

# 환경 중 다이옥신 조사

- 부산시 대기, 하천, 토양, 해저퇴적물 중 다이옥신 오염 특성 파악 및 장기 모니터링
- 잔류성유기오염물질 관리정책 및 저감대책 수립, 평가를 위한 기초 자료 제공

## 1. 조사개요

- 조사근거 : 자체조사사업 [산업환경팀-175(2019. 2. 28.)호]
- 조사기간 : 2019. 1. ~ 2019. 12.
- 조사대상 : 대기, 하천수 및 하천퇴적물, 토양, 해저퇴적물
- 조사항목 : 2,3,7,8-TCDD 등 다이옥신류 17종
- 분석방법 : 잔류성유기오염물질 공정시험기준 및 EPA method 1613B에 준함

표 1. 다이옥신 동질체(congener)별 독성등가 계수

Congener			Congener		
		I-TEF <sup>1)</sup>			I-TEF
1	2,3,7,8-TCDF	0.100	11	2,3,7,8-TCDD	1.000
2	1,2,3,7,8-PeCDF	0.050	12	1,2,3,7,8-PeCDD	0.500
3	2,3,4,7,8-PeCDF	0.500	13	1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.100
4	1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.100	14	1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.100
5	1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.100	15	1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.100
6	2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.100	16	1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.010
7	1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.100	17	OCDD	0.001
8	1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.010			
9	1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.010			
10	OCDF	0.001			

1) I-TEF : 국제 독성등가계수(International Toxic Equivalent Factor), 독성이 강한 2,3,7,8-TCDD를 1로 기준하여 다이옥신 각 동족체별로 적용

## 2. 조사방법

- 대기
  - 조사주기 : 분기 1회(2019년 1월, 4월, 7월, 10월)
  - 시료채취방법 : High volumn air sampler 이용(0.7 Sm<sup>3</sup>/min 유속으로 48시간 채취)
  - 조사지점 : 4개 지점(학장동, 전포동, 연산동, 좌동)
- 하천수 및 하천퇴적물
  - 조사주기 : 하천수(반기 1회), 하천퇴적물(연 1회)
  - 조사지점 : 2개 지점(수영강, 삼락천)

※ 하천/하천퇴적물 지점변경 : '18년 감전천 → '19년 삼락천 (감전천 생태하천 복원사업중)

○ 토양

- 조사주기 : 연 1회
- 시료채취방법 :
  - 각 지점별로 10m 사방정도의 평지에서 낙엽 등으로 덮여있지 않은 장소를 선정
  - 5지점 혼합방식을 원칙으로 지표면으로부터 5 cm까지 부분을 채취
- 조사지점 : 6개 지점(녹산공단, 해양대학교, 부산철도차량정비단, 온천천놀이터, 부산환경공단 해운대사업소, 정관면 달산교)

○ 해저퇴적물

- 조사주기 : 연 1회
- 시료채취방법 : 선박 이용하여 해상에서 채니기를 이용하여 표층 해저퇴적물 채취
- 조사지점 : 6개 지점(동천하류, 5부두, 발전소앞, 다대포어시장, 북내항 남항)



그림 1. 시료채취지점

### 3. 조사결과

#### 3-1. 대기 중 다이옥신 조사결과

○ 지역별 및 계절별 다이옥신 농도

- 지역별 다이옥신 조사결과 4개지점 모두 대기환경기준(연평균 0.6 pg-TEQ/Sm<sup>3</sup>)이내로 만족하였음.
- 지역별로 보면 공업지역(학장동) > 상업지역(전포동) > 주거지역(연산동) > 주거지역(좌동) 순으로 다이옥신 배출원이 산재해 있는 공업지역이 가장 높았음.
- 2019년도 계절별 다이옥신 농도는 가을철에 가장 높게 나타났으며, 이는 10월 학장동에서 높은 농도인 0.232 pg-TEQ/Sm<sup>3</sup>이 반영된 결과임. 학장동에 위치한 철강, 비철, 비금속 등 일부 다이옥신 배출원 영향인 것으로 판단됨.

(2011년 다이옥신 배출량 : 소각시설 35.4%, 철강 등 비소각시설 64.6% 차지)

- 학장동을 제외하고 계절별 다이옥신은 겨울철이 높게 나타났으며, 이는 겨울철에 난방연료 사용량 증가와 대기 역전현상 등 계절적 기후특성 때문임.

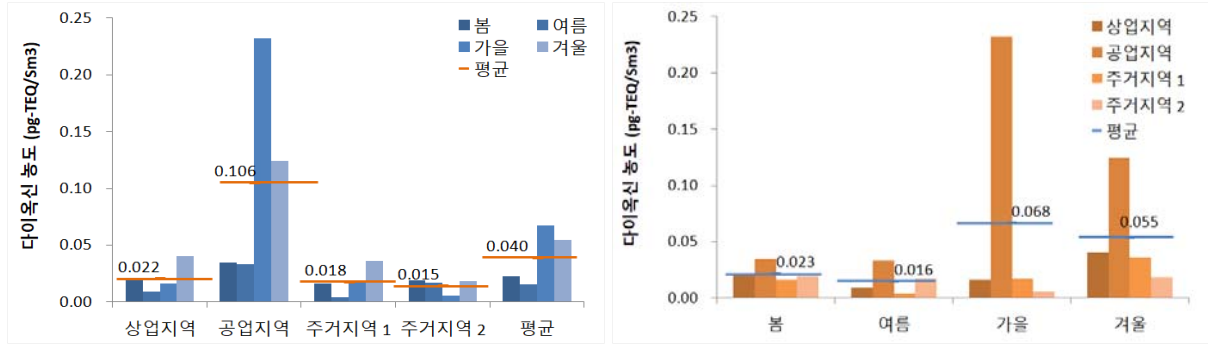


그림 2. 2019년 지역별 및 계절별 다이옥신 농도

표 2. 2019년 대기중 다이옥신 농도

(단위 : pg-TEQ/Sm³)

