

환경매체 중 다이옥신 조사

- 부산시 대기, 하천, 토양, 해저퇴적물 등 환경매체 중 다이옥신 오염 특성 파악
- 잔류성유기오염물질 관리정책 및 저감대책 수립시 기초 자료 제공

1. 조사개요

- 조사기간 : 2017. 1. ~ 2017. 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 congener별 독성등가 계수

Congener			Congener		
		I-TEF ¹⁾			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)

2. 조사방법

- 조사주기
 - 대기 : 분기 1회(2017년 1월, 4월, 7월, 10월)
 - 하천수 : 반기 1회(2017년 6월, 11월)
 - 토양, 하천퇴적물, 해저퇴적물 : 연 1회
- 시료채취방법
 - 대기 : High volume air sampler 이용(0.7 Sm³/min 유속으로 48시간 채취)
 - 하천수 : 채취지점의 수면 폭과 수심 고려하여 갈색 시료채취병에 기포없이 가득 채취

- 토양 : 5지점 혼합방식으로 지표면으로부터 5 cm까지 채취
- 퇴적물 : 표면에서 10 cm까지 퇴적물을 3회 채취 후 혼합

○ 시료채취지점



환경매체	지점 수	지점명
대기	4	학장동, 전포동, 연산동, 좌동
하천수/퇴적물	2	수영강, 감전천
토양	6	녹산공단, 해양대학교, 부산철도차량정비단, 온천천놀이터, 해운대 사업소, 정관면 달산교
해저퇴적물	6	동천하류, 5부두, 발전소 앞, 대대포어시장, 북내항, 남항

3. 조사결과

3-1. 대기 중 다이옥신 조사결과

- 지역별 다이옥신 조사결과 4개 지점 모두 대기환경기준(연평균 0.6 pg-TEQ/Sm³) 이내로 만족하였음
- 지역별로 보면 공업지역(학장동) > 상업지역(전포동) > 주거지역(연산동) > 주거지역(좌동)순으로 다이옥신 배출원이 산재해 있는 공업지역이 가장 높았음
- 계절별로 보면 겨울철이 타 계절에 비해 약 3~4배 정도 높았으며, 이는 겨울철에 난방연료 사용량 증가와 대기 역전현상 등 계절적 기후특성 때문임

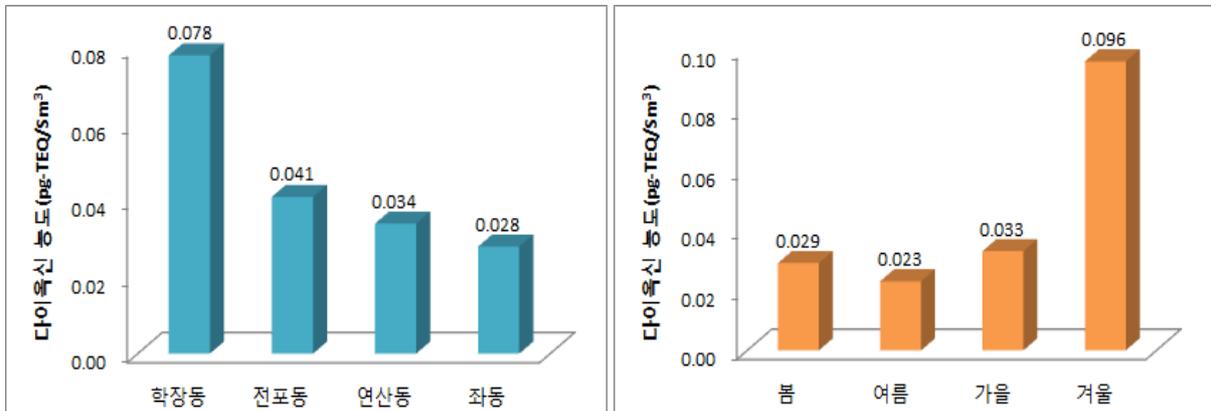


그림 1. 지역별 및 계절별 다이옥신 농도

- 지역별 입자상 및 가스상 다이옥신의 분포 비율을 조사한 결과 전 지점 총 다이옥신 중 입자상 다이옥신의 비율이 높았음. 특히 공업지역(학장동)의 입자상 물질과 가스상 물질의 비율이 4.0으로 가장 높았음
- 계절별 다이옥신 상분포 조사 결과 입자상 다이옥신의 비율이 겨울철에 92.7 %로 가장 높았으며, 여름철에 37.6 %로 가장 낮았음. 이는 여름철에는 고온으로 다이옥신의 가스화로 인한 것으로 특히 염소수가 적을수록 가스화가 더 많이 일어나는 것으로 나타났음

