

정책연구 2017-20

세종시와 인근지역 상호영향 분석을 통한 대기질 관리방안 연구

이 윤 희

연구책임

• 이윤희 / 세종연구실 연구위원

정책연구 2017-20

세종시와 인근지역 상호영향 분석을 통한 대기질 관리방안 연구

발행일 2017년 8월

발행처 대전세종연구원

34863 대전광역시 중구 중앙로 85(선화동 287-2)

전화: 042-530-3500 팩스: 042-530-3528

홈페이지 : <http://www.dsi.re.kr>

인쇄: 협성문화사 TEL 042-627-8893 FAX 042-627-8997

이 보고서의 내용은 연구책임자의 견해로서 대전광역시의 세종특별자치시의
정책적 입장과는 다를 수 있습니다.

출처를 밝히는 한 자유로이 인용할 수 있으나 무단 전재나 복제는 금합니다.

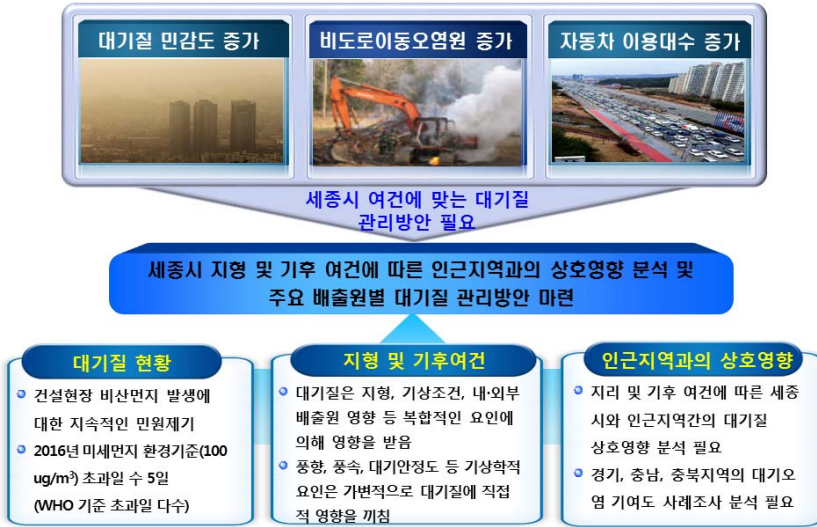
요약 및 정책건의

■ 연구의 배경 및 목적

- 대기질은 기상조건, 지형여건, 내·외부 배출원의 영향 등 복합적인 요인에 의해 영향을 받음
- 급성장하고 있는 세종시의 대기질 관리를 위해 오염물질 배출원별 배출실태를 파악할 필요가 있으며, 세종시 특성을 고려한 대기오염물질 배출원별 관리방안 마련이 요구됨
- 세종시의 지리적 위치 및 기후여건 등에 기반하여 인근지역과의 상호영향 등을 파악하고, 미상 배출원(비산먼지)을 포함한 주요 배출원별 대기질 관리방안을 마련하고자 함

■ 연구범위

- 세종시 지형 및 기후 특성 파악
- 세종시 대기오염물질 배출원 실태 파악
 - 대기오염물질 배출사업장, 도로, 산업단지, 비산먼지 발생 사업장 등 배출원 현황 파악
- 배출원별 대기오염물질 배출현황 분석
- 지리·기상학적 요인에 따른 세종시 대기질 특성 분석
 - 세종시 및 인근지역 대기오염도 상관도 분석
 - 경기, 충남, 충북지역의 대기오염 기여도 사례조사 분석
 - 시사점 도출
- 주요 배출원별 관리방안 제안
 - 도로이동, 비산먼지 발생 사업장, 생활주변 등 관리방안 제안



[연구의 개요]

■ 연구결과

(1) 세종시 대기질 현황

- 세종시의 대기오염 배출량은 전국 대비 NO_x는 0.3%, PM₁₀은 0.2%, PM_{2.5}는 0.2% 수준이나 시민들의 대기질 민감도 증가와 도시건설에 따른 건설현장의 증가로 인하여 비산먼지 발생에 대한 지속적인 민원이 제기되고 있는 실정임
- 2014년 기준 대기오염물질에 따른 주요 배출원 및 비율은 아래와 같음
 - CO : 도로이동(40.6%) > 에너지산업연소(27.3%) > 비도로이동(19.8%)
 - NO_x : 도로이동(40.9%) > 비도로이동(32.6%) > 에너지산업연소(7.4%)
 - SO_x : 생산공정(48.5%) > 비산업연소(30.7%) > 제조업 연소(8.6%)
 - TSP : 비도로이동(46.6%) > 도로이동(31.4%) > 에너지산업(11.6%)
 - PM₁₀ : 비도로이동(47.6%) > 도로이동(32.1%) > 에너지산업(11.8%)
 - PM_{2.5} : 비도로이동(47.7%) > 도로이동(32.2%) > 에너지산업(12.9%)
 - VOC : 유기용제(57.0%) > 폐기물처리(27.3%) > 비도로이동(4.9%)
 - NH₃ : 농업(94.3%)

- 대부분 비도로이동 오염원(건설기계 등) 및 도로이동 오염원(자동차)이 주를 이루고 있으며, 전체 배출량 추이에 큰 영향을 미치고 있음
- 2013년 대비 2014년 세종시 대기오염물질 배출량은 SOx와 NH₃를 제외한 모든 항목에서 감소하였고, 이는 건설장비(굴삭기, 지게차 등)와 도로이동오염원(화물차 등)으로부터의 배출량 감소로부터 기인되었으며, 건설지역의 부지조성이 활발히 진행된 이후 건설기계 작업시간의 감소에 따른 영향으로 판단됨
- 비산먼지 및 생물성연소는 결과의 미확실성으로 인해 공식적인 대기오염물질 배출량 통계에서는 제외되고 있으나 세종시 특성상 도시건설에 의한 비산먼지 발생과 미세먼지 및 초미세먼지 배출량 사이의 연계성 파악을 위해 배출원의 범위를 확장하여 분석하였음
 - (2013년) 비산먼지 및 비도로이동이 PM₁₀의 91%, PM_{2.5}의 77% 차지
 - 주요 배출원 : 건설공사 / 건설장비
 - (2014년) 비산먼지 및 비도로이동이 PM₁₀의 87%, PM_{2.5}의 59% 차지
 - 주요 배출원 : 축산활동 및 건설공사 / 도로재비산먼지
 - (시사점) 부지조성 시기에 따라¹⁾ 비도로이동오염원의 배출량 변화(건설장비의 작업시간 감소 등)에 영향이 있었으며, 추후 2030년까지 세종시 도시개발 계획에 따라 대기오염물질 배출량 및 주요 배출원의 변화가 예상됨

(2) 지리·기상학적 요인에 따른 대기질 특성 및 시사점

- 오염물질의 수송, 확산 및 유입 기여율은 배출원의 지리적 위치와 풍향 및 풍속 등 기상요인이 크게 영향을 끼침
- 세종시의 주요 종관풍향은 서풍이고 그 다음이 북풍이며, 기상학적 요인에 따라 수도권 및 서해안 지역의 대기오염물질 배출원 영향권 내에 있음

1) 2014년 대비 2013년에 부지조성이 활발히 이루어짐

- 봄-서풍(61.7%), 여름-서풍(45.9%), 가을-서풍(42.3%) 및 북풍(40.9%), 겨울-서풍(53.1%) 및 북풍(43.8%)
- 지리적으로 세종시의 동쪽으로는 소백산맥이 위치하여 바람의 세기가 약할 경우 서쪽으로부터 유입된 공기체가 정체되어 대기질 악화가 우려됨
 - 세종시 연평균 풍속은 1.5m/s(2015년 기준)로 타 시도에 비해 낮음 (서울-2.7m/s, 인천-3.1m/s, 천안-1.9m/s, 서산-2.0m/s, 보령-1.7m/s)
- 세종시는 겨울철 복사냉각으로 인해 지표 근처에서 복사 역전층이 자주 발생되어 오염물질 농도가 상대적으로 높음
- 계절별 대기환기량은 2,000m²/s 이하로 분산상태가 좋지 않은 것으로 나타남(겨울 1,387m²/s, 봄 2,059m²/s, 여름 826m²/s, 가을 1,429m²/s)
- SPSS 통계프로그램을 이용하여 인근지역(공주, 대전, 천안, 청주)과의 PM₁₀, O₃ 및 NO₂ 대기오염도 상관도를 분석하였으며, 세종시와 인근지역의 대기질 농도는 매우 유의한 상관관계에 있는 것으로 나타남

[인근지역과의 대기질 상관도 분석 결과]

구분		세종	천안	청주	공주	대전
연평균농도	PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	44	49	48	38	51
	O ₃ (ppbv)	28.4	29.0	25.3	34.8	25.5
	NO ₂ (ppbv)	19.5	18.2	22.2	7.4	20.2
피어슨 상관계수	PM ₁₀	1	.916**	.922**	.949**	.927**
	O ₃	1	.930**	.840**	.891**	.920**
	NO ₂	1	.640**	.450**	.693**	.785**

** : 상관계수는 0.01 수준(양쪽)에서 유의함

주 : 피어슨 상관계수는 0.8 이상은 강한 선형관계, 0.6 ~ 0.8은 유의한 선형관계를 나타냄

- 경기, 충남, 충북지역의 국내외 대기오염 기여도 사례조사를 분석한 결과 각 지역의 대기오염 기여도는 기후학적 특성에 따라 계절에 따른 국내외 기여도가 상이하였으며, 오염원별 혹은 계절별 오염물질 공간 분포도를 통하여 세종시에 미치는 영향을 유추할 수 있었음
- ※ 추후 정확한 분석을 위해 계절별 세종시의 국내외 기여도 분석이 필요할 것으로 판단됨
- (경기지역) 주로 경기 남부지역에 영향이 컸으며 세종시에 끼치는 영향은 상대적으로 낮았음
 - 자체 기여도 비율 : PM_{2.5} 19%, PM₁₀ 25%, NO₂ 54%, SO₂ 23%, O₃ 17%
 - PM과 SO₂의 경우 국외 기여도가 많은 비중을 차지하고 있음
- (충남지역) 공간적 기여도 분석결과로부터 세종시 대기질에도 기상학적 특성(북서계절풍)에 따라 영향이 있을 것으로 예측됨
 - 지역내 전체 NO_x 배출량의 48%, SO_x 배출량의 58%, PM₁₀ 배출량의 25%가 석탄화력발전소로부터 배출되고 있으며, 그 외 석유화학시설 또한 주요 대기오염물질 배출원으로 작용하고 있음
 - 석탄화력발전소의 계절별(1월, 4월, 7월, 10월) PM₁₀ 기여도는 10월이 가장 높게 나타남
- (충북지역) PM_{2.5} 국내외 기여도의 공간적 분포도로부터 세종시 대기질은 충청북도와 유사한 것으로 보이며 기여도 경향 또한 유사할 것으로 예측됨
 - PM_{2.5}의 국내 배출원 기여도 57%, 국외 배출원 기여도 43%
 - 북서풍에 의한 오염물질 유입으로 1월 및 4월은 중국의 기여도가 가장 높았음
 - 기후 및 기상학적 영향에 따라 7월 및 10월의 대기오염도는 국내 기여도가 더 높았으며, 내륙지방의 대기정체 현상 영향이 큼

- 세종시는 충남 화력발전소의 영향권 내에 있는 바, 월별 대기 오염물질의 유입경로를 모니터링하여 유입되는 기여도 및 세종시 자체 기여도를 분석하고, 주변 인접지역과 연계하여 공동 관리방안을 수립해야함
- 세종시는 전형적인 분지 지형으로 풍속이 낮고 산곡풍에 의한 지역 국지풍이 중요한 역할을 하므로 기상요소를 지속적으로 분석하여 대기오염배출시설의 설치로 인한 대기환경 영향을 최소화해야 함
- 지리적으로 경사도가 낮은 평탄한 지역인 세종시에 도시건축물들이 증가함에 따라 변화되는 지표면 공간변화에 대한 지속적인 모니터링 조사가 필요할 것으로 사료됨
- 도시규모에 적합한 상세모델링을 통해 바람이 원활하거나 정체되는 지역을 파악하고, 오염물질 배출원에서 주변으로의 확산모델링을 기반으로 대기질 관리방안을 마련할 필요가 있음

(3) 세종시 대기질 관리방안

- 대기질은 지형, 기상조건, 내·외부 배출원 영향 등 복합적인 요인에 의해 영향을 받으며, 세종시의 경우 지리적 위치(지형) 및 기상학적 특성에 의해 상시적으로 주변국(중국)과 인근 지자체(수도권 서부, 충남지역) 대형 대기오염물질 배출원에 영향을 받음
- 대기환경은 단시일 내에 특정지역에서 개선하기에는 현실적으로 어려움이 있으며, 주변국 및 인근 지자체와 함께 공통의 목표 및 기본방향을 설정한 후 그에 맞는 개선과제 도출 등의 노력이 필요할 것으로 사료됨에 따라 세종시 차원에서의 대기환경 개선을 위한 관리방안을 배출원(도로이동, 사업장, 생활주변)과 기초분야 (인프라 구축, 협업 및 거버넌스)로 나누어 제시하였음

배출원	이동 (도로)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 친환경 이동(교통) 수단 확대-전기차 보급 등 ■ 차량 개선-저마모 타이어 및 브레이크 보급 등 ■ 도로 관리-재비산 억제(도로청소, 포장 등) ■ 교통 전략-공해차량 운행 제한 등
	고정 (비산먼지 발생사업장)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 대기오염물질 인벤토리 작성-전구물질 배출량 ■ 오염물질 발생 저감 및 사업장 운영 관리-저Nox 버너 설치, 환경전담요원 고정 배치, webcam 활용 등 ■ 비산먼지 발생 사업장 운영 관리- 비산먼지 발생 억제조치 준수 철저, 비산먼지 발생 억제제 사용, 주변청소, 특별교육 등 ■ 법적 기준 강화-총량관리제, 공한지 관리 조례 등
	생활 주변	<ul style="list-style-type: none"> ■ 오염물질 저감 장치 보급-음식점, 주유소 등 ■ 나대지, 운동장(마사토), 주차장 관리-녹화사업 추진, 포장사업 ■ 교외지역-농업활동에 의한 비산먼지, 노천소각 관리, 화목난로 관리 등
기초분야	인프라 구축	<ul style="list-style-type: none"> ■ 대기오염(고정)측정망 확충 ■ 대기오염 이동측정시스템 도입 ■ 오염원 목록 구축 및 최신화
	협업 및 거버넌스	<ul style="list-style-type: none"> ■ 지역 네트워크 형성 ■ 지역 맞춤형 목표관리 체계 ■ 정보 공유-대기질 공개시스템 강화 ■ 공감형 프로그램 확대 ■ 사회 구성원의 자발적 노력 유도

- 현재 세종시는 개발계획에 따라 '30년까지 건설공사가 지속적으로 진행될 예정이므로 건설단계와 건설이 완료된 이후의 운영단계로 구분하고 시기적 우선순위와 중요도순으로 대기질 관리방안을 마련할 필요가 있음

- (건설단계) 주로 비산먼지 발생 사업장의 관리방안이 이에 해당함
 - 건설차량 운행 관리, 사업장 운영 관리(억제 조치 준수 철저), 법적 기준 강화, 지도 점검 강화 등
 - (운영단계) 도로이동오염원 관리, 사업장 인벤토리(미세먼지 전구물질 배출량) 작성, 사업장의 철저한 지도-점검, 모니터링, 협업 및 거버넌스 등
- 지역의 오염물질 종류, 양, 기상, 지형여건 등에 따라 오염도가 다르게 나타나므로, 지역별로 환경용량을 감안하여 환경기준을 초과하는 오염물질에 대한 다각적이고 집중적인 저감대책을 시행할 필요가 있음(배출오염기준 강화)
- 정부는 미세먼지 저감대책으로 현재 서울 등 수도권에서 시행 중인 대기오염총량제를 전국으로 확대 시행할 계획이며, 세종시도 이에 대응하기 위한 사업장 관리방안이 필요함
- 공한지 관리를 위한 조례 제정을 통해 사업장 내 공한지를 최소화하도록 유도하고 수목식재, 표면덮개 등을 통해 오염물질 퇴적 및 재비산을 억제하도록 해야 함
- 건설사업의 초기단계부터 오염물질 저감을 위한 실천계획 수립을 의무화하고 삭감목표 관리제를 추진하여 운영하도록 함
- 대기오염측정망 확충 시 도농복합지역 특성에 맞게 도시지역과 농촌지역을 구분하여 각각의 특성에 맞게 비용 효과적으로 설치할 필요가 있음
- 세종시는 지역 특성상, 여름철 대기의 정체와 안개 및 연무발생 빈도가 높으며, 도시개발과 자동차 이용량 증가로 오염물질이 가중되어 시민에게 미치는 대기오염 위험도가 증가될 것으로 사료되므로 추후 도시의 대기순환 특성이 고려된 바람길 관리대책이 필요함

차 례

제1장 서론	1
제1절 연구배경	3
1. 배경 및 필요성	3
제2절 연구목적 및 범위	5
1. 연구목적	5
2. 연구범위	5
제2장 현황분석	7
제1절 일반현황	9
1. 지역특성	9
2. 기상 특성	15
제2절 도시개발 현황	21
1. 토지이용 현황	21
2. 산업·농공단지 현황	24
3. 도시건설 계획	28
제3장 대기환경 현황	31
제1절 대기환경 관리현황	33
1. 대기오염 측정망 현황	33
2. 대기환경기준	34
제2절 대기오염물질 배출원 현황	37
1. 대기오염물질 배출원별 현황	37
2. 에너지 사용현황	45

제3절 대기오염도 현황	49
1. 전국 대기오염도 현황	49
2. 세종시 대기오염도 현황	53
제4절 대기오염물질 배출량 현황	59
1. 전국 대기오염물질 배출량	59
2. 세종시 대기오염물질 배출량	60
제4장 지리·기상학적 요인에 따른 대기질 특성	71
제1절 주변지역과 대기질 상호영향 분석	73
1. 인근지역과 대기오염 상관도 분석	73
2. 주변지역의 세종시 대기오염 기여도 사례조사	83
제2절 기상학적 요인에 따른 대기질 특성 분석	91
1. 세종시 바람길 사례조사	91
제3절 시사점	95
제5장 세종시 대기질 관리방안	99
제1절 주요 대기질 관리방안	101
제2절 배출원별 세부 대기질 관리방안	106
1. 이동오염원 및 도로	107
2. 고정오염원 및 비산먼지 발생 사업장 관리	113
3. 생활주변 관리	119
4. 기초 분야	123
제6장 결론 및 정책제언	127
참고문헌	133

표 차례

[표 2-1] 행정구역 현황 및 인구수	14
[표 2-2] 연도별 인구수 및 증가율	14
[표 2-3] 월별 평균기온 변화	16
[표 2-4] 월별 강수량	17
[표 2-5] 연도별 풍속	18
[표 2-6] 지목별 토지이용 변화 추이	21
[표 2-7] 도시지역 내 용도지역별 현황	22
[표 2-8] 산업·농공단지 현황	25
[표 2-9] 행정중심복합도시의 단계별 사업계획	28
[표 3-1] 대기오염 측정망 지점	33
[표 3-2] 미세먼지 대기환경기준 변화	35
[표 3-3] 미세먼지에 대한 WHO 권고기준과 잠정목표	35
[표 3-4] 우리나라와 세계 각국의 대기환경기준 비교	36
[표 3-5] 세종시 대기배출업소 종별 현황	37
[표 3-6] 지역별 대기오염물질 배출사업장 현황	38
[표 3-7] 세종시 자동차 등록현황	39
[표 3-8] 농업기계 등록현황	40
[표 3-9] 건설기계 기종별 등록현황	41
[표 3-10] 건설기계 작업시간 증감추이	42
[표 3-11] 2015년 세종시 도로포장 현황	44
[표 3-12] 비산먼지 발생 사업장 현황	44
[표 3-13] 비산먼지 발생원 현황	45
[표 3-14] 2015년 세종시 에너지원별 이용현황	45
[표 3-15] 2015년 세종시 최종에너지 부분별 소비 현황	46
[표 3-16] 세종시 제품별 석유 소비량 현황	46
[표 3-17] 세종시 도시가스 이용현황	47
[표 3-18] 용도별 전력 이용현황	48

[표 3-19] 2016년 연평균 대기오염도 현황	53
[표 3-20] 시도별 대기오염물질 배출량(2013~2014)	59
[표 3-21] 세종시 배출원별 대기오염물질 배출량(2012~2014)	61
[표 3-22] 2014년 대기오염물질(NOx) 배출량 감소 배출원 분석	66
[표 3-23] 2014년 대기오염물질(PM ₁₀) 배출량 감소 배출원 분석	67
[표 4-1] 세종시와 인근지역 PM ₁₀ 상관도 분석	77
[표 4-2] 세종시와 인근지역 O ₃ 상관도 분석	80
[표 4-3] 세종시와 인근지역 NO ₂ 상관도 분석	82
[표 4-4] 경기도 오염원별 배출량	83
[표 4-5] 경기지역의 부문별 연평균 기여도	86
[표 4-6] 계절별 풍향 발생빈도(무강수)	93
[표 5-1] 주요 대기질 관리방안	102
[표 5-2] 연료별 대기오염물질 배출계수	114

그림 차례

[그림 1-1] 연구의 개요	4
[그림 2-1] 세종특별자치시의 지리적 위치	10
[그림 2-2] 세종시 표고분석도(좌) 및 경사분석도(우)	11
[그림 2-3] 세종시 수계 단위유역도	12
[그림 2-4] 세종특별자치시 행정구역도	13
[그림 2-5] 연도별 인구 추이	15
[그림 2-6] 2015년 월별 기온변화	16
[그림 2-7] 2015년 월별 강수량	18
[그림 2-8] 한반도 주풍향 분포도	19
[그림 2-9] 2015년 세종시 인근지역 바람장미	20
[그림 2-10] 2016년 세종시 토지지목별 면적 현황	22
[그림 2-11] 용도지역별 현황	23
[그림 2-12] 세종시 산업·농공단지 조성현황	24
[그림 2-13] 행정중심복합도시 지구단위 건설 현황	29
[그림 2-14] 세종시 광역교통망 건설 현황	30
[그림 3-1] 세종시 대기오염 측정망 위치	34
[그림 3-2] 종별·지역별 대기배출업소 현황	38
[그림 3-3] 자동차 등록대수 변화 추이	40
[그림 3-4] 건설기계 기종별 등록현황 추이	42
[그림 3-5] 건설기계 기종별 작업시간 추이	43
[그림 3-6] 연도별 도시가스 이용현황	47
[그림 3-7] 연도별 전력 이용량 변화추이	48
[그림 3-8] 2015년 전국 대기오염물질의 연평균 농도 분포	49
[그림 3-9] 측정소별 환경기준농도 초과현황(2015년)	51
[그림 3-10] 2016년 일평균 미세먼지 농도 변화	54
[그림 3-11] 2016년 월별 SO ₂ 관측농도 변화 추이	55
[그림 3-12] 2016년 월별 CO 관측농도 변화 추이	56

[그림 3-13] 2016년 월별 O ₃ 관측농도 변화 추이	56
[그림 3-14] 2016년 월별 NO ₂ 관측농도 변화 추이	57
[그림 3-15] 2016년 월별 PM ₁₀ 관측농도 변화 추이	57
[그림 3-16] 2016년 월별 PM _{2.5} 관측농도 변화 추이	58
[그림 3-17] 시도별 총 배출량(2014)	60
[그림 3-18] 세종시 오염물질별 배출원 대분류별 배출량 기여율	62
[그림 3-19] PM ₁₀ 과 PM _{2.5} 배출원별 배출량 비율(2013년)	64
[그림 3-20] PM ₁₀ 과 PM _{2.5} 배출원별 배출량 비율(2014년)	65
[그림 3-21] 세종시 대기오염물질 배출량 추이	68
[그림 4-1] 세종시 인근지역(공주, 대전, 천안, 청주) 대기질 관측소 위치 ..	73
[그림 4-2] 세종시와 인근지역(공주, 대전, 천안, 청주) 일평균 PM ₁₀ 농도 ..	74
[그림 4-3] PM ₁₀ 월별 관측농도 변화 추이(2010~2014)	75
[그림 4-4] 충청북도와 경기도의 PM ₁₀ 농도 상관도 분석	75
[그림 4-5] 세종시와 인근지역(공주, 대전, 천안, 청주) 일평균 O ₃ 농도 ..	79
[그림 4-6] 세종시와 인근지역(공주, 대전, 천안, 청주) 일평균 NO ₂ 농도 ..	81
[그림 4-7] 경기도 오염원별 PM ₁₀ 및 PM _{2.5} 연평균 기여도	84
[그림 4-8] 경기도 오염원별 NO ₂ 및 O ₃ 연평균 기여도	85
[그림 4-9] 국내 운영중인 화력발전소의 NO _x (좌) 및 SO _x (우) 배출량 분포 ..	87
[그림 4-10] 운영 중인 화력발전소의 24시간 평균 PM ₁₀ 최대 기여농도 ..	88
[그림 4-11] 충북 초미세먼지(PM _{2.5}) 모사값 및 국내외 기여도 분석	89
[그림 4-12] 세종시의 대기질에 영향을 줄 수 있는 지리적·기상학적 요인 ..	92
[그림 4-13] 행정중심복합도시 주변 지역 바람 특성	94
[그림 4-14] 지표면 변화에 따른 수평풍속 차이(좌) 및 서울시 거칠기길이 분포 예시(우)	95
[그림 5-1] 공원 인도의 우드칩 시공 사례	120

DSI

제1장 서론

제1절 연구배경

제2절 연구목적 및 범위

DAEJEON SEJONG
RESEARCH
INSTITUTE

제1장 서론

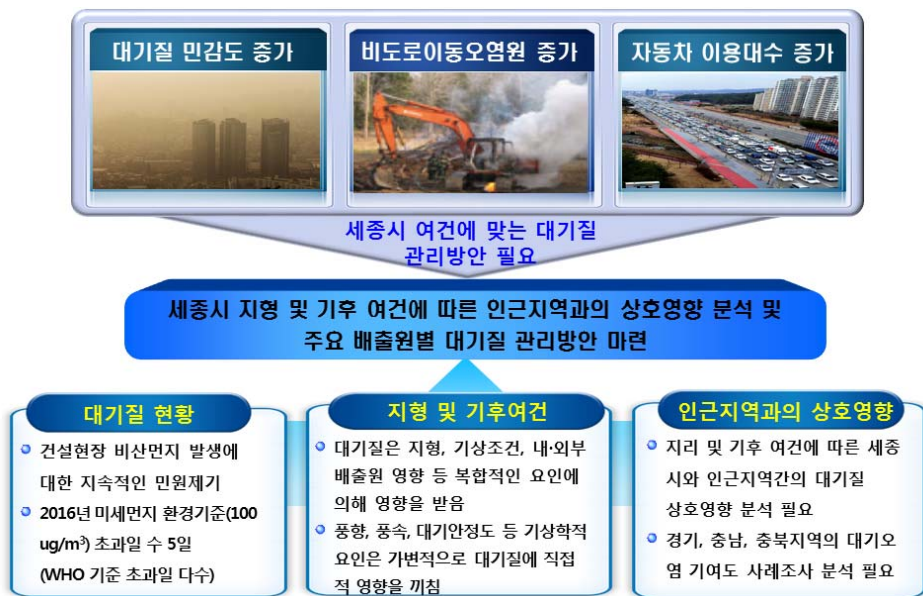
제1절 연구배경

1. 배경 및 필요성

- 대기질에 대한 시민들의 관심과 우려 수준이 다른 환경 현상(녹조, 기후변화 등)에 비해 높은 것으로 나타남
- 정부의 꾸준한 대기오염물질 배출량 저감을 위한 대책 이행에도 불구하고 시민이 체감하는 대기질은 획기적으로 개선되고 있지 않음
- 현재 대기오염물질 배출량 산정시 비산먼지 및 생물성연소 등에 대한 배출량은 정보 불확실성으로 인해 제외되고 있으나, 세종시의 경우 도시 확장에 따른 건설 작업 및 자동차 이용대수의 급증이 예상되는바 비산먼지에 대한 관리방안이 필요함
- 현재의 대기오염 관리대책은 도로이동오염원의 배출량 삭감에 집중되어 있으며 대기환경 개선 예산투자계획 역시 지역특성을 고려하지 않고 거의 모두 도로이동오염원에 집중되어 있음. 하지만 미래에는 비도로이동오염원 등 다른 배출원 관리가 중요해질 것이며 지역특성을 반영한 삭감대책 수립이 필요할 것으로 전망됨
- 현재 세종시의 대기오염물질 배출원 중 지게차, 굴착기 등 건설장비에 의한 비도로이동오염원 비중이 가장 높게 나타나고 있는 실정이며, 추후 도시개발에 따른 비도로이동오염원 배출 비중은 더욱 높아질 것으로 예측됨
- 대기질은 기상 조건, 지형 및 지리적 여건, 내·외부 배출원의 영향 등 복합적인 요인에 의해 영향을 받는 것으로 보고되고 있음
- 풍향, 풍속, 대기안정도 등 기상학적 요인은 가변적으로 대기질에

직접적인 영향을 끼치며, 세종시는 분지지형이고 지리적으로는 동쪽에 소백산맥이 위치하고 있어 이러한 기상학적 영향이 대기질에 더욱 민감하게 작용할 것임

- 따라서 급성장하고 있는 세종시의 대기질 관리를 위해 오염물질 배출원별 배출실태를 파악할 필요가 있으며, 세종시 특성을 고려한 오염물질 배출원별 관리방안 마련이 요구됨



[그림 1-1] 연구의 개요

제2절 연구의 목적 및 범위

1. 연구목적

- 현재 세종시 대기오염물질 배출원 및 배출량에 대한 현황을 파악하여 세종시 특성 및 여건에 맞는 대기질 관리방안 마련을 위한 기초자료 제공
- 세종시의 지리적 위치 및 기후 여건 등에 기반하여 인근지역과의 상호영향 등을 파악하고, 미상 배출원(비산먼지)을 포함한 주요 배출원별 대기질 관리방안을 마련하고자 함

2. 연구범위

- 세종시 지형 및 기후 특성 파악
- 세종시 대기오염물질 배출원 실태 파악
 - 대기오염물질 배출사업장, 도로, 산업단지, 비산먼지 발생 사업장 등 배출원 현황 파악
- 배출원별 대기오염물질 배출현황 분석
- 지리·기상학적 요인에 따른 세종시 대기질 특성 분석
 - 세종시 및 인근지역 대기오염도 상관도 분석
 - 경기, 충남, 충북지역의 대기오염 기여도 사례조사 분석
 - 시사점 도출
- 주요 배출원별 대기오염물질 관리방안 제안
 - 도로이동, 비산먼지 발생 사업장, 생활주변 등 관리방안 제안

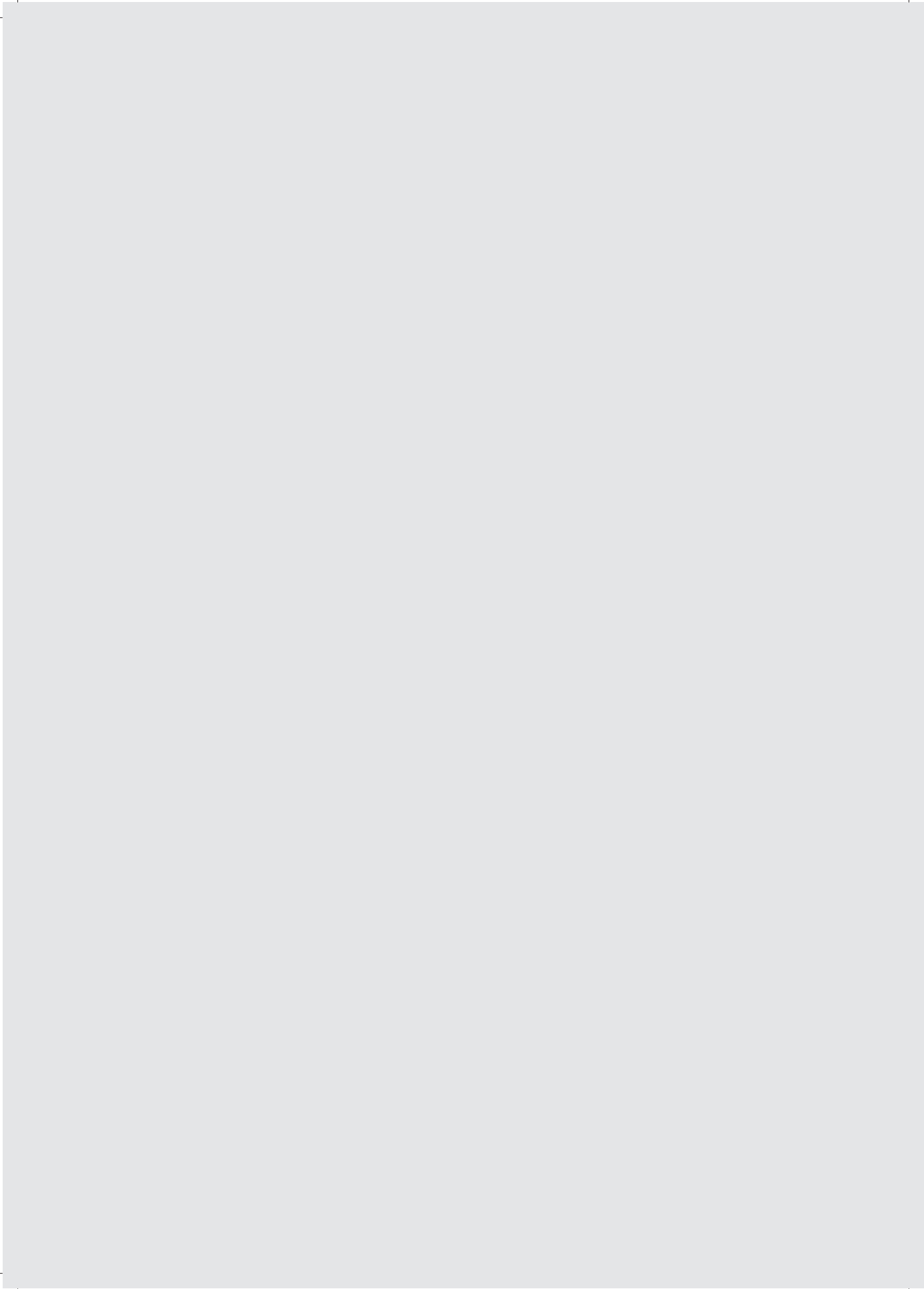
DSI

제2장 현황분석

제1절 일반현황

제2절 도시개발 현황

DAEJEON SEJONG
RESEARCH
INSTITUTE



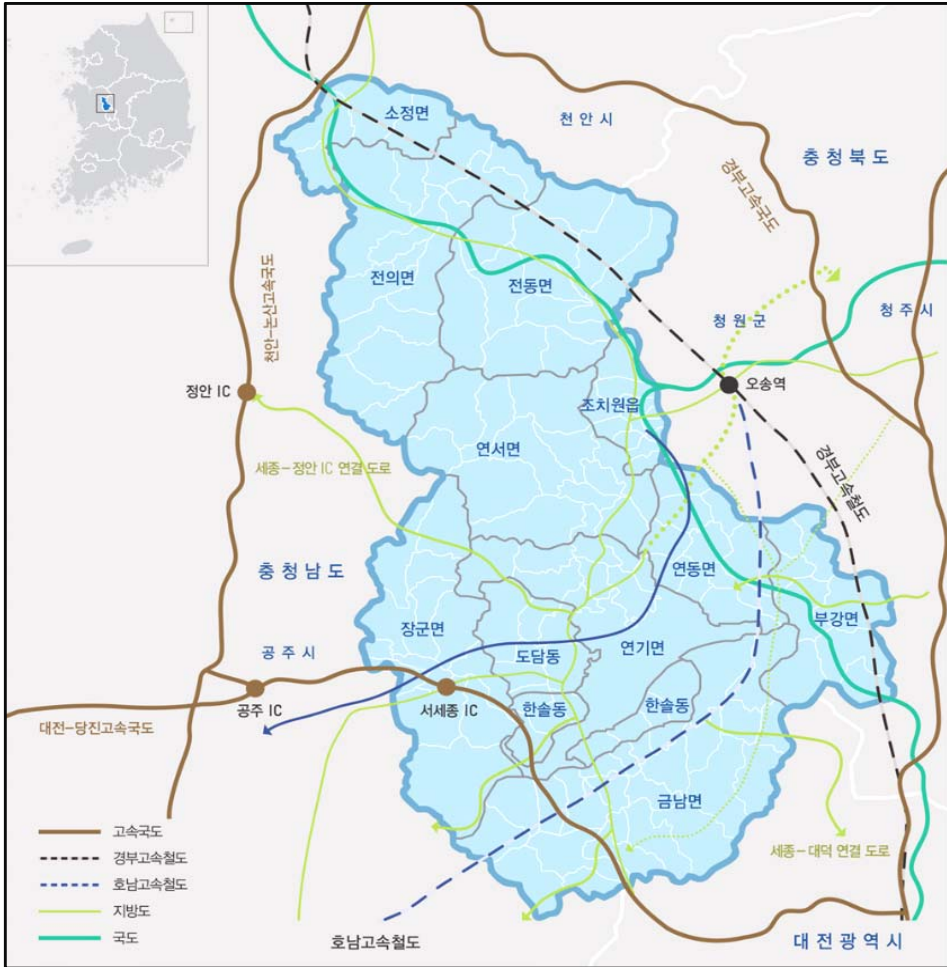
제2장 현황분석

제1절 일반현황

1. 지역특성

1) 위치

- 세종특별자치시(이하 세종시)는 국토 중심부에 위치하고 있으며, 충청남·북도의 중앙에 위치하여 동쪽은 충청북도 청주시, 서쪽은 충청남도 공주시, 남쪽은 대전광역시, 북쪽은 충청남도 천안시와 경계를 접하고 있음
- 고속국도는 대전~당진고속도로가 세종시 남서측을 관통하고 있으며, 동측으로는 경부고속도로가, 서측으로는 천안~논산고속도로가 남북측으로 연결되어 있어 접근성이 매우 뛰어나
- 세종시의 수리적 위치는 다음과 같으며, 연장거리는 동·서간 20.7km, 남·북간 37.0km 임
 - 동단 : 동경 127° 23′(부강면 문곡리)
 - 서단 : 동경 127° 10′(장군면 송학리)
 - 남단 : 북위 36° 24′(금남면 성강리)
 - 북단 : 북위 36° 43′(소정면 대곡리)



[그림 2-1] 세종특별자치시의 지리적 위치

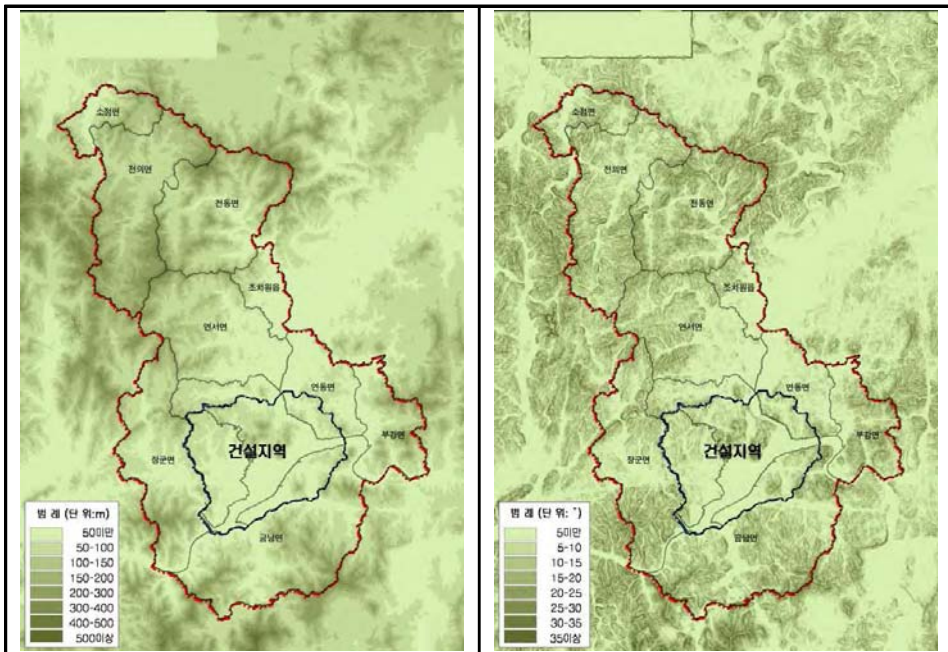
출처: 국토교통부 국토지리정보원 대한민국 국가지도집

2) 지형적 특성

- 세종시는 조치원읍 북쪽으로 차령산맥의 지맥이 지나며, 운주산(459m), 국사봉(403m), 금병산(364m), 작성산(332m) 등을 제외하고는 대부분이 오랜 식박작용을 받은 저산성 구릉지로 목야지 혹은 과수원 등으로 활용하기에 적합함
- 금강 유역주변의 원수산, 전월산 등은 동북측의 은적산, 남측의

