

도시 폐기물 소각로의 연소특성 및 운전성능 최적화를 위한 3차원 수치모델링

A Three-Dimensional Numerical Model for the Investigating of Combustion Characteristics and Optimization of Operating Performances in Municipal Waste Incinerator

전 영 남 · 정 오 진 · 송 형 운¹⁾

조선대학교 환경공학부, ¹⁾조선대학교 환경공학부 대학원

(2001년 11월 27일 접수, 2002년 3월 18일 채택)

Young Nam Chun, Oh Jin Jung and Hyoung Oon Song¹⁾

Dept. of Environmental Engineering, Chosun University,

¹⁾*Dept. of Environmental Engineering, Graduate School, Chosun University*

(Received 27 November 2001; accepted 18 March 2002)

Abstract

In this study, a 3-dimensional numerical model, has been developed applied for the investigation of combustion characteristics, and used to optimize operating conditions in MSW incinerator, in Gwangju. The model developed in this study has been verified by examining both the predicted and the measured temperature in combustion chamber which has been operated to provide a reference condition. By predictive results, the Sangmoo incinerator has a good characteristics of combustion and low emission however after burning zone produced incomplete products, also probably because the supply of primary air was not enough. Parametric screening studies have been conducted to study optimal operating conditions. For the optimal combustion characteristics, operating conditions should be adjusted with the waste properties.

Key words : CFD, MSW incinerator, combustion model, radiation model, Chemkin

1. 서 론

현대사회가 다변화되면서 도시 폐기물의 양이 증가하여 폐기물 처리는 이제 심각한 사회문제가 되었다. 이에 폐기물을 감량화시키고 폐열도 이용할

수 있는 소각처리에 대한 관심이 증대되면서 대형 도시 폐기물 소각로의 설치가 증가하고 있다. 국내에 설치 가동중인 대형 도시 폐기물 소각로의 경우 선진외국기술이 그대로 도입되어져 국내 폐기물 소각에는 적합하지 않다. 대부분 국내의 연구는 50 ton/일 용량에 파일럿 플랜트의 연소특성을 파악한 수치적, 실험적인 연구(Shin *et al.*, 1999)가 진행되었다. 하지만 국내 폐기물 성상에 맞는 대형 도시

* Corresponding author
Tel : +82-(0)62-230-7156, E-mail : ynchun@chosun.ac.kr

폐기물 소각로의 연소특성 및 최적의 운전조건을 파악할 수 있는 연구가 미흡하다.

본 연구에서는 대형 도시폐기물 소각로에 열유동을 해석할 수 있는 3차원 수치모델을 개발하여 다음과 같은 연구를 수행하였다.

첫째, 현재 광주 상무 신도심에 하루 200톤 소각 규모로 설치 가동중인 소각로와 동일한 운전조건을 적용하여 개발된 모델을 검증하고 연소특성과 연소 가스 배출특성을 파악하였다.

둘째, 소각시 연소와 저공해 특성에 영향을 주는 주요 변수에 대한 연구를 수행하여 운전 최적조건을 제시하였다.

2. 연구 및 방법

2.1 소각로 연소실 구성

본 연구에서는 상무 소각로를 그림 1에서 보는 것처럼 실제와 동일한 크기로하여 수치해석적 연구를 수행하였다. 상무 소각로는 소각로의 형상 분류 중 역류식의 형상을 하고 있으며 연소용 공기는 1차 공기와 노벽냉각공기(이하 노벽공기), 2차 공기, 그리고 오수분무노즐에서 분사되는 공기로 구분하고 있다. 현재 운전중에는 2차 공기와 오수분무는 노내의 평균온도가 950°C 이상으로 올라가면 로 냉각의 개념에서 간헐적으로 분사되고 있어 본 연구에서는 2차공기와 오수분무의 영향을 배제시켰다.

또한 그림 1에서는 기준운전조건과 변수별 연구들에 화격자 방향(P/LG)과 화격자에서 2차 연소실 출구방향(Y/DH)으로의 데이터를 서로 정량적으로 비교하기 위하여 무차원화하여 표준화(normalization)하였다. LG는 화격자의 길이, P는 화격자 0점에서부터 데이터 측정점까지의 거리, T는 폐기물이 화격자로 공급되는 주입부의 높이, Y는 화격자로부터 연소실 출구까지의 거리축, DH는 2차 연소실에 입구의 수리학적 직경(hydraulic diameter)을 나타낸 것이다.

