

시·군별 대기오염 특성을 고려한 대기질 관리방안

시·군별 대기오염 특성을 고려한 대기질 관리방안

저자

김종범 · 박세찬 · 황규철



◀ 주요연구내용 및 정책제안

■ 주요연구내용

충청남도는 지리적으로 한반도 정서쪽에 위치하여 중국 등으로부터 유입되는 장거리 이동 오염물질에 직접적인 영향을 받으며, 석탄화력발전소를 비롯해 전국 3대 제철소 및 석유화학단지 등 대형배출시설들의 영향이 큰 지역이다. 또한 천안, 아산과 같은 도농복합지역과 금산, 예산 등과 같이 농·축·수산업이 혼재되어 있어 지역별 대기오염 특성이 다르게 나타난다. 본 연구는 이처럼 다양한 배출특성을 가지는 충청남도 내 15개 시·군의 대기오염물질 배출 특성과 주요 관리물질 선정을 통해 향후 도내 대기질 개선목표 수립의 기초자료로 제공하고자 수행되었다.

첫 번째로 정부에서 연단위로 산정하여 배포하고 있는 대기정책지원시스템(CAPSS)을 기반으로 시·군별 대기오염물질의 배출 특성을 분석하였다. CAPSS는 1999년부터 TSP 등 9가지 오염물질에 대해 부문별, 지역별 배출량을 산정하여 고시하고 있다. 충청남도는 15개 시·군별 배출량을 산정하고 있으며, 천안시만 2개 구로 분류하고 있어 본 연구에서는 총 16개 시·군·구를 대상으로 배출특성을 분석하였다. 국가미세먼지정보센터에서는 2021년 배출량을 산정하면서 배출량 산정체계를 기존 v.5에서 v.6로 수정하였다. 본 연구에서는 v.6으로 수정 제시된 2016년부터 2021년을 분석 대상으로 선정하였고, 지난 6년간의 배출량을 기반으로 각 시·군의 주요 배출 부문과 오염물질을 선정하였다.

두 번째로 환경부에서 운영 중인 대기환경측정망 자료를 기반으로 지역별 오염도를 분석하였다. 환경부에서 고시하고 있는 대기환경측정망은 일반대기측정망, 배출원감시측정망, 특수대기측정망, 장거리성분측정망으

로 분류되며, 그 중 본 연구에서는 일반대기측정망으로 분류되는 도시대기 측정망 자료를 대상으로 분석하였다. 충청남도에는 2016년까지 15개 시·군에 단 6개의 도시대기 측정망이 운영되었으나 고농도 미세먼지 발생 등의 이유로 지역별 대기질 모니터링의 중요성이 증가함에 따라 지속적으로 증설되어 2024년 4월 기준 40개소의 도시대기 측정망이 운영 중에 있다. 본 연구에서는 환경부에서 2022년 확보한 자료를 대상으로 총 39개 측정망을 대상으로 선정하였다. 하지만 충남지역 내 측정망이 비교적 최근에 설치된 곳이 많아 충남 전체에 대한 대표적인 농도값을 제시하기에는 어려움이 있다. 이에 15개 시·군의 데이터가 확정되어 제시되기 시작한 2018년부터 2022년을 대상으로 각 시·군별 주요 관리물질을 제시하였다.

세 번째로 CAPSS와 농도값 분석자료를 기반으로 15개 시·군의 주요 관리부문과 오염물질을 선정하였다. 배출량이 많은 물질이 그 지역의 대표 오염물질로 선정될 수 있으나 배출량 산정물질과 도시대기 측정망의 측정항목이 상이할 수 있으며, 그 지역의 환경 및 지형, 기상조건 등에 따라 다른 결과가 도출될 수 있다. 시·군별 대기오염도 역시 이러한 이유로 배출원과 주요 오염물질과 상이한 결과가 나타날 수 있다. 이에 본 연구에서는 6개의 환경기준 물질을 대상으로 각 오염물질별 상위 5개 지역을 대상으로 주요 관리물질로 선정하였다.

마지막으로 분석된 대기오염물질 배출량과 농도를 기반으로 관리그룹을 분류하였고, 각 그룹별로 우선적으로 추진되어야 할 정책을 제안하였다.

◀ 주요연구내용 및 정책제안

▣ 정책 제안

1. 충남 서북부지역에 대한 정밀조사와 영향 분석

환경 자료 분석 결과, 충남 서북부에 위치한 서산, 당진, 천안, 아산 4개 도시는 충남 전체 대기오염물질 배출의 63%를 차지하며 높은 배출 기여도를 보였다. 또한, 환경기준물질을 기준으로 한 고위험도 분석에서 당진은 5개 물질, 서산, 천안, 아산에서는 각각 4개 물질이 확인되어 중점 관리가 필요한 지역으로 나타났다. 하지만 이들 지역에 대한 정밀현황 조사가 이루어지지 않아 광역적인 지역 특성자료가 부족한 실정이다. 향후 각 시·군별 배출특성 및 광역적인 기여도 분석을 통해 종합적인 개선대책 수립이 필요할 것으로 판단된다.

2. VOCs 배출원 기반 개선정책 추진

다양한 대기개선 정책 추진과 사업체의 노력으로 충청남도의 대기오염물질 배출량은 급격한 감소를 보이고 있으며, 전국 대비 배출기여도 역시 2016년 2위에서 2021년 4위로 개선되고 있는 것으로 나타나고 있다. 하지만 내부적으로 검토해보면 아직도 서산과 당진의 배출기여도가 높으며, 특히 배출량 1위의 서산의 경우 VOCs 배출이 가장 큰 부분을 차지하고 있는 것으로 확인된다. 또한 2020년부터 시행중인 충청남도 대기환경관리 시행계획의 이행 평가 결과, 다른 물질에 비해 VOCs에 대한 감축 실적이 목표 대비 저조하게 나타나고 있어 이에 대한 개선사업 발굴과 추진이 필요한 것으로 나타났다.

3. O₃에 대한 관리방안 마련

정부의 개선노력으로 환경기준물질 중 SO₂와 CO의 경우 기저수준까지 농도가 개선된 것으로 확인되고 있으나 2차 생성물질인 PM_{2.5}와 O₃에 대한 개선 효과는 미미하게 나타나고 있다. 특히 O₃의 경우 지난 십수년간 3배에 가까운 농도 증가를 보였으며, 세계적으로도 상승 추세를 보이고 있어 이에 대한 대책 마련이 시급하다. 성층권에 분포하고 있는 O₃의 경우 태양으로부터 유입되는 유해광선을 차단해주는 긍정적인 효과를 보이거나 지표 부근의 O₃은 각막손상, 식물 광합성 방해, 피부염증, 간과 폐질환 야기 등 보건학적으로 유해한 것으로 알려져 있다. 특히 환경취약계층인 노약자가 많이 거주하고 있는 충청남도의 특성상 이에 대한 관리가 필요하다. O₃은 2차 생성 오염물질로 직접적인 관리가 어려운 만큼 VOCs와 NO_x 같은 전구물질에 대한 관리가 요구되며, 자연조건에서 전구물질 간의 상관성과 변화메커니즘 조사 및 연결고리 상쇄방법 도출이 필요하다.

4. 대기관리권역 내 제외된 금산군에 대한 재검토

2020년 PM_{2.5}에 대한 기여도를 중심으로 대기관리권역을 선정할 때 금산은 충남지역 내에서 유일하게 제외되었다. 이후 4년의 시간이 흘러 2차 충청남도 대기환경관리 시행계획을 수립하고 있는 가운데 금산이 또 제외되었다. 하지만 배출량만으로 봤을 때 금산은 계룡보다 높은 배출량을 보이며, 2022년 기준 주요 환경기준물질의 농도를 보더라도 충남지역 내 PM_{2.5} 농도 중 중위권 수준(9위)의 농도를 보이고 있어 권역법 내 제외지역에 대한 타당성 검토가 필요할 것으로 판단된다.

◀ 주요연구내용 및 정책제안

5. 광화학 대기오염물질 추가설치

서울의 경우 605 km²의 면적에 25개의 도시대기측정소가 설치되어 운영되고 있는 것에 반해 충청남도는 15개 시·군 총 8,629 km² 면적에 40개소가 운영되고 있으며, 이는 평균 575 km²의 면적을 가지는 1개 시·군에 2.7개의 측정소가 운영되고 있는 것으로 나타나 추가적인 대기환경 측정망 설치가 필요할 것으로 판단된다. 2017년 이전까지 6개소에서 2024년 4월 기준 40개소로 수년 사이 급격한 측정망 증설이 있었다는 점과 측정망 설치의 우선 순위가 노출 인구에 우선시 된다는 점을 감안했을 때 추가적인 측정소 설치에 어려울 수 있다. 하지만 비상저감조치나 계절관리제 추진시 근거가 측정 농도임을 감안하면 1개 시·군에 1개의 측정망이 설치되어 운영되고 있는 금산, 부여, 계룡에는 추가 설치에 대한 검토가 필요할 것으로 판단된다. 면적과 오염도를 고려하였을 때 우선 순위는 부여 > 금산 > 계룡 순으로 검토되었다. 하지만 이보다 O₃이나 VOCs 대한 관리를 위해 광화학 측정망이 우선적으로 설치되어야 할 것으로 판단된다. 광화학 측정망은 O₃관리를 위한 주요 기초자료로 활용될 수 있으나 중부권(대전, 세종, 충남, 충북, 전북)을 통틀어 단 1개의 측정망도 설치되어 있지 않다. 대형배출시설과 해안에 인접해 있는 등 O₃ 생성에 유리한 입지를 가지고 있는 충남지역 내 우선적 설치와 운영이 필요할 것으로 판단된다.

목 차

제1장 서 론	1
1. 연구 배경 및 목적	3
2. 연구 내용 및 방법	8
3. 연구추진 체계	15
제2장 선행연구 및 정책동향 검토	17
1. 선행연구 검토	19
2. 정책동향 검토	31
제3장 대기오염 특성분석	45
1. 자료수집 및 분석	47
2. 대기오염물질 배출특성 분석	49
3. 대기오염물질 농도변화 특성 분석	67
4. 대기오염물질 배출량 및 농도DB 구축	78
제4장 대기오염 특성을 고려한 대기질 관리방안	83
1. 시·군별 주요 배출분야 및 관리물질 선정	85
2. 그룹별 대기관리 정책 제안	96

제5장 결론 및 정책제언	103
1. 연구 요약	105
2. 정책 제언	107
참고문헌	115

표 목차

〈표 1-1〉 도시대기측정망 운영 현황	9
〈표 2-1〉 선행연구 사례 및 본 연구와의 차별성	26
〈표 2-2〉 충청남도의 대기환경관리 시행계획 이행평가 결과	38
〈표 2-3〉 CAPSS 배출원 분류체계	40
〈표 4-1〉 대기환경 특성을 고려한 지역 그룹화 및 주요 배출원과 관리물질	90
〈표 4-2〉 시·군별 대기질 관리방향 제시	91
〈표 4-3〉 중부권 노후 발전설비 폐쇄 및 대체 일정	95
〈표 4-4〉 제2차 중부권 대기환경관리 기본계획 기반 세부 정책사업 내역	97
〈표 5-1〉 전국에서 운영 중인 광화학 대기오염물질 측정망 현황	113

그림 목차

[그림 1-1] 에어코리아 사이트	7
[그림 1-2] 배출량-농도기반 시·군별 대기질 관리 방법론	11
[그림 1-3] 연구추진 흐름도	16
[그림 2-1] 수도권 대기환경관리 특별법	32
[그림 2-2] 미세먼지관리 종합계획과 미세먼지법 전문	33
[그림 2-3] 대기관리권역과 관련 법규 전문	35
[그림 2-4] 제3차 대기환경개선 종합계획 내용	36
[그림 2-5] 대기환경분야 정책 추진 현황	38
[그림 2-6] 권역별 기본계획의 변경 사항	39
[그림 2-7] 대기환경측정망 분류 체계	43
[그림 2-8] 대기환경연보 및 주요 측정망 설치현황	44
[그림 3-1] 전국의 대기오염물질 배출량 변화	50
[그림 3-2] 충청남도의 대기오염물질 배출량 변화	52
[그림 3-3] 시·군별 대기오염물질 배출특성	54
[그림 3-4] 시·군별 대기오염물질 배출량 정보 (2018년)	63
[그림 3-5] 시·군별 대기오염물질 배출량 정보 (2019년)	64
[그림 3-6] 시·군별 대기오염물질 배출량 정보 (2020년)	65
[그림 3-7] 시·군별 대기오염물질 배출량 정보 (2021년)	66
[그림 3-8] 충남지역 주요 도시의 대기오염물질 농도변화 추이	70
[그림 3-9] 시·군별 대기오염물질 농도 변화 (2019년)	74
[그림 3-10] 시·군별 대기오염물질 농도 변화 (2020년)	75
[그림 3-11] 시·군별 대기오염물질 농도 변화 (2021년)	76

[그림 3-12] 시·군별 대기오염물질 농도 변화 (2022년)	77
[그림 3-13] 배출량 관련 정보DB 시트의 구성	79
[그림 3-14] 농도관련 정보DB 시트의 구성	81
[그림 5-1] 충청남도 내 대기환경측정망 운영 현황	111
[그림 5-2] 제3차 대기환경개선 종합계획 감축목표와 추진전략	114

제 1 장

서론

1. 연구 배경 및 목적
2. 연구 내용 및 방법
3. 연구추진 체계

1. 연구 배경 및 목적

1) 연구 배경

(1) 미세먼지 이슈에 따른 국민적 관심과 우려 증가

최근 미세먼지로 대표되는 대기오염은 산업혁명 이후 꾸준히 발생되어 왔고, 우리 주변에서 직간접적으로 영향을 미치고 있었다. 하지만 대부분의 오염물질은 자연의 자정작용과 인간의 개선 노력으로 일정 수준을 유지하였으나 최근 고농도 미세먼지 발생사례 증가로 인해 국민적 관심과 우려가 증가하고 있다.

(2) 대기관리권역법 추진에 따른 지역별 대기질 개선정책 수립 요구

2003년부터 수도권을 중심으로 추진되던 대기관리권역법을 전국으로 확대하여 추진하기 위해 2020년 “대기관리권역의 대기환경개선에 관한 특별법(이하 대기관리권역법)”이 수립되었고, 이에 따라 중부권으로 포함된 충청남도는 중부권 기본계획에 따른 목표 달성을 위한 충청남도 맞춤형 시행계획을 수립·추진해야 한다. 대기환경개선 종합계획의 목표 달성을 위해 권역별 기본계획이 수립되었고, 각 지자체는 중부권 목표 달성을 위한 정량적인 개선정책을 추진 중에 있다.

(3) 지역 맞춤형 정책수립을 위한 지역별 대기질 특성 분석 필요

중부권의 대기질 개선 목표 달성을 위해 중부권에 포함된 5개 시도는 산업, 도로, 비도로, 생활, 정책 등 5개 분야 대한 개선정책을 추진 중에 있다. 하지만 다양한 배출특성과 상이한 환경조건을 가지는 다른 지역에 대해 유사한 개선정책으로 관리하는 것은 한계가 있다. 충남의 경우 석탄화력발전소와 제철소, 석유화학단지 등 대형배출시설에 의한 영향이 크며, 대전은 전형적인 도심지역으로 이동오염원에 의한 기여도가 높게 나타나고 있다. 세종은 기존의 충남에 포함되어 있던 연기군이 세종특별자치도로 승격되면서 정책의 중심지로 탈바꿈 하였지만 아직까지도 도시지역과 농촌지역의 특성이 동시에 나타나고 있다. 전북은 전통적인 농업배출 특성이 강한 지역이고, 충북은 도심과 산업의 배출특성을 두루 나타내고 있다. 이처럼 다양한 특성을 가지는 지역에 대해 대기질 개선을 달성하기 위해서는 큰 틀의 개선대책과 더불어 지역별 맞춤형 정책추진이 필요하다. 지역별 맞춤형 정책 수립과 추진을 위해서는 그 지역에 대한 배출과 환경특성에 대한 조사와 분석 결과가 선제적으로 제시되어야 하며, 이를 근거로 세부적인 정책이 수립되어야 한다.

이에 본 연구에서는 충청남도의 15개 시·군을 대상으로 대기오염물질 배출특성과 오염도를 중심으로 각 시·군별 관리 부문과 물질을 제시하고자 한다.

2) 연구 목적

본 연구에서는 충청남도과 충청남도를 이루고 있는 15개 시·군을 대상으로 우선적으로 관리해야 하는 부문과 오염물질을 제시하여, 향후 충청남도과 각 시·군의 대기관리 정책 수립시 필요한 기초자료를 제공하고자 한다. 현재 대기오염물질은 환경부에서 CAPSS¹⁾란 명칭으로 연단위로 산정하여 공표하고 있

으며, 대기오염물질은 환경부의 측정망 운영지침²⁾에 의거 국가 및 지자체에서 목적에 따라 설치·운영하고 있다.

CAPSS는 1999년부터 대기오염물질 배출목록에 근거하여 점·면·이동오염원에서 배출되는 9가지 대기오염물질³⁾의 배출량을 산정하여 배포하고 있으며, 산정된 배출량은 국가 대기오염물질 배출량 서비스를 통해 오염물질별, 배출원별, 지역별로 구분하여 제공되고 있다. 배출량 분류체계는 2015년 이전까지 에너지 산업연소, 비산업연소, 제조업연소, 생산공정, 에너지수송 및 저장, 유기용제 사용, 도로이동오염원, 비도로이동오염원, 폐기물처리, 기타 면오염원, 농업 등 11개 분야로 산정하였으나 2015년 이후 비산먼지와 생물성연소가 포함되어 현재 총 13개 부문으로 분류하고 있다. CAPSS는 9개 물질 13개 부문에 대해 시·군·구까지 분류하여 제시하고 있는데 충청남도는 천안시 2개 구를 포함하여 총 16개 시·군·구의 분야별 오염물질 배출량을 제시하고 있다. 이에 본 연구에서는 15개 시·군의 주요 대기오염물질 배출 분야와 오염물질을 제시하고자 한다.

대기오염물질 배출량과 더불어 지역 대기질을 대표하는 것이 바로 대기오염물질 농도 이다. 배출원에서 방출된 오염물질은 대기 중에서 희석·확산되어 사라지기도 하지만, 반대로 정체·농축되어 고농도의 대기오염물질은 인체 노출의 피해를 초래하기도 한다. 충청남도는 2016년까지 15개 시·군에 총 6개의 도시대기 측정망이 운영되고 있었다. 하지만 대기오염에 대한 국민적 관심이 증가하면서 점차 증설되어 2024년 4월 기준 40개소의 도시대기 측정망이 운영 중에 있다. 지자체에서 운영 중인 측정망은 각 측정망에서 측정된 데이터를 각

1) 환경부, 대기환경정책지원시스템(Clean Air Policy Support System, CAPSS)

2) 환경부(국립환경과학원), 대기환경측정망 설치·운영 지침

3) TSP, PM₁₀, PM_{2.5}, SO_x, NO_x, VOCs, NH₃, CO, BC

시도 보건환경연구원에서 생산 후 실시간으로 도 산하 사이트나 에어코리아⁴⁾로 전송하게 되고, 향후 데이터 확정을 통해 일반인에게 보고서 형식으로 배포된다. 본 연구에서는 정보의 신뢰성 확보를 위해 확정자료를 대상으로 데이터 분석을 수행하였고, 2022년 기준 총 39개 측정망의 확정자료를 대상으로 선정하였다. 측정소별로 선정된 자료는 시·군별로 재편입 되었고, 전반적인 농도변화 패턴을 분석하였다. 또한 분석에 활용된 데이터 DB는 CAPSS 자료와 함께 엑셀시트로 제작하여 도와 시·군 대기관리 담당자에게 전달, 정책 추진의 기초 자료로 활용할 수 있도록 하고자 하였다.

최종적으로 배출량자료와 농도자료를 종합 분석하여 각 충청남도 및 각 시·군의 대기오염 개선을 위한 우선관리 부문과 오염물질을 선정하여 제시하고자 한다.

3) 정책 활용 및 기대효과

2000년대 초기 인구가 밀집되어 있던 수도권을 중심으로 대기질 관리가 이루어져 왔으며, 2020년 대기관리권역법이 신설되면서 권역별 대기질 관리 정책이 수도권에서 전국으로 확산되었다. 하지만 충남이 포함되어 있는 중부권 역시 지역 경제 특성에 따른 대기오염물질 배출과 환경조건에 의해 지역별 맞춤형 정책이 수립·추진되어야 함에도 불구하고 준비의 부족과 정보의 부재로 중부권이란 이름으로 동일한 정책이 추진되고 있다. 충남지역 15개 시·군이 상이한 배출특성을 가지는 만큼 지역 내에서도 다른 정책 수립과 추진이 필요하나 아직까지 지역별 특성을 고려한 맞춤형 정책이 수립되지 못하고 있다. 본 연구에서는 15개 시·군의 배출량 자료와 농도변화 특성을 기반으로 지역별 우

4) 환경부에서 운영하고 있는 대기환경정보 포털 사이트 (www.airkorea.or.kr)

선관리 부문과 오염물질을 제시하고자 한다. 향후 본 연구는 현재 수립 중인 제2차 충청남도 대기환경관리 시행계획과 각 시·군의 대기질 개선정책 수립의 기초자료로 활용될 것으로 기대된다.



[그림 1-1] 에어코리아 사이트

2. 연구 내용 및 방법

1) 연구 내용

(1) 대기오염물질 배출특성에 따라 지역별, 우선관리 분야 및 물질 선정

현재 대기오염물질 배출량 자료는 1999년부터 산정되어 연단위로 제시되고 있다. 하지만 2021년 배출량을 산정하면서 기존의 v.5에서 v.6로 산정방법이 개선되었고, 이 과정에서 기존 산정방법론의 문제점이 보완되었다. 보완된 방법론을 기반으로 기존 자료 중 2016년부터 2020년까지 배출량이 재산정 되었으며, 기존 배출량과 상이한 차이를 보이고 있다. 이에 본 연구에서는 v.6 산정 방법론으로 산정된 2016~2021년의 배출량 자료를 대상으로 충청남도 및 15개 시·군의 배출특성을 분석하였다.

(2) 대기오염 농도 기반 지역별 우선관리 물질 선정

대기오염 농도 역시 1999년부터 산정하기 시작하였다. 하지만 앞서 언급한 것처럼 2016년까지는 성황동(천안), 백성동(천안), 독곶리(서산), 동문동(서산), 정곡리(당진), 모종동(아산) 등 총 6개소만이 존재하였고, 이후 꾸준히 증가하여 40개소까지 증설되었다. 하지만 본 연구에서는 실시간 자료가 아닌 환경부에서 공식 확정하여 고시한 자료를 대상으로 하고자 하였기에 2022년까지의 자료만을 대상으로 하였다. 전반적인 농도변화 추이는 1999년부터 모든 자료를 활용하였고, 지역별 우선관리 오염물질 선정에는 비교적 충남지역에 측정

설치가 완비된 2018년부터 2022년까지 5년 자료를 활용하였다. 표 1-1은 현재 충청남도에서 설치·운영 중인 도시대기측정망 현황이다.

〈표 1-1〉 도시대기측정망 운영 현황 (2024. 4월 기준)

도시	측정소명	주소	용도
천안	성황동	천안시 동남구 복자1길 24(성황동 35-13) 문성어린이집	주거
	백석동	천안시 서북구 백석공단1로 20(백석동 555-57) 백석농공단지	녹지
	성거읍	천안시 성거읍 천흥리 8길7(천흥산업단지 내 족구장)	공업
	신방동	천안시 동남구 천안천변길 127 맑은물사업소 하수처리장	녹지
당진	난지도리	당진시 석문면 대호만로 2888-14(난지도리 533)	폐쇄
	당진시청사	당진시 시청1로 1 (당진시청사)	주거
	정곡리	당진시 송악읍 신돌구지길 3(정곡리 66-12) 정곡마을회관	폐쇄
	송산면	당진시 송산면 유곡로 342-27 (공공하폐수처리시설 옥상)	공업
	합덕읍	당진시 합덕읍 합덕리 340-3	녹지
서산	독곶리	서산시 대산읍 평신1로 한국수자원공사 대산산업용수센터	녹지
	(이전)	서산시 대산읍 독곶1로 94 구)농협지소 옥상	-
	동문동	서산시 중앙로 38-1(동문동 915) 서산초등학교 4동 교사	주거
	대산리	서산시 대산읍 충의로 1942 대산종합시장 옥상	상업
	성연면	서산시 성연면 마루들길 15 보건지소 옥상	녹지
아산	모종동	아산시 번영로 224번지 20(모종동 573-2) 아산시보건소	주거
	배방읍	아산시 배방읍 배방로 38(배방읍사무소 옥상)	주거
	도고면	아산시 도고면 기곡리 296-4	상업
	둔포면	아산시 둔포면 중앙공원로 43 중앙공원	공업
	인주면	아산시 인주면 걸매리 1048	공업
	송악면	아산시 송악면 역촌리 40 송악면 행정복지센터 옥상	계획관리
논산	논산	논산시 시민로 389 (취암동행정복지센터 2층옥상)	주거
	연무읍	논산시 연무읍 안심로 50 연무읍사무소 옥상	주거
	성동면	논산시 성동면 산업단지5로5길 73-28 논산지방산업단지 기숙사	공업
태안	이원면	태안군 이원면 분지길 14 (이원면사무소 1층 나동 옥상)	주거

도시	측정소명	주소	용도
	태안읍	태안군 태안읍 군청6길(남문리 711-6)(태안군 장애인복지관)	주거
	원북면	태안군 원북면 상리길 17-4 원북면 보건지소 옥상	계획관리
보령	대천2동	보령시 중앙로 142-16 (대천2동 주민센터 옥상)	주거
	주교면	보령시 주교면 울계큰길 396(주교면사무소 옥상)	계획관리
홍성	홍성읍	홍성군 홍성읍 내포로 136번길 29 (느티나무 어린이집 옥상)	주거
	내포	홍성군 홍북읍 홍예공원로 8 보건환경환경연구원 부지 내 1층	녹지
공주	공주	공주시 봉황로 1 (공주시의회 옥상)	주거
	탄천면	공주시 탄천면 안터새말길 34 안영1리 경로당 옥상	계획관리
부여	부여읍	부여군 부여읍 사비로 36 (부여읍행정복지센터 옥상)	주거
청양	청양읍	청양군 청양읍 칠갑산로 7길 54(청양군 보건의료원 옥상)	주거
	정산면	청양군 정산면 서정리 44 정산커뮤니티센터(행복마을터) 옥상	주거
금산	금산읍	금산군 금산읍 비호로 69(금산읍사무소 별관 옥상)	주거
예산	예산군	예산군 예산읍 신흥길 63 예산읍 다목적노인회관 옥상	주거
		예산군 예산읍 주교로 64 (예산군청 별관 옥상)	이전
	삽교읍	예산군 삽교읍 두리3길 33 삽교읍 행정복지센터 옥상	주거
계룡	엄사면	계룡시 엄사면 변영7길 17 (엄사도서관 옥상)	주거
서천	서천읍	서천군 서천읍 서천로 14번길 20 (서천읍 문예의전당 주차장)	주거
	서면	서천군 서면 서인로 761 (서면보건지소 옥상)	계획관리
	장항읍	서천군 장항읍 장산로 297 한국철도시설공단 부지 내	상업

자료: 환경부, 대기환경연보 (2023)

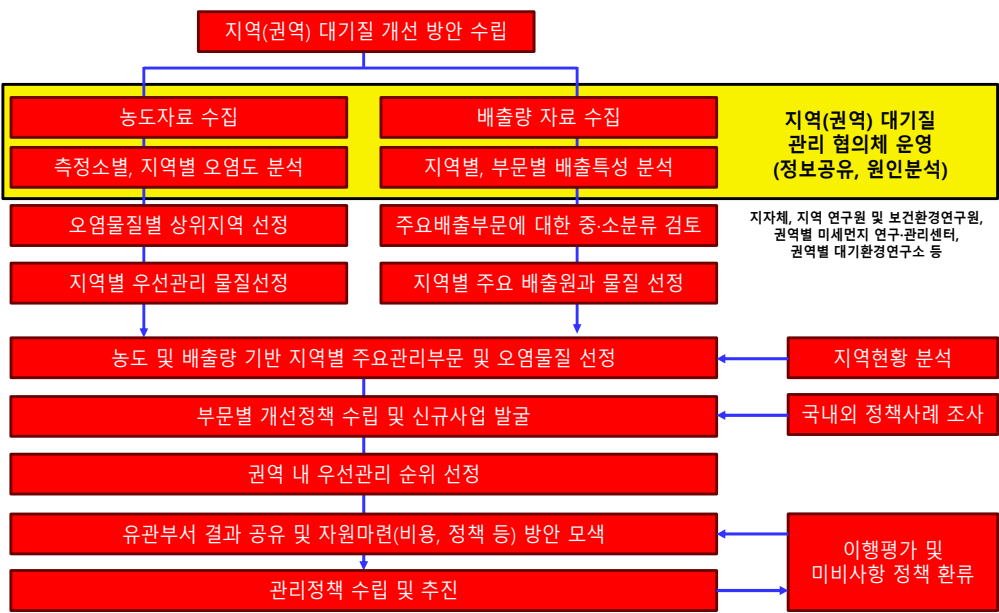
(3) 배출량과 농도기반 정보DB 제작 및 배포

배출량과 농도자료 기반 충청남도 및 각 시·군별로 조사·분석된 자료는 엑셀 시트 형식의 정보DB로 제작하여, 정책 실무자와 유관기관 연구자에게 배포하였다. 연단위로 작성하여 배포 중인 환경자료들은 전국의 모든 자료와 모든 물질이 포함되어 있어 지역별로 재구성하여 검토, 분석하기에는 많은 시간과 노력이 소요되며, 환경관련 자료 분석에 경험이 없는 사람들은 자료수집과 활용

에 많은 어려움이 있을 수 있다. 이에 관련 정보들은 각 지역별, 오염물질별, 연도별로 정리하여 정책수립 기초자료 활용과 추진효과 분석에 쉽게 활용할 수 있도록 배포하고자 한다.

