

유해대기물질 분포특성 조사

- 유해대기물질 분포특성을 파악하여 환경보건 기초자료 구축 및 시민건강보호
- 부산지역 맞춤형 환경보건정책 수립 및 보완을 위한 근거 마련

1. 조사개요

- 조사기간 : 2023. 3. ~ 12.(분기 1회, 3·7·9·12월)
- 조사지점 : 10개 지점
 - 환경오염노출지역 (5 지점) : 장림동, 녹산동, 덕포동, 당리동, 용수리
 - 건강취약지역 (4 지점) : 광복동, 수정동, 대신동, 청학동
 - 주거밀집지역 (1 지점) : 좌동



구분	지점명	지역구	위치
환경오염 노출지역	장림동	사하구	장림 복지문화센터 인근
	녹산동	강서구	부산환경공단 녹산사업소
	덕포동	사상구	덕포초등학교
	당리동	사하구	낙동초등학교
	용수리	기장군	정관읍 노인복지관 인근
건강취약 지역	광복동	중구	창선치안센터 인근
	수정동	동구	동구청
	대신동	서구	부산국민체육센터
	청학동	영도구	청학동어울림마당
주거밀집	좌동	해운대구	좌1동 행정복지센터 인근

그림 1. 조사지점 현황

표 1. 조사항목 (휘발성유기오염물질 17종)

발암성 항목(11종)			비발암성 항목(6종)		
구분	분자식	분자량	구분	분자식	분자량
벤젠	C6H6	78.112	자일렌**	C8H10	106.17
클로로포름*	CHCl3	119.38	에틸벤젠**	C8H10	106.18
트리클로로에틸렌	C2HCl3	131.39	톨루엔	C7H8	92.14
테트라클로로에틸렌	C2Cl4	165.83	스타일렌	C8H8	104.15
1,3-뷰타다이엔	C4H6	54.09	1.1.1-트리클로로에탄	C2H3Cl3	133.4
폼알데하이드	CH2O	30.03	1.1-다이클로로에탄	C2H3Cl2	98.96
아세트알데하이드	C3H3N	44.05			
사염화탄소	CCl4	153.82			
아크릴로나이트릴	C3H3N	53.063			
1,2-다이클로로에탄**	C2H4Cl2	98.96			
염화비닐**	C2H3Cl	62.5			

*클로로포름은 SIFT-MS 분석시, 3개 성분(클로로포름·염화메틸렌·1,1,2,2-테트라클로로에탄)의 합산농도로 표출
 **SIFT-MS 분석시, 동일 스펙트럼 형성으로 물질이 분리되지 않고 합산농도로 표출

담당부서 : 환경보건팀(☎051-309-2920)
 팀장 : 박진, 담당자 : 이상현

2. 조사방법

- (VOCs 측정) SIFT-MS가 탑재된 실시간대기이동측정차량으로 각 지점에 정착한 후 1시간 측정 후 생성된 자료를 평균 5분 데이터로 변환하여 사용
- (위해성평가) 실시간대기이동측정차량으로 측정한 자료를 각 VOCs 물질이 가진 독성정보와 인체 노출계수를 활용하여 위해성평가를 수행함
- 발암성은 초과발암위해도 1.0×10^{-6} (위해 없는 수준)에서 1.0×10^{-4} (위해 있는 수준) 범위에서 판단되며, 비발암(독성)은 유해지수(Hazard Index, HI)가 1 이상인 경우 위해 영향 가능성이 있다고 판단함

표 2. VOCs 물질별 독성정보

구분		흡입단위위해도 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	흡입독성참고치 (mg/m^3)	만성흡입노출수준 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
발암성	벤젠	2.2.E-06	3.0.E-02	3.0.E-03
	트리클로로에틸렌	4.1.E-06	2.0.E-03	6.0.E-01
	테트라클로로에틸렌	2.6.E-07	4.0.E-02	3.5.E-02
	1,3-뷰타다이엔	3.0.E-05	2.0.E-03	2.0.E-03
	폼알데하이드	1.3.E-05	-	9.0.E-03
	아세트알데하이드	2.2.E-06	9.0.E-03	1.4.E-01
	사염화탄소	6.0.E-06	1.0.E-01	4.0.E-02
	아크릴로나이트릴	6.8.E-05	2.0.E-03	5.0.E-03
	1,2-다이클로로에탄+염화비닐	2.6.E-05	-	4.0.E-01
비발암 (독성)	자일렌+에틸벤젠	-	1.0.E+00	2.0.E+00
	톨루엔	-	5.0.E+00	4.2.E-01
	스타일렌	-	1.0.E+00	9.0.E-01
	1,1,1-트리클로로에탄	-	5.0.E+00	1.0.E+00