2.2 수치해석 모델 및 방법

2.2.1 수치해석 모델

연소모델은 2단계 3가지 반응(two-step three

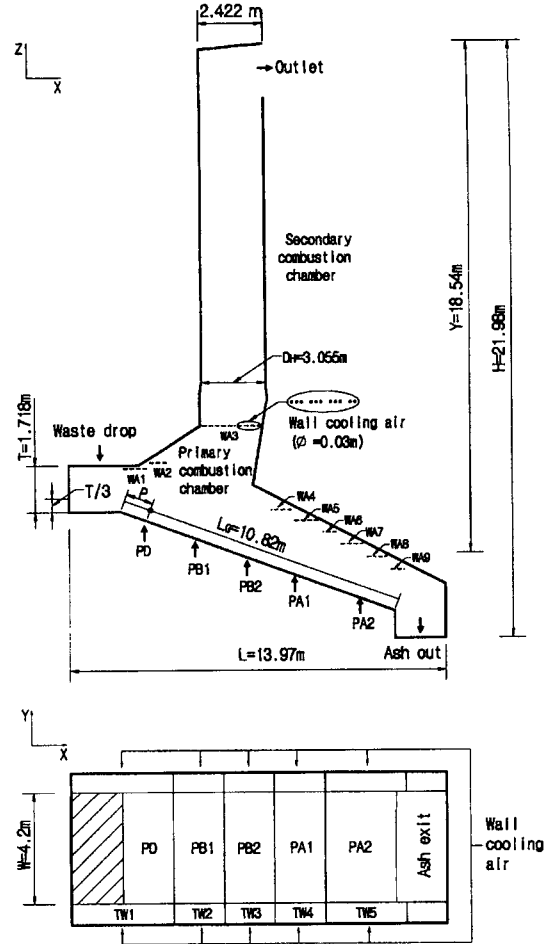
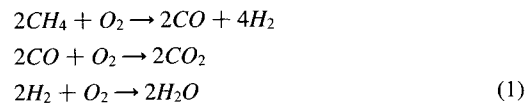


Fig. 1. Schematic diagram of combustion chamber.

reaction)으로 이루어진 유한반응모델(finite-rate chemistry model)인 ESCRS(extended simple chemically-reacting system)를 사용하였다. 연료(CH₄)와 중간생성물(CO, H₂)의 연소반응은 아래식(1)과 같다.



각각의 반응율(w_i)은 Magnussen and Hjertager(1976)가 제안한 반응모델을 이용하였으며 식(2)에서처럼 화학반응속도와 혼합속도를 고려하였다.

Table 1. Expression of Γ_ϕ and S_ϕ for enthalpy and species mass fraction.

ϕ	Γ_ϕ	S_ϕ
m_{CH_4}	$\frac{\mu_{eff}}{\sigma_{CH_4}}$	w_{CH_4}
m_{CO}	$\frac{\mu_{eff}}{\sigma_{CO}}$	w_{CO}
m_{H_2}	$\frac{\mu_{eff}}{\sigma_{H_2}}$	w_{H_2}
h	$\frac{\mu_{eff}}{\sigma_h}$	$(m_{CH_4}H_{CH_4} + m_{CO}H_{CO} + m_{H_2}H_{H_2}) - S_{rad}$

Constant in combustion models
 $\sigma_{CH_4} = \sigma_{CO} = \sigma_{H_2} = \sigma_h = 0.9$

$$w_i = \text{minimum of } \left| \rho A m_i \frac{\epsilon}{k}, \rho A \frac{m_{ox}}{s} \frac{\epsilon}{k}, \rho A' \frac{m_{pr}}{1+s} \frac{\epsilon}{k} \right| \quad (2)$$

여기서, ρ 는 시간평균 밀도, s 는 연료의 단위 질량 당 화학양론적인 산화제의 요구량, m_i 는 각각 CH_4 , CO , H_2 의 질량분율, m_{ox} 는 산화제의 질량분율, m_{pr} 은 생성물의 질량분율, A 와 A' 는 Lockwood *et al.* (1978)이 제시한 경험상수로 4.0이다. 화학종의 비열, 밀도, 온도는 CHEMKIN (Kee and Jefferson, 1981)의 열역학 데이터를 이용하여 계산하였다.

표 1은 ESCRS 연소모델을 사용하여 일반지배방정식 (5)을 계산할 경우 각각 변수들을 나타내었다. 평형 난류연소모델에서 Γ_ϕ 와 S_ϕ 는 각각 ϕ 에 대한 확산계수와 생성항이며 σ 는 Schmidt수이다.

본 연구에서 사용한 Radiosity 복사모델은 Spalding (1994)에 의해 제안되어진 것으로 P-1 구조화 근사법 (P-1 spherical-harmonics approximation)에서 복사강도 (radiation intensity)가 RTEs (radiative transfer equations) (Viskanta and Menguc, 1987)에 사용된 것과 같다. 소각시 발생하는 연소 생성물 중 CO_2 , H_2O 는 강한 흡수 (absorber) 및 방사체 (emitter)이지만 산란복사 (scatter radiation)는 거의 없다. 또한 N_2 , O_2 , H_2 는 흡수가 거의 없이 복사열전달이 이루어진다.

복사유속 (R)은 복사지배방정식 (3)에서 구한다.

$$\frac{\partial}{\partial x_i} \left[\frac{4}{3} (a+s) \frac{\partial R}{\partial x_i} \right] + 4a(E-R) = 0 \quad (3)$$

흡수계수 (absorption coefficient; a)와 산란계수 (scattering coefficient; s)는 1.45 m^{-1} 와 0 m^{-1} 를 적용하였고, E 는 흑체방사력 (black-body emissive power)이다.

