



매립지 확보의 어려움을 겪고 있는 국내에서 정책적으로 소각을 우선으로 소각로 신, 증설을 하고 있으나 다이옥신등의 유해성 대기오염물질로 문제가 되고 있는 가운데 KIST 환경 연구 센터와 기초과학연구소가 공동으로 서울시 목동 자원회수 시설에서의 다이옥신 농도를 측정, 분석하였다. 이에 그 내용을 소개한다.

목동 자원회수시설
다이옥신 측정 결과

목동 자원회수시설 다이옥신 측정 결과

김 용 표

한국과학기술연구원 (KIST)

환경연구센터

요약

매립지 확보의 어려움, 매립지에서의 환경오염 문제 등으로 정부에서는 쓰레기 처리에 있어서 매립보다는 소각에 우선순위를 두고 소각장 신, 증설을 적극적으로 추진하고 있다. 그렇지만 다이옥신 등의 유해성 대기오염 물질의 배출에 대한 소각장 주변 주민들의 불안감으로 소각로 신, 증설에 많은 어려움이 있다. 그러나 국내에서는 쓰레기 소각시설에서의 대기오염물질 배출현황이나 소각시설의 관리, 운영실태에 대한 진단이 종합적으로 이루어진 사례가 없기 때문에 이러한 주민들의 불안에 대해 객관적인 해답을 주지 못하고 있다.

한국과학기술연구원 환경연구센터에서는 기초과학연구원연구소와 함께 서울시의 위탁을 받아 목동 자원회수시설에서의 배출기체 중 다이옥신 등의

대기오염물질 농도를 1995년에 측정, 분석하였다. 여기에서는 목동 자원회수시설의 현황, 다이옥신에 대한 일반적인 설명, 측정과 분석법 그리고 측정결과에 대해 정리하였다.

1. 서론

국가의 급속한 경제발전 에 따라 국민의 생활수준이 향상되고 생활양식도 많이 변화되었다.

그러나 생활수준의 향상과 더불어 가정이나 산업체에서 발생하는 폐기물량은 급속히 증가하였으며, 폐기물의 성상이 다양하고 복잡해져 폐기물 처리 문제가 중요한 국가정책의 하나로 대두되고 있다.



기획특집 3.

목
동
자
원
회
수
시
설

다
이
옥
신

측
정

결
과

실제로 1993년 수도 서울의 일반 폐기물 배출량은 일평균 16,021톤으로 연간 5,848 천톤(중량톤)에 이르고 있어 대량으로 발생하는 폐기물 처리 문제는 현재 서울시가 안고 있는 교통 및 제반 환경문제와 더불어 반드시 해결해야 할 과제이다.

1994년의 경우 국내에서 발생한 일반 생활 폐기물의 처리현황은 매립이 81.1%, 소각이 3.5%, 재활용이 15.4%로서 예전에 비해 재활용 및 소각의 비율이 증가하였지만 여전히 폐기물 처리의 대부분을 매립에 의존하고 있는 실정이다. 그러나 기존 매립지가 거의 포화상태에 이르는 현시점에서 단순매립으로 인하여 야기되는 환경오염외에 협소한 국토면적 및 매립지 확보의 어려움 등으로 인하여 매립 위주의 폐기물 처리 정책은 지양되어야 하며 정부에서도 폐기물의 발생억제, 재활용, 소각열회수, 위생매립을 폐기물 정책순서로 취하고 있다.

이 중 소각에 의한 폐기물 처리는 1) 가연성 쓰레기의 비율이 계속 증가하고 있으며 발생 쓰레기의 70% 이상이 가연성(예: 1993년 70.8%)이라는 점, 2) 매립지 환경오염의 주원인은 가연성 쓰레기의 분해과정에서 발생하는 약취, 침출수 등이라는 점, 3) 소각시 발생하는 폐열을 회수하여 에너지로 이용할 수 있다는 점, 4) 소각시 쓰레기의 부피가 90% 정도 감소됨으로써 매립지의 사용연한을 연장시킬 수 있다는 점 등 여러 가지 이점을 가지고 있음에도 불구하고 2차 대기오염 우려 등에 의해 혐오시설로 인식되어 왔다. 특히 외국의 소각로에서 다이옥신과 퓨란 등의 염소계 대기독성 오염물질이 배출되는 사례가 국내에 소개되어 이로 인한 설치 반대운동이 전개되고 있는 실정이다.