표 3. 위해성평가 적용 노출계수

인체 노출계수					
평균체중(kg)	호흡률(m^3/day)	노출빈도(day/year)	노출기간(year)	기대수명(year)	흡수율
64.52 (표준편차 12.65)	14.62 (표준편차 3.19)	365	7.43	82.70	100% 흡수 조건

3. 조사결과

- VOCs 농도
 - 대기환경기준의 적용을 받는 벤젠(연평균 1.56 ppb)은 평균 0.32 ppb로 기준의 20.5% 수준인 것으로 나타남
 - (지점별) VOCs 농도는 녹산동(녹산국가산업단지 내 위치)에서 대부분 물질이 최고농도를 보였고, 일부는 덕포동(인근 사상공업단지 위치)에서 최고농도를 나타냈는데, 인근 공업지역의 주요 업종과 연관 있는 클로로포름(금속처리업, 화학약품제조업), 톨루엔(화학제품제조업, 자동차 제품제조업)이 높은 것으로 나타나 공업지역의 영향을 받는 것으로 사료됨
 - 최저농도는 일부 물질을 제외하고 청학동에서 물질별 가장 낮은 농도를 나타냄

- (물질별) VOCs 농도는 전 지점에서 폼알데하이드(평균 7.84 ppb), 1.1-다이클로로에탄(평균 5.77 ppb), 아세트알데하이드(평균 3.52 ppb) 순서로 농도가 높은 것으로 나타남
- (지역별) VOCs 분포 비율은 지역 구분 없이 알데하이드(평균 47.6%), 알칸(평균 38.3%, 주종 : 1.1-다이클로로에탄), 방향족류(평균 10.1%) 순으로 높았으며, 전 지역에서 알데하이드류가 가장 높은 분포 비율을 보이는 것으로 나타났는데, 이는 알데하이드류의 다양한 배출원에 기인하는 것으로 사료됨

표 4. VOCs 농도 현황

(단위: ppb)

구분	평균	환경오염노출지역					건강취약지역				주거밀집지역
		장림	녹산	덕포	당리	용수리	광복	수정	대신	청학	
벤젠	0.32	0.36	0.94	0.18	0.15	0.40	0.22	0.11	0.14	0.19	0.51
클로로포름	2.18	1.98	2.65	3.36	2.76	1.88	2.68	1.88	1.94	1.12	1.59
트리클로로에틸렌	0.12	0.17	0.37	0.11	0.06	0.14	0.08	0.11	0.08	0.02	0.09
테트라클로로에틸렌	0.12	0.28	0.58	0.07	0.02	0.07	0.02	0.02	0.02	0.03	0.14
1.3-뷰타다이엔	0.45	0.96	1.44	0.08	0.07	0.52	0.25	0.08	0.05	0.37	0.66
폼알데하이드	7.84	10.85	11.34	10.45	9.91	5.10	9.99	5.62	7.17	3.17	4.82
아세트알데하이드	3.52	5.34	6.91	1.54	1.92	5.17	2.04	1.22	1.38	4.52	5.13
사염화탄소	0.12	0.15	0.47	0.16	0.10	0.04	0.10	0.05	0.05	0.01	0.10
아크릴로나이트릴	0.23	0.37	0.52	0.18	0.17	0.21	0.18	0.18	0.16	0.13	0.23
1.2-다이클로로에탄+염화비닐	0.56	0.93	1.21	0.54	0.46	0.45	0.64	0.36	0.30	0.25	0.49
자일렌+에틸벤젠	0.78	0.87	1.27	0.84	0.37	1.12	1.88	0.15	0.15	0.44	0.67
톨루엔	1.17	0.67	2.18	3.58	0.61	1.96	0.80	0.01	0.08	0.37	1.41
스타이렌	0.09	0.23	0.26	0.09	0.06	0.05	0.06	0.04	0.05	0.02	0.06
1.1.1-트리클로로에탄	0.53	0.94	1.34	0.29	0.23	0.73	0.26	0.15	0.13	0.44	0.80
1.1-다이클로로에탄	5.77	5.31	6.72	8.28	7.08	5.08	6.90	5.16	5.26	3.47	4.46
총 VOCs	23.82	29.41	38.20	29.75	23.99	22.93	26.09	15.14	16.98	14.55	21.16

