

대기 중의 다이옥신 조사

- 우리 시의 지역별 및 계절별 대기 중의 다이옥신 오염특성 파악
- 지역 특성에 따른 대기 중의 다이옥신 오염도 조사·연구 결과를 향후 우리 시의 중·장기 대기질 개선을 위한 기초자료 활용

1. 조사개요

○ 조사지점

- ▷ 조사지점은 감전동 등 총 6개 지점이며, 그림 1과 같다.
 - 공업지역 : 사상구 감전1동사무소 (IA-1), 사하구 장림1동사무소 (IA-2)
 - 상업지역 : 부산진구 전포동 경남공업고등학교 (CA-1)
 - 주거지역 : 연제구 연산동 연제초등학교 (RA-1), 해운대구 좌동사무소 (RA-2), 기장군 기장읍 기장초등학교 (RA-3)



그림 1. 대기시료 채취지점

○ 조사내용

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

표 1. 2,3,7,8-TCDD 등 다이옥신류 17종 및 I-TEF.

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
		1,2,3,7,8-PeCDF	0.05			PeCDD	1,2,3,7,8-PeCDD
	HxCDF	2,3,4,7,8-PeCDF	0.5		HxCDD		1,2,3,4,7,8-HxCDD
		1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.1			1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.1
		1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.1			1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.1
		2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.1				
	HpCDF	1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.1		HpCDD	1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.01
		1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.01				
	OCDF	1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.01		OCDD		
		OCDF	0.001			OCDD	0.001

○ 조사주기

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

○ 조사방법

▷ 시료채취

- 시료채취량 : 약 0.47 Sm³/min.의 유속으로 48시간동안 약 1,353 Sm³의 공기 포집
- 시료채취장비 : 하이볼륨에어샘플러를 사용하였으며, 그림 2에 나타내었다.
 - Quartz Filter : 입자상물질 포집
 - 600 °C에서 5시간 동안 강열하여 불순물 제거 후 사용
 - PUF(Poly Uretane Form) : 가스상물질 포집
 - Soxhlet 추출기를 이용하여 Acetone으로 약 18시간 동안 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 18시간 동안 추출 후 Acetone으로 세정한 다음 건조시켜 사용

