

보안과제(), 일반과제(O) / 공개(O), 비공개(), 발간등록번호()

도시건축연구사업 최종 보고서

R&D / 17AUDP-C127876

POST-2020 대응 건물부문 온실가스 배출 전망 및 감축잠재량 분석 기술 개발 최종보고서

2020. 12.

주관연구기관 / 한국건설기술연구원

공동연구기관 / (주)에코엔파트너스

(주)에너클

위탁연구기관 / 한국부동산원

한국과학기술원

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통부장관(국토교통과학기술진흥원장) 귀하

'POST-2020대응 건물부문 온실가스 배출 전망 및 감축잠재량 분석 기술 개발'(연구개발 기간 : 2017. 03. 31 ~ 2020. 12.31.) 과제의 최종보고서 10부를 제출합니다.

2020. 12. 31.

주관연구기관명: 한국건설기술연구원 (대표자) 한수환 (인)

공동연구기관명: (주)에코엔파트너스 (대표자) 이한정

(주)에너클 (대표자) 고오연

참 여 기 관 명: 한국부동산원 (대표자) 손태락 (인)

한국과학기술원 (대표자) 이광형 (인)

주관연구기관책임자: 정 영 선 (한국건설기술연구원)

공동연구기관책임자: 권 동 혁 ((주)에코엔파트너스)

조 수 환 ((주)에너클)

참여(위탁)기관책임자: 박 차 현 (한국부동산원)

조 철 흥 (한국과학기술원)

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제29조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

보고서 요약서

과제 고유 번호	17AUDP-C127876	해당 단계 연구 기간	2017.03.31.~ 2020.12.31	단계구분	(총단계)
연구사업명	중사업명	-			
	세부사업명	도시건축연구사업			
연구과제명	대과제명	-			
	세부과제명	POST-2020 대응 건물부문 온실가스 배출 전망 및 감축잠재량 분석 기술 개발			
연구책임자	정영선	총 연구기간 참여연구원 수	총: 40명 내부: 40명 외부: 0명	총 연구비	정부:2,810,000천원 민간: 940,000천원 정부외: 0천원 상대국: 0천원 계: 3,750,000천원
연구기관명 및 소속 부서명	한국건설기술연구원 국민생활연구본부 (녹색건축연구센터)			참여기업명: (주)에코엔파트너스, (주)에너클	
국제공동연구	상대국명: 해당없음			상대국 연구기관명: 해당없음	
위탁연구	연구기관명: 한국부동산원			연구책임자: 박차현	
	연구기관명: 한국과학기술원			연구책임자: 조철홍	

※ 국내·외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음

연구개발성과의 보안등급 및 사유	일반
----------------------	----

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	9건	1건	5건	N	N	21건	N	N	N	N	N

국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

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

요 약

보고서 면수: 171쪽

신기후체제(POST-2020)에 대응하고 국가 온실가스 감축 목표의 달성과 함께 국가수준에서 건물부문의 온실가스 감축목표 달성을 위해 확보하여야 하는 건축물의 온실가스 감축 기술로써 '국가 건물정보기반 건물부문의 온실가스 배출량 및 그 특성을 분석(건물부문 온실가스 배출 현황 및 특성 DB)하고, 국가레벨에서 중장기 건물부문의 상향식 온실가스 배출 전망 및 감축 잠재량 분석을 위한 모형 또는 시뮬레이션 기술'을 확보하는 것을 목적으로 함. 성과물로 6대 서비스가 가능한 「건물 온실가스 감축 지원 및 분석 시스템」개발을 통해 수요처별 활용도에 따라 건물의 온실가스 현황 및 특성 정보 제공 및 중장기 온실가스 전망과 감축 의사결정을 지원하는 분석 소프트웨어와 웹기반 시스템을 제공함

요약문

연구의 목적 및 내용	POST-2020 신기후체제 대응을 위한 국가레벨 건물부문의 상향식 온실가스 배출 전망 및 감축 잠재량 분석 기술 개발 ■ 건물부문 온실가스 배출구조와 배출특성 조사 및 분석 ■ 건물부문 온실가스 배출량 전망 기술 개발 ■ 건물부문 온실가스 감축 잠재량 분석 기술 개발 ■ POST-2020 건물부문 온실가스 감축 지원 및 분석 시스템 개발				
연구개발성과	■ 건물 온실가스 배출구조 및 특성 분석(분석보고서, Dataset 생산체계) ■ 건물부문 온실가스 감축 (신)기술 데이터베이스(DB) ■ 건물부문 온실가스 배출량 전망 알고리즘 및 프로그램(S/W) ■ 건물부문 온실가스 감축 잠재량 분석 알고리즘 및 프로그램(S/W) ■ 웹기반 건물부문 온실가스 감축 지원 및 분석 시스템				
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	■ POST-2020 신기후체제에 대응한 국가 건물부문 온실가스 배출 특성 및 배출량 관리, 미래 배출 전망 및 감축 전략 수립, 정부 지원체계 마련 등 ■ 정책 추진, 온실가스 배출 특성 및 효과분석 등의 정보 제공으로 건물부문 온실가스 현황 파악 및 대국민 정보 제공 ■ 신기후체제 상의 온실가스 국가 보고서 대응 및 지원 ■ 국정과제 92번 “온실가스 감축 등 기후변화에 적극 대응” 중 국가 중기 온실가스 감축목표 달성의 실효성 제고를 위해 관련 제도적 기반 및 역량 강화 ■ ‘녹색건축기본계획’, ‘건물부문 온실가스 감축 로드맵 및 이행체계’, ‘2050년 탄소중립 대응’ 등 전략수립 및 정책 지원 가능				
국문핵심어 (5개 이내)	건물부문	온실가스	배출 전망	감축 잠재량	의사결정시스템
영문핵심어 (5개 이내)	Building sector	Greenhouse gas	Emission projection	Potential reduction	Reduction support system

Summary

Objectives of Research & Development	Development of National-Level Bottom-up Greenhouse Gas Emission Projection and Potential Reduction Analysis Technology for the Building Sector in Response to the New Climate System ■ To achieve 90% of international greenhouse gas (GHG) emission projection and reduction analysis technology levels ■ To derive the projection and analysis results by year for 2015 to 2035				
Research & Development Contents	■ Investigation and analysis of GHG emission structure and characteristics in the building sector ■ Development of GHG emission projection technology for the building sector ■ Analysis technology development of GHG reduction potentials of the building sector ■ Development of GHG reduction support and analysis system for the building sector in response to the POST-2020				
Research & Development Outcomes	■ Analysis of GHG emission structure and characteristics of building sector ■ Investigation of status and applicability analysis of (new) technologies of GHG reduction for the building sector ■ Algorithm and program (S/W) for GHG emission projection for the building sector ■ Algorithm and program (S/W) for analysis of potential reduction of GHG in the building sector ■ Development of GHG reduction support and analysis system for the building sector				
Utilization Plan & Expected Benefits	■ Data acquisition for GHG emission status and characteristics of national building sector to respond to the POST-2020 ■ Securing the simulation technology for national-level independent bottom-up GHG projection and potential reduction analysis ■ Achievement of GHG reduction goal of building sector in response to the new climate system				
Keywords	Buildings	Greenhouse gas (GHG)	Emission projection	Potential reduction	Reduction support system

목 차

POST-2020 대응 건물부문 온실가스 배출 전망 및 감축잠재량 분석 기술 개발 최종보고서

01. 연구개발과제의 개요	1
가. 연구개발의 배경 및 필요성	1
나. 연구개발의 범위 및 정의	4
다. 연구개발 과제의 목표	5
02. 연구수행내용 및 성과	6
가. 연구수행 내용 및 결과	6
나. 연구개발 성과	140
다. 연구결과	146
03. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도	153
가. 세부연구 목표	153
나. 목표 달성여부	154
04. 연구개발성과의 활용 계획 등	156
가. 연구 개발 성과의 활용 방안	156
나. 기대효과	159
참고문헌	165

표 목차

〈표 2-1〉 건물부문 온실가스 배출 특성 분석용 데이터 수집 현황	22
〈표 2-2〉 도시가스별 국가고유 발열량	24
〈표 2-3〉 도시가스에 대한 국가고유 배출계수 및 IPCC 2006 배출계수	24
〈표 2-4〉 데이터 필터링 절차	25
〈표 2-5〉 데이터 필터링 단계별 데이터 수	25
〈표 2-6〉 건물 용도별 분류체계	26
〈표 2-7〉 건물부문 온실가스 배출 총량	27
〈표 2-8〉 17개 시도에 따른 건물부문 온실가스 배출 총량	29
〈표 2-9〉 17개 시도에 따른 건물부문 단위면적당 온실가스 배출량	29
〈표 2-10〉 건물유형에 따른 건물부문 온실가스 배출 총량	31
〈표 2-11〉 건물유형에 따른 건물부문 단위면적당 온실가스 배출량	31
〈표 2-12〉 국가건물에너지 통합DB와 에너지 통계연보의 전기에너지 소비량 비교	34
〈표 2-13〉 국가건물에너지 통합DB 기반 건물 용도별 에너지 소비 현황	35
〈표 2-14〉 도출된 거시지표 목록 및 구성	47
〈표 2-15〉 IEA-ETSAP 기술 DB 현황	49
〈표 2-16〉 건물·수송부문 온실가스 감축수단 Pool 구축 보고서에서 수집한 데이터	52
〈표 2-17〉 국내외 건물부문 온실가스 감축 기술 DB 구축에 활용한 데이터 출처	53
〈표 2-18〉 감축 (신)기술 데이터 항목 및 정의	56
〈표 2-19〉 감축 (신)기술 분류 체계 및 세부기술	57
〈표 2-20〉 감축 (신)기술 data set의 기술별 효율 정의	59
〈표 2-21〉 비주거용 건축물 용도별 표준모델 데이터 설정	74
〈표 2-22〉 건물부문 MESSAGE 모형 구조	88
〈표 2-23〉 제로에너지 건축물 의무화 로드맵 시나리오 입력데이터	101
〈표 2-24〉 제로에너지 건축물 의무화 로드맵 시나리오 입력데이터	103
〈표 2-25〉 MESSAGEix의 모형 구동 절차	104
〈표 2-26〉 사이몬의 인지적 의사결정 3단계	112
〈표 2-27〉 통계 포털 사이트별 거시지표 보유 현황	121
〈표 2-28〉 거시지표별 데이터 지속방안	121
〈표 2-29〉 공공데이터포털 표준 데이터 제공 내역	123
〈표 2-30〉 최종 데이터 프레임 구성 변수 목록	127
〈표 2-31〉 감축 (신)기술의 국내 적용 가능성 평가를 위한 델파이 설문조사 개요	129
〈표 2-32〉 국내 적용 가능성 평가를 위한 기술 분야 감축 기술	130
〈표 2-33〉 감축 (신)기술의 국내 적용 가능성 평가를 위한 델파이 설문조사 평가 항목	131

그림 목차

[그림 1-1] POST-2020 파리협정(Paris agreement)의 주요 원칙	1
[그림 1-2] 환경부 ‘온실가스 감축 수정안’	2
[그림 1-3] 정부의 그린뉴딜의 주요 내용	3
[그림 1-4] 과제 비전 및 최종목표	5
[그림 2-1] 건물부문과 비건물부문의 온실가스 배출 총량	27
[그림 2-2] 건물부문과 비건물부문의 온실가스 배출 비율	28
[그림 2-3] 용도 대분류에 따른 에너지원별 온실가스 배출 총량	28
[그림 2-4] 지역별 온실가스 배출 총량 및 단위면적당 온실가스 배출량	30
[그림 2-5] 건물 유형별 온실가스 배출 총량 및 단위면적당 온실가스 배출량	31
[그림 2-6] 준공년도에 따른 건물부문 단위면적당 온실가스 배출량	32
[그림 2-7] 준공년도에 따른 대표 용도별 단위면적당 온실가스 배출량	32
[그림 2-8] 건축물 데이터에 대한 정합성 검토 결과	33
[그림 2-9] 통계연보와 통합DB의 건물부문 에너지사용량 비교 결과	35
[그림 2-10] 국내 참조 문헌 목록	40
[그림 2-11] 해외 참조 문헌 목록	42
[그림 2-12] 호주 건물부문에서의 온실가스 예상 배출량	43
[그림 2-13] 거시지표 조사 흐름도	44
[그림 2-14] 동일 의미 및 건물부문 외의 타분야 지표 제외	45
[그림 2-15] 41개 지표 pool	46
[그림 2-16] 1차 스크리닝 결과	46
[그림 2-17] 핵심지표 상관관계 분석 예시	48
[그림 2-18] 미국 DEER 사이트 화면	50
[그림 2-19] EU와 영국의 온실가스 감축 기술 DB 사례	50
[그림 2-20] 인천 기후를 적용했을 때, 요소 기술별 1차 에너지 소비량 및 에너지 절감 기여도	51
[그림 2-21] EG-TIPS 기술 DB 예시	51
[그림 2-22] 공통설비중심의 온실가스 기술 DB 조사사업 보고서 DB 예시	52
[그림 2-23] 건축물 및 건물 (신)기술 data-set 구축 절차	54
[그림 2-24] 1차 (신)기술 조사 항목	55
[그림 2-25] (신)기술 조사 자문 의견 수렴 및 반영	55
[그림 2-26] 기술DB raw-data 구성 예시	58
[그림 2-27] 기술DB raw-data 통합DB 구축 예시(단열재)	58
[그림 2-28] 감축 (신)기술 data set 투자비 검토 프로세스	60
[그림 2-29] 통합 DB sheet 구성	60
[그림 2-30] 냉난방 기술DB 보유 현황	61
[그림 2-31] 가전기기, 취사기기, 조명기기 DB 보유 현황	61
[그림 2-32] 가정용/상업용 보일러 효율(%)의 Historical Graph	62
[그림 2-33] 냉동기 효율(COP)의 Historical Graph	62
[그림 2-34] 조명기기 효율(lm/W)의 Historical Graph	63
[그림 2-35] 태양광모듈 효율(%)의 Historical Graph	63

[그림 2-36] 가정용 보일러/히트펌프 효율(%)과 투자비 비교	64
[그림 2-37] 흡수식냉동기/터보냉동기 효율(COP)과 투자비 비교	64
[그림 2-38] 전동기 효율(%)과 투자비 비교	65
[그림 2-39] 건물부문 온실가스 배출 전망 모형의 설계 개요도	66
[그림 2-40] 건물부문 온실가스 배출 전망 모형 RES 설계	67
[그림 2-41] 각 부문별 모듈화 구성 개요	68
[그림 2-42] 전제조건 모듈에서의 각 부분별 주요 활동변수 결과 (예시)	69
[그림 2-43] 각 부문별 Baseline 모듈 구성 및 데이터 구조 설계	69
[그림 2-44] 건축물 특성 반영한 상세 모듈 구성 및 data 적용 사례(비주거 건축물의‘난방’모듈)	70
[그림 2-45] 잠재량 분석을 위한 모형의 모듈화 개발	71
[그림 2-46] 표준건물 설정을 통한 에너지특성 데이터 도출	72
[그림 2-47] 주거용 건축물(공동주택) 표준모델 데이터 설정 및 모델링	73
[그림 2-48] 비주거용 건축물 용도별 에너지소비특성 데이터 도출을 위한 모델링	73
[그림 2-49] 주거용 건축물(공동주택)의 용도별 에너지소비 특성 데이터 도출	75
[그림 2-50] 비주거용 건축물의 용도별 에너지소비 특성 데이터 도출	76
[그림 2-51] 국가 에너지통계를 활용한 건물부문 온실가스 배출 현황 분석 툴	77
[그림 2-52] 국가 건물부문 온실가스 배출량 현황 및 추이	77
[그림 2-53] 건물부문 온실가스 배출량 전망 분석 모형 인트로 화면	81
[그림 2-54] 전망 모형의 소프트웨어 설계 및 구성	82
[그림 2-55] 건물부문 최종 에너지 수요 Baseline 전망 (2016년~2035년)	85
[그림 2-56] 건물부문 에너지원별 수요 Baseline 전망 (2016년~2035년)	85
[그림 2-57] 2015년 및 2035년의 에너지소비 용도별 비중	86
[그림 2-58] 건물부문 에너지소비 용도별 에너지 수요 Baseline 전망	86
[그림 2-59] 건물부문 중장기 온실가스 배출 Baseline 결과 (2016년~2035년)	87
[그림 2-60] 건물부문 에너지원별 온실가스 배출 전망 결과 (2016년~2035년)	87
[그림 2-61] 난방 유효수요 원단위 전망 방법론	88
[그림 2-62] 용도별 최종에너지 소비 추정 결과	90
[그림 2-63] MESSAGE모형의 온실가스 배출 전망 결과	90
[그림 2-64] 모형 간 최종에너지 소비 전망 비교	91
[그림 2-65] 모형 간 온실가스 배출량 전망 결과 비교	91
[그림 2-66] 건물부문 온실가스 감축 시나리오 도출 프로세스	94
[그림 2-67] 건물부문 온실가스 감축잠재량 분석 모형 구성	95
[그림 2-68] 감축잠재량 분석 모형의 모듈화 체계 및 분석 절차	96
[그림 2-69] 건물부문 온실가스 감축잠재량 분석 모형 인트로 화면	97
[그림 2-70] 건물부문 온실가스 감축잠재량 분석 S/W의 메뉴 구성	98
[그림 2-71] 건물부문 온실가스 감축잠재량 분석 시뮬레이션 화면 구성	99
[그림 2-72] 감축분석 하위의 시나리오 저장 메뉴	99
[그림 2-73] 감축분석 하위의 시나리오 분석 결과 예시	100
[그림 2-74] 신축 건축물에 대한 기준강화(제로에너지건축 활성화) 시나리오의 감축 잠재량 분석 결과	101
[그림 2-75] 기존 건축물 에너지성능 향상 및 리노베이션 시나리오의 감축 잠재량 분석 결과	102

[그림 2-76] 신재생에너지 도입 시나리오에 따른 감축 잠재량 분석 결과	103
[그림 2-77] MESSAGEix의 모형 구조도	104
[그림 2-78] MESSAGE모형의 건물부문 RES(Reference Energy System) 구조도	105
[그림 2-79] 모형별 최종에너지 소비량 기준전망치 비교	106
[그림 2-80] 모형별 온실가스 배출전망치 비교	107
[그림 2-81] 건물부문 온실가스 감축 통합시나리오에 따른 감축량 분석	110
[그림 2-82] 의사결정과정의 3단계	111
[그림 2-83] 의사결정지원 툴의 구성 개념도	112
[그림 2-84] 의사결정지원툴의 활용한 의사결정 과정 도식도	113
[그림 2-85] 건물부문 온실가스 감축 시나리오 기반 의사결정지원 툴 (계획(안))	114
[그림 2-86] 건물부문 온실가스 감축 전략 시스템 (1차 개선(안))	114
[그림 2-87] 건물부문 온실가스 감축 지원 및 분석 시스템 구성도 설계	115
[그림 2-88] 신기술D/B 조회 화면의 예시(난방-단열)	116
[그림 2-89] 엔티티 관계도(일부 예시)	116
[그림 2-90] OpenAPI를 통한 건물부문 온실가스 현황 분석 데이터 조회 화면 일부	117
[그림 2-91] 건물부문 온실가스 감축 지원 및 분석 시스템	118
[그림 2-92] 시스템의 메인 대시보드 화면	118
[그림 2-93] 시스템의 주요 서비스 항목 및 화면 구성	119
[그림 2-94] Open API를 통한 연계과정	122
[그림 2-95] KOSIS 통계 데이터 OpenAPI 이용절차	123
[그림 2-96] 월별 건축물 현황 통합방법 개요도	126
[그림 2-97] 과제간 연계전략 도식화	132
[그림 2-98] 과제 연구개발 추진일정 및 연구흐름도	140
[그림 2-99] 최종성과물 및 구현	145
[그림 4-1] 정부의 그린뉴딜의 방향 및 주요 내용	161
[그림 4-2] 정부의 파리협정의 효과적 이행을 위한 기후변화 대응체계 강화	162

01

연구개발과제의 개요

가 연구개발의 배경 및 필요성

- 2015년 12월 기후변화협약 제21차 총회(COP 21)에서 2020년 이후의 온실가스 감축을 위한 기후변화협약 '파리협정'이 체결되고 POST-2020 新기후체제 도래

: 「POST-2020 신기후체제」란 산업화 이전 대비 지구 평균기온 상승폭을 2℃ 이내로 억제하기 위하여 선진국 및 개도국 모두 참여하여 기후 변화에 대응하는 것을 의미

- 모든 당사국(196개국)의 감축 의무화 및 법적 구속력을 갖는 감축체제 이행이 현실화됨
- 2015년 이후 매 5년마다 후퇴 없는 감축목표 재설정 및 5년 단위의 이행점검 실시 규정 마련

※ (국제사회 공동목표) 산업화 이전 대비 지구평균 기온 상승 1.5℃ 이하로 제한하기 위한 노력 추구
: 글로벌 차원의 조속한 온실가스 배출정점 도달을 목표로 하고 각국의 책임과 역량 고려

※ (국가 목표) 국가별기여방안(NDC)는 스스로 정하나 매 5년마다 상향된 국가 목표를 제출
: 목표의 전진원칙 규정으로 차기 감축목표는 이전 수준보다 진전된 목표를 제시

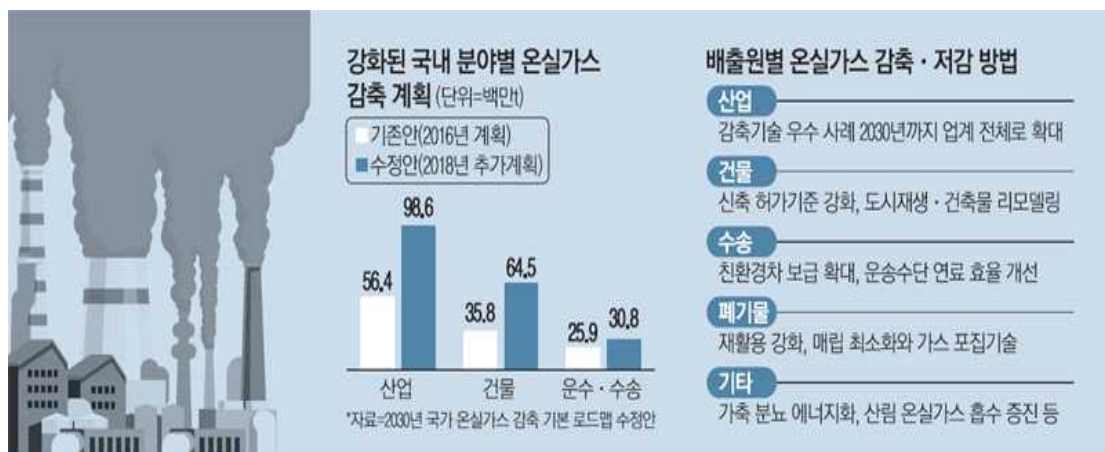
※ (이행 점검) 5년 단위로 국제사회 공동차원의 이행점검(Global Stocktaking)을 도입, 2023년에 실시
: 이행점검 시 국가 온실가스 인벤토리, 감축목표 달성 경과 등 보고가 의무화

※ (탄소 시장) UN 기후변화협약 중심의 시장 이외에도 다양한 국제 탄소시장 매커니즘 설립에 합의
(기술 협력) 기술의 개발 및 이전에 관한 국가들 간의 협력이 확대, 강화되도록 규정

[그림 1-1] POST-2020 파리협정(Paris agreement)의 주요 원칙

- 지구온난화 1.5℃ 특별보고서 (Special Report on Global Warming of 1.5℃, SR1.5)를 2018년 10월 채택으로 산업화 이전 기준 1.5℃ 이내로 지구온난화 방지와 글로벌 온실가스 배출경로의 영향을 검토함
: 기후변화에관한정부간 협의체(IPCC)는 보고서에서 2010년 대비 2030년까지 45% CO₂를 감축해야 하며 2050년까지는 CO₂ 배출과 흡수가 서로 완전히 상쇄되는 Net-Zero 배출을 달성해야 한다고 보고함

- 우리나라는 「2030 국가 온실가스 감축목표 달성을 위한 기본로드맵 수정」(2018.07.24.)에서 2030년까지 국가 전체 온실가스 감축 목표를 37%로 설정(국내 감축분 32.5%로 상향 + 해외 감축분 4.5%)하여 공표하고 대응체계 마련 중
 - ‘기후변화대응 기본계획 및 로드맵’을 발표(‘16.12)하고 2030년 국가 온실가스 감축 기본로드맵을 수립 하였음. 이에 따르면 건물부문의 2030년 온실가스 감축 목표량은 35.8백만톤CO_{2e}로 배출전망치 대비 약 18.1%에 해당하는 도전적인 목표를 설정하고 있음
 - 이후 ‘기본로드맵 수정(안)’에서 건물부문에서는 신축 건축물 에너지기준 강화, 기존 건축물 그린리모델링 활성화 등을 통해 약 64.5백만톤CO_{2e} 감축하는 감축목표를 32.7%로 상향 조정
 - 정부의 기후변화대응 관장부처 책임제에 따라 온실가스 감축의 효과적인 이행을 위해 국토교통부는 건물부문의 온실가스 감축 계획 및 이행 방안과 전략 수립 필요
 - 2050년 탄소중립 달성을 위한 시나리오 작성, 건물부문 탄소중립 로드맵 수립 등 **건물부문 이행전략** 마련 필요



[그림 1-2] 환경부 ‘온실가스 감축 수정안’ (출처: 매일경제, 환경부 ‘온실가스 감축 수정안’, 2018.06.28.)

- 국제적 온실가스 배출권 시장(‘20년 현재 40개의 배출권 거래제(ETS) 시행) 형성되었고 중국이 배출권 거래제 시장에 참여할 계획(‘20년 전국단위 ETS 시행 계획임)에 있으므로 전세계의 배출권 거래제(ETS)의 규모는 현재의 약 45억톤 수준으로 집계되고 있고 향후 더 확대될 것으로 보임
 - 배출권거래제가 시행되는 국가의 배출량은 전세계 배출량의 59%(26,558백만톤)를 차지, 세계 배출권 시장의 규모는 2018년 기준 약 186조원(1,447억 유로) 규모로 성장, 이는 2017년 대비 약 250% 증가한 규모임(한국환경공단, ETS INSIGHT 18호 (2020))
 - 건물부문에서 배출하는 온실가스 배출량은 전 세계에서 배출하는 온실가스 배출량의 25%이상에 달하고, 감축 잠재량도 가장 높으면서 온실가스 저감에 투여되는 비용은 가장 낮은 분야로 평가받고 있음

- 국가레벨에서 조사되고 분석된 건물부문의 온실가스 배출 구조 및 배출량, 배출 특성 등에 대한 통계 및 데이터가 부재하고 관련 정보를 체계적으로 생산하고 관리하는 체계는 마련되지 못하고 있음
 - 건물의 에너지 통계 및 관리의 경우 ‘국가 건물에너지 통합관리시스템’구축을 통해 건물에너지 정보체계를 구축하고 현 740만동에 이르는 건축물의 에너지 사용량을 수집하고 관리하고자 하는 체계를 구축
 - 국가온실가스종합관리시스템(환경부), 국가에너지통계종합정보시스템(산업통상자원부), 공동주택관리정보시스템(국토교통부), 국토교통통계누리, 통계청 국가통계포털 등에서 다양한 통계 자료 및 정보를 제공하고 있으나 건물부문에 대한 특성화된 온실가스 통계 및 데이터 구축이 미흡하고, 정보 제공방식이나 제공 범위가 달라 국가 건물부문 온실가스 현황 및 감축 전략 수립에 적극 이용되지 못하고 있음
- 건물부문(가정/상업) 특화된 온실가스 배출 전망 및 감축잠재량 분석 모형 부재
 - 국가의 에너지 수요 및 공급 측면에서의 온실가스 감축기술 데이터베이스, 감축 모형 작성 등이 진행되고 있으나 활용에 한계가 있음. 특히 가정/상업으로 구분된 국가 온실가스 배출 전망은 존재하나, 건물 용도별 온실가스 배출 전망 및 감축잠재량 분석 툴 부재
 - 5년마다 강화된 감축목표 설정 제출 의무의 효율적 이행을 위해 장기적인(2030년 또는 2050년) 온실가스 배출 전망 및 감축량 분석 요구가 점차 증가할 것으로 예상
 - ‘다양한 정책적·기술적 감축수단(감축 시나리오)의 잠재량을 산출할 수 있는 효과적인 분석 모형 필요
- 한국판 “뉴딜”(2020.07.16.)의 시행으로 탄소중립 사회를 지향하는 그린뉴딜(Green New Deal) 추진
 - ‘2030 온실가스 감축 목표’, ‘재생에너지 2030 이행 계획’ 등 차질없는 이행과 탄소중립(Net-Zero) 목표로 경제·사회의 과감한 녹색전환 추진



[그림 1-3] 정부의 그린뉴딜의 주요 내용

- 2020년 9월 국회는 ‘기후위기 비상선언’ 첫 결의안을 채택, 정부의 탄소중립 선언(‘20.10)으로 2030년·2050년 온실가스 감축 목표를 국제사회가 요구하는 수준으로 높이는 Net-Zero 달성 필요
 - IPCC의 권고에 맞춰 2030년 온실가스 감축 목표는 2010년 대비 최소 45% 감축, 2050년 온실가스 순배출 제로(탄소중립)를 목표로 대책 마련 촉구

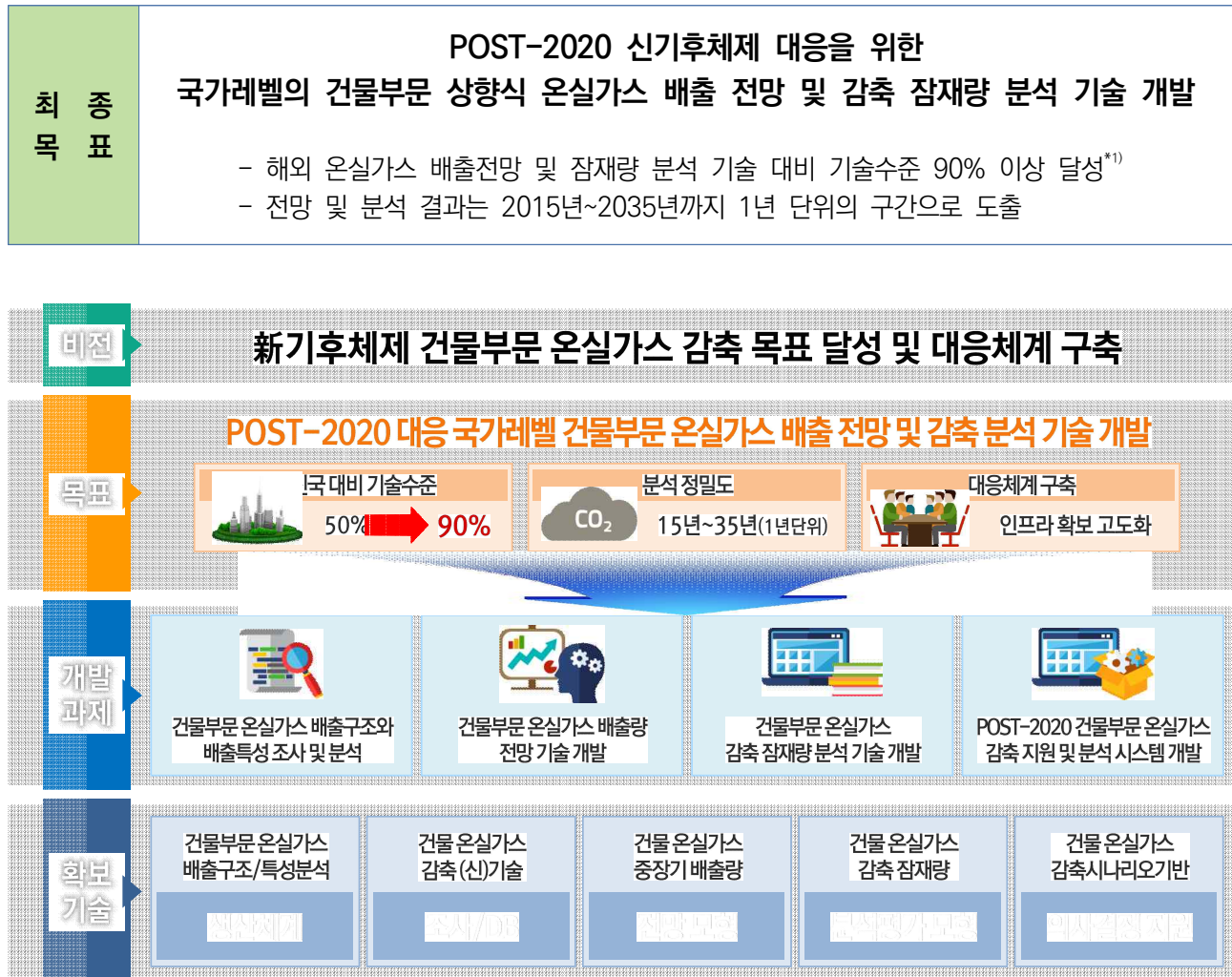
나 연구개발의 범위 및 정의

- 본 과제는 POST-2020 파리협정에 대응하기 위한 ‘건물부문 온실가스 배출 전망 및 감축잠재량 분석 기술 개발’을 다음과 같이 정의할 수 있음

POST-2020 신기후체제에 대응하고 국가 온실가스 감축목표를 달성하기 위해 국가수준에서 건물부문이 확보하고 개발하여야 하는 건축물의 온실가스 감축 기술로써 “국가 건물정보기반으로 건물부문의 온실가스 배출량 및 그 특성을 분석하고, 국가레벨에서의 건물부문 상향식 온실가스 배출 전망 및 감축 잠재량 분석 모형 또는 시뮬레이션 기술”로 정의

- 「POST-2020」이란 2020년 만료예정인 기존의 기후변화협약인 교토의정서 체계를 대체하는 신(新)기후체계로서 2020년 이후에 발효되는 전(全)지구적인 기후변화협약을 의미하며 '15년 파리 기후변화 당사국총회(COP 21)에서 제출된 2030년 국가 감축목표를 의미함
: POST-2020 신기후체제란 산업화 이전 대비 지구 평균기온 상승폭을 2℃ 이내로 억제하기 위하여 선진국, 개도국 모두 참여하여 기후 변화에 대응하는 것을 의미
- 「온실가스(Green-house Gas, GHG)」란 ‘대기권에서 지표에서 방사되는 적외선 복사열의 일부를 흡수하거나 재방출함으로써 지구에 온실효과를 일으키는 원인이 되는 기체’를 말함
: ‘기후변화협약에 따라 배출이 억제되거나 삭감되어야 하는 6대 온실가스’로 이산화탄소(CO₂), 메탄(CH₄), 아산화질소(N₂O), 수소불화탄소(HFCs), 과불화탄소(PFCs), 육불화황(SF₆)를 말함 (저탄소 녹색성장 기본법 제2조 9항, 위키백과 사전 등)
- 본 과제에서 「건물에서의 감축되어야 할 온실가스」는 건축물의 운영상에서 건물 내에서의 연료 연소 및 에너지 사용에 의해 발생하는 온실가스로 이산화탄소(CO₂), 메탄(CH₄), 아산화질소(N₂O)를 대상으로 함
: 수소불화탄소(HFCs), 과불화탄소(PFCs), 육불화황(SF₆)는 에어컨의 냉매, 산업공정 상에서 주로 발생하는 온실가스로 대상이 아님
- 「건물부문 온실가스(에너지) 범위」는 1996년 IPCC (기후변화에 관한 정부간 패널) 가이드라인 상에서 국가 온실가스 인벤토리에 포함된 에너지 분야로 건물 내에서 사용되는 모든 에너지원으로 건물의 “운영단계”에서 직접 소비되는 ‘석탄, 석유, 도시가스, 전력, 지역난방(열에너지), 신재생에너지’를 대상으로 함
: UN의 국가기여방안(INDC) 상의 국가 감축목표에 따른 건물부문 온실가스 감축 범위로 고려
: 에너지 소비의 용도는 난방, 냉방, 급탕, 취사, 조명, 가전, 동력 등을 범위로 함

다 연구개발 과제의 목표



[그림 1-4] 과제 비전 및 최종목표

- POST-2020 신기후체제에 대응하고 국가 온실가스 감축 목표를 달성하기 위해 국가수준에서 건물부문의 온실가스 감축목표 달성을 위해 확보하여야 하는 건축물의 온실가스 감축기술로써 ‘국가 건물정보기반으로 건물부문의 온실가스 배출량 및 그 특성을 분석하고 국가레벨에서 중장기 건물부문 상향식 온실가스 배출 전망 및 감축 잠재량 분석을 위한 모형 또는 시뮬레이션 기술’을 확보하고 ‘건물부문 온실가스 감축 지원 및 분석 시스템 개발’을 통해 기후변화 대응 기반을 마련하고자 함

* 1) 해외 건물부문 온실가스 배출전망 및 감축 잠재량 분석 기술(모형)은 IEA의 Global ETP-TIMES 모형의 Building sector model, 미국의 GCAM 모형 등이 비교대상이 될 수 있으며, 개발모형의 사용자 편의성, 데이터 유효성, 적용 알고리즘의 적합성, 결과의 활용성에 대해 전문가 기술수준 평가를 통해 기술수준 90%를 확보

02

연구수행내용 및 성과

가 연구수행 내용 및 결과

(1) 연차별 연구수행 목표 및 내용

㉠ 1차년도 연구개발 목표 및 내용

중점연구목표(연구기관)		개발내용 및 범위
1	건축물 특성 모듈 구조화된 통계기준 RES 설계 및 모듈 개발 (KICT)	- 국내외 유사연구 현황 및 동향 조사, 기술 현황 분석 - 건물 특성 모듈 구조(부문-배출특성) RES(Reference Energy System) 설계 : 모형 개발을 위한 전체 Framework 설계 : 모형 모듈화(건물부문(가정/상업), 건물 용도별, 에너지용도별, 건물 특성별 등) 구조화 - 모형 개발을 위한 입력 Data 구조 및 분석 변수 도출
2	유사 건물부문 온실가스 전망 모형 사례 조사 (KAIST)	- 유사 건물부문 온실가스 전망 모형 및 동향 파악 - 건물부문 에너지/온실가스 증감 요인 분해분석
3	건물부문 온실가스 배출구조와 배출특성 조사 및 분석을 위한 분류체계 설정 (REB)	- 기존 통계 및 관리시스템 등 연계한 건물특성별 에너지 사용량 및 온실가스 배출 현황 조사 - 건물부문 에너지 사용량 및 온실가스 배출 특성 분석(1차) : 건물정보기반의 에너지원별, 용도별, 규모별
4	국내외 온실가스 배출전망 및 감축잠재량 분석 사례 조사 (REB/ENP)	- 국내외 온실가스 배출전망 및 감축잠재량 분석 사례 조사 - 국내외 온실가스 배출전망 및 감축 잠재량 분석 사례 비교분석
5	건물 온실가스 배출전망을 위한 거시지표 조사 (ENP)	- 모형 활용을 위한 거시지표 조사 - 모형 활용을 위한 거시지표 유형 도출 : 인구구조, 주요 경제지표, 가구 구조, 주택 재고, 건축물 재고(stock) 등 - 국내외 거시지표 data-set 구축현황 비교분석 및 국내 data-set사용의 한계점 도출
6	건축물 및 건물 (신)기술 현황 조사 (ENP)	- 기존 에너지기술 및 온실가스 기술 데이터 조사 및 현황 분석 - 건물 에너지효율화 및 온실가스 감축 (신)기술 조사(1차) : 조사 양식 도출 및 기초 자료 조사 : 1차 조사 실시 - 모형 개발을 위한 필요 에너지기술 데이터 조사(1차) : 기술정보, 비용, 보급현황 등 필요 D/B 항목 설정
7	유사 소프트웨어 사례조사 및 소프트웨어 제작 방향 설정 (에너지클)	- 국내외 온실가스 전망 및 분석 모형 소프트웨어 제작기법 분석 - 온실가스 배출 전망 및 분석 모형을 위한 소프트웨어 개발 표준 정의 - 서비스 지향 아키텍처 및 의사결정 지원 시스템 제작 방향 계획

④ 2차년도 연구개발 목표 및 내용

중점연구목표(연구기관)		개발내용 및 범위
1	건축물 특성 모듈 구조화된 통계기준 RES 설계 및 모듈 개발 (KICT)	- 모형 개발을 위한 입력 data set 및 분석 변수 설정 및 RES 설계 완료 : 모형 모듈화(건물부문(가정/상업), 건물 용도별, 에너지용도별, 건물 특성별 등) 구조화 - 건축물 특성 모듈(입력-변수-계산 알고리즘) 개발 : 모듈별 입력데이터, 변수, 계산알고리즘 개발
2	건물부문 온실가스 과거 확산분석 및 미래양상 전망모형 개발 (KICT)	- 모듈 특성별 전망 알고리즘(선형전망, 로지스틱모형, 회귀분석, 공페르츠모형 등) 도출 - 건축물 특성 모듈과 전망 알고리즘 연계 및 모형 분석 엔진 개발 : 과거 추세(backcasting)에 따른 2035년까지 전망(forecasting) 모형
3	기존 최적화선형모형 구축 (KAIST)	- 적용 가능한 미래 전망 알고리즘 이론 조사 및 검토 - 기존 최적화선형 모형(MESSAGE)을 통한 비교전망 모형 구축
4	건물부문 온실가스 배출량 전망 시뮬레이션 기술 개발 및 기준 배출량(BAU) 전망 (KICT)	- 건물부문 온실가스 배출량 전망 시뮬레이션(S/W) 기술 개발 - 전망 모형을 통한 건물부문 기준 배출량(BAU) 전망 : 에너지 및 온실가스 배출 특성 도출 및 2035년까지 배출량 전망
5	건물부문 온실가스 배출량 전망 시뮬레이션(S/W) 구현 (에너지콜)	- 건물부문 온실가스 배출 현황 통계 Data Set 연계 - 대시보드형 시각화 서비스 개발 - 에너지원별 온실가스 배출량 분석 시각화 서비스 개발
6	건물 온실가스 배출 전망 모형 개발을 위한 거시지표 조사(ENP)	- 모형 개발을 위한 거시지표의 데이터 지속방안 도출(보완) : 기존 데이터 및 국가 통계 데이터와의 연계 활용가능성 검토 - 거시지표 data set 구축
7	건물부문 감축잠재량 분석을 위한 (신)기술 데이터 구성 (ENP)	- 국내/외 건축물 및 건축에 적용된 에너지 효율화 (신)기술 동향 조사 및 보완 : 1차 년도에 구축한 (신)기술 DB 항목을 바탕으로 모형 개발을 위해 필요한 (신)기술 데이터 조사 - 감축 분석 모형 개발을 위한 (신)기술 data-set 구축
8	모형 개발을 위한 건물부문 온실가스 배출 현황 통계 생산체계 구축 및 data set 구축 (REB)	- 건물부문 에너지 사용량 및 온실가스 배출 특성 분석(2차) : 건물 특성요인 중 에너지사용량 및 온실가스 배출량에 대한 영향요인 도출 및 영향요인을 고려한 건축물 분류체계 정의 - 분류체계에 따른 건물부문 에너지 특성 및 온실가스 특성 data-set 구축 - 온실가스 배출량 Data set 생산체계 구축을 위한 Framework 설계 : 국가건물에너지통합관리시스템으로부터 지속적 에너지사용량 및 온실가스 배출량 관련 Data 확보를 위한 필요사항 정의

㊤ 3차년도 연구개발 목표 및 내용

중점연구목표(연구기관)		개발내용 및 범위
1	감축정책·(신)기술을 반영한 온실가스 감축 시나리오 개발 (KICT/REB)	- 감축정책을 반영한 온실가스 감축 시나리오 개발 - 건물 (신)기술을 반영한 온실가스 감축 시나리오 개발
2	기준 배출량을 반영한 용도/기술 세분화된 Baseline(기준시나리오) 개발 (KICT)	- 건축물 특성 모듈이 구조화된 분석모형 설계 : 감축잠재량 분석을 위한 모형 모듈화(건물부문(주거/비주거), 건물용도별, 에너지용도별, 건물특성별 등) 설계 - 감축 분석을 위한 Baseline(기준시나리오) 개발
3	건물부문 온실가스 감축 잠재량 분석모형 개발 (KICT)	- 건물부문 온실가스 감축 잠재량 감축 분석 모듈 개발 : 모듈별 입력데이터, 변수, 계산알고리즘 개발 - 건물부문 온실가스 배출 잠재량 분석 시뮬레이션(S/W) 기술 개발
4	건물부문 감축 시나리오별/감축수단별 감축 효과 분석 (KICT)	감축 시나리오별 감축 잠재량 및 특성 분석 : 시나리오별 에너지·온실가스 감축 잠재량, 비용효과 분석 등
5	건물부문 온실가스 감축 잠재량 분석 시뮬레이션(S/W) 구현 (에너지클)	- 건물부문 감축잠재량 분석 입력을 위한 사용자 인터페이스 개발 - 건물부문 감축잠재량 분석을 위한 지식베이스 구축 - 건물부문 감축잠재량 분석 모형 정보 시각화 서비스 개발 - 데이터 연계를 위한 OpenAPI 프로그램 개발
6	감축잠재량 분석 및 결과 비교를 통한 개발 시뮬레이션 기술의 신뢰성 검증 (KAIST)	- MESSAGE 모형 기반의 감축잠재량 분석 : 정책/기술도입에 따른 다양한 감축 시나리오 개발 및 분석 - 결과 비교를 통해 개발 시뮬레이션 기술의 개선(고도화) 및 신뢰성 검증
7	건물부문 감축잠재량 분석을 위한 (신)기술 데이터 구성 (ENP)	- 온실가스 감축 (신)기술 DB 보완 - 감축 분석 모형 개발을 위한 감축 (신)기술 data-set 고도화
8	감축 (신)기술의 국내 적용가능성 검토 및 감축방안 조사 (ENP)	- 건물부문 온실가스 감축 시나리오 지원을 위한 정부 정책 및 감축방안 조사 - 국내 건축물 및 건축에 온실가스 감축 (신)기술 적용가능성 분석방법 도출
9	모형 개발을 위한 건물부문 온실가스 배출 현황 통계 생산체계 구축 및 data set 구축 (REB)	- 온실가스 배출 특성 Data set 생산 프로세스 및 시스템 구축 : POST-2020 대응 건물부문 에너지 소비 및 온실가스 배출 특성 현황 보고 - 기존 국가 시스템과 연계하여, 지속가능한 데이터베이스 수집체계 마련 - 건물부문 온실가스 배출구조 및 특성 분석 DB생산(추출) 알고리즘(Data Mart) 개발 - 국가 온실가스정보체계에 연계 위한 필요사항 검토
10	통합시나리오 기반 최적 의사결정지원 툴 개발 (KICT/에너지클)	- POST-2020 대응 건물 온실가스 현황 정보모듈 구축 설계 - POST-2020 대응 건물 감축목표설정 지원 분석모듈 구축 설계

㉔ 4차년도 연구개발 목표 및 내용

중점연구목표(연구기관)		개발내용 및 범위
1	개발 모형의 분석 고도화 (에너지/KICT)	- 개발된 전망 및 감축 분석 기술(S/W) 고도화 방안 마련 : 유지관리 및 실용화 계획 수립 - 감축 시나리오별 감축 잠재량 및 특성 분석 보완
2	MESSAGE 모형을 활용한 감축잠재량 분석 모형의 신뢰성 검증 (KAIST/KICT)	- MESSAGEix 모형 고도화 및 감축 시나리오 분석 - 모형간 비교를 통한 개발 분석 모형의 개선 및 신뢰성 검증 : MESSAGE 모형과 개발모형의 결과를 비교 분석하여 결과 차이의 원인을 이해하고, 개발 모형의 신뢰성 검증
3	건물부문의 온실가스 감축 목표 달성을 위한 최적 통합 시나리오 개발 (KICT/REB)	- 건물부문 온실가스 감축 의사결정 통합시나리오 도출 - 건물부문 온실가스 감축 의사결정 최적 시나리오 알고리즘 도출
4	통합시나리오 기반 의사결정지원 툴 개발 (KICT)	- 건물부문 온실가스 감축 의사결정 관련 평가기법 및 기술 조사 - 시나리오 기반의 최적 의사결정 지원 툴 Framework 설계 - 의사결정 지원 툴 개발을 위한 온실가스 배출 현황 정보 및 분석 모듈 연동 설계 : 감축 시나리오의 감축잠재량, 투자비용 대비 감축, CO₂감축 추이 등 분석
5	건물부문 온실가스 감축 지원 및 분석 시스템 개발 (KICT)	- POST-2020 대응 건물 온실가스 현황 정보모듈 개발 - POST-2020 대응 건물 감축목표설정 지원 분석모듈 개발 - 통합시나리오 기반 의사결정지원 모듈 구현
6	지속가능한 데이터베이스 수집체계 제시 (REB/ENP)	지속가능한 모형 data set 생산 체계 및 시스템 구축 : 건물 에너지 특성 및 온실가스 특성 Data set : 모형 개발을 위한 지표(핵심지표, 주요지표) Data set
7	건물부문 온실가스 감축 지원 및 분석 시스템 구현 (에너지)	- 서비스 지향 아키텍처 기반의 건물부문 온실가스 감축 지원 및 분석 시스템 구현 - 구현 시스템의 효과적인 시각화 서비스 개발 - 시스템 구축 표준 및 유지·관리 매뉴얼 제시 : 과제 종료 후 데이터 업데이트 체계 등 시스템의 유지 관리 방안 제시
8	건축물 및 건축 에너지 감축 (신)기술의 국내 적용 가능성 평가 (ENP)	- 전문가 델파이 조사를 통한 (신)기술에 대한 적용가능성 평가 - 감축잠재량 평가를 위한 감축 기술D/B 보완 및 적용성 검토

(2) 연차별 개발 수행내용 및 결과

[1차년도 연구개발 목표 및 결과]

구분 (연도)	수행과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용	연구결과
1차 연도 (2017)	POST-2020 대응 건물부문 온실가스 배출 전망 및 감축잠재량 분석 기술 개발	건축물 특성 모듈 구조화된 통계기준 RES 설계 및 모듈 개발	• 국내외 유사연구 현황 및 동향 조사, 기술 현황 분석 • 건물 특성 모듈 구조(부문-배출 특성) RES(Reference Energy System) 설계 • 모형 개발을 위한 전체 Framework 설계 • 모형 모듈화(건물부문(가정/상업), 건물 용도별, 에너지용도별, 건물 특성별 등) 구조화 • 모형 개발을 위한 입력 Data 구조 및 분석 변수 도출	• 국내외 유사연구 현황 및 동향 조사, 기술 현황 분석 - 국내외 상향식 온실가스 감축모형(MESSAGE, MARKAL, LEAP)의 DB 구성 및 모듈 등 시스템 동향 분석 - 국내외 건물부문 대상 온실가스 감축모형(KEEI_EGM, PIRE, E3, GCAM-China, US-REGEN)의 DB 구성 및 모듈 등 시스템 동향 분석 • 건물 특성 모듈 구조 RES 설계 및 모듈 개발 - 온실가스 배출계수(전력)에 의한 건물부문 온실가스 배출량 변동 분석 - 국가에너지 통계(에너지통계연보, 지역별 에너지통계연보)를 활용하여 IPCC 1996GL 지침에 따라 건물부문 온실가스 배출 현황 분석 툴(S/W) 개발 : 프로그램 저작권 등록('17.9) - 전망모형 개발을 위한 전체 Framework 설계 (설계 완성도50% 달성) : 사회경제 지표+전제조건+건물부문 에너지특성 데이터+건물부문 특성 모듈화 설계 : 건물특성을 가정(주거)/상업(비주거) 부문으로 모듈화하고 가정 5개(단독, 공동주택, 연립, 다세대, 기타) 모듈, 상업 5개(사무, 판매, 숙박, 근린, 문화) 모듈로 구조 설계 : 각 모듈은 건물 에너지특성 모듈로 세분화하여 모형 설계 수행 • 모형 개발을 위한 입력 Data 구조 및 분석 변수 도출 - 모형 모듈화(건물부문 모형 모듈화(건물부문(가정/상업)) 구조화 - 건물부문 공동주택 표준건물 개발 : 국내학술지(대한건축학회논문집) 등재 논문 게재('17.9)

구분 (연도)	수행과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용	연구결과
		건물부문 온실가스 배출구조와 배출특성 조사 및 분석을 위한 분류체계 설정	• 기존 통계 및 관리시스템 등 연계한 건물특성별 에너지 사용량 및 온실가스 배출 현황 조사 • 건물부문 에너지 사용량 및 온실가스 배출 특성 분석(1차) : 건물정보기반의 에너지원별, 용도별, 규모별	• 기존 에너지 및 온실가스 배출 통계 현황 조사 - 에너지통계연보, 에너지총조사보고서, 국가 온실가스 인벤토리 보고서, 국가 온실가스 배출량 종합정보 시스템에 제시되는 건물부문 에너지사용량 및 온실가스 배출량 통계 검토 : 온실가스 배출량 전망 모형 개발에 필요한 용도, 규모, 지역 등의 상세한 특성을 고려한 분석 결과 제시의 필요성 확보 - 에너지통계연보 및 통계월보와 국가 건물에너지 통합DB의 에너지사용량 비교 : 2012~2016년의 연별 및 월별 에너지 사용량 비교 결과, 전기와 지역난방 사용량의 경우 거의 동일함. 도시가스의 경우, 약 6% 오차 확인 - 국가 건물에너지 통합DB의 데이터 신뢰성 확보를 위한 4단계 검증절차 제시 • 건물부문 에너지 사용량 특성 분석 - 지역, 건물용도, 준공연도를 고려하여 건물 분류체계 정의 : 광역자치체 기준 17개 지역, 건축법 기준 28개 건물용도, 준공시점에 따른 5개 그룹으로 구분 - 결측값, 오류값 등을 제거하는 데이터 클리닝 절차 구축 - 2015년 에너지사용량 기준, 분류체계에 따른 단위면적당 에너지사용량 및 온실가스 배출량 도출(1차)
		국내외 온실가스 배출전망 및 감축잠재량 분석 사례 조사	• 국내외 온실가스 배출전망 및 감축잠재량 분석 사례 조사 • 국내외 온실가스 배출전망 및 감축 잠재량 분석 사례 비교 분석	• 국내 문헌조사 (14건) • 해외 문헌조사 (13건) • 연구 방향 시사점 도출
		건물 온실가스 배출전망을 위한 거시지표 조사	• 모형 활용을 위한 거시지표 조사 • 모형 활용을 위한 거시지표 유형 도출 • 국내외 거시지표 data-set 구축현황 비교분석 및 국내 data-set사용의 한계점 도출	• 국내외 문헌조사를 통한 온실가스 배출량 전망 지표 분석 • 온실가스 배출량 전망을 위한 거시지표 도출(29개) 및 상관관계 분석 • 국내외 국가 건물부문의 온실가스 배출 정책 현황(배출전망, 산정방법, 감축 목표량 등) 조사

구분 (연도)	수행과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용	연구결과
		건축물 및 건물 (신)기술 현황 조사	• 기존 에너지기술 및 온실가스 기술 데이터 조사 및 현황 분석 • 건물 에너지효율화 및 온실가스 감축 (신)기술 조사(1차) : 조사 양식 도출 및 기초 자료 조사 : 1차 조사 실시 • 모형 개발을 위한 필요 에너지 기술 데이터 조사(1차) : 기술정보, 비용, 보급현황 등 필요 D/B 항목 설정	• 국내외 문헌 조사를 통한 기술 DB 항목 벤치마킹 • 외부 기관(한에공, 에경연, S물산 등) 자료 수집(방문, 전화, 이메일 등) • 건축물 (신)기술 조사 항목 구성을 위한 설문지 개발 및 전문가 자문 • (신)기술 항목 구성(32개) 및 항목에 대한 정의 및 데이터 구조 개발 • 신규 (신)기술 DB (5건) 구축 완료 : LED 조명, 외부베네시안블라인드, 이중창호시스템, 폐수열이용온수생산, 폐열회수시스템 및 히트펌프시스템
		유사 소프트웨어 사례조사 및 소프트웨어 제작 방향 설정	• 국내외 온실가스 전망 및 분석 모형 소프트웨어 제작기법 분석 • 온실가스 배출 전망 및 분석 모형을 위한 소프트웨어 개발 표준 정의 • 서비스 지향 아키텍처 및 의사결정 지원 시스템 제작 방향 계획	• 서버-클라이언트 기반 MVC/MVVM 프레임워크 방식의 소프트웨어 제작 기술 구축 • 소프트웨어 개발 표준 작성 및 가이드라인 배포(명명규칙, 코딩규칙, 주석, SQL 작성) • 최종 성과물 수요처의 요구사항 및 공동/위탁연구기관과의 연동시스템을 고려한 아키텍처 설계

[2차년도 연구개발 목표 및 결과]

구분 (연도)	수행과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용	연구결과
2차 연도 (2018)	POST-2020 대응 건물부문 온실가스 배출 전망 및 감축잠재량 분석 기술 개발	건축물 특성 모듈 구조화된 통계기준 RES 설계 및 모듈 개발	• 모형 개발을 위한 입력 data set 및 분석 변수 도출 : 모형 모듈화(건물부문(가정/상업), 건물용도별, 에너지용도별, 건물 특성별 등) 구조화 • 건축물 특성 모듈(입력-변수-계산 알고리즘-결과) 개발 : 모듈별 입력데이터, 변수, 계산 알고리즘 개발	• 건물부문 모형 모듈화 구조화 RES (Reference Energy System 설계 완료 - 엑셀(Excel)를 활용하여 주거/비주거 부문 모형 설계 및 모듈화 개발 완료 (Ver.1.1) • 건축물 특성을 반영하는 세부모듈 data 구성 및 계산 로직 개발 - 학술발표논문 (2건) 발표 : 태양에너지학회학술대회('18.4), 대한건축학회학술대회('18.10) - 건축물에너지절약계획서의 데이터조사를 통한 표준건물 설정 및 에너지소비 특성 산정 보고서 : 비주거(업무용) 표준건물 개발 통한 특성 데이터 및 에너지 소비 구조 도출
		건물부문 온실가스 과거 확산분석 및 미래양상 전망모형 개발	• 모듈 특성별 전망 알고리즘(방법론) 도출 : 과거 추세에 따른 2035년까지 전망(forecasting) 모형	• 국가에너지통계를 활용한 건물부문 온실가스 배출 현황 분석 툴 업데이트 (Ver. 2.1) - SCI국제학술지(1건) 게재('18.4) • 모듈 특성별 전망 알고리즘(선형전망, 회귀분석, 고평배츠모형 등) 도출 완료 - 건물부문 온실가스 배출 전망을 위한 미래전망 알고리즘 조사
		기존 최적화선형모형 구축	• 적용 가능한 미래 전망 알고리즘 이론 조사 및 검토 • 기존 최적화선형 모형 (MESSAGE)을 통한 비교전망 모형 구축	• 건물부문 수요전망 방법론 결과 도출 • 건물부문 MESSAGE 모형 구축 및 BAU 시나리오 도출 • 온실가스, 에너지 소비 등의 결과를 다른 모형들과 비교 - 학술발표논문 (1건) 발표 : 한국에너지기후변화학회('18.11)
		건물부문 온실가스 배출량 전망 시뮬레이션 기술 개발 및 기준 배출량(BAU) 전망	• 건물부문 온실가스 배출량 전망 시뮬레이션(웹버전 S/W) 기술 개발 • 전망 모형을 통한 건물부문 기준 배출량(BAU) 전망 : 에너지 및 온실가스 배출 특성 도출 및 2035년까지 배출량 전망	• 건물부문 온실가스 배출량 전망 시뮬레이션 소프트웨어 (웹버전 S/W) 개발 완료 - 프로그램 저작권 등록('18.11) (산업재산권 확보) • 전망 모형을 통한 건물부문 기준 배출량(BAU) 전망 - 건물부문 온실가스 배출전망 보고서 - 학술발표논문 (1건) 발표 : 태양에너지학회학술대회('18.11)

구분 (연도)	수행과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용	연구결과
		건물부문 온실가스 배출량 전망 시뮬레이션(S/W) 구현	• 건물부문 온실가스 배출 현황 통계 Data Set 연계 • 대시보드형 시각화 서비스 개발 • 에너지원별 온실가스 배출량 분석 시각화 서비스 개발 • 건물부문 감축잠재량 분석 입력을 위한 사용자 인터페이스 관련 요구사항 분석	• OpenAPI 개발 방향 검토 • 건물 온실가스 배출량 전망 분석모형 시각화 프로그램(S/W) 제작 완료
		건물 온실가스 배출 전망 모형 개발을 위한 거시지표 조사	• 모형 개발을 위한 거시지표의 데이터 지속방안 도출 : 기존 데이터 및 국가 통계 데이터와의 연계 활용가능성 검토 • 거시지표 data set 고도화	• 거시지표별 데이터 출처별 공유서비스 (Open API) 이용여부 확인 및 이용방안 등 데이터 지속방안 보고서 • 모형에 적용하기 위한 5대 부문별 35개 거시지표 data set 구축 완료 : 지표 pool 개발절차, 지표 스크리닝 결과, 거시지표 정의 및 출처, 주거·비주거 건물에너지사용량과 거시지표간 상관관계 분석 결과 등 수록
		건물부문 감축잠재량 분석을 위한 (신)기술 '데이터 구성	• 건물 에너지효율화 및 온실가스 감축 (신)기술 조사 : 국내/외 건축물 및 건축에 적용된 에너지 효율화 (신)기술 동향 조사 및 보완 • 기 구축한 (신)기술 DB 항목을 바탕으로 필요한 (신)기술 데이터 조사 • 감축 분석 모형 개발을 위한 (신)기술 data-set 구축	• 국내/외 선행연구 조사·분석 및 전문가 자문을 통해 건축물 및 건축에 적용된 에너지 효율화 (신)기술 DB 수집 완료(선행연구 사례조사 3건 이상 완료) • 감축 분석 모형 개발을 위한 (신)기술 data set 구축 완료 및 S/W등록 : 총 1,343개 기초기술DB, 247개 통합 기술DB 수록 - 프로그램 저작권 등록('18.11) (산업재산권 확보) • 조사된 기술의 모형 적용가능성 평가 완료(전문가 평가 평균 88.2점)
		모형 개발을 위한 건물부문 온실가스 배출 현황 통계 생산체계 구축 및 data set 구축	• 건물부문 에너지 사용량 및 온실가스 배출 특성 분석(2차) : 영향요인 도출 및 영향요인을 고려한 건축물 분류체계 정의 • 모형 개발을 위한, 분류체계에 따른 건물부문 에너지 특성 및 온실가스 특성 data-set 구축 • 온실가스 배출량 Data set 생산체계 구축을 위한 Framework 설계 : 국가건물에너지통합관리시스템으로부터 지속적 Data 확보를 위한 필요사항 정의	• 건물부문 온실가스 배출 특성 분석을 위한 범위 및 분류체계 정의 - 학술발표논문 (1건) 발표 : 대한건축학회학술대회('18.10) • 건물부문 에너지 및 온실가스 배출 현황 및 특성 분석을 위한 Data-set 구축 - 2015년 기준 건물부문 온실가스 배출 총량 및 분류체계별 온실가스 원단위 (GEI) 분석 - 건물부문 온실가스 배출 현황 및 특성 Data-set 구축 보고서 • 지속가능한 Data-set 생산체계 구축을 위한 절차 정의 - 데이터 수집, 정제, 분석 방법 및 절차 정의 : Framework 설계 50% 완료

[3차년도 연구개발 목표 및 결과]

