

DA2) 열유동 해석을 통한 도시폐기물 소각로 저공해 연소 특성 Combustion characteristics for low emission of municipal waste incinerator with thermal flow simulation

전영남 · 송형운¹⁾

조선대학교 환경공학부, ¹⁾조선대학교 환경공학부 대학원

1. 서론

폐기물 소각로는 주입 폐기물의 성상이 균일하지 못하므로 폐기물의 불완전 연소에 의한 유해중간 생성물들이 생성되므로 논란이 되어왔다. 이를 제어하기 위해서는 공기량, 공기 주입방법, 공기 예열 온도등에 운전조건들의 선정이 매우 중요하다. 이를 위해 진행되어온 연구는 크게 실험적 방법과 수치해석적 방법의 두 범주로 나뉘어진다. 이에 본 연구에서는 수치해석적 방법으로 광주 상무신도심에 설치 가동중인 200톤/일 용량의 소각로내의 열유동 현상을 해석하기 위하여 고체 폐기물이 매우 빠르게 탈휘(devolatilization)되는 것으로 가정, 메탄가스로 단순화(Chen *et al*, 1999)하였다. 메탄가스와 산소의 연소는 메탄과 중간생성물인 H₂와 CO의 연소반응으로 2단계(two-step reaction) 3가지 반응으로 이루어진 연소모델을 적용하여 소각로내의 열유동을 해석한다. 그리고 온도를 연소성능 비교인자로 하여 실제 온도와 비교함으로써 연소모델의 적용성을 검증하고 상무소각로의 연소특성을 파악하여 저공해 운전조건을 제시하고자 한다.

2. 수치해석

일반적인 2차 편미분 지배방정식의 해를 얻기 위해서 검사 체적에 기초한 유한차분법(control volume based finite difference method)과 power law scheme을 이용하여 이산화방정식(discretization equation)을 유도하였다. 본 논문에서 사용한 수치해석은 Patanker(1980)방법을 사용하였으며 차분화된 운동방정식으로 셀 압력의 decoupling을 없애기 위하여 엇갈린 격자망(staggered grid arrangement)을 사용하였다. 최적의 계산격자를 형성하여 계산영역에 따른 수치계산시 오차를 줄이기 위하여 BFC(body-fitted coordinate)를 적용하며, 모든 가스의 성질들(properties)은 CHEMKIN 열역학 데이터를 이용하였다. 그림 1에서 보는 것처럼 수치해석을 수행한 격자수는 52 × 5 × 71이며, 소각로 폭(y축방향)은 축대칭을 이루고 있어 계산시간의 절약을 위해 절반으로 수치해석을 행하였다. 표 1에서는 주입 경계조건에 대해 나타내었다.

3. 결과 및 고찰

그림 2(a)에서 보는 것처럼 건조·후연소영역 상부벽에서 예열되어 분사된 노벽공기가 중심부에서 강한 하향 흐름이 형성되어 주입 폐기물 깊숙히 침투하므로 건조영역의 주입폐기물은 건조·열분해가 빠르게 진행되고 후연소영역의 미연된 성분들은 공기와 혼합이 증대된다. 건조·후연소영역에서 발생한 미연가스는 고온의 주연소영역을 지나므로 연소효율이 향상된다. 그림 2(b)에 노내의 온도분포를 보면 화염이 건조영역 중반부로부터 주연소영역대에 형성되어 있고 여기에서 복사가 가장 강하게 일어나고 있다. 2차 연소실이 고온 온도분포를 보이는 것은 1차 연소실 출구부에 위치한 노벽공기에 의해 좌측으로 치우친 주유동을 고르게 분포되도록 하고 미연성분에 예열된 연소공기를 주입하여 혼합시키므로 안정된 연소가 일어나기 때문이다.