(4) 배출량과 농도기반 지역별 대기질 관리 방법론 개발

배출량과 농도자료 기반 지역별 대기질 개선방안 수립을 위한 방법론을 제안하였다. 농도자료를 기반으로 측정소별, 지역별 오염도 분석을 수행하고, 이를 대상으로 오염물질별 우선관리 지역을 선정하게 된다. 이때 우선관리 지역은 도시대기측정망에서 측정된 환경기준 물질 6가지를 대상으로 하며, 각 물질별로 높은 농도를 보인 상위 5개 시·군으로 선정하였다. 배출량 자료 기반으로 지역별, 부문별 배출특성을 파악하고 주요 배출부문에 대해 대·중·소분류를 검토하여 지역별 주요 배출부문과 물질을 선정하게 된다.



[그림 1-2] 배출량-농도기반 시·군별 대기질 관리 방법론

(5) 중부권 대기환경관리 기본계획과 연계한 정책 제안

연구결과를 기반으로 중부권 대기환경관리 기본계획과 연계한 정책을 제안하고자 한다. 지역 특성을 고려하되, 예산편성이나 실행이 어려운 정책은 현장에서 운영하기 어려울 수 있으므로 중부권 기본계획 및 제2차 충청남도 대기환경관리 시행계획(2024~2029)과의 연관성을 고려한 정책을 제안하고자 한다. 이렇게 분석된 자료는 지역 내 지역 연구원 및 보건환경연구원, 권역별 미세먼지 연구관리센터, 권역별 대기환경연구소 등과 정보를 공유하여 원인분석과 정책 개발에 활용할 수 있도록 컨소시엄을 구성하도록 제안하고자 한다.

2) 연구 방법

(1) 배출량과 농도관련 자료 수집

국가미세먼지정보센터와 에어코리아를 대상으로 확정된 배출량 및 농도자료를 수집한다. 배출량 자료는 3년의 기간을 두고 배출량 자료가 산정, 배포되기 때문에 2021년까지의 고시자료를 확보하여 활용하였다. 농도자료 역시 데이터의 신뢰성 확보를 위해 환경부에서 확정 고시한 2022년까지의 자료를 대상으로 수집하여 활용하였다.

(2) 배출량 기반 관리부문과 오염물질 선정

가장 최근인 2021년 배출량 기준, CAPSS의 분류체계에 따라 충남의 시·군별로 세분화한 뒤 배출원별 중분류까지 분류하여 배출량을 분석하였다. 각 배출원별 배출기여도가 높은 부문과 오염물질을 선정하였다.

(3) 농도 기반 우선관리 물질 선정

충남지역 내 15개 시·군의 측정망 데이터가 안정적으로 수집되기 시작한 2018년부터 2022년도 자료를 기반으로 측정소별, 시·군별, 충남도의 농도자료를 통계분석 후 각 오염물질별로 오염도가 높은 지역 상위 5개 시·군에 대해 관리대상 물질로 제안하였다.

(4) 현장에서 활용 가능한 정보 DB시트 제작 및 배포

본 연구를 수행함에 있어 기초자료로 활용된 배출량 자료와 농도자료는 대기 환경 분야 연구와 정책 수립에 있어서 근간이 되는 자료이다. 지역의 배출량 자료는 그 지역의 산업구조와 연계되며, 주요 오염물질일 배출량 감소를 위한 정책이 수립되어 추진되어야 한다. 농도자료는 배출량 감축에 따른 개선효과 분석에 활용되며, 외부적인 요인과 환경적 특수성이 고려되지 않는다면 배출량 감소는 즉각적인 그 지역의 농도감소로 직결될 수 있다. 하지만 중국 등의 장거리 이동오염원과 지형 및 기상조건 변화, 주변 도시의 영향 등 복합적인 영향으로 배출량 감소가 즉각적인 농도 감소로 직결되기에는 많은 어려움이 있다. 하지만 농도값은 그 지역 거주민들이 노출되는 농도 수준이며, 건강관리나 환경 기준 초과여부 판단 등에는 활용성이 높다. 이에 본 연구에서는 연구 추진과정에서 생성된 배출량과 농도자료를 DB화하여 충청남도 및 시·군 담당자의 현장 실무에 활용할 수 있게 배포하고자 한다. 하지만 언제나 연구와 현장담당자 간에는 견해와 시각적 차이가 있는바 아래와 같은 프로세스를 통해 진행하고자 한다.

- ① 배출량 및 농도자료 기초통계 처리
- ② 정보 DB 시트 제작 및 연구진 시범 사용 및 의견수렴
- ③ 충남도 및 시·군 담당자 배포 및 활용 편리성 피드백
- ④ 담당자 활용 결과 수렴 및 개선
- ⑤ 현장 배포
- ⑥ 현안과제 또는 정책지원과제로 연 단위 정보 DB 유지보수

(5) 대기질관리 방법론을 활용한 시·군별 우선관리 부문과 물질 선정

CAPSS와 농도자료 기반으로 선정된 물질을 대상으로 충남도와 시·군의 우선관리 부문과 오염물질을 선정한다. CAPSS에서 선정된 주요배출물질과 농도 기반 주요관리물질이 일치하면 그대로 정책추진 방향을 제시하고, 만약 상이하다면 산업 및 사회적, 환경특성을 고려하여 연구자의 의견을 반영하여 제시하였다.

3. 연구추진 체계

본 연구는 다음과 같은 흐름으로 진행된다.

1장에서는 연구배경과 목적, 연구방법, 연구 추진체계를 소개한다.

2장에서는 선행연구와 정책동향에 대해 검토한다. 선행연구는 충청남도, 대기질 개선, 정책, 미세먼지 등을 키워드로 한국환경연구원과 지자체 연구원을 중심으로 조사하였고, 선행적으로 수행된 연구에 대해 연구목적과 연구방법 등을 검토하였다. 정책동향은 대기환경관련 국내 관련 법규를 대상으로 최초의 대기환경보전법부터 수도권 대기환경특별법과 미세먼지특별법, 대기관리권역법의 주요 내용과 관리 경향을 분석하였고, 이를 기반으로 수행되고 있는 중부권과 충청남도의 대기환경관리 기본계획과 시행계획의 정책을 검토하였다.

3장에서는 본 연구의 본론이라고 할 수 있는 대기분야 환경정보를 조사하여 상세분석으로 실시하였다. 대기분야에서 정책 수립과 추진에 활용되는 자료는 크게 배출량자료(CAPSS)와 농도자료가 있다. 이들 자료 중 신뢰성을 확보할 수 있는 확정자료를 기반으로 자료를 수집하였고, 배출량 자료는 2016년부터 2021년 자료를, 농도자료는 2018년부터 2022년까지의 자료를 대상으로 선정하여 분석하였다. 추후 관련 자료는 1년 단위로 신규 자료가 확정되어 고시 되는대로 수정·보완하여 제공할 예정이다.

4장에서는 분석된 환경자료를 기반으로 각 시·군별 주요 관리 부문과 오염물질을 선정한다. 주요 관리부문은 배출량 자료 중 대·중·소분류 별 분석을 통해

선정하였고, 주요 관리물질은 환경기준물질 6개를 대상으로 농도가 높은 상위 5개 시·군을 대상으로 선정하였다.

마지막 5장에서는 본 연구에 대한 요약과 더불어 정책제언을 통해 향후 추가 연구 및 정책 방향성에 대해 제시하였다.

제1장 서론	1. 연구 배경 및 목적 2. 연구 방법 3. 주요 연구내용 4. 연구 전체 흐름도
제2장 선행연구 및 정책동향 검토	1. 선행연구 검토 2. 정책동향 검토
제3장 대기오염 특성분석	1. 자료수집 및 분석 2. 대기오염물질 배출특성 분석 3. 대기오염물질 농도변화 특성 분석 4. 대기오염물질 배출량 및 농도DB 구축
제4장 대기오염 특성을 고려한 대기질 관리방안	1. 시·군별 주요 배출분야 및 관리물질 선정 2. 그룹별 대기관리 정책제언
제5장 결론 및 정책제언	1. 연구 요약 2. 정책 제언

[그림 1-3] 연구추진 흐름도

제 2 장

선행연구 및 정책동향 검토

1. 선행연구 검토
2. 정책동향 검토

1. 선행연구 검토

1) 선행연구 검토

- (1) 석탄화력발전소 가동중단에 따른 충남 대기질과 주민건강 실태·정책인식 조사 연구 (명형남 외, 2017)

충청남도는 2024년 기준 전국 59기의 석탄화력발전소 중 29기가 당진, 태안, 보령, 서천에서 운영 중에 있으며, 이는 대기오염물질 및 온실가스 배출의 주범으로 알려져 있다. 전 세계적으로 기후변화 대응과 탄소중립 달성을 목표로 석탄화력발전소에 대한 단계적 폐쇄를 진행하고 있으며, 충청남도 역시 2020년에 보령 1, 2호기를 조기폐쇄 하는 등 강력한 에너지 전환 정책을 추진 중에 있다. 해당 연구에서는 석탄화력발전소 가동중단에 따른 충남의 대기질 변화와 주민 건강실태 및 건강인식 조사를 통해 정책의 실효성을 확인하였다. 연구 보고서가 작성된 2017년에는 충청남도에 대기환경측정망이 6개 불과하여 석탄화력발전소 주변지역의 연속적인 데이터는 구축하지 못하였으나, 이동 측정차량을 활용하여 가동 중단전과 후의 대기오염물질 농도를 비교하였다. HYSPLIT 모델을 활용하여 이동경로를 파악하였으며, 이를 활용하여 굴뚝 영향권과 저탄장 영향권을 선정하여 주민건강실태와 정책인식 설문조사를 수행하였다. 이를 통해 석탄화력발전소 가동중단 기간 동안 호흡기 질환 관련 질병에 대한 유의미한 인식 변화가 있다고 보고하였으며, 향후 탈석탄 관련 에너지 정책 추진을 위해서는 지속적이고 객관적인 데이터가 축적이 필요하다고 시사

한 바 있다.

(2) 충남 미세먼지 취약지역 선정 및 미세먼지 저감숲 체계마련 (사공정희 외, 2020)

충청남도는 다수의 대형배출사업장이 위치하고 있을 뿐만 아니라 축사시설 역시 다른 광역지자체보다 많은 수가 위치하고 있다. 또한, 지리적으로 해안가에 위치하고 있으며, 편서풍의 영향으로 바다로부터 내륙으로 불어오는 기류에 영향을 많이 받는다고 기술하고 있다. 장거리 이동으로 인한 미세먼지와 해염 입자의 영향, 축산 배출시설과의 2차 생성으로 인한 미세먼지 등 다양한 요인으로 충청남도는 대기오염물질 농도가 높은 실정이다. 본 선행연구에서는 미세먼지의 영향을 최소화하기 위하여 해안림 및 자연공간 조성사업이 필요하다고 기술하고 있다. 해안림을 통해 내륙으로 유입되는 먼지를 차단하는 역할을 수행함과 동시에 농촌지역의 마을숲을 통해 2차로 차단하고, 최종적으로 도심지역의 도시숲을 통해 미세먼지를 차단하는 방식을 제시하였다.

(3) 중부권 초미세먼지의 물리화학적 특성 및 지역 발생원 조사 (김중범 외, 2023)

대기관리권역법에 따라 충남은 대전, 세종, 충북, 전북과 함께 중부권으로 분류되었으며, 중부권 기본계획에 따라 2024년까지 목표 달성을 위해 세부 시행계획을 추진 중에 있다. 본 연구에서는 권역 내 대기질 개선방안 마련을 위한 기초자료 수집을 위해 중부권을 대상으로 상세 측정을 실시하였다. 한국과학기술연구원에서 실시간 측정장비를 활용하여 세종시 일대를 이동 관측하였고, 충남연구원에서는 당진과 아산을 대상으로 겨울철 PM_{2.5} 시료채취를 통해 지역

내 PM_{2.5}의 화학적 특성을 분석하여 제시하였다. 겨울철 단기적인 PM_{2.5}에 대한 화학성분 자료를 제공하고 있지만 비용과 과제기간의 제한으로 단기적인 데이터만이 제시되었다.

(4) 화력발전소 주변지역 기후환경영향 연구 (이상신 외, 2017~2023)

석탄화력발전소가 위치해 있는 보령, 서천, 당진, 태안을 대상으로 2017년부터 2023년까지 장기적인 종합 조사가 이루어졌다. 총 4세부로 구성되어 있으며, 충남연구원에서는 기후환경 변화 특성 및 발전소 기인 오염물질에 의한 주변 영향을 검토하였고, 대전대에서 저탄장과 회처리장에 의한 주변 지역 비산먼지 영향을 조사하였다. 한국품질재단에서는 석탄화력발전소 운영에 따른 피해비용을 산정하였고, 강원대에서 화력발전소 주변지역 생태환경조사를 수행하였다.

(5) 충청남도의 대기오염물질 배출량 DB 구축 (김종범 외, 2023)

CAPSS 기반 충청남도 및 15개 시·군의 대기오염물질 배출특성을 분석하였다. 충청남도는 대기관리권역법에 따라 중부권으로 분류되어 유사한 대기환경 개선정책이 추진되고 있지만 배출량 기반으로 분석결과 중부권 내 5개 시·도는 서로 상이한 배출특성을 나타내고 있었다. 대전은 도로이동오염원에 대한 영향이 지배적으로 나타나고 있으며, 세종은 도농복합, 전북은 농촌의 영향, 충남은 대형배출시설의 영향이 크게 나타나고 있었다. 본 연구에서는 배출량을 기반으로 현재 추진되고 있는 권역별 대기관리 정책이 추후에는 광역지자체 단위가 아닌 기초지자체 차원의 개선대책 수립과 추진이 필요하다고 제시하고 있다.

(6) 미세먼지 통합관리 전략 수립 연구 (심창섭 외, 2022)

국내 미세먼지 변화 추이를 분석하고 중국 등의 영향으로부터 국내의 기여도 분석을 실시하였다. 2019년부터 시작된 코로나 팬데믹에 의한 사회경제 활동이 대기질 개선에 미친 영향과 그럼에도 불구하고 미세먼지 계절관리제 등 정부의 다양항 정책에 의한 개선효과를 분석하여 정량적 저감효과를 제시하였다. 또한 국내외 연구성과를 분석하고, 이를 기반으로 지역별 정책적 시사점을 도출하였다. 강원지역은 타 지역 대비 낮은 배출량을 보였으며, 주로 시멘트 사업에서의 NO_x 배출 비중이 높은 것으로 나타났고, 호남지역은 PM_{2.5}의 약 80%, NO_x의 약 66%가 산업부문에서 배출하는 것으로 확인되었다. 정책적으로는 총량관리제도에 대한 문제점을 검토하고, 중앙정부와 지자체간의 유기적인 협력체계 구축을 제안하였다. 또한 실효성 있는 지자체별 시행계획 추진을 위해 특별회계를 일반회계로 포함시켜 안정적인 재원을 확보한 후 이를 대기환경 보전사업에 사용하는 방안을 제시하였다.

(7) 미세먼지 정책 효과분석 개선방안 연구 (심창섭 외, 2022)

2019년부터 도입된 미세먼지관리 종합계획에 따라 국가 및 지자체 차원에서 대기환경개선을 위한 정책을 수립하여 추진해 오고 있으나 정책효과 분석을 위한 정량적인 방법론이 제시되지 못하고 있다. 이에 본 연구에서는 국내외 연구 사례와 전문가 의견수렴을 통한 정책 효과분석을 위한 방법론과 로드맵을 제시하였다. 국내외 부문별 주요 이슈와 경제여건, 활용 가능한 기초자료를 기반으로 배출량 전망(BAU)을 하였고, 기존에 적용하지 않았던 가스상 오염물질의 2차 생성을 고려하여 좀 더 정확한 개선효과 분석이 가능하도록 제안하였다. 제안된 연구결과들은 전문가 포럼을 통해 제안된 방법론과 로드맵에 대해 과학

적 신뢰성을 향상시키고자 하였다.

(8) 경기도 대기배출시설 조사 및 DB구축 방안 (김동영 외, 2017)

환경부에서는 미세먼지특별법을 2019년 신설하면서 미세먼지 개선 방안으로 소규모 사업장에 대한 지원사업을 추진하고 있다. 경기도는 전국 1위의 대기오염물질 배출지역으로 대규모 사업장과 소규모 배출시설이 혼재되어 있으며, 그 중 소규모 사업장 입지비율 1위로 이들에 대한 관리가 필요하다. 특히 총량관리와 통합환경관리가 진행되면서 중앙정부의 역할이 중요해졌지만 소규모 사업장은 이와 반대로 관리 사각지대에서 제대로 된 관리가 이루어지고 있지 않아 이들에 대한 정보DB 구축이 필요하다. 환경부에서는 CAPSS와 대기배출원관리시스템(stack emission management system, SEMS)을 이용하여 대기배출량을 산정하고 있지만 소규모 4,5종 사업장의 경우 4년 주기로 수행되는 전수조사의 불확실성이 커 이에 대한 제도 개선이 요구되고 있다. 이에 본 연구에서는 경기도에서 소규모 사업장에 대한 조사체계와 방법 등을 검토하여 DB구축 방안을 제안하고 전문가 의견수렴을 통해 제도개선 방안에 대해 제안하였다. DB 시스템이 구축될 경우 중소규모 배출시설에 대한 조사체계를 고도화하여 배출량 정보의 정확성 증대, 특별대책의 실효성 확보가 가능할 것으로 예상하였고, 관련하여 수집된 정보는 배출량 정보 신뢰성 향상과 더불어 대기질 예측 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대하였다.

(9) 경기도 미세먼지 집중관리구역 운영 방안 (김동영 외, 2020)

미세먼지특별법에 따라 각 지자체에서는 환경 취약계층이 밀집되어 있는 지역을 대상으로 “미세먼지 관리 집중관리구역”으로 선정하여 관리하고 있다. 집중관리구역 운영을 위해서는 지자체에서 관련 계획을 작성하여 환경부에 제출, 검토를 받아 추진하도록 하고 있다. 국외에서는 교통밀집지역이나 도심지역을 관리 구역으로 설정하여 교통량 분산을 중심으로 추진 중에 있다. 국내에서는 서울에서 금천구, 영등포구, 동작구에서 약 1 km² 이하의 면적을 대상으로 선정하여 관리한 적이 있으며, 충남에서도 천안, 아산에서 관련 시범사업을 추진한 사례가 있다. 하지만 관련하여 뚜렷한 지원사업이 없고, 자원마련의 어려움이 문제로 나타나고 있다. 본 연구에서는 국외와 국내 적용 사례를 검토하여 경기도 내 17개 구역의 집중관리 구역을 제안하고, 각 관리지역에 대해 11개의 지원방안과 6개의 관리방안을 제시하였다. 경기도민을 대상으로 한 설문조사 결과 응답자의 55%가 미세먼지 집중관리 구역 운영에 대해 긍정적인 답변을 하였으며, 약 60%가 자신이 살고 있는 지역 내 집중관리 구역 지정에 찬성한다고 답하였다.

(10) 국내 고농도 오존관리를 위한 제도 개선방안 (한지현 외, 2024)

국가차원의 다양한 환경개선 정책 추진으로 CO, SO₂, NO₂ 등과 같은 물질의 가시적인 감소가 관측되는 가운데 PM_{2.5}와 O₃으로 대표되는 2차 생성오염 물질의 감소는 둔화되고 있으며, 특히 O₃의 경우 지난 십수년간 지속적으로 증가하고 있어 이에 대한 관리대책 마련이 필요하다. O₃관리 필요성은 전 세계적으로 인지되고 있으나 해외대비 국내 O₃관련 연구는 상대적으로 적은 편이다. O₃의 농도는 미래로 갈수록 점차 증가할 것으로 예측되고 있으며, 국내에서는

여름철 일정 온도(22~25℃) 이상일 경우 O₃의 농도가 급격히 증가하는 것이 목격되었다. 국제적으로 우리나라 O₃관리 기준은 유럽, 일본과 유사한 수준이다. O₃의 경우 NO_x, VOCs와 같은 전구물질이 광화학 반응을 통해 생성되는 2차 오염물질로 전 세계적으로 이들 전구물질과의 반응특성 분석과 생성 억제를 위한 연구와 정책이 추진되고 있으며, 최근에는 기후변화의 영향을 고려하여 진행되고 있다. 국내 O₃관리 정책으로는 자동차 도장 수성도료 전환, 공사장 친환경 도료 사용 확대, 인쇄소 친환경 잉크 사용 확대, 소규모 세탁소 VOCs 저감시설 설치 지원사업, 주유소 유증기 회수시설 지원 사업, VOCs 배출사업장 친환경관리 가이드라인 마련, 생활소비재 VOCs 함량기준 마련, VOCs 배출사업장 및 자동차 배출가스 특별점검 등 주로 VOCs 배출원 관리에 집중되어 있다. 또한 VOCs 배출원 관리와 더불어 유해화학물질에 대한 동시 관리가 필요하다고 제시하였다. O₃의 효과적인 관리를 위해서는 누락된 VOCs 배출목록에 대한 누락 배출원 개선과 VOCs 종별 배출량 산정, 광역적인 지역 간 협력을 통한 원인 규명과 사업 발굴, 오존 고농도 기간 집중관리제도 도입, 광화학 측정망의 고도화, 국제협력을 위한 제도운영 등을 제시하였다.

〈표 2-1〉 선행연구 사례 및 본 연구와의 차별성

구분		선행연구와의 차별성		
		연구목적	연구방법	주요연구내용
주요 선행 연구	1	· 과제명: 석탄화력발전소 가동 중단에 따른 충남 대기질과 주민건강실태·정책인식 조사 연구 · 연구자(년도): 명형남 외(2017) · 연구목적: 대기오염의 주범으로 알려져 있는 충남 내 석탄화력발전소의 가동중단에 따른 건강영향 조사	· 문헌조사 · 영향권 설정 · 대기질 측정 및 분석 · 주민대상 설문조사 · 정책제언	· 석탄화력발전소 관련 정책 현황 조사 · 선행연구 조사 · 모델링을 통한 영향권역 설정 · 주민건강실태 및 정책인식 조사 · 석탄화력발전소 가동중단에 따른 효과 분석
	2	· 과제명: 충남 미세먼지 취약지역 선정 및 미세먼지 저감숲 체계마련 · 연구자(년도): 사공정희 외(2020) · 연구목적: 미세먼지 저감숲이 필요한 미세먼지 취약지역 선별 및 저감숲 체계 마련	· 문헌조사 · 현황분석 · 선정기준 마련 · 영향범위 및 우선순위 선정 · 저감숲 체계 마련 · 조성방안 제언	· 선행연구 조사 · 충남 미세먼지 발생원 조사 · 미세먼지 취약지역 분포현황 파악 · 미세먼지 영향권 설정 · 저감숲 설정 우선순위 선정 · 저감숲 체계 제언
	3	· 과제명: 중부권 초미세먼지의 물리화학적 특성 및 지역 발생원 조사 · 연구자(년도): 김종범 외(2023) · 연구목적: 중부권 시범지역은 당진과 아산에 대한 지역 대기오염도 및 PM_{2.5}의 화학적 특성 분석	· 문헌조사 · 지역 대기질 조사 · 일반현황 분석 · 시범지역 시료채취 및 분석	· 시범지역 기초현황 조사 · 국가 및 지자체 측정망 자료 분석 · 충청권 대기환경연구소 기반 충남지역 PM_{2.5} 물리·화학적 특성 분석 · 당진과 아산의 PM_{2.5}의 계절별 화학조성 변화 조사 · 당진과 아산의 배출량 삭감을 통한 개선효과 분석
	4	· 과제명: 화력발전소 주변지역 기후환경 영향연구 · 연구자(년도): 이상신 외(2023) · 연구목적: 발전소가 위치해 있는 4개 시·군을 대상으로 기후대기분야 현황조사 및 관리방안 마련	· 문헌조사 · 현장조사 및 시료분석 · 사회적 통계방법론 활용 · 주민대상 의견수렴 · 정책제언	· 기초 현황조사 · 발전소 기인 주변 영향 분석 · 회처리장 및 저탄장에 의한 주변 비산먼지 영향 조사 · 대기오염도 기반 사회적 피해비용 산정 · 발전소 주변 생태현황 조사

구분	선행연구와의 차별성		
	연구목적	연구방법	주요연구내용
5	· 과제명: 충청남도의 대기오염 물질 배출량 DB 구축 · 연구자(년도): 김종범 외 (2023) · 연구목적: 충남 및 15개 시·군에 대한 부문별, 오염물질별 배출특성 분석 및 기초분석 데이터 시트 제작	· 문헌조사 · 지역별 통계처리 · 배출특성 분석 및 군집 분석 · 정책제언	· 충남의 시공간적 특성 조사 · CAPSS관련 기초정보 분석 · CAPSS 기반 충남 및 시·군의 대기오염물질 배출량 분석(부문별, 오염물질별) · 충남도 및 시·군단위 배출량 기초분석 데이터 시트 제작 및 배포
6	· 과제명: 미세먼지 통합관리 전략수립 연구 · 연구자(년도): 심창섭 외(2022) · 연구목적: 국가와 지자체에서 추진 중인 대기관리 정책을 분석하여 통합적이고, 실효성 있는 정책발굴	· 정책동향 조사 · 국내외 연구사례 조사 · 권역별 미세먼지 실태 분석 · 오염물질별, 부문별 배출 실태 및 개선 방향 제시 · 정책제언	· 우리나라 미세먼지 오염특성 및 정책현황 분석 · 중국의 대기질 개선사례 · 국내 대기오염 저감기술 현황 분석 · 강원과 호남 대기오염물질 배출현황과 특징분석 · 대기질 통합관리를 위한 정책 제언
7	· 과제명: 미세먼지 정책 효과분석 개선방안 연구 · 연구자(년도): 심창섭 외(2022) · 연구목적: 미세먼지 관리 종합계획 내 주요 정책과 대책에 대한 정량적 분석방법론 제시	· 자료조사 · 배출량 전망 · 배출 전망 방법론 개발 · 2차생성 기여도 조사 · 대기오염에 따른 건강영향 조사 · 전문가 의견수렴 · 정책효과 분석을 위한 중장기 로드맵 제시 · 정책제언	· 국내외 배출량 전망 방법론 조사 · 부문별 전망배출량 산정 · 기체상 오염물질의 PM_{2.5} 2차생성 기여율 산정 · 역학조사를 기반으로한 건강영향 평가 · 중장기 로드맵 작성 · 미세먼지 개선을 위한 분야별 신규사업 발굴
8	· 과제명: 경기도 대기배출시설 조사 및 DB구축 방안 · 연구자(년도): 김동영 외(2017) · 연구목적: 경기권 내 소규모 배출시설에 대한 현황파악 및 효율적 관리를 위한 적정방안 제시	· 자료조사 · 소규모배출시설 현황 조사 · 국내 배출관리 정책 조사 · 국외 배출관리 정책 조사 · 경기도 배출관리 현황 조사 · 정보DB구축 방안 제시 · 정책제언	· 경기도 대기오염물질 배출 특성 분석 · 경기도 대기배출원 관리 현황 및 소형사업장 관리체계 분석 · 국내외 대기배출량관리 현황 조사 및 비교분석 · 경기도 DB구축 방안 제언

구분		선행연구와의 차별성		
		연구목적	연구방법	주요연구내용
	9	· 과제명: 경기도 미세먼지 집중관리구역 운영 방안 · 연구자(년도): 김동영 외 (2020) · 연구목적: 취약계층 밀집구역에 대한 미세먼지 집중관리구역 설정 및 운영에 대한 제안	· 국내외 관련 정책조사 · 정책추진사례 조사 · 관련 법령 분석 · 집중관리구역 선정 기준 제시 · 집중관리구역 운영 방안 제안 · 지역주민 의견조사 · 정책제언	· 미세먼지 집중관리구역의 정의와 정책동향 분석 · 집중관리구역 지원정책 분석 · 타 지자체 추진사례 조사 및 특징 분석 · 경기도 내 미세먼지 집중관리구역 선정 · 집중관리구역 지원사업 발굴
	10	· 과제명: 국내 고농도 오존 관리를 위한 제도 개선방안 · 연구자(년도): 한지현 외 (2024) · 연구목적: 국내외 오존 농도를 파악하고 국내외 오존관리 정책 비교를 통한 관리제도 개선 방안 제시	· 자료조사 · 국내외 오존관리기준 조사 · 해외 오존관리 정책 조사 · 오존 생성특성 조사 · 국내 오존관리 제도 조사 · 제도개선 방안 제시	· 국내외 오존관련 농도 현황 분석 및 미래예측 · 국내외 오존관리 정책 조사 및 현황분석 · 국내외 오존관련 관리기준 및 목표달성현황 조사 · 오존 및 그 전구물질간 반응 특성 분석 · 오존저감을 위한 정책추진 사례 · 오존관리제도 개선방안 제안
본 연구		· 과제명: 충남지역 대기질 분석을 통한 시·군별 대기오염 특성 분석 연구 · 연구목적: 충남지역 대상 배출량과 농도자료를 기반으로한 시·군별 대기질 특성 분석 및 세부사업 제안	· 문헌조사 · 데이터 분석 · 시·군별 대기오염 기초분석 데이터 시트 제작 · 시·군별 맞춤형 개선정책 제안	· 대기오염관련 현황조사 · 시·군별 대기오염 특성 분석 · 대기오염관리 기초정보 분석시트 제작 · 배출량-농도기반 시·군별 대기질 종합 분석 · 시·군별 주요 대기관리 대상 선정 및 세부사업 제안

2) 선행연구연구와의 차별성

명형남 등(2017)이 추진한 연구는 단계적으로 폐쇄에 들어가는 화력발전소에 따른 주변 지역의 영향 분석과 주변 지역 주민들의 건강 영향에 초점을 맞춰서 진행되었으며, 정책적으로도 발전소 폐쇄에 따른 효과분석 및 지역 주민 건강관리를 위한 관리방안에 대해 제시하고 있다. 사공정희 등(2020)이 수행한 연구는 미세먼지 대응 방안으로 산림을 활용하기로 하고, 다양한 선행 연구 조사를 통해 지역 내 적합한 산림 숲을 선정하였다. 이를 바탕으로 우선 설치가 필요한 지역을 제안하며 연구를 마무리하였다. 이상신 등이 7년간 수행한 과제 역시 지역 내 주요 배출원인 석탄화력발전소를 중심으로 기후변화와 대기환경에 대한 영향, 그리고 발전소 주변지역 생태계 조성에 대한 조사 연구로 충남지역 대기질 개선에 대한 종합적인 정책을 제시하지 못하고 있다. 김종범이 수행한 2개 연구 역시 당진과 아산에 대한 지역적 PM_{2.5} 화학성분 자료와 CAPSS를 기반으로 현재 추진 중인 권역법에 대한 중앙정부차원의 향후 추진 방향을 제시하고 있지만 충남도 및 15개 시·군의 대기질 관리의 기반이 될 수 있는 우선관리 부문과 오염물질에 대한 정보는 제공하지 못하고 있다. 심창섭 등(2022)은 미세먼지 개선정책에 대한 효과 분석을 위한 정량적 방법론 제시와 더불어 통합관리를 위한 정책방안을 제시하였고, 김동영 등은(2017, 2020) 대기환경관리를 위한 소규모 사업장 정보DB 구축 필요성과 대기관리권역 내 환경취약계층 생활공간에 대한 집중관리구역 설정과 운영에 대해 정책제언 하였다.