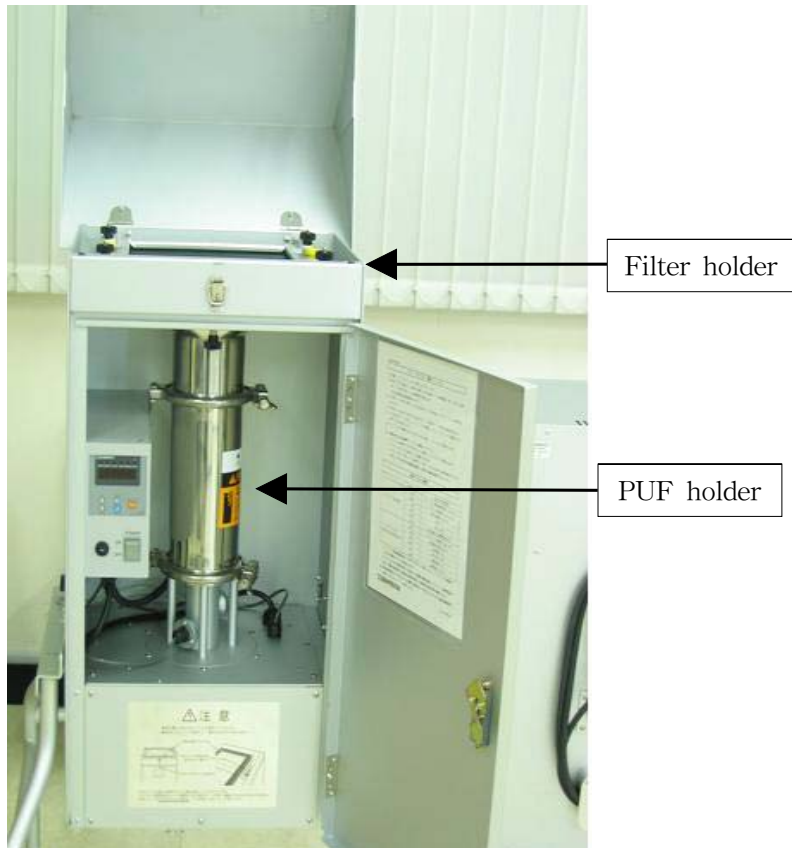


그림 2. 고용량 시료포집기

▷ 시료 전처리

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

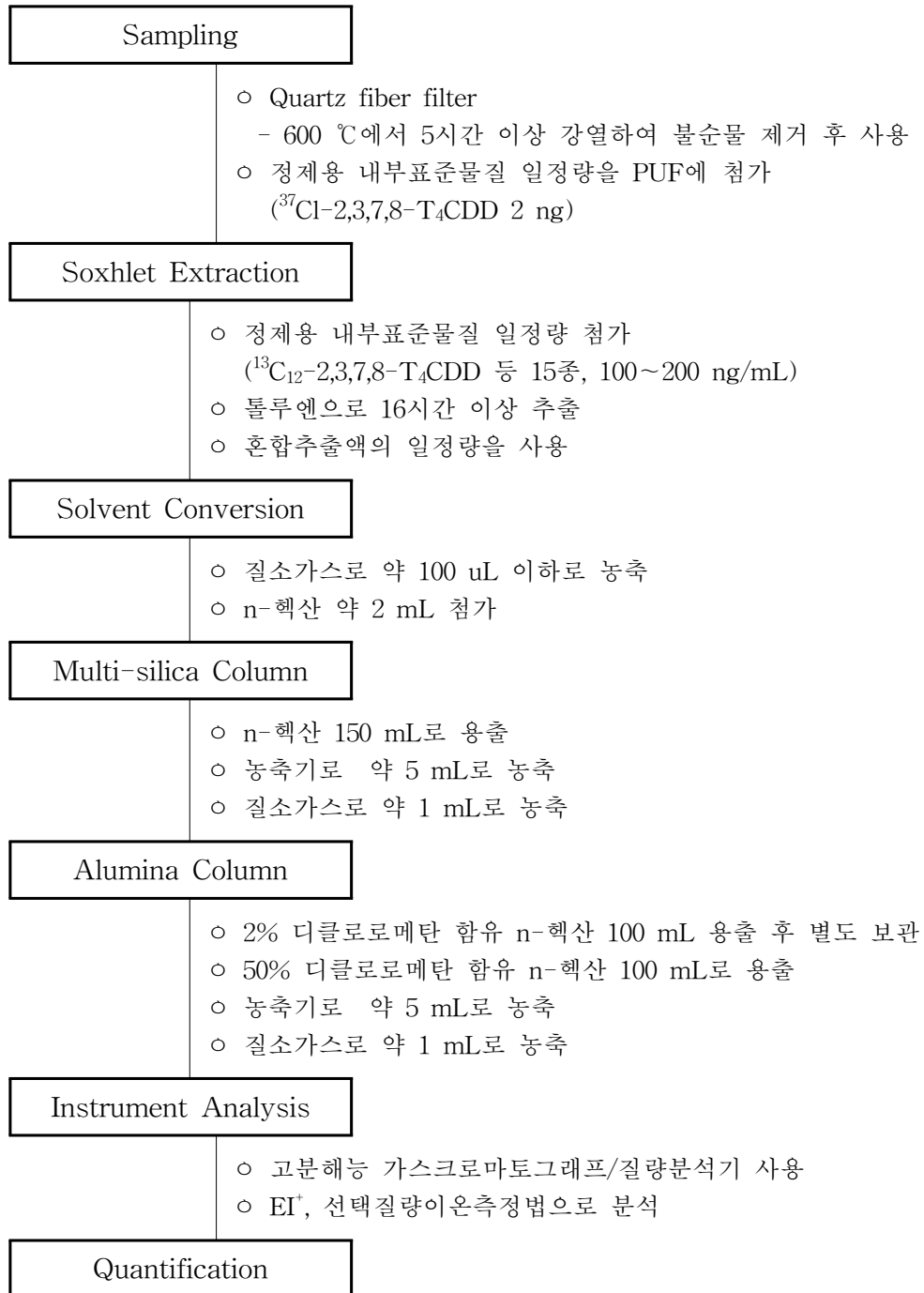


그림 3. 대기시료의 다이옥신 분석 절차도

▷ 기기분석

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



그림 4. 고분해능 질량 분석기

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

표 2. 기기분석 조건

Descriptor	GC Condition	Descriptor	Mass Condition
Instrument	HP 6890	Instrument	Autospec Ultima
Column	SP-2331 (60 m × 0.25 mm ID× 0.2 μm)	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.)	Interface temp.	
	20 °C/min. → 200 °C(7min.)	- Capillary line 1	260 °C
	5 °C/min. → 260 °C(36min.)	- Capillary line 2	260 °C
	10 °C/min. → 270 °C(2min.)	- Re-entrant	260 °C
Injection volumn	1 uL	- PFK septum	160 °C

2. 조사결과

○ 다이옥신 잔류실태

▷ 연도별 다이옥신 농도 변화

- 연도별 다이옥신 농도변화는 표 3 및 그림 5에 나타낸 것처럼 2005년부터 조사를 시작한 이래 2007년을 제외하고는 매년 감소하였음.
- 감소식의 r²값은 0.316으로 높지 않았으나, 2007년을 제외하면 r²값이 0.997로 높아짐.
- 2007년부터는 타지역 대비 공업지역의 조사주기를 확대하여 연평균 다이옥신 농도가 높아졌으나, 2008년부터는 잔류성유기오염물질관리법의 시행에 따른 다이옥신 배출원 관리 강화로 다이옥신 농도가 다시 감소하는 경향을 보였음.

표 3. 연평균 대기 중 다이옥신 농도

(unit : pg-TEQ/Sm³)

	2005	2006	2007	2008
n	30	50	28	32
mean	0.209	0.190	0.222	0.158
min.	0.010	0.001	0.008	0.007
max.	0.754	1.365	0.984	1.125
S.D.	14.841	24.748	13.804	15.793

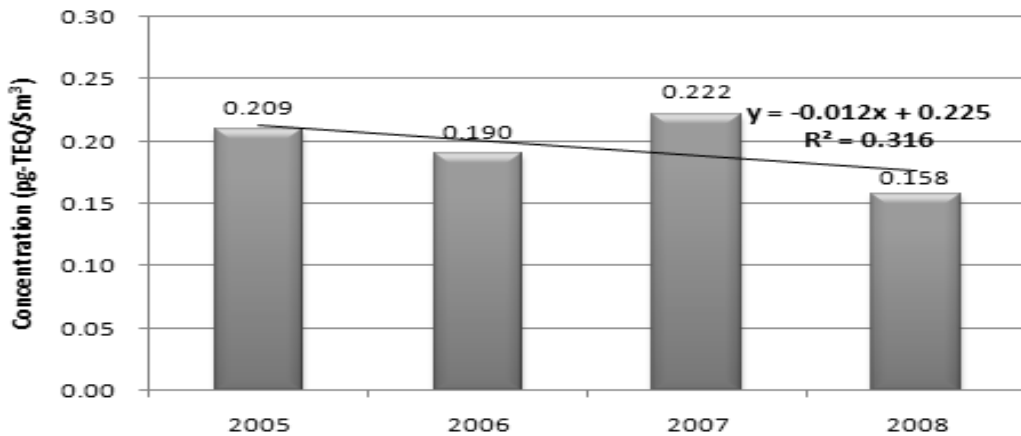


그림 5. 연평균 대기 중 다이옥신 농도 분포

▷ 계절별 및 용도지역별 다이옥신 농도 변화

- 2005년부터 2008년까지 4년동안 각 계절별로 각각 약 30~40회씩 조사한 계절별 다이옥신 농도분포는 그림 6에서 나타낸 것처럼 겨울철 농도가 0.311 pg-TEQ/Sm³으로 가장 높았음.
- 봄과 가을철의 다이옥신 농도는 각각 0.178 및 0.175 pg-TEQ/Sm³으로 비슷하였으며, 여름철 다이옥신 농도가 0.134 pg-TEQ/Sm³으로 가장 낮았음.
- 2005년부터 2008년까지 4년동안의 용도지역별 다이옥신 농도분포는 그림 7에 나타낸 것처럼 공업지역 두군데의 다이옥신 농도가 각각 0.404 및 0.208 pg-TEQ/Sm³으로 조사대상 지역 중 가장 높게 검출되었음.
- 기타 지역(상업지역, 주거지역, 녹지지역)은 0.047~0.089 pg-TEQ/Sm³으로 공업지역의 다이옥신 농도보다는 상대적으로 훨씬 낮게 검출되었음.
- 조사대상 전 지역 모두 연평균 대기환경기준인 0.6 pg-TEQ/Sm³ 보다는 낮았음.