	학장동	전포동	연산동	좌 동	평 균
1월 (겨울)	0.125	0.041	0.036	0.019	0.055
4월 (봄)	0.035	0.020	0.016	0.019	0.023
7월 (여름)	0.033	0.009	0.004	0.017	0.016
10월 (가을)	0.232	0.016	0.017	0.005	0.068
평 균	0.106	0.022	0.018	0.015	0.040

○ 지역별 및 계절별 다이옥신 상분포

- 지역별 입자상 및 가스상 다이옥신의 분포 비율을 조사한 결과 전 지점 총 다이옥신 중 입자상 다이옥신의 비율이 높았음. 특히 학장동(공업지역)의 가스상 물질 대비 입자상 물질의 비율이 4.9로 가장 높았음.
- 계절별 다이옥신 상분포 조사 결과 전체 다이옥신 중 입자상 다이옥신은 겨울철에 92.0 %로 가장 높았으며, 여름철에 48.4 %로 가장 낮았음. 이는 여름철에는 고온으로 다이옥신의 가스화로 인한 것으로 특히 염소수가 적을수록 가스화가 더 많이 일어나는 것으로 알려져 있음.

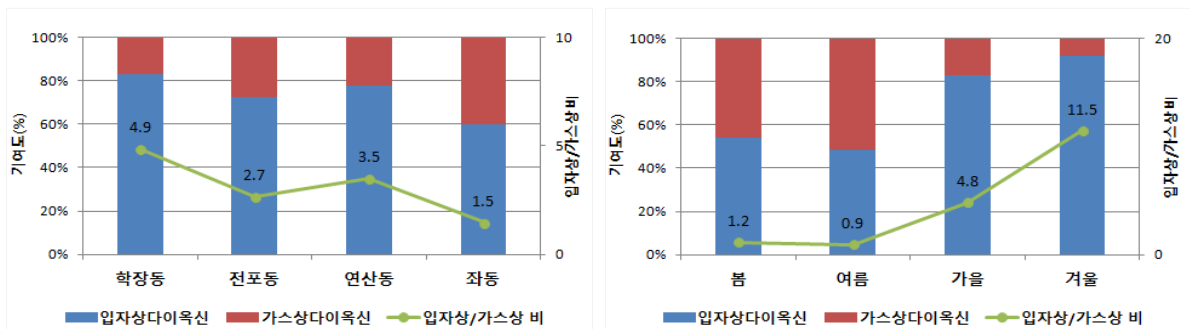


그림 3. 2019년 지역별 및 계절별 다이옥신 상분포

○ 연도별 다이옥신 농도

- 2019년 연평균 대기 중 다이옥신 농도는 0.040 pg-TEQ/Sm<sup>3</sup>으로 대기환경기준(0.6 pg-TEQ/Sm<sup>3</sup>) 약 6.7% 수준으로 만족하였으며, 전년대비 소폭 감소하였음.
- 2005년 조사를 시작한 이후 그림 3에 나타난 바와 같이 지속적인 감소추세에 있으며 2019년 다이옥신 농도는 2005년에 비해 약 80.9% 감소하였음
- 환경부 자료에 따르면 2005년 우리나라 다이옥신 배출량은 268.9 g-TEQ/yr에서 2011년 120.9 g-TEQ/yr로 감소한 것으로 나타났으며, 2006년 다이옥신 배출허용기준 대폭강화, 2007년 기준 강화에 따른 소형폐기물 소각시설이 상당수 폐쇄되면서 대기 중 다이옥신 농도가 낮아진 것으로 판단됨.

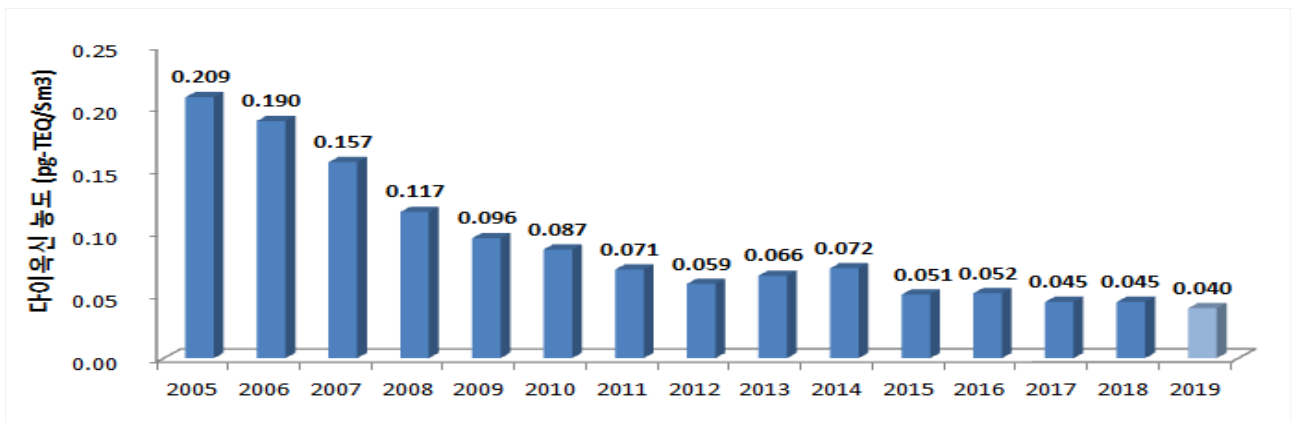


그림 4. 연평균 대기 중 다이옥신 농도 변화

- 전년대비 학장동은 다소 증가하였고 나머지 지점은 감소 경향을 나타냄.
- 환경부 잔류성유기오염물질 측정망(2017년)에 따르면 전국 대기 중 다이옥신 평균 농도는 0.012 pg-TEQ/Sm<sup>3</sup>(0.000~0.295)을 나타내었음. 환경부 측정망은 봄, 가을 연 2회 운영되고 있으며, 학장동은 전국평균 대비 높은 수준이고 나머지 지점은 다소 또는 소폭 높은 수준을 나타냄.

