

도시고형폐기물 소각시설 단위장치 대기오염물질 거동특성 및 주변환경에 미치는 영향분석

동종인 · 서정호*

서울시립대학교 환경공학부 · *GS건설

Air Pollutant Behavior at Unit Processes of a MSW Incinerator and its Environmental Impact Analysis

Jong-In Dong · Jeongho Seo*

Faculty of Environmental Engineering, University of Seoul · *GS Engineering & Construction

1. 서론

소각처리율이 점차로 증가함에 따라 소각 시 배출되는 다이옥신류에 대한 사회적인 관심이 급속히 증대되고 처리문제 또한 중요한 이슈가 되고 있다. 다이옥신은 인류 활동과 관련하여 생성되는 물질중 가장 독성이 큰 물질 중의 하나로서, 염소계 탄소나 다른 물질들의 소각에 의해 자연계에 많이 존재하고 있다.¹⁾ 다이옥신은 도시고형폐기물을 포함한 다양한 소각공정에 의해 대기로 배출되고, 대류에 의해 주변환경으로 전파된다.²⁾ 또한 다이옥신은 수중 물고기, 육상동물과 같은 먹이사슬중 최종개체들에서 발견된다.³⁾ 대기는 PCDDs/Fs를 육상 또는 수중 생태계로 전달시키는 중요한 경로이다. 특히, 물고기, 우유, 채소와 같은 음식물로의 전달은 중요한 건강상의 문제를 야기시킨다.⁴⁾ 명확한 다이옥신류 생성메카니즘은 아직까지 완성되지 않았으나 이들 연구들을 통해 현재까지 알려진 다이옥신류 생성메카니즘은 크게 3가지로 요약되는데, 첫째 폐기물에 함유된 다이옥신이 열분해되지 않고 배출되거나, 둘째 염화페놀, 염화벤젠, 폴리염화비페닐 등 염소계 전구물질이 소각로에서 반응하여 다이옥신류가 생성되거나, 셋째 리그닌, 폴리염화비닐 및 폴리프로필렌 등이 무기염소, 염화수소 및 염소 등의 염소공여체와 복잡한 열화학적반응을 거쳐 생성되는 것으로 알려져 있다.⁵⁻⁷⁾ 다이옥신을 저감하기 위해서는 소각로내에서 폐기물의 완전연소를 도모하여 소각대상물질의 분해를 최대화하고 오염물질의 발생을 최소화하며 방지시설에서는 오염물질을 적절히 처리하여 그 배출을 최소화시켜야 한다. 현재로서는 다이옥신을 저감하기 위해서 주로 소각시설의 운전 최적화 및 시설개선에 중점을 두고 있으며 다이옥신 저감을 위한 여러 가지 방법들을 적용하고 있다. 그러나 국내는 소각시설이 도입

된 지 얼마 되지 않아 소각시설의 운전에서 경험이 부족하여 소각로 자체 및 후처리설비 운전에서 필수적인 인자들을 제대로 최적화하지 못하고 있는 실정이다. 이에 관련 소각시설의 운전 최적화 및 시설개선을 통해 다이옥신 저감대책을 찾고자 다각적인 노력을 하고 있다. 또한, 대기 중으로 배출된 다이옥신에 의한 인간, 동·식물에 미치는 영향을 지속적으로 조사하고 있다.

본 연구에서는 소각시설에서 배출되는 다이옥신 농도를 최소화시키기 위해 사용되는 각 방지시설의 성능 및 배출 특성을 파악하고 방지시설별 효율 및 운전조건을 조사 분석함으로써 대기오염물질, 특히 다이옥신을 중심으로 집중 분석하여 고찰하였다. 이를 위하여 소각시설의 주연소실 후단의 열교환기시설, 집진시설, 가스처리시설 등의 단위장치에 있어서 입구 및 출구의 다이옥신 농도수준, 운전상태, 일산화탄소·산소 등 연소와 관련된 인자 등을 분석하였고 이들의 상관성을 분석하여 보고자 하였다. 또한 소각시설에서 배출한 다이옥신의 대기 중 거동을 기상상태, 바람장미, 풍향 등을 고려 분석하여 대기 중 농도분포 특성을 파악하는 등 소각시설 가동에 따른 주변환경에 미치는 영향을 삼차원모델을 이용하여 조사 분석하여 고찰하였다. 따라서, 본 연구에서는 단위장치의 개선효과에 의한 장치별 개선효과, 최종 배출농도 저감 그리고 이로 인한 주변 환경개선에 미치는 영향을 종합적으로 분석해 보고자 하였다.

2. 연구내용 및 방법

2.1. 대상 시설

본 소각시설은 B시 일원에서 수거되는 주거지역 및 상가지역의 도시고형폐기물이 주 처리대상으로 300 ton/day 용량의 1기를 이용하여 생활폐기물을 소각 처리하고 그에 따른 2차 공해를 방지하여 주변환경오염을 최소화하면서

E-mail: jhseol@gconst.co.kr

Tel: 02-728-2782

Fax: 02-2210-2878

자원의 회수 및 여열을 회수하기 위한 시설이다. 대상 소각시설의 위치는 B시에 설치되어 있고 소각로 형식은 연속연소식 왕복운동식 화격자이다. 본 소각시설은 보일러 출구에서 배출되는 연소가스 내의 유해물질을 제거하기 위해 대기오염 방지시설을 설치하고 있는데 보일러 출구에서 배출된 배기가스는 조온탑(Gas cooler), 백필터(Bag filter), 선택적촉매환원장치(SCR)를 거쳐 굴뚝으로 배출된다.

2.2. 주변환경 및 기상현황

본 소각시설은 주변광역시와 경계부인 평야지대 내에 위치하고 있다. 또한, 본 소각시설 부근에는 하수처리사업소(분뇨처리장 포함)가 위치하고 있다. 본 소각시설 인근에 위치한 인천 기상대의 10년간 자료에 의한 기상현황은 다음과 같다.