구분 (연도)	세부 과제명	세부 연구 목표	연구개발 수행 내용	연구 결과
3차 연도 (2019)	POST-2020 대응 건물부문 온실가스 배출 전망 및 감축잠재량 분석 기술 개발	감축정책·(신)기술을 반영한 온실가스 감축 시나리오 개발	• 감축정책을 반영한 온실가스 감축 시나리오 개발 • 건물 에너지 효율화 및 온실가스 감축 (신)기술을 반영한 온실가스 감축 시나리오 개발	• 국내외 건물관련 온실가스 감축 정책 및 기술 동향 조사 - (정책) 녹색건축기본 계획 및 기후변화 대응 기본계획, 제3차에너지기본계획, 2030국가온실가스 감축 기본 로드맵 등 분석 - (기술) 고효율 전동기 정책과 에너지 효율, 전동력 응용기기 보급 이용 실태조사, 에너지효율혁신전략, 재생에너지 3020 이행계획, LED조명 2060계획 등 분석 • 감축 시나리오 체계화를 통한 감축 시나리오 도출 - 신축/기존/설비/정보 등으로 4개 대분류 및 정책(P)/기술(T) 파트로 중분류 체계 구성 - 감축 시나리오 도출 양식 마련 및 건물 특성 감축시나리오 개발 : 신축부문 시나리오- 정책3건, 기술4건 : 기존부문 시나리오- 정책3건, 기술1건 : 설비부문 시나리오- 정책 3건
		기준 배출량을 반영한 용도/기술 세분화된 Baseline(기준시나 리오) 개발	• 건축물 특성 모듈이 구조화된 분석모형 설계 : 감축잠재량 분석을 위한 모형 모듈화(건물부문(주거/비주거), 건물용도별, 에너지용도별, 건물특성별 등) 설계	• 분석 모형 개발을 위해 Baseline 모형의 기준 모듈 업데이트 - 전망모형의 데이터, 알고리즘(계산식) 등 업데이트 및 개선 - 분석모형을 위한 용도별 기준 모듈의 개선 및 소프트웨어 업데이트 - 건물부문의 2015년기준으로 2035년의 배출전망 결과 Baseline 도출 - 감축잠재량 분석 모형의 개발을 위한 모형 모듈화 설계(RES 설계) 및 구조도 설계 - 국내학술지(대한건축학회논문집) 등재 논문 게재('19.7)
		건물부문 온실가스 감축 잠재량 분석 모형 개발	• 건물부문 온실가스 감축 잠재량 감축 분석 모듈 개발 : 모듈별 입력데이터, 변수, 계산 알고리즘 개발 • 건물부문 온실가스 감축 잠재량 분석 시뮬레이션(웹버전 S/W) 기술 개발	• 건물부문 온실가스 감축 잠재량 분석 모듈 개발 완료 - 건물부문의 온실가스 감축 시나리오 체계에 따른 감축분석 모듈 개발 : 모듈(입력데이터, 변수, 계산식) 설계 및 개발 : 비주거용 건축물 에너지 소비 특성 데이터 도출 - 국외학술지(Scopus) 저널 게재('19.3)

구분 (연도)	세부 과제명	세부 연구 목표	연구개발 수행 내용	연구 결과
				• 건물부문 온실가스 감축 잠재량 분석 모형 개발 완료 - 시뮬레이션 소프트웨어(웹버전 S/W) 개발 완료 - 프로그램 저작권 등록('19.11) - 특허 출원 완료('19.11)
		건물부문 감축 시나리오별/감축수단별 감축 효과 분석	• 감축 시나리오별 감축 잠재량 및 특성 분석 : 시나리오별 에너지·온실가스 감축 잠재량, 비용효과 분석 등	• 도출된 감축 시나리오의 감축 잠재량 도출 및 특성 분석 - 감축 시나리오별(주거 5건, 비주거 5건) 감축 잠재량 분석 - 학술발표논문 (2건) 발표 : 한국태양에너지학회학술대회('19.10) : 대한건축학회학술대회('19.10)
		건물부문 온실가스 감축 잠재량 분석 시뮬레이션(S/W) 구현	• 건물부문 감축잠재량 분석 데이터 입력을 위한 사용자 인터페이스 개발 • 건물부문 감축잠재량 분석을 위한 지식베이스 구축 • 건물부문 감축잠재량 분석 모형 정보 시각화 서비스 개발 • 데이터연계를 위한 OpenAPI 프로그램 개발	• http://w2.bldghg.org 사이트 구축 - 잠재량 분석 데이터 사이트 사용자 I/F 구축 • Livy/Spark를 활용한 감축 잠재량 정보 시각화 기능 개발 • CSV 기반의 지속 가능 데이터 연계 모듈 개발 • http://w3.bldghg.org 사이트 구축 - 지식베이스 데이터 조회 사이트 구축
		감축잠재량 분석 및 결과비교를 통한 개발 시뮬레이션 기술의 신뢰성 검증	• MESSAGE모형 기반의 감축 잠재량 분석 • 결과 비교를 통해 개발 시뮬레이션 기술의 개선 및 신뢰성 검증	• MESSAGE모형을 활용하여 건물을 형태와 연식으로 세분화, 냉/난방 성능 차이를 반영한 모형 구조 변경 - 건축물의 stock turnover가 반영된 건축물 설계 기준 강화 (패시브, 제로에너지 등) 시나리오 개발 및 분석 • 기준치(Baseline) 및 분석 결과와 건축물 설계 기준 강화 시나리오, 3차에 기본 목표안 등 비교
		감축 분석 모형 개발을 위한 (신)기술 데이터 구성	• 국내 건축물 및 건축에 도입된 에너지 감축 (신)기술 DB구축 고도화 : 기술개요, 적용대상, 기술의 특징, 보급현황, 투자비용, 절감 효과 등 • 온실가스 감축 (신)기술 DB 보완	• DB 특성치 데이터 보완 및 수정 : 2차년도 연구를 통해 구축한 건물부문 온실가스 감축 (신)기술 data-set을 구성하는 특성치 데이터(보급정보, 비용정보, 효율정보, 기술통계 등) 보완 및 수정을 통해 데이터 정합성 확보 • 건물부문 온실가스 감축 (신)기술 DB 추가 완료(6건) : 멀티 전기 히트펌프 시스템, 직화흡수식 냉온수기, 자동 절전 제어장치, 원심식 송풍기 등 (신)기술 데이터 추가

구분 (연도)	세부 과제명	세부 연구 목표	연구개발 수행 내용	연구 결과
		감축 (신)기술의 국내 적용 가능성 검토 및 감축방안 조사	- 건물부문 온실가스 감축 시나리오 지원을 위한 정부 정책 및 감축방안 조사 - 국내 건축물 및 건축에 온실가스 감축 (신)기술 적용가능성 분석방법 도출	- 국내외 감축방안 및 감축정책 비교 분석을 통한 감축 시나리오 작성 지원 및 기술 시나리오 작성 : 패시브 선도기술, 공통설비 선도기술, 액티브 선도 기술 등 기술 부문 시나리오 작성 완료 - 건물부문 온실가스 감축 DB 내 (신)기술의 국내 적용 가능성 평가방안 도출을 위한 선행연구 조사 완료 - 국내외 기술수준평가 지표를 벤치마크 하여 선정된 (신)기술을 대상으로 델파이조사기법을 통한 국내 적용성 평가방안 도출 : 감축잠재량 평가를 위한 기술 적용 가능성 검토
		모형 개발을 위한 건물부문 온실가스 배출 현황 통계 생산체계 구축 및 data set 구축	- 온실가스 배출 특성 Data set 생산 프로세스 및 시스템 구축 : POST-2020 대응 건물부문 에너지 소비 및 온실가스 배출 특성 현황 보고 : 국가건물에너지통합관리시스템 등 기존 시스템과 연계하여, 지속가능한 데이터베이스 수집체계 마련 : 건물부문 온실가스 배출구조 및 특성 분석 DB생산(추출) 알고리즘(Data Mart) 개발 - 온실가스 Data-set 생산 프로세스 및 시스템 구축 - 국가 온실가스정보체계 연계 위한 필요사항 검토	- 온실가스 감축 잠재량 분석 모형(S/W) 용 DB 생산(추출) 알고리즘 검토 : DB 생산(추출) 알고리즘 개발(샘플링(총화추출) vs. 전수에 따른 결과 값 비교) : 전수데이터 활용 분석방안 적용 - 건물부문 에너지 및 온실가스 배출 현황 및 특성 분석을 위한 Data-set 구축 및 분류체계에 의한 온실가스 배출 특성 분석 : 2015년~2018년 건물부문 온실가스 배출 총량 및 분류체계별 단위면적당 배출량 분석 - Data-set 생산체계 구축을 위한 절차 수립 및 자동 생산을 위한 Data-Mart 개발 - 데이터 구축 절차에 따른 Data-mart 개발 및 프로그램 저작권 등록('19.11) (산업재산권 확보)
		통합시나리오 기반 최적 의사결정지원 툴 개발	- POST-2020 대응 건물 온실가스 현황 정보모듈 구축 설계 - POST-2020 대응 건물 감축 목표설정 지원 분석모듈 구축 설계	- 건물부문 온실가스 현황 정보모듈 및 감축 분석 모듈 개발을 위한 설계 및 데이터 구조 도출 '건물부문 온실가스 감축 지원 및 분석 시스템' 의 주요 특성을 정의하고, 개발 계획을 수립 - 건물부문 온실가스 현황 및 특성 정보 제공 모듈 설계 - 건물부문 온실가스 신기술 DB 구현 - 배출 전망 모형 및 감축 분석 모형 모듈 설계

구분 (연도)	세부 과제명	세부 연구 목표	연구개발 수행 내용	연구 결과
				건물부문 온실가스 감축 지원 및 분석 시스템의 URL (www.bldghg.org) 결정 및 초안 제작

[4차년도 연구개발 목표 및 결과]

구분 (연도)	수행과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용	연구결과
4차 연도 (2020)	POST-2020 대응 건물부문 온실가스 배출 전망 및 감축잠재량 분석 기술 개발	개발 모형의 분석 고도화	- 개발된 전망 및 감축 분석 기술 (S/W) 고도화 방안 마련 : 유지관리 및 실용화 계획 수립 - 감축 시나리오별 감축 잠재량 및 특성 분석 보완	- 개발 모형 및 시스템(bldghg.org)의 유지보수 관리 및 SW 업데이터 체계 마련 - 유지관리 매뉴얼 작성 - 실용화계획서 작성(지자체 대상 검토) - 감축 시나리오별 내용 검토 및 업데이트(수정) (3차년도 수행 내용 보완) - 감축 잠재량 분석 모형 업데이트 진행 전망분석 툴 Stand-alone 버전 시작품 제작 - 국내학술지(대한건축학회논문집) 등재 논문 게재('20.10)
		MESSAGE 모형을 활용한 감축잠재량 분석 모형의 신뢰성 검증	- MESSAGE 모형 고도화 및 감축 시나리오 분석 - 모형간 비교를 통한 개발 분석 모형의 개선 및 신뢰성 검증 : MESSAGE 모형과 개발모형의 결과를 비교 분석하여 결과 차이의 원인을 이해하고, 개발 모형의 신뢰성 검증	- 기존 MESSAGE V 모형을 MESSAGEix 모형으로 최신화하여 건물부문 모형을 재구축 및 고도화 - MESSAGE 모형을 활용하여 건물부문 주요 온실가스 감축수단의 감축잠재량 및 비용 평가 : 건물에너지 효율개선, 신재생보급, 에너지기 효율 개선 등 - 개발모형과 기존 시나리오의 에너지 소비, 온실가스 배출량 등 비교 검토 연구결과의 SCI 논문 투고 ('21.2)
		건물부문의 온실가스 감축 목표 달성을 위한 최적 통합 시나리오 개발	- 건물부문 온실가스 감축 의사결정 통합시나리오 도출 - 건물부문 온실가스 감축 의사결정 최적 시나리오 알고리즘 도출	- 건물부문 온실가스 감축 시나리오의 보완을 통한 통합 시나리오 도출 - 국가 감축목표 대응 '로드맵 수정안', '제2차녹색건축물기본계획'에 근거한 통합 시나리오 구축 - 적용가능한 의사결정관련 평가기법 및 평가기술 조사 - 의사결정을 위한 최적 시나리오 결정을 구조화된 의사결정방법론으로 설계 - 사용자에 의한 지표 선택, 감축 시나리오 선택(감축잠재량, 감축비용)이 반영된 알고리즘 설계
		통합시나리오 기반 의사결정지원 툴 개발	- 건물부문 온실가스 감축 의사결정 관련 평가기법 및 기술 조사 - 시나리오 기반의 최적 의사결정 지원 툴 Framework 설계 - 의사결정 지원 툴 개발을 위한 온실가스 배출 현황 정보 및 감축목표 설정 서비스 설계	- 건물부문 온실가스 감축 의사결정 관련 평가기법 및 기술 조사 - 시나리오 기반의 최적 의사결정 지원 툴 구조 및 프레임 설계 - 의사결정 지원 툴 개발을 위한 온실가스 배출 현황 정보 및 감축목표 설정 서비스 설계

구분 (연도)	수행과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용	연구결과
		건물부문 온실가스 감축 지원 및 분석 시스템 개발	• POST-2020 대응 건물 온실가스 현황 정보모듈 개발 • POST-2020 대응 건물 감축 목표설정 지원 분석모듈 개발 • 통합시나리오 기반 의사결정지원 모듈 개발	• 건물부문 온실가스 감축 지원 및 분석 시스템 개발 완료 - 현황 정보, 기술DB, 전망모형, 감축분석모형, 의사결정지원툴로 모듈 구성 시스템(웹버전 S/W) 개발 완료 : 건물 온실가스 현황 정보모듈 설계/데이터구축 완료 : 건물 온실가스 감축분석 모듈 설계/데이터구축 완료 : 통합시나리오 기반 의사결정지원 모듈 설계/데이터구축 완료 - 프로그램 저작권 등록('20.10) - 건물부문 온실가스 현황/특성 정보 서비스의 유저인터페이스(UI) 시작품 제작
		지속가능한 데이터베이스 수집체계 제시	• 지속가능한 모형 data set 생산 체계 및 시스템 구축 : 건물 에너지 특성 및 온실가스 특성 Data set : 모형 개발을 위한 지표(핵심지표, 주요지표) Data set	• 2015년~2019년 에너지사용 및 온실가스 배출 현황 Data-set 구축 - 핵심 Data-set 구축용 Data mart 개발 - Data-set의 전자적 제공을 위한 S-FTP 모듈 개발 및 연계 - 프로그램 저작권 등록('20.12) - 국내학술지(대한건축학회논문집) 등재 논문 게재('20.4) - 건물 온실가스 배출 현황 및 특성 분석 보고서(1건) 발간 • Datamart를 활용한 과제종료 이후 건물 온실가스 배출량 data-set의 지속가능성 확보 - 건물 온실가스 배출현황 Dash board 서버 및 data-set의 관리주체를 한국 부동산원으로 이임하고 녹색건축포털 그린투게더와 연계 운영 검토 • 거시지표 Data-set 구축 및 시스템 연계 - OpenAPI 및 database 구축을 통한 시스템 연계 방안 도출 및 시스템 구현
		건물부문 온실가스 감축 지원 및 분석 시스템 구현	• 서비스 지향 아키텍처 기반의 건물부문 온실가스 감축 지원 및 분석 시스템 서비스 구현 • 구현 시스템의 효과적인 시각화 서비스 개발 • 시스템 구축 표준 및 유지·관리 매뉴얼 제시 : 과제 종료 후 데이터 업데이트 체계 등 시스템의 유지 관리 방안 제시	• 개발 시스템(프로그램)의 웹버전 구현 (www.bldghg.org) : spark기반의 자동계산 프로그램 : csv기반의 자동화 프로그램 : 웹기반의 기준 데이터 조회 프로그램 : 최종 의사결정 지원 프로그램 등 • 시스템의 시각화 서비스 개발 및 디자인 개선 작업 수행 • 개발 시스템의 유지보수 관리 및 S/W 업데이트 체계 개발

구분 (연도)	수행과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용	연구결과
				- 서버 운영 계획 수립(과제 종료 후 최소 5년 유지) 및 관리 계획 수립 : 서버 운영의 안정성 확보를 위한 보안 및 바이러스 점검 실시 - 데이터의 지속 가능성 확보 : Open API, FTP 활용 검토 및 데이터 연계 등 관리방안 수립 : 34개 거시지표 및 건축물 온실가스 데이터 세트의 시스템 연계 상태 점검, 수동입력 지표의 경우 데이터 취득 시 DB 내에 직접 반영 - 시스템 업데이트 계획 검토 : 백업 및 버전 관리 등(실용화 추진 연계)
		건축물 및 건축 에너지 감축 (신)기술의 국내 적용 가능성 평가	• 전문가 델파이 조사를 통한 (신)기술에 대한 적용가능성 평가 • 감축잠재량 평가 및 의사결정 지원 톨에 접목되는 과정에서 기술D/B보완 및 적용성 검토	• 델파이 설문조사를 통한 건물부문 (신)기술의 국내 적용가능성 분석 : 전문가 델파이 설문지 개발 : 델파이 조사 결과를 통한 건물부문 온실가스 감축 (신)기술의 국내 적용성 분석 보고서(1건) 발간 • 건물부문 온실가스 감축 (신)기술 D/B 고도화 및 데이터 보강

(3) 연구개발 수행 세부 내용 및 결과

(가) 건물부문 온실가스 배출구조 및 특성 조사 분석

① 건물부문 에너지 사용량 및 온실가스 배출현황 분석

㉠ 데이터 수집

- 건물부문의 온실가스 배출 현황 및 특성을 분석하기 위하여, 국토교통부의 「국가 건물에너지 통합DB」로부터 5년간(2015.01 ~ 2019.12) 존재한 모든 건물에 대한 데이터를 활용하여 분석
: PK번호, 주소, 사용승인일, 연면적, 전용면적, 공용면적, 세대수, 건물수, 주용도, 상세용도, 산업분류 기준, 건축물통계 기준 용도, 요금부과 기준 월별 에너지사용량(전기, 도시가스, 지역난방)
- 약 670만개의 건물(단지 또는 단독 건물) 데이터가 수집(단지 건축물은 총괄표제부, 단독 건축물은 표제부를 기준으로 집계·정리된 데이터이며, 약 740만동의 주용도 건물을 모두 포함)
: 2015년 이래로 건축물의 수와 연면적은 지속적으로 증가하였으며, 에너지사용량 역시 꾸준히 증가

〈표 2-1〉 건물부문 온실가스 배출 특성 분석용 데이터 수집 현황

내용		2015년	2016년	2017년	2018년	2019년
데이터수(천)		6,396	6,461	6,528	6,602	6,505
건물수(천)		7,069	7,139	7,226	7,325	7,246
연면적(백만m ²)		3,552	3,470	3,647	3,809	3,861
에너지사용량 (ktoe)	전기	41,665	42,900	43,798	45,276	45,010
	도시가스	20,588	20,955	21,752	23,127	22,570
	지역난방	1,990	2,092	2,310	2,413	2,364
	총에너지	64,237	65,939	67,873	69,350	69,945

㉡ 온실가스 배출량 데이터 변환

- 국가 건물에너지 통합DB는 3가지 에너지원(전기, 도시가스, 지역난방)에 대한 사용량 정보를 포함함에 따라, 국가 온실가스 인벤토리 보고서와 「온실가스·에너지 목표관리 운영 등에 관한 지침」의 규정을 참고하여 각각의 에너지사용량을 온실가스 배출량으로 변환

㉢ 전기

- 「온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침」은 수식 (1)로 요약되는 외부에서 공급된 전력에 대한 온실가스 배출량 산정방법과 국가 고유배출계수를 제시하여, 이를 활용하여 전기사용량을 온실가스 배출량으로 변환함. 다만, 최근 개정된(19.12.31.) 지침은 2020년 1월 1일 이후 시행되었으므로 본 연구는 개정 전 전력배출계수를 변환과정에 사용

$$E = \sum_j (Q \times EF_j) \times K \times GWP_j \quad (1)$$

여기서,

E : 전력의 사용에 따른 온실가스 배출량(tCO_{2e})

Q : 전력의 사용량(kWh)

EF_j : 전력에 대한 온실가스(j)의 배출계수(tGHG/MWh, kgGHG/MWh)

K : 단위환산계수

GWP_j : 온실가스(j)의 지구온난화지수(CO₂=1, CH₄=21, N₂O=310)

㉞ 지역난방

- 「온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침」은 수식 (2)로 요약되는 외부에서 공급된 열(스팀)에 대한 온실가스 배출량 산정방법과 국가 고유배출계수를 제시함. 이에, 해당 지침의 산정방법과 간접 열(스팀)에 대한 국가 고유배출계수를 적용하여, 지역난방 사용량을 온실가스배출량으로 변환함. 이때, 각 건물에 공급되는 지역난방 시설의 종류가 불명확하기 때문에, 평균값을 적용

$$E = \sum_j (Q \times EF_j) \times K \times GWP_j \quad (2)$$

여기서,

E : 지역난방 사용에 따른 온실가스 배출량(tCO_{2e})

Q : 지역난방 사용량(Gcal, Mcal, MWh 등)

EF_j : 지역난방에 대한 온실가스(j)의 배출계수(tGHG/MWh, tGHG/TJ)

K : 단위환산계수

GWP_j : 온실가스(j)의 지구온난화지수(CO₂=1, CH₄=21, N₂O=310)

㉟ 도시가스

- 도시가스 연소과정에서의 온실가스 배출은 연료별 순발열량과 온실가스 배출계수를 고려하여 산정됨. 국가건물에너지 통합DB는 MJ 또는 Nm³ 단위로 각 건물의 도시가스 사용량 데이터를 구축하고 있으므로, 공급 단위에 따라 수식 (3)과 (4)를 적용하여 온실가스 배출량을 산정
- 「에너지법 시행규칙」[별표 1]은 최근 개정(17.12.28.)을 통해 수정된 발열량을 발표함에 따라, 2015년에서 2017년까지의 도시가스 사용량은 개정전 열량계수 및 전환계수를 적용하고, 2018년 이후의 도시가스 사용량은 개정후 열량계수 및 전환계수를 적용 (<표 2-2> 참고)

- 도시가스의 이산화탄소(CO₂) 배출계수는 「온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침」 [별표 22]²⁾의 값을 적용하였으며, 메탄(NH₄) 및 아산화질소(N₂O) 배출계수는 2006 IPCC GL³⁾에서 제시하는 값이 적용

$$E_i = \sum_j \{ (QE_i \times CF_i) \times EF_{i,j} \times f_i \times 10^{-6} \} \times GWP_j \quad (3)$$

$$E_i = \sum_j [\{ (Q_i \times EC_i) \times CF_i \} \times EF_{i,j} \times f_i \times 10^{-6}] \times GWP_j \quad (4)$$

여기서,

E_i : 연료(i)의 연소에 따른 온실가스 배출량(tCO_{2e})

QE_i : 연료(i)의 사용에 따른 총발열량(MJ)

CF_i : 연료(i)의 전환계수(순발열량÷총발열량)

$EF_{i,j}$: 연료(i)에 따른 온실가스(j)의 배출계수(tGHG/TJ)

f_i : 연료(i)의 산화계수(CO₂=0.995, CH₄=1, N₂O=1)

GWP_j : 온실가스(j)의 지구온난화지수(CO₂=1, CH₄=21, N₂O=310)

Q_i : 연료(i)의 사용량(Nm³)

EC_i : 연료(i)의 열량계수(연료 총발열량, MJ/Nm³)

〈표 2-2〉 도시가스별 국가고유 발열량

구분	에너지원	단위	총발열량		순발열량		전환계수
			MJ	kcal	MJ	kcal	
개정전 (‘15~‘17)	LNG	Nm ³	43.6	10,430	39.4	9,420	39.4/43.6
	LPG	Nm ³	62.8	15,000	57.7	13,780	57.7/62.8
개정후 (‘18~‘19)	LNG	Nm ³	43.1	10,290	38.9	9,290	38.9/43.1
	LPG	Nm ³	63.6	15,190	58.4	13,950	58.4/63.6

〈표 2-3〉 도시가스에 대한 국가고유 배출계수 및 IPCC 2006 배출계수

구 분		CO ₂ (kgCO ₂ /TJ)	CH ₄ (kgCH ₄ /TJ)	N ₂ O (kgN ₂ O/TJ)
개정전	LNG	56100	5	0.1
	LPG	64500	5	0.1
개정후	LNG	56100	5	0.1
	LPG	64000	5	0.1

2) [별표 22]의 연료별 국가고유 배출계수는 최근(‘20.12.31) 개정되었으나, 2020.01.01.부터 시행되기에 본 연구에서는 개정전 배출계수를 적용함

3) 출처: 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories – Volume 2 Energy. Stationary Combustion _ Tables 2.4 & 2.5

㊤ 데이터 필터링

- 다음의 절차에 따라 데이터 필터링을 수행하고, 정리된 데이터를 바탕으로 분석 시행
 - 용도 대분류 기준이 주거용, 상업용, 문교사회용 이외의 용도로 정의된 건물 제외
 - 연면적 데이터가 없거나, 연면적이 0 이하로 기입된 건물 제외
 - 사용승인일이 1961.01.01. 이전인 건물 제외
 - 전기와 도시가스를 동시에 사용하는 건물로 대상 한정
 - 1년간의 매월 정상적으로 운영된 건물로 대상을 한정하고 비정상적으로 운영된 건물 제외
- : 본 연구에서는 매월 전기사용량이 0 이상이며 연간 도시가스 사용량이 0 이상인 건물을 정상적으로 운영된 건물로 정의함
- 연면적 및 에너지사용량 기준, 상하위 0.5%를 극단 값으로 가정하여 제외
- <표 2-4>와 같이 분석목적에 따라 활용할 수 있도록 데이터를 구분하여 활용. <표 2-5>는 데이터 필터링 결과를 보여줌. 2015년 데이터를 예로 들면, 5,577,708개의 데이터는 건물부문의 온실가스 배출총량 산출에 활용되고, 1,412,423개의 데이터는 단위면적당 온실가스 배출량의 산출·비교에 활용

<표 2-4> 데이터 필터링 절차

단계	내용	활용여부
0	원본 데이터 (국가 전산업)	-
1	건물부문 한정	건물부문 배출총량 분석
2	결측 데이터 제거	-
3	사용승인일 한정	-
4	전기 및 도시가스 사용 건물 한정	-
5	정상운영 건물 한정	-
6	극단값 (상하위 0.5%) 제거	건물부문 단위면적당 배출 특성 분석

<표 2-5> 데이터 필터링 결과에 따른 단계별 데이터 수

단계	2015년	2106년	2017년	2018년	2019년	비고
0	6,396,383	6,461,234	6,528,491	6,601,686	6,504,935	-
1	5,577,708	5,578,583	5,643,763	5,742,555	5,654,060	배출 총량
2	5,326,114	5,312,534	5,372,796	5,467,668	5,381,429	-
3	4,165,249	4,172,414	4,247,818	4,345,935	4,296,435	-
4	1,481,759	1,496,563	1,528,294	1,557,993	1,581,233	-
5	1,445,510	1,454,962	1,474,017	1,499,131	1,560,191	-
6	1,412,423	1,421,718	1,440,503	1,465,047	1,524,784	배출 특성

㉔ 건물 분류체계

- 건물의 용도나 규모, 건물이 위치한 지역과 같은 몇몇 특성 항목들은 건물의 온실가스 배출량에 영향을 줄 수 있는 요인이므로, 건물의 온실가스 배출 현황 및 특성을 파악하는데 있어 이러한 영향요인들이 반드시 고려되어야 함. 본 연구에서는 다양한 영향요인들 중 3가지 특성항목(지역, 건물용도, 준공연도)을 적용함

㉔-1 지역

- 대한민국은 행정구역을 기준으로 17개 광역시·도로 구분되고, 252개의 기초자치단체(시·군·구)로 세분화됨. 「건축물 에너지절약설계기준」에서는 지역에 따른 기후조건의 차이를 고려하여, 우리나라를 크게 3개 기후지역으로 구분함
- 본 연구에서는 3개 기후지역과 17개 광역시·도는 물론, 252개 시·군·구 단위로 지역에 대한 분석이 가능하도록 구분 기준을 적용함

㉔-2 건물용도

- 건축물은 어떠한 용도를 위해 지어지고 사용되느냐에 따라 매우 다른 에너지사용 특징을 가짐. 이에, 본 연구는 <표 2-6>과 같이 용도별 분류체계를 정의하고 분석에 활용함

<표 2-6> 건물 용도별 분류체계

대분류	건물유형 ⁴⁾	주용도(건축법 기준)	상세용도
주거용	단독주택	단독주택	건축법 참고
	아파트	아파트	
	공동주택	다가구주택, 연립주택, 다세대주택	
	기타주택	단독주택(기타), 다중주택, 공동주택(기타), 기숙사 등	
상업용	근생시설	1종근생시설, 2종근생시설	
	판매시설	판매시설	
	업무시설	업무시설	
	기타 비주거용 건물	종교, 운수, 숙박, 의료, 위락시설 등	
문교·사회용	교육시설	교육시설	
	기타 비주거용 건물	문화, 노유자, 수련, 운동시설 등	

㉔-3 준공연도

- 건물의 준공시기에 따라 적용된 법적 기준은 달라지기 때문에, 정책·제도의 변화에 따른 감축 효과를 분석하기 위하여 준공연도 역시 고려될 필요가 있음. 본 연구는 건축물의 에너지절약 설계기준이 강화되는 시기를 고려하여 아래와 같이 5개의 준공연도 구간을 정의하였음
- A(1961~1984), B(1985~2000), C(2001~2010), D(2011~2014), E(2015~)

4) 건물유형 구분기준은 “건물부문 온실가스 배출 전망 및 감축 잠재량 분석모형” 개발을 위해 정의된 결과임

㉔ 건물부문 온실가스 배출량 현황 및 특성

㉔-1 용도 대분류에 따른 현황 및 특성

- <표 2-7>과 같이, 2015년부터 2019년까지 건물부문의 온실가스 배출 총량(백만tCO_{2e})은 각각 118.1백만톤, 119.9백만톤, 126.1백만톤, 132.6백만톤으로 매해 증가하였으며, 2019년에는 다소 감소한 130.1백만톤으로 나타남. 건물용도 대분류 기준에 따라 구분하더라도, 이러한 증가 추세는 동일하게 확인됨
- 건물의 부문에서의 온실가스 역시 156.4백만톤에서 167.6백만톤까지 매해 증가하였으며, [그림 2-1]과 같이 에너지원에 따른 결과 역시 동일하게 나타남
- 건물부문의 총 온실가스 배출량 중 주거용, 상업용, 문교사회용 건물은 각각 52%, 37%, 11%의 비율을 차지함

<표 2-7> 건물부문 온실가스 배출 총량

(단위: 천tonCO_{2e}/yr)

구분	Year				
	2015	2016	2017	2018	2019
주거용	61,113	62,587	65,622	69,214	67,467
상업용	44,421	44,290	47,240	49,559	48,607
문교사회용	12,507	12,976	13,245	13,851	14,043
건물부문 총량	118,041	119,853	126,107	132,624	130,117
비건물부문 총량	156,378	162,287	163,132	168,059	167,569



[그림 2-1] 건물부문과 비건물부문의 온실가스 배출 총량



[그림 2-2] 건물부문과 비건물부문의 온실가스 배출 비율

- [그림 2-2]와 같이, 건물부문과 비건물부문의 온실가스 배출 비율은 매년 유사하였음. 전기사용에 의한 온실가스의 경우에는, 약 39%가 건물부문에서 배출되며 도시가스는 약 63%가 건물부문에서 배출되었으며, 지역난방의 경우에는 대부분(90%)이 건물부문에서 배출되는 것으로 확인됨
- [그림 2-3]과 같이, 에너지원에 따라 구분하더라도 5년간 에너지사용량의 증가 추세는 모든 에너지원과 건물용도에서 동일함



[그림 2-3] 용도 대분류에 따른 에너지원별 온실가스 배출 총량 (천tCO_{2e})

㉔ 지역에 따른 온실가스 배출 현황 및 특성

- <표 2-8>과 <표 2-9>는 각 17개 광역시도에 따른 온실가스 배출 총량과 단위면적당 온실가스배출량 제시
 - 온실가스 배출 총량 측면에서 경기도와 서울은 압도적으로 많은 양의 온실가스를 배출하였으며, 단위면적당 온실가스 배출량 측면에서는 경기, 서울, 인천이 상대적으로 높은 결과를 보임

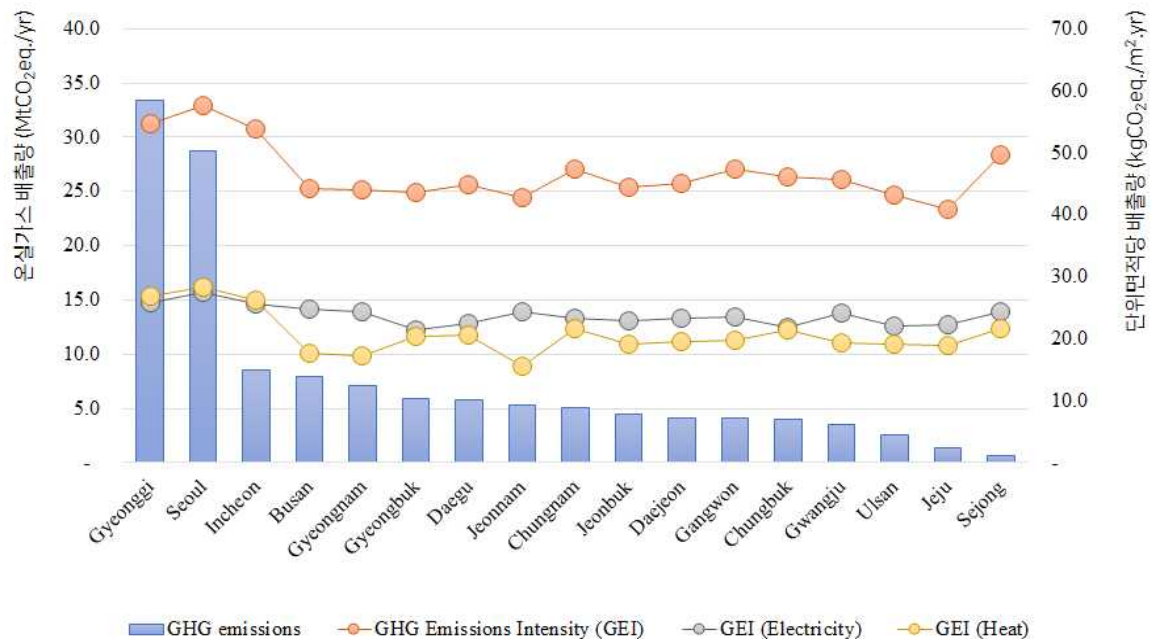
<표 2-8> 17개 시도에 따른 건물부문 온실가스 배출 총량 (천tCO_{2e})

지역	2015	2016	2017	2018	2019
강원도	3,621	3,670	3,811	4,130	4,000
경기도	28,796	29,543	31,255	33,416	33,146
경상남도	6,504	6,619	6,831	7,142	7,061
경상북도	5,363	5,476	5,638	5,933	5,751
광주광역시	3,171	3,230	3,375	3,509	3,440
대구광역시	5,287	5,399	5,564	5,806	5,641
대전광역시	3,833	3,874	3,943	4,146	4,044
부산광역시	7,208	7,316	7,586	7,896	7,710
서울특별시	26,807	26,662	27,867	28,681	27,683
세종특별자치시	385	406	538	630	694
울산광역시	2,327	2,388	2,423	2,493	2,489
인천광역시	6,227	6,476	7,765	8,524	8,748
전라남도	5,226	4,975	5,148	5,294	4,864
전라북도	4,022	4,327	4,388	4,505	4,379
제주특별자치도	1,157	1,240	1,359	1,407	1,436
충청남도	4,514	4,606	4,808	5,071	4,991
충청북도	3,594	3,644	3,808	4,040	4,039

<표 2-9> 17개 시도에 따른 건물부문 단위면적당 온실가스 배출량 (kgCO_{2e}/㎡)

지역	2015	2016	2017	2018	2019
강원도	44.7	45.4	45.6	47.4	44.9
경기도	52.3	52.7	52.7	54.7	51.1
경상남도	43.2	43.6	42.5	44.0	40.8
경상북도	43.1	42.7	41.9	43.7	40.2
광주광역시	42.8	43.5	43.6	45.6	43.8
대구광역시	42.7	43.3	42.4	45.0	42.8
대전광역시	43.3	43.1	42.9	45.1	42.6
부산광역시	41.5	42.4	42.0	44.2	41.5
서울특별시	54.4	55.5	55.6	57.5	54.3
세종특별자치시	45.5	48.9	48.8	49.7	46.6
울산광역시	43.9	44.0	42.9	43.2	39.6
인천광역시	50.1	50.8	51.9	53.9	50.2
전라남도	39.7	41.0	41.1	42.8	41.5
전라북도	40.2	42.8	43.1	44.5	42.2
제주특별자치도	28.9	31.0	36.0	35.0	34.0
충청남도	46.0	46.6	46.4	47.4	44.5
충청북도	42.2	43.0	43.5	46.0	43.5

- [그림 2-4]는 2018년에 대한 온실가스 배출 총량과 단위면적당 온실가스 배출 현황을 보여줌
- 전기사용에 따른 단위면적당 온실가스 배출량은 지역에 따라 큰 차이가 없는 반면, 열(도시가스 및 지역난방) 사용에 따른 온실가스 배출량은 상당한 차이가 확인됨
- 특히 경기, 서울, 인천은 열에 의한 온실가스 배출량이 전기에 의한 결과보다 상대적으로 컸으나, 나머지 지역은 모두 전기에 의한 온실가스 배출량이 높게 나타남



[그림 2-4] 지역별 온실가스 배출 총량 및 단위면적당 온실가스 배출량

㉓ 건물유형 따른 온실가스 배출 현황 및 특성

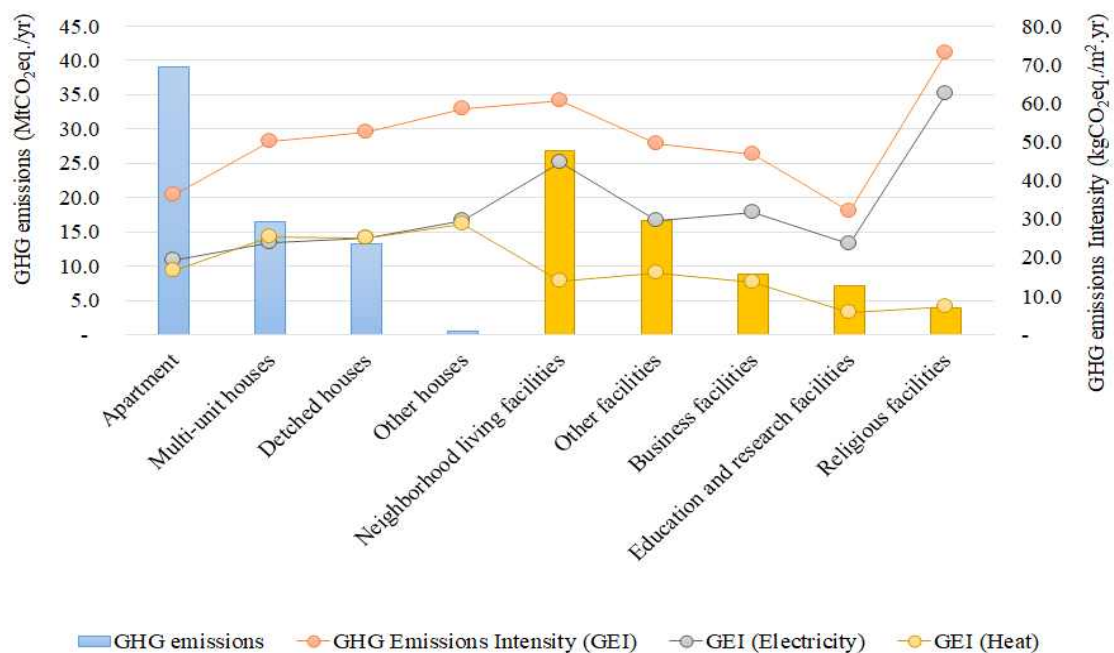
- <표 2-10>과 <표 2-11>은 본 연구에서 정의한 9가지 건물 유형에 따른 온실가스 배출 현황을 보여줌
- 주거용 건물은 아파트로부터 가장 많은 온실가스가 배출(약 56%)되었으며, 단위면적당 온실가스 배출량은 아파트에서 가장 낮았음
- 주거용 건물 중 아파트가 가장 큰 감축 잠재량을 가져 우선적인 감축 정책이 적용되어야 하지만, 상대적으로 단위면적당 온실가스 배출량이 높은 단독주택과 공동주택에 대한 감축정책의 마련도 필요하다는 사실을 보여줌
- 비주거 건물에서는 근린생활시설이 가장 많은 양의 온실가스를 배출하고 단위면적당 온실가스 배출량 측면에서는 판매시설이 가장 큼
- 에너지원별로 구분하여 살펴보면([그림 2-5]), 주거용 건물은 전기와 열(도시가스+지역난방)의 사용 비율이 거의 유사한 반면, 비주거용 건물은 전기사용에 따른 온실가스 배출량의 비중이 매우 큼
- 특히, 판매시설의 경우에는 열에너지 사용에 의한 배출량을 가장 작고 전력 사용에 의한 배출량을 모든 건물유형에서 가장 큰 결과가 확인됨

〈표 2-10〉 건물유형에 따른 건물부문 온실가스 배출 총량 (천tCO_{2e})

건물유형	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년
단독주택	13,152	13,023	12,950	13,271	12,582
아파트	33,215	34,265	36,851	38,993	38,366
공동주택	14,386	14,914	15,403	16,495	16,029
기타주택	360	385	418	465	491
근린생활시설	24,429	24,679	25,689	26,780	26,350
업무시설	8,032	7,552	8,427	8,834	8,442
판매시설	3,714	3,567	3,919	3,938	3,912
교육연구시설	6,599	6,940	6,882	7,189	7,317
기타비주거건물	14,155	14,528	15,569	16,669	16,629

〈표 2-11〉 건물유형에 따른 건물부문 단위면적당 온실가스 배출량 (kgCO_{2e}/m²)

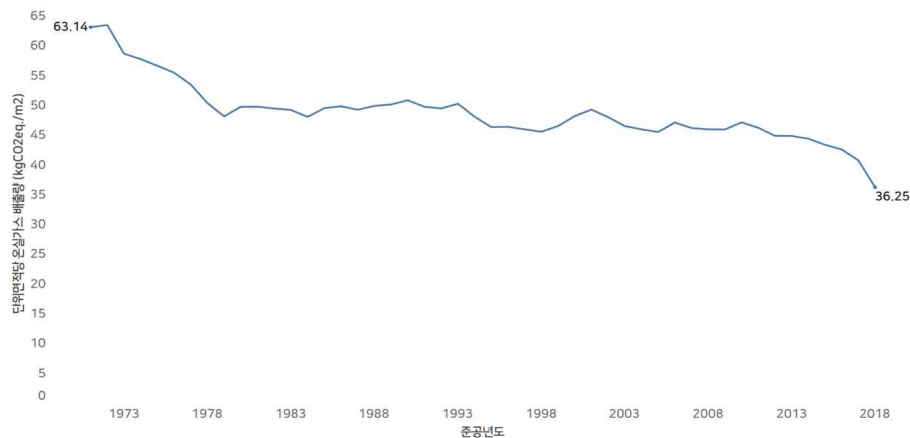
건물유형	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년
단독주택	49.8	50.5	50.2	52.4	49.0
아파트	35.0	35.3	34.9	36.2	34.4
공동주택	48.0	48.6	48.4	50.1	47.2
기타주택	56.6	57.3	57.1	58.6	55.4
근린생활시설	58.8	59.9	59.5	60.7	57.6
업무시설	47.3	47.5	46.8	46.6	43.2
판매시설	73.0	74.6	72.1	73.0	68.4
교육연구시설	30.9	31.3	31.3	32.0	30.1
기타비주거건물	48.1	48.4	48.1	49.4	46.3



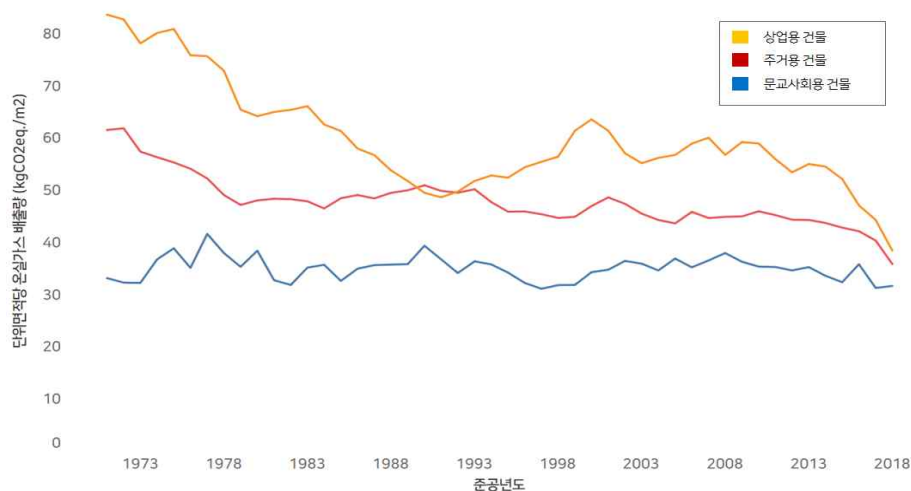
[그림 2-5] 건물 유형별 온실가스 배출 총량 및 단위면적당 온실가스 배출량(2019년 기준)

⑤ 준공년도에 따른 온실가스 배출 현황 및 특성

- [그림 2-6]과 같이, 1971년 이후 준공된 건물은 최근의 건물일수록 적은 양의 온실가스를 배출하였으며, 2018년 준공된 건물은 1971년에 준공된 건물과 비교하여 43%의 감소율이 확인됨
- [그림 2-7]은 2019년 온실가스 배출량을 기준으로 준공년도에 따른 건물부문의 단위면적당 온실가스 배출현황을 분석한 결과임
 - 단위면적당 온실가스 배출량은 대표용도(주거용, 상업용, 문교사회용 건물)에 따라 큰 차이를 나타냄
 - 주거용 건물에 비해 상업용 건물의 단위면적당 온실가스 배출량은 상당히 높게(평균 약 24.6% 증가) 나타난 반면, 문교사회용 건물은 상대적으로 작았음(평균 약 36.2% 감소)
 - 문교·사회용 건물은 준공년도와 관계없이 거의 일정하며 가장 작은 값을 보였으며, 상업용 건물은 가장 많은 온실가스를 배출하지만 준공년도에 따라 감소 추세가 가장 큼
- 한편, 1998년부터 2000년 사이에 준공된 건물은 건물일수록 에너지효율이 우수할 것이라는 기대와는 반대되는 최근의 건물일수록 단위면적당 온실가스 배출량이 오히려 증가하는 현상이 확인됨



[그림 2-6] 준공년도에 따른 건물부문 단위면적당 온실가스 배출량(2019년 기준)



[그림 2-7] 준공년도에 따른 대표 용도별 단위면적당 온실가스 배출량

② 모형 개발을 위한 건물부문 온실가스 배출 현황 data set 구축

㉠ 기존 통계와의 정합성 검토

㉡ 건물정보 통계와의 정합성 검토

- “국가건물에너지 통합DB”는 “건축행정시스템”으로부터 건축물대장 데이터를 수집하기 때문에, 건축물 데이터의 정합성을 확인하기 위하여 건축물 통계의 결과와 비교·분석을 시행함
- [그림 2-8]은 2015년에 대한 비교결과를 보여줌. 동수와 연면적을 기준으로 각각 -0.2%, -0.9%의 오차율이 확인되었으며, 이는 충분한 수준의 정합성을 가진다는 사실을 의미함. 다만, 동일한 데이터를 바탕으로 하더라도 불구하고 약간의 차이가 발생하는 이유는 데이터의 수집 시점 이후 발생한 변동사항 등이 원인인 것으로 판단됨



[그림 2-8] 건축물 데이터에 대한 정합성 검토 결과

㉢ 건물부문 범위 정의

- “에너지통계연보”나 “국가 온실가스 인벤토리보고서” 등에서는 에너지 사용을 위한 계약 용도를 기준으로 에너지사용량을 구분함. 예를 들어, 한국전력의 경우에는 주택용(주거용), 주택용(비주거용), 일반용, 일반용(사회복지시설), 교육용, 산업용, 농사용, 가로등용 등으로 전기의 계약용도를 구분하며,⁵⁾ 이러한 에너지 용도를 바탕으로 에너지사용량 통계를 작성함. 즉, 건물부문(가정/상업)의 에너지사용량 역시 에너지용도를 기준으로 구분된 결과임
- 반면, 본 연구는 건물을 기준으로 건물부문의 에너지사용량 및 온실가스 배출 현황을 분석하는 것을 목표로 함. “국가건물에너지 통합DB”는 아파트나 업무용 건물뿐만 아니라 공장이나 창고와 같은 모든 용도의 건축물에 대한 정보를 포함하지만, 공장과 같은 건물은 산업용 건물로 구분되며 산업용 에너지로 구분되는 것이 타당함
- 국가 온실가스 감축목표에서는 건물부문을 산업 등의 다른 부문과 명확하게 구분하고 있기 때문에, 건물부문에서의 온실가스 감축을 지원하기 위한 배출현황 현황 및 특성 분석의 대상은 명확하게 정의될

5) 실제로는 에너지 계약용도는 에너지 공급업체별로 상이하고, 통계작성을 위한 용도의 정의과정에서는 담당자의 현장방문 등을 통해 수용가 시설을 확인하고 결정된다고 하며, 에너지계약용도와 정확하게 일치하지는 않는 것으로 확인되었다.

필요가 있음

㉔ 에너지사용량 데이터의 정합성 검토

- 2015년 에너지수급통계와 비교·분석을 통해 “국가건물에너지 통합DB”에 구축된 에너지사용량 데이터의 정합성을 검토함
- [표 2-12]와 같이, 전기사용량은 0.17%의 오차율을 보였으며 건물부문(가정·사업)으로 한정하더라도 0.24%의 낮은 오차율이 확인됨. 다만, 앞서 언급한 바와 같이 데이터 수집 이후 발생한 변동사항으로 동일한 기관(업체)로부터 데이터를 수집했음에도 불구하고 다소간의 차이가 확인됨
- 도시가스사용량은 0.97%의 오차율이 나타났으며, 건물부문(가정·사업)으로 한정하면 -0.43%의 오차율이 확인됨. 전기에 다소 높은 오차율이지만 전체적으로 크게 오차는 없는 것으로 확인됨. 지역난방 사용량은 에너지통계연보에 비해 1.17% 큰 것으로 확인되었으나, 건물부문(가정·사업)으로 한정할 경우 -5.51%로 높은 오차율이 확인됨
- 비록, 건물부문만을 한정할 경우 다소 높은 오차율을 나타내지만, 이러한 결과는 “국가건물에너지 통합DB”가 기존 통계와 충분한 수준의 정합성을 가진다는 사실을 보여주는 결과임

〈표 2-12〉 국가건물에너지 통합DB와 에너지 통계연보의 전기에너지 소비량 비교(2015년 기준)

구분		통합DB(천toe)	통계연보(천toe)	오차율(%)
전기	전체	41,665	41,594	0.17%
	가정/사업	16,058	16,020	0.24%
도시가스	전체	20,588	20,390	0.97%
	가정/사업	12,606	12,661	-0.43%
지역난방	전체	1,990	1,967	1.17%
	가정/사업	1,766	1,869	-5.51%

㉕ 건물부문 에너지사용량의 비교

- 건물의 용도구분 기준은 다양하지만, 정책적 활용성을 높이기 위해서는 건축물통계에서 규정하는 건물 용도를 바탕으로 에너지사용량을 구분하여 에너지수급통계의 건물부문 에너지사용량과의 비교결과를 제시하였음
- [그림 2-9]와 같이, 전기사용량은 -0.9%의 오차율을 가지는 것으로 나타났으며, 도시가스와 지역난방은 각각 3.2%와 -3.5%로 전기에 비해 다소 높은 차이를 가지는 것으로 나타남
- 건축물 정보와의 매칭이 불가능한 에너지사용량이 전체의 약 20%이고 도시가스는 8.5%임에도 불구하고, 건물부문(주거용, 상업용, 문교사회용 건물)에서 사용된 에너지만을 한정할 경우 거의 차이가 없다는 결과를 보여줌. 이는 매칭이 불가능한 에너지사용량의 대부분은 건물부문이 아닌 타 부문과 관련되어 있다는 것을 의미함



[그림 2-9] 통계연보와 통합DB의 건물부문 에너지사용량 비교 결과

- 본 연구는 건축물통계에서 주거용, 상업용, 문교사회용으로 정의하는 건물을 건물부문의 온실가스 배출 현황 분석을 위한 대상으로 정의하였음. 이들 건물에서 사용하는 에너지는 건물부문의 운영단계에서의 에너지사용량을 의미함

〈표 2-13〉 국가건물에너지 통합DB 기반 건물 용도별 에너지 소비 현황 (2015년 기준)

구분	전기(toe)	도시가스(toe)	지역난방(toe)	총에너지사용량 (toe)
주거용	7,038	8,987	1,583	17,608
상업용	6,962	2,979	151	10,092
문교사회용	1,871	1,036	69	2,976
공업용	15,601	4,962	8	20,571
기타	1,837	648	112	2,597
매칭불가	8,356	1,734	67	10,157
합계	41,665	20,346	1,990	64,001

㉔ Data-set 구성 테이블

㉔ Full Data-set 변수 구성

No.	컬럼명	타입
1	건물 고유번호	VARCHAR2
2	정상건물 여부	CHAR
3	기후지역	VARCHAR2
4	시도	VARCHAR2
5	시군구	VARCHAR2
6	건물부문 여부	VARCHAR2
7	건물유형	VARCHAR2
8	건물용도	VARCHAR2
9	건물 상세용도	VARCHAR2
10	분석용 건물용도	VARCHAR2
11	준공년도	VARCHAR2
12	준공년도 구간	CHAR
13	연면적	NUMBER
14	전용면적	NUMBER
15	세대수	NUMBER
16	동수	NUMBER
17	에너지사용 년도	VARCHAR2
18	연간_전기_에너지사용량	NUMBER
19	연간_가스_에너지사용량	NUMBER
20	연간_지역난방_에너지사용량	NUMBER
21	연간_총_에너지사용량	NUMBER
22	연간_전기_온실가스배출량	NUMBER
23	연간_가스_온실가스배출량	NUMBER
24	연간_지역난방_온실가스배출량	NUMBER
25	연간_총에너지_온실가스배출량	NUMBER
26	단위면적당_연간_전기_에너지사용량	NUMBER
27	단위면적당_연간_가스_에너지사용량	NUMBER
28	단위면적당_연간_지역난방_에너지사용량	NUMBER
29	단위면적당_연간_총_에너지사용량	NUMBER
30	단위면적당_연간_전기_온실가스배출량	NUMBER
31	단위면적당_연간_가스_온실가스배출량	NUMBER
32	단위면적당_연간_지역난방_온실가스배출량	NUMBER
33	단위면적당_연간_총에너지_온실가스배출량	NUMBER

⑤ 요약 Data-set 변수 구성

- 용도 대분류에 따른 에너지사용 현황

건물용도 대분류	에너지 사용년도	에너지사용량 (천toe/yr)				단위면적당 에너지사용량 (kgoe/㎡.yr)			
		전기	도시가스	지역난방	총에너지	전기	도시가스	지역난방	총에너지
주거용	2015	7,038	8,987	1,583	17,609	4.5	10.8	0.0	15.6
상업용	2015	6,962	2,979	151	10,092	8.0	6.2	0.0	15.0
교육·사회용	2015	1,871	1,036	69	2,976	4.0	5.0	0.0	10.0
주거용	2016	7,181	9,260	1,632	18,073	4.5	10.9	0.0	15.8
상업용	2016	6,963	2,911	156	10,029	8.1	6.3	0.0	15.3
교육·사회용	2016	1,940	1,077	72	3,089	4.1	5.0	0.0	10.2
주거용	2017	7,530	9,644	1,764	18,938	4.4	11.2	0.0	15.9
상업용	2017	7,420	3,087	195	10,702	8.0	6.4	0.0	15.2
교육·사회용	2017	1,980	1,093	79	3,153	4.1	5.0	0.0	10.2
주거용	2018	7,841	10,423	1,862	20,126	4.4	11.8	0.0	16.7
상업용	2018	7,771	3,245	224	11,241	8.0	6.7	0.0	15.6
교육·사회용	2018	2,075	1,134	81	3,290	4.2	5.2	0.0	10.5
주거용	2019	7,677	10,085	1,805	19,566	4.2	11.0	0.0	15.6
상업용	2019	7,616	3,181	235	11,032	7.7	6.2	0.0	14.7
교육·사회용	2019	2,121	1,107	84	3,308	4.0	4.7	0.0	9.8

- 용도 대분류에 따른 온실가스 배출 현황

건물용도 대분류	에너지 사용년도	온실가스 배출량 (천tCO _{2e} /yr)				단위면적당 온실가스배출량 (kgCO _{2e} /㎡.yr)			
		전기	도시가스	지역난방	총배출량	전기	도시가스	지역난방	총배출량
주거용	2015	38,157	19,000	3,956	61,113	4.5	10.8	0.0	15.6
상업용	2015	37,746	6,298	378	44,421	8.0	6.2	0.0	15.0
교육·사회용	2015	10,145	2,191	171	12,507	4.0	5.0	0.0	10.0
주거용	2016	38,931	19,577	4,079	62,587	4.5	10.9	0.0	15.8
상업용	2016	37,748	6,153	389	44,290	8.1	6.3	0.0	15.3
교육·사회용	2016	10,519	2,277	179	12,976	4.1	5.0	0.0	10.2
주거용	2017	40,824	20,389	4,409	65,622	4.4	11.2	0.0	15.9
상업용	2017	40,226	6,527	487	47,240	8.0	6.4	0.0	15.2
교육·사회용	2017	10,735	2,312	198	13,245	4.1	5.0	0.0	10.2
주거용	2018	42,509	22,054	4,652	69,214	4.4	11.8	0.0	16.7
상업용	2018	42,132	6,866	561	49,559	8.0	6.7	0.0	15.6
교육·사회용	2018	11,247	2,401	203	13,851	4.2	5.2	0.0	10.5
주거용	2019	41,619	21,338	4,509	67,467	4.2	11.0	0.0	15.6
상업용	2019	41,288	6,731	588	48,607	7.7	6.2	0.0	14.7
교육·사회용	2019	11,499	2,334	211	14,043	4.0	4.7	0.0	9.8

● 건물유형에 따른 에너지사용 현황

건물용도 대분류	에너지 사용년도	에너지사용량 (천toe/yr)				단위면적당 에너지사용량 (kgoe/㎡.yr)			
		전기	도시가스	지역난방	총에너지	전기	도시가스	지역난방	총에너지
단독주택	2015	2,017	1,048	1	3,066	4.7	10.5	0.0	15.8
아파트	2015	3,433	5,065	1,559	10,057	3.5	7.3	0.0	10.9
공동주택	2015	1,545	2,820	20	4,385	4.4	11.0	0.0	15.6
기타주택	2015	44	55	2	101	5.4	12.4	0.0	18.0
근린생활시설	2015	3,992	1,295	19	5,306	8.1	6.1	0.0	15.0
업무시설	2015	1,262	457	90	1,809	6.3	5.9	0.0	12.7
판매시설	2015	602	184	25	811	11.7	3.4	0.0	15.7
교육연구시설	2015	1,000	518	34	1,551	4.1	2.8	0.0	7.9
기타비주거건물	2015	1,978	1,562	51	3,591	5.4	7.2	0.0	13.7
단독주택	2016	1,987	1,064	1	3,052	4.7	10.8	0.0	16.1
아파트	2016	3,550	5,202	1,608	10,360	3.6	7.4	0.0	11.0
공동주택	2016	1,596	2,936	22	4,554	4.4	11.1	0.0	15.8
기타주택	2016	47	59	1	107	5.5	12.6	0.0	18.3
근린생활시설	2016	4,054	1,251	23	5,328	8.2	6.3	0.0	15.3
업무시설	2016	1,175	452	92	1,718	6.3	6.1	0.0	12.8
판매시설	2016	576	180	25	781	12.0	3.3	0.0	16.1
교육연구시설	2016	1,049	552	35	1,636	4.2	2.8	0.0	7.9
기타비주거건물	2016	2,050	1,553	53	3,656	5.5	7.2	0.0	13.8
단독주택	2017	1,966	1,081	2	3,049	4.6	11.0	0.0	16.1
아파트	2017	3,899	5,380	1,736	11,014	3.5	7.4	0.0	11.0
공동주택	2017	1,615	3,115	25	4,755	4.3	11.4	0.0	16.0
기타주택	2017	50	68	1	119	5.3	13.0	0.0	18.5
근린생활시설	2017	4,216	1,308	28	5,551	8.1	6.3	0.0	15.3
업무시설	2017	1,307	497	116	1,920	6.0	6.0	0.0	12.6
판매시설	2017	632	198	30	860	11.6	3.2	0.0	15.7
교육연구시설	2017	1,038	548	39	1,624	4.2	2.7	0.0	7.9
기타비주거건물	2017	2,207	1,630	63	3,899	5.4	7.2	0.0	13.7
단독주택	2018	1,994	1,159	4	3,157	4.6	11.9	0.0	17.1
아파트	2018	4,085	5,789	1,836	11,711	3.6	7.8	0.0	11.5
공동주택	2018	1,707	3,388	28	5,123	4.4	11.9	0.0	16.6
기타주택	2018	54	78	2	134	5.4	13.5	0.0	19.0
근린생활시설	2018	4,388	1,374	34	5,795	8.2	6.6	0.0	15.7
업무시설	2018	1,356	539	137	2,032	5.8	6.4	0.0	12.7
판매시설	2018	634	201	32	866	11.5	3.4	0.0	16.1
교육연구시설	2018	1,087	565	40	1,692	4.3	2.7	0.0	8.0
기타비주거건물	2018	2,382	1,698	64	4,144	5.5	7.5	0.0	14.1
단독주택	2019	1,882	1,114	8	3,004	4.4	11.0	0.0	15.9
아파트	2019	4,069	5,615	1,771	11,454	3.4	7.3	0.0	10.8
공동주택	2019	1,669	3,272	24	4,965	4.2	11.1	0.0	15.6
기타주택	2019	57	84	1	143	5.2	12.6	0.0	17.9
근린생활시설	2019	4,301	1,388	40	5,728	7.9	6.1	0.0	14.9
업무시설	2019	1,289	521	141	1,951	5.3	6.1	0.0	11.9
판매시설	2019	633	190	31	854	10.9	3.0	0.0	15.0
교육연구시설	2019	1,120	543	39	1,702	4.1	2.5	0.0	7.5
기타비주거건물	2019	2,395	1,642	68	4,105	5.2	6.9	0.0	13.2

● 건물유형에 따른 온실가스 배출 현황

건물용도 대분류	에너지 사용년도	온실가스 배출량 (천tCO _{2e} /yr)				단위면적당 온실가스배출량 (kgCO _{2e} /㎡.yr)			
		전기	도시가스	지역난방	총배출량	전기	도시가스	지역난방	총배출량
단독주택	2015	10,934	2,214	4	13,152	25.4	22.3	0.0	49.8
아파트	2015	18,611	10,708	3,896	33,215	19.2	15.4	0.0	35.0
공동주택	2015	8,375	5,961	51	14,386	23.8	23.3	0.0	48.0
기타주택	2015	237	117	6	360	29.5	26.3	0.0	56.6
근린생활시설	2015	21,644	2,737	48	24,429	43.8	13.0	0.0	58.8
업무시설	2015	6,840	966	226	8,032	34.3	12.4	0.0	47.3
판매시설	2015	3,262	388	63	3,714	63.5	7.1	0.0	73.0
교육연구시설	2015	5,420	1,094	85	6,599	22.1	6.0	0.0	30.9
기타비주거건물	2015	10,725	3,303	127	14,155	29.4	15.2	0.0	48.1
단독주택	2016	10,770	2,249	4	13,023	25.6	22.8	0.0	50.5
아파트	2016	19,248	10,998	4,019	34,265	19.4	15.6	0.0	35.3
공동주택	2016	8,655	6,205	54	14,914	24.1	23.6	0.0	48.6
기타주택	2016	257	125	2	385	30.0	26.7	0.0	57.3
근린생활시설	2016	21,978	2,645	57	24,679	44.7	13.2	0.0	59.9
업무시설	2016	6,368	955	229	7,552	33.9	12.8	0.0	47.5
판매시설	2016	3,125	380	63	3,567	65.1	7.0	0.0	74.6
교육연구시설	2016	5,685	1,167	88	6,940	22.7	5.9	0.0	31.3
기타비주거건물	2016	11,112	3,284	132	14,528	29.6	15.3	0.0	48.4
단독주택	2017	10,660	2,285	5	12,950	24.7	23.2	0.0	50.2
아파트	2017	21,139	11,376	4,337	36,851	18.9	15.7	0.0	34.9
공동주택	2017	8,754	6,586	63	15,403	23.3	24.1	0.0	48.4
기타주택	2017	271	143	4	418	28.9	27.5	0.0	57.1
근린생활시설	2017	22,855	2,766	69	25,689	44.1	13.3	0.0	59.5
업무시설	2017	7,088	1,050	289	8,427	32.5	12.8	0.0	46.8
판매시설	2017	3,424	419	75	3,919	62.7	6.7	0.0	72.1
교육연구시설	2017	5,628	1,158	96	6,882	22.8	5.8	0.0	31.3
기타비주거건물	2017	11,966	3,446	156	15,569	29.1	15.2	0.0	48.1
단독주택	2018	10,809	2,452	10	13,271	25.1	25.1	0.0	52.4
아파트	2018	22,148	12,257	4,588	38,993	19.3	16.5	0.0	36.2
공동주택	2018	9,257	7,168	70	16,495	23.8	25.2	0.0	50.1
기타주택	2018	295	165	4	465	29.5	28.6	0.0	58.6
근린생활시설	2018	23,789	2,907	85	26,780	44.7	14.0	0.0	60.7
업무시설	2018	7,351	1,141	341	8,834	31.6	13.5	0.0	46.6
판매시설	2018	3,435	425	79	3,938	62.6	7.2	0.0	73.0
교육연구시설	2018	5,892	1,196	101	7,189	23.5	5.7	0.0	32.0
기타비주거건물	2018	12,913	3,595	161	16,669	29.6	16.0	0.0	49.4
단독주택	2019	10,205	2,357	19	12,582	23.6	23.3	0.0	49.0
아파트	2019	22,058	11,881	4,426	38,366	18.6	15.4	0.0	34.4
공동주택	2019	9,046	6,922	60	16,029	22.6	23.4	0.0	47.2
기타주택	2019	310	178	4	491	28.2	26.7	0.0	55.4
근린생활시설	2019	23,315	2,935	99	26,350	42.7	13.0	0.0	57.6
업무시설	2019	6,987	1,102	354	8,442	28.7	12.8	0.0	43.2
판매시설	2019	3,432	403	78	3,912	58.9	6.4	0.0	68.4
교육연구시설	2019	6,070	1,150	98	7,317	22.3	5.4	0.0	30.1
기타비주거건물	2019	12,983	3,475	170	16,629	28.0	14.6	0.0	46.3