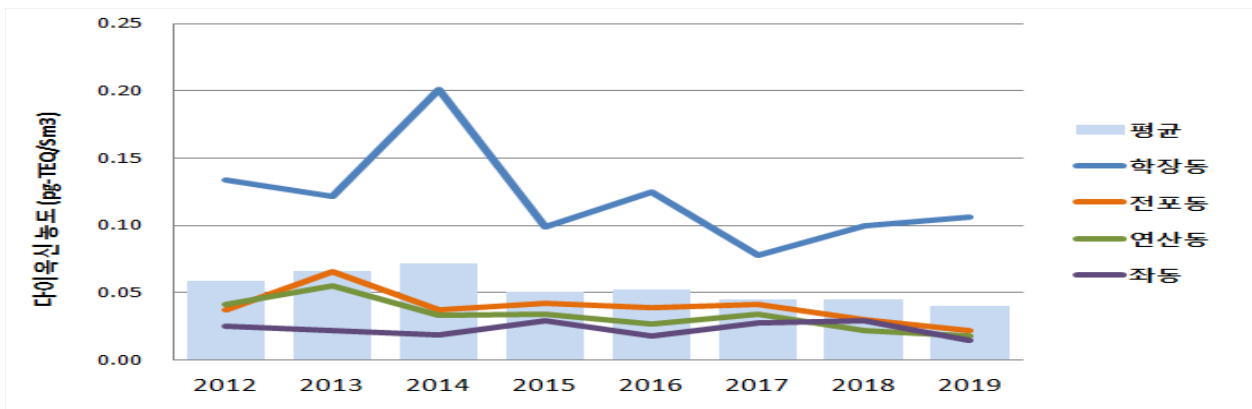


그림 5. 지점별 연평균 대기 중 다이옥신 농도 변화

표 3. 지점별 연평균 대기 중 다이옥신 농도

(단위 : pg-TEQ/Sm<sup>3</sup>)

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	평 균
학장동	0.134	0.122	<b>0.201</b>	0.099	0.125	0.078	0.100	<b>0.106</b>	0.121
전포동	0.037	<b>0.066</b>	0.037	0.042	0.039	0.041	0.030	<b>0.022</b>	0.039
연산동	0.041	<b>0.055</b>	0.033	0.034	0.027	0.034	0.022	<b>0.018</b>	0.033
좌 동	0.025	0.022	0.019	<b>0.029</b>	0.018	0.028	0.029	<b>0.015</b>	0.023
평 균	0.059	0.066	<b>0.072</b>	0.051	0.052	0.045	0.045	<b>0.040</b>	0.054

### 3-2. 하천수 및 하천퇴적물 중 다이옥신 조사결과

#### ○ 하천수 및 하천퇴적물 지점별 다이옥신 농도

- 하천수의 다이옥신 평균 농도는 수영강 0.498 pg-TEQ/L, 삼락천 0.399 pg-TEQ/L로 일본 하천수질 기준 (1 pg-TEQ/L) 이내로 조사되었음.  
(※ 국내 하천수 기준은 미설정, 폐수배출허용기준은 10 pg-TEQ/L)
- 하천퇴적물의 다이옥신 농도는 수영강 0.215 pg-TEQ/g, 삼락천 1.942 pg-TEQ/g로 일본 퇴적물 기준(150 pg-TEQ/g) 이내로 조사되었음.  
(※ 국내 퇴적물 기준 미설정)
- 하천수 다이옥신 실측농도는 삼락천>수영강 순으로, 독성등가농도(이하 TEQ 농도)는 수영강>삼락천 순으로 높았음. 이는 상반기 수영강에서 독성등가계수가 높은 1,2,3,7,8- PeCDD 와 2,3,7,8-TCDD가 다소 높게 검출된 결과이며, 하반기에는 이들 항목은 불검출 되었음.
- 하천퇴적물 다이옥신은 실측농도와 TEQ농도 모두 삼락천>수영강 순으로 높게 나타났음.

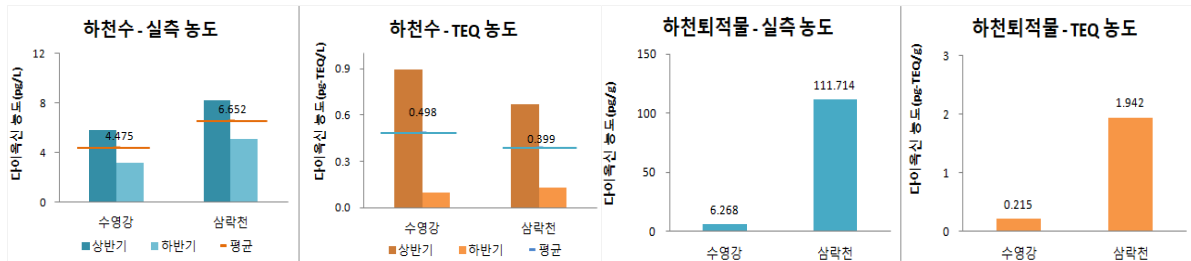


그림 6. 하천수 및 하천퇴적물 중 지점별 다이옥신 농도

#### ○ 하천수 및 하천퇴적물 중 다이옥신 동질체별 분포 특성

- 하천수 및 하천퇴적물 실측농도의 다이옥신 동질체 중 주로 OCDD의 기여율이 가장 높게 나타났음. OCDD는 고염화 다이옥신으로 휘발성이 낮아 저염화 다이옥신에 비해 퇴적물 중에 오래 잔류하는 특성을 가지기 때문임.
- TEQ 대비 실측농도의 고염화 다이옥신 농도가 높은 특징은 하천수 보다는 체류시간이 상대적으로 긴 하천퇴적물에서 뚜렷하게 나타남.
- 독성을 고려한 TEQ 농도의 다이옥신 동질체별 분포는 독성등가환산계수가 비교적 높은

2,3,4,7,8-PeCDF 또는 1,2,3,7,8-PeCDD가 가장 큰 비율을 차지한 것으로 나타남.

