

동북아-지역 연계 초미세먼지 대응기술개발사업 연차보고서 (평가/협약용, 위탁과제용)

							양식A101-4
① 부처사업명(대)	원천기술개발사업			④ 보안등급(보안, 일반)		일반	
② 사업명(중)	동북아-지역 연계 초미세먼지 대응기술개발사업			⑤ 과제성격(기초, 응용, 개발)		기초	
③ 세부사업명(소)	동북아-지역 연계 초미세먼지 대응기술개발사업						
⑥ 위탁과제명	국 문	중부권 초미세먼지의 물리화학적 특성 및 지역 발생원인 조사					
	영 문	Research on physical-chemical properties and local origin of PM _{2.5} in Central region					
⑦ 위탁과제연구기관명	(재)충남연구원			⑧ 사업자 등록번호	305-82-08714		
⑨ 주관연구책임자	성 명	김종범		국가연구자번호	1093 6996		
	전 공	환경공학		직급(직위)	책임연구원		
	소속부서	기후변화대응연구센터		전자우편	kjb0810@cni.re.kr		
	전 화	041-630-3924		휴대전화	010-2297-7258		
⑩ 연구개발비 현황(단위: 천원)							
년 도	정부 출연금 (A)	기업체부담금			정부외출연금 (B)	합계 G=(A+B+E)	상대국 부담금 (F)
		현금 (C)	현물 (D)	소계 E=(C+D)			
1차년도	90,000					90,000	
2차년도	90,000					90,000	
3차년도	20,000					20,000	
합계							
⑪ 총연구기간	2023. 02. 01 - 2025. 03. 31 (26개월)						
⑫ 다년도연구기간	2023. 02. 01 - 2025. 03. 31 (26개월)						
⑬ 당해연도연구기간	2023. 02. 01 - 2023. 12. 31 (11개월)						
⑭ 참여기업 수	중소기업		중견기업		대기업		계
⑮ 국제공동연구	국가명		상대국 연구기관수		상대국 연구개발비		상대국연구책임자수
⑯ 실무담당자	성 명	박세찬		휴대전화	010-6582-9300	전자우편	psc89@cni.re.kr
<p>관련 법령 및 규정과 모든 지시 사항을 준수하면서 이 국가연구개발사업을 성실히 수행하고자 아래와 같이 연구개발계획서(연구개발제안서)를 제출합니다. 아울러 이 연구개발계획서(연구개발제안서)에 기재된 내용이 사실임을 확인하며, 만약 사실이 아닌 경우 선정 취소, 협약 해약 등의 불이익도 감수하겠습니다.</p> <p style="text-align: center;">주관연구책임자 : 김 종 범 (직인생략) 주관연구기관장 : 유 동 훈 (직인생략)</p> <p style="text-align: center;">과 학 기 술 정 보 통 신 부 장 관 귀 하</p>							

〈 요약 문 〉

양식A201

연구개발 목표 (500자 내외)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 중부권 시범지역에 대한 대기환경 수준과 지역적 특성을 고려한 종합 분석 ○ 충청권 대기환경연구소를 기반으로 한 PM_{2.5} 및 주요 오염물질에 대한 상세분석 ○ 집중측정 현장 지원 			
연구개발 내용 (1000자 내외)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 중부권 시범지역 기초자료 및 AQMS 데이터 분석 <ul style="list-style-type: none"> - 중부권 시범지역 일반현황, 배출량, 개선정책관련 조사 자료 제시 - 중부권 시범지역 지역 연계 분석 자료 제시 ○ 중부권 주요지역의 PM_{2.5} 및 주요 오염물질에 대한 특성 분석 <ul style="list-style-type: none"> - 충청권 대기환경연구소 분석자료 제시 - PM_{2.5}와 주요 오염물질에 대한 지역별 배출원과 농도간 상관성 분석결과 제시 ○ 집중측정 지원 <ul style="list-style-type: none"> - 집중측정망 현장지원 및 분석자료 제시 - 장거리 이동오염원에 대한 집중측정 분석자료 제시 ○ 측정분석 데이터 기반 기여도 추정 <ul style="list-style-type: none"> - 중부권 지역별 PM_{2.5} 특성 분석 자료 제시 - 충청권 대기환경연구소 PM_{2.5} 및 주요 오염물질 데이터 기반 기여도 분석 결과 제시 ○ 대기환경 개선효과 분석 및 맞춤형 정책 제안 <ul style="list-style-type: none"> - 지역별 대기측정망 자료 분석결과 제시 - 중부권 측정/분석 데이터 종합 해석결과 제시 - 중부권 대기환경 개선 정책과 개선효과 분석 및 맞춤형 개선정책 제시 			
활용계획 및 기대효과 (500자 내외) (응용분야 및 활용범위 포함)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 세부총괄에서 최종목적으로 제시한 초미세먼지의 물리·화학적 특성 및 발생기작 규명의 기초자료 생산 ○ 중부권 해안과 내륙지역의 지역별 특성자료 확보 가능 ○ 실시간 측정장비를 활용한 중부권 기여도 분석결과 적용 ○ 충청남도 대기환경 개선계획 추진에 따른 개선 효과 분석을 위한 측정자료 제공 			
국문핵심어 (8개)	중부권	초미세먼지	대기환경연구소	물리화학적 특징
	전구물질	기여도 분석	실시간 측정	지역 발생
영문핵심어 (8개)	Central region	PM _{2.5}	Center for air quality environmental research	Physical-chemistry characteristics
	Precursor	Contribution analysis	Real-time monitoring	Local source

〈 연구 분야 〉

양식A103										
코드구분	중심분야		관련분야1		관련분야2		관련분야3		관련분야4	
	코드	비중	코드	비중	코드	비중	코드	비중	코드	비중
국가과학기술표준분류	EH0102	50 %	EH0103	50 %		%		%		%
국가과학기술표준분류 (적용분야)	X09	100 %		%		%		%		%
과학기술분야분류	G13403	40 %	G13402	30 %	G30903	30 %		%		%
6T 기술분류	050111	100 %		%		%		%		%
NTRM 분류	B030301	100 %		%		%		%		%
원천기술개발분야	0711	100 %		%		%		%		%

〈 보안 등급의 분류 및 결정사유 〉

양식A102		
보안 등급 분류 (선택)	보안	일반
	N	Y
결정 사유	연구책임자 의견	연구기관 자체 검토결과
	보안과제 해당없음	보안과제 해당없음

〈 목 차 〉

I. 전년도 연구개발 실적	1
1. 연구개발 목표 및 평가항목별 성과	1
2. 추진내용 및 연구개발결과	2
II. 차년도 연구개발 계획	13
1. 연구개발 목표 및 평가항목	13
2. 연구개발 내용, 방법, 추진체계 및 일정	14
3. 참여인력 계획	15
4. 연구개발비 집행계획	15
5. 연구에 활용 예정인 주요 장비 현황	16
III. 당초 연구계획 대비 주요 변경사항	17
첨부1 연구개발 목표의 달성도 증빙	19
첨부2 연구성과 요약본	30
첨부3 연구개발 결과의 활용방안 및 기대효과	33

Ⅰ. 전년도 연구개발 실적

1. 연구개발 목표 및 평가항목별 성과

1-1. 연구개발 목표

최종목표	○ 중부권 대기오염물질 분포 특성 조사와 PM _{2.5} 와 주요 오염물질의 특성 조사
세부목표	1. 시범지역에 대한 대기환경 수준과 지역적 특성을 고려한 종합 분석 2. 충청권 대기환경연구소를 기반으로 한 PM _{2.5} 및 주요 오염물질에 대한 상세분석 3. 중부권 북부 해안과 내륙 지역에 대한 집중측정 현장 지원 4. 측정분석 기관 지역내 기여도 추정 5. 대기환경 개선효과 분석 및 맞춤형 정책 제언 6. 지역내 연구결과 확산
연차별목표	○ 1차년도 : 중부권 시범지역 협력체계 구축 및 측정소 데이터 분석 ○ 2차년도 : 측정/분석데이터에 기반한 PM _{2.5} 와 주요 오염물질의 기여도 분석 ○ 3차년도 : 중부권 대기환경 개선정책 추진효과 분석 및 정책 방향 제시

1-2. 평가항목별 성과

평가항목	가중치 (%)	관련 세부목표	연차	연차별 목표 (조건/환경)	실적요약	관련증빙
중부권 시범지역 기초자료 및 AQMS 데이터 분석	10	1	1차년도	· 중부권 시범지역 일반현황, 배출량, 개선정책관련 조사 자료 제시	· 중부권내 시범지역(당진, 아산, 세종)을 대상으로 일반현황 자료조사 및 제시	1
중부권 시범지역의 PM _{2.5} 및 주요 오염물질 특성 분석	30	2,	1차년도	· 충청권 대기환경연구소 분석자료 제시	· 2021~2022년 측정자료를 대상으로 지역특성 분석자료 제공	2
집중측정 지원	10	3	1차년도	· 집중측정망 현장 지원 및 분석자료 제시	· 당진과 아산대상 가을철 측정 수행 중 · 2차년도에 겨울, 봄, 여름철 측정 수행 예정	3
측정분석 데이터 기반 기여도 추정	20	4	1차년도	· 중부권 지역별 PM _{2.5} 특성 분석자료 제시	· 충남도 지역 내 PM _{2.5} 성분측정망 자료 분석 및 특성 분석자료 제시	4
대기환경 개선효과 분석 및 맞춤형 정책 제언	20	5	1차년도	· 지역별 대기측정망 자료 분석결과 제시	· 마을대기측정망 등 중부권내 측정망 자료분석 및 지역별 특성 분석 자료 제시	5
연구결과 확산	10	6	1차년도	· 국내논문 1편	· 게재논문 3편(KCI 2건, SCI 1건 심사 중) · 학술대회 발표 2건	6
합계	100					

2. 추진내용 및 연구개발결과

2-1. 추진내용 및 연구개발결과

2-1-1. 중부권 시범지역 일반현황, 배출량, 개선정책 관련 조사 (증빙 1)

1) 중부권 시범지역(당진, 아산, 세종)에 대한 현황 분석

○ 대기오염물질 배출량 자료 조사

- 충청남도는 대형배출사업장에 대한 기여도가 높은 곳으로 석탄화력발전소, 제철소, 석유화학단지의 배출량이 전체 배출량의 큰 비율을 차지함
- 세종특별자치시는 과거 충청남도의 한 개 군(연기군)에서 세종특별자치시로 편입되었으며, 행정과 기존 농업이 주요 산업인 도시임
- 최근 5년간 CAPSS 배출량을 살펴보면 2016년 충청남도는 경기도에 이어 전체 배출량 2위를 차지하고 있으며, **세종특별자치시는 17개 시도 중 가장 낮은 17위**를 차지하고 있음.
- 하지만 **충청남도**의 자발적 협약 및 저감노력, 정책추진 효과로 인해 2018년과 2019년도에는 경상북도에 이어 전체 3위로 한계단 하락한 뒤, 가장 최근인 2020년에는 경기도, 전라남도, 경상북도에 이어 **전체 4위로** 점차 개선되고 있는 것으로 확인됨
- 세종시의 경우 자체적인 배출량이 워낙 적고 특별한 배출원이 없다보니 세종시로 편입된 이래 배출량 17위를 고수 중에 있음

○ 인구변화

- 전국이 인구감소 추이에 있는 것에 반해 **3개 지역 모두 인구가 증가**하고 있으며, 최근 20년간 세종은 441%, 아산 177%, 당진 142%의 증가
- 하지만 1가당 인구수는 세종이 3.0에서 2.5로, 아산이 2.9에서 2.4로, 당진이 3.0에서 2.2로 **급격한 핵가족화가 진행**되고 있는 것으로 확인됨
- 가구당 인구수가 감소추세에 있어 소비 및 생활패턴이 바뀌고 있어, 이에 대한 조사를 통한 정책 반영이 필요해 보임

○ 주택활용 현황

- 세종시는 신도시 개발에 따라 지속적인 건설로 주택 수의 증가가 눈에 띄게 나타나고 있으며, **특히 공동주택(아파트)의 비율이 높음**(86.4%)
- 당진과 아산의 경우 2015년 이후 산정방법 변경에 따라 주택산정량이 감소로 나타남
- 아산시는 2015년 이후 다가구 주택을 통계에서 제외하였고, 기준년 대비 아파트 213% 증가, 연립주택 37% 감소
- 당진시는 2016년 이후 통계방식을 변화하였고, 그 결과 아파트 196%, 다가구주택 257% 증가
- 전반적으로 아파트의 비율이 증가하고 있으며, 아파트 > 단독주택 > 다세대주택의 형태를 보이며, **주택보급율은 계속 감소추세**에 있음

○ 사업구조

- 세종, 당진, 아산 모두 사업체수와 종사자 수 모두 증가추세에 있음 → 인구증가와 같은 맥락
- 세종 : **공공행정, 국방등(15.5)** > 제조(14.6%) > 교육서비스(11.2%) > 도소매(9.0%)
- 당진 : **제조(34.5%)** > 건설(11.4%) > 도소매(9.2%) > 숙박/음식(7.1%) > 사회복지(6.5%)
- 아산 : **제조(50.8%)** > 도소매(8.2) > 숙박/음식(6.5%) > 교육서비스(5.9%) > 사회복지(5.6%)
- 지역 인구증가 이유 : 세종→공공기관 이전 / 당진,아산→제조업(현대제철, 삼성디스플레이 등)
- 세종은 4명 이하 소규모사업장이 전체 85% 차지, 당진과 아산은 골고루 분포

○ 도로/비도로 차량

- 3개시 모두 자동차 등록대수 증가 추세 : 세종 330%, 당진 139%, 아산 145% (기준년도/최근)
- 승용차(75.5~87.8%) > 화물차(9.7~20.3%) > 승합차(2.5~3.5%) > 특수차(0.3~1.1%)
- **인구수당 승용차 등록대수 : 세종(3.3→2.4), 당진(1.3→1.0), 아산(3.2→2.4명)**
- 농기계 등록대수 감소 → 농업인구 감소(도시화에 따른 인구집중, 육식위주의 소비패턴 변화)
- 미세먼지관리 종합계획에 따른 비도로(건설, 농업)분야 친환경 교체사업 추진 → **추진실적 미비**
- 자동차 대비 배기량 크고 등록대수 적지 않음 → **구체적인 계획과 개선효과 분석 필요**