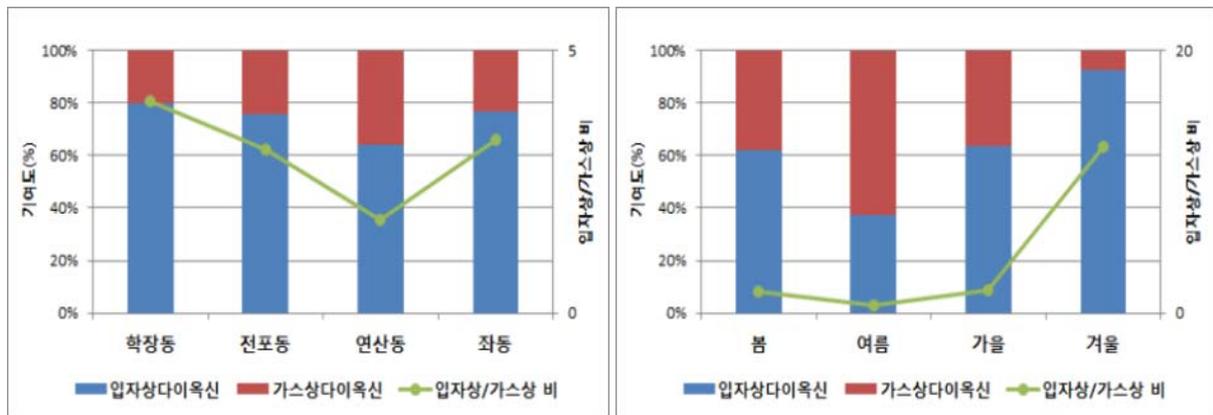


그림 2. 지역별 및 계절별 다이옥신 상분포

- 2017년 연평균 대기 중 다이옥신 농도는 0.045 pg-TEQ/Sm³으로 대기환경기준(0.6 pg-TEQ/Sm³) 약 7.5% 수준으로 만족하였음
- 2005년 조사를 시작한 이후 그림 3에 나타난 바와 같이 지속적인 감소추세에 있으며 2017년 다이옥신 농도는 2005년에 비해 약 80% 감소하였음
- 2008년 잔류성유기오염물질관리법이 시행되면서 다이옥신 배출원 관리로 대기 중 다이옥신 농도가 감소한 것으로 판단됨

