

부산지역 대기 중 다이옥신 조사

- 우리 시의 지역별 및 계절별 대기 중의 다이옥신 오염특성 파악을 통해
- 지역 특성에 따른 대기 중의 다이옥신 오염도 조사연구 결과를 중장기 대기질 개선을 위한 기초자료 활용

1. 조사개요

- 조사기간
 - ▷ 2011년 1월 ~ 12월
- 조사지점
 - ▷ 조사지점은 학장동 등 총 6개 지점이며, 그림 1과 같다.
 - 공업지역 : 사상구 학장동 학장초등학교 (IA-1)
사하구 장림1동 동사무소 (IA-2)
 - 상업지역 : 부산진구 전포동 경남공업고등학교 (CA-1)
 - 주거지역 : 연제구 연산동 연제초등학교 (RA-1)
해운대구 좌동 동사무소 (RA-2)
기장군 기장읍 기장초등학교 (RA-3)



그림 1. 시료채취지점

○ 조사내용

▷ 2,3,7,8-치환 다이옥신류 17종을 조사하였으며, 그 독성등가계수는 표 1과 같다.

표 1. 다이옥신 동족체와 I-TEF(International Toxic Equivalent Factor)

Homologue		Congeners	I-TEF	Homologue		Congeners	I-TEF	
PCDFs	TCDF	2,3,7,8-TCDF	0.1	PCDDs	TCDD	2,3,7,8-TCDD	1	
	PeCDF	1,2,3,7,8-PeCDF	0.05		PeCDD	1,2,3,7,8-PeCDD		0.5
		2,3,4,7,8-PeCDF	0.5					
	HxCDF	1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.1		HxCDD	1,2,3,4,7,8-HxCDD		0.1
		1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.1			1,2,3,6,7,8-HxCDD		0.1
		2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.1			1,2,3,7,8,9-HxCDD		0.1
		1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.1					
	HpCDF	1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.01		HpCDD	1,2,3,4,6,7,8-HpCDD		0.01
		1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.01					
	OCDF	OCDF	0.001		OCDD	OCDD	0.001	

○ 조사주기

- ▷ 학장동 : 월 1회
- ▷ 장림동, 전포동, 연산동, 좌동, 기장읍 : 분기 1회

○ 조사방법

▷ 시료채취

- 시료채취량 : 약 0.47 Sm³/min.의 유속으로 48시간동안 약 1340 Sm³의 공기 포집
- 시료채취장비 : 하이볼륨에어샘플러를 사용하였으며, 그림 2에 나타내었다.
 - Quartz Filter : 입자상물질 포집
 - 600℃에서 5시간 동안 강열하여 불순물 제거 후 사용
 - PUF(Poly Uretane Form) : 가스상물질 포집
 - Soxhlet 추출기를 이용하여 Acetone으로 약 18시간동안 추출 후 건조시켜 사용
 - 시료채취 직전 현장에서 시료채취용 내부표준물질 ³⁷Cl-2,3,7,8-T₄CDD를 PUF에 첨가
 - 활성탄 수지 펠트 : 가스상물질 포집
 - Soxhlet 추출기를 이용하여 Toluene으로 약 18시간동안 추출 후 Acetone으로 세정한 다음 건조시켜 사용

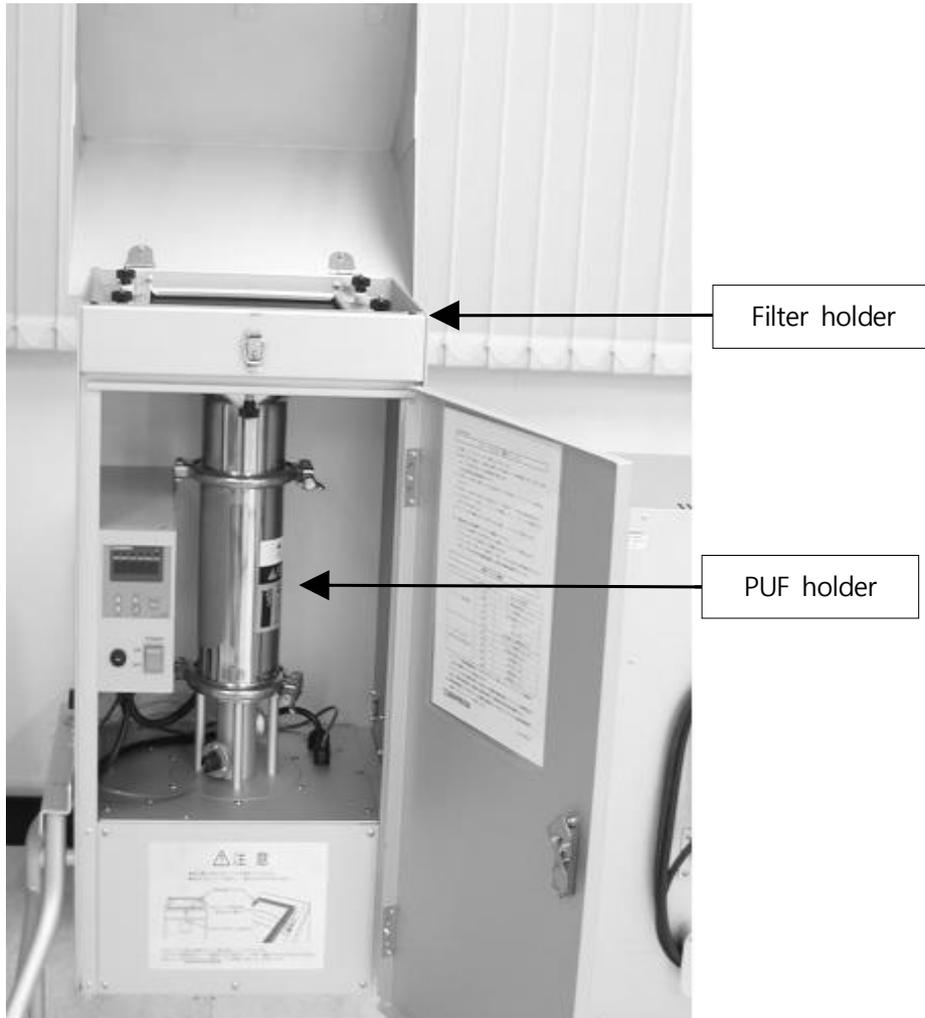


그림 2. 하이볼륨에어샘플러(SIBATA HV-1000F, 일본)

▷ 시료 전처리

- 시료의 전처리는 잔류성유기오염물질 공정시험방법에 준하여 전처리 하였으며, 전처리 절차는 그림 3과 같다.