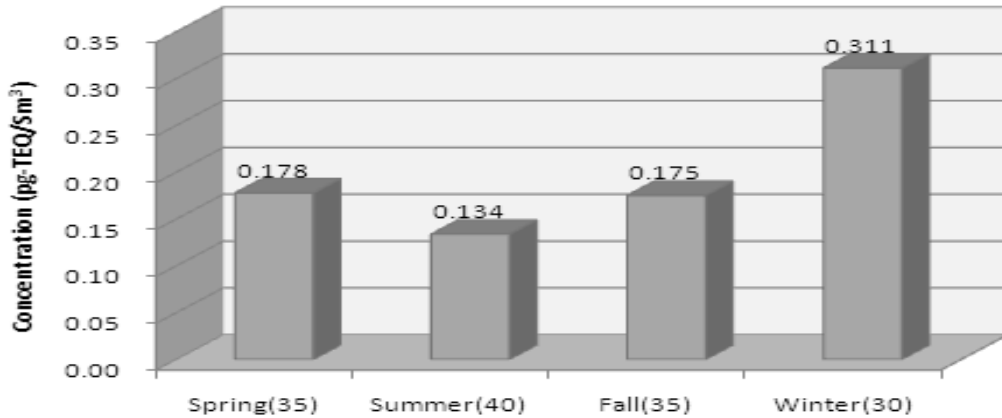


그림 6. 계절별 대기 중 다이옥신 농도 분포
() : 조사 횟수

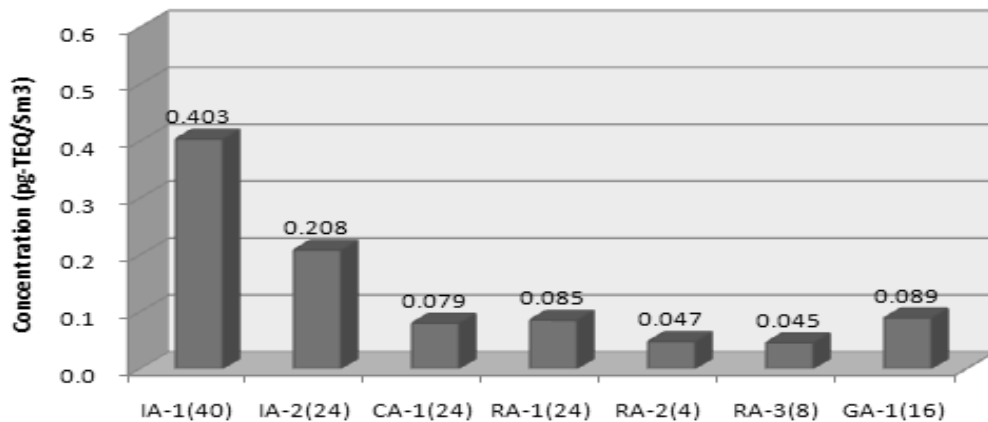


그림 7. 토지이용 형태별 대기 중 다이옥신 농도 분포

IA : Industrial Area RA : Resident Area
CA : Commercial Area GA : Green Area

() : 조사 횟수

○ 다이옥신 congeners 분포특성

▷ 각 지역의 월별 및 계절별 다이옥신 농도 변화

- 2008년 공업지역 2개 지역, 상업지역 1개 지역 및 주거지역 3개 지역 등 총 6개 지역의 월별 및 계절별 다이옥신 농도분포는 표 4 및 그림 8에 나타난 것처럼 공업지역 2개 지점의 다이옥신 농도가 각각 0.301 및 0.123 pg-TEQ/Sm³으로 기타지역에 비하여 높게 검출되었고,
- 공업지역인 감전동 지역의 경우 조사대상 6개 지역 중 다이옥신 농도가 가장 높게 검출되었으며, 농도범위는 0.014~1.125 pg-TEQ/Sm³(평균 0.301)으로 조사되었음.
- 상업지역의 다이옥신 농도는 0.030~0.063 pg-TEQ/Sm³(평균 0.047)으로 가장 낮게 검출되

- 어 다이옥신 배출원의 영향을 거의 받지 않는 것으로 나타났음.
- 주거지역인 RA-1 및 RA-2 지점의 다이옥신 농도는 0.091 및 0.047 pg-TEQ/Sm³로 조사되었으며, 대조지역으로 조사한 주거지역인 RA-3 지점은 0.055 pg-TEQ/Sm³으로 조사되어 다이옥신 배출원의 직접적인 영향을 받지 않는 지역에서도 미량의 다이옥신이 검출되는 것으로 조사되었음.
 - 조사대상 전지역에서 연평균 대기환경기준인 0.6 pg-TEQ/Sm³을 초과하는 지역은 없었으며, 대부분의 지역은 대기환경기준을 훨씬 못미치는 것으로 조사되었음.

표 4. 월별 대기 중 다이옥신 농도 (unit : pg-TEQ/Sm³)

		IA-1	IA-2	CA-1	RA-1	RA-2	RA-3 ¹⁾
Spring	2008. 3	0.114	-	-	-	-	-
	2008. 4	0.155	0.188	0.055	0.027	0.027	0.027
	2008. 5	0.178	-	-	-	-	-
Summer	2008. 6	0.014	-	-	-	-	-
	2008. 7	0.168	0.062	0.039	0.109	0.049	0.047
	2008. 8	0.056	-	-	-	-	-
Fall	2008. 9	0.120	-	-	-	-	-
	2008. 10	0.244	0.171	0.030	0.075	0.007	0.019
	2008. 11	1.125	-	-	-	-	-
Winter	2008. 12	0.706	-	-	-	-	-
	2008. 1	0.149	0.073	0.063	0.153	0.106	0.127
	2008. 2	0.583	-	-	-	-	-
2008년 평균		0.301	0.123	0.047	0.091	0.047	0.055