난류유동은 연소로의 수치모사를 위하여 $k-\epsilon$ 모델을 사용하였고, 난류 전달력은 Boussinesq가정에 의하여 에디 또는 난류점성계수 (μ_t)와 평균속도 구배의 곱으로 표시되며, 난류점성계수 (μ_t)는 Prandtl-Kolmogorov 관계식으로부터 산출된다.

벽 근처에서 유체 흐름의 형태가 층류저층 (viscous sublayer)이 형성되기 때문에 벽함수 (Launder and Spalding, 1972)를 이용하여 난류점성계수를 새로이 정의하였다.

국부체류시간 (local residence time)은 계산영역 내의 임의의 점에서 계산이 필요한데 주입된 유체가 그 점에 도달하여 얻어진 시간이다. 국부체류시간은 일반 지배방정식 (5)의 종속변수 ϕ 를 체류시간 t 로 하고, 생성항 S_ϕ 는 식 (4)와 같이하여 계산한다.

$$S_\phi = \Delta t \sum_j \dot{m}_{inj} = \frac{\rho Vol}{\sum_j \dot{m}_{inj}} \sum_j \dot{m}_{inj} = \rho Vol \quad (4)$$

여기서, Vol 은 셀의 체적, \dot{m}_{inj} 는 j 면을 통하여 셀에 유입되는 질량 유량, \sum 는 모든 면에서 합을 의미한다.

2.2.2 수치해석방법

질량, 운동량, 에너지, 난류 에너지, 복사 열유속, 화학종 농도는 2차 편미분 지배방정식의 다음 식 (5)와 같이 일반화 된다.

$$\frac{\partial}{\partial x_j} (\rho u_j \phi) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\Gamma_\phi \frac{\partial \phi}{\partial x_j} \right) + S_\phi \quad (5)$$

위 식에서 ϕ 는 일반적인 종속변수로서 속도성분 (u, v, w), 압력 (p), 엔탈피 (h), 화학종의 질량분율 ($m_{CH_4}, m_{O_2}, m_{CO_2}, m_{H_2O}, m_{CO}, m_{H_2}$) 및 난류 에너지 (k, ϵ), 온도 (T), 복사열유속 (R), 체류시간 (t)이다.

일반적인 2차 편미분 지배방정식의 해를 얻기 위해서 검사 체적에 기초한 유한차분법과 대류항의 선형화를 위해 power law scheme을 이용하여 이산화방정식 (discretization equation)을 유도하였다. 수치해석은 Patanker (1980)방법을 사용하였으며 차분화된 운동방정식으로 셀 압력 (cell pressure) decoupling을 없애기 위하여 엇갈린 격자망 (staggered grid

arrangement)을 사용하였다. 각 검사체적에 대한 이산화 방정식은 Line-by-line TDMA (TriDiagonal Matrix Algorithm) 알고리즘에 의해 해를 구하였으며, Navier-Stokes 운동방정식에서 나타나는 압력과 속도의 연계를 빠른 수렴을 위하여 SIMPLE (Semi Implicit Methods for Pressure Linked Equation) 알고리즘에서 변형된 SIMPLEST 알고리즘 (Semi Implicit Method for Pressure-Linked Equations Shortened)을 사용하였다.

본 연구에서는 그림 2에 나타낸 것처럼 최적의 계산격자를 형성하고자 BFC (body fitted coordinate) 좌표계를 적용하였고, 소각로 폭 (y축 방향)은 축대

칭을 이루고 있어 계산시간의 절약을 위해 절반의 형상으로 수치해석을 행하였다.

2.2.3 입구 경계조건

본 연구에서 주입 폐기물은 매우 빠르게 탈휘 (devolatilization)되는 것으로 가정하고 저위발열량에 해당하는 메탄가스로 단순화하여 노내의 연소현상을 수치모사하였다. 표 2는 소각로에 주입되는 연소공기의 입구 경계조건을 나타낸 것으로 연소공기의 입구유속은 실제상태로 보정한 유속값을 이용하였고 1차 공기는 화격자의 기공률 (porosity)을 0.4로 하여 분사하였다.

2.2.4 연구변수의 선정

소각로 형상의 변화없이 소각시 연소와 저공해 특성에 영향을 주는 주요 변수로 연소상황을 조절하는데 있어 인자변경이 쉬운 운전인자를 연구변수로 선정하여 최적의 운전조건을 찾고자 표 3의 조건에 의해 수치해석적 연구를 수행하였다. Case R은 기준 운전조건으로 상무소각로의 실제 운전조건과 동일하고, Case 1은 1차 공기비 변화, Case 2는 1차 공기 예열온도 변화, Case 3은 화격자별 1차 공기 분배비 변화, Case 4는 주입 폐기물 성상을 변화시킨 것이다.

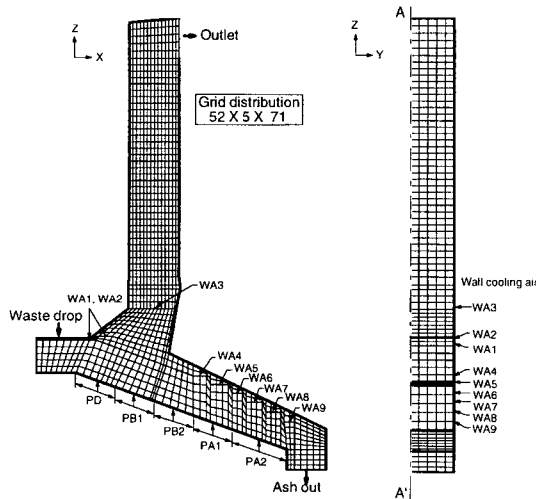


Fig. 2. Grid generation for computational analysis.