그러나 국내의 경우 사용하고 있는 소각시설에 대하여 대기오염물질을 실질적으로 측정, 분석하고 환경학적으로 안전하게 관리, 운영되는가에 대한 진단이 종합적으로 이루어진 사례가 아직 없다. 그러므로 소각시설 운영 및 배출기체의 유해성에 관한 선진국의 자료조사 및 현재 운영되고 있는 소각시설의 운영실태 및 유해기체의 배출현황을 측정하고 이러한 자료를 근거로 소각시설의 배출기체가 주변 환경에 미치는 영향을 평가하는

것이 매우 중요하다. 또한 현재 운영되고 있거나 향후 운영될 자원회수시설의 보강 및 환경학적 안전성을 평가하고 필요에 따라 성능을 향상시킬 수 있는 방안을 제시하는 것도 현실적으로 필요한 문제라고 하겠다.

본 연구에서는 기존 목동 자원회수시설을 중심으로 배출기체 중 대기오염물질로 분류된 유해물질, 특히 중금속 및 다이옥신 농도를 체계적으로 측정분석하고 측정분석 농도가 주변 대기환경에 미치는 영향 및 다이옥신이 인체에 미치는 영향을 과학적으로 평가하여 자원회수시설의 다이옥신에 대한 올바른 이해를 돕고 다이옥신 저감을 위한 기존설비의 효율적인 운영방안을 제시해 보고자 한다.

2. 목동 자원회수시설 현황

2.1 목동 자원회수시설 시설용량 및 개요

목동 자원회수시설은 51억원의 사업비를 투자하여 (주) 대우에서 히타치 조센 기술 제휴로 1984년에 건설 시작, 1986년에 준공하여 1987년부터 가동하기 시작하였다. 현재 양천구 목동과 신정동 일대에서 발생하는 다량의 도시 쓰레기를 모아서 1일 150톤의 쓰레기를 소각 위생 처리하고 있으며 1년에 1개월의 보수기간을 제외하고 11개월간 24시간 연속 가동하고 있다.

화격자 형식은 Von Roll stoker 방식이며 보일러 용량은 20.3 ton/hr 1기, 쓰레기를 소각시킬 때 연소온도는 850~950℃이다. 다이옥신 측정을 위해 배출기체를 포집한 현재 사용하는 굴뚝높이는 75m며 체원은 <표 1>과 같다. (주) 선경에서 1일 200톤의 쓰레기를 처리할 수 있는 150m 높이의 굴뚝 2기를 증설하기 위하여 공사중이며 준공 예정일은 1996년 6월이다.

굴뚝높이	75 meter
포집 위치	40 metwr
내경	0.8 metwr
평균 배기기체 유량	38,000 Nm ³ /hour
배출기체 속도	20 m/sec
배출기체 온도	110 °C

2.2 목동 자원 회수시설의 방지시설 운영 현황

도시쓰레기를 소각하는 과정에서는 분진을 포함한 여러 가지 대기오염물질이 배출된다. 따라서 목동 자원회수시설에서는 이들 오염물질의 배출을 최소화하기 위하여 연속 조정 장치, 전기집진기, 습식세정설비를 가동시키고 있다.

1) 연소가스 조정 장치
분말 소석회를 반응탑에 불어 넣어 산성가스와 반응시켜 산성가스의 농도를 저감시키는 역할을 한다. 입구 염화수소가스 농도는 800~1000 ppm 이며 출구 염화수소가스 농도는 300 ppm이다.

2) 전기 집진기

배기 가스에 고전압을 작용시켜 분진에 전하를 주어 반대전하인 집진판에 부착시켜 분진을 제거하는 역할을 한다. 입구 분진농도는 5000 mg/m³며 출구 분진농도는 100 mg/m³다.

3) 습식 세정설비

액적, 액막, 기포를 발생시켜 충전탑내에서 분진 및 산성가스를 제거하는 역할을 한다. 탑높이는 18.5m, 탑직경은 2.5m이며 형식은 분무 및 충전식이다. 입구농도는 분진이 100mg/m³, HCl이 300 ppm이고 출구 농도, 즉 굴뚝에서 대기 중으로 배출되는 분진 농도는 20 mg/m³이하, HCl 농도는 20 ppm 이하이다.