이 지역의 평균 기온은 12.3℃이고 최고기온은 29.6℃(8월)이며 평균 최저기온은 -5.3℃(1월)이다. 연간강수량은 1,221.0 mm, 여름철(6~8월)강수량은 749.9 mm(61.4%)이다. 평균 풍속은 2.7 m/sec이고 최고풍속은 3.6 m/sec(3월), 최저풍속은 1.9 m/sec(9월)이다. 풍향별 풍속 및 발생빈도는 봄, 여름 SW계열(각각 10.1%, 11.1%), 가을 N계열(10.3%), 겨울 NW계열(14.7%)이 각각 우세한 것으로 나타났으며, 전년에 걸쳐 NW계열(9.1%)이 우세한 것으로 조사되었다. 연중 강우일수는 98일, 눈 20일, 안개 54일로 조사되었고, 맑은 날은 116일, 흐린 날은 86일로 조사되었다.

2.3. 시료채취 및 분석방법

방지시설별 다이옥신류 배출농도를 동시에 측정하여 소각로 및 대기오염 방지시설의 성능을 파악했고, 이후 최종배출구인 굴뚝으로 배출되는 다이옥신의 주변환경에 미치는 영향을 파악하기 위해 대기 중 다이옥신 농도와 토양 중 다이옥신 농도를 측정·분석하였다.

2.3.1. 방지시설별 다이옥신 측정 및 분석

1) 측정

본 연구에서의 다이옥신류 시료채취는 대기오염공정시험방법 제3장 제2절 제 1항, 제29항(환경부고시 제 1996-49호)에 따라 이루어졌으며, 채취된 모든 시료는 배출가스 유속과 동일한 속도로 흡인(이하 등속흡인)하였다. 이를 위해 배출가스의 유속, 온도, 압력(동압, 정압), 수분량 등을 측정하여 즉시 등속흡인 유량을 조절하였다.

2) 전처리

채취된 시료는 대기오염공정시험방법 제3장 제2절 제29항(환경부고시 제 1996-49호)에 의해 전처리하였다.

3) 분석

가스크로마토그래프/질량분석계(HRGC/HRMS)에 의한 다이옥신류의 분석은 각 동족체의 2개 이온을 선택이온검출법(SIM)으로 검출하였고, 그 선택이온의 면적비를 검사하여

그 면적비로서 다이옥신류인 것을 확인한 다음 가스크로마토그램의 피크 면적으로부터 내부표준법으로 정량하였다.

① HRGC의 조건

다이옥신 분석에 이용된 High Resolution Gas Chromatograph(HRGC)는 Fisons사의 GC 8000이며, 다이옥신 분석용 칼럼으로는 강극성 칼럼인 Fused Silica Capillary Column으로 SUPELCO 사의 SP-2331(0.32mm ID, 0.20 μm film thickness)을 사용하였다. 주입구의 온도는 260℃였으며, 시료의 주입방법은 전량주입법(Splitless injection, 60~120초)으로 행하였다. 분석 시 기본 승온조건은 Standby time으로 3분간, 120℃에서 3분간 유지, 다시 5℃/min의 속도로 260℃까지 2차 승온한다. 260℃에 도달하게 되면, 46분간 계속 그 온도를 유지시켜, 전체 Run time을 1:08분으로 맞추었다.

② HRMS의 조건

다이옥신 분석은 Fisons instrument의 VG Autospec을 이용하였다. 다이옥신 분석에 이용되는 High Resolution Mass Spectrometry(HRMS)는 일반적으로 이중수속형이고, 분해능이 10% Valley를 기준으로 10,000 이상을 달성하여야만 하는데, 본 분석에서는 이러한 조건들을 모두 충족하였다.

2.3.2. 대기 중 다이옥신 측정 및 분석

1) 개요

소각시설 운영에 따른 주변지역에 미치는 환경상 영향을 파악하기 위해서 대기 중 다이옥신을 4계절(각 계절당 6개 지점)에 걸쳐 측정하였다. 다이옥신 측정지점은 Fig. 1과 같다.



Fig. 1. Sampling sites of dioxins in ambient air near incineration plant.

2) 측정 및 분석방법

본 소각장 주변지역의 다이옥신 시료채취는 국립환경과학원이 작성한 “내분비계 장애물질측정분석방법”을 기준으로 하였으며, EPA TO9A 및 일본 후생성 다이옥신 시료채취방법을 참고하였다. 또한 시료채취 중에는 현장에서 온도, 습도, 대기압, 풍향, 풍속 등 기상측정자료를 함께 측정하였고, 측정 직후 여지와 PUF는 유리용기에서 알루미늄 호일로 빛을 차광하여 보관하였다. Table 1에 시료채취 현황을 나타내었다. 이 후 전처리 및 분석 또한 위에서 언급한 “내분비계 장애물질측정분석방법”을 기준으로 하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 방지시설별 가스농도

방지시설별 시료채취 시 측정된 O₂ 및 CO₂ 농도와 가스농도의 평균은 Table 2와 같다. O₂ 측정결과는 3.3~8.1%를 나타내고 있으며, 이는 소각시설에서 산소농도 권장치가 12%임을 감안하면 낮은 수치임을 알 수 있다. 특히 폐열보일러 후단에서 산소농도가 3.3%로 낮은 것은 좋은 연소조건이며 다이옥신 및 대기오염물질 발생을 억제할 수 있다. CO, SO₂는 아주 낮은 배출수준이었으나 NO_x는 SCR전단부까지는 다소 높은 수준이었다. 그러나 SCR 후단에서는 SCR 전단보다 88.36% 제거된 22.4 ppm으로서 매우 낮은 수준이었다. 이로 판단해 볼 때 SCR 장치의 성능은 제대로 발휘되고 있음을 알 수 있었다.