※ 1) 대조지역으로 사용

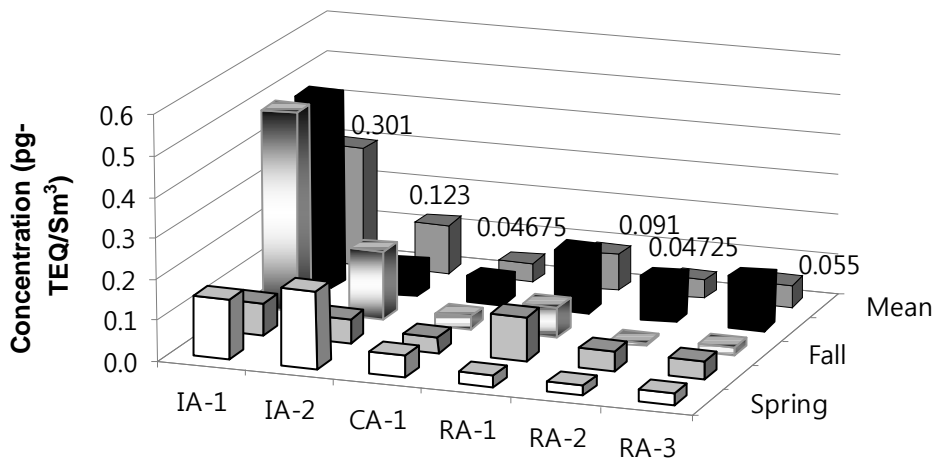


그림 8. 토지이용 형태에 따른 계절별 다이옥신 농도 분포

IA : Industrial Area RA : Resident Area
 CA : Commercial Area GA : Green Area

▷ PCDFs/PCDDs의 분포특성

- 공업지역 2개 지역, 상업지역 1개 지역 및 주거지역 3개 지역 등 총 6개 지역에 대한 각 지역의
년평균 다이옥신 congeners(실측값)의 기여율을 조사한 결과 공업지역을 제외한 모든 지역에서
는 OCDF의 기여율이 가장 높게 나타났음.(표 5 및 그림 9)
- 공업지역 중 IA-1 지역에서는 OCDF의 기여율이 35.0 %로 가장 높았으며, IA-2 지역에서는
1234678-HpCDF의 기여율이 19.3 %로 가장 높았음.
- 조사대상 6개 지역 모두에서 PCDDs보다는 PCDFs가 더 많이 검출되었으며, 다이옥신 농도가
가장 높은 IA-1 지역의 경우 PCDFs 비율이 72.2 %로 조사대상 6개 지역 중 가장 높았음.
- 모든 지역에서 PCDFs 중에는 1234678-HpCDF와 OCDF의 기여율이 그리고 PCDDs 중에는
1234678-HpCDD와 OCDD의 기여율이 가장 높았음.
- PCDFs/PCDDs의 비율은 공업지역에서 2.6 및 2.3으로 다른 지역에 비하여 상대적으로 PCDFs의
비율이 높았으며, 공업지역을 제외한 다른 지역에서는 2.0이하로 나타났음.

표 5. 토지이용 형태별 대기 중 다이옥신 이성체 분포특성(실측값) (unit : pg/Sm³)

No.	Chemicals	IA-1		IA-2		CA-1		RA-1		RA-2		RA-3 ¹⁾	
		Real values	Contri- bution (%)	Real values	Contri- bution (%)	Real values	Contri- bution (%)	Real values	Contri- bution (%)	Real values	Contri- bution (%)	Real values	Contri- bution (%)
1	2378-TCDF	0.088	1.0	0.040	2.2	0.017	1.8	0.039	2.6	0.016	2.2	0.019	1.9
2	12378-PeCDF	0.263	3.0	0.136	7.3	0.044	4.8	0.087	5.7	0.051	7.3	0.050	5.2
3	23478-PeCDF	0.215	2.4	0.096	5.1	0.039	4.3	0.070	4.6	0.037	5.4	0.043	4.4
4	123478-HxCDF	0.312	3.5	0.136	7.3	0.050	5.5	0.089	5.9	0.046	6.7	0.053	5.5
5	123678-HxCDF	0.266	3.0	0.107	5.7	0.040	4.4	0.072	4.8	0.026	3.7	0.048	5.0
6	234678-HxCDF	0.367	4.2	0.107	5.8	0.040	4.4	0.075	4.9	0.036	5.2	0.048	5.0
7	123789-HxCDF	0.027	0.3	0.005	0.3	0.005	0.6	0.008	0.5	0.005	0.8	0.010	1.0
8	1234678-HpCDF	1.321	15.0	0.361	19.3	0.154	17.0	0.247	16.2	0.127	18.2	0.147	15.2
9	1234789-HpCDF	0.424	4.8	0.049	2.6	0.020	2.2	0.020	1.3	0.011	1.6	0.022	2.3
10	OCDF	3.087	35.0	0.259	13.9	0.122	13.5	0.227	14.9	0.111	16.0	0.137	14.1
	Σ PCDF	6.371	72.2	1.296	69.5	0.531	58.5	0.935	61.4	0.467	67.2	0.578	59.6
11	2378-TCDD	0.010	0.1	0.005	0.3	0.001	0.1	0.005	0.3	0.002	0.3	0.002	0.2
12	12378-PeCDD	0.038	0.4	0.021	1.1	0.007	0.8	0.018	1.2	0.014	2.0	0.009	1.0
13	123478-HxCDD	0.034	0.4	0.017	0.9	0.003	0.3	0.011	0.7	0.004	0.6	0.007	0.7
14	123678-HxCDD	0.073	0.8	0.024	1.3	0.007	0.8	0.019	1.3	0.011	1.6	0.015	1.6

※ 1) 대조지역으로 사용

표 5. 계속

No.	Chemicals	IA-1		IA-2		CA-1		RA-1		RA-2		RA-3 ¹⁾	
		Real values	Contribution (%)	Real values	Contribution (%)	Real values	Contribution (%)	Real values	Contribution (%)	Real values	Contribution (%)	Real values	Contribution (%)
15	123789-HxCDD	0.065	0.7	0.026	1.4	0.009	1.0	0.021	1.3	0.006	0.8	0.012	1.3
16	1234678-HpCDD	0.605	6.9	0.160	8.6	0.083	9.1	0.129	8.5	0.061	8.8	0.081	8.3
17	OCDD	1.623	18.4	0.316	16.9	0.266	29.3	0.384	25.2	0.130	18.7	0.266	27.4
	Σ PCDD	2.448	27.8	0.570	30.5	0.376	41.5	0.587	38.6	0.228	32.8	0.392	40.4
	Total	8.818	100.0	1.867	100.0	0.906	100.0	1.522	100.0	0.694	100.0	0.970	100.0

※ 1) 대조지역으로 사용

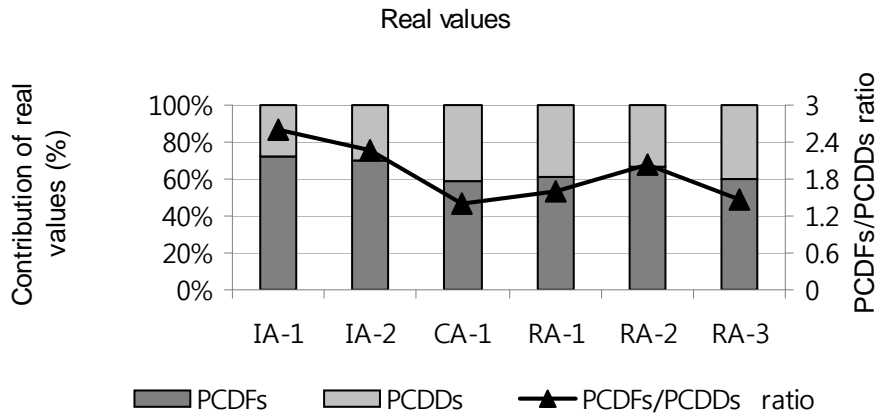


그림 9. 토지이용 형태별 대기 중 PCDFs와 PCDDs의 분포비율(실측값)

IA : Industrial Area RA : Resident Area
 CA : Commercial Area GA : Green Area

- TEQ값으로 환산하였을 경우 조사대상 6개 지역 모두에서 PCDDs보다는 PCDFs가 실측값보다 더 많은 비율로 검출되었으며, 공업지역 2개 지역과 상업지역 1개 지역에서는 PCDFs가 PCDDs보다 4배 이상 더 많이 검출되었음(표 6 및 그림 10).
- PCDFs/PCDDs의 비율은 공업지역 2개 지역 및 상업지역 1개 지역에서 4.6, 4.0 및 5.0으로 다른 지역에 비하여 상대적으로 PCDFs의 비율이 높았으며, 공업지역을 제외한 다른 지역에서는 3.1~3.8로 나타났음.
- 독성등가값(TEF)의 영향으로 조사대상 전 지역에서 실측값보다 TEQ 환산값의 PCDFs/PCDDs 비율이 더 높게 나타났음.
- 모든 지역에서 PCDFs 중에는 23478-PeCDF의 기여율이 그리고 PCDDs 중에는 12378-PeCDD의 기여율이 가장 높았음.