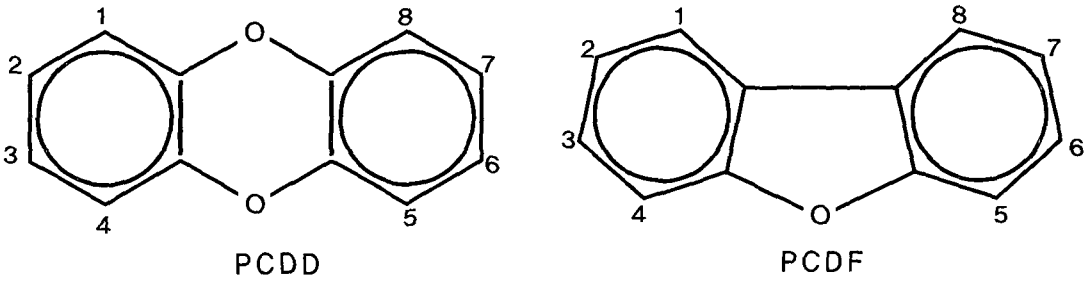
3. 다이옥신

3.1 다이 옥신 개요

다이옥신이란 PCDDs와 PCDFs의 총칭으로 화학적 구조는 〈그림 1〉과 같다. 이성체의 개수는 PCDDs가 135개이며, 이중 독성이 가장 강한 것으로 알려진 화합물은 2,3,7,8-TCDD 이다. 따라서 다이옥신류의 독성을 나타낼 때는 2,3,7,8-TCDD의 독성 잠재력을 1로 보고 다른 이성체에 대해서 이에 대한 상대적인 독성등가인자(Toxic Equivalent Factor;TEF)를 이용하여 독성 등가치(Toxic equivalents;TEQ) 개념으로 표시한다.

$$\text{toxic equivalents} = \text{농도} \times \text{TEF}$$

다이옥신은 염소를 포함한 화합물의 연소과정에서 생성되는 화합물로서 주요 오염원은 〈표 2〉와 같이 화합물 제조, 펄프 및 종이 제조, 도시 및 의료 폐기물 소각, 야금공정과 석탄연소 등이며 산불, 번개, 화재, 또는 화산활동 등 자연적 연소과정에



〈그림 1〉 다이옥신의 화학적 구조

의해서도 생성된다. 그러나 환경중의 다이옥신 농도가 1920년대까지는 무척 낮았으며, 그 이후 계속 증가하다가 1970년 정도를 고비로 낮아지는 것으로 보아 자연 연소과정에 의해 생성되는 다이옥신의 농도는 낮은 것으로 판단된다.

〈표 2〉 다이옥신류의 오염원

오염원 분류	항 목	주요세부항목
1차 오염원	화합물제조	플로로페놀 관련물질의제조 (제조, 곰팡이방지, 살충제의 용도) 예) 2,4,5-T, PCP, 핵사클로로펜, NIP, X-52등
	폐기물소각	도시폐기물, 산업폐기물, 의료폐기물, 오니의 소각에 따르는 연돌배출물, 비산재, 잔재의 매립지
	펄프, 종이 제조	염소화합물에 의한 표백처리
	자동차	가솔린 첨가제(사에틸납), 포착제 (이클로로, 이브로모에탄)
	기타	화산, 화재, 번개 및 산불 등
2차 오염원	식품섭취, 음용수섭취, 공기흡입, 피부접촉, 토양, 하수오니, 퇴비 및 퇴적물	

1차 오염원에서 대기중으로 배출된 다이옥신류는 토양, 잔디, 초목 및 지표수에 침적된 후 동물에 의해 섭취, 생체축적에 의한 먹이사슬에 의해 인간에 노출된다. 따라서 어류, 낙농품, 육류제품 및 채소 등의 2차 오염원은 주요한 인간에의 노출 오염원으로 환경에서 다이옥신류의 저장고로서 작용한다.

이와 같이 다이옥신은 다른 물질에 비해 비교적 적은 양이 생성되지만 여러 경로를 통해 확산되고 인체와 환경에 미치는 강한 독성과 잔류성 때문에 1970년대 이후 가장 중요한 환경물질의 하나로 취급되고 있다.

구미 지역 및 일본에서는 일찍부터 다이옥신에 관한 연구가 시작되어 인간에 대한 위해성 평가, 배

출 오염원, 측정 및 분석 방법, 환경에의 농도 및 인체 내의 영향 정도를 예측하기 위한 모델링 방법 등 다양한 연구가 이루어지고 있으나 우리나라에서는 아직까지 미미한 상태이다.