3.2. 방지시설별 다이옥신 농도측정 분석결과 및 고찰

방지시설별 다이옥신 농도측정 분석결과는 Fig. 2와 같다. 폐열보일러 후단의 농도는 4.788 ng-TEQ/Nm³이었다. 국내 9개 대형소각시설의 폐열보일러 후단의 평균농도는 5.75 ng-TEQ/Nm³ 정도지만, 쓰레기의 질적 특성이나 연소조건

등에 따라 변화의 폭은 1.18~29.61 ng-TEQ/Nm³으로 매우 크다.⁸⁾ 또한, 최종배출구인 SCR 후단의 농도는 0.03 ng-TEQ/Nm³로서 다이옥신 배출허용기준 이하의 수치를 보이고 있다. 본 실험결과 다이옥신은 각 방지시설을 통과하면서 점차적으로 저감됨을 알 수 있다. Fig. 3과 Table 3에 나타낸 이성체별 분포 패턴은 각 방지시설 모두에서 유사함을 알 수 있으나 활성탄 분사 이전(폐열보일러 후단과 백필터 전단)과 활성탄 분사 이후(백필터 후단, SCR 전·후단)를 비교해 볼 때, 활성탄 분사 후 2,3,4,7,8-PCDF는 상대적으로 감소하고, 헥사-PCDDs는 상대적으로 증가하는 특징을 보이고 있다. 이것은 활성탄에 의한 제거효과로 활성탄은 PCDDs보다는 PCDFs, 고염화물보다는 저염화물의 저감효과가 큼을 간접적으로 알 수 있었다.

Fig. 2에서 보는 바와 같이 보일러 후단에서 다이옥신 발생농도가 4.788 ng-TEQ/Nm³이며, 이는 일본의 경우 다이옥신 대책을 적용한 소각시설의 보일러 후단에서 다이옥신 발생농도는 약 5 ng-TEQ/Nm³ 정도로 알려져 있어 약간 낮게 나타남을 알 수 있다. 조온탑 후단 즉 여과집진기 전단의 다이옥신 농도가 1.865 ng-TEQ/Nm³이며, 조온탑 다이옥신 제거효율이 61.06%임을 알 수 있다. 여과집진기 후단에서 다이옥신 발생농도가 0.204 ng-TEQ/Nm³이며, 또한 이때 여과집진기 효율은 89.07%임을 알 수 있다. 여과집진기 효율 89%는 제거효율이 상대적으로 높음을 알 수 있다.

그리고 Gas/Gas heat exchanger 후단에서 다이옥신 발생농도는 0.070 ng-TEQ/Nm³이며, 이때 제거효율은 65.55%이다. 최종배출구인 굴뚝에서 다이옥신 농도는 0.031 ng-TEQ/Nm³로서 제거효율 56.41%임을 알 수 있다. 이 때 최종 배출구 다이옥신 법적규제치가 0.1 ng-TEQ/Nm³임을 감안하면 이 수치는 상당히 낮은 값이다. Fig. 3에서는 각 단위장치에서 측정 PCDDs/DFs의 이성질체 패턴을 나타내었는데 일부 이성체를 제외하고는 유사한 분포특성을 나타낼 수 있었다.

Table 1. Sampling situation of dioxins in ambient air

Season	Temperature (°C)	Wind direction	Wind speed(m/s)	Rain
Summer	30~31	SSW	1~4	N
Fall	19~21	EEN	1~6	Y (sometimes)
Winter	-3.1~0.4	NNW	3~6	N
Spring	19~24.5	SSW	1.4~4.9	N

Table 2. Concentration of oxygen, carbon dioxide and other gas at each facility

Compound	Concentration				
	Boiler outlet	BF inlet	BF outlet	SCR inlet	SCR outlet
O ₂ (%)	3.3	5.2	7.1	8.1	6.7
CO ₂ (%)	6.7	6.4	12.2	7.1	8.8
CO(ppm)	58.2	14.9	2.3	8.0	3.4
NO _x (ppm)	194.4	176.8	200.7	192.5	22.4
SO ₂ (ppm)	0.8	0.1	0.0	0.0	0.0

3.3. 대기 중 다이옥신 농도측정 분석결과 및 고찰

대기 중 다이옥신 농도측정 결과 평균농도는 Fig. 4와 같다. 대기 중 다이옥신 농도는 대체로 국내 전국 평균농도인 0.287 pg-TEQ/Nm³ 이하의 수준⁹⁾이었으나 A-1지점, A-3지

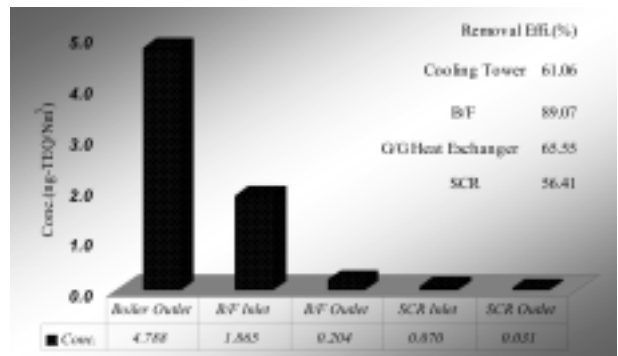


Fig. 2. Concentration of dioxins in each facility(ng-TEQ/Nm³).