- 하천수 다이옥신 배출원으로는 오페수 유입, 토양 유출수, 대기 침적 등이 있음. OCDD는 잔류 특성이 높아 토양에서 높게 나타나며, 대기 중에서는 상대적으로 오염이 낮은 지역에서 비율이 높게 나타남. 또한 1,2,3,4,6,7,8- HpCDF, OCDF, OCDD congener의 비율은 대기 다이옥신에서 높게 나타나, 수영강에서 대기 외에도 또다른 다이옥신 배출원의 영향을 받는 것으로 판단됨.

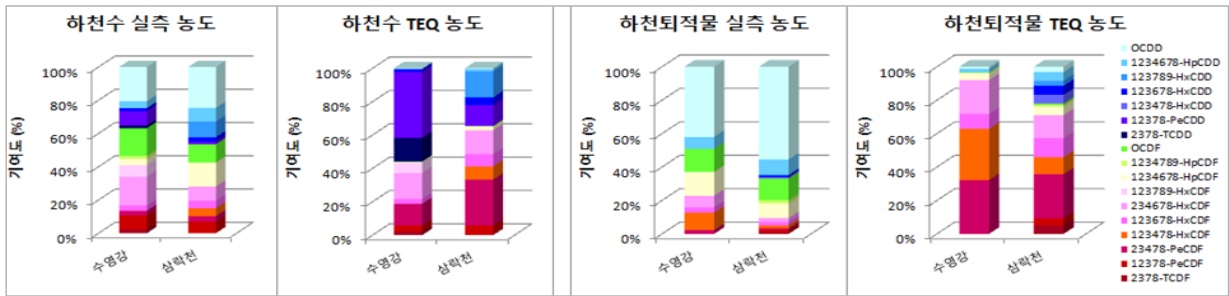


그림 7. 하천수 및 하천퇴적물 중 다이옥신 동질체별 농도 분포

○ 연도별 하천수 및 하천퇴적물 다이옥신 농도

- 2017년부터 연도별 하천수 다이옥신 농도를 살펴보면, 수영강은 0.099~0.896 pg-TEQ/L를 나타내었음. 환경부 잔류성유기오염물질 측정망(2017년)에 따르면 하천 다이옥신은 0.010 pg-TEQ/L(0.000~0.253)을 나타내어 수영강은 평균대비 대부분 높은 수준을 나타내었음.
- 2017년부터 2019년까지 하천퇴적물은 수영강 0.215~0.682 pg-TEQ/g 으로 타지역 하천퇴적물(환경부 측정망, 2017년)은 0.042 pg-TEQ/g(0.000~0.276)를 나타내어 수영강 하천퇴적물은 타지역 대비 높은 수준을 나타냄.
- 환경부 측정망은 낙동강 등 본류에서 채취가 주로 이루어지는 반면 수영강과 삼락천은 지류로 유량이 상대적으로 적어 다이옥신 농도가 다소 높게 나타나는 것으로 판단됨.
- 2019년부터 감전천 생태하천 복원사업으로 감전천 지점을 삼락천 지점으로 변경하여 조사하였으며, 삼락천은 감전천 대비 다이옥신 농도가 뚜렷이 낮은 것으로 분석되었음.

표 4. 지점별 하천수 및 하천퇴적물 다이옥신 농도 추이

(하천: pg-TEQ/L, 하천퇴적물: pg-TEQ/g)

		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018			2019
하천	수영강(상)	0.404	0.605	0.797	0.640	0.849	0.793	0.754	하천	수영강(상)	0.896
	수영강(하)	0.504	0.326	0.862	0.733	0.583	0.649	0.432		수영강(하)	0.099
	수영강(연평균)	0.454	0.466	0.829	0.686	0.716	0.721	0.593		수영강(연평균)	0.498
	감전천(상)	-	-	1.206	1.056	1.019	0.918	1.471		삼락천(상)	0.668
	감전천(하)	-	1.235	1.057	1.445	1.133	0.923	0.830		삼락천(하)	0.130
	감전천(연평균)	-	1.235	1.131	1.251	1.076	0.920	1.150		삼락천(연평균)	0.399
하천 퇴적물	수영강	0.406	3.251	1.203	1.369	7.566	0.488	0.682	하천 퇴적물	수영강	0.215
	감전천	30.656	145.657	122.735	63.192	126.287	138.871	287.306		삼락천	1.942

### 3-3. 토양 중 다이옥신 조사결과

#### ○ 지점별 다이옥신 농도

- 토양 중 다이옥신 실측 농도는 평균값이 223.4 pg/g으로 그림 7과 같이 해양대학교 지점의 농도가 평균보다 높았음.
- TEQ 농도의 경우 0.832 pg-TEQ/g ~ 2.695 pg-TEQ/g으로 전 지점 일본 토양환경기준 (1,000 pg-TEQ/g) 이내로 만족하였으며, 해운대사업소, 온천천놀이터 농도가 평균보다 높게 나타났음.
- 해운대사업소는 폐기물 소각시설이 위치해 있고, 과거 모니터링 결과에서도 타지점 대비 TEQ 농도가 높게 나타난 사례가 있어 다이옥신 경향 파악이 계속 필요할 것으로 판단됨.
- 반면 온천천놀이터는 주변 다이옥신 배출원 영향이 비교적 적은 지점이나, 타지점 대비 농도가 다소 높게 나타나는 특징을 나타냄.
- 해양대학교 지점은 실측 농도는 높았으나, 대부분 독성값이 낮은 OCDD로 TEQ 농도는 전체 평균 농도와 유사한 수준으로 나타났음.