3.2 다이옥신의 측정, 분석

1) 다이옥신 측정 방법

현재 소각로에서 나오는 PCDDS(poly chlorinated dibenzo-p-dioxins)와 PCDFS (polychlorinated dibenzofurans)를 측정하기 위하여 공인된 방법으로는 미국 환경청 수정측정법 5(US EPA MM5 (modified method 5))가 있으며 중요 특징은 〈표 3〉과 같다.

〈표 3〉 US EPA MM5의 중요 특징

- isokinetic sampling
- adsorbent sampling
- 2~3시간 sampling
- 2~3회 반복

2) 다이옥신 분석방법

소각로에서 형성되는 다이옥신류 분석대상물은 배기가스, 바닥재(bottom ash)와 비산재(dry ash), 냉각용수용 액체 등이 있다. 이 중 인간과 환경에 대한 직접적 노출 경로인 배기 가스는 지역, 계절, 시료채취 방법 등에 따른 불균일성 때문에 분석이 매우 까다로운 실정이다.

1960년대에는 다이옥신의 분석 기술이 part-per-million(ppm) 수준이었고, 1970년대에는(part-per-trillion ppt) 수준으로 향상되었으며 90년대 와서는 part-per-quadrillion(ppq) 수준 까지 검출하게 되었다. 현재에는 고분해능 모세관

기획특집 3.

컬럼의 개발로 210개의 다이옥신과 퓨란류의 이성질체 분리가 가능하게 되어 독성이 강한 2,3,7,8-치환된 다이옥신류들의 정량이 가능하게 되었다. 고분해능 질량분석기와 고분해능 모세관 컬럼 기체 크로마토그래피는 <표 4>에서 제시한 다이옥신 분석시 필요한 조건을 잘 만족시킨다.

3.3 다이옥신의 위해성

종	LD ₅₀ ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
몰모트	0.6-2.5
밍크	4
쥐	22-320
원숭이	<70
토끼	115-275
마우스	114-280
개	100-3000
햄스터	1150-5000

<표 4> 다이옥신 분석시 필요 조건

- 고감도 (high sensitivity)
- 높은 선택성 (high selectivity)
- 높은 특성성 (high specificity)
- 높은 정확성 (high accuracy)

<표 5> TCDD의 각 동물에 대한 급성 치사량 LD50 (자료 : US EPA)

국 가	배출농도	환산농도	허용섭취량
스웨덴	2,3,7,8- TCDDeq (Eadon) 기설로 0.5~2 ng/Nm ² 신설로 0.1ng/Nm ²	CO ₂ =10%	35pg/kgbw/W (5pg/kgbw/D)
덴마크	2,3,7,8- TCDDeq (Eadon) 1ng/Nm ²	O ₂ =10%	5pg/kgbw/D
노르웨이	2,3,7,8- TCDDeq (Eadon) 2ng/Nm ²	—	—
네덜란드	2,3,7,8- TCDDeq (TEQ) 0.1ng/Nm ²	O ₂ =11%	4pg/kgbw/D
독일	2,3,7,8- TCDDeq (BGA) 0.1ng/Nm ²	O ₂ =11%	1pg/kgbw/D
오스트리아	2,3,7,8- TCDDeq (Eadon) 0.1ng/Nm ²	O ₂ =11%	—
이탈리아	PCDDs+PCDFs 0.01ng/Nm ² TCDD+TCDF 0.05 μg /Nm ²	O ₂ =10%	—
캐나다	2,3,7,8- TCDDeq (I-TEQ) 0.5ng/Nm ²	O ₂ =11%	10pg/kgbw/D
영국	2,3,7,8- TCDDeq 0.1ng/Nm ²		
미국	신설 250t/d 이상 PCDDs+PCDFs 5~30ng/Nm ² 250t/d 미만 PCDDs+PCDFs 75ng/Nm ² 기설 220t/d 이상 PCDDs+PCDFs 5~30ng/Nm ² 220~250 t/d PCDDs+PCDFs 125ng/Nm ² 250t/d 미만 PCDDs+PCDFs 500ng/Nm ²	O ₂ =7%	1pg/kgbw/D
일본	2,3,7,8- TCDDeq (I-TEQ) 신설로 0.5ng/Nm ²	O ₂ =12%	100 pg/kgbw/D

<표 6> 각국의 다이옥신 기준 배출농도와 허용섭취량

목
중
자
원
회
수
시
설

다
이
옥
신
측
정
결
과

다이옥신 화합물은 물에 대한 용해도가 매우 낮은 반면에 높은 옥탄올/물 분배계수를 갖기 때문에 주로 지방산에 축적되어 생물농축 현상을 일으키게 되는데 유기용매와 지방에 있어서의 용해도는 구조식에 함유된 염소의 수에 따라 증가한다. 또한 다이옥신 화합물은 입자상 물질에 흡착되는 성질이 커서 수계로 유입된 다이옥신은 하천이나 호수 속의 침전물에 흡착되거나 생물 군락에 흡착되어 동식물계의 먹이사슬을 통하여 고등동물로 축적된다.