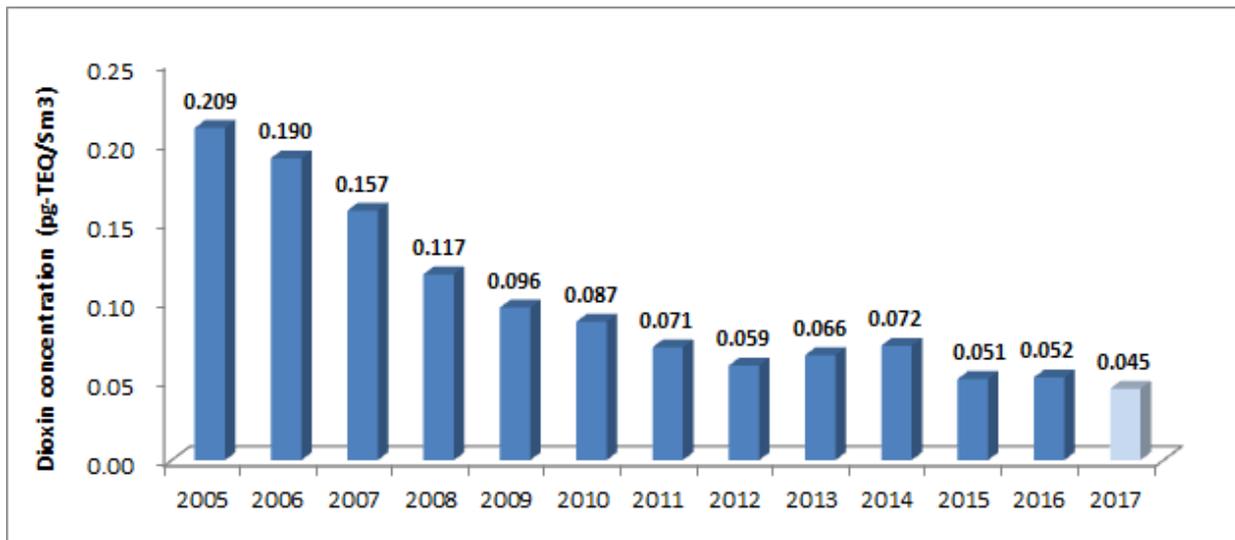


그림 3. 연평균 대기 중 다이옥신 농도 변화

3-2. 하천수 및 하천퇴적물 중 다이옥신 조사결과

- 하천수 및 하천퇴적물 다이옥신 농도는 감전천 > 수영강 순으로 실측농도, TEQ 농도 모두 감전천이 높았음
- 하천수의 TEQ 평균 농도는 수영강 0.721 pg-TEQ/L, 감전천 0.921 pg-TEQ/L로 일본 하천수질 기준(1 pg-TEQ/L) 이내로 조사
(※ 우리나라 경우 하천수 수질기준은 미설정, 폐수배출허용기준은 10 pg-TEQ/L)
- 하천퇴적물의 TEQ 농도는 수영강 7.566 pg-TEQ/g, 감전천 126.287 pg-TEQ/g로 일본 퇴적물 기준(150 pg-TEQ/g) 이내로 조사 (※ 우리나라 경우 퇴적물 기준 미설정)
- 감전천은 주기적인 퇴적물 준설 작업, 주변 환경정비 및 오수관거 정비 등으로 다이옥신 농도를 감소할 필요가 있으며, 지속적인 모니터링을 통한 오염여부 확인이 필요

