보안 과제( ), 일반 과제(●) / 공개(●), 비공개( )발간등록번호( )
국토교통기술촉진연구사업 제3차 연도 최종보고서

R&D / 19CTAP-C130211-03

도시개발에 따른 여과성 먼지와 2.5㎛ 이하 응축성 먼지 배출량 산정 및 대기거동모사 예측기술 개발 최종보고서

2020. 01. 28.

주관연구기관 / 청운대학교 산학협력단
공동연구기관 / 시립대학교 산학협력단
공동연구기관 / 주식회사 주빅스

국토교통부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통과학기술진흥원장 귀하

'도시개발에 따른 여과성 먼지와 2.5 ㎛ 이하 응축성 먼지 배출량 산정 및 대기거동모사 예측 기술 개발'(연구개발 기간 : 2017. 04. ~ 2019. 12.) 과제의 최종보고서 10부를 제출합니다.

2020. 01. 28.

주관연구기관명 : 청운대학교 산학협력단 (대표자) 최 윤 철 (인)

공동연구기관명 : 서울시립대학교 산학협력단 (대표자) 김 강 수 (인)

공동연국기관명 : 주식회사 주빅스 (대표자) 정 계 명 (인)

주관연구기관책임자: 최 두 성
공동연구기관책임자: 이 임 학
공동연구기관책임자: 최 병 진

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제29조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

보고서 요약서

<table>
<tr><td>과제 고유 번호</td><td>19CTAP-C130211-03</td><td>해당 단계 연구 기간</td><td>2017.04.01 ~ 2019.12.31</td><td>단계구분</td><td>1단계 / 1단계</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구사업명</td><td>중사업명</td><td colspan="4">국토교통기술촉진연구사업</td></tr>
<tr><td>세부사업명</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구과제명</td><td>대과제명</td><td colspan="4">도시개발에 따른 여과성 먼지와 2.5 ㎛ 이하 응축성 먼지 배출량 산정 및 대기거동모사 예측기술 개발</td></tr>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구책임자</td><td rowspan="2">최 두 성</td><td>해당단계 참여연구원 수</td><td>총: 19명
내부: 16명
외부: 3명</td><td>해당단계 연구비</td><td>정부:600,000천원
민간:202,000천원
정부외: - 천원
상대국: - 천원
계:802,000천원</td></tr>
<tr><td>총 연구기간 참여연구원 수</td><td>총: 13명
내부: 10명
외부: 3명</td><td>총 연구비</td><td>정부:600,000천원
민간:202,000천원
정부외: - 천원
상대국: - 천원
계:802,000천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및 소속 부서명</td><td colspan="3">청운대학교 산학협력단</td><td colspan="2">참여기업명
주식회사 주빅스</td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="3">상대국명: -</td><td colspan="2">상대국 연구기관명: -</td></tr>
<tr><td>위탁연구</td><td colspan="3">연구기관명: -</td><td colspan="2">연구책임자: -</td></tr>
<tr><td colspan="6">※ 국내・외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 갈음</td></tr>
<tr><td>연구개발성과의 보안등급 및 사유</td><td colspan="5">일반과제</td></tr>
</table>

9대 성과 등록・기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설・장비	기술요약 정보	소프트웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
등록・기탁 번호	12	1	-	-	-	8	-	-	-	-	-

국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설・장비 현황

구입기관	연구시설・장비명	규격 (모델명)	수량	구입연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	NTIS 등록번호
-	-	-	-	-	-	-	-	-

요약(연구개발성과를 중심으로 개조식으로 작성하되, 500자 이내로 작성합니다)

• 본 연구개발과제는 도시개발에 따른 각종 배출원에서 소비하는 에너지사용량을 기반으로 여과성 및 응축성 미세먼지 배출량을 산정하고, 대기거동을 모사하는 예측기술을 개발하는 것임.

• 주관연구기관(청운대학교)은 도시지역의 건물과 공사, 교통 부문의 에너지소비량을 조사하고 이를 인공신경망 기법을 이용하여 예측 및 산정할 수 있는 알고리즘을 개발.

• 공동연구기관1(서울시립대학교)은 여과성 및 응축성 먼지 배출계수를 정립하여 배출량관리 소프트웨어에 적용하고, 개발 소프트웨어를 통해 예측 모사한 먼지배출량을 분석 검증.

• 공동연구기관2(주식회사 주빅스)는 지형자료 및 기상자료와 주관연구기관에서 수집한 에너지사용량 정보 및 공동연구기관 1에서 정립한 먼지 배출계수 자료를 기반으로 먼지배출량 실외 거동모사 소프트웨어를 개발하였으며, 5개 도시개발 지역을 대상으로 한 대기거동모사 사례연구를 통해 소프트웨어를 검증.

보고서 면수 P.299

요약문

연구의 목적 및 내용	• 도시 주요 먼지배출원(건물, 공사장, 자동차)을 대상으로 한 에너지 사용량 및 사용 활동도 분석 기술 • 먼지 배출량 이력 관리 기술 • 먼지 배출량 실외 거동 모사 기술 • 먼지 배출량으로 변환할 수 있도록 주요 배출원에서의 연료별 사용량 및 활동도를 DB화하여 구축하는 소프트웨어 개발 • 건물, 공사장, 자동차에서 배출된 여과성 먼지 및 2.5 ㎛ 이하 응축성 먼지에 대한 배출량 인벤토리 DB 소프트웨어 개발 • 실시간 예측 기상을 통신으로 입력하고 Calmet, Calpuff 모델링 • 건물 및 공사장, 자동차에서 배출된 여과성 먼지 및 2.5 ㎛ 이하 응축성 먼지에 대한 실외 거동을 모사하는 시스템 개발
연구개발성과	• 도시 주요 먼지 배출원 대상 에너지 사용량 예측시스템 • 배출량 이력 관리시스템 • 대기 거동 모사 시스템
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	• 도시개발 계획 전후의 에너지 사용량 분석 • 국토교통부 전략 환경 계획의 기초 데이터 활용 • 고양시 스마트시티 시스템의 실시간 오픈API 기상정보를 이용하여 고양시의 아파트 및 지역 개발 변동에 따른 오염물질 대기질에 대한 예측 분석 • 경기 지역난방공사 광교 지사에 오염물질 모델링 시스템 시범사업 추진 중에 있으며, 본 연구결과를 활용, 향후 전국 지역난방공사 전 지사에 구축 확대(계획) • 본 연구결과 시스템을 사용하여 장외영향평가 수행 시 기대효과를 산술적으로 산정하면, 시스템 단가를 1개 사업장 당 1,000만원으로 보았을 때, 8,000개소 × 0.1억 = 800억의 수입대체 효과를 거둘 수 있다고 볼 수 있음

국문핵심어 (5개 이내)	도시개발	응축성먼지	여과성먼지	총 먼지	대기거동
영문핵심어 (5개 이내)	Urban Development	Condensable Particulate Matter	Filterable Particulate Matter	Total Particulate Matter(FPM+CPM)	Atmospheric Behavior

※ 국문으로 작성(영문 핵심어 제외)

〈 목 차 〉

1. 연구개발과제의 개요 ····· 1
  가. 연구개발의 목적 ····· 1
  나. 연구개발의 필요성 ····· 3
  다. 연구개발의 범위 ····· 8

2. 연구수행내용 및 성과 ····· 13
  가. 연구개발의 추진전략 및 방법 ····· 13
  나. 연구개발의 수행내용 ····· 14
  다. 연구개발의 결과 ····· 252
  라. 연구개발의 성과 ····· 256

3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도 ····· 259
  가. 목표 및 달성여부 ····· 259
  나. 관련분야 기여도 ····· 263

4. 연구개발성과의 활용 계획 등 ····· 264
  가. 연구결과의 활용방안 ····· 264
  나. 기대 및 파급효과 ····· 270

붙임1. 참고 문헌 ····· 272

붙임2. 질적 성과지표 달성치 정리 ····· 274

붙임3. 시험성적서 ····· 279

붙임4. 기상측기검정증명서 ····· 295

붙임5. 이동형 대기환경수집 인터페이스 설계서 ····· 298

붙임6. 먼지배출량 산정 및 대기거동모사 통합설계서 ····· 299

<별첨> 주관연구기관의 자체평가 의견서

1. 연구개발과제의 개요

가. 연구개발의 목적

(1) 연구개발의 최종목표

구분	내용
최종 목표	도시 주요 먼지 배출원을 대상으로 에너지 사용량 예측시스템, 배출량 이력 관리시스템, 대기 거동 모사 시스템의 개발
세부 목표	○ 도시 주요 먼지 배출원(건물, 공사장, 자동차)을 대상으로 한 에너지 사용량 및 에너지 사용 활동도를 분석할 수 있는 기술 개발 ○ 건물, 공사장, 자동차에서 배출된 여과성 먼지 및 2.5 ㎛ 이하 응축성 먼지에 대한 배출량 관리 기술 개발 ○ 건물, 공사장, 자동차에서 배출된 여과성 먼지 및 2.5 ㎛ 이하 응축성 먼지에 대한 실외 거동 모사 기술 개발

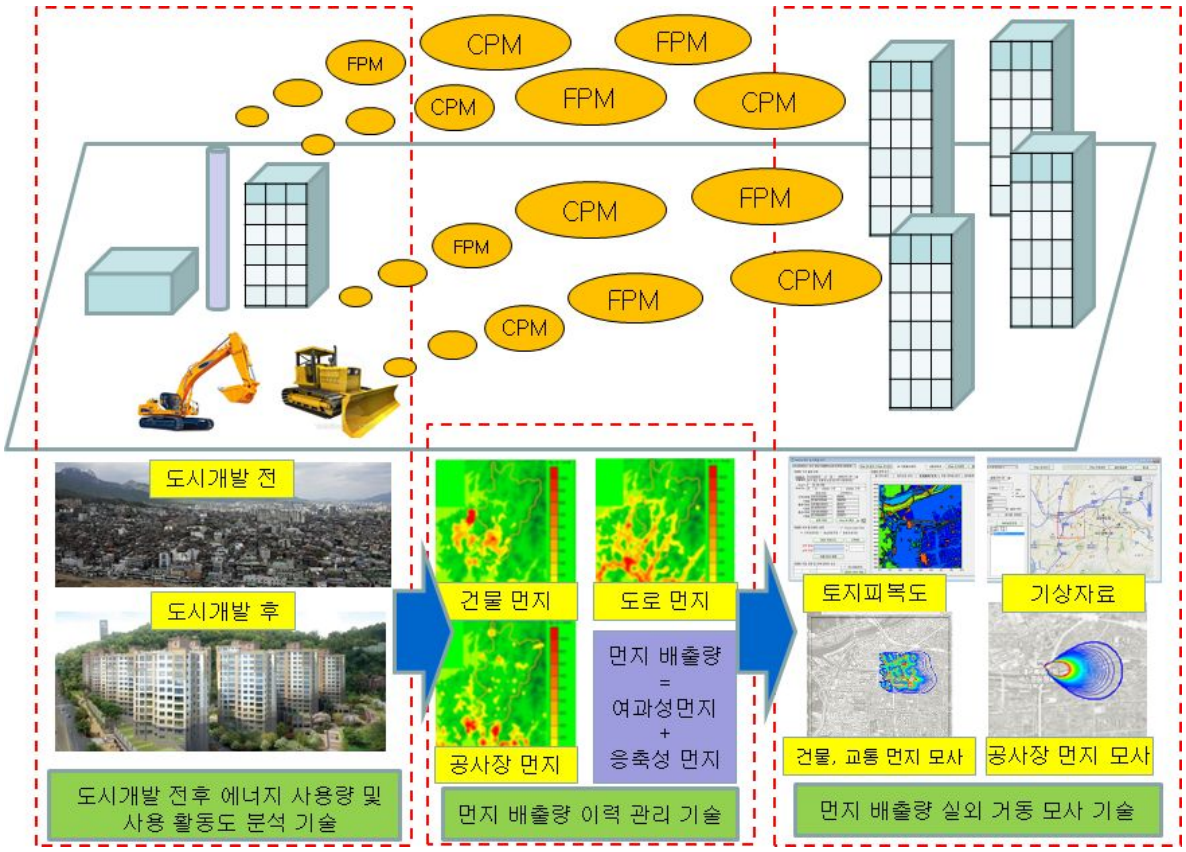


그림 1. 본 연구의 최종 목표

(2) 연차별 연구개발 세부 목표

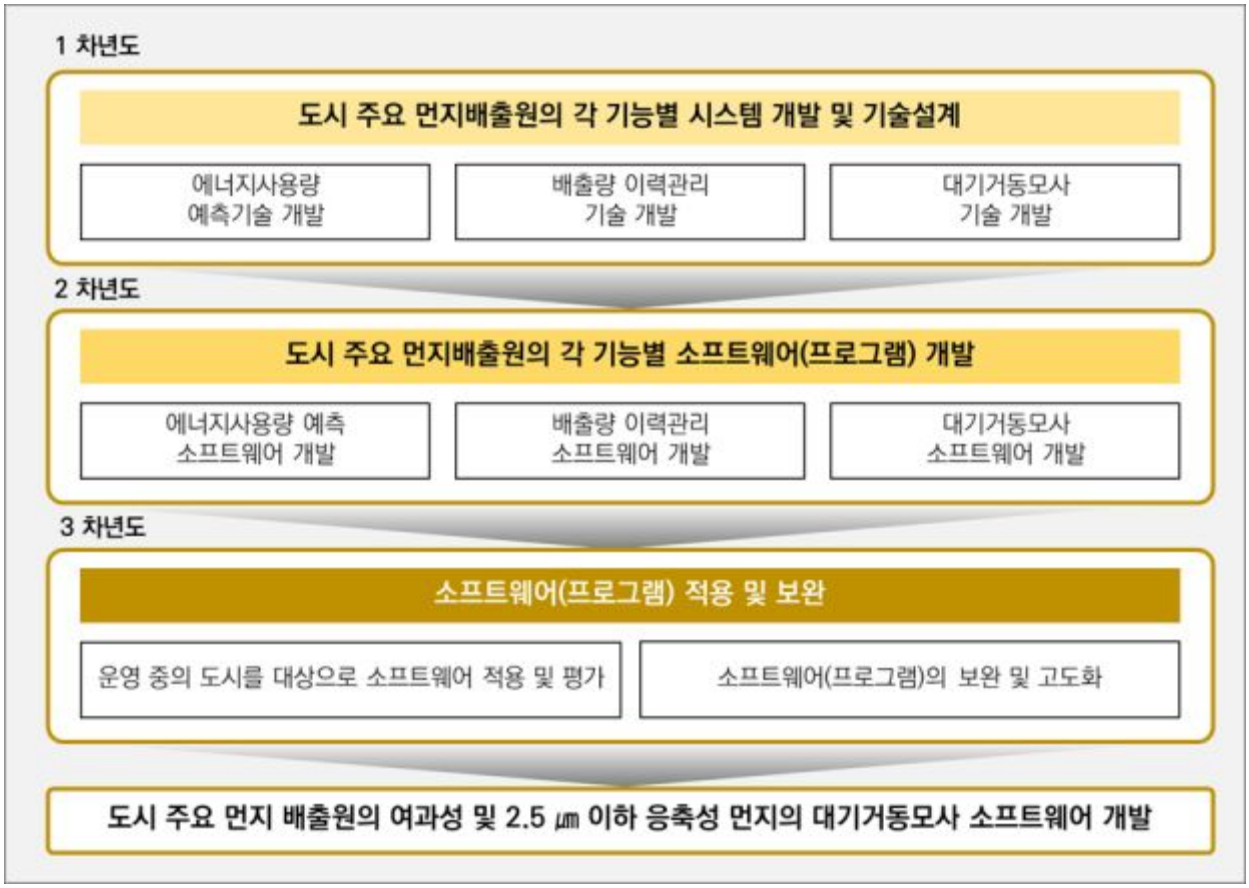


그림 2. 연차별 연구개발 세부목표 및 내용

1차년도

- 도시 주요 먼지배출원(건물, 공사장, 자동차)을 대상으로 한 에너지 사용량 예측시스템, 배출량 이력 관리시스템, 대기 거동 모사 시스템 개발 및 기술 설계

2차년도

- 도시 주요 먼지배출원(건물, 공사장, 자동차)을 대상으로 한 에너지 사용량 예측시스템, 배출량 이력 관리시스템, 대기 거동 모사 시스템 기술을 적용한 소프트웨어 및 프로그램 구현

3차년도

- 도시 주요 먼지배출원(건물, 공사장, 자동차)을 대상으로 한 에너지 사용량 예측시스템, 배출량 이력 관리시스템, 대기 거동 모사 시스템 개발을 기술 소프트웨어 및 시스템의 현장적용 및 고도화

나. 연구개발의 필요성

(1) 연구개발의 중요성

○ 여과성 먼지와 응축성 먼지가 먼지 배출량에서 차지하는 비중

- 대기측정망에서 측정하는 먼지 분석 자료만으로는 여과성 먼지와 응축성 먼지로 나누기가 어려움. 또한 측정된 먼지가 A 건물에서 배출되었는지, B 공장에서 배출되었는지 C 공사장에서 배출되었는지, D 자동차에서 배출되었는지 규명하기에 무리가 있음.
- 그런데, 최근 우리나라에서는 미세먼지 문제가 사회문제로 대두되고 있어 미세먼지를 저감하고자 하여도 뚜렷하게 원인조차 규명하기 어려워 저감정책을 세우는 것은 원천적으로 수행하기 어려운 실정임. 따라서 사회문제로 대두된 미세먼지 문제를 해결하기 위해서는 배출원에서의 먼지 배출량에 대한 정확한 산정 방법론 수립이 필요함.
- 연료를 연소하는 배출원에서 나오는 먼지는 여과성 먼지와 응축성 먼지로 나눌 수 있음.
- 연소 배출원에서 배출되는 먼지를 여과성 먼지와 응축성 먼지로 나누어 연구하는 것은 미국에서 1980년대부터 이루어졌으며, 현재 EPA-201A/202 측정방법으로 정립되어 있으며 여과성 먼지는 201A 방법으로 포집분석하며, 응축성 먼지는 202 방법으로 측정함.
- 미국 EPA는 현재 연소 배출원에 대해서 여과성 먼지와 응축성 먼지 배출 계수를 공시하고 있으나, 우리나라에서는 응축성 먼지 배출계수는 공시하고 있지 않고 여과성 먼지 배출계수만을 공시하고 있으며, 국가 미세먼지 정책도 여과성 먼지만을 고려하여 대기질 모델링 수행 및 저감정책을 수행하고 있는 실정임.
- 그러나 최근 연구에서 여과성 먼지 대비 응축성 먼지 배출계수가 수배~수십 배로 보고하고 있기 때문에 건축물의 연료사용량에 분석 자료를 기초로 도출된 에너지 활동도 자료와 이에 근거하여 계산된 응축성 먼지를 고려한 배출량 인벤토리를 입력하여 실외 대기질 농도를 모사할 수 있는 모델링 시스템이 반드시 필요함.

○ 모델링 등 대기 배출원 관리 분야에서 응축성 먼지의 중요성

- 현재 국가의 공식적인 미세먼지 관련 배출량 인벤토리에서는 응축성 미세먼지를 고려하고 있지 않고 있는데, 국내외 응축성 먼지 배출량 관련 연구 자료를 보면 기존의 여과성 먼지량에 비하여 응축성 미세먼지가 연료의 종류에 따라 다르기는 하지만 수배~수십배 많이 배출되고 있고 현재에도 국가 먼지 배출량 산정시스템에서 누락되고 있는 실정임.
- 현재의 우리나라 미세먼지 예측 모델링도 여과성 먼지 배출량만을 입력자료로 수행하고 있기 때문에 현실에 가까운 모델링 결과를 얻기가 원천적으로 어려워 미세먼지 발생 원인조차도 확실한 규명이 되지 않고 사회문제로 야기되고 있는 실정임.
- 미국은 응축성 먼지 배출량 인벤토리 시스템을 이미 구축하고 있고, 유럽과 일본도 인벤토리 연구를 수행하기 시작한 바, 우리나라도 응축성 미세먼지 배출량 인벤토리 관련 연구와 이를 입력하여 수행하는 대기질 모델링을 수행할 필요성이 있음.

(2) 연구개발의 국내외 현황

○ 국내 현황

- 초미세먼지 예보시스템 구축 (서울시 ; 2014 ; 여과성 먼지(FPM)에 한하여 연구)
- 초미세먼지 배출원 인벤토리 구축 및 상세 모니터링 연구 (서울시 ; 2015.05 - 2016.11 : 여과성 먼지에 한하여 연구)
- 환경부의 대기배출원 산정시스템(CAPSS)이나 대기질 모델링 시스템에서도 여과성 먼지만을 고려하고 있으나, 응축성 먼지(CPM)에 대한 중요성 부각 (2019년 현재 국가 TPM (FPM + CPM) 분석방법 수립연구 수행 중 ; 국립환경과학원)
- 고정오염원의 응축성 먼지 배출량을 고려한 서울과 인천의 먼지 관리방안 (이임학 등, 2017)

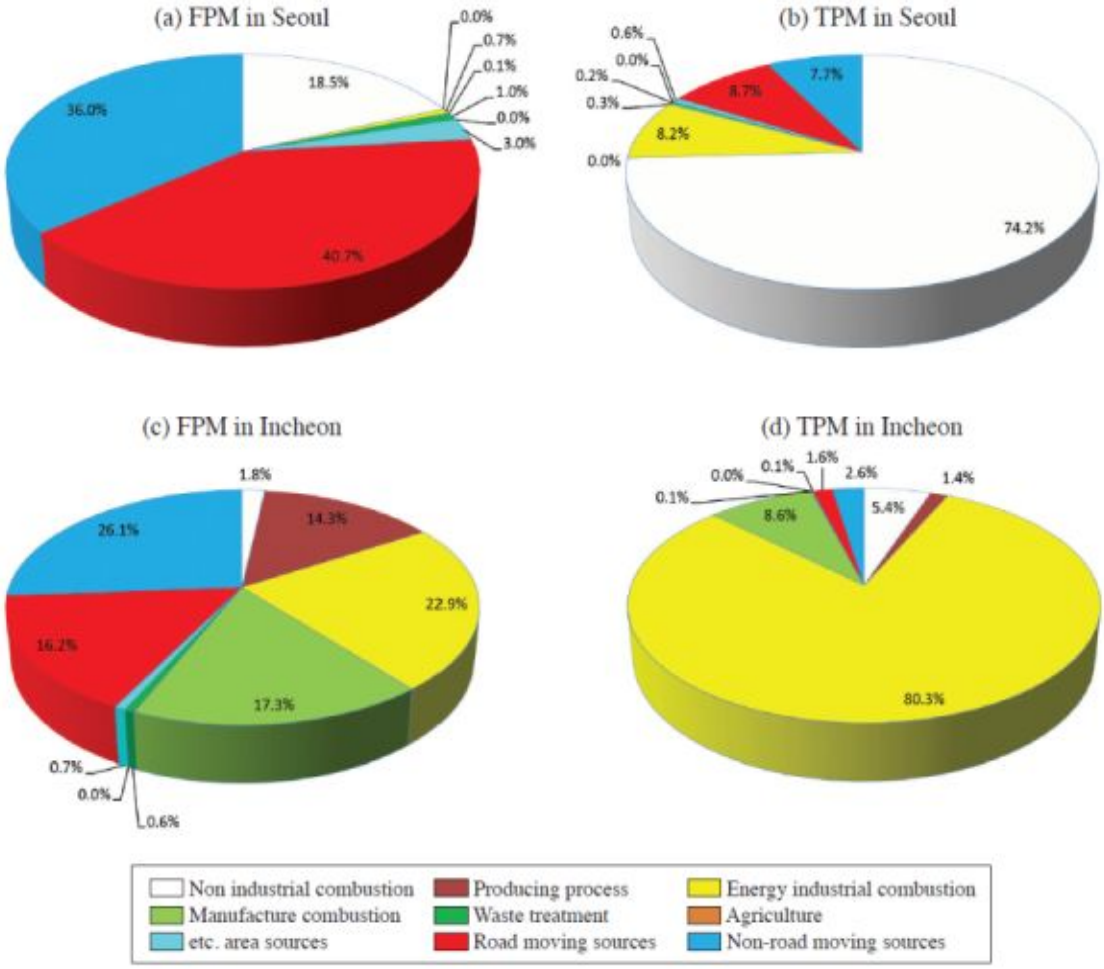


그림 3. 서울과 인천의 미세먼지 배출분석 결과

✓ 국내 배출계수를 적용한 서울특별시의 경우 연간 응축성 먼지는 6,623.1톤으로서, 비산업연소 5,918.8톤, 생산공정 0.0톤, 에너지산업 연소 681.6톤, 제조업 연소 22.7톤으로 산정되었음. 연간 여과성 먼지는 1,807.2톤으로서 비산업연소 334.0톤, 생산공정 0.0톤, 에너지산업 연소 12.7톤, 제조업 연소 1.3톤, 폐기물 처리 18.2톤, 농업 0.0톤, 기타면오염

원 54.2톤, 도로이동오염원 735.9톤, 비도로이동오염원 650.9톤으로 산정되었음. 응축성 먼지와 여과성먼지를 합한 연간 총 먼지는 8,430.3톤으로서 비산업연소 6,252.8톤, 생산공정 0.0톤, 에너지산업 연소 694.3톤, 제조업 연소 24.0톤, 폐기물 처리 이하는 여과성 먼지량과 같았음.

✓ 국내 배출계수를 적용한 인천광역시의 경우 연간 응축성 먼지는 21,469.2톤으로서, 비산업연소 1,244.1톤, 생산공정 0.0톤, 에너지산업 연소 18,573.4톤, 제조업 연소 1,651.8톤으로 산정되었음. 연간 여과성 먼지는 2,322.4톤으로서 비산업연소 42.7톤, 생산공정 332.5톤, 에너지산업 연소 532.8톤, 제조업 연소 401.3톤, 폐기물 처리 13.7톤, 농업 0.0톤, 기타면오염원 15.2톤, 도로이동오염원 377.3톤, 비도로이동오염원 606.9톤으로 산정되었음. 응축성 먼지와 여과성먼지를 합한 연간 총 먼지는 23,791.6톤으로서 비산업연소 1,286.8톤, 생산공정 332.5톤, 에너지산업 연소 19,106.2톤, 제조업 연소 2,053.1톤, 폐기물 처리 이하는 여과성 먼지와 같았음.

- 국내공정시험기준과 ISO 방법을 이용한 고정오염원 미세먼지 (PM10, PM2.5) 측정 방법 및 입경분율 비교 : 석탄화력발전소, 석유정제시설 중심으로 (인하대학교, 2017)

○ 국외 현황

- 초미세먼지 중 CPM 비율은 발전소 60%, 사업장 보일러 75%를 차지(대만 연구진 ; 2014)
- 휘발유, LNG 및 연료 전반에 대한 응축성 먼지 배출계수 제공 (미국 EPA의 AP-42)
- 유럽은 2016년 배출원 인벤토리 작성 가이드라인에 응축성 먼지 산정 고려를 언급
- 일본은 2016년부터 응축성 먼지에 대한 기초연구 수행을 시작함

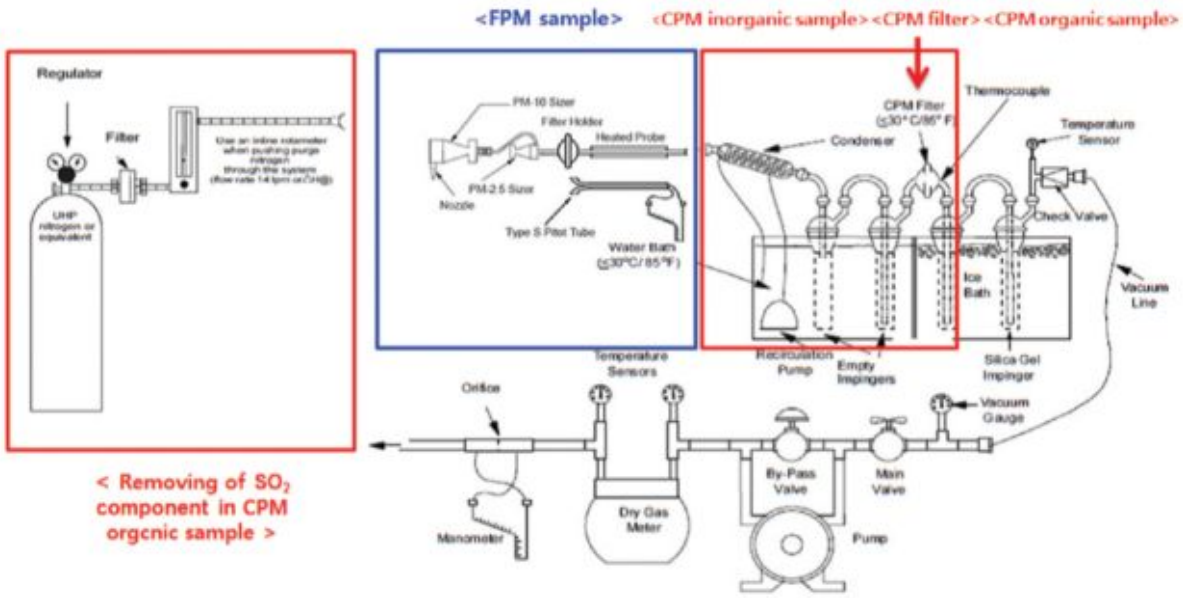


그림 4. 응축성 먼지 측정방법 (US EPA 201/202 method)

표 1. FPM and CPM emission factors of various combustion sources

source	fuel type (facility type)	TPM (PM2.5)	FPM	CPM	CPM / FPM ratio	unit	note
Korea NIER (Gong et al. 2016)	LNG	206.67	3.79	202.88	53.53	mg/㎥	boiler (uncontrolled)
	Light oil	65.78	3.38	62.40	18.46	mg/L	boiler (uncontrolled)
	B-C oil	371.47	143.83	227.64	1.58	mg/L	boiler (uncontrolled)
	Bituminous	71.65	6.55	65.10	9.94	g/ton	power plant (controlled)
US EPA AP-42 (U.S. EPA, 2018)	LNG (1997)	7.6	1.9	5.7	3.00	lb/10^6 scf	residential boilers
	Propane (1997)	0.7	0.2	0.5	2.50	lb/10^3 gal	industrial boilers
	Propane (1997)	0.7	0.2	0.5	2.50	lb/10^3 gal	commercial boilers
	Butane (1997)	0.8	0.2	0.6	3.00	lb/10^3 gal	industrial boilers
	Butane (1997)	0.8	0.2	0.6	3.00	lb/10^3 gal	commercial boilers
	distillate fuel oil (1999)	2.13	0.83	1.3	1.57	llb/10^3 gallons	residential combustion
	Anthracite(1975-1980)	0.88	0.8	0.08	0.10	lb/ton	stoker-fired boilers
	Bituminous (1999)	3.84	3.8	0.04	0.01	lb/ton	residential combustion
USA (Farber et al. 2005)	Bituminous (A-1994)	0.068	0.047	0.021	0.45	lb/mmBtu	power plant (controlled)
	Bituminous (A-2003)	0.054	0.015	0.039	2.60		
	Bituminous (B)	0.0649	0.0085	0.0564	6.63		
	Bituminous (D)	0.0747	0.0222	0.0525	2.36		
	Bituminous (E)	0.046	0.0158	0.0302	1.91		
	Bituminous (F-1999)	0.1227	0.0331	0.0896	2.71		
	Bituminous (F-2003)	0.0507	0.0147	0.0360	2.45		
USA (Olson et al. 2014)	LNG with flue gas recirculation unit	0.001268	0.000068	0.0012	17.64	lb/mmBtu	boiler (controlled)
	LNG with Selective Catalytic Reduction	0.001055	0.000055	0.0010	18.10		heater (controlled)
	LNG with Selective Catalytic Reduction	0.003090	0.000090	0.0030	33.33		turbine (controlled)
Taiwan (Yang et al. 2014)	Coal and Oil with EP	2.90	0.75	2.15	2.87	㎎/㎥	power plant (controlled)
	Coal with bag house	46.20	16.90	29.30	1.73		boiler (controlled)
	Waste with bag house	0.32	0.15	0.17	0.53		incinerator (controlled)
	Electricity with bag house	4.65	2.12	2.53	1.19		arc furnace (controlled)
China (Wang et al. 2018)	waste incineration power plant stack 1	1,308.11	46.83	1,261.28	26.93	㎍/㎥	SNCR + carbon adsorption + bag filter (controlled)
	waste incineration power plant stack 2	748.04	51.70	696.34	13.47		

(3) 연구의 차별성

- 국내 외 기존 시스템은 응축성 먼지 배출량 산정 로직을 보유하고 있지 않지만, 본 연구에서는 도시계획 전후의 건물단위 에너지 사용량 활동도 자료에 근거한 응축성 먼지 배출량 산정 로직을 개발하여 미세먼지 거동 모사에 활용하였음.

구분	한국	미국	본 시스템
모델링	Calpuff, AERMOD 등	Calpuff, AERMOD	Calpuff
배출량 산정	CAPSS	AP-42	도시계획 전후 건물단위 에너지 사용량 분석
도시계획 전후 에너지 활동도 고려 여부	X	X	○
응축성 먼지 고려 여부	X	X	○

- 국내 먼지 배출량산정 시스템은 응축성 먼지를 고려하고 있지 않으나, 본 연구의 먼지 배출량 산정 시스템은 응축성 먼지를 고려하여 먼지배출량을 산정하였음

- 본 연구결과 시스템을 사용하여 장외영향평가 수행 시 기대효과를 산술적으로 산정하면, 시스템 단가를 1개 사업장 당 1,000만원으로 보았을 때, 8,000개소 × 0.1억 = 800억의 수입대체 효과를 거둘 수 있다고 볼 수 있음

다. 연구개발의 범위

(1) 1차년도

수행 기관	핵심개발 내용	세부개발내용
주관 기관	공공 및 상업 건물의 에너지사용량 및 기능요구도 분석	▪ 공공 및 상업 건물에서의 월간 에너지사용량 사례 분석 ▪ 공공 및 상업 건물에서의 에너지사용량 분석 소프트웨어 기능 요구사항 도출
	주택의 에너지사용량 및 기능요구도 분석	▪ 아파트, 단독 및 다가구 주택에서의 월간 에너지사용량 사례 분석 ▪ 아파트, 단독 및 다가구 주택에서의 에너지사용량 분석 소프트웨어 기능 요구사항 도출
	공사장 및 자동차의 에너지사용량 및 기능 요구도 분석	▪ 공사장 및 자동차에서의 월간 에너지사용량 사례 분석 ▪ 공사장 및 자동차에서의 사용 에너지사용량 분석 소프트웨어 기능 요구사항 도출
	배출원별 에너지 분석 소프트웨어 설계	▪ 월별 에너지사용량 분석 소프트웨어 입출력 인터페이스 및 구조 설계 ▪ 배출원 유형별 사용 에너지 분석 소프트웨어 ERD 및 데이터 record 설계 ▪ 코드 list 작성(배출원 대분류, 여과성 먼지, 응축성 먼지)
공동 기관 1	국내 연료 연소 및 기타 관련 FPM 및 CPM 배출량 관리 환경 분석	▪ 대기환경보전법, 시행령, 시행규칙, 별표(최적방지시설 관련 사항 포함) ▪ 수도권 대기환경개선에 관한 특별법, 시행령, 시행규칙, 별표 ▪ 환경오염시설의 통합관리에 관한 법률, 시행령, 시행규칙, 별표 ▪ 배출가스 중 미세먼지 측정법 개선 연구(1차, 2차) ▪ 지자체별 대기환경 개선목표 달성을 위한 오염물질 저감대책 수립 연구
	먼지 배출원 대상 설정	▪ 국가 CAPSS (Clean Air Policy Support System) 대분류별 먼지 배출원 분석 ▪ 국가 CAPSS로부터 건물, 자동차, 공사장의 먼지배출량 배출원 설정
	국외 연료 연소 및 기타 관련 FPM 및 CPM 배출량 관리 환경 분석	▪ 미국 ・배출시설 인허가 시 CPM 결과 처리 가이드라인 ・Clean Air Act 중 인허가 사항 및 EPA 201a / 202 methods ・주정부의 State Implementation Plan 과 대기질 모델링 ▪ 일본 및 유럽 ・환경영향평가제도 등에서의 CPM 고려 여부 및 CPM 측정법 현황
	목표성능 설정	▪ CPM 고려 시 한계점과 보완 방향 도출 ▪ 배출량 관리 소프트웨어의 기능 요구 사항 분석 및 정립
	소프트웨어 설계	▪ 배출량 입출력 인터페이스 및 구조 설계 ▪ 배출량 관리 소프트웨어 ERD 및 데이터 record 설계 ▪ 코드 list 작성(배출원 대분류, 여과성 먼지, 응축성 먼지)

(1) 1차년도(계속)

수행 기관	핵심개발 내용	세부개발내용
공동 기관 2	지형자료 입력 인터페이스 및 통신 모듈 설계	▪ 모델링 격자 크기별 지형 고도/피복도 설계 및 데이터베이스 구축 ▪ 모델링 격자 크기별 지형 고도/피복도 모델링 인터페이스 구축
	기상자료 입력 인터페이스 및 통신 모듈 설계	▪ 실시간 지표/고층 기상의 유관기관 모듈 인터페이스 구축 ▪ 기상청 및 스마트시티 실시간 오픈 API 기상 정보 ▪ 동네예보 기상 유관기관 모듈 인터페이스 구축 ▪ 이동식 기상청 AWS 연동 모듈 인터페이스 구축
	모델링 배출량 입력 인터페이스 및 통신 모듈설계	▪ 건물 유형별 배출량 시간대별 배부 모듈 설계 ▪ 건물 유형별 배출량 모델링 모듈 인터페이스 설계 ▪ 이동식 고농도 미세먼지 센서 모듈 인터페이스 모듈 설계
	Calmet 기상장 모델링 인터페이스 및 구동 모듈 설계	▪ 실시간 기상장 모델링 IN/OUTPUT DB 및 인터페이스 모듈 설계 ▪ 예측 기상장 모델링 IN/OUTPUT DB 및 인터페이스 모듈 설계 ▪ 실시간/예측 기상장 모델링 구동 모듈 설계
	Calpuff 오염물질 모델링 인터페이스 및 구동 모듈 설계	▪ 실시간 오염물질 모델링 IN/OUTPUT DB 및 인터페이스 모듈 설계 ▪ 예측 오염물질 모델링 IN/OUTPUT DB 및 인터페이스 모듈 설계 ▪ 실시간/예측 오염물질 모델링 구동 모듈 설계

(2) 2차년도

수행 기관	핵심개발 내용	세부개발내용
주관 기관	배출원 유형별 에너지사용량 분석 소프트웨어 개발	▪ 배출원 유형별 에너지사용량 데이터 입출력 인터페이스 및 DB 구축 ▪ 배출원 유형별 에너지사용량 관리 소프트웨어 개발
	공공 및 상업 건물의 에너지사용량 시뮬레이션 수행 및 분석	▪ 지역별(광역시 단위) 공공 및 상업건물 에너지사용량 수집 및 분석 ▪ 건축년도에 따른 공공 및 상업 건물의 에너지사용량 시뮬레이션 수행 ▪ 도시개발 단지 내 공공 및 상업 건물의 에너지사용량 시뮬레이션 결과 분석 및 DB 구축
	주거 건물의 에너지사용량 시뮬레이션 수행 및 분석	▪ 지역별(광역시 단위) 주거건물 에너지사용량 수집 및 분석 ▪ 건축년도에 따른 주거 건물의 에너지사용량 시뮬레이션 수행 ▪ 도시개발 단지 내 주거 건물의 에너지사용량 예측 시뮬레이션 결과 분석 및 DB 구축
	공사장 및 자동차의 에너지사용량 산정과 분석	▪ 도시계획에 근거한 공사장 및 자동차에서의 에너지 사용량 산정 ▪ 공사장 및 자동차에서의 에너지사용량 산정 결과 분석 및 DB 구축
공동 기관 1	국내 연료 연소 및 기타 관련 FPM, CPM 배출량 관리 데이터 수집	▪ 국립환경과학원 : SEMS, CAPSS, 미세먼지 예·경보 시스템 중 배출량 산정 현황 ▪ 서울, 인천, 경기 등 지자체 미세먼지 예·경보 시스템 중 배출량 산정 현황 ▪ 환경영향평가 시 대기질 모델링 먼지 배출량 산정현황 ▪ CPM 고려 시 한계점과 보완방향 도출
	국외 연료 연소 및 기타 관련 FPM, CPM 배출량 관리 데이터 수집	▪ 미국 AP-42, RBLC(RACT_BACT_LAER Clearninghouse), Speciate 4.5 ▪ 대만 연소시설에서의 FPM / CPM 측정분석 ▪ 유럽 EMEP / EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016
	소프트웨어 시작품 제작	▪ 입출력 인터페이스 구축 ▪ DB 리코더 구축 ▪ CAPSS data와 연동하여 여과성 먼지 배출량 DB 구축 ▪ 수집된 데이터에 기초하여 응축성 먼지 배출계수 및 배출량 DB 구축 ▪ 모델링 배출량 입력 자료 전처리 로직 작성 및 모델링 팀에 제공
	시작품 결과물의 환경영향평가 적용 테스트	▪ 개발된 시작품 결과물을 과거 환경영향평가 수행 지역에 대하여 적용 평가
	예측 시뮬레이션을 활용하여 미세먼지 저감 도시계획 가이드라인 등 정책제안	▪ 공사 시 : 개발 지구 내 공사 활동에 의한 먼지오염도 예측 ▪ 운영 시 : 건물 에너지, 교통량 등 지구단위 개발 후 에너지사용량에 의한 먼지오염도 예측 ▪ 대기환경 기준을 초과한 먼지오염도 예측 결과 도출시 적용 가능한 미세먼지 저감 시나리오 제안

(2) 2차년도(계속)

수행 기관	핵심개발 내용	세부개발내용
공동 기관 2	배출량 모델링 시스템 구축	▪ 건물 유형별 배출량 시간대별 배부 모듈 구축 ▪ 건물 유형별 배출량 모델링 모듈 인터페이스 구축 ▪ 이동식 고농도 미세먼지 센서 모듈 인터페이스 모듈 구축
	기상장 모델링 시스템 구축	▪ 실시간 지표/고층기상/동네예보 기상 모델링 모듈 인터페이스 구축 ▪ 이동식 AWS 기상 모델링 모듈 인터페이스 구축 ▪ 실시간/예측 기상장 모델링 구동 및 인터페이스 구축
	여과성 및 응축성 먼지 실외 대기질 모델링 수행(1km x 1km)	▪ 실시간/예측 오염물질별 협의적(단위 : 1km x 1km) 모델링 수행 ▪ 오염물질별 시계열 모델링에 대한 중장기 대기질 환경 분석 현황 ▪ 도시개발에 따른 대기질 환경 변화 예측 분석 현황
	여과성 및 응축성 먼지 실외 대기질 모델링 수행(30m x 30m)	▪ 실시간/예측 오염물질별 미시적(단위 : 30m x 30m) 모델링 수행 ▪ 고농도 특이점(Hot Spot) 분석에 따른 환경 변화 예측 분석 현황 ▪ 건물 유형별 및 에너지 사용량에 따른 대기질 환경 변화 예측 분석 현황 ▪ ● 건물 유형 및 공사장에 따른 대기질 환경 변화 예측 분석 현황
	개발 소프트웨어의 현장 적용 및 검증	▪ 1~2차년도 조사 및 분석 1개 지역 대상으로 개발 소프트웨어의 사전 적용 및 검증 ▪ 선정된 사전 테스트베드 대상 모델링 수행 및 주변지역 측정망 데이터 비교·분석

(3) 3차년도

수행 기관	핵심개발 내용	세부개발내용
주관 기관	TEST BED선정	▪ 대기오염 관측소 입지 여부 검토 ▪ 실시간 기상 측정소 설치 여부 검토 ▪ 도시 주요 먼지 배출원(건물 및 공사장, 자동차) 입지 여부 검토 ▪ 배출원별 에너지사용량 현황 검토
	시작품 제작 현장 적용	▪ EST BED에 대한 먼지 배출원별 에너지사용량 산정 및 DB 구축 ▪ 먼지 배출량 산정을 위한 입력자료(에너지사용량) 전처리작업 수행 및 자료 제공
	현장 적용 결과 한계점 파악 및 수정보완	▪ 에너지사용량 산정 소프트웨어의 현장 적용에 따른 한계점 파악 ▪ 도출된 한계점에 대한 수정 보완 작업 실시
공동 기관 1	TEST BED선정	▪ 대기오염 측정소 입지 여부 검토 ▪ 실시간 기상 측정소 설치 여부 검토 ▪ 건물 및 공사장, 자동차 배출원 보유 여부 검토 ▪ 여과성 먼지 및 응축성 먼지 배출량 현황 검토
	시작품 제작 현장 적용	▪ TEST BED에 대한 먼지 배출량 산정 및 DB 구축 ▪ 대기 거동 모사를 위한 배출량 입력 자료 전처리작업 수행 및 자료 제공
	현장 적용 결과 한계점 점 파악 및 수정보완	▪ 먼지 배출량 이력관리 소프트웨어의 현장 적용에 따른 한계점 파악 ▪ 도출된 한계점에 대한 수정 보완 작업 실시
공동 기관 2	TEST BED선정	▪ 대기오염 측정소 입지 여부 검토 ▪ 실시간 기상 측정소 설치 여부 검토 ▪ 실시간 스마트시티 오픈API 제공 지역 확인 검토 ▪ 건물 및 공사장, 자동차 배출원 보유 여부 검토 ▪ 여과성 먼지 및 응축성 먼지 배출량 현황 검토
	시작품 제작 현장 적용	▪ 여과성 및 응축성 먼지 실외대기 거동 모델링 수행 ▪ 시계열 모델링에 대한 중장기 대기질 환경 분석 결과서 ▪ 도시개발에 따른 대기질 환경 변화 예측 현장 분석 결과서 ▪ 건물유형별 및 에너지 사용량에 따른 대기질 환경 변화 예측 현장 분석 결과서 ▪ 건물 유형 및 공사장에 따른 대기질 환경 변화 예측 현장 분석 결과서 ▪ 고농도 특이점(Hot Spot) 분석에 따른 환경 변화 예측 분석 결과서
	현장 적용 결과 한계점 점 파악 및 수정보완	▪ 먼지 배출량 이력관리 시스템의 현장 적용에 따른 한계점 파악 ▪ 도출된 한계점에 대한 수정 보완 작업 실시

2. 연구수행내용 및 성과

가. 연구개발의 추진전략 및 방법

- 본 연구의 최종 목표는 먼지 배출량 이력 관리 기술, 먼지 배출량, 실외 거동 모사 기술, 먼지 실내거동 모사 기술 등 3부분으로 나눌 수 있음
- 주관연구기관(청운대학교)은 건물 사용단계 및 공사장, 자동차에서의 에너지사용량 및 에너지사용 활동도를 분석할 수 있는 기술을 개발하기 위하여, 월간 에너지 사용량을 도시 공사 시 지구단위, 자동차 운행 시 노선단위, 도시 운영 시 건물단위로 분석함.
- 공동연구기관(서울시립대학교)은 여과성 및 응축성 먼지 배출계수를 활용한 배출량 인벤토리를 구축하고, 건물 및 공사장, 자동차에서 배출된 여과성 먼지 및 2.5 ㎛ 이하 응축성 먼지에 대한 배출량 관리 기술을 개발함.
- 공동연구기관((주)주빅스)은 여과성 및 응축성 먼지 배출량 자료를 활용하여 국지규모는 1km x 1km, 미소공간은 30m x 30m 격자 간격의 대기질 모델링을 수행하며, 건물 및 공사장, 자동차에서 배출된 여과성 먼지 및 2.5 ㎛ 이하 응축성 먼지에 대한 실외 거동 모사 기술을 개발함

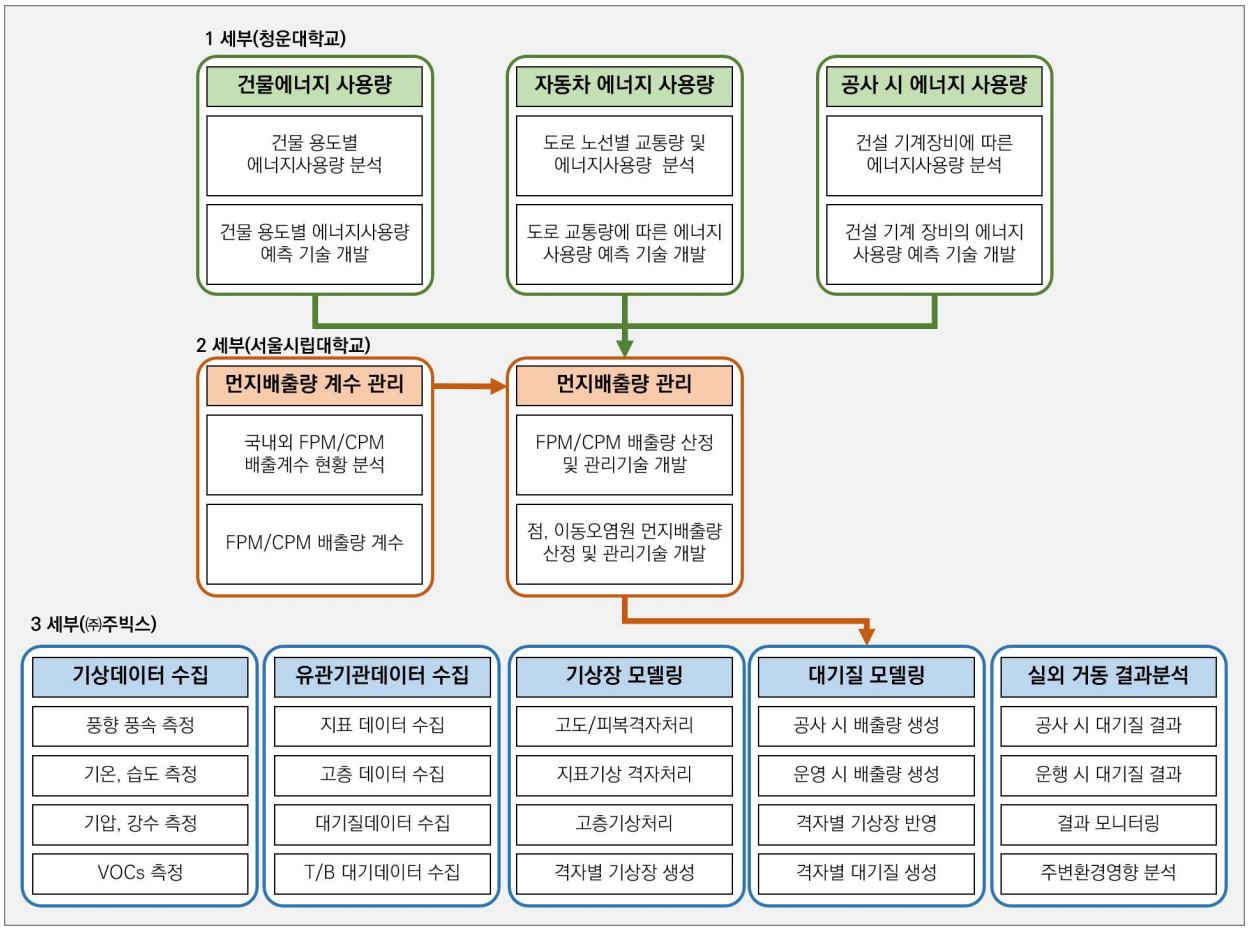


그림 5. 연구개발의 추진전략 및 방법

나. 연구개발의 수행내용

[핵심성과1] 도시 주요 먼지 배출원 대상 에너지사용량 분석 및 사용 활동도 분석



그림 1.1 주관연구기관(청운대학교) 연구개발 프로세스

(1) 도시 주요 먼지 배출원별 에너지소비량 조사 및 DB구축

(가) 건물 부문

① 건물 에너지소비량 조사 개요

㉮ 조사 개요

- 건물에서 급탕, 취사 등의 목적으로 소비되는 LNG는 도시의 주요 먼지 배출원 중 하나로, 연료가 연소 되면서 여과성 및 응축성 미세먼지가 배출될 수 있음.(Gong et al., 2016).
- 따라서 건물로부터 발생되는 여과성 및 응축성 먼지 배출량과 그에 따른 대기거동 모사 예측을 위하여 개발이 완료된 도시 및 지구단위 지역을 선정하고 건물 에너지 및 건축물 정보 데이터를 수집하였음.

- 건물 에너지사용량 정보는 건축데이터 민간개방 시스템(open.eais.go.kr)을 통해 최근 6년(2012년~2017년)간의 지번(건물)별 월별 에너지(가스)사용량 형태로 수집하였음.
- 아울러 건물의 위치, 용도, 면적 등의 건축물 정보는 부동산 통합민원(www.kras.go.kr)에서 지번(건물)별 건축물 대장을 조회하여 조사하였으며 해당 지역의 기상정보는 기상자료개방포털(https://data.kma.go.kr)을 통해 수집하였음.

㉰ 조사 대상

- 최종 목표인 대기거동 모사 예측기술의 성능향상을 위해, 공사 및 교통 등 타 부문과의 연계 고려하여 환경영향평가를 수행한 지구단위 및 지역단위를 대상으로 선정하였음.
- 조사 대상은 수도권 및 광역단위에 있는 택지개발지구로, 기상관측소(종관 기상관측소, 방재기상관측소) 및 대기오염측정망의 인접성을 고려하여 선정하였음.
- 조사 대상지역 중 성화지구, 진영지구, 행신지구, 풍동지구, 송도지구는 집단에너지를 공급받는 지역임에 따라, 해당 지역에서 도시가스(LNG)는 취사의 목적으로 사용되었음.
- 나머지 난방 및 급탕에 의한 에너지사용량은 집단에너지 사용량으로 산정하였음.
- 조사 대상 지역의 구체적인 개요 및 현황은 그림 1.2와 표 1.1과 같음.



그림 1.2 건물부문 에너지사용량 조사지역

표 1.1 건물부문 에너지사용량 조사지역 개요

분류		기본개요	대상지역 개발 현황
남양주 마석지구	위치	남양주 화도읍 마석우리 일원	
	면적	447,328㎡	
	주택건설용지	168,802㎡	
	상업업무용지	6,992㎡	
	공공시설용지	265,300㎡	
	개발 기간	1997~2001	
	열원공급방식	개별열원	
남양주 진접지구	위치	남양주 진접읍 일원	
	면적	2,068,587㎡	
	주택건설용지	944,168㎡	
	상업업무용지	35,805㎡	
	공공시설용지	1,091,614㎡	
	개발 기간	2003~2007	
	열원공급방식	개별열원	
의왕시 청계지구	위치	의왕시 청계동, 포일동 일원	
	면적	339,000㎡	
	주택건설용지	140,230	
	상업업무용지	7,060	
	공공시설용지	191,710	
	개발 기간	2003~2007	
	열원공급방식	개별열원	
군포시 부곡지구	위치	군포시 부곡동 일원	
	면적	470,000㎡	
	주택건설용지	200,795㎡	
	상업업무용지	6,104㎡	
	공공시설용지	263,101㎡	
	개발 기간	2004~2007	
	열원공급방식	개별열원	
의정부 녹양지구	위치	경기도 의정부시 녹양동 일원	
	면적	303,000㎡	
	주택건설용지	104,641㎡	
	상업업무용지	7,081㎡	
	공공시설용지	191,278㎡	
	개발 기간	2002~2007	
	열원공급방식	개별열원	

표 1.1 건물부문 에너지사용량 조사지역 개요 (계속)

분류		기본개요	대상지역 개발 현황
서울 강일지구	위치	서울시 상일동, 하일동 일원	
	면적	589,570.3㎡	
	주택건설용지	205,849㎡	
	상업업무용지	-	
	공공시설용지	383,721.3㎡	
	개발 기간	2005~2009	
	열원공급방식	개별열원	
울산 구영지구	위치	울산광역시 울주군 범서면 일원	
	면적	762,400㎡	
	주택건설용지	412,799㎡	
	상업업무용지	17,597㎡	
	공공시설용지	326,235㎡	
	개발 기간	2001~2006	
	열원공급방식	개별열원	
대전 가오지구	위치	대전광역시 동구 가오동 일원	
	면적	953,627㎡	
	주택건설용지	446,827㎡	
	상업업무용지	17,840㎡	
	공공시설용지	478,248㎡	
	개발 기간	1999~2004	
	열원공급방식	개별열원	
광주 진월지구	위치	광주광역시 남구 진월동 일원	
	면적	668,850㎡	
	주택건설용지	266,415㎡	
	상업업무용지	12,304㎡	
	공공시설용지	390,131㎡	
	개발 기간	2004~2007	
	열원공급방식	개별열원	
대구 율하지구	위치	대구광역시 동구 율하동 일원	
	면적	311,095㎡	
	주택건설용지	161,834㎡	
	상업업무용지	22,068㎡	
	공공시설용지	127,193㎡	
	개발 기간	2005~2011	
	열원공급방식	개별열원	

표 1.1 건물부문 에너지사용량 조사지역 개요 (계속)

분류		기본개요	대상지역 개발 현황
인천 송도신시가지	위치	인천광역시 남구 동춘동 매립지	
	면적	17,700㎡	
	주택건설용지	5,432.8㎡	
	상업업무용지	1,134.5㎡	
	공공시설용지	8,917.5㎡	
	개발 기간	1993~2001	
	열원공급방식	집단에너지	
고양 행신지구	위치	경기도 고양시 덕양구 행신동, 도내동 일원	
	면적	751,500㎡	
	주택건설용지	296,210㎡	
	상업업무용지	11,727㎡	
	공공시설용지	455,290㎡	
	개발 기간	2003~2007	
	열원공급방식	집단에너지	
고양 풍동지구	위치	경기도 고양시 일산동구 풍동, 식사동 일원	
	면적	964,392.9㎡	
	주택건설용지	360,051.0㎡	
	상업업무용지	-	
	공공시설용지	584,415.9㎡	
	개발 기간	2008~2013	
	열원공급방식	집단에너지	
청주 성화지구	위치	충청북도 청주시 성화동 일원	
	면적	521,580㎡	
	주택건설용지	195,487㎡	
	상업업무용지	14,520㎡	
	공공시설용지	311,573㎡	
	개발 기간	2005~2010	
	열원공급방식	집단에너지	
김해 진영지구	위치	경상남도 김해시 진영리 일원	
	면적	625,561㎡	
	주택건설용지	348,717㎡	
	상업업무용지	12,888㎡	
	공공시설용지	251,592㎡	
	개발 기간	1999~2004	
	열원공급방식	집단에너지	

㉰ DB 구축 결과

- 조사 대상지역에서 수집된 건축물 데이터는 토지이용계획 기준에 따라 주택, 상업(업무), 공공시설로 대분류하였으며 표 1.2와 같이 세부적으로 분류하였음.
- 수집된 개별열원 건물부분의 데이터 현황 및 성과 달성률은 다음과 같음.

표 1.2 개별열원 건물부문 데이터수집 현황 및 성과 달성율

구분		최종 목표치	최종 달성치	달성율
주택건설	공동주택(아파트)	50동	593동	1128%
	상가주택			
	단독주택			
상업·업무	판매시설	100동	644동	514%
	업무시설			
공공시설	종교시설	20동	299동	1313%
	교육연구시설(유치원)			
	교육연구시설(초)			
	교육연구시설(중)			
	교육연구시설(고)			
	공공복지시설			
합계		170동	1536동	788%

② 집단에너지 소비량 조사 개요

㉮ 조사 개요

- 집단에너지를 공급받는 도시개발 지역의 건물은 보일러와 같은 개별 열생산시설을 설치하지 않고 열병합발전소 등 대규모 열생산시설에서 생산된 열(온수)을 공급받음.
- 집단에너지는 대단위 지역에 일괄적으로 열(온수)을 공급하는 도시 기반시설로서, 기존의 개별 난방방식에 비하여 에너지 절약 및 대기오염물질 감소 효과가 우수한 시스템으로 알려져 있음.
- 열병합발전소 등의 대규모 열생산시설에서는 다양한 연료(LSWR, LPG, LNG, B.C, 등유, 우드칩, 바이오가스)를 기반으로 에너지를 생산하여 열(온수)을 건물단위에 공급함에 따라 각 연료에서 발생되는 여과성 및 응축성 먼지배출량을 산정해야함.
- 이에 본 연구에서는 집단에너지로부터 열(온수)을 생산하기 위해 사용된 각 연료의 에너지사용량 정보를 조사하여 DB를 구축하였음.

㉯ 조사 대상

- 집단에너지 연료 사용량 정보는 한국지역난방공사의 열병합발전소를 대상으로 조사하였으며, 공공데이터 포털(www.data.go.kr)에서 공개하는 2014년 지역별 열생산량과 지사별 발전소 연료사용 통계 정보를 기초 데이터로 활용하였음.
- 집단에너지의 열(온수) 생산에 사용된 연료 사용량은 한국에너지공단 산업에너지실(www.kemco.or.kr) 제공 자료와 한국지역난방공사의 제공 자료를 토대로 DB로 구축하였음.
- 한국지역난방공사의 조사 대상은 그림 1.3과 같으며, 집단에너지 공급 현황은 표 1.3과 같음.

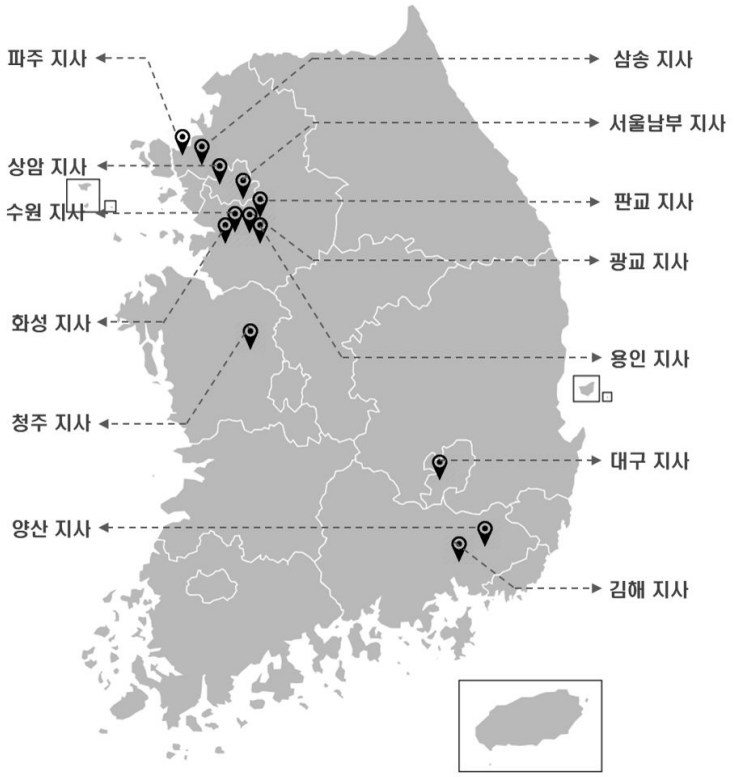


그림 1.3 한국지역난방공사의 집단에너지 공급현황

표 1.3 한국지역난방공사의 집단에너지 공급현황(출처: 2017년 집단에너지사업 편람)

구분	세대수		공급 빌딩수	사업 허가일	초기열 공급일
	허가	공급			
남서울(중앙)	65,822	59,181	114	1985.11	1987.11
상암/상암2	29,345	21,251	50	1999.09	2001.05
삼송/원흥	62,031	38,255	22	2007.08	2012.06
용인	199,241	171,962	110	1991.12	1994.12
용인서천	3,805	용인에 포함	-	2005.03	2010.01
수원광교	21,987	24,778	62	2006.11	2011.05
수원	137,386	135,619	129	1993.10	1995.10
대구	108,444	105,142	82	1993.10	1995.04
김해	39,443	27,836	30	1995.04	2000.07
양산물금	46,283	35,838	23	1997.07	1999.11
청주	79,233	74,193	67	1994.03	1997.05
파주교하,운정	90,357	39,965	12	2003.12	2005.09
성남판교,도촌	36,485	27,075	110	2004.09	2008.09
화성동탄1,2	175,215	92,661	133	2002.05	2004.04
합계	1,095,077		-	-	-

㉰ DB 구축 결과

- 집단에너지로 인한 여과성 및 응축성 먼지배출량을 합리적으로 예측·산출하기 위해 건물로 공급되는 집단에너지사용량 관련 데이터베이스를 구축하였음.
- 한국지역난방공사의 연료별 사용량 현황(2014년 기준)은 표 1.4와 같으며 지역별 열생산량(2014년 기준)은 표 1.5와 같음.

표 1.4 한국지역난방공사의 연료별 사용량 현황 (2014년 기준)

구분	LSWR [kl]	B.C [kl]	LNG [10³×Nm³]	LFG [10³×Nm³]	등유 [kl]	우드칩 [ton]	바이오가스 [10³×Nm³]
1월	8,631	26,732	236,807	6,230	115	4,908	368
2월	11,474	22,258	196,971	5,660	123	4,995	211
3월	5,801	15,820	196,461	6,088	88	5,941	339
4월	1,337	5,072	153,260	5,604	60	5,855	509
5월	2,365	2,738	73,994	5,706	50	5,730	544
6월	88	1,205	63,240	3,059	83	2,375	266
7월	620	1,343	96,204	2,312	101	0	220
8월	0	500	65,171	2,220	33	0	290
9월	25	718	72,709	2,967	36	1,613	300
10월	0	4,424	115,654	4,964	41	5,882	371
11월	1,006	13,920	178,463	5,651	61	6,189	293
12월	22,102	29,051	232,074	5,866	84	4,270	82
합계	53,448	123,780	1,681,007	56,328	873	47,758	3,792

표 1.5 한국지역난방공사의 사업장별 열생산량 (2014년 기준, 단위: 10³×Gcal)

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	합계
서울남부	267	200	131	47	36	34	34	36	18	16	97	296	1,211
수원	83	72	48	43	48	34	25	27	28	36	35	99	578
용인	94	46	26	3	3	3	3	3	3	3	13	101	300
화성서부	278	234	197	98	31	26	31	32	43	83	176	289	1,518
파주	252	221	210	144	35	14	22	27	25	106	193	259	1,508
판교	120	103	90	73	57	21	46	56	58	84	76	111	894
삼송	6	4	3	3	5	3	3	3	4	5	4	7	51
광교	92	82	85	58	54	30	29	8	6	18	66	95	625
대구	132	110	88	50	30	19	16	16	19	39	76	138	733
상암	39	34	35	19	19	35	33	33	31	32	26	39	373
김해	34	29	23	13	8	5	4	4	5	9	19	35	188
양산	28	24	20	12	8	6	5	5	5	9	17	30	167
청주	101	82	64	34	23	18	16	13	14	26	55	105	551

(나) 교통 부문

① 교통량 조사 개요

- 지구 및 지역 내를 통과하는 자동차로부터 발생하는 여과성 및 응축성 먼지 배출량을 대기 거동 모사 예측기술에 반영하기 위해 도로교통량을 조사하였음.
- 도시의 주요 간선도로, 교차로, 시계유출입 지점의 교통량 및 차량 속도 등을 조사하기 위하여 시도별 교통량조사 보고서를 수집하여 교통량을 조사하였음.
- 시도별 교통량 조사는 도시교통정비 촉진법 제 9조에 의거하여 실시되었으며 서울, 인천, 부산, 대전, 대구, 광주, 울산, 세종시 교통량조사 보고서를 조사하여 교통량 자료를 수집함.



그림 1.4 주요 시도별 교통량 조사 보고서(서울, 인천, 부산)

② 교통량 대기오염물질 배출량 조사 개요

- 정부에서는 대기환경정책 수립, 대기오염총량제 이행, 대기질 예보 등을 목적으로 국가 대기오염물질 배출량을 지자체별 격자단위 배출량으로 생산하여 제공하고 있음.
- 국가 대기오염물질 배출량 서비스(http://airemiss.nier.go.kr/)에서는 대기오염물질 배출목록(Air Pollutants Emission Inventory)에 근거하여 대기정책지원시스템(CAPSS; Clean Air Policy Support System)의 점, 면, 이동오염원 등에서 배출되는 8개 대기오염물질(CO, NOx, SOx, TSP, PM10, VOCs, NH3, PM2.5) 배출량 정보를 공개하고 있음.
- 따라서 도시개발에 따른 도로 이동오염원의 대기오염물질 배출량을 모사하기 위해 CAPSS에서 산정된 도로 이동오염원의 8개 대기오염물질 배출량 정보를 수집하고 DB로 구축하였음.
- CAPSS는 국가차원에서 오염물질별, 배출원별, 지역별 다양한 오염물질 배출량 정보를 매년 산정하여 제공하므로 소프트웨어에 DB를 반영할 경우, 업데이트의 방식으로 매년 대기오염 배출량을 반영할 수 있음.

③ DB구축 결과

㉮ 교통량

- 서울, 인천, 부산, 대전, 대구, 광주, 울산, 세종시 교통량조사 보고서를 통해 주요 도시의 차종 및 도로별, 지점 및 시간별 교통량 정보를 수집하여 DB를 구축함.

표 1.6 조사대상 중 서울특별시 도심 교통량 조사 결과

지점명	차로수		2017년			2018년			증감		
	유입	유출	양방	유입	유출	양방	유입	유출	양방	유입	유출
성산로 (금화터널)	2	2	72,010	38,475	33,535	70,968	37,888	33,080	-1.4%	-1.5%	-1.4%
사직로 (사직터널)	3	3	79,182	43,132	36,050	78,237	42,317	35,920	-1.2%	-1.9%	-0.4%
자하문로 (자하문터널)	2	2	34,979	18,357	16,622	33,792	17,950	15,842	-3.4%	-2.2%	-4.7%
대사관로 (삼청터널)	1	1	12,400	6,283	6,117	12,793	6,393	6,400	3.2%	1.8%	4.6%
율곡로 (안국역)	3	3	56,697	30,458	26,239	59,958	29,573	30,385	5.8%	-2.9%	15.8%
창경궁로 (서울여자대학교)	4	2	44,904	27,624	17,280	42,976	26,216	16,760	-4.3%	-5.1%	-3.0%
대학로 (한국방송통신대학교)	2	4	38,423	13,280	25,143	39,126	13,523	25,603	1.8%	1.8%	10.8%
종로 (동묘앞역)	4	4	56,617	25,182	31,435	53,223	23,677	29,546	-6.0%	-6.0%	-6.0%
퇴계로 (신당역)	3	2	51,913	28,086	23,827	48,783	25,645	23,138	-6.0%	-8.7%	-2.9%
동호로 (장충체육관)	4	4	68,962	36,058	32,904	68,290	35,800	32,490	-1.0%	-0.7%	-1.3%
장충단로 (장충단공원)	3	3	56,157	23,575	32,582	55,398	23,349	32,049	-1.4%	-1.0%	-1.6%
퇴계로 (회현역)	2	2	34,270	21,752	12,518	32,875	20,458	12,417	-4.1%	-5.9%	-0.8%
세종대로 (서울역)	5	5	69,216	38,401	30,815	62,856	32,977	29,879	-9.2%	-14.1%	-3.0%
새문안로 (서울역사박물관)	4	4	48,878	20,073	28,805	49,446	20,394	29,052	1.2%	1.6%	0.9%
종로 (종로3가역)	4	3	69,223	33,043	36,180	46,469	23,657	22,812	-32.9%	-28.4%	-36.9%
서소문로 (시청역)	3	3	53,835	31,833	22,002	51,168	30,874	20,294	-5.0%	-3.0%	-7.80%
세종대로 (시청역2)	6	5	83,213	42,725	40,488	79,221	39,820	39,401	-4.8%	-6.8%	-2.7%

표 1.6 조사대상 중 서울특별시 시계 교통량 조사 결과

지점명	차로수		2017년			2018년			증감		
	유입	유출	양방	유입	유출	양방	유입	유출	양방	유입	유출
도봉로 (도봉산역)	4	4	60,519	30,984	29,535	55,520	29,721	25,799	-8.3%	-4.1%	-12.6%
동일로 (의정부IC)	5	3	113,240	42,152	71,088	107,780	37,510	70,270	-4.8%	-11.0%	-1.2%
아차산로 (워커힐)	3	3	30,679	15,697	14,982	31,681	16,686	14,995	3.3%	6.3%	0.1%
망우로 (망우리공원)	3	3	34,483	17,308	17,175	33,307	17,110	16,197	-3.4%	-1.1%	-5.7%
경춘북로 (중랑경찰서)	3	3	51,205	27,204	24,001	51,991	26,924	25,067	-1.5%	1.0%	4.4%
화랑로 (조선왕릉)	3	3	60,342	28,173	32,169	45,702	22,417	23,285	-24.3%	-20.4%	-27.6%
북부간선도로 (신내IC)	3	3	107,643	52,527	55,116	128,022	61,546	66,476	18.9%	17.2%	20.6%
서하남로 (서하남IC)	5	5	102,628	51,810	50,818	103,775	51,772	52,003	1.1%	-0.1%	2.3%
천호대로 (상일IC)	6	6	77,976	36,547	41,429	82,115	39,187	42,928	5.3%	7.2%	3.6%
올림픽대로 (강일IC)	4	4	178,360	92,059	86,301	199,281	96,590	102,691	11.7%	4.9%	19.0%
경부고속도로 (양재IC)	5	5	192,317	97,528	94,789	192,632	94,982	97,650	0.2%	-2.6%	3.0%
송파대로 (복정역)	6	5	67,273	32,956	34,317	63,996	30,903	33,093	-4.9%	-6.2%	-3.6%
밤고개로 (세곡동사거리)	4	4	48,307	23,555	24,752	46,886	24,712	22,174	-2.90%	-4.90%	10.40%
분당수서로 (성남시계)	3	3	116,956	54,908	62,048	112,566	53,000	59,566	-3.8%	-3.5%	-4.0%
과천대로 (남태령역)	4	4	74,217	35,604	38,613	66,936	32,026	34,910	-9.8%	-10.0%	-9.6%
반포대로 (우면산터널)	5	4	68,057	37,216	30,841	69,553	37,496	32,057	2.2%	0.8%	3.9%
시흥대로 (석수역)	6	6	98,985	48,885	50,100	92,896	47,431	45,465	-6.2%	-3.0%	-9.3%

㉯ 교통량 대기오염물질 배출량

- 개발 소프트웨어에 적용된 2014년 대기정책지원시스템(CAPSS)의 이동오염원 먼지배출량 정보를 수집하였으며 표 1.7과 같음.
- 도로 이동오염원의 배출원은 승용차, 승합차, 버스, 화물차 등으로 분류되며 여객·선박, 항공 등은 제외하였음.

표 1.7 광역단위 도시의 차종 및 연료별 도로 이동오염원 먼지배출량 (2014년)

시도	배출원	연료	먼지 배출량 (kg)		
			TSP	PM10	PM2.5
서울특별시	승용차	경유	8,260.68	8,260.68	7,599.83
	승용차	휘발유	3,132.78	3,132.78	2,882.16
	승합차	경유	38,828.15	38,828.15	35,721.90
	버스	경유	3,249.27	3,249.27	2,989.33
	화물차	경유	247,646.42	247,646.42	227,834.70
부산광역시	승용차	경유	2,658.47	2,658.47	2,445.80
	승용차	휘발유	1,322.85	1,322.85	1,217.02
	승합차	경유	18,915.93	18,915.93	17,402.66
	버스	경유	2,801.66	2,801.66	2,577.53
	화물차	경유	223,816.74	223,816.74	205,911.40
대구광역시	승용차	경유	2,902.42	2,902.42	2,670.23
	승용차	휘발유	1,251.63	1,251.63	1,151.50
	승합차	경유	18,219.71	18,219.71	16,762.14
	버스	경유	5,929.02	5,929.02	5,454.70
	화물차	경유	290,464.70	290,464.70	267,227.53
인천광역시	승용차	경유	3,989.88	3,989.88	3,670.69
	승용차	휘발유	1,219.42	1,219.42	1,121.87
	승합차	경유	14,392.13	14,392.13	13,240.76
	버스	경유	4,354.40	4,354.40	4,006.05
	화물차	경유	165,371.76	165,371.76	152,142.02
광주광역시	승용차	경유	1,014.43	1,014.43	933.28
	승용차	휘발유	600.17	600.17	552.15
	승합차	경유	5,925.12	5,925.12	5,451.11
	버스	경유	1,174.12	1,174.12	1,080.19
	화물차	경유	88,222.44	88,222.44	81,164.65
대전광역시	승용차	경유	1,478.27	1,478.27	1,360.01
	승용차	휘발유	655.91	655.91	603.44
	승합차	경유	11,339.39	11,339.39	10,432.24
	버스	경유	2,869.01	2,869.01	2,639.49
	화물차	경유	134,792.70	134,792.70	124,009.29
울산광역시	승용차	경유	881.27	881.27	810.77
	승용차	휘발유	652.84	652.84	600.62
	승합차	경유	14,469.30	14,469.30	13,311.76
	버스	경유	2,769.23	2,769.23	2,547.69
	화물차	경유	147,556.97	147,556.97	135,752.41

(다) 공사 부문

① 공사 에너지소비량 조사 개요

- 신규 도시를 개발하는 공사단계에서는 다수의 작업 공정에서 토사의 이동이 발생하며, 여러 공정의 토사이동에 따라 건설장비(덤프트럭, 굴삭기, 롤러 등)가 투입되어 연료를 사용함에 따라 여과성 및 응축성 먼지가 발생함.
- 따라서 도시개발 공사가 대기환경에 미칠 영향을 종합적으로 분석 및 평가하기 위해 사전에 환경영향평가를 실시하며, 공사 규모와 토공사량 등을 기반으로 공사에서 투입되는 건설장비 종류 및 대수 등을 환경영향평가에 반영하고 있음.
- 따라서 도시개발 공사단계에서 발생되는 여과성 및 응축성 먼지 배출량을 대기 거동 모사 예측기술에 반영하기 위하여, 환경영향평가를 기반으로 공사단계에서 투입된 건설장비를 조사하였으며, 건설장비로부터 소비되는 에너지(유류)사용량 DB를 구축하였음.
- 도시개발 공사단계의 에너지(유류)소비량 데이터베이스를 구축하기 위하여 택지개발지구의 환경영향평가 내용을 검토하였으며, 조사대상의 공사 규모를 확인할 수 있는 공사면적, 공사 토공량 데이터를 표 1.8과 같이 수집하였음.

표 1.8 도시개발 공사단계 에너지(유류)사용량 조사대상 개요

구분	지역	공사 지구	공사면적 (㎡)	공사 토공량		
				절토량 (㎥)	성토량 (㎥)	잔토량 (㎥)
Case 1	서울·경기	서울 강일택지개발지구	912,000	934,000	934,000	260,000
Case 2		인천 송도 시가지개발지구[1)]	17,700,000	-	-	-
Case 3		군포 부곡택지개발지구	470,000	220,000	580,000	360,000
Case 4		남양주 마석택지개발지구	447,328	300,000	300,000	-
Case 5		남양주 진접택지개발지구	2,068,587	3,396,484	3,396,484	-
Case 6		의왕 청계택지개발지구	339,000	120,762	176,641	-
Case 7		의정부 녹양택지개발지구	303,000	395,000	545,000	-
Case 8		고양 행신택지개발지구	751,500	1,391,634		-
Case 9		고양 풍동택지개발지구	964,392.9	577,000		-
Case 10	대전	대전 가오택지개발지구	953,627	1,653,370		-
Case 11	광주	광주 진월택지개발지구	668,850	840,000	840,000	-
Case 12	대구	대구 율하택지개발지구	311,095	2,430	649,968	-
Case 13	울산	울산 구영택지개발지구	762,400	2,500,000	1,800,000	-
Case 14	김해	김해 진영택지개발지구	625,561	120,942	3,080,492	-
Case 15	청주	청주 성화택지개발지구	521,580	685,000	1,330,000	-

[1)] 인천 송도 시가지개발지구의 사업기간은 ′93~′01년으로, ′93년의 환경영향 평가항목 및 내용이 상이함에 따라 해당 내용이 없음.

② 공사 대기오염물질 배출량 조사 개요

- 도시개발 시 환경영향평가에서는 해당 공사로 인해 발생할 수 있는 대기오염물질을 사전에 종합적으로 예측 및 분석하고 있으며, 공사장비 가동에 의한 오염물질과 절·성토 시 발생하는 비산먼지를 주요 대기오염물질 배출원으로 정하고 있음.
- 작업장 내에서 발생하는 비산먼지는 덤프트럭 이동, 기타장비 이동, 바람에 의한 흐트러짐, 토량 상·하적 시 발생하는 먼지로 오염원을 구분하여 각 오염원별 배출계수식에 의해 산출함.
- 오염원별 배출수식에 의해 공사 시 작업장에서 발생할 수 있는 TSP, PM10, NO_2, SO_2, CO 등을 예측할 수 있으며 각 공사의 공사 규모, 토공사량, 공사기간, 장비의 종류 및 투입대수 등에 의해 결정됨.
- 따라서 표 1.8의 개발도시를 대상으로 공사규모, 토공량, 투입장비 등에 따른 대기오염물질 발생량 데이터를 작업장 내 오염원별로 수집하여 DB를 구축하였음.

③ DB구축 결과

㉮ 공사 에너지(유류)소비량

- 전국의 택지개발지구의 공사규모 및 토공량(절토량, 성토량, 잔토량)에 따라 산정된 건설장비의 종류와 투입대수 정보를 수집하였으며, 건설장비별 단위시간 에너지(유류)소비량을 건설표준품셈에 근거하여 조사하였음.
- 건설표준품셈 기준의 건설기계장비별 단위시간 에너지(유류)소비량을 근거하여, 각 택지개발지구의 공사기간을 고려한 공사단계 에너지(유류)사용량은 표 1.9와 같이 산출되었음.

표 1.9 도시(택지)개발지구별 공사단계 에너지(유류)사용량 산출표

구분		공사기간 (개월)	장비 종류	장비 규격	투입대수	장비별 유류사용량(ℓ/hr)	총 유류 사용량(ℓ)
Case 1		28	불도저	19ton	1	23.8	641,760
			백호우	0.7㎥	2	10.5	
			덤프트럭	15ton	3	21.1	
			그레이더	3.6㎥	1	15.4	
			롤러	10ton	1	10.2	
Case 2[1)]		-	-	-	-	-	-
Case 3		18	불도저	32ton	1	39.6	573,840
			백호우	1.0㎥	2	17.7	
			덤프트럭	15ton	4	21.1	
Case 4	1구역	16	불도저	19ton	-	23.8	632,640
			백호우	1.0㎥	2	17.7	
			덤프트럭	15ton	3	21.1	
	2구역	12	불도저	19ton	1	23.8	
			백호우	1.0㎥	-	17.7	
			덤프트럭	15ton	2	21.1	
	3구역	12	불도저	19ton	1	23.8	
			백호우	1.0㎥	-	17.7	
			덤프트럭	15ton	2	21.1	

[1)]Case 2의 사업기간은 ′ 93~′ 01년으로, ′ 93년의 환경영향 평가항목 및 내용이 상이함에 따라 해당 내용이 없음.

표 1.9 도시(택지)개발지구별 공사단계 에너지(유류)사용량 산출표 (계속)

구분		공사기간 (개월)	장비 종류	장비 규격	투입대수	장비별 유류사용량 (ℓ/hr)	총 유류 사용량(ℓ)
Case 5		36	불도저	32ton	3	39.6	2,835,360
			백호우	1.0㎥	5	17.7	
			덤프트럭	15ton	7	21.1	
			그레이더	3.6㎥	1	15.4	
			롤러	10ton	2	11.7	
Case 6		18	불도저	20ton	2	23.8	483,120
			백호우	0.7㎥	2	10.5	
			덤프트럭	15ton	2	21.1	
			롤러	10ton	2	11.7	
Case 7		36	불도저	32ton	1	39.6	1,076,400
			백호우	0.7㎥	2	10.5	
			덤프트럭	15ton	3	21.1	
			그레이더	3.6㎥	1	15.4	
			롤러	10ton	1	10.2	
Case 8		36	불도저	32ton	1	39.6	1,228,320
			백호우	0.7㎥	2	10.5	
			덤프트럭	15ton	4	21.1	
			그레이더	3.6㎥	1	15.4	
			롤러	10ton	1	10.2	
Case 9		36	불도저	32ton	2	41.6	1,505,520
			백호우	0.7㎥	4	11.6	
			덤프트럭	15ton	5	15.9	
Case 10	1 구역	24	불도저	19ton	1	23.8	1,910,880
			백호우	0.7㎥	3	10.5	
			덤프트럭	15ton	4	21.1	
	2 구역	24	불도저	19ton	2	23.8	
			백호우	0.7㎥	2	10.5	
			덤프트럭	15ton	5	21.1	
	3 구역	24	불도저	19ton	1	23.8	
			백호우	0.7㎥	2	10.5	
			덤프트럭	15ton	3	21.1	
Case 11		24	불도저	19ton	1	23.8	367,200
			백호우	0.7㎥	1	10.5	
			덤프트럭	15ton	2	21.1	
Case 12	1 구역	19	불도저	19ton	1	23.8	546,440
			백호우	0.7㎥	1	10.5	
			진동롤러	6.5ton	1	9.4	
			덤프트럭	15ton	2	18.8	
	2 구역	19	불도저	19ton	1	23.8	
			백호우	0.7㎥	1	10.5	
			진동롤러	6.5ton	1	9.4	
			덤프트럭	15ton	1	18.8	
Case 13		36	불도저	19ton	3	23.8	1,458,000
			백호우	0.7㎥	3	10.5	
			페이로더	2.9㎥	3	12.1	
			덤프트럭	15ton	3	21.1	

표 1.9 도시(택지)개발지구별 공사단계 에너지(유류)사용량 산출표 (계속)

구분	공사기간 (개월)	장비 종류	장비 규격	투입대수	장비별 유류사용량 (l /hr)	총 유류 사용량(l)
Case 14	39	불도저	19ton	2	23.8	1,679,340
		백호우	1.0㎥	1	17.7	
		롤러	10ton	2	11.7	
		덤프트럭	15ton	6	21.1	
Case 15	18	불도저	20ton	3	23.8	781,920
		백호우	1.0㎥	1	17.7	
		페이로더	1.7㎥	1	12.1	
		덤프트럭	20ton	5	23.2	

㉯ 공사 대기오염물질 배출량

- 전국의 택지개발지구의 공사규모 및 토공량(절토량, 성토량, 잔토량), 장비종류 및 투입대수에 따른 대기오염물질 발생량을 조사하였으며, 각 오염물질별 발생량은 표 1.10과 같음.

표 1.10 도시(택지)개발지구별 공사단계 에너지(유류)사용량 산출표

구분		공사기간 (개월)	토공사량 (㎥)	장비 종류	투입대수	TSP (PM10)	NO_2	SO_2	CO
Case 1		28	1,315	불도저	1	0.0117	0.3563	-	-
				백호우	2				
				덤프트럭	3				
				그레이더	1				
				롤러	1				
Case 2[1)]		-		-	-	-	-	-	-
Case 3		18	1,289	불도저	1	0.0054	0.1647	0.0114	0.0241
				백호우	2				
				덤프트럭	4				
Case 4	1 구역	1구역	16	750	불도저	-	1.1924	-	-
				백호우	2				
				덤프트럭	3				
	2 구역	2구역	12	500	불도저				
				백호우	-				
				덤프트럭	2				
	3 구역	3구역	12	500	불도저				
				백호우	-				
				덤프트럭	2				
Case 5		36	3,774	불도저	3	0.0584	1.7787	-	-
				백호우	5				
				덤프트럭	7				
				그레이더	1				
				롤러	2				
Case 6		18	661	불도저	2	0.0234	0.7127	-	-
				백호우	2				
				덤프트럭	2				
				롤러	2				
Case 7		36	1,044	불도저	1	0.0195	0.5929	-	-
				백호우	2				
				덤프트럭	3				
				그레이더	1				
				롤러	1				

[1)]Case 2의 사업기간은 ′ 93~′ 01년으로, ′ 93년의 환경영향 평가항목 및 내용이 상이함에 따라 해당 내용이 없음.

표 1.10 도시(택지)개발지구별 공사단계 에너지(유류)사용량 산출표 (계속)

구분		공사기간 (개월)	토공사량 (㎥)	장비 종류	투입대수	TSP (PM10)	NO_2	SO_2	CO
Case 8		36	1,546	불도저	1	0.0195	0.5929	-	-
				백호우	2	0.0211	0.3453	-	-
				덤프트럭	4	0.0675	1.4723	-	-
				그레이더	1	0.0114	0.1916	-	-
				롤러	1	0.0082	0.1658	-	-
Case 9		36	1,923	불도저	2	0.0060	0.1243	-	-
				백호우	4	0.0034	0.0680	-	-
				덤프트럭	5	0.0013	0.0881	-	-
Case 10	1 구역	24	2,714	불도저	1	0.0117	0.3563	0.0247	0.0522
				백호우	3				
				덤프트럭	4				
	2 구역	24	1,252	불도저	2	0.0234	0.7127	0.0495	0.1045
				백호우	2				
				덤프트럭	5				
	3 구역	24	443	불도저	1	0.0117	0.3563	0.0247	0.0522
				백호우	2				
				덤프트럭	3				
Case 11		24	4,760	불도저	1	0.0117	0.3563	-	-
				백호우	1				
				덤프트럭	2				
Case 12	1 구역	19	756	불도저	1	0.0200	0.2631	0.0247	0.0694
				백호우	1				
				진동롤러	1				
				덤프트럭	2				
	2 구역	19	613	불도저	1	0.0200	0.2631	0.0247	0.0694
				백호우	1				
				진동롤러	1				
				덤프트럭	1				
Case 13		36	2,778	불도저	3	0.0351	1.0690	-	-
				백호우	3				
				페이로더	3				
				덤프트럭	3				
Case 14		39	3,283	불도저	2	11.9465	3.5925	-	-
				백호우	1				
				롤러	2				
				덤프트럭	6				
Case 15		36	2,778	불도저	3	0.0351	1.0690	-	-
				백호우	1				
				페이로더	1				
				덤프트럭	5				

(2) 도시 주요 먼지 배출원별 에너지소비량 산정 알고리즘 개발

(가) 개별열원 건물 에너지소비량 예측 알고리즘

① 건물 에너지소비량 예측 알고리즘 개발 개요

- 본 연구개발은 단지 및 지구단위에서 에너지사용에 따라 발생하는 여과성, 응축성 먼지 배출량을 산출하고 대기거동을 모사 예측하는 것임에 따라 분석 및 평가하고자 하는 임의의 단지 및 지구단위의 에너지사용량을 예측할 수 있어야 함.
- 지구단위 도시개발사업의 건물 에너지사용량을 예측하는 기존의 방법으로, 산업통상자원부와 한국에너지공단의 에너지사용계획 협의(에너지사용계획 수립 및 협의 절차에 관한 규정, 에너지사용계획 협의업무 운영규정)에 적용되고 있는 원단위 분석법이 대표적임.
- 그러나 상기 방법론은 약 10년 ~ 15년 전에 작성된 원단위 값을 기반으로 건물 에너지를 예측하므로 최근건물의 에너지사용량 현황에 반영하여 예측하는 데 한계가 있음.
- 이에 정부에서도 일정규모의 도시개발 및 복합단지 등의 개발과정에서 에너지사용량을 예측하기 위해 사용용도 및 특성에 따라 적합한 분석기법(학술적, 객관적으로 인정받는 회귀분석, 시계열분석, 성장곡선법 등)을 선택하도록 권고하고 있음.
- 따라서 대규모의 데이터에서 가치 있는 패턴 및 규칙 등의 정보를 추출하는 방법인 데이터마이닝 기법 중 인공신경망(ANN; Artificial Neural Network)기법을 활용하여 수집된 건물관련 정보를 바탕으로 건물 부문에서 사용된 에너지소비량 예측 모델을 개발하였음.

② 건축물 에너지소비량 예측 알고리즘 개발

㉮ 군집분석을 통한 데이터 처리 및 개요

- 수집된 데이터 중 이상 및 노이즈데이터를 판별하기 위하여 동적 타임 워핑(Dynamic Time Warping ; DTW) 클러스터링(Clustering)기술 기반의 데이터 품질관리 QC(Quality control) 작업을 진행하였음.
- 건물 부문 에너지사용량을 월단위로 예측해야 함에 따라 시계열 자료 분석이 가능한 동적정합(DTW ; Dynamic Time Warping)이 접합된 계층적 클러스터링(Hierarchical Clustering)기법을 사용하여 군집분류 분석을 실시함.
- 상기 기법은 데이터들 간의 유사도를 바탕으로 데이터를 분류하며 많은 수의 데이터를 비교적 쉽고 빠르게 분류하는 특징이 있음.
- 아울러, 계층 클러스터링에서 적정 개수의 군집 수를 설정함으로써 동일 군집 안에 구성되지 못한 개체는 예측모델 개발의 품질향상을 위해 이상값으로 별도 분류할 수 있음.
- 군집분석을 통해 이상패턴으로 확인된 건물 사례는 향후 에너지사용량 예측모델 개발의 정확도 향상을 위하여 제거하였음.
- 군집분석은 연구 및 산업부문의 통계/데이터 마이닝을 위해 세계적으로 널리 사용되고 있는 오픈소스 프로그램인 ‘R (version 3.6.2)’을 사용하였음.

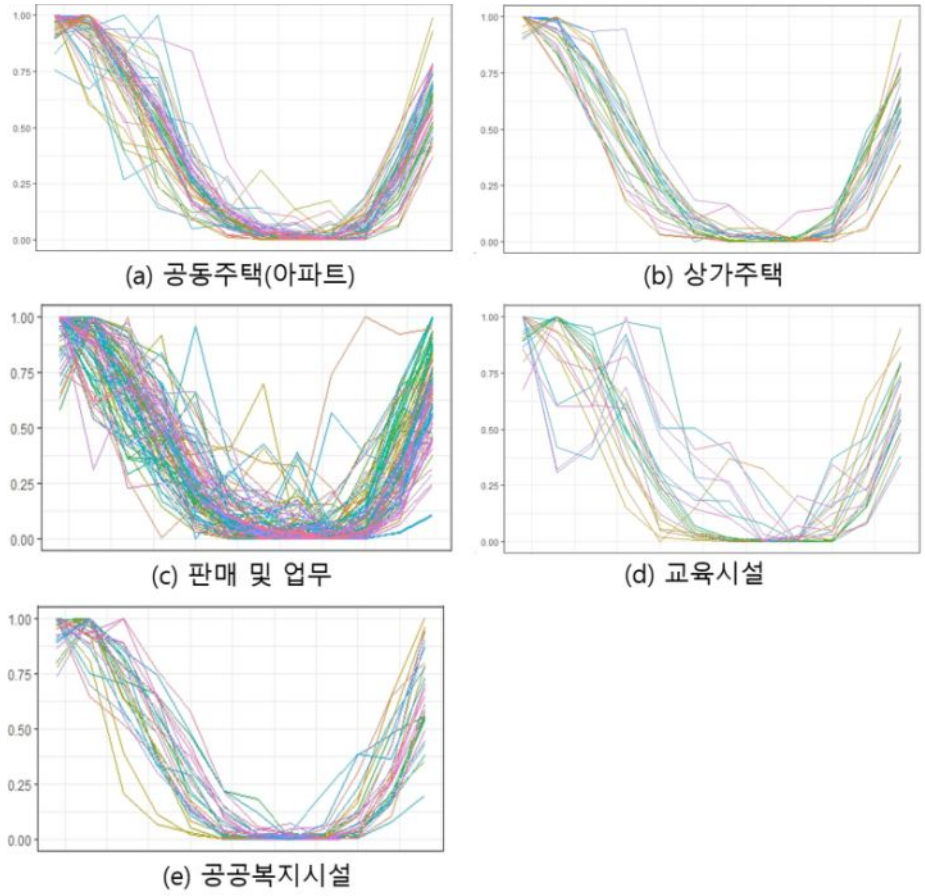


그림 1.5 건물 용도별 연간 월별 에너지사용량 대표 패턴 분석결과

㉯ 인공신경망 기술을 활용한 예측 알고리즘 개발결과

- 데이터 품질관리 QC작업을 통해 최초 수집된 건물(지번) 데이터 중 이상 데이터를 제외한 건물의 지번 및 에너지소비량 정보를 활용하여 인공신경망 기반의 예측모델을 구축하였음.
- 예측 알고리즘 개발에 활용된 데이터는 예측 목표변수인 에너지(가스)사용량과 상관성이 있는 월, 건물용도, 건물 위치, 건축면적, 대지면적, 연면적, 월별 평균기온 데이터를 활용하였으며 표 1.11과 같음.
- 건축물 에너지소비량 예측 모델은 건물의 각 용도별(공동주택, 단독주택, 상업시설, 교육시설(초, 중, 고, 유치원), 종교시설, 공공시설 등)로 세분하여 구축하였으며 예측 알고리즘의 개발은 오픈소스 프로그램인 ‘R (version 3.6.2)’을 기반으로 하였음.
- 인공신경망의 학습은 역전파 알고리즘(Backpropagation)으로 처리하였으며, 예측 모델의 품질에 영향을 미치는 은닉층(Hidden layer)의 네트워크 구조는 K. Gnana Sheela and S. N.Deepa(2013)의 연구에서 성능이 검증된 뉴런 개수 결정 수식을 활용하였음.
- 인공신경망 학습의 초기 학습 횟수는 100,000회로 설정하고, 학습 중 Correlation이 가장 높았을 때의 신경망 모델을 최적 예측모델로 결정하였음.

표 1.11 건물 부문 에너지(가스)사용량 예측 변수 목록

구분	내 용	데이터 타입	구분	내 용	데이터 타입
x1	월	Nominal	x5	건축면적	Interval
x2	건물 용도	Nominal	x6	대지면적	Interval
x3	건물 위치	Nominal	x7	평균기온	Interval
x4	연면적	Interval	y	가스에너지사용량	Interval

- 인공신경망의 학습알고리즘을 통해 예측 모형을 개발하였으며 신경망의 구조는 그림 1.6과 같음.
- 데이터 학습을 통해 구축된 건물 용도별 예측모델의 성능(Correlation)은 표 1.12와 같음.

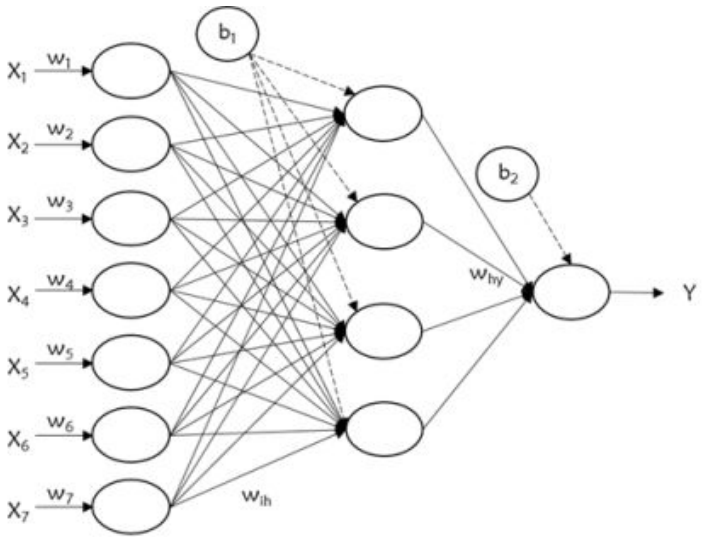


그림 1.6 인공신경망(ANN; Artificial Neural Network) 예측 알고리즘 구조

표 1.12 건물 용도별 인공신경망 예측모델 성능

번호	건물 용도	Correlation	번호	건물 용도	Correlation
1	주택(공동주택)	0.92	7	교육(유치원)	0.75
2	주택(단독주택)	0.74	8	교육(초등)	0.72
3	주상복합주택	0.95	9	교육(중등)	0.69
4	판매시설	0.84	10	교육(고등)	0.69
5	업무시설	0.67	11	공공복지시설	0.68
6	종교시설	0.65	평 균		0.75

(나) 건물 집단에너지소비량 산정 알고리즘

① 건물 집단에너지소비량 산정 알고리즘 개발 개요

- 도시의 먼지배출원 중 건물 부문은 에너지 공급방식에 따라 개별 열원 방식과 집단에너지 공급방식으로 구분되므로, 집단에너지를 사용하는 지역의 건물에서 소비되는 에너지사용량을 산정하기 위한 예측 알고리즘을 별도로 구축하였음.
- 집단에너지를 공급하는 지역 열원의 대규모 열생산시설에서는 다양한 연료(LSWR, LPG, LNG, B.C, 등유, 우드칩, 바이오가스)를 기반으로 열에너지(온수)를 생산하여 건물단위에 공급함에 따라, 각 연료 연소로 발생되는 여과성 및 응축성 먼지배출량을 산정해야함.
- 이에 본 연구에서는 개별 열원 방식의 건물에서 수집된 에너지사용량 정보를 기반으로 집단에너지의 연료 사용량을 산정하는 프로세스를 제안하고 에너지사용량을 도출하였음.
- 또한, 집단에너지를 공급받는 건물의 취사 및 기타로 인한 도시가스(LNG) 사용량을 별도로 예측하기 위하여 집단에너지 사용 건물 빅데이터를 학습한 인공신경망 예측모델을 개발하였음.

② 건물 집단에너지소비량 산정 알고리즘 개발

㉮ 데이터 처리 및 개요

- 집단에너지 공급 지역의 건물에서 사용되는 에너지량은 공공데이터 포털(www.data.go.kr)에서 공개하는 한국지역난방공사의 2014년 지역별 열 생산량과 지사별 발전소 연료사용 통계 정보를 기초 데이터로 활용하여 산정하였음.
- 한국지역난방공사의 지역별 지사 중 데이터 수취가 가능한 지사(상암, 서울남부, 수원, 용인, 화성, 파주, 판교, 삼송, 광교, 대구, 김해, 양산, 청주)의 집단에너지 생산량 및 연료소비량 정보를 기반으로 월별 에너지생산 비율과 연료별 단위 에너지소비량을 산출하였음.
- 월별 집단에너지 생산비율은 각 지사의 총 에너지생산량대비 월별 에너지생산량의 비율로써 산정하였으며, 개별 건물에서는 각 건물의 연간 총 에너지사용량을 집단에너지 생산 월별 비율로 나눔으로써 월별 집단에너지 사용량을 산정하였음.
- 건물에서 사용된 집단에너지 생산을 위해 연소된 각 연료(LSWR, LPG, LNG, B.C, 등유, 우드칩, 바이오가스)의 사용량은 총 연료 사용량대비 특정 연료의 사용량 비율에 따라 산정하였음.
- 건물에서 취사 및 기타로 인해 소비된 도시가스(LNG) 사용량의 데이터수집 및 처리 방법은 개별열원의 방법과 같으며 집단에너지를 공급받는 도시의 건물을 대상(인천 송도, 청주 성화지구, 김해 진영지구, 고양 행신, 고양 풍동)으로 자료수집 하였음.

㉰ 집단에너지 예측 프로세스 개발 결과

- 한국지역난방 공사의 지사별 열에너지 생산량 및 연료 사용량 분석을 통해 연료별 단위 생산 에너지사용량과 월별 열에너지 생산 비율을 산출하였으며 표 1.13과 표 1.14와 같음.
- 집단에너지 공급지역의 에너지사용량 산정 프로세스는 그림 1.7과 같음.

표 1.13 집단에너지의 단위생산 에너지소비량

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
LNG [㎥/Gcal]	143.31	143.45	174.02	223.12	150.34	211.58	358.71	245.37	254.86	207.35	183.27	129.68
LFG [㎥/Gcal]	5.61	6.19	7.80	10.56	17.59	14.08	7.43	8.88	12.38	12.11	8.47	5.01
등유 [ℓ/Gcal]	0.04	0.08	0.07	0.08	0.11	0.34	0.42	0.20	0.22	0.12	0.11	0.09
우드칩 [kg/Gcal]	5.21	6.46	9.05	13.53	21.20	15.69	-	-	9.74	17.55	11.19	4.35
바이오가스 [㎥/Gcal]	-	-	0.08	0.48	1.18	1.74	1.31	1.73	1.62	1.04	0.53	0.08

표 1.14 집단에너지의 월별 열에너지 생산비율(%)

월	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
생산비율(%)	17.55	14.28	11.73	6.86	4.10	2.82	3.06	3.02	2.96	5.36	9.80	18.45



그림 1.7 건물부문 집단에너지소비량 산정 프로세스

㉰ 인공신경망 기술을 활용한 도시가스(LNG) 사용량 예측 알고리즘 개발 결과

- 건물에서 취사 및 기타로 인해 소비된 도시가스(LNG) 사용량의 예측 알고리즘을 구축하기 위하여 활용된 데이터는 예측 목표변수인 에너지(가스)사용량과 상관성이 있는 월, 건물용도, 건물 위치, 건축면적, 대지면적, 연면적, 월별 평균기온 데이터를 활용하였음.
- 건축물 에너지소비량 예측 모델은 건물의 각 용도별(공동주택, 단독주택, 상업시설, 교육시설(초, 중, 고, 유치원), 종교시설, 공공시설 등)로 세분하여 구축하였으며 예측 알고리즘의 개발은 오픈소스 프로그램인 ‘R (version 3.6.2)’을 기반으로 하였음.
- 인공신경망의 학습은 역전파 알고리즘(Backpropagation)으로 처리하였으며, 예측 모델의 품질에 영향을 미치는 은닉층(Hidden layer)의 네트워크 구조는 K. Gnana Sheela and S. N.Deepa(2013)의 연구에서 성능이 검증된 뉴런 개수 결정 수식을 활용하였음.
- 인공신경망 학습의 초기 학습 횟수는 100,000회로 설정하고, 학습 중 Correlation이 가장 높았을 때의 신경망 모델을 최적 예측모델로 결정하였음.
- 인공신경망의 학습알고리즘을 통해 예측 모형을 개발하였으며 데이터 학습을 통해 구축된 건물 용도별 예측모델의 성능(Correlation)은 표 1.15와 같음.

표 1.15 지역열원(집단에너지) 공급 건물의 용도별 인공신경망 예측모델 성능

번호	건물 용도	Correlation	번호	건물 용도	Correlation
1	주택(공동주택)	0.75	7	교육(유치원)	0.98
2	주택(단독주택)	0.83	8	교육(초등)	0.90
3	주상복합주택	0.83	9	교육(중등)	0.95
4	판매시설	0.48	10	교육(고등)	0.90
5	업무시설	0.83	11	공공복지시설	0.75
6	종교시설	0.92	평 균		0.83

(다) 교통 부문 에너지(연료)소비량 예측 알고리즘

① 이동오염원(차량) 에너지소비량 예측 알고리즘 개발 개요

- CAPSS에서 제공되는 먼지 배출량 정보 외, 차량 연료사용으로부터 배출되는 여과성 및 응축성 미세먼지 배출량을 예측하기 위하여 차량의 교통량을 예측하고 연료소비량을 산출하는 프로세스를 개발하였음.
- 차량의 교통량은 데이터마이닝 기법 중 인공신경망(ANN; Artificial Neural Network)기법을 활용하여 예측 알고리즘을 개발하였으며, 예측 교통량 정보와 자동차의 차종 및 유종별 에너지소비효율(연비) 정보를 기반으로 각 도로구간에서의 에너지사용량을 산출할 수 있도록 프로세스를 개발하였음.

② 이동오염원(차량) 에너지소비량 예측 프로세스 개발

㉮ 데이터 처리 및 개요

- 도로 이동오염원(차량)의 에너지(연료)소비량을 예측하기 위하여, 도시의 주요 간선도로, 교차로, 시계유출입 지점의 교통량 자료를 제공하는 시도별(서울, 인천, 부산, 대전, 대구, 광주, 울산, 세종시) 교통량조사 보고서 자료를 활용함.
- 예측 알고리즘을 개발하기 위하여 앞서 일반국도의 차종별 교통량 정보와 도로의 위치, 도로의 연장, 도로 차선 데이터를 활용 및 수집하였음.

㉯ 인공신경망 기술을 활용한 이동오염원 교통량 예측 알고리즘 개발 결과

- 도로 이동오염원(차량)으로 소비되는 연료를 예측하기 위하여 머신러닝을 이용한 교통량 예측 알고리즘을 구축하였으며, 이에 활용된 데이터는 일반국도의 교통량, 도로 위치, 도로 연장, 도로 차선 데이터임.
- 교통량 예측모델은 차종을 기준으로 세분하여 구축하였으며 예측 알고리즘의 개발은 오픈소스 프로그램인 ‘R (version 3.6.2)’을 기반으로 하였음.
- 인공신경망의 학습은 역전파 알고리즘(Backpropagation)으로 처리하고 예측 모델의 품질에 영향을 미치는 은닉층(Hidden layer)의 네트워크 구조는 K. Gnana Sheela and S. N.Deepa(2013)의 연구에서 성능이 검증된 뉴런 개수 결정 수식을 활용하였음.
- 인공신경망 학습의 초기 학습 횟수는 100,000회로 설정하고, 학습 중 Correlation이 가장 높았을 때의 신경망 모델을 최적 예측모델로 결정하였음.
- 인공신경망의 학습알고리즘을 통해 예측 모형을 개발하였으며 신경망의 구조는 그림 1.8과 같으며, 데이터 학습을 통해 구축된 건물 용도별 예측모델의 성능(Correlation)은 표 1.16과 같음.

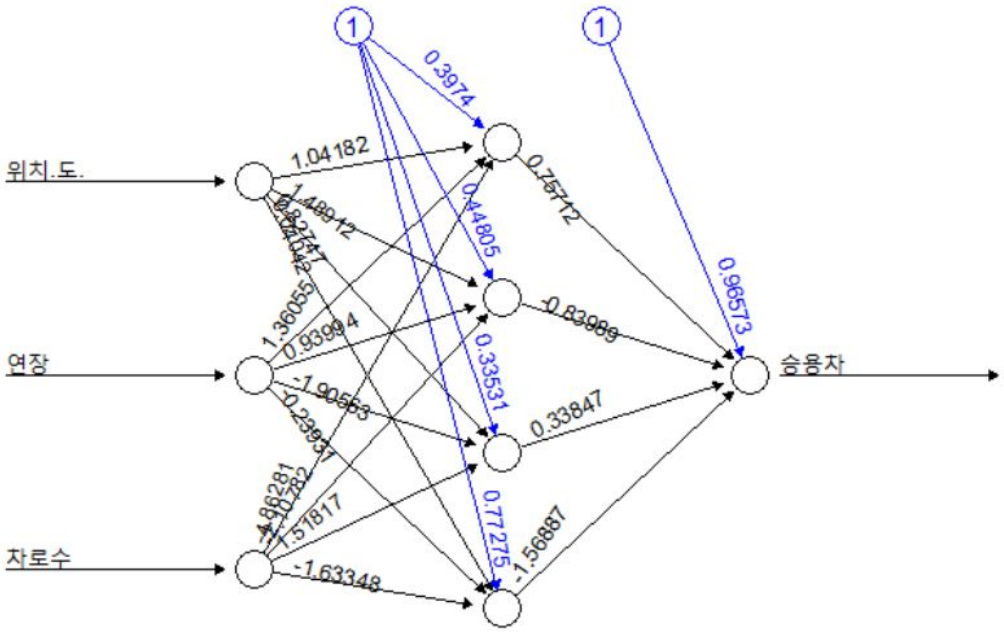


그림 1.8 인공신경망(ANN; Artificial Neural Network) 예측 알고리즘 구조

표 1.16 차종별 교통량 인공신경망 예측모델의 성능

번호	차 종	Correlation	번호	차 종	Correlation
1	승용차(1종)	0.82	4	중형화물차 (5, 6, 7종)	0.56
2	버스(2종)	0.81	5	대형화물차 (8, 9, 10, 11, 12종)	0.34
3	소형화물차 (3, 4종)	0.75	평균		0.66

㉰ 이동오염원 연료사용량 산출 프로세스 개발 결과

- 예측된 교통량 정보와 자동차의 차종 및 유종별 에너지소비효율(연비) 정보를 기반으로 각 도로구간에서의 에너지사용량을 산출하였으며, 산출 프로세스는 그림 1.9와 같음.
- 에너지소비효율(연비) 정보는 한국에너지공단에서 조사된 2016년 자동차 종류 및 유종별 에너지소비효율 값 표 1.17을 활용함.



그림 1.9 교통부문 에너지사용량 산출 프로세스

표 1.17 유종별 자동차 에너지소비효율 (단위:km/ l)

구분		1등급	2등급	3등급	4등급	5등급	경형	전체
승용차	휘발유	16.92	14.13	12.45	10.58	8.52	14.85	12.40
	경유	17.11	14.47	12.62	11.02	9.04	-	13.45
	LPG	-	-	11.70	9.65	8.65	12.01	9.26
승합차	휘발유	-	-	-	-	-	-	-
	경유	-	-	11.96	10.15	8.75	-	9.96
	LPG	-	-	-	-	6.32	9.00	8.70
화물차	휘발유	-	-	-	-	-	-	-
	경유	-	-	12.00	10.17	9.09	-	9.79
	LPG	-	-	-	-	6.51	9.03	8.87
전체		17.06	14.36	12.54	10.38	8.74	14.19	12.05

(라) 공사 부문 에너지소비량 산정 알고리즘

① 공사 에너지소비량 산정 알고리즘 개발 개요

- 본 연구개발에서는 도시개발 과정에서 발생하는 여과성 및 응축성 먼지배출량을 예측하고 대기거동 모사를 실시하기 위해 공사장비의 투입에 따른 에너지사용량을 산정하는 알고리즘을 반영하였음.
- 택지개발공사에서 소비되는 에너지(유류)사용량과 그에 따른 대기환경영향평가는 환경영향평가의 산정과정을 활용하였음.
- 개발기간 경과에 따라 각 택지개발지구 환경영향평가방법의 건설장비 에너지(유류)소비량 산정식이 상이함에 따라, 최근 2017년 건설공사 표준품셈을 기준으로 건설장비로부터 발생되는 에너지사용량 산정 알고리즘을 정립하였음.

② 공사 에너지소비량 산정 알고리즘 개발

㉮ 데이터 처리 및 개요

- 앞서 수집한 택지개발지구의 환경영향평가 조사 및 분석결과를 토대로 공사에서 쓰인 에너지사용량 산정 알고리즘을 구축하였음.
- 각 택지개발지구의 공사정보(공사 규모, 토공사량, 공사기간 등)와 장비정보(건설장비 종류 및 규격, 투입 대수 등)는 앞선 표 1.8과 표 1.9와 같음.
- 공사 토공사량에 따른 건설기계 장비 투입 대수를 결정하기 위한 건설기계 장비별 작업량 결정 방법은 표 1.18과 같으며, 장비별 작업량을 토대로 택지개발 시 투입되는 장비 대수에 따른 에너지소비량 및 먼지배출량을 산출하였음.

표 1.18 건설기계 장비별 작업량 결정 방법 (2017년 건설공사 표준품셈 참조)

덤프트럭	$Q_D = \frac{60 \times q \times f \times E}{Cm}$ ($q = \frac{T}{\gamma_3} \times L$)			
	Q_D	덤프트럭 작업량	Cm	1회 사이클 시간(min)
	q	자연상태 토양 1회 적재량(11.27㎥)	L	토량변화율(0.90)
	f	토량환산계수(1.0)	γ_3	자연상태 토석 습윤밀도 (1.73)
	E	작업효율(0.9)	T	덤프트럭 적재중량 (15.0ton)
백호우	$Q_H = \frac{3600 \times q \times K \times f \times E}{Cm}$			
	Q_H	백호우 작업량	E	작업효율(0.9)
	q	버킷 용량(0.7㎥)	Cm	1회 사이클 시간(min)
	f	토량환산계수(1.10)	K	버킷 계수(0.9)
불도저	$Q_B = \frac{60 \times q \times f \times E}{Cm}$ ($q = q_0 \times e$)			

표 1.18 건설기계 장비별 작업량 결정 방법 (2017년 건설공사 표준품셈 참조) (계속)

<table>
<tr><td>덤프트럭</td><td colspan="4">$Q_D = \frac{60 \times q \times f \times E}{Cm}$ ($q = \frac{T}{\gamma_3} \times L$)</td></tr>
<tr><td>  </td><td colspan="4">Q_B 불도저 작업량 Cm 1회 사이클 시간(sec)
q 삽날 용량(2.69) q_0 거리 미고려한 삽날 용량(7.2.2㎥)
f 토량환산계수(1.10) e 운반거리계수(0.84)
E 작업효율(0.85)</td></tr>
<tr><td>진동롤러</td><td colspan="4">$Q_R = 1000 \times V \times W \times D \times E \times \frac{f}{N}$</td></tr>
<tr><td>  </td><td colspan="4">Q_R 진동롤러 작업량 E 작업효율(0.8)
V 다짐속도(4.0m/sec) D 펴는 흙의 두께(0.2m)
W 롤러의 유효폭(1.9m) N 소요 다짐 횟수(6.0회)</td></tr>
<tr><td>그레이더</td><td colspan="4">$Q_g = \frac{60 \times l \times D \times H \times f \times E}{P \times Cm}$ $(Cm = 0.06 \times (\frac{D}{V_1} + \frac{D}{V_2}) + 2t)$</td></tr>
<tr><td>  </td><td colspan="4">Q_g 1시간당 작업량(㎥/hr) l 블레이드의 유효길이(m)
D 1회의 작업거리(편도 m) H 굴착 깊이 또는 흙고르기 두께(m)
f 체적환산계수 E 작업효율
P 부설횟수 Cm 1회 사이클 시간(분)
V_1 작업속도(㎞/hr) V_2 후진 또는 회송속도(㎞/hr)
t 방향 변환 또는 블레이드 선회 기어변속에 소요되는 시간(분)</td></tr>
<tr><td>페이로더</td><td colspan="4">$Q_p = \frac{3600 \times q \times k \times f \times E}{Cm}$ $(Cm = m \times L + t_1 + t_2)$</td></tr>
<tr><td>  </td><td colspan="4">Q_p 운전시간당 작업량(㎥/hr) q 버킷용량(㎥)
K 버킷계수 E 작업효율
f 체적환산계수 Cm 1회 사이클 시간(초)
m 계수(초/m) 무한궤도식= 2.0 , 타이어식= 1.8 L 편도주행거리(표준을 8m로 한다)
t_1 버킷에 토량을 담는데 소용되는 시간(초) t_2 기어변화 등 기본시간과 다음 운반기계에 도착할 때까지의 시간(14초)</td></tr>
</table>

㉰ 알고리즘 개발 결과

- 산정된 택지개발지구 일평균 토공량과 공사장비별 일평균 작업량을 토대로 공사장비 투입대수를 산정하며, 건설장비별 시간당 에너지소비계수를 적용하여 그림 1.10과 같은 프로세스에 의해 유류소비량을 예측하였음.

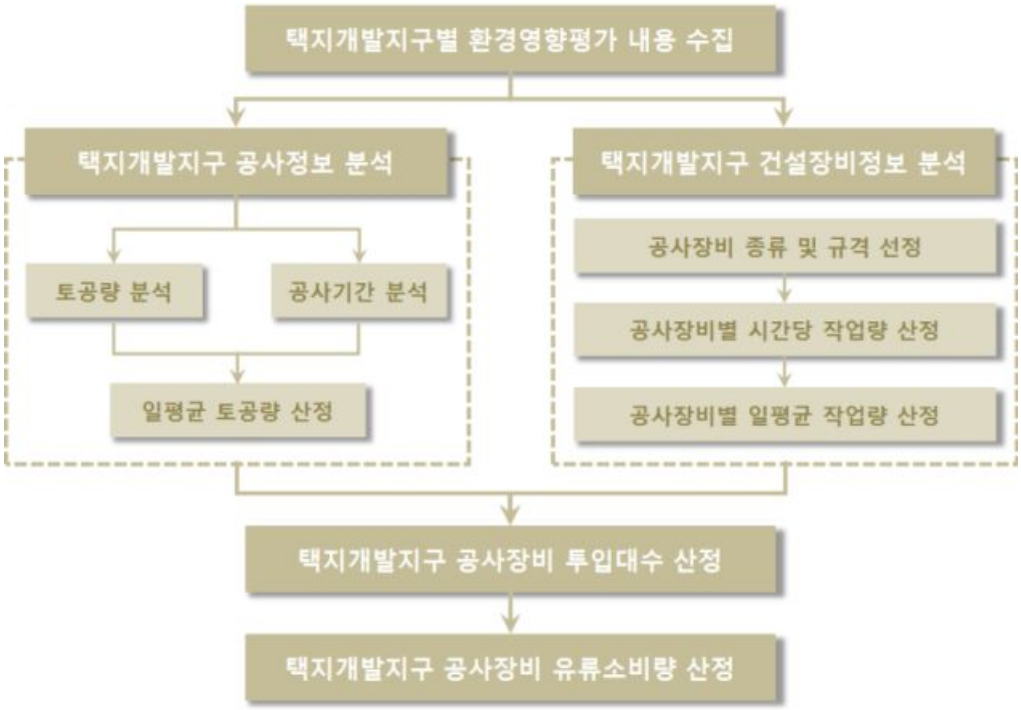


그림 1.10 공사부문 에너지소비량 산정 프로세스

(3) 도시 주요 먼지 배출원별 에너지소비량 산정 소프트웨어 개발

(가) 소프트웨어 기능요구사항 분석

- 도시개발에 따른 여과성 및 응축성 먼지 배출원인 건물, 공사장, 교통 부문의 에너지 사용량을 분석하는 소프트웨어의 기능 요구사항의 정립 내용은 다음 표와 같음.

표 1.19. 배출원 부문별 기능요구사항

대분류	소분류	기능요구사항	비고
건물 부문	건물 용도	① 건물 부문은 주택, 상업, 공공 용도로 구분하여 에너지사용량을 산출할 수 있어야 한다.	-
	에너지 유형	② 건물 부문에서 여과성 및 응축성 미세먼지 배출과 관련한 에너지를 반영할 수 있어야 한다.	-
	에너지사용량	③ 건물 부문의 에너지사용량을 월단위로 구분하여 산출할 수 있어야 한다.	-
	에너지사용량 예측	④ 건물 부문의 에너지사용량은 건물정보(대지면적, 건축면적, 연면적, 건폐율, 용적률)를 기반으로 예측될 수 있어야 한다.	-
	배출량 표현	⑤ 건물 부문의 에너지사용량을 환경부의 오염물질 배출계수 산정용 연료구분으로 전환할 수 있어야 한다.	-
공사장 부문	에너지 유형	⑥ 공사장 부문에서 여과성 및 응축성 미세먼지 배출과 관련한 에너지를 반영할 수 있어야 한다.	-
	에너지사용량	⑦ 공사현장의 시공단계에서 공사기간 동안 소비되는 에너지 사용량을 산출할 수 있어야 한다.	-
	에너지사용량 예측	⑧ 공사장 부문의 에너지사용량은 공사규모 관련 정보(대지면적, 건축면적, 연면적)를 기반으로 예측될 수 있어야 한다.	-
	배출량 표현	⑨ 공사장 부문의 에너지사용량을 환경부의 오염물질 배출계수 산정용 에너지구분으로 전환할 수 있어야 한다.	-
교통 부문	차량 종류	⑩ 승용차, 버스 소형화물차, 중형화물차, 대형화물차를 반영할 수 있어야 한다.	-
	도로 노선	⑪ 고속국도, 일반국도, 국가지원지방도, 지방도의 교통량을 반영할 수 있어야 한다.	-
	차량 통과량	⑫ 차량 종류별 도로 통과량을 표현할 수 있어야 한다. ⑬ 도로 노선별 교통량을 표현할 수 있어야 한다.	-
	교통량 단위	⑭ 교통량의 단위는 VKT(Vehicle kilometer traffic)로 표현할 수 있어야 한다.	-
	배출량 표현	⑮ 국토교통부의 차종별 교통량을 환경부의 오염물질 배출계수 산정용 차량구분으로 전환할 수 있어야 한다.	-

(나) 에너지소비량 산정 소프트웨어 구조 및 기능

① 소프트웨어 프로세스

- 도시개발 후 운영단계에서의 주요 먼지 배출원인 건물 및 교통부문과 도시개발 중 공사부문의 에너지사용에 의해 발생되는 FPM 및 CPM 배출 모사를 예측하는 소프트웨어 개발에 있어, 각 부문별 에너지사용량을 산정하는 소프트웨어를 개발하였음.
- 도시 주요 먼지배출원의 에너지사용량 산정 소프트웨어는 각 배출 부문별로 구축한 에너지사용량 예측 알고리즘에 기반을 두어 개발되었으며, 개발 소프트웨어의 주요 기능 흐름도는 그림 1.11과 같음.
- 개발된 에너지사용량 산정 소프트웨어는 택지개발지구 정보관리, 건축물 에너지사용량 관리, 건축물 집단에너지사용량 관리, 교통 에너지사용량 관리, 공사 에너지사용량 관리의 5가지 처리 프로세스로 구분됨.

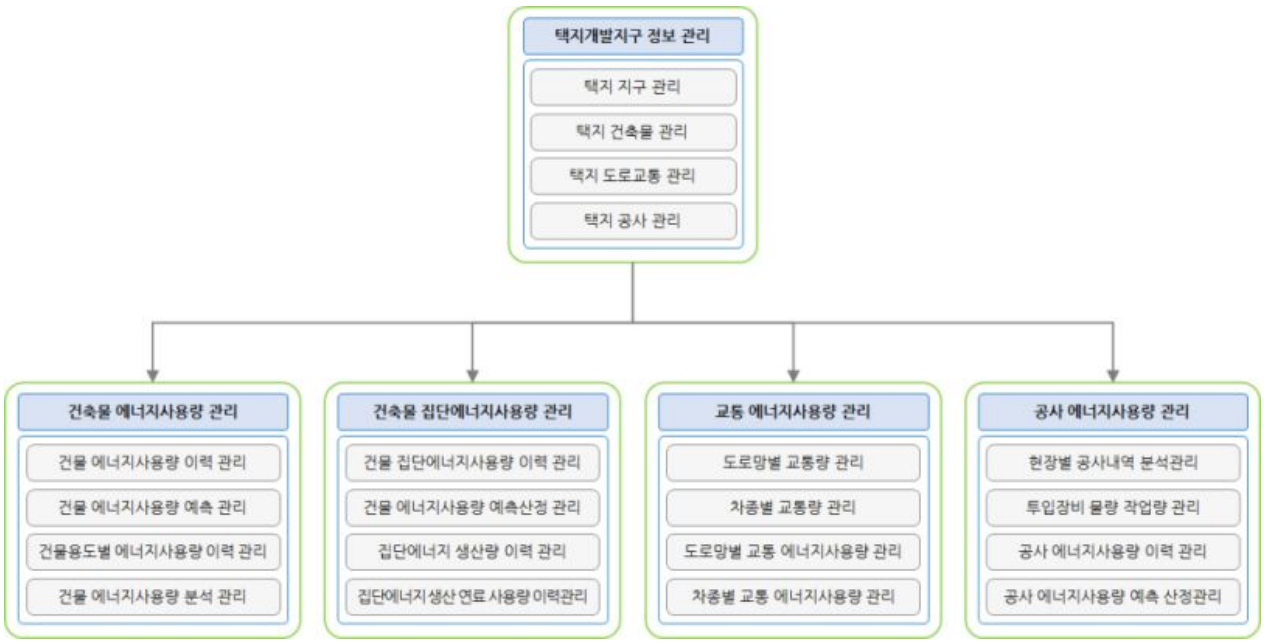


그림 1.11 에너지사용량 산정 소프트웨어의 주요 기능 흐름도

② 소프트웨어 프로세스 세부기능

- 도시 주요 먼지배출원의 에너지사용량 산정 소프트웨어의 5가지 처리 프로세스와 세부 기능은 표 1.19와 같음.

- 택지개발지구 정보관리는 택지지구 관리, 건축물 관리, 도로교통 관리, 공사 관리의 4가지 세부 기능으로 구성됨. 택지개발지구 정보관리에서는 분석대상 택지개발 지구에 대한 기본적인 정보와 함께 도시 주요 먼지배출원인 건물, 교통, 공사 부문별 에너지 사용량을 예측하기에 앞서 각 부문별 필요 정보를 수집하고 구축된 데이터베이스를 확인 및 제공하는 기능을 담당함.

- 건축물 에너지사용량관리는 에너지사용량 이력관리, 에너지사용량 예측관리, 용도별 에너지사용량 이력관리, 에너지사용량 분석관리의 4가지 세부 기능으로 구성됨. 건축물 에너지사용량관리에서는 응축성 먼지배출원인 건축물 가스소비량 정보를 건물 용도별로 제공하여 과거에 사용된 에너지사용량을 월별로 조회 및 분석할 수 있으며, 본 연구에서 개발한 인공신경망 알고리즘에 의해 예측된 에너지사용량 예측정보를 제공함.

- 건축물 집단에너지사용량관리는 집단에너지사용량 이력관리, 건물 에너지사용량 예측산정 관리, 집단에너지 생산량 이력관리, 집단에너지 생산 연료 사용량 이력관리의 4가지 세부 기능으로 구성됨. 개별 건물에서 사용한 집단에너지량을 산출 알고리즘에 의해 예측하고, 집단에너지를 생산하기 위한 연료(LPG, LNG, 휘발유, B.C유 등)소비량을 산출하여 집단에너지 및 연료소비량 정보를 제공하는 기능을 담당함.

- 교통 에너지사용량 관리는 도로망별 교통량관리, 차종별 교통량관리, 도로망별 교통에너지사용량관리, 차종별 교통 에너지사용량관리의 4개의 세부 기능으로 구성됨. 교통 에너지사용량 관리에서는 응축성 먼지 배출량의 이동오염원(선오염원) 산출을 목적으로, 도로망 및 차종별 교통량 정보와 교통 에너지사용량 정보를 예측하여 제공하는 기능을 함.

- 공사 에너지사용량 관리는 현장별 공사내역 분석관리, 투입장비 물량 작업량 관리, 공사 에너지사용량 이력관리, 공사 에너지사용량 예측관리의 4가지 기능으로 구성됨. 공사 에너지사용량 관리에서는 도시개발의 공사 시에 건설기계장비 연료사용으로 인해 발생되는 응축성 먼지배출량 산정을 목적으로, 현장별 공사내역에 따른 건설장비 투입물량을 산정하고 그에 따른 공사 에너지사용량을 정보를 예측 및 조회하여 제공하는 기능을 담당함.

표 1.20 도시 주요 먼지배출원 에너지사용량 산정 소프트웨어의 프로세스별 세부 기능

프로세스	단위 기능 명칭	단위 기능 설명
택지개발지구 정보 관리	택지지구관리	택지개발지구에 관한 개발 정보를 수집 및 제공하는 기능
	택지건축물 관리	지구단위에 포함되는 건물에 관한 면적, 규모 등의 건축물정보를 수집 및 제공하는 기능
	택지 도로교통관리	택지개발지구의 도로망 정보 및 교통량 정보를 수집 및 제공하는 기능
	택지 공사관리	해당 택지개발지구의 공사 정보(공사 기간, 규모, 투입장비 등)를 수집 및 제공하는 기능
건축물 에너지사용량 관리	건물 에너지사용량 이력관리	건축물의 에너지(가스)사용량 정보를 수집 및 관리하는 기능
	건물 에너지사용량 예측관리	건축물의 에너지(가스)사용량 정보를 예측 및 관리하는 기능
	건물 용도별 에너지사용량 이력관리	건물의 에너지사용량을 건물 용도별로 수집 및 관리하는 기능
	건물 에너지사용량 분석 관리	수집된 에너지사용량 정보 및 현황을 분석 제공하는 기능
건축물 집단 에너지사용량 관리	건물 집단에너지사용량 이력 관리	건물에서 사용된 집단에너지사용량의 정보를 수집 및 관리하는 기능
	건물 에너지사용량 예측 산정관리 기능	건물에서 사용된 집단에너지사용량을 예측 산정하는 관리기능
	집단에너지 생산량 이력관리 기능	총 집단에너지의 생산량 정보를 수집 및 관리하는 기능
	집단에너지 생산 연료사용량 이력관리	집단에너지 생산 시 사용된 연료별 사용량 정보를 산정 및 관리하는 기능
교통 에너지사용량 관리	도로망별 교통량 관리	도로망(링크 및 노드)별 교통량 정보를 관리하는 기능
	차종별 교통량 관리	차종(자동차, 버스, 트럭)별 교통량 정보를 관리하는 기능
	도로망별 교통 에너지사용량 관리	도로망(링크 및 노드)별 교통 에너지사용량 정보를 관리하는 기능
	차종별 교통 에너지사용량 관리	차종(자동차, 버스, 트럭)별 교통 에너지사용량 정보를 관리하는 기능
공사 에너지사용량 관리	현장별 공사내역 분석관리 기능	택지개발지구 공사현장별 공사내역 정보를 분석 관리하는 기능
	투입장비 물량 작업량 관리기능	공사에 투입되는 건설기계장비 투입량 및 작업량 정보를 관리하는 기능
	공사 에너지사용량 이력관리 기능	건설기계장비로부터 소비되는 에너지사용량 정보를 관리하는 기능
	공사 에너지사용량 예측산정 관리기능	건설기계장비로부터 소비되는 에너지사용량을 예측 및 산정 관리하는 기능

(다) 에너지소비량 산정 소프트웨어 입출력 인터페이스

- 도시 주요 먼지배출원의 에너지사용량 산정 소프트웨어의 5가지 처리 프로세스별 세부기능을 반영하여, 4가지 세부 프로그램을 구성하였음.
- 소프트웨어의 세부 프로그램은 그림 1.12와 같이 택지개발지구 정보 관리, 건축물 관리, 교통 관리, 공사 관리 등으로 구성되며, 세부 프로그램별로 입·출력 인터페이스 개발하였음.

- 택지개발지구 정보관리 프로그램은 택지지구관리, 택지지구 현황 프로그램으로 구성됨.

- 건축물 관리 프로그램은 건축물 관리, 건축물 가스사용량 관리, 건축물 생성, 건축물 가스사용량 생성, 건축물 먼지발생량 산정처리, 집단에너지 먼지 발생량 산정처리 프로그램으로 구성됨.

- 교통 관리 프로그램은 도로 노드/링크 데이터 생성, 도로 교통량 데이터 생성, 도로 에너지 데이터생성, 노드별 링크 맵 현황, 도로 교통에 의한 먼지발생량 산정처리 프로그램으로 구성됨.

- 공사 관리 프로그램은 공사지역 구역관리, 택지 개발 시 오염원 발생량 생성, 장비사용계획 관리, 비산먼지 배출계수 관리, 장비연료 발생량 산정처리, 비산먼지 발생량 산정처리 프로그램으로 구성됨.

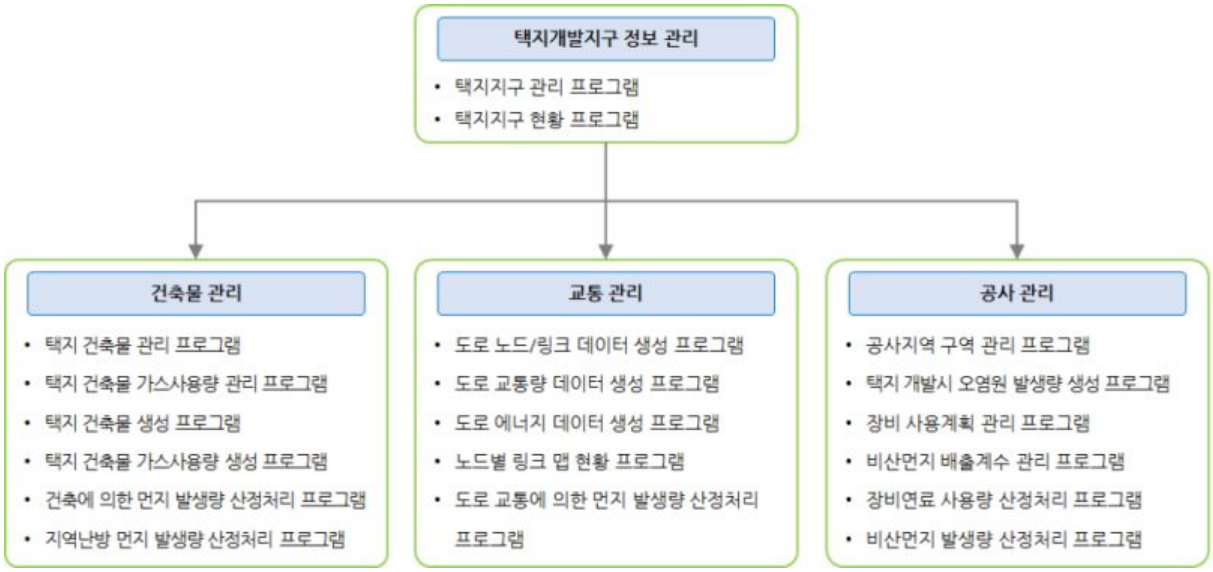


그림 1.12 에너지사용량 산정 소프트웨어의 세부 프로그램

- 프로그램의 주요 입출력 인터페이스와 기능은 다음과 같음.

