

대산지역 산업악취 원인규명과 관리계획 수립 기초조사 연구

기후변화대응연구센터



충청남도 서해안기후환경연구소



2019. 06

대산지역 산업악취 원인규명과 관리계획 수립 기초조사 연구

2019. 06



Contents

목차	i
표목차	iii
그림목차	v
1장 연구개요	3
1. 연구배경 및 목적	3
2. 연구방법	7
2장 대산지역 산업단지 현황	13
1. 국내 산업단지 현황	13
2. 서산시 산업단지 현황	16
3. 대산 석유화학단지 내 유해물질 사용현황	19
3장 서산지역 대기오염 현황 조사	25
1. 연도별 대기오염물질 배출현황	25
2. 대산 인근지역 대기오염물질 농도 수준	29
3. 대산지역 악취관련 민원발생 현황	32
4장 대산지역 산업악취 원인분석과 정책제언	35
1. 마을별 VOCs 측정결과	35
2. 타 석유화학단지와의 비교분석	38
3. VOCs 관리방안 및 정책제언	41

[부록]

A. 서산시에 위치한 대기오염배출시설과 전국대비 비율	45
B. 서산시에서 환경 중으로 배출하고 있는 화학물질 중 발암물질로 분류되는 22종 정보	46
C. 마을별 개별 VOC 물질의 농도 수준 (벤젠)	47
D. 마을별 개별 VOC 물질의 농도 수준 (톨루엔)	48
E. 마을별 개별 VOC 물질의 농도 수준 (클로로벤젠)	49
F. 마을별 개별 VOC 물질의 농도 수준 (에틸벤젠)	50
G. 마을별 개별 VOC 물질의 농도 수준 (m,p-자일렌)	51
H. 마을별 개별 VOC 물질의 농도 수준 (o-자일렌)	52
I. 마을별 개별 VOC 물질의 농도 수준 (스틸렌)	53

표목차

[표 1] 전국 산업단지 현황과 전년도 대비 변화현황	13
[표 2] 충청남도 시·군별 산업단지 현황	15
[표 3] 서산시에 위치하고 있는 일반산업단지 현황	16
[표 4] 서산시에 위치하고 있는 농공산업단지 현황	18
[표 5] 연도별 국내 화학물질 유통량 변화 추이	19
[표 6] 대산읍에서 배출되고 있는 화학물질관련 정보 (2016년 기준)	21
[표 7] 이동측정차량을 활용한 대산 인근지역 BTEX 측정 일정	30
[표 8] 대산 인근지역 BTEX 측정 결과	31
[표 9] 국내 석유화학단지 관리 현황	38

그림목차

[그림 1] 전국의 대기오염물질 배출량과 충청남도의 배출순위	4
[그림 2] 충청남도의 대기오염물질 배출량과 시군별 배출순위	5
[그림 3] 충청남도의 시군별 VOCs 배출순위	6
[그림 4] 대산지역 VOCs의 농도수준 파악을 위해 선전 된 측정위치	7
[그림 5] 대산 인근지역 VOCs 시료채취 현장 모습	9
[그림 6] 대산 인근지역 VOCs 측정분석에 사용된 장비 모습	10
[그림 7] 충청남도에 위치한 산업단지 분포현황	14
[그림 8] 화학물질안전원에서 운영 중인 화학물질 관련 정보제공 사이트 ..	20
[그림 9] 연도별 전국과 충청남도의 대기오염물질 배출현황	26
[그림 10] 연도별 VOC 배출량 변화 추이 (1999~2515년도)	28
[그림 11] 충청남도 도시대기측정소 현황	29
[그림 12] 대산읍 악취관련 민원발생 현황 (2017~2018년도)	32
[그림 13] 마을별 측정된 VOCs의 농도수준	36
[그림 14] 벤젠의 계절별 공간분포 (봄, 여름)	36
[그림 15] 벤젠의 계절별 공간분포 (가을, 겨울)	37
[그림 16] 국내 석유화학단지 내 VOCs의 농도변화 추이	39
[그림 17] 3대 석유화학단지의 계절별 VOCs 농도변화 (2018)	40
[그림 18] 3대 석유화학단지의 계절별 VOCs 개별농도 비율 (2018)	40

제 1 장

연구개요

1. 연구배경 및 목적
2. 연구방법

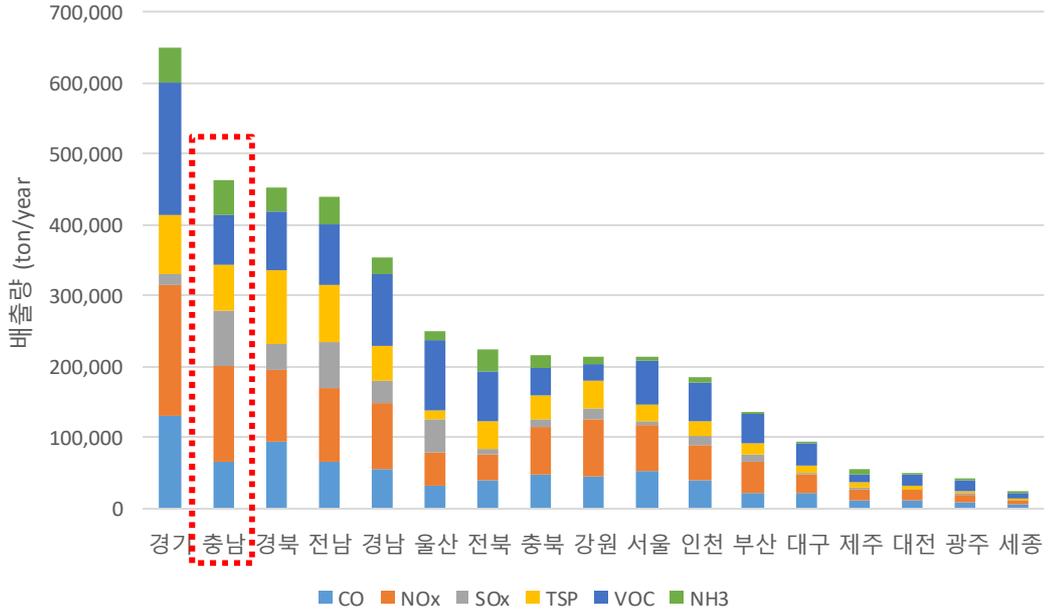
연구개요



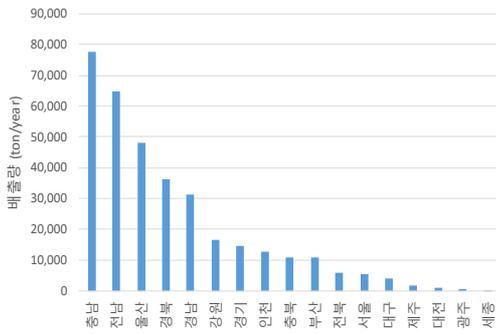
1. 연구배경 및 목적

나날이 심각해지는 대기환경 관리를 위해 국립환경과학원에서는 매년 국가대기오염물질 배출량을 조사하고 있으며, 2015년 기준 충청남도는 경기도에 이어 2번째 많은 대기오염물질을 배출하는 것으로 나타났다. 그림 1은 2015년 기준 전국 대기오염물질 배출량과 오염물질별 지역 배출량을 나타낸 것이다. 경기도는 649,075 톤/년으로 전국 배출량의 16.0%를 차지하고 있고, 충청남도의 경우 462,310 톤/년으로 11.4%를 차지하였다. 오염물질별로는 SOx의 경우 충청남도가 77,465 톤/년으로 가장 많은 배출을 했고, 이는 전국 배출량의 22.6% 수준이다. NOx의 경우 185,176 톤/년을 배출한 경기도에 이어 2위(135,487 톤/년, 전국 12.6%)를 나타냈고, TSP의 경우 66,591 톤/년으로 전국 4등을 차지하였다. 충청남도에는 전국 61기의 화력발전소 중 49.2%인 30기가 위치하고 있으며, 당진제철소와 전국 3대 석유화학산업단지인 대산 일반사업단지까지 대형 배출시설을 다수 보유하고 있다. 그림 2는 충청남도의 대기오염물질 배출량과 시도별 순위를 나타낸 것이다. 지역별로는 당진시가 131,480 톤/년으로 전체 오염물질의 28.4%를 차지하였고, 그 뒤를 이어 대산 석유화학단지가 위치하고 있는 서산시가 61,456 톤/년으로 2위로 나타났다. NOx를 포함한 SOx, TSP, CO 등 모든 오염물질에 대한 배출은 당진시가 가장 많았고, 특히 TSP나 SOx의 경우 각각 43.8%와 40.3%로 매우 높은 비율을 나타냈다. 지역별로는 발전소나 산업단지가 위치하고 있는 당진시와 서산시, 보령시, 태안군의 배출량이 높게 나타났고, 그 뒤로 도시지역인 천안시와 아산시가 높게 나타났다. 농·어촌 지역이 많은 홍성군, 공주시, 논산시 등은 앞선 지역들에 비해 낮은 배출량을 나타냈다.

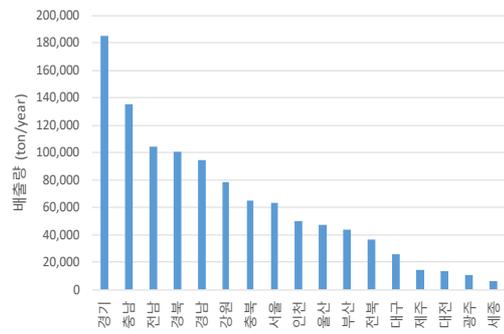
전국 대기오염물질 배출량 순위 (2015)



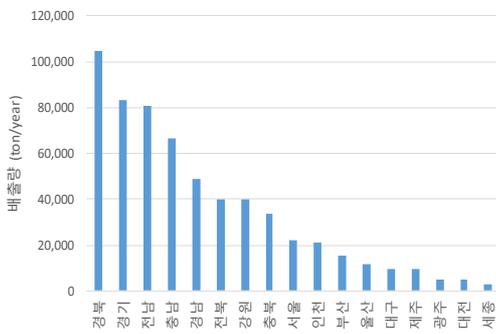
(a) 전국 대기오염물질 배출량



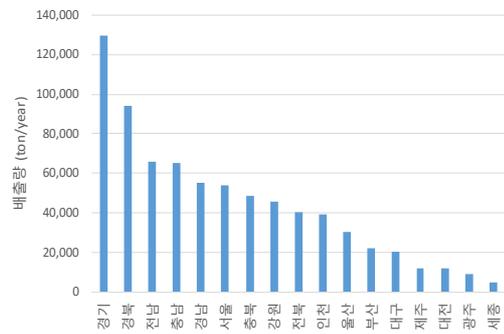
(b) SOx



(c) NOx



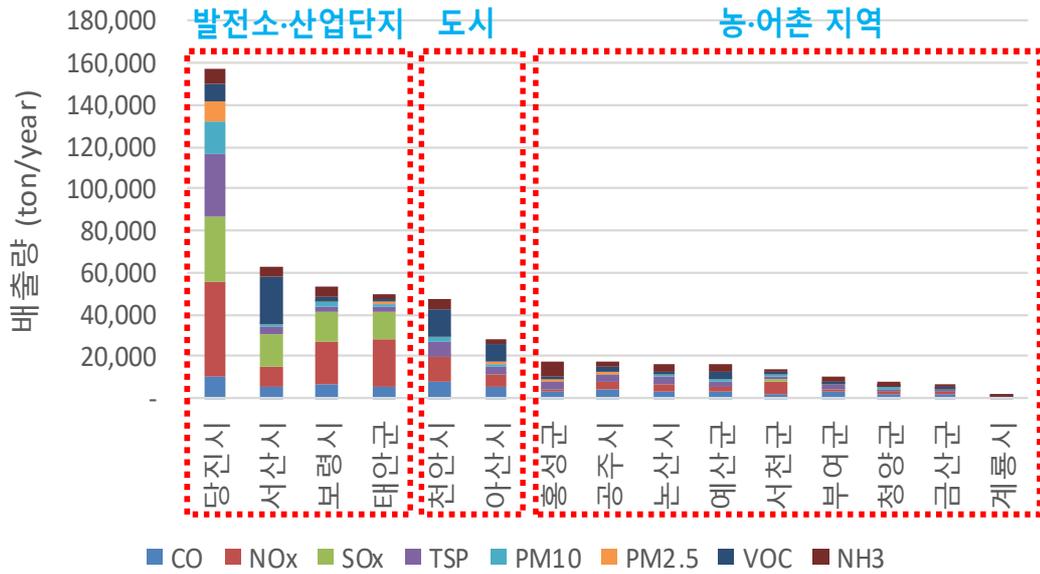
(d) TSP



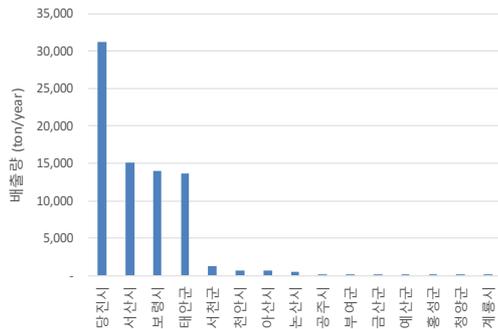
(e) CO

[그림 1] 전국의 대기오염물질 배출량과 충청남도의 배출순위

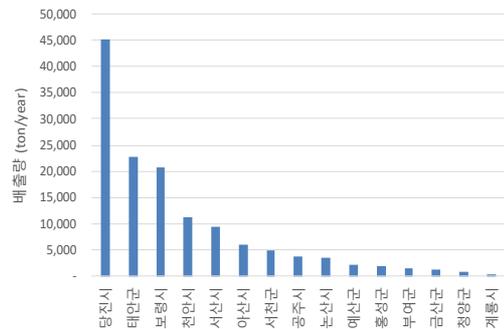
충청남도 대기오염물질 배출량 순위 (2015)