○ 기후특성

- 강수량 : 전반적으로 증감을 반복하며, 연간 강수량 편차가 크게 나타남 → 기후변동성 증가
- 평균풍속 : 전반적으로 감소 추세 → 세종(1.6 m/s), 당진(2.1 m/s), 아산(1.4 m/s)
- 평균풍소 감소로 인해 확산·희석력 감소 → 고농도 미세먼지 발생 및 지속력 증가
- 해안 접근성이 큰 당진이 내륙에 위치한 아산, 세종보다 풍속이 빠르게 나타남
- 평균기온 : 당진, 아산은 일정, 세종은 0.4℃ 증가
- 14년간 평균온도 : 세종 13.1℃, 당진 12.1℃, 아산 12.3℃ → 해안에서 내륙으로 갈수록 증가
- 최고극값-최저극값 : 세종 43.0→48.6℃, 당진 41.4→45.9℃, 아산 44.4→48.5℃ / 편차 증가

2-1-2. 충청권 대기환경연구소 분석자료 제시 (증빙 2)

1) 충청권 대기환경연구소 자료 분석(2021년-2022년)

○ PM_{2.5} 농도 시계열 분석

- 충청권 대기환경연구소에서 생산된 자료를 이용하여 분석기간(2021년-2022년) 동안의 일평균 PM_{2.5} 농도 시계열을 분석함
- PM_{2.5}의 연중 농도 변화는 일반적인 패턴인 겨울철과 봄철(12월-3월)에 높은 농도를 나타냈고, 여름철과 가을철(6월-10월)에 상대적으로 낮은 농도가 나타남
- 연 평균 PM_{2.5} 농도는 2021년($23.4 \pm 18.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$)에 비해 2022년($21.9 \pm 15.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$)에 소폭 감소함

○ PM_{2.5} 대기환경 기준에 따른 일 수 분석

- 대기환경 기준에 따른 좋음, 보통, 나쁨, 매우 나쁨의 비율을 연도별로 분석함
- 2021년 기준, 좋음(39%), 보통(42%), 나쁨(17%), 매우 나쁨(2%)로 PM_{2.5} 농도 $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하의 비율이 81%이며, 2022년 기준, 좋음(40%), 보통(41%), 나쁨(18%), 매우 나쁨(1%)로 2년간의 대기환경 기준 일 수는 큰 변화가 없었음
- 연도간 PM_{2.5}의 평균 농도 차이는 존재하나, 나쁨 일수 등의 발령조건에는 큰 차이가 없는 것으로 분석됨

○ PM_{2.5} 화학성분 분석

- 충청권 대기환경연구소에서 분석된 PM_{2.5} 성분 자료를 활용하여 PM_{2.5} 화학 성분에 대해 연도, 계절별로 분석함
- 성분에 따라 탄소성분(OC, EC), 이온성분(NO_3^- , SO_4^{2-} , NH_4^+ , Other ions), 금속성분(Crustal metal, Trace metal), 그 외(Unidentified)로 구분함
- 2021년 평균 PM_{2.5} 화학 성분 비는 Unidentified를 제외하면, NO_3^- 의 비율이 19%로 가장 높은 비율을 차지하였고, OC(16%), SO_4^{2-} (11%), NH_4^+ (11%) 순으로 높게 나타남
- 2022년 평균 PM_{2.5} 화학 성분 비는 Unidentified를 제외하면, OC와 NO_3^- 가 17%로 동일하게 가장 높은 비율을 차지하였고, SO_4^{2-} (11%), NH_4^+ (10%)로 PM_{2.5} 화학성분에서 연도간의 차이가 상이하게 발생하지 않음
- 계절별 PM_{2.5} 화학 성분 비 변화로는 2021년과 2022년에 동일하게 겨울철과 봄철에는 NO_3^- 의 비율이 증가하고 여름철에는 SO_4^{2-} 의 비율이 증가하는 일반적인 패턴이 나타남

○ 이온성분, 탄소상분 간의 상관성 분석

- 이온성분의 상관분석에는 SO_4^{2-} 와 NO_3^- 의 상관성을 분석하였으며, 일반적으로 NO_3^- 의 농도가 약 2배 이상 높은 것으로 나타남
- 고농도 시기에는 $\text{PM}_{2.5}$ 의 성분 중 NO_3^- 비율이 더 높게 증가하여, 고농도 시기에는 NO_3^- 가 $\text{PM}_{2.5}$ 생성에 더 크게 관여하는 것으로 분석됨
- 탄소성분의 상관분석에는 OC와 EC의 상관성을 분석하였으며, 일반적으로 OC의 농도가 약 3배 이상 높은 것으로 나타남
- 일반적으로 EC는 1차 배출의 지시자, OC는 2차 배출의 지시자로 알려져 있음
- 탄소성분의 상관분석에서는 이온성분과는 다르게 고농도 시기에서도 OC와 EC의 배출이 균등하게 나타남
- 충청도의 $\text{PM}_{2.5}$ 의 생성에는 1차 배출과 2차 배출이 모두 영향을 일정하게 주는 것으로 분석됨

○ 풍속과 $\text{PM}_{2.5}$ 간의 상관성 분석

- 풍속과 $\text{PM}_{2.5}$ 간의 상관성 분석을 위해 저농도 구간($\text{PM}_{2.5} \leq 35\mu\text{g}/\text{m}^3$)과 고농도 구간($\text{PM}_{2.5} > 35\mu\text{g}/\text{m}^3$)으로 나누어서 각각 분석함
- 일반적으로 풍속이 강해지면 대기오염 물질은 희석과 확산에 의해 농도가 낮아지는 일반적인 패턴이 나타남
- 저농도 구간에서는 풍속이 증가함에 따라 $\text{PM}_{2.5}$ 농도가 감소하는 일반적인 패턴이 나타남
- 반대로, 고농도 구간에서는 풍속이 증가함에 따라 오히려 $\text{PM}_{2.5}$ 농도가 상승하는 양상이 나타남
- 고농도 구간에서는 풍속이 증가함에 따라, 외부 유입에 따른 농도 상승이 반영되어 $\text{PM}_{2.5}$ 가 상승하는 것으로 분석되며, 충청권 지역은 고농도 시기에 내부 배출뿐만 아니라 외부 배출에도 영향을 받는 것으로 나타남

2-1-3. 집중측정망 현장지원 및 분석자료 제시 (증빙 3)

1) 시범지역 측정을 위한 업무협의

- 사업의 목적과 추진과정에 필요한 협조요청, 추후 데이터 공동활용관련 **유관기관 업무협의** 진행
 - 일시 : 2023년 4월 3일~4일
 - 장소 : 충남보건환경연구원 및 충청권 대기환경연구소
 - 참석기관 : 한국과학기술연구원(KIST), 충남연구원(CNI), 충청남도 보건환경연구원, 중부권 미세먼지관리센터(공주대), 충청권 대기환경연구소, 아산시청, 당진시청
- 참석자
 - 4월 3일 (월) : 김경환 선임연구원 외 10명
 - 4월 4일 (화) : 김경환 선임연구원 외 10명

2) **시범지역 현장 조사**

- 시범지역 대상 PM_{2.5}의 물리화학적 성분 조사
 - 목적 : 배출원(당진)과 영향지역(아산)지역에 대한 계절별 PM_{2.5} 특성 분석
 - 측정위치 : 당진(송산면측정소, 현대제철 인접지역), 아산(아산시청 옥상)
- 측정항목
 - PM_{2.5} 대상 중량농도, 중금속, 탄소성분, 이온성분, SEM 이미지 분석
- 측정장비 : PM_{2.5} 측정장비 2대씩
- 가을철 측정기간 : 2023년 10월 17일(화) ~ 2023년 11월 30일(목) 예정
- 협조기관 (무상임대)
 - 당진 : 당진시청, 충남보건연, 송산2 하폐수종말처리소
 - 아산 : 아산시청
- ML을 활용한 주변지역 오염도 조사관련 협조 요청
 - 고정측정 위치 대상으로 이동관측(스크린 테스트)를 위한 자리 협조
 - 그 외 지역 내 주요오염원에 대한 위치선정 및 협조 요청
- ML 이동관측 경로 확인
 - 당진 : 현대제철소 인근 지역
 - 아산 : 1안) 아산시청 인근, 2안) 유원대 인근, 3안) 아산보건소 인근
 - 아산시청의 경우 현재 측정경로에 대한 협의 중
- 겨울철 측정 : 2024년 2월 중 예정

2-1-4. 중부권 지역별 PM_{2.5} 특성분석 자료 제시 (증빙 4)

1) 충청권 주요 국가 측정망 현황 및 중기적 농도 추이

○ 대기측정망 정보

- 당진시 (2개소) : 난지도리(폐쇄)→당진시청사(이전), 정곡리(폐쇄)→송산면(이전)
- 아산시 (6개소) : 모종동, 배방읍, 도고면, 둔포면, 인주면, 송악면(2022년 12월 설치, 자료없음)
- 세종시 (4개소) : 신흥동, 아름동, 한솔동, 부강면, 전의동(2022년 12월 설치, 자료없음)
- 기타 : 충청권 대기환경연구소(서산), 종관기상관측소(서산)

○ 세종 : **별다른 배출원 없이 O₃을 제외한 환경기준물질 대부분 감소 추세**

- SO₂ : 2016년부터 2021년까지 농도는 3~4 ppb 유지 중, 4개 측정소 농도 모두 유사
- NO₂ : 2016년부터 2021년까지 지속적인 감소 추세. 신흥과 부강의 농도감소 뚜렷
- O₃ : 농도 지속 증가추세. 아름(33 ppb)>신흥(32 ppb)>한솔(31 ppb)>부강(28 ppb)
지역별 편차가 크게 나타남
- CO : 몇 년째 세종 전역에서 0.5 ppm 수준으로 유지 중
- PM₁₀ : 신흥과 아름동은 감소추세, 부강은 유지, 한솔은 증가추세로 확인됨
- PM_{2.5} : 소폭이긴 하지만 전 지역에서 연간 1~2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 수준으로 감소하고 있는 것으로 나타남

○ 당진 : **제철소의 영향으로 송산면 측정소 농도 당진시청사 및 타 지역보다 높은 수준 유지**

- SO₂ : 난지도리, 당진청사, 정곡리 모두 세종시와 마찬가지로 3~4 ppb를 유지하고 있으나 송산면은 바로 앞 제철소 영향으로 6 ppb로 소폭 높은 수준을 나타냄
- NO₂ : 장기적으로 13~15 ppb 유지 중
- O₃ : 농도 지속 증가 추세. 당진시청과 송산면 지역 최신농도 유사(38, 39 ppb). 세종보다 높음
- CO : 당진은 몇 년째 0.4 ppm으로 유지. 당진은 0.8 ppm에서 최근 0.5 ppm까지 감소
- PM₁₀ : 난지도리부터 당진시청사까지 농도 증감 반복, 당진시청사 세종과 유사한 수준(44 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
송산면은 당진시청사 및 세종보다 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 정도 높은 수준 유지 (55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
- PM_{2.5} : 당진시청사는 감소추세, 송산면은 유지와 증감 반복

○ 아산 : **대부분이 당진과 유사하거나 높은 수준으로 확인됨. 배출원 파악을 통한 개선대책 마련 필요**

- SO₂ : 전 지역에서 3~4 ppb 수준 유지 중
- NO₂ : 도고면을 제외한 4개 지역에서 16~17 ppb 수준. 당진보다 낮고, 세종보다는 높음
- O₃ : 농도 지속 증가 추세. 세종보다 높고, 당진과는 유사한 수준
- CO : 평균 0.4 ppm 수준으로 당진, 세종시 연평균(0.5 ppm)보다 소폭 낮은 수준
- PM₁₀ : 2021년 기준 지역평균은 47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 도고면 43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 둔포면과 모종동 49 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 지역 내 약간의 농도차이가 확인됨
- PM_{2.5} : 2021년 기준 연평균 27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 당진 26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 세종 21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 보다 높게 나타남

2-1-5. 지역별 대기측정망 자료 분석결과 제시 (증빙 5)

1) 충청남도 석탄화력발전소 인근 마을대기측정망 현황 및 농도 추이

○ 마을대기측정망 정보(2021년 1월 1일~2023년 4월 30일)

- 석탄화력발전소 소재 4개 지역 38개 측정소 구축(당진: 발전소 기준 122~180° 방향 37.1 km 내 11개소, 보령은 반경 11.6 km 내 원형으로 12개소, 서천은 44~171° 방향 3.4 km 내 5개소, 태안은 63~245° 방향 19.6 km 10개소)
- 도시대기측정망과 동일한 측정기기(PM₁₀, PM_{2.5}, O₃, NO₂, SO₂, CO)와 기상장비(온도, 습도, 풍향, 풍속)를 운영하고 있으며, 1시간 간격으로 자료를 생산, 이격거리 3 km 이내 도시대기측정망과의 PM_{2.5} correlation coefficient가 0.69~0.87 확인(5개 측정소 비교 자료)

○ 당진(11개소) : O₃를 제외한 나머지 환경기준물질은 도시대기측정망 대비 낮은 농도분포 확인

- SO₂ : 중흥 측정소는 송산면 측정소와 농도 경향성이 유사하며 연평균 농도가 가장 높음
- NO₂ : 0.009 ppm으로 유지, 보령, 서전지역보다 2~3 ppb 높은 농도치를 나타냄
- O₃ : 2021년도부터 매년 농도 증가 추세, 해안 인접지역 측정소에서 더 높은 것을 확인
- CO : 2021년 대비 0.036 ppm 감소 후 도시대기와 유사한 농도 유지, 중흥 측정소만 증가
- PM₁₀ : 도시대기 대비 10.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 낮은 것을 확인, 일평균 9시, 16시 고점
- PM_{2.5} : 2021년과 2022년 비슷한 농도 유지, 도시대기 대비 2.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 낮은 것을 확인

○ 보령(12개소) : 주요 도로, 항만 인근 측정소에서 NO₂, PM₁₀ 농도가 높음

- SO₂ : 2021년부터 4 ppb 유지, 내륙 소재 측정소는 발전소 인근보다 1~3 ppb 낮은 것을 확인
- NO₂ : 도시대기보다 2 ppb 낮은 수준 확인. 항구 인접 측정소는 1.4배 높은 농도 유지
- O₃ : 2021년도부터 0.035 ppm 수준으로 유지 중
- CO : 도시대기보다 0.03 ppb 높은 농도 수준으로 확인. 고남, 원산 측정소에서 남동,동풍 계열 기상조건에서 CO농도가 다른 지역보다 1.4~2.1배 높은 것을 확인
- PM₁₀ : 농도 감소 추세, 주요 도로와 인접한 주포 측정소에서는 높은 농도 수준 유지
- PM_{2.5} : 2021년 대비 농도 유지, 전체 평균농도는 도시대기와 유사한 19.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 확인