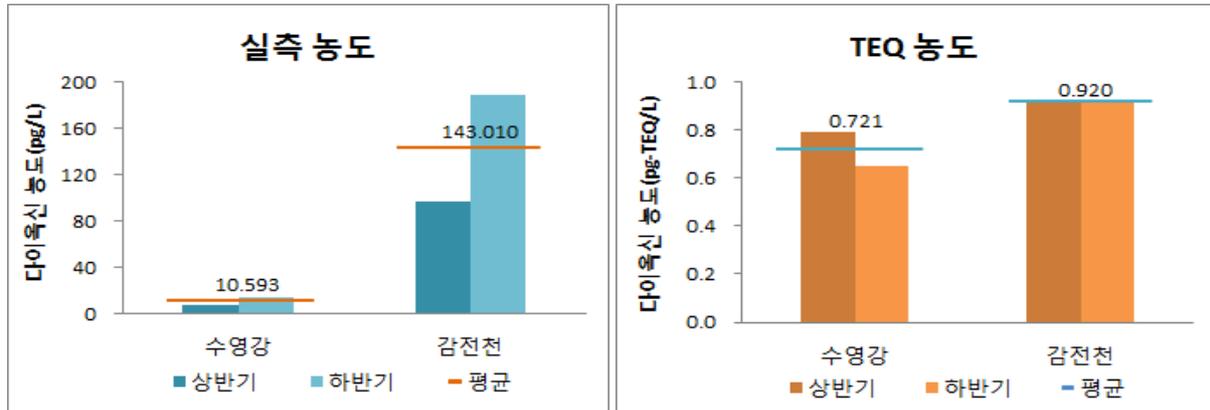


그림 4. 하천수 중 지점별 다이옥신 농도

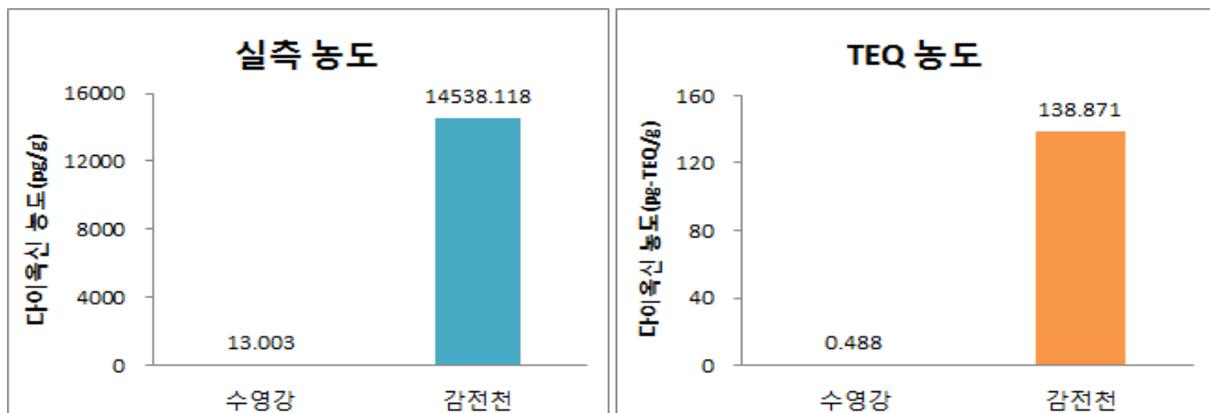


그림 5. 하천퇴적물 중 지점별 다이옥신 농도

- 하천수 실측 농도의 다이옥신 이성체별 분포는 수영강, 감전천 모두 OCDD > 1,2,3,4,6,7,8-HpCDD > 1,2,3,4,6,7,8-HpCDF 순으로 고염화 다이옥신의 기여도가 높았음
- 하천수 TEQ 농도의 다이옥신 이성체별 분포는 2개 지점 모두 독성등가환산계수가 높은

2,3,4,7,8-PeCDF가 가장 큰 비율을 차지하였으며, 감전천의 경우 독성등가환산계수는 낮지만 실측농도가 약 90 % 차지한 OCDD 기여율도 높게 나타났음

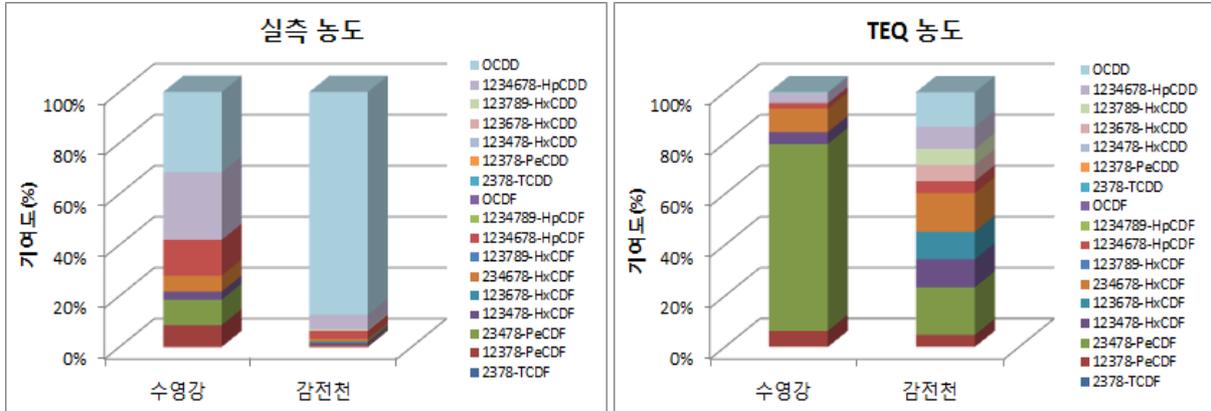


그림 6. 하천수 중 다이옥신 이성체별 농도 분포

- 하천퇴적물 실측 농도의 다이옥신 이성체별 분포는 수영강, 감전천 모두 OCDD가 50 %, 90 %로 기여도가 가장 컸음. OCDD 등 고염화 다이옥신은 휘발성이 낮아 저염화 다이옥신에 비해 퇴적물 중에 오래 잔류하기 때문임
- 하천퇴적물 TEQ 농도의 이성체별 분포는 수영강, 감전천 모두 2,3,4,7,8-PeCDF 기여율이 가장 높았으며, 두 지점의 이성체별 분포는 유사한 경향을 보였음