표 1.21 프로그램 주요 입출력 인터페이스 및 주요기능 설명

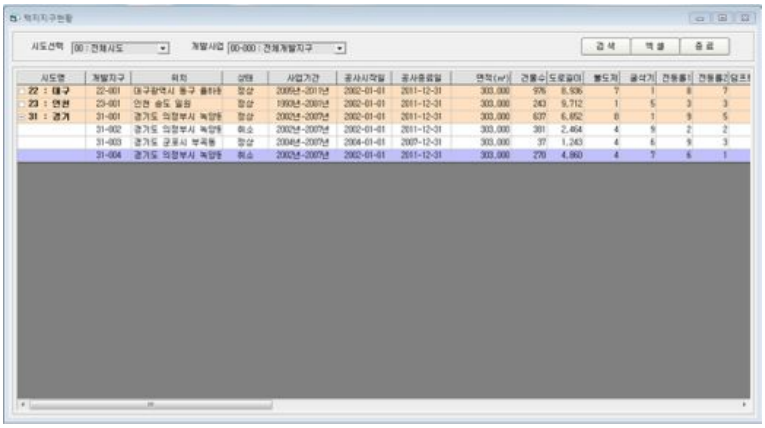
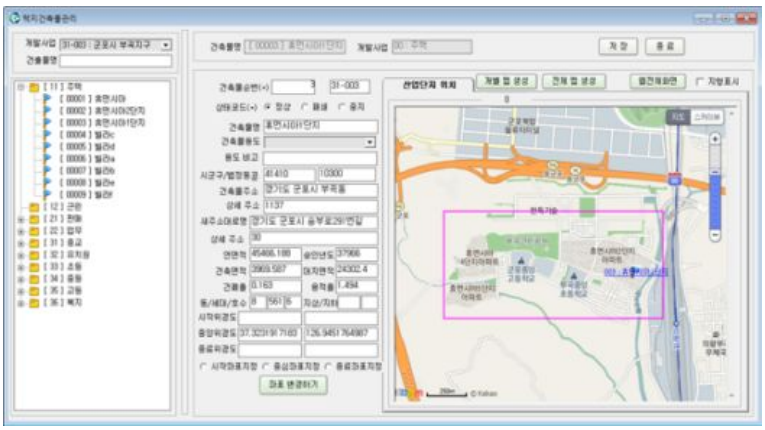
<table>
<tr><th colspan="2">택지지구관리 프로그램 입·출력 인터페이스</th></tr>
<tr><td>주요 기능</td><td>인터페이스 개발 화면</td></tr>
<tr><td>• 택지지구관리 프로그램에서는 분석대상 도시개발 지역의 사업내용(사업명, 사업면적, 개발위치, 공사 정보 등) 정보를 관리할 수 있음.
• 분석대상 도시개발 지역의 정보조회와 함께 맵뷰를 통해 개발 지구 현황을 확인할 수 있으며, 공사지구의 작업 기간, 기후 및 토양 정보 등을 입력할 수 있음.</td><td>  </td></tr>
<tr><th colspan="2">택지지구현황 프로그램 입·출력 인터페이스</th></tr>
<tr><td>주요 기능</td><td>인터페이스 개발 화면</td></tr>
<tr><td>• 택지지구현황 프로그램에서는 과거 택지개발지구의 사업내용 및 공사내용을 시도별, 개발 사업별로 조회할 수 있음.
• 아울러 택지지구현황 프로그램에서는 환경영향평가를 실시한 택지지구 정보를 입력하고 과거 환경영향평가 사례를 조회하여 비교·검토할 수 있음.</td><td>  </td></tr>
<tr><th colspan="2">택지 건축물 관리 프로그램 입·출력 인터페이스</th></tr>
<tr><td>주요 기능</td><td>인터페이스 화면</td></tr>
<tr><td>• 택지 건축물관리 프로그램은 기존 택지개발지구에 위치한 건축물 정보(건물명, 주소, 면적, 용적률 등)를 제공하며, 신규 입력할 수 있음.
• 도시개발 지구에 위치한 건물들을 용도별로 조회하는 기능을 제공함.
• 개별 및 전체 맵 생성을 통해 건물의 위치 조회가 가능함.</td><td>  </td></tr>
</table>

표 1.21 프로그램 주요 입출력 인터페이스 및 주요기능 설명(계속)

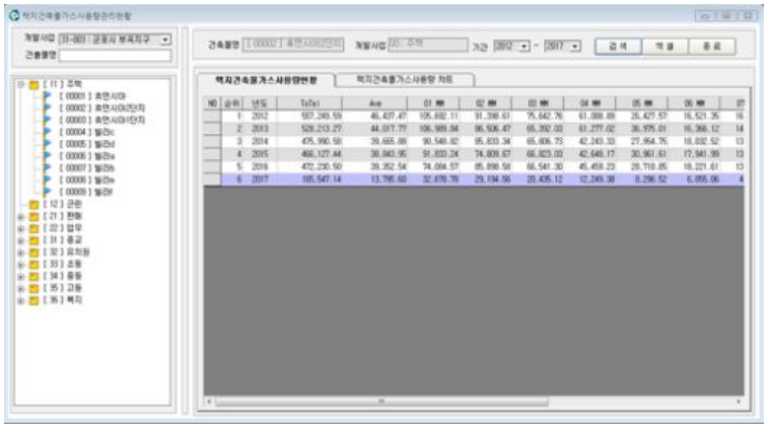
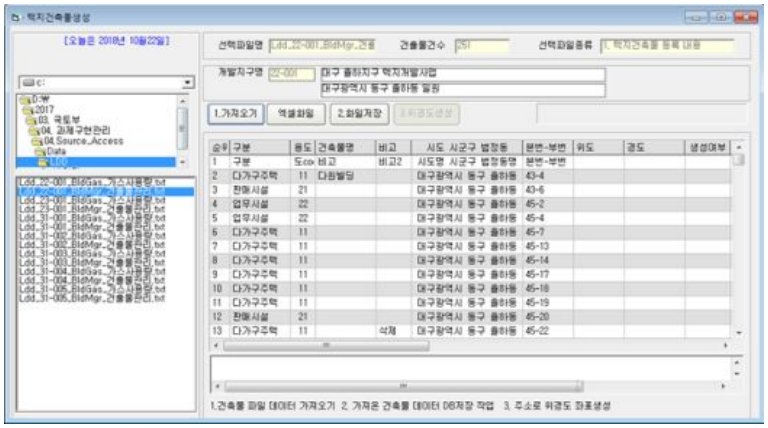
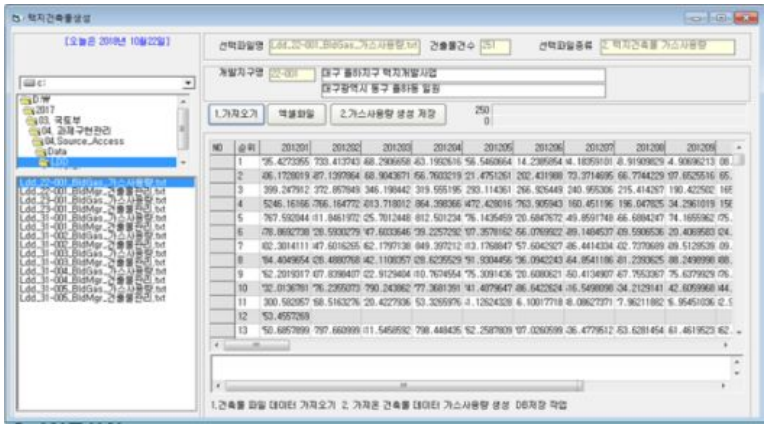
<table>
<tr><th colspan="2">택지 건축물 가스소비량 관리 프로그램 입·출력 인터페이스</th></tr>
<tr><td>주요 기능</td><td>인터페이스 화면</td></tr>
<tr><td>• 택지 건축물 가스사용량 관리 프로그램에서는 해당 택지개발지구에 위치한 건축물의 월별 에너지(가스)사용량을 연도별로 조회 및 관리하는 기능을 수행함.
• 에너지(가스)사용량은 건물의 용도별로 조회 가능하며, 건물 및 용도별로 에너지사용량을 차트로 제공하여 비교·검토할 수 있음.</td><td>  </td></tr>
<tr><th colspan="2">택지 건축물 생성 프로그램 입·출력 인터페이스</th></tr>
<tr><td>주요 기능</td><td>인터페이스 화면</td></tr>
<tr><td>• 택지 건축물 생성 프로그램은 분석하고자 하는 신규 택지개발지구의 에너지사용량을 예측하기에 앞서 예측에 필요한 건축물 정보를 입력하는 기능을 담당함.
• 분석대상 택지개발지구의 건축물 정보를 DB화 시키고 해당 건축물의 위도 및 경도 좌표를 생성하여 맵 뷰와 연결함.</td><td>  </td></tr>
<tr><th colspan="2">택지 건축물 가스사용량 생성 프로그램 입·출력 인터페이스</th></tr>
<tr><td>주요 기능</td><td>인터페이스 화면</td></tr>
<tr><td>• 입력된 분석대상 택지개발지구의 건축물 정보를 기반으로 해당 지구 건축물의 에너지(가스) 사용량을 구축된 인공신경망 기반 알고리즘에 의해 생성하는 기능을 수행함.
• 또한 인공신경망을 이용하여 예측된 건축물 에너지(가스)사용량 데이터를 DB화 시키는 역할을 수행함.</td><td>  </td></tr>
</table>

표 1.21 프로그램 주요 입출력 인터페이스 및 주요기능 설명(계속)

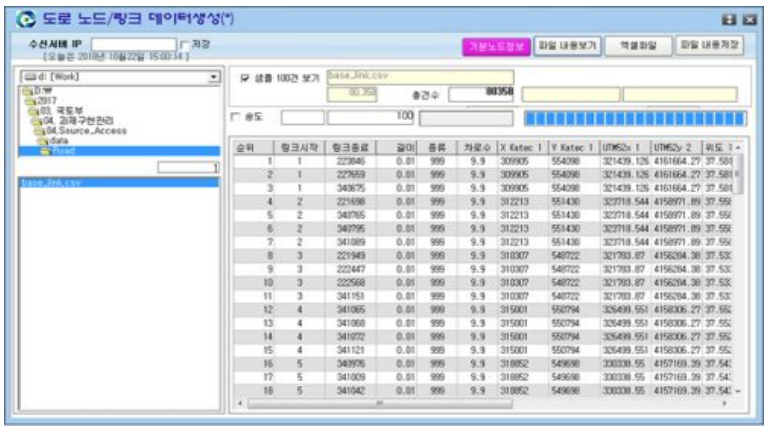
<table>
<tr><th colspan="2">건축에 의한 먼지발생량 산정처리 프로그램 입·출력 인터페이스</th></tr>
<tr><td>주요 기능</td><td>인터페이스 화면</td></tr>
<tr><td>• 분석대상 택지개발지구의 건축물 에너지(가스)사용량에 의한 먼지 발생량을 해석하기에 앞서 대기 거동 모사를 실시할 건물을 조회 및 설정하기 기능을 수행함.
• 해당 입·출력 인터페이스에서는 DB로 구축된 기존의 환경영향 평가 지역과 신규로 입력된 분석대상 택지개발지구를 처리할 수 있음.</td><td>  </td></tr>
<tr><th colspan="2">집단에너지 먼지발생량 산정처리 프로그램 입·출력 인터페이스</th></tr>
<tr><td>주요 기능</td><td>인터페이스 화면</td></tr>
<tr><td>• 개별 건축물에 난방 및 급탕을 위한 온열원 연소기기가 설치되지 않고 집단에너지에 의해 에너지를 공급받는 도시개발지역에 위치한 건축물의 먼지발생량을 산정 처리하는 기능을 수행함.
• 집단에너지를 공급받는 건축물의 먼지발생량을 산정처리하기 위해 모델링 대상을 조회 및 산정하는 기능을 가짐.</td><td>  </td></tr>
<tr><th colspan="2">도로 노드/링크 데이터 생성 프로그램 입·출력 인터페이스</th></tr>
<tr><td>주요 기능</td><td>인터페이스 개발 화면</td></tr>
<tr><td>• 도시 주요 먼지배출원 중 교통부문의 에너지사용량을 산정하기에 앞서 도로의 노드와 링크 정보(위치 좌표, 도로 종류, 도로 길이, 도로 차로 수 등)를 생성하는 기능을 가짐.
• 도로 노드/링크 데이터 생성 프로그램은 도로망의 노드 및 링크 데이터를 불러온 후, DB화 시키는 기능을 가짐.</td><td>  </td></tr>
</table>

표 1.21 프로그램 주요 입출력 인터페이스 및 주요기능 설명(계속)

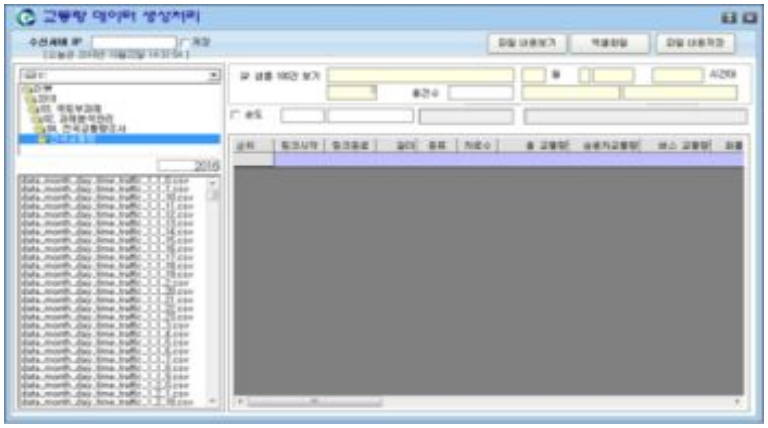
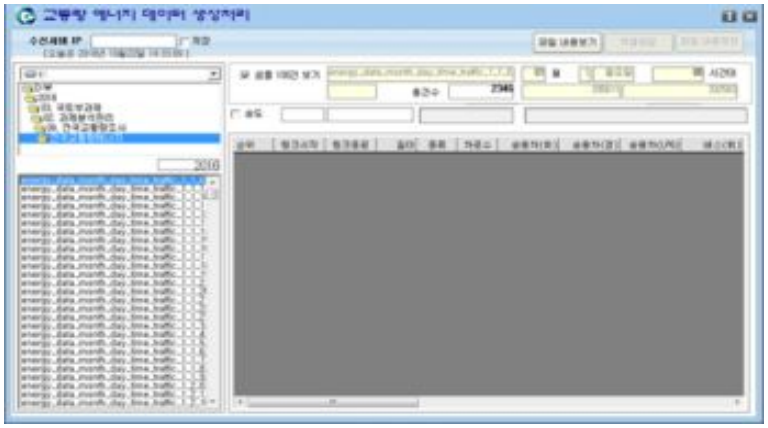
<table>
<tr><th colspan="2">도로 교통량 데이터 생성 프로그램 입·출력 인터페이스</th></tr>
<tr><td>주요 기능</td><td>인터페이스 화면</td></tr>
<tr><td>• 도로 교통량 데이터 생성 프로그램은 분석대상 택지개발지구에 위치하는 도로(링크)의 교통량 정보를 생성 및 관리하는 기능을 수행함.
• 도로망의 링크 교통량 정보는 차종(승용차, 버스, 화물차) 및 시간대(월, 요일, 시간)별로 교통량을 생성하는 기능을 수행함.</td><td>  </td></tr>
<tr><th colspan="2">도로 에너지 데이터 생성 프로그램 입·출력 인터페이스</th></tr>
<tr><td>주요 기능</td><td>인터페이스 화면</td></tr>
<tr><td>• 도로 에너지 데이터 생성 프로그램은 해당 도로(링크)의 교통량 정보 기반으로 차종별 에너지(연료)사용량 데이터를 생성 및 관리하는 기능을 수행함.
• 도로 에너지 데이터는 각 차종(승용차, 버스, 화물차)이 사용하는 에너지(휘발유, 경유, LPG)를 월별, 요일별, 시간대별로 생성됨.</td><td>  </td></tr>
<tr><th colspan="2">노드별 링크 맵 현황 프로그램 입·출력 인터페이스</th></tr>
<tr><td>주요 기능</td><td>인터페이스 화면</td></tr>
<tr><td>• 노드별 링크 맵 현황 프로그램에서는 도로 노드/링크 데이터 생성 프로그램을 통해 생성된 도로 정보를 기반으로 좌표 생성 및 맵을 생성하는 기능을 가짐.
• 노드별 링크 맵 현황 프로그램에서는 도로망의 세부정보(링크정보, 도로종류, 좌표, 길이, 차로 수 등)를 제공하고 맵 뷰 기능을 통해 확인할 수 있음.</td><td>  </td></tr>
</table>

표 1.21 프로그램 주요 입출력 인터페이스 및 주요기능 설명(계속)

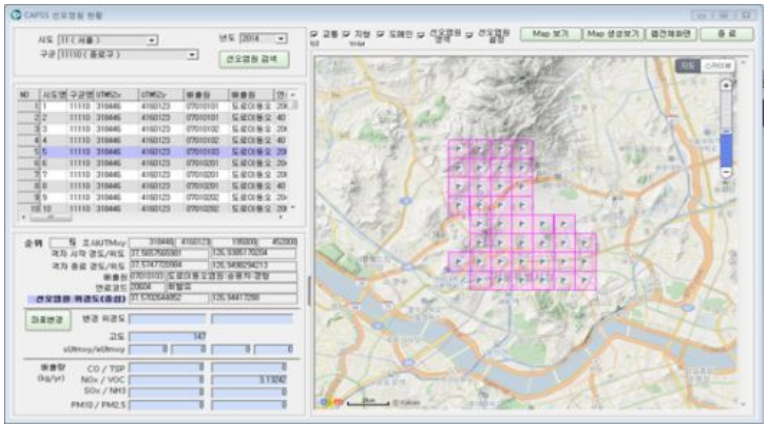
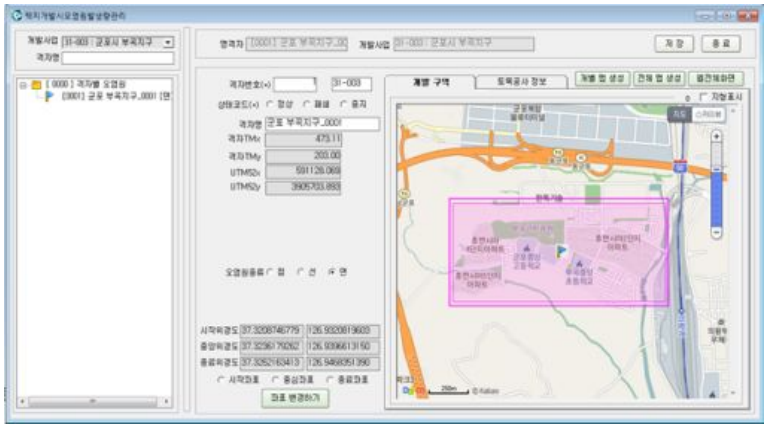
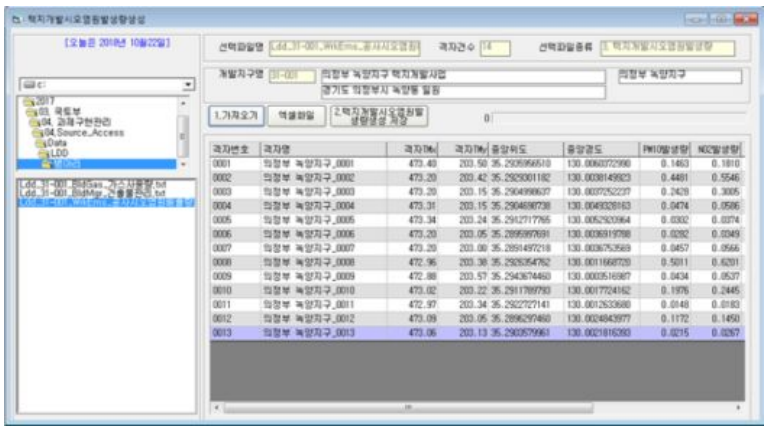
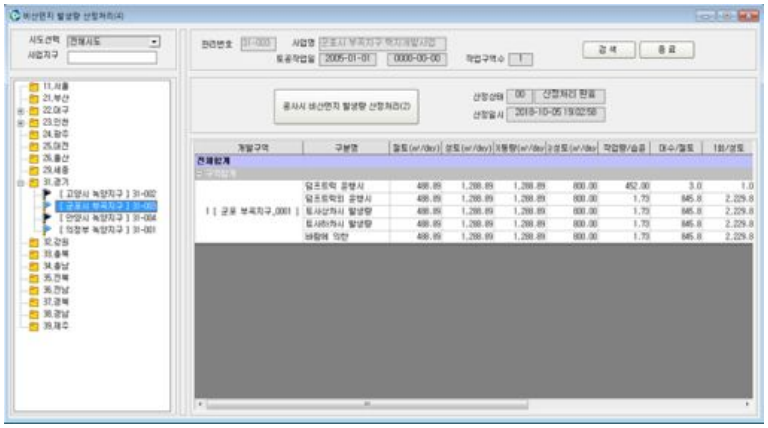
<table>
<tr><th colspan="2">도로 교통에 의한 먼지 발생량 산정처리 프로그램 입·출력 인터페이스</th></tr>
<tr><td>주요 기능</td><td>인터페이스 개발 화면</td></tr>
<tr><td>• 도로 교통에 의한 먼지 발생량 산정처리 프로그램은 도로 교통량에 의한 이동오염원(선오염원)의 발생량을 산정 처리하는 기능을 가짐.
• 이동오염원(선오염원)의 발생 위치, 배출원의 차종, 배출 연료 등의 정보를 제공함과 동시에 맵 뷰 기능을 통해 이동오염원의 발생 현황을 확인할 수 있음.</td><td>  </td></tr>
<tr><th colspan="2">공사지역 구역관리 프로그램 입·출력 인터페이스</th></tr>
<tr><td>주요 기능</td><td>인터페이스 화면</td></tr>
<tr><td>• 공사지역 구역관리 프로그램은 분석대상 도시개발지구의 공사구역의 위치 및 범위를 산정 처리하고 개발지구의 공사내역 정보를 확인하는 기능을 수행함.
• 분석대상 도시개발지구의 범위를 위·경도 좌표로 지정하고 맵 뷰를 생성하여 공사구역 정보를 확인할 수 있음.</td><td>  </td></tr>
<tr><th colspan="2">택지 개발 시 오염원발생량 생성 프로그램 입·출력 인터페이스</th></tr>
<tr><td>주요 기능</td><td>인터페이스 화면</td></tr>
<tr><td>• 택지 개발 시 오염원발생량 생성 프로그램은 도시개발지구의 공사별, 지구별 오염물질 발생량 정보를 생성하는 기능을 가짐.
• 또한 본 프로그램 입·출력 인터페이스에서는 도시개발지구의 공사 및 지구별 오염물질 발생량 데이터를 불러온 후, DB화 시키는 기능을 가짐.</td><td>  </td></tr>
</table>

표 1.21 프로그램 주요 입출력 인터페이스 및 주요기능 설명(계속)

<table>
<tr><th colspan="2">장비사용 계획관리 프로그램 입·출력 인터페이스</th></tr>
<tr><td>주요 기능</td><td>인터페이스 화면</td></tr>
<tr><td>• 장비사용 계획관리 프로그램은 개발지구의 공사에 투입되는 건설기계장비의 사용 계획을 관리하는 기능을 수행함.
• 도시개발지구의 공사 정보(공사규모 및 공사기간 등)와 건설기계방비 정보(종류 및 규격)를 기반으로 건설기계장비(불도저, 굴삭기, 전동롤러, 덤프트럭)의 투입 수량을 산정하는 기능을 수행함.</td><td>  </td></tr>
<tr><th colspan="2">비산먼지 발생량 산정처리 프로그램 입·출력 인터페이스</th></tr>
<tr><td>주요 기능</td><td>인터페이스 화면</td></tr>
<tr><td>• 비산먼지 발생량 산정처리 프로그램은 도시개발지구 공사시에 발생하는 비산먼지를 산정하는 기능을 가짐.
• 택지개발지구별 공사의 덤프트럭 운행, 기타장비 운행, 토사의 이동, 바람에 의한 토사 날림에 따라 구분하여 비산먼지 발생량을 산정하여 제공함.</td><td>  </td></tr>
<tr><th colspan="2">장비연료 발생량 산정처리 프로그램 입·출력 인터페이스</th></tr>
<tr><td>주요 기능</td><td>인터페이스 화면</td></tr>
<tr><td>• 장비연료 발생량 산정처리 프로그램은 도시개발지구 공사시에 투입되는 건설기계 장비 정보와 그에 따른 연료 사용량을 산정하는 기능을 가짐.
• 택지개발지구에 따라 조회 가능하며, 각 지구의 투입장비 종류, 투입 대수, 그에 따른 연료 사용량 정보를 제공하고 확인할 수 있음.</td><td>  </td></tr>
</table>

(4) 에너지소비량 산정 소프트웨어의 적용

(가) 에너지소비량 산정 소프트웨어 적용 개요

- 본 연구를 통해 개발된 에너지소비량 산정 소프트웨어를 이용하여 지구단위 도시의 대기오염물질 배출원에 대한 에너지소비량을 산정하였음.
- 소프트웨어의 적용 대상은 군포에 위치한 부곡택지개발지구로, 사업면적은 470,000㎡ (주택용지 면적 200,795㎡, 상업·업무용지 면적 6,104㎡, 공공용지 면적 263,101㎡)이며, 약 9,300명을 수용할 수 있는 규모이며 그림 1.13과 같음.



그림 1.13 군포 부곡지구 택지개발사업의 토지이용계획도

(나) 에너지소비량 산정 소프트웨어의 적용설정

① 에너지소비량 예측데이터 QC기능 설정 및 실행

- 동적타임워핑 계층 클러스터링(DTW Clustering)기술을 기반으로 기초 데이터의 이상 및 노이즈데이터를 제거하여 예측모형의 성능을 향상시키는 기능을 함.
- QC기능 설정에서는 클러스터링 분석에 필요한 군집개수, 제외군집 설정 등 QC기능에 필요한 기증을 설정하고, 클러스터링 분석 결과를 기반으로 이상 및 노이즈 데이터 제거/사용 설정을 통해 데이터 QC 기능의 수준을 설정함.

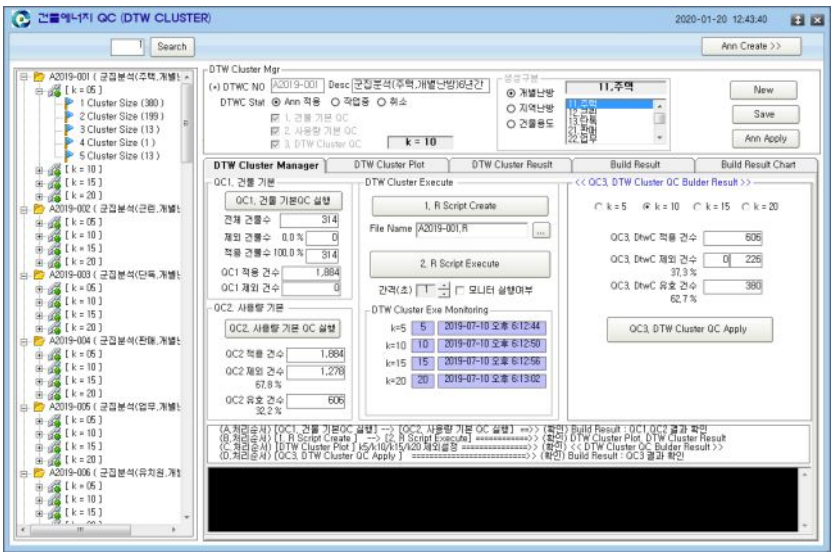


그림 1.14 클러스터링 분석기능 설정화면

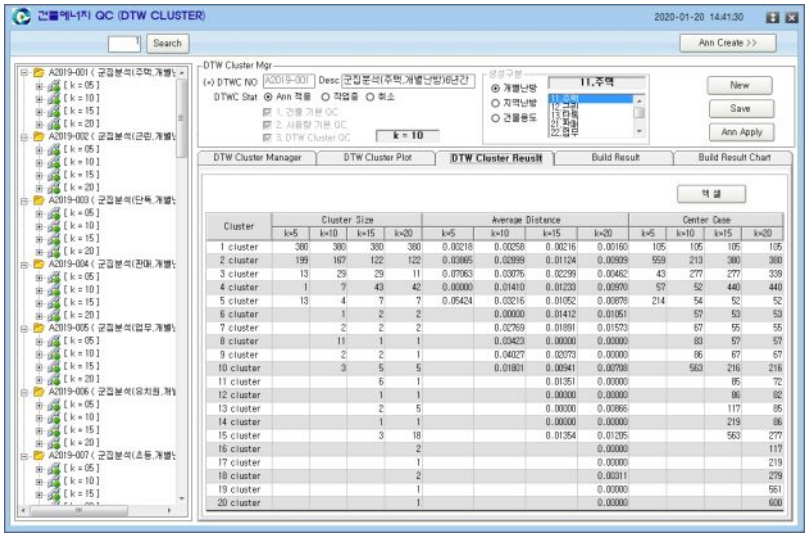


그림 1.15 클러스터링 결과 분석화면

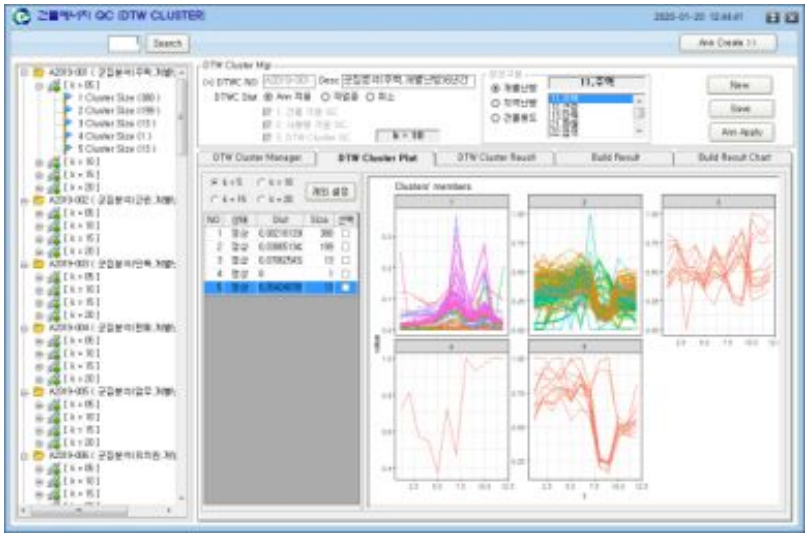


그림 1.16 클러스터링 분석 결과에 의한 QC수준 설정화면

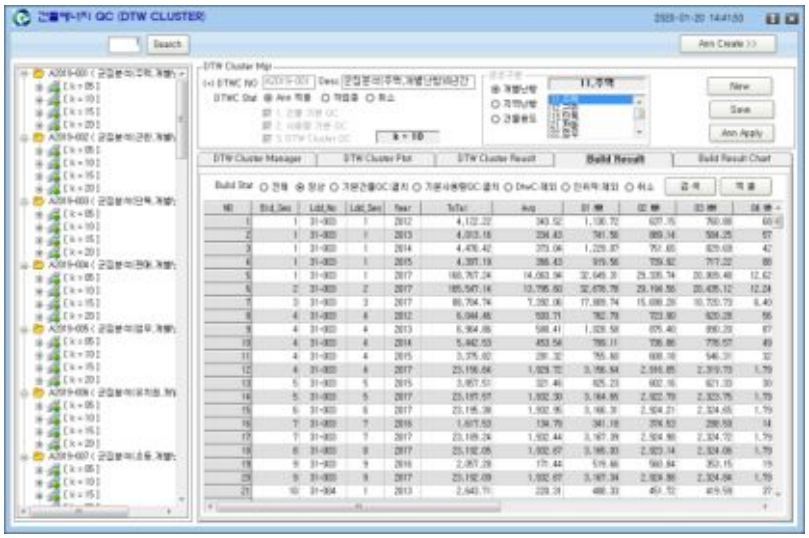


그림 1.17 QC 기능을 수행한 데이터 관리화면

② 에너지소비량 예측모델 구축 설정

- QC 기능을 수행한 후, 인공신경망(ANN) 기반의 에너지소비량 예측모델 생성을 위한 세부설정을 하였으며, 설정 항목은 학습 및 검증데이터 비율설정, 신경망 Layer설정, 학습데이터 변수설정 등이 있으며 그림 1.18과 같음.
- 세부설정 후 사용자가 설정한 학습 횟수만큼 인공신경망(ANN)을 학습하고 학습 횟수에 따른 예측성능(Cor)을 분석하여 그림 1.19와 같이 제공하고 그림 1.19와 같이 분석 세부내용을 확인할 수 있음.



그림 1.18 인공신경망(ANN) 및 데이터 변수 기본설정 화면

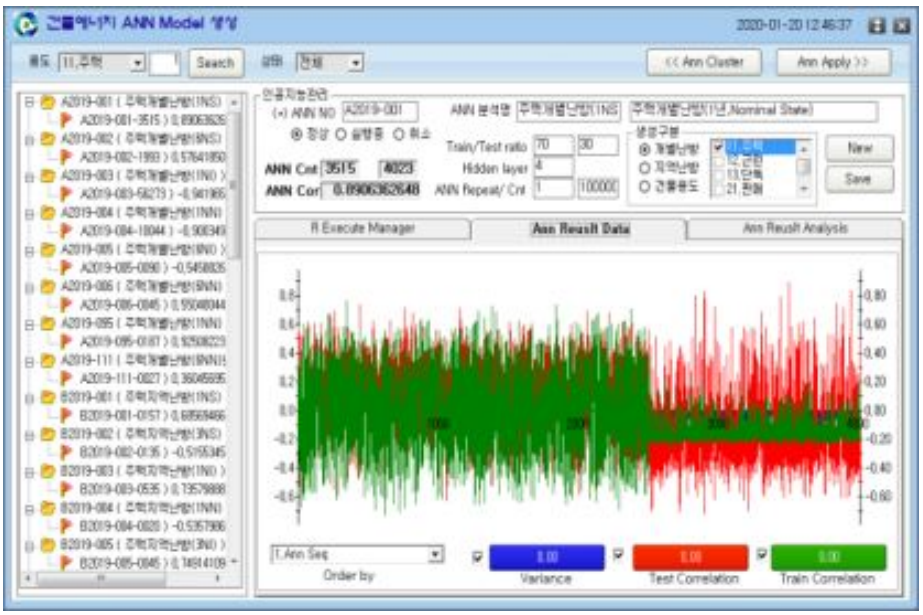


그림 1.19 인공신경망(ANN)결과 분석차트 화면

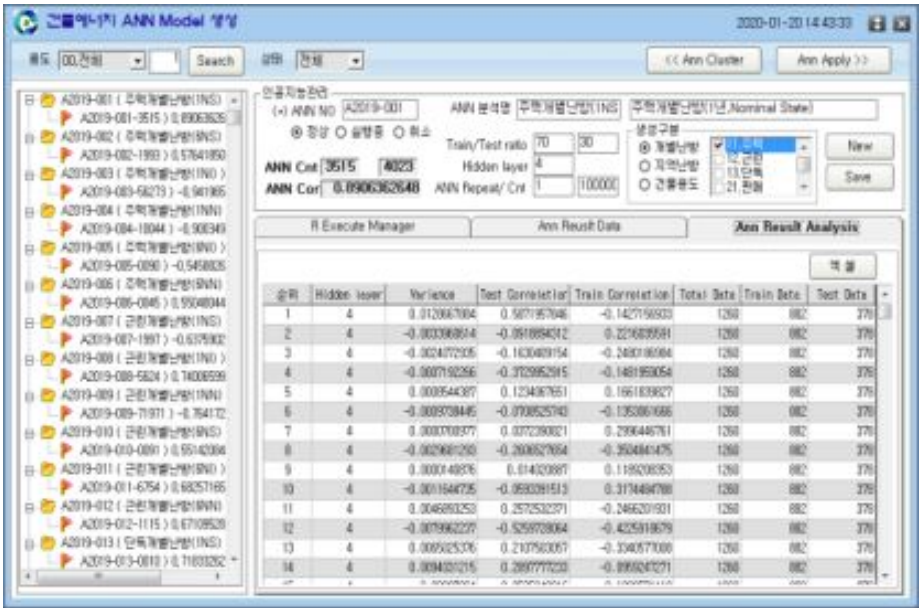


그림 1.20 인공신경망(ANN)결과 분석화면

③ 에너지소비량 예측 설정

- 구축된 인공신경망(ANN) 모델 중 에너지소비량 예측에 적용할 모델과 예측 대상을 선택하는 기능을 수행함.
- 에너지소비량 예측 결과의 파일 생성 및 저장설정 기능을 수행함.

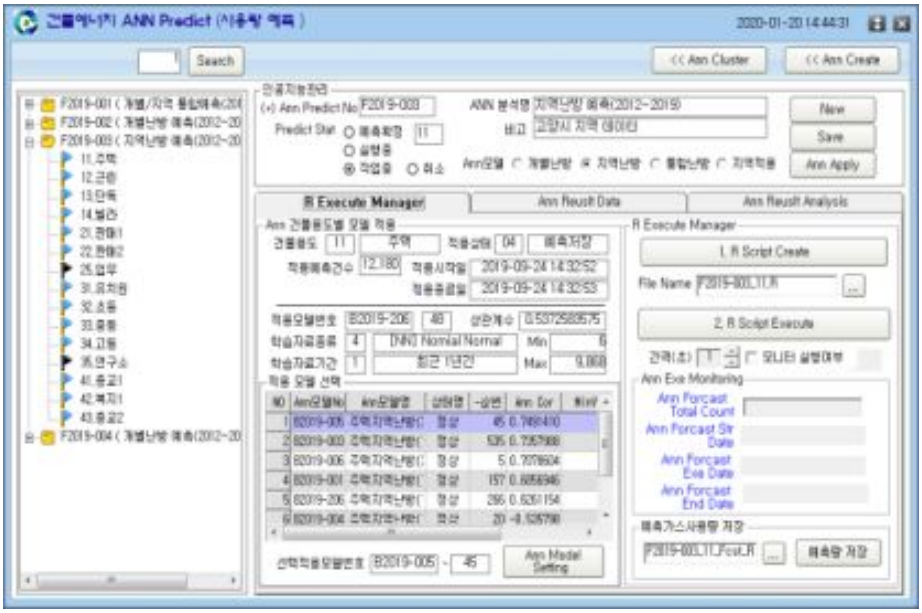


그림 1.21 에너지소비량 예측 세부설정 화면

④ 에너지소비량 예측결과 분석기능 설정

- 예측결과에 대한 상세 내용을 List로 확인할 수 있으며 시계열 에너지소비량 분석 차트를 제공함.
- 에너지소비량 분석차트에서는 월 단위의 에너지소비량 현황을 제공함.



그림 1.22 에너지소비량 예측결과 화면

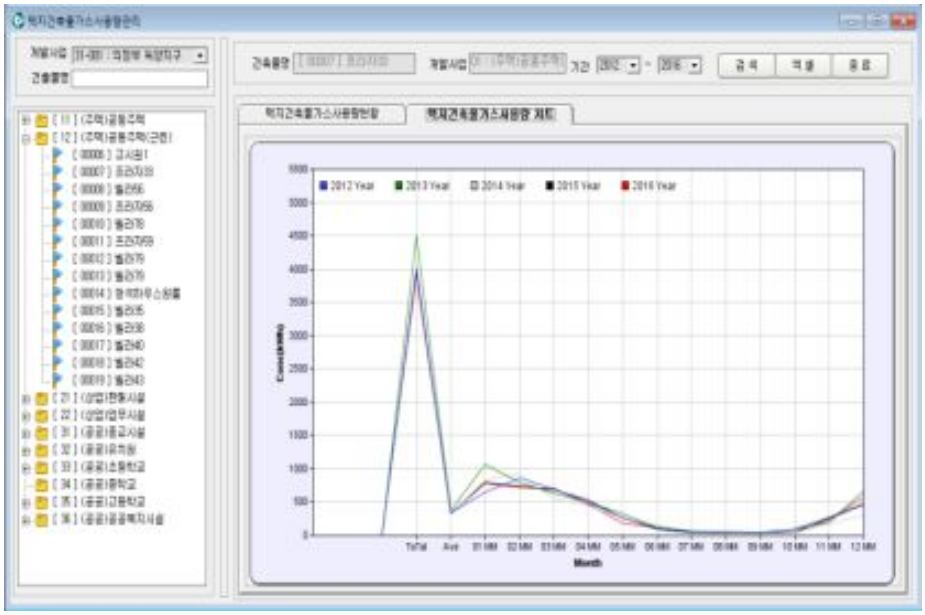


그림 1.23 에너지소비량 예측결과 분석차트 화면

[핵심성과2] 먼지배출량 이력관리 기술 개발

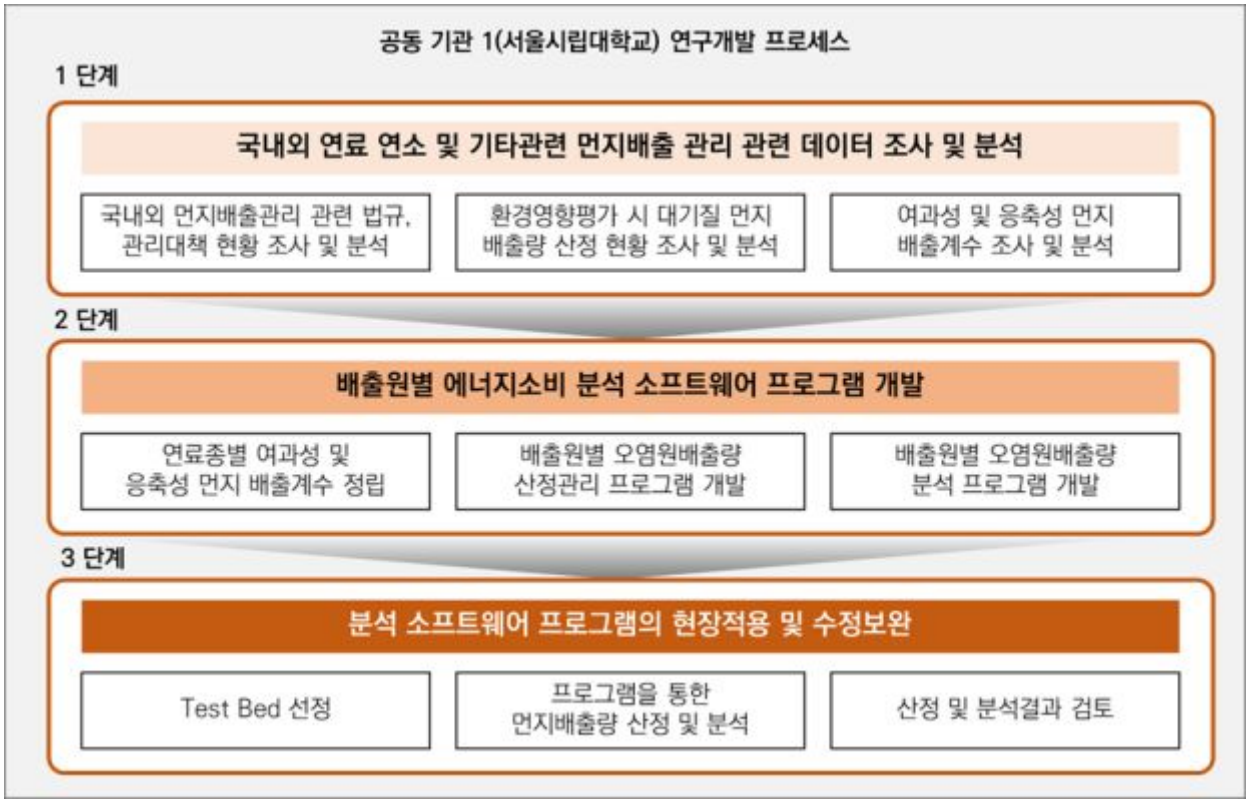


그림 2.1 에너지소비량 예측결과 화면

(1) 연료 연소 및 기타 관련 FPM 및 CPM 배출량 관리 소프트웨어 개발을 위한 관련자료 조사

(가) 국내 연료 연소 및 기타 관련 FPM 및 CPM 배출량 관리 현황

① 대기환경보전법, 시행령, 시행규칙, 별표(최적방지시설 관련 사항 포함)

- 대기환경보전법 상 초미세먼지와 관련된 제 2조 ‘정의’ 부분의 문구는 다음과 같음.

“입자상물질(粒子狀物質)“이란 물질이 파쇄・선별・퇴적・이적(移積)될 때, 그 밖에 기계적으로 처리되거나 연소・합성・분해될 때에 발생하는 고체상(固體狀) 또는 액체상(液體狀)의 미세한 물질을 말한다.
“먼지“란 대기 중에 떠다니거나 흩날려 내려오는 입자상물질을 말한다.
“매연“이란 연소할 때에 생기는 유리(遊離) 탄소가 주가 되는 미세한 입자상물질을 말한다.
“검댕“이란 연소할 때에 생기는 유리(遊離) 탄소가 응결하여 입자의 지름이 1미크론 이상이 되는 입자상물질을 말한다.

- 동 법 제 23조와 관련하여, 다음과 같이 규정하고 있음.

1. 배출시설에서 배출되는 오염물질을 제16조나 제29조제3항에 따른 배출허용기준 이하로 처리할 수 있을 것.
2. 다른 법률에 따른 배출시설 설치제한에 관한 규정을 위반하지 아니할 것.

시・도지사는 배출시설로부터 나오는 특정대기유해물질이나 특별대책지역의 배출시설

로부터 나오는 대기오염물질로 인하여 환경기준의 유지가 곤란하거나 주민의 건강·재산, 동식물의 생육에 심각한 위해를 끼칠 우려가 있다고 인정되면 대통령령으로 정하는 바에 따라 특정대기유해물질을 배출하는 배출시설의 설치 또는 특별대책지역에서의 배출시설 설치를 제한할 수 있다. <개정 2012.5.23.>

- 대기환경보전법 시행규칙 별표 1의 대기오염물질에는 “입자상 물질”을 포함하고 있음.

② 수도권 대기환경개선에 관한 특별법, 시행령, 시행규칙, 별표

- 수도권 대기환경개선에 관한 특별법 상 초미세먼지와 관련된 제 2조 ‘정의’ 부분의 문구는 다음과 같음.

“배출시설“이란 오염물질을 대기에 배출하는 시설물·기계·기구 및 그 밖의 물체로서 「대기환경보전법」 제2조제11호에 따른 대기오염물질배출시설과 환경부장관이 산업통상자원부장관과 협의하여 환경부령으로 정하는 것을 말한다.
“배출량“이란 배출시설 및 자동차 등 대기오염물질 배출원(排出源)에서 배출되는 대기오염물질의 양을 무게로 환산(換算)한 것을 말한다.
“최적방지시설“이란 「대기환경보전법」 제2조제12호에 따른 대기오염방지시설 중 현재 사용되고 있거나 향후 기술발전 가능성을 고려하여 적용 가능한 대기오염물질 저감기술 중 저감효율(低減效率)이 우수하다고 인정되는 시설로서 산업통상자원부장관과 협의하여 환경부령으로 정하는 시설을 말한다.

- 제 8조와 관련하여 다음과 같이 기술하고 있음.

제8조(기본계획의 수립 등)
① 환경부장관은 수도권지역의 대기환경개선을 위하여 관계 중앙행정기관의 장과 서울특별시장·인천광역시장·경기도지사(이하 “서울특별시장등“이라 한다), 그 밖에 관계 도지사의 의견을 들어 10년마다 다음 각 호의 대기오염물질을 줄이기 위한 수도권 대기환경관리 기본계획(이하 “기본계획“이라 한다)을 수립하여야 한다. <개정 2015.7.20.>

4. 먼지
5. 미세먼지(PM-10)
6. 미세먼지(PM-2.5)

- 수도권 대기환경 개선에 관한 특별법 시행규칙 별표 1의 “대기오염물질별 최적방지시설의 종류 및 기준”에서는 여과집진시설, 전기집진시설 등의 방지시설로서 다음과 같이 규정한 배출허용 농도 내로 배출하는 시설에 대해서는 최적방지시설로 인정하고 있으나, LNG 등 기체연료를 사용하는 소규모 주거 시설에 대해서는 최적방지시설을 규정하지 않고 있음.

표 21 대기오염물질별 최적방지시설의 종류 및 기준 중 먼지 기준 (수도권 대기환경 개선에 관한 특별법 시행규칙 별표 1

먼지 배출시설	최적방지시설	
	기준농도 (㎎/S㎥)	종류
1) 공통시설	-	여과집진시설, 전기집진시설 등
가) 발전시설	-	
(1) 고체연료 사용시설	5(6) 이하	
(2) 액체연료 사용시설	-	
(가) 발전용 내연기관	-	
① 배출가스량이 시간당 200,000표준세제곱미터 이상인 시설	10(13) 이하	
② 배출가스량이 시간당 200,000표준세제곱미터 미만인 시설	20(13) 이하	
(나) 그 밖의 발전시설	-	
① 배출가스량이 시간당 200,000표준세제곱미터 이상인 시설	10(4) 이하	
② 배출가스량이 시간당 200,000표준세제곱미터 미만인 시설	20(4) 이하	
나) 일반보일러	-	
(1) 고체연료 사용시설	-	
① 배출가스량이 시간당 200,000표준세제곱미터 이상인 시설	10(6) 이하	
② 배출가스량이 시간당 200,000표준세제곱미터 미만인 시설	20(6) 이하	
(2) 액체연료 사용시설	-	
① 배출가스량이 시간당 200,000표준세제곱미터 이상인 시설	10(4) 이하	
② 배출가스량이 시간당 200,000표준세제곱미터 미만인 시설	20(4) 이하	
다) 소각시설	-	
(1) 소각용량이 2톤(의료폐기물 처리시설은 시간당 0.2톤)이상인 시설	10(12) 이하	
(2) 소각용량이 2톤(의료폐기물 처리시설은 시간당 0.2톤)미만인 시설	20(12) 이하	
2) 공정연소시설	-	
가) 배출가스량이 시간당 200,000표준세제곱미터 이상인 시설	10 이하	
나) 배출가스량이 시간당 200,000표준세제곱미터 미만인 시설	20 이하	
3) 비연소시설	-	
가) 전기아크로, 전기로, 전기유도로	5 이하	
나) 그 밖의 시설	-	
(1) 배출가스량이 시간당 200,000표준세제곱미터 이상인 시설	10 이하	
(2) 배출가스량이 시간당 200,000표준세제곱미터 미만인 시설	20 이하	

③ 환경오염시설의 통합관리에 관한 법률, 시행령, 시행규칙, 별표

- 제 7조와 관련하여 다음과 같이 기술하고 있음.

제7조(허가기준 등)

환경부장관은 제6조에 따른 허가 또는 변경허가를 하는 경우에는 다음 각 호의 허가기준을 충족하는지를 검토하여야 한다.

1. 배출시설 등에서 배출하는 오염물질 등을 제8조 제1항 전단에 따른 허가배출기준 이하로 처리할 것
2. 사람의 건강이나 주변 환경에 중대한 영향을 미치지 아니하도록 배출시설 등을 설치·운영할 것
3. 환경오염사고의 발생으로 오염 물질 등이 사업장 주변 지역으로 유출 또는 누출될 경우 사람의 건강이나 주변 환경에 미칠 수 있는 영향을 방지하기 위한 환경오염사고 사전예방 및 사후조치 대책을 적정하게 수립할 것

④ 배출가스 중 미세먼지 측정법 개선 연구(1차, 2차)

- 미세먼지의 발생을 크게 1차 생성 입자와 2차 생성 입자로 구분하며 1차 생성입자는 대부분 여과성 먼지와 응축성 입자로 구분되며 주로 PM-10과 PM-2.5의 범위 내에서 존재하고 있음.
- 이 가운데 응축성 입자는 대기 중 기체상으로 배출되어 대기 중에서 입자상으로 변환됨.
- 이러한 응축성 입자는 SO_2와 NO_x가 대표적인 전구물질에 해당되며 VOCs, EC/OC, NH_3 등의 물질 또한 입자 응축에 관여 한다고 알려져 있음.
- 따라서 배출구에서의 미세먼지의 측정방법이 여과성 먼지 (Filterable PM; 이하 FPM)와 대기 중으로 배출되어 수 초 내에 대기와 반응하여 응축하는 먼지(Condensible PM; 이하 CPM)를 포함하는 측정방법의 개선이 필요한 실정임.
- 하지만 응축성 미세먼지인 CPM에 대한 국내 선행 연구는 찾기 힘든 실정으로 응축성 미세먼지에 대한 적절한 측정방법 마련이 시급함.
- 이에, 국립환경과학원에서 2014～2015년에 수행한 연구에서 대기오염공정시험기준 중 배출가스 미세먼지 측정방법의 개선 목표로 응축성 미세먼지에 대한 측정방법을 추가함.
- 배출가스 중 미세먼지 측정방법의 국외 사례를 조사하여 Pilot plant (Boiler)에서 연료별 (LNG, 경유, 중유) CPM 측정을 수행하였으며, 현장 적용성 평가를 위하여 유연탄을 연료로 사용하는 사업장에서 발생하는 미세먼지를 측정하였고 배출원에서 응축성 미세먼지의 배출 특성을 파악하여 측정 자료를 평가하였음.
- 현재까지의 미세먼지 관리제도는 주로 여과성 미세먼지(FPM)배출구에서 배출되는 미세먼지의 정확한 질량을 산출하고 저감하는 방향으로 추진되어 왔음.
- 그러나 총 미세먼지 배출량 중 응축성 미세먼지인 CPM이 약 80%로, 이 중 절반 이상이 유기성으로 보고되고 있음.
- 연료별 배출가스 중 미세먼지 배출계수를 산출한 결과를 표 2.2에 나타내었음.
- 이번 연구결과와 미국 EPA AP-42 자료와 비교하여 보면, FPM의 경우 전반적으로 낮은 결과를 나타냈으며, CPM의 경우 FPM 보다 전반적으로 높은 값으로 나타났음.
- 미국 EPA AP-42 자료는 여러 시설별, 배출시설의 규모별로 배출계수를 산출하여 자료를

제공하고 있으며, FPM과 CPM의 배출계수 값은 다양한 형태로 나타나 있음.

- 국립환경과학원 연구의 LNG, 경유, B-C유 측정결과는 방지시설 전단, AP-42는 방지시설을 거친 후단이기 때문에 직접적인 비교는 어려우며, 향후 우리나라 대기배출시설 설치 상황에 맞는 배출량과 배출계수를 확보하려면 국립환경과학원 연구에서 검토된 CPM 측정 방법을 사용하여 Field scale의 배출시설별로 지속적인 측정을 하여 대표성 있는 자료를 확보하여야 할 것으로 판단됨.
- 그동안 배출구에서의 미세먼지 배출현황을 파악하는데 FPM의 측정 방법만으로는 먼지의 농도와 양을 정확히 측정할 수 없었으나 이 연구의 결과를 바탕으로 배출구에서의 미세먼지의 참값 농도를 산출할 수 있는 기반 마련과 대기오염공정시험기준 개선의 기초자료로 활용할 수 있을 것이며, 대기 배출원으로부터 신뢰성 있는 미세먼지 (PM-10, PM-2.5) 실측 배출량을 산정할 수 있을 것임.

표 2.2 연료별 FPM 및 CPM 배출계수

Fuel type	Emission Factor			Unit	
	PM (FPM+CPM)	PM (FPM)	PM (CPM)		
LNG	206.67	3.79	202.88	This Study (Uncontrolled)	Mg/m3
	121.73	30.43	91.30	EPA AP-42 (controlled)	
Light oil	65.78	3.38	62.40	This study (Uncontrolled)	Mg/L
	255.23	99.46	155.77	EPA AP-42 (controlled)	
B-C oil	371.47	143.83	227.64	This Study (Uncontrolled)	Mg/L
	238.45	58.71	179.74	EPA AP42 (controlled)	
Power Plant	71.65	6.55	65.10	This Study (controlled)	g/ton
	486.25	14.51	471.74	EPA AP-42 (controlled)	
Cement	18.90	0.03	18.87	This Study (controlled)	g/ton
	444.52	40.82	403.7	EPA AP-42 (controlled)	

⑤ 지자체별 대기환경 개선목표 달성을 위한 오염물질 저감대책 현황 조사

㉮ 서울특별시

○2.5톤 이상 노후('05년 이전 등록) 경유차

- 노후 경유차 전량(총 11만3천대에) 대한 단속 강화.
- 단계적으로('17년~'19년) 단속 대상을 확대해 조기폐차나 저공해화를 강력하게 유도.
- CCTV를 통한 단속시스템도 현재 7개소에서 '19년 61개소로 늘려 단속을 강화하고 있음.

○ 서울시 등록 경유 전세버스(관광용, 통학 통근용 등)

- 현재 서울시 등록 전세버스(3,672대) 중 10년 이상 된('07년 이전 등록) 노후버스 659대에

대해 정부의 협조를 얻어 CNG버스 구입 보조금을 2배로 상향 추진.

- 시내 CNG 충전소 충전용량을 '18년까지 1,000대분을 추가 확보해 조기폐차와 CNG버스화를 적극 유도하고 있음.

○ 건설기계

- 전체 건설기계 오염물질 배출량의 86.1%를 차지하는 5종(덤프트럭, 콘크리트 펌프, 콘크리트 믹서트럭, 굴삭기, 지게차)에 대해 올해 600대를 시작으로 '18년까지 3,600대를 저공해화를 계획하고 있음.

○ 공회전 단속 배출가스 점검 강화

- 공회전 단속 전담반을 새로 구성해 남산 등 주요 관광지, 학교 학원 주변을 중점 단속함.
- 배출 가스 점검반을 대폭 확대해 관광버스 등 대형차량 위주로 집중 점검하고 있음.

○ 친환경차 전환

- '18년까지 전기차 1만2천 대를 보급하고, 급속충전기를 200기(현재 57기)로 늘려 친환경 교통 인프라를 확충함.
- 서울시와 산하기관에서 '18년까지 교체 예정인 관용차량 358대를 전기차로 교체해 전기차 보급에도 앞장섬.
- 한양도성 내부(16.7㎢)가 '녹색교통진흥지역'으로 지정하여 대중 교통수단 우선통행, 교통 혼잡도에 따른 운행제한 등으로 도심 교통량을 특별 관리할 예정임.
- 친환경 공유교통 저변 확대를 위해 나눔카를 '20년까지 2배로 늘리고(현재 3,447대 → 7,100대), 전기차 비율을 85%(현재 14%)까지 확대할 예정임.

㉡ 인천광역시

○ 수송부문

- 노후 경유차 저공해 조치 확대(16만대→18만2000대)
- 노후 건설기계 엔진교체 확대(지게차・굴삭기에 로더・기중기 추가 총 1850대)
- 등록선박 1078대 배출가스 저감장치 장착
- 2018년부터 저공해 조치 미이행 경유차량 운행제한
- 운행 경유차 특별점검(공항・항만・수도권매립지 출입차량 및 운수회사・학원 보유 차량)
- 친환경차 보급(전기차 943대, 수소차 145대)
- 경유버스 391대 CNG(압축천연가스) 전환을 추진함.

○ 생활주변부문

- 도로먼지 제거장비 확충(70대→120대)
- 도로청소 정보관리시스템 구축 및 청소방법 개선
- 도로먼지 저감 전담조직(팀) 신설
- 도로청소 용역 및 학교운동장 등 나대지 먼지억제사업 확대
- 비산먼지 발생사업장 점검 강화 및 직화구이 음식점 관리 등을 추진함.

(나) 국외 연료 연소 및 기타 관련 FPM 및 CPM 배출량 관리 현황

① 미국

- 배출시설 인허가 시 CPM 결과 처리 가이드라인
- Clean Air Act 중 인허가 사항 및 EPA 201a / 202 methods
- 주정부의 State Implementation Plan과 대기질 모델링

② 일본 및 유럽

- 환경영향평가제도 등에서의 CPM 고려 여부 및 CPM 측정법 현황

(다) 목표성능 설정

① CPM 고려 시 한계점과 보완 방향 도출

㉮ 우리나라 연료별, 배출시설별 여과성 먼지(Filterable Particulate Matters) 배출계수

- 연료연소에 의한 오염물질 배출량을 산정하며 배출원 분류체계는 다음과 같음.

표 2.3 연료연소 배출원 분류체계

배출원분류(SCC)	대분류	중분류
01000000	에너지산업 연소	-
01010000	에너지산업 연소	공공발전시설
01020000	에너지산업 연소	지역난방시설
01030000	에너지산업 연소	석유정제시설
01040000	에너지산업 연소	고체연료전환시설
01050000	에너지산업 연소	민간발전시설
02000000	비산업 연소	-
02010000	비산업 연소	상업 및 공공기관시설
02020000	비산업 연소	주거용 시설
02030000	비산업 연소	농업. 축산. 수산업시설
03000000	제조업 연소	-
03010000	제조업 연소	연소시설
03020000	제조업 연소	공정로
03030000	제조업 연소	기타

㉯ 배출계수

- 연료연소 부분 배출계수는 대기환경보전법 시행규칙 < 별표 10 >, 국립환경과학원의 연구결과, AP-42 5th ed.(US EPA, 1955-2000)의 계수들 중에서 검토를 통해 적용한 것이며, 배출계수는 방지효율이 적용되지 않은 계수(Uncontrolled Emission Factor)임.

㉰ 방지효율

- 점오염원으로 분류되는 방지시설의 경우, 개별 연소시설에 대한 방지시설을 적용하는

것이 정확한 결과를 얻을 수 있음. 개별 연소시설에 대한 방지효율은 SEMS 자료를 이용, 적정 방지효율을 참고하여 적용하였음.

- 적정 방지효율은 '대기오염물질 배출 사업장 종 산정방법 변경에 따른 업무처리지침(환경부, 2004.02)' 에 명시된 대기오염 방지시설의 오염물질 제거 효율을 기준으로 작성되었음.

표 2.4 에너지산업 연소 부문 공공/ 민간발전 1,2,3종 보일러 배출계수

연료명	단위	CO	NO_x	SO_x	TSP	PM_{10}	VOC	NH_3
비민수용 무연탄	Kg/ton	0.3	9b	19.55b	200b	116a	0.15	0.00028
유연탄	Kg/ton	0.25	7.5b	195b	50b	29a	0.03	0.00028
B-A유	Kg/k l	0.6	5.99b	185b	0.84b	0.671a	0.125	0.096
B-B유	Kg/k l	0.6	2.47b	14.3Sb	1.2b	0.959a	0.125	0.096
B-C유	Kg/k l	0.6	6.64b	14.3Sb	1.1S+0.39b	0879S+0.312a	0.125	0.096
LSWR	Kg/k l	0.6	6.64b	14.3Sb	1.1S+0.39b	0879S+0.312a	0.125	0.096
경유	Kg/k l	0.6	2.4b	175b	0.24b	0.198a	0.03	0.096
등유	Kg/k l	0.6	2.4b	175b	0.24b	0.198a	0.03	0.096
LPG	Kg/k l	0.384	1.157	0.005	0.036	0.036a	0.06	0.013
LNG	Kg/천m3	1.55	6.04b	0.01b	0.036	0.036a	0.21	0.051

* 출처 : US EPA(1994-1998), AP-42
* 출처a : US EPA(2006), Speciate 4.0
* 출처b : 환경부 대기환경보전법 시행규칙 <별표10>

표 2.5 에너지산업 연소 부문 공공/ 민간발전 가스터빈 배출계수

연료명	단위	CO	NO_x	SO_x	TSP	PM_{10}	VOC	NH_3
경 유	Kg/k l	0.055	14.68	17Sb	0.072	0.059a	0.067	0.096
등 유	Kg/k l	0.055	14.68	16.9S	0.072	0.059a	0.067	0.096
LNG	Kg/천m3	1.55	6.04	0.01b	0.036	0.036a	0.21	0.051

* 출처 : US EPA(1994-2000), AP-42
* 출처a : US EPA(2006), Speciate 4.0
* 출처b : 환경부 대기환경보전법 시행규칙 <별표 10>

표 2.6 에너지산업 연소 부문 공공/ 민간발전 부문 내연기관 배출계수

연료명	단위	CO	NO_x	SO_x	TSP	PM_{10}	VOC	NH_3
B-A유	Kg/k l	14.18	53.376	18S	1.668	0.987a	1.5	0.096
B-B유	Kg/k l	14.18	53.376	14.3Sb	1.668	0.987a	1.5	0.096
B-C유	Kg/k l	14.18	53.376	14.3Sb	1.668	0.987a	1.5	0.096
LSWR	Kg/k l	14.18	53.376	14.3Sb	1.668	0.987a	1.5	0.096
경유	Kg/k l	14.18	53.376	16.9S	1.668	1.374a	1.5	0.096
등유	Kg/k l	14.18	53.376	16.9S	1.668	1.374a	1.5	0.096
LNG	Kg/천m3	66.27	42.86	0.01b	0.18	0.18a	6.76	0.051

* 출처 : US EPA(1994-2000), AP-42
* 출처a : US EPA(2006), Speciate 4.0
* 출처b : 환경부 대기환경보전법 시행규칙 <별표 10>

표 2.7 에너지산업 연소 부문 지역난방/석유정제 1,2,3종 보일러/공정로 배출계수

연료명	단위	CO	NO_x	SO_x	TSP	PM_{10}	VOC	NH_3
비민수용 무연탄	Kg/ton	0.3	9a/5.83 ※a	19.5S	200	116b	0.15	0.00028
유연탄	Kg/ton	0.25	7.5a/5.55 ※a	19Sa	50	29b	0.03	0.00028
B-A유	Kg/k l	0.6	5.99a	18S	0.84	0.497b	0.03	0.096
B-B유	Kg/k l	0.6	2.47a	14.3Sb	1.2	0.70b	0.154	0.096
B-C유	Kg/k l	0.6	6.64a	14.3Sb	1.1S+0.39	0.651S+0.231b	0.154	0.096
LSWR	Kg/k l	0.6	6.64a	14.3Sb	1.1S+0.39	0.651S+0.231b	0.154	0.096
경유	Kg/k l	0.6	2.4a	17S	0.24	0.225b	0.03	0.096
보일러 등유 (실내등유)	Kg/k l	0.6	2.4a	17S	0.24	0.225b	0.03 (0.067)	0.096
LPG	Kg/k l	0.384	1.157	0.005	0.036	0.036b	0.06	0.013
LNG	Kg/천m^3	1.344	6.04a/3.7 ※a	0.01b	0.03	0.03b	0.18	0.051

* 출처 : US EPA(1994-2000), AP-42
* 출처a : 환경부, 대기환경보전법 시행규칙, <별표 10>
* 출처b : US EPA(2006), Speciate 4.0
※ 석유정제시설 배출계수

표 2.8 에너지산업 연소 부문 지역난방/석유정제 가스터빈 배출계수

연료명	단위	CO	NO_x	SO_x	TSP	PM_{10}	VOC	NH_3
경 유	Kg/k l	0.055	14.68	17S	0.072	0.068a	0.067	0.096
등 유	Kg/k l	0.055	14.68	16.9S	0.072	0.068a	0.067	0.096
LNG	Kg/천m^3	1.55	6.04	0.01b	0.036	0.036a	0.21	0.096

* 출처 : US EPA(1994-2000), AP-42
* 출처a : US EPA(2006), Speciate 4.0
* 출처b : 환경부 대기환경보전법 시행규칙 <별표 10>

표 2.9 에너지산업 연소 부문 지역난방/석유정제 내연기관 배출계수

연료명	단위	CO	NO_x	SO_x	TSP	PM_{10}	VOC	NH_3
B-A유	Kg/k l	14.18	53.376	18S	1.668	0.987a	1.5	0.096
B-B유	Kg/k l	14.18	53.376	14.3Sb	1.668	0.987a	1.5	0.096
B-C유	Kg/k l	14.18	53.376	14.2Sb	1.668	0.987a	1.5	0.096
LSWR	Kg/k l	14.18	53.376	14.3Sb	1.668	0.987a	1.5	0.096
경유	Kg/k l	14.18	53.376	16.9S	1.668	1.565a	1.5	0.096
등유b	Kg/k l	14.18	53.376	16.9S	1.668	1.565a	1.5	0.096
LNG	Kg/천m^3	66.27	42.86	0.01b	0.18	0.18a	6.76	0.051

* 출처 : US EPA(1994-2000), AP-42
* 출처a : US EPA(2006), Speciate 4.0
* 출처b : 환경부 대기환경보전법 시행규칙 <별표 10>

표 2.10 비산업 연소 부문 점오염원 1,2,3종 보일러 배출계수

연료명	단위	CO	NO_x	SO_x	TSP	PM_{10}	VOC	NH_3
비민수용무연탄	Kg/ton	0.3	5.83b	19.5Sb	200	153a	0.15	0.00028
유연탄	Kg/ton	0.25	4.55b	19Sb	50	38a	0.03	0.00028
B-A유	Kg/k l	0.6	5.99b	18Sb	0.84	0.770a	0.03	0.096
B-B유	Kg/k l	0.6	2.47b	14.3Sb	1.2	1.100a	0.154	0.096
B-C유	Kg/k l	0.6	6.64b	14.3Sb	1.1S+0.39	1.0S+0.358a	0.154	0.096
LSWR	Kg/k l	0.6	6.64	14.3Sb	1.1S+0.39	1.0A+0.358a	0.154	0.096
경유	Kg/k l	0.6	2.4b	17Sb	0.24	0.22a	0.03	0.096
등유 (실내등유)	Kg/k l	0.6	2.4b	17Sb	0.24	0.22a	0.03 (0.067)	0.096
LPG	Kg/k l	0.384	1.106	0.005	0.036	0.036a	0.06	0.013
LNG	Kg/천m^3	1.344	3.7b	0.01b	0.03b	0.03a	0.18	0.051

* 출처 : US EPA(1994-2000), AP-42
* 출처a : US EAP(2006), Speciate 4.0
* 출처b : 환경부 대기환경보전법 시행규칙 <별표 10>

표 2.11 비산업 연소 부문 기타 배출계수

연료명	단위	CO	NO_x	SO_x	TSP	PM_{10}	VOC	NH_3
비민수용 무연탄	Kg/ton	32.2b	5.83a	10.3b	0.6b	0.460c	0.04	0.00028
B-A유	Kg/ton	0.6	5.99a	18S	0.84	0.770c	0.067	0.096
B-B유	Kg/k l	0.6	2.47a	14.3Sa	1.2	1.1C	0.193	0.096
B-C유(4.0%)	Kg/k l	0.6	6.64a	14.3Sa	1.1S+0.39	1.0S+0.358c	0.193	0.096
B-C유(2.5%)	Kg/k l	0.6	6.64a	14.3Sa	1.1S+0.39	1.0S+0.358c	0.193	0.096
B-C유(1.6%)	Kg/k l	0.6	6.64a	14.3Sa	1.1S+0.39	1.0S+0.358c	0.193	0.096
B-C유(1.0%)	Kg/k l	0.6	6.64a	14.3Sa	2.53b	2.304c	0.193	0.096
B-C유(0.5%)	Kg/k l	0.6	6.64a	14.3Sa	1.64b	1.504c	0.193	0.096
B-C유(0.3%)	Kg/k l	0.6	6.64a	14.3Sa	1.64b	1.504c	0.193	0.096
경유	Kg/k l	0.6	2.4a	17Sb	0.17b	0.156c	0.03	0.096
등유 (실내등유)	Kg/k l	0.6	5.46 (2.16)a	17Sb	0.17b (0.048)	0.156c (0.044)c	0.03	0.096
LPG	Kg/k l	0.228	1.106	0.005	0.036	0.036c	0.06	0.013
LNG	Kg/천m^3	0.64	3.7a	0.01a	0.03b	0.03c	0.18	0.051

* 출처 : US EPA(1994-2000), AP-42
* 출처a : 환경부 대기환경보전법 시행규칙 <별표 10>
* 출처b : 국립환경과학원(2012), 대기오염물질 배출계수 관리위원회 배출계수 자료집(Ⅰ)
* 출처c : US EPA(2006), Speciate 4.0

표 2.12 비산업 연소 부문 가스터빈 배출계수

연료명	단위	CO	NO_x	SO_x	TSP	PM_{10}	VOC	NH_3
경유	Kg/k l	0.055	14.68	17S	0.072	0.066b	0.067	0.096
등유	Kg/k l	0.055	14.68	16.9S	0.072	0.066b	0.067	0.096
LNG	Kg/천m3	1.55	6.04	0.01a	0.036	0.036b	0.21	0.051

* 출처 : US EPA(1994-2000), AP-42
* 출처[a] : 환경부 대기환경보전법 시행규칙 <별표 10>
* 출처[b] : US EPA(2006), Speciate 4.0

표 2.13 비산업 연소 부문 고정엔진 배출계수

연료명	단위	CO	NO_x	SO_x	TSP	PM_{10}	VOC	NH_3
B-A유	Kg/k l	14.18	53.376	18S	1.668	0.987b	1.5	0.096
B-B유	Kg/k l	14.18	53.376	14.3Sa	1.668	0.987b	1.5	0.096
B-C유	Kg/k l	14.18	53.376	14.3Sa	1.668	0.987b	1.5	0.096
LSWR	Kg/k l	14.18	53.376	14.3Sa	1.668	0.987b	1.5	0.096
경유	Kg/k l	14.18	53.376	16.9S	1.668	1.530b	1.5	0.096
등유	Kg/k l	14.18	53.376	16.9Sa	1.668	1.530b	1.5	0.096
LNG	Kg/천m3	66.27	42.86	0.01a	0.18	0.18b	6.76	0.051

* 출처 : US EPA(1994-2000), AP-42
* 출처a : 환경부 대기환경보전법 시행규칙 <별표 10>
* 출처b : US EPA(2006), Speciate 4.0

표 2.14 비산업 연소 부문 기타 장비 및 기타 고정 장비 배출계수

연료명	단위	CO	NO_x	SO_x	TSP	PM_{10}	VOC	NH_3
B-A유	Kg/k l	14.18	53.376	18S	1.668	0.987b	1.5	0.096
B-B유	Kg/k l	14.18	53.376	14.3Sa	1.668	0.987b	1.5	0.096
B-C유	Kg/k l	14.18	53.376	14.3Sa	1.668	0.987b	1.5	0.096
LSWR	Kg/k l	14.18	53.376	14.3Sa	1.668	0.987b	1.5	0.096
경유	Kg/k l	14.18	53.376	16.9S	1.668	1.530b	1.5	0.096
등유	Kg/k l	14.18	53.376	16.9Sa	1.668	1.530b	1.5	0.096
LNG	Kg/천m3	66.27	42.86	0.01a	0.18	0.18b	6.76	0.051

* 출처 : US EPA(1994-2000), AP-42
* 출처a : 환경부 대기환경보전법 시행규칙 <별표 10>
* 출처b : US EPA(2006), Speciate 4.0

표 2.15 가스히트펌프 배출계수

구분	단위	NOx	CO
가스히트펌프	Kg/천m^3	14.53	19.51

* 출처 : 한국가스공사(2002), 천연가스 사용설비에서 배출되는 오염물질 특성에 관한 연구

㉯ 지구단위 계획 환경영향평가 시 연료별, 배출원별 여과성 먼지(FPM) 배출량 산정방법 사례 (2004_08_송파 장지지구 택지개발사업)

㉠ 공사시 여과성 먼지 배출량 산정 사례

㉠-1 성토량 및 투입대수 산정

- 공사시 사업부지에서 발생되는 절·성토량과 공사기간(1년)을 고려하여, 월 25일 작업일수를 적용하여 일평균 절·성토량을 산정하였음.

표 2.16 토공계획

구 분	토 공 량 (m2)		1일 토공작업량 (Ton)		
토공량	흙깎기	흙쌓기	흙깎기	흙쌓기	합 계
	741,000	530,000	4,076	2,915	6,991

주) 토공량은 토목 및 건축공사시의 발생하는 전체 토공량임

표 2.17 투입장비 규격 및 작업량

구 분	덤프트럭	불 도 저	백 호 우	그레이더	로 울 러
규 격	15ton	32ton	1.0m3	3.6m3	10ton
작업량(m3/h• 대)	57	85	106	366	135
투 입 대 수	4	3	3	1	2

주) 장비별 투입대수 = 공사량(m3)÷ 공사기간(일) ÷ 장비의 일작업량(m3/일 • 대)

㉠-2 공사 장비 연료사용에 따른 오염물질 배출량 산정

- 본 사업지구 토공 작업시 투입장비는 장비별 일 작업량을 계산한 후 토공량을 고려하여 투입대수를 산정하였으며, 각 장비별 일 작업량은 2002년 건설표준품셈에 따라 장비별 일 작업량을 산정하였음.

표 2.18 오염물질 배출계수

투입장비	규격	배출계수(g/ l)	
		PM-10	NO_2
덤프트럭	15ton	2.12	62.8
불 도 저	32ton	1.77	53.9
백 호 우	1.0m^3	3.61	59.2
그레이더	3.6m^3	2.66	44.8
로 울 러	10ton	2.90	58.5

표 2.19 오염물질 배출량

투입장비	규격	연료사용 (l /hr)	투입 대수	배출량(g/sec)	
				PM-10	NO_2
덤프트럭	15ton	84.4	4	0.0497	1.4722
불 도 저	32ton	71.4	3	0.0351	1.0691
백 호 우	1.0m^3	31.5	3	0.0316	0.5181
그레이더	3.6m^3	15.4	1	0.0115	0.1917
로 울 러	10ton	23.4	2	0.0188	0.3802
합 계	-	226.1	13	0.1467	3.6313

㉠-3 건설장비 운행에 따른 미세먼지 발생량

- 토공작업 시 덤프 및 기타 장비에 의한 토사의 이동 중에도 비산먼지가 발생하게 되며, 토사운반에 따른 비산먼지 배출계수는 다음과 같이 산정하였음.
- 건설장비 중 덤프트럭의 이동에 따른 재비산먼지 발생량은 미국 환경청(EPA,US)의 AP-42에 제시된 비포장 도로에서의 비산먼지 배출계수와 예측구간 내 총 토공운반량을 고려한 장비의 이동거리를 이용하여 산정함.
- 덤프트럭을 제외한 기타장비의 운행시 발생되는 비산먼지는 Fugitive dust and control technology(NDC, 1983)에서 제시한 배출계수식을 이용하여 배출계수를 산출하였음.

표 2.20 덤프트럭 사이클시간 계산식

구 분	적 용 식	구 분	적 용 식
Cmt	$(Cms \cdot \ n/(60 \cdot \ /Es)+(t_2+t_2+t_4)$	t_1	-
Cms	-	t_2	$[(L/V_1)+(L/V_2)]\times 60$
n	$Q_1/(q\times K)$	t_3	-
Es	-	t_4	-

표 2.21 적용계수

구 분	내 용 및 적 용 식	적용계수
Cms	적재기계의 1회 사이클시간(초)	19.0
Es	적재기계의 작업효율	0.85
n	덤프트럭 1대에 적재 하는데 소요되는 적재기계의 사이클 횟수	15.7
Q_1	덤프트럭 1대의 적재토량 (m3)	9.9
q	적재기계(백호우)의 디퍼 또는 버킷용량 (m3)	0.7
K	백호우의 디퍼 또는 버킷계수	0.9
t_2	덤프트럭 왕복시간	2.3
L	비포장도로에서의 운반거리(km)	0.25
V_1	적재시 평균주행속도(km/h)	12.0
V_2	공차시 평균주행속도(km/h)	15.0
t_3	덤프트럭의 적하시간(0.5분~1.5분)	0.5
t_4	적재장소로의 도착부터 작업이 시작될 때까지의 시간(분)	0.15

표 2.22 덤프트럭 사이클시간 및 운행거리 계산결과

구 분	1회 왕복거리(km)	사이클시간(분)	하루 운행거리(km)
덤프트럭	0.5	8.8	27.4

표 2.23 덤프트럭 운행시의 PM-10 발생량

구 분	산 출 방 법
배출계수 산 정 식	$$E = (1.7)K(\frac{s}{12})(\frac{W}{2.7})^{0.7}(\frac{w}{4})^{0.5}(\frac{365-P}{365})$$ 여기서 E : 배출계수(kg/VKT) w : 평균 바퀴수 K : 입자크기에 따른 보정계수(0.36) W : 차량 평균중량 s : Silt 함량(10%) P : 연평균 강수일수(연중 강수량 0.254mm 이상 일수) S : 차량 평균속도
적용	○ 덤프트럭 이동거리 = 27.4km/일 x 4대 = 109.6VKT/일
발 생 량 산 정 식	Q = [덤프트럭 이동거리(VKT)] X [배출계수(E)] = (109.6VKT/일) X (0.9943kg/VKT) X [1,000/(8X3,600)]= 3.7839g/s

구 분	평균속도	평균바퀴수	차량중량	강우일수	배출계수
덤프트럭	20km/kr	10	15ton	94일	0.9943

입자크기에 따른 보정계수(K)				
≤30 ㎛	≤15 ㎛	≤10 ㎛	≤5 ㎛	≤2.5 ㎛
0.80	0.50	0.36	0.20	0.095

표 2.24 기타 중장비 운행시의 PM-10 발생량

구 분	산 출 방 법
배출계수 산정식	$E = K(0.10)(\frac{s}{1.5})(\frac{d}{235})$ 여기서 EF : 배출계수(1b/ton) S : Silt 함량 K : 공사장비의 activity factor D : 연간건조일수
적 용	○ 성토량 = 2,915ton
발생량 산정식	Q = (0.0481kg/ton) X (2,915ton) X [1,000/(8 X 3,600)] = 4.8685g/s

구 분	K	Silt	연간건조일수	배출계수
덤프트럭 외	0.1	12.0	271	0.0481

㉠-4 부하·적치시 비산먼지 발생량

- 토사의 투하, 적치 및 바람의 영향으로 발생되는 비산먼지는 미국 EPA AP-42에 제시된 식을 이용하여 배출계수 및 발생량을 산출하였음.

표 2.25 토사의 상·하적시 PM-10 발생량

구 분	산 출 방 법
배출계수 산정식	$E = K(0.0016)[(\frac{U}{2.2})^{1.3}/(\frac{M}{2})^{1.4}]$ 여기서 E : 배출계수(kg/Mg) M : 물질 수분함량(%) U : 평균풍속(m/s) K : 입경분포배율
적 용	○ 절토량 = 4,076ton ○ 성토량 = 2,915ton
발생량 산정식	Q = (0.0005kg/ton) X (4,076) X [1,000/(8 X 3,600)] = 0.0708g/s

구 분	평균풍속	습분량비	입경분포배율	배출계수
입력변수	2.2	2.1	0.35	0.0005

입경분포배율(K)				
≤30 ㎛	≤15 ㎛	≤ 10 ㎛	≤5 ㎛	≤2.5 ㎛
0.74	0.48	0.35	0.20	0.11

자료) Compilation of Air Pollutant Emission Factors, U.S, EPA

표 2.26 바람의 침식에 의한 PM-10 발생량

<table>
<tr><th>구 분</th><th>산 출 방 법</th></tr>
<tr><td>배출계수 산정식</td><td>$$E = (0.05)[(\frac{S}{1.5})(\frac{D}{90})(\frac{d}{235})(\frac{f}{15})$$
여기서
E : 배출계수(kg/Mg) d : 건기일수
S : Silt 함량 f : 풍속빈도(5.8m/sec이상)
D : 토사적치기간
<table><tr><th>구 분</th><th>Silt 함량</th><th>적치기간</th><th>건기일수</th><th>풍속빈도</th><th>배출계수</th></tr><tr><td>입력변수</td><td>12.0</td><td>1.0</td><td>271</td><td>2.1</td><td>0.0001</td></tr></table>
(PM-10 입경분포배열 / TSP 입경분포배율) ≒ 0.46</td></tr>
<tr><td>적 용</td><td>○ 성토량 = 2,915ton</td></tr>
<tr><td>발생량 산정식</td><td>Q = (0.0001kg/ton) X (2,915ton) X [(1,000)/(8 X 3,600)]
= 0.0101g/s</td></tr>
</table>

자료) Compliation of Air Pollutant Emission Factors, U.S, EPA

㉠-5 토공작업시 비산먼지 발생량

- 토공작업시 발생되는 미세먼지(PM-10)의 발생량은 표 2.27에 제시한 바와 같이 8.7333g/s로 산정되었음.

표 2.27 토공작업시 비산먼지 발생량

구 분	PM-10 날림먼지발생량(g/s)				
	덤프트럭 운행	기타장비운행	상적 • 하적	바람의 침식	합 계
발생량	3.7839	4.8685	0.0708	0.0101	8.7333

㉠-6 공사시 총 오염물질 배출량

- 공사시 발생되는 PM-10, NO_2 총 배출량은 표 2.28에 제시한 바와 같이 PM-10 8.8800g/sec, NO_2는 3.6313g/sec로 산정되었음.

표 2.28 공사중 오염물질 배출량

구 분	오염물질 배출량(g/sec)	
	PM-10	NO_2
공 사 장 비 가 동	0.1467	3.6313
토 공 시	8.7333	-
합 계	8.8800	3.6313

㉡ 공사 후, 운영 시 여과성 먼지 배출량 산정 사례

- 도시 운영 시 사업지구 및 주변지역에 미치는 대기질 영향 예측은 각각 고정배출원, 이동배출원에 의한 대기질 영향예측으로 구분하여 실시하였음.
- 사업지구 남측에 송파 자원회수시설 운영이 계획되었으나 사업계획이 취소됨으로서 영향예측은 실시하지 않았으며, 동일 부지 내 송파 재활용종합단지가 건립될 계획인 바, 송파재활용종합단지에 의한 대기질 영향예측을 실시하였음.

표 2.29 사업지구 및 주변지역의 오염물질 배출원

구 분	오염물질 발생원
고정배출원	• 사업지구 내 개별난방 및 취사에 따른 오염물질 발생 • 사업지구 남측의 에너지공급시설 가동에 따른 오염물질 발생 • 사업지구내 차고지 이용에 따른 오염물질 발생 • 송파 재활용종합단지에 따른 오염물질 발생
이동배출원	• 사업지구 내부 이용차량에 의한 오염물질 발생 • 사업지구 동측의 구리~판교 간 고속도로 이용차량에 의한 오염물질 발생

㉡-1 고정오염원 중 난방 및 취사에 의해 발생되는 오염물질 배출량 산정

- 본 사업지구의 난방방식은 개별난방이며, 개별난방과 취사연료는 도시가스(LNG)를 사용할 계획으로 난방 및 취사연료 사용량은 표 2.30에 제시하였음.

표 2.30 도시가스 수요량

구 분	규 모	건축연면적(m^2)	적용원단위 (Nm^3/m^3•년)	가스수요량 (Nm^3/년)
단 독 주 택	14호	-	141.6(Nm^3/년·호)	1,982
공 동 주 택	5,580호	-	134.4(Nm^3/년·호)	749,952
근 린 생 활 시 설	-	28,412	1.69	48,016
교 육 시 설	-	214,510	1.02	217,780
공 공 청 사	-	4,348	0.40	1,739
사 회 복 지 시 설	-	14,458	0.40	6,583
문 화 시 설	-	18,070	0.27	4,879
종 교 시 설	-	2,520	0.27	680
계	-	-	-	1,031,611

- 본 사업지구의 난방과 취사용 연료사용량을 산출한 결과, 총 1,031,611Nm3/년으로 산출되었음. 따라서 산출된 연료사용량에 오염물질 배출계수를 적용하여 배출량을 산정한 결과를 표 2.31에 제시하였음.

표 2.31 난방 및 취사에 의한 오염물질 배출량

구 분	PM-10	NO_2	SO_2	CO	비 고
배출량(g/sec)	0.0001	0.0857 (0.0643)	0.0003	0.0209	-

표 2.32 오염물질 배출계수

구 분	PM-10	NO_2	SO_2	CO	비 고
배출계수(g/Nm^3)	0.003	2.62	0.01	0.64	-

자료) 국립환경연구원, 대기오염물질 배출량(' 99), 2000
주) NOx에서 NO_2전환율을 0.75 적용하였음.

㉡-2 고정오염원 중 열공급시설 가동에 의한 오염물질 배출량

- 송파구 관내 기존 아파트 및 재건축 아파트의 안정적 열 공급을 위하여 사업지구 남측에 집단에너지공급시설(부지면적 9,885m^3)을 운영할 계획임.
- 집단에너지공급시설의 연료사용량 및 연돌제원은 「송파집단에너지 열 공급시설용지 도시계획시설 결정 신청서, 송파구」 의 자료를 이용하여 표 2.33, 표 2.34에 제시한 바와 같이 연돌제원 및 배출량을 적용하였음.

표 2.33 열 공급시설의 연돌제원

구 분	연 돌 (기)	높 이 (m)	내 경 (m)	배출가스 속도 (m/s)	배출가스 온도 (℃)	비 고
제 원	2	80	1.65	20	150	-

표 2.34 오염물질 배출량

구 분	연료사용량 (Nm^3/년)	PM-10	NO_2	SO_2	CO
배출량	41,344,538	0.0656	1.4061	0.0013	0.8391

주) NO_2/NO_x비율 0.75 적용

㉢ 이동배출원에 따른 오염물질 배출량

- 본 택지개발사업 운영 시 교통량에 의한 도로변 지역의 영향을 살펴보기 위해 사업지구 내부의 교통량이 가장 많은 구간으로 예측되는 5개 구간에 대하여 단지 내 가로망 구간별 일평균 및 첨두시 발생교통량(2017년)을 이용하여 오염물질 배출량을 산정하였음.
- 또한, 사업지구 동측의 구리~판교 간 고속도로에 의한 영향을 분석하기 위하여 「서울외곽순환고속도로(판교~퇴계원간) 확장공사 일반보고서, 1998, 한국도로공사」 에 제시된 2021년의 교통량을 적용하여 배출량을 산정하였음.

㉢-1 사업지구 내부 이용차량에 의한 배출량

- 사업지구 내부 주요구간의 발생교통량을 표 2.35와 표 2.36에 제시하였으며, 이동오염원에 의한 배출계수 및 배출량은 표 2.37, 표 2.38에 제시하였음.

표 2.35 장래 일평균교통량(2017년) (단위 : 대/일)

구 분	승용차	버 스		화 물 차			합 계
		소 형	대 형	소 형	중 형	대형	
대로3-1	4,151	480	424	488	114	60	5,717
중로1-2	991,557	66	176	77	24	6	1,906

표 2.36 장래 첨두시교통량(2017년) (단위 : 대/시)

구 분	승용차	버 스		화 물 차			합 계
		소 형	대 형	소 형	중 형	대 형	
대로3-1	263	30	27	31	7	4	362
중로1-2	99	4	11	5	2	-	121

표 2.37 차종별 오염물질 배출계수 (단위 : g/km·대)

구 분	승용차	버 스		화 물 차		
		소 형	대 형	소 형	중 형	대 형
NO_2	0.45	1.42	11.90	1.48	1.48	12.22

자료) 대기오염물질 배출량(’ 99), 2000, 환경부 • 국립환경연구원

표 2.38 사업지구내 이동오염원에 NO_2배출량

구 분		승용차	버 스		화 물 차			합 계
			소 형	대 형	소 형	중 형	대 형	
일평균	대로3-1	0.0162	0.0162	0.0438	0.0063	0.0015	0.0064	0.0801
	중로1-2	0.0061	0.0061	0.0182	0.0010	0.0003	0.0006	0.0269
첨두시	대로3-1	0.0329	0.0329	0.0893	0.0127	0.0029	0.0136	0.1632
	중로1-2	0.0124	0.0124	0.0364	0.0021	0.0008	-	0.0533

주) 일평균 교통량 적용시 NOx에서 NO2로의 전환율은 0.75 적용

㉡-2. 구리-판교 고속도로 이용차량에 의한 배출량

- 사업지구 동측의 구리~판교간 고속도로 이용차량에 의한 오염물질 배출량을 산정하기 위하여 앞서 설명한 「서울외곽순환고속도로(판교~퇴계원간)확장공사 일반보고서, 1998, 한국도로공사」 보고서를 이용하였음.
- 한편, 상기의 보고서에 따르면 2002년 현재 고속도로 이용차량은 표 2.39에 제시한 바와 같이 총 119,120대/일로 조사되었음.
- 따라서 2002년 교통량이 사업지구에 미치는 영향은 이미 현황농도에 가중된 것으로 판단되는바, 사업완료 후 2021년의 고속도로 이용차량에 의한 대기질 가중농도는 그 증가분에 의하여 영향이 가중 될 것으로 판단되어 2002년에서 2021년까지의 증가한 교통량에 따른 오염물질 배출량을 산정하였음.

표 2.39 연도별 발생교통량(일평균) (단위 : 대/일)

구 분	승용차	버 스		화 물 차			합 계
		소 형	대 형	소 형	중 형	대 형	
2002	73,983	8,505	3,228	86	25,039	8,279	119,120
2021	12,1314	13,015	4,510	124	38,989	12,330	190,282
증 감	47,331	4,510	1,282	38	13,950	4,051	71,612

표 2.40 연도별 발생교통량(첨두시) (단위 : 대/시)

구 분	승용차	버 스		화 물 차			합 계
		소 형	대 형	소 형	중 형	대 형	
2002	4,624	532	203	6	1,565	518	7,448
2021	7,583	814	283	8	2,437	771	11,896
증 감	2,959	282	80	2	872	253	4,448

표 2.41 이동오염원에 의한 배출량

구간	NO_2배출량(g/s)	
	일교통량	첨두시교통량
구리~판교 고속도로	0.9824	1.9636

주) 일평균 교통량 적용시 NOx에서 NO_2로의 전환율은 0.75 적용

㉰ FPM 및 CPM을 고려한 지역 먼지 배출량 비교 분석

- 본 연구에서 사용한 CAPSS 데이터는 국립환경과학원 홈페이지로부터 엑셀형식으로 다운받은 2013년 TSP 데이터를 가공하여 사용하였음.
- 옵션 사항으로, 기준년도는 2013년을 선택하였으며, 오염물질은 TSP와 PM2.5를 선정함.
- 연료구분은 대분류 및 소분류까지 구분하였고, 배출원은 대분류, 중분류, 소분류까지 구분하였으며, 행정구역은 시도 및 시구군까지 구분하여 산정함
- 데이터 선택 옵션화면을 그림 2.2에 나타내었음.



그림 2.2 CAPSS 데이터의 선택 옵션 화면

- 다음은 CPM 배출계수에 대한 산정방법으로, 국립환경과학원(NIER (2015)에서 발표한 우리나라와 미국의 고정오염원 CPM 배출계수는 표 2.42와 같음.
- 위로부터 LNG, 경유, 벙커 C유는 방지시설이 없는 상태의 보일러에서 측정한 값이고, 유연탄 배출계수는 발전소 방지시설 후단에서 측정한 값이었음.

표 2.42 CPM emission factors in Seoul and Incheon vs US EPA

Fuel type	TPM	FPM	CPM	unit	note
LNG boiler	206.67	3.79	202.88	mg/m^3	Korea uncontrolled
	121.73	30.43	91.30	mg/m^3	US EPA controlled
Light oil boiler	65.78	3.38	62.40	mg/L	Korea uncontrolled
	255.23	99.46	155.77	mg/L	US EPA controlled
B-C oil boiler	371.47	143.83	227.64	mg/L	Korea uncontrolled
	238.45	58.71	179.74	mg/L	US EPA controlled
Bituminous Power Plant	71.65	6.55	65.10	g/ton	Korea controlled
	486.25	14.51	471.74	g/ton	US EPA controlled

- 미국 EPA의 배출계수는 모두l 방지시설 후단에서 측정, 분석한 값을 사용하였는데, FPM의 경우 중유를 제외화면 우리나라보다 미국의 계수가 크게 나타났으며 경유와 유연탄의 CPM은 미국의 배출계수 값이 높게 나타났고, LNG와 중유는 우리나라의 값이 높게 나타났음.
- 배출계수의 산출은 우리나라와 미국의 배출계수 모두 EPA 201A/202 측정방법을 사용하여 보고한 자료에 근거하였음(NIER (2015)).
- 미국의 CPM 배출계수는 AP-42에 보고하고 있음(US EPA, 2017).
- LNG, 경유, 벙커 C유, 유연탄의 경우에는 CAPSS 상의 PM2.5 배출량에 표 2.42의 여과성 먼지배출계수 대비 응축성 먼지의 비율을 곱하여 산정하였음. 즉, LNG의 경우 202.88 / 3.79 = 53.53배, 경유의 경우 62.40 / 3.38 = 18.46배, 벙커 C유의 경우 227.64 / 143.83 = 1.58배, 유연탄의 경우 65.10 / 6.55 = 9.94배의 비율을 CAPSS 상의 PM2.5에 곱하여 CPM의 양을 산정하였음.
- 벙커 A유와 벙커 B유는 벙커 C유의 배율을 적용하였으며, 무연탄의 경우에는 유연탄의 비율을 적용하여 응축성 먼지를 산정하였음.
- 지역별로 여과성 먼지와 응축성 먼지를 비산업연소, 생산공정, 에너지산업 연소, 제조업 연소, 폐기물 처리, 농업, 기타면오염원, 도로이동오염원, 비도로 이동오염원 등으로 구분하여 산정한 결과를 표 2.43에 나타내었음.
- 국내 배출계수를 적용한 서울특별시의 경우 연간 응축성 먼지는 6,623.1톤으로서, 비산업연소 5,918.8톤, 생산공정 0.0톤, 에너지산업 연소 681.6톤, 제조업 연소 22.7톤으로

산정되었음.

- 연간 여과성 먼지는 1,807.2톤으로서 비산업연소 334.0톤, 생산공정 0.0톤, 에너지산업 연소 12.7톤, 제조업 연소 1.3톤, 폐기물 처리 18.2톤, 농업 0.0톤, 기타면오염원 54.2톤, 도로이동오염원 735.9톤, 비도로 이동오염원 650.9톤으로 산정되었음.
- 응축성 먼지와 여과성먼지를 합한 연간 총 먼지는 8,430.3톤으로서 비산업연소 6,252.8톤, 생산공정 0.0톤, 에너지산업 연소 694.3톤, 제조업 연소 24.0톤, 폐기물 처리 이하는 여과성 먼지량과 같았음.
- 국내 배출계수를 적용한 인천광역시의 경우 연간 응축성 먼지는 21,469.2 톤으로서, 비산업연소 1,244.1톤, 생산공정 0.0톤, 에너지산업 연소 18,573.4톤, 제조업 연소 1,651.8톤으로 산정되었음.
- 연간 여과성 먼지는 2,322.4톤으로서 비산업연소 42.7톤, 생산공정 332.5톤, 에너지산업 연소 532.8톤, 제조업 연소 401.3톤, 폐기물 처리 13.7톤, 농업 0.0톤, 기타면오염원 15.2톤, 도로이동오염원 377.3톤, 비도로이동오염원 606.9톤으로 산정되었음.
- 응축성 먼지와 여과성먼지를 합한 연간 총 먼지는 23,791.6톤으로서 비산업연소 1,286.8톤, 생산공정 332.5톤, 에너지산업 연소 19,106.2톤, 제조업 연소 2,053.1톤, 폐기물 처리 이하는 여과성 먼지와 같았음.

표 2.43 CAPSS에 따른 지역별 TPM과 FPM, CPM 산출결과 (unit : ton/yr, %)

Region	item	sum	non industrial combustion	producing process	energy industrial combustion	manufacture combustion	waste treatment	agriculture	etc. area sources	road moving sources	non-road moving sources
Seoul (calculated by Korean emission factors)	TPM	8,430.3	6,252.8	0.0	694.3	24.0	18.2	0.0	54.2	735.9	650.9
	FPM	1,807.2	334.0	0.0	12.7	1.3	18.2	0.0	54.2	735.9	650.9
	CPM	6,623.1	5,918.8	0.0	681.6	22.7	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C
Incheon (calculated by Korean emission factors)	TPM	23,791.6	1,286.8	332.5	19,106.2	2,053.1	13.7	0.0	15.2	377.3	606.9
	FPM	2,322.4	42.7	332.5	532.8	401.3	13.7	0.0	15.2	377.3	606.9
	CPM	21,469.2	1,244.1	0.0	18,573.4	1,651.8	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C

N/C : Not Calculated

- 응축성 먼지의 고려 여부에 따라 서울과 인천 지역에 대하여 각기 다른 패턴의 배출원의 기여도를 보였음.
- 여과성 먼지만을 고려했을 때에는 주로 이동오염원의 비중이 높았으나, 응축성 먼지를 고려하면 서울은 비산업연소의 기여도가, 인천 지역은 에너지 산업 연소의 비중이 높아짐.
- 향후 우리나라 지방도시에 계획 중인 집단에너지시설 및 제조업 연소시설의 경우, 입지 적정성 파악 시 응축성 먼지 배출량을 고려하여야 할 것으로 판단되었음.
- 따라서 국가적으로 먼지문제를 해결하려면 응축성 먼지의 고려가 필요하다고 판단되며, 지역 배출원이 가지는 특성에 따라 배출량 분석과 진단, 예측 및 대책수립이 적절하게 이루어져야 할 것으로 사료됨.

② 배출량 관리 소프트웨어의 기능 요구 사항 분석 및 정립

- 배출량 관리와 관련된 소프트웨어 기능 요구사항은 다음과 같음.

표 2.44 배출량 관리 소프트웨어의 기능 요구 사항 분석 및 정립

대분류	소분류	기능요구사항	비고
에너지 사용량 입력 시 요구 사항	건물 유형별 분석	• 주거, 상업, 업무, 공공시설로 구분해야 한다.	-
	공사장 배출원	• 공사장 배출원은 공사장비 등에서 배출하는 배출원을 의미한다.	-
	도로 배출원	• 도로배출원은 승용차, 버스 택시 등 도로에서 운행하는 차량 배출원을 의미한다.	-
	에너지의 유형	• 전기, 무연탄, 유연탄, 경유, 등유, 벙커 A, B, C 유, LNG, LPG	-
	에너지 사용주기	• 월별 사용량 분석이 가능해야 한다.	-
연료별 오염물질 배출계수 관련 요구 사항	에너지의 유형	• 무연탄, 유연탄, 경유, 등유, 벙커 A, B, C 유, LNG, LPG로 구분하여야 한다.	-
	무연탄 단위	• kg_먼지/ton_무연탄	-
	유연탄 단위	• kg_먼지/ton_유연탄	-
	경유 단위	• kg_먼지/㎘_경유	-
	등유 단위	• kg_먼지/㎘_등유	-
	벙커유 단위	• kg_먼지/㎘_벙커유	-
	LNG 단위	• kg_먼지/천㎥_LNG	-
	LPG 단위	• kg_먼지/㎘_LPG	-
먼지 배출량 산정시 요구사항	에너지 연소 시 먼지 배출량 산정 방법	• 먼지 배출량은 연료별 에너지 사용량에 FPM 및 CPM 먼지 배출계수를 곱하여 산정한다.	-
	공사장 배출량	• 토공량은 토공계획 상의 전체 토공량과 일일 토공량을 산정하며 성토와 절토로 구분하여 입력한다. • 공사장 투입 장비는 덤프트럭, 불도저, 백호, 그레이더, 로올러, 굴삭기 등의 장비에 대하여 장비 규격, 투입 대수, 작업량 등을 구분하여 입력한다. • 공사장 먼지는 공사장비 엔진 가동에 의한 배출량과 토공작업시 발생량 등으로 나눌 수 있으며, 토공작업시 발생량은 다시, 덤프트럭 운행, 기타 장비 운행, 토사 상하차 시, 바람에 의한 비산 등으로 나누어 계산한다.	-
	배출원의 CAPSS 대분류로 전환	• 건물, 공사장, 도로 배출원을 CAPSS 배출원 대분류로 재분류가 가능해야 함	-

(라) 국내 연료 연소 및 기타 관련 FPM 및 CPM 배출량 관리 data 수집

① 국립환경과학원 : SEMS, CAPSS, 미세먼지 예경보 시스템 중 배출량 산정 현황

㉮ SEMS (Stack Emission Management System)

- 대기배출원조사는 대기환경보전법 제17조(대기오염물질의 배출원 및 배출량 조사)와 대기환경보전법 시행규칙 제16조(배출시설별 배출원과 배출량 조사), 제36조(배출시설 및 방지시설 운영기록 보존) 및 제52조(자가측정의 대상 및 방법 등)에 의거하여, 대기오염물질 배출원을 보다 과학적이고 체계적으로 관리함으로써 국가 대기오염물질 배출량 산정, 대기보전 정책 수립, 관련 연구 기초자료 확보, 대기배출원 Data Base 구축 등을 위해 실시하고 있음.
- 따라서 대기배출사업장의 대기 오염물질 배출량 및 배출특성을 파악하기 위하여 1999년부터 전산 프로그램(SODAC/SODAM)을 개발하여 수행하였고 2007년에는 Web 기반의 on-line 체계로 운영되는 대기배출원관리시스템(Stack Emission Management System, 이하 SEMS)을 개발하여 2008년부터 웹기반 대기배출원관리시스템을 통한 조사를 실시하고 있음.
- 또한 2012년에는 대기환경보전법 시행규칙 제36조 및 제52조 개정에 따라 배출시설 및 방지시설의 운영기록과 자가측정에 관한 사항을 전산으로 기록·보존하기 위한 방법을 제정(국립환경과학원 고시(12.7.17))하고 “자가측정 및 시설운영보고 시스템” 구축·운영을 통하여 자가측정자료 및 시설운영자료를 실시간으로 수집, 관리토록 하고 있음.
- 표 2.45는 지역별 2016년 대기배출원 사업장 현황 조사결과로, 총 3,801 대상사업장 중 98.3%인 3,736개 사업장이 조사되었음.

표 2.45 지역별 조사대상 사업장 현황 (단위 : 개소)

시도	대상사업장				보고사업장				취합률 (%)	미제출 사업장
	합계	1종	2종	3종	합계	1종	2종	3종		
합계	3,801	1,107	1,167	1,527	3,736	1,098	1,151	1,487	98.3	65
서울특별시	29	13	5	11	29	13	5	11	100	0
부산광역시	181	31	53	97	181	31	53	97	100	0
대구광역시	142	22	45	75	142	22	45	75	100	0
인천광역시	206	64	50	92	206	64	50	92	100	0
광주광역시	80	16	21	43	80	16	21	43	100	0
대전광역시	53	9	27	17	53	9	27	17	100	0
울산광역시	197	95	50	52	194	95	49	50	98.5	3
세종특별자치시	25	11	5	9	25	11	5	9	100	0
경기도	725	212	185	328	686	206	177	303	94.6	39
강원도	101	37	38	26	101	37	38	26	100	0
충청북도	253	54	108	91	252	54	108	90	99.6	1
충청남도	308	108	86	114	307	108	86	113	99.7	1
전라북도	245	77	90	78	243	76	90	77	99.2	2
전라남도	263	107	90	66	259	107	90	62	98.5	4
경상북도	470	119	137	214	460	113	130	212	97.9	10
경상남도	506	122	175	209	502	121	175	206	99.2	4
제주특별자치도	17	10	2	5	16	10	2	4	94.1	1

- 표 2.46은 사업장 종별 방지시설과 배출구 현황을 나타냄. 시설의 지역별 분포 현황 조사 결과, 방지시설은 경기도, 경상북도, 경상남도 등의 순으로 나타났음. 배출구는 경상남도, 경기도, 경상북도 등의 순으로 설치된 것으로 조사되었으며, 경기도의 경우 사업장은 가장 많았으나 배출구 수는 두 번째로 나타났는데 이는 배출구 수가 적은 3종 사업장이 많은 이유로 사료됨.
- 대부분의 배출시설과 방지시설, 배출구는 종 규모가 클수록 설치된 시설 수도 많은 것으로 조사되었음. 종 규모에 따른 지역별 배출시설 현황을 보면 부산광역시, 세종특별자치시는 1~2종 사업장 보다 3종 사업장에서 배출시설이 많았으며 경기도, 대구광역시, 대전광역시는 1종, 3종 사업장 보다 2종 사업장에서 배출시설이 많았고, 나머지 지역은 1종 사업장에서 배출시설이 많은 것으로 조사되었음.
- 지역별 방지시설 현황을 살펴보면 대전광역시, 세종특별자치시, 충청북도가 2종 사업장에서 방지시설이 1종, 3종 사업장 보다 많은 것으로 나타났으며, 부산광역시, 대구광역시는 3종 사업장 방지시설이 1~2종 사업장 보다 많은 것으로 조사되었으나 그 외 다른 지역은 1종 사업장에서 방지시설이 많은 것으로 조사되었음.
- 또한, 지역별 배출구 현황을 보면 울산광역시를 선두로 경상도, 전라도, 충청도, 경기도, 인천광역시, 강원도, 부산광역시, 광주광역시, 서울특별시, 제주특별자치도 지역에서 공통적으로 2~3종 사업장 보다 1종 사업장에서 배출구가 많았으며 대구광역시, 대전광역시, 세종특별자치시가 2종 사업장의 배출구가 1종, 3종 사업장보다 많은 것으로 조사되었음.

표 2.46 사업장 종 규모별, 지역별 방지시설 및 배출구 현황 (단위 : 개)

시도	방지시설 현황				배출구 현황			
	1종 사업장	2종 사업장	3종 사업장	합계	1종 사업장	2종 사업장	3종 사업장	합계
서울특별시	88	5	12	105	43	14	20	77
부산광역시	658	534	731	1,923	741	524	705	1,970
대구광역시	378	410	534	1,322	301	498	423	1,222
인천광역시	1,230	559	659	2,448	1,099	530	637	2,266
광주광역시	352	234	289	875	325	226	256	807
대전광역시	163	167	111	441	114	167	91	372
울산광역시	3,866	723	397	4,986	4,804	632	424	5,860
세종특별자치시	100	142	72	314	72	148	85	305
경기도	4,819	2,489	2,272	9,580	2,302	2,018	2,119	6,439
강원도	891	326	184	1,401	797	290	167	1,254
충청북도	1,349	1,362	694	3,405	1,819	1,544	791	4,154
충청남도	2,532	973	833	4,358	2,389	881	795	4,065
전라북도	2,180	633	511	3,324	1,944	508	494	2,946
전라남도	3,004	701	317	4,022	3,365	751	289	4,405
경상북도	3,060	1,754	1,643	6,457	3,173	1,699	1,521	6,393
경상남도	2,425	2,262	1,600	6,287	2,859	2,484	1,614	6,957
제주특별자치도	41	6	7	54	26	3	5	34
합계	27,156	13,280	10,866	51,302	26,173	12,917	10,436	49,526

- 표 2.47은 일반 연료(유연탄 등 고체연료, B-C유 등 액체연료, LNG 등 기체연료)를 사용하는 사업장의 연료 사용량 조사결과를 나타냄.
- 연료형태별로 살펴보면 고체 연료가 66.9%로 가장 많이 사용되었으며, 기체연료 27.3%, 액체연료 5.8%순으로 사용되었음. 고체연료에서는 유연탄이 가장 많이 사용되었으며, 기체연료에서는 LNG, 액체연료에서는 B-C유(황함량 0.3%)를 많이 사용한 것으로 조사되었음.
- 연료 종류별로는 유연탄이 전체 연료 사용량의 65.0%를 차지하였고, 그 다음은 LNG 27.0%, B-C유(황함량 0.3%) 1.7% 순으로 사용 비중을 보였으며, 특히 이 3개 종류의 연료 사용량은 총 81,816 천TOE로 전체 연료 사용량의 93.7%에 해당하는 것으로 조사되었음.
- 업종별로는 화력발전업의 유연탄 사용량이 545 천TOE로 가장 많이 증가하였고, B-C유 사용량도 268 천TOE 증가한 것으로 조사되었음. 발전업의 LNG 사용량은 전년도 대비 3,262 천TOE, 약 16% 감소한 것으로 나타났음. 원유 정제처리업에서는 B-C유가 전년도 대비 441 천TOE 증가한 것으로 조사되었음.
- 표 2.48은 2015년 종 규모별, 지역별 전기 사용량 조사결과를 나타냄. 1년 총 전기 사용량은 188,211,643MWh로 전년에 비해 15,025,617 MWh 증가한 것으로, 전년대비 2, 3종 사업장의 사용량은 감소했으나 1종 사업장의 사용량이 증가하였기 때문으로 분석되었음.
- 지역별 전기 사용량 비중은 전라남도 16.6%, 경상북도 14.1%, 충청남도 14.1% 순으로 나타났음. 종별 전기 사용량은 1종 사업장이 85.7%로 사용량의 대부분을 차지하며, 2종 사업장 10.1%, 3종 사업장 4.2% 순으로 사용한 것으로 분석됨.

표 2.47 연료별 사업장 연료 사용량 현황 (단위 : 천TOE)

종류	연료명	사용량(천TOE)	사업장 수(시설)
고체연료	무연탄	1,161	29(91)
	유연탄	55,899	47(146)
	코크스	471	29(52)
액체연료	B-A유	5.7	22(32)
	B-B유	4.0	9(14)
	B-C유(0.3%)	2,699	266(455)
	B-C유(0.5%)	551	287(361)
	B-C유(1.0%)	129	8(15)
	B-C유(1.6%)	0.04	1(2)
	B-C유(2.5%)	1,432	7(12)
	B-C유(황함량 3.8%이상)	137	9(21)
	경유(0.1%)	24	185(247)
	경유(0.2%)	0.6	19(25)
	경유(0.4%)	0.5	17(21)
	경유(1.0%)	0.3	16(19)
	등유(석유)	10.5	79(157)
기체연료	LNG	23,217	1,373(5,964)
	LPG	251	173(453)
합계		85,993	2,576(8,087)

표 2.48 종 규모별, 지역별 전기 사용량 현황 (단위 : MWh)

시도	사업장 구분			합계
	1종	2종	3종	
서울특별시	380,701	239,846	211,164	831,712
부산광역시	2,479,315	509,785	373,422	3,362,522
대구광역시	699,344	503,892	277,270	1,480,506
인천광역시	8,596,758	295,772	413,247	9,305,777
광주광역시	738,487	251,567	155,641	1,145,695
대전광역시	712,876	334,357	55,698	1,102,931
울산광역시	21,890,930	1,283,409	320,455	23,494,794
세종특별자치시	498,509	86,064	47,213	631,786
경기도	19,851,850	4,558,120	1,750,818	26,160,787
강원도	4,904,228	188,444	397,636	5,440,308
충청북도	3,889,937	3,399,165	581,656	7,870,758
충청남도	25,141,849	801,189	541,718	26,484,756
전라북도	9,373,841	413,424	506,991	10,294,256
전라남도	29,593,303	1,431,918	181,329	31,206,550
경상북도	22,554,625	2,850,437	1,119,637	26,524,698
경상남도	9,904,128	1,964,290	933,335	12,801,753
제주특별자치도	44,305	3,155	24,594	72,054
합계	161,254,985	19,064,833	7,891,824	188,211,643

㉯ CAPSS (Clean Air Policy Support System)

- 정부는 대기환경정책 수립, 대기오염총량제 이행, 대기질 예보 등을 위해 국가 대기오염물질 배출량을 지자체 및 격자 단위 배출량으로 생산하여 대기환경개선 종합계획, 지자체 대기환경관리 시행계획 등의 근거자료 및 정책성과평가 등에 기초자료로 활용되고 있음.
- 대기오염물질 배출목록(Air Pollutants Emission Inventory)에 근거한 대기정책지원시스템(Clean Air Policy Support System, CAPSS)을 활용하여, 점 · 면 · 이동오염원 등에서 배출되는 8가지 대기오염물질(CO, NOx, SOx, TSP, PM10, PM2.5, VOC, NH3)의 배출량을 매년 산정함. 국가 대기오염물질 배출량 서비스는 오염물질별, 배출원별, 지역별 등의 다양한 배출량 통계와 배출량에 적용된 세부정보를 제공함.
- CAPSS 배출원 분류체계는 유럽 CORINAIR 배출원 분류체계(SNAP 97)를 기초로 하고 있으며, 2007년부터 배출원 분류체계를 국내 현실에 맞추어 변경, 기존 11개 대분류에서 13개의 대분류로 변경하였음. 표 2.49는 CAPSS 배출원 분류체계 및 배출원별 개요와 특징을 나타냄.

표 2.49 CAPSS 배출원 분류체계

배출원			특징
01	연료연소	에너지산업	• 점오염원은 대기배출원관리시스템(SEMS)을 기반으로 상향식방법을 이용하며, 면오염원(점오염원 이외의 경우)은 석유공사, 석탄협회, 가스회사 등의 통계자료를 기초로 하향식방법을 이용하여 배출량 산정함. • 배출계수는 「대기환경보전법 시행규칙 <별표10>」에서 제시한 배출계수와 국립환경과학원의 연구결과, 국내 연구결과(가스히트펌프), AP-42의 계수들을 검토하고 일부 수정하여 적용하였음. • 개별 연소시설에 대한 방지효율은 SEMS 자료를 이용, 적정방지효율을 참고하여 적용하였음. 적정방지효율은 '대기오염물질 배출 사업장 종 산정방법 변경에 따른 업무처리지침'(환경부, 2004.02)에 명시된 대기오염 방지시설의 오염물질 제거 효율을 기준으로 작성되었음.
02		비산업	
03		제조업	
04	생산 공정		• 기본적으로 제품 생산량이나 원료 투입량을 기반으로 산정함. • 배출계수는 유럽 CORINAIR, 미국 EPA 및 국내조사에서 검증된 계수를 이용하며, 방지효율이 고려된 제어(controlled) 배출계수를 적용함.
05	에너지 수송 및 저장		• 화석연료(특히 휘발성이 강한 휘발유)의 공급으로 인한 VOC 배출량을 산정하는 부문으로, 정유공장 및 저유소의 출하기지에서 수송수단(탱크트럭 등)에 적재할 때의 배출과 저장탱크에서의 배출, 주유소에서의 급유 및 저장탱크에서의 배출을 고려함. • 배출계수는 유럽 CORINAIR를 이용하나 주유소에서의 배출계수는 국내 연구결과를 반영하여 적용함.
06	유기용제 사용		• 페인트, 잉크, 세탁소 용매 및 가정용품 등 휘발성이 큰 유기용제의 사용에 따른 휘발성 유기화합물 배출량을 산정함. • 산업시설 도장, 건축물・비산업용 도장, 세정, 세탁, 기타 인쇄, 가정, 아스팔트 포장 등으로 나누어 산정함.
07	도로 이동오염원		• 국내 자동차 관리법 규칙에 따라 분류(승용차, 승합차, 화물차, 특수자동차, 이륜차)된 자동차의 대기오염물질 배출량을 산정하는 부문임. • 차종에 따라 경형, 소형, 중형, 대형으로 나누어 차종별 엔진가열 배출량, 엔진 미가열 배출량, 증발 배출량 등으로 분류하여 산정함. 이륜차, 화물차 대형 등 일부는 엔진가열 배출량만 산정함. 또한 차종별로 이용되는 연료도 구분하여 산정함. • 배출계수는 차종 및 연식별로 모든 차종에 대하여 개발된 것이 아니기 때문에 일부 차종에 대해서는 다른 유사 차종의 배출계수를 적용함. • 배출계수는 국립환경과학원 교통환경연구소 제공 자료를 사용하며 CAPSS 차종에 포함되지 않은 차종의 배출계수, 엔진 미가열 배출 및 증발 배출계수는 유럽 CORINAIR에서 제공하는 배출계수를 적용함.
08	비도로 이동오염원		• 자동차 이외의 내연기관을 장착한 철도, 선박운항 및 항공기, 건설장비, 농기계 배출량으로 분류하여 산정함. • 배출계수는 국내 자료와 미국 EPA의 계수를 사용하며, 항공은 미국 연방항공청(Federal Aviation Administration)이 개발한 계수를 사용함.
09	폐기물 처리		• 폐기물 소각, 폐수처리, 매립, 퇴비화 등의 폐기물 처리로 인한 대기오염물질 배출량을 산정하는 부문임. • 배출원은 유럽 CORINAIR 분류체계에 국내 현실을 반영하였으며 폐기물 처리에 의한 배출량은 생활폐기물과 사업장폐기물(플레어링 제외)의 소각에 의한 배출량만을 산정함.

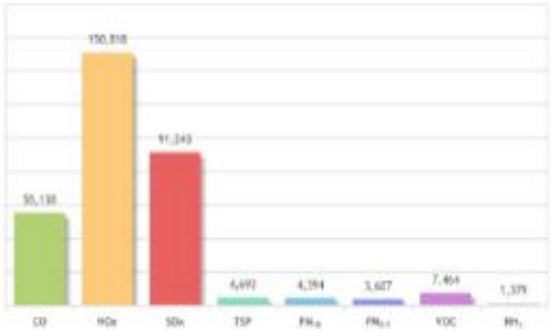
표 2.49 CAPSS 배출원 분류체계(계속)

배출원		특징
10	농업	• 가축 분뇨관리 및 비료사용으로 인한 암모니아 배출량을 산정함. • 배출계수는 유럽 CORINAIR 분류체계를 국내 현실을 반영하여 설정하였으며, 비료사용 및 분뇨관리에 대해서만 배출량을 산정함.
11	기타 면오염원	• 일반적으로 식생 및 습지/토양에서의 오염물질 배출, 산불/화재 등이 포함되나, CAPSS는 동물에 의한 암모니아 배출량만을 산정함. • 배출원 분류체계는 소분류까지는 유럽 CORINAIR를 따르지만, 식생 종류에 따른 세분류 체계는 국내 현존식생도에서 제공하는 수종에 따라 구분함. 동물 부문은 인간과 멧돼지에 의한 배출량을 포함하여 산정함.
12	비산먼지	• 도로운행으로 인한 자동차 재비산 먼지와 사업장 또는 공정상에서 일정한 배출구 없이 대기로 배출되는 먼지를 말함. • 건설공사, 나대지, 하역 및 야적, 농업활동, 축산활동, 건설폐기물 재활용으로 인해 발생하는 비산먼지도 포함함.
13	생물성 연소	• 고기 및 생선구이, 노천소각, 농업잔재물 소각, 목재난로 및 보일러, 아궁이, 숯가마에서 대기로 배출되는 오염물질을 산정하는 부문임. • 해당 배출원의 통계 및 설문조사 자료를 활동도로 사용하며 배출계수는 국내에서 개발한 계수를 적용함.

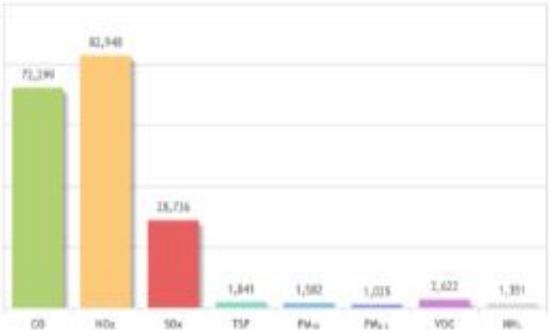
- 그림 2.3은 CAPSS 배출원 분류체계에 따른 2015년 국가 오염물질 배출량을 나타낸 것임.



a. 전체 부문 총계



b. 에너지산업 연소



c. 비산업 연소

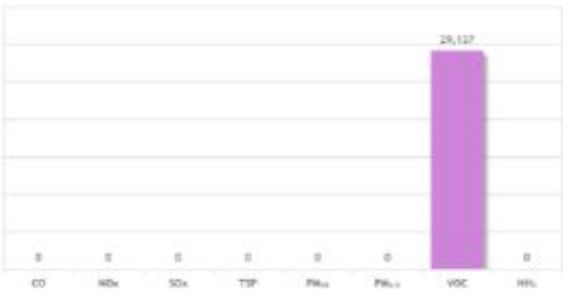


d. 제조업 연소

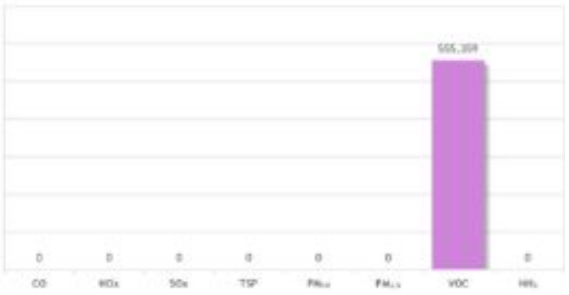
그림 2.3 2015년 부문별 국가 오염물질 배출량 (단위 : 톤)



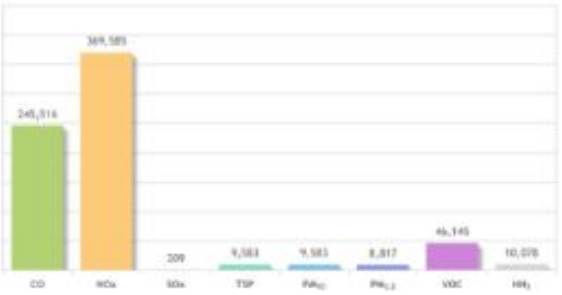
e. 생산공정



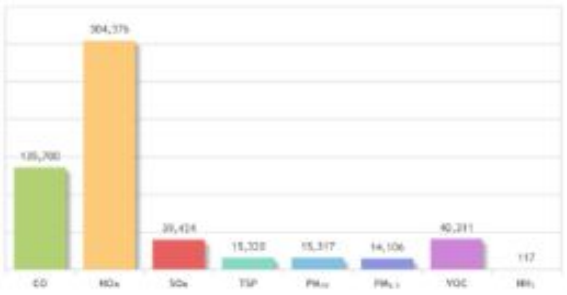
f. 에너지 수송 및 저장



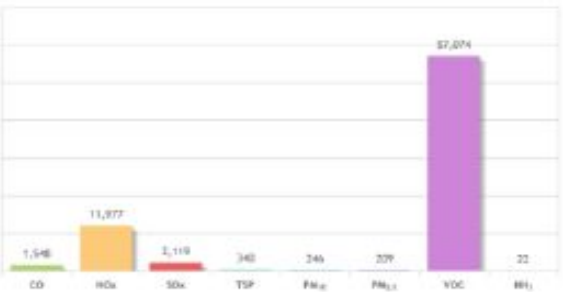
g. 유기용제 사용



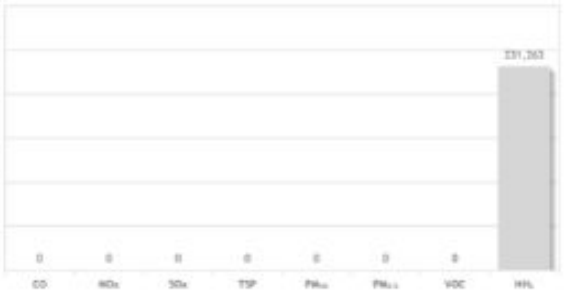
h. 도로 이동 오염원



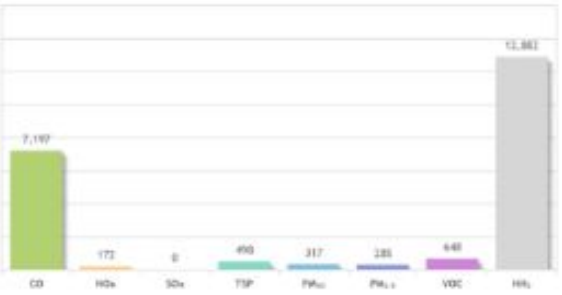
i. 비도로 이동 오염원



j. 폐기물 처리



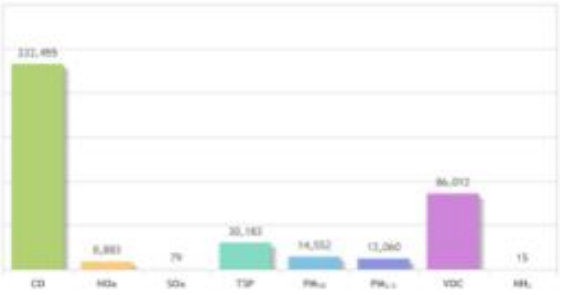
k. 농업



l. 기타 면오염원



m. 비산먼지



n. 생물성 연소

그림 2.4 2015년 부문별 국가 오염물질 배출량 (단위 : 톤) (계속)

㉰ 미세먼지 예·경보 시스템

- 환경부는 대기오염으로 인한 국민 건강 피해를 최소화하기 위해 매일 4회 대기오염 농도 등급을 예측하여 에어코리아 사이트(http://www.airkorea.or.kr/dustForecast)를 통해 발표하고 있음. 그림 2.5는 에어코리아 미세먼지 예보 결과를 나타냄.
- 그런데 조사결과, 환경부의 미세먼지 예측모델은 응축성 먼지를 배제한 여과성 먼지만을 배출량으로 입력하여 모델링을 수행하고 있는 것으로 나타남.
- 반면 최근 일본 Morino 등의 2018년도 발표 논문에서는 먼지 배출량에서 응축성 먼지 배출량의 중요성을 강조하였음. 그림 2.6은 일본의 미세먼지 모델링 모사 영역을 나타냄.
- 따라서 여과성 먼지 배출량과 응축성 먼지 배출량을 함께 고려하여 미세먼지 예·경보를 수행함으로써 우리나라 미세먼지 모델링의 정확도를 향상시켜야 할 것으로 판단됨.

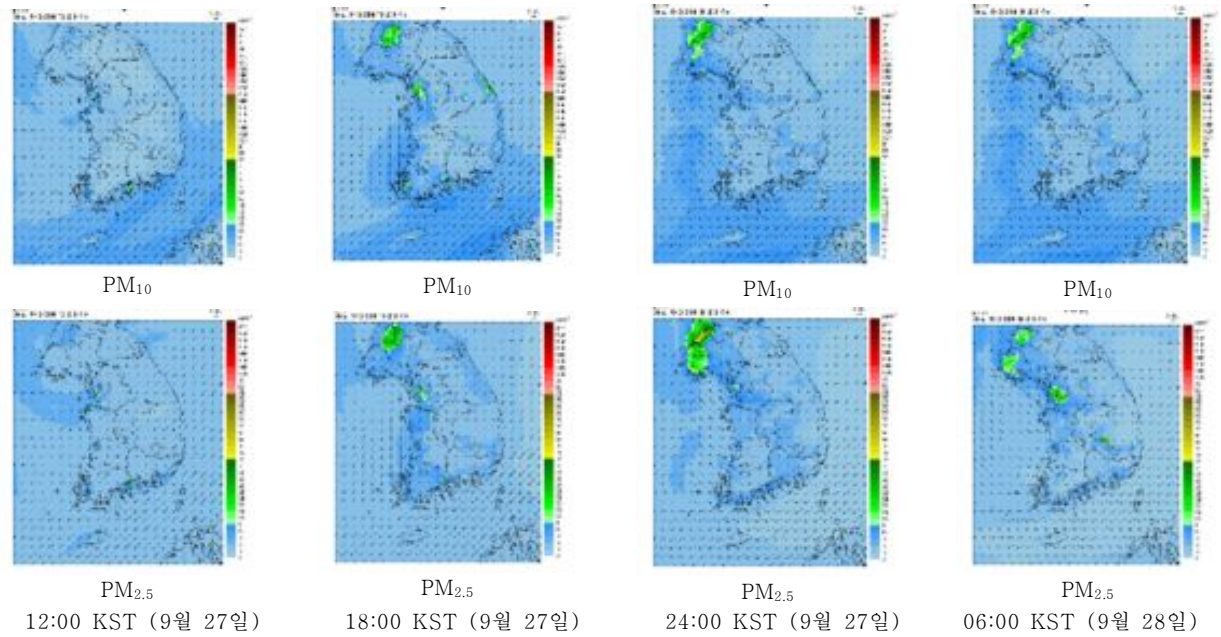


그림 2.5 국내 에어코리아 미세먼지 예보 결과

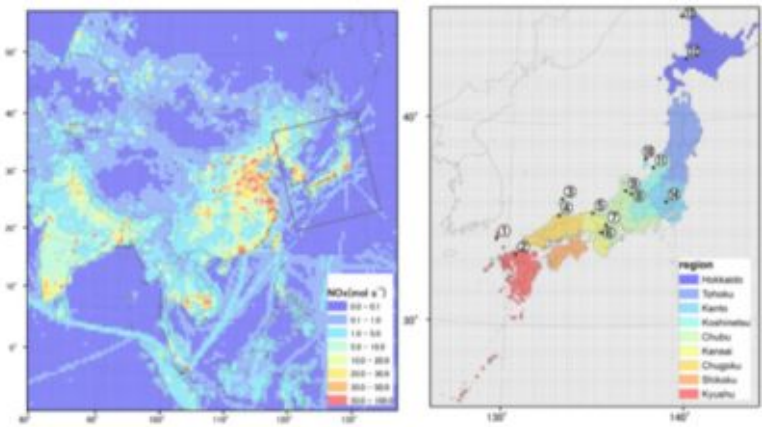


그림 2.6 일본 미세먼지 모델링 모사 영역

② 서울, 인천, 경기 등 지자체 미세먼지 예경보 시스템 중 배출량 산정 현황

- 서울과 인천, 경기 지역의 여과성 먼지(FPM) 산정 현황을 배출원 분류에 따라 조사하였으며, 표 2.50 ~ 표 2.52와 같음.
- 서울지역과 인천지역의 배출량은 전반적으로 유사하나 TSP와 PM10은 서울이 다소 많고 PM2.5는 인천이 다소 많은 것으로 나타남. 경기지역 배출량은 서울지역과 비교하여 TSP 3.7배, PM10 3.6배, PM2.5 4.2배 많은 것으로 조사됨.
- 서울과 인천, 경기 모두 비산먼지(도로재비산, 건설공사, 나대지 등)에서 발생한 FPM 배출량이 가장 높은 비중(TSP 약 87%, PM10 약 73%, PM2.5 약 33%)을 차지하고 있음.
- 지역별 배출원 특성을 살펴보면, 서울지역은 도로 및 비도로 이동오염원의 비중이 인천과 경기에 비해 높은 비중을 차지하고 있으며, 인천은 연료연소(에너지산업 연소, 비산업 연소, 제조업 연소)의 비중이 높음. 경기지역은 상대적으로 전체 배출량에서 차지하는 생물성 연소의 배출 비중이 타 지역에 비해 높게 분석됨.

표 2.50 서울 먼지 중 FPM 배출량 산정 결과 (단위 : kg)

배출원 대분류	배출원 중분류	TSP	PM10	PM2.5
에너지산업 연소	공공발전시설	1,222.57	1,222.57	1,222.57
에너지산업 연소	지역난방시설	6,064.44	6,064.44	6,064.44
에너지산업 연소	민간발전시설	54.03	54.03	54.03
비산업 연소	상업 및 공공기관시설	43,016.66	39,850.84	25,635.09
비산업 연소	주거용시설	101,291.96	94,558.64	83,919.30
비산업 연소	농업.축산.수산업시설	95,424.61	87,518.23	57,736.77
제조업 연소	공정로	9.60	9.60	9.60
제조업 연소	기타	1,684.75	1,601.13	1,143.17
도로이동오염원	승용차	11,507.14	11,507.14	10,586.57
도로이동오염원	승합차	26,617.52	26,617.52	24,488.11
도로이동오염원	버스	3,452.21	3,452.21	3,176.03
도로이동오염원	화물차	226,088.14	226,088.14	208,001.09
도로이동오염원	특수차	749.57	749.57	689.60
도로이동오염원	RV	262,652.48	262,652.48	241,640.28
비도로이동오염원	철도	14,448.44	14,448.44	13,291.93
비도로이동오염원	항공	11,433.77	10,979.73	10,101.35
비도로이동오염원	농업기계	1,489.32	1,489.32	1,370.04
비도로이동오염원	건설장비	630,480.23	630,480.23	580,041.81
폐기물처리	폐기물소각	12,607.51	9,127.84	6,999.13
기타 면오염원	산불 및 화재	57,132.28	36,302.31	32,672.08
비산먼지	도로재비산먼지	11,511,125.42	2,209,565.87	534,572.39
비산먼지	건설공사	5,861,319.78	4,020,928.93	402,092.89
비산먼지	나대지	3,307,857.31	1,290,064.35	193,509.65
비산먼지	하역 및 야적	1.64	0.57	0.06
비산먼지	농업활동	10,603.10	3,635.82	727.17
비산먼지	축산활동	128.16	42.72	28.04
비산먼지	폐기물처리	78,215.88	21,219.00	2,121.90
생물성 연소	노천 소각	6,036.62	4,132.49	3,664.17
생물성 연소	농업잔재물 소각	6,252.91	2,362.66	1,876.28
생물성 연소	고기 및 생선구이	136,720.17	136,720.17	125,336.60
생물성 연소	목재난로및보일러	12,500.63	5,455.20	3,464.66
생물성 연소	아궁이	589.11	389.29	312.40
생물성 연소	숯가마	3,456.00	3,283.20	3,110.40

표 2.51 인천 먼지 중 FPM 배출량 산정 결과 (단위 : kg)

배출원 대분류	배출원 중분류	TSP	PM_{10}	$PM_{2.5}$
에너지산업 연소	공공발전시설	417,542.87	411,777.75	349,184.94
에너지산업 연소	지역난방시설	6,161.25	6,161.25	6,161.25
에너지산업 연소	석유정제시설	7,206.51	4,723.09	2,491.08
에너지산업 연소	민간발전시설	69,406.33	69,406.09	69,405.53
비산업 연소	상업 및 공공기관시설	6,907.48	6,392.49	4,280.58
비산업 연소	주거용시설	39,510.81	34,713.33	26,538.74
비산업 연소	농업.축산.수산업시설	330.09	302.69	197.86
제조업 연소	연소시설	219,754.71	129,293.82	47,120.21
제조업 연소	공정로	5,214.89	4,953.06	4,836.17
제조업 연소	기타	117,018.62	68,823.76	36,176.35
생산공정	석유제품산업	23,111.77	6,679.30	1,463.75
생산공정	제철제강업	301,236.92	219,601.72	160,157.63
생산공정	무기화학제품 제조업	38,299.70	21,218.03	11,679.57
생산공정	목재,펄프 제조업	13,762.85	8,312.76	5,009.68
생산공정	기타 제조업	4,115.36	3,121.36	2,809.23
도로이동오염원	승용차	6,306.02	6,306.02	5,801.53
도로이동오염원	승합차	13,476.49	13,476.49	12,398.37
도로이동오염원	버스	4,807.40	4,807.40	4,422.81
도로이동오염원	화물차	179,857.36	179,857.36	165,468.78
도로이동오염원	특수차	2,025.02	2,025.02	1,863.02
도로이동오염원	RV	129,656.56	129,656.56	119,284.03
비도로이동오염원	철도	465.15	465.15	427.91
비도로이동오염원	선박	236,874.47	236,874.47	216,952.14
비도로이동오염원	항공	48,365.39	46,436.57	42,721.64
비도로이동오염원	농업기계	14,984.57	14,984.57	13,785.87
비도로이동오염원	건설장비	416,783.76	416,783.76	383,441.06
폐기물처리	폐기물소각	13,409.76	9,708.67	8,306.65
기타 면오염원	산불 및 화재	19,011.36	12,078.42	10,870.58
비산먼지	도로재비산먼지	8,629,413.77	1,656,419.98	400,746.77
비산먼지	건설공사	4,395,277.16	3,015,191.34	301,519.13
비산먼지	나대지	1,863,319.24	726,694.50	109,004.18
비산먼지	하역 및 야적	6,811.87	2,384.15	238.42
비산먼지	농업활동	327,356.31	108,280.88	21,656.18
비산먼지	축산활동	109,061.35	36,490.47	8,021.72
비산먼지	폐기물처리	1,345,928.82	367,474.18	36,747.42
비산먼지	비포장도로 비산먼지	1,912,002.02	161,164.40	16,116.44
생물성 연소	노천 소각	16,954.77	11,606.72	10,291.39
생물성 연소	농업잔재물 소각	187,731.58	71,331.90	58,684.68
생물성 연소	고기 및 생선구이	28,439.09	28,439.09	26,071.20
생물성 연소	목재난로및보일러	56,774.01	29,204.62	19,867.98
생물성 연소	아궁이	2,015.32	1,331.74	1,068.72
생물성 연소	숯가마	6,912.00	6,566.40	6,220.80

표 2.52 경기 먼지 중 FPM 배출량 산정 결과 (단위 : kg)

배출원 대분류	배출원 중분류	TSP	PM10	PM2.5
에너지산업 연소	공공발전시설	43,949.41	42,017.27	39,326.93
에너지산업 연소	지역난방시설	63,104.98	59,170.60	56,239.44
에너지산업 연소	민간발전시설	147,418.25	146,792.34	143,898.26
비산업 연소	상업 및 공공기관시설	18,564.83	17,367.85	11,905.72
비산업 연소	주거용시설	268,576.74	228,440.88	150,358.20
비산업 연소	농업.축산.수산업시설	6,673.74	6,120.59	3,901.77
제조업 연소	연소시설	15,404.81	9,681.12	7,509.03
제조업 연소	공정로	13,977.85	13,212.04	9,197.00
제조업 연소	기타	1,477,781.80	863,246.19	313,798.40
생산공정	목재,펄프 제조업	9,463.56	5,715.99	3,444.74
생산공정	기타 제조업	70,529.33	57,433.84	51,690.46
도로이동오염원	승용차	21,966.18	21,966.18	20,208.89
도로이동오염원	승합차	76,409.63	76,409.63	70,296.86
도로이동오염원	버스	64,279.53	64,279.53	59,137.16
도로이동오염원	화물차	1,554,711.04	1,554,711.04	1,430,334.16
도로이동오염원	특수차	15,894.02	15,894.02	14,622.50
도로이동오염원	RV	547,029.59	547,029.59	503,267.22
비도로이동오염원	철도	43,006.84	43,006.84	39,564.52
비도로이동오염원	선박	332,611.61	332,611.61	303,676.63
비도로이동오염원	항공	866.19	831.80	765.25
비도로이동오염원	농업기계	108,975.77	108,975.77	100,264.51
비도로이동오염원	건설장비	2,246,466.12	2,246,466.12	2,066,748.83
폐기물처리	폐기물소각	63,306.24	45,843.79	38,323.45
기타 면오염원	산불 및 화재	115,408.52	73,304.99	65,974.49
비산먼지	도로재비산먼지	34,492,789.77	6,620,907.02	1,601,832.34
비산먼지	건설공사	18,998,055.65	13,033,434.02	1,303,343.40
비산먼지	나대지	1,138,957.65	444,193.48	66,629.02
비산먼지	하역 및 야적	1,214.95	425.23	42.52
비산먼지	농업활동	2,862,650.58	984,150.99	196,830.19
비산먼지	축산활동	5,402,405.51	1,808,423.22	318,513.62
비산먼지	폐기물처리	4,780,538.22	1,302,010.81	130,201.08
비산먼지	비포장도로 비산먼지	4,786,415.09	403,451.30	40,345.17
생물성 연소	노천 소각	182,953.17	125,244.16	111,050.86
생물성 연소	농업잔재물 소각	2,381,510.19	909,031.17	743,276.08
생물성 연소	고기 및 생선구이	136,097.13	136,097.13	124,765.44
생물성 연소	목재난로및보일러	448,099.02	209,047.64	136,855.05
생물성 연소	아궁이	19,497.32	12,884.01	10,339.41
생물성 연소	숯가마	608,832.00	578,390.40	547,948.80

③ 환경영향평가 시 대기질 모델링 먼지 배출량 산정현황

㉮ 도시개발 공사 시 미세먼지 배출량 산정방법

- 전국 11개 택지개발지구의 환경영향평가 내용을 검토하여, 신규 도시를 개발하는 공사단계에서 토사의 이동 및 건설장비 투입에 따라 발생되는 미세먼지의 배출량을 산정하는 방법을 조사 및 분석하였음.
- 조사된 택지개발지구의 환경영향평가 상의 공사 시 오염물질 배출량 산정방법은 환경영향평가를 실시한 시기 및 평가자의 적용 기준에 따라 다소 상이하나, 대체로 투입 건설장비의 연료연소에 따른 오염물질과 건설장비의 이동 및 토사 상·하적에 따른 오염물질로 구분하여 산정하고 있음.
- 택지개발지구의 공사규모 및 토공량과 투입되는 건설장비의 종류 및 규격을 고려하여 산출된 건설장비의 투입대수에 건설장비별 시간당 에너지소비계수를 적용하여 유류소비량을 산출하고, 산출된 유류소비량에 오염물질 배출계수를 적용하여 건설장비 투입에 따른 오염물질 배출량을 산정하고 있음.
- 표 2.53은 건설장비 투입대수 산정결과의 예(시흥은계 보금자리주택지구 조성사업)를 나타낸 것으로, 건설장비 작업량은 건설공사 표준품셈의 시간당 작업량 산출식을 적용하여 산출함.
- 표 2.54는 건설장비 연료소비에 따른 오염물질 배출계수를 나타낸 것으로, 국내 건설장비 오염물질 배출계수를 연료소비량에 따른 배출계수로 환산하여 적용함.
- 표 2.55는 건설장비 투입에 따른 오염물질 배출량 산정 예를 나타낸 것으로, 택지개발지구 토공량으로부터 산출된 투입대수와 각 건설장비별 표준 연료사용량, 연료사용량별 오염물질 배출계수를 적용하여 산정됨.

표 2.53 건설장비 투입대수 산정결과 예 (시흥은계 보금자리주택지구 조성사업(2017))

투입장비	건설장비 작업량(㎡/hr)	일평균작업 토공량(㎥)	투입대수	비 고
굴 삭 기	75.6	6,830,7	12	절토
불 도 저	125.0	8,641.9	9	성토
덤프트럭	54.6	8,641.9	20	운반

표 2.54 건설장비의 오염물질 배출계수 (시흥은계 보금자리주택지구 조성사업(2017))

투입장비	규격	배출계수		배출계수(g/L)		비고
		PM	NO_x	PM	NO_x	
굴 삭 기	0.7㎥	0.08g/kWh1)	4.11g/kWh1)	0.2567 3)	13.1902 3)	130kW이상
불 도 저	32ton	0.08g/kWh1)	4.19/kWh1)	0.2567 3)	13.4470 3)	130kW이상
덤프트럭	15ton	0.048g/㎞2)	7.930g/$㎞^2$)	0.0382 4)	6.3044 4)	초대형 화물자동차

1) 자동차 오염물질 배출계수 산정에 관한 연구(V) : 건설기계 오염물질 배출계수 산정, 2007, 국립환경과학원

2) 자동차 총 오염물질 배출량 산정방법에 관한 규정 일부개정안, 환경부고시 제2009-30호

3) 굴삭기 및 불도저 배출계수(g/ℓ) = 배출계수(g/kWh) ÷ 860kcal/kWh × 9,200kcal/ℓ × 0.3(동력효율)

4) 덤프트럭 배출계수(g/ℓ) = 배출계수(g/km) ÷ 20 km/hr(평균 이동속도) × 15.9ℓ/hr(평균 연료사용량)

표 2.55 건설장비 투입에 따른 오염물질 배출량 산정 예 (시흥은계 보금자리주택지구 조성사업(2017))

투입장비	규 격	투입 대수	연료사용량 (l /hr・대)	오염물질 배출량(g/s)[1]			
				PM	PM-10[2]	NOx	NO_2[3]
굴 삭 기	0.7㎥	12	11.6	0.0099	0.0095	0.5100	0.2040
불 도 저	32ton	9	41.6	0.0267	0.0256	1.3985	0.5594
덤프트럭	15ton	20	15.9	0.0034	0.0032	0.5569	0.2228
계	-	41	-	0.0400	0.0383	2.4654	0.9862

1) 오염물질배출량(g/s) = 연료사용량(L/hr・대) x 배출계수(g/L) ÷ 3600(s)

2) PM10은 PM 발생량의 0.96을 적용 (U.S. EPA Compilation of Air Pollution Emission Factors에서 가솔린 및 디젤연료 내연기관 연소시 입자크기 10㎛ 이하에 해당하는 누계구성비 96%를 참조함)

3) NO2는 NOx 발생량의 0.4를 적용

- 환경영향평가에서는 택지개발지구 공사단계에서 건설장비의 이동 및 토사 상·하적에 따른 미세먼지 배출량을 산정함. 택지개발지구 작업장 내 공정은 비포장도로에서의 덤프트럭 이동(E1)과 덤프트럭 이외 공사장비의 이동(E2), 토공물량 상·하적(E3), 토공물량 투하(E4)의 세부 공정으로 구분하여 미세먼지 배출량을 산정함.
- 조사된 환경영향평가에서는 각 공정에 따른 미세먼지 배출량 산정을 위해 유사한 방법을 이용하고 있었음. 표 2.56과 표 2.57은 공정별 미세먼지 배출계수 및 배출량 산정방법을 나타낸 것임.

표 2.56. 작업장내 공정에 따른 미세먼지 배출계수 산정 예 (시흥은계 보금자리주택지구 조성사업(2017))

공 정	배출계수 산정식	배출계수
비포장 도로에서의 덤프트럭 이동 (E1)	$E=(1.7)K\times\left(\frac{S}{12}\right)\times\left(\frac{V}{48}\right)\times\left(\frac{W}{2.7}\right)^{0.7}\times\left(\frac{N}{4}\right)^{0.5}\times\left(\frac{365-P}{365}\right)$ E : 배출계수(kg/VKT) VKT : 차량운행거리 K : 입자크기개수(≤10㎛), 0.36 S : 도로표면의 실트함량(%), 10 V : 평균차속(㎞/hr), 20 W : 평균차량무게(ton), 15 N : 평균바퀴수, 10 P : 강수량 0.254mm 이상인 날의 수, 90	0.8408 kg/VKT
덤프트럭 이외의 공사장비 이동 (E2)	$EF=(0.10)K\times A\times\left(\frac{S}{1.5}\right)\times\left(\frac{D}{235}\right)$ EF : 배출계수(Ib/ton) K : 입자크기개수(≤10㎛), 0.36/0.8=0.45 A : 공사장비의 activity factor, 0.1 S : 토사의 실트함량(%), 10 D : 연간 건조일수, 375	0.0159 kg/ton
토공물량 상적시와 하적시 (E3)	$EF=(0.0018)K\times\left(\frac{S}{5}\right)\times\left(\frac{U}{5}\right)\div\left[\left(\frac{M}{2}\right)^2\times\left(\frac{Y}{6}\right)\right]$ EF : 배출계수(Ib/ton) K : 입자크기개수(≤10㎛), 0.36/0.8=0.45 S : 토사의 실트함량(%), 10 U : 평균풍속(mile/hr) 5.8 M : 토사의 수분함량(%), 2.0 Y : 상・하적용 장비의 용량(yd3), 0.92	0.0056 kg/ton
토공물량 투하시 (E4)	$E=(0.0016)K\times\left(\frac{U}{2.2}\right)^{1.3}\div\left(\frac{M}{2}\right)^{1.4}$ E : 배출계수(kg/ton) K : 입자크기계수(≤10㎛), 0.35 U : 평균풍속(㎧), 2.6 M : 토사의 수분함량(%), 2.0	0.0009 kg/ton

출처1. Air pollution engineering manual 1992, Air&Waste Management Association

출처2. Compilation of air pollutant emission factors, 1995, EPA

단위환산: 1mile=1.609㎞, 1yd=0.9144m, 1lb=0.4536kg

표 2.57 작업장내 공정에 따른 미세먼지 배출량 산정 예 (시흥은계 보금자리주택지구 조성사업(2017))

비포장 도로에서의 덤프트럭 이동 (E1)	$Q = 0.8408kg/VKT \times 36.6km/hr \times \left(\frac{1,000g}{1kg}\right) \times \left(\frac{1hr}{3,600s}\right)$ $= 8.5481\,g/s$ • 덤프트럭 운행횟수 = 1hr ÷ 9.8min/회(덤프트럭 왕복시간) x 60min = 6.1회/hr • 덤프트럭 운행거리 = 20대(대수) x 6.1회/hr·대(횟수) x 0.3km/회(운행거리)= 36.6㎞/hr
덤프트럭 이외의 공사장비 이동 (E2)	$Q = 0.0159kg/ton \times 8,641.9m^2/day \times 1.6ton/m^2 \times \left(\frac{1,000g}{1kg}\right) \times \left(\frac{1day}{8hr}\right) \times \left(\frac{1hr}{3,600s}\right)$ $= 7.6337\,g/s$
토공물량 상적시와 하적시 (E3)	$Q = 0.0056kg/ton \times 8,641.9m^2/day \times 1.6ton/m^2 \times \left(\frac{1,000g}{1kg}\right)\left(\frac{1day}{8hr}\right)\left(\frac{1hr}{3,600s}\right)$ $= 2.6886\,g/s$
토공물량 투하시 (E4)	$Q = 0.0009kg/ton \times 8,641.9m^2/day \times 1.6ton/m^2 \times \left(\frac{1,000g}{1kg}\right)\left(\frac{1day}{8hr}\right)\left(\frac{1hr}{3,600s}\right)$ $= 0.4321\,g/s$

㉯ 도시 운영 시 미세먼지 배출량 산정방법

- 택지개발지구 공사 이후 운영단계의 대기질 영향예측은 난방·급탕 및 취사 연료사용에 의한 영향과 도로변지역 이동차량에 의한 영향으로 구분하여 예측하고 있음. 아울러 개발지구 인근에 운영중이거나 운영예정인 대기오염 유발시설을 조사하고 이에 대한 영향을 고려하도록 하고 있음.
- 도시 운영 시, 건물 난방·급탕 및 취사 등을 위한 LNG 사용은 고정오염원에 해당하며, 이에 대한 영향을 예측하고 있음.
- 표 2.58은 난방·급탕 및 취사를 위한 LNG 사용 해당하는 고정오염원의 오염물질 배출계수로, 조사된 택지개발지구의 환경영향평가에서는 국립환경과학원이 2007년에 발행한 대기오염물질 배출량 산정방법 편람의 배출계수를 적용하고 있음.

표 2.58 고정 오염원 LNG 오염물질 배출계수

구 분	PM-10	NOx	SOx	CO	비 고
LNG (g/㎥)	0.035	6.04	0.01	1.55	지역난방
	0.029	3.70	0.01	0.64	개별난방

- 환경영향평가에서 도시 운영 시, 단지 내·외 교통량은 이동오염원에 해당하며, 교통량에 따른 도로변 지역의 영향을 예측하고 있음.
- 표 2.59는 이동 오염원에 해당하는 자동차의 차종별 오염물질배출계수를 나타낸 것으로, 조사된 택지개발지구의 환경영향평가에서는 자동차 총 오염물질 배출량 산정방법에 관한 규정(환경부고시 제 2009-30호)의 배출계수를 주로 적용하고 있음.

표 2.59 이동 오염원 차종별 오염물질 배출계수

차 종		오염물질 배출계수 (g/㎞ · 대)				비 고
		CO	HC	NOx	PM	
승 용 차		0.301	0.010	0.012	0.000	소형승용/휘발유/기준1
택 시		0.930	0.033	0.030	0.000	LPG택시/가스/기준2
버 스	소 형	0.090	0.011	0.175	0.296	중형승용/1,305kg<RW≤1,760kg/경유
	중 형	0.412	0.174	0.949	0.019	대형승용/25인승이하/경유
	대 형	2.258	0.637	3.008	0.044	초대형승용/시내버스/경유
트 럭	소 형	0.327	0.048	0.223	0.356	소형화물/RW≤1,305kg/경유
	중 형	0.327	0.048	0.222	0.427	중형화물/RW>1,760kg/경유
	대 형	0.598	0.113	1.013	0.013	대형화물/경유

(마) 국외 연료 연소 및 기타 관련 FPM 및 CPM 배출량 관리 data 수집

① 미국 AP-42, RBLC (RACT_BACT_LAER Clearninghouse), Speciate 4.5

- 미국 RBLC(RACT_BACT_LAER Clearninghouse)에서는 먼지 등 일반대기오염물질 배출원에 대하여 방지기술을 적용하고 있는데, 대기오염 심각성의 수준에 따라 RACT, BACT, LAER 등의 등급으로 다양한 방지기술을 제안하고 있음. 그러나 응축성 먼지에 대해서는 아직까지 능동적으로 방지기술을 제안한 사례를 찾아보기 어려움.
- 아울러 미국 EPA에서는 자국 내 대기오염물질 배출원들이 배출하는 다양한 가스상, 입자상 오염물질의 구성비 프로파일을 speciate 라는 체계(Speciate 4.5)로 보고하고 있으나, 아직까지는 응축성 먼지에 대한 구분을 특정하여 보고하고 있지는 않음.
- 표 2.60은 AP-42의 연료종류에 따른 연소별 여과성 및 응축성 먼지 배출계수를 나타냄.