표 6. 토지이용 형태별 대기 중 다이옥신 이성체 분포 특성

(unit : pg-TEQ/Sm³)

No.	Chemicals	Gam-jeon dong		Jang-lim dong		Jeon-po dong		Yeon-san dong		Jwa dong		Gi-jiang eup	
		Real values	Contribution (%)	Real values	Contribution (%)	Real values	Contribution (%)	Real values	Contribution (%)	Real values	Contribution (%)	Real values	Contribution (%)
1	2378-TCDF	0.009	2.9	0.004	3.3	0.002	3.6	0.004	4.3	0.002	3.3	0.002	3.4
2	12378-PeCDF	0.013	4.4	0.007	5.5	0.002	4.7	0.004	4.8	0.003	5.4	0.003	4.6
3	23478-PeCDF	0.108	35.7	0.048	38.9	0.020	41.9	0.035	38.3	0.019	39.6	0.021	39.0
4	123478-HxCDF	0.031	10.4	0.014	11.0	0.005	10.8	0.009	9.8	0.005	9.8	0.005	9.7
5	123678-HxCDF	0.027	8.8	0.011	8.7	0.004	8.6	0.007	8.0	0.003	5.5	0.005	8.8
6	234678-HxCDF	0.037	12.2	0.011	8.7	0.004	8.6	0.008	8.3	0.004	7.7	0.005	8.8
7	123789-HxCDF	0.003	0.9	0.000	0.4	0.001	1.1	0.001	0.9	0.001	1.1	0.001	1.7
8	1234678-HpCDF	0.013	4.4	0.004	2.9	0.002	3.3	0.002	2.7	0.001	2.7	0.001	2.7
9	1234789-HpCDF	0.004	1.4	0.000	0.4	0.000	0.4	0.000	0.2	0.000	0.2	0.000	0.4
10	OCDF	0.003	1.0	0.000	0.2	0.000	0.3	0.000	0.2	0.000	0.2	0.000	0.2
	Σ PCDF	0.247	82.1	0.099	80.0	0.039	83.3	0.070	77.5	0.036	75.5	0.044	79.3
11	2378-TCDD	0.010	3.3	0.005	4.5	0.001	2.6	0.005	5.2	0.002	3.8	0.002	4.1
12	12378-PeCDD	0.019	6.3	0.011	8.6	0.004	7.7	0.009	9.8	0.007	14.7	0.005	8.5
13	123478-HxCDD	0.003	1.1	0.002	1.4	0.000	0.6	0.001	1.2	0.000	0.9	0.001	1.2
14	123678-HxCDD	0.007	2.4	0.002	1.9	0.001	1.6	0.002	2.1	0.001	2.3	0.002	2.7
15	123789-HxCDD	0.007	2.2	0.003	2.1	0.001	1.9	0.002	2.3	0.001	1.2	0.001	2.3
16	1234678-HpCDD	0.006	2.0	0.002	1.3	0.001	1.8	0.001	1.4	0.001	1.3	0.001	1.5
17	OCDD	0.002	0.5	0.000	0.3	0.000	0.6	0.000	0.4	0.000	0.3	0.000	0.5
	Σ PCDD	0.054	17.9	0.025	20.0	0.008	16.7	0.020	22.5	0.012	24.5	0.011	20.7
	Total	0.301	100.0	0.123	100.0	0.047	100.0	0.091	100.0	0.047	100.0	0.055	100.0

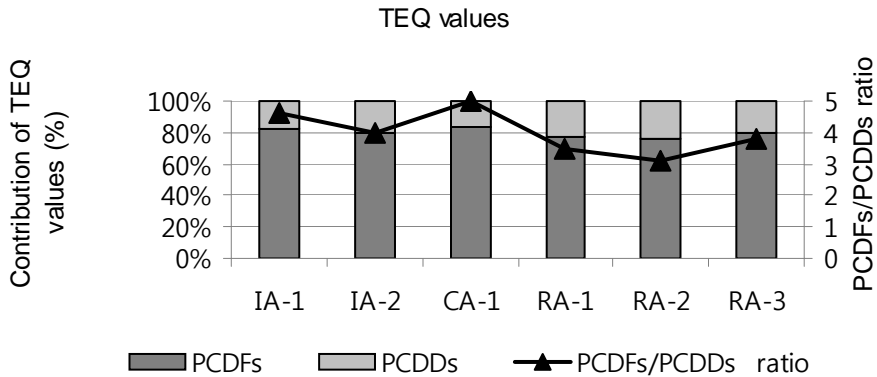


그림 10. 토지이용 형태별 대기 중 PCDFs와 PCDDs의 분포비율(TEQ값)

IA : Industrial Area RA : Resident Area
 CA : Commercial Area GA : Green Area

▷ 입자상물질/가스상물질 분포특성

- 입자상 물질과 가스상 물질의 분포비를 보면 실측값의 경우 조사대상 6개 지역 모두 총 다이옥신 중 입자상 물질이 80% 이상 검출되었음(그림 11).
- 지역별로는 일정한 경향을 보이지 않았으며, CA-1 지역의 입자상물질/가스상물질의 비가 12.1로 가장 높았으며, RA-3 지역의 입자상물질/가스상물질의 비가 4.5로 가장 낮았음.
- TEQ값으로 환산한 값의 입자상물질/가스상물질의 비는 독성등가값의 영향으로 실측값보다는 약간 낮았으며,
- 그 비는 RA-2 지역(4.8) > IA-1 지역(4.4) > CA-1 지역(3.6) > RA-3 지역(2.7) > IA-2 지역 > RA-1 지역(2.2) 순으로 나타났음.