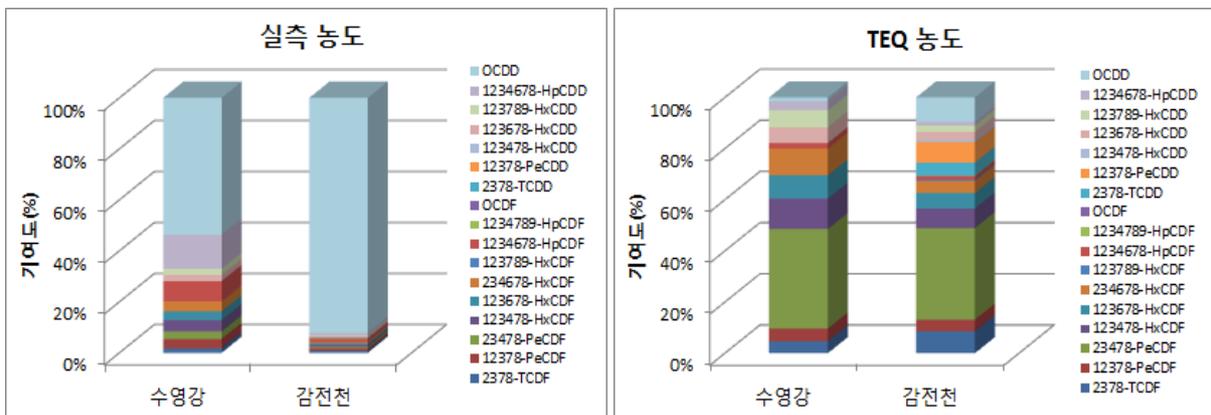


그림 7. 하천퇴적물 중 다이옥신 이성체별 농도 분포

3-3. 토양 중 다이옥신 조사결과

- 토양 중 다이옥신 실측 농도는 평균값이 344.3 pg/g으로 그림 8과 같이 해운대학교, 해운대 사업소 지점의 농도가 평균보다 높았음
- TEQ 농도의 경우 0.389 pg-TEQ/g ~ 10.265 pg-TEQ/g으로 전 지점 일본 토양환경기준(1,000 pg-TEQ/g) 이내로 만족하였으며, 해운대사업소 농도가 가장 높았음

- 해양대학교 지점은 실측 농도는 높았으나, 대부분 독성값이 낮은 OCDD로 TEQ 농도는 낮았음. 해운대사업소 지점은 다이옥신의 주요 발생원인 폐기물 소각지역으로 TEQ 농도가 타 지점에 비해 높게 검출되는 만큼 지속적인 모니터링이 요구됨