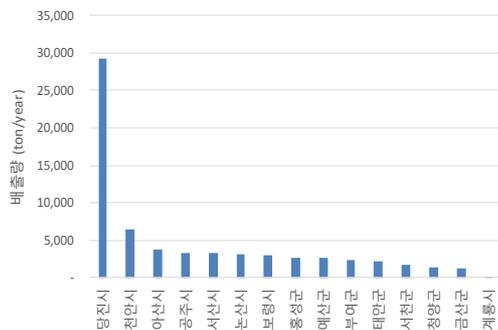
(a) 충청남도의 대기오염물질 배출량



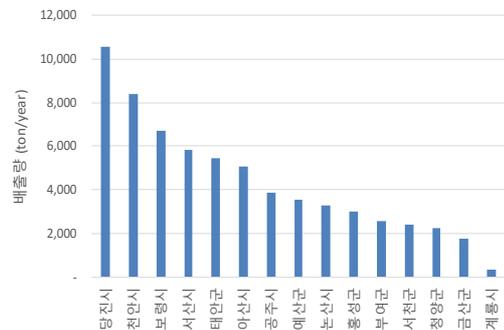
(b) SOx



(c) NOx



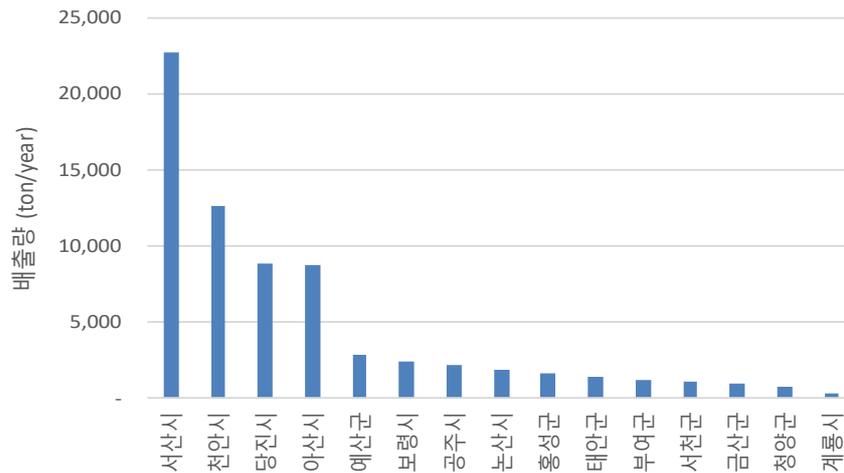
(d) TSP



(e) CO

[그림 2] 충청남도의 대기오염물질 배출량과 시군별 배출순위

하지만 석유화학단지의 주요 배출물질로 알려져 있는 VOCs의 경우 서산시가 22,646 톤/년(32.6%)로 2위 배출지역인 천안시에 12,578 톤/년(18.1%)에 비해 1.8배나 많은 배출을 하고 있는 것으로 나타났다(그림 3).



[그림 3] 충청남도의 시군별 VOCs 배출순위

VOCs는 증기압이 높아 대기 중으로 쉽게 증발되는 액체 또는 기체상 유기화합물의 총칭으로 대기 중에서 광화학반응을 일으켜 오존 등 광화학 산성물질을 생성시켜 광화학 스모그를 유발하기도 한다. 자연적 배출원으로는 토양, 습지, 초목 등에서 발생하며 일반적으로 알려져 있는 피톤치드도 자연 VOCs(n-VOCs)에 해당한다. 인위적으로는 유기용제 사용시설, 도장시설, 이동오염원(자동차 등)으로, 악취유발, 오존에 인한 부식, 인체유입시 암을 유발시키는 발암물질로 분류된다. 대산 석유화학단지는 국가가 관리하는 국가산업단지가 아닌 일반산업단지로서 국가 산업단지에 비해 관리감독이 어렵고, 법적 규제가 힘들어 지역 주민들의 민원이 빈번히 발생하고 있는 지역이다. 특히 유기용제 등의 사용과정에서 발생되고 있는 산업악취에 대한 건강 우려와 걱정은 나날이 늘어가고 있는 추세이다. 민원해결 및 지역 관리 대책 마련을 위해 단편적인 연구가 수행되고 있지만 단편적이고 일부 지역만을 대상으로 한 연구이다 보니 지역 전체에 대한 공간분포와 농도수준에 대한 자료가 많이 부족한 실정이다. 본 연구는 충남연구원과 대기환경학회가 공동 수행 중인 '대산공단지역 대기환경 영향조사'연구 진행 중 주변지역 주민의 요구에 따라 추가로 수행된 연구로 연구결과는 '대산공단지역 대기환경영향조사'연구 보고서에 수록될 예정이다.



2. 연구방법

대산 일반산업단지 인근 지역의 동시간대 VOCs 분포도를 확인하기 위해 그림 4와 같이 측정위치를 선정하였다. 일반적으로 대산지역 산업악취나 유기용제 사용에 의한 오염물질 현황 파악을 위해 일정 지역을 대상으로 수행되어 왔지만 이번 연구에서는 동 시간대 주변 공간에 분포되는 VOCs의 농도수준을 파악하고자 하였다. 측정공간은 대산읍의 행정단위 30리를 선정하였고, 측정위치 선정에 있어서 마을 이장님들과 주민들의 의견을 수렴, 총 31개 측정사이트를 구축하였다. 시간적으로는 과제가 시작되는 2018년을 기점으로 4계절동안 계절별 각 1회 측정하였고, 측정항목은 계절별로 31개 지점을 대상으로 선정하다 보니 비용과 측정인력의 한계로 인해 VOCs 항목 중 대표성과 위해성을 고려하여 벤젠과 톨루엔, 클로로벤젠, 에틸벤진, m,p-자일렌, o-자일렌, 스틸렌 총 7개 항목으로 선정하였다.



[그림 4] 대산지역 VOCs의 농도수준 파악을 위해 선정 된 측정위치

		
대산1리 마을회관	대산2리 마을회관	대산3리 마을회관
		
대산4리 마을회관	대산5리 경로당	대산6리 경로당
		
대로1리 경로당	대로2리 마을회관	대로3리 마을회관
		
웅도리 경로당	오지1리 마을회관	오지2리 마을회관
		
기은1리 마을회관	기은2리 마을회관	독곶1리



[그림 5] 대산 인근지역 VOCs 시료채취 현장모습

시료채취에는 패시브 형식의 बै지 타입의 샘플러를 사용하였다. 정확한 정량 분석을 위해서는 흡착관에 펌프를 활용한 능동 시료채취방법을 사용하여야 하나 31개 지점에 대해 동일 시간대 측정을 위해 시료채취가 용이한 패시브 방식을 선택하였다. 본 시료채취 방법은 김학민 등(2001), 김선규 등(2006)에 의하여 산업단지 내 오염도 수준 평가를 위해 사용되었던 방법으로 기존 연구에서 비교검증이 이루어진 만큼 활용이 가능한 것으로 판단되지만, 공정 시험법이 아닌 이상 본 연구의 한계로 생각되며, 좀 더 정밀한 분석을 위해서는 추후 다른 공정시험을 활용한 추가 연구가 필요할 것이다. 시료분석은 흡착패드에 흡착된 VOCs를 액상의 이황화탄소(CS₂)로 30분간 추출하여 GC-FID(SHIMADZU, Japan)로 분석하였다. 그림 6은 본 연구에 활용된 시료채취 및 분석장비의 모습이다.



(a) Badge type Sampler



(b) GC-FID 분석기기

[그림 6] 대산 인근지역 VOCs 측정분석에 사용된 장비 모습

제 2 장

대산지역 산업단지 현황

1. 국내 산업단지 현황
2. 서산시 산업단지 및 대기오염배출시설 현황
3. 대산 석유화학단지 내 유해물질 사용현황

대산지역 산업단지 현황



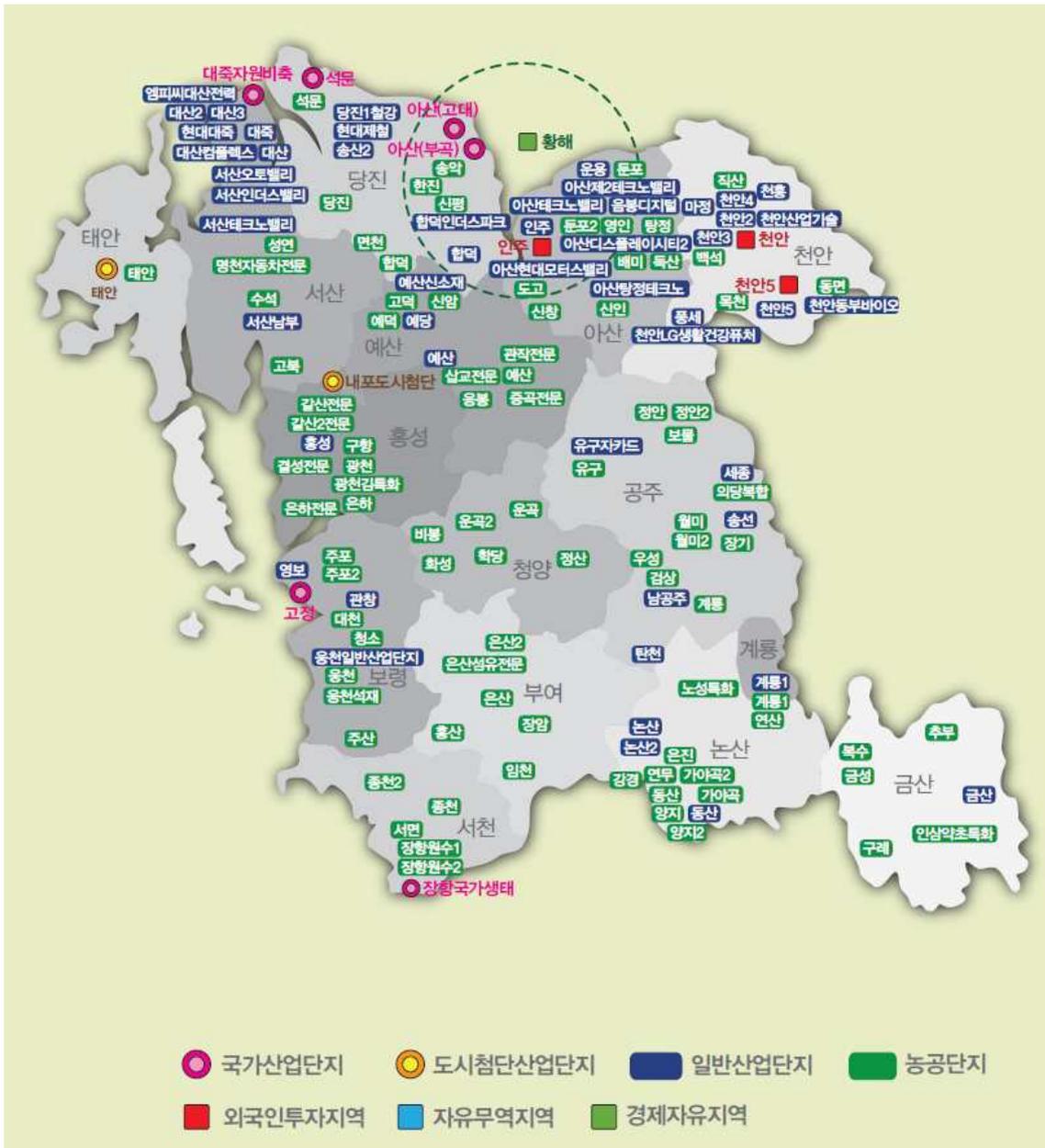
1. 국내 산업단지 현황

산업단지는 산업입지 및 개발에 관한 법률 제6조~제8조에 의해 지정된 산업단지로 국가산업단지, 일반산업단지, 도시첨단산업단지, 농공단지로 구분된다. 18년도 4분기 기준 전국에 지정되어 있는 산업단지는 총 1,207개, 지정면적은 1,415 km², 입주업체는 100,786개사로 이는 전년대비 4.7%가 증가한 것이다. 다만 고용율(2,157천명, 04% 감소)과 생산량(1,056조원, 0.9% 감소), 수출량(4,053억달러, 4.0% 감소)는 감소하였다.

[표 1] 전국 산업단지 현황과 전년도 대비 변화현황

구 분	입주업체 (개사)	가동업체 (개사)	고용(명)	생산(십억원)	수출(백만달러)	분양률(%)
'18.4분기	100,786	91,617	2,156,995	1,056,305	405,267	94.6
'17.4분기	96,260	87,360	2,166,289	1,066,294	422,330	94.3
전년대비	4.7%	4.9%	△0.4%	△0.9%	△4.0%	0.3%

유형별로는 전체 1,207개 단지 중 일반산업단지가 664개로 전체 산업단지 중 가장 많은 55.0%를 차지하고 있었고, 그 뒤로 농공산업단지가 472개로 39.1%, 국가산업단지 44개(3.6%), 도시첨단산업단지 27개(2.2%)순으로 나타났다.



[그림 7] 충청남도내에 위치한 산업단지 분포현황

그림 7은 충청남도내에 위치한 산업단지의 분포현황을 나타낸 것이다. 충청남도에는 전군 1,207개 산업단지 중 12.5%인 151개 산업단지가 위치하고 있으며, 유형별로는 농공산업단지가 92개로 가장 많은 비중을 차지하였고, 그 뒤를 일반산업단지 52개, 국가산업단지 5개, 도시첨단산업단지 2개로 조사되었다.