③ 국내외 온실가스 배출전망 및 감축잠재량 분석 사례 조사

㉓ 조사 개요

- 국내 온실가스 배출 전망과 감축량 산정 방법론과 내용 등을 참고하기 위해 국내외에서 연구한 문헌을 찾아 사례 조사 수행
- 14건의 국내 문건과 독일, 미국, 프랑스 등 8개 국가의 13건의 문건을 바탕으로 사례 조사를 진행함
 - 국내 문헌의 경우 건물·온실가스, 온실가스·감축을 키워드로 설정하여 검색하였고, 해외 문헌의 경우 building, GHG, reduction, energy, forecasting, emission을 키워드로 하여 검색을 진행. 구글 등 포털사이트의 학술 검색과 대학교 내 논문 검색 사이트를 바탕으로 하였으며, 2010년 이후 발간된 논문만을 선택
- 위의 방법을 통해 선택된 국내외 문헌 자료를 바탕으로 배출량 산정 개요, 배출량 산정 방법, 산정 분야, 산정 시 적용 지표, 배출 감축 목표, 배출 감축잠재량 등을 활용 요소로 선택하여 위 요소를 추출

㉔ 국내 사례 조사

- 국내 연구 문헌의 경우 국가기관에서 연구한 자료 6건, 지자체에서 연구한 자료 2건, 대학 및 연구소에서 연구한 6건의 자료를 바탕으로 총 14건의 국가 자료 조사 진행
- 국가기관에서 연구한 6건의 자료 중 6건 모두 배출량 산정에 대한 값을 제공하였으나 그 중 2건에서만 감축 잠재량을 산정하였으며, 지자체에서 연구한 자료의 경우 1건만이 감축잠재량 산정. 대학 및 연구소에서 연구한 자료의 경우 6건 모두 배출량을 산정하였으나 2건만 감축 잠재량 산정

분류	보고서명	연구기관	산정부문	기준년도	예측년도	배출량 전망	감축잠재량 산정
국가기관	MESSAGE모형을 이용한 부문별 온실가스 감축잠재량 분석	온실가스종합정보센터	전력, 정유, 가정, 상업, 수송	2010	2050	○	○
	온실가스 감축잠재량 평가모델 구축 및 감축기반 연구	국립환경과학원	가정, 상업, 공공, 수송	2005	2030	○	○
	온실가스 감축에 따른 대구 경북권 경제적 영향 분석	에너지관리공단	산업	2006	-	○	X
	건축을 온실가스 배출량 산정방법에 관한 연구	한국건설기술연구원	건물(주거, 비주거)	2014	-	○	X
	건물부문 온실가스 감축 잠재량 모델분석을 위한 표준모델 DB 구축(1)	한국건설기술연구원	건물(가정, 공공 및 상업)	2013	2020	○	X
	도시 건축물 분야 온실가스 감축방향	국토연구원	산업, 건물, 수송	2005	-	○	X
지자체	지자체 온실가스 배출량 예측모델 연구	전북발전연구원	산업, 가정, 공공상업, 수송	2007	2020	○	X
	지역별 온실가스 감축잠재량 및 감축비용 분석	전남대학교 지역개발연구소	산업, 수송, 가정, 상업, 공공	2005	2020	○	○
대학 및 연구소	국내의 건축물 온실가스 배출현황과 관련 정책동향	건축도시공간연구소	주택, 상업, 공공, 수송	2009	-	○	X
	녹색건축 정책수립을 위한 건축물 온실가스 배출량 통계 구축 및 분석	건축도시공간연구소	주거, 상업, 공공, 교육, 공공	2010	2020	○	X
	LEAP모형을 이용한 가정 부문 온실가스 저감효과 분석	한국기후변화학회	가정	2009	2020	○	○
	상향식모형을 이용한 대학의 온실가스 감축잠재량 평가	세종대학교	대학 건물	2010	2020	○	○
	LEAP모형을 이용한 수원시의 가정부문 온실가스 저감 잠재량 평가	한양사이버대학교	가정	2012	2030	○	○
	LEAP모형을 이용한 대학 캠퍼스내의 온실가스 배출저감량 산정	신라대학교	대학교 내	2007~2009	2020	○	○

[그림 2-10] 국내 참고 문헌 목록

- 한국건설기술연구원에서 연구한 ‘건물부문 온실가스 감축 잠재량 모형분석을 위한 표준모델 DB 구축’에서는 2013년 에너지 총 조사를 바탕으로 건물부문에서의 온실가스 감축 잠재량 모형 개발을 위한 DB 구축을 목표로 하였으며 표준모델 데이터 구축 수행
- 국토연구원에서 연구한 ‘도시 건축물 분야 온실가스 감축방향’에서는 전체 온실가스 배출량 감소를 위해 도시, 건축물 분야에서의 온실가스 감축에 관한 방향성을 제시하였고 녹색도시와 저탄소형 녹색건축물 보급에 대해 서술
- 에너지관리공단에서 연구한 ‘온실가스 감축에 따른 대구 경북권 경제적 영향 분석’에서는 온실가스 감축이 국가 전체뿐 아니라 지역 경제에 어떤 영향을 미치는가를 분석하고자 하는 목표를 가지고 있으며, 이 분석을 바탕으로 경제적, 정책적 함의 제시
- 국립환경과학원에서 연구한 ‘온실가스 감축잠재량 평가모델 구축 및 감축기반 연구’에서는 온실가스 배출 전망 및 감축잠재량 평가모델 구축을 위한 주요국의 대응현황과 감축량 평가를 위한 분석체계, 지자체 단위에서 활용 가능한 배출전망 및 감축량 평가 방법론을 토대로 연구대상 지자체의 온실가스 배출량 전망 및 감축잠재량을 평가한 결과를 도출했음
- 적용기술 및 보급률에 따라 시나리오를 구분했고 강화된 대책들로 구성된 시나리오 2에서 감축잠재량은 6.4%, 시나리오 1에서의 감축잠재량은 4.3%로 분석
- 한국기후변화학회에서 연구한 ‘LEAP 모형을 이용한 가정 부문 온실가스 저감효과 분석’에서는 S시 가정 부문의 에너지 소비량 및 온실가스 배출현황과 온실가스 저감 대책에 따른 감축잠재량을 분석함
- LED 조명 보급, 에너지 대체 등 다양한 저감 대책을 검토하고 에너지 대체는 해당분야에서 약 6.8%의 감축효과를 보일 것으로 예측
- 한양사이버대학교 경영대학원에서 연구한 ‘LEAP 모형을 이용한 수원시의 가정부문 온실가스 저감 잠재량 평가’에서는 수원시의 에너지 수요 및 온실가스 저감 잠재량 분석을 실시하였고, 가정부문에서의 온실가스 배출 저감을 위해 에너지를 사용 용도별로 구분하여 2030년 저감 잠재량을 산출함. 고효율 전자 기기 확대, LED 사용, 그린리모델링 사업 등 다음 대책을 각각 적용한 3가지 시나리오로 결과 값을 산정했으며 그린리모델링 사업 적용 시 2030년 BAU 대비 322천 CO₂e톤을 절감 예측
- 건축도시공간연구소에서 진행한 ‘녹색건축 정책수립을 위한 건축물 온실가스 배출량 통계 구축 및 분석’에서는 2009년 기준 건물부문 온실가스 감축목표인 2020년 BAU 대비 26.9% 감축을 위해 새롭게 시행되고 있는 정책 및 제도를 검토함. 추가적으로 정책 및 제도에 대한 우선순위 선정과 개선안을 제시
- 세종대학교 환경에너지융합학과에서 연구한 ‘상향식 모형을 이용한 대학의 온실가스 감축 잠재량 평가’에서는 LEAP 모형을 이용하여 국내 대학을 대상으로 에너지 사용 및 온실가스 배출 현황과 감축 잠재량을 분석함
- 온실가스 감축 잠재량 예측을 위해 총 4가지의 시나리오를 이용하였고 에너지 감축활동이 없는 기준 시나리오, LED 조명을 사용한 시나리오, 고효율 기기 교체를 통한 저감 시나리오, LED 조명 사용 및 고효율 기기 교체를 동시에 진행한 시나리오로 구성. LED 조명과 고효율 기기 교체를 동시에 진행한 시나리오에서 2010년 대비 기준 2020년 43.7%를 감축할 것으로 예상

㉔ 해외 온실가스 배출 전망 및 감축잠재량 분석 사례 조사

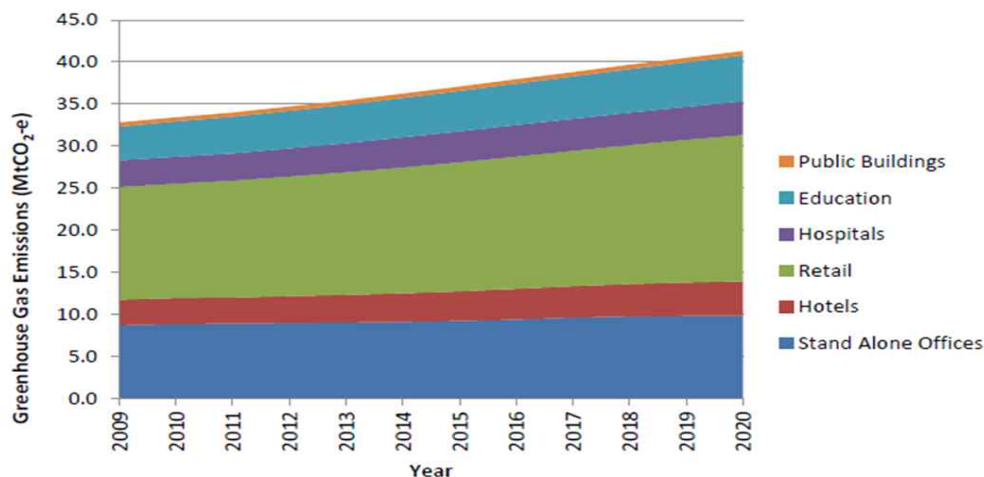
- 해외 연구 문헌의 경우 독일, 미국, 영국, 일본, 중국, 캐나다, 프랑스, 호주 8개국에서 연구된 총 13건의 자료를 바탕으로 자료 조사를 진행함. 대체로 국가의 온실가스 감축 목표에 따라 산정된 배출량 연구를 인용하여 이에 대한 실현 가능성과 관련 국가 정책에 대한 평가를 목적으로 함

연구 국가	보고서명	연구기관	산정부문	기준년도	예측년도	배출량 전망	감축잠재량 산정
독일	Germany 2050 a greenhouse gas-neutral Country	Umwelt Bundesmt	에너지, 수송, 산업, 농업, 폐수처리	1990	2050	○	○
미국	ACHIEVING THE U.S. 2025 EMISSIONS MITIGATION TARGET	Climate Adviser	미국내 전체	2005	2030	○	○
	Taking Stock 2017: Adjusting Expectations for US GHG Emissions	RHODIUM GROUP	교통, 건물, 산업	2005	2025	○	○
	THE U.S. GREENHOUSE GAS REDUCTION TARGETS	WORLD RESOURCES INSTITUTE	토지개발, 에너지, 농업, 산업, 폐기물	2005	2025	○	○
영국	Progress reducing emissions from buildings	Committee on Climate Change	건물	2012	-	○	×
	ENERGY CONSUMPTION IN THE UK	Department for Business, Energy & Industrial Strategy	수송, 건물, 산업	2016	-	○	×
일본	Japan's Climate Change Policies	Ministry of the Environment Government of Japan	건물, 산업, 교통, 에너지변환, 폐기물	2012	2050	○	○
중국, 독일, 미국	Buildings Energy Efficiency in China, Germany, and the United States	Climate Policy Initiative	건물	1995	2030	○	○
캐나다	Canada's Greenhouse Gas Emissions Projections	Environment and Climate Change Canada	자원, 건물, 농업, 수송, 전력과 열	2014	2030	○	○
프랑스	G20 TRANSITION TO A LOW CARBON ECONOMY	climate transparency	국가전체	1990	2030	○	○
호주	Baseline Energy Consumption and Greenhouse Gas Emissions In Commercial Buildings in Australia	Council of Australian Governments (COAG) National Strategy on Energy Efficiency	건물	1999	2020	○	○
	Australia's emissions projections 2016	department of the Environment and Energy, Australian	전력, 직접연소, 수송, 산업, 농업, 폐기물, 토지개발	1990	2030	○	○
	NATIONAL GREENHOUSE ACCOUNTS FACTORS Australian National Greenhouse Accounts	department of the Environment and Energy, Australian	에너지사용(연료), 산업, 농업, 폐기물, 토지개발	2008	-	○	○

[그림 2-11] 해외 참고 문헌 목록

- 독일에서 연구한 'Germany 2050 a greenhouse gas neutral country'에서는 독일환경부(UBA)의 국가 인벤토리 보고서에서 기술된 온실가스 감축 시나리오에 대한 분석을 진행하였고, 2050년까지 해당 국가의 온실가스 감축이 기술적으로 가능하다는 것을 입증하기 위해 작성
- 국가에서는 1990년 대비 2050년까지 95%의 온실가스 배출량을 감소시키는 것을 목표로 하였고, 해당 문헌에서는 에너지 공급이 100% 재생 가능 에너지로 전환되고 효율성이 향상된 기기가 사용된다는 가정 하에 이 목표가 기술적으로 가능할 것으로 판단
- 미국의 'Achieving the U.S. 2025 emissions mitigation target'에서는 미국정부가 2025년까지 온실가스 배출량을 26~28% 감축한다는 목표를 달성하기 위해 제안한 정책을 분석
 - low carbon sink나 정책을 이행하지 않을 시에 미국의 예상보다 11% 낮은 17%까지 감축할 수 있을 것으로 예상되며 국가의 정책을 잘 이행하고 차기 정부가 새로운 배출 감축 조치를 시행할 경우 26%까지 감축이 가능할 것으로 예상
- 미국의 'Taking stock 2017 : Adjusting expectations for US GHG emissions'은 2017년 트럼프 정부 이후 반영된 새로운 정책을 평가하는 것을 목표로 2005년 대비 2025년에는 15~18%의 온실가스 배출량이 감소되는 것에 비해 2030년에는 14~19%가 감소될 것으로 예측
- 영국의 'Progress reducing emissions from buildings'에서는 자국의 건물부문에서의 온실가스 배출과 에너지 소비에 대한 내용을 다루고 있으며, 2012년 기준 건물의 온실가스 배출량 분석 및 상업용 빌딩, 거주·비거주 빌딩, 저탄소 난방과 관련된 현황을 논하고 관련 정책 및 정책혁신의 필요성을 강조

- 일본의 'Japan's climate change policies'에서는 2013년 대비 2030년까지 26%의 온실가스 감축을 목표로 하는 일본정부의 정책을 평가하고 분석함
- 에너지 부문에서 2013년 기준 2030년 BAU 대비 13%의 온실가스를 감축하고, 전기 부문에서 2013년 기준 2030년 BAU 대비 17%의 온실가스를 감축할 것으로 예측
- 중국, 독일, 미국의 'Buildings energy efficiency in China, Germany and the US'에서는 각 국의 건물 에너지 소비량 및 효율 정책을 비교하고 건물 에너지 사용에 영향을 미치는 정책들 중 특히 신축, 건물 개보수, 장비, 운영의 측면을 중점적으로 분석
- 프랑스의 'G20 transition to a low carbon economy'에서는 타기관이 조사한 자료를 토대로 배출, 탈탄화, 기후 정책성과 및 기후 재원을 평가함. 저탄소화 성과를 과거와 현재 시점에서 분석하고 징후를 평가함. 프랑스 정부가 40%의 절감을 목표로 한 것에 비해 23~35%까지 절감이 가능할 것으로 예측
- 호주의 'Baseline energy consumption and greenhouse gas emissions in commercial buildings in Australia'에서는 호주의 상업용 건물에 대한 에너지 사용 및 관련 온실가스 배출량에 대한 정량적 정보의 효율성을 향상시키기 위한 목적으로 작성. 1999년부터 2020년까지의 온실가스 배출량 및 예상 배출량 보고



[그림 2-12] 호주 건물부문에서의 온실가스 예상 배출량 (출처: pitt&sherry)

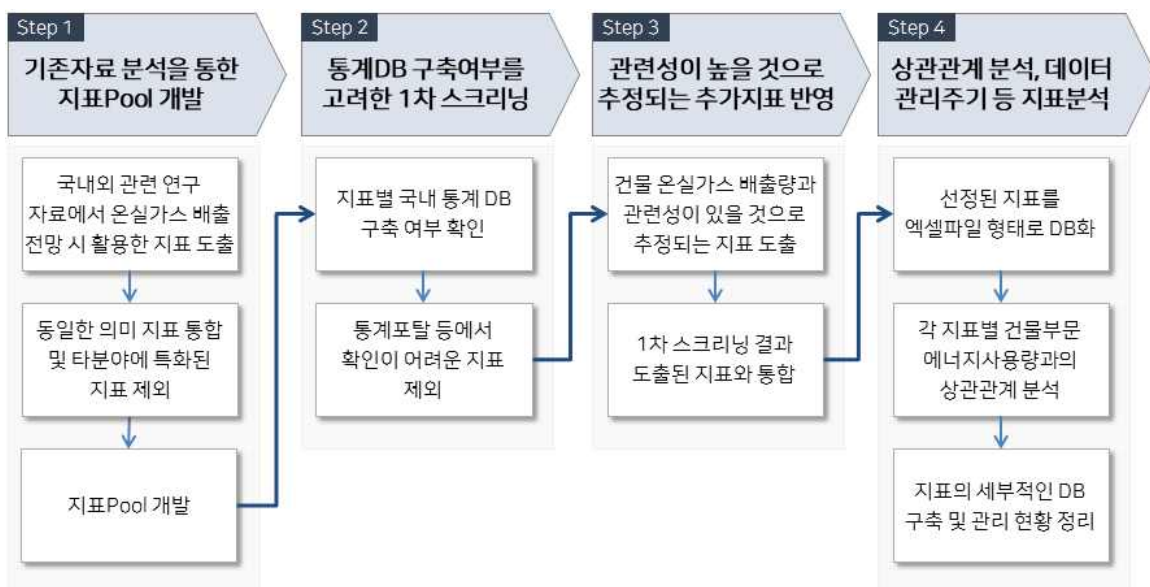
㉠ 시사점 도출

- 국내의 경우 대체로 2020년의 온실가스 배출량을 전망하였고, 해외의 경우 주로 2030년의 온실가스 배출량 산정
- 해외 연구 자료 13건 중 2건을 제외하고 총 11건에서 감축잠재량을 산정한 결과에 비해 국내 연구의 경우 총 5건에서만 감축잠재량을 산정하였고, 이는 국내연구가 해외연구에 비해 온실가스 감축잠재량 산정에 관한 연구 부족을 나타냄
- 국내 연구 문헌에서 건물부문을 중점으로 온실가스 배출량을 산정한 문헌은 단 3건으로, 이 중 2건은 배출량만을 산정하여 제시. 건물부문에 특화된 온실가스 배출량 산정 및 감축잠재량 연구는 부족

④ 건물 온실가스 배출전망을 위한 거시지표 조사

㉞ 거시지표 조사 방법 및 단계

- STEP 1: 배출전망 및 감축잠재량 분석을 위해 적용된 지표들의 활용 빈도수를 확인하여 지표 pool 개발. 동일한 의미를 나타내는 지표가 한 개 이상일 경우 한 개의 지표로 일원화하였으며, 산업 및 발전 등 타 분야에 특화된 지표의 경우에는 지표 pool에서 제외
- STEP 2: 개발된 지표 pool에 포함된 각 지표들의 활용도를 확인하는 것으로 1차 스크리닝 진행. 국가 통계 데이터를 제공하는 KOSIS 국가통계포털⁶⁾, 국가 에너지통계종합정보시스템⁷⁾, e-나라지표⁸⁾에 데이터가 존재하지 않거나 건물에너지 사용량에 영향을 주지 않아 활용이 어려울 것으로 예상되는 지표들을 제외
- STEP 3: 1차 스크리닝 된 지표 외에 추가로 모형에 적용할 수 있는 지표 추가 조사. 국가통계포털에서 건물 온실가스 배출량과 관련성이 있을 것으로 추정되는 지표를 도출하여 1차 스크리닝 된 지표와 통합하여 최종 지표 pool 개발
- STEP 4: 최종 지표 pool에 포함되어 있는 지표들은 에너지경제연구원에서 매년 발간하는 에너지통계 연보 내의 건물에너지 온실가스 배출량과 상관관계 분석. 상관관계 분석 결과를 통해 유의미한 지표를 제시하였으며, 추가로 해당 지표들의 관리 현황에 대한 조사를 수행



[그림 2-13] 거시지표 조사 흐름도

6) <http://kosis.kr/index/index.jsp>

7) <http://www.kesis.net/main/main.jsp>

8) <http://www.index.go.kr/main.do>

㉔ 지표 pool 개발

- 국내·외 건물부문 연구 보고서들 중 건물에너지에 영향을 줄 수 있는 지표에 대한 연구가 체계적으로 진행된 사례가 부족하여 앞서 수집한 자료에서 거시지표를 체크하여 총 17개 보고서(국내 11개, 해외 6개)에서 지표 도출
- 온실가스 감축잠재량 평가 모델 구축 및 감축기반 연구(2010, 국립환경과학원) 보고서에서 가장 많은 총 20개의 지표를 도출함. 다음으로는 MESSAGE모형을 이용한 부문별 온실가스 감축잠재량 분석(2011, 온실가스종합 정보센터) 보고서에서 19개의 지표를 도출
- 다음으로 도출된 지표들이 각 자료에 활용된 사용 빈도를 분석. 가장 많이 활용된 지표는 인구 지표로 총 11개 보고서에서 확인되어 빈도수가 가장 높았으며, 그 다음으로는 가구수(10회), 에너지 사용용도(10회), 연면적(6회) 순으로 분석
- 도출된 지표들 중 GDP(Gross Domestic Product, 국내총생산) GRDP(Gross Regional Domestic Product, 지역내총생산)와 같이 한 개 이상의 지표가 동일한 의미를 나타내는 경우 한 개의 지표로 통합하였으며, 타 분야(산업 및 발전 등)에 특화되어 사용하는 지표들의 경우를 제외하고 도출된 모든 지표(사용 빈도수와 무관)들을 바탕으로 지표 pool 구축



- 제외된 지표를 제외하고 지표 pool에 포함된 지표는 총 41개이며, 지표들의 특성에 따라 5개 그룹(건물 특성, 가구 특성, 기후 특성, 에너지 특성, 경제 특성)으로 분류. 가장 많은 지표가 포함되어 있는 그룹은 에너지 특성 그룹으로 모두 18개의 지표가 포함됨
- 제외된 지표는 총 11개 지표는 신규발전 설비, 발전원별 기술, 연료, 공정, 생산제품, 온실가스 배출계수, 공정기술, 제조업 생산량, 제조업 생산지수, 기존발전 설비, 발전원별 경제적 입력 자료

건물특성(10)	가구특성(4)	에너지특성(18)	경제특성(8)
• 건축물용도 • 건축연도 • 건물동수 • 건물면적 • 평균바닥면적 • 건물단열 • 건물방위 • 건물층수 • 건물층고 • 연면적	• 가구수(세대수) • 가구당면적 • 가구형태 • 인구	• 에너지원별 사용량 • 에너지원 원로 • 에너지원 수입액 • 에너지소비 원단위 • 가전기기 에너지효율 • 에너지원별 증감율 • 에너지원 종류 • 에너지 생산량 • 신재생 에너지 보급량 • 소비연료 구성의 변화 • 도시가스 보급률 • 에너지 소비원단위 증감 • 에너지 사용비율 • 에너지 사용자 형태 • 가전기기 보급율 • 가전기기 사용량 • 가전기기 에너지 효율 • 에너지 사용용도	• 유가 • 환율 • 부가가치 생산액 • 소비자 물가지수 • GDP • 취업자수 • 종사자수 • 경제성장률
	기후특성(1) • 기온		

[그림 2-15] 41개 지표 pool

④ 1차 스크리닝

- 개발된 지표 pool에 포함된 각 지표들이 건물부문 온실가스 배출 전망 및 감축 분석 모형에 활용이 가능한지 확인하는 것으로 1차 스크리닝을 진행
- 통계 DB가 미구축 된 지표 제외. 지표의 신뢰성 확보를 위해 국가 통계 포털에서 제공하는 통계 데이터들 중 지표 pool내에서 확인할 수 있는 지표만 선별하는 것으로 진행했으며 국가 통계 포털로는 통계청에서 운영하는 KOSIS 국가통계포털⁹⁾ 및 e-나라지표¹⁰⁾, 산업통상자원부에서 운영하는 국가 에너지통계종합정보시스템¹¹⁾을 활용

통계DB 구축여부 확인 (41개 지표)					1차 스크리닝 결과 (19개 지표)				
지표	통계DB	관리기관	출처사이트	국가포털명	건물특성(3)	가구특성(4)	기후특성(1)	에너지특성(5)	경제특성(6)
건축물 정보	○	국토부	http://kosis.kr/stathtml/stathtml.do?orgId=116&tblId=DT_M2TM_522&vw_cd=MT_01TITLE&list_id=116_11611&seqNo=&lang_mode=&0&language=&0&0&var_id=&itm_id=&scnm_path=&2	kosis	총 건물 수, 용도별 건물 수, 층수별 건물 수	총 인구수, 총 가구수, 가구 구성원수별 가구수, 가구형태별 가구수	기온	에너지원사용량, 에너지 수입액, 신재생에너지 보급량, 도시가스 보급률, 가전기기 보급률	GDP, 부가가치 생산액, 소비자물가지수, 유가, 환율, 취업자수
건축연도	x	-	-	-	제외	제외	제외	제외	제외
건물수	○	국토부	http://www.idx.go.kr/potal/stts/dsMain/s elecPosttsd&search.do?idx_cd=1226	e나라지표					
건물면적	x	-	-	-	제외	제외	제외	제외	제외
평균 배치면적	x	-	-	-	제외	제외	제외	제외	제외
건물단면	x	-	-	-	제외	제외	제외	제외	제외
건물 밀도	x	-	-	-	제외	제외	제외	제외	제외
:									
경제 성장률	○	통계청	http://www.idx.go.kr/potal/stts/dsMain/s elecPosttsd&search.do?idx_cd=2737	e나라지표					
취업자수	○	통계청	http://www.idx.go.kr/potal/stts/dsMain/s elecPosttsd&search.do?idx_cd=1063	e나라지표					
총자산	x	-	-	-	제외	제외	제외	제외	제외
GDP	○	통계청	http://www.idx.go.kr/potal/stts/dsMain/s elecPosttsd&search.do?idx_cd=2736	e나라지표					

[그림 2-16] 1차 스크리닝 결과

9) <http://kosis.kr/index/index.jsp>

10) <http://www.index.go.kr/main.do>

11) <http://www.kesis.net/main/main.jsp>

㉔ 추가지표 반영

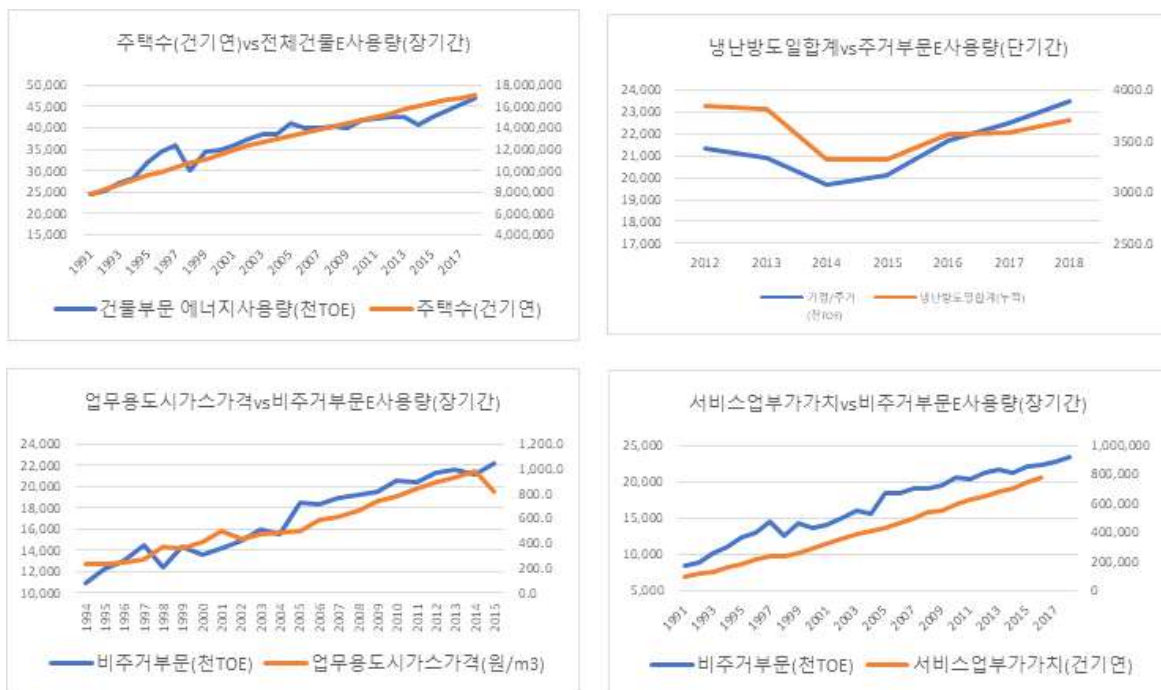
- 건물과 관련한 지표 도출을 위해 국가 통계 포털인 'KOSIS 국가통계포털'과 'e-나라지표' 내에서 관리되고 있는 데이터들을 확인했으며, 포털에서 관리되고 있는 데이터들 중 건물 에너지 사용량에 영향을 미칠 수 있을 것으로 예상되는 지표들을 확인하여 추가
- 추가된 지표는 건물부문에 3개(면적별 건물수, 연면적, 승강기 보유수), 가구부문에 2개(1인가구수, 노인 가구수), 기후부문에 5개(냉난방도일, 미세먼지 농도, 습도, 강수량, 황사발생빈도), 에너지부문에 2개(에너지원별 가격, 지역난방 보급률), 경제부문에 4개(서비스업부가가치, 근무일수, 가계소득)로 총 15개 지표 추가
- 1차 스크리닝을 통해 선별된 19개 지표에 15개의 지표를 추가하여 '총 34개'의 지표 도출

〈표 2-14〉 도출된 거시지표 목록 및 구성

구분	지표명	출처	관리기관	통계시작 (년)	최신데이터 (년)	데이터 생산 주기	핵심지표
건물 부문 (6)	총 건물 수	e-나라지표	국토부	1984	2019	1년	○
	용도별 건물 수	KOSIS	국토부	2005	2018	1년	
	면적별 건물 수	KOSIS	국토부	2005	2018	1년	
	층수별 건물 수	KOSIS	국토부	2005	2018	1년	
	승강기 보유수	e-나라지표	국가승강기정보센터	2005	2018	1년	
	연면적	세움터자료집	국토부	2012	2018	1년	○
가구 부문 (6)	총 인구수	KOSIS	통계청	1925	2018	5년	
	총 가구수	KOSIS	통계청	1980	2018	5년	
	가구 구성원별 가구수	KOSIS	통계청	2000	2018	5년	
	가족 형태별 가구수	e-나라지표	통계청	1970	2018	5년	
	1인 가구수	KOSIS	통계청	2000	2018	5년	
	노인가구수	KOSIS	통계청	2000	2018	5년	
기후 부문 (6)	기온	KOSIS	기상청	1973	2018	1년	
	강수량	e-나라지표	기상청	1973	2018	1년	
	황사발생 빈도	e-나라지표	기상청	1991	2018	1년	
	습도	KOSIS	기상청	2000	2018	1년	
	미세먼지 농도	KOSIS	환경부	2010	2018	월	
	냉난방도일	KOSIS	에너지경제연구원	1997	2018	월	○
에너지 부문 (7)	에너지원별 사용량	KOSIS	에너지경제연구원	1997	2018	월	
	에너지원별 가격	자료집	한국에너지공단	1994	2017	1년	○
	도시가스 보급률	KOSIS	행정안전부	2009	2018	1년	
	지역난방 보급률	KOSIS	국토부	1995	2018	3년	
	가전기기 보급률	KOSIS	한국전력거래소	1994	2018	2년	
	에너지원별 수입가격	KOSIS	에너지경제연구원	1997	2018	월	
	신재생 에너지 보급률	e-나라지표	한국에너지공단	1995	2018	1년	
경제 부문 (9)	GDP	e-나라지표	한국은행	1970	2018	1년	○
	산업부가가치	공공데이터포털	과학기술정보통신부	1981	2018	1년	
	서비스업부가가치	KOSIS	한국은행	1970	2017	1년	○
	소비자 물가지수	KOSIS	통계청	1965	2018	월	
	유가	KOSIS	한국환경공단	2003	2018	월	
	환율	e-나라지표	기획재정부	1970	2018	1년	
	가계소득	KOSIS	통계청	2003	2016	분기	
	취업자수	KOSIS	통계청	1982	2018	월	
	근무일수	e-나라지표	고용노동부	2011	2018	1년	

⑤ 거시지표 고도화(핵심지표 도출)

- 도출된 34개 지표를 건물부문 총 에너지사용량, 주거부문 에너지사용량, 비주거부문 에너지사용량, 난방에너지 사용량, 냉방에너지사용량 각각 상관관계 분석을 수행하여 핵심지표 도출
- 상관관계는 장기간 분석은 최대 1990년부터 2018년까지 29개의 데이터를 기반으로 분석. 단기간 분석은 2012년부터 2018년까지 최대 7개의 데이터로 분석 진행
- 건물(물리)부문에서는 ‘총 건물수’, ‘연면적’이 핵심지표로 도출
- 총 건물수의 건물부문 에너지사용량과의 장기간 상관관계 분석 결과 0.926, 단기간 상관관계 분석 결과 0.827로 상당히 높은 결과 도출. 연면적의 경우는 건물부문 에너지량과의 상관관계 분석에서 0.885로 높은 수준이었으며, 비주거부문 에너지사용량 상관관계는 0.954로 상당히 높은 상관관계 결과 도출
- 기후부문에서는 ‘냉난방도일’을 핵심지표로 선정
- 난방도일과 난방에너지사용량과의 단기간 상관관계 분석에서 0.943수준의 상관관계 결과 도출
- 에너지부문에서는 ‘에너지원별 가격’ 중 전력 가격과 도시가스 가격을 핵심지표로 선정
- 전력 가격의 경우 비주거부문 에너지사용량과의 장기간 상관관계 분석을 통해 0.900 분석결과가 나왔으며, 가정용 도시가스 가격도 비주거부문 에너지사용량과의 장기간 상관관계가 0.870으로 높음
- 경제부문은 ‘GDP’, ‘가계소득’, ‘서비스업 부가가치(VA)’를 핵심지표로 도출
- GDP의 경우에는 건물부문 에너지사용량과의 장기간, 단기간 분석모두 높은 상관관계를 보였음



[그림 2-17] 핵심지표 상관관계 분석 예시

⑤ 거시지표 data-set 구축

- 건물부문 온실가스 배출 특성을 반영하는 거시지표는 본 연구 중 3차년도에 걸쳐 지표 추가 및 제외 등 고도화 작업 진행
 - 최종적으로 핵심지표 7개와 주요지표 27개로 총 34개의 거시지표가 도출되었으며, 엑셀을 활용하여 data-set 구축
- 건물부문의 연면적과 에너지부문의 에너지원별 가격에 대한 지표를 제외하면 모든 거시지표는 우리나라 통계 데이터로 관리되어 인터넷 상에서 쉽게 다운로드 가능. 연면적과 에너지원별 가격정보는 자료집형태로 각각 세움터와 한국에너지공단 홈페이지를 통해 PDF파일을 다운로드받아 엑셀화 데이터 구축
- 핵심지표로 선정한 건물부문의 총 건물수와 연면적 데이터는 국내 통계청에서 관리하는 데이터와 한국부동산원에서 본 연구를 위해 활용한 데이터 모두를 거시지표 data-set에 수록. 기후부문의 냉난방도일 지표는 통계청 관리 데이터와 한국건설기술연구원에서 계산한 냉난방도일 데이터를 수록하였으며, 추가적으로 에코엔파트너스에서 새로이 계산한 냉난방도일도 추가 반영

(나) 건물부문 온실가스 감축 (신)기술 data-set 구축

① 국내외 건물부문 온실가스 감축 기술 DB 현황 조사

㉠ 국외 선행연구 사례

- (IEA-ETSAP) IEA/CERT(에너지연구기술위원회)산하 에너지기술 시스템 국제협력 네트워크로서, 총 36종의 에너지 기술 DB 제공. 특히, 가정 및 상업부문의 12개 부문 기술의 특성치(에너지사용현황, 효율, 비용 등)와 기술적용 가능성 및 문제점, 세부기술 요약자료에 관한 보고서를 수집하여 반영

〈표 2-15〉 IEA-ETSAP 기술 DB 현황

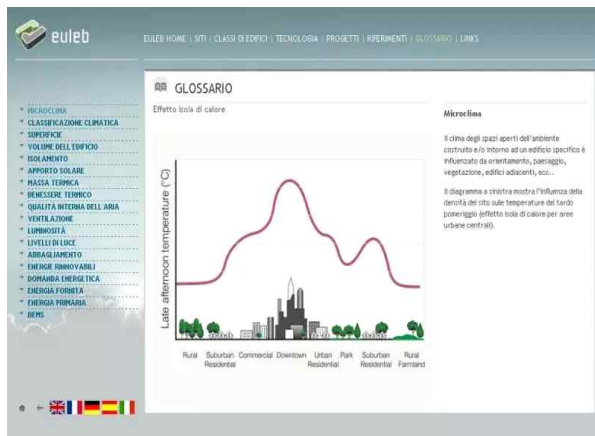
구분	중분류	소분류	최종 업데이트	DB 예시
R01	가정 및 상업	건물 단열	2012.06	
R02		난방 및 냉방	2012.06	
R03		급탕	2012.06	
R04		조명(가정 및 상업)	2012.01	
R05		냉장(가정 및 상업)	2012.01	
R06		취사	2012.06	
R07		세탁기(가정)	개정중	
R09		식기세척기	2012.03	
R10		건조기	2012.06	
R11		기타전자기기	2012.06	
R12		전자기기	2012.06	
R13		태양열 난방 및 냉방(가정 및 상업)	준비중	

- (미국 DEER) 캘리포니아 주 정부가 구축한 DEER(The Database for Energy Efficiency Resources)는 에너지 절감 기술을 기술별로 분류하여 2012년 기준 400여개가 넘는 에너지 효율 향상 수단(measure)에 대해 약 133,000여개에 이르는 에너지 절감량 정보 제공

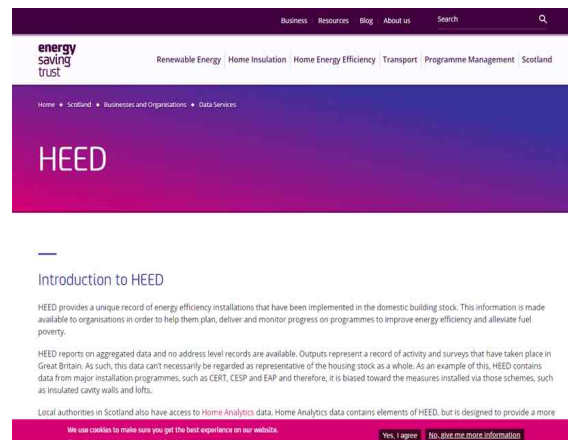


[그림 2-18] 미국 DEER 사이트 화면

- (EU EULEB) 유럽 5개 학교와 REHVA(유럽 난방, 환기 및 공조 협회)가 구축한 EULEB는 유럽 내 고성능 저에너지 비주거용 건물 25개에 대한 DB 구축하고 있으며, 기술은 Heat insulation, Solar control, Lighting, Heating, Cooling Ventilation, Materials, Renewable Energies, Co-generation, Rainwater use로 구성



a) EU EULEB 화면 구성



b) 영국 HEED 사이트 화면 구성

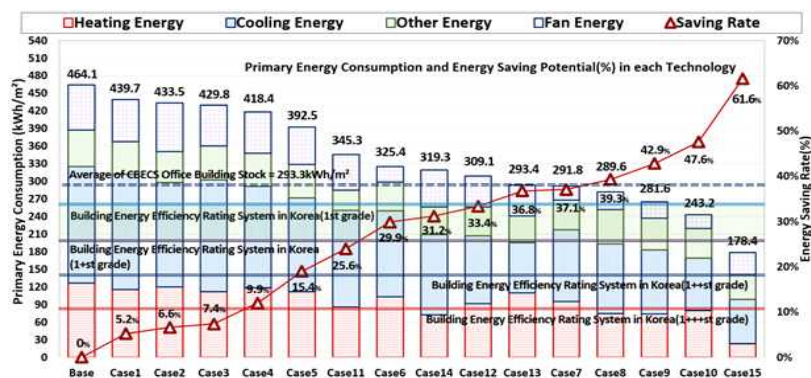
[그림 2-19] EU와 영국의 온실가스 감축 기술 DB 사례

- (영국 HEED) 영국 에너지 절약 트러스트가 구축한 HEED(Home Energy Efficiency Database)는 영국 가정의 에너지효율 특성을 가구별로 추적하는 국가적 데이터베이스(천만 호 이상, 영국 전체의 51% 정도)이며, 건물 에너지 효율 향상을 위한 기술을 클릭하면 효율 개선 소요 비용 및 지역 내 시공자 정보 제공. 기술보다는 제품 데이터베이스 중심이며, 유료회원 전환을 통한 기술 DB 확인 가능

④ 국내 선행연구 사례

① 녹색건축 관련 신기술 및 Best Practice 사례의 DB구축(국토교통과학기술진흥원, 2017)

- 전 세계 주요국가의 64개 high performance building 사례분석을 통해 건물의 에너지 성능 및 적용 기술을 파악하고, 에너지 절감 기술을 passive/active/lighting/renewable로 구분하여 기술동향 도출
- 적용된 요소 기술을 분석한 결과 Passive system 중 적용 비율이 비교적 높은 기술은 High-R insulation wall & roof(85%), high-R insulation window(88%)로 나타났으며, Active system은 BEMS(94%), High-efficiency cooling system(75%)적용. Lighting system 중에서는 Daylighting기법(83%)과 High-efficiency LED(74%) 기술, 신재생은 Photovoltaic panel(80%)과 Geothermal (49%)가 주로 적용



[그림 2-20] 인천 기후를 적용했을 때, 요소 기술별 1차 에너지 소비량 및 에너지 절감 기여도(출처: KAIA, 2017)

② EG-TIPS(Energy Green house gas Technology Information Platform Service, 한국에너지공단)

- 한국에너지공단이 운영하는 에너지 절감 및 온실가스 감축 기술정보 포털 사이트로, 정부사업에서 발생하는 유관 기술정보 연계, 연구 개발 및 민간 전문가 참여로 업종·설비별 절감기법과 기업적용 사례 DB 구축
- EG-TIP에너지 절감 지식포털 사이트는 크게 4가지(절감기술 DB·업종 기술정보·설비 기술정보·M&V 실증 사례)로 구분하여 DB를 제공. 건물 특성 데이터 정보가 부족하고 대부분 실증 사례 소개나 기술 개요로 구성



[그림 2-21] EG-TIPS 기술 DB 예시

© 건물·수송부문 온실가스 감축수단 Pool 구축(에너지관리공단, 2013)

- 해외 및 국내 기술자료를 다양하게 수집하여 기존의 기술 DB를 업데이트함과 동시에 신기술을 선정하여 데이터베이스에 추가하는 것을 연구 목적으로 하며, DB 내용이 온실가스 감축잠재량 분석에 활용될 수 있도록 데이터베이스의 세부항목 구성을 검토하여 개선
- 본 연구자료에서는 에너지 사용 패턴이 유사한 건물군을 주택부문에서 2종류, 공공·상업부문에서 6종류를 선정하여 건물 용도별 표준모델을 선정하였으며, 여기에서 도출된 에너지 사용 예측식을 통해 건물 부문의 용도별, 건축 시기별 에너지 사용량 분석 진행. 건축물 냉·난방 부문의 에너지 저감을 위하여 건물 외피의 성능 및 가격 DB를 구축하고, 신기술의 특성자료를 확보하여 냉·난방 기기의 효율 및 투자 비용 등 업데이트하여 기술 Pool 구축

〈표 2-16〉 건물·수송부문 온실가스 감축수단 Pool 구축 보고서에서 수집한 데이터

구분	수집데이터
건물에너지 소비특성 자료	표준건물별, 건축시기별 외벽·지붕·바닥·창호 열관류율·태양열획득계수
건물부문 에너지 요소기술 적용효과	건물유형별 외피단열 강화기술 적용 효과
건물부문 공통기술 분야별 기술조사 특성표	가정·상업용 보일러 특성치 및 냉동기 특성치
건물부문 적용 신기술 (단열재, 보일러, 칠드빔)	기준에너지 부하, 에너지 소비량 및 절감량, 이용가능시기, 기술개념도 및 개요

④ 공통설비 중심의 온실가스 기술 DB 조사사업(에너지관리공단, 2009)

- 국내에서 온실가스 감축수단으로 개발되어 보급중이거나, 감축 효과의 잠재적가치가 있는 연구개발 중인 에너지 절약 신기술과 산업분야별 기술특성을 조사
- 보일러, 조명, 전동기 등 산업 및 상업용 건물에 적용 가능한 기술 요소들의 특성치 및 기술 개요 등 설명 자료가 풍부하지만, 2009년에 연구한 자료이기 때문에 현시점에서 적용하기 위해서는 투자비나 효율 등 최신 데이터로 업데이트 필요

[illegible]

[그림 2-22] 공통설비중심의 온실가스 기술 DB 조사사업 보고서 DB 예시

⑤ 선행 연구 사례 조사

- 국내·외 건물부문 온실가스 감축 기술 DB 구축을 위한 연구 사례 조사를 통해 기술 분류별 database를 수집·반영하고, 기술 분류 체계 및 기술DB 구축 방법론 정립

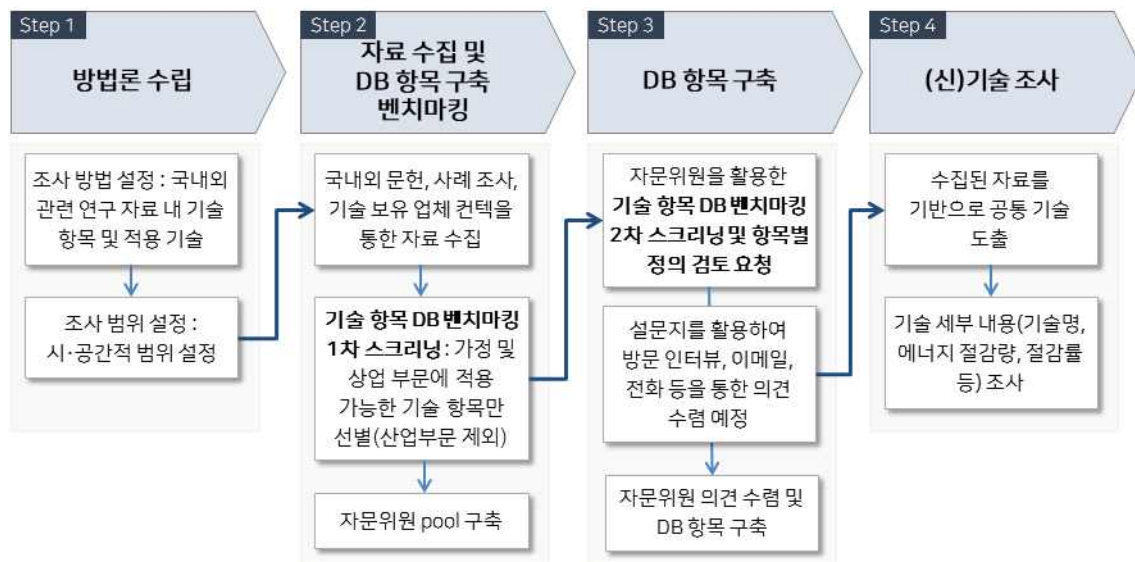
〈표 2-17〉 국내외 건물부문 온실가스 감축 기술 DB 구축에 활용한 데이터 출처

보고서명	발행기관	발행년도	Database 확보	방법론 확보
에너지 Technology DB 구축사업	산업통상자원부	2001		●
건물의 개보수 설계 및 시공기술 DB화	산업통상자원부	2001		●
에너지기술 DB 구축 사업	산업통상자원부	2003		●
가정부문 에너지 소비행태 분석 및 건물부문 DB구축	산업통상자원부	2004		●
공동설비 중심의 온실가스 기술 DB 조사사업	산업통상자원부	2009	●	●
온실가스 배출량 전망 및 감축잠재량 평가 (가정상업 분야를 중심으로)	환경부	2009		●
온실가스감축기술분석과비용분석(상업·공공부문)	환경부	2010		●
건축물 용도별 BAT기술분류 및 사례	산업통상자원부	2011		●
전기용 냉난방기기 보급률 사용행태 조사 및 이를 이용한 수요예측방법 연구	지식경제부	2012		●
온실가스 배출 전망 및 감축잠재량 예측분석평가기술개발	환경부	2012	●	●
온실가스 감축로드맵 수립을 위한 건물부문 기초조사분석	국토교통부	2013		●
2013년건물에너지기술R&Dwarehouse	산업통상자원부	2013		●
건물수송부문 온실가스 감축수단 Pool구축	산업통상자원부	2013	●	●
공통기기부문 감축모형관련 정보기반 구축	환경부	2013	●	●
비산업부문 온실가스 감축 사례집	환경부	2013		●
국내외 건물부문 에너지 수요관리 DB 구축사례 및 시사점	산업통상자원부	2015		●
녹색건축 관련 신기술 및 Best Practice 사례의 DB구축(1차~3차)	국토교통부	2015~	●	●
효율적인 국가에너지정보시스템 발전방안에 대한 연구	산업통상자원부	2015		●
건물부문 온실가스 감축잠재량 모형 분석을 위한 표준모델 DB 구축	환경부	2016		●
기후변화협약 파리협정과 건물부문 대응체계 구축 기술동향	국토교통부	2017		●
에너지기술DB 설계 및 활용방안 연구	산업통상자원부	2017		●
ETSAP : Energy Demand Technologies Data	IEA	2010	●	●

② 건물부문 온실가스 감축 (신)기술 data-set 개발 방법론 구축

㉑ data-set 구축 절차

- STEP 1: 건축물 및 건물에 적용된 (신)기술 조사를 위해 조사 방법론 수립
- STEP 2: 국내외 문헌 및 사례를 조사하였으며, 기술 보유 업체를 컨택하는 등 최대한 기 구축된 자료를 확보하기 위해 노력
 - 확보된 자료는 기술 조사 항목을 만드는데 벤치마킹 자료로 활용하였으며, 이 단계에서 1차 스크리닝 진행
- STEP 3: 1차로 스크리닝 된 기술 조사 항목 및 정의는 자문위원(8명)의 자문의견을 반영하여 최종적으로 32개의 기술 조사 항목이 구축. 이를 활용하여 건축물 및 건물에 적용된 (신)기술 조사 진행
- STEP 4: 건물에 적용된 기술들을 조사하여 공통적으로 적용된 기술을 도출하고 기술 세부 내용을 조사 함



[그림 2-23] 건축물 및 건물 (신)기술 data-set 구축 절차

㉒ 감축 (신)기술 Data-set 구축 방법론

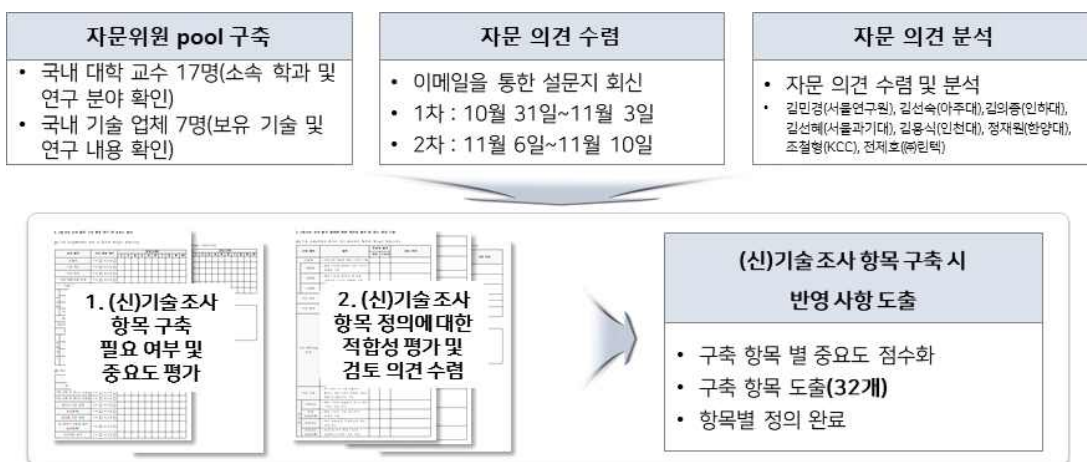
- (신)기술 DB 구축 선행문헌 및 사례 조사를 통해 (신)기술 DB 자료 수집 항목을 구축하기 위한 벤치마킹을 실시. 조사를 위해 수집된 보고서들은 대부분 국가 기관에서 발간된 보고서들이며, 건물에 특화 된 기술에 대한 내용보다는 제조업 등의 산업 분야에서 적용되고 있는 보고서가 대부분인 것으로 파악
 - : 총 48개의 항목에 대한 검토 진행
- 48개 항목들에는 가정 및 상업 부문에만 적용한 기술이나 건물과 관련된 (신)기술 조사 시 유의미하지 않은 항목들도 있었는데 이러한 항목들을 스크리닝한 결과 3개 그룹(기술 정보, 에너지 정보, 기타)의 16개 항목 도출

- 건물에너지에 영향을 미칠 것으로 예상되는 항목을 추가하여 3개의 그룹(기술 정보, 에너지 정보, 건물 정보)으로 이루어진 총 23개의 1차 항목 구축

기술 정보(11)	에너지 정보(8)	건물 정보(4)
- 기술명(대/주/소분류) - 기술 개요 - 기술 특징 - 적용 대상 - 기술 개발/사용 단계 - 기술 수명 - 보급률(기준년도, 현재 보급률(%), 목표년도, 목표년도 보급률(%)) - 투자비용(원/년) - 에너지 절감 비용(원/년) - 회수 기간(년) - 업체 정보(업체명, 담당자, 유선전화, 핸드폰, 이메일)	- 절감원 - 교체 전 에너지 사용량 - 교체 후 에너지 사용량 - 에너지 사용 단위 - 절감률(%) - 값 출처(산정/측정) - 총 에너지 사용량 대비 절감률(%) - 정보 출처	- 주용도 - 사용승인연도 - 면적(총 연면적, 해당 면적) - 층 정보(전체 층수, 해당 층수)

[그림 2-24] 1차 (신)기술 조사 항목

- (신)기술이 적용된 건물에 대한 정보를 구축할 경우 향후 기술을 건물에 적용 시 에너지 절감량과 건물 규모(층수, 연면적 등)에 대한 유추를 도와줄 수 있을 것으로 예상되어 건물 정보를 추가 수집
- 공신력을 확보하고자 1차로 도출된 (신)기술 항목에 대한 2017년 설문조사는 두 차례에 걸쳐 실시



[그림 2-25] (신)기술 조사 자문 의견 수렴 및 반영

- 감축 (신)기술 데이터 항목은 기술개요, 사용에너지원, 효율, 투자비, 유지보수비용, 기술내구수명, 사용 시간, 보급정보, 산출식 등 총 21개 항목으로 최종 구성

〈표 2-18〉 감축 (신)기술 데이터 항목 및 정의

번호	구분	정의
1	분류	해당 기술 범주(난방, 냉방, 온수, 취사, 조명, 가전, 동력, 기타)
2	적용건물	해당 기술 적용 건물에 따른 분류(가정/상업/공통)
3	기술수준	기존기술(GT: Generic Technology) 신기술(AT: Advanced Technology)
4	기술명	해당 기술의 명칭
5	기술개요	해당 기술에 대한 기본 설명
6	기술특징	다른 기술들과 차별화되는 해당 기술만의 특징점 및 제한 사항, 기술적 차별성 또는 동향 등 모형 시나리오적용에 참고할 수 있는 기술정보 기술
7	사용에너지원	해당 기술에서 사용한 에너지원 정보 에너지통계연보의 건물부문(가정·상업·공공) 에너지 사용량 데이터 중 사용실적이 있는 에너지원 정보 인용(예 : 등유, 경유, LPG, 도시가스, 전력, 기타 등)
8	효율(%)	해당 기술의 도입을 통해 얻을 수 있는 에너지 절감 효율(효율 산정에 대한 통일성을 위해 에너지 성능 지표에 따른 효율 산정)
9	에너지성능지표	해당 기술에 맞는 에너지 성능효율을 평가할 수 있는 지표 - 용량(Gcal/h), 열관류율(W/m ² K), 소비전력(W)등
10	투자비(백만원)	해당 기술 도입을 위한 단위당 투입비용
11	투자비 단위	기술별 단위당 투자비 입력을 위한 보조항목(예 : 용량, 면적 등)
12	설비개보수비용 (백만원)	기술 설비 수명기간동안 투입되는 개보수비용
13	기술도입(보급)시기	상용화되지 않은 기술의 경우 예상되는 기술도입시기
14	기술내구수명(년)	해당 기술이 설치된 날로부터 노후가 진행되어 더 이상 경제적으로 사용 가능 상태로 회복할 수 없게 될 때까지의 기간
15	하루 사용시간 (시간/일)	해당 기술이 건물에서 사용되는 하루 중 사용 시간
16	연간 사용기간 (개월/년)	해당 기술을 사용하는 기간을 1년당 개월 수로 표시
17	기준연도	해당 기술이 현재 보급률을 나타내는 기준이 되는 연도(현재 시점을 의미하나 과거 데이터만 있을 경우 그 시점을 기재)
18	보급률	기준연도에 해당 기술이 도입된 보급률(전체 대비 비중, %)
19	보급대수	기준연도에 해당 기술이 도입된 보급대수(대수)
20	산출식	효율 등 특성치별 산출식 상세 내용
21	자료 출처	기술별 자료출처(기준연구 원출처 기재)

- 건물부문 온실가스 감축 (신)기술은 가정 및 상업 건물에 적용되는 기술로 한정하되 공통설비는 포함하였으며, 난방, 냉방, 취사, 조명, 가전, 동력 등 건물 주요 에너지 소비용도에 대한 에너지 절감 기술 요소 중심으로 (신)기술 DB분류체계 및 주요 항목 구성 구축
- 감축 (신)기술 분류: 난방, 냉방, 가전, 취사, 조명, 공통설비, 신재생 등 총 7개 모듈로 분류

〈표 2-19〉 감축 (신)기술 분류 체계 및 세부기술

구분		세부기술
난방	단열재	EPS, XPS, PF, 미네랄울, 글라스울, 저방사단열재, 진공단열재, 에어로겔단열재 등
	창호	단일일반공기층유리(PVC/알루미늄프레임), 단일공기층로이유리(PVC/알루미늄프레임) 등
	보일러	가정용/상업용으로 구분, 콘덴싱보일러, 노통연관식보일러, 관류식보일러 등
	히트펌프	가정용/상업용으로 구분, 가정용 가스 히트펌프, 상업용 전기 히트펌프, 지열 히트펌프 등
	CHP	가정용/상업용으로 구분, Micro CHP, Mini CHP, 대형 CHP 등
	급탕	대형/소형으로 구분, 저장식 가스·기름 급탕기, 저장식 전기 급탕기, 태양열 급탕기, 순간식 전기 급탕기, 부스터형 천연가스 급탕기 등
냉방	선풍기	고효율 가정용 선풍기
	에어컨	고효율 에어컨, 시스템 에어컨 등
	절감기술	고효율 압축기 기술, 고효율 열교환기 기술, 고효율 송풍기 기술, 자동제어 신기술 등
	냉동기	흡수식냉동기, 흡수식냉온수기, 터보냉동기, 빙축열시스템, 스크류 냉동기
가전	TV	고효율 디스플레이(LCD), 고효율 디스플레이(PDP), LED TV, OLED TV 등
	세탁기	일반세탁기, 드럼세탁기, 대기전력 절감기술, 볼 밸런스 기술, 버블엔진 기술 등
	냉장고	전기냉장고, 고효율 인버터 압축기, 고효율 단열재, 고효율 개스킷, 냉동 Cycle 최적화, 신냉매 개발 및 적용 등
	김치냉장고	고효율 김치냉장고, 고효율 열전달 촉진 기술, 고효율 Fan 적용 기술, 고효율 단열기술, 고효율 냉각시스템 등
	전기밥솥	고효율 전기밥솥, 보온기술 개선, 취사방식 개선, 자동제어 신기술, 취사성능 향상 기술 등
취사		그리들, 그릴, 레인지, 버너, 스티머, 오븐, 프라이어로 구분
조명		삼파장 형광등 조명, 무전극 형광등, 일반 할로겐 조명, 금속 할로겐 조명, 고효율 LED 조명, 고압 나트륨 조명 등
공통 설비	환기	판형 열회수형환기장치, 로터리형 열회수형환기장치, 외기전담공조시스템 등
	전동기	교류 3상 전동기, 3상 유도 전동기, 스위치드 릴럭턴스 전동기, 브러쉬레스 전동기 등
	BEMS	LEVEL에 따른 구분, BEMS LEVEL2, BEMS LEVEL3, BEMS LEVEL4
신재생	태양광모듈	단결정 태양광 모듈, 다결정 태양광모듈, 박막형 태양광 모듈, 양면형 태양광 모듈 등
	태양열집열기	평판형 태양열 집열기, 진공관형 태양열 집열기
	태양전지	전력저장장치(ESS)

③ 건물부문 온실가스 감축 (신)기술 data-set 구축

㉠ 기술 DB raw-data 구축

- 선행연구 조사를 통해 수집한 기존 기술 DB의 데이터를 특성치가 동일한 기술 분류별로 raw-data 구축
- 온실가스 감축 잠재량 분석을 위한 감축 (신)기술로 한정하여, 기존 기술의 경우, 범용 기술 중심으로 구축하고 신기술의 경우 적용 가능성이 있는 기술로 선정
- 선행연구 (신)기술의 기술명, 특성치, 규격 등 고유 데이터를 유지하여 데이터의 신뢰성 및 논리적 근거를 확보하였으며, 기존 연구의 DB가 전망/분석 모형 적용성이 낮은 경우 적합한 DB로 교체
- 기술별로 특성치 정보가 비슷한 중분류별로 sheet를 구성하였으며, [단열], [보일러], [히트펌프], [소형 열병합발전], [급탕], [전기냉방기], [냉동기], [가전기기], [취사기기], [조명기기], [환기장치], [동력], [BEMS], [태양광모듈], [집열기], [ESS] 등 총 16개 sheet로 구성

[그림 2-26] 기술DB raw-data 구성 예시

㉡ 통합 DB 구축

- Excel 프로그램을 활용하여 수집된 Raw-data의 특성치 정보를 기술명 별로 분류하여 재정리 후 통합 DB로 구축하였으며, 투자비용, 보급 정보, 출처 및 기타 정보는 sheet를 별도로 추가하여 검증 수행
- 특성치 값은 수집된 데이터 값의 산술평균으로 산정하였으며, 보급정보 및 투자비는 수집된 데이터 중 가장 최신 데이터를 활용