인간에게 노출되는 다이옥신량을 각 경로별로 살펴보면 음식물을 통해서 노출되는 것이 거의 대부분이며 공기와 토양을 통해서 노출되는 양은 전체 다이옥신의 3% 미만이다. 특히 유제품을 통해서 노출되는 양이 네덜란드의 경우 36%. 영국은 28%, 서독은 30.5%이고, 어류를 통해서 노출되는 양은 네덜란드 26%. 영국 6%. 서독 35.6%로서 나라에 따라 차이는 있지만 유제품과 어류를

통해서 노출되는 다이옥신의 양이 전체의 약 60% 정도를 차지한다. 각 나라별로 하루에 음식물을 통하여 노출되는 다이옥신의 양은 미국 111 pg TEQ, 네덜란드 118 pg TEQ, 영국 125 pg TEQ, 서독 93.5 pg TEQ로서 체지방에서 계산되는 평균 다이옥신 농도는 약 40ppt이다.

과거 다이옥신에 의한 대표적인 오염 사건으로는 베트남 전쟁에서 미군에 의한 고엽제 살포, 이탈리아 세베소의 화학공장 폭발사고, 미국 러브캐널에서 화학계 폐기물 매립에 의한 오염, 미국 타임스 비치의 농약공장 폐액 살포에 의한 토양 오염 등을 들 수 있으며 그 이후 여러 나라에서 다이옥신의 위험성에 대해 사람들의 관심이 집중되기 시작하였다. <표5>에 동물에 대한 TCDD물질의 급성치사량을 보였지만 다이옥신의 인체에 대한 심각한 위험성은 직접적으로는 증명되지 않아 다이옥신의 인체로의 독성에 대해서는 학자들 사이에서도 오랫동안 논란이 되어 오고 있다.

그러나 최근 미국 환경청에서는 다이옥신이 인체

측정 항목	배출허용 기준치	연평균('94)	1995. 5. 9	1995. 5. 18
<필수 자가 측정항목>				
황화물질 (SO ₂)	300ppm (12)*	15.88	4.29	1.94
암모니아 (NH ₃)	200ppm	11.99	4.49	5.73
이황화탄소 (CS ₂)	30ppm	0.63	불검출	불검출
황화수소 (H ₂ S)	15ppm	0.86	0.22	0.02
먼지 (DUST)	100mg/Sm ³	16.19	24.08	12.66
매연	2도이하	~0	1	1
일산화탄소(CO)	600ppm (12)*	111.36	36	108
<선택 자가 측정항목>				
질소산화물 (NO ₂)	350ppm (6)*	N/A	189.91	276.92
염화수소 (HCl)	60ppm	10.89	26.36	2.40
시아니화수소(HCN)	10ppm	N/A	0.12	N/A
염소 (Cl ₂)	60ppm	0.95±0.92	4.94	N/A
불소 (F)	3ppm	N/A	N/A	0.88
쓰레기 소각량(ton/day)		150	137.76	150.55
소각온도(℃)		900~950	910	930

*O₂ 농도

<표 7> 목동 자원회수시설 대기 자가측정치

에 유해할 가능성이 매우 높다고 발표하였다. 이와 같이 다이옥신의 유해성에 대한 우려와 쓰레기의 소각 처리가 거의 필연적으로 되어 가는 현상에서는 기술적으로 가능한 범위내에서 다이옥신의 발생을 최대한 억제하는 것이 여러 가지로 바람직하다. 따라서 각 나라에서는 <표 6>에서 보듯이 다이옥신 배출 시설에 대한 기준을 설정하여 다이옥신 배출 억제를 유도하고 건강영향 평가를 통하여 허용섭취량을 제시하게 된다. 우리나라에서는 아직 배출 허용농도를 정해 놓고 있지는 않지만 서울시에서는 자체 설계기준을 일평균 0.1 ng/Nm³(보정치 0.5 ng/Nm³)을 정해 놓고 있다.