[표 2] 충청남도 시·군별 산업단지 현황

지역별		국가산업단지	계	일반산업단지, 도시첨단산업단지	계	농공단지	계	단지수
시·도	시·군							
충청남도	계룡시	-	0	계룡제1	1	계룡제1	1	2
	공주시	-	0	남공주, 세종, 송선, 유구자카드, 탄천	5	검상, 계룡, 보물, 우성, 월미, 월미2, 유구, 의당복합안, 정안2	11	16
	금산군	-	0	금산	1	금성, 복수, 인삼약초특화, 추부	4	5
	논산시	-	0	논산, 논산2, 동산	3	가야곡, 가야곡2, 강경, 노성특화단지, 양지계2, 연무, 연산, 은진	10	13
	당진시	석문, 아산(고대·부곡지구)	2	당진1철강, 송산2, 합덕, 합덕인더스파크, 현대제철	5	당진, 면천, 석문, 송악, 신평, 한진, 합덕	7	14
	보령시	고정	1	관창, 영보, 웅천	3	대전, 웅천, 웅천석재, 주산, 주포, 주포제2, 청소	7	11
	부여군	-	0	-	0	은산, 은산2, 은산패션전문, 임천, 장암, 홍산	6	6
	서산시	대죽자원비축	1	대산, 대산제2, 대산3, 대산컴플렉스, 대죽, 서산남부, 서산오토밸리, 서산인더스밸리, 서산테크노밸리, 엠피씨대산전력, 현대대죽	11	고북, 명천자동차전문, 성연, 수석	4	16
	서천군	장항국가생태	1	-	0	서면, 장항원수, 장항원수제2, 종천, 종천2	5	6
	아산시	-	0	아산디지탈, 아산디스플레이시티1, 아산디스플레이시티2, 아산스마트밸리, 아산테크노밸리, 아산제2테크노밸리, 아산탕정테크노, 운용, 인주, 탕정	10	도고, 둔포, 둔포제2, 득산, 배미, 신인, 신창, 영인, 탕정	9	19
	예산군	-	0	예산, 예당, 예산신소재	3	고덕, 관작전문, 삼교전문, 신암, 예덕, 예산, 응봉, 증곡전문	8	11
	천안시	-	0	마정, 천안동부바이오, 천안산업기술, 천안제2, 천안3, 천안제4, 천안제5, 천안LG생활건강류처, 천흥, 풍세	10	동면, 목천, 백석, 직산	4	14
	청양군	-	0	-	0	비봉, 운곡, 운곡2, 정산, 학당, 화성	6	6
	태안군	-	0	태안도시첨단	1	태안	1	2
	홍성군	-	0	홍성, 내포도시첨단	2	갈산전문, 갈산2전문, 결성전문, 광천, 광천2, 김특화, 구항, 은하, 은하전문	8	10
	소계			5		55		91



2. 서산시 산업단지 및 대기오염배출시설 현황

서산시에는 2019년 기준 국가산업단지 1개, 일반산업단지 11개, 농공산업단지 4개 등 총 16개의 산업단지가 위치하고 있다. 서산시 유일한 국가산업단지인 대죽자원비축산업단지는 1997년 국제석유시장의 불안정성 및 산유국의 정세불안에 대비하기 위해 조성된 비축단지로 한국석유공사가 관리하고 있다. 총면적 912 km²의 면적에 1개의 업체만 입주하여 운영 중에 있으며, 또한 대산일반산업단지를 포함한 총 11개의 일반산업단지가 위치하고 있다.

[표 3] 서산시에 위치하고 있는 일반산업단지 현황

산업단지	사업자	지정일	면적	입주업체	입주업종
대산	현대오일뱅크(주)	2006.06	1,103	3	석유정제품제조업
대산제2	S-OIL	2006.07	1,142	1	석유정제품제조업
대산제3	LG화학/(주)유니드	2014.04	527	정보없음	화학물질 및 화학제품 제조업
대산컴플렉스	(주)KCC건설	2011.06	650	2	화학물질 및 화학제품 제조업/ 금속가공제품 제조업
대죽	(주)KCC건설	1991.12	2,101	8	화학물질 및 화학제품/ 비금속광물제품/금속가공제품/ 전기,가스, 증기 및 공기조절공급업
MPC대산전력	MPC대산전력(주)	2015.07	166	정보없음	전기,가스, 증기 및 공기조절공급업
현대대죽	현대오일뱅크(주)	2013.07	672	정보없음	코크스 연탄 및 석유정제품 제조업

서산남부	(주)대우건설	2012.04	878	정보없음	식품제조업/ 전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업/ 전기장비 제조업/ 기타 기계 및 장비 제조업
서산오토밸리	기아자동차(주), 계룡건설산업(주)	1997.01	3,988	21	비금속광물제품 제조업/ 1차 금속제조업/ 금속가공제품 제조업/ 전기장비제조업/ 기타 기계 및 장비 제조업/ 자동차 및 트레일러 제조업
서산인더스 밸리	계룡건설산업(주)	2008.05	811	2	자동차 및 트레일러 제조업/ 전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업/ 기타 기계 및 장비 제조업/ 화학물질 및 화학제품 제조업/ 1차 금속 제조업/ 금속가공제품제조 업/ 전기장비제조업
서산테크노 밸리	(주)서산테크노밸리	2008.01	1,986	20	고무제품 및 플라스틱 제조업/ 1차 금속제조업/ 금속가공제품 제조업/ 전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업/ 전기장비 제조업/ 기타기계 및 장비 제조업/ 자동차 및 트레일러 제조업

농공산업단지는 지역경제 활성화 및 고용증대를 목적으로 조성되었으며, 서산시에는 고북, 성연, 수석, 명천자동차전문의 4개의 농공산업단지가 위치하고 있다. 서산시에 위치하고 있는 농공산업단지에 대한 현황은 표 4에 기술하였다.

[표 4] 서산시에 위치하고 있는 농공산업단지 현황

산업단지	사업자	지정일	면적	입주업체	입주업종
고북	서산시	1990.02	124	10	「산업집적활성화및 공장설립에관한법 률」시행령 제6조 및 「농공단지의개발및 운영에관한통합지 침」에 위배되지 않는 업종
명천자동차 전문단지	서산시	2003.07	143	7	
성연	다이모스(주)	1989.11	777	4	
수석	서산시	1992.02	231	23	

전국에는 57,500개소의 대기오염배출시설이 등록되어 있으며, 그 중 충청남도에는 3,293개소가 위치하고 있고, 서산시에는 204개의 시설이 위치하고 있는 것으로 조사되었다. 대기오염물질 배출량별로는 연간 80톤 이상의 배출하는 1종 사업장이 27개, 연간 20톤 이상 80톤 미만 배출사업장인 2종 사업장이 7개가 위치하고 있고, 1, 2종 사업장의 경우 각 기초 지자체가 아닌 광역시도에서 통합관리를 시행하고 있다. 연간 10톤 이상 20톤 미만 배출사업장인 3종 사업장이 11개, 연간 2톤 이상 10톤 미만 배출사업장인 4종 사업장이 60개, 연간 2톤 미만 배출사업장인 5종 사업장이 99개 위치하고 있다. 서산시에서 관리하고 있는 3종이하 사업장은 170개소가 위치하고 있다. 대기오염배출시설에 대한 서산시 내 분포는 대산읍이 51개 업소로 가장 많이 분포하고 있었고, 성연면이 27개소, 음암면 20개소, 석남동 18개소 등의 순서를 보였다. 대산읍의 경우 서산시에 위치한 34개 대형사업장(1,2종) 중 62%를 차지하는 21개 시설이 위치하고 있어 대기오염 배출에 있어 매우 취약한 지역으로 확인되었다.



3. 대산 석유화학단지 내 유해물질 사용현황

환경부에서는 「유해화학물질 관리법」에 따라 1998년부터 4년 주기로 “화학물질 유통량 조사”를 실시하고 있으며, 2015년도 고시된 「화학물질관리법」에 따라 “화학물질 통계조사”로 명칭을 변경하여 2년 주기로 단축하여 실시하고 있다. 통계조사 대상은 연간 일반화학물질을 1톤 이상 사용하거나, 유해화학물질을 100kg 사용하는 사업장이다. 2017년 발표한 화학물질 통계조사”의하면 2014년 기준 화학물질 취급업체는 22,661개에서 16,150종의 화학물질 4억 9,693만톤이 유통된 것으로 확인되었다. 이는 조사가 시작된 1998년도에 비해 화학물질종은 2배가, 업체수는 1.7배, 유통량은 2.8배 증가한 수치이다.

[표 5] 연도별 국내 화학물질관련 유통량 변화 추이

연도	'98년도	'02년도	'06년도	'10년도	'14년도
대상 화학물질(종)	8,030	9,358	14,604	15,840	16,150
업체 수(개소)	13,052	13,773	16,404	16,547	22,661
유통량(백만톤)	175.4	287.4	417.9	432.5	496.9*

※ 유통량(496.9백만톤) = 제조량(323.6) + 수입량(295.5) - 수출량(122.2)

지역별로는 대규모 석유화학 및 철강 산업단지가 입지한 전남이 144,707천 톤으로 전체 유통량 중 29.1%로 가장 높은 비율을 차지하였고, 그 뒤를 울산 130,252천 톤 (26.2%), 충남 72,908천 톤 (14.7%)으로 세 곳에서 전체 유통량의 70.0%인 3억 47,867천 톤이 유통된 것으로 조사 되었다. 업종별로는 코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업에서 190,419천 톤 (38.3%), 화학물질 및 화학제품 제조업에서 150,351천 톤 (30.3%)가 유통되었다. 물질별로는 원유 등 석유계물질 215,864천 톤 (43.4%), 천연가스 등 천연물질 104,866천 톤 (21.1%), 에틸렌 등 기초유분 32,360천 톤 (6.5%)이 전체 유통량의 71%를 차지한 것으로 나타났다.

정부에서는 화학물질관련 국민적 알권리 충족과 정보제공을 위해 관련 사이트를 운영하고 있다. 그 중 2014년에 환경부 산하 기관으로 개설된 화학물질안전원에서는 화학물질종합정보시스템과 화학물질 배출·이동량 정보 사이트(<https://icis.me.go.kr/pageLink.do>)를 운영하면서 국내 화학물질 이용현황과 유통, 소비에 대한 정보를 제공하고 있다.



[그림 8] 화학물질안전원에서 운영 중인 화학물질 관련 정보제공 사이트

여기서 화학물질 정보를 조회하면 2016년 서산시 기준 총 81종의 화학물질이 사용되고 있으며, 27개 업체에서 대기 중으로 연간 483,128 kg을 배출하고 있는 것으로 나타났다. 그 중 본 연구의 공간적 범위인 대산지역으로 한정할 경우 18개 업체에서 468,870 kg으로 대산지역이 전체 서산에서 대기 중으로 배출하고 있는 화학물질량의 97%를 차지하고 있어 서산시에서 배출되는 화학물질의 대부분을 대산지역에서 배출되고 있는 것을 확인 할 수 있었다. 표 6은 대산지역에 위치한 업체와 여기서 연간(2016년 기준) 대기 중으로 배출하고 있는 화학물질에 대한 정보를 나타낸 것이다.

[표 6] 대산읍에서 배출되고 있는 화학물질관련 정보 (2016년 기준)

업체명	주소	배출량(kg/년)	이동량(kg/년)
(주)KCC대죽2공장	대산읍 대죽2로 35	3,728	3,261
(주)LG화학대산공장	대산읍 독곶1로 54	90,391	14,797,530
(주)동남합성대산2공장	대산읍 죽엽로 373	1,238	260
(주)케이씨대죽1공장	대산읍 대죽2로 15	568	0
(주)케이씨아이	대산읍 대죽1로 221	69,626	60,932
KPX그린케미칼(주)	대산읍 독곶2로 103	5,174	17,753
롯데엠알시	대산읍 독곶1로 82	30,883	214
롯데케미칼(주)대산공장	대산읍 독곶1로 82	82,535	4,195,600
미원이오디주식회사	대산읍 죽엽로 373	1,655	508
베올리아워터코리아대산(주)	대산읍 독곶1로 82	0	0
주식회사동남합성	대산읍 죽엽로 413-97	82	329
코오롱인더스트리(주)대산공장	대산읍 대죽1로 100	722	36
한국내화서산공장(주)	대산읍 죽엽로 285-15	3,920	0
한농화성대산공장	대산읍 독곶2로 96-75	382	162
한화종합화학(주)대산사업장	대산읍 독곶2로 103	16,159	15,374
한화토탈(주)	대산읍 독곶2로 103	73,538	3,866,471
현대오일뱅크	대산읍 평신2로 182	68,800	0
현대케미칼(주)	대산읍 평신2로 181	19,469	0
합계		468,870	22,958,430