※ VOCs 농도 : 최고농도, 최저농도

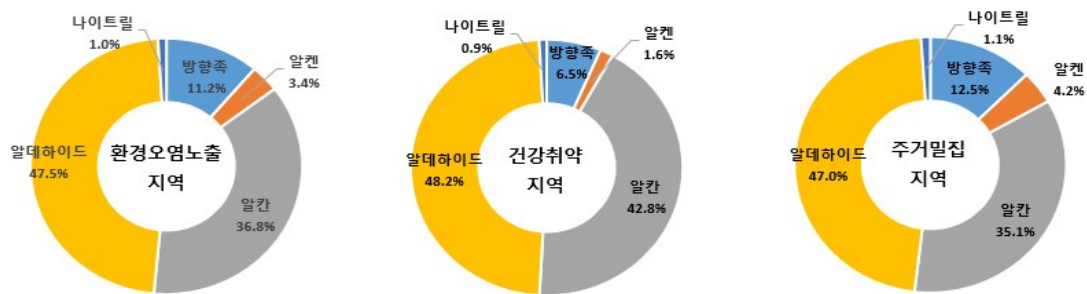


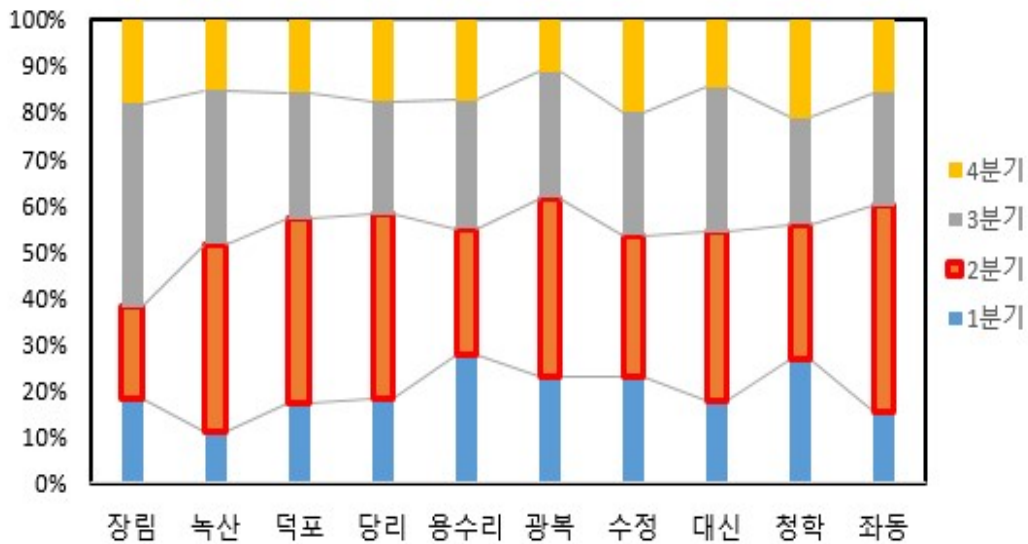
그림 2. 지역별 VOCs 물질군 분포 비율

- 알데하이드류가 도심지 내에서 발생하는 주요 배출원은 자동차 운행 시 발생하는 배출가스로 알려져 있으며, 또한 조사지점을 용도지역별로 구분하였을 시 자동차 운행이 빈번한 공업 및 상업지역에서 알데하이드류 농도가 높음을 알 수 있었음



그림 3. 용도지역별 알데하이드류 농도

- (분기별) 분기별 총 VOCs 분포는 2분기(측정 7월)와 3분기(측정 9월)에 높은 것으로 나타남



- 일반적으로 VOCs는 뚜렷한 계절적 변동 양상을 나타내지 않고, 다양한 배출원과 국지적인 기상요인에 의한 영향을 받는 물질로 알려져 있어 분기별 변화 원인을 명확히 찾을 수 없으나, 2~3분기 측정 시 대기 중 확산이 불리한 기상조건(1, 2분기 대비 낮은 풍속 및 강우 영향)과 기온상승으로 산업단지 내 산업시설의 작업장 개방 등 국지적인 VOCs 농도 상승이 분기별 농도 변화의 원인으로 사료됨

○ 위해성 평가

- (발암위해도) 전 지점에서의 초과발암위해도는 위해 있는 수준(1.0×10^{-4})보다 낮게 나타났고, 대기환경기준의 적용을 받는 벤젠은 전 지점에서 $4.5 \times 10^{-8} \sim 1.2 \times 10^{-7}$ 로 위해가 없는 수준(1.0×10^{-6}) 보다 낮은 것으로 나타남
- 평가 대상 물질 중 가장 높은 초과발암위해도를 가진 물질은 폼알데하이드로 $8.6 \times 10^{-6} \sim 1.7 \times 10^{-5}$ 수준으로 나타남