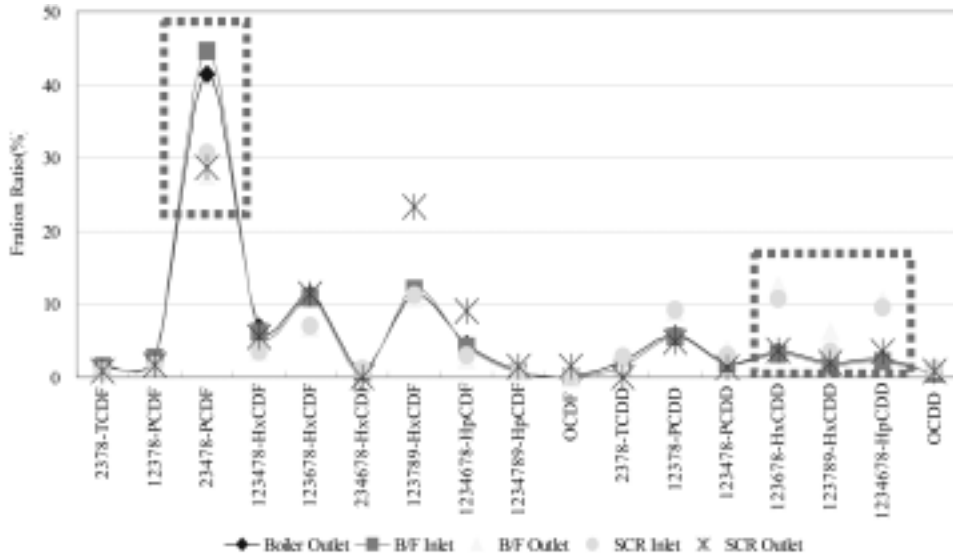


Fig. 3. Isomer patterns of dioxins in each APC facility.

점, A-6지점 중 일부가 높게 측정되었다. 그 중 소각시설에서 가장 가까운 A-1지점의 농도가 가장 높았으며 이는 이 지점이 착지농도가 가장 높은 지역내에 포함될 수 있기 때문인 것으로 사료된다. 또한, 측정당시의 주 풍향과 어느 정도 유사한 농도분포를 보이지만 반드시 일치하고 있지는 않다. 그 이유는 바람의 방향이 수시로 바뀔 수 있고 또한 주변의 다른 배출원의 영향도 상당히 있을 수 있기 때문이라고 사료된다. 다른 배출원으로는 주변의 또 다른 대형소각시설과 노천소각 등 적절한 방지시설을 갖추지 않고 폐기물을 연소시키는 미확인 배출원이 다수 있을 수 있다. 그러나 전반적으로 북서계열(A-3), 남서계열(A-1, A-6)지점의 농도가 높음을 알 수 있는데 이는 인천

지역의 풍향이 북서 및 남서계열이 우세(인천기상대 10년간 분석자료)하기 때문이라 사료된다.⁷⁾ 그러므로 측정당시의 풍향보다는 장기간에 걸친 그 지역의 주풍향에 의한 영향을 더 많이 받고 있음을 알 수 있었다. 그리고 계절에 따른 농도 수준은 가을철의 농도가 0.475 pg-TEQ/Nm³로서 가장 높았다. 전체적인 다이옥신 농도수준은 국내의 전국 평균과 비슷한 수준임을 알 수 있었다. 최고 농도는 역시 A-1 지점의 가을철 농도로 1.017 pg-TEQ/Nm³를 나타내었다. 물론 전국 최고치 1.664 pg-TEQ/Nm³¹⁰⁾보다는 낮은 수치지만 주의를 요하는 수준이라고 할 수 있다. 참고로 일본의 「다이옥신류 대책 특별조치법」에 의한 기준인 0.6 pg-TEQ/Nm³(연간기준)과 비교하여 볼 때 전체적인 평

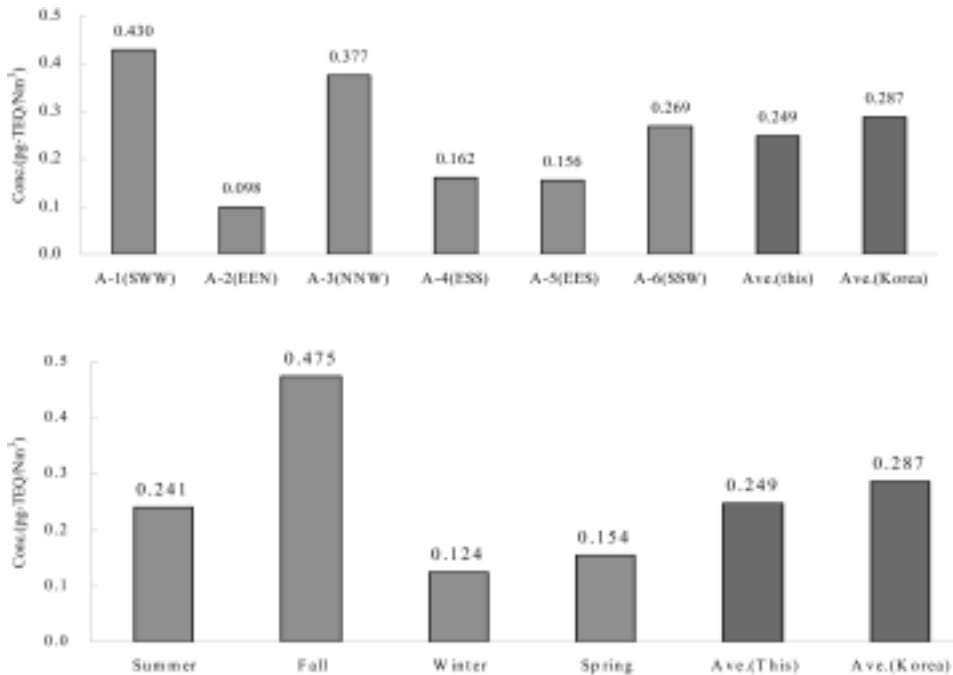


Fig. 4. Average concentration of dioxins in ambient air by site and season(pg-TEQ/Nm³).