※ 화학물질관리법 제11조에 따라 화학물질 배출량조사를 제출한 사업장의 정보임

제 3 장

서산지역 대기오염 현황 조사

1. 연도별 대기오염물질 배출현황
2. 대산 인근지역 대기오염물질 농도 수준
3. 대산지역 악취관련 민원발생 현황

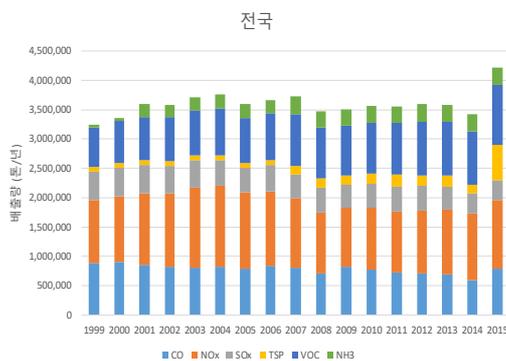
제3장

서산지역 대기오염 현황 조사

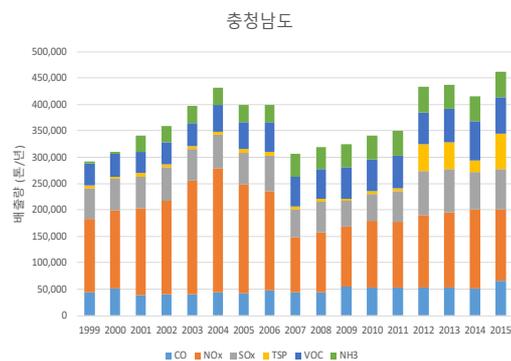


1. 연도별 대기오염물질 배출현황

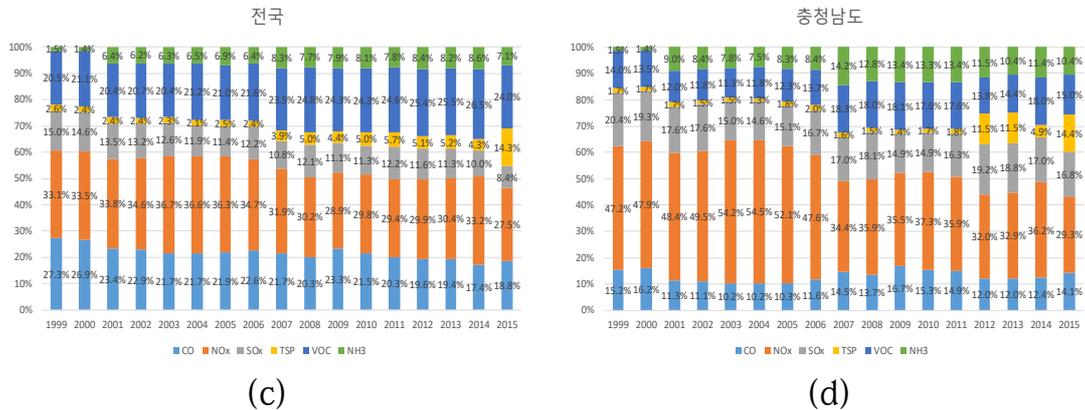
정부에서는 「대기환경보전법」 제17조 대기오염물질 배출원 및 배출량 조사의 시행규칙에 의거 대기환경정책 수립, 대기오염총량제 이행, 대기질 예보 등을 위해 국가 대기오염물질 배출량을 생산하여 기초자료로 활용하고 있다. 여기에서는 대기오염물질 배출목록에 근거한 대기정책지원시스템(clean air policy support system, CAPSS)를 활용하여 점·선·면 오염원에서 배출되는 8가지 대기오염물질(CO, NO_x, SO_x, TSP, PM₁₀, PM_{2.5}, VOC, NH₃)에 대한 배출량을 매년 산정하여 고시하고 있다. 지역적 대기오염 배출현황 파악과 정책 수립의 기초자료로 활용되고 있지만 지역적 분류가 기초지자체까지만 기재되어 있어 이번 대산읍과 같은 지역적 배출특성을 분석에는 한계가 있다.



(a)



(b)

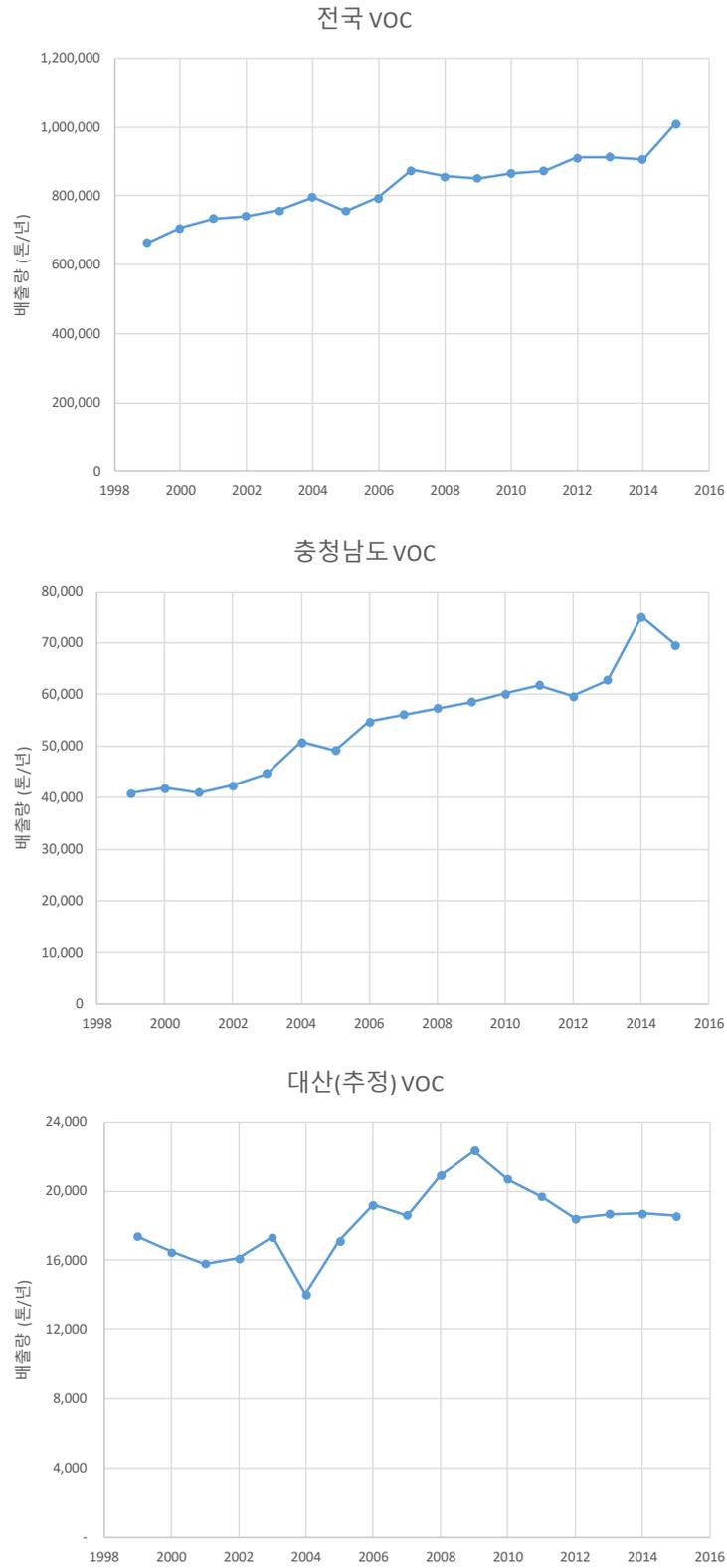


[그림 9] 연도별 전국과 충청남도의 대기오염물질 배출현황 (1999~2015년도)

그림 9는 1999년부터 2015년까지 전국과 충청남도에서 배출한 대기오염물질 배출량 자료를 나타낸 것이다. 그림 9의 (a)와 (b)는 연도별 배출량 변화추이를 나타낸 것이고, (c)와 (d)는 주요 6개 대기오염물질들의 연도별 기여율을 나타낸 것이다. 전국과 충청남도 모두 배출량은 조사가 시작된 1999년부터 증가하다가 2004년을 기점으로 감소추세에 들어 2007년까지 감소하다가 2008년 이후 증가하여 가장 최근 자료인 2015년도에는 조사 기간 중 가장 많은 배출량을 나타냈다. 이는 배출량측정 면에서 미미하긴 하지만 2012년부터 세종시에 대한 배출량 자료가 추가되었고, 2015년부터 새로 산정되어 추가된 비산먼지와 생물성연소에 대한 값이 반영된 결과인 것으로 판단된다. 결과적으로 1999년 대비 2015년 배출량은 전국 1.3배, 충청남도 1.58배 증가하여 배출량 부분에서는 효과적인 저감 대책이 이루어지지 않은 것으로 나타났으며, 특히 충청남도의 경우 전국의 증가량보다 높은 수치를 보여 향후 대기환경 개선을 위해 좀 더 강력한 저감대책을 수립해야 될 것으로 판단된다.

오염물질별로는 전국의 경우 NOx가 27.5~36.7%로 가장 높은 비율을 차지하였고, 그 뒤를 VOC가 20.4~26.5%로 차지하였고, CO-SOx-TSP-NH₃ 순으로 나타났다. 충청남도 역시 NOx가 29.3~54.5%로 압도적으로 가장 높은 비율을 나타냈고, 그 뒤를 SOx가 14.6~20.4%로 차지하였고, VOC-CO-NH₃-TSP 순으로 나타났다. 오염물질별로는 전국이나 충청남도 모두 NOx가 가장 높은 기여율을 차지하고 있었지만, 전국의 경우 VOC와 CO가 유사한 수준으로 그 뒤를 이은 반면, 충청남도는 SOx가 그 뒤를 이었다. 이것은 충청남도의 경우 전국의 석탄 화력발전소 61기 중 30기가 위치하고 있고, 대산석유화학단지나 현대제

철과 같은 대량배출시설들이 밀집해 있기 때문에 이러한 공정의 연소과정에서 배출되는 오염물질의 영향이 반영된 결과인 것으로 판단된다. 앞서 언급한 것처럼 대기오염물질배출량 정보가 기초지자체인 시단위까지 밖에 구분이 되지 않아 본 연구의 공간적 범위인 대산지역에 대해 세분화시킨 자료 분석에는 한계가 있었다. 대신 앞서 제2장 3절에 나타난 것과 같이 서산시에서 사용되고 있는 화학물질류의 대부분이 대산지역에서 사용되고 있는 것으로 조사된 만큼, 간접적으로나 비교분석이 가능할 것으로 사료된다. 서산시에서 배출된 VOC 중 산업단지에 배출된 것으로 추정되는 량을 추정하기 위해 대기정책지원시스템의 분류체계를 활용하였다. VOC 추정을 위해 시스템 내 시군을 충청남도-서산시로 분류하였고, 그 뒤에 대분류에서는 에너지산업 연소, 제조업연소, 생산공정, 에너지수송 및 저장, 유기용제 사용을 선택하였고, 중분류에서는 민간발전시설, 석유정제시설, 공정로, 연소시설, 석유제품산업, 유기화학제품 제조업, 휘발유 공급, 기타 제조업을, 소분류에서는 1,2,3종(보일러), 공정로, 가스터빈, 고정엔진, 2차 알루미늄 생산, 아스팔트 콘크리트 생산, 석유제품가공, 석유제품 저장 및 취급, 석유제품가공-유황회수시설, 에틸렌, 프로필렌, 1-2 디클로에탄+염화비닐, 저밀도 및 고밀도 폴리에틸렌, 폴리비닐클로라이드, 폴리프로필렌, 스틸렌, 스틸렌부타디엔 고무, 에틸벤젠, 유리(탄소제거공정), 정유사 출하기지를 선택하였다. 그림 10은 전국과 충청남도 지역에서 배출된 VOC에 대한 변화추이를 나타낸 것이다. 전국과 충청남도 지역의 VOC 배출량은 1999년 이래로 꾸준히 증가하고 있으며, 1999년 대비 최근 자료인 2015년에는 각각 1.5배와 1.7배 증가한 것으로 나타났다. 대산(추정)의 경우 1999년부터 2004년까지 VOC 배출량이 감소세를 보이다가 2004부터 2009년까지 꾸준히 증가 후 2009년부터는 서서히 감소하는 경향을 보이고 있다. 전국과 충청남도가 전체적으로 배출량이 증가한 반면 대산(추정)의 경우 1999년 대비 2015년 배출량에 대한 단순 비교시 1.1배로 전국과 충청남도의 증가폭에 못 미치는 것으로 나타났다. 하지만 VOC의 경우 각 공정에서 배출되는 개별 물질들이 다양하고, 또한 각 물질들의 사용량과 독성이 다르기 때문에 이러한 단순 비교보다는 좀 더 세부적이고 정량적인 DB구축과 자료 분석이 이루어져야 할 것으로 판단된다.



[그림 10] 연도별 VOC 배출량 변화 추이 (1999~2015년도)



2. 대산 인근지역 대기오염물질 농도 수준

환경부에서는 전국적인 대기오염 및 기후·생태계 변화유발물질의 실태 파악을 위해 환경부령으로 측정망을 설치하여 대기오염도를 상시 측정하고 있으며, 대기오염도에 대한 정보에 국민이 쉽게 접근할 수 있도록 측정결과를 각종 정보매체를 통해 제공하고 있다. 그림 11은 2019년 5월 기준 충청남도에서 운영 중인 29개의 도시대기 측정소의 위치를 나타낸 것이다. 2016년까지 5개에 머물던 도시대기 측정소는 대기오염 고농도 사례 등의 발생으로 대기환경에 대한 관심이 증가하면서 2017년에 12개소, 2018년에 10개, 2019년에 2개소가 신설되어 현재에 이르렀다.



[그림 11] 충청남도 도시대기측정소 현황

하지만 도시대기 측정소에서는 환경정책기본법에서 고시하고 있는 8개 항목 (PM₁₀, PM_{2.5}, SO₂, NO₂, CO, O₃, 납, 벤젠)만을 대상으로 측정 및 고시하고 있어 석유화학단지에서 배출되는 주요 오염물질인 VOC에 대한 정보는 제공하

고 있지 않다. 이에 본 연구에서는 충청남도 보건환경연구원에서 이동측정차량을 활용하여 대산지역 인근에서 측정하여 보고한 자료를 활용하였다. 공간적 범위는 대산인근 지역으로 선정하였고, 시간적 범위는 2017년 하반기부터 2019년 전반기까지 최근 2년을 대상으로 선정하였다. 관련 자료는 충청남도 홈페이지→행정→기후환경→환경소식으로 들어가면 “대기환경 모니터링 결과” 를 확인할 수 있는 상단 검색에 대산을 키워드로 입력하면 관련 정보를 찾을 수 있다. 검색결과 총 10건의 조사결과를 확보할 수 있었다. 측정지점은 대산지역 인근에서 수행되었고, 충청남도 보건환경연구원에서 보유하고 있는 이동측정차량을 활용하여 24시간 연속으로 1회 측정시 7일 이상 수행하였다. 측정항목은 기준항목인 PM₁₀, PM_{2.5}, SO₂, NO₂, CO, O₃ 외에 BTEX(Benzene, Toluene, Ethylbenzene, Xylene)를 추가적으로 선정하였다. 본 연구에서는 악취 유발물질인 VOC를 대상으로 하기 때문에 BTEX를 대상으로 농도분포를 조사하였다. 표 7은 본 연구에서 조사된 대산 인근지역에서 이동측정차량을 활용하여 대산 인근지역에서 BTEX에 대해 측정한 일정을 나타낸 것이다.