○ 서천(5개소) : 2021년 하반기 신서천발전 시운전 이후 SO₂와 입자상 오염물질 농도 증가 추세

- SO₂ : 농도 증가 추세, 2022년 도시대기 3 ppb보다 3배이상 높은 10 ppb 농도 수준을 나타냄
연평균 농도는 중부권에서 가장 높은 당진 송산면 측정소(0.006 ppb)보다 4 ppb 더 높은 수준
- NO₂ : 9 ppb 수준으로 보령, 서전지역보다 2~3 ppb 높은 농도치를 나타냄
- O₃ : 2021년과 동일한 농도 유지, 0.27~0.32 ppm 농도 수준 확인
- CO : 도시대기보다 0.13 ppm 낮은 수준으로 유지.
- PM₁₀ : 2021년 대비 1.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 증가, 2021년 표준편차가 2022년 대비 2배 이상 높음
- PM_{2.5} : 2021년 대비 3.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 증가, 5개 측정소 모두 소폭 증가 추세

○ 태안(10개소) : CO를 제외한 5개 항목은 도시대기와 유사한 수준으로 확인

- SO₂ : 3 ppb로 유지 중, 도시대기 3개 측정소와 0.2~0.3 ppb 차이로 유사한 농도 수준 확인
- NO₂ : 소폭 감소 추세, 5~7 ppb 농도 수준으로 보령과 유사한 수준
- O₃ : 오존 농도 유지, 보령지역과 유사한 농도분포를 나타냄
- CO : 0.62~1.05 ppm으로 도시대기보다 0.3 ppm 이상 높은 농도로 유지
- PM₁₀ : 2021년 대비 감소 추세, 발전소 소재 4개 지역 중 가장 농도수준이 낮은 것을 확인
- PM_{2.5} : PM10과 달리 1.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 증가, 도시대기보다 농도 편차가 1.8배 큼

○ 이격거리별 PM_{2.5} 농도분포 : **풍하지역 6 km 이내 PM_{2.5} 측정소 농도차이는 2.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이내**

- 당진 : 북서풍 조건(N:5,909) 풍하지역 4개 측정소(교로, 원당, 통정, 운산) PM_{2.5} 농도분포는 3번째 측정소인 통정 측정소까지는 0.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 농도 차이 확인, 운산 측정소는 3개 측정소보다 1.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 더 높은 농도를 확인
- 보령 : 북서풍 조건(N:5,119) 풍하지역 3개 측정소(오포, 죽정, 남포) PM_{2.5} 농도 분포는 이격거리별로 15.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 16.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 15.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 확인. 이격거리별 농도차가 작은 것을 확인
- 서천 : 동풍 조건(N:5,412) 풍하지역 3개 측정소(내도둔, 홍원, 춘장대) 측정소별 농도차이가 0.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이내로 확인
- 태안 : 북풍 조건(N:4,942) 풍하지역 6개 측정소(방갈, 이곡, 반계, 대기, 산후, 평천)에서는 6 km 이내 방갈 측정소부터 14.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 17.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 17.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 17.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 16.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 14.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 확인. 이격거리가 가장 큰 평천 측정소에서 농도가 가장 낮은 것을 확인

○ 이격거리별 SO₂ 농도분포 : **발전소와의 이격거리가 작을 지역일수록 높은 농도 확인**

- 당진 : 북서풍 조건(N:5,909) 풍하지역 4개 측정소(교로, 원당, 통정, 운산) 3 ~ 4 ppb 확인
- 보령 : 북서풍 조건(N:5,119) 풍하지역 3개 측정소(오포, 죽정, 남포) 오포 6 ppb, 죽정 2 ppb, 남포 3 ppb. 이격거리가 가장 가까운 오포 측정소에서 가장 높은 농도 확인
- 서천 : 동풍 조건(N:5,412) 풍하지역 3개 측정소(내도둔, 홍원, 춘장대) 내도둔 13 ppb, 홍원 12 ppb, 춘장대 9 ppb로 3.4 km 이내에서 이격거리가 클수록 농도는 낮은 것을 확인
- 태안 : 북풍 조건(N:4,942) 풍하지역 6개 측정소(방갈, 이곡, 반계, 대기, 산후, 평천)에서는 3~4 ppb로 유사한 농도 확인

2-1-6. 국내논문 작성 (증빙 6)

1) 발전소에 의한 충남지역 영향 조사

○ 제목 : 충청남도 석탄화력발전소 주변 지역 대기오염도 영향 분석

- 저자 : 김수향 외 9명
- 투고저널 : 한국대기환경학회지
- 키워드 : 석탄화력발전소, PM_{2.5}, NO₂, SO₂, 충남

○ 주요내용

- 석탄화력발전소는 충남지역 주요 배출원으로 전국 59기 중 절반에 가까운 29기가 충남지역에 운영되고 있으며, 이와 더불어 제철소와 석유화학단지 등 대형배출시설에 대한 지역 내 기여도가 높은 것으로 알려져 있음
- 본 연구에서는 2019년 배출량을 대상으로 당진, 태안, 보령에 위치한 발전소 배출량을 기준으로 BFM 및 SILs 방법을 활용하여 지역 내 영향정도를 분석하고자 함
- 모델링은 WRF-SMOKE-CMAQ 시스템을 활용하였고, 모델에 활용된 도메인은 동아시아부터 충남지역까지 확대해가면서 최대 1 km까지 범위를 설정하였음
- 분석시나리오는 총 4개로 구분하였고, 시나리오 1부터 4까지 1은 당진화력발전의 배출량을 고려하였을 때, 2는 태안, 3은 보령화력발전소를 각각 고려하였을때로 가정하였고, 마지막 4번 시나리오는 3과 모두의 배출량을 고려하였을때로 정의하였음
- SILs 방법은 EPA에서 대기모델링 결과에 규제기준 준수 여부 판단을 위해 주로 사용하고 있으며, 국내의 경우 아직 관련 기준이 존재하지 않아 관련 규정을 적용하여 영향 여부를 판단하였음
- 모델링 결과를 다양한 통계지표를 활용하여 검증하였고, 검증결과 일부 기상모델에서 과대평가된걸로 나타났으나 최종적으로 지역 AQMS와의 검증에서 큰 무리없이 활용이 가능할 것으로 나타나 모델링 결과를 적용하여 검토하였음
- 2019년 기준 CAPSS에서 제시한 모든 배출량을 고려하였을 때 PM_{2.5}와 NO₂, SO₂ 모두 당진과 서산을 중심으로 고농도가 분포하는 것으로 나타났음. 이는 당진과 서산이 충남지역 내 배출량의 1, 2위를 차지하는 만큼 모사결과가 적절한 것으로 판단됨
- 시나리오를 반영한 SILs 영향검토 결과 NO₂는 모든 시나리오에서 영향이 미미한 것으로 나타났고, SO₂의 경우 시나리오 4번에서 보령만 영향범위로 설정되었음
- PM_{2.5}의 경우 당진과 태안의 경우 단독으로는 영향이 미미하나 보령의 경우 단독으로도 보령, 예산, 홍성이 영향범위 안에 존재하는 것으로 나타났으며, 시나리오 4를 적용할 경우 계룡, 금산, 논산, 천안 등 4개 시군을 제외한 11개 시군이 영향범위 이내로 나타났음
- 발전소가 위치한 보령, 당진, 태안 중 보령에 의한 충남 지역 내 영향이 확인된 반면, 당진, 태안은 그 영향이 미미하게 나타났는데 보령의 경우 지역 내 기상조건이 해안에서 내륙으로 이동하는 형태로 발전소에서 배출된 오염물질이 인근으로 확산되어 영향을 주는 반면, 태안과 당진은 내륙에서 해안으로 빠져나가는 기류가 많따보니 상대적으로 적은 영향을 주는 것으로 확인되었음

2) 대산석유화학단지에 대한 VOCs의 실시간 농도변화 특성

○ 제목 : Temporal-Spatial Characteristics of Volatile Organic Compounds (VOCs) near Petrochemical Industrial Complex using PTR-ToF-MS

– 저자 : 김종범 외 11명

– 투고저널 : TOXIC (IF 4.5)

– 키워드 : PTR-ToF-MS, VOCs, Hazardous, Petrochemical industrial complex, Benzene, 1,3 Butadiene

○ 주요내용

- 대산석유화학단지는 울산, 여수와 함께 국내 3대 주요석유화학단지로 VOCs를 포함한 HAPs, POPs 등 다양한 유해대기물질이 배출되는 것으로 알려져 있어 이에 대한 현황 파악이 중요함
- 지금까지 기술의 한계로 고체흡착관에 흡착 후 기기분석을 통한 정량화 방식은 실시간으로 방출되고 희석 확산되는 VOCs의 특성을 반영하지 못해 지역적 오염도 파악에 어려움이 있었음
- 이에 최근 다양한 개별 VOC를 정량적으로 분석할 수 있는 측정장비들이 개발되어 활용되고 있어 본 연구에서도 이를 이동차량에 탑재하여 대산석유화학단지 인근 지역에 대한 시공간분포를 확인하였음
- 측정은 2021년 7월 19일부터 26일까지 수행하였고, 하루를 3개 구간(새벽, 0시~8시/오전, 8시~18시/오후, 18시~24시)으로 구분하여 연속측정하였음
- 측정장비는 VOCs를 실시간으로 분석할 수 있는 PTR-ToF-MS를 활용하였고, 측정구간은 기존 선행 연구들을 참조하여 대죽1리 마을회관을 거점으로 총 18개 구간으로 분류하여 이동관측함
- 관측기간 지역적 기상조건 분석을 위해 대산항에 위치한 AWS의 자료를 활용하였는데, 측정기간 주풍은 북풍 또는 북서풍으로 평균온도 $24.8 \pm 0.7^\circ\text{C}$, 상대습도 74.9%로 나타났음
- 1회 측정은 1시간20~30분간 이동관측 후 점검 및 휴식 30분으로 총 2시간이 소요되었고, 하루 12회 반복측정하였음. 측정결과 0시부터 8시까지 감소하는 경향을 보이다가 8시 이후 일 중 최대 농도를 보이고 다시 감소하는 패턴을 보였음
- 이동관측을 진행한 날 중 일 24시간 자료가 다 수집된 23~25일에 대해 VOCs 개별성분비를 검토한 결과 일간 농도차이는 확인되었지만 오염물별 구성비는 유사한 것으로 확인되었음
- 구간별로는 11번 구간에서 가장 높은 농도를 보였는데, 이 부근 중간에 쓰레기매립장이 위치해 있는데 사전 연구결과에서도 이 지역에서의 벤젠 농도가 지속적으로 증가하는 것으로 나타나고 있어 향후 이지역에 대한 정밀 분석과 개선대책 마련이 시급한 것으로 나타났음
- 본 연구에서 VOCs의 시공간분포 검토에 앞서 AQMS를 대상으로 지역 오염도를 분석하였는데 타 일반지역과 유사한 수준의 농도를 보였음. 이는 해당지역의 주요 배출물질이 일반 대기환경기준 물질이 아니라 VOCs라는 특수한 물질이기 때문으로 판단됨
- 대형배출시설의 경우 다양한 대기오염물질을 배출하고 있으나 여기서 나오는 물질을 기반으로 한 맞춤형 측정소를 운영할 근거가 부족하여 향후 대형배출시설 맞춤형 측정소 운영을 위한 운영지침 또는 가이드라인이 제시되어야 할 것으로 판단됨

2-2. 추진 일정 실적

1차년도													
개발내용	추진 일정											책임자 (소속기관)	비고 (변경사유 등)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
중부권 시범지역 기초자료 조사												황규철 (충남연)	
지역 측정망 데이터 협력체계 구축												이상신 (충남연)	
지역별 대기측정망 자료 분석												윤종주 (충남연)	
중부권 북부 해안과 내륙지역 집중측정 지원												김종범 (충남연)	
충청권 대기환경연구소 자료 분석												황규철 (충남연)	
고농도 미세먼지 발생시 지역별 PM _{2.5} 성분특성 분석												박세찬 (충남연)	
중부권 지역별 PM _{2.5} 특성 분석												김종범 (충남연)	

II. 차년도 연구개발 계획

1. 연구개발 목표 및 평가항목

1-1. 연구개발 목표

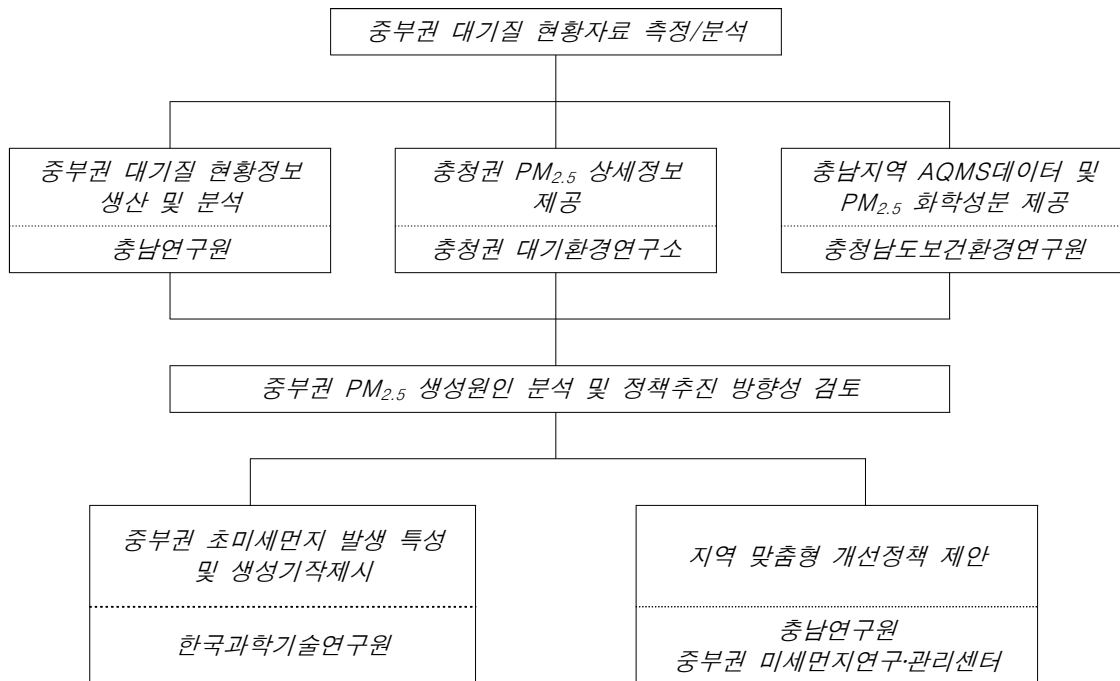
최종목표	○ 중부권 대기오염물질 분포 특성 조사와 PM _{2.5} 와 주요 오염물질의 특성 조사
세부목표	1. 시범지역에 대한 대기환경 수준과 지역적 특성을 고려한 종합 분석 2. 충청권 대기환경연구소를 기반으로 한 PM _{2.5} 및 주요 오염물질에 대한 상세분석 3. 중부권 북부 해안과 내륙 지역에 대한 집중측정 현장 지원 4. 측정분석 기관 지역내 기여도 추정 5. 대기환경 개선효과 분석 및 맞춤형 정책 제언 6. 지역내 연구결과 확산
연차별목표	○ 1차년도 : 중부권 시범지역 협력체계 구축 및 측정소 데이터 분석 ○ 2차년도 : 측정/분석데이터에 기반한 PM _{2.5} 와 주요 오염물질의 기여도 분석 ○ 3차년도 : 중부권 대기환경 개선정책 추진효과 분석 및 정책 방향 제시