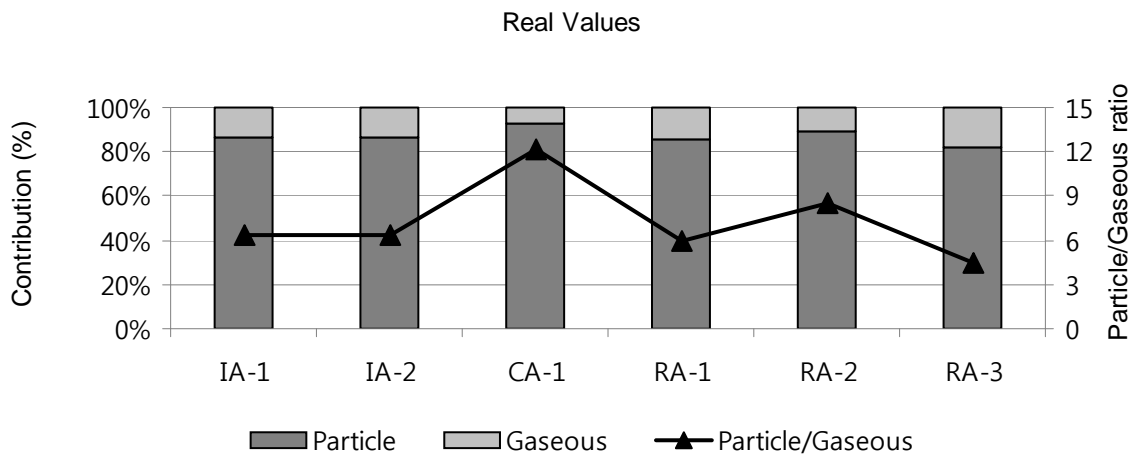


그림 11. 토지이용 형태별 대기 중 다이옥신의 상분포(실측값)

IA : Industrial Area RA : Resident Area
 CA : Commercial Area GA : Green Area

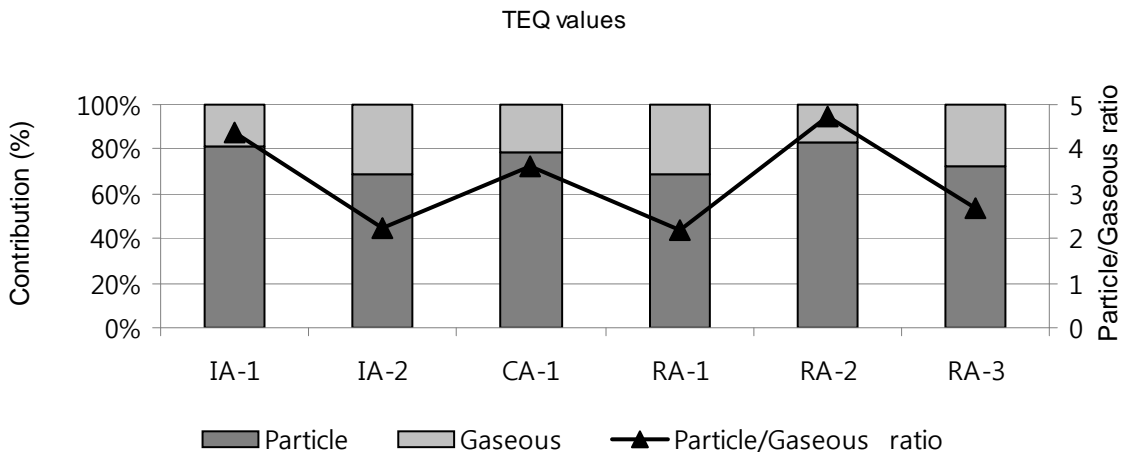


그림 12. 토지이용 형태별 대기 중 다이옥신의 상분포(TEQ값)

IA : Industrial Area RA : Resident Area
 CA : Commercial Area GA : Green Area

○ 다이옥신 농도와 대기오염물질과의 상관분석

▷ 대기오염물질과의 상관계수

- 조사대상 지역 중 다이옥신 농도가 가장 높은 IA-1 지역과 공업지역을 제외한 나머지 지역을 각각 구분하여 조사하였으며,
- IA-1 지역의 다이옥신 농도와 대기오염물질간의 상관분석을 한 결과는 표 7에 나타난 것 처럼 입자상 다이옥신과 오존의 경우 음의 상관이었으며, CO, NO₂ 및 NO와는 유의성 있는 양의 상관이 있는 것으로 나타났고,
- 가스상 다이옥신의 경우 오존과는 양의 상관을, 그리고 NO와는 음의 상관이었음.
- 총 다이옥신의 경우 CO, NO₂ 및 NO와 유의성 있는 양의 상관을 나타내었음.
- 대기 중의 입자상물질을 나타내는 PM-10과 입자상 다이옥신과의 상관관계는 그림 13에서 나타난 것처럼 전혀 상관이 없는 것으로 나타났음.
- 공업지역을 제외한 나머지 4개 지역의 다이옥신 농도와 대기오염물질간의 상관분석을 한 결과는 표 8 에서 나타난 것처럼 입자상 다이옥신과 오존과는 유의성 있는 음의 상관을, 그리고 SO₂, CO, NO 및 NO_x와는 양의 상관이 있는 것으로 나타났음.
- 가스상 다이옥신의 경우 오존, CO 및 PM-10과 유의성 있는 양의 상관이었으며, 총 다이옥신은 SO₂, CO 및 NO와 유의성 있는 양의 상관이었음.
- IA-1 지역과 마찬가지로 PM-10과 입자상 다이옥신과는 그림 14에서처럼 전혀 상관이 없는 것으로 나타났음.

표 7. 다이옥신 농도와 대기오염 물질간의 상관계수(감전동지역)

	O ₃	SO ₂	CO	NO ₂	NO	NO _x	PM-10	P-dioxin ¹⁾	G-dioxin ²⁾	T-dioxin ³⁾
O ₃	1.000									
SO ₂	-0.098	1.000								
CO	-0.284	0.422 **	1.000							
NO ₂	-0.220	0.520 ***	0.649 **	1.000						
NO	-0.714 **	0.446 ***	0.697 **	0.492 **	1.000					
NO _x	0.255	0.276	0.017	0.095	-0.078	1.000				
PM-10	0.152	0.496 ***	0.605 **	0.625 **	0.248	0.088	1.000			
P-dioxin ¹⁾	-0.400 *	0.197	0.491 **	0.378 *	0.647 **	-0.080	0.181	1.000		
G-dioxin ²⁾	0.477 **	-0.042	-0.085	-0.048	-0.337 *	0.146	0.165	0.055	1.000	
T-dioxin ³⁾	-0.290	0.182	0.458 **	0.358 *	0.560 **	-0.049	0.208	0.979	0.256	1.000