매봉재, 수양산, 서북측의 국사봉, 서남측의 장군산 등과 연결되어 금북정맥과 금남기맥의 광역 산악축을 형성하고 있음

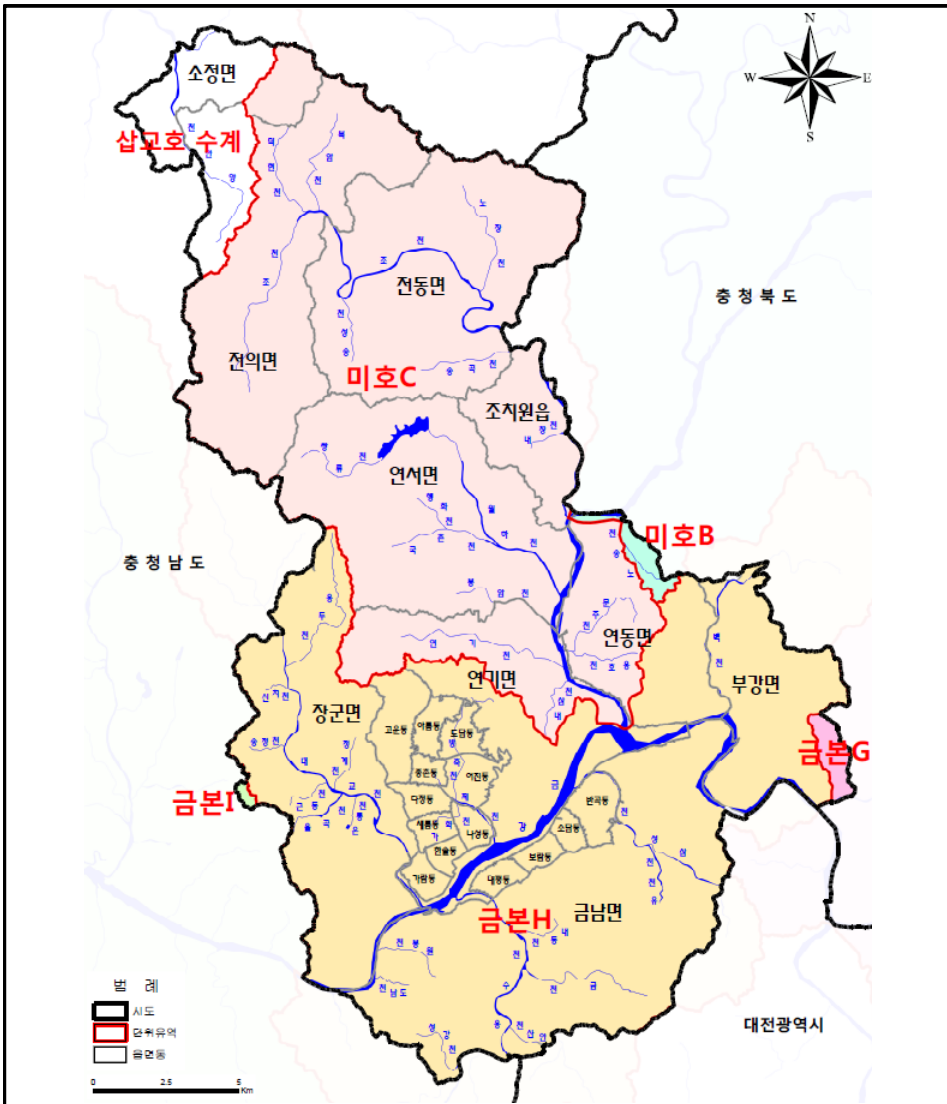
- 100m 미만의 표고를 보이는 지역이 전체면적(464.8km²) 중 62.9%를 차지하고 있으며, 100~150m는 19.3%, 150~200m는 10.5%, 200m이상은 7.3%를 차지하고 있음
- 행복도시 건설지역의 경우 북고남저형의 완만한 구릉지로 북쪽은 금북정맥의 지류인 표고 214m의 국사봉과 접하고 있으며 남쪽은 금강유역의 평야지대(장남평야 등)를 포함하고 있음
- 경사 10° 미만의 평탄한 지역은 전체면적의 58.6%를 차지하고 있으며, 전체면적의 2%가 경사 25° 이상의 산악지형에 해당함



[그림 2-2] 세종시 표고분석도(좌) 및 경사분석도(우)

출처: 2030 세종도시기본계획

- 국가하천인 금강(27.71km)과 미호천(10.36km)이 각각 동서방향과 남북방향으로 세종시 중심을 흐르고 있으며, 조천, 백천, 노송천 등을 포함하여 총 43개의 지방하천(총 연장 길이 185.63km)과 166개소의 소하천(총 연장 길이 221.13km)을 포함하고 있음

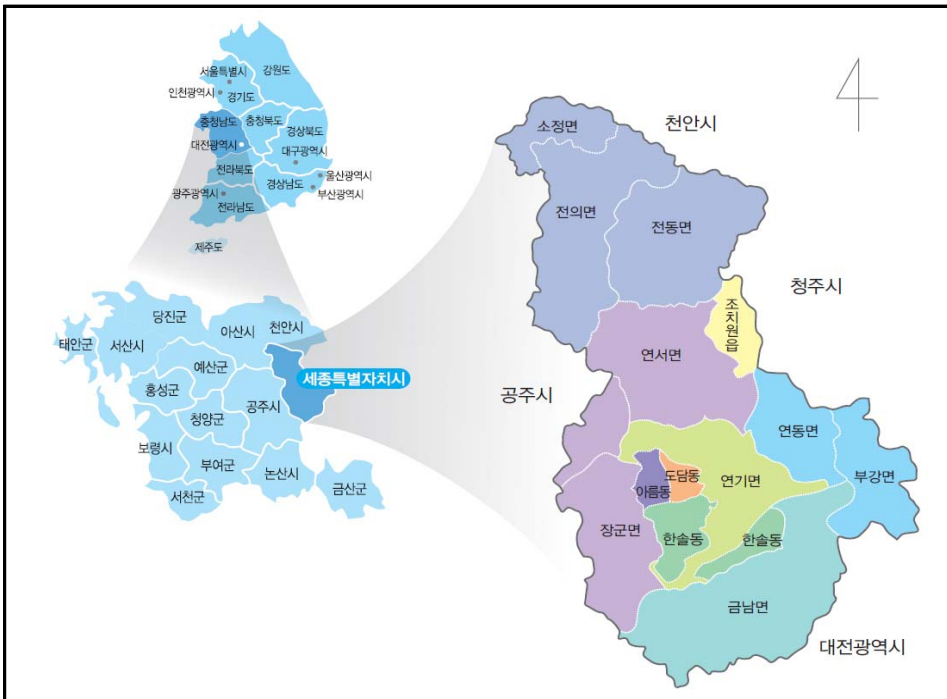


[그림 2-3] 세종시 수계 단위유역도

출처: 세종특별자치시청

3) 행정구역 및 인구

- 행정구역은 1읍, 9면, 6행정동으로 조치원읍, 연기면, 연동면, 부강면, 금남면, 장군면, 연서면, 전의면, 전동면, 소정면, 한솔동, 도담동, 아람동, 중촌동, 고운동, 보람동으로 구성되어 있음
- 세종시의 총 행정구역 면적은 465km²((구)연기군 361.4km², 공주시 편입지역 76.1km², 청원군 편입지역 27.3km²)으로 서울 면적의 3/4정도이며 읍면이 392km²(84%), 신도시가 73km²(16%)을 차지하고 있음
- 인구는 세종시 출범 대비 약 15만 명 정도 증가하여 2017년 5월 기준 26만 3,053명이며, 2030년까지 인구 80만 명을 목표로 하고 있음



[그림 2-4] 세종특별자치시 행정구역도

[표 2-1] 행정구역 현황 및 인구수

읍면·행정동	면적(km ²)	인구(명)	세대
조치원읍	13.7	47,126	19,037
연기면	43.9	2,831	1,439
연동면	28.3	3,696	1,768
부강면	27.8	6,858	3,128
금남면	78.1	9,799	4,568
장군면	53.2	6,631	3,368
연서면	54.6	8,242	3,816
전의면	62.5	6,817	3,171
전동면	57.7	4,143	2,179
소정면	16.5	3,034	1,316
한솔동 ¹⁾	7.6	30,051	10,323
도담동 ²⁾	5.0	32,230	12,466
아름동	2.2	24,493	7,627
종촌동	1.2	30,532	10,576
고운동	5.4	26,141	8,891
보람동 ³⁾	7.2	20,429	6,923
전체	464.9	263,053	100,596

주: 1) 다정동, 새롭동, 가람동, 나성동 포함

2) 어진동 포함

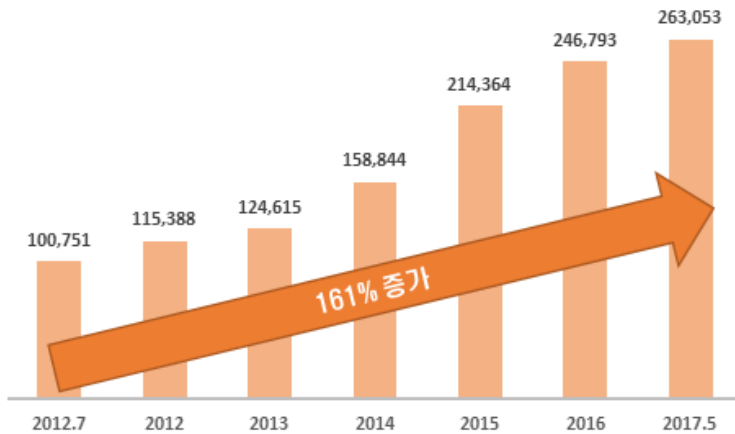
3) 반곡동, 소담동, 대평동 포함

출처: 세종특별자치시 통계월보 6월호(2017년 5월 기준)

[표 2-2] 연도별 인구수 및 증가율

연도	인구수(명)	인구증가	
		증가수(명)	증가율(%)
2012.7(출범)	100,751	-	-
2012	115,388	14,637	14.5
2013	124,615	9,227	8.0
2014	158,844	34,229	27.5
2015	214,364	55,499	35.0
2016	246,793	32,449	15.1
2017.5	263,053	16,260	6.5

출처: 세종특별자치시 통계월보 6월호(2017년 5월 기준)



[그림 2-5] 연도별 인구 추이

2. 기상 특성

1) 기온

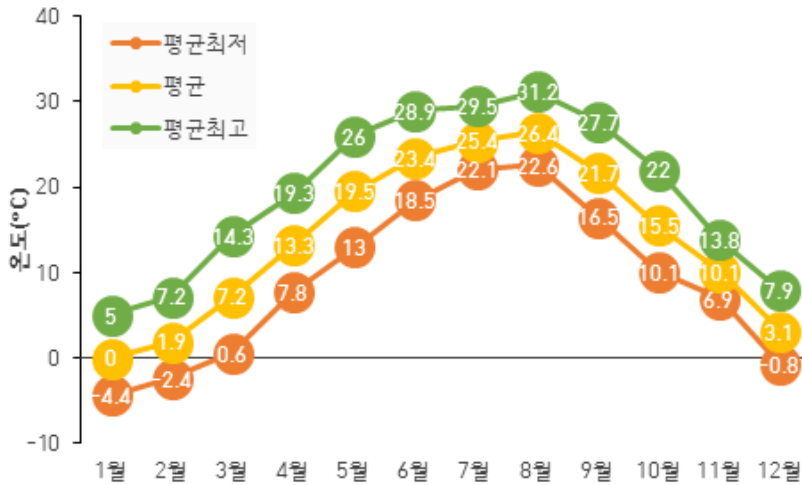
- 세종시는 여름철과 겨울철 기온의 연교차가 비교적 심한 대륙성 기후로 여름철에는 북태평양 기단의 영향으로 고온 다습한 기온이며, 겨울철에는 시베리아 기단의 영향을 받아 강한 북서풍의 영향으로 한랭건조한 기온임
- 세종시와 지리적으로 인접한 대전광역시의 기상청 자료를 바탕으로 종합해볼 때 지난 4년간 월평균기온은 12.3℃ 임
- 2015년 연평균 기온은 14℃였고 가장 무더운 달인 8월의 평균기온은 26.4℃였으며 평균최고 기온은 31.2℃였음. 가장 추운 달인 1월의 평균기온은 0.0℃였고 평균최저 기온은 -4.4℃를 나타냄
- 최근 4년간의 연평균 온도는 지속적으로 상승하고 있는 추세임

[표 2-3] 월별 평균기온 변화

(단위: °C)

연도	연평균	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
2012	12.6	-1.5	-1.0	5.7	13.2	19.8	23.8	26.3	27.1	20.6	14.3	6.0	-3.0
2013	13.1	-2.6	0.0	6.6	10.6	18.8	23.9	26.8	27.8	21.4	15.5	6.7	1.3
2014	13.4	-0.1	2.7	8.3	14.3	19.4	22.9	25.9	24.2	21.6	14.9	8.5	-1.3
2015	14.0	0.0	1.9	7.2	13.3	19.5	23.4	25.4	26.4	21.7	15.5	10.1	3.1

출처: 대전지방기상청, 기상연보



[그림 2-6] 2015년 월별 기온변화

2) 강수량

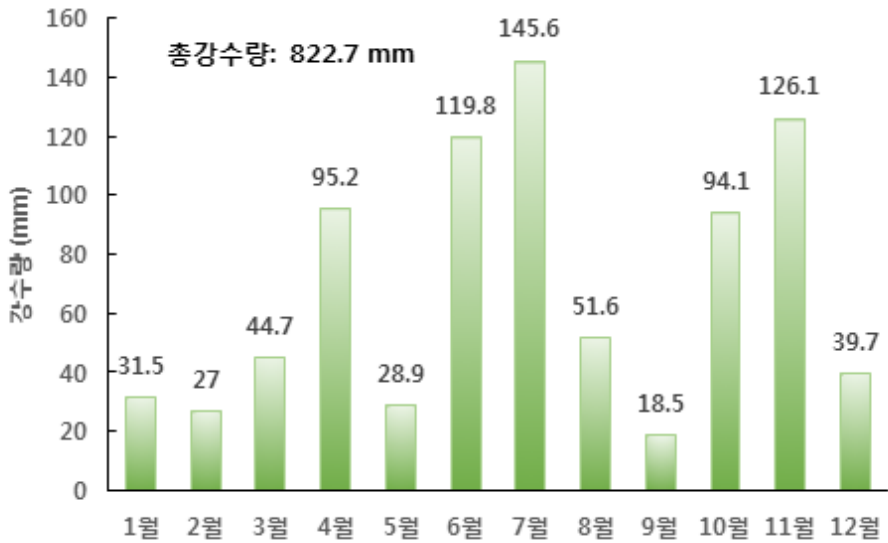
- 최근 4년간 평균 연강수량은 1,117.5mm이며, 지난 10년간 평균 연강수량인 1,417.7mm에 비교하여 약 300mm 정도 감소하였음.
- 계절적으로 연강수량의 50 ~ 70%가 하계(6월 ~ 8월)에 집중되며, 5 ~ 10%는 동계(12월~2월)에 내림
- 다른 해에 반하여 2015년의 연강수량은 822.7mm로 평년 강수량 보다 적었으며, 6,7,11월에 강수가 집중되었음. 여름철 강수량은 317mm로 38.5%를 차지하였고, 겨울철엔 98.2mm로 11.9%를 차지하였음
- 최근 4년간 연강수량은 지속적으로 감소되는 추세를 나타냄

[표 2-4] 월별 강수량

(단위: mm)

연도	연강수량	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
2012	1409.5	16.4	2.5	54.6	66.2	24.0	57.8	277.6	463.6	242.5	81.3	58.4	64.6
2013	1120.2	46.2	54.2	52.8	86.8	110.4	162.6	218.7	126.6	146.4	19.6	63.1	32.8
2014	1117.7	6.5	8.5	67.2	59.4	49.7	143.7	177.2	240.9	118.0	169.4	40.7	36.5
2015	822.7	31.5	27.0	44.7	95.2	28.9	119.8	145.6	51.6	18.5	94.1	126.1	39.7

출처: 대전지방기상청, 기상연보



[그림 2-7] 2015년 월별 강수량

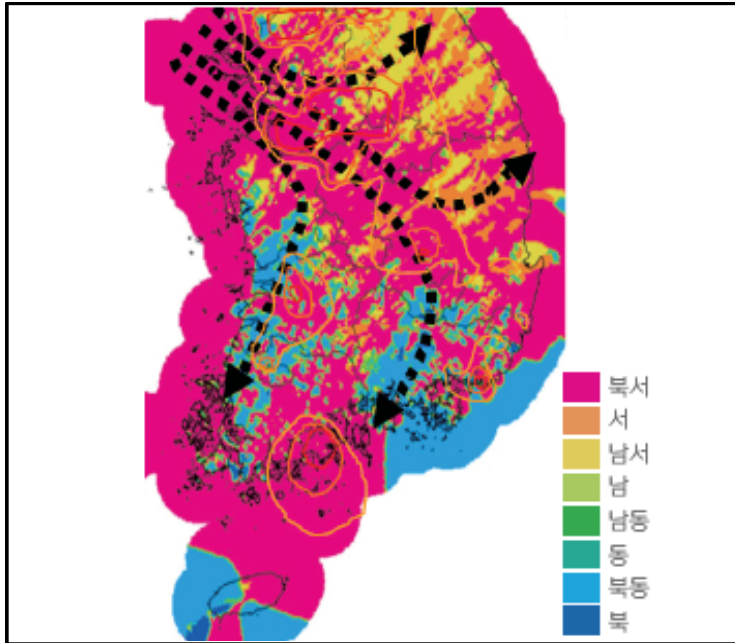
3) 풍향 및 풍속

- 우리나라는 대체로 북서계절풍이 남서계절풍보다 강하고, 세종시의 경우 여름철엔 남서풍이 겨울철엔 북서계절풍이 우세하며 지난 4년간 연평균 풍속은 1.4m/s임
- 2015년 연평균 풍속은 1.5m/s였으며, 최대풍속은 9.1m/s였고 순간 최대풍속은 16.5m/s였음

[표 2-5] 연도별 풍속

연도	바람(m/s)		
	평균풍속	최대풍속	최대순간풍속
2012	1.8	13.9	22.8
2013	1.6	8.4	15.9
2014	1.5	10.1	16.8
2015	1.5	9.1	16.5

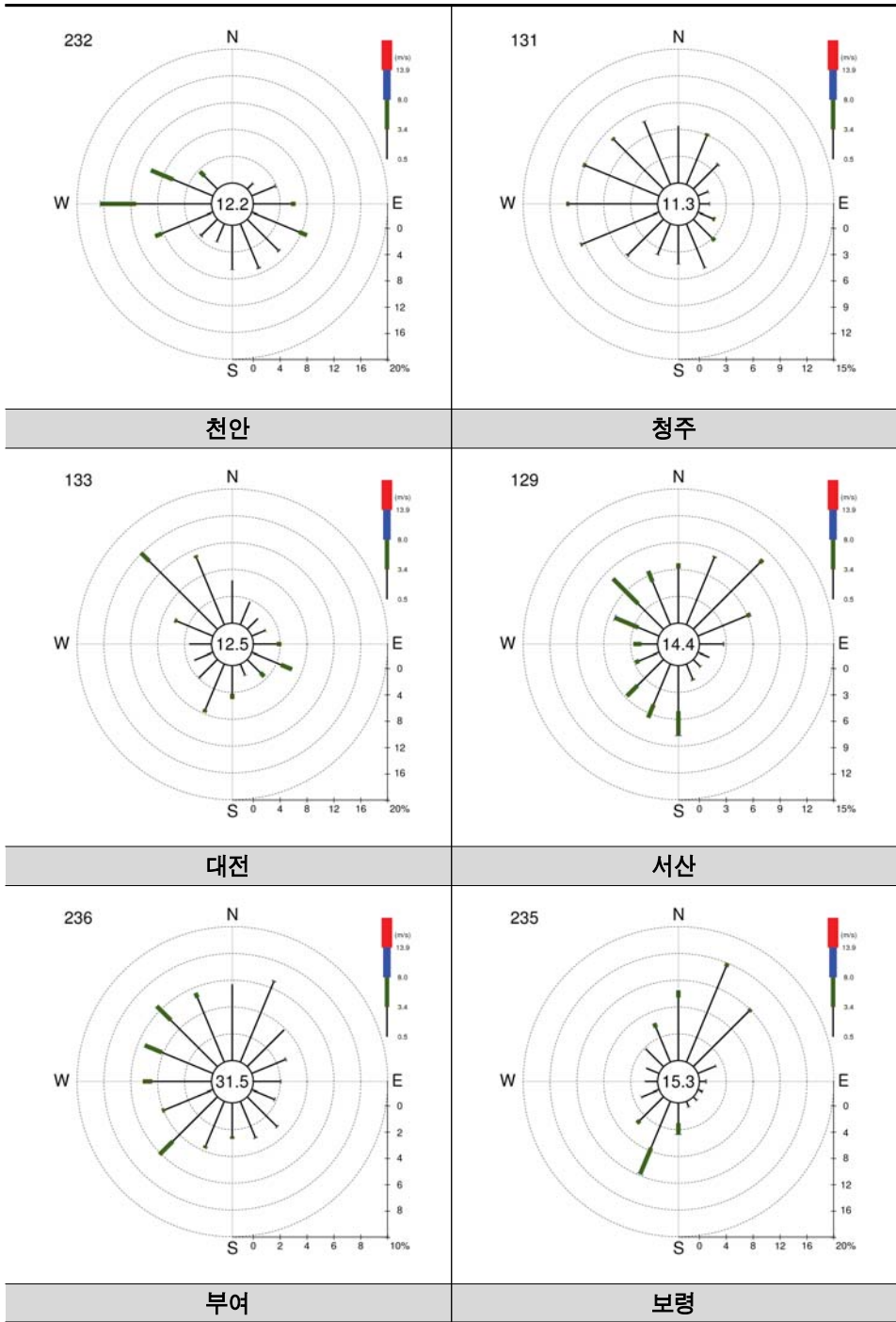
출처: 기상청, 기상자료개방포털



[그림 2-8] 한반도 주풍향 분포도

출처: 기상청, 풍력기상자원지도

- 세종시 인근도시인 천안, 청주, 대전, 서산, 보령, 부여의 바람장미는 [그림 2-9]와 같으며, 주풍향은 지역의 환경여건에 따라 다르게 나타남
- 2015년 기상청의 기상연보에 따르면 천안시의 주풍향은 서풍이며 연중 무풍(0.5m/s 미만) 백분율은 12.2%로 나타났으며, 대전시의 경우 주풍향은 북서풍으로 연중 무풍 백분율은 12.5%, 세종시의 동쪽에 위치하고 있는 청주의 경우 주풍향은 북서풍으로 무풍 백분율은 11.3%로 나타남
- 지리적 위치 및 주풍향으로 미루어볼 때 세종시의 대기환경은 세종시의 서쪽에 위치한 지역과 밀접한 관계에 있을 것으로 예측됨



[그림 2-9] 2015년 세종시 인근지역 바람장미

출처: 기상청, 2015 기상연보

제2절 도시개발 현황

1. 토지이용 현황

1) 토지지목별 면적 현황

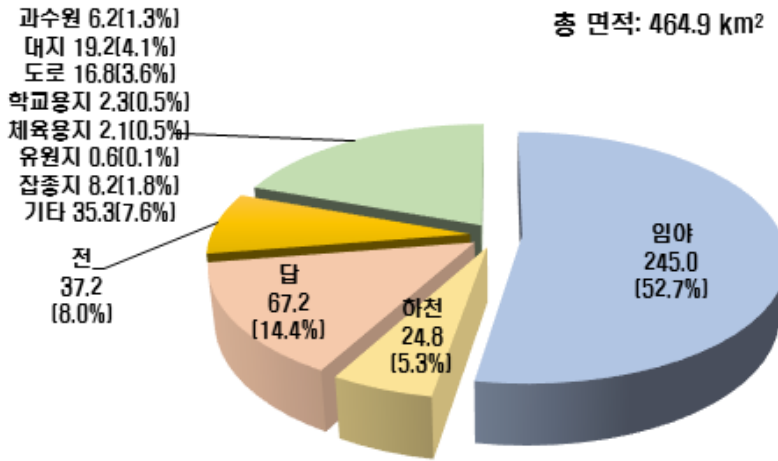
- 2016년 기준 임야가 52.7%로 가장 많은 비중을 차지하고 있으며, 다음으로 답이 14.4%를 차지하고 있음
- 대지(19.21km²), 도로(16.84km²), 공장용지(9.4km²) 등 도시적 토지이용은 9.7%이며, 전(37.20km²), 답(67.15km²), 과수원(6.2km²) 등 농업적 토지이용은 23.8%로 도시적 토지이용보다 우세함
- 세종시의 나대지 면적은 지적공부등록지상 학교용지, 체육용지, 유원지, 잡종지 면적의 각 50%, 50%, 50%, 80%를 고려하여 그 합으로 계상한 결과 9.01km²으로 나타남
- 그 외 하천면적이 24.82km²으로 5.3%를 차지하고 있음

[표 2-6] 지목별 토지이용 변화 추이

(단위: km², %)

구분	계	전	답	임야	대지	도로	공장용지	하천	기타	
2012	면적	464.88	39.97	74.17	252.89	13.60	12.53	8.97	24.86	37.89
	비율	100	8.6	16.0	54.4	2.9	2.7	1.9	5.3	8.2
2013	면적	464.90	39.99	73.79	252.55	13.87	12.69	9.11	24.88	38.02
	비율	100	8.6	15.9	54.3	3.0	2.7	2.0	5.3	8.2
2014	면적	464.90	39.30	71.96	250.76	14.61	13.09	9.11	24.80	41.37
	비율	100	8.5	15.6	53.9	3.1	2.8	1.9	5.3	8.9
2015	면적	464.87	37.43	68.29	245.61	19.06	15.38	9.01	24.86	45.24
	비율	100	8.1	14.8	52.8	4.1	3.3	1.9	5.3	9.7
2016	면적	464.87	37.20	67.15	245.00	19.21	16.84	9.37	24.82	45.28
	비율	100	8.0	14.5	52.7	4.1	3.6	2.0	5.3	9.8

출처: 국토교통통계누리, 2013-2017 지적통계연보



[그림 2-10] 2016년 세종시 토지지목별 면적 현황

출처: 국토교통통계누리, 2016 지적통계연보

2) 용도지역별 현황

- 도시지역 139.30km²에서 녹지지역은 99.86km²으로 71.7%정도 임
- 도시지역 내 주거지역은 28.15km²(20.2%), 상업지역은 4.98km²(3.6%), 공업지역은 6.33km²(4.5%)을 차지하고 있음

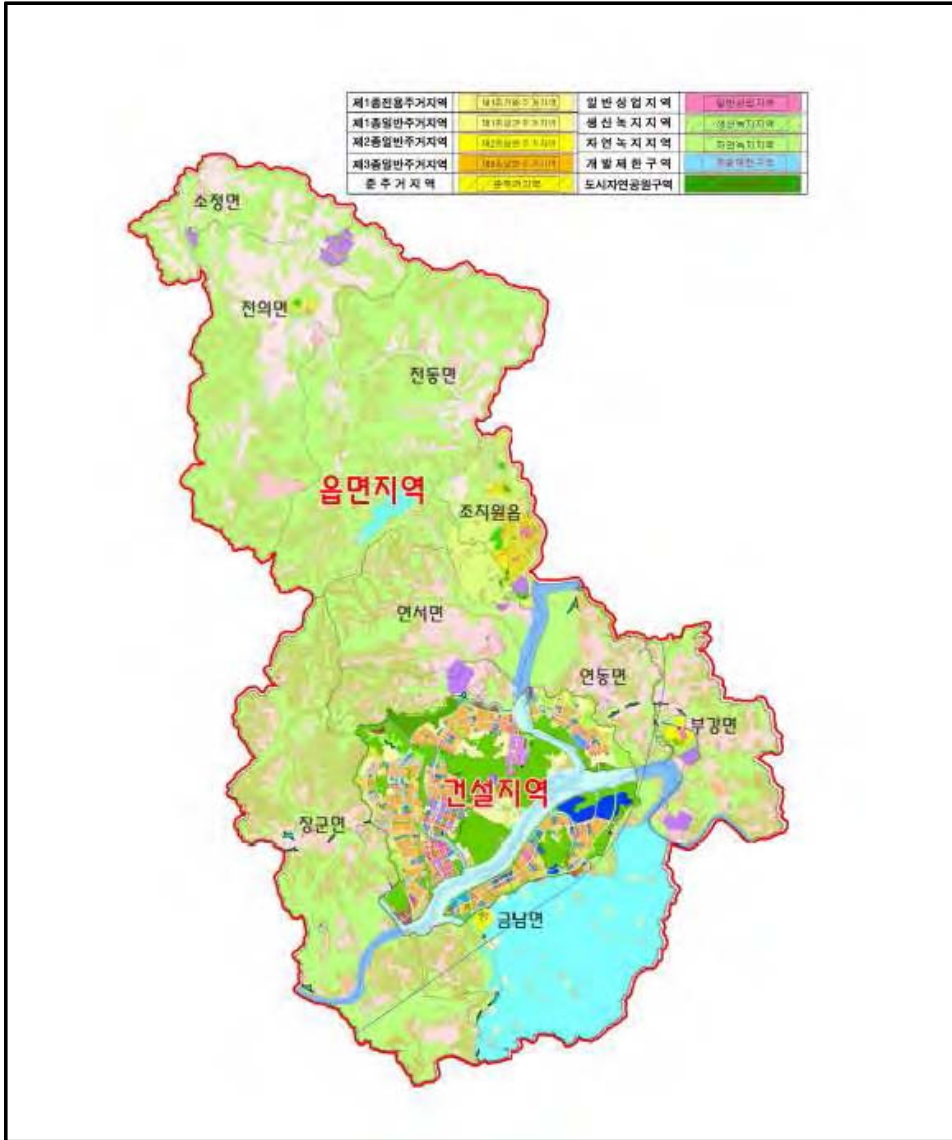
[표 2-7] 도시지역 내 용도지역별 현황

(단위: km²)

구분	세종특별자치시	읍면지역	건설지역
합계	464.80	391.72	73.08
도시지역	소계	139.30	73.08
	주거지역	28.15	22.47
	상업지역	4.98	4.60
	공업지역	6.33	1.62
	녹지지역	99.86	43.42
	미지정	0.97	0.97
비도시지역	소계	325.50	-
	관리지역	174.01	-
	농림지역	149.01	-
	자연환경	2.48	-

출처: 세종특별자치시 도시건축과

○ 세종시의 녹지비율은 타 지역에 비해 높은 수준이나, 녹지 조성 사업이 완료되지 않고 나대지로 남아있는 토지가 많아 비산먼지 발생이 우려됨



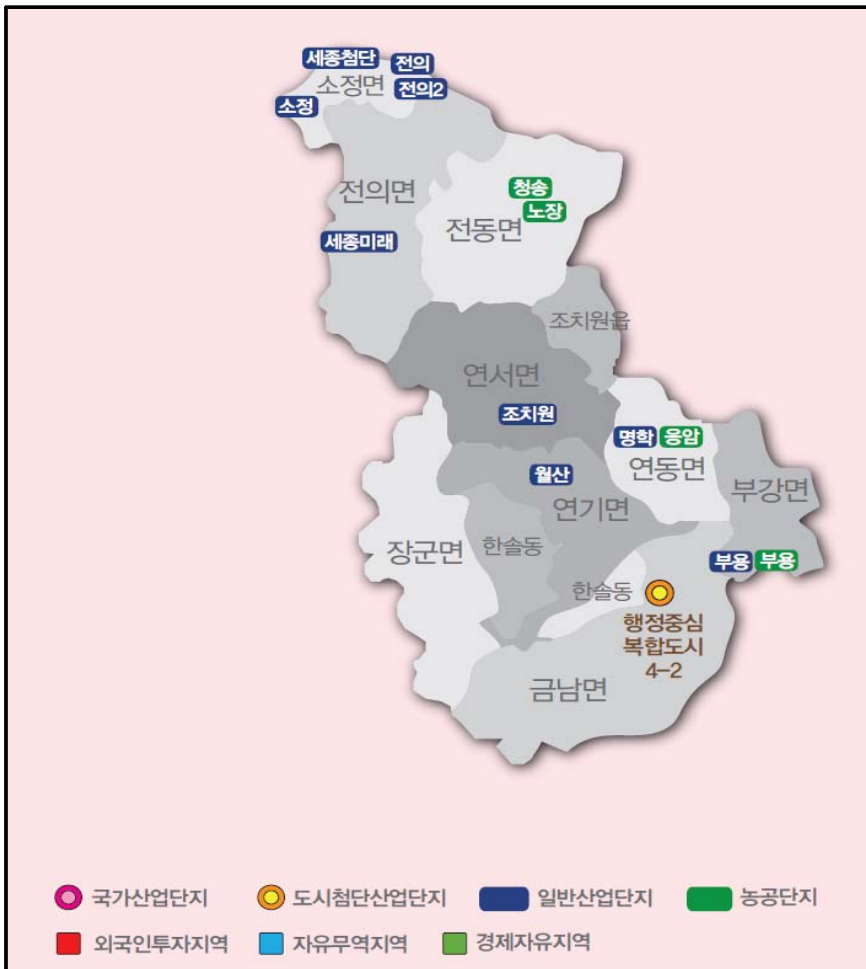
[그림 2-11] 용도지역별 현황

출처: 세종특별자치시 도시건축과

2. 산업·농공단지 현황

1) 산업·농공단지 현황

- 세종시에 지정되어 있는 산업·농공단지는 총 14개소로 일반산업단지 9개소, 도시첨단 1개소, 농공단지 4개소이며, 주요업종은 제조업임
- 현재 월산일반산업단지의 경우 기존 산업단지가 폐쇄된 상태임



[그림 2-12] 세종시 산업·농공단지 조성현황

출처: 한국산업단지공단, 2016 한국산업단지총람

[표 2-8] 산업·농공단지 현황

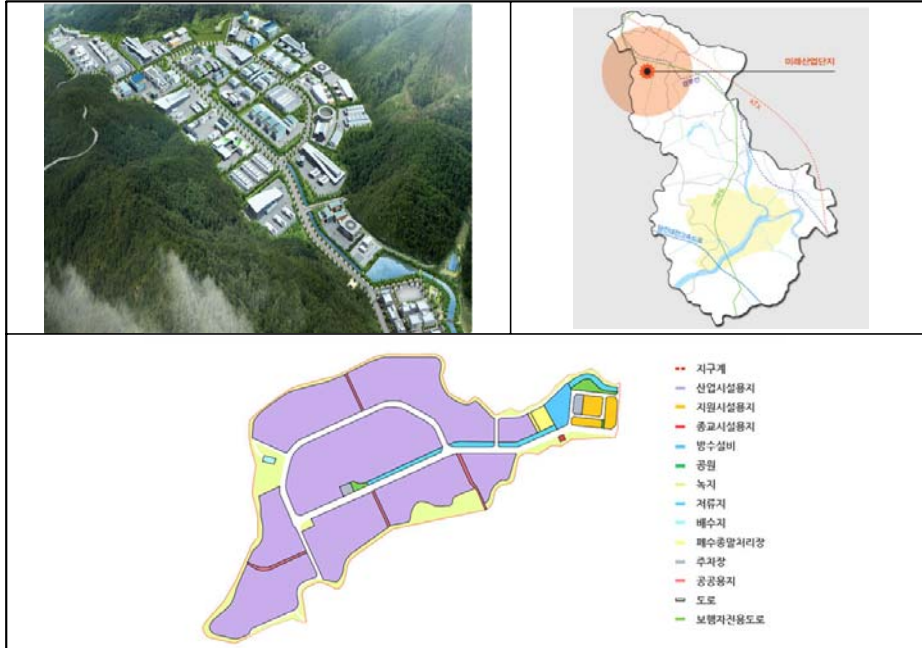
(단위: 천m², 개소, 인)

구분	단지명	조성 년도	지정 면적	분양 대상 면적	분양 면적	분양 률 (%)	업체수		고용 인원	주요업종
							계	가 동		
계	14개소	-	7,636	5,234	4,609	88.0	295	112	32,911	
일반 산업 단지	소계 (9)	-	6,331	4,413	4,278	79.8	133	81	13,268	
	조치원	1992	941	708	708	100	20	20	1,833	기타제조
	부강	1995	565	398	398	100	13	13	2,110	석유화학, 전기전자
	소정	1998	271	184	184	100	2	2	263	비금속, 기타제조
	전의	2001	481	344	345	100	10	10	948	비금속, 기타제조
	전의2	2010	867	592	592	100	34	33	261	석유화학, 전기전자
	월산	2005	1,380	955	955	13.06.30 입주기업체 이전완료				
	명학	2015 (예정)	839	556	490	85.4	31	3	3,583	기계, 전기전자
	세종 미래	2017 (예정)	557	391	171	45.0	5	-	959	-
	세종 첨단	2017 (예정)	430	283	283	100	18	-	3,311	-
도시 첨단	소계 (1)	-	752	340	-	0	-	-	18,000	
	세종 테크 밸리	2020 (예정)	752	340	-	0	-	-	18,000	-
농공 단지	소계 (4)	-	553	482	482	100	33	31	1,643	
	노장	1987	162	135	135	100	16	16	667	기타제조, 전기전자
	부용	1988	197	193	193	100	1	1	139	목재종이
	응암	1989	109	90	90	100	11	10	533	전기전자, 기타제조
	청송	1988	84	64	64	100	4	4	304	전기전자

출처: 세종특별자치시 홈페이지(투자유치)
한국산업단지공단, 2016 한국산업단지총람

□ 세종미래산업단지

- 소재지 : 세종특별자치시 전의면 양곡리
- 면적 : 557,411m²(배수지: 800m²)