표 2.60 AP-42의 연료종류에 따른 연소별 여과성 및 응축성 먼지 배출계수

구분	항목	여과성먼지 배출계수	응축성먼지 배출계수	단위
유연탄 연소	미분탄 연소, 건식	10		lb_먼지/ton_석탄
	미분탄 연소, 습식	7		lb_먼지/ton_석탄
	스토커식	9 ~ 66		lb_먼지/ton_석탄
	미분탄 보일러		0.02	lb_먼지/MMbtu_석탄
	스토커식		0.04	lb_먼지/MMbtu_석탄
무연탄 연소	스토커식 보일러	0.8	0.08	lb_먼지/ton_석탄
연료유 연소	보일러 연소	2	1.3 ~ 1.5	lb_먼지/1,000gal_연료
LNG 연소	보일러 연소	1.9	5.7	lb_먼지/백만scf_연료
	가스터빈 연소	1.9×10^{-3}	4.7×10^{-3}	lb_먼지/MMbtu_연료
	2행정 린번엔진 연소	3.84×10^{-2}	9.91×10^{-3}	lb_먼지/MMbtu_연료
	4행정 린번엔진 연소	7.71×10^{-5}	9.91×10^{-3}	lb_먼지/MMbtu_연료
LPG 연소	보일러 연소	0.2	0.6	lb_먼지/1,000gal_연료

단위설명: MMbtu = 106 btu = 106 × 1,055.87 J, scf = standard cubic foot

② 대만 연소시설에서의 FPM / CPM 측정분석

- 대만에서는 2014년 발전소, 보일러, 벽돌공장, 소각장, 전기로에 대하여 FPM과 CPM의 배출량 기여도를 측정하여 보고하고 있음.
- 전제 먼지 발생량 중 CPM의 기여도가 발전소의 경우 60%, 보일러의 경우 70%, 벽돌공장의 경우 45%, 전기로의 경우 50% 로 보고하고 있음. 그림 35는 PM2.5에 대한 배출원별 FPM과 DPM 배출량 비중을 나타냄.

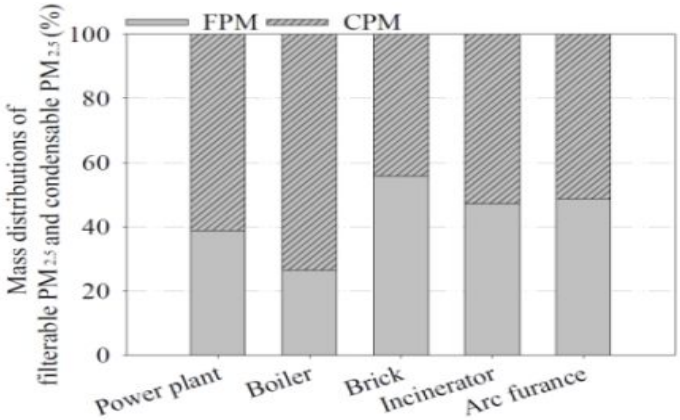


그림 2.7 배출원별 FPM과 CPM 배출량 비중

③ 유럽 EMEP / EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016

- 유럽은 먼지 배출원에 대한 배출량을 European Environmental Agency에서 보고하고 있는데, 2016년부터 응축성 먼지에 대한 인벤토리 산정방법에 대한 연구를 진행하고 있음. 그러나 아직까지 실제 인벤토리를 산정하고 있지 않음.



그림 2.8 유럽의 먼지 인벤토리 가이드북 (EMEP / EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016)

(2) 연료 연소 및 기타 관련 FPM 및 CPM 배출량 관리 소프트웨어 개발

① 오염원 배출량 분석 관리 구조 설계

㉮ 통합시스템 구성 흐름도

- 본 절에서는 통합시스템의 프로세스 중 에너지유형별로 여과성 및 응축성 미세먼지 배출계수의 산출과 관리에 해당하는 프로세스를 기술함.

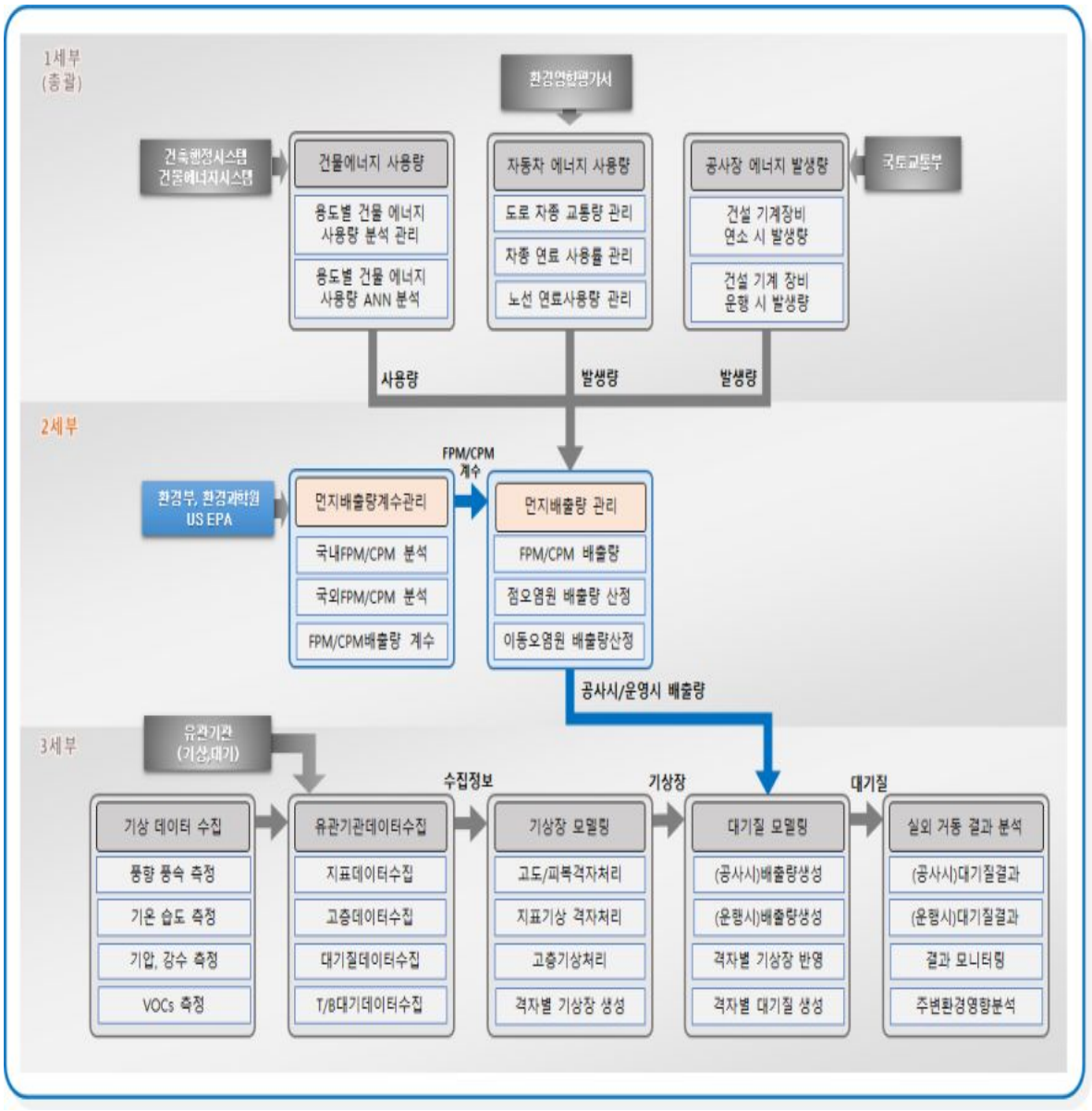


그림 2.9 통합시스템 구성 흐름도(여과성 및 응축성 미세먼지 배출계수 산정 프로세스)

㉰ 오염원 배출량 분석기술 관리 구성도

- 오염원배출계수관리, 오염원 배출량 관리, 공사시 오염원 발생량관리 기능 등의 세가지 기능관리 모듈로 구성되며 각 기능관리별 내용은 다음과 같음.

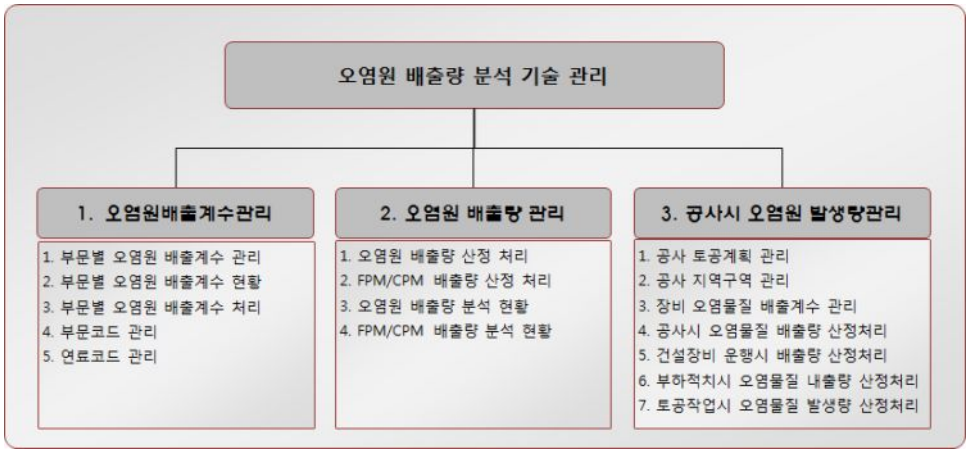


그림 2.10 오염원 배출량 관리 구성도

○ 오염원배출계수관리 구성 기능

- 연료별, 배출시설별 여과성 먼지 배출계수를 정보화하는 기능
- 에너지산업 연소 부문별로 중/소/세분류별로 오염원의 배출계수를 검색하는 기능
- 분류코드와 연료코드관리 등을 정보화 및 검색하는 기능

○ 오염원 배출량 관리 구성 기능

- 건축물에서 발생하는 에너지사용량을 연료별 배출계수에 의해 오염원의 배출량을 산정 처리하는 기능
- 도로에서 차량의 이동량에 의해 발생하는 연료량을 배출계수에 의해 오염원의 배출량을 산정 처리하는 기능
- 공사시 건설장비의 운행 중에 사용된 연료량과 부하적치 시 그리고 자연에 의해 발생하는 오염원을 발생량을 산정 처리하는 기능
- ANN분석에 의해 결정된 건축물 에너지 사용연료량을 연료별 배출계수에 의해 오염원의 배출량을 산정 처리하는 기능
- 산정된 오염원 배출량의 여과성먼지 오염원 농도를 FPM/CPM 비율로 분배하여 FPM과 CPM를 각각 산정하는 기능
- 산정된 FPM 과 CPM의 농도를 오염발생원인별 분석 및 통계하는 기능

○ 공사 시 오염원 발생량관리 구성 기능

- 공사시 사업부지에서 발생되는 절·성토량, 공사기간, 차량 투입 등을 관리하는 기능
- 공사장비 연료사용에 따른 오염물질 배출량을 산정하는 기능
- 건설장비 운행에 따른 미세먼지 발생량을 산정하는 기능
- 부하·적치 시 비산먼지 발생량을 산정하는 기능

② 오염원 배출량 분석 관리 프로세스

- 본 시스템은 오염원배출계수를 활용하여 건축물에서 사용되는 에너지사용량, 도로에서 사용하는 에너지 연료량, 택지 개발 공사시에 발생하는 오염원 배출량 그리고 운영시에 발생하는 오염원 배출량 등을 산정하고 그에 따른 FPM 과 CPM 의 산정함.

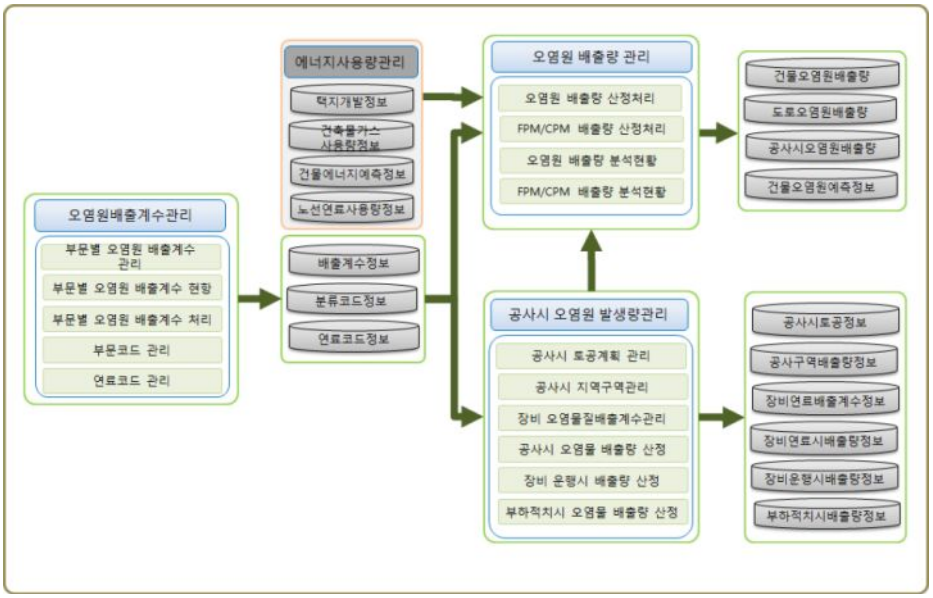


그림 2.11 오염원 배출량 분석 관리 흐름도

㉮ 오염원 배출 계수 관리

- 부문별 오염원 배출계수 관리 기능, 부문별 오염원 배출계수 현황기능, 부문별 오염원 배출계수 처리 기능, 부문코드기능, 연료코드 관리기능 등의 5가지 기능으로 구성되며 세부 관리기능에 관한 내용은 표 2.61과 같음.
- 오염원 배출계수 관리의 주요 단위 기능 반영한 인터페이스 화면은 그림 2.12, 그림 2.13 과 같음.

표 2.61 지구단위 택지관리 세부기능 및 기능 세부내용

관리기능	단위 기능명	단위 기능 설명
오염원배출계수관리	부문별 오염원 배출계수 관리	배출시설별 연료에서 발생하는 오염원의 배출계수를 관리하는 기능
	부문별 오염원 배출계수 현황	배출시설별 연료에서 발생하는 오염원의 배출계수의 현황 및 차트로 분석하는 기능
	부문별 오염원 배출계수 처리	부문별 오염원 배출계수를 수집 정보화는 기능
	에너지분류코드 관리	에너지 분류코드를 관리하는 기능
	연료코드 관리	연료코드를 관리하는 기능

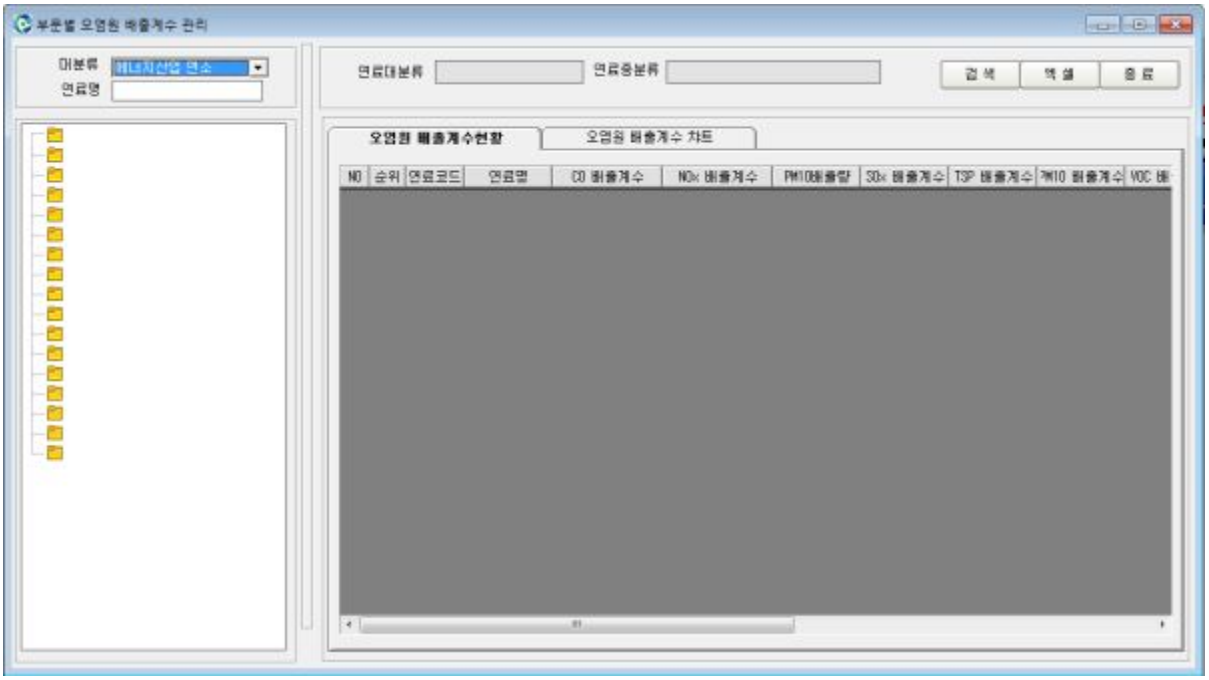


그림 2.12 부문별 오염원 배출계수 관리

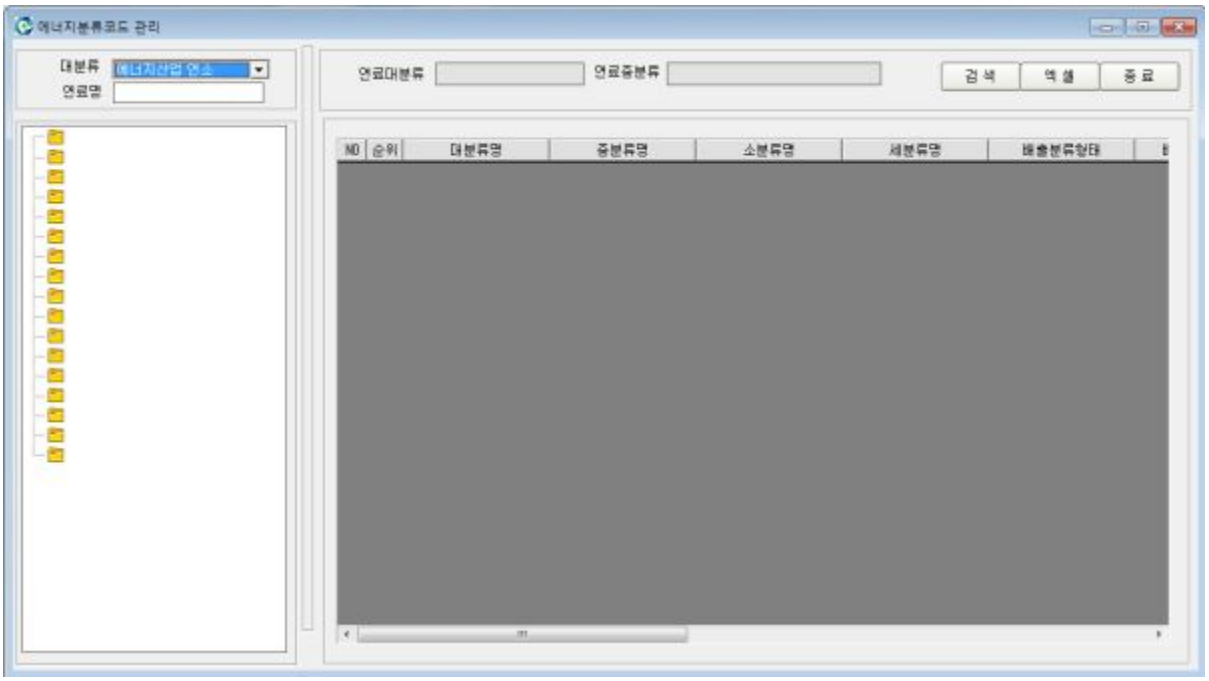


그림 2.13 에너지 분류코드 관리

㉯ 오염원 배출량 관리

- 오염원 배출량 산정 처리 기능, FPM/CPM 배출량 산정 처리 기능, 오염원 배출량 분석 현황기능, FPM/CPM 배출량 분석 현황기능 등의 4가지 기능으로 구성되며 세부관리기능에 관한 내용은 표 2.62와 같음.
- 오염원 배출량 관리의 주요 단위 기능 반영한 인터페이스 화면은 그림 2.14와 그림 2.15와 같음.

표 2.62 오염원 배출량 관리 세부기능 및 기능 세부내용

관리기능	단위 기능명	단위 기능 설명
오염원 배출량 관리	오염원 배출량 산정 처리	건축물과 도로의 차량, 공사장 건설장비에서 발생하는 에너지사용량, 부하적치 및 자연 발생 오염원 발생량에 연료별 배출계수를 반영하여 오염원의 배출량을 산정 처리하는 기능
	FPM/CPM 배출량 산정 처리	산정된 오염원 배출량의 여과성먼지 오염원 농도를 FPM/CPM 비율로 분배하여 FPM과 CPM를 각각 산정하는 기능
	오염원 배출량 분석 현황	오염원 배출량을 검색하고 차트 등으로 분석하는 기능
	FPM/CPM 배출량 분석 현황	FPM/CPM 배출량을 검색하고 차트 등으로 분석하는 기능

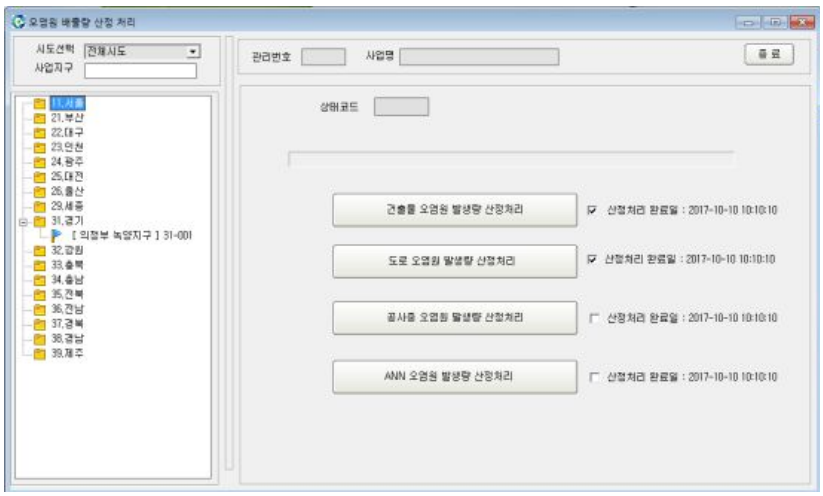


그림 2.14 오염원 배출량 산정 처리 화면

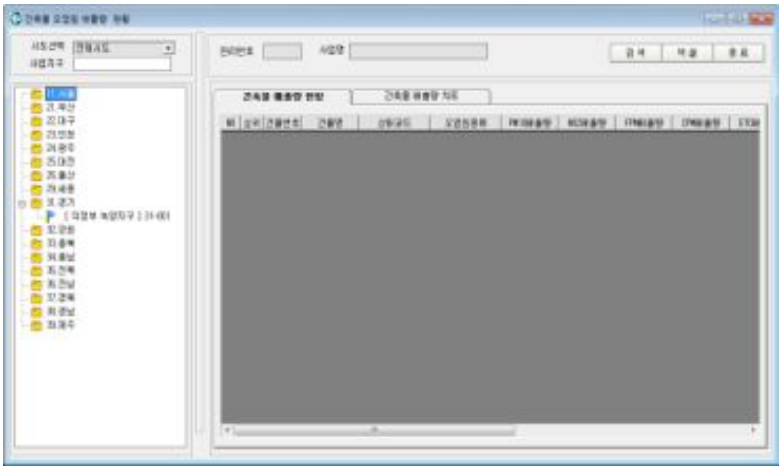


그림 2.15 오염원(건축물) 오염원 배출량 현황 화면

㉰ 공사시 오염원 발생량관리

- 공사 토공계획 관리 기능, 공사 지역구역 관리, 장비 오염물질 배출계수 관리 기능, 공사시 오염물질 배출량 산정처리기능, 건설장비 운행시 배출량 산정처리, 부하적치 시 오염물질 배출량 산정처리, 토공작업 시 오염물질 발생량 산정처리 등 6가지 기능으로 구성되며 세부관리기능에 관한 내용은 표 2.63과 같음. 공사 시 오염원 발생량관리의 주요 단위 기능 반영한 인터페이스 화면은 그림 2.16, 그림 2.17과 같음.

표 2.63 공사시 오염원 발생량관리 기능

관리기능	단위 기능명	단위 기능 설명
공사시 오염원 발생량관리	공사 토공계획 관리	공사시 사업부지에서 발생되는 절성토량과 투입장비 계획 관리 기능
	공사 지역구역 관리	사업부지의 공사 지역구역를 분리 지정 관리하는 기능
	장비 오염물질 배출계수 관리	공사장비의 오염물질 배출계수 관리 기능
	장비연료 오염물질 배출량 산정처리	공사장비 연료사용에 따른 오염물질 배출량 산정처리
	공사장비 운행시 배출량 산정처리	공사장비 운행에 따른 오염물질 발생량 산정처리
	부하적치시 오염물질 배출량 산정처리	공사장비의 상.하적시 및 바람에 영향으로 발생되는 오염물질 발생량 산정처리

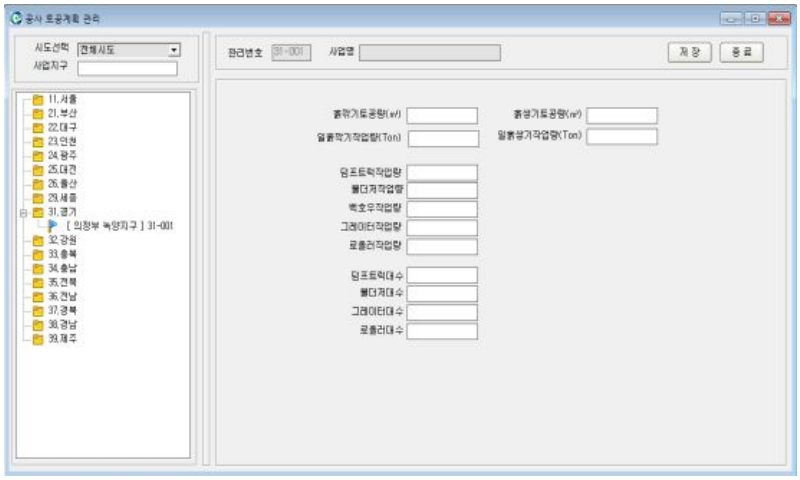


그림 2.16 공사 토공계획 관리 화면

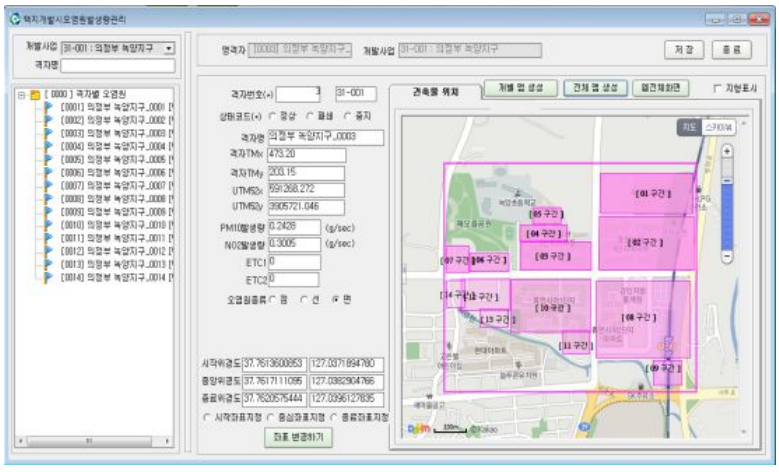


그림 2.17 공사 지역구역 관리 화면

③ 배출량 관리 소프트웨어의 기능 요구 사항 분석 및 정립

㉮ 환경오염물질 배출원 관리 주요 엔티티

- 환경오염물질 배출원 관리에 관한 주요 엔티티는 다음과 같음.

표 2.64 환경오염물질 배출원 관리 주요 엔티티

관리기능	엔티티명	엔티티 설명
오염원배출 계수관리	배출계수정보	배출시설별 연료의 오염물질 배출계수 정보
	분류코드정보	분류코드 관리 정보
	연료코드정보	연료코드 관리 정보
오염원 배출량 관리	건물오염원배출량정보	건축물에서 사용되는 오염물질 배출량 정보
	도로오염원배출량정보	차량에 의해 도로에서 발생되는 오염물질 배출량 정보
	공사시오염원배출량정보	공사시에 발생되는 오염물질 배출량 정보
	건물오염원예측배출량정보	ANN예측에 의한 건축물 예측 배출량 정보
공사시 오염원 발생량관리	공사시토공정보	공사시 발생되는 절·성토량과 투입장비 계획 정보
	공사구역배출량정보	공사지역을 구역별로 분리한 관리 정보
	장비연료배출계수정보	장비별 사용연료에 대한 오염물질 배출계수 정보
	장비연료시배출량정보	공사장비 연료사용에 따른 오염물질 배출량 정보
	장비운행시배출량정보	공사장비 운행에 따른 오염물질 발생량 정보
	부하적치시배출량정보	공사장비 상·하적과 바람에 의한 오염물질 발생량 정보

㉯ 환경오염물질 배출원관리 ERD

- 환경오염물질 배출원 관리에 관한 ERD 구조는 다음과 같음.

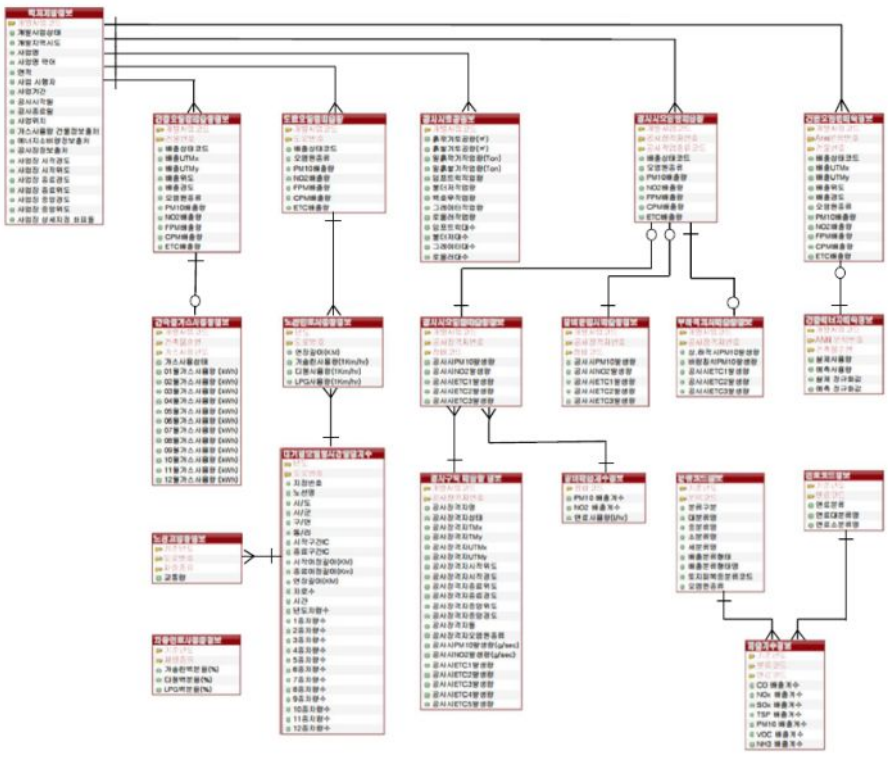


그림 2.18 공사 지역구역 관리 화면

④ 코드 list 작성 (배출원 대분류, 여과성 먼지, 응축성 먼지)

- 배출원 관리 소프트웨어에 관한 세부 코드는 다음과 같음.

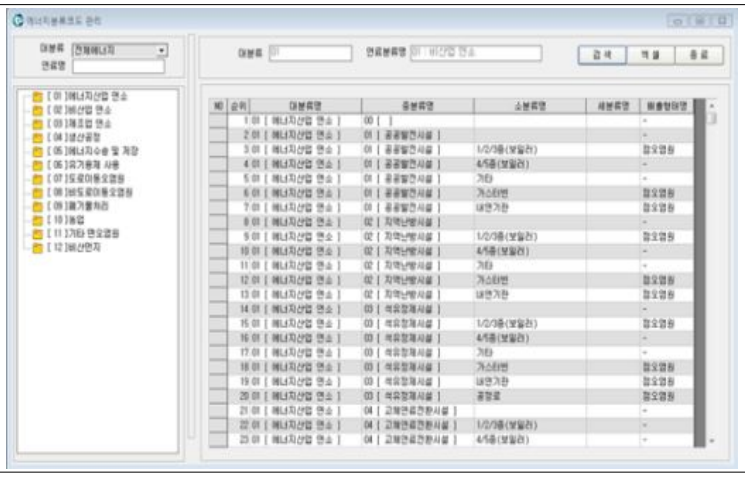
표 2.65 배출원 관리 세부 코드 list

관리기능	코드명	자릿수	종류
오염원배출 계수관리	배출원분류코드	X(2):대분류명 X(2):중분류명 X(2):소분류명 X(2):세분류명	01-00-00-00 (에너지산업연소) 01-01-00-00 (공공발전시설) 01-01-01-00(1,2,3종(보일러)) 02-00-00-00 (비산업 연소)
	배출원분류구분	X(1)	1.대 2.중 3.소 4.세
	오염원코드	X(10)	CO(서울), NOx(NOx), SOx(SOx), TSP(TSP), PM10(PM10), VOC(VOC), NH3(NH3)
	배출원특성	X(1)	0.점오염원 1.선오염원 2.이동오염원 3.이동오염원(비산) 4.식생오염원 5.산정않음 9.기타
	배출량연료코드	X(1)-X(2)-X(2)	10100 (무연탄) 10101 (민수용무연탄) 10102 (비민수용무연탄) 10200 (유연탄)
	배출량연료분류코드	X(1)	1.대분류 2.소분류
오염원 배출량 관리	공사작업종류코드	X(2)	10(공사시여과성먼지배출) 20(장비운행시 먼지발생) 30(부하.적치시 비산먼지 발생) 31(바람의 침식시 발생) 40(토공작업시 발생)
	공사장격자상태	X(2)	00(정상) 09(취소)
	오염원종류	X(3)	0:점오염원, 1:선오염원, 2:면오염원
공사시 오염원 발생량관리	장비코드	X(2)	10(덤프트럭) 20(불 도 저) 30(백 호 우) 40(그레이더) 50(로 울 러)

⑤ 입출력 인터페이스 구축

- 도시 주요 먼지배출원의 FPM 및 CPM 배출량 산정 소프트웨어의 3가지 처리 프로세스별 세부기능을 반영하여, 4가지 세부 프로그램을 구성하였음.
- 소프트웨어의 세부 프로그램은 표 2.66과 같이 오염원 배출계수 관리, 공사 시 오염원 발생량 관리, 운영 시 오염원 발생량 관리, 전체 먼지발생량 현황 관리로 구성되며, 세부 프로그램별로 입출력 인터페이스 개발을 완료하였음.
- 오염원 배출계수 관리 프로그램은 에너지 분류별 연료 코드 관리, 부문별 오염원 배출계수 관리, CAPSS CPM 전환계수 관리, 연료별 CPM 배출계수 관리로 구성됨.
- 공사 시 오염원 발생량 관리 프로그램은 공사 시 먼지발생량 현황 프로그램으로 구성됨.
- 운영 시 오염원 발생량 관리 프로그램은 공사 후 건축물 먼지 발생량 현황, 공사 후 집단에너지 먼지발생량 현황, 공사 후 도로 먼지발생량 현황으로 구성됨.
- 전체 먼지발생량 현황 관리 프로그램은 공사 시 및 운영 시 오염원 발생량을 통합 관리하는 프로그램 기능을 담당함.

표 2.66 오염원 배출계수관리 프로그램 입·출력 인터페이스 및 주요 기능

오염원 배출계수관리 프로그램 입·출력 인터페이스 #1	
주요 기능	인터페이스 개발 화면
• 에너지연료 코드관리 프로그램에서는 먼지배출 오염원 정보를 산업형태 및 배출형태 등으로 분류하여 관리할 수 있음. • 각 산업형태별 에너지발생원 및 연료 연소 발생원 조회를 하여 먼지 배출원을 확인할 수 있음.	

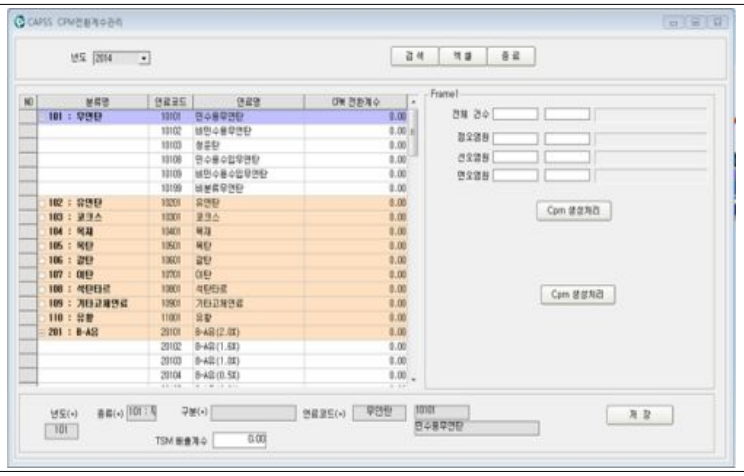
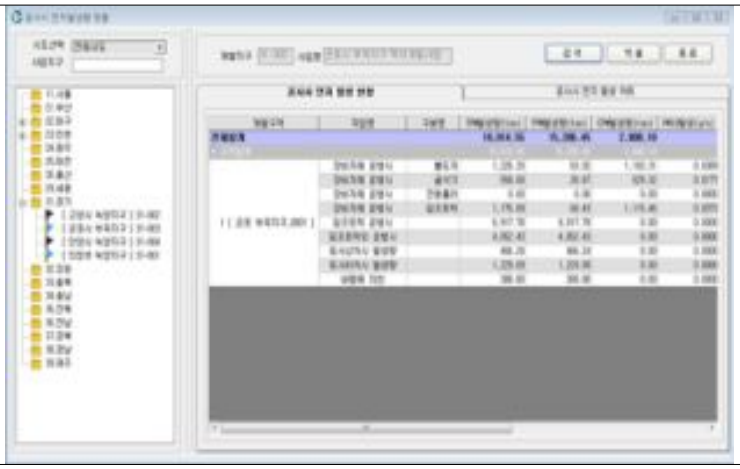
오염원 배출계수관리 프로그램 입·출력 인터페이스 #2	
주요 기능	인터페이스 개발 화면
• CAPSS CPM전환계수 관리 프로그램에서는 CAPSS에서 제공하는 연료별 CPM 전환계수를 조회 및 관리하는 기능을 제공함. • 추가적으로 연료별 CPM전환계수를 점, 선, 면 오염원 배출량에 산출 적용하여 CPM을 생성 처리하는 기능을 함.	

표 2.66 오염원 배출계수관리 프로그램 입·출력 인터페이스 및 주요 기능(계속)

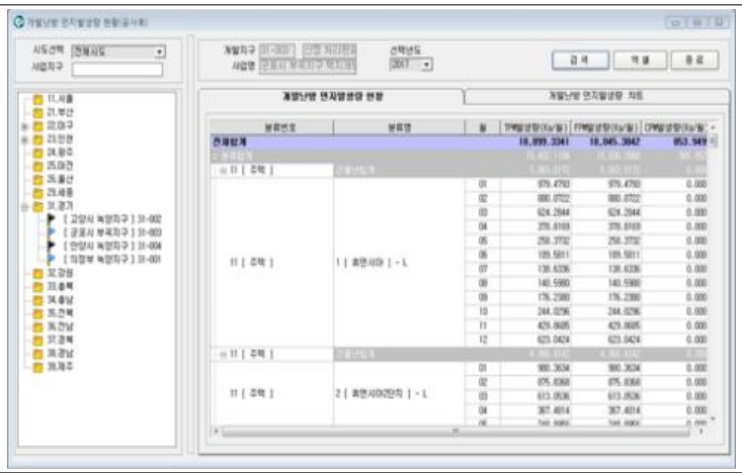
오염원 배출계수관리 프로그램 입·출력 인터페이스 #3	
주요 기능	인터페이스 개발 화면
• 연료별 CPM 배출계수 관리 프로그램에서는 도시개발 시 먼지발생 오염원(공사, 건축물, 차량)의 FPM, CPM 배출계수를 조회 및 관리할 수 있음. • 세부적으로, 각 공사의 장비, 차량의 종류, 건물 에너지 연료별로 배출계수 정보를 조회할 수 있음.	

표 2.67 공사 시 오염원 발생량관리 프로그램 입·출력 인터페이스 및 주요 기능

공사 시 오염원 발생량관리 프로그램 입·출력 인터페이스 #1	
주요 기능	인터페이스 개발 화면
• 공사 시 먼지발생량 현황 프로그램에서는 국내 도시(택지)개발지역의 공사 시 발생되는 먼지배출량 정보를 제공함. • 시도별 도시개발지역의 TPM, CPM, FPM 정보를 건설장비별, 토사이동 상태 별로 조회할 수 있음.	

공사 시 오염원 발생량관리 프로그램 입·출력 인터페이스 #2	
주요 기능	인터페이스 개발 화면
• 도시개발 공사 시 발생되는 먼지배출량 정보를 분석하여 차트로 확인할 수 있는 기능. • 먼지의 종류(FPM 및 CPM)와 공사에서 사용되는 건설기계장비 종류에 따른 먼지 배출량을 확인할 수 있음.	

표 2.68 운영 시 오염원 발생량관리 프로그램 입·출력 인터페이스 및 주요 기능

운영 시 오염원 발생량관리 프로그램 입·출력 인터페이스 #1	
주요 기능	인터페이스 개발 화면
• 도시 운영단계의 먼지 배출원 중 건축물에서 발생하는 먼지 배출량 정보를 제공함. • 해당 도시(지구) 내의 건물별 여과성 및 응축성 먼지 배출량을 조회할 수 있으며, 건물 용도별 확인이 가능함.	

운영 시 오염원 발생량관리 프로그램 입·출력 인터페이스 #2	
주요 기능	인터페이스 개발 화면
• 도시 운영단계의 먼지배출원 중 건축물로 공급되는 지역열원(집단에너지)에서 발생하는 여과성 및 응축성 먼지 배출량 정보를 제공함. • 해당 도시 내의 집단에너지를 공급받는 건물별, 건물 용도별 먼지배출량 조회가 가능함.	

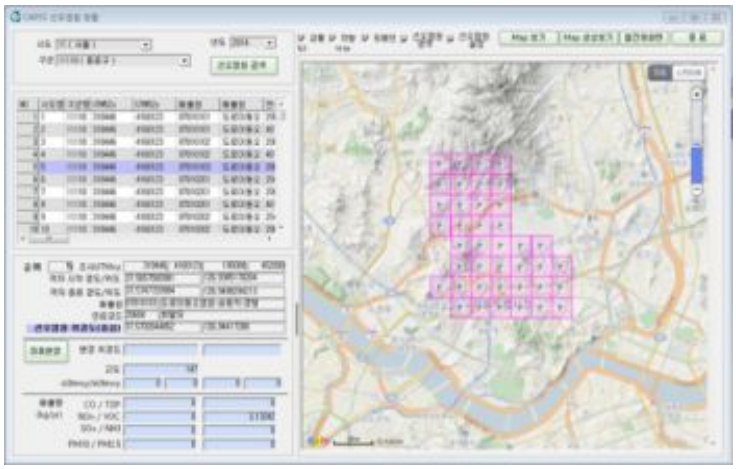
운영 시 오염원 발생량관리 프로그램 입·출력 인터페이스 #3	
주요 기능	인터페이스 개발 화면
• 도시 운영단계의 먼지배출원 중 이동오염원(교통)으로부터 발생하는 먼지배출량 정보를 제공함. • 이동오염원(선오염원)의 발생 위치, 배출원의 차종, 배출 연료 등의 정보를 제공함과 동시에 맵 뷰 기능을 통해 이동오염원의 발생 현황을 확인할 수 있음.	

표 2.68 운영 시 오염원 발생량관리 프로그램 입·출력 인터페이스 및 주요 기능(계속)

운영 시 오염원 발생량관리 프로그램 입·출력 인터페이스 #4	
주요 기능	인터페이스 개발 화면
• 도시개발 운영단계의 먼지 배출원(건물, 집단에너지, 이동오염원 등)에서 발생되는 먼지배출량 정보를 분석하는 기능을 제공함. • FPM 및 CPM별 발생 비율, 발생량 현황 등을 차트로 확인할 수 있는 기능을 가짐.	

⑥ DB 리코더 구축

- 표 2.69는 도시 주요 먼지배출원의 FPM 및 CPM 배출량 산정 소프트웨어의 3가지 처리 프로세스의 세부기능을 나타냄.
- 오염원배출계수 관리는 부문별 오염원 배출계수 관리, 부문별 오염원 배출계수 처리, 부문 코드관리, 연료 코드관리의 4가지 세부 기능으로 구성됨. 도시 주요 먼지배출원(공사, 건축물, 이동오염원 등) 및 연소 연료별 먼지배출계수를 정보화하여 소프트웨어 내에서 관리 및 검색 하는 기능을 제공함.
- 공사 시 오염원 발생량 관리는 공사 시 오염원 배출량 산정관리, 공사 시 FPM/CPM 배출량 산정관리, 공사 시 오염원 배출량 분석현황, 공사 시 FPM/CPM 배출량 분석현황의 4가지 세부 기능으로 구성됨. 도시의 공사단계의 먼지배출 오염원(건설기계장비)으로부터 발생하는 여과성 및 응축성 먼지배출량을 산정하고 배출 현황을 분석 제공하는 기능을 담당함.
- 운영 시 오염원 발생량 관리는 운영 시 오염원 배출량 산정관리, 운영 시 FPM/CPM 배출량 산정관리, 운영 시 오염원 배출량 분석현황, 운영 시 FPM/CPM 배출량 분석현황의 4가지 세부기능으로 구성됨. 도시의 개발공사가 끝난 후 운영 단계에서의 먼지배출 오염원(건축물 및 이동오염원)으로부터 발생하는 여과성 및 응축성 먼지배출량을 산정하고 배출 현황을 분석 제공하는 기능을 함.

표 2.69 FPM 및 CPM 배출량 산정 소프트웨어의 프로세스별 세부 기능

프로세스	단위 기능 명칭	단위 기능 설명
오염원배출 계수 관리	부문별 오염원 배출계수 관리	먼지배출 오염원별, 오염원 연료별 먼지배출 계수를 정보화하는 기능
	부문별 오염원 배출계수 처리	먼지배출 오염원별(중/소/세분류)로 배출계수를 검색하는 기능
	부문 코드관리	분류코드를 정보화하고 검색 관리하는 기능
	연료코드 관리	연료코드를 정보화하고 검색 관리하는 기능
공사 시 오염원 발생량 관리	공사 시 오염원 배출량 산정관리	공사 시 먼지배출 오염원(건설기계장비)로부터 발생하는 먼지배출량을 산정 처리하는 기능
	공사 시 FPM/CPM 배출량 산정관리	공사 시 먼지배출로부터 FPM 및 CPM을 산정 처리하는 기능
	공사 시 오염원 배출량 분석현황	공사 시 먼지배출 오염원(건설기계장비)로부터 발생하는 먼지배출량을 분석 제공하는 기능
	공사 시 FPM/CPM 배출량 분석현황	공사단계의 FPM 및 CPM 배출량을 분석 제공하는 기능
운영 시 오염원 발생량 관리	운영 시 오염원 배출량 산정관리	운영 시 먼지배출 오염원(건축물, 이동오염원)로부터 발생하는 먼지배출량을 산정 처리하는 기능
	운영 시 FPM/CPM 배출량 산정관리	운영 시 먼지배출로부터 FPM 및 CPM을 산정 처리하는 기능
	운영 시 오염원 배출량 분석현황	운영 시 먼지배출 오염원(건축물, 이동오염원)로부터 발생하는 먼지배출량을 분석 제공하는 기능
	운영 시 FPM/CPM 배출량 분석현황	운영단계의 FPM 및 CPM 배출량을 분석 제공하는 기능

⑦ CAPSS data와 연동하여 여과성 먼지 배출량 DB 구축

- 도시개발 공사 단계에서 건설기계장비 투입 및 각종 공정에서 발생하는 먼지배출량과 도시개발 이후 운영 단계에서 건물 및 교통 부문 에너지사용량으로부터 발생하는 먼지배출량을 산정하는 소프트웨어를 개발하였음.
- 개발된 FPM 및 CPM 배출량 산정 소프트웨어는 오염원배출계수 관리, 공사 시 오염원 발생량 관리, 운영 시 오염원 발생량 관리의 3가지 처리 프로세스로 구분되며, 그림 2.19는 주요 기능 흐름도를 나타냄.

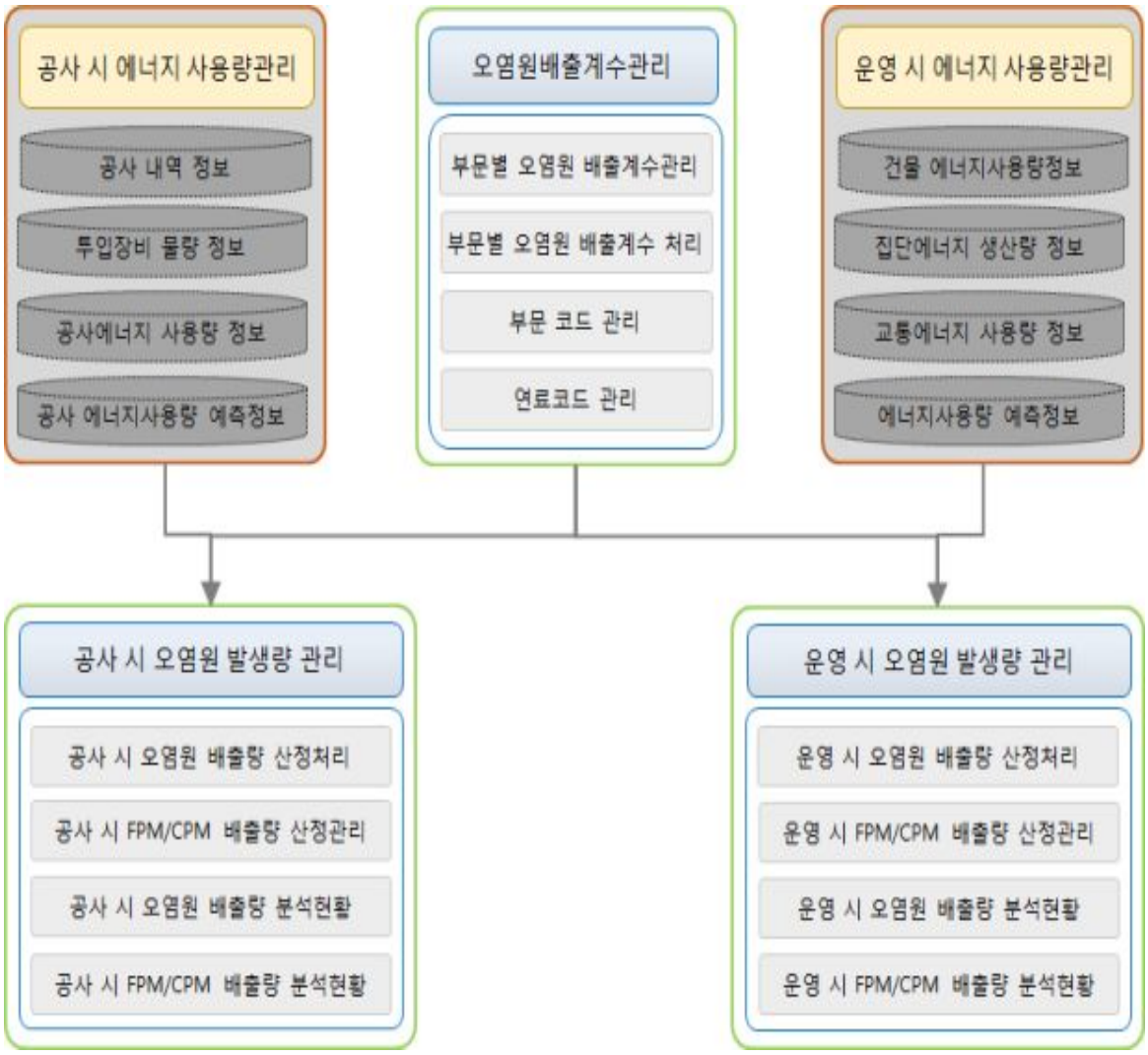


그림 2.19 FPM 및 CPM 배출량 산정 소프트웨어의 주요 기능 흐름도

⑧ 수집된 데이터에 기초하여 응축성 먼지 배출계수 및 배출량 DB 구축

- 도시 개발지구의 먼지 배출량 모델링을 수행함에 있어, 공사 시 와 운영 시의 먼지 배출량은 분석대상 지역의 배출원 부문별 에너지사용량(활동도)과 배출계수에 의해 산정하며, 모델링 영역 중 분석대상 도시 개발지구 이외의 영역에 대한 먼지 배출량은 CAPSS로부터 관련 정보를 받아 산정함.
- 모델링 영역 중 도시 개발지구 이외의 영역의 먼지 배출량을 CAPSS와 연동하여 산정하는 프로세스는 그림 2.20과 같음.
- 분석대상 도시개발 지역(기 도시개발 완료지역 및 도시개발 예정지역)에 모델링 영역을 설정하고, 모델링 영역 내의 좌표에 대해 CAPSS 먼지 배출량을 산정하여 모델링 영역 좌표별 Calpuff 자료를 생성함.



그림 2.20 CAPSS 연동 기반의 여과성 먼지 배출량 산정 프로세스

- 도시 주요 먼지배출원인 건물, 공사, 교통 부문의 FPM 및 CPM 배출 계수는 다음 표 2.70과 같음.

표 2.70 도시 주요 먼지 배출원별 FPM 및 CPM 배출 계수

구분		연료	TPM		FPM		CPM	단위 (공통)
					TSP	PM2.5/TSP (비율)	CPM/FPM_PM2.5 (비율)	
건물(개별난방)		LNG	-		0.0300	1.0000	53.5300	Kg/천㎥
건물(집단에너지)		LSWR	-		0.8564	0.4810	1.5800	Kg/k l
		B.C	-		0.8564	0.4810	1.5800	Kg/k l
		LNG	-		0.0360	1.0000	53.5300	Kg/천㎥
		LFG	-		0.0360	1.0000	53.5300	Kg/k l
		등유	-		0.2400	0.8594	18.4600	Kg/k l
		우드칩	-		0.0500	0.8321	9.9400	kg/ton
		바이오가스	-		0.0360	1.0000	53.5300	Kg/천㎥
공사[1]	굴삭기	경유	0.3400		-	-	-	g/kWh
	기중기	경유	0.1200		-	-	-	g/kWh
	로우더	경유	0.2000		-	-	-	g/kWh
	로울러	경유	0.1200		-	-	-	g/kWh
	불도저	경유	0.1300		-	-	-	g/kWh
	지게차	경유	0.2800		-	-	-	g/kWh
	덤프트럭[2] (적재 5ton 초과)	경유	0.0480		-	-	-	g/km-대
	공사장비 운행, 토사이동, 바람에의한 비산먼지발생		※ 별도 계산식 적용(TSP)[3]			-	-	g/h-대
교통[2]	승용차 (중형)	휘발유	-	(0.009)[4]	-	-	-	g/km-대
		경유	0.0010		-	-	-	g/km-대
		LPG	-		-	-	-	g/km-대
	버스 (시내버스)	휘발유	-	(0.048)[4]	-	-	-	g/km-대
		경유	0.0400		-	-	-	g/km-대
		LPG	-		-	-	-	g/km-대
	화물차 (RW<1,760 kg)	휘발유	-	(0.032)[4]	-	-	-	g/km-대
		경유	0.0010		-	-	-	g/km-대
		LPG	-		-	-	-	g/km-대

※ 오염물배출계수 : 국가대기오염물질 산정방법 편람(국립환경과학원, 2013), PM2.5/TSP : 국립환경과학원 국가대기오염물질 배출량 서비스,
CPM/PM2.5 : 배출가스 중 미세먼지 측정법 개선에 관한 연구(Ⅱ)(국립환경과학원, 2015)

※ 1) 건설기계오염물질 배출계수 산정(국립환경과학원, 2007, 2)
2) 자동차 총 오염물질 배출량 산정방법에 관한 규정, 2012년 7월 이후 자동차의 배출계수(환경부 고시 2013-94호)
3) Air pollution engineering manual 1992, Air & Waste Management Association, Compilation of air pollutant emission factors, 1995, EPA
4) 환경영향평가 시 도로이동오염원 대기오염물질 배출량 산정 개선방안

⑨ 모델링 배출량 입력 자료 전처리 로직 작성 및 모델링 팀에 제공

- 도시 주요 먼지배출원의 FPM 및 CPM 배출량 산정 소프트웨어의 3가지 처리 프로세스별 세부기능을 반영하여, 4가지 세부 프로그램을 구성하였음.
- 소프트웨어의 세부 프로그램은 그림 2.21과 같이 오염원 배출계수 관리, 공사 시 오염원 발생량 관리, 운영 시 오염원 발생량 관리, 전체 먼지발생량 현황 관리로 구성되며, 세부 프로그램별로 입출력 인터페이스 개발을 완료하였음.
- 오염원 배출계수 관리 프로그램은 에너지 분류별 연료 코드 관리, 부문별 오염원 배출계수 관리, CAPSS CPM 전환계수 관리, 연료별 CPM 배출계수 관리로 구성됨.
- 공사 시 오염원 발생량 관리 프로그램은 공사 시 먼지발생량 현황 프로그램으로 구성됨.
- 운영 시 오염원 발생량 관리 프로그램은 공사 후 건축물 먼지 발생량 현황, 공사 후 집단에너지 먼지발생량 현황, 공사 후 도로 먼지발생량 현황으로 구성됨.
- 전체 먼지발생량 현황 관리 프로그램은 공사 시 및 운영 시 오염원 발생량을 통합 관리하는 프로그램 기능을 담당함.

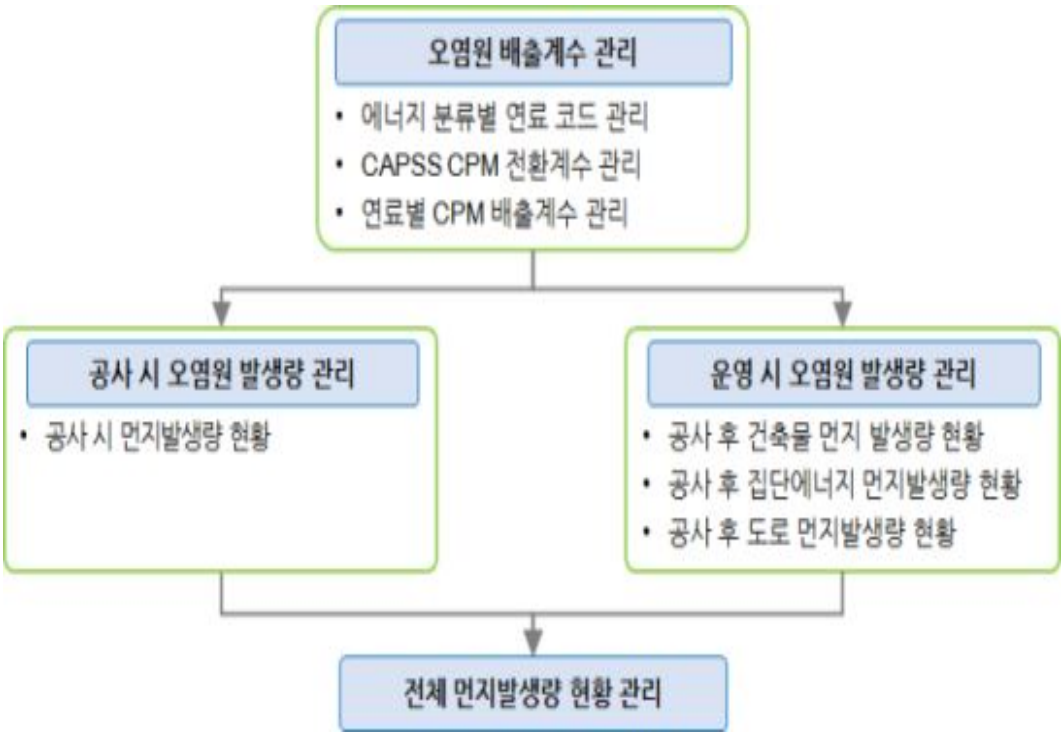


그림 2.21 FPM 및 CPM 배출량 산정 소프트웨어의 세부 프로그램

(3) 연료 연소 및 기타 관련 FPM 및 CPM 배출량 관리 소프트웨어 적용

(가) 먼지 배출량관리 소프트웨어 현장적용 개요

① 대기거동모사 적용 개요

- 본 연구에서 개발한 먼지배출량 관리 소프트웨어를 이용하여 택지개발지구를 대상으로 여과성 및 응축성 미세먼지 배출량 산정 및 분석을 실시하였음.
- 소프트웨어 적용 지역은 군포 부곡 택지개발지역으로, 해당지역의 여과성 및 응축성 먼지배출량을 산정하였음.

② 택지개발사업 지역

- 분석대상 택지개발지구의 사업면적은 470,000㎡(주택용지 면적 200,795㎡, 상업·업무용지 면적 6,104㎡, 공공용지 면적 263,101㎡)이며, 2004년 ~ 2007년에 개발 완료되었음.
- 그림 2.22는 분석대상 택지개발지역의 토지이용계획도를 나타냄.



그림 2.22 군포 부곡지구 택지개발사업의 토지이용계획도

(나) 먼지 배출량관리 소프트웨어 현장적용 설정

① 오염원 배출계수 관리

- 도시 먼지 배출원의 여과성 및 응축성 미세먼지 배출량을 산정하기 위하여 에너지 분류코드에 따른 배출원 시설의 연료별 배출계수를 조회 및 관리할 수 있는 기능을 제공함.
- 배출계수 관리 대상의 대기오염물질은 CO, NOx, SOx, NH_3, TSP, PM_{10}, $PM_{2.5}$ 이며 여과성 미세먼지 배출계수와 응축성 미세먼지 전환계수 관리 기능을 각각 제공함.

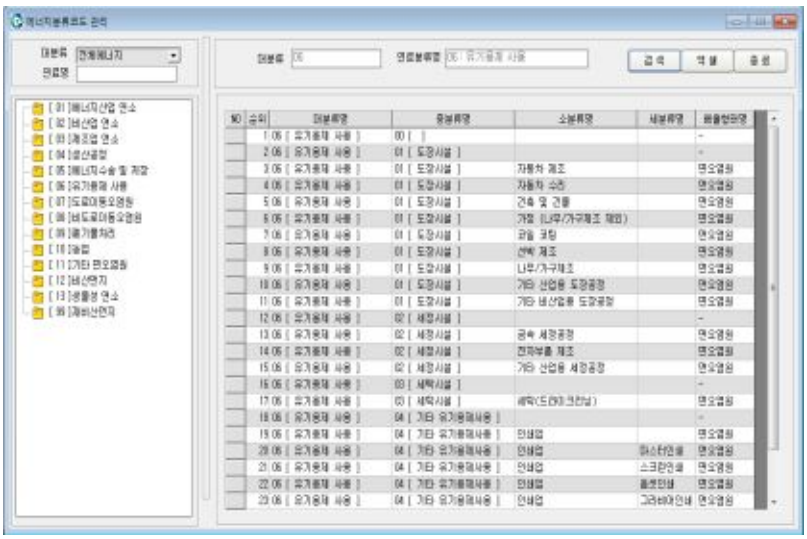


그림 2.23 에너지분류코드 관리설정 화면

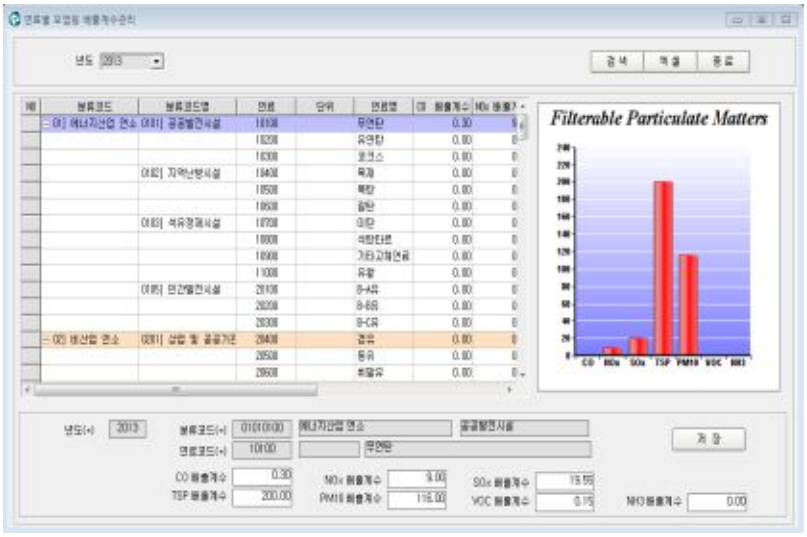


그림 2.24 연료별 오염원 여과성 미세먼지 배출계수 관리화면

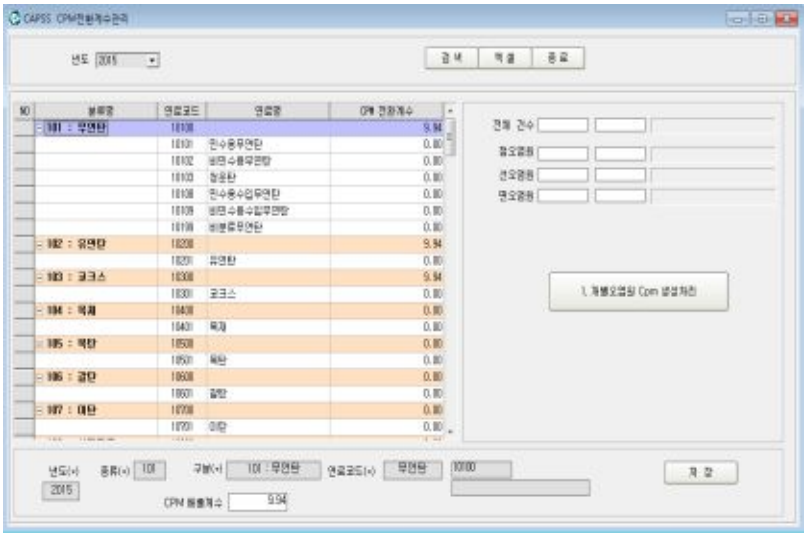


그림 2.25 연료별 오염원 응축성 미세먼지 배출계수 관리화면

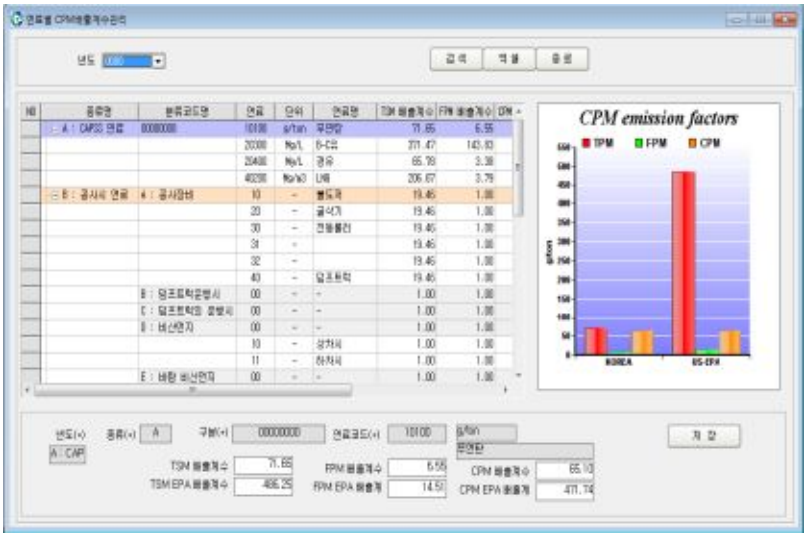


그림 2.26 연료별 오염원 응축성 미세먼지 배출계수 관리화면

② 대기오염물질 배출량 산정 및 분석기능 설정

- 도시 먼지 배출원의 여과성 및 응축성 미세먼지 배출량을 월별 발생량 형태로 제공하며, 먼지발생량 분석기능을 통해 차트 및 분석결과를 제공함.
- 배출원별 여과성 및 응축성 미세먼지 발생량과 비율 등을 분석할 수 있음.



그림 2.27 공사배출원의 미세먼지 배출량 산정화면

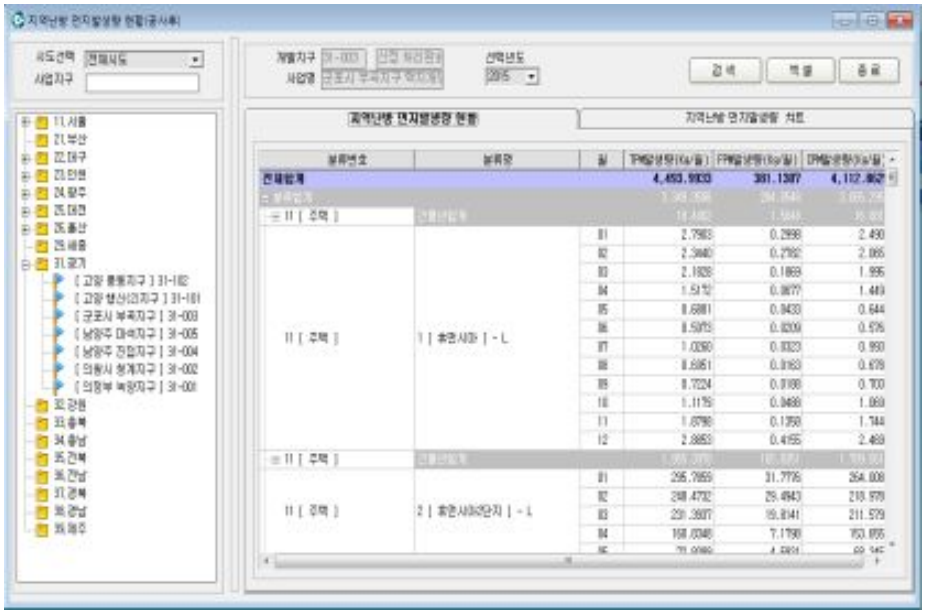


그림 2.28 건물 배출원의 미세먼지 배출량 산정화면

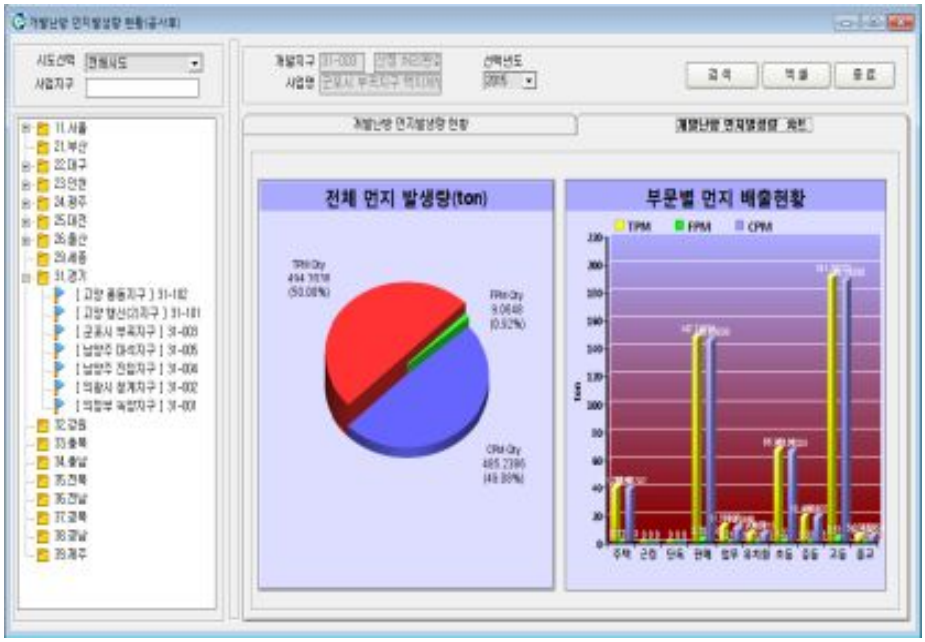


그림 2.29 건물 배출원의 미세먼지 차트 및 분석화면

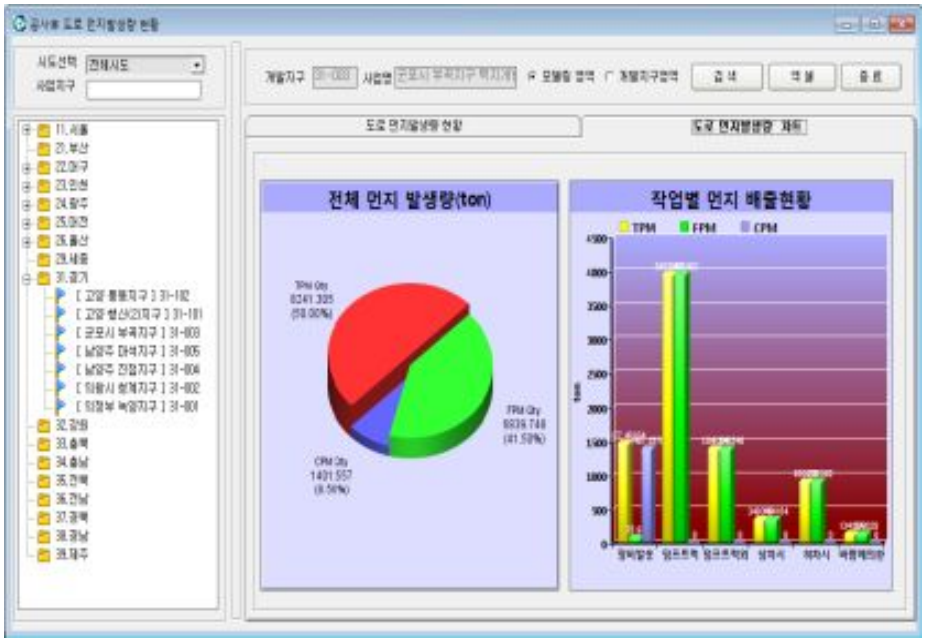


그림 2.30 이동오염원(차량) 배출원의 미세먼지 차트 및 분석화면

[핵심성과 3] 먼지배출량 실외거동모사 기술 개발

- 분석대상 도시개발지구에서의 에너지사용량 산출 프로세스와 에너지유형별 여과성 및 응축성 미세먼지 배출량 산정 프로세스를 기반으로 먼지 배출량 실외 거동 모사 프로세스를 진행함.
- 먼지 배출량 실외 거동 모사 프로세스는 기상 데이터 수집과 기상장 모델링, 대기질 모델링, 실외 거동 결과 분석 단계로 구분됨.

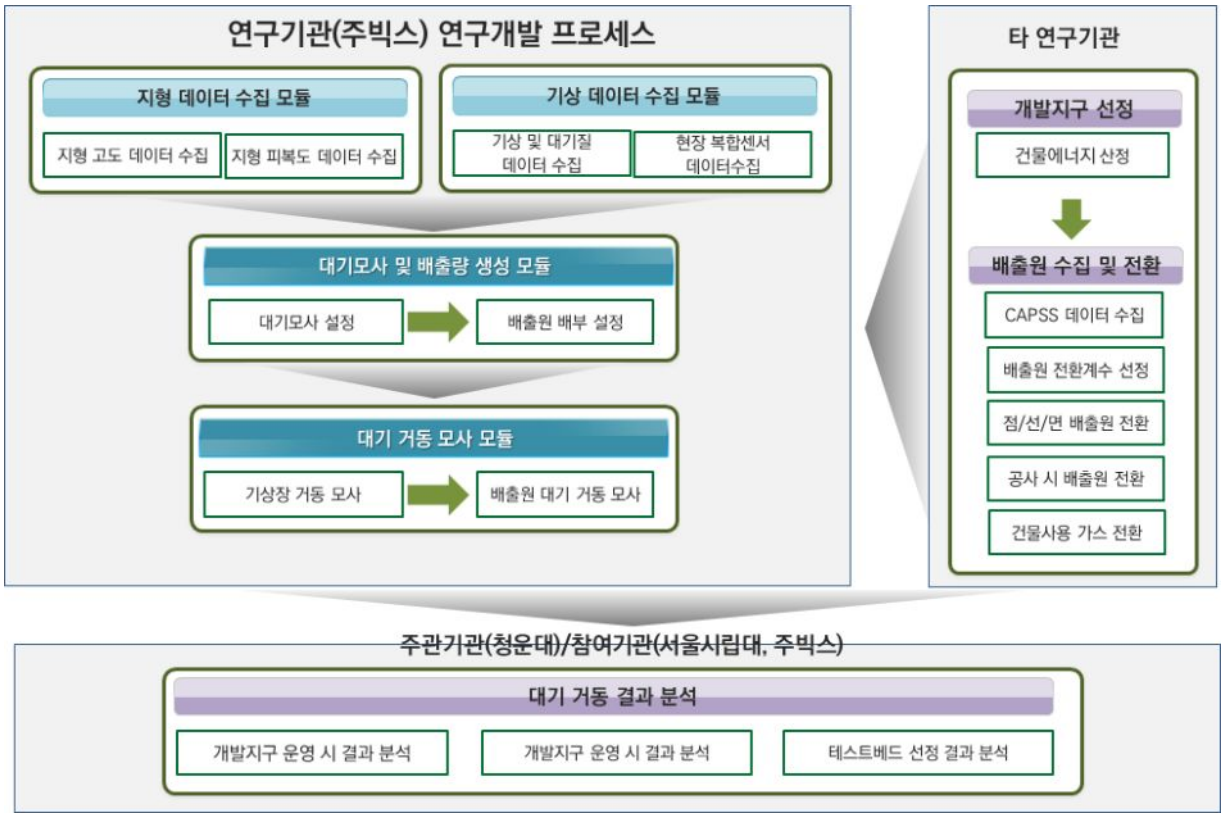


그림 3.1 참여연구기관(주빅스) 연구개발 프로세스

(1) 지형자료 입력 인터페이스 모듈 개발

(가) 지형자료 입력 인터페이스 모듈 설계

① 지형 고도/피복도 자료 수집

- 환경공간정보서비스시스템과 국토정보플랫폼으로부터 최근(2013년) 토지피복지도 데이터를 수집하여 반영하였으며, 수집한 고도/피복 데이터를 17개 시도로 구분하고 각각의 시도별 코드를 부여하여 구분하였음.
- 시도별 지형의 고도와 피복 모델링을 위한 격자 크기는 1Km X 1Km, 100m X 100m, 30m X 30m로 분리하여 기초 지형데이터 자료를 확보하였음.
- 그림 3.2는 전국 17개 시도별 지형도 현황을 나타냄.



그림 3.2 시도별 지형도 현황

표 3.1 격자크기별 생성 격자수 현황

시도명	1km × 1km 격자	100m × 100m 격자	30m × 30m 격자
서울특별시	604	60,576	672,938
부산광역시	803	77,732	860,774
대구광역시	876	87,916	976,656
인천광역시	568	60,571	674,089
광주광역시	503	49,848	553,692
대전광역시	535	53,959	599,893
울산광역시	1,101	106,339	1,179,922
세종특별자치시	469	46,484	516,675
경기도	8,668	875,493	9,795,999
강원도	13,676	1,362,539	15,121,066
충청북도	7,478	748,122	8,312,360
충청남도	7,478	818,981	9,087,251
전라북도	8,222	827,656	7,738,937
전라남도	11,611	1,725,038	13,622,695
경상북도	19,292	1,918,956	21,152,752
경상남도	10,604	1,083,134	11,675,374
제주특별자치도	1,793	184,440	2,051,012
합계	**94,281**	**10,087,784**	**104,592,085**

② 지형 고도/피복도 소프트웨어 프로세스

㉮ 지형 고도/피복도 생성 및 모델링 도메인 기능도

- 본 시스템은 지형 고도/피복도 관리와 모델링 도메인 관리의 두 가지 기능관리 모듈로 구성되며 각 기능관리별 상세 내용은 다음과 같음.

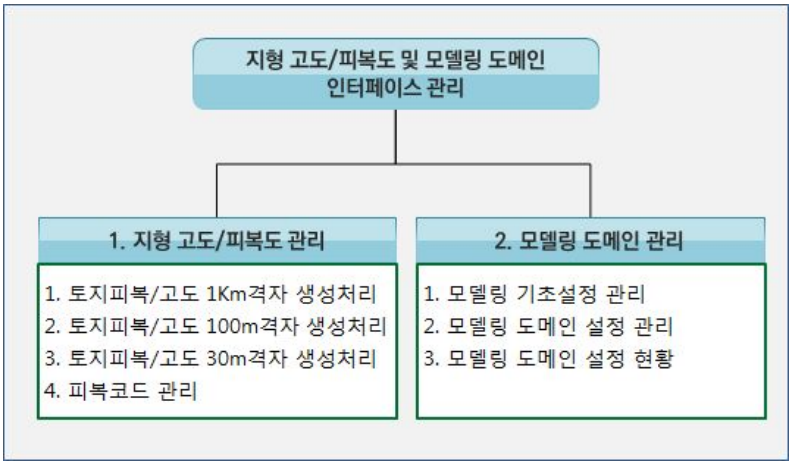


그림 3.3 지형 데이터 구축 및 모델링 도메인 구성도

㉯ 지형 고도/피복도 관리 구성 기능

- 지형 격자 크기가 1Km X 1Km, 100m X 100m, 30m X 30m로 된 기초 지형데이터로 모델링 도메인 구성 위치로 UTM52(Universal Transverse Mercator coordinate system) 좌표와 위·경도 좌표로 변환 가공 처리하는 프로세스임.
- 격자별 토지피복도는 14등급 시스템을 채택하였으며, 도시, 숲, 물, 설원 등 14등급의 토지피복도에 보우엔비, 알베도, 지표거칠기, 인공열 등의 변수를 설정하도록 하였음.
- 다음 그림 3.4 모델링에서 사용한 14등급의 토지피복도를 나타냄.


Default CALMET Land Use Categories and Associated Geophysical Parameters
Based on the U.S. Geological Survey Land Use Classification System
(14-Category System)

그림 3.4 모델링에서 사용하는 토지피복도

㉡ 모델링 도메인 관리 구성 기능

- 분석하고자 하는 모델링 영역의 격자 크기의 설정에 따라 토지피복 자료와 지형고도 파일을 자동으로 생성함.
- 지형 고도/피복도 정보를 이용하여 모델링의 지형 정보를 생성하는 기본 흐름도는 그림 3.5이며, 그림 3.6은 모델링을 위한 피복/고도 파일 자동생성 흐름도를 나타냄.

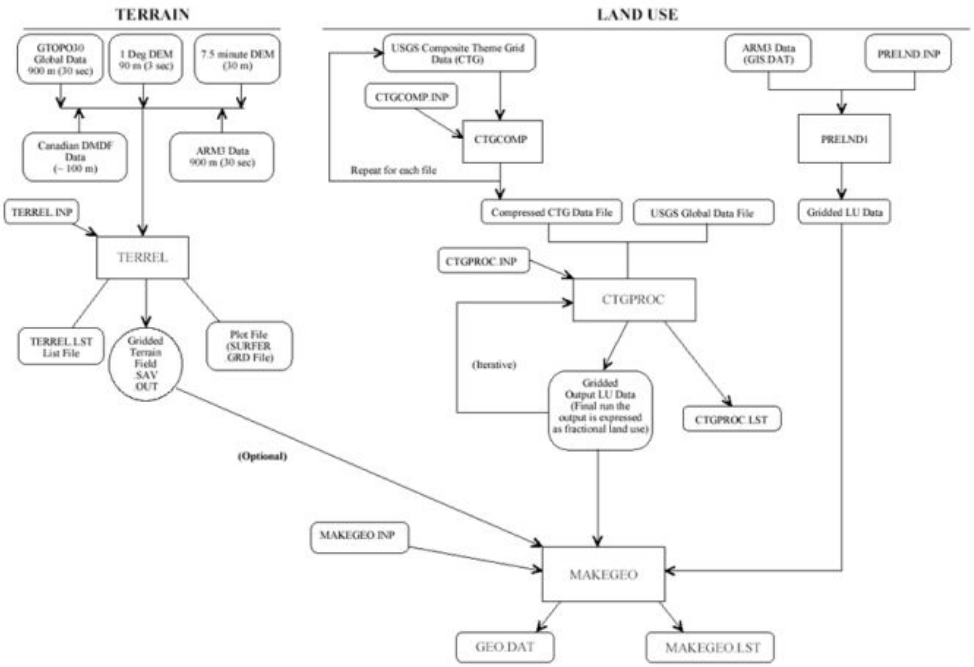


그림 3.5 모델링 지형자료 처리 기본 흐름도

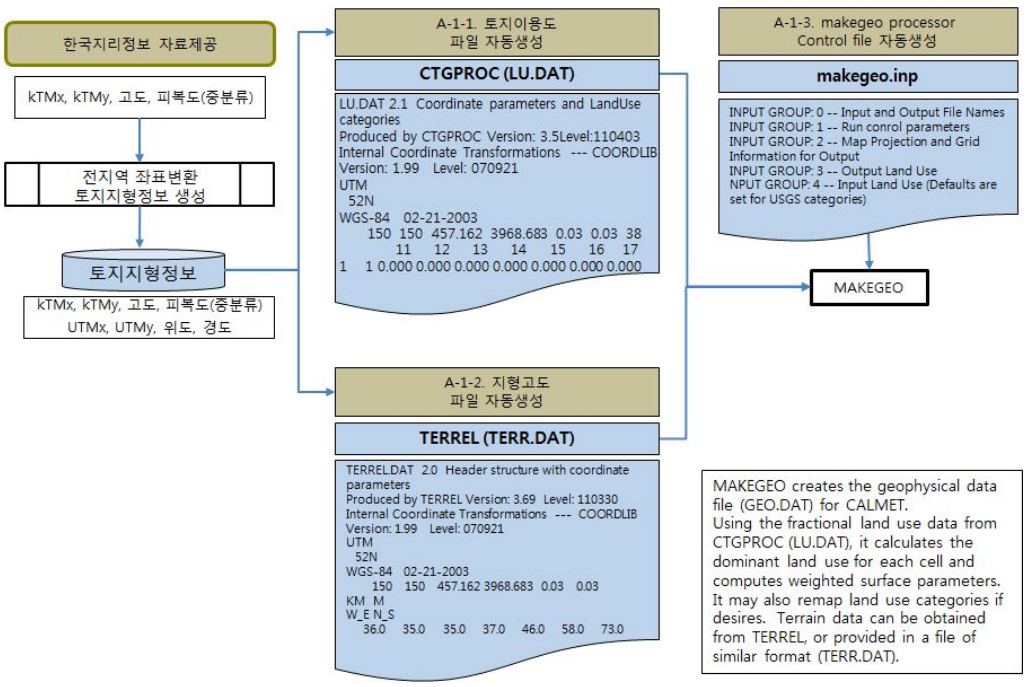


그림 3.6 모델링 피복/고도 파일 자동생성 흐름도

④ 지형 고도/피복도 생성 및 모델링 적용 흐름도

- 지형 고도/피복도 관리 구성 기능은 격자 크기가 1Km X 1Km, 100m X 100m, 30m X 30m로 된 기초 지형데이터를 모델링 처리를 위한 UTM52(Universal Transverse Mercator coordinate system) 좌표와 위·경도 좌표로 변환 가공 처리하는 프로세서임.
- 격자별 토지피복도는 14등급 시스템을 채택하였으며, 도시, 숲, 물, 설원 등 14등급의 토지피복도에 보우엔비, 알베도, 지표거칠기, 인공열 등의 변수를 설정하도록 하였음.
- 본 시스템은 토지의 고도와 피복도의 자료를 데이터베이스화 하고 모델링 영역을 설정하며, 1Km, 100m, 30m 단위 격자 크기로 모델링 영역의 도메인 좌표를 생성함.
- 그림 3.7은 지형 고도/피복도 관리 및 모델링 도메인 관리의 흐름도를 나타냄.

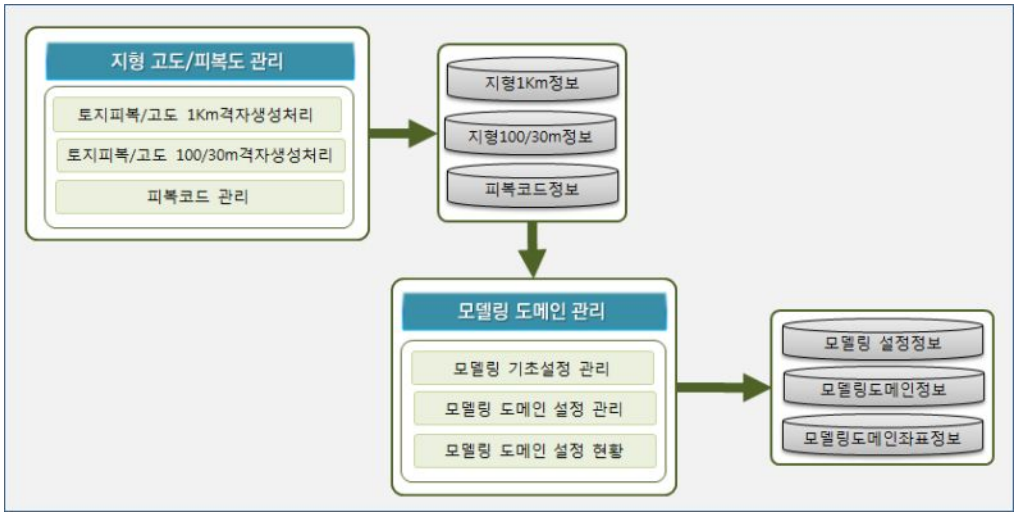


그림 3.7 지형 고도/피복도 및 모델링 인터페이스 흐름도

③ 지형 고도/피복도 프로세스의 세부기능

- 주요 세부 기능 처리는 1Km와 100m 그리고 30m 단위의 토지피복/고도 격자 생성처리와 피복코드 관리이며, 세부기능에 대한 설명은 표 3.2와 같음.

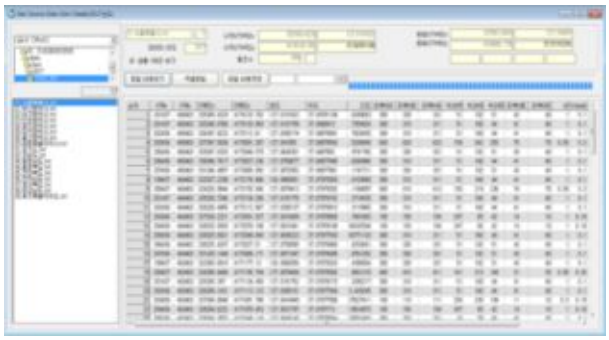
표 3.2 지형 고도/피복도 및 모델링 지형 인터페이스 세부기능 및 내용

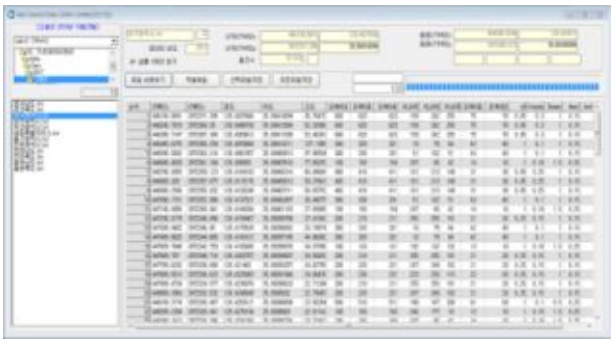
관리기능	단위 기능명	단위 기능 설명
지형고도 피복도 관리	토지피복/고도 1Km 격자생성처리	1Km 격자 토지 피복/고도 기초자료를 데이터베이스 정보로 가공 처리 생성하는 기능
	토지피복/고도 100m 격자생성처리	100m 격자 토지 피복/고도 기초자료를 데이터베이스 정보로 가공 처리 생성하는 기능
	토지피복/고도 30m 격자생성처리	30m 격자 토지 피복/고도 기초자료를 데이터베이스 정보로 가공 처리 생성하는 기능
	피복코드 관리	토지피복코드를 대/중/소 및 오염원종류를 관리하는 기능
모델링 도메인 관리	모델링 기초설정관리	모델링명, 모델링 종류, 격자크기, UTM좌표, 위경도 좌표 등의 모델링을 하기 위한 기초환경을 설정 관리하는 기능
	모델링 도메인 설정관리	모델링의 영역(도메인)을 설정하여 UTM좌표, 위경도 좌표를 관리하는 기능
	모델링 도메인 설정현황	설정된 모델링의 영역(도메인)을 가시화하는 기능

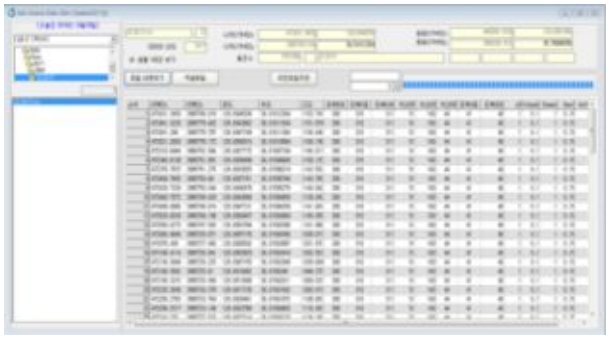
(나) 지형자료 입력 인터페이스 모듈 개발

- 표 3.3은 격자 생성 크기에 따른 토지피복/고도 관리 프로그램 입·출력 인터페이스와 주요 기능을 나타냄.

표 3.3 토지피복/고도 격자생성관리 프로그램 입·출력 인터페이스 및 주요 기능

토지 고도/피복도 1Km 격자 생성처리 인터페이스	
주요 기능	인터페이스 개발 화면
• 시도별 토지 고도/피복도 기초자료를 데이터베이스에 저장하는 기능 화면 • 시도별 토지 고도/피복도 기초자료를 미리 [파일내용보기]로 검색한 후에 [파일내용저장] 버튼으로 시도별 기초자료의 피복코드를 피복코드정보에서 피복도 분류정보를 가져와 지형 1Km격자 테이블의 데이터베이스에 저장함.	

토지 고도/피복도 100m 격자 생성처리 인터페이스	
주요 기능	인터페이스 개발 화면
• 시도별 토지 고도/피복도 기초자료를 데이터베이스에 저장하는 기능 화면 • 시도별 토지 고도/피복도 기초자료를 미리 [파일내용보기]로 검색한 후에 [파일내용저장] 버튼으로 시도별 기초자료의 피복코드를 피복코드정보에서 피복도 분류정보를 가져와 지형 100m격자 테이블의 데이터베이스에 저장함.	

토지 고도/피복도 30m 격자 생성처리 인터페이스	
주요 기능	인터페이스 개발 화면
• 시도별 토지 고도/피복도 기초자료를 데이터베이스에 저장하는 기능 화면 • 시도별 토지 고도/피복도 기초자료를 미리 [파일내용보기]로 검색한 후에 [파일내용저장] 버튼으로 시도별 기초자료의 피복코드를 피복코드정보에서 피복도 분류정보를 가져와 지형 30m격자 테이블의 데이터베이스에 저장함.	

(다) 지형자료 입력 인터페이스 모듈 현장적용

① 대기모사 시 적용 내용

- 대기모사영역 설정 시 지형격자 크기(METEOROLOGICAL Grid spacing) 에 따라 격자의 고도와 피복도가 생성 됨.
- 점/선/면 배출원의 설정 시 격자 크기별로 배출원의 배출량을 배부하여 격자별로 배출량의 설정 생성 됨.
- 기상장 및 대기모사 실행 시 격자별 고도와 피복도에 따라 오염원의 농도를 산정 모사함.

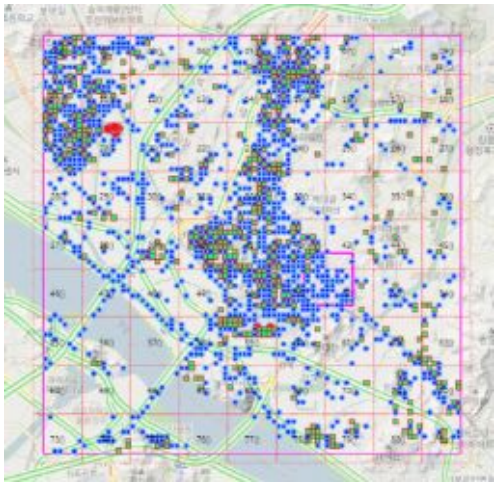
② 지형자료 인터페이스 모듈 적용 형태

표 3.4 대기거동모사영역의 지형고도 및 피복도 적용 형태

대기모사영역 격자별 고도와 높이 활용

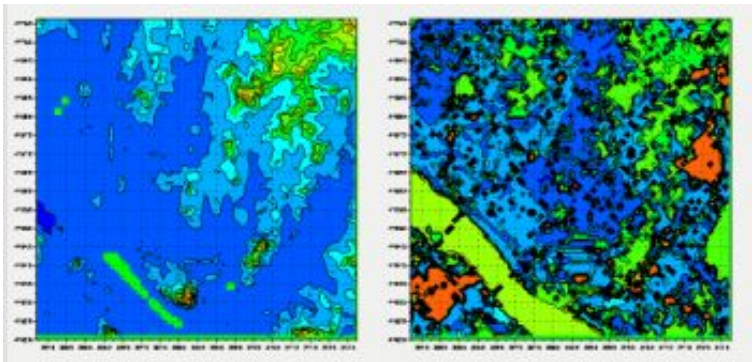


<격자별 고도 및 높이>



<도메인 격자별 점/선/면오염원>

대기모사영역 도메인의 지형 고도 및 피복도 적용



<도메인 지형 고도> <도메인 지형 피복도>

- 대기모사 격자크기를 100m로 하여 도메인의 지형고도 와 지형 피복도 적용

(2) 기상자료 입력 인터페이스 및 통신모듈 개발

(가) 기상자료 입력 인터페이스 및 통신모듈 설계

- 그림 3.8에 나타낸 바와 같이 유관기관으로부터의 기상정보와 대기질 정보 그리고 현장에 설치된 자동기상관측장비(AWS)의 관측 기상/대기 정보를 수집하고 정보화 함.

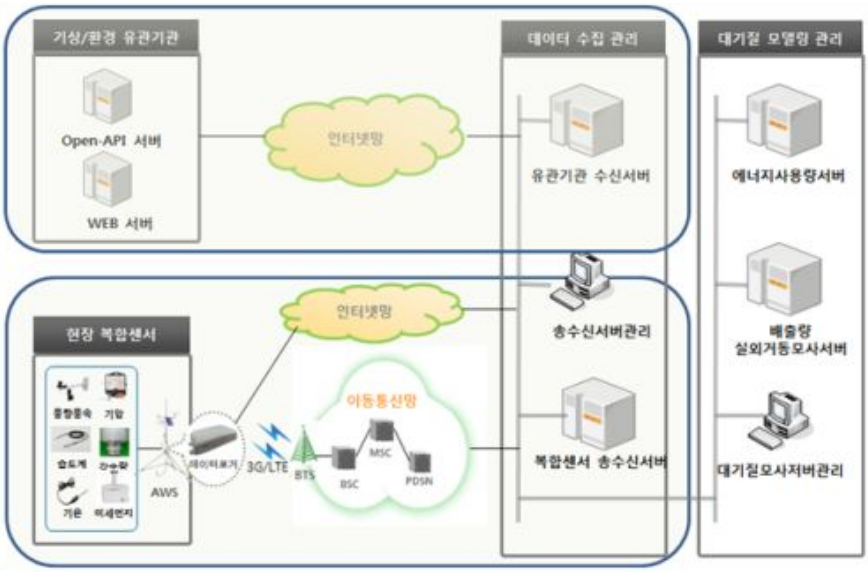


그림 3.8 유관기관 및 현장 복합센서 데이터 수집 흐름도

① 기상 및 대기질 데이터 수집 프로세스

㉮ 기상/대기 데이터 수집 인터페이스 기능구성도

- 데이터 수집 인터페이스 관리는 기상 및 대기질 정보를 수집하는 유관기관 수집관리와 현장에 설치된 복합기상/대기센서 수집관리로 구성되어 있음.

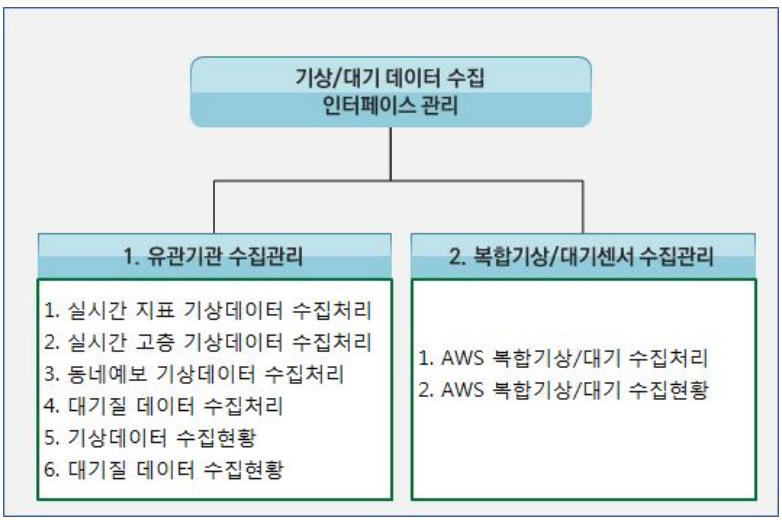


그림 3.9 데이터 수집 인터페이스 관리 구성도

㉱ 기상/대기 데이터 수집 인터페이스 기능흐름도

- 외부 유관기관에서 기상관측정보, 기상예보정보, 대기질 정보를 수집하고 내부에서는 현장에 설치된 복합 센서 데이터로그에서 기상, 대기 센서 데이터를 수집함. 수집된 데이터는 가공하여 데이터베이스에 저장하고 관리함.

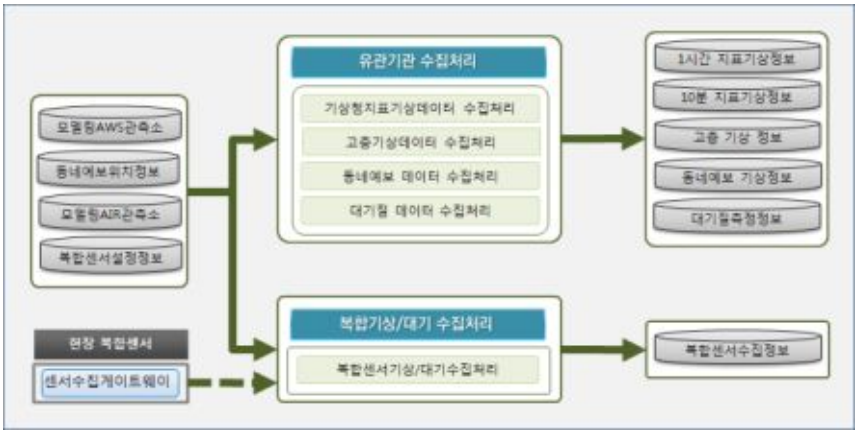


그림 3.10 기상/대기 및 현장 복합센서 인터페이스 흐름도

② 기상데이터 수집별 상세 프로세스

㉮ 기상데이터 인터페이스 수집 프로세스

㉠ 기상데이터 수집 항목

- 지표기상데이터 : 관측시간, 풍향, 풍속, 기온, 습도, 기압 등을 관리
- 고층기상데이터 : 관측시간, 기압, 고도, 온도, 이슬점, 풍향, 풍속, 습도 등을 관리

㉡ 수집 처리

- 유관기관으로부터 수집한 XML 데이터를 수집일 폴더 생성 후 텍스트 파일 생성
- 지표기상데이터는 10분, 1시간 데이터 수집 가능

㉢ 데이터베이스 가공처리 저장

- 수집된 텍스트 파일을 가공 처리하여 데이터베이스에 저장함.
- 저장된 텍스트 파일은 백업 폴더로 파일 이동

표 3.5 기상데이터 수집 인터페이스

인터페이스 명	기상데이터 수집 연동					
인터페이스 설명	기상청 AWS 기상관측 정보를 수집서버로 전송 수집하는 인터페이스					
I/F 항목명	I/F 항목 영문명	I/O	Type	길이	필수	연계항목 설명
AWS ID	DevID	I	C	9	Y	-
관측일시	date	I	C	14	Y	연월일시분 : yyyymmddhhmm00
풍향	wind	O	C	10	-	-
풍속	wspd	O	C	10	-	-
기온	temp	O	C	10	-	-
습도	hmdt	O	C	10	-	-
기압	ahpa	O	C	10	-	-
강수유무	rnyn	O	C	1	-	0:강수무, 1:강수유
강수량	rnday	O	C	10	-	-

㉯ 동네예보 기상 유관기관 모듈 인터페이스 구축

㉠ 데이터 수집 항목

- 동네예보기상데이터 : 예보일자, 예보시각, 풍속, 기온, 습도, 기압 등을 관리

㉡ 수집 지점 설정 :

- 동네예보위치정보에 수집여부를 설정.

㉢ 수집 처리

- 유관기관으로부터 수집한 XML 데이터를 수집일 폴더 생성 후 텍스트 파일 생성

㉣ 데이터베이스 가공처리 저장

- 수집된 텍스트 파일을 가공 처리하여 데이터베이스에 저장
- 저장된 텍스트 파일은 백업 폴더로 파일 이동

표 3.6 동네예보 기상 데이터 수집 인터페이스

인터페이스 명	동네예보 수집 연동					
인터페이스 설명	기상청 동네예보 정보를 수집서버로 전송 수집하는 인터페이스					
I/F 항목명	I/F 항목 영문명	I/O	Type	길이	필수 여부	연계항목 설명
발표일자	base_date	I	C	8	Y	년월일:yyyymmdd
발표시각	base_time	I	C	8	Y	시분:hhmm
예보지점 X 좌표	nx	I	C	2	Y	-
예보지점 Y 좌표	ny	I	C	2	Y	-
결과코드	resultCode	O	C	4	-	-
결과메시지	resultMsg	O	C	50	-	-
전체 결과 수	totalCount	O	C	2	-	-
발표일자	baseDate	O	C	8	-	-
발표시각	baseTime	O	C	6	-	-
예보일자	fcstDate	O	C	8	-	-
예보시각	fcstTime	O	C	4	-	-
자료구분문자	category	O	C	3	-	-
예보 값	fcstValue	O	C	2	-	-

㉰ 동네예보 기상 유관기관 모듈 인터페이스 구축

㉠ 데이터 수집 항목

- 대기질데이터 : 측정일, 미세먼지(PM10), 미세먼지(PM2.5), 아황산가스, 일산화탄소, 오존, 이산화질소 등을 관리

㉡ 수집 지점 설정 :

- 모델링Air관측소설정정보에 수집여부를 설정

㉢ 수집 처리

- 유관기관으로부터 수집한 XML 데이터를 수집일 폴더 생성 후 텍스트 파일 생성

㉣ 데이터베이스 가공처리 저장

- 수집된 텍스트 파일을 가공 처리하여 데이터베이스에 저장
- 저장된 텍스트 파일은 백업 폴더로 파일 이동

표 3.7 대기질 데이터 수집 인터페이스

인터페이스 명	대기질데이터 수집 연동					
인터페이스 설명	환경부 대기질 정보를 수집서버로 전송 수집하는 인터페이스					
I/F 항목명	I/F 항목 영문명	I/O	Type	길이	필수 여부	연계항목 설명
관측소명	stationName	I	C	30	Y	-
데이터기간	dataTerm	I	C	10	Y	하루 : DAILY
측정일	dataTime	O	C	20	-	2016-04-20 14:00
측정망 정보	mangName	O	C	10	-	국가배경, 교외대기, 도시대기, 도로변대기
아황산가스 농도	so2Value	O	C	10	-	단위 : ppm
일산화탄소 농도	coValue	O	C	10	-	단위 : ppm
오존 농도	o3Value	O	C	10	-	단위 : ppm
이산화질소 농도	no2Value	O	C	1	-	단위 : ppm
미세먼지(PM10)농도	pm10Value	O	C	10	-	단위 : ㎍/㎥
미세먼지(PM10) 24시간예측이동농도	pm10Value24	O	C	10	-	단위 : ㎍/㎥
미세먼지(PM2.5)농도	pm25Value	O	C	10	-	단위 : ㎍/㎥
미세먼지(PM2.5) 24시간예측이동농도	pm25Value24	O	C	10	-	단위 : ㎍/㎥
통합대기환경수치	khaiValue	O	C	10	-	-
통합대기환경지수	khaiGrade	O	C	10	-	-
아황산가스 지수	so2Grade	O	C	10	-	-
일산화탄소 지수	coGrade	O	C	10	-	-
오존 지수	o3Grade	O	C	10	-	-
이산화질소 지수	no2Grade	O	C	10	-	-
미세먼지(PM10) 24시간 등급	pm10Grade	O	C	10	-	1~4
미세먼지(PM2.5) 24시간 등급	pm25Grade	O	C	10	-	1~4
미세먼지(PM10) 1시간 등급	pm10Grade1h	O	C	10	-	1~4
미세먼지(PM2.5) 1시간 등급	pm25Grade1h	O	C	10	-	1~4

㉮ 이동식 복합센서 연동 모듈 인터페이스 구축

㉠ 데이터 수집 항목

- 이동형 기상/대기데이터 : 측정일, 관측시간, 풍향, 풍속, 기온, 습도, 기압, 미세먼지(PM10), 미세먼지(PM2.5), TSP, 아황산가스, 일산화탄소, 오존, 이산화질소 등을 관리

㉡ 수집 지점 설정 :

- 이동형 복합센서 설치의 위치 설정정보에 수집여부를 설정

㉢ 수집 처리

- 유관기관으로부터 수집한 XML 데이터를 수집일 폴더 생성 후 텍스트 파일 생성

㉣ 데이터베이스 가공처리 저장

- 수집된 텍스트 파일을 가공 처리하여 데이터베이스에 저장
- 저장된 텍스트 파일은 백업 폴더로 파일 이동

㉤ 이동식 복합센서 데이터 수집 인터페이스 기본 구성

- 기본 구성은 크게 “시작 영역”, “자료내역 영역”, “종료 영역” 등 3개의 영역으로 구분되고 통합제어기와 서버 사이에 오가는 모든 메시지들은 이와 같은 Format으로 이루어짐

표 3.8 인터페이스 기본 구성

영역 구분	바이트 수	내용
시작 영역	15 Byte	시작표시 프로토콜버전 날짜시간 자료구분 자료형식번호 지점번호
자료내역 영역	N Byte	필수 및 선택 관측 필수 관측 강수량 관측
종료 영역	4 Byte	CHECK XOR CHECK SUM 끝표시

㉥ 인터페이스 상세 구조

- 필수 및 선택 모두 관측 시 : 109 BYTE
- 필수 관측 시 : 63 BYTE
- 강수량 관측 시 : 34 BYTE

표 3.9 인터페이스 상세구조

Ⅰ(2)	Ⅱ(3)	Ⅲ(5)	Ⅳ(1)	Ⅴ(1)	Ⅵ(2)	Ⅶ Ⅶ-1(91),Ⅶ-2(45),Ⅶ-3(16)	Ⅷ(2)	Ⅸ(2)

표 3.10 인터페이스 상세 구조 내용

구분 기호	내용	바이트 수	내 용 설 명
Ⅰ	시작 표시	2	'FAFB' (Hex)
Ⅱ	프로토콜버전	1	1) 년 : 표현범위 → 0 ~ 99 (2000~2099년)
		1	2) 월 : 표현범위 → 1 ~ 12
		1	3) 일 : 표현범위 → 1 ~ 31
Ⅲ	날짜/시간	1	1) 년 : 표현범위 → 0 ~ 99 (2000~2099년)
		1	2) 월 : 표현범위 → 1 ~ 12
		1	3) 일 : 표현범위 → 1 ~ 31
		1	4) 시 : 표현범위 → 0 ~ 24
		1	5) 분 : 표현범위 → 0 ~ 59
Ⅳ	자료구분	1	'I' : 순간 'B' : 1 분
Ⅴ	자료형식 번호	1	0 : 필수 및 선택관측, 1 : 필수관측, 2 : 강수량관측, c : 관측요소에 따라 부여(3 ~ 9)
Ⅵ	지점번호	2	AWS 지점번호 : 사용비트 → 14 ~ 0번 비트 유효범위 → 1 ~ 65535 자료형태 → 이진 코드
Ⅶ	자료내용	Ⅶ-1 : 91	필수 및 선택 관측
		Ⅶ-2 : 45	필수 관측
		Ⅶ-3 : 16	강수량 관측
Ⅷ	CHECK XOR	1	초기값을 '0'으로 하여 Ⅱ, Ⅲ, Ⅳ, Ⅴ, Ⅵ, Ⅶ 항을 XOR 한 값
	CHECK SUM	1	초기값을 '0'으로 하여 Ⅱ, Ⅲ, Ⅳ, Ⅴ, Ⅵ, Ⅶ 항을 ADD 한 값
Ⅸ	끝 표시	2	'FFFE' (Hex)

㉦ 인터페이스 자료내역 상세 구조 인터페이스

- 인터페이스 자료내역 상세 구조 인터페이스는 다음과 같음.

표 3.11 인터페이스 자료내역 상세 구조 인터페이스

구분	분류	내용	바이트 수	내 용 설 명
필수 관측 요소	A	기온	2	1분 평균 기온 사용비트 → 10 ˜ 0 번 비트 유효범위 → 0 ˜ 2047 (이진 코드) 표현범위 → 500 ˜ 1500 ((관측값 + 100) × 10)
	B	풍향	2	1분 평균 풍향 사용비트 → 11 ˜ 0 번 비트 유효범위 → 0 ˜ 4095 (이진 코드) 표현범위 → 1 ˜ 3599 (관측값 × 10)
	C	풍속	2	1분 평균 풍속 사용비트 → 9 ˜ 0 번 비트 유효범위 → 0 ˜ 1023 (이진 코드) 표현범위 → 1 ˜ 1000 (관측값 × 10)
	D	돌풍풍향	2	1분 돌풍 풍향 0.25초 샘플링, 3초 이동 벡터평균 사용비트 → 11 ˜ 0 번 비트 유효범위 → 0 ˜ 4095 (이진 코드) 표현범위 → 0 ˜ 3599 (관측값 × 10)
	E	돌풍풍속	2	1분 돌풍 풍속 0.25초 샘플링, 3초 이동평균 사용비트 → 9 ˜ 0 번 비트 유효범위 → 0 ˜ 1023 (이진 코드) 표현범위 → 0 ˜ 1000 (관측값 × 10)
	F	강수량 (0.5/1.0 m)	2	00시부터 현재까지(일계) 누적강수량 사용비트 → 14 ˜ 0 번 비트 유효범위 → 0 ˜ 32767 (이진 코드) 표현범위 → 0 ˜ 32767 (관측값 × 10)
	G	기 압	2	1분 평균 현지기압 사용비트 → 13 ˜ 0 번 비트 유효범위 → 0 ˜ 16383 (이진 코드) 표현범위 → 5000 ˜ 11000 (관측값 × 10)
	H	강수유무	2	1분 강수유무 사용비트 → 3 ˜ 0 번 비트 유효범위 → 0 ˜ 16 (이진 코드) 표 현 → 강수 무 : 00, 강수 유 : 10
	I	적 설	2	10분 누적적설량 사용비트 → 10 ˜ 0 번 비트 유효범위 → 0 ˜ 5000 (이진 코드) 표현범위 → 0 ˜ 5000 (관측값×10)
	J	상대습도	2	1분 평균 상대습도 사용비트 → 9 ˜ 0 번 비트 유효범위 → 0 ˜ 1023 (이진 코드) 표현범위 → 0 ˜ 1000 (관측값 × 10)
	K	강수량 (0.1mm)	2	00시부터 현재까지(일계) 누적강수량 사용비트 → 14 ˜ 0 번 비트 유효범위 → 0 ˜ 32767 (이진 코드) 표현범위 → 0 ˜ 32767 (관측값 × 10)
	L- 1	예비 1	2	미세먼지10
	L- 2	예비 2	2	미세먼지2.5
	L- 3	예비 3	2	TSP

	L- 4	예비 4	2	NH3
	L- 5	예비 5	2	H2S
	L- 6	예비 6	2	CO2
	L- 7	예비 7	2	CO
	L- 8	예비 8	2	SO2
	L- 9	예비 9	2	VOC
	L-10	예비 10	2	예 비 10
선택 관측 요소	a	일 사	2	1분 누적 일사량 사용비트 → 14 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 32767 (이진 코드) 표현범위 → 0 ~ 32767 {누적 값(MJ/m2) × 100}
	b	일 조	2	00시부터 현재까지(일계) 누적 일조시간 사용비트 → 15 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 65535 (이진 코드) 표현범위 → 0 ~ 65535 {누적시간(초 단위)}
	c	지면온도	2	1분 평균 지면온도 사용비트 → 10 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 2047 (이진 코드) 표현범위 → 500 ~ 2000 {(관측 값 + 100) × 10}
	d	초상온도	2	1분 평균 초상온도 사용비트 → 10 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 2047 (이진 코드) 표현범위 → 500 ~ 2000 {(관측값 + 100) × 10}
	e	지중온도(5 cm)	2	1분 평균 지중온도(5 cm) 사용비트 → 10 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 2047 (이진 코드) 표현범위 → 500 ~ 2000 {(관측값 + 100) × 10}
	f	지중온도(10 cm)	2	1분 평균 지중온도(10 cm) 사용비트 → 10 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 2047 (이진 코드) 표현범위 → 500 ~ 2000 {(관측값 + 100) × 10}
	g	지중온도(20 cm)	2	1분 평균 지중온도(20 cm) 사용비트 → 10 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 2047 (이진 코드) 표현범위 → 500 ~ 2000 {(관측값 + 100) × 10}
	h	지중온도(30 cm)	2	1분 평균 지중온도(30 cm) 사용비트 → 10 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 2047 (이진 코드) 표현범위 → 500 ~ 2000 {(관측값 + 100) × 10}
	i	지중온도(50 cm)	2	1분 평균 지중온도(50 cm) 사용비트 → 10 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 2047 (이진 코드) 표현범위 → 500 ~ 2000 {(관측값 + 100) × 10}
	j	지중온도(1.0 m)	2	1분 평균 지중온도(1.0 m) 사용비트 → 10 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 2047 (이진 코드) 표현범위 → 500 ~ 2000 {(관측값 + 100) × 10}

	k	지중온도(1.5 m)	2	1분 평균 지중온도(1.5 m) 사용비트 → 10 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 2047 (이진 코드) 표현범위 → 500 ~ 2000 {(관측값 + 100) × 10}
	l	지중온도(3.0 m)	2	1분 평균 지중온도(3.0 m) 사용비트 → 10 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 2047 (이진 코드) 표현범위 → 500 ~ 2000 {(관측값 + 100) × 10}
	m	지중온도(5.0 m)	2	1분 평균 지중온도(5.0 m) 사용비트 → 10 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 2047 (이진 코드) 표현범위 → 500 ~ 2000 {(관측값 + 100) × 10}
	S- 1	예비 1	2	예비 1
	S- 2	예비 2	2	예비 2
	S- 3	예비 3	2	예비 3
	S- 4	예비 4	2	예비 4
	S- 5	예비 5	2	예비 5
	S- 6	예비 6	2	예비 6
	S- 7	예비 7	2	예비 7
	S- 8	예비 8	2	예비 8
	S- 9	예비 9	2	예비 9
	S-10	예비 10	2	예비 10
상태 자료	X	데이터로거 전압상태	1	01 : 220 V, 11 : AC OFF
	Y	데이터로거 센서상태	2	BIT 0 : 풍향센서 → 0 : 정상, 1 : 비정상 BIT 1 : 풍속센서 → 0 : 정상, 1 : 비정상 BIT 2 : 온도센서 → 0 : 정상, 1 : 비정상 BIT 3 : 강수유무 → 0 : 정상, 1 : 비정상 BIT 4 : 강수량센서 → 0 : 정상, 1 : 비정상 BIT 5 : 습도센서 → 0 : 정상, 1 : 비정상 BIT 6 : 기압센서 → 0 : 정상, 1 : 비정상 BIT 7 : 예비 1 → 0 : 정상, 1 : 비정상 BIT 8 : 예비 2 → 0 : 정상, 1 : 비정상 BIT 9 : 예비 3 → 0 : 정상, 1 : 비정상 BIT 10 : 예비 4 → 0 : 정상, 1 : 비정상 BIT 11 : 예비 5 → 0 : 정상, 1 : 비정상 BIT 12 : 예비 6 → 0 : 정상, 1 : 비정상 BIT 13 : 예비 7 → 0 : 정상, 1 : 비정상 BIT 14 : 예비 8 → 0 : 정상, 1 : 비정상 BIT 15 : FAN의 동작상태 → 0 : 정상, 1 : 비정상
	Z	데이터로거 센서상태	1	BIT 0 : 강수량센서 → 0 : 정상, 1 : 비정상 BIT 1 : 예비 1 → 0 : 정상, 1 : 비정상 BIT 2 : 예비 2 → 0 : 정상, 1 : 비정상 BIT 3 : 예비 3 → 0 : 정상, 1 : 비정상

(나) 기상자료 입력 인터페이스 및 통신모듈 개발

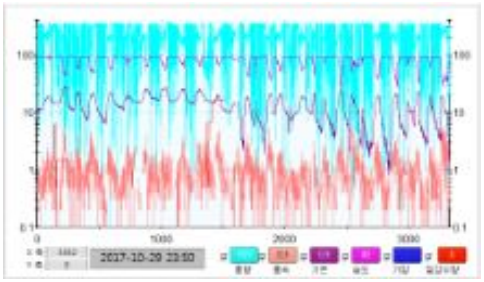
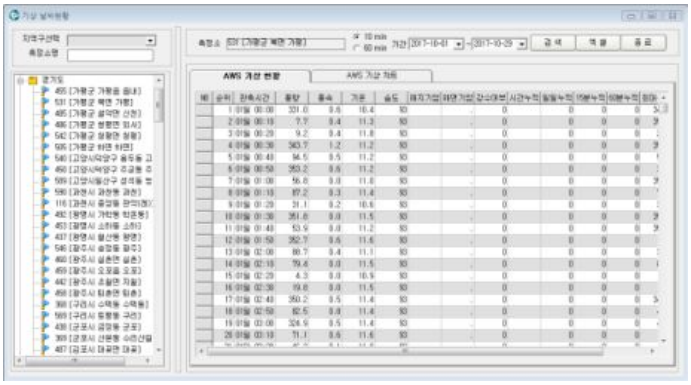
① 기상/대기 데이터 인터페이스 개발

- 기상 및 대기질 자료 입력 소프트웨어는 지표기상 수집데이터 현황, 대기환경 복합수집 시스템 현황, 고층기상 데이터수집 현황, 대기질 수집데이터 현황 등 4개의 인터페이스로 구분하여 개발하였음.
- 표 3.12는 개발된 기상 및 대기질 자료 입력 인터페이스의 화면과 주요 기능을 나타냄.

표 3.12 기상 및 대기질 자료 입력 인터페이스 및 주요 기능

<table>
<tr><th colspan="2">지표기상 수집데이터 현황 인터페이스</th></tr>
<tr><td>주요 기능</td><td>인터페이스 개발 화면</td></tr>
<tr><td>• 수집된 10분/1시간 단위 지표기상 데이터를 관측소별로 수치와 차트로 검색 하는 현황

그래프 분석 화면

  </td><td>  </td></tr>
<tr><th colspan="2">대기환경 복합수집데이터 현황 인터페이스</th></tr>
<tr><td>주요 기능</td><td>인터페이스 개발 화면</td></tr>
<tr><td>• 수집된 이동형대기환경복합 데이터를 관측소별로 수치와 차트로 검색 하는 현황

그래프 분석 화면

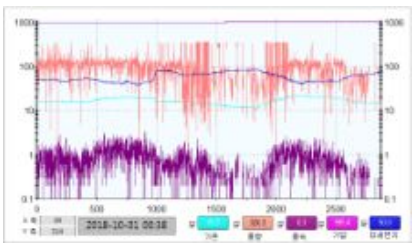
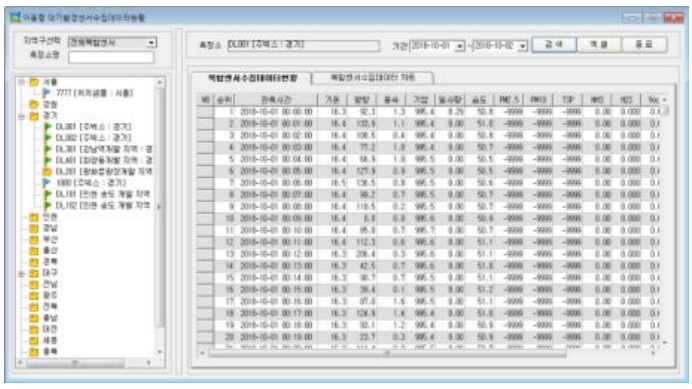
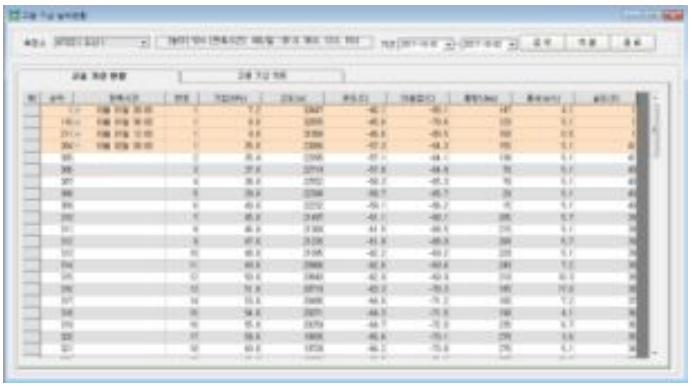
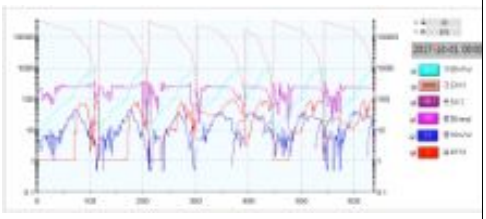
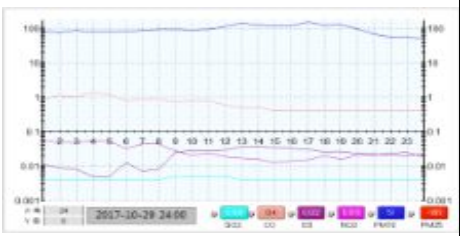
  </td><td>  </td></tr>
</table>

표 3.12 기상 및 대기질 자료 입력 인터페이스 및 주요 기능 (계속)

고층기상 수집데이터 현황 인터페이스	
주요 기능	인터페이스 개발 화면
• 관측소별 기간별 고층기상수집 데이터를 관측소별로 수치와 차트로 검색 하는 현황	
그래프 분석 화면	
	

대기질 수집데이터 현황 인터페이스	
주요 기능	인터페이스 개발 화면
• 지역별 관측소별 기간별 대기질 수집 데이터를 관측소별로 수치와 차트로 검색 하는 현황	
그래프 분석 화면	
	

② 이동형 복합센서 수집장치 개발

㉮ 이동형 대기환경복합수집시스템 개요

- 본 연구에서는 각종 기상 및 대기질 정보를 복합 환경센서로 측정하고 데이터로거로 수집하여 LTE 통신모뎀을 이용하여 서버로 전송하고 DB에 저장하는 이동형 IoT 대기환경복합수집시스템을 개발하였음.
- 센서 연계 드라이버는 아날로그, 펄스, 시리얼통신을 이용하며, 데이터 서버전송규격은 KMAII (표준프로토콜), 서버 전송 방법은 LTE 및 tcp/IP, 전원은 상시 또는 충전 전원을 사용하였음.

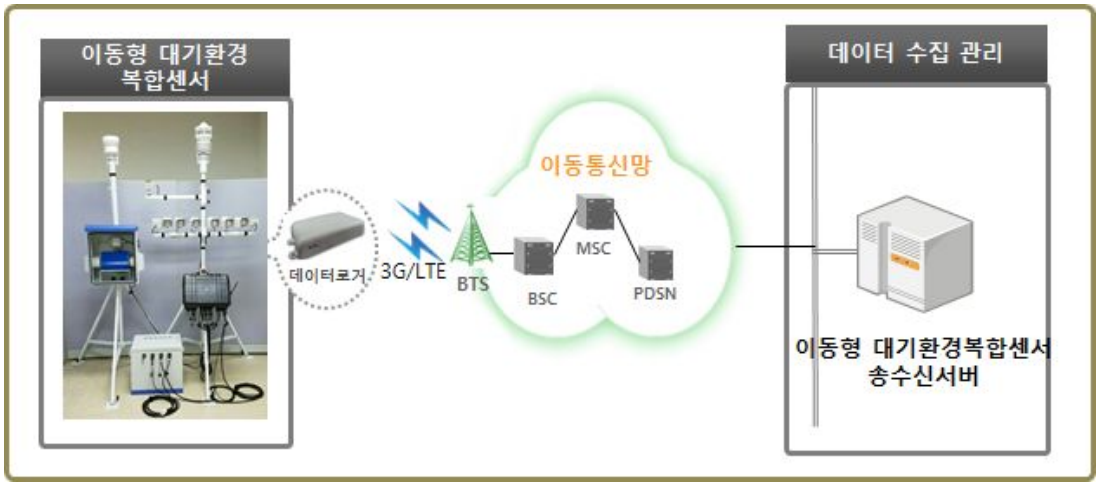


그림 3.11 이동형 대기환경복합수집시스템

㉯ 이동형 대기환경복합수집시스템 구성 및 제작

- 이동형 IoT 먼지복합센서와 기상/대기환경복합센서 서버 통신 분리 제작
- 이동형 IoT 먼지복합센서 서버통신부 제작
- 이동형 IoT 먼지복합센서 바퀴 부착용 전원부 제작
- 대기환경 오염물질 측정센서 및 BOX 제작
- IoT 대기환경복합센서 통신 인터페이스 S/W
- IoT 복합센서 데이터 서버 수신 SW



< 데이터 로거 >



< TSP 센서 부문>





< 전원공급장치 부문 >

그림 3.12 이동형 IoT대기환경관측시스템 구성



데이터로거 수집장치



이동형 삼각대



환경대기센서 6종



전원공급장치



이동형미세먼지관측장비



이동형환경대기센서관측장비

그림 3.13 이동형 대기환경복합수집시스템 구성요소

㉰ 데이터로거 수집 처리

㉠ 데이터로거 데이터 수신 처리

- 대기환경 센서로부터 데이터로거로 수집처리 화면은 다음과 같음.



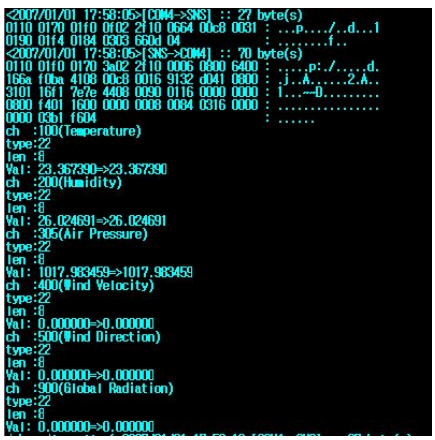


그림 3.14 데이터로거에서의 데이터 수집 처리화면

㉡ 데이터로거 센서 통신 연결 처리

- 콘솔 연결 설정 방법

- 이동형 기상관측장비 전면부의 Console Port를 PC와 연결하며, 접속은 VT-100 또는 호환 가능한 시리얼 터미널 에뮬레이터를 이용함.
- 시리얼 Port의 설정.
- 터미널 에뮬레이터로 사용할 프로그램은 TeraTerm 또는 Putty가 권장되며, 그 외 대부분의 VT100지원 터미널 소프트웨어를 사용하여도 무방함.

표 3.13 시리얼 Port의 설정 상세

Baud rate	Parity	Data Bit	Stop Bit	Flow Control
115200	None	8	1	None

- 웹UI 접속 연결 설정 방법

- Ethernet 접속은 웹 브라우저를 통해 가능하며, 웹 브라우저로는 익스플로러 11.0이상의 버전 또는 구글 크롬 또는 파이어폭스가 사용됨.
- 데이터로거 Web UI 접속 방법
  - 사용자 PC와 데이터로거를 LAN Cable로 연결하고 웹 브라우저를 실행함.
  - 브라우저의 주소창에 접속하고자 하는 데이터로거의 IP를 입력함.

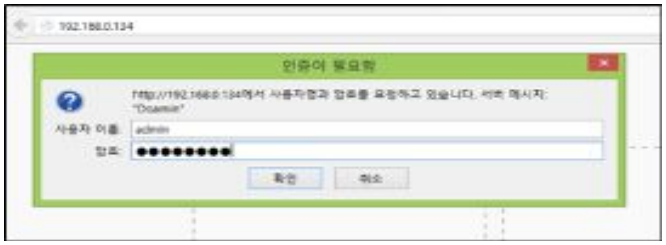


그림 3.15 데이터로거 Web UI 로그 화면

- Web UI 메뉴는 크게 운영과 설정으로 구성되며 상세 내용은 다음과 같음.

표 3.14 Web UI 메뉴 상세

메뉴	기 능
운영	데이터로거의 Resource정보 및 연결된 센서들의 데이터를 확인함.
설정	데이터로거의 각종 설정을 변경할 수 있다. (센서연결, 데이터전송, 시간설정 등)

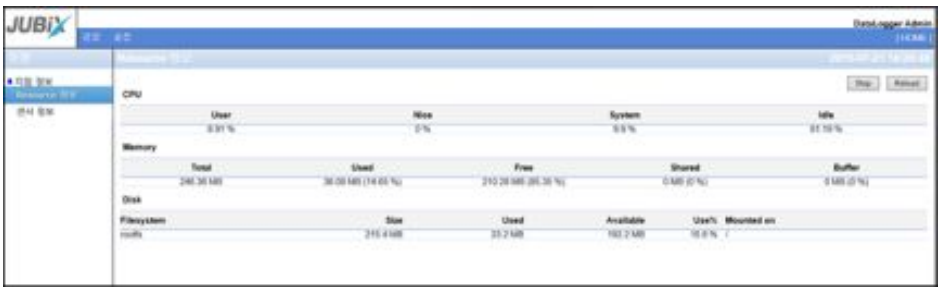


그림 3.16 웹 UI 메뉴화면

㉲ 이동형 복합센서 데이터 수신 정보

㉠ 실시간 이동형 복합센서 데이터 수신 정보

- Web UI는 실시간으로 데이터로거에서 센서 데이터를 읽어 들여 표출. 실시간 데이터는 3초마다 갱신되며, 시간에 Current라고 표시되어 있는 행의 필드가 실시간 데이터검색

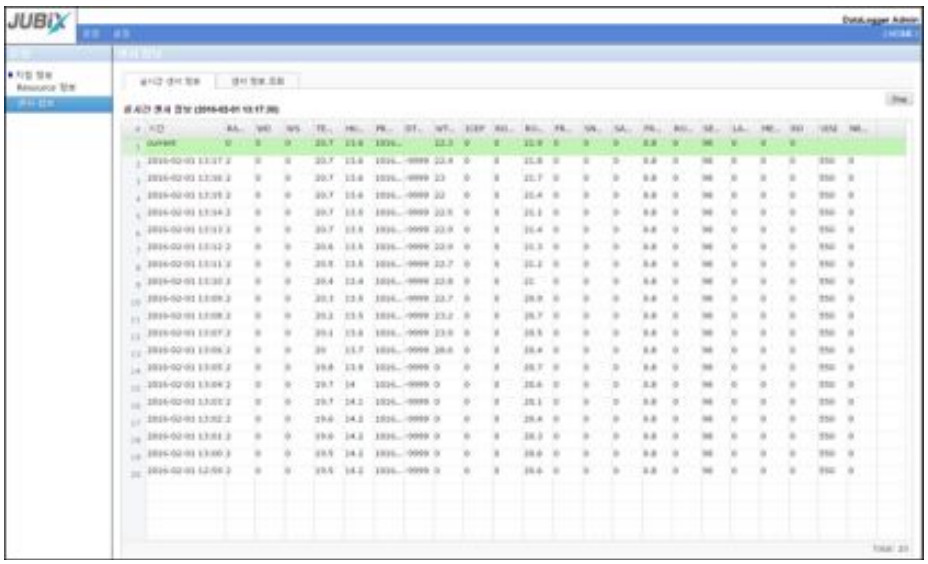


그림 3.17 복합센서 실시간 수집정보 화면

㉡ 이동형 복합센서 데이터 정보 조회

- 실시간 센서정보를 제외한과거시간의 데이터를 조회할 수 있으며, 조회 가능한 과거시간의 데이터는 당일로 한정됩니다. 한 화면에 표시되는 데이터는 최초 60분 기준이며, '>>+60' 또는 '>>+120' 버튼을 눌러서 해당 숫자만큼 표시되는 데이터를 추가하여 볼 수 있으며, 또한 화면에 보이는 데이터를 선택하거나 탐색창을 통해서 특정시간의 데이터만을 조회할 수 있음.

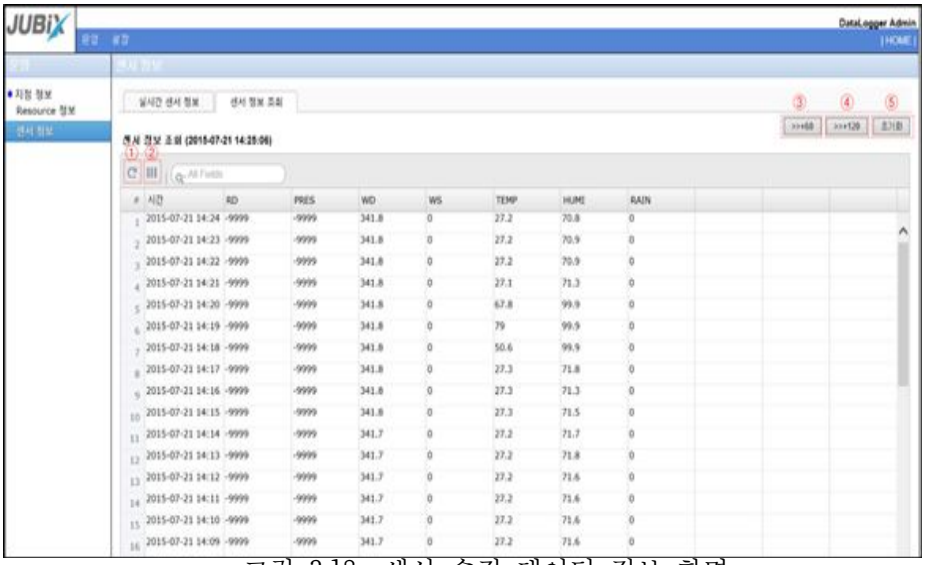


그림 3.18 센서 수집 데이터 정보 화면

③ 이동형 복합센서 현장검증 원격 관측 시험

㉮ 1차 현장검증 원격 관측 시험

㉠ 원격 관측시험 개요

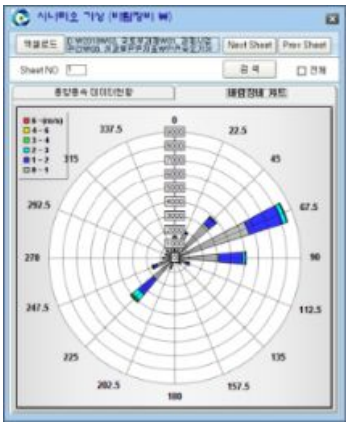
- 본 연구에서 개발된 이동형 대기환경복합수집시스템을 현장에 설치하고, 원격 관측시험 통해 기상(온도, 습도, 풍향, 풍속 등) 및 대기환경오염물질(TSP, PM10, PM2.5, VOCs 등)을 측정 및 수집하여 검증하였음.
- 표 3.15는 1차 현장검증 원격 관측 시험 개요를 나타내며, 그림 3.19는 모니터링 화면을 나타냄.

표 3.15 1차 현장검증 원격 검측 시험 개요

구분	내용	이동형 대기환경센서 현장 설치
검증 위치	인천시 연수구 해돋이로 107 더샵퍼스트월드 H동 상가 2층	
검증 기간	2018.07.11. 13:00:00 ~ 2018.08.10. 11:59:00 (31일간)	
검증 목적	인천 송도개발지역 기상/대기환경 데이터 수집하여 송도개발지역의 기상 및 대기환경 분석	
시험 방법	현장 설치 후 기상/대기환경데이터를 1분단위로 수집하여 LTE 통신방법으로 수집서버에 전송	



현장 검증 모니터링 화면



현장 검증 결과 바람장미

그림 3.19. 1차 현장검증 원격 검측 시험 모니터링 화면

㉡ 원격 관측시험 결과

- 표 3.16 ~ 표 3.18은 1차 현장검증 원격 관측 시험의 데이터 통신율과 기상정보 및 대기환경오염물질 측정결과를 각각 나타냄.

표 3.16 1차 현장검증 원격 관측시험의 데이터 통신율

구분	통신기간	송신 횟수	서버수신 횟수	수신율(%)
송도지역	30일	43,140	42,986	96%

표 3.17 1차 현장검증 원격 관측시험의 기상정보 측정 결과

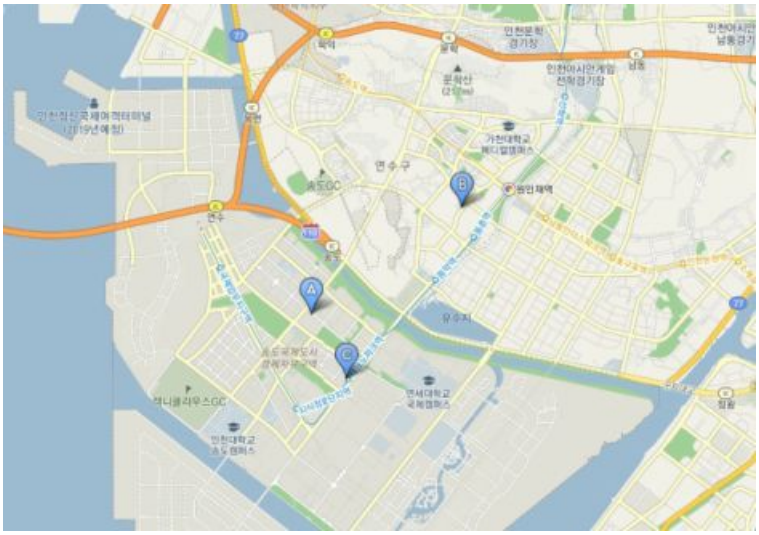
구분	풍향		풍속(m/s)		기온(℃)		습도(%)	
	주풍향	부풍향	평균	최대	평균	최대	평균	최대
송도지역	동북동	남서	0.74	5.4	29.2	37.3	51.7	61.6

표 3.18 1차 현장검증 원격 관측시험의 대기환경오염물질 측정 결과

구분	TSP			PM_{10}			$PM_{2.5}$		
	평균	최고	최저	평균	최고	최저	평균	최고	최저
송도지역	42	102	16	35	99	4	30	91	4

㉣ 원격 관측시험 검증 개요

- 본 연구에서 개발한 이동형 대기환경복합수집시스템의 대기환경 오염물질 측정 정확도를 측정 장소와 가장 인접한 지역의 정부 대기환경관측소의 결과와 비교·분석하여 검증을 실시함.
- 그림 3.20은 1차 현장검증 원격 검측 시험 위치와 검증을 위한 인천보건환경연구원 관측소 위치를 나타냄.



A 관측소명 : 대기환경복합수집시스템
관리기관 : 연구기관 ((주)주빅스)
설치위치 : 인천시 연수구 해돋이로 107 더샵퍼스트월드 H동

B 관측소명 : 동춘 관측소
관리기관 : 인천보건환경연구원
설치위치 : 인천시 연수구 원인재로 115 연수구의회

C 관측소명 : 송도 관측소
관리기관 : 인천보건환경연구원
설치위치 : 인천시 연수구 갯벌로 12 테크노파크

그림 3.20 1차 현장검증 원격 검측 시험의 대기환경오염물질 관측소 위치

㉤ 원격 관측시험 검증 결과

- 이동형 대기환경복합수집시스템으로부터 현장 측정된 후 원격 관측된 대기환경 오염물질과 인접한 인천보건환경연구원 2곳 관측소에서 측정한 오염물질을 비교·분석 하였으며, 그 결과는 표 3.19와 그림 3.21과 같음.
- 관측소 세 곳(대기환경복합수집시스템, 송도 관측소, 동춘 관측소)의 2018년 7월 24일부터 2018년 8월 9일까지 17일 동안의 오염물질(PM10, PM2.5, TSP) 측정결과를 살펴보면, 시간에 따른 오염물질 발생농도 변화가 매우 유사함을 알 수 있음. PM10은 기간 평균 및 최고, 최저 발생농도가 매우 유사하며, PM2.5는 최고 농도에서 다소 차이가 있지만 평균 발생농도는 상당히 일치하는 결과를 나타내는 것으로 분석됨.

표 3.19 관측소별 대기환경 오염물질 측정 결과 (단위: ㎍/㎥)

구분	송도		동춘		대기환경복합수집시스템		
	PM_{10}	$PM_{2.5}$	PM_{10}	$PM_{2.5}$	TSP	PM_{10}	$PM_{2.5}$
평균	31	21	33	22	42	35	30
최고	80	57	98	65	102	99	91
최저	8	5	8	3	16	4	4

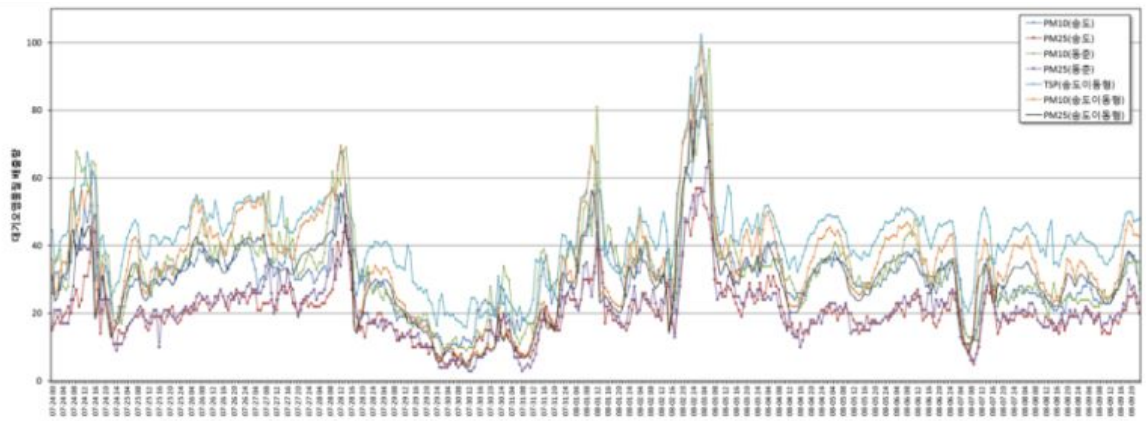


그림 3.21 관측소별 대기환경오염물질 측정 결과

㉯ 2차 현장검증 원격 관측 시험

㉠ 원격 관측시험 개요

- 도심지에서의 송수신 통신율 및 기상정보 관측 정확도 검증을 위해 이동형 대기환경 복합수집시스템의 추가 현장 측정을 실시하였음.
- 2차 현장검증 원격 관측 시험은 상업·업무시설 중심지인 광화문 광장과 강남역 주변 화양동 주거지역에서 실시하였음. 표 3.20은 2차 현장검증 원격 검측 개요를 나타냄.