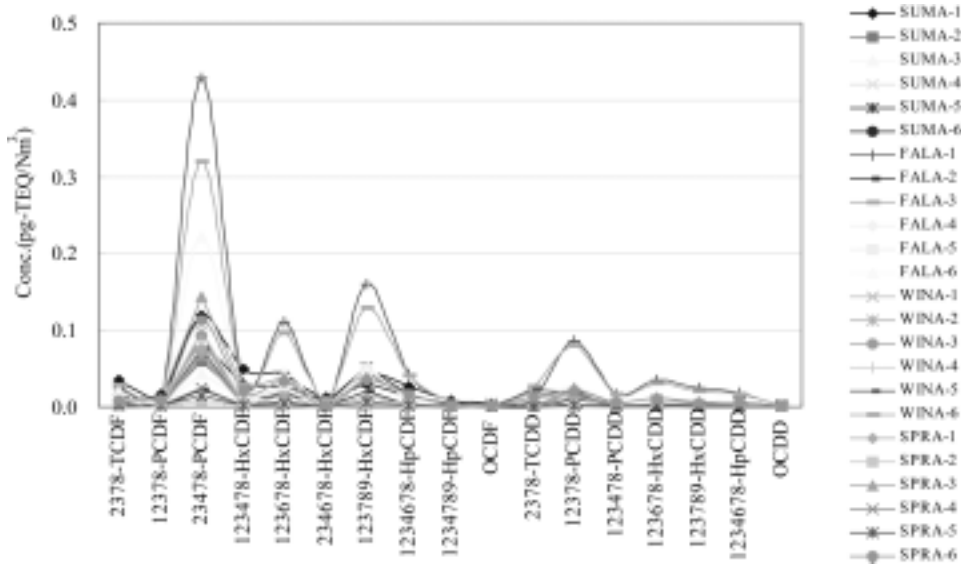


Fig. 5. Patterns of dioxin isomers in ambient air.

균치는 이에 훨씬 미달하는 오염도를 나타내나 가을철 일부 측정치에서 이를 상회하는 결과를 나타내고 있다.

전반적으로 본 시설의 운영에 따라 다이옥신류의 대기오염 정도는 안전한 수준이라고 할 수 있는데 이는 앞에서 살펴본 배출원에서의 우수연소에 의한 낮은 수준의 원 배출수준, 복합적인 방지시설들의 성능유지와 상당한 관계가 있다는 것을 생각할 수 있다. 그러나 특수한 운전조건이나 기상조건에서 근접거리에 있는 지역의 경우는 약간 높은 오염도 출현도 있을 수 있으므로 시설의 정상적인 운전과 반입 폐기물관리 등에 만전을 기할 필요가 있다. Fig. 5에는 대기 중 다이옥신 이성체별 농도 패턴을 나타내었으며 모두 유사한 패턴을 보이고 위에서 언급한 각 방지시설 배출가스 중의 다이옥신 이성체별 농도 패턴과도 유사함을 알 수 있다.

4. Modeling 예측결과 및 고찰

4.1. 입력 자료

A 소각시설 300 ton/day 1기와 B 소각시설 200 ton/day 1기를 동시 가동하여 발생하는 오염물질을 대상으로 예측하였다. 기상자료는 최인접 거리에 있는 인천기상대의 2002년도까지의 10년치 자료를 사용하였다.

Table 3. Input data of air pollution model

Item	300 ton/day	200 ton/day	
Flue gas capacity	92,950 Nm ³ /hr	619,000 Nm ³ /hr	
Temp of flue gas	453°F(180°C)	453°F(180°C)	
Height of stack	49 m	55 m	
Diameter of stack	1.6 m	1.3 m	
Velocity of gas	20.4 m/s	20.4 m/s	
Dioxin	Conc.	0.1 ng-TEQ/Nm ³	0.1 ng-TEQ/Nm ³
	Mass	2.6E-9 g/sec	1.7E-9 g/sec

4.2. 예측결과

Table 4에서 보는 바와 같이 ISC3 모델링 예측결과 연간 봄, 여름, 가을, 겨울은 0.1~0.5 pg-TEQ/Nm³(평균 0.21 pg-TEQ/Nm³)을 보이고 있다. 또한 일본의 도시지역이 0.00~4.7 pg-TEQ/Nm³(평균 0.37~1.02 pg-TEQ/Nm³)으로 예측농도와 범위 내에 있음을 알 수 있다. Fig. 6~10에는 연간 및 각 계절별 다이옥신 농도분포곡선을 나타내었다.

Table 5에는 계절별 실측농도와 예측결과를 나타내었다. 각 계절별로 실측치와 예측치와는 다소 차이가 발생하나, 실측치와 예측결과를 연간평균으로 비교해 보면, 거의 유사(차이 : 0.038 pg-TEQ/Nm³)함을 알 수 있었다.

Table 4. Estimated dioxin concentration by modeling

Site	Estimated dioxin concentration (pg-TEQ/Nm ³)			
	Spring	Summer	Fall	Winter
A-1	0.50	0.50	0.25	0.20
A-2	0.40	0.30	0.25	0.30
A-3	0.41	0.30	0.30	0.30
A-4	0.20	0.25	0.40	0.40
A-5	0.30	0.19	0.30	0.50
A-6	0.20	0.30	0.30	0.10

Table 5. Comparison of estimated and measured dioxin concentrations

Season	Estimated dioxin concentration (pg-TEQ/Nm ³)	Measured dioxin concentration (pg-TEQ/Nm ³)
Spring	0.20~0.50 (avg. : 0.31)	0.041~0.338 (avg. : 0.154)
Summer	0.19~0.50 (avg. : 0.29)	0.166~0.393 (avg. : 0.241)
Fall	0.25~0.40 (avg. : 0.30)	0.058~1.017 (avg. : 0.475)
Winter	0.10~0.50 (avg. : 0.30)	0.093~0.148 (avg. : 0.124)

A소각시설의 지리적 위치를 보면 주변이 평야지대인 전답으로 둘러싸여 있으며, 주거지역이나 상업지역 및 공업지역의 경우 A소각시설과는 약간의 거리를 두고 있다. 이번은 A소각시설에서 배출된 대기오염물질이 주변의 전답과 주거지역에 미치는 영향을 삼차원모델을 이용하여 조사하였으며 A소각시설이 정상상태로 가동될 경우 풍향(동, 서, 남, 북)과 풍속의 변화에 따라 대기환경에 미치는 영향을 조사하였고 또한, A소각시설과 인근 소각시설이 동시에 가동되었을 때의 풍향과 풍속에 따른 영향을 조사하였다.

