

SM9) 대기중의 Dioxin 농도 분포에 대한 연구 A Study on the Contents of PCDDs/PCDFs in Ambient Air

김연제, 김명수, 양세현, 이선영, 유성욱¹⁾, 김신도¹⁾

한국과학기술연구원, 생체대사 연구센터, ¹⁾서울시립대학교, 도시과학연구원

1. 서론

월남전 고엽제 피해와 도시 폐기물 소각로 문제로 일반에게 알려진 다이옥신(Dioxins and Furans)은 기존의 연구결과 토양, 호수와 강의 바다, 대기, 수계생물, 동식물 및 인체조직 등 거의 모든 자연환경에 존재하는 것으로 밝혀졌다. 특히 도시의 대기는 도시 폐기물 소각로나 자동차 등 화석 연료의 연소에 의해 배출되는 다이옥신, PCBs, PAH 등 많은 오염 물질을 함유하고 있는데 이 중 독성이 가장 높은 물질이 다이옥신이다. 다이옥신은 물과 화학적 성질이 극히 안정하여 자연상태에서 잘 분해되지 않기 때문에 먹이사슬이나 자연계 순환에 따른 간접적인 노출(음식섭취)에 의한 인체 유입이 90% 이상인 것으로 알려져 있지만, 대기에 의하여 확산되기 때문에 대기중에 존재하는 다이옥신의 측정은 인체 건강 위험성 평가에 필수적이며 다이옥신 배출원 관리등에 좋은 자료가 된다.

본 연구에서는 대도시의 대표적인 두 개소에서 대기중의 다이옥신의 농도를 측정하여 현재 우리가 일반 대기중에 있어서의 노출 정도를 단계적으로 검토해 보고자 하였다.

2. 실험방법

본 연구에서의 시료채취는 일반적으로 사용하고 있는 미국 환경청에서 발표한 EPA Method 1613에 의하여 수행하였다. 시료채취지점은 교통량이 충분하고 산업지역인 서울역광장과 산업공단지역의 남쪽 지점에 위치한 인천시 가좌동으로 하였다. 기간은 서울역의 경우 1998년 3월 13일~14일, 1999년 1월 21일~22일, 그리고 4월 28일~29일 이었으며 인천시 가좌동의 경우 1998년 3월 24일~25일, 1999년 1월 18일~19일, 4월 26일~27일 이었다.

3. 결과 및 고찰

서울역과 인천시 가좌동(산업지역)의 각 시료채취 실험에 대한 다이옥신 농도를 표 1과 2에 나타내었으며 이를 TEQ값을 적용하여 계산한 값은 표 3과 4에 나타내었다. 표 1과 2에서 보는 바와 같이 PCDD 들은 0~460 fg/m³, PCDF들도 0~880fg/m³의 분포를 보였으며 산업공단인 인천시 가좌동지역의 농도가 서울역에서보다 모두다 높게 나타났다. 표 3과 4는 이들의 다이옥신 농도에 international TEF 값을 적용하여 PCDDs 및 PCDFs-TEQ를 표 3과 4에 나타내었으며 이들은 0~12.72 fg/m³ 범위의 PCDDs 와 0~94.27 fg TEQ/m³ 범위의 PCDFs를 보였다. 이들의 TEQ값 분포를 그래프로 나타내었다. 이들의 결과를 다른 국가들의 결과와 비교한 표는 표 5이며 표에서 보는 바와 같이 서울 지역의 경우 Norway와 영국의 경우를 제외하고는 비슷하거나 낮은 수치를 보였으며 인천시 가좌동 지역의 경우 이태리, 버뮤다, 미국의 산업지역인 Phoenix(AZ) 등보다는 낮게 나타났으나 Slovakia 등의 지역보다는 높게 나타났다. 특히, 영국이나 노르웨이지역은 해풍이 많은 지형적 요인으로 인하여 나타났다고 추론되어지는 바에 비추어 서울 지역은 아직은 낮은 수준을 보여주고 있으며, 겨울철이 0.55 fg TEQ/m³(1998년) 및 0.030 fg TEQ/m³(1999년)(인천)으로서 1999년이 1998년 보다 낮은 수치를 나타내었다. 그러나 이는 작년과 올해의 단순 비교치로서 계속 검출하여 축적된 결과로부터 연간 변화 추이를 판단해 나가야 할 것이다.