3. 결과 및 고찰

3.1 3차원 수치모델의 적용성 검증

본 연구에서는 기존에 사용된 수치모델들을 도시

Table 2. Boundary conditions of combustion air.

		Primary air ¹⁾								
Zone	Drying zone		Burning zone			After burning zone				
	PD		PB1	PB2		PA1	PA2			
Injection velocity (m/s)	0.161		0.268	0.322		0.214	0.076			
		Wall cooling air ²⁾								
Zone	WA1	WA2	WA3	WA4	WA5	WA6	WA7	WA8	WA9	
Number of injection hole	12	9	27	9	12	7	11	10	7	
Injection velocity (m/s)	13.05	13.05	20.29	13.05	13.05	7.83	7.83	7.83	7.83	

¹⁾ Preheating temperature : 178.3°C, ²⁾ Preheating temperature : 200°C

Table 3. Conditions of parametric screening study.

Case	Case R	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	
Model	R	A B	C D	E F	G H	
Excess air	1.22	1.35 1.5	1.22	1.22	1.40 1.12	
Preheating temperature (°C)	178.3	178.3	35 350	178.3	178.3	
Air flowrate distribution of grate (%)	PD	15	15	15	20 15	15
	PB1	25	25	25	30 35	25
	PB2	30	30	30	30 40	30
	PA1	20	20	20	15 5	20
	PA2	10	10	10	5 5	10
LHV (kcal/kg)	1,760	1,760	1,760	1,760	1,529 1,923	

폐기물 소각로에 적용할 수 있도록 3차원 수치모델로 개발하여 실제의 적용성을 검증하기 위해 상무소각로의 기준 운전시와 동일한 조건으로 수치모사하였다. 이때 구하여진 온도를 비교인자로 실제 가동중인 상무소각로에 실측치의 온도와 비교하였으며 온도는 열전달, 화학반응, 난류유동이 연계된 에너지 방정식의 엔탈피에 의해 계산된다.

그림 3은 기준운전시에 일일 시간대별 노내 실측치 온도와 수치해석에서 얻어진 온도를 비교하여 나타내었다. 실측에 의한 노내 온도는 주입폐기물의 성상 및 노내 연소상황의 연속적인 변화로 최저 903°C에서 최고 952°C의 온도변동을 보이며 평균 온도는 928°C이다. 수치해석에서 얻어진 온도는 940°C로서 평균온도와 약 1.3%의 오차를 보이고 있지만 노내온도의 변동폭내에 존재하므로 본 연구에서 개발한 3차원 수치모델이 실제에 적용성이 있음을 확인하였다.

3.2 기준 운전시 연소 및 배출특성

실제 소각로의 형상 및 크기, 운전조건을 동일하게 수치모사를 수행하여 노내의 연소특성과 연소가스의 배출특성을 파악하고자 상무소각로의 폭발향 중심(그림 2의 A-A'단면)에 테이타를 해석하였다.

3.2.1 유동특성과 온도분포

그림 4는 연소실에 유동장, 온도, 복사열유속을 나타낸 것이다.

그림 4(a)는 연소실의 속도벡터를 나타낸 것으로

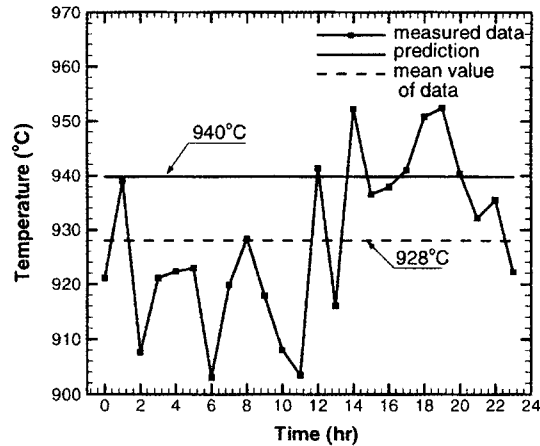


Fig. 3. Comparison of measured data and prediction in secondary combustion chamber.

건조영역과 후연소영역에서 발생한 연소가스들이 화격자 상부에서 분사되는 노벽공기의 영향으로 주연소영역 상부에서 흐름이 서로 강하게 부딪쳐서 주유동이 서로 상쇄되므로 2차 연소실에 고른 유동분포를 이루고 있다. 따라서 2차 연소실에 재순환영역에 의한 dead zone이 형성되지 않아 연소실 체적의 감소가 없으므로 미연가스들이 2차 연소실에서 완전 연소될 수 있는 충분한 시간적인 여유를 가질 수 있어 오염물질의 생성이 감소된다.