1. 단열재

번호	기술정보			성능자료			규격		이용률				투자비	보급정보		
	직용건물	종류	소분류	열전도율 (W/mK)	열관류율 (W/m²K)	에너지 절감률 (%)	길이 (mm)	두께 (mm)	이용률 (%)	단열	냉방	난방		가액(원)	보급률 (%)	보급량 (보급률 단위)
1	공용	단열재	단열	0.034	0.034	21.24	25.20	0.00	1000%	24	9	24	3	-	2016	59
2	공용	단열재	단열	0.032	0.032	21.24	25.20	0.00	1000%	24	9	24	3	-	2016	8
3	공용	단열재	단열	0.023	0.023	16.51	25.20	55.00	1000%	24	9	24	3	-	2016	2
4	공용	단열재	단열	0.039	0.039	25.20	25.20	55.00	1000%	24	9	24	3	-	2016	8
5	공용	단열재	단열	0.034	0.034	16.51	25.20	55.00	1000%	24	9	24	3	-	2016	15
6	공용	단열재	단열	0.023	0.023	37.33	25.20	55.00	1000%	24	9	24	3	-	2016	7
7	공용	단열재	단열	0.040	0.040	50.53	25.20	165.00	1000%	24	9	24	3	-	-	-
8	공용	단열재	단열	0.001475	0.001475	47.96	25.20	1000%	24	9	24	3	10000-80000	-	-	-
9	공용	단열재	단열	0.002025	0.002025	89.46	25.20	1000%	24	9	24	3	30000-100000	-	-	-
10	공용	단열재	단열	0.004820	0.004820	13.64	25.20	1000%	24	9	24	3	60000-130000	-	-	-

[그림 2-27] 기술DB raw-data 통합DB 구축 예시(단열재)

© 기술DB 주요 특성치 단일화 개선

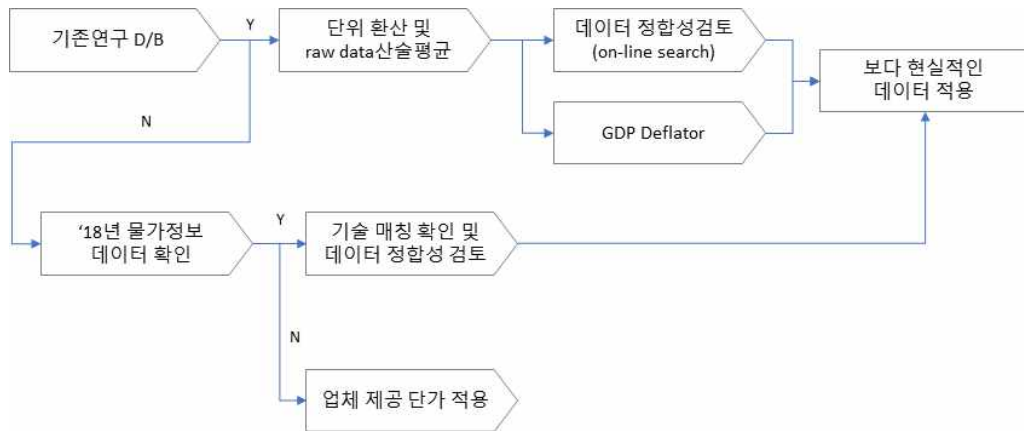
- 각 기술의 효율 개념을 검토하여 재정립하고 산출식 정의, 선행 연구별 에너지절감률, 에너지절감량, 온실가스 감축량 데이터의 적용성 검토 후 효율 항목과 통합

〈표 2-20〉 감축 (신)기술 data set의 기술별 효율 정의

구분	단위	기술별 효율 개념 및 산출식	비고
난방	단열재	(W/m ² K)	각 기술별 열관류의 산술평균
	창호	(W/m ² K)	각 기술별 열관류의 산술평균
	보일러	%	투입된 사용연료 단위당 발생하는 열의 비율(%)
	히트 펌프	COP	에너지소비효율성, 냉난방능력/소비전력
	CHP	COP	에너지소비효율성, 냉난방능력/소비전력
냉방	선풍기	(m ³ /min/W)	풍량 효율(0.9~1.8)(높을수록 고효율)
	냉동기	COP	에너지소비효율성, 냉방능력/소비전력
가전	TV	%	당해모델의 최대소비전력량(kWh/월)/당해모델의 월소비전력량(kWh/월)
	세탁기	%	당해모델의 최대소비전력량(kWh/월)/당해모델의 월소비전력량(kWh/월)
	냉장고	%	당해모델의 최대소비전력량(kWh/월)/당해모델의 월소비전력량(kWh/월)
	김치냉장고	%	당해모델의 최대소비전력량(kWh/월)/당해모델의 월소비전력량(kWh/월)
	전기밥솥	%	출력과 소비전력의 비, 취사효율(%)=출력/소비전력
조명		%	(광효율)전력대비 빛의 밝기가 어느정도 되는지 알려주는 물리적인 양(방사된 광속을 사용된 에너지로 나눈 값)
공통설비	BEMS	%	에너지절감률, 국내 BEMS 적용사례 기준 Level별 에너지절감률의 평균값
	전동기	%	입력된 에너지에 대한 출력의 비
신재생	태양광 모듈	%	모듈 효율

- 선행연구 시점의 투자비를 현재시점에 맞게 GDP 디플레이터¹²⁾를 적용하여 조정하였으며, 투자비가 없거나 선행연구의 투자비가 현실성이 떨어지는 경우 최신 종합물가정보 데이터 적용

12) 국민소득에 영향을 주는 모든 물가요인을 포괄하는 종합적인 물가지수((명목GDP/실질GDP)*100), 2018년 기준 111.4 적용 (2010=100, KOSIS)



[그림 2-28] 감축 (신)기술 data set 투자비 검토 프로세스

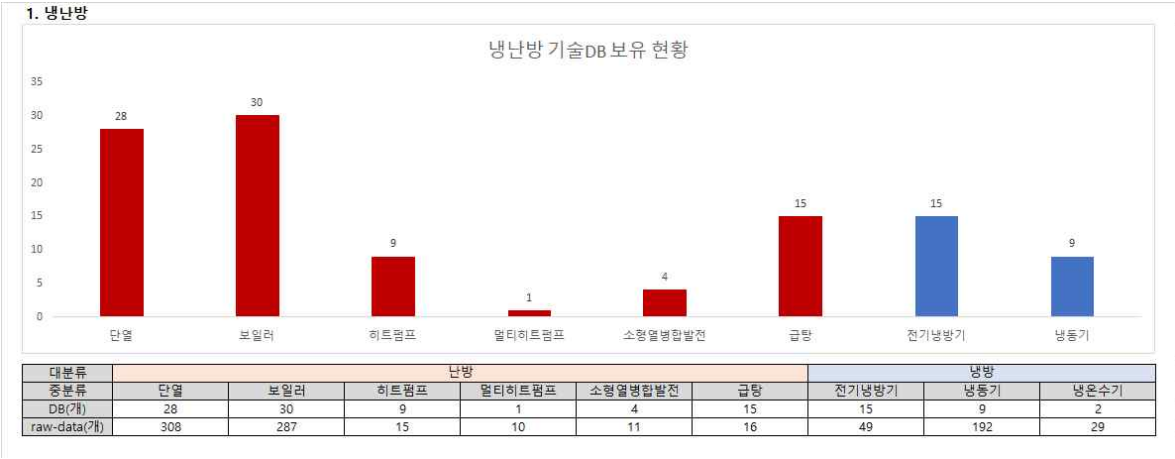
- 기술별로 다양한 출처를 모으고 기술 개요, 산출식과 같은 서술형 항목을 정리하기 위해 별도로 sheet 구성하였으며, 본 sheet에 입력된 데이터는 자동으로 통합모형DB sheet에 연동되도록 설계
- Raw-data의 특성치 항목(효율, 용량 등)을 산술평균하여 기술별로 정리하였으며, 앞서 검증한 투자비용, 보급정보 등을 자동으로 본 sheet에 연동하여 모형에 적용 가능한 데이터를 통합 DB화

[그림 2-29] 통합 DB sheet 구성

- 기술 DB 통합데이터에서 [4. 기술DB Tree] sheet의 기술명 클릭 시, [5. 기술DB viewer] DB양식에 맞춰 기술DB 데이터를 확인할 수 있도록 구현. [5. 기술DB viewer] sheet에서 대분류에서 소분류까지 선택한 후, 기술명을 선택하면 해당 기술의 데이터를 양식으로 구현하도록 통합DB 구현

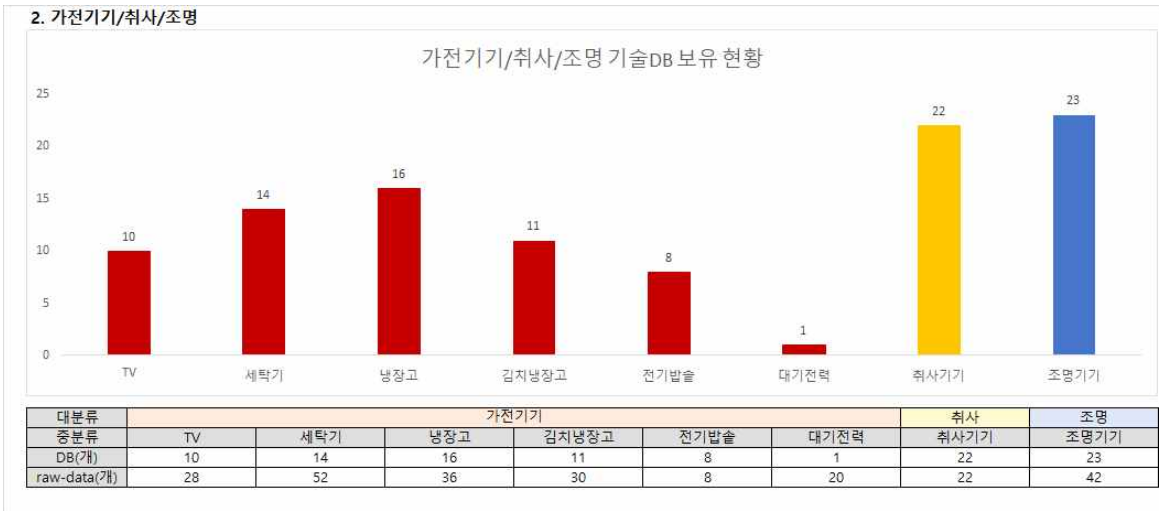
⑤ (신)기술 DB 구축 결과

- 냉난방 기술 요소는 총 113개 구축되었으며, 이를 위해 활용한 raw-data의 개수는 917개 임.
- 난방부문의 기술은 단열, 보일러, 히트펌프, 멀티히트펌프, 소형열병합발전, 급탕으로 분류하였으며, 냉방의 경우에는 전기냉방기, 냉동기, 냉온수기 3가지로 분류



[그림 2-30] 냉난방 기술DB 보유 현황

- 가전기기부문은 TV, 세탁기, 냉장고, 김치냉장고, 전기밥솥, 대기전력으로 분류하였으며, 취사기술과 조명기술은 별도로 중분류를 구분하지 않음. 가전기기 기술DB의 개수는 60개였으며, 이를 구축하기 위해 활용한 raw-data는 174개로 구축되고 취사기기는 총 22개의 DB가 구축되었으며, 조명기기는 23개의 DB 구축



[그림 2-31] 가전기기, 취사기기, 조명기기 DB 보유 현황

- 공통설비는 환기장치, 동력, 건물관리시스템(BEMS), 송풍기로 구분하였으며, 신재생 에너지를 활용한 기술은 태양광, 태양열, 에너지저장장치(ESS)로 구분. 공통설비 및 신재생에너지 기술 DB는 총 36개 구축되었으며, 이를 구축하기 위해 raw-data 319개 활용

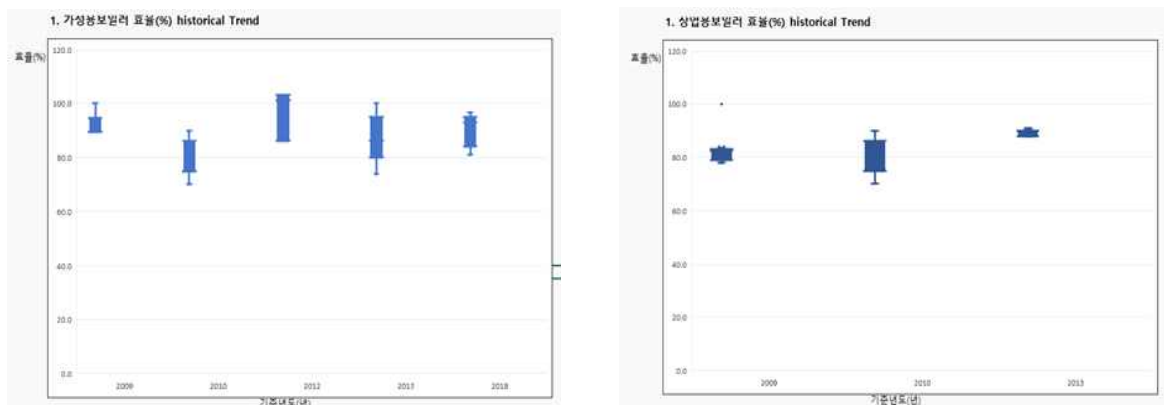
④ 건물부문 온실가스 감축 (신)기술 데이터 구축 고도화

㉓ 기술별 Historical Trend 분석

- 보일러·냉동기·조명기기·태양광모듈 기술의 Historical Trend를 기술 분류 체계 중 소분류를 바탕으로 Excel 프로그램을 활용하여 분석

㉓ ① 보일러 기술

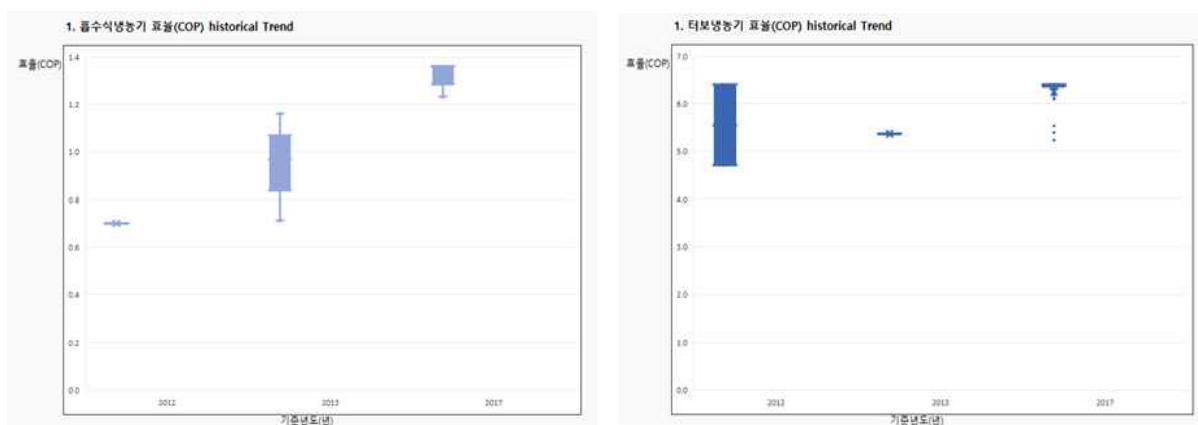
- 보일러의 경우, 가정용과 상업용 보일러로 분류하여 효율에 따른 historical trend를 분석하였으며, 보일러 기술의 효율은 거의 100%의 근접한 수준에 도달하였으며 더 이상 기술의 효율 발전이 어렵다고 판단이 되며 보일러의 선택 기준은 효율보다는 용도나 설치 위치에 따라 차이가 난다고 분석



[그림 2-32] 가정용/상업용 보일러 효율(%)의 Historical Graph

㉓ ② 냉동기 기술

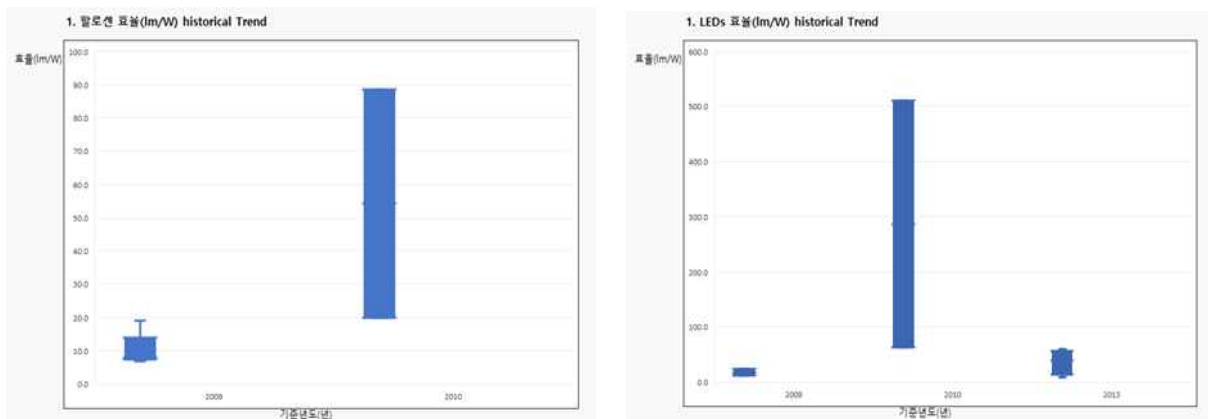
- 냉방기기 중 냉동기는 흡수식 냉동기, 흡수식 냉온수기, 터보 냉동기와 그 외 기타 냉동기로 분류하여 분석하였으며, 전반적으로 냉동기의 효율(COP)은 2012년에 비해 2017년에 상당히 향상되었으며, 상대적으로 흡수식 냉동기보다는 터보냉동기의 효율이 높은 것으로 분석



[그림 2-33] 냉동기 효율(COP)의 Historical Graph

㉔ 조명기기 기술

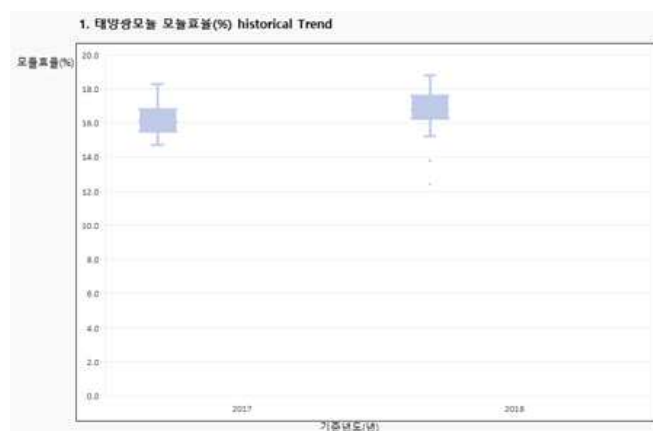
- 조명기기는 형광등, 백열등, 할로젠, LED 등으로 구분하여 분석을 진행하였으며, 조명기술의 효율이 거의 정점에 도달했다고 판단 가능



[그림 2-34] 조명기기 효율(lm/W)의 Historical Graph

㉕ 태양광모듈 기술

- 신재생 에너지 기술 중 태양광 모듈의 효율(%)의 historical Trend 분석을 진행하였으며, 태양광 모듈의 기술 DB는 기존 기술DB에서 충분히 담고 있지 않아 과거 데이터 자료는 미흡. 2017년과 2018년의 모듈의 효율을 비교하면 비약적인 발전이 이루어졌으나 태양광 모듈의 평균 효율을 높이기 위한 연구가 필요할 것으로 분석

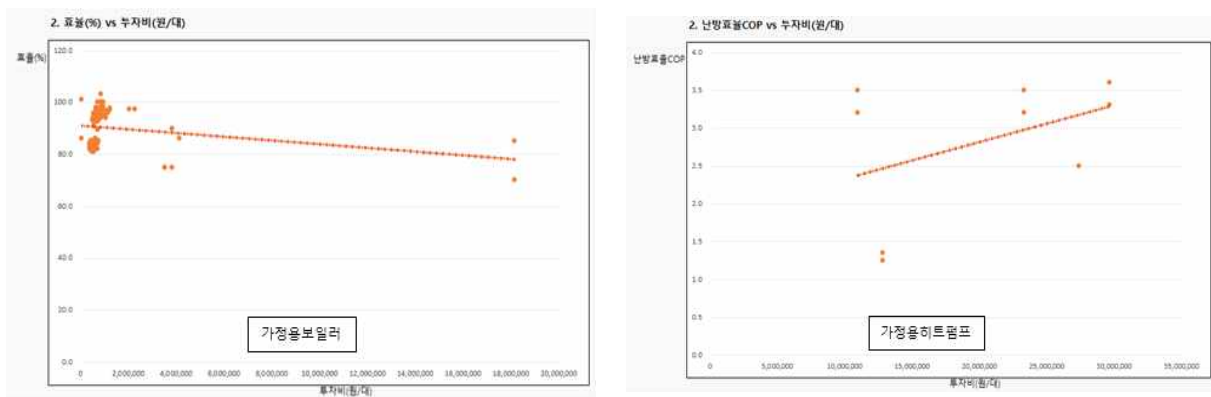


[그림 2-35] 태양광모듈 효율(%)의 Historical Graph

㉞ 기술간 에너지 성능과 투자비 비교

㉞ 보일러 및 히트펌프 기술

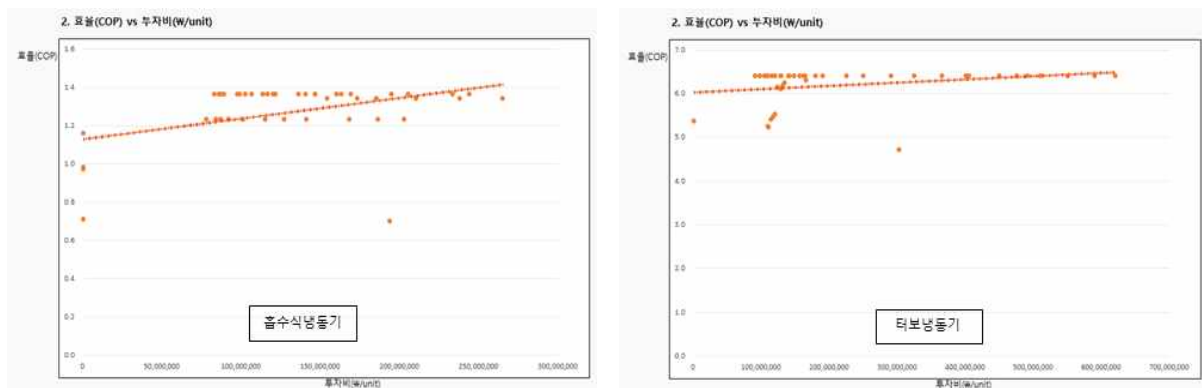
- 난방 기술은 단열, 보일러, 히트펌프 등으로 구분으로 효율(%)과 투자비와의 관계를 비교 분석 진행
- 보통 보일러의 가격은 용량에 비례하며 가정용 보일러의 경우 용량이 크기 않기 때문에 투자비(원/대) 200만원 이하의 구간에 집중 분포하고 있으며, 오히려 용량이 커질수록 투자비는 비싸지는 반면 효율이 떨어지는 것으로 분석
- 가정용 히트펌프의 경우, 용량의 차이가 크지 않기 때문에 투자비가 높아질수록 난방효율도 개선되는 것으로 분석



[그림 2-36] 가정용 보일러/히트펌프 효율(%)과 투자비 비교

㉞ 냉동기 기술

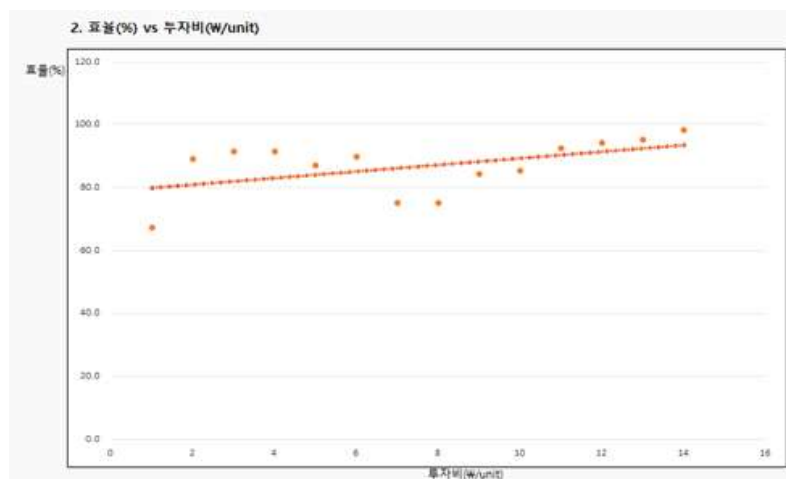
- 냉방기기 중 냉동기는 흡수식 냉동기, 흡수식 냉온수기, 터보냉동기와 그 외 기타 냉동기로 구분하여 분석을 진행
- 냉동기의 투자비용(원/대)은 효율(COP)이 높아질수록 비싸지는 정비례 관계를 갖는 것으로 분석



[그림 2-37] 흡수식냉동기/터보냉동기 효율(COP)과 투자비 비교

㉔ 전동기 기술

- 산업 및 건물부문에 공통적으로 적용되는 공통설비 기술 중 전동기 기술의 효율(%)과 투자비(원/대)의 관계 분석 진행
 - 전동기 기술의 효율(%) 데이터는 전부 기존 연구 조사를 통한 과거 기술 DB의 데이터를 활용하였고 투자비(원/대)는 과거 기존 DB의 데이터를 GDP 디플레이터 산정한 값을 적용
 - 투자비가 비싼 기술일수록 전동기 효율 역시 좋아지는 정비례 관계인 것으로 분석되며 2009년도에도 거의 100%의 근접한 기술들이 존재하였기 때문에 현재 시점에서는 전동기 기술의 효율 발전은 정점에 도달했다고 판단됨



[그림 2-38] 전동기 효율(%)과 투자비 비교

⑤ 건물부문 온실가스 감축 (신)기술 data-set 실용화 및 사업화 계획

㉑ 시장현황 분석

- 국내의 온실가스 감축 기술 DB는 정부기관에서 보유하고 있으나, 대외비 자료이기 때문에 유관 연구기관이나 전 국민을 대상으로 공개가 불가능함
- 특히, 국내에서는 건물부문에 특화된 온실가스 감축 기술 DB가 부재한 것으로 판단되며, 산업부문의 기술 DB가 정부 정책 개발에 활용되고 있음
- 최근 정부에서는 탄소중립 선언 등 온실가스 감축을 강화하고 이에 따른 국가 온실가스 감축목표를 제고할 것으로 예상됨에 따라 산업계에서는 온실가스 감축 기술을 확인하기 위한 수요가 증가할 것으로 판단됨

㉒ 기술의 장점 및 실용화 계획

- 현재 국내 연구기관에서 개발·보유하고 있는 거의 모든 DB의 데이터를 수집하였을 뿐만 아니라, 한국물가정보, 한국냉동공조산업협회 DB 등을 활용하여 (신)기술 데이터 추가
- 건물부문에 특화된 기술 DB로 개발되어 해당 기술별 성능 개선도 및 성능과 투자비용의 상관관계 등

확인 가능

- 건물부문의 온실가스 감축 연구 및 국가 온실가스 목표 설정을 위한 연구기관에서 해당 기술DB에 대한 수요가 증가할 것으로 판단됨
- 건물부문 온실가스 관련 연구 기관, 대학 등 예상되는 수요기관에서 해당 기술DB에 대한 접근성을 높일 수 있도록 본 R&D과제에서 개발된 웹버전 시스템(www.bldghg.org)에 함께 공개할 예정

㉔ 사업화 계획

- 기본적인 기술DB의 데이터를 샘플 형식으로 무료 공개하여 해당 기술 DB의 기본 콘텐츠를 확인 가능하도록 함
- 해당 기술 DB의 raw-data 및 수록된 모든 기술의 데이터를 확인하기 위해서는 유료회원으로 가입한 사용자만 다운로드가 가능하도록 웹버전 시스템을 설계하여 유료 결재를 통해 파일을 다운로드 받을 수 있도록 함

㉕ 기술의 기술력 및 상품성 제고 계획

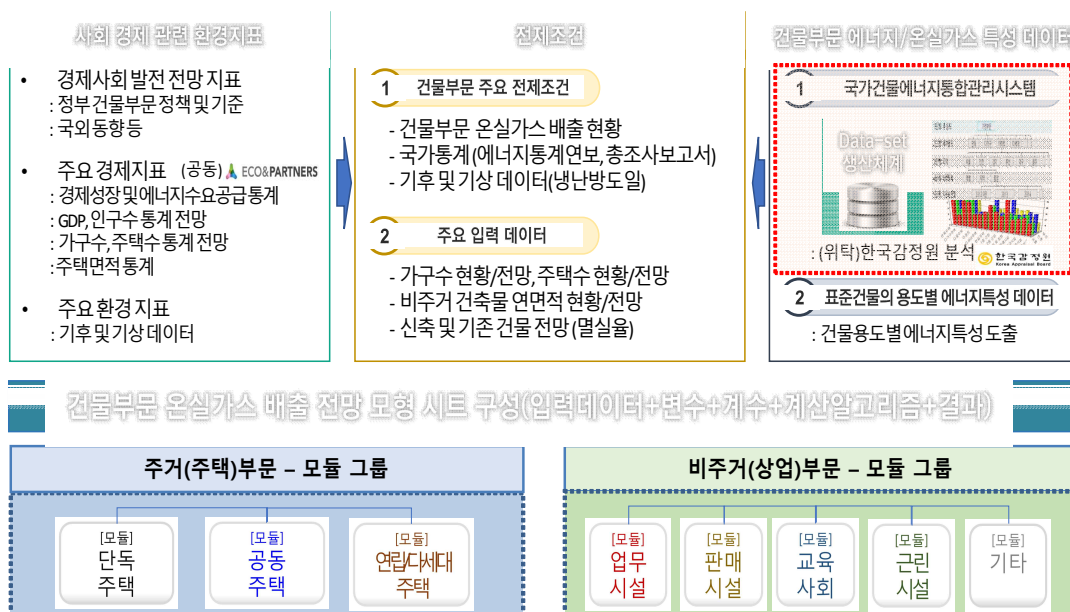
- 국내 건물부문에서 중요한 역할을 하고 있는 정부기관(한국건설기술연구원, 한국부동산원, 온실가스종합정보센터 등)에서 해당 기술 DB를 통해 국가 연구를 진행할 수 있도록 정보를 제공하여 해당 기술 DB의 기술력 및 활용성을 제고할 예정
- 또한, 웹버전 시스템을 통해 다운로드 받은 사용자들의 피드백을 받아 지속적으로 오류 개선 및 업데이트를 통한 기술 DB의 상품성을 제고할 계획

(다) 건물부문 온실가스 배출량 전망 알고리즘 및 프로그램 개발

① 건축물 특성 모듈 구조화된 통계기준 RES(Reference Energy System) 설계 및 모듈 개발

② 건물부문 모형 모듈화 구조화 RES 설계

- 상용 프로그램인 엑셀(Excel) 소프트웨어를 활용하여 주거 및 비주거 부문 모형을 설계하고 모듈화 개발을 실시함
- 건물부문의 2001년부터 2015년까지의 에너지통계기반의 에너지 및 온실가스 배출량 추세를 반영한 2035년까지의 미래 전망 방식¹³⁾ (Forecasting 방식¹⁴⁾)으로 설계 및 모듈 개발



[그림 2-39] 건물부문 온실가스 배출 전망 모형의 설계 개요도

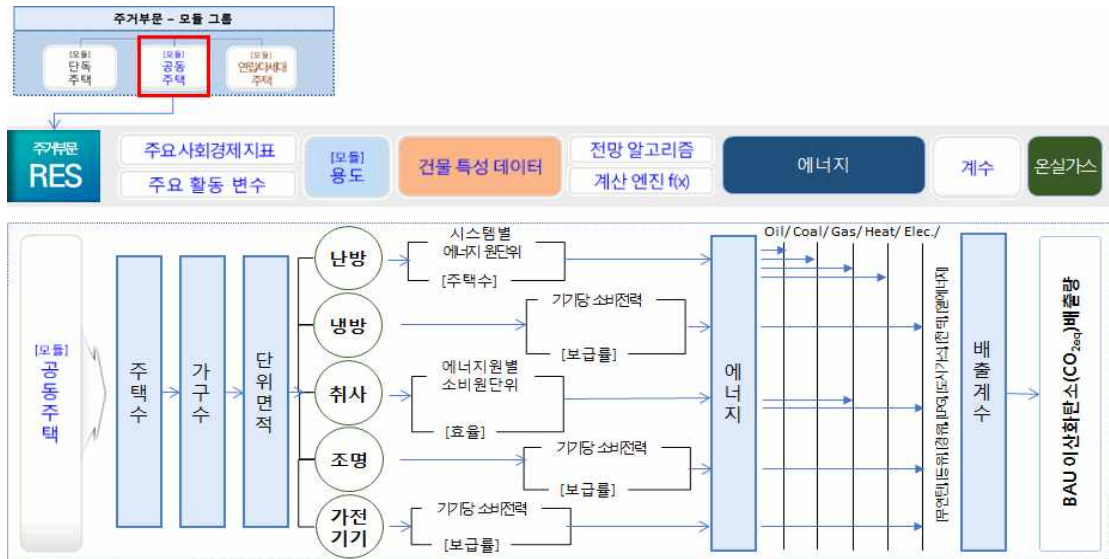
- 주거부문 및 비주거부문의 건물특성 모듈 구조 Reference Energy System 설계
- 모듈 구조 RES는 각 부문의 건물용도별 모듈에 따라 주요 사회경제적 지표 데이터, 주요 활동변수로부터 에너지 용도별 모듈 및 이에 따른 중장기 에너지원별 수요량 분석, 온실가스 배출계수 적용 및 중장기 온실가스 배출량 전망 분석이 이루어지도록 데이터 흐름 및 계산(분석) 과정 프로세스 구축
 - : 각 에너지 용도는 주거 및 비주거부문으로 구분하여 주거부문은 ①난방¹⁵⁾, ②냉방, ③취사, ④조명, ⑤가전기기부문으로 모듈을 구성하고, 비주거부문은 ①난방, ②냉방, ③취사-기타, ④사무기기, ⑤조명, ⑥동력부문 모듈로 구성
 - : 에너지 용도별 세부모듈의 하부 세세부 모듈을 통해 건물 특성 데이터 및 전망 알고리즘(계산식), 변수 데이터, 참고 데이터로 구성하였음

13) 전망(Projection): Potential future evolution of a quantity or set of quantities, often computed with the aid of a model, Source: IPCC Fourth Assessment Report(WG1)

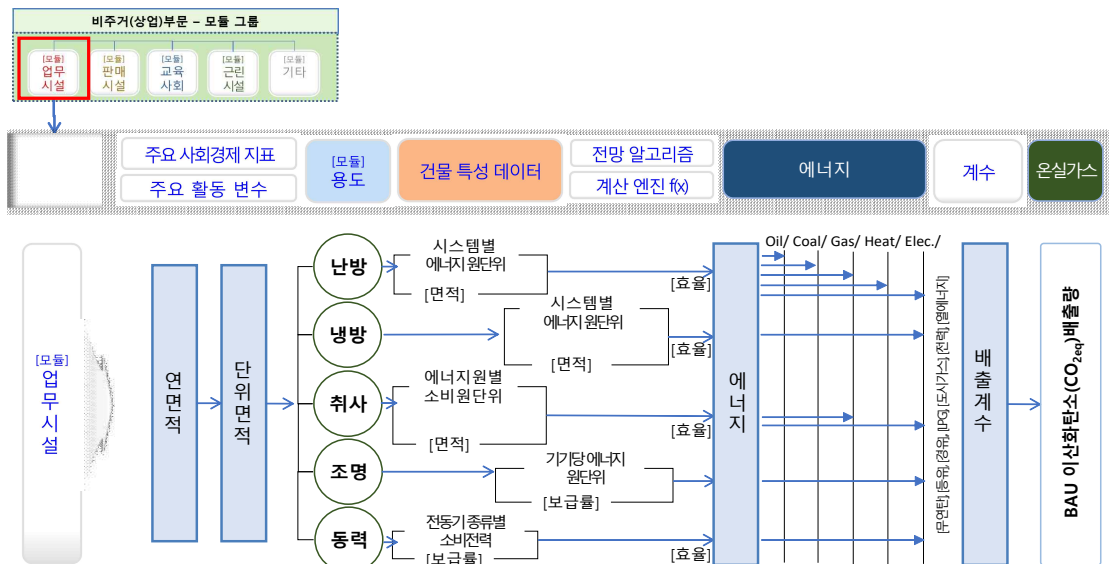
14) Forecasting 방식: Projections of the future based on past and present data and assumptions and future developments

15) 난방모듈에서의 에너지 특성 데이터 및 에너지수요 전망은 급탕(hot water, 온수)을 포함하여 구성함

: 건물 특성 데이터 모듈은 에너지원별 비중, 시스템별(에너지기기, 건물용도별) 에너지 원단위, 기기당 소비전력, 에너지원별 에너지소비 원단위, 건물용도의 비중, 기기의 보급률 등 에너지 특성 데이터로 구성함



(a) 주거부문 RES설계 및 모듈 구성



(b) 비주거부문 RES설계 및 모듈 구성

[그림 2-40] 건물부문 온실가스 배출 전망 모형 RES 설계

④ 건축물 특성이 반영된 부문별 모듈화 개발

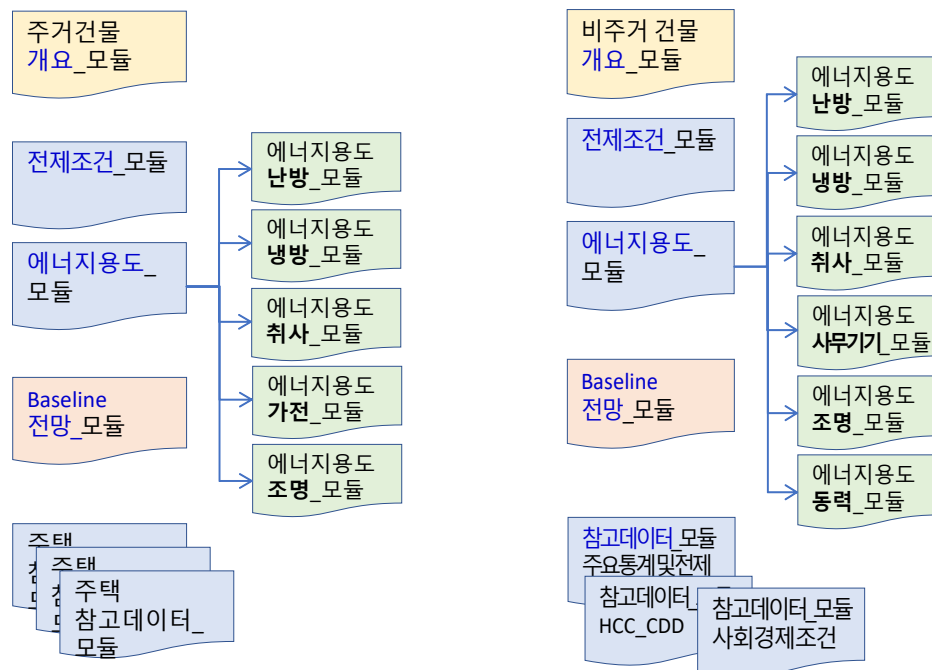
- 각 부문별 모듈화 구성으로 개요→전제조건→에너지 용도→Baseline전망→참고데이터 구축

: 각 세부모듈별로 특성에 따라 용도별, 특성별 하부모듈 구성하고, 각 모듈의 에너지 용도별, 에너지원별 에너지소비량 전망을 통해 에너지원별 배출계수를 적용하여 온실가스 배출량 산정

- 개요 모듈: 전망 모형의 명칭, 버전, 전망모형 개요설명, 수행과제명, 개발 및 관리자 연락처 등으로 구성
- 전제조건 모듈: 건물부문의 부문별 에너지수요를 일으키는 주요변수 데이터로 주요 전제조건은 참고데이터 모듈의 사회경제적 조건, 주요통계 및 전제, 기후기상데이터(냉난방도일), 국가 에너지통계 DB 중 선정하여 반영

: 주거부분(가정)은 GDP(가계소득), 주택수, 에너지가격, 냉난방도일, 국가에너지통계에 따른 가정부분 에너지소비량 추세 및 비중이 주요 데이터임. 비주거부분(상업)은 서비스분야 부가가치, 연면적, 에너지가격, 냉난방도일 및 상업부분의 에너지 소비량 추세 및 비중을 주요데이터로 설정함

- 에너지 용도 모듈: 각 부문별 에너지 용도 모듈의 분류 및 하부 세부 모듈 내용은 전망 모형의 핵심 모듈로써 각 부문별 특성을 반영하여 모듈화 하고, 각 세부모듈별 데이터 및 계산식 등은 모듈 특성에 따라 반영하여 구성함



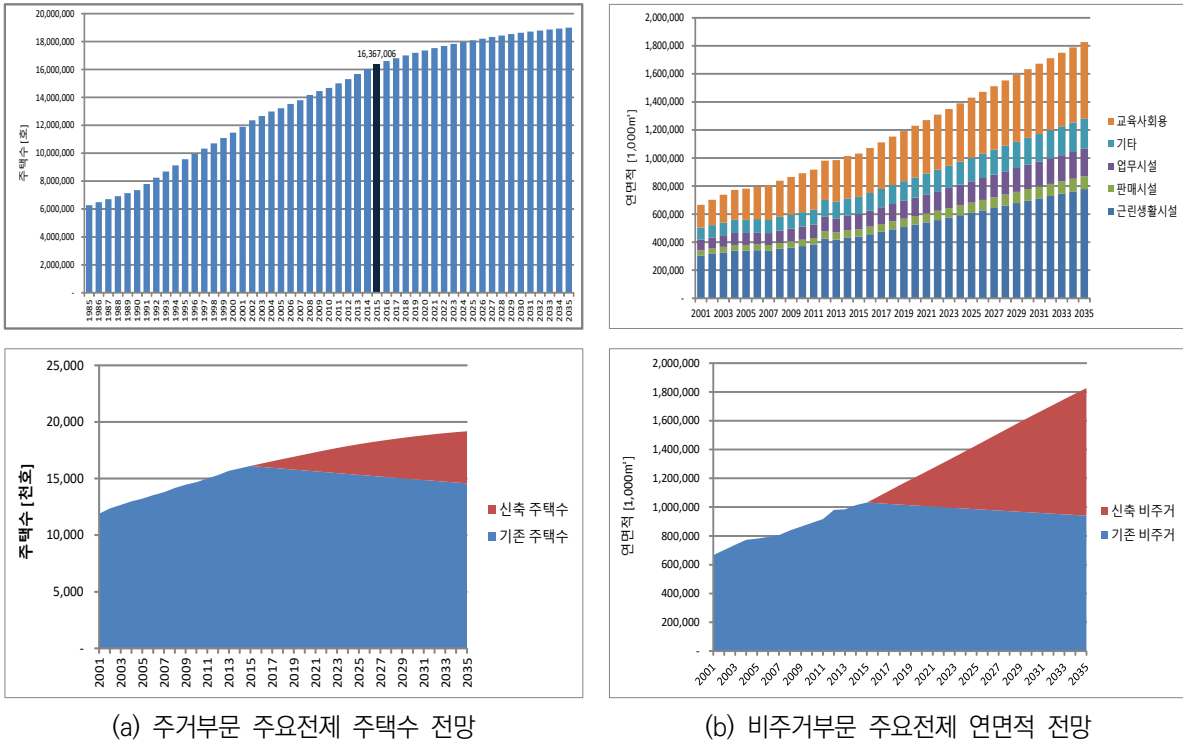
(a) 주거부분 모형 모듈 구성

(b) 비주거부분 모형 모듈 구성

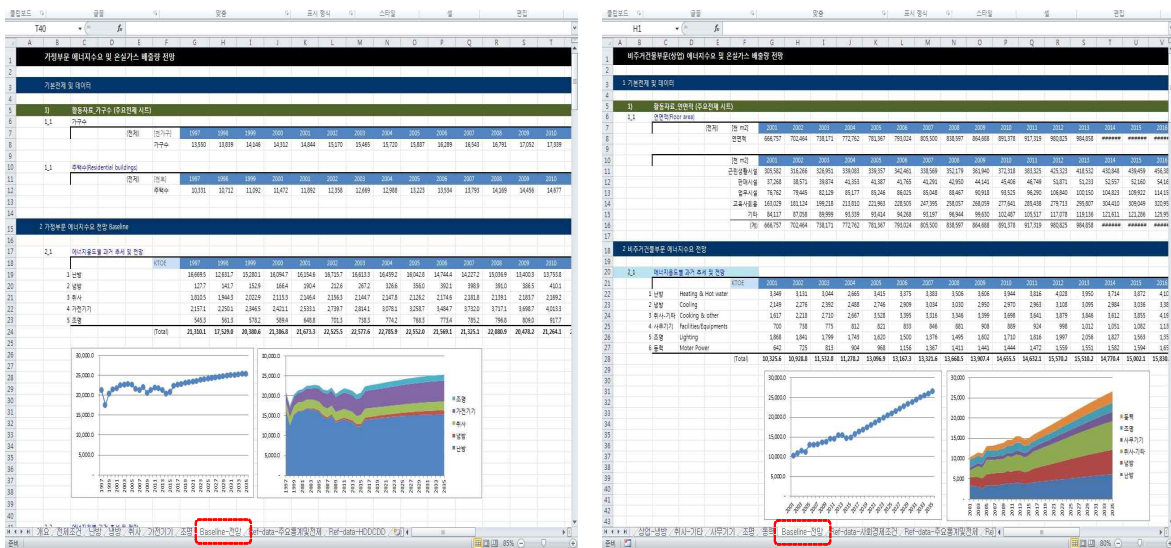
[그림 2-41] 각 부문별 모듈화 구성 개요

- Baseline 전망 모듈: Baseline 모듈은 각 부문별 에너지수요 전망에 따른 온실가스 배출계수를 반영하여 온실가스 배출량 전망의 기준적인 결과(Baseline)를 도출하는 결과 모듈임. 하부 세부모듈에 에너지 용도별 수요전망, 에너지원별 전망, 상세에너지용도별 전망, 온실가스 배출량 전망으로 구성함

- 전망 결과: 주거부문 및 비주거부문으로 구성된 Baseline 전망 결과를 건물부문으로 통합하여 건물부문의 에너지수요 전망(에너지용도별, 에너지원별), 온실가스 배출량 전망(온실가스 총량, 직/간접 배출량)을 도출함

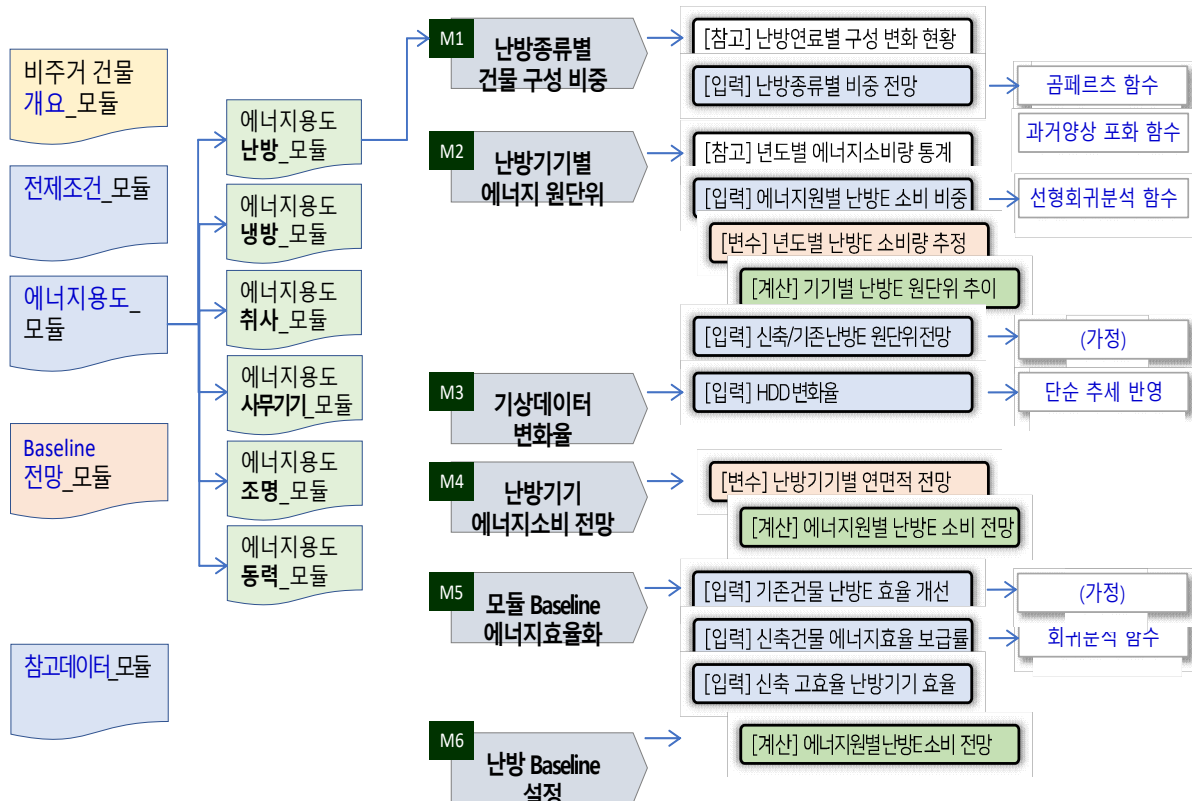


[그림 2-42] 전제조건 모듈에서의 각 부분별 주요 활동변수 결과 (예시)



[그림 2-43] 각 부분별 Baseline 모듈 구성 및 데이터 구조 설계

- 각 모듈은 [참조데이터], [입력데이터], [계산데이터], [분석전망데이터], [모듈결과]로 구성
 : 건축물의 특성을 반영하는 모듈 구성 및 data 적용
 : 단순회귀식, 고펜즈함수, 선형회귀분석식, 시계열회귀모형 등을 활용한 계산알고리즘 적용 개발



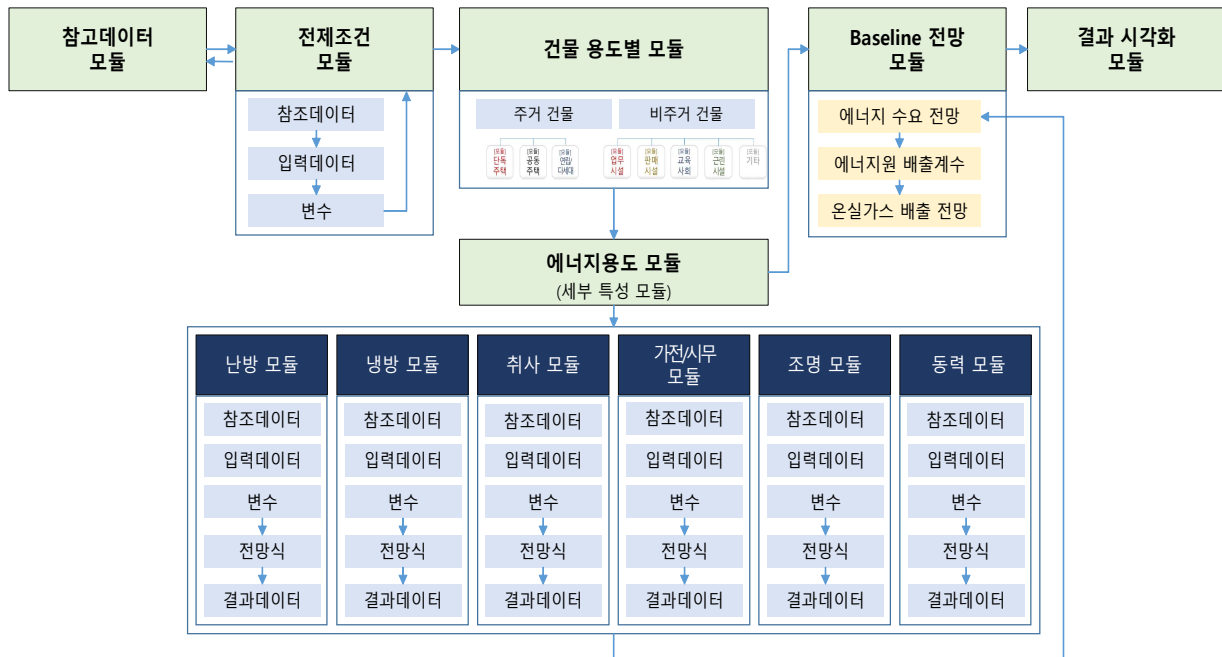
[그림 2-44] 건축물 특성 반영한 상세 모듈 구성 및 data 적용 사례(비주거 건축물의‘난방’모듈)

- 엑셀(Excel)를 활용하여 주거/비주거부문 모형 설계 및 모듈화 개발 완료(Ver.1.1)
 : ‘Residential_BLD-GHG_Model_ver20181112-Baseline, Commercial_BLD-GHG_Model_ver20181112-Baseline’
 : 모형의 개발 방법론은 외부에 공개된 데이터 및 통계 데이터, 거시지표 등에 의해 입력데이터, 변수 그리고 그 외 온실가스 발생에 영향을 주는 모든 요소에 대한 참고데이터를 제공하는 참고데이터 모듈 (1); 건물부문의 온실가스 배출량에 주요 영향을 주는 데이터로 구성된 전제조건 모듈(2); 건축물의 특성을 반영하여 구분되고 해당 특성에 의해 전망되는 에너지수요를 도출하는 에너지용도 모듈(3); 에너지용도 모듈의 결과데이터를 취합하고 분류하여 기준 전망치(baseline)를 생성하는 Baseline전망 모듈(4); 상기 전망 결과를 표나 그래프 등으로 시각화하여 나타내는 결과 시각화 모듈(5);을 포함하는 건물부문 온실가스 배출 전망 시뮬레이션 모형을 구성
- 모형의 특성 인자로서 건축물 특성을 반영한 에너지용도 모듈(3)은 세부특성 모듈을 포함하며, 상기 특성 모듈은 건물의 난방에너지 소비와 관련된 특성 모듈로 구성된 난방모듈(3-1); 냉방에너지 소비와 관련된 특성 모듈로 구성된 냉방모듈(3-2); 취사에너지 소비와 관련된 특성 모듈로 구성된 취사모듈(3-3);

건물 내의 콘센트를 통한 전력에너지 소비와 관련된 가전 및 사무기기 모듈(3-4); 조명에너지 소비와 관련된 조명 모듈(3-5); 엘리베이터, 팬 등의 동력에너지 소비와 관련된 동력모듈(3-6);로 구성. 이를 통해 세부특성 모듈은 건물의 에너지소비 특성에 의해 요구되는 ‘에너지 수요 전망 결과’를 에너지원별로 도출하는 결과 모듈을 포함

: ‘에너지용도 모듈’의 세부특성의 특성 모듈들은 참조데이터 모듈(1)을 통해 선별하여 제공되는 ①참조데이터, 건물부문의 각 모듈의 결과에 영향을 주는 ②입력데이터, 미래의 전망 결과에 변화를 주는 ③외생적 변수 데이터로 구성되며 참조데이터에 의해 도출되는 ④추계 전망식을 포함

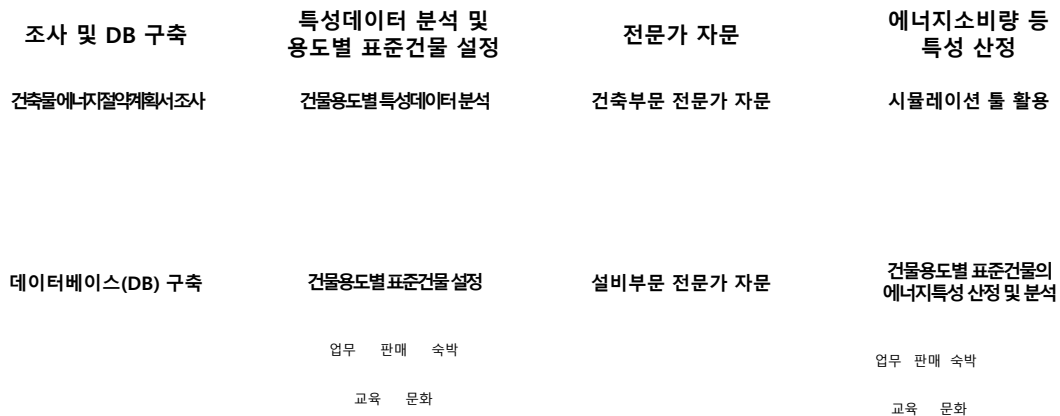
- 추계 전망식은 참조데이터 및 입력데이터로부터 도출되며 시간과 상기 데이터들의 연관에 의한 단순함수식(2차 곡선함수, 지수함수)과 성장곡선모형 함수식(곰페르츠 함수, Bass 함수 등), 그리고 통계적 함수식(선형회귀분석 함수, 시계열모형 함수 등)을 선별하여 적용하도록 개발



[그림 2-45] 잠재량 분석을 위한 모형의 모듈화 개발

㉔ 표준건물 개발을 통한 특성 데이터 및 에너지소비 구조 도출

- 건물부문 온실가스 배출 전망 모형의 건축물 특성별 데이터로 활용하고자 현행 정부에서 시행하는 “건축물 에너지절약계획서” 데이터 조사를 통해 주거용과 비주거용 건축물 대상 용도별 표준건물 설정 및 에너지소비 특성 산정을 수행
- 건축물 에너지절약계획서의 데이터를 수집. 수집된 데이터는 전자화된 양식으로 건축물 용도별 데이터베이스(DB)화
 - : 주거용 건축물은 공동주택만을 대상(2010년~2014년)으로 하고, 비주거용 건축물 용도별(사무(업무)건물, 판매시설, 숙박시설, 교육시설, 문화시설 (2015년~2018년))으로 에너지 특성 데이터 분석을 수행
 - : 수집된 에너지절약계획서는 건축부문, 전기설비부문, 기계설비부문, 신재생에너지부문에 구분하고, 에너지성능지표검토서(EPI)도 건축부문, 전기설비부문, 기계설비부문, 신재생에너지부문에 구분하여 분석. 이외에 지상층 연면적, 창면적비, 장단변비 등의 항목을 추가 분석함
- 데이터 분석에는 산술통계분석 등을 활용하며, 조사된 특성 자료를 통한 표준건물의 변수를 설정한 후, 건축물 용도별 표준건물을 설정
- 건축물 에너지상세해석 프로그램으로 건축물에너지효율등급인증제의 ECO2 프로그램, EnergyPlus 8.9 및 OpenStudio 2.5 시뮬레이션 툴을 활용하여 건물용도별 표준건물의 에너지 특성(냉방/난방/급탕/조명/환기 등) 산정 및 분석함



[그림 2-46] 표준건물 설정을 통한 에너지특성 데이터 도출

● 공동주택 표준모델 데이터 설정

- : 설계현황 분석 자료를 토대로 국민주택 규모(85㎡이하)이며, 거실과 침실 3개 및 주방과 2개의 욕실을 갖는 공동주택 단위세대를 표준모델로 다음과 같이 설정함
- : 표준모델의 기준층 층고는 통계분석 결과 중 평균을 대푯값으로 하여 2.8m (천정 높이 : 2.3m)을 적용. 창면적비의 경우 단위세대가 기준층의 중간 또는 가장자리 배치여부와 단지 내의 주동 배치형태 등에 따라

창면적비 차이가 발생하여 현황 분석의 통계 값 중에서 평균 25.1%를 창면적비의 대푯값으로 설정

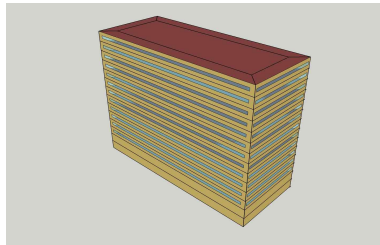
	표준항목	데이터 값
개요	용도	주거
	바닥면적	84.99m ²
	층고	2.8m
	천정고	2.3m
	창면적비	25.1%
	건물의 향	남향
건축	지역	중부지역(서울)
	외벽 열관류율, 면적	0.35W/m ² K, 76.722m ²
	창의 열관류율, 면적	1.8W/m ² K, 25.682m ²
	차폐계수	0.8 (22mm double glass)
	창호 종류	22mm double glass + 22mm double glass
	기밀성능	3.0 ACH50
설비	열원 시스템	20,000kcal/h, 87.0%
	조명 조건	150lx
전기	조명기구	32W Flat panel lamp
	조명밀도	8.5W/m ²
신재생	PV	미적용



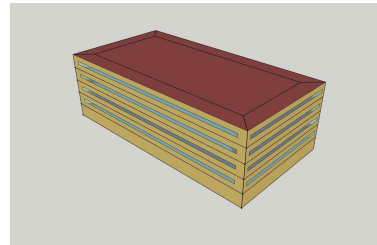
[그림 2-47] 주거용 건축물(공동주택) 표준모델 데이터 설정 및 모델링

● 비주거용 건축물 용도별 표준모델 데이터 설정

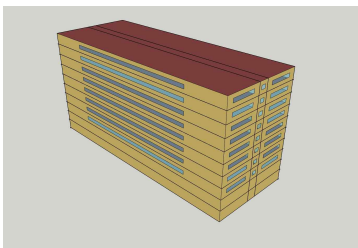
: 비주거용 건축물의 용도는 업무시설, 판매시설, 숙박시설, 교육시설, 문화시설로 설정



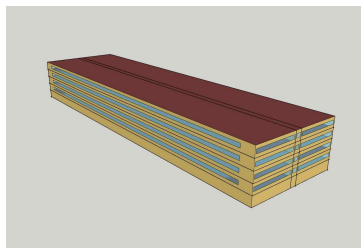
(a) 업무시설 모델링



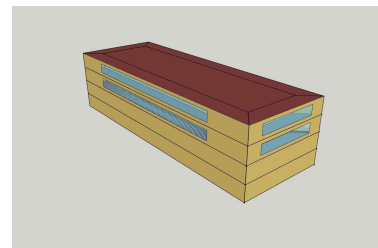
(b) 판매시설 모델링



(c) 숙박시설 모델링



(d) 교육시설 모델링



(e) 문화시설 모델링

[그림 2-48] 비주거용 건축물 용도별 에너지소비특성 데이터 도출을 위한 모델링

〈표 2-21〉 비주거용 건축물 용도별 표준모델 데이터 설정

표준항목		업무	판매	숙박	교육	문화/기타
표준항목		건축부문				
지역		중부	중부	중부	중부	중부
건축면적(㎡)		2,203	2,612	1,344	4,837	2,168
연면적(㎡)		30,842	13,060	13,440	24,185	8,672
층수	지상(층)	12	4	8	4	2
	지하(층)	2	1	2	1	2
기준층 층고(m)		3.9	4.6	3.3	3.6	5.0
외벽면적(㎡)		9,666	4,969	4,861	6,188	4,265
창면적(㎡)		2,593	881	971	1,783	855
창면적비(%)		26.83	17.72	19.97	28.82	20.05
장변(m)		73.16	71.50	66.97	136.43	79.29
단변(m)		30.11	36.53	25.08	35.45	27.34
장단변비		2.43:1	1.96:1	2.67 : 1	3.85:1	2.90 : 1
건물의 형상		사각형	사각형	사각형	사각형	사각형
건물의 향		남향	남서향	남향	남동향	남향
외벽	단열재종류	비드법보온판	비드법보온판	비드법보온판	비드법, 압출법	압출법 보온판
	단열재두께(mm)	100	130	90	100	120
	외피열관류율(W/㎡·K)	0.240	0.259	0.331	0.262	0.274
지붕	단열재종류	경질우레탄폼	압출법보온판	비드법보온판	압출법보온판	압출법보온판
	단열재두께(mm)	180	180	170	150	190
	외피열관류율(W/㎡·K)	0.138	0.147	0.170	0.175	0.144
최하층 바닥	단열재종류	경질우레탄폼	비드법보온판	비드법보온판	압출법보온판	압출법보온판
	단열재두께(mm)	115	120	100	80	110
	외피열관류율(W/㎡·K)	0.193	0.204	0.259	0.323	0.200
창호	창호종류	일반 6 + 아르곤 12 + 로이 6	일반6 +아르곤12 +로이6	일반 6 + 아르곤 12 + 로이 6	일반 6 + 아르곤 12 + 로이 6	일반 6 + 아르곤 12 + 로이 6
	창호두께(mm)	24	24	24	24	24
	외피열관류율(W/㎡·K)	1.403	1.752	1.612	1.825	1.333
	아르곤이중유리 적용비율(%)	90 이상	100	100	90 이상	95
코어	위치	북측	북측	중앙	중앙	북측
	공조여부	무	무	무	무	무
내벽 열관류율(W/㎡·K)		0.496	5.500	2.899	2.899	0.541
슬라브 열관류율(W/㎡·K)		3.391	3.391	0.773	3.391	3.391
표준항목		설비부문				
열원설비		흡수식 냉온수기	-	-	-	-
공조방식		CAV + FCU	개별식	개별식	개별식	개별식
냉방기기	모델(type)	흡수식 냉온수기	EHP	EHP	EHP	EHP
	설계용량(kW)	3,157	926	1,088	1,154	839
냉각탑	설계용량(kW)	5,000	-	-	-	-
난방기기	모델(type)	흡수식 냉온수기	EHP	EHP	EHP	EHP
	설계용량(kW)	3,157	906	746	3,377	322
내부 발열	재실 밀도(㎡/인)	18.58	6.19	26.01	4.00	18.58
	조명 밀도(W/㎡)	7.13	8.95	5.68	6.91	6.27
	기기 밀도(W/㎡)	10.76	3.23	14.30	4.00	10.76
그 외	침기량(ACH)	0.90	0.80	0.90	0.80	0.90
	환기량 (㎡/person·h)	29.0	29.0	29.0	36.0	29.0
	급탕량(Wh/(㎡·d))	30.0	30.0	82.0	30.0	30.0
설정온도	냉방 / 난방(℃)	26.0 / 20.0	26.0 / 20.0	26.0 / 20.0	26.0 / 20.0	26.0 / 20.0
Operation Schedule	냉방(월/일)	1/1 ~ 12/31	1/1 ~ 12/31	1/1 ~ 12/31	1/1 ~ 12/31 (하계방학제외: 7/16~8/28)	1/1 ~ 12/31
	난방(월/일)	1/1 ~ 12/31	1/1 ~ 12/31	1/1 ~ 12/31	1/1 ~ 12/31 (동계방학제외: 12/16~2/14)	1/1 ~ 12/31
주요 activity(W/㎡)		120	120	120	120	120