▷ 기기분석

- 분석장비 : 분석에 사용된 기기는 그림 4와 같이 HRGC/HRMS(Autospec Ultima, UK)를 사용하였음

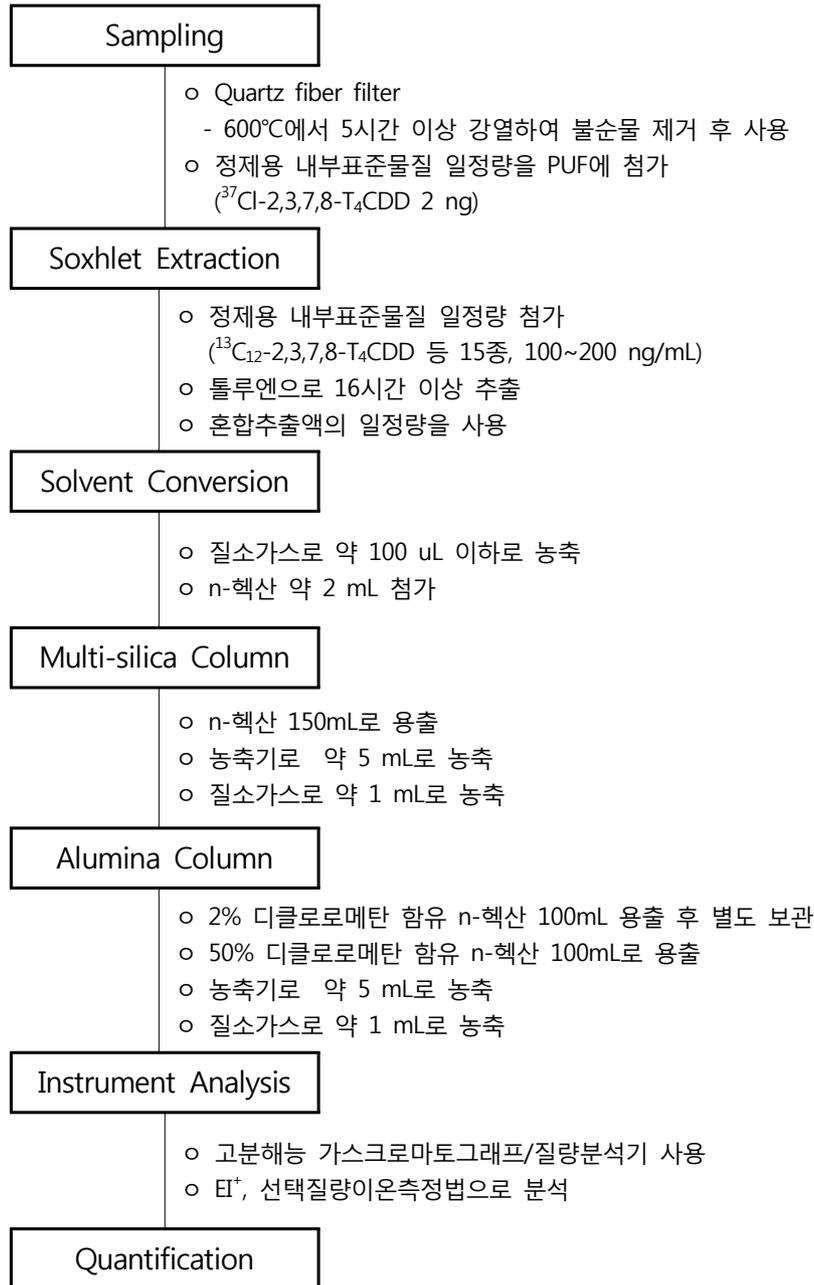


그림 3. Diagram for dioxin analysis of ambientl samples



그림 4. Picture of HRGC/HRMS(Autospec Ultima, UK)

- 기기분석 조건 : 기기분석은 잔류성유기오염물질 공정시험방법 및 US EPA-1613 revision B에 준하여 분석하였으며, 그 조건은 표 2와 같다.

표 2. 가스크로마토그래피와 질량분석기 분석 조건

Descriptor	GC Condition	Descriptor	Mass Condition
Instrument	HP 6890	Instrument	Autospec Ultima
Column	SP-2331 (60m × 0.25mm ID × 0.2µm)	Source temp.	260 °C
Carrier gas	Helium 1.0 ml/min	Resolution	10,000 이상
Injection mode	Splitless mode	Ionization mode	EI ⁺
Inlet temp.	260°C	Selected Ion Mode(SIM)	M/M+2 or M+2/M+4
Oven ramping	Initial temp. 100°C(5min.) 20°C/min. → 200°C(7min.) 5 °C/min. → 260°C(36min.) 10°C/min. → 270°C(2min.)	Interface temp.	
Injection volumn	1 µL	- Capillary line 1	260°C
		- Capillary line 2	260°C
		- Re-entrant	260°C
		- PFK septum	160°C

2. 조사결과

2.1 다이옥신 잔류실태

○ 연도별 다이옥신 농도 변화

- ▷ 부산지역의 대기 중 다이옥신 농도 조사는 2005년 5개 지점으로 시작한 이래, 2007년에는 동삼동지점을 기장군지점으로 변경, 2008년부터 좌동지점을 추가, 6개 지점으로 확대 하였으며, 2011년에는 감전동지점을 학장동지점으로 변경하여 조사를 실시하였다.
- ▷ 연도별 다이옥신 평균농도는 그림 5 및 표 3에 나타난 바와 같이 꾸준히 감소하는 추세를 나타내고 있으며, 이는 2008년부터 잔류성유기오염물질관리법의 시행에 따른 다이옥신 배출시설의 정기검사에 대한 부담으로 소형 소각시설의 폐쇄 등 배출원 관리가 본격화면서 대기 중 다이옥신 농도가 꾸준히 감소되는 것으로 판단된다.
- ▷ 2011년 조사지점의 평균농도는 0.071pg-TEQ/Sm³으로 2010년 0.087pg-TEQ/Sm³ 대비 약 18% 정도 감소하였으며 환경부의 2009년 POPs 측정망 평균농도 0.051pg-TEQ/Sm³에 비해 다소 높게 나타났으나 전체지점에서 환경기준인 0.6pg-TEQ/Sm³을 만족하였다.