그림 4(b)는 연소실의 국부적 체류시간을 나타낸 것으로 2차 연소실은 10초 안팎의 긴 국부적 체류시간을 보이고 있는데 1차 과잉공기비가 낮게 운전되기 때문이다. 그리고 상무소각로의 2차 연소실의 노내 체류시간(bulk residence time)은 4.76초로서 국내 폐기물 관리법상의 우수연소 방안(환경부, 1998)인 2차 연소실 체류시간 2초 이상을 만족하고 있다.

그림 4(c)는 연소실의 온도분포를 나타낸 것으로 주연소영역의 상부에서 1,100°C 이상의 고온영역이 형성되는 것은 주연소영역에서 분사되는 가연성가스와 건조영역과 후연소영역의 미연가스들이 연소공기가 충분한 주연소영역부에서 연소가 되기 때문이다. 2차 연소실 출구에서 배출되는 배기가스의 온도는 880°C로서 국내 폐기물 관리법상의 우수연소 방안(환경부, 1998)으로서 2차 연소실 출구 배출가스 온도 850°C 이상을 만족하고 있다.

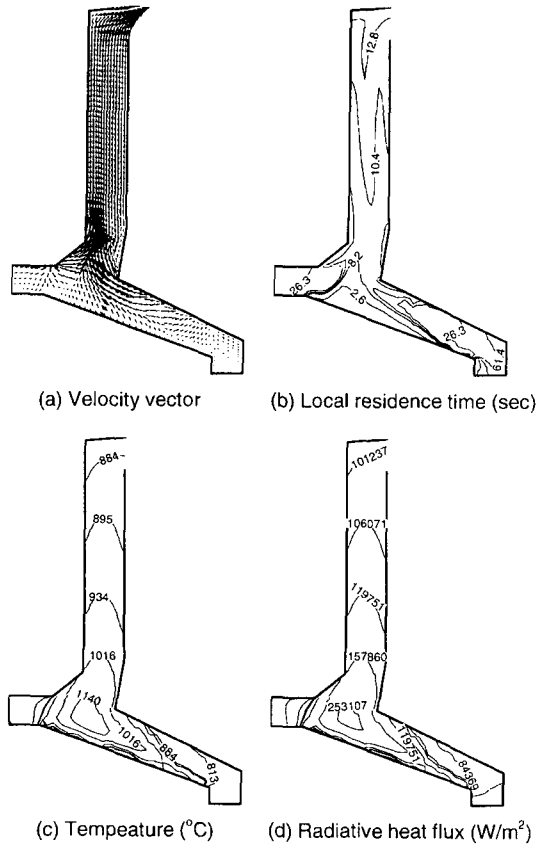


Fig. 4. Fluid field, temperature and radiative heat flux in combustion chamber.

그림 4(d)는 복사 열플럭스를 나타낸 것으로 연소 생성물중 강한 방사체인 CO₂가 최대농도(Fig. 5 참조)를 보이는 주연소영역 상부에서 최대값을 가지며 2차 연소실 출구부로 갈수록 점차 감소한다. 1차 연소실은 주화염대에서 건조영역과 후연소영역으로 복사열전달이 지속적으로 이루어져 고온을 유지시키고 있다.

3. 2. 2 노내 화학종 농도분포

그림 5는 연소실내의 화학종의 농도분포를 나타낸 것이다.

그림 5(a, b)는 메탄가스와 산소의 농도분포를 나타낸 것으로 화격자면에서 높은 농도를 보이다가 주연소영역 상부의 주화염대에서 농도가 급격히 감소하며 2차 연소실 출구로 배출되는 과잉산소 농도

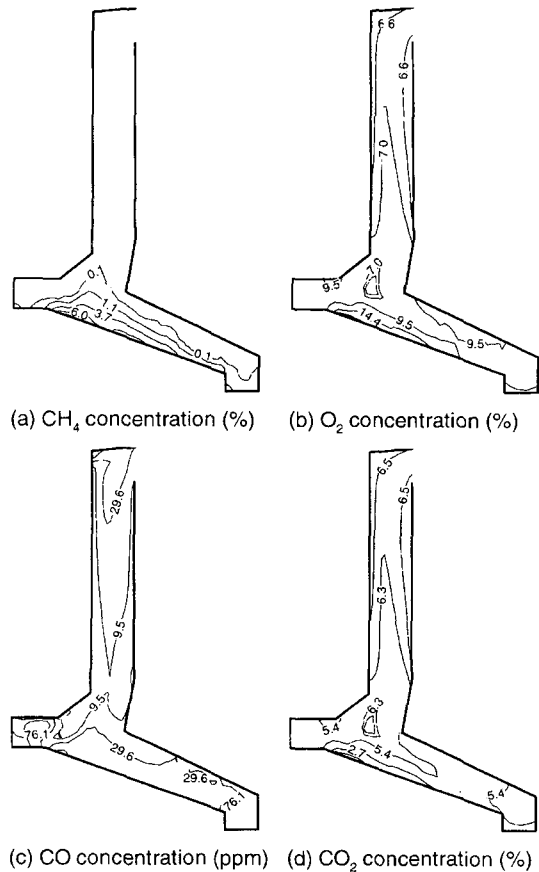


Fig. 5. Concentrations of chemical species in combustion chamber.