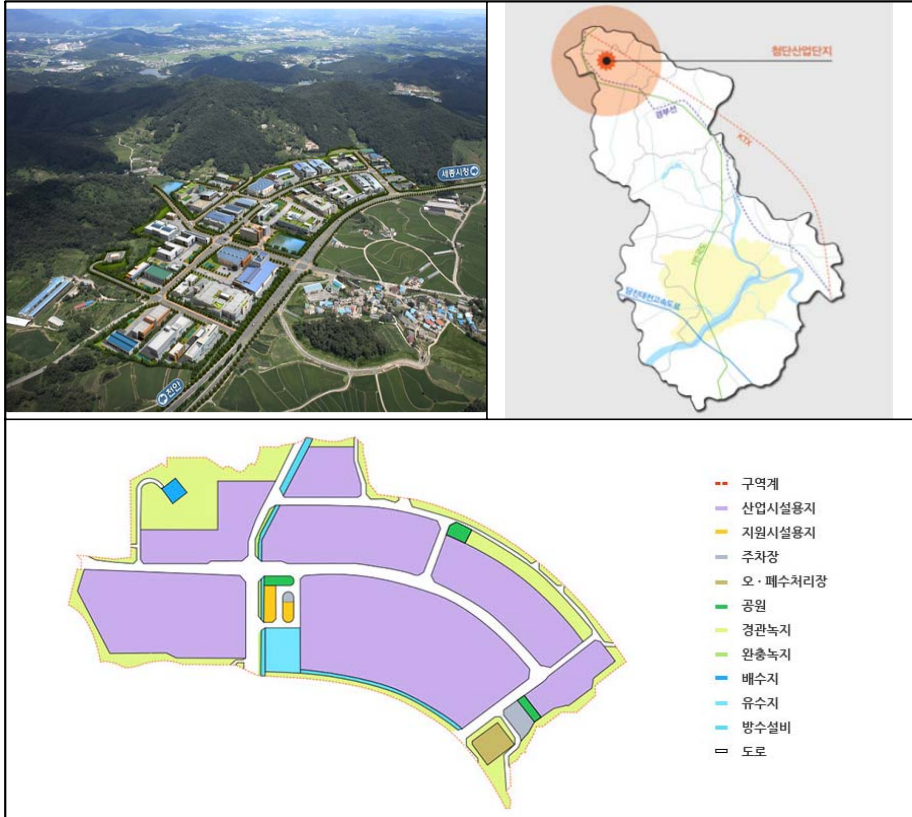
□ 세종테크벨리

- 소재지 : 세종특별자치시 금남면 집현리
- 면적 : 751,533m²



□ 세종첨단산업단지

- 소재지 : 세종특별자치시 소정면 고등리
- 면적 : 430,579m²
- 입주업체(예정) : 18업체



3. 도시건설 계획

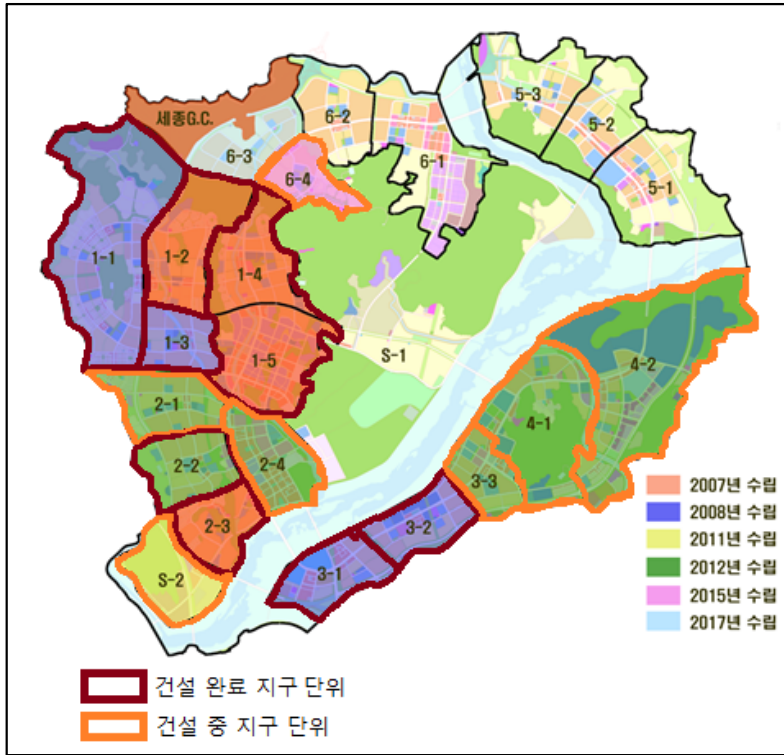
1) 주거환경 계획과 현황

- 세종시의 ‘건설지역’에 해당하는 행정중심복합도시의 개발 계획은 「신행정수도 후속 대책을 위한 연기·공주 지역 행정중심복합도시 건설을 위한 특별법」 제20조 및 시행령 12조에 따라 2007년 ~ 2030년까지 3단계에 걸쳐 추진될 예정임
- 대중교통축을 따라 2만 ~ 3만인 규모의 22개 기초생활권을 조성하고 총 20만 호의 주택을 단계적으로 공급할 계획임
- 2015년까지 6만 호의 주택이 건설되었으며, 2020년까지 6만 호가 건설될 예정이고 2030년까지 8만 호를 건설할 계획임
- 현재 건설중이거나 계획중인 주택사업은 모두 「대기환경보전법 시행규칙」 제 57조에서 비산먼지 발생 사업으로 규정하고 있는 총면적 1,000m² 이상의 공동주택 건설사업에 해당하여 비산먼지 발생이 우려됨

[표 2-9] 행정중심복합도시의 단계별 사업계획

단계	1단계('07 ~ '15)	2단계('16 ~ '20)	3단계('21 ~ '30)
기능	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 중앙행정·도시행정 기능 ▶ 정부출연 연구기능 ▶ 국제교류 및 문화기능 ▶ 대학기능 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 의료·복지기능 ▶ 첨단지식기반기능 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 기존 도입기능의 완비
인구 규모	15만 명	30만 명	50만 명
개발 방향	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 초기 집중개발 유도 ▶ 대중교통중심 도로의 완성 ▶ 기존 기반시설의 이용 및 접근성 제고 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 자족기능 중심의 개발확대 ▶ 도시 전반적 기반시설의 확대 설치 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 주거지 확충 ▶ 도시 전반적 기반시설 완비

출처: 2030 세종도시기본계획

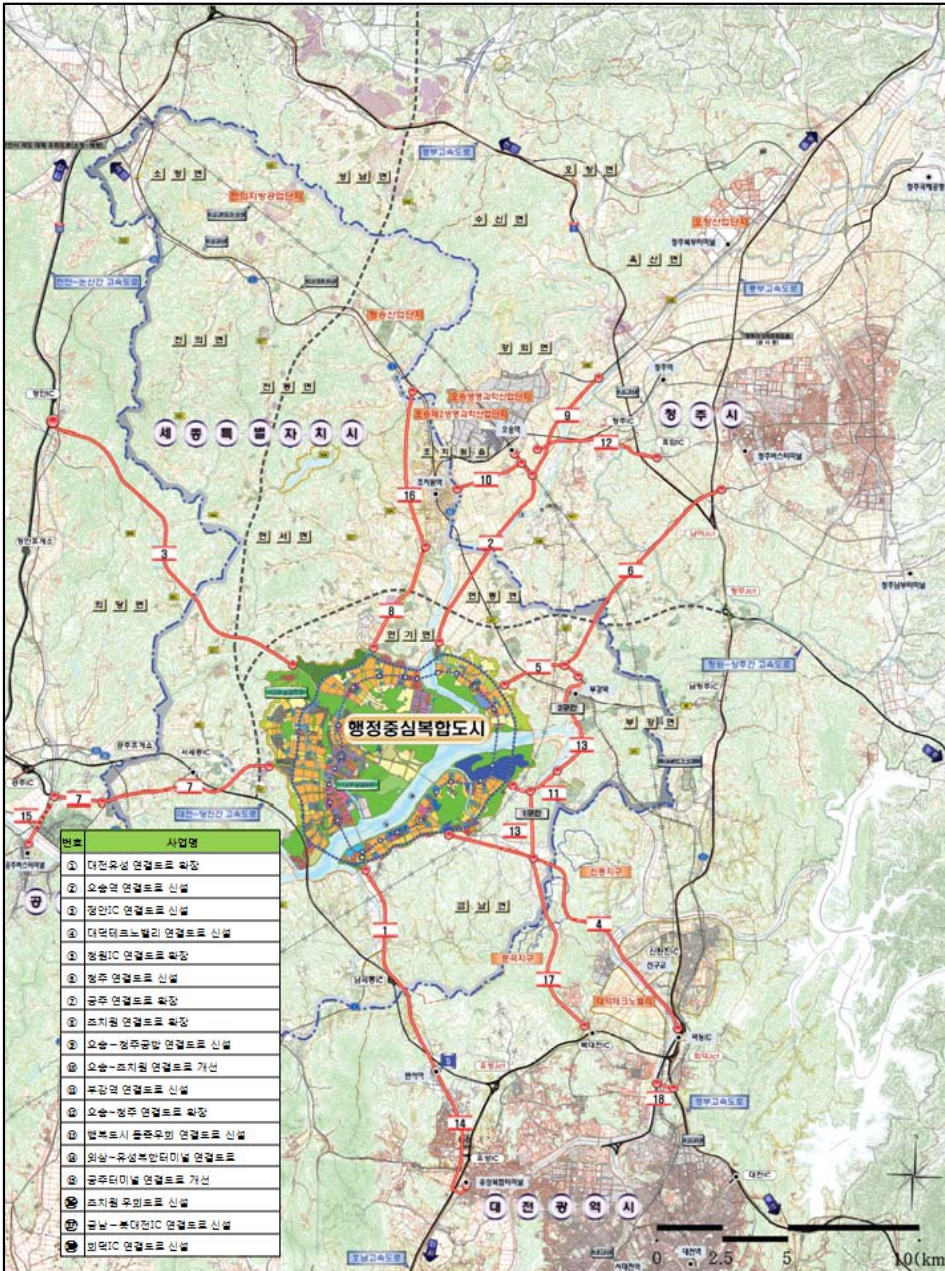


[그림 2-13] 행정중심복합도시 지구단위 건설 현황

출처: 행정중심복합도시건설청 지구단위계획을 바탕으로 저자 작성

2) 도로건설 계획과 현황

- 행정중심복합도시 외곽에 주변지역과의 접근성 강화를 위한 광역도로 확충 계획을 수립하여 2030년까지 총 18개의 노선(총 연장길이 118.36km)을 건설할 계획임
- 2016년 기준 대전유성, 오송역, 정안IC, 테크노벨리, 남청주IC, 청주 등 총 6개 노선이 건설 완료되어 운영중에 있으며 12노선이 공사 진행 혹은 예정 중임
- 대기환경보전법 시행규칙 제57조에 따라 총 연장이 200m 이상인 토목공사는 비산먼지 발생 사업으로 규정되고 있으며, 현재 세종시에서 건설 진행중인 도로건설은 모두 비산먼지 발생 사업에 해당됨



[그림 2-14] 세종시 광역교통망 건설 현황

출처: 행정중심복합도시건설청

DSI

제3장 세종시 대기환경 현황

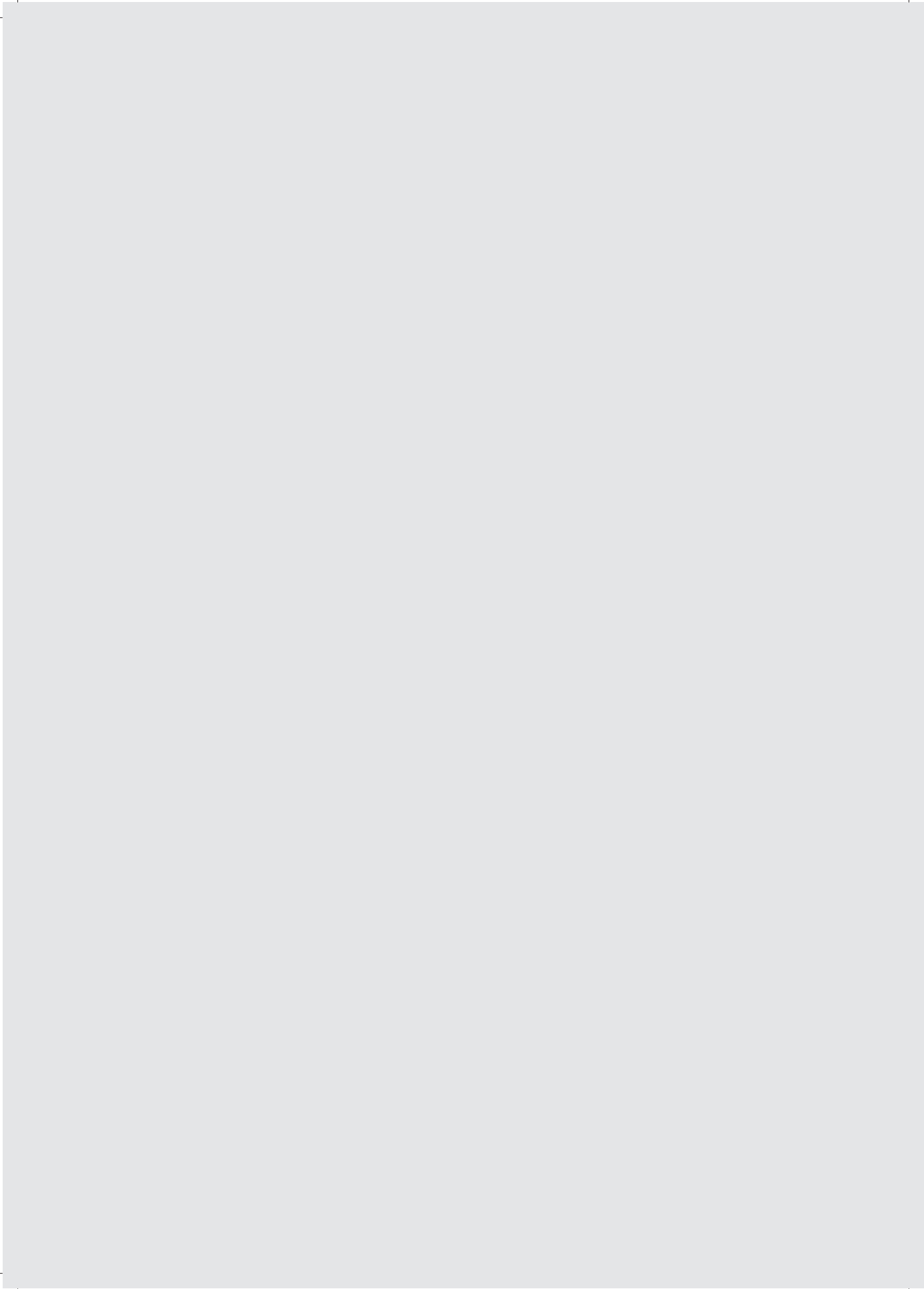
제1절 대기환경 관리현황

제2절 대기오염물질 배출원 현황

제3절 대기오염도 현황

제4절 대기오염물질 배출량 현황

DAEJEON SEJONG
RESEARCH
INSTITUTE



제3장 대기환경 현황

제1절 대기환경 관리현황

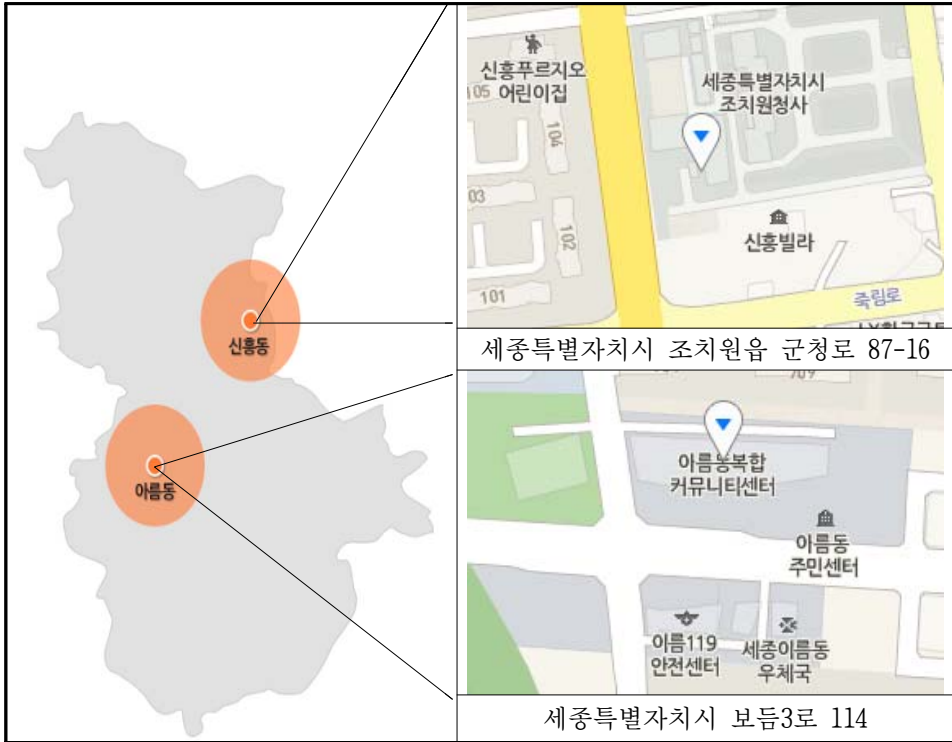
1. 대기오염 측정망 현황

- 세종시는 대기오염실태를 파악하고 대기질 개선대책 수립을 위한 기초자료를 확보하기 위하여 2개소의 도시대기측정망을 설치하여 운영하고 있음
- 세종시 도시대기측정망은 조치원읍과 아람동에 위치하고 있으며, 측정항목은 SO₂, CO, NO₂, PM₁₀, PM_{2.5}, O₃ 등으로 1시간 간격으로 연속 자동측정하고 있음
- 세종시의 지속적인 인구증가와 교통량 증가에 따른 대기오염물질 배출영향을 파악하기 위해 2019년까지 도시대기측정망을 추가 설치할 예정임

[표 3-1] 대기오염 측정망 지점

측정망	측정소	위치	항목
도시대기 측정망	신흥동	세종특별자치시 조치원읍 군청로 87-16	SO ₂ , CO, NO ₂ , PM ₁₀ , PM _{2.5} , O ₃
	아람동	세종특별자치시 보듬3로 114	SO ₂ , CO, NO ₂ , PM ₁₀ , PM _{2.5} , O ₃

출처: 국립환경과학원, 대기환경연보(2015)



[그림 3-1] 세종시 대기오염 측정망 위치

2. 대기환경기준

- 우리나라 환경정책기본법의 대기환경기준은 현재 우리나라 대기 오염도를 고려하여 설정한 중간적 목표치임
 - 장기적 목표치 : 건강문제보다 대기질의 악영향에 우선시하여 현재 지식으로는 잘 알려져 있지 않으나, 악영향을 일으킬 수 있는 가능성을 충분히 고려하여 낮게 설정한 기준치
 - 중간적 목표치 : 상황에 따라서 대기오염에 감수성이 강한 집단의 질병을 예방하고 사망을 줄이기 위한 기준치
 - 단기적 목표치 : 국가 오염도 수준, 사회·경제적 상태 및 건강문제의 중요성에 따라 설정할 수 있으며, 대기오염으로 인한 건강문제가 발생하지 않도록 하기 위한 기준치

- 현재 우리나라 대기환경기준은 8개 항목(아황산가스, 일산화탄소, 이산화질소, 오존, 미세먼지, 초미세먼지, 납, 벤젠)으로 설정되어 있음(환경정책기본법시행령(시행일: 2015.1.1.))
- 1993년 아황산가스 1시간 및 미세먼지 기준 신설
- 2007년 벤젠기준(2010년 적용) 신설
- 2012년 초미세먼지 기준(2015년 적용) 신설

[표 3-2] 미세먼지 대기환경기준 변화

항 목	1983년	1993년	2001년	2007년	2015년
총먼지	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (연) 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (일)	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (연) 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (일)	(삭제)	-	-
미세먼지	-	80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (연) 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (일)	70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (연) 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (일)	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (연) 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (일)	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (연) 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (일)
초미세먼지	-	-	-	-	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (연) 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (일)

출처: 환경부, 2015 대기환경연보

- 우리나라 대기환경기준 중 미세먼지 및 초미세먼지 기준은 WHO가 2005년에 제시한 2단계 잠정목표를 채택하고 있으며, 특히 초미세먼지의 경우 다른 국가기준에 비해 상대적으로 낮음
- 최근에는 경제구조가 고도화되고 에너지 사용량이 증가함에 따라 초미세먼지에 대한 환경기준이 강화되는 추세임

[표 3-3] 미세먼지에 대한 WHO 권고기준과 잠정목표

구분	PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		PM _{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		각 단계별 연평균 기준 설정시 건강영향
	연평균	일평균	연평균	일평균	
잠정목표 1	70	150	35	75	권고기준에 비해 사망 위험률이 약 15% 증가 수준
잠정목표 2	50	100	25	50	잠정목표 1보다 약 6%(2~11%) 사망위험률 감소 수준
잠정목표 3	30	75	15	37.5	잠정목표 2보다 약 6%(2~11%) 사망위험률 감소 수준
권고기준	20	50	10	25	심폐질환과 폐암에 의한 사망률 증가가 최저 수준

출처: 환경부, 미세먼지 도대체 뭘까?

[표 3-4] 우리나라와 세계 각국의 대기환경기준 비교

구분		한국	미국	일본	영국	WHO 권고기준	EU 권고기준
이황산가스 (ppm)	연간평균치	0.02	-	-	-	-	-
	24시간평균치	0.05	0.5/3hr	0.04	125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	1시간평균치	0.15	0.075	0.10	350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	500 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot 10\text{분}$	350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
일산화탄소 (ppm)	8시간평균치	9	9	20	10mg/m ³	-	10mg/m ³
	1시간평균치	25	35	10/일	-	-	-
이산화질소 (ppm)	연간평균치	0.03	0.053	-	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	24시간평균치	0.06	-	0.04 ~ 0.06	-	-	-
	1시간평균치	0.10	0.10	-	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
오존(ppm)	8시간평균치	0.06	0.07	-	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	1시간평균치	0.10	-	0.06	-	-	-
미세먼지 (PM ₁₀ , $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	연간평균치	50	-	-	40	20	40
	24시간평균치	100	150	100	50	50	50
	1시간평균치	-	-	200	-	-	-
초미세먼지 (PM _{2.5} , $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	연간평균치	25	12~15	15	25	10	25
	24시간평균치	50	35	35	-	25	-
납 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	연간평균치	0.5	1.5/3개월	-	0.5	0.5	0.5
벤젠 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	연간평균치	5	-	3	5	-	5

비고 1. 1시간 평균치는 999천분위수의 값이 그 기준을 초과해서는 안 되고, 8시간 및 24시간 평균치는 99백분위수의 값이 그 기준을 초과해서는 안 된다.

비고 2. 미세먼지(PM₁₀)는 입자의 크기가 10 μm 이하, 초미세먼지(PM_{2.5})는 입자의 크기가 2.5 μm 이하인 먼지를 말한다.

출처: 환경부, 2015 대기환경연보

제2절 대기오염물질 배출원 현황

1. 대기오염물질 배출원별 현황

1) 고정오염원

(1) 대기오염배출시설 현황

- 세종시의 2016년 기준 대기배출업소는 총 334개소이며, 5종이 221개소로 66.1%를 차지하고 있음
- 먼지, 산화물 등 대기오염물질(64종)을 배출하는 도장시설, 보일러, 화학제품 제조시설 등의 사업장이 가동중
- 지역별로는 산업단지가 위치한 전의면과 부강면에 각각 67개소와 69개소로 두 지역에 위치한 대기배출업소가 전체 중 40.7%임

[표 3-5] 세종시 대기배출업소 종별 현황

(단위: 개소)

연도	계	1종	2종	3종	4종	5종
2012	301	15	8	9	69	200
2013	306	15	7	11	64	209
2014	310	12	8	11	66	213
2015	324	16	10	11	74	213
2016	334	15	10	11	77	221

주: 1종 : 연간 대기오염물질 배출량 80톤 이상

2종 : 연간 대기오염물질 배출량 20톤 이상 80톤 미만

3종 : 연간 대기오염물질 배출량 10톤 이상 20톤 미만

4종 : 연간 대기오염물질 배출량 2톤 이상 10톤 미만

5종 : 연간 대기오염물질 배출량 2톤 미만

출처: 2016 세종통계연보, 국가통계포털 대기오염 배출시설 관리현황
세종시 내부자료

[표 3-6] 지역별 대기오염물질 배출사업장 현황

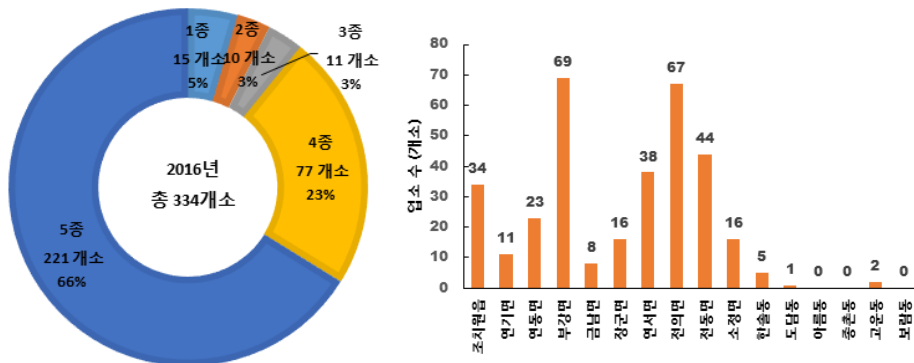
(단위: 개소)

행정구역	인구(명) ¹⁾	대기오염물질 배출사업장(개소) ²⁾					
		소계	1종	2종	3종	4종	5종
조치원읍	47,126	34	1	-	2	6	25
연기면	2,831	11	1	1	-	2	7
연동면	3,696	23	1	1	-	10	11
부강면	6,858	69	4	5	2	20	38
금남면	9,799	8	-	-	-	3	5
장군면	6,631	16	1	3	-	5	7
연서면	8,242	38	-	-	1	9	28
전의면	6,817	67	2	-	4	11	50
전동면	4,143	44	3	-	1	10	30
소정면	3,034	16	-	-	-	-	16
한솔동	30,051	5	2	-	1	1	1
도담동	32,230	1	-	-	-	-	1
아름동	24,493	-	-	-	-	-	-
중촌동	30,532	-	-	-	-	-	-
고운동	26,141	2	-	-	-	-	2
보람동	20,429	-	-	-	-	-	-
계	263,053	334	15	10	11	77	221

주: 1) 2017년 5월 기준

2) 2016년 12월 기준

출처: 세종시 내부자료



[그림 3-2] 종별·지역별 대기배출업소 현황

2) 도로이동오염원

(1) 자동차 등록현황

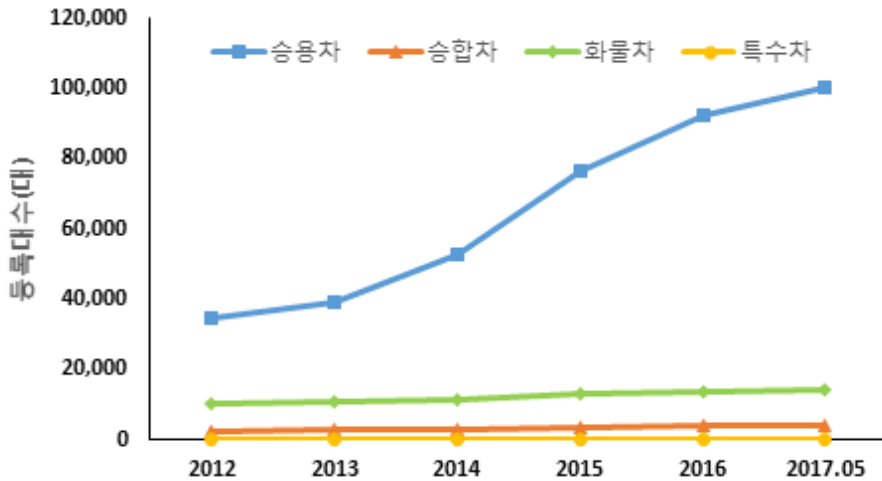
- 지난 5년간(2012년 ~ 2016년) 세종시 자동차 등록현황은 도시성장에 따라 꾸준히 증가하는 추세를 나타냈으며, 2015년에는 전년도 대비 증가율(37.1%)이 가장 높았음
- 모든 차종의 등록대수가 꾸준히 증가하였으며 그 중 승용차의 등록대수가 급격히 증가하였고 도시성장에 따른 지속적인 증가가 예측됨

[표 3-7] 세종시 자동차 등록현황

(단위: 대)

연도별 읍면동별	계	차종별				승용차 비율(%)
		승용차	승합차	화물차	특수차	
2012	47,580	34,830	2,464	10,179	107	73.2
2013	52,889	39,301	2,744	10,707	137	74.3
2014	67,881	52,969	3,152	11,583	177	78.0
2015	93,078	76,303	3,648	12,922	205	82.0
2016	110,358	92,478	3,879	13,766	235	83.8
2017.05	118,659	100,185	3,954	14,259	261	84.4
조치원읍	20,699	16,497	1,004	3,134	64	79.7
연기면	1,676	1,213	58	404	1	72.4
연동면	2,067	1,384	98	573	12	67.0
부강면	3,870	2,722	153	984	11	70.3
금남면	5,406	3,862	195	1,302	47	71.4
장군면	3,858	2,720	167	959	12	70.5
연서면	4,539	2,937	337	1,249	16	64.7
전의면	3,596	2,286	166	1,136	8	63.6
전동면	2,260	1,346	111	797	6	59.6
소정면	1,713	1,092	59	559	3	63.7
한솔동	12,559	11,707	303	535	14	93.2
도담동	13,107	12,226	319	528	34	93.3
아름동	10,090	9,502	193	391	4	94.2
종촌동	12,571	11,639	278	637	17	92.6
고운동	11,376	10,483	298	587	8	92.2
보람동	9,272	8,569	215	484	4	92.4

출처: 세종특별자치시 세종통계(<http://sejong.go.kr/stat.do>)



[그림 3-3] 자동차 등록대수 변화 추이

3) 비도로이동오염원

(1) 농업기계 등록현황

- 농업기계 등록현황을 살펴보면 2012년 전 기종에서 30% 내외의 증가율을 보이며 평균 약 34%정도 증가하였다가 이후 감소추세임
- 2014년 기준 10,770대의 농업기계가 등록되어 있음

[표 3-8] 농업기계 등록현황

(단위: 대, %)

기종	2012년	전년대비 증감p	2013년	전년대비 증감p	2014년	전년대비 증감p
경운기	3,361	40.3	2,984	-11.2	2,880	-3.5
트랙터	1,596	38.2	1,505	-5.7	1,523	1.2
이양기	1,515	28.7	1,361	-10.2	1,278	-6.1
콤바인	484	26.4	462	-4.5	458	-0.9
과수전용 분무기	513	38.6	505	-1.6	484	-4.2
관리기	2,436	27.1	2,376	-2.5	2,306	-2.9
건조기	1,862	36.8	1,818	-2.4	1,841	1.3

출처: 2013~2015 농림축산식품통계연보

(2) 건설기계 등록현황

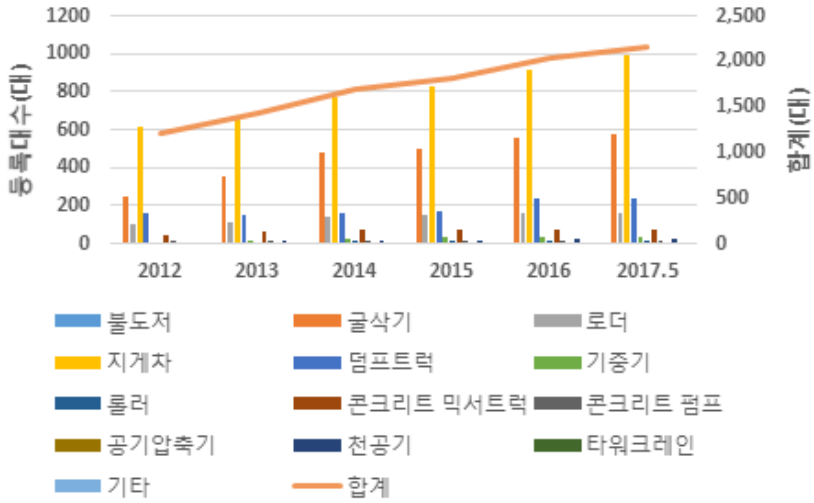
- 건설기계 기종별 등록현황을 살펴보면 2012년 세종시 출범이후 76.6% 증가하여 2017년 5월 기준 2,155대가 등록되어 있음
- 기종별 비율은 지게차 46%, 굴삭기 27%, 덤프트럭 11% 등으로 나타남
- 2011년~2013년 건설기계 등록대수는 증가했으나, 가동율을 적용한 연간 작업시간은 감소한 것으로 나타났으며 이에 따라 대기오염물질 배출량 변화에도 영향이 있을 것으로 판단됨
- 세종시의 단계별 건설사업 시기(1단계 '07~'15, 2단계 '16~'20, 3단계 '21~'30)에 따라 건설기계의 작업시간에 증감변화가 있을 것으로 예측됨

[표 3-9] 건설기계 기종별 등록현황

(단위: 대)

연도	합계	불도저	굴삭기	로더	지게차	덤프트럭	기중기
2012	1,220	5	247	102	612	156	9
2013	1,425	3	357	115	674	152	14
2014	1,698	5	476	140	766	158	25
2015	1,815	6	502	149	824	171	30
2016	2,043	7	555	161	912	240	34
2017.5	2,155	8	579	161	996	235	39
연도	롤러	콘크리트 믹서트럭	콘크리트 펌프	공기 압축기	천공기	타워 크레인	기타
2012	4	47	14	3	6	9	6
2013	7	61	17	2	11	9	3
2014	11	74	19	4	15	3	2
2015	13	76	20	5	17	0	2
2016	13	70	18	5	24	1	3
2017.5	15	73	17	5	23	1	3

출처: 국토교통부, 건설인력기재과, 2012~2016 건설기계 현황 통계
세종시 내부자료



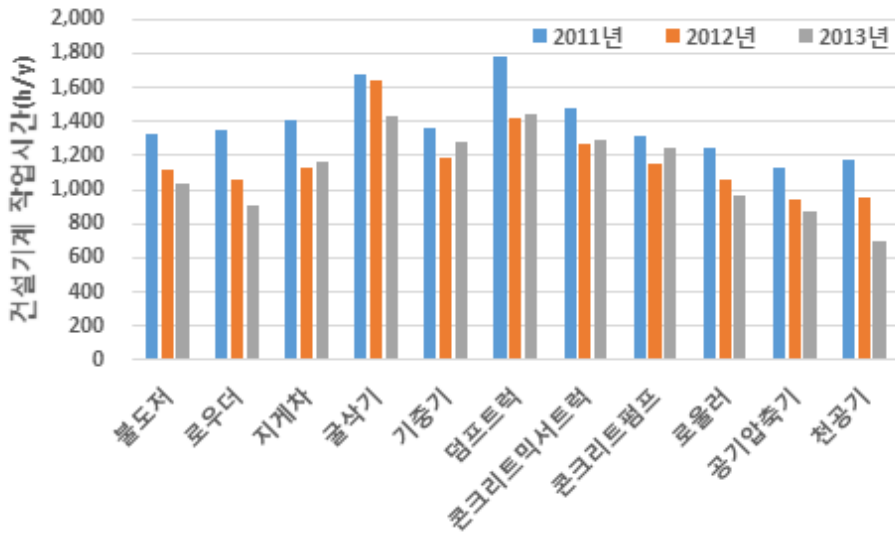
[그림 3-4] 건설기계 기종별 등록현황 추이

[표 3-10] 건설기계 작업시간 증감추이

(단위: h/y)

기종	2011년	2012년	2013년	전년대비증감
불도저	1,323	1,114	1,041	-6.6%
로우더	1,345	1,057	913	-13.6%
지게차	1,412	1,132	1,162	2.7%
굴삭기	1,671	1,638	1,428	4.4%
기중기	1,358	1,185	1,276	7.7%
덤프트럭	1,775	1,419	1,443	1.7%
콘크리트믹서트럭	1,476	1,267	1,292	2.0%
콘크리트펌프	1,312	1,156	1,247	7.8%
로울러	1,245	1,060	964	-9.0%
공기압축기	1,132	941	867	-7.9%
천공기	1,172	948	700	-26.2%

출처: 대한건설기계협회



[그림 3-5] 건설기계 기종별 작업시간 추이

출처: 대한건설기계협회

4) 비산먼지

- 세종시의 주요 비산먼지 발생원은 포장도로를 비롯하여 건설공사 현장 (주거시설 및 도로건설) 및 녹지사업이 종료되지 않고 남아있는 나대지 등이 있음
- 2016년 기준 세종시 나대지 현황은 제2장 현황분석의 [표 2-6] 지목별 토지이용 변화 추이를 보면 19.21km²으로 세종시 전체 토지 중 4.1% 정도 임

(1) 도로포장 현황

- 2015년 기준 세종시 개통된 도로의 포장 현황은 고속국도 18,530m, 일반국도 68,221m, 지방도 27,600m, 시도 286,600m로 총 325,206m이며, 포장률은 100%임
- 미개통 도로는 시도 62,835m, 지방도 12,910m로 총 75,745m임

[표 3-11] 2015년 세종시 도로포장 현황

(단위: m)

구분	합계	개통			미개통
		소계	포장	포장률(%)	
전체	400,951	325,206	325,206	100.0	75,745
고속국도	18,530	18,530	18,530	100.0	0
일반국도	68,221	68,221	68,221	100.0	0
지방도	27,600	14,690	14,690	100.0	12,910
시도	286,600	223,765	223,765	100.0	62,835

주: 미개통 도시계획 도로는 포함하지 않음

포장률: 개통도 연장에 대한 포장 도로 연장 비율(%)

출처: 국토교통부, 2016 국토교통통계연보(2015. 12. 31. 기준)

(2) 비산먼지 발생 사업장

- 비산먼지 발생 사업장은 건설업, 시멘트 관련 제조업 등 먼지를 비산 배출시키는 사업장으로 2016년 기준 341개소에 이룸
- 건설지역 3~6생활권 개발에 따라 관리 대상 사업장 증가가 예상됨

[표 3-12] 비산먼지 발생 사업장 현황

(단위: 개소)

구분	2013	2014	2015	2016
비산먼지 발생 사업장	305	306	307	341

출처: 세종시 내부자료

- 비산먼지 발생 사업장 중 건설업이 293개소(86%)로 대다수를 차지하고 있음
- 비산먼지 발생원으로 건설업을 비롯하여 건설공사에 소요되는 건설 자재공급을 위한 시멘트 관련업종 및 비금속 채취·제조·가공업 등이 있음

[표 3-13] 비산먼지 발생원 현황

(단위: 개소)

구분	합계	대상	비율	비고
건설업	341	293	86%	1,000㎡이상 건물 건설 공사 및 토목공사
시멘트 관련업종		23	7%	
비금속물질 채취·제조· 가공업		17	5%	
기타		8	2%	

출처: 세종시 내부자료

2. 에너지 사용현황

1) 에너지원별 이용현황

- 2015년 세종시 에너지원별 이용현황은 569천TOE로 전국의 0.26%정도이며, 전력이 39.9%, 석유 30.2%, 도시가스 13.4% 순으로 나타남
- 부분별로는 산업이 43.9%, 가정상업 27.4%, 수송 21.4%, 공공기타 7.2% 순으로 나타남

[표 3-14] 2015년 세종시 에너지원별 이용현황

(단위: 천TOE,%)

구분	합계	석탄	석유	도시 가스	전력	열에너지	신재생 및 기타
전국	218,608	34,921	107,322	22,115	41,594	1,559	11,096
세종시	569	14	172	76	227	25	54
비율	0.26	0.04	0.16	0.34	0.55	1.60	0.49

주: TOE(Ton of Oil Equivalent) : 석유환산톤(모든 에너지원의 발열량을 석유의 발열량으로 환산한 것)

주: 열에너지는 한국지역난방공사, 서울시도시개발공사, GS과워(주)의 공급량 기준

출처: 에너지경제연구원, 2016 지역에너지통계연보

[표 3-15] 2015년 세종시 최종에너지 부분별 소비 현황

(단위: 천TOE,%)

구분	합계	산업	수송	가정상업	공공기타
전국	218,608	136,724	40,292	36,439	5,152
세종시	569	250	122	156	41
비율	0.26	0.18	0.30	0.43	0.80

출처: 에너지경제연구원, 2016 지역에너지통계연보

2) 석유 이용현황

- 세종시 석유 이용량은 연평균 8.9%씩 상승하였으며, 휘발유, 경유, 중유 및 아스팔트의 이용 증가율이 높음
- 2015년 기준 유종별로는 전체 사용량 중 경유 사용량이 64.1%로 가장 많고, 휘발유 23.6%, 등유 7.6% 벵커C유 3.0% 등의 순으로 나타남

[표 3-16] 세종시 제품별 석유 소비량 현황

(단위: KL)

연도	합계 ¹⁾	휘발유	등유	경유	경질중유	중유	벵커C유	용제	LPG	항공유	아스팔트	부생연료유
2012	129,596	24,023	17,433	75,180	143	19	4,330	867	33,137	1,860	5,185	556
2013	125,443	25,471	14,749	78,568	45	74	4,150	408	32,094	516	868	594
2014	143,867	37,036	12,226	88,818	68	9	4,638	566	30,158	0	23	483
2015	165,826	39,125	12,653	106,295	68	0	4,922	693	42,610	0	1,730	340

주: 2012~2013년 통계는 충청남도 연기군 자료임

주: 1) 합계에서 LPG 제외

출처: 한국석유공사 페트로넷(<http://www.petronet.co.kr>)

3) 도시가스 이용현황

- 도시가스 이용현황은 2012년 22,508개소에서 2013년 45,699개소로 103% 증가하였으며, 2015년 95,770개소로 4.25배 증가함
- 2015년 기준 용도별로는 가정용이 97.8%로 대부분을 차지하고 있으며, 가정용 이용현황 중 31%가 난방용으로 이용되고 있음
- 2015년 영업용 도시가스 이용은 전년대비 135% 증가함