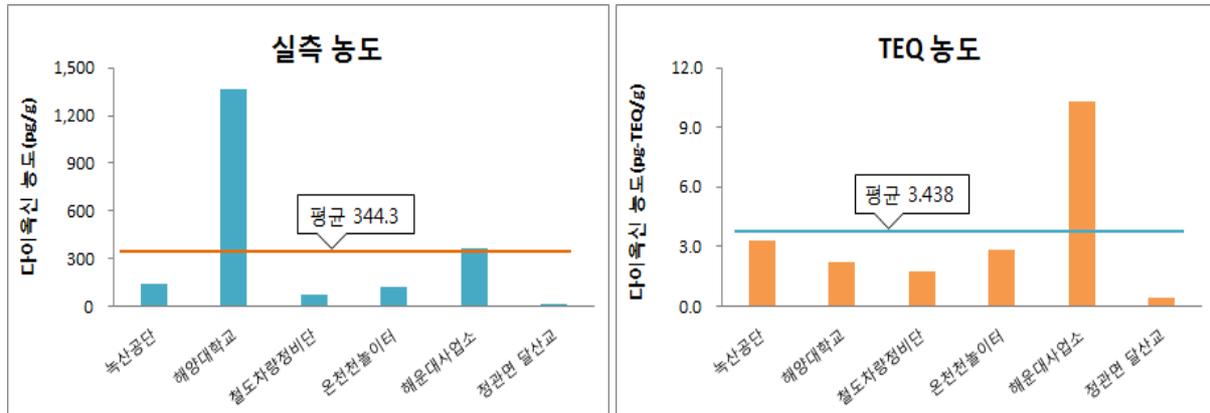


그림 8. 토양 중 지점별 다이옥신 농도

- 지점별 실측 농도의 이성체별 분포를 보면 정관면 달산교를 제외하고 OCDD 기여율이 가장 높았음
- 지점별 TEQ 농도의 이성체별 분포를 살펴보면 해양대학교를 제외하고 2,3,4,7,8-PeCDF, 1,2,3,7,8-PeCDD로 5염화물의 농도가 전반적으로 높았음
- 해양대학교는 실측 농도와 TEQ 농도 모두 OCDD 기여율이 매우 높았는데 이는 시료 채취 시 주변 공사로 인해 심토가 섞이면서 오랫동안 잔류하는 특징을 가지는 OCDD 농도가 높게 나타난 것으로 판단됨

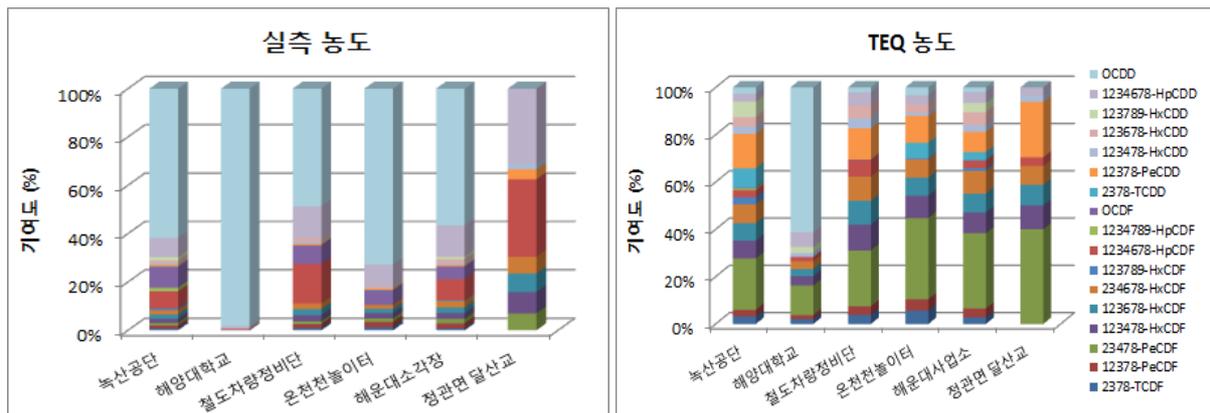


그림 9. 토양 중 다이옥신 이성체별 농도 분포

3-4. 해저퇴적물 중 다이옥신 조사결과

- 해저퇴적물 다이옥신 실측평균농도 219.3 pg/g으로 다대포어시장, 동천하류, 5부두 지점이

평균보다 높았음

- TEQ 농도는 1.530 pg-TEQ/g ~ 17.793 pg-TEQ/g으로 전 지점 일본 퇴적물 기준인 150 pg-TEQ/g 이내로 만족하였음
- 동천하류와 다대포어시장 지점은 조사지점 중 농도가 높았는데 이는 타지점보다 육상으로부터 오염물질의 영향을 많이 받는 지점으로 육상 오염원 유입 저감 및 유입하천의 하상정비 등 관리가 요구됨