본 연구는 대기질 관리정책 수립의 기초가 되는 대기오염물질 배출량자료와 효과 분석의 근거로 활용되는 오염도 정보를 기반으로 각 시·군에서 우선적으로 관리해야 되는 부문과 오염물질을 제시함으로써 지역별 맞춤형 정책 수립의

근거로 제시하고자 한다. 또한 본 연구에서 제시된 자료는 현재 수립 중인 “충청남도 대기환경개선 시행계획(2025~2029)”의 지역별 대기환경 개선 세부 계획 수립에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

2. 정책동향 검토

1) 국내 정책 현황

정부에서는 2003년 서울을 비롯하여 천만명이 넘는 인구가 살고 있는 수도권을 중심으로 국내 최초 권역관리를 위한 “수도권 대기환경개선에 관한 특별법”을 추진하였다. 이후 2018년 “미세먼지 관리 종합계획(2020~2024)”을 수립하였고, 이에 대한 세부 시행을 위해 2019년도 2020년도에 각각 미세먼지 법⁵⁾과 대기관리권역법⁶⁾을 수립하여 추진 중에 있다. 2022년에는 향후 10년간 대기질 개선계획의 근간이 되는 “제3차(2023~2032년) 대기환경개선 종합계획”이 수립되었으며, 이를 달성하기 위해 2024년에는 “제2차 중부권 대기환경관리 기본계획(2025~2029년)”이 수립되고 있다. 향후 본 기본계획 수립이 완료되면 충청남도 역시 “제2차 충청남도 대기환경관리 시행계획”을 수립되어 추진하여야 한다.

(1) 수도권 대기법

대기오염이 심각한 수도권 지역내 대기환경 개선을 위해 국내 최초로 서울, 경기, 인천을 권역으로 하는 대기환경특별법에 2003년 신설되었다. 그 동안 국가 주도로 진행되던 대기질 관리 정책이 지자체와 함께 추진하도록 제시하였

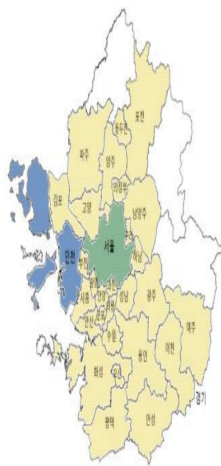
5) 환경부 (2019) 미세먼지 저감 및 관리에 관한 특별법

6) 환경부 (2020) 대기관리권역의 대기환경개선에 관한 특별법

으며, 권역 내 대기질 개선을 위해 5년 단위의 기본계획과 이행계획을 수립하여 추진하도록 제시하였다. 여기에서 처음으로 사업장 오염물질 총량관리제도가 신설되어 배출허용총량의 할당과 이전, 과징금 등이 제시되었다. 또한 사업체 차원의 자발적 감축협약과 저공해자동차 보급, 배출가스 저감장치 설치, 노후차량의 조기폐차 지원 등 현재 미세먼지특별법과 대기관리권역법에서 수행되고 있는 사업의 시초가 되었다. 관련 법령은 2020년까지 유지되다가 2020년 대기관리권역법이 신설되면서 폐지되었다.

□ 관리범위 : 수도권 대기관리권역(서울, 인천·경기 일부)
※ 대기오염이 심하거나 오염물질을 다량으로 배출하는 지역

서울특별시	전지역
인천광역시	옹진군(옹진군 영종면은 제외)을 제외한 전지역
경기도	수원시, 고양시, 성남시, 용인시, 부천시, 안산시, 남양주시, 안양시, 화성시, 평택시, 의정부시, 시흥시, 파주시, 김포시, 광명시, 광주시, 군포시, 오산시, 이천시, 양주시, 안성시, 구리시, 포천시, 의왕시, 하남시, 여주시, 동두천시, 과천시



비전	맑은 공기로 건강한 100세 시대 구현
목표	'24년까지 수도권 대기환경 개선 목표 달성 PM _{2.5} 17 μ g/m ³ , PM ₁₀ 30 μ g/m ³ , NO ₂ 0.021ppm, O ₃ 0.060ppm
중점 관리 과제	도로 이동 오염원
	도로 이동 오염원
	비도로 이동 오염원
	배출 시설
	생활 오염원
정책기반 강화 및 국민소통·참여 확대	

[그림 2-1] 수도권 대기환경관리 특별법

(2) 미세먼지법

미세먼지법은 미세먼지와 그 생성 물질의 배출을 줄이고 발생을 지속적으로 관리하여, 미세먼지가 국민 건강에 미치는 위험을 예방하기 위해 제정되었다. 본 법에서는 국가와 지방자치단체가 미세먼지에 의한 국민 영향을 파악하고, 미세먼지로부터 국민의 건강과 생명을 보호하기 위한 시책을 추진하도록 명시하고 있다. 구체적으로는 미세먼지 관리 종합계획 수립, 종합계획 달성을 위한 시행계획 수립, 미세먼지 개선을 위한 국제협력, 국가미세먼지정보센터의 설치 및 운영, 고농도 미세먼지 발생시 비상저감조치의 발령 및 해제, 계절관리제 운영, 미세먼지 집중관리구역의 지정, 미세먼지 간이측정기 성능인증, 미세먼지 연구관리센터 운영 등을 언급하고 있다.

제3차 미세먼지특별대책위원회

안전① 심의

미세먼지 관리 종합계획 (2020~2024)

2019. 11. 1



관계부처 합동

미세먼지 저감 및 관리에 관한 특별법	
[시행 2024. 1. 23.] [법률 제20117호, 2024. 1. 23. 일부개정]	
환경부 (대기환경정책과) · 우물: 법률개정사항 044-201-4878, 6866	환경부 (대기환경정책과) · 의상지(감조지) 044-201-4872, 6871
환경부 (교통환경과) · 자동차 운행 제한 044-201-4928, 6931	환경부 (대기관리과) · 대기오염예측사업 관리 044-201-4905, 6906
환경부 (대기관리과) · 간접공사업 관리 044-201-4904, 6914	환경부 (대기환경정책과) · 미세먼지 간이측정기 044-201-4872, 6871
제1조(목적) 이 법은 미세먼지 및 미세먼지 생성물질의 배출을 저감하고 그 발생을 지속적으로 관리함으로써 미세먼지가 국민건강에 미치는 위험을 예방하고 대기환경을 적정하게 관리·보전하여 쾌적한 생활환경을 조성하는 것을 목적으로 한다.	
제2조(정의) 이 법에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.	
1. "미세먼지"란 「대기환경보전법」 제2조제6호에 따른 먼지 중 다음 각 목의 총입상먼지를 말한다.	
가. 입자의 지름이 10마이크로미터 이하인 먼지(PM ₁₀ :10 미세먼지)	
나. 입자의 지름이 2.5마이크로미터 이하인 먼지(PM _{2.5} :초미세먼지)	
2. "미세먼지 생성물질"이란 대기 중에서 미세먼지로 전환되는 다음 각 목의 물질을 말한다.	
가. 질소산화물	
나. 황산화물	
다. 휘발성유기화합물	
라. 그 밖에 환경부령으로 정하는 물질	
3. "미세먼지 배출량"이란 미세먼지와 미세먼지 생성물질을 대기에 배출하는 시설물·기계·기구 및 그 밖의 물체로서 「대기환경보전법」 제2조제11호에 따른 대기오염물질배출시설과 환경부령으로 정하는 것을 말한다.	
제3조(국가와 지방자치단체의 책무) ① 국가와 지방자치단체는 미세먼지가 국민에게 미치는 영향을 파악하고, 미세먼지로부터 국민의 건강과 생명을 보호하기 위하여 필요한 시책을 수립·시행하여야 한다.	
② 국가와 지방자치단체는 국민이 일상생활에서 미세먼지와 미세먼지 생성물질(이하 "미세먼지"를 이하 "미세먼지"라 함)의 배출 저감 및 관리에 참여할 수 있도록 대국민 교육·홍보 등을 강화하여야 한다.	
③ 국가와 지방자치단체는 미세먼지들의 배출 저감 및 관리를 위하여 국제적인 노력에 적극적으로 참여하고 주변 국가와 협력하여야 한다.	
제4조(사업자의 책무) 사업활동(대당 사업활동)을 위하여 소유하고 있는 「대기환경보전법」 제2조제13호에 따른 자동차의 운행을 포함한다. 이하 같다)을 하는 자는 그 사업활동으로 인하여 발생하는 미세먼지들의 배출을 저감 및 관리하기 위하여 필요한 조치를 취하여야 하며, 국가 및 지방자치단체가 시행하는 미세먼지들의 배출 저감 및 관리 시책에 적극 협조하여야 한다.	
제5조(국민의 책무) 국가는 일상생활에서 발생하는 미세먼지들의 배출을 저감 및 관리하기 위하여 노력하여야 하며, 국가와 지방자치단체가 시행하는 미세먼지 배출 저감 및 관리 시책에 협조하여야 한다.	
제6조(다른 법률과의 관계) 이 법은 미세먼지의 저감 및 관리에 관하여 다른 법률에 우선하여 적용되며, 이 법에서 규정하지 아니한 사항은 「대기환경보전법」, 「대기환경정책기본법」, 「대기환경개선에 관한 특별법」에서 정하는 바에 따른다.	
-개정 2020. 3. 31.-	
제7조(미세먼지관리종합계획의 수립 등) ① 정부는 「대기환경보전법」 제11조에 따른 대기환경개선 종합계획을 고려하여 5년마다 미세먼지 저감 및 관리를 위한 종합계획(이하 "종합계획"이라 함)을 수립·시행하여야 한다.	

법제처

1

국가법령정보센터

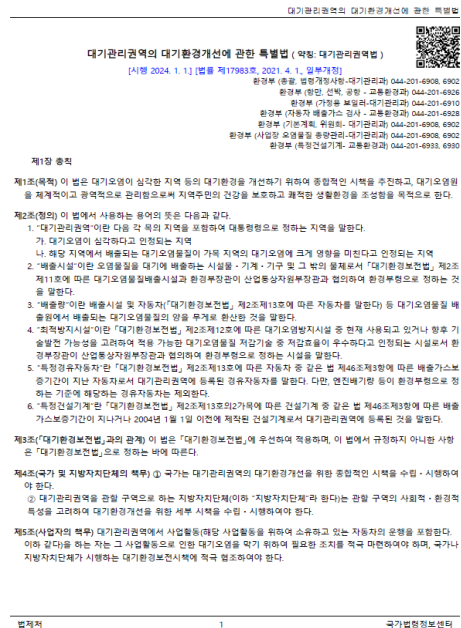
[그림 2-2] 미세먼지관리 종합계획과 미세먼지법 전문

(3) 대기관리권역법

미세먼지법보다 1년 뒤 수립된 대기관리권역법은 전국을 수도권, 중부권, 남부권, 동남권 등 4개 권역으로 구분하여 권역별로 체계적이고 광역적인 대기관리 대책을 수립하도록 제시하고 있다. 대기관리권역은 대기오염이 심각하다고 인정되거나 해당 지역에서 배출되는 오염물질이 지역 대기오염에 크게 영향을 미친다고 인정되는 지역을 대상으로 하고 있으며, 충청남도는 대전, 세종, 충북, 전북과 함께 중부권으로 분류되고 있다. 환경관리계획은 피해 영향을 기준으로 선정하기 때문에 인구수가 밀집되어 있는 지역을 우선적으로 선정하게 된다. 대한민국의 인구 중 절반 가까이가 밀집되어 있는 서울과 경기, 인천을 중심으로 2003년 수도권 대기법⁷⁾이 지정되어 운영되었고, 최근 대기오염 문제가 전국적으로 이슈가 되자 이를 전국으로 확대하게 되었다. 수도권 대기법에서는 대기오염도 측정과 수도권 대기환경관리 기본계획 및 시행계획의 수립, 사업장 오염물질 총량관리, 배출권거래제, 저공해자동차 보급, 특정경유자동차의 보급, 배출가스 저감장치의 설치, 노후차량의 조기폐차 지원 등 현 대기관리권역법에서 제시하고 있는 정책에 대한 기본 사업들이 포함되어 있다.

대기관리권역법에 따라 중부권은 금강유역환경청에서 관리를 맡게 되었으며, 중부권 대기환경관리를 위한 기본계획을 수립하게 된다. 이에 따라 광역지자체들은 2020년부터 2024년까지의 중장기적인 대기환경개선 시행계획을 수립하여 추진 중에 있다. 충청남도는 2020년 “충청남도 대기환경관리 시행계획(2020~2024)”를 수립하여 추진 중에 있으며, 매년 7월까지 전년도 시행계획 추진 실적을 환경부에 보고하여 평가받고 있다.

7) 환경부 (2003) 수도권 대기환경개선에 관한 특별법



[그림 2-3] 대기관리권역과 관련 법규 전문

(4) 제3차(2023~2032년) 대기환경개선 종합계획

1991년 환경부가 출범하면서 환경관련 기본정책들이 수립되었고, 여기서 환경정책기본법을 필두로 대기환경정책 수립과 추진의 최상위인 “대기환경보전법”이 수립되었다. 대기환경보전법에서는 국내 대기질 개선을 위해 10년마다 “대기환경개선 종합계획”을 수립하여 추진하도록 하고 있는데 2022년 제3차 대기환경개선 종합계획이 수립되어 추진 중에 있다. 제3차 종합계획은 “깨끗한 공기, 건강한 국민”을 비전으로 2032년까지 전국을 대상으로 PM_{2.5} 연평균 농도 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 달성과 O₃ 1시간 평균 기준 달성율 50%를 목표로 설정하였다. 이를 달성하기 위한 기본방향으로 △ 효과적 규제·지원을 통한 국내 배출량 감축, △ 국민건강 피해 최소화를 위한 고농도 관리 강화, △ 동아시아 대응체계

제도화를 통한 국외 유입 저감을 정하였고, 5대 핵심전략, 26개의 중점 추진과제를 제시하였다.

제3차 (2023 ~ 2032년) 대기환경개선 종합계획	
2022. 12. 27.	
	
V. 분야별·단계별 대책	
핵심 전략	중점 추진과제(총 26개)
① 국민건강 중심의 관리체계 구축	1-1. 건강 위협성 기반 관리 확대 1-2. 고농도 PM-2.5 대응 강화 1-3. 고농도 O ₃ 관리 강화 1-4. 장거리 이동 대기오염물질 측정·분석 강화 1-5. 대기오염물질 관리 거버넌스 강화
② 사업장 배출관리 고도화	2-1. 사업장 배출원 관리체계 개선 2-2. 배출허용총량 관리 효율화 2-3. 배출농도 관리 체계화 2-4. 사업장 VOCs, HAPs 등 관리 강화 2-5. PM-2.5 고농도 시기 사업장 관리 강화
③ 이동오염원 배출 저감 가속화	3-1. 무공해차 전환 확대 3-2. 노후 경유차 등 배출 가속화 3-3. 내연기관차 관리 강화 3-4. 이륜차 및 농업·건설기계 저감 확대 3-5. 해양·항공 배출원 관리 강화 3-6. 교통 수요관리 강화
④ 생활 주변 배출원의 효과적 관리 및 저감 지원	4-1. 생활 속 VOCs 등 관리 강화 4-2. 생활성 연소 배출 축소 4-3. 농업·축산 NH ₃ 관리 강화 4-4. 비산먼지 발생 억제
⑤ 과학적 역량 강화 및 실효적 국제협력 추진	5-1. 환경위성 활용성·정확성 제고 5-2. 과학적 정책지원 역량 강화 5-3. 대기환경 개선 R&D 추진 5-4. 대기오염물질-온실가스 통합관리체계 구축 5-5. 동아시아 대응체계 제도화 5-6. 기상·산림 분야 장거리 이동 대응 협력 강화

[그림 2-4] 제3차 대기환경개선 종합계획 내용

2) 충청남도의 정책 현황

우리나라에서 환경분야 최상위 법은 “환경정책기본법⁸⁾”으로 환경오염의 예방을 위한 환경기준의 설정, 국가 및 시도의 환경계획 수립, 환경보건을 위한 규제 등을 명시하고 있으며, 대기환경의 경우 “대기환경보전법”이 최상위 법으로 시행되고 있다. 대기환경보전법 역시 대기오염도 측정, 환경위성 관측망의 구축 및 운영, 대기오염물질의 선정 및 평가, 국가 대기질통합관리센터의 지정

8) 1991년 환경부에서 지정

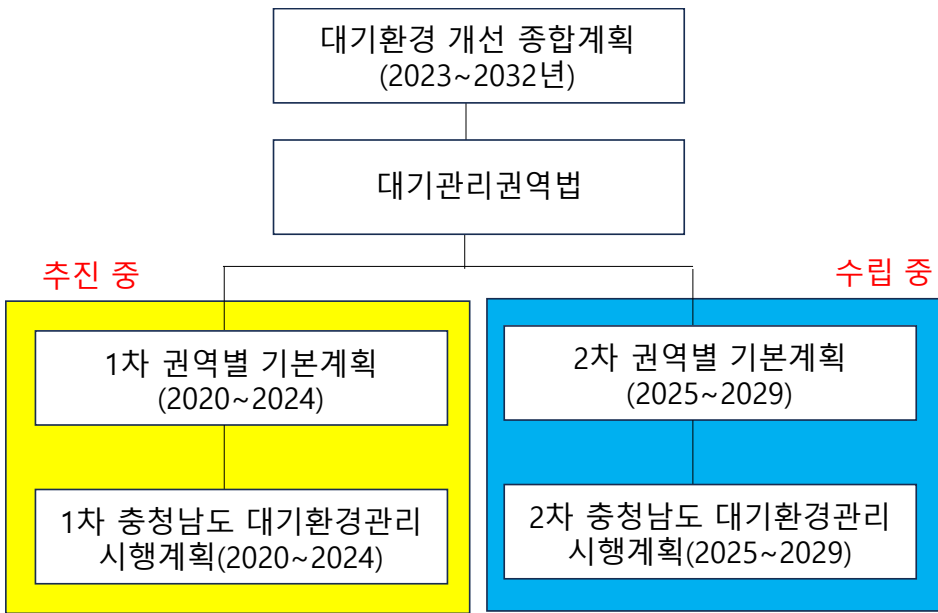
및 운영, 기후·생태계 변화유발물질의 배출 억제와 더불어 대기환경개선 종합 계획을 수립하도록 명시하고 있다. 대기환경 개선계획은 대기오염분야 최상위 전국 단위 행정계획으로 10년 주기로 수립하여 공표하고 있다. 지난 2022년 “제3차 대기환경개선 종합계획(2023~2032년)”이 수립되어 공표되었다. 여기서 2032년까지 PM_{2.5} 기준 전국 연평균 농도 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 달성과 전국 O₃의 1시간 기준 50% 달성을 목표로 설정하고 있으며, 국민건강 중심의 관리체계 구축, 사업장 배출관리 고도화, 이동오염원 배출저감 가속화, 생활주변 배출원의 효과적인 관리 및 저감 지원, 과학적 역량 강화 및 실효적 국제협력 추진을 핵심 전략으로 제시하였다.

(1) 제1차 충청남도 대기환경관리 시행계획(2020~2024)

충청남도는 2020년 수립된 대기관리권역법에 따라 2020년부터 2024년까지 “충청남도 대기환경관리 시행계획(2020~2024)”를 수립하여 추진 중에 있다. “깨끗한 공기, 푸른 하늘 더 행복한 충남!”을 비전으로 2024년까지 PM_{2.5} 16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, PM₁₀ 34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, NO₂ 0.014 ppm, O₃ 0.06 ppm의 대기 중 농도 달성을 목표로 설정하였다. PM_{2.5} 목표의 경우 중부권 목표인 17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 보다 강력한 정책적 의지를 제시한 것으로 주요 배출원인 산업시설 중심으로 정책을 추진 중에 있다. 환경부에서는 각 지자체에 대해 매년 추진실적을 보고하도록 하고 있는데 VOCs를 제외한 모든 물질에서 기준 대비 달성율이 꾸준히 목표 대비 상회하고 있다.

〈표 2-2〉 충청남도 대기환경관리 시행계획 이행평가 결과(달성율: %)

	PM ₁₀	PM _{2.5}	NO _x	SO _x	VOCs
2020	116	127	182	202	97
2021	112	119	149	163	99
2022	116	127	131	126	99



[그림 2-5] 대기환경분야 정책 추진 현황

(2) 제2차 충청남도 대기환경관리 시행계획(2025~2029)

제1차 대기관리권역 기본계획이 2024년을 기점으로 종료됨에 따라 제2차 기본계획 수립이 추진 중에 있다. 권역별 기본계획은 중앙부처에서 수립한 종합계획을 토대로 권역별 현황에 따라 수립하게 된다. 2024년 기준 한국환경연구원에서 중부권을 비롯한 4개 권역의 기본계획을 수립 중에 있다. 현재 수행 중인 기본계획은 2020년 배출량을 기준으로 산정되고 있으며, “제10차 전력수

급 기본계획”에 다른 발전 설비의 신·증설 및 폐지 계획을 반영하고, “2022 장기에너지 전망”의 에너지 수요 전망을 기반으로 성장계수를 적용하고 있다. 2024년 7월까지 기본계획 수립을 목표로 하고 있으며, 기본계획 수립이 완료됨과 동시에 이를 기반으로 충청남도의 2차 시행계획 또한 수립이 추진될 예정이다. 이번에 수립 예정인 “제2차 충청남도 대기환경관리 시행계획(2025~2029)”은 향후 5년간 충청남도에서 진행될 대기환경 정책의 최상위 계획으로 효과적인 개선계획 추진을 위해서는 지역별 특징을 고려한 맞춤형 정책 수립이 필요하다.

구 분	기 존 (제1차 기본계획)	본 연구 (제2차 기본계획)
계획 기간	2020 ~ 2024년	2025 ~ 2029년
기준연도 및 배출량 설정	2016 CAPSS 및 총량대상사업장 배출량/할당량 자료	2020 CAPSS 및 총량대상사업장 배출량/할당량(예상) 자료
점·면 오염원	▶ 「제8차 전력수급기본계획」에 따른 발전설비의 신·증설 및 폐지 계획 반영('16~'24) ▶ 「제3차 에너지기본계획」의 에너지 수요 전망 기준 부문별/업종별 성장계수 적용('16~'24) ▶ 시·도 장래인구추계를 활용하여 성장계수 적용 ▶ 기초자료 구축을 위한 한계점 존재(CAPSS, SEMS, 사업장기초 자료 불일치 등)	▶ 「제10차 전력수급기본계획」에 따른 발전 설비의 신·증설 및 폐지 계획 반영('20~'29) ▶ 「2022 장기에너지전망」의 에너지 수요 전망 기준 부문별/업종별/연료별(석탄/석유/가스/기타) 성장계수 적용('20~'29) ▶ 시·도 장래인구추계, 장래가구추계, 농업전망(2023) 등 배출원별 활용 가능한 최신 통계를 활용하여 성장계수 도출 ▶ 관련 자료 연계 체계 구축을 통해 직접 전망 과정에서의 오류 최소화
이동 오염원	▶ 혼합 모형을 통한 자동차 등록대수 전망 ▶ 자동차 차종별 등록대수 및 일평균 주행거리, 복합배출계수 고려 및 자연폐차율 적용 ▶ 「제3차 에너지기본계획」 및 관련 국가 통계 활용	▶ 최근 국가 계획(「제1차 국가탄소중립녹색성장 기본계획」)을 활용한 등록대수 전망으로 정합성 확보 ▶ 자동차 차종별 등록대수 및 일평균 주행거리, 복합배출계수 고려 및 자연폐차율 적용 ▶ 「2022 장기에너지전망」, 「제4차 전국 형민기본계획」, 「제2차 마리나항만 기본계획」, 「제6차 공항개발 중장기 종합계획」 등 활용 가능한 부문별 최신 국가 계획 활용 ▶ 기 확정된 제작차 배출허용기준 적용

[그림 2-6] 권역별 기본계획의 변경 사항 (자료: 나건수(KEI), 2024)

3) 대기오염물질 배출량 관리

대기환경보전법 제17조(대기오염물질 배출원 및 배출량 조사)에서 환경부장관은 국가환경종합계획과 대기환경관리 기본계획을 합리적으로 수립·시행하기 위해 전국의 대기오염물질 배출원 및 배출량을 조사하도록 규정하고 있으며, 미세먼지법에 따라 “국가미세먼지정보센터”를 설치하여 관련 정보를 생산·관리하고 있다.

(1) 배출원 분류체계

CAPSS의 배출원 분류체계는 유럽의 CORINAIR 배출원 분류체계를 기초로 하고 있다. 배출량 산정은 활동도자료와 배출계수를 활용하고 있는데 CAPSS에서 사용하고 있는 배출계수는 국내 연구기관에서 개발한 배출계수를 우선 적용하고, 국내 미개발 배출계수는 EU CORINAIR SNAP 97과 미국 EPA AP-42 등을 적용하고 있다. 배출량은 지역별로는 시·도와 시·군·구로 구분되며, 배출원 분류는 2015년 이후 사용하고 있는 13개 배출원에 대해 대·중·소 분류로 세분화하여 산정하고 있다. 사용 연료 또한 대·중분류로 구분하여 산정하고 있다. 본 연구에서는 충남지역 시·군별로 배출원 중분류까지를 대상으로 분류하여 배출특성을 분석하였다.