표 3.20 2차 현장검증 원격 검측 시험 개요

구분	Case 1	Case 2	Case 3
검증 위치	광화문 광장	강남역 주변	화양동 주거지역
검증 기간	2018년 08월 14일 10:40 ~ 19:00	2018년 08월 15일 09:10 ~ 19:00	2018년 08월 16일 ~ 2018년 09월 15일
현장 사진			

㉡ 원격 관측시험 결과

- 표 3.21은 도심지 3지역에서의 2차 원격 관측시험의 데이터 통신율을 나타낸 것으로, 현장 설치 후 1분 단위로 LTE 통신방법을 통한 3개 지역의 평균 데이터 수신율은 99.92%로 우수한 데이터 통신성능이 확인되었음.

표 3.21 2차 현장검증 원격 관측시험의 데이터 통신율 분석 결과

구분	통신기간	송신 횟수	서버수신 횟수	수신율(%)
Case 1	08시간 20분	500	500	100%
Case 2	10시간 50분	650	650	100%
Case 3	20일	28,800	28,777	99.92%
합계	20일 19시간 10분	29,950	29,927	99.92%

*화양동 주거 지역 기상 시간(2018.08.16. ~ 09.05)

㉢ 원격 관측시험 검증 개요

- 본 연구에서 개발한 이동형 대기환경복합수집시스템의 기상환경 측정 정확도를 검증하기 위해, 대기환경복합수집시스템을 통해 측정된 기상정보와 측정 위치에 가장 인접한 기상청 측정 기상정보를 비교·분석하였음.
- 원격 관측시험 3개 사례 중 기상청 관측소와의 위치가 가장 가까우며 측정기간 또한 긴 Case 3의 화양동 주거지역 관측시험을 통해 검증을 실시하였음.
- 그림 3.22는 현장검증 원격 검측 시험 위치와 검증을 위한 기상청 관측소 위치를 나타냄.



A 관측소명 : 대기환경복합수집시스템
관리기관 : 연구기관 ((주)주빅스)
설치위치 : 서울 광진구 화양동 44-47

B 관측소명 : 광진(413)
관리기관 : 기상청
설치위치 : 서울 광진구 자양동

그림 3.22 2차 현장검증 원격 검측 시험의 기상환경 관측소 위치

㉣ 원격 관측시험 검증 결과

- 이동형 대기환경복합수집시스템으로부터 측정된 기상정보(풍향, 풍속, 기온, 습도)와 인접한 기상청 광진(413)관측소의 기상정보를 비교·분석하였으며, 그 결과는 표 3.22와 그림 3.23과 같음.
- 분석결과 시간에 따른 기상의 변화가 매우 유사함을 알 수 있음. 세부적으로 기상청 측정자료와 비교하여 이동형 관측기기로 측정한 평균 기온은 1.6℃, 최고 기온은 0.8℃ 높았으며, 평균 상대습도는 8.9%, 최고 상대습도는 1.1% 낮았으며, 평균 풍속은 1㎧, 최고 풍속은 2.2㎧ 낮게 나타남.
- 온도와 습도 측정 데이터는 측정기기의 불확도를 고려할 때 측정결과의 정확도가 높은 것으로 판단되며, 풍속은 측정위치간의 거리(약 2.3km)와 주변 건물의 영향 등에

의한 영향을 받아 다소 차이가 있으나 기간에 따른 풍속 변화에서는 상당히 유사한 변화 양상을 나타내고 있음.

표 3.22 관측소별 기상정보 측정 결과

구분	기상청 광진 관측소				대기환경복합수집시스템			
	주풍향 (-)	풍속 (m/s)	기온 (℃)	습도 (%)	주풍향 (-)	풍속 (m/s)	기온 (℃)	습도 (%)
평균	동북동	1.7	25.7	74	서북서	0.7	27.3	65.1
최고	-	5.1	36.5	98	-	2.9	37.3	96.9

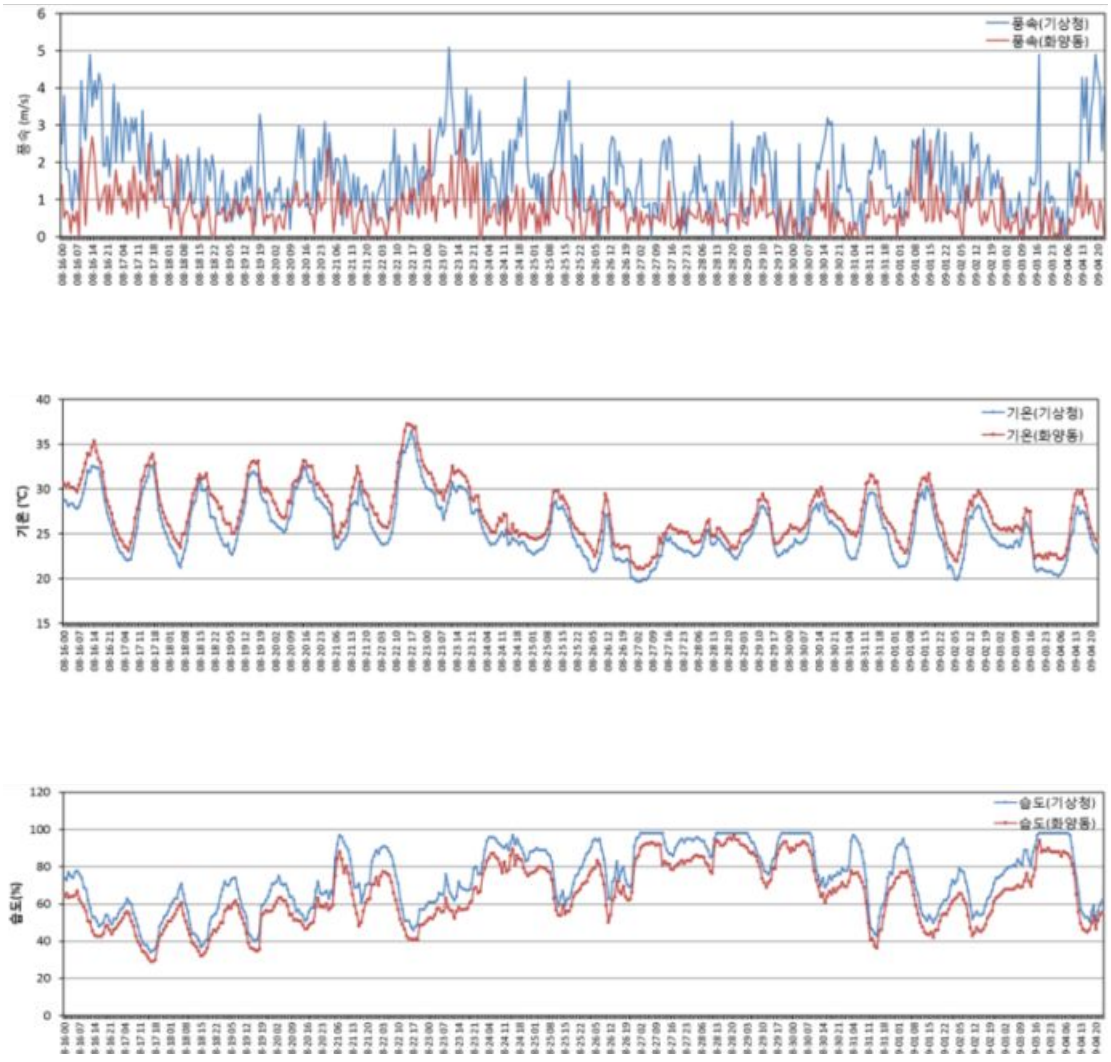


그림 3.23 기상요소별(풍속, 기온, 습도) 관측 결과

④ 이동형 복합센서 데이터 지능화 개발

㉮ 이동형 수집장치 지능화 시스템 개요

- 이동형 수집장치의 지능화 시스템은 이동형 IoT 기상환경 수집 데이터의 안전성 확보 기술로, IoT센서를 통해 수집된 기상데이터가 장비 및 네트워크의 고장, 통신장애로 인해 결측되거나 수집된 데이터에 오류가 기록되어 데이터 분석 및 활용에 좋지 않은 영향을 줄 때 이를 해결하기 위한 기술로 개발하였음.
- 모든 수집 데이터는 품질관리(quality control, QC)를 거쳐 데이터의 품질을 향상시키고 향상된 데이터를 통해 학습데이터를 생성한 후 이를 기계학습 알고리즘에 반영하여 원시 기상데이터의 오류를 탐지하고 오류로 판정된 데이터를 기계학습을 이용한 추정치로 보정함.
- 이동형 수집장치 지능화 시스템은 그림 3.24에 나타낸 것과 같이, 수집부, 전처리부, 검증부, 예측부 4 단계로 구성됨.
- 이동형 수집장치의 수집부에서는 기상환경 수집 장치(이하 AWS로 표기)로부터 기상데이터를 가져오며, 전처리부에서는 기상 데이터의 전처리가 이루어짐. 검증부에서는 기본 QC와 기계학습 QC가 이루어지며 데이터 보정 후 학습데이터를 생성하며, 예측부에서는 생성된 학습데이터를 기계학습 알고리즘을 통해 오류를 탐지하고 오류로 판정된 데이터를 기계학습을 이용한 추정치로 보정함.
- 그림 3.25는 이동형 수집장치의 지능화 프로세스를 나타냄.
- 이동형 수집장치의 지능화 시스템은 IoT 기상/대기환경 수집센서로부터 데이터를 수집하며, 수집된 데이터는 전처리를 거쳐 데이터를 가공함.
- 가공된 데이터는 기본 QC 검사를 적용하여 오류 데이터를 탐지하고 보정하여 데이터 품질을 향상시키고, 기계학습 QC를 적용하여 학습데이터를 생성하고 기본 QC 검사를 통해 오류로 판정된 데이터는 가장 가까운 시간의 데이터를 통해서 보정함.
- 생성된 학습 데이터는 기계학습 알고리즘을 적용하여 모델링을 생성하며, 모델을 통해 원시 기상/대기 데이터의 오류를 탐지하고 보정함.

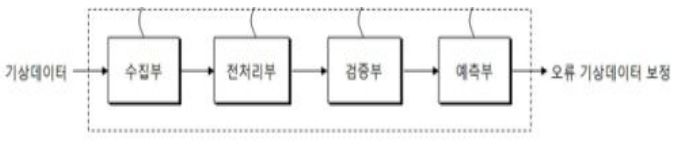


그림 3.24 이동형 수집장치의 지능화 구성도

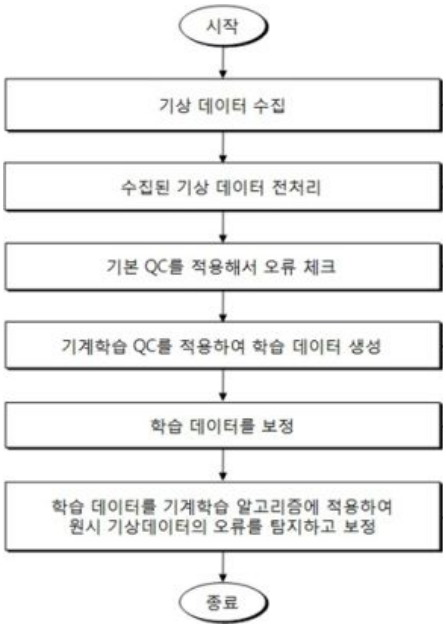


그림 3.25 원격수집장치의 지능화 프로세스

㉯ 이동형 수집장치 지능화 시스템 기능

㉠ 기본 QC 기능 처리

- 기본 QC 기능 처리는 물리한계 검사와 시간변동성/단계 검사, 지속성 검사, 내적 일치성 검사로 구성되며, 그림 3.26과 같은 기능 처리프로세스로 구성됨.
- 물리한계 검사는 인자를 대상으로 실시하며 수치가 기상/대기인자별로 정해진 상하한 값을 벗어날 경우 오류로 판정함.
- 시간변동성/단계검사는 기온, 기압을 대상으로 수행하며 1분 전 값과 현재 값의 차이가 임계값을 넘는 경우엔 오류로 판정함.
- 지속성 검사는 풍속, 기온, 습도, 기압을 대상으로 하며 60분 이상 동안 대상 인자의 변동량이 어느 한계값 미만인 경우 오류로 판정함.
- 내적일치성 검사는 서로 관련 있는 한 쌍의 인자에 대해 수행되는데 본 과제에서는 풍향과 풍속, 기압과 해면기압, 강수감지와 1시간 누적강수량을 대상으로 설정하였음. 풍향과 풍속은 어느 하나가 0인데 다른 인자가 0이 아닌 경우 둘 다 오류로 처리되도록 하였음.

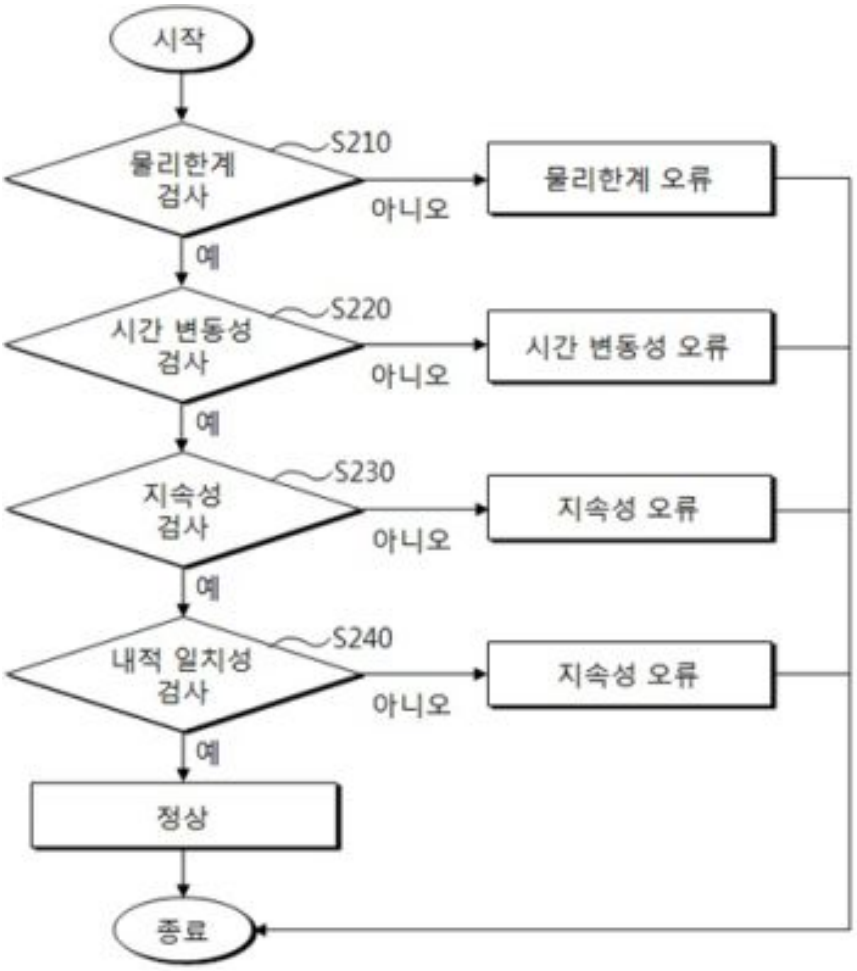


그림 3.26 기본 QC 기능 처리도

㉡ 기계학습 QC 기능 처리

- 기계학습 QC 기능 처리는 기본 QC를 거쳐 품질 향상된 데이터를 학습데이터로 사용하여 기계학습을 이용한 QC를 진행하는 것으로, 그림 3.27은 기계학습 QC 기능 처리도를 나타냄.
- 기계학습 QC 기능 처리에는 객체 항목별 개별 QC, 객체 항목별 연계 QC, 공간적 QC가 해당됨.
- 객체 항목별 개별 QC는 개별 인자만을 이용하여 QC를 적용하며, 객체 항목별 연계 QC는 개별 인자만이 아닌 연계되어 있는 인자를 이용하여 QC를 적용함. 또한, 공간적 QC는 하나의 이동형 IoT 수집센서 데이터만이 아닌 여러 개의 이동형 IoT 수집센서 데이터를 이용하여 QC를 적용함.
- 과거에 일정시간 동안 측정된 기상 데이터를 이용하여 표준편차(σ)를 계산하고, 일정시간 동안 측정된 기상 데이터의 평균값에서 3σ를 뺀 값과 일정시간 동안 측정된 기상 데이터의 평균값에서 3σ를 더한 값 사이에 상기 기계학습 QC 단계에서 생성된 학습 데이터값이 존재하면 정상으로 간주하고, 이 범위를 벗어나면 오류로 판정하며 오류로 판정된 데이터는 가장 가까운 시간의 값과 비교하여 보정함.

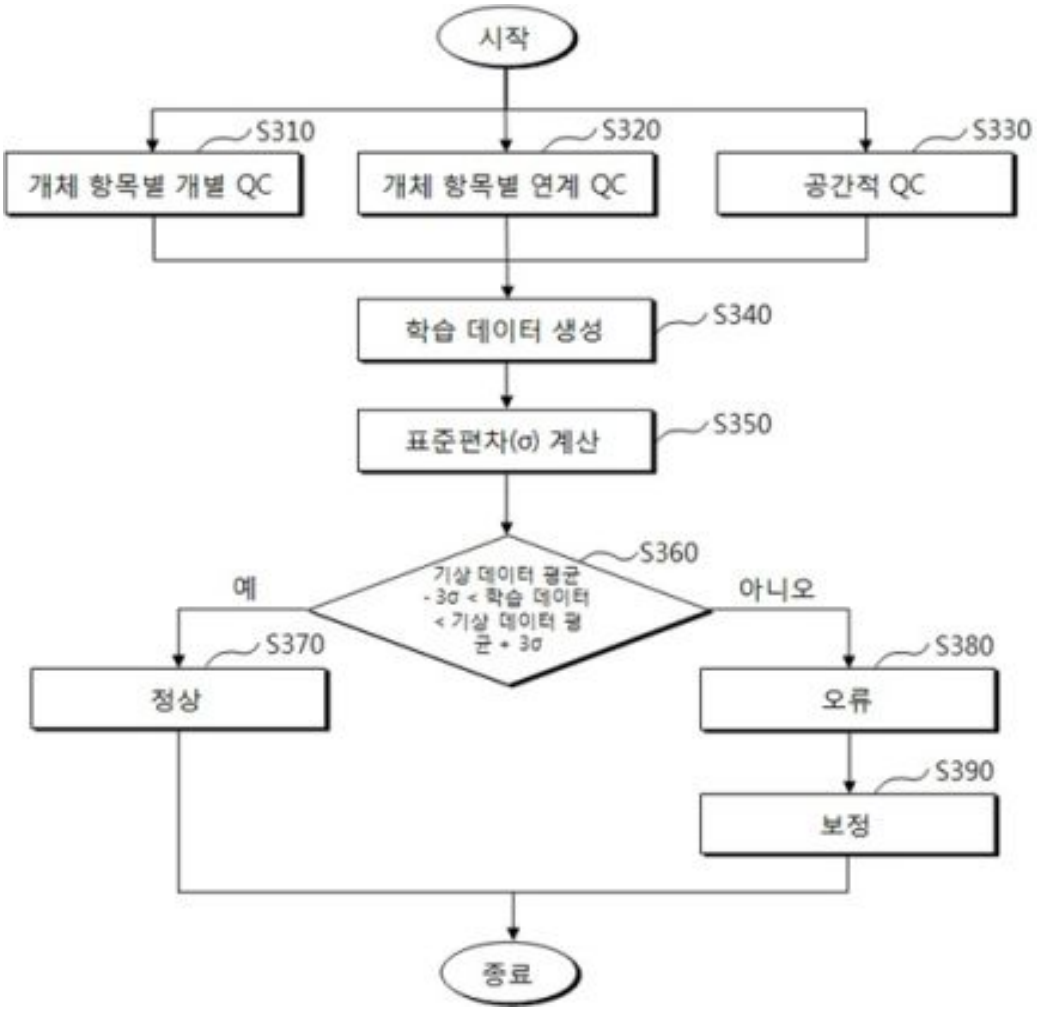


그림 3.27 기계학습 QC 기능 처리도

㉣ 소프트웨어 인터페이스 개발

- 이동형 IoT 기상환경 수집 데이터의 안전성 확보 기술을 위해 개발한 기본 QC 검사와 기계학습 QC 검사를 소프트웨어로 제작 완료하였음.
- 개발된 소프트웨어의 기본 QC 검사와 기계학습 QC 검사의 인터페이스 및 세부 기능은 표 3.23 ~ 표 3.24와 같음.

표 3.23 기본 QC 검사 인터페이스 및 주요 기능

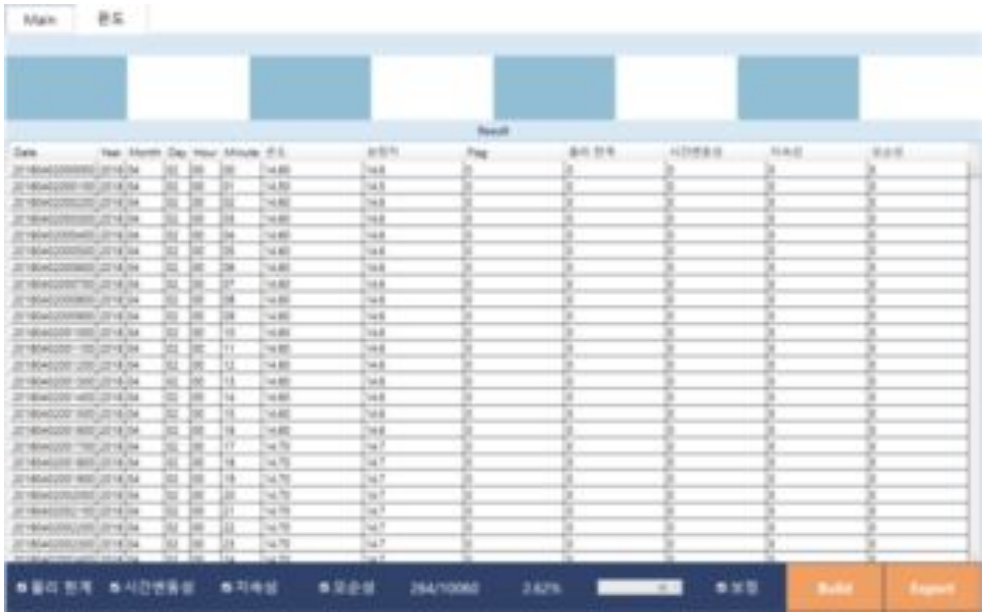
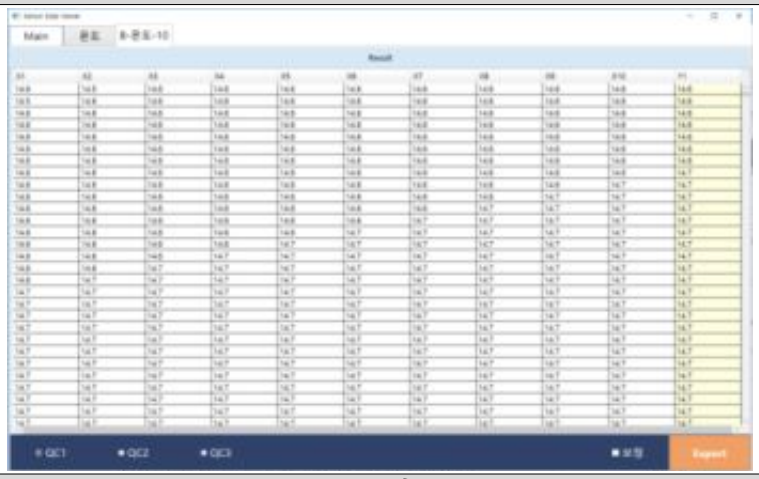
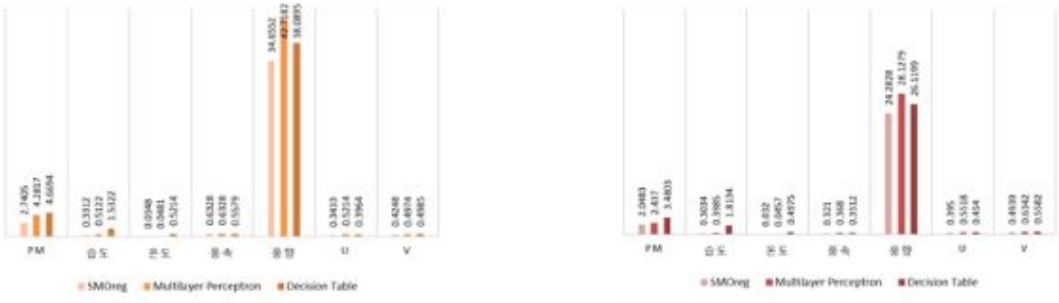
인터페이스 개발 화면

주요 기능
• 선택한 기상/대기인자를 대상으로 기본 QC 검사를 수행함. • 기본 QC 검사 항목(물리한계, 시간변동성/단계, 지속성, 내적일치성)을 수행하며, 항목마다 정상일 경우 Flag를 0으로 처리하며, 오류일 경우 Flag를 1로 처리함. • 기본 QC 검사에서 오류로 판정된 경우, 보정치를 -999(오류값)으로 처리함. • 기본 QC 검사의 각 항목마다 오류로 판정된 데이터를 통계처리함. • Build 버튼 : 기본 QC를 거친 데이터를 기계학습 QC 학습데이터로 사용함. • Export 버튼 : 기본 QC 검사 결과화면을 Excel 파일로 저장함.

표 3.24 기계학습 QC 검사 인터페이스 및 주요 기능

인터페이스 개발 화면

주요 기능
• 기본 QC를 거쳐 품질이 향상된 데이터를 기계학습 QC의 학습 데이터를 생성함. • 학습 데이터는 입력값과 결과값으로 이루어져있음. • QC1 버튼 : 객체 항목별 개별 QC를 수행함. • QC2 버튼 : 객체 항목별 연계 QC를 수행함. • QC3 버튼 : 공간적 QC를 수행함. • 보정 버튼 : 기본 QC를 통해 오류로 판정된 기계학습의 입력 값은 가장 가까운 시간의 값과 비교하여 보정함.

㉣ 지능화 검증 결과

- 개발된 이동형 수집장치 지능화 시스템의 타당성과 정확성을 서포트벡터회귀(SMOreg), 의사결정 테이블(decision table), 다중퍼셉트론(multilayer perceptron)의 3가지 기계학습 알고리즘을 이용하여 검증하였음.
- 3가지 기계학습 알고리즘을 수행하고 상관계수(correlation coefficient), 평균절대오차(mean absolute error), 루트평균제곱오류(root mean square error)를 비교한 결과, 서포트벡터회귀(SMOreg)의 성능이 가장 우수한 확인하였음.
- 또한, 개발된 이동형 수집장치 지능화 시스템을 이용하여 관측시스템에서 측정된 이상 기상데이터를 보정한 결과, 그림 3.28에 나타낸 것과 같이 보정 후 기상/대기 요소들이 개선됨을 확인하였음.



<데이터 보정 전의 기계학습 기법별 평균절대 오차> <데이터 보정 후의 기계학습 기법별 평균절대 오차>

그림 3.28 이동형 수집장치 지능화 시스템 검증 결과

(다) 기상자료 입력 인터페이스 및 통신모듈 현장적용

㉮ 현장적용 원격 관측

- 본 연구에서 고양시 행신지구의 대기거동모사를 위해 그림 3.29와 같이 모델링영역 내에 위치한 행신지구 개발영역 내의 이동형 복합센서를 Ⓒ장소에 설치하였으며, Ⓐ지점의 기상청 관측소인 540(고양관측소) 그리고 Ⓑ지점의 환경부 대기질관측소인 10137(행신동관측소) 등으로 기상 및 미세먼지 데이터를 원격으로 수집하여 대기거동모사에 반영하였음.



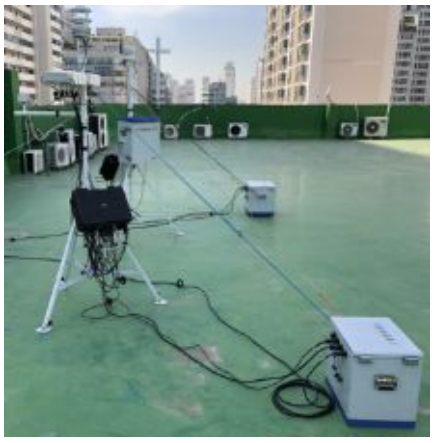
A 관측소명 : 고양 관측소(540)
관리기관 : 기상청
설치위치 : 고양시덕양구 용두동

B 관측소명 : 행신 관측소(10137)
관리기관 : 경기도보건환경연구원
설치위치 : 고양시 덕양구 행신동924
(행신배수지)

C 관측소명 : 이동형 복합센서
관리기관 : 주빅스
설치위치 : 고양시 덕양구 화신로 234

그림 3.29 현장적용 원격 대기환경오염물질 관측소 위치

표 3.25 이동형 복합센서 현장적용 개요

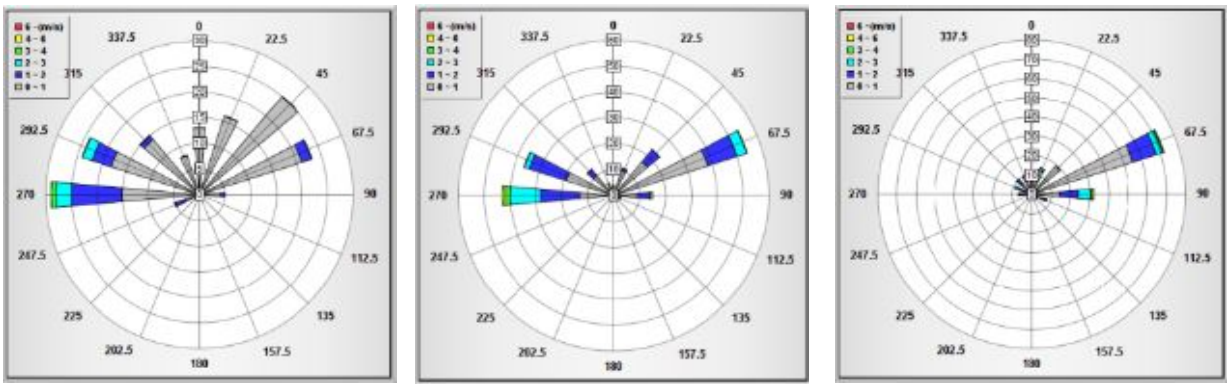
구분	내용	이동형 대기환경센서 현장 설치
현장 위치	경기 고양시 덕양구 화신로 234 백양빌딩 5층	
설치 기간	2019.03.01. ~ 2018.09.30. (7개월)	
설치 목적	고양시 행신지구 대기거동모사 시 기상/대기 활용	
통신 방법	현장 설치 후 기상/대기환경데이터를 1분단위로 수집하여 LTE 통신방법으로 수집서버에 전송	

㉯ 현장적용 관측 결과

㉠ 기상 관측 결과

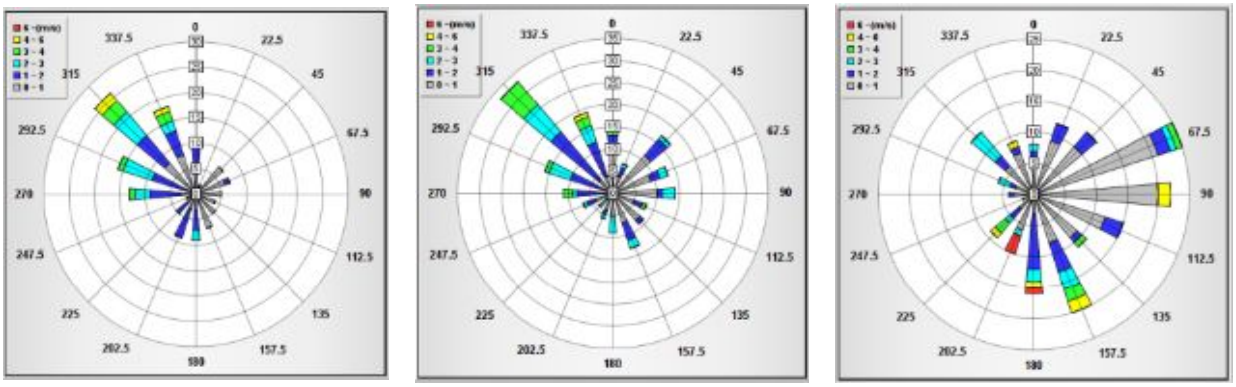
표 3.26 시기별 기상정보 측정 결과(01일 ~ 10일)

구분		풍향		풍속(m/s)		기온(℃)		습도(%)	
		주풍향	부풍향	평균	최대	평균	최대	평균	최대
이동형 관측소	3월	서풍	서북서	0.51	3.40	7.7	15.1	52.4	80.5
	6월	동북동	서풍	0.88	4.40	20.9	29.5	68.0	94.9
	9월	동북동	동풍	0.69	5.30	24.6	30.7	80.0	97.5
고양 관측소	3월	북서	북북서	0.98	5.10	6.1	16.6	60.5	96.0
	6월	북서	북북서	1.14	4.50	20.2	29.9	71.5	99.0
	9월	동북동	동풍	0.99	8.00	23.5	30.3	84.8	99.0



2019년 03월 2019년 06월 2019년 09월

그림 3.30 이동형 복합센서 바람장미 화면



2019년 03월 2019년 06월 2019년 09월

그림 3.31 고양 관측소 바람장미 화면

- 시계열 관측 결과

2019년 03월

2019년 06월

2019년 09월

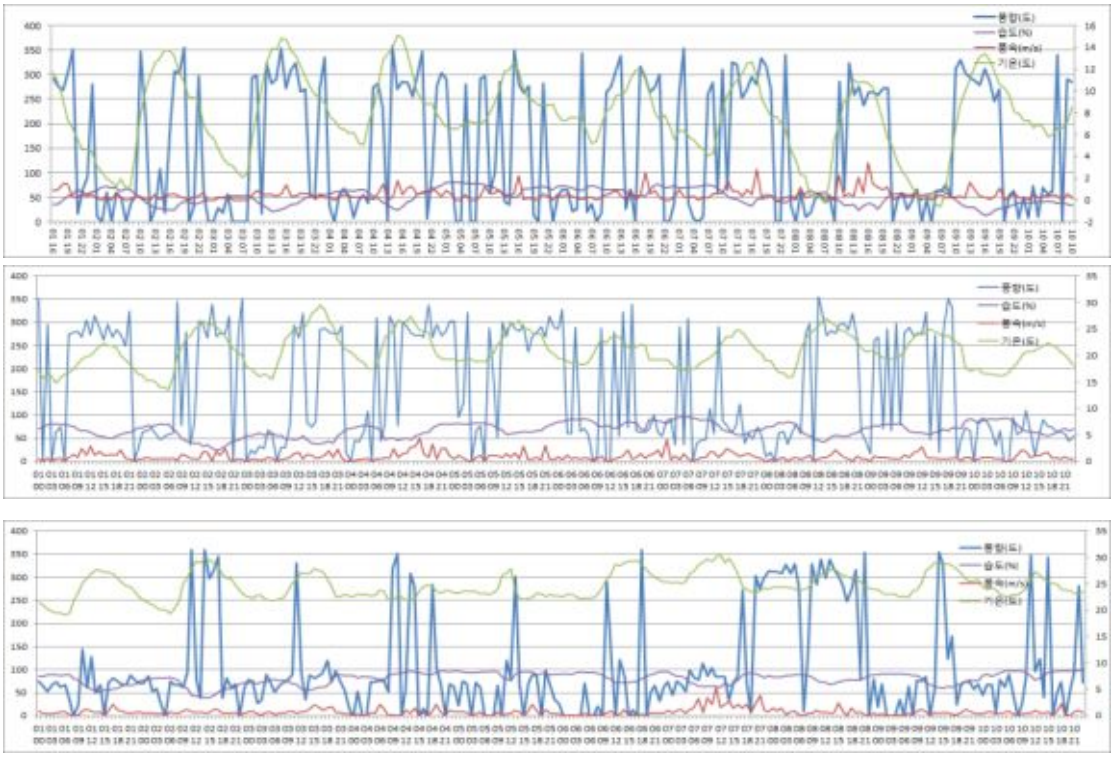


그림 3.32 이동형 복합센서 기상 시계열 관측 화면

2019년 03월

2019년 06월

2019년 09월

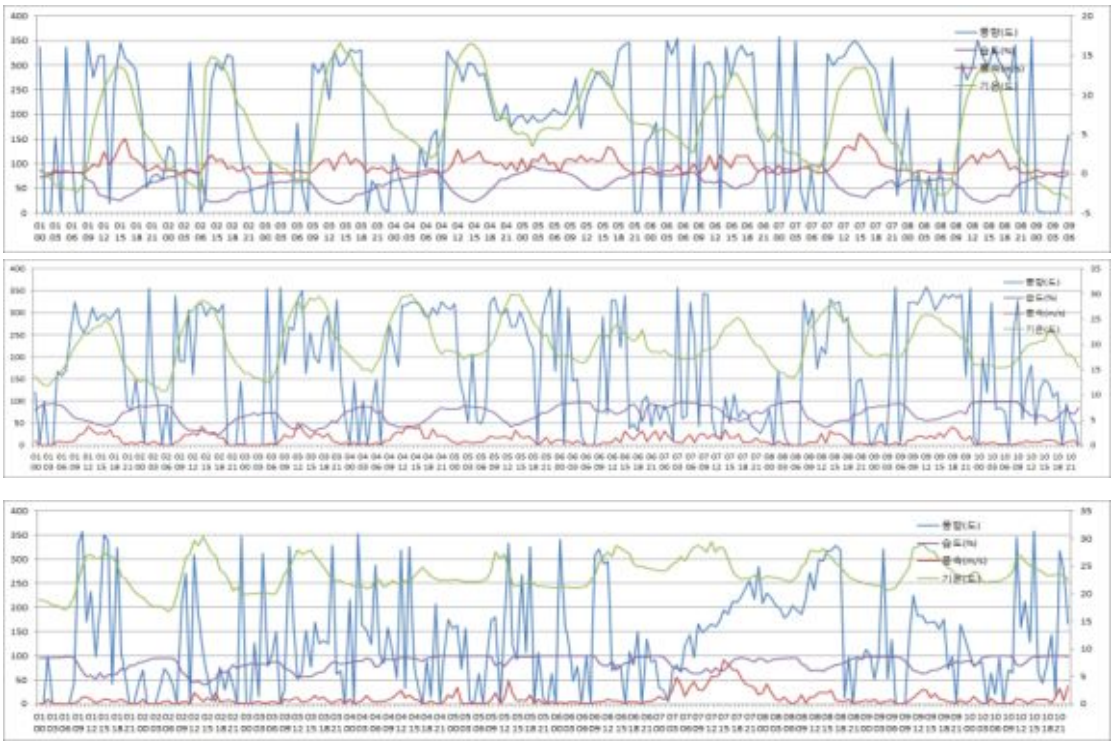


그림 3.33 이동형 복합센서 기상 시계열 관측 화면

㉡ 미세먼지 관측 결과

- 이동형 대기환경복합수집시스템으로부터 현장 측정된 후 원격 관측된 대기환경 오염물질과 인접한 경기도보건환경연구원 1곳 관측소에서 측정한 오염물질을 비교·분석 하였으며, 그 결과는 표 3.27과 그림 3.33과 같음.
- 관측소 2 곳(대기환경복합수집시스템 이동형관측소, 고양시 행신 관측소)의 2019년 3월 01일부터 2019년 6월 30일까지 4개월 동안의 오염물질(PM_{10}, $PM_{2.5}$) 측정결과를 살펴보면, 시간에 따른 PM_{10} 관측 평균농도 차이가 1 ~ 15㎍/㎥ 알 수 있음. $PM_{2.5}$는 월별 평균 약 10㎍/㎥ 의 차이가 있고 최고 농도에서는 4월의 경우가 $PM_{10,}$ $PM_{2.5}$ 모두 다소 차이가 있지만 평균 발생농도는 상당히 일치하는 결과를 나타내는 것으로 분석됨.

표 3.27 1차 현장검증 원격 관측시험의 대기환경오염물질 측정 결과

구분		PM_{10}			$PM_{2.5}$		
		평균	최고	최저	평균	최고	최저
이동형 관측소	3월	69	220	7	58	186	6
	4월	32	99	1	27	94	1
	5월	41	163	2	34	146	1
	6월	33	94	1	28	86	1
행신 관측소	3월	70	232	12	44	165	4
	4월	41	232	1	18	54	1
	5월	56	182	4	26	97	2
	6월	29	103	4	18	61	1

- 환경부 미세먼지(PM_{10})의 등급기준(단위, ㎍/㎥)은 좋은(~30), 보통(~80), 나쁨(~150), 매우나쁨(151~)이며, 초미세먼지($PM_{2.5}$)의 등급기준(단위, ㎍/㎥)은 좋은(~15), 보통(~35), 나쁨(~75), 매우나쁨(76~)으로 이동형과 행신관측소 모두 3월에 매우나쁨이 PM_{10}은 49회와 55회로 높고, $PM_{2.5}$ 는 197회, 119회로 매우 높은 결과를 나타내는 것으로 분석됨.

표 3.28 1차 현장검증 원격 관측시험의 대기환경오염물질 측정 결과

구분		PM_{10} (㎍/㎥)				$PM_{2.5}$ (㎍/㎥)			
		좋음 (30)	보통 (80)	나쁨 (150)	매우나쁨 (151~)	좋음 (15)	보통 (35)	나쁨 (75)	매우나쁨 (76~)
이동형 관측소	3월	150	359	161	49	47	202	273	197
	4월	385	332	1	0	183	316	218	1
	5월	293	421	27	2	163	225	330	25
	6월	348	365	7	0	180	283	252	5
행신 관측소	3월	124	365	166	55	141	254	196	119
	4월	295	375	31	12	356	293	60	0
	5월	131	491	111	2	214	320	186	8
	6월	412	291	10	0	282	364	48	0

㉢ 시계열 관측 결과 그래프

- 2019년 03월부터 06월까지의 이동형과 행신관측소의 PM_{10}, $PM_{2.5}$ (단위, ㎍/㎥) 시계열 관측 결과를 그림 3.34 및 3.35와 같이 나타남.

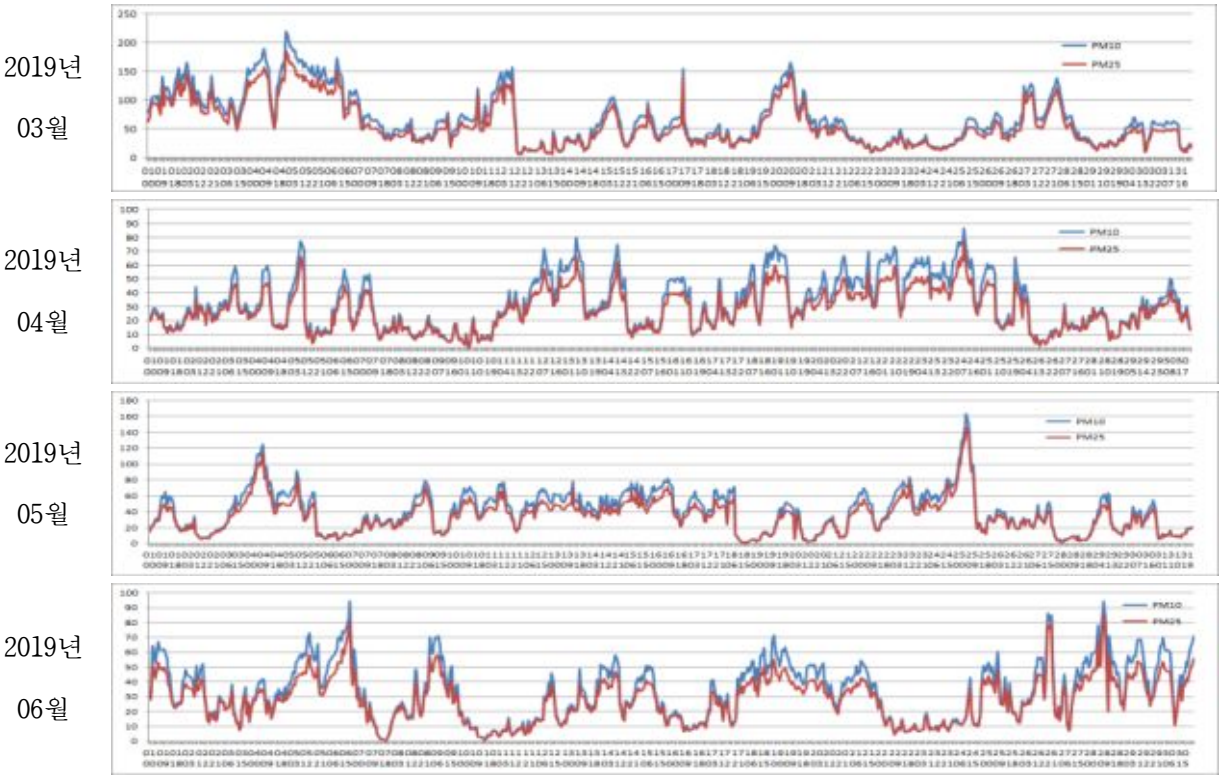


그림 3.34 이동형 복합센서 PM_{10}, $PM_{2.5}$ 시계열 관측 화면

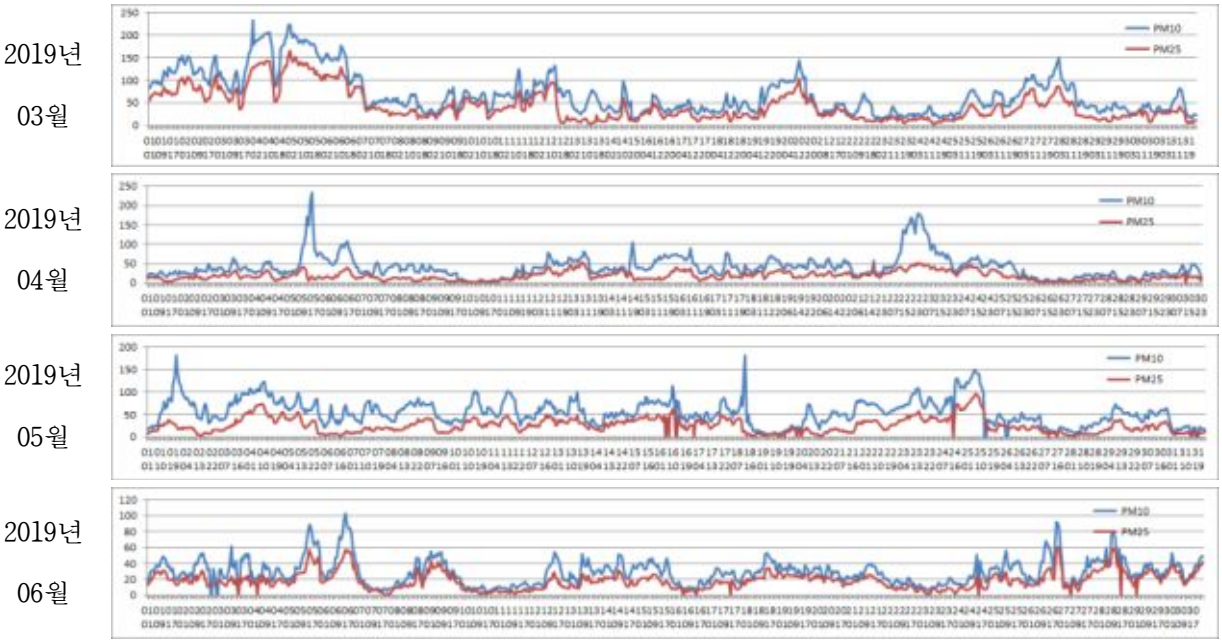


그림 3.35 행신관측소 PM_{10}, $PM_{2.5}$ 시계열 관측 화면

- 2019년 03월부터 06월까지의 이동형과 행신관측소의 PM_{10}, $PM_{2.5}$ (단위, 등급) 시계열 관측 결과를 그림 3.36 및 그림 3.37과 같이 나타남.
  - PM_{10} (1. 좋음(~30) 2. 보통(~80) 3. 나쁨(~150) 4. 매우나쁨(151~))
  - $PM_{2.5}$ (1. 좋음(~15) 2. 보통(~35) 3. 나쁨(~~75) 4. 매우나쁨(76~))

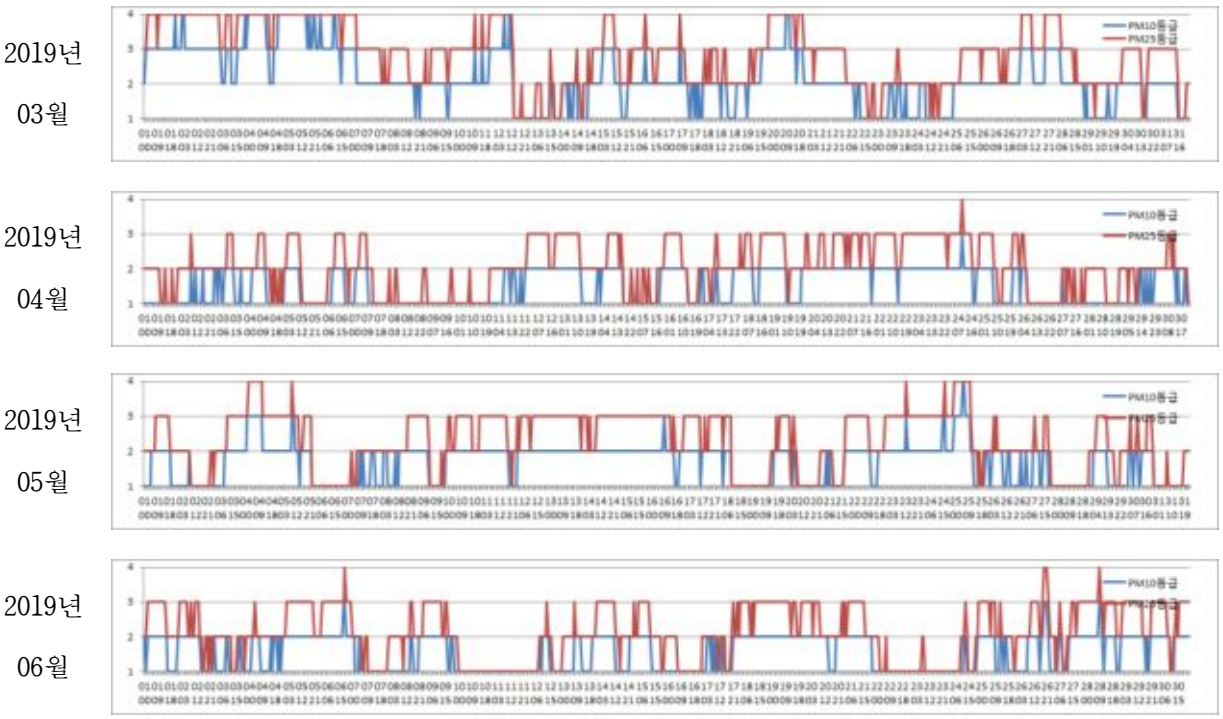


그림 3.36 이동형 복합센서 PM_{10}, $PM_{2.5}$ 등급 시계열 관측 화면

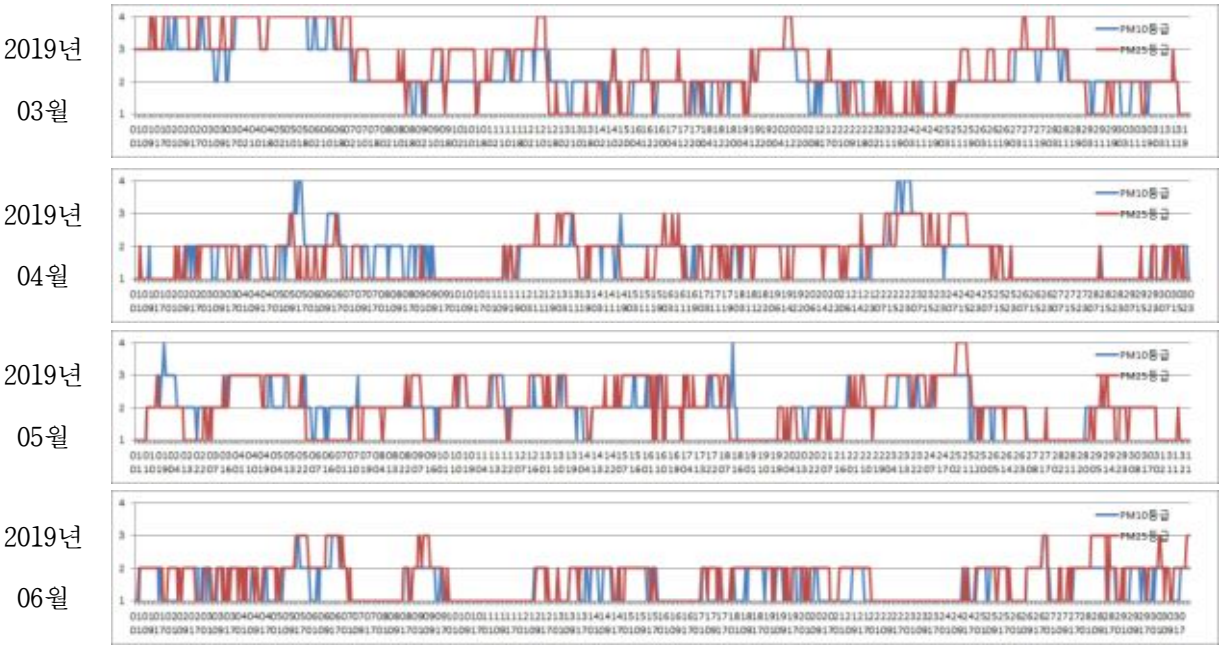


그림 3.37 행신관측소 PM_{10}, $PM_{2.5}$ 등급 시계열 관측 화면

(3) 모델링 배출량입력 인터페이스 및 통신모듈 개발

(가) 모델링 설정 및 배출량입력 인터페이스 및 통신모듈 설계

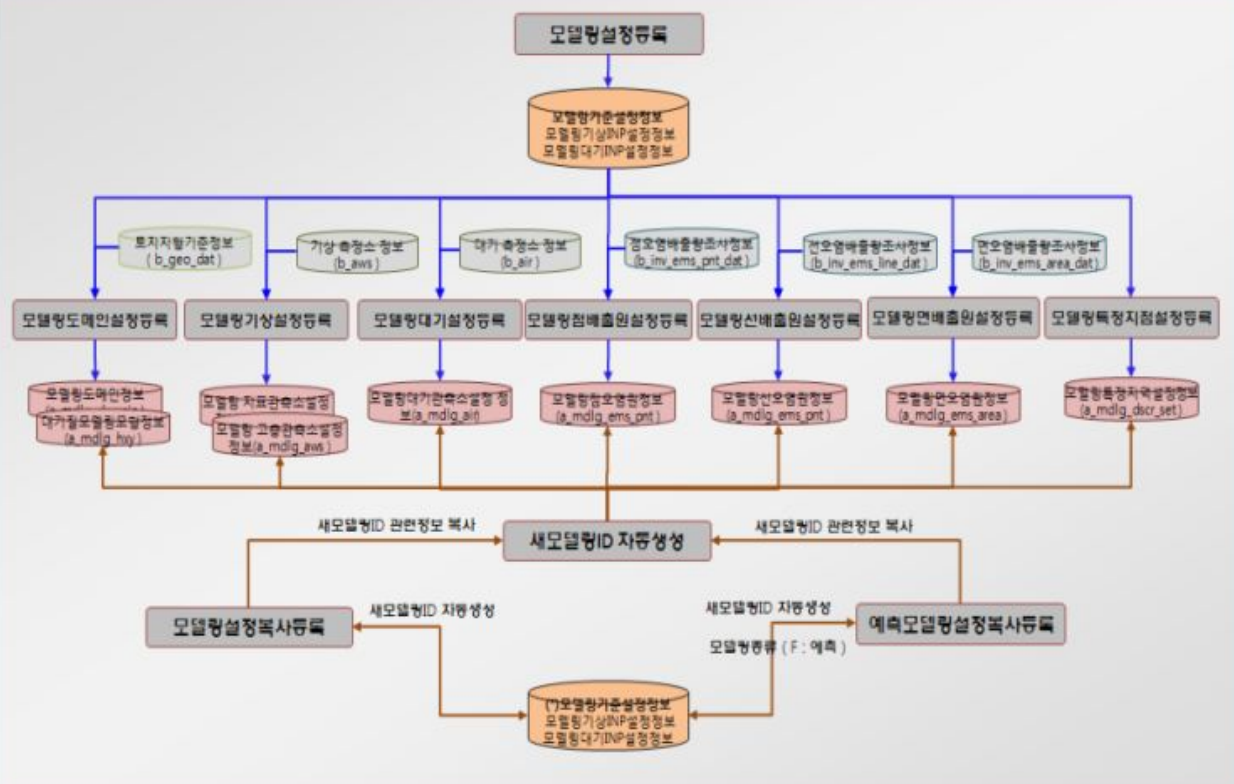


그림 3.38 모델링 설정등록 흐름도

모델링 격자간격, 모델링 종류, 구분, 실행시간간격, 격자수 등의 기준설정을 하고 모델링 영역내의 기상 관측소를 설정하며, 개발지역 내의 건물 및 도로, 공사장 부문의 에너지사용량으로부터 건물오염원배출량, 도로오염원배출량, 공사시오염원배출량 정보에 FPM/CPM 배출계수정보, 시간대별 할당계수를 적용하여 점·선·면오염원 배출량을 설정하는 모듈.

① 모델링 및 배출량 설정 프로세스

㉮ 모델링 및 배출량 설정 기능 구성도

- 대기 거동모사 예측을 위한 기본 설정 구성으로 모델링명, 모델링그룹, 개발사업, 모델링 조건 등을 설정하는 모델링 기초설정관리와 모델링의 영역을 설정하는 도메인 설정관리, 기상관측소 등을 설정하는 모델링 관측소설정관리, 오염원별 배출원을 설정하는 배출량 설정 관리, 모델링 특정지역 설정관리 등으로 구성 되어있음.
- 대기모사 배출량 설정으로는 점/선/면오염원, 그리고 건물에너지 사용량 설정관리, 공사시에 발생하는 배출원 배부설정관리가 있으며, 설정된 배출량의 상태를 검색 조회하는 오염원배출량현황과 배출원 MAP 뷰 등으로 구성 되어있음.

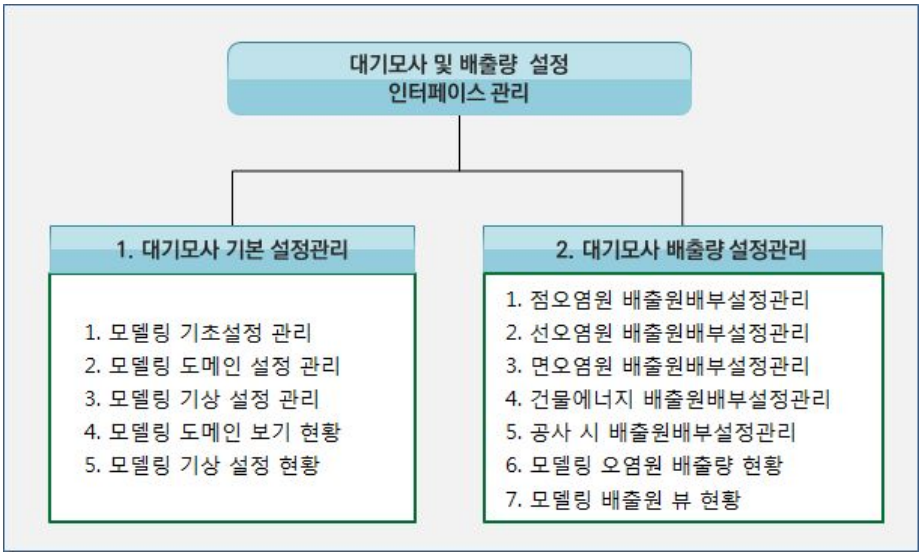


그림 3.39 모델링 및 배출량 설정 기능구성도

㉯ 모델링 및 배출량 설정 기능흐름도

모델링 기본설정관리에서 대기거동모사 영역과 격자크기, 모사 시간 그리고 간격 등을 설정하여 도메인정보 등에 저장하고 대기거동모사 영역내의 관측된 지표기상관측소와 이동형 관측소를 설정 저장함. 기본 설정된 모델링에 대해 CAPSS 데이터의 점/선/면오염원을 모델링의 조건에 따라 재설정하며, 개발지구 내의 건물에너지와 공사시 배출량을 설정 확인함.

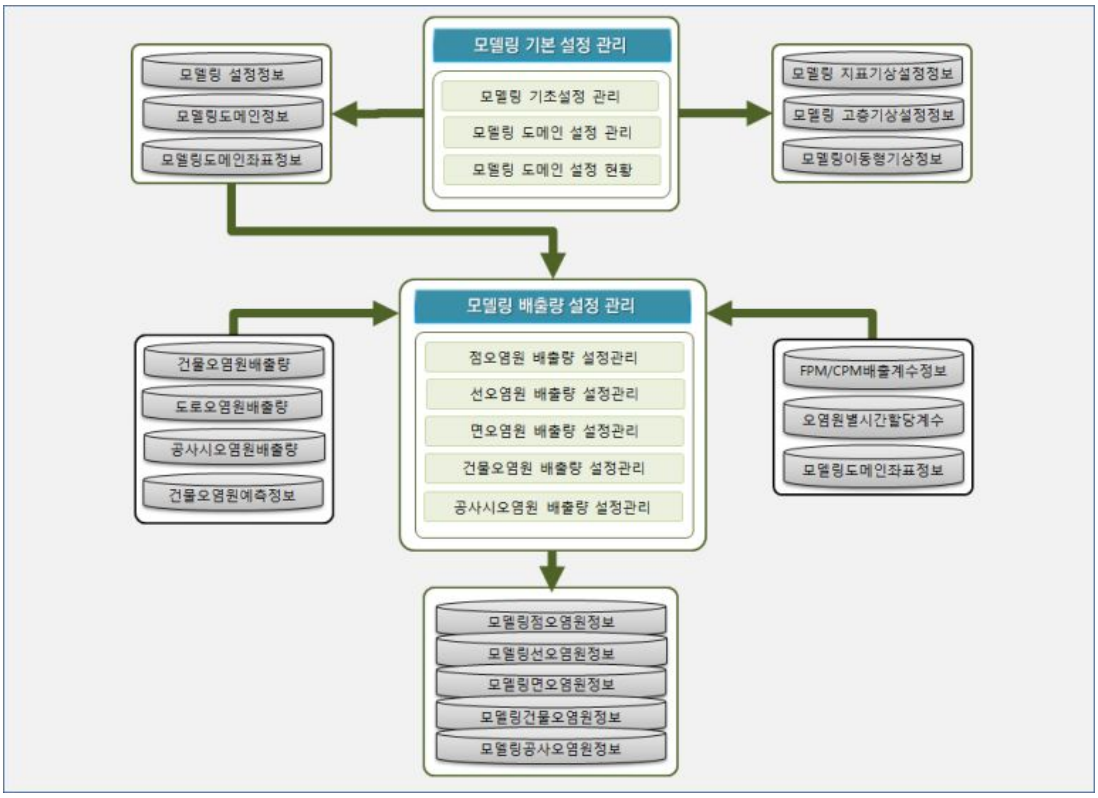


그림 3.40 모델링 및 배출량 설정 기능흐름도

② 모델링 및 배출량 설정 상세 프로세스

표 3.29 모델링 및 배출량 설정 세부기능 및 내용

관리기능	단위 기능명	단위 기능 설명
모델링 설정 관리	모델링 기초설정관리	모델링명, 모델링 종류, 모델링 주기, 격자크기, UTM좌표, 위경도 좌표 등의 모델링을 하기 위한 기초환경을 설정 관리
	모델링 설정관리 현황	개발사업별로 모델링의 모델링명, 모델링 종류, 모델링 주기, 격자크기, UTM좌표, 위경도 좌표 등의 설정 내용을 검색하는 현황
모델링 도메인 설정 관리	모델링 도메인 설정관리	모델링의 영역(도메인)을 설정하여 UTM좌표, 위경도 좌표를 관리하는 기능
	모델링 도메인 설정현황	설정된 모델링의 영역(도메인)을 가시화하는 기능
모델링 관측소 설정관리	지표기상관측소 설정	대기 모사를 위한 지표기상 관측소 설정 관리
	고층기상관측소 설정	대기 모사를 위한 고층기상 관측소 설정 관리
	대기질 관측소 설정	대기 모사 및 참조를 위한 대기질 관측소 설정 관리
	대기복합센서 설정	대기 모사 및 참조를 위한 대기복합센서 설정 관리
모델링 배출량 설정관리	점오염원 배출원 설정	대기 모사를 위한 점오염원정보 설정 관리
	선오염원 배출원 설정	대기 모사를 위한 선오염원정보 설정 관리
	면오염원 배출원 설정	대기 모사를 위한 면오염원정보 설정 관리
	공사 시 배출원 설정	공사 시 배출원 오염원정보 설정 관리
	모델링 배출원설정 보기	대기 모사에 설정된 배출원 정보 현황
	모델링 배출원 현황	대기 모사에 배출원 설정 현황

(나) 모델링 배출량입력 인터페이스 및 통신모듈 개발

① 모델링 설정 관리 인터페이스

- 표 3.30은 모델링 기초설정관리의 입·출력 인터페이스 및 주요 기능을 나타냄.

표 3.30 모델링 기초 설정관리 입·출력 인터페이스 및 주요 기능

모델링 기초설정관리 입·출력 인터페이스	
주요 기능	인터페이스 개발 화면
• 모델링의 종류, 명칭, 적용사업 그리고 모델링 실행 조건 등을 관리하는 기능 화면. • 모델링 영역 좌표 설정은 모델링 도메인 설정관리에서 설정하고 검색함.	

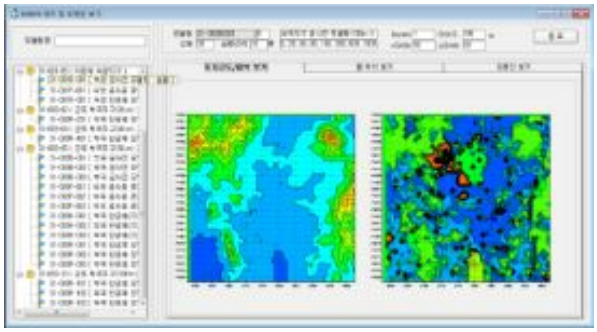
② 모델링 도메인 설정관리

- 표 3.31은 모델링 도메인 설정관리의 입·출력 인터페이스 및 주요 기능을 나타냄.

표 3.31 모델링 도메인 설정관리 입·출력 인터페이스 및 주요 기능

모델링 도메인 설정관리 입·출력 인터페이스	
주요 기능	인터페이스 개발 화면
• 모델링의 위치 및 영역을 설정 저장하는 기능화면. • MAP을 클릭하여 모델링 위치 및 도메인 설정에서 시작/중심/종료 옵션을 선택한 후에 좌표 가져오기를 수행하여 좌표영역을 설정함. • 모델링 지형 고도 및 피복 데이터 생성에서 Luse/terr Job 실행으로 모델링에서 실행할 지형 데이터인 Geo.Dat가 생성됨.	

표 3.32 모델링 도메인 지형 고도 및 피복도 뷰 인터페이스 및 주요 기능

모델링 도메인 지형 고도 및 피복도 뷰 구현 화면	
주요 기능	인터페이스 개발 화면
• 설정된 모델링 영역 도메인의 지형 고도 및 피복도 뷰 구현 화면	

③ 모델링 기상 관측소 설정관리

- 표 3.33은 모델링 기상 관측소 설정 인터페이스 및 주요 기능을 나타냄.

표 3.33 모델링 관측소 설정관리 입·출력 인터페이스 및 주요 기능

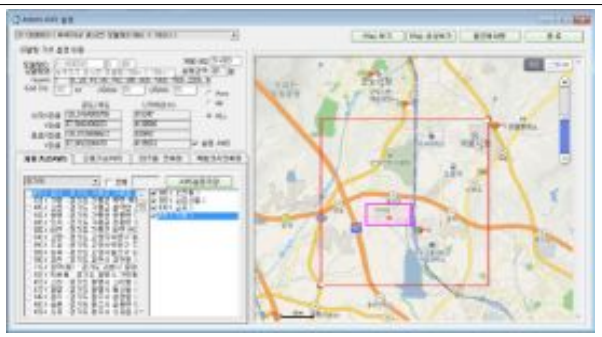
모델링 관측소 설정관리 입·출력 인터페이스 개발 화면	
주요 기능	인터페이스 개발 화면
• 지표기상, 고층기상, 대기질 관측소, 복합센서 관측소 등을 설정하는 구현 화면 • 설정된 지표기상은 하늘색 깃발, 대기질 관측소는 붉은색 깃발 등으로 표시되며, 외부의 박스는 모델링 영역이고 내부 박스는 개발 사업장 영역으로 표시됨.	

표 3.33 모델링 관측소 설정관리 입·출력 인터페이스 및 주요 기능 (계속)

모델링 관측소 설정관리 입·출력 인터페이스 (추가 설정 화면)	
인터페이스 개발 화면	
 <지표기상관측소 설정 구현화면>	 <고층관측소 설정 구현화면>
 <대기질 관측소 설정 구현화면>	 <대기복합센서 설정 구현화면>

④ 모델링 배출량 설정관리

- 표 3.34 ~ 표 3.36은 점·선·면오염원 및 공사 시 배출원 설정관리 인터페이스 및 주요 기능을 나타냄.

표 3.34. 점오염원별 모델링 설정관리 입·출력 인터페이스 및 주요 기능

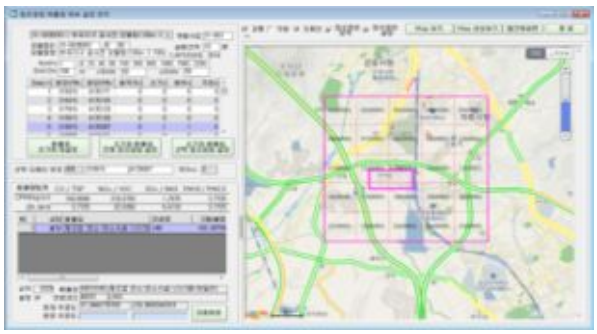
점오염원 배출원 배부 설정관리 입·출력 인터페이스	
주요 기능	인터페이스 개발 화면
• 점오염원을 설정, 설정취소, 초기화 재설정 등을 설정하는 구현 화면 • CAPSS 점오염원을 30m, 100m, 1000m 격자 크기의 피복도에 따라 배부 설정함. • 설정된 점오염원의 위치변경은 웹 지도에 변경 위치를 클릭한 후 좌표변경 버튼을 클릭하면 설정위치가 변경되고 웹 지도 상 에서 확인함.	

표 3.35 선오염원별 모델링 설정관리 입·출력 인터페이스 및 주요 기능

선오염원 배출원 설정관리 입·출력 인터페이스	
주요 기능	인터페이스 개발 화면
• 선오염원을 설정, 설정취소, 초기화 재설정 등을 설정하는 구현 화면 • CAPSS 선오염원을 30m, 100m, 1000m 격자 크기의 피복도에 따라 배부 설정함. • 피복도에 의해 자동으로 CAPSS 선오염원의 배출량을 자동으로 설정하거나, 임의의 설정갯수 값을 지정하여 특정한 CAPSS격자 영역에 설정할 수 있음.	

표 3.36 면오염원별 모델링 설정관리 입·출력 인터페이스 및 주요 기능

면오염원 배출원 설정관리 입·출력 인터페이스	
주요 기능	인터페이스 개발 화면
• CAPSS 격자내의 오염원 배출량은 {오염원배출량}탭 화면에 배출원별 연료별로 CO, NO_x, SO_x, $PM_{2.5}$, TSP, 연료별 전환계수에 의해 계산 된 CPM의 배출량을 알 수 있음. 또한 CAPSS 격자의 총합계가 계산되어 있음. • 피복도에 의해 자동으로 CAPSS 면오염원의 배출량을 자동으로 설정하거나, 임의의 설정갯수 값을 지정하여 특정한 CAPSS격자 영역에 설정할 수 있음. • 기본적으로 미설정일 경우에는 배부에서 제외하지만 경우에 따라서 미설정 피복도 격자도 배부를 할 수 있음.	 < 면오염원 배출원 배부 설정관리 화면>   <배출원 배부설정 구현화면> <개발구역 미설정 구현화면>

표 3.37 공사 시 오염원별 모델링 설정관리 입·출력 인터페이스 및 주요 기능

공사 시 오염원 배출원 설정관리 입·출력 인터페이스	
주요 기능	인터페이스 개발 화면
• 공사 시 배출원을 설정, 설정취소, 초기화 재설정 등을 설정하는 구현 화면 • CAPSS 면오염원을 30m, 100m, 1000m 격자 크기의 피복도에 따라 배부 설정함. • 웹 지도상에서 4개의 지정을 설정하여 오염원 격자를 추가 지정할 수 있음. • CAPSS 격자내의 오염원 배출량은 {오염원배출량}탭 화면에 배출원별 연료별로 FPM, CPM, TPM의 배출량을 알 수 있음. 또한 공사구역별 총합계가 계산되어 있음. • 오염원 영역을 웹 지도상에 4개의 점을 설정하며 오염원의 격자를 생성할 수 있음.	 < 공사 시 배출원 배부 설정관리 구현화면>   <공사 시 자동설정 구현화면> <웹 지도 구현화면>   <배출원 배부 설정 구현화면><개발구역 미설정 구현화면>

표 3.38 건물에너지 배출원 입·출력 인터페이스 및 주요 기능

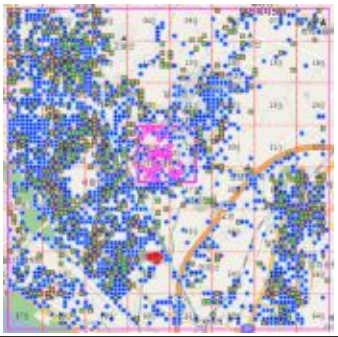
건물에너지 오염원 배출원 설정관리 인터페이스		
주요 기능	인터페이스 개발 화면	
• 건물에서 발생하는 오염원 위치의 Web-MAP 지도 화면.		

표 3.39 모델링 배출원 보기 인터페이스 및 주요 기능

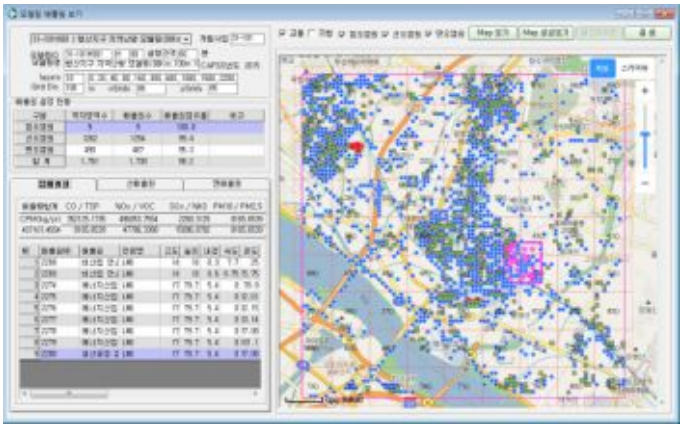
<table>
<tr><th colspan="3">모델링 배출원 보기 인터페이스</th></tr>
<tr><th>주요 기능</th><th colspan="2">인터페이스 개발 화면</th></tr>
<tr><td rowspan="3">• 모델링 배출원별 설정된 구현 화면
• [배출원 설정 현황]으로 점/선/면오염원별 격자영역수별 배출원수와 배출원점유율 현황
• [점배출원] 화면은 배출원에 대한 연료별 배출농도, 배출위치, 배출높이, 내경, 속도, 온도 등의 점배출원정보 및 오염원별 배출량합계별 총배출량 현황
• [선배출원] 화면은 배출원에 대한 연료별 배출농도, 배출위치, 배출높이, 내경, 속도, 온도 등의 선배출원정보 및 오염원별 배출량합계별 총배출량 현황
• [면배출원] 화면은 배출원에 대한 연료별 배출농도, 배출위치, 배출높이, 내경, 속도, 온도 등의 점배출원정보 및 오염원별 배출량합계별 총배출량 현황
• [WEB-MAP] 화면은 모델링 영역 내에 개발지구 영역과 점/선/면/건물/공사시의 배출원에 대한 위치를 표시함.</td><td colspan="2"> 
< 모델링 영역내 배출원 보기 구현화면></td></tr>
<tr><td> 
<점배출원별 연료별 현황></td><td> 
<선배출원별 연료별 현황></td></tr>
<tr><td> 
<면배출원별 연료별 현황></td><td> 
<배출원 WEB-MAP></td></tr>
</table>

표 3.40 모델링 연료별 배출량 현황 인터페이스 및 주요 기능

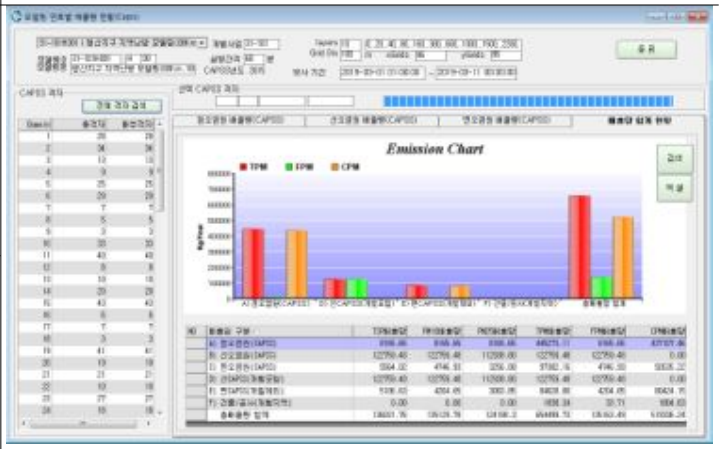
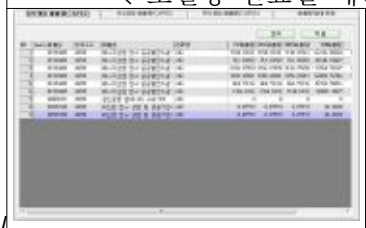
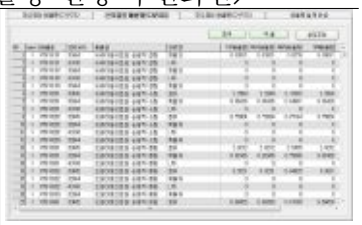
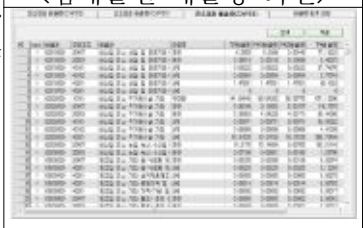
모델링 연료별 배출량 현황 인터페이스	
주요 기능	인터페이스 개발 화면
• 모델링 연료별 배출량 현황 구현 화면 • [CAPSS 격자 검색] 도메인 격자별 혹은 전체 격자별로 오염원의 통계 분석 현황을 검색. • [점배출원 배출량] 화면은 배출원 연료별 오염원 배출량 현황 • [선배출원 배출량] 화면은 배출원 연료별 오염원 배출량 현황 • [면배출원 배출량] 화면은 배출원 연료별 오염원 배출량 현황 • [배출량 합계현황] 화면은 점/선/면/건물/공사(개발지구)에 대한 TSP, PM10, PM2.5, TPM, FPM, CPM 배출량 분석 현황 및 차트 현황.	 < 모델링 연료별 배출량 현황 구현화면>  <점배출원 배출량 화면>  <선배출원 배출량 화면>  <면배출원 배출량 화면>  <배출량 합계 현황 화면>

표 3.41 모델링 오염원 배출량 현황 인터페이스 및 주요 기능

모델링 오염원 배출량 현황 인터페이스	
주요 기능	인터페이스 개발 화면
• 모델링별 모델링 기간별 모델링 실행 시 배출되는 배출량 현황 • 점/선/면/건물/공사 시 모델링에 시기별로 적용되는 좌표, 고도, 높이, 내경, 속도, 온도에 따른 FPM/CPM/TPM, C-FPM, C-CPM, C-TPM 배출량 현황.	

(4) Calmet & Calpuff 모델링 인터페이스 및 구동모듈 개발

(가) 대기거동모사 구동 소프트웨어 구조 및 기능

- 대기거동모사 구동 소프트웨어는 지형고도와 토지피복도 파일을 이용하여 지형모델링 파일을 생성하고 모델링 도메인영역, 기간 등의 조건에 따라 제어파일을 생성함. 또한 모델링 기간의 지표/고층기상 등의 기상파일을 만들고 기상 모델링을 실행한 후, 바람장 결과 파일을 생성함.
- 바람장파일과 오염원파일을 이용하여 대기모델링을 실행한 후 격자별 오염원 농도의 결과 파일이 생성됨.
- 한편, 모델링 기준 설정에서 모델링의 시작 및 종료시간, 주기시간을 변경 저장하여 대기거동모수 구동을 자동으로 연속해서 실행할 수 있음.
- 표 3.42는 대기거동모사 소프트웨어 프로세스별 세부 기능을 나타내며, 그림 3.41과 그림 3.42는 대기거동모사 모델링 데이터 처리 프로세스와 대기거동모사 모델링 실행 프로세스를 나타냄.

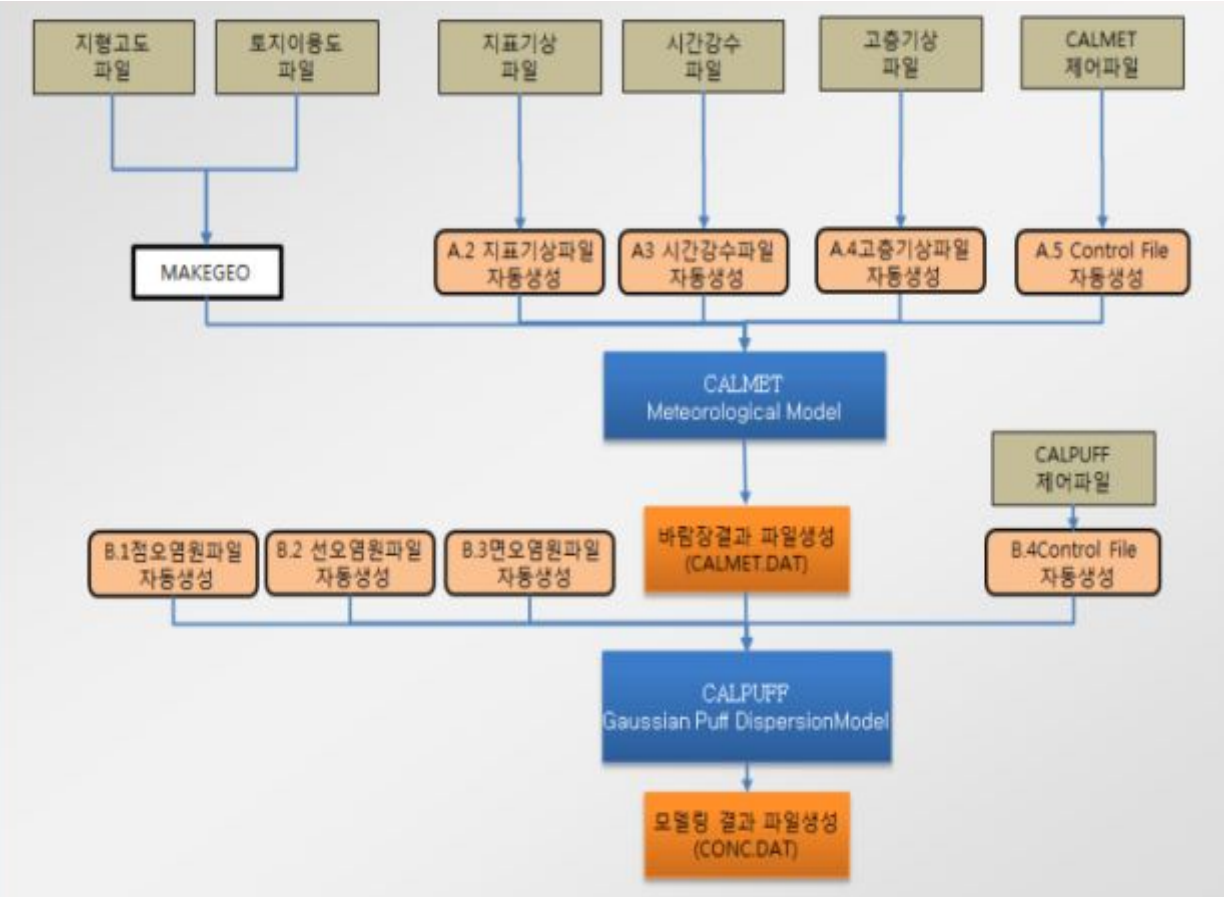


그림 3.41 대기거동모사 모델링 데이터 처리 프로세스

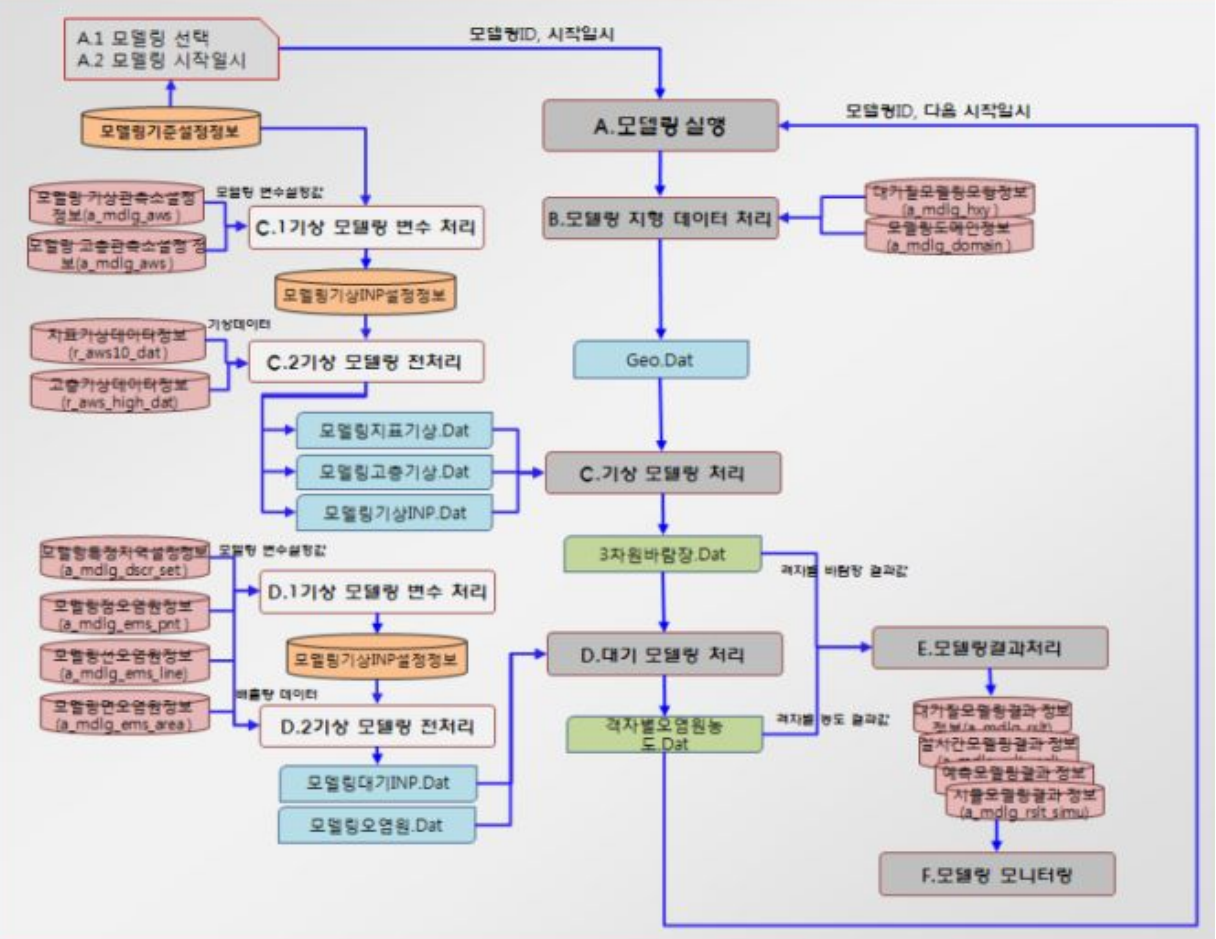


그림 3.42 대기거동모사 모델링 실행 프로세스

표 3.42 대기거동모사 구동 소프트웨어 세부 기능

구 분	세부 기능
모델링실행	• 모델링기준설정정보에 등록된 모델링을 선택하고 모델링 시작일시 그리고 관련 실행 오션 등을 선택하여 모델링을 실행.
모델링지형 데이터 생성처리	• 모델링도메인설정에서 생성된 모델링지형고도파일, 피복파일 과 모델링도메인정보, 모델링모형정보를 이용하여 모델링지형데이터를 자동생성처리함.
기상모델링 실행처리	• 모델링기준설정정보와 모델링 지표/고층관측소설정정보 등으로 모델링기상INP설정정보에 변수값을 재설정. • 지표/고층기상데이터정보 와 모델링기상INP설정정보 테이블로 모델링지표/고층기상.Dat 와 모델링기상INP.Dat 파일을 생성하여 기상모델링을 실행하여 3차원바람장.Dat 파일을 생성.
대기모델링 실행처리	• 모델링점/선/면오염원정보 테이블을 이용하여 모델링오염원.Dat 파일과 모델링 변수 설정을 모델링대기INP.Dat 파일을 생성하여 3차원바람장.Dat 파일과 더불어 대기모델링을 실행하여 격자별 오염원농도.Dat 파일을 생성함. • 생성 후 모델링기준설정정보의 모델링 주기를 더하여 다음 시작일시를 구한 후에 A.모델링실행을 반복 실행함.
모델링결과 실행처리	• 생성된 3차원바람장.Dat 와 격자별오염원농도.Dat 결과 파일을 대기질모델링 결과정보 와 실시간/예측모델링결과정보에 저장
모델링결과 모니터링 가시화	• 모델링 결과 확인

(나) 대기거동모사 구동모듈 개발

① 대기거동모사 실행 관리

- 표 3.43은 대기거동모사 실행 관리의 입·출력 인터페이스 및 주요 기능을 나타냄.

표 3.43 대기거동모사 실행 관리 입·출력 인터페이스 및 주요 기능

대기거동모사 실행 관리 입·출력 인터페이스	
주요 기능	인터페이스 개발 화면
• 대기거동모사 모델링 설정관리에서 설정된 시작시간에 의해 모델링이 실행됨. • 모델링 실행 중에 중지 및 일시 중지에 의해 일시적으로 중단 될 수 있음. • 설정된 지표기상, 고층기상, 대기관측, 배출원 설정수, 복합센서 설정 수 등을 확인 할 수 있음. • 모델링설정에 의해 TPM, CPM, FPM 등의 오염원을 구분하며 모델링 종류는 개발공사전, 공사 시, 운영 시, 지역난방지역 으로 실행 할 수 있음.	

- 표 3.44는 대기거동모사 일괄처리 파일 생성관리의 인터페이스 및 주요 기능을 나타냄.

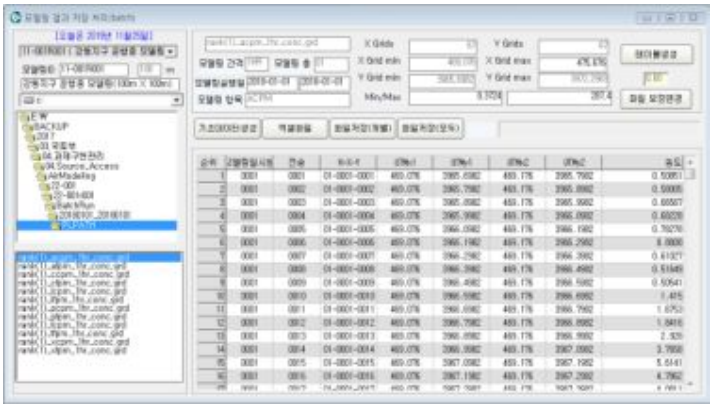
표 3.44 대기거동모사 일괄처리 파일 생성관리의 인터페이스 및 주요 기능

대기거동모사 일괄처리 파일 생성관리 인터페이스	
주요 기능	인터페이스 개발 화면
• ‘대기거동모사 기간별 모사에 필요한 파일을 생성하는 기능 • 지표기상, 고층기상.dat 파일 생성 기능 • Geo.inp, 지표기상.inp, PrtM.inp, 대기.inp, PrtP.inp 파일 생성 기능 • 배출량 시계열 가중치 적용 여부 기능 • AWS 적용 여부 기능 • 오염원별 구분 배출량 대기거동모사	

② 대기거동모사 일괄처리 결과 저장 처리 관리

- 표 3.45는 대기거동모사 일괄처리 결과 저장 처리 인터페이스 및 주요 기능을 나타냄.

표 3.45 대기거동모사 일괄처리 결과 저장 처리 인터페이스 및 주요 기능

대기거동모사 일괄처리 결과 저장 처리 인터페이스	
주요 기능	인터페이스 개발 화면
• 대기거동모사 기간별 모사 결과에 대해 그 결과를 데이터베이스에 저장 처리하는 기능	

③ 대기거동모사 격자별 결과 상세 분석 현황

- 표 3.46은 격자별 결과 상세 분석 현황 인터페이스 및 주요 기능을 나타냄.

표 3.46 격자별 결과 상세 분석 현황 인터페이스 및 주요 기능

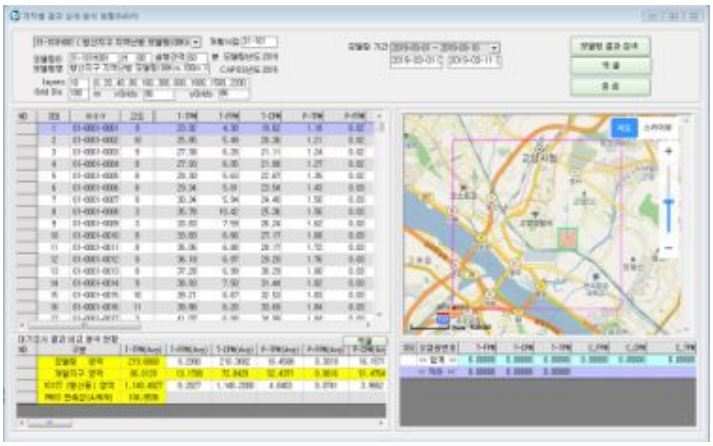
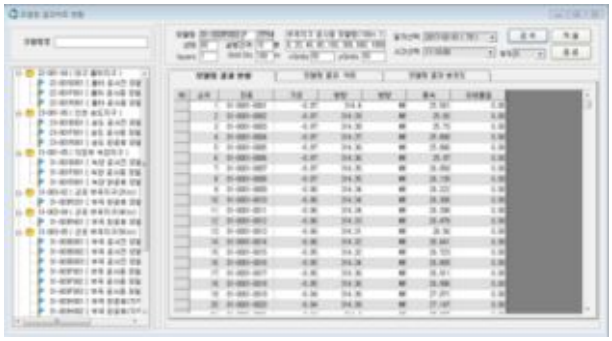
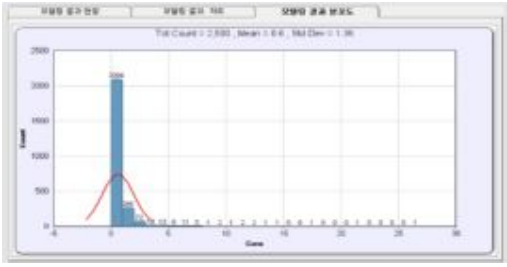
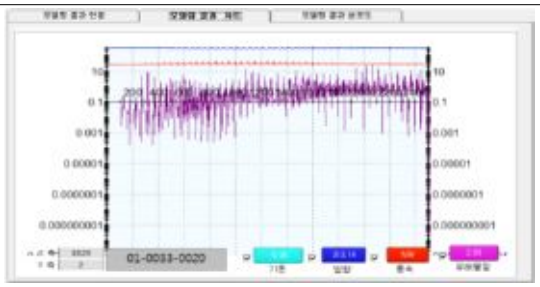
대기거동모사 격자별 결과 상세 분석 현황 인터페이스	
주요 기능	인터페이스 개발 화면
• 대기거동모사 기간별 모사 결과에 대한 상세 분석 기능 • 대기모사 결과 영역별 비교 분석현황 • 모델링/개발지구 평균 비교 분석현황 • 모델링영역내 관측값 비교 분석현황 • 격자별 오염원 배출량 비교현황 • 격자별 Web-Map 표출과 오염원 배출량 현황	

표 3.47 대기거동모사 기간별 결과 상세 분석 현황 인터페이스 및 주요 기능

대기거동모사 기간별 결과 상세 분석 현황 인터페이스	
주요 기능	인터페이스 개발 화면
• 대기거동모사 시간별 모사 결과에 대한 상세 분석 기능 • 모사 농도 시간별 분석현황 • 모사 농도 결과 차트 분석현황 • 모사 농도 빈도수 분석 현황	
 < 농도 빈도수 현황 구축 화면 >	 < 대기거동모사 결과 농도 현황 차트 구축 화면>

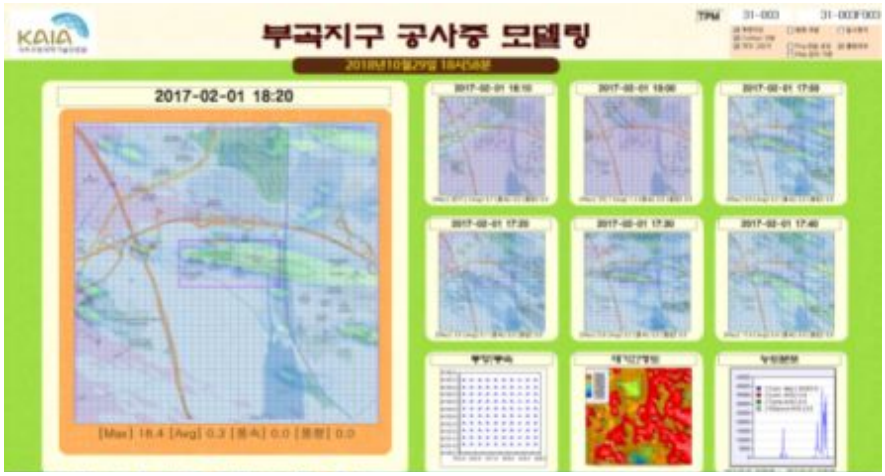
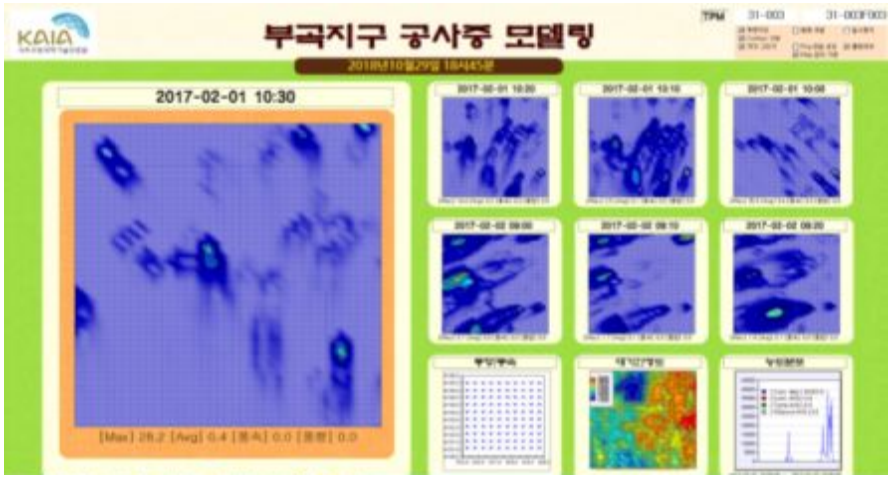
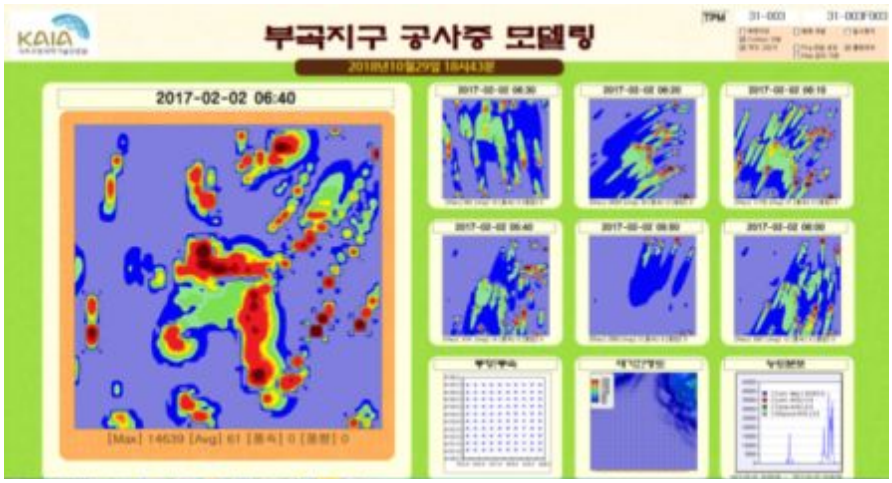
④ 대기거동모사 결과 모니터링 가시화

- 표 3.48은 대기거동모사 결과 모니터링의 입·출력 인터페이스 및 주요 기능을 나타냄.

표 3.48 대기거동모사 결과 모니터링 가시화 인터페이스 및 주요 기능

대기거동모사 결과 모니터링 환경 설정 인터페이스	
주요 기능	인터페이스 개발 화면
• 대기거동모사 모니터링을 위해 모니터링 환경 설정관리에서 모델링을 선택함. • 모니터링 구현은 기본적으로 좌측메인 결과 분포 농도 와 우측 6개 화면은 모델링 간격 순으로 결과 분포 농도로 구현되어 있으며, 우측 하단은 풍향/풍속과 대기안정도, 농도분포 등으로 되어 있음. • 모니터링은 투명지도 와 2가지 비 투명 농도 분포 등의 3가지 유형으로 구현 되어 있음. • 구현화면 우측 상단에 물질(FPM, CPM, TPM) 구분 과 개발사업 그리고 모델링ID로 구현 되어 있음.	

표 3.49 대기거동모사 결과 모니터링 가시화 인터페이스 및 주요 기능

대기거동모사 결과 모니터링 환경 설정 인터페이스 (추가 설정 화면)
대기거동모사 결과 모니터링(투명지도) 구현 화면

대기거동모사 결과 모니터링(자동지도) 구현 화면

대기거동모사 결과 모니터링(연속) 구현 화면


(다) 대기거동모사 구동모듈 현장적용

① 대기거동모사 소프트웨어 현장 적용 개요

㉮ 대기거동모사 적용 개요

- 본 연구에서 개발한 대기거동모사 모델링 소프트웨어를 이용하여 택지개발지구를 대상으로 공사 시, 개발 후 오염물 배출에 따른 대기거동모사를 실시하였음.
- 소프트웨어의 현장 적용 지역은 군포 부곡 택지개발지역으로, 대기거동모사 모델링을 위해 해당지역의 먼지배출량을 산정하였으며 먼지배출량을 기반으로 모델링을 수행하였음.

㉯ 택지개발사업 지역

- 분석대상 택지개발지구는 군포 부곡 택지개발지역으로, 사업면적은 470,000㎡(주택용지 면적 200,795㎡, 상업·업무용지 면적 6,104㎡, 공공용지 면적 263,101㎡)이며, 약 9,300명을 수용할 수 있는 규모로 2004년 ~ 2007년에 개발 완료되었음.
- 그림 3.43은 분석대상 택지개발지역의 토지이용계획도를 나타냄.



그림 3.43 군포 부곡지구 택지개발사업의 토지이용계획도

② 대기거동모사 소프트웨어 현장 적용 설정

㉮ 택지개발지구 대기거동모사 기준정보 설정

- 군포 부곡지구를 포함한 대기거동모사의 기준정보를 그림 3.44와 그림 3.45와 같이 공사시와 운영시 각각의 모델링ID 정보를 생성함.



그림 3.44 공사 시 대기거동모사 기준정보



그림 3.45 운영 시 대기거동모사 기준정보

㉯ 대기거동모사 모델링 모사 조건

㉠ 대기거동모사 영역 설정 조건

- 분석 대상지역으로 선정한 군포부곡 택지개발지구의 대기거동모사의 영역조건은 표 3.50과 같음.

표 3.50 분석대상 대기거동모사 영역 조건

구 분			대기거동모사 영역
영역 크기	:	5.7 Km X 5.7 Km	
격자 크기	:	100 m X 100 m	
주기 간격	:	1 Hr	
지형평균고도	:	82.73 m	
최고지형고도	:	464 m	
최저지형고도	:	11 m	

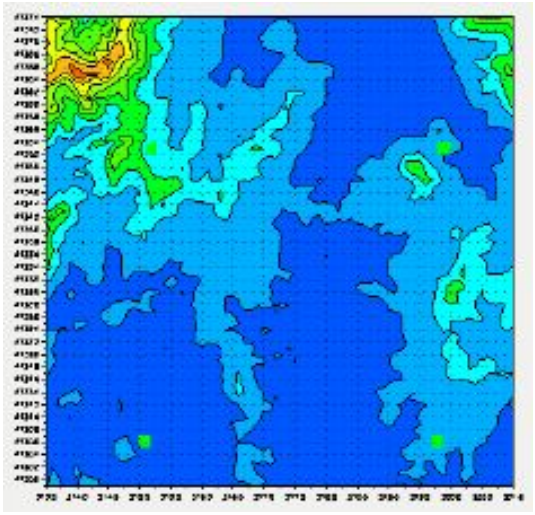


그림 3.46 도메인 영역의 토지고도

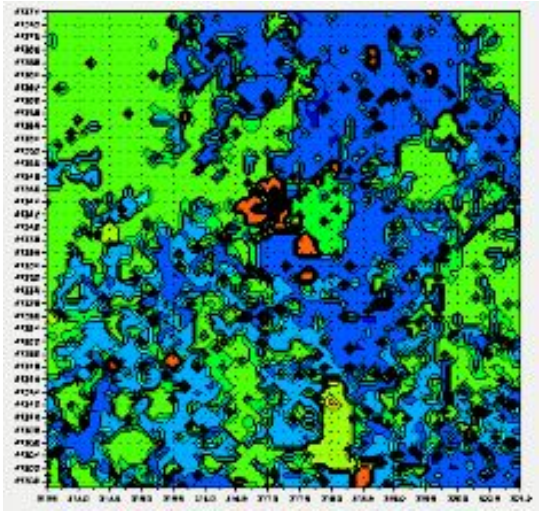


그림 3.47 도메인 영역의 토지피복

표 3.51 대기거동모사지역의 피복도 면적

피복도	피복도명	격자수	면적(㎡)	피복도	피복도명	격자수	면적(㎡)
110	주거지역	173	1,730,000	250	기타재배지	27	270,000
120	공업지역	50	500,000	310	활엽수림	1,455	14,550,000
130	상업지역	228	2,280,000	320	침엽수림	355	3,550,000
140	문화체육휴양지역	33	330,000	330	혼효림	179	1,790,000
150	교통지역	1,110	11,100,000	410	자연초지	18	180,000
160	공공시설지역	55	550,000	420	인공초지	722	7,220,000
210	논	282	2,820,000	510	내륙습지	28	280,000
220	밭	581	5,810,000	610	자연나지	2	20,000
230	시설재배지	82	820,000	620	기타나지	252	2,520,000
240	과수원	42	420,000	710	내륙수	102	1,020,000

㉡ 대기거동모사 기상 설정 조건

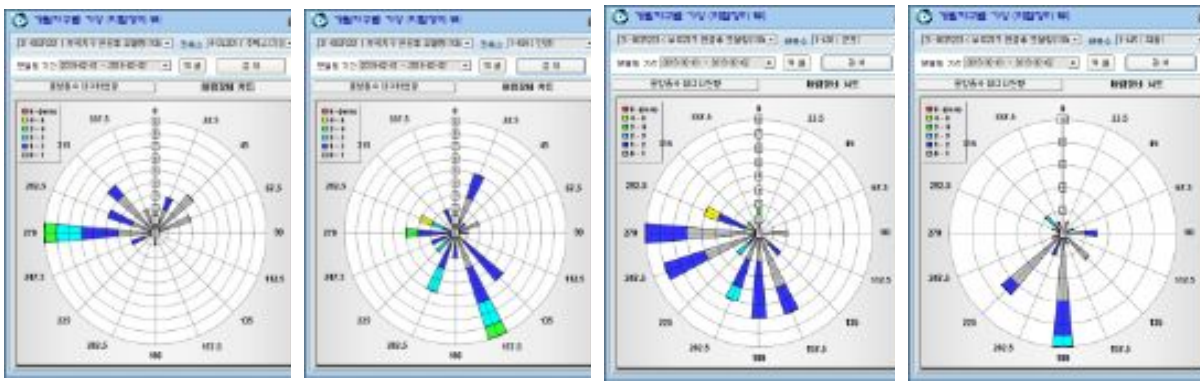
- 분석 대상지역인 군포 부곡지구의 기상정보를 모델링에 적용하기 위하여 해당 지역의 기상 관측소 현황 및 기상 조건을 분석하였음.
- 표 3.52는 해당 지역의 기상관측소 현황을 나타내며, 표 3.53과 그림 3.48은 해당 지역에서 측정된 기상조건을 나타냄.

표 3.52 대기거동모사 주요 기상 관측소 현황

구분	관측소ID	관측소명	관측소 위치	관측소 현황
지표기상	이동형	당정동	경기도 군포시 당정동	
	434	안양	경기도 안양시 동안동	
	438	군포	경기도 군포시 금정동	
	445	의왕	경기도 의왕시 고천동	
고층기상	47122	오산	경기도 오산시	

표 3.53 관측소별 기상정보 측정 결과 (대기거동모사 기간, 2019.02.01 ~ 2019.02.02)

관측소명	주풍향	평균풍속(m/s)	평균기온(℃)	평균습도(%)
이동형(당정동)	서풍	0.79	-0.95	54.8
안양	남남동	1.48	-0.50	61.3
군포	서풍	1.14	0.27	-
의왕	남풍	0.65	-1.89	-



〈이동형 관측소〉 〈안양 관측소〉 〈군포 관측소〉 〈의왕 관측소〉

그림 3.48 기상 관측소별 바람장미

㉰ 대기거동모사 모델링 배출량 설정 조건

㉠ 대기거동모사 점오염원 설정

- 그림 3.49는 해당 지역의 점오염원 설정 및 현황을 나타내며, 그림 3.50은 해당 지역에서 설정된 연료별 배출원의 배출량을 나타냄.



그림 3.49 점오염원 설정 관리

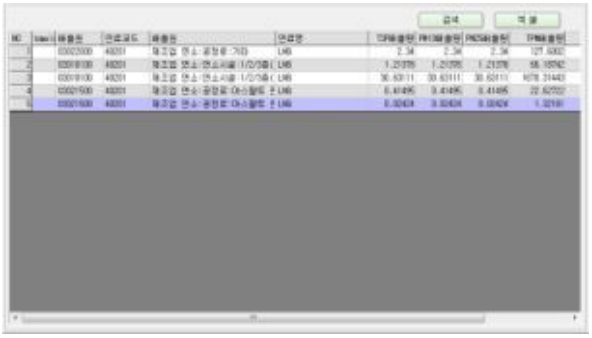


그림 3.50 점오염원 설정 현황

㉡ 대기거동모사 선오염원 설정

- 그림 3.51은 해당 지역의 선오염원 설정 및 현황을 나타내며, 그림 3.52는 해당 지역에서 설정된 연료별 배출원의 배출량을 나타냄.



그림 3.51 선오염원 설정 관리

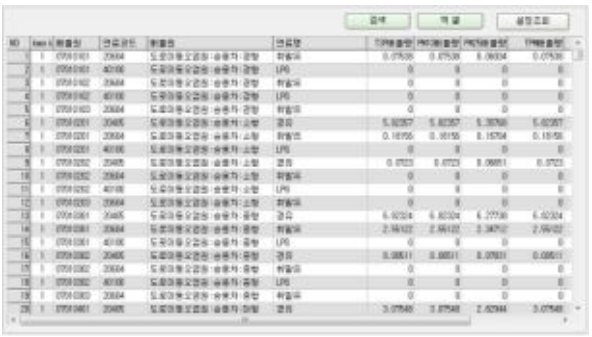


그림 3.52 선오염원 설정 현황

㉢ 대기거동모사 면오염원 설정

- 그림 3.53은 해당 지역의 면오염원 설정 및 현황을 나타내며, 그림 3.54는 해당 지역에서 설정된 연료별 배출원의 배출량을 나타냄.



그림 3.53 면오염원 설정 관리



그림 3.54 면오염원 설정 현황

㉣ 대기거동모사 공사 시 오염원 설정

- 그림 3.55는 택지개발지구 공사 시 오염원 설정 및 현황을 나타내며, 그림 3.56은 해당 지역에서 설정된 연료별 배출원의 배출량을 나타냄.



그림 3.55 공사 시 배출원 영역



그림 3.56 공사 시 배출량 현황

㉤ 대기거동모사 건물에서 배출되는 오염원 설정

- 그림 3.57은 택지개발지구 건물에서 배출되는 오염원 설정 및 현황을 나타내며, 그림 3.58은 해당 지역에서 설정된 연료별 배출원의 배출량을 나타냄.



그림 3.57 건물 배출 오염원 영역



그림 3.58 건물 배출량 현황

㉥ 대기거동모사 총배출량 현황

- 그림 3.59는 공사시, 그림 3.60은 운영시 배출오염원 구분별로 배출량을 나타냄.

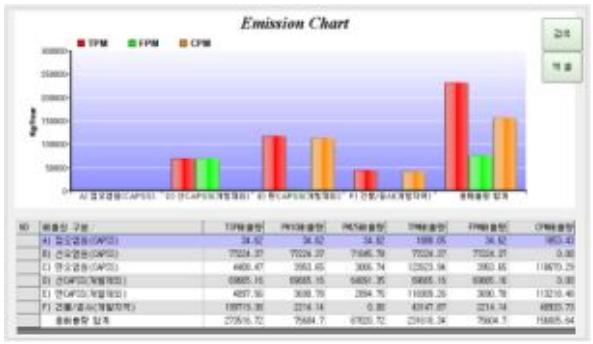


그림 3.59 공사 시 총배출량 현황



그림 3.60 운영 시 총배출량 현황

㉥ 대기거동모사 오염원별 Web-Map

- 그림 3.61은 공사 시, 그림 3.62는 운영시 배출원 구분별로 Web-Map을 나타냄.

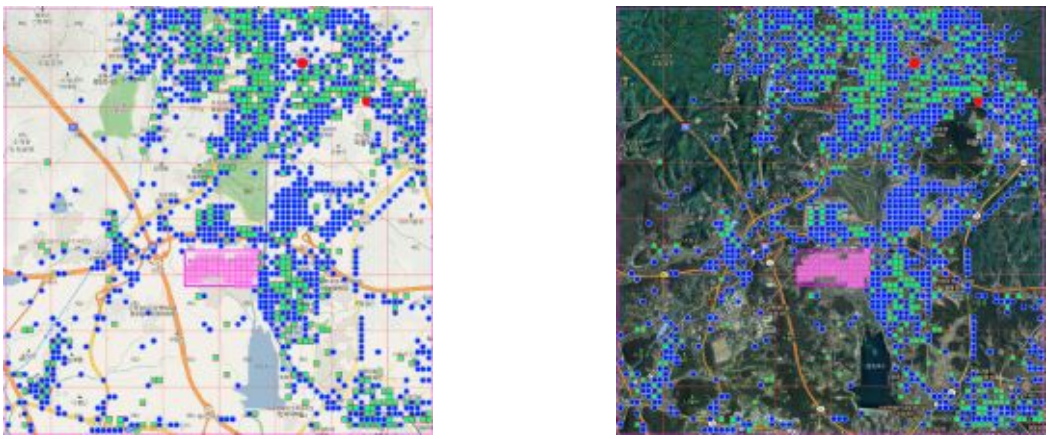


그림 3.61 공사 시 대기거동모사 Web-Map



그림 3.62 운행 시 대기거동모사 Web-Map

③ 대기거동모사 소프트웨어 현장 적용 실행

㉮ 택지개발지구 대기거동모사 적용 실행

- 오염원별 배출량 시계열 가중치 적용 여부 선택
- Geo.inp, 기상.inp, Prt기상.inp, 대기.inp, Prt대기.inp 파일 생성
- 지표기상.dat, 고층기상.dat 파일 생성
- 그림 3.63은 공사시, 운영시 대기거동모사 실행 파일 생성

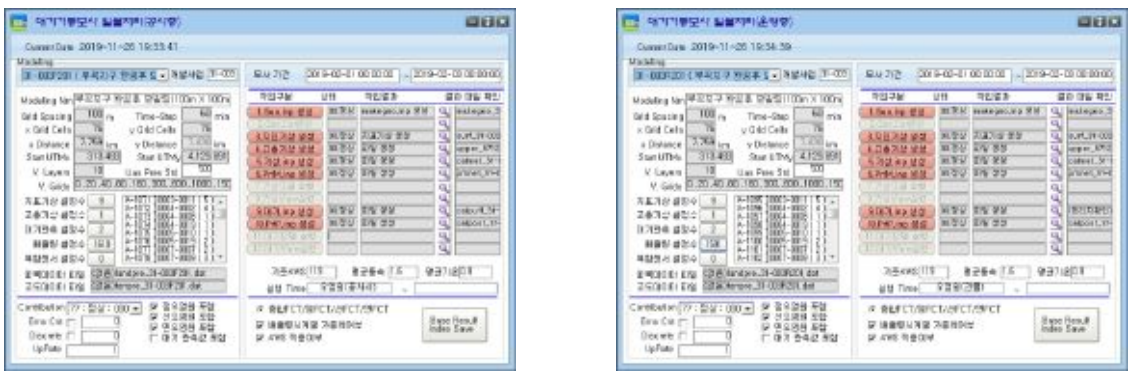


그림 3.63. 대기거동모사 실행 파일 생성

㉳ 대기거동모사 결과 파일 저장

- 그림 3.64는 공사 시, 운영 시 대기거동모사 결과 파일 저장
- 점오염원, 선오염원, 면오염원, 공사시오염원, 건물오염원별로 CPM 과 FPM 결과농도 파일을 정보를 검색한 후 데이터베이스에 저장함.

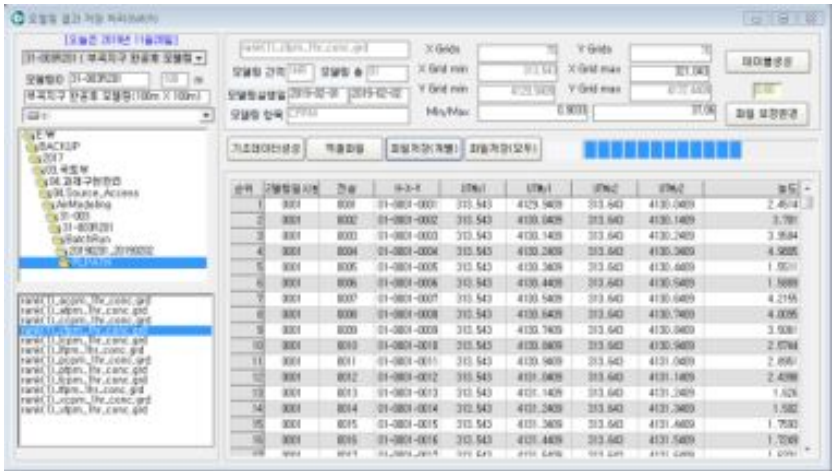


그림 3.64 대기거동모사 결과 파일 저장

④ 대기거동모사 소프트웨어 현장 적용 실행 결과

㉮ 택지개발지구 대기거동모사 적용 결과 분석

㉠ 격자별 결과 상세 분석 현황

- 모델링 기간별 격자별 고도, 전체오염원/점오염원/선오염원/면오염원/공사시오염원/건물오염원의 TPM, FPM, CPM 결과를 검색함.
- 대기모사 결과에 대한 비교 분석 현황을 검색함.
- 격자별 배출량과 Web-MAP을 검색함.
- 그림 3.65는 격자별 결과 상세 분석 현황을 나타냄.

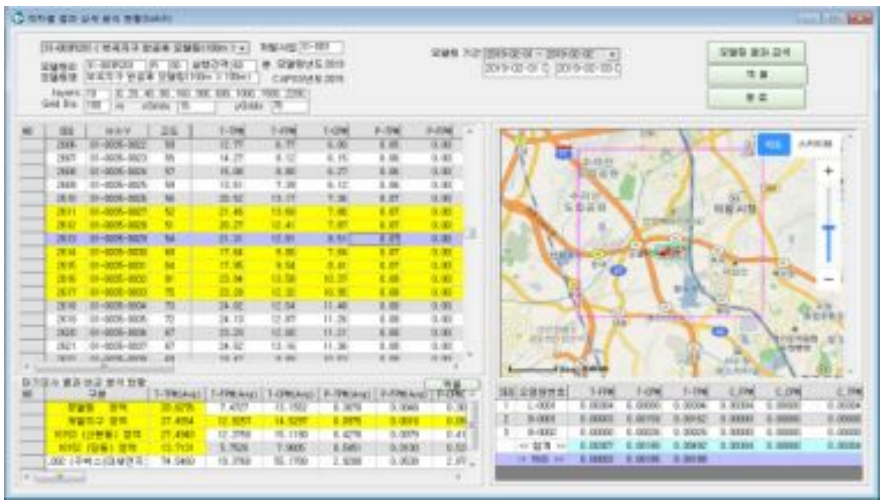


그림 3.65 격자별 결과 상세 분석 현황

㉡ 대기거동모사 결과 통계 현황

- 격자별 결과 차트 현황 및 오염원별 통계 차트 현황

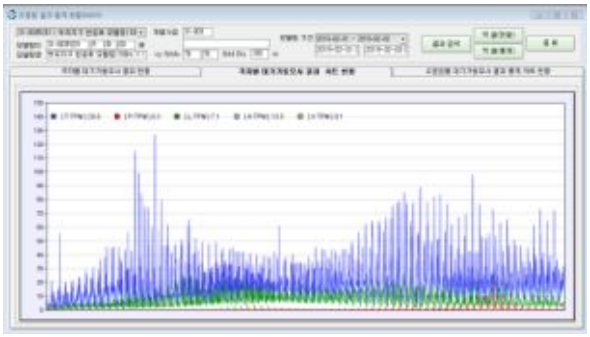


그림 3.66 오염원 결과 통계 차트 현황



그림 3.67 오염원 결과 통계 백분위 차트 현황

㉢ 대기거동모사 결과 피복도 현황

- 피복도별 대기거동모사 결과 차트 현황 및 오염원별 통계 피복도 차트 현황



그림 3.68 피복도별 대기거동모사 결과 차트 현황



그림 3.69 피복도별 대기거동모사 결과 백분율 차트 현황

㉰ 택지개발지구 대기거동모사 적용 결과 MAP View

㉠ 공사 시 대기거동모사 결과 MAP VIEW 현황

- 공사 시 대기거동모사 결과에 대한 전체오염원/점오염원/선오염원/면오염원/공사시 오염원 TPM, FPM, CPM 배출량에 대한 결과를 MAP View함.

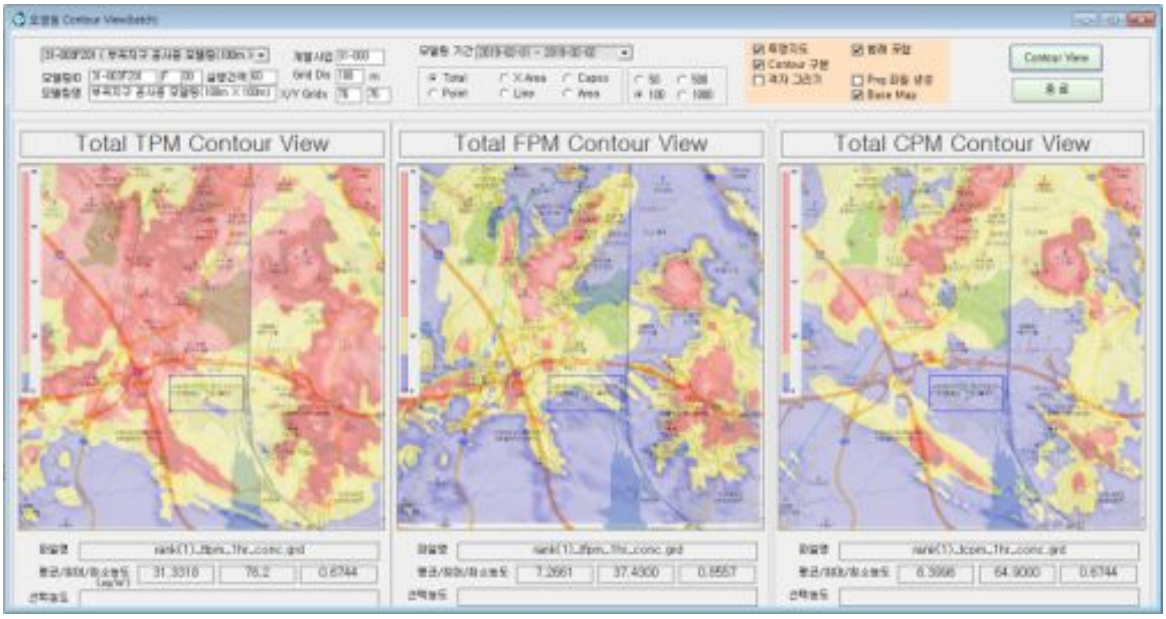


그림 3.70 전체 오염원 MAP VIEW

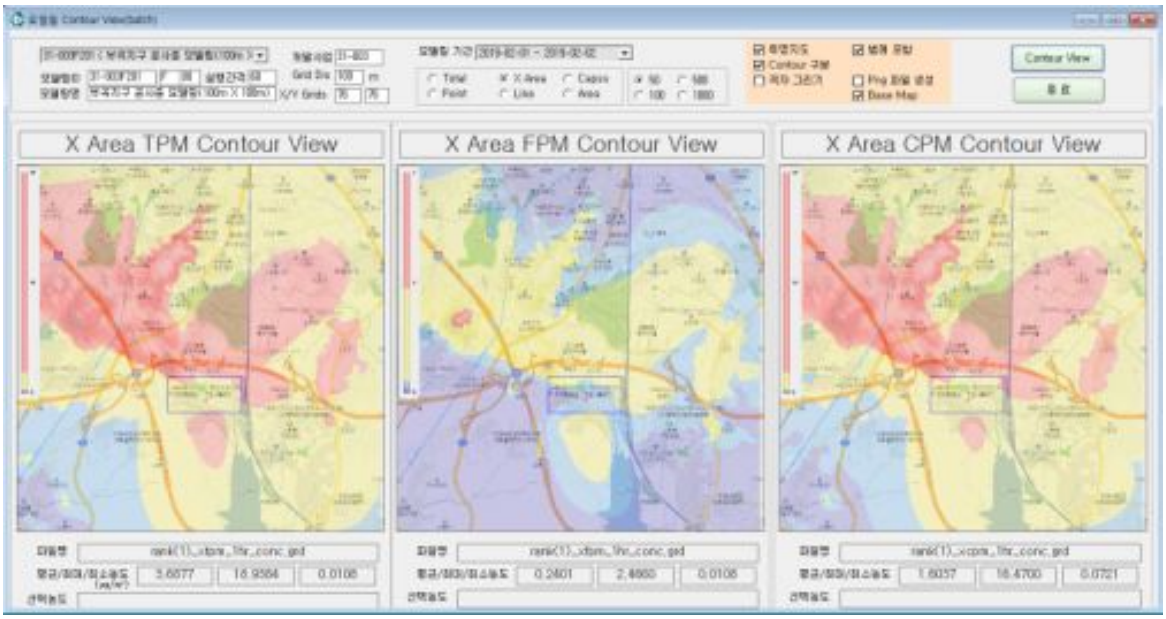


그림 3.71 공사 시 개발구역 내 배출량에 의한 MAP VIEW

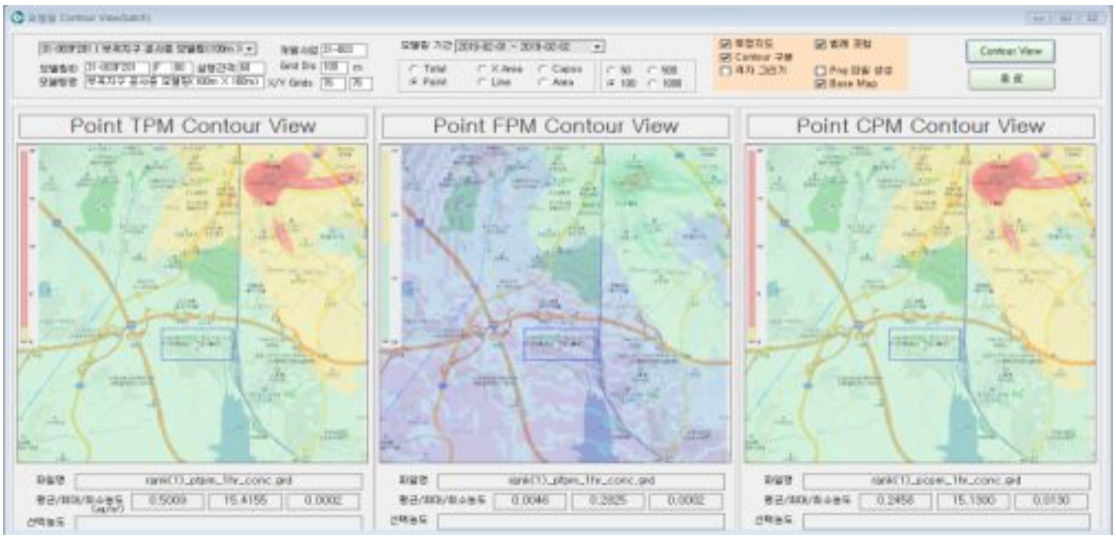


그림 3.72 공사 시 점오염원 배출량에 의한 MAP VIEW

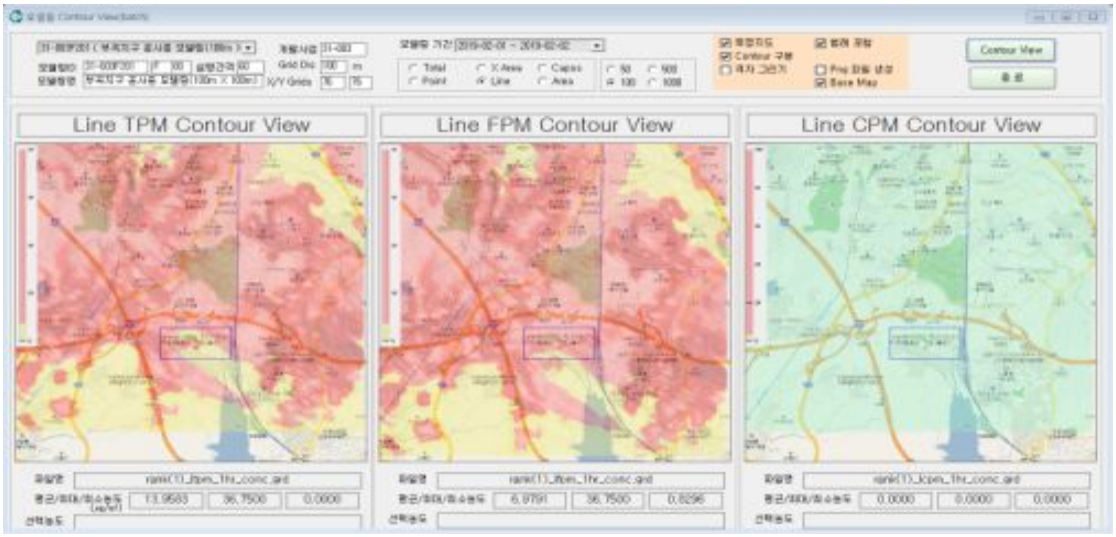


그림 3.73 공사 시 선오염원 배출량에 의한 MAP VIEW

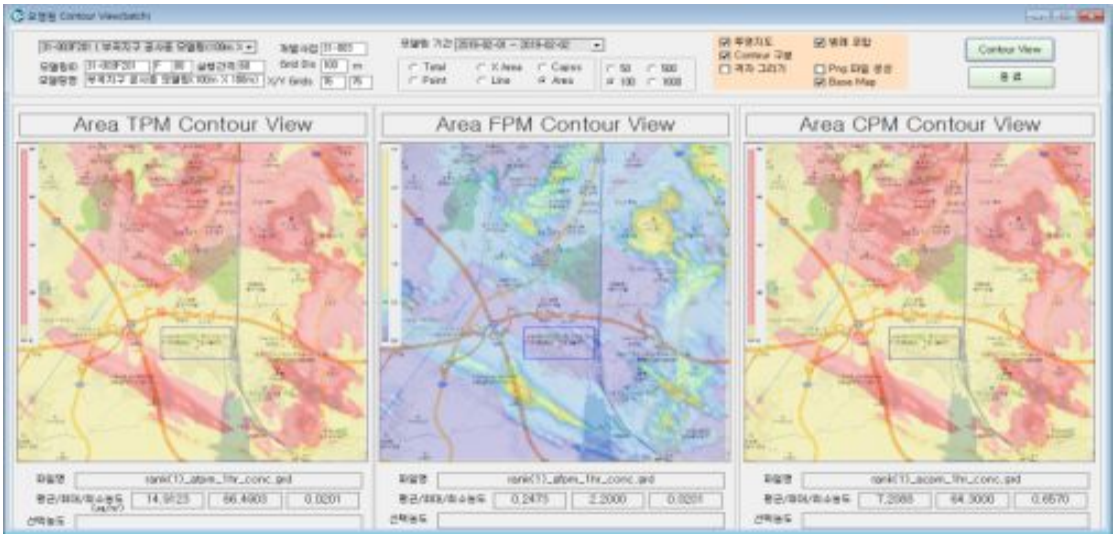


그림 3.74 공사 시 면오염원 배출량에 의한 MAP VIEW

㉡ 운영 시 대기거동모사 결과 MAP VIEW 현황

- 운영 시 대기거동모사 결과에 대한 전체오염원/점오염원/선오염원/면오염원/공사시 오염원 TPM, FPM, CPM 배출량에 대한 결과를 MAP View함.

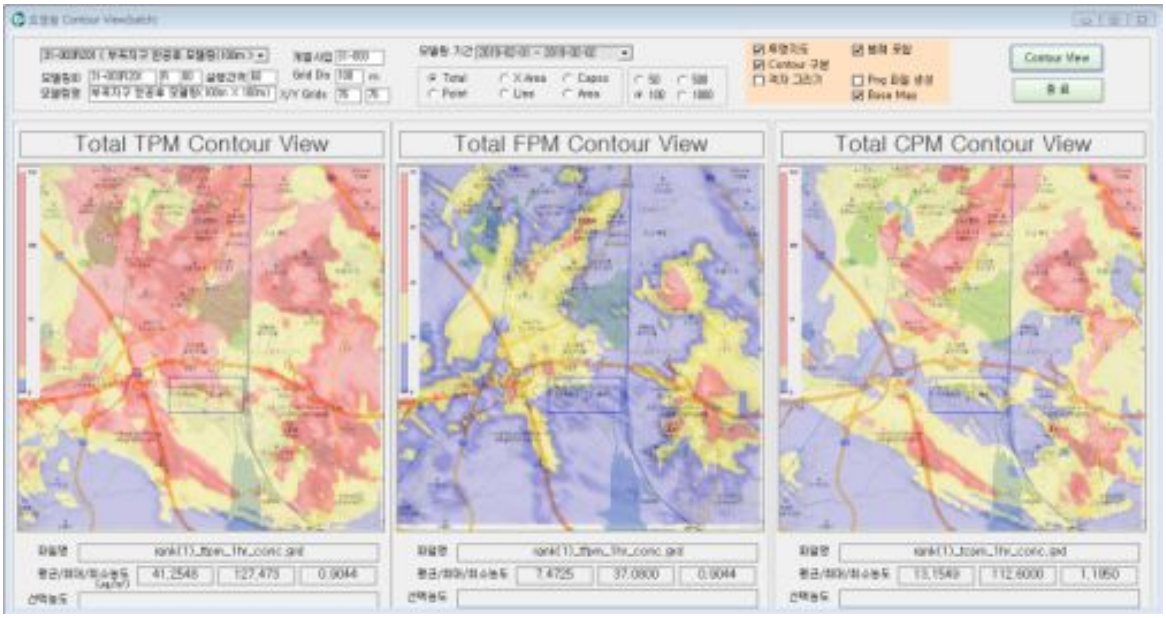


그림 3.75 운영시 오염원 MAP VIEW

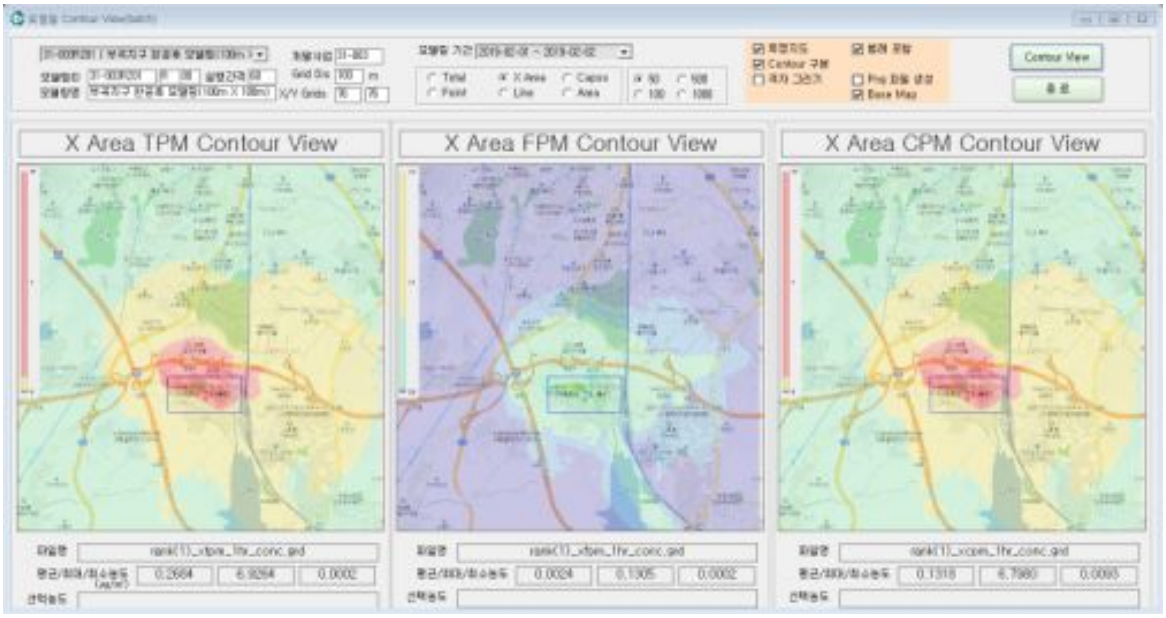


그림 3.76 운영 시 개발구역 내 건물 배출량에 의한 MAP VIEW

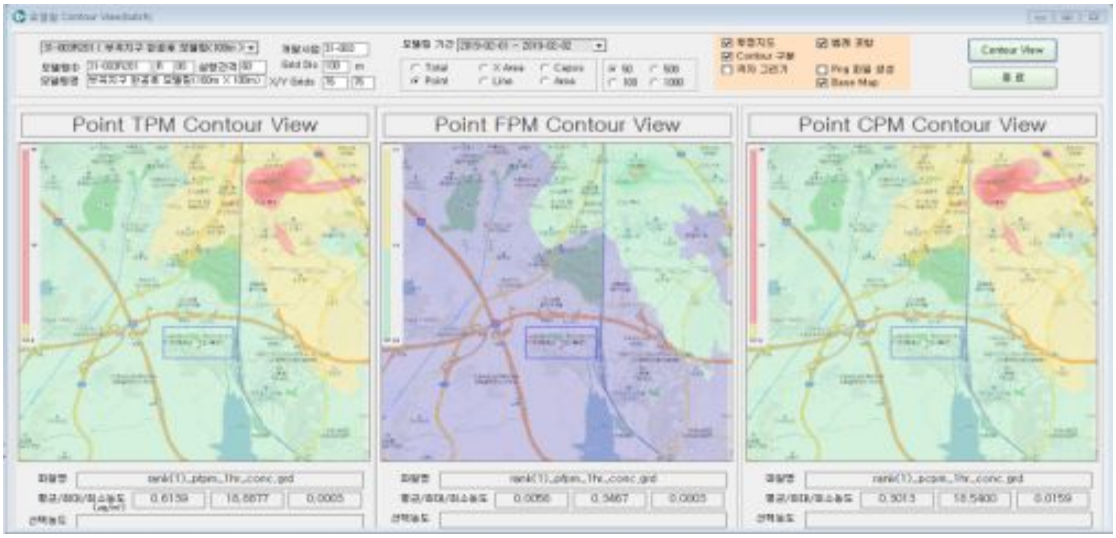


그림 3.77 운영 시 점오염원 배출량에 의한 MAP VIEW

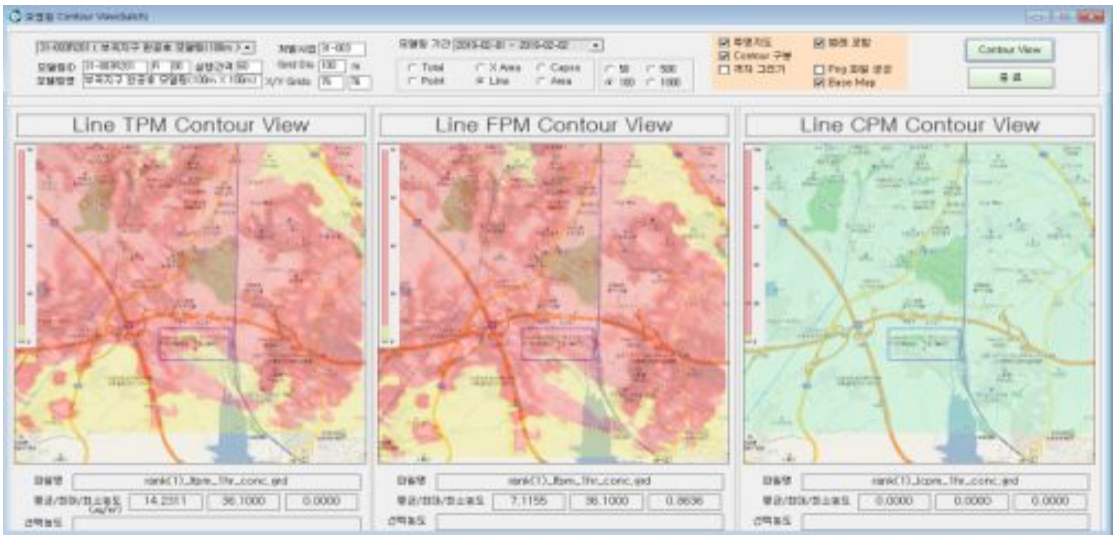


그림 3.78 운영 시 선오염원 배출량에 의한 MAP VIEW

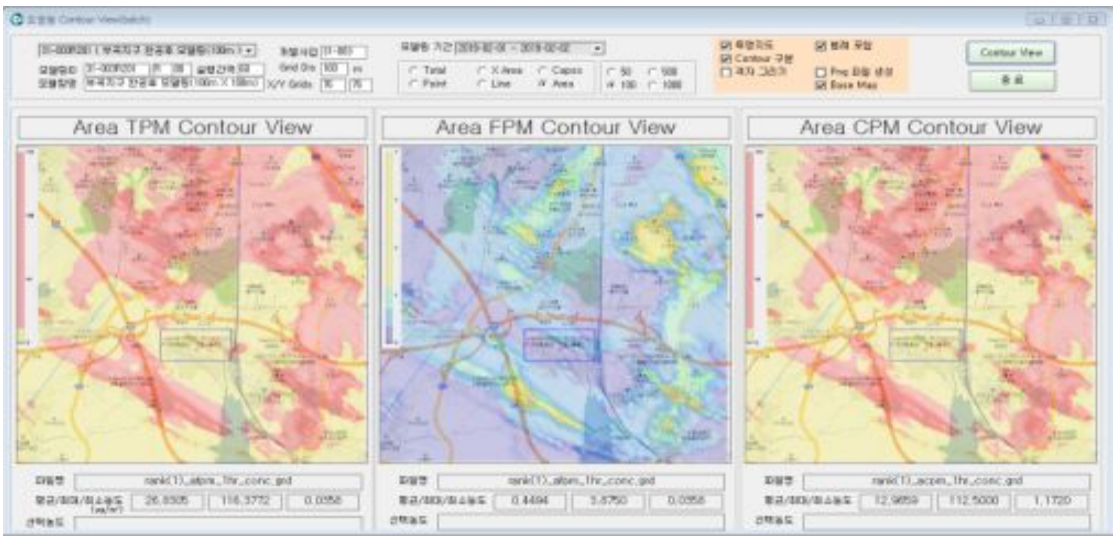


그림 3.79 운영 시 면오염원 배출량에 의한 MAP VIEW

[핵심성과 4] 먼지 배출량 산정 및 대기거동모사 예측 소프트웨어 적용 및 평가

(1) 대기거동모사 소프트웨어 적용 및 평가 개요

- 본 연구에서 개발된 먼지배출량 산정 및 대기거동모사 예측 프로그램을 검증하기 위하여 검증 대상 지구를 선정하였으며, 프로그램을 통해 택지개발지구의 먼지배출량을 산정하고 대기거동모사를 수행하였음.
- 개별열원을 사용하는 도시와 집단에너지를 사용하는 도시의 미세먼지 배출과 대기확산을 비교 분석하기 위하여 개별열원 지역 3곳, 집단에너지 사용지역 2곳을 적용 대상으로 선정하였음.
- 또한, 계절에 따라 대기질 및 대기오염 영향이 상이하기 때문에 계절별로 모델링을 각각 수행하여 대기확산 영향을 분석하였음.
- 개별열원지역은
-
- 개발된 소프트웨어 프로그램을 검증하기 위하여, 프로그램 모델링을 통해 산정한 대상지구의 미세먼지 배출량을 에어코리아(www.airkorea.or.kr)에서 제공하는 대기오염측정망의 미세먼지 측정값과 비교분석 하였음.