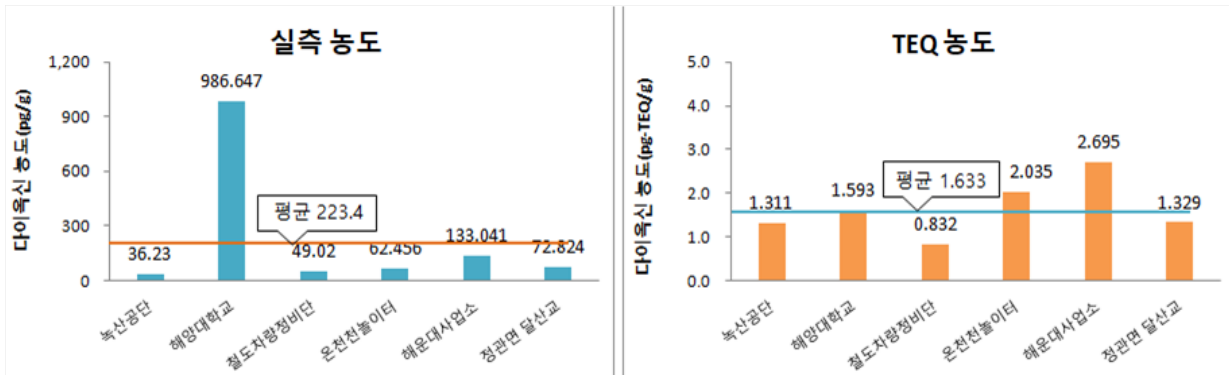


그림 8. 2019년 토양 중 다이옥신 농도

#### ○ 다이옥신 이성체별 분포 특성

- 지점별 실측 농도의 동질체별 분포를 보면 OCDD 기여율이 가장 높았으며, TEQ 농도 분포를 살펴보면 해양대학교를 제외하고 2,3,4,7,8-PeCDF가 가장 높은 것으로 나타났음.
- 토양 및 퇴적물 매체는 오염물질 순환에서 최종도착지(sink)이며, 이 중 OCDD는 다이옥신과 퓨란류 등에서 분해, 유래되어 분해 저항성이 가장 높아 토양에서 높은 비율로 나타남. 또한 1,2,3,4,6,7,8-HpCDF, OCDF, OCDD는 대기 중 다이옥신의 주요 congener이며, 대기침적은 토양 다이옥신의 주요 발생원(source) 중 하나임.
- 해양대학교는 실측 농도와 TEQ 농도 모두 OCDD 기여율이 매우 높았음. 따라서 대기침적의 영향도 타지점 보다 낮게 받고 있어, 시료 채취시 주변 공사로 인해 심토가 섞이면서 오랫동안 잔류하는 특징을 가지는 OCDD 농도가 높게 나타난 것으로 판단됨.

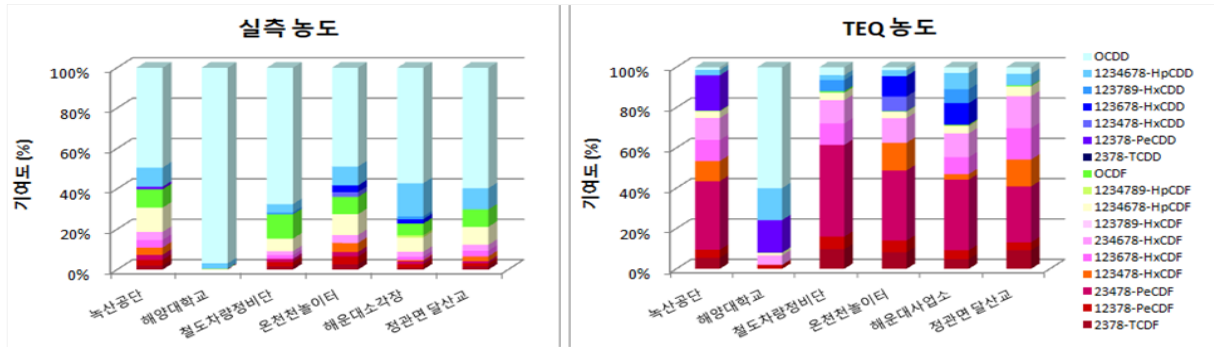


그림 9. 2019년 토양 중 다이옥신 동질체별 농도 분포 (실측농도:pg/g, TEQ농도:pg-TEQ/g)