[표 3-17] 세종시 도시가스 이용현황

(단위: 개소)

연도	합계	가정용		영업용	업무용	산업용	열병합발전용	집단에너지	수송용
		난방							
2012	22,508	21,829	-	630	-	48	1	-	-
2013	45,699	44,857	18,738	564	235	43	-	-	-
2014	44,349	43,326	24,826	661	316	45	1	-	-
2015	95,770	93,704	29,026	1,551	457	57	-	1	-

출처: 2016 세종통계연보



[그림 3-6] 연도별 도시가스 이용현황

4) 전력 이용현황

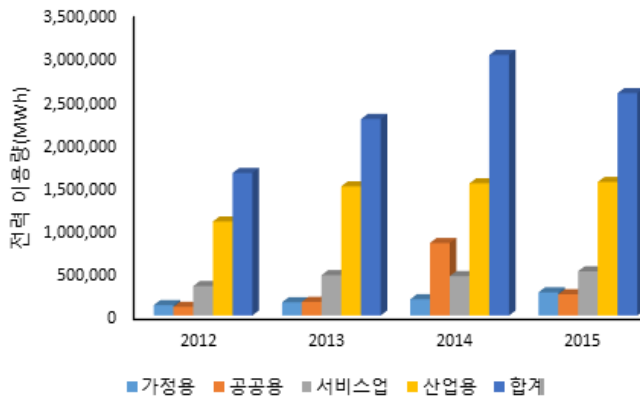
- 세종시 전력 이용현황은 2012년부터 2014년까지 연평균 35.2%씩 증가하였고, 2015년에는 전년대비 14.7% 감소함
- 공공용 전력사용량이 연평균 140%로 가장 많이 증가하였고, 가정용 30.7%, 산업용 13.6%, 서비스업 15.6% 순으로 나타남
- 2015년 기준 용도별 이용량의 경우 산업용이 60.1%로 가장 큰 비중을 차지하고 있으며, 서비스업 19.9%, 가정용 10.5%, 공공용 9.5% 순으로 나타남

[표 3-18] 용도별 전력 이용현황

(단위: MWh,%)

연도	합계		가정용		공공용		서비스업		산업용	
	사용량	점유율	사용량	점유율	사용량	점유율	사용량	점유율	사용량	점유율
2012	1,649,874	100.0	121,392	7.36	99,679	6.04	340,902	20.66	1,087,901	65.94
2013	2,273,163	100.0	153,697	6.76	157,536	6.93	467,552	20.57	1,494,378	65.74
2014	3,014,325	100.0	189,148	6.27	839,225	27.84	456,630	15.15	1,529,321	50.74
2015	2,572,014	100.0	269,382	10.47	245,459	9.54	511,239	19.88	1,545,934	60.11

출처: 2016 세종통계연보



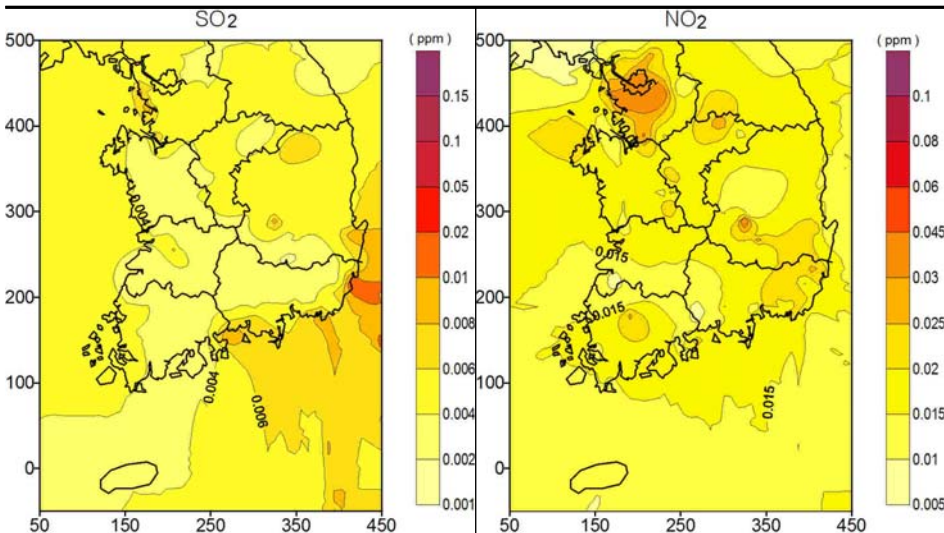
[그림 3-7] 연도별 전력 이용량 변화추이

제3절 대기오염도 현황

1. 전국 대기오염도 현황

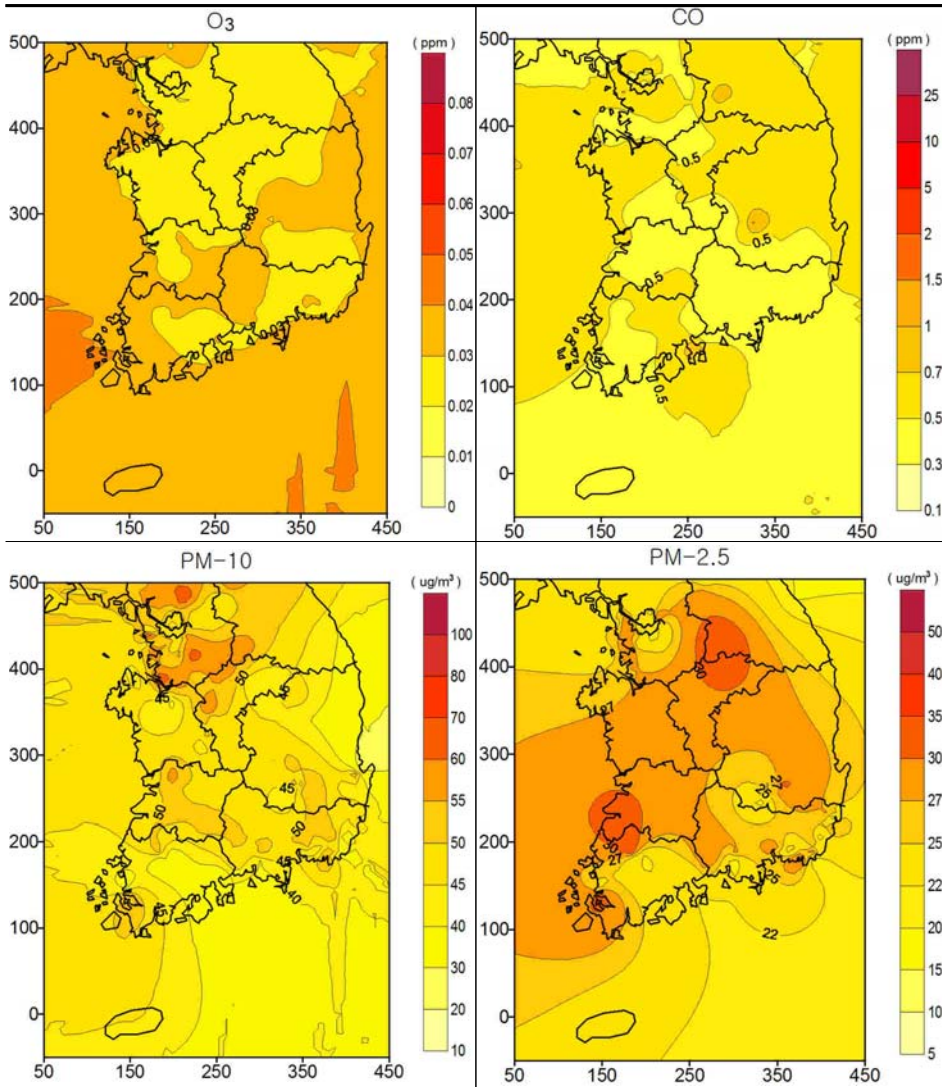
1) 대기오염도 분포 특성

- 국립환경과학원이 발표한 2015년 대기환경연보의 전국 대기오염물질 연평균 농도 분포 현황을 살펴보면, SO₂의 경우 여수, 광양, 울산 등 남부지방의 공단지역에서 비교적 높은 농도를 나타냈으며, NO₂는 수도권 그리고 PM₁₀의 경우에는 경기도 북부남동지역, 강원영서, 충북 북부지역에서 높은 농도를 나타냄
- PM_{2.5}의 경우 강원영서, 충북 북부지역, 전북 남서지역에서 높게 나타남(측정소 미설치 지역 제외)



[그림 3-8] 2015년 전국 대기오염물질의 연평균 농도 분포

출처: 국립환경과학원, 2015 대기환경연보



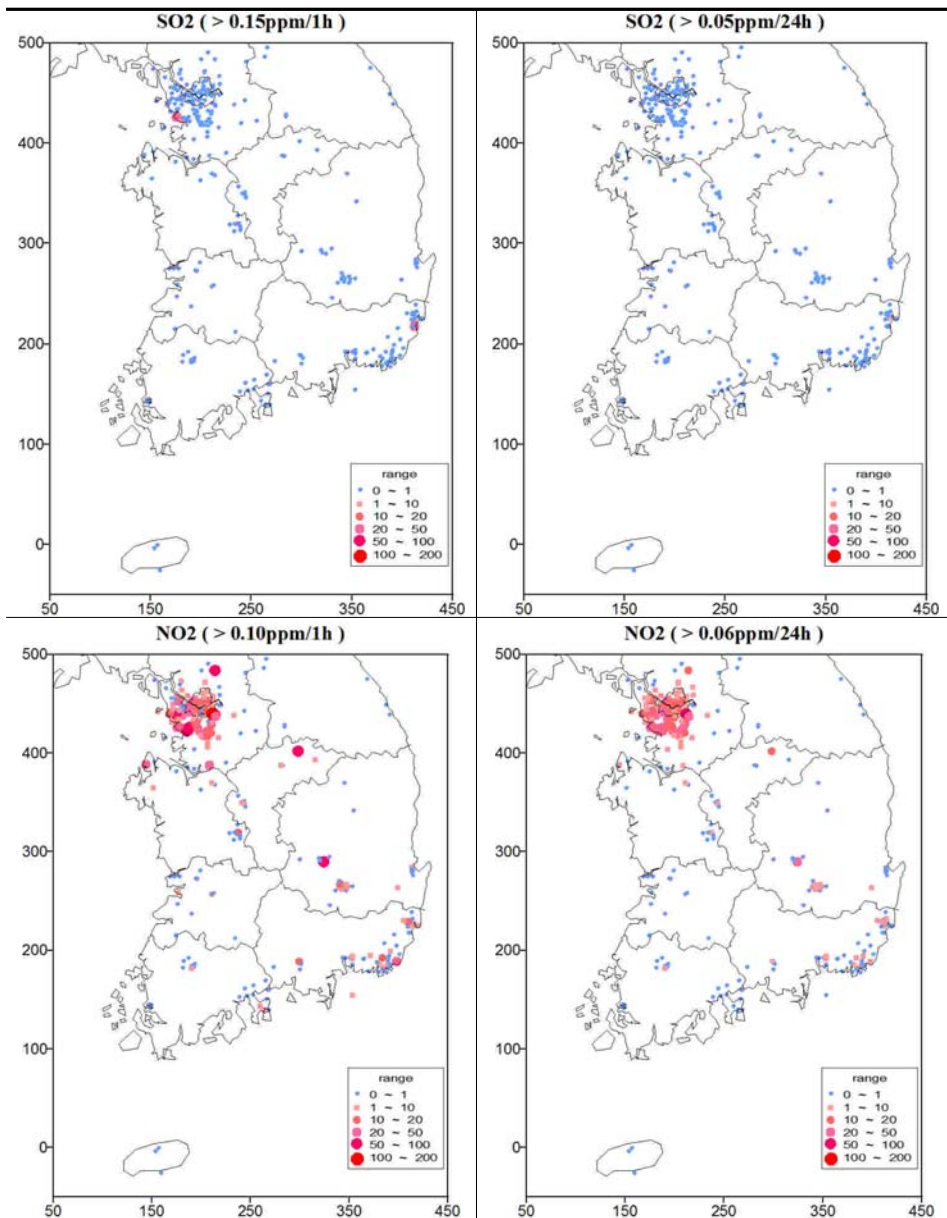
[그림 3-8] 2015년 전국 대기오염물질의 연평균 농도 분포(계속)

출처: 국립환경과학원, 2015 대기환경연보

2) 측정소별 환경기준 농도 초과현황

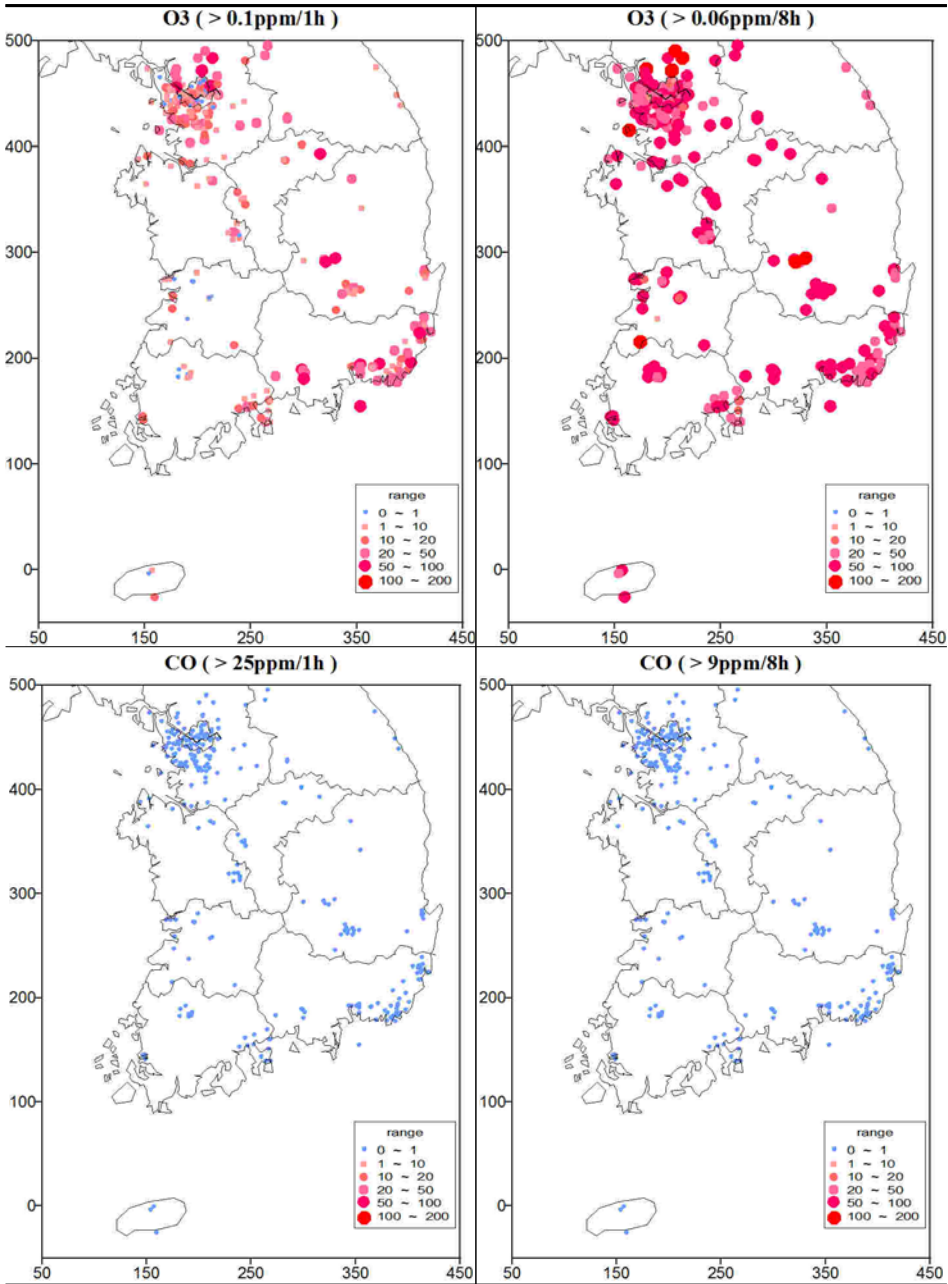
- 2015년 기준 도시대기측정망의 측정소별 환경기준 초과현황에서 CO의 경우 환경기준을 초과하는 지역은 없었던 반면 PM₁₀, NO₂의 경우 수도권 지역과 각 주요도시 및 공단지역에 집중되어 있음

○ O₃의 경우 8시간 환경기준 초과는 전국적으로 나타났으며, PM₁₀의 초과횟수가 많은 지역에서 PM_{2.5}의 초과횟수도 많은 것으로 나타남



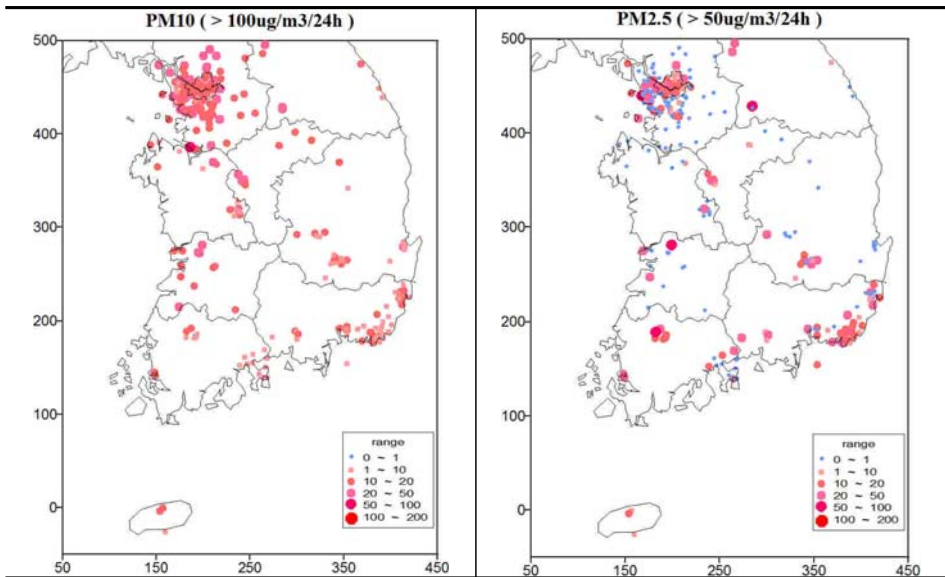
[그림 3-9] 측정소별 환경기준농도 초과현황(2015년)

출처: 국립환경과학원, 2015 대기환경연보



[그림 3-9] 측정소별 환경기준농도 초과현황(계속)

출처: 국립환경과학원, 2015 대기환경연보



[그림 3-9] 측정소별 환경기준농도 초과현황(계속)

출처: 국립환경과학원, 2015 대기환경연보

2. 세종시 대기오염도 현황

1) 연평균 대기오염도

- 2016년 세종시 연평균 대기오염도는 모두 국내환경기준 이내로 나타났으며, 오존(O₃), 아황산가스(SO₂) 및 일산화탄소(CO)는 환경기준 1/2 이하로 나타남

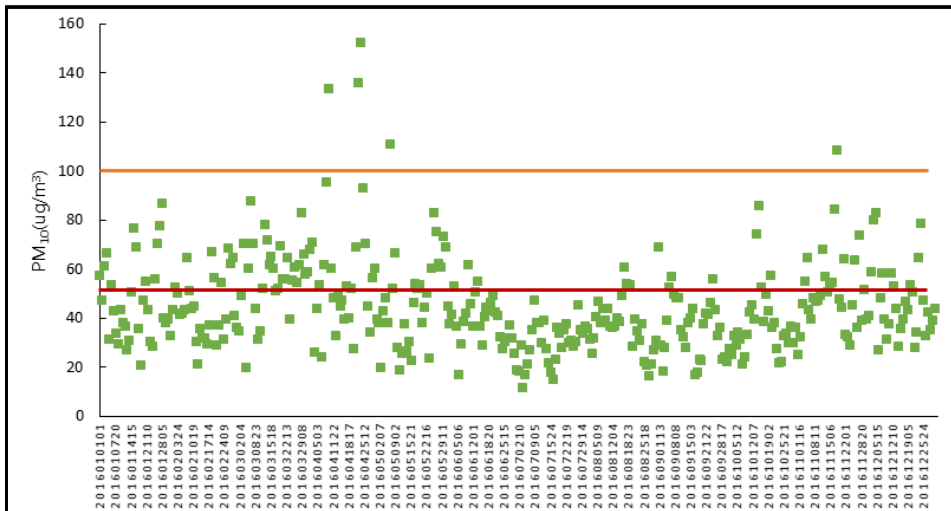
[표 3-19] 2016년 연평균 대기오염도 현황

(단위: PM: ug/m³, 그 외 ppm)

	PM ₁₀	PM _{2.5}	NO ₂	O ₃	SO ₂	CO
환경기준	50	25	0.03	0.06	0.01	9
신흥동	47	24	0.024	0.028	0.004	0.7
아름동	45	22	0.019	0.028	0.003	0.6
평균	46	23	0.022	0.028	0.004	0.7

출처: 저자 작성

- 반면 미세먼지(PM₁₀)와 초미세먼지(PM_{2.5})의 경우 초과기준에 상당히 근접하여 지속적인 관리가 필요함
- 세종시 2016년 도시대기 측정 자료를 바탕으로 일평균 미세먼지 농도 변화는 아래와 같고, 농도가 높았던 시점을 기준으로 시간별 농도변화 검토해본 결과, 미세먼지 주의보 발령기준인 시간당 평균농도가 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상 2시간 이상 지속된 때는 봄철(4월~5월)에 3회, 겨울철(11월)에 2회로 조사됨
- 봄철의 경우 151~193 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 157~238 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 154~237 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 농도범위로 최고 238 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 나타내었고, 겨울철에는 150~154 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 범위를 나타냄
- 분석기간 중 국가기준인 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 상회하는 일도 있었으며(5일), WHO 권고기준인 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 상회하는 일이 많았음

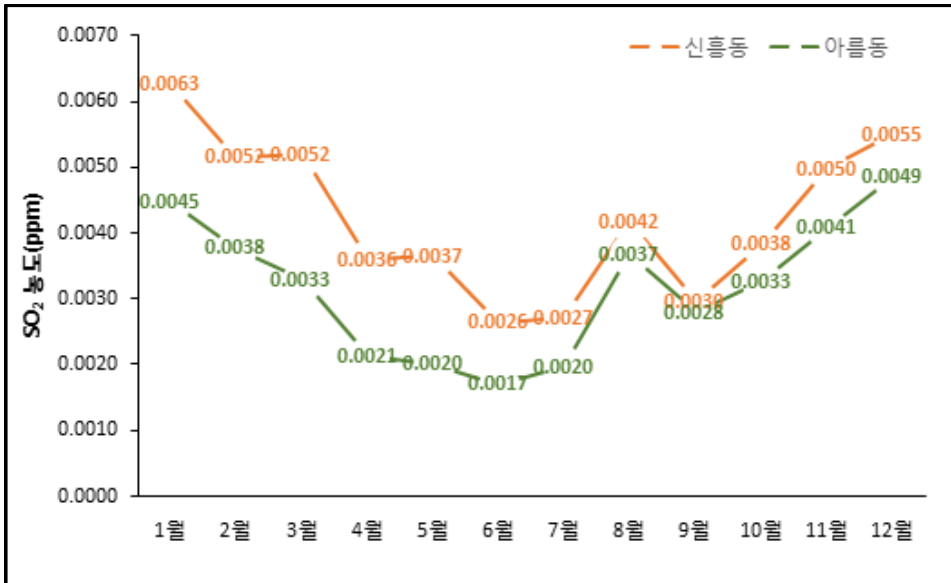


[그림 3-10] 2016년 일평균 미세먼지 농도 변화

출처: 에어코리아 도시대기 측정 자료를 바탕으로 저자 작성

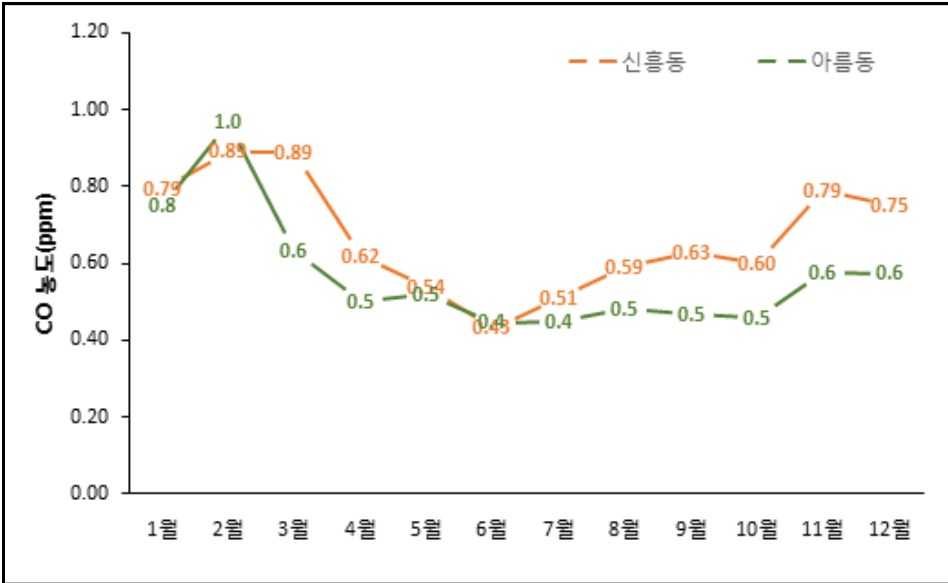
2) 측정소별 월평균 관측 농도

- 에어코리아 2016년 도시대기 측정 자료를 바탕으로 세종시의 월별 대기오염 관측농도 현황을 분석하였고, PM_{2.5}의 경우 아람동 측정소는 2016년 5월부터 신흥동은 2016년 6월부터 측정되기 시작하였음
- O₃의 경우 두 측정소 모두에서 유사한 농도를 나타냈으며, 그 외 항목에서는 대체로 신흥동의 대기오염 농도가 다소 높게 측정되었고, 이는 신흥동 측정망의 위치 특성상 자동차 통행량 및 주변지역 공사로 인한 대기질 영향에서 기인된 것으로 판단되어 추후 지속적인 모니터링이 요구됨
- 현재 세종시의 대기오염도는 모두 기준치 이내로 나타났으나, PM₁₀의 경우 29~61 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 농도분포를 보이고 있고 특히 봄철의 경우 WHO 권고기준인 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 상회하는 경우가 많음을 주의할 필요가 있음



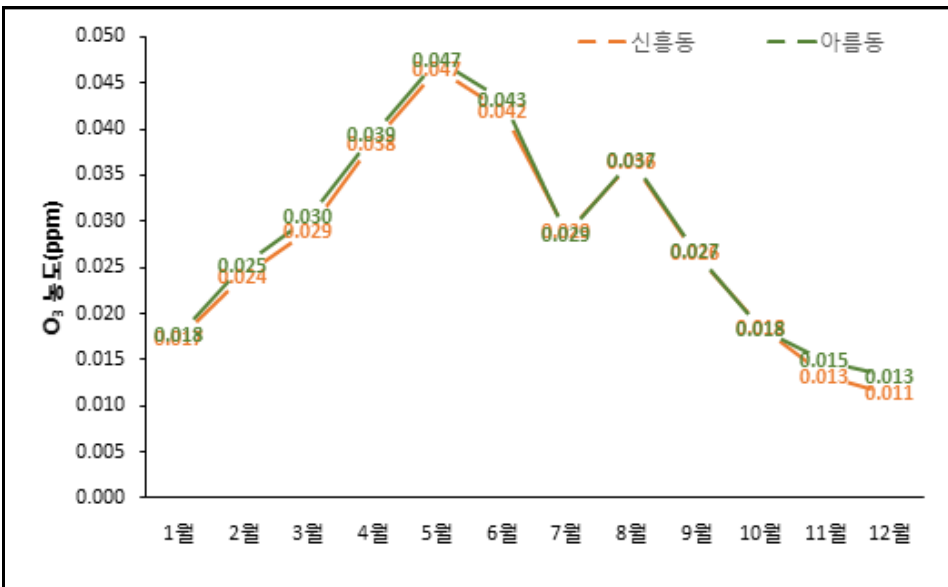
[그림 3-11] 2016년 월별 SO₂ 관측농도 변화 추이

출처: 에어코리아 도시대기 측정 자료를 바탕으로 저자 작성



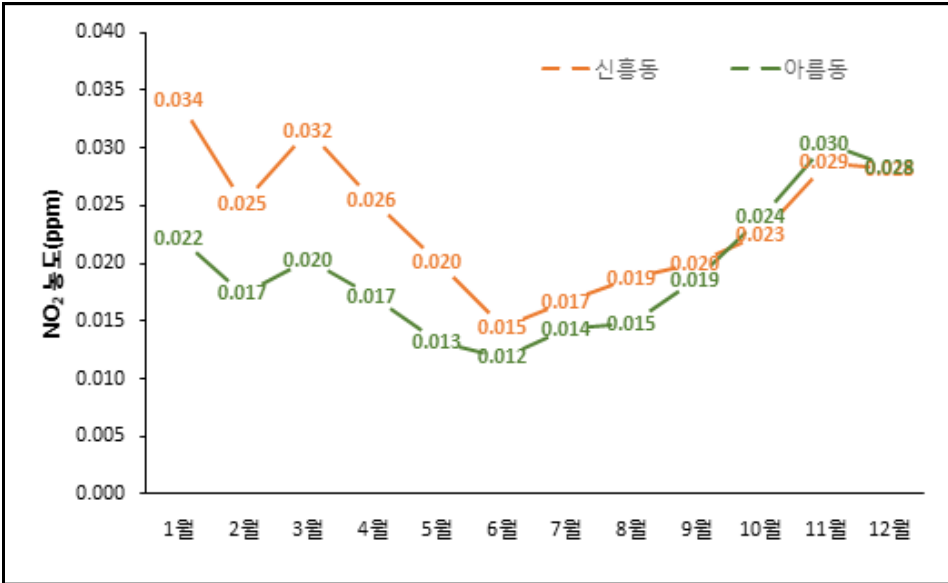
[그림 3-12] 2016년 월별 CO 관측농도 변화 추이

출처: 에어코리아 도시대기 측정 자료를 바탕으로 저자 작성



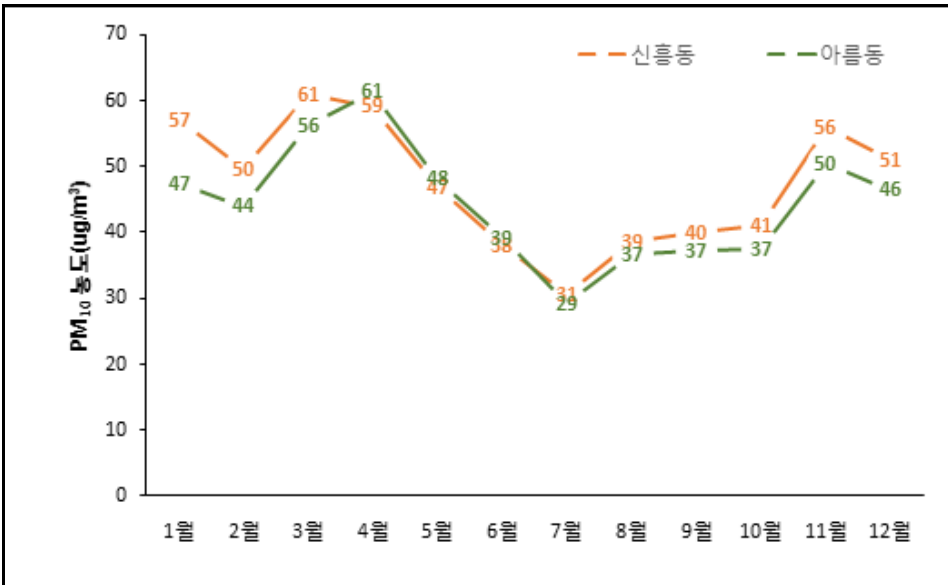
[그림 3-13] 2016년 월별 O₃ 관측농도 변화 추이

출처: 에어코리아 도시대기 측정 자료를 바탕으로 저자 작성



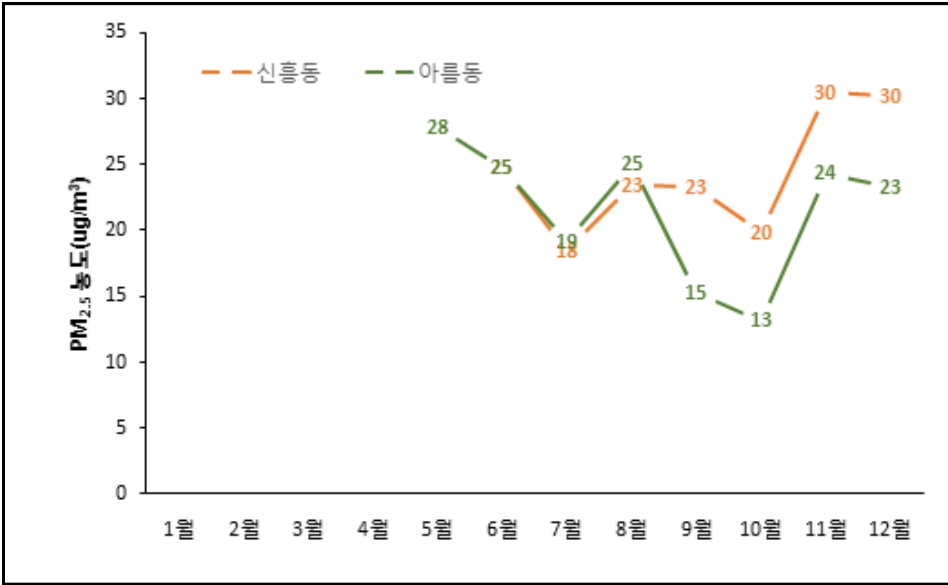
[그림 3-14] 2016년 월별 NO₂ 관측농도 변화 추이

출처: 에어코리아 도시대기 측정 자료를 바탕으로 저자 작성



[그림 3-15] 2016년 월별 PM₁₀ 관측농도 변화 추이

출처: 에어코리아 도시대기 측정 자료를 바탕으로 저자 작성



[그림 3-16] 2016년 월별 PM_{2.5} 관측농도 변화 추이

출처: 에어코리아 도시대기 측정 자료를 바탕으로 저자 작성

제4절 대기오염물질 배출량 현황

1. 전국 대기오염물질 배출량

1) 시도별 배출량

- 2013년 대비 2014년 전국 시도별 대기오염물질 배출량은 전체적으로 감소된 것으로 나타났으며, 사업장의 대기오염물질 방지시설의 개보수, 처리효율 개선, 공정 개선 등을 통해 감소된 것으로 예측됨

[표 3-20] 시도별 대기오염물질 배출량(2013~2014)

(단위: 톤)

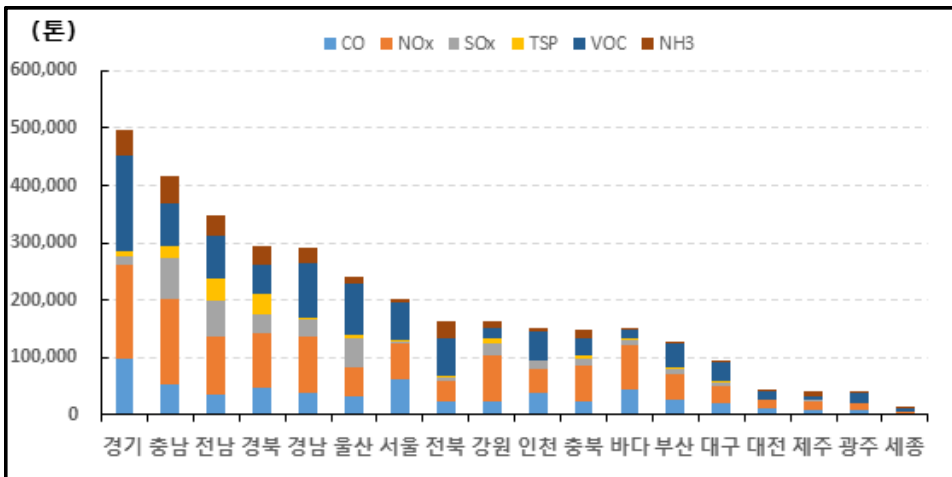
구분	CO	NOx	SOx	TSP	PM ₁₀	PM _{2.5}	VOC	NH ₃
2013	696,682	1,090,614	404,660	185,986	121,563	76,802	913,573	292,973
2014	594,454	1,059,800	333,492	144,295	95,020	60,573	891,391	292,494
서울특별시	62,206	62,350	3,527	1,465	1,424	1,278	66,290	4,709
부산광역시	25,560	44,796	10,536	2,494	2,223	1,849	40,279	2,067
대구광역시	21,608	29,052	5,120	3,775	2,532	1,480	31,654	2,051
인천광역시	37,199	43,853	12,421	1,958	1,727	1,440	50,362	6,726
광주광역시	9,145	11,594	349	362	354	318	15,594	1,098
대전광역시	11,897	13,492	926	399	384	343	14,828	957
울산광역시	30,856	50,813	50,522	5,761	3,669	2,430	89,524	14,214
세종특별자치시	2,734	3,703	161	149	145	133	3,357	3,036
경기도	97,589	163,061	15,511	8,345	6,763	5,135	167,552	45,846
강원도	24,444	79,422	20,384	9,937	5,691	3,161	16,455	11,863
충청북도	22,936	62,389	11,798	7,671	4,669	2,760	27,164	16,859
충청남도	51,679	150,356	70,721	20,485	13,976	9,266	74,985	47,466
전라북도	22,323	37,853	5,597	1,413	1,357	1,195	66,046	31,271
전라남도	34,003	101,453	62,921	39,170	23,844	13,833	73,803	37,947
경상북도	47,143	95,824	31,178	37,318	22,761	12,895	49,629	33,267
경상남도	39,338	96,425	29,962	3,127	3,052	2,665	96,702	25,473
제주특별자치도	9,560	13,364	1,858	466	449	393	7,167	7,646
바다*	44,234	75,943	9,669	2,898	2,898	2,713	14,412	7

주 : 비산먼지, 생물성연소 및 식생제외

*바다 : 집안 정박 제외하고 운항모드시 배출되는 배출량

출처: 국립환경과학원, 2013~2014 국가 대기오염물질 배출량

- 2014년 시도별 총 배출량은 자동차 밀집지역인 경기도와 발전소, 제철제강, 연소시설 등 대형사업장이 위치한 충남, 전남, 경북 등에서 대기오염물질 배출량이 높게 나타남
- 세종시는 전국 년배출량 중 가장 낮은 비율을 나타냄
 - 전국 배출량 대비 NOx는 0.3%, PM₁₀은 0.2%, PM_{2.5}는 0.2% 수준



[그림 3-17] 시도별 총 배출량(2014)

출처: 국립환경과학원, 2014 국가 대기오염물질 배출량을 바탕으로 저자 작성

2. 세종시 대기오염물질 배출량

1) 배출원 대분류별 대기오염물질 배출량

- CO는 대부분 도로이동오염원을 통해 배출되었으며, NOx 및 TSP, PM₁₀, PM_{2.5}는 대부분 도로이동오염원 및 비도로이동오염원(농업기계, 건설장비, 철도)을 통해 배출됨
- SOx의 경우 약 50% 정도가 생산공정에서 배출되었으며, VOC는 도장시설, 세정시설 등에서의 유기용제 사용에 의해 가장 많이 발생되었고 폐기물처리, 비도로이동오염원 순으로 나타남