4. 측정결과

1995년 5월 10일에서 16일 사이에 미국 환경청 공인방법(MM5)에 의해 한국과학기술연구원 환경연구센터와 미국 Interpoll사가 공동으로 1차 시료채취를 하였다. 이 기간에 시료 6개와 배경시료(blank) 3개를 포함하여 기초과학지원연구소, 한

국과학기술연구원 도평콘트롤센터, 미국 Research Triangle Lab.에서 분석하였다. 한편 이 기간 중의 목동 자원회수시설에서 대기오염물질을 자가측정한 결과를 <표 7>에 실었다. 측정기간 중의 대기오염물질의 농도가 대체적으로 연평균보다 낮다는 것을 알 수 있다. 그러나 염소화합물의 경우는 5월 9일에 측정된 염화수소의 농도가 26.36 ppm으로서 연평균치인 10.89 ppm보다 두배 이상 높으며 염소의 농도도 4.94 ppm으로서 연평균치보다 훨씬 높게 나타나고 있다. 반면 5월 18일에는 염화수소 농도가 2.40 ppm으로 연평균치보다 훨씬 낮고 염소의 농도는 측정하지 않았기 때문에 측정기간 중에 염소화합물의 농도가 평균보다 높았는지 낮았는지를 판단하는 것은 불가능하다.

<표 8>은 기초과학지원연구소 분석 결과이고, <표 9>는 미국 Triangle Research Lab.의 분석 결과로서 독성이 가장 큰 2,3,7,8-TCDD와 2,3,7,8-PeCDF의 영향이 가장 큰 것으로 나타났다. 결과적으로 전체 다이옥신류의 농도는 2.7~6.4 ng TEQ/Nm³으로서 이 두 결과를 비교하면, 기초과학지원연구소의 농도가 전체적으로 약간 높기

Isomer	TEF	평 균	2,3,7,8-TCDDeq
2,3,7,8 - TCDD	1	0.454	0.454
1,2,3,7,8 -PeCDD	0.5	3.526	1.763
1,2,3,4,7,8 -HxCDD	0.04	4.873	0.195
1,2,3,6,7,8 -HxCDD	0.04	2.069	0.083
1,2,3,7,8,9 -HxCDD	0.04	2.983	0.119
1,2,3,4,6,7,8 -HpCDD	0.001	27.01	0.027
2,3,7,8 -TCDF	0.1	5.526	0.553
1,2,3,7,8 -PeCDF	0.1	18.35	1.835
2,3,4,7,8 -PeCDF	0.1	12.23	1.223
1,2,3,4,7,8 -HxCDF	0.01	9.072	0.091
1,2,3,4,6,7,8 -HpCDF	0.001	34.09	0.034
1,2,3,4,7,8,9 -HpCDF	0.001	5.815	0.005
TOTAL TEQ			6.4 ng/Nm ³

<표 8> 기초과학지원연구소 분석 결과

는 하지만 대체적인 이성체(isomer) 분포는 유사하여, 두 결과가 비슷함을 알 수 있다.

이 결과를 <그림 2>에서 유럽, 미국 및 일본에서의 측정결과와 비교하였다. <그림 2>에서 보듯이 목동자원회수시설에서의 다이옥신 농도는 외국과 거의 같은 수준이라고 할 수 있다.

다이옥신의 배출률을 이용하여 목동 자원회수시설에서 1년간 배출되는 다이옥신의 양을 구해보면 1.16 - 1.74 g TEQ/yr로서 우리나라 소각시설의 수가 적기 때문에 현재 가동되고 있는 11개의 소각로를 모두 고려한다고 해도 다른 구미 국가나 일본의 1/10~1/100 정도로 낮은 양의 다이옥신이 배출되는 것을 알 수 있다.

5. 주변 대기환경의 건강영향 평가

소각로로부터 배출되는 다이옥신류의 건강영향 평가를 하기 위해서는 우선적으로 굴뚝에서 배출되는 다이옥신이 소각장 주변 대기환경으로 확산되었을 때의 주위 농도를 예측 평가되어야 하며, 그 결과를 바탕으로 다이옥신의 유해성을 예측하여야 한다.

굴뚝에서 배출된 다이옥신의 농도로부터 소각장 주위의 다이옥신 농도를 예측하기 위하여 일반적으로 사용되는 대기 확산 모델은 Gaussian model이다.