1-2. 평가 항목의 차년도 목표

평가항목	가중치 (%)	관련 세부목표	연차	연차별 목표 (조건/환경)
중부권 시범지역 기초자료 및 AQMS 데이터 분석	10	1	1차년도	· 중부권 시범지역 일반현황, 배출량, 개선정책관련 조사 자료 제시
			2차년도	· 중부권 시범지역 연계 분석 자료 제시
중부권 시범지역의 PM _{2.5} 및 주요 오염물질 특성 분석	30	2	1차년도	· 충청권 대기환경연구소 분석자료 제시
			2차년도	· PM _{2.5} 와 주요 오염물질에 대한 지역별 배출원과 농도 간 상관성 분석결과 제시
집중측정 지원	10	3	1차년도	· 집중측정망 현장지원 및 분석자료 제시
			2차년도	· 중부권 북부 해안과 내륙지역에 대한 집중측정 분석자료 제시
측정분석 데이터 기반 기여도 추정	20	4	1차년도	· 중부권 지역별 PM _{2.5} 특성 분석 자료 제시
			2차년도	· 충청권 대기환경연구소 PM _{2.5} 및 주요 오염물질 데이터 기반 기여도 분석 결과 제시
대기환경 개선효과 분석 및 맞춤형 정책 제언	20	5	1차년도	· 지역별 대기측정망 자료 분석결과 제시
			2차년도	· 중부권 측정/분석 데이터 종합 해석결과 제시
			3차년도	· 중부권 대기환경 개선 정책과 개선효과 분석 및 맞춤형 개선정책 제시
연구결과 확산	10	6	1차년도	· 국내논문 1편
			2차년도	· SCI 논문 1편(JCR 25% 이내)
합계	100			

2. 연구개발 내용, 방법, 추진체계 및 일정

2-1. 연구개발 내용, 방법 및 추진체계



2-2. 추진 일정 계획

2차 년도													
추진내용	추진일정												책임자 (소속기관)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
중부권 시범지역 연계분석													박세찬 (충남연구원)
충청권 대기환경연구소 PM _{2.5} 데이터 기반 기여도 분석													황규철 (충남연구원)
중부권 시범지역 집중측정 지원													황규철 (충남연구원)
아산산/당진 등 시범지역에 대한 주요 배출원 특성 조사													김종범 (충남연구원)
주요 오염물질 배출원 기반 기여도 추정													이가혜 (충남연구원)
PM _{2.5} 와 주요 오염물질에 대한 지역배출원과 농도간 특성 분석													이은희 (충남연구원)

3. 참여인력 계획

3-1. 연구책임자 및 참여연구원 참여현황

구분	자격	성명	소속기관명	소속부서명	직급(직위)	최종학위	전공
1위탁	연구책임자	김종범	충남연구원	기후변화대응연구센터	선임	박사	환경공학
1위탁	참여연구원	박세찬	충남연구원	기후변화대응연구센터	선임	박사	환경공학
1위탁	참여연구원	이가혜	충남연구원	기후변화대응연구센터	주임	석사	환경공학
1위탁	참여연구원	황규철	충남연구원	기후변화대응연구센터	주임	석사	대기과학
1위탁	참여연구원	이은희	충남연구원	기후변화대응연구센터	주임	석사	법학

4. 연구개발비 집행계획

4-1. 연구개발비 총괄표

(단위: 천원)

						양식A611		
비목	세목				1차년도	2차년도	3차년도	합계
					2023	2024	2025	
직 접 비	인 건 비	내부 인건 비	미지급		12,234	17,169		29,403
			지급 (A)	현금	57,194	48,962	18,000	124,156
				현물				
		외부 인건 비	미지급					
			지급 (B)	현금				
				현물				
	연구지원인력인건비(C)							
	학생 인건비(D)							
	인건비 소계 (E=A+B+C+D)				57,194	48,962	18,000	124,156
	연구시설· 장비비(F)		현금	일반	4,000	2,800		6,800
				통합관리				
			현물					
	연구활동비 (G)	현금	15,064	16,000	800	31,864		
		현물						
	연구재료비 (H)	현금	9,552	17,500		27,052		
		현물						
	연구수당(I)							
위탁연구개발비(J)								
직접비 소계 (K=E+F+G+H+I+J)				85,810	85,262	18,800	189,872	
간접비(L)				4,190	4,738	1,200	10,128	
(간접비 중 연구실 안전관리비)								
연구개발비 총액 (M=K+L)				90,000	90,000	20,000	200,000	

4-3. 참여인력 상세내역

1) 내부인건비

(단위: 천원)

양식A401							
자격	성명	소속기관명	직급(직위)	신규채용여부	참여시작일	참여종료일	지급구분
	국가연구자번호	소속부서명	국적	월급여	계상률(%)	참여개월수	총액
연구책임	김종범	충남연구원	선임급	N	2024.01.01	2024.12.31	미지급
	1093 6996	기후변화대응연구센터	대한민국	5,362	10 %	12	6,434
공동연구	박 세찬	충남연구원	선임급	N	2024.01.01	2024.12.31	미지급
	1149 0666	기후변화대응연구센터	대한민국	5,362	10 %	12	6,434

2) 외부인건비

(단위: 천원)

양식A612							
자격	성명	소속기관명	직급(직위)	신규채용여부	참여시작일	참여종료일	지급구분
	국가연구자번호	소속부서명	국적	월급여	계상률(%)	참여개월수	총액
연구보조	이가혜	충남연구원	주임급	N	2024.01.01	2024.12.31	미지급
	1180 8069	기후변화대응연구센터	대한민국	3,584	10 %	12	4,300
연구보조	황규철	충남연구원	주임급	N	2024.01.01	2024.12.31	지급
	1180 3190	기후변화대응연구센터	대한민국	3,584	94 %	12	40,360
연구보조	이은희	충남연구원	주임급	N	2024.01.01	2024.12.31	지급
	1276 3860	기후변화대응연구센터	대한민국	3,584	20 %	12	8,602

3) (비영리기관만 작성) 연구지원인력 인건비

※ 해당없음

5. 연구에 활용 예정인 주요 장비 현황

보유 기관	연구 시설·장비명	수량	용도	보유여부 (확보방안)	활용도 (필수여부)	시기
충남연구원	PM _{2.5} 측정장비	2	대기질 측정	기보유	필수	전기간
충남연구원	PM _{2.5} 측정장비	2	대기질 측정	미확보(임차)	필수	전기간
충남연구원	마이크로발란스	1	대기질 측정	기보유	필수	전기간
충남연구원	유량보정장비	2	대기질 측정	기보유	필수	전기간

Ⅲ. 당초 연구계획 대비 주요 변경사항

1. 전년도 실적 부분

※ 해당없음

2. 차년도 계획 부분

※ 해당없음

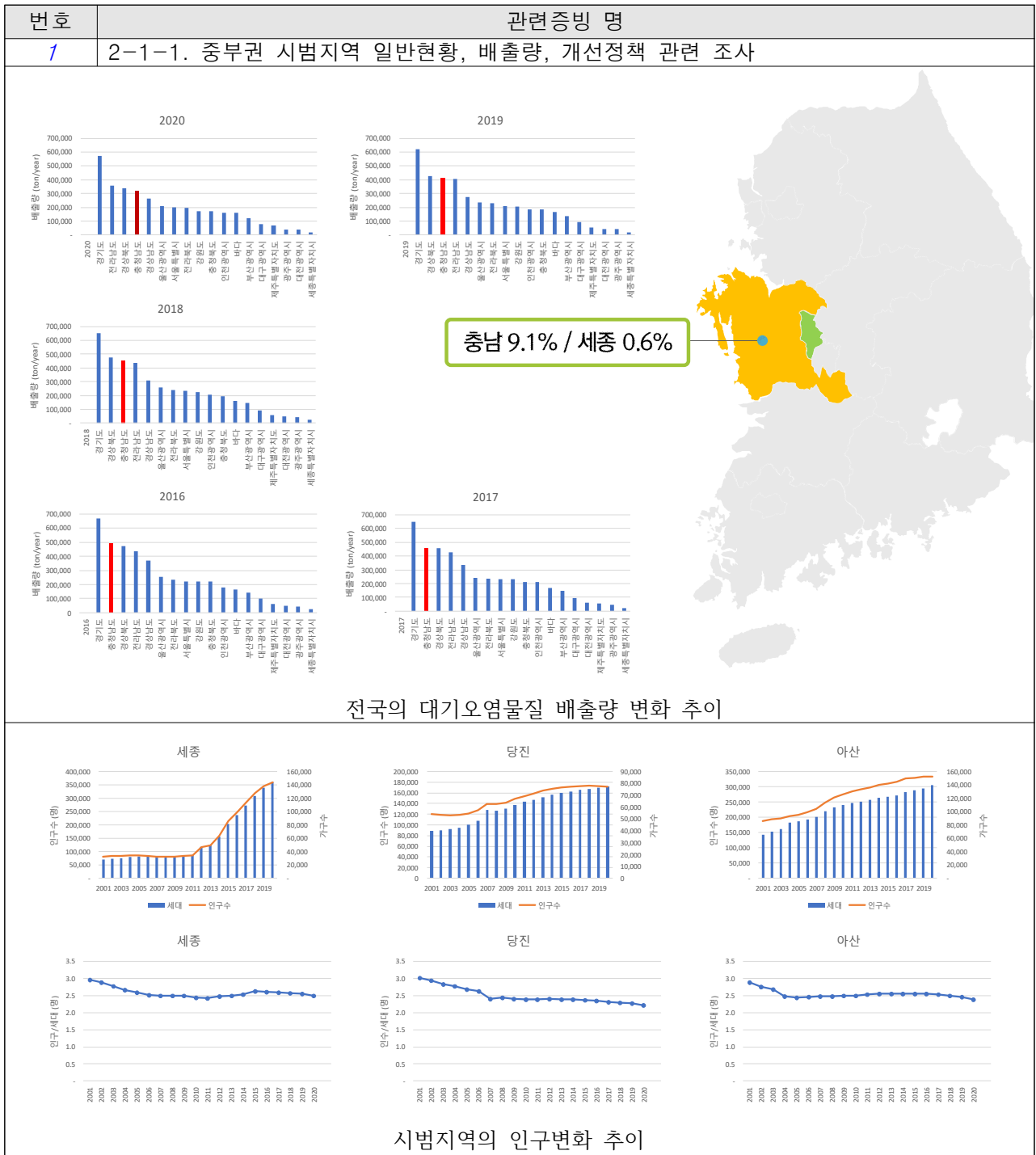
[첨부목록]

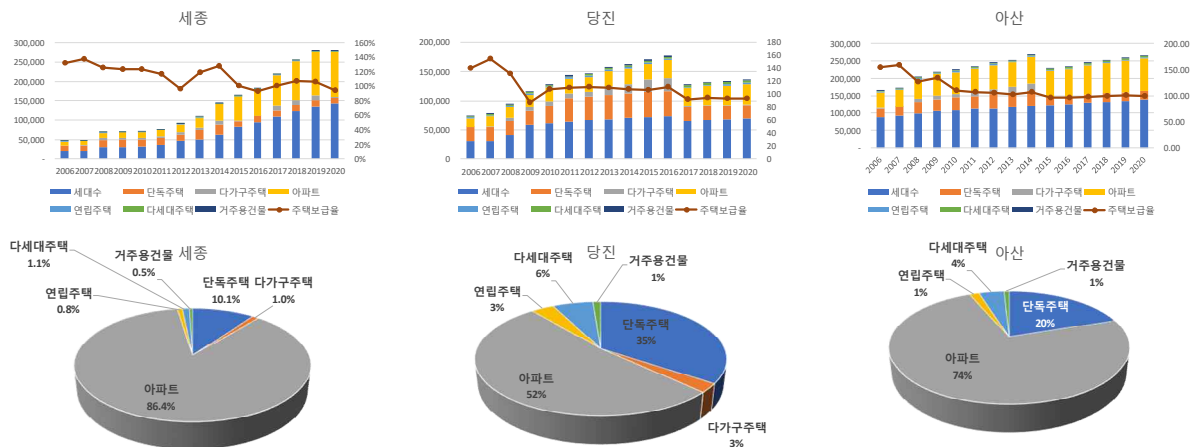
구분	목록	제출여부 (Y/N)
첨부1	연구개발 목표의 달성도 증빙	Y
첨부2	연구성과 요약본	Y
첨부3	연구개발 결과의 활용방안 및 기대효과	Y
첨부4	[해당 시] 연구장비도입 심의요청서	N
첨부5	[해당 시] 청년 의무채용 관련 실적	N
첨부6	[보완용] 평가의견에 대한 수정 · 보완 대비표	N