〈표 2-3〉 CAPSS 배출원 분류체계

배출원 대분류	배출원 중분류	배출원 소분류
에너지산업연소	공공발전시설, 민간발전시설, 석유정제시설, 지역난방시설	1,2,3종보일러, 가스터빈, 공정로 내연기관
비산업연소	농업, 축산, 수산업시설, 상업 및 공공기관 시설, 주거용 시설	1,2,3종보일러, 가스히트펌프, 고정엔진, 기타
제조업연소	공정로, 연소시설, 기타	1,2,3종보일러, 1차 구리·납·아연 생산,

배출원 대분류	배출원 중분류	배출원 소분류
		2차 구리·알루미늄 생산, 가구 및 기타 제품 제조업, 가죽·가방 및 신발제조업, 강철 재가열로, 고로, 고무 및 플라스틱 제품제조업, 고정엔진, 광업, 기타, 벽돌 및 타일생산, 광업, 섬유제품 제조업, 자동차 및 트레일러 제조업, 기타 기계 및 장비 제조업, 컴퓨터 및 사무용기기 제조업, 음식료품 제조업, 봉제의복 및 모피제품 제조업, 1차 금속산업, 화합물 및 화학제품 제조업 등
생산공정	암모니아 소비, 식음료 가공, 목재, 펄프 제조업, 기타 제조업, 제철제강업, 유기화학제품 제조업, 무기화학제품 제조업,	SCR, 마가린과 요리용지방, 합판 생산, 석회, 전기로, SNCR, 고밀도 폴리에틸렌, 고로 장입, 설탕, 소결로, 아디프산, 에틸렌, 유리, 위스키 등 독주, 맥주, 합판 생산, 황산 생산, 질산 생산, 황산 암모늄 생산, 폴리스틸렌, 프로필렌 등
에너지수송 및 저장	휘발유 공급	수송 및 저유소, 정유사 출하기지, 주유소
유기용제 사용	도장시설, 세탁시설, 세정시설, 기타 유기용제사용	자동차 수리, 건축 및 건물, 코일 코팅, 나무, 가구제조, 기타 산업용 도장공정, 기타 비산업용 도장공정, 금속 세정공정, 세탁, 인쇄업, 자동차 제조, 자동차 수리, 전자부품 제조, 선박제조 등
도로이동오염원	승용차, 승합차, 택시, 버스, 화물차, RV, 이륜차, 특수차	대형, 특수, 시내버스, 시외버스, 경형, 소형, 중형, 대형, 덤프트럭, 콘크리트믹서트럭, 기타, 50cc 미만, 100cc 이상, 260cc 이상, 견인차, 구조차, 전세버스 등
비도로이동오염원	건설장비, 농업기계, 선박, 철도, 항공	경운기, 국내항공, 국제항공, 불도저, 콤팩트, 여객, 어선, 파종기, 트랙터, 이앙기, 콘크리트펌프, 로울러, 분문기류, 공기압추기, 기관차, 기중기, 화물 등
폐기물처리	폐기물 소각, 기타 폐기물처리	생활폐기물, 산업폐수 처리, 주거와 상업폐수 처리, 사업장폐기물, 매립,
기타 면오염원	동물, 산불 및 화재	산불, 인간, 일반화재
농업	분뇨관리, 비료사용농경지	농경지, 젖소, 일반 소, 돼지, 닭, 기타

배출원 대분류	배출원 중분류	배출원 소분류
		가금류, 양 및 염소, 기타, 모피동물, 젖소, 기제류
비산먼지	도로재비산먼지, 건설공사, 나대지, 농업활동, 비포장도로 비산먼지, 하역 및 아적, 폐기물처리, 축산활동,	승용차, 택시, 승합차, 버스, 승합차, 특수차, RV, 학교운동장, 비주거시설, 주거시설, 경지정리, 수확, 젖소, 한육우, 닭, 돼지, 건설폐기물 재활용시설, 모래, 복토재, 석탄, 알갱이 성상
생물성연소	노천소각, 농업잔재물 소각, 고기 및 생선구이, 목재난로 및 보일러, 아궁이, 숯가마	생과수, 생활폐기물, 생활폐기물 소각, 과수, 두류, 잡곡, 특용작물, 맥류, 쇠고기, 돼지고기, 닭고기, 오리고기, 화목난로 및 보일러, 펠렛난로 및 보일러, 숯가마

(2) 배출량 산정

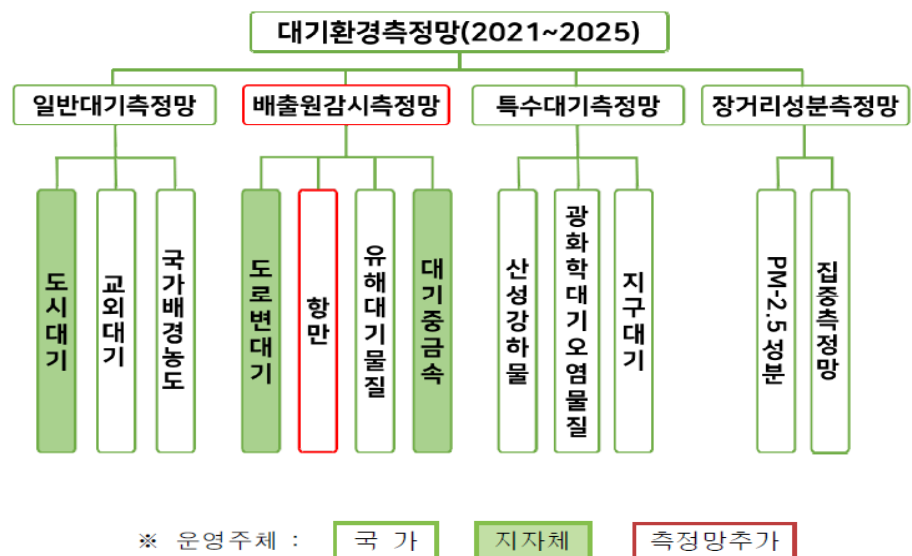
분류체계를 기반으로 국내 대기오염물질에 대한 배출량 자료를 산정하여 정책수립의 기초자료로 활용하고 있다. 배출량은 지역별로는 17개 시도와 해양을 포함하여 총 18개 지역으로 구분하고 있으며, 세부적으로는 광역지자체에서 시, 군, 구까지 할당하여 제시하고 있다. 산정주기는 1년을 주기로 하고 있으며, 배출계수와 활동도 자료를 기반으로 산정하다보니 활동도자료의 수집과 확정, 검토에 시간이 걸려 약 3년의 차이를 두고 산정되어 고시되고 있다.

4) 대기오염물질 농도 관리

(1) 대기오염측정망

“대기환경측정망 운영계획(2021~2025)”에 따라 국가 및 지자체는 대기환경측정망을 운영하고 있다. 대기환경측정망은 크게 일반대기측정망과 배출원감시측정망, 특수대기측정망, 장거리성분측정망으로 구분되며, 관리 주체에 따라 지자체에서는 일반대기측정망의 도시대기와 배출원감시측정망의 도로변대기

및 대기중금속 측정망을 운영하고 있다. 일반적으로 도시지역의 대기질 모니터링은 도시대기측정망의 자료를 활용하게 된다. 도시대기측정망은 도시지역의 평균대기질 농도를 파악하고, 환경기준 달성여부를 판정하기 위해 활용되며, 측정항목으로는 SO₂, CO, NO_x, O₃, PM₁₀, PM_{2.5}, 풍향, 풍속, 온도, 습도가 있다. 측정은 1시간 단위로 연속측정하며, 수집된 자료는 통신장비를 통해 지자체 및 에어코리아로 전송되어 표출되게 된다.



[그림 2-7] 대기환경측정망 분류 체계

(2) 농도자료 관리

농도자료 중 도시대기와 도로변 자료는 시간단위로 저장되어 일, 월, 연 단위로 측정소, 지역별로 통계 처리되어 제시된다. 에어코리아에서는 원하는 지역과 측정소에 대해 원하는 기간을 설정하여 확인하거나 엑셀 형태로 자료를 다운로드 받아 활용할 수 있도록 하고 있다. 실시간으로 표출된 자료는 추후 검토

과정을 거쳐 최종 확정되고, 확정된 자료는 월보나 연보형태로 에어코리아에 업로드 되어 연구자나 일반인이 활용할 수 있도록 제공하고 있다. 그 외 국가측 정망 자료나 중금속 분석자료 등은 대기환경측정망 설치운영 지침에서 고시한 기간에 대해 통계 처리되어 연보나 월보에 제공되며, 일부 자료는 비공개 처리 되기도 한다.



[그림 2-8] 대기환경연보 및 주요 측정망 설치현황

제 3 장

대기오염 특성분석

1. 자료수집 및 분석
2. 대기오염물질 배출특성 분석
3. 대기오염물질 농도변화 특성 분석
4. 대기오염물질 배출량 및 농도DB 구축

1. 자료수집 및 분석

1) 자료수집

(1) 배출량 자료

충청남도 및 시·군의 배출량 자료는 국가미세먼지정보센터에서 운영하는 홈페이지(www.air.go.kr)에서 제공하고 있는 공공자료를 활용하였다. 국가미세먼지정보센터에서는 연단위로 국내 대기오염물질 배출량을 CAPSS란 이름으로 제공하고 있다. 본 보고서가 작성될 시점인 2024년을 기점으로 가장 최근 자료는 2021년 자료이며, 2021년 자료 산정을 기점으로 기존 ver 5에서 ver 6로의 개정이 이루어졌다. 이에 국가미세먼지정보센터에서는 기존의 자료 중 2016년부터 2020년까지의 자료를 개정된 산정방법론을 적용하여 재산정하여 고시하고 있다. 이에 본 연구에서는 2016년부터 2021년도 자료를 수집하였고, 그 중 충청남도 15개 시·군에 대한 자료를 기반으로 분석을 수행하였다.

(2) 농도자료

농도자료 역시 환경부에서 고시하고 있는 공공자료를 활용하였다. 국민의 알 권리 충족과 고농도 미세먼지 발생 등에 대한 국민적 대응을 위해 에어코리아(www.airkorea.or.kr)란 사이트에 시간단위의 정보를 제공해주고 있다. 하지만 실시간으로 제공되고 있는 자료는 가공되지 않은 자료로 정확성이 떨어질 수 있으며, 추후 변동될 수 있기에 본 연구에서는 전문가의 검증을 거쳐 최종

확정된 자료를 기반으로 수행하였다. 최종확정자료는 대기환경 월보 또는 연보 형태로 에어코리아 홈페이지에 게시되며, 본 연구에서는 가장 최근 자료인 2022년까지의 자료를 활용하였다.

(3) 분석기간 설정

배출량 자료의 경우 1999년부터 산정하여 고시하고 있으며, 농도자료는 도시별로는 1989년, 전국의 농도는 1998년부터 고시하고 있다. 하지만 대부분의 자료가 수도권 또는 광역도시 중심으로 작성되어 있어 충청남도의 현황 파악에는 활용성이 떨어지게 된다. 충청남도는 15개 시·군으로 이루어져 있으나 2016년까지 단 6개의 도시대기 측정망만이 운영되고 있어 지역적 특성을 분석하는데 어려움이 있었다. 2016년 고농도 미세먼지 발생사례가 증가함에 따라 국민적 관심이 증가하였고, 지역 차원의 현황파악을 위해 다수의 대기환경측정소가 설치되어 2024년 기준 현재는 40개소가 운영 중에 있다. 하지만 측정소가 설치된 이후 시범운영 기간을 거쳐 안정적인 데이터를 생산하기까지 약 1년의 기간이 소요된다는 점과 대부분이 2017년 이후 설치된 점을 감안했을 때 그래도 시·군에 대한 안정적인 데이터를 생산한다고 볼 수 있을 시점이 2018년이라고 볼 수 있다. 이에 본 연구에서는 배출량과 농도자료에 대한 기준시점을 2018년으로 설정하였고, 이후 가장 최근까지의 자료를 대상으로 하였다. 그 결과 배출량 자료는 2018년부터 2021년까지로 선정되었고, 농도자료는 2018년부터 2021년까지를 대상으로 선정하였다.

2. 대기오염물질 배출특성 분석

1) 전국 및 충청남도의 대기오염물질 배출량 변화 및 기여도 분석

그림 3-1은 전국의 배출량 대비 충청남도의 배출순위를 나타낸 것이다. CAPSS 기준 2016년 전국 대기오염물질 배출량(바다 제외)은 총 4,192,625 톤에서 2021년 3,253,068 톤으로 22.4% 감축한 것으로 나타났다. 충청남도는 석탄화력발전소, 제철소, 석유화학단지 등 대형 배출시설들이 다수 위치하고 있어 이들에 대한 배출 기여도가 높다. 2016년 자료를 보면 충청남도는 전국에서 배출된 대기오염물질 중 경기도에 이어 2위를 차지(490,389 톤, 11.7%) 차지하였다. 2017년에는 2016년 대비 32,620 톤을 감축하였고, 전국 배출 기여도에서 순위는 경기도에 이어 2위를 차지하였지만 배출 기여도는 11.1%로 0.6% 감소하였다. 2017년에는 457,282 톤으로 2017년의 457,769 톤 대비 유사한 수준을 보였으나 경상북도가 473,662 톤으로 전년 대비 배출량이 소폭 증가하면서 전국 배출량 순위 3위로 한 단계 내려왔다. 2019년에는 418,094 톤으로 전년 대비 8.6% 감축하여 높은 감축율을 보였다. 2016년 전국적으로 장기적인 고농도 미세먼지 발생 이후 국가차원의 정책 수립 및 추진이 진행되었고, 2018년 미세먼지관리 종합계획이 수립되면서 개선정책이 본격적으로 추진되기 시작하였다. 충청남도 역시 2018년 대형배출시설들과 자발적 감축협약과 다양한 지원사업을 추진한 결과 1년 사이 높은 감축 효과를 볼 수 있었다. 하지만 대부분의 지역에서 감축정책을 추진한 결과 전국 대비 충청남도의 기여도는 11.0%로 작년 대비 큰 감소는 보이지 않았다.



[그림 3-1] 전국의 대기오염물질 배출량 변화

2020년 들어 처음으로 40만 톤대에서 30만 톤대로 진입하게 되었으며, 배출량 역시 316,641 톤으로 전년 대비 24.3%의 높은 감축율을 보였다. 전국 대비 기여도 역시 9.5%로 10% 미만으로 감소하였고, 순위도 3위에서 4위로 한 계단 내려왔다. 이는 전국적으로 추진된 환경개선 정책의 추진 결과도 포함되어 있지만 가장 큰 이유는 2019년 말부터 2020년까지 진행된 코로나19로 인한 사회경제 정체가 가장 큰 이유일 것으로 판단된다. 가장 최근 연도인 2021년에는 320,637 톤을 배출하여 2020년 대비 소폭 증가를 보였고, 이는 2020년 침체된 경제가 코로나가 해소되면서 다시 제자리로 돌아가는 과정에서

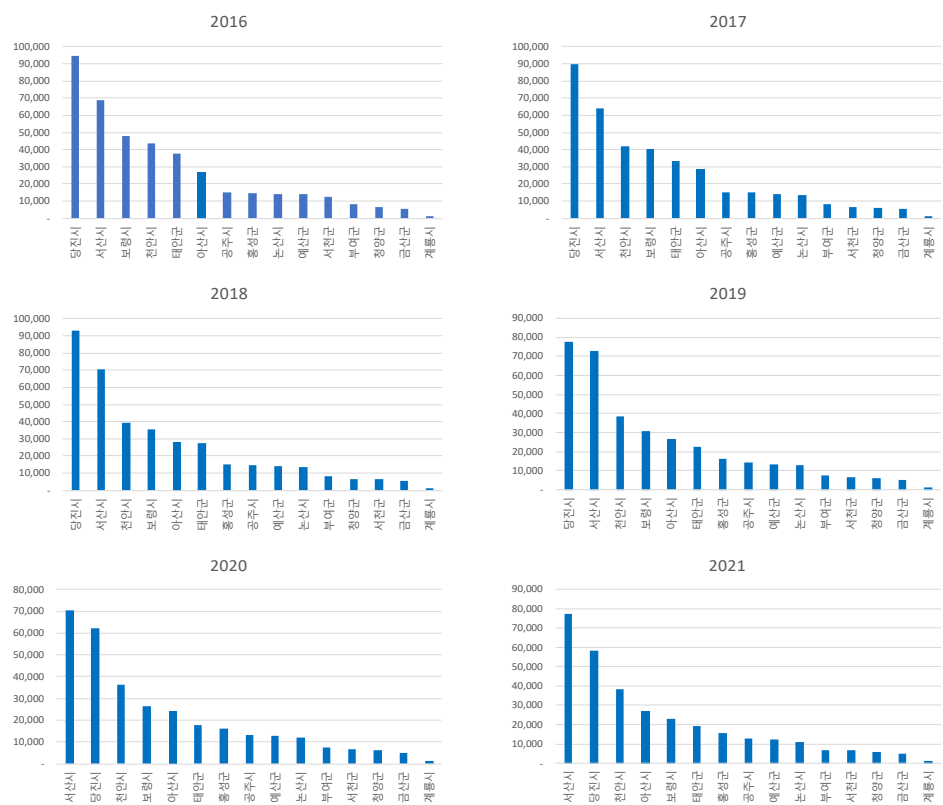
나타난 결과로 풀이된다.

본 연구에서는 2016년을 기준으로 2021년까지의 전국과 충청남도의 배출량 변화를 검토하였다. 지난 6년간 전국에서 배출된 대기오염물질은 총 939,557 톤, 22.4%가 감소된 것으로 확인되었다. 지역별로는 충청남도가 490,389 톤에서 320,637 톤으로 34.6%로 가장 높은 감소율을 보였다. 지역적 특성으로 대형배출시설의 기여도가 높았는데 이들 대형배출시설에 대한 관리강화와 업체들의 노력이 동반되었고, 더불어 높은 개선정책 추진의 결과로 풀이된다.

2) 충청남도의 시·군별 배출량 변화

그림 3-2는 충청남도 내 15개 시·군의 대기오염물질 배출량 변화를 나타낸 것이다. 2016년 가장 높은 배출 기여도를 보인 것은 당진으로 23.0%를 차지하였고, 그 뒤를 이어 서산 16.7%, 보령 11.7%, 천안 10.6%, 태안 9.2%로 나타났다. 그 뒤 2017년도 역시 당진이 23.4%로 가장 높은 배출 기여도를 보였고, 그 뒤를 이어 서산 16.6%, 천안 10.9%, 보령 10.6%, 태안 8.6%로 나타났다. 당진과 서산이 각각 1위와 2위를 차지한 가운데 2016년 3위였던 보령이 한 계단 내려가고 4위였던 천안이 한 계단 상승하여 순위 변동이 나타난 것으로 확인되었다. 2018년에는 당진-서산-천안-보령의 1~4위는 그대로 유지되었으며 태안이 내려가고 아산이 5위로 상승하였으며, 2019년도 동일한 순위를 유지하였다. 2020년에는 그 동안 배출 기여도 1위를 차지하던 당진이 2위로 내려가고 3위~5위까지는 전년도와 동일한 순위를 보였다. 가장 최근인 2021년에는 서산-당진-천안의 순위는 유지되었으며 아산과 보령이 순위를 바꿔 4, 5위로 나타났다. 보령은 2016년 47,949 톤에서 2021년 22,966톤으로 6년간

52.1%의 높은 감축율을 보였다. 이는 기존에 운영되던 보령 1, 2호기가 폐쇄되고, 대기환경관리 시행계획 추진에 따라 감축정책이 추진되면서 나타난 결과로 판단된다, 당진 역시 지난 6년간 38.5%의 감축율을 보였고, 태안 역시 49.3%의 높은 감축율을 보였다. 당진, 보령, 태안 3곳 모두 석탄화력발전소가 높은 배출 기여율을 보이는 곳인데 이는 석탄화력발전소에서 강도 높은 개선정책으로 많은 감축 효과가 나타나고 있다는 것을 의미한다.



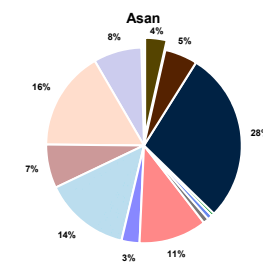
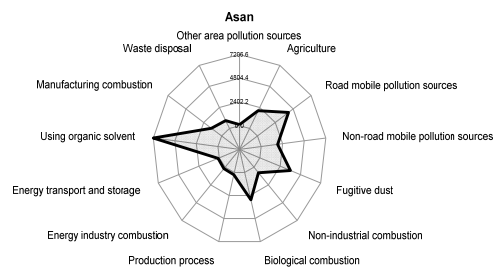
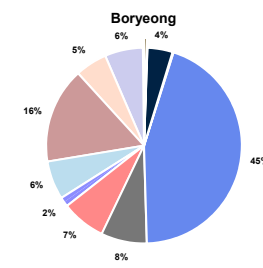
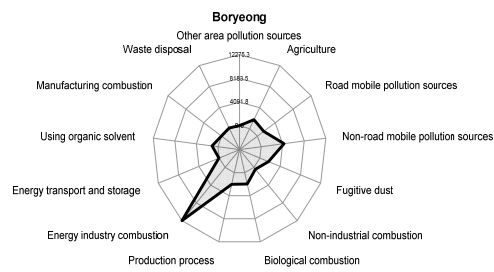
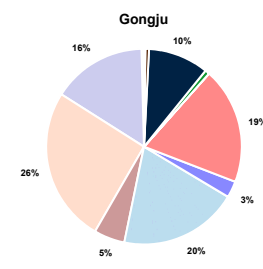
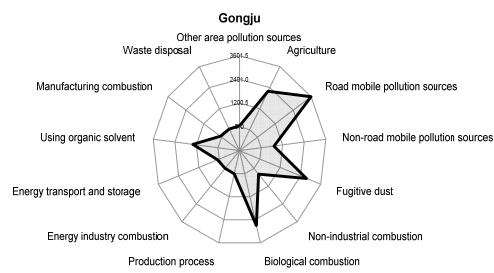
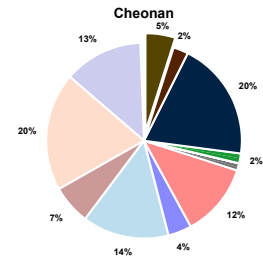
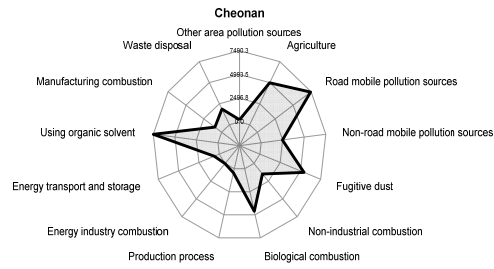
[그림 3-2] 충청남도의 대기오염물질 배출량 변화

반대로 석유화학단지가 위치한 서산의 경우 2016년 68,661 톤에서 2021년 77,305 톤으로 12.6% 증가한 것으로 나타났다. 배출량이 증가했다는 것은 경

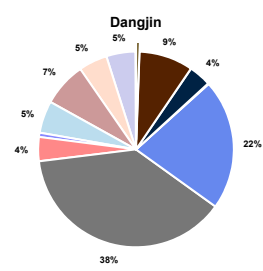
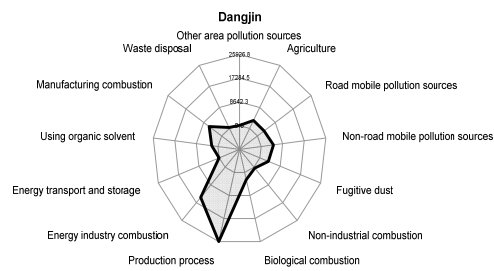
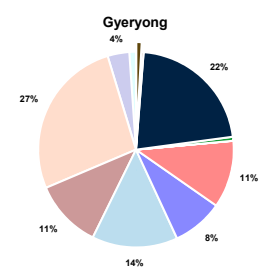
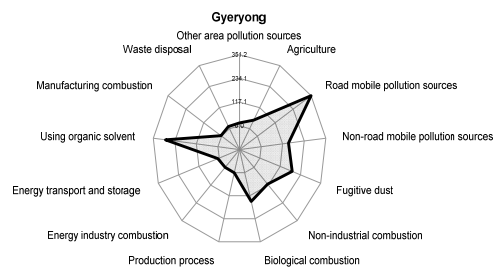
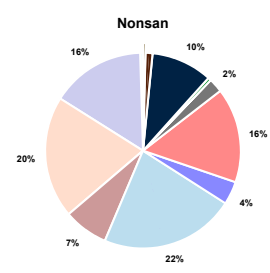
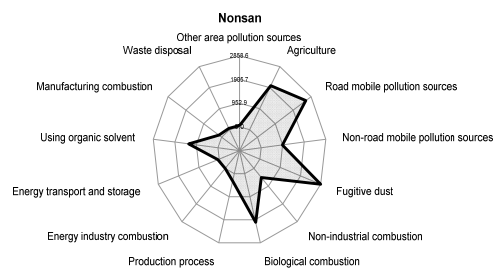
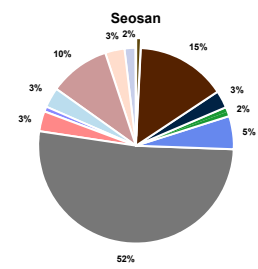
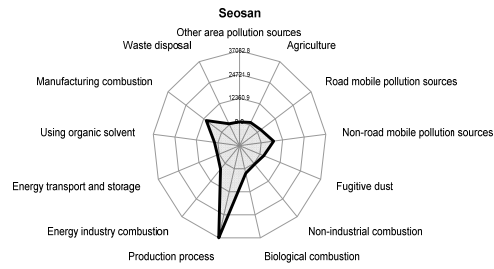
제적인 측면에서는 생산량이 증가했다는 의미로 해석된다. 하지만 환경적인 측면에서는 환경부하를 상승시킨 반대적인 영향도 나타나게 된다. 무조건적인 감축노력은 지역 경제에 악영향을 미칠 수 있기 때문에 배출량이 증가하는 가운데서도 배출시설에 대한 개선 노력이 얼마나 진행되었는지에 대한 확인과 검증이 필요하다. 앞서 언급한 것처럼 환경용량과 총량관리 측면에서는 부정적인 결과로 판단될 수 있으나 지역경제 활성화와 공동체적 상생관계 유지를 위해서는 이 과정에서도 높은 저감 효과를 가진다면 개선효과를 좀 더 높일 수 있는 방안을 민·관·사 입장에서 논의가 필요할 것으로 판단된다.

충남지역 내 도시배출 특성을 보이는 천안과 아산의 경우 꾸준히 감소하고 있으나 대형배출시설의 저감 대비 낮은 저감율을 보이고 있다. 이는 산업대비 생활부분에 대한 저감이 더디게 진행되고, 감소가 어렵다는 것을 의미한다. 산업시설의 경우 기존의 저감시설에 좀 더 고효율의 장비를 장착함으로써 순간적인 감축효과를 볼 수 있지만 생활부분에서는 배출기여도가 낮은 수많은 정책이 효과를 봐야만 가시적인 결과를 확인할 수 있다. 다양한 정책 추진으로 에너지산업부분의 배출을 억제하여 배출량을 관리하고 있는 만큼 향후에는 도시를 포함한 생활부분에 대한 저감 대책 수립과 추진동력 마련이 필요할 것으로 판단된다.

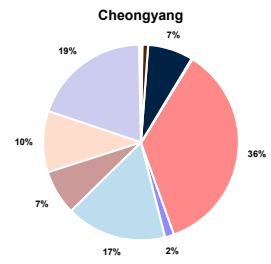
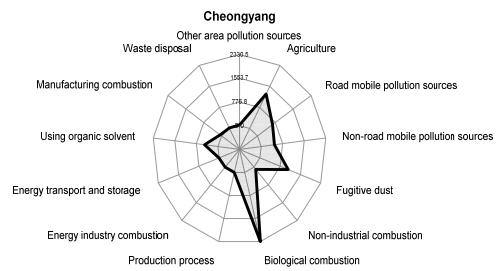
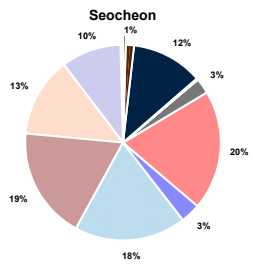
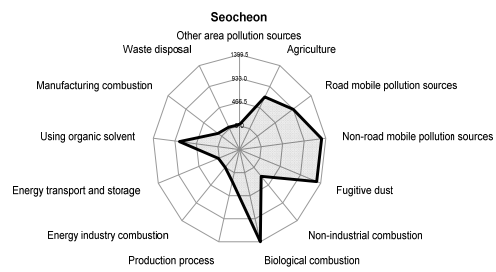
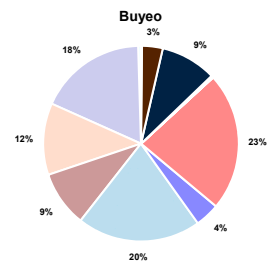
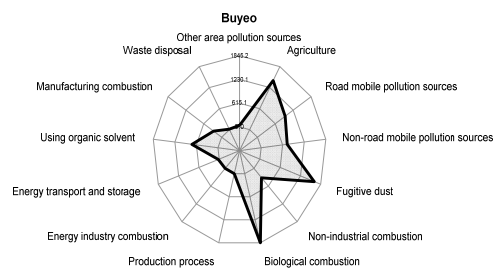
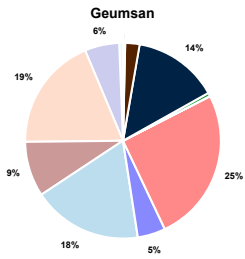
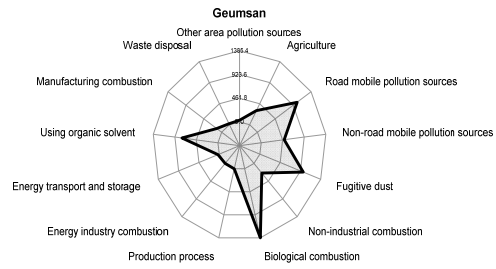
지역에 대한 저감계획 수립을 위해서는 지역에 대한 배출특성 분석이 필요하다. CAPSS에서는 9개 오염물질에 대해 13개 분류로 제시하고 있다. 배출원에 대해 최소 구 단위로 산정하고 있으며, 충남의 경우 14개의 시·군과 2개의 구로 이루어진 천안까지 총 16개 행정구역으로 구분하여 산정되고 있다. 이에 본 연구에서는 2개의 구를 가지는 천안을 포함한 15개 시·군에 대해 2021년도 배출량 기준 배출원 분류에 따라 주요 배출특성을 분석하였다.



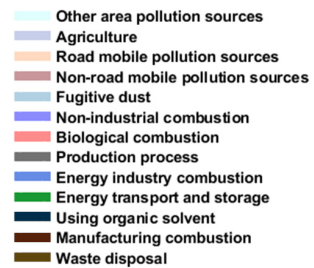
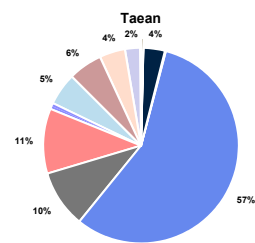
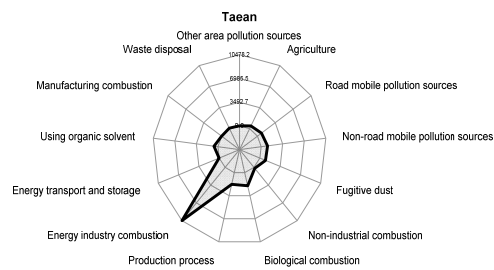
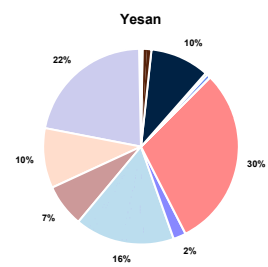
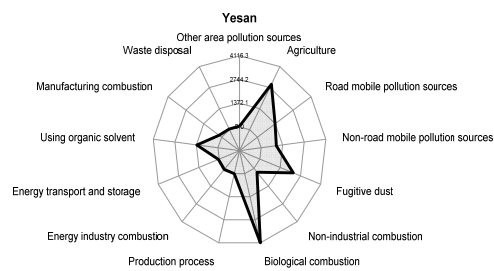
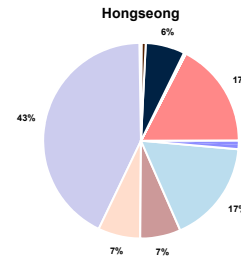
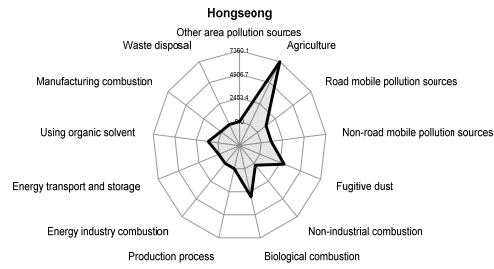
[그림 3-3] 시·군별 대기오염물질 배출특성 (계속)



[그림 3-3] 시·군별 대기오염물질 배출특성 (계속)



[그림 3-3] 시·군별 대기오염물질 배출특성 (계속)



[그림 3-3] 시·군별 대기오염물질 배출특성

그림 3-3은 15개 시·군의 대기오염물질에 대한 배출원별, 오염물질별 기여도를 나타낸 것이다. 왼쪽 그림은 지역별로 어떤 배출원에 대한 기여도가 높은지를 방사형으로 나타낸 것이고, 오른쪽 그림은 비율을 나타낸 것이다.