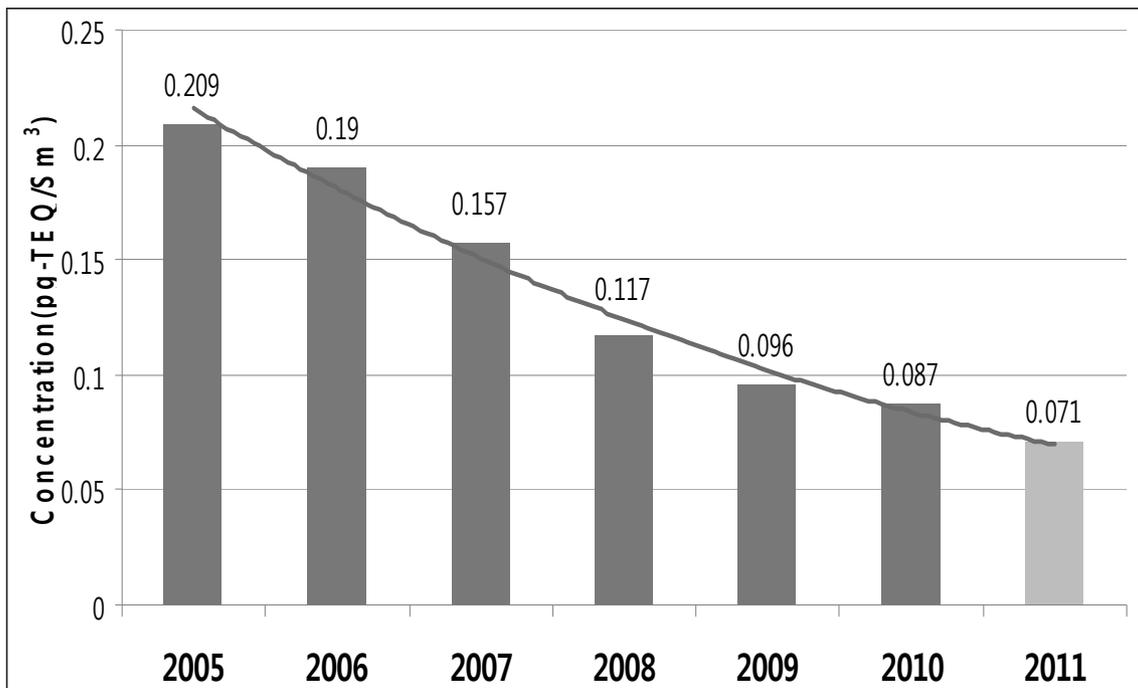


그림 5. 대기 중 다이옥신 연평균 분포 변화

표 3. 대기 중 다이옥신 연평균

(unit : pg-TEQ/Sm³)

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
n	30	50	28	32	32	32	32
mean	0.209	0.190	0.157	0.117	0.096	0.087	0.071
min.	0.010	0.001	0.008	0.007	0.009	0.007	0.003
max.	0.754	1.365	0.984	1.207	0.515	0.640	0.515
S.D.	14.841	24.748	24.782	24.588	13.748	14.224	12.112

○ 계절별 및 용도지역별 다이옥신 농도 변화

- ▷ 현재의 다이옥신 조사지점과 조사주기가 동일한 2008년부터 2010년까지 3년간 계절별 평균농도와 2011년의 농도를 비교한 결과를 그림 6에 나타내었다.
- ▷ 계절별로는 겨울철 농도가 0.132 pg-TEQ/Sm³으로 가장 높게 나타났으며 가을 0.072, 봄 0.057 pg-TEQ/Sm³이었고 여름철이 0.022 pg-TEQ/Sm³으로 가장 낮게 나타나 3년간의 경향과 유사하였으며 2011년 농도가 전반적으로 낮게 나타났다.
- ▷ 2011년의 경우 하절기 농도가 두드러지게 낮게 나타났는데 이는 7월 강우량이 418mm로 전년 강우량에 비하여 약 4배 정도 증가하여 대기 중 먼지입자의 세정효과가 농도감소로 연결된 것으로 사료된다.

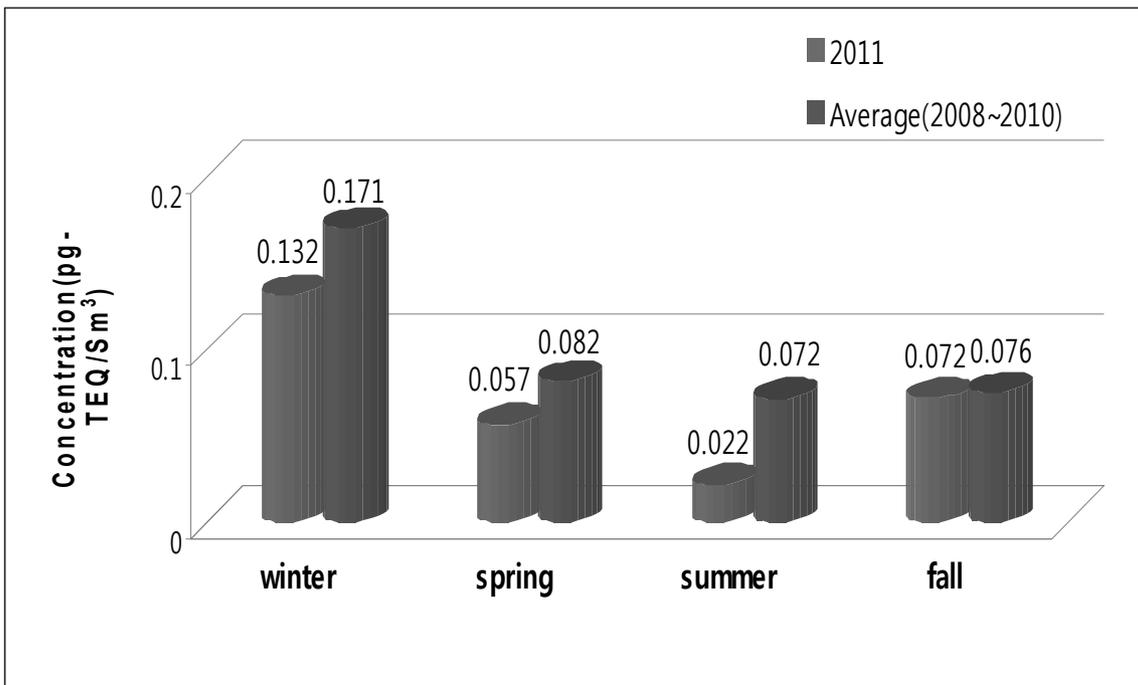


그림 6. 대기 중 다이옥신 계절별 분포

- ▷ 2008년부터 2010년까지의 3년간 용도지역별 다이옥신 농도분포는 그림 7에 나타난 것처럼 공업지역의 평균 다이옥신 농도는 0.199 pg-TEQ/Sm³이었으며 2011년 농도는 0.132 pg-TEQ/Sm³로 크게 감소하였다.
- ▷ 지역별로는 공업지역, 상업지역, 주거지역의 순으로 나타났으며, 상업지역의 경우 예년 자료 0.054 pg-TEQ/Sm³에 비해 0.061 pg-TEQ/Sm³ 기타로 다소 증가하였으나 연평균 기준의 약 1/10 농도로 우려할 수준은 아닌 것으로 판단된다.