: 조사된 건축물 중 표준적인 건물로서 중부지역, 2,000㎡미만의 건축물으로써 건물 방향은 남향, 5층 미만, 2.6:1의 장단변비, 21.92%의 창면적비, 비드법보온판의 단열재, 24mm 로이복층유리, EHP의 냉/난방설비가 가장 많이 설계된 것으로 분석됨

: 표준건물 설정 시 업무시설의 열원설비는 흡수식 냉온수기의 열원설비가 설정되었으며, 내주부는 CAV, 외주부는 FCU의 공조방식이 설정됨. 판매시설, 숙박시설, 교육시설, 문화시설은 모두 EHP를 냉/난방설비로 설정됨

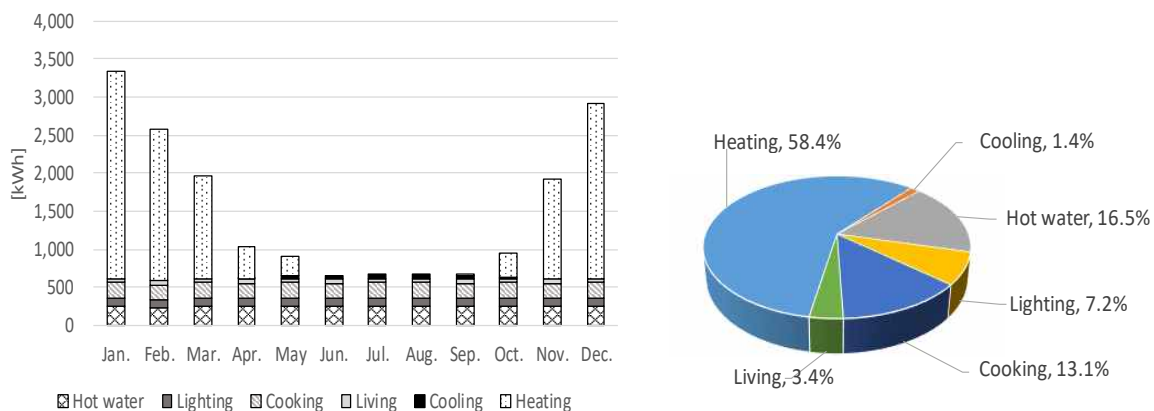
● 건축물 용도별 에너지소비 특성 데이터 도출

- 표준 공동주택 단위세대의 에너지 종류와 에너지 사용용도에 따른 에너지소비량을 산출

: 총 에너지소비량은 18,266.8kWh/y로 연간 단위면적당 에너지소비량은 214.93kWh/㎡y로 나타남

: 사용에너지 종류에 따른 에너지소비량은 전력 4,278.1kWh/y(23.4%), 가스 13,988.7kWh/y(76.6%)로 분석됨. 에너지원에 따른 사용용도별 에너지소비량을 보면 전력은 취사 1,501.8kWh/y(35.1%), 조명 1,318.7kWh/y(30.8%), 생활가전 622.4kWh/y(14.5%), 난방&급탕 584.4kWh/y(13.7%), 냉방 250.8kWh/y(5.9%)로 나타났고 가스는 난방 10,097.5kWh/y(72.2%), 급탕 2,995.4kWh/y(21.4%), 취사 895.8kWh/y(6.4%)로 분석됨

: 용도별 에너지소비량 구성비는 난방 58.4%(10,659.2kWh/y)로 가장 높고, 급탕 16.5%(3,018.1kWh/y), 취사 13.1%(2,397.6kWh/y), 조명 7.2%(1,318.7kWh/y), 생활가전 3.4%(622.4kWh/y), 냉방 1.4%(250.8kWh/y) 순으로 에너지가 소비되는 것으로 분석됨

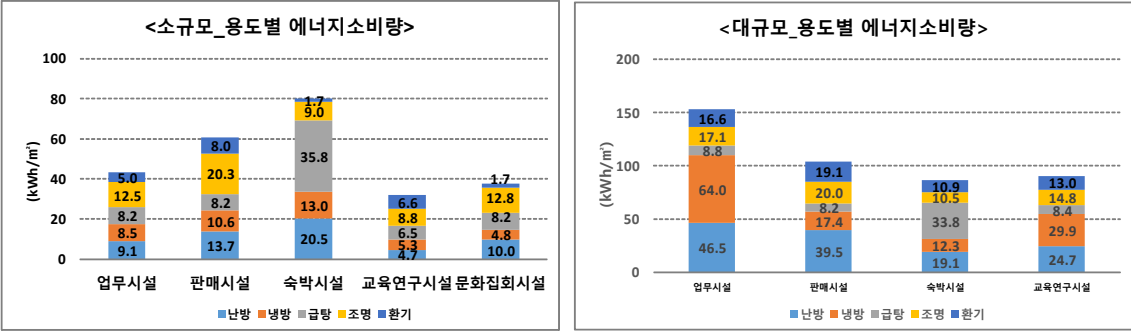


[그림 2-49] 주거용 건축물(공동주택)의 용도별 에너지소비 특성 데이터 도출

- 비주거용 건축물은 데이터 분석결과 연면적 10,000㎡ 기준으로 열원설비가 각각 ‘공조방식’ 및 ‘냉매방식’로 구분되어 연면적 10,000㎡를 기준으로 대형과 소형으로 분류

: 소규모 용도별(업무시설, 판매시설, 숙박시설, 교육연구시설) 표준건물의 에너지소비량은 각각 43.3kWh/㎡, 60.9kWh/㎡, 79.9kWh/㎡ 및 31.8kWh/㎡로 산출되었음. 문화집회시설 표준건물의 에너지소비량은 37.5kWh/㎡로 산출됨

: 대규모 용도별(업무시설, 판매시설, 숙박시설, 교육연구시설) 표준건물 에너지소비량은, 각각 153.0kWh/㎡, 104.3kWh/㎡, 86.7kWh/㎡ 및 90.7kWh/㎡ 로 산출되었음



(단위: kWh/㎡)

구분		난방	냉방	급탕	조명	환기	합계
소규모	업무시설	9.1	8.5	8.2	12.5	5.0	43.3
	판매시설	13.7	10.6	8.2	20.3	8.0	60.8
	숙박시설	20.5	13.0	35.8	9.0	1.7	80.0
	교육연구시설	4.7	5.3	6.5	8.8	6.6	31.9
	문화집회시설	10.0	4.8	8.2	12.8	1.7	37.5
대규모	업무시설	46.5	64.0	8.8	17.1	16.6	153.0
	판매시설	39.5	17.4	8.2	20.0	19.1	104.2
	숙박시설	19.1	12.3	33.8	10.5	10.9	86.6
	교육연구시설	24.7	29.9	8.4	14.8	13.0	90.8

[그림 2-50] 비주거용 건축물의 용도별 에너지소비 특성 데이터 도출

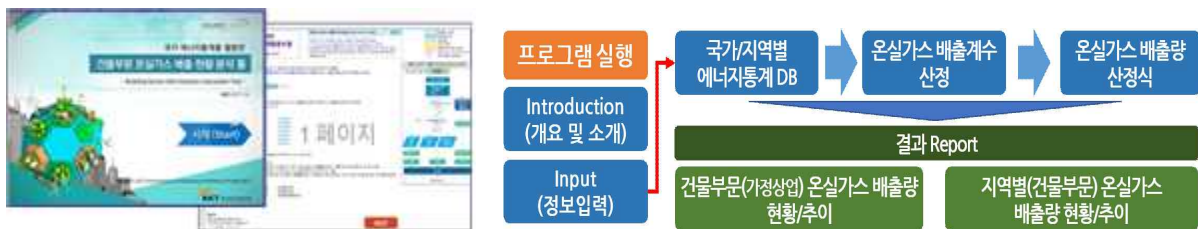
② 건물부문 온실가스 과거 확산분석 및 미래양상 예측모형 알고리즘 개발

㉓ 건물부문 온실가스 배출 현황 및 추이

- 국가에너지 통계를 활용한 건물부문 온실가스 배출 현황 분석 툴 (S/W) 개발

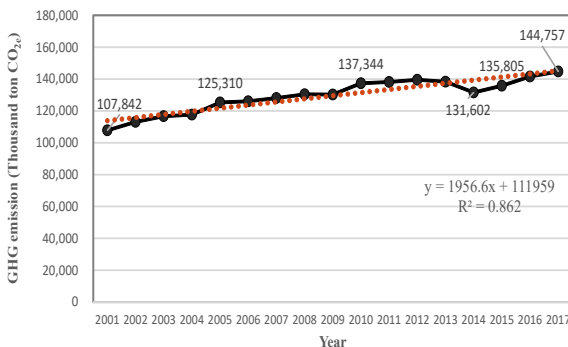
: [목적] 국가 에너지 통계에 기반 국가레벨의 건물부문의 온실가스 배출량 산정 및 추이/현황 분석

: [명칭] 국가 에너지통계를 활용한 건물부문 온실가스 배출 현황 분석 툴
(Building Sector GHG Emission Calculation Tool)

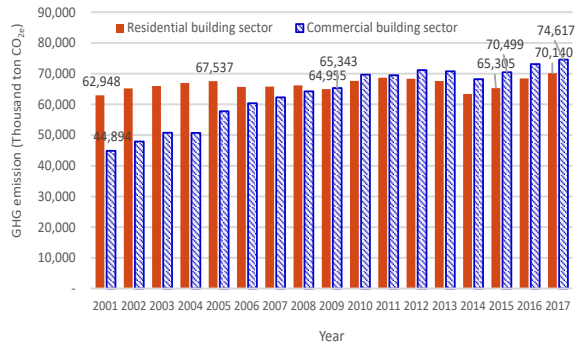


[그림 2-51] 국가 에너지통계를 활용한 건물부문 온실가스 배출 현황 분석 툴

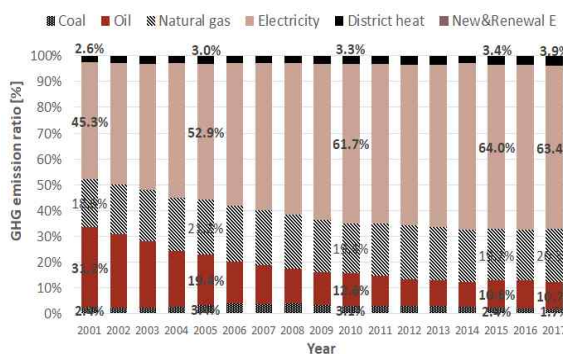
- 국내 건물부문의 총 온실가스 배출량(CO₂e)은 2015년에 135.8백만톤으로 국가 전체 온실가스 총 배출량(692.9백만톤) 중 약 19.6%를 차지. 2017년 건물부문 배출량은 가정부문에서 70.1백만톤, 상업부문에서 74.6백만톤으로 구성되며 분석기간 동안 약 년 2.0%로 온실가스 배출은 꾸준히 증가



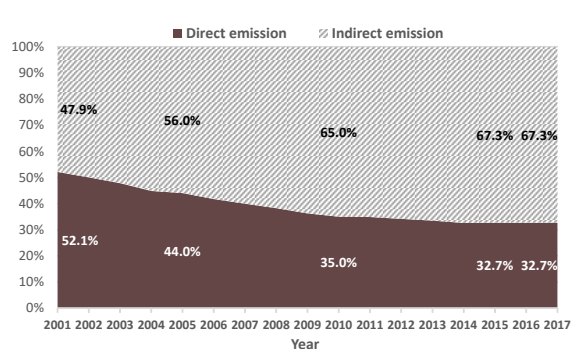
a) 건물부문 온실가스 배출량 현황 및 추이



b) 주거/비주거 온실가스 배출량 현황 및 추이



c) 에너지원별 온실가스 배출량 비중 현황



d) 건물부문 직접 및 간접 배출량 비중

[그림 2-52] 국가 건물부문 온실가스 배출량 현황 및 추이

- 2017년 기준 에너지원별 온실가스 배출량(CO₂e) 중 전력의 배출량이 91.8백만톤, 약 63.4%로 가장 높은 배출량 요인. 석유는 2001년 31.2%에서 2017년 10.7%의 비중으로 크게 감소하는 경향을 보인 반면, 도시가스는 연평균 2.5%수준으로 지속적으로 증가 추세
- 건물에서의 연료연소에 의한 직접배출량과 전력 등의 소비에 의한 간접배출량의 추이는 직접배출량이 지속적으로 낮아져 2014년이후에는 직접배출량과 간접배출량의 비율이 약 32.7 : 67.3 수준으로 지속되는 경향을 나타냄. 따라서 건물부문의 온실가스 배출량은 산업 및 교통분야와 비교하여 간접배출량의 영향이 큰 것으로 분석됨
- 건축물의 단위 에너지소비에 따른 온실가스 배출량 기준값은 가정부문은 3.1 ton CO₂e/TOE(0.31 kg CO₂e/Mcal), 상업용 건물은 4.2 ton CO₂e/TOE(0.42 kgCO₂e/Mcal). 건물부문의 연간 온실가스 배출량 원단위는 2013년부터 2017년까지 주거건물은 평균 약 40.6kg-CO₂e/m²·yr, 비주거건물에서는 단위면적당 평균 약 68.4kg-CO₂e/m²·yr로 유사한 배출 결과를 보임. 이는 상업용 건축물이 온실가스 배출 특성치가 높아 주거부문보다 높은 감축 잠재력을 가지며 우선적인 감축대책이 요구된다고 할 수 있음

④ 모듈 특성별 전망 알고리즘(방법론) 도출

(가) 건물부문의 에너지 수요 전망을 위한 수요예측 모형의 이론 조사

① 회귀분석 모형

- 단순선형회귀모형(simple linear regression model)
- 종속변수(dependent variable) Y와 하나의 독립변수(independent variable) X간에 선형관계를 가정하여 적용된 모형임

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \epsilon_i$$

- 단순회귀모형은 <그림 2>에 제시된 것과 같이 오차항의 제곱들을 더한 값을 최소가 되도록 하는 모수(β_0, β_1)를 계산하여 추정하며, 이러한 방법을 OLS(Ordinary Least Square) 방법이라고 함

- 다중회귀모형(multiple regression model)

- 종속변수(dependent variable) Y와 둘 이상의 독립변수(independent variable)들 $\{X_1, \dots, X_k\}$ 간에 선형관계를 가정하여 적용된 모형임

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \dots + \beta_k X_k + \epsilon_i$$

- 단순선형회귀모형의 추정에서와 같이 OLS(Ordinary Least Square) 방법을 통해 다중회귀모형도 오차항의 제곱들을 더한 값을 최소가 되도록 하는 모수($\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$)를 계산하여 추정할 수 있음
- 다중회귀모형에 대한 모형적합성도 단순회귀모형의 검정과 같이 R^2 값을 이용하는 방법과 분산분석을 통한 F-검정을 이용하는 방법으로 검정함

② 시계열 모형

● 지수평활법

- 단순지수평활법

: 일정한 수준을 중심으로 이루어진 시계열을 예측함

: t 시점에서 $t+1$ 시점의 시계열 Z_{t+1} 에 대한 예측치 $f_t(1)$ 을 다음과 같이 예측함

- 선형지수평활법

: 매 시점 일정한 수준(S_t)과 시점 간의 변화(T_t)가 결합되어 이루어진 시계열을 예측함

: t 시점에서 $t+m$ 시점의 시계열 Z_{t+m} 에 대한 예측치 $f_t(m)$ 을 다음과 같이 예측함

● ARIMA모형

- AR(p), MA(q), ARMA(p,q) 모형

- AR(p): 시계열 Y_t 를 자기 자신의 연속한 p 개의 과거값을 이용해서 설명함

$$y_t = c + \phi_1 y_{t-1} + \dots + \phi_p y_{t-p} + \epsilon_t$$

- MA(q): 시계열 Y_t 를 t 시점을 포함한 연속한 q 개의 오차항을 이용해서 설명함

$$y_t = c + \epsilon_t - \theta_1 \epsilon_{t-1} - \dots - \theta_q \epsilon_{t-q}$$

- ARMA(p,q): 시계열 Y_t 를 자기 자신의 연속한 p 개의 과거값과 t 시점을 포함한 연속한 q 개의 오차항을 이용해서 설명함

$$y_t = c + \phi_1 y_{t-1} + \dots + \phi_p y_{t-p} + \epsilon_t - \theta_1 \epsilon_{t-1} - \dots - \theta_q \epsilon_{t-q}$$

- AR(1) 모형($y_t = c + \phi y_{t-1} + \epsilon_t$)에서 ϕ 가 1인 경우 시계열 Y_t 는 장기적으로 $-\infty$ 에서 $+\infty$ 사이에 어디에 존재하게 될 지에 대한 정보가 없는 불안정 시계열이 되며, ϕ 가 1인 것을 단위근이라고 함

- 단위근 검정에서는 AR(1) 모형($y_t = c + \phi y_{t-1} + \epsilon_t$)의 ϕ 가 1인지를 검정하며, 보다 확장된 AR(p)모형에서 단위근을 가지는지를 검정하기도 함

● VAR(Vector Auto-Regressive) 모형

- 시계열 벡터의 AR모형임

$$x_t = c + \Phi_1 x_{t-1} + \dots + \Phi_p x_{t-p} + e_t$$

$$\text{단, } x_t = \begin{pmatrix} x_{1t} \\ \vdots \\ x_{nt} \end{pmatrix}, \Phi_j = \begin{pmatrix} \phi_{11j} & \dots & \phi_{1nj} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \phi_{n1j} & \dots & \phi_{nnj} \end{pmatrix}, c = \begin{pmatrix} c_1 \\ \vdots \\ c_n \end{pmatrix}, e_t = \begin{pmatrix} e_{1t} \\ \vdots \\ e_{nt} \end{pmatrix}$$

- VAR 모형은 시계열 변수들 간의 동일 시점에 대한 인과관계를 포함하고 있지 않음. 다만, 오차항들 간의 공분산을 가정하고 Cholesky 분해를 통해 동일 시점에 대한 분석을 수행함

● 공적분(Co-Integration) 모형

- 시계열 x_t 와 y_t 가 모두 I(1)계열이라서 각각의 시계열을 분석하기 위한 모형은 차분모형(일반적으로 ARIMA(p,1,q)모형)이어야 하지만, x_t 와 y_t 가 장기적으로 안정적인 관계에 있는 경우 $\alpha x_t + \beta y_t$ 는 안정적인 I(0)계열인 것을 공적분이라 함
- 공적분 관계에 있는 시계열들을 분석할 경우 각각의 시계열들이 불안정한 시계열들이라 차분을 취하는 것은 과잉차분문제를 초래함

③ 성장곡선 모형(Growth Curve Model)

- 시계열 Y를 시간흐름에 따라 S-자모양의 추세를 나타내는 함수 f(t)로 모형화한 모형임
- 성장모형의 핵심적인 모수는 장기적으로 수렴되는 최대치인 포화치(Saturation level), 초기 수준에서 포화치까지 얼마나 빨리 도달하는지에 대한 성장속도, S자모양의 변곡점 등이 있음
- 성장곡선모형은 적용되는 S자모양 함수에 따라 로지스틱모형, 고펜페르츠모형, Bass모형 등 다양한 모형들이 사용됨

- 로지스틱 모형: $Y_t = \frac{a}{1 + ce^{-bt}}$

- 고펜페르츠 모형: $Y_t = ae^{-ce^{-bt}}$

- Bass 모형: $Y_t - Y_{t-1} = (p + \frac{q}{m} Y_{t-1})(m - Y_{t-1})$

- 고펜페르츠 모형은 영국의 Benjamin Gompertz가 1825년 Royal Society에 발표한 논문에서 처음 제안한 모형임. Gompertz는 인간의 수명에 대한 모형을 제안하기 위해 처음에는 서서히 증가하고, 이후 가파르게 성장한 다음, 마지막에는 서서히 최고치에 수렴해 가는 S자 모형을 내재한 함수임
- Bass 모형은 다른 성장곡선모형들과 달리 모형의 모수들에 대한 마케팅적 해석이 뛰어나서 경영학 분야에서 신제품의 확산과정을 설명하는데 많이 사용됨

$$S_t = Y_t - Y_{t-1} = (p + \frac{q}{m} Y_{t-1})(m - Y_{t-1})$$

: S_t 는 t시점의 당기 판매량을, Y_t 는 t시점까지의 누적 판매량을 의미함

: p, q, m은 각각 혁신계수, 모방계수, 잠재시장규모를 의미함

- 혁신계수는 비수용자에 대한 기업의 직접적인 광고와 같은 시장외부로부터의 영향을 나타내고, 모방효과는 기수용자가 비수용자에 대한 구전효과와 같은 시장내부의 영향을 나타냄

③ 건물부문 온실가스 배출량 전망 시뮬레이션 기술 개발

㉗ 웹기반 건물부문 온실가스 배출량 전망 시뮬레이션(S/W) 기술 구현

- 전망 시뮬레이션 기술 프로그램은 가칭 “건물부문 온실가스 배출량 전망 분석 모형 (K-BEC2P-2015)”로 명명함
: Korea Building Energy and Climate Change Perspectives-2015 Program



[그림 2-53] 건물부문 온실가스 배출량 전망 분석 모형 인트로 화면

● 전망의 목적

: 국가 온실가스 감축목표 달성을 위해 국가 건물부문의 2035년까지의 온실가스 배출량 전망 및 배출 특성 파악

- (1) UNFCCC 체제하에서의 국가 온실가스 대응 및 국가보고서 건물부문 작성
- (2) 건물부문의 온실가스 배출량 전망 및 감축 방안의 정량적 분석
- (3) 건물부문 배출권 거래제 및 외부감축사업 등 기술데이터 지원

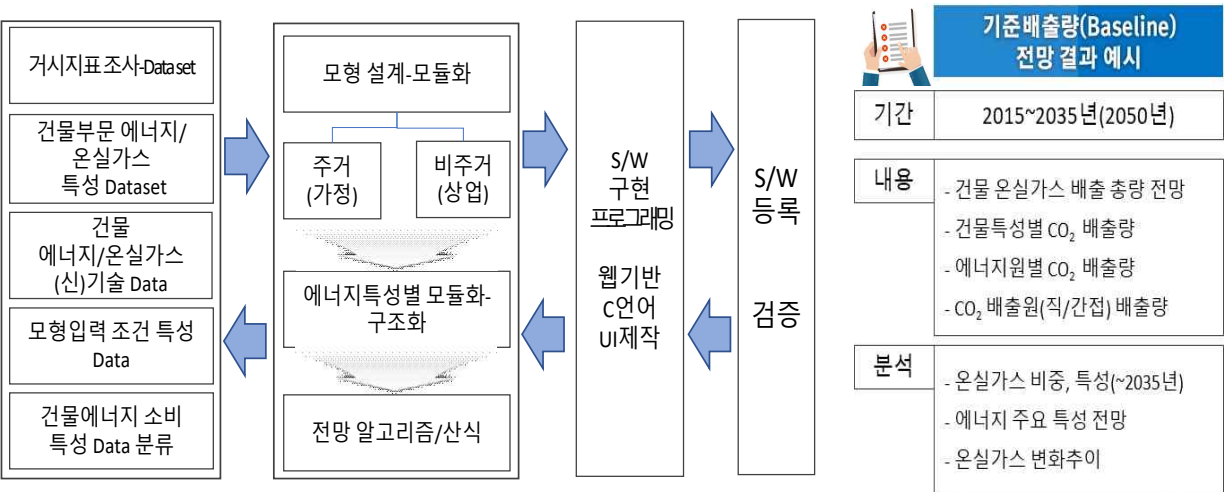
● 기술개발 수준

: 국가 건물정보 기반의 온실가스 구조 분석 및 입력데이터/변수 모듈 구축
: DB에 근거한 과거 확산 형태분석 및 미래 양상 예측 알고리즘 적용
: 건물 특성 구조화 RES(Reference Energy System) 모형 설계
: 국내 온실가스 배출 실적 및 전망치와 부합화 연계 분석

● 분석 범위

: 국가 온실가스 감축 로드맵에 따른 건물부문의 온실가스 배출량으로써 건물부문에서의 에너지 소비량에 따른 온실가스 배출량 산정
: 분석기간은 2015년을 기준년도로 하여 2035년까지 1년 단위 분석

● 전망 모형의 소프트웨어(S/W) 설계 및 구성



[그림 2-54] 전망 모형의 소프트웨어 설계 및 구성

: HTML4 및 CCS 기반의 사용자 친화적 UI 구성으로 웹기반 프로그램으로 구현함

④ 대시보드형 시각화 서비스 개발

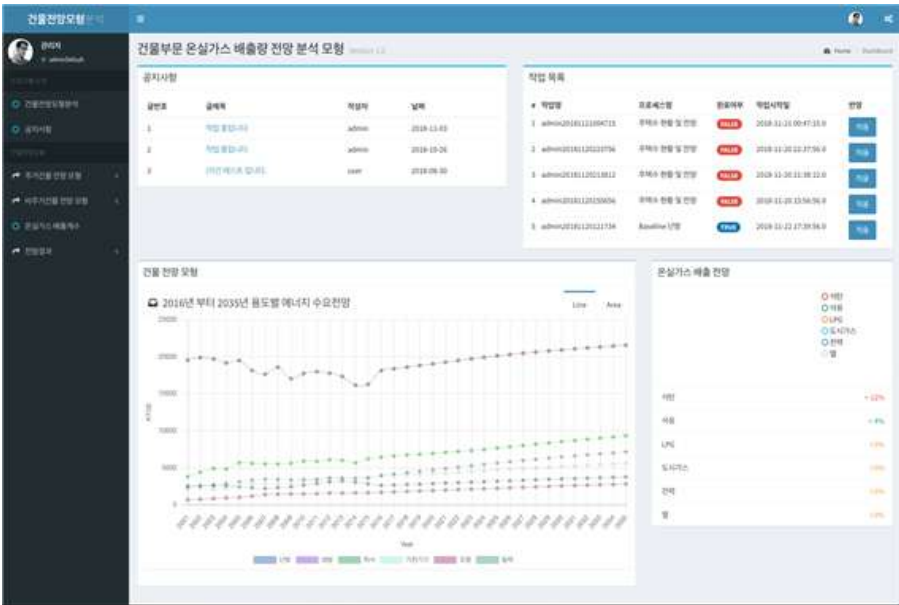
- 1단계 메인 메뉴(로그인/프로그램소개/건물전망모형분석/공지사항/주거건물전망모형/비주거건물전망 모형/온실가스배출계수/온실가스배출전망) 구성 완료
- 1단계 메인 메뉴별로 이하 2~4단계의 세부 메뉴 트리 구성

1 단 계	2 단 계	3 단 계
로그인	회원가입	
	패스워드 찾기	
	아이디 찾기	
프로그램 소개		
공지사항		
주거건물 전망 모형	전제조건	주택수 현황 및 전망
		가구수 현황 및 전망
		냉난방 도입 기후기온변화
	난방	난방기기별 주택 비중
		난방기기 에너지소비 원단위
		신규 난방시스템별 효율화
		기상데이터 변화율 (HDD 변화)
		난방기기 에너지소비 전망
		고효율 난방기기 보급률 전망
		Baseline 난방
	냉방	냉방기기 에너지소비 특성
		냉방기기 에너지소비 원단위
		신규 냉방시스템별 효율화
		가정용 냉방기기 보급률 현황
		고효율 냉방기기 보급률 전망
		Baseline 냉방
	취사	취사연료 비중 변화 및 전망

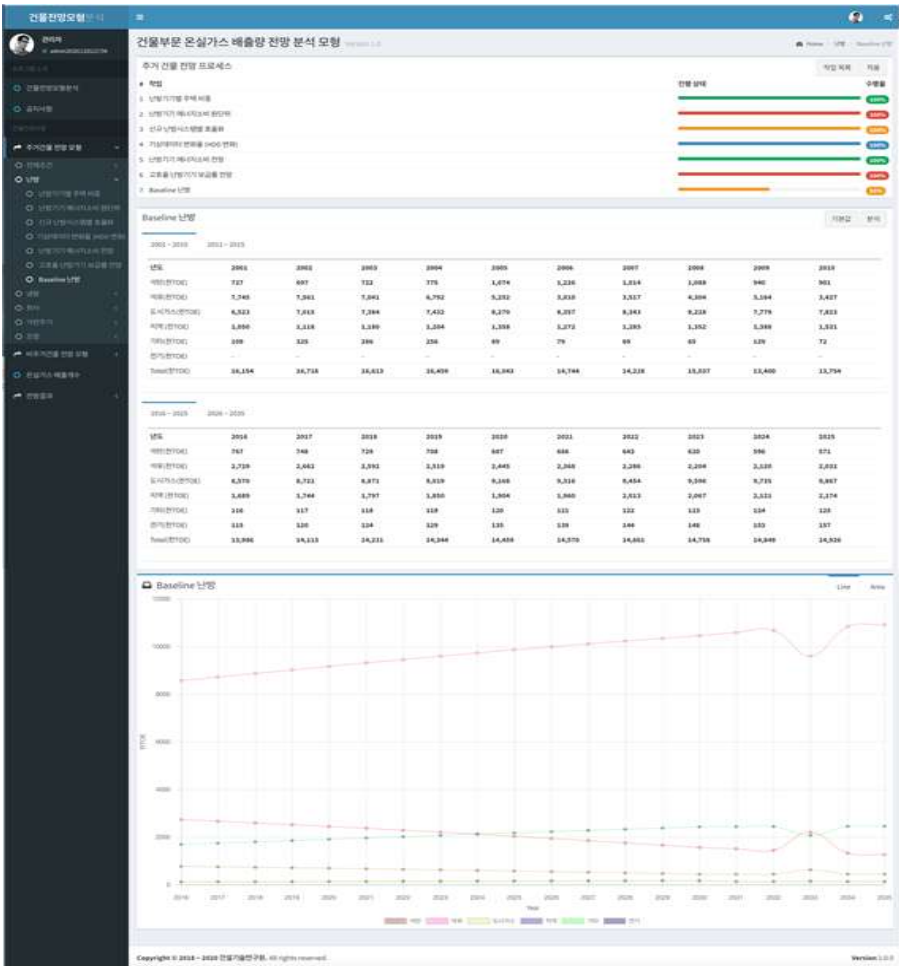
1 단 계	2 단 계	3 단 계
		가스 취사 원단위 및 전망
		Baseline 취사
	가전기기	가전기기 에너지소비 특성
		대기전력
		가전기기 원단위 및 전망
		가전기기 보급률 추이 및 전망
		고효율 가전기기 보급률 전망
		Baseline 가전기기
	조명	조명기기 에너지소비 원단위
		조명기기 보급률 추이 및 전망
		Baseline 조명
비주거건물 전망 모형	전제조건	비주거 건축물
	난방	냉난방 도입 기후기온변화
		기기별 비주거 구성 비중
		난방기기 에너지소비 원단위
		신규 난방시스템별 효율화
		기상데이터 변화율 (HDD 변화)
		난방기기 에너지소비 전망
		고효율 난방기기 보급률 전망
		Baseline 난방
	냉방	냉방기기별 비주거 구성 비중
		냉방기기 에너지소비 원단위
		신규 냉방시스템별 효율화
		기상데이터 변화율 (HDD 변화)
		냉방기기 에너지소비 전망
		고효율 냉방기기 보급률 전망
	취사	Baseline 냉방
		취사 기기별 비주거 구성 비중
		취사 에너지 원단위
	사무기기	Baseline 취사
		사무기기 원단위 및 전망
		사무기기 보급률 추이 및 전망
	조명	Baseline 사무기기
		조명기기 보급 및 이용실태
		조명기기 에너지소비 원단위
		조명기기 보급률 추이 및 전망
	동력	Baseline 조명
		동력기 및 전동기 용량 및 효율
		동력기기 에너지소비 원단위
		동력 보급률 추이 및 전망
		Baseline 동력
온실가스 배출계수		
온실가스 배출 전망 결과	주거전망	에너지 수요 전망
		온실가스 배출 전망
	비주거 전망	에너지 수요 전망
		온실가스 배출 전망
	건물부문 전망	에너지 수요 전망
		온실가스 배출 전망

㉔ 온실가스 배출량 전망 분석 시각화 서비스 개발

㉔ 건물 전망 모형 분석 S/W 화면



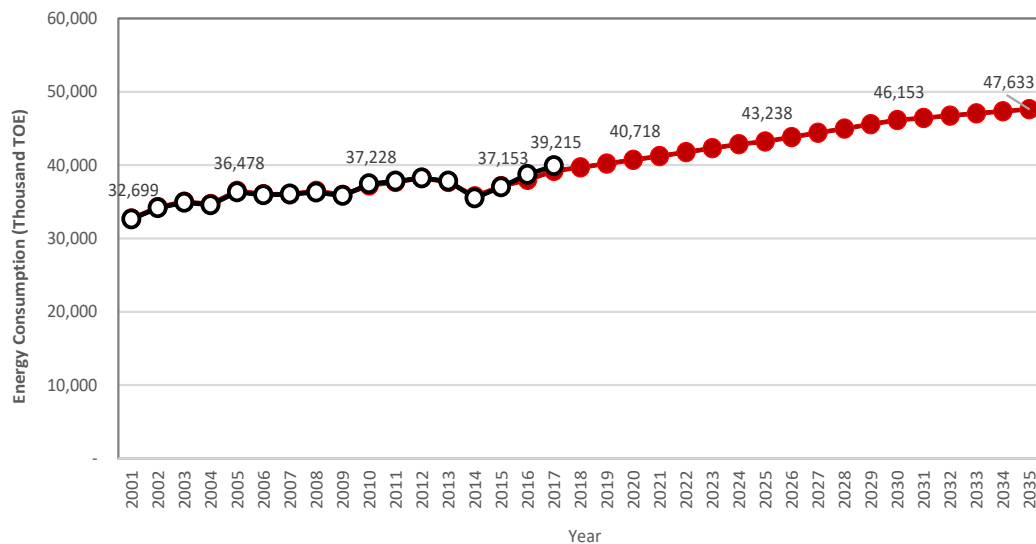
㉔ 용도별(주거/비주거) 건물 전망 S/W 화면



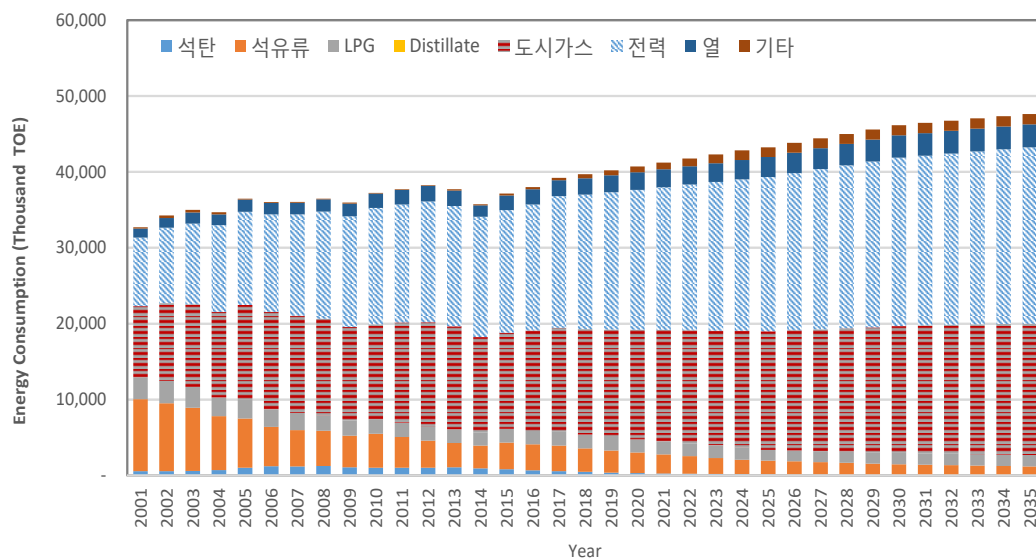
④ 건물부문의 온실가스 배출 전망 Baseline 결과

● 전망 모형을 통한 에너지 수요 Baseline(기준시나리오) 전망 결과

: 기준년도인 2015년의 건물부문에서 소비되는 에너지 소비량은 37.1백만TOE이고, 전망 결과에 따라 2020년에 40.7백만TOE, 2025년에 43.2백만TOE, 2030년에 46.1백만TOE, 2035년에 47.6백만TOE가 될 것으로 전망됨



[그림 2-55] 건물부문 최종 에너지 수요 Baseline 전망 결과(2016년~2035년)



[그림 2-56] 건물부문 에너지원별 수요 전망 결과(2016년~2035년)

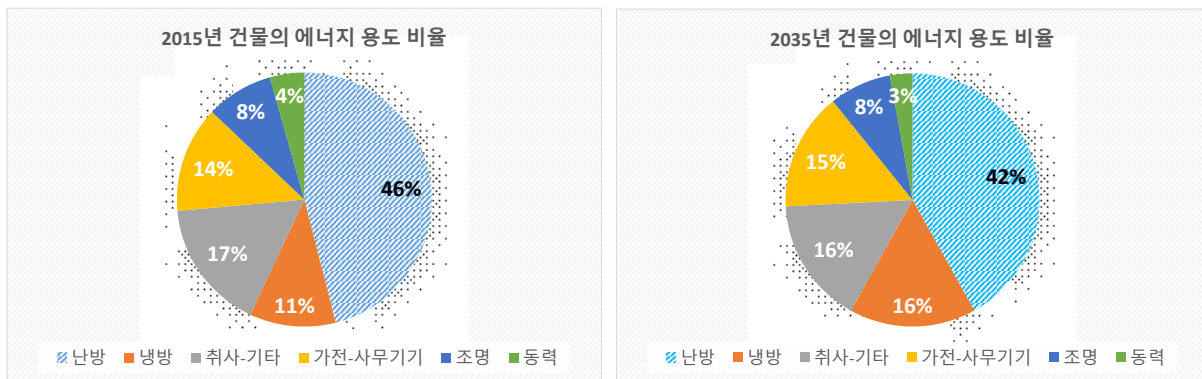
: 2015년에 주거부문은 20.6백만TOE이고 비주거부문은 16.4백만TOE로 주거부문이 4.2백만TOE의 에너지를 더 소비하는 것으로 나타남. 주거부문의 전망 결과는 국가 에너지통계 연보와 비교하여 기준

년(2015년)대비 에너지소비 총량은 $\pm 1\%$, 에너지원별 소비량은 $\pm 5\%$ 내에서 구현되었고, 비주거부분의 전망 결과는 에너지소비 총량에서 $\pm 2\%$, 에너지원별 소비량은 $\pm 7\%$ 수준에서 구현되었음

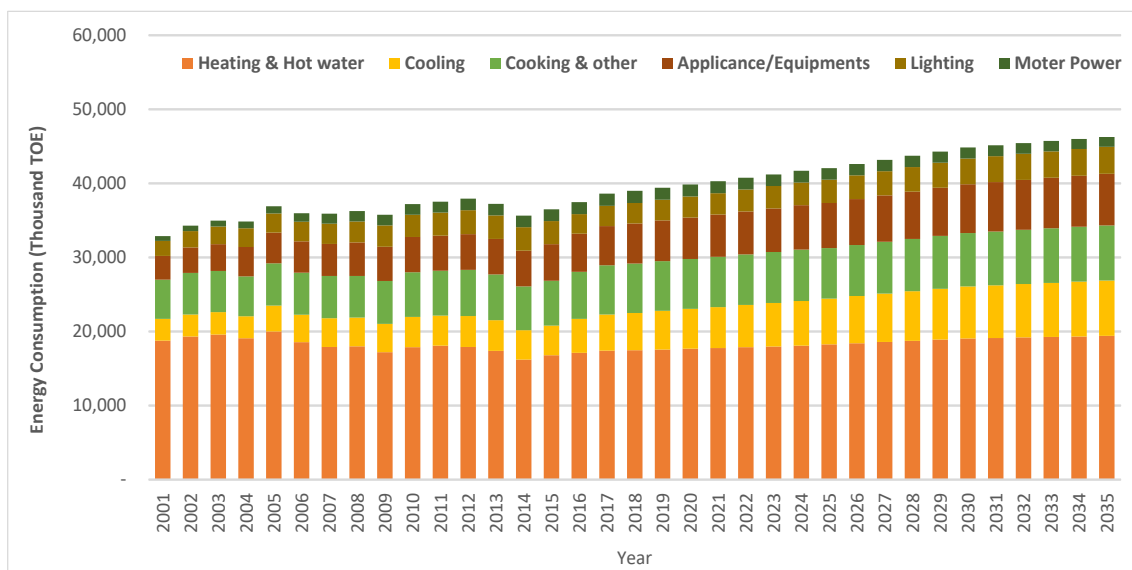
: 2028년에 주거부분의 예측되는 소비량은 22.5백만TOE, 비주거부분은 22.51백만TOE로 같아질 것으로 분석됨. 이후에는 비주거부분에서의 에너지소비량이 주거부분을 넘어 증가할 것으로 분석됨. 2035년에는 주거부분의 에너지 수요가 22.9만TOE, 비주거부분은 24.6백만TOE가 예상되어 건물부분의 총 에너지 소비 전망 결과는 47.6백만TOE로 전망됨

: 건물부분의 에너지 용도별 에너지소비 비중을 살펴보면 2015년에는 난방이 46%로 가장 높고 취사-기타가 16.6%, 가전사무기기에 의한 소비가 13.5%, 냉방에너지 10.9%, 조명 8.5%, 동력 4.4%로 파악

: 2035년의 에너지 용도별 비중은 난방에너지 소비가 41.9%로 여전히 높으나 비중은 4% 감소하였다. 취사-기타부분의 에너지 소비량 비중도 16.1%로 높았고 냉방의 비중이 10.9%에서 16.1%로 증가하였다. 가전사무기기에 의한 에너지 소비는 15.0%를 차지할 것으로 전망

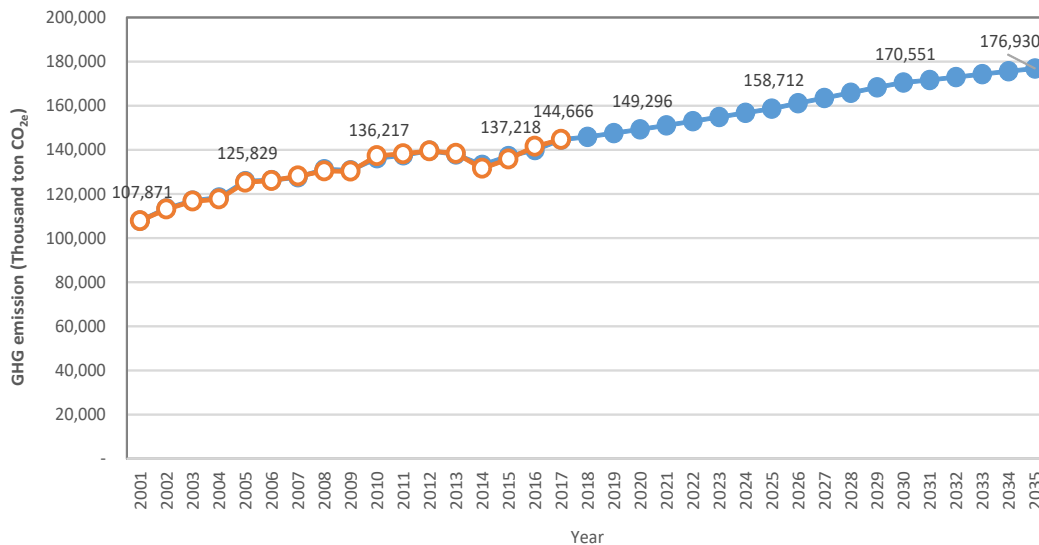


[그림 2-57] 2015년 및 2035년의 에너지소비 용도별 비중

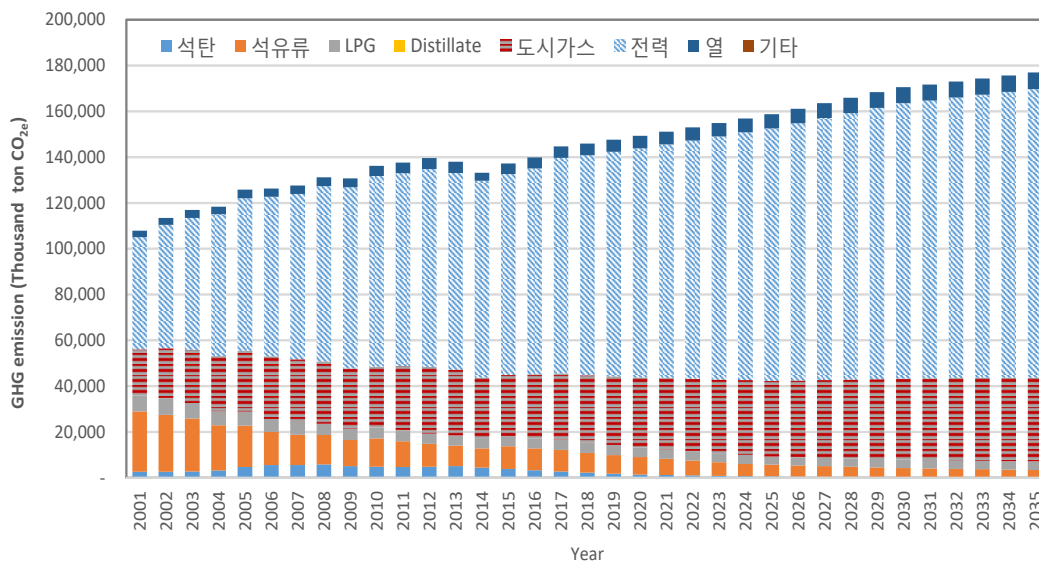


[그림 2-58] 건물부분 에너지소비 용도별 에너지 수요 Baseline 전망

- 전망 모형을 통한 건물부문 온실가스 배출 Baseline(기준시나리오) 전망 결과
 - 기준년도인 2015년 온실가스 배출량은 137.2백만톤CO_{2e}임. 중장기 배출 전망 결과 2025년엔 건물부문의 온실가스 배출량은 158.7백만톤CO_{2e}, 2035년엔 176.9백만톤CO_{2e}으로 전망됨
 - 2030년에는 170.5백만톤CO_{2e}로 국가 온실가스 감축 로드맵 수정안에서 전망한 건물부문은 전체 배출량 전망 197.2백만톤CO_{2e} 과 차이를 보임. 국가 감축량 중 배출 전망치 조정¹⁶⁾에 의한 배출량 전망은 168.7백만톤CO_{2e}으로 유사한 결과를 보이며 1.8백만톤 높은 것으로 전망됨



[그림 2-59] 건물부문 중장기 온실가스 배출 Baseline 결과 (2016년~2035년)



[그림 2-60] 건물부문 에너지원별 온실가스 배출 전망 결과 (2016년~2035년)

16) 정부의 2030년 국가 온실가스 감축목표 기본 로드맵 수정안(2018.7)에 따르면 건물부문의 2030년 배출 전망치(BAU)는 197.2백만톤CO_{2e}이고 배출 전망치 조정은 GDP, 인구, 에너지가격, 과거배출추이 등의 종합적인 영향으로 감소하는 것으로 기준 배출량은 168.7백만톤CO_{2e}으로 보고되고 있음

⑤ 전망 결과 비교를 통한 개발모형의 타당성 분석

㉓ 기존 최적화선형 모형(MESSAGE)을 통한 비교전망 모형 구축

㉔ 최적화 선형 모형 구축

- MESSAGE(Model for Energy Supply Strategy Alternatives and their General Environmental impacts) 모형은 대표적인 상향식 에너지 시스템 모형으로 중장기 에너지 계획, 에너지 정책 분석, 에너지-환경 연계 시나리오 개발 및 분석에 널리 사용되고 있음

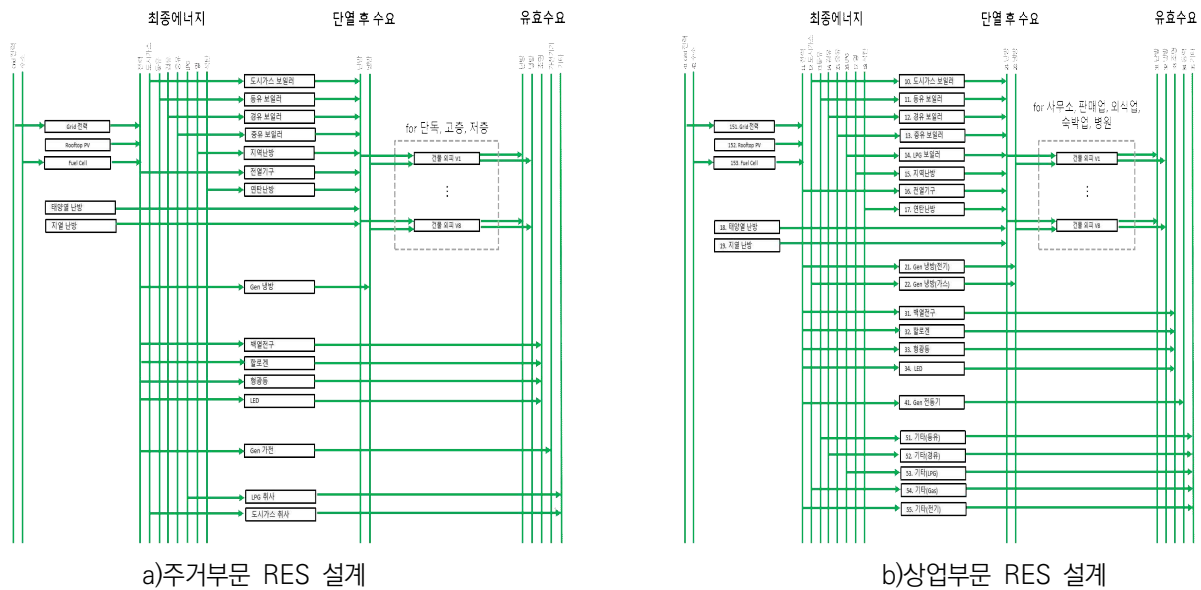
: 외생적으로 전망한 유효수요를 만족하기 위해 최소비용의 수요기술 조합과 최종에너지 조합을 결정하는 선형계획 기반의 최적화 모형임. 본 연구에서는 MESSAGE 모형을 개선하여 건물부문 모형으로 주택(주거)과 상업(비주거)으로 구분하여 1차년도~3차년도까지 모형 구축 진행

- 연구의 범위와 목적에 따라 에너지원의 채취, 수입/수출, 전환, 수송과 배분, 에너지 서비스(열, 동력, 조명, 가전/사무기기, 공간적 이동 등) 제공에 이르기까지 종횡으로 연결된 다양한 에너지 부문의 상호연계성을 묘사·분석할 수도 있고, 특정 부문의 에너지 수요와 공급, 그와 관련된 환경적 영향을 묘사·분석할 수도 있음
- 또한, 동적선형계획법(Dynamic Linear Programing)에 따라 주어진 제약조건 아래에서 최소비용(least cost)의 해를 최적해(optimal solution)로 제시함

: MESSAGE 모형을 활용한 시나리오 분석(scenario analysis)은 에너지 시스템의 경계(energy system boundary) 안에서 사용자가 정의한 정책 목표(예, 온실가스 감축)를 달성하기 위한 최적의 에너지 흐름, 최적의 에너지 기술 투자와 그에 상응하는 에너지 기술 포트폴리오를 제시

㉕ 건물부문 MESSAGE 모형 구축

- 건물부문 MESSAGE 모형 구조는 아래 표와 같음. 전망 기간은 2015년부터 2050년까지 5년 단위로 총 8개 시점이 포함됨. 부문의 구분은 주택(가정), 서비스(상업, 공공)로 구분
 - 각 부문의 유효수요 용도는 난방, 냉방, 조명, 가전(주택), 동력(서비스), 기타로 구분함. 유효수요 전망의 동인은 인구, 1인당 소득, 연면적을 고려
 - 최종에너지 구분은 석탄, 석유류(휘발유, 등유, 경유, 중유, LPG), 전기_Grid, 전기_재생, 열_Grid, 열_재생, 바이오매스, 수소로 구분
 - 기존 RES에서는 최종에너지로 사용되는 전력을 하나의 공급기술이 전력을 생산하였지만 4차년도 기준 에너지 시스템에서는 Grid전력, 건물용 태양광, 건물용 연료전지 기술이 전력을 생산하는 것으로 수정
- : 기존 에너지 시스템 고도화는 건물에서 사용되는 전력의 온실가스 배출계수를 외생적으로 가정하지 않아 탄소세 시나리오 분석 시 유효수요를 충족하기 위해서 사용되는 전력소비 기술의 연료비용에 영향을 미쳐 연료 상대가격을 보다 현실성 있게 반영할 수 있는 장점이 있음



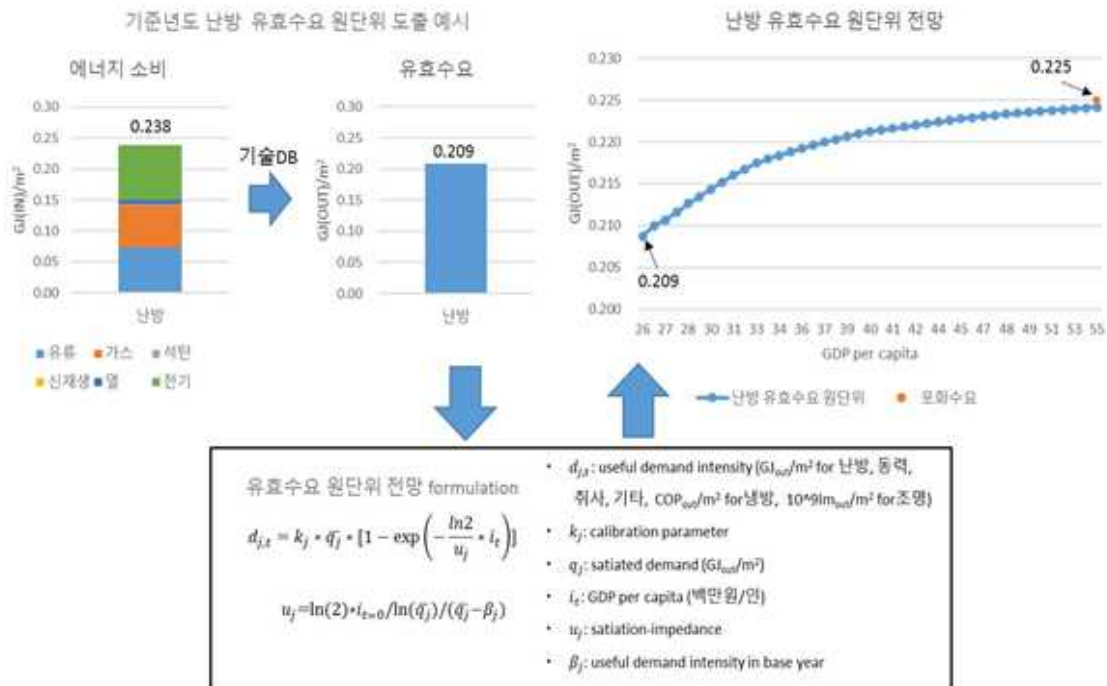
[그림 2-78] MESSAGE모형의 건물부문 RES(Reference Energy System) 구조도

〈표 2-22〉 건물부문 MESSAGE 모형 구조

모형의 특징	상세 설명
전망 기간	2015년부터 2050년까지 5년 단위
부문 구분	주택, 서비스(상업+공공)
유효수요의 용도 구분	- 주택: 난방(온수) 냉방, 조명, 가전, 취사(5개) - 서비스: 난방, 냉방, 조명, 동력, 기타(5개)
유효수요 전망의 동인	인구, GDP, 주택 연면적, 서비스 연면적
최종 에너지 구분	석탄, 석유류(휘발유, 등유, 경유, 중유, LPG), 전기_Grid, 전기_재생, 열_Grid, 열_재생, 바이오매스, 수소
기술 선택 방법	선형 방정식 기반의 최적화 모형
최종 수요 기술의 해상도	에너지원 별 대표기술

● 건물부문 유효수요 전망 방법

- 각 유효수요(Useful Demand)는 에너지 전환 손실이 고려된 유용한 서비스의 양으로 MESSAGE 모형에 외생적(Exogenous)으로 입력되는 변수임
- 각 건물 부문 MESSAGE 모형은 GCAM(Global Change Assessment Model) 등 선진모형에서 채택하고 있는 포화 유효수요 방법론을 차용함



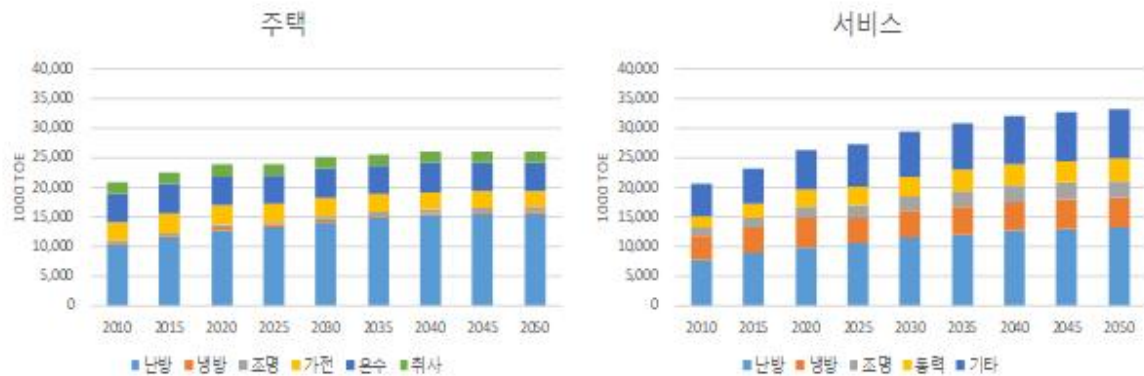
[그림 2-61] 난방 유효수요 원단위 전망 방법론

- : 기준년도 유효수요 원단위(GJ/m²)는 용도별 에너지 소비량에 기술 DB의 효율을 적용하여 도출
- : 유효수요 원단위는 소득 증가에 따라 포화수요에 수렴한다는 가정하에 전망함
- : 전망된 원단위에 활동자료(예, 주택부문 연면적) 전망을 곱해 유효수요의 절대량 산정

⑥ MESSAGE 모형 기반 에너지 소비, 온실가스 전망 구축 및 결과

● 에너지원별 최종에너지 소비량 전망 결과는 다음과 같음

- : 에너지원별 최종에너지 소비량은 주택(주거)부문의 최종에너지 소비는 완만히 증가하여 2050년에 약 26 백만TOE에 도달할 것으로 전망됨. 석탄과 석유의 비중은 급격히 감소하며, 도시가스, 전력, 열에너지의 비중이 많이 증가함
- : 서비스 부문은 상대적으로 소비 증가율이 높아 2050년에 약 33.5 백만TOE에 도달할 것으로 전망됨. 주택부문과 마찬가지로, 망(network) 기반의 에너지원이 주를 이루며, 전력화(electrification)가 확대될 것으로 전망됨
- : 용도별 최종에너지 소비는 난방에 대한 수요는 지속해서 건물의 에너지 소비의 상당한 부분을 차지할 것으로 예상됨. 주택의 경우, 온수와 조명이 그 뒤를 이으며, 서비스 부문의 경우 기타(취사와 사무용품)와 냉방이 주요 에너지 소비의 용도가 될 것으로 전망됨



[그림 2-62] 용도별 최종에너지 소비 추정 결과

● 온실가스 배출 전망 결과는 다음과 같음

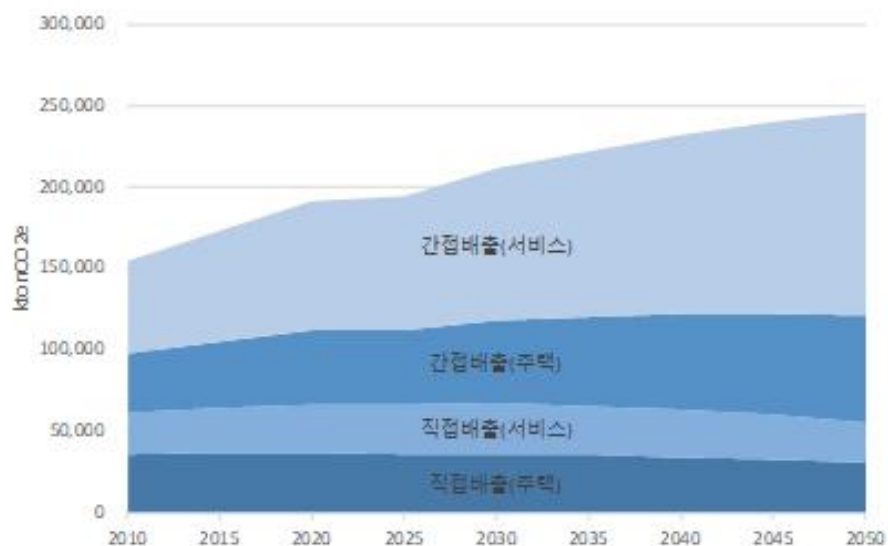
: 온실가스 배출 전망은 최종에너지 소비 전망과 유사한 경향을 보임

: 주택의 경우 2050년에 96.4 MtonCO_{2e}로 2010년(72.2 MtonCO_{2e})에 비해 완만히 증가하는 반면, 서비스 부문의 경우, 83 MtonCO_{2e}에서 15 MtonCO_{2e}로 가파르게 증가함

: 주택부문은 2010년 간접배출의 비중이 50%에서 68%로 늘어나며, 서비스 부문은 2010년 현재의 69%에서 83%로 확대될 전망이다

: 이와 같은 결과는 건물부문의 온실가스 감축은 건물부문의 에너지 효율 개선, 신재생 에너지 보급 등 건물부문 자체의 에너지, 온실가스 감축 노력 못지않게 에너지 공급 부문(전력, 열에너지 등)의 저탄소, 탈탄소화가 중요함을 의미함

: 본 연구는 현재 전력, 열에너지 등의 간접배출원의 온실가스 배출계수를 미래 변동없이 2010년의 계수로 고정한 한계가 있으며, 이로 인해 간접배출 전망이 과소 또는 과대평가되었을 가능성을 염두에 둘 필요가 있음

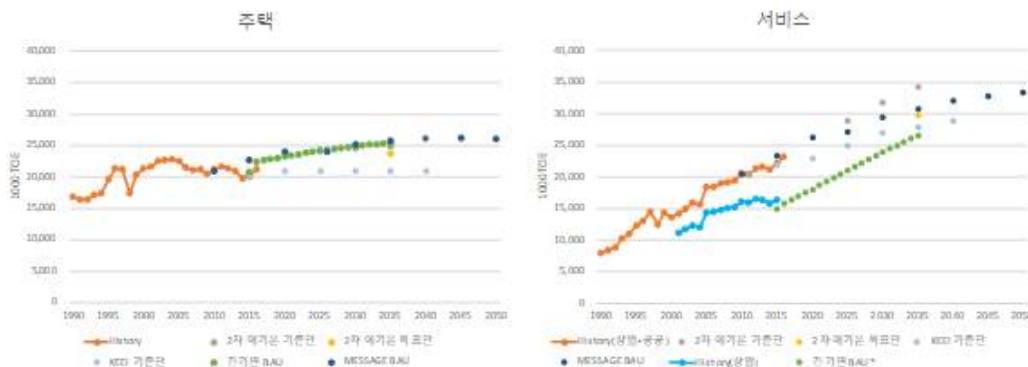


[그림 2-63] MESSAGE모형의 온실가스 배출 전망 결과

④ 모형 간 전망 결과 비교 분석

㉓ 최종에너지 소비 전망

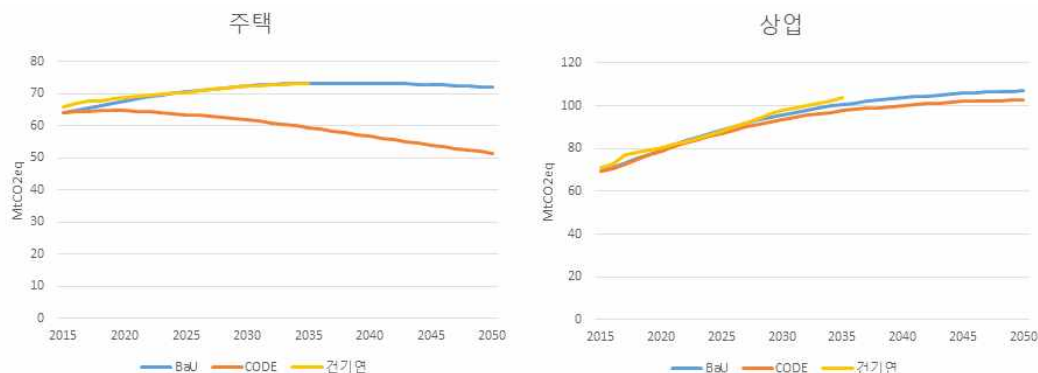
- MESSAGE 모형의 BAU는 기준년도(2010년)의 에너지 소비 실적(에너지통계연보)을 잘 복원하고 있는 것으로 나타남.
- 주택부문의 경우 개발 모형의 BAU와 MESSAGE 모형의 BAU는 2차 에너지 기본계획(2차 에기본)의 기준안과 유사한 전망 결과를 보여주지만, 에너지경제연구원의 장기 에너지 수요전망(KEEI 기준안)에 비해서는 상대적으로 높은 전망 결과를 나타냄
- 서비스부문의 경우 MESSAGE의 전망 결과는 2차 에기본과 KEEI 기준안 전망의 중간에 위치하며 2035년 2차 에기본의 목표안을 통과하는 경로를 보임