첨부1

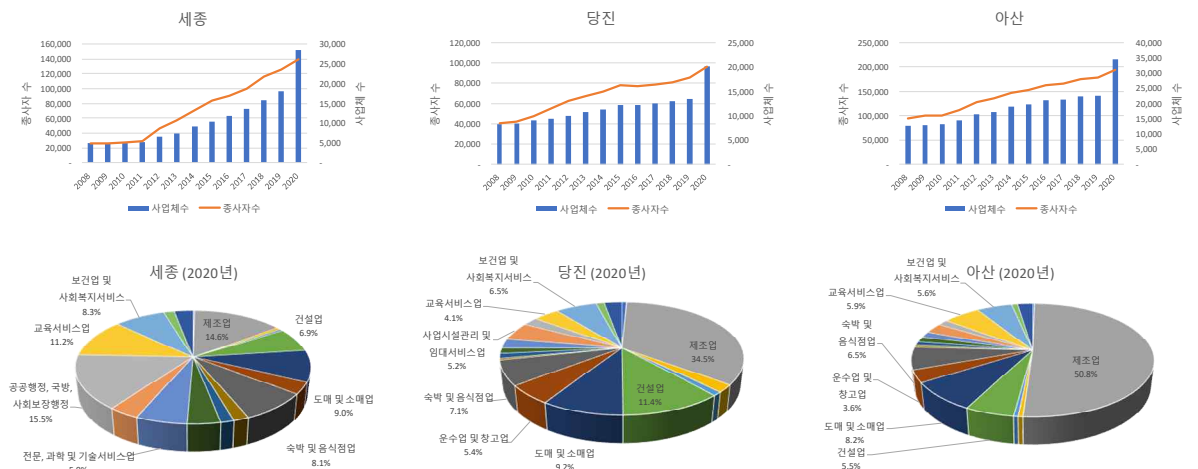
연구개발 목표의 달성도 증빙

평가주안점	가중치 (%)	관련 세부목표	연차	연차별 목표 (조건/환경)	실적요약	관련증빙
중부권 시범지역 기초자료 및 AQMS 데이터 분석	10	1	1차년도	· 중부권 시범지역 일반현황, 배출량, 개선정책 관련 조사 자료 제시	· 중부권내 시범지역(당진, 아산, 세종)을 대상으로 일반현황 자료 조사 및 제시	1
중부권 시범지역의 PM _{2.5} 및 주요 오염물질 특성 분석	30	2	1차년도	· 충청권 대기환경연구소 분석자료 제시	· 2021~2022년 측정자료를 대상으로 지역특성 분석자료 제공	2
집중측정 지원	10	3	1차년도	· 집중측정망 현장지원 및 분석자료 제시	· 당진과 아산대상 가을철 측정 수행 중 · 2차년도에 겨울, 봄, 여름철 측정 수행 예정	3
측정분석 데이터 기반 기여도 추정	20	4	1차년도	· 중부권 지역별 PM _{2.5} 특성 분석 자료 제시	· 충남도 지역 내 PM _{2.5} 성분측정망 자료 분석 및 특성 분석자료 제시	4
대기환경 개선 효과 분석 및 맞춤형 정책 제안	20	5	1차년도	· 지역별 대기측정망 자료 분석결과 제시	· 마을대기측정망 등 중부권 내 측정망 자료 분석 및 지역별 특성 분석 자료 제시	5
연구결과 확산	10	6	1차년도	· 국내논문 1편	· 게재논문 3편(KCI 2건, SCI 1건 심사 중) · 학술대회 발표 2건	6
합계	100					

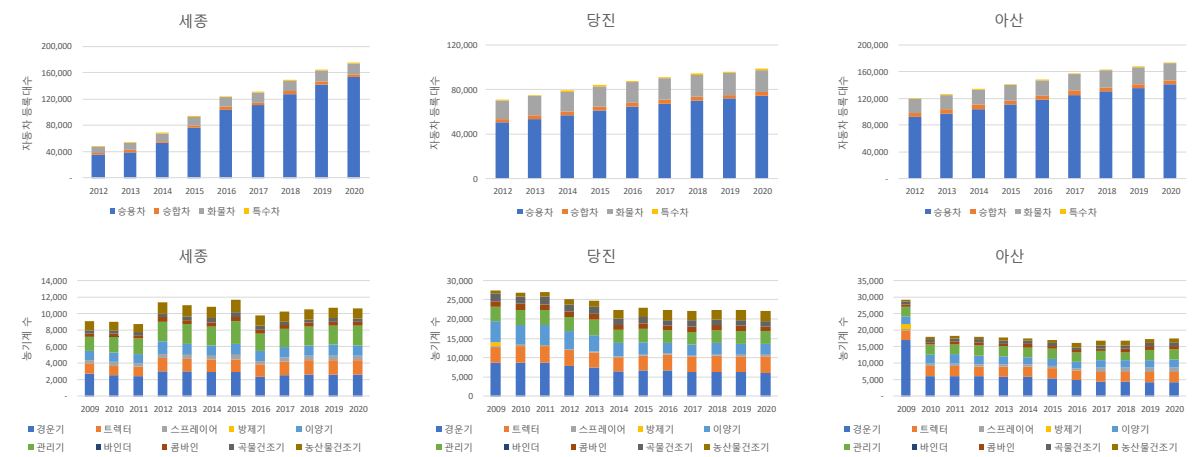




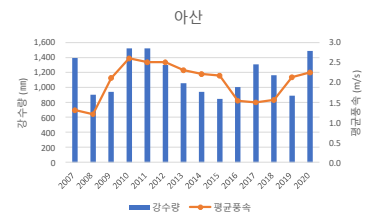
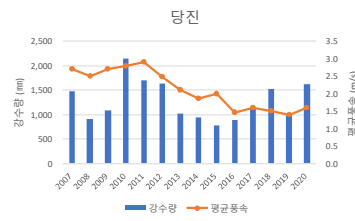
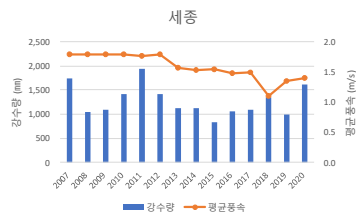
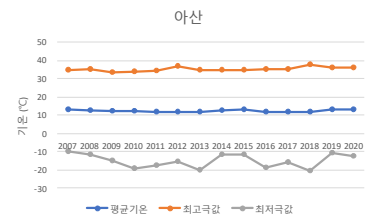
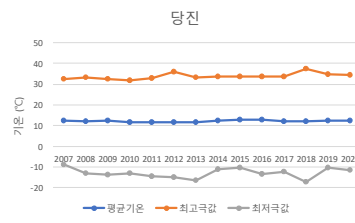
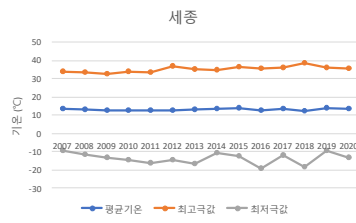
시범지역의 주택활용 현황



시범지역의 사업구조

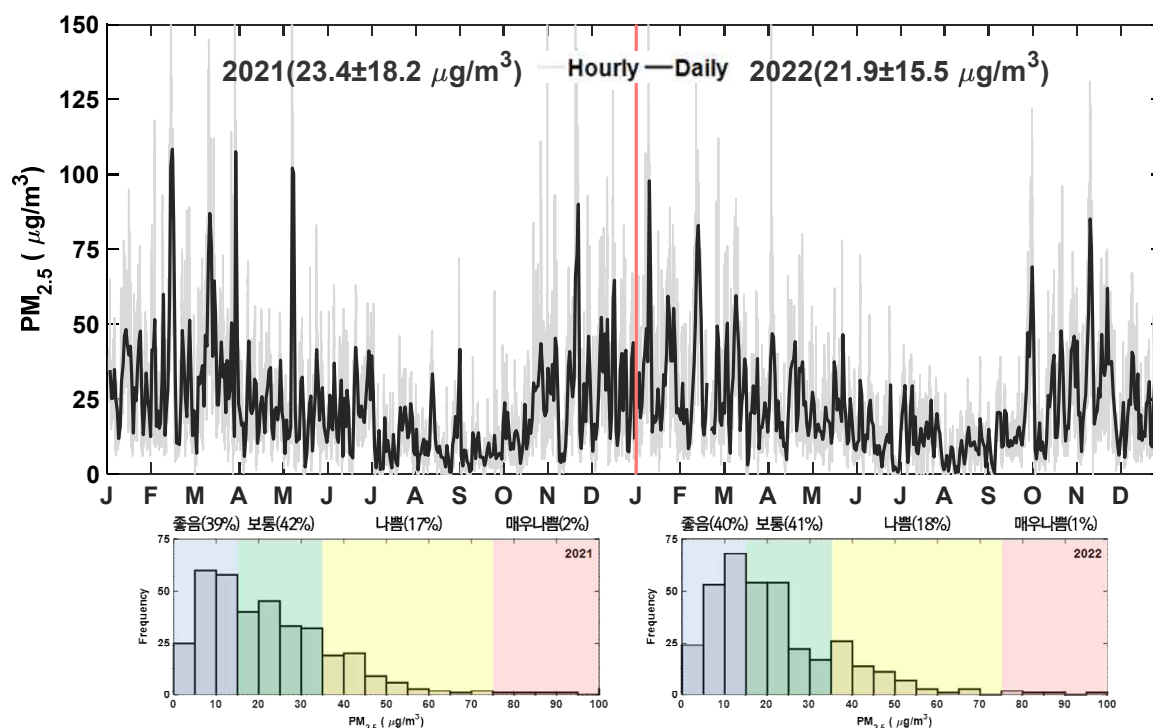


시범지역의 도로/비도로 차량 현황

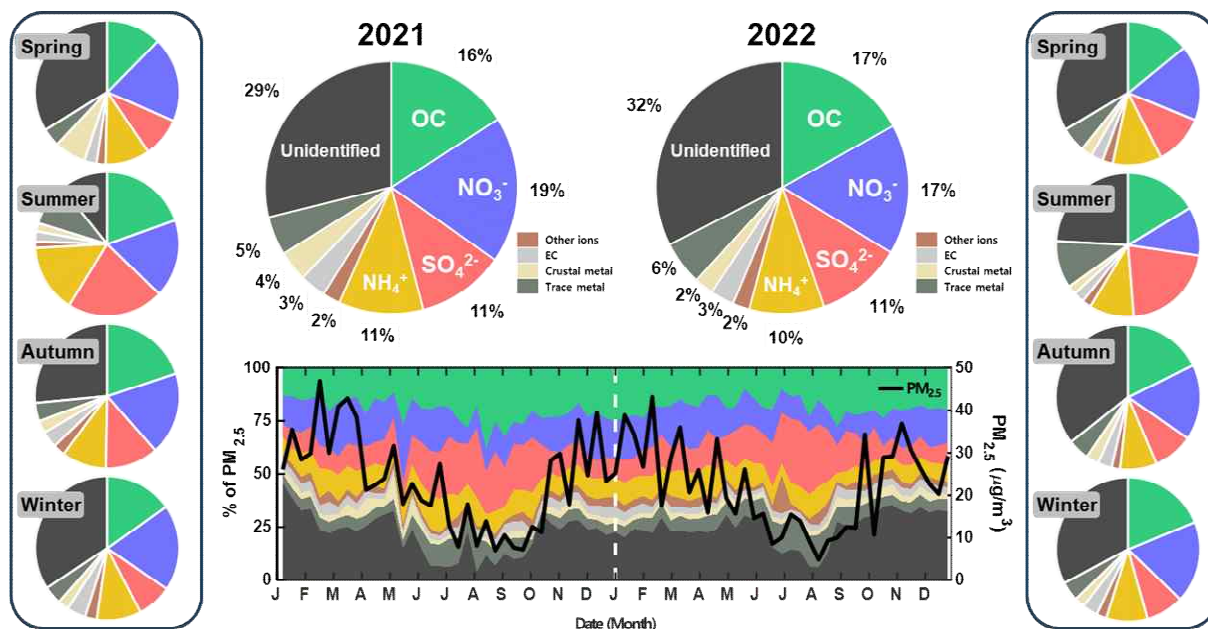


시범지역의 기후특성

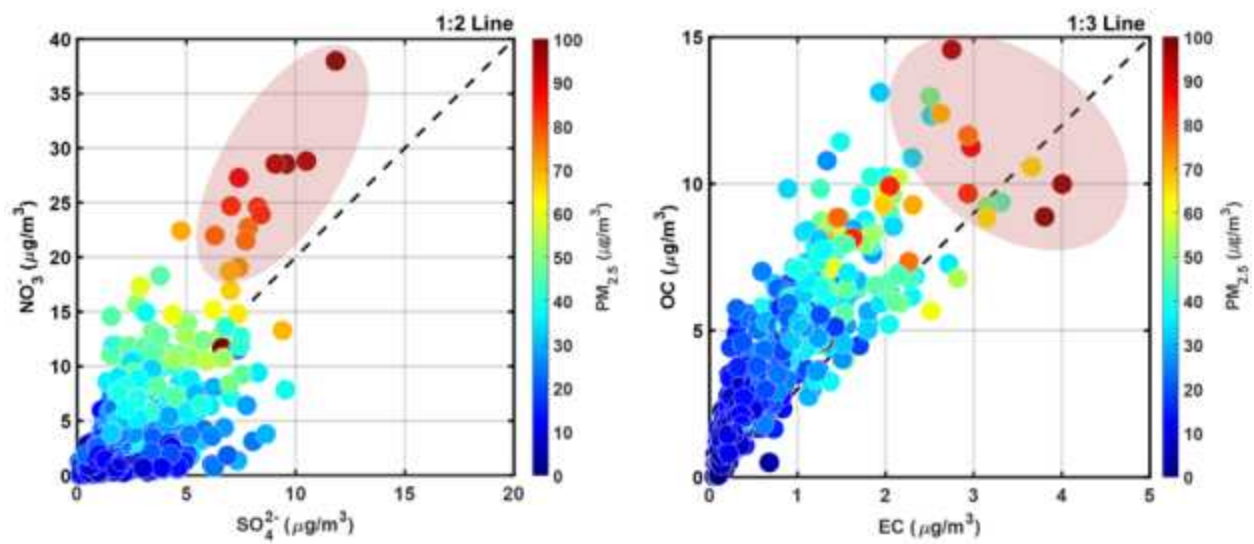
번호	관련증빙 명
2	2-1-2. 충청권 대기환경연구소 분석자료 제시



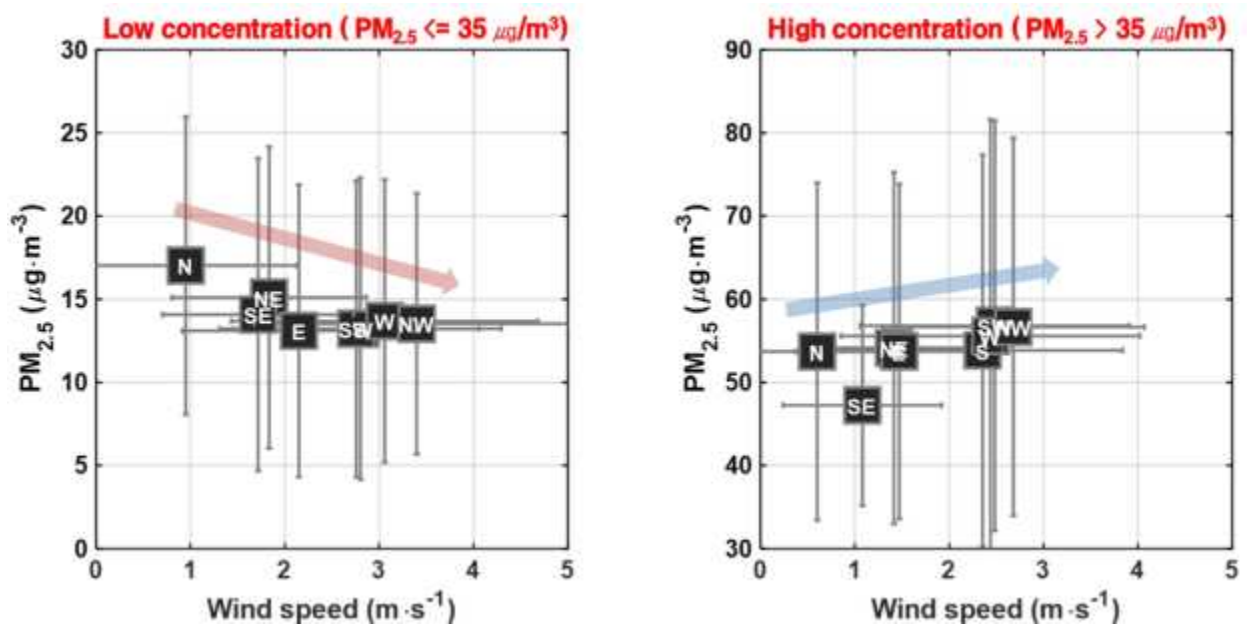
충청권 대기환경연구소 PM_{2.5} 농도 시계열 및 대기환경 기준 일수