여러 가지 대기확산 모델 중에서 자원회수시설이

Isomer	TEF	Run1	Run2	Run3	Run1	Run2	Run3
		(Concentration ng/Nm ³)			(Emission Rate 10 ⁶ g/sec)		
2,3,7,8 - TCDD	1	.17	.27	.17	.24	.40	.25
other TCDDs	0.01	.092	.18	.091	.13	.27	.13
2,3,7,8 -PeCDD	.5	.5	.67	.47	.71	.99	.68
other -PeCDDs	.005	.078	.11	.079	.11	.17	.12
2,3,7,8 -HxCDD	.04	.22	.28	.22	.32	.42	.32
other HxCDDs	.0004	.007	.009	.007	.01	.014	.010
2,3,7,8 -HpCDD	.001	.008	.01	.009	.011	.014	.013
other -HpCDDs	.00001	.00009	.0001	.0001	.0001	.0002	.0001
2,3,7,8 -TCDF	.1	.26	.39	.25	.37	.59	.36
other -TCDFs	.001	.1	.16	.094	.14	.24	.14
2,3,7,8 -PeCDF	.1	1.0	.14	.95	1.4	2.1	1.4
other PeCDFs	.001	.071	.11	.069	.10	.16	.10
2,3,7,8 -HxCDF	.01	.29	.40	.30	.41	.60	.44
other HxCDFs	.0001	.003	.005	.003	.004	.007	.005
2,3,7,8 -HpCDF	.001	.021	.029	.024	.03	.044	.035
other HpCDFs	.00001	.0001	.0002	.0001	.0002	.0004	.0003
TOTAL 6.4 ng/Nm ³							

<표 9> 미국 Triangle Research Lab. 분석결과 (2,3,7,8,- TCDDeg)

위치한 곳이 도심 지역이라는 것과 자원회수시설 주변이 아파트로 이루어져 있기 때문에 Building Downwash 효과가 고려되어야 한다는 점 등을 고려하여 ISC2 모델을 적정 모델로 선정하였다. ISC2 모델은 다이옥신에 의해 나타나는 만성적 피해 영향을 예측할 수 있으며 ISCLT2 모델은 배출원 주위로 오염물질이 확산되는 단기적인 영향을 예측할 수 있다.

ISCLT2 모델을 이용한 주변 대기환경에 대한 영향은 하반기 용역과업으로 추진하고 있다.

다이옥신의 노출로 인해 얼마나 위험한지를 정량화할 때는 몇가지의 방법론을 활용하게 된다.

- 1) 다이옥신에 대한 모든 독성자료와 물리, 화학적 성질 등의 규명, 오염원에 대한 조사 그리고 주변지역 주민들에 대한 기초조사 등을 실시하는 위험성 확인 단계와 2) 오염원으로부터 배출되는 오염물질의 양. 그것이 환경중에 배출되어 분포되므로 인체에 노출되는 양등을 계산하는 노출평가 단계, 3) 인체에 오염물질이 노출되었을 때 어떤 반응이 나타나는지에 대한 자료를 제공해주는 용량-반응평가 단계, 4) 최종적으로 모든 연구결과

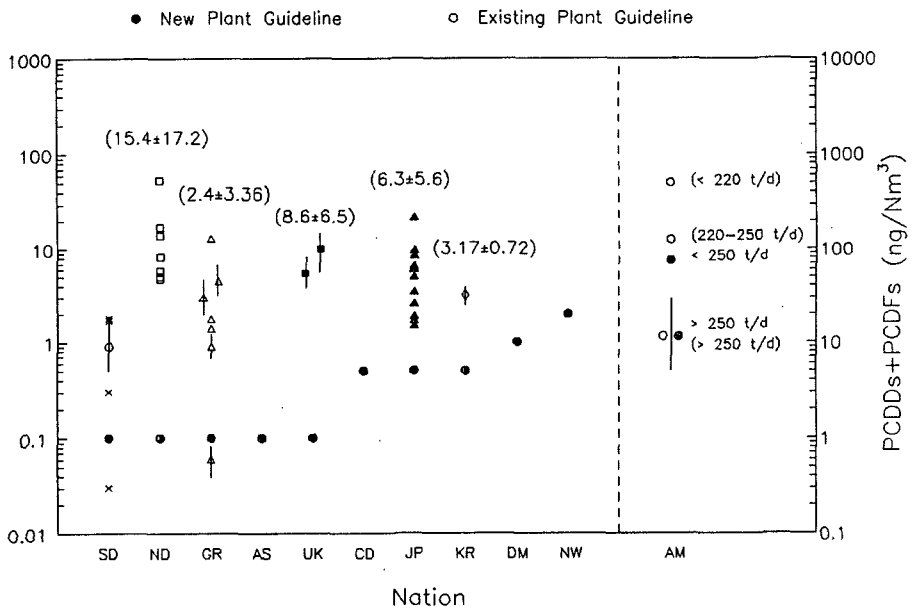
물을 종합하여, 실제로 얼마나 위험한 지를 규명해 주는 위해도 결정과정 단계를 포함시켜 크게 4 단계로 구분할 수 있다.