** 0.01 수준(양쪽)에서 유의

* 0.05 수준(양쪽)에서 유의

1) particle dioxin

2) gaseous dioxin

3) total dioxin

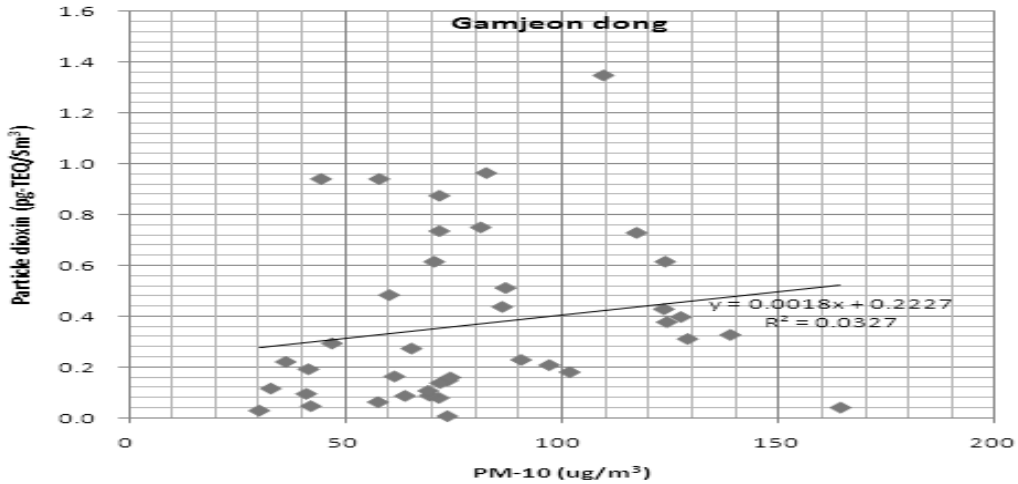


그림 13. 입자상 다이옥신 농도와 PM-10 농도와의 상관관계(감전동지역)

표 8. 다이옥신 농도와 대기오염 물질간의 상관계수(공업지역을 제외한 기타지역)

	O ₃	SO ₂	CO	NO ₂	NO	NO _x	PM-10	P-dioxin ¹⁾	G-dioxin ²⁾	T-dioxin ³⁾
O ₃	1.000									
SO ₂	-0.090	1.000								
CO	-0.314**	0.176	1.000							
NO ₂	-0.272*	0.207	0.453**	1.000						
NO	-0.432**	0.384**	0.368**	0.328**	1.000					
NO _x	-0.444**	0.377**	0.493**	0.748**	0.872**	1.000				
PM-10	0.244*	0.367**	0.289*	0.296**	-0.050	0.118	1.000			
P-dioxin ¹⁾	-0.271*	0.350**	0.250*	0.092	0.359**	0.300**	0.010	1.000		
G-dioxin ²⁾	0.301*	-0.065	0.237*	0.026	-0.174	-0.109	0.294*	0.085	1.000	
T-dioxin ³⁾	-0.125	0.288*	0.313**	0.092	0.251*	0.224	0.122	0.923**	0.462**	1.000

** 0.01 수준(양쪽)에서 유의

* 0.05 수준(양쪽)에서 유의

- 1) particle dioxin
- 2) gaseous dioxin
- 3) total dioxin

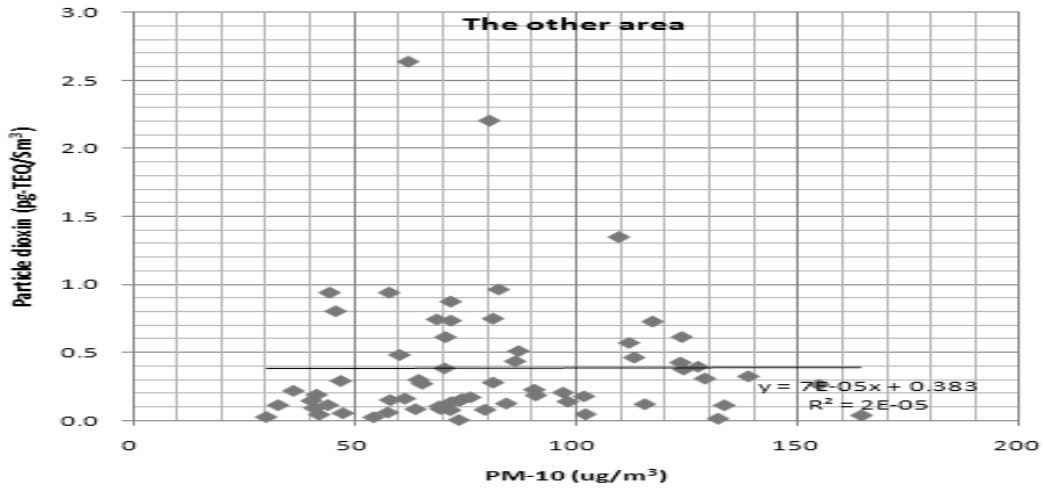


그림 14. 입자상 다이옥신 농도와 PM-10 농도와의 상관관계(공업지역을 제외한 기타지역)

○ 기상조건과의 상관계수

- ▷ 대기오염물질과의 상관관계를 구한 것과 같이 다이옥신 농도가 가장 높은 IA-1 지역과 공업지역을 제외한 나머지 지역으로 각각 구분하여 조사하였으며,
- ▷ IA-1 지역과 기타지역 모두 일반적으로 잘 알려진 대로 온도와 입자상 물질 및 총 다이옥신농도와는 유의성 있는 음의 상관이었으며, 이와는 반대로 온도와 가스상 물질과는 유의성 있는 양의 상관으로 나타났음.

표 9. 다이옥신 농도와 기상조건과의 상관계수(감전동지역)

	Temp.	Wind direction	Wind speed	Humidity	P-dioxin ¹⁾	G-dioxin ²⁾	T-dioxin ³⁾
Temp.	1.000						
Wind direction	-0.299	1.000					
Wind speed	0.145	-0.294	1.000				
Humidity	0.540 **	-0.288	-0.152	1.000			
P-dioxin ¹⁾	-0.419 **	0.352 *	-0.504 **	-0.323 *	1.000		
G-dioxin ²⁾	0.450 **	0.199	0.094	0.045	0.055	1.000	
T-dioxin ³⁾	-0.315 *	0.382 *	-0.469 **	-0.305	0.979 *	0.256	1.000