앞서 언급한 것처럼 CAPSS는 총 13개 부분에 대해 구분하여 배출량을 산정한다. 그 중 제조업공정, 생상공정, 유기용제 사용은 산업시설에 의한 배출이 주로 차지하고, 에너지산업연소와 에너지수송 및 저장, 유기용제 사용의 비율이 높을 경우 에너지 생산에 의한 기여도가 높은 것으로 나타난다. 분석결과 당진, 서산, 태안, 보령의 4개 시·군은 에너지산업형으로 구분되었다. 당진의 경우 생산공정 38%, 에너지산업연소 22%, 제조업연소 9%, 비도로오염원 7% 순으로 나타났고, 이는 당진에 위치하고 있는 제철소와 석탄화력발전소의 비중이 지역 내 배출에 높은 기여도를 가진다는 것을 의미한다. 서산의 경우 생산공정이 52%로 압도적으로 높은 비율을 보였고, 제조업연소 15%, 비도로오염원 10%, 에너지사업연소 5%로 나타났다. 서산의 경우 전국 3대 석유화학단지 중 하나인 대산석유화학단지가 위치하고 있어 산업단지 내 생산 및 제조업 연소가 높은 비율을 차지하는 것으로 나타났다. 태안의 경우 에너지산업연소가 57%로 나타났고, 생물성연소 11%, 생산공정 10%, 비도로오염원 6% 순으로 확인되었다. 태안에서 높은 비율을 차지한 에너지산업연소는 태안 내 석탄화력발전소의 영향인 것으로 판단되며, 생물성연소는 지역 내 주요 산업인 농업에서 기인한 것으로 판단된다. 보령 역시 태안과 마찬가지로 에너지산업연소의 비율이 45%로 높게 나타났는데 이 역시 석탄화력발전소의 배출기여도가 높기 때문인 것으로 판단된다. 보령의 에너지산업연소관련 비율이 태안보다 낮은 것은 2020년 보령 1,2호기가 폐쇄되면서 전반적인 배출량이 감소하였기 때문이다.

그 다음으로 홍성, 예산, 청양, 부여가 농어촌형으로 분류되었다. 13개 항목 중 농어촌형태의 경우 생물성연소와 농업, 비산먼지의 비중이 높게 나타난다.

홍성의 경우 농업이 43%로 가장 높은 비율을 보였고, 그 뒤를 이어 생물성연소와 비산먼지가 각각 17%로 나타나 전형적인 농업지역의 배출특성을 보였다. 예산의 경우 생물성연소 30%, 농업 22%, 비산먼지 16%를 보였고, 청양은 생물성연소 36%, 농업 19%, 비산먼지 17%순으로 나타났다. 부여 역시 생물성연소 23%, 비산먼지 20%, 농업 18%순으로 확인되었다. 예산과 청양, 부여 3 곳 모두에서 생물성연소가 23~30% 수준에서 가장 높은 비율을 보였으며, 그 뒤로 농업과 비산먼지였다. 다시 말해 농어촌 지역의 경우 지역 내 이루어지고 있는 노천 및 불법소각에 의한 영향이 큰 것으로 확인되었고, 그 뒤를 이어 나대지나 논, 밭 등에서 기인한 비산먼지에 의한 영향이 큰 것으로 나타나고 있다. 농업과 비산먼지에 대한 관리가 쉽지 않을 것을 감안했을 때 불법적으로 나타나고 있는 소각과 지역 내 화목난로, 직화구이 음식점 등에 의한 배출관리가 지역 내 대기질 개선을 위해 우선적으로 수행되어야 할 것으로 판단된다.

다음으로 천안, 아산, 논산, 공주의 경우 도농복합형으로 구분되었다. 농촌의 경우 농업, 생물성연소, 비산먼지의 배출기여도가 높은 반면, 도시지역은 유기용제 사용, 도로오염원에 의한 기여도가 높게 나타난다. 천안과 아산, 논산, 공주의 경우 도심지역과 농촌지역의 특징을 모두 나타냈다. 천안의 경우 도로오염원과 유기용제사용이 20%로 가장 높은 배출 비율을 보였고, 비산먼지 14%, 농업 13%, 생물성 연소 12%로 나타났다. 충남 최대도시로 도시화가 진행되고 있지만 아직까지 과거 농촌형 특성이 일부 기여를 하고 있는 것으로 판단된다. 아산 역시 충남 제 2도시로 도시화가 진행되고 있으며, 유기용제 사용 28%, 도로오염원 16%로 도심지역 특징을 보이며, 삼성전자, 기아자동차와 같은 대기업들에 의한 유기용제 배출이 일정 수준 이상 기여하고 있는 것으로 나타났다. 그 뒤를 이어 천안과 마찬가지로 비산먼지 14%, 생물성연소 11%, 농업 8%로 나타나 농업지역의 배출특성을 동시에 보이고 있었다. 논산의 경우 비산

먼지 22%, 도로오염원 20%, 생물성연소와 농업이 각각 1%, 유기용제 사용 10%순으로 나타났고, 공주는 도로오염원 26%, 비산먼지 20%, 생물성연소 19%, 농업 16%, 유기용제 사용 10% 순으로 나타났다. 논산과 공주 모두 도시화가 이루어지고 있지만 아직까지 도심지역에 의한 배출특성보다는 농촌지역의 배출특성이 좀 더 지배적인 것으로 나타났고, 도로오염원과 유기용제사용 등 도심지역 배출 특성의 물질들의 기여도가 증가하고 있어 점차 도시화가 되어가고 있다는 것을 확인할 수 있었다.

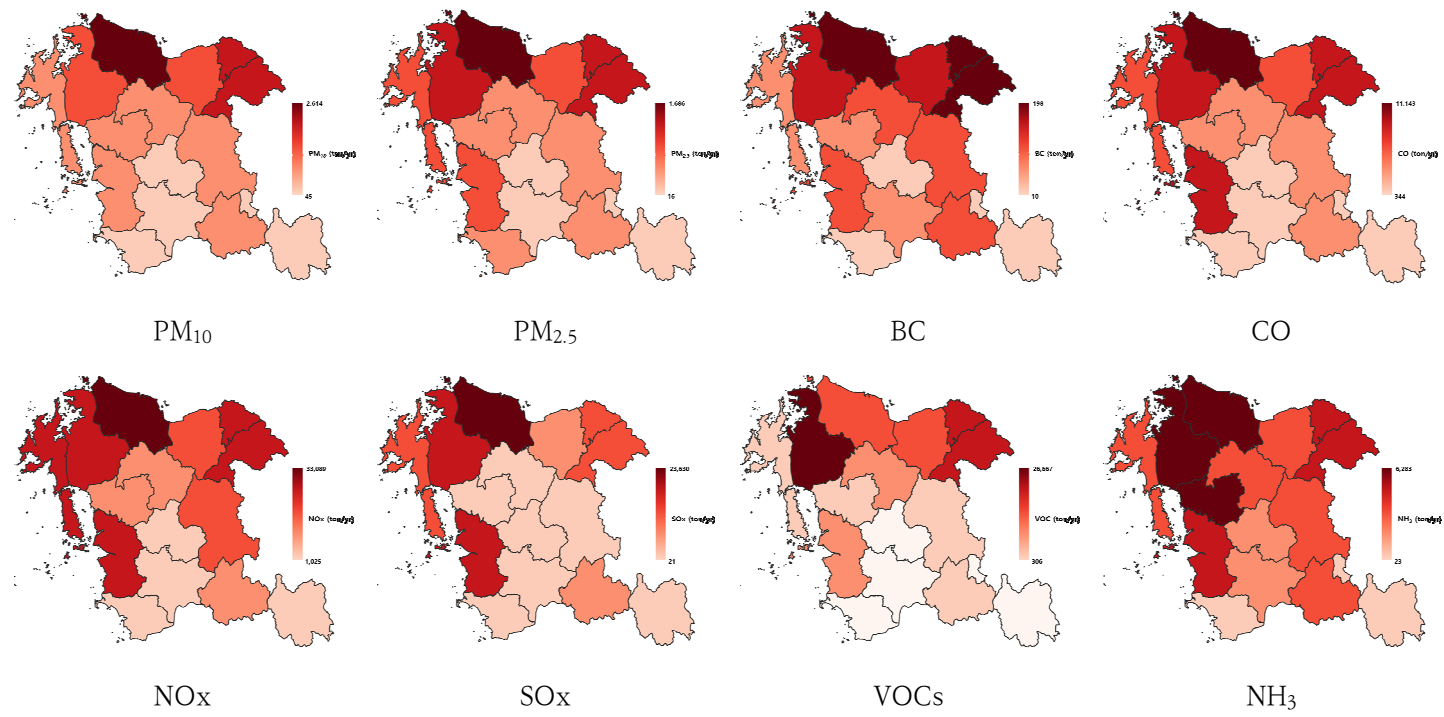
서천과 계룡, 금산의 경우도 앞서 논산, 공주와 같이 도농복합이라고 볼 수 있으나 아직까지 도시특성보다는 농업지역의 배출특성이 좀 더 높은 기여도를 보이고 있다. 하지만 배출량 자체가 워낙 다른 지역보다 낮은 수준으로 타 지역 대비 뚜렷하게 특성을 구분하기 어렵다.

여기서 유의할 점은 서천이다. 서천은 지난 2017년 화력발전소 1, 2호기가 폐쇄되면서 에너지산업부분의 배출량이 감소하였다. 석탄화력발전소가 운영되었던 2016년 대비 2017년 이후 큰 차이를 보이지 않았지만 그래도 일부 배출량 감소가 확인되었다. 하지만 2021년 신서천 화력발전소가 준공되고 신규가동이 진행되면서 2022년 이후 배출량 산정시 이 부분이 추가될 것으로 예상되며, 이러한 경우 도농복합 또는 농어촌형에서 에너지산업형으로 편입될 것으로 예측된다. 하지만 본 연구에서는 2021년까지 만의 배출량 자료만을 대상으로 하고 있어 현재로는 이를 배제한 채 분류하였다.

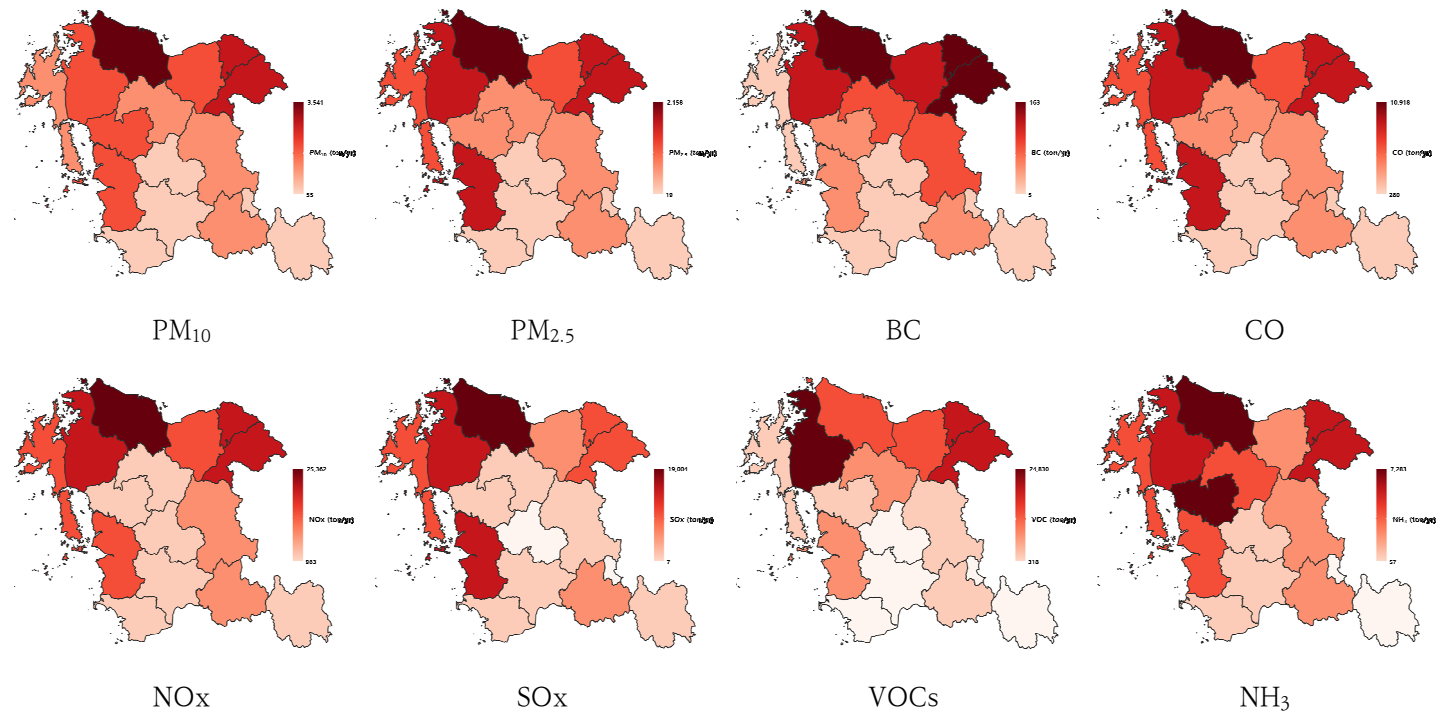
그림 3-4부터 3-7까지는 2018년부터 2021년까지 각 지역별 배출량 자료를 대상으로 GIS를 이용하여 가시적으로 나타낸 것이다. PM₁₀의 경우 당진에서 가장 높은 배출량을 보였고, 4년 모두에서 가장 높은 배출량을 보였다. 그 뒤를 이어 천안, 아산, 서산 순으로 나타났다. 이후 연차가 지나갈수록 홍성과 예산,

태안의 배출량이 점차 증가하고 있는 것을 확인할 수 있다. PM_{2.5}의 경우 2018년 당진에서 가장 높은 배출량을 보였고, 천안, 서산, 아산, 홍성, 태안 등의 순으로 나타났다. 하지만 연차가 지날수록 서산의 배출량이 감소하면서 홍성과 태안의 배출량이 증가하고 반대로 보령의 경우 감소하고 있는 것으로 확인되었다. BC의 경우 2018년 당진과 천안에서 가장 높은 배출량을 보였다. 하지만 2021년의 경우 당진의 배출량이 감소하면서 천안의 배출량이 가장 높은 수준을 보였으며, 논산과 보령의 배출량이 감소추세에 있는 것으로 나타났다. CO의 경우 꾸준히 감소 추세에 있다. 연소공정의 효율개선과 완전연소 상태 유지 기술이 증가하면서 배출량이 감소하고 있는 것으로 보고되고 있다. CO의 경우 연소공정이 다수 위치할수록 높은 배출량을 보이기 때문에 배출시설이 많이 위치하고 있는 당진, 서산, 보령, 천안, 아산에서 높은 배출량을 보인다. 지난 4년간 다른 지역은 유사한 배출량을 보였으나 가장 최근인 2021년 서산의 배출량이 증가한 것으로 나타났다. 국가 및 충남도 차원의 대기질 개선정책으로 점차 배출량이 감소하고 있는 것에 반해 서산의 경우 소폭 증가하였고, 그 중 VOCs의 배출량의 비중이 크게 나타났는데 이는 석유화학단지의 배출량 증가를 의미하며 이는 생상공정의 운영시간 증대를 의미한다. CO 역시 결국 공정 연소과정에서 배출된다는 것을 감안할 때 석유화학단지 내 배출량 증가에 따른 부가적인 효과로 판단된다. NO_x는 CO와 더불어 연소공정에서 배출되는 지표물질이다. 산업공정, 에너지생산, 도로 및 비도로오염원 등 다양한 배출원을 보인다. NO_x 역시 당진이 지난 4년간 가장 높은 배출량을 보이며, 서산의 경우 CO와 마찬가지로 2021년 배출량 증가를 보였다. 이는 CO와 같은 이유인 것으로 판단된다. 그 외 보령과 청양의 배출감소를 확인할 수 있는데 보령의 경우 석탄화력발전소 조기폐쇄에 따른 영향으로 판단되며, 청양의 경우 세부적인 원인분석이 필요하다. SO_x는 주로 화석연료의 연소과정에서 발생되며, 산성비

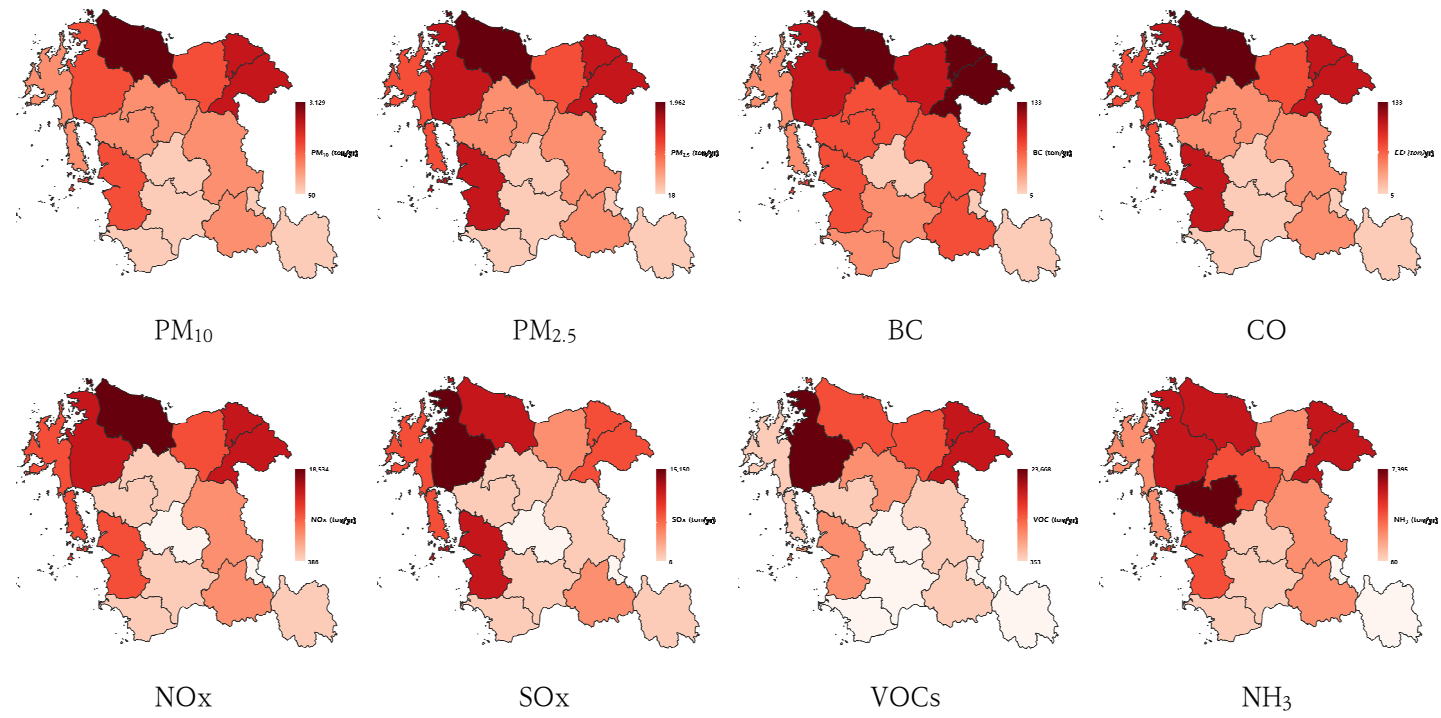
등의 국제적인 환경이슈가 발생하면서 점차 원료의 황 성분 제어와 탈황설비 구축으로 배출량이 크게 감소하고 있다. 2018년과 2019년의 경우 당진의 배출량이 가장 많고, 그 뒤로 서산과 보령의 배출량이 높게 나타났다. 하지만 시간이 지남에 따라 2021년 당진과 보령, 천안, 공주, 청양의 배출량이 감소하고 있는 반면 서산과 태안, 서천의 배출량이 증가하고 있는 것으로 확인되었다. 서산의 경우 석유화학단지 내 생산량 증가에 따른 배출량 증가로 예측되나 서천과 태안의 경우 석탄화력발전소가 가동되고 있다고 하나 2018년 대비 2021년 총량관리제도나 황 함유량 감소 등 관리대책이 추진 중인 가운데 배출량이 증가한 것으로 확인되어 이에 대한 세부적인 검토가 필요할 것으로 판단된다. CAPSS에서 VOCs에 대한 주요 배출부분은 유기용제 사용이다. 유기용제의 경우 다른 부문과 마찬가지로 다양한 배출원을 가지지만 가장 큰 배출원은 석유를 정제하거나 가공, 생산하는 석유화학분야이다. 충남은 전국 3대 석유화학단지가 서산에 위치해 있는 만큼 VOCs에 대한 배출 기여도는 서산이 압도적으로 높게 나타났다. VOCs의 경우 2018년부터 2021년까지 모든 연도에서 서산에서 가장 높은 배출량을 보였고, 그 뒤를 이어 천안, 아산과 당진, 보령, 예산 등의 순서를 보였다. 천안의 경우 다수의 VOCs 배출시설이 위치해 있어 이에 대한 영향으로 판단되며, 당진과 아산 역시 도시지역 배출특성에 의해 나타난 결과로 판단된다. 서천, 청양, 금산, 부여와 같이 상대적으로 낮은 배출량을 보이는 농촌형 지역에서는 낮은 배출량을 보였다. 마지막으로 NH₃의 경우 산업 공정에서도 일부 배출되지만 대부분 농축산분야에서 배출되는 것으로 알려져 있다. 에너지산업형이나 도시형 배출특성을 보이는 곳이 일부 있지만 결국 충남 전역에서 행해지고 있는 산업은 농업이며, 사육두수 기준 전국 1위의 축산 지역으로 많은 NH₃ 배출량을 보인다. 전반적으로 높은 농도를 보이며, 당진, 서산, 홍성, 보령에서 높은 농도를 보이고 있다.



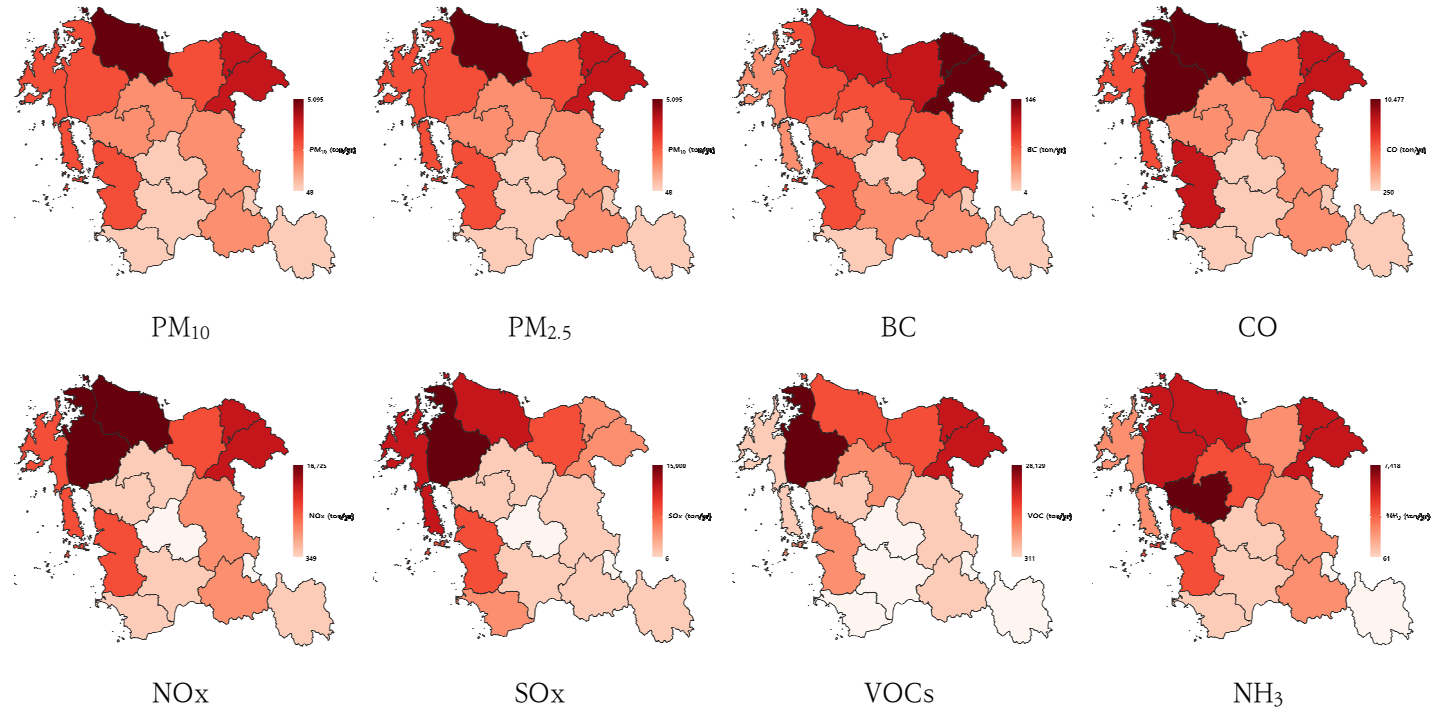
[그림 3-4] 시·군별 대기오염물질 배출량 정보 (2018년)



[그림 3-5] 시·군별 대기오염물질 배출량 정보 (2019년)



[그림 3-6] 시·군별 대기오염물질 배출량 정보 (2020년)



[그림 3-7] 시·군별 대기오염물질 배출량 정보 (2021년)

3. 대기오염물질 농도변화 특성 분석

그림 3-8은 충청남도와 주요 도시들의 농도변화를 나타낸 것이다. PM_{2.5}는 2015년부터 모니터링을 시작하여 2015년부터 2020년까지 5년간의 자료를 대상으로 하였고, 그 외 자료들은 2000년부터 2020년까지 20년간의 자료를 대상으로 하였다.

2015년 충청남도의 PM_{2.5} 농도는 30.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었으며, 이때 측정소는 천안에 1개소 밖에 있지 않아 충청남도의 대표 농도값 이라고 보기에는 어려움이 있다. 이후 지속적으로 증가를 시작하여 2018년에는 15개 시·군에서 PM_{2.5} 농도를 관측할 수 있게 되었다. 이때 충청남도의 평균농도는 21.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었다. 시·군별로는 당진과 아산이 25.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 가장 높은 농도를 보였고, 천안 24.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 홍성 23.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 수준의 높은 농도를 보였다. 가장 낮은 농도는 계룡의 15.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었고, 서천 16.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 태안 17.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 등으로 나타났다. 이후 2019년 25.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 증가하였다가 감소추세로 들어가면서 2022년 19.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 충청남도 전역에서 PM_{2.5} 농도를 관측한 이래 가장 낮은 농도를 보였다. 2022년 기준 지역별로는 아산이 22.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 가장 높은 농도를 보였고, 천안과 당진이 각각 22.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 예산 21.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 공주 20.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 높은 농도분포를 보였고, 반대로 태안 15.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 서천 16.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 서산 16.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 계룡과 부여가 각각 17.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 수준을 보였다. 하지만 관측이 연평균 환경기준인 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 만족한 적은 없었다.

PM₁₀은 2001년부터 충남지역 내 추이측정소가 위치해 있는 천안과 서산에서 관측을 시작해왔다. 관측초기인 1999년부터 2002년까지 52.9~54.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 를 상회하는 농도를 보이다가 2003년 처음으로 연평균농도가 45.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 대로 진입하였다. 하지만 이후 40~50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 사이에서 증감을 반복하다가 2008년 49.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 대로 진입 이후 2016년 2016년 48.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 연평균농도를 보였다. 이후 2018년부터는 충남 15개 시·군에서 PM₁₀에 대한 농도관측이 시작되었는데 첫 전체평균 농도는 39.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 나타났다. 이후에도 농도 증감을 반복하는데 2019년 42.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 1년 사이 증가하였고, 가장 최근인 2022년에는 34.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 나타나 관측 이래 가장 낮은 농도수준을 보였다. 하지만 이는 2019년 말부터 시작된 코로나 팬데믹의 영향으로 사회활동 감소 등의 영향이 포함되어 있어 추후 좀 더 장기적인 농도변화 추이를 볼 필요가 있다. 2009년 이후 충남 전체에 대한 연평균 농도는 연간환경기준인 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이내로 유지되고 있는 것으로 나타났다. 지역 별로는 충남 지역 전역에서 관측이 시작된 2018년부터 2022년까지의 평균농도를 봤을 때 계룡이 34.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 가장 낮은 농도를 보였고, 청양 35.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 서천 35.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 나타났고, 당진 47.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 아산 45.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 천안 42.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 3개 시에서 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 넘는 농도를 보였다.