(2) 대상지역 및 대기거동모사 모델링 조건

(가) 모델링 대상지역

- 모델링 대상지역은 개별열원의 지구단위 지역 군포 부곡지구, 광주 진월지구, 대구 율하지구와 집단에너지를 사용하는 지구단위 지역 고양시 행신지구, 고양시 풍동지구로 선정하였음.
- 그림 4.1은 분석 대상지역의 토지이용계획도를 나타냄.



군포 부곡택지개발지구 대구 율하택지개발지구

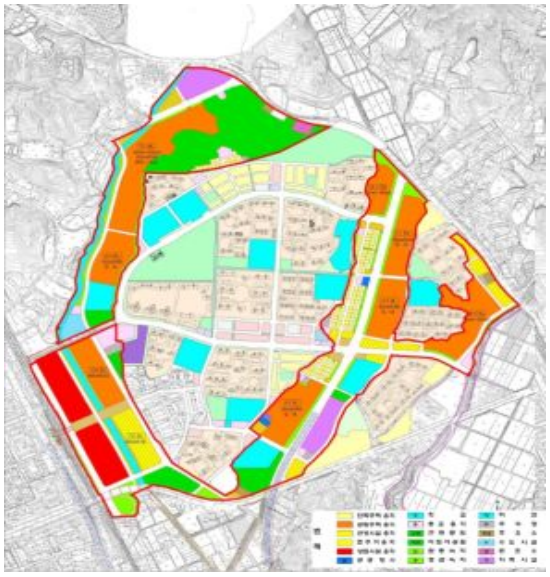
그림 4.1 모델링 대상지역의 토지이용계획



광주 진월택지개발지구



고양 행신택지개발지구



고양 풍동 택지개발지구

그림 4.1 모델링 대상지역의 토지이용계획 (계속)

(나) 대기거동모사 모델링 설정 조건

① 대기거동모사 모델링영역 설정

- 대기거동모사의 모델링 영역은 분석대상 택지개발지구의 관내 먼지배출영향과 장외 먼지확산 영향을 확인하기 위하여 택지개발지구의 영역 크기의 가로세로 양방향 2배~2.5배 이상으로 설정하였음.
- 분석 대상 택지개발지구의 대기거동모사 모델링 영역 조건은 표 4.1과 같음.

표 4.1 분석대상 대기거동모사 영역 조건

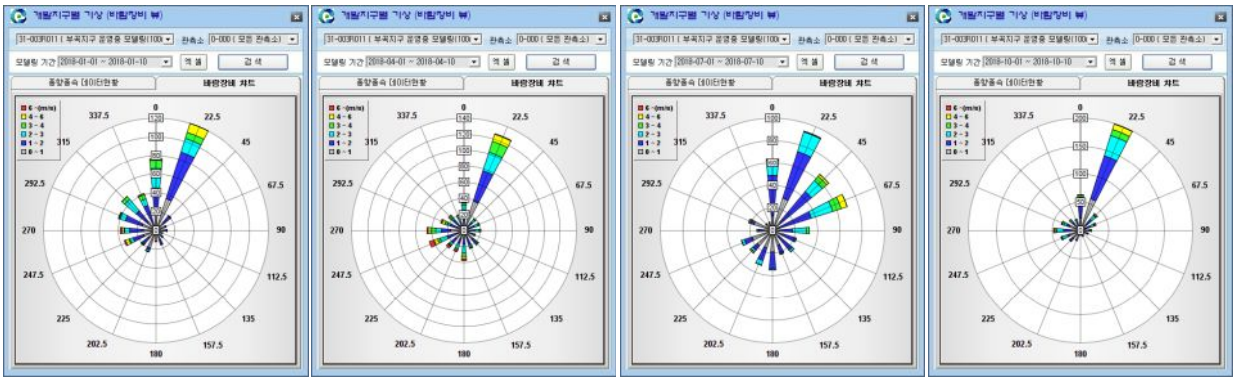
구 분	내 용	대기거동모사 영역
대상 지구	군포 부곡택지개발지구	
영역 크기	5.7 Km X 5.7 Km	
격자 크기	100 m X 100 m	
주기 간격	1 Hr	
대상 지구	대구 율하택지개발지구	
영역 크기	6.7 Km X 6.7 Km	
격자 크기	100 m X 100 m	
주기 간격	1 Hr	
대상 지구	광주 진월지개발지구	
영역 크기	6.7 Km X 6.7 Km	
격자 크기	100 m X 100 m	
주기 간격	1 Hr	

표 4.1 분석대상 대기거동모사 영역 조건 (계속)

구 분	내 용	대기거동모사 영역
대상 지구	고양 행신택지개발지구	
영역 크기	8.6 Km X 8.6 Km	
격자 크기	100 m X 100 m	
주기 간격	1 Hr	
대상 지구	고양 풍동택지개발지구	
영역 크기	7.6 Km X 7.6 Km	
격자 크기	100 m X 100 m	
주기 간격	1 Hr	

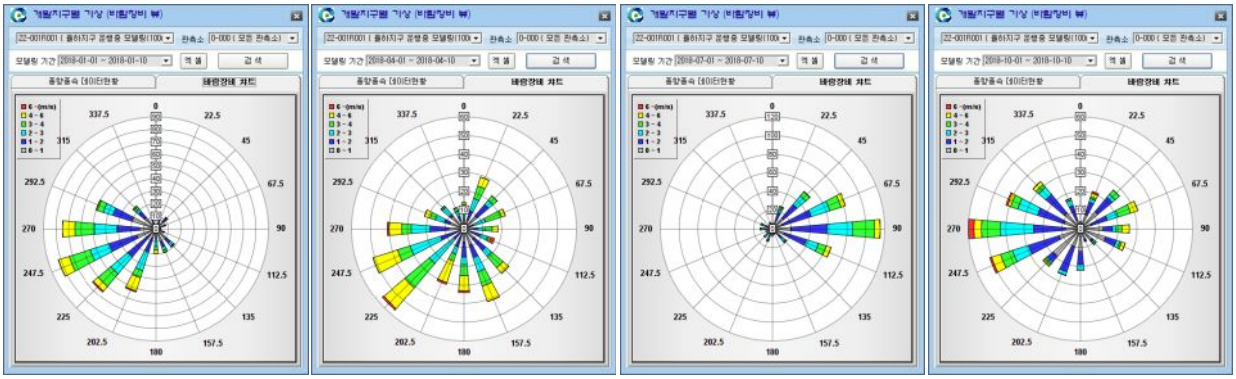
② 대기거동모사 기상설정 조건

- 모델링에 분석 대상지역의 기상정보를 적용하기 위하여 분석 지역별 바람장을 모델링 기간별로 도출하였음.



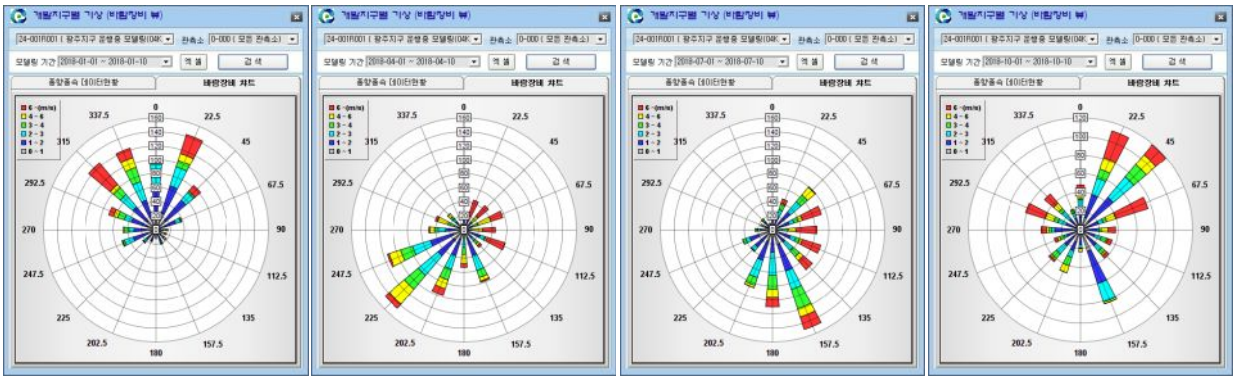
1월 4월 7월 10월

그림 4.2 군포 부곡택지개발지구 계절별 바람장분석 결과



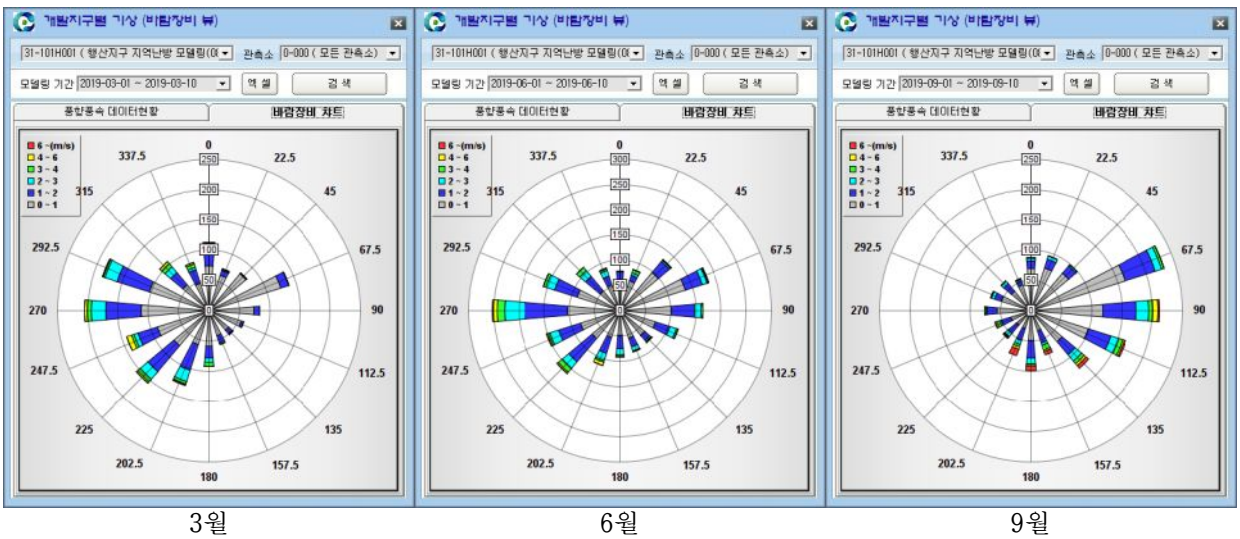
1월 4월 7월 10월

그림 4.3 대구 율하택지개발지구 계절별 바람장분석 결과



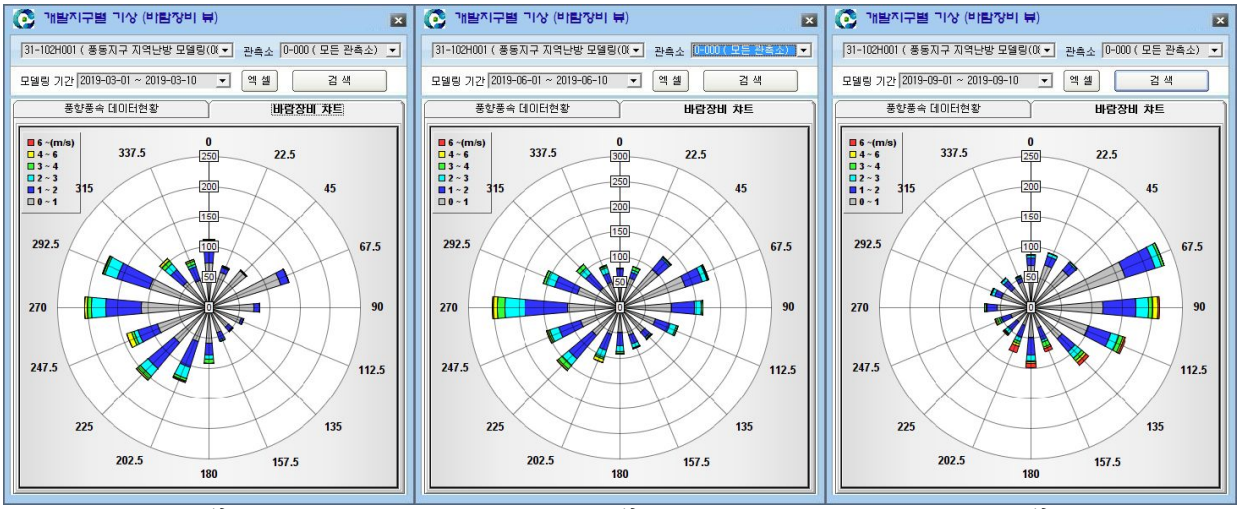
1월 4월 7월 10월

그림 4.4 광주 진월택지개발지구 계절별 바람장분석 결과



3월 6월 9월

그림 4.5 고양 행신택지개발지구 계절별 바람장분석 결과



3월 6월 9월

그림 4.6 고양 풍동택지개발지구 계절별 바람장분석 결과

③ 대기거동모사 오염원별 Web-Map

- 대상 지역의 모델링 영역에서 발생하는 점, 면, 이동오염원의 배출원 위치를 나타냄.

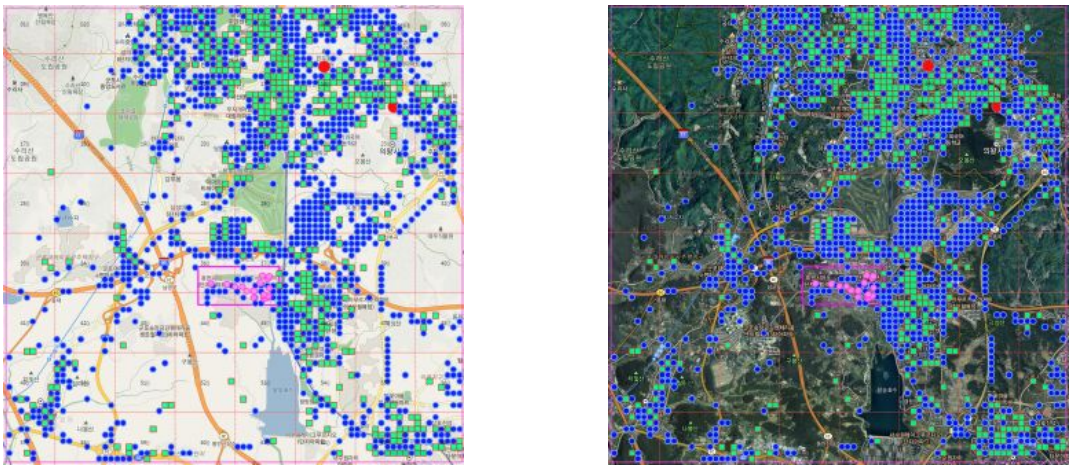


그림 4.7 군포 부곡택지개발지구 대기거동모사 Web-Map

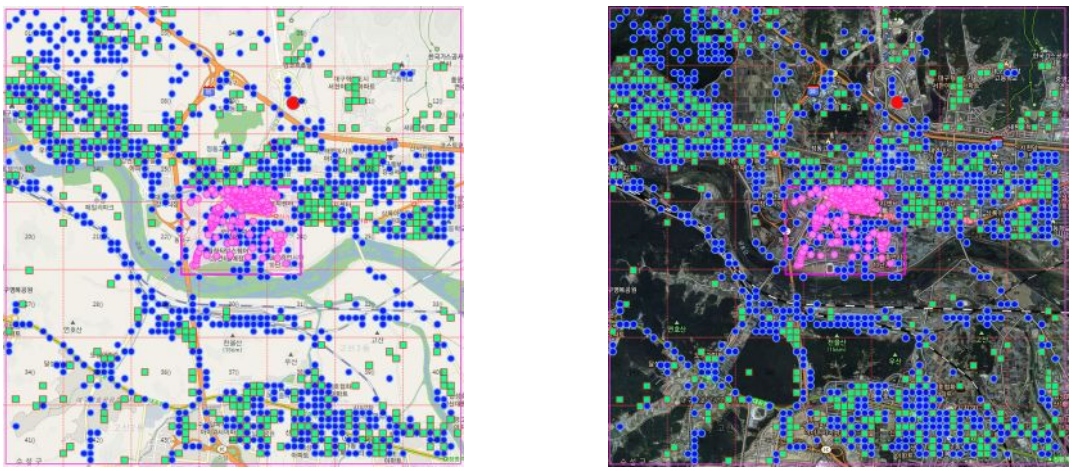


그림 4.8 대구 율하택지개발지구 대기거동모사 Web-Map

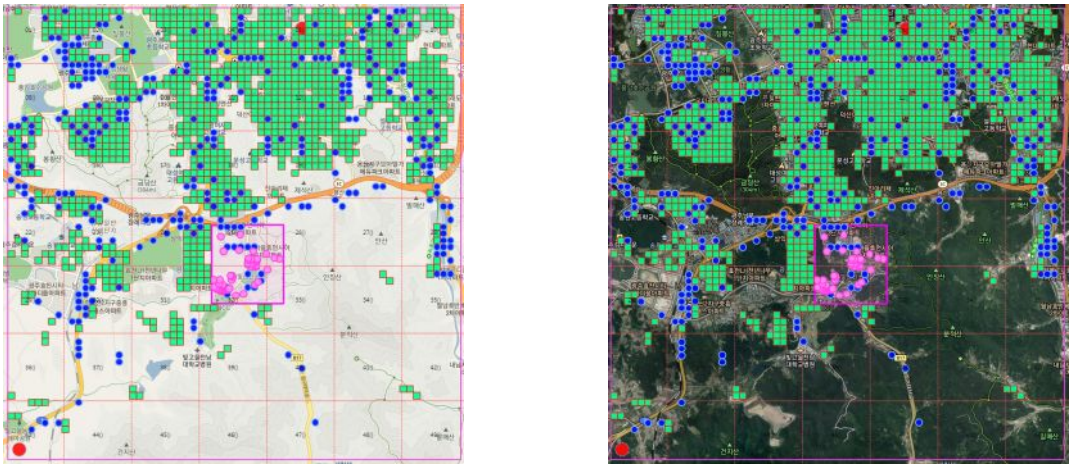


그림 4.9 광주 진월택지개발지구 대기거동모사 Web-Map

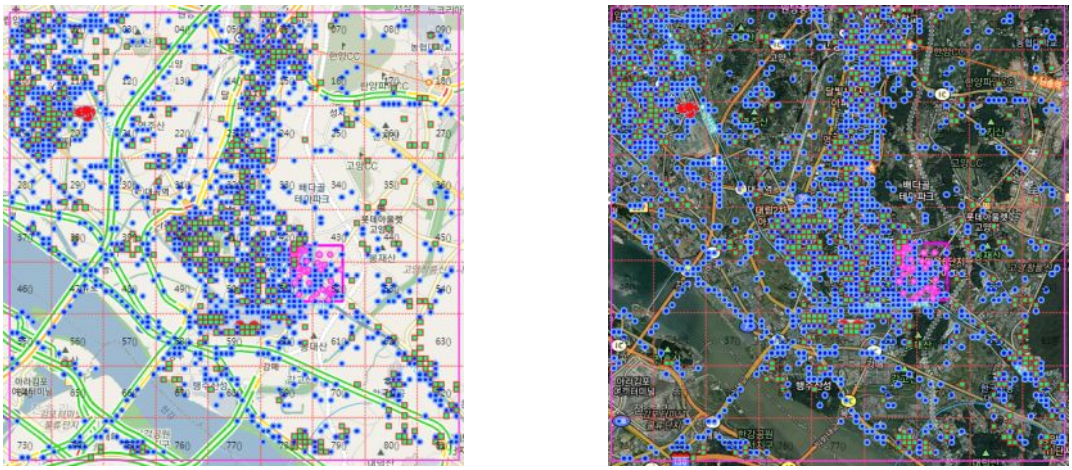


그림 4.10 고양 행신택지개발지구 대기거동모사 Web-Map

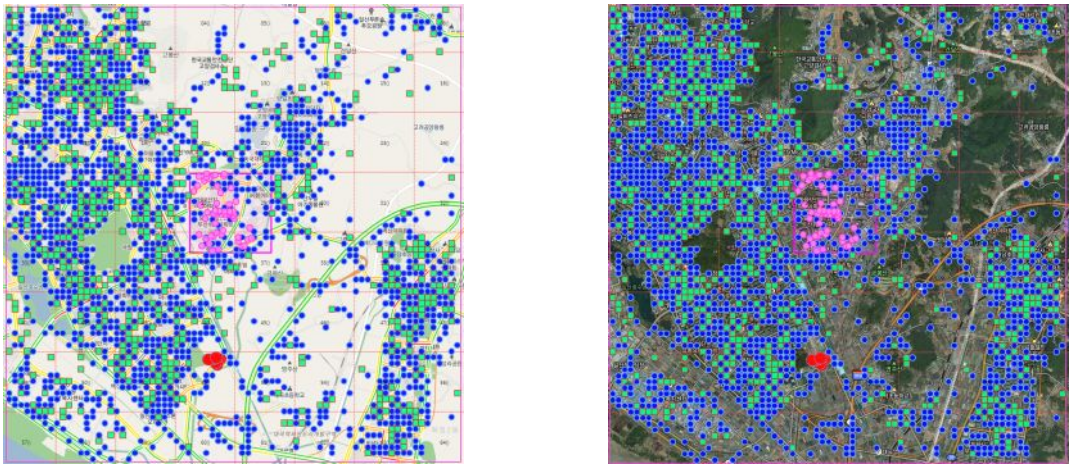


그림 4.11 고양 풍동택지개발지구 대기거동모사 Web-Map

(3) 먼지배출량 산정 및 대기거동모사 결과

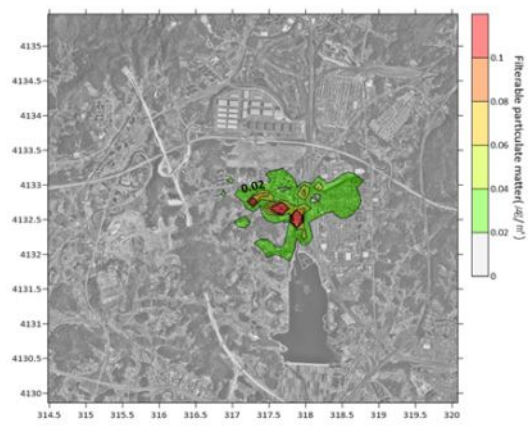
(가) 개별열원 사용 지역의 모델링 결과 분석 및 평가

① 군포 부곡지구

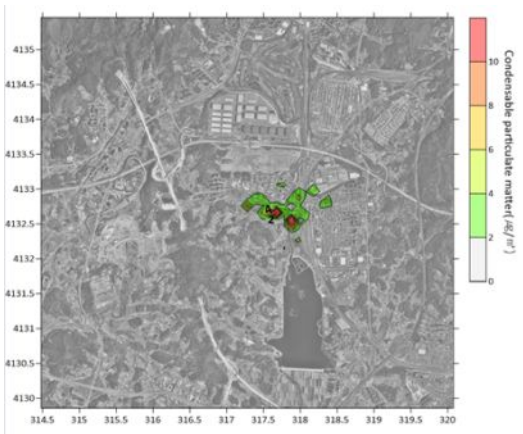
㉮ 2018년 1월

㉠ FPM 및 CPM 배출량 예측 결과

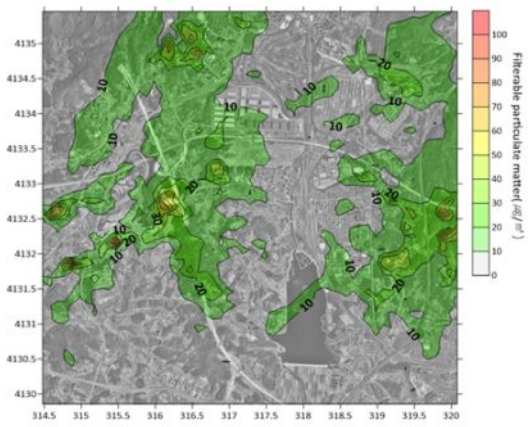
- 그림 4.12는 사례연구 지역인 군포시 부곡택지개발지구의 운영단계에서 발생하는 FPM 및 CPM 배출량을 분석대상 지역 관내와 관외 배출원 고려 여부로 구분하여 모델링(5.5 ㎞ x 5.5㎞)을 수행한 결과를 나타냄. 본 연구에서 개발한 소프트웨어를 이용하여 부곡택지개발지구 관내 배출원만을 고려하여 FPM 및 CPM 먼지배출량을 산출한 결과, FPM 농도는 0.0038㎍/㎥, CPM 농도는 0.2699㎍/㎥를 각각 예측되었음.
- 한편 부곡택지개발지구 관내 배출원을 제외하고 주변지역 배출원만을 고려하여 먼지 농도를 해석한 결과, 부곡택지개발지구에서의 FPM 농도는 10.6316㎍/㎥, CPM 농도는 14.8164㎍/㎥로 각각 예측되었음. 부곡택지개발지구 관내 배출원에 의한 FPM과 CPM의 합인 총 먼지(TPM)는 0.2737㎍/㎥(0.0038㎍/㎥ + 0.2699㎍/㎥)로, 관외 배출원에 의한 총 먼지(TPM)는 25.4480㎍/㎥(10.6316㎍/㎥ + 14.8164㎍/㎥)으로 예측되었음.
- 따라서 부곡택지개발지구의 관내 및 관외 배출원에 의한 분석대상 지역의 먼지 배출 농도는 25.7217㎍/㎥(0.2737㎍/㎥ + 25.4480㎍/㎥)로 예측되었음.



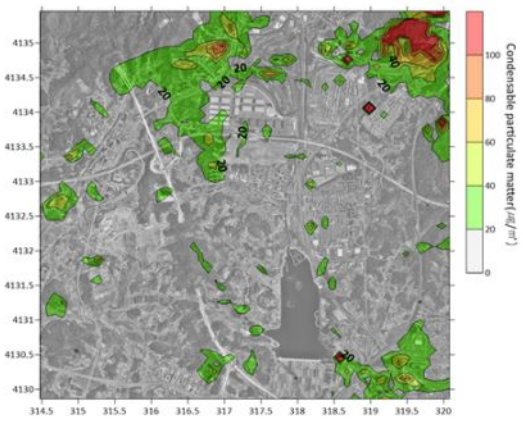
a. 관내 배출원에 의한 FPM 농도 예측 결과



b. 관내 배출원에 의한 CPM 농도 예측 결과



c. 관외 배출원에 의한 FPM 농도 예측 결과



d. 관외 배출원에 의한 CPM 농도 예측 결과

그림 4.12 군포 부곡택지개발지구 운영단계 먼지 배출량(㎍/㎥) 모델링 결과 (2018년 1월 평균)

㉡ FPM 및 CPM 배출량 검증 결과

- 개발 소프트웨어를 이용한 군포시 부곡택지개발지구 운영단계 FPM 및 CPM 배출량 예측 결과와 환경부 한국환경공단에서 측정 및 제공(http://www.airkorea.or.kr)하는 부곡3동의 환경 측정소 데이터를 비교하여 개발 소프트웨어의 먼지 배출량 예측의 타당성을 검증하였음.
- 그림 4.13은 군포 부곡택지개발지구 먼지배출량 검증 결과를 나타낸 것으로, 좌측 그래프는 부곡지구 환경영향평가상의 먼지발생량 예측결과를, 가운데 그래프는 본 연구에서 개발한 소프트웨어를 이용한 먼지농도 예측결과를, 우측 그래프는 부곡3동의 환경 측정소 먼지 농도(2018년 1월 평균값) 측정 결과를 각각 나타냄.
- 일반적으로 환경영향평가에서는 사업지구 내의 FPM 배출량과 사업지구 주변 측정소의 FPM 배출량을 합산한 결과로 사업지구 도시개발에 따른 먼지배출량을 평가하고 있음. 따라서 환경영향평가상의 방법에 따른 FPM 배출량에 의한 농도는 관내 0.0038 ㎍/㎥과 주변 측정소의 2018년 평균 47.28㎍/㎥을 합산한 47.2838㎍/㎥으로 예측됨. 개발 소프트웨어를 이용한 부곡택지개발지구 FPM 발생농도는 관내 FPM 배출량에 의한 농도인 0.0038 ㎍/㎥과 관외 FPM 배출량에 의한 10.6316 ㎍/㎥을 합산한 10.6354 ㎍/㎥로 산정됨.
- 그러나 FPM과 함께 CPM 배출량을 고려하여 먼지배출량 모델링을 수행한 결과, 부곡택지개발지구 먼지농도는 25.7217㎍/㎥(관내 FPM 0.0038㎍/㎥+ 관외 FPM 10.6316㎍/㎥ + 관내 CPM 0.2699㎍/㎥ + 관외 CPM 14.8164㎍/㎥)로 예측됨. 개발 소프트웨어를 이용한 부곡택지개발지구 FPM 및 CPM 먼지발생농도 25.7217㎍/㎥은 부곡3동의 2018년1월 환경 측정소의 먼지농도인 58.87㎍/㎥과 33.1483㎍/㎥ (56.3%)의 농도 차이를 보이며, 이는 국외 장거리 이동에 의한 먼지의 영향으로 추정됨. 그림 4.14는 국가배경농도 측정데이터로 사용되는 인천 덕적도, 제주 서귀포와 충남 서산의 먼지발생량 농도를 나타낸 것으로, 세 지역의 관측 농도가 각각 31.55㎍/㎥, 41.77㎍/㎥, 47.26㎍/㎥을 기록하여 국외 지역으로부터 먼지 유입을 확인할 수 있음. 따라서 본 연구의 소프트웨어 먼지발생량 모델링 결과값과 관측값의 차이는 국외 먼지의 장거리 이동에 따른 영향으로 추정하였음.

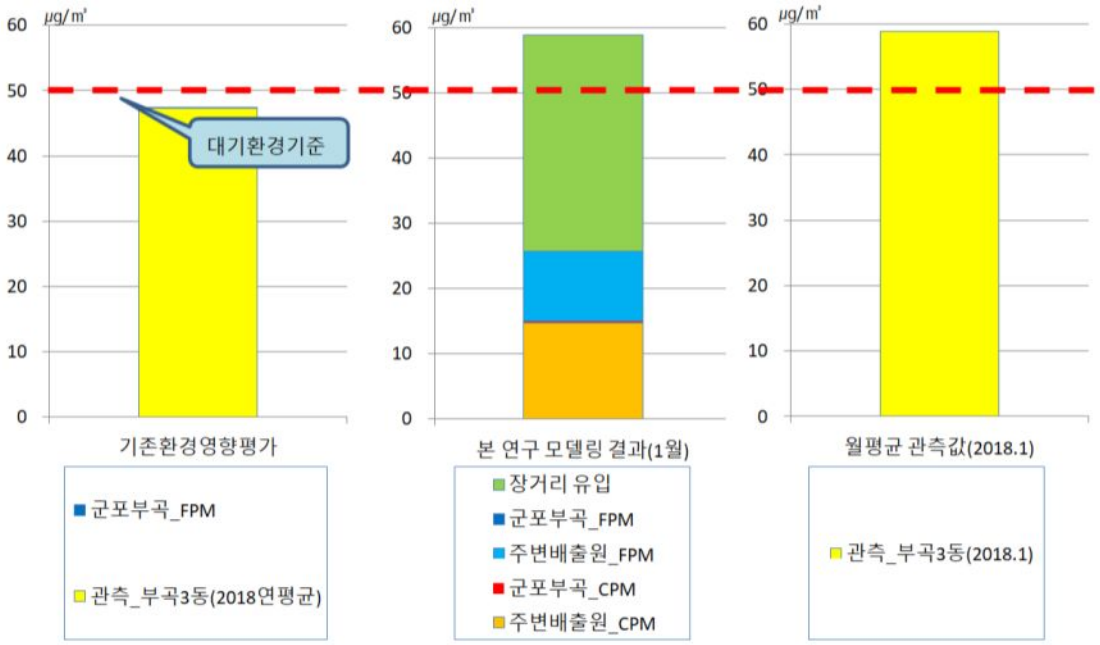


그림 4.13 군포 부곡택지개발지구의 미세먼지 배출량 모델링결과(1월)

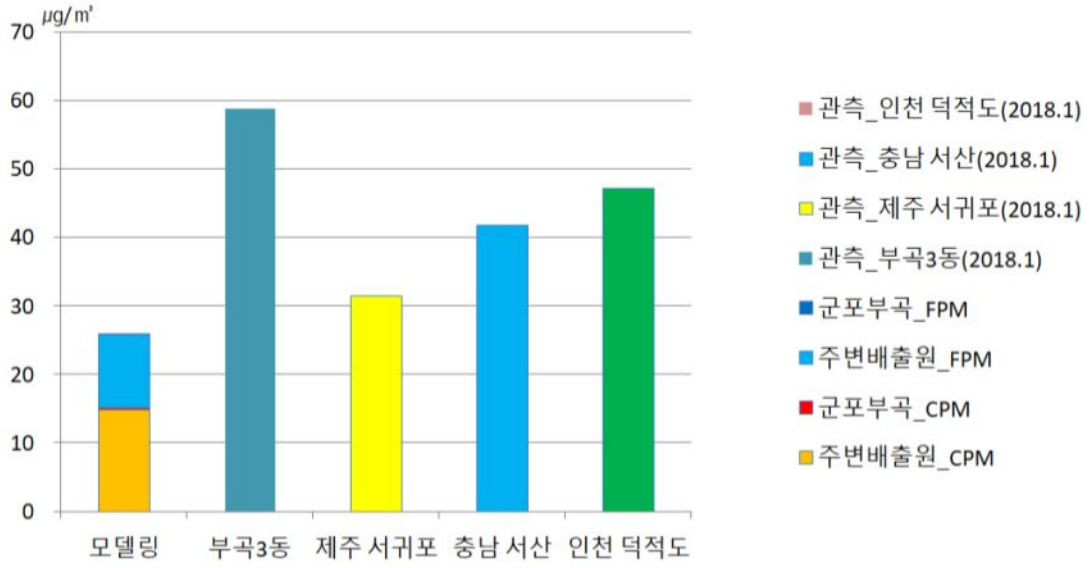
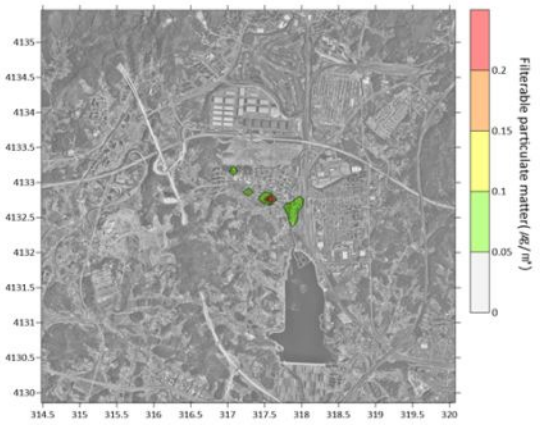


그림 4.14 군포 부곡택지개발지구 및 대기오염물질 측정 관측값의 미세먼지 배출량 농도(1월)

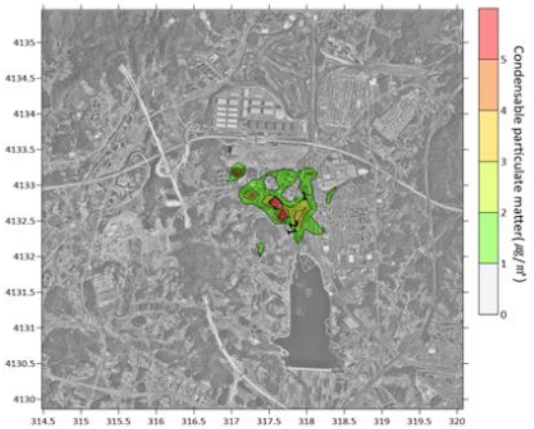
㉯ 2018년 4월

㉠ FPM 및 CPM 배출량 예측 결과

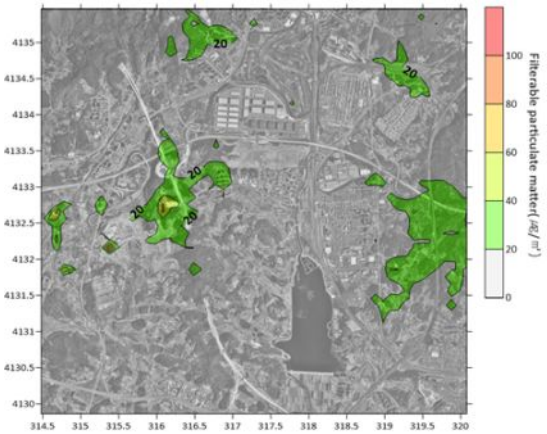
- 그림 4.15는 사례연구 지역인 군포시 부곡택지개발지구의 운영단계에서 발생하는 FPM 및 CPM 배출량을 분석대상 지역 관내와 관외 배출원 고려 여부로 구분하여 모델링(5.5 ㎞ x 5.5㎞)을 수행한 결과를 나타냄.
- 본 연구에서 개발한 소프트웨어를 이용하여 부곡택지개발지구 관내 배출원만을 고려하여 FPM 및 CPM 먼지배출량을 산출한 결과, FPM 농도는 0.0026㎍/㎥, CPM 농도는 0.2011㎍/㎥를 각각 예측되었음.
- 한편 부곡택지개발지구 관내 배출원을 제외하고 주변지역 배출원만을 고려하여 먼지 농도를 해석한 결과, FPM 농도는 10.5632㎍/㎥, CPM 농도는 9.5924㎍/㎥로 각각 예측되었음.
- 부곡택지개발지구 관내 배출원에 의한 FPM과 CPM의 합인 총 먼지(TPM)는 0.2037㎍/㎥(0.0026㎍/㎥ + 0.2011㎍/㎥)로, 관외 배출원에 의한 총 먼지(TPM)는 20.1556㎍/㎥(10.5632㎍/㎥ + 9.5924㎍/㎥)으로 예측되었음.
- 따라서 부곡택지개발지구의 관내 및 관외 배출원에 의한 분석대상 지역의 먼지 배출농도는 20.3593㎍/㎥(0.2037㎍/㎥ + 20.1566㎍/㎥)로 예측되었음.



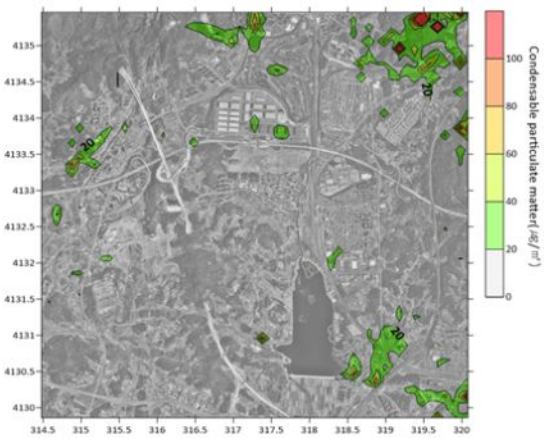
a. 관내 배출원에 의한 FPM 농도 예측 결과



b. 관내 배출원에 의한 CPM 농도 예측 결과



c. 관외 배출원에 의한 FPM 농도 예측 결과



d. 관외 배출원에 의한 CPM 농도 예측 결과

그림 4.15 군포 부곡택지개발지구 운영단계 먼지 배출량(㎍/㎥) 모델링 결과 (2018년 4월 평균)

㉡ FPM 및 CPM 배출량 검증 결과

- 개발 소프트웨어를 이용한 군포시 부곡택지개발지구 운영단계 FPM 및 CPM 배출량 예측 결과와 환경부 한국환경공단에서 측정 및 제공(http://www.airkorea.or.kr)하는 부곡3동의 환경 측정소 데이터를 비교하여 개발 소프트웨어의 먼지 배출량 예측의 타당성을 검증하였음.
- 그림 4.16은 군포 부곡택지개발지구 먼지배출량 검증 결과를 나타낸 것으로, 좌측 그래프는 부곡지구 환경영향평가상의 먼지발생량 예측결과를, 가운데 그래프는 본 연구에서 개발한 소프트웨어를 이용한 먼지농도 예측결과를, 우측 그래프는 부곡3동의 환경 측정소 먼지 농도(2018년 4월 평균값) 측정 결과를 각각 나타냄.
- 일반적으로 환경영향평가에서는 사업지구 내의 FPM 배출량과 사업지구 주변 측정소의 FPM 배출량을 합산한 결과로 사업지구 도시개발에 따른 먼지배출량을 평가하고 있음. 따라서 환경영향평가상의 방법에 따른 FPM 배출량에 의한 농도는 관내 0.0026㎍/㎥과 주변 측정소의 2018년 평균 47.28㎍/㎥을 합산한 47.2826㎍/㎥으로 예측됨. 개발 소프트웨어를 이용한 부곡택지개발지구 FPM 발생농도는 관내 FPM 배출량에 의한 농도인 0.0026 ㎍/㎥과 관외 FPM 배출량에 의한 10.5632 ㎍/㎥을 합산한 10.5658 ㎍/㎥로 산정됨.
- 그러나 FPM과 함께 CPM 배출량을 고려하여 먼지배출량 모델링을 수행한 결과, 부곡택지개발지구 배출량에 의한 먼지농도는 20.3593㎍/㎥(관내 FPM 0.0026㎍/㎥+ 관외 FPM 10.5632㎍/㎥ + 관내 CPM 0.2011㎍/㎥ + 관외 CPM 9.5924㎍/㎥)로 예측됨. 개발 소프트웨어를 이용한 부곡택지개발지구 FPM 및 CPM 먼지발생농도 20.3593㎍/㎥은 부곡3동의 2018년4월 환경 측정소의 먼지농도인 66.70㎍/㎥과 46.3407㎍/㎥ (69.48%)의 농도 차이를 보이며, 이는 국외 장거리 이동에 의한 먼지의 영향으로 추정됨. 그림 4.17은 국가배경농도 측정데이터로 사용되는 인천 덕적도, 제주 서귀포와 충남 서산의 먼지발생량 농도를 나타낸 것으로, 세 지역의 관측 농도가 각각 43.7333㎍/㎥, 58.6667㎍/㎥, 44.5333㎍/㎥을 기록하여 국외 지역으로부터 먼지 유입을 확인할 수 있음. 따라서 본 연구의 소프트웨어 먼지발생량 모델링 결과값과 관측값의 차이는 국외 먼지의 장거리 이동에 따른 영향으로 추정하였음.

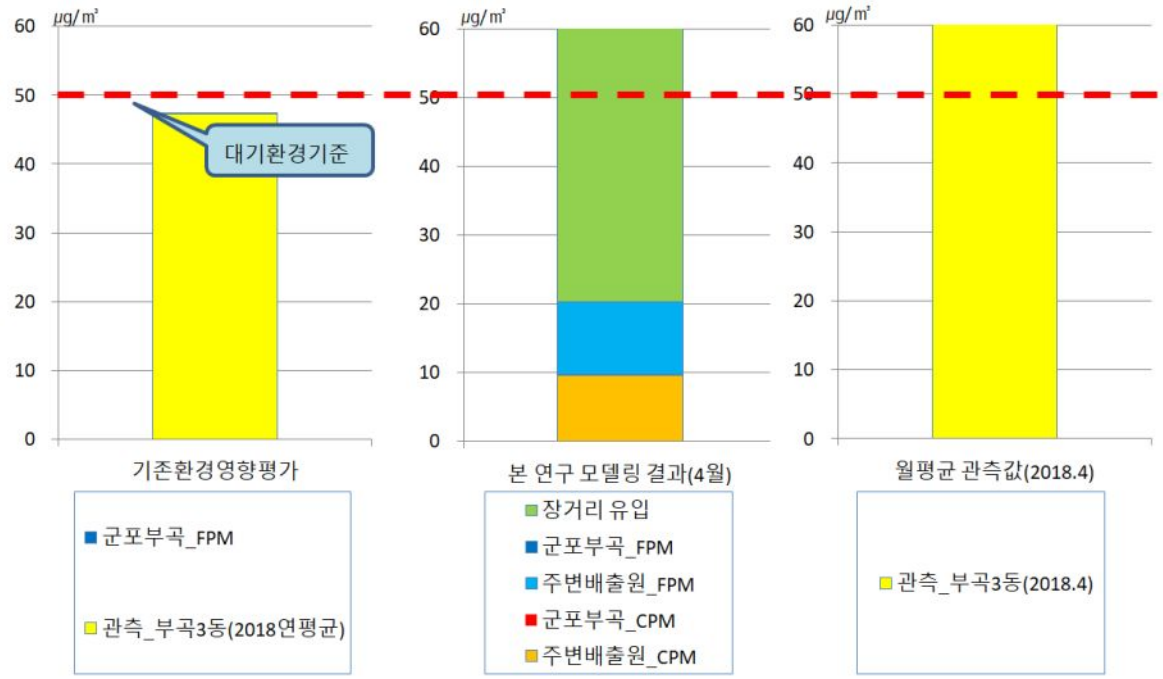


그림 4.16 군포 부곡택지개발지구의 미세먼지 배출량 모델링결과(4월)

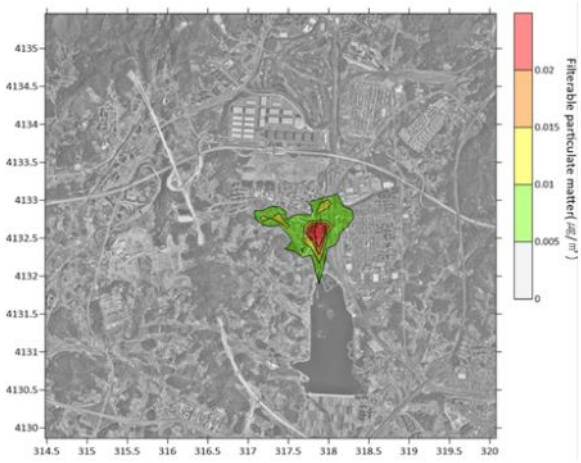


그림 4.17 군포 부곡택지개발지구 및 대기오염물질 측정 관측값의 미세먼지 배출량 농도(4월)

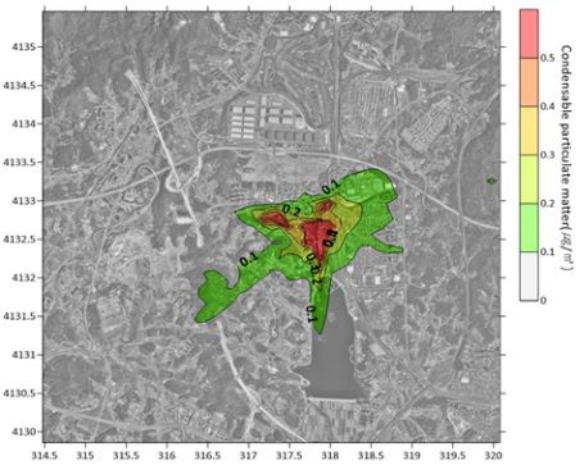
㈐ 2018년 7월

㉠ FPM 및 CPM 배출량 예측 결과

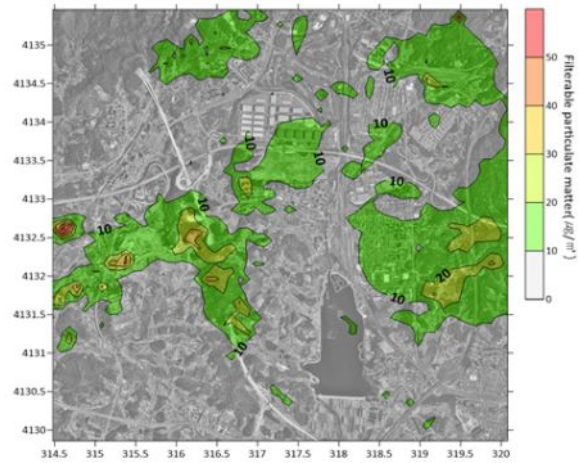
- 그림 4.18은 사례연구 지역인 군포시 부곡택지개발지구의 운영단계에서 발생하는 FPM 및 CPM 배출량을 분석대상 지역 관내와 관외 배출원 고려 여부로 구분하여 모델링(5.5 ㎞ x 5.5㎞)을 수행한 결과를 나타냄.
- 본 연구에서 개발한 소프트웨어를 이용하여 부곡택지개발지구 관내 배출원만을 고려하여 FPM 및 CPM 먼지배출량을 산출한 결과, FPM 농도는 0.0002㎍/㎥, CPM 농도는 0.0445㎍/㎥를 각각 예측되었음.
- 한편 부곡택지개발지구 관내 배출원을 제외하고 주변지역 배출원만을 고려하여 먼지 농도를 해석한 결과, FPM 농도는 8.6911㎍/㎥, CPM 농도는 7.6668㎍/㎥로 각각 예측되었음.
- 부곡택지개발지구 관내 배출원에 의한 FPM과 CPM의 합인 총 먼지(TPM)는 0.0447㎍/㎥(0.0002㎍/㎥ + 0.0445㎍/㎥)로, 관외 배출원에 의한 총 먼지(TPM)는 16.3579㎍/㎥(8.6911㎍/㎥ + 7.6668㎍/㎥)로 예측되었음.
- 따라서 부곡택지개발지구의 관내 및 관외 배출원에 의한 분석대상 지역의 먼지 배출농도는 16.4026㎍/㎥(0.0447㎍/㎥ + 16.3579㎍/㎥)로 예측되었음.



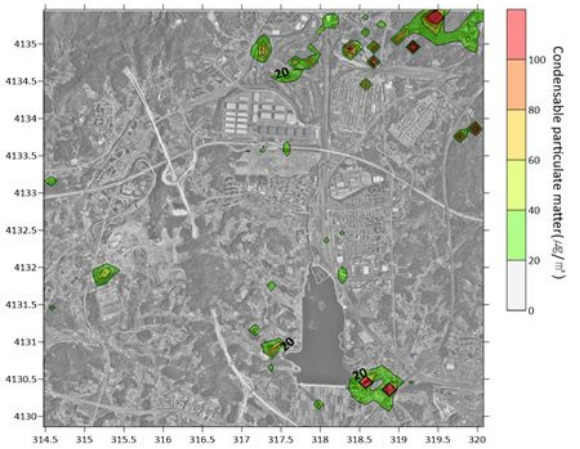
a. 관내 배출원에 의한 FPM 농도 예측 결과



b. 관내 배출원에 의한 CPM 농도 예측 결과



c. 관외 배출원에 의한 FPM 농도 예측 결과



d. 관외 배출원에 의한 CPM 농도 예측 결과

그림 4.18 군포 부곡택지개발지구 운영단계 먼지 배출량(㎍/㎥) 모델링 결과 (2018년 7월 평균)

㉡ FPM 및 CPM 배출량 검증 결과

- 개발 소프트웨어를 이용한 군포시 부곡택지개발지구 운영단계 FPM 및 CPM 배출량 예측 결과와 환경부 한국환경공단에서 측정 및 제공(http://www.airkorea.or.kr)하는 부곡3동의 환경 측정소 데이터를 비교하여 개발 소프트웨어의 먼지 배출량 예측의 타당성을 검증하였음.
- 그림 4.19는 군포 부곡택지개발지구 먼지배출량 검증 결과를 나타낸 것으로, 좌측 그래프는 부곡지구 환경영향평가상의 먼지발생량 예측결과를, 가운데 그래프는 본 연구에서 개발한 소프트웨어를 이용한 먼지농도 예측결과를, 우측 그래프는 부곡3동의 환경 측정소 먼지 농도(2018년 7월 평균값) 측정 결과를 각각 나타냄.
- 일반적으로 환경영향평가에서는 사업지구 내의 FPM 배출량과 사업지구 주변 측정소의 FPM 배출량을 합산한 결과로 사업지구 도시개발에 따른 먼지배출량을 평가하고 있음. 따라서 환경영향평가상의 방법에 따른 FPM 배출량에 의한 농도는 관내 0.0002㎍/㎥과 주변 측정소의 2018년 평균 47.28㎍/㎥을 합산한 47.2802㎍/㎥으로 예측됨. 개발 소프트웨어를 이용한 부곡택지개발지구 FPM 발생농도는 관내 FPM 배출량에 의한 농도인 0.0002㎍/㎥과 관외 FPM 배출량에 의한 8.6911㎍/㎥을 합산한 8.6913㎍/㎥로 산정됨.
- 그러나 FPM과 함께 CPM 배출량을 고려하여 먼지배출량 모델링을 수행한 결과, 부곡택지개발지구 배출량에 의한 먼지농도는 16.4026㎍/㎥(관내 FPM 0.0002㎍/㎥+ 관외 FPM 8.6911㎍/㎥ + 관내 CPM 0.0445㎍/㎥ + 관외 CPM 7.6668㎍/㎥)로 예측됨. 개발 소프트웨어를 이용한 부곡택지개발지구 FPM 및 CPM 먼지발생농도 16.4026㎍/㎥은 부곡3동의 2018년7월 환경 측정소의 먼지농도인 28.6452㎍/㎥과 12.2426㎍/㎥ (42.74%)의 농도 차이를 보이며, 이는 국외 장거리 이동에 의한 먼지의 영향으로 추정됨. 그림 4.20은 국가배경농도 측정데이터로 사용되는 인천 덕적도, 제주 서귀포와 충남 서산의 먼지발생량 농도를 나타낸 것으로, 세 지역의 관측 농도가 각각 43.7333㎍/㎥, 58.6667㎍/㎥, 44.5333㎍/㎥을 기록하여 국외 지역으로부터 먼지 유입을 확인할 수 있음. 따라서 본 연구의 소프트웨어 먼지발생량 모델링 결과값과 관측값의 차이는 국외 먼지의 장거리 이동에 따른 영향으로 추정하였음.



그림 4.19 군포 부곡택지개발지구의 미세먼지 배출량 모델링결과(7월)

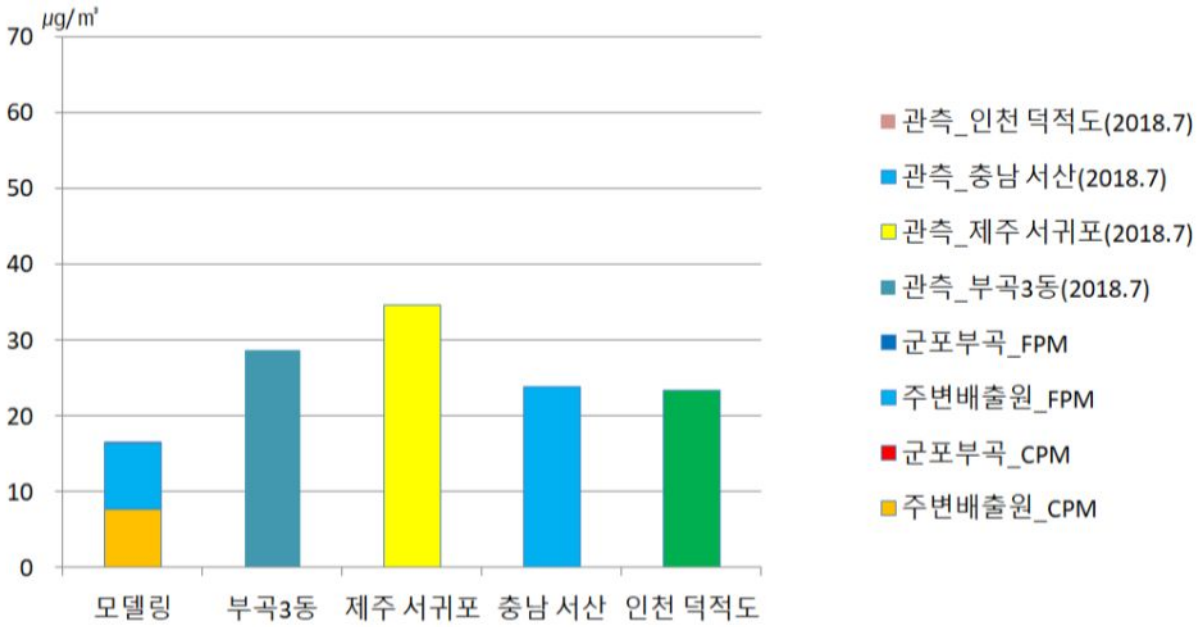
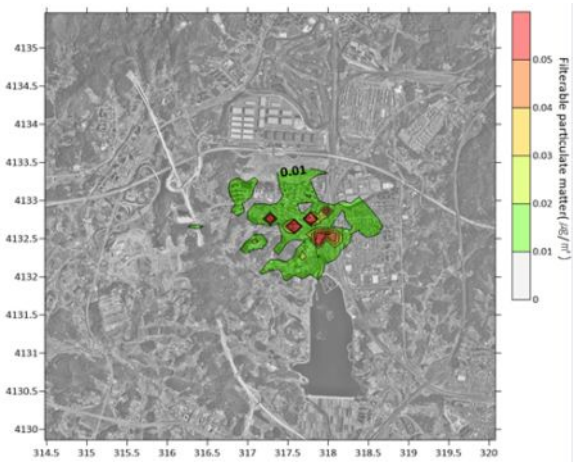


그림 4.20 군포 부곡택지개발지구 및 대기오염물질 측정 관측값의 미세먼지 배출량 농도(7월)

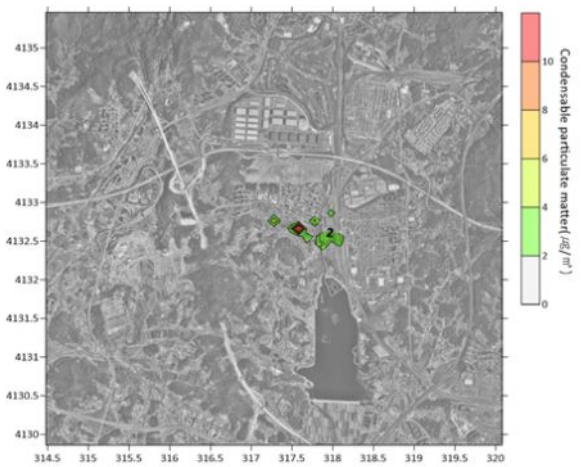
㉮ 2018년 10월

㉠ FPM 및 CPM 배출량 예측 결과

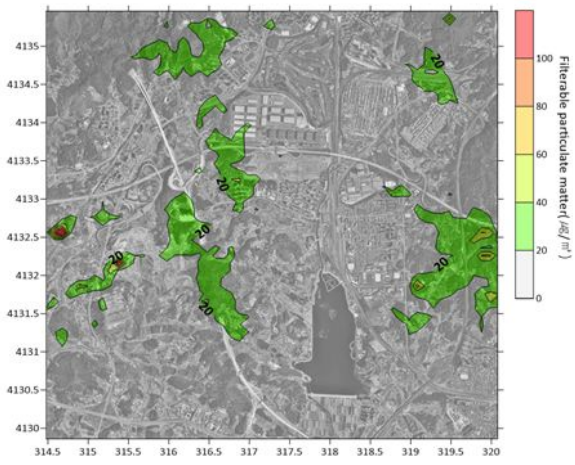
- 그림 4.21은 사례연구 지역인 군포시 부곡택지개발지구의 운영단계에서 발생하는 FPM 및 CPM 배출량을 분석대상 지역 관내와 관외 배출원 고려 여부로 구분하여 모델링(5.5 ㎞ x 5.5㎞)을 수행한 결과를 나타냄.
- 본 연구에서 개발한 소프트웨어를 이용하여 부곡택지개발지구 관내 배출원만을 고려하여 FPM 및 CPM 먼지배출량을 산출한 결과, FPM 농도는 0.0017㎍/㎥, CPM 농도는 0.2019㎍/㎥를 각각 예측되었음.
- 한편 부곡택지개발지구 관내 배출원을 제외하고 주변지역 배출원만을 고려하여 먼지 농도를 해석한 결과, FPM 농도는 11.2869㎍/㎥, CPM 농도는 9.6287㎍/㎥로 각각 예측되었음.
- 부곡택지개발지구 관내 배출원에 의한 FPM과 CPM의 합인 총 먼지(TPM)는 0.2036㎍/㎥(0.0017㎍/㎥ + 0.2019㎍/㎥)으로, 관외 배출원에 의한 총 먼지(TPM)는 20.9156㎍/㎥(11.2869㎍/㎥ + 9.6287㎍/㎥)으로 예측되었음.
- 따라서 부곡택지개발지구의 관내 및 관외 배출원에 의한 분석대상 지역의 먼지 배출농도는 21.1192㎍/㎥(0.2036㎍/㎥ + 20.9156㎍/㎥)로 예측되었음.



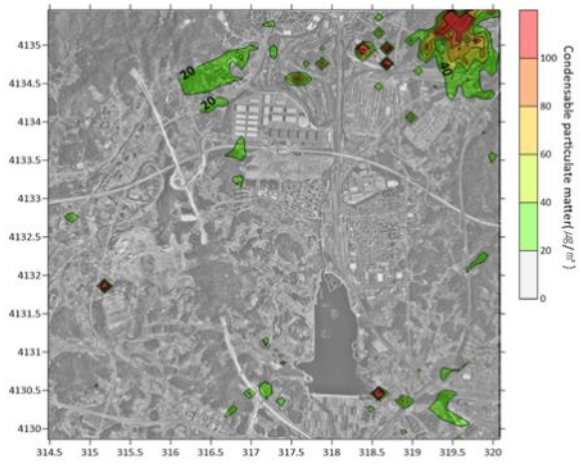
a. 관내 배출원에 의한 FPM 농도 예측 결과



b. 관내 배출원에 의한 CPM 농도 예측 결과



c. 관외 배출원에 의한 FPM 농도 예측 결과



d. 관외 배출원에 의한 CPM 농도 예측 결과

그림 4.21 군포 부곡택지개발지구 운영단계 먼지 배출량(㎍/㎥) 모델링 결과 (2018년 10월 평균)

㉡ FPM 및 CPM 배출량 검증 결과

- 개발 소프트웨어를 이용한 군포시 부곡택지개발지구 운영단계 FPM 및 CPM 배출량 예측 결과와 환경부 한국환경공단에서 측정 및 제공(http://www.airkorea.or.kr)하는 부곡3동의 환경 측정소 데이터를 비교하여 개발 소프트웨어의 먼지 배출량 예측의 타당성을 검증하였음.
- 그림 4.22는 군포 부곡택지개발지구 먼지배출량 검증 결과를 나타낸 것으로, 좌측 그래프는 부곡지구 환경영향평가상의 먼지발생량 예측결과를, 가운데 그래프는 본 연구에서 개발한 소프트웨어를 이용한 먼지농도 예측결과를, 우측 그래프는 부곡3동의 환경 측정소 먼지 농도(2018년 10월 평균값) 측정 결과를 각각 나타냄.
- 일반적으로 환경영향평가에서는 사업지구 내의 FPM 배출량과 사업지구 주변 측정소의 FPM 배출량을 합산한 결과로 사업지구 도시개발에 따른 먼지배출량을 평가하고 있음. 따라서 환경영향평가상의 방법에 따른 FPM 배출량에 의한 농도는 관내 0.0017㎍/㎥과 주변 측정소의 2018년 평균 47.28㎍/㎥을 합산한 47.2817㎍/㎥으로 예측됨. 개발 소프트웨어를 이용한 부곡택지개발지구 FPM 발생농도는 관내 FPM 배출량에 의한 농도인 0.0017㎍/㎥과 관외 FPM 배출량에 의한 11.2869㎍/㎥을 합산한 11.2886㎍/㎥로 산정됨.
- 그러나 FPM과 함께 CPM 배출량을 고려하여 먼지배출량 모델링을 수행한 결과, 부곡택지개발지구 배출량에 의한 먼지농도는 21.1192㎍/㎥(관내 FPM 0.0017㎍/㎥+ 관외 FPM 11.2869㎍/㎥ + 관내 CPM 0.2019㎍/㎥ + 관외 CPM 9.6287㎍/㎥)로 예측됨. 개발 소프트웨어를 이용한 부곡택지개발지구 FPM 및 CPM 먼지발생농도 21.1192㎍/㎥은 부곡3동의 2018년10월 환경 측정소의 먼지농도인 36.0645㎍/㎥과 14.9453㎍/㎥ (41.44%)의 농도 차이를 보이며, 이는 국외 장거리 이동에 의한 먼지의 영향으로 추정됨. 그림 4.23은 국가배경농도 측정데이터로 사용되는 인천 덕적도, 제주 서귀포와 충남 서산의 먼지발생량 농도를 나타낸 것으로, 세 지역의 관측 농도가 각각 30.4516㎍/㎥, 28.1935㎍/㎥, 29.5333㎍/㎥을 기록하여 국외 지역으로부터 먼지 유입을 확인할 수 있음. 따라서 본 연구의 소프트웨어 먼지발생량 모델링 결과값과 관측값의 차이는 국외 먼지의 장거리 이동에 따른 영향으로 추정하였음.

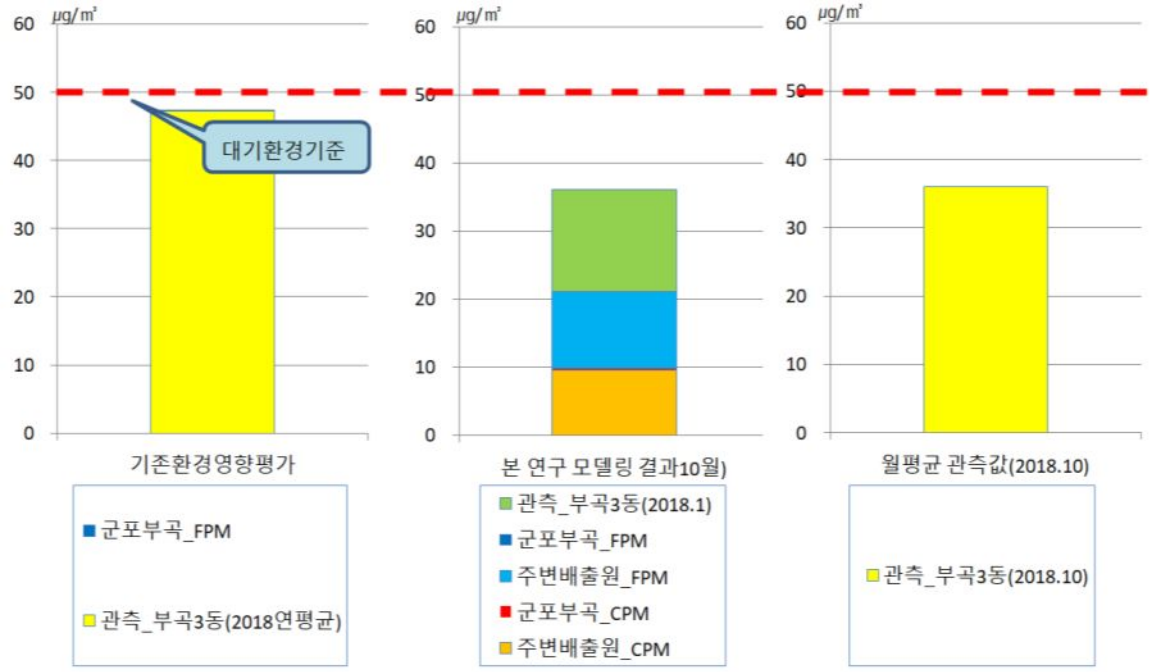


그림 4.22 군포 부곡택지개발지구의 미세먼지 배출량 모델링결과(10월)

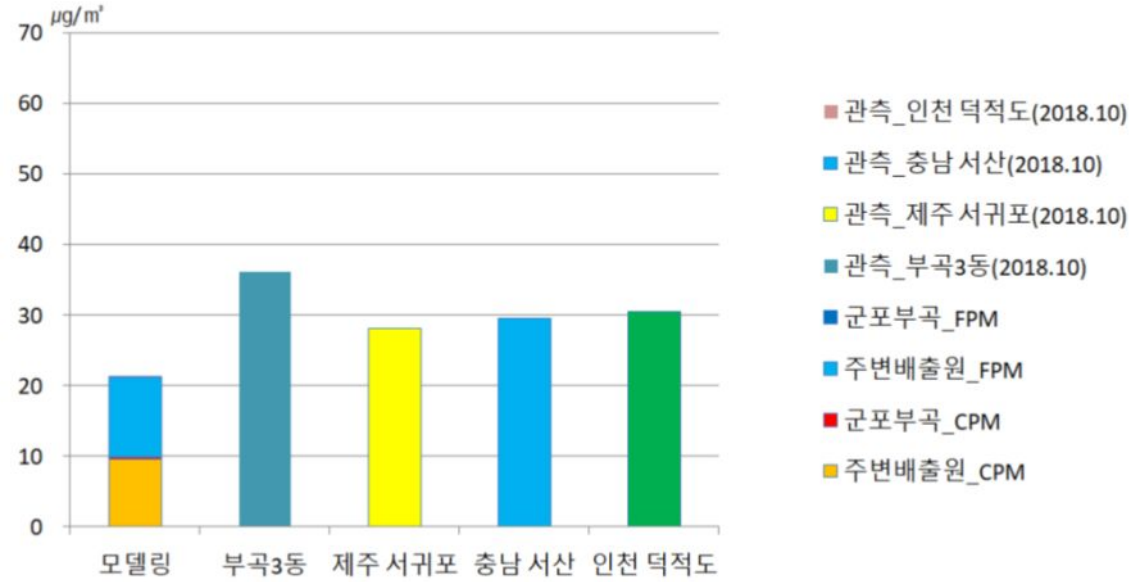


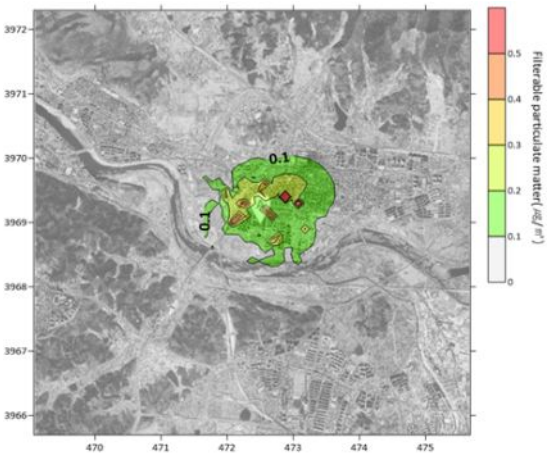
그림 4.23 군포 부곡택지개발지구 및 대기오염물질 측정 관측값의 미세먼지 배출량 농도(10월)

② 대구 율하지구

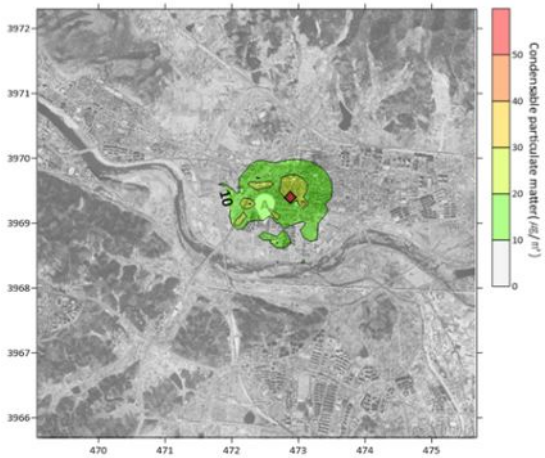
㉮ 2018년 1월

㉠ FPM 및 CPM 배출량 예측 결과

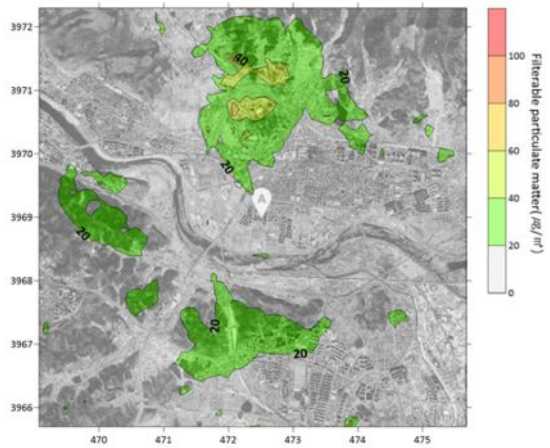
- 그림 4.24는 사례연구 지역인 대구 율하지구의 운영단계에서 발생하는 FPM 및 CPM 배출량을 분석대상 지역 관내와 관외 배출원 고려 여부로 구분하여 모델링(6.5 ㎞ x 6.5㎞)을 수행한 결과를 나타냄.
- 본 연구에서 개발한 소프트웨어를 이용하여 대구 율하지구 관내 배출원만을 고려하여 FPM 및 CPM 먼지배출량을 산출한 결과, FPM 농도는 0.0239㎍/㎥, CPM 농도는 1.8041㎍/㎥를 각각 예측되었음.
- 한편 대구 율하지구 관내 배출원을 제외하고 주변지역 배출원만을 고려하여 먼지 농도를 해석한 결과, FPM 농도는 13.9040㎍/㎥, CPM 농도는 16.5033㎍/㎥로 각각 예측되었음.
- 대구 율하지구 관내 배출원에 의한 FPM과 CPM의 합인 총 먼지(TPM)는 1.8280㎍/㎥(0.0239㎍/㎥ + 1.8041㎍/㎥)으로, 관외 배출원에 의한 총 먼지(TPM)는 30.4073㎍/㎥(13.9040㎍/㎥ + 16.5033㎍/㎥)으로 예측되었음.
- 따라서 대구 율하지구의 관내 및 관외 배출원에 의한 분석대상 지역의 먼지 배출농도는 32.2353㎍/㎥(1.8280㎍/㎥ + 30.4073㎍/㎥)로 예측되었음.



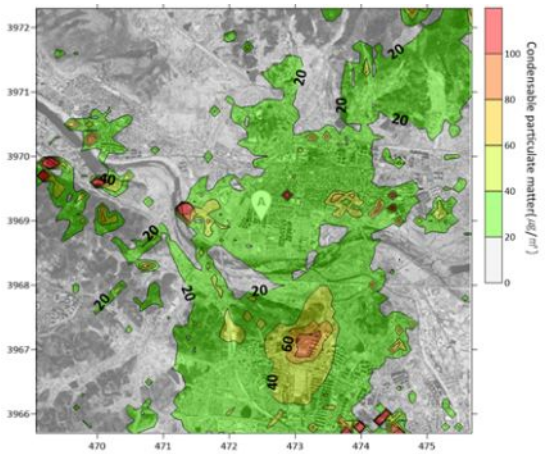
a. 관내 배출원에 의한 FPM 농도 예측 결과



b. 관내 배출원에 의한 CPM 농도 예측 결과



c. 관외 배출원에 의한 FPM 농도 예측 결과



d. 관외 배출원에 의한 CPM 농도 예측 결과

그림 4.24 대구 율하지구 운영단계 먼지 배출량(㎍/㎥) 모델링 결과 (2018년 1월 평균)

㉡ FPM 및 CPM 배출량 검증 결과

- 개발 소프트웨어를 이용한 군포시 대구 율하지구 운영단계 FPM 및 CPM 배출량 예측 결과와 환경부 한국환경공단에서 측정 및 제공(http://www.airkorea.or.kr)하는 대구 서호동의 환경 측정소 데이터를 비교하여 개발 소프트웨어의 먼지 배출량 예측의 타당성을 검증하였음.
- 그림 4.25는 대구 율하지구 먼지배출량 검증 결과를 나타낸 것으로, 좌측 그래프는 대구 율하지구 환경영향평가상의 먼지발생량 예측결과를, 가운데 그래프는 본 연구에서 개발한 소프트웨어를 이용한 먼지농도 예측결과를, 우측 그래프는 대구 서호동의 환경측정소 먼지 농도(2018년 1월 평균값) 측정 결과를 각각 나타냄.
- 일반적으로 환경영향평가에서는 사업지구 내의 FPM 배출량과 사업지구 주변 측정소의 FPM 배출량을 합산한 결과로 사업지구 도시개발에 따른 먼지배출량을 평가하고 있음. 따라서 환경영향평가상의 방법에 따른 FPM 배출량에 의한 농도는 관내 0.0239㎍/㎥과 주변 측정소의 2018년 평균 46.31㎍/㎥을 합산한 46.3339㎍/㎥으로 예측됨. 개발 소프트웨어를 이용한 대구 율하지구 FPM 발생농도는 관내 FPM 배출량에 의한 농도인 0.0239㎍/㎥과 관외 FPM 배출량에 의한 13.9040㎍/㎥을 합산한 13.9279㎍/㎥로 산정됨.
- 그러나 FPM과 함께 CPM 배출량을 고려하여 먼지배출량 모델링을 수행한 결과, 대구 율하지구 배출량에 의한 먼지농도는 32.2353㎍/㎥(관내 FPM 0.0.0239㎍/㎥+ 관외 FPM 13.9040㎍/㎥ + 관내 CPM 1.8041㎍/㎥ + 관외 CPM 16.5033㎍/㎥)로 예측됨. 개발 소프트웨어를 이용한 대구 율하지구 FPM 및 CPM 먼지발생농도 32.2353㎍/㎥은 대구 서호동의 2018년 1월 환경 측정소의 먼지농도인 46.3142㎍/㎥과 14.0789㎍/㎥ (30.40%)의 농도 차이를 보이며, 이는 국외 장거리 이동에 의한 먼지의 영향으로 추정됨. 그림 4.26은 국가배경농도 측정데이터로 사용되는 인천 덕적도, 제주 서귀포와 충남 서산의 먼지발생량 농도를 나타낸 것으로, 세 지역의 관측 농도가 각각 47.2581㎍/㎥, 31.5484㎍/㎥, 41.7742㎍/㎥을 기록하여 국외 지역으로부터 먼지 유입을 확인할 수 있음. 따라서 본 연구의 소프트웨어 먼지발생량 모델링 결과값과 관측값의 차이는 국외 먼지의 장거리 이동에 따른 영향으로 추정하였음.

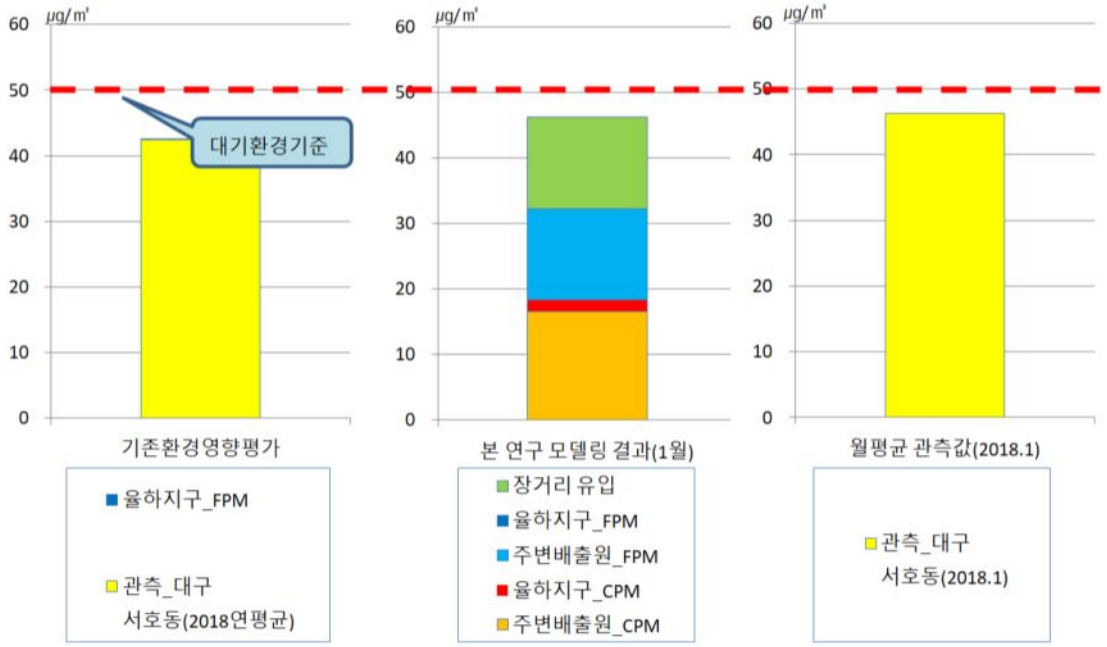


그림 4.25 대구 율하택지개발지구의 미세먼지 배출량 모델링결과(1월)

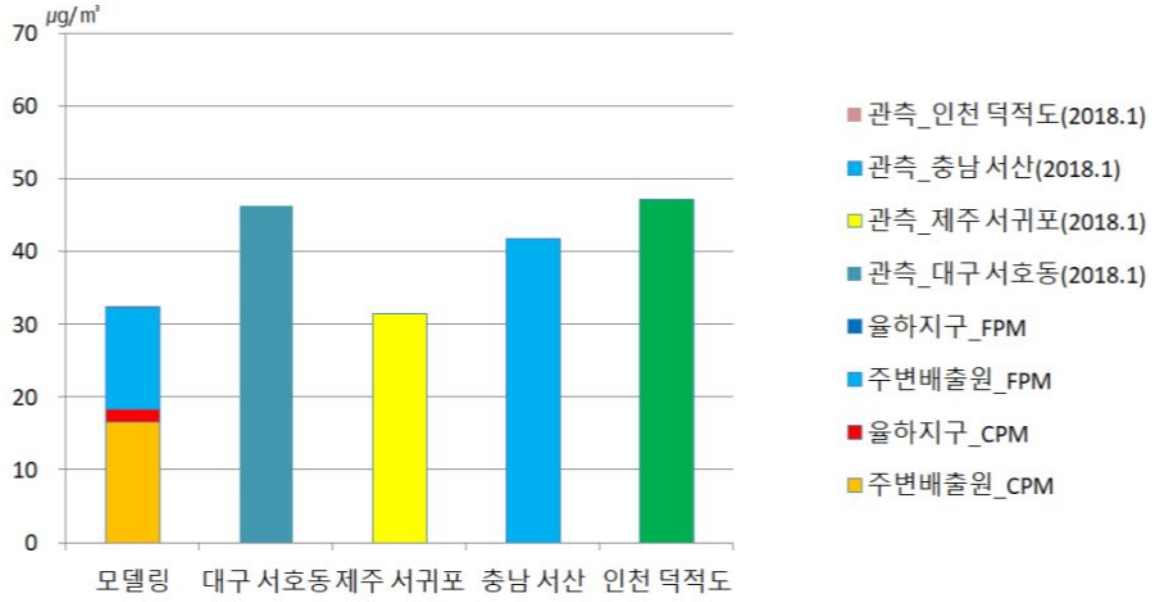
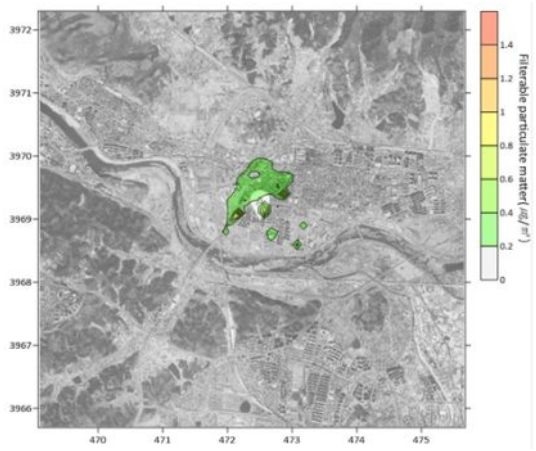


그림 4.26 대구 율하택지개발지구 및 대기오염물질 측정 관측값의 미세먼지 배출량 농도(1월)

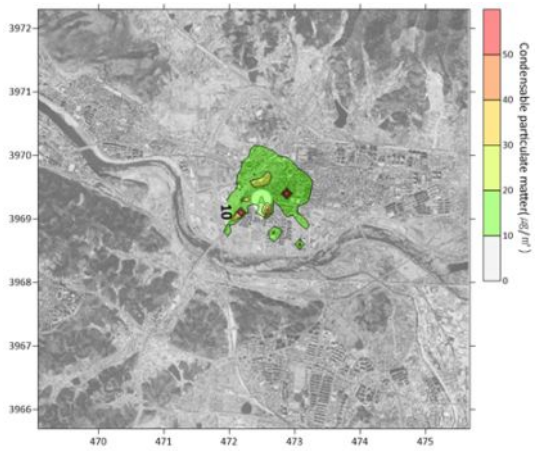
㉯ 2018년 4월

㉠ FPM 및 CPM 배출량 예측 결과

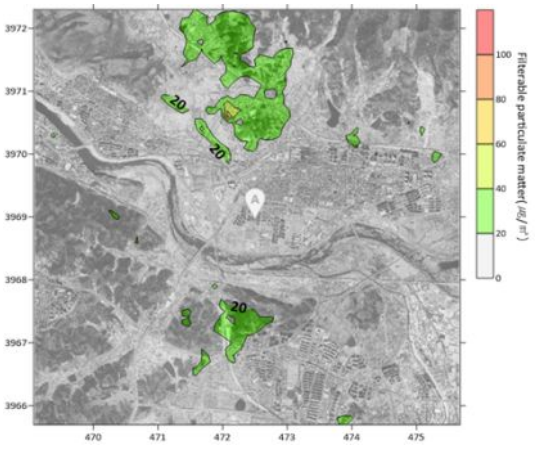
- 그림 4.27은 사례연구 지역인 대구 율하지구의 운영단계에서 발생하는 FPM 및 CPM 배출량을 분석대상 지역 관내와 관외 배출원 고려 여부로 구분하여 모델링(6.5 ㎞ x 6.5 ㎞)을 수행한 결과를 나타냄.
- 본 연구에서 개발한 소프트웨어를 이용하여 대구 율하지구 관내 배출원만을 고려하여 FPM 및 CPM 먼지배출량을 산출한 결과, FPM 농도는 0.0215㎍/㎥, CPM 농도는 1.4069㎍/㎥를 각각 예측되었음.
- 한편 대구 율하지구 관내 배출원을 제외하고 주변지역 배출원만을 고려하여 먼지 농도를 해석한 결과, FPM 농도는 10.9726㎍/㎥, CPM 농도는 11.4884㎍/㎥로 각각 예측되었음.
- 대구 율하지구 관내 배출원에 의한 FPM과 CPM의 합인 총 먼지(TPM)는 1.4284㎍/㎥(0.0215㎍/㎥ + 1.4069㎍/㎥)로, 관외 배출원에 의한 총 먼지(TPM)는 22.4610㎍/㎥(10.9726㎍/㎥ + 11.4884㎍/㎥)으로 예측되었음.
- 따라서 대구 율하지구의 관내 및 관외 배출원에 의한 분석대상 지역의 먼지 배출농도는 23.8894㎍/㎥(1.4284㎍/㎥ + 22.4610㎍/㎥)로 예측되었음.



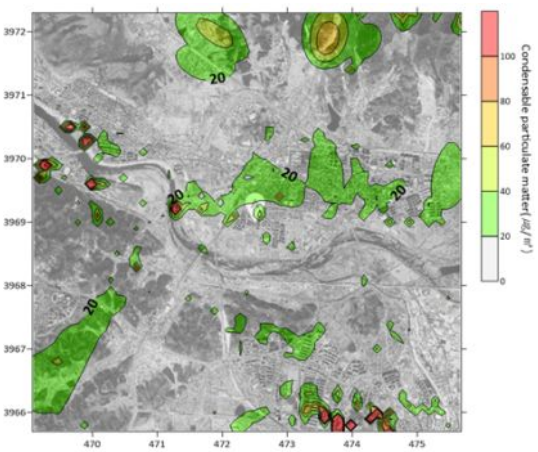
a. 관내 배출원에 의한 FPM 농도 예측 결과



b. 관내 배출원에 의한 CPM 농도 예측 결과



c. 관외 배출원에 의한 FPM 농도 예측 결과



d. 관외 배출원에 의한 CPM 농도 예측 결과

그림 4.27 대구 율하지구 운영단계 먼지 배출량(㎍/㎥) 모델링 결과 (2018년 4월 평균)

㉡ FPM 및 CPM 배출량 검증 결과

- 개발 소프트웨어를 이용한 군포시 대구 율하지구 운영단계 FPM 및 CPM 배출량 예측 결과와 환경부 한국환경공단에서 측정 및 제공(http://www.airkorea.or.kr)하는 대구 서호동의 환경 측정소 데이터를 비교하여 개발 소프트웨어의 먼지 배출량 예측의 타당성을 검증하였음.
- 그림 4.28은 대구 율하지구 먼지배출량 검증 결과를 나타낸 것으로, 좌측 그래프는 대구 율하지구 환경영향평가상의 먼지발생량 예측결과를, 가운데 그래프는 본 연구에서 개발한 소프트웨어를 이용한 먼지농도 예측결과를, 우측 그래프는 대구 서호동의 환경 측정소 먼지 농도(2018년 4월 평균값) 측정 결과를 각각 나타냄.
- 일반적으로 환경영향평가에서는 사업지구 내의 FPM 배출량과 사업지구 주변 측정소의 FPM 배출량을 합산한 결과로 사업지구 도시개발에 따른 먼지배출량을 평가하고 있음. 따라서 환경영향평가상의 방법에 따른 FPM 배출량에 의한 농도는 관내 0.0215㎍/㎥과 주변 측정소의 2018년 평균 46.31㎍/㎥을 합산한 46.3315㎍/㎥으로 예측됨. 개발 소프트웨어를 이용한 대구 율하지구 FPM 발생농도는 관내 FPM 배출량에 의한 농도인 0.0215 ㎍/㎥과 관외 FPM 배출량에 의한 10.9726㎍/㎥을 합산한 10.9941㎍/㎥로 산정됨.
- 그러나 FPM과 함께 CPM 배출량을 고려하여 먼지배출량 모델링을 수행한 결과, 대구 율하지구 배출량에 의한 먼지농도는 23.8894㎍/㎥(관내 FPM 0.0215㎍/㎥+ 관외 FPM 10.9726㎍/㎥ + 관내 CPM 1.4069㎍/㎥ + 관외 CPM 11.4884㎍/㎥)로 예측됨. 개발 소프트웨어를 이용한 대구 율하지구 FPM 및 CPM 먼지발생농도 23.8894㎍/㎥은 대구 서호동의 2018년 4월 환경 측정소의 먼지농도인 58.9033㎍/㎥과 35.0139㎍/㎥ (59.44%)의 농도 차이를 보이며, 이는 국외 장거리 이동에 의한 먼지의 영향으로 추정됨. 그림 4.29는 국가배경농도 측정데이터로 사용되는 인천 덕적도, 제주 서귀포와 충남 서산의 먼지 발생량 농도를 나타낸 것으로, 세 지역의 관측 농도가 각각 43.7333㎍/㎥, 58.6667㎍/㎥, 44.5333㎍/㎥을 기록하여 국외 지역으로부터 먼지 유입을 확인할 수 있음. 따라서 본 연구의 소프트웨어 먼지발생량 모델링 결과값과 관측값의 차이는 국외 먼지의 장거리 이동에 따른 영향으로 추정하였음.

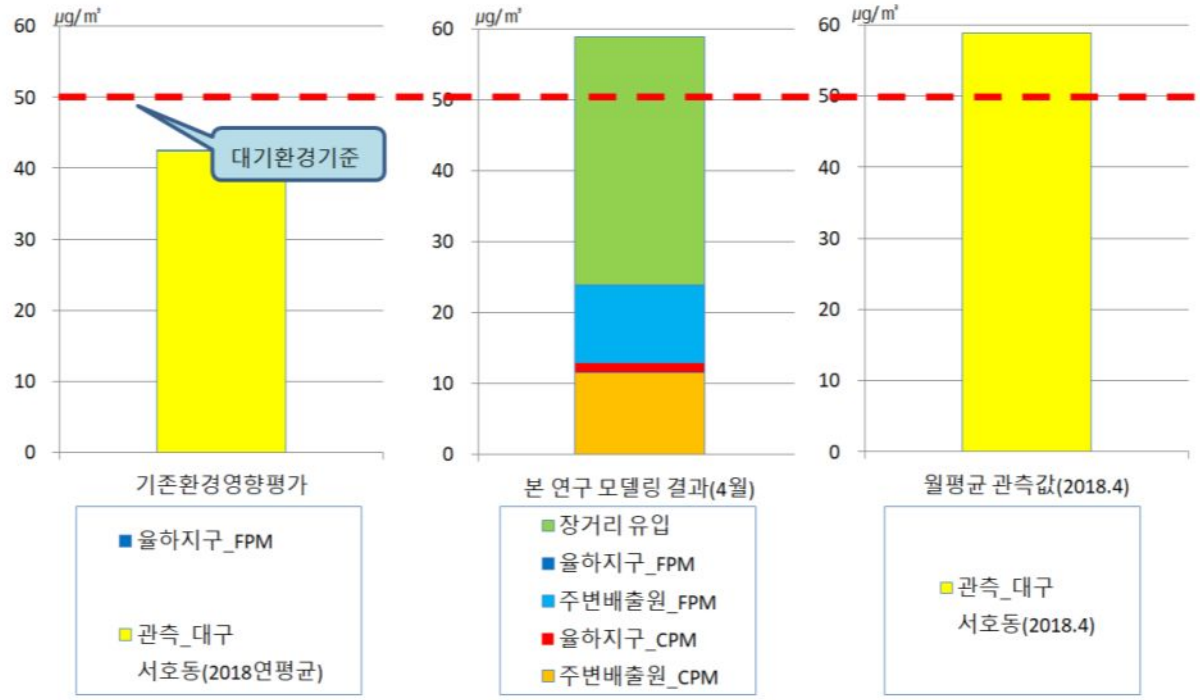


그림 4.28 대구 율하택지개발지구의 미세먼지 배출량 모델링결과(4월)

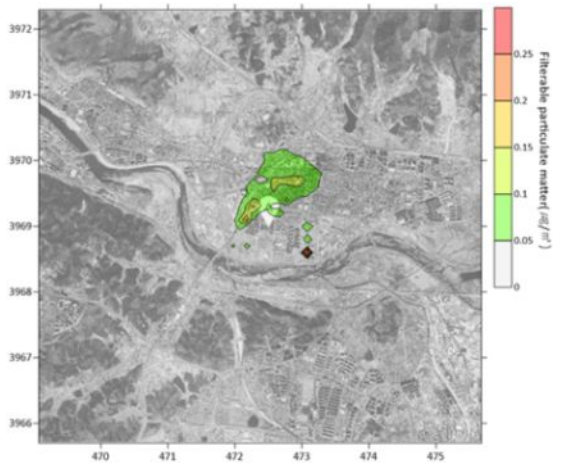


그림 4.29 대구 율하택지개발지구 및 대기오염물질 측정 관측값의 미세먼지 배출량 농도(4월)

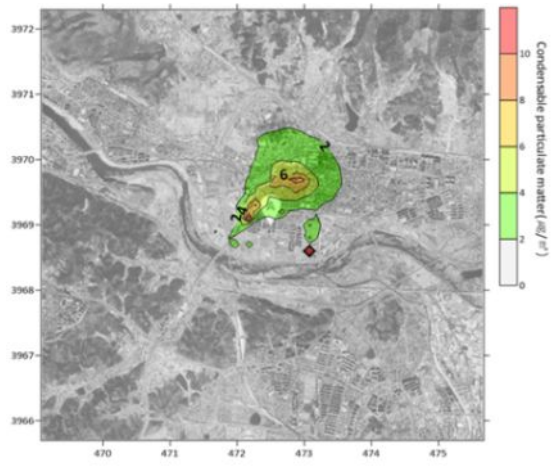
㈐ 2018년 7월

㉠ FPM 및 CPM 배출량 예측 결과

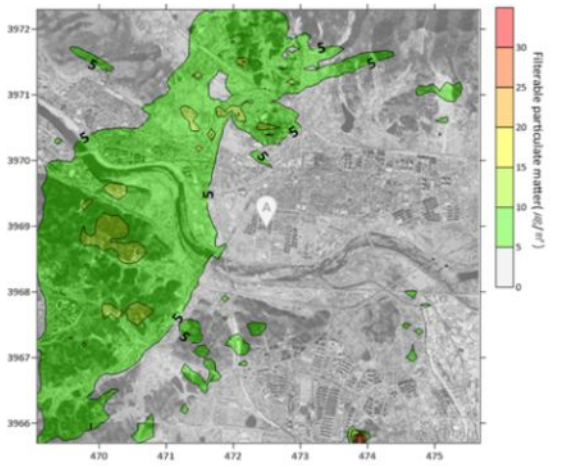
- 그림 4.30은 사례연구 지역인 대구 율하지구의 운영단계에서 발생하는 FPM 및 CPM 배출량을 분석대상 지역 관내와 관외 배출원 고려 여부로 구분하여 모델링(6.5 ㎞ x 6.5 ㎞)을 수행한 결과를 나타냄.
- 본 연구에서 개발한 소프트웨어를 이용하여 대구 율하지구 관내 배출원만을 고려하여 FPM 및 CPM 먼지배출량을 산출한 결과, FPM 농도는 0.0069㎍/㎥, CPM 농도는 0.4714㎍/㎥를 각각 예측되었음.
- 한편 대구 율하지구 관내 배출원을 제외하고 주변지역 배출원만을 고려하여 먼지 농도를 해석한 결과, FPM 농도는 4.4308㎍/㎥, CPM 농도는 4.0346㎍/㎥로 각각 예측되었음.
- 대구 율하지구 관내 배출원에 의한 FPM과 CPM의 합인 총 먼지(TPM)는 0.4783㎍/㎥(0.0069㎍/㎥ + 0.4714㎍/㎥)로, 관외 배출원에 의한 총 먼지(TPM)는 8.4654㎍/㎥(4.4308㎍/㎥ + 4.0346㎍/㎥)로 예측되었음.
- 따라서 대구 율하지구의 관내 및 관외 배출원에 의한 분석대상 지역의 먼지 배출농도는 8.9437㎍/㎥(0.4783㎍/㎥ + 8.4654㎍/㎥)로 예측되었음.



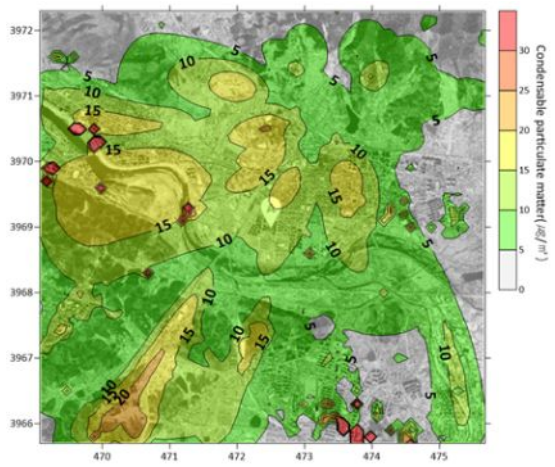
a. 관내 배출원에 의한 FPM 농도 예측 결과



b. 관내 배출원에 의한 CPM 농도 예측 결과



c. 관외 배출원에 의한 FPM 농도 예측 결과



d. 관외 배출원에 의한 CPM 농도 예측 결과

그림 4.30 대구 율하지구 운영단계 먼지 배출량(㎍/㎥) 모델링 결과 (2018년 7월 평균)

㉡ FPM 및 CPM 배출량 검증 결과

- 개발 소프트웨어를 이용한 군포시 대구 율하지구 운영단계 FPM 및 CPM 배출량 예측 결과와 환경부 한국환경공단에서 측정 및 제공(http://www.airkorea.or.kr)하는 대구 서호동의 환경 측정소 데이터를 비교하여 개발 소프트웨어의 먼지 배출량 예측의 타당성을 검증하였음.
- 그림 4.31은 대구 율하지구 먼지배출량 검증 결과를 나타낸 것으로, 좌측 그래프는 대구 율하지구 환경영향평가상의 먼지발생량 예측결과를, 가운데 그래프는 본 연구에서 개발한 소프트웨어를 이용한 먼지농도 예측결과를, 우측 그래프는 대구 서호동의 환경 측정소 먼지 농도(2018년 7월 평균값) 측정 결과를 각각 나타냄.
- 일반적으로 환경영향평가에서는 사업지구 내의 FPM 배출량과 사업지구 주변 측정소의 FPM 배출량을 합산한 결과로 사업지구 도시개발에 따른 먼지배출량을 평가하고 있음. 따라서 환경영향평가상의 방법에 따른 FPM 배출량에 의한 농도는 관내 0.0069㎍/㎥과 주변 측정소의 2018년 평균 46.31㎍/㎥을 합산한 46.3169㎍/㎥으로 예측됨. 개발 소프트웨어를 이용한 대구 율하지구 FPM 발생농도는 관내 FPM 배출량에 의한 농도인 0.0069 ㎍/㎥과 관외 FPM 배출량에 의한 4.4308㎍/㎥을 합산한 4.4377㎍/㎥로 산정됨.
- 그러나 FPM과 함께 CPM 배출량을 고려하여 먼지배출량 모델링을 수행한 결과, 대구 율하지구 배출량에 의한 먼지농도는 8.9437㎍/㎥(관내 FPM 0.0069㎍/㎥+ 관외 FPM 4.4308㎍/㎥ + 관내 CPM 0.4714㎍/㎥ + 관외 CPM 4.0346㎍/㎥)로 예측됨. 개발 소프트웨어를 이용한 대구 율하지구 FPM 및 CPM 먼지발생농도 8.9437㎍/㎥은 대구 서호동의 2018년 7월 환경 측정소의 먼지농도인 27.0179㎍/㎥과 18.0742㎍/㎥ (66.90%)의 농도 차이를 보이며, 이는 국외 장거리 이동에 의한 먼지의 영향으로 추정됨. 그림 4.32는 국가배경농도 측정데이터로 사용되는 인천 덕적도, 제주 서귀포와 충남 서산의 먼지발생량 농도를 나타낸 것으로, 세 지역의 관측 농도가 각각 23.4516㎍/㎥, 34.5806㎍/㎥, 23.7931 ㎍/㎥을 기록하여 국외 지역으로부터 먼지 유입을 확인할 수 있음. 따라서 본 연구의 소프트웨어 먼지발생량 모델링 결과값과 관측값의 차이는 국외 먼지의 장거리 이동에 따른 영향으로 추정하였음.

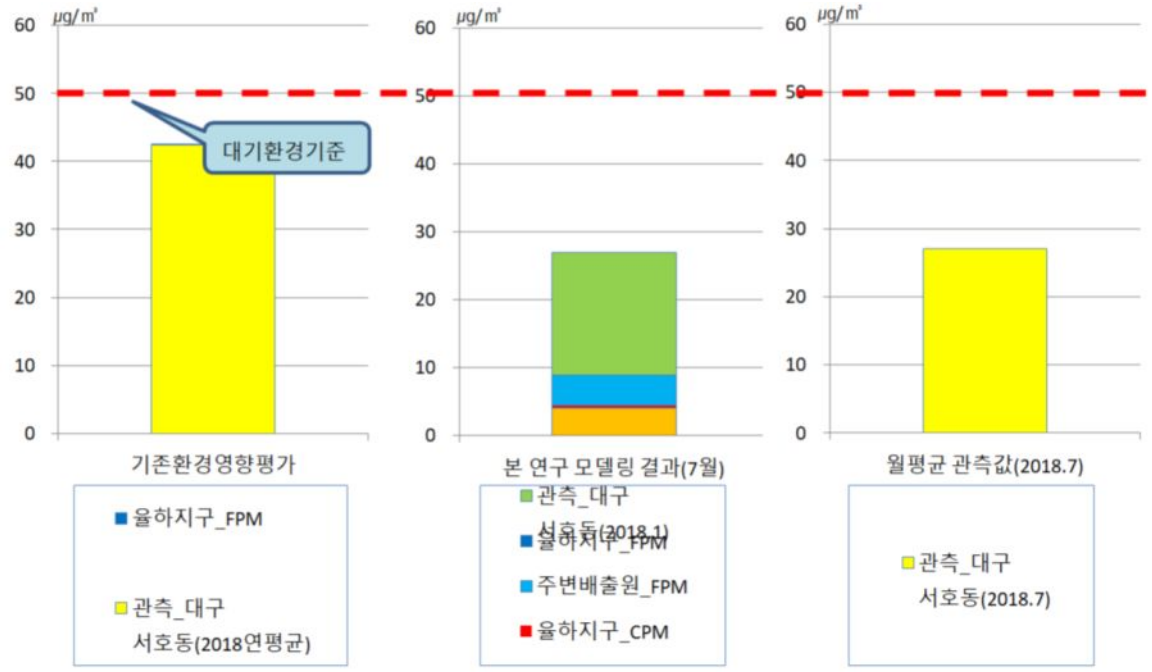


그림 4.31 대구 율하택지개발지구의 미세먼지 배출량 모델링결과(7월)

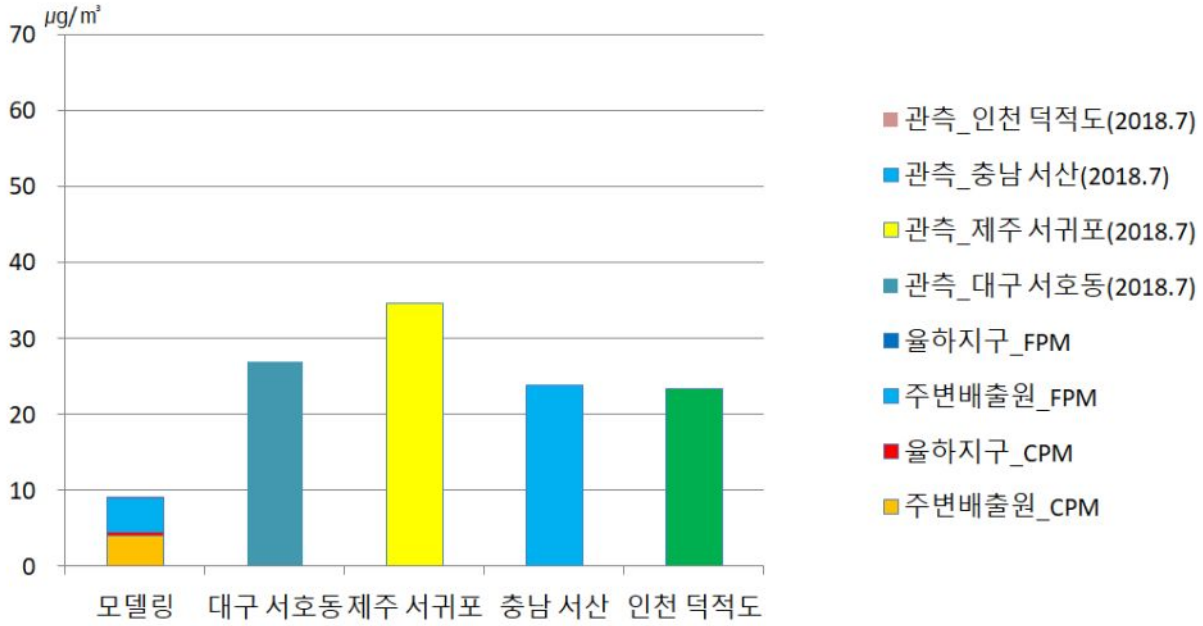
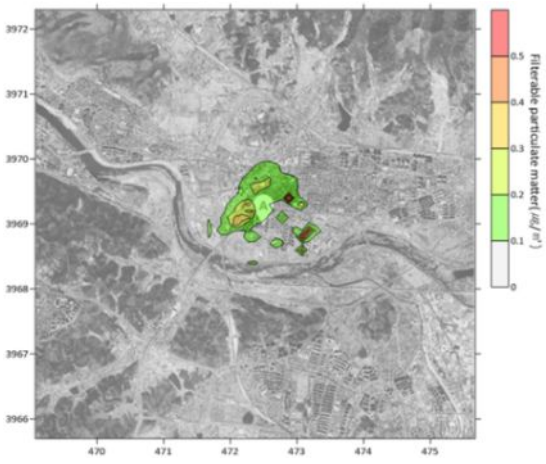


그림 4.32 대구 율하택지개발지구 및 대기오염물질 측정 관측값의 미세먼지 배출량 농도(7월)

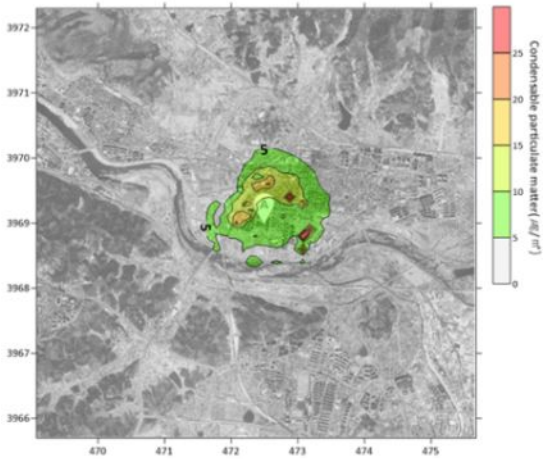
㉲ 2018년 10월

㉠ FPM 및 CPM 배출량 예측 결과

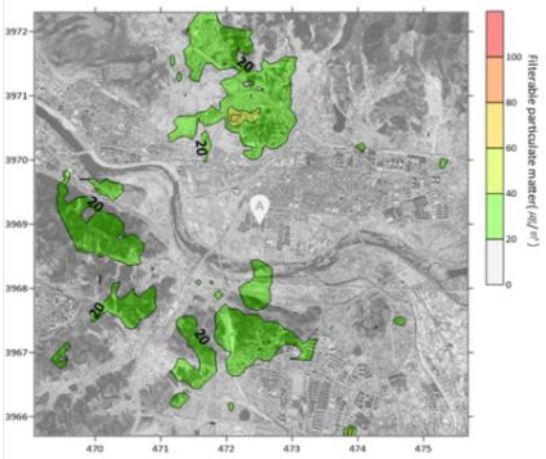
- 그림 4.33은 사례연구 지역인 대구 율하지구의 운영단계에서 발생하는 FPM 및 CPM 배출량을 분석대상 지역 관내와 관외 배출원 고려 여부로 구분하여 모델링(6.5 ㎞ x 6.5 ㎞)을 수행한 결과를 나타냄.
- 본 연구에서 개발한 소프트웨어를 이용하여 대구 율하지구 관내 배출원만을 고려하여 FPM 및 CPM 먼지배출량을 산출한 결과, FPM 농도는 0.0156㎍/㎥, CPM 농도는 1.1659 ㎍/㎥를 각각 예측되었음.
- 한편 대구 율하지구 관내 배출원을 제외하고 주변지역 배출원만을 고려하여 먼지 농도를 해석한 결과, FPM 농도는 13.4006㎍/㎥, CPM 농도는 9.4851㎍/㎥로 각각 예측되었음.
- 대구 율하지구 관내 배출원에 의한 FPM과 CPM의 합인 총 먼지(TPM)는 1.1815㎍/㎥ (0.0156㎍/㎥ + 1.1659㎍/㎥)로, 관외 배출원에 의한 총 먼지(TPM)는 22.8857㎍/㎥ (13.4006㎍/㎥ + 9.4851㎍/㎥)로 예측되었음.
- 따라서 대구 율하지구의 관내 및 관외 배출원에 의한 분석대상 지역의 먼지 배출농도는 24.0672㎍/㎥(1.1815㎍/㎥ + 22.8857㎍/㎥)로 예측되었음.



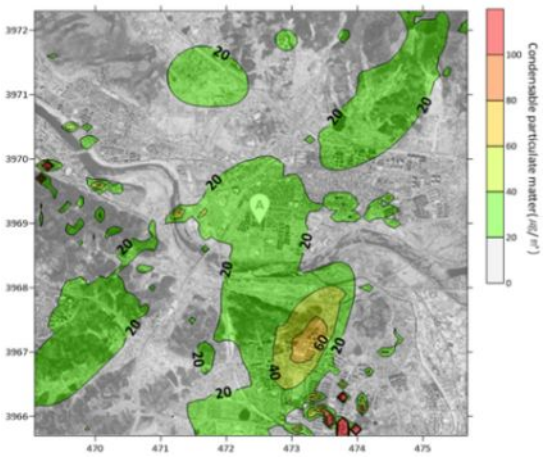
a. 관내 배출원에 의한 FPM 농도 예측 결과



b. 관내 배출원에 의한 CPM 농도 예측 결과



c. 관외 배출원에 의한 FPM 농도 예측 결과



d. 관외 배출원에 의한 CPM 농도 예측 결과

그림 4.33 대구 율하지구 운영단계 먼지 배출량(㎍/㎥) 모델링 결과 (2018년 10월 평균)

㉡ FPM 및 CPM 배출량 검증 결과

- 개발 소프트웨어를 이용한 군포시 대구 율하지구 운영단계 FPM 및 CPM 배출량 예측 결과와 환경부 한국환경공단에서 측정 및 제공(http://www.airkorea.or.kr)하는 대구 서호동의 환경 측정소 데이터를 비교하여 개발 소프트웨어의 먼지 배출량 예측의 타당성을 검증하였음.
- 그림 4.34는 대구 율하지구 먼지배출량 검증 결과를 나타낸 것으로, 좌측 그래프는 대구 율하지구 환경영향평가상의 먼지발생량 예측결과를, 가운데 그래프는 본 연구에서 개발한 소프트웨어를 이용한 먼지농도 예측결과를, 우측 그래프는 대구 서호동의 환경 측정소 먼지 농도(2018년 10월 평균값) 측정 결과를 각각 나타냄.
- 일반적으로 환경영향평가에서는 사업지구 내의 FPM 배출량과 사업지구 주변 측정소의 FPM 배출량을 합산한 결과로 사업지구 도시개발에 따른 먼지배출량을 평가하고 있음. 따라서 환경영향평가상의 방법에 따른 FPM 배출량에 의한 농도는 관내 0.0156㎍/㎥과 주변 측정소의 2018년 평균 46.31㎍/㎥을 합산한 46.3256㎍/㎥으로 예측됨. 개발 소프트웨어를 이용한 대구 율하지구 FPM 발생농도는 관내 FPM 배출량에 의한 농도인 0.0156 ㎍/㎥과 관외 FPM 배출량에 의한 13.4006㎍/㎥을 합산한 22.8857㎍/㎥로 산정됨.
- 그러나 FPM과 함께 CPM 배출량을 고려하여 먼지배출량 모델링을 수행한 결과, 대구 율하지구 배출량에 의한 먼지농도는 24.0672㎍/㎥(관내 FPM 0.0156㎍/㎥+ 관외 FPM 13.4006㎍/㎥ + 관내 CPM 1.1659㎍/㎥ + 관외 CPM 9.4851㎍/㎥)로 예측됨. 개발 소프트웨어를 이용한 대구 율하지구 FPM 및 CPM 먼지발생농도 24.0672㎍/㎥은 대구 서호동의 2018년 10월 환경 측정소의 먼지농도인 13.6973㎍/㎥과 ㎍/㎥ (36.27%)의 농도 차이를 보이며, 이는 국외 장거리 이동에 의한 먼지의 영향으로 추정됨. 그림 4.35는 국가배경농도 측정데이터로 사용되는 인천 덕적도, 제주 서귀포와 충남 서산의 먼지발생량 농도를 나타낸 것으로, 세 지역의 관측 농도가 각각 30.4516㎍/㎥, 28.1935㎍/㎥, 29.5333 ㎍/㎥을 기록하여 국외 지역으로부터 먼지 유입을 확인할 수 있음. 따라서 본 연구의 소프트웨어 먼지발생량 모델링 결과값과 관측값의 차이는 국외 먼지의 장거리 이동에 따른 영향으로 추정하였음.



그림 4.34 대구 율하택지개발지구의 미세먼지 배출량 모델링결과(10월)

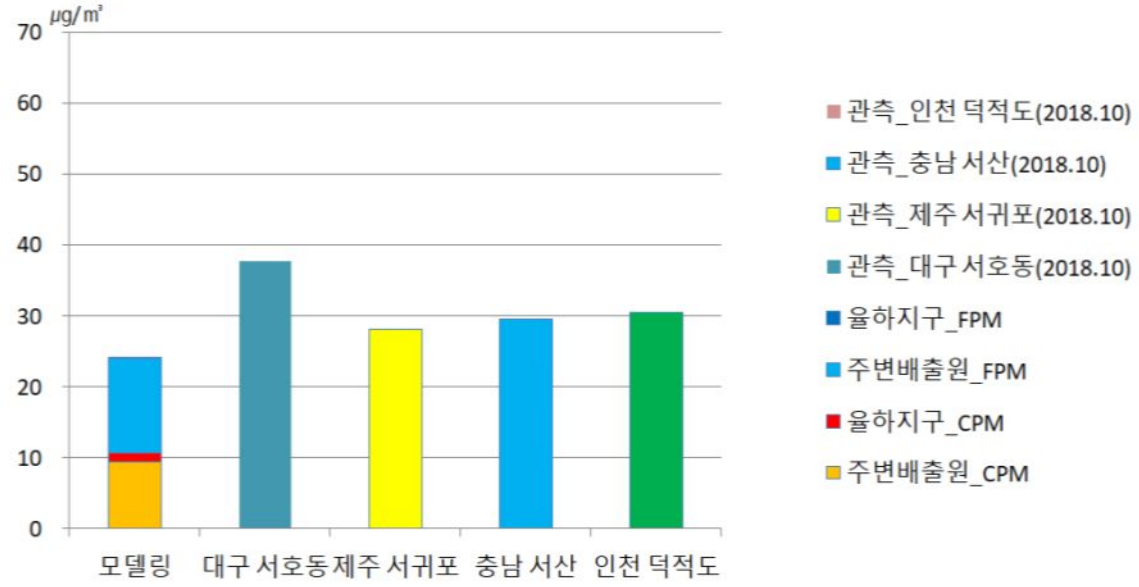


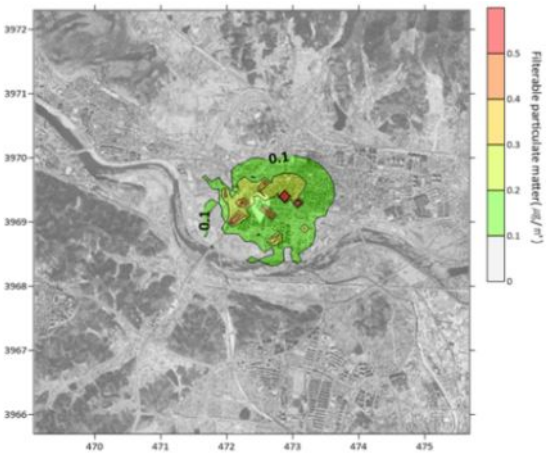
그림 4.35 대구 율하택지개발지구 및 대기오염물질 측정 관측값의 미세먼지 배출량 농도(10월)

① 광주 진월지구

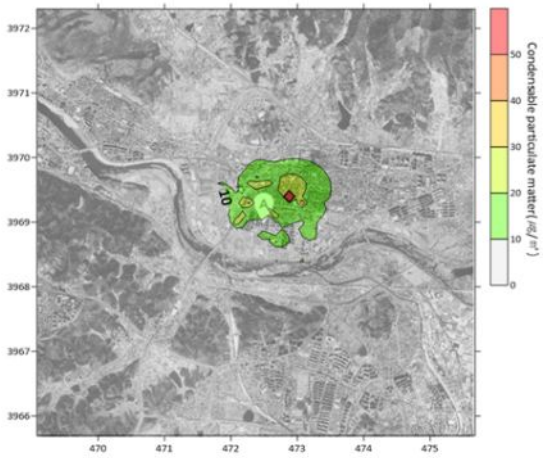
㉮ 2018년 1월

㉠ FPM 및 CPM 배출량 예측 결과

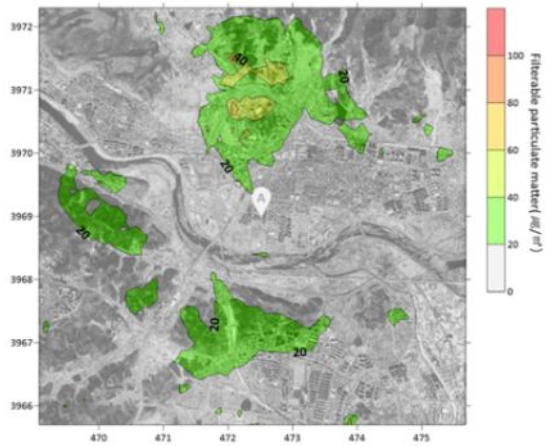
- 그림 4.36은 사례연구 지역인 광주 진월지구의 운영단계에서 발생하는 FPM 및 CPM 배출량을 분석대상 지역 관내와 관외 배출원 고려 여부로 구분하여 모델링(6.5 ㎞ x 6.5 ㎞)을 수행한 결과를 나타냄.
- 본 연구에서 개발한 소프트웨어를 이용하여 광주 진월지구 관내 배출원만을 고려하여 FPM 및 CPM 먼지배출량을 산출한 결과, FPM 농도는 0.0073㎍/㎥, CPM 농도는 0.4182 ㎍/㎥를 각각 예측되었음.
- 한편 광주 진월지구 관내 배출원을 제외하고 주변지역 배출원만을 고려하여 먼지 농도를 해석한 결과, FPM 농도는 22.7278㎍/㎥, CPM 농도는 25.5124㎍/㎥로 각각 예측되었음.
- 광주 진월지구 관내 배출원에 의한 FPM과 CPM의 합인 총 먼지(TPM)는 0.4255㎍/㎥ (0.0073㎍/㎥ + 0.4182㎍/㎥)로, 관외 배출원에 의한 총 먼지(TPM)는 48.2402㎍/㎥ (22.7278㎍/㎥ + 25.5124㎍/㎥)로 예측되었음.
- 따라서 광주 진월지구의 관내 및 관외 배출원에 의한 분석대상 지역의 먼지 배출농도는 48.6657㎍/㎥(0.4255㎍/㎥ + 48.2402㎍/㎥)로 예측되었음.



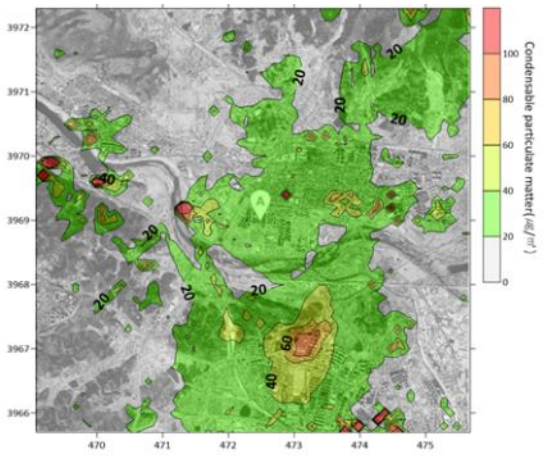
a. 관내 배출원에 의한 FPM 농도 예측 결과



b. 관내 배출원에 의한 CPM 농도 예측 결과



c. 관외 배출원에 의한 FPM 농도 예측 결과



d. 관외 배출원에 의한 CPM 농도 예측 결과

그림 4.36 광주 진월지구 운영단계 먼지 배출량(㎍/㎥) 모델링 결과 (2018년 1월 평균)

㉡ FPM 및 CPM 배출량 검증 결과

- 개발 소프트웨어를 이용한 광주 진월지구 운영단계 FPM 및 CPM 배출량 예측 결과와 환경부 한국환경공단에서 측정 및 제공(http://www.airkorea.or.kr)하는 광주 주월동의 환경 측정소 데이터를 비교하여 개발 소프트웨어의 먼지 배출량 예측의 타당성을 검증하였음.
- 그림 4.37은 광주 진월지구 먼지배출량 검증 결과를 나타낸 것으로, 좌측 그래프는 광주 진월지구 환경영향평가상의 먼지발생량 예측결과를, 가운데 그래프는 본 연구에서 개발한 소프트웨어를 이용한 먼지농도 예측결과를, 우측 그래프는 광주 주월동의 환경측정소 먼지 농도(2018년 1월 평균값) 측정 결과를 각각 나타냄.
- 일반적으로 환경영향평가에서는 사업지구 내의 FPM 배출량과 사업지구 주변 측정소의 FPM 배출량을 합산한 결과로 사업지구 도시개발에 따른 먼지배출량을 평가하고 있음. 따라서 환경영향평가상의 방법에 따른 FPM 배출량에 의한 농도는 관내 0.0073㎍/㎥과 주변 측정소의 2018년 평균 44.72㎍/㎥을 합산한 44.7273㎍/㎥으로 예측됨. 개발 소프트웨어를 이용한 광주 진월지구 FPM 발생농도는 관내 FPM 배출량에 의한 농도인 0.0073㎍/㎥과 관외 FPM 배출량에 의한 22.7278㎍/㎥을 합산한 22.7351㎍/㎥로 산정됨.
- 그러나 FPM과 함께 CPM 배출량을 고려하여 먼지배출량 모델링을 수행한 결과, 광주 진월지구 배출량에 의한 먼지농도는 48.6657㎍/㎥(관내 FPM 0.0073㎍/㎥+ 관외 FPM 22.7278㎍/㎥ + 관내 CPM 0.4182㎍/㎥ + 관외 CPM 25.5124㎍/㎥)로 예측됨. 개발 소프트웨어를 이용한 광주 진월지구 FPM 및 CPM 먼지발생농도 48.6657㎍/㎥은 광주 주월동의 2018년 1월 환경 측정소의 먼지농도인 50.0968㎍/㎥과 1.4311㎍/㎥ (2.9%)의 농도 차이를 보이며, 이는 국외 장거리 이동에 의한 먼지의 영향으로 추정됨. 그림 4.38은 국가배경농도 측정데이터로 사용되는 인천 덕적도, 제주 서귀포와 충남 서산의 먼지발생량 농도를 나타낸 것으로, 세 지역의 관측 농도가 각각 47.2581㎍/㎥, 31.5484㎍/㎥, 41.7742㎍/㎥을 기록하여 국외 지역으로부터 먼지 유입을 확인할 수 있음. 따라서 본 연구의 소프트웨어 먼지발생량 모델링 결과값과 관측값의 차이는 국외 먼지의 장거리 이동에 따른 영향으로 추정하였음.

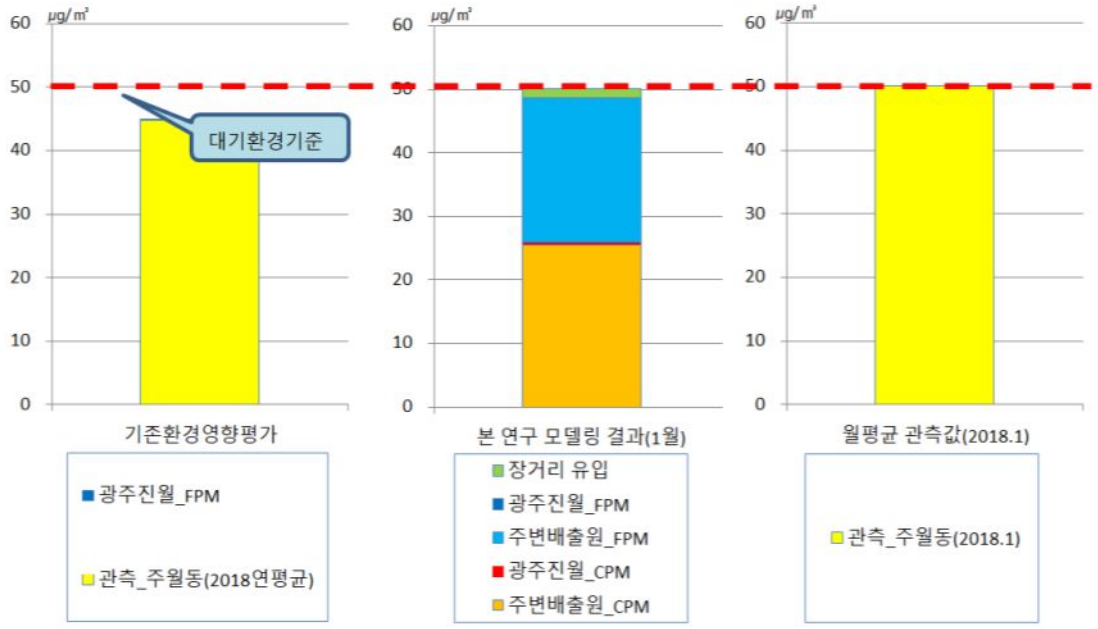


그림 4.37 광주 진월택지개발지구의 미세먼지 배출량 모델링결과(1월)

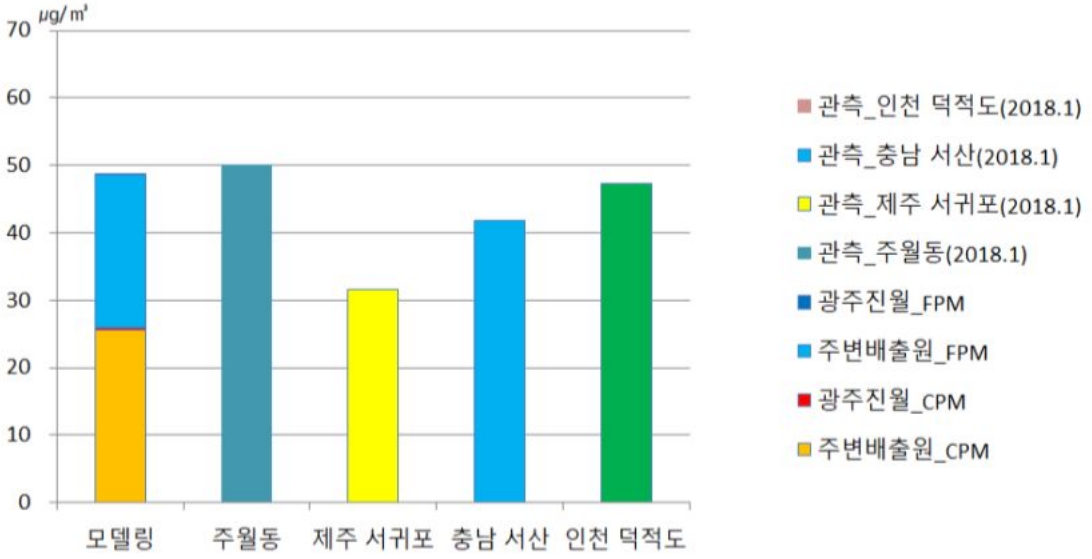
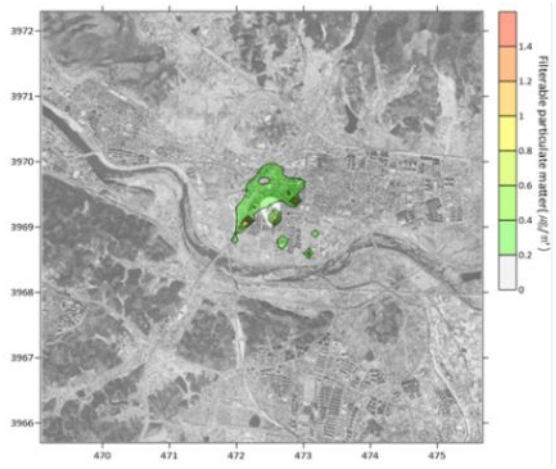


그림 4.38 광주 진월택지개발지구 및 대기오염물질 측정 관측값의 미세먼지 배출량 농도(1월)

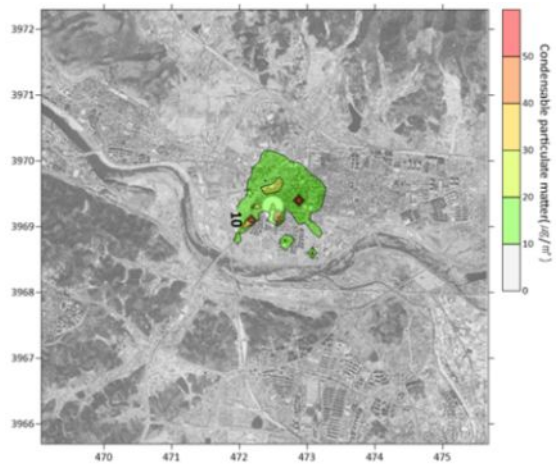
㉯ 2018년 4월

㉠ FPM 및 CPM 배출량 예측 결과

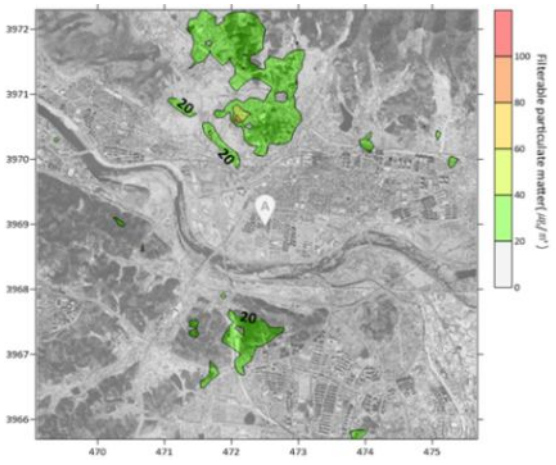
- 그림 4.39는 사례연구 지역인 광주 진월지구의 운영단계에서 발생하는 FPM 및 CPM 배출량을 분석대상 지역 관내와 관외 배출원 고려 여부로 구분하여 모델링(6.5 ㎞ x 6.5 ㎞)을 수행한 결과를 나타냄.
- 본 연구에서 개발한 소프트웨어를 이용하여 광주 진월지구 관내 배출원만을 고려하여 FPM 및 CPM 먼지배출량을 산출한 결과, FPM 농도는 0.0038㎍/㎥, CPM 농도는 0.2434㎍/㎥를 각각 예측되었음.
- 한편 광주 진월지구 관내 배출원을 제외하고 주변지역 배출원만을 고려하여 먼지 농도를 해석한 결과, FPM 농도는 14.3704㎍/㎥, CPM 농도는 11.3620㎍/㎥로 각각 예측되었음.
- 광주 진월지구 관내 배출원에 의한 FPM과 CPM의 합인 총 먼지(TPM)는 0.2472㎍/㎥(0.0038㎍/㎥ + 0.2434㎍/㎥)로, 관외 배출원에 의한 총 먼지(TPM)는 25.7324㎍/㎥(14.3704㎍/㎥ + 11.3620㎍/㎥)로 예측되었음.
- 따라서 광주 진월지구의 관내 및 관외 배출원에 의한 분석대상 지역의 먼지 배출농도는 25.9796㎍/㎥(0.2472㎍/㎥ + 25.7324㎍/㎥)로 예측되었음.



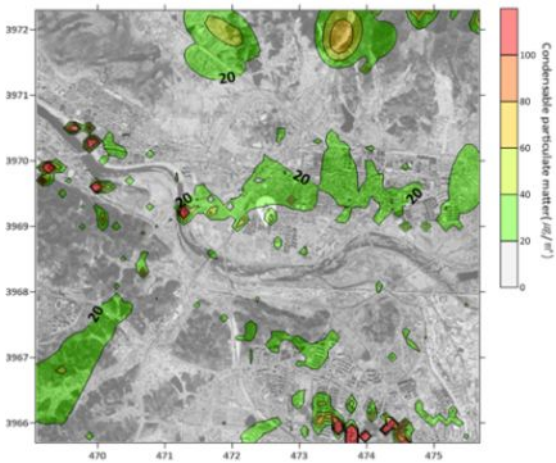
a. 관내 배출원에 의한 FPM 농도 예측 결과



b. 관내 배출원에 의한 CPM 농도 예측 결과



c. 관외 배출원에 의한 FPM 농도 예측 결과



d. 관외 배출원에 의한 CPM 농도 예측 결과

그림 4.39 광주 진월지구 운영단계 먼지 배출량(㎍/㎥) 모델링 결과 (2018년 4월 평균)

㉡ FPM 및 CPM 배출량 검증 결과

- 개발 소프트웨어를 이용한 광주 진월지구 운영단계 FPM 및 CPM 배출량 예측 결과와 환경부 한국환경공단에서 측정 및 제공(http://www.airkorea.or.kr)하는 광주 주월동의 환경 측정소 데이터를 비교하여 개발 소프트웨어의 먼지 배출량 예측의 타당성을 검증하였음.
- 그림 4.40은 광주 진월지구 먼지배출량 검증 결과를 나타낸 것으로, 좌측 그래프는 광주 진월지구 환경영향평가상의 먼지발생량 예측결과를, 가운데 그래프는 본 연구에서 개발한 소프트웨어를 이용한 먼지농도 예측결과를, 우측 그래프는 광주 주월동의 환경측정소 먼지 농도(2018년 4월 평균값) 측정 결과를 각각 나타냄.
- 일반적으로 환경영향평가에서는 사업지구 내의 FPM 배출량과 사업지구 주변 측정소의 FPM 배출량을 합산한 결과로 사업지구 도시개발에 따른 먼지배출량을 평가하고 있음. 따라서 환경영향평가상의 방법에 따른 FPM 배출량에 의한 농도는 관내 0.0038㎍/㎥과 주변 측정소의 2018년 평균 44.72㎍/㎥을 합산한 44.7238㎍/㎥으로 예측됨. 개발 소프트웨어를 이용한 광주 진월지구 FPM 발생농도는 관내 FPM 배출량에 의한 농도인 0.0038㎍/㎥과 관외 FPM 배출량에 의한 14.3704㎍/㎥을 합산한 14.3742㎍/㎥로 산정됨.
- 그러나 FPM과 함께 CPM 배출량을 고려하여 먼지배출량 모델링을 수행한 결과, 광주 진월지구 배출량에 의한 먼지농도는 25.9796㎍/㎥(관내 FPM 0.0038㎍/㎥+ 관외 FPM 14.3704㎍/㎥ + 관내 CPM 0.2434㎍/㎥ + 관외 CPM 11.3620㎍/㎥)로 예측됨. 개발 소프트웨어를 이용한 광주 진월지구 FPM 및 CPM 먼지발생농도 25.9796㎍/㎥은 광주 주월동의 2018년 4월 환경 측정소의 먼지농도인 60.1333㎍/㎥과 34.1537㎍/㎥ (56.80%)의 농도 차이를 보이며, 이는 국외 장거리 이동에 의한 먼지의 영향으로 추정됨. 그림 4.41은 국가배경농도 측정데이터로 사용되는 인천 덕적도, 제주 서귀포와 충남 서산의 먼지발생량 농도를 나타낸 것으로, 세 지역의 관측 농도가 각각 43.7333㎍/㎥, 58.6667㎍/㎥, 44.5333㎍/㎥을 기록하여 국외 지역으로부터 먼지 유입을 확인할 수 있음. 따라서 본 연구의 소프트웨어 먼지발생량 모델링 결과값과 관측값의 차이는 국외 먼지의 장거리 이동에 따른 영향으로 추정하였음.

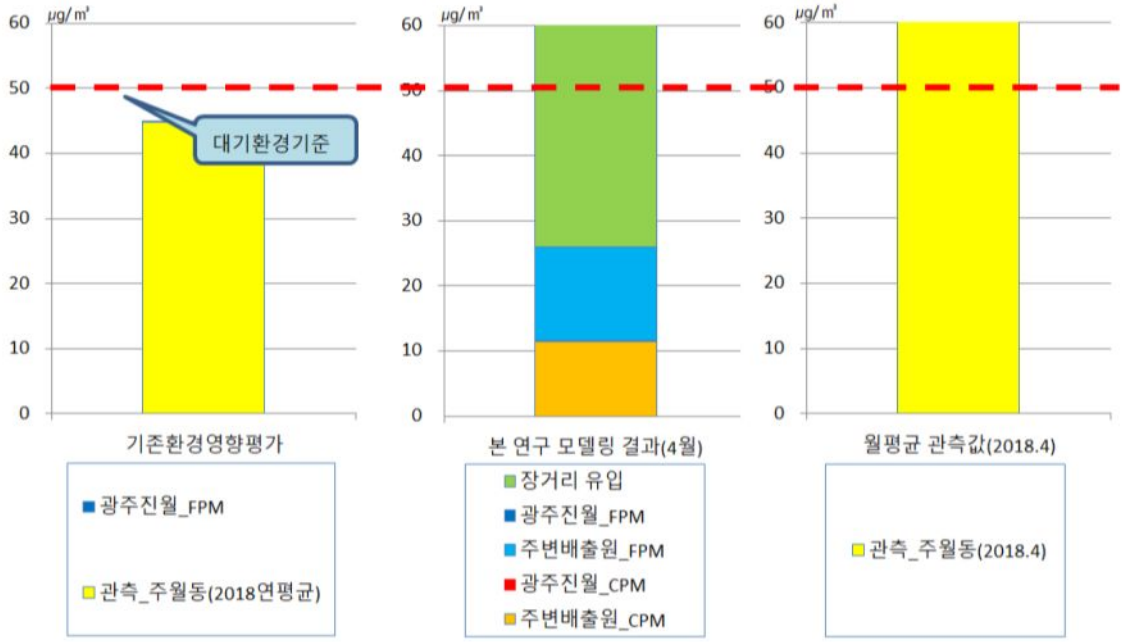


그림 4.40 광주 진월택지개발지구의 미세먼지 배출량 모델링결과(4월)

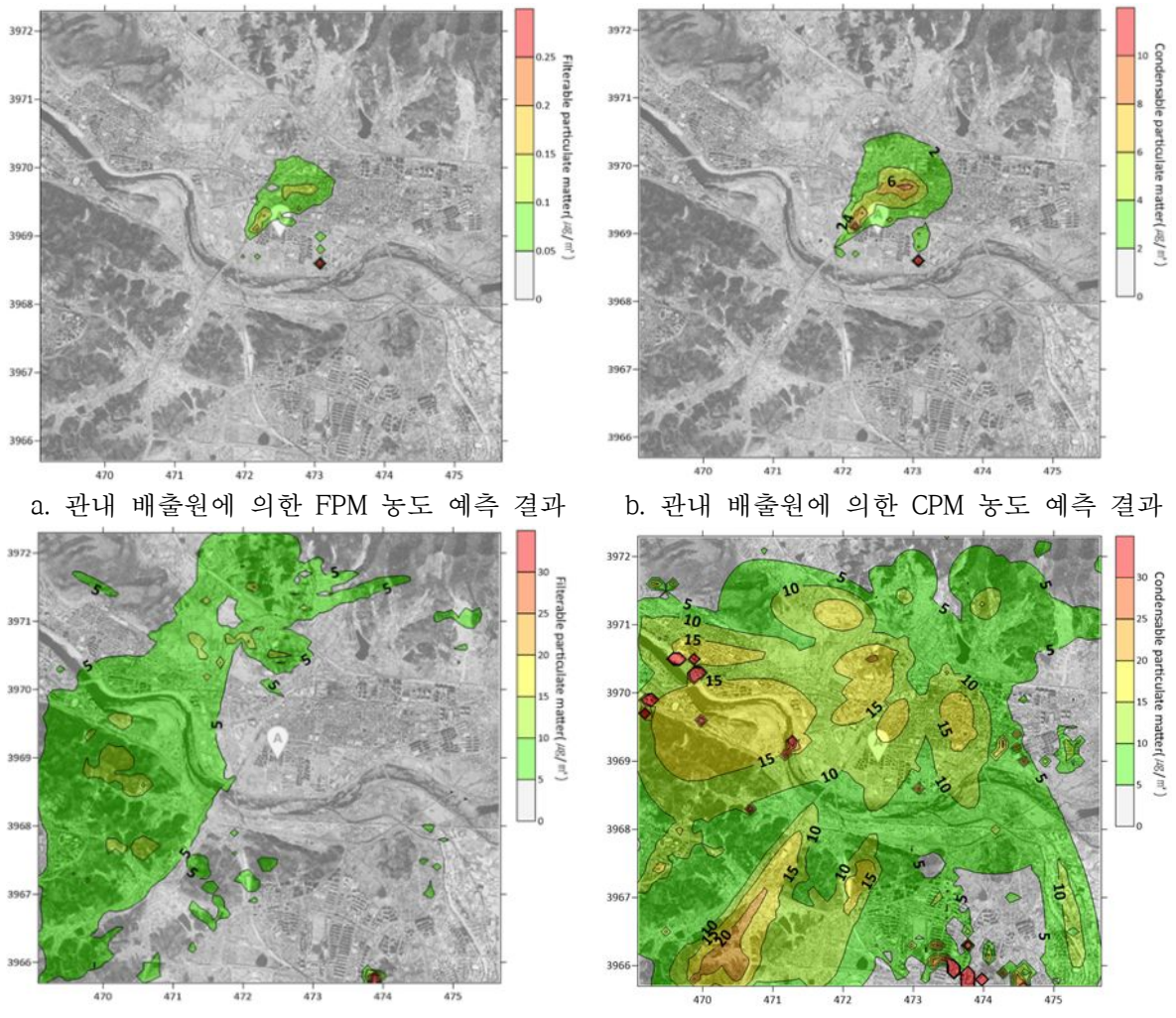


그림 4.41 광주 진월택지개발지구 및 대기오염물질 측정 관측값의 미세먼지 배출량 농도(4월)

㈐ 2018년 7월

㉠ FPM 및 CPM 배출량 예측 결과

- 그림 4.42는 사례연구 지역인 광주 진월지구의 운영단계에서 발생하는 FPM 및 CPM 배출량을 분석대상 지역 관내와 관외 배출원 고려 여부로 구분하여 모델링(6.5 ㎞ x 6.5 ㎞)을 수행한 결과를 나타냄.
- 본 연구에서 개발한 소프트웨어를 이용하여 광주 진월지구 관내 배출원만을 고려하여 FPM 및 CPM 먼지배출량을 산출한 결과, FPM 농도는 0.0009㎍/㎥, CPM 농도는 0.1128 ㎍/㎥를 각각 예측되었음.
- 한편 광주 진월지구 관내 배출원을 제외하고 주변지역 배출원만을 고려하여 먼지 농도를 해석한 결과, FPM 농도는 9.5627㎍/㎥, CPM 농도는 4.8912㎍/㎥로 각각 예측되었음.
- 광주 진월지구 관내 배출원에 의한 FPM과 CPM의 합인 총 먼지(TPM)는 0.1137㎍/㎥ (0.0009㎍/㎥ + 0.1128㎍/㎥)로, 관외 배출원에 의한 총 먼지(TPM)는 14.4539㎍/㎥(9.5627 ㎍/㎥ + 4.8912㎍/㎥)로 예측되었음.
- 따라서 광주 진월지구의 관내 및 관외 배출원에 의한 분석대상 지역의 먼지 배출농도는 14.5676㎍/㎥(0.1137㎍/㎥ + 14.4539㎍/㎥)로 예측되었음.



a. 관내 배출원에 의한 FPM 농도 예측 결과

b. 관내 배출원에 의한 CPM 농도 예측 결과

c. 관외 배출원에 의한 FPM 농도 예측 결과

d. 관외 배출원에 의한 CPM 농도 예측 결과

그림 4.42 광주 진월지구 운영단계 먼지 배출량(㎍/㎥) 모델링 결과 (2018년 7월 평균)

㉡ FPM 및 CPM 배출량 검증 결과

- 개발 소프트웨어를 이용한 광주 진월지구 운영단계 FPM 및 CPM 배출량 예측 결과와 환경부 한국환경공단에서 측정 및 제공(http://www.airkorea.or.kr)하는 광주 주월동의 환경 측정소 데이터를 비교하여 개발 소프트웨어의 먼지 배출량 예측의 타당성을 검증하였음.
- 그림 4.43은 광주 진월지구 먼지배출량 검증 결과를 나타낸 것으로, 좌측 그래프는 광주 진월지구 환경영향평가상의 먼지발생량 예측결과를, 가운데 그래프는 본 연구에서 개발한 소프트웨어를 이용한 먼지농도 예측결과를, 우측 그래프는 광주 주월동의 환경측정소 먼지 농도(2018년 7월 평균값) 측정 결과를 각각 나타냄.
- 일반적으로 환경영향평가에서는 사업지구 내의 FPM 배출량과 사업지구 주변 측정소의 FPM 배출량을 합산한 결과로 사업지구 도시개발에 따른 먼지배출량을 평가하고 있음. 따라서 환경영향평가상의 방법에 따른 FPM 배출량에 의한 농도는 관내 0.0009㎍/㎥과 주변 측정소의 2018년 평균 44.72㎍/㎥을 합산한 44.7209㎍/㎥으로 예측됨. 개발 소프트웨어를 이용한 광주 진월지구 FPM 발생농도는 관내 FPM 배출량에 의한 농도인 0.0009㎍/㎥과 관외 FPM 배출량에 의한 9.5627㎍/㎥을 합산한 9.5636㎍/㎥로 산정됨.
- 그러나 FPM과 함께 CPM 배출량을 고려하여 먼지배출량 모델링을 수행한 결과, 광주 진월지구 배출량에 의한 먼지농도는 14.5676㎍/㎥(관내 FPM 0.0009㎍/㎥+ 관외 FPM 9.5627㎍/㎥ + 관내 CPM 0.1128㎍/㎥ + 관외 CPM 4.8912㎍/㎥)로 예측됨. 개발 소프트웨어를 이용한 광주 진월지구 FPM 및 CPM 먼지발생농도 14.5676㎍/㎥은 광주 주월동의 2018년 7월 환경 측정소의 먼지농도인 28.8065㎍/㎥과 14.2389㎍/㎥ (49.43%)의 농도 차이를 보이며, 이는 국외 장거리 이동에 의한 먼지의 영향으로 추정됨. 그림 4.44는 국가배경농도 측정데이터로 사용되는 인천 덕적도, 제주 서귀포와 충남 서산의 먼지발생량 농도를 나타낸 것으로, 세 지역의 관측 농도가 각각 23.4516㎍/㎥, 34.5806㎍/㎥, 23.7931㎍/㎥을 기록하여 국외 지역으로부터 먼지 유입을 확인할 수 있음. 따라서 본 연구의 소프트웨어 먼지발생량 모델링 결과값과 관측값의 차이는 국외 먼지의 장거리 이동에 따른 영향으로 추정하였음.