충청권 대기환경연구소 PM_{2.5} 화학성분



이온성분, 탄소성분 간의 상관성 분석 결과



풍속과 $\text{PM}_{2.5}$ 간의 상관성 분석 결과

번호	관련증빙 명																																																																																																																																																																																																																																																																																							
3	집중측정망 현장지원 및 분석자료 제시																																																																																																																																																																																																																																																																																							
<div> <div> <p>충남지역 대기질 개선 연구를 위한 지자체 담당자 및 연구진간 업무 협의</p> <table> <tr> <th>소속</th><th>직위(직급)</th><th>성명</th><th>서명</th></tr> <tr> <td>충남연구원</td><td>환경연구원</td><td>박세관</td><td></td></tr> <tr> <td>KIST</td><td>연구원</td><td>이원재</td><td></td></tr> <tr> <td>KIST</td><td>산업연구원</td><td>김경환</td><td></td></tr> <tr> <td>충남연구원</td><td>연구원</td><td>송현경</td><td></td></tr> <tr> <td>충남연구원</td><td>연구원</td><td>홍규철</td><td></td></tr> <tr> <td>충남연구원</td><td>연구원</td><td>이재희</td><td></td></tr> <tr> <td>충남연구원</td><td>연구원</td><td>이재희</td><td></td></tr> <tr> <td>KIST</td><td>산업연구원</td><td>모주영</td><td></td></tr> <tr> <td>충남연구원</td><td>환경연구원</td><td>박종현</td><td></td></tr> <tr> <td>충남연구원</td><td>환경연구원</td><td>박종현</td><td></td></tr> <tr> <td>충남연구원</td><td>환경연구원</td><td>박종현</td><td></td></tr> <tr> <td>충남연구원</td><td>환경연구원</td><td>박종현</td><td></td></tr> <tr> <td>충남연구원</td><td>환경연구원</td><td>박종현</td><td></td></tr> <tr> <td>충남연구원</td><td>환경연구원</td><td>박종현</td><td></td></tr> <tr> <td>충남연구원</td><td>환경연구원</td><td>박종현</td><td></td></tr> <tr> <td>충남연구원</td><td>환경연구원</td><td>박종현</td><td></td></tr> <tr> <td>충남연구원</td><td>환경연구원</td><td>박종현</td><td></td></tr> <tr> <td>충남연구원</td><td>환경연구원</td><td>박종현</td><td></td></tr> <tr> <td>충남연구원</td><td>환경연구원</td><td>박종현</td><td></td></tr> <tr> <td>충남연구원</td><td>환경연구원</td><td>박종현</td><td></td></tr> <tr> <td>충남연구원</td><td>환경연구원</td><td>박종현</td><td></td></tr> <tr> <td>충남연구원</td><td>환경연구원</td><td>박종현</td><td></td></tr> <tr> <td>충남연구원</td><td>환경연구원</td><td>박종현</td><td></td></tr> <tr> <td>충남연구원</td><td>환경연구원</td><td>박종현</td><td></td></tr> <tr> <td>충남연구원</td><td>환경연구원</td><td>박종현</td><td></td></tr> <tr> <td>충남연구원</td><td>환경연구원</td><td>박종현</td><td></td></tr> <tr> <td>충남연구원</td><td>환경연구원</td><td>박종현</td><td></td></tr> <tr> <td>충남연구원</td><td>환경연구원</td><td>박종현</td><td></td></tr> <tr> <td>충남연구원</td><td>환경연구원</td><td>박종현</td><td></td></tr> <tr> <td>충남연구원</td><td>환경연구원</td><td>박종현</td><td></td></tr> <tr> <td>충남연구원</td><td>환경연구원</td><td>박종현</td><td></td></tr> <tr> <td>충남연구원</td><td>환경연구원</td><td>박종현</td><td></td></tr> <tr> <td>충남연구원</td><td>환경연구원</td><td>박종현</td><td></td></tr> <tr> <td>충남연구원</td><td>환경연구원</td><td>박종현</td><td></td></tr> </table> </div> <div> <div> <p>충남지역 대기질 개선 연구를 위한 지자체 담당자 및 연구진간 업무 협의</p> <table> <tr> <th>소속</th><th>직위(직급)</th><th>성명</th><th>서명</th></tr> <tr> <td>KIST</td><td>산업연구원</td><td>김경환</td><td></td></tr> <tr> <td>KIST</td><td>연구원</td><td>이원재</td><td></td></tr> <tr> <td>충남연구원</td><td>연구원</td><td>홍규철</td><td></td></tr> <tr> <td>충남연구원</td><td>연구원</td><td>이재희</td><td></td></tr> <tr> <td>충남연구원</td><td>연구원</td><td>박세관</td><td></td></tr> <tr> <td>충남연구원</td><td>연구원</td><td>송현경</td><td></td></tr> <tr> <td>충남연구원</td><td>연구원</td><td>이재희</td><td></td></tr> <tr> <td>충남연구원</td><td>연구원</td><td>이재희</td><td></td></tr> <tr> <td>충남연구원</td><td>연구원</td><td>이재희</td><td></td></tr> <tr> <td>충남연구원</td><td>연구원</td><td>이재희</td><td></td></tr> <tr> <td>충남연구원</td><td>연구원</td><td>이재희</td><td></td></tr> <tr> <td>충남연구원</td><td>연구원</td><td>이재희</td><td></td></tr> <tr> <td>충남연구원</td><td>연구원</td><td>이재희</td><td></td></tr> <tr> <td>충남연구원</td><td>연구원</td><td>이재희</td><td></td></tr> <tr> <td>충남연구원</td><td>연구원</td><td>이재희</td><td></td></tr> <tr> <td>충남연구원</td><td>연구원</td><td>이재희</td><td></td></tr> <tr> <td>충남연구원</td><td>연구원</td><td>이재희</td><td></td></tr> <tr> <td>충남연구원</td><td>연구원</td><td>이재희</td><td></td></tr> <tr> <td>충남연구원</td><td>연구원</td><td>이재희</td><td></td></tr> <tr> <td>충남연구원</td><td>연구원</td><td>이재희</td><td></td></tr> <tr> <td>충남연구원</td><td>연구원</td><td>이재희</td><td></td></tr> <tr> <td>충남연구원</td><td>연구원</td><td>이재희</td><td></td></tr> <tr> <td>충남연구원</td><td>연구원</td><td>이재희</td><td></td></tr> <tr> <td>충남연구원</td><td>연구원</td><td>이재희</td><td></td></tr> <tr> <td>충남연구원</td><td>연구원</td><td>이재희</td><td></td></tr> <tr> <td>충남연구원</td><td>연구원</td><td>이재희</td><td></td></tr> <tr> <td>충남연구원</td><td>연구원</td><td>이재희</td><td></td></tr> <tr> <td>충남연구원</td><td>연구원</td><td>이재희</td><td></td></tr> <tr> <td>충남연구원</td><td>연구원</td><td>이재희</td><td></td></tr> <tr> <td>충남연구원</td><td>연구원</td><td>이재희</td><td></td></tr> <tr> <td>충남연구원</td><td>연구원</td><td>이재희</td><td></td></tr> <tr> <td>충남연구원</td><td>연구원</td><td>이재희</td><td></td></tr> <tr> <td>충남연구원</td><td>연구원</td><td>이재희</td><td></td></tr> <tr> <td>충남연구원</td><td>연구원</td><td>이재희</td><td></td></tr> </table> </div> </div> </div>	소속	직위(직급)	성명	서명	충남연구원	환경연구원	박세관		KIST	연구원	이원재		KIST	산업연구원	김경환		충남연구원	연구원	송현경		충남연구원	연구원	홍규철		충남연구원	연구원	이재희		충남연구원	연구원	이재희		KIST	산업연구원	모주영		충남연구원	환경연구원	박종현		충남연구원	환경연구원	박종현		충남연구원	환경연구원	박종현		충남연구원	환경연구원	박종현		충남연구원	환경연구원	박종현		충남연구원	환경연구원	박종현		충남연구원	환경연구원	박종현		충남연구원	환경연구원	박종현		충남연구원	환경연구원	박종현		충남연구원	환경연구원	박종현		충남연구원	환경연구원	박종현		충남연구원	환경연구원	박종현		충남연구원	환경연구원	박종현		충남연구원	환경연구원	박종현		충남연구원	환경연구원	박종현		충남연구원	환경연구원	박종현		충남연구원	환경연구원	박종현		충남연구원	환경연구원	박종현		충남연구원	환경연구원	박종현		충남연구원	환경연구원	박종현		충남연구원	환경연구원	박종현		충남연구원	환경연구원	박종현		충남연구원	환경연구원	박종현		충남연구원	환경연구원	박종현		충남연구원	환경연구원	박종현		충남연구원	환경연구원	박종현		소속	직위(직급)	성명	서명	KIST	산업연구원	김경환		KIST	연구원	이원재		충남연구원	연구원	홍규철		충남연구원	연구원	이재희		충남연구원	연구원	박세관		충남연구원	연구원	송현경		충남연구원	연구원	이재희		충남연구원	연구원	이재희		충남연구원	연구원	이재희		충남연구원	연구원	이재희		충남연구원	연구원	이재희		충남연구원	연구원	이재희		충남연구원	연구원	이재희		충남연구원	연구원	이재희		충남연구원	연구원	이재희		충남연구원	연구원	이재희		충남연구원	연구원	이재희		충남연구원	연구원	이재희		충남연구원	연구원	이재희		충남연구원	연구원	이재희		충남연구원	연구원	이재희		충남연구원	연구원	이재희		충남연구원	연구원	이재희		충남연구원	연구원	이재희		충남연구원	연구원	이재희		충남연구원	연구원	이재희		충남연구원	연구원	이재희		충남연구원	연구원	이재희		충남연구원	연구원	이재희		충남연구원	연구원	이재희		충남연구원	연구원	이재희		충남연구원	연구원	이재희		충남연구원	연구원	이재희		충남연구원	연구원	이재희	
소속	직위(직급)	성명	서명																																																																																																																																																																																																																																																																																					
충남연구원	환경연구원	박세관																																																																																																																																																																																																																																																																																						
KIST	연구원	이원재																																																																																																																																																																																																																																																																																						
KIST	산업연구원	김경환																																																																																																																																																																																																																																																																																						
충남연구원	연구원	송현경																																																																																																																																																																																																																																																																																						
충남연구원	연구원	홍규철																																																																																																																																																																																																																																																																																						
충남연구원	연구원	이재희																																																																																																																																																																																																																																																																																						
충남연구원	연구원	이재희																																																																																																																																																																																																																																																																																						
KIST	산업연구원	모주영																																																																																																																																																																																																																																																																																						
충남연구원	환경연구원	박종현																																																																																																																																																																																																																																																																																						
충남연구원	환경연구원	박종현																																																																																																																																																																																																																																																																																						
충남연구원	환경연구원	박종현																																																																																																																																																																																																																																																																																						
충남연구원	환경연구원	박종현																																																																																																																																																																																																																																																																																						
충남연구원	환경연구원	박종현																																																																																																																																																																																																																																																																																						
충남연구원	환경연구원	박종현																																																																																																																																																																																																																																																																																						
충남연구원	환경연구원	박종현																																																																																																																																																																																																																																																																																						
충남연구원	환경연구원	박종현																																																																																																																																																																																																																																																																																						
충남연구원	환경연구원	박종현																																																																																																																																																																																																																																																																																						
충남연구원	환경연구원	박종현																																																																																																																																																																																																																																																																																						
충남연구원	환경연구원	박종현																																																																																																																																																																																																																																																																																						
충남연구원	환경연구원	박종현																																																																																																																																																																																																																																																																																						
충남연구원	환경연구원	박종현																																																																																																																																																																																																																																																																																						
충남연구원	환경연구원	박종현																																																																																																																																																																																																																																																																																						
충남연구원	환경연구원	박종현																																																																																																																																																																																																																																																																																						
충남연구원	환경연구원	박종현																																																																																																																																																																																																																																																																																						
충남연구원	환경연구원	박종현																																																																																																																																																																																																																																																																																						
충남연구원	환경연구원	박종현																																																																																																																																																																																																																																																																																						
충남연구원	환경연구원	박종현																																																																																																																																																																																																																																																																																						
충남연구원	환경연구원	박종현																																																																																																																																																																																																																																																																																						
충남연구원	환경연구원	박종현																																																																																																																																																																																																																																																																																						
충남연구원	환경연구원	박종현																																																																																																																																																																																																																																																																																						
충남연구원	환경연구원	박종현																																																																																																																																																																																																																																																																																						
충남연구원	환경연구원	박종현																																																																																																																																																																																																																																																																																						
충남연구원	환경연구원	박종현																																																																																																																																																																																																																																																																																						
충남연구원	환경연구원	박종현																																																																																																																																																																																																																																																																																						
소속	직위(직급)	성명	서명																																																																																																																																																																																																																																																																																					
KIST	산업연구원	김경환																																																																																																																																																																																																																																																																																						
KIST	연구원	이원재																																																																																																																																																																																																																																																																																						
충남연구원	연구원	홍규철																																																																																																																																																																																																																																																																																						
충남연구원	연구원	이재희																																																																																																																																																																																																																																																																																						
충남연구원	연구원	박세관																																																																																																																																																																																																																																																																																						
충남연구원	연구원	송현경																																																																																																																																																																																																																																																																																						
충남연구원	연구원	이재희																																																																																																																																																																																																																																																																																						
충남연구원	연구원	이재희																																																																																																																																																																																																																																																																																						
충남연구원	연구원	이재희																																																																																																																																																																																																																																																																																						
충남연구원	연구원	이재희																																																																																																																																																																																																																																																																																						
충남연구원	연구원	이재희																																																																																																																																																																																																																																																																																						
충남연구원	연구원	이재희																																																																																																																																																																																																																																																																																						
충남연구원	연구원	이재희																																																																																																																																																																																																																																																																																						
충남연구원	연구원	이재희																																																																																																																																																																																																																																																																																						
충남연구원	연구원	이재희																																																																																																																																																																																																																																																																																						
충남연구원	연구원	이재희																																																																																																																																																																																																																																																																																						
충남연구원	연구원	이재희																																																																																																																																																																																																																																																																																						
충남연구원	연구원	이재희																																																																																																																																																																																																																																																																																						
충남연구원	연구원	이재희																																																																																																																																																																																																																																																																																						
충남연구원	연구원	이재희																																																																																																																																																																																																																																																																																						
충남연구원	연구원	이재희																																																																																																																																																																																																																																																																																						
충남연구원	연구원	이재희																																																																																																																																																																																																																																																																																						
충남연구원	연구원	이재희																																																																																																																																																																																																																																																																																						
충남연구원	연구원	이재희																																																																																																																																																																																																																																																																																						
충남연구원	연구원	이재희																																																																																																																																																																																																																																																																																						
충남연구원	연구원	이재희																																																																																																																																																																																																																																																																																						
충남연구원	연구원	이재희																																																																																																																																																																																																																																																																																						
충남연구원	연구원	이재희																																																																																																																																																																																																																																																																																						
충남연구원	연구원	이재희																																																																																																																																																																																																																																																																																						
충남연구원	연구원	이재희																																																																																																																																																																																																																																																																																						
충남연구원	연구원	이재희																																																																																																																																																																																																																																																																																						
충남연구원	연구원	이재희																																																																																																																																																																																																																																																																																						
충남연구원	연구원	이재희																																																																																																																																																																																																																																																																																						
충남연구원	연구원	이재희																																																																																																																																																																																																																																																																																						