** 0.01 수준(양쪽)에서 유의

* 0.05 수준(양쪽)에서 유의

1) particle dioxin

2) gaseous dioxin

3) total dioxin

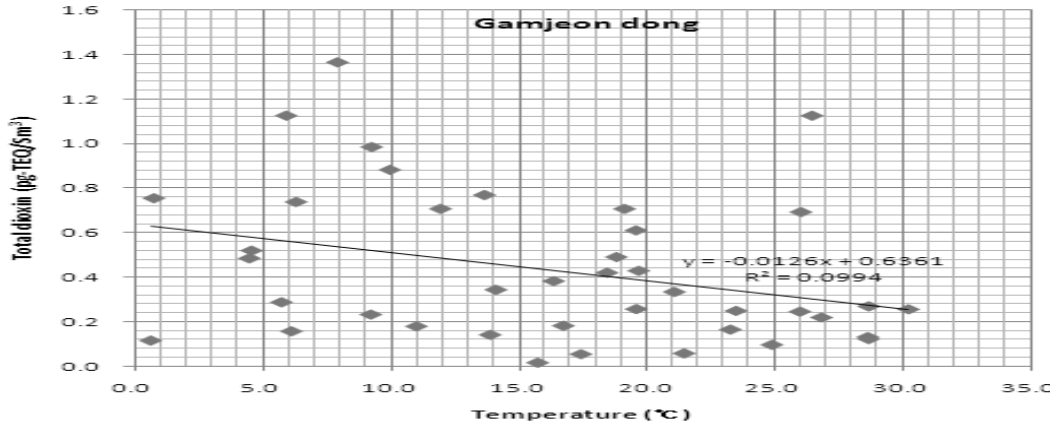


그림 15. 다이옥신 농도와 온도와의 상관계수(감전동지역)

표 10. 다이옥신 농도와 기상조건과의 상관계수(공업지역을 제외한 기타지역)

	Temp.	Wind direction	Wind speed	Humidity	P-dioxin ¹⁾	G-dioxin ²⁾	T-dioxin ³⁾
Temp.	1.000						
Wind direction	-0.121	1.000					
Wind speed	-0.284 **	-0.093	1.000				
Humidity	0.551 **	-0.158	0.081	1.000			
P-dioxin ¹⁾	-0.524 **	-0.032	0.270 *	-0.374 **	1.000		
G-dioxin ²⁾	0.457 **	0.040	-0.206	0.153	0.085	1.000	
T-dioxin ³⁾	-0.285 *	-0.016	0.177	-0.304 *	0.923 **	0.462 **	1.000

** 0.01 수준(양쪽)에서 유의
 * 0.05 수준(양쪽)에서 유의
 1) particle dioxin
 2) gaseous dioxin
 3) total dioxin

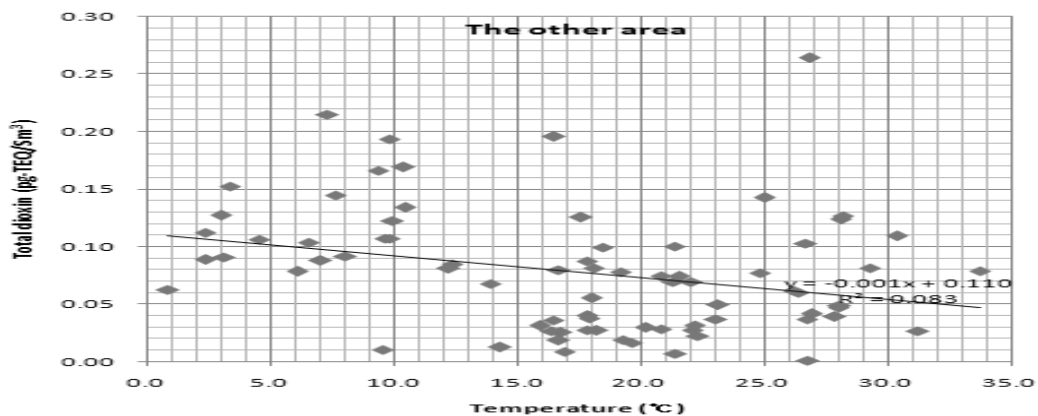


그림 16. 다이옥신 농도와 온도와의 상관계수(공업지역을 제외한 기타지역)

3. 조사결과 평가

○ 년도별 다이옥신 농도 변화

- ▷ 2005년부터 조사를 시작한 이래 공업지역의 조사주기를 확대한 2007년을 제외하고는 매년 감소하였으며, 특히 2008년부터 시행된 잔류성유기오염물질관리법으로 인한 다이옥신 배출원 관리 강화로 다이옥신 농도가 다시 감소하는 경향을 보였음.
- ▷ 계절별로는 겨울철에, 그리고 지역별로는 공업지역에서 가장 높게 검출되었으며, 조사대상 전 지역 모두 연평균 대기환경기준인 0.6 pg-TEQ/Sm^3 보다는 낮았음.

○ 다이옥신 congeners 분포특성

- ▷ 2008년 공업지역 2개 지역, 상업지역 1개 지역 및 주거지역 3개 지역 등 총 6개 지역 각각의 연평균 다이옥신 농도는 공업지역이 가장 높게, 그리고 상업지역이 가장 낮게 검출되었으며, 다이옥신 배출원의 직접적인 영향을 받지 않는 대조지역으로 조사한 지역에서도 미량의 다이옥신이 검출되는 것으로 조사되었음.
- ▷ 조사대상 6개 지역 모두에서 PCDDs보다는 PCDFs가 더 많이 검출되었으며, 실측값의 경우 PCDFs 중에는 1234678-HpCDF와 OCDF의 기여율이, 그리고 PCDDs 중에는 1234678-HpCDD와 OCDD의 기여율이 가장 높았음.
- ▷ TEQ값의 경우 PCDFs 중에는 23478-PeCDF의 기여율이, 그리고 PCDDs 중에는 12378-PeCDD의 기여율이 가장 높았음.
- ▷ 입자상물질/가스상물질의 분포비는 실측값의 경우 조사대상 6개 지역 모두 4.5~12.1의 범위로 총 다이옥신 중 입자상물질이 80% 이상 검출되었으며, TEQ값으로 환산한 값은 조사대상 6개 지역 모두 2.2~4.8의 범위로 독성등가값의 영향으로 인하여 실측값보다는 약간 낮았음.

○ 다이옥신 농도와 대기오염물질 및 기상조건과의 상관분석

- ▷ IA-1 지역의 경우 입자상 다이옥신과 오존은 음의 상관관, CO, NO₂ 및 NO와는 유의성 있는 양의 상관관이 있는 것으로 나타났으며, 가스상 다이옥신의 경우 오존과는 양의 상관관, NO와는 음의 상관관이었으며, 총 다이옥신의 경우 CO, NO₂ 및 NO와 유의성 있는 양의 상관관을 나타내었음.
- ▷ 공업지역을 제외한 나머지 4개 지역의 경우 입자상 다이옥신과 오존과는 음의 상관관, 그리고 SO₂, CO, NO 및 NO_x와는 양의 상관관이 있는 것으로 나타났음.
- ▷ 가스상 다이옥신은 오존, CO 및 PM-10과 유의성 있는 양의 상관관을, 그리고 총 다이옥신은 SO₂, CO 및 NO와 유의성 있는 양의 상관관을 나타내었음.
- ▷ IA-1 지역과 기타지역 모두 일반적으로 잘 알려진 대로 온도와 입자상 물질 및 총 다이옥신농도와는 유의성 있는 음의 상관관이었으며, 이와는 반대로 온도와 가스상 물질과는 유의성 있는 양의 상관관으로 나타났음.