[표 7] 이동측정차량을 활용한 대산 인근지역 BTEX 측정 일정

연도	측정지점	측정기간	
		상반기	하반기
2017	대산 쓰레기매립장	상반기	02.28-03.06
		하반기	08.23-08.28
	대죽1리 마을회관	상반기	03.14-03.20
		하반기	08.29-09.04
	독곶사거리	상반기	03.21-03.28
한국건설생활시험연구원	하반기	09.05-09.11	
2018	대산매립장	상반기	03.01-03.07
		하반기	08.31-09.06
	대죽1리 마을회관	상반기	03.15-03.21
		하반기	09.07-09.13
	독곶사거리	상반기	03.08-03.14
		하반기	03.14-09.20
독곶리 99-2 (한익스프레스)		06.14-06.21	
독곶리 99-2 (한익스프레스)		10.18-10.25	
2019	독곶리 99-2 (한익스프레스)		02.16-02.26
	서산화재난합동방재센터		02.27-03.05
	독곶리 99-2 (한익스프레스)		03.08-03.14
	대죽1리 마을회관		03.13-03.19
	대산 쓰레기매립장		03.29-04.04

[표 8] 대산 인근지역 BTEX 측정 결과

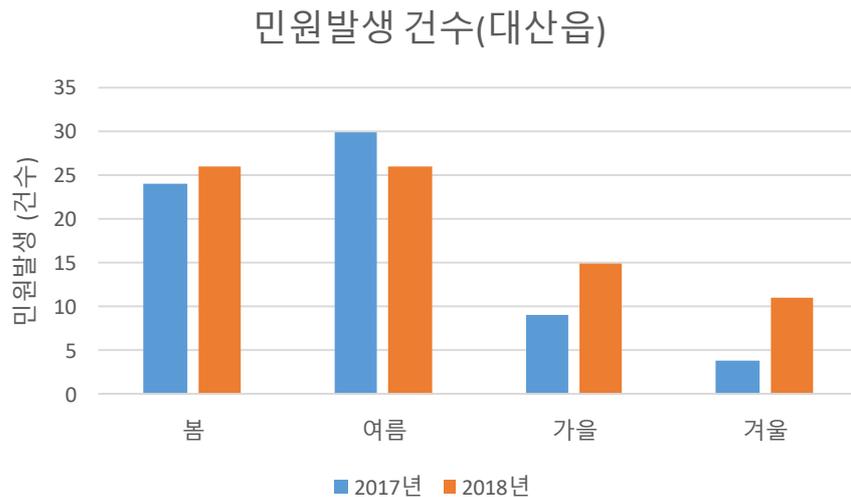
연도	측정지점	Benzene	Toluene	Ethylbenzene	m,p-Xylene	O-Xylene	Stylene	
	환경기준 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	도	3	기준치 없음				
		국가	5	기준치 없음				
2017	대산 쓰레기매립장	상반기	1.19	1.66	0.97	1.97	미측정	미측정
		하반기	3.09	2.72	1.24	2.33	미측정	미측정
	대죽1리 마을회관	상반기	1.98	1.26	0.68	1.1	미측정	미측정
		하반기	0.91	1.91	0.4	0.7	미측정	미측정
	독곶사거리		1.73	1.7	0.6	1.18	미측정	미측정
	한국건설생활시험연구원		0.74	1.85	0.7	0.7	미측정	미측정
2018	대산매립장	상반기	7.2	4.5	1.6	8.4	1	7.4
		하반기	12.6	7.5	2.3	5.7	0.3	34
	대죽1리 마을회관	상반기	0.9	1.4	0.6	0.4	0.2	0
		하반기	2.5	4.8	0.9	1.1	0.2	1.5
	독곶사거리	상반기	3.9	2.4	0.6	1.2	0.3	0.9
		하반기	3.7	6.6	1.1	1.6	0.3	1.3
	독곶리 99-2 (한익스프레스)		5.5	1.66	0.44	미측정	미측정	0.9
독곶리 99-2 (한익스프레스)		1.1	0.4	0.1	미측정	미측정	0.1	
2019	독곶리 99-2 (한익스프레스)		2.8	5.5	1.2	1.3	0.3	0.8
	서산화학재난합동방재센터		2.4	3.3	0.9	1.2	0.5	1.4
	독곶리 99-2 (한익스프레스)		14.3	8.6	10.4	11.8	5.7	
	대죽1리 마을회관		1.3	1.3	1.4	0.5	0.2	0.5
	대산 쓰레기매립장		26.4	13.8	8.2	25.6	1.5	

표 8은 BTEX에 대해 측정값이다. 벤젠을 포함해 총 6개 항목을 측정하였고, 결과들은 각 측정기간에 대한 평균값이다. 측정항목 중 벤젠만이 국가 및 도의 환경기준이 존재하고 나머지 물질에 대해서는 기준치가 없다. 측정결과 대산 쓰레기매립장 인근에서는 대부분 환경 기준치를 넘는 것으로 나타났고, 특히 가장 최근인 2019년 3월~4월에 측정했을 때는 도 기준치에 8.8배까지 높게 나타났으며, 4월 3일일의 경우 $73.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 24.5배가 높게 나타나 이 기간에 대한 추가적인 조사가 필요할 것으로 판단된다. 독곶리 인근 또한 기준치를 상회하거나 기준치에 근접한 농도값을 나타냈다. 측정된 자료 전체에 대한 단순 평균 역시 $4.96 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 도 환경기준을 초과하고 있으며, 국가 기준에도 육박하는 만큼 VOCs 물질들에 대한 관리방안 마련이 시급한 것으로 나타났다.



3. 대산지역 악취관련 민원발생 현황

악취란 사람의 후각을 자극하여 불쾌감과 혐오감을 주는 냄새를 말하며, 황화수소나 메르캡탄, 아민류, 기타 자극성 있는 기체상 물질로 주로 VOCs에 속한 물질들이 다수 포함되어 있다. 대표적인 악취 원인으로는 축산악취와 화학물질 처리과정에서 나오는 악취를 들 수 있는데 대산지역은 국내 3대 석유화학산업단지인 이로 인한 악취 민원이 다수 발생하는 지역이다. 서산시 환경생태과를 통해 최근 2년간 (2017~2018년도) 악취관련 민원발생 현황을 조사한 결과 2017년에는 67건, 2018년에는 78건이 발생한 것으로 조사되었다(그림 12). 계절별로는 여름철이 가장 많고, 그 다음으로 봄, 가을, 겨울 순으로 나타났다. 온도가 상승하고 확산이 잘 이루어지는 봄, 여름철에 민원이 많이 발생하였다. 악취에 지속적으로 노출 될시 정신적 스트레스와 더불어 후각 감퇴, 두통, 구토 등의 증상이 나타나고, 주민들의 삶의 질 저하를 가져오기 때문에 빠른 대응과 적극적인 조치가 필요하다.



[그림 12] 대산읍 악취관련 민원발생 현황 (2017~2018년도)

제 4 장

대산지역 산업악취 원인분석과 정책제언

1. 마을별 VOCs 측정결과
2. 타 석유화학단지와의 비교분석
3. VOCs 관리방안 및 정책제언

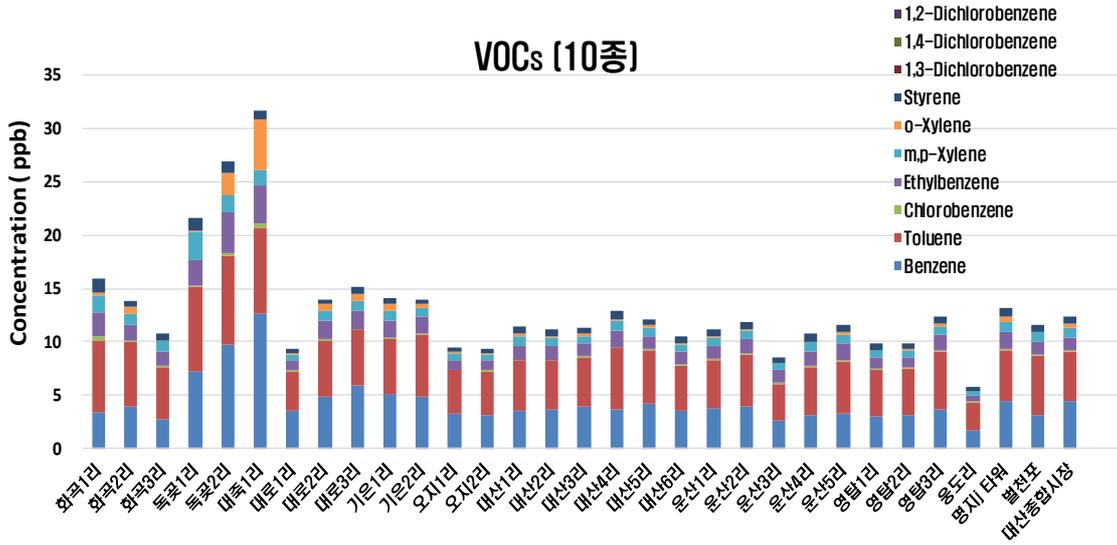
대산지역 산업악취 원인분석과 정책제언



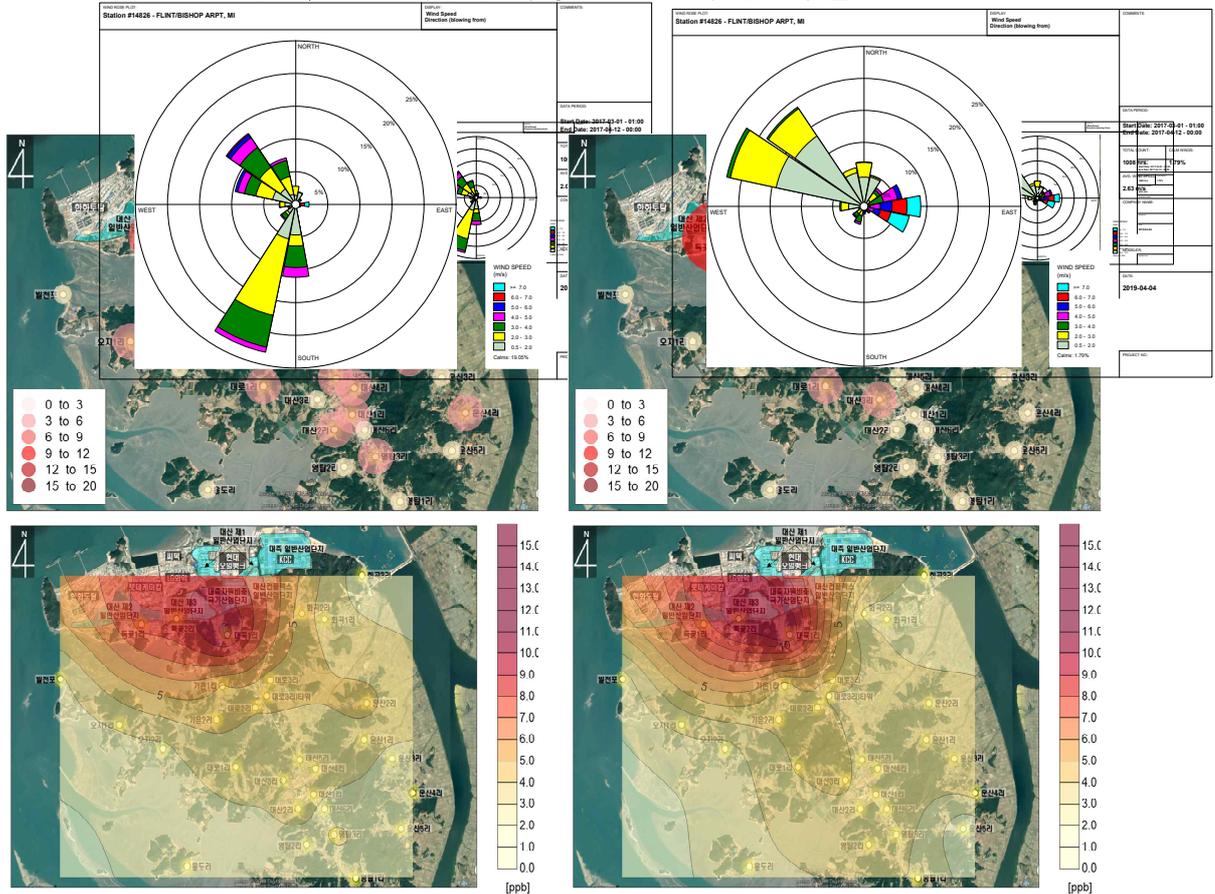
1. 마을별 VOCs 측정결과

VOCs의 대산지역 공간분포를 확인하기 위해 패시브 샘플러를 활용하였다. 환경부에서는 VOCs의 측정 분석을 위해 “환경대기 중 휘발성유기화합물(VOCs)의 시험방법(ES 01651.1)”을 고시하였으며, 여기서 측정은 고체흡착열탈착분석법과 자동연속열탈착분석법을 주시험법으로 고시하였고, 분석에는 GC/MS를 사용도록 명시하였다. 공정시험법의 경우 정확한 정성/정량분석이 가능하고, 분석된 데이터를 타 지역의 공인된 농도값과의 비교분석이 가능하다는 이점이 있지만 측정분석에 비용이 많이 들고, 다수의 흡착관과 인력과 시간이 요구된다. 본 연구에서는 주공정시험법에 비해 정확도는 떨어지지만 부가적인 측정장비 없이 간편하게 패치타입의 샘플러를 설치함으로써 동시간대에 대상 지역의 공간분포를 확인할 수 있는 패시브 샘플링법을 활용하여 대산 산업단지 인근 지역의 VOCs 분포를 확인하였다. 본 결과값은 대산 인근 지역의 공간분포를 확인하는데 의의를 둔 연구 결과로 타 연구에서 공정시험법으로 획득한 자료와 비교분석에는 무리가 있음을 알리는 바이다.