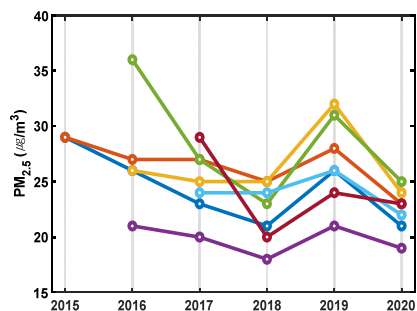
NO₂의 경우 1999년 천안과 서산에서 측정이 시작되었으며, 천안 19 ppb, 서산 24 ppb로 지역 내 평균농도는 22 ppb 수준으로 확인되었다. 지역내 평균으로 보면 2002년 19 ppb로 20 ppb 이내로 들어온 다음 2017년 17 ppb로 유사한 농도수준을 보였다. 이후 2018년 충남 전역에서 측정자료가 생산되기 시작하면서 연평균농도는 14 ppb로 증감추세에서 감소추세로 변화하였고,

이후 2022년에는 11 ppb로 관측이라 가장 낮은 수준을 보였다. NO₂의 연평균 환경기준은 30 ppb로 2008년 이후 환경기준 이내로 유지되고 있다. 충남 지역 15개 시·군에서 데이터가 생산되기 시작한 2018년부터 2022년까지 5년간 평균농도를 보면 청양 8 ppb, 태안, 보령, 서천에서 각각 10 ppb로 낮은 농도를 보였고, 천안 20 ppb, 아산 15 ppb, 당진, 서산, 계룡에서 각각 14 ppb로 높게 나타났다. NO₂의 경우 환경기준의 1/3 수준으로 잘 관리되고 있는 것으로 확인되었다.

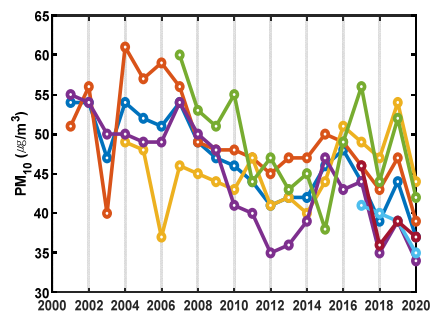
SO₂는 대부분 화석연료 내 포함되어 있는 황성분(S)이 산화과정(O)을 거쳐 나오는 오염물질로 CO와 더불어 가장 관리가 잘되고 있는 물질로 알려져 있다. 관측이 처음 시작된 1999년 천안과 아산 모두 6 ppb 수준에서 시작하여 지속적인 감소추세로 가장 최근인 2022년 3 ppb 수준으로 초기 대비 절반 수준의 농도를 보이고 있다. 충남 지역 대부분에서 3~4 ppb 수준을 보이고 있으며, 연평균 환경기준이 20 ppb임을 감안했을 때 매우 낮은 수준이다. 또한 현재 주시험장비로 운영 중인 SO₂ 측정장비의 검출한계(limit of detection, LOD)가 1 ppb임을 감안한다면 향후 관리물질에서의 제외도 고민해볼 필요가 있다.

CO 역시 앞서 SO₂와 마찬가지로 매우 관리가 잘되고 있는 물질로 알려져 있다. CO는 급성중독을 야기하는 물질로 SO₂, NO₂, PM 등과 다르게 연평균 관리 기준이 아닌 24시간 이내 기준(1시간, 8시간)을 가지고 있다. CO는 대부분 불완전 연소과정에서 배출되며 주로 산업공정이나 에너지생산공정, 자동차 등에서 배출되는 것으로 알려져 있다. CO의 환경기준은 1시간 평균 25 ppm 과 8시간 평균 9 ppm 이하이다. CO의 경우 관측이 시작된 이후 1 ppm을

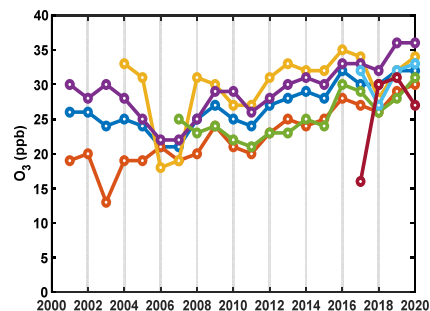
상회한 적이 없으며, 최근 5년(2018~2022년) 평균 농도는 0.4 ppm정도로 나타나 향후 CO 역시 대기관리물질에서의 제외를 고민해볼 필요가 있다.



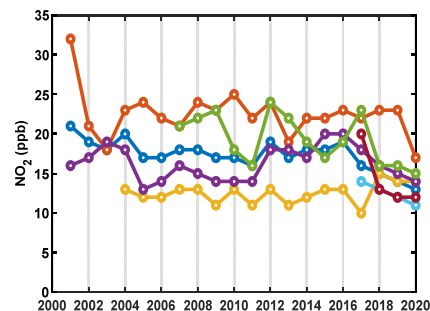
(a) PM₁₀



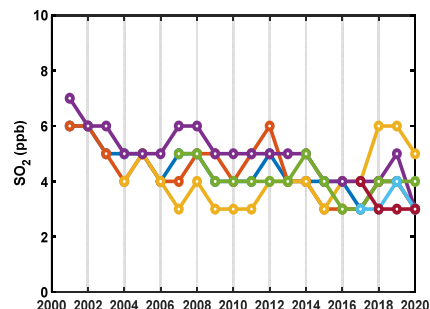
(b) PM_{2.5}



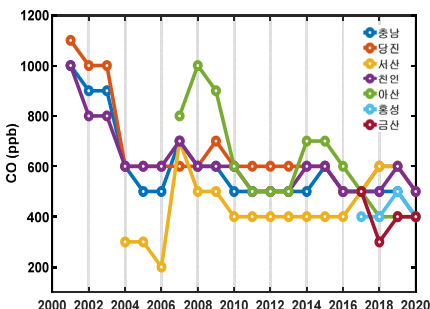
(c) O₃



(d) NO₂



(e) SO₂



(f) CO

[그림 3-8] 충남지역 주요 도시의 대기오염물질 농도변화 추이

O₃은 결론부터 말하자면 환경기준(1시간, 8시간)을 초과하진 않는다. O₃은 대기 중 배출된 NO_x와 VOCs가 광화학 반응을 통해 생성되는 2차 오염물질로 순간 생성되며 수 시간 내 분해되어 소멸된다. 하지만 O₃ 자체적으로 대기 중에서 다양한 동식물에 대한 피해를 야기하기 때문에 관리 중요성이 부각되고 있다. O₃에 대한 환경기준은 8시간 평균 60 ppb, 1시간 평균 100 ppb로 되어 있으며, PM과 더불어 O₃ 경보제도가 운영되고 있다. O₃ 경보제는 1시간 평균농도를 기준으로 120 ppb보다 높을 경우 주의보가, 300 ppb 이상시 경보, 500 ppb보다 높은 경우 중대경보가 발령된다. 충남의 경우 발령횟수 기준 2016년 20회, 2017년 7회, 2018년 17회, 2019년 14회, 2020년 13회, 2021년 24회, 2022년 17회로 꾸준히 발령되고 있다. 1999년 초기 관측시 천안과 서산에서 각각 18 ppb와 28 ppb로 충남 평균농도는 23 ppb로 나타났다. O₃의 경우 전구물질로 알려진 NO_x보다 VOCs가 O₃ 생성에 더 빠르게 반응하며, 특히 해안가에서 좀 더 높은 농도를 보이는 것으로 알려져 있어 내륙지역인 천안보다 해안가에 위치한 서산의 농도가 더 높게 나타났다. O₃의 경우 관측이후 최근까지 꾸준히 증가하고 있는 것으로 나타나고 있다. 가장 최근인 2022년에는 충남 평균 36 ppb로 나타났고, 지역별로는 보령 40 ppb, 서산, 태안, 서천에서 각각 39 ppb로 해안가에 위치한 시·군에서 높게 나타났고, 천안과 아산 30 ppb, 논산과 부여 31 ppb, 공주 32 ppb 등 내륙 지역에 위치한 시·군에서 낮은 농도를 보였다. O₃의 경우 뚜렷한 원인 파악 없이 지속적으로 농도가 증가하고 있는 가운데 제3차 대기환경개선 종합계획에서 PM_{2.5}와 더불어 주요 관리물질로 지정한 만큼 향후 O₃에 대한 생성원인 분석과 전구물질에 대한 구체적인 관리방안 제시가 필요할 것으로 판단된다.

그림 3-9에서 3-13은 2018년부터 2022년까지 최근 5년간 환경기준물질 6개에 대해 각 연도별 농도를 GIS를 이용하여 가시적으로 나타낸 것이다. 2018년 PM₁₀의 농도는 당진과 아산에서 가장 높은 농도를 보였고, 그 뒤를 이어 천안이 2그룹, 홍성, 예산, 공주, 부여가 3그룹으로 높은 농도를 보였다. 하지만 시간이 지남에 따라 당진에서 높은 농도 분포를 보이고, 아산의 경우 연차에 따라 1그룹과 2그룹에서 농도의 증감을 보이고 있다. 그 외에는 천안이 일정하게 2그룹을 유지하고 있으며, 부여와 논산에서 주기적으로 3그룹과 4그룹을 오가고 있으며, 보령은 꾸준히 3그룹을 유지하고 있는 것으로 나타났다.

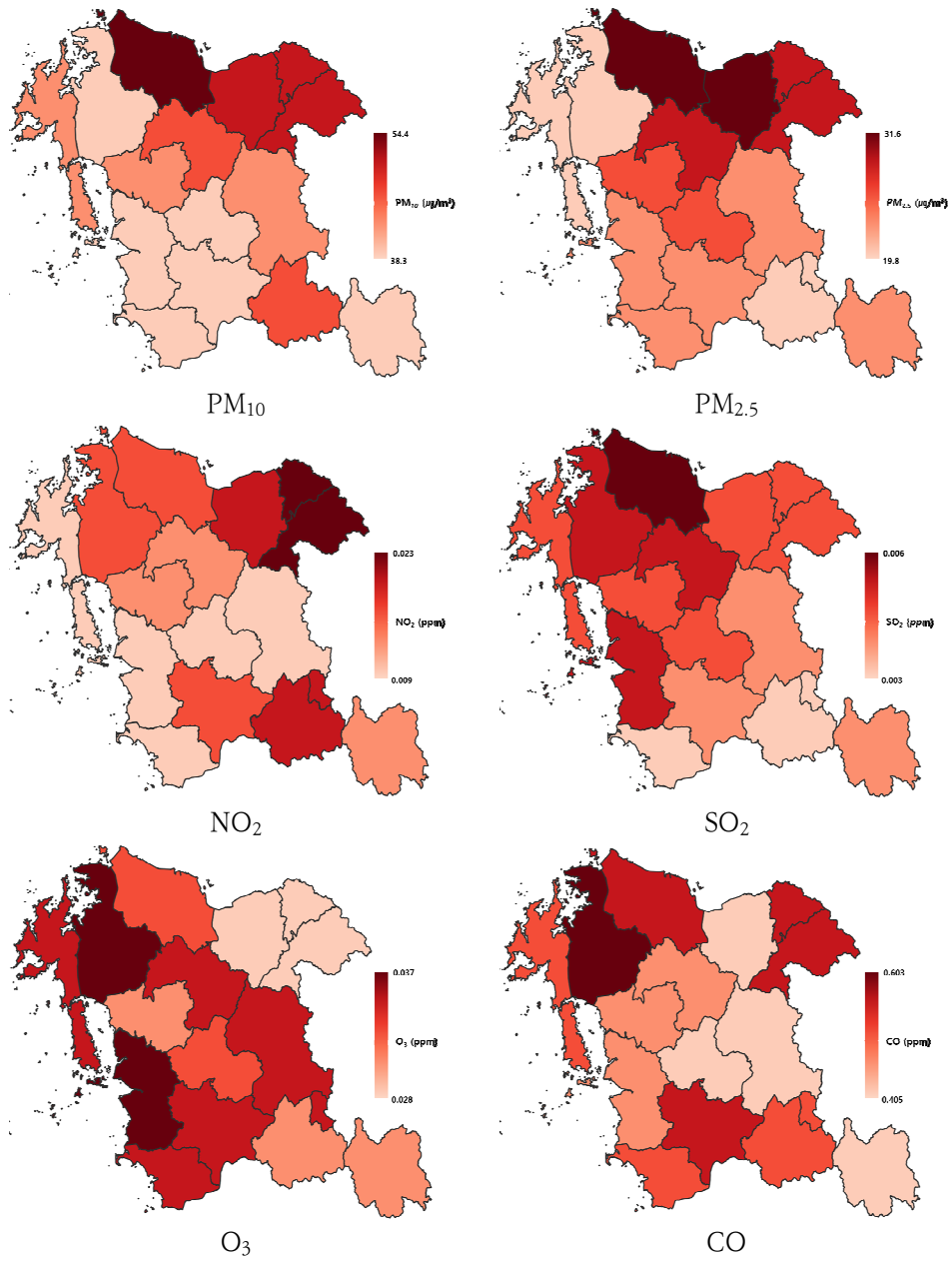
PM_{2.5}의 경우 2018년 당진, 천안, 아산, 홍성에서 높은 수준의 1그룹을 형성하고 청양, 공주가 2그룹, 예산 보령이 3그룹으로 분류되었다. 하지만 시간이 지남에 따라 홍성은 1그룹에서 3그룹으로 개선되었으나 반대로 공주의 경우 2022년 2그룹으로 편입되어 공기질이 악화되고 있는 것으로 나타났다. 서산의 경우 충남 전체 1위의 배출지역임에도 불구하고 PM_{2.5} 농도에서는 낮은 수준으로 나타나는데 이는 주요배출시설이 석유화학단지다보니 입자상 오염물질인 PM_{2.5}보다 VOCs 계열 농도가 높을 것으로 예측된다. 하지만 VOCs 계열의 오염물질을 모니터링 할 수 있는 장비들이 구축되지 않아 이에 대한 장기적인 농도변화는 현재 정보가 부족한 실정이다. 향후 VOCs를 상시 모니터링 할 수 있는 측정망이 구축되어 운영될 필요가 있다. PM_{2.5}의 경우 충남 서북부에 밀집되어 높은 농도분포를 보이며, 북에서 남으로 갈수록 농도가 감소하는 경향을 보이고 있다.

CO와 SO₂의 경우 앞서 중장기적인 농도변화를 분석한 결과 환경기준보다 매우 낮은 수준이거나 측정분석 장비가 겨우 관측할 수 있는 검출한계 정도라

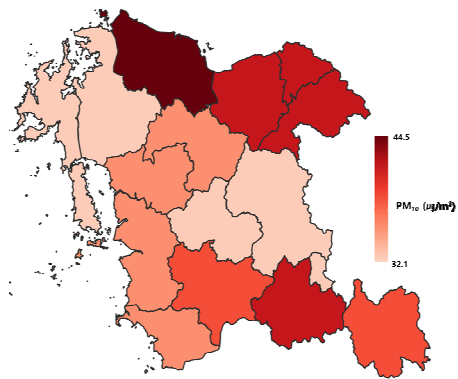
나오고 있다는 것을 확인할 수 있었다. 본 분석에도 지역별 농도분포를 제시하긴 하였으나 워낙 낮은 수준에서 배출특성을 제시하다보니 자칫 절대적인 농도값을 고려하지 않은 지역적 편차만을 고려한 결과가 도출될 수 있어 이를 고려한 자료검토가 필요할 것으로 판단된다. CO와 SO₂의 경우 지역별 연도별 분포가 다른 물질 대비 다르게 나타나는데 이는 절대농도가 낮다보니 작은 농도 변화에도 큰 것처럼 보이는 착시현상으로 두 물질에 대한 지역적 농도분포는 큰 의미를 두기에는 어려움이 있을 것으로 판단된다.

NO₂는 2018년의 경우 천안이 단독 1그룹으로 나타났고, 이어서 아산, 당진, 서산, 논산, 계룡이 2그룹으로 높은 수준을 보였으며, 홍성, 예산, 부여, 금산이 3그룹으로 나타났다. 이후 2022년까지 천안이 단독으로 1그룹을 유지하는 것으로 나타났으며, 아산, 당진, 서산, 논산 등 주로 도시형 배출특성을 가지는 지역에서 2그룹을 형성하고 있었다. 특히 충남의 중심에 위치한 청양의 경우 2018년부터 2022년까지 가장 낮은 그룹을 유지하고 있는 것으로 나타났다.

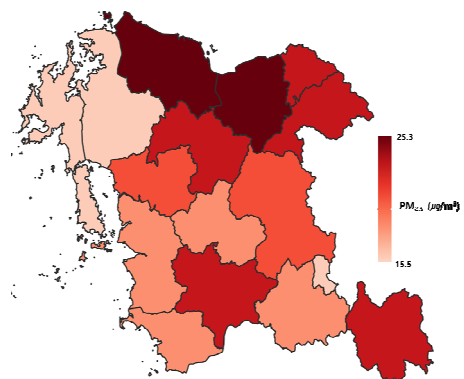
마지막으로 O₃의 경우 2018년부터 2022년으로 갈수록 점차 고농도 지역이 확대되는 것을 볼 수 있으며, 내륙보다는 해안가에 위치한 시·군에서 좀 더 높은 농도분포를 보이는 것을 확인할 수 있다. 연마다 농도분포 특성이 상이하게 바뀌고는 있지만 서산과 보령, 서천에서 꾸준히 고농도 분포를 보이고 있으며, 상대적으로 내륙에 위치한 천안, 아산, 금산, 논산은 낮은 농도분포를 보이는 것으로 나타났다.



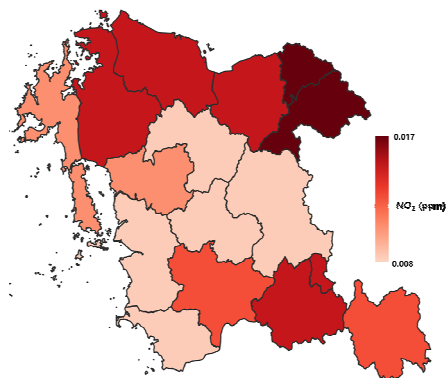
[그림 3-9] 시·군별 대기오염물질 농도 변화 (2019년)



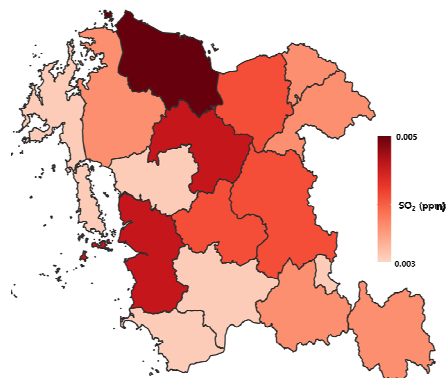
PM₁₀



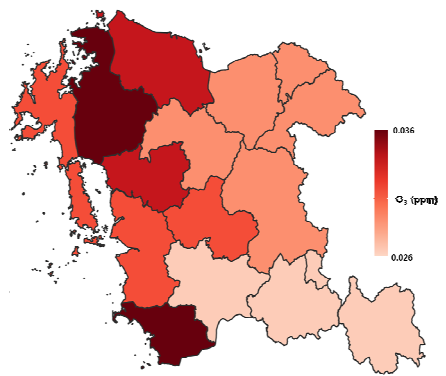
PM_{2.5}



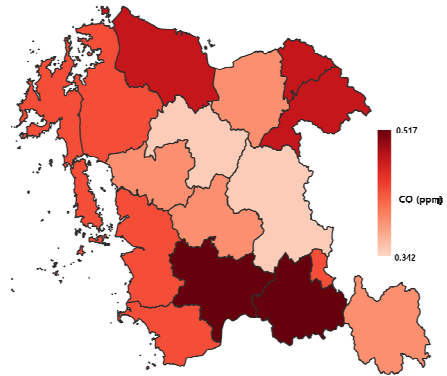
NO₂



SO₂

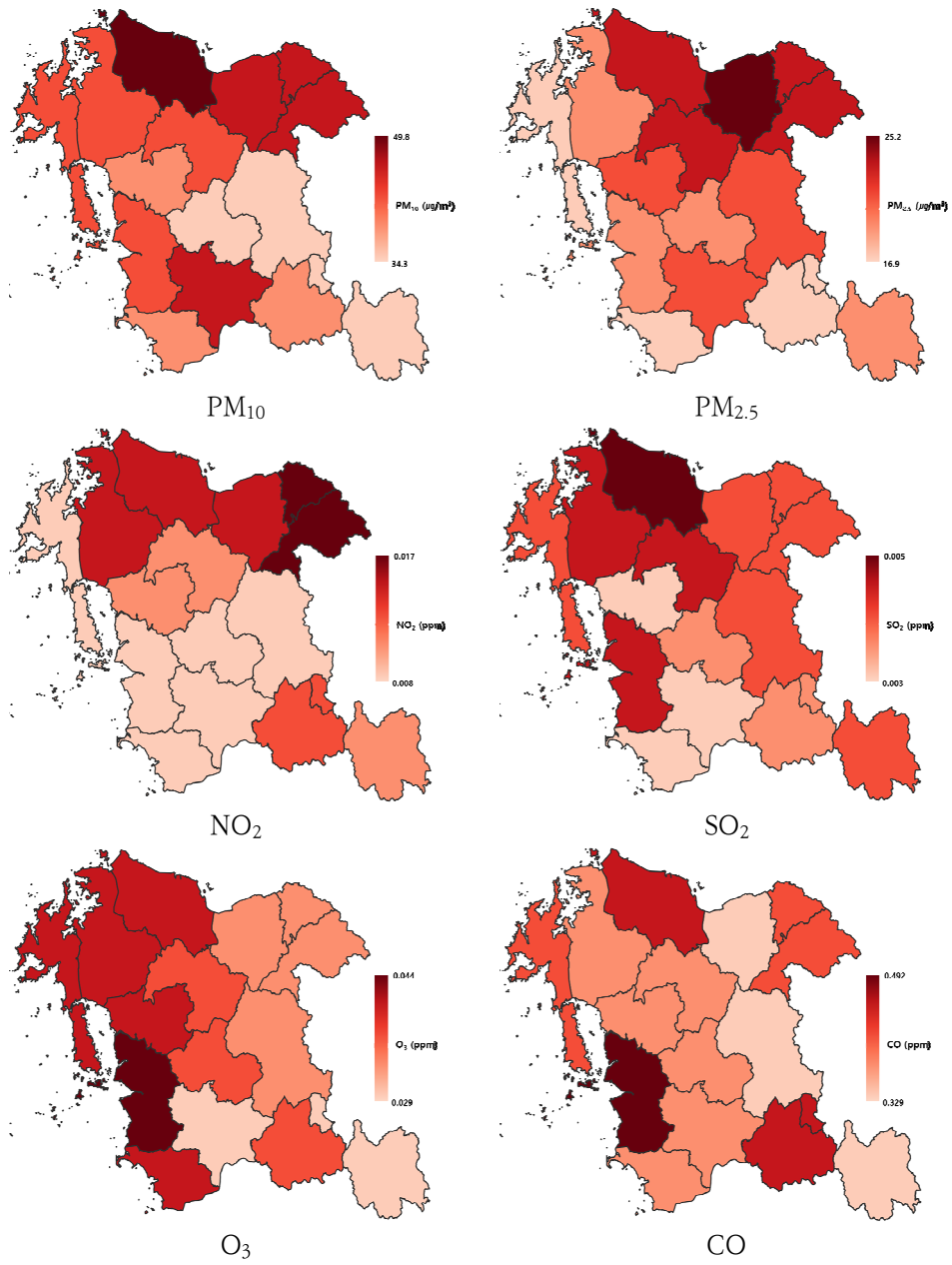


O₃

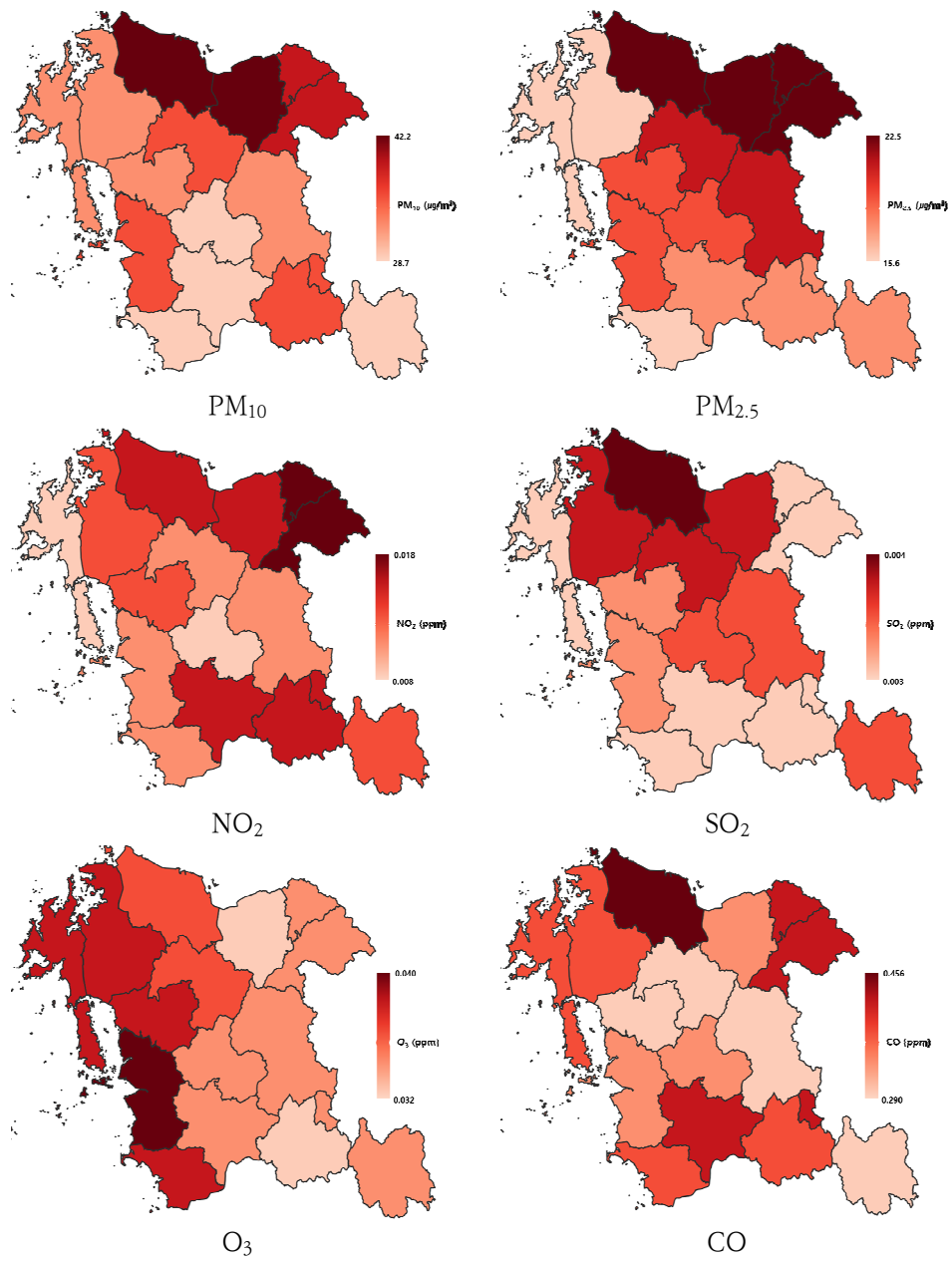


CO

[그림 3-10] 시·군별 대기오염물질 농도 변화 (2020년)



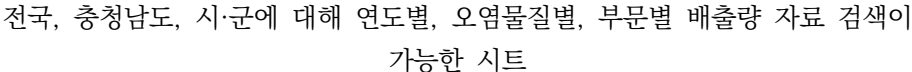
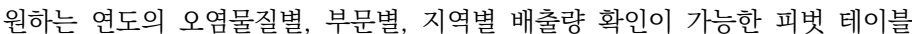
[그림 3-11] 시·군별 대기오염물질 농도 변화 (2021년)



[그림 3-12] 시·군별 대기오염물질 농도 변화 (2022년)

4. 대기오염물질 배출량 및 농도DB 구축

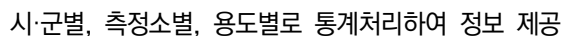
환경부에서는 대기환경관련 정책추진과 정보제공을 위해 공공자료를 생산하여 배포하고 있다. 가장 대표적인 자료들이 배출량 자료인 CAPSS와 농도자료인 대기환경 월보 및 연보이다. 다양하고 광범위한 자료를 체계적으로 분류하여 산정하는 방식은 정확한 정보를 제공할 수 있으나 반대로 너무 전문적인 자료는 정책 일선에서 활용성을 낮추는 요인으로 작용할 수 있다. 특히 대기분야 농도 및 배출량 자료는 전국을 대상으로 광범위하게 제시되고 있어 우리 지역에 맞는 정보를 쉽게 찾아, 활용하기에는 많은 어려움이 있다. 배출량 자료의 경우 현재 추진 중인 대기관련 정책의 기초자료로 활용되고 있으며, 매년 추진된 정책에 따른 개선효과를 정량적으로 산정할 수 있도록 지원해주고 있다. 농도자료는 다양한 정책으로 개선된 지역의 현황 파악에 도움을 준다. 배출원에서 배출된 오염물질은 대기의 희석·확산작용과 지형에 의한 차단, 간섭, 그리고 주변 환경 등 다양한 요인들에 의해 감소되거나 혹은 농축되어 최종적으로 농도로 영향을 미치게 된다. 과거에는 1차원적인 배출량 감소 정책이 이루어졌다면 최근에 농도기반 관리로 돌아선 이유는 최종적으로 환경이나 사람에게 영향을 미치는 인자는 농도이기 때문이다. 이에 본 연구에서는 충청남도의 일선 공무원과 도민들이 쉽게 정보를 활용할 수 있도록 엑셀시트를 이용한 정보DB시트를 작성하여 제공하고자 한다. 정보DB시트는 총 2개로 구성되었다. 하나는 배출량관련 자료이고, 또 다른 하나는 농도에 대해 정리하였다. 배출량 DB시트는 총 19개 시트로 구성되어 있다.