[그림 2-64] 모형 간 최종에너지 소비 전망 비교

㉔ 온실가스 배출 전망

- 에너지 소비 전망과 다르게 온실가스 배출 전망은 비교할 여타의 배출 전망이 없는 상태임
- MESSAGE 모형은 2010년 부문별 배출 실적치(IEA Energy Efficiency Indicator)를 잘 복원함
- 건물부문 온실가스 배출량 전망에 대한 기준(BAU) 시나리오의 경우 개발 모형과 MESSAGE 모형의 배출량 전망 결과는 $\pm 5\%$ 내에서 유사한 결과를 나타냄
- 감축 시나리오인 CODE 시나리오는 주택부문의 경우 단열 강화로 인한 난방 에너지(도시가스) 감소 효과가 커 2030년 BAU 대비 약 15% 온실가스 배출량이 감소, 상업부문의 경우 2.4% 감축에 그침



[그림 2-65] 모형 간 온실가스 배출량 전망 결과 비교

(라) 건물부문 온실가스 감축 잠재량 분석 기술 개발

① 온실가스 감축 시나리오 도출을 위한 감축방안 조사

구분	국가 감축로드맵 수정안	제3차 에너지 기본계획	제3차 녹색성장 5개년 계획
신축 건물	패시브 건축물 수준의 단열기준 등 건축물 에너지기준 강화 시행	모든 신축건물의 제로에너지화 달성을 위한 에너지절약 설계 기준 강화	제로에너지건축물 인증단계적 의무화로 신축건축물 BEMS 설치 확대
	제로에너지 건축물 단계적 의무화 시행		
	제로에너지건축의 신재생에너지 생산량 인정범위를 해당 대지 外(off-side)로 확대 시행	제로에너지빌딩 의무화 확대와 연계한 민간 신축건축물 BEMS 설치 확대	신축 건축물 에너지성능 기준 고도화 추진
	에너지절약형 친환경 주택의 건설기준 성능 수준 향상		
기존 건물	에너지 다소비 공공 건축물의 녹색 건축물 전환 의무화 - LED조명과 가로등 보급 등 - 재생에너지 설비 보급을 통한 1.2백만톤 감축 - 건축물 단열 강화 등을 통한 0.3백만톤 감축 - 신/증축 건축물 에너지관리시스템(BEMS)도입	공공상업용 기존 건물 대상 에너지효율 평가체계 도입	그린리모델링 활성화를 위한 제도 개선 및 지원 강화
	그린리모델링 활성화를 위한 중장기 방안 수립 및 시행		
	민간 노후 건축물 에너지 성능개선 사업기획 지원 및 재정 지원 확대	노후 건물 대상으로 에너지공급자 효율 향상 의무화제도(EER)와 연계한 그린리모델링 지원 확대	
	건축물 에너지성능 개선에 따른 외부 감축사업(상쇄) 추진		
설비 효율 개선	가전/사무기기 및 설비와 관련된 에너지 소비효율 등급과 고효율 에너지기자재 인증제도의 품목을 확대하고 효율기준을 단계적 강화	형광등 최저효율기준을 단계적으로 높이고 스마트 조명 보급 확대	에너지소비량이 크고 보급이 늘어나고 있는 가정용 기기를 에너지 효율관리품목으로 지속 확대
		가스 냉방 중장기 보급목표를 설정하고 설비 투자 지원 확대 등 추진	에너지효율 향상을 위한 효율관리 기기 품목 확대 및 효율 기준의 지속적 강화를 통한 최대전력 감축
	고효율 조명기기(LED조명) 및 고효율 설비 지원사업 등 보급 추진	독일식 탑-러너 이니셔티브를 도입하여 고효율 제품 보급 확대	전동기 응용기기에 대한 최저효율기준(MEPS)을 단계적 적용
		21년까지 제습냉방, 흡수식 냉동기 효율제고, 소규모 건물용 신냉방기술 집중 개발	효율기기의 교체 및 보급 지원사업에 지원대상 품목 추가
		수도권, 지역 대도시에 집단에너지 열병합발전시설 신규 설치	주택용 소비자의 요금 선택권 확대를 위해 계시별 요금제 시범사업 추진
신재생 에너지	재생에너지 지원사업을 통한 주택/건물 재생에너지 보급 확대	자가용 태양광의 공공기관 의무화 확대	태양광, ESS 보급 확대
		건물용 연료전지에 인센티브를 부여하여 보급을 확대하고 지역난방 연계 부지 임대형 사업 등 사업 모델 발굴	

② 감축정책·(신)기술을 반영한 온실가스 감축 시나리오의 개발

㉓ 건물부문 온실가스 감축 시나리오 도출

- (정책부문) 제1차 녹색건축 기본계획, 제2차 기후변화대응 기본계획, 제3차 에너지기본계획, 2030국가 온실가스 감축 기본 로드맵 수정안 등의 내용 중 건물부문의 온실가스 배출량 감축과 관련된 정책적 내용을 조사하여 내용을 분류하였음
- (기술부문) 기구축된 건물부문 감축 (신)기술 데이터베이스의 내용을 토대로 건물부문에 적용될 온실가스 감축 기술을 분류하고 검토함. 국내 에너지/온실가스 관련 연구기관(한국건설기술연구원, 한국에너지기술평가원, 한국에너지공단, 에너지경제연구원 등)에서 수행한 기존 R&D연구자료 중 건물부문 온실가스 배출량 감축과 관련된 기술적 내용을 조사하여 반영

㉔ 건물부문 온실가스 감축 시나리오 체계화 및 도출

- 건물부문의 적용되는 온실가스 감축 시나리오를 대분류로 신축 건축물, 기존 건축물, 설비, 정보 등으로 구분하여 체계화하고 이를 통해 건물부문 온실가스 감축 시나리오 도출 및 감축 잠재량 분석 모듈의 개발에 반영함. 대분류, 중분류 및 세부내용으로 감축 시나리오를 구성하고 분류체계를 정립함

① 신축건축물 허가기준 등 정책강화

P. 정책부문

(1) 신축건축물 에너지 성능 강화

- a. 건축물 신축 시 에너지절약 설계기준 강화
- b. 제로에너지건축 의무화
- c. 건물 에너지 저감을 위한 인증 및 등급제

T. 기술부문

(1) 건축요소 선도적 적용

- a. 프론티어 신축 건물 기술

② 기존 건축물 에너지 성능향상

P. 정책

(1) 노후 건축물의 그린리모델링 활성화

- a. 기존주택 그린리모델링 지원사업
- b. 기존건축물 리모델링 기준 강화
- c. 기존 건축물 에너지 효율적 운영관리

T. 기술부문

(1) 건물 에너지관리 효율화 기술

- a. 건물에너지관리시스템(BEMS) 설치 확대
- b. 에너지효율 평가체계 도입

- c. 에너지공급자 효율향상 의무화 제도(EERS) 적용
- ③ 설비효율 개선 및 신재생 에너지 보급확대를 통한 감축

P. 정책

(1) 에너지효율 라벨링

- a. 고효율기기보급 및 효율화(가전/사무기기)
- b. 고효율기기보급 및 효율화(설비기기)
- c. LED 조명보급

(2) 신재생에너지 설비보급 및 이용확대

- a. 신재생에너지 보급확대

T. 기술부문

(1) 제4차 산업 및 신사업 기술연계

- a. 빅데이터, IOT 스마트홈 기술
- b. 열원기기(고효율 공조기 보급 및 잠열회수용 보일러 도입)

- ④ 건물에너지 정보인프라 구축 및 소비개선 유도를 통한 감축

P. 정책

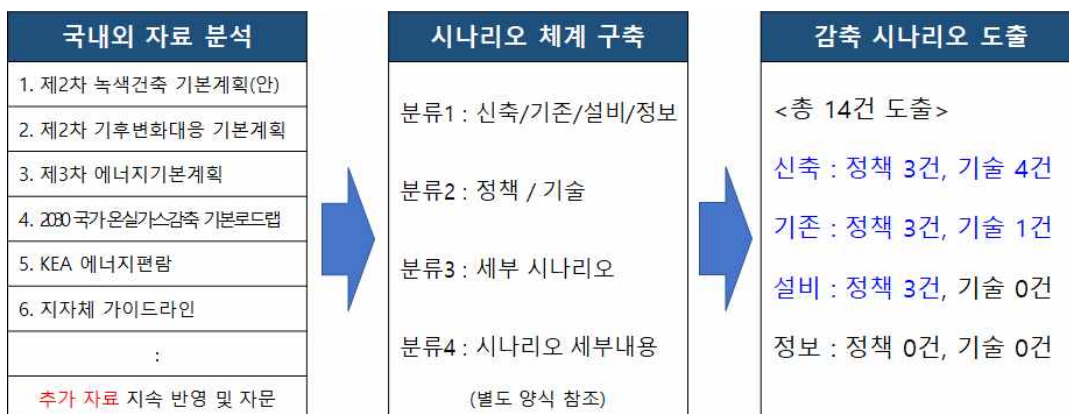
(1) 정보인프라 구축

- a. 건축물 성능정보 및 인프라 제공
- b. 에너지온실가스 목표관리제 및 탄소제 적용

(2) IOT 행태개선

- a. 녹색생활 실천 및 지원체제
- b. 탄소포인트제

- 위의 분류체계 중 건물부문의 온실가스 감축관련으로 정책부문 시나리오 9건, 기술부문 시나리오 4건 등 총 14건의 시나리오를 도출하였음



[그림 2-66] 건물부문 온실가스 감축 시나리오 도출 프로세스

③ 건물부문 온실가스 감축잠재량 분석 모형 개발

④ 건물부문 온실가스 감축 잠재량 분석 모듈 개발

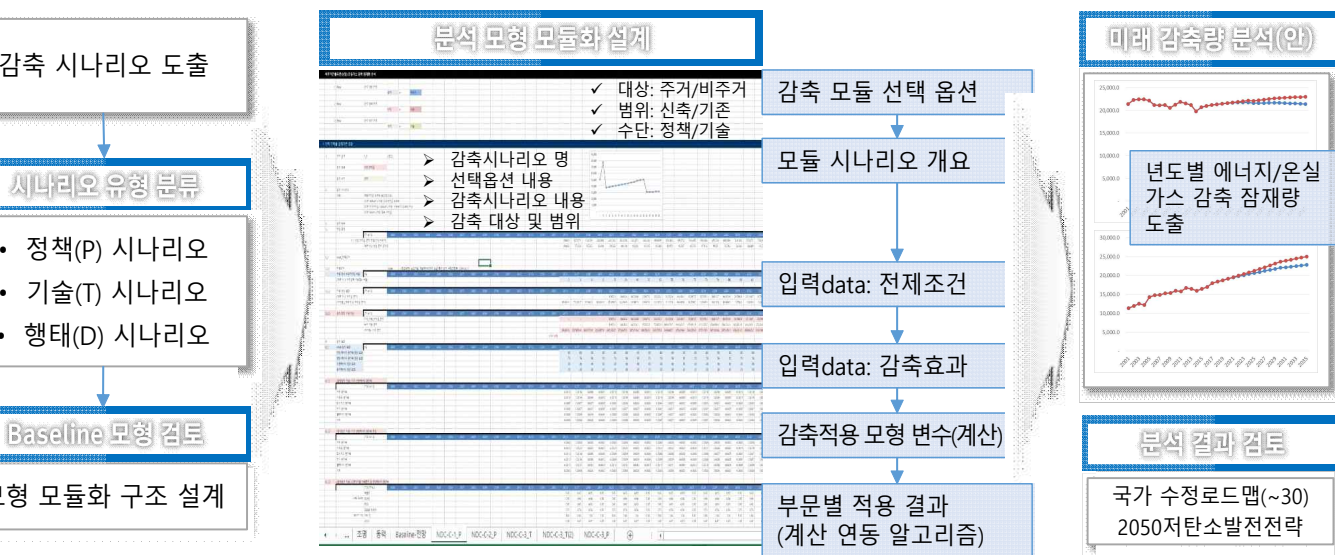
● 모듈별 입력데이터, 변수, 계산 알고리즘(계산식) 도출

: 건물부문의 특성을 반영한 모듈로 구성하고 각 모듈은 데이터 및 분석 모듈을 통해 미래의 에너지 수요량을 전망. 에너지원에 따른 온실가스 배출계수를 적용하여 온실가스 배출량을 전망하는 시뮬레이션 모형에 기반하여 감축 잠재량 분석 모듈을 개발하였음. 기준배출량(Baseline) 및 기준 시나리오를 개발하고 이러한 기준배출량을 기반으로 사용자에게 의해 도출된 온실가스 감축 시나리오를 감축 모듈에 데이터로 적용하여 온실가스 감축량을 도출하는 시뮬레이션 시스템 및 방법을 구현

● 모형의 개발 방법은 분석 모형의 모듈화 및 구조도를 설계하고 모형의 특성 인자로써 건축물의 특성을 반영한 에너지용도 모듈화를 구성한 것을 특징으로 하는 개발 방법을 적용

● 모듈별 입력데이터, 변수의 도출과 모형에 구성, 알고리즘(분석 계산식)을 개발하여 적용

: 전망 결과인 Baseline전망 결과를 기준으로 온실가스 감축 정책 또는 감축 기술을 적용한 대안을 도출하고 대안의 내용(시나리오)에 따라 전제조건과 에너지용도 모듈의 입력데이터 및 변수를 입력함으로써 새로운 대안 결과를 도출. 이를 통해 Baseline 온실가스 전망 결과 대비 감축 시나리오 결과 간의 차이를 통해 온실가스 감축량을 분석하도록 모형을 설계함

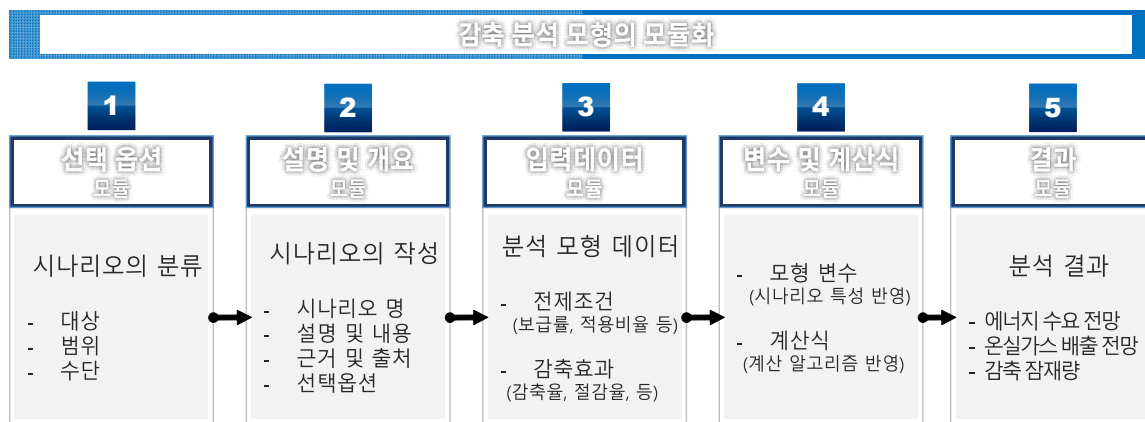


[그림 2-67] 건물부문 온실가스 감축잠재량 분석 모형 구성

	주거부분	비주거부분
감축분석 모듈 내용	① 신축 건축물에 대한 설계기준 강화 ② 기존 건축물에 대한 에너지 성능 향상 ③ 설비효율의 개선 ④ 고효율 조명기기의 보급 및 확산 ⑤ 신재생에너지 보급 정책의 변화	① 신축 건축물에 대한 설계기준 강화 ② 노후 건축물 그린리모델링 활성화 ③ 냉난방 설비 및 사무기기 효율 개선 ④ 고효율 조명기기의 보급 및 확산 ⑤ 신재생에너지 2030 정책

- 분석 모형의 모듈은 도출된 시나리오의 체계에 따라 주거와 비주거부문으로 구분

: 각 모듈은 ①감축 시나리오의 선택 옵션 모듈, ②시나리오 설명 및 개요 모듈, 전제조건과 감축효과를 입력하도록 하는 ③입력데이터 모듈, ④시나리오 적용 모형 변수 및 계산식, 입력데이터와 계산식이 연동된 계산 알고리즘(프로세스)을 통해 감축 시나리오의 배출 전망치를 도출하도록 ⑤결과 모듈을 구성함. 시나리오에 따른 온실가스 감축 잠재량은 기존 배출량(Baseline) 대비 감축 시나리오의 배출량의 차이를 통해 도출함



[그림 2-68] 감축잠재량 분석 모형의 모듈화 체계 및 분석 절차

④ 건물부문 온실가스 감축 잠재량 분석 시뮬레이션(S/W) 기술 개발

- 개발된 감축 분석 시뮬레이션 프로그램(모형)은 가칭 “건물부문 온실가스 감축잠재량 분석 모형”으로 명명
: Analysis model for potential reduction of GHG emission in Korea building sector

- 분석의 목적

: 국가 온실가스 감축목표 달성을 위해 국가 건물부문 온실가스 기준배출량(Baseline) 대비 감축 가능한 잠재량(Potential reduction)을 시나리오 기반으로 도출

- (1) UNFCCC 체제하에서의 국가 온실가스 대응 및 국가보고서 건물부문 작성
- (2) 정책 및 기술 시나리오 기반으로 건물부문의 온실가스 감축 방안의 정량적 분석
- (3) 건물부문 배출권 거래제 및 외부감축사업 등 기술데이터 지원



[그림 2-69] 건물부문 온실가스 감축잠재량 분석 모형 인트로 화면

- 기술개발 수준

- : 건물 특성 구조화 RES(Reference Energy System) 감축 모형 설계
- : 도출 시나리오 기반 건축물 특성의 입력데이터(전제조건, 감축효과)/변수로 구성된 감축 분석 모듈 구축
- : 전망모형에 근거한 Baseline 대비 온실가스 감축 잠재량 분석
- : 국내 온실가스 배출 실적 및 목표치와 부합화 연계 분석

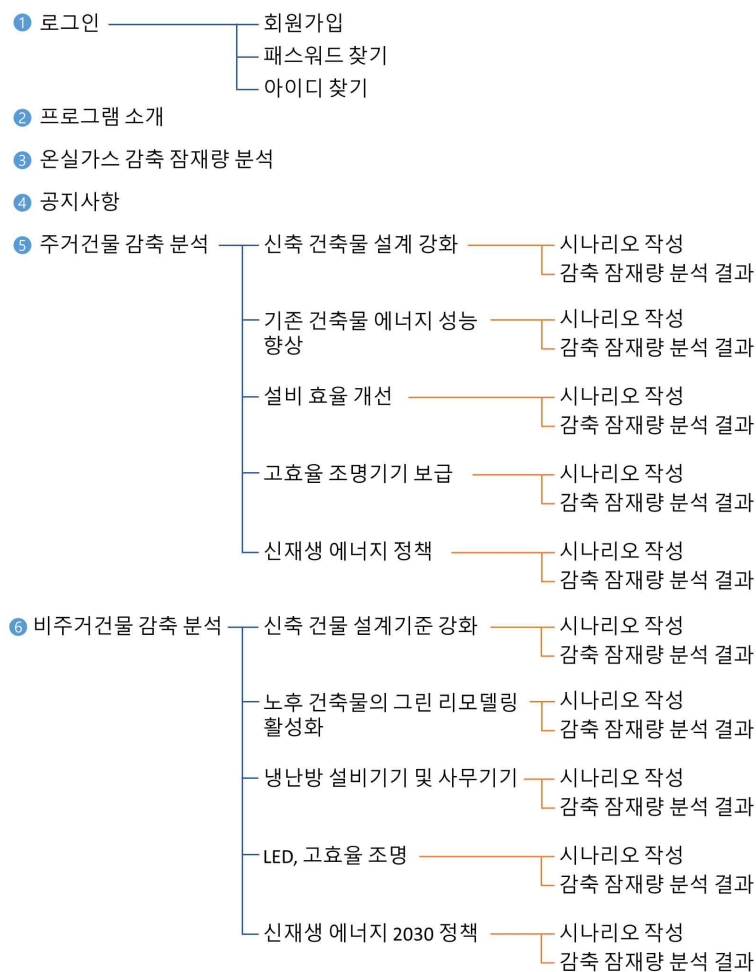
- 분석 범위

- : 국가 온실가스 감축 로드맵에 따른 건물부문의 온실가스 배출량으로써 건물부문에서의 에너지 소비량에 따른 온실가스 감축량 산정
- : 분석기간은 2015년을 기준년도로 하여 2035년까지 1년 단위의 감축량 분석
- : Microsoft Excel software로 모형을 설계하고 데이터, 계산식을 구현하여 모형을 구축하였고, HTML4 및 CCS 기반의 사용자 친화적 UI 구성으로 웹기반 프로그램으로 제작함

㉓ 건물부문 온실가스 감축 잠재량 분석 시뮬레이션(S/W) 구현

㉔ 건물부문 감축잠재량 분석 데이터 입력을 위한 사용자 인터페이스 개발

- <http://w2.bldg.org> 사이트를 구축하여 건물부문 감축 잠재량 분석을 위한 사용자 인터페이스 구현
- 1단계 메인 메뉴를 ① 로그인, ② 프로그램 소개, ③ 건물 온실가스 감축 잠재량 분석 모형, ④ 공지사항, ⑤ 주거건물 감축 분석 그리고 ⑥ 비주거건물 감축 분석으로 구성
- 위의 1단계 메인 메뉴를 기반으로 하위 메뉴를 트리 구조로 구성함



[그림 2-70] 건물부문 온실가스 감축잠재량 분석 S/W의 메뉴 구성

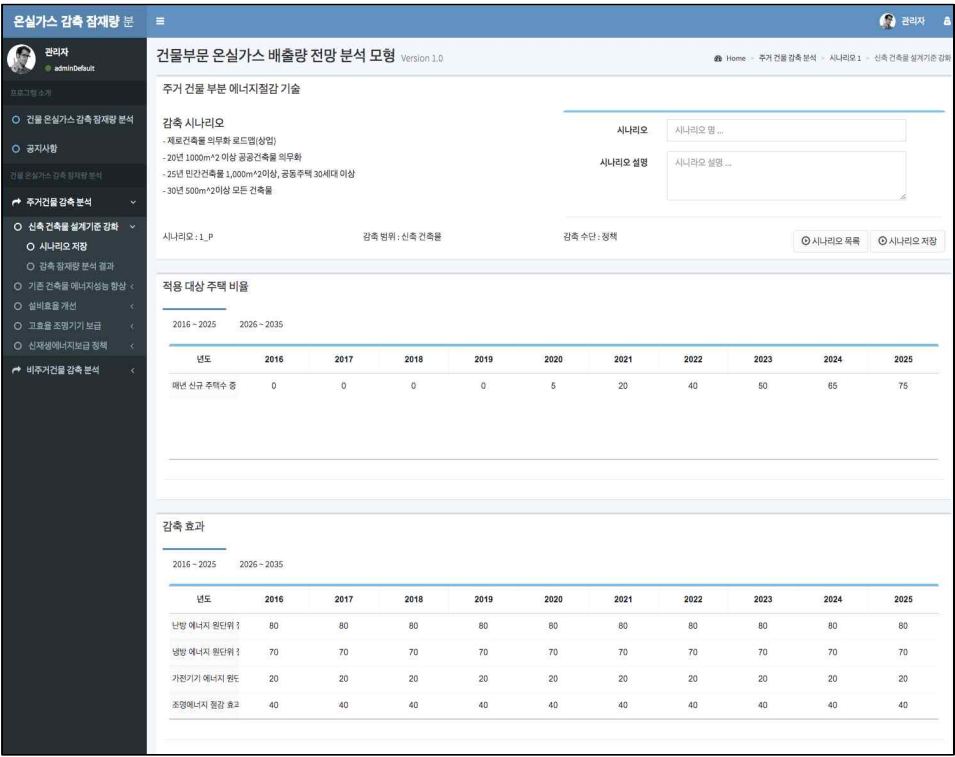
㉕ 건물부문 감축 잠재량 분석 모형 시각화 서비스 개발

- Livy/Spark 오픈소스 프로젝트(Rest API 방식)를 활용하여 감축 잠재량 정보시각화 기능을 개발하였음
- 온실가스 감축 잠재량 분석을 위한 시나리오로서 아래의 기본 시나리오 5개(2단계 메뉴에 해당)를 모형화하고 각 시나리오 하위에 ①시나리오 저장과 ②감축잠재량 분석 결과의 3단계 메뉴를 구성함

- 프로그램 소개 화면 및 프로그램의 기능 및 메뉴 구성 화면을 아래와 같이 구성함

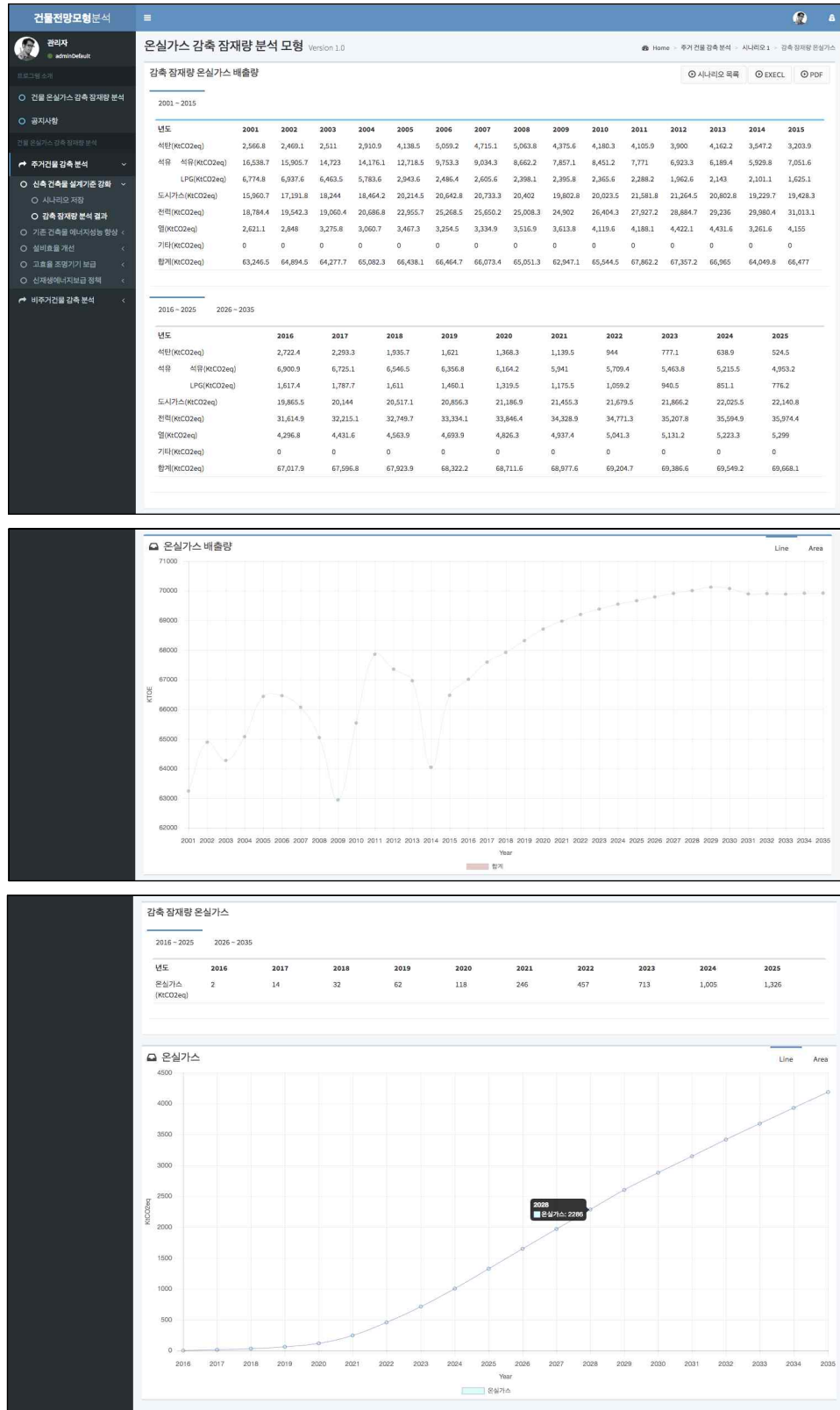


[그림 2-71] 건물부문 온실가스 감축잠재량 분석 시뮬레이션 화면 구성



[그림 2-72] 감축분석 하위의 시나리오 저장 메뉴

- 3단계 하위 메뉴의 시나리오에 따른 분석 결과 화면을 아래와 같이 구성함



[그림 2-73] 감축분석 하위의 시나리오 분석 결과 예시

⑤ 건물부문 감축 시나리오별 감축 효과 분석

㉓ 신축 건축물에 대한 설계기준 강화

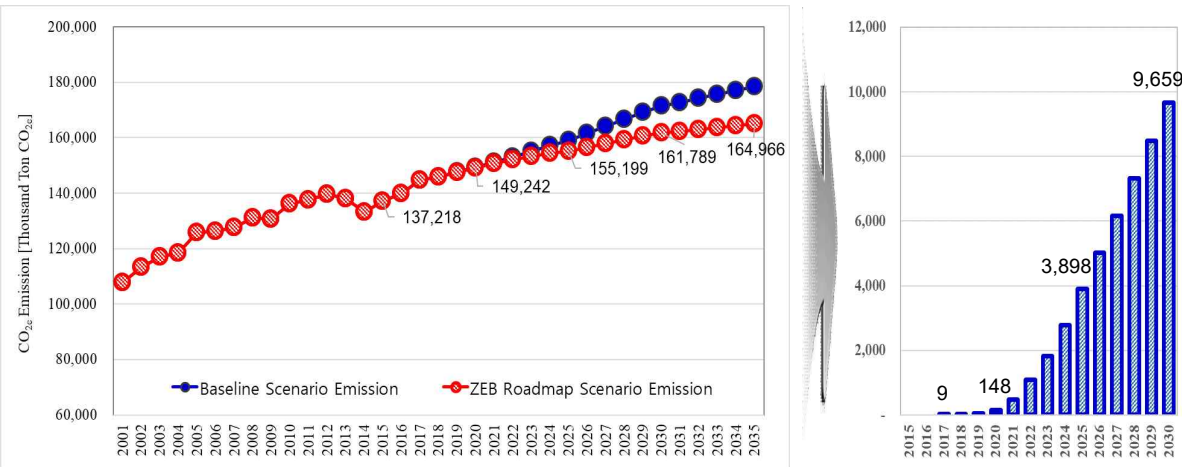
- 신축 건축물에 대한 설계기준 강화 정책에 대한 대표적인 시나리오로 ‘제로에너지 건축물 의무화 로드맵’에 따른 건물부문 온실가스 감축 효과를 분석

: 2020년부터 1천㎡이상 공공건축물을 시작으로 2030년까지 제로에너지 건축물¹⁷⁾이 단계적으로 의무화 되는 제로에너지 건축 보급 확산 방안에 대한 로드맵이 발표됨

: 제로에너지 건축물 인증 등급(1++효율등급, 에너지자립률 20%이상)을 에너지 성능으로 적용하여 잠재량을 분석. 주요 입력데이터 및 감축효과는 다음과 같음

〈표 2-23〉 제로에너지 건축물 의무화 로드맵 시나리오 입력데이터

내용 \ 년도	2015	2020	2025	2030	2035
신축건물 적용율[%]	0	5	75	81	85
- 신축 주택수[만호]	0	1.3	15.5	14.1	11.9
- 신축 비주거면적[백만㎡]	0	1.97	33.4	40.9	27.1
ZEB 에너지 절감율[%]	(적용율) 정부 제로에너지 의무화 로드맵 의무화 대상 비율 적용 (절감율) 기준('15년) 에너지 소비량 대비 절감 효과				
- 난방(급탕) 절감율	80	80	80	80	80
- 냉방 절감율	70	70	70	70	70
- 조명 절감율	40	40	40	40	40
- 가전/동력 절감율	20	20	20	20	20



[그림 2-74] 신축 건축물에 대한 기준강화(제로에너지건축 활성화) 시나리오의 감축 잠재량 분석 결과

17) 제로에너지 건축'은 패시브 기술과 액티브 기술을 통해 건축물의 에너지 사용량을 저감하고 태양광 등 신재생에너지설비로 에너지 생산을 통해 에너지 소비를 최소화하는 건축물을 의미함

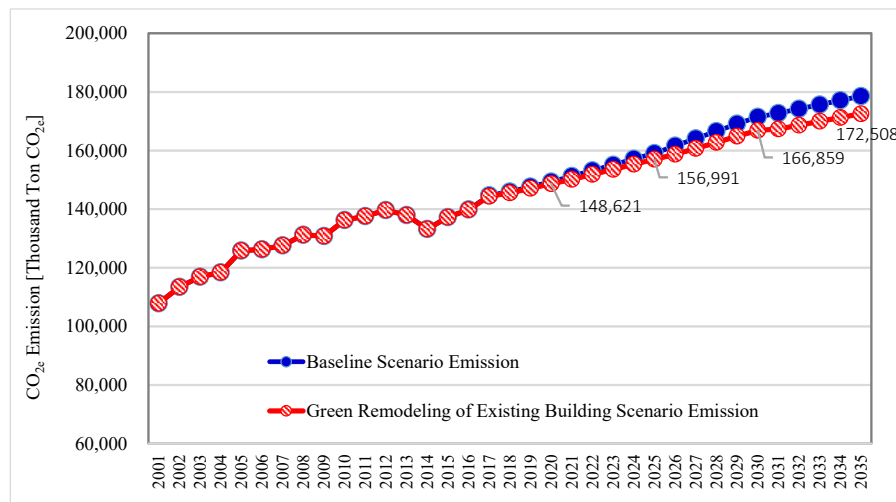
- 감축 잠재량은 2020년에 0.15백만톤, 2030년에 9.6백만톤 감축이 가능한 것으로 분석됨. 2030년 감축량은 기준배출량 대비 5.6% 감축이며 국가 건물부문 온실가스 감축 목표량(64.5백만톤)의 14.8%에 해당됨

⑥ 기존 건축물에 에너지 성능 향상 및 그린리모델링 활성화

- 기존 건축물에 대한 개보수 설계기준 강화, 그린리모델링, 에너지효율화 사업 등을 통해 기존 건축물 대상 온실가스 감축 효과를 분석

: 노후 건축물의 그린리모델링 활성화를 통해 주택의 단열 및 창호 개선, 고효율 냉난방 기기로 교체, 고효율 조명기기 설치, 에너지 관리시스템 도입 등을 통해 노후 건물의 에너지 원단위 절감

: 국제에너지기구(IEA)에서는 향후 40년동안 OECD국가에서는 매년 2%이상의 건물부문 에너지 리노베이션이 필요하며, 일반적으로 기존건물 에너지효율 향상을 통해 10 ~ 15%의 에너지 소비 원단위의 개선 효과를 갖는 온실가스 감축 시나리오(2DS)를 제안함



[그림 2-75] 기존 건축물 에너지성능 향상 및 리노베이션 시나리오의 감축 잠재량 분석 결과

- 감축 잠재량은 2020년에 0.77백만톤, 2030년에 4.6백만톤 감축이 가능한 것으로 분석됨. 2030년 감축량은 기준배출량 대비 2.7% 감축이며 국가 건물부문 온실가스 감축 목표량(64.5백만톤)의 7.1%에 해당됨

⑦ 신재생에너지시스템 보급에 따른 감축

- 정부의 '재생에너지 3020 이행계획'(2017.12, 산업통상자원부)에 따라 추진될 건물부문의 신재생에너지시스템 도입에 따른 온실가스 감축 효과를 분석

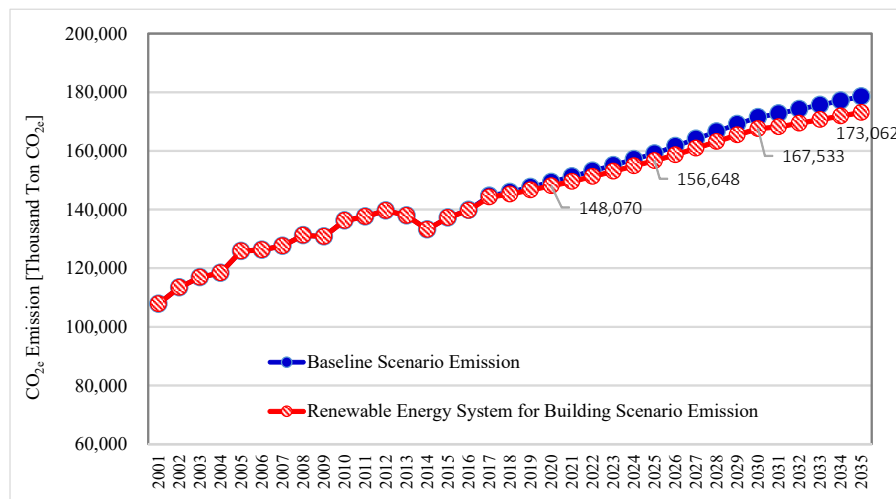
: '재생에너지 3020 이행계획'에 따라 재생에너지 발전량 비중을 2030년까지 20%로 상향하는 3020 재생에너지 이행계획을 수립하고 주택 및 건물의 재생에너지 보급을 확대할 예정

: 2030년까지 주택 156만호에 재생에너지를 보급하고, 에너지원 저감 효과는 제로에너지 건축물 인증제의 에너지자립률(5등급 수준)을 적용하여 건축물에 신재생에너지 도입율을 20%에서 2030년에는 40%로 시나리오에 따른 감축 효과를 적용

: 건축물에 적용 가능한 신재생에너지 시스템은 태양광, 태양열, 지열, 풍력, 폐기물 및 바이오 연료로 전기 및 열을 생산하여 건축물에 활용함으로써 기존 연료 및 외부 공급 전력/열의 사용을 줄임

〈표 2-24〉 신재생에너지시스템 보급 시나리오 입력데이터

내용 \ 년도		2015	2020	2025	2030	2035
건물 적용율[%]	주거	0	4.6	6.8	9.1	11.2
	비주거	0	10.5	13.5	20.0	25.0
- 주택수[만호]		0	76.0	115.6	156.0	190.6
- 비주거면적[백만㎡]		0	50.4	163.3	263.2	341.6
에너지 절감율[%]		(적용율) 정부 재생에너지 3020 이행계획 추진 비율 적용 (절감율) 기준('15년) 에너지 소비량 대비 절감 효과				
- 난방(급탕) 절감율		20	20	25	30	40
- 냉방 절감율		20	20	25	30	40
- 조명 절감율		20	20	25	30	40
- 가전/동력 절감율		20	20	25	30	40



[그림 2-76] 신재생에너지 도입 시나리오에 따른 감축 잠재량 분석 결과

- 감축 잠재량은 2020년에 1.3백만톤, 2030년에 3.9백만톤 감축, 2035년에 5.5백만톤 감축이 가능한 것으로 분석됨. 2030년 감축량은 기준배출량 대비 2.3% 감축이며 국가 건물부문 온실가스 감축 목표량 (64.5백만톤)의 8.5%에 해당됨

⑥ 분석 모형의 신뢰성 검토

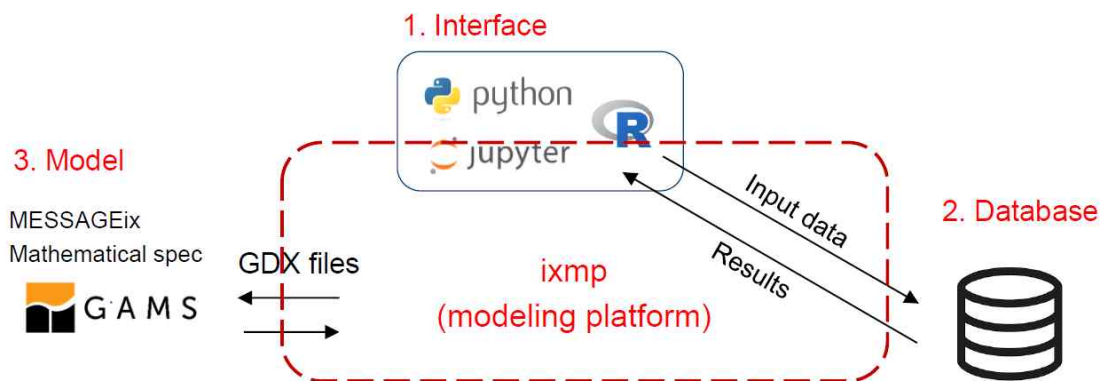
㉓ 최적화 모형 MESSAGEix로 고도화

- 4차년도에는 건물부문 MESSAGE 모형을 MESSAGEix로 고도화하여 분석함

: MESSAGEix는 MESSAGE 모형 MESSAGE-MACRO 두 모형이 탑재되어 있으며 이는 GAMS(General Algebraic Modeling System) 수학 프로그래밍 언어로 구동함. MACRO 모형과 연계되어 있어 에너지 및 상품에 대한 가격과 수요의 환류효과(feed-back)를 반영할 수 있음

: ix 모델링 플랫폼(ixmp)는 입력 데이터 관리, 수학적 공식 적용, 모형 결과물 분석 전반에 걸쳐 효율적인 업무 처리를 지원하기 위해 Python, R 프로그램을 모형의 인터페이스로 사용함

- MESSAGEix는 높은 수준의 개방성, 투명성, 재현성(Reproducibility) 추구하기 때문에 모형의 소스 코드, 설명서 등을 오픈소스로 공개하고 있음
- 본 연구에서는 3차년도~4차년도에 걸쳐 MESSAGEix 모형으로 기존 건물부문 모형을 개편하여 고도화하여 구축



[그림 2-77] MESSAGEix의 모형 구조도

〈표 2-25〉 MESSAGEix의 모형 구동 절차

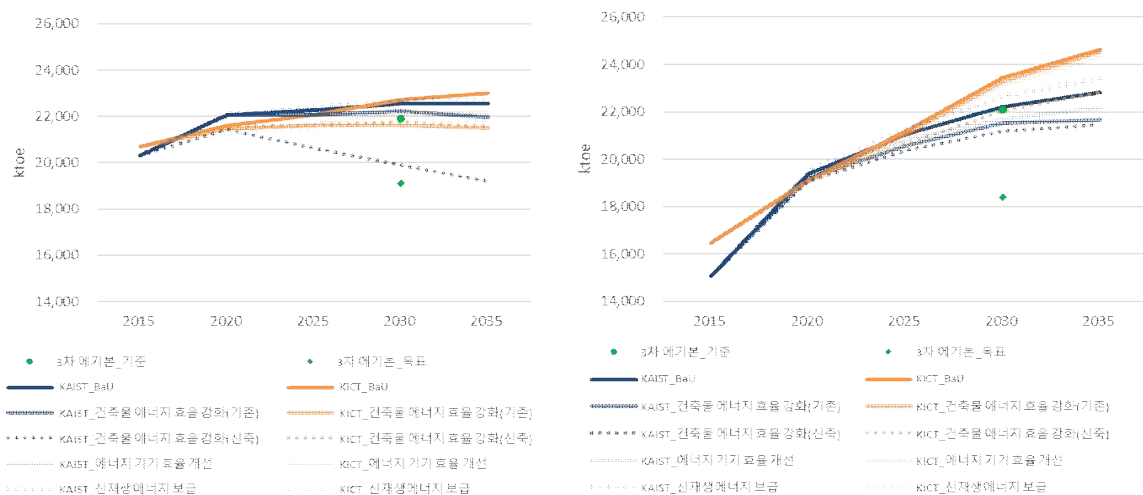
MESSAGEix 모형 구동 절차 단계 및 내용
1. 시나리오 생성
2. 집합(Set) 정의
3. 모수(Parameter) 정의 - 유효수요 - 기술-경제적 모수 - 제약조건(bounds and dynamic constraints)
4. 모형 풀이(Solving the model)
5. 결과물 가공(Post-processing and plotting)

- 입력자료를 바탕으로 최적해를 찾기 위해 최적화 소프트웨어 GAMS(General algebraic modeling system)를 사용함. GAMS를 통해 최적해 풀이 방법을 ‘Perfect-foresight’ 혹은 ‘Recursive-dynamic’ 적용이 가능하며 상세한 공간적(spatial), 시간적(temporal) 차원 도입이 가능함
- MESSAGEix 모형 구동 절차는 ixmp 패키지를 불러들이고 시나리오를 생성한 다음 모형에 필요한 시간, 기술, 에너지원, 등의 집합과 유효수요, 기술-경제적 모수(투자비용, 고정비용, 효율 등), 제약조건을 입력함. 모형 풀이 방식을 설정하고(LP, MIP 등) 모형 풀이 이후 결과물을 가공함

㉞ 모형 간 비교를 통한 개발모형의 개선 및 신뢰성 검증

㉠ 최종에너지 소비량 비교

- MESSAGEix 모형을 통한 기준전망치, 감축 수단 도입 시나리오 결과를 다른 대안적 전망과 비교함
- 최종에너지 전망 결과 상업부문의 에너지 소비량 증가 속도가 빠를 것으로 전망됨(BAU). 상업부문의 경우 에너지 전망은 3차 예기본 전망과 비슷하였으며 전기연의 상업(비주거)부문의 기준전망치는 3차 예기본 전망보다 높은 것으로 보임. 주택(주거)부문의 경우 에너지 전망은 전기연 기준전망치 및 3차 예기본 전망과 대체로 비슷한 것으로 나타남



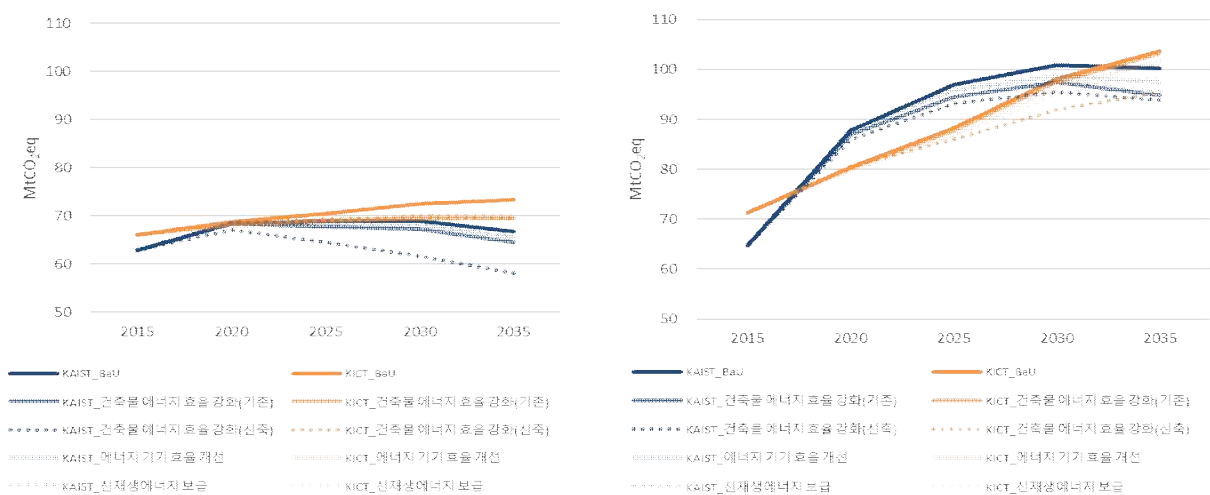
[그림 2-79] 모형별 최종에너지 소비량 기준전망치 비교

㉡ 에너지원 원별 구성 비교

- 모형 간 기준전망치를 비교했을 때 도시가스, 전력 비중은 비슷하지만, 석탄, 석유류, 기타 에너지원의 비중은 차이가 존재함. 특히, 석유류의 비중 차이가 큰 것으로 나타남
- MESSAGEix 모형의 경우 개발 모형의 전망과 비교했을 때 석탄, 석유류 감소가 상대적으로 적음. 주택 부문의 경우 신규 건축물 에너지 효율 강화 시나리오의 경우 난방 부하 감소로 도시가스 사용이 많이 줄어드는 반면 전력 사용량은 많이 감소하지 않음

㉔ 온실가스 배출 감축 분석 총량 비교

- 주택, 상업부문의 기준전망치 모두 2030년까지 온실가스 배출량이 증가하는 것은 동일하나, 증가 속도가 다름. 다양한 원인이 있지만, 간접배출계수(열, 전기) 가정에 따른 차이가 큰 것으로 보임
- 상업부문의 경우 주택부문보다 전력소비 비중이 높아 배출량 증가 속도 차이가 주택부문보다 큼. 간접 온실가스 배출량은 전력, 열 등 전환부문을 통해 공급되는 에너지 사용으로 발생하는 온실가스 배출량을 의미함. 건물부문 특성상 전환부문을 통해 받는 전력, 열 소비 비중이 높아 직접, 간접 온실가스 배출량 구분이 중요함



[그림 2-80] 모형별 온실가스 배출 전망치 비교

- KAIST 주거 모형 2030년 BAU 대비 건축물 에너지 효율 강화(기준) -2.4%, 건축물 에너지 효율 강화(신축) -10.6%, 에너지 기기 효율 개선 -1.5%, 신재생에너지 보급 -1.0%
- KICT 주거 모형 2030년 BAU 대비 건축물 에너지 효율 강화(기준) -4.2%, 건축물 에너지 효율 강화(신축) -3.7%, 에너지 기기 효율 개선 -3.8%, 신재생에너지 보급 -3.3%
- KAIST 비주거 모형 2030년 BAU 대비 건축물 에너지 효율 강화(기준) -3.5%, 건축물 에너지 효율 강화(신축) -5.3%, 에너지 기기 효율 개선 -2.2%, 신재생에너지 보급 -2.8%
- KICT 비주거 모형 2030년 BAU 대비 건축물 에너지 효율 강화(기준) -0.6%, 건축물 에너지 효율 강화(신축) -6.2%, 에너지 기기 효율 개선 -1.8%, 신재생에너지 보급 -3.1%

(마) POST-2020 대응 건물부문 온실가스 감축 지원 및 분석 시스템 개발

① 온실가스 감축을 위한 통합 시나리오 개발

㉔ 2030년 온실가스 감축목표 달성을 위한 감축방안

- 건물부문의 온실가스 감축 방안은 신축 건축물 허가기증 등 정책강화, 기존건축물 에너지 성능 향상(그린리모델링), 설비효율개선 및 신재생에너지 보급 확대, 건물에너지 정보인프라 구축 및 소비개선 유도 등으로 감축방안을 구성하고 이를 통해 온실가스 감축 전략을 검토함
- 국가 감축목표는 2030년까지 약 36백만톤을 감축하여 감축 후 배출허용량은 132.7백만톤으로 산정함¹⁸⁾
- 본 연구에서는 다음과 같이 건물부문에서 검토 가능한 감축 시나리오(감축방안)을 도출함

주요 감축수단	내용 및 계획
신축 건축물 설계기준 강화	• 패시브 건축물 수준의 단열기준 등 건축물 설계기준 강화 시행 - 단열 등 에너지 절감 기술 관련 건축물의 에너지절약 설계기준 개정 시행 - '에너지절약형 친환경주택의 건설기준' 성능 수준 향상 • 제로에너지건축물 단계적 의무화 시행 - 제로에너지건축물 의무화 대상 등 세부기준 수립 관련 시행령 개정 추진 - 건축물 에너지효율등급 인증 및 제로에너지건축물 인증 기준 개정 • 소형주택(전용면적 60㎡ 이하)의 패시브 하우스 수준 의무화 → 신재생에너지 확대 → 제로에너지주택 확대('20~)
기존 건축물 에너지 성능 향상	• 에너지 다소비 공공건축물의 녹색건축물 전환 의무화 추진 - 에너지소비량 공개·보고 대상 공공건축물 중 에너지효율이 낮은 건축물의 성능개선을 권고에서 의무화(공공건축물 그린리모델링 의무화) • 그린뉴딜 연계 그린리모델링 활성화를 위한 중장기 방안 수립 및 시행 - 민간이자 지원사업 개선, 사업방식 다각화 등 세부추진 계획 수립 - 민간 노후 건축물 에너지 성능개선 사업기획 지원 및 재정 지원 확대 • 배출권거래제 외부감축사업(상쇄)의 건물부문 도입 추진 - 건물부문 외부감축사업 모델 및 이행 기반 구축
설비효율개선 및 고효율기기 보급	• 가전사마기기 및 설비의 에너지 소비효율 등급과 고효율에너지기자재 인증제도의 품목을 확대하고 효율기준을 단계적 강화 - 에너지기기효율개선 → 정책 연계 보급 확산 강화, 최저 에너지성능 기준 단계적 강화 • 고효율 조명기기(LED 조명) 및 고효율 설비 지원 사업 등 보급 추진 - 백열등, 할로겐램프, 형광등, HID 등을 LED, 고효율 조명으로 대체
신재생 에너지 보급 정책	• 재생에너지 지원 사업을 통한 주택·건물 재생에너지 보급 확대 - 3020 재생에너지 이행 계획과 연계한 신재생에너지 건축물 보급 확대
정보 인프라 구축 및 소비개선 유도	• 건물에너지통합관리시스템 운영 서비스 강화 → 제4차 산업혁명 기반 데이터 통합관리 및 에너지 관리 인프라 개발·고도화 • IoT, 빅데이터 분석을 통한 에너지 진단 및 에너지 효율 개선 맞춤형 서비스 개발·제공 • 운영관리·행태 개선을 유도할 수 있는 다양한 시책 추진(탄소포인트제 등) • 건물에너지관리시스템(BEMS) 기술 개발 및 보급 확대 • 저탄소 생활 유도 및 탄소세 도입 검토

18) 정부의 「2030 국가 온실가스 감축목표 달성을 위한 기본로드맵 수정」(2018.07.24.) 참고

④ 건물부문 온실가스 감축 통합시나리오 도출

㉑ 녹색건축물 확산 시나리오

● 신규 건축물 에너지성능 및 설계기준 강화

- 건축물 에너지성능 및 설계기준 등을 단계적으로 강화*하고 제로에너지건축물 인증 의무화 대상을 공공에서 민간까지 확대('25)

- 건축물 냉방부하 저감 설계기준 마련 및 국가연구개발사업을 통한 건축물 공법·부위별 에너지 최적화 표준 설계·시공기법 개발¹⁹⁾ 추진

: 소형주택('18) → 신재생에너지 확대('20) → 제로에너지주택 확대('25~)

: 2020년부터 1천㎡이상 공공건축물을 시작으로 2030년까지 제로에너지 건축물 단계적 의무화

: 건축물에너지성능인증 등급(1++효율등급) 및 신재생에너지이용 에너지자립률 20%이상

● 기존건축물 에너지성능 개선

- 에너지 다소비 공공 건축물 및 공공주택의 녹색건축물 전환 의무화

- 민간 노후건물의 그린리모델링 참여 촉진을 위한 지원방안 확대 등 로드맵을 마련하고 수요자가 활용 가능한 매뉴얼 및 정보서비스 개발

- 그린뉴딜 추진을 통한 노후 공공건축물 및 민간건축물까지 그린리모델링 확대

: 기존건축물 대상 매년 2%이상의 그린리모델링 또는 녹색건축물 전환(~'50)

: 창호교체, 조명기기 및 냉난방기 교체 등을 통해 10 ~ 15%의 에너지 소비 개선 효과

㉒ 설비/기기의 에너지 효율 향상 시나리오(고효율+신재생)

● 열원 설비 및 에너지소비 기기의 에너지 소비효율 기준 강화 및 보급

- 에너지 소비효율 등급과 고효율 에너지기자재 인증제도 대상의 품목을 확대하고 효율기준 단계적 강화

: 주택의 난방기기로 사용되는 보일러, 열교환기, 난방분배기 등 난방 설비의 고효율화 및 기기로의 개선

: 가전기기 및 사무기기는 에너지효율등급, 에너지소비등급표시제도, 고효율에너지기자재인증제도 등을 통해 교체 시에 고효율기기로 교체

● 고효율 조명기기 설치 및 재생에너지 보급 활성화

- 백열등, 형광등, 할로젠램프 등 효율이 낮은 조명을 LED로 대체하는 지원사업을 확대하여 '28년까지 형광등 퇴출 완료(~'28)

구분		가정	상업	공공	비고
LED 보급률(%)	'16	11	34	47	※ 기사-LED 조명교체로 에너지 강국 미래열자('17.09.11)
	'20	60		100	※ LED조명 2060계획, 지경부('11.06)
	'30	100			※ 2030 로드맵, 관계부처합동('16)

19) 국가연구개발사업, 건축물 소비 에너지 최적화 설계·시공 기술 개발('19.4~)

- 재생에너지 3020 목표달성을 위해 도시형·주택형 태양광 보급 촉진

- 건축물에 신재생에너지 도입율 20%에서 2030년에는 40%로 확대

㉔ 인프라 확충 및 저탄소 사회로의 이행

- 건물에너지 정보인프라 구축 및 저탄소 행태 개선 유도

: 건물 에너지진단, 효율 개선방안 등 맞춤형 서비스 제공을 확대하고 건물 용도별 에너지 절약 매뉴얼 개발·보급하여 에너지 소비개선 유도

: 운영관리·행태 개선을 유도할 수 있는 다양한 시책 추진(탄소포인트제 확대, 탄소세 도입 등)

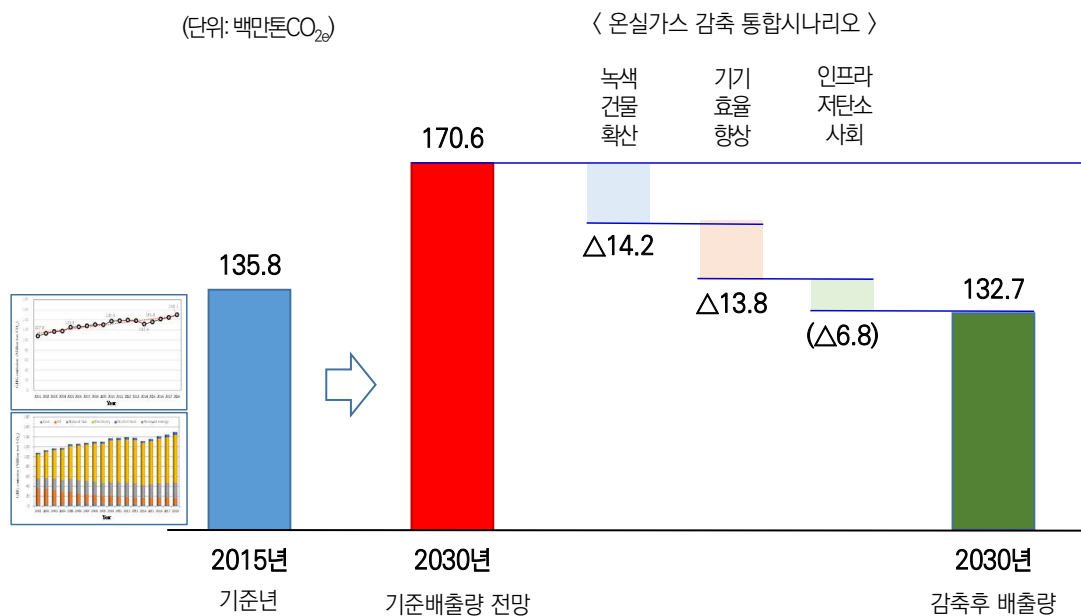
- 도시단위 에너지자립도 향상

: ICT·빅데이터 등 신기술을 도시의 에너지관리 시스템에 접목하여 공급·수요관리를 통한 도시 에너지 자립도 향상

- 에너지원의 저탄소 또는 탈탄소 추진

: 수소도시 확대 및 수소인프라 확충으로 저탄소 또는 탈탄소 에너지원 확대

: 국가에너지기본계획 등을 통한 발전원의 저탄소화 및 신재생에너지 비중 확대(~'50, 30%)

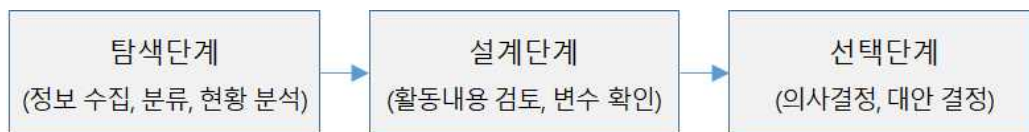


[그림 2-81] 건물부문 온실가스 감축 통합시나리오에 따른 감축량 분석

② 통합시나리오기반 온실가스 감축 의사결정지원 툴 개발

㉓ 의사결정지원시스템의 개요

- 의사결정지원시스템(Decision Support System: DSS)은 일반적으로 경영활동 중에 전략계획²⁰⁾, 관리 통제수준에서 발생하는 반구조적 또는 비구조적인 문제해결을 지원하기 위해 의사결정자가 데이터와 모델을 쉽게 활용하여 의사결정과 그 실행 등을 지원해 주는 대화식 컴퓨터기반 시스템
: 데이터베이스(DB), 모델베이스, 사용자 인터페이스로 구성



[그림 2-82] 의사결정과정의 3단계 (Ebert and Mitchell, 1975)

● 의사결정지원 툴의 분류

- 전체열거방식: 모든 가능한 옵션에 대한 정보를 확보하여 평가하는 방법, 대안을 모두 열거하여 보여주는 방식
- 알고리즘 모델: 문제해결을 위해 반복하여 계산하는 모델(선형계획모델, 비선형계획모델)
- 휴리스틱 모델: 최적해를 구하기는 어렵지만 최적에 가까운 만족해를 찾는 데 주력하는 모델(정보 검색-평가-학습 과정 방법)
- 시뮬레이션 모델: 현실을 모방하여 구축하고 만족해를 도출하는 모델로 변수를 바꿔 반복적으로 실험하여 변수가 결과에 미치는 영향을 제시
- 인공지능 프로그램 등을 통해 스스로 학습하여 지식베이스를 계속적으로 갱신하는 모델 구현 가능
- 분석 모델: 큰 문제를 잘게 쪼갠 후 각각의 성질, 비율, 함수, 상관관계를 결정하는 방식. 구성요소끼리의 상호작용을 설명 가능
- 계량적 모델: 변수들간의 상호관련성 또는 인과관계를 수리적으로 표현한 모델. 일반적으로 변수와 의사결정의 문제, 결정의 성과로 구성

20) 전략계획은 모든 그룹(기관)에서 환경변화에 대응하고 경쟁에서 우위를 차지하거나 미래의 방향을 선정하는 등의 전략계획(Strategic planning)을 수립하며 기본적으로 미션, 목표, 목적 등을 설정하고 그것을 달성하기 위한 구체적인 행동계획, 실행 등을 수립하는 것임. 전략적 의사결정은 장기간 영향을 미치는 중대한 결정들에 해당 됨

〈표 2-26〉 사이몬의 인지적 의사결정 3단계

의사결정단계	내용/활동
문제인식(탐색단계)	- 의사결정을 요구하는 조건상황을 탐색 - 기회와 위협을 알아낼 수 있는 단서가 되는 데이터를 수집하고 조사하는 단계 - 정보수집 및 분류, 대내외 현황 조사/분석
설계단계	- 가능한 대안들을 개발하고 분석하는 단계 - 문제점을 이해하고 해결책, 활동내용 검토, 결과에 영향을 주는 변수 확인 - 대안 및 변수의 영향이 실행가능성을 검토(실험, 시뮬레이션, 모형을 통한 분석 등)
선택단계	- 의사결정 단계 - 여러 대안들 중에서 가장 가능한 하나의 안을 선택하는 단계