는 6.6%를 나타내고 있다.

그림 5(c)는 일산화탄소의 농도분포를 나타낸 것으로 연소모델의 중간단계 반응에서 생성되는 일산화탄소는 화격자면 상부에서 농도가 높게 나타나고 있지만 주화염대에서 일산화탄소는 2차 연소되면서 농도가 급격히 감소하고 있다. 하지만 1차 연소실에서 충분히 산화반응하지 못하여 생성된 일산화탄소는 2차 연소실 중심부로 유입되고 있어 2차 연소실 출구부에서 농도가 높게 나타나고 있다.

그림 5(d)는 이산화탄소의 농도분포를 나타낸 것으로 주연소영역 상부의 주화염대에서 농도가 급격히 증가하는 것을 알 수 있는데 이는 화격자면 상부에서 생성된 중간 생성물인 일산화탄소가 1차 공기가 충분한 주화염대에서 활발하게 연소반응이 진

행되기 때문이다.

3.3 운전조건의 변화에 따른 연소특성

3.3.1 1차 공기비 변화

그림 6은 1차 공기비 변화에 따른 화격자에서 2차 연소실 출구방향으로의 연소특성을 비교하여 나타낸 것이다.

그림 6(a)에서 보면 1차 연소실 출구부 ($Y/D_H = 1.25$)까지는 노벽공기에 의한 강한 난류로 가연성분과 연소공기간에 충분한 혼합이 이루어짐으로 1차 공기에 의한 냉각효과가 약한 Model R이 가장 높은 온도를 보이고 있다. 하지만 1차 연소실출구부 이후로는 고른 유동으로 난류에 의한 혼합효과가 약해져 1차 공기비가 큰 Model B가 높은 온도를 보이고 있다.

그림 6(b)에 Model A, B는 1차 연소실에서 발생한 일산화탄소가 주화염대의 충분한 연소공기하에서 2차 연소되므로 일산화탄소의 농도가 급격히 감소하고 있지만 1차 공기비가 높은 Model B의 경우는 1차 공기에 의한 1차 연소실의 냉각효과가 크므로 연소성이 저하되어 Model A보다 일산화탄소가 높게 발생된다. 따라서 1차 공기비 $m=1.35$ 일 때가 가장 안정된 연소가 진행되어 불완전 연소생성물의 발생이 최소화된다.

3.3.2 1차 공기 예열온도 변화

그림 7은 1차 공기 예열온도 변화에 따른 연소특성을 비교하여 나타낸 것이다.

그림 7(a)에서 보는 것처럼 1차 공기의 예열온도를 증가시킴에 따라 유입되는 1차 공기의 엔탈피가 증가되기 때문에 연소실의 온도는 상승함을 확인할 수 있다. 따라서 1차 공기의 주입온도를 증가시킬수록 연소성은 향상되지만 1차 공기의 온도를 증가시키기 위한 예열비용의 문제가 있고 연소실의 고온화로 인한 Thermal NOx의 생성이 증가된다. 그러므로 1차 공기의 예열온도는 기준 운전조건인 178.3 °C가 적절한 예열온도임을 확인하였다. 1차 공기의 예열온도를 변화시켜줌으로써 국내 폐기물처럼 수분을 다량함유한 폐기물의 연소시간을 조절할 수 있다.

그림 7(b)는 예열온도가 가장 높은 Model D의 산소에 농도가 가장 높게 나타나고 있는데 이는 주입 공기의 열팽창으로 화격자면에서 분사유속이 빨라져 주화염대가 측정점의 위에서 형성되고 있기 때문에 산소농도가 높게 나타나고 있다.

3.3.3 1차 공기의 화격자별 분배비 변화

그림 8은 1차 공기 화격자별 분배비 변화에 따른 연소특성을 비교하여 나타낸 것이다.

그림 8(a)에 화격자 상부의 온도분포를 보면 Model E는 1차 공기량을 건조영역 ($PD=20\%$)과 주

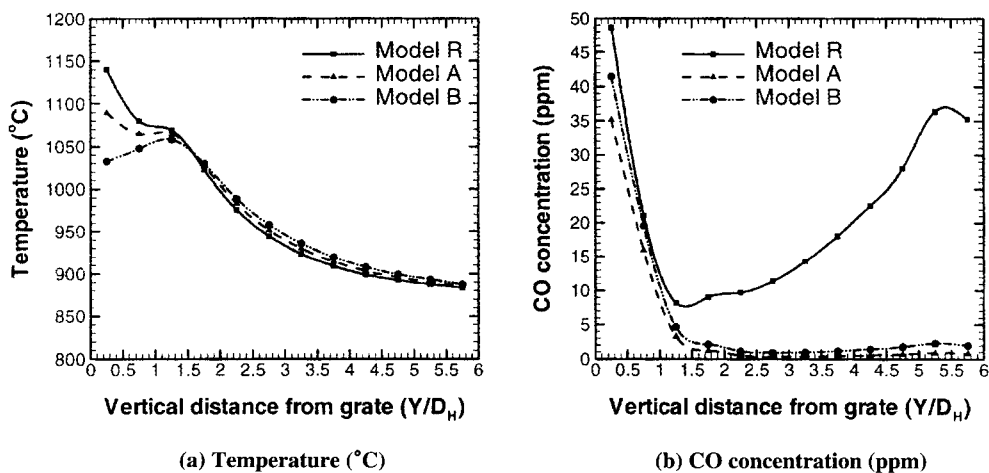


Fig. 6. Comparison of calculation results along the vertical centerline at Case R and Case 1.

