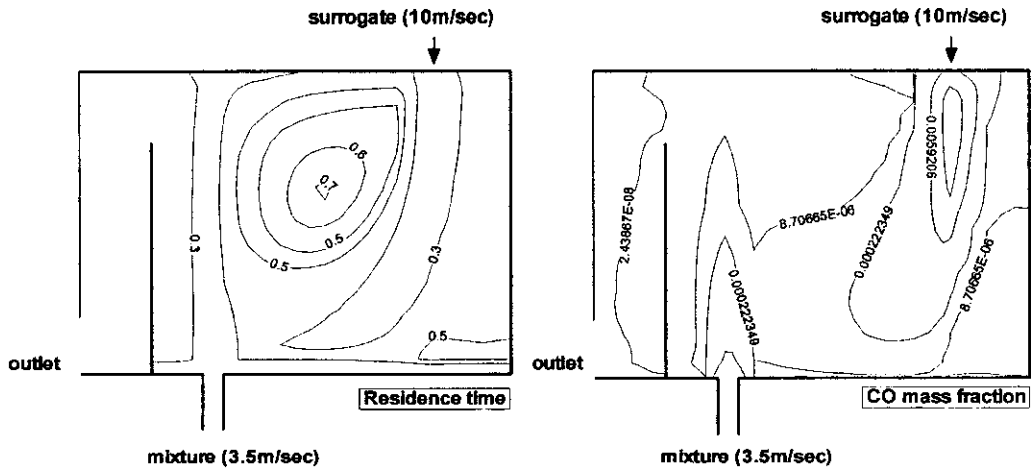


Fig. 10. Residence time and CO mass fractions changed surrogate velocity.

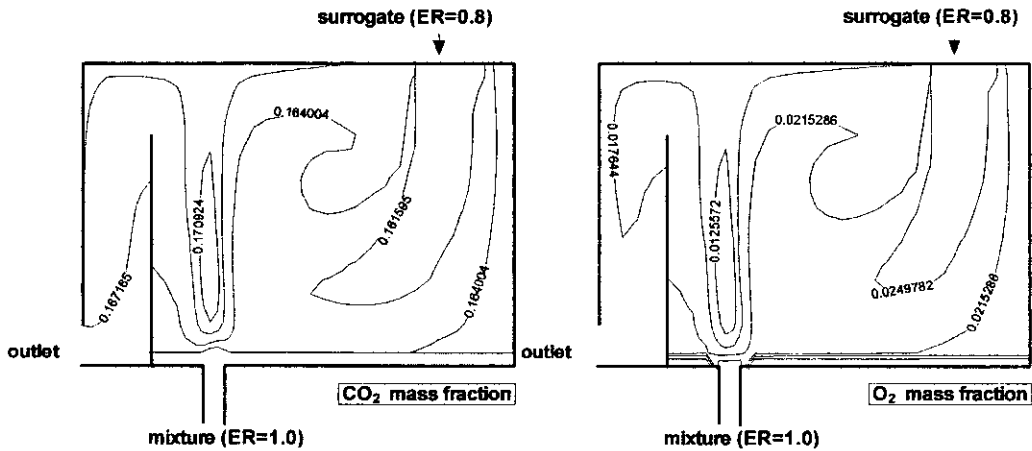


Fig. 11. CO₂ and O₂ mass fractions changed mixture equivalence ratio. (mixture ER = 1.0, surrogate ER = 0.8)

고 폐기물의 유속을 10 m/s로 증가시켰을때의 체류 시간과 CO 농도를 나타내었다. 폐기물의 유속을 증가시키는 것은 동일 조건에서 유해폐기물의 소각량을 증가시킬 수 있기 때문에 중요하다. 체류시간은 감소되며, CO의 농도는 reference flame과 비교하여 거의 변화가 없음을 알 수 있다. 폐기물의 유속 증가는 연소상태에는 거의 영향을 주지 않으나 체류 시간이 상당히 감소하기 때문에 고온영역에서 체류 시간이 필요한 유해폐기물 분해시에는 부적당하다. 따라서 폐기물의 유속은 충분한 체류시간과, 커다란 재순환영역을 형성할 수 있도록 조절해야 한다.

4. 3. 2 당량비 변화

그림 11에 다른 조건은 reference flame과 동일하고 폐기물의 당량비를 1.0으로 증가시켰을때의 CO₂와 O₂농도를 나타내었다. 보조연료의 당량비를 증가시키면 재순환 영역에서의 산소농도가 감소하는데 이로 인하여 폐기물의 연소반응이 다소 지연된다. 이것은 CO₂의 최고 농도가 나타나는 지점이 reference flame과 비교하여 소각기 상단 및 열교환기쪽에서 나타나는 것으로 알 수 있다. 탄화수소계통의 유해폐기물 분해시 폐기물쪽의 산화제가 풍부해야 연소반응을 빨리할 수 있다. 또한 여분의 산화제가