표 5. 조사지점별 초과발암위해도

구분	환경오염노출지역					건강취약지역				주거밀집지역
	장림	녹산	덕포	당리	용수리	광복	수정	대신	청학	좌동
벤젠	1.2.E-07	2.8.E-07	7.0.E-08	7.2.E-08	1.5.E-07	1.1.E-07	4.5.E-08	6.2.E-08	7.3.E-08	1.6.E-07
트리클로로에틸렌	4.0.E-08	4.2.E-07	2.7.E-08	3.5.E-08	2.1.E-07	2.0.E-08	1.4.E-07	1.3.E-07	2.4.E-08	1.1.E-07
테트라클로로에틸렌	1.1.E-09	4.7.E-08	1.8.E-10	2.7.E-09	2.9.E-09	1.1.E-09	1.4.E-09	1.2.E-09	1.9.E-09	1.1.E-08
1.3-뷰타다이엔	3.1.E-06	6.7.E-06	4.4.E-07	4.0.E-07	2.7.E-06	1.1.E-06	3.0.E-07	2.5.E-07	2.0.E-06	3.4.E-06
폼알데하이드	1.4.E-05	1.7.E-05	1.6.E-05	1.5.E-05	1.0.E-05	1.6.E-05	1.1.E-05	1.2.E-05	8.6.E-06	1.1.E-05
아세트알데하이드	1.7.E-06	2.0.E-06	5.2.E-07	5.3.E-07	1.7.E-06	4.7.E-07	3.6.E-07	4.1.E-07	1.5.E-06	1.6.E-06
사염화탄소	4.3.E-08	1.4.E-06	2.0.E-07	3.3.E-08	9.0.E-09	2.0.E-07	1.1.E-07	1.6.E-07	1.2.E-08	1.2.E-07
아크릴로나이트릴	3.3.E-06	5.3.E-06	1.8.E-06	1.4.E-06	2.5.E-06	1.8.E-06	1.6.E-06	1.1.E-06	1.6.E-06	2.5.E-06
1.2-다이클로로에탄 + 염화비닐*	6.5.E-06	6.9.E-06	3.5.E-06	3.8.E-06	3.9.E-06	4.2.E-06	3.2.E-06	2.6.E-06	2.7.E-06	4.6.E-06

* 「1.2-다이클로로에탄+염화비닐」 항목은 두 물질 중 독성 값이 큰 1.2-다이클로로에탄을 기준으로 발암위해도 산출함

- (비발암독성) 전 지점에서의 비발암(독성) 평가 결과, 위해도지수(Hazard Index, HI)가 1보다 낮은 것으로 나타나 이들 VOCs 물질에 노출되어도 건강상 위해 영향(독성)이 발생할 가능성은 낮을 것으로 사료됨

표 6. 조사지점별 비발암(독성)

구분	환경오염노출지역					건강취약지역				주거밀집지역
	장림	녹산	덕포	당리	용수리	광복	수정	대신	청학	좌동
자일렌+에틸벤젠*	2.1.E-05	2.4.E-05	3.0.E-05	1.9.E-05	3.1.E-05	2.9.E-05	1.2.E-05	1.2.E-05	1.2.E-05	1.1.E-05
톨루엔	3.5.E-06	3.7.E-06	1.2.E-05	3.9.E-06	7.4.E-06	4.1.E-06	1.6.E-06	1.9.E-06	1.9.E-06	2.0.E-06
스타이렌	4.1.E-06	2.3.E-06	1.5.E-06	1.2.E-06	1.1.E-06	1.6.E-06	1.3.E-06	1.2.E-06	5.8.E-07	8.5.E-07
1.1.1-트리클로로에탄	4.4.E-06	5.5.E-06	1.5.E-06	1.4.E-06	3.1.E-06	1.6.E-06	1.1.E-06	1.0.E-06	1.9.E-06	3.3.E-06
HI	3.3.E-05	3.5.E-05	4.5.E-05	2.5.E-05	4.2.E-05	3.6.E-05	1.6.E-05	1.6.E-05	1.7.E-05	1.7.E-05

* 「자일렌+에틸벤젠」 항목은 두 물질 중 비발암(독성) 값이 큰 에틸벤젠을 기준으로 비발암(독성) 산출함

4. 활용방안

- 환경보건법 개정 시행에 따른 지역 특성이 고려된 지역환경보건계획 수립에 활용

5. 기대효과

- 지역 주민건강과 연계한 환경보건학적 기초자료 확보
- 부산지역 맞춤형 환경보건정책 수립 및 보안을 위한 근거 마련