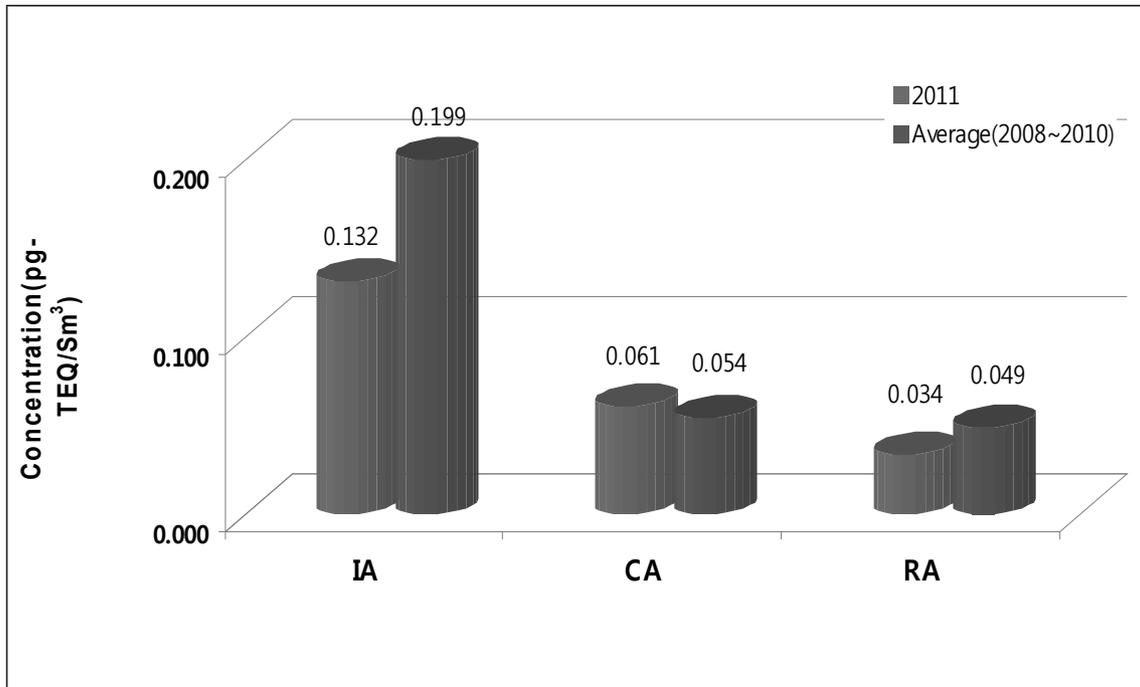


그림 7. 용도지역별 다이옥신 분포

IA : Industrial Area RA : Residence Area
 CA : Commercial Area

- 각 지점의 월별 및 계절별 다이옥신 농도 분포
 - ▷ 2011년 월별 및 계절별 다이옥신 농도분포는 표 4 및 그림 8에 나타나 있다. 공업지역 2개 지점의 다이옥신 농도가 각각 0.188 및 0.075 pg-TEQ/Sm³으로 상대적으로 타 지역에 비해 높게 검출되었고,
 - ▷ 공업지역인 학장동 지점은 조사대상 6개 지점 중 다이옥신 농도가 가장 높게 검출되었고 농도범위는 0.039 ~ 0.515 pg-TEQ/Sm³(평균 0.188)으로 조사되었으며, 특히 1월 농도가 0.515 pg-TEQ/Sm³으로 가장 높은 농도를 보였다.
 - ▷ 상업지역인 CA-1 지점의 다이옥신 농도는 0.003 ~ 0.139 pg-TEQ/Sm³(평균 0.061)로 조사되었으며 주거지역인 RA-1 지점은 0.008 ~ 0.069 pg-TEQ/Sm³(평균 0.035), RA-2 지점은 0.006~0.037 pg-TEQ/Sm³(평균 0.022), RA-3 지점은 0.009 ~

0.105 pg-TEQ/Sm³(평균 0.046)으로 조사되어 고농도 다이옥신 배출원의 직접적인 영향을 받지 않는 지점으로 판단된다.

- ▷ 조사대상 전 지점에서 연평균 대기환경기준인 0.6 pg-TEQ/Sm³을 초과하는 지점은 없었으나, 공업지역인 IA-1지점은 1월, 2월 중 다이옥신 농도가 높게 나타나 주변 배출원에 대한 추가조사 등 관리방안 수립이 필요하리라 사료된다.

표 4. 지점별, 월별 다이옥신 농도

(unit : pg-TEQ/Sm³)

		IA-1	IA-2	CA-1	RA-1	RA-2	RA-3
Spring	2011. 3	0.264	-	-	-	-	-
	2011. 4	0.209	0.035	0.032	0.033	0.017	0.019
	2011. 5	0.148	-	-	-	-	-
Summer	2011. 6	0.151	-	-	-	-	-
	2011. 7	0.070	0.019	0.003	0.008	0.006	0.009
	2011. 8	0.039	-	-	-	-	-
Fall	2011. 9	0.111	-	-	-	-	-
	2011. 10	0.093	0.015	0.139	0.029	0.026	0.105
	2011. 11	0.156	-	-	-	-	-
Winter	2011. 12	0.062	-	-	-	-	-
	2011. 1	0.515	0.230	0.069	0.069	0.037	0.049
	2011. 2	0.441	-	-	-	-	-
Average		0.188	0.075	0.061	0.035	0.022	0.046

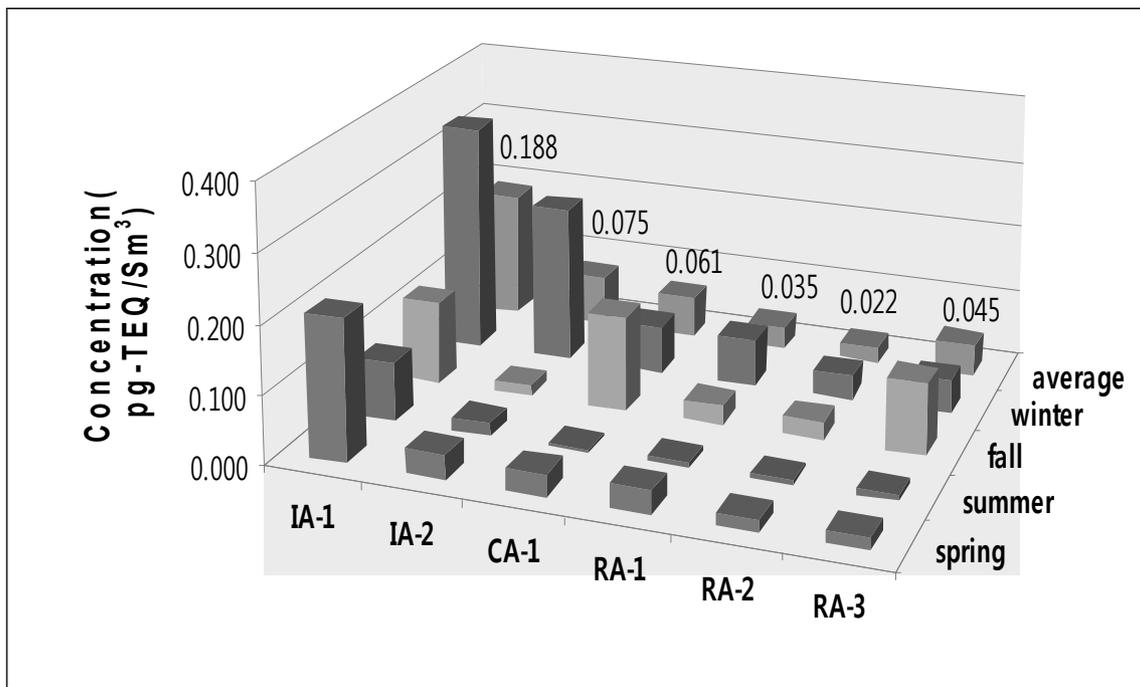


그림 8. 지점별, 계절별 다이옥신 농도

2.1 다이옥신 congeners 분포특성

○ PCDFs/PCDDs의 분포특성

- ▷ 연평균 다이옥신 congeners의 실측값은 RA-1지점을 제외한 모든 지점에서 PCDDs보다는 PCDFs의 비율이 높게 조사되었다(표 5 및 그림 9).
- ▷ 6개 지점의 평균 기여율은 OCDD, 1234678-HpCDF, 1234678-HpCDD와 OCDF의 기여율이 높게 나타났고 전반적으로 PCDFs 중에서는 1234678-HpCDF와 OCDF의 기여율이 높게 나타났고 PCDDs 중에는 1234678-HpCDD와 OCDD의 기여율이 높게 나타났다.
- ▷ 조사대상 6개 지점 중 RA-1지점은 OCDD의 기여율이 42.2%로 나타나 OCDD의 기여율이 가장 높은 지점으로 나타났으며 RA-1지점을 제외한 전지점에서 1,2,3,4,6,7,8-HpCDF가 가장 높게 나타났다.
- ▷ PCDFs/PCDDs의 비율은 6개 지점의 평균은 1.77로 조사되었고 상업지역인 CA-1지점이 2.64로 가장 높게 조사되었고 RA-3 > RA-2 의 순으로 나타났다.