4.2.1. A소각시설 영향

오염물질의 확산은 바람장미와 밀접한 관계를 가지고 있어 풍하방향으로 고농도 영역이 형성되며, 바람이 약할 때 특히 주변 풍하지역에 높은 오염농도가 나타났다. A지역 소각시설 주변 1 km 이내에는 대부분 논이다. 그리고 1.5 km 지점에서부터 취락 및 기타 비 농경지가 위치한다. 따라서, 소각시설 가동으로 가장 큰 영향을 받는 것은 주변의 논이 될 것이다. A지역은 산이 없는 평탄한 지형이므로 풍향에 따른 바람장 또는 농도장의 왜곡은 없으나, 풍속에 따라서는 농도 분포의 크기가 많은 영향을 받는다. 약풍일 경우 최고점의 농도가 강풍일 경우보다 거의 두 배 가까이 높고, 등농도 곡선의 범위도 넓게 퍼져 있음을 발견하게 된다. 이는 약풍일 경우에 오염물질의 확산이 멀리까지 이루어지지 못하고, 소각시설 주변에 착지함을 의미한다. 반면 강풍일 경우 인접 지역에서 나타나는 등농도 곡선의 간격이 약풍일 때보다 좁다. 이것은 인접한 두 지점 사이의 농도 차가 크다는 것이고, 그 만큼 오염물질의 이류가 활발히 일어남을 의미한다. A지역으로부터 동쪽 1 km 지

점에 소규모 취락지가 있으며 이 지점은 인근 B소각시설로부터 3 km 지점에 해당된다. 따라서 바람의 방향과 속도에 관계없이 두 소각시설로부터의 오염물질이 이 지역에서 중첩되어 나타나는 경우는 다행하게도 없다. A소각시설에 의해 이 취락지가 가장 큰 영향을 받는 경우는 바람이 동쪽으로 약하게 부는 경우이다. 이 경우에도 A소각시설이 정상적으로 가동되는 한 이 취락지에서의 대기 환경에 미치는 영향은 미미하다고 판단된다.

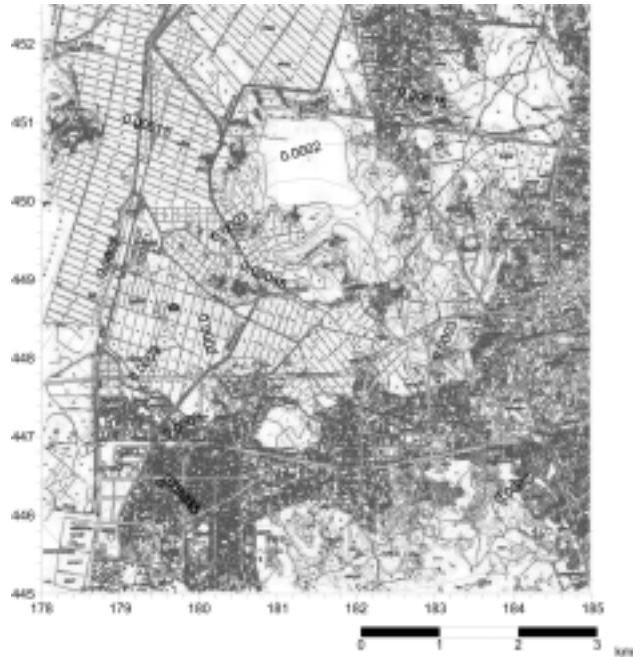


Fig. 7. Distribution of dioxin concentration in spring(ng-TEQ/Nm³).

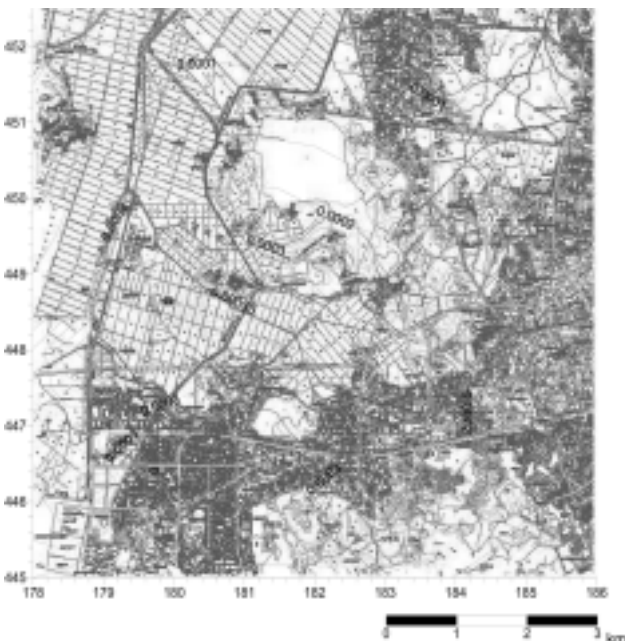


Fig. 6. Distribution of annual dioxin concentration(ng-TEQ/Nm³).