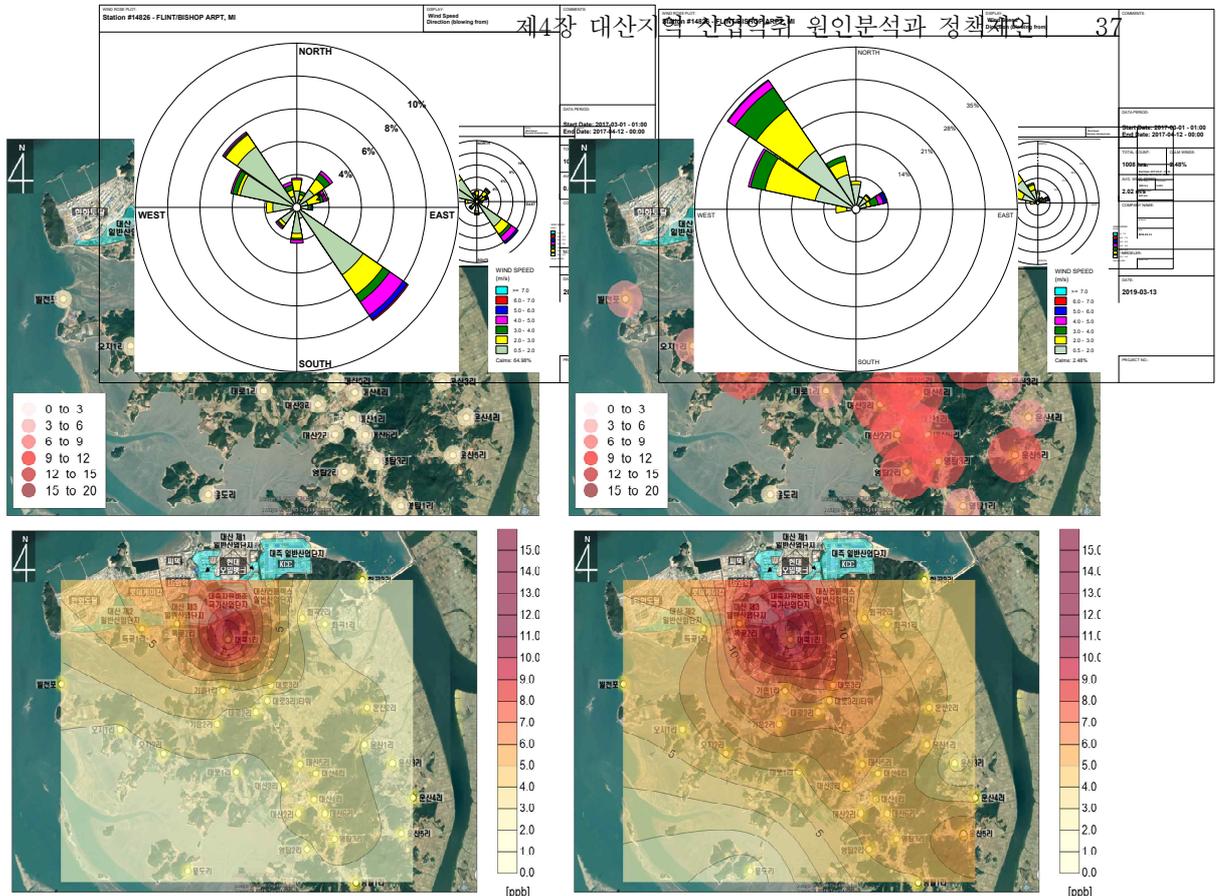
그림 13은 본 연구에서 계절별 수행된 VOCs 측정에서 얻어진 평균 농도값을 마을별로 나타낸 것이다. 분포특성 조사 결과 대죽1리의 농도가 가장 높게 나타났으며, 독곶2리, 독곶1리, 화곡1리, 화곡2리 순으로 나타났다. 그 뒤로는 대로리와 기은리가 높게 나타났으며, 비교적 거리가 먼 옹도리와 운사리의 농도가 낮게 나타났다.



[그림 13] 마을별 측정된 VOCs의 농도수준



[그림 14] 벤젠의 계절별 공간분포 (봄, 여름)



(c) 가을 (10월) (d) 겨울 (2월)
 [그림 15] 벤젠의 계절별 공간분포 (가을, 겨울)

그림 14와 15는 측정된 VOCs 중 주요 물질인 벤젠의 계절별 측정지역의 농도값과 공간분포를 나타낸 것이다. 앞서 모든 VOCs에 대한 평균농도에서도 대죽1리가 앞도적으로 높게 나타난 것과 마찬가지로 계절별 측정결과 모든 계절에서 대죽1리의 농도가 가장 높게 나타났다. 산업단지와의 거리는 대죽1리보다 독곶리와 화곡리가 가깝지만 대죽1리의 경우 독곶리와 화곡리를 기점으로 Y자 형태로 골이 형성되어 있어 골을 타고 유입되는 기류가 대산 산업단지로부터 배출된 오염물질들을 끌고 들어오면서 농도를 높이는 효과로 판단된다. 영향권에 대한 결과는 여름철과 겨울철이 대산 산업단지로부터 가장 먼 곳인 영탑1리까지 영향을 준 것으로 나타났고, 이는 여름철과 겨울철의 주풍의 방향이 북서풍으로 타 계절의 경우 주풍의 방향이 산발적으로 변화한 것에 비해 일정 방향에서 강하게 영향을 미친 결과로 판단된다. 오염물질에 대한 영향을 가장 적게 받은 계절은 봄철로 이는 측정기간동안 주풍이 남서풍으로 상대적으로 청정한 서해 바닷가의 기류가 유입되면서 상대적으로 높은 대산 산업단지의 영향을 적게 받은 결과가 반영된 것으로 판단된다.



2. 타 석유화학단지와의 비교 분석

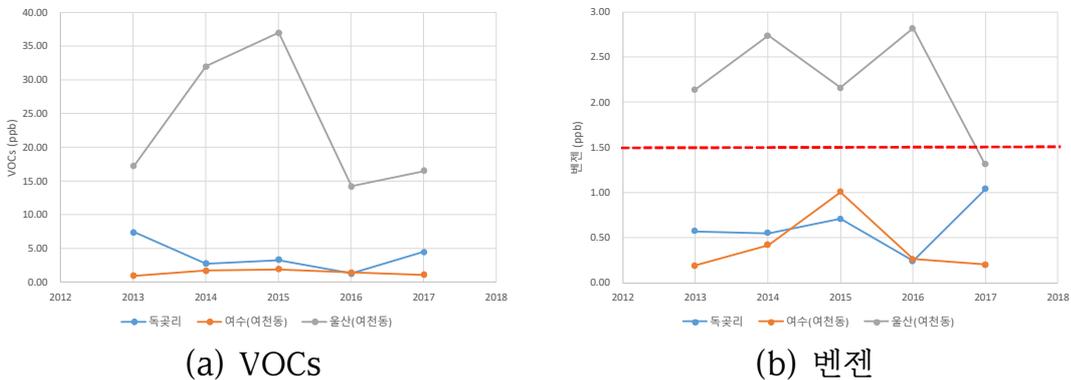
우선 타 석유화학 산단들의 관리현황에 대해 조사하였다(표 9). 대산지역은 총면적이 12,710천 m²으로 여수는 이보다 2.6배 큰 31,711천 m², 울산·미포는 3.8배 크다. 대기배출사업장의 경우도 대산은 51개소가 위치하고 있는 반면 여수는 3.0배인 151개소, 울산·미포는 5.8배인 298개소가 위치하고 있다. 산업단지 규모나 대기배출 사업소 측면에서 단순 비교가 어렵겠지만 주민들이 노출되고 있는 농도수준에 대해서는 관리방안이나 현황 파악 측면에서 비교분석이 필요하다.

[표 9] 국내 석유화학단지 관리현황

산업단지	대산	여수	울산	
			울산·미포	온산
총면적	12,710천 m ²	31,711천 m ²	45,594천 m ²	20,475천 m ²
총계	51 개소	151 개소	298 개소	181 개소
대기배출 사업소	1종	17 개소	42 개소	69 개소
	2종	4 개소	20 개소	21 개소
	3종	3 개소	10 개소	24 개소
	4종	11 개소	30 개소	83 개소
	5종	16 개소	49 개소	101 개소

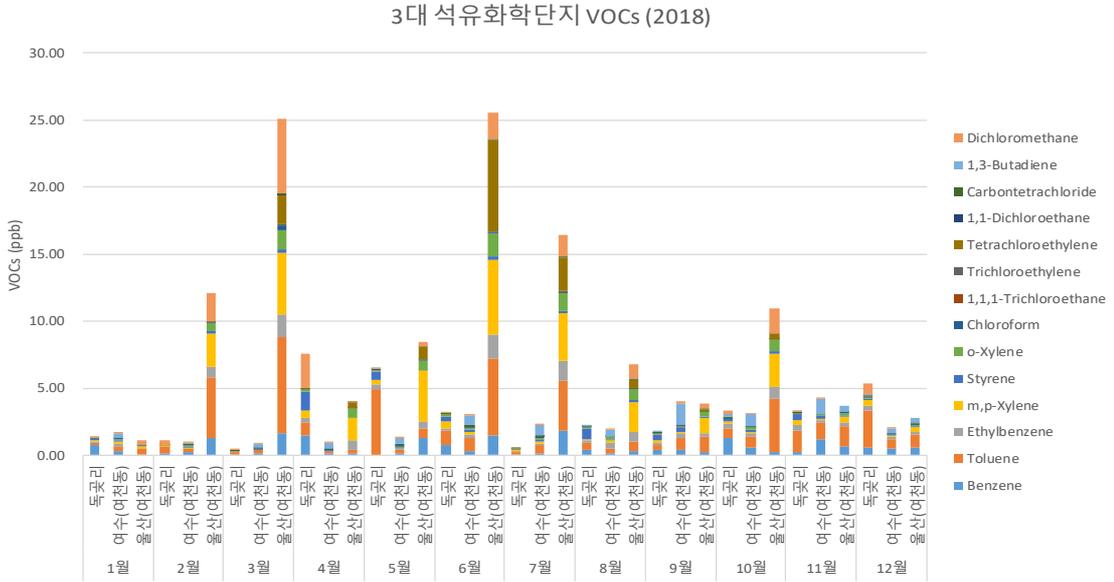
그림 16은 국내 주요 석유화학단지인 울산과 여수, 서산에 설치되어 있는 유해대기물질 측정망에서 2013년부터 2017년까지 측정된 VOCs와 벤젠의 농도 변화 추이를 나타낸 것이다. 규모가 가장 큰 울산의 경우 측정소에서 측정된 VOCs의 농도값 또한 가장 높게 나타났다. 울산의 경우 2013년 17.2 ppb에서 꾸준히 증가해 2015년 37.0 ppb로 천정값을 찍은 후 감소하여 2016년에는 기존 2013년대 수준인 16.5 ppb까지 감소하였다. 여수의 경우 2013년부터 가장 최근인 2017년까지 1.0~1.9 ppb로 유사한 농도값을 나타낸 반면, 서산의 경우 2013년 7.4 ppb로 가장 높은 농도를 보이다가 지속적으로 감소해 2016년 1.3 ppb까지 감소하였으나 2017년 다시 증가하여 4.5 ppb로 다시 증가한

것으로 나타났다. VOCs 중 유일하게 환경기준이 존재하는 벤젠의 경우도 마찬가지로 울산의 농도가 가장 높게 나타났다. 2013년부터 2016년도까지 연평균 농도가 환경기준치인 1.5 ppb를 상회하다가 가장 최근인 2017년에는 1.3 ppb로 기준치 이하로 감소하였다. 여수의 경우 대부분 0.2~0.4 ppb 수준을 유지하다가 2015년 1.0 ppb로 증가하였으나 이 또한 환경기준치 이하로 상대적으로 낮은 농도를 유지하고 있었다. 서산의 경우도 환경기준치 이하로 관리되고는 있으나 여수보다는 높은 농도를 유지하고 있는 것으로 나타났다.

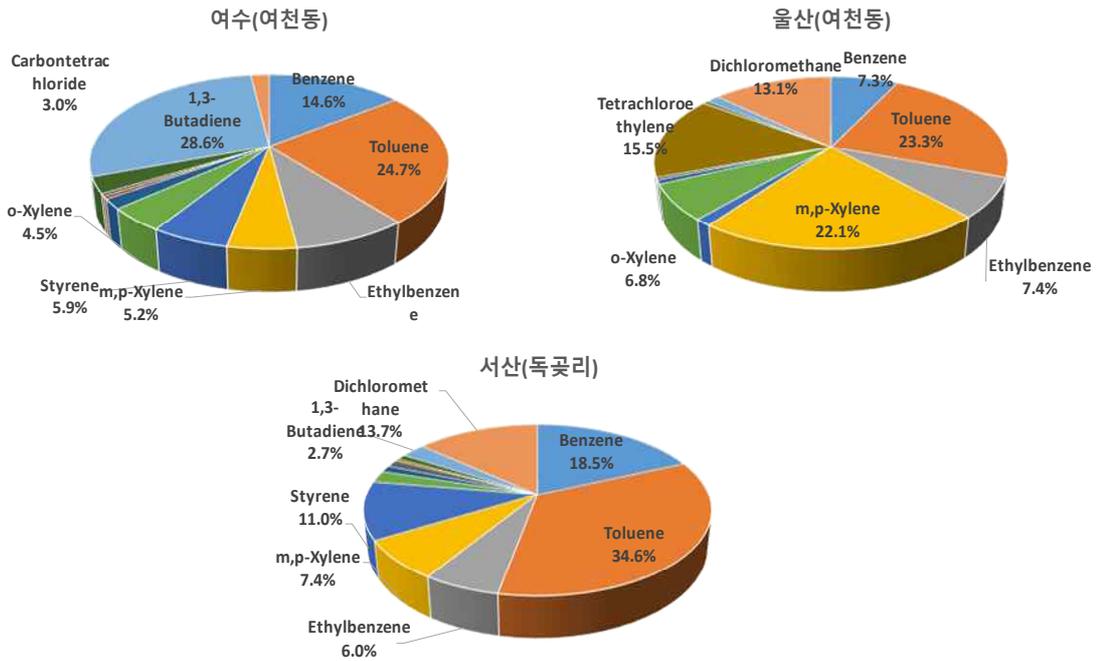


[그림 16] 국내 석유산업단지 내 VOCs의 농도변화 추이

그림 17은 2018년도 3대 석유화학단지 내 유해대기물질 측정망에서 측정된 VOCs의 월별 농도이다. 전체적으로 서산과 여수의 경우 VOCs의 농도가 5 ppb 이하로 유지되고 있는 반면 울산의 경우 12개월 중 7번이 5 ppb를 상회하였고, 그중 3월과 7월은 각각 25.1 ppb와 25.6 ppb로 매우 높은 농도를 보였다. 서산시의 경우도 4월과 5월 7.6 ppb와 6.5 ppb로 상대적으로 높은 농도를 보였다. 그림 18은 각 지역에서 측정된 VOCs의 개별 성분비를 나타낸 것이다. 울산의 경우 톨루엔이 23.3%로 가장 많은 비율을 차지하고 있었고, m,p-자일렌이 22.1%, 테트라클로로에틸렌이 15.5%, 디클로메탄이 13.1% 순으로 나타났다. 여수의 경우 1,3-부타디엔이 28.6%로 가장 많은 비율을 차지하였고, 그 뒤로 톨루엔 24.7%, 벤젠 14.6%순 이었다. 서산의 경우 톨루엔이 34.6%로 가장 많은 비율을 차지하였고, 벤젠 18.5%, 디클로로메탄 13.7%, 스틸렌 11.0%, m,p-자일렌이 7.4%로 나타났다. 세 지역 모두 톨루엔의 비율이 높게 나타났으며, 그 뒤를 톨루엔과 m,p-자일렌이 많이 배출되고 있었다.