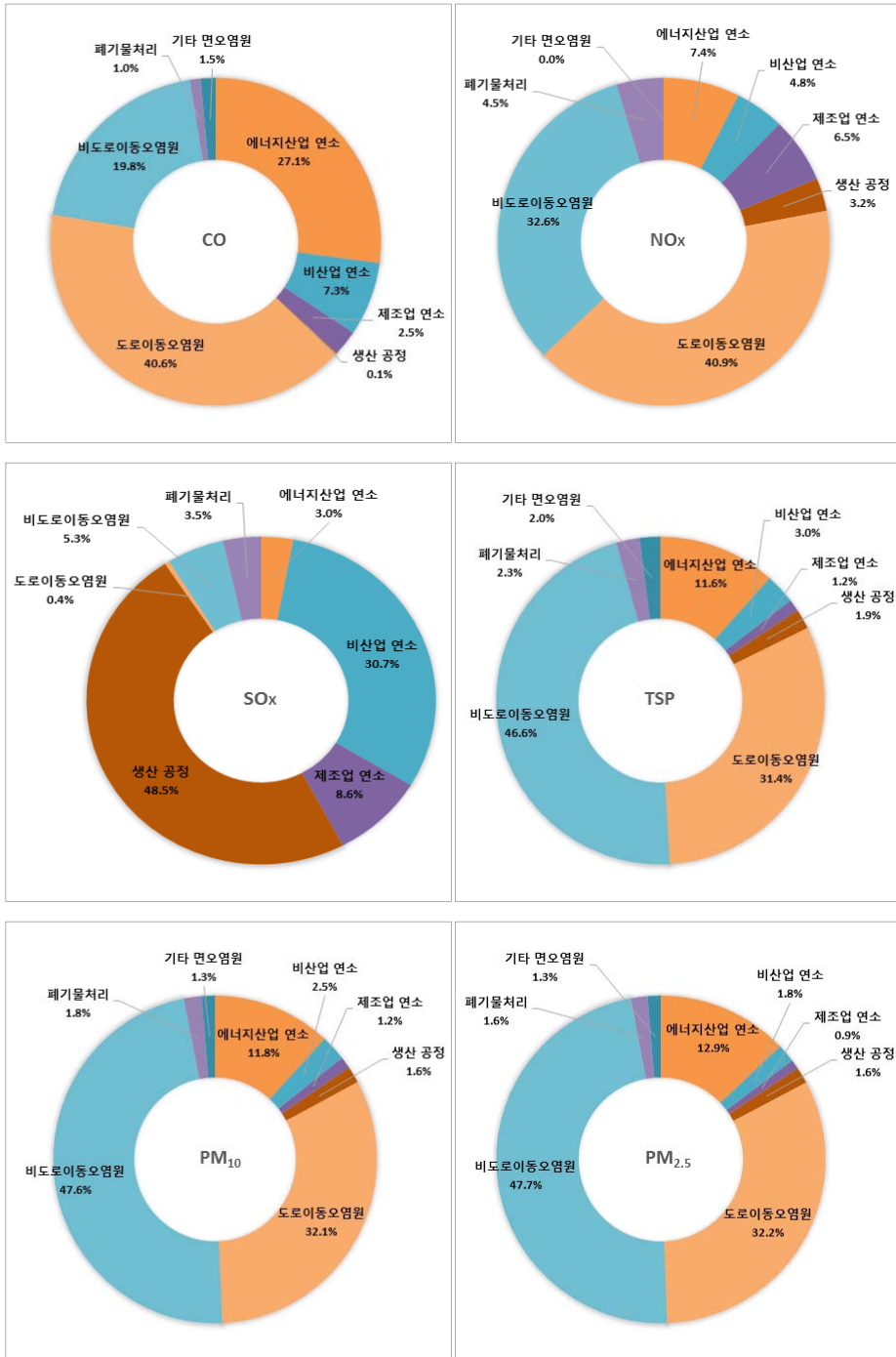
[표 3-21] 세종시 배출원별 대기오염물질 배출량(2012~2014)

(단위: kg)

구분	CO	NOx	SOx	TSP	PM ₁₀	PM _{2.5}	VOC	NH ₃
2012	3,787,511	7,196,191	99,040	345,668	343,497	315,265	7,135,931	250,804
2013	4,338,096	7,729,506	128,019	345,386	343,000	315,342	6,843,495	3,020,808
2014	2,734,312	3,703,116	161,002	148,539	145,263	133,413	3,357,153	3,035,672
에너지 산업연소	740,847	275,879	4,780	17,207	17,207	17,207	100,373	24,376
비산업 연소	199,327	178,749	49,379	4,419	3,677	2,415	5,117	3,302
제조업 연소	69,193	239,289	13,869	1,780	1,688	1,233	8,953	3,031
생산 공정	2,787	119,847	78,040	2,872	2,379	2,126	14,057	69,803
에너지 수송 및 저장							75,132	
유기용제 사용							1,912,915	
도로이동 오염원	1,111,172	1,514,150	714	46,649	46,649	42,917	154,432	37,547
비도로 이동오 염원	542,540	1,206,030	8,569	69,177	69,177	63,641	164,708	1,099
폐기물 처리	28,165	168,189	5,651	3,427	2,575	2,154	917,501	112
농업								2,857,370
기타 면오염원	40,281	983		3,009	1,911	1,720	3,965	39,031

출처: 국립환경과학원, 2012~2014 국가 대기오염물질 배출량

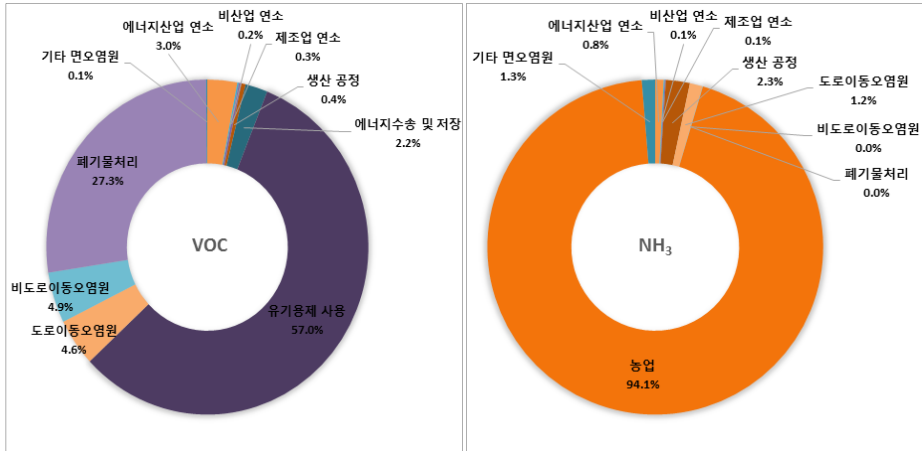
- 에너지산업연소, 비산업연소, 도로이동오염원, 비도로이동오염원 등 11개 부문의 배출원 대분류별 대기오염물질 배출량 기여율을 분석함
- CO, NOx는 도로이동오염원이 각각 40.6% 및 40.9%로 가장 높은 비율을 나타냄
- SOx 배출량은 생산공정에서 48.5%, 비산업 연소에서 30.7%를 나타냄
- TSP, PM₁₀ 및 PM_{2.5} 배출량은 비도로 이동오염원의 비중이 도로 이동오염원 보다 높았으며, 두 배출원의 기여율이 높게 나타남



[그림 3-18] 세종시 오염물질별 배출원 대분류별 배출량 기여율

출처: 국립환경과학원, 2014 국가대기오염물질 배출량 통계를 바탕으로 저자 작성

- VOCs는 유기용제사용에 의해 57.0%가 배출되는 것으로 나타났으며, NH₃의 경우 농업활동에 의한 배출이 94.1%를 차지함



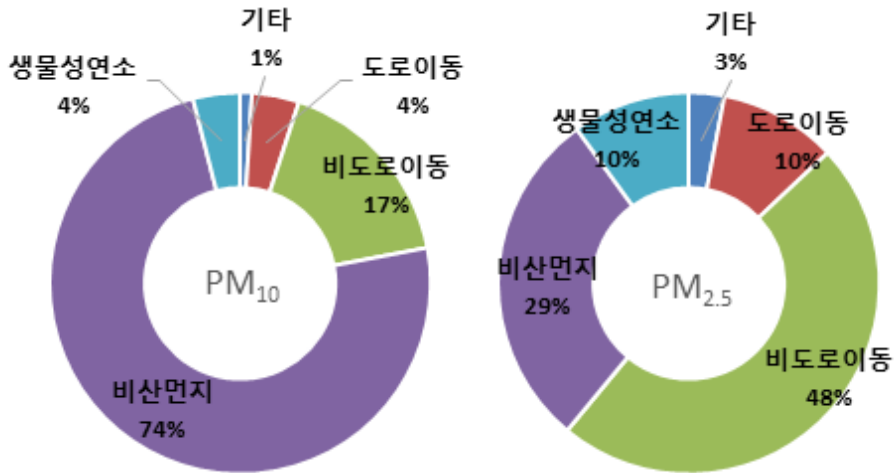
[그림 3-18] 세종시 오염물질별 배출원 대분류별 배출량 기여율(계속)

출처: 국립환경과학원, 2014 국가대기오염물질 배출량 통계를 바탕으로 저자 작성

2) 비산먼지 및 생물성연소 포함 대기오염물질 배출량

- 비산먼지 및 생물성연소는 결과의 미확실성으로 인해 공식적인 대기오염물질 배출량 통계에서는 제외되고 있음
- 세종시의 특성상 도시건설 등에 의한 비산먼지 발생과 미세먼지 및 초미세먼지 배출량 사이의 연계성을 파악하기 위하여 배출원의 범위를 확장하여 분석할 필요가 있음
- [그림 3-19] 및 [그림 3-20]에 2013~2014년 국가 대기오염물질 배출량 자료를 바탕으로 미상배출원인 비산먼지 및 생물성연소를 포함한 PM₁₀과 PM_{2.5}의 배출원별 배출량 비율을 나타냄
- 2013년의 경우 비산먼지 및 비도로이동이 PM₁₀의 91%, PM_{2.5}의 77%를 차지
 - PM₁₀ : 비산먼지(74%), 비도로이동(17%), 생물성연소(4%), 도로이동(4%) 순으로 비산먼지에 의한 기여율이 대부분임

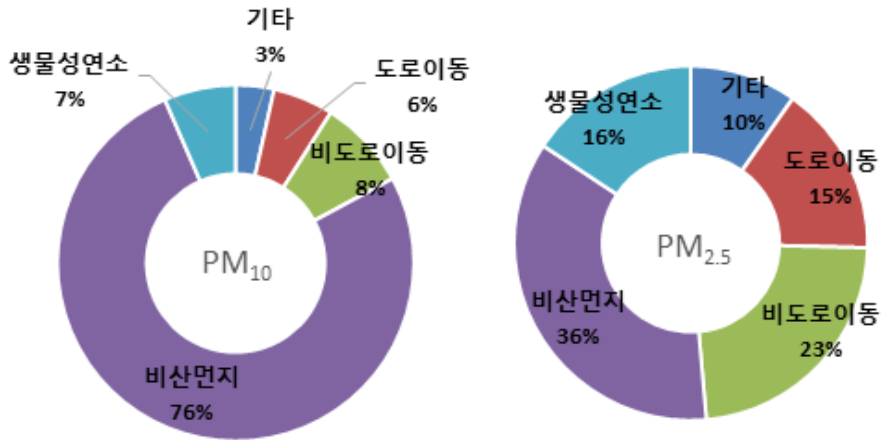
- 비산먼지 중 건설공사가 57%, 비도로이동 중 건설장비가 87% 차지
- PM_{2.5} : 비도로이동(48%), 비산먼지(29%), 생물성연소(10%), 도로이동(10%) 순으로 비도로이동오염원(건설장비 등)의 기여율이 높음
- 비도로이동 중 건설장비가 87%, 비산먼지 중 건설공사가 45% 차지



[그림 3-19] PM₁₀과 PM_{2.5} 배출원별 배출량 비율(2013년)

출처: 국립환경과학원 내부자료를 바탕으로 저자 작성

- 2014년의 경우 비산먼지 및 비도로이동이 PM₁₀의 87%, PM_{2.5}의 59%를 차지
 - PM₁₀ : 비산먼지(79%), 비도로이동(8%), 생물성연소(7%), 도로이동(6%) 순으로 비산먼지에 의한 기여도가 크게 나타남
 - 비산먼지 중 축산활동이 28%, 건설공사가 27%, 도로재비산먼지가 19%, 비포장도로 비산먼지가 14% 차지
 - PM_{2.5} : 비산먼지(36%), 비도로이동(23%), 생물성연소(16%), 도로이동(15%) 순으로 나타남
 - 비산먼지 중 도로재비산먼지가 31%, 축산활동이 29%, 건설공사가 18%, 비포장도로 비산먼지가 9% 차지



[그림 3-20] PM₁₀과 PM_{2.5} 배출원별 배출량 비율(2014년)

출처: 국립환경과학원 내부자료를 바탕으로 저자 작성

- 비산먼지 및 비도로이동오염원이 미세먼지와 초미세먼지 발생 기여도가 가장 큰 것으로 분석되며, 전년도 대비 2014년의 기여도가 다소 감소된 것은 아래 대기오염물질 배출량 추이에 나타난 것과 같이 부지조성 시기에 따라 비도로이동오염원(건설장비 등)의 배출량 변화에서 기인된 것으로 판단됨

3) 대기오염물질 배출량 추이

- SO_x와 NH₃를 제외한 모든 항목에서 2013년 대비 2014년 대기오염물질 배출량이 감소한 것으로 나타남
- 이는 비도로이동오염원 중 건설장비(굴삭기, 지게차 등)와 도로이동오염원(화물차 등)으로부터 배출되는 대기오염물질의 감소에 기인된 것이며, 2013년 건설지역의 부지조성이 활발히 진행된 이후 건설기계 작업시간의 감소에 따른 영향으로 예측됨
- 이러한 경향은 CO, NO_x, TSP, PM₁₀, PM_{2.5}, VOC 모두 유사하게 나타났으며, 대표적으로 NO_x 및 PM₁₀이 감소된 주요 배출원을 [표 3-22] 및 [표 3-23]에 나타냄

[표 3-22] 2014년 대기오염물질(NOx) 배출량 감소 배출원 분석

대분류	중분류	소분류	2013년 대비 배출 감소량(kg)
비도روي동오염원	건설장비	지게차	-1,453,718
비도روي동오염원	건설장비	굴삭기	-1,401,706
비산업 연소	상업 및 공공기관시설	123종(보일러)	-443,569
비도روي동오염원	건설장비	기중기	-342,089
도로이동오염원	화물차	대형	-300,750
비도روي동오염원	건설장비	로우더	-250,338
비도روي동오염원	건설장비	공기압축기	-98,570
비도روي동오염원	건설장비	콘크리트펌프	-98,228
비도روي동오염원	철도	기관차	-90,736
비도روي동오염원	건설장비	로울러	-76,506
도로이동오염원	화물차	중형	-68,485
비도روي동오염원	건설장비	불도저	-66,825
비도روي동오염원	건설장비	천공기	-49,880
제조업 연소	공정로	기타	-20,949
제조업 연소	공정로	아스팔트 콘크리트 생산	-5,695
제조업 연소	기타	가구 및 기타제품 제조업	-2,286
비도روي동오염원	철도	동차	-1,214
도로이동오염원	이륜차	50cc 이상	-1,125
도로이동오염원	이륜차	100cc 이상	-625
비도روي동오염원	농업기계	경운기	-438
폐기물처리	폐기물소각	생활폐기물	-250
도로이동오염원	이륜차	50cc 미만	-197

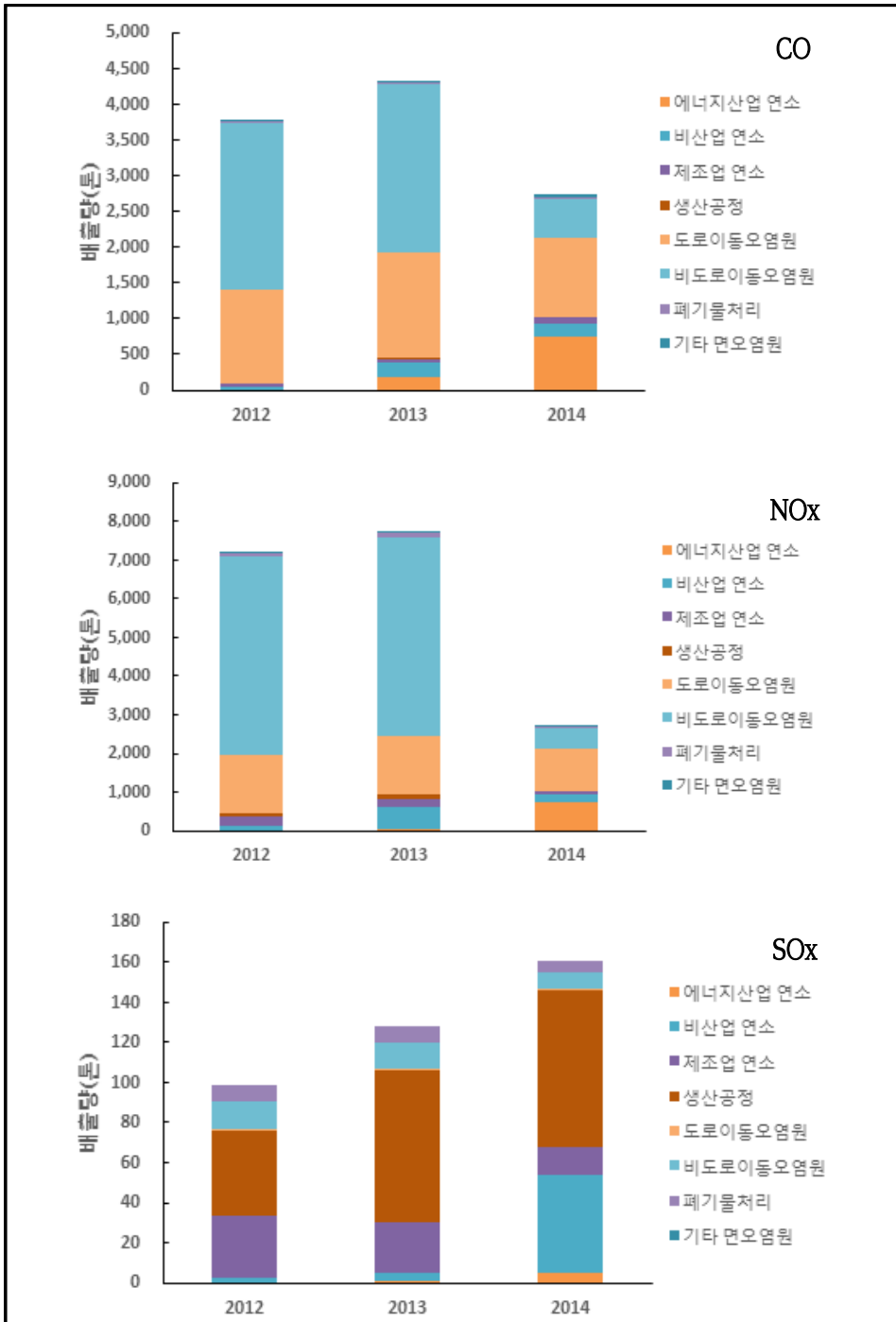
출처: 국립환경과학원, 2013~2014 국가 대기오염물질 배출량을 바탕으로 저자 작성

[표 3-23] 2014년 대기오염물질(PM₁₀) 배출량 감소 배출원 분석

대분류	중분류	소분류	2013년 대비 배출 감소량(kg)
비도료이동오염원	건설장비	지게차	-78,147
비도료이동오염원	건설장비	굴삭기	-72,280
비도료이동오염원	건설장비	기중기	-13,094
비도료이동오염원	건설장비	로우더	-12,855
도로이동오염원	화물차	대형	-11,417
비도료이동오염원	철도	기관차	-5,865
비도료이동오염원	건설장비	로울러	-4,169
비도료이동오염원	건설장비	공기압축기	-3,728
비산업 연소	상업 및 공공기관시설	1,2,3종(보일러)	-3,597
비도료이동오염원	건설장비	불도저	-3,565
비도료이동오염원	건설장비	콘크리트펌프	-2,307
비도료이동오염원	건설장비	천공기	-1,883
도로이동오염원	화물차	중형	-1,488
도로이동오염원	RV	중형	-1,389
도로이동오염원	화물차	소형	-720
제조업 연소	공정로	아스팔트 콘크리트 생산	-194
제조업 연소	공정로	기타	-103
비도료이동오염원	철도	동차	-88
비도료이동오염원	농업기계	경운기	-44
제조업 연소	기타	가구 및 기타제품 제조업	-36
폐기물처리	폐기물소각	생활폐기물	-14

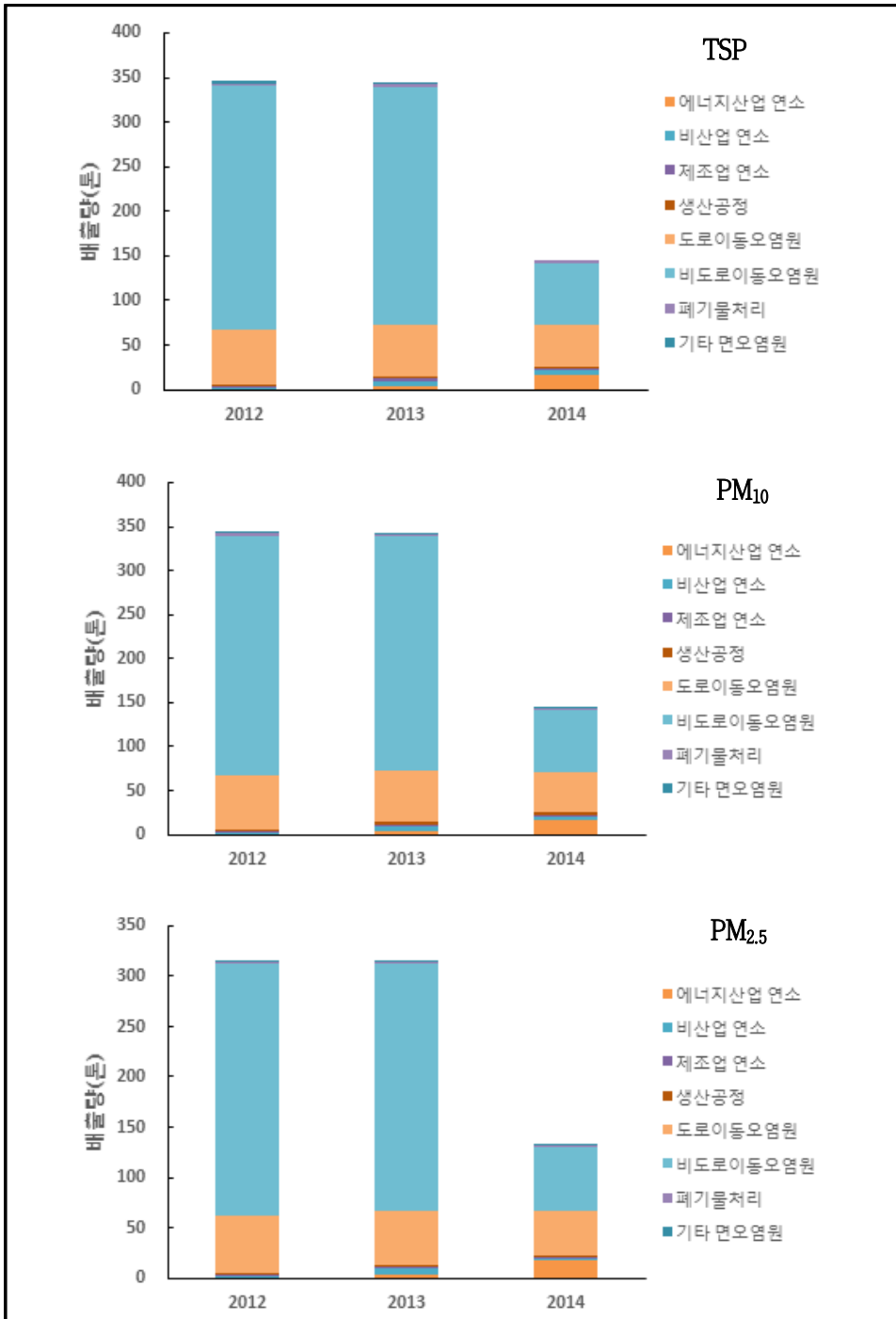
출처: 국립환경과학원, 2013~2014 국가 대기오염물질 배출량을 바탕으로 저자 작성

- CO 배출량은 2013년에 전년대비 550톤(14.5%) 증가하였다가 2014년 1,604톤(37%) 감소되었고, 에너지산업 연소 부분은 569톤 증가하였음
- NOx는 에너지산업 연소 부분에서 공공발전시설에 의해 30톤에서 276톤으로 증가하였으나, 전체적으로 2013년 대비 64.6% 감소함
- 2014년 SOx의 경우 2013년 대비 전체 25.7%(33톤) 증가하였으며, 비산업연소의 주거용시설로부터 배출된 오염물질의 양이 48톤 정도 증가하였음
- 2013년 NH₃ 배출량은 전년대비 2,770톤(1,104.5%) 증가하였으며, 닭, 돼지, 소 등 사육두수의 증가로 농업 분뇨관리 부문에서 2,738톤 (6,479.4%) 증가하였고, 2014년에도 유의한 결과를 나타냄



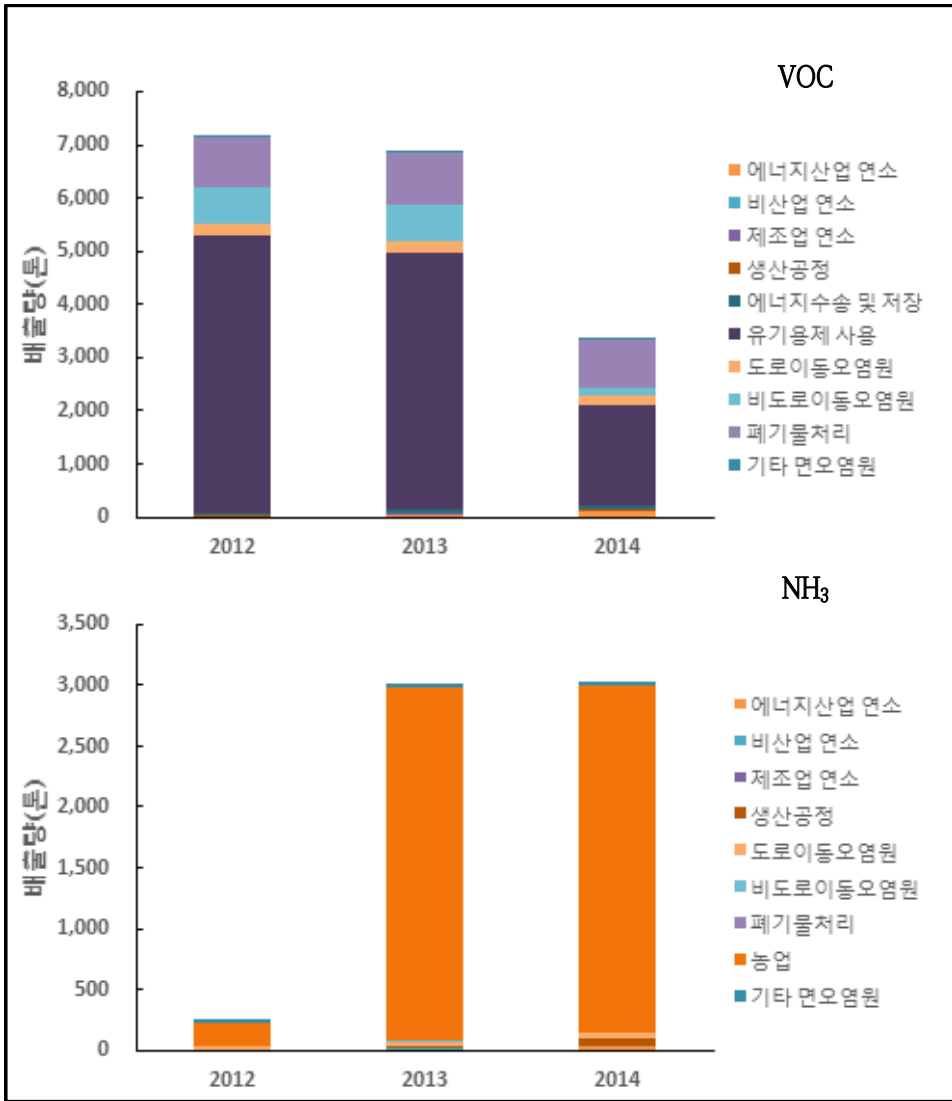
[그림 3-21] 세종시 대기오염물질 배출량 추이

출처: 국립환경과학원, 2012~2014 대기오염물질 배출량



[그림 3-21] 세종시 대기오염물질 배출량 추이(계속)

출처: 국립환경과학원, 2012~2014 대기오염물질 배출량



[그림 3-21] 세종시 대기오염물질 배출량 추이(계속)

출처: 국립환경과학원, 2012~2014 대기오염물질 배출량

DSI

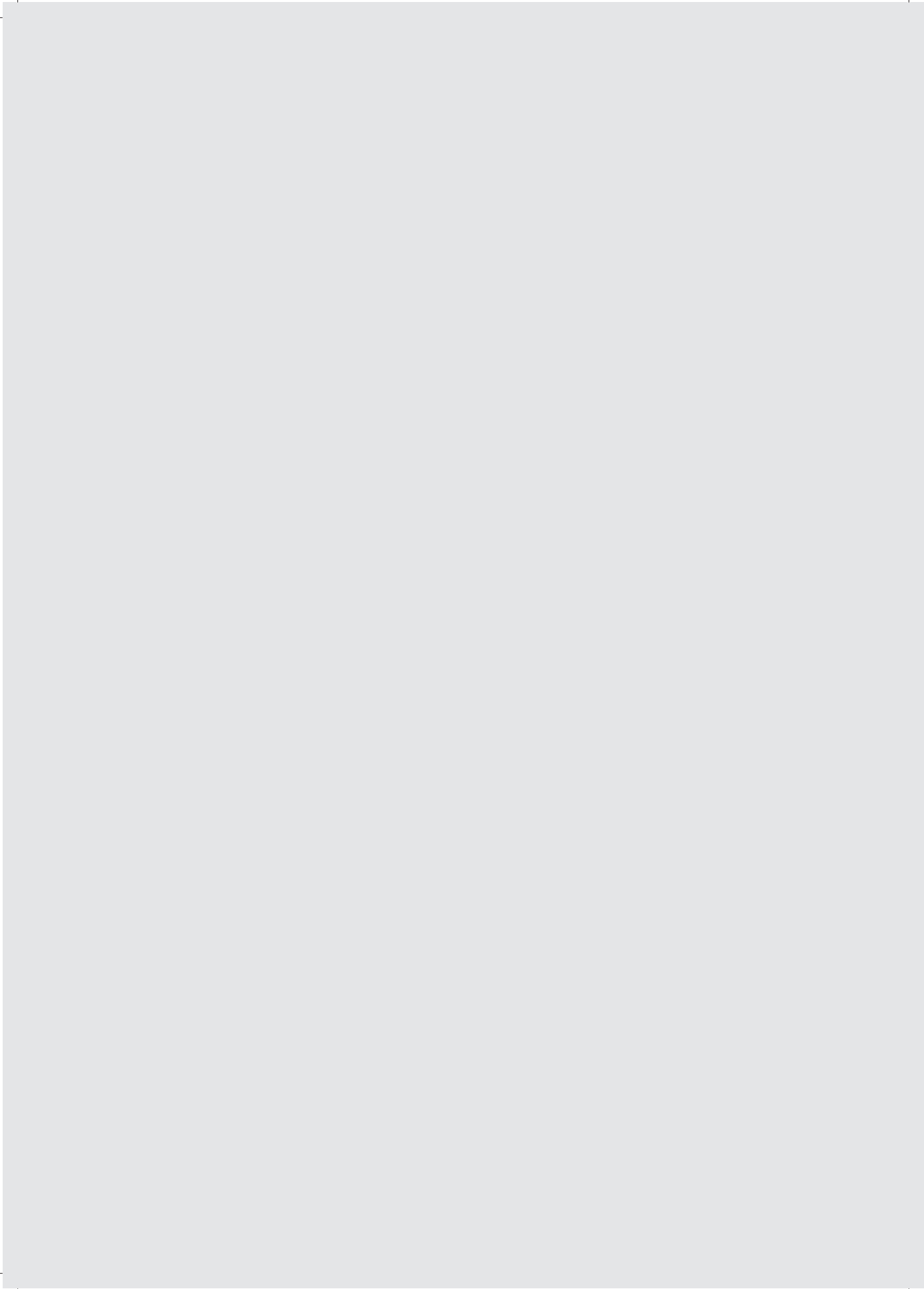
제4장 지리·기상학적 요인에 따른 대기질 특성

제1절 주변지역과 대기질 상호영향 분석

제2절 기상학적 요인에 따른 대기질 특성 분석

제3절 시사점

DAEJEON SEJONG
RESEARCH
INSTITUTE

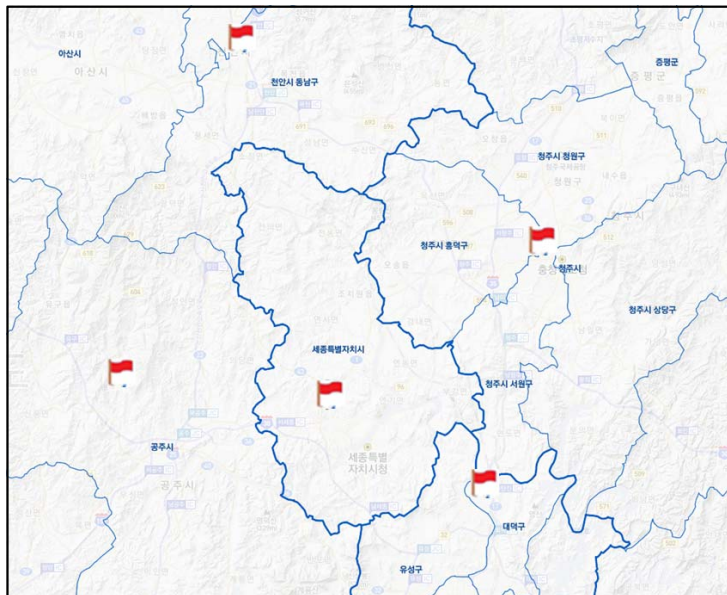


제4장 지리·기상학적 요인에 따른 대기질 특성

제1절 주변지역과 대기질 상호영향 분석

1. 인근지역과 대기오염 상관도 분석

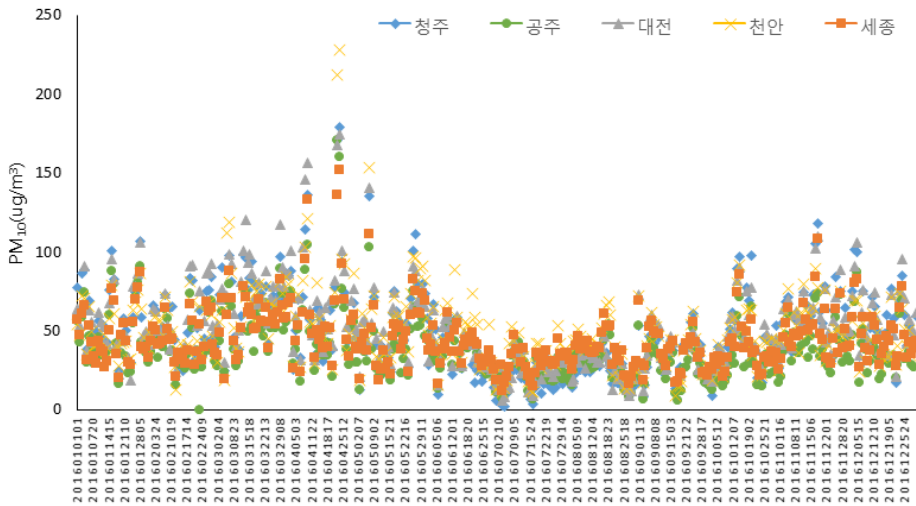
- 대상지역은 세종시(아름동 관측소)와 인근지역인 공주(사곡면 관측소), 대전(문평동 관측소), 천안(성황동 관측소) 및 청주(송정동 관측소)로 선정함
- 2016년 일평균 대기질 측정자료를 비교·분석하였으며, 대기오염물질은 미세먼지와 오존 그리고 1차 대기오염물질의 지표가 될 수 있는 이산화질소를 대상으로 함



[그림 4-1] 세종시 인근지역(공주, 대전, 천안, 청주) 대기질 관측소 위치

1) 미세먼지(PM₁₀)

- 비교 대상지역 중 청주시와 천안시를 제외한 지역의 초미세먼지에 대한 관측 자료의 부재로 미세먼지에 대한 분석만 수행함
- 대상지역의 연평균 미세먼지 농도는 38 ~ 51 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 기준치 이내의 농도범위를 나타내고 있으나(청주 48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 공주 38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 대전 51 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 천안 49 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 세종 44 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), WHO의 권고기준(연평균 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 일평균 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)을 상회하고 있음
- 각 지역별로 미세먼지 농도에는 차이가 있으나 청주시, 대전시, 천안시는 유사한 농도를 나타내고 있고, 세종시와 공주시는 상대적으로 낮은 농도분포를 보였으며, 천안시의 경우 일평균 농도가 높게 분포하는 일수가 많은 것으로 나타남(최고 228 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

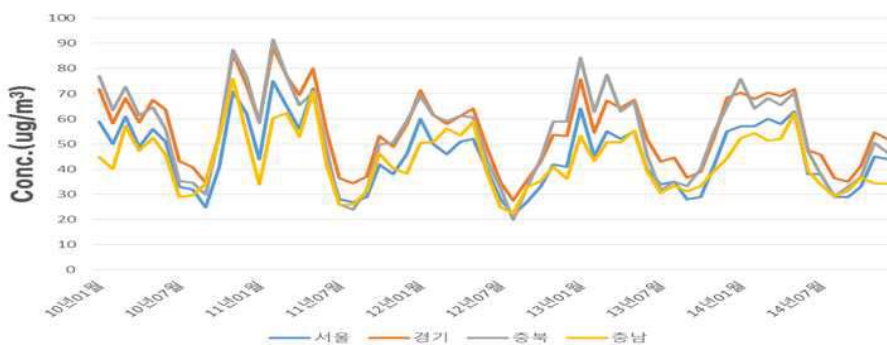


[그림 4-2] 세종시와 인근지역(공주, 대전, 천안, 청주) 일평균 PM₁₀ 농도

출처: 에어코리아 2016 도시대기 측정 자료를 바탕으로 저자 작성

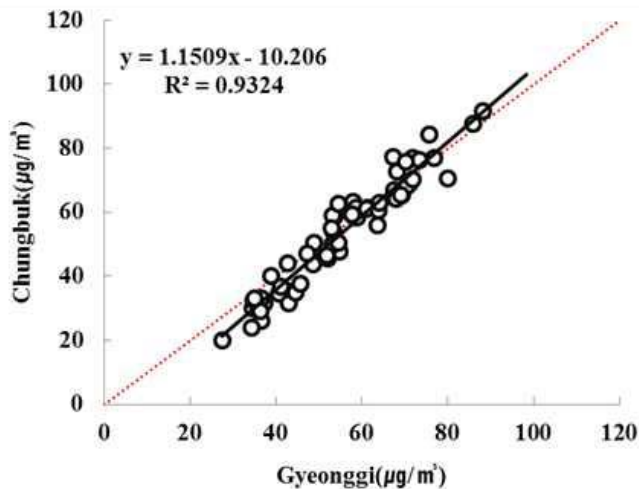
- 또한, [그림 4-3] 및 [그림 4-4]에 나타난 것과 같이 경기도와 청주시(충청북도 대기질 현황과 유사)의 미세먼지 농도는 상관성이 매우 높은 것으로 분석되고 있어 인접한 세종시의 대기질 역시 풍상지역에 위치한 수도권의 직·간접적인 영향이 있을 것으로 판단됨

- 대체로 봄철(3 ~ 5월) 미세먼지의 농도가 높게 나타나고 있으며, 이후 여름철 강우에 의한 농도감소를 보여 계절에 따른 기상학적 요인이(북서계절풍 및 강우) 주로 미세먼지 농도변화에 영향을 끼치는 것으로 판단됨
- 또한, 봄철 중국에서 발생하는 황사 및 미세먼지의 영향을 배제할 수 없을 것으로 판단됨



[그림 4-3] PM₁₀ 월별 관측농도 변화 추이(2010~2014)