㉔ 의사결정지원 툴의 개발

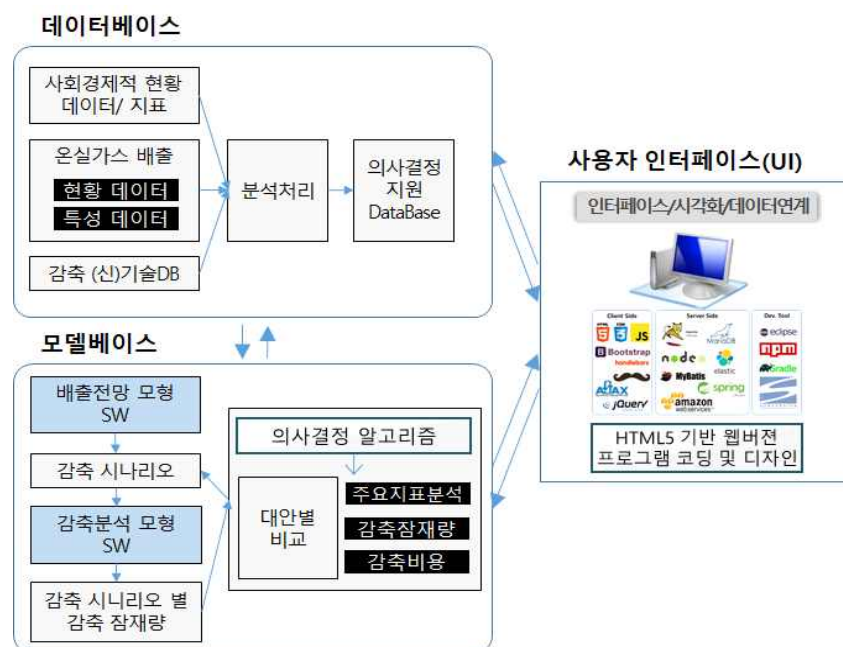
: 사용자가 컴퓨터 등을 통해 직접 생성기(컴퓨터 언어 또는 편집기 등)를 이용하여 개발. 구성은 모델, 모델 베이스관리시스템, 데이터베이스(DB), DB관리시스템, 사용자 인터페이스로 구성될 수 있음

● DSS의 개발 관련 내용 수행

: DSS는 의사결정모델, 모델베이스관리시스템, DB, DB관리시스템, 사용자인터페이스로 구현

: UI가 사용자의 기대나 요구에 미치지 못하면 DSS의 모델과 DB는 활용되지 못하게 되므로 매우 중요한 항목이 될 수 있음. 그래픽 사용자인터페이스(GUI)방식으로 추진 검토

: DSS를 위한 DB는 유연해야 하며, 내부정보 외에 다양한 외부정보를 더 필요로 하거나 제공하기도 함. 사용자의 의사결정과정에서 추가되는 요구사항(데이터 또는 지표, 등)을 반영할수록 우수



[그림 2-83] 의사결정지원 툴의 구성 개념도

● 의사결정지원 툴의 개발 방법

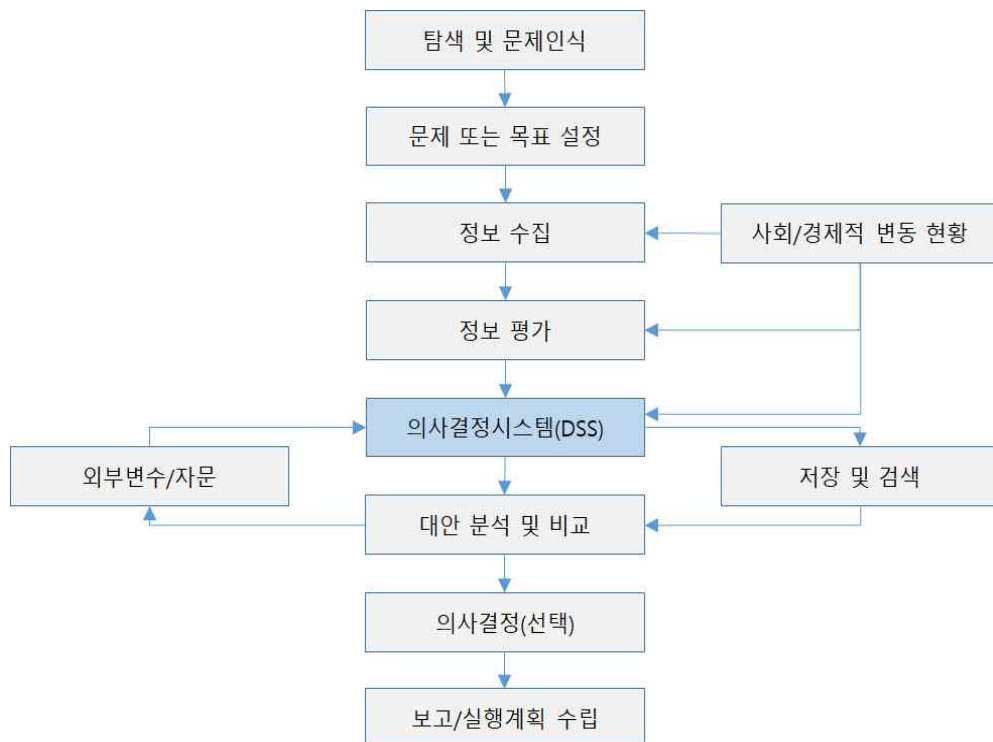
: 적응적 설계접근법-분석>설계>구축>실행 4단계 과정을 개발과정에서 반복적으로 사용함에 따라 사용 결과의 피드백을 근거로 시스템 개선 수행

● 변수의 구분

- 내생변수: 모델(시스템) 안에서 결정되어 존재하는 변수로서 모델의 운영에 따라 변하는 변수
- 외생변수: 모델 밖, 환경에 의해 결정되는 변수

● 모델의 활용

- 민감도 분석: 한 변수의 값을 변화시킨 다음에 그에 따른 다른 변수(또는 결과)에 미치는 영향의 정도를 파악. 변수의 민감도가 높다면 그 변수에 대한 의사결정을 신중히 해야 함
- 모델 확장 및 개량: 새로운 변수의 추가 또는 삭제를 통해 결과에 미치는 영향을 검토
- 목적 추구: 특정 결과(목적)를 달성하는데 필요한 특정 변수의 값을 추정할 수 있음



[그림 2-84] 의사결정지원 툴에 활용한 의사결정 과정 도식도

③ POST-2020대응 건물부문 온실가스 감축 지원 및 분석 시스템 개발

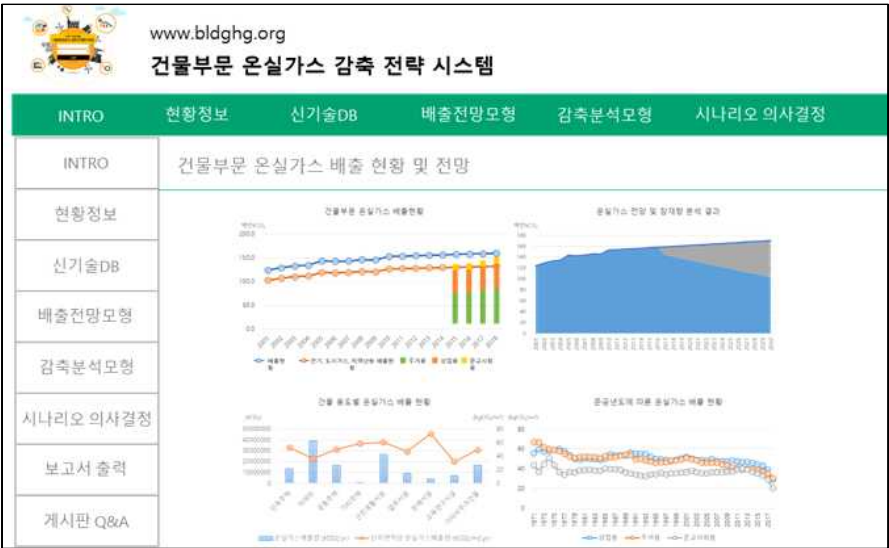
- 국내 건물부문 온실가스 배출 현황 및 특성 정보를 제공하는 의사결정 지원 툴을 설계함
- 배출 전망 및 감축 분석 시뮬레이션이 가능하도록 시스템 설계하고 이를 웹기반의 지원시스템으로 개선안을 도출함
- 이 시스템은 사용자의 의사결정을 지원하고 전략을 제안하는 의미에서 “통합시나리오 기반 최적 의사결정 지원 툴” 또는 “건물부문 온실가스 감축 전략 시스템” 명칭(가칭)에서, 최종적으로 “건물부문 온실가스 감축 지원 및 분석 시스템”라는 시스템 명칭을 정함

㉦ 건물부문 온실가스 감축 지원 및 분석 시스템 설계

- 국가 건물부문의 온실가스와 관련된 현황 정보를 제공하고 배출량 전망 및 잠재량 분석을 통해 온실가스 감축 전략을 위한 의사결정 지원이 가능하도록 웹기반의 지원 시스템의 체계 및 서비스 모듈을 설계함



[그림 2-85] 건물부문 온실가스 감축 시나리오 기반 의사결정지원 툴 (계획(안))



[그림 2-86] 건물부문 온실가스 감축 전략 시스템 (1차 개선(안))

● 개발 시스템의 개선안 도출

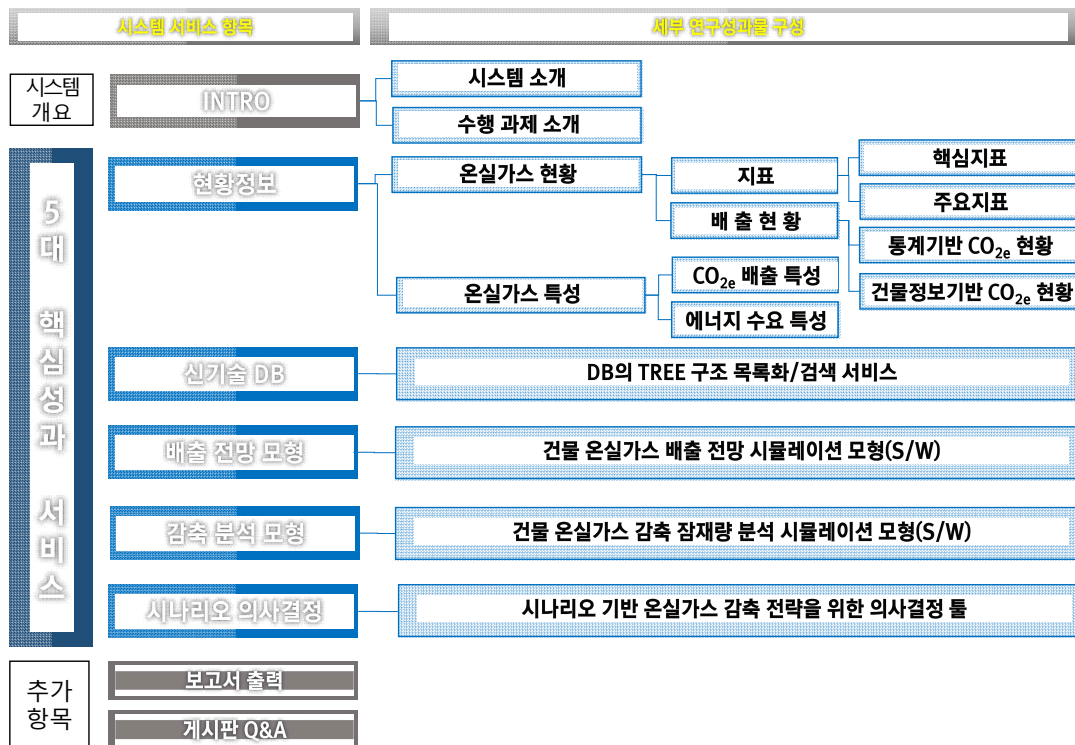
: 국가 온실가스 현황 정보 및 관련 신기술 DB를 사용자가 효율적으로 사용하도록 구성하였으며, 온실가스 배출 전망 및 감축 분석 모형을 통해 의사결정을 지원하는 데이터를 제공함

: 시스템의 URL(www.bldghg.org)를 정하여 서비스의 안정화를 위한 개선안을 도출함

● 본 시스템은 국내 건물부분의 온실가스 관련 정책, 신기술 DB 및 배출 현황에 대한 종합적인 정보를 제공 서비스 구축

● 본 연구 과제를 통해 개발된 온실가스 배출량 및 감축 잠재량 산정 알고리즘을 통하여 배출 전망 및 감축 잠재량 시뮬레이션 모형을 개발하고 분석 지원 시스템으로 서비스

● 이를 통해, 정책 및 기술 시나리오가 반영된 결과 값을 도출함은 물론, 사용자가 직접 시나리오를 작성하는 등 다양한 접근방식을 통한 의사결정자의 근거자료를 지원하는 양방향 톨로 개발



[그림 2-87] '건물부문 온실가스 감축 지원 및 분석 시스템' 구성도 설계

④ 건물부문 온실가스 감축 지원 및 분석 시스템 개발

② 시스템 서비스 및 인터페이스 구현 및 개발

- <http://www.bldghg.org> 사이트를 구축하여 건물부문 감축 잠재량 분석을 위한 데이터베이스 및 사용자 인터페이스 구현을 완료함
- 기술 D/B 서비스를 제공하기 위한 논리 설계 작업을 완료하였으며, 유지관리 측면에서 지속적인 업그레이드 예정임

건물부분 온실가스 실적 저감 및 통제 사항

- 프로그램 소개
- 시설통제 기술 및 구성
- 공지사황

비행일지

- 온실가스 현황
- 온실가스 현황
- 온실가스 특성

신기술 DB

- 온실기술 DB
- 개요
- 냉방
- 단열
- 보일러
- 히트펌프
- 소형열병합 발전
- 광양
- 냉방
- 가전기기
- 차사
- 조명
- 공동설비
- 산재생태

건물부분 에너지절감 기술

단열	단열	단열재	EPS(비드법 단열재)
----	----	-----	--------------

1. 기본정보

분류		기술명
대분류	단열	EPS(비드법 단열재)
중분류	단열	
소분류	단열재	

기술개요

비드법 단열재는 유기단열재료 크게 비드법 1종과 비드법 2종으로 구분하여 밀도에 따라 1호 30kg/m³이상, 2호 25kg/m³이상, 3호 20kg/m³이상, 4호 15kg/m³이상으로 분류, 비드법 1호은 구슬 모양의 표를 이미 가열하여 나치 발포시키고 이것을 적당한 시간 숙성시킨 후 전도율 또는 불 도양의 균질하게 제투고 다시 가열하여 2차 발포에 의해 골락·상향한 제품, 비드법 2호은 비드법 1호의 제조 방법과 유사하나 첨가제 등에 의하여 개질된 폴리스티렌 폼재를 사용하여 발포·상향한 제품.

적용 건물	기술 수준
공동	기준기술(GT: Generic Technology)

2. 특성치 정보

사용 에너지 원					
등유	경유	LPG	LNG	전기	기타
N	N	N	N	N	
		특성치	단위		비교
열관류율		0.274134173	(W/mK)		-
열전도율		0.0348125	(W/mK)		-
밀도		23.1	(kg/m)		-
두께		127.00	(mm)		-
기밀성 등급		-			-
		-			-
비용	투자비	10,397	(f/m)		-
	유지보수비		(l/vr)		-

[그림 2-88] 신기술D/B 조회 화면의 예시(난방-단열)

⑥ 데이터베이스(D/B) 구조 내 엔티티 관계 데이터 모델

- 사용자 정보 테이블, 데이터 테이블(주거/비주거용 입력 데이터, 분석결과), OpenAPI 관련 테이블로 구성



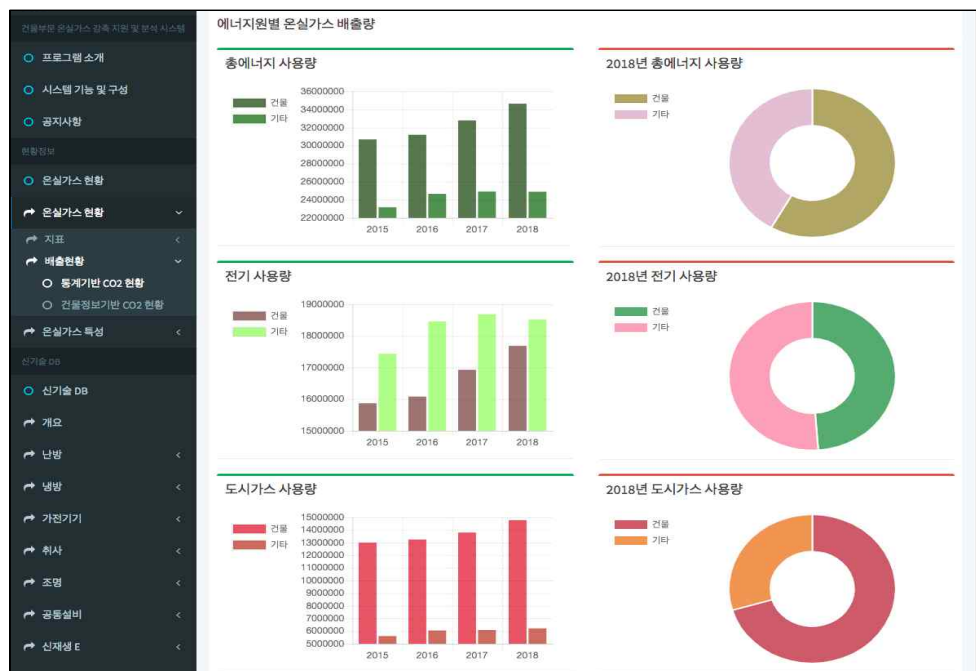
[그림 2-89] 엔티티 관계도(일부 예시)

㉔ 데이터 연계를 위한 OpenAPI 프로그램 개발

- 웹 서버와 데이터베이스 서버를 분리, 운영하며 공동연구기관인 에너클 본사에 설치 완료 (2019년 6월 30일)
- HPE ProLiant DL20 Gen10 E-2136 3.3GHz 6-core 1P 16GB-U 4SFF Perf Server 2식

제품 사양
HPE ProLiant DL20 Gen10 E-2136 3.3GHz 6-core 1P 16GB-U 4SFF 500W PS Perf Server
- CPU: Intel Xeon E-2136(6-core, 3.3GHz, 80W) Processor
- Memory : 16 GB UDIMM DDR4 2666 MT/s
- N/W : Embedded 2-port 1GbE HPE Ethernet 332i Adapter
- Storage Controller : Embedded 14-port S100i (SATA only)
- Internal Storage : 4 SFF HDD bays
- PCI-Express Slots : 2 PCIs 3.0 slots
- Power : 500W
- Warranty : 3-year parts, 3-year labor, 3-year onsite support
HPE 16GB Dual Rank x8 DDR4-2666 CAS-19-19-19 Unbuffered Standard Memory Kit
HPE 1TB SATA 6G Midline 7.2K SFF(2.5in) SC 1yr Wty Digitally Signed Firmware HDD
HPE 9.5mm SATA DVD-ROM Optical Drive
HPE DL20 Gen10 SFF ODD Enablement Kit
HPE Ethernet 1Gb 2-port 361T Adapter
HPE 3 Year Foundation Care 24x7 DL20 Gen10 Service

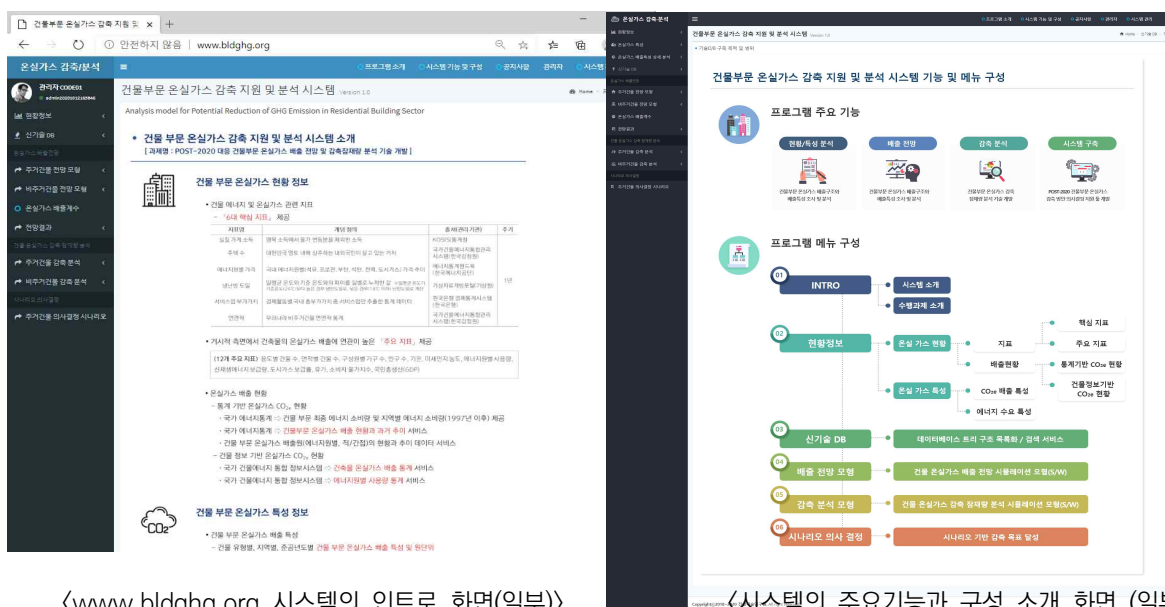
- OpenAPI 프로그램을 이용한 데이터 연계 방안으로 한국부동산원에서 제공한 Dataset는 데이터 공개 시스템(www.data.go.kr)을 활용하며, 데이터 자동 연계를 위한 OpenAPI 아키텍처 구축 및 모듈 개발
- 지속 가능한 데이터 연계를 위해 csv 기반으로 연계 모듈을 개발
- 건물부문 온실가스 현황 분석 Data-set의 조회 화면을 아래와 같이 구현



[그림 2-90] OpenAPI를 통한 건물부문 온실가스 현황 분석 데이터 조회 화면 일부

④ 주요 서비스 및 화면 구현

- 인터넷이 연결된 컴퓨터 및 웹패드, 스마트 폰을 통해 웹사이트 주소: www.bldghg.org을 입력하고 개발된 “건물부문 온실가스 감축 지원 및 분석 시스템”에 접속하여 사이트 이용 가능
 - 사용자별(일반, 연구자, 업계관계자, 정책입안자, 관리자 등) 모드를 통해 사용범위 및 기능, 서비스 항목을 확인 및 활용 기능 구현
- : 사용자는 로그인 기능을 통해 사용자별 권한을 부여 받아 시스템 활용(향후 실용화 연계하여 추진)

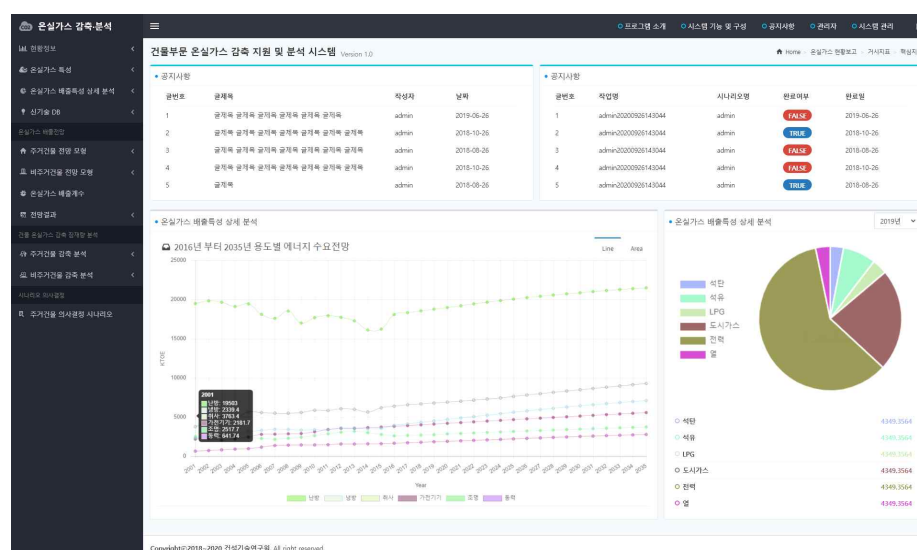


〈www.bldghg.org 시스템의 인트로 화면(일부)〉

〈시스템의 주요기능과 구성 소개 화면 (일부)〉

[그림 2-91] 건물부문 온실가스 감축 지원 및 분석 시스템

● 시스템의 메인 대시보드 화면

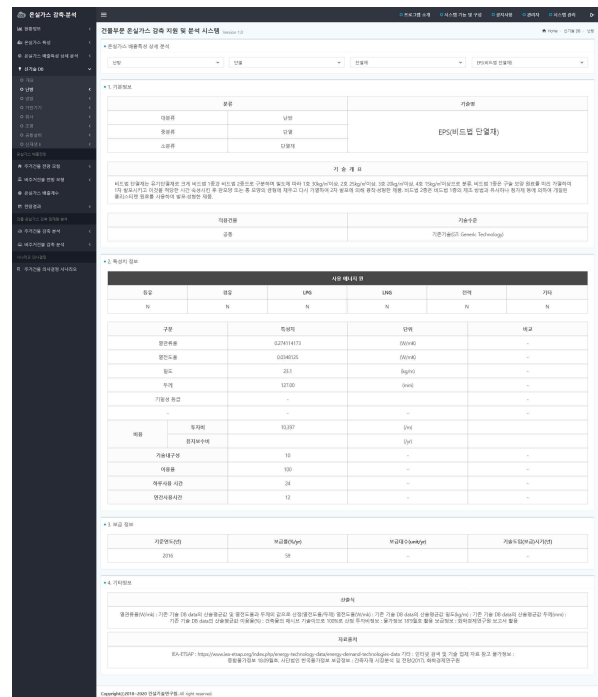


[그림 2-92] 시스템의 메인 대시보드 화면

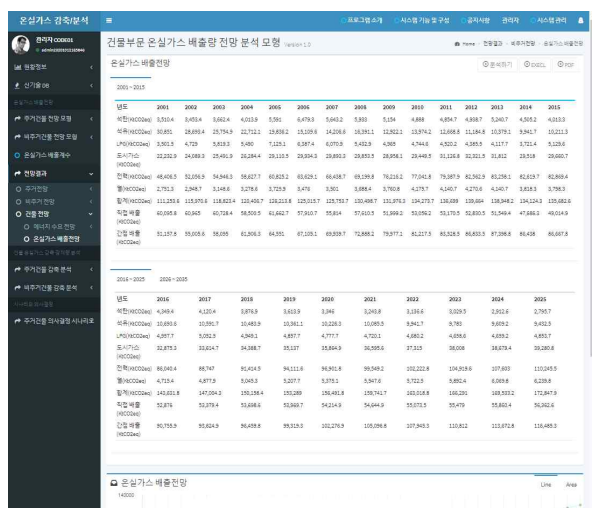
● 시스템의 주요 서비스 항목 및 화면 구성



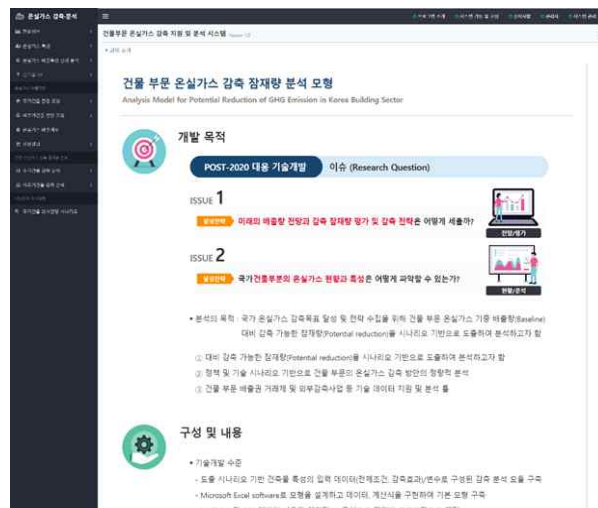
〈건물 온실가스 현황정보 모듈 (일부)〉



〈건물 온실가스 감축 (신기술DB)〉



〈건물 온실가스 배출 전망 모형〉



〈건물 온실가스 감축 분석 모형〉

[그림 2-93] 시스템의 주요 서비스 항목 및 화면 구성

㉔ 개발 모형 및 시스템의 유지보수 관리 및 SW 업데이트 체계

㉔ 서버 운영 계획

- 과제 종료 후 5년(2025년 12월 31일)까지 현재 수집된 데이터, Open API 연계 데이터, 건물부문 온실가스 배출량 전망 프로그램, 건물부문 온실가스 감축 잠재량 분석 프로그램 등 건물부문 온실가스 감축 지원 및 분석 시스템의 지속 운영에 필요한 제반기술을 서버에서 관리 예정
- 웹운영 서버의 물리적 어드레스의 지속 유지를 통한 접속 주소 관리 예정
- 서버 운영의 안정성 확보를 위한 연간 보안 및 바이러스 점검

㉔ 데이터의 지속 가능성 확보

- 필요한 경우 데이터 업데이트 시행
- 데이터 DB의 경우 과제 종료 후에는 연계된 데이터를 백업 및 관리
- 과제 종료시점의 34개 거시지표(Open API 연계 가능 지표 30개, 불가능 지표 3개) 및 건축물 온실가스 데이터 세트의 시스템 연계 상태 점검예정이며, 관련 API 연계데이터의 경우 연계시스템에 동작하는 경우에 한해서 데이터 취득예정
- 수동 입력 지표 입력이 필요한 경우, DB에 직접 입력하는 형태의 관리방안 제시

㉔ 시스템 업데이트 계획

- 기술실시 계약 기간 내 필요한 경우 소개 화면, 기능/메뉴 구성 등의 오류 시 일부 수정 예정
- 과제 연계된 데이터의 변동 및 개선 시에 연동하여 시스템을 백업하여 보관하고 시스템 업데이트 시 버전 관리 예정

㉔ 주기적인 시스템 유지관리 보고서 제출

- 분기별(년 4회) 및 주요 업데이트 발생 시 유지관리 보고서 작성 제출 예정
- 서버 시스템 및 데이터 체크리스트(LED, MP, File system, Log, I/O, Network, Memory 등)를 통해 정상여부를 주기적으로 확인하고 점검보고서 작성 예정

점검항목	점검방법	점검기준	점검 결과
LED	front LED	육안점검	정상/비정상
	rear LED	육안점검	정상/비정상
MP	login	serial 또는 gsp/mp LAN console 접속 및 login	정상/비정상
	error log (chassis log)	GSP>sl/MP>sel 등	정상/비정상
	HW status	MP>CM>ps	정상/비정상
File system	bdf	bdf(vg00)	정상/비정상
Log	dmesg	dmesg grep -i -e error -e fail	정상/비정상
	syslog	/var/adm/syslog/syslog.log	정상/비정상
	shutdownlog	/var/adm/shutdownlog	정상/비정상
	event.log	/var/opt/resmon/log/event/log	정상/비정상
IO	ioscan -fn	ioscan -fn grep -i -e NO_HW-e UNCLAIMED	정상/비정상
	ioscan -fnCdisk	ioscan -fnCdisk grep -i -e NO_HW-e UNCLAIMED	정상/비정상
Network	network ip, status, routing table	netstat -in; netstat -m; lanscan -q	정상/비정상
Memory	memory error	cstm > runutil > vd > saveas > memlog.txt > done	정상/비정상
Daemon	Daemon	ps -ef grep -e syslogd -e envd -e inetd	정상/비정상
MC/SG	Cluster	cmviewcl	정상/비정상

- API 데이터 연계 상태 점검 항목 : 전체 Open API에 대한 정상 연계 상태 확인, 변경 사항 발생 시 연계조치 수행 및 수정 보고서 제출

(바) 지속가능한 데이터베이스 수집 체계 및 Data-set 구축

① 지속가능한 데이터별 수집 방법

- <표 2-27>과 같이 활용 데이터에 따라 OPEN-API와 S-STP 방식을 통해, 지속적이고 자동화된 데이터 연계 실현

<표 2-27> 통계 포털 사이트별 거시지표 보유 현황

구분	수집방법	시스템 연계방법
거시지표 (핵심지표)	공공데이터 포털 공개정보 활용	Open-API
건축물 온실가스 현황 및 특성 Data-set	Data mart를 통한 “국가건물에너지 통합DB”에 매년 자동 생성	S-FTP

㉠ 거시지표 지속가능방안 도출

- KOSIS 국가 통계 포털사이트에 거시지표 통계 데이터가 22개로 가장 많이 포함되어 있으며, 그 외 거시지표는 정부 부처 및 한국에너지공단 사이트에서 데이터 제공받아 개발
- 거시지표 통계데이터가 국가 공공데이터포털(www.data.go.kr)에서 제공하는 공유서비스(Open API) 사용이 가능한 경우는 웹기반의 전망모형에 데이터가 자동으로 업로드 될 수 있도록 연동
- 본 연구에서는 데이터의 공유서비스가 가능한 지표와 가능하지 않은 지표를 나누어 아래 표와 같이 데이터 지속방안을 구분하여 개발

<표 2-28> 거시지표별 데이터 지속방안

구분	거시지표	데이터 지속방안
Open API 연동 가능 지표(31개)	총 건물 수, 총 인구수, 총 가구수, GDP 등 총 30개 거시지표	KOSIS 공유서비스 및 e-나라지표 공유서비스 사이트에서 데이터연동 대상별로 서비스 신청 후 OpenAPI 이용 가능
Open API 연동 가능 지표(4개)	산업부가가치 (관리기관 : 과학기술정보통신부)	공공데이터포털에서 산업부가가치를 검색한 후 XML형태로 다운로드 받아 수동 입력
	서비스업중 부가가치 (관리기관 : 통계청, 한국은행)	국내총부가가치 데이터는 OpenAPI로 연동가능하나, 서비스업중 부분만 따로 선택하여 연동
	건물 연면적 (관리기관 : 한국부동산원)	세움터 포털 사이트에서 제공하는 건축물 통계 자료집을 다운로드 받아 시스템에 수동 입력
	에너지원별 가격 (관리기관 : 한국에너지공단)	한국에너지공단에서 발간하는 에너지통계 핸드북을 다운로드 받아 시스템에 수동 입력

- 건물부문 온실가스 배출전망 모형 시스템에 거시지표 통계 데이터가 지속적으로 연동 될 수 있게 하기 위해서는 Open API로 웹상에서 데이터를 제공받는 시스템이 가장 효율적이라고 판단됨
- 현재 개발된 거시지표 data-set 내에 거시지표 데이터 중 32개 거시지표(91%)는 OpenAPI 연동이 가능한 KOSIS국가통계포털과 e-나라지표 통계 사이트에 보유하고 있지만, 비주거부문 핵심지표로 제시한 에너지원별 가격추이는 한국에너지공단에서 발간되는 '에너지통계 핸드북'자료집을 다운로드 받아 수동 입력
- 비주거부문 핵심지표 중 하나인 서비스업종 부가가치 거시지표는 OpenAPI로 연동하여 부가가치 데이터를 제공받아 서비스업종부문만 선택하여 입력
- 현재 우리나라 통계 데이터는 다양한 부처를 통해 생성되고 있기 때문에, 데이터를 제공하는 기관도 다르며 제공하는 방식도 다양함

㉠ e-나라 지표(<http://index.go.kr/openApi/stblUserShow.do>)

- 2013년 10월 31일에 「공공데이터의 제공 및 이용 활성화에 관한 법률」에 의하여 통계청에서 제공하는 통계자료를 오픈 API를 통해 사용자에게 제공한다. Open API를 활용하기 위해서 본 사이트에 회원 가입 후 거시지표 통계 데이터 승인 신청 후 데이터 연계



[그림 2-94] Open API를 통한 연계 과정

㉡ KOSIS 국가통계포털(<http://kosis.kr/openapi/index/index.jsp>)

- KOSIS에 수록된 통계정보를 이용하여 공공 및 민간 등에서 자체적으로 서비스를 개발할 수 있도록 국가통계통합DB에 접근하기 위한 인터페이스(API)를 제공. KOSIS 통계정보를 자체 DB 또는 웹사이트와 실시간으로 연동하여 서비스가 가능
- 서비스 신청 승인: 통계 목록, 통계 자료, 통계 설명 자료는 신청 후 자동 승인되어 바로 이용 가능하며, 대용량 통계 자료는 시스템 성능에 영향을 줄 수 있어 등록 자료별로 심의를 신청하여야 하며 승인 이후 이용 가능. 통계자료, 대용량 통계자료의 경우 반드시 설정이 필요하며 KOSIS 통계표를 선택하고 원하는 분류 및 항목 설정해야하며, 통계자료는 자료를 등록하고 바로 이용이 가능하지만, 대용량 통계자료는 자료를 등록하고 승인을 받은 이후에 이용



[그림 2-95] KOSIS 통계 데이터 OpenAPI 이용절차

- ③ 공공데이터포털(<https://www.data.go.kr/>)
- 공공데이터포털은 공공기관이 생성 또는 취득하여 관리하고 있는 공공데이터를 한 곳에서 제공하는 통합 창구로, 국민이 쉽고 편리하게 공공데이터를 이용할 수 있도록 파일데이터, 시각화 등 다양한 방식으로 데이터 제공. ‘데이터셋’메뉴에 들어 간 뒤 필요한 데이터 유형별, 기관별 검색 가능
 - : 공공 정보를 총망라하고 있는 공공데이터포털은 표준화된 방식으로 데이터 개방을 하고 있으며, 공공데이터 활용을 보다 편리하고 유용하게 할 수 있도록 개방된 데이터를 통합하여 제공
 - 공공데이터포털에서도 3,048개의 통계 데이터에 대한 OpenAPI 서비스를 제공하고 있으나 산업부가가치 거시지표 데이터는 과학기술정보통신부에서 생성한 통계 정보를 파일데이터로만 제공

〈표 2-30〉 공공데이터포털 표준 데이터 제공 내역

구분	데이터 지속방안
분야별 표준	제·개정 시 정해진 항목과 속성정보 등을 점검하여 데이터셋에 반영 행정안전부에서 배포한 표준 서식 파일 활용
데이터파일 형식	특정 SW에 종속되지 않는 오픈 포맷형식(CSV, JSON, XML 등)으로 제공 한글파일(HWP), 엑셀파일(XLS)은 CSV 포맷으로 변환 오픈API는 개방표준에서 제시된 항목과 속성정보를 준수하여 개발
데이터파일 명명규칙	제공기관명_데이터셋명_기준일자.파일형식 (예시:서울특별시 중구_주차장정보_20150501.CSV)
공공데이터포털 등록	데이터 소유권(ownership)을 가진 소관 기관이 직접 등록 오픈API로 개방한 데이터도 표준에 맞게 파일로 변환하여 공공데이터포털에 등록

- ④ 세움터(<https://www.eais.go.kr/>)와 한국에너지공단 홈페이지(<http://www.energy.or.kr>)
- 본 사이트에서는 OpenAPI를 제공하고 있지 않으며, ‘정보센터’ 메뉴에서 ‘건축물 통계’ 탭을 선택하여 확인할 수 있는 연도별 건축통계집을 다운로드, ‘에너지 통계 핸드북’ 자료집에서 수동으로 입력 필요

④ 건물 온실가스 Data-set의 지속가능한 생산체계 개발

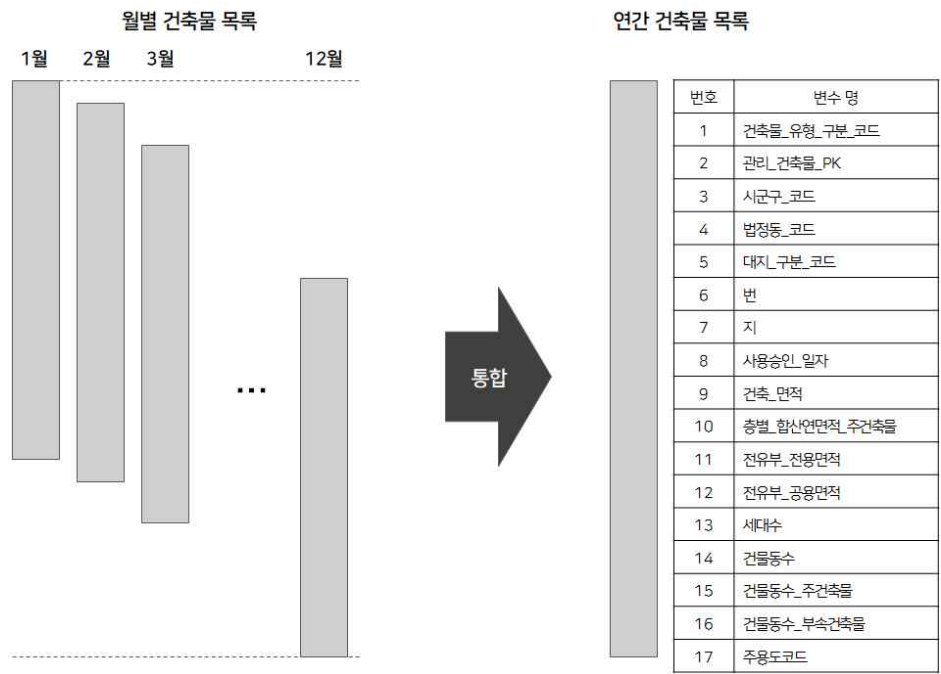
① Step 1 : 매월별 건축물 데이터와 에너지 사용량 데이터 구축

- 본 연구를 통해서 국가 건물에너지 통합 DB에 기 구축된 Data mart를 활용하여, 매월별 건축물 데이터와 건축물 에너지 통합 데이터 구축
 - 건축물대장_hist를 이용하여 시점건축물대장을 생성 후 해당자료를 이용
 - 전용공용면적_hist를 이용하여 세부용도와 전용면적, 공용면적을 각각 추출
 - 층별개요_hist를 이용하여 층별 면적을 산출하고 층별용도fmf 정의
 - 동(棟) 레벨 단위로 각각의 자료를 통합하여 세부용도별 전용면적, 공용면적을 추출
 - 건축물대장상 기재되는 내용을 merge하여 구축 시점의 대표 건축물대장 생성
- 기 구축된 Data mart를 활용하여, 매월별 에너지사용량 데이터 구축
 - 앞 단계에서 생성된 시점 건축물(총괄, 동, 전유)레벨에 존재하는 에너지를 추출
 - 대표 단지 묶음으로 전기, 가스, 난방 각각의 에너지원별로 취합
 - 시점 대표건축물대장과 직전단계에서 생성한 각각의 에너지원별로 취합된 정보를 merge 시점 대표건축물에너지를 생성

No.	컬럼ID	변수명	타입
1	USE_YM	기준년월	VARCHAR2
2	BLD_TYPE_GB_CD	건축물_유형_구분_코드	CHAR
3	MGM_BLD_PK	관리_건축물_PK	VARCHAR2
4	SIGUNGU_CD	시군구_코드	VARCHAR2
5	BJDONG_CD	법정동_코드	VARCHAR2
6	PLAT_GB_CD	대지_구분_코드	VARCHAR2
7	BUN	번	VARCHAR2
8	JI	지	VARCHAR2
9	USEAPR_DAY_PEPR	사용승인_일자	VARCHAR2
10	ARCH_AREA	건축_면적	NUMBER
11	FLR_TOTAREA_0	층별_합산연면적_주건축물	NUMBER
12	RCP_EXPOS_AREA	전유부_전용면적	NUMBER
13	RCP_PUBUSE_AREA	전유부_공용면적	NUMBER
14	DETL_HHLD_CNT	세대수	NUMBER
15	TOT_BLD_CNT	건물동수	NUMBER
16	TOT_BLD_CNT_MAIN	건물동수_주건축물	NUMBER
17	TOT_BLD_CNT_ATCH	건물동수_부속건축물	NUMBER
18	MAIN_PURPS_CD	주용도코드	CHAR
19	FLR_MAIN_PURPS_CD_0	상세용도코드	VARCHAR2
20	BLD_TYPE_GB_CD_BLD	에너지합산_BLD_TYPE	VARCHAR2
21	MGM_BLD_PK_RECAP	에너지합산_대표총괄키	VARCHAR2
22	ELEC_CNT_ESNCNO	전기_계량기수	NUMBER
23	ELEC_USE_QTY	전기_월별사용량	NUMBER
24	GAS_CNT_ESNCNO	가스_계량기수	NUMBER
25	GAS_UNIT_CD	가스_단위	VARCHAR2
26	GAS_USE_QTY	가스_월별사용량	NUMBER
27	HEAT_CNT_ESNCNO	지역난방_계량기수	NUMBER
28	HEAT_UNIT_CD	지역난방_단위	VARCHAR2
29	HEAT_USE_QTY	지역난방_월별사용량	NUMBER

㉞ Step 2 : 연간 건축물 데이터 구축 및 에너지 데이터 병합

- 매년 1월부터 12월에 대한 매월별 건축물 목록을 바탕으로 합집합 처리를 통해, 1년간 존재한 모든 건물 목록 정리



[그림 2-96] 월별 건축물 현황 통합방법 개요도

- 매월별 구축된 건물별 에너지사용량 및 에너지단위 데이터를 연간 건축물 목록에 병합하여, 건축물 정보 및 월별 에너지사용량 데이터를 포함하는 데이터프레임 생성

㉟ Step 3 : 필요 변수 데이터 추가

- 구축된 월별 에너지사용량 및 에너지단위 데이터를 바탕으로, 연간 에너지사용량 및 온실가스 배출량 데이터 항목 추가
- 에너지원별 상이한 에너지사용량 단위를 일관되도록 TOE로 변환
: 개별 단위(예, kWh, Mcal, Gcal, MJ 등) -> TOE(석유환산톤)
- 에너지원별 에너지사용량을 기반으로 에너지원별 “연간 에너지사용량 및 온실가스 배출량” 데이터를 산정

신규 여부	분류	단위 프로세스명
Data mart	테이블	월별_건물_사용량(전기, 가스, 난방)TOE, TCO ₂ EQ 테이블
	테이블	연간_사용량(전기, 가스, 난방)TOE, TCO ₂ EQ 테이블
	테이블	에너지사용_해당년도 테이블
	테이블	지역구분 테이블 (기후지역, 시도, 시군구)
	테이블	건물용도 테이블 (건물용도 대분류, 분석건물유형, 주용도, 상세용도)

⑤ Step 4 : 데이터 필터링 및 단위면적당 현황 데이터 추가

- 단위면적당 온실가스 배출량 산정을 위하여 구축된 건축물 통합데이터로부터 필터링 과정을 수행
 - 건물유형을 “주거용”, “상업용”, “문교사회용”으로 한정
 - 준공연도, 연면적, 시군구코드가 결측되거나 오류인 건물을 제외
 - 사용승인일이 1961.01.01. 이후인 건물로 한정
 - 건축물 중, 전기와 도시가스를 동시에 사용하고 지역난방은 사용하지 않은 건물로 한정
 - 1년 동안 모든 월의 전기사용량이 0을 초과하고 연간 도시가스사용량이 0 초과인 건물로 한정
 - 에너지사용량, 연면적, 단위면적당 에너지사용량 측면에서, 상하위 0.5%에 해당하는 건물을 제외
- 필터링 완료된 건물을 대상으로 “연간 단위면적당 에너지사용량” 및 “단위면적당 온실가스 배출량 ($\text{kgCO}_2\text{e}/\text{m}^2$)”을 산정
- 필터링 완료된 건물(정상건물 여부)을 판단할 수 있는 변수를 추가

신규 여부	분류	단위프로세스명
Data mart	테이블	연간_단위면적당_사용량(전기, 가스, 난방) kgOE/m^2 , $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{m}^2$ 테이블
	테이블	정상건물_여부_코드 테이블

⑥ Step 5 : 최종데이터 구축

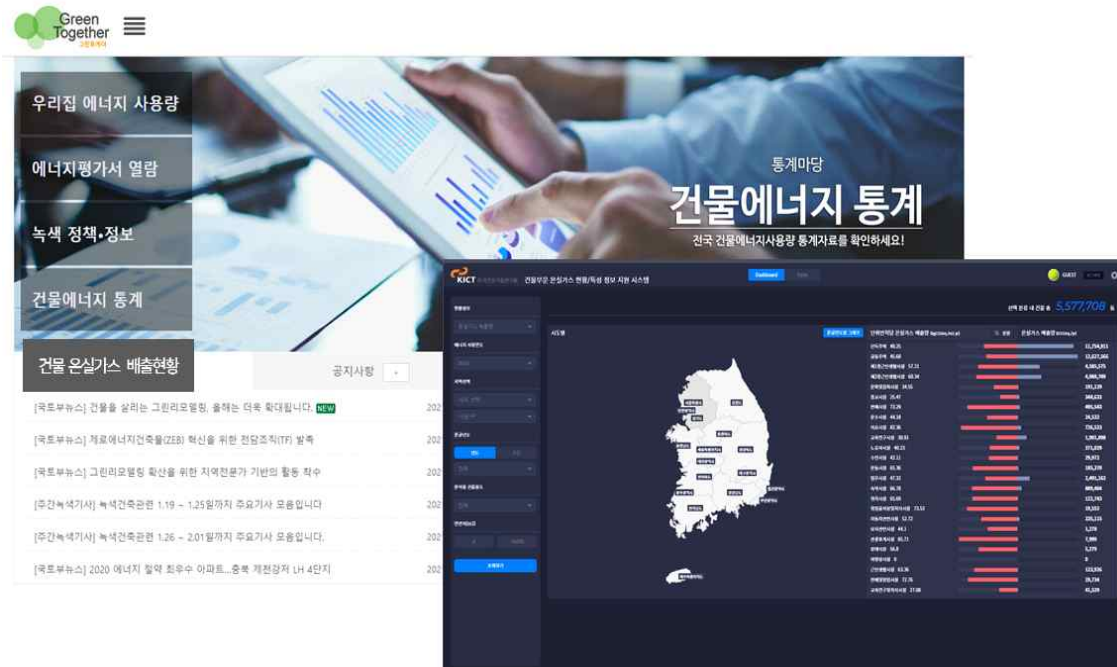
- 필터링 완료된 건물에 대한 “연간 단위면적당 에너지사용량” 및 “단위면적당 온실가스 배출량($\text{kgCO}_2\text{e}/\text{m}^2$)”를 전체 건축물 목록과 통합하여, 최종 데이터를 구축(매년별 33개 변수로 구성된 Data-set)
- 최종 데이터를 바탕으로, 분류체계(지역, 용도, 준공년도 등)에 따라 요약 현황(온실가스 배출 총량 및 단위면적당 온실가스 배출량) 정보를 산정·구축(분류체계에 따라 구축되는 7개의 요약 Data sheet)
- 서비스대상 테이블로 자료를 이관하여 데이터 제공 서비스

〈표 2-31〉 최종 데이터 프레임 구성 변수 목록

구분	변수
건축물 정보	건물 고유번호, 정상건물 여부, 기후지역, 시도, 시군구, 건물부문 여부, 건물용도 대분류, 분석용 건물용도, 건물 주용도, 건물상세용도, 준공년도, 준공년도 구간, 연면적, 전용면적, 세대수, 동수
에너지 정보	에너지사용 년도, 연간_전기_에너지사용량, 연간_가스_에너지사용량, 연간_지역난방_에너지사용량, 연간_총_에너지사용량, 연간_전기_온실가스배출량, 연간_가스_온실가스배출량, 연간_지역난방_온실가스배출량, 연간_총에너지_온실가스배출량, 단위면적당_연간_전기_에너지사용량, 단위면적당_연간_가스_에너지사용량, 단위면적당_연간_지역난방_에너지사용량, 단위면적당_연간_총_에너지사용량, 단위면적당_연간_전기_온실가스배출량, 단위면적당_연간_가스_온실가스배출량, 단위면적당_연간_지역난방_온실가스배출량, 단위면적당_연간_총에너지_온실가스배출량

㉔ Data-set의 지속 구축 및 운영 협력 전략

- Data-set 구축 절차에 따라 개발된 Datamart를 활용하여, 과제종료 이후 5년(2021~2025)간 건물 부문에 대한 온실가스 배출 현황 Data-set을 지속적으로 구축하고, S-FTP 모듈을 활용하여 데이터 제공
- 건물 온실가스 배출 현황 정보 시제품(<http://kictxkab.cafe24.com/>) 등의 데이터 유지 및 활용도 향상을 위해 녹색건축포털(www.greentogther.go.kr)에 연계 활용 방안을 국토교통부(위탁운영: 한국 부동산원)와 협의하고 Data-set 및 시스템에 대한 지속적 협력 체계 마련 추진



[그림 2-97] 녹색건축포털 그린투게더 연계 운영 예시도

② 감축 (신)기술의 국내 적용가능성 평가

㉔ 선행 연구 조사

㉔ 건축물의 유형별 신재생에너지 기술을 적용하기 위한 평가방안과 기초자료 구축에 관한 연구(최준호, 2013)

- 기술의 진척도 파악을 위하여, 기술 성숙도 평가방법인 TRL기법을 확인하고 이를 응용하여 신재생에너지 대상 기술의 평가에 활용 가능한 평가 기준 및 평가 항목을 마련
- 학계, 시공사 연구원, 설계사 연구원, 발주기관 연구원으로 본 연구의 설문을 위한 대상 집단을 선정하고 델파이 분석기법을 통한 소수의 전문가를 대상으로 설문조사 수행. 델파이 분석기법을 통하여 선정된 설문대상에게 1차 설문을 실시

: 이에 대한 결과를 분석하여 설문 응답자에게 인지시킨 후, 다시 2차 설문을 실시하여 전문가의 의견을 수렴하고 이를 통해 연구의 결과를 도출

⑧ 국토교통과학기술진흥원 기술수준 평가

- 한국, 미국, 일본, 중국, 독일, 프랑스, 영국의 상대수준(%)과 격차기간(년), 기술적 중요도, 시급성, 파급효과, 정부지원 필요성, 그 외 기술수명수기와 기술격차 해소방안 조사 등을 통하여 평가. 전문가 대상 델파이 조사를 통하여 조사를 시행하며, 조사 결과를 통해 국토교통 R&D전략 수립 및 신규과제를 발굴하거나 정성적 기술수준 및 R&D 추진분야 도출하는데 활용

구분	내용
지표1	- 중요도(5점척도) : 타 기술과의 연계성이 높고, 연관기술의 개발 및 활용의 기반이 되는 정도
지표2	- 시급성(5점척도) : 해당기술이 적정수준을 구현해야 하는 시기
지표3	- 파급효과(5점척도) : 해당기술이 타 요소기술 개발에 미치는 영향
지표4	- 정부지원 필요성(5점척도) : 해당기술 개발/육성에 정부가 지원해야 하는 정도

⑨ 한국산업기술평가관리원 기술수준 평가

- 미국, 일본, 유럽, 중국 대비 한국의 기술 상대수준(%) 및 격차기간, 기술적 중요도, 시급성, 파급효과 등을 평가한다. 이 또한, 전문가 대상 델파이 조사 방식을 통해 기술 수준을 평가함, 과제기획 시, 국가 기술 확보 전략 설정의 근거 자료로 활용

구분	내용
지표1	상대수준(%) : 주요국의 상대적인 기술수준
지표2	격차기간(년) : 주요국의 기술격차기간
지표3	중요도(1,2,3 선택형) : 적정기술을 구해야만 하는 시기
지표4	파급효과(5점척도) : 기술이 다수의 타요소기술의 개발에 미치는 영향력 정도

⑤ 일본 NISTEP 기술수준 평가

- 연구개발 기반 및 연구개발성과 수준 비교 평가하며, 연구개발 기간 통계자료를 분석하거나 국내·외 유명 연구자 인터뷰를 통해 조사. 평가 목적 및 활용방안은 과학기술 분야의 현황 분석 및 정책 결정시 활용하기 위한. 주요 평가 지표는 라이프사이언스, 정보통신, 환경, 에너지 등 7개 분야, 32개 기술영역, 137개 핵심기술을 대상으로 평가하며, 미국 과학기술정책실의 국가중요기술과 대비 가능하도록 구분하여 설정

④ 적용가능성 평가

- 건물부문 온실가스 감축을 위한 (신)기술의 국내 적용가능성을 모색하기 위해 전문가 집단의 의견을 청취, 분석, 수렴하기 위한 과정으로 델파이 설문조사를 실시
- 델파이방법은 의사결정에 필요한 내용에 대한 전문가 의견을 탐색하는 신뢰도 높은 방법으로, 전문가의 의견을 수렴해 가는 분석 기법으로 주로 미래기술 예측을 위해 사용되고 있음
- 델파이 조사는 2회에 걸쳐 실시되었으며, 관계기관 전문가들 및 민간/학계/시민단체 전문가들이 참여하였음

〈표 2-32〉 감축 (신)기술의 국내 적용 가능성 평가를 위한 델파이 설문조사 개요

항목	1차	2차
조사대상	건물에너지·에너지·환경·건설 분야 전문가 (경력 5년이상 전문가)	1차 응답자 대상
조사방법	방문조사, 전자메일 조사	전자메일 조사
응답자 (표본크기: 44명)	44명	29명
조사기간	2020년 5월1일~5월30일	2020년 8월24일~9월15일
조사목적	기초의견 조사	1차 의견 수렴
조사방법	반구조화된 설문조사	선택형 체크리스트

- 본 연구에서는 IPCC가 제시한 세 가지 기술분류에 따라 감축기술을 조사하고 이를 반영하여 델파이 전문가 조사를 실시
- IPCC는 건물부문 온실가스 감축기술 분류를 탄소의 효율(carbon efficiency), 기술의 에너지효율(energy efficiency of technology), 시스템/기반시설 효율(system/infrastructure efficiency)로 구분
- 탄소의 효율에는 재생에너지발전, 건물일체형재생에너지, 전기화 등이 포함되어 있으며, 기술의 에너지 효율에는 고효율 에너지 기술(단열/외피/HAVC/가전기기/히트펌프 등)이 포함되며, 시스템/기반시설 효율에는 에너지절약형 건물의 통합설계, 분산형에너지시스템, 폐열 활용 등이 포함됨

〈표 2-33〉 국내 적용 가능성 평가를 위한 기술 분야 및 감축 기술

기술 분야	감축 기술
탄소 효율 (Carbon efficiency)	• 건물일체형재생에너지 - BiPV(건물일체형태양광발전), BiWP(건물일체형풍력발전) - 전기화 (Electrification) - 전기로 연료전환
	• 재생에너지 발전 - 태양광 발전, 풍력 발전
	• 재생에너지 기반 수소(연료전지) 발전 (P2G, Power-to-Gas)
	• 차세대 바이오매스 난방·급탕기기
	• 할로카본 배출량 감축을 위한 천연냉매 사용
기술의 에너지 효율 (Energy efficiency of technology)	• 고효율 건물 외피 (HPE, High Performance Building Envelope)
	• 고효율 단열재
	• 고효율 창호
	• 고효율 가전기기
	• 고효율 조명
	• 고효율 난방·환기·공기조절 시스템 (eHVAC 시스템)
	• 히트펌프 (Heat Pump)
	• 태양광·열 히트펌프 (Photovoltaic·Thermal Heat Pump)
	• 지열 히트펌프
	• 고효율보일러
	• 건물에너지관리시스템 (BEMS, Building Energy Management System)
	• 건물자동화 및 제어시스템 (BACS, Building Automation and Control Systems)
	• (인공지능 활용) 차세대 디지털 빌딩
	• 스마트그리드
	• 열에너지저장 (Thermal Energy Storage)
	• 자연광 조명
시스템/ 기반시설 효율 (System/ Infrastructure efficiency)	• 에너지 절약형 건물의 통합설계 (IDP, Integrated Design Process) - 건축물 녹화 및 친환경 건축설계 포함
	• 분산에너지시스템
	• 열병합발전
	• 삼중열병합발전
	• ESS 활용 부하평준화 - 에너지저장시스템(ESS, Energy Storage System) 통한 부하평준화 도모 및 최대부하 감소
	• 주간 열에너지 저장
	• 폐열 활용

* 분류체계는 본 연구의 건물부문 에너지·온실가스 감축 (신)기술 Database, IPCC 5차 평가 보고서(2014 기후변화 완화) Building 부문에 따라 구성하였음

- 우선적용 세부기술 선택 설문항에 대한 조사 결과
 - 1차 설문조사에서는 주거용: 고효율 건물 외피, 고효율 창호, 고효율 HVAC, 비주거용: 고효율 HVAC, 건물자동화 및 제어시스템, 건물에너지관리시스템, 고효율 건물 외피 순으로 나타남
 - 2차 설문조사에서는 우선적용 세부기술로 주거용: 고효율 창호, 비주거용: 고효율 HVAC 으로 나타남

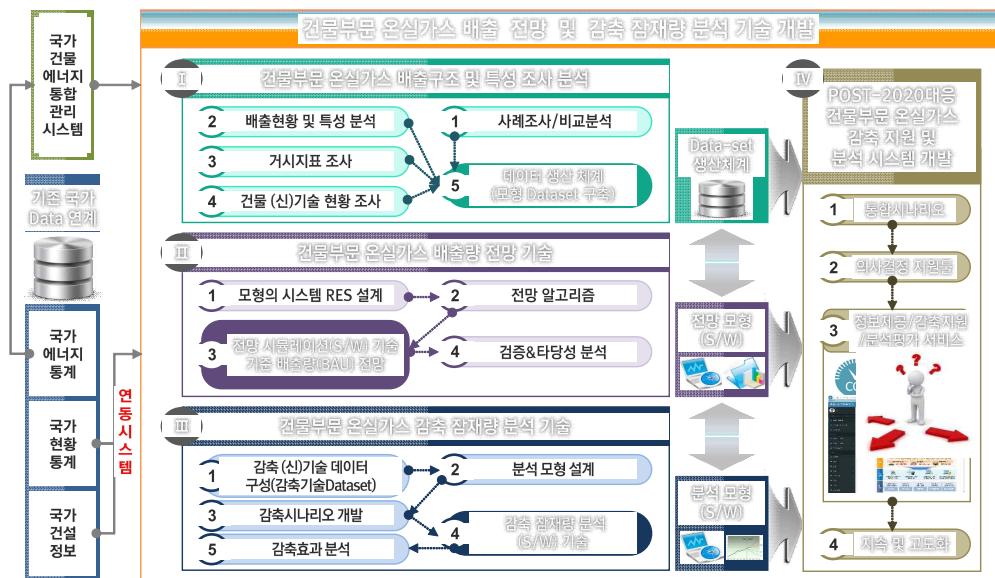
〈표 2-34〉 감축 (신)기술의 국내 적용 가능성 평가를 위한 델파이 설문조사 평가 항목

건축물 유형	평가 항목	
주거(주택)용 / 비주거(상업)용	감축 기술 분야 우선 순위 선정	탄소 효율
		기술의 에너지 효율
		시스템/기반시설 효율
	기술성 평가	기술진척도
		기술 적용의 실현시기
		기술 특성
	경제성 평가	기술 적용 비용
	환경성 평가	환경요인
	제약성 평가	기술 적용 제약사항
	건물유형별 기술 중요도 평가	
	정부의 우선시책 선정	

(4) 연구개발 추진전략·방법

(가) 추진전략 및 과제간 연계전략

추진전략	주요연구는 단계적으로 현황 분석, 모형 및 알고리즘 개발, 프로그램(S/W) 도출 연구로 진행되며, 각 주요 연구내용 간 연계하고, 연구부문별 주관·공동·위탁 연구기관들과 유기적 체계구성으로 본 연구목표를 달성		
우수한 연구조직	본 연구에서 요구하는 연구개발 목표 및 최종 성과물의 성공적인 연구개발을 위해 건물 에너지 정보관리 분야, 에너지 사용량 특성 분석 분야, 온실가스 전망 및 분석 모형 분야, 지속가능 기술 조사 분야, 소프트 및 시스템 구현 분야에서 아래와 같이『 국내 최고 수준의 산/학/연 연구기관으로 구성하였으며 국내외 전문가 네트워크를 통해 국제적 수준의 연구조직으로 구성 』		
과제간 연계전략	연구분야	연 계 기 관	연 계 내 용
	[1]배출현황 및 특성	एको앤파트너스	온실가스 배출 전망 및 분석 사례 조사, 감축(신)기술 조사
		한국부동산원	건물부문 에너지 사용량 및 온실가스 배출 특성 분석
	[2]온실가스 배출량 전망 모형	KICT	건물부문 온실가스 배출량 전망 알고리즘 도출, 모형 개발
		एको앤파트너스	전망 모형 개발 위한 거시 지표 조사
		한국부동산원	건물부문 온실가스 배출 특성 분석 data set 구축
		에너지클	건물부문 온실가스 배출량 전망 프로그램(S/W) 구현·제작
	[3]온실가스 감축 잠재량 분석 모형	KAIST	개발 모형의 신뢰성 검증
		KICT	건물부문 온실가스 감축 잠재량 분석 알고리즘 도출, 모형 개발
		एको앤파트너스	국내외 온실가스 감축 관련 (신)기술 조사 및 DB화
		한국부동산원	건물부문 온실가스 감축 잠재량 분석 모형 개발 위한 data set 구축
	[4]감축 지원 및 분석 시스템	에너지클	건물부문 온실가스 감축 잠재량 분석 프로그램(S/W) 구현·제작
		KAIST	개발 분석 모형의 개선 및 신뢰성 검증
		KICT	건물부문 온실가스 감축 지원 및 분석 시스템 설계 및 개발
		एको앤파트너스	건물부문 온실가스 감축 의사결정 통합시나리오 지원
		한국부동산원	정보체계에 탑재 시범운영 및 데이터 생산체계 구축
		에너지클	개발 시스템의 서비스 구현 및 제작
		KAIST	전망 및 분석 모형 고도화 및 신뢰성 검토