표 5. 다이옥신 동족체 분포 특성(실측값)

(unit : pg/Sm³)

No.	Chemicals	IA-1		IA-2		CA-1		RA-1		RA-2		RA-3	
		Real Values	Contribution(%)										
1	2,3,7,8-TCDF	0,065	2,51	0,027	2,51	0,022	2,67	0,016	2,03	0,007	2,28	0,020	3,12
2	1,2,3,7,8-PeCDF	0,169	6,50	0,071	6,62	0,068	8,44	0,034	4,33	0,026	8,32	0,050	7,96
3	2,3,4,7,8-PeCDF	0,134	5,14	0,050	4,65	0,049	6,06	0,027	3,48	0,016	5,18	0,035	5,55
4	1,2,3,4,7,8-HxCDF	0,183	7,04	0,077	7,18	0,069	8,51	0,037	4,74	0,022	6,96	0,052	8,27
5	1,2,3,6,7,8-HxCDF	0,169	6,48	0,060	5,62	0,059	7,33	0,032	4,09	0,019	6,15	0,045	7,11
6	2,3,4,6,7,8-HxCDF	0,163	6,24	0,061	5,70	0,051	6,34	0,028	3,52	0,023	7,29	0,040	6,30
7	1,2,3,7,8,9-HxCDF	0,012	0,46	0,005	0,46	0,002	0,29	0,003	0,32	0,003	0,86	0,000	0,00
8	1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0,597	22,94	0,192	18,03	0,175	21,61	0,110	14,01	0,074	23,59	0,142	22,41
9	1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0,040	1,52	0,020	1,87	0,023	2,83	0,011	1,36	0,005	1,72	0,006	0,91
10	OCDF	0,162	6,20	0,099	9,31	0,068	8,44	0,051	6,44	0,021	6,61	0,056	8,90
11	2,3,7,8-TCDD	0,010	0,39	0,006	0,57	0,001	0,09	0,001	0,12	0,000	0,12	0,002	0,35
12	1,2,3,7,8-PeDD	0,031	1,17	0,016	1,53	0,011	1,35	0,005	0,65	0,005	1,71	0,006	0,97
13	1,2,3,4,7,8-HxCDD	0,019	0,74	0,014	1,28	0,008	1,01	0,003	0,42	0,000	0,00	0,003	0,45
14	1,2,3,6,7,8-HxCDD	0,049	1,88	0,024	2,27	0,017	2,07	0,007	0,85	0,003	0,83	0,010	1,59
15	1,2,3,7,8,9-HxCDD	0,037	1,43	0,017	1,58	0,011	1,36	0,008	0,97	0,003	0,85	0,008	1,20
16	1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0,286	10,98	0,147	13,75	0,069	8,53	0,083	10,46	0,024	7,58	0,049	7,71
17	OCDD	0,478	18,36	0,182	17,06	0,106	13,06	0,333	42,23	0,063	19,97	0,109	17,19
ΣPCDDs		0,911	34,96	0,406	38,05	0,222	27,47	0,439	55,70	0,098	31,06	0,186	29,46
ΣPCDFs		1,694	65,04	0,661	61,95	0,586	72,53	0,349	44,30	0,217	68,94	0,446	70,54
ΣTotal		2,604	100,00	1,067	100,00	0,808	100,00	0,789	100,00	0,315	100,00	0,632	100,00

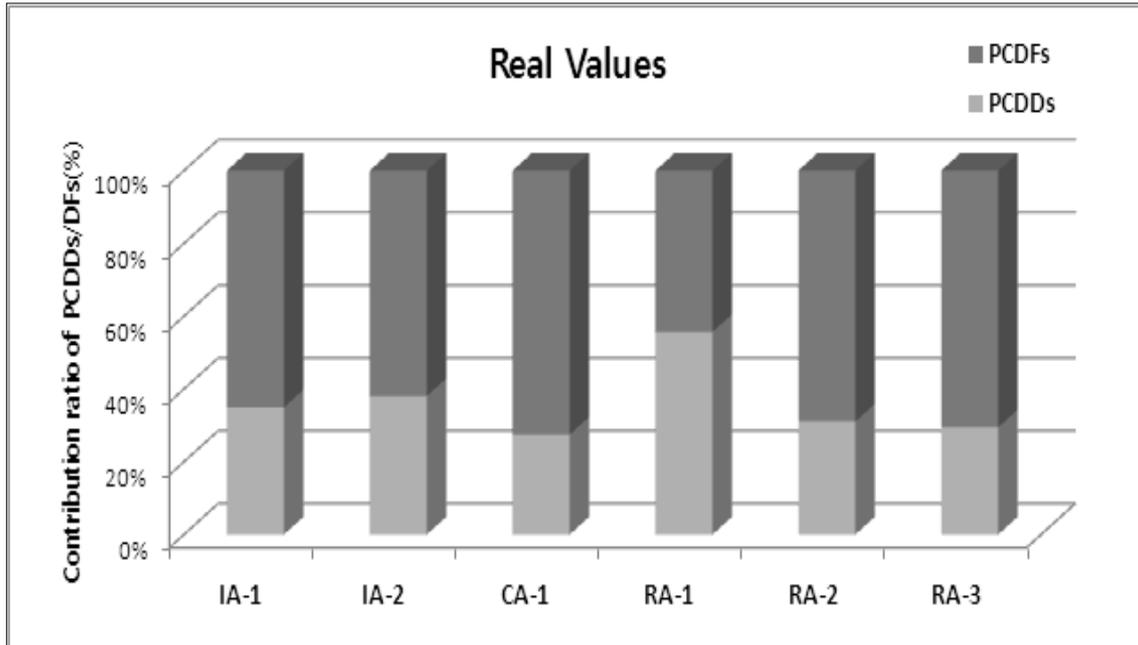


그림 9. PCDFs/PCDDs 비(실측값)

- ▷ 다이옥신 동족체는 서로 다른 독성 등가치를 가지므로 실측치에 등가치를 반영한 TEQ값으로 환산하였다. 조사대상 6개 지점 모두에서 PCDDs보다는 PCDFs가 실측값보다 상대적으로 높은 기여율을 나타내는 것으로 조사되었다(표 6 및 그림 10).
- ▷ PCDFs/PCDDs의 비율은 평균적으로 예년과 비슷한 3.9정도이며, 주거지역에서는 PCDFs가 PCDDs보다 4배 이상, 공업지역에서는 평균 3배 정도로 PCDFs 비율이 높은 특징을 나타내고 있다.
- ▷ 동족체별 평균 기여율은 2,3,4,7,8-PeCDF가 37.8%로 가장 높게 나타났으며, 다음으로 1,2,3,4,7,8-HxCDF가 10.7%의 순으로 나타났고 전 지점에서 PCDFs 중 2,3,4,7,8-PeCDF가, PCDDs 중에는 12378-PeCDD의 기여율이 높게 나타나 예년의 조사결과와 동일하였다.
- ▷ H. Hagenmaier 등의 연구결과에 따르면 소각 등 고온 연소 공정에서 다량으로 발생하는 2,3,4,7,8-PeCDF, 2,3,4,6,7,8-HxCDF, 1,2,3,6,7,8-HxCDF의 기여율이 대부분의 지점에서 높게 나타나 연소공정의 영향이 상대적으로 높게 작용되는 것으로 사료된다.