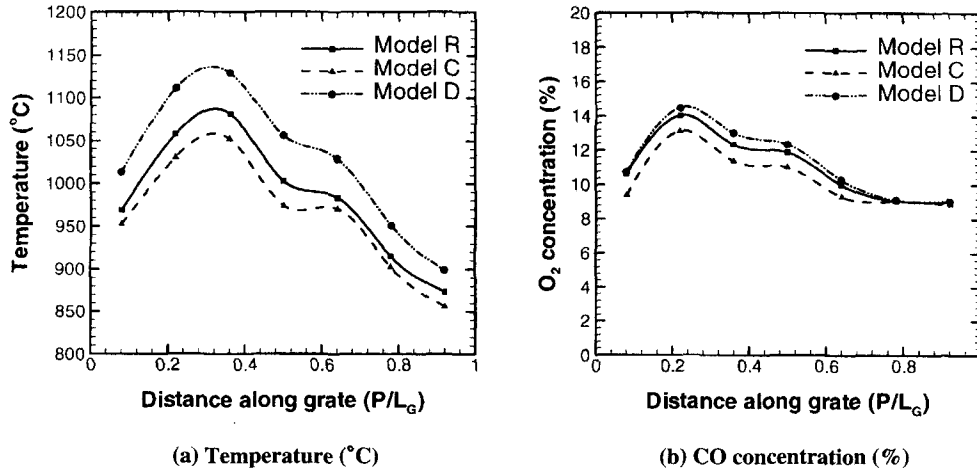


Fig. 7. Comparison of calculation results on grate Case R and Case 2.

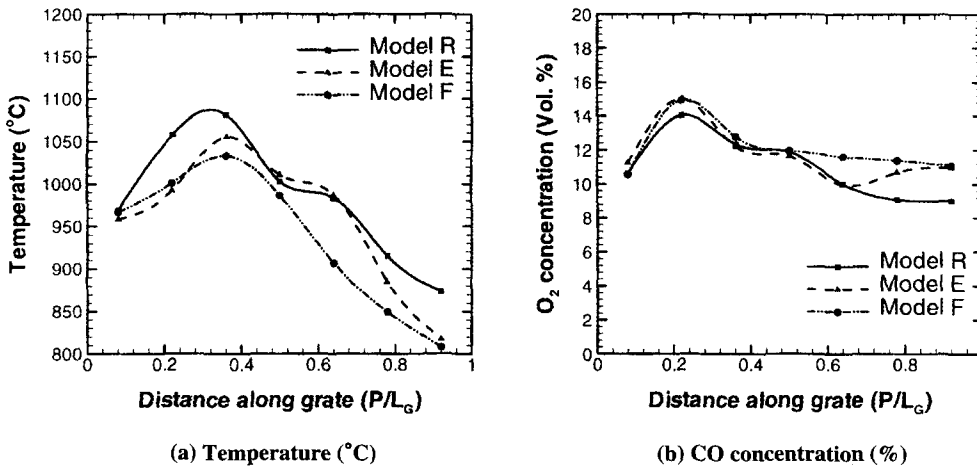


Fig. 8. Comparison of calculation results on grate at Case R and Case 3.

연소영역 상단(PB1=30%)에 늘려주어 폐기물의 건조와 열분해가 촉진되며 연소시기가 앞당겨진다. Model F는 주연소영역(PB1=35%, PB2=40%)에 1차 공기를 집중하여 줌으로 주연소영역에 충분한 연소공기가 공급되므로 주입 폐기물의 연소완료가 빨라지고 건조영역과 후연소영역에서 발생한 미연 가스가 주화염대에서 2차 연소가 극대화되어 완전 연소가 이루어진다.

그림 8(b)는 화격자 상부에서의 산소의 농도로서 주연소영역에 1차 공기를 집중시킨 Model F의 경

우는 주연소영역에서 연소가 완료되므로 후연소영역의 산소농도가 대체적으로 균일한 분포를 보이고 있다. 따라서 상무소각로는 Model F와 같이 주연소영역에 1차 공기의 주입량을 늘림으로써 연소성이 향상된다.

3.3.4 주입 폐기물 성상 변화

그림 9는 주입 폐기물 성상 변화에 따른 연소특성을 비교하여 나타낸 것이다.