[그림 3-13] 배출량관련 정보DB 시트의 구성

첫 번째 시트는 충남 피벗 테이블을 활용하여 시·군별, 오염물질별, 부문별 배출량 자료를 비교분석 가능하도록 제시하였다. 국가미세먼지정보센터에서 얻을 수 있는 엑셀자료는 전국을 대상으로 시·군구로 정보를 제공하고 있는데 이를 일선에서 활용하려면 1, 2차의 처리 과정을 필요로 하며, 엑셀을 잘 다루지 못하는 사람들은 활용에 많은 어려움을 줄 수 있다. 이에 각 정보를 피벗 테이블로 정리하여 사용자가 원하는 정보만을 골라 볼 수 있도록 하였다. 두 번째 시트는 피벗 테이블에 들어가는 원시자료(raw data)를 수록하였고, 세 번째 시트는 대한민국 전체에 대한 배출량 자료는 연도별로 좌측엔 오염물질, 상부엔 오염원별로 분류하여 간단하게 표기하였다. 네 번째 시트는 세 번째 시트와 동일하게 구성하였고, 정보만 충청남도도 한정하여 제시하였다. 그 외 다섯 번째부터 열아홉 번째 시트는 충청남도 내 15개 시·군에 대해 2016년부터 가장 최근인 2021년도까지의 배출량 자료는 3, 4번째 시트와 동일한 구조로 나열하여 비교분석이 가능하도록 제시하였다.

농도DB 시트는 6개의 정보제공 시트와 5개의 원시자료 시트로 총 11개 시트로 구성되어 있다. 첫 번째 시트는 충청남도에서 운영 중인 도시대기측정망에 대한 재원을 명시하였다. 측정소에 대한 세부적인 정보를 에어코리아 기반으로 작성하였다. 두 번째, 세 번째, 네 번째 시트는 원시자료를 월평균 농도 기준 시도별, 측정소별, 용도별 평균농도를 제시하였다. 다섯 번째 시트는 시간 단위 원시자료를 대상으로 오염물질별 하루를 대상으로 평균농도를 제공하였다. 본 자료는 우리 시·군의 오염물질별 일 중 농도변화 패턴 분석에 활용될 수 있다. 마지막 여섯 번째 시트는 대기환경기준을 대상으로 기준 초과여부를 판단할 수 있도록 오염물질별 기준 초과 일수를 제시하였다.



[그림 3-14] 농도관련 정보DB 시트의 구성

제 4 장

대기오염 특성을 고려한 대기질 관리방안

1. 시·군별 주요 배출분야 및 관리물질 선정
2. 그룹별 대기관리정책 제언

1. 시·군별 주요 배출분야 및 관리물질 선정

1) 배출량 기준 시·군별 주요 배출원과 배출부문 선정

CAPSS 기반 충청남도의 배출량 자료를 15개 시·군으로 세분화하여 검토하였고, 그 결과 천안, 공주, 아산, 논산, 계룡, 서천의 경우 도농복합형으로 분류되었고, 보령, 서산, 당진, 태안은 에너지산업형, 부여, 청양, 홍성, 예산의 경우 농어촌형으로 분류되었다. 도농복합형으로 구분된 6개 시·군에서도 천안, 아산, 계룡의 경우 도시형에 좀 더 가까운 특성을 보였고, 공주, 논산, 서천의 경우 농어촌형에 더 가까운 특성을 보였다.

시·군별로 세부적으로 살펴보면 천안의 경우 주요 배출원으로는 도로, 유기용제 사용, 비산먼지로 나타났으며, 주요 배출물질은 VOCs와 NO_x로 나타났다. 배출원만으로 본다면 천안시의 경우 자동차 배출과 유기용제 배출사업장(도장시설, 세탁소, 인쇄소 등) 관리가 우선적으로 수행되어야 하는 것으로 나타났다. 공주의 경우 도로, 농업, 생물성연소 부문에서 CO와 NO_x가 주요 배출물질로 나타났다. 농촌형 배출특성인 농업과 생물성연소가 주요 배출원으로 분류되었으며, 주요 배출물질이 CO와 NO_x로 나타났다는 것은 공주의 경우 자동차 배출원에 대한 관리가 중점적으로 이루어져야 함을 의미한다. 아산의 경우 유기용제사용, 도로, 비산먼지가 주요 배출원인 가운데 VOCs와 NO_x가 주요 배출물질로 나타났는데 관리정책은 천안과 동일한 방법 적용이 필요한 것으로 나타났다. 천안-아산의 경우 동일한 생활권을 가지고 있으며, 인접해 있어 유사한 배출원과 물질을 나타낸 것으로 보이며, 향후 천안-아산의 경우 동

일 생활권에 대한 공동 대응 정책 수립과 추진이 필요할 것으로 판단된다. 논산의 경우 비산먼지와 도로, 농업이 주요 배출원으로 나타났으며, 주요 물질로는 TSP와 CO로 확인되었다. 이는 비산먼지에 포함되어 TSP가 주요 관리대상이라는 것으로 논·밭에서 기인한 비산억제와 나대지 정비, 비산배출 사업장에 대한 관리가 우선관리 정책으로 추진되어야 할 것이다. 계룡의 경우 도로, 유기용제사용, 비산먼지가 주요 배출원으로 나타났으며, 주요 관리물질은 NO_x와 VOCs이다. 이는 천안, 아산과 같은 관리정책 도입이 필요하다는 것을 의미한다. 도농복합형으로 분류되는 지역의 마지막 지역인 서천의 경우 생물성연소와 비도로, 비산먼지가 주요 배출원으로 나타났고, 주요 물질로는 VOCs와 NO_x가 확인되었다. 생물성연소의 비중이 높아 자칫 농업부분의 비중이 높을 것으로 판단할 수 있으나 비도로에 대한 영향이 높고 VOCs와 NO_x가 관리물질로 선정된 만큼 선박 등에서 대한 배출이 주를 이룰 것으로 판단되며, 소형선박이나 항만에 대한 관리가 우선적으로 수행되어야 할 것으로 판단된다. 다만 앞서 언급한 것처럼 본 자료는 2021년 기준 분석 자료로서 현재 운영 중인 신서천 화력에 대한 배출량 자료가 추가된다면 다른 결과가 도출될 수 있다.

에너지산업형으로 분류되는 도시 중 보령은 에너지산업연소, 비도로가 주요 배출원으로 나타났고, 주요 물질로 CO, NO_x로 확인되었다. 에너지산업연소는 석탄화력발전소이고, 비도로의 경우 원료운반이나 발전소 내 운송기기들로 추정된다. 오염물질 역시 연소과정에서 배출되는 물질로 결과적으로 보령의 경우 석탄화력발전소에 대한 관리대책이 주요 대책으로 나타났다. 서산의 경우 생상공정과 제조업연소, 비도로가 주요 관리부문으로 나타났고, 주요 배출물질로 VOCs와 NO_x가 확인되었다. 생산공정, 제조업연소 모두 석유화학단지를

비롯한 산업단지로 예측되며, 비도로 역시 보령과 마찬가지로 석유화학단지 운영을 위해 필요한 바지선과 선박, 항만, 운반기계들로 판단된다. 서산 역시 대산석유화학단지에 대한 집중관리 대책 마련이 필요한 것으로 나타났다. 당진의 경우 생산공정과 에너지산업연소가 주요 배출원으로 확인되었으며, 주요 물질로는 NO_x와 CO로 확인되었다. 생산공정은 제철소의 배출로 판단되며, 에너지산업연소는 석탄화력발전소로 추정된다. 결국 당진 시내 주요 배출시설인 제철소와 석탄화력발전소에 대한 배출 기여도가 매우 높으며, 이에 대한 우선적인 관리정책 추진이 필요하다는 의미이다. 태안의 경우 에너지산업연소와 생물성연소로 나타났으며, 오염물질로는 앞서 보령, 당진과 같은 NO_x와 CO로 확인되었다. 태안의 경우 석탄화력발전소의 기여도가 높으며, 일부 나대지나 노천소각, 목재난로 등에 의한 부분이 일부 포함되어 있는 것으로 예측된다. 석유화학단지가 포함되어 있는 서산을 제외하고 에너지산업형으로 분류되는 보령, 당진, 태안의 경우 모두 주요 관리물질이 CO와 NO_x로 나타났으며, 에너지산업형 도시의 경우 대형배출시설에 대한 배출 밀집도가 높아 이들에 대한 관리방안 마련이 시급한 것으로 확인되었다.

농어촌형으로 분류되는 부여, 청양, 예산의 경우 주요 배출원이 생물성연소, 농업, 비산먼지로 나타났으며, 주요 관리물질은 CO와 NH₃로 확인되었다. NH₃의 경우 농축산활동에서 배출되는 것으로 판단되며, CO는 나대지나 노천소각에서 기인한 것으로 판단된다. 위 3개 지역의 경우 불법소각 관리에 좀 더 많은 신경을 써야 할 것으로 판단되며, 농축산분야에서 배출되는 NH₃에 대한 배출관리를 위한 정책개발과 추진이 필요할 것으로 판단된다. 마지막으로 홍성은 다른 농어촌형과 주요 배출원은 같으나 주요 물질은 VOCs와 NO_x로 나타

났다. 이는 2021년 화학물질 다량 배출시설 3개(1종 배출시설)가 홍성에 개소하였는데 이들에 의한 영향이 반영된 것으로 판단되며, 향후 지속적인 모니터링을 통한 이들 화학물질 사용공장에 대한 기여도 분석 및 관리대책 마련이 필요할 것이다. 마지막으로 금산의 경우 현재 대기관리권역법에 따른 충청남도의 대기환경관리 권역에서 빠져 있는데 주요 배출부문으로는 생물성연소와 도로, 비산먼지로 도농복합형과 유사한 부문을 보이나 배출물질에서는 CO, VOCs로 다른 특징을 보인다. 금산의 경우 2020년 대기관리권역 설정시 자체 배출량도 낮고 주변에 2차 PM_{2.5}를 생성할 수 있는 전구물질 배출시설도 존재하지 않아 제외되었는데 본 연구에서도 배출원과 배출물질간 공통점을 찾을 수 없어 미분류군으로 제외하였다. 하지만 2022년 배출량 기준으로 봤을 때 PM_{2.5} 기준 충청남도 내 15개 시·군 중 9위 수준의 농도 향후 금산군을 대기관리권역에서 지속적으로 제외하는 것이 맞는 것인가에 대한 검토는 필요할 것으로 판단된다.

2) 농도 기준 시·군별 주요 오염물질 선정

2022년도 농도자료를 기반 6개 환경기준물질에 대해 시·군별로 고농도부터 내림차순 정리하였고, 그 결과 각 물질별로 상위 5등 안에 있는 지역을 대상으로 우선관리 물질을 선정하였다. 물질별로 보면 PM_{2.5}의 경우 천안, 아산, 당진, 예산, 홍성이 상위 5개 지역으로 관리가 필요한 지역으로 선정되었고, PM₁₀의 경우 천안, 아산, 논산, 당진, 예산으로 확인되었다. 천안, 아산, 당진 예산의 경우 PM_{2.5}와 PM₁₀ 모두 높은 수준으로 관리가 필요할 것으로 판단된다. 김수향 등(2024)이 보고한 결과에 따르면 홍성과 예산의 경우 보령화력으로부터 배출된 가스상 오염물질이 내륙으로 들어와 차량산맥에서 정제되고 이

때 지역 내 부유하고 있는 NH_3 와 만나 반응하여 2차 생성 $\text{PM}_{2.5}$ 다수 발생하여 농도를 높이는 것으로 보고한바 있다. 본 연구에서 홍성과 예산의 입자상 오염물질의 농도가 높은 것은 아마도 이러한 영향이 반영된 결과로 풀이된다. NO_2 의 경우 천안, 아산, 계룡, 서산, 당진에서 고농도를 보였고, SO_2 는 아산, 보령, 서산, 당진, 예산에서 높게 나타났다. CO의 경우 천안, 논산, 서산, 당진, 부여에서 높게 나타났다. O_3 은 서천, 보령, 서산, 태안에서 높게 나타나 대부분 해안가에서 높은 농도수준으로 나타났다. 연소기반 배출물질인 CO, SO_2 , NO_2 의 경우 서산, 당진 등에서 대부분 높은 수준을 보였고, 일부 천안과 아산에서 높게 나타났다. 지역별로 고농도 오염물질의 선정 빈도를 기반으로 보면 당진이 5개 물질($\text{PM}_{2.5}$, PM_{10} , SO_2 , NO_2 , CO)로 가장 많은 물질에 대한 관리가 필요한 것으로 나타났고, 천안($\text{PM}_{2.5}$, PM_{10} , NO_2 , CO)과 아산($\text{PM}_{2.5}$, PM_{10} , NO_2 , SO_2), 서산(SO_2 , O_3 , NO_2 , CO)이 각각 4개 물질이 고농도로 분석되어 대기질 관리를 위해 관리가 필요한 중점 관리지역으로 나타났다. 이 외 논산(PM_{10} , NO_2 , CO)과 예산($\text{PM}_{2.5}$, PM_{10} , SO_2)에서 각각 2개 물질에 대한 관리가 필요한 것으로 나타났다. 이외 서천과 태안은 O_3 , 계룡 NO_2 , 계룡 CO 등의 관리가 필요한 것으로 확인되었다. 공주와 청양, 금산의 경우 농도관련 상위 5위안에 드는 물질이 없는 것으로 오염물질 노출관점에서는 관리가 가장 잘 되고 있는 것으로 확인되었다.

〈표 4-1〉 대기환경 특성을 고려한 지역 그룹화 및 주요 배출원과 관리물질

시·군	주요배출원	주요배출물질	주요관리물질	그룹
천안	도로, 유기용제 사용, 비산먼지	VOCs, NOx	PM _{2.5} , PM ₁₀ , NO ₂ , CO	도시·농어촌복합형
공주	도로, 농업, 생물성연소	CO, NOx		
아산	유기용제 사용, 도로, 비산먼지	VOCs, NOx	PM _{2.5} , PM ₁₀ , SO ₂ , NO ₂	
논산	비산먼지, 도로, 농업	TSP, CO	PM ₁₀ , NO ₂ , CO	
계룡	도로, 유기용제 사용, 비산먼지	NOx, VOCs	NO ₂	
서천	생물성연소, 비도로, 비산먼지	VOCs, NOx	O ₃	
보령	에너지산업연소, 비도로	CO, NOx	SO ₂ , O ₃	에너지·산업형
서산	생산공정, 제조업 연소, 비도로	VOCs, NOx	SO ₂ , O ₃ , NO ₂ , CO	
당진	생산공정, 에너지산업연소	NOx, CO	PM _{2.5} , PM ₁₀ , SO ₂ , NO ₂ , CO	
태안	에너지산업연소, 생물성연소	NOx, CO	O ₃	
부여	생물성연소, 농업, 비산먼지	CO, NH ₃	CO	농어촌형
청양	생물성연소, 농업, 비산먼지	CO, NH ₃		
홍성	농업, 비산먼지, 생물성연소	VOCs, NOx	PM _{2.5}	
예산	생물성연소, 농업, 비산먼지	NH ₃ , CO	PM _{2.5} , PM ₁₀ , SO ₂	
금산	생물성연소, 도로, 비산먼지	CO, VOCs		미분류

※ 에너지·산업형 : 에너지산업연소, 생산공정, 제조업 연소 / 농어촌형 : 생물성연소, 농업, 비산먼지

※ 도시·농촌복합형 : 도로, 유기용제 + 농업, 비산먼지, 생물성연소

〈표 4-2〉 시·군별 대기질 관리방향 제시

시·군	주요 관리 순위	관리필요 물질	주요 부문
천안	자동차 > 유기용제 > 농업	VOCs, NO ₂ , PM _{2.5}	자동차 및 VOCs 배출시설
공주	농업(생물성연소, 비산먼지, 농업) > 자동차 > 유기용제	CO, NO _x	나대지, 불법소각연소관리
아산	유기용제 > 자동차 > 농업	VOCs, NO ₂ , PM _{2.5}	자동차 및 VOCs 배출시설
논산	비산먼지 > 자동차 > 생물성연소 > 유기용제	TSP, NO ₂ , CO	비산먼지, 자동차, 불법소각
계룡	자동차 > 유기용제 > 비산먼지	NO ₂ , VOCs	자동차 및 VOCs 배출시설
서천	생물성연소 > 농·건설기계 > 비산먼지	NO ₂ , VOCs, O ₃	불법소각, 건설 및 농업기계 관리
보령	석탄화력발전 > 농·건설기계 > 생산시설	CO, NO ₂ , SO ₂ , O ₃	석탄화력발전
서산	생산시설 > 제조업 > 농·건설기계	CO, NO ₂ , SO ₂ , O ₃	석유화학단지
당진	생산시설 > 석탄화력발전	PM _{2.5} , NO ₂ , SO ₂ , CO	제철소, 석탄화력발전
태안	석탄화력발전 > 생물성연소	CO, NO ₂ , O ₃	석탄화력발전
부여	농업	CO, NH ₃	농축산분야 관리
청양	농업	CO, NH ₃	농축산분야 관리
홍성	농업	VOCs, NO _x	화학물질 배출시설
예산	농업	CO, NH ₃	농축산분야 관리
금산	생물성연소 > 도로 > 비산먼지	CO, VOCs	도로, 비산먼지 관리

표 4-2는 배출량과 농도 기반 각 시·군별 주요관리 분야와 부문을 나타낸 것이다.

천안의 경우 자동차와 유기용제, 농업부문에서의 배출관리가 필요한 것으로 나타났으며, VOCs와 NO₂, PM_{2.5}의 배출원 관리가 요구된다. 천안은 인구 60만의 충남 최대 도시로 가장 많은 인구가 밀집되다보니 자가용 및 교통수단에 의한 배출 기여도가 가장 높게 나타났으며, 이를 해결하기 위해서는 친환경자동차로의 전환과 대중교통수단에 대한 친환경 전환이 시급한 것으로 나타났다. 유기용제의 경우 이가혜 등(2022)이 천안시 도장시설 밀집지역에 대해 VOCs 배출특성을 분석한 결과 도장시설보다 도로변 배출량이 더 높은 것으로 나타났다. 도장시설은 대표적인 생활권 VOCs 배출시설로 알려져 있으나 서울과 같은 대도시 대비 물량이 적어 상대적으로 낮은 농도를 보인 반면, 도로변 배출의 경우 밀폐된 좁은 공간에 차량 기인 대기오염물질이 농축되면서 고농도로 농축되면서 오히려 도로변 오염도가 높아지는 현상을 보인 것으로 판단된다.

공주의 경우 도농복합지역으로 분류되나 도심지역 배출원(자동차, 유기용제) 보다는 농업관련 부문(생물성연소, 비산먼지, 농업)의 비중이 크게 나와 세부적으로는 농업관련 배출량 감소에 중점적인 정책이 추진되어야 할 것으로 나타났다. 주요 관리물질로는 CO와 NO_x로 확인되었는데 이는 나대지 불법소각에 대한 관리가 이루어지면 부가적으로 관리가 가능할 것으로 판단된다. 하지만 나대지 불법소각의 경우 산정방법론에 대한 불확실성이 큰 부분으로 향후 이를 불법소각 관리를 통해 실질적인 개선효과가 나타날지에 대해서는 추가적인 모니터링과 결과분석이 필요할 것으로 판단된다.

아산의 경우 천안과 동일한 배출과 관리물질이 선정되었다. 아산은 천안과

인접해 있는 지역으로 인구 30만 수준의 충남 제2의 도시이다. 두 지역이 인접해 있기도 하지만 생활권을 공유하고 있어 관리 분야와 물질이 동일하게 나타났다. 하지만 천안과 다르게 아산은 분지형태를 나타내고 있어 배출량 대비 높은 농도분포를 보여 당진, 서산 등으로부터 유입되는 오염물질에 대한 피해 감소를 위한 방안이 마련되어야 할 것으로 보인다. 선례로 서울의 경우 청계천 설치와 함께 여름철 도심 내 온도 하강과 일부 공기질 개선 효과를 보고한 바 있다. 아산 역시 산정호수 등을 이용해 온도 하강과 바람길 형성을 위한 도시계획이 추진되어야 할 것이며, 이를 통해 정체된 기류의 이동을 활성화시켜 도심 내 오염물질의 정체현상을 완화할 필요가 있다.

논산의 경우 비산먼지와 생물성연소에 대한 관리가 필요하며, TSP, NO₂, CO의 관리가 필요한 것으로 나타났다. NO₂와 CO가 주요 물질로 나타났다는 것은 불완전하게 행해지는 연소활동이 많다는 것을 의미하며, 이때 나오는 입자상 오염물질이 주로 TSP인 이유는 나대지 소각 등 큰 물질의 소각이 이루어지고 있다는 것을 의미한다. 이러한 과점에서 보면 일단 농업관련 배출관리가 우선적으로 추진되어야 하며, 그 중 나대지 등의 불법소각 관리가 우선적으로 필요하다.

계룡은 배출량과 농도 모두 작지만 천안, 아산과 같이 도로오염에 대한 기여도가 높게 나타나 자동차 배출원에 대한 관리가 중심으로 진행되어야 하는 것으로 확인되었다. 오염물질 또한 NO₂와 VOCs로 농촌보다는 도심지역 배출원에 대한 관리가 필요한 것으로 확인되어 이동배출원에 대한 관리가 중점적으로 이루어져야 할 것이다.

서천의 경우 생물성연소와 농건설기계, 비산먼지에 대한 관리가 요구되며,

이는 대부분 농업관련 배출로 농업 생산 및 소비과정에서 대부분의 오염물질이 나오고 있어 이에 대한 대책이 필요한 것으로 확인되었다. 하지만 서천의 경우 2021년 말부터 신서천 화력발전소가 운영 중에 있다. 화력발전소의 경우 운영 초기부터 안정화가 진행되는 반년~1년 사이 배출량을 산정하지 않고 있는데 본 연구의 대상연도가 2021년도로 발전 초기로 신서천 발전에 대한 배출량이 반영되지 못한 상황이다. 이에 현재는 농업관련 배출원 관리가 주요 관심사로 제시되었으나 향후 신서천 화력에 의한 배출량이 포함되기 시작하는 2022년부터는 에너지부문 배출관리가 필요할 것으로 판단된다.

보령과 태안의 경우 대기질 개선을 위해서는 발전과 농업부문에 대한 관리가 필요할 것으로 나타났으며, 배출량으로 봤을 때 결국은 석탄화력발전소에 대한 관리가 무엇보다 중요할 것으로 판단된다. 관리 주요물질도 석탄화력발전소의 주요 배출물질인 NO₂와 CO로 확인되어 이들에 대한 최적방지기술(BAT) 적용 및 공정개선 등이 우선적으로 추진되어야 할 것이다. 하지만 석탄화력발전소의 경우 2018년부터 선도적으로 자발적 감축협약을 통해 많은 부분 감소를 해오고 있어, 향후 많은 배출저감을 어려울 것으로 판단된다. 또한 제10차 전력수급 기본계획에 따라 도내 많은 석탄화력발전소가 폐쇄, 이전, 연료 교체가 될 예정인데 이에 대한 영향과 대상도 같이 고민이 될 필요가 있다(표 4-3).

서산의 경우 생산시설과 제조업에 대한 배출관리가 우선적으로 필요할 것으로 나타났으며, 이는 대산석유화학단지에 대한 관리가 중심이 되어야 할 것이다. 앞서 오염물질부문에서도 서산은 충남 전체 배출량 중 1위 지역이고, 그 중 가장 많은 배출량이 VOCs에 기인한다는 것을 확인 할 수 있었다. 대기관리 권역법이 실행되면서 권역에 대한 배출량 관리가 진행되고 있으나 대상물질이

SO_x와 NO_x, TSP로 제한되면서 VOCs에 대한 배출관리는 미진한 실정이다. 금강유역환경청에서 매년 수행하고 있는 각 지역별 대기환경관리 시행계획에 대한 이행평가 중 SO_x, NO_x, PM₁₀, PM_{2.5}에 대해서는 목표삭감량에 도달하고 있지만 VOCs의 경우 매년 목표 달성에 실패하고 있다. 이러한 현실을 감안했을 때 석유화학단지에 대한 VOCs 배출저감 대책마련과 추진이 우선적으로 진행되어야 한다.

〈표 4-3〉 중부권 노후 발전설비 폐쇄 및 대체 일정

대체 대상	구분	폐지일정	대체설비	구분	대체일정
태안 1호기	유연탄	'25.12	구미천연가스	LNG	'25.12
태안 2호기	유연탄	'25.12	여수천연가스	LNG	'28.12
대산복합	경유	'26.12	대산복합	LNG	'26.12
보령 5호기	유연탄	'26.06	보령신복합 1호기	LNG	'26.06
보령 6호기	유연탄	'26.12	함안천연가스	LNG	'26.12
태안 3호기	유연탄	'28.12	공주천연가스	LNG	'26.12
당진 1,2호기	유연탄	'29.12	신호남복합	LNG	'29.12
태안 4호기	유연탄	'29.12	태안4호기 대체	LNG	'29.12

당진의 경우 서산과 마찬가지로 생산시설에 의한 배출 저감이 가장 크게 나타났고, 그 뒤를 이어 에너지시설에 대한 관리가 필요하다. 앞서 생산시설의 경우 현대제철로 대표되는 철강산업과 에너지는 석탄화력발전소이다. 총량관리 등으로 대형배출시설들에 대한 배출감소 노력이 지속적으로 추진되고 있지만 아직까지 이들에 대한 배출 기여도가 높다보니 이들 부문에 대한 감축이 지속적으로 요구되고 있다. 이외 부여, 청양, 홍성, 예산, 금산 등은 대부분 농업에 대한 배출저감이 필요한 것으로 나타났다.

2. 그룹별 대기관리 정책 제안

1) 제2차 중부권 기본계획(2025~2029) 기반 개선사업 분석

대기관리권역법에 따라 각 권역별로 5년 단위의 기본계획을 수립하도록 하고 있으며, 권역 내 포함되어 있는 지자체의 경우 기본계획에서 설정하고 있는 목표 달성을 위해 5년 단위의 시행계획을 수립·시행하도록 되어 있다. 또한 시행 결과에 대해 매년 이행평가를 통해 결과를 환경부에 보고하도록 하고 있다. 2020년 대기관리권역법이 시행됨에 따라 제 1차 중부권 대기환경관리 기본계획이 수립되었고, 2020년부터 2024년까지 진행 중에 있다. 2025년부터는 제 2차 기본계획이 수립되어 2029년까지 추진되어야 하며, 현재 이를 위한 기본계획이 수립 중에 있다. 정책의 경우 실효성과 더불어 행정적 편리성, 사업추진을 위한 예산편성이 필요하며, 이를 위해서는 상위법과의 일치성이 중요하다. 이에 본 연구에서는 확정되지는 않았지만 현재 수립 중인 제 2차 중부권 기본계획 내 사업목록을 조사하여 각 그룹별 우선관리 정책으로 제시하고자 한다. 표 4-4는 현재 수립 중인 기본계획 내 포함되어 있는 부문별 개선사업과 충남도에서 준비하고 있는 사업 목록이다.

〈표 4-4〉 제2차 중부권 대기환경관리 기본계획 기반 세부 정책사업 내역

부문	중정관리 대책	세부사업
배출시설관리	총량관리 제도 개선 및 합리적 총량 산정	총량관리 사업장 예비분 사용기준 및 절차 마련
	사업장 대기오염물질 관리체계 개선 및 강화	유해화학물질 다배출시설 자발적 감축협약 체계
		자발적 감축 협약 사업장 확대 적용
		라이다 등 첨단장비를 활용한 산업단지 모니터링 체계 강화
	노후 발전시설 배출량 감축 확대	LNG발전소로 전환에 따른 환경영향 조사 연구 추진
이동오염원 관리	무공해차 전환 확대	전기차, 수소차 보급 확대
		전기이륜차 보급 확대
	운행차 저공해화 및 관리강화	노후경유차 조기폐차 지원(4, 5등급)
		노후 경유차 저공해조치 지원 (DPF 부착 지원)
		노후 경유차 저공해조치 지원 (NOx/PM 동시저감 부착 지원)
		어린이 통학차량 LPG 전환사업 추진
		도로혼잡지역 RSD 관리시스템 구축
		공회전 금지구역 설정
	교통수요 관리강화	교통밀집지역 LEZ 선정
		권역 내 공용차량(관용, 통학, 셔틀, 관광 등) 친환경차량 전환
	비도로 이동오염원 무공해화 및 배출원 관리 강화	노후 건설차량 저공해조치 지원(DPF 부착 지원)
		노후 농기계 조기폐차 지원
		소형선박에 대한 배출원 관리 강화
생활오염원	생활 주변 배출원의 효과적 관리 및 저감 지원	가정용 생활보일러 설치지원
		조리시설 미세먼지 방지시설 설치 지원

부문	중정관리 대책	세부사업
		도로 청소차량 보급 확대
		취약계층 밀집지역 집중관리구역 선정 및 지원사업 추진
		옥상녹화 지원사업 추진
	휘발성유기화합물 배출원 관리 강화	유기용제 사용 소규모사업장 배출저감 지원
	농축산 미세먼지 관리 강화	영농폐기물 재활용시설 설치 및 공동집하장 확충 지원
		가축분뇨 자원화시설 설치지원
		에너지 자립마을 시범사업 추진
		축사시설 현대화(밀폐화, ICT 기술 적용) 지원사업 추진
		축산 부숙비료 악취관리 기준 설정
		악취관리센터 운영
과학적 정책기반 및 지역협력 강화	측정 사각지대 해소 및 원인규명 강화	광화학 대기오염 측정망 설치 및 운영
		충남 서북부 지역 PM _{2.5} 배출원 규명 연구 추진
		지역 맞춤형 계절관리제 및 비상저감조치 계획 수립 및 추진
	기본계획 및 시행계획 추진의 실효성 확보	기본계획 수립을 위한 정량화 사업 발굴 연구 추진
	권역 내 협력강화 및 국민 소통·참여 확대	중부권 대기질관리 협의체 운영

1) 에너지산업형 지역에 대한 우선 관리 정책

에너지산업형 지역의 경우 앞서 배출량 자료 분석결과에서도 나타났듯이 배출공정에 대한 관리사업이 우선적으로 적용되어야한다. 현재 정부에서는 대상물질(SO_x, NO_x, TSP)을 기준으로 연간 배출량이 기준을 초과하여(SO_x 및 NO_x는 연간 4톤 이상, TSP는 연간 0.2톤 이상) 배출하는 사업장을 대상으로 총량관리제도를 시행하고 있다. 여기서 총량관리에 묶이면서 NO_x에 대한 관리의는 진행되고 있으나 대상물질에 포함되지 않는 CO와 VOCs에 대한 관리의는 이루어지지 않고 있다. 향후 에너지산업형에 포함되는 사업장의 경우 VOCs와 CO를 감축할 수 있는 원료 대체, 공정개선, 방지시설 BAT 적용 등의 정책이 추진되어야 할 것으로 판단된다.