출처: 충청북도 대기질 개선 기본계획 수립(2016)에서 발췌



[그림 4-4] 충청북도와 경기도의 PM₁₀ 농도 상관도 분석

출처: 충청북도 대기질 개선 기본계획 수립(2016)에서 발췌

- 통계프로그램인 SPSS(ver. 2.0)를 이용하여 지역별 대기오염 농도의 상관분석을 실시하였음
- 변수간의 선형적 연관성을 파악하기 위하여 일반적으로 피어슨(Pearson) 상관계수를 평가함
- 피어슨 상관계수는 -1 혹은 1에 가까울수록 선형강도가 강함을 의미하며 0.8 이상은 강한 선형관계, 0.6 ~ 0.8은 유의한 선형관계를 나타냄
- 상관계수의 부호는 변수 간의 선형관계의 방향성을 의미하며 부호가 양수이면 “양의 상관관계”, 음수이면 “음의 상관관계”를 나타냄
- 음의 상관관계에 있을 경우 한 변수가 증가할 때 다른 변수는 감소하는 경향을 나타냄
- 세종시와 인근지역(천안, 청주, 공주, 대전)의 일평균 PM₁₀ 농도에 대한 상관관계를 분석한 결과[표 4-1], 피어슨 상관계수가 모두 0.9 이상으로 강한 선형관계에 있는 것으로 나타남
- 유의확률이 0.01로 모두 0.05보다 작기 때문에 통계적으로 유의한 상관관계에 있다고 할 수 있음
- 세종시와 인근지역의 대기질 상관도는 공주, 대전, 청주, 천안 순으로 양의 상관관계가 높게 나타남

[표 4-1] 세종시와 인근지역 PM₁₀ 상관도 분석

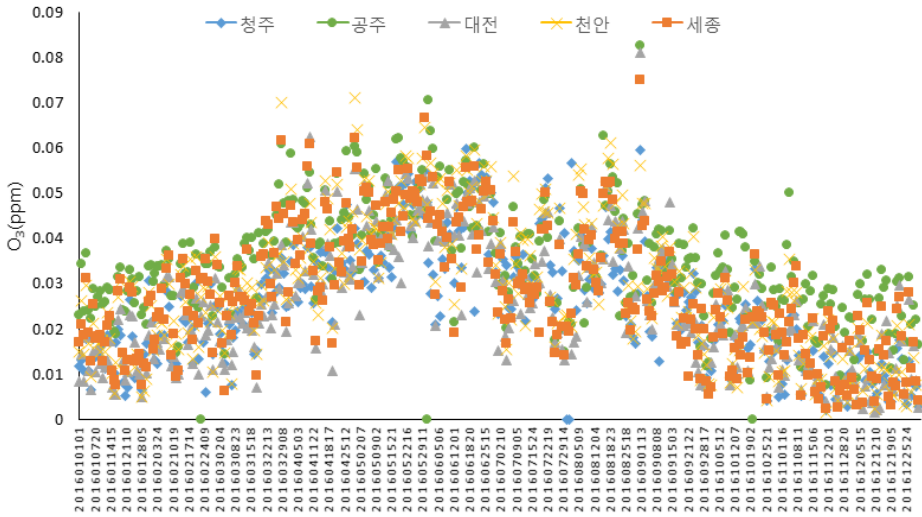
		세종	천안	청주	공주	대전		
세종	Pearson 상관계수		1	.916**	.922**	.949**	.927**	
	유의확률 (양쪽)			.000	.000	.000	.000	
	N		365	365	365	365	365	
	부스트랩 a	편향		0	.000	-.001	.000	-.001
		표준오차		0	.013	.011	.007	.010
		95% 신뢰구간	하한	1	.891	.899	.935	.905
상한			1	.939	.941	.962	.944	
천안	Pearson 상관계수		.916**	1	.872**	.916**	.868**	
	유의확률 (양쪽)		.000		.000	.000	.000	
	N		365	365	365	365	365	
	부스트랩 a	편향		.000	0	.001	-.002	.001
		표준오차		.013	0	.016	.016	.014
		95% 신뢰구간	하한	.891	1	.838	.880	.840
상한			.939	1	.902	.943	.896	
청주	Pearson 상관계수		.922**	.872**	1	.904**	.958**	
	유의확률 (양쪽)		.000	.000		.000	.000	
	N		365	365	365	365	365	
	부스트랩 a	편향		-.001	.001	0	-.001	.000
		표준오차		.011	.016	0	.012	.006
		95% 신뢰구간	하한	.899	.838	1	.878	.946
상한			.941	.902	1	.925	.968	
공주	Pearson 상관계수		.949**	.916**	.904**	1	.913**	
	유의확률 (양쪽)		.000	.000	.000		.000	
	N		365	365	365	365	365	
	부스트랩 a	편향		.000	-.002	-.001	0	.000
		표준오차		.007	.016	.012	0	.010
		95% 신뢰구간	하한	.935	.880	.878	1	.892
상한			.962	.943	.925	1	.931	
대전	Pearson 상관계수		.927**	.868**	.958**	.913**	1	
	유의확률 (양쪽)		.000	.000	.000	.000		
	N		365	365	365	365	365	
	부스트랩 a	편향		-.001	.001	.000	.000	0
		표준오차		.010	.014	.006	.010	0
		95% 신뢰구간	하한	.905	.840	.946	.892	1
상한			.944	.896	.968	.931	1	

** . 상관계수는 0.01 수준(양쪽)에서 유의함

a. Unless otherwise noted, bootstrap results are based on 1000 bootstrap samples

2) 오존(O₃)

- 대상지역의 연평균 오존 농도는 0.03ppm 내외의 농도범위로 모두 유사한 농도를 나타냈으며, 청주시와 대전시의 평균 오존농도는 각각 25.3ppbv 및 25.5ppbv로 유사하게 나타났고, 세종시의 경우 28.4ppbv로 천안시(29.0ppbv)와 유사하게 나타남
- 공주시의 경우 가장 높은 평균 농도인 34.8ppbv로 나타났으며, 이는 공주시의 상대적으로 낮은 질산화물(NO_x)의 농도와도 관련이 있을 것으로 예측됨
 - 질산화물이 오존과 결합되어 화학적으로 소멸되는 오존 titration 현상(NO + O₃)에 의해 오존이 감소될 수 있음
 - 상대적으로 경제활동이 활발한 대전시와 청주시의 오존 농도가 낮게 나타남
- 오존은 기상요인(풍속, 강수량, 기온 등)에 의해 크게 영향을 받으며 대기 중 광화학적 생성에 의해 발생됨. 오존 생성에 적절한 기상조건을 갖는 5월~9월까지를 오존월로 정의하고 그 외는 비오존월로 정의하는데, 여름철 강우가 오존농도의 변화에 영향이 있는 것으로 판단됨
- 또한, 오존농도 변화에 영향을 미치는 요인으로 자동차 증가율, NO_x, VOCs 농도를 들 수 있으며, NO_x와 VOCs의 농도비는 오존 생성기작에 중요한 역할을 함
- 하지만 자동차 증가와 NO₂ 농도 경향만으로는 오존 농도 변화에 대한 정확한 해석이 어려우며, 오존전구물질의 농도 및 기상조건의 변화가 중요하게 고려되어야 함



[그림 4-5] 세종시와 인근지역(공주, 대전, 천안, 청주) 일평균 O₃ 농도

출처: 에어코리아 2016 도시대기 측정 자료를 바탕으로 저자 작성

- SPSS 분석결과[표 4-2], 피어슨 상관계수가 0.8 ~ 0.9 범위로 강한 선형관계에 있었으며, 유의확률은 0.01로 통계적으로 유의한 결과를 나타냄
- 세종시와 인근지역의 O₃ 농도 상관도는 천안, 대전, 공주, 청주 순으로 양의 상관관계가 높게 나타남

[표 4-2] 세종시와 인근지역 O₃ 상관도 분석

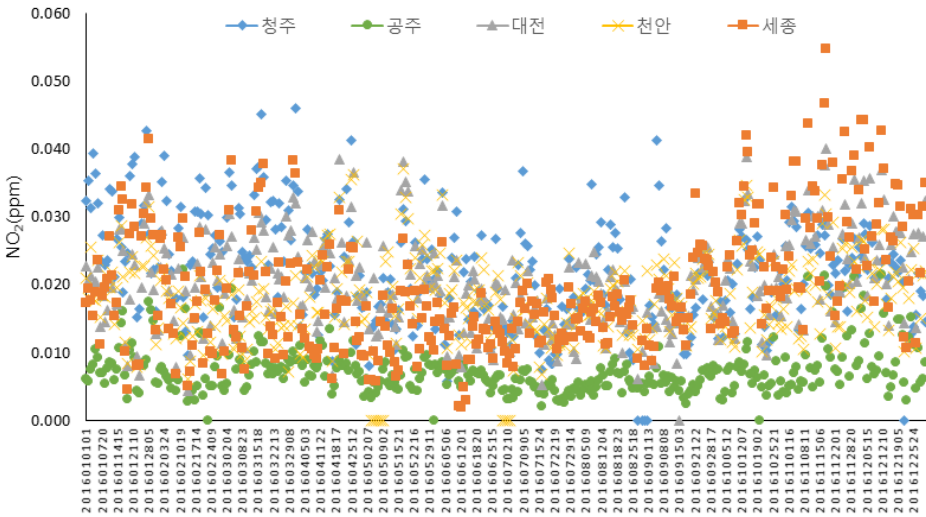
		세종	천안	청주	공주	대전		
세종	Pearson 상관계수		1	.930**	.840**	.891**	.920**	
	유의확률 (양쪽)			.000	.000	.000	.000	
	N		361	361	361	361	361	
	부스트랩 a	편향		0	.000	-.001	-.001	.000
		표준오차		0	.008	.019	.013	.009
		95% 신뢰구간	하한	1	.912	.797	.861	.900
상한			1	.945	.872	.915	.936	
천안	Pearson 상관계수		.930**	1	.870**	.879**	.900**	
	유의확률 (양쪽)		.000		.000	.000	.000	
	N		361	361	361	361	361	
	부스트랩 a	편향		.000	0	.000	.000	.000
		표준오차		.008	0	.018	.012	.011
		95% 신뢰구간	하한	.912	1	.831	.853	.877
상한			.945	1	.901	.903	.922	
청주	Pearson 상관계수		.840**	.870**	1	.760**	.845**	
	유의확률 (양쪽)		.000	.000		.000	.000	
	N		361	361	361	361	361	
	부스트랩 a	편향		-.001	.000	0	-.001	-.001
		표준오차		.019	.018	0	.028	.020
		95% 신뢰구간	하한	.797	.831	1	.700	.800
상한			.872	.901	1	.809	.880	
공주	Pearson 상관계수		.891**	.879**	.760**	1	.840**	
	유의확률 (양쪽)		.000	.000	.000		.000	
	N		361	361	361	361	361	
	부스트랩 a	편향		-.001	.000	-.001	0	-.001
		표준오차		.013	.012	.028	0	.018
		95% 신뢰구간	하한	.861	.853	.700	1	.801
상한			.915	.903	.809	1	.870	
대전	Pearson 상관계수		.920**	.900**	.845**	.840**	1	
	유의확률 (양쪽)		.000	.000	.000	.000		
	N		361	361	361	361	361	
	부스트랩 a	편향		.000	.000	-.001	-.001	0
		표준오차		.009	.011	.020	.018	0
		95% 신뢰구간	하한	.900	.877	.800	.801	1
상한			.936	.922	.880	.870	1	

** . 상관계수는 0.01 수준(양쪽)에서 유의함

a. Unless otherwise noted, bootstrap results are based on 1000 bootstrap samples

3) 이산화질소(NO₂)

- 대전시와 청주시의 경우 평균 이산화질소의 농도는 각각 20.2ppbv 및 22.2ppbv로 세종시(19.5ppbv), 천안시(18.2ppbv)에 비해 상대적으로 높게 나타났으며, 공주시의 평균 이산화질소의 농도는 7.4ppbv로 가장 낮게 나타남
- 앞서 오존 농도 변화에서 언급한 바와 같이 오존 농도와 이산화질소의 농도는 비례적 상관관계가 있는 것으로 분석됨
- 세종시의 경우 인구증가에 따른 자동차 이용대수의 증가로 NO_x의 농도는 더욱 증가될 여지가 있으며, 질소산화물의 화학반응으로 초미세먼지를 발생시킬 수 있는 전구물질이므로 이에 대한 관리대책이 필요함



[그림 4-6] 세종시와 인근지역(공주, 대전, 천안, 청주) 일평균 NO₂ 농도

출처: 에어코리아 2016 도시대기 측정 자료를 바탕으로 저자 작성

- SPSS 분석결과[표 4-3], 피어슨 상관계수가 0.4 ~ 0.8 범위로 양의 선형관계에 있었으며, 유의확률은 0.01로 통계적으로 유의한 결과를 나타냄

- 세종시와 인근지역의 NO₂ 농도 상관도는 대전, 공주, 천안, 청주 순으로 양의 상관관계를 나타냄

[표 4-3] 세종시와 인근지역 NO₂ 상관도 분석

		세종	천안	청주	공주	대전		
세종	Pearson 상관계수		1	.640**	.450**	.693**	.785**	
	유의확률 (양쪽)			.000	.000	.000	.000	
	N		345	345	345	345	345	
	부스트랩 a	편향		0	-.001	-.001	-.003	-.002
		표준오차		0	.031	.038	.032	.023
		95% 신뢰구간	하한	1	.576	.373	.625	.738
상한			1	.697	.521	.749	.827	
천안	Pearson 상관계수		.640**	1	.480**	.533**	.737**	
	유의확률 (양쪽)		.000		.000	.000	.000	
	N		345	345	345	345	345	
	부스트랩 a	편향		-.001	0	.000	.000	.000
		표준오차		.031	0	.037	.042	.029
		95% 신뢰구간	하한	.576	1	.404	.447	.675
상한			.697	1	.546	.610	.792	
청주	Pearson 상관계수		.450**	.480**	1	.361**	.567**	
	유의확률 (양쪽)		.000	.000		.000	.000	
	N		345	345	345	345	345	
	부스트랩 a	편향		-.001	.000	0	.001	-.001
		표준오차		.038	.037	0	.044	.033
		95% 신뢰구간	하한	.373	.404	1	.276	.497
상한			.521	.546	1	.448	.630	
공주	Pearson 상관계수		.693**	.533**	.361**	1	.629**	
	유의확률 (양쪽)		.000	.000	.000		.000	
	N		345	345	345	345	345	
	부스트랩 a	편향		-.003	.000	.001	0	-.002
		표준오차		.032	.042	.044	0	.031
		95% 신뢰구간	하한	.625	.447	.276	1	.561
상한			.749	.610	.448	1	.684	
대전	Pearson 상관계수		.785**	.737**	.567**	.629**	1	
	유의확률 (양쪽)		.000	.000	.000	.000		
	N		345	345	345	345	345	
	부스트랩 a	편향		-.002	.000	-.001	-.002	0
		표준오차		.023	.029	.033	.031	0
		95% 신뢰구간	하한	.738	.675	.497	.561	1
상한			.827	.792	.630	.684	1	

** : 상관계수는 0.01 수준(양쪽)에서 유의함

a. Unless otherwise noted, bootstrap results are based on 1000 bootstrap samples

2. 주변지역의 세종시 대기오염 기여도 사례조사

1) 경기지역의 세종시 대기오염 기여도

(1) 오염물질 배출량

- 국립환경연구원(2012) 자료에 따르면, 경기지역의 오염원별 배출량은 각각 CO 144,340톤/일, NOx 185,041톤/년, VOC 184,419톤/년, NH₃ 50,916톤/년, SOx 21,441톤/년, PM₁₀ 41,787톤/년, PM_{2.5} 10,288톤/년으로 나타남
- 경기지역은 먼·선 오염원 비율이 점 오염원 보다 높게 나타남

[표 4-4] 경기도 오염원별 배출량

(단위: 톤/년)

구분	CO	NOx	VOC	NH ₃	SOx	PM ₁₀	PM _{2.5}
점	8,330	21,594	12,692	577	8,200	363	309
선	110,365	102,872	16,825	2,535	188	24,738	6,471
면	25,645	60,575	154,902	47,804	13,503	16,686	3,508
합계	144,340	185,041	184,419	50,916	21,441	41,787	10,288

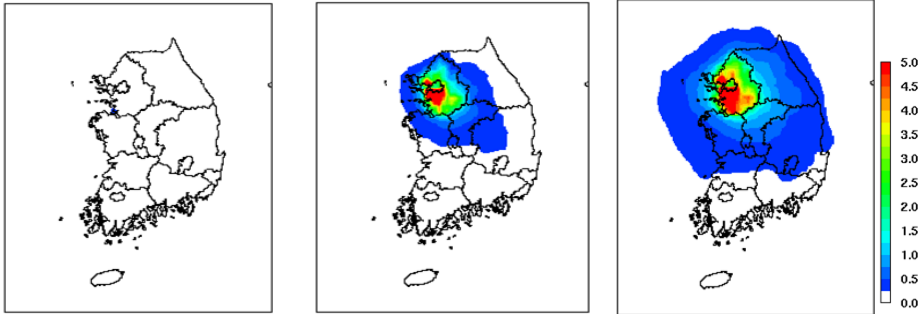
주: 국립환경과학원(2012) 자료

출처: 문난경 등(2016)

(2) 기여도 분석

- 경기도의 오염원별(점, 선, 면) 배출량이 자체 지역 및 주변 지역에 미치는 영향을 3년(2011~2013)간 평균값을 분석하여 모델링(CMAQ v4.7.1)한 결과임
- 경기도에서 발생하는 오염원별 PM₁₀과 PM_{2.5}가 주변지역에 미치는 영향은 면 오염원, 선 오염원의 순으로 나타났으며, 점 오염원에 의한 영향은 없는 것으로 나타남
- 주로 경기 남부지역에 영향이 크게 나타났으며 세종시를 포함한 경기도 이외 지역에 대한 영향은 상대적으로 낮은 것으로 추정됨

PM₁₀

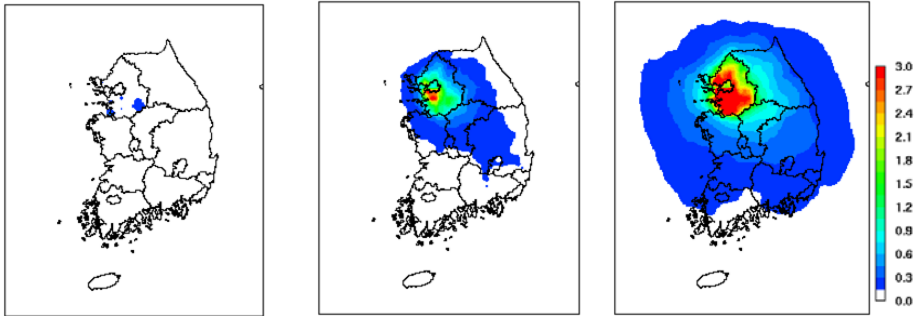


점(Max=0.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

선(Max=8.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

면(Max=9.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

PM_{2.5}



점(Max=0.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

선(Max=3.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

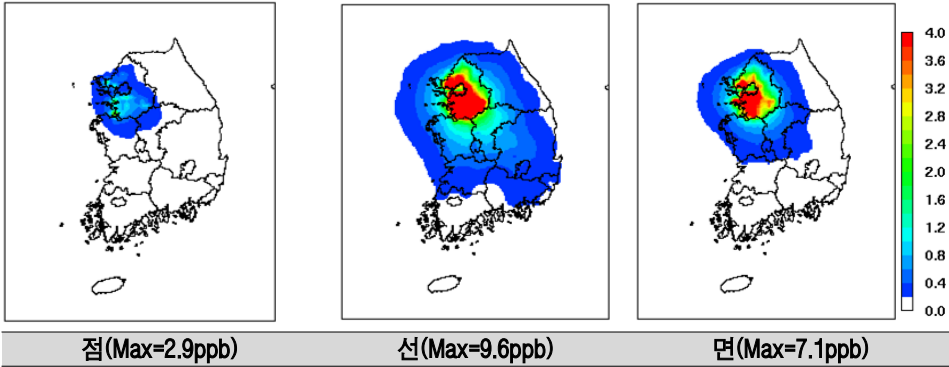
면(Max=7.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

[그림 4-7] 경기도 오염원별 PM₁₀ 및 PM_{2.5} 연평균 기여도

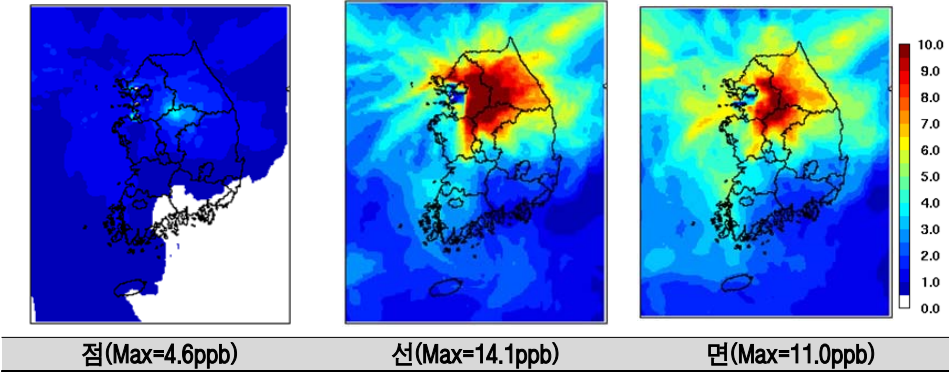
출처: 문난경 등(2016)에서 발췌

- 서울 및 그 외 지역으로의 많은 자동차 이동으로 선 오염원의 NO₂ 기여농도가 높게 나타났으며, 미세먼지와 유사하게 경기 남부 지역에 상대적으로 영향이 크게 나타났고, 세종시에는 풍상지역에 위치한 수도권 외의 직간접적인 영향이 있을 것으로 예측되나 기여도는 상대적으로 낮은 것으로 나타남
- O₃는 일최대 기여농도의 기간(5월~8월) 최대값으로 경기도 지역보다 인접 지역의 농도가 비교적 높게 나타났으며(O₃ titration 효과), 다른 오염물질에 비해 세종시에 미치는 농도 영향도 상대적으로 크게 나타남
- SO₂의 경우에는 세종시에 영향이 전혀 없는 것으로 나타남

NO₂



O₃



[그림 4-8] 경기도 오염원별 NO₂ 및 O₃ 연평균 기여도

출처: 문난경 등(2016)에서 발췌

- 경기지역의 연평균 자체 기여도는 PM_{2.5} 19%, PM₁₀ 25%, SO₂ 23%, O₃ 17%였으며 NO₂가 54%로 가장 높게 나타남
- PM과 SO₂의 경우 자체 기여도 보다는 국외로부터의 유입이 많은 비중을 차지하고 있는 것으로 예상됨

[표 4-5] 경기지역의 부문별 연평균 기여도

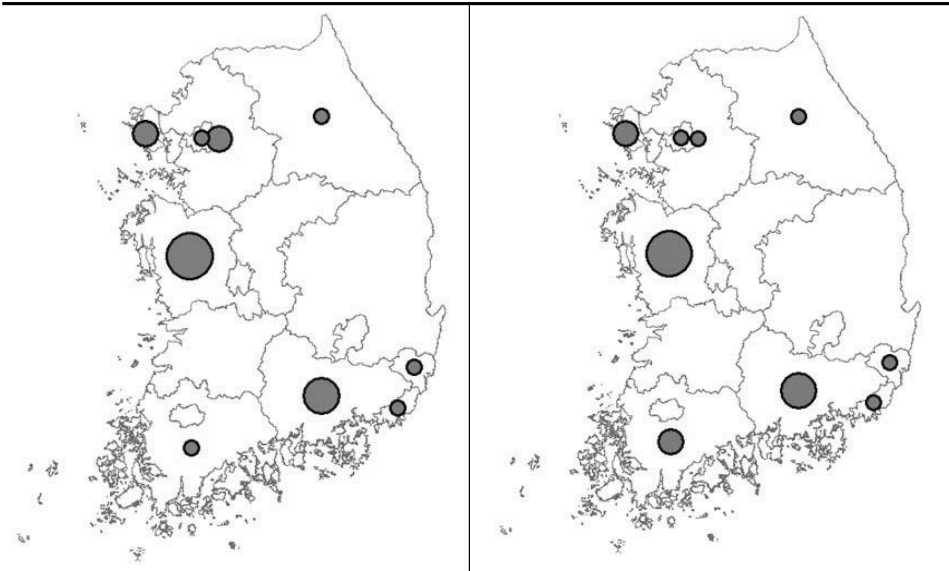
구분	PM _{2.5} (μ g/m ³)	PM ₁₀ (μ g/m ³)	NO ₂ (ppb)	SO ₂ (ppb)	O ₃ (ppb)	
농도	20.12	25.46	13.68	2.02	110.54	
자체기여 농도	합계	3.84	6.34	7.34	0.47	18.73
	점	0.11	0.11	0.51	0.14	1.83
	선	0.99	2.40	4.08	0.01	9.27
	면	2.74	3.84	2.75	0.33	7.63
자체 기여도(%)	19	25	54	23	17	

주: O₃의 경우 일 최대 기여도의 기간 최대값(5-8월)을 나타낸 것임
출처: 김난경 등(2016)의 자료로부터 재작성

2) 충청지역의 대기오염 기여도

(1) 오염물질 배출량

- 2010 대기오염물질 배출량(국립환경연구원, 2012) 자료를 토대로 분석되었으며, 기준년도에 해당하는 충청남도의 오염원별 배출량은 각각 CO 52,198톤/일, NO_x 127,177톤/년, VOC 60,136톤/년, NH₃ 45,376톤/년, SO_x 50,782톤/년, PM₁₀ 4,446톤/년으로 나타남
- 충청남도에 위치한 석탄화력발전소는 지역의 대기질 및 배출량에 상당 부분을 차지하고 있으며, 오염물질 배출량은 NO_x 60,634톤/년, SO_x 29,390톤/년, PM₁₀ 1,126톤/년으로 지역내 전체 NO_x 배출량의 48%, SO_x 배출량의 58%, PM₁₀ 배출량의 25%가 석탄화력 발전소로부터 배출되고 있음. 그 외 석유화학시설 또한 주요 대기오염물질 배출원으로 작용하고 있음
- 국내 화력발전소 총 24개 중 4개의 화력발전소가 충청남도에 존재하며(태안화력, 당진화력, 보령화력, 서천화력), NO_x, SO_x 및 PM₁₀의 배출량은 화력발전소 전체 배출량의 66%, 56% 및 63%에 해당하여 충청남도에서 가장 많은 대기오염물질이 배출되고 있음[그림 4-9]

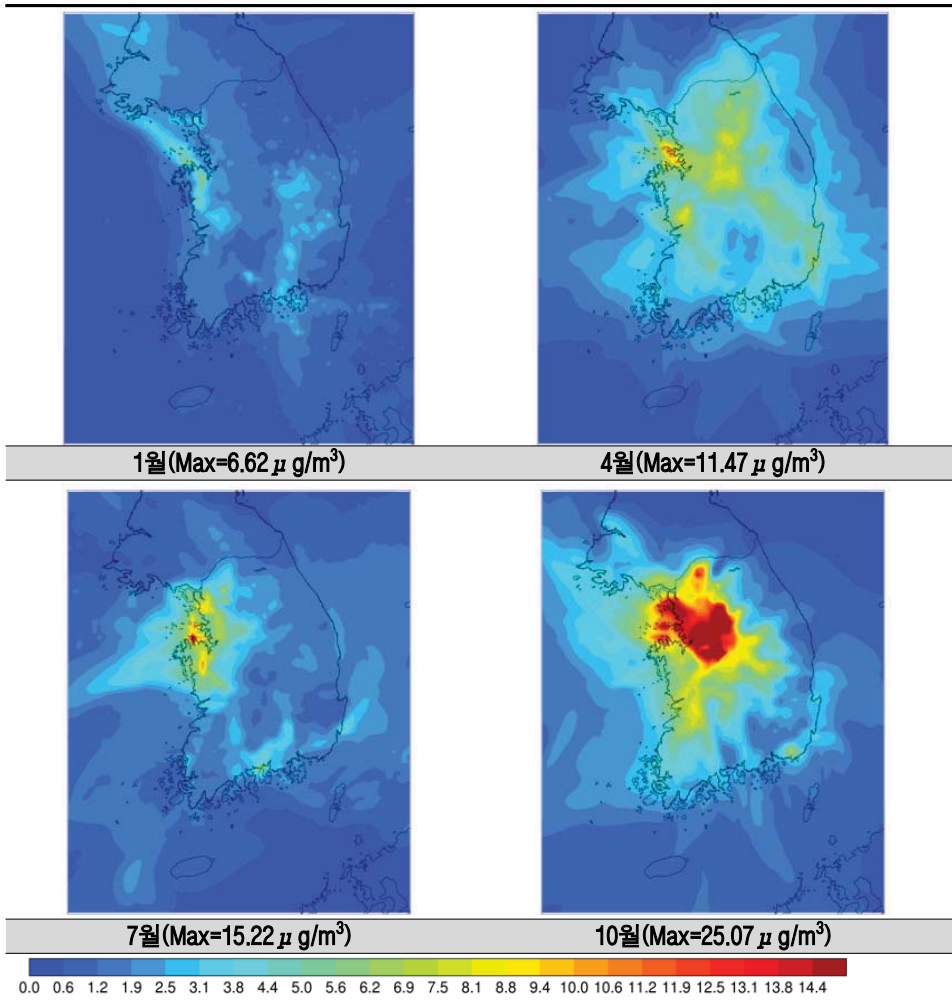


[그림 4-9] 국내 운영중인 화력발전소의 NOx(좌) 및 SOx(우) 배출량 분포

출처: 문난경 등(2015)

(2) 기여도 분석

- 1월, 4월, 7월, 10월을 기준으로 운영중인 화력발전소 배출량으로 인한 24시간 평균 PM₁₀ 최대 기여농도는 10월에 최대 25.07 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 상대적으로 높은 기여도를 나타냄(문난경 등, 2015)
- 2차 PM 생성에 기여하는 NOx와 SOx 배출량 분포[그림 4-9]와 유사한 분포를 보였으며, 수도권 및 충청지역 배출량의 영향이 큰 것으로 나타남
- 공간적 기여도 분석결과로부터 충청남도를 비롯한 수도권의 석탄화력발전으로 인하여 세종시 대기질에도 기후학적 특성(겨울철 북서계절풍)에 따라 영향이 있을 것으로 예측됨
- 추후 정확한 분석을 위해 계절별 세종시의 국내외 기여도 분석이 필요할 것으로 판단됨



[그림 4-10] 운영 중인 화력발전소의 24시간 평균 PM_{10} 최대 기여농도

출처: 문난경 등(2015)

3) 충청지역의 대기오염 기여도

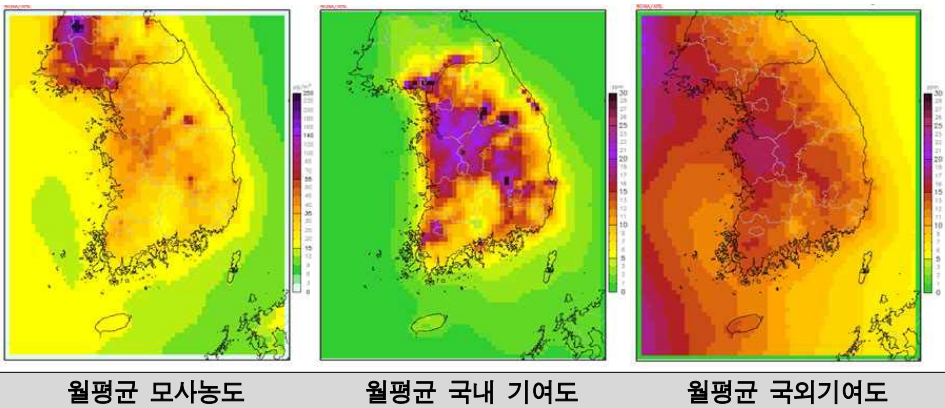
(1) 오염물질 배출량

- 2011년 국가대기오염물질 배출량 자료에 따르면, 충청북도의 오염물질별 배출량은 CO 32,187톤/년, NO_x 59,680톤/년, VOC 31,060톤/년, NH_3 14,569톤/년, SO_x 12,945톤/년, PM_{10} 5,027톤/년, $\text{PM}_{2.5}$ 2,968톤/년으로 나타남

(2) 기여도 분석

- 기상모델(WRF v3.5.1), 배출량모델(SMOKE/MEGAN) 및 광화학 대기질 모델(CAMx v6.1)을 이용하여 2011년 1월, 4월, 7월, 10월 대기농도를 기준으로 PM_{2.5}에 대해 분석 수행
- 9개 지역(수도권, 충청남도, 충청북도, 강원도, 전라권역, 경상권역, 북한, 중국, 그 외)으로 구분하고 각 지역에서 충북지역의 초미세먼지 기여도를 분석함
- 연평균 기여도는 국내 배출원이 57%, 국외 배출원이 43%로 모사됨
- 1월 및 4월의 PM_{2.5} 공간적 기여도 분석결과 중국의 기여도가 가장 높은 것으로 나타났으며, 북서풍에 의한 오염물질 유입에 기인된 것으로 판단됨
- 기후 및 기상학적 영향에 따라 7월, 10월의 대기오염도는 상대적으로 국내 기여도가 더 높은 것으로 나타났으며, 내륙지방에서 대기가 정체됨에 따른 것으로 판단됨
- PM_{2.5} 국내외 기여도의 공간적 분포도로부터 세종시의 대기질은 충청북도의 대기질과 유사한 것으로 보이며 기여도 경향 또한 유사할 것으로 예측됨

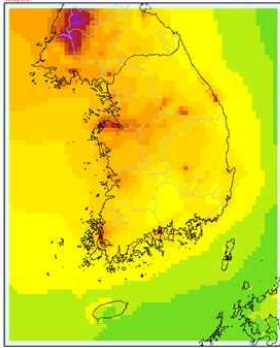
1월



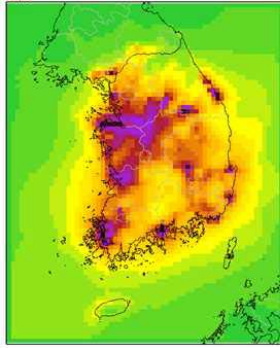
[그림 4-11] 충북 초미세먼지(PM_{2.5}) 모사값 및 국내외 기여도 분석

출처: 충청북도 대기질 개선 기본계획 수립에서 발췌

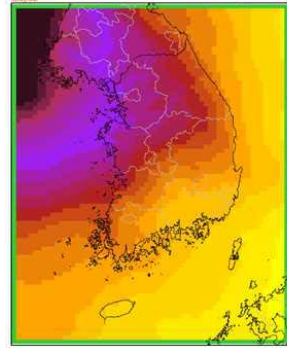
4월



월평균 모사농도

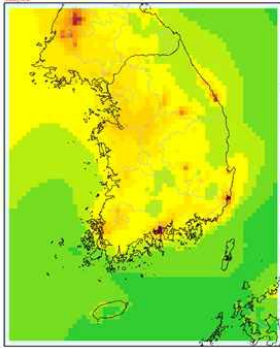


월평균 국내 기여도

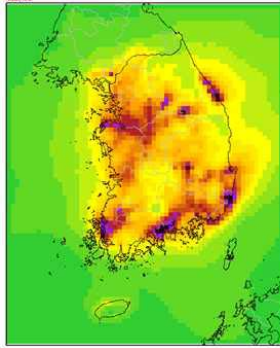


월평균 국외기여도

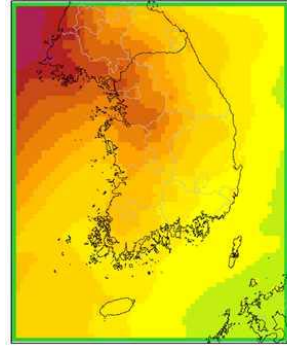
7월



월평균 모사농도

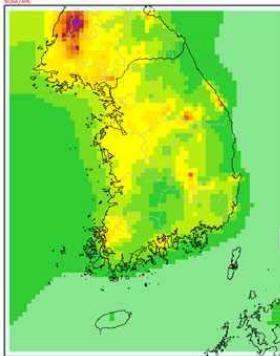


월평균 국내 기여도

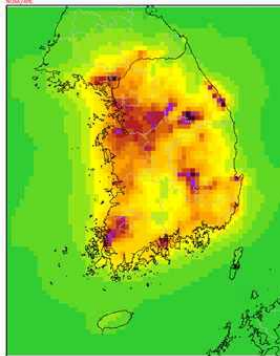


월평균 국외기여도

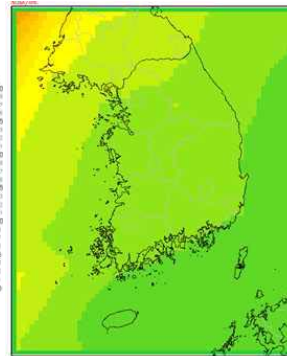
10월



월평균 모사농도



월평균 국내 기여도



월평균 국외기여도

[그림 4-11] 충청북 초미세먼지(PM_{2.5}) 모사값 및 국내외 기여도 분석(계속)

출처: 충청북도 대기질 개선 기본계획 수립에서 발췌

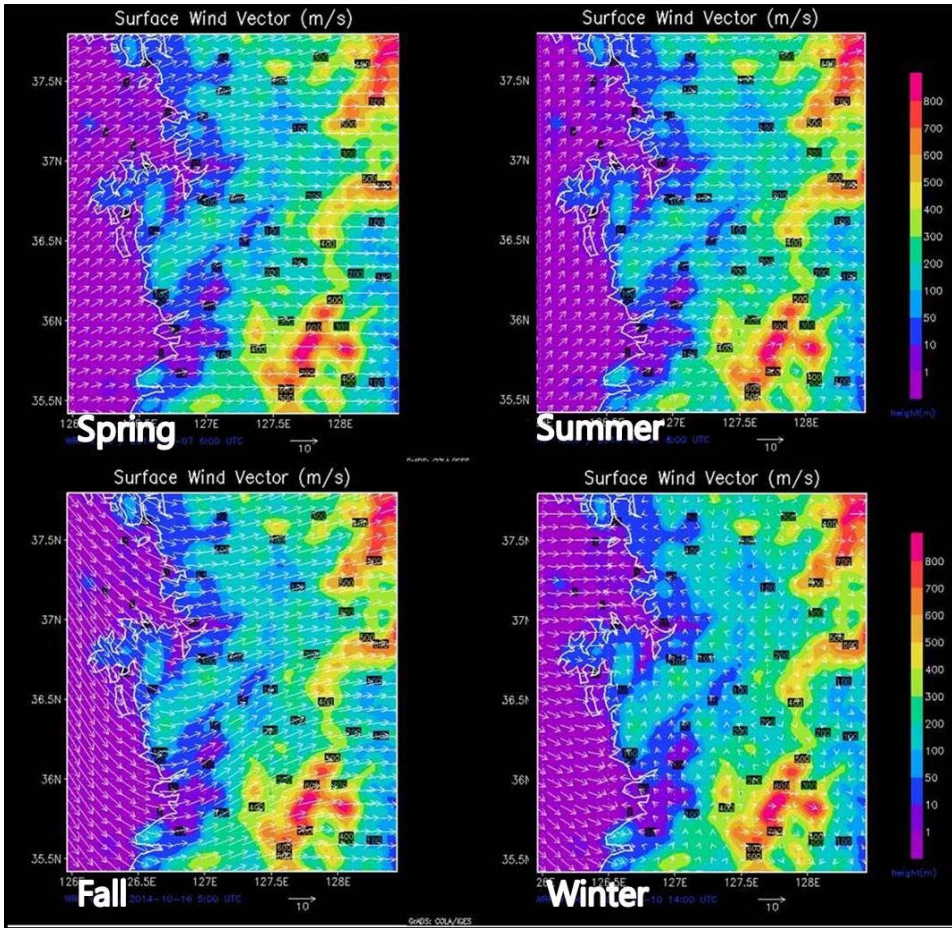
제2절 기상학적 요인에 따른 대기질 특성 분석

1. 세종시 바람길 사례조사

1) 기상모형 모델을 이용한 대기질 예측²⁾

- 기상모형(Weather Research and Forecasting, WRF) 모델을 이용한 계절별 바람의 수치모의 결과를 분석한 것임
- 2014년을 대상연도로 하여 각각 4월, 7월, 10월, 1월의 바람장 수치모의 결과는 [그림 4-12]와 같으며 세종시는 각 그림의 중앙부에 위치함
- 봄 및 여름에는 서풍, 가을 및 겨울에는 북서풍의 영향을 받아 계절별로 전형적인 기상 패턴을 나타냄
- 세종시는 수도권 및 중부 서해안 지역과 유사한 대기질 패턴을 보였으며, 바람세기에 따라 서부 수도권 및 충남지역의 대규모 배출원(당진, 서천, 보령화력발전소)이 세종시 대기질에 영향을 미칠 가능성이 있음
- 세종시의 2015년 연평균 풍속은 1.5m/s로 다른 시도에 비해 낮음(서울 2.7m/s, 인천 3.1m/s, 천안 1.9m/s, 서산 2.0m/s, 보령 1.7m/s)
- 세종시 동쪽에 위치하고 있는 소백산맥으로 인하여 바람의 세기가 약할 경우 서쪽으로부터 유입된 공기궤(air parcel)가 정체되어 대기질이 악화될 가능성이 있음