[그림 17] 3대 석유화학단지의 계절별 VOCs 농도변화 (2018)



[그림 18] 3대 석유화학단지의 VOCs 개별농도 비율 (2018)



3. VOCs 관리방안 및 정책제언

앞서 제 2장의 3절에서 언급한 것과 같이 대산지역에서는 다양한 화학물질이 사용되고 있으며, 사용되고 있는 화학물질의 종류와 업체 수, 유통량은 꾸준히 증가하고 있다. 화학물질은 단일 물질로도 영향을 나타내지만 다른 물질과 혼합시 그 독성이 감소 될 수도, 혹은 증가할 수도 있어 단일 제품에 대한 사용정보 외에 혼합되어 사용되는 화학물질의 종류와 공정에 대한 이해도를 높이는 것이 중요하다. 이에 본 연구에서는 VOCs의 효과적인 관리를 위한 방안으로 아래와 같은 관리방안 구축을 제안한다.

1. 정보관리체계 구축
 - 대산지역에서 사용되고 있는 화학물질에 대한 DB 조사 및 확보
 - 각 업장별 화학물질 사용공정과 사용되는 물질에 대한 MSDS 통합 관리
 - 각 업장별 공정가동 정보(일지) 확보
 - 이동측정차량을 활용한 산업단지 인근지역 주기적 모니터링 및 자료 확보
2. 화학물질 사용공정에 대한 이해
 - 화학물질 사용공정에 대한 흐름도 작성 및 예상 배출지점 선정
 - 각 지점별 노출경로와 대응방안 마련
3. 화학물질 노출사고 관련 대응방안 마련
 - 각 사업체별 장외영향평가 실시 및 관리체계 구축
 - 산업단지 사고발생 관련 종합 관리부서(컨트롤 타워) 상시 운영
 - 사고발생 즉시 마을별 전파 시스템 구축 및 주기적 주민/근로자 교육
 - 사고발생시 주민/근로자 신속 대피 프로그램 개발
4. 근본적 해결방안 마련
 - 유해화학사고 다발지역에 대한 매입 및 주민 이주대책 수립
 - 유독화학물질에 대한 비자극성 물질로의 대체 (대체)
 - 고위험 화학물질에 대한 이중 밀폐 (격리)
 - 산단 외각에 주변 마을로의 오염물질 누출 저감을 위한 안전펜스 설치

주민들이 산업단지에서 평상시 배출되는 오염물질로부터의 피해를 최소화하고 화학물질 사고에 대한 적절한 대응을 위해서는 주민들이 상시 노출되어 있는 주요 오염물질에 대한 노출수준 파악이 중요하다. 정부에서는 기초자료 확보를 위해 다양한 목적의 대기측정망을 구축하여 운영하고 있지만 대부분의 측정소는 환경정책기본법에서 고시하고 있는 7종(PM_{10} , $PM_{2.5}$ 포함)을 주로 모니터링 하고 있을 뿐 본 산업단지와 같은 주요 배출시설의 대기질 관리를 목적으로 하는 측정소는 아직 존재하지 않는다. 일부 지자체에서 이를 보완하기 위해 이동측정차량을 활용한 주기적 감시가 이루어지고 있지만 상시 모니터링을 통해 확보되는 자료에 비해 정보의 양과 수준이 턱 없이 부족한 실정이다. 특히 충청남도의 경우 대산 일반산업단지를 포함하여 화력발전소, 제철소와 같은 대규모 배출시설이 다수 보유하고 있어 더욱 더 이러한 주요 배출시설 측정망 구축이 시급한 실정이다. 지역 주민들과 모니터링 관련 시도 담당자 및 환경전문가로 구성된 주요 배출시설 측정망 구축 위원회를 수립하고 각 지역별 특성을 고려한 모니터링 항목을 선별, 연속 모니터링 시스템을 구축하여야 할 것이다. 하지만 이러한 노력은 정부 및 지자체간의 긴밀한 업무 협의와 조례의 개정 등 많은 행정적인 협의가 이루어져야 하기 때문에 그 전까지는 이동 측정차량을 이용한 모니터링을 주기적으로 수행하고, VOCs와 같은 주요 오염물질에 대한 연속 모니터링 계획을 수립하여 상시 노출수준 정보 확보에 대한 노력이 필요할 것으로 판단된다.



부록

- A. 서산시에 위치한 대기오염배출시설과 전국대비 비율
- B. 서산시에서 환경 중으로 배출하고 있는 화학물질 중 발암물질로 분류되는 22종 정보
- C. 마을별 개별 VOC 물질의 농도수준 (벤젠)
- D. 마을별 개별 VOC 물질의 농도수준 (톨루엔)
- E. 마을별 개별 VOC 물질의 농도수준 (클로로벤젠)
- F. 마을별 개별 VOC 물질의 농도수준 (에틸벤젠)
- G. 마을별 개별 VOC 물질의 농도수준 (m,p-자일렌)
- H. 마을별 개별 VOC 물질의 농도수준 (o-자일렌)
- I. 마을별 개별 VOC 물질의 농도수준 (스티렌)

◀ A. 서산시에 위치한 대기오염배출시설과 전국대비 비율

(단위 : 개소)

2016	전체	1종	2종	3종	4종	5종
대산읍	51	17	4	3	11	16
인지면	3				1	2
부석면	3				3	
팔봉면	3		1		1	1
지곡면	14	5	1	1	3	4
성연면	27	3	1	2	6	15
음암면	20	1		2	4	13
운산면	1			1	9	4
해미면	11			1	3	7
고북면	14	1			6	7
부춘동	5				2	3
동문1동	3					3
동문2동	1					1
수석동	17			1	5	11
석남동	18				6	12
서산시	204	27	7	11	60	99
충청남도	3,293	125	117	122	1,057	1,872
전국	57,500	1,707	1,707	2,082	18,704	33,300
서산/충남	6.2%	21.6%	6.0%	9.0%	5.7%	5.3%
서산/전국	0.4%	1.6%	0.4%	0.5%	0.3%	0.3%

《 B. 서산시에서 환경 중으로 배출하고 있는 화학물질 중 발암물질로 분류되는 22종 정보

(단위 : kg/년)

CAS NO.	물질명	배출업체	대기배출	수계배출
000071-43-2	벤젠	7	23,641	274
000108-05-4	아세트산 비닐	4	20,582	0
000075-21-8	산화 에틸렌	9	19,099	0
000100-42-5	스티렌	5	15,796	258
000078-79-5	이소프렌	3	10,462	0
000106-99-0	1,3-부타디엔	4	7,426	0
000107-06-2	1,2-디클로로에탄	1	4,202	0
000100-41-4	에틸벤젠	8	3,232	0
000127-18-4	테트라클로로에틸렌	2	2,331	0
000075-56-9	산화 프로필렌	4	2,216	0
000075-01-4	염화 비닐	1	1,079	0
NA-(주14)	코발트 및 그 화합물	2	0	1,058
000091-20-3	나프탈렌	3	836	0
000107-13-1	아크릴로니트릴	1	314	0
NA-(주1)	납 및 그 화합물	2	72	1
000106-93-4	1,2-디브로모에탄	1	33	0
NA-(주6)	카드뮴 및 그 화합물	1	19	0
000075-09-2	디클로로메탄	1	13	0
000077-78-1	황산 디메틸	1	8	0
000050-00-0	포름알데히드	1	7	0
NA-(주3)	니켈 및 그 화합물	3	0	0
NA-(주4)	비소 및 그 화합물	1	0	0

◀ C. 마을별 개별 VOC 물질의 농도수준 (벤젠)

(단위 : ppb)

No.	ID	시료명	Benzene				
			봄	여름	가을	겨울	평균
1	화곡1리	1	3.69	1.88	1.73	6.56	3.46
2	화곡2리	2	4.47	1.73	2.48	7.08	3.94
3	화곡3리	3	2.45	1.71	1.51	5.35	2.75
4	독곶1리	4	8.43	9.63	5.16	5.58	7.20
5	독곶2리	5	8.50	11.93	5.75	12.66	9.71
6	대죽1리	6	10.42	12.07	11.77	16.28	12.63
7	대로1리	7	3.52	3.12	1.61	5.88	3.53
8	대로2리	8	4.09	4.05	2.83	8.53	4.87
9	대로3리	9	4.51	4.00	3.99	10.92	5.86
10	기은1리	10	4.93	3.42	3.38	8.73	5.12
11	기은2리	11	4.40	3.27	2.95	8.81	4.86
12	오지1리	12	3.18	2.35	1.89	5.65	3.26
13	오지2리	13	2.74	1.60	1.90	6.15	3.10
14	대산1리	14	3.59	2.19	2.33	5.97	3.52
15	대산2리	15	3.43	2.81	2.31	6.25	3.70
16	대산3리	16	2.96	3.17	2.02	7.39	3.88
17	대산4리	17	3.12	2.43	2.81	6.25	3.65
18	대산5리	18	3.62	2.84	2.65	7.80	4.23
19	대산6리	19	2.56	2.86	2.40	6.25	3.52
20	운산1리	20	3.60	2.86	1.92	6.61	3.75
21	운산2리	21	4.31	2.38	2.39	6.78	3.97
22	운산3리	22	2.67	2.76	1.63	3.43	2.62
23	운산4리	23	3.06	2.29	1.49	5.73	3.14
24	운산5리	24	2.68	0.12	1.86	8.21	3.22
25	영탑1리	25	2.85	1.95	1.67	5.80	3.07
26	영탑2리	26	2.52	2.21	1.84	6.16	3.18
27	영탑3리	27	3.14	2.42	2.54	6.73	3.71
28	웅도리	28	2.46	1.68	1.55	1.34	1.76
29	명지j 타워	29	4.41	2.66	2.32	8.44	4.46
30	벌천포오토캠핑장	30	2.81	1.48	2.59	5.76	3.16
31	대산 종합시장	31	3.42	3.65	4.50	6.46	4.51

※ 본 자료는 패시브 샘플링방법을 통해 얻은 자료로 공정시험방법(고체흡착법 등)을 통해 분석된 자료와 비교분석 할 수 없음

◀ D. 부록 마을별 개별 VOC 물질의 농도수준 (톨루엔)

(단위 : ppb)

No.	ID	시료명	Toluene				평균
			봄	여름	가을	겨울	
1	화곡1리	1	4.13	10.85	4.69	6.81	6.62
2	화곡2리	2	6.73	5.00	5.44	6.91	6.02
3	화곡3리	3	3.17	5.71	4.83	5.64	4.84
4	독곶1리	4	7.75	8.68	7.58	7.85	7.97
5	독곶2리	5	5.15	9.25	7.14	12.01	8.39
6	대죽1리	6	9.37	8.75	4.59	9.59	8.08
7	대로1리	7	3.01	3.68	3.30	5.00	3.75
8	대로2리	8	3.33	5.61	4.56	7.46	5.24
9	대로3리	9	4.18	4.19	3.84	9.02	5.31
10	기은1리	10	3.90	4.55	4.96	7.23	5.16
11	기은2리	11	4.35	4.85	5.25	8.55	5.75
12	오지1리	12	2.50	3.40	3.81	6.63	4.08
13	오지2리	13	2.48	3.65	3.90	6.68	4.18
14	대산1리	14	4.79	3.83	3.69	6.51	4.70
15	대산2리	15	3.03	4.41	4.34	6.55	4.58
16	대산3리	16	3.31	5.78	3.04	6.78	4.73
17	대산4리	17	3.13	3.85	10.09	6.05	5.78
18	대산5리	18	3.39	4.79	4.44	7.07	4.92
19	대산6리	19	2.82	3.91	4.19	6.16	4.27
20	운산1리	20	3.20	4.31	4.60	6.23	4.58
21	운산2리	21	3.45	4.12	4.93	7.01	4.88
22	운산3리	22	2.36	3.70	4.61	3.06	3.44
23	운산4리	23	3.07	3.93	4.83	6.04	4.47
24	운산5리	24	2.76	5.00	4.29	7.75	4.95
25	영탑1리	25	3.13	3.78	4.82	5.55	4.32
26	영탑2리	26	2.88	3.15	4.38	7.03	4.36
27	영탑3리	27	4.08	4.45	6.36	6.73	5.41
28	웅도리	28	2.82	3.67	3.58	0.25	2.58
29	명지j 타워	29	4.58	4.40	3.94	6.33	4.81
30	벌천포오토캠핑장	30	3.69	4.30	5.77	8.55	5.58
31	대산 종합시장	31	3.17	5.04	4.19	6.12	4.63