표 5. 2019년 지점별 토양 다이옥신 동질체별 농도 및 기여율

TEQ값 (pg-TEQ/g)		기여율 (%)												
No.	Chemicals	녹산공단	해양대학교	철도차량정비단	온천천놀이터	해운대사업소	정관면 달산교	평균	녹산공단	해양대학교	철도차량정비단	온천천놀이터	해운대사업소	정관면 달산교
1	2378-TCDF	0.072	0.000	0.081	0.167	0.130	0.122	0.095	5.5	0.0	9.7	8.2	4.8	9.2
2	12378-PeCDF	0.053	0.031	0.052	0.118	0.118	0.052	0.071	4.0	1.9	6.2	5.8	4.4	3.9
3	23478-PeCDF	0.446	0.000	0.379	0.709	0.944	0.369	0.474	34.0	0.0	45.5	34.8	35.0	27.8
4	123478-HxCDF	0.131	0.000	0.000	0.279	0.074	0.177	0.110	10.0	0.0	0.0	13.7	2.7	13.3
5	123678-HxCDF	0.137	0.000	0.089	0.000	0.226	0.207	0.110	10.4	0.0	10.7	0.0	8.4	15.6
6	234678-HxCDF	0.143	0.075	0.096	0.249	0.319	0.210	0.182	10.9	4.7	11.5	12.2	11.8	15.8
7	123789-HxCDF	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	1234678-HpCDF	0.044	0.021	0.031	0.064	0.094	0.065	0.053	3.3	1.3	3.7	3.2	3.5	4.9
9	1234789-HpCDF	0.000	0.000	0.000	0.000	0.015	0.000	0.002	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0
10	OCDF	0.003	0.002	0.006	0.005	0.008	0.006	0.005	0.3	0.1	0.7	0.3	0.3	0.5
	PCDF	1.027	0.128	0.733	1.590	1.927	1.209	1.102	78.4	8.0	88.0	78.1	71.5	91.0
11	2378-TCDD	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	12378-PeCDD	0.231	0.257	0.000	0.000	0.000	0.000	0.081	17.6	16.1	0.0	0.0	0.0	0.0
13	123478-HxCDD	0.000	0.000	0.000	0.149	0.000	0.000	0.025	0.0	0.0	0.0	7.3	0.0	0.0
14	123678-HxCDD	0.000	0.000	0.000	0.206	0.288	0.000	0.082	0.0	0.0	0.0	10.1	10.7	0.0
15	123789-HxCDD	0.000	0.000	0.046	0.000	0.185	0.000	0.039	0.0	0.0	5.5	0.0	6.9	0.0
16	1234678-HpCDD	0.034	0.252	0.020	0.059	0.219	0.077	0.110	2.6	15.8	2.4	2.9	8.1	5.8
17	OCDD	0.018	0.956	0.033	0.031	0.076	0.044	0.193	1.4	60.0	4.0	1.5	2.8	3.3
	PCDD	0.283	1.465	0.100	0.445	0.768	0.120	0.530	21.6	92.0	12.0	21.9	28.5	9.0
	SUM	1.310	1.593	0.832	2.035	2.695	1.329	1.632	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

○ 연도별 토양 다이옥신 농도

- 2017년부터 2019년까지 지점별 토양 다이옥신 농도를 살펴보면 부산환경공단 해운대사업소 지점에서 1.243~10.265 pg-TEQ/g의 분포를 나타내어 가장 농도가 높은 것으로 나타났음. 다음으로 온천천놀이터는 2.035~3.401 pg-TEQ/g, 해양대학교는 1.593~3.328 pg-TEQ/g의 분포를 나타내었음.
- 환경부 잔류성유기오염물질 측정망(2017년)에 따르면 평균 0.490 pg-TEQ/g (0.000~9.842)을 나타내어, 타지역 토양 다이옥신에 비해 다소 높은 것으로 분석되었음.

표 6. 지점별 토양 다이옥신 농도 추이

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	평 균
녹산공단	-	-	3.884	5.709	4.720	3.266	0.722	1.311	3.269
해양대학교	9.348	168.201	8.426	3.969	68.463	2.190	3.328	1.593	33.190
부산철도차량정비단	3.851	2.590	1.107	2.753	3.709	1.725	0.793	0.832	2.170
온천천놀이터	9.166	5.989	5.062	1.608	3.012	2.793	3.401	2.035	4.133
해운대사업소	6.151	0.530	13.593	8.053	20.563	10.265	1.243	2.695	7.887
정관면 달산교	6.917	1.036	0.875	0.312	1.824	0.389	0.195	1.329	1.610

(단위: pg-TEQ/g)



### 3-4. 해저퇴적물 중 다이옥신 조사결과

#### ○ 해저퇴적물 중 지점별 다이옥신 농도

- 해저퇴적물 다이옥신 농도는 평균 14.7 pg-TEQ/g (0.207~52.728)으로 전 지점 일본 퇴적물 기준인 150 pg-TEQ/g 이내로 만족하였음.
- 발전소앞 지점이 실측농도와 TEQ농도 모두 최고치를 나타내었음.
- 해저퇴적물 중 다이옥신 농도 증가는 수리조선소, 철스크랩 수출부두 등 비점오염원의 해역 유입, 반폐쇄성 해역 환경으로 인한 흐름 정체와 관련있는 것으로 판단됨.
- 수리조선소와 인접한 지점으로는 다대포어시장, 발전소앞, 남향이 있으며, 그 중 반폐쇄성 해역 특성을 가장 뚜렷하게 나타나는 다대포어시장과 발전소앞의 해저퇴적물에서 다이옥신 농도가 가장 높은 것으로 판단됨. 또한 동천하류는 육상오염원의 직접적인 영향을 받아 조사지점 중 농도가 다소 높은 것으로 보임.
- 따라서 육상 오염원 유입 저감, 수리조선소 등 주변 오염배출 유발시설물 지도점검 강화, 오염퇴적물 준설작업 등의 관리가 요구됨.