그림 4.43 광주 진월택지개발지구의 미세먼지 배출량 모델링결과(7월)

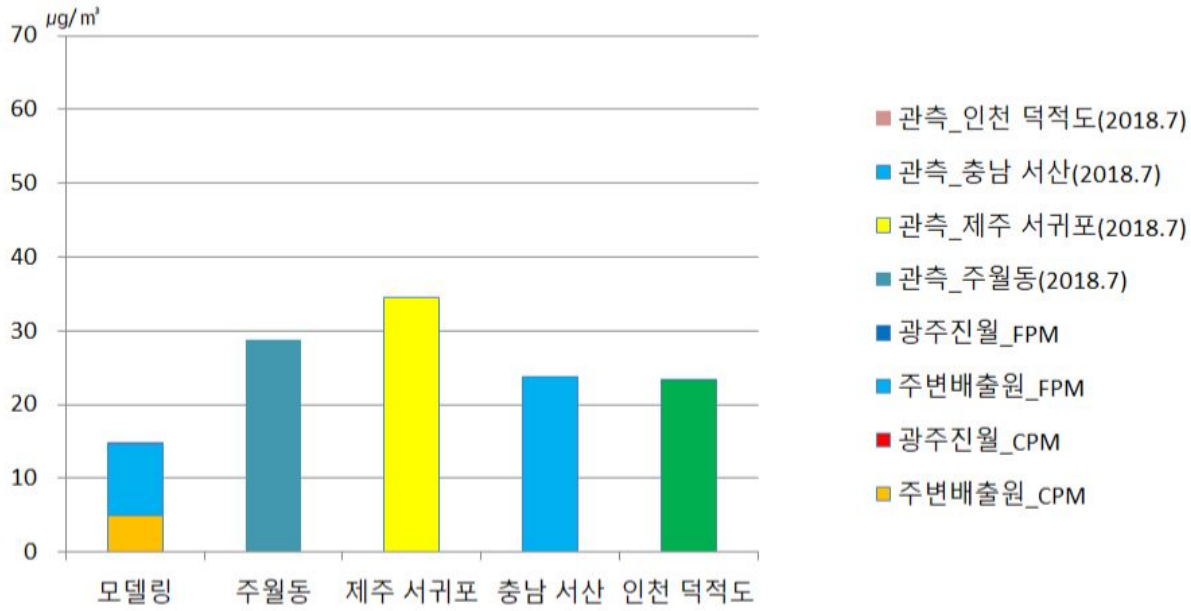
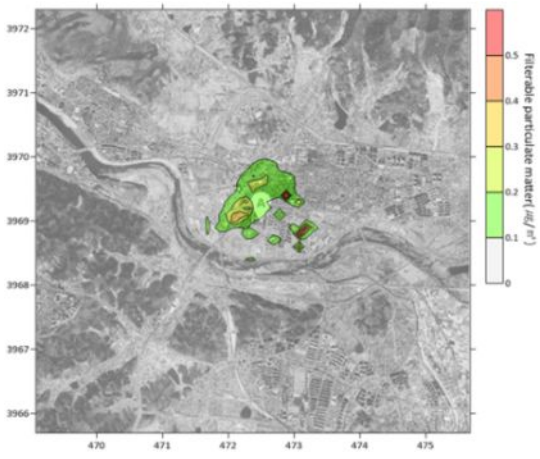


그림 4.44 광주 진월택지개발지구 및 대기오염물질 측정 관측값의 미세먼지 배출량 농도(7월)

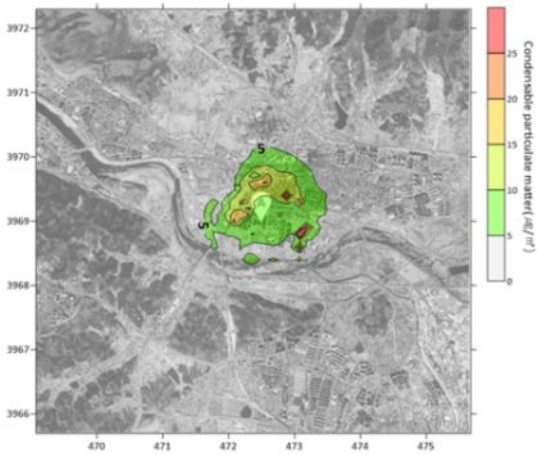
㉮ 2018년 10월

㉠ FPM 및 CPM 배출량 예측 결과

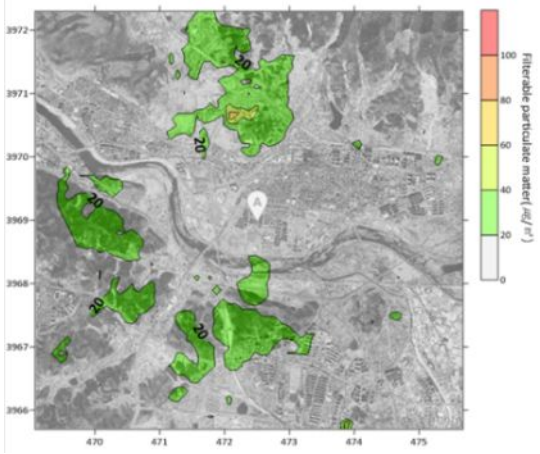
- 그림 4.45는 사례연구 지역인 광주 진월지구의 운영단계에서 발생하는 FPM 및 CPM 배출량을 분석대상 지역 관내와 관외 배출원 고려 여부로 구분하여 모델링(6.5 ㎞ x 6.5 ㎞)을 수행한 결과를 나타냄.
- 본 연구에서 개발한 소프트웨어를 이용하여 광주 진월지구 관내 배출원만을 고려하여 FPM 및 CPM 먼지배출량을 산출한 결과, FPM 농도는 0.0025㎍/㎥, CPM 농도는 0.2391 ㎍/㎥를 각각 예측되었음.
- 한편 광주 진월지구 관내 배출원을 제외하고 주변지역 배출원만을 고려하여 먼지 농도를 해석한 결과, FPM 농도는 22.7151㎍/㎥, CPM 농도는 12.8484㎍/㎥로 각각 예측되었음.
- 광주 진월지구 관내 배출원에 의한 FPM과 CPM의 합인 총 먼지(TPM)는 0.2416㎍/㎥ (0.0025㎍/㎥ + 0.2391㎍/㎥)으로, 관외 배출원에 의한 총 먼지(TPM)는 35.5635㎍/㎥ (22.7151㎍/㎥ + 12.8484㎍/㎥)로 예측되었음.
- 따라서 광주 진월지구의 관내 및 관외 배출원에 의한 분석대상 지역의 먼지 배출농도는 35.8051㎍/㎥(0.2416㎍/㎥ + 35.5635㎍/㎥)로 예측되었음.



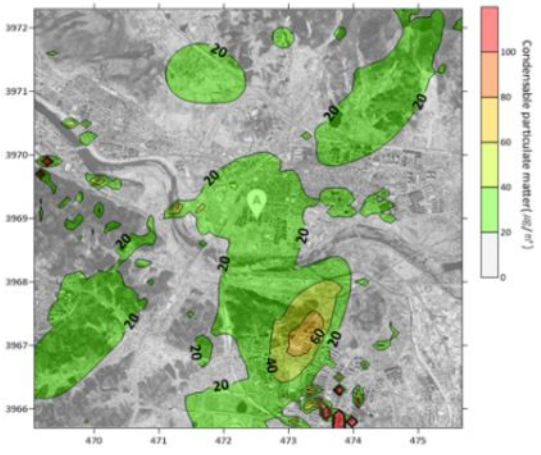
a. 관내 배출원에 의한 FPM 농도 예측 결과



b. 관내 배출원에 의한 CPM 농도 예측 결과



c. 관외 배출원에 의한 FPM 농도 예측 결과



d. 관외 배출원에 의한 CPM 농도 예측 결과

그림 4.45 광주 진월지구 운영단계 먼지 배출량(㎍/㎥) 모델링 결과 (2018년 10월 평균)

㉡ FPM 및 CPM 배출량 검증 결과

- 개발 소프트웨어를 이용한 광주 진월지구 운영단계 FPM 및 CPM 배출량 예측 결과와 환경부 한국환경공단에서 측정 및 제공(http://www.airkorea.or.kr)하는 광주 주월동의 환경 측정소 데이터를 비교하여 개발 소프트웨어의 먼지 배출량 예측의 타당성을 검증하였음.
- 그림 4.46은 광주 진월지구 먼지배출량 검증 결과를 나타낸 것으로, 좌측 그래프는 광주 진월지구 환경영향평가상의 먼지발생량 예측결과를, 가운데 그래프는 본 연구에서 개발한 소프트웨어를 이용한 먼지농도 예측결과를, 우측 그래프는 광주 주월동의 환경측정소 먼지 농도(2018년 10월 평균값) 측정 결과를 각각 나타냄.
- 일반적으로 환경영향평가에서는 사업지구 내의 FPM 배출량과 사업지구 주변 측정소의 FPM 배출량을 합산한 결과로 사업지구 도시개발에 따른 먼지배출량을 평가하고 있음. 따라서 환경영향평가상의 방법에 따른 FPM 배출량에 의한 농도는 관내 0.0025㎍/㎥과 주변 측정소의 2018년 평균 44.72㎍/㎥을 합산한 44.7225㎍/㎥로 예측됨. 개발 소프트웨어를 이용한 광주 진월지구 FPM 발생농도는 관내 FPM 배출량에 의한 농도인 0.0025㎍/㎥과 관외 FPM 배출량에 의한 22.7151㎍/㎥을 합산한 22.7176㎍/㎥로 산정됨.
- 그러나 FPM과 함께 CPM 배출량을 고려하여 먼지배출량 모델링을 수행한 결과, 광주 진월지구 배출량에 의한 먼지농도는 35.8051㎍/㎥(관내 FPM 0.0025㎍/㎥+ 관외 FPM 22.7151㎍/㎥ + 관내 CPM 0.2391㎍/㎥ + 관외 CPM 12.8484㎍/㎥)로 예측됨. 개발 소프트웨어를 이용한 광주 진월지구 FPM 및 CPM 먼지발생농도 14.5676㎍/㎥은 광주 주월동의 2018년 10월 환경 측정소의 먼지농도인 37.3871㎍/㎥과 1.582㎍/㎥ (4.23%)의 농도 차이를 보이며, 이는 국외 장거리 이동에 의한 먼지의 영향으로 추정됨. 그림 4.47은 국가배경농도 측정데이터로 사용되는 인천 덕적도, 제주 서귀포와 충남 서산의 먼지발생량 농도를 나타낸 것으로, 세 지역의 관측 농도가 각각 30.4516㎍/㎥, 28.1935㎍/㎥, 29.5333㎍/㎥을 기록하여 국외 지역으로부터 먼지 유입을 확인할 수 있음. 따라서 본 연구의 소프트웨어 먼지발생량 모델링 결과값과 관측값의 차이는 국외 먼지의 장거리 이동에 따른 영향으로 추정하였음.



그림 4.46 광주 진월택지개발지구의 미세먼지 배출량 모델링결과(10월)

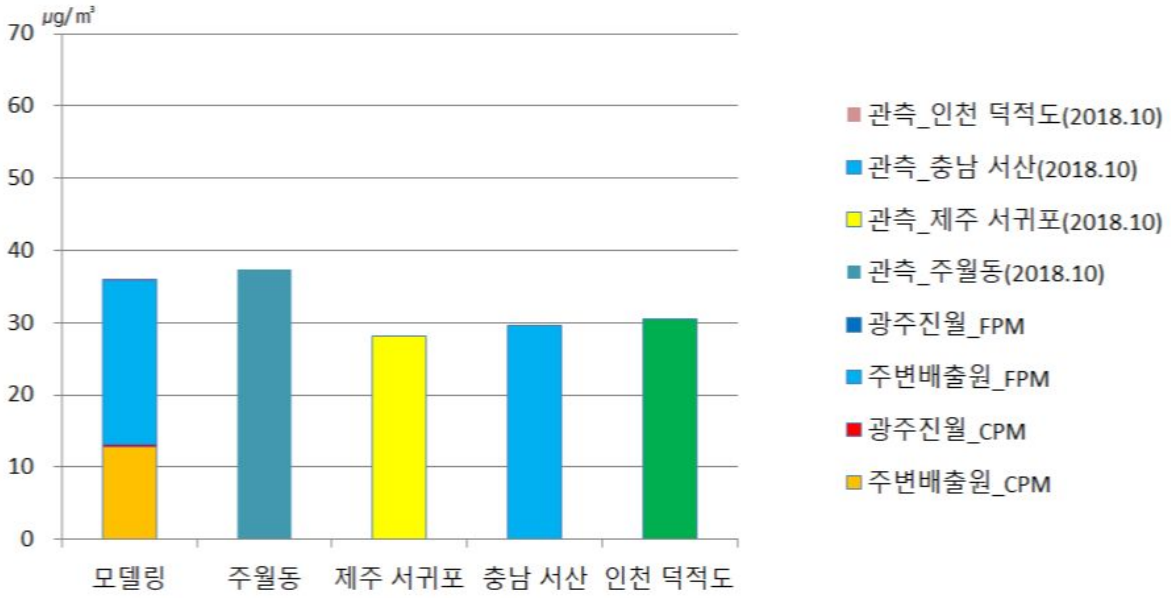


그림 4.47 광주 진월택지개발지구 및 대기오염물질 측정 관측값의 미세먼지 배출량 농도(10월)

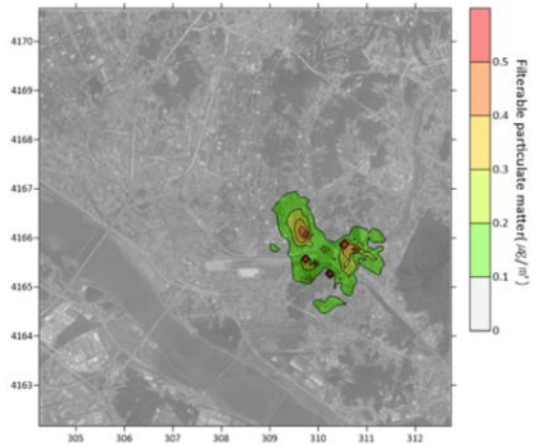
(나) 집단에너지 사용 지역의 모델링 결과분석 및 평가

① 고양시 행신지구

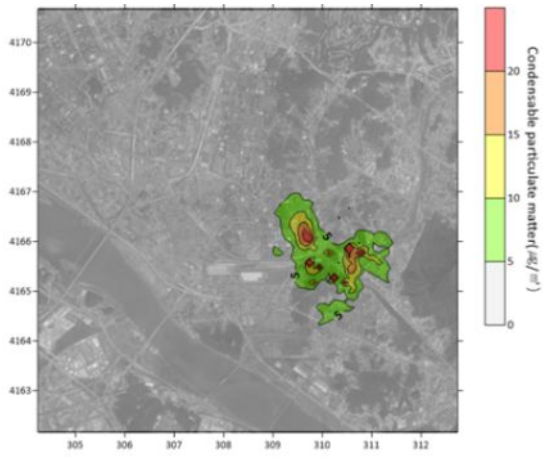
㉮ 2018년 3월

㉠ FPM 및 CPM 배출량 예측 결과

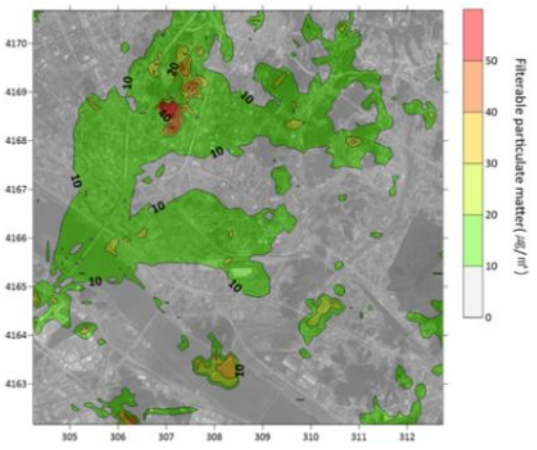
- 그림 4.48은 사례연구 지역인 고양 행신지구의 운영단계에서 발생하는 FPM 및 CPM 배출량을 분석대상 지역 관내와 관외 배출원 고려 여부로 구분하여 모델링(9 ㎞ x 9 ㎞)을 수행한 결과를 나타냄. 본 연구에서 개발한 소프트웨어를 이용하여 고양 행신지구 관내 배출원만을 고려하여 FPM 및 CPM 먼지배출량을 산출한 결과, FPM 농도는 0.0188㎍/㎥, CPM 농도는 1.0085㎍/㎥를 각각 예측되었음. 한편 고양 행신지구 관내 배출원을 제외하고 주변지역 배출원만을 고려하여 먼지 농도를 해석한 결과, FPM 농도는 8.9859㎍/㎥, CPM 농도는 20.5870㎍/㎥로 각각 예측되었음. 고양 행신지구 관내 배출원에 의한 FPM과 CPM의 합인 총 먼지(TPM)는 1.0273㎍/㎥(0.0188㎍/㎥ + 1.0085㎍/㎥)로, 관외 배출원에 의한 총 먼지(TPM)는 29.5729㎍/㎥(8.9859㎍/㎥ + 20.5870㎍/㎥)로 예측되었음.
- 따라서 고양 행신지구의 관내 및 관외 배출원에 의한 분석대상 지역의 먼지 배출농도는 30.6002㎍/㎥(1.0273㎍/㎥ + 29.5729㎍/㎥)로 예측되었음.



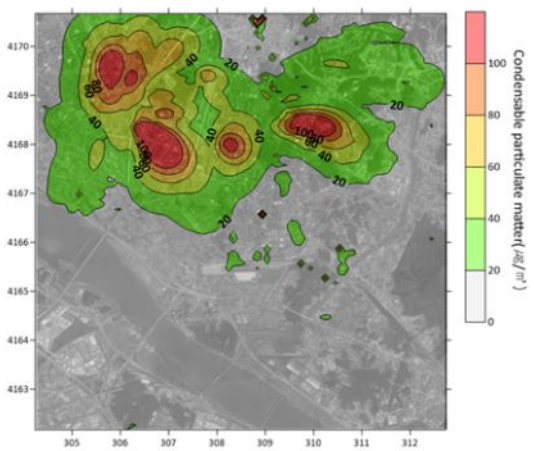
a. 관내 배출원에 의한 FPM 농도 예측 결과



b. 관내 배출원에 의한 CPM 농도 예측 결과



c. 관외 배출원에 의한 FPM 농도 예측 결과



d. 관외 배출원에 의한 CPM 농도 예측 결과

그림 4.48 고양시 행신지구 운영단계 먼지 배출량(㎍/㎥) 모델링 결과 (2018년 3월 평균)

㉡ FPM 및 CPM 배출량 검증 결과

- 개발 소프트웨어를 이용한 고양 행신지구 운영단계 FPM 및 CPM 배출량 예측 결과와 환경부 한국환경공단에서 측정 및 제공(http://www.airkorea.or.kr)하는 고양 행신동의 환경 측정소 데이터를 비교하여 개발 소프트웨어의 먼지 배출량 예측의 타당성을 검증하였음.
- 그림 4.49는 고양 행신지구 먼지배출량 검증 결과를 나타낸 것으로, 좌측 그래프는 고양 행신지구 환경영향평가상의 먼지발생량 예측결과를, 가운데 그래프는 본 연구에서 개발한 소프트웨어를 이용한 먼지농도 예측결과를, 우측 그래프는 고양 행신동의 환경측정소 먼지 농도(2018년 3월 평균값) 측정 결과를 각각 나타냄.
- 일반적으로 환경영향평가에서는 사업지구 내의 FPM 배출량과 사업지구 주변 측정소의 FPM 배출량을 합산한 결과로 사업지구 도시개발에 따른 먼지배출량을 평가하고 있음. 따라서 환경영향평가상의 방법에 따른 FPM 배출량에 의한 농도는 관내 0.0188㎍/㎥과 주변 측정소의 2018년 평균 47.28㎍/㎥을 합산한 47.2988㎍/㎥으로 예측됨. 개발 소프트웨어를 이용한 광주 진월지구 FPM 발생농도는 관내 FPM 배출량에 의한 농도인 0.0188㎍/㎥과 관외 FPM 배출량에 의한 8.9859㎍/㎥을 합산한 9.0047㎍/㎥로 산정됨.
- 그러나 FPM과 함께 CPM 배출량을 고려하여 먼지배출량 모델링을 수행한 결과, 고양 행신지구 배출량에 의한 먼지농도는 30.6002㎍/㎥(관내 FPM 0.0188㎍/㎥+ 관외 FPM 8.9859㎍/㎥ + 관내 CPM 1.0085㎍/㎥ + 관외 CPM 20.5870㎍/㎥)로 예측됨. 개발 소프트웨어를 이용한 고양 행신지구 FPM 및 CPM 먼지발생농도 30.6002㎍/㎥은 고양 행신동의 2018년 3월 환경 측정소의 먼지농도인 55.4516㎍/㎥과 24.8514㎍/㎥ (44.87%)의 농도 차이를 보이며, 이는 국외 장거리 이동에 의한 먼지의 영향으로 추정됨. 그림 4.50은 국가배경농도 측정데이터로 사용되는 인천 덕적도, 제주 서귀포와 충남 서산의 먼지발생량 농도를 나타낸 것으로, 세 지역의 관측 농도가 각각 39.0323㎍/㎥, 44.3226㎍/㎥, 45.5484㎍/㎥을 기록하여 국외 지역으로부터 먼지 유입을 확인할 수 있음. 따라서 본 연구의 소프트웨어 먼지발생량 모델링 결과값과 관측값의 차이는 국외 먼지의 장거리 이동에 따른 영향으로 추정하였음.

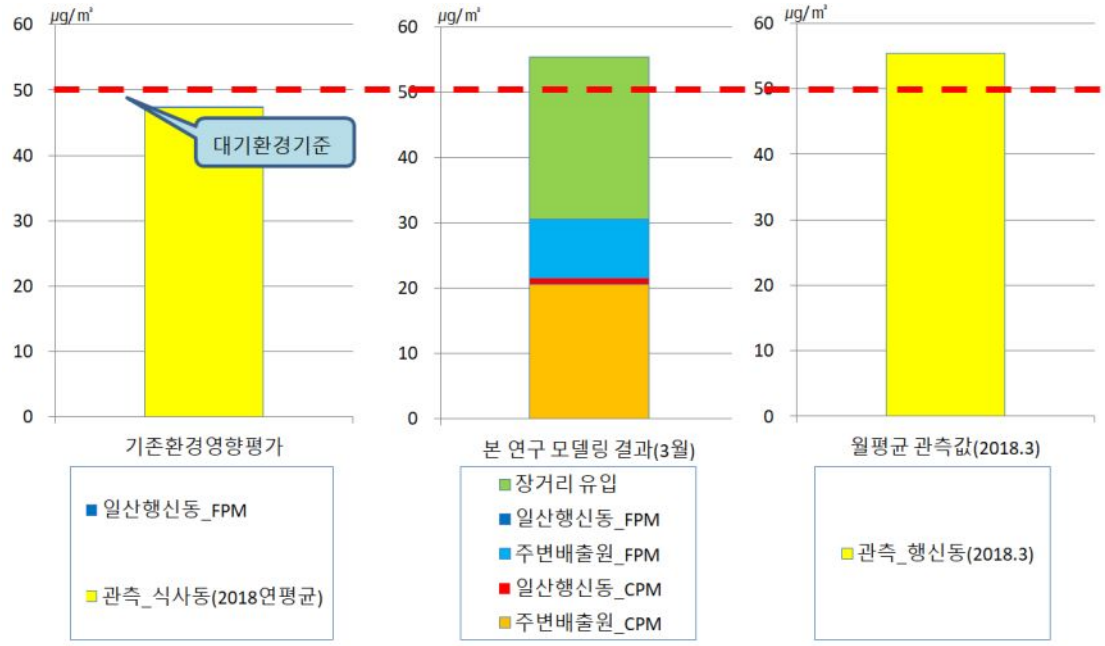


그림 4.49 고양 행신택지개발지구의 미세먼지 배출량 모델링결과(3월)

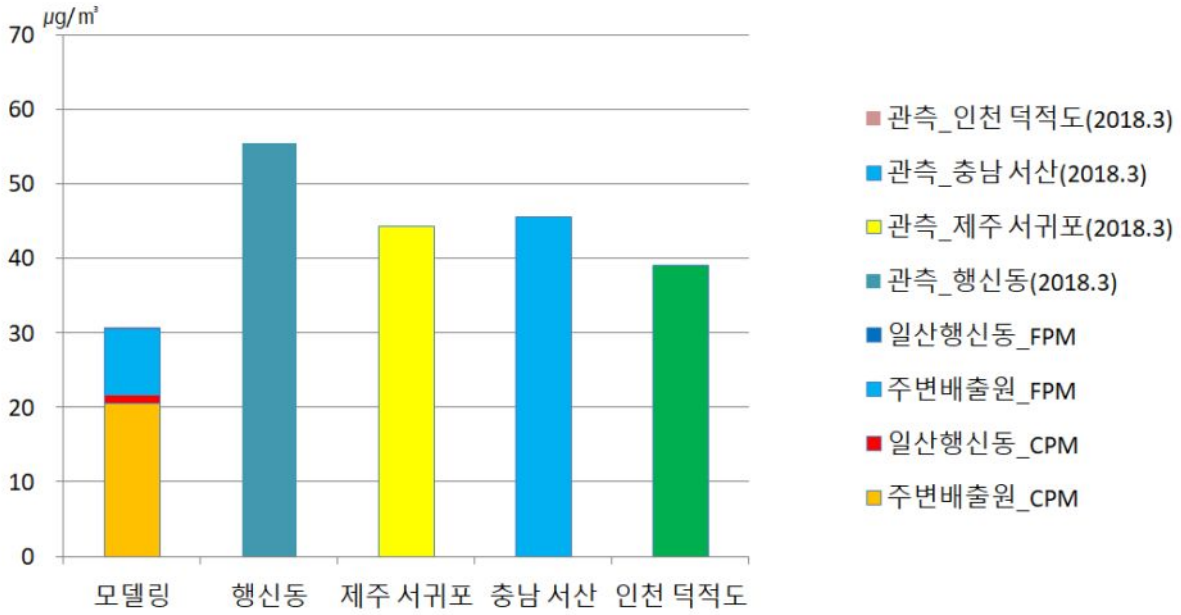
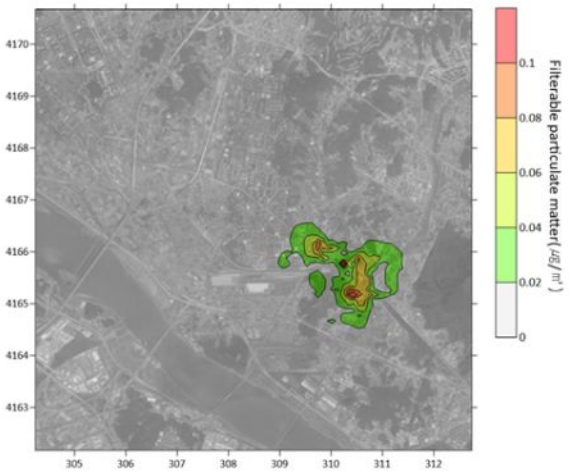


그림 4.50 고양 행신택지개발지구 및 대기오염물질 측정 관측값의 미세먼지 배출량 농도(3월)

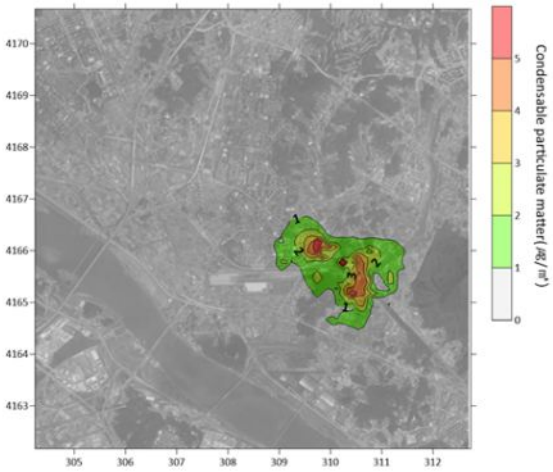
㉯ 2018년 6월

㉠ FPM 및 CPM 배출량 예측 결과

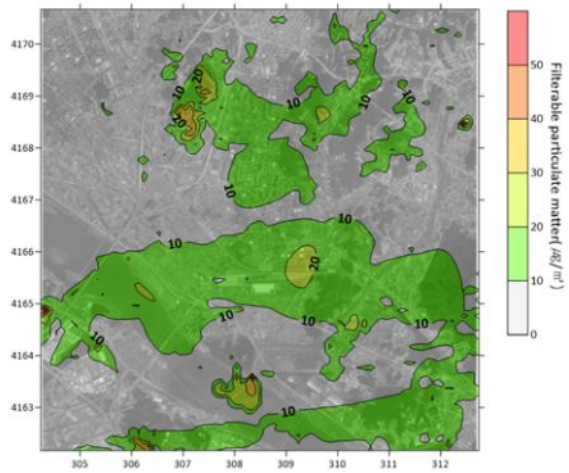
- 그림 4.51은 사례연구 지역인 고양 행신지구의 운영단계에서 발생하는 FPM 및 CPM 배출량을 분석대상 지역 관내와 관외 배출원 고려 여부로 구분하여 모델링(9 ㎞ x 9 ㎞)을 수행한 결과를 나타냄. 본 연구에서 개발한 소프트웨어를 이용하여 고양 행신지구 관내 배출원만을 고려하여 FPM 및 CPM 먼지배출량을 산출한 결과, FPM 농도는 0.0023㎍/㎥, CPM 농도는 0.2053㎍/㎥를 각각 예측되었음. 한편 고양 행신지구 관내 배출원을 제외하고 주변지역 배출원만을 고려하여 먼지 농도를 해석한 결과, FPM 농도는 9.1498㎍/㎥, CPM 농도는 8.5111㎍/㎥로 각각 예측되었음. 고양 행신지구 관내 배출원에 의한 FPM과 CPM의 합인 총 먼지(TPM)는 0.2076㎍/㎥(0.0023㎍/㎥ + 0.2053㎍/㎥)으로, 관외 배출원에 의한 총 먼지(TPM)는 17.6609㎍/㎥(9.1498㎍/㎥ + 8.5111㎍/㎥)로 예측되었음.
- 따라서 고양 행신지구의 관내 및 관외 배출원에 의한 분석대상 지역의 먼지 배출농도는 17.8685㎍/㎥(0.2076㎍/㎥ + 17.6809㎍/㎥)로 예측되었음.



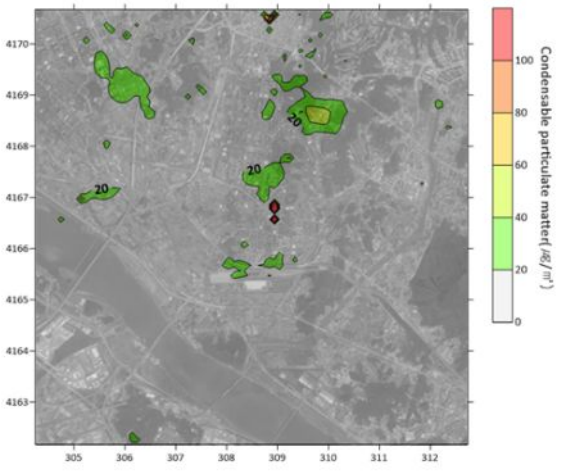
a. 관내 배출원에 의한 FPM 농도 예측 결과



b. 관내 배출원에 의한 CPM 농도 예측 결과



c. 관외 배출원에 의한 FPM 농도 예측 결과



d. 관외 배출원에 의한 CPM 농도 예측 결과

그림 4.51 광주 진월지구 운영단계 먼지 배출량(㎍/㎥) 모델링 결과 (2018년 6월 평균)

㉡ FPM 및 CPM 배출량 검증 결과

- 개발 소프트웨어를 이용한 고양 행신지구 운영단계 FPM 및 CPM 배출량 예측 결과와 환경부 한국환경공단에서 측정 및 제공(http://www.airkorea.or.kr)하는 고양 행신동의 환경 측정소 데이터를 비교하여 개발 소프트웨어의 먼지 배출량 예측의 타당성을 검증하였음.
- 그림 4.52는 고양 행신지구 먼지배출량 검증 결과를 나타낸 것으로, 좌측 그래프는 고양 행신지구 환경영향평가상의 먼지발생량 예측결과를, 가운데 그래프는 본 연구에서 개발한 소프트웨어를 이용한 먼지농도 예측결과를, 우측 그래프는 고양 행신동의 환경측정소 먼지 농도(2018년 6월 평균값) 측정 결과를 각각 나타냄.
- 일반적으로 환경영향평가에서는 사업지구 내의 FPM 배출량과 사업지구 주변 측정소의 FPM 배출량을 합산한 결과로 사업지구 도시개발에 따른 먼지배출량을 평가하고 있음. 따라서 환경영향평가상의 방법에 따른 FPM 배출량에 의한 농도는 관내 0.0023㎍/㎥과 주변 측정소의 2018년 평균 47.28㎍/㎥을 합산한 47.2823㎍/㎥으로 예측됨. 개발 소프트웨어를 이용한 광주 진월지구 FPM 발생농도는 관내 FPM 배출량에 의한 농도인 0.0023㎍/㎥과 관외 FPM 배출량에 의한 9.1498㎍/㎥을 합산한 9.1521㎍/㎥로 산정됨.
- 그러나 FPM과 함께 CPM 배출량을 고려하여 먼지배출량 모델링을 수행한 결과, 고양 행신지구 배출량에 의한 먼지농도는 17.8685㎍/㎥(관내 FPM 0.0023㎍/㎥+ 관외 FPM 9.1498㎍/㎥ + 관내 CPM 0.2053㎍/㎥ + 관외 CPM 8.5111㎍/㎥)로 예측됨. 개발 소프트웨어를 이용한 고양 행신지구 FPM 및 CPM 먼지발생농도 17.8685㎍/㎥은 고양 행신동의 2018년 6월 환경 측정소의 먼지농도인 29.6897㎍/㎥과 11.8212㎍/㎥ (39.82%)의 농도 차이를 보이며, 이는 국외 장거리 이동에 의한 먼지의 영향으로 추정됨. 그림 4.53은 국가배경농도 측정데이터로 사용되는 인천 덕적도, 제주 서귀포와 충남 서산의 먼지발생량 농도를 나타낸 것으로, 세 지역의 관측 농도가 각각 30.8333㎍/㎥, 35.8667㎍/㎥, 32.9333㎍/㎥을 기록하여 국외 지역으로부터 먼지 유입을 확인할 수 있음. 따라서 본 연구의 소프트웨어 먼지발생량 모델링 결과값과 관측값의 차이는 국외 먼지의 장거리 이동에 따른 영향으로 추정하였음.

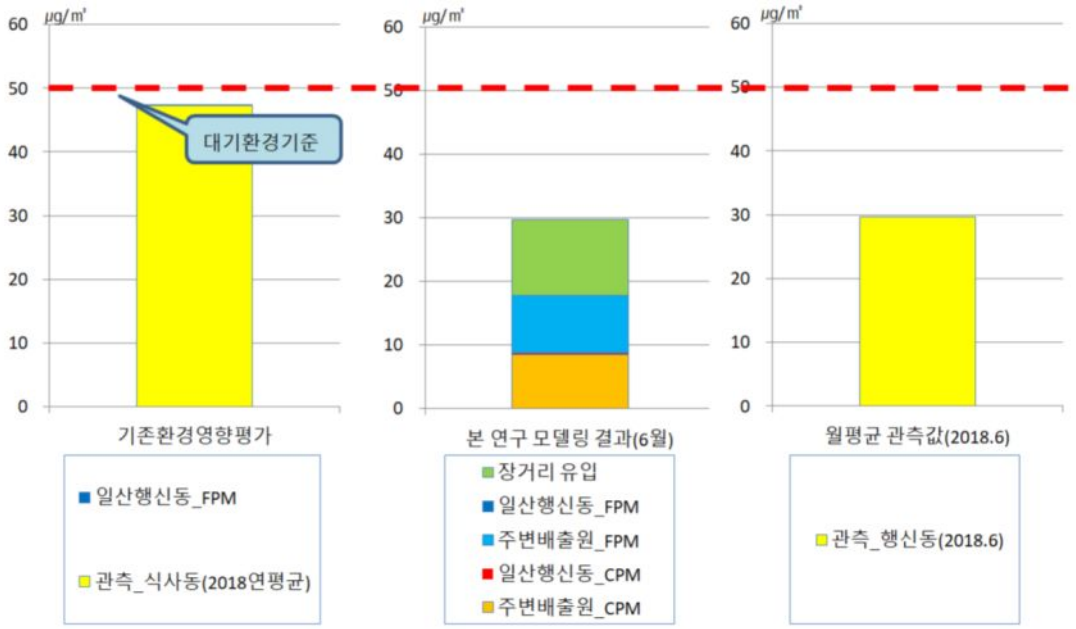


그림 4.52 고양 행신택지개발지구의 미세먼지 배출량 모델링결과(6월)

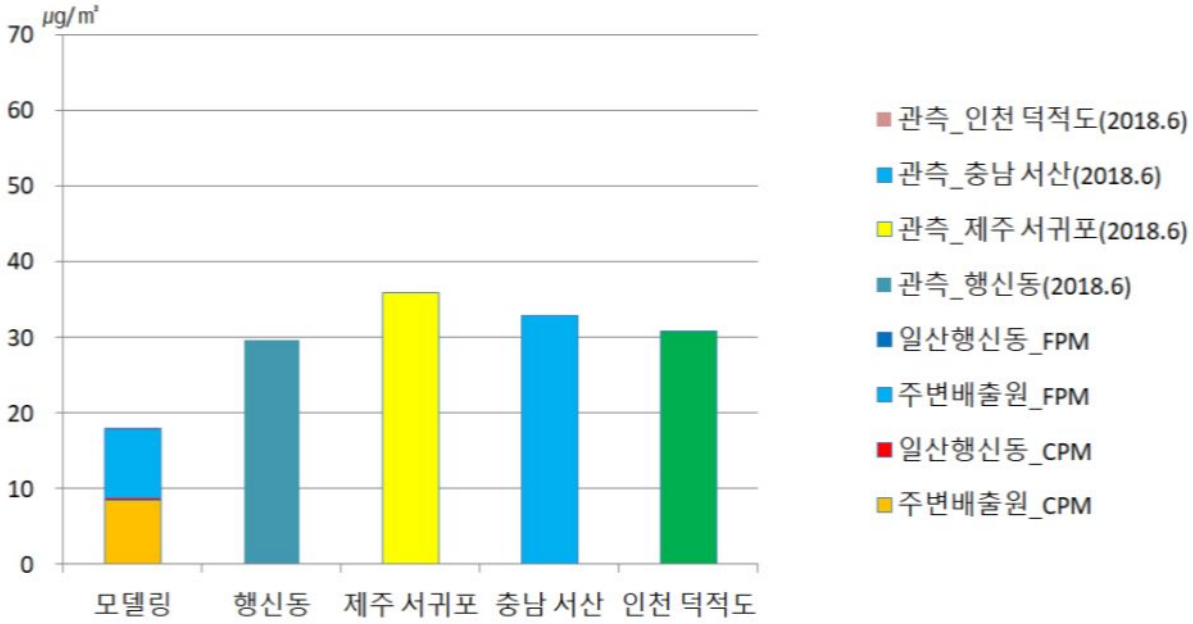
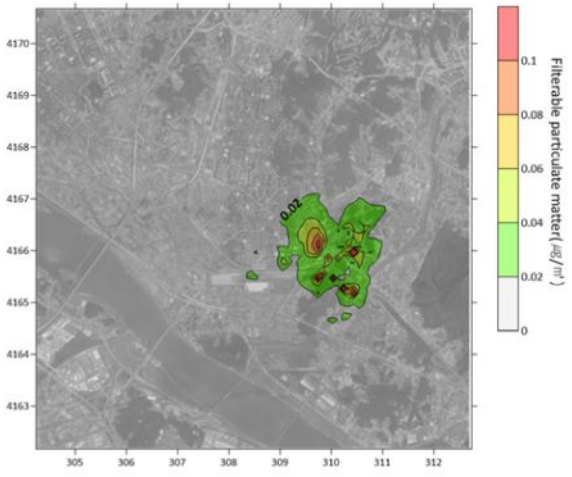


그림 4.53 고양 행신택지개발지구 및 대기오염물질 측정 관측값의 미세먼지 배출량 농도(6월)

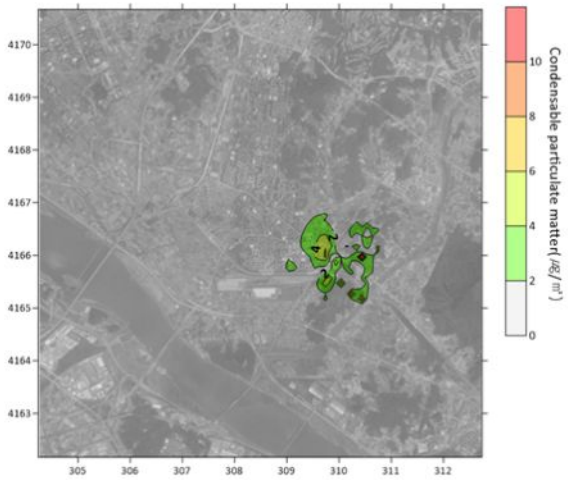
㈐ 2018년9월

㉠ FPM 및 CPM 배출량 예측 결과

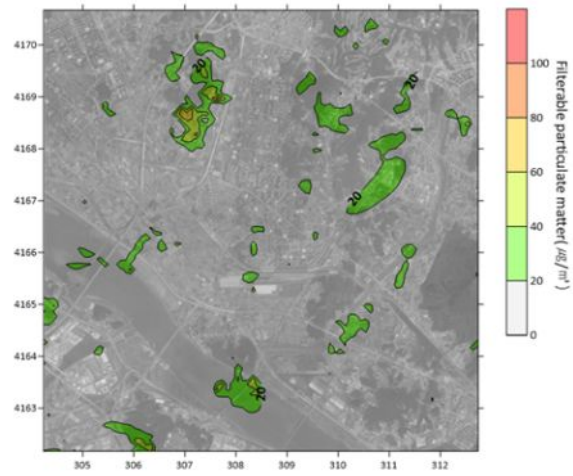
- 그림 4.54는 사례연구 지역인 고양 행신지구의 운영단계에서 발생하는 FPM 및 CPM 배출량을 분석대상 지역 관내와 관외 배출원 고려 여부로 구분하여 모델링(9 ㎞ x 9 ㎞)을 수행한 결과를 나타냄. 본 연구에서 개발한 소프트웨어를 이용하여 고양 행신지구 관내 배출원만을 고려하여 FPM 및 CPM 먼지배출량을 산출한 결과, FPM 농도는 0.0030㎍/㎥, CPM 농도는 0.2589㎍/㎥를 각각 예측되었음. 한편 고양 행신지구 관내 배출원을 제외하고 주변지역 배출원만을 고려하여 먼지 농도를 해석한 결과, FPM 농도는 11.2670㎍/㎥, CPM 농도는 7.8562㎍/㎥로 각각 예측되었음. 고양 행신지구 관내 배출원에 의한 FPM과 CPM의 합인 총 먼지(TPM)는 0.2619㎍/㎥(0.0030㎍/㎥ + 0.2589㎍/㎥)로, 관외 배출원에 의한 총 먼지(TPM)는 19.1232㎍/㎥(11.2670㎍/㎥ + 7.8562㎍/㎥)로 예측되었음.
- 따라서 고양 행신지구의 관내 및 관외 배출원에 의한 분석대상 지역의 먼지 배출농도는 19.3851㎍/㎥(0.2619㎍/㎥ + 19.1232㎍/㎥)로 예측되었음.



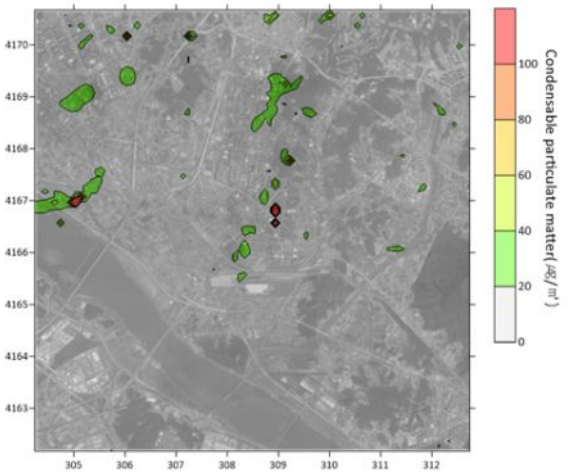
a. 관내 배출원에 의한 FPM 농도 예측 결과



b. 관내 배출원에 의한 CPM 농도 예측 결과



c. 관외 배출원에 의한 FPM 농도 예측 결과



d. 관외 배출원에 의한 CPM 농도 예측 결과

그림 4.54 고양 행신지구 운영단계 먼지 배출량(㎍/㎥) 모델링 결과 (2018년 9월 평균)

㉡ FPM 및 CPM 배출량 검증 결과

- 개발 소프트웨어를 이용한 고양 행신지구 운영단계 FPM 및 CPM 배출량 예측 결과와 환경부 한국환경공단에서 측정 및 제공(http://www.airkorea.or.kr)하는 고양 행신동의 환경 측정소 데이터를 비교하여 개발 소프트웨어의 먼지 배출량 예측의 타당성을 검증하였음.
- 그림 4.55는 고양 행신지구 먼지배출량 검증 결과를 나타낸 것으로, 좌측 그래프는 고양 행신지구 환경영향평가상의 먼지발생량 예측결과를, 가운데 그래프는 본 연구에서 개발한 소프트웨어를 이용한 먼지농도 예측결과를, 우측 그래프는 고양 행신동의 환경측정소 먼지 농도(2018년 9월 평균값) 측정 결과를 각각 나타냄.
- 일반적으로 환경영향평가에서는 사업지구 내의 FPM 배출량과 사업지구 주변 측정소의 FPM 배출량을 합산한 결과로 사업지구 도시개발에 따른 먼지배출량을 평가하고 있음. 따라서 환경영향평가상의 방법에 따른 FPM 배출량에 의한 농도는 관내 0.0030㎍/㎥과 주변 측정소의 2018년 평균 47.28㎍/㎥을 합산한 47.2830㎍/㎥으로 예측됨. 개발 소프트웨어를 이용한 광주 진월지구 FPM 발생농도는 관내 FPM 배출량에 의한 농도인 0.0030㎍/㎥과 관외 FPM 배출량에 의한 11.2670㎍/㎥을 합산한 11.2700㎍/㎥로 산정됨.
- 그러나 FPM과 함께 CPM 배출량을 고려하여 먼지배출량 모델링을 수행한 결과, 고양 행신지구 배출량에 의한 먼지농도는 11.2700㎍/㎥(관내 FPM 0.0030㎍/㎥+ 관외 FPM 11.2670㎍/㎥ + 관내 CPM 0.2589㎍/㎥ + 관외 CPM 7.8562㎍/㎥)로 예측됨. 개발 소프트웨어를 이용한 고양 행신지구 FPM 및 CPM 먼지발생농도 19.3851㎍/㎥은 고양 행신동의 2018년 9월 환경 측정소의 먼지농도인 20.4444㎍/㎥과 1.0593㎍/㎥ (5.18%)의 농도 차이를 보이며, 이는 국외 장거리 이동에 의한 먼지의 영향으로 추정됨. 그림 4.56은 국가배경농도 측정데이터로 사용되는 인천 덕적도, 제주 서귀포와 충남 서산의 먼지발생량 농도를 나타낸 것으로, 세 지역의 관측 농도가 각각 27.8621㎍/㎥, 20.7000㎍/㎥, 23.4667㎍/㎥을 기록하여 국외 지역으로부터 먼지 유입을 확인할 수 있음. 따라서 본 연구의 소프트웨어 먼지발생량 모델링 결과값과 관측값의 차이는 국외 먼지의 장거리 이동에 따른 영향으로 추정하였음.

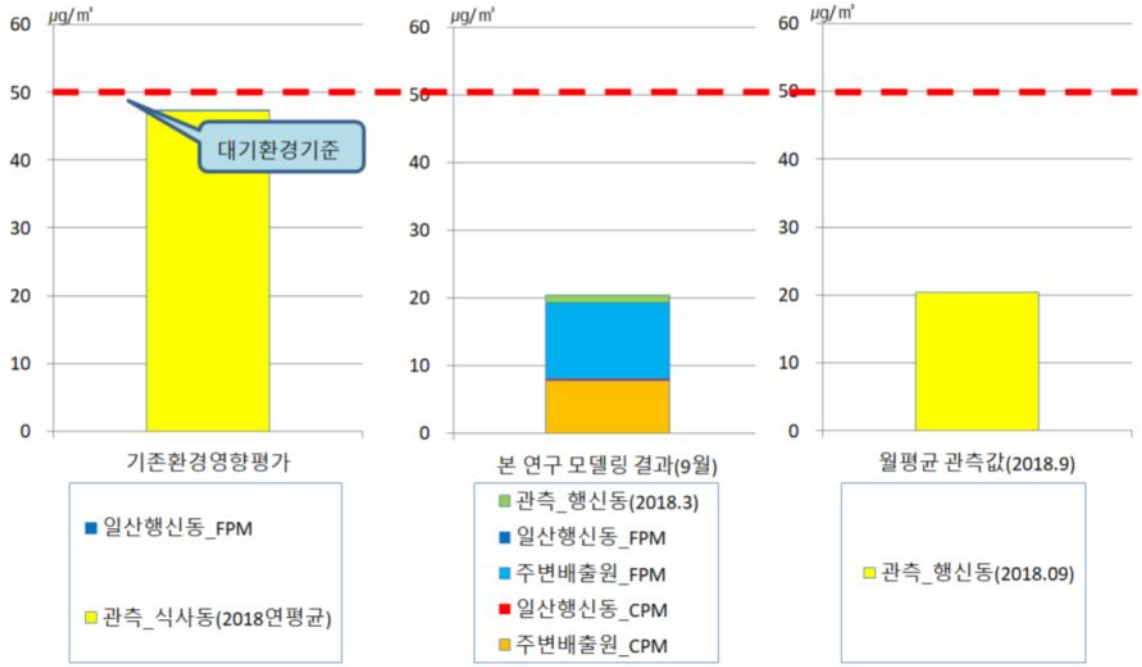


그림 4.55 고양 행신택지개발지구의 미세먼지 배출량 모델링결과(9월)

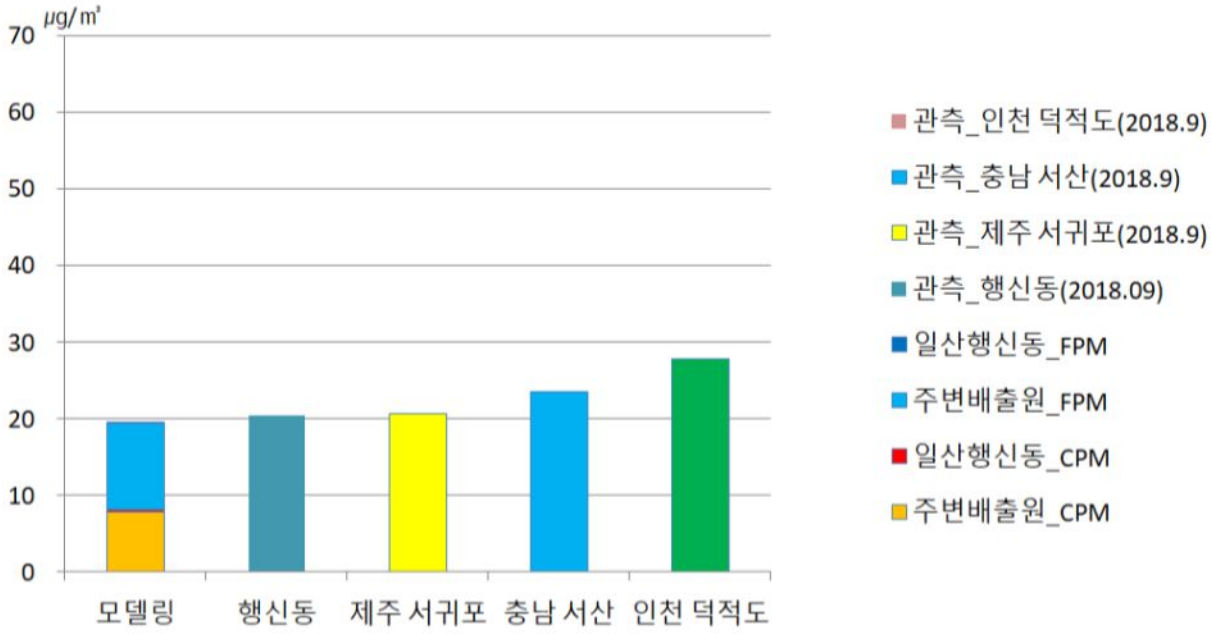


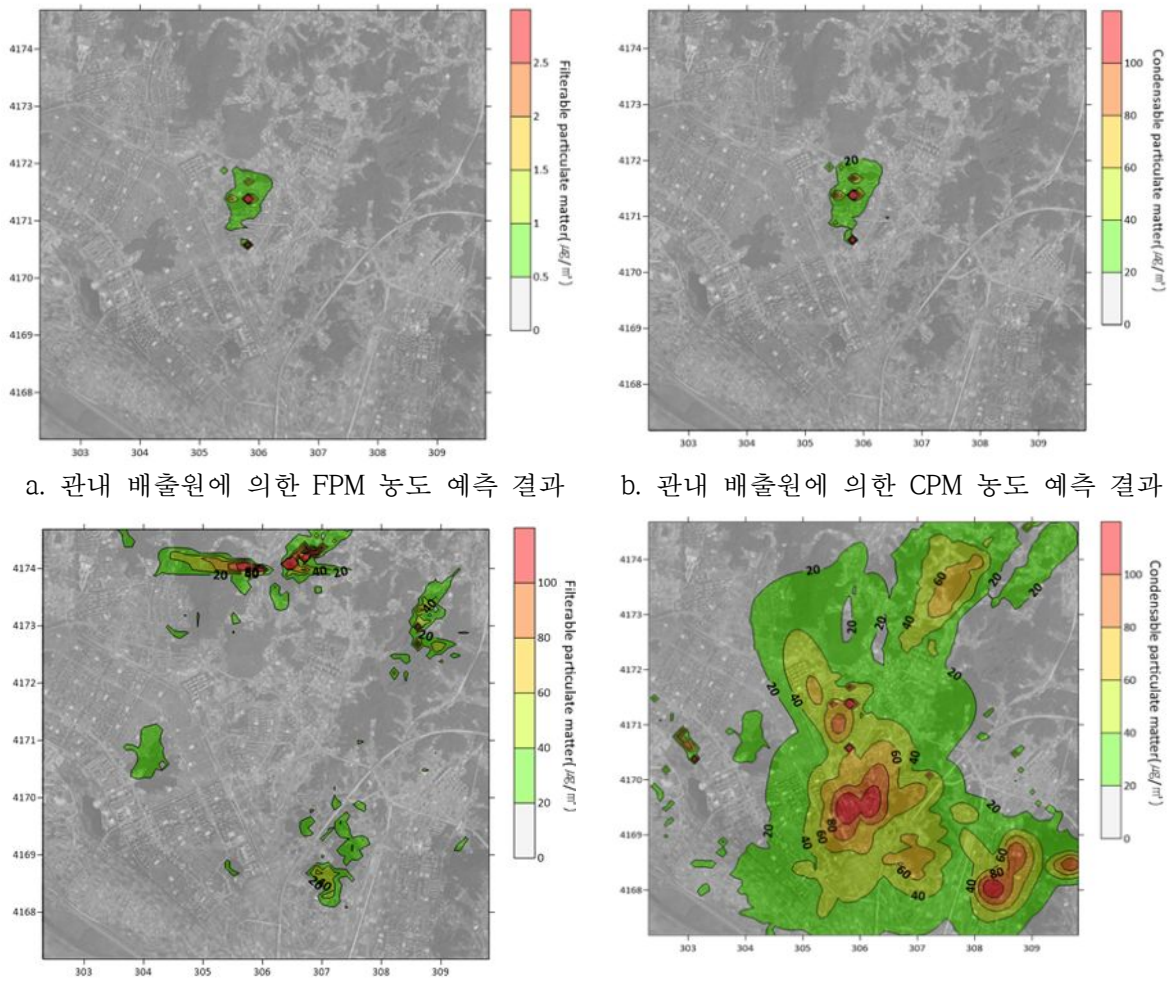
그림 4.56 고양 행신택지개발지구 및 대기오염물질 측정 관측값의 미세먼지 배출량 농도(9월)

② 고양시 풍동지구

㉮ 2018년 3월

㉠ FPM 및 CPM 배출량 예측 결과

- 그림 4.57은 사례연구 지역인 고양 풍동지구의 운영단계에서 발생하는 FPM 및 CPM 배출량을 분석대상 지역 관내와 관외 배출원 고려 여부로 구분하여 모델링(8 ㎞ x 8 ㎞)을 수행한 결과를 나타냄. 본 연구에서 개발한 소프트웨어를 이용하여 고양 행신지구 관내 배출원만을 고려하여 FPM 및 CPM 먼지배출량을 산출한 결과, FPM 농도는 0.0445㎍/㎥, CPM 농도는 2.3792㎍/㎥를 각각 예측되었음. 한편 고양 풍동지구 관내 배출원을 제외하고 주변지역 배출원만을 고려하여 먼지 농도를 해석한 결과, FPM 농도는 10.5776㎍/㎥, CPM 농도는 27.3593㎍/㎥로 각각 예측되었음. 고양 풍동지구 관내 배출원에 의한 FPM과 CPM의 합인 총 먼지(TPM)는 2.4237㎍/㎥(0.0445㎍/㎥ + 2.3792㎍/㎥)로, 관외 배출원에 의한 총 먼지(TPM)는 37.9369㎍/㎥(10.5776㎍/㎥ + 27.3593㎍/㎥)로 예측되었음.
- 따라서 고양 풍동지구 관내 및 관외 배출원에 의한 분석대상 지역의 먼지 배출농도는 40.3606㎍/㎥(2.4237㎍/㎥ + 37.9369㎍/㎥)로 예측되었음.



a. 관내 배출원에 의한 FPM 농도 예측 결과 b. 관내 배출원에 의한 CPM 농도 예측 결과

c. 관외 배출원에 의한 FPM 농도 예측 결과 d. 관외 배출원에 의한 CPM 농도 예측 결과

그림 4.57 고양 풍동지구 운영단계 먼지 배출량(㎍/㎥) 모델링 결과 (2018년 3월 평균)

㉡ FPM 및 CPM 배출량 검증 결과

- 개발 소프트웨어를 이용한 고양 풍동지구 운영단계 FPM 및 CPM 배출량 예측 결과와 환경부 한국환경공단에서 측정 및 제공(http://www.airkorea.or.kr)하는 고양 식사동의 환경 측정소 데이터를 비교하여 개발 소프트웨어의 먼지 배출량 예측의 타당성을 검증하였음.
- 그림 4.58은 고양 풍동지구 먼지배출량 검증 결과를 나타낸 것으로, 좌측 그래프는 고양 풍동지구 환경영향평가상의 먼지발생량 예측결과를, 가운데 그래프는 본 연구에서 개발한 소프트웨어를 이용한 먼지농도 예측결과를, 우측 그래프는 고양 식사동의 환경측정소 먼지 농도(2018년 3월 평균값) 측정 결과를 각각 나타냄.
- 일반적으로 환경영향평가에서는 사업지구 내의 FPM 배출량과 사업지구 주변 측정소의 FPM 배출량을 합산한 결과로 사업지구 도시개발에 따른 먼지배출량을 평가하고 있음. 따라서 환경영향평가상의 방법에 따른 FPM 배출량에 의한 농도는 관내 0.0045㎍/㎥과 주변 측정소의 2018년 평균 47.28㎍/㎥을 합산한 47.2845㎍/㎥으로 예측됨. 개발 소프트웨어를 이용한 광주 진월지구 FPM 발생농도는 관내 FPM 배출량에 의한 농도인 0.0045㎍/㎥과 관외 FPM 배출량에 의한 10.5776㎍/㎥을 합산한 10.6221㎍/㎥로 산정됨.
- 그러나 FPM과 함께 CPM 배출량을 고려하여 먼지배출량 모델링을 수행한 결과, 고양 풍동지구 배출량에 의한 먼지농도는 40.3606㎍/㎥(관내 FPM 0.0445㎍/㎥+ 관외 FPM 10.5776㎍/㎥ + 관내 CPM 2.3792㎍/㎥ + 관외 CPM 27.3593㎍/㎥)로 예측됨. 개발 소프트웨어를 이용한 고양 풍동지구 FPM 및 CPM 먼지발생농도 40.3606㎍/㎥은 고양 식사동의 2018년 9월 환경 측정소의 먼지농도인 52.7500㎍/㎥과 12.3894㎍/㎥ (23.49%)의 농도 차이를 보이며, 이는 국외 장거리 이동에 의한 먼지의 영향으로 추정됨. 그림 4.59는 국가배경농도 측정데이터로 사용되는 인천 덕적도, 제주 서귀포와 충남 서산의 먼지발생량 농도를 나타낸 것으로, 세 지역의 관측 농도가 각각 39.0323㎍/㎥, 44.3226㎍/㎥, 45.5484㎍/㎥을 기록하여 국외 지역으로부터 먼지 유입을 확인할 수 있음. 따라서 본 연구의 소프트웨어 먼지발생량 모델링 결과값과 관측값의 차이는 국외 먼지의 장거리 이동에 따른 영향으로 추정하였음.

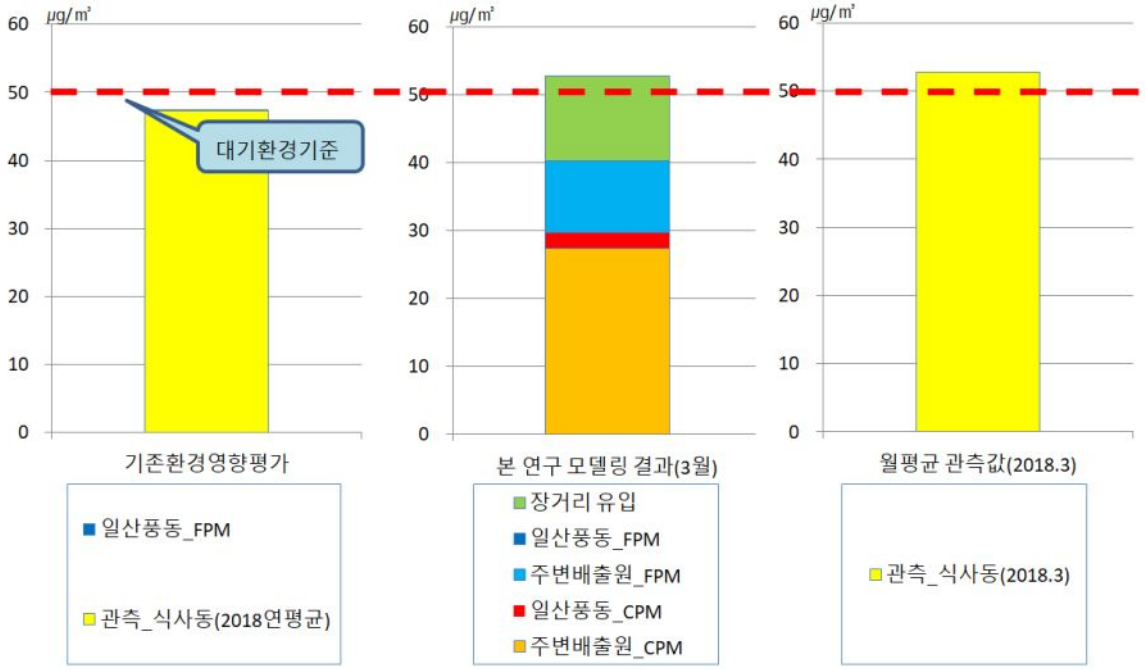


그림 4.58 고양 풍동택지개발지구의 미세먼지 배출량 모델링결과(3월)

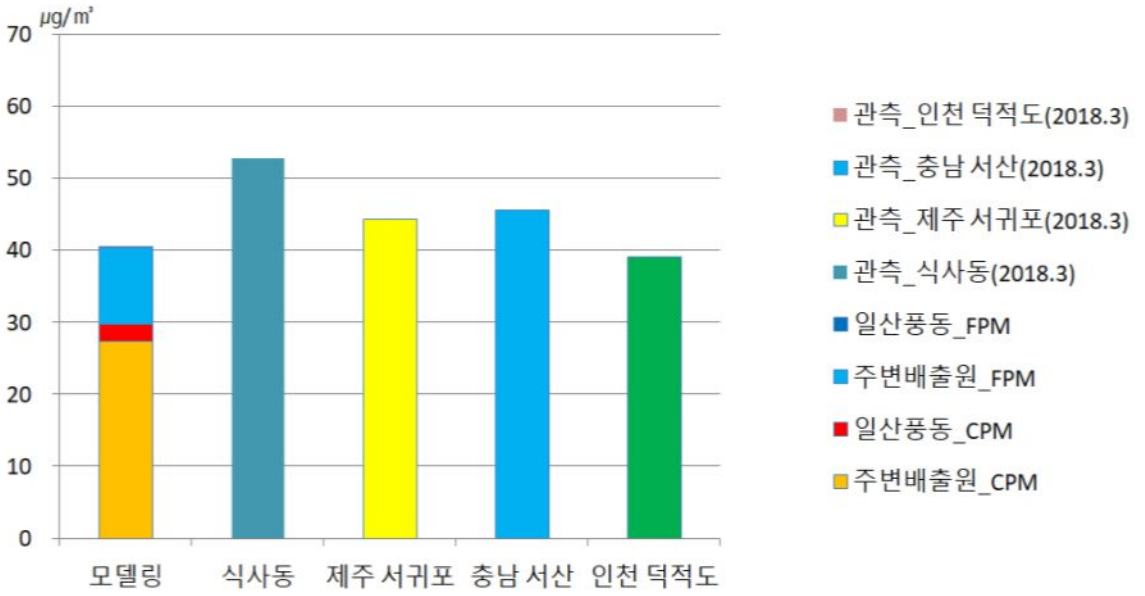
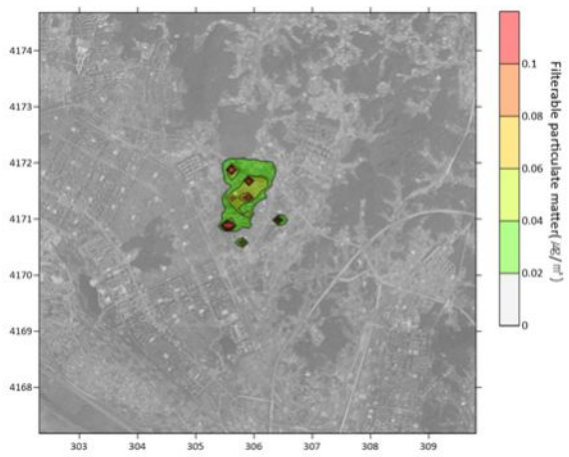


그림 4.59 고양 풍동택지개발지구 및 대기오염물질 측정 관측값의 미세먼지 배출량 농도(3월)

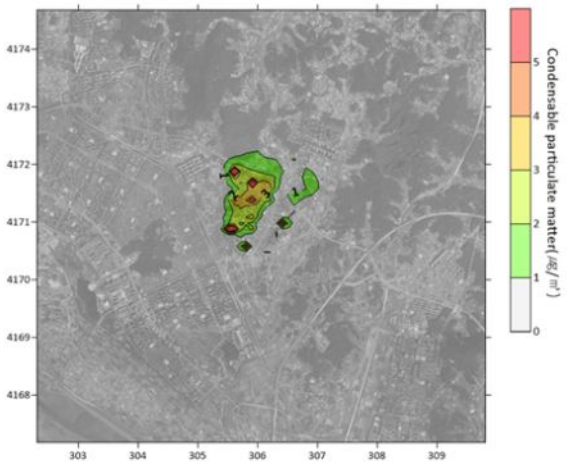
㉯ 2018년 6월

㉠ FPM 및 CPM 배출량 예측 결과

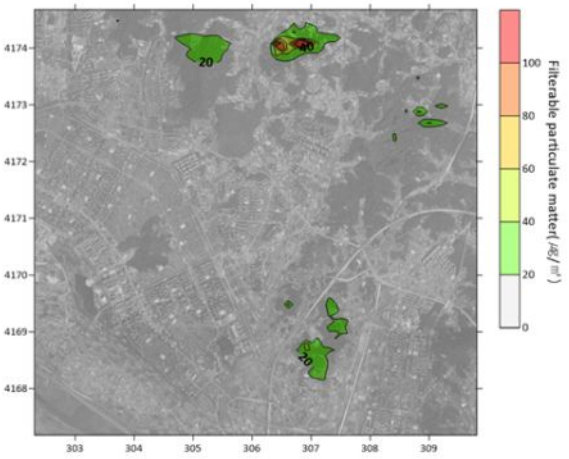
- 그림 4.60은 사례연구 지역인 고양 풍동지구의 운영단계에서 발생하는 FPM 및 CPM 배출량을 분석대상 지역 관내와 관외 배출원 고려 여부로 구분하여 모델링(8 ㎞ x 8 ㎞)을 수행한 결과를 나타냄. 본 연구에서 개발한 소프트웨어를 이용하여 고양 행신지구 관내 배출원만을 고려하여 FPM 및 CPM 먼지배출량을 산출한 결과, FPM 농도는 0.0017㎍/㎥, CPM 농도는 0.1933㎍/㎥를 각각 예측되었음. 한편 고양 풍동지구 관내 배출원을 제외하고 주변지역 배출원만을 고려하여 먼지 농도를 해석한 결과, FPM 농도는 6.9097㎍/㎥, CPM 농도는 8.6779㎍/㎥로 각각 예측되었음. 고양 풍동지구 관내 배출원에 의한 FPM과 CPM의 합인 총 먼지(TPM)는 0.1950㎍/㎥(0.0017㎍/㎥ + 0.1933㎍/㎥)으로, 관외 배출원에 의한 총 먼지(TPM)는 15.5876㎍/㎥(6.9097㎍/㎥ + 8.6779㎍/㎥)으로 예측되었음.
- 따라서 고양 풍동지구 관내 및 관외 배출원에 의한 분석대상 지역의 먼지 배출농도는 15.7826㎍/㎥(0.1950㎍/㎥ + 15.5876㎍/㎥)로 예측되었음.



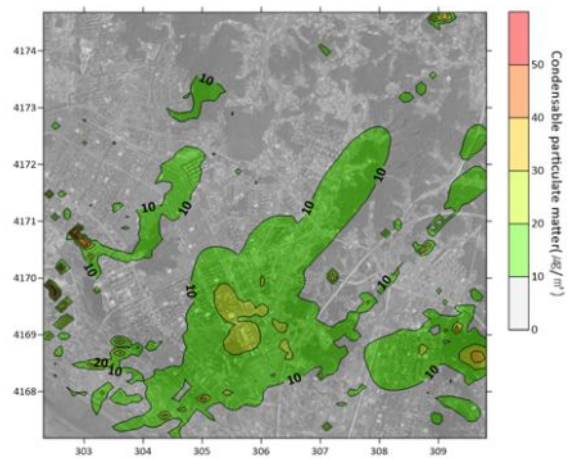
a. 관내 배출원에 의한 FPM 농도 예측 결과



b. 관내 배출원에 의한 CPM 농도 예측 결과



c. 관외 배출원에 의한 FPM 농도 예측 결과



d. 관외 배출원에 의한 CPM 농도 예측 결과

그림 4.60 고양 풍동지구 운영단계 먼지 배출량(㎍/㎥) 모델링 결과 (2018년 6월 평균)

㉡ FPM 및 CPM 배출량 검증 결과

- 개발 소프트웨어를 이용한 고양 풍동지구 운영단계 FPM 및 CPM 배출량 예측 결과와 환경부 한국환경공단에서 측정 및 제공(http://www.airkorea.or.kr)하는 고양 식사동의 환경 측정소 데이터를 비교하여 개발 소프트웨어의 먼지 배출량 예측의 타당성을 검증하였음.
- 그림 4.61은 고양 풍동지구 먼지배출량 검증 결과를 나타낸 것으로, 좌측 그래프는 고양 풍동지구 환경영향평가상의 먼지발생량 예측결과를, 가운데 그래프는 본 연구에서 개발한 소프트웨어를 이용한 먼지농도 예측결과를, 우측 그래프는 고양 식사동의 환경측정소 먼지 농도(2018년 6월 평균값) 측정 결과를 각각 나타냄.
- 일반적으로 환경영향평가에서는 사업지구 내의 FPM 배출량과 사업지구 주변 측정소의 FPM 배출량을 합산한 결과로 사업지구 도시개발에 따른 먼지배출량을 평가하고 있음. 따라서 환경영향평가상의 방법에 따른 FPM 배출량에 의한 농도는 관내 0.0017㎍/㎥과 주변 측정소의 2018년 평균 47.28㎍/㎥을 합산한 47.2817㎍/㎥으로 예측됨. 개발 소프트웨어를 이용한 광주 진월지구 FPM 발생농도는 관내 FPM 배출량에 의한 농도인 0.0017㎍/㎥과 관외 FPM 배출량에 의한 6.9097㎍/㎥을 합산한 6.9114㎍/㎥로 산정됨.
- 그러나 FPM과 함께 CPM 배출량을 고려하여 먼지배출량 모델링을 수행한 결과, 고양 풍동지구 배출량에 의한 먼지농도는 15.7826㎍/㎥(관내 FPM 0.0017㎍/㎥+ 관외 FPM 6.9097㎍/㎥ + 관내 CPM 0.1933㎍/㎥ + 관외 CPM 8.6779㎍/㎥)로 예측됨. 개발 소프트웨어를 이용한 고양 풍동지구 FPM 및 CPM 먼지발생농도 15.7826㎍/㎥은 고양 식사동의 2018년 6월 환경 측정소의 먼지농도인 30.2667㎍/㎥과 14.4541㎍/㎥ (47.85%)의 농도 차이를 보이며, 이는 국외 장거리 이동에 의한 먼지의 영향으로 추정됨. 그림 4.62는 국가배경농도 측정데이터로 사용되는 인천 덕적도, 제주 서귀포와 충남 서산의 먼지발생량 농도를 나타낸 것으로, 세 지역의 관측 농도가 각각 30.8333㎍/㎥, 35.8667㎍/㎥, 32.9333㎍/㎥을 기록하여 국외 지역으로부터 먼지 유입을 확인할 수 있음. 따라서 본 연구의 소프트웨어 먼지발생량 모델링 결과값과 관측값의 차이는 국외 먼지의 장거리 이동에 따른 영향으로 추정하였음.

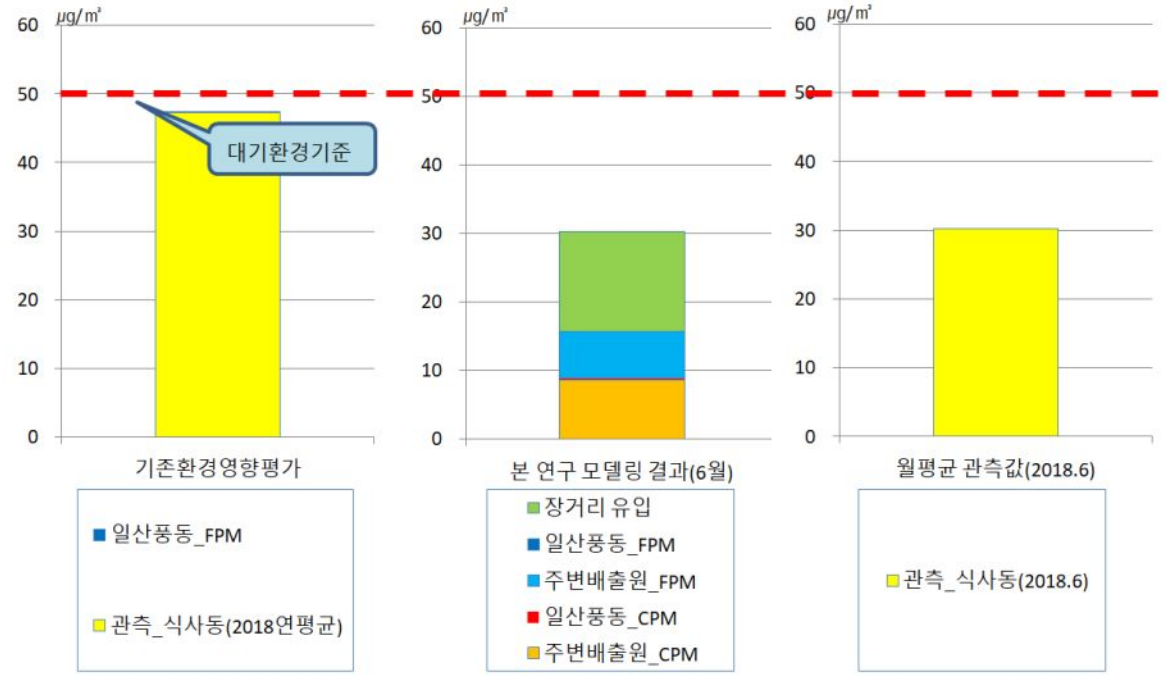


그림 4.61 고양 풍동택지개발지구의 미세먼지 배출량 모델링결과(6월)

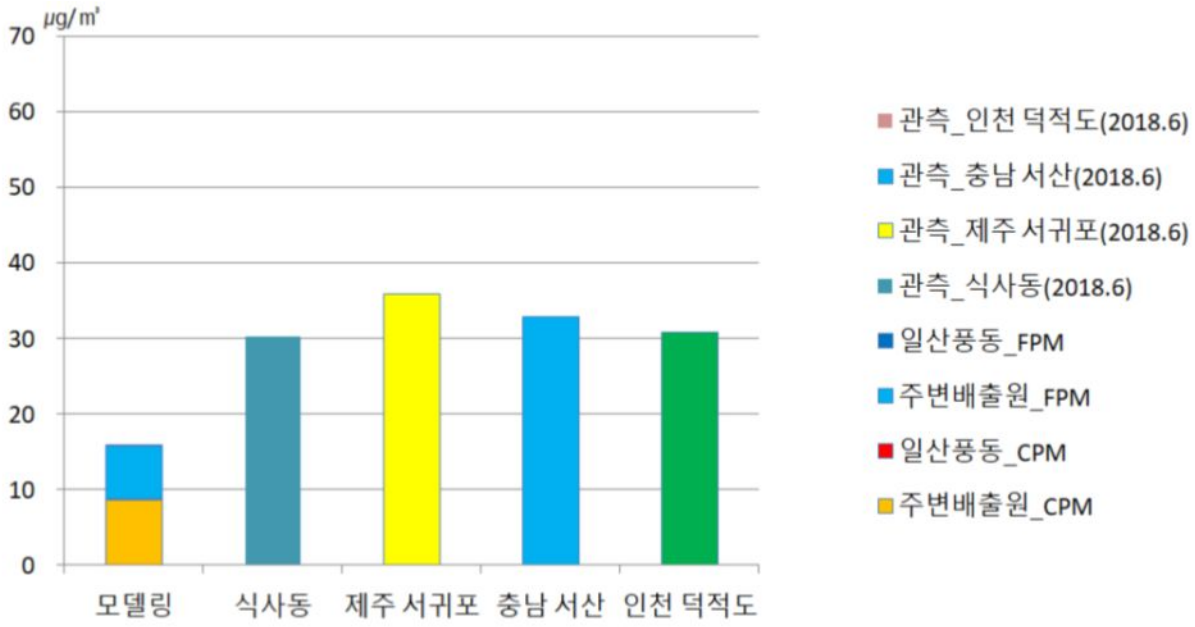
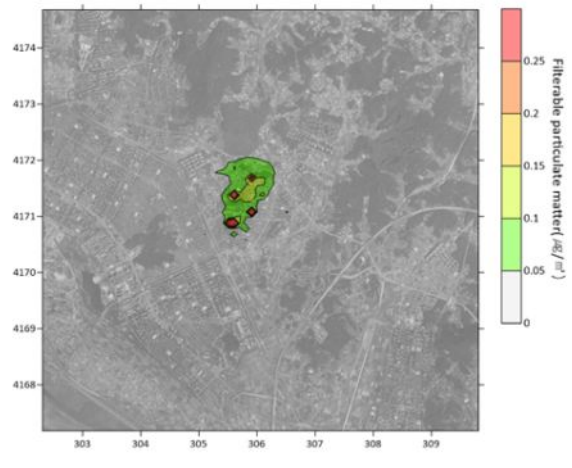


그림 4.62 고양 풍동택지개발지구 및 대기오염물질 측정 관측값의 미세먼지 배출량 농도(6월)

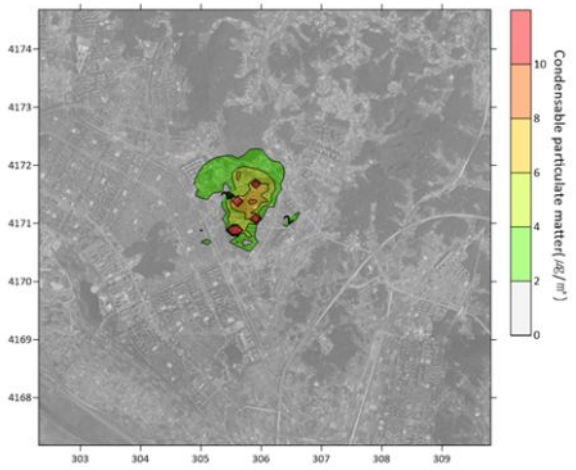
㈐ 2018년9월

㉠ FPM 및 CPM 배출량 예측 결과

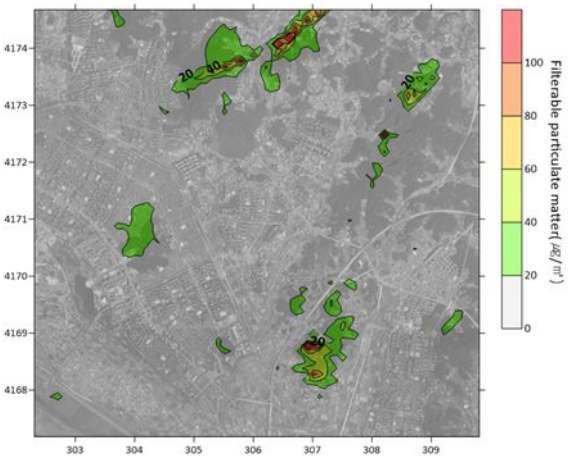
- 그림 4.63은 사례연구 지역인 고양 풍동지구의 운영단계에서 발생하는 FPM 및 CPM 배출량을 분석대상 지역 관내와 관외 배출원 고려 여부로 구분하여 모델링(8 ㎞ x 8 ㎞)을 수행한 결과를 나타냄. 본 연구에서 개발한 소프트웨어를 이용하여 고양 행신지구 관내 배출원만을 고려하여 FPM 및 CPM 먼지배출량을 산출한 결과, FPM 농도는 0.0048㎍/㎥, CPM 농도는 0.3884㎍/㎥를 각각 예측되었음. 한편 고양 풍동지구 관내 배출원을 제외하고 주변지역 배출원만을 고려하여 먼지 농도를 해석한 결과, FPM 농도는 10.4189㎍/㎥, CPM 농도는 10.4752㎍/㎥로 각각 예측되었음. 고양 풍동지구 관내 배출원에 의한 FPM과 CPM의 합인 총 먼지(TPM)는 0.3932㎍/㎥(0.0048㎍/㎥ + 0.3884㎍/㎥)로, 관외 배출원에 의한 총 먼지(TPM)는 20.8941㎍/㎥(10.4189㎍/㎥ + 10.4752㎍/㎥)로 예측되었음.
- 따라서 고양 풍동지구 관내 및 관외 배출원에 의한 분석대상 지역의 먼지 배출농도는 21.2873㎍/㎥(0.3932㎍/㎥ + 20.8941㎍/㎥)로 예측되었음.



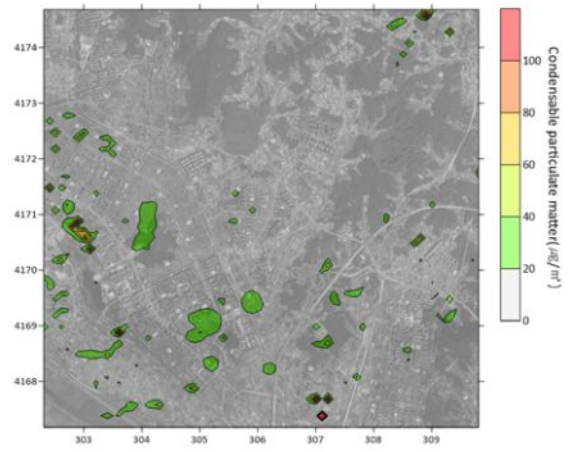
a. 관내 배출원에 의한 FPM 농도 예측 결과



b. 관내 배출원에 의한 CPM 농도 예측 결과



c. 관외 배출원에 의한 FPM 농도 예측 결과



d. 관외 배출원에 의한 CPM 농도 예측 결과

그림 4.63 고양 풍동지구 운영단계 먼지 배출량(㎍/㎥) 모델링 결과 (2018년 9월 평균)

㉡ FPM 및 CPM 배출량 검증 결과

- 개발 소프트웨어를 이용한 고양 풍동지구 운영단계 FPM 및 CPM 배출량 예측 결과와 환경부 한국환경공단에서 측정 및 제공(http://www.airkorea.or.kr)하는 고양 식사동의 환경 측정소 데이터를 비교하여 개발 소프트웨어의 먼지 배출량 예측의 타당성을 검증하였음.
- 그림 4.64는 고양 풍동지구 먼지배출량 검증 결과를 나타낸 것으로, 좌측 그래프는 고양 풍동지구 환경영향평가상의 먼지발생량 예측결과를, 가운데 그래프는 본 연구에서 개발한 소프트웨어를 이용한 먼지농도 예측결과를, 우측 그래프는 고양 식사동의 환경측정소 먼지 농도(2018년 9월 평균값) 측정 결과를 각각 나타냄.
- 일반적으로 환경영향평가에서는 사업지구 내의 FPM 배출량과 사업지구 주변 측정소의 FPM 배출량을 합산한 결과로 사업지구 도시개발에 따른 먼지배출량을 평가하고 있음. 따라서 환경영향평가상의 방법에 따른 FPM 배출량에 의한 농도는 관내 0.0048㎍/㎥과 주변 측정소의 2018년 평균 47.28㎍/㎥을 합산한 47.2848㎍/㎥으로 예측됨. 개발 소프트웨어를 이용한 광주 진월지구 FPM 발생농도는 관내 FPM 배출량에 의한 농도인 0.0048㎍/㎥과 관외 FPM 배출량에 의한 10.4189㎍/㎥을 합산한 10.4237㎍/㎥로 산정됨.
- 그러나 FPM과 함께 CPM 배출량을 고려하여 먼지배출량 모델링을 수행한 결과, 고양 풍동지구 배출량에 의한 먼지농도는 21.2873㎍/㎥(관내 FPM 0.0048㎍/㎥+ 관외 FPM 10.4189㎍/㎥ + 관내 CPM 0.3884㎍/㎥ + 관외 CPM 10.4752㎍/㎥)로 예측됨. 개발 소프트웨어를 이용한 고양 풍동지구 FPM 및 CPM 먼지발생농도 21.2873㎍/㎥은 고양 식사동의 2018년 9월 환경 측정소의 먼지농도인 27.0667㎍/㎥과 5.7794㎍/㎥ (21.35%)의 농도 차이를 보이며, 이는 국외 장거리 이동에 의한 먼지의 영향으로 추정됨. 그림 4.65는 국가배경농도 측정데이터로 사용되는 인천 덕적도, 제주 서귀포와 충남 서산의 먼지발생량 농도를 나타낸 것으로, 세 지역의 관측 농도가 각각 27.8621㎍/㎥, 20.7000㎍/㎥, 23.4667㎍/㎥을 기록하여 국외 지역으로부터 먼지 유입을 확인할 수 있음. 따라서 본 연구의 소프트웨어 먼지발생량 모델링 결과값과 관측값의 차이는 국외 먼지의 장거리 이동에 따른 영향으로 추정하였음.

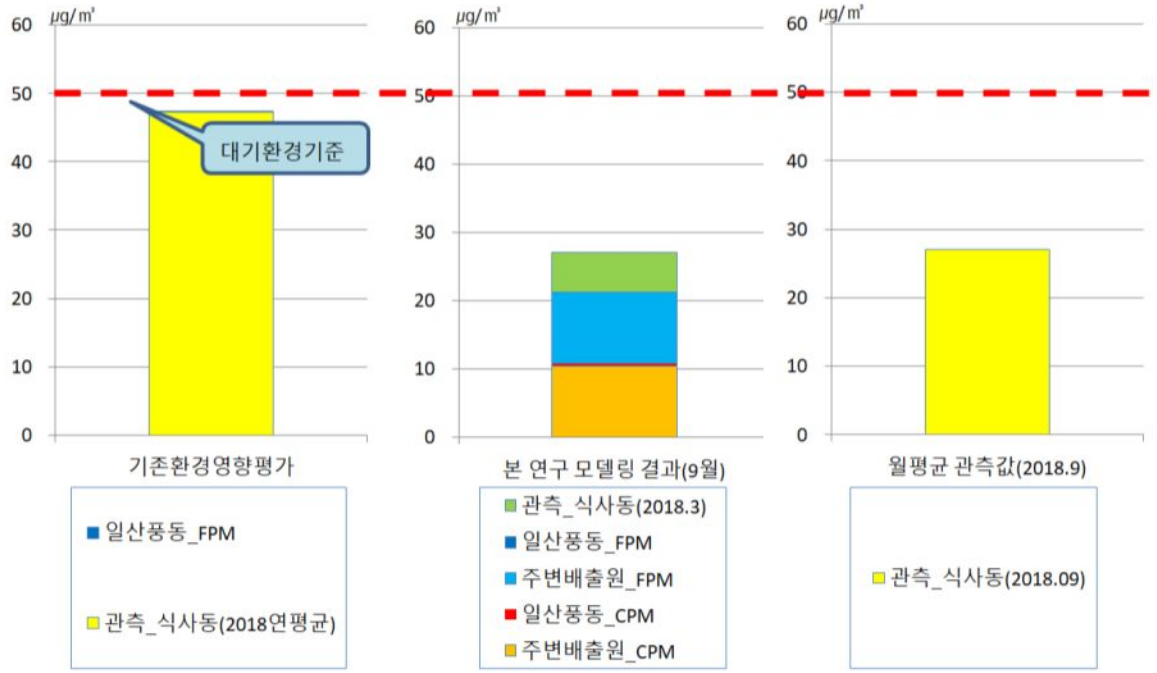


그림 4.64 고양 풍동택지개발지구의 미세먼지 배출량 모델링결과(9월)

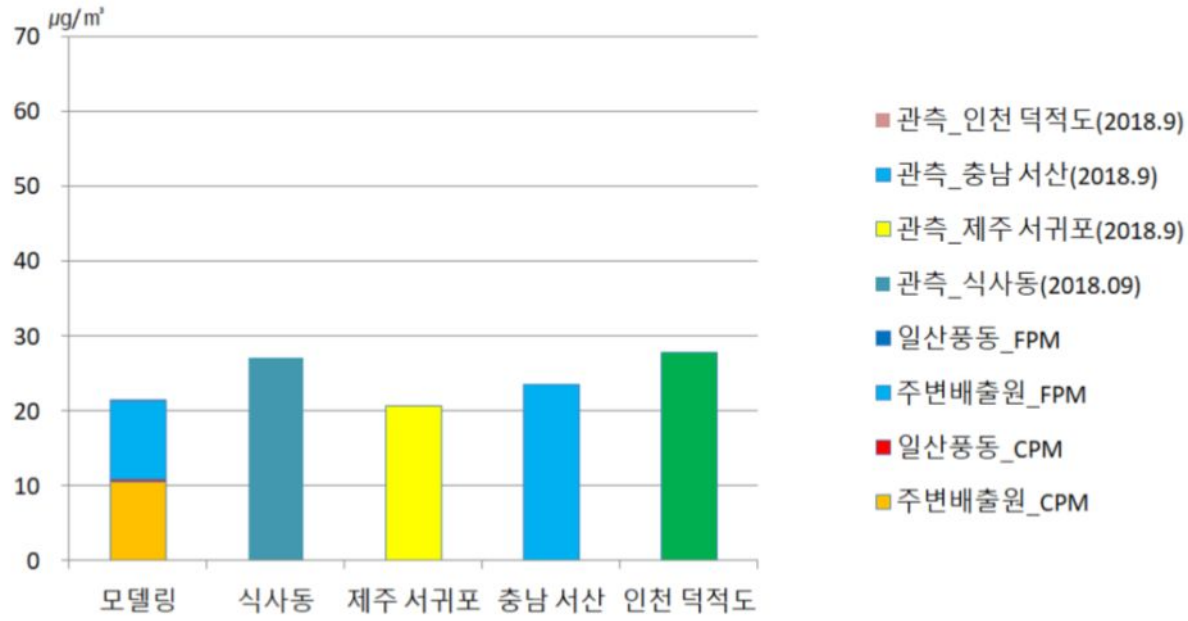


그림 4.65 고양 풍동택지개발지구 및 대기오염물질 측정 관측값의 미세먼지 배출량 농도(9월)

(다) 국가배경농도와의 비교

① 군포 부곡지구

기간	내 용
2018년 1월	• 개발 소프트웨어를 이용한 부곡택지개발지구 FPM 및 CPM 먼지발생농도 25.7217㎍/㎥은 부곡3동의 2018년1월 환경 측정소의 먼지농도인 58.87㎍/㎥과 33.1483㎍/㎥ (56.3%)의 농도 차이를 보임. • 이는 국외 장거리 이동에 의한 먼지의 영향으로 추정됨. • 그림 4.14는 국가배경농도 측정데이터로 사용되는 인천 덕적도, 제주 서귀포와 충남 서산의 먼지발생량 농도를 나타낸 것으로, 세 지역의 관측 농도가 각각 31.55㎍/㎥, 41.77㎍/㎥, 47.26㎍/㎥을 기록하여 국외 지역으로부터 먼지 유입을 확인할 수 있음.
2018년 4월	• 개발 소프트웨어를 이용한 부곡택지개발지구 FPM 및 CPM 먼지발생농도 20.3593㎍/㎥은 부곡3동의 2018년4월 환경 측정소의 먼지농도인 66.70㎍/㎥과 46.3407㎍/㎥ (69.48%)의 농도 차이를 보임. • 이는 국외 장거리 이동에 의한 먼지의 영향으로 추정됨. • 그림 4.17은 국가배경농도 측정데이터로 사용되는 인천 덕적도, 제주 서귀포와 충남 서산의 먼지발생량 농도를 나타낸 것으로, 세 지역의 관측 농도가 각각 43.7333㎍/㎥, 58.6667㎍/㎥, 44.5333㎍/㎥을 기록하여 국외 지역으로부터 먼지 유입을 확인할 수 있음.
2018년 7월	• 개발 소프트웨어를 이용한 부곡택지개발지구 FPM 및 CPM 먼지발생농도 16.4026㎍/㎥은 부곡3동의 2018년7월 환경 측정소의 먼지농도인 28.6452㎍/㎥과 12.2426㎍/㎥ (42.74%)의 농도 차이를 보임. • 이는 국외 장거리 이동에 의한 먼지의 영향으로 추정됨. • 그림 4.20은 국가배경농도 측정데이터로 사용되는 인천 덕적도, 제주 서귀포와 충남 서산의 먼지발생량 농도를 나타낸 것으로, 세 지역의 관측 농도가 각각 43.7333㎍/㎥, 58.6667㎍/㎥, 44.5333㎍/㎥을 기록하여 국외 지역으로부터 먼지 유입을 확인할 수 있음.
2018년 10월	• 개발 소프트웨어를 이용한 부곡택지개발지구 FPM 및 CPM 먼지발생농도 21.1192㎍/㎥은 부곡3동의 2018년10월 환경 측정소의 먼지농도인 36.0645㎍/㎥과 14.9453㎍/㎥ (41.44%)의 농도 차이를 보이며, 이는 국외 장거리 이동에 의한 먼지의 영향으로 추정됨. 그림 4.23은 국가배경농도 측정데이터로 사용되는 인천 덕적도, 제주 서귀포와 충남 서산의 먼지발생량 농도를 나타낸 것으로, 세 지역의 관측 농도가 각각 30.4516㎍/㎥, 28.1935㎍/㎥, 29.5333㎍/㎥을 기록하여 국외 지역으로부터 먼지 유입을 확인할 수 있음.

② 대구 율하지구

기간	내 용
2018년 1월	• 개발 소프트웨어를 이용한 대구 율하지구 FPM 및 CPM 먼지발생농도 32.2353㎍/㎥은 대구 서호동의 2018년 1월 환경 측정소의 먼지농도인 46.3142㎍/㎥과 14.0789㎍/㎥ (30.40%)의 농도 차이를 보임. • 이는 국외 장거리 이동에 의한 먼지의 영향으로 추정됨. • 그림 4.26은 국가배경농도 측정데이터로 사용되는 인천 덕적도, 제주 서귀포와 충남 서산의 먼지발생량 농도를 나타낸 것으로, 세 지역의 관측 농도가 각각 47.2581㎍/㎥, 31.5484㎍/㎥, 41.7742㎍/㎥을 기록하여 국외 지역으로부터 먼지 유입을 확인할 수 있음.
2018년 4월	• 개발 소프트웨어를 이용한 대구 율하지구 FPM 및 CPM 먼지발생농도 23.8894㎍/㎥은 대구 서호동의 2018년 4월 환경 측정소의 먼지농도인 58.9033㎍/㎥과 35.0139㎍/㎥ (59.44%)의 농도 차이를 보임. • 이는 국외 장거리 이동에 의한 먼지의 영향으로 추정됨. • 그림 4.29는 국가배경농도 측정데이터로 사용되는 인천 덕적도, 제주 서귀포와 충남 서산의 먼지발생량 농도를 나타낸 것으로, 세 지역의 관측 농도가 각각 43.7333㎍/㎥, 58.6667㎍/㎥, 44.5333㎍/㎥을 기록하여 국외 지역으로부터 먼지 유입을 확인할 수 있음.
2018년 7월	• 발 소프트웨어를 이용한 대구 율하지구 FPM 및 CPM 먼지발생농도 8.9437㎍/㎥은 대구 서호동의 2018년 7월 환경 측정소의 먼지농도인 27.0179㎍/㎥과 18.0742㎍/㎥ (66.90%)의 농도 차이를 보임. • 이는 국외 장거리 이동에 의한 먼지의 영향으로 추정됨. • 그림 4.32는 국가배경농도 측정데이터로 사용되는 인천 덕적도, 제주 서귀포와 충남 서산의 먼지발생량 농도를 나타낸 것으로, 세 지역의 관측 농도가 각각 23.4516㎍/㎥, 34.5806㎍/㎥, 23.7931㎍/㎥을 기록하여 국외 지역으로부터 먼지 유입을 확인할 수 있음.
2018년 10월	• 개발 소프트웨어를 이용한 대구 율하지구 FPM 및 CPM 먼지발생농도 24.0672㎍/㎥은 대구 서호동의 2018년 10월 환경 측정소의 먼지농도인 13.6973㎍/㎥과 ㎍/㎥ (36.27%)의 농도 차이를 보임. • 이는 국외 장거리 이동에 의한 먼지의 영향으로 추정됨. • 그림 4.35는 국가배경농도 측정데이터로 사용되는 인천 덕적도, 제주 서귀포와 충남 서산의 먼지발생량 농도를 나타낸 것으로, 세 지역의 관측 농도가 각각 30.4516㎍/㎥, 28.1935㎍/㎥, 29.5333㎍/㎥을 기록하여 국외 지역으로부터 먼지 유입을 확인할 수 있음.

③ 광주 진월지구

기간	내 용
2018년 1월	• 개발 소프트웨어를 이용한 광주 진월지구 FPM 및 CPM 먼지발생농도 48.6657㎍/㎥은 광주 주월동의 2018년 1월 환경 측정소의 먼지농도인 50.0968㎍/㎥과 1.4311㎍/㎥ (2.9%)의 농도 차이를 보임. • 이는 국외 장거리 이동에 의한 먼지의 영향으로 추정됨. • 그림 4.38은 국가배경농도 측정데이터로 사용되는 인천 덕적도, 제주 서귀포와 충남 서산의 먼지발생량 농도를 나타낸 것으로, 세 지역의 관측 농도가 각각 47.2581㎍/㎥, 31.5484㎍/㎥, 41.7742㎍/㎥을 기록하여 국외 지역으로부터 먼지 유입을 확인할 수 있음.
2018년 4월	• 개발 소프트웨어를 이용한 광주 진월지구 FPM 및 CPM 먼지발생농도 25.9796㎍/㎥은 광주 주월동의 2018년 4월 환경 측정소의 먼지농도인 60.1333㎍/㎥과 34.1537㎍/㎥ (56.80%)의 농도 차이를 보임. • 이는 국외 장거리 이동에 의한 먼지의 영향으로 추정됨. 그림 4.41은 국가배경농도 측정데이터로 사용되는 인천 덕적도, 제주 서귀포와 충남 서산의 먼지발생량 농도를 나타낸 것으로, 세 지역의 관측 농도가 각각 43.7333㎍/㎥, 58.6667㎍/㎥, 44.5333㎍/㎥을 기록하여 국외 지역으로부터 먼지 유입을 확인할 수 있음.
2018년 7월	• 개발 소프트웨어를 이용한 광주 진월지구 FPM 및 CPM 먼지발생농도 14.5676㎍/㎥은 광주 주월동의 2018년 7월 환경 측정소의 먼지농도인 28.8065㎍/㎥과 14.2389㎍/㎥ (49.43%)의 농도 차이를 보임. • 이는 국외 장거리 이동에 의한 먼지의 영향으로 추정됨. • 그림 4.44는 국가배경농도 측정데이터로 사용되는 인천 덕적도, 제주 서귀포와 충남 서산의 먼지발생량 농도를 나타낸 것으로, 세 지역의 관측 농도가 각각 23.4516㎍/㎥, 34.5806㎍/㎥, 23.7931㎍/㎥을 기록하여 국외 지역으로부터 먼지 유입을 확인할 수 있음.
2018년 10월	• 개발 소프트웨어를 이용한 광주 진월지구 FPM 및 CPM 먼지발생농도 14.5676㎍/㎥은 광주 주월동의 2018년 10월 환경 측정소의 먼지농도인 37.3871㎍/㎥과 1.582㎍/㎥ (4.23%)의 농도 차이를 보임. • 이는 국외 장거리 이동에 의한 먼지의 영향으로 추정됨. 그림 4.47은 국가배경농도 측정데이터로 사용되는 인천 덕적도, 제주 서귀포와 충남 서산의 먼지발생량 농도를 나타낸 것으로, 세 지역의 관측 농도가 각각 30.4516㎍/㎥, 28.1935㎍/㎥, 29.5333㎍/㎥을 기록하여 국외 지역으로부터 먼지 유입을 확인할 수 있음.

④ 고양시 행신지구

기간	내 용
2018년 3월	• 개발 소프트웨어를 이용한 고양 행신지구 FPM 및 CPM 먼지발생농도 30.6002㎍/㎥은 고양 행신동의 2018년 3월 환경 측정소의 먼지농도인 55.4516㎍/㎥과 24.8514㎍/㎥ (44.87%)의 농도 차이를 보임. • 이는 국외 장거리 이동에 의한 먼지의 영향으로 추정됨. 그림 4.50은 국가배경농도 측정데이터로 사용되는 인천 덕적도, 제주 서귀포와 충남 서산의 먼지발생량 농도를 나타낸 것으로, 세 지역의 관측 농도가 각각 39.0323㎍/㎥, 44.3226㎍/㎥, 45.5484㎍/㎥을 기록하여 국외 지역으로부터 먼지 유입을 확인할 수 있음.
2018년 6월	• 개발 소프트웨어를 이용한 고양 행신지구 FPM 및 CPM 먼지발생농도 17.8685㎍/㎥은 고양 행신동의 2018년 6월 환경 측정소의 먼지농도인 29.6897㎍/㎥과 11.8212㎍/㎥ (39.82%)의 농도 차이를 보임. • 이는 국외 장거리 이동에 의한 먼지의 영향으로 추정됨. 그림 4.53은 국가배경농도 측정데이터로 사용되는 인천 덕적도, 제주 서귀포와 충남 서산의 먼지발생량 농도를 나타낸 것으로, 세 지역의 관측 농도가 각각 30.8333㎍/㎥, 35.8667㎍/㎥, 32.9333㎍/㎥을 기록하여 국외 지역으로부터 먼지 유입을 확인할 수 있음.
2018년 9월	• 개발 소프트웨어를 이용한 고양 행신지구 FPM 및 CPM 먼지발생농도 19.3851㎍/㎥은 고양 행신동의 2018년 9월 환경 측정소의 먼지농도인 20.4444㎍/㎥과 1.0593㎍/㎥ (5.18%)의 농도 차이를 보임. • 이는 국외 장거리 이동에 의한 먼지의 영향으로 추정됨. 그림 4.56은 국가배경농도 측정데이터로 사용되는 인천 덕적도, 제주 서귀포와 충남 서산의 먼지발생량 농도를 나타낸 것으로, 세 지역의 관측 농도가 각각 27.8621㎍/㎥, 20.7000㎍/㎥, 23.4667㎍/㎥을 기록하여 국외 지역으로부터 먼지 유입을 확인할 수 있음.

⑤ 고양시 풍동지구

기간	내 용
2018년 3월	• 개발 소프트웨어를 이용한 고양 풍동지구 FPM 및 CPM 먼지발생농도 40.3606㎍/㎥은 고양 식사동의 2018년 9월 환경 측정소의 먼지농도인 52.7500㎍/㎥과 12.3894㎍/㎥ (23.49%)의 농도 차이를 보임. • 이는 국외 장거리 이동에 의한 먼지의 영향으로 추정됨. 그림 4.59는 국가배경농도 측정데이터로 사용되는 인천 덕적도, 제주 서귀포와 충남 서산의 먼지발생량 농도를 나타낸 것으로, 세 지역의 관측 농도가 각각 39.0323㎍/㎥, 44.3226㎍/㎥, 45.5484㎍/㎥을 기록하여 국외 지역으로부터 먼지 유입을 확인할 수 있음.
2018년 6월	• 개발 소프트웨어를 이용한 고양 풍동지구 FPM 및 CPM 먼지발생농도 15.7826㎍/㎥은 고양 식사동의 2018년 6월 환경 측정소의 먼지농도인 30.2667㎍/㎥과 14.4541㎍/㎥ (47.85%)의 농도 차이를 보임. • 이는 국외 장거리 이동에 의한 먼지의 영향으로 추정됨. 그림 4.62는 국가배경농도 측정데이터로 사용되는 인천 덕적도, 제주 서귀포와 충남 서산의 먼지발생량 농도를 나타낸 것으로, 세 지역의 관측 농도가 각각 30.8333㎍/㎥, 35.8667㎍/㎥, 32.9333㎍/㎥을 기록하여 국외 지역으로부터 먼지 유입을 확인할 수 있음.
2018년 9월	• 개발 소프트웨어를 이용한 고양 풍동지구 FPM 및 CPM 먼지발생농도 21.2873㎍/㎥은 고양 식사동의 2018년 9월 환경 측정소의 먼지농도인 27.0667㎍/㎥과 5.7794㎍/㎥ (21.35%)의 농도 차이를 보임. • 이는 국외 장거리 이동에 의한 먼지의 영향으로 추정됨. 그림 4.65는 국가배경농도 측정데이터로 사용되는 인천 덕적도, 제주 서귀포와 충남 서산의 먼지발생량 농도를 나타낸 것으로, 세 지역의 관측 농도가 각각 27.8621㎍/㎥, 20.7000㎍/㎥, 23.4667㎍/㎥을 기록하여 국외 지역으로부터 먼지 유입을 확인할 수 있음.

다. 연구개발의 결과

(1) 연구개발의 기술적 성과

○ 도시 주요 먼지배출원의 에너지 사용량 분석 및 사용 활동도 분석 기술 개발

- 도시의 미세먼지 발생원 중 하나인 에너지사용량을 예측하고 월별 먼지 배출원별 에너지사용 현황 및 패턴을 분석하기 위하여 에너지사용량 관련 데이터베이스를 구축함.
- 도시의 에너지사용량을 예측하기 위해 머신러닝 기술(인공신경망ANN, Clustering 등)을 활용하여 예측모형을 구축함.
- 본 연구과정을 통해 도시 먼지배출원 유형별 에너지소비량 예측모델을 개발하고 예측기술에 대한 분석을 수행하여 국내 학술지논문에 등제함.

○ 여과성 및 2.5 ㎛ 이하 응축성 먼지에 대한 배출량 이력 관리 기술 개발

- 먼지배출량의 이력관리 기술을 개발하기 위하여 국내의 연료 연소 및 기타와 관련된 여과성(FPM) 및 응축성(CPM) 배출량 관리 데이터베이스를 구축함.
- 본 연구과정을 통해 개발된 로직을 활용하여 소프트웨어를 개발하였으며, 여과성먼지와 응축성 먼지 이력관리를 위한 기술 분석을 수행하고 소프트웨어 등록함.
- 관련 자료의 국내, 국제 저명학술지 논문 등재함.

○ 여과성 및 2.5 ㎛ 이하 응축성 먼지에 대한 먼지 배출량 실외 거동 모사 기술 개발

- 먼지배출량의 대기확산 영향을 분석하기 위한 실외 거동모사기술을 개발하였으며 개발된 대기거동모사 기술을 활용하여 소프트웨어를 개발하고 도시개발에 따른 미세먼지 거동 분석을 수행하여 소프트웨어를 등록함.
- 도시 내의 배출원별 대기환경 변화와 미세먼지 고농도 특이점(Hot Spot)의 발생과 변화를 예측 및 분석할 수 있음.
- 미세먼지 대기거동 예측을 위한 모델링을 최소 30m x 30m 단위격자로 수행할 수 있으며, 시계열 모델링이 가능하므로 중장기 대기질 환경 분석이 가능함.
- 도시 내의 건물 유형별 에너지소비량에 따른 대기질 환경변화를 예측 및 분석 할 수 있으며, 오염물질별 시계열모델링에 대한 중장기 대기질 환경 분석이 가능함.

○ 도시 주요 먼지배출원의 에너지 사용량 분석 및 사용 활동도 분석 소프트웨어(프로그램)개발

- 도시 주요 먼지배출원별 에너지사용량과 에너지사용 현황을 시계열적으로 예측 및 분석 가능한 소프트웨어(프로그램을)를 개발하였음.
- 소프트웨어의 프로세스는 택지개발지구 정보관리, 건축물 에너지사용량관리, 건축물 집단에너지사용량관리, 교통 에너지사용량관리, 공사 에너지사용량관리 5개로 구성됨.
- 5개의 프로세스별로 세부가능을 반영하여 택지개발지구 정보관리, 건축물관리, 교통관리, 공사관리가 가능한 프로그램 입출력 인터페이스를 개발함.

○ 여과성 및 2.5 ㎛ 이하 응축성 먼지 배출량 이력 관리 소프트웨어(프로그램)개발

- 도시개발지구(택지개발지구)의 공사 및 운영단계의 먼지(FPM, CPM, TPM)발생량을 각 오염원별 배출계수를 통해 산정·관리하는 프로그램으로, 공사 시 장비사용으로 인한 먼지배출량 정보, 운영 시 건축물 사용 및 집단에너지 사용, 이동오염원(교통)으로 인한 먼지배출량을 산출·분석 하여 제공하는 시스템을 개발함.
- 도시개발 시 택지개발지구의 대기모사를 위한 점/선/면배출원 건물 설정 및 인근 대기질 관측소와의 비교 분석과 점/선/면/건물배출원별 상세 배출 내역 그리고 배출원별 연료코드별 배출량을 분석 제공하는 프로그램.
- 택지개발구역의 대기모사 시 각종 배출원 및 연료별 상세 배출량을 분석하며, 점/선/면/건물오염원별로 X/Y좌표, 고도, 높이 등의 배출원 상세정보 와 택지개발구역 내의 건물위치 등을 Web-Map 뷰를 생성 분석하는 기능을 가짐.

○ 여과성 및 2.5 ㎛ 이하 응축성 먼지 배출량 대기거동모사 예측 소프트웨어(프로그램) 개발

- 도시개발지구의 공사 중, 운영 중 상태에서 발생하는 에너지사용량에 대한 오염원배출량인 미세먼지에 대해 도시개발지구의 공사 및 운영단계의 먼지(FPM, CPM, TPM)발생량을 대기거동모사하는 시스템 프로그램을 개발함.
- 모델링 영역의 크기를 도시개발지구 공사 지역을 포함한 영역을 설정하여 기본으로 CAPSS 배출량을 모델링 영역에 점/선/면오염원을 배부 설정하고 도시개발지역은 공사중, 운영 중 상태에 따라 오염원을 배부 설정 과 모델링영역 내외의 기상조건과 모델링영역내의 지형조건 등을 설정하여 대기거동모사 모델링을 실행한 결과를 분석하는 시스템.
- 본 연구과정을 통한 도시개발지구의 공사 중 혹은 공사완료 후 먼지에 대한 중·장기간 영향을 위해 분석을 위한 프로그램으로, 중·장기간 먼지 대기거동상태을 모델링영역과 도시개발지구 영역을 동시 일괄처리를 함으로써 월 혹은 계절별 평균/최대/최소의 다양한 대기거동결과를 분석하고 도시개발지구에 미치는 영향을 다각적으로 분석 가능함.

○ 이동형 IoT 대기환경 복합수집 장치개발

- 기상센서(8EA)와 대기센서(6EA)가 복합적으로 구성된 기상대기환경 복합관측과 TSP, PM10, PM2.5 등의 먼지복합관측 수집장치로 각각 구성되어 있으며 이동이 가능한 이동형 장치를 개발.
- 센서 연계 드라이버는 아날로그, 펄스, 시리얼통신을 이용하며, 데이터 서버전송규격은 KMAII (표준프로토콜), 서버 전송 방법은 LTE 및 tcp/IP, 전원은 상시 또는 충전 전원을 사용하였음.
- 다양한 기상환경센서의 센서 연계 가능한 데이터로거 및 표준프로토콜에 의한 서버와의 송수신으로 데이터 수집의 안정성과 검증수집 데이터의 품질관리 가능.
- IoT센서 수집된 데이터의 품질관리를 위한 논문을 게재하여 빅데이터 안정성의 알고리즘 확보함.

(2) 연구개발의 경제적 성과

○ 기상정보와 연계한 도시 대기환경 분석 가능

- 본 연구결과의 시스템은 기존의 기상정보와 연계가 가능함에 따라, 대기모델링의 분석 생산성을 향상시킬 수 있음.
- 시범 적용으로, 고양시 스마트시티 시스템의 실시간 오픈API 기상정보를 이용하여 고양시의 아파트 및 지역 개발 변동에 따른 오염물질 대기질에 대한 예측 분석함으로써 모델링에 필요한 기상정보를 연동하여 대기거동모사 기술의 생산성을 향상시킴.

○ 수입 대체로부터 기대되는 경제적 효과

- 본 연구결과 시스템을 사용하여 장외영향평가 수행 시 기대효과를 산술적으로 산정하면, 시스템 단가를 1개 사업장 당 1,000만원으로 보았을 때, 8,000개소 × 0.1억 = 800억의 수입대체 효과를 거둘 수 있다고 볼 수 있음.

○ 미세먼지 배출 사업장을 대상으로 한 시스템(프로그램) 적용

- 본 연구개발을 통해 개발한 미세먼지 대기거동모사 프로그램을 실제 사업장에 적용 및 범용화 하기 위하여 경기 지역난방공사 광교 지사에 오염물질 모델링 시스템 시범사업으로 적용 추진 중에 있으며, 향후 전국 지역난방공사 전 지사에 구축 확대할 계획임.
- 지역난방공사의 대기오염물질 모델링 적용과 분석을 통해 사업장의 미세먼지 관리 및 대책수립에 기여할 수 있을 것으로 판단됨.

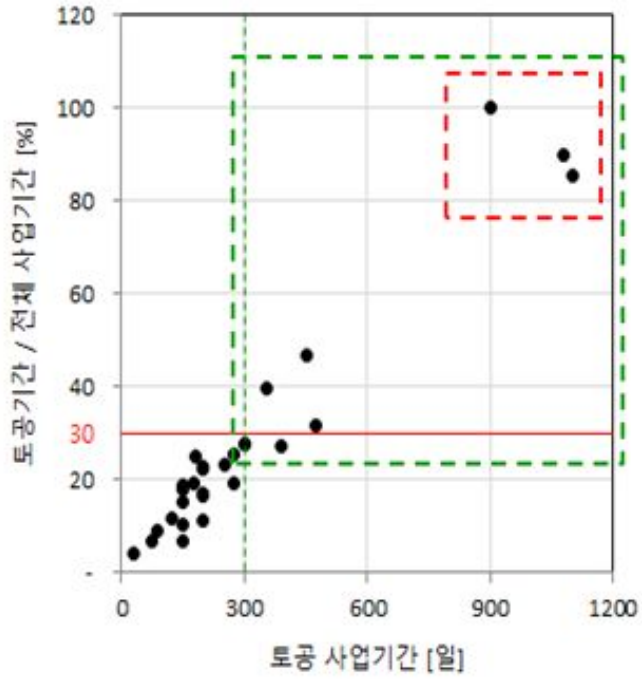
(3) 향후 연구성과의 활용 촉진을 위해 환경영향평가, 법·제도 개선 방안 등에 대한 고려

○ 토공 사업기간 대비 토공기간/전체사업기간 비율을 분석하였으며 분석 결과를 다음과 같음.

- 분석대상 환경영향평가 36건 중 토공사업기간이 300일 이상이 되는 평가서 건수는 8건으로 나타났음. 보통 우리나라는 겨울철에 기온이 영하 이하로 되면 토양이 결빙될 가능성이 높아 주로 겨울철에는 토공사수행이 어렵움. 따라서, 1년 중 1 ～ 2월의 60일 정도를 제외한 300일(※통상적으로 적용되는 월 작업일수 25일을 고려하면 실제로는 250일을 의미) 정도를 토공사 가능 기간의 상한선으로 보는 것이 타당할 것임.

- 분석 대상 평가서 중 3건은 총 사업기간이 900일 ~ 1,200일 정도로 장기간임을 감안하더라도 토공기간/전체사업기간 비율을 80% 이상으로 계산하는 것은 상식적으로 무리가 있는 가정이다.

- 개선되는 토공물량 추정 경험식은 기존 실무 현업에서 사용되던 경험식으로, 구체적인 방정식과 입력변수는 아래와 같음.



토공 사업기간 대비 토공기간/전체사업기간 비율 분석

○ 도심형 고층건물(21층 이상 오피스건축 등)

- 지하층은 대부분 주차장과 기계실 등으로 구성되며 부지 전체에 흙막이 공사로 시공함.
- 토공물량 = 부지면적 × 50% × (지하층수 +1) × 4m(기초를 1개층으로 환산함.)

○ 최근 신축 및 재건축 등

- 최근 신축되는 아파트에는 지상주차장을 설치하지 않고 지하 전체에 주차장을 설치하고 있음.
- 토공물량 = 부지면적 × 90% × (지하1층 +1) × 4m(기초를 1개층으로 환산함.)

○ 종전 또는 소단지 아파트 등

- 종전에는 지하 2개층 정도에 주차장을 설치하고 있음.
- 토공물량 = 부지면적 × 50% × (지하2층 +1) × 4m(기초를 1개층으로 환산함.)

- 토공물량 추정 경험식에 대한 검증 대상 공동주택 13개 단지 현황을 아래 나타내었으며, 서울 및 경기 경계의 위례지구, 인천 청라지구, 충청남도 내포신도시, 세종 행정복합도시 등의 단지를 검증 대상으로 선정함.

- 준공년도는 2010~2018년도였으며, 지하층수는 지하2층이 대부분이었고, 지상주차장은 전 단지가 존재하지 않았다.(출처 : 한국토지정보시스템)

라. 연구개발 성과

연차	연구기관	핵심성과물	성과유형	설명
1차년 (2017)	청운대학교	Establishment of Gas Energy Consumption basic unit by Building Using Cluster Analysis	논문	▪ 건물의 에너지사용량 예측 방법 구축을 위해 용도별 다수의 에너지사용량 데이터를 수집하여 군집분석(Cluster Analysis)을 수행
	청운대학교	Comparison of Various Analysis Methods Based on Heat Flow meters and Infrared Thermography Measurements for the Evaluation of the In Situ Thermal Transmittance of Opaque Exterior Walls	논문	▪ 건물 에너지사용량에 가장 큰 영향을 미치는 변수인 벽체의 단열성능이 시간이 경과함에 따라 어떻게 변화하는지를 열화상측정기법을 이용하여 정량적으로 분석
	시립대학교	고정오염원의 응축성 먼지 배출량을 고려한 서울과 인천의 먼지 관리방안	논문	▪ 여과성먼지(FPM)만을 고려하고 있는 현 상황에서 응축성먼지(CPM)를 추가 고려하였을 때 먼지배출량의 차이를 비교 분석 ▪ 현 먼지관리 정책을 보완하기 위한 방법 모색
	㈜주빅스	복사대류온도 및 상대습도 가중치를 적용한 도시 미소공간 폭염지수 산출 시스템	특허출원	▪ 먼지 배출량 실외거동모사 기술 설계에 필요한 도시 미소공간 폭염지수 산출 시스템에 대한 특허 출원 및 등록
	㈜주빅스	이동형 IoT 대기환경 관측시스템	시제품	▪ 기상관측소가 위치하지 않은 지역에 대한 먼지 배출량 대기거동모사 데이터 수집에 필요한 이동형 IoT 대기환경 관측시스템 개발
	㈜주빅스	기상대기환경데이터자동수집 시스템	S/W	▪ 이동형 IoT 대기환경 관측시스템과 연계되어 관측된 대기환경데이터를 자동으로 서버에 수집하는 프로그램 개발

연차	연구기관	핵심성과물	성과유형	설명
2차년 (2018)	청운대학교	클러스터링 기반의 인공신경망을 이용한 건축물 가스에너지소비량 예측 및 평가	논문	▪ 클러스터링을 이용한 건물의 에너지소비량 월별 패턴특성 분석 ▪ 건물 에너지소비량 원단위 구축 및 사용량 예측 분석
	청운대학교	A Study on the Distribution Ratio of Optimum Hot Water Heating Load Depending on the Solar-Powered Hot Water Supply System	논문	▪ 건물 용도에 따른 신재생에너지(태양열시스템)의 적정 급탕부하를 산출하여 에너지 사용량을 정량적으로 평가
	청운대학교	도시오염 배출원 에너지사용량 예측 프로그램	S/W	▪ 도시개발지구(택지개발지구)의 공사 중, 운영 중 상태의 에너지사용량을 수집 및 관리하는 프로그램 개발 ▪ 도시 개발지역에 관한 개발지구 정보, 건축물 정보, 도로망정보 등 에너지 소비원 정보를 제공하고 건축물(집단)에너지, 교통에너지, 공사에너지의 사용량을 산출하여 관리 제공
	시립대학교	Reduction Effect Analyses of Particulate Matter Emissions from Buildings by Fuel Cell Systems Combined with Absorption Chiller-Heaters	논문	▪ 신재생에너지인 연료전지시스템에 의해 건물에서의 미세먼지 배출량 저감효과를 정량적으로 분석
	시립대학교	도시오염 배출원 먼지 배출량 산정 프로그램	S/W	▪ 도시개발지구(택지개발지구)의 공사 및 운영단계의 먼지(FPM, CPM, TPM)발생량을 각 오염원별 배출계수를 통해 산정・관리하는 프로그램 개발 ▪ 공사 시 장비사용으로 인한 먼지배출량 정보, 운영 시 건축물 사용 및 집단에너지 사용, 이동오염원(교통)으로 인한 먼지배출량을 산출・분석하여 제공
	㈜주빅스	이동형 대기환경복합센서 관측 장비	시제품	▪ 1차년도에 개발한 시제품에 대한 업그레이드 버전 장비 제작 ▪ 이동형 IoT 먼지복합센서와 기상/대기환경 복합센서 서버 통신을 분리·제작하였으며, IoT대기환경복합센서 통신 인터페이스 S/W와 서버수신 S/W 적용
	㈜주빅스	이동형 IoT 수집센서로부터 수집된 기상/대기환경 데이터의 품질관리	S/W	▪ 이동형 IoT로부터 수집된 기상/대기환경 데이터의 경우 수신상태에 따라 데이터가 누락될 수 있는 만큼 이를 보완하는 시스템 개발
	㈜주빅스	도시개발시 대기거동모사 예측시스템	S/W	▪ 도시개발지구의 공사 중, 운영 중 상태에서 발생하는 에너지사용량에 대한 오염원배출량인 FPM, CPM, TPM에 대해 택지개발지구의 공사 및 운영단계의 먼지 발생량을 대기거동모사를 위해 모델링 영역의 크기에 맞도록 배부하고 지형조건 등을 설정하여 대기거동모사 모델링을 실행한 결과를 분석하는 시스템 개발
	㈜주빅스	인천 송도지역 기상/대기 환경 원격 관측 1차 시험	테스트베드	▪ 개발된 시제품을 이용하여 인천 송도개발지역의 기상/대기환경 데이터를 수집하여 분석 수행
	㈜주빅스	서울지역(광화문광장, 강남역 주변, 화양동) 기상/대기 환경 원격 관측 2차 시험	테스트베드	▪ 개발된 시제품을 이용하여 서울지역의 기상/대기환경 데이터를 수집하여 분석 수행 및 비교
	㈜주빅스	IoT 기상환경 수집 데이터의 안정성 확보 방법	특허출원	▪ IoT 센서를 이용하여 수집된 기상 관측자료에 대해 품질관리(QC)를 수행하여 기상 관측자료에 존재하는 오류를 찾고 걸러내어 정제된 기상 관측자료를 얻는 IoT 기상환경 수집 데이터의 안정성 확보 방법에 대한 특허 출원
	㈜주빅스	복사대류온도 및 상대습도 가중치를 적용한 도시 미소공간 폭염지수 산출 시스템	특허등록	▪ 먼지 배출량 실외거동모사 기술 설계에 필요한 도시 미소공간 폭염지수 산출 시스템에 대한 특허 출원 및 등록
	공통	도시개발에 따른 먼지 대기거동모사 예측 시스템 공인인증	공인시험	▪ 공인시험기관을 통해 개발한 S/W의 검증 ▪ 프로그램의 구동 내용(항목)에 대한 결과물 및 목표기준 달성 여부 인증 수행 및 인증서 발급

연차	연구기관	핵심성과물	성과유형	설명
3차년 (2019)	청운대학교	동적 타임 워핑 거리기반 계층 클러스터링을 이용한 공동주택의 월별 가스에너지소비량 패턴 및 원단위 분석	논문	▪ 클러스터링 및 인공신경망을 이용한 에너지소비량 예측기술 개발 ▪ 예측모델의 성능 분석 및 평가
	청운대학교	건물 가스에너지소비에 따른 여과성 및 응축성 먼지배출량 예측과 사례분석 연구	논문	▪ 건물 용도별 에너지사용량에 따른 응축성 및 여과성 미세먼지 기계학습 예측모델 개발 ▪ Case study를 통한 도시의 미세먼지 배출량 분석
	청운대학교	Optimal Thermal Load Sharing Ratio of Solar Thermal Systems Based on the Application of Buildings	논문	▪ 급탕 사용량의 비중이 큰 공동주택 및 숙박시설에 대한 설치 사례조사를 통해 실태를 분석하고, 태양열 급탕시스템 적용 시 경제적인 시설규모 및 효율 등을 고려한 적정 급탕부하 분담률 산정 방안 제시
	청운대학교	도시운영에 따른 여과성 및 응축성 미세먼지 대기거동모사 예측 프로그램 개발	논문 (예정)	▪ 도시 운영 시 도로, 건물 등의 배출원으로부터 발생되는 TPM, FPM, CPM 배출량을 예측하고 대기확산 거동을 모사하기 위한 프로그램을 개발하고 이를 활용하여 사례분석 대상 도시의 미세먼지 발생량을 예측하고 배출특성을 파악 및 관측값과 비교분석 함으로써 프로그램의 정확도를 평가
	청운대학교	인공신경망을 활용한 건축물에너지 사용량 예측시스템	S/W	▪ 개별/지역난방별 건축물을 업종별로 구분하여 DTW Cluster로 년간 월 시계열건축물에너지사용량 이상치의 데이터를 제외한 건축물을 선정하는 기능과 선정된 건축물의 사용량을 인공신경망 ANN의 R소스를 생성하고 실행하여 상관계수가 큰 모델을 저장하는 ANN모델생성기능을 가진 프로그램 개발
	시립대학교	Study on the contribution ratios of particulate matter emissions in differentail provinces concerning condensable particulate matter	논문	▪ 응축성 먼지에 관한 지역별 먼지배출량 기여율에 관하여 연구
	시립대학교	Analysis of National PM2.5 (FPM and CPM) Emissions by Past, Current, and Future Energy Mix Scenarios in the Republic of Korea	논문	▪ 과거와 현재, 미래에 대한 에너지 용도에 따른 시나리오별 국가 미세먼지(여과성 및 응축성먼지) 배출량에 대한 분석
	시립대학교	대기거동모사 시 먼지배출원 분석 프로그램	S/W	▪ 도시개발 시 택지개발지구의 대기모사를 위한 점/선/면 배출원 건물 설정 및 인근 대기질 관측소와의 비교 분석과 점/선/면/건물배출원별 상세 배출 내역 그리고 배출원별 연료코드별 배출량을 분석 제공하는 프로그램 개발
	㈜주빅스	IoT센서로 수집된 균질 시간 데이터를 이용한 기계학습 기반의 품질관리 및 데이터 보정	논문	▪ 수집된 각 요소별 기상데이터를 선형 보간하여 서포트벡터, 의사결정, 다층퍼셉트론 품지관리(QC)를 진행하여 비교 분석
	㈜주빅스	Spatiotemporal Approaches for Quality Control and Error Correction of Atmospheric Data through Machine Learning	논문 (예정)	▪ 기계학습을 이용하여 대기자료의 품질관리(QC)와 오류 보정을 위한 접근방법에 관한 연구
	㈜주빅스	먼지오염원 일괄처리 대기거동모사 분석시스템	S/W	▪ 도시개발지구의 공사 중 혹은 공사완료 후 먼지에 대한 중·장기간 영향을 위해 분석을 위한 프로그램 개발 ▪ 중·장기간 먼지 대기거동상태을 모델링영역과 도시개발지구 영역을 동시 일괄처리를 함으로서 월 혹은 계절별 평균/최대/최소의 다양한 대기거동결과를 분석하여 도시개발지구에 미치는 영향을 분석
	㈜주빅스	고양 행신지역 기상/대기 환경 원격 관측 시험	테스트베드	▪ 개발된 시제품을 이용하여 고양 행신지역의 기상/대기환경 데이터를 수집하여 분석 수행

3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

가. 목표 및 달성여부

■ 주관 연구기관

구분	핵심성과 (CTE)		단위성과		성과점검기준					달성여부
					질적 성과지표		목표치	달성치	측정방법	
주관	1	도시 주요 먼지 배출원 대상 에너지 사용량 분석 및 사용 활동도 분석 기술	1-1-1	건물의 사용 에너지 분석 기능 요구도 분석 보고서	①	공공건물 에너지 사용량 분석	20동	20동	프로그램에서 분석가능한 개수목측	달성 완료
					②	상업건물 에너지 사용량 분석	100동	100동	프로그램에서 분석가능한 개수목측	
					③	주택 에너지 사용량 분석	50동	50동	프로그램에서 분석가능한 개수목측	
					④	공사장 및 자동차 에너지 사용량 분석	100건	100건	프로그램에서 분석가능한 개수목측	
					⑤	건물 에너지 분석 기능 요구 사항 분석	10개 항목	10개항목	분석 항목 목측	
			1-1-2	건물 에너지 분석 소프트웨어 설계 보고서	①	월별 에너지사용량 분석 시스템 입출력 인터페이스 개수	2본	2본 이상	인터페이스 개수 목측	
					②	코드 list 개수	10개	10개 이상	코드 list 개수 목측	
			1-2-1	건물의 사용 에너지 분석 DB 소프트웨어	①	공공건물 에너지 사용량 분석	20동	20동	프로그램에서 분석가능한 개수목측	달성 완료
					②	상업건물 에너지 사용량 분석	100동	100동	프로그램에서 분석가능한 개수목측	
					③	주택 에너지 사용량 분석	50동	50동	프로그램에서 분석가능한 개수목측	
					④	공사장 및 자동차 에너지 사용량 분석	100건	100건이상 (78,456건)	프로그램에서 분석가능한 개수목측	
					⑤	월별 에너지사용량 분석 시스템 입출력 인터페이스 개수	2본	2본 이상	인터페이스 개수 목측	
					⑥	코드 list 개수	10개	10개 이상	코드 list 개수 목측	
			1-3-1	건물의 사용 에너지 분석 DB 소프트웨어 현장 적용	①	공공건물 에너지 사용량 분석	20동	299동	프로그램에서 분석가능한 개수목측	달성 완료
					②	상업건물 에너지 사용량 분석	100동	644동	프로그램에서 분석가능한 개수목측	
					③	주택 에너지 사용량 분석	50동	593동	프로그램에서 분석가능한 개수목측	
					④	공사장 및 자동차 에너지 사용량 분석	100건	100건이상 (78,456건)	프로그램에서 분석가능한 개수목측	
					⑤	월별 에너지사용량 분석 시스템 입출력 인터페이스 개수	2본	2본 이상	인터페이스 개수 목측	
					⑥	코드 list 개수	10개	10개 이상	코드 list 개수 목측	

■ 공동 연구기관(시립대학교)

구분	핵심성과 (CTE)		단위성과		성과점검기준					달성여부
					질적 성과지표		목표치	달성치	측정방법	
공동	2	먼지 배출량 이력 관리 기술	2-1-1	연료 연소 및 기타 관련 FPM 및 CPM 배출량 관리 소프트웨어 설계 보고서	①	CAPSS 대분류 배출원	13개	13개	배출원 개수 목측	달성 완료
					②	연료의 종류	8종	8종	연료종 개수 목측	
					③	코드 list 개수	10개	10개	코드 list 개수 목측	
			2-2-1	연료 연소 및 기타 관련 FPM 및 CPM 배출량 관리 소프트웨어	①	CAPSS 대분류 배출원	13개	13개	배출원 개수 목측	달성 완료
					②	연료의 종류	8종	8종	연료종 개수 목측	
					③	코드 list 개수	10개	10개	코드 list 개수 목측	
			2-3-1	연료 연소 및 기타 관련 FPM 및 CPM 배출량 관리 소프트웨어 현장 적용	①	CAPSS 대분류 배출원	13개	13개	배출원 개수 목측	달성 완료
					②	연료의 종류	8종	8종	연료종 개수 목측	
					③	코드 list 개수	10개	10개	코드 list 개수 목측	

■ 공동 연구기관((주)주빅스)

구분	핵심성과 (CTE)		단위성과		성과점검기준					달성여부
						질적 성과지표	목표치	달성치	측정방법	
공동	3	먼지 배출량 실외 거동 모사 기술	3-1-1	지형자료 입력 인터페이스 모듈 설계 구축	①	격자크기별 고도DB	2종	2종	DB종 개수 목측	달성 완료
					②	격자크기별 피복도DB	2종	2종	DB종 개수 목측	
			3-1-2	기상자료 입력 인터페이스 및 통신모듈 설계구축	①	실시간 기상정보	3종	3종	DB종 개수 목측	
					②	이동식 AWS 기상정보	1종	1종	DB종 개수 목측	
			3-1-3	모델링 배출량 입력 인터페이스 및 통신 모듈 설계 보고서	①	배출량 모델링 배부설계	1식	1식	인터페이스 개발 결과분석	
					②	배출량 모델링 인터 페이스설계	1식	1식	인터페이스 개발 결과분석	
					③	미세먼지 센서 모듈 인터페이스설계	1종	1종	인터페이스 개발 결과분석	
			3-1-4	Calmet 기상장 모델링 인터페이스 및 구동 모듈 설계 보고서	①	기상장 모델링DB 및 인터페이스 모듈 설계	2종	2종	인터페이스 개발 결과분석	
					②	기상장 모델링 구동 모듈 설계	2종	2종	인터페이스 개발 결과분석	
			3-1-5	Calpuff 오염물질 모델링 인터페이스 및 구동 모듈 설계 보고서	①	기상장 모델링DB 및 인터페이스모듈 설계	2종	2종	인터페이스 개발 결과분석	
					②	기상장 모델링 구동 모듈 설계	2종	2종	인터페이스 개발 결과분석	
			3-2-1	지형자료 입력 인터페이스 모듈 설계 개발	①	격자크기별 고도/피복도DB	1식	1식	인터페이스 개발 결과분석	달성 완료
					②	모델링 인터페이스 개발	1식	1식	인터페이스 개발 결과분석	
			3-2-2	기상자료 입력 인터페이스 및 통신 모듈 개발	①	기상 모델링 모듈 구축	1식	1식	인터페이스 개발 결과분석	
					②	기상 모델링 인터페이스 모듈 구축	1식	1식	인터페이스 개발 결과분석	
			3-2-3	모델링 배출량 입력 인터페이스 및 통신모듈 개발	①	배출량 모델링 배부 모듈구축	1식	1식	인터페이스 개발 결과분석	
					②	배출량 모델링 인터페이스 모듈 구축	1식	1식	인터페이스 개발 결과분석	
			3-2-4	Calmet 기상장 모델링 인터페이스 및 구동모듈 개발	①	기상장 모델링DB 및 인터페이스모듈 설계	2식	2식	인터페이스 개발 결과분석	
					②	기상장 모델링 구동 모듈 설계	2식	2식	인터페이스 개발 결과분석	
			3-2-5	Calpuff 오염물질 모델링 인터페이스 및 구동모듈 개발	①	기상장 모델링DB 및 인터페이스모듈 설계	2식	2식	인터페이스 개발 결과분석	
					②	기상장 모델링 구동 모듈 설계	2식	2식	인터페이스 개발 결과분석	

■ 공동 연구기관((주)주빅스) (계속)

구분	핵심성과 (CTE)		단위성과		성과점검기준					달성여부
						질적 성과지표	목표치	달성치	측정방법	
공동	3	먼지 배출량 실외 거동 모사 기술	3-3-1	지형자료 입력 인터페이스 모듈 현장 적용	①	격자크기별 고도/피복도DB 적용	1식	1식	인터페이스 적용 결과분석	달성 완료
					②	모델링 인터페이스 적용	1식	1식	인터페이스 적용 결과분석	
			3-3-2	기상자료 입력 인터페이스 및 통신모듈 현장적용	①	기상 모델링 모듈 적용	1식	1식	인터페이스 적용 결과분석	
					②	기상 모델링 인터페이스 모듈 적용	1식	1식	인터페이스 적용 결과분석	
			3-3-3	모델링 배출량 입력 인터페이스 및 통신 모듈 현장 적용	①	배출량 모델링 배부 모듈적용	1식	1식	인터페이스 적용 결과분석	
					②	배출량 모델링 인터페이스 모듈 적용	1식	1식	인터페이스 적용 결과분석	
			3-3-4	Calmet 기상장 모델링 인터페이스 및 구동모듈 현장적용	①	기상장 모델링DB 및 인터페이스모듈 적용	2식	2식	인터페이스 적용 결과분석	
					②	기상장 모델링 구동 모듈 적용	2식	2식	인터페이스 적용 결과분석	
			3-3-5	Calpuff 오염물질 모델링 인터페이스 및 구동모듈 현장적용	①	기상장 모델링DB 및 인터페이스모듈 적용	2식	2식	인터페이스 적용 결과분석	
					②	기상장 모델링 구동 모듈 적용	2식	2식	인터페이스 적용 결과분석	

■ 총괄

구분	핵심성과 (CTE)		단위성과	성과점검기준				달성여부
				질적 성과지표	목표치	달성치	측정방법	
총괄	-	먼지 배출량 산정 및 대기거동 모사 예측 소프트웨어 개발	①	소프트웨어 개발 결과의 타당성	1식	1식	소프트웨어 인증서	달성 완료

나. 관련분야 기여도

- 본 연구개발을 통해 국가 먼지배출량 산정방법을 제고할 수 있으며, 특히, 여과성 및 응축성 먼지 배출량 산정기법을 제공함으로써 환경영향평가에 응축성 미세먼지 배출에 대한 영향을 반영할 수 있을 것으로 사료됨.

- 본 연구개발 결과물인 미세먼지 발생량 분석 시스템을 활용한다면, 시스템 단가가 1개 사업장 당 1,000만원으로 보았을 때 대기오염물질 장외영향 분석수행에 따른 경제적 기대효과는 산술적으로 약 800억(8,000개소 × 0.1억)일 것으로 기대됨.

- 경기 지역난방공사 중 광교지사에 대기오염물질 대기확산 모델링 시스템 시범사업이 추진 중에 있으며, 본 연구개발 결과를 활용하여 향후 전국 지역난방공사 지사에 확대 구축하여 점오염원에 의한 대기오염물질 관리 및 방지대책 수립이 가능할 것으로 기대됨.

- 일본의 가스연료 연소로 인한 여과성 및 응축성 미세먼지 비율은 약 1 : 17이며, 중국의 소각사업장으로 인한 여과성 및 응축성 미세먼지 비율은 1 : 20 이상으로 조사됨. 그러나 국내의 응축성 먼지 배출 산정량은 0%로, 응축성 미세먼지 관리 감독에 대한 기술격차가 선진 기술수준에 비해 뒤쳐져 있음에 따라 본 연구개발 결과물을 통해 응축성 미세먼지 배출량의 영향을 파악하여 선진 기술과의 격차를 줄일 수 있을 것으로 기대됨.

4. 연구개발성과의 활용 계획 등

가. 연구결과의 활용방안

○ 국내외 여과성 먼지 및 응축성 먼지 배출량 비율 산정을 위한 기초자료로 제공

- 현재 국가별 연구를 통한 여과성 먼지배출량 대비 응축성 먼지배출량 의 연료별 산정 비율은 다음 표 2와 같음. 국내의 여과성 및 응축성 먼지배출량 비율은 일부 연료에 대해서만 분석되어있는 현황이므로 본 연구개발의 결과물을 활용하여 여과성 및 응축성 먼지배출량을 분석함으로써 여과성 및 응축성 먼지배출량 비율 산정을 위한 기초자료로 활용 가능함.