Table 1. The Concentrations of PCDDs in Ambient Air on each Site and Durations

Compound		Concentration (fg/m ³)							
		Seoul				Inchon			
		3/13/98	1/21/99	4/28/99	Average	3/24/98	1/18/99	4/26/99	Average
PCDDs	2,3,7,8-TCDD	-	-	-	-	-	-	-	-
	1,2,3,7,8-PeCDD	3.86	4.36	-	4.11	9.48	12.72	3.19	8.46
	1,2,4,7,8-HxCDD	12.90	5.30	8.20	8.80	116.30	87.20	11.40	71.63
	1,2,3,6,7,8-HxCDD	20.30	9.70	5.80	11.93	-	74.20	23.30	48.75
	1,2,3,7,8,9-HxCDD	28.80	13.50	16.80	19.70	27.80	145.20	5.60	59.53
	1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	89.00	52.00	45.00	62.00	63.00	302.00	175.00	180.00
	OCDD	90.00	20.00	10.00	40.00	250.00	460.00	170.00	293.33
Total PCDDs		244.86	104.86	85.80	145.17	466.58	1081.32	388.49	645.46

Table 2. The Concentrations of PCDFs in Ambient Air on each Site and Durations

Compound		Concentration (fg/m ³)							
		Seoul				Inchon			
		3/13/98	1/21/99	4/28/99	Average	3/24/98	1/18/99	4/26/99	Average
PCDFs	2,3,7,8-TCDF	84.70	8.40	61.70	78.27	250.10	454.50	333.90	346.17
	1,2,3,7,8-PeCDF	28.00	2.80	8.00	12.93	23.00	108.20	32.60	54.60
	2,3,4,7,8-PeCDF	22.56	14.26	14.18	17.00	77.18	188.54	83.02	116.25
	1,2,3,4,7,8-HxCDF	77.80	59.90	50.60	62.77	402.80	377.40	198.00	326.07
	1,2,3,6,7,8-HxCDF	47.50	27.30	12.10	28.97	3.90	218.90	96.20	106.33
	1,2,3,7,8,9-HxCDF	67.80	26.70	22.60	39.03	119.90	238.60	119.40	159.30
	2,3,4,6,7,8-HxCDF	26.20	1.20	4.80	10.73	615.80	60.30	28.70	234.93
	1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	246.00	199.00	281.00	242.00	250.00	677.00	587.00	504.67
	1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	54.00	36.00	38.00	42.67	24.00	204.00	60.00	96.00
	OCDF	130.00	270.00	170.00	190.00	880.00	-	170.00	525.00
Total PCDFs		784.56	725.56	662.98	724.37	2646.68	2527.44	1708.82	2294.31

Table 3. The TEQ Levels of PCDDs in Ambient Air on each Site and Durations

Compound		Ambient Air (fg TEQ/m ³)							
		Seoul				Inchon			
		3/13/98	1/21/99	4/28/99	Average	3/24/98	1/18/99	4/26/99	Average
PCDDs	2,3,7,8-TCDD	-	-	-	-	-	-	-	-
	1,2,3,7,8-PeCDD	1.93	2.18	-	2.06	4.74	12.72	3.19	6.88
	1,2,4,7,8-HxCDD	1.29	0.53	0.82	0.88	11.63	4.36	0.57	5.52
	1,2,3,6,7,8-HxCDD	2.03	0.97	0.58	1.19	-	7.42	2.33	4.88
	1,2,3,7,8,9-HxCDD	2.88	1.35	1.68	1.97	2.78	14.52	0.56	5.95
	1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.89	0.52	0.45	0.62	0.63	3.02	1.75	1.80
	OCDD	0.09	0.02	0.01	0.04	0.25	0.46	0.17	0.29
Total PCDDs		9.11	5.57	5.57	6.76	20.03	42.5	8.57	25.33