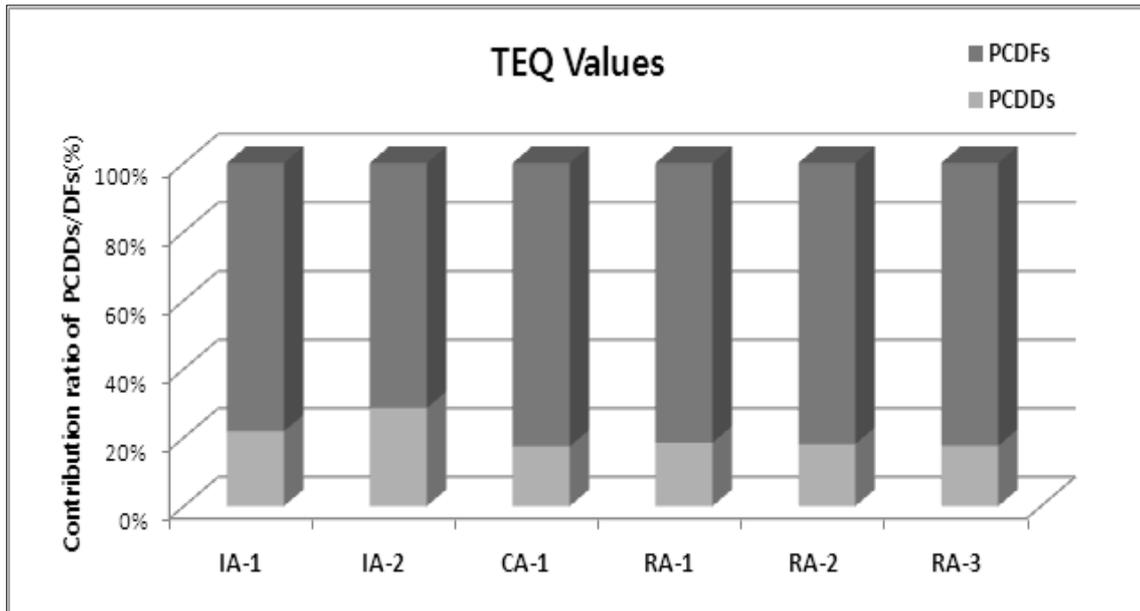


그림 10. PCDFs/PCDDs 비(TEQ값)

표 6. 다이옥신 동족체 분포 특성(TEQ값)

(unit : pg-TEQ/Sm³)

No.	Chemicals	IA-1		IA-2		CA-1		RA-1		RA-2		RA-3	
		TEQ Values	Contribution(%)										
1	2,3,7,8-TCDF	0.007	3.51	0.003	3.57	0.002	3.55	0.002	4.61	0.001	3.33	0.002	4.36
2	1,2,3,7,8-PeCDF	0.009	4.64	0.004	4.72	0.003	5.61	0.002	4.92	0.001	6.06	0.003	5.56
3	2,3,4,7,8-PeCDF	0.072	37.08	0.025	33.16	0.024	40.27	0.014	39.56	0.008	37.76	0.018	38.81
4	1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.020	10.18	0.008	10.22	0.007	11.31	0.004	10.77	0.002	10.15	0.005	11.56
5	1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.018	9.38	0.006	8.01	0.006	9.73	0.003	9.29	0.002	8.97	0.004	9.94
6	2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.018	9.08	0.006	8.12	0.005	8.42	0.003	7.99	0.002	10.62	0.004	8.81
7	1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.001	0.70	0.000	0.66	0.000	0.39	0.000	0.72	0.000	1.25	0.000	0.00
8	1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.006	3.30	0.002	2.57	0.002	2.87	0.001	3.18	0.001	3.44	0.001	3.13
9	1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.000	0.24	0.000	0.27	0.000	0.38	0.000	0.31	0.000	0.25	0.000	0.13
10	OCDF	0.000	0.09	0.000	0.13	0.000	0.11	0.000	0.15	0.000	0.10	0.000	0.12
11	2,3,7,8-TCDD	0.010	5.37	0.006	8.13	0.001	1.23	0.001	2.68	0.000	1.73	0.002	4.95
12	1,2,3,7,8-PeDD	0.017	8.75	0.008	10.93	0.005	8.93	0.003	7.38	0.003	12.50	0.003	6.77
13	1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.002	1.18	0.001	1.83	0.001	1.34	0.000	0.95	0.000	0.00	0.000	0.63
14	1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.005	2.69	0.002	3.23	0.002	2.75	0.001	1.93	0.000	1.21	0.001	2.22
15	1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.004	2.01	0.002	2.25	0.001	1.81	0.001	2.21	0.000	1.24	0.001	1.68
16	1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.003	1.52	0.001	1.96	0.001	1.13	0.001	2.38	0.000	1.11	0.000	1.08
17	OCDD	0.000	0.25	0.000	0.24	0.000	0.17	0.000	0.96	0.000	0.29	0.000	0.24
ΣPCDDs		0.042	21.78	0.021	28.57	0.011	17.37	0.006	18.50	0.004	18.07	0.008	17.57
ΣPCDFs		0.151	78.22	0.053	71.43	0.050	82.63	0.028	81.50	0.018	81.93	0.037	82.43
ΣTotal		0.193	100.00	0.075	100.00	0.061	100.00	0.035	100.00	0.022	100.00	0.045	100.00

○ 입자상물질/가스상물질 분포특성

- ▷ 다이옥신의 대기 중 분포비 확인을 위하여 입자상 물질과 가스상 물질 분포비를 분석하였고 실측값 및 TEQ값 모두 총 다이옥신 중 입자상 물질이 높게 검출되었다(그림 11, 12).
- ▷ 실측값의 입자상물질/가스상물질의 비는 8.3 ~ 41.5의 분포를 가지고 있었으며 IA-2 지점이 41.5로 가장 높았으며 RA-3 지점이 8.3으로 가장 낮게 나타났다.
- ▷ TEQ값의 입자상물질/가스상물질의 비는 3.3 ~ 15.9의 분포를 가지고 있었으며 IA-2 지점이 15.9로 가장 높았으며 RA-3 지점이 3.3으로 가장 낮게 나타났다.
- ▷ 실측값 및 TEQ값 모두 2010년보다 입자상 다이옥신의 농도비가 상대적으로 높아진 것으로 조사되었고 특히 IA-2, RA-2는 입자상 다이옥신의 영향이 큰 것으로 나타났다.