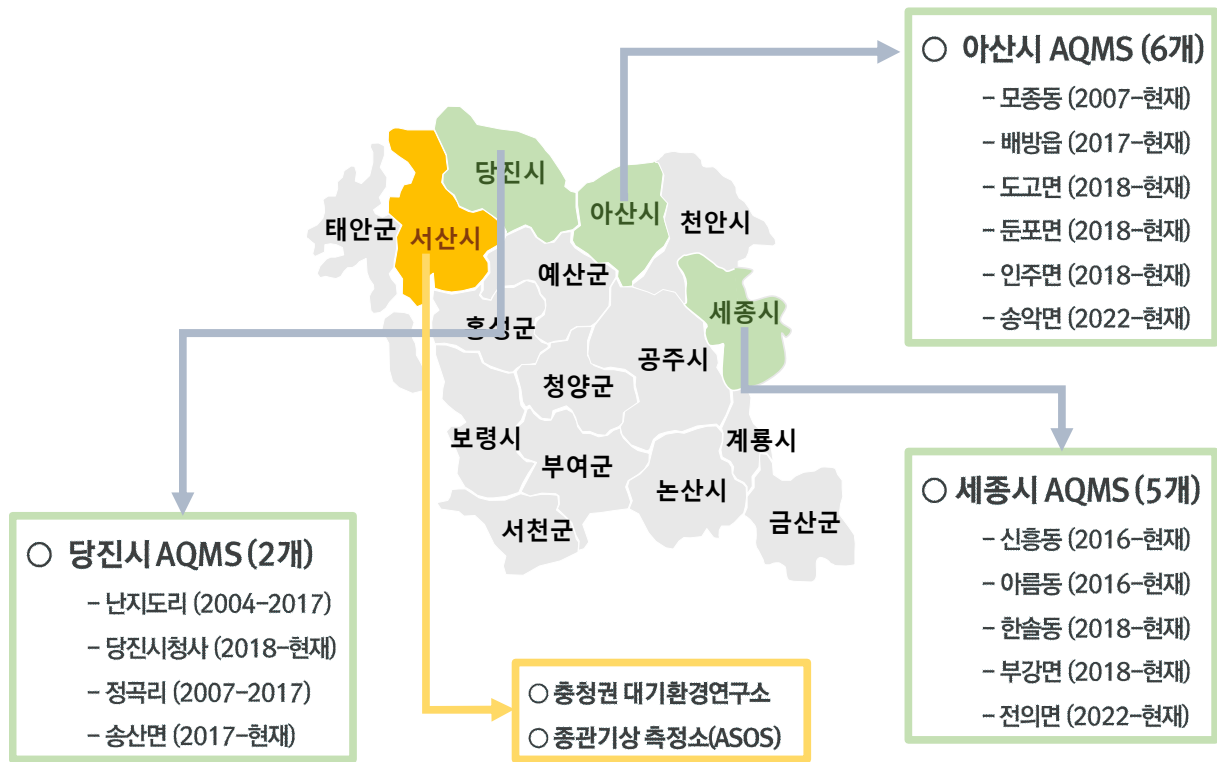
4월 3일(충남보건환경연구원)

4월 4일(충청권대기환경연구소)

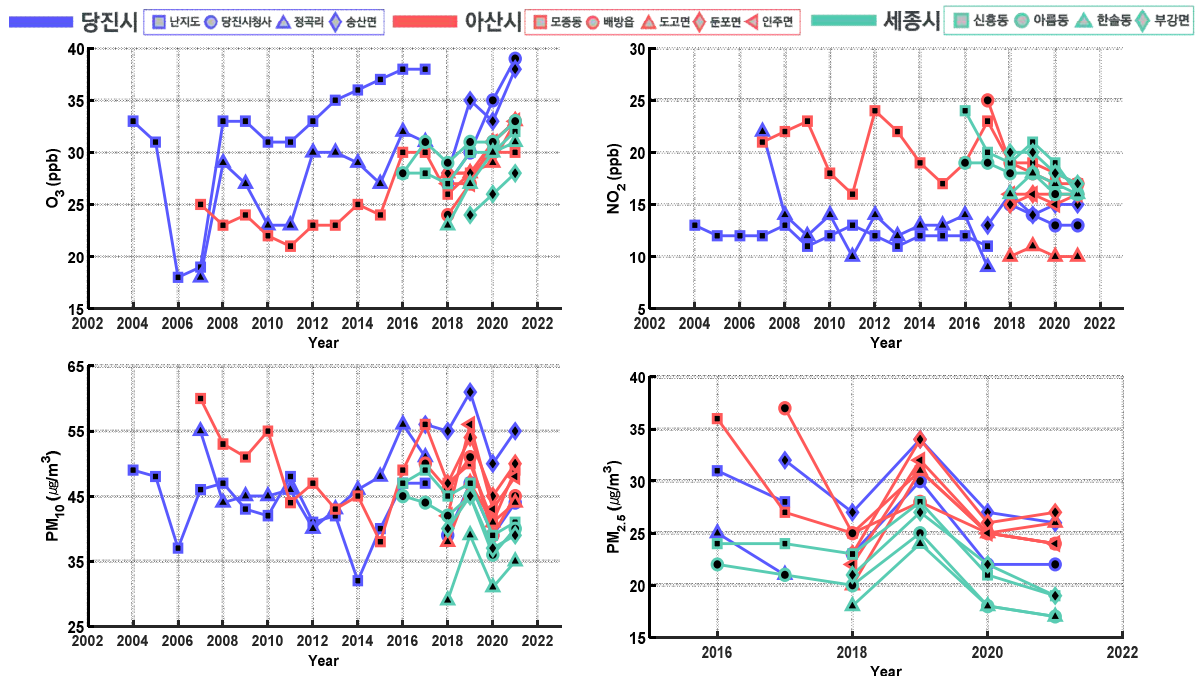


시험지역(당진, 아산) 현장조사 모습

번호	관련증빙 명
4	중부권 지역별 PM _{2.5} 특성분석 자료 제시

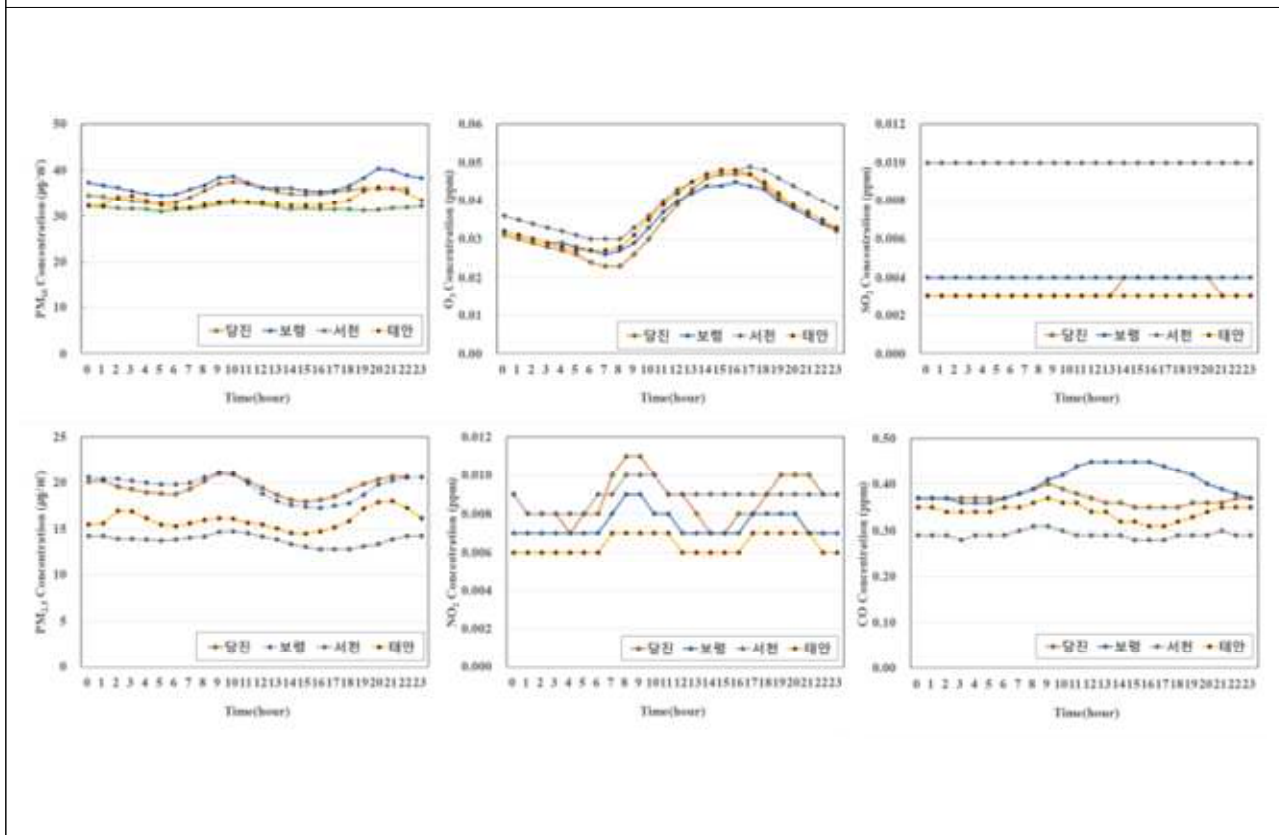


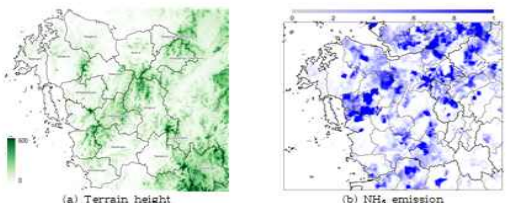
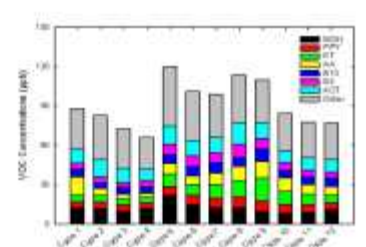
중부권 주요 측정망 정보



AQMS 데이터 기반 중기 농도 변화 추이

번호	관련증빙 명
5	2-1-5. 지역별 대기측정망 자료 분석결과 제시 (증빙 5)