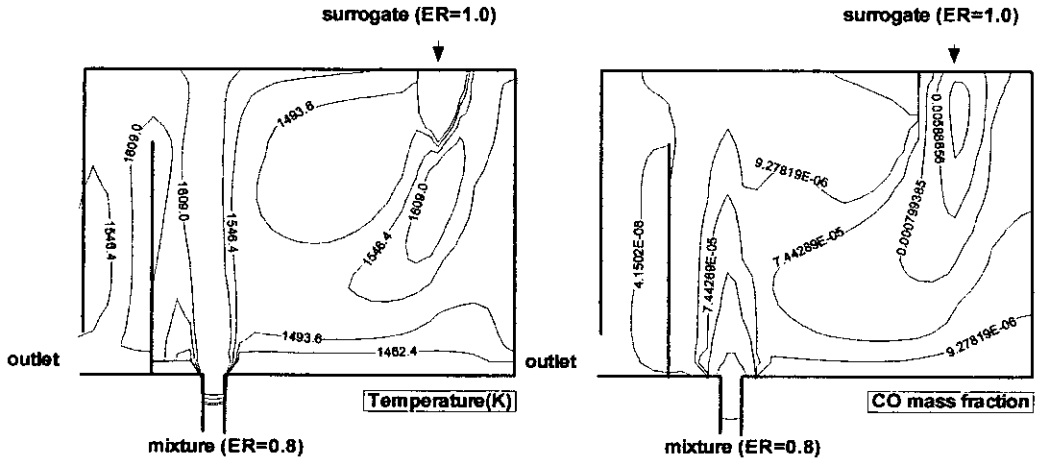


Fig. 12. Temperature and CO mass fractions changed surrogate equivalence ratio.

재순환영역과 열교환기로 유입되어 폐기물과 재반응을 하여 분해효율을 증가시킬 수 있다.

그림 12에 다른 조건은 reference Hame과 동일하고 폐기물의 당량비를 1.0으로 증가시켰을때의 온도와 CO 농도를 나타내었다. 폐기물의 당량비를 증가시키면 가연성분의 증가로 인하여 재순환영역의 온도는 다소 증가하여 연소성은 좋아지나, 재순환영역내에서의 산소농도 감소로 인하여 CO가 재반응을 하지 못하여 농도가 다소 증가함을 알 수 있다.

재순환 영역과 벽 상부에서의 충분한 산소는 폐기물 분해에 아주 중요하다. 이러한 잔류 산소들은 폐기물의 분해에 의하여 생성되는 중간생성물을 완전 연소할 수 있도록 도와준다.

5. 결 론

유해 폐기물 소각을 위한 dump 소각기의 설계와 최적의 운전 조건을 알기 위하여, 본 연구에서는 수치해석적 연구와 실험적인 연구를 병행하여 수행하였으며 그 결과는 다음과 같다.

- 1) 보조연료의 유속을 감소시키면 재순환 영역에서의 체류 시간과 CO의 농도는 증가한다.
- 2) 폐기물의 유속을 증가시키면 재순환 영역에서 체류시간은 감소하며 연소가스의 농도는 거의 변화가 없다.
- 3) 보조연료의 당량비를 증가시키면 재순환 영역

의 산소농도가 감소되고 이로 인해 연소 반응이 다소 지연된다.

4) 보조연료를 공기과잉으로 공급한 상태에서 가연성분인 폐기물의 당량비를 증가시키면 재순환 영역의 온도는 다소 증가하나 CO 농도 또한 증가한다.

수치해석한 결과와 실제 측정값이 거의 일치하므로 on-site 소각이 가능하고, compact한 dump 소각기 설계와, 최적의 운전조건 결정시 수치해석 결과가 아주 중요하게 이용되리라 예상된다.

감사의 글

본 연구는 99년도 조선대학교 학술연구비 지원에 의하여 수행되었습니다.

참 고 문 헌

Cadou, C., P. Logan, and A. Karagozian (1991) Laser diagnostic techniques in a resonant incinerator, Environmental sensing and combustion diagnostics, SPIE Proceedings series, 67.

Gosman, A.D. and F.C. Lockwood (1973) Incorporation of a flux model for radiation into a finite-difference procedure for furnace calculations, 14th Symp. Combustion, 661.

Marchant, R. and W. Helper (1992) Development of a two-

- dimensional dump combustor for the incineration of hazardous wastes, *Combustion and Technology*, 82, 1-12.
- Patanker, S.V. (1980) *Numerical Heat Transfer and Fluid Flow*, Hemisphere Publishing Corporation, New York.
- Spalding, D.B. (1989) *PHOENICS Training Course Notes*, TR/300, CHAM.
- Samaniego, J.M. and S. Candel (1993) Low frequency combustion instability mechanisms in a side-dump combustor, *Combustion and Flame*, 94, 363-380.
- Stull, F.D., R.R. Craig, and J.T. Hojnacki (1974) Dump combustor parametric investigation, *ASME Fluid mechanics of combustion joint fluids engineering and CSME conference*, 135-152.
- Stull, F.D. and R.R. Craig (1985) Investigation of a dual inlet side dump combustor using liquid fuel injection, *J. Propulsion*, 1(1), 83-88.
- Willis, J.W., L.M. Lee, and A.R. Karagozian (1993) Acoustic alteration in a dump combustor arising from halon addition, *Combustion Science and Technology*, 94, 469-481.
- Willis, J.W., C. Cadou, M. Mitchell, and A.R. Karagozian (1994) Destruction of liquid and gaseous waste surrogates in an acoustically excited dump combustor, *Combustion Science and Technology*, 99, 280-287.