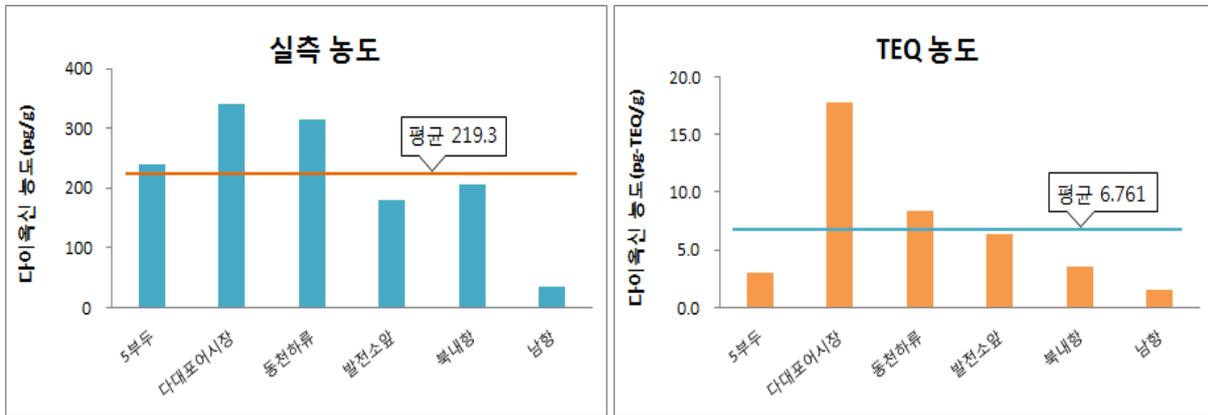
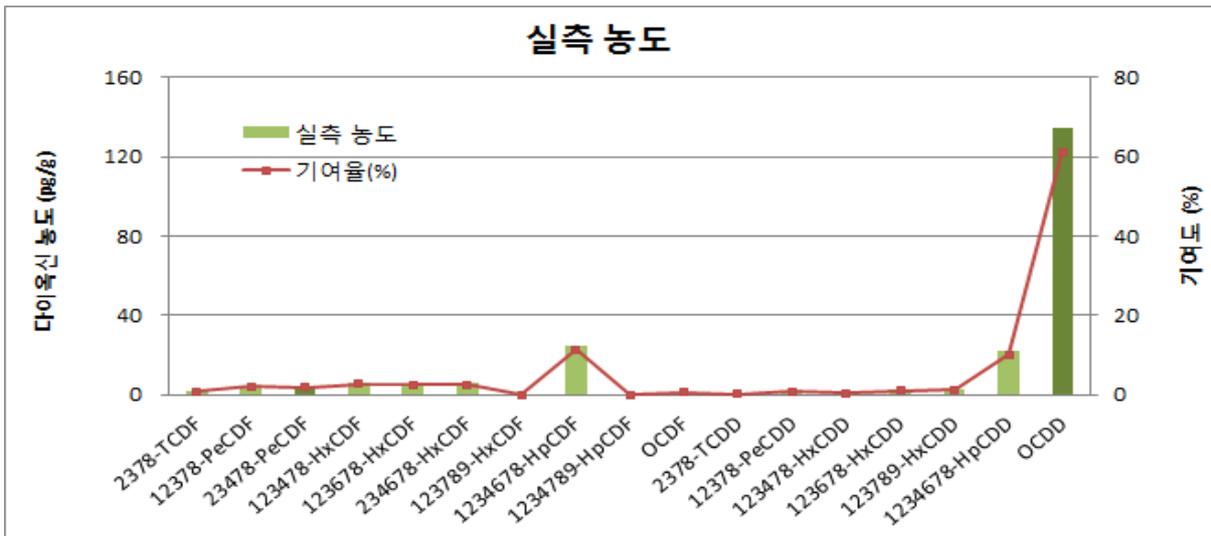


그림 10. 해저퇴적물 중 지점별 다이옥신 농도

- 해저퇴적물 전지점 평균이성체분포를 보면 실측농도의 경우 OCDD > 1,2,3,4,6,7,8-HpCDF > 1,2,3,4,6,7,8-HpCDD 순으로 고염화 다이옥신 비율이 높았으며, 이는 하천퇴적물과 마찬가지로 고염화 다이옥신은 퇴적물에 오래 잔류하는 특징 때문임
- TEQ농도의 최대기여율 항목은 독성등기환산계수가 높은 2,3,4,7,8-PeCDF, 1,2,3,7,8-PeCDD 같은 5염화물로 나타났음