※ 본 자료는 패시브 샘플링방법을 통해 얻은 자료로 공정시험방법(고체흡착법 등)을 통해 분석된 자료와 비교분석 할 수 없음

◀ E. 부록 마을별 개별 VOC 물질의 농도수준 (클로로벤젠)

(단위 : ppb)

No.	ID	시료명	Chlorobenzene				
			봄	여름	가을	겨울	평균
1	화곡1리	1	0.30	1.29	0.11	0.00	0.42
2	화곡2리	2	0.24	0.22	0.17	0.00	0.16
3	화곡3리	3	0.12	0.23	0.11	0.00	0.12
4	독곶1리	4	0.20	0.40	0.09	0.00	0.17
5	독곶2리	5	0.11	0.00	0.16	0.64	0.23
6	대죽1리	6	0.33	0.41	0.21	0.28	0.31
7	대로1리	7	0.10	0.12	0.06	0.00	0.07
8	대로2리	8	0.08	0.26	0.06	0.00	0.10
9	대로3리	9	0.13	0.00	0.18	0.00	0.08
10	기은1리	10	0.12	0.09	0.12	0.00	0.08
11	기은2리	11	0.10	0.29	0.08	0.00	0.12
12	오지1리	12	0.08	0.09	0.07	0.00	0.06
13	오지2리	13	0.06	0.07	0.04	0.00	0.04
14	대산1리	14	0.10	0.09	0.15	0.00	0.09
15	대산2리	15	0.05	0.00	0.11	0.00	0.04
16	대산3리	16	0.20	0.23	0.04	0.00	0.12
17	대산4리	17	0.04	0.06	0.10	0.00	0.05
18	대산5리	18	0.17	0.23	0.12	0.00	0.13
19	대산6리	19	0.17	0.09	0.09	0.00	0.09
20	운산1리	20	0.18	0.09	0.05	0.00	0.08
21	운산2리	21	0.15	0.19	0.08	0.00	0.10
22	운산3리	22	0.15	0.00	0.13	0.00	0.07
23	운산4리	23	0.13	0.17	0.13	0.00	0.11
24	운산5리	24	0.15	0.12	0.14	0.00	0.10
25	영탑1리	25	0.14	0.14	0.08	0.00	0.09
26	영탑2리	26	0.09	0.00	0.15	0.00	0.06
27	영탑3리	27	0.12	0.33	0.13	0.00	0.14
28	웅도리	28	0.10	0.07	0.08	0.00	0.06
29	명지j 타워	29	0.18	0.09	0.17	0.00	0.11
30	벌천포오토캠핑장	30	0.12	0.00	0.16	0.00	0.07
31	대산 종합시장	31	0.22	0.17	0.12	0.00	0.13

※ 본 자료는 패시브 샘플링방법을 통해 얻은 자료로 공정시험방법(고체흡착법 등)을 통해 분석된 자료와 비교분석 할 수 없음

◀ F. 부록 마을별 개별 VOC 물질의 농도수준 (에틸벤젠)

(단위 : ppb)

No.	ID	시료명	Ethylbenzene				
			봄	여름	가을	겨울	평균
1	화곡1리	1	1.66	3.75	1.42	2.02	2.21
2	화곡2리	2	1.26	1.17	1.66	1.79	1.47
3	화곡3리	3	1.00	1.44	1.31	1.50	1.32
4	독곶1리	4	1.66	3.03	1.54	3.13	2.34
5	독곶2리	5	1.68	4.30	2.41	6.90	3.82
6	대죽1리	6	2.99	3.07	1.56	6.77	3.60
7	대로1리	7	0.70	0.92	0.72	1.39	0.93
8	대로2리	8	0.82	1.62	1.04	3.37	1.71
9	대로3리	9	1.08	1.55	1.01	3.05	1.67
10	기은1리	10	1.15	1.19	1.16	3.12	1.66
11	기은2리	11	0.98	1.38	1.16	2.87	1.60
12	오지1리	12	0.55	0.93	0.92	1.27	0.92
13	오지2리	13	0.41	1.02	0.94	1.29	0.92
14	대산1리	14	0.95	1.21	1.32	1.90	1.34
15	대산2리	15	0.74	1.33	1.57	1.43	1.27
16	대산3리	16	0.76	1.34	0.76	1.66	1.13
17	대산4리	17	0.89	1.04	2.83	1.51	1.57
18	대산5리	18	0.86	1.22	1.23	1.76	1.26
19	대산6리	19	0.67	1.33	1.05	1.50	1.14
20	운산1리	20	0.79	1.35	0.98	1.80	1.23
21	운산2리	21	1.00	1.40	1.27	1.53	1.30
22	운산3리	22	2.43	0.81	1.05	0.78	1.27
23	운산4리	23	0.82	1.21	1.94	1.42	1.35
24	운산5리	24	0.67	2.69	1.00	2.02	1.60
25	영탑1리	25	0.67	0.95	1.66	1.16	1.11
26	영탑2리	26	0.63	0.91	1.08	1.43	1.01
27	영탑3리	27	0.91	1.22	1.78	1.63	1.38
28	웅도리	28	0.63	0.80	0.93	0.00	0.59
29	명지j 타워	29	1.08	1.50	1.21	2.42	1.55
30	벌천포오토캠핑장	30	0.69	1.10	1.47	1.31	1.14
31	대산 종합시장	31	0.74	1.48	1.04	1.46	1.18

※ 본 자료는 패시브 샘플링방법을 통해 얻은 자료로 공정시험방법(고체흡착법 등)을 통해 분석된 자료와 비교분석 할 수 없음

◀ G. 부록 마을별 개별 VOC 물질의 농도수준 (m,p-자일렌)

(단위 : ppb)

No.	ID	시료명	m,p-Xylene				
			봄	여름	가을	겨울	평균
1	화곡1리	1	1.04	3.42	0.63	1.52	1.65
2	화곡2리	2	0.96	0.78	0.85	1.48	1.02
3	화곡3리	3	0.70	1.78	0.75	0.95	1.04
4	독곶1리	4	4.32	2.18	1.52	2.33	2.59
5	독곶2리	5	1.00	2.27	1.23	1.71	1.55
6	대죽1리	6	1.52	1.58	0.76	1.78	1.41
7	대로1리	7	0.48	0.63	0.41	0.76	0.57
8	대로2리	8	0.64	0.91	0.60	1.54	0.92
9	대로3리	9	0.62	0.84	0.53	1.44	0.86
10	기은1리	10	0.76	0.75	0.66	1.46	0.91
11	기은2리	11	0.70	0.75	0.64	1.23	0.83
12	오지1리	12	0.44	0.42	0.63	1.17	0.67
13	오지2리	13	0.37	0.51	0.58	1.04	0.62
14	대산1리	14	0.60	0.70	0.84	1.43	0.89
15	대산2리	15	0.51	0.80	0.79	0.95	0.76
16	대산3리	16	0.56	0.92	0.40	1.03	0.73
17	대산4리	17	0.55	0.65	1.70	0.92	0.95
18	대산5리	18	0.62	0.70	0.65	1.15	0.78
19	대산6리	19	0.44	0.86	0.68	1.03	0.75
20	운산1리	20	0.58	0.65	0.59	1.02	0.71
21	운산2리	21	0.74	0.65	0.71	1.08	0.79
22	운산3리	22	0.93	0.54	0.61	0.49	0.64
23	운산4리	23	0.81	0.60	1.21	0.91	0.88
24	운산5리	24	0.50	0.90	0.67	1.16	0.81
25	영탑1리	25	0.55	0.49	0.90	0.73	0.67
26	영탑2리	26	0.49	0.40	0.70	0.92	0.63
27	영탑3리	27	0.75	0.74	1.03	0.97	0.87
28	웅도리	28	0.48	0.39	0.66	0.01	0.39
29	명지j 타워	29	0.71	1.06	0.75	1.06	0.90
30	벌천포오토캠핑장	30	0.47	0.97	1.00	1.47	0.98
31	대산 종합시장	31	0.56	1.15	0.62	1.02	0.84

※ 본 자료는 패시브 샘플링방법을 통해 얻은 자료로 공정시험방법(고체흡착법 등)을 통해 분석된 자료와 비교분석 할 수 없음

◀ H. 부록 마을별 개별 VOC 물질의 농도수준 (o-자일렌)

(단위 : ppb)

No.	ID	시료명	o-Xylene				평균
			봄	여름	가을	겨울	
1	화곡1리	1	0.17	0.00	0.05	0.58	0.20
2	화곡2리	2	0.62	0.09	0.26	1.70	0.67
3	화곡3리	3	0.00	0.16	0.03	0.00	0.05
4	독곶1리	4	0.17	0.14	0.12	0.33	0.19
5	독곶2리	5	1.07	4.20	0.76	2.44	2.11
6	대죽1리	6	4.96	5.32	0.86	8.27	4.85
7	대로1리	7	0.04	0.03	0.04	0.30	0.11
8	대로2리	8	0.17	0.35	0.09	1.98	0.65
9	대로3리	9	0.36	0.79	0.08	1.86	0.77
10	기은1리	10	0.23	0.27	0.12	2.03	0.66
11	기은2리	11	0.31	0.03	0.14	0.88	0.34
12	오지1리	12	0.06	0.10	0.03	0.00	0.05
13	오지2리	13	0.05	0.06	0.02	0.00	0.03
14	대산1리	14	0.05	0.08	0.05	0.73	0.23
15	대산2리	15	0.08	0.04	0.08	0.35	0.14
16	대산3리	16	0.04	0.00	0.06	0.61	0.18
17	대산4리	17	0.05	0.14	0.04	0.29	0.13
18	대산5리	18	0.12	0.12	0.07	0.53	0.21
19	대산6리	19	0.07	0.06	0.07	0.39	0.15
20	운산1리	20	0.08	0.17	0.06	0.66	0.24
21	운산2리	21	0.13	0.07	0.05	0.48	0.18
22	운산3리	22	0.05	0.07	0.00	0.00	0.03
23	운산4리	23	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01
24	운산5리	24	0.00	0.08	0.03	0.78	0.22
25	영탑1리	25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
26	영탑2리	26	0.00	0.09	0.05	0.00	0.03
27	영탑3리	27	0.10	0.03	0.03	0.54	0.18
28	웅도리	28	0.04	0.09	0.00	0.00	0.03
29	명지j 타워	29	0.43	0.00	0.06	1.89	0.59
30	벌천포오토캠핑장	30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31	대산 종합시장	31	0.11	0.59	0.19	0.70	0.40

※ 본 자료는 패시브 샘플링방법을 통해 얻은 자료로 공정시험방법(고체흡착법 등)을 통해 분석된 자료와 비교분석 할 수 없음

◀ I. 부록 마을별 개별 VOC 물질의 농도수준 (스틸렌)

(단위 : ppb)

No.	ID	시료명	Styrene				
			봄	여름	가을	겨울	평균
1	화곡1리	1	0.74	3.34	0.64	0.56	1.32
2	화곡2리	2	0.40	0.54	0.71	0.47	0.53
3	화곡3리	3	0.53	0.66	0.68	0.62	0.62
4	독곶1리	4	1.45	1.09	0.84	1.13	1.13
5	독곶2리	5	0.89	1.69	0.76	0.65	1.00
6	대죽1리	6	1.18	0.83	0.45	0.45	0.72
7	대로1리	7	0.26	0.49	0.34	0.52	0.40
8	대로2리	8	0.31	0.56	0.48	0.58	0.48
9	대로3리	9	0.55	0.69	0.40	0.61	0.56
10	기은1리	10	0.49	0.58	0.46	0.64	0.54
11	기은2리	11	0.51	0.40	0.49	0.67	0.52
12	오지1리	12	0.31	0.43	0.49	0.59	0.45
13	오지2리	13	0.26	0.56	0.44	0.71	0.49
14	대산1리	14	0.45	0.70	0.74	1.05	0.74
15	대산2리	15	0.45	0.78	0.78	0.74	0.69
16	대산3리	16	0.35	0.84	0.37	0.57	0.53
17	대산4리	17	0.43	0.57	1.42	0.63	0.76
18	대산5리	18	0.40	0.57	0.54	0.62	0.53
19	대산6리	19	0.32	0.86	0.61	0.62	0.60
20	운산1리	20	0.37	0.58	0.52	0.65	0.53
21	운산2리	21	0.49	0.53	0.65	0.62	0.57
22	운산3리	22	0.55	0.44	0.58	0.27	0.46
23	운산4리	23	0.67	0.61	1.22	0.64	0.78
24	운산5리	24	0.44	0.81	0.65	0.86	0.69
25	영탑1리	25	0.46	0.33	0.89	0.54	0.55
26	영탑2리	26	0.41	0.53	0.67	0.68	0.57
27	영탑3리	27	0.59	0.68	0.96	0.73	0.74
28	웅도리	28	0.38	0.31	0.55	0.00	0.31
29	명지j 타워	29	0.59	1.11	0.62	0.41	0.68
30	벌천포오토캠핑장	30	0.36	0.71	0.83	0.74	0.66
31	대산 종합시장	31	0.39	1.08	0.47	0.81	0.69

※ 본 자료는 패시브 샘플링방법을 통해 얻은 자료로 공정시험방법(고체흡착법 등)을 통해 분석된 자료와 비교분석 할 수 없음

연구책임	이상신 기후변화대응연구센터 책임연구원
	김종범 기후변화대응연구센터 책임연구원
	윤수향 기후변화대응연구센터 연구원
연구참여	김아람 기후변화대응연구센터 연구원
	정석한 기후변화대응연구센터 연구원
	전준민 (주)그린환경종합센터 대표이사

정책지원과제 2019-03

대산지역 산업악취 원인규명과 관리계획 수립 기초조사 연구

발행일 : 2019년 06월

발행인 : 충남연구원장

발행처 : 충남연구원 서해안기후환경연구소

(32258) 충청남도 홍성군 흥복읍 흥예로 360

홈페이지 <http://www.shari.re.kr>

발간등록번호 : -