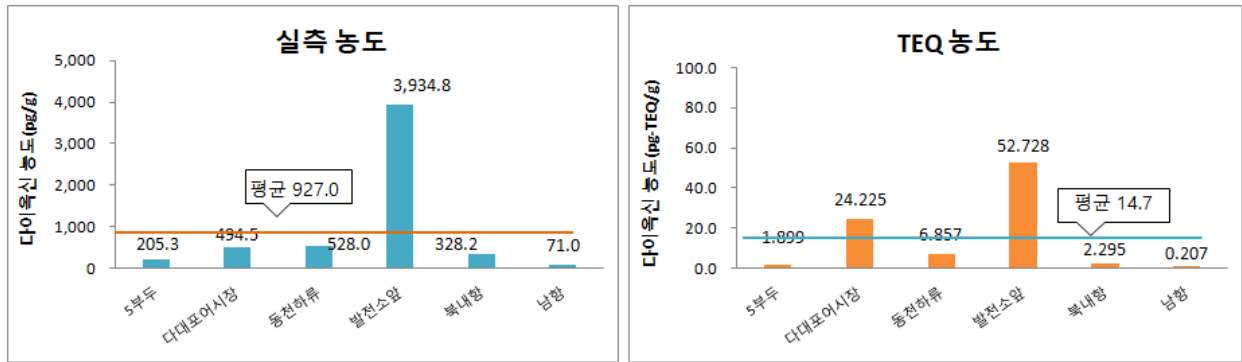


그림 10. 2019년 해저퇴적물 중 지점별 다이옥신 농도

#### ○ 다이옥신 동질체별 분포 특성

- 해저퇴적물 다이옥신의 동질체별 분포를 살펴보면 OCDD 등 고염화 다이옥신의 비율이 높았으며, 이는 하천퇴적물과 마찬가지로 고염화 다이옥신은 퇴적물에 오래 잔류하는 특징 때문임.
- TEQ 농도의 최대 기여율 항목은 남향 지점을 제외하고 독성등가환산계수가 높은 2,3,4,7,8-PeCDF로 나타났음.
- 해저퇴적물 중 다이옥신의 주요 배출원은 오염 해수 유입, 토양 유출수, 대기 침적이 있음. 다대포어시장은 해저퇴적물의 주요 congener인 OCDD의 비율이 다소 낮게 나타나고, 반폐쇄성 수역임을 감안할 때 수리조선소 등 육상기인 오염물질 영향이 타지점보다 높은 것으로 판단됨.
- 금번 조사에서 가장 높은 다이옥신 농도를 나타낸 발전소앞 지점은 실측농도 기준 OCDD > 1,2,3,4,6,7,8-HpCDD > 1,2,3,4,7,8,9-HpCDF 순으로 동질체 및 이성체별 농도 분포의 특이사항은 없었음. 반면 congener별 농도는 전반적으로 높게 나타나 고농도 발생원인 분석을 위해서는 시료채취 주기 단축, 오염물질 유입 주변 조사지점 추가, 17종에서 벗어난 240종 congener 분석

- 등이 필요하며, 분석여건을 감안하여 2020년 분석결과 분석 후 추가분석 필요여부 검토 예정임.
- 특히 2020년에는 감천항 오염퇴적물 정화사업이 예정되어 있어 계속적으로 다이옥신 오염도 추이를 모니터링 하도록 하겠음.

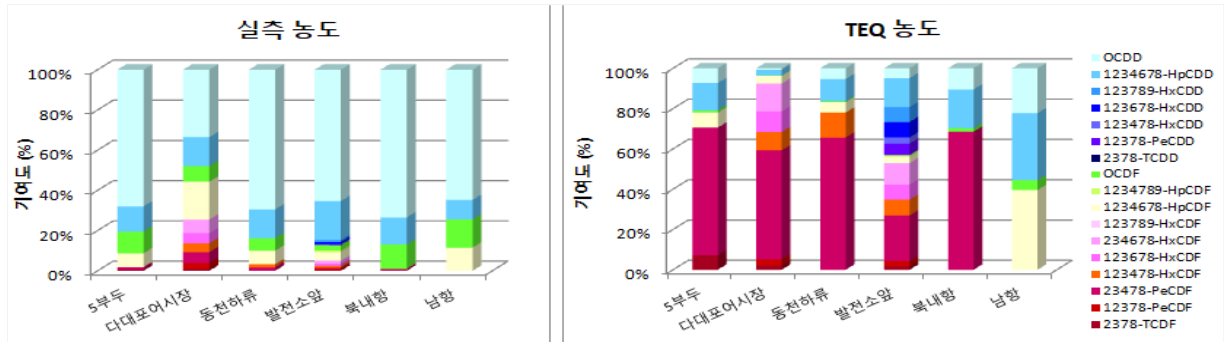


그림 11. 2019년 해저퇴적물 중 다이옥신 동질체별 농도 분포

표 7. 2019년 지점별 해저퇴적물 중 다이옥신 동질체별 농도 및 기여율

(TEQ : pg-TEQ/g, 기여율 : %)

No.	Chemicals	TEQ값						평균	기여율 (%)					
		5부두	대대포어시장	동천하류	발전소앞	북내항	남항		5부두	대대포어시장	동천하류	발전소앞	북내항	남항
1	2378-TCDF	0.137	0.537	0.000	0.897	0.000	0.000	0.262	7.2	2.2	0.0	1.7	0.0	0.0
2	12378-PeCD	0.000	0.710	0.000	1.379	0.000	0.000	0.348	0.0	2.9	0.0	2.6	0.0	0.0
3	23478-PeCD	1.202	13.110	4.500	11.917	1.572	0.000	5.384	63.3	54.1	65.6	22.6	68.5	0.0
4	123478-HxCDF	0.000	2.217	0.850	4.161	0.000	0.000	1.205	0.0	9.2	12.4	7.9	0.0	0.0
5	123678-HxCDF	0.000	2.461	0.000	3.957	0.000	0.000	1.070	0.0	10.2	0.0	7.5	0.0	0.0
6	234678-HxCDF	0.000	3.345	0.000	5.601	0.000	0.000	1.491	0.0	13.8	0.0	10.6	0.0	0.0
7	123789-HxCDF	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	1234678-HpCDF	0.141	0.931	0.353	1.663	0.000	0.082	0.528	7.4	3.8	5.1	3.2	0.0	39.6
9	1234789-HpCDF	0.000	0.000	0.000	0.350	0.000	0.000	0.058	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0
10	OCDF	0.022	0.039	0.033	0.103	0.040	0.010	0.041	1.2	0.2	0.5	0.2	1.7	4.8
	PCDF	1.502	23.350	5.736	30.029	1.612	0.092	10.387	79.1	96.4	83.6	57.0	70.2	44.4
11	2378-TCDD	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	12378-PeCDD	0.000	0.000	0.000	2.996	0.000	0.000	0.499	0.0	0.0	0.0	5.7	0.0	0.0
13	123478-HxCDF	0.000	0.000	0.000	1.616	0.000	0.000	0.269	0.0	0.0	0.0	3.1	0.0	0.0
14	123678-HxCDF	0.000	0.000	0.000	4.030	0.000	0.000	0.672	0.0	0.0	0.0	7.6	0.0	0.0
15	123789-HxCDF	0.000	0.000	0.000	3.882	0.000	0.000	0.647	0.0	0.0	0.0	7.4	0.0	0.0
16	1234678-HpCDF	0.257	0.710	0.755	7.604	0.442	0.069	1.639	13.5	2.9	11.0	14.4	19.3	33.3
17	OCDD	0.140	0.166	0.367	2.572	0.241	0.046	0.588	7.3	0.7	5.3	4.9	10.5	22.3
	PCDD	0.396	0.875	1.122	22.699	0.683	0.115	4.315	20.9	3.6	16.4	43.0	29.8	55.6
	SUM	1.899	24.225	6.857	52.728	2.295	0.207	14.702	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