표 2. FPM and CPM emission factors of various combustion sources

source	fuel type (facility type)	TPM (PM2.5)	FPM	CPM	CPM/FPM ratio	unit	note
Korea NIER (Gong et al. 2016)	LNG	206.67	3.79	202.88	53.53	mg/㎥	boiler (uncontrolled)
	Light oil	65.78	3.38	62.40	18.46	mg/L	boiler (uncontrolled)
	B-C oil	371.47	143.83	227.64	1.58	mg/L	boiler (uncontrolled)
	Bituminous	71.65	6.55	65.10	9.94	g/ton	power plant (controlled)
US EPA AP-42 (U.S. EPA, 2018)	LNG (1997)	7.6	1.9	5.7	3.00	$lb/10^6$ scf	residential boilers
	Propane (1997)	0.7	0.2	0.5	2.50	$lb/10^3$ gal	industrial boilers
	Propane (1997)	0.7	0.2	0.5	2.50	$lb/10^3$ gal	commercial boilers
	Butane (1997)	0.8	0.2	0.6	3.00	$lb/10^3$ gal	industrial boilers
	Butane (1997)	0.8	0.2	0.6	3.00	$lb/10^3$ gal	commercial boilers
	distillate fuel oil (1999)	2.13	0.83	1.3	1.57	$llb/10^3$ gallons	residential combustion
	Anthracite(1975-1980)	0.88	0.8	0.08	0.10	lb/ton	stoker-fired boilers
	Bituminous (1999)	3.84	3.8	0.04	0.01	lb/ton	residential combustion
USA (Farber et al. 2005)	Bituminous (A-1994)	0.068	0.047	0.021	0.45	lb/mmBtu	power plant (controlled)
	Bituminous (A-2003)	0.054	0.015	0.039	2.60		
	Bituminous (B)	0.0649	0.0085	0.0564	6.63		
	Bituminous (D)	0.0747	0.0222	0.0525	2.36		
	Bituminous (E)	0.046	0.0158	0.0302	1.91		
	Bituminous (F-1999)	0.1227	0.0331	0.0896	2.71		
	Bituminous (F-2003)	0.0507	0.0147	0.0360	2.45		
USA (Olson et al. 2014)	LNG with flue gas recirculation unit	0.001268	0.000068	0.0012	17.64	lb/mmBtu	boiler (controlled)
	LNG with Selective Catalytic Reduction	0.001055	0.000055	0.0010	18.10		heater (controlled)
	LNG with Selective Catalytic Reduction	0.003090	0.000090	0.0030	33.33		turbine (controlled)
Taiwan (Yang et al. 2014)	Coal and Oil with EP	2.90	0.75	2.15	2.87	㎎/㎥	power plant (controlled)
	Coal with bag house	46.20	16.90	29.30	1.73		boiler (controlled)
	Waste with bag house	0.32	0.15	0.17	0.53		incinerator (controlled)
	Electricity with bag house	4.65	2.12	2.53	1.19		arc furnace (controlled)
China (Wang et al. 2018)	waste incineration power plant stack 1	1,308.11	46.83	1,261.28	26.93	㎍/㎥	SNCR + carbon adsorption + bag filter (controlled)
	waste incineration power plant stack 2	748.04	51.70	696.34	13.47		
Japan (Morino et al. 2018)	heavy oil combustion	-	-	-	2.13	ratio	-
	gas combustion	-	-	-	18.27	ratio	uncontrolled
	waste burning sewage sludge	-	-	-	6.01	ratio	uncontrolled
	field burning	-	-	-	2.71	ratio	uncontrolled

○ 여과성 먼지 및 응축성 먼지 배출량 비율 산정을 활용한 대기질 모델링 솔루션 제공

- 본 연구개발을 통해 여과성 및 응축성 정립한 먼지 배출량 비율을 적용하여 응축성 미세먼지까지 고려 가능한 대기질 모델링 프로세스의 새로운 솔루션을 제공할 수 있음.
- 본 연구에서 사용한 대기질 모델 CALPUFF system은 기상자료와 지형자료를 입력하여 3차원 기상장을 생성하는 CALMET 모델과 생성된 3차원 기상장에 오염물질 배출량을 확산 모델링하여 대기상에 확산 및 분산되는 과정을 계산하는 메커니즘으로 구성되어 있음(그림 6).

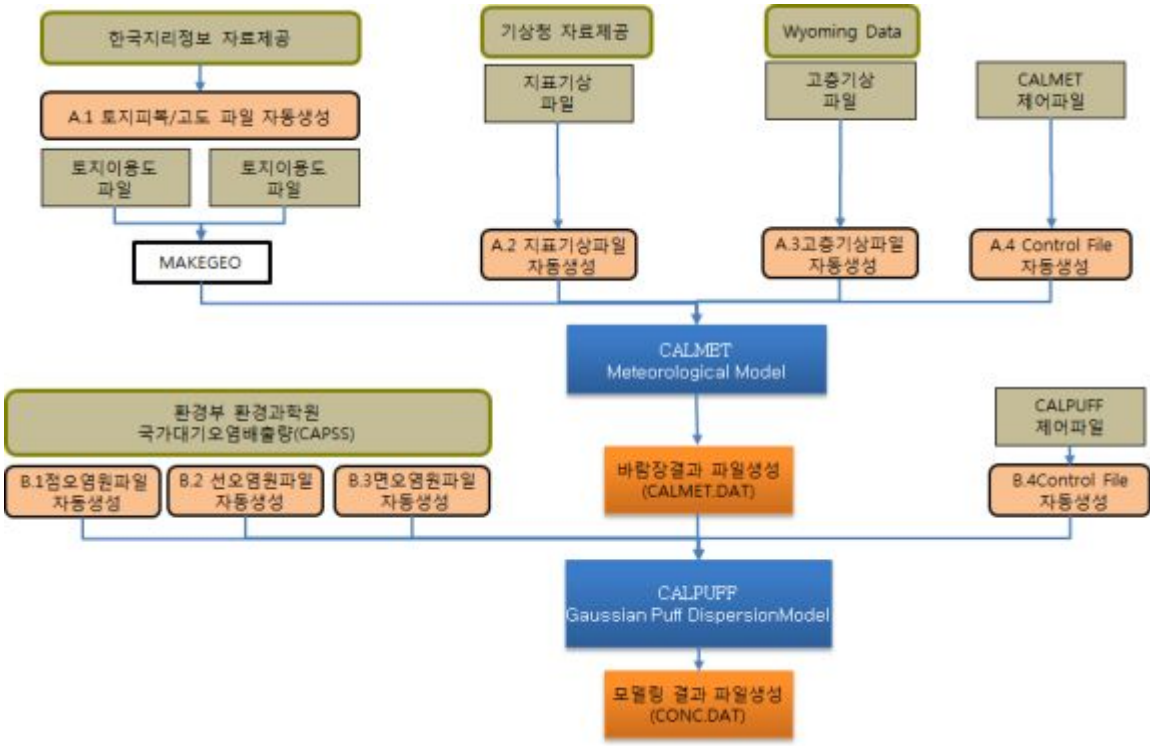


그림 6. 대기 확산 모델링(Calpuff) 처리 구성도

○ 국내 배출원별 먼지배출량 산정 시 응축성 미세먼지 관리 프로그램 활용

- 국내 국립환경과학원에서는 대기오염물질 배출목록에 근거한 대기오염물질 배출량을 산정하고 관리 감독하기 위하여 대기정책지원시스템(CAPSS)을 통해 여과성 입자상물질 자료를 제공하고 있음. 본 연구 결과로 개발된 배출원별 응축성 미세먼지 관리 프로그램을 활용하여 현재는 반영되고 있지 않는 응축성 물질 자료를 제공할 수 있을 것으로 판단됨.
- 구체적으로, 그림 7의 CAPSS 응축성 미세먼지 전환계수 관리 프로그램에서는 CAPSS의 연료별 응축성 물질 전환계수를 조회 및 관리하는 기능을 제공하고 점, 선, 면 오염원 배출량 산출 시 전환계수를 적용하여 응축성 먼지 배출량을 생성 처리하는 기능을 수행할 수 있음.
- 아울러, 그림 8의 연료별 응축성 미세먼지 배출계수 관리 프로그램에서는 도시개발 시 먼지발생 오염원(건축물, 이동오염원(차량), 공사 시 기계장비 등)의 여과성 및 응축성 미세먼지 배출계수 정보를 조회 및 관리할 수 있음.
- 프로그램의 구체적인 활용 사례로 지구단위 도시(부곡택지개발지구)의 관내 FPM 및 CPM 먼지 배출량을 프로그램을 통해 산출한 결과, FPM 농도는 0.06㎍/㎥, CPM 농도는 3.25㎍/㎥로 각각 계산됨.
- 택지개발지구 관내 배출원을 제외하고 주변지역 배출원만을 고려하여 먼지 배출량을 해석한 결과는 택지개발지구에서의 FPM 농도는 5.49㎍/㎥, CPM 농도는 25.92㎍/㎥로 각각 계산됨.
- 따라서 본 연구개발을 통해 개발된 프로그램을 활용하여 지구단위 도시의 관내 및 주변지역으로부터 배출되는 여과성 미세먼지와 응축성 미세먼지 배출량 예측 및 분석이 가능함.



그림 7 CAPSS 응축성 미세먼지 전환계수 관리 프로그램



그림 8 연료별 응축성 미세먼지 배출계수 관리 프로그램

○ 국가 먼지배출량 인벤토리 시스템의 불확도를 줄이는데 일조할 수 있는 기초자료 제공

- 2017년 9월 26일에 범부처에서 발표한 미세먼지 926대책에서 보면 우리나라 미세먼지 배출량은 1차먼지와 2차먼지로 나누어 산정하였으며, 직접배출과 간접배출(2차 생성)되는 미세먼지는 황산화물(SOx), 질소산화물(NOx), 휘발성유기화합물(VOCs) 등으로부터 전환된다고 가정하였음.
- 전국 기준의 미세먼지 배출 비율은 간접배출이 전체 배출량의 72% 정도 차지하며, NASA와 공동연구 시 미세먼지 성분분석(PM1, 항공관측) 결과, 2차 생성 성분이 전체의 75% 이상인 것으로 조사됨.



그림 9. 926 미세먼지 대책



구분	합계	직접배출 (1차 배출)	간접배출(2차 생성)			
			소계	NOx	SOx	VOCs
수도권	53,634톤 (100%)	14,427톤 (27%)	39,207톤 (73%)	21,348톤 (40%)	10,857톤 (20%)	7,002톤 (13%)
전국	324,109톤 (100%)	91,460톤 (28%)	262,649톤 (72%)	90,416톤 (28%)	118,418톤 (37%)	23,817톤 (7%)

그림 10. 926 대책 중 국가 미세먼지 배출량

- 이에 표 3과 그림11과 같이 미세먼지 관리 종합대책의 세 가지 시나리오를 발전, 산업, 수송, 생활부문별로 계획하였으나 먼지 인벤토리에서 응축성 먼지를 고려하지 않은 감축 대책임.
- 따라서 석탄화력을 줄이고 가스화력 발전으로의 에너지 믹스 전환을 추진하는 시나리오는 응축성 미세먼지를 고려했을 때, 그림 12와 같이 먼지 배출량은 오히려 상승할 것으로 분석됨.



그림 11 국가 미세먼지 배출량 저감대책 시나리오

표 3. 시나리오별 국가 미세먼지 배출량 저감 대책

부문	①번 시나리오	②번 시나리오	③번 시나리오
발전	• 노후 석탄화력 셧다운, 조기폐지 • 운영중인 석탄화력 관리 강화	①번 시나리오 + • 공정률 낮은 석탄화력 원점 재검토 • 재생에너지 비중 확대	②번 시나리오 + • '30년까지 20% 목표로 재생에너지 비중 확대
산업	• 공장시설 배출기준 강화 • 수도권 총량관리 강화	①번 시나리오 + • 수도권 외 총량관리 시행 • 먼지총량제 도입 • NOx 배출부과금 부과	②번 시나리오 + • 총량대상 사업장 대폭 확대 • 공장시설 배출기준 추가 강화
수송	• 노후경유차 조기폐차 및 운행제한 확대 • 선박, 건설기계 관리	<좌동>	②번 시나리오 + • 노후경유차 조기폐차 확대(22년 88.3만대) • 건설기계 저공해조치 강화(22년 3.1만대)
생활	• 도로청소차량 보급 확대 • 도료 VOCs 함유기준 강화	<좌동>	<좌동>

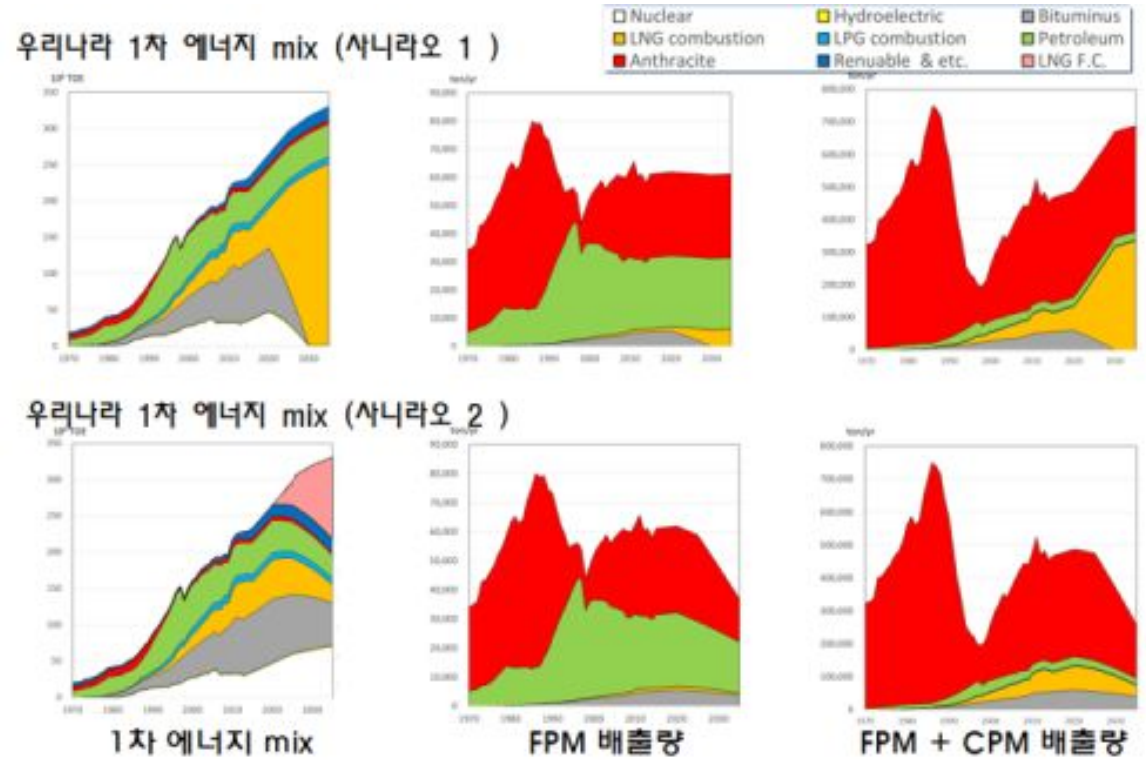


그림 12. 에너지 믹스 시나리오에 따른 미세먼지 배출량 시계열 분석

- 또한, 국지적인 대기오염물질의 영향을 분석하기 위한 환경영향평가 제도에서는 멀리 떨어진 배출원에서 배출된 장거리 이동 먼지의 영향을 고려하기 위해서 주변 모델링 영역의 인근 지역에 설치된 대기환경자동 측정망 자료를 사용함. 그렇게 되면 모델링 영역에 위치한 배출원에서 배출되는 응축성 먼지는 고려되지 않기 때문에, 응축성 먼지에 비하여 상대적으로 기여도가 작은 여과성 먼지만이 모델링의 입력자료로 사용되기 때문에 환경영향평가의 대상이 되는 시설의 먼지 기여도가 과소평가될 수 있음.
- 따라서 응축성먼지의 인벤토리를 배출량으로 고려하는 것이 대기질 모델링(Air Quality Modeling)의 정확도를 높이기 위해 반드시 선행되어야 할 것으로 판단되며, 응축성 먼지가 고려된 대기질 모델링이 수행되어야만 부문별 배출원이 가지는 특성에 따른 배출량 분석과 진단, 주변지역에 대한 먼지 농도 예측 및 대책수립이 적절하게 이루어질 것으로 사료됨.

나. 기대 및 파급효과

가) 최종성과물의 활용방안

(1) 기술수요처

○ 도시개발 계획 전후의 에너지 사용량 분석
○ 국토교통부 전략 환경 계획의 기초 데이터 활용
○ 중앙정부 및 서울, 경기, 인천 등 광역시도 대기질 모델링 시스템
○ 약 230 여개의 기초 자치단체의 배출원 관리 및 대기질 관리 시스템
○ 호텔, 식당, 업무빌딩 등 상업시설
○ 학교, 병원, 경로당, 유치원 등 취약계층이 속한 시설
○ 민원의 발생 소지가 높은 공사현장

(2) 현장적용 방안(계획)

○ 현재 경기도 일산 소재 어린이집에 미세먼지 관측 및 모델링 시스템이 구축 중
○ 경기 지역난방공사 광교 지사에 오염물질 모델링 시스템 시범사업 추진 중에 있으며, 향후 전국 지역난방공사 전 지사에 구축 상담 중

(3) 실용화·제품화 방안

○ 지자체 배출원 관리 및 대기질 관리 시스템 구축
○ 사업장 장외 영향 평가 및 위해 관리 계획 수립 시스템
○ 병원, 학교, 실버타운, 유치원 등 환경 취약계층 실내 대기 관리 시스템

(4) 미래원천기술 확보

○ 응축성 먼지 배출원 인벤토리 구축 기술
○ 응축성 먼지 대기질 모델링 기술
○ 먼지 유입에 따른 건축물 실내 먼지 거동 모사 기술

(5) 신산업 창출

○ 응축성 먼지 저감 기술 활성화 유도
○ 응축성 먼지 배출량 측정 분석 기술 유도

나) 기대성과 및 파급효과

(1) 기술의 시장성(현재 또는 미래 시장 확대 전망)

○ 현재 먼지 배출원 관리 기술은 여과성 먼지에 국한되어 있으나, 본 연구결과를 시장에 적용하게 되면 향후 응축성 먼지에 대한 저감기술 개발의 요구도가 추가 발생하므로 신규 시장 규모의 확장과 활성화가 동시에 이루어질 것으로 판단됨.

○ 이에 따라 응축성 먼지 배출원에 대한 방지기술의 시장 또한 동반 발생 및 규모상승으로 이어져 먼지 분야의 시장성은 급속도로 상승할 것으로 판단됨.

(2) 경제적 기대성과(수입대체, 수출가능성) 기술

○ 현재 우리나라 사업장에 대한 장외영향 평가 수행 툴은 미국의 ISC3 모델을 기반으로 한 범용프로그램을 공급하여 사용하고 있으며 대상 사업장은 2020년까지 약 8,000 개소로 추정됨.

○ 본 연구결과 시스템을 사용하여 장외영향평가 수행 시 기대효과를 산술적으로 산정하면, 시스템 단가를 1개 사업장 당 1,000만원으로 보았을 때, 8,000개소×0.1억=800억의 수입대체 효과를 거둘 수 있다고 볼 수 있음.

○ 현재 ㈜주빅스는 인도네시아 등 개발도상국에 기상관측 및 통신 시스템을 수출 중에 있으며, 향후 기존의 기상 관측 시스템에 기상 모델과 대기오염모델링 시스템을 추가 탑재하여 수출할 수 있는 비즈니스 모델을 기획하고 있음.

(3) 국민복지, 안전 등 사회적 파급효과 기술

○ 서울시는 기존 CAPSS에 의한 배출원 분석에 의하여 응축성 먼지를 고려하지 않고 여과성 먼지만을 고려했기 때문에, 여과성 미세먼지 배출량의 약 77.1%를 차지하는 도로 및 비도로 이동오염원의 관리 및 감독을 중점으로 하였음.

○ 그러나, 응축성 미세먼지를 고려할 경우 비산업연소로 인한 배출량이 가장 커짐에 따라 비산업 연소부분에 대한 저감정책을 비중 있게 수립하는 보완 작업이 필요할 것으로 보임.

○ 아울러 기존 정부의 배출원 배출량 산정방법에서는 기체상 연료(LNG, LPG 등)에 의한 먼지배출량 산정방법이 법제화되어 있지 않기 때문에 서울시가 기체상 연료에 의한 배출량 산정과 저감정책을 수립하기 위해서는 중앙정부와의 협력업무 수행이 반드시 병행되어야 할 것으로 사료됨.

붙임 1. 참고문헌

1. Kim YP. Air pollution in Seoul caused by aerosols. J Korean Soc Atmos Environ 2006;22: 535-553.
2. Kang BW and Lee HS. Source apportionment of fine particulate matter (PM2.5) in the Chungju city. J Korean Soc Atmos Environ 2015; 31: 437-448.
3. Schwartz J, Dockery DW and Neas LM. Is daily mortality associated specifically with fine particles? J Air Waste Manag Assoc 1996; 46: 927-939.
4. Schwartz J, Dockery DW, Neas LM, et al. Acute effects of summer air pollution on respiratory symptom reporting in children. Am J Respir Crit Care Med 1994; 150: 1234-1242.
5. Pope CA, Thun MJ, Namboodiri MM, et al. Particulate air pollution as a predictor of mortality in a prospective-study of U.S. adults. Am J Respir Crit Care Med 1995; 151: 669-674.
6. Thurston GD, Ito K, Hayes CG, et al. Respiratory hospital admissions and summertime haze air pollution in Toronto, Ontario: consideration of the role of acid aerosols. Environ Res 1994; 65: 271-290.
7. Dockery DW, Pope CA, Xu X, et al. An association between air pollution mortality in six United States cities. N Engl J Med 1993; 329: 1753-1759.
8. Corio LA and Sherwell J. In-stack condensable particulate matter measurement and issues. J Air Waste Manag Assoc 2000; 50: 207-218.
9. Ehrlich C, Noll G, Kalkoff WD, et al. PM10, PM2.5 and PM1.0-emissions from industrial plants-results from measurement programmes in Germany. Atmos Environ 2007; 41: 6236-6254.
10. Kim JH and Hwang IJ. The characterization of PM, PM10, and PM2.5 from stationary sources. J Korean Soc Atmos Environ 2016; 32: 603-612.
11. Lee IH, Choi DS, Ko MJ, et al. PM management methods considering condensable PM emissions from stationary sources in Seoul and Incheon. KOSAE 2017; 33: 319-325.
12. Yang HH, Lee KT, Hsieh YS, et al. Filterable and condensable fine particulate emissions from stationary sources. Aerosol Air Qual Res 2014; 14: 2010-2016.
13. National Institute of Environmental Research. http://airemiss.nier.go.kr/module/statistics/statisticsForm.do?siteId=airemiss&id=airemiss_030100000000 (accessed 31 August 2018).
14. The U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA). Method 201A-Determination of PM10 and PM2.5 emissions from stationary sources (constant sampling rate procedure), US EPA, https://www.epa.gov/emc/method-201a-pm10-and-pm25-constant-sampling-rate-procedure (2017a accessed 31 August 2018).
15. The U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA). Method 202-dry impinger method for determining condensable particulate emissions from stationary sources, https://www.epa.gov/emc/method-201a-pm10-and-pm25-constant-sampling-rate-procedure (2017b accessed 31 August 2018).
16. National Institute of Environmental Research (NIER) (2010a) Clean Air Policy Support System, CAPSS: 4-7.
17. Fan CW and Zhang J. Characterization of emissions from portable household combustio

n devices: particle size distributions, emission rates and factors, and potential exposures. Atmos Environ 2001; 35: 1281-1290.
18. L' Orange C, Volckens J and DeFoort M. Influence of stove type and cooking pot temperature on particulate matter emissions from biomass cook stoves. Energy Sustain Dev 2012; 16: 448-455.
19. Abt E, Suh HH, Allen G, et al. Characterization of indoor particle sources: a study conducted in the metropolitan Boston area. Environ Health Perspect 2000; 108: 35-44.
20. Buonanno G, Morawska L and Stabile L. Particle emission factors during cooking activities. Atmos Environ 2009; 43: 3235-3242.
21. Wallace L, Wang F, Howard-Reed C, et al. Contribution of gas and electric stoves to residential ultrafine particle concentrations between 2 and 64 nm: size distributions and emission and coagulation rates. Environ Sci Technol 2008; 42: 8641-8647.
22. Tiwari M, Sahu SK, Bhangare RC, et al. Particle size distributions of ultrafine combustion aerosols generated from household fuels. Atmos Pollut Res 2014; 5: 145-150.
23. Li S, Gao J, He Y, et al. Determination of time- and size-dependent fine particle emission with varied oil heating in an experimental kitchen. J Environ Sci (China) 2017; 51: 157-164.
24. Sciortino DD, Bonatesta F, Hopkins E, et al. A combined experimental and computational fluid dynamics investigation of particulate matter emissions from a wall-guided gasoline direct injection engine. Energies 2017; 1408: 1-1427.
25. Luo M, El-Faroug MO, Yan F, et al. Particulate matter and gaseous emission of hydrous ethanol gasoline blends fuel in a port injection gasoline engine. Energies 2017; 1263: 1-1216.
26. Giorgi M, Campilongo S, Ficarella A, et al. Pollutant formation during the occurrence of flame instabilities under very-lean combustion conditions in a liquid-fuel burner. Energies 2017; 10: 352.doi:10.3390/en10030352
27. Cyrs WD, Boysen DA, Casuccio G, et al. Nano particle collection efficiency of capillary pore membrane filters. J Aerosol Sci 2010; 41: 655-664.
28. Kim SM, Lee IH, Lee KB, et al. Diameters analyses of fine particles emitted when mackerels cooked. KOSAE 2017; 33: 361-369.
29. MOE. Air pollution standard process test, measurement method of total particulate matter. ES 2014a; 01301: 1.
30. MOE. Air pollution standard process test, measurement method of PM-10 and PM-2.5. ES 2014b; 01317: 1.
31. Youn JS, Han SH, Jung YW, et al. Comparison of measurement methods and size fraction of fine particles (PM10, PM2.5) from stationary emission source using Korean standard and ISO: coal power plant and refinery. KOSAE 2017; 33: 342-350.
32. Gyeonggi-do (2016) Making Gyeonggi-do that people breathe comfortably: 2-4.
33. Chungcheongnam-do (2016) Fine PM reducing until 2020: 1-2.
34. Ministry of Science, ICT and Future Planning (2016) Governmental Department Fine PM Research Planning Committee: 3-5.

붙임 2. 질적 성과지표 달성치 정리

구분	단위성과물	내용	증빙
1-1-1	건물의 사용 에너지 분석 기능 요구도 분석 보고서	• 공공건물(20동 이상), 상업건물(100동 이상), 주택(50동 이상), 공사장 및 자동차(100건 이상)에 대하여 분석 가능한 개수와 건물 에너지사용량 분석 기능 필요사항을 목측으로 확인 • 각 건물에 대한 에너지사용량을 분석한 내용(분석보고서)을 보고서 내에 정리하여 서술	보고서 (p.14~31) (p.32~43)
1-1-2	건물 에너지 분석 소프트웨어 설계 보고서	• 월별 에너지사용량 분석 시스템 입출력 인터페이스 개수(2본 이상)와 코드 list 개수(10개 이상)을 목측으로 확인	붙임 3 (시험성적서) 붙임 6 (통합설계서)
1-2	건물의 사용 에너지 분석 DB 소프트웨어	• 1-1-1 및 1-1-2의 내용을 바탕으로 건물의 사용 에너지 분석 프로그램을 구축 • 프로그램은 저작권 등록을 하였으며, 검증은 공인시험기관인 ICT시험인증연구소((주)와이즈스톤)에서 발행한 시험성적서(붙임 3)를 첨부하여 검증	보고서 (p.44~54) 붙임 3 (시험성적서) 붙임 6 (통합설계서)
1-3	건물의 사용 에너지 분석 DB 소프트웨어 현장 적용	• 프로그램(1-2)을 이용하여 선정한 Test BED 내에 위치한 건물들에 대한 에너지사용량을 산출하여 제시	보고서 (p.55~59) (p.186~246)
2-1	연료 연소 및 기타 관련 FPM 및 CPM 배출량 관리 소프트웨어 설계 보고서	• CAPSS에서 제시하는 대분류 배출원 13종류, 연료의 종류 8종류, 코드 list 개수 10종에 대하여 선정하여 프로그램을 설계	보고서 (p.60~107)
2-2	연료 연소 및 기타 관련 FPM 및 CPM 배출량 관리 소프트웨어	• 2-1의 내용을 바탕으로 프로그램을 구축 • 프로그램은 저작권 등록을 하였으며, 검증은 공인시험기관인 ICT시험인증연구소((주)와이즈스톤)에서 발행한 시험성적서(붙임 3)를 첨부하여 검증	보고서 (p,108~116) 붙임 3 (시험성적서) 붙임 6 (통합설계서)
2-3	연료 연소 및 기타 관련 FPM 및 CPM 배출량 관리 소프트웨어 현장적용	• 선정한 Test BED 내에 위치한 건물들에 대한 에너지를 프로그램(1-2)을 이용하여 산출하고, 이를 전송받아 프로그램(2-1)을 통해 연료 연소 및 기타에 따른 FPM 및 CPM 배출량을 산출하여 제시	보고서 (p.117~120) (p.186~246)

<table>
<tr><th>구분</th><th>단위성과물</th><th>내용</th><th>증빙</th></tr>
<tr><td>3-1-1</td><td>인터페이스
모듈 설계 구축</td><td>1. 지형 고도/피복도 자료 수집
• 환경공간정보서비스시스템과 국토정보플랫폼으로부터 최근(2013년) 토지피복지도 데이터를 수집하여 반영하였으며, 수집한 고도/피복 데이터를 17개 시도로 구분하고 각각의 시도별 코드를 부여하여 구분
• 시도별 지형의 고도와 피복 모델링을 위한 격자 크기는 1Km X 1Km, 100m X 100m, 30m X 30m로 분리하여 기초 지형데이터 자료를 확보

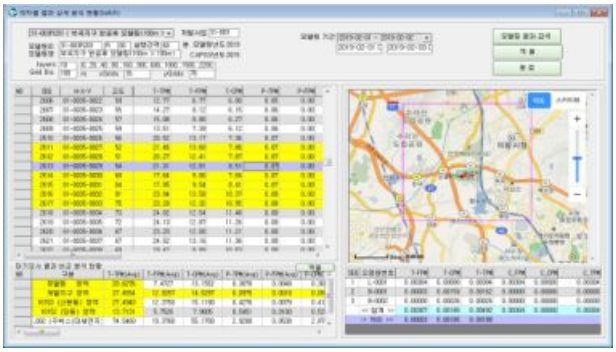
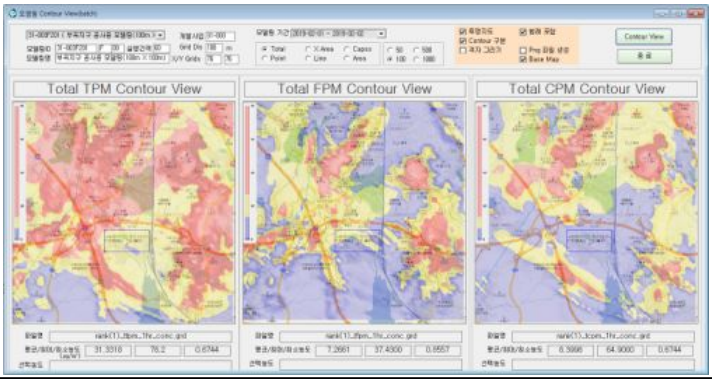
2. 지형 자료 인터페이스 모듈 개발
• 격자 생성 크기에 따른 토지피복/고도 관리 프로그램 입·출력 인터페이스와 주요 기능을 제시

3. 격자크기별 생성 격자수 DB 현황
<table>
<tr><th>시도명</th><th>1km×1km 격자</th><th>100m×100m 격자</th><th>30m×30m 격자</th></tr>
<tr><td>서울특별시</td><td>604</td><td>60,576</td><td>672,938</td></tr>
<tr><td>부산광역시</td><td>803</td><td>77,732</td><td>860,774</td></tr>
<tr><td>대구광역시</td><td>876</td><td>87,916</td><td>976,656</td></tr>
<tr><td>인천광역시</td><td>568</td><td>60,571</td><td>674,089</td></tr>
<tr><td>광주광역시</td><td>503</td><td>49,848</td><td>553,692</td></tr>
<tr><td>대전광역시</td><td>535</td><td>53,959</td><td>599,893</td></tr>
<tr><td>울산광역시</td><td>1,101</td><td>106,339</td><td>1,179,922</td></tr>
<tr><td>세종특별자치시</td><td>469</td><td>46,484</td><td>516,675</td></tr>
<tr><td>경기도</td><td>8,668</td><td>875,493</td><td>9,795,999</td></tr>
<tr><td>강원도</td><td>13,676</td><td>1,362,539</td><td>15,121,066</td></tr>
<tr><td>충청북도</td><td>7,478</td><td>748,122</td><td>8,312,360</td></tr>
<tr><td>충청남도</td><td>7,478</td><td>818,981</td><td>9,087,251</td></tr>
<tr><td>전라북도</td><td>8,222</td><td>827,656</td><td>7,738,937</td></tr>
<tr><td>전라남도</td><td>11,611</td><td>1,725,038</td><td>13,622,695</td></tr>
<tr><td>경상북도</td><td>19,292</td><td>1,918,956</td><td>21,152,752</td></tr>
<tr><td>경상남도</td><td>10,604</td><td>1,083,134</td><td>11,675,374</td></tr>
<tr><td>제주특별자치도</td><td>1,793</td><td>184,440</td><td>2,051,012</td></tr>
<tr><td>합계</td><td>94,281</td><td>10,087,784</td><td>104,592,085</td></tr>
</table></td><td>보고서
(p.121~123)</td></tr>
<tr><td>3-1-2</td><td>기상자료입력
인터페이스 및
통신 모듈 설계
구축</td><td>1. 기상자료입력 인터페이스 설계
• 외부 유관기관에서 기상관측정보, 기상예보정보, 대기질 정보를 수집하고 내부에서는 현장에 설치된 복합 센서 데이터로그에서 기상, 대기 센서 데이터를 수집함. 수집된 데이터는 가공하여 데이터베이스에 저장하고 관리
• (기상데이터 수집 항목) 지표기상데이터 : 관측시간, 풍향, 풍속, 기온, 습도, 기압 등을 관리, 고층기상데이터 : 관측시간, 기압, 고도, 온도, 이슬점, 풍향, 풍속, 습도 등을 관리
• (기상데이터 수집 처리) 유관기관으로부터 수집한 XML 데이터를 수집일 폴더 생성 후 텍스트 파일 생성, 지표기상데이터는 10분, 1시간 데이터 수집 가능.
• 데이터베이스 가공처리 저장

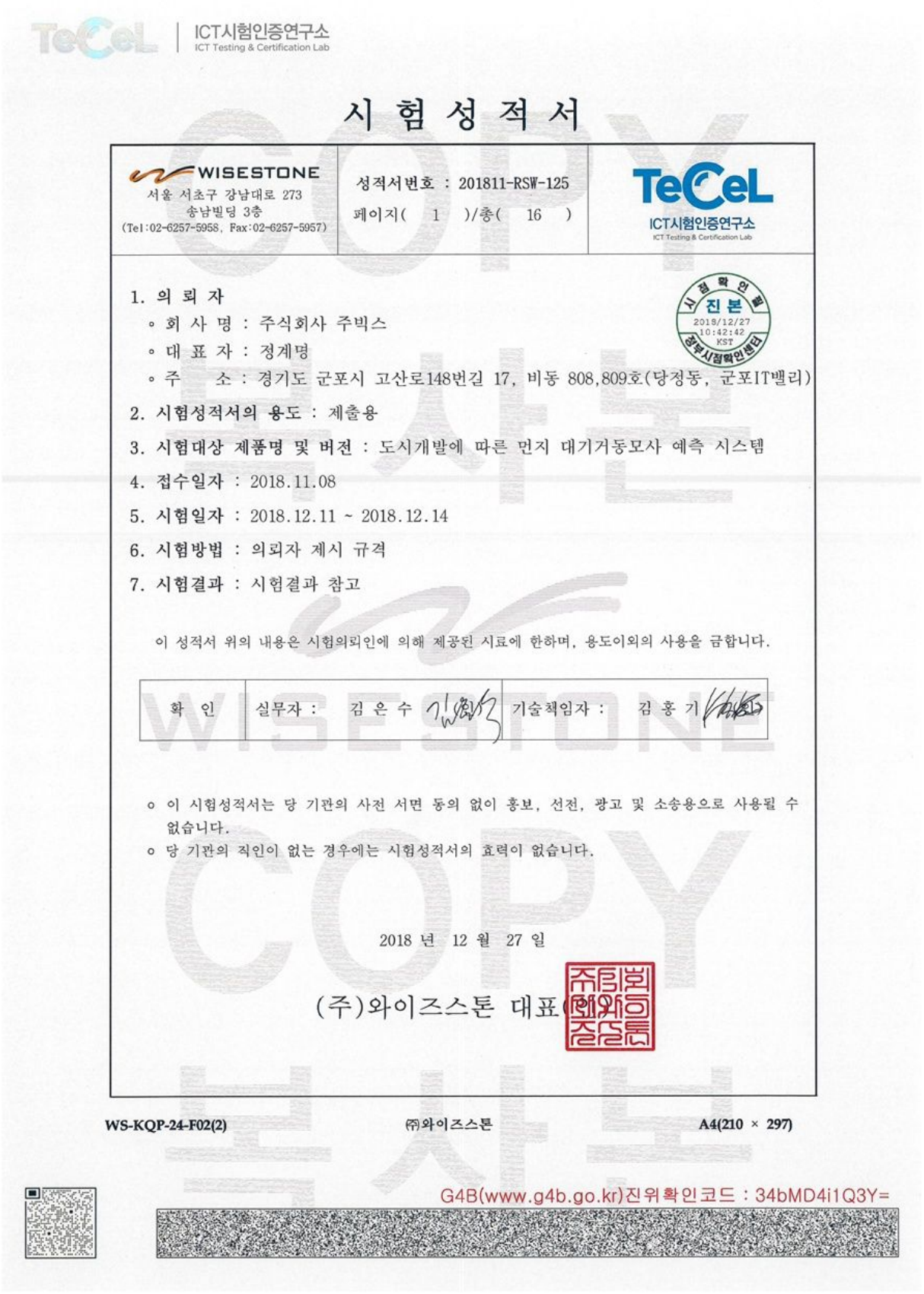
2. 이동식 AWS 기상정보
• 이동식 복합센서 연동 모듈 인터페이스 구축
– (데이터 수집 항목) 이동형 기상/대기데이터 : 측정일, 관측시간, 풍향, 풍속, 기온, 습도, 기압, 미세먼지(PM10), 미세먼지(PM2.5), TSP, 아황산가스, 일산화탄소, 오존, 이산화질소 등을 관리
– (수집 지점 설정_이동형 복합센서 설치의 위치 설정정보에 수집여부 설정
– (수집 처리)유관기관으로부터 수집한 XML 데이터를 수집일 폴더 생성 후 텍스트 파일 생성
– (데이터베이스 가공처리 저장)수집된 텍스트 파일을 가공 처리하여 데이터베이스에 저장
• 이동식 복합센서 수집장치 개발
– 본 연구에서는 각종 기상 및 대기질 정보를 복합 환경센서로 측정하고 데이터로거로 수집하여 LTE 통신모뎀을 이용하여 서버로 전송하고 DB에 저장하는 이동형 IoT 대기환경복합수집시스템을 개발
– 센서 연계 드라이버는 아날로그, 펄스, 시리얼통신을 이용하며, 데이터 서버전송규격은 KMAII (표준프로토콜), 서버 전송 방법은 LTE 및 tcp/IP, 전원은 상시 또는 충전 전원을 사용
• 이동형 대기환경복합수집시스템 구성 및 제작
– 이동형 IoT 먼지복합센서와 기상/대기환경복합센서 서버 통신 분리 제작
– 이동형 IoT 먼지복합센서 서버통신부 제작
– 이동형 IoT 먼지복합센서 바퀴 부착용 전원부 제작
– 대기환경 오염물질 측정센서 및 BOX 제작
– IoT 대기환경복합센서 통신 인터페이스 S/W
– IoT 복합센서 데이터 서버 수신 SW</td><td>보고서
(p.128~142)</td></tr>
</table>

구분	단위성과물	내용	증빙
3-1-3	모델링배출량입력 인터페이스 및 통신모듈설계보고서	1. 모델링 설정 및 배출량입력 인터페이스 및 통신모듈 설계 • 모델링 격자간격, 모델링 종류, 구분, 실행시간간격, 격자수 등의 기준설정을 하고 모델링 영역내의 기상 관측소를 설정하며, 개발지역 내의 건물 및 도로, 공사장 부문의 에너지사용량으로부터 건물오염원배출량, 도로오염원배출량, 공사시오염원배출량 정보에 FPM/CPM 배출계수정보, 시간대별 할당계수를 적용하여 점·선·면오염원 배출량을 설정하는 모듈. • (구성) 대기 거동모사 예측을 위한 기본 설정 구성으로 모델링명, 모델링그룹, 개발사업, 모델링 조건 등을 설정하는 모델링 기초설정관리와 모델링의 영역을 설정하는 도메인 설정관리, 기상관측소 등을 설정하는 모델링 관측소설정관리, 오염원별 배출원을 설정하는 배출량 설정 관리, 모델링 특정지역 설정관리 등으로 구성 • (기능) 모델링 기본설정관리에서 대기거동모사 영역과 격자크기, 모사 시간 그리고 간격 등을 설정하여 도메인정보 등에 저장하고 대기거동모사 영역내의 관측된 지표기상관측소와 이동형 관측소를 설정 저장함. 기본 설정된 모델링에 대해 CAPSS 데이터의 점/선/면오염원을 모델링의 조건에 따라 재설정하며, 개발지구 내의 건물에너지와 공사시 배출량을 설정 확인	보고서 (p.159~161)
3-1-4 3-1-5	Calmet 기상장모델링과 Calpuff 오염물질 인터페이스 및 구동 모듈 설계보고서	1. Calmet & Calpuff 모델링 인터페이스 및 통신모듈 설계 • (대기거동모사 구동 소프트웨어 구조) 대기거동모사 구동 소프트웨어는 지형고도와 토지피복도 파일을 이용하여 지형모델링 파일을 생성하고 모델링 도메인영역, 기간 등의 조건에 따라 제어파일을 생성함. 또한 모델링 기간의 지표/고층기상 등의 기상파일을 만들고 기상 모델링을 실행한 후, 바람장 결과 파일을 생성함. 바람장파일과 오염원파일을 이용하여 대기모델링을 실행한 후 격자별 오염원 농도의 결과 파일이 생성됨. 한편, 모델링 기준 설정에서 모델링의 시작 및 종료시간, 주기시간을 변경 저장하여 대기거동모수 구동을 자동으로 연속해서 실행 • (대기거동모사 구동 소프트웨어 기능) - 모델링기준설정정보에 등록된 모델링을 선택하고 모델링 시작일시 그리고 관련 실행 오션 등을 선택하여 모델링을 실행 - 모델링도메인설정에서 생성된 모델링지형고도파일, 피복파일 과 모델링도메인정보, 모델링모형정보를 이용하여 모델링지형데이터를 자동생성처리함. - 모델링기준설정정보와 모델링 지표/고층관측소설정정보 등으로 모델링기상INP설정정보에 변수값을 재설정 - 지표/고층기상데이터정보 와 모델링기상INP설정정보 테이블로 모델링지표/고층기상.Dat 와 모델링기상INP.Dat 파일을 생성하여 기상모델링을 실행하여 3차원바람장.Dat 파일을 생성 - 모델링점/선/면오염원정보 테이블을 이용하여 모델링오염원.Dat 파일과 모델링 변수 설정을 모델링대기INP.Dat 파일을 생성하여 3차원바람장.Dat 파일과 더불어 대기모델링을 실행하여 격자별 오염원농도.Dat 파일을 생성 - 생성 후 모델링기준설정정보의 모델링 주기를 더하여 다음 시작일시를 구한 후에 A.모델링실행을 반복 실행 - 생성된 3차원바람장.Dat 와 격자별오염원농도.Dat 결과 파일을 대기질모델링결과정보 와 실시간/예측모델링결과정보에 저장 - 모델링 결과 확인	보고서 (p.168~169)

구분	단위성과물	내용	증빙
2-2-1	지형자료입력 인터페이스 모듈 설계 개발	1. 모델링 도메인관리 구성 • 모델링 영역의 격자 크기의 설정에 따라 토지피복 자료와 지형고도 파일을 자동으로 생성 2. 지형 고도/피복도 생성 및 모델링 적용 • 지형 고도/피복도 관리 구성 기능은 격자 크기가 1Km X 1Km, 100m X 100m, 30m X 30m로 된 기초 지형데이터를 모델링 처리를 위한 UTM52(Universal Transverse Mercator coordinate system) 좌표와 위·경도 좌표로 변환 가공 처리하는 프로세서 • 격자별 토지피복도는 14등급 시스템을 채택하였으며, 도시, 숲, 물, 설원 등 14등급의 토지피복도에 보우엔비, 알베도, 지표거칠기, 인공열 등의 변수를 설정	보고서 (p.124~126) 붙임 3 (시험성적서)
2-2-2	기상자료입력 인터페이스 및 통신 모듈 개발	1. 1차 현장검증 원격 관측 시험 • 이동형 대기환경복합수집시스템을 현장에 설치하고, 원격 관측시험 통해 기상(온도, 습도, 풍향, 풍속 등) 및 대기환경오염물질(TSP, PM10, PM2.5, VOCs 등)을 측정 및 수집하여 검증 • 인천시 연수구 해돋이로 107(2018.07~2018.10) 2. 2차 현장검증 원격 관측 상업·업무시설 중심지인 광화문 광장과 강남역 주변 화양동 주거지역에서 실시(2018.08.14~2018.09.15)	보고서 (p.143~152) 붙임 3 (시험성적서)
2-2-3	모델링 배출량 입력 인터페이스 및 통신 모듈 개발	1. (모델링 및 배출량 설정) • 모델링 격자간격, 모델링 종류, 구분, 실행시간간격, 격자수 등의 기준설정을 하고 모델링 영역내의 기상 관측소를 설정하며, 개발지역 내의 건물 및 도로, 공사장 부문의 에너지사용량으로부터 건물오염원배출량, 도로오염원배출량, 공사시오염원배출량 정보에 FPM/CPM 배출계수정보, 시간대별 할당계수를 적용하여 점·선·면오염원 배출량을 설정하는 모듈 • (모델링배출량설정관리) 점오염원 배출원 설정, 선오염원 배출원 설정, 면오염원 배출원 설정, 공사 시 배출원 설정, 모델링 배출원설정 보기, 모델링 배출원 현황 • (모델링 설정 관리) 모델링 기초설정관리, 모델링 설정관리 현황 • (모델링 도메인 설정 관리) 모델링 도메인 설정관리, 모델링 도메인 설정현황	보고서 (p.161~167) 붙임 3 (시험성적서)
2-2-4 2-2-5	Calmet 기상장모델링과 Calpuff 오염물질 인터페이스 및 구동 모듈 개발	1. 대기거동모사 실행 개발 • (기간별 대기거동모사 실행) – 대기거동모사 모델링 설정관리에서 설정된 시작시간에 의해 모델링이 실행됨. – 모델링 실행 중에 중지 및 일시 중지에 의해 일시적으로 중단 될 수 있음. – 설정된 지표기상, 고층기상, 대기관측, 배출원 설정수, 복합센서 설정 수 등 확인 가능 – 모델링설정에 의해 TPM, CPM, FPM 등의 오염원을 구분하며 모델링 종류는 개발공사전, 공사 시, 운영 시, 지역난방지역으로 실행 가능 • (일괄처리 대기거동모사 실행) – 대기거동모사 기간별 모사에 필요한 파일을 생성하는 기능 – 지표기상, 고층기상.dat 파일 생성 기능 – Geo.inp, 지표기상.inp, PrtM.inp, 대기.inp, PrtP.inp 파일 생성 기능 – 배출량 시계열 가중치 적용 여부 기능 – AWS 적용 여부 기능 – 오염원별 구분 배출량 대기거동모사 2. 대기거동모사 결과 분석 현황 개발 • 대기거동모사 기간별 모사 결과에 대한 상세 분석 기능 • 대기모사 결과 영역별 비교 분석현황 • 모델링/개발지구 평균 비교 분석현황 • 모델링영역내 관측값 비교 분석현황 • 격자별 오염원 배출량 비교현황 • 격자별 Web-Map 표출과 오염원 배출량현황	보고서 (p.168~173) 붙임 3 (시험성적서)

구분	단위성과물	내용	증빙
3-3-1	지형자료입력 인터페이스 모듈 현장적용	1. 지형자료 입력 인터페이스 모듈 현장적용 • 대기모사영역 설정 시 지형격자 크기(METEOROLOGICAL Grid spacing) 에 따라 격자의 고도와 피복도가 생성 • 점/선/면 배출원의 설정 시 격자 크기별로 배출원의 배출량을 배부하여 격자별로 배출량의 설정 생성 • 기상장 및 대기모사 실행 시 격자별 고도와 피복도에 따라 오염원의 농도를 산정 모사	보고서 (p.127) (p.186~246)
3-3-2	기상자료입력 인터페이스 및 통신 모듈 현장적용	1. 기상자료 입력 인터페이스 모듈 현장적용 • 대기거동모사를 위해 모델링영역 내에 위치한 이동형복합센서를 설치하였으며, 기상청 관측소와 환경부 대기질관측소의 기상 및 미세먼지 데이터를 원격으로 수집하여 대기거동모사에 반영 • 고양시 덕양구 화신로(2019.03.01~2018.09.30) 2. 기상자료 현장적용 • (지표기상) 안양, 군포, 의와 기상 관측소 • (이동형기상) 경기도 군포시 당정동 • (고층기상) 경기도 오산	보고서 (p.152~158) (p.176) (p.186~246)
3-3-3	모델링배출량 입력 인터페이스 및 통신 모듈 현장적용	1. 대기거동모사 모델링 배출량 설정 • 대기거동모사 점/선/면오염원 설정 • 대기거동모사 공사시오염원 설정 • 대기거동모사 건물 배출오염원 설정 • 대기거동모사 총배출량 현황 • 대기거동모사 오염원별 Web-Map	보고서 (p.177~179) (p.186~246)
3-3-4 3-3-5	Calmet 기상장모델링과 Calpuff 오염물질 인터페이스 및 구동 모듈 현장적용	1. 택지개발지구 대기거동모사 적용 실행 • (적용택지) 군포 부곡 택지개발지역 • (영역크기) 5.7 Km X 5.7 Km • (격자크기) 100 m X 100 m • (주기간격) 1 Hr 2. 택지개발지구 대기거동모사 적용 결과 분석 • 모델링 기간별 격자별 고도, 전체오염원/점오염원/선오염원/면오염원/공사시오염원/건물오염원의 TPM, FPM, CPM 결과 분석 • 격자별 결과 차트 현황 및 오염원별 통계 차트 현황 • 대기거동모사 결과 피복도 현황  3. 택지개발지구 대기거동모사 적용 결과 MAP View • 전체오염원/점오염원/선오염원/면오염원/공사시오염원/건물오염원의 TPM, FPM, CPM 결과 MAP VIEW 현황 	보고서 (p.179~185) (p.186~246)

붙임 3. 시험성적서(ICT시험인증연구소 발행)



TeCeL | ICT시험인증연구소
ICT Testing & Certification Lab

시 험 성 적 서

WISESTONE 서울 서초구 강남대로 273 송남빌딩 3층 (Tel:02-6257-5958, Fax:02-6257-5957)	성적서번호 : 201811-RSW-125 페이지(1)/총(16)	TeCeL ICT시험인증연구소 ICT Testing & Certification Lab

시험확인필 진본 2018/12/27 10:42:42 KST 정부시험확인센터

1. 의 뢰 자
   - 회 사 명 : 주식회사 주빅스
   - 대 표 자 : 정계명
   - 주 소 : 경기도 군포시 고산로148번길 17, 비동 808,809호(당정동, 군포IT밸리)
2. 시험성적서의 용도 : 제출용
3. 시험대상 제품명 및 버전 : 도시개발에 따른 먼지 대기거동모사 예측 시스템
4. 접수일자 : 2018.11.08
5. 시험일자 : 2018.12.11 ~ 2018.12.14
6. 시험방법 : 의뢰자 제시 규격
7. 시험결과 : 시험결과 참고

이 성적서 위의 내용은 시험의뢰인에 의해 제공된 시료에 한하며, 용도이외의 사용을 금합니다.

확 인	실무자 : 김 은 수	기술책임자 : 김 홍 기

- 이 시험성적서는 당 기관의 사전 서면 동의 없이 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없습니다.
- 당 기관의 직인이 없는 경우에는 시험성적서의 효력이 없습니다.

2018 년 12 월 27 일

(주)와이즈스톤 대표(서명)

WS-KQP-24-F02(2) ㈜와이즈스톤 A4(210 × 297)

G4B(www.g4b.go.kr)진위확인코드 : 34bMD4i1Q3Y=

COPY 복사본

시 험 결 과

WISESTONE 서울 서초구 강남대로 273 송남빌딩 3층 (Tel:02-6257-5958, Fax:02-6257-5957)	성적서번호 : 201811-RSW-125 페이지(2)/총(16)	TeCeL ICT시험인증연구소 ICT Testing & Certification Lab

1. 시험 개요

이 시험결과는 주식회사 주빅스에서 수행한 "도시개발에 따른 여과성 먼지와 2.5 ㎛ 이하 응축성 먼지 배출량 산정 및 대기거동모사 예측기술 개발" 의 연구결과물 "도시개발에 따른 먼지 대기거동모사 예측 시스템" 을 의뢰자 제시 규격에 따라 시험한 결과임

2. 시험 대상

2.1 시험 대상 개요

1) 소프트웨어 명

○ 도시개발에 따른 먼지 대기거동모사 예측 시스템

2) 소프트웨어 설명

○ 도시개발에 따른 여과성 먼지와 2.5 ㎛ 이하 응축성 먼지 배출량 산정 및 대기거동모사 예측기술에 관한 소프트웨어로서 도시 주요 먼지 배출원 대상에너지 사용량 분석 및 사용 활동도 분석 내용과 먼지 배출량 이력 관리 기술 그리고 먼지 배출량 실외 거동 모사 예측 소프트웨어 임

WISESTONE

<시험 대상 정보>

식별자	소프트웨어 명	분류	구분	해시 값(SHA256)
1-A	도시개발에 따른 먼지 대기거동모사 예측 시스템	데이터 분석 소프트웨어	DustAdams.exe	2d4a751ee00ade6a4bfb626a88401c217a062ef463312e7f73523fa1e5e1a75b
			DsRAdamsRunningFPM.exe	e6c5abffedf5ac2898c06cdbc046661edeab3ca0cbb2d31089bba1567602220e
			DsRAdamsAwsSaveFPM.exe	4fdb29c3a29774f2a0467bb02c2b37412fdfbf89fc004e188d099c8d38110408

G4B(www.g4b.go.kr)진위확인코드 : 34bMD4i1Q3Y=

시 험 결 과

WISESTONE
서울 서초구 강남대로 273
송남빌딩 3층
(Tel:02-6257-5958, Fax:02-6257-5957)

TeCeL
ICT시험인증연구소
ICT Testing & Certification Lab

식별자	소프트웨어 명	분류	구분	해시 값(SHA256)
			DsRAdamsAirSaveFPM.exe	4546af197d332fdc4a03c30e2e2a850cb82b549f827c04ecb15afba79a1297c5
			DsAdamsView.exe	3d100f378c40f8e8d771bc41bb1fa5167fb619f23bb2b41dec2240257a8ff7ad
			수집서버_dust_bin	3e403e3939eba53a37a5f3633ec4ba2d09e54e358180b65885435dca0d14b8f4
			모니터링_wpfApp1.exe	376ae47693489fb1ab675296a4522466f20edef03c5daac86a0d51330367c8f3

3. 시험 항목

1) 건물의 사용 에너지 분석 DB 소프트웨어
2) 연료 연소 및 기타 관련 FPM 및 CPM 배출량 관리 소프트웨어
3) 지형자료 입력 인터페이스 모듈 설계 개발
4) 기상자료 입력 인터페이스 및 통신 모듈 개발
5) 모델링 배출량 입력 인터페이스 및 통신 모듈 개발
6) Calmet 기상장 모델링 인터페이스 및 구동 모듈 개발
7) Calpuff 오염물질 모델링 인터페이스 및 구동 모듈 개발

G4B(www.g4b.go.kr)진위확인코드 : 34bMD4i1Q3Y=

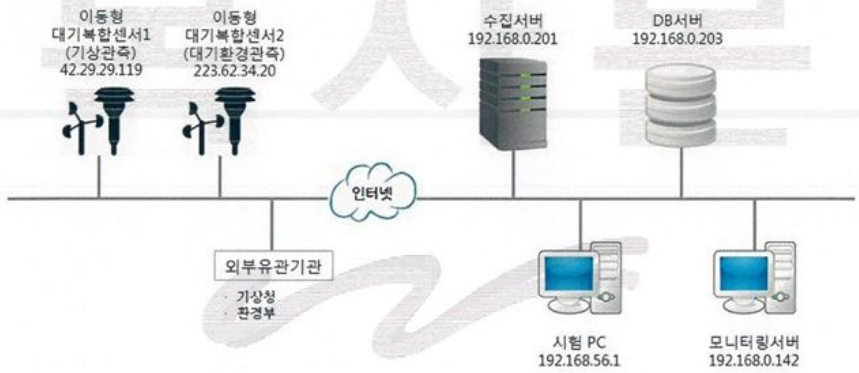
시 험 결 과

WISESTONE 서울 서초구 강남대로 273 송남빌딩 3층 (Tel:02-6257-5958, Fax:02-6257-5957)	성적서번호 : 201811-RSW-125 페이지(4)/총(16)	TeCeL ICT시험인증연구소 ICT Testing & Certification Lab

4. 시험 환경

4.1 시험 환경 구성

1)ENV-1



<시험환경 구성도>

4.2 시험 환경 상세 정보

구분	시스템 사양	운영SW 및 시험도구	구현 모듈
수집서버 192.168.0.201	· CPU : Intel(R) Xeon(R) CPU E3-1240 v3 @ 3.40GHz · RAM : 16 GB · HDD : 4 TB	· O S : Ubuntu 15.04	· 수집모듈_dust_bin
DB서버 192.168.0.203	· CPU : AMD Ryzen 7 2700X Eight-Core Processor · RAM : 16 GB · HDD : 2 TB	· O S : Ubuntu 18.04.1 · MySQL-5.5.5-10.1.7-MariaDB	-

G4B(www.g4b.go.kr)진위확인코드 : 34bMD4i1Q3Y=

시 험 결 과

WISESTONE
서울 서초구 강남대로 273
송남빌딩 3층
(Tel:02-6257-5958, Fax:02-6257-5957)

TeCeL
ICT시험인증연구소
ICT Testing & Certification Lab

구분	시스템 사양	운영SW 및 시험도구	구현 모듈
모니터링서버 192.168.0.142	· CPU : Intel(R) Core(TM)i7 2.8GHz · RAM : 16 GB · HDD : 1 TB	· O S : Windows 10 Pro	· 모니터링_WpfApp1
시험 PC 192.168.56.1	CPU : Intel(R) Core(TM)i7-4790K CPU 4.00 GHz · RAM : 16 GB · HDD : 7 TB	· O S : Windows 7 Professional · SQLyog v11.11(64bit)	· DustAdams.exe · DsRAdamsRunning FPM.exe · DsRAdamsAwsSave FPM.exe · DsRAdamsAirSave FPM.exe · DsAdamsView.exe
이동형 대기복합센서1 (기상관측) 42.29.29.119	· CPU : SAMA5D36 528MHz · RAM : 256 MB · HDD : 256 MB	· O S : embedded Linux 3.10.0	-
이동형 대기복합센서2 (대기환경) 223.62.34.20	· CPU : SAMA5D36 528MHz · RAM : 256 MB · HDD : 256 MB	· O S : embedded Linux 3.10.0	-

4.3 시험 도구

도구 명	적용 시험 항목	설명
SQLyog v11.11(64bit)	시험항목 4,6,7,8,9,10	DB내용 조회하기 위한 MySql GUI tool

G4B(www.g4b.go.kr)진위확인코드 : 34bMD4i1Q3Y=

시 험 결 과

WISESTONE 서울 서초구 강남대로 273 송남빌딩 3층 (Tel:02-6257-5958, Fax:02-6257-5957)	성적서번호 : 201811-RSW-125 페이지(6)/총(16)	TeCeL ICT시험인증연구소 ICT Testing & Certification Lab

5. 시험 방법

1) 건물의 사용 에너지 분석 DB 소프트웨어

시험 기준 및 방법	시험대상	시험환경	시험도구
· 시험 기준 : 공공건물 20동에 대한 에너지 사용량 분석 정보를 확인 가능인가? · 시험 방법 : 건물의 사용 에너지 분석DB에서 생성되어 관리되고 있는 공공건물 20동의 에너지 사용량 분석 정보가 대기거동모사 예측시스템의 화면에서 조회되는지 확인한다.	1-A	ENV-1	-
· 시험 기준 : 상업건물 100동에 대한 에너지 사용량 분석 정보를 확인 가능한가? · 시험 방법 : 건물의 사용 에너지 분석DB에서 생성되어 관리되고 있는 상업건물 100동의 에너지 사용량 분석 정보가 대기거동모사 예측시스템의 화면에서 조회되는지 확인한다.	1-A	ENV-1	-
· 시험 기준 : 주택 50동에 대한 에너지 사용량 분석 정보를 확인 가능한가? · 시험 방법 : 건물의 사용 에너지 분석DB에서 생성되어 관리되고 있는 주택 50동의 에너지 사용량 분석 정보가 대기거동모사 예측시스템의 화면에서 조회되는지 확인한다.	1-A	ENV-1	-
· 시험 기준 : 공사장 10 건 및 자동차 100건에 대한 에너지 사용량 분석 정보를 확인 가능인가? · 시험 방법 : 건물의 사용 에너지 분석DB에서 생성되어 관리되고 있는 공사장 10건, 자동차 100건의 에너지 사용량 분석 정보가 대기거동모사 예측시스템의 화면과 DB에서 조회되는지 확인한다.	1-A	ENV-1	· SQLyog v11.11(64bit)

G4B(www.g4b.go.kr)진위확인코드 : 34bMD4i1Q3Y=

시 험 결 과

WISESTONE
서울 서초구 강남대로 273
송남빌딩 3층
(Tel:02-6257-5958, Fax:02-6257-5957)

성적서번호 : 201811-RSW-125

TeCeL ICT시험인증연구소 ICT Testing & Certification Lab

시험 기준 및 방법	시험대상	시험환경	시험도구
· 시험 기준 : 월별 에너지 사용량 분석 시스템 입출력 인터페이스가 2본인가? · 시험 방법 : 월별 에너지 사용량 분석 시스템의 입력과 출력기능이 정상 동작하는지 시험하여 입출력 인터페이스 2본을 확인한다.	1-A	ENV-1	-
· 시험 기준 : 건축에너지코드 list 정보 처리 수가 10개인가? · 시험 방법 : 건축에너지코드 10개를 대기기동모사 예측시스템의 화면과 DB에서 조회하여 건물의 사용 에너지 분석 DB 소프트웨어에서 관리하는 코드 리스트 정보 처리 수를 확인한다.	1-A	ENV-1	· SQLyog v11.11(64bit)

2) 연료 연소 및 기타 관련 FPM 및 CPM 배출량 관리 소프트웨어

시험 기준 및 방법	시험대상	시험환경	시험도구
· 시험 기준 : CAPSS 대분류 배출원 정보 처리 수가 13개인가? · 시험 방법 : 대기거동모사 예측시스템의 [에너지분류코드관리]와 DB에서 CAPSS 대분류에 따른 배출원 13개의 정보를 관리하는지 조회하여 CAPSS 대분류 배출원 정보 처리 수를 확인한다.	1-A	ENV-1	· SQLyog v11.11(64bit)

G4B(www.g4b.go.kr)진위확인코드 : 34bMD4i1Q3Y=

시 험 결 과

WISESTONE 서울 서초구 강남대로 273 송남빌딩 3층 (Tel:02-6257-5958, Fax:02-6257-5957)	성적서번호 : 201811-RSW-125 페이지(8)/총(16)	TeCeL ICT시험인증연구소 ICT Testing & Certification Lab

시험 기준 및 방법	시험대상	시험환경	시험도구
· 시험 기준 : 연료의 종류 정보 처리 건이 대기오염물질 8종에 대한 것인가? · 시험 방법 : 대기거동모사 예측시스템의 [CAPSS Data Create]와 [CAPSS 오염원 현황]에서 오염원 종류별로 대기오염물질 8종의 배출량 정보를 관리하고 있는지 조회하여 대기오염물질 종류로 연료의 종류 정보 처리 건을 확인한다.	1-A	ENV-1	· SQLyog v11.11(64bit)
· 시험 기준 : 먼지배출량코드 list 정보 처리 수가 10개인가? · 시험 방법 : 먼지배출량관리코드 10개를 대기거동모사 예측시스템의 화면과 DB에서 조회하여 연료 연소 및 기타 관련 FPM 및 CPM 배출량 관리 소프트웨어에서 관리하는 코드 리스트 정보 처리 수를 확인한다.	1-A	ENV-1	· SQLyog v11.11(64bit)

3) 지형자료 입력 인터페이스 모듈 설계 개발

시험 기준 및 방법	시험대상	시험환경	시험도구
· 시험 기준 : 격자크기별 고도/피복도 정보 관련 모듈 1식이 구축되었는가? · 시험 방법 : 대기거동모사 예측시스템의 [Geo Source Data 격자 Create(2017)]에서 데이터를 격자크기별로 생성하여 관리하는 내용을 조회하여 격자크기별 고도/피복도 정보 관련 모듈 1식이 구축되어 있는지 확인한다.	1-A	ENV-1	· SQLyog v11.11(64bit)

G4B(www.g4b.go.kr)진위확인코드 : 34bMD4i1Q3Y=

시 험 결 과

WISESTONE 서울 서초구 강남대로 273 송남빌딩 3층 (Tel:02-6257-5958, Fax:02-6257-5957)	성적서번호 : 201811-RSW-125 페이지(9)/총(16)	TeCeL ICT시험인증연구소 ICT Testing & Certification Lab

시험 기준 및 방법	시험대상	시험환경	시험도구
· 시험 기준 : 지형정보 인터페이스 1식이 구축되었는가? · 시험 방법 : 대기거동모사 예측시스템의 [Adams 위치 및 도메인 보기]에서 격자크기별로 지형정보를 모델링한 뷰를 조회하여 지형정보 인터페이스 1식이 구축되어 있는지 확인한다.	1-A	ENV-1	-

4) 기상자료 입력 인터페이스 및 통신 모듈 개발

시험 기준 및 방법	시험대상	시험환경	시험도구
· 시험 기준 : 기상모델링 자료수집 정보 처리 모듈 1식이 구축되었는가? · 시험 방법 : 대기거동모사 예측시스템의 [기상 날씨현황] [고층 기상 날씨현황]에서 지표기상과 고층기상 데이터가 정상 노출되는지 조회하여 기상모델링 자료수집 정보 처리 모듈 1식이 구축되어 있는지 확인한다.	1-A	ENV-1	-
· 시험 기준 : 기상모델링 자료수집 인터페이스 1식이 구축되었는가? · 시험 방법 : 대기거동모사 예측시스템의 [이동형 대기환경센서수집데이터현황]에서 이동형 대기복합센서에서 수집되고 있는 실제 기상데이터가 실시간으로 모니터링 되어 정상적으로 노출되는지 조회하여 기상모델링 자료수집 인터페이스 1식이 구축되어 있는지 확인하다.	1-A	ENV-1	-

G4B(www.g4b.go.kr)진위확인코드 : 34bMD4i1Q3Y=

시 험 결 과

WISESTONE
서울 서초구 강남대로 273
송남빌딩 3층
(Tel:02-6257-5958, Fax:02-6257-5957)

TeCeL ICT시험인증연구소 ICT Testing & Certification Lab

5) 모델링 배출량 입력 인터페이스 및 통신 모듈 개발

시험 기준 및 방법	시험대상	시험환경	시험도구
· 시험 기준 : 배출량 모델링 배부 모듈 1식이 구축되었는가? · 시험 방법 : 대기거동모사 예측시스템의 [배출원 배부 설정관리]에서 오염원 구분에 따라 먼지 배출량을 배부 설정하는 기능이 정상 동작하는지 시험하여 배출량 모델링 배부 모듈 1식을 확인한다.	1-A	ENV-1	-
· 시험 기준 : 배출량 모델링 인터페이스 1식이 구축되었는가? · 시험 방법 : 대기거동모사 예측시스템의 [모델링 배출원 보기]에서 배출원별로 배부 설정된 결과가 정상 노출되는지 시험하여 배출량 모델링 인터페이스 1식을 확인한다.	1-A	ENV-1	-

6) Calmet 기상장 모델링 인터페이스 및 구동 모듈 개발

시험 기준 및 방법	시험대상	시험환경	시험도구
· 시험 기준 : 기상장 모델링DB 및 인터페이스 처리 모듈 2식이 구축되었는가? · 시험 방법 : 운영중 모델링 결과 저장(기상) 시스템이 정상 구동되는지 시험하여 기상장 모델링 결과 파일 DB 처리 모듈 1식, 대기거동모사 예측시스템의 [주기별 결과 통계 현황]과 [격자별 결과 분석 현황]에서 기상장 모델링 결과가 정상 노출되는지 시험하여 기상장 모델링 결과 인터페이스 1식을 확인한다.	1-A	ENV-1	-

G4B(www.g4b.go.kr)진위확인코드 : 34bMD4i1Q3Y=

시 험 결 과

WISESTONE 서울 서초구 강남대로 273 송남빌딩 3층 (Tel:02-6257-5958, Fax:02-6257-5957)	성적서번호 : 201811-RSW-125 페이지(11)/총(16)	TeCeL ICT시험인증연구소 ICT Testing & Certification Lab

시험 기준 및 방법	시험대상	시험환경	시험도구
· 시험 기준 : 기상장 모델링 구동 관련 모듈 2식이 구축되었는가? · 시험 방법 : 대기확산 모델링(운영중) 시스템이 정상 구동되는지 시험하여 기상장 먼지거동모사 모델링 실행 모듈 1식과 기상장 모델링 결과 파일 생성 모듈 1식을 확인한다.	1-A	ENV-1	-

7) Calpuff 오염물질 모델링 인터페이스 및 구동 모듈 개발

시험 기준 및 방법	시험대상	시험환경	시험도구
· 시험 기준 : 대기거동모사 모델링DB 및 인터페이스 처리 모듈 2식이 구축되었는가? · 시험 방법 : 운영중 모델링 결과 저장(대기) 시스템이 정상 구동되는지 시험하여 대기거동모사 모델링 결과 파일 DB 처리 모듈 1식, 대기거동 모니터링결과 시스템이 정상 구동되는지 시험하여 대기거동모사 모델링 결과 인터페이스 1식을 확인한다.	1-A	ENV-1	-
· 시험 기준 : 대기거동모사 모델링 구동 관련 모듈 2식이 구축되었는가? · 시험 방법 : 대기확산 모델링(운영중) 시스템이 정상 구동되는지 시험하여 먼지거동모사 모델링 실행 모듈 1식과 먼지거동모사 모델링 결과 파일 생성 모듈 1식을 확인한다.	1-A	ENV-1	-

G4B(www.g4b.go.kr)진위확인코드 : 34bMD4i1Q3Y=

시 험 결 과

WISESTONE 서울 서초구 강남대로 273 송남빌딩 3층 (Tel:02-6257-5958, Fax:02-6257-5957)	성적서번호 : 201811-RSW-125 페이지(12)/총(16)	TeCeL ICT시험인증연구소 ICT Testing & Certification Lab

6. 시험 결과

1) 건물의 사용 에너지 분석 DB 소프트웨어

시험 기준 및 방법	시험결과
· 시험 기준 : 공공건물 20동에 대한 에너지 사용량 분석 정보를 확인 가능인가? · 시험 방법 : 건물의 사용 에너지 분석DB에서 생성되어 관리되고 있는 공공건물 20동의 에너지 사용량 분석 정보가 대기거동모사 예측시스템의 화면에서 조회되는지 확인한다.	**의뢰자 기준 만족** (공공건물 20동 분석 정보 확인)
· 시험 기준 : 상업건물 100동에 대한 에너지 사용량 분석 정보를 확인 가능한가? · 시험 방법 : 건물의 사용 에너지 분석DB에서 생성되어 관리되고 있는 상업건물 100동의 에너지 사용량 분석 정보가 대기거동모사 예측시스템의 화면에서 조회되는지 확인한다.	**의뢰자 기준 만족** (상업건물 100동 분석 정보 확인)
· 시험 기준 : 주택 50동에 대한 에너지 사용량 분석 정보를 확인 가능한가? · 시험 방법 : 건물의 사용 에너지 분석DB에서 생성되어 관리되고 있는 주택 50동의 에너지 사용량 분석 정보가 대기거동모사 예측시스템의 화면에서 조회되는지 확인한다.	**의뢰자 기준 만족** (주택 50동 분석 정보 확인)
· 시험 기준 : 공사장 10 건 및 자동차 100건에 대한 에너지 사용량 분석 정보를 확인 가능인가? · 시험 방법 : 건물의 사용 에너지 분석DB에서 생성되어 관리되고 있는 공사장 10건, 자동차 100건의 에너지 사용량 분석 정보가 대기거동모사 예측시스템의 화면과 DB에서 조회되는지 확인한다.	**의뢰자 기준 만족** (공사장 10건, 자동차 78 446건의 분석 정보 확인)
· 시험 기준 : 월별 에너지 사용량 분석 시스템 입출력 인터페이스가 2본인가? · 시험 방법 : 월별 에너지 사용량 분석 시스템의 입력과 출력기능이 정상 동작하는지 시험하여 입출력 인터페이스 2본을 확인한다.	**의뢰자 기준 만족** (입출력 인터페이스 2본 확인)

G4B(www.g4b.go.kr)진위확인코드 : 34bMD4i1Q3Y=

시 험 결 과

WISESTONE 서울 서초구 강남대로 273 송남빌딩 3층 (Tel:02-6257-5958, Fax:02-6257-5957)	성적서번호 : 201811-RSW-125 페이지(13)/총(16)	TeCeL ICT시험인증연구소 ICT Testing & Certification Lab

시험 기준 및 방법	시험결과
· 시험 기준 : 건축에너지코드 list 정보 처리 수가 10개인가? · 시험 방법 : 건축에너지코드 10개를 대기거동모사 예측시스템의 화면과 DB에서 조회하여 건물의 사용 에너지 분석 DB 소프트웨어에서 관리하는 코드 리스트 정보 처리 수를 확인한다.	의뢰자 기준 만족 (10개 확인)

2) 연료 연소 및 기타 관련 FPM 및 CPM 배출량 관리 소프트웨어

시험 기준 및 방법	시험결과
· 시험 기준 : CAPSS 대분류 배출원 정보 처리 수가 13개인가? · 시험 방법 : 대기거동모사 예측시스템의 [에너지분류코드관리]와 DB에서 CAPSS 대분류에 따른 배출원 13개의 정보를 관리하는지 조회하여 CAPSS 대분류 배출원 정보 처리 수를 확인한다.	의뢰자 기준 만족 (13개 확인)
· 시험 기준 : 연료의 종류 정보 처리 건이 대기오염물질 8종에 대한 것인가? · 시험 방법 : 대기거동모사 예측시스템의 [CAPSS Data Create]와 [CAPSS 오염원 현황]에서 오염원 종류별로 대기오염물질 8종의 배출량 정보를 관리하고 있는지 조회하여 대기오염물질 종류로 연료의 종류 정보 처리 건을 확인한다.	의뢰자 기준 만족 (8종[CO, NO_x, SO_x, TSP, PM_{10}, $PM_{2.5}$, VOC, NH_3] 확인)
· 시험 기준 : 먼지배출량코드 list 정보 처리 수가 10개인가? · 시험 방법 : 먼지배출량관리코드 10개를 대기거동모사 예측시스템의 화면과 DB에서 조회하여 연료 연소 및 기타 관련 FPM 및 CPM 배출량 관리 소프트웨어에서 관리하는 코드 리스트 정보 처리 수를 확인한다.	의뢰자 기준 만족 (10개 확인)

G4B(www.g4b.go.kr)진위확인코드 : 34bMD4i1Q3Y=

시 험 결 과

WISESTONE
서울 서초구 강남대로 273
송남빌딩 3층
(Tel:02-6257-5958, Fax:02-6257-5957)

3) 지형자료 입력 인터페이스 모듈 설계 개발

시험 기준 및 방법	시험결과
· 시험 기준 : 격자크기별 고도/피복도 정보 관련 모듈 1식이 구축되었는가? · 시험 방법 : 대기거동모사 예측시스템의 [Geo Source Data 격자 Create(2017)]에서 데이터를 격자크기별로 생성하여 관리하는 내용을 조회하여 격자크기별 고도/피복도 정보 관련 모듈 1식이 구축되어 있는지 확인한다.	의뢰자 기준 만족 (격자크기별 고도/피복도 정보 관련 모듈 1식 확인)
· 시험 기준 : 지형정보 인터페이스 1식이 구축되었는가? · 시험 방법 : 대기거동모사 예측시스템의 [Adams 위치 및 도메인 보기]에서 격자크기별로 지형정보를 모델링한 뷰를 조회하여 지형정보 인터페이스 1식이 구축되어 있는지 확인한다.	의뢰자 기준 만족 (지형정보 인터페이스 1식 확인)

4) 기상자료 입력 인터페이스 및 통신 모듈 개발

시험 기준 및 방법	시험결과
· 시험 기준 : 기상모델링 자료수집 정보 처리 모듈 1식이 구축되었는가? · 시험 방법 : 대기거동모사 예측시스템의 [기상 날씨현황] [고층 기상 날씨현황]에서 지표기상과 고층기상 데이터가 정상 노출되는지 조회하여 기상모델링 자료수집 정보 처리 모듈 1식이 구축되어 있는지 확인한다.	의뢰자 기준 만족 (기상모델링 자료수집 정보 처리 모듈 1식 확인)
· 시험 기준 : 기상모델링 자료수집 인터페이스 1식이 구축되었는가? · 시험 방법 : 대기거동모사 예측시스템의 [이동형 대기환경센서수집데이터현황]에서 이동형 대기복합센서에서 수집되고 있는 실제 기상데이터가 실시간으로 모니터링 되어 정상적으로 노출되는지 조회하여 기상모델링 자료수집 인터페이스 1식이 구축되어 있는지 확인하다.	의뢰자 기준 만족 (기상모델링 자료수집 인터페이스 1식 확인)

G4B(www.g4b.go.kr)진위확인코드 : 34bMD4i1Q3Y=

시 험 결 과

WISESTONE
서울 서초구 강남대로 273
송남빌딩 3층
(Tel:02-6257-5958, Fax:02-6257-5957)

5) 모델링 배출량 입력 인터페이스 및 통신 모듈 개발

시험 기준 및 방법	시험결과
· 시험 기준 : 배출량 모델링 배부 모듈 1식이 구축되었는가? · 시험 방법 : 대기거동모사 예측시스템의 [배출원 배부 설정관리]에서 오염원 구분에 따라 먼지 배출량을 배부 설정하는 기능이 정상 동작하는지 시험하여 배출량 모델링 배부 모듈 1식을 확인한다.	**의뢰자 기준 만족** (배출량 모델링 배부 모듈 1식 확인)
· 시험 기준 : 배출량 모델링 인터페이스 1식이 구축되었는가? · 시험 방법 : 대기거동모사 예측시스템의 [모델링 배출원 보기]에서 배출원별로 배부 설정된 결과가 정상 노출되는지 시험하여 배출량 모델링 인터페이스 1식을 확인한다.	**의뢰자 기준 만족** (배출량 모델링 인터페이스 1식 확인)

6) Calmet 기상장 모델링 인터페이스 및 구동 모듈 개발

시험 기준 및 방법	시험결과
· 시험 기준 : 기상장 모델링DB 및 인터페이스 처리 모듈 2식이 구축되었는가? · 시험 방법 : 운영중 모델링 결과 저장(기상) 시스템이 정상 구동되는지 시험하여 기상장 모델링 결과 파일 DB 처리 모듈 1식, 대기거동모사 예측시스템의 [주기별 결과 통계 현황]과 [격자별 결과 분석 현황]에서 기상장 모델링 결과가 정상 노출되는지 시험하여 기상장 모델링 결과 인터페이스 1식을 확인한다.	**의뢰자 기준 만족** (기상장 모델링 결과 파일 DB 처리 모듈 1식, 기상장 모델링 결과 인터페이스 1식 확인)
· 시험 기준 : 기상장 모델링 구동 관련 모듈 2식이 구축되었는가? · 시험 방법 : 대기확산 모델링(운영중) 시스템이 정상 구동되는지 시험하여 기상장 먼지거동모사 모델링 실행 모듈 1식과 기상장 모델링 결과 파일 생성 모듈 1식을 확인한다.	**의뢰자 기준 만족** (기상장 모델링 구동 관련 모듈 2식 확인)

G4B(www.g4b.go.kr)진위확인코드 : 34bMD4i1Q3Y=

시 험 결 과

WISESTONE 서울 서초구 강남대로 273 송남빌딩 3층 (Tel:02-6257-5958, Fax:02-6257-5957)	성적서번호 : 201811-RSW-125 페이지(16)/총(16)	TeCeL ICT시험인증연구소 ICT Testing & Certification Lab

7) Calpuff 오염물질 모델링 인터페이스 및 구동 모듈 개발

시험 기준 및 방법	시험결과
· 시험 기준 : 대기거동모사 모델링DB 및 인터페이스 처리 모듈 2식이 구축되었는가? · 시험 방법 : 운영중 모델링 결과 저장(대기) 시스템이 정상 구동되는지 시험하여 대기거동모사 모델링 결과 파일 DB 처리 모듈 1식, 대기거동 모니터링결과 시스템이 정상 구동되는지 시험하여 대기거동모사 모델링 결과 인터페이스 1식을 확인한다.	**의뢰자 기준 만족** (대기거동모사 모델링 결과 파일 DB 처리 모듈 1식, 대기거동모사 모델링 결과 인터페이스 1식 확인)
· 시험 기준 : 대기거동모사 모델링 구동 관련 모듈 2식이 구축되었는가? · 시험 방법 : 대기확산 모델링(운영중) 시스템이 정상 구동되는지 시험하여 먼지거동모사 모델링 실행 모듈 1식과 먼지거동모사 모델링 결과 파일 생성 모듈 1식을 확인한다.	**의뢰자 기준 만족** (대기거동모사 모델링 구동 관련 모듈 2식 확인)

COPY
WISESTONE
COPY
복사본

G4B(www.g4b.go.kr)진위확인코드 : 34bMD4i1Q3Y=

붙임 4. 기상측기검정증명서(한국기상산업기술원 발행)

■ 기상관측표준화법 시행규칙 [별지 제2호서식] <개정 2016.4.12.>

제 M-2017-1267 호

기상측기검정증명서

신청인			
	단 체 명 (주) 주빅스	사업자등록번호 (생년월일)	124-87-34388
	성명(대표자) 정계명	전화번호	010-9162-4370
	주 소 경기도 군포시 당정동 군포 IT밸리 B동 808호		

기상측기명 2종 이상의 기상측기가 구조상 하나로 구성된 기상측기

검정내용	검정요소	제조회사	규격(모델)	제조연월일	제조번호	비 고 (설치장소)
	로 거	㈜주빅스	RU-DL200	2017. 05.	DL-200-105	
	온 도	Lufft	ws-501	2017. 04.	285.0417.1009.223	
	습 도	Lufft	ws-501	2017. 04.	285.0417.1009.223	
	풍 향	Lufft	ws-501	2017. 04.	285.0417.1009.223	
	풍 속	Lufft	ws-501	2017. 04.	285.0417.1009.223	
	기 압	Lufft	ws-501	2017. 04.	285.0417.1009.223	
	일 사	Lufft	ws-501	2017. 04.	285.0417.1009.223	

※ 붙임 : 기상측기검정성적서

위 기상측기는 「기상관측표준화법」 제13조제1항 본문 및 제2항 전단 및 같은 법 시행령 제6조제3항에 따라 검정한 결과 검정에 합격한 것임을 증명합니다.

2017년 08월 25일

[ ] 기상청장
[V] 한국기상산업기술원장

직인

※ 이 증명서의 유효기간은 증명발행일부터 3년(일사 5년)입니다.

210㎜×297㎜[백상지 80g/㎡]

[별지 제6호서식] <개정 2016.4.12.>

앞

기상측기(자동기상관측장비) 검정성적서(제5조제2항 관련)

제 M-2017-1267 호

기준기	온도: 디지털정밀온도계 110728-1-7 습도: 냉각경이슬점온습도계 44195/2A3966X 풍향 :풍동검정판 060921 차압계018664649(저) 풍속 :차압계 018664649(저),018680585(고) 기압 :기압계 720117 일사 : CR850/10749(로거),CMP21/090198(수감부)	결재	담당	대리	팀장	
			박재기	이용기	박종현	

자료 표출 장치	제조회사	제조년월	제조번호	판 정
	㈜주빅스	2017.05	DL-200-105	합격

검정일자	의뢰일자	의뢰/운영기관	비 고
2017-08-25	2017-08-24	(주) 주빅스	

가. 각 센서별 오차검사

측 기 명	온도계 [℃]			
제조번호	285.0417.1009.223			
판 정	합격			
검정점	기준기값	측정값	기차	교차
최고점	60.0	60.0	0.0	
				0.2
중간점	30.0	30.2	0.2	
				0
0	0.0	0.2	0.2	
				0.2
중간점	-20.0	-20.0	0.0	
				0
최저점	-40.0	-40.0	0.0	

측 기 명	온도계 [℃]			
제조번호				
판 정				
검정점	기준기값	측정값	기차	교차
최고점			0.0	
				0
중간점			0.0	
				0
0			0.0	
				0
중간점			0.0	
				0
최저점			0.0	

측 기 명	온도계 [℃]			
제조번호				
판 정				
검정점	기준기값	측정값	기차	교차
최고점			0.0	
				0
중간점			0.0	
				0
0			0.0	
				0
중간점			0.0	
				0
최저점			0.0	

측 기 명	풍향계 [°]		
제조번호	285.0417.1009.223		
판 정	합격		
검정점	기준기값	측정값	기차
22.5	22.5	23.4	0.9
45.0	45.0	47.1	2.1
67.5	67.5	67.9	0.4
90.0	90.0	89.7	-0.3
112.5	112.5	112.9	0.4
135.0	135.0	133.6	-1.4
157.5	157.5	157.9	0.4
180.0	180.0	179.3	-0.7
202.5	202.5	202.3	-0.2
225.0	225.0	223.9	-1.1
247.5	247.5	249.1	1.6
270.0	270.0	270.8	0.8
292.5	292.5	292.8	0.3
315.0	315.0	318.1	3.1
337.5	337.5	340.0	2.5
360.0 (0.0)	0.0	0.2	0.2
기동 풍향	초음파 ms		

측 기 명	온도계 [℃]			
제조번호				
판 정				
검정점	기준기값	측정값	기차	교차
최고점			0.0	
				0
중간점			0.0	
				0
0			0.0	
				0
중간점			0.0	
				0
최저점			0.0	

측 기 명	온도계 [℃]			
제조번호				
판 정				
검정점	기준기값	측정값	기차	교차
최고점			0.0	
				0
중간점			0.0	
				0
0			0.0	
				0
중간점			0.0	
				0
최저점			0.0	

측 기 명	온도계 [℃]			
제조번호				
판 정				
검정점	기준기값	측정값	기차	교차
최고점			0.0	
				0
중간점			0.0	
				0
0			0.0	
				0
중간점			0.0	
				0
최저점			0.0	

210㎜×297㎜(백상지 80g/

뒷

측 기 명	풍속계[㎧]	
제조번호	285.0417.1009.223	
판 정	합격	
검정점	기준기값	측정값	기차
3.0	3.0	3.0	0.0
5.0	5.0	5.1	0.1
10.0	10.0	9.9	-0.1
20.0	20.0	20.0	0.0
30.0	30.0	30.3	0.3
40.0	40.0	41.7	1.7
50.0	50.0	52.1	2.1
60.0	60.0	62.2	2.2
70.0	70.0	71.4	1.4
기동풍속	초음파 m/s	

측 기 명	습도계 [%R.H.]			
제조번호	285.0417.1009.223			
판 정	합격			
검정점	기준기값	측정값	기차	극차
30	30	31	1.0	0
60	60	61	1.0	
90	90	91	1.0	

측 기 명	기압계 [hPa]			
제조번호	285.0417.1009.223			
판 정	합격			
검정점	기준기값	측정값	기차	극차
800	800.0	800.0	0.0	0.1
850	850.0	850.1	0.1	
900	900.0	900.1	0.1	
950	950.0	950.0	0.0	
980	980.0	980.1	0.1	
1010	1010.0	1010.1	0.1	
1040	1040.0	1040.0	0.0	

측기명	일사계 [W/㎡]		
제조번호	285.0417.1009.223		
판 정	합격		
기준기값		측정값	기 차
순간 일사량 30회 평균값	944.90	956.16	11.26
감도정수	14.2 uV/Wm^{-2}		

측 기 명	일조계 [W/㎡]		
제조번호			
판 정			
검정점	기준기값	측정값	기차
직달일사 120W/㎡			0.0

측 기 명	강수량계			
제조번호				
판 정				
구 분	검정점	기준기값	측정값	기차
분해능 [mm]	20㎜/h			0.0
	50㎜/h			0.0
수수기의 구경	mm			0.0

측 기 명	강수량계			
제조번호				
판 정				
구 분	검정점	기준기값	측정값	기차
분해능 [mm]	20㎜/h			0.0
	50㎜/h			0.0
수수기의 구경	mm			0.0

나. 각 센서별 구조검사

검사 내용	상 태	비 고	검사 내용	상 태	비 고
로거 및 각 센서의 명판부착 여부	O	공통	지시값의 용이한 식별가능 여부	O	기압계
데이터의 최소표출 단위의 적적성	O	공통	감습체를 덮는 방진필터 유무	O	습도계
로거 및 각 센서의 도장 및 도금상태	O	공통	수감부 보호막의 투명성과 내충격성 여부	O	일사계
재질의 내변형성, 내구성 여부	O	공통	수감부의 수광면 조절용 조준기부착여부	O	일사계
데이터의 안정적 생산 및 표출여부	O	공통	감도정수 표기여부		일사계
온도센서의 적정한 재질 사용여부	O	온도계	수감부의 보호관 구비여부		일조계
저항체와 단자접속도선의 양질성	O	온도계	지시값의 용이한 식별가능 여부		일조계
저항체의 보호관 및 보호덮게 유무	O	온도계	수수기의 구경 표기여부		강수량계
온도반응에 적정한 재질사용 여부	O	온도계	접합부의 누수여부		강수량계
전위차계식 센서의 오픈각 5도이내		풍향계	수수기 및 테두리 재질의 견고성 여부		강수량계
어느 방향에서든지 동일풍속 감지여부	O	풍속계	히터의 분점과 분점상태(히터부착형)		강수량계

붙임 5. 이동형 대기환경수집 인터페이스 설계서

이동형 대기환경수집 인터페이스 설계서

2017.06

주관기관 청운대학교
공동기관 서울시립대학교
공동기관 (주)주빅스 기술연구소

목 차

1. 시스템 구성도 3

2. 관측장비 4

2.1 통합기상센서(WS-501) 4

2.1.1 개요 4

2.1.2 외형 4

2.1.3 특성 4

2.1.4 설치방법 5

2.2 복합미센먼지 9

2.2.1 TSP 센서 9

2.2.2 미세먼지 센서 11

2.3 데이터로거(RU-DL200) 12

2.3.1 개요 12

2.3.2 외형 12

2.3.3 특성 12

2.3.4 데이터로거 연결 13

1) Console 연결 13

2) WEB UI 연결 13

2.3.5 WEB UI 14

1) Web UI 접속 14

2) Web UI 메뉴 14

3) 운영 및 운영 하위메뉴 15

4) 설정 및 설정 하위메뉴 17

2.3.6 키패드 20

1) 개요 20

2) 화면구성 21

3) 키패드 메뉴 24

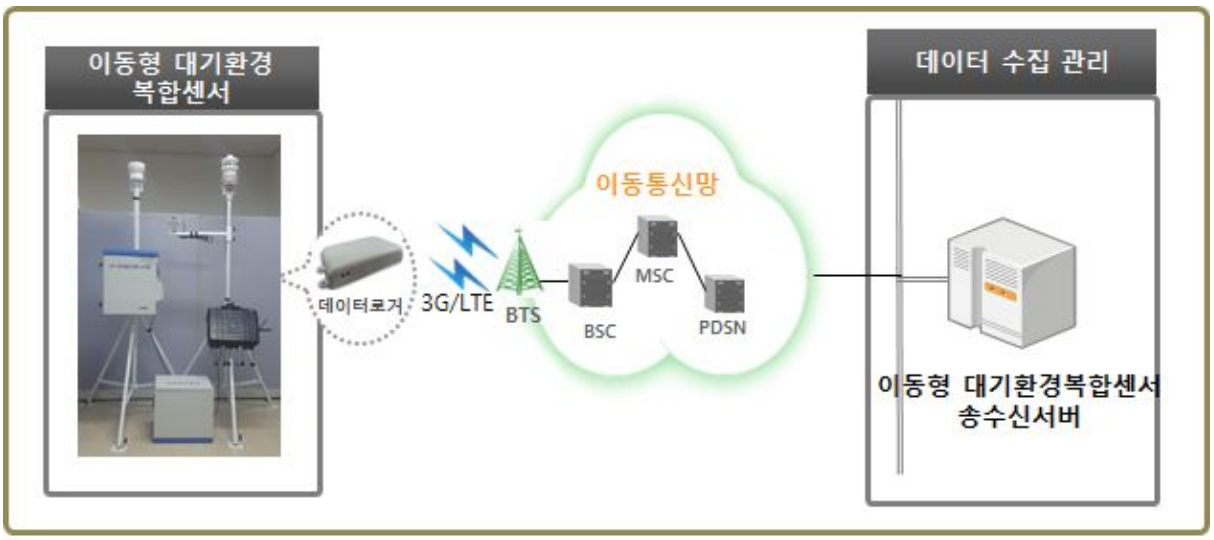
3. 관측자료 KMA2 프로토콜 25

3.1 자료구조 25

3.2 자료내용 구조 26

1. 시스템 구성도

해당 센서로부터 기상관측데이터(풍향,풍속,온도,습도,기압) 및 복합먼지센서 자료수집기에서 취합하여 저장하고, 자료수집 프로그램을 통해서 표출한다.



<시스템 구성도>



<시스템 구성도>

2. 관측장비

2.1 통합기상센서(WS-501)

2.1.1 개요

하나의 센서로 5가지 파라미터(온도, 습도, 기압, 풍향, 풍속, 일사량)동시에 측정 가능하다. 하드웨어 자체적으로 노점온도 및 체감온도 측정이 가능하다. Fan이 장착된 간이백엽상을 이용하여 정확한 온습도를 측정 하며, Binary, ASCII, Terminal mode 등 다양한 통신 모드로 이용이 가능하다.

2.1.2 외형



2.1.3 특성

구분		내용
초음파 풍향풍속	측정방식	초음파(Ultra sonic)
	측정범위	풍향 : 0 ~ 360° / 풍속 : 0 ~ 75 m/s
	정확도	풍향 : < 3° RMSE (1.0 m/s부터) 풍속 : ±0.3m/s or 3% (0...35m/s)
	기동풍속	0.3m/s
	단위	풍향 : ° / 풍속 : m/s
온도	측정원리	NTC
	측정범위	-50 ~ +60 ℃
	정확도	-20 ~ +50℃ 에서 ±0.2℃ >-30℃ 에서 ±0.5℃
	분해능	20℃ ~ +50℃ 에서 0.1℃ 그 외 : 0.2℃

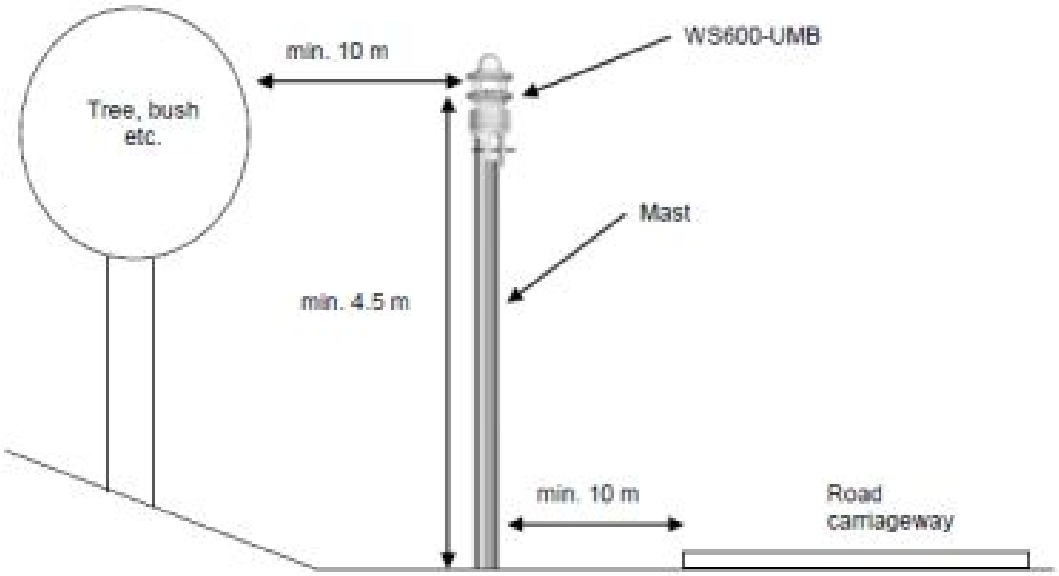
	기타	Fan 장착형 간이백엽상
습도	측정원리	정전용량식(Capacitive)
	측정범위	0 ~ 100%RH
	정확도	±2% RH
	분해능	0.1% RH
기압	측정원리	MEMS (정전용량식 Capacitive)
	측정범위	300 ~ 1200hPa
	정확도	±0.5hPa
	분해능	0.1hPa
	단위	hPa
일사	측정원리	열전도 Thermopile
	측정범위	2000W/m2
	스펙트럼 범위	300 … 2800 nm
	반응시간(95%)	< 18 s
	단위	W/m2

2.1.4 설치방법

◆ 센서 설치 전 주변 환경 및 설치에 필요한 도구 체크

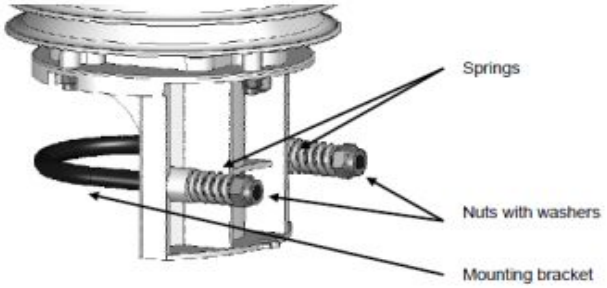
- 주변에 장애물(예 : 나무, 건물 등...)이 있는지 확인한다.
- 주변 물체로부터 물체 높이(H)의 10배 이상 떨어지도록 설치한다.(관측부지가 협소할 경우 최소 4배 이상의 거리를 유지하여 설치한다)
- 방위와 수평을 확인해 설치한다.
- 설치에 필요한 도구를 준비한다.

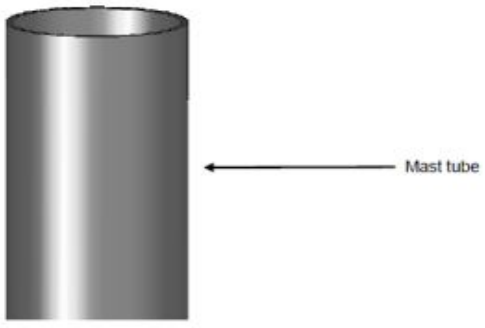
- Open-end or ring spanner(SW13)
- Compass for aliging the wind meter to the North
- 센서 보호관(관측에 영향을 주지 않는 길이 및 구조로 된 것)



◆ 센서 설치 방법

센서 브라켓은 60 ~ 76밀리미터의 직경과 마스트의 상단에 설치하도록 설계되었다.



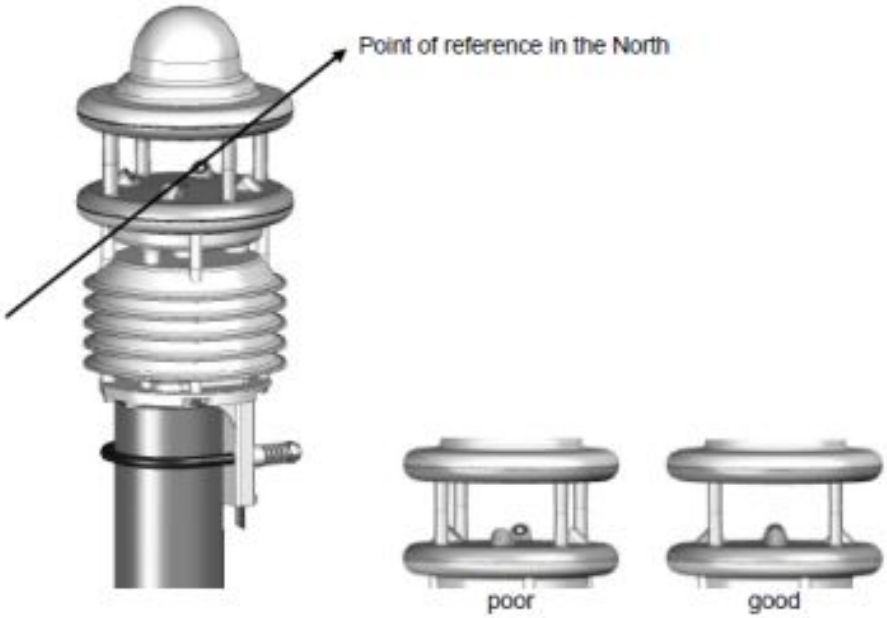


센서의 화살표가 북쪽으로 향하게 설치한다.

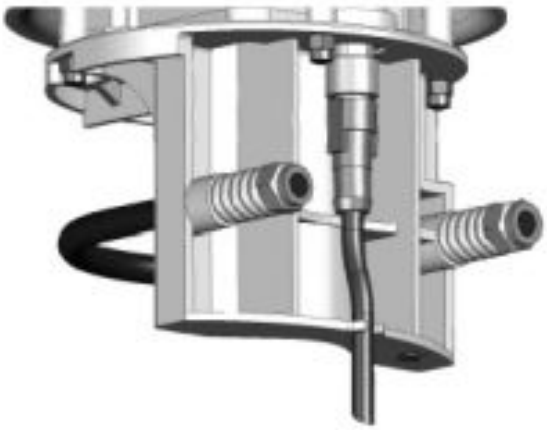


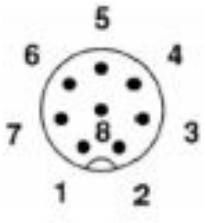


센서가 이미 설치도어 있는 경우 센서를 회전할 수 있을 때까지 먼저 고르게 두 너트를 느슨하게 한다. 나침반을 사용하여 북쪽을 식별하고 지평선에 참조 지점을 수정 방향을 맞춘 후 너트를 모두 조여 고정한다.



◆ 케이블 커넥션





View on sensor connection

Pin assignment:

1 White Supply voltage ground

2 Brown Positive supply voltage

3 Green RS485_A / SDI-12 GND

4 Yellow RS485_B / SDI-12 Data Line

5 Gray Jumper for activation of SDI-12 mode

6 Pink Jumper for activation of SDI-12 mode

7 Blue Heating voltage ground

8 Red Positive heating voltage

The cable marking is in accordance with DIN 47100.

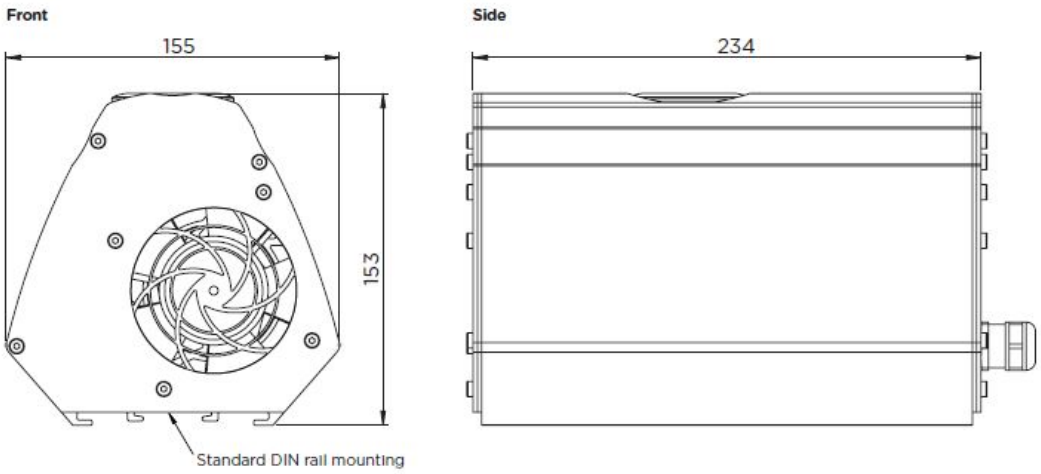
2.2 복합미센먼지

2.2.1 TSP 센서

1) 외형



2) 크기



3) 특성

Measurement Objects	Solid particles in ambient air
Particle Size	0.3 – 10 ㎛
Measurement Principle	Inductive Electrification
Protection Category	IP54
Power Supply	24 VDC
Power Consumption	5 W, (Dumo EX; 8 W)
Cable Connection	5 meter cable, 12 wires ı 16.4 ft cable, 12 wires
Output Signals	- Isolated 4 - 20 mA output - Two output signals, (100 - 280 mA) *
Communication Interface	- Serial communication RS-485 - USB communication - Radio frequency (RF) communication (optional)
Communication Protocol	- Modbus RTU, (RS-485) - SNT network, (USB, RF, RS-485)
Alarm Settings	- Automatic, set at factory: Based on average measured dust flow - User selectable ranges
Signal Damping Time	0 - 5400 s
Ambient Conditions	
Temperature	-20 to +60 °C ı -4 to 140 °F
Humidity	95 % RH (non-condensing)
Materials and Weight	
Probe Material	Stainless steel (AISI 316L)
Body	Aluminum, stainless steel (AISI 316L)
Weight	4 kg ı 8.8 lb

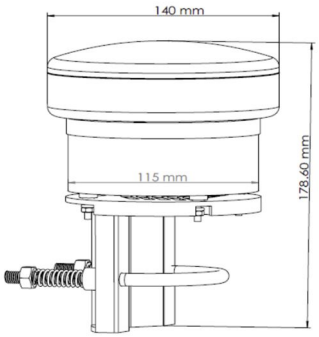
* Depending on operation temperature

2.2.2 미세먼지 센서

1) 외형



2) 크기



3) 특성

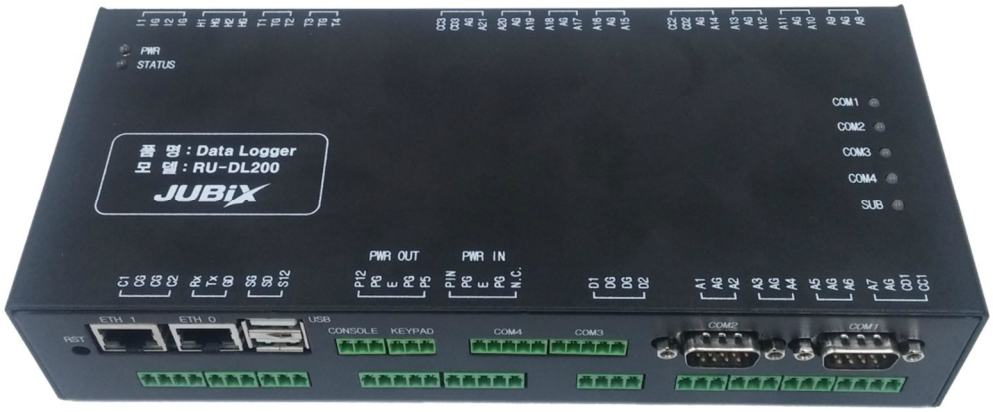
PM2.5	Measurement methods: Laser scattering / fan
	Measurement range: 0~1000ug/m2
	Sensitivity:0.3ug/m3
	Accuracy: 15% or ±10ug/m3
PM10	Measurement methods: Laser scattering / fan
	Measurement range: 0~1000ug/m2
	Sensitivity:0.3ug/m3
	Accuracy: 15% or ±10ug/m3

2.3 데이터로거(RU-DL200)

2.3.1 개요

이동형 기상관측장비 내부에는 데이터로거(RU-DL200)가 내장되어 있다. 데이터로거는 센서들로부터 수집한 데이터를 프로토콜로 변환 및 저장하는 기능을 수행한다.

2.3.2 외형



2.3.3 특성

구분	내용
Processor	ARM Cortex-A5 533MHz
Memory	DDR2 256MB
Storage	256MB
운영체제	Linux 3.6.x
유선 Interface	유선 10/100/1000 Mb Ethernet 1port Console RS-232C 1port Keypad Port 1port RS-232 2port RS-422/485 2port
Analog Interface	AD Converter (0~4V x 14, Differential x 6 ports) AD Converter (-2~2V x 7, Differential x 3 ports) DA Converter (0~5V x 2 ports) Current Execute x 6 ports
Digital Interface	Digital I/O x 8 ports Frequency/Counter x 4 ports
사용전원	DC 9~18V
운용환경	-50 ~ +80 ℃

2.3.4 데이터로거 연결

1) Console 연결

가. 포트 연결

- 이동형 기상관측장비 전면부의 Console Port를 PC와 연결합니다. 접속하기 위해서는 VT-100 또는 호환 가능한 시리얼 터미널 에뮬레이터를 이용합니다.
- 시리얼 Port의 설정.

Baud rate	115200
Parity	None
Data Bit	8
Stop Bit	1
Flow Control	None

- 터미널 예뮬레이터로 사용할 프로그램은 TeraTerm 또는 Putty를 추천합니다. 그 외 대부분의 VT100지원 터미널 소프트웨어를 사용하여도 무방합니다. .
- Root 계정 로그인
  로그인 ID : **** 이고 비밀번호는 ****** 입니다

```
Welcome to Jubix Datalogger !!!
Jubix login:   ****
Password:   ********
[root@aws:   /root ]
```

- Console 연결은 데이터로거의 내부 프로그램을 업데이트 시 사용됩니다. 특별한 경우가 아닌 한 사용하지 않습니다.

2) WEB UI 연결

- 데이터로거는 데이터로거와 사용자 PC의 간에 LAN Cable을 사용한 연결을 통해서 센서데이터 및 데이터로거의 설정을 확인할 수 있는 Web UI환경을 지원합니다.
- 데이터로거와 PC의 연결 시에는, 사용자 PC의 제어판에서 LAN카드의 네트워크 설정을 데이터로거에 맞게 바꾸어 주어야 합니다. 데이터로거에 Default로 설정된 IP는 192.168.0.134 , NetMask는 255.255.255.0, GateWay는 192.168.0.1 입니다.

2.3.5 WEB UI

1) Web UI 접속

Ethernet 접속은 웹 브라우저를 통해 가능합니다. 웹 브라우저로는 익스플로러 11.0이상의 버전 또는 구글 크롬 또는 파이어폭스가 사용됩니다.

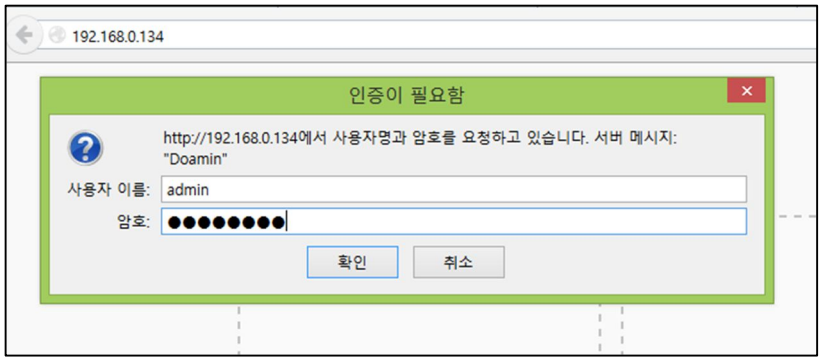
- 데이터로거 Web UI 접속 방법

① 사용자 PC와 데이터로거를 LAN Cable로 연결하고 웹 브라우저를 실행합니다.

② 브라우저의 주소창에 접속하고자 하는 데이터로거의 IP를 입력합니다.

③ 접속시 로그인 창이 뜨면, ID와 패스워드를 입력합니다. ID는 admin, 패스워드는 admin1234 입니다.

< 로그인 창 화면 예시 >

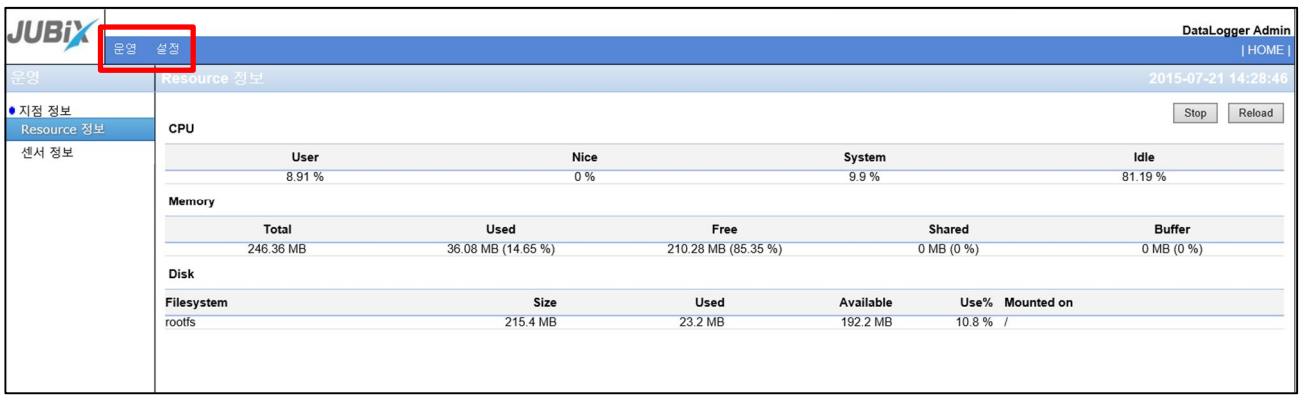


* 로그인 창 화면은 브라우저에 따라서 달라질 수 있습니다.

2) Web UI 메뉴

Web UI 메뉴는 크게 운영과 설정으로 나누어 집니다.

< Web UI 메뉴 화면 예시 >



< Web UI 메뉴 기능 >

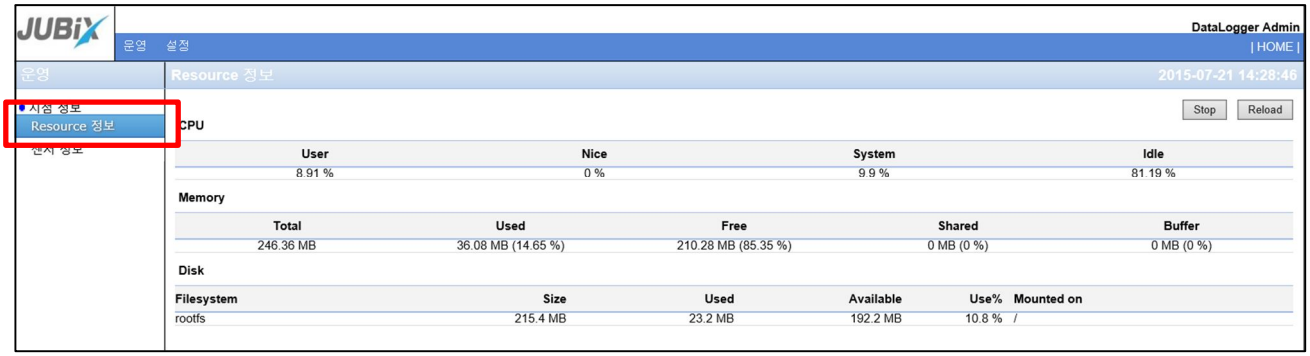
메뉴	기능
운영	데이터로거의 Resource정보 및 연결된 센서들의 데이터를 확인할 수 있다.
설정	데이터로거의 각종 설정을 변경할 수 있다. (센서연결, 데이터전송, 시간설정 등)

3) 운영 및 운영 하위메뉴

운영메뉴는 하위메뉴로 'Resource정보 메뉴'와 '센서정보 메뉴'를 가지고 있습니다. 운영메뉴에서는 데이터로거의 Resource 정보 및 연결되어 있는 센서들의 데이터를 확인할 수 있습니다.

① Resource 정보 : 데이터로거의 정보를 보여줍니다. CPU의 사용량, Memory 및 Disk 용량과 같은 상태정보를 알 수 있습니다. Resource 상태정보는 3초마다 자동으로 갱신되며, 'Stop'과 'Reload'버튼을 누름으로써 상태정보 갱신을 중지하거나 다시 재개 시킬 수 있습니다.

< Resource 정보 화면 예시 >



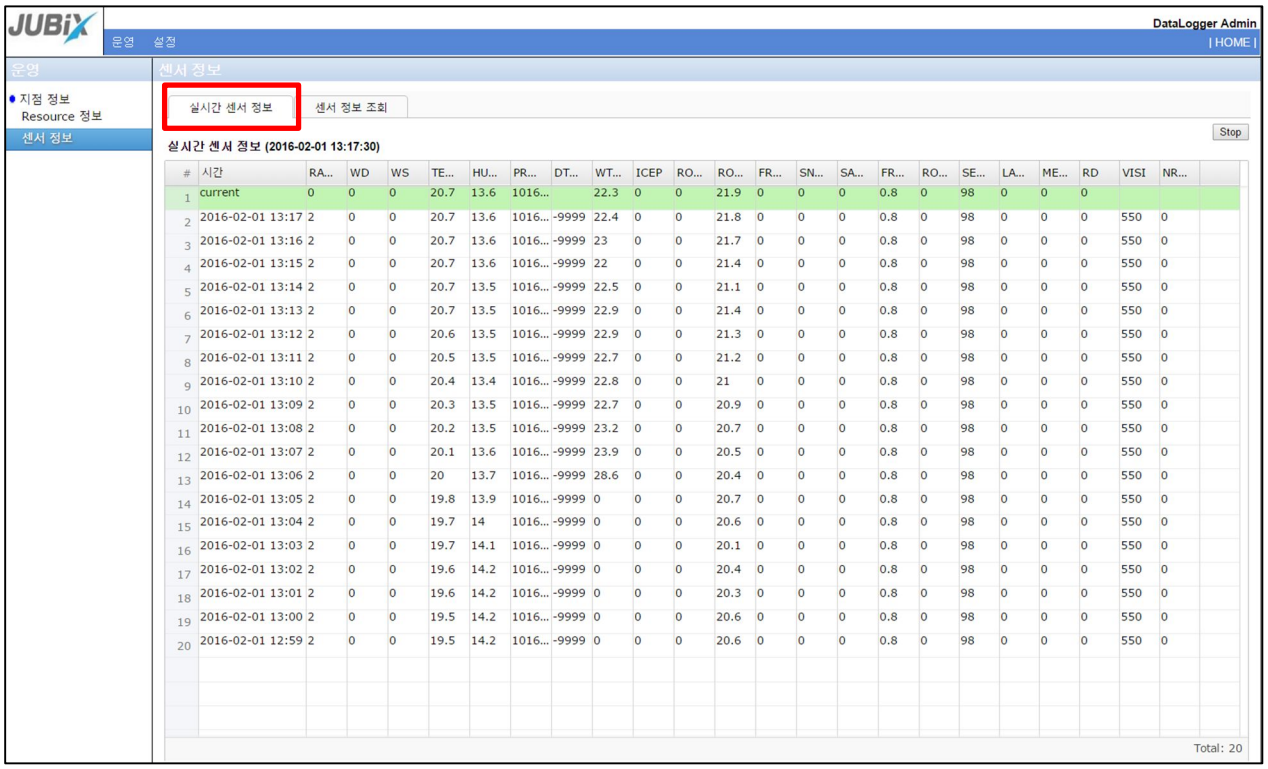
② 센서 정보 : 현재 데이터로거에 연결된 센서들의 데이터를 읽어옵니다. 표출되는 데이터는 실시간 및 1분 평균으로 가공된 데이터입니다. 센서 정보는 '실시간 센서정보' 와 '센서정보조회' 로 나누어 집니다.

< 운영 -> 센서정보 하위 메뉴 기능 >

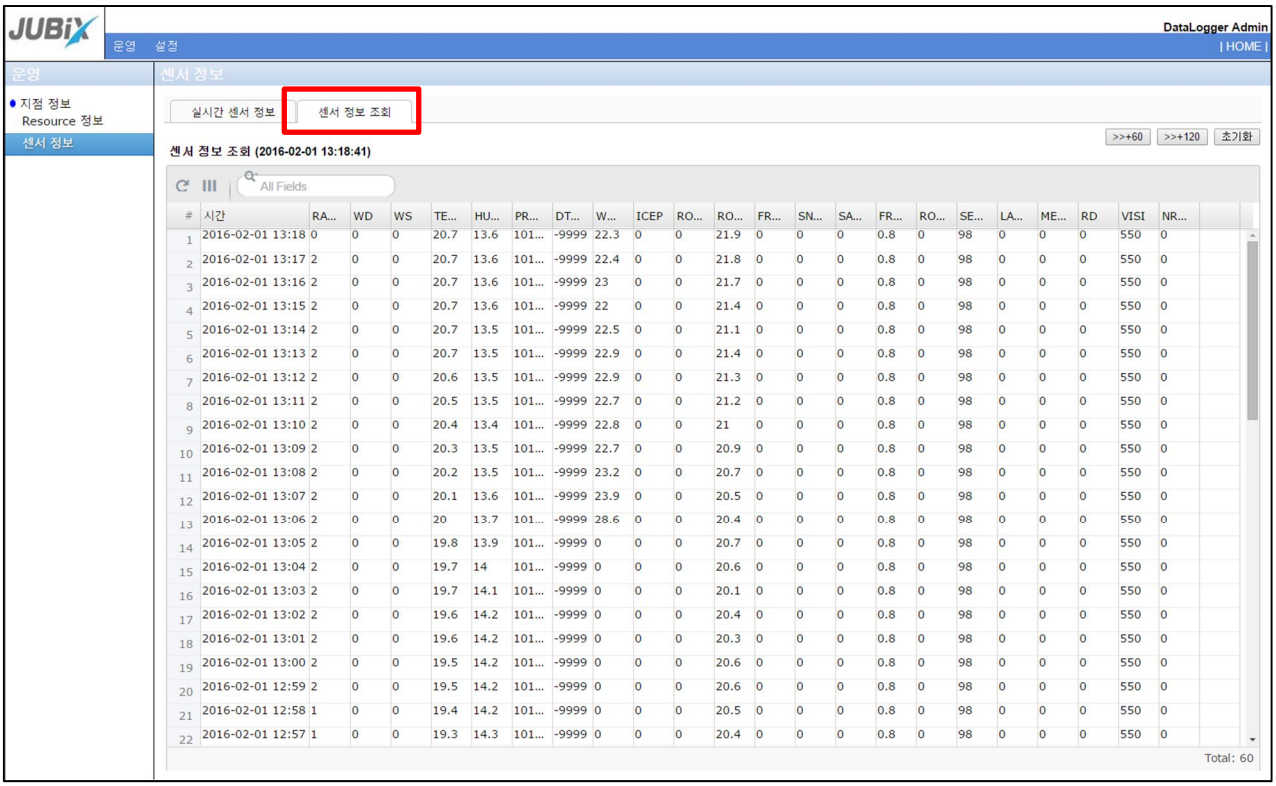
메뉴	기능
실시간 센서 정보	실시간으로 데이터로거에서 센서 데이터를 읽어들여 표시합니다. 총 20개의 행으로 이루어져있고, 실시간 데이터를 포함하여 과거 19분 동안의 데이터를 보여줍니다. 데이터는 3초마다 갱신되며, 시간항목에 Current라고 표시되어 있는 행의 필드의 데이터가

	실시간 데이터입니다. 그 외의 시각과 날짜가 표시된 데이터들은 해당시각대에 1분자료로 가공된 데이터입니다. 센서가 연결되어 있지 않거나 비정상적인 센서 데이터라고 판단되는 정보에 관해서는 -9999로 표시합니다.
센서정보 조회	실시간 센서정보를 제외한 센서 데이터를 조회할 수 있습니다. 한 화면에 표시되는 자료는 60분 기준이며, '>>+60' 또는 '>>+120' 버튼을 눌러서 해당 숫자 만큼 표시되는 자료를 추가하여 볼 수 있습니다. 또한 화면에 보여지는 자료를 선택하거나 탐색창을 통해서 특정시간의 자료만을 조회할 수 있습니다. 단 조회 가능한 데이터는 당일자료로만 한정됩니다.

< 실시간 센서 정보 화면 예시 >



< 센서 정보 조회 화면 예시 >



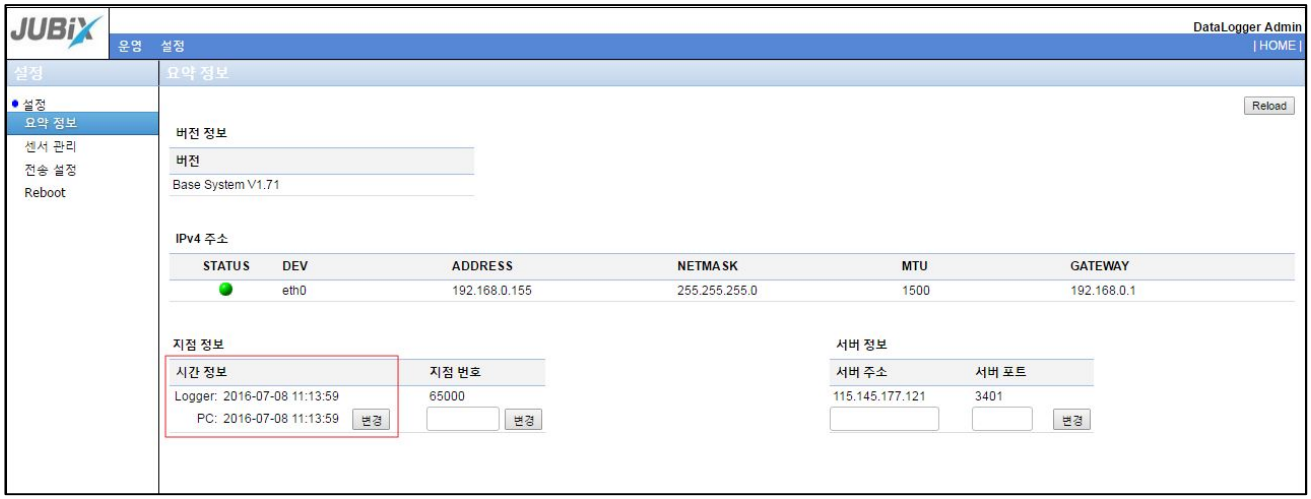
#	시간	RA...	WD	WS	TE...	HU...	PR...	DT...	W...	ICEP	RO...	RO...	FR...	SN...	SA...	FR...	RO...	SE...	LA...	ME...	RD	VISI	NR...
1	2016-02-01 13:18	0	0	0	20.7	13.6	101...	-9999	22.3	0	0	21.9	0	0	0	0.8	0	98	0	0	0	550	0
2	2016-02-01 13:17	2	0	0	20.7	13.6	101...	-9999	22.4	0	0	21.8	0	0	0	0.8	0	98	0	0	0	550	0
3	2016-02-01 13:16	2	0	0	20.7	13.6	101...	-9999	23	0	0	21.7	0	0	0	0.8	0	98	0	0	0	550	0
4	2016-02-01 13:15	2	0	0	20.7	13.6	101...	-9999	22	0	0	21.4	0	0	0	0.8	0	98	0	0	0	550	0
5	2016-02-01 13:14	2	0	0	20.7	13.5	101...	-9999	22.5	0	0	21.1	0	0	0	0.8	0	98	0	0	0	550	0
6	2016-02-01 13:13	2	0	0	20.7	13.5	101...	-9999	22.9	0	0	21.4	0	0	0	0.8	0	98	0	0	0	550	0
7	2016-02-01 13:12	2	0	0	20.6	13.5	101...	-9999	22.9	0	0	21.3	0	0	0	0.8	0	98	0	0	0	550	0
8	2016-02-01 13:11	2	0	0	20.5	13.5	101...	-9999	22.7	0	0	21.2	0	0	0	0.8	0	98	0	0	0	550	0
9	2016-02-01 13:10	2	0	0	20.4	13.4	101...	-9999	22.8	0	0	21	0	0	0	0.8	0	98	0	0	0	550	0
10	2016-02-01 13:09	2	0	0	20.3	13.5	101...	-9999	22.7	0	0	20.9	0	0	0	0.8	0	98	0	0	0	550	0
11	2016-02-01 13:08	2	0	0	20.2	13.5	101...	-9999	23.2	0	0	20.7	0	0	0	0.8	0	98	0	0	0	550	0
12	2016-02-01 13:07	2	0	0	20.1	13.6	101...	-9999	23.9	0	0	20.5	0	0	0	0.8	0	98	0	0	0	550	0
13	2016-02-01 13:06	2	0	0	20	13.7	101...	-9999	28.6	0	0	20.4	0	0	0	0.8	0	98	0	0	0	550	0
14	2016-02-01 13:05	2	0	0	19.8	13.9	101...	-9999	0	0	0	20.7	0	0	0	0.8	0	98	0	0	0	550	0
15	2016-02-01 13:04	2	0	0	19.7	14	101...	-9999	0	0	0	20.6	0	0	0	0.8	0	98	0	0	0	550	0
16	2016-02-01 13:03	2	0	0	19.7	14.1	101...	-9999	0	0	0	20.1	0	0	0	0.8	0	98	0	0	0	550	0
17	2016-02-01 13:02	2	0	0	19.6	14.2	101...	-9999	0	0	0	20.4	0	0	0	0.8	0	98	0	0	0	550	0
18	2016-02-01 13:01	2	0	0	19.6	14.2	101...	-9999	0	0	0	20.3	0	0	0	0.8	0	98	0	0	0	550	0
19	2016-02-01 13:00	2	0	0	19.5	14.2	101...	-9999	0	0	0	20.6	0	0	0	0.8	0	98	0	0	0	550	0
20	2016-02-01 12:59	2	0	0	19.5	14.2	101...	-9999	0	0	0	20.6	0	0	0	0.8	0	98	0	0	0	550	0
21	2016-02-01 12:58	1	0	0	19.4	14.2	101...	-9999	0	0	0	20.5	0	0	0	0.8	0	98	0	0	0	550	0
22	2016-02-01 12:57	1	0	0	19.3	14.3	101...	-9999	0	0	0	20.4	0	0	0	0.8	0	98	0	0	0	550	0

4) 설정 및 설정 하위메뉴

설정메뉴에서는 데이터로거에 연결되는 센서의 설정을 확인하고, 지점번호의 변경이 가능합니다. 해당메뉴는 하위메뉴로 요약정보, 센서관리, 전송설정, Reboot 메뉴를 가지고 있습니다.

① 요약정보 : 현재 Web UI에 연결된 데이터로거의 버전정보, IPv4 주소, 지점정보(지점번호, 데이터로거 시간), 서버정보를 보여줍니다. 해당 메뉴에서는 지점번호, 데이터로거 시간 및 CDMA 모뎀을 통해 데이터가 전송되는 서버의 주소 및 Port를 변경할 수 있습니다. 변경 후 Reboot 메뉴를 선택해야 변경된 내용이 적용됩니다. (참조: 데이터로거 시간 변경은 변경 버튼을 클릭시 PC의 현재 시간을 전송합니다.)

< 요약정보 화면 예시 >

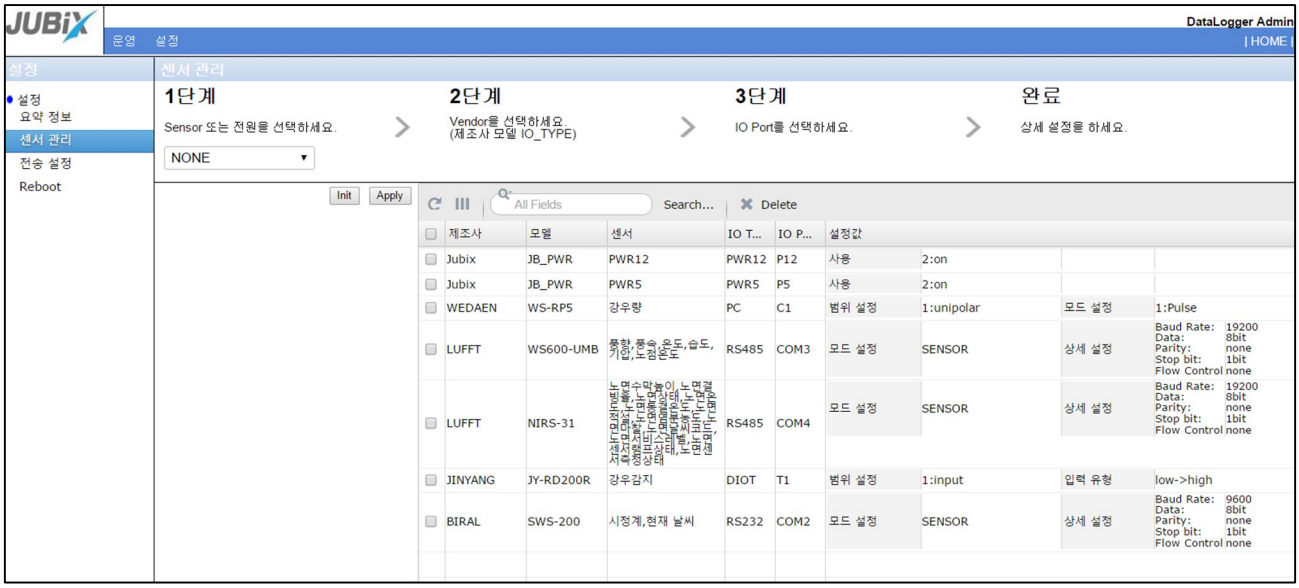


< 설정 -> 요약정보 하위 메뉴 기능 >

메뉴	기능
버전정보	데이터로거 프로그램 버전정보를 보여줍니다.
IPv4 주소	데이터로거가 가지고 있는 IPv4 주소를 보여줍니다. 해당 주소를 변경하려면 콘솔모드로 접속해야 합니다.
지점정보	현재 운영되고 있는 데이터로거의 시간 및 지점정보를 보여줍니다. 시간정보의 변경버튼을 누르면 데이터로거의 시간이 PC의 시간과 동기화 됩니다. 지점번호 변경 시에는 해당 빈 칸에 변경하고자 하는 번호를 입력하고 변경버튼을 누릅니다.(지점번호 변경 적용은 데이터로거를 재시작해야 합니다.)
서버정보	CDMA 모뎀을 사용하여 센서데이터를 전송시 데이터를 받을 서버의 IP주소를 보여줍니다. 서버주소 및 서버포트를 입력하고 변경버튼을 누르면 해당 정보가 변경됩니다. 마찬가지로 데이터로거를 재시작해야 변경된 정보가 적용됩니다.

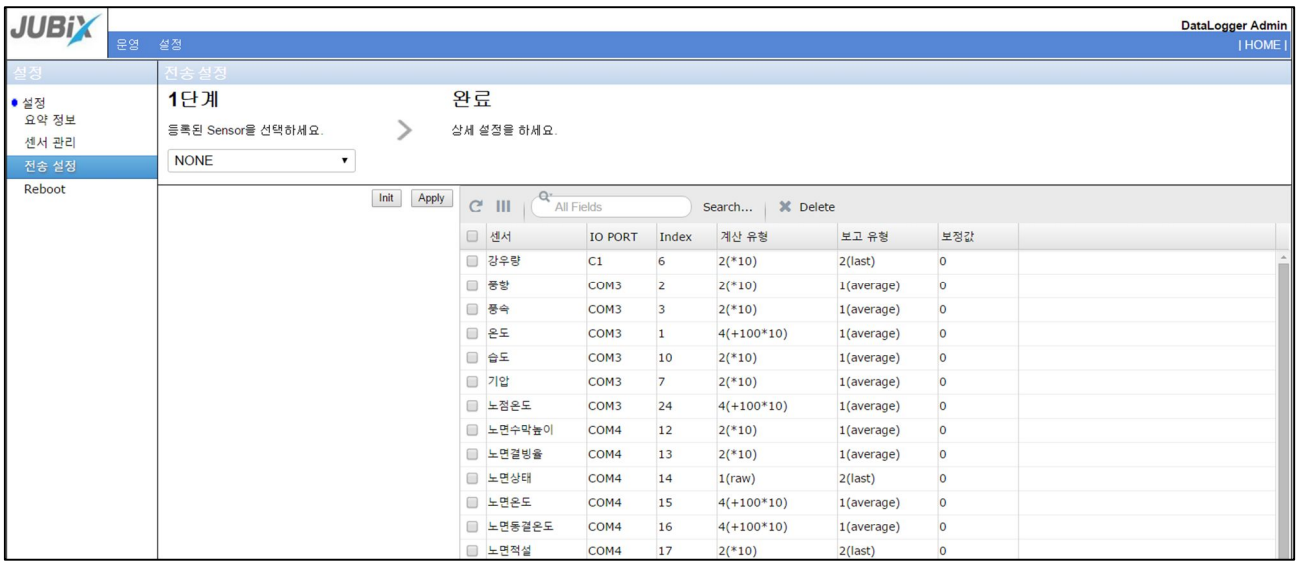
② 센서관리 : 데이터로거에 설정되어 있는 센서들의 목록을 보여줍니다. 해당 메뉴에서는 센서를 등록하고, 등록된 센서를 변경하고 삭제하는 것이 가능합니다.

< 센서관리 화면 예시 >



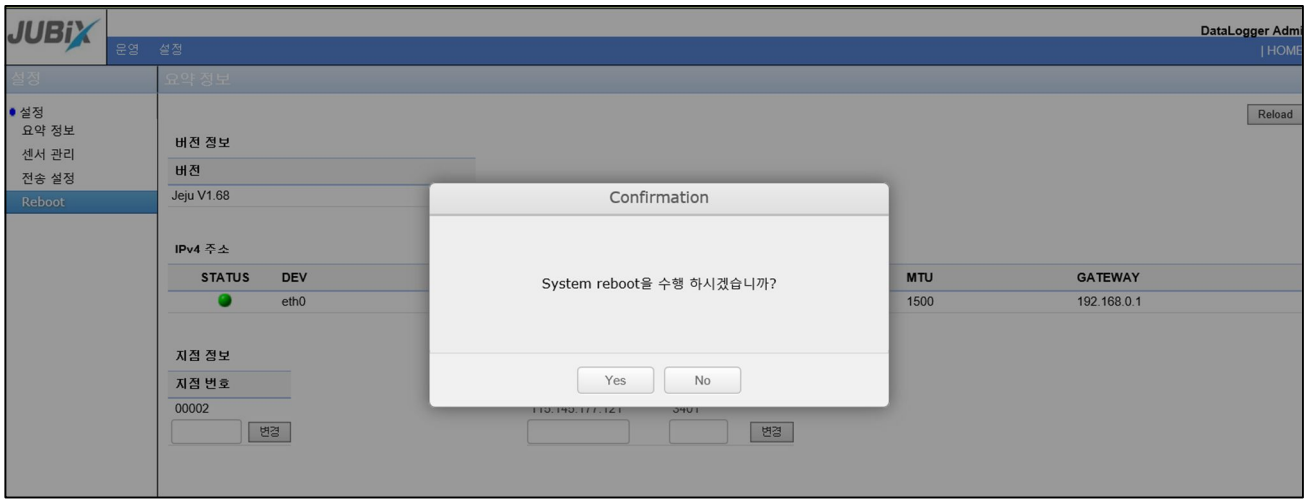
③ 전송설정 : 센서 데이터가 저장되는 프로토콜 필드를 보여줍니다. 프로토콜에 정의된 기준에 따라 저장되는 각각의 센서데이터들의 KMA 프로토콜 내의 필드위치, 저장시의 수식, 보고유형, 보정값 을 지정 및 변경할 수 있습니다.

< 전송설정 화면 예시 >



④ Reboot : 데이터로거를 재시작 시킵니다. 해당 메뉴를 클릭하면 재시작 여부를 물어보는 창이 뜨고, 확인 버튼을 누르면 데이터로거는 재시작 합니다.

< Reboot 메뉴 화면 예시 >



2.3.6 키패드

1) 개요

키패드는 16 Key로 구성된 Keypad와 영문 16 X 2 LCD로 구성되어 있습니다. 키패드는 Home Key(ESC)와 방향 Key(F1,F2,F3,F4), Enter Key로 구성하였으며 입력을 받아 실시간 센서데이터 및 데이터로거의 환경설정을 하는데 사용됩니다.

전원은 5V이며 외부 인터페이스는 D-SUB 9Pin을 사용합니다.

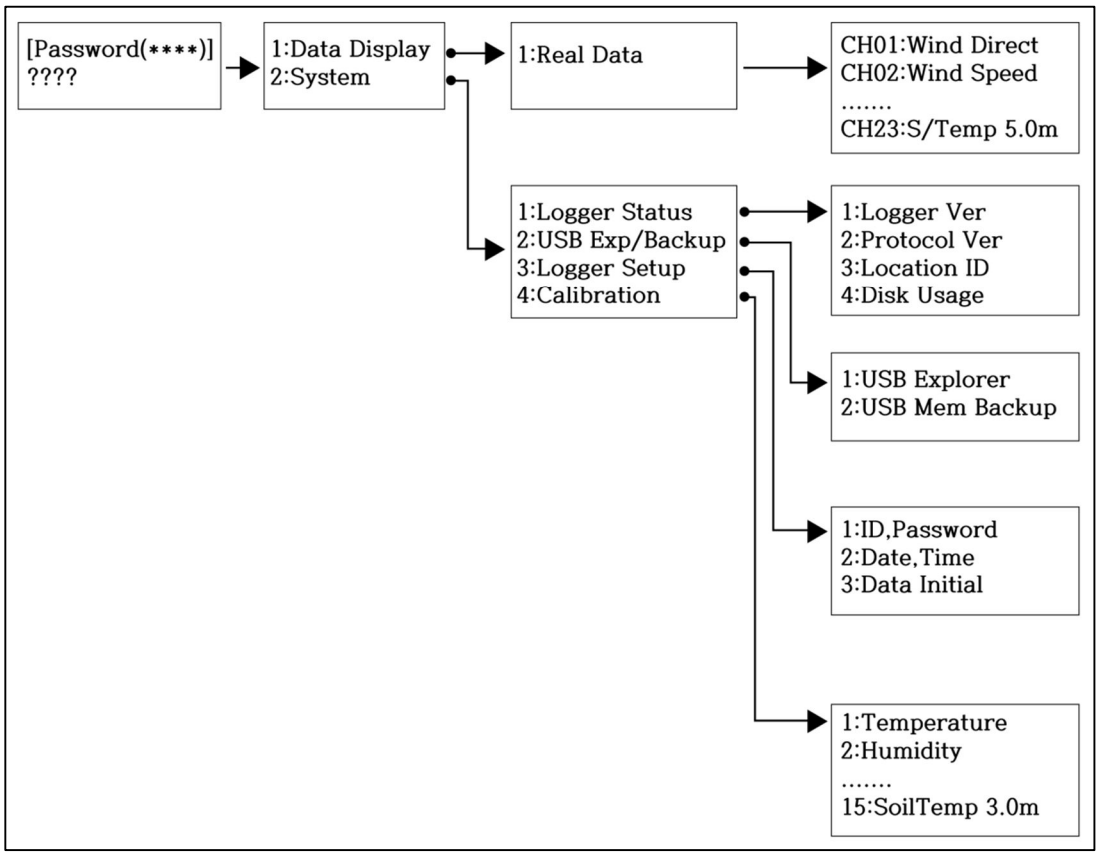


키패드 버튼	기능
0~9 숫자	숫자입력
ESC	선택취소 및 상위메뉴 이동
ENT	확인 또는 선택
F1	캘리브레이션 메뉴 에서 +1.0 입력
F2	캘리브레이션 메뉴 에서 -1.0 입력
F3	화살표(up), 캘리브레이션 메뉴 에서 +0.1 입력
F4	화살표(down), 캘리브레이션 메뉴 에서 -0.1 입력

2) 화면구성

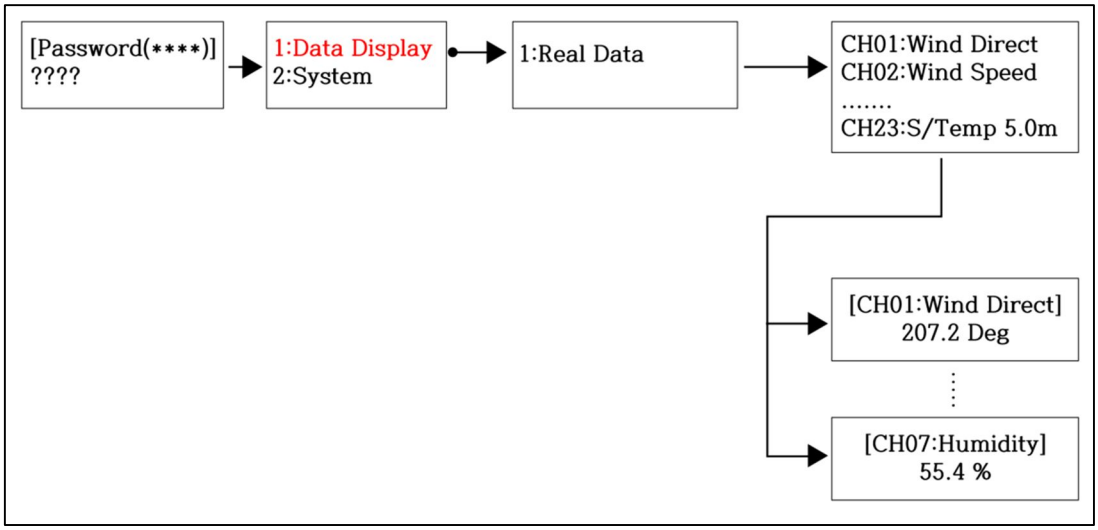
1. 전체구성

초기화면에서 암호의 입력을 요구 받는다. 암호는 "0000"입니다. 30분동안 키 입력이 없는 경우 초기 암호입력 화면으로 돌아갑니다.



① 실시간 센서 데이터 확인 메뉴

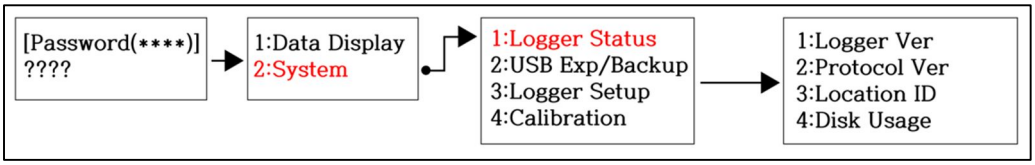
센서 별 실시간 데이터를 확인할 수 있습니다. 대부분의 센서 데이터는 1초간격으로 갱신되지만 특정 몇몇 센서들은 갱신 주기가 다를 수 있습니다.