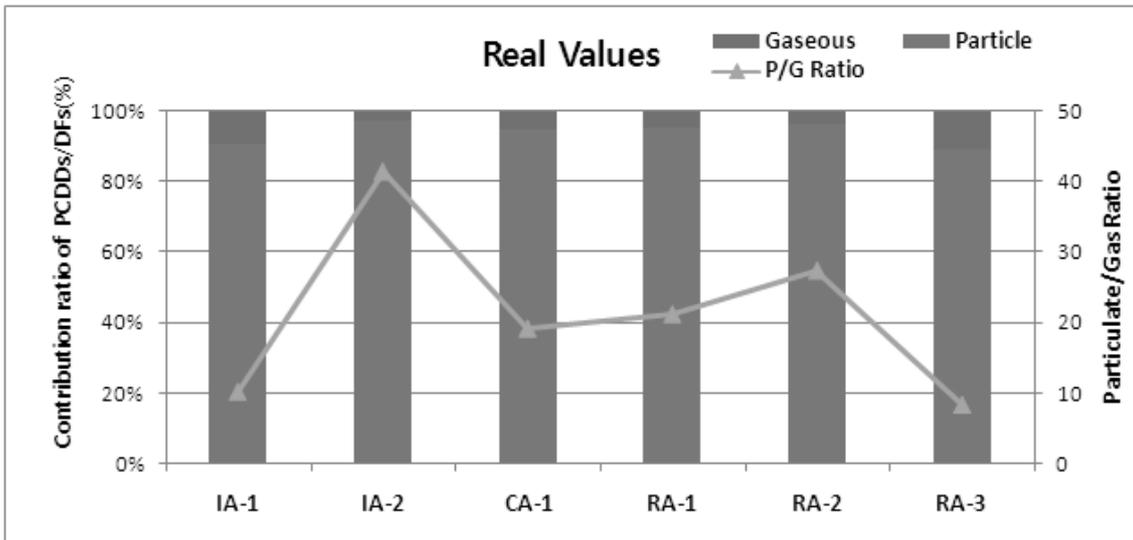


그림 11. 입자상/가스상 비(실측값)

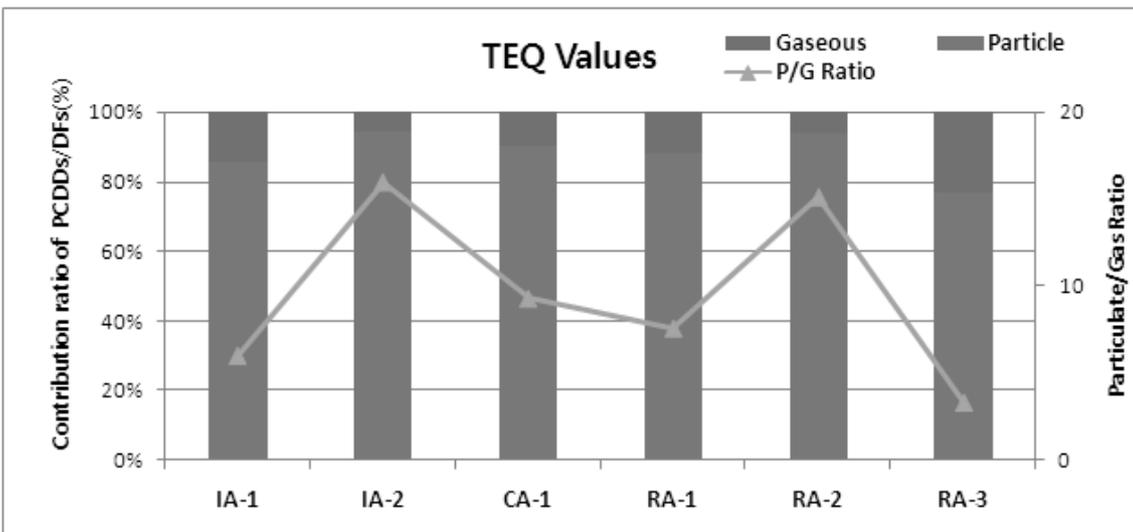


그림 12. 입자상/가스상 비(TEQ값)

2.2 다이옥신 농도와 대기오염물질과의 상관분석

○ 대기오염물질과의 상관계수

- ▷ 조사대상 6개 지점의 다이옥신 농도를 입자상, 가스상 및 총TEQ로 구분하여 2011년 및 2008~2010(3년간)의 동시간대에 측정된 측정망의 기온과 환경기준 오염물질간의 상관성을 조사하였으며 일부 항목에서 유의성 있는 관계를 확인하였다(표 7, 표 8).
- ▷ 2011년의 경우 총 다이옥신(TEQ)은 기온과 음의 상관성을 가지고 있었으며, SO₂, NO_x, PM-10 항목과는 양의 상관성을 나타내고 있었으며, 3년간 분석 자료는 기온 및 오존농도와는 음의 상관성을, SO₂, NO_x, PM-10 항목과는 양의 상관성을 나타내었다.
- ▷ 입자상 다이옥신은 2011년의 경우 총 다이옥신(TEQ)과 동일한 경향을 보이고 있으며 기온과 음의 상관성을, SO₂, NO_x, PM-10 항목과는 양의 상관성을 나타내었고, 3년간 분석 자료는 기온 및 오존농도와 음의 상관성을, SO₂, NO_x, PM-10 항목과는 양의 상관성을 나타내었다.
- ▷ 가스상 다이옥신은 2011년의 경우 기온 및 NO_x와 양의 상관성을 나타내었고 3년간 분석 자료는 기온 및 PM-10과 양의 상관성을 나타내었다.
- ▷ 상기 결과로 기온이 낮은 겨울철의 경우 난방 등의 목적으로 연소기수의 사용이 빈번해짐에 따라 다이옥신 발생이 증가하는 것으로 추정된다.

표 7. 다이옥신 농도와 대기오염물질간의 피어슨상관계수(2011)

		Temp.	O3	SO2	CO	NOx	PM10	Dioxin (TEQ)	Dioxin (Particle)	Dioxin (Gas)
Temp.	Pearson Correlation	1	-0.136	-0.119	-0.232	0.074	-0.024	-.395(*)	-.468(**)	.418(*)
	유의확률. (양쪽)		0.473	0.531	0.218	0.699	0.9	0.031	0.009	0.021
	N	30	30	30	30	30	30	30	30	30
O3	Pearson Correlation		1	-0.315	0.032	-.414(*)	-0.011	-0.202	-0.217	0.066
	유의확률. (양쪽)			0.079	0.862	0.018	0.954	0.268	0.234	0.718
	N		32	32	32	32	32	32	32	32
SO2	Pearson Correlation			1	0.156	.510(**)	.661(**)	.489(**)	.470(**)	0.181
	유의확률. (양쪽)				0.395	0.003	0	0.005	0.007	0.321
	N			32	32	32	32	32	32	32
CO	Pearson Correlation				1	0.308	0.143	-0.024	-0.013	-0.069
	유의확률. (양쪽)					0.086	0.434	0.898	0.944	0.706
	N				32	32	32	32	32	32
NOx	Pearson Correlation					1	.572(**)	.471(**)	.414(*)	.421(*)
	유의확률. (양쪽)						0.001	0.007	0.019	0.016
	N					32	32	32	32	32
PM10	Pearson Correlation						1	.406(*)	.367(*)	0.298
	유의확률. (양쪽)							0.021	0.039	0.098
	N						32	32	32	32
Dioxin(TEQ)	Pearson Correlation							1	.988(**)	0.201
	유의확률. (양쪽)								0	0.271
	N							32	32	32