번호	관련증빙 명
6	2-1-6. 국내외논문 작성
<p>충남 석탄화력발전소 주변 지역 대기오염 영향 분석 Air Pollution Impact in the Area Around Coal-fired Power Plant in Chungnam</p> <p>김수형¹⁾, 박세현²⁾, 황규철³⁾, 이가혜⁴⁾, 최영남⁵⁾, 이상진⁶⁾, 박선환⁷⁾, 김정호⁸⁾, 노수진⁹⁾, 김종범¹⁰⁾</p> <p>1)충남연구원, 2)충남연구원, 3)서해안기후환경연구소, 4)한국미세먼지연구소, 5)대림대학교 보건안전학과, 6)대림대학교 보건안전학과</p> <p>Su-Hyang Kim¹⁾, Sechan Park²⁾, Kyuchol Hwang³⁾, Gahye Lee⁴⁾, Young-Nam Choi⁵⁾, Sang Sin Lee⁶⁾, Sunhwan Park⁷⁾, Sujin Noh⁸⁾, Jong Bom Kim⁹⁾</p> <p>¹⁾Saemil Engineering & Consultant Co., Ltd, Ulsang, Republic of Korea, ²⁾Saemil Research Institute, Chungnam Institute, Hongseong, Republic of Korea, ³⁾Fine Particle Lab CO., Ltd, Incheon, Republic of Korea, ⁴⁾Department of Health & Safety, Daelin University, Anyang, Republic of Korea.</p> <p>Abstract There are a lot of large-scale discharge facilities in Chungnam. Coal-fired power plants are known to emit large amounts of air pollutants such as PM2.5, SO2, and NO2. In this study, we analyzed the impact of coal-fired power plants located in Chungnam. For analysis, modeling was performed with WRF-SMOKE-CLIAQ system, and then Emission data was used clean air policy support system (CAPSS) in 2019. The target areas were Boryeong, Dangjin, and Taean except Sacheon. Brute force method (BFM) and significant impact levels (SIL) were used to analyze the contribution. This method is being used by United States Environmental Protection Agency (EPA) to analyze concentration changes according to changes in emissions. As a result of emission analysis, air pollutant emissions in Chungnam are gradually decreasing. In particular, emissions of Dangjin, Boryeong, and Taean showed a significant decrease. The contribution by Dangjin and Taean showed small impact because wind trajectories of these regions are pushed from the inland to the coast. For the opposite reason, Boryeong showed the highest contribution. The areas most affected by coal-fired power plants were Boryeong, Hongseong, and Yesan.</p> <p>Key words: Coal-fired power plant, PM_{2.5}, NO_x, SO_x, Chungnam</p> <p>*Corresponding author / Tel : +82-41-830-3924 E-mail : kjb0810@cdl.re.kr</p>	 <p>Fig. 7. Topography map (a) and NH₃ emission (b) of Chungnam</p> <p>4. 결론 충남은 전국에서 운영 중인 석탄화력발전소의 절반에 가까운 숫자가 위치해 있어 이에 대한 지역 내 영향이 문제가 되고 있다. 이에 본 연구에서는 모델링을 활용하여 신서천화력발전소를 제외한 3곳의 2019년 배출량을 기준으로 발전소별 영향을 파악하였고 다음과 같은 결론을 도출하였다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 국내 배출량 자료의 기법이 되는 CAPSS 기준으로 충남의 대기오염물질 배출량 추이 분석 결과 2015년 전국 배출량 2위에서 2020년에는 전국 4위로 배출량 순위가 하락하였다. 지역 내 배출 기여도도 그 동안 부동의 1위를 차지하던 당진의 지속적인 감축 노력으로 2위로 내려오고, 그 사이 간혹 폭이 낮은 서산이 1위로 올라왔다. 전반적으로 발전소가 위치한 당진, 보령, 태안의 배출량이 큰 폭으로 감소한 것으로 나타났다. 2. 발전소의 영향 검토에 앞서 2019년 배출량과 2021년도 기상강을 기반으로 주요 오염물질인 PM_{2.5}와 NO_x, SO_x의 충남 내 분포를 검토하였다. 분석 결과 3개 오염물질 모두 당진과 서산을 중심으로 고농도가 분포하는 것으로 나타났으며, 이는 AQMS 측정값 대비 과대평가 된 것으로 나타났다. 지역 내 배출 기여도를 찾을 때 현실을 반영한 분석 결과로 판단되었다. 3. BFM과 SIL을 이용하여 석탄화력발전소의 충남 지역 내 영향을 분석하였다. 당진과 태안보다 보령의 기여도가 높은 것으로 나타났으며, 이는 기후패턴분석 결과 당진과 태안의 경우 기후 패턴이 내륙보다 바닷가쪽으로 밀려 나가는 반면, 보령의 경우 대부분의 기후가 해안에서 내륙으로 바뀌어와 상대적으로 높은 기여도를 보이는 것으로 확인되었다. SIL 기준 SO_x와 NO_x의 경우 대부분 영향 기준 이내로 나타났으나 SO_x에서 보령만 기준 이상으로 나타나 영향권으로 확인되었다. 4. PM_{2.5}의 경우 당진과 태안 발전소에 의한 영향이 기준 이내로 확인되었으나 보령의 경우 보령, 여산, 풍성에서 기준 이상으로 나와 발전소의 영향을 받는 것으로 확인되었다. 또한 발전소 3개 모두의 영향을 고려하였을 때, 계룡, 금산, 논산, 천안을 제외한 11개 시·군이 모두 영향권으로 나타났다. 특히 최대 피해지역이 풍성과 여산으로 확인되었는데 이는 보령 쪽으로부터 배출된 오염물질이 내륙지역으로 이동하다가 풍성, 여산 경계의 차압상차를 만나 정체 되면서, 지역 내 높은 배출을 보이는 NH₃와 반류, 2차 입자를 생성하여 결과적으로 높은
- 1 -	- 16 -
한국대기환경학회 투고 (2023. 11월 투고)	
<p>toxics MDPI</p> <p>Original Article</p> <h3>Temporal-Spatial Characteristics of Volatile Organic Compounds (VOCs) near Petrochemical Industrial Complex using PTR-ToF-MS</h3> <p>Jong Bom Kim¹, Jeongho Kim², Kyung Hwan Kim³, Kyuchol Hwang⁴, Sechan Park⁵, Gahye Lee⁶, Sujin Noh⁷, Seungyeop Lee⁸, Min-Chul Choi⁹, Jooyoung Lee¹⁰, Jee Young Lee¹¹, and Duckbin Park¹²*</p> <p>¹ Institute Research Institute, Chungnam Institute 12228, Hongseong, Republic of Korea; kb0810@cdl.re.kr ² The Yonsei Lab. Co. Ltd. 32794, Incheon, Republic of Korea; sungho@yonsei.com ³ Center for Sustainable Environment Research, Korea Institute of Science and Technology, 30535, Seoul, Republic of Korea; khwang@kist.ac.kr ⁴ Institute Research Institute, Chungnam Institute 12228, Hongseong, Republic of Korea; kchwang@cdl.re.kr ⁵ Institute Research Institute, Chungnam Institute 12228, Hongseong, Republic of Korea; jpb0810@cdl.re.kr ⁶ Institute Research Institute, Chungnam Institute 12228, Hongseong, Republic of Korea; gahye@cdl.re.kr ⁷ Department of Health & Safety, Daelin University 19165, Anyang, Republic of Korea; sjn1984@daelin.ac.kr ⁸ Department of Research for Occupational Health, Institute of Occupational and Environmental Health, 12117, Incheon, Republic of Korea; kyj2020@naver.com ⁹ AI & Mechanical System, Institute for Advanced Engineering 17185, Yangju, Republic of Korea; jmc703@iaae.ac.kr ¹⁰ Transportation Environmental Research Team, Korea Railroad Research Institute 34102, Ulsang, Republic of Korea; jseop@krrri.ac.kr ¹¹ Department of Environmental and Safety Engineering, Asia University 14499, Republic of Korea; jee@asia.ac.kr ¹² Transportation Environmental Research Team, Korea Railroad Research Institute 34102, Ulsang, Republic of Korea; ddp@krrri.ac.kr</p> <p>* Correspondence: ddp@krrri.ac.kr; Tel: +82-41-845-9400</p> <p>Abstract: Petrochemical complexes cause local air pollution and deteriorate the health of local residents by emitting a variety of volatile organic compounds (VOCs). This study used a real-time analysis system to check the spatiotemporal distribution of pollutants discharged from petrochemical complexes. The proton transfer reaction time of a flight mass spectrometer (PTR-ToF-MS) was used as the measurement system. The performed measurements from July 21 to 26, 2023, multiple observations from July 21 to 22, 2023, and local observations from July 23 to 26, 2023. Mineralogical analysis indicated that the prevailing wind direction was northwesterly, and pollutants discharged from industrial complexes in upwind regions have a high impact on villages in downwind regions. Mobile observations confirmed high concentrations in the section with the village, but, vice versa, in the section of the petrochemical production process. Volatile and aromatic ions in high concentrations at all times, and the concentrations of propene, toluene, propene, acetaldehyde, 1,3-butadiene, 2-butene, acetone, acetic acid, methylalcohol, toluene, and toluene increased once the production process started. The concentrations of 1,3-butadiene and toluene, known carcinogens, were particularly high, at times exceeding the acceptable threshold, indicating the need for improvement measures in the future.</p> <p>Keywords: PTR-ToF-MS; VOCs; Hazardous; Petrochemical; Industrial Complex; Season; 1,3-Butadiene</p>	<p>5.3 Change to VOC concentration by time of day</p> <p>Industrial complexes typically operate their processes from 09:00 to 18:00 and stop work at other times. In petrochemical complexes, on the other hand, the process continues 24 hours a day, resulting in a continuous discharge of pollutants [26]. Figure 3 shows the data obtained through 26 mobile observations by time. One cycle is about 2 hours, i.e., cycle 1 from 09:00 to 11:00 and cycle 2 from 11:00 to 13:00. Accordingly, 24 hours were divided into 12 cycles at 2-hour intervals. The concentration was 87.8 ppb in cycle 1, decreasing over time until cycle 4 (18:00 to 20:00), and then increased for the 5-cycle maximum concentration at 131.0 ppb (09:00 to 10:00), representing a doubling of discharged amount. Afterward, it repeated the increase and decrease until cycle 9 (18:00 to 20:00) and then gradually decreased from cycle 10. This pattern means that the processes discharging additional VOCs in the industrial complex operate between cycles 5 and 9, with 68.2 ppb, corresponding to cycle 4, predicted as the base VOC concentration in the industrial complex area. Figure 2 in Appendix shows the results of mobile measurement throughout the entire measurement period.</p>  <p>Figure 3. Average concentration of individual VOCs for each day at each site</p> <p>Figure 4 shows the concentration of individual VOCs in each cycle. In cycle 1, AA, MEK, and ACT showed the highest concentrations at 14.0 ppb, 13.1 ppb, and 10.4 ppb, respectively. In cycle 2, as the concentration of AA decreased to 5.2 ppb, or half the level of cycle 1, MEK and ACT showed the highest rate. Afterward, MEK and ACT showed the highest concentrations until cycle 7 and 4, while other individual VOCs showed concentration variations at 8 ppb or lower. From cycle 5 on, the MEK concentration increased significantly to 23.9 ppb, while the individual VOC concentrations of PF1, KT, PF, AA, B13, B2, ACT, AAC, MEK, and TOL began to increase. Afterward, the concentration of individual VOCs stayed at 5 ppb or more until cycle 7 to 9 and then decreased from cycle 10 on. The additional production processes, in which the VOC emissions increased based on the change in individual VOCs by time, took place from 09:00 to 18:00 (cycles 5 to 9), and during this time, the concentrations of KT, PF, AA, B13, B2, AAC,</p>
Toxic (IF 4.6) 심사 중(1차 답변서 제출 완료)	

첨부2

연구성과 요약본

가. 논문게재 성과 :

게재 연도	논문명	저자명			학술지명	Vol.(No.)	국내/국 외 구분	SCI 구분 (Y/N)	Impact Factor
		주저자	교신저자	공동저자					
2023	Temporal-Spatial Characteristics of Volatile Organic Compounds (VOCs) near Petrochemical Industrial Complex using PTR-ToF-MS	김종범	박덕신	김정호, 김경환, 황규철, 박세찬, 이가혜, 노수진, 이선엽, 조민철, 윤수향, 이주연, 이재영	Toxic	심사 중	국외	Y	4.6
2023	충청남도 석탄화력발전소 주변 지역 대기오염 영향 분석	김수향	김종범	박세찬, 황규철, 이가혜, 최영남, 이상신, 김윤겸, 김정호, 노수진	한국대기 환경학회 지	심사 중	국내	N	1.3

나. 학술회의 발표 실적 :

국내/국외 구분	발표일 (YYYY.MM.DD)	학술회의명	발표 제목	발표자	개최국
국내	2023.10.27	한국대기환경학회 정기학술대회	2021-2022년 충남 PM _{2.5} 의 계절변화 및 물리·화학적 특성 분석	황규철	대한민국
국외	2023.09.07.	EAC 2023	A Study on the Prediction of Future PM _{2.5} Concentration Using Contributing Material Data	박세찬	스페인

다. 특허 성과 :

(1) 출원특허

※ 해당없음

(2) 등록특허

※ 해당없음

라. 기술료 징수 현황 :

※ 해당없음

마. 사업화 현황 :

※ 해당없음

바. 인력교류 성과

(1) 국내연구자의 해외 유출에 따른 인력교류 성과 (국내→해외 교류성과)

구분 ¹⁾	상대국	상대기관명	기간 (YYYY.MM~YYYY.MM)	해당연구자				장/단기 구분	비용 ³⁾ (단위:천원)
				국적	성명	학위 ²⁾	전공		
학회참석	스페인	EAC	2023.09.03.-09.08	대한민국	박세찬	박사	환경공학	단기	6,710

(2) 해외연구자의 국내 유입에 따른 인력교류 성과 (해외→국내 교류성과)

※ 해당없음

사. 국제화협력 성과

(1) 기술무역 성과 :

※ 해당없음

(2) 학술회의 개최 성과 :

※ 해당없음

(3) MoU 체결

※ 해당없음

(4) 각종 수요조사

※ 해당없음

아. 기타 성과

(1) 수상실적

※ 해당없음

(2) 산업기술인력 양성 성과 :

※ 해당없음

자. 경제사회 파급효과 :

※ 해당없음

1. 연구개발 결과의 활용방안

- 세부총괄에서 최종목적으로 제시한 초미세먼지의 물리·화학적 특성 및 발생기작 규명의 기초자료 생산
- 중부권 북부 해안과 내륙지역에 대한 지역별 특성자료 확보 가능
- 실시간 첨단장비를 활용한 지역 실측 자료 생산과 이를 활용한 기여도 분석결과 적용
- 충청남도 대기환경 개선계획 추진에 따른 개선효과 파악을 위한 측정자료 제공

2. 연구개발 결과의 기대효과

구분	기대 효과
기술적 측면	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 환경개선을 위한 신규기술개발을 통한 환경산업 경쟁력 향상 ▪ 뒤쳐진 중부권 환경연구 인프라 활성화를 통한 지역 연구진의 연구역량 강화 ▪ 지역기반 연구원(충남연구원, 충청권 대기환경연구소, 충청남도 보건환경연구원, 미세먼지 연구관리센터)의 협력연구를 통한 지역 연구 네트워크 구축 ▪ 충청남도의 대기환경과련 기초 정보DB 구축 및 도 및 기초지자체의 개선정책 수립을 위한 근거자료 제공 ▪ 2020년부터 추진 중인 권역별 대기환경 개선정책의 실효성 검토와 지역 맞춤형 개선대책 제언
경제적 산업적 측면	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 대기환경개선 계획 수립시 우선관리 물질 및 분야 설정을 통한 기회비용의 활용성 극대화 ▪ 주요 개선분야에 대한 집중투자를 통한 지역경제 활성화 ▪ 환경산업에 대한 투자기회 증대