그림 3에서 CH₄은 각 화격자에 서로 다른 비율로 주입을 하였으며 1차 연소실 출구부에서 거의 완전연소가 되고 있다. O₂농도는 1차 연소실 출구부에서 급격히 감소하는 것을 볼 수 있는데 후연소영역의 미연성분과 예열된 공기가 고온의 주연소영역을 지나면서 연소반응이 활발하게 진행되기 때문이다. CO농도는 유동이 약한 폐기물주입부와 호퍼부에서 고농도를 보이고 있는데 이는 일차 연소반응으로 생성된 CO가 이 정체영역에 축적되기 때문이다. 반응생성물인 CO₂는 연소반응이 가장 활발한 1차 연소실 출구부에서 발생률이 가장 높고 O₂의 소비율과 화학양론적으로 일치하는 것을 알 수 있다.

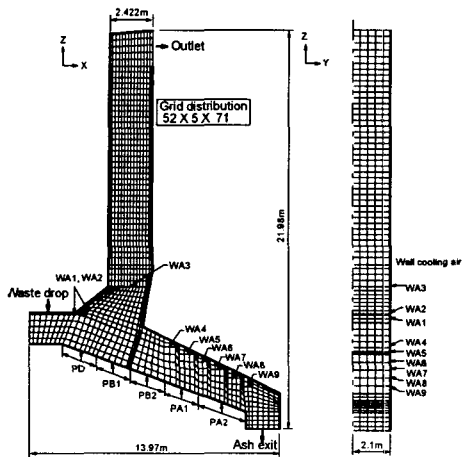


Table 1. Inlet boundary of sangmoo incinerator

Primary air									
Grate	Drying zone (PD)	Burning zone (PB)		After burning zone (PA)					
	PD	PB1	PB2	PA1	PA2				
Velocity(m/s)	0.161	0.268	0.322	0.215	0.076				
Wall cooling air									
WA	WA1	WA2	WA3	WA4	WA5	WA6	WA7	WA8	WA9
Velocity(m/s)	13.05	13.05	20.09	13.05	13.05	7.83	7.83	7.83	7.83

Fig. 1. Numerical grid generation of sangmoo incinerator.

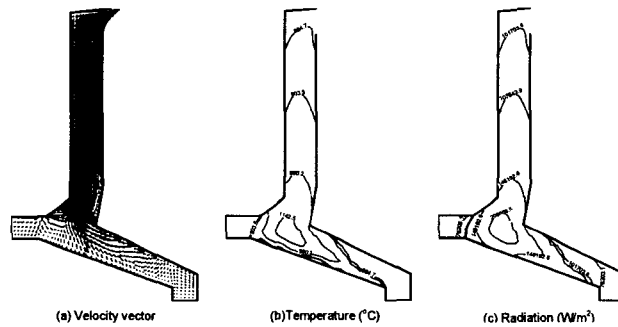


Fig. 2. Velocity field, temperature and radiation contour plots in the combustion chamber center.

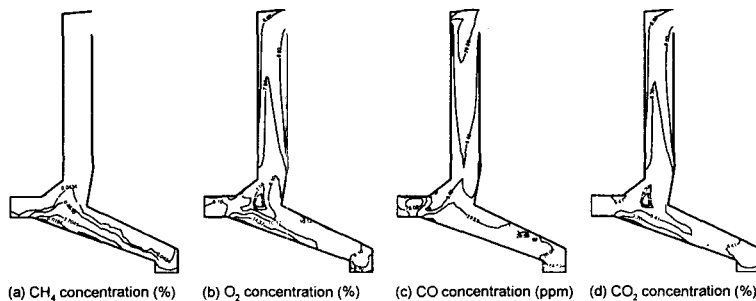


Fig. 3. Concentration contour plots in the combustion chamber center.

참고문헌

- Chen, K.S, Tsai, Y.J., and Lou, J.C.,(1999) Three-Dimensional Combustion Modeling in Municipal Solid-Waste Incinerator, J. of Environmental Engineering, Vol. 125, No.2.
- Patanker, S.V.(1980), Numerical Heat Transfer and Fluid Flow, Hemisphere Publishing Corp. New York