		Temp.	O3	SO2	CO	NOx	PM10	Dioxin (TEQ)	Dioxin (Particle)	Dioxin (Gas)
Dioxin (Particle)	Pearson Correlation								1	0.046
	유의확률. (양쪽)									0.803
	N								32	32
Dioxin(Gas)	Pearson Correlation									1
	유의확률. (양쪽)									
	N									32

*. Correlation is significant at the 0.05 level (양쪽).

**. Correlation is significant at the 0.01 level (양쪽).

표 8. 다이옥신 농도와 대기오염물질간의 피어슨 상관계수(2008~2010년)

		Temp.	O3	SO2	CO	NOx	PM10	Dioxin (TEQ)	Dioxin (Particle)	Dioxin (Gas)
Temp.	Pearson Correlation	1	0.341(**)	0.191	-0.127	-0.250(*)	-0.055	-.249(*)	-.355(**)	.286(**)
	유의확률. (양쪽)		0.001	0.064	0.222	0.014	0.6	0.015	0	0.005
	N	96	95	95	95	96	95	96	96	96
O3	Pearson Correlation		1	-0.243	-0.127	-.585(**)	-0.310(*)	-.377(**)	-.432(**)	0.01
	유의확률. (양쪽)			0.018	0.222	0	0.002	0	0	0.926
	N		95	95	95	95	95	95	95	95
SO2	Pearson Correlation			1	0.250(*)	.419(**)	.543(**)	.207(*)	.202(*)	0.132
	유의확률. (양쪽)				0.015	0	0	0.044	0.05	0.204
	N			95	95	95	95	95	95	95
CO	Pearson Correlation				1	0.566(**)	0.122	-0.098	-0.053	-.233(*)
	유의확률. (양쪽)					0	0.241	0.344	0.61	0.023
	N				95	95	95	95	95	95
NOx	Pearson Correlation					1	.572(**)	.405(**)	.457(**)	.0019
	유의확률. (양쪽)						0	0	0	0.856
	N					96	95	96	96	32
PM10	Pearson Correlation						1	.481(**)	.462(**)	0.340(**)
	유의확률. (양쪽)							0	0	0.001
	N						95	95	95	95
Dioxin(TEQ)	Pearson Correlation							1	.981(**)	0.629(**)
	유의확률. (양쪽)								0	0
	N							96	96	96
Dioxin (Particle)	Pearson Correlation								1	0.465(**)
	유의확률. (양쪽)									0
	N								96	96
Dioxin(Gas)	Pearson Correlation									1
	유의확률. (양쪽)									
	N									96

*. Correlation is significant at the 0.05 level (양쪽).

**. Correlation is significant at the 0.01 level (양쪽).

3. 조사결과 평가

○ 년도별 다이옥신 농도 변화

- ▷ 2011년도 부산지역 다이옥신의 평균농도는 0.071 pg-TEQ/Sm³으로 2009년 미소한 증가가 있었으나 매년 감소하는 경향을 보이고 특히 2008년 잔류성유기오염물질관리법으로 시행으로 인한 배출원 관리 강화로 다이옥신 농도가 꾸준히 감소하는 경향을 보였다.
- ▷ 지역별로는 공업지역>상업지역>주거지역 순이었으며, 계절별로 살펴보면 겨울>가을>봄>여름의 순으로 다이옥신농도를 나타내었으며 예년과 유사한 경향을 나타내었다.
- ▷ 조사대상 전지점에서 연평균 대기환경기준인 0.6 pg-TEQ/Sm³을 초과하는 지역은 없었으며 공업지역을 제외한 대부분에서 대기환경기준과 비교하여 현저하게 낮게 조사되었다.
- ▷ 2009년도 환경부에서 조사된 POPs측정망 37개 지점의 대기 중 평균 다이옥신 농도인 0.051(0.001~0.304)pg-TEQ/Sm³보다 다소 높게 나타난 것으로 나타났다. 이는 공업지역의 고농도 현상이 반영된 것으로 판단된다.

○ 다이옥신 congeners 분포특성

- ▷ 조사대상 6개 지점 모두에서 PCDDs보다는 PCDFs가 비율이 높은 것으로 조사되었으며, 실측값의 경우 PCDFs 중에는 1234678-HpCDF와 OCDF의 기여율이, 그리고 PCDDs 중에는 1234678-HpCDD와 OCDD의 기여율이 가장 높았으며 이는 전년 조사결과와 동일함.
- ▷ TEQ값의 경우 congeners 평균 기여율은 2,3,4,7,8-PeCDF가 37.8%로 가장 높게 나타났으며, 다음으로 1,2,3,4,7,8-HxCDF가 10.7%의 순으로 나타났다.
- ▷ 소각 등 고온 연소 공정에서 다량으로 발생하는 것으로 알려진 2,3,4,7,8-PeCDF, 2,3,4,6,7,8-HxCDF, 1,2,3,6,7,8-HxCDF의 기여율이 대부분의 지점에서 높게 나타나 난방 등 연소시설의 영향이 많이 작용하는 것으로 판단된다.
- ▷ 입자상물질/가스상물질의 분포비는 2010년에 비해 실측값 및 TEQ값 모두 입자상 비율이 높게 나타나 총 농도에 입자상의 다이옥신 농도가 지배적으로 작용함.

○ 다이옥신 농도와 환경기준 대기오염물질과의 상관분석

- ▷ 총 다이옥신(TEQ) 및 입자상 다이옥신은 기온과 음의 상관성을, SO₂, NO_x, PM-10 항목과는 양의 상관성을 나타내고 있고 가스상 다이옥신은 기온 및 PM-10과 양의 상관성을 나타내었다.
- ▷ 이는 기온이 낮은 겨울철의 경우 난방 등의 목적으로 연소기구의 사용이 빈번해짐에 따라 다이옥신 발생이 증가하는 것으로 추정된다.

○ 향후 계획

- ▷ 2012년부터 다이옥신 조사사업을 측정망 체계로 전환 할 계획임(추후 평가시 별도 보고)
- 대기분야 : 대기측정망과 연계한 4개 지점(연산, 전포, 학장, 좌동)

- 하천수질·하천퇴적물분야 : 도시하천 중 4개 지점(수영천, 동천, 감전수로, 대천천)
- 토양분야 : 2011 토양 실태조사 지점과 연계한 12개 지점(녹산, 다대, 학장, 연산, 범천, 금곡, 암남, 좌동, 정관, 노포, 동삼, 대저)
- 해저퇴적물 : 부산항 주변 8개 지점