그림 9(a)를 보면 Model H는 고발열량으로 1차

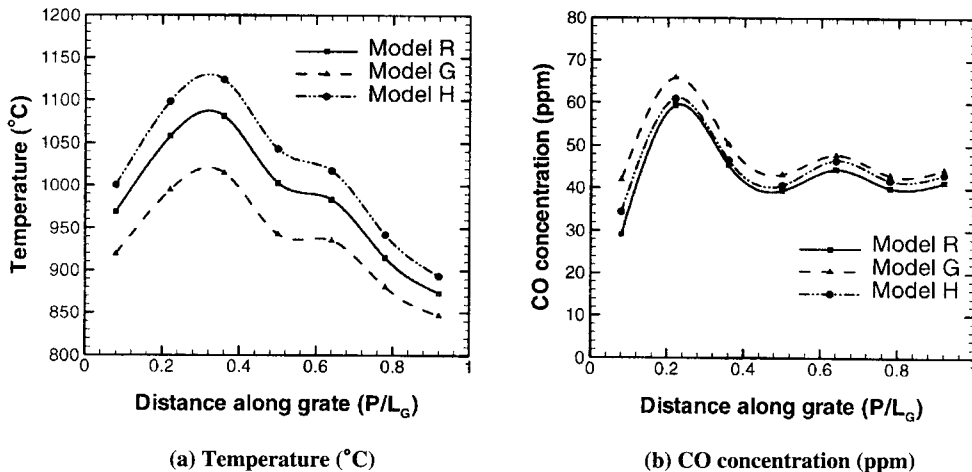


Fig. 9. Comparison of calculation results on grate at Case R and Case 4.

연소실에서는 1차 공기와의 혼합이 충분한 상태이므로 발열량이 높아질수록 연소시기가 빨라지고 주화염대가 화격자 앞쪽에서 일어나며 1차 연소실에 온도는 높게 유지된다. Model G는 저발열량의 주입 폐기물로서 1차 공기가 과도하게 주입되므로 주입된 연소공기에 의해 연소실이 냉각되어 연소성이 저하된다.

그림 9(b)의 일산화탄소의 농도는 변수들간에 큰 차이는 없지만 Model R이 낮은 농도분포를 보이고 있고 Model G와 Model H는 발열량에 비례한 적절한 1차 공기의 주입이 되지 못해 일산화탄소의 농도가 높게 나타나고 있다. 위의 결과 주입 폐기물은 기준 운전시에 주입되는 폐기물이 가장 적당하고 Model G는 1차 공기량을 줄여야하며 Model H는 1차 공기량을 늘려야한다.

4. 결 론

대형 도시폐기물 소각로의 열유동을 파악할 수 있는 3차원 수치모델을 개발하여 기준운전시와 동일하게 수치해석함으로써 얻어진 온도가 실측치의 온도 변동폭내에 존재하므로 본 모델의 적용성을 입증하였다.

기준운전시에 저온의 연소가스는 주화염대에서 2차 연소가 일어나므로 불완전 연소생성물의 농도가

낮아지고 2차 연소실로 유입되는 유동이 고르게 분포하여 2차 연소실에 불필요한 재순환영역이 생성되지 않으므로 미연가스가 완전연소될 수 있는 충분한 체류시간이 유지된다.

최적의 운전조건을 제시하고자 기준 운전조건과 운전조건의 변화에 따른 연소특성을 파악하여 비교한 결과이다.

첫째, 1차 공기비 $m=1.35$ 일때가 1차 공기에 의한 연소실의 냉각효과가 낮고 충분한 연소 공기로 안정된 연소가 진행되어 불완전 연소생성물의 발생이 낮다.

둘째, 1차 공기 예열온도는 기준 운전조건인 178.3°C가 적절한 예열온도임을 확인하였다.

셋째, 주연소영역 (PB1 = 35%, PB2 = 40%)에 1차 공기를 집중함으로 연소완료가 빨라지고 1차 연소실에서 발생한 미연가스는 주화염대에서 2차 연소가 극대화된다.

넷째, 기준 운전시의 연소공기량에는 Model R에서 주입된 폐기물의 소각이 적정하다.

감사의 글

본 연구는 2000년도 조선대학교 학술연구비 지원에 의하여 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- 환경부 (1998) 생활폐기물 소각시설 설치에 따른 기술지침.
- Kee, R.J. and T.H. Jefferson (1981) A general purpose, problem independent, transportable, Fortran Chemical Kinetics Code Package, Sandia National Laboratories Report SAND80-8003.
- Launder, B.W. and D.B. Spalding (1972) *Mathematical Models of Turbulence*, Academic Press, New York.
- Lockwood, F.C., A.P. Salooja, and S.A. Syed (1978) A Prediction method for coal-gurnaces, combustion and Flame, 38, 1-15.
- Magnussen, B.F. and H. Hjertager (1976) On mathematical modeling of turbulent combustion with special emphasis on soot formation and combustion, 16th Symp. (Int.) on Combustion, The Combustion Institute, Pittsburgh, 719-729.
- Patanker, S.V. (1980) *Numerical Heat Transfer and Fluid Flow*, Hemisphere Publishing Corporation, New York.
- Shin, D., J.H. Choi, V. Nasserzadeh, S. Choi, and J. Swithenbank (1999) Experimental measurements and computational modelling of a pilot scale incinerator, J. of the Institute of Energy, 72, 56-63.
- Spalding, D.S. (1994) Proposal for a diffusional radiation model, Unpublished Technical Memorandum, CHAM, London.
- Viskanta, R. and M.P. Menguc (1987) Radiation heat transfer in combustion system, Prog. Energy Combust. Sci., 13, 127.