2) 농어촌형 지역에 대한 우선 관리 정책

농어촌형의 경우 공통적으로 CO와 NH₃ 감축이 필요하며, 일부 VOCs에 대한 감축이 요구되고 있다. NH₃의 경우 저 NH₃ 발생 비료나 사료의 개발과 보급이 필요하며, 축산 분뇨나 NH₃의 장내발생을 억제하는 기술이 적용되어야 할 것이다. 최근 저 NH₃ 및 저질소 배출 사료가 개발되고 있지만, 국내에서 인증을 획득한 사료는 아직 매우 적다. 또한, 관련 홍보나 적용 사례가 부족하여 농민들의 우려가 큰 상황이다. 충청남도의 경우 충남축산환경기술연구소가 운영 중에 있는데 국내외에서 개발·보급되고 있는 저 NH₃ 및 저질소 배출 사료를 구비한 뒤 자체적으로 보유하고 있는 축가에 적용하고, 관련 결과를 지역 주민들에게 홍보함으로써 관련 사료 보급을 촉진시킬 필요가 있다. 또한 노천이나 나대지 소각에 의한 배출기여도가 높은 만큼 각 지자체별로 산발적으로

운영되고 있는 민간환경감시단에 대한 확대와 전문적인 교육, 활동범위 확대(영농 폐기물 수거 및 처리, 민간인 대상 교육과 홍보, 단속구역 및 기간 증대 등)를 통해 불법소각을 원천적으로 감소시킬 수 있는 방안이 모색되어야 할 것이다. 최근에는 축산시설 고도화 사업이 진행되고 있는데 환경부에서 추진 중인 소규모 배출사업장 지원사업을 모티브로 하여 축사시설 고도화 지원사업을 제안하고, 이를 확대 보급하는 방안이 제시되어야 할 것이다. 또한 축산관련 악취민원이 지속적으로 증가하고 있는 가운데 이를 모니터링, 관리할 수 있는 기관이 전무하여 악취관리 및 모니터링, 개선을 지원할 수 있는 악취관리센터 설립 필요성이 대두되고 있다.

3) 도시·농어촌복합형 지역에 대한 우선 관리정책

도농복합형 도시 지역은 도시와 농어촌 지역의 문제가 혼재되어 있어 관리가 매우 복잡하여, 이로 인해 비용 산정과 정책 추진 시 우선순위를 선정하기가 어렵다. 도농복합형으로 분류되는 천안, 공주, 아산, 논산, 계룡, 서천 중 농어촌형 배출특성이 더 두드러지게 나타나는 논산, 계룡, 서천의 경우 앞서 언급한 농어촌 지역에 대한 관리정책이 우선적으로 추진될 필요가 있다. 그 외 도심지역의 배출특성을 더 크게 보이는 천안, 아산, 공주의 경우 도심지 오염도를 개선할 수 있는 생활환경이나 도로오염원에 대한 관리 정책이 추진될 필요가 있다. 도로오염원의 경우 친환경자동차(전기, 수소 등) 정책이 국가나 지자체 차원에서 가장 중점적으로 진행하고 있으며, 그 외에 공회전 금지구역 설정, 취약 계층 밀집지역에 대한 집중관리구역 선정과 운영, 교통 밀집지역에 대한 교통량 분산정책 추진이 필요할 것으로 판단된다. 생활환경 부분에서는 생활권

VOCs 배출시설인 인쇄소, 도장시설, 세탁시설 등에 대한 배출저감 지원사업 추진과 신규 시범사업이 예고된 조리시설 방지시설 설치지원 사업 추진이 필요할 것으로 판단된다. 조리시설 방지시설 설치지원의 경우 일부 선행연구에서 설치 초기 미세먼지와 악취관리에 효과적이긴 하나 유지관리 및 사업주의 관리 노력에 따라 개선효과 지속 기간이 달라지는 것으로 나타나 장기적인 관점에서의 정책 추진 방향에 대해 검토가 필요해 보인다. 옥상녹화 지원사업의 경우 최근 기후변화가 가속화됨에 따라 여름철 도심지역 온도관리 측면에서 추진되고 있는데 식물의 호흡과정에서 미세먼지 및 악취물질이 제거된다는 연구결과들이 보고됨에 따라 기후변화 대응과 미세먼지 동시저감 측면에서 같이 고민해볼 필요가 있다.

제 5 장

결론 및 정책제언

1. 연구 요약
2. 정책 제언

1. 연구 요약

국민 삶의 질 향상에 따라 깨끗한 환경에 대한 국민적 관심이 증가하고 있으며, 이에 따라 환경부에서는 1991년 환경보전기본법 등 환경관련 정책을 수립하여 추진해오고 있다. 인구밀집지역인 수도권의 대기질 개선을 위해 2003년 수도권 대기환경개선 특별법을 신설하였고, 서울을 포함한 경기, 인천에 대한 권역관리를 시작하였다. 이후 2016년 고농도 미세먼지 사례가 발생하면서 대기질 개선에 대한 국가 차원의 대응이 이루어지기 시작하였다. 2018년 “미세먼지 관리 종합계획”이 수립되었고, 이에 대한 세부적인 이행을 위해 2019년 미세먼지특별법이 2020년 대기관리권역법이 제정되었다. 대기관리권역법은 2003년부터 추진해오던 수도권 중심의 권역관리를 전국으로 확대, 관리하는 방안을 제시하였고, 해당 법에서 기존의 수도권 외에 중부권, 남부권, 동남권의 3개 권역을 추가로 제시하였다. 한편 충청남도는 대전, 세종, 충북, 전북과 함께 중부권으로 분류되었으며, 각 권역별로 대기질 개선을 위한 기본계획을 5년 단위로 수립하여 추진하도록 제시하고 있다. 이에 금강유역환경청을 필두로 “중부권 대기환경관리 기본계획”이 수립되었고, 각 지자체에서는 중부권 기본계획에서 제시한 목표달성을 위한 시행계획과 세부 사업을 추진하도록 하였다.

대전, 세종과 같은 시 단위 광역지자체와 달리, 도 단위 지자체는 넓은 면적을 가지며, 다양한 환경특성을 가지고 있어 일반화된 정책을 추진하여 대기질 개선을 달성하는데, 많은 어려움이 있다. 이에 지역별 특성에 대한 분석과 맞춤형

형 정책 추진이 요구된다. 이에 본 연구에서는 대기오염물 배출량과 농도자료를 기반으로 충남지역의 지역별 대기질 관리 방안을 제시하였다.

우선 환경부에서 제공하는 CAPSS와 도시대기측정망 자료를 수집하였고, 중장기적인 농도변화 특성을 분석하였다. 배출량 기본 분석결과 충남의 15개 시·군은 도농복합형과 도시형, 에너지산업형으로 구분되었으며, 에너지산업형의 경우 NO_x와 CO가 주요 배출원으로 제시되었고, 도농복합형은 NO_x, VOCs가 주요 배출원으로 나타났다. 농어촌형은 CO와 NH₃가 주요 배출원으로 확인되었다. 주요 배출원과 농도자료를 기반으로 종합 분석한 결과 충남서북부 지역에 위치한 4개 시(서산, 당진, 천안, 아산)에 대한 집중관리가 필요한 것으로 나타났다. 각 그룹별로 현재 조사 중인 제2차 중부권 기본계획 내 포함되어 있는 세부사업을 기반으로 우선 관리 정책을 제안하였다.

2. 정책제언

연구 결과를 기반으로 다음과 같은 정책 추진을 제안한다.

1. 충남 서북부지역에 대한 정밀 조사와 영향 분석

대기 배출량 조사 결과 충남 서북부지역에 위치한 서산, 당진, 천안, 아산 4개 시에서 전체 배출량의 63%를 차지할 만큼 높은 배출기여도를 보였으며, 시·군별 주요 오염물질 선정에서도 당진 5개 물질, 천안, 아산, 서산에서 각각 4개 물질이 선정되어 배출량이 높으면서 대기질 관리가 필요한 지역으로 선정되었다. 하지만 아직까지 이들 지역에 대한 대기오염 영향분석이 이루어지지 않고 있다. 그 동안 일부 시에서 각 시에 대한 원인분석과 대안 마련을 위한 조사연구가 수행된 적이 있다. 하지만 대기오염의 경우 수질이나 다른 환경오염과 다르게 배출원에 대한 영향과 더불어 주변지역으로의 확산을 통해 광범위한 영향을 미칠 수 있다. 김수향 등(2024)이 충청남도의 화력발전소를 대상으로 영향분석 결과 가스상 오염물질의 경우 배출원 주변 지역에 대한 영향이 지배적으로 나타나나, PM_{2.5}의 경우 배출원보다 주변 지역에 대한 영향이 더 큰 것으로 나타났다. 1차 오염물질의 경우 그 지역에서 배출되자마자 대기질에 영향을 미치고 있지만 대기 중에서 확산되는 과정에서 2차 반응을 통해 타 지역에서 더 큰 피해를 야기할 수 있다. 과거 유럽 등에서 산성비가 문제가 되면서 장거리 영향을 미친다는 연구 결과가 최초 발견되었고, 우리나라 역시 중국 등으로부터 유입되는 황사로부터 매년 피해사례가 보고되고 있다. 이와 마찬가지로 각 시에서 배출된 오염물질은 지형과 기상

조건에 따라 광역적인 영향을 미치고 있지만 이러한 현상에 대한 조사가 이루어지지 않고 있다. 충남도 또는 4개 시의 협의를 통해 관련 조사와 연구, 원인분석이 광역적으로 추진되어야 할 것이며, 이를 기반으로 한 개선정책 수립과 추진이 필요할 것으로 판단된다.

2. VOCs 배출원 기반 개선정책 추진 필요

2016년부터 추진된 충남도와 대형배출시설의 자발적 감축사업과 2020년부터 강화되어 추진되고 있는 통합환경관리 및 총량관리로 도내 대기오염물질 배출량은 급격히 감소하였으며, 2016년 전국 배출기여도 2위였던 배출순위는 2021년 4위로 개선되었고, 배출량 감소에서도 전국에서 가장 높은 감소율을 보이고 있다. 하지만 이러한 과정에서 배출 기여도가 높은 보령, 태안 등의 배출량은 감소한 반면, 서산은 증가하였고, 당진의 경우 감소추세에 있으나 아직까지 높은 배출량을 보이고 있다. 굴뚝자동측정망(TMS)을 기반으로 보면 도내 위치하고 있는 석탄화력발전소의 배출량이 급격히 감소한 것을 확인할 수 있으나 반대로 서산과 당진에 위치하고 있는 석유화학단지와 제철소의 배출 감소는 상대적으로 미미한 것을 확인할 수 있다. 이는 보령석탄화력발전소 1,2호기 폐쇄와 더불어 총량관리에 따라 SO_x, NO_x, TSP의 배출량 감소가 가시적인 효과를 보인 반면, 석유화학단지와 제철소에서 배출되는 VOCs의 경우 관리 사각지대에서 배출저감이 미진한 것이 원인으로 판단된다. 2021년 배출량 1위가 서산이고, 주요 물질이 VOCs인 것이 이를 뒷받침해준다. 2020년부터 시행 중인 “충청남도 대기환경관리 시행계획”을 대상으로 매년 이행평가를 진행 중에 있는데, 100%를 상회하는 NO_x, SO_x 대비 VOCs의 경우 목표치에 소폭 미달되는 것으로 나타나고 있다. 총량관리에서 제외된 상태에서 VOCs를 정량적으로 감소시킬 수 있는 정책수단이 명확히

제시되지 못하면서 나타난 결과로 판단된다. 우선 배출 기여도가 높은 산업 단지를 대상으로 대대적인 배출원 검토와 도와 사업체 간 긴밀한 협조, 이를 뒷받침할 수 있는 정책 수립과 진행을 통해 VOCs에 대한 감축노력이 필요하다.

3. O₃에 대한 관리방안 마련 필요

O₃은 VOCs와 NO_x가 전구물질로 광화학반응을 통해 생성되는 2차 오염 물질이다. 장기적인 대기질 개선정책을 통해 PM₁₀, NO₂, SO₂, CO 등 1차 오염물질의 경우 안정적인 감소추세를 보이는 반면 O₃은 꾸준히 증가하고 있다. 과거 O₃층 파괴물질로 인해 성층권의 O₃층 파괴가 문제되었고, 이에 따른 O₃분해 물질에 대한 사용이 제한되면서 국제적인 문제를 해결한 경험이었다. 대기 성층권의 O₃은 태양으로부터 유입되는 유해광선을 차단하여 지표상의 생물들에게 필요한 작용을 하지만 지표 내 O₃은 동식물의 생육에 악영향을 미칠 수 있어 관리가 필요하다. 2022년 기준 전국의 O₃ 기준 달성율은 8시간 평균 0.7%, 1시간 평균 23.5%로 매우 낮은 수준이다. 환경부에서 제시한 “제3차 대기환경개선 종합계획 (2023~2032)에서는 목표로 PM_{2.5}와 더불어 O₃에 대해 1시간 기준 달성율 50% 달성을 목표로 제시하였다. O₃의 경우 2차 생성물질로 전구물질인 NO_x와 VOCs에 대한 관리가 중요하나 지역 내 VOCs의 경우 꾸준히 증가하고 있어 VOCs에 대한 관리가 중요하다. 또한 NO_x와 VOCs에 대한 관리에서 선행적인 반응이 아니라 지역별 대기 특성에 따라 NO_x와 VOCs에 대한 균형적인 관리가 요구되기 때문에 지역별 NO_x와 VOCs에 대한 존재 형태 조사가 필요하다. 최근에는 개별 VOCs에 대한 실시간 분석이 가능한 첨단장비(PTR-ToF-MS나 SIFT-MS)들이 개발되어 O₃ 생성에 따른 실시간 반응 특성 조사가 이루어지고 있다. 향후 O₃에

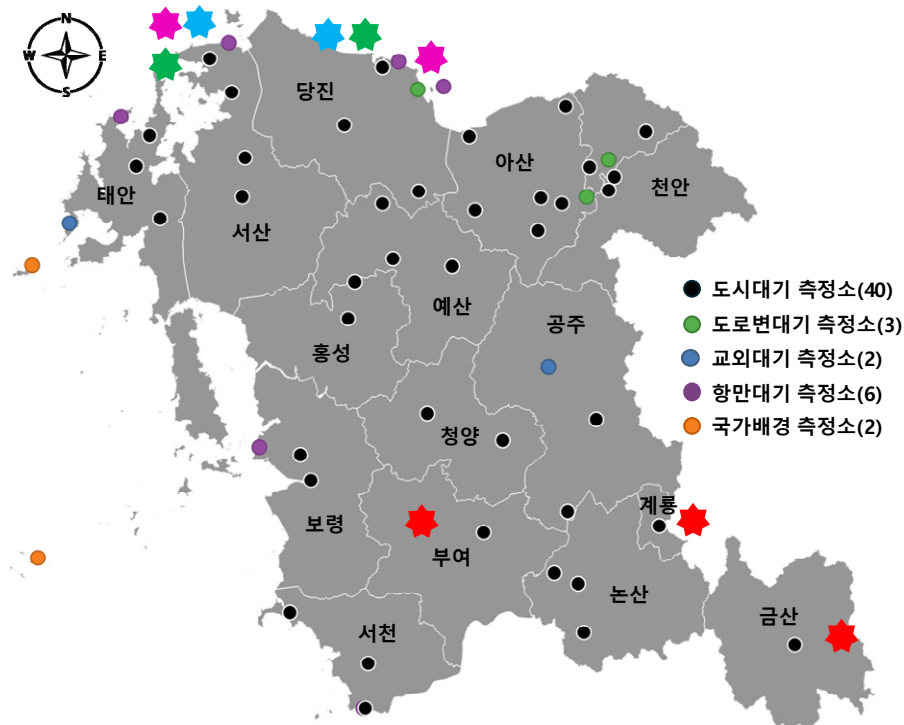
대한 관리를 위해서 지역 내 시·군별 O₃의 생성 특성 분석과 첨단장비를 활용한 지역별 생성 원인 조사가 필요할 것으로 판단된다.

4. 대기관리권역 내 제외된 금산군에 대한 재검토 필요

2020년 “대기관리권역법”이 수립되면서 수도권을 대상으로 하던 대기관리권역을 전국으로 확대하였고, 충청남도는 대전, 세종, 충북, 전북과 더불어 중부권으로 분류되어 관리되고 있다. 하지만 15개 시·군 중 유일하게 금산군은 이 권역에서 제외되었다. 대기관리권역 설정 시 PM_{2.5}에 대한 영향을 기준으로 권역 내 포함 여부를 결정하였으며, 상대적으로 배출량이 낮은 계룡, 부여 등도 주변 지역에 대한 영향을 고려하여 포함되었다. 하지만 금산의 경우 낮은 지역 배출량과 상대적으로 낮은 PM_{2.5} 기여도로 인해 배제되었다. 배출량의 경우 금산은 계룡시 바로 앞인 14위를 차지하고 있으며, 전체 충남지역 배출량의 1.5%에 불과하다. 하지만 농도값 기준으로 2022년 기준 NO₂는 서산, 홍성과 같은 공동 8위를 차지하며, O₃ 12위, PM_{2.5} 9위, SO₂ 7위 등 상대적으로 높은 순위를 보이고 있다. 2020년 권역 내 포함 여부를 결정했던 기준 물질인 PM_{2.5}의 농도에서도 논산, 부여, 서산, 태안보다 높은 순위를 차지하고 있어 과연 지속적으로 제외되는 것이 맞는지에 대한 재검토가 필요할 것으로 판단된다.

5. 충남도 내 대기측정망 추가설치 위치 검토

2016년 고농도 미세먼지 이슈가 발생하기 전 충남지역에는 도시대기측정망이 단 6기가 운영(도로변 측정망 1개소 포함)되었으며, 2017년 이후 꾸준히 증가하여 2024년 4월 기준 40기의 도시대기와 3기의 도로변 측정망이 운영되고 있다. 도시대기측정망 기준 지역별로 천안 4개소, 당진 3개소, 서산 4개소, 아산 6개소, 논산 3개소, 태안 3개소, 보령 2개소, 홍성 2개소, 공주 2개소, 부여 1개소, 청양 2개소, 금산 1개소, 예산 3개소, 계룡 1개소, 서천 3개소가 운영되고 있다.



[그림 5-1] 충남지역 내 대기환경측점망 운영 현황(2024년 4월 기준)

대기환경측정망은 그 지역에 대한 대기질 수준 파악과 정책 추진 결과 검토를 목적으로 운영되고 있으며, 그 중 일부는 장기적인 농도변화를 분석하기 위해 추이측정소로 운영되고 있다. 충청남도의 경우 천안의 성황동 측정소와 서산의 동문동 측정소가 추이측정소로 선정되어 운영되고 있다. 서울의 경우 약 605 km²의 면적을 25개 행정구역으로 구분하여 1개 구마다 측정소를 설치하여 운영하고 있다. 충청남도는 약 8,629 km²의 면적을 가지며, 이를 15개 시·군으로 산정하면 평균 575 km²의 면적을 가지는 것으로 나타나며, 이는 서울과 유사한 면적이다. 서울과 유사한 면적에 서울에는 각 구마다 1개의 측정망이 운영되는 것에 대비해 충남에는 많게는 6개소에서 적게는 1개소의 측정망이 운영되고 있어 대기질 관리에 문제점으로 지적되고 있다. 환경부에서 고시하고 있는 “대기환경측정망 설치·운영 지침”에 따르면 측정망 설치 고려 시 인구수를 가장 우선 순위로 제시하고 있으며, 지역 내 거주인구와 밀집도를 고려했을 때 충남지역 내 40개 측정소는 적지는 않은 숫자로 판단된다. 하지만 고농도 미세먼지 발생 및 계절관리제 등의 성과 분석 시 측정망 자료가 기초자료로 활용된다는 것을 감안했을 때 단 1개소의 측정망이 운영되고 있는 부여, 금산, 계룡의 경우 추가적인 측정망 설치가 필요할 것으로 판단된다. 전체적인 면적을 고려했을 때 계룡(60.7 km²)보다는 부여(624.6 km²)와 금산(577.2 km²)에 우선적으로 설치가 필요할 것으로 판단되며, 면적과 대기환경관리 구역 내 포함 여부를 감안했을 때 금산보다는 부여가 우선적으로 설치되어야 할 것으로 판단된다. 2017년 이후 6개소에서 2024년 기준 40개소로 최근 8년간 34개소나 도시대기 측정망이 증가한 것과 이를 관리하는 보건환경연구원의 인력 현황, 그리고 최근 감소하고 있는 대기환경에 대한 관심과 코로나 팬데믹 이후 부족한 국가 예산 등을 고려하였을 때 도시대기 측정망 확충은 어려울 수 있을 것으로 판단된다.

하지만 지난 수십 년간 O₃의 농도가 지속적으로 증가하고 있으며, 보건학적인 관점에서 관리가 필요하다는 점, 그리고 2022년 고시된 “제3차 대기환경개선 종합계획(2023~2032)”에서 목표 물질로 O₃을 설정하고 있다는 것을 감안했을 때 O₃에 대한 현상 파악을 위한 광화학 대기오염물질 측정망 설치가 우선적으로 추진될 필요가 있을 것으로 판단된다. 광화학 측정망은 O₃ 생성에 기여하는 VOCs에 대한 감시와 정책 수립을 위한 기초자료 확보를 목적으로 설립·운영되고 있다. 측정망은 환경부에서 운영하고 있으며, 2024년 4월 기준 전국에 총 20개소가 운영되고 있다.

〈표 5-1〉 전국에서 운영 중인 광화학 대기오염물질 측정망 현황

시도	도시	측정소명	주소
서울		은평구	은평구 진흥로 215 (한국환경산업기술원)
		태동대	영도구 전망로 24 (태종대유원지 관리소)
부산 (5)		당감동	부산진구 가야대로 703번길 13 (당감2동 주민센터)
		대연동	남구 용소로 45 (부경대)
		정관면	기장군 정관면 월평 1길 21 (월평초등학교)
		장전동	금정구 부산대화로 63번길 (부산대)
대구 (2)		산격동	북구 대학로 80 (경북대)
		대명동	남구 성당로 30길 55 (성명초등학교)
인천 (2)		구월도	남동구 구월말로 7 (구월4동 주민센터)
		석모리	강화군 삼산면 석모리 347-4 (해병부대)
울산		야음동	남구 야음동 45 (야음 테니스장)
경기 (5)	포천	관인면	포천시 관인면 사정리 140 (포천자연마을)
	광주	송정동	광주시 회안대로 1061-59
	부천	소사본동	부천시 소사구 경인옛로 73 (소사어울마당)
	수원	신풍동	수원시 팔달구 신풍로 23번길 68 (선경도서관)
	양평	강하면	양평군 강하면 운심리 35-6 (강하면주민센터)
강원	원주	문막공단	원주시 문막공단길 128 (문막공단 폐수종말처리장)
전남 (2)	여수	중흥동	여수시 산단중흥로 409 (환경시설공사)
	광양	골약동	광양시 하포길 77 (황길보건소)
경남	하동	하동읍	하동군 하동읍 군청로 23

지역별로는 부산이 5개소로 가장 많고, 경기 5개소, 대구, 인천, 전남에 각 2개소, 서울, 울산, 강원, 경남에 각각 1개소가 운영 중에 있다. O₃의 1시간 기준 달성율이 20% 수준에 머물고 있으며, 8시간의 경우 1%가 되지 못한다는 점을 감안했을 때 O₃ 관리를 위한 광화학 대기오염물질 측정망 설치 확대는 매우 중요할 것으로 판단되나 전국적으로도 설치되어 운영되는 측정소는 미미한 수준이다. 하지만 여기서 중요한 부분은 대기관리권역법에 의해 중부권으로 분류되는 대전, 세종, 충남, 충북, 전북에는 단 1개소의 광화학 측정망이 설치되어 있지 않다는 것이다. 지역적 특성 분석과 O₃ 관리를 위한 기초자료 확보를 위해 광화학 대기오염물질 측정망 설치에 대한 검토와 추진이 시급한 것으로 판단된다.



[그림 5-2] 제3차 대기환경개선 종합계획의 감축목표와 추진전략

참고문헌

- (1) 공성용 외 (2012) 초미세먼지(PM_{2.5})의 건강영향 평가 및 관리정책 연구 I
- (2) 김동영 외 (2017) 경기도 대기배출시설 조사 및 DB구축 방안
- (3) 김동영 외 (2020) 경기도 미세먼지 집중관리구역 운영 방안
- (4) 김수향 외 (2023) 충남 석탄화력발전소 주변 지역 대기오염 영향 분석, 한국대기환경학회지 40(1), 149-165
- (5) 김종범 외 (2023) 충청남도의 대기오염물질 배출량 DB 구축
- (6) 김종범 외 (2023) 중부권 초미세먼지의 물리화학적 특성 및 지역 발생원 조사
- (7) 관계부처 합동 (2019) 미세먼지 관리 종합계획(2020~2024)
- (8) 금강유역환경청 (2020) 중부권 대기환경관리 기본계획(2020~2024)
- (9) 명형남 외 (2017) 석탄화력발전소 가동중단에 따른 충남 대기질과 주민건강 실태·정책인식 조사 연구
- (10) 사공정희 외 (2020) 충남 미세먼지 취약지역 선정 및 미세먼지 저감숲 체계마련
- (11) 산업통상자원부 (2023) 제10차 전력수급 기본계획(2022~2036)
- (12) 심창섭 외 (2022) 미세먼지 통합관리 전략 수립 연구
- (13) 심창섭 외 (2022) 미세먼지 정책 효과분석 개선방안 연구
- (14) 이가혜 외 (2022) 천안 도심지역 도장시설과 인접 도로변 VOCs의 시공간 분포 특징, 한국대기환경학회지 38(5), 687-701
- (15) 이상신 외 (2017~2023) 화력발전소 주변지역 기후환경영향 연구

- (16) 윤성진 외 (2019) 서울형 미세먼지 저감기술 개발 로드맵
- (17) 충청남도 (2021) 충청남도 대기환경관리 시행계획(2020~2024)
- (18) 한국환경공단 (2024) 에어코리아, 통합대기환경지수
- (19) 한지현 외 (2024) 국내 고농도 오존관리를 위한 제도 개선방안
- (20) 환경부 (2003) 수도권 대기환경개선에 관한 특별법
- (21) 환경부 (2020) 미세먼지 저감 및 관리에 관한 특별법
- (22) 환경부 (2021) 대기관리권역의 대기환경개선에 관한 특별법
- (23) 환경부 (2022) 제3차(2023~2032년) 대기환경개선 종합계획
- (24) 환경부 (2022) 2021년 대기환경연보
- (25) 환경부 (2023) 2020 국가 대기오염물질 배출량 및 과거 연도
(2016~2019) 배출량 재산정
- (26) 환경부 (2023) 2021 국가 대기오염물질 배출량
- (27) 환경부 (2024) 대기환경월보 (2024년 4월호)
- (28) 환경부 (2024) 대기환경측정망 설치·운영지침
- (29) 황규철 외 (2023) 개정된 CAPSS 기반 충남의 대기오염물질 배출량 변화
와 지역 대기질 개선을 위한 정책 제언, 한국대기환경학회지, 39(4),
492-524
- (30) IPCC (2021) Climate change 2021: The Physical Science Basis,
Contribution of Working Group I to the Six Assessment Report
of the Intergovernmental Panel on Climate Change

집필자

연구책임자 김종범 충남연구원 책임연구원
참여연구진 박세찬 충남연구원 책임연구원
황규철 충남연구원 연구원
자문위원 고완배 충청남도 대기환경과 대기환경정책팀장
김경환 한국과학기술연구원 선임연구원
상정 중부권 미세먼지연구관리센터 팀장
이광열 국립환경과학원 환경연구사

전략연구 2024-08

시·군별 대기오염 특성을 고려한 대기질 관리방안

발행처 충남연구원
발행 2024년 11월 30일
주소 충청남도 공주시 연수원길 73-26 (32589)
전화 041-840-1114(대표)
팩스 041-840-1129
홈페이지 <http://www.cni.re.kr>
ISBN 978-89-6124-674-3

© 2024. 충남연구원

- 이 책에 실린 내용은 출처를 명기하면 자유로이 인용할 수 있습니다.
- 무단전재하거나 복사, 유통시키면 법에 저촉됩니다.
- 연구보고서의 내용은 본 연구원의 공식 견해와 반드시 일치하는 것은 아닙니다.