Table 4. The TEQ Levels of PCDFs in Ambient Air on each Site and Durations

Compound		Ambient Air (fg TEQ/m ³)							
		Seoul				Inchon			
		3/13/98	1/21/99	4/28/99	Average	3/24/98	1/18/99	4/26/99	Average
PCDFs	2,3,7,8-TCDF	8.47	8.84	6.17	7.83	25.01	45.45	33.39	34.62
	1,2,3,7,8-PeCDF	1.40	0.14	0.40	0.65	1.15	5.41	1.63	2.73
	2,3,4,7,8-PeCDF	11.28	7.13	7.09	8.50	38.59	94.27	41.51	58.12
	1,2,3,4,7,8-HxCDF	7.78	5.99	5.06	6.28	40.28	37.74	19.80	32.61
	1,2,3,6,7,8-HxCDF	4.75	2.73	1.21	2.90	0.39	21.89	9.62	10.63
	1,2,3,7,8,9-HxCDF	6.78	2.67	2.26	3.90	11.99	23.86	11.94	15.93
	2,3,4,6,7,8-HxCDF	2.62	0.12	0.48	1.07	61.58	6.03	2.87	23.49
	1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	2.46	1.99	2.81	2.42	2.5	6.77	5.87	5.05
	1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.54	0.36	0.38	0.43	0.24	2.04	0.60	0.96
	OCDF	0.13	0.27	0.17	0.19	0.88	-	0.17	0.53
Total PCDFs		46.21	30.24	26.03	34.16	182.61	243.46	127.40	184.67

Table 5. Dioxins levels in ambients air by nation

	Nation	TCDD TEQ (pg/m ³)	Year
Italy	Zone A (>50 ug/m ² soil)	0.26	1976
	Zone B (5-50 ug/m ²)	0.35	
	Milan (High traffic area)	0.22	
	Urban/Industrial, city centre and residential 1	0.07	
	Agricultural	0.07	
	Urban/Industrial (pulp and paper)	0.08	
Slovakia	Industrial (copper)	0.13	1996-1997
	Industrial (chemical, Former, PCB manufacture)	0.05	
	Rural background	0.04	
	Urban/Industrial, city centre and residential 2	0.09	
	Industrial : Iron and steel	0.12	
Bermuda	-	0.27	1993
		0.02	1994
Norway	Winter	0.01	1995-1996
	Summer	0.003	1996
U.S.	Phoenix, AZ (Industrial)	0.2499	1994
North America	Urban	0.0949 ± 0.24	1994
Europe*	-	0.108	1994
	Ireland (west coast)	0.003-0.004	
United Kingdom	Lancaster (north west coast)	0.007-0.017	1997
	North York Moors (north east coast)	0.002-0.006	
This study	Seoul	0.055	1998 winter
	Incheon	0.203	
	Seoul	0.036	1999 spring
	Incheon	0.286	
	Seoul	0.030	
Incheon	0.136	1999 winter	

* Germany, Belgium, United Kingdom

4. 결론

외국의 다이옥신 분석결과치와 비교할 때 도시지역인 서울역에서의 다이옥신 TEQ 농도 수준은 비교적 낮은 범주에 속했으며 공단지역인 인천시 가좌동은 높은 범주에 속했다. 다만 1998년과 비교해 1999년에는 감소하는 추세를 보였으나 이는 2년간의 단순 비교치로서 좀더 계속된 연구결과를 토대로하여 결과를 추론하여야 할 것이며 이와 같은 축적된 측정결과치로부터 인체 위해성 평가 등 과학적이고 체계적 관리를 진행해가야 할 것으로 시료된다.