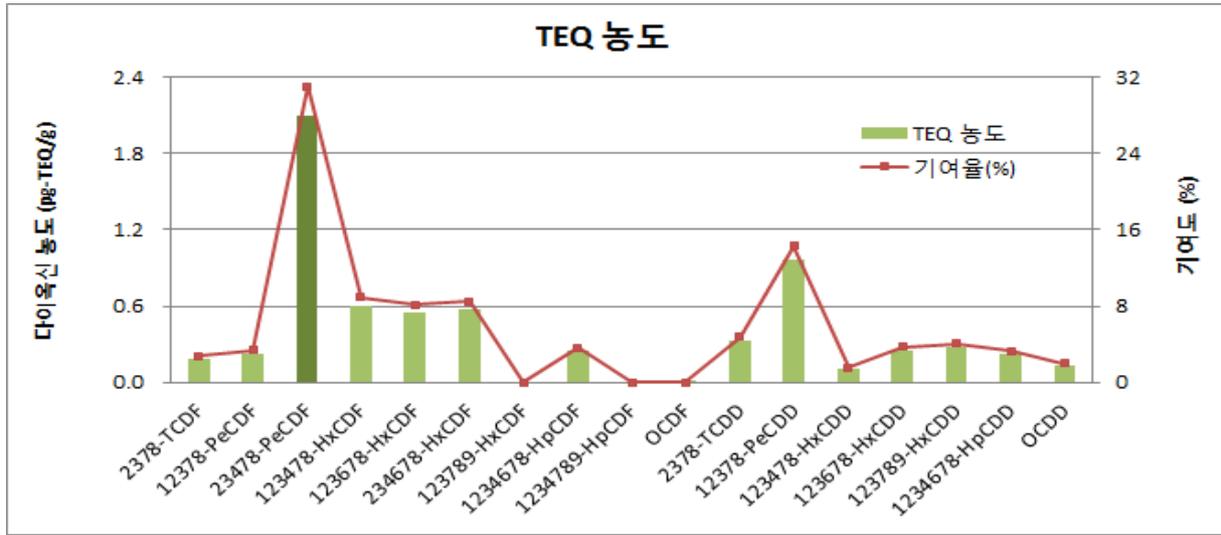


그림 11. 해저퇴적물 중 다이옥신 이성체별 농도 분포

3-5. 결론

- 대기 다이옥신 결과 전 지점 대기환경기준(0.6 pg-TEQ/Sm³) 이내
 - 지역별로는 다이옥신 배출원이 산재해있는 학장동(공업지역), 계절별로는 난방연료 사용 증가 등으로 겨울철이 가장 높았음
 - 다이옥신 상분포 조사 결과 전 지점 입자상 다이옥신 비율이 가스상 다이옥신보다 훨씬 높았고, 계절별로는 겨울철에 입자상 비율이 가장 높았음
- 하천수 및 하천퇴적물 다이옥신 결과 전 지점 일본 기준* 이내
 - * 일본 하천수질 기준 1 pg-TEQ/L, 일본 퇴적물 기준 150 pg-TEQ/g
 - 감전천의 경우 수질, 퇴적물 모두 다이옥신 농도가 높게 나타나 퇴적물준설 등 정비가 요구되며, 지속적인 모니터링으로 오염여부 확인 필요
- 토양 다이옥신 결과 전 지점 일본 토양환경기준(1,000 pg-TEQ/g) 이내
 - 해운대사업소 지점은 주변 배출원 영향으로 농도 가장 높아 지속적인 배출원 관리 필요
- 해저퇴적물 다이옥신 결과 전 지점 일본 퇴적물기준(150 pg-TEQ/g) 이내
 - 다대포어시장 및 동천하류 지점은 육상 오염원 영향으로 다이옥신 농도가 높아 육상오염원 유입저감 및 유입하천의 하상정비 등 관리 요구

4. 활용방안

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

5. 기대효과

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