2) 해당 절은 심창섭과 이승민(2015) 연구결과를 바탕으로 정리한 내용임



주: WRF 지역규모 기상모형의 결과(해상도 1x1km², 2014년 4월(봄, 좌상), 7월(여름, 우상), 10월(가을, 좌하), 1월(겨울, 우하))로, 세증시는 각 그림의 정중앙에 위치하며 지면의 색은 고도를 나타냄

[그림 4-12] 세증시의 대기질에 영향을 줄 수 있는 지리적·기상학적 요인

출처: 한국환경정책·평가연구원(2015)에서 발췌

2) 행정중심복합도시 바람길 분석³⁾

- 2006년 KEI에서 수행한 행정중심복합도시(이하 행복도시)의 사전 환경성평가 중 계절별 중관기상패턴 분석 결과에 따르면, 2004년 ~

3) 해당 절은 국립환경과학원(2007) 연구결과를 바탕으로 정리한 내용임

2005년 기준 봄철 및 여름철에는 서풍이 61.7%, 45.9%가 발생하였고, 가을철에는 서풍과 북풍이 42.3%, 40.9% 발생하였으며, 겨울철에는 서풍과 북풍이 53.1%, 43.8% 발생하여 주요 종관풍향은 서풍이고 다음이 북풍으로 나타남

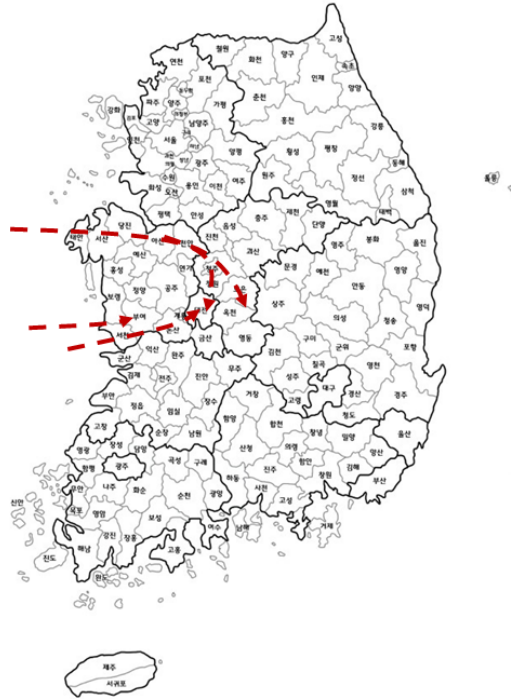
[표 4-6] 계절별 풍향 발생빈도(무강수)

계절 풍향	겨울 (12~2월)		봄 (3~5월)		여름 (6~8월)		가을 (9~11월)	
	발생 빈도	%	발생 빈도	%	발생 빈도	%	발생 빈도	%
동풍	1	1.0	2	1.4	13	11.9	18	13.1
남풍	2	2.1	4	2.8	18	16.5	5	3.6
서풍	51	53.1	87	61.7	50	45.9	58	42.3
북풍	42	43.8	48	34	28	25.7	56	40.9
합계	96	100	141	100	109	100	137	100

풍향: 북풍 315° ~ 45°, 동풍 45° ~ 135°, 남풍 135° ~ 225°, 서풍 225° ~ 315°
출처: 국립환경과학원(2007)

- 행복도시 주변지역의 바람특성을 파악하기 위하여 인근 6개의 기상관측소(서산, 천안, 청주, 보은, 대전, 부여)의 바람장을 비교분석함
- 행복도시 주변지역의 바람 이동 경로는 서해안으로부터 서산으로 유입된 바람은 천안을 거쳐 내륙으로 들어와 청주를 지나 보은지역으로 이동하며, 대전지역은 서산과 천안, 청주를 따라 내려오는 바람과 남서방향에서 유입되는 흐름이 만나게 되는 지점임[그림 4-13]
- 겨울철에는 복사냉각으로 인해 지표 근처에서 복사 역전층이 자주 발생되어 오염물질 농도가 상대적으로 높음
- 계절별 대기환기량은 2,000m²/s 이하로 분산상태가 좋지 않은 것으로 나타남(겨울 1,387m²/s, 봄 2,059m²/s, 여름 826m²/s, 가을 1,429m²/s)

- 오염물질의 수송, 확산 및 유입 기여율은 풍향과 풍속 등 기상요인이 크게 영향을 끼칠 것으로 판단됨



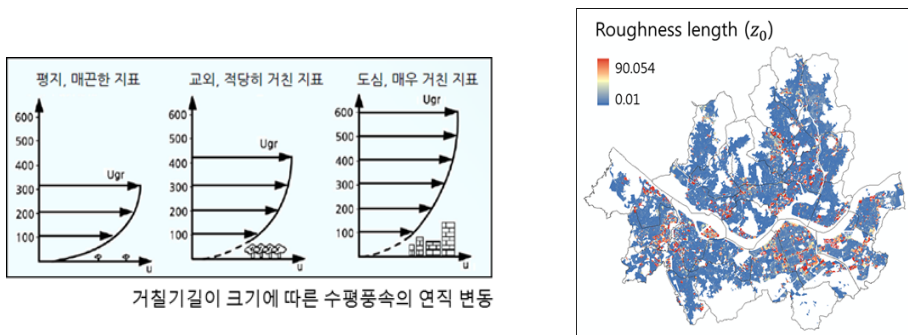
[그림 4-13] 행정중심복합도시 주변 지역 바람 특성

출처: 국립환경과학원(2007) 결과를 바탕으로 저자 작성

제3절 시사점

1) 지표면 공간변화에 대한 조사 필요

- 지리적으로 경사도가 낮은 평탄한 지역인 세종시에 도시건축물들이 증가함에 따라 변화되는 지표면 거칠기길이를 분석하는 기초연구가 필요함
- 지표면 거칠기길이는 수평바람을 방해하는 요소이며, 이는 오염물질의 분산을 약하게 하고 열부하를 상승시킴
- 거칠기길이가 클수록 바람순환이 약함을 의미함
- 그 외에 향후 도시확장 및 건설로 인한 건물부피, 불투수면적 증가 등으로 인한 바람과 열적 특성과의 인과관계를 예측하고 대안을 마련할 필요가 있음



[그림 4-14] 지표면 변화에 따른 수평풍속 차이(좌) 및 서울시 거칠기길이 분포 예시(우)

2) 도시규모에 적합한 상세모델링 필요

- $1\text{km} \times 1\text{km}$ 격자해상도는 한반도 대기의 거동을 조사할 수는 있으나, 도시바람길 조사로 보기에는 어려움이 있음
- 도시규모를 모델링하기 위해 건물의 배치와 도로 등 지표면 특성이 실제와 같이 적용이 되는 상세모델링이 필요함

- 도시규모에 적합한 상세모델링을 통해 바람이 원활하거나 정체되는 지역을 파악하고, 오염물질 배출원에서 주변으로의 확산모델링을 기반으로 대기질 관리방안을 마련할 필요가 있음

3) 열환경 및 대기질 공동관리 필요

- 세종시는 지역 특성상, 여름철 대기의 정체와 안개 및 연무발생 빈도가 높으며, 도시개발과 자동차 이용량 증가로 오염물질이 가중되어 시민에게 미치는 대기오염 위험도가 증가될 것으로 사료되므로 추후 도시의 대기순환 특성이 고려된 바람길 관리대책이 필요함

4) 기후 및 대기 환경영향 평가

- 도시계획 당시 이루어지는 환경영향평가 이후 사후환경영향평가가 제대로 이루어지고 있는지 확인할 필요가 있으며, 도시확장 및 지속적인 개발에 따른 기후 및 대기 환경영향평가를 실시하여 영향 원인 고찰 및 대응방안 마련이 필요함

5) 지리·기상학적 특성을 고려한 대기오염물질 배출사업장 입지선정

- 1절 및 2절의 세종시 대기질 특성분석의 결과로부터 지형 및 계절적 특성에 따른 바람의 영향으로 오염물질의 확산정도가 크게 차이나는 것으로 나타났으며, 대기오염물질을 배출하는 사업장의 입지선정시 세종시의 지형적 특성을 충분히 고려하여 오염물질의 확산이 가장 빠르게 일어나는 지점을 우선적으로 고려할 필요가 있음
- 오염물질의 수송과 확산에는 배출원의 위치와 풍속 및 풍향 등 기상요인이 크게 영향을 미침
- 따라서 대기오염물질의 회석 환기가 양호한 곳으로 입지를 선정하는 것이 바람직함

- 세종시는 전형적인 분지 지형으로 풍속이 낮고 산곡풍⁴⁾에 의한 지역 국지풍이 중요한 역할을 하므로 기상요소를 지속적으로 분석하여 대기오염배출시설의 설치로 인한 대기환경 영향을 최소화해야 함
- 독일의 슈투트가르트(Stuttgart) 지역은 분지 지형 및 느린 풍속으로 인한 대기오염물질의 정체현상을 해결하기 위하여 기후분석지도를 작성하여 지역개발에 적용하고 있음(바람길 도시조성 사례 참고)
- 대기환경보전법상 배출시설의 설치 제한에 대한 규제는 아래와 같음

<대기환경보전법의 배출시설 설치의 제한>

- 대기환경보전법 제23조제6항 및 시행령 제12조(배출시설 설치의 제한)에서는 시·도지사가 대기오염물질로 인하여 환경기준의 유지가 곤란하거나 주민의 건강·재산, 동식물의 생육에 심각한 위해를 끼칠 우려가 있다고 인정되면 배출시설의 설치를 제한할 수 있는 경우를 다음과 같이 규정하고 있음
- 배출시설 설치 지점으로부터 반경 1킬로미터 안의 상주 인구가 2만명 이상인 지역으로서 특정대기유해물질 중 한 가지 종류의 물질을 연간 10톤 이상 배출하거나 두 가지 이상의 물질을 연간 25톤 이상 배출하는 시설을 설치하는 경우
- 대기오염물질(먼지, 황산화물, 질소산화물만 해당함)의 발생량 합계가 연간 10톤 이상인 배출시설을 설치하는 경우
- 위의 두 가지 중 어느 하나에 해당하는 경우에는 환경기준의 유지, 주민의 건강에 위해를 끼칠 우려가 있는지 등 여부를 면밀히 검토하여 배출시설 설치 제한 여부를 결정하여야 함
- 특별대책지역에 대한 배출시설 설치 제한
 - ※ 특별대책지역 : 「환경정책기본법」 제39조에 따른 지역으로 울산광역시 울산·미포 및 온산국가산업단지, 전라남도 여수시 여천국가산업단지 및 확장단지를 말함

4) 산곡풍은 낮에는 산비탈을 타고 올라가는 바람(곡풍)이 형성되고, 밤에는 반대 현상인 산풍이 형성되는 작은 규모의 바람 순환계를 가리킴

< 독일 슈투트가르트(Stuttgart)의 바람길 도시조성 사례 >

○ 도시개요

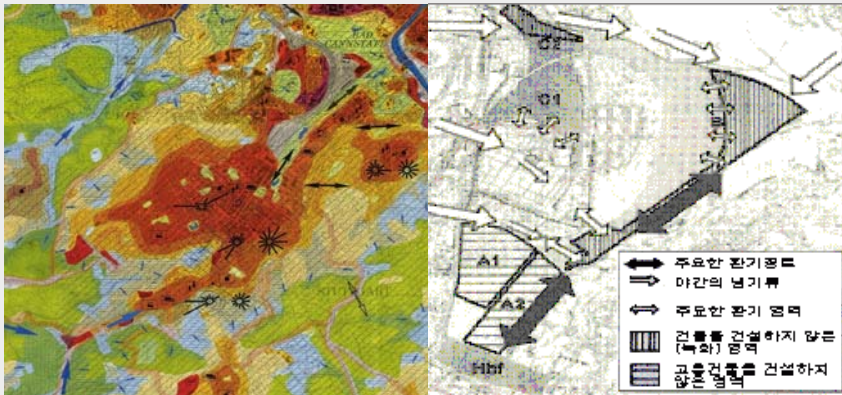
- i) 제2차 세계대전 이전 공업도시로서 경제적 번영을 누림
- ii) 남부 독일을 대표하는 산업도시로 200km² 도심면적에 약 60만명 거주

○ 지형 및 기후학적 특성

- 북동부를 제외하고 3면이 높은 산으로 둘러싸인 분지
- 평균 풍속 : 0.5 ~ 3.1m/s
- 분지지형과 느린 풍속으로 대기오염물질이 도심에 그대로 잔류

○ 대기질 개선을 위한 노력

- 제2차 세계대전 이후 숯과 화석연료 사용금지 조례 제정
- 1938년 독일 환경청은 도시대기환경부를 신설하여 도시계획, 대기환경 및 교통 소음 관리
- 「연방건축법」에 바람길 조성과 활용에 대한 법적 근거 명시
- 토지이용계획: 도시 외곽 산지에서 생성되어 도심으로 불어오는 찬 공기를 도심 반대방향으로 유도하는 바람길 조성(고층건물 및 키 큰 가로수 제한)
- 지구단위계획: 키 큰 나무를 밀도 있게 심어 신선하고 차가운 공기가 고이는 '공기댐' 건설
- 지역개발시 공기흐름을 파악하고 정량적으로 분석하기 위한 기후분석지도 작성 (SF6 가스 살포하여 분석하고 DB 구축)



< 기후분석도 >

< 토지이용계획 >

○ 바람길 조성 결과

- 시간당 1억9천m³의 신선한 공기를 도심부로 유입 : 도심의 오염된 공기를 밀어 내는데 성공

출처: <http://www.hansannews.com/news/articleView.html?idxno=32278>

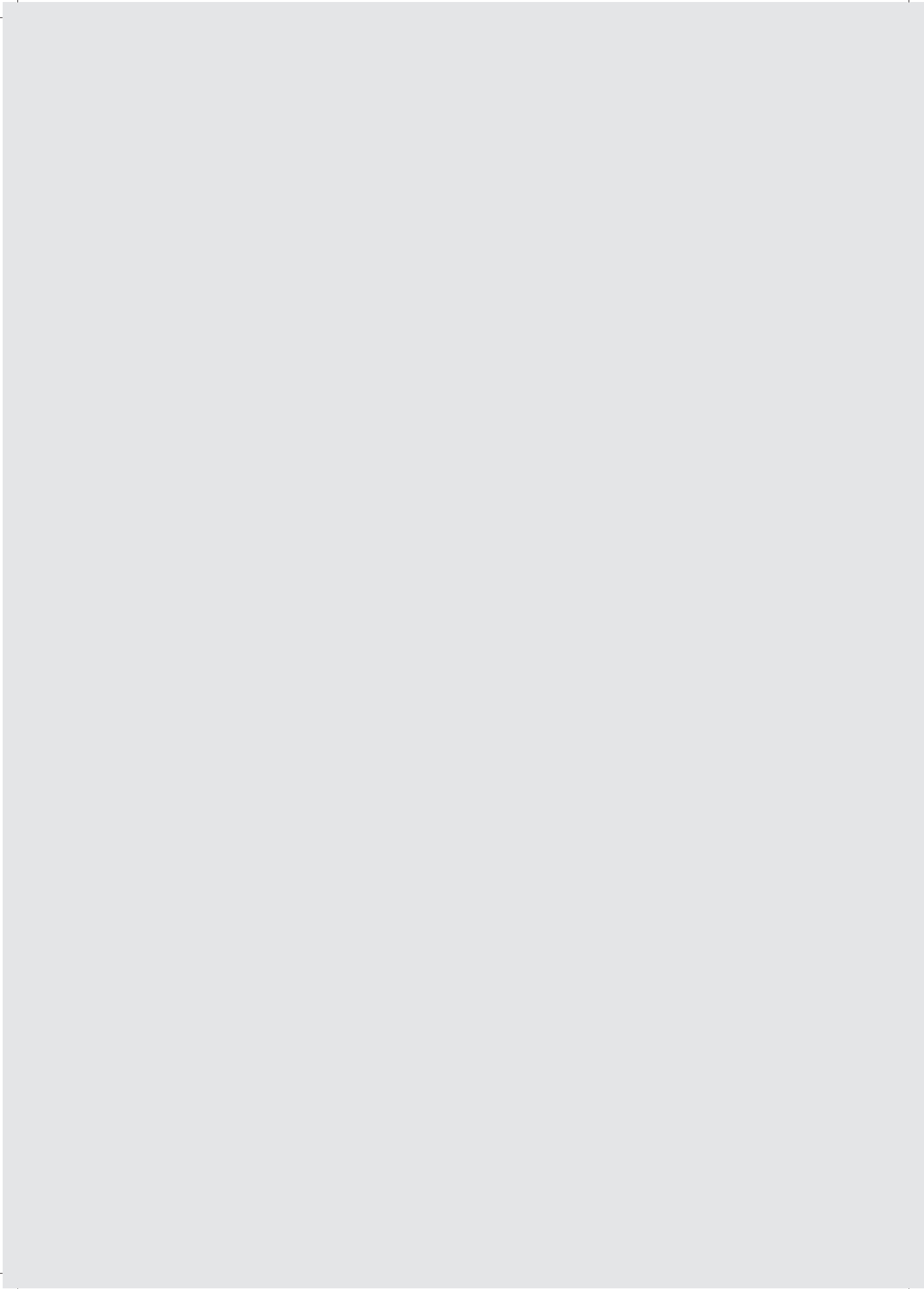
DSI

제5장 세종시 대기질 관리방안

제1절 주요 대기질 관리방안

제2절 배출원별 세부 대기질 관리방안

DAEJEON SEJONG
RESEARCH
INSTITUTE



제5장 세종시 대기질 관리방안

제1절 주요 대기질 관리방안

- 대기질은 지형, 기상조건, 내·외부 배출원 영향 등 복합적인 요인에 의해 영향을 받으며, 세종시의 경우 지리적 위치(지형) 및 기상학적 특성에 의해 상시적으로 주변국(중국)과 인근 지자체(수도권 서부, 충남지역) 대형 대기오염물질 배출원에 영향을 받음
- 대기환경은 단시일 내에 특정지역에서 개선하기에는 현실적으로 어려움이 있으며, 주변국 및 인근 지자체와 함께 공통의 목표 및 기본방향 설정 등 공동의 개선노력이 필요할 것으로 사료됨에 따라 세종시 차원에서의 대기환경 개선을 위한 관리방안을 제시하였음
- 국내외 다양한 대기질 관리방안 중 세종시에 필요하고 적용 가능할 것으로 판단된 관리방안을 ‘1. 직접적인 배출원 관리, 2. 조직 · 제도 · 행정, 3. 모니터링, 4. 협업 및 거버넌스’ 로 분류하여 목록화 하였음
- 세종시는 사회기반 시설, 주거시설 등 건설이 진행 중으로 그 과정에서 발생하는 오염에 대한 관리 방안을 건설단계로, 건설이 완료된 이후의 오염에 대한 관리 방안을 운용단계로 구분함
- 관리방안의 실행시기와 실행기간에 따라 우선순위로 단기 / 중기 / 장기로 분류하였고, 직접적인 대기오염 배출량을 감소시킬 수 있는 방안을 중요순위로 상 / 중 / 하로 분류하였음
- 예를 들어, 일반자전거의 경우 시민들과 직접적인 연관으로 도시 건설이 완료된 이후에 그 활용도가 클 것으로 판단되어 운용단계로 구분하였으며, 단기간에 실행할 수 있고 그 자체가 대기오염을 배출하기 않기에 우선순위는 단기로, 중요순위는 상으로 분류함

[표 5-1] 주요 대기질 관리방안

관리 방안	단계	순위	
		우선	중요
1. 직접적인 배출원 관리			
1.1. 도로이동오염원			
1.1.1. 친환경 이동(교통) 수단			
일반자전거	유용	단	상
전기 이륜차	유용	중	상
전기 및 수소차	유용	장	상
천연가스 차량 등	유용	장	상
1.1.2. 저공해 및 청정 연료 이용			
저유황유	유용	중	상
바이오디젤	유용	중	상
천연가스	유용	중	상
1.1.3. 차량 개선			
엔진효율 최적화	유용	중	상
엔진 개조 및 교체	유용	중	상
저마모 타이어, 저마모 브레이크 사용	유용	중	상
공회전 제한장치	유용	단	상
폐차	유용	중	상
1.1.4. 오염물질 저감장치			
DPF(Diesel Particulate Filter: 배기가스 후처리장치)	유용	단	중
PM-NOx 동시 저감장치	유용	단	중
매연 필터	유용	단	중
삼원촉매장치	유용	단	중
1.1.5. 도로 관리			
도로 포장	유용	중	상
도로 유지보수 개선	유용	중	중
청소차량 도입	유용	단	중
도로의 이물질 및 낙하물 제거	유용	단	중
습식 도로청소 등	유용	단	중
토사유입 방지	유용	단	중
먼지 억제제 사용	유용	단	중
1.1.6. 공회전 금지 및 운행속도 제한	유용	단	상
1.2. 사업장			
1.2.1 오염물질 저감 장치			
저녹스 버너	유용	중	상
저유황 연료	유용	중	상
1.2.2. 풍속에 따른 작업 제한	유용	중	중
1.3 생활주변			
1.3.1. 오염물질 처리 장치			
주유소 유증기 회수설비	유용	단	중

[표 5-1] 주요 대기질 관리방안(계속)

관리 방안	단계	순위	
		우선	중요
음식점 방지시설 설치	운용	중	중
저녹스보일러	운용	장	상
1.3.2. 나대지, 운동장, 주차장 등			
녹화사업(야생초, 잔디)	운용	단	상
포장 및 우드칩 도포	운용	중	상
먼지 억제제 사용	운용	단	중
살수	운용	단	중
1.3.3 노천 소각 억제	운용	단	상
1.3.4 기타			
경운작업 최소화(풍속 및 토양 수분함량 고려)	운용	단	상
농경지 바람막이 설치	운용	중	중
2. 조직·제도·행정			
2.1 도로이동오염원			
2.1.1. 공해차량 운행제한 지역 및 시간대	운용	장	중
2.1.2 교통 전략 및 제어			
대중교통 활성화 및 친환경화	운용	중	상
운행차 저공해화	운용	장	상
친환경 차량 인센티브 제공	운용	장	하
다인승 차량 우대 전략	운용	단	중
승용차 요일제	운용	중	중
도심내 개인차량 진입 억제	운용	장	중
교통 인프라 개선 및 확충	운용	장	하
기업체 교통수요 관리	운용	장	하
친환경운전(에코 드라이브) 활성화	운용	중	중
2.1.3 청정기술 보급			
친환경 이동 보급 및 인프라 구축	운용	장	중
천연가스 교체비 및 연료비 일부 지원	운용	장	하
연료전기기술 확대적용	운용	장	중
청정 연료 사용 의무화 및 확대	운용	장	상
연료 품질기준 및 사용규제 강화	운용	장	상
2.1.4. 법적 기준 강화			
운행차 배출가스 관리 강화	운용	중	상
2.1.5 기타			
살수차량 확충 및 진공청소차량 운영 내실화	건설	단	하
방진덮개 완벽 설치 운행	건설	단	하
차량 폐차 확대 및 부품교체 강화 프로그램	운용	중	하
운행차 배출가스 검사 및 배출가스 전문정비 사업	운용	중	중
도로변 대기오염측정망 기능 강화	운용	장	중
1사 1도로 클린제	건설	중	하

[표 5-1] 주요 대기질 관리방안(계속)

관리 방안	단계	순위	
		우선	중요
2.2. 사업장			
2.2.1 인벤토리 작성			
지역별 배출량 인벤토리의 작성	운영	단	상
배출시설 및 관련 자료의 일원화 및 정보시스템화	운영	중	상
총량관리시스템 운영	운영	중	하
2.2.2. 운영 관리			
청정기술 사업장에 대한 인센티브 제공	운영	중	중
배출시설의 현대화	운영	장	중
미세먼지 발생공정에 대한 방진 설비 설치	운영	중	중
PM hot spot에 대한 국지적 제어대책 강구	운영	중	중
전용창고, 야적장 등 실명화 추진	건설	단	하
미세먼지 발생원에 대한 환경전담요원 고정배치	건설	단	중
IT 기반 대형공사장에 배출관리를 위한 Webcam 설치·운영	건설	단	하
진공청소차량 운영내실화 및 주변 환경 청소 실시	건설	단	중
공사장 및 사업장 주변, 작업구간 살수 등	건설	단	중
사업장내 공한지 등에 대한 녹화사업 추진(수목식재)	건설	단	상
2.2.3. 법적 기준 강화			
배출허용기준 강화	운영	중	상
소비재의 VOC 배출규제 강화	운영	장	상
PM 제어시설의 적용 강화	운영	중	중
대기환경규제지역 지정제도 활용 및 관리 내실화	운영	중	상
각종 공사설계 및 허가시설 공사 시방서에 먼지저감을 위한 세부 이행 사항을 명시하여 시공토록 함	건설	중	상
사업장별 먼지저감 자체 세부실천계획 수립 추진	건설	중	중
공사장 비산먼지 배출량 삭감목표 관리제 도입	건설	중	상
지역 배출원 관리정보 확인 및 목표관리 시행	운영	중	중
질소산화물 배출부과금 부과	운영	장	중
공공기관 및 대형사업장부터 주차장이나 나대지의 포장 의무화 실시 및 조레 제정	운영	중	상
2.2.4. 지도 점검 감시			
대형공사장, 사업장 등 먼지발생원에 대한 관리기준, 저감 공법 마련 및 이행여부 확인	건설	중	상
배출공정에 대한 시설관리를 강화하고, 도로 토사운반차량 등을 점검·관리함	운영	단	상
먼지발생원 및 도로 재비산먼지 등 취약지역에 대한 상설 환경 지도 점검 및 순찰	건설	단	상
2.3. 생활주변			
2.3.1. 측정			
대기오염 예·경보체제 확립	운영	장	중

[표 5-1] 주요 대기질 관리방안(계속)

관리 방안	단계	순위	
		우선	중요
생활주변 지역의 미세먼지 관리 모니터링 제도 정착	운영	장	하
도로이동측정시스템	운영	장	중
2.3.2. 에너지			
신재생에너지 이용보급 활성화	운영	장	상
신재생에너지 기술 및 사용 촉진을 위한 인센티브	운영	중	하
2.3.3. 저감 장치			
먼지 제거 장비 보급	운영	중	중
음식점 오염방지시설 설치 의무화 및 지원	운영	장	중
친환경적인 난로 확대 보급	운영	단	하
유증기 회수설비 의무설치지역 확대	운영	중	중
2.3.4. 기타			
농어촌 지역 농업잔재물 소각 저감사업 추진	운영	단	하
퇴비화 & 자원화	운영	중	상
녹지기반 및 완충녹지 확보 등	운영	중	하
3. 모니터링			
대기오염 자동측정망 확충	운영	장	중
자동차 배출가스 상시감시시스템의 도입	운영	장	중
이동측정시스템 구축	운영	장	중
원격감시장치의 시범도입	운영	장	중
PM-2.5 규제를 고려한 모니터링 시스템의 정비	운영	장	중
미세먼지 예·경보제 운영인프라 확충	운영	장	중
4. 협업 및 거버넌스			
4.1. 지역 네트워크 형성			
시민, 사업체, 지자체, 전문가의 상호협력 체계 구축	건설	단	상
기업체 네트워크 강화(주기적인 회의 등)	건설	단	중
지역시민과 함께하는 공감형 프로그램 확대	운영	중	상
실무기관별 미세먼지 관련 매뉴얼 마련	운영	단	상
미세먼지를 포함한 대기환경 관리업무의 효율적 통합	운영	단	상
미세먼지 연구와 관련한 전담 인력 확충	운영	단	상
미세먼지 정보센터 운영	운영	중	중
4.2. 정보 제공			
대기환경, 미세먼지 및 교통 정보에 대한 시민공개 활성화	운영	단	상
날씨와 대기오염을 융합한 예·경보 실시	운영	단	상
환경안전 및 교통 교육홍보 강화	운영	단	하
대기오염발생 억제 방법 및 생활 지침서 제공	운영	단	하
4.3. 자발적 노력			
지역사회 구성원 모두의 자발적 노력 유도	건설	단	중
매연 및 미세먼지 신고제 도입	운영	단	하
Green and flower city 프로젝트 추진	운영	장	하

제2절 배출원별 세부 대기질 관리방안

- 세부 관리방안을 주요 배출원에 따라 ‘1. 이동오염원 및 도로, 2. 고정오염원 및 비산먼지 발생사업장, 3. 생활주변’으로 재분류하였음
- 배출원에 따른 분류 이외에 대기질 관리의 과학적 접근 및 신뢰도 향상을 위한 ‘인프라 구축’과 비용효과적인 수행을 위한 ‘협업과 거버넌스’ 방안을 ‘4. 기초 분야’로 분류하였음

배출원	이동 (도로)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 친환경 이동(교통) 수단 확대 ■ 차량 개선 ■ 도로 관리 ■ 교통 전략
	고정 (비산먼지 발생사업장)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 대기오염물질 인벤토리 작성 ■ 오염물질 발생 저감 및 사업장 운영 관리 ■ 비산먼지 발생 사업장 운영 관리 ■ 법적 기준 강화
	생활 주변	<ul style="list-style-type: none"> ■ 오염물질 저감 장치 보급 ■ 나대지, 운동장(마사토), 주차장 관리 ■ 교외지역
기초분야	인프라 구축	<ul style="list-style-type: none"> ■ 대기오염(고정)측정망 확충 ■ 대기오염 이동측정시스템 도입 ■ 오염원 목록 구축 및 최신화
	협업 및 거버넌스	<ul style="list-style-type: none"> ■ 지역 네트워크 형성 ■ 지역 맞춤형 목표관리 체계 ■ 정보 공유 ■ 공감형 프로그램 확대 ■ 사회 구성원의 자발적 노력 유도

1. 이동오염원 및 도로

1) 친환경 이동(교통) 수단 확대

- 무동력 일반자전거, 전기 이륜차, 전기, 수소 및 천연가스 차량 등의 친환경 수단을 확대를 위해 보조금 지원, 통행료 할인, 우선차로 접근 등 다양한 인센티브 등을 확대하며, 이용 활성화를 위하여 기반시설을 개선하고 체계적으로 구축하도록 함
- 무동력 일반자전거 확대
 - 동력을 사용하지 않기에 대기오염물질을 발생하지 않는 무동력 일반자전거를 취미, 놀이가 아닌 출퇴근, 등하교, 화물운송 등 실용자전거로 이용할 수 있도록 사회적 인식, 정책(제도), 기반시설 등의 인프라 구축
 - 대만 카오슝(Kaohsiung)은 159개 역사에 자전거 대여소를 설치하고, 자전거 도로 755km를 구축하였고, 네덜란드 호로니언(Groningen)은 자전거 교통분담율 61%(등교 시 70%)로 자전거 보유대수 가구당 3.1대 및 자동차 도심 진입 금지와 자전거 친화도시, 보행자 친화도시 정책을 지속하고 있으며, 미국은 기업, 단체, 기관, 대학 등 직원과 고객의 자전거 이용 인센티브, 사업장 내 자전거 주차 및 기타 기반시설 확충, 자전거 관련 조직 및 교육 프로그램 유무 등을 평가하여 인증하는 자전거 친화기업 인증제도(BFB)를 정책화하였음
- 친환경자동차 보급
 - 친환경자동차 확대를 위해 정부는 2020년까지 친환경차 150만대, 전기차 충전기 3,000기, 수소차 충전소 100개소 확대를 위한 소요예산을 협의 중이며, 천연가스(2017년 12백만 원) 및 천연가스 하이브리드(2017년 35백만 원) 버스 구입비 확대 계획 중
 - 세종시는 환경부의 전기자동차 보급확대 정책에 따라 구매 보조금을 지원할 계획이며, '17년 50대(상반기 20대 완료, 하반기 30대) 보급을 추진중이며, '20년까지 총 500대 보급을 계획하고 있음

- 「환경친화적자동차의 개발 및 보급 촉진에 관한 법률 시행령」 제18조의4에 따라 환경친화적 자동차 충전시설을 설치해야 하는 의무대상 시설은 공공건물 및 공중이용시설, 500세대 이상의 아파트, 시·도지사 또는 시장군수가 설치한 주차단위구획을 100개 이상 갖춘 주차장 등이 해당됨
- 현재 세종시에는 아파트, 마트 및 환승센터 등에 32기와 거점형 집중충전소 1개소가 설치되어 급속충전시설 인프라가 조기 구축되어 있는 상태임
- 청정 연료(바이오디젤) 사용 확대
 - 바이오디젤은 경유에 비해 CO₂, 유해배출가스 및 SO_x, 발암성 방향족물질 등 독성물질의 배출량이 현저히 낮으므로, 바이오디젤을 경유와 혼합하여 사용할 경우 오염물질의 배출량이 감소됨
 - 경유에 바이오디젤을 20~30% 혼합하여 사용했을 경우, CO 17%, HC 15%, PM 18%, 매연 14%가 저감되는 효과가 있다고 보고한 바 있음⁵⁾

2) 차량 개선

- 엔진효율 최적화
 - 차량에서 배출되는 오염물질은 엔진에서 연료가 연소되면서 발생되기에, 엔진의 효율이 최적화된다면 온실가스, NO_x, PM 등 오염물질이 저감됨
 - 엔진효율 최적화는 연소시간, 압축비, 밸브시간 등과 연관이 있으며, 엔진 공정의 개선은 연소공정을 변화시켜 효율을 최적화하는 방안으로 배기가스재순환, 전기밸브 제어 등이 포함됨
- 오염물질 저감장치 보급
 - 자동차에 대해 배출가스저감장치(DPF, p-DPF, DOC, 공회전 제한 장치) 등을 부착하거나 저공해엔진으로 개조하여 저공해 추진

5) 산업통상자원부 보도자료(2005.4.6.), 바이오디젤 보급 활성화를 위한 공청회

- DPF(매연저감장치) : PM 등 오염물질을 촉매가 코팅된 필터에 포집·산화시켜 이산화탄소와 수증기로 전환하여 제거하는 장치, CO 및 HC 75%이상, PM 80% 이상 제거
 - p-DPF(매연저감장치) : 자동차배출가스에 포함되어 있는 PM 등 오염물질을 촉매가 코팅된 필터에 포집·산화시켜 이산화탄소와 수증기로 전환하여 제거하는 장치, CO 및 HC 75%이상, PM 50% 이상 제거
 - DOC(산화촉매장치) : 자동차배기가스에 포함되어 있는 CO 및 HC와 입자상물질 중 용해성유기물(SOF)을 촉매가 코팅된 필터 등을 이용하여 산화 제거하는 장치, CO 및 HC 75%이상, PM 25% 이상 제거
 - LPG엔진개조 : 압축착화식인 경유엔진을 불꽃점화식인 가스엔진이나 오염물질이 적게 배출되는 LPG 또는 CNG 등 저공해엔진으로 개조, CO 56%, HC 94%, NOx 72%이상, PM 100% 제거
 - 공회전 제한 장치 : 운행중인 자동차가 신호등 및 정류장 등에서 일정시간 이상 정차시 시동이 꺼졌다가 재출발시 시동을 걸어 주행할 수 있도록 하여 불필요한 자동차 공회전을 자동으로 방지하는 장치
- 저마모 타이어 및 브레이크 사용
- 포장도로 비산먼지의 상당부분이 타이어 마모, 브레이크 마모에 의해 발생하므로 저마모 타이어, 저마모 브레이크의 보급 확대
 - 최근 개발된 타이어는 일반타이어에 비하여 17%의 미세먼지 저감효과가 있는 것으로 보고되고 있음
- 노후경유차 조기폐차
- 노후된 차량은 연료 소비량이 많고, 출력이 낮으며, 신규 자동차에 비해 오염물질 배출이 많아 대기오염의 주된 유발요인임

- 정기검사 불합격 차량, 특정자동차 중 정비, 차량 개조, 배출가스저감 장치부착 등을 통해서도 기준 준수가 어렵거나, 정비 비용이 과다하게 소요되는 자동차 등 객관적인 기준을 마련한 후 조기폐차를 유도하도록 함
- 세종시는 '17년 상반기에 127대를 지원하였고, 하반기에 50대를 추가 지원할 예정이며, 이후 '20년까지 매년 200대의 조기폐차 보조금 지원을 계획중에 있음
- 자발적 운행차 배출가스 검사
 - 교통안전공단에서는 운행차 배출가스 검사를 정기검사와 정밀검사로 구분하여 검사하며, 검사에서 불합격된 차량에 대해서는 차량의 개선 또는 폐차유도를 통해 연비를 향상시키고, 오염물질의 배출가스를 감소시키고 있음
 - 공공기관 등에 자율적 운행차 배출가스 검사 시설을 설치하여 강제적인 수단 이전에 자발적으로 차량 상태를 검거할 수 있도록 한 후 차량을 관리할 수 있도록 유도함
- 배출가스 전문정비업 제도
 - 배출가스를 과다 배출하는 차량의 정비내역을 엄격하게 관리하여 실질적 정비를 유도하고 불법·과잉 정비로 인한 차량 소유자의 불만을 해소함

3) 도로 관리

- 포장 또는 비포장 도로표면에 쌓여 있던 오염물질이 자동차의 주행 또는 바람에 의해 대기 중으로 재비산될 수 있으므로, 도로 위의 오염물질을 저감하기 위해서는 도로변 청소, 도로 포장 등이 이루어져야 함
- 한국환경공단 자료에 따르면 도로 청소 전/후를 이동측정시스템으로 측정한 결과 먼지저감 효과가 전체 평균 49%로 나타난 바 있음

○ 도로 청소

- 도로의 이물질 및 낙하물 등의 처리를 위한 청소차량을 도입하고 주기적인 도로 상태 확인 및 신고 체계를 구축하여 도로의 오염물질 방치를 최소화함
- 도로 청소 방식의 경우 습식(물) 또는 진공 청소 방식을 적용하여 청소 과정에서의 오염물질 재비산을 최소화하고, 청소차량도 습식 및 진공 청소 방식의 차량을 도입하도록 함 : 청소수의 경우 빗물 또는 하수처리 방류수 등의 재이용수를 이용하면 경제적 이득도 얻을 수 있음
 - 「‘레이시티’ 수원, 빗물 재활용해 2억1400만원 아꼈다. 이데일리 2017.02.07」노면 청소 차량이 빗물로 도로를 청소하고 공사현장에 먼지를 가라앉힐 때도 살수차가 빗물을 뿌리고 있음
 - 「당진시, 하수처리 방류수 활용 도로 물청소 돌입. 대전일보 2017.07.03.」 도로면 청소에 활용되는 물은 당진공공하수처리장과 고대부곡하수처리장에서 깨끗하게 정화한 방류수를 재활용하기 때문에 1석2조의 효과가 기대됨
- 토사 방지막 등을 활용하여 토사가 도로에 유입되는 것을 차단하고, 도로변에 화단 및 녹지대를 조성하여 토사의 유실을 억제하는 등 도로주변 지형의 관리를 강화하도록 함

○ 도로 포장

- 비포장도로를 빠른 기간 안에 포장하도록 하며, 포장이 완료될 때까지는 먼지 억제제 또는 주기적인 살수를 통해 오염물질의 재비산을 억제하도록 함

○ ‘1사 1도로 클린제’ 실천운동 전개

- 개별 사업장마다 사업장 주변 1도로를 맡아 관리하는 제도
- 행정규제나 적발 위주의 단속으로는 날림먼지가 발생하는 사업장의 근본적인 대책 마련에 한계가 있어, 사업자의 자발적인 참여로 민원을 원천적으로 차단하기 위한 제도

4) 교통 전략

○ 혼잡통행료 제도 도입

- 영국 런던에서는 교통 혼잡 문제를 해결하기 위해 2003년에 혼잡 통행료를 도입한 결과 교통 혼잡도는 약 30% 감소, 승용차 통행을 포기한 수요 60%가 대중교통을 이용함
- 구급차, 경찰 차량 등 특정 차량을 제외한 교통혼잡지역을 통과하는 차량을 대상으로 특정 요일과 시간대에 혼잡통행료를 부과함
- 교통혼잡 지역은 교통혼잡으로 인한 대기오염이 심한 지역으로 지정할 수 있으며, 광범위한 지역을 지정하는 것보다는 소범위의 여러 곳으로 나누어 지정하는 것이 효과적임