○ 연도별 해저퇴적물 다이옥신 농도

- 2005년부터 2019년까지 지점별 해저퇴적물 다이옥신 농도를 살펴보면, 대대포어시장은 최대 53.070 pg-TEQ/g, 평균 15.398 pg-TEQ/g으로 가장 높은 농도를 나타내었으며, 다음으로 발전소앞이 최대 52.728 pg-TEQ/g, 평균 9.179 pg-TEQ/g, 동천하류가 최대 11.469 pg-TEQ/g, 평균 6.409 pg-TEQ/g 의 농도를 나타내었음.
- 남항 지점은 최대 7.951 pg-TEQ/g, 평균 2.826 pg-TEQ/g으로 가장 낮은 수준을 나타내었으며, 이는 타 지점 대비 폐쇄성 수역 특성이 낮고, 2009년~2014년 오염퇴적물 정화사업의 영향인 것으로 판단됨.
- 2005년부터 해저퇴적물 다이옥신을 분석한 결과, 2011년 전반적으로 농도가 낮게 나타났으며, 이는 해저퇴적물 정화복원사업 및 수심 유지를 위한 준설작업 영향인 것으로 판단됨.

표 8. 지점별 해저퇴적물 다이옥신 농도 추이

(단위: pg-TEQ/g)

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	평균
5부두	3.565	2.489	17.901	0.828	8.065	2.710	1.603	5.426	2.375	7.244	2.968	3.120	2.942	5.843	1.899	4.599
다대포어시장	1.523	0.481	3.976	27.704	9.997	38.796	1.580	6.875	12.000	6.622	11.884	14.449	17.793	53.070	24.255	15.398
동천하류	3.224	4.577	3.881	4.454	10.978	11.469	0.964	5.153	4.729	4.131	9.483	8.631	8.383	9.228	6.857	6.409
발전소앞	10.313	6.694	6.329	4.600	6.908	2.953	1.861	4.357	8.883	11.615	4.364	7.419	6.324	2.342	52.728	9.179
북내항	7.966	4.604	5.078	1.792	3.577	3.575	1.564	4.243	2.619	8.153	4.005	3.342	3.591	2.942	2.295	3.630
남 항	7.951	6.393	5.424	0.669	1.148	4.878	0.000	5.487	3.970	0.626	1.063	1.418	1.530	1.621	0.207	2.826

#### 4. 결론 및 고찰

- 대기 중 다이옥신 결과 전 지점 대기환경기준(0.6 pg-TEQ/Sm<sup>3</sup>) 이내
  - 평균 0.040 pg-TEQ/Sm<sup>3</sup>으로 전년(0.045)대비 소폭 감소
  - 지역별로는 다이옥신 배출원이 산재해있는 학장동(공업지역)이 가장 높았음.
  - 다이옥신 상분포 조사 결과 입자상 다이옥신 비율이 가스상 다이옥신보다 높았고, 계절별로는 겨울철에 입자상 비율이 가장 높게 나타났음.
- 하천수 및 하천퇴적물 중 다이옥신 결과 수영강, 삼락천 모두 일본기준\* 이내
  - \* 일본 하천수질 기준 1 pg-TEQ/L, 일본 퇴적물 기준 150 pg-TEQ/g
  - 하천수 분석결과 수영강 0.498, 삼락천 0.399 pg-TEQ/L로 나타남.
  - 하천퇴적물은 수영강 0.215, 삼락천 1.942 pg-TEQ/g로 분석되었음.
- 토양 중 다이옥신 결과 전 지점 일본 토양환경기준(1,000 pg-TEQ/g) 이내
  - 토양 분석결과 0.832 ~ 2.695 pg-TEQ/g을 나타내었고, 부산환경공단 해운대사업소, 온천천놀이터 농도가 평균보다 높게 나타났음.
  - 해운대사업소는 폐기물 소각시설이 위치해 있고, 과거 조사결과에서도 타지점 대비 다소 높은 농도 수준을 나타내어 지속적인 모니터링 필요
- 해저퇴적물 중 다이옥신 결과 전 지점 일본 퇴적물기준(150 pg-TEQ/g) 이내
  - 해저퇴적물 분석결과 0.207 ~ 52.728 pg-TEQ/g을 나타내었고, 발전소앞과 다대포어시장 농도가 평균보다 높게 나타났음.
  - 발전소앞 지점이 52.728 pg-TEQ/g으로 가장 높은 농도를 나타내었으며, 이성체별 분포의 특이사항 없이 전반적으로 높게 나타났음. 2019년 12월부터 감천항 오염퇴적물 정화사업 일부 시행중이며, 2020년 다이옥신 결과분석 후 추가 정밀분석 필요여부를 검토할 예정임.

#### 5. 활용방안

- 부산시 대기, 하천, 토양 등 환경매체 중 다이옥신 오염 실태 및 분포 특성을 파악하여 환경 개선을 위한 기초자료로 활용

## 6. 기대효과

- 환경매체별 다이옥신 오염도 조사를 통해 잔류성유기오염물질 정책수립을 위한 자료확보 및 잔류성 유기오염물질 오염실태에 대한 시민 알권리 보장