<그림 3>은 다이옥신의 오염원을 소각로로 간주하였을 때 소각로부터 배출되는 다이옥신이 인체에 미치는 건강피해 여부를 판정하는 전체적인 연구흐름을 나타낸 것이다.

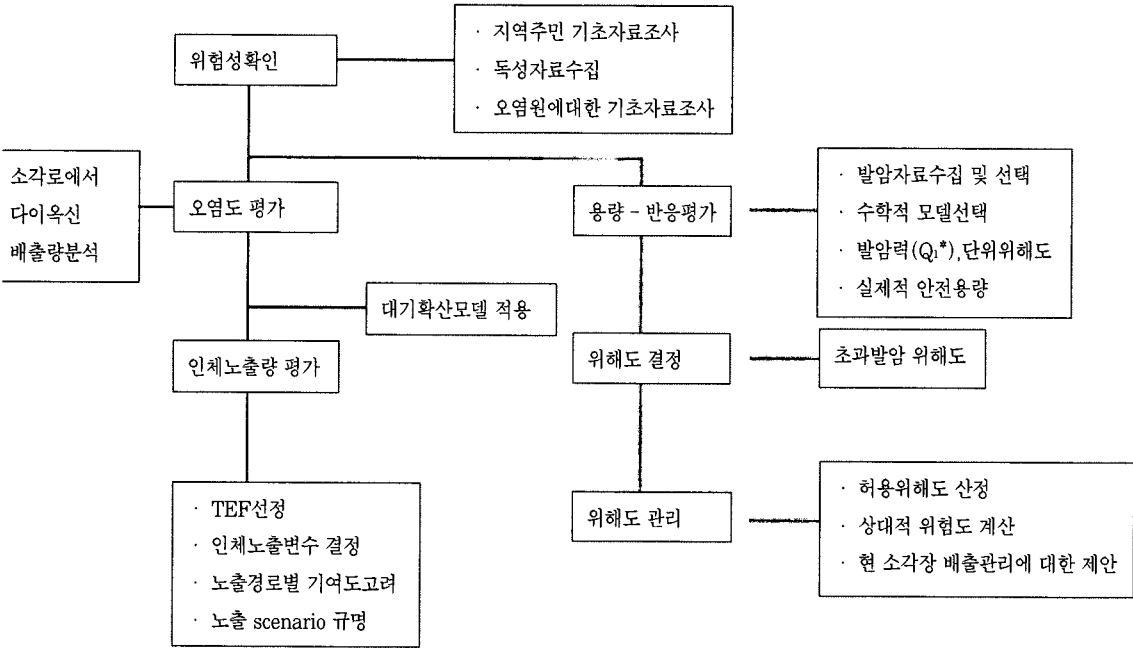
유해성예측도 하반기 용역사업으로 추진하고 있다.

6. 요약

쓰레기 소각장에서 배출되는 다이옥신 등의 유기화합물질에 대한 논의와 주장은 그동안 많이 제기되었으나, 이를 실제로 측정, 분석한 것은 이번 목동 자원회수시설에서의 측정결과가 유일한 것이다. 측정된 다이옥신의 농도는 현재 서울시에서 잠정적으로 정해놓은 자체 설계기준보다 높은 것으로 나타났지만 외국에서 보고된 농도보다는 낮은 범위이고 이에 대한 위해성평가가 진행 중이다.



<그림 2> 각국의 다이옥신 기준 및 측정치 비교



- TEF : Toxic Equivalent Factor
- Q₁* : Cancer Ptency

〈그림 3〉 소각로로부터 배출되는 다이옥신에 대한 건강위해도 평가 과정