○ 공해차량 운행 제한

- 운행속도 제한 : 운행속도 감속은 대기오염물질 배출량을 저감할 수 있으며, 저비용으로 추진 가능함
- 운행제한 지역 설정 : 국지적인 교통정체와 대기질이 악화될 지역에 대해서는 배출가스 검사에서 불합격한 차량이나 노후차량, 오염배출비중이 높은 경유차량 특히 대형화물차량의 통행을 원칙적으로 억제하는 방안이며, 2010년 런던시의 “Low Emission Zone“과 같은 사례임
- 운행제한 시간대 설정 : 오염물질 저감장치 장착 또는 친환경자동차 이외의 차량에 대해 교통정체가 심하거나 대기질이 악화될 경우에는 도심진입을 제한함

○ 친환경운전 교육

- OECD에 따르면 친환경운전을 통해 온실가스 배출량 10%까지 감소시킬 수 있으며, 연비는 약 8% 향상이 가능하고, 친환경 운전습관은 일반적인 운전습관 보다 연료소모율이 약 20%에서 40%까지 절약 가능

- 시내버스 및 공공기관 근로자를 우선 대상으로 친환경운전 교육을 실시하고 대규모 사업장 등으로 교육대상을 확대하며, 일회성 교육이 아닌 주기적인 교육을 통해 친환경운전 교육의 중요성을 인식 시키도록 함

2. 고정오염원 및 비산먼지 발생 사업장 관리

1) 대기오염물질 인벤토리 작성

- 공정별, 업종별, 지역별 등 하부에서 상부단위까지 체계적인 대기질오염 인벤토리 작성
 - 인벤토리는 가장 기초자료로써 모든 관리정책 수립의 출발점으로 체계적으로 이루어지지 않을 경우, 향후 대책 수립과 이행, 효과 분석 시 등에 어려움이 발생함
 - 국가 차원의 인벤토리는 세종시의 실정을 정확히 반영하는데 한계가 있기에, 세종시 주도의 인벤토리를 작성할 필요가 있음
 - 작성방식은 기본 방향과 틀은 세종시에서 구축하고 최하위 행정구역에서 상위로 접근하는 하향식(Bottom-up) 방식이 많은 시간과 노력이 필요하겠지만, 세부적이고 체계적인 작성을 위해서는 적절할 것으로 판단됨
- 대기방지시설로부터 초미세먼지 전구물질 배출량 인벤토리 구축
 - PM_{2.5}는 1차 오염물질이면서 아황산가스와 질소산화물 등 다른 1차 오염물질에 의해 생성될 수도 있는 2차 오염물질이기에, 해당 지역의 대기오염 특성을 파악하는데 중요함
- 대기오염원에 대한 정보시스템화
 - 다양한 대기오염원에 대한 사용물질, 사용량, 생산공정 등 관련 자료를 오염원별 특성에 맞게 일원화하고, 주기적으로 조사하도록 함
 - 조사된 관련 자료의 활용 효율을 높이기 위하여 체계적으로 정보시스템화하고 관련 기관이나 부서간에 공유하도록 함

2) 오염물질 발생 저감 방안

○ 저NOx버너 설치

- 저NOx버너는 연료 및 공기 혼합특성을 조절하여 연소강도를 낮추고 연소초기 영역의 산소농도와 화염 온도를 낮추어, 열에 의한 NOx 및 연료의 질소 성분에 의한 NOx의 생성을 억제시킴
- 저NOx버너 기술은 다단연소, 배기가스 재순환, 부분 예비혼합 연소, 급속 혼합연소 등이 있음
- 「저NOx버너 설치 지원 사업」으로 벙커C유 등을 사용하는 보일러 버너에서 배출되는 오염물질을 저감하기 위해 중소기업, 상업용 건물 등에 설치된 버너를 질소산화물(NOx) 등 대기오염물질을 적게 배출하는 저NOx 버너로 교체하는 비용을 지원하고 있음

○ 저유황 연료 사용 확대

- 연료에 유황함유량이 높을수록 대기오염물질인 황산화물(SOx) 발생하기에 유황함유량이 낮은 저유황연료를 사용하도록 유도함

[표 5-2] 연료별 대기오염물질 배출계수

연료명	먼지		황산화물			질소산화물			
	난방	산업	발전	난방	산업	발전	난방	산업	발전
등유(황함량 0.001%)	0.05		0.05	17.0S	2.16	2.16	2.16		
등유(황함량 0.1%)	0.24		0.24, 0.07 ¹⁾	17.0S	2.40	2.40	2.40,		14.7 ¹⁾
경유(황함량 0.1, 0.05%)	0.24		0.24, 1.67 ²⁾	17.0S	2.40	2.40	2.40,		53.4 ¹⁾
B-A유	0.84		0.84	5.28	5.99	5.99	5.99		
B-B유	1.20		1.20	14.3S	2.47	2.47	2.47		
B-C유(황함량 0.3~4.0%)	1.1S+0.39		1.1S+0.39	14.3S	6.64	6.64	6.64		
무연탄	5.0A		5.0A	19.5S	5.83	5.83	9.00		
유연탄	5.0A		5.0A	19.0S	4.55	4.55	7.50		
LNG	0.03		0.03	0.01	3.70	3.70	6.04, 42.9 ²⁾		
LPG	0.07		0.07	0.01	2.18	2.28	2.28		

비고. 1. A(회분함량) : 무연탄(40%), 유연탄(10%)의 회분함량 값은 각각 40, 10임
 2. S(황 함량) : 등유(0.1%), B-A유(1.5%), B-B유(1.2%), 무연탄(0.7%), 유연탄 (0.5%)의 황 함량값은 각각 0.1, 1.5, 0.7, 0.5 임
 3. 배출계수단위 : 유류(g/L), 석탄(g/kg), LNG(g/m³), LPG(g/kg)
 4. 환산계수 : LNG(1kg=1.238m³), LPG(1kg=1.97L=0.529m³)

주: 1) 가스터빈; 2)내연기관

3) 운영 관리

○ 오염물질 확산 억제 및 차단

- 오염물질은 원료자체, 제조 과정 등에서 발생하므로 발생한 오염물질이 외부로 확산되는 것을 억제·차단해야 함
- 원료 및 제품의 경우는 최대한 밀폐공간에 보관하며, 제조 과정에서는 후드 등의 국소배기시설을 이용하여 오염물질을 최대한 포집하여 확산을 최소화하도록 함

○ 맞춤형 방지시설 설치

- 원료, 제조 방법 등에 따라 발생하는 오염물질이 다르기에 오염물질 처리를 위한 방지시설의 종류도 달라지므로 방지시설 설치에 신중을 기하여 오염물질 특성에 맞는 최적의 방지시설을 설치하도록 함
- 전처리 장치로 인하여 방지시설의 효율을 높일 수 있으므로, 방지시설 설치 시 전처리 장치도 함께 고려하도록 함

○ 환경전담요원 고정 배치

- 오염량이 많은 공정과 지역(Hot spot) 등에 오염을 제어하고 처리하는 환경전담요원을 고정 배치하는 상시 관리 방식을 통해 오염을 최소화하도록 함
- 환경전담요원을 고정 배치하기 어려울 경우, IT를 기반한 webcam이나 센서 등을 활용하여 모니터링 하도록 함
- 모니터링 자료를 지자체, 시민 등 이해관계자들에게 공개하여 사업자에게 오염물질 저감의 동기가 부여되고 이해관계자들로부터 높은 신뢰도를 얻을 수 있음

4) 비산먼지 발생 사업장 관리

- 세종시의 경우 개발계획에 따라 '30년까지 건설공사가 지속적으로 진행되어 관리 대상 사업장 증가가 예상되며, 공동주택 주변의 중소규모 공사 역시 빈번할 것으로 예측되어 시민들의 대기오염(미세먼지) 체감도는 매우 높을 것으로 판단됨
- 비산먼지 발생 사업장에 대해 야적물 보관 시 방진덮개 설치, 야외 이송시설 밀폐화 및 수송시 적재기준 준수와 적재함 덮개, 공사장 입구 세륜세차시설 설치, 방진막·방진망·방진벽 설치 등 비산먼지 억제 시설 설치 등을 통해 비산먼지 발생이 최소화 될 수 있도록 함
- 풍속에 따른 작업 제한
 - 토목, 건설 작업시 풍속이 클 경우 오염물질이 재비산 될 수 있으므로, 풍속에 따라 작업을 제한하도록 함
 - 대기환경보전법에서는 신기 및 내리기 공정에서 평균초속 8m 이상일 경우에는 작업을 중지하도록 하고 있음
 - 미국의 코첼라시에서는 풍속이 30mph(약 13.4m/s) 이상 또는 그렇게 예상되는 날은 토사이동, 운반활동을 억제하고 있으며,
- 건설현장 비산먼지를 억제를 위해 염화칼슘 또는 염화마그네슘 살포
 - 염소성분이 공기중의 수분을 흡수하여 먼지를 억제하는 역할
 - 과다 살포시 토양의 경화 / 차량 및 금속성 장비의 부식 / 호흡기를 통한 흡입시 인체에 악영향 등을 줄 수 있기에 사용에 유의할 필요가 있음
- 진공청소차량, 습식 방식을 이용한 즉각적인 주변 환경 청소
 - 미세먼지 고농도시 사업장 주변 물청소 횟수 증회
- 특별교육 등을 통한 사업장의 자발적인 비산먼지 감축 유도 및 의식 고취

5) 법적 기준 강화

- 지역 배출허용기준 제정
 - 지역 특성에 맞는 배출허용기준을 설정하여 대기오염도, 기상상태 등에 따라 탄력적으로 적용
 - 세종시는 다른 지역에 비해 안개가 많기에 이에 따른 대기오염도 달라질 수 있으므로 기상 상태와 대기오염을 연계할 필요가 있음

< 세종, '잔인한' 안개의 도시>

- 금강, 미호천이 행복도시를 감싸고 있고 주변은 산으로 둘러싸인 분지형태
- 수증기는 꾸준히 공급되지만 공기가 주변으로 확산되지 않고 밤사이 기온이 내려가면서 수증기가 응결되어 짙은 안개 발생



출처: [세종풍향계] 세종은 '잔인한' 안개의 도시, 이데일리(2014.11.23.)

- 대기환경규제지역 지정제도 활용 및 관리 내실화
 - 지역의 오염물질 종류, 양, 기상, 지형 여건 등에 따라 오염도가 다르게 나타나므로, 지역별로 환경용량을 감안하여 환경기준을 초과하는 오염물질에 대한 다각적이고 집중적인 저감대책을 시행할 필요 있음

- 정부 주도의 지역관리의 한계를 넘어, 지역실정에 맞는 효율적인 대기질 관리를 위해 대기환경규제지역 지정제도를 활용하는 것도 바람직한 접근 방법임
- 질소산화물 배출부과금 부과
 - 질소산화물은 대기오염물질로 2차 미세먼지의 원인물질이기도 하지만, 대기오염 배출부과금 대상물질에서 제외된 상태임
 - 배출부과금 대상물질 : 황산화물, 암모니아, 황화수소, 이황화탄소, 먼지, 불소, 염화수소, 염소, 시안화수소
- 오염물질 총량관리제
 - 총량관리제란 사후적 관리인 배출농도관리와는 달리 배출총량을 기준으로 관리하는 사전 예방적 관리로, 오염물질별 목표 대기질 달성을 위한 배출허용총량을 산정한 후 사업장별로 배출량을 할당하여 그 범위에서 오염물질을 배출하도록 하는 것을 말함(찾기쉬운 생활법령정보 홈페이지)
 - 수도권외의 경우 5년마다 연도별로 구분하여 총량관리대상 오염물질의 배출허용총량을 할당하는 방식으로 진행 중임
- 공한지 관리 조례 제정
 - 사업장 내 공한지에는 오염물질이 쉽게 퇴적될 수 있으며, 바람이나 차량의 이동에 의해 퇴적된 오염물질이 재비산되기 쉬운 오염물질 우심지역임
 - 사업장 내 공한지를 최소화하도록 유도하며, 수목식재, 표면덮개 등을 통해 오염물질 퇴적 및 재비산을 억제하도록 함
- 사업초기 단계부터 오염물질 저감을 위한 실천계획 수립 추진 의무화
 - 각종 공사설계 및 허가시설 공사 시방서에 먼지저감을 위한 세부 이행 사항을 명시하여 시공토록 함
 - 사업장별 대기오염물질 자체 세부 실천계획을 수립하고 운영하도록 함

- 삭감목표 관리제 : 사업 계획시 세종시에서 예상 오염물질 발생량을 사업자에게 제시하고 사업자는 환경영향평가서 작성과정에서 저감량(목표저감량)을 제시하는 하는 제도

○ 대기오염물질 배출 사업장에 대한 행정기관의 철저한 지도·점검

- 대형공사장 등 오염물질 발생사업장에 대해 정기 또는 수시로 지도·점검을 실시하여 경각심을 고취하도록 함
- 오염물질 배출공정에 대한 억제시설 적정설치, 정상가동 유무, 청소 및 살수, 방진막·방진망 등에 대한 지도 점검 실시
- 오염물질을 배출량이 많고, 배출공정이 다양한 사업장에 대한 지도·점검 횟수를 증가시키고, 우수한 사업장에 대해서는 감소시킴

3. 생활주변 관리

1) 오염물질 저감 장치

○ 음식점 오염방지시설 설치

- 주거생활 주변에 위치한 직화구이(고기, 생선 등) 음식점의 경우는 조리과정에서 오염물질을 발생시키므로, 대형 음식점을 중심으로 오염방지시설을 설치하도록 유도함
- 오염물질을 포집하는 후드와 외부로 배출되는 덕트에 대한 주기적인 청소를 통해서도 오염물질의 배출량을 저감할 수 있음

○ 주유소 유증기 회수설비 설치

- 차량의 증가로 인한 생활 주변에 주유소의 수가 증가하고 있음
- 유조차가 주유소 저장탱크에 급유하거나 차량에 주유하는 과정에서 공기 중으로 새어 나오는 유증기에는 벤젠 등 오염물질이 포함되어 있음

- 유증기 회수설비 의무설치지역을 산업단지, 대기보전특별대책지역 등 상대적으로 높은 대기오염이 우려되는 지역에서 교통량, 어린이 시설, 인구가 많은 지역으로 확대시켜 나갈 필요가 있음

2) 나대지, 운동장(마사토), 주차장

- 생활주변의 공터는 녹화사업(공원 조성)을 추진하고, 소규모 지역에 대해서는 텃밭으로 활용하며, 나대지에는 잔디, 야생초 등을 식재하여 오염물질의 재비산을 억제함
- 운동장은 인조 혹은 천연 잔디 시설로 변경하거나, 주기적인 물뿌리기, 먼지 안정제 살포, 스프링클러를 설치하도록 함
- 비포장 주차장, 인도 등의 경우 전면 포장작업을 시행하며, 전면포장에 장시간이 소요될 경우에는 우드칩 등으로 도포 실시(나대지 포함)



[그림 5-1] 공원 인도의 우드칩 시공 사례

출처: GK-GK기술연구소(<http://www.greenkeeper.co.kr>)

- 조례 제정 : 주거지역 내 나대지의 경우는 소유주가 오염물질 저감대책을 마련하고 실행하여 관리토록 강제적 수단을 동원할 필요도 있음

3) 교외지역

○ 농업활동에 의한 비산먼지

- 경운작업을 최소화하거나 토양 수분함량이 높을 때 경운작업 실시
- 풍속이 클 때는 경운작업을 제한
- 농경지에 바람막이 등을 설치

○ 노천 소각 관리

- 교외(농촌)지역은 주민들의 환경 의식 미흡, 생활 습관, 폐기물 처리의 어려움(폐기물 수거 차량의 운영 부족) 등의 이유로 가연성 폐기물의 경우 상당량 노천 소각되고 있음
- 폐기물 처리에 대한 교육 및 홍보 강화를 통해 의식 전환
- 농촌지역 특성(광범위한 지역에 가옥들이 산재되어 있음)에 맞는 체계적인 폐기물 수거 시스템 개발
- 개별 가옥 단위가 아니라 마을 단위로 폐기물을 공동 수거 및 처리하고(마을별 영농폐기물 공동집하장 설치), 개별 가옥 단위의 종량제가 아닌 마을단위 종량제도 검토할 필요가 있음

○ 농업잔재물 재활용

- 농업잔재물을 분쇄기로 잘게 부순 다음 퇴비화하여 비료로 사용
- 펠릿 형태로 가공하여 화목 난로의 연료로 사용

○ 화목난로 관리

- 농촌지역 및 전원주택 등에서 화목난로에 대한 수요가 증가하고 있으나, 관리 방안 및 대기오염에 대한 인식이 부족함
- 화목난로 사용 시기와 요령, 권장하는 연료, 효율적인 연소방법 등 화목난로 관리 및 대기오염 억제 방안에 대한 안내서 보급

4) 기타

○ 인센티브 제공

- 신재생에너지 이용 촉진
- 숯가마, 음식점 등 소형시설에 대해서 공정 개선 유도
- 주민의 기존의 장치(보일러, 온수기)를 높은 연료 효율 장치로 교체

○ 생활주변 지역의 오염물질 관리 모니터링 제도

- 대기오염도를 시민이 직접 체감하고 동참할 수 있는 모니터링 방법을 모색하여 활용하도록 함

< 대전시 대기오염시민모니터링단 >

○ 대전의 대기오염도를 측정하는 대기오염시민모니터링단



○ 도농복합지역 특성을 활용하여 환경 체험 실시

- 농촌지역 주민은 도시지역을 도시지역 주민은 농촌지역의 환경 체험을 통해 환경오염에 대한 경각심 고취

○ 생활주변 오염원 관리조례 제정

- 생활주변 오염원에 대한 체계적이고 종합적인 관리 및 일관성 유지를 위한 제도적 장치가 필요함
- 조례 내용 : 오염원 대상 설정 방법, 오염원별 규제 이행 유도 및 지원 방법, 모니터링 방법, 발생저감 및 관리 지침서 작성 등

4. 기초 분야

1) 인프라 구축

○ 대기오염(고정)측정망 확충

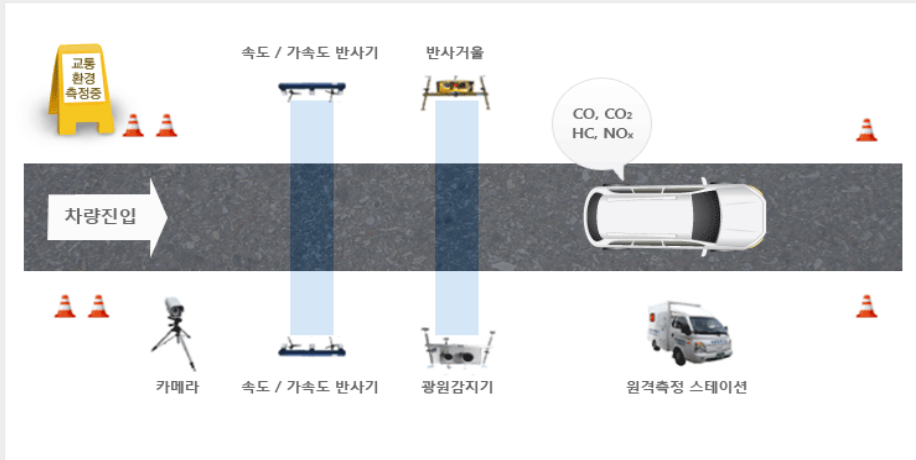
- 대기질 관리를 위해서는 우선적으로 대기질 오염도에 대한 현 실태 파악이 이루어져야 하고, 향후 지속적으로 현황 파악이 반드시 이루어져야 함
- 현재 세종시는 2개소의 도시대기측정망이 운영되고 있으며, 측정망 미설치 지역(한솔동, 부강면 등)에 도시대기측정망 (17~18년) 2개소와 유해대기·중금속 측정망(19년) 2개소를 확충할 계획임
- 측정망 확충 시 도농복합지역 특성에 맞게 도시지역과 농촌지역을 구분하여 각각의 특성에 맞게 비용 효과적으로 설치
- 민간에서 운영하고 있는 대기오염측정망 현황을 파악하고, 이를 현재 국가에서 운영하고 있는 대기오염측정망과 연계하여 활용할 경우 적은 국가 예산으로 많은 자료를 확보할 수 있음

○ 대기오염 이동측정시스템 도입

- 고정측정망을 무한정 확충하는 것에는 비용적인 한계가 있고, 차량과 같이 이동오염원에 대한 측정에도 한계가 있기에 이동 가능한 측정시스템 도입이 필요함
- 한국환경공단에서는 운행차 배출가스 원격측정 수시점검 제도를 운영하고 있음

< 운행차 배출가스 원격측정(RSD) 수시점검 제도>

- 강제정차식 수시점검으로 인한 교통체증 유발, 교통사고 위험 없이 주행 중인 차량의 배출가스를 측정하여 도심 대기질 개선 도모
- 적외선, 자외선을 투사하는 측정기 및 반사기를 설치하여 통과차량의 배출가스에서 흡수된 빛 에너지를 분석하여 배출가스 농도 측정



○ 오염원 목록 구축 및 최신화

- 오염원에 대한 자료는 대기질 관리를 위한 기초이기에 객관적이고 명확해야 함
- 산업구조가 고도화되고, 급속화 되면서 다양한 업종이 생겼다가 없어지고, 다양한 제품과 공정이 있기에 이에 따라 자료도 최신화 되어야 그에 적합한 관리방안을 도출할 수 있으며, 이를 적용해야 효과적으로 대기질을 관리할 수 있음

2) 협업 및 거버넌스

○ 지역 네트워크 형성

- 지역 대기오염 문제를 해결하기 위해서는 이해당사자인 시민, 사업체, 지자체, 전문가의 상호협력 체계가 구축되어, 신속한 정보 공유, 대응 및 공감대 등이 형성되는 것이 중요함
- 주기적인 만남을 통해 네트워크 강화
- 하나의 대기오염 정보센터 운영 : 이해당사자들이 함께 운영하고 모든 대기오염 관련 정보를 취합하여 관리 운영하며, 전담인력을 배치하여 전문화함

○ 보편적 관리체계에서 지역 맞춤형 목표관리 체계로 전환

- 도시 및 농촌지역이 통합된 특성에 적합한 맞춤형 관리방안 마련
- 대기오염 관련 실무기관별 관리 매뉴얼 마련 및 향후 대기환경 관리 업무의 효율적 통합 추진

○ 대기질 공개시스템 강화(정보 공유)

- 효과적인 대기질 관리를 위해서는 모든 정보에 대한 투명성과 개방성이 기본 바탕으로 이해관계자간의 자율적인 소통이 이루어질 필요가 있음
- 대기오염 현황, 미세먼지, 교통량, 사업장, 날씨 등 대기오염 관련 정보 등에 대한 시민 공개 활성화
- 한국환경공단의 대기측정망 정보 공개시스템과 연결

○ 지역 시민과 함께하는 공감형 프로그램 확대

- 대기오염의 직접적인 피해자인 지역시민의 적극적인 참여를 통한 관리방안 마련(리빙랩 활용)
- 대기오염 발생, 대기오염 저감방안 미적용 등에 대한 신고포상제도 도입
- 대기오염 발생 억제 방법 및 생활 지침서 발굴

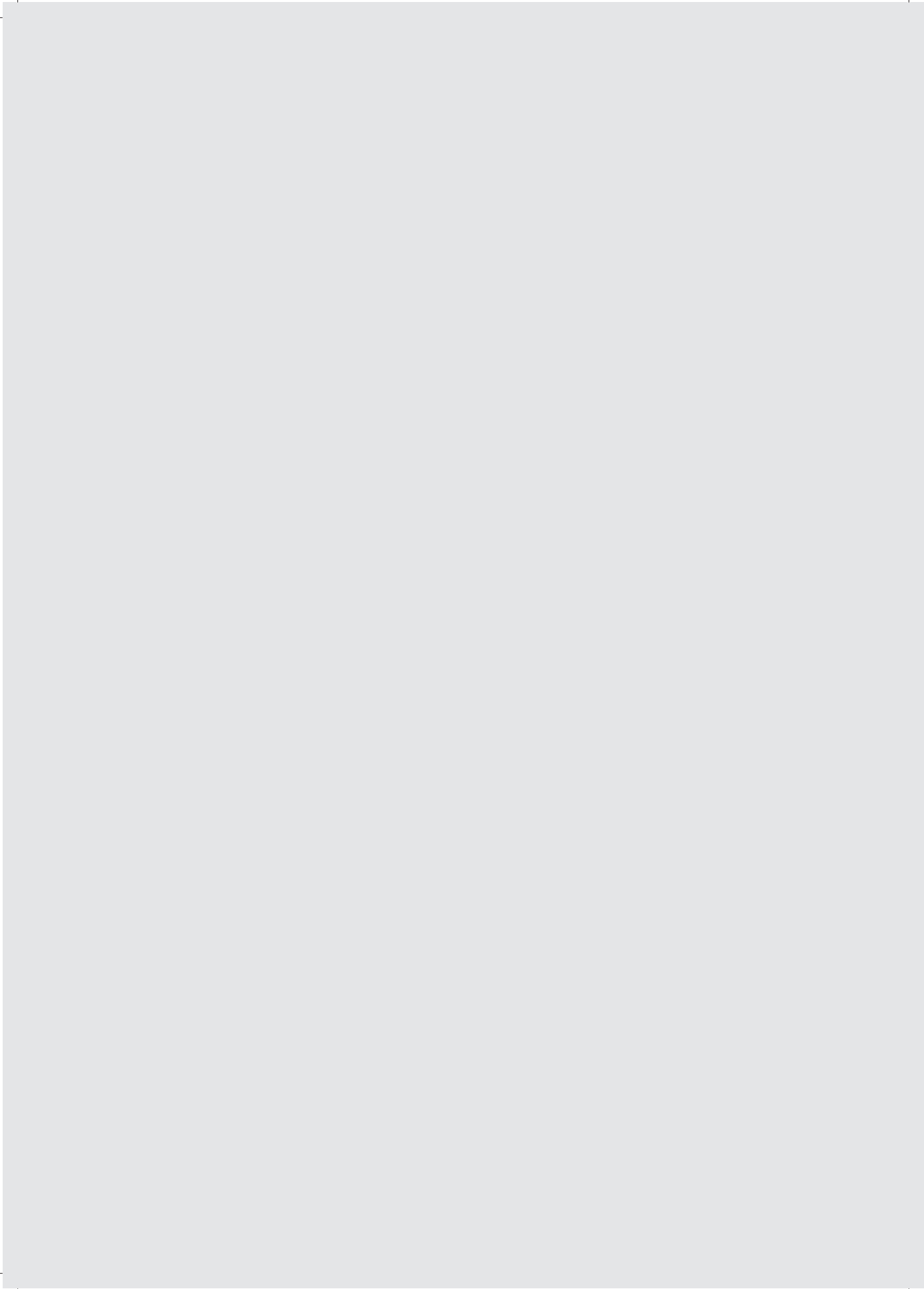
○ 사회 구성원의 자발적 노력 유도

- 대기오염 문제를 제도·행정적 기준에 의존한 강제적 수단으로 해결하기에는 한계가 있으므로, 발생원 스스로 저감할 수 있는 방법을 찾고, 적용할 수 있도록 유도하고, 자발적 협약 등의 방법을 이용하여 책임감을 가지도록 함
- 협약 참여 사업체 중 이행실적이 우수할 경우 지도·점검을 덜어주고, 표창 및 전문기관 환경기술 지원 등 다양한 인센티브를 지속적으로 제공하여 자발적 협약을 확대해 나가도록 함

DSI

제6장 결론 및 정책제언

DAEJEON SEJONG
RESEARCH
INSTITUTE



제6장 결론 및 정책제언

1) 세종시 대기질 현황

- 세종시의 대기오염 배출량은 전국 대비 NO_x는 0.3%, PM₁₀은 0.2%, PM_{2.5}는 0.2% 수준이나 시민들의 대기질 민감도 증가와 도시건설에 따른 건설현장의 증가로 인하여 비산먼지 발생에 대한 지속적인 민원이 제기되고 있는 실정임
- 2014년 기준 대기오염물질에 따른 주요 배출원은 대부분 비도로이동 오염원(건설기계 등) 및 도로이동 오염원(자동차)이 주를 이루고 있으며, 전체 배출량 추이에 큰 영향을 미치고 있음
- 2013년 대비 2014년 세종시 대기오염물질 배출량은 SO_x와 NH₃를 제외한 모든 항목에서 감소하였고, 이는 건설장비(굴삭기, 지게차 등)와 도로이동오염원(화물차 등)으로부터의 배출량 감소로부터 기인되었으며, 건설지역의 부지조성이 활발히 진행된 이후 건설기계 작업시간의 감소에 따른 영향으로 판단됨
- 세종시 미세먼지의 경우 비산먼지 및 비도로이동오염원에 의해 가장 큰 영향을 받았으며(2013년-PM₁₀의 91%, PM_{2.5}의 77% 차지, 2014년-PM₁₀의 87%, PM_{2.5}의 59% 차지), 부지조성 시기에 따라 건설장비의 작업시간 증감으로 인해 배출량 변화가 있었고, 2030년까지 도시개발 계획에 따라 변화가 예상됨

2) 지리·기상학적 요인에 따른 대기질 특성

- 세종시의 주요 종관풍향은 서풍이고 그 다음이 북풍으로 조사 되었으며, 지리적으로는 세종시의 동쪽에 소백산맥이 위치하여 바람의 세기가 약할 경우 서쪽으로부터 유입된 공기체가 정체되어 대기질 악화가 우려되고, 겨울철 복사냉각으로 인해 지표 근처에서 복사 역전층이 자주 발생되어 오염물질 농도가 상대적으로 높음

- SPSS 통계프로그램을 이용하여 인근지역(공주, 대전, 천안, 청주)과의 PM₁₀, O₃ 및 NO₂ 대기오염도 상관도를 분석하였으며, 세종시와 인근지역의 대기질 농도는 매우 유의한 상관관계에 있는 것으로 나타남
- 경기, 충남, 충북지역의 국내외 대기오염 기여도 분석 사례를 조사한 결과 각 지역의 대기오염 기여도는 지리적 위치 및 기후학적 특성에 따라 국내외 기여도가 상이하였으며, 오염원별 혹은 계절별 오염물질 공간 분포도를 통하여 세종시에 미치는 영향을 유추할 수 있었음
 - ※ 추후 정확한 분석을 위해 계절별 세종시의 국내외 기여도 분석이 필요할 것으로 판단됨
 - (경기지역) 주로 경기 남부지역에 영향이 컸으며 세종시에 끼치는 영향은 상대적으로 낮았음
 - 자체 기여도 비율 : PM_{2.5} 19%, PM₁₀ 25%, NO₂ 54%, SO₂ 23%, O₃ 17%
 - PM과 SO₂의 경우 국외 기여도가 많은 비중을 차지하고 있음
 - (충남지역) 공간적 기여도 분석결과로부터 세종시 대기질에도 기상학적 특성(겨울철 북서계절풍)에 따라 영향이 있을 것으로 예측됨
 - 석탄화력발전소의 계절별(1월, 4월, 7월, 10월) PM₁₀ 기여도는 10월이 가장 높게 나타남
 - (충북지역) PM_{2.5} 국내외 기여도의 공간적 분포도로부터 세종시 대기질은 충청북도와 유사한 것으로 보이며 기여도 경향 또한 유사할 것으로 예측됨
 - PM_{2.5}의 국내 배출원 기여도 57%, 국외 배출원 기여도 43%
 - 북서풍에 의한 오염물질 유입으로 1월 및 4월은 중국의 기여도가 가장 높았음
 - 기후 및 기상학적 영향에 따라 7월 및 10월의 대기오염도는 국내 기여도가 더 높았으며, 내륙지방의 대기정체 현상 영향이 큼

- 세종시는 충남 화력발전소의 영향권 내에 있는 바, 월별 대기오염물질의 유입경로를 모니터링하여 유입되는 기여도 및 세종시 자체 기여도를 분석하고, 주변 인접지역과 연계하여 공동 관리방안을 수립해야함
- 세종시는 전형적인 분지 지형으로 풍속이 낮고 산곡풍에 의한 지역 국지풍이 중요한 역할을 하므로 기상요소를 지속적으로 분석하여 대기오염배출시설의 설치로 인한 대기환경 영향을 최소화해야 함
- 지리적으로 경사도가 낮은 평탄한 지역인 세종시에 도시건축물들이 증가함에 따라 변화되는 지표면 공간변화에 대한 지속적인 모니터링 조사가 필요할 것으로 사료됨
- 도시규모에 적합한 상세모델링을 통해 바람이 원활하거나 정체되는 지역을 파악하고, 오염물질 배출원에서 주변으로의 확산모델링을 기반으로 대기질 관리방안을 마련할 필요가 있음

3) 세종시 대기질 관리방안

- 대기질은 지형, 기상조건, 내·외부 배출원 영향 등 복합적인 요인에 의해 영향을 받으며, 세종시의 경우 지리적 위치(지형) 및 기상학적 특성에 의해 상시적으로 주변국(중국)과 인근 지자체(수도권 서부, 충남지역) 대형 대기오염물질 배출원에 영향을 받음
- 대기환경은 단시일 내에 특정지역에서 개선하기에는 현실적으로 어려움이 있으며, 주변국 및 인근 지자체와 함께 공통의 목표 및 기본방향을 설정한 후 그에 맞는 개선과제 도출 등의 노력이 필요할 것으로 사료됨에 따라 세종시 차원에서의 대기환경 개선을 위한 관리방안을 배출원(도로이동, 사업장, 생활주변)과 기초분야 (인프라 구축, 협업 및 거버넌스)로 나누어 제시하였음
- 현재 세종시는 개발계획에 따라 '30년까지 건설공사가 지속적으로 진행 중으로 건설단계와 건설이 완료된 이후의 운용단계로 구분하고 시기적 우선순위와 중요도순으로 대기질 관리방안을 마련할 필요가 있음

- (건설단계) 주로 비산먼지 발생사업장의 관리방안이 이에 해당함
 - 건설차량 운행 관리, 사업장 운영 관리(억제 조치 준수 철저), 법적 기준 강화, 지도 점검 강화 등
- (운용단계) 도로이동오염원 관리, 사업장 인벤토리(미세먼지 전구물질 배출량) 작성, 사업장의 철저한 지도·점검, 모니터링, 협업 및 거버넌스 등
- 지역의 오염물질 종류, 양, 기상, 지형 여건 등에 따라 오염도가 다르게 나타나므로, 지역별로 환경용량을 감안하여 환경기준을 초과하는 오염물질에 대한 다각적이고 집중적인 저감대책을 시행할 필요가 있음(배출오염기준 강화)
- 정부는 미세먼지 저감대책으로 현재 서울 등 수도권에서 시행 중인 대기오염총량제를 전국으로 확대 시행할 계획이며, 세종시도 이에 대응하기 위한 사업장 관리방안이 필요함
- 공한지 관리를 위한 조례 제정을 통해 사업장 내 공한지를 최소화하도록 유도하고 수목식재, 표면덮개 등을 통해 오염물질 퇴적 및 재비산을 억제하도록 해야 함
- 건설사업의 초기단계부터 오염물질 저감을 위한 실천계획 수립을 의무화하고 삭감목표 관리제를 추진하여 운영하도록 함
- 대기오염측정망 확충 시 도농복합지역 특성에 맞게 도시지역과 농촌지역을 구분하여 각각의 특성에 맞게 비용 효과적으로 설치할 필요가 있음
- 세종시는 지역 특성상, 여름철 대기의 정체와 안개 및 연무발생 빈도가 높으며, 도시개발과 자동차 이용량 증가로 오염물질이 가중되어 시민에게 미치는 대기오염 위험도가 증가될 것으로 사료되므로 추후 도시의 대기순환 특성이 고려된 바람길 관리대책이 필요함

참고문헌

□ 문헌자료

- 경기도(2017), 적정기술을 이용한 미세먼지 저감방안 연구
- 공성용 외(2012), 초미세먼지(PM2.5)의 건강영향 평가 및 관리정책 연구 I, 한국환경정책·평가연구원
- 공성용 외(2013), 초미세먼지(PM2.5)의 건강영향 평가 및 관리정책 연구 II, 한국환경정책·평가연구원
- 국립환경과학원(2007), 행정중심복합도시 환경·생태분야 조사연구 최종보고서 [대기/수질분야]
- 국립환경과학원(2011), 미세먼지 생성과정 규명과 저감대책 수립
- 국립환경과학원, 2010~2013 국가 대기오염물질 배출량
- 국립환경과학원, 2015 대기환경연보
- 국토교통부, 2012~2016 건설기계 현황 통계
- 국토교통부, 2016 국토교통통계연보
- 국토교통통계누리, 2013~2017 지적통계연보
- 김동영 외(2012), 경기도 교외지역의 미세먼지 특성 분석 및 관리 방안, 경기개발연구원
- 김우창(2016), 특별한 것이 없는 정부의 미세먼지 '특별'대책, 서울대학교 환경대학원, 환경논총, 58, pp.47-56
- 김운수(2014), 서울시 초미세먼지(PM2.5) 관리방안, 서울연구원
- 김운수, 김정아(2011), 서울시 고농도 미세먼지 오염현상의 원인분석 및 지역별 맞춤형 관리대책, 서울연구원
- 농림축산식품부, 2013~2015 농림축산식품통계연보
- 당진시(2016), 당진시 대기개선실천계획 수립 및 대기오염조사 연구
- 대전광역시 보도자료(2016), 대전시, 미세먼지 줄이기 특별 대책 발표
- 대전지방기상청, 2015 기상연보
- 문난경, 김순태, 서지현(2016), 환경평가 지원을 위한 지역 환경현황 분석 시스템 구축 및 운영: 개발계획으로 인한 국내 대기질 변화 전망 및 개발계획의 적정성 평가를 위한 대기환경 분석, 한국환경정책·평가연구원
- 문난경, 전동준, 하종식, 김순태, 서지현, 은정(2015), 환경평가 지원을 위한 지역 환경현황 분석시스템 구축 및 운영, 한국환경정책·평가연구원
- 박진호, 이나래, 조인철(2016), 경상남도 미세먼지 저감방안, 경남발전연구원
- 부산광역시(2015), 부산광역시 미세먼지 발생원별 저감대책
- 세종특별자치시, 2016 세종통계연보

세종특별자치시, 2030 세종도시기본계획
 세종특별자치시, 세종시 1기 시정백서
 세종특별자치시, 통계월보6월호
 심창섭, 이승민(2015), 세종특별자치시의 대기질 관리 기획 연구, 한국환경정책·평가연구원
 에너지경제연구원, 2016 지역에너지통계연보
 오인보, 김유근(2002), 한반도 주요 대도시지역의 지표오존 특성: 추세, 일변화, 월변화, 수평분포, 한국대기환경학회지 18(4), pp. 253-264
 우정현(2016), 대기환경관리의 관점에서 본 수도권 미세먼지 환경 개선, 서울대학교 환경대학원, 환경논총, 58, pp.24-35
 이상신, 김동혁, 권지수(2016), 충청남도 대기오염물질 배출허용기준(안) 설정 연구, 충남연구원
 이승민, 공성용, 이그림(2015), 대기오염물질 배출사업장의 대기질 영향 분석 연구, 한국환경정책·평가연구원
 정부 보도자료(2016), 정부합동 미세먼지 관리 특별대책 세부이행계획 수립
 조경두, 김정숙, 장훈(2009), 인천지역 미세먼지 실태분석 및 정책방안, 인천발전연구원
 충청북도(2016) 충청북도 대기질 개선 기본계획 수립
 한국산업단지공단, 2016 한국산업단지총람
 환경부(2007), 환경친화적 미세먼지 저감 저마모 타이어 개발
 환경부(2016), 미세먼지, 도대체 뭘까?
 환경부, 우리가족 건강 지키는 미세먼지 바로 알기
 환경부, 제2차 대기환경개선종합계획

□ 인터넷자료

국토교통부 국토지리정보원(<http://www.ngii.go.kr>)
 기상청(<http://www.kma.go.kr>)
 세종시공공데이터(<http://www.data.sejong.go.kr>)
 쏘일코트(<http://www.쏘일코트.com>)
 에어코리아(<http://www.airkorea.or.kr>)
 찾기쉬운생활법령정보(<http://www.easylaw.go.kr>)
 한국석유공사 페트로넷(<http://www.petronet.co.kr>)
 한국환경공단(<https://www.keco.or.kr>)
 행정중심복합도시건설청(<http://www.naacc.go.kr>)