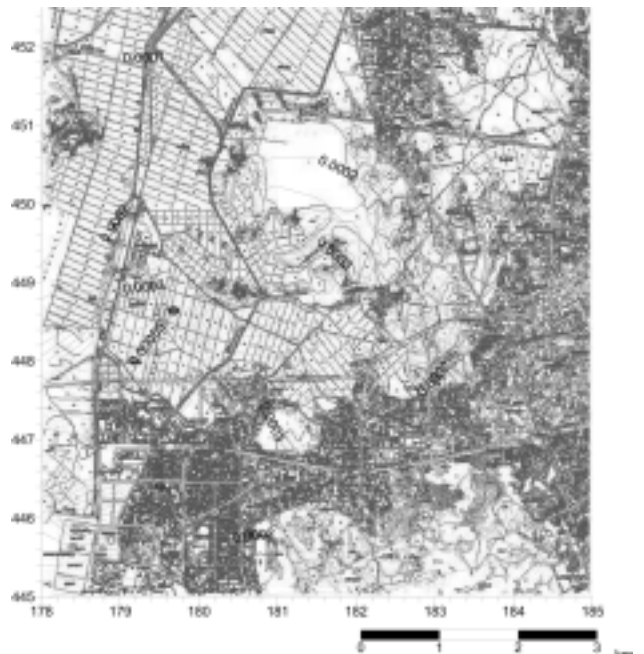


Fig. 8. Distribution of dioxin concentration in summer(ng-TEQ/Nm³).

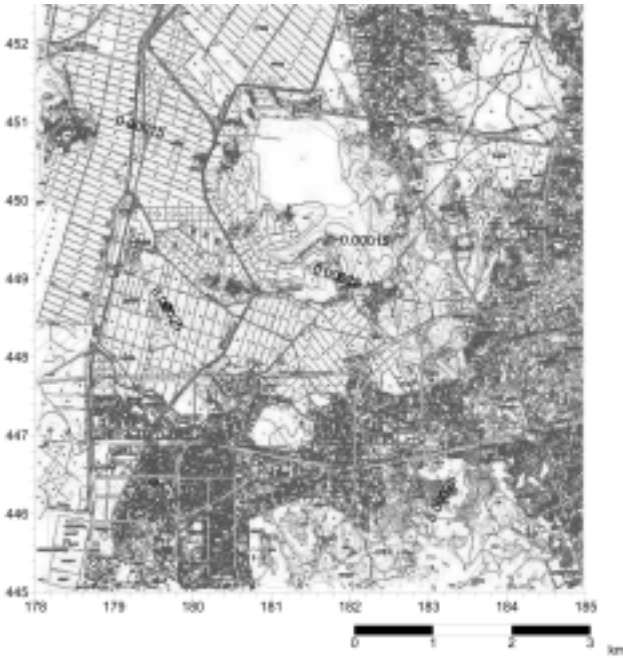


Fig. 9. Distribution of dioxin concentration in fall(ng-TEQ/Nm³).

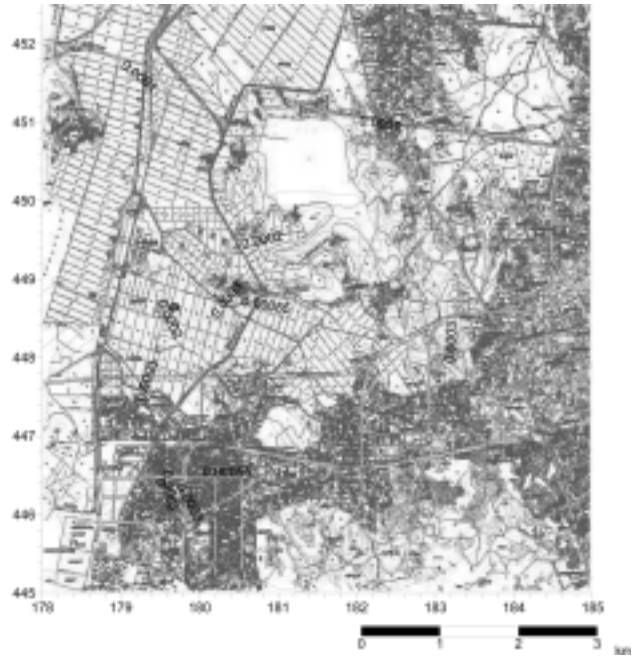


Fig. 10. Distribution of dioxin concentration in winter(ng-TEQ/Nm³).

4.2.2. A소각시설과 인근 B소각시설 영향

A소각시설과 인근 B소각시설은 지리적 여건상 상호 결합의 관계를 가진다. 두 소각시설은 남북방향으로 약 2.5 km 거리를 두고 있기 때문에 바람의 방향 및 세기에 따라서 주변 지역에 미치는 영향은 각각 독립적으로 발생할 수도 있고, 중첩되어 나타날 수도 있다. 인근 소각시설로부터의 영향은 매우 적게 나타나고 있다. 이는 각 소각시설의 배출량의 차이에 기인하는데, A지역에서의 배출이 인근 소각시설에 비해 매우 많기 때문이다. 따라서 주변 지역의 농도는 주로 A지역 소각시설의 영향을 받는다고 할 수 있다. 특히 풍하 방향이 남쪽이나 북쪽일 경우 중첩 효과에 의한 고농도 지역의 형성을 관찰할 수 있다. 예를 들면 바람이 남쪽으로 불 경우 인근 소각시설 근처에서의 농도가 매우 높게 측정되고 있음을 알 수 있다. 바람의 세기에 따른 관찰도 쉽게 알 수 있는데, 약풍의 경우 최고 착지 농도가 A지역에서의 배출만 고려했을 때의 최대 착지 농도의 1.2배 정도 임에 비해 강풍의 경우는 1.5 배정도 높게 측정되었다. 이것은 강풍일 때 오염물이 더 멀리까지 이동하여 두 소각시설에서의 배출의 중첩효과가 극대화하기 때문이다. 바람이 동쪽이나 서쪽으로 불 경우 중첩의 영향은 남·북 방향에 비해 매우 적다. 그리고 그 중첩영향을 많이 받는 곳이 인근 지역이 아닌 약간 떨어진 지점임을 그림을 통해 확인할 수 있다. 약풍의 경우 오염물이 멀리 이동은 못하지만 측면으로의 확산이 강풍에 비해 상대적으로 많기 때문에 중첩면적이 넓어지는 것으로 생각된다. 또한, 비정상적인 소각시설 가동이 이루어지는 경우 200 m 이내 지점에 고농도 출현이 있으나 오염도 정도가 심하지 않았다. 소각시설이 인근에 미치는 대기오염 영향은 바람이 약할수록 심함을 알 수 있었다. 또한 인근

소각시설과의 상승작용은 풍향이 남풍 또는 북풍일 때 어느 정도 있음을 관찰할 수 있었는데 기존 오염도와 비교할 때 영향정도는 그리 크지 않았다.