② 데이터로거의 설장상태 확인 및 변경 메뉴

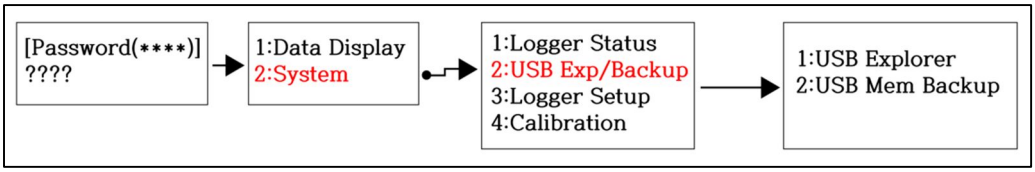
데이터로거의 버전, 프로토콜 버전, 지점번호, USB탐색, 데이터 백업, 센서 옵셋값 설정, 현재 로거의 메모리 사용현황 등을 확인할 수 있습니다.

- 데이터로거의 설정상태 확인 화면



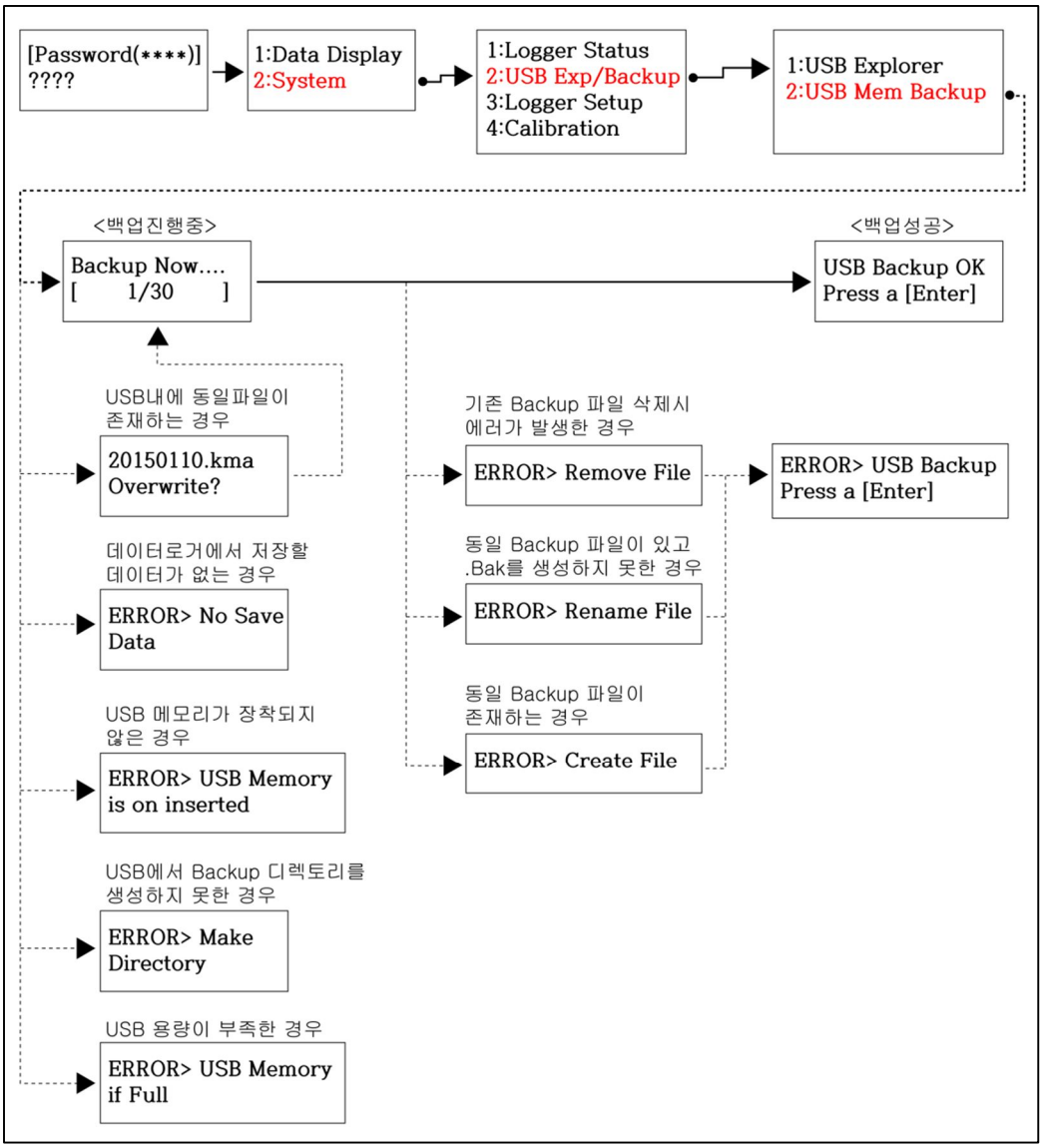
1: Logger Ver	데이터로거 버전을 확인할 수 있다.
2: Protocol Ver	데이터로거 프로토콜 버전을 확인할 수 있다.
3: Location ID	데이터로거 지점번호를 확인할 수 있다.
4: Disk Usage	데이터로거 사용중인 저장용량을 확인할 수 있다.

- 데이터로거의 센서데이터 USB백업

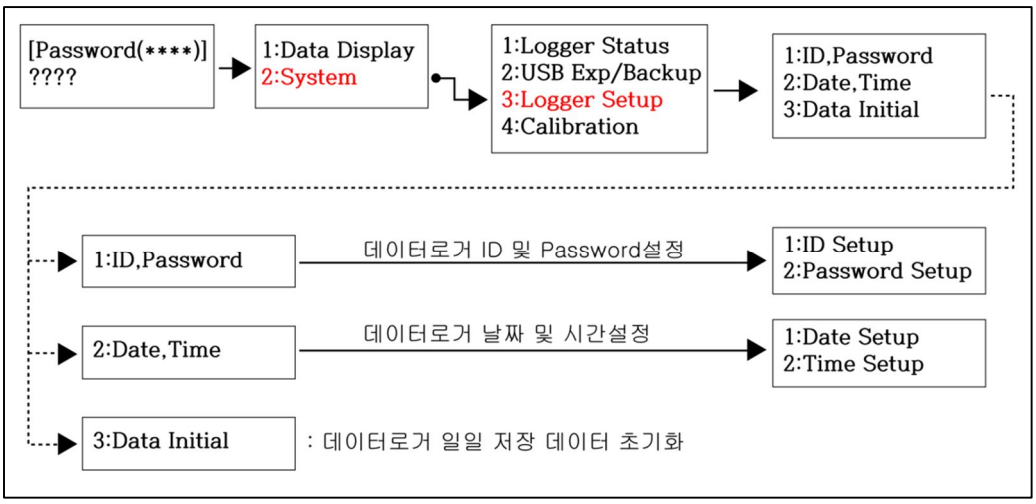


1: USB Explorer	데이터로거에 연결된 USB 폴더를 탐색한다.
2: USB Mem Backup	데이터로거에 저장된 센서데이터를 USB로 전송한다.

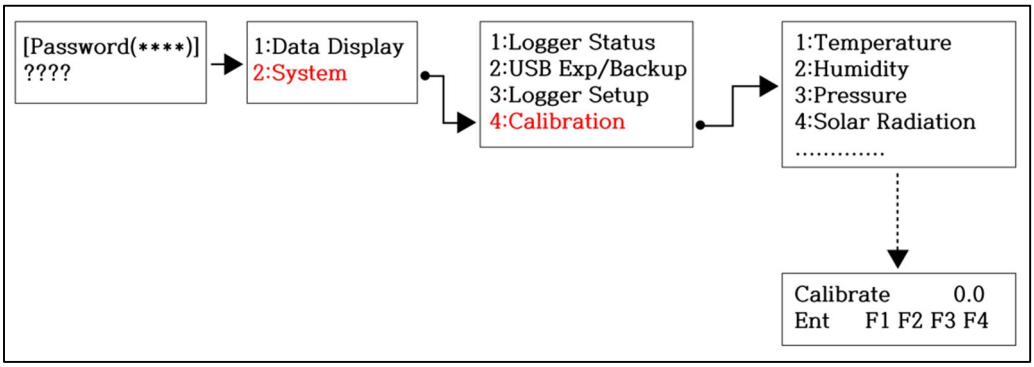
- 데이터로거의 센서데이터 USB백업 절차



- 데이터로거의 환경설정



- 데이터로거의 센서 데이터 캘리브레이션



3) 키패드 메뉴

채널	키패드 표시	센서 내용	표시방법	표시단위
CH 01	WIND_DIRE	풍향	Degree	0.1
CH 02	WIND_SPEE	풍속	m/s	0.1
CH 03	TEMPERATU	온도	℃	0.1
CH 04	R/HUMIDITY	습도	%	0.1
CH 05	PRESSURE	기압	hPa	0.1
CH 06	Prec/Deco	강우감지		0/1

3. 관측자료 KMA2 프로토콜

데이터로거의 데이터 프로토콜의 포맷은 KMA2 프로토콜을 사용하였으며, 사용한 필드는 다음과 같다.

3.1 자료구조

- 필수 및 선택 모두 관측 시 : 109 BYTE
- 필수 관측 시 : 63 BYTE
- 강수량 관측 시 : 34 BYTE

Ⅰ(2)	Ⅱ(3)	Ⅲ(5)	Ⅳ(1)	Ⅴ(1)	Ⅵ(2)	Ⅶ Ⅶ-1(91),Ⅶ-2(45),Ⅶ-3(16)	Ⅷ(2)	Ⅸ(2)

구분 기호	내용	바이트 수	내 용 설 명
Ⅰ	시작 표시	2	'FAFB' (Hex)
Ⅱ	프로토콜버전	1	1) 년 : 표현범위 → 0 ~ 99 (2000~2099년)
		1	2) 월 : 표현범위 → 1 ~ 12
		1	3) 일 : 표현범위 → 1 ~ 31
Ⅲ	날짜/시간	1	1) 년 : 표현범위 → 0 ~ 99 (2000~2099년)
		1	2) 월 : 표현범위 → 1 ~ 12
		1	3) 일 : 표현범위 → 1 ~ 31
		1	4) 시 : 표현범위 → 0 ~ 24
		1	5) 분 : 표현범위 → 0 ~ 59
Ⅳ	자료구분	1	'I' : 순간 'B' : 1 분
Ⅴ	자료형식 번호	1	0 : 필수 및 선택관측, 1 : 필수관측, 2 : 강수량관측, c : 관측요소에 따라 부여(3~9)

Ⅵ	지점번호	2	AWS 지점번호 : 사용비트 → 14 ~ 0번 비트 유효범위 → 1 ~ 65535 자료형태 → 이진 코드
Ⅶ	자료내용	Ⅶ-1 : 91	필수 및 선택 관측
		Ⅶ-2 : 45	필수 관측
		Ⅶ-3 : 16	강수량 관측
Ⅷ	CHECK XOR	1	초기값을 '0'으로 하여 Ⅱ, Ⅲ, Ⅳ, Ⅴ, Ⅵ, Ⅶ 항을 XOR 한 값
	CHECK SUM	1	초기값을 '0'으로 하여 Ⅱ, Ⅲ, Ⅳ, Ⅴ, Ⅵ, Ⅶ 항을 ADD 한 값
Ⅸ	끝 표시	2	'FFFE' (Hex)

3.2 자료내용 구조

구분	분류	내용	바이트 수	내 용 설 명
필수 관측 요소	**A 1**	**기온**	**2**	**1분 평균 기온** **사용비트 → 10 ~ 0 번 비트** **유효범위 → 0 ~ 2047 (이진 코드)** **표현범위 → 500 ~ 1500 ((관측값 + 100) × 10)**
	B 2	**풍향**	**2**	**1분 평균 풍향** **사용비트 → 11 ~ 0 번 비트** **유효범위 → 0 ~ 4095 (이진 코드)** **표현범위 → 1 ~ 3599 (관측값 × 10)**
	C 3	**풍속**	**2**	**1분 평균 풍속** **사용비트 → 9 ~ 0 번 비트** **유효범위 → 0 ~ 1023 (이진 코드)** **표현범위 → 1 ~ 1000 (관측값 × 10)**
	D 4	**돌풍 풍향**	**2**	**1분 돌풍 풍향** **0.25초 샘플링, 3초 이동 벡터평균** **사용비트 → 11 ~ 0 번 비트** **유효범위 → 0 ~ 4095 (이진 코드)** **표현범위 → 0 ~ 3599 (관측값 × 10)**
	E 5	**돌풍 풍속**	**2**	**1분 돌풍 풍속** **0.25초 샘플링, 3초 이동평균** **사용비트 → 9 ~ 0 번 비트** **유효범위 → 0 ~ 1023 (이진 코드)** **표현범위 → 0 ~ 1000 (관측값 × 10)**

	F 6	강수량 (0.5/1.0 m)	2	00시부터 현재까지(일계) 누적강수량 사용비트 → 14 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 32767 (이진 코드) 표현범위 → 0 ~ 32767 (관측값 × 10)
	G 7	**기 압**	**2**	**1분 평균 현지기압 사용비트 → 13 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 16383 (이진 코드) 표현범위 → 5000 ~ 11000 (관측값 × 10)**
	H 8	**강수유무**	**2**	**1분 강수유무 사용비트 → 3 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 16 (이진 코드) 표 현 → 강수 무 : 00, 강수 유 : 10**
	I 9	적 설	2	10분 누적적설량 사용비트 → 10 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 5000 (이진 코드) 표현범위 → 0 ~ 5000 (관측값×10)
	J 10	**상대습도**	**2**	**1분 평균 상대습도 사용비트 → 9 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 1023 (이진 코드) 표현범위 → 0 ~ 1000 (관측값 × 10)**
	K 11	강수량 (0.1mm)	2	00시부터 현재까지(일계) 누적강수량 사용비트 → 14 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 32767 (이진 코드) 표현범위 → 0 ~ 32767 (관측값 × 10)

구분	분류	내용	바이트 수	내 용 설 명
	L- 1 12	노면 수막 높이	2	1분 평균 노면 수막 높이 사용비트 → 14 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 32767 (이진 코드) 표현범위 → 0 ~ 32767 (관측값 × 10)
	L- 2 13	노면 결빙율	2	1분 평균 결빙률 사용비트 → 9 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 1023 (이진 코드) 표현범위 → 0 ~ 1000 (관측값 × 10)
	L- 3	노면	2	노면 상태 현재 값

	14	상태		사용비트 → 7 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 255 표현범위 → 0 ~ 255 0 → Dry(건조) 1 → Damp(축축함) 2 → Wet(젖은 상태) 3 → Ice-covered 4 → Snow/Ice-covered 5 → Chemically wet 6 → Critical Wet(확실히 젖음) 8 → Snow-covered 99 → Undefined(정의 안됨)
	L- 4 15	노면 온도	2	1분 평균 온도 사용비트 → 10 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 2047 (이진 코드) 표현범위 → 500 ~ 1500 ((관측값 + 100) × 10)
	L- 5 16	노면 동결 온도	2	1분 동결 온도 사용비트 → 10 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 2047 (이진 코드) 표현범위 → 500 ~ 1500 ((관측값 + 100) × 10)
	L- 6 17	노면 습도	2	1분 평균 습도 사용비트 → 9 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 1023 (이진 코드) 표현범위 → 0 ~ 1000 (관측값 × 10)
	L- 7 18	예비 7	2	예 비 7
	L- 8 19	노면 마찰	2	1분 평균 결빙률 사용비트 → 7 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 255(이진 코드) 표현범위 → 0 ~ 10(관측값 × 10)
	L- 9 20	예비 9	2	예 비 9
	L-10 21	예비 10	2	예 비 10
선택 관측 요소	a 22	NH3	2	1분 평균 농도 사용비트 → 14 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 32767 (이진 코드)

				표현범위 → 0 ~ 32767 (관측값 x 10)
	B	일 조	2	00시부터 현재까지(일계) 누적 일조시간 사용비트 → 15 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 65535 (이진 코드) 표현범위 → 0 ~ 65535 {누적시간(초 단위)}
	C	지면온도	2	1분 평균 지면온도 사용비트 → 10 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 2047 (이진 코드) 표현범위 → 500 ~ 2000 {(관측 값 + 100) × 10}
	D	초상온도	2	1분 평균 초상온도 사용비트 → 10 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 2047 (이진 코드) 표현범위 → 500 ~ 2000 {(관측값 + 100) × 10}
	E	지중온도 (5 cm)	2	1분 평균 지중온도(5 cm) 사용비트 → 10 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 2047 (이진 코드) 표현범위 → 500 ~ 2000 {(관측값 + 100) × 10}
	F	지중온도 (10 cm)	2	1분 평균 지중온도(10 cm) 사용비트 → 10 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 2047 (이진 코드) 표현범위 → 500 ~ 2000 {(관측값 + 100) × 10}
	G	지중온도 (20 cm)	2	1분 평균 지중온도(20 cm) 사용비트 → 10 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 2047 (이진 코드) 표현범위 → 500 ~ 2000 {(관측값 + 100) × 10}
	h	지중온도 (30 cm)	2	1분 평균 지중온도(30 cm) 사용비트 → 10 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 2047 (이진 코드) 표현범위 → 500 ~ 2000 {(관측값 + 100) × 10}
	I	지중온도 (50 cm)	2	1분 평균 지중온도(50 cm) 사용비트 → 10 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 2047 (이진 코드) 표현범위 → 500 ~ 2000 {(관측값 + 100) × 10}

	J	지중온도 (1.0 m)	2	1분 평균 지중온도(1.0 m) 사용비트 → 10 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 2047 (이진 코드) 표현범위 → 500 ~ 2000 {(관측값 + 100) × 10}
	K	지중온도 (1.5 m)	2	1분 평균 지중온도(1.5 m) 사용비트 → 10 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 2047 (이진 코드) 표현범위 → 500 ~ 2000 {(관측값 + 100) × 10}
	I	지중온도 (3.0 m)	2	1분 평균 지중온도(3.0 m) 사용비트 → 10 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 2047 (이진 코드) 표현범위 → 500 ~ 2000 {(관측값 + 100) × 10}
	M	지중온도 (5.0 m)	2	1분 평균 지중온도(5.0 m) 사용비트 → 10 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 2047 (이진 코드) 표현범위 → 500 ~ 2000 {(관측값 + 100) × 10}
	S- 1	예비 1	2	예비 1
	S- 2	시정	2	1분 시정 사용비트 → 15 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 65535 (이진 코드) 표현범위 → 0 ~ 65535
	S- 3	현천	2	1분 현천 사용비트 → 9 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 1023 (이진 코드) 표현범위 → 0 ~ 1000
	S- 4	예비 4	2	예비 4
	S- 5	예비 5	2	예비 5
	S- 6	예비 6	2	예비 6
	S- 7	예비 7	2	예비 7
	S- 8	예비 8	2	예비 8
	S- 9	예비 9	2	예비 9
	S-10	예비 10	2	예비 10

상태 자료	X	데이터 로거 전압상태	1	BIT 0 : DC입력전압 → 0 : 정상, 1 : 비정상 BIT 1 : 배터리전압 → 0 : 정상, 1 : 비정상 BIT 2, 3: AC 전압 → 00 : 110 V, 01 : 220 V, 11 : AC OFF BIT 4 : 데이터로거함 잠금상태 → 0 : 닫힘, 1 : 열림 BIT 5 : 예비 1 → 0 : 정상, 1 : 비정상 BIT 6 : 예비 2 → 0 : 정상, 1 : 비정상 BIT 7 : 예비 3 → 0 : 정상, 1 : 비정상
	Y	데이터 로거 센서상태	2	BIT 0 : 풍향센서 → 0 : 정상, 1 : 비정상 BIT 1 : 풍속센서 → 0 : 정상, 1 : 비정상 BIT 2 : 온도센서 → 0 : 정상, 1 : 비정상 BIT 3 : 강수유무 → 0 : 정상, 1 : 비정상 BIT 4 : 강수량센서 → 0 : 정상, 1 : 비정상 BIT 5 : 습도센서 → 0 : 정상, 1 : 비정상 BIT 6 : 기압센서 → 0 : 정상, 1 : 비정상 BIT 7 : 예비 1 → 0 : 정상, 1 : 비정상 BIT 8 : 예비 2 → 0 : 정상, 1 : 비정상 BIT 9 : 예비 3 → 0 : 정상, 1 : 비정상 BIT 10 : 예비 4 → 0 : 정상, 1 : 비정상 BIT 11 : 예비 5 → 0 : 정상, 1 : 비정상 BIT 12 : 예비 6 → 0 : 정상, 1 : 비정상 BIT 13 : 예비 7 → 0 : 정상, 1 : 비정상 BIT 14 : 예비 8 → 0 : 정상, 1 : 비정상 BIT 15 : FAN의 동작상태 → 0 : 정상, 1 : 비정상
	Z	데이터 로거 센서상태	1	BIT 0 : 강수량센서 → 0 : 정상, 1 : 비정상 BIT 1 : 예비 1 → 0 : 정상, 1 : 비정상 BIT 2 : 예비 2 → 0 : 정상, 1 : 비정상 BIT 3 : 예비 3 → 0 : 정상, 1 : 비정상

붙임 6. 먼지배출량 산정 및 대기거동모사 통합설계서

먼지배출량 산정 및 대기거동모사 통합설계서

2019.06

주관기관 청운대학교
공동기관 서울시립대학교
공동기관 (주)주빅스 기술연구소

개정이력

개정이력

버젼	개정일자	개정내역	작성자	확인자
0.1	2017-09-07	초안작성		
0.3	2017-10-02	데이터 수집 인터페이스 작성		
0.7	2017-10-13	모델링 내용 추가 작성		
1.0	2017-11-10	통합인터페이스 수정 보완 작성		
1.1	2018-03-02	대기환경데이터 추가 인터페이스 수정		
1.2	2018-08-21	건물에너지 수정 보완 작성		
1.3	2018-09-10	통합인터페이스 수정 보완 작성		
2.0	2019-03-08	건축물ANN자동화 추가 작성		
2.1	2019-05-13	대기거동모사 오염원 추가 보완 작성		

목 차

목차

1. 개요 ····· 4

1.1 목적 ····· 4
1.2 범위 ····· 5
1.3 약어 ····· 5

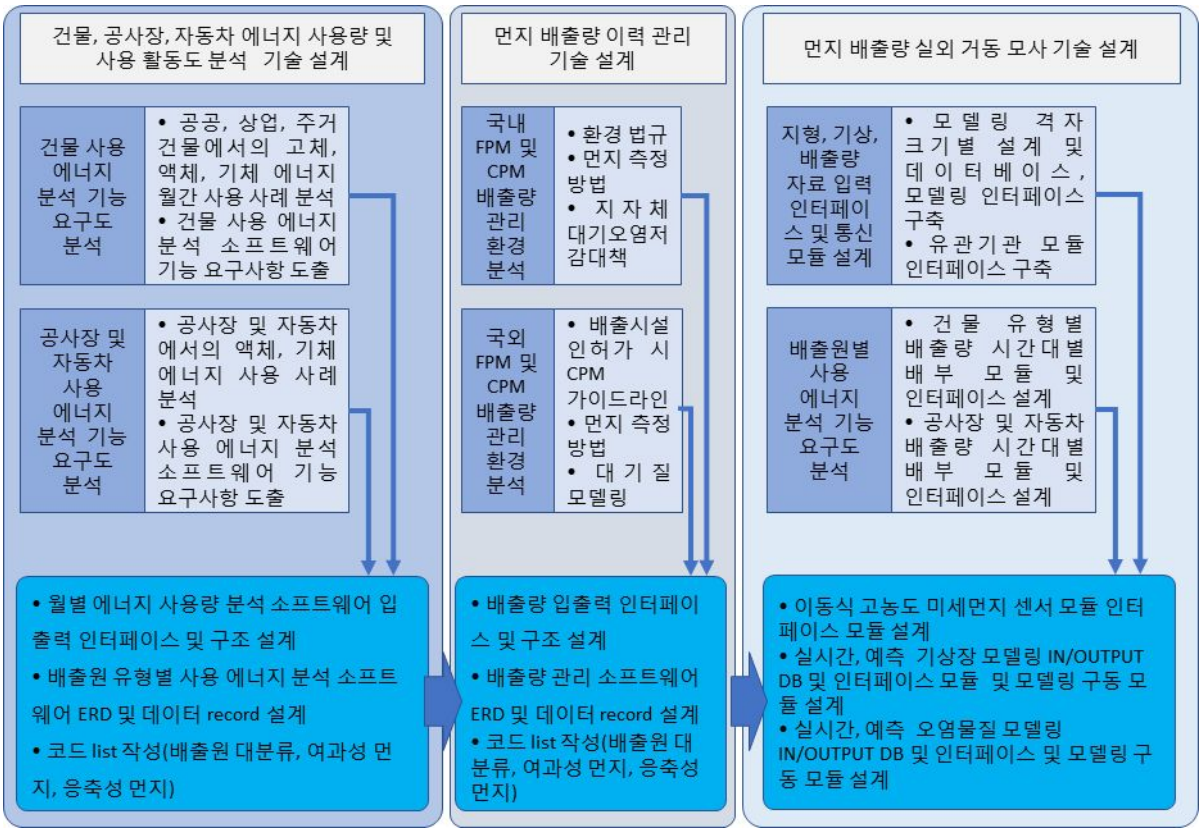
2. 시스템 설계 ····· 6

2.1 시스템구성 ····· 6
2.2 시스템 기능구성도 ····· 7

3. 시스템 상세 설계 ····· 8

3.1 택지개발에너지관리 ····· 8
3.2 오염원 배출량 관리 ····· 14
3.3 대기거동모사 관리 ····· 19

1 개요



<개요도>

1.1 목적

본 문서는 "도시개발에 따른 여과성 먼지와 2.5 ㎛ 이하 응축성 먼지배출량 산정 및 대기거동모사 예측기술 개발" 사업으로

- 먼지 배출량으로 변환할 수 있도록 주요 배출원에서의 연료별 사용량 및 활동도를 DB화하여 구축하는 시스템
- 건물, 공사장, 자동차에서 배출된 여과성 먼지 및 2.5 ㎛ 이하 응축성 먼지에 대한 배출량 인벤토리 DB 시스템
- 실시간 예측 기상을 통신으로 입력하고 Calmet, Calpuff 모델링 시스템
- 건물 및 공사장, 자동차에서 배출된 여과성 먼지 및 2.5 ㎛ 이하 응축성 먼지에 대한 실외 거동을 모사하는 시스템

통합관리S/W를 목적으로 한다

본 설계서는 필요한 경우 이후 문서에서 인용 반복되어 기술될 수 있다. 또한 향

후 필요한 경우 일부 내용을 수정될 수 있다.

1.2 범위

본 문서는 "도시개발에 따른 여과성 먼지와 2.5 ㎛ 이하 응축성 먼지배출량 산정 및 대기거동모사 예측기술 개발" 사업 중
아래의 내용을 개발 범위로 한다.

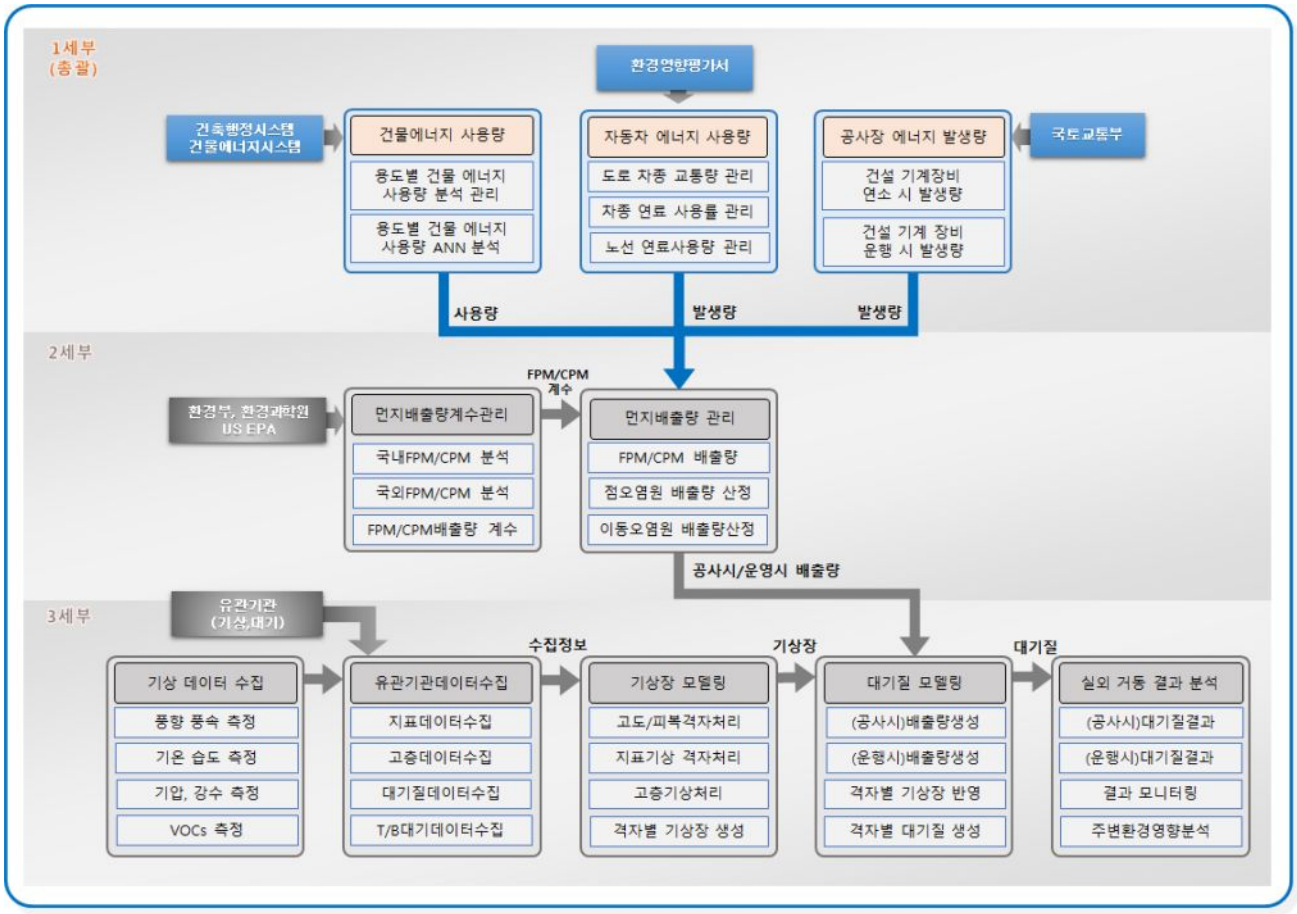
- 도시 주요 먼지 배출원(건물, 공사장, 자동차)을 대상으로 한 에너지 사용량 및 사용 활동도 분석 기술 개발
- 먼지 배출량 이력 관리 기술 개발
- 먼지 배출량 실외 거동 모사 기술 개발

1.3 약어

AWS	Automatic Weather System
IoT	Internet of Things
Open-API	Open Application Programming Interface
FTP	File Transfer Protocol
TCP/IP	Transfer Control Protocol/Internet Protocol

2 시스템 설계

2.1 시스템 흐름도



<통합시스템 구성 흐름도>

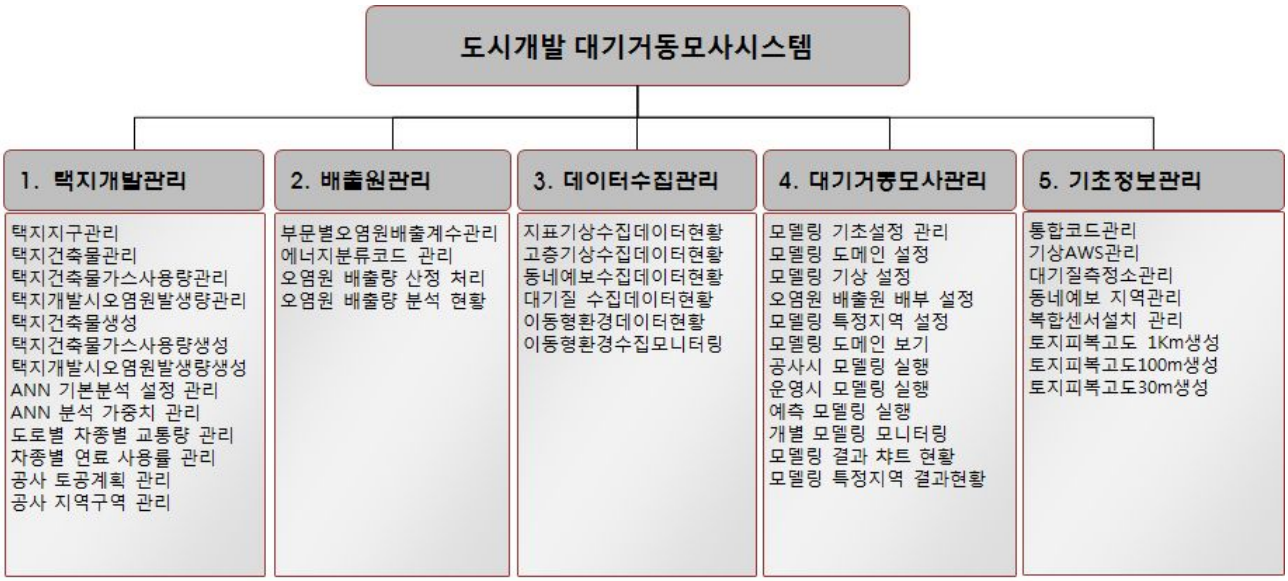
본 시스템은 본 시스템은 배출원(건물, 자동차, 공사장)의 에너지사용량을 예측하는 단계와 먼지배출량을 산정하는 단계, 실외 대기질 거동 모사 단계로 크게 구분됨.

- 에너지사용량 예측단계에서는 건물 및 자동차, 공사장 부문별 입력 정보를 바탕으로 분석 대상 단지(또는 지구)에서의 에너지사용량을 에너지유형별로 예측하고 산출함.
- 먼지 배출량 산정 단계는 배출원별 에너지사용량 예측결과에 에너지유형별로 여과성 및 응축성 미세먼지 배출계수를 적용하여 먼지 배출량을 산출함.
- 실외 대기질 거동의 모사 단계에서는 고도, 피복 등 지형자료에 따라 전국 17개 시도에 대해 사전에 생성한 지형 데이터베이스에서 분석대상 지역을 탐색함.
- 동시에 자체 기상측정장치와 유관기관으로부터 기상자료를 수집하고 분석대상 지역의 기상장을 모델링함.

- 이 후 분석대상 지역의 지형 모델링 결과에 격자별 기상장 모델링 결과를 반영하고 먼지 배출량 정보를 제공하여 격자별 대기질을 모델링함.
- 상기 단계를 진행함에 따라, 분석대상 지역의 배출원별 에너지사용량과 기상정보, 지형 등을 고려하여 실시간 대기질 시외 거동을 모니터링시스템으로 구성되여있음.

2.2 시스템 기능 구성도

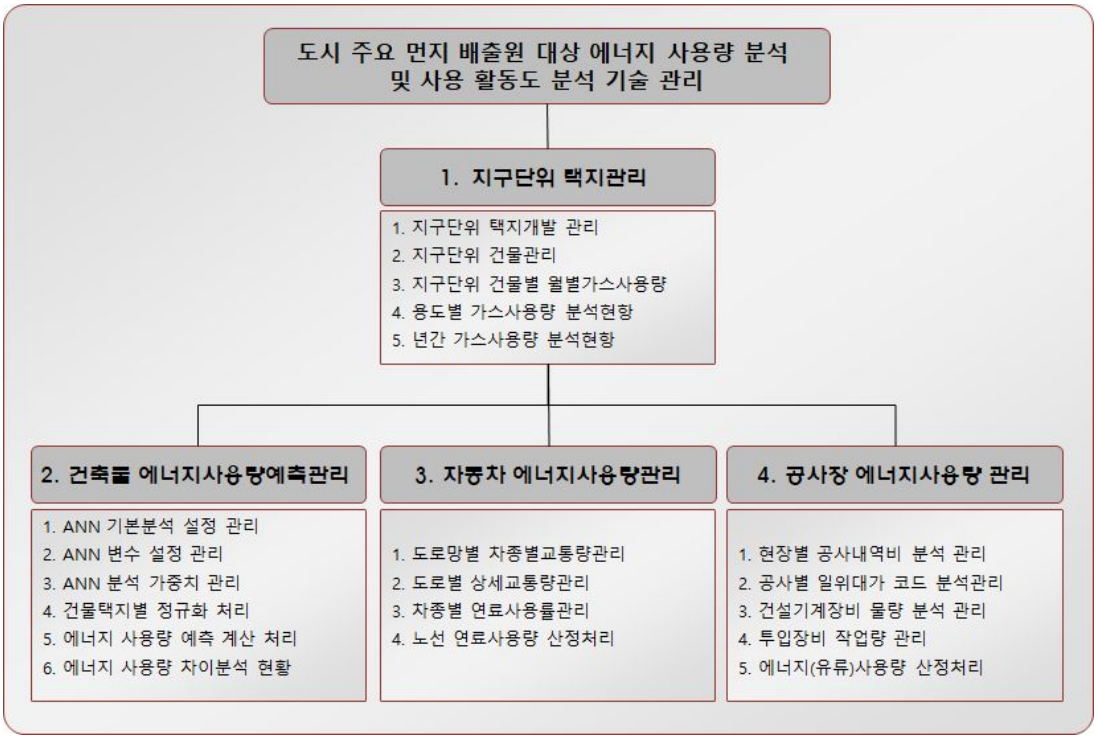
본 시스템은 택지개발관리, 배출원관리, 데이터수집관리, 대기거동모사관리, 기초정보 정보관리 기능 등의 5 기능관리 모듈로 구성되어 있다.



<통합시스템 구성도>

3 시스템 상세 설계

3.1 택지개발에너지관리



<택지개발에너지 관리 구성도>

3.1.1 택지개발에너지 관리 구성 기능

1) 지구단위 택지관리 구성 기능
- 지구단위 택지개발에 대한 정보를 수집 처리하는 프로세서 기능
- 지구단위에 포함되는 건물에 대한 건축물 정보를 수집 및 처리하는 프로세서 기능
- 지구단위에 포함되는 건물별 월별 가스사용량을 수집하는 기능
- 수집된 월별 가스사용량의 건물 용도별 분석 현황
- 수집된 월별 가스사용량을 기반으로 한 년간 가스사용량 분석 현황

2) 건축물 에너지사용량예측관리 구성 기능
- ANN 모델의 기본 설정 관리기능
- ANN 분석 실행에 사용되는 변수에 대한 설정 관리기능
- ANN 분석 결과 도출되는 모델 가중치 관리기능
- 건물택지별로 제공하는 변수를 정규화 처리시키는 기능
- 제공받은 정규화 데이터를 이용한 에너지 사용량 예측 계산 처리기능
- 계산 및 예측된 에너지사용량과 실제 에너지사용량과의 차이 및 현황 파악

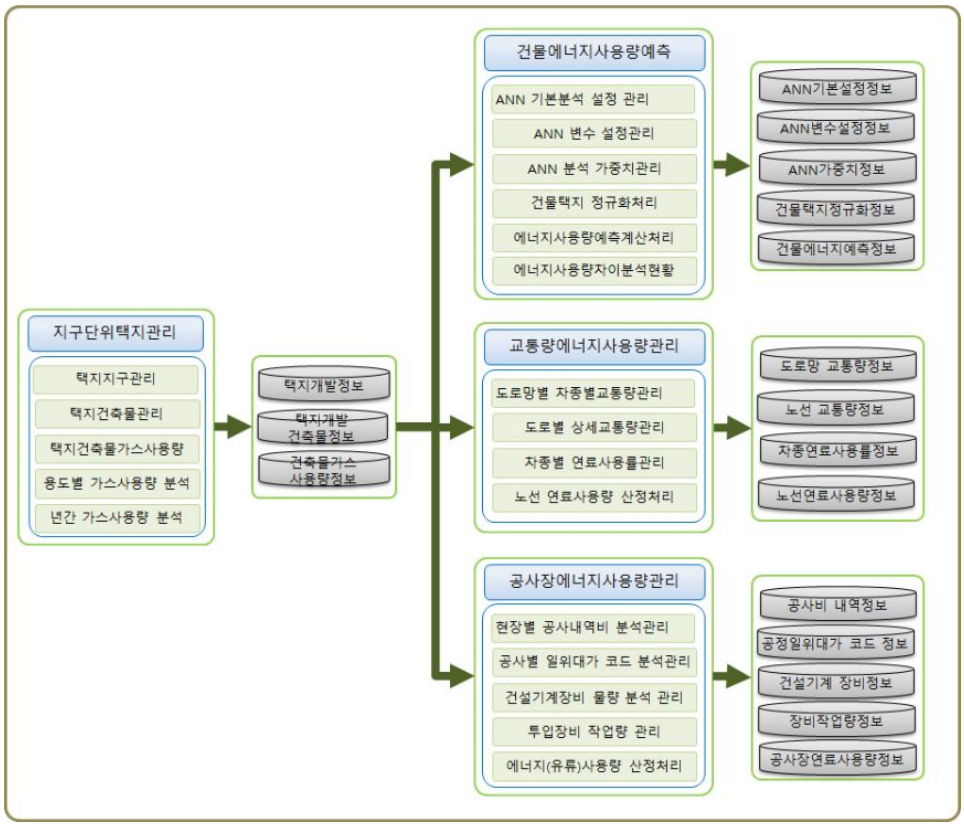
3) 교통량 에너지사용량관리 구성 기능

- 고속도로, 일반국도, 국가지방도, 지방도 등의 도로별 및 차종별 교통량 관리 기능
- 노선별, 차량별, 연료별, 교통량을 산정 및 처리하는 기능
- 차종 및 연료별 배출하는 오염물질에 대한 배출계수 현황
- 교통량 및 배출계수를 기반한 노선별, 차종별, 연료별 오염물질 배출량 처리 및 관리 기능

4) 공사장 에너지사용량관리 구성기능

- 각 현장에서 정한 공사내역비 현황을 파악 및 분석하는 관리기능
- 공정별 일위대가 코드를 분석하는 관리 기능
- 현장에 투입되는 건설기계장비 물량을 산정 및 처리하는 관리기능
- 투입된 건설기계장비의 작업량을 산출 및 분석하는 관리기능
- 공사내역 및 건설기계장비를 통해 공사장 에너지사용량을 산정 처리하는 관리 기능

3.1.2 택지개발에너지 관리 흐름



<에너지사용량 예측 모델 흐름도>

- 본 시스템은 지구단위택지에 관한 택지정보, 건축물정보, 건축물의 가스사용량 정보, 용도별 및 연간 가스사용량 분석 정보를 데이터베이스화 하여 교통량에

너지사용량 관리, 건물에너지사용량 예측관리, 공사장 에너지사용량 관리에 제공함.

- 제공받은 정보를 기반으로 건물에너지사용량예측에서는 ANN을 통한 건물별 에너지사용량 예측계산을 수행하며, 교통량에너지사용량 관리에서는 각 도로 및 노선별 오염배출량 정보를 산출함. 또한, 공사장에너지사용량 관리에서는 각 공사현장에 투입된 장비 및 공정에 따른 에너지사용량 정보를 산출함.

1) 지구단위 택지관리

- 택지지구관리 기능, 택지건축물 관리기능, 택지건축물 사용량관리 기능, 용도별 가스사용량 분석기능, 연간 가스사용량 분석기능 등의 5가지 기능으로 구성되여있음.

<지구단위 택지관리 세부기능 및 기능 세부내용 >

관리기능	단위 기능명	단위 기능 설명
지구단위 택지관리	지구단위 택지개발관리	택지개발지구에 관한 개발 정보를 수집 및 제공하는 기능
	지구단위 건물관리	지구단위에 포함되는 건물에 관한 면적, 규모 등의 건축물정보를 수집 및 제공하는 기능
	지구단위 건물별 월별 가스소비량 관리	지구단위에 포함되는 건물에서 사용한 월별 가스소비량 정보를 수집 및 관리하는 기능
	가스소비량 분석현황	수집된 건물 월별가스소비량에 대한 현황을 분석 제공하는 기능
	연간 가스소비량 분석현황	건물 월별가스소비량을 기반으로 연간 가스소비량 현황을 분석 제공하는 기능

2) 건물 에너지사용량 예측관리

- ANN 기본분석 설정관리 기능, ANN 변수 설정관리 기능, ANN 분석 가중치 관리기능, 건물택지 정규화 처리기능, 에너지사용량 예측 계산처리, 에너지사용량 차이 분석현황 기능 등의 6가지 기능으로 구성되여있음.

<건물 에너지사용량 예측관리 세부기능 및 기능 세부내용>

관리기능	단위 기능명	단위 기능 설명
건축물 에너지 사용량 관리	ANN 기본분석 설정 관리	건축물 에너지사용량 예측을 위한 ANN분석의 기본 설정을 관리하는 기능
	ANN 변수 설정 관리	ANN 분석에 제공되는 건축물 및 에너지사용량 관련 변수를 설정 및 제공하는 관리 기능
	ANN 분석 관리	ANN 분석 결과 도출되는 분석에 대한 정보를 저장 및 관리하는 기능
	건물택지별 정규화 처리	건물택지별 해당하는 건축물 및 에너지사용량 변수를 정규화 처리하는 기능
	에너지사용량 예측계산처리	정규화 변수 및 분석 가중치를 기반으로 에너지사용량 예측을 계산 처리하는 기능
	에너지사용량 차이분석현황	에너지사용량 예측 결과에 대한 정확도를 확인하기 위해 실제 값과의 차이를 분석하는 기능

3) 교통 에너지사용량 관리

- 도로망 및 차종별 교통관리 기능, 도로별 상세교통량관리, 차종별 연료 사용률 관리기능, 노선별 차량별 연료별 교통량 산정 처리기능 등의 4가지 기능으로 구성구성되여있음.

<교통 에너지사용량 관리 세부기능 및 기능 세부내용>

관리기능	단위 기능명	단위 기능 설명
교통 에너지 사용량 관리	도로별 차종별 교통량 관리	도로망별 차종별 교통량을 관리하는 기능
	도로별 상세교통량관리	도로망별 차량별 상세 교통량 관리하는 기능
	차종별 연료 사용률 관리	차종별 연료 사용 백분율을 관리하는 기능
	노선별 차량별 연료별 교통량 산정 처리	도로망별 차종별 연료별 교통량 산정 계산 처리 기능

4) 공사장 에너지사용량 관리

- 현장별 공사내역비 분석관리 기능, 공사별 일위대가 코드 분석관리 기능, 건설기계장비 물량 분석관리 기능, 투입장비 작업량 관리, 에너지(유류)사용량 산정처리 등의 5가지 기능으로 구성되여 있음

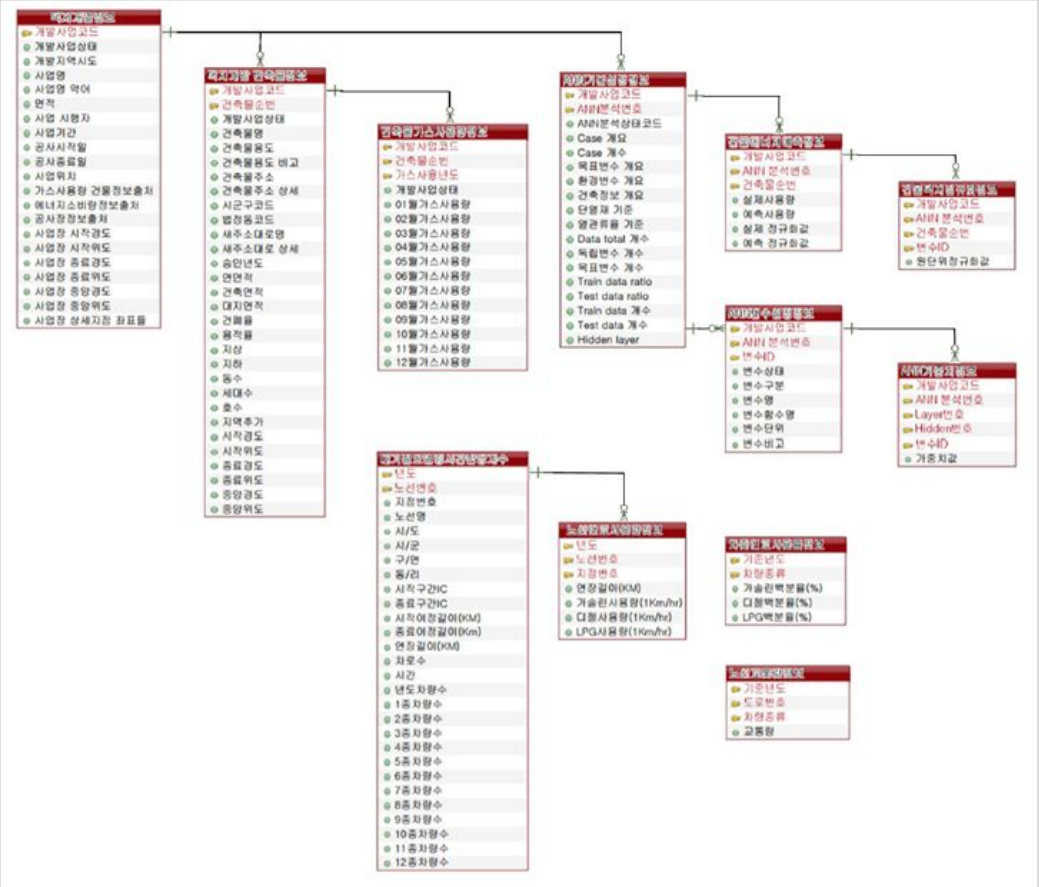
<공사장 에너지사용량 관리 세부기능 및 기능 세부내용>

관리기능	단위 기능명	단위 기능 설명
공사장 에너지 사용량 관리	현장별 공사내역 분석관리 기능	택지개발지구 공사현장별 공사내역 정보를 분석 관리하는 기능
	건설기계장비 물량 분석관리	공사에 투입되는 건설기계장비 물량을 산정 및 분석하는 기능
	투입장비 작업량 관리	투입 건설기계장비의 작업량을 산정 및 분석하는 관리기능
	에너지(유류)사용량 산정처리	공사과정에서 사용되는 에너지사용량을 산정하는 처리기능

3.1.3 택지개발에너지 관리 주요 엔티티

관리기능	엔티티명	엔티티 설명
지구단위 택지관리	택지개발정보	택지개발지구에 대한 사업 정보
	택지개발건축물정보	택지지구에 포함되는 건축물에 관한 세부 정보
	건축물가스사용량정보	건축물에서 사용한 월별 가스사용량 정보를 제공
건축물 에너지 사용량 관리	ANN기본설정정보	건축물에너지사용량 ANN분석을 위한 분석 기본설정정보
	ANN변수설정정보	건축물에너지사용량 예측에 사용되는 세부 변수 설정정보
	ANN분석 정보	ANN 분석결과 정보
	건물택지정규화정보	ANN 예측을 위한 건물 및 택지 변수의 정규화 값 정보
	건물에너지예측정보	가중치에 의해 계산 및 예측된 건물에너지 예측정보
교통량 에너지 사용량 관리	도로망 교통량정보	도로망별 차종별 교통량 정보
	노선교통량정보	도로망별 차량별 상세 교통량 정보
	차종연료사용률정보	차종별 연료 사용 백분율 정보
	노선연료사용량정보	도로망별 연료 사용량 정보
공사장 에너지 사용량 관리	공사비 내역정보	공사현장의 내역 정보
	건설기계 장비정보	투입 건설기계 장비에 대한 세부 정보를 제공
	장비 작업량정보	투입 건설기계 장비의 작업량 및 투입량 정보를 제공
	공사장연료사용량정보	공사 현장별 연료사용량 정보

3.1.4 택지개발에너지 관리 ERD



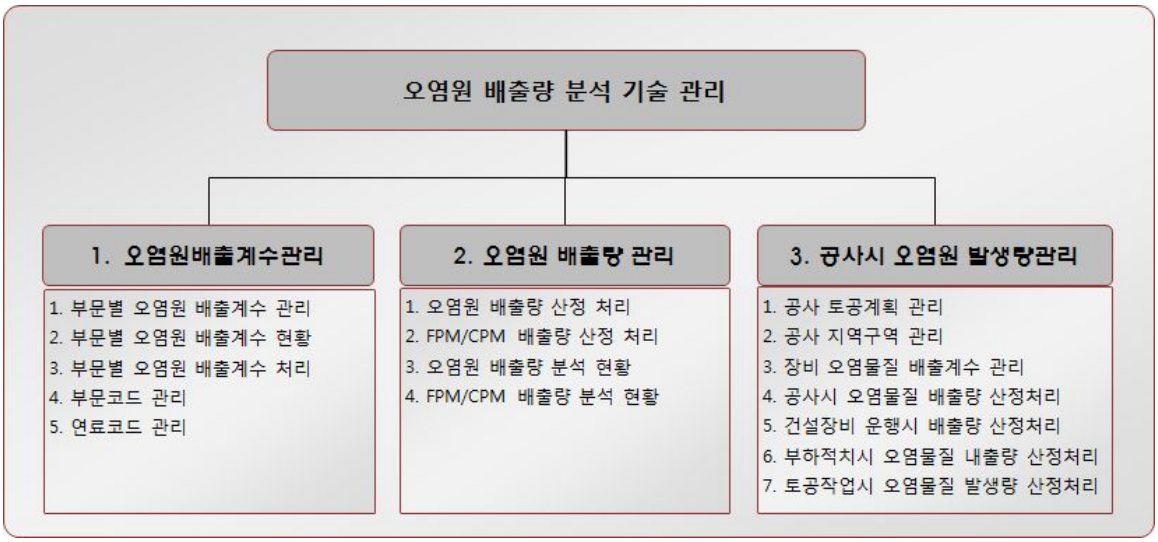
3.1.5 택지개발에너지 관리 화면설계서

* 화면설계서 별첨 참조

3.1.6 택지개발에너지 관리 테이블명세서

* 테이블명세서 별첨 참조

3.2 오염원 배출량 관리



< 오염원 배출량 관리 구성도 >

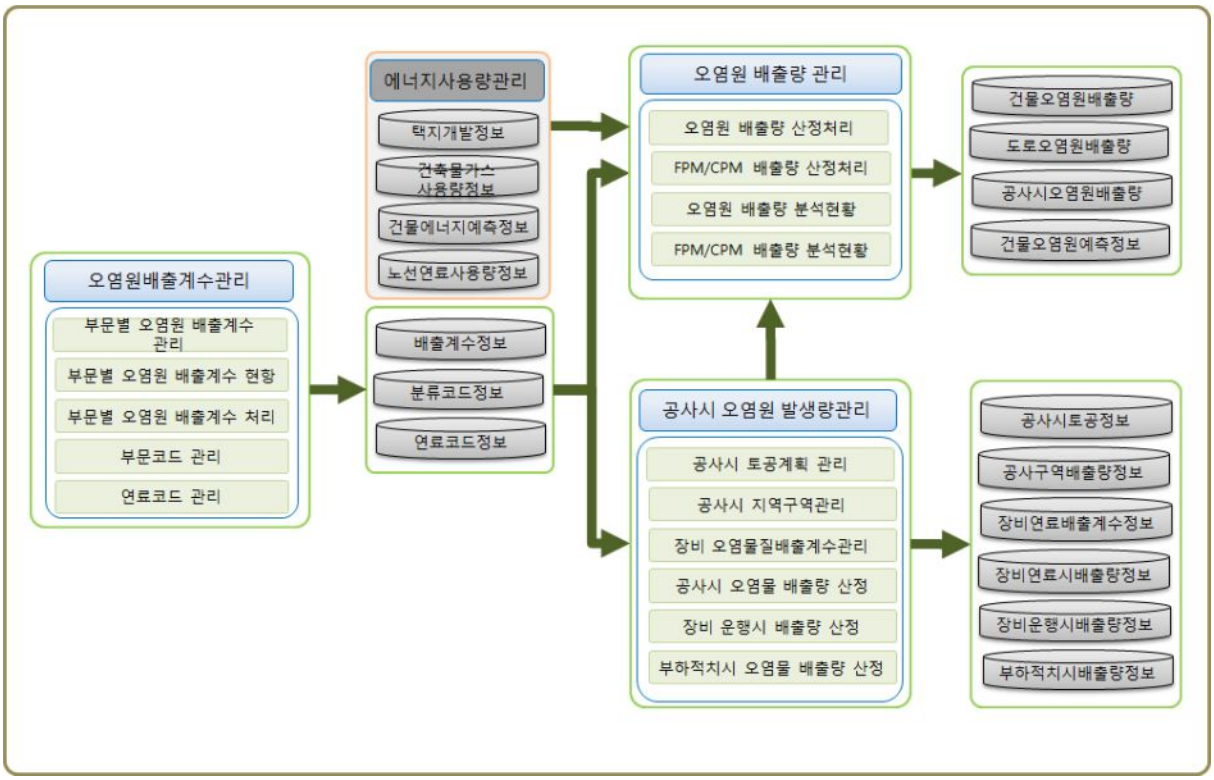
3.2.1 오염원 배출량 분석 구성 기능

1) 오염원배출계수관리 구성 기능
- 연료별, 배출시설별 여과성 먼지 배출계수를 정보화하는 기능
- 에너지산업 연소 부문별로 중/소/세분류별로 오염원의 배출계수를 검색하는 기능
- 분류코드와 연료코드관리 등을 정보화 및 검색하는 기능

2) 오염원 배출량 관리 구성 기능
- 건축물에서 발생하는 에너지사용량을 연료별 배출계수에 의해 오염원의 배출량을 산정 처리하는 기능
- 도로에서 차량의 이동량에 의해 발생하는 연료량을 배출계수에 의해 오염원의 배출량을 산정 처리하는 기능
- 공사시 건설장비의 운행 중에 사용된 연료량과 부하적치 시 그리고 자연에 의해 발생하는 오염원을 발생량을 산정 처리하는 기능
- ANN분석에 의해 결정된 건축물 에너지 사용연료량을 연료별 배출계수에 의해 오염원의 배출량을 산정 처리하는 기능
- 산정된 오염원 배출량의 여과성먼지 오염원 농도를 FPM/CPM 비율로 분배하여 FPM과 CPM를 각각 산정하는 기능
- 산정된 FPM 과 CPM의 농도를 오염발생원인별 분석 및 통계하는 기능

3) 공사 시 오염원 발생량관리 구성 기능
- 공사시 사업부지에서 발생되는 절·성토량, 공사기간, 차량 투입 등을 관리하는 기능
- 공사장비 연료사용에 따른 오염물질 배출량을 산정하는 기능
- 건설장비 운행에 따른 미세먼지 발생량을 산정하는 기능
- 부하·적치 시 비산먼지 발생량을 산정하는 기능

3.2.2 오염원 배출량 관리 흐름



<오염원 배출량 분석 관리 흐름도>

- 본 시스템은 오염원배출계수를 활용하여 건축물에서 사용되는 에너지사용량, 도로에서 사용하는 에너지 연료량, 택지 개발 공사시에 발생하는 오염원 배출량 그리고 운영시에 발생하는 오염원 배출량 등을 산정하고 그에 따른 FPM 과 CPM 의 산정함.

1) 오염원 배출계수 관리

- 부문별 오염원 배출계수 관리 기능, 부문별 오염원 배출계수 현황기능, 부문별 오염원 배출계수 처리 기능, 부문코드기능, 연료코드 관리기능 등의 5가지 기능으로 구성되여있음.

<오염원 배출량 관리 세부기능 및 기능 세부내용 >

관리기능	단위 기능명	단위 기능 설명
오염원배출계수관리	부문별 오염원 배출계수 관리	배출시설별 연료에서 발생하는 오염원의 배출계수를 관리하는 기능
	부문별 오염원 배출계수 현황	배출시설별 연료에서 발생하는 오염원의 배출계수의 현황 및 차트로 분석하는 기능
	부문별 오염원 배출계수 처리	부문별 오염원 배출계수를 수집 정보화는 기능
	에너지분류코드 관리	에너지 분류코드를 관리하는 기능
	연료코드 관리	연료코드를 관리하는 기능

2) 오염원 배출량 관리

- 오염원 배출량 산정 처리 기능, FPM/CPM 배출량 산정 처리 기능, 오염원 배출량 분석 현황기능, FPM/CPM 배출량 분석 현황기능 등의 4가지 기능으로 구성되여있음.

<오염원 배출량 관리 세부기능 및 기능 세부내용>

관리기능	단위 기능명	단위 기능 설명
오염원 배출량 관리	오염원 배출량 산정 처리	건축물과 도로의 차량, 공사장 건설장비에서 발생하는 에너지사용량, 부하적치 및 자연 발생 오염원 발생량에 연료별 배출계수를 반영하여 오염원의 배출량을 산정 처리하는 기능
	FPM/CPM 배출량 산정 처리	산정된 오염원 배출량의 여과성먼지 오염원 농도를 FPM/CPM 비율로 분배하여 FPM과 CPM를 각각 산정하는 기능
	오염원 배출량 분석 현황	오염원 배출량을 검색하고 차트 등으로 분석하는 기능
	FPM/CPM 배출량 분석 현황	FPM/CPM 배출량을 검색하고 차트 등으로 분석하는 기능

3) 공사시 오염원 발생량관리

- 공사 토공계획 관리 기능, 공사 지역구역 관리, 장비 오염물질 배출계수 관리 기능, 공사 시 오염물질 배출량 산정처리기능, 건설장비 운행시 배출량 산정처리, 부하적치 시 오염물질 배출량 산정처리, 토공작업 시 오염물질 발생량 산정처리 등 6가지 기능으로 구성되여있음.

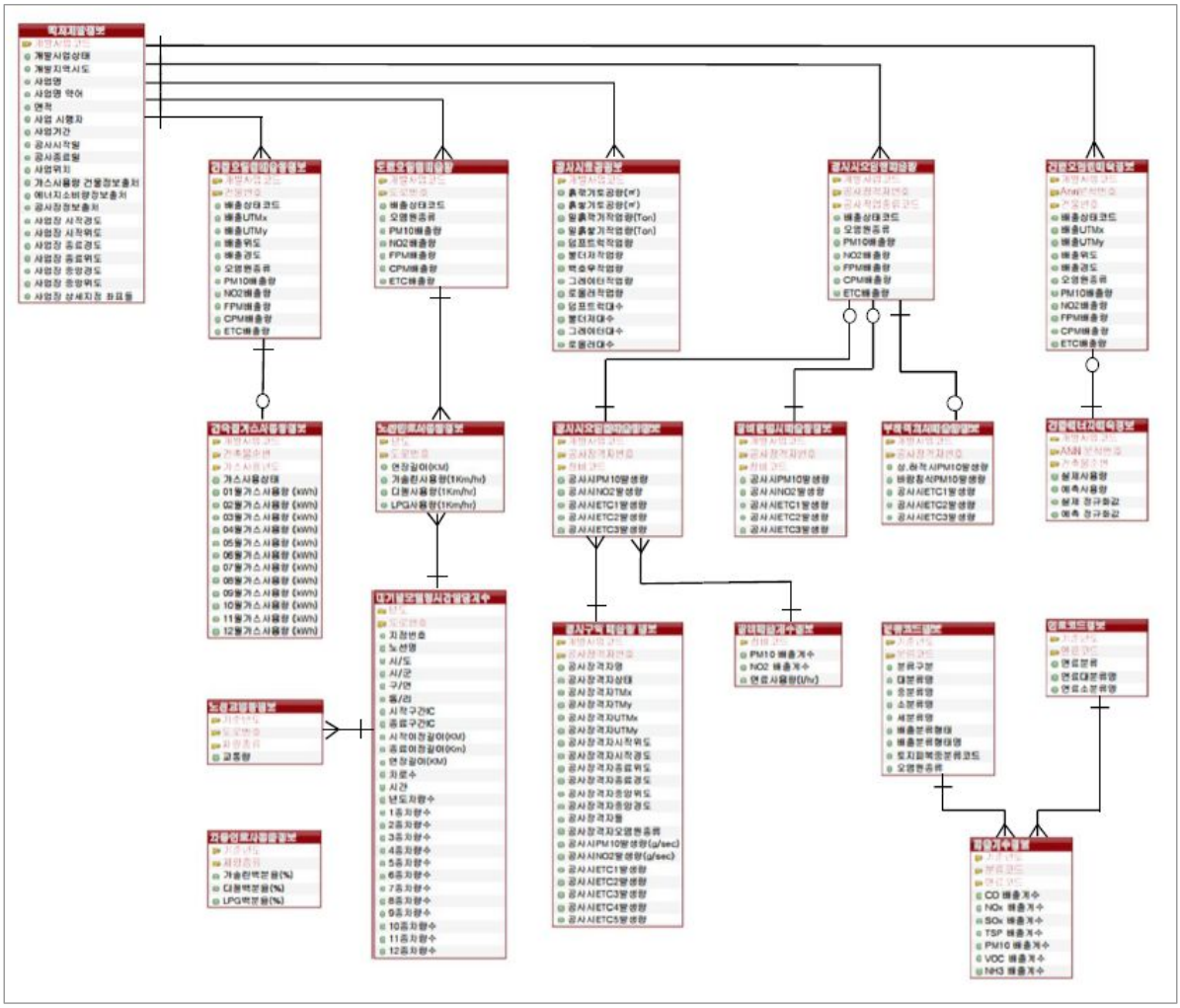
<공사시 오염원 발생량관리 기능>

관리기능	단위 기능명	단위 기능 설명
공사시 오염원 발생량관리	공사 토공계획 관리	공사시 사업부지에서 발생되는 절성토량과 투입장비 계획 관리 기능
	공사 지역구역 관리	사업부지의 공사 지역구역를 분리 지정 관리하는 기능
	장비 오염물질 배출계수 관리	공사장비의 오염물질 배출계수 관리 기능
	장비연료 오염물질 배출량 산정처리	공사장비 연료사용에 따른 오염물질 배출량 산정처리
	공사장비 운행시 배출량 산정처리	공사장비 운행에 따른 오염물질 발생량 산정처리
	부하적치시 오염물질 배출량 산정처리	공사장비의 상.하적시 및 바람에 영향으로 발생되는 오염물질 발생량 산정처리

3.2.3 오염원 배출량관리 주요 엔티티

관리기능	엔티티명	엔티티 설명
오염원배출계수관리	배출계수정보	배출시설별 연료의 오염물질 배출계수 정보
	분류코드정보	분류코드 관리 정보
	연료코드정보	연료코드 관리 정보
오염원 배출량 관리	건물오염원배출량정보	건축물에서 사용되는 오염물질 배출량 정보
	도로오염원배출량정보	차량에 의해 도로에서 발생되는 오염물질 배출량 정보
	공사시오염원배출량정보	공사시에 발생되는 오염물질 배출량 정보
	건물오염원예측배출량정보	ANN예측에 의한 건축물 예측 배출량 정보
공사시 오염원 발생량관리	공사시토공정보	공사시 발생되는 절.성토량과 투입장비 계획 정보
	공사구역배출량정보	공사지역을 구역별로 분리한 관리 정보
	장비연료배출계수정보	장비별 사용연료에 대한 오염물질 배출계수 정보
	장비연료시배출량정보	공사장비 연료사용에 따른 오염물질 배출량 정보
	장비운행시배출량정보	공사장비 운행에 따른 오염물질 발생량 정보
	부하적치시배출량정보	공사장비 상.하적과 바람에 의한 오염물질 발생량 정보

3.2.4 오염원 배출량관리 ERD



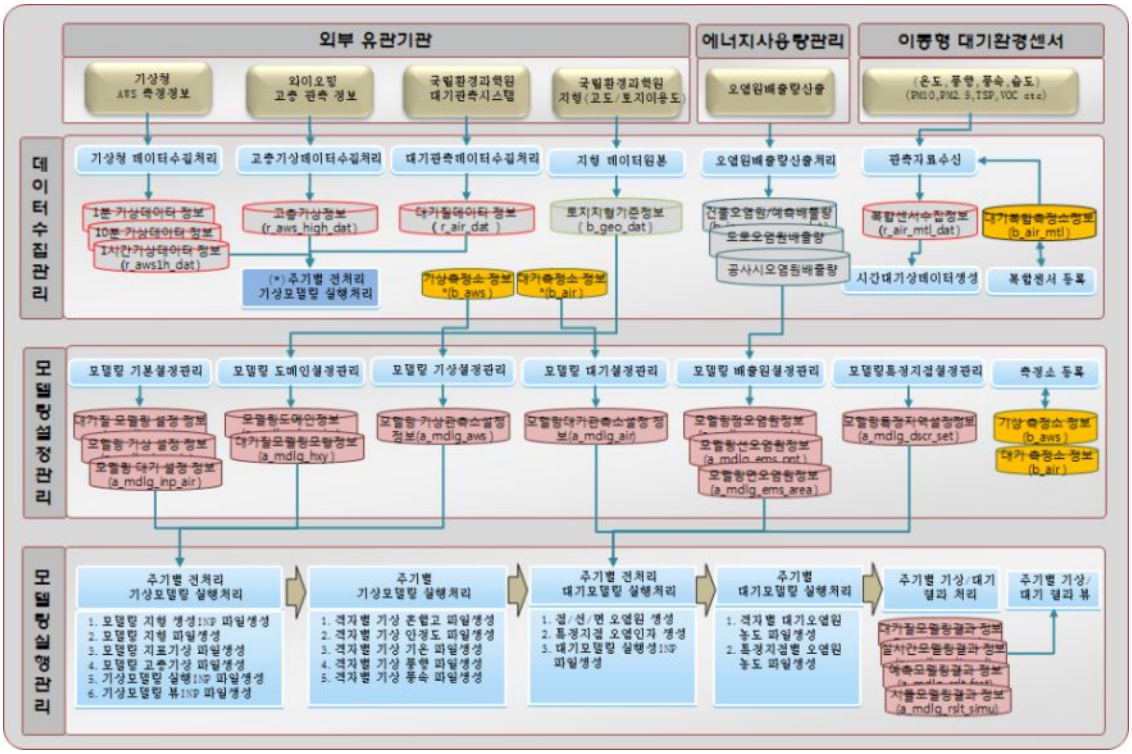
3.2.5 오염원 배출량관리 화면설계서

* 화면설계서 별첨 참조

3.2.6 오염원 배출량관리 테이블명세서

* 테이블명세서 별첨 참조

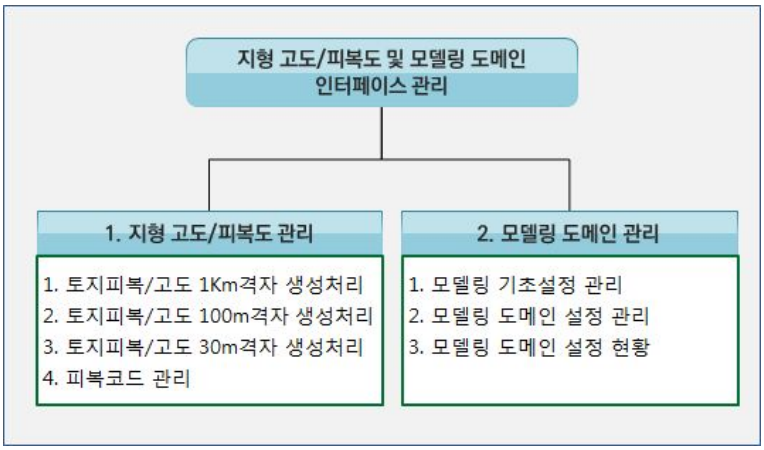
3.3 먼지 배출량 실외 거동 모사 관리



< 먼지 배출량 실외 거동 모사 흐름도 >

- 기상청 등 외부 유관기관으로부터 모델링 관련 기상 및 대기질 정보를 수집.관리하는 기능과 점.선.면 오염원 배출량의 모델링 설정관리 기능을 포함한 각종 모델링 설정관리와 실행관리 기능으로 구성됨.

3.3.1 지형 고도/피복도 관리



<지형 데이터 구축 및 모델링 도메인 구성도>

- 본 시스템은 지형 고도/피복도 관리와 모델링 도메인 관리의 두 가지 기능관리 모듈로 구성되며 각 기능관리별 상세 내용은 다음과 같음.

1) 지형 고도/피복도 관리 구성 기능

- 지형 고도/피복도 관리 구성 기능은 격자 크기가 1Km X 1Km 및 30m X 30m로 된 기초 지형데이터를 모델링 처리를 위한 UTM52(Universal Transverse Mercator coordinate system) 좌표와 위.경도 좌표로 변환 가공 처리하는 프로세서임.
- 격자별 토지피복도는 14등급 시스템을 채택하였으며, 도시, 숲, 물, 설원 등 14등급의 토지피복도에 보우엔비, 알베도, 지표거칠기, 인공열 등의 변수를 설정하도록 하였음.

Default CALMET Land Use Categories and Associated Geophysical Parameters
Based on the U.S. Geological Survey Land Use Classification System
(14-Category System)

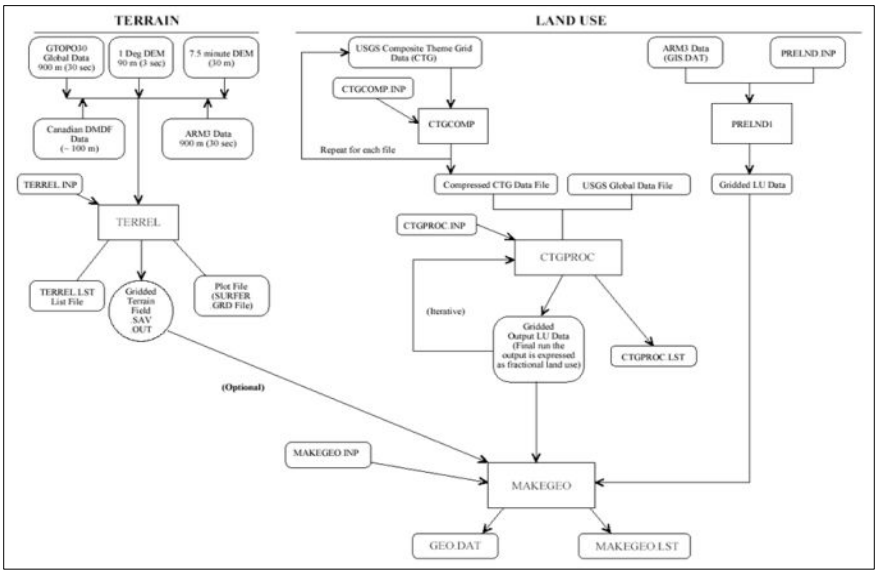
Land Use Type	Description	Surface Roughness (m)	Albedo	Bowen Ratio	Soil Heat Flux Parameter	Anthropogenic Heat Flux (W/m²)	Leaf Area Index
10	Urban or Built-up Land	1.0	0.18	1.5	.25	0.0	0.2
20	Agricultural Land - Unirrigated	0.25	0.15	1.0	.15	0.0	3.0
-20*	Agricultural Land - Irrigated	0.25	0.15	0.5	.15	0.0	3.0
30	Rangeland	0.05	0.25	1.0	.15	0.0	0.5
40	Forest Land	1.0	0.10	1.0	.15	0.0	7.0
51	Small Water Body	0.001	0.10	0.0	1.0	0.0	0.0
54	Bays and Estuaries	0.001	0.10	0.0	1.0	0.0	0.0
55	Large Water Body	0.001	0.10	0.0	1.0	0.0	0.0
60	Wetland	1.0	0.10	0.5	.25	0.0	2.0
61	Forested Wetland	1.0	0.1	0.5	0.25	0.0	2.0
62	Nonforested Wetland	0.2	0.1	0.1	0.25	0.0	1.0
70	Barren Land	0.05	0.30	1.0	.15	0.0	0.05
80	Tundra	.20	0.30	0.5	.15	0.0	0.0
90	Perennial Snow or Ice	.20	0.70	0.5	.15	0.0	0.0

* Negative values indicate "irrigated" land use

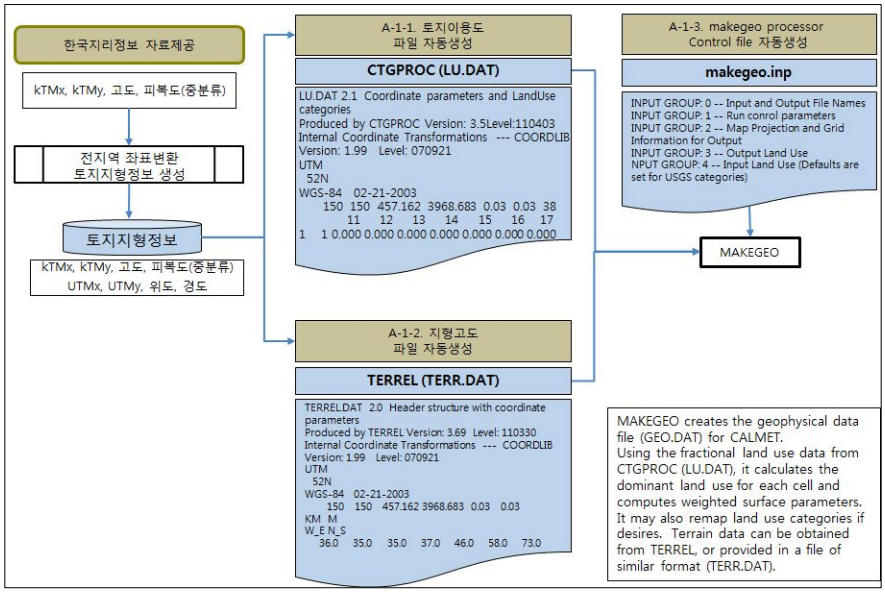
< 모델링에서 사용하는 토지 피복도 >

2) 모델링 도메인 관리 구성 기능

- 분석하고자 하는 모델링 영역의 격자 크기의 설정에 따라 토지피복 자료와 지형고도 파일을 자동으로 생성함.
- 지형 고도/피복도 정보를 이용하여 아래와 같이 모델링의 지형 정보를 생성하는 기본 흐름도와 모델링을 위한 피복/고도 파일 자동생성 흐름도를 나타냄.



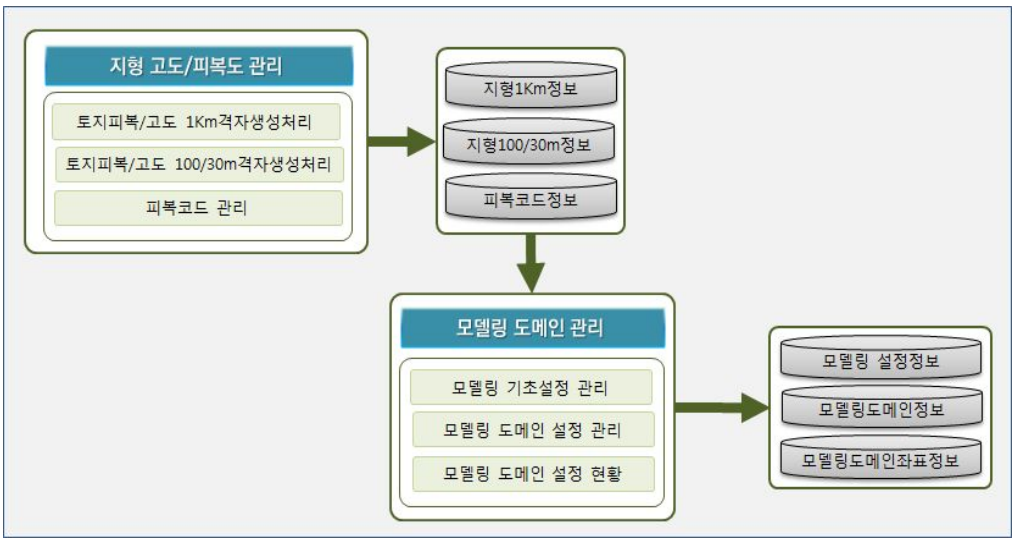
< 모델링 지형자료 처리 기본 흐름도 >



< 모델링 피복/고도 파일 자동생성 흐름도 >

3) 지형 고도/피복도 생성 및 모델링 적용 흐름도

- 본 시스템은 토지의 고도와 피복도의 자료를 데이터베이스화 하고 모델링 영역을 설정함.
- 아울러 격자 크기는 1Km와 30m 단위로 모델링 영역의 도메인 좌표를 생성함.
- 지형 고도/피복도 관리 및 모델링 도메인 관리의 흐름도를 나타냄.
- 주요 세부 기능 처리는 1Km와 30m 단위의 토지피복/고도 격자 생성처리와 피복코드 관리



< 지형 고도/피복도 및 모델링 인터페이스 흐름도 >

4) 지형 고도/피복도 및 모델링 지형 인터페이스 세부기능 및 내용

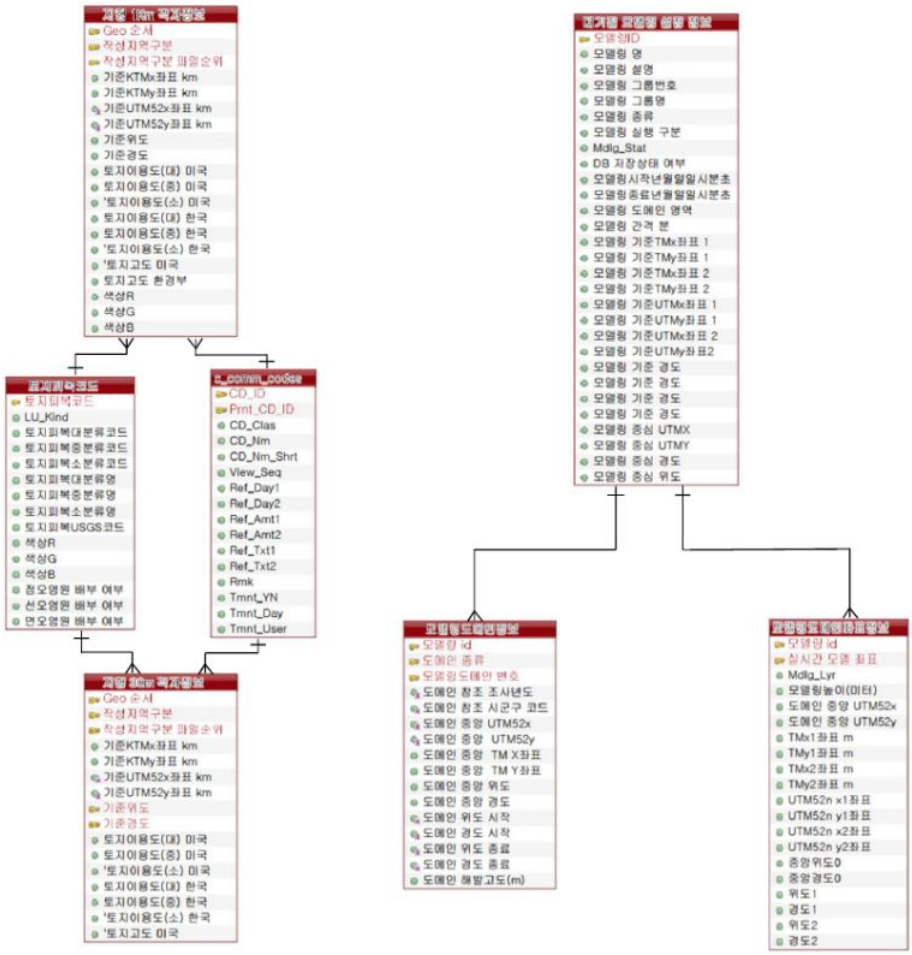
- 주요 세부 기능 처리는 1Km와 100m 그리고 30m 단위의 토지피복/고도 격자 생성처리와 피복코드 관리이며, 세부기능에 대한 설명은 아래의 표와 같음

관리기능	단위 기능명	단위 기능 설명
지형고도 피복도 관리	토지피복/고도 1Km격자생성처리	1Km 격자 토지 피복/고도 기초자료를 데이터베이스 정보로 가공 처리 생성하는 기능
	토지피복/고도 100m격자생성처리	100m 격자 토지 피복/고도 기초자료를 데이터베이스 정보로 가공 처리 생성하는 기능
	토지피복/고도 10m격자생성처리	30m 격자 토지 피복/고도 기초자료를 데이터베이스 정보로 가공 처리 생성하는 기능
모델링 도메인 관리	피복코드 관리	토지피복코드를 대/중/소 및 오염원종류를 관리하는 기능
	모델링 기초설정관리	모델링명, 모델링 종류, 모델링 주기, 격자크기, UTM 좌표, 위경도 좌표 등의 모델링을 하기 위한 기초환경을 설정 관리하는 기능
	모델링 도메인 설정관리	모델링의 영역(도메인)을 설정하여 UTM좌표, 위경도 좌표를 관리하는 기능
	모델링 도메인 설정현황	설정된 모델링의 영역(도메인)을 가시화하는 기능

4) 지형 고도/피복도 생성 및 모델링 적용 주요 엔티티

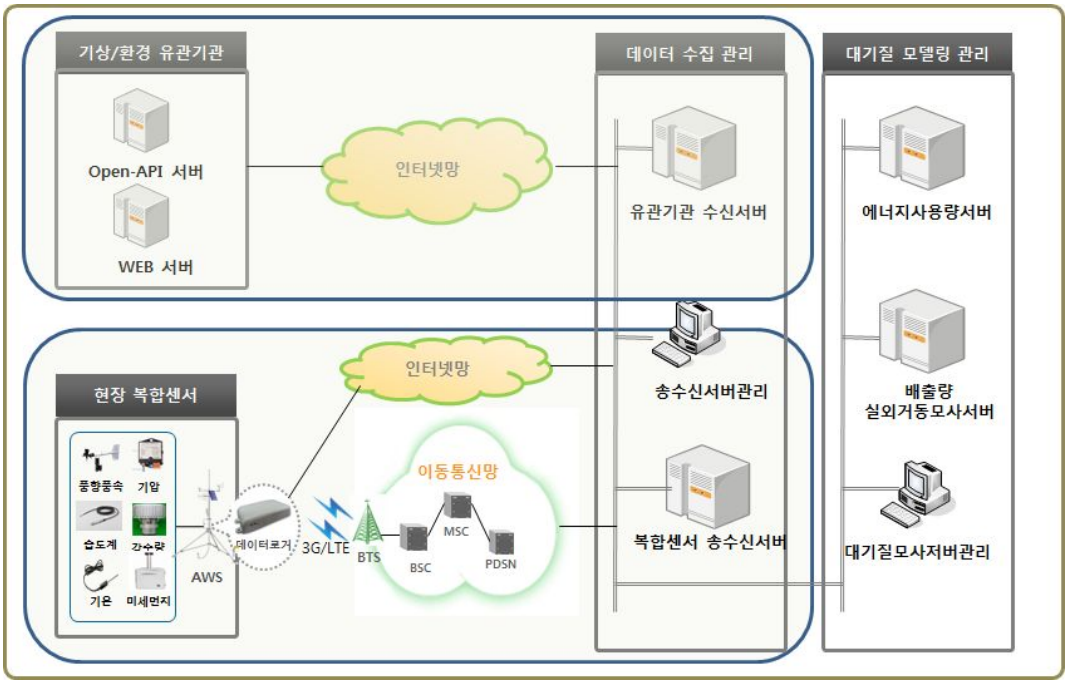
관리기능	엔티티명	엔티티 설명
지형 고도/피복도관리	지형 1Km 격자정보	1Km 격자 토지 피복/고도 정보
	지형 100m 격자정보	100m 격자 토지 피복/고도 정보
	지형 30m 격자정보	30m 격자 토지 피복/고도 정보
모델링 도메인 관리	피복코드정보	토지피복를 대/중/소 및 오염원종류 정의 정보
	모델링 설정정보	모델링 ID, 모델링 영역, 격자크기 등의 모델링의 기초환경 설정 정보
	모델링 도메인정보	모델링의 도메인번호, 도메인 종류, 고도, 시작/종료 좌표 등을 관리하는 정보
	모델링도메인좌표정보	모델링의 높이/X/Y좌표, 고도, 피복도, 시작/종료 좌표 등을 관리하는 정보

5) 지형 고도/피복도 생성 ERD



3.3.2 대기환경데이터수집관리

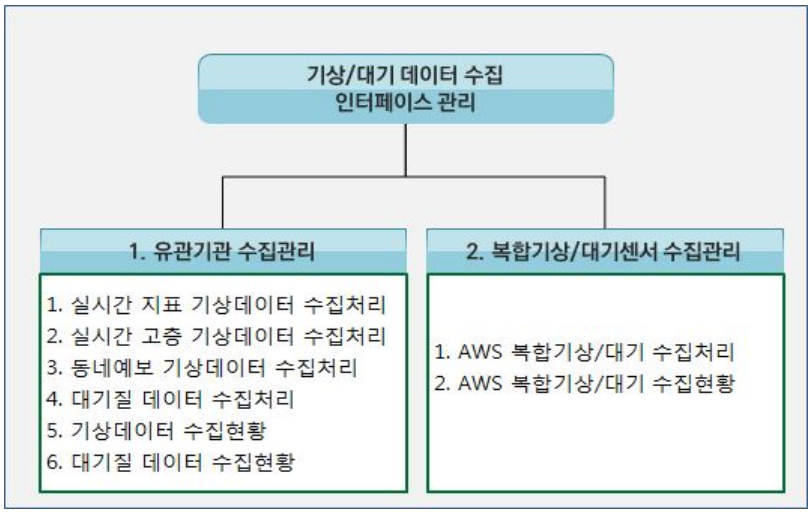
- 유관기관으로부터 지표기상, 고층기상, 동네예보 등의 기상정보와 대기질 정보 그리고 현장에 설치된 AWS 관측 기상/대기 정보를 수집하고 정보화 함.



<기상/대기 및 현장 복합센서 데이터 수집 흐름도>

1) 기능 구성

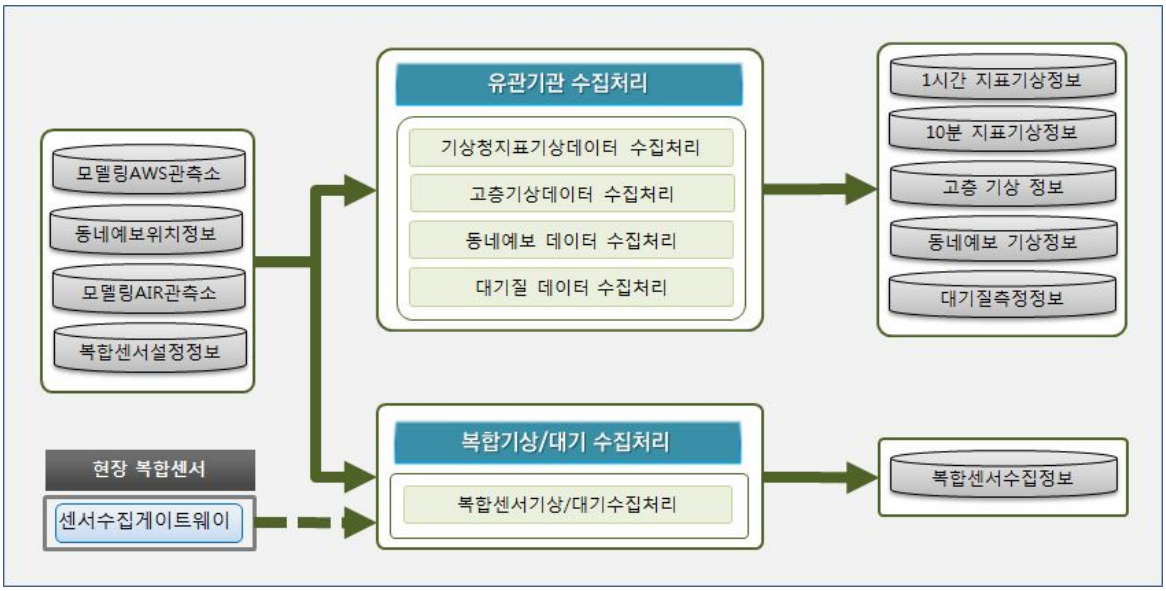
- 데이터 수집 인터페이스 관리는 기상 및 대기질 정보를 수집하는 유관기관 수집관리와 현장에 설치된 복합기상/대기센서 수집관리로 구성되어 있음.



<데이터 수집 인터페이스 관리 구성도>

2) 기능 흐름도

- 외부 유관기관에서 기상관측정보, 기상예보정보, 대기질 정보를 수집하고 내부에서는 현장에 설치된 복합 센서 데이터로그에서 기상, 대기 센서 데이터를 수집함. 수집된 데이터는 가공하여 데이터베이스에 저장하고 관리함.



<기상/대기 및 현장 복합센서 인터페이스 흐름도>

3) 수집데이터 항목

3-1) 실시간 지표/고층 기상의 유관기관 수집

가) 데이터 수집 항목

㉠ 지표기상데이터 : 관측시간, 풍향, 풍속, 기온, 습도, 기압 등을 관리

㉡ 고층기상데이터 : 관측시간, 기압, 고도, 온도, 이슬점, 풍향, 풍속, 습도 등을 관리

나) 수집처리방법

㉠ 수집 AWS지점 설정

- 지표기상데이터 수집 지점의 기상청 모델링AWS관측소설정정보에 수집여부를 설정.
- 고층기상데이터 수집 지점의 고층지점에 수집여부를 설정

㉡ 수집 처리

- 유관기관으로부터 수집한 XML 데이터를 수집일 폴더 생성 후 텍스트 파일 생성
- 지표기상데이터는 10분, 1시간 데이터 수집 가능

㉢ 데이터베이스 가공처리 저장

- 수집된 텍스트 파일을 가공 처리하여 데이터베이스에 저장함.
- 저장된 텍스트 파일은 백업 폴더로 파일 이동

다) 기상데이터 수집 인터페이스

- 기상데이터 수집과 관련된 인터페이스 기본 정보는 다음과 같음.

<기상데이터 수집 인터페이스>

인터페이스 명	기상데이터 수집 연동					
인터페이스 설명	기상청 AWS 기상관측 정보를 수집서버로 전송 수집하는 인터페이스					
I/F 항목명	I/F 항목 영문명	I/O	Type	길이	필수여부	연계항목 설명
AWS ID	DevID	I	C	9	Y	-
관측일시	date	I	C	14	Y	년월일시분:yyyymmddhhmm00
풍향	wind	O	C	10	-	-
풍속	wspd	O	C	10	-	-
기온	temp	O	C	10	-	-
습도	hmdt	O	C	10	-	-
기압	ahpa	O	C	10	-	-
강수유무	rnyn	O	C	1	-	0:강수무, 1:강수유
강수량	rnday	O	C	10	-	-

3-2) 동네예보 기상 유관기관 데이터 수집

가) 데이터 수집 항목

㉠ 동네예보기상데이터 : 예보일자, 예보시각, 풍속, 기온, 습도, 기압 등을 관리

나) 수집처리방법

㉠ 수집 지점 설정 :

- 동네예보위치정보에 수집여부를 설정.

㉡ 수집 처리

- 유관기관으로부터 수집한 XML 데이터를 수집일 폴더 생성 후 텍스트 파일 생성

㉢ 데이터베이스 가공처리 저장

- 수집된 텍스트 파일을 가공 처리하여 데이터베이스에 저장
- 저장된 텍스트 파일은 백업 폴더로 파일 이동

다) 동네예보 기상 데이터 수집 인터페이스

- 동네예보 기상데이터 수집과 관련된 인터페이스 기본 정보는 다음과 같음.

<동네예보 기상 데이터 수집 인터페이스>

인터페이스 명	동네예보 수집 연동					
인터페이스 설명	기상청 동네예보 정보를 수집서버로 전송 수집하는 인터페이스					
I/F 항목명	I/F 항목 영문명	I/O	Type	길이	필수 여부	연계항목 설명
발표일자	base_date	I	C	8	Y	년월일:yyyymmdd
발표시각	base_time	I	C	8	Y	시분:hhmm
예보지점 X 좌표	nx	I	C	2	Y	-
예보지점 Y 좌표	ny	I	C	2	Y	-
결과코드	resultCode	O	C	4	-	-
결과메시지	resultMsg	O	C	50	-	-
전체 결과 수	totalCount	O	C	2	-	-
발표일자	baseDate	O	C	8	-	-
발표시각	baseTime	O	C	6	-	-
예보일자	fcstDate	O	C	8	-	-
예보시각	fcstTime	O	C	4	-	-
자료구분문자	category	O	C	3	-	-
예보 값	fcstValue	O	C	2	-	-

3-3) 대기질 유관기관 데이터 수집

가) 데이터 수집 항목

㉠ 대기질데이터 : 측정일, 미세먼지(PM_{10}), 미세먼지($PM_{2.5}$), 아황산가스, 일산화탄소, 오존, 이산화질소 등을 관리

나) 수집처리방법

㉠ 수집 지점 설정 :

- 모델링Air관측소설정정보에 수집여부를 설정

㉡ 수집 처리

- 유관기관으로부터 수집한 XML 데이터를 수집일 폴더 생성 후 텍스트 파일 생성

㉢ 데이터베이스 가공처리 저장

- 수집된 텍스트 파일을 가공 처리하여 데이터베이스에 저장
- 저장된 텍스트 파일은 백업 폴더로 파일 이동

다) 대기질 데이터 수집 인터페이스

- 대기질 데이터 수집과 관련된 인터페이스 기본 정보는 다음과 같음.

<대기질 데이터 수집 인터페이스>

인터페이스 명	대기질데이터 수집 연동					
인터페이스 설명	환경부 대기질 정보를 수집서버로 전송 수집하는 인터페이스					
I/F 항목명	I/F 항목 영문명	I/O	Type	길이	필수 여부	연계항목 설명
측정소명	stationName	I	C	30	Y	-
데이터기간	dataTerm	I	C	10	Y	하루 : DAILY
측정일	dataTime	O	C	20	-	2016-04-20 14:00
측정망 정보	mangName	O	C	10	-	국가배경, 교외대기, 도시대기, 도로변대기
아황산가스 농도	so2Value	O	C	10	-	단위 : ppm
일산화탄소 농도	coValue	O	C	10	-	단위 : ppm
오존 농도	o3Value	O	C	10	-	단위 : ppm
이산화질소 농도	no2Value	O	C	1	-	단위 : ppm
미세먼지(PM10)농도	pm10Value	O	C	10	-	단위 : ㎍/㎥
미세먼지(PM10) 24시간예측이동농도	pm10Value24	O	C	10	-	단위 : ㎍/㎥
미세먼지(PM2.5)농도	pm25Value	O	C	10	-	단위 : ㎍/㎥
미세먼지(PM2.5) 24시간예측이동농도	pm25Value24	O	C	10	-	단위 : ㎍/㎥
통합대기환경수치	khaiValue	O	C	10	-	-
통합대기환경지수	khaiGrade	O	C	10	-	-
아황산가스 지수	so2Grade	O	C	10	-	-
일산화탄소 지수	coGrade	O	C	10	-	-
오존 지수	o3Grade	O	C	10	-	-
이산화질소 지수	no2Grade	O	C	10	-	-
미세먼지(PM10) 24시간 등급	pm10Grade	O	C	10	-	1~4
미세먼지(PM2.5) 24시간 등급	pm25Grade	O	C	10	-	1~4
미세먼지(PM10) 1시간 등급	pm10Grade1h	O	C	10	-	1~4
미세먼지(PM2.5) 1시간 등급	pm25Grade1h	O	C	10	-	1~4

3-4) 이동식 대기환경 데이터 수집

가) 데이터 수집 항목

㉠ 대기질 데이터 : 측정일, 관측시간, 풍향, 풍속, 기온, 습도, 기압, 미세먼지(PM_{10}), 미세먼지($PM_{2.5}$), TSP, 아황산가스, 일산화탄소, 오존, 이산화질소 등을 관리

나) 수집처리방법

㉠ 수집 지점 설정 :

- 복합센서 설정정보에 수집여부를 설정

㉡ 수집 처리

- 데이터로거로부터 수집된 XML 데이터를 수집일 폴더 생성 후 텍스트 파일로 생성

㉢ 데이터베이스 가공처리 저장

- 수집된 텍스트 파일을 가공 처리하여 데이터베이스에 저장
- 저장된 텍스트 파일은 백업 폴더로 파일 이동함.

다) 이동식 기상/대기센서 데이터 수집 인터페이스

㉠ 인터페이스 기본 구성

- 기본 구성은 크게 “시작 영역”, “자료내역 영역”, “종료 영역”등 3개의 영역으로 구분되고 통합제어기와 서버 사이에 오가는 모든 메시지들은 이와 같은 Format으로 이루어짐.

<인터페이스 기본 구성 >

영역 구분	바이트 수	내용
시작 영역	15 Byte	시작표시 프로토콜버전 날짜시간 자료구분 자료형식번호 지점번호
자료내역 영역	N Byte	필수 및 선택 관측 필수 관측 강수량 관측
종료 영역	4 Byte	CHECK XOR CHECK SUM 끝표시

㉡ 인터페이스 상세 구조

- 필수 및 선택 모두 관측 시 : 109 BYTE
- 필수 관측 시 : 63 BYTE
- 강수량 관측 시 : 34 BYTE

Ⅰ(2)	Ⅱ(3)	Ⅲ(5)	Ⅳ(1)	Ⅴ(1)	Ⅵ(2)	Ⅶ Ⅶ-1(91),Ⅶ-2(45),Ⅶ-3(16)	Ⅷ(2)	Ⅸ(2)

표 88. 인터페이스 상세 구조

구분 기호	내용	바이트 수	내 용 설 명
Ⅰ	시작 표시	2	'FAFB' (Hex)
Ⅱ	프로토콜버전	1	1) 년 : 표현범위 → 0 ~ 99 (2000~2099년)
		1	2) 월 : 표현범위 → 1 ~ 12
		1	3) 일 : 표현범위 → 1 ~ 31
Ⅲ	날짜/시간	1	1) 년 : 표현범위 → 0 ~ 99 (2000~2099년)
		1	2) 월 : 표현범위 → 1 ~ 12
		1	3) 일 : 표현범위 → 1 ~ 31
		1	4) 시 : 표현범위 → 0 ~ 24
		1	5) 분 : 표현범위 → 0 ~ 59
Ⅳ	자료구분	1	'I' : 순간 'B' : 1 분
Ⅴ	자료형식 번호	1	0 : 필수 및 선택관측, 1 : 필수관측, 2 : 강수량관측, c : 관측요소에 따라 부여(3~9)
Ⅵ	지점번호	2	AWS 지점번호 : 사용비트 → 14 ~ 0번 비트 유효범위 → 1 ~ 65535 자료형태 → 이진 코드
Ⅶ	자료내용	Ⅶ-1 : 91	필수 및 선택 관측
		Ⅶ-2 : 45	필수 관측
		Ⅶ-3 : 16	강수량 관측
Ⅷ	CHECK XOR	1	초기값을 '0'으로 하여 Ⅱ, Ⅲ, Ⅳ, Ⅴ, Ⅵ, Ⅶ 항을 XOR 한 값
	CHECK SUM	1	초기값을 '0'으로 하여 Ⅱ, Ⅲ, Ⅳ, Ⅴ, Ⅵ, Ⅶ 항을 ADD 한 값
Ⅸ	끝 표시	2	'FFFE' (Hex)

㉢ 인터페이스 자료내역 상세 구조 인터페이스

- 인터페이스 자료내역 상세 구조 인터페이스는 다음과 같음.

<인터페이스 자료내역 상세 구조 인터페이스>

구분	분류	내용	바이트 수	내 용 설 명
필수 관측 요소	A	기온	2	1분 평균 기온 사용비트 → 10 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 2047 (이진 코드) 표현범위 → 500 ~ 1500 ((관측값 + 100) × 10)
	B	풍향	2	1분 평균 풍향 사용비트 → 11 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 4095 (이진 코드) 표현범위 → 1 ~ 3599 (관측값 × 10)
	C	풍속	2	1분 평균 풍속 사용비트 → 9 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 1023 (이진 코드) 표현범위 → 1 ~ 1000 (관측값 × 10)
	D	돌풍풍향	2	1분 돌풍 풍향 0.25초 샘플링, 3초 이동 벡터평균 사용비트 → 11 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 4095 (이진 코드) 표현범위 → 0 ~ 3599 (관측값 × 10)
	E	돌풍풍속	2	1분 돌풍 풍속 0.25초 샘플링, 3초 이동평균 사용비트 → 9 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 1023 (이진 코드) 표현범위 → 0 ~ 1000 (관측값 × 10)
	F	강수량 (0.5/1.0 m)	2	00시부터 현재까지(일계) 누적강수량 사용비트 → 14 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 32767 (이진 코드) 표현범위 → 0 ~ 32767 (관측값 × 10)
	G	기 압	2	1분 평균 현지기압 사용비트 → 13 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 16383 (이진 코드) 표현범위 → 5000 ~ 11000 (관측값 × 10)
	H	강수유무	2	1분 강수유무 사용비트 → 3 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 16 (이진 코드) 표 현 → 강수 무 : 00, 강수 유 : 10
	I	적 설	2	10분 누적적설량 사용비트 → 10 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 5000 (이진 코드) 표현범위 → 0 ~ 5000 (관측값×10)
	J	상대습도	2	1분 평균 상대습도 사용비트 → 9 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 1023 (이진 코드) 표현범위 → 0 ~ 1000 (관측값 × 10)
	K	강수량 (0.1mm)	2	00시부터 현재까지(일계) 누적강수량 사용비트 → 14 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 32767 (이진 코드) 표현범위 → 0 ~ 32767 (관측값 × 10)
	L- 1	예비 1	2	미세먼지10
	L- 2	예비 2	2	미세먼지2.5
	L- 3	예비 3	2	TSP
	L- 4	예비 4	2	NH3
	L- 5	예비 5	2	H2S
	L- 6	예비 6	2	CO2
	L- 7	예비 7	2	CO
	L- 8	예비 8	2	SO2

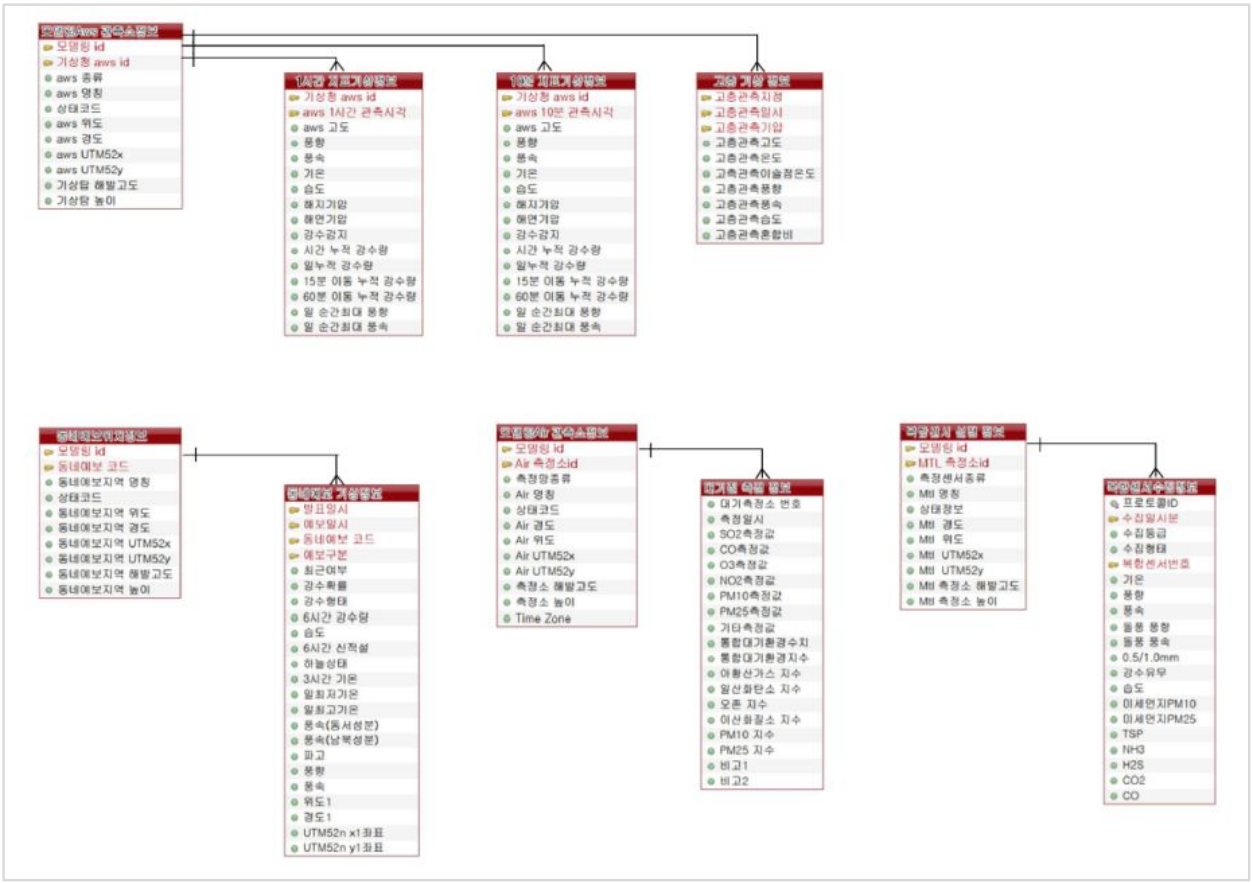
	L- 9	예비 9	2	VOC
	L-10	예비 10	2	예 비 10
선택 관측 요소	a	일 사	2	1분 누적 일사량 사용비트 → 14 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 32767 (이진 코드) 표현범위 → 0 ~ 32767 {누적 값(MJ/m2) × 100}
	b	일 조	2	00시부터 현재까지(일계) 누적 일조시간 사용비트 → 15 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 65535 (이진 코드) 표현범위 → 0 ~ 65535 {누적시간(초 단위)}
	c	지면온도	2	1분 평균 지면온도 사용비트 → 10 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 2047 (이진 코드) 표현범위 → 500 ~ 2000 {(관측 값 + 100) × 10}
	d	초상온도	2	1분 평균 초상온도 사용비트 → 10 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 2047 (이진 코드) 표현범위 → 500 ~ 2000 {(관측값 + 100) × 10}
	e	지중온도(5 cm)	2	1분 평균 지중온도(5 cm) 사용비트 → 10 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 2047 (이진 코드) 표현범위 → 500 ~ 2000 {(관측값 + 100) × 10}
	f	지중온도(10 cm)	2	1분 평균 지중온도(10 cm) 사용비트 → 10 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 2047 (이진 코드) 표현범위 → 500 ~ 2000 {(관측값 + 100) × 10}
	g	지중온도(20 cm)	2	1분 평균 지중온도(20 cm) 사용비트 → 10 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 2047 (이진 코드) 표현범위 → 500 ~ 2000 {(관측값 + 100) × 10}
	h	지중온도(30 cm)	2	1분 평균 지중온도(30 cm) 사용비트 → 10 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 2047 (이진 코드) 표현범위 → 500 ~ 2000 {(관측값 + 100) × 10}
	i	지중온도(50 cm)	2	1분 평균 지중온도(50 cm) 사용비트 → 10 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 2047 (이진 코드) 표현범위 → 500 ~ 2000 {(관측값 + 100) × 10}
	j	지중온도(1.0 m)	2	1분 평균 지중온도(1.0 m) 사용비트 → 10 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 2047 (이진 코드) 표현범위 → 500 ~ 2000 {(관측값 + 100) × 10}
	k	지중온도(1.5 m)	2	1분 평균 지중온도(1.5 m) 사용비트 → 10 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 2047 (이진 코드) 표현범위 → 500 ~ 2000 {(관측값 + 100) × 10}
	l	지중온도(3.0 m)	2	1분 평균 지중온도(3.0 m) 사용비트 → 10 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 2047 (이진 코드) 표현범위 → 500 ~ 2000 {(관측값 + 100) × 10}
	m	지중온도(5.0 m)	2	1분 평균 지중온도(5.0 m) 사용비트 → 10 ~ 0 번 비트 유효범위 → 0 ~ 2047 (이진 코드) 표현범위 → 500 ~ 2000 {(관측값 + 100) × 10}
	S- 1	예비 1	2	예비 1
	S- 2	예비 2	2	예비 2
	S- 3	예비 3	2	예비 3
	S- 4	예비 4	2	예비 4
	S- 5	예비 5	2	예비 5
	S- 6	예비 6	2	예비 6

	S- 7	예비 7	2	예비 7
	S- 8	예비 8	2	예비 8
	S- 9	예비 9	2	예비 9
	S-10	예비 10	2	예비 10
상태 자료	X	데이터로거 전압상태	1	01 : 220 V, 11 : AC OFF
	Y	데이터로거 센서상태	2	BIT 0 : 풍향센서 → 0 : 정상, 1 : 비정상 BIT 1 : 풍속센서 → 0 : 정상, 1 : 비정상 BIT 2 : 온도센서 → 0 : 정상, 1 : 비정상 BIT 3 : 강수유무 → 0 : 정상, 1 : 비정상 BIT 4 : 강수량센서 → 0 : 정상, 1 : 비정상 BIT 5 : 습도센서 → 0 : 정상, 1 : 비정상 BIT 6 : 기압센서 → 0 : 정상, 1 : 비정상 BIT 7 : 예비 1 → 0 : 정상, 1 : 비정상 BIT 8 : 예비 2 → 0 : 정상, 1 : 비정상 BIT 9 : 예비 3 → 0 : 정상, 1 : 비정상 BIT 10 : 예비 4 → 0 : 정상, 1 : 비정상 BIT 11 : 예비 5 → 0 : 정상, 1 : 비정상 BIT 12 : 예비 6 → 0 : 정상, 1 : 비정상 BIT 13 : 예비 7 → 0 : 정상, 1 : 비정상 BIT 14 : 예비 8 → 0 : 정상, 1 : 비정상 BIT 15 : FAN의 동작상태 → 0 : 정상, 1 : 비정상
	Z	데이터로거 센서상태	1	BIT 0 : 강수량센서 → 0 : 정상, 1 : 비정상 BIT 1 : 예비 1 → 0 : 정상, 1 : 비정상 BIT 2 : 예비 2 → 0 : 정상, 1 : 비정상 BIT 3 : 예비 3 → 0 : 정상, 1 : 비정상

4) 적용 주요 엔티티

관리기능	엔티티명	엔티티 설명
유관기관 수집관리	모델링Aws 관측소정보	1Km 격자 토지 피복/고도 정보
	모델링Air 관측소정보	30m 격자 토지 피복/고도 정보
	동네예보위치정보	토지피복을 대/중/소 및 오염원종류 정의 정보
	1시간 지표기상정보	기상청 AWS 1시간 지표기상 수집 정보
	10분 지표기상정보	기상청 AWS 10분 지표기상 수집 정보
	고층 기상 정보	고층 기상 수집 정보
	동네예보 기상정보	기상청 동네예보 기상 수집 정보
	대기질측정정보	환경부 대기질 관측 수집 정보
복합기상/ 대기수집 관리	복합센서 설정정보	이동형 복합대기환경 설정 정보
	복합센서 수집정보	이동형 복합대기환경 관측 수집 정보

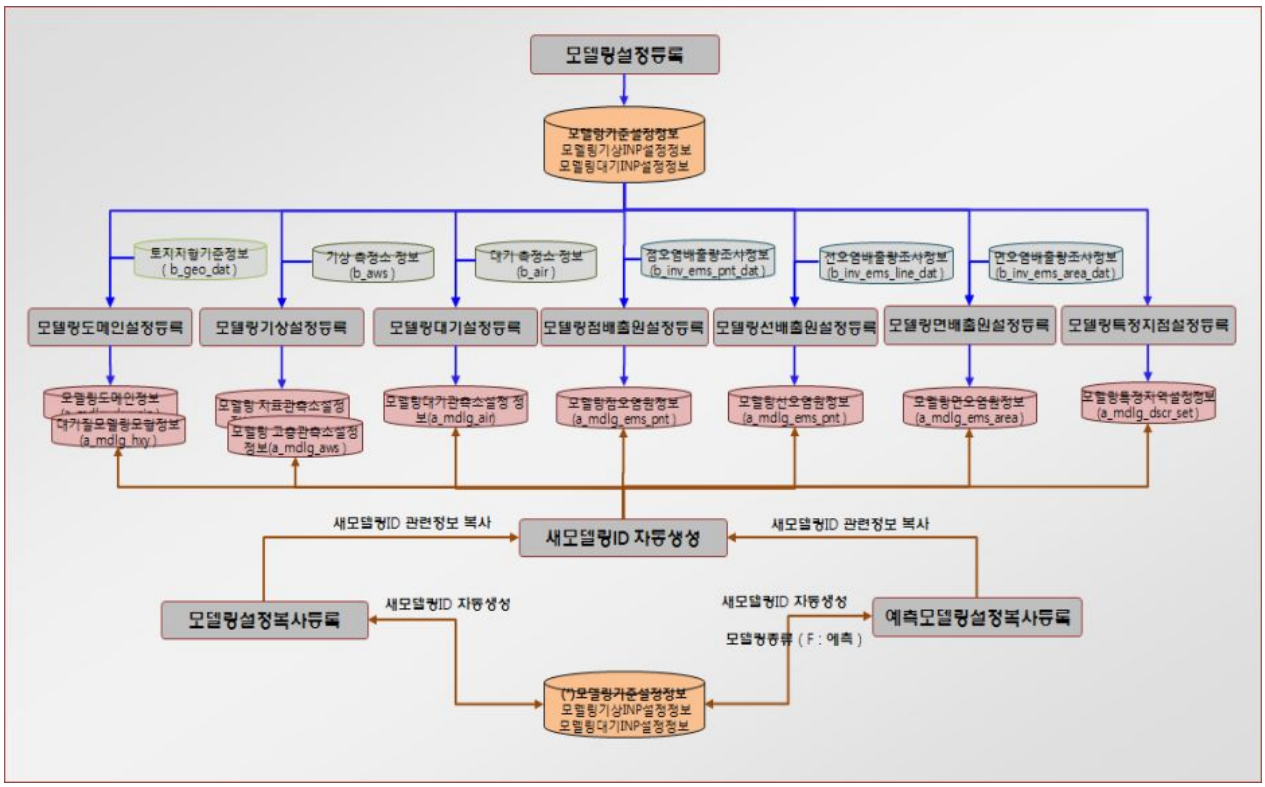
5) 데이터 수집 ERD


모델링 id
기상청 aws id
aws 종류
aws 명칭
상태코드
aws 위도
aws 경도
aws UTM52x
aws UTM52y
기상탑 해발고도
기상탑 높이
기상청 aws id
aws 1시간 관측시각
aws 고도
풍향
풍속
기온
습도
해지기압
해면기압
강수감지
시간 누적 강수량
일누적 강수량
15분 이동 누적 강수량
60분 이동 누적 강수량
일 순간최대 풍향
일 순간최대 풍속
기상청 aws id
aws 10분 관측시각
aws 고도
풍향
풍속
기온
습도
해지기압
해면기압
강수감지
시간 누적 강수량
일누적 강수량
15분 이동 누적 강수량
60분 이동 누적 강수량
일 순간최대 풍향
일 순간최대 풍속
고층관측지점
고층관측일시
고층관측기압
고층관측고도
고층관측온도
고층관측이슬점온도
고층관측풍향
고층관측풍속
고층관측습도
고층관측혼합비
모델링 id
동네예보 코드
동네예보지역 명칭
상태코드
동네예보지역 위도
동네예보지역 경도
동네예보지역 UTM52x
동네예보지역 UTM52y
동네예보지역 해발고도
동네예보지역 높이
발표일시
예보일시
동네예보 코드
예보구분
최근여부
강수확률
강수형태
6시간 강수량
습도
6시간 신적설
하늘상태
3시간 기온
일최저기온
일최고기온
풍속(동서성분)
풍속(남북성분)
파고
풍향
풍속
위도1
경도1
UTM52n x1좌표
UTM52n y1좌표
모델링 id
Air 측정소id
측정망종류
Air 명칭
상태코드
Air 경도
Air 위도
Air UTM52x
Air UTM52y
측정소 해발고도
측정소 높이
Time Zone
대기측정소 번호
측정일시
SO2측정값
CO측정값
O3측정값
NO2측정값
PM10측정값
PM25측정값
기타측정값
통합대기환경수치
통합대기환경지수
아황산가스 지수
일산화탄소 지수
오존 지수
이산화질소 지수
PM10 지수
PM25 지수
비고1
비고2
모델링 id
MTL 측정소id
측정센서종류
Mtl 명칭
상태정보
Mtl 경도
Mtl 위도
Mtl UTM52x
Mtl UTM52y
Mtl 측정소 해발고도
Mtl 측정소 높이
프로토콜ID
수집일시분
수집등급
수집형태
복합센서번호
기온
풍향
풍속
돌풍 풍향
돌풍 풍속
0.5/1.0mm
강수유무
습도
미세먼지PM10
미세먼지PM25
TSP
NH3
H2S
CO2
CO

3.3.3 대기거동모사 모델링 설정관리

1) 모델링 설정 흐름도

모델링 격자간격, 모델링 종류, 구분, 실행시간간격, 격자수 등의 기준설정을 하고 모델링 영역 내의 기상 관측소를 설정하며, 개발지역 내의 건물 및 도로, 공사장 부문의 에너지사용량으로부터 건물오염원배출량, 도로오염원배출량, 공사시오염원배출량 정보에 FPM/CPM 배출계수정보, 시간대별 할당계수를 적용하여 점.선.면오염원 배출량을 설정하는 모듈.



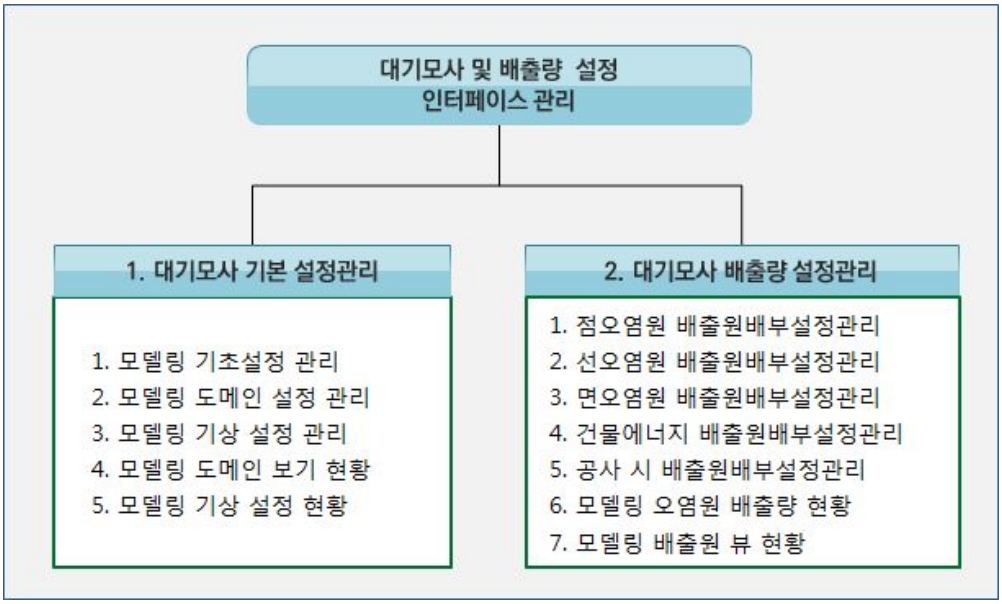
<모델링 설정등록 흐름도>

- 모델링 설정등록의 흐름도를 나타낸 것으로, 도메인설정등록, 기상설정등록, 대기설정등록, 점배출원설정등록, 선배출원설정등록, 면배출원설정등록, 특정지점설정등록으로 구성됨.
- 모델링설정등록 : 모델링 격자간격, 모델링 종류, 구분, 실행시간간격, 격자수 등의 기준설정을 등록하여 모델링ID를 생성함.
- 모델링도메인설정등록 : 등록된 모델링ID로 모델링 영역의 시작/종료좌표 와 격자수를 설정하고 지형고도 및 피복데이터를 생성하여 도메인영역의 고도 및 피복 설정상태를 확인 가시화함.
- 모델링기상/대기설정등록 : 등록된 모델링ID로 지표기상관측소, 고층기상관측소, 대기

질관측소 등을 설정 가시화함.

- 오염원배출원설정등록 : 등록된 모델링ID로 도메인 영역내의 점/선/면오염원 배출량을 피복데이터별로 배부 설정 가시화함.
- 특정점설정등록 : 등록된 모델링ID로 모델링 도메인 영역내의 병원, 학교, 체육시설, 관공서, 주거지, 아파트단지 등을 설정하여 가시화함.

2) 모델링 및 배출량 설정 기능 구성도



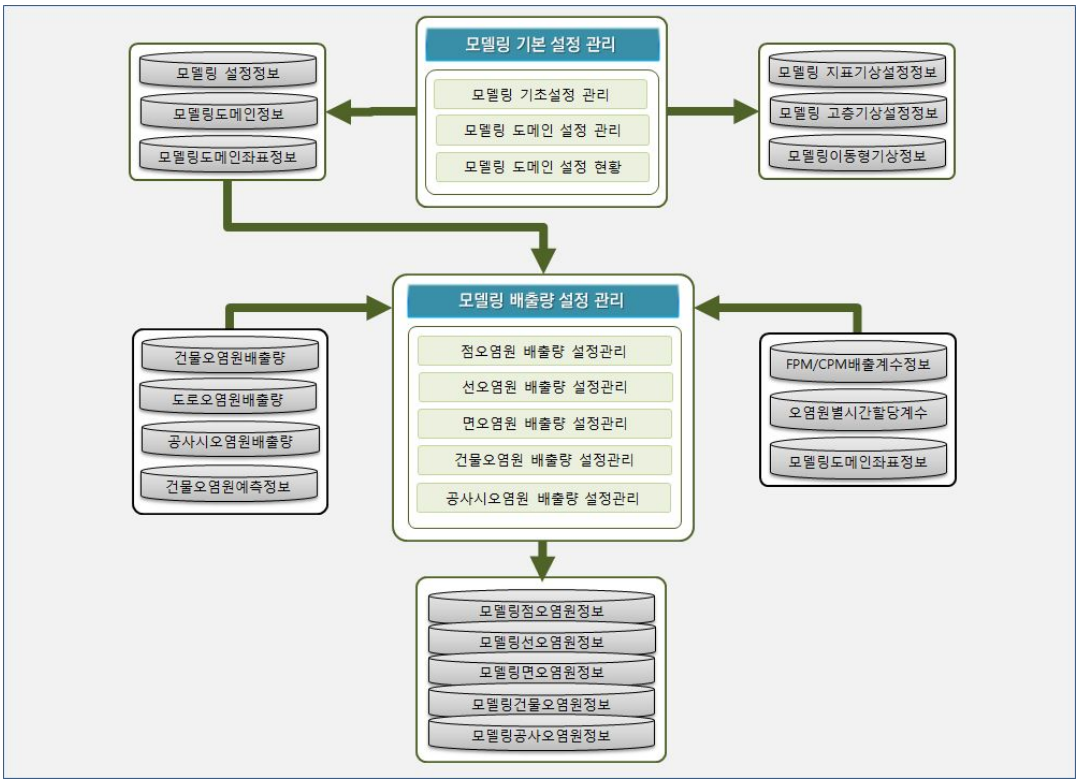
< 모델링 및 배출량 설정 기능구성도 >

- 대기 거동모사 예측을 위한 기본 설정 구성으로 모델링명, 모델링그룹, 개발사업, 모델링 조건 등을 설정하는 모델링 기초설정관리와 모델링의 영역을 설정하는 도메인 설정관리, 기상관측소 등을 설정하는 모델링 관측소설정관리, 오염원별 배출원을 설정하는 배출량 설정 관리, 모델링 특정지역 설정관리 등으로 구성 되어있음.

- 대기모사 배출량 설정으로는 점/선/면오염원, 그리고 건물에너지 사용량 설정관리, 공사 시에 발생하는 배출원 배부설정관리가 있으며, 설정된 배출량의 상태를 검색 조회하는 오염원배출량현황과 배출원 MAP 뷰 등으로 구성.

3) 모델링 및 배출량 설정 기능흐름도

모델링 기본설정관리에서 대기거동모사 영역과 격자크기, 모사 시간 그리고 간격등을 설정하여 도메인정보 등에 저장하고 대기거동모사 영역내의 관측된 지표기상관측소와 이동형 관측소을 설정 저장함. 기본 설정된 모델링에 대해 CAPSS 데이터의 점/선/면오염원을 모델링의 조건에 따라 재설정하며, 개발지구 내의 건물에너지와 공사시 배출량을 설정함.



< 모델링 및 배출량 설정 기능흐름도 >

4) 모델링 설정 기능

관리기능	단위 기능명	단위 기능 설명
모델링 도메인 설정 관리	모델링 기초설정관리	모델링명, 모델링 종류, 모델링 주기, 격자크기, UTM좌표, 위경도 좌표 등의 모델링을 하기 위한 기초환경을 설정 관리하는 기능
	모델링 도메인 설정관리	모델링의 영역(도메인)을 설정하여 UTM좌표, 위경도 좌표를 관리하는 기능
	모델링 도메인 설정현황	설정된 모델링의 영역(도메인)을 가시화하는 기능

모델링 기상 설정 관리	지표기상설정관리	모델링에 적용할 지표기상설정 기능
	고층기상설정관리	모델링에 적용할 고층기상설정 기능
	동네예보설정관리	모델링에 적용할 동네예보기상설정 기능

모델링 배출량 설정 관리	모델링 점오염원설정관리	모델링 실행시 점오염원 정보를 등록 설정 기능
	모델링 선오염원설정관리	모델링 실행시 선오염원 정보를 등록 설정 기능
	모델링 면오염원설정관리	모델링 실행시 면오염원 정보를 등록 설정 기능

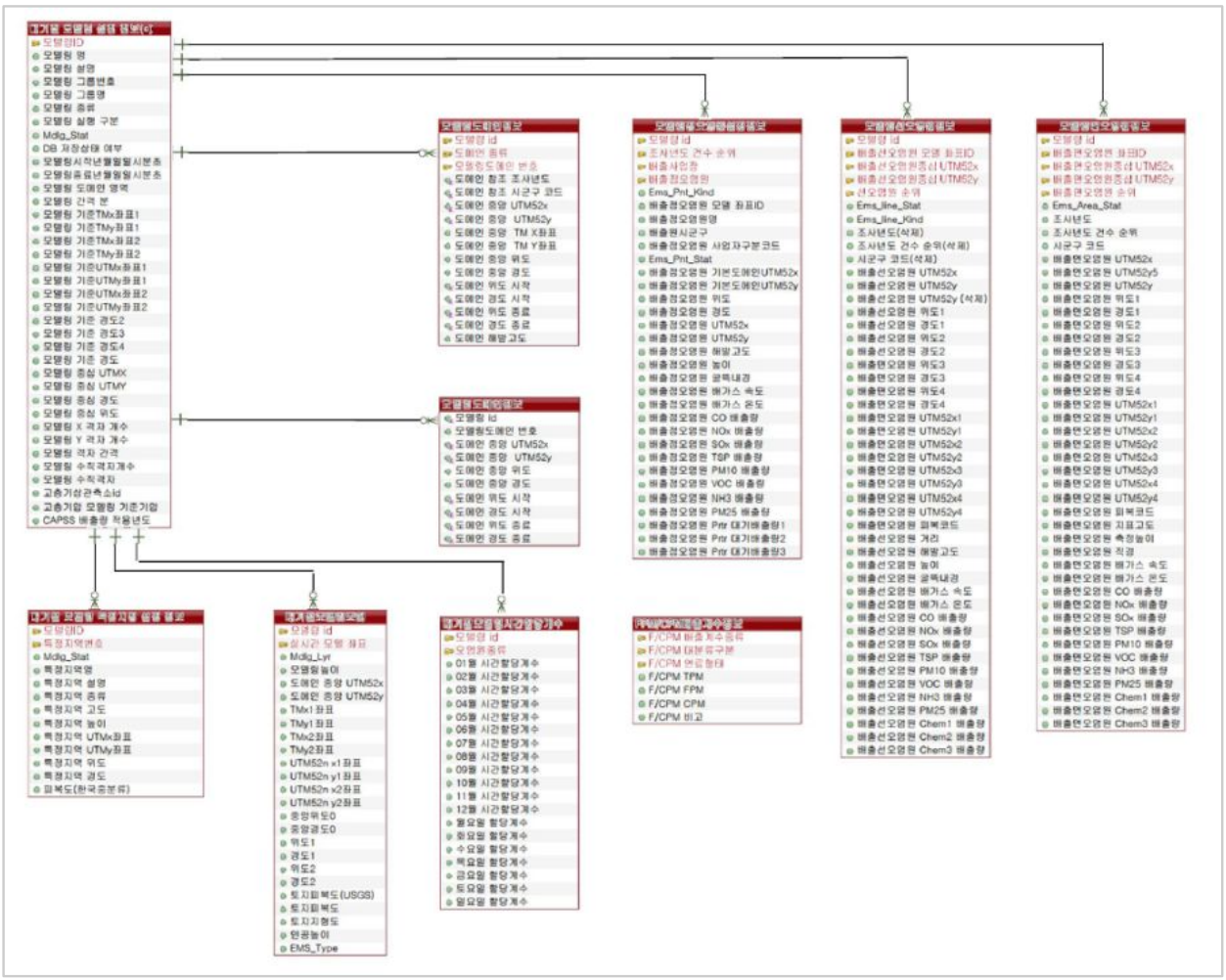
5) 모델링 설정 주요 엔티티

관리기능	엔티티명	엔티티 설명
모델링 도메인 관리	모델링 설정정보	모델링 ID, 모델링 영역, 격자크기 등의 모델링의 기초환경 설정 정보
	모델링 도메인정보	모델링의 도메인번호, 도메인 종류, 고도, 시작/종료 좌표 등을 관리하는 정보
	모델링도메인좌표정보	모델링의 높이/X/Y좌표, 고도, 피복도, 시작/종료 좌표 등을 관리하는 정보

모델링 기상 설정 관리	모델링 지표기상설정정보	모델링에 적용할 지표기상설정 정보
	모델링 고층기상설정정보	모델링에 적용할 고층기상설정 정보
	모델링 동네예보설정정보	모델링에 적용할 동네예보기상설정 정보

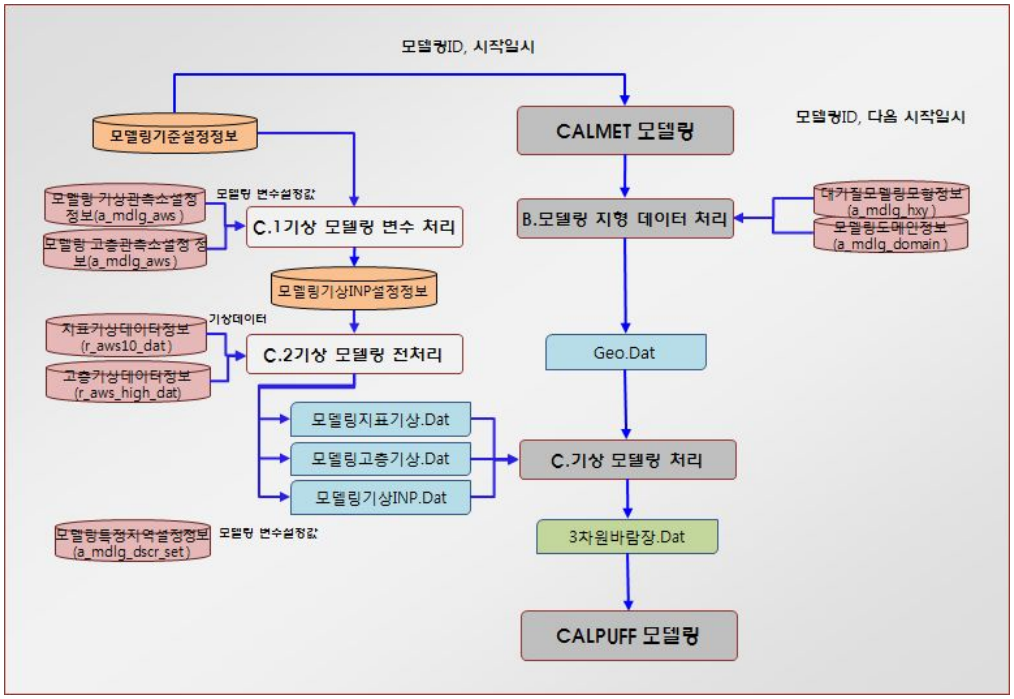
모델링 배출량 설정	FPM/CPM배출계수정보	대분류별 FPM/CPM배출계수정보
	오염원별 시간할당계수	점/선 등 오염원별로 시간대별 배출량 비율할당계수
	모델링도메인좌표정보	모델링 도메인 격자별 좌표 및 오염원 설정 정보
	모델링 점오염원정보	모델링 실행시 점오염원 정보를 등록 설정 정보
	모델링 선오염원정보	모델링 실행시 선오염원 정보를 등록 설정 정보
	모델링 면오염원정보	모델링 실행시 면오염원 정보를 등록 설정 정보

6) 모델링 설정 ERD



3.3.4 대기거동모사 기상장 생성 실행관리

1) 기상장 모델링 실행 흐름도

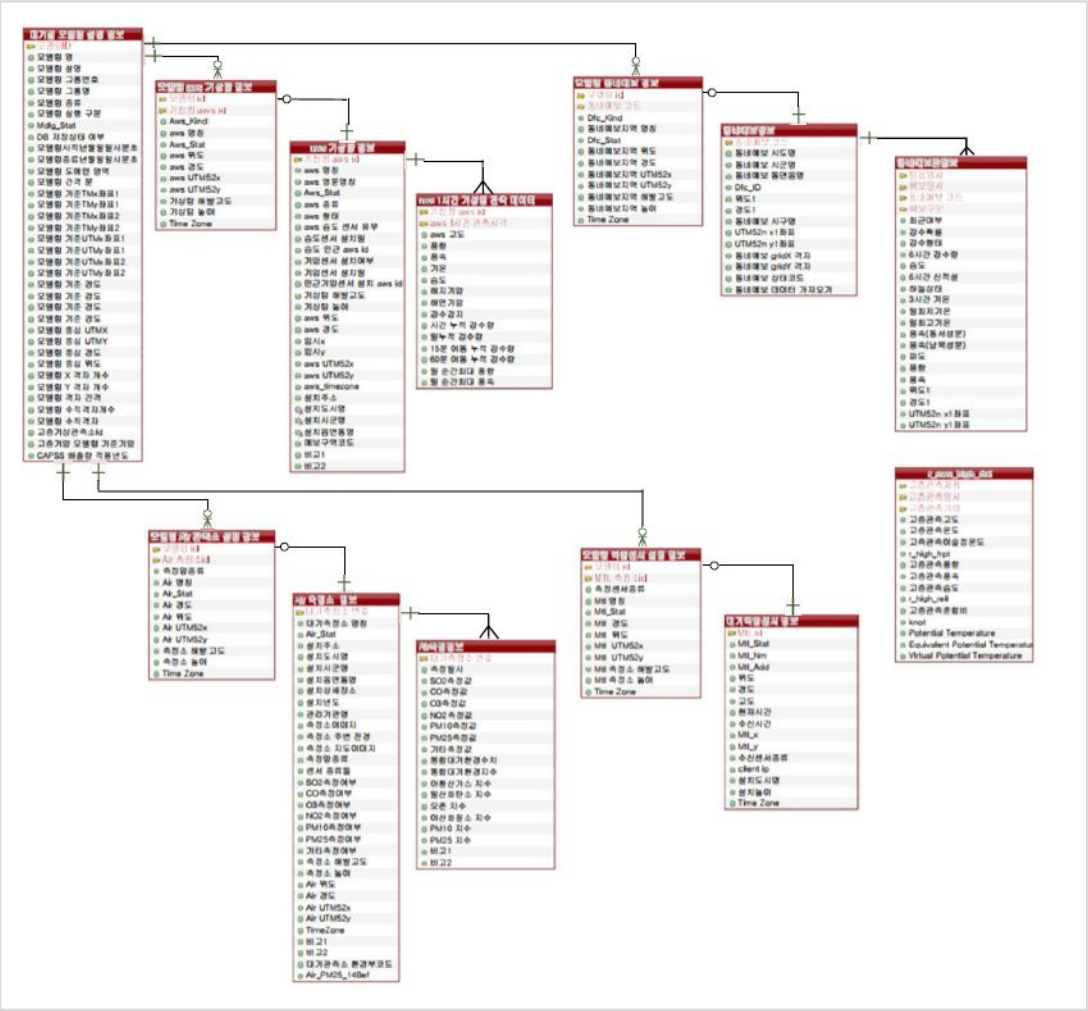


- 모델링실행 : 모델링기준설정정보에 등록된 모델링을 선택하고 모델링 시작일시 그리고 관련 실행 옵션 등을 선택하여 모델링을 실행함.
- 모델링지형데이터 생성처리 : 모델링도메인설정에서 생성된 모델링지형고도파일과 피복파일, 모델링도메인정보, 모델링모형정보를 이용하여 모델링지형데이터를 자동 생성 처리함.
- 기상모델링 실행처리 : 모델링기준설정정보와 모델링 지표/고층관측소설정정보 등으로 모델링기상INP설정정보에 변수값을 재설정함. 지표/고층기상데이터정보와 모델링기상INP설정정보 테이블로 모델링지표/고층기상.Dat 파일과 모델링기상INP.Dat 파일을 생성하여 기상모델링을 실행하여 3차원바람장.Dat 파일을 생성함.

2) 기상장 모델링 주요 엔티티

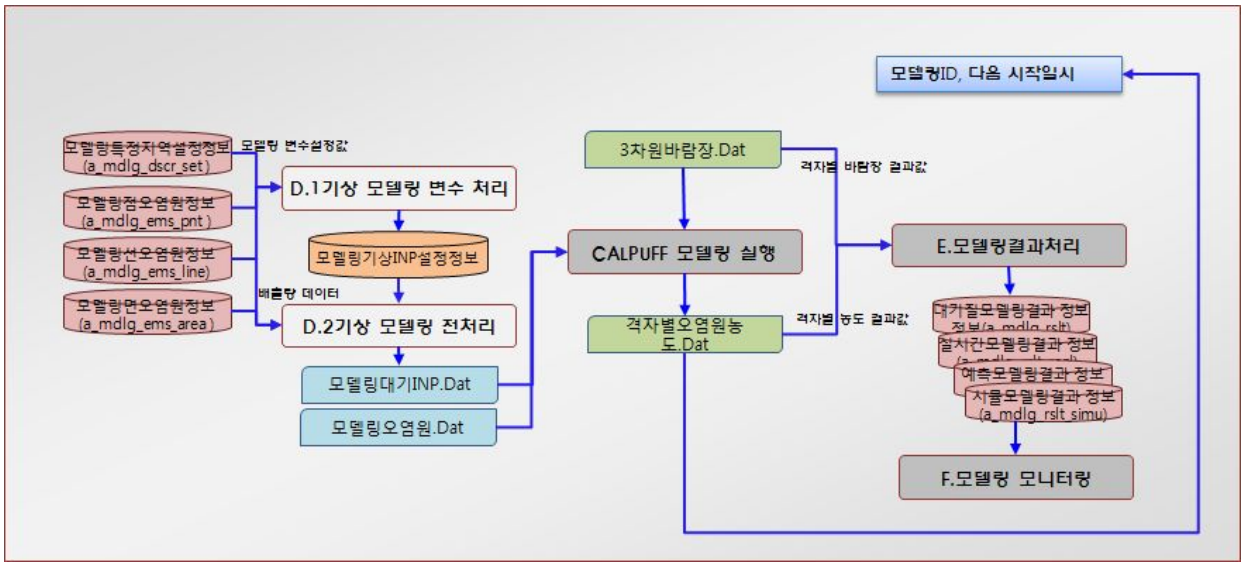
관리기능	엔티티명	엔티티 설명
Calmet 기상장 모델링	모델링설정정보	대기질 모델링 기본 설정 정보
	모델링 바람장INP설정정보	바람장모델링 실행을 위한 기초설정정보
	모델링Aws 관측소정보	모델링 AWS 기상탑 설정 정보
	동네예보위치정보	기상 동네예보 관할지역 및 위경도좌표 정보
	1시간 지표기상정보	실시간(1시간) AWS 기상 관측 데이터 정보
	10분 지표기상정보	실시간(10분) AWS 기상 관측 데이터 정보
	고층 기상 정보	실시간(10분) AWS 기상 관측 데이터 정보
	동네예보 기상정보	동네예보 예측 날씨 데이터 정보
	원격복합센서정보	원격 복합 기상센서 수집 데이터 정보

3) 기상장 모델링 ERD



3.3.5 대기거동모사 생성 실행관리

1) 대기질 모델링 실행 흐름도



- 대기모델링 실행처리 : 모델링점/선/면오염원정보 테이블을 이용하여 모델링오염원.Dat 파일과 모델링 변수 설정을 이용하여 모델링대기INP.Dat 파일을 생성함. 아울러 3차원바람장.Dat 파일과 대기모델링을 실행하여 격자별 오염원농도.Dat 파일을 생성함. 생성 후 모델링기준설정정보의 모델링 주기를 더하여 다음 시작일시를 구한 후에 모델링 실행을 반복 실시함.
- 모델링결과 실행처리 : 생성된 3차원 바람장.Dat 파일과 격자별 오염원농도.Dat 파일을 대기질 모델링결과정보와 실시간/예측모델링 결과정보에 저장함.
- 모델링결과 모니터링 가시화 : 모델링 결과를 확인함.

2) 대기질 모델링 주요 엔티티

관리기능	엔티티명	엔티티 설명
대기질 모델링	모델링설정정보	대기질 모델링 기본 설정 정보
	모델링 대기질INP설정정보	대기질모델링 실행을 위한 기초설정정보
	모델링 점오염원정보	모델링 실행시 점오염원 정보를 등록 설정 정보
	모델링 선오염원정보	모델링 실행시 선오염원 정보를 등록 설정 정보
	모델링 면오염원정보	모델링 실행시 면오염원 정보를 등록 설정 정보
	실시간 대기질모델링 결과	실시간 대기질 모델링 결과 정보
	예측대기질 모델링 결과	예측 대기질 모델링 결과 정보
	대기질특정지점 실시간결과	대기질 특정지점 실시간 결과 정보
	대기질특정지점 예측결과	대기질 특정지점 예측 결과 정보

3) 대기질 모델링 ERD



3.3.6 먼지 배출량 실외 거동모사 화면설계서

* 화면설계서 별첨 참조

3.2.6 먼지 배출량 실외 거동모사 테이블명세서

* 테이블명세서 별첨 참조

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통기술촉진연구사업의 연구보고서입니다.

2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 국토교통기술촉진연구사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.

210㎜×297㎜[백상지(80g/㎡) 또는 중질지(80g/㎡)]