5. 결론

본 연구에서는 소각시설에서 배출되는 다이옥신 농도를 최소화시키기 위해 사용되는 각 방지시설의 성능 및 배출 특성을 파악하고 각 방지시설별 효율 및 운전조건을 조사·분석함으로써 대기오염물질, 특히 다이옥신을 중심으로 집중 분석하여 고찰하였다. 이를 위하여 소각시설의 주연소실 후단의 열교환기시설, 집진시설, 가스처리시설 등의 단위장치에 있어서 입구 및 출구의 다이옥신 농도수준, 운전상태, 일산화탄소·산소 등 연소와 관련된 인자 등을 분석하였고 이들의 상관성을 분석하여 보고자 하였다. 또한 소각시설에서 배출한 다이옥신의 대기 중 거동을 기상상태, 바람장미, 풍향 등을 고려 분석하여 대기 중 농도분포 특성을 파악하는 등 소각시설 가동에 따른 주변환경에 미치는 영향을 삼차원모델을 이용하여 조사분석하여 고찰하였다. 따라서, 본 연구에서는 단위장치의 개선효과에 의한 장치별 개선효과, 최종 배출농도 저감 그리고 이로 인한 주변 환경개선에 미치는 영향을 종합적으로 분석해 보고자 하였다.

소각시설 방지시설별 성능평가 결과 폐열보일러 후단의 농도는 4.788 ng-TEQ/Nm³이었고, 최종 배출구인 SCR 후단의 농도는 0.03 ng-TEQ/Nm³이었다. 다이옥신의 농도는 각 방지시설을 통과하면서 저감됨을 알 수 있었다. 또한, 활성탄 분사 후 2,3,4,7,8-PCDFs가 상대적으로 크게 감소하였는데 이로부터 활성탄에 의한 제거효과가 주로 PCDFs

에, 그리고 고염화물보다는 저염화물의 저감효과가 상대적으로 큼을 간접적으로 알 수 있었다.

계절별 대기 중 다이옥신 농도를 분석하여 본 결과 소각 시설과 가장 가까운 지점이 가장 높게 나타났으며, 또한 주 풍향과 어느 정도 유사한 농도분포를 보이지만 반드시 일치하지는 않는 특성을 보이고 있음을 알 수 있었다. 그러나 전반적으로 북서계열, 남서계열 지점의 농도가 높음을 알 수 있는데 이는 인천지역의 풍향이 북서 및 남서계열이 우세하기 때문이라 사료된다. 그러므로 측정 당시의 풍향보다는 장기간에 걸친 그 지역의 주 풍향에 의한 영향을 더 많이 받고 있음을 알 수 있었다.

ISC3 모델링 예측결과 사계절에 걸쳐 0.1~0.5 pg-TEQ/Nm³(평균 0.21 pg-TEQ/Nm³)를 보이고 있었다. 비정상적인 소각시설 가동이 이루어지는 경우 200 m 이내 지점에 고농도 출현이 있으나 오염도 정도가 심하지 않았다. 소각 시설이 인근에 미치는 대기오염 영향은 바람이 약할수록 심함을 알 수 있었다. 또한 인근 소각시설과의 상승작용은 풍향이 남풍 또는 북풍일 때 어느 정도 있음을 관찰할 수 있었는데 기존 오염도와 비교할 때 영향정도는 그리 크지 않았다. 각 지점의 실측치와 예측결과는 다소 차이가 발생하나, 실측치와 예측결과를 연간 평균으로 비교해보면, 거의 유사함을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

1. 김삼권, 도시폐기물소각시설에서 다이옥신 및 전구물질의 거동에 관한 연구, 서울시립대학교 환경공학부, 박사논문, pp. 11~21(1999).
2. 동종인, 윤균덕, 서성석, 소각 배가스 처리를 위한 시범 플랜트 다이옥신류 측정 및 저감 대책, 서울시립대학교 산업기술연구소, pp. 1~55(1999).
3. 유희찬, 김병환, 박기호, 소각배가스 최적 처리공정 시범 플랜트 설계 및 운전, (주)대우 건설기술연구소, pp. 22~35(1999).
4. 최상민, 폐기물 소각기술- 다이옥신 저감을 위한 설계/건설/운영(제2회 산학협동 공개강좌), 한국과학기술원, 부록 1, pp. 5~25(1999).
5. Addink, R., Van Bavel, B., Visser, R., Wever, H., Slot, P., Olie, K., *Chemosphere*, **20**(10-12), 1921~1934(1990).
6. Addink, R., Drijver, D. J., Olie, K., *Chemosphere*, **23**(8-10), 1205~1211(1991).
7. Addink, R., Bakker, W. C. M., Olie, K., *Organohalogen Compound.*, **8**, 205~208(1992).
8. Dickson, L. C., Lenoir, D., Hutzinger, O., *Chemosphere*, **19**(1-6), 277~282(1989).
9. Milligan, M. S., Altwicker E., *Environ. Sci. Technol.*, **27**(8), 1595~1601(1993).
10. Addink, R., Olie K., Mechanism of Formation and Destruction of Polychlorinated Dibenzo-p-dioxins and Dibenzofurans Formation in Heterogeneous System, *Environ. Sci. Technol.*, **29**(6), 1425~1435(1995).