[그림 2-98] 과제간 연계전략 도식화

(나) 연차(단계)별 연구 개발 목표 및 내용

[1] 건물부문 온실가스 배출구조와 배출특성 조사 및 분석	[2] 건물부문 온실가스 배출량 전망 기술 개발
① 건물부문 에너지 사용량 및 온실가스 배출 현황 분석 : 기존 통계 및 관리시스템 등 연계한 건물특성별 에너지 사용량 및 온실가스 배출 현황 조사 : 건물부문 에너지 사용량 및 온실가스 배출 특성 분석 * 단기: 에너지원별, 용도별, 규모별 * 중기: 건물 특성정보 중 온실가스 배출량 영향요인 도출 및 영향요인 고려한 분류체계 수립 * 장기: 분류체계에 따른 온실가스 배출량 현황 분석 ② 모형 개발을 위한 건물부문 온실가스 배출 현황 데이터 생산 체계 및 data set 구축 : 데이터 생산 프로세스 및 시스템 구축 : 모형 개발을 위한 data set 구축 ③ 국내외 온실가스 배출전망 및 감축잠재량 분석 사례조사 및 비교분석 ④ 건물 온실가스 배출전망을 위한 거시지표 조사 : 모형 개발을 위한 거시지표 조사 * 거시지표: 인구 구조, 주요 경제지표, 가구 구조, 주택 재고, 건축물 재고(stock) 등 : 모형 개발을 위한 거시지표 data set 구축 ⑤ 건축물 및 건물 (신)기술 현황 조사 : 모형 개발을 위한 필요 에너지기술 데이터 조사(기술정보, 비용, 보급현황 등) : 건물 에너지효율화 및 온실가스 감축 (신)기술 조사	① 건축물 특성 모듈 구조화된 통계기준 RES(Reference Energy System) 설계 및 모듈 개발 : 모형 개발을 위한 입력 data set 및 분석 변수 도출 : 건축물 특성 모듈 구조(부문-배출특성) RES 설계 : 건축물 특성 모듈(입력-변수-계산 알고리즘) 개발 ② 건물부문 온실가스 과거 확산분석 및 미래양상 예측모형 개발 * 과거 추세(backcasting)에 따른 2035년까지 전망 (forecasting) 모형 * 모듈 특성별 전망 알고리즘(선형전망, 로지스틱모형, 회귀분석, 공퍼츠모형, 등) 도출 ③ 건물부문 온실가스 배출량 전망 시뮬레이션 기술 개발 및 기준 배출량(BAU) 전망 : 건물부문 온실가스 배출량 전망 시뮬레이션(S/W) 기술 개발 : 건물부문 온실가스 기준 배출량(BAU) 전망 ④ 결과 비교를 통한 타당성 분석 : 국제수준의 유사 S/W 조사 및 벤치마킹 : 국외 분석 모형(Message S/W)을 활용한 결과 비교 : 개발 시뮬레이션 기술의 개선(고도화) 및 신뢰성 검증
[3] 건물부문 온실가스 감축 잠재량 분석 기술 개발	[4] POST-2020 건물부문 온실가스 감축 지원 및 분석 시스템 개발
① 건물부문 감축잠재량 분석입력을 위한 (신)기술 데이터 구성 : 감축 분석 모형을 위한 기술 data set 구축 : 감축 분석 모듈 개발 ② 기준배출량(BAU)을 반영한 용도/기술 세분화된 Baseline (기준시나리오) 개발 : 건축물 특성 모듈이 구조화된 분석모형 설계 ③ 감축정책·(신)기술을 반영한 온실가스 감축 시나리오의 개발 ④ 건물부문 온실가스 감축 잠재량 분석모형 개발 : 건물부문 온실가스 감축잠재량 분석 시뮬레이션(S/W) 기술 개발 : 분석모형의 개선(고도화) 및 신뢰성 검증 ⑤ 건물부문 감축 시나리오별/감축수단별 감축 효과 분석	① 건물부문의 온실가스 감축 목표 달성을 위한 최적 통합 시나리오 개발 ② 통합시나리오 기반 온실가스 감축 의사결정지원 툴 개발 ③ POST-2020 건물부문 온실가스 감축 지원 및 분석 시스템 개발 : POST-2020 대응 건물 온실가스 현황 정보모듈 구축 : POST-2020 대응 건물 감축목표설정 지원 분석모듈 구축 : 시나리오기반 의사결정 지원 툴 구축 : 시스템 서비스 및 인터페이스 구현 및 개발 ④ 지속가능한 데이터베이스 수집체계 및 분석 고도화 방안 제시 : 지속가능한 모형 data set 생산 체계 및 시스템 구축 : 개발된 전망 및 감축 분석 기술(S/W) 고도화 방안 마련 ⑤ 감축 (신)기술의 국내 적용가능성 평가 및 제고 방안 마련

(다) 세부과제별 추진전략 및 방법

[1차년도 세부과제별 추진전략 및 방법]

구분	연구기관	연구목표	연구수행방법 및 전략
[2]-① (주관)	한국건설기술 연구원	전망 모형 프레임워크 및 구성 설계	- 건물 에너지 소비 특성 및 구조 이론 연구조사 - 최근 국외 모형의 사례 분석 - 입/출력 데이터 및 Dataset에 따른 전망 모형 설계 및 Framework - 건물 특성 모듈구조(부문-배출특성) RES 설계
[1]-④ (공동)	(주)에코엔 파트너스	건물 온실가스 배출전망을 위한 거시지표 조사	- 감축 잠재량 분석에 활용한 모형 조사 : LEAP, MESSAGE, AIM, MARKAL 등 - 모형에 적용한 지표 조사 및 특성 분석 - 국내외 보고서, 통계자료, 연구 논문, 유관기관 데이터 공개현황 등을 통해 사회적, 경제적으로 활용 가능한 지표 조사
[1]-① (공동)		감축 잠재량 분석 사례 조사 및 비교분석	- 국내외 온실가스 감축 잠재량 분석 사례 조사 - 국내외 온실가스 배출전망 및 감축 잠재량 분석 사례 비교분석
[1]-①	한국건설기술 연구원	건물특성별 에너지 사용량 및 온실가스 배출현황 조사	- 건물정보기반의 전국 건물 대상 에너지원별(전기, 가스, 지역난방), 건물용도별, 규모별 등 건물부문 에너지 사용량 및 온실가스 배출현황 DB 조사 - 국내 기존 통계데이터의 건물특성별 에너지 사용량 및 온실가스 현황 DB 조사
[1]-② (위탁)	한국부동산원	건물부문 에너지 사용량 및 온실가스 배출특성 분석	- 건물정보기반(국가건물에너지통합관리시스템), 기존 통계 데이터 비교분석 - 건물부문 에너지 사용량 및 온실가스 배출특성 분석(1차)
[2]-① [2]-② (위탁)	한국과학기술원	건물부문 에너지/온실가스 증감 요인 분해분석	- 국내외 건물부문 모형 조사 및 연구 동향 파악 - 에너지 총조사 보고서 취합, 가공 - 가정부문의 에너지/온실가스 증감 요인에 대한 분해(활동, 구조, 효율, 행태 등) 분석 - 배출전망 시나리오의 신뢰도 검증에 활용

[2차년도 세부과제별 추진전략 및 방법]

구분	연구기관	연구목표	연구수행방법 및 전략
[2]-① (주관)	KICT (에너지)	건축물 특성 모듈 구조화된 통계기준 RES(Reference Energy System) 설계 및 모듈 개발	- 모형 개발을 위한 입력 data set 및 분석 변수 도출 - 건물 특성 모듈(입력-변수-계산 알고리즘) 개발
[2]-② (주관)		건물부문 온실가스 과거 확산분석 및 미래양상 예측모형 개발	- 모듈 특성별 전망 알고리즘(선형전망, 로지스틱모형, 회귀분석, 곰페르츠모형 등) 도출 : 과거 추세(backcasting)에 따른 2035년까지 전망 (forecasting) 모형
[2]-③ (주관)		건물부문 온실가스 배출량 전망 시뮬레이션 기술 개발 및 기준 배출량(BAU) 전망	- 건물부문 온실가스 배출 현황 통계 Data Set 연계 - 건물부문 온실가스 배출량 전망 시뮬레이션(S/W) 기술 개발 - 건물부문 기준 배출량(BAU) 전망
[2]-④ (주관)		비교를 통한 타당성 분석	- 국외 분석 모형(Message S/W)을 활용한 결과 비교 - 개발 시뮬레이션 기술의 개선(고도화) 및 신뢰성 검증
[1]-④ (공동)	(주)에코앤 파트너스	건물 온실가스 배출 전망 모형 개발을 위한 거시지표 조사 보완	- 관련 연구 자료 및 국가 통계자료 등을 통한 활용가능성 검토 - 거시지표의 유연한 활용도를 위해 데이터베이스화
[1]-⑤ (공동)		모형 개발을 위한 건축물 및 건축 온실가스 감축 (신)기술 조사	- 국내/외 건축물 및 건축에 도입된 온실가스 감축 (신)기술 동향 조사 - 국내/외 건축물 및 건축에 도입된 온실가스 감축 기술 수준 검토 - 국내/외 건축물 및 건축에 도입된 온실가스 감축 (신)기술 D/B 항목 도출 : 보급현황, 보급률, 에너지 절감률, 건축물 용도별 적용 기술, 설치 비용 및 비용 회수기간 등
[1]-① (위탁)	한국부동산원	건물부문 에너지 사용량 및 온실가스 배출현황 및 특성 DB 고도화	- 건물부문 에너지 사용량 및 온실가스 배출특성 분석(2차) - 에너지 사용량 및 온실가스 배출량에 대한 영향요인 도출 및 분류체계 설정 - 현재 국가 건물에너지 통합관리시스템의 데이터를 기존 통계 데이터와 비교를 통해 품질 검증 및 신뢰도 향상
[1]-② (위탁)		건물부문 온실가스 배출량 전망모형 개발을 위한 입력 Data Set 도출	- 현황 사례조사를 기반 온실가스 배출전망 모형(S/W)용 DB 생산(추출) 알고리즘 개발 - 온실가스 배출량 전망 모형 개발을 위한 Data Set 구축
[2]-③ [2]-④ (위탁)	KAIST	기존 최적화선형모형 구축을 통한 신뢰성 검토	- 적용 가능한 미래 전망 알고리즘 사례/이론 조사 - 기존 최적화선형모형(MESSAGE)을 이용한 전망모형 구축

[3차년도 세부과제별 추진전략 및 방법]

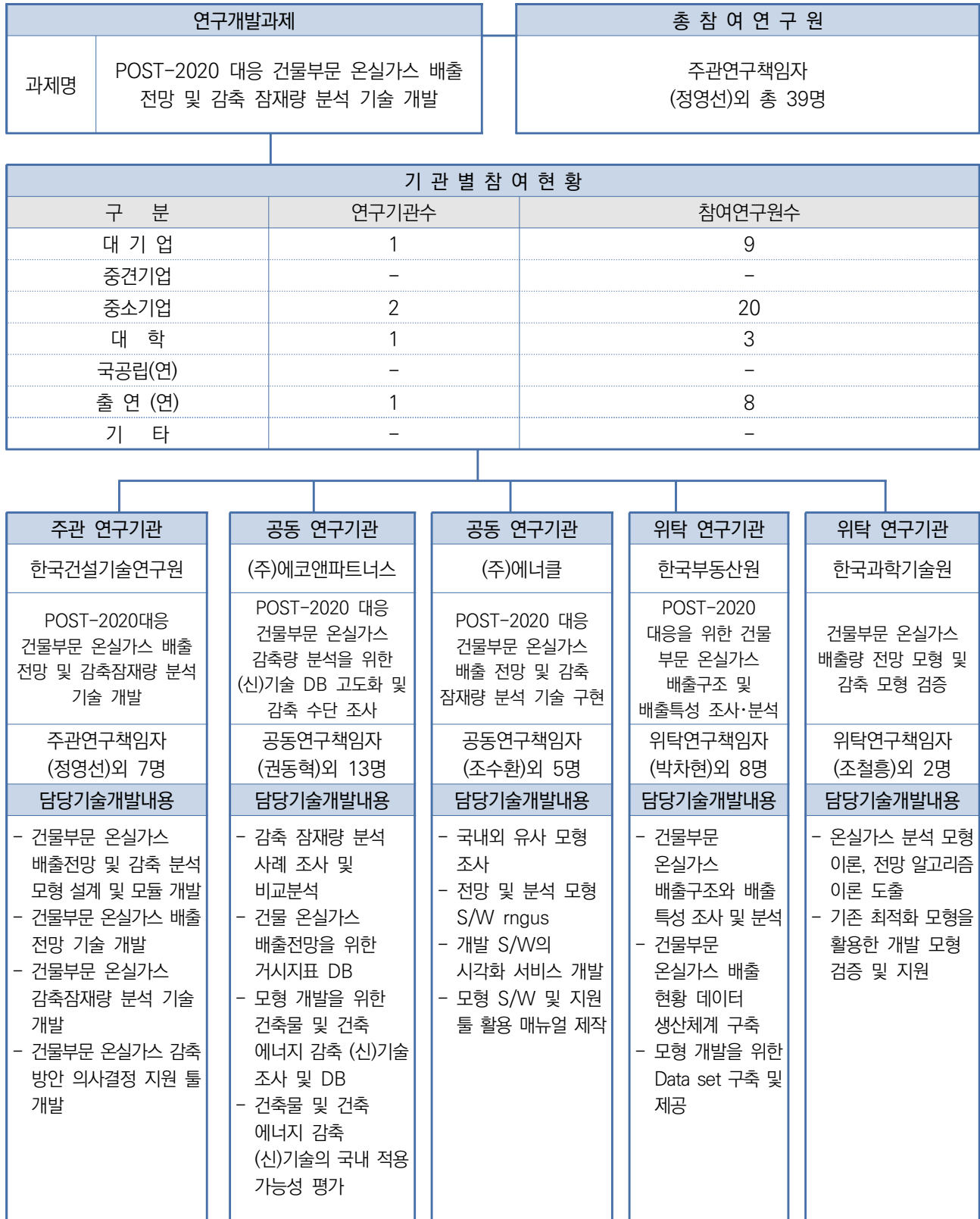
구분	연구기관	연구목표	연구수행방법 및 전략
[3]-③ (주관)	KICT	감축정책·(신)기술을 반영한 온실가스 감축 시나리오의 개발	- 건물부문 온실가스 감축 잠재량 분석 알고리즘 도출 - 건물부문 온실가스 감축 잠재량 분석 결과 신뢰성 검증
[3]-①② (주관)		건물부문 감축잠재량 분석모형 개발	- 건물부문 온실가스 배출 잠재량 전망 시뮬레이션(S/W) 기술 개발 : 시나리오 생성 모듈 및 입력/변수 데이터 설정 : 데이터 및 변수 구성, 계산 알고리즘 연계 - 분석모형의 개선(고도화) 및 신뢰성 검증
[3]-④ (주관)		시나리오 분석형 상향식 온실가스 감축 잠재량 분석 시뮬레이션(S/W) 구현 및 효과분석	- 감축 시나리오별 감축량 및 특성 분석 : 에너지·온실가스 감축 잠재량, 감축효과 등
[3]-④ (공동)	에너지클	건물부문 온실가스 감축 잠재량 분석 시뮬레이션(S/W) 구현	- 건물부문 감축잠재량 분석 입력을 위한 사용자 인터페이스 개발 - 건물부문 감축잠재량 분석을 위한 지식베이스 구축
[2]-⑤ (공동)	(주)에코앤 파트너스	모형 개발을 위한 건축물 및 건축 에너지 감축 (신)기술 조사 보완	- 국내 건축물 및 건축에 도입된 에너지 감축 (신)기술 D/B구축 고도화 : 기술개요, 적용대상, 기술의 특징, 보급현황, 투자비용, 절감 효과 등
[2]-⑤ (공동)		건축물 및 건축 에너지 감축 (신)기술의 국내 적용 가능성 평가	- 국내 건축물 및 건축에 (신)기술 적용성 평가방법 도출 - 건축물 용도에 따른 최적가용기술 도출 - 감축 시나리오 지원을 위한 정부 정책 및 감축방안 조사
[1]-② (위탁)	한국부동산원	모형 개발을 위한 건물부문 온실가스 배출 현황 통계 생산체계 구축 및 data set 구축	- 온실가스 감축 잠재량 분석 모형(S/W)용 DB 생산(추출) 알고리즘 개발(샘플링(총화추출) vs. 전수에 따른 결과 값 비교) - 온실가스 감축 잠재량 분석 모형 개발을 위한 Data Set 구축 - 온실가스 Data-set 생산 프로세스 및 시스템 구축
[3]-③ [3]-④	KAIST	MESSAGE에 기반한 건물부문 에너지-온실가스 감축모형 구축 및 시나리오 개발	- 국내 건물부문을 가정, 상업, 공공 부문으로 분리하여 상향식 에너지-온실가스 감축 분석 모형 구축 - 시나리오 개발 및 분석을 통해 감축시나리오를 개발하여, 새롭게 개발될 모형의 감축잠재량 신뢰도 검증에 활용
[4]-③ (주관)	KICT	건물부문 온실가스 감축방안 의사결정 지원 툴 및 서비스 설계	- POST-2020 대응 건물 온실가스 현황 정보모듈 및 감축목표 설정 지원 분석모듈 구축 설계 및 구축방안 도출

[4차년도 세부과제별 추진전략 및 방법]

구분	연구기관	연구목표	연구수행방법 및 전략
[4]-① (주관)	KICT	건물부문 온실가스 감축방안 의사결정 통합시나리오 개발	- 건물 온실가스 감축 의사결정 통합시나리오 도출 - 건물부문 온실가스 감축 의사결정 최적 시나리오 알고리즘 도출
[4]-② (주관)		통합시나리오 기반 의사결정지원 툴 개발	- 건물부문 온실가스 감축 의사결정 관련 평가기법 및 기술 조사 - 의사결정 지원 시스템 개발을 위한 온실가스 배출 현황 정보 및 감축목표 설정 모듈 지원
[4]-③ (주관)		건물부문 온실가스 감축 지원 및 분석 시스템 개발	- POST-2020 대응 건물 온실가스 현황 정보모듈 및 감축목표설정 지원 분석모듈 구축 - 통합시나리오 기반 의사결정지원 모듈 개발 - 건물부문 온실가스 감축 지원 및 분석 시스템 설계 및 개발
[4]-③ (공동)	에너지클	건물부문 온실가스 감축 지원 및 분석 시스템 구현	- 서비스 지향 아키텍처 기반의 건물부문 온실가스 감축 지원 및 분석 시스템 서비스 구현 - 개발된 POST-2020 대응 건물부문 온실가스 감축 지원 및 분석 시스템 서비스 탑재 및 시범평가 - 시스템 구축 표준 및 유지·관리 매뉴얼 제시(유지관리 및 실용화 계획 수립)
[1]-⑤ (공동)	(주)에코앤 파트너스	감축 (신)기술 data set 고도화	- 국외 건축물 및 건축에 도입된 에너지 감축 (신)기술 D/B 구축 : 기술개요, 적용대상, 기술의 특징, 보급현황, 투자비용, 절감 효과 등
[4]-⑤ (공동)		건축물 및 건축 에너지 감축 (신)기술의 국내 적용 가능성 평가	- 전문가 델파이 조사를 통한 (신)기술에 대한 적용가능성 평가 - 감축잠재량 평가 및 의사결정 지원 툴에 접목되는 과정에서 기술 D/B보완 및 적용성 검토
[4]-③ (위탁)	한국부동산원	지속가능한 서비스 및 데이터 생산체계 개발	- 온실가스 배출 전망 및 감축 잠재량 모형용 DB Set을 활용한 의사 결정지원 툴에의 DB 연계 지원방안 제공 : 지자체, 정부 등 - 국가 온실가스정보체계 탑재를 위한 DB호환성, 접근성 등 검증 및 검토 - 지속가능한 모형 data set 생산체계 및 시스템 구축
[4]-① [4]-④ (위탁)	KAIST	MESSAGE 모형을 활용한 감축잠재량 분석 모형의 신뢰성 검증	- MESSAGEix 모형 고도화 및 추가 감축 시나리오 분석 - 모형간 비교를 통한 개발 모형의 신뢰성 검증

(라) 연구개발 추진체계

① 연구수행 체계도



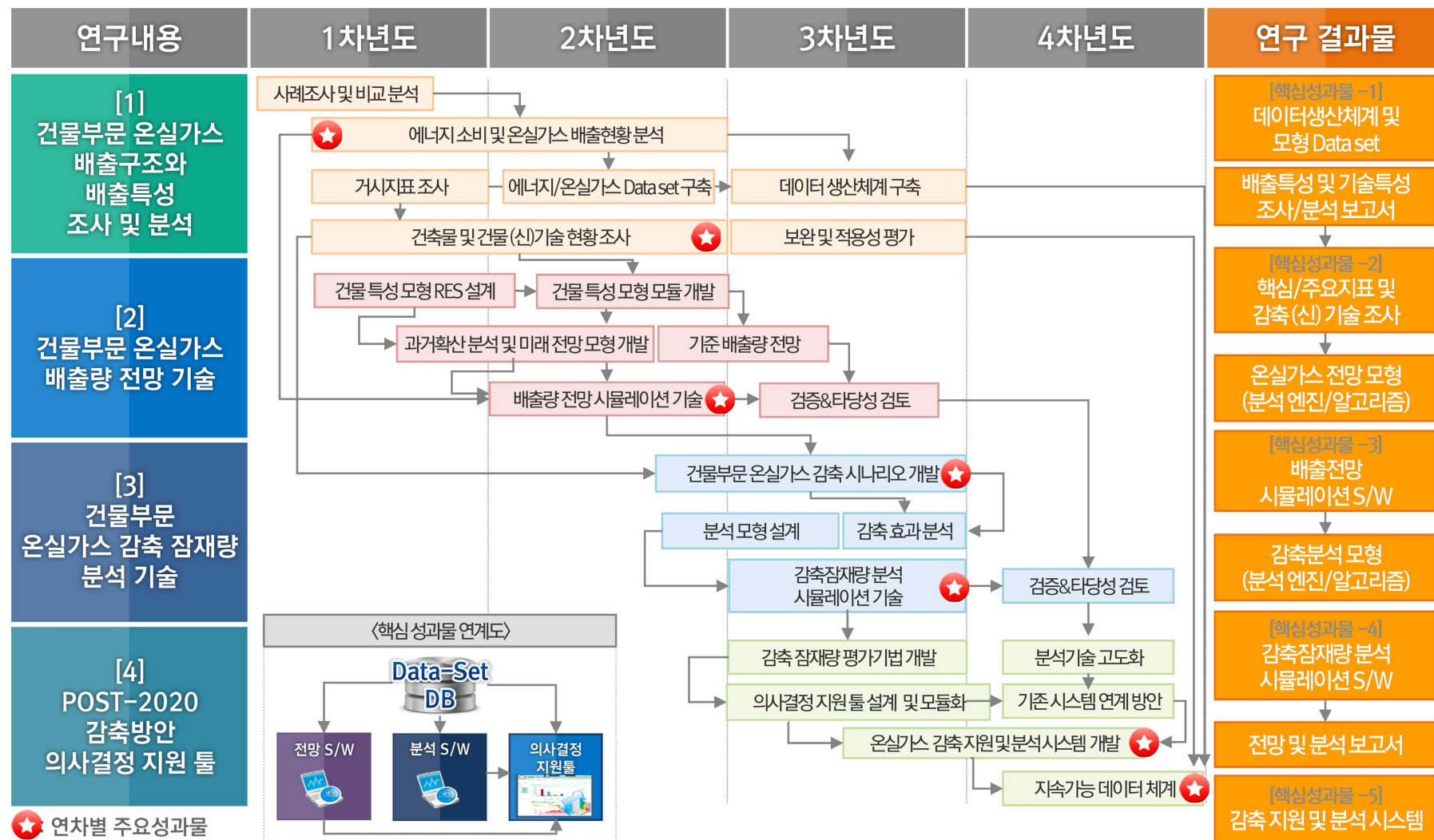
② 연구수행을 위한 전문기관 및 전문인력 구성

- 건축물의 에너지 특성 및 온실가스 배출 현황 분석, 온실가스 산정방안 방법론, 전망·감축 분석 모형 개발과 관련된 전반적인 이해와 경험을 보유한 전문 기관과 해당 전문가의 참여
- 주관 연구기관인 한국건설기술연구원은 국가 건물부문의 온실가스 감축 로드맵 작성에 참여한 경험을 보유하고, 건축물의 유형 등에 대한 에너지 소비 특성, 분석 전략 수립, 건물분야 기술 R&D 과제 수행 등에 대한 경험을 보유한 전문가가 참여. 우리나라 건축물의 에너지 특성을 반영한 온실가스 전망 및 감축 분석 모형 개발을 수행하고 리드할 수 있는 석·박사 연구진을 구성하여 추진
- 공동 연구기관인 (주)에코엔파트너스는 국가 건물에너지 통합DB 구축 자문, 건물부문 온실가스 배출권 거래제 정책 지원 및 컨설팅, 유형별 에너지 및 온실가스 원단위 분석과 그린빌딩 사업 기술 동향 분석 등에 대한 경험을 기반으로 온실가스 감축 동향, 건축물의 (신)기술 현황 조사 및 거시지표 현황 분석 등에 대한 연구개발을 수행
- 공동 연구기관인 (주)에너지클은 건물에너지 모니터링 시스템 구축 및 소프트웨어 개발, 에너지 엔지니어링 및 서비스 지원을 위한 전문 개발 업체로 모형(S/W) 제작을 위한 전문 엔지니어의 참여와 소프트웨어 구현 기술을 통해 본 과제를 통해 도출되는 최종 결과물인 모형 소프트웨어(S/W)와 감축 지원 및 분석 시스템의 활용성을 높임
- 위탁 연구기관인 한국부동산원은 ‘국가 건물 에너지 및 온실가스 관리체계’를 운영하는 기관으로 “국가 건물에너지통합관리시스템”을 2015년부터 국토부로부터 위탁받아 운영하고 있음. 이러한 정보체계를 기반으로 건물부문의 온실가스 배출 현황 및 특성 분석이 가능하며 정보체계 운영팀과 연구팀으로 구성된 전문가 그룹으로 연구 수행
- 위탁 연구기관인 KAIST의 연구팀은 경영대학 기후·에너지 정책 및 전략 연구 그룹에 속하여 온실가스 모형 개발 및 최적화 선형 모형인 MESSAGE의 활용에 대한 전문성을 보유하고 있음. 본 과제의 모형 개발에 대한 이론적 접근과 기존 최적화모형과의 비교를 통해 개발 모형(S/W)의 신뢰성을 높임

④ 국내외 전문기관과 협력 추진

- 국가의 에너지 수요 관리 체계 및 온실가스 배출량 관리 체계에 직·간접적으로 참여하고 있는 환경부 온실가스종합정보센터(정부), 통계청(정부), 에너지공단(공공), 에너지경제연구원(출연연)과의 협력을 통해 관련 정보 시스템 및 인프라, 기존 모형 및 분석 기술 등과의 연계, POST-2020 대응을 위한 연구성과물의 도출을 추진
- 미래 기술수요 기관으로 고려되는 정부부처(국토교통부, 환경부), 공기업, 산업계 및 학계 등과 세미나, 자문회의, 워크숍 개최 및 학술발표 등을 통해 충분한 의견과 요구 동향을 파악하여 연구추진의 방향성을 검토하고 최적화된 결과물을 도출하도록 노력하였음
- 정부가 추진하는 POST-2020 대응을 위한 ‘건물부문 온실가스 감축이행계획’에 본 연구성과 및 정보가 활용될 수 있도록 관련부처인 국토교통부(녹색건축과, 미래전략담당관 등) 등과 과제 착수회의, 과제 점검회의, 세미나 개최 등을 통해 협조하고 정보를 공유하는 등 협력 추진

(5) 연구개발 추진일정



[그림 2-99] 과제 연구개발 추진일정 및 연구흐름도

나 연구개발 성과

(1) 국내·외 논문 제재

No	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCI여부 (SCI/ 비SCI)	게재일	등록번호
1	공동주택의 표준건물 설정에 따른 에너지소비량 산정 및 특성분석	대한건축학회 논문집	정해권	Vol.33 No.9	대한민국	대한건축학회	비SCI	2017. 09.15	1226- 9093
2	국가건물에너지 통합DB의 데이터신뢰성 검증 절차 개발 및 적용	부동산연구원 학술지 논문집	지창윤	Vol.3 No.2	대한민국	REB 부동산연구원	비SCI	2017. 11.30	2415- 9754
3	Analysis of Energy-Related Greenhouse Gas Emission in the Korea's Building Sector: Use National Energy Statistics	Energies	김태형	Vol.11	스위스	MDPI	SCI	2018. 04.05	1104 0855
4	국가 에너지통계에 따른 건물부문 온실가스 배출량 추계 및 특성	대한건축학회 논문집	정영선	Vol.35 No.7	대한민국	대한건축학회	비SCI	2019.07	1226- 9107
5	Study on the Definition of Reference Building Based on Analysis of Design of Retail Buildings	Earth and Environmental Science	강정아	Vol.238	홍콩	IOP Publishing	비SCI	2019.03	012043
6	An analysis of the effectiveness of greenhouse gas reduction policy for office building design in South Korea	SUSTAINABILITY	곽영훈	11	스위스	MDPI	SCI	2019. 12.14	2071- 1050
7	국가 건물에너지 통합DB 기반 건물부문 온실가스 배출 현황	대한건축학회 논문집	지창윤	Vol.36 No.4	대한민국	대한건축학회	비SCI	2020.04	1226- 9093
8	2020년 이후 국가 건물부문 온실가스 배출량 단기 전망 연구	대한건축학회 논문집	정영선	Vol.36 No.10	대한민국	대한건축학회	비SCI	2020.10	1226- 9093
9	Development and Application of a Flexible Modeling Approach to Reference Buildings for Energy Analysis	Energies	곽영훈	Vol.13 (21)	스위스	MDPI	SCI	2020. 11.06	1996- 1073

(2) 국내 및 국제학술회의 발표

No	회의명칭	발표자	발표일시	장소	국명
1	2017 대한건축학회 추계학술발표대회	정영선	2017.10.27	더케이호텔 경주	대한민국
2	2017 대한건축학회 추계학술발표대회	정해권	2017.10.25	더케이호텔 경주	대한민국
3	2017 대한건축학회 추계학술발표대회	김태형	2017.10.25	더케이호텔 경주	대한민국
4	2017 대한건축학회 추계학술발표대회	전은돈	2017.10.27	더케이호텔 경주	대한민국
5	2017 대한건축학회 춘계학술발표대회	정영선	2017.10.27	해비치호텔 제주	대한민국
6	2017 대한건축학회 춘계학술발표대회	지창윤	2017.10.26	더케이호텔 경주	대한민국
7	2018 한국태양에너지학회 춘계학술대회	정영선	2018.04.06	대구 EXCO	대한민국
8	2018 대한건축학회 춘계학술발표대회	최민석	2018.04.26	The-K 호텔	대한민국
9	2018 대한건축학회 추계학술발표대회	정영선	2018.10.26	알펜시아리조트	대한민국
10	2018 한국태양에너지학회 추계학술대회	정영선	2018.11.14	한국과학기술회관	대한민국
11	2018 한국에너지기후변화학회 추계학술대회	김진태	2018.11.30	제주대학교 제주	대한민국
12	2019 대한건축학회 추계학술발표대회	정영선	2019. 10. 25	충남대학교	대한민국
13	2019 대한건축학회 추계학술발표대회	정영선	2019. 10. 25	충남대학교	대한민국
14	2019 한국태양에너지학회 추계학술대회	정영선	2019. 10. 16	청풍리조트	대한민국
15	2019 대한건축학회 춘계학술발표대회	지창윤	2019. 04. 26	고려대학교	대한민국
16	2020 한국태양에너지학회 추계학술대회	정영선	2020. 10. 21	온라인	대한민국
17	2020 대한건축학회 추계학술발표대회	정영선	2020. 10. 29	온라인	대한민국

(3) 생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물

번호	생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물명	등록/기탁 번호	등록/기탁 기관	발생 연도
-	-	-	-	-

(4) 지식재산권(특허, 실용신안, 의장, 디자인, 상표, 규격, 신제품, 프로그램)

No	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국 명	출원			등 록			기여율
			출원인	출원일	출원번호	등록인	등록일	등록번호	
1	건물부문의 온실가스 배출량 전망 분석을 위한 시뮬레이션 시스템 및 방법	대한민국	한국건설기술연구원	2019. 11.18	10-2019-0149138	한국건설기술연구원	2020. 06.25	10-2129133	100%

(5) 저작권(소프트웨어, 서적 등)

No	저작권명	창작일	저작자명	등록일	등록번호	저작권자명	기여율
1	국가 에너지통계를 활용한 건물부문 온실가스 배출 현황 분석 툴	2017.09.11	한국건설 기술 연구원	2017.09.18	C-2017-022580	한국건설기술 연구원	100
2	한국의 건물부문 에너지(온실가스) 및 기후 변화 전망 툴	2018.11.19	한국건설 기술 연구원	2018.11.22	C-2018-034376	한국건설기술 연구원	100%
3	건물부문 에너지 절감 기술 DateBase Set	2018.11.19	한국건설 기술 연구원	2018.11.22	C-2018-034377	한국건설기술 연구원	100%
4	건물부문 에너지/온실가스 저감 국내외 (신)기술 데이터베이스	2018.11.27	한국건설 기술 연구원	2019.07.18	C-2019-019963	한국건설기술 연구원	100%
5	건물부문 온실가스 배출현황 분석 DB 구축 프로그램	2019.10.29	한국 부동산원	2019.11.04	C-2019-032006	한국부동산원	100%
6	건물부문 온실가스 감축 잠재량 분석 모형	2019.11.11	한국건설 기술 연구원	2019.11.14	C-2019-033515	한국건설기술 연구원	100%
7	건물부문 온실가스 감축 지원 및 분석 시스템	2020.10.05	한국건설 기술 연구원	2020.10.13	C-2020-038388	한국건설기술 연구원	100%
8	Building sector GHG emission calculation tool v3.11(건물부문 온실가스 배출 현황 분석 툴)	2020.10.08	한국건설 기술 연구원	2020.12.08	C-2020-048356	한국건설기술 연구원	100%
9	Building of GHG Reduction Technology Database Set Program (건물부문 온실가스 감축 기술 데이터베이스 프로그램)	2020.11.24	한국건설 기술 연구원	2020.12.08	C-2020-048466	한국건설기술 연구원	100%
10	건물부문 온실가스 배출량 전망 분석 모형-Standalone(스탠드얼론) _ver1.x(버전1.엑스)	2020.11.30	한국건설 기술 연구원	2020.12.08	C-2020-048357	한국건설기술 연구원	100%
11	건물부문 온실가스 기초 데이터 이관 상시 프로그램	2020.12.02	한국건설 기술 연구원	2020.12.14	C-2020-049869	한국건설기술 연구원	100%
12	건물 온실가스 감축량 분석 분산 프로그램	2020.12.02	한국건설 기술 연구원	2020.12.14	C-2020-049870	한국건설기술 연구원	100%
13	건물 온실가스 계산 검증 프로그램	2020.12.02	한국건설 기술 연구원	2020.12.14	C-2020-049871	한국건설기술 연구원	100%

No	저작권명	창작일	저작자명	등록일	등록번호	저작권자명	기여율
14	POST(포스트)-2020대응 건물부문 온실가스 배출 전망을 위한 거시지표 Database Set(데이터베이스 셋)	2020.10.21	한국건설 기술 연구원	2020.12.16	C-2020-050394	한국건설기술 연구원	100%
15	건물부문 온실가스 배출현황 분석DB의 전자적 제공을 위한 연계 프로그램	2020.12.09	한국부동 산원	2020.12.16	C-2020-050419	한국부동산원	100%
16	시나리오 기반 건물 온실가스 감축 분석 의사결정지원 툴	2020.12.21	한국건설 기술 연구원	2020.12.28	C-2020-052868	한국건설기술 연구원	100%
17	건물부문 온실가스 현황/특성 정보 지원 시스템	2020.11.19	한국건설 기술 연구원	2020.12.30	C-2020-053538	한국건설기술 연구원	100%
18	건축물(건물부문) 온실가스 현황 정보 시스템(프로그램)	2020.12.23	한국건설 기술 연구원	2020.12.31	C-2020-053815	한국건설기술 연구원	100%
19	건물부문 에너지사용량 현황 정보 지원 프로그램	2020.12.23	한국건설 기술 연구원	2020.12.31	C-2020-053816	한국건설기술 연구원	100%
20	서울시 대상 건물 온실가스 특성 정보 가시화 시스템	2020.12.23	한국건설 기술 연구원	2020.12.31	C-2020-053817	한국건설기술 연구원	100%
21	건물부문 온실가스 현황 및 특성 데이터 엑셀 제공 프로그램	2020.12.23	한국건설 기술 연구원	2020.12.31	C-2020-053818	한국건설기술 연구원	100%

(6) 전문 연구 인력 양성

번호	분류	기준 연도	현황										
			학위별				성별			지역별			
			박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
1	남서울대	2018	-	1	-	-	○	-	-	○	-	-	-

(7) 산업 기술 인력 양성

번호	프로그램명	프로그램 내용	교육 기관	교육 개최 횟수	총 교육 시간	총 교육 인원
-	-	-	-	-	-	-

(8) 기술 거래(이전) 등

번호	기술 이전 유형	기술 실시 계약명	기술 실시 대상 기관	기술 실시 발생일	기술료 (해당 연도 발생액)	누적 징수 현황
1	기술실시	건물부문 에너지/온실가스 저감 국내외 (신)기술 데이터베이스	(주)에코앤 파트너스	2019.12.17	1.1천만원	-

(9) 사업화 투자 실적

번호	연구개발 투자	설비 투자	기타 투자	합계	투자 자금 성격
-	-	-	-	-	-

(10) 사업화 현황

(단위: 명, 년)

번호	사업화 방식	사업화 형태	지역	사업화명	내용	업체명	매출액		매출 발생 연도	기술 수명
							국내	국외		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(11) 표준화

번호	수행 기관명	표준화 주제	표준화 기구	표준화 단계	관련 번호	제출(채택)일	국가
-	-	-	-	-	-	-	-

(12) 기술요약정보

연도	기술명	요약 내용	기술 완성도	등록 번호
-	-	-	-	-

(13) 보고서 원문

연도	보고서 구분	발간일	보고서명
1차년도(2017년)	연구보고서	2017. 11. 22	건물 온실가스 배출전망을 위한 거시지표 조사
2차년도(2018년)	전망보고서	2018. 11. 26	국가 건물부문 온실가스 배출 전망
2차년도(2018년)	분석보고서	2018. 11. 26	건물부문 온실가스 배출 현황 및 Data-set 구축(1차)
3차년도(2019년)	분석보고서	2019. 11. 14	건물부문 온실가스 감축 시나리오별 감축잠재량 분석
4차년도(2020년)	분석보고서	2020. 10. 21	건물부문 온실가스 배출 현황 및 특성

(14) 기타(포상)

포상명	포상자	포상기관	포상일자
2017년 대한건축학회 추계학술발표대회 우수발표상	정영선, 한국건설기술연구원	사단법인 대한건축학회	2017. 11. 1

(15) 기타(홍보)

연도	내용	일시	비고
3차년도(2019년)	연구과제 홍보 연구과제브리핑	2019. 10. 1	국토교통과학기술진흥원 KAIA insight (vol.16)
4차년도(2020년)	개발 시스템 공개세미나	2020. 11. 19	섬유센터 2층 컨퍼런스홀

다 연구결과

(1) 기술적 성과

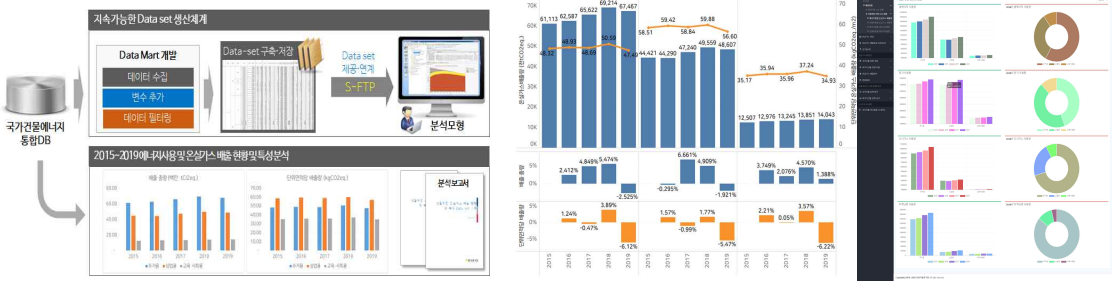
- 본 연구의 최종목표는 ‘POST-2020 신기후체제 대응을 위한 국가레벨의 건물부문 상향식 온실가스 배출 전망 및 감축 잠재량 분석 기술’ 개발이며, 이를 위해 ①건물부문 온실가스 배출구조 및 특성 분석 (Data-set), ②건물 온실가스 감축 기술 데이터베이스(DB) 구축, ③건물부문 온실가스 배출량 전망 알고리즘 및 프로그램 개발, ④건물부문 온실가스 감축 잠재량 분석 알고리즘 및 프로그램 개발, ⑤ POST-2020 건물부문 온실가스 감축 지원 및 분석 시스템 개발을 완료하여 상호 연계하여 구현
- 최종 연구성과물인 “건물부문 온실가스 감축 지원 및 분석 시스템”은 웹 포털(www.bldghg.org)을 통해 접속하여 현황 및 지원 정보(현황정보 모듈/ 기술DB 모듈)를 제공하고, 현황 및 지원 정보는 전망 모형 및 분석 모형에 연계하고 사용자는 입력데이터 또는 시나리오를 입력하며 온실가스 배출량 분석과 평가 및 의사결정관련 정보를 제공받는 프로그램(시스템)으로 세부기술인 연계하여 개발됨



[그림 2-100] 최종 성과물 및 세부기술 연계 구현

- “건물부문 온실가스 감축 지원 및 분석 시스템”은 본 연구에서 개발된 성과물을 연차별로 개발하고 최종적으로 연계하여 하나의 시스템에서 구현되도록 최종성과물로 개발하였음
- 최종성과물을 구성하는 5가지 핵심성과물은 각각 다음과 같이 정리하여 나타내었음

● 건물부문 온실가스 배출 현황 및 특성 분석 Data-set

관련 그림 / 사진								
정의		국가 건물부문에서의 발생하는 건물부문 온실가스 배출 현황 및 특성을 파악하기 위해 ‘국가 건물에너지 통합DB’기반으로 건물부문의 온실가스 배출 현황과 용도별/지역별/규모별 등 온실가스 특성 분석 결과 및 Data set						
목적		건물부문에서의 POST-2020 대응 온실가스 배출량 전망 및 감축 잠재량 분석 모형 개발에 활용되는 상세 배출 현황 분석을 위한 Data set(DB) 제공						
성능목표		- 정밀하고 정확한 온실가스 배출량 전망 및 감축 잠재량 분석을 위하여 온실가스 배출량 현황 및 사례 분석 - 에너지통계연보 등 기존 국가승인통계자료와 국가 건물에너지 통합관리시스템과의 비교·분석을 통한 데이터 품질 검증 및 신뢰도 제고 - 전망 및 감축분석 모형 적용을 위한 맞춤형 건물 분류체계 개발 적용하여 모든 건물을 포함·고려하는 빅데이터 분석 기반의 상세한 수준의 배출현황 정보 제공 - Data mart 개발을 통한 매년 온실가스 배출량 전망 모형 개발을 위한 Data set의 자동화된 생산체계 구축						
소요기간		'17.03 ~ '20.12(45개월, 1~4년차)						
핵심성과	달성 확인방법	1차년도	- 국가 온실가스 배출량 DB 현황 조사사례 3건 이상					
		2차년도	- 건물부문 온실가스 배출구조 및 배출특성 Data set 구축 보고서 작성 여부					
		3차년도	- Data mart 개발 100% 완료 (SW 등록 여부)					
		4차년도	- 구축 Data-set의 전자적 연계를 위한 S-FTP 모듈 개발 완료율 100% - 건물부문 온실가스 배출 현황 및 특성 분석 보고서 작성 여부					
	양적성과	1차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
			-	-	국내 0, 해외 0	국내 1, 해외 0	-	-
		2차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
			-	-	-	-	-	-
		3차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
			-	-	-	국내 0, 해외 0	1	-
		4차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
			-	-	-	국내 1, 해외 0	1	-
질적성과	1차년도	- 건물부문 온실가스 배출 현황 분석 및 사례 (분석 보고서) - 국가건물에너지 통합DB 건축물 및 에너지사용량 데이터 특징 분석						
	2차년도	- 검증된 DB 기반의 데이터 생산체계(플랫폼) 구축 - 건물부문 온실가스 배출구조 및 배출특성 Data set (구축 보고서) (2015년)						
	3차년도	- 건물부문 온실가스 배출구조 및 배출특성 Data set 구축 (2015년~2018년) - Full Data-set의 전자적, 자동화 생산을 위한 Data mart 개발						
	4차년도	- 건물부문 온실가스 배출구조 및 배출특성 (분석 보고서) (2015년~2019년) - 구축 Data-set의 전자적 연계를 위한 S-FTP 모듈 개발						

● 건물부문 온실가스 감축 (신)기술 데이터베이스

관련 그림 / 사진							
정의		온실가스 분석 모형에 필요한 기초데이터로서 건물부문의 온실가스 감축관련 (신)기술을 공개된 국내외 문헌을 중심으로 조사하고 필요한 신기술 일부를 직접 조사하여 기술DB를 구축함					
목적		건물부문 온실가스 분석 모형의 구축과 온실가스 감축 시나리오 개발의 기초자료로 활용하고 기술 범위, 분류체계, 기술트리 구성을 통해 데이터베이스화 및 국내 적용 가능성 평가에 활용					
성능목표		- 건축물 용도별 적용 가능한 온실가스 감축 기술 조사 시 에너지 절감률(%), 초기투자비, 보급률 등의 내용을 자세하게 조사하여 온실가스 전망 및 분석 모형의 활용도를 높임 - 최신 데이터 업데이트를 통한 기술 수준의 트렌드 구현 가능 - 사회적, 제도적으로 접근 가능한 지표를 도출하여 건축물 온실가스 배출량 산정에 활용					
소요기간		'18.01 ~ '19.12(2년, 2~3년차)					
핵심성과	달성 확인방법	1차년도	- 모형 구축을 위한 거시지표 유형 도출 및 지표 dataset 구축				
		2차년도	- 건물부문 온실가스 감축 (신)기술 조사 및 DB화 방법론 개발 - 건물부문 온실가스 감축 (신)기술 DB 구축				
		3차년도	- 건물부문 온실가스 감축 (신)기술 DB 구축 고도화 - 국내 적용 가능한 건물부문 온실가스 감축 시나리오 개발				
		4차년도	- 건물부문 온실가스 감축 (신)기술 적용 가능성 평가 보고서				
	양적성과	1차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W 기타
			-	-	-	-	-
		2차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W 기타
			-	-	-	-	1
	질적성과	3차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W 기타
			-	-	-	-	기술이전
		4차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W 기타
			-	-	-	-	-
	질적성과	1차년도	건축물 및 건물의 (신)기술 현황 조사 및 (신)기술 데이터 항목 구성 및 항목별 정의				
		2차년도	건물부문 온실가스 감축 (신)기술 data-set 구축 (모형활용 거시지표 및 전망 보고서)				
		3차년도	기술 요소 추가 및 기술 현황 통계 분석 등 기술 DB 고도화				
		4차년도	건물부문 온실가스 (신)기술 적용 가능성 평가 (평가보고서)				

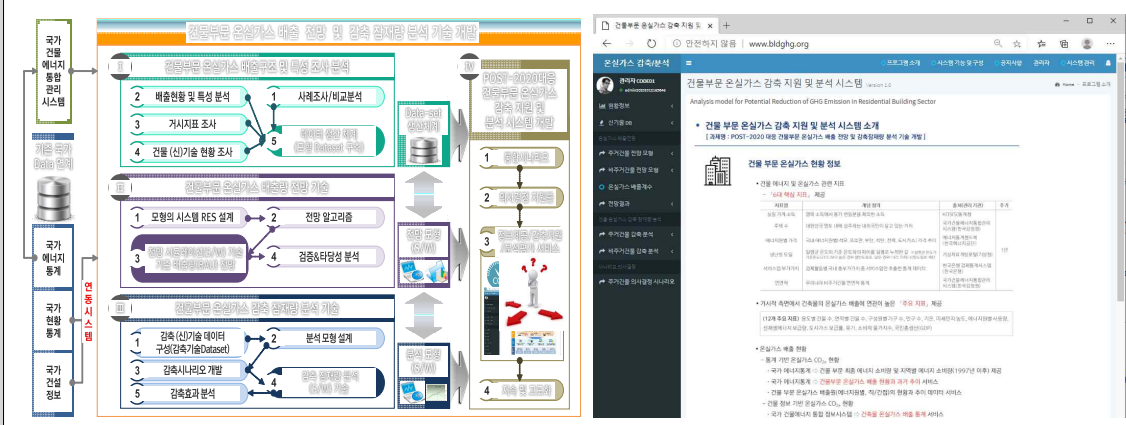
● 건물부문 온실가스 배출 전망모형 및 시뮬레이션 툴(S/W)

관련 그림 / 사진		참고데이터 모듈 정책조건 모듈 건물 용도별 모듈 에너지용도 모듈 에너지용도 모듈 (세부 특성 모듈) 정책데이터 입력데이터 변수 주거 건물 비주거 건물 에너지 사용 전망 에너지원 배출계수 온실가스 배출 전망 난방 모듈 냉방 모듈 주하 모듈 가전사우 모듈 조명 모듈 동력 모듈 정책데이터 입력데이터 변수 전환치 결과데이터 정책데이터 입력데이터 변수 전환치 결과데이터 정책데이터 입력데이터 변수 전환치 결과데이터 정책데이터 입력데이터 변수 전환치 결과데이터 정책데이터 입력데이터 변수 전환치 결과데이터 정책데이터 입력데이터 변수 전환치 결과데이터 국토교통부 KOTI POST-2020 대응을 위한 건물부문 온실가스 배출량 전망 분석 모형 - Korea Building Energy and Climate Change Perspectives 2015- 백원 2018-1.1 KICT 한국건설기술연구원 Copyright © 2015 Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology (KICT) Unit: Million Tons of CO₂e Year 1990 1991 1992 1993 1994 1995 1996 1997 1998 1999 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021 2022 2023 2024 2025 2026 2027 2028 2029 2030 2031 2032 2033 2034 2035 2036 2037 2038 2039 2040 2041 2042 2043 2044 2045 2046 2047 2048 2049 2050 100000 120000 140000 160000 180000 200000 220000 240000 260000 280000 300000 320000 340000 360000 380000 400000 420000 440000 460000 480000 500000 520000 540000 560000 580000 600000 620000 640000 660000 680000 700000 720000 740000 760000 780000 800000 820000 840000 860000 880000 900000 920000 940000 960000 980000 1000000 1990 1991 1992 1993 1994 1995 1996 1997 1998 1999 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021 2022 2023 2024 2025 2026 2027 2028 2029 2030 2031 2032 2033 2034 2035 2036 2037 2038 2039 2040 2041 2042 2043 2044 2045 2046 2047 2048 2049 2050 100000 120000 140000 160000 180000 200000 220000 240000 260000 280000 300000 320000 340000 360000 380000 400000 420000 440000 460000 480000 500000 520000 540000 560000 580000 600000 620000 640000 660000 680000 700000 720000 740000 760000 780000 800000 820000 840000 860000 880000 900000 920000 940000 960000 980000 1000000 1990 1991 1992 1993 1994 1995 1996 1997 1998 1999 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021 2022 2023 2024 2025 2026 2027 2028 2029 2030 2031 2032 2033 2034 2035 2036 2037 2038 2039 2040 2041 2042 2043 2044 2045 2046 2047 2048 2049 2050 100000 120000 140000 160000 180000 200000 220000 240000 260000 280000 300000 320000 340000 360000 380000 400000 420000 440000 460000 480000 500000 520000 540000 560000 580000 600000 620000 640000 660000 680000 700000 720000 740000 760000 780000 800000 820000 840000 860000 880000 900000 920000 940000 960000 980000 1000000 1990 1991 1992 1993 1994 1995 1996 1997 1998 1999 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021 2022 2023 2024 2025 2026 2027 2028 2029 2030 2031 2032 2033 2034 2035 2036 2037 2038 2039 2040 2041 2042 2043 2044 2045 2046 2047 2048 2049 2050 100000 120000 140000 160000 180000 200000 220000 240000 260000 280000 300000 320000 340000 360000 380000 400000 420000 440000 460000 480000 500000 520000 540000 560000 580000 600000 620000 640000 660000 680000 700000 720000 740000 760000 780000 800000 820000 840000 860000 880000 900000 920000 940000 960000 980000 1000000 <tr><td colspan="2">정의</td><td colspan="7">POST-2020 대응 미래 온실가스 배출량 전망 및 특성 파악을 위한 건물부문 독자적인 상향식 온실가스 전망 시뮬레이션 기술</td></tr> <tr><td colspan="2">목적</td><td colspan="7">POST-2020 온실가스 감축목표 달성을 위한 전략수립 등을 위해 국가 건물부문의 2035년까지의 온실가스 배출량 전망(배출 전망치, BAU) 및 배출 특성 파악을 위한 전망 모형(시뮬레이션 S/W) 개발</td></tr> <tr><td colspan="2">성능목표</td><td colspan="7"> - 국가 건물정보 기반의 온실가스 구조 분석 및 입력데이터/변수 모듈 구축 - 건물 특성 구조화 RES(Reference Energy System) 설계 및 알고리즘 개발 : 건물부문 에너지수요를 용도별, 에너지원별로 상세화하여 RES 구조 확장 - 건물부문 독자적인 상향식 온실가스 전망 시뮬레이션 기술(S/W등록) - 본 프로그램 내 Baseline 중장기 온실가스 배출 전망 시뮬레이션 기술 적용 - 국내 온실가스 배출 실적 및 전망치와 부합화 연계 분석 </td></tr> <tr><td colspan="2">소요기간</td><td colspan="7">'17.10 ~ '19.6(1년8개월, 1~3년차)</td></tr> <tr><td rowspan="16">핵심성과</td><td rowspan="4">달성 확인방법</td><td>1차년도</td><td colspan="6"> - 건물부문 온실가스 배출량 분석엔진 및 알고리즘 개발 - 모형의 구조 및 입력/출력, 계산값 로직 개발 </td></tr> <tr><td>2차년도</td><td colspan="6"> - 건물부문 온실가스 배출 전망 시뮬레이션 프로그램 등록(S/W) - MESSAGE 모형과 같은 기존 시뮬레이션 기법과 분석 결과 비교 </td></tr> <tr><td>3차년도</td><td colspan="6"> - 건물부문 온실가스 배출량 전망(예측) 보고서 </td></tr> <tr><td>4차년도</td><td colspan="6">-</td></tr> <tr><td rowspan="8">양적성과</td><td rowspan="2">1차년도</td><td>특허 출원</td><td>특허 등록</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr> <tr><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>국내 1, 국외 0</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td rowspan="2">2차년도</td><td>특허 출원</td><td>특허 등록</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr> <tr><td>1</td><td>-</td><td>국내 0, 국외 1</td><td>국내 1, 국외 0</td><td>1</td><td></td></tr> <tr><td rowspan="2">3차년도</td><td>특허 출원</td><td>특허 등록</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr> <tr><td>-</td><td>1</td><td>-</td><td>국내 1, 국외 1</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td rowspan="2">4차년도</td><td>특허 출원</td><td>특허 등록</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr> <tr><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td rowspan="4">질적성과</td><td>1차년도</td><td colspan="6">건축물 특성이 반영된 모형의 RES 설계 및 모듈 개발(설계도)</td></tr> <tr><td>2차년도</td><td colspan="6">건물부문 온실가스 전망 알고리즘 개발 (전망 보고서)</td></tr> <tr><td>3차년도</td><td colspan="6">기준시나리오 도출 및 전망모형 고도화</td></tr> <tr><td>4차년도</td><td colspan="6">-</td></tr>							정의		POST-2020 대응 미래 온실가스 배출량 전망 및 특성 파악을 위한 건물부문 독자적인 상향식 온실가스 전망 시뮬레이션 기술							목적		POST-2020 온실가스 감축목표 달성을 위한 전략수립 등을 위해 국가 건물부문의 2035년까지의 온실가스 배출량 전망(배출 전망치, BAU) 및 배출 특성 파악을 위한 전망 모형(시뮬레이션 S/W) 개발							성능목표		- 국가 건물정보 기반의 온실가스 구조 분석 및 입력데이터/변수 모듈 구축 - 건물 특성 구조화 RES(Reference Energy System) 설계 및 알고리즘 개발 : 건물부문 에너지수요를 용도별, 에너지원별로 상세화하여 RES 구조 확장 - 건물부문 독자적인 상향식 온실가스 전망 시뮬레이션 기술(S/W등록) - 본 프로그램 내 Baseline 중장기 온실가스 배출 전망 시뮬레이션 기술 적용 - 국내 온실가스 배출 실적 및 전망치와 부합화 연계 분석							소요기간		'17.10 ~ '19.6(1년8개월, 1~3년차)							핵심성과	달성 확인방법	1차년도	- 건물부문 온실가스 배출량 분석엔진 및 알고리즘 개발 - 모형의 구조 및 입력/출력, 계산값 로직 개발						2차년도	- 건물부문 온실가스 배출 전망 시뮬레이션 프로그램 등록(S/W) - MESSAGE 모형과 같은 기존 시뮬레이션 기법과 분석 결과 비교						3차년도	- 건물부문 온실가스 배출량 전망(예측) 보고서						4차년도	-						양적성과	1차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타	-	-	-	국내 1, 국외 0	-	-	2차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타	1	-	국내 0, 국외 1	국내 1, 국외 0	1		3차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타	-	1	-	국내 1, 국외 1	-	-	4차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타	-	-	-	-	-	-	질적성과	1차년도	건축물 특성이 반영된 모형의 RES 설계 및 모듈 개발(설계도)						2차년도	건물부문 온실가스 전망 알고리즘 개발 (전망 보고서)						3차년도	기준시나리오 도출 및 전망모형 고도화						4차년도	-					
정의		POST-2020 대응 미래 온실가스 배출량 전망 및 특성 파악을 위한 건물부문 독자적인 상향식 온실가스 전망 시뮬레이션 기술																																																																																																																																																										
목적		POST-2020 온실가스 감축목표 달성을 위한 전략수립 등을 위해 국가 건물부문의 2035년까지의 온실가스 배출량 전망(배출 전망치, BAU) 및 배출 특성 파악을 위한 전망 모형(시뮬레이션 S/W) 개발																																																																																																																																																										
성능목표		- 국가 건물정보 기반의 온실가스 구조 분석 및 입력데이터/변수 모듈 구축 - 건물 특성 구조화 RES(Reference Energy System) 설계 및 알고리즘 개발 : 건물부문 에너지수요를 용도별, 에너지원별로 상세화하여 RES 구조 확장 - 건물부문 독자적인 상향식 온실가스 전망 시뮬레이션 기술(S/W등록) - 본 프로그램 내 Baseline 중장기 온실가스 배출 전망 시뮬레이션 기술 적용 - 국내 온실가스 배출 실적 및 전망치와 부합화 연계 분석																																																																																																																																																										
소요기간		'17.10 ~ '19.6(1년8개월, 1~3년차)																																																																																																																																																										
핵심성과	달성 확인방법	1차년도	- 건물부문 온실가스 배출량 분석엔진 및 알고리즘 개발 - 모형의 구조 및 입력/출력, 계산값 로직 개발																																																																																																																																																									
		2차년도	- 건물부문 온실가스 배출 전망 시뮬레이션 프로그램 등록(S/W) - MESSAGE 모형과 같은 기존 시뮬레이션 기법과 분석 결과 비교																																																																																																																																																									
		3차년도	- 건물부문 온실가스 배출량 전망(예측) 보고서																																																																																																																																																									
		4차년도	-																																																																																																																																																									
	양적성과	1차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타																																																																																																																																																				
			-	-	-	국내 1, 국외 0	-	-																																																																																																																																																				
		2차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타																																																																																																																																																				
			1	-	국내 0, 국외 1	국내 1, 국외 0	1																																																																																																																																																					
		3차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타																																																																																																																																																				
			-	1	-	국내 1, 국외 1	-	-																																																																																																																																																				
		4차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타																																																																																																																																																				
			-	-	-	-	-	-																																																																																																																																																				
	질적성과	1차년도	건축물 특성이 반영된 모형의 RES 설계 및 모듈 개발(설계도)																																																																																																																																																									
		2차년도	건물부문 온실가스 전망 알고리즘 개발 (전망 보고서)																																																																																																																																																									
		3차년도	기준시나리오 도출 및 전망모형 고도화																																																																																																																																																									
		4차년도	-																																																																																																																																																									

● 건물부문 온실가스 감축 잠재량 분석모형 및 시뮬레이션 툴(S/W)

관련 그림 / 사진								
정의		POST-2020 온실가스 감축 잠재량 분석 및 목표 달성을 위한 감축 시나리오기반 건물부문 독자적인 상향식 온실가스 감축 잠재량 분석 시뮬레이션 기술						
목적		건물부문에서의 POST-2020대응을 위한 온실가스 감축 잠재량 파악 및 목표 설정의 합리적인 의사결정을 위해 감축방안(시나리오)에 따른 온실가스 감축 잠재량을 평가하기 위한 분석 모형 개발						
성능목표		- 건물부문 온실가스 전망 시뮬레이션 기술과 연계하여 Baseline에 근거한 감축잠재량 분석 모형 설계 - 모형의 입력데이터, 데이터 구성 및 data set 구성 - 본 프로그램에 적용 가능한 온실가스 감축 시나리오 및 분석 알고리즘 개발 - 시나리오기반 상향식 온실가스 감축 잠재량 분석 시뮬레이션 기술 (S/W등록) - 본 프로그램 내 적용된 분석 모형의 유효성 평가 및 신뢰성 검증						
소요기간		'18.10 ~ '20.04(1년6개월, 2~4년차)						
핵심성과	달성 확인방법	1차년도	-					
		2차년도	- 건물부문 온실가스 감축 잠재량 분석 모형 구현 Framework 설계					
		3차년도	- 건물부문 온실가스 감축 잠재량 분석 모형 엔진 및 알고리즘 - 건물부문 온실가스 감축 잠재량 분석 시뮬레이션 프로그램 등록(S/W)					
		4차년도	- 건물부문 온실가스 감축 잠재량 분석 업데이트					
	양적성과	1차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
		-	-	-	-	-	-	
		2차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
		-	-	-	-	-	-	
		3차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
		-	-	국내 0, 국외 0	국내 1, 국외 0	1	-	
		4차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
		-	-	국내 0, 국외 1	국내 0, 국외 0	-	-	
	질적성과	1차년도	-					
		2차년도	건물 감축시나리오 도출 및 분석 모형 개발 개념도					
		3차년도	감축 정책 및 기술이 반영된 온실가스 감축 시나리오, 건물부문 온실가스 감축분석 알고리즘 개발					
		4차년도	개발모형의 분석 고도화 (분석 보고서)					

● 건물부문 온실가스 감축 지원 및 분석 시스템

관련 그림 / 사진								
정의		신기후체제(POST-2020)에 대응하여 국가 건물부문의 온실가스와 관련된 필요 정보 제공 및 배출량 전망/분석이 가능하고 온실가스 감축 전략을 위한 의사결정 지원이 가능한 웹기반의 지원 시스템						
목적		신기후체제에서 국가수준의 건물부문 온실가스 감축 달성 및 대응체계 구축						
성능목표		- 건물부문의 기존기술과 감축정책뿐만 아니라 온실가스 감축 (신)기술을 반영한 통합 시나리오임 - 건물부문의 온실가스 감축 목표 달성을 위한 최적 감축방안 선정방법 개발 - 선정된 최적 감축방안의 감축잠재량 평가 알고리즘 개발 - 온실가스 감축 시나리오 기반 최적 의사결정지원시스템 기술 적용						
소요기간		'19.8 ~ '20.12(1년2개월, 3~4년차)						
핵심성과	달성 확인방법	1차년도	-					
		2차년도	-					
		3차년도	- 건물부문 온실가스 감축지원 및 분석 시스템 개발 Framework 설계 : 현황정보모듈, 감축 (신)기술정보모듈, 전망모형, 감축모형, 의사결정지원틀 구성					
		4차년도	- 건물부문 온실가스 감축지원 및 분석 시스템(www.bldghg.org) 개발 및 서비스					
	양적성과	1차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
			-	-	-	-	-	-
		2차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
			-	-	-	-	-	-
		3차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
			-	-	-	-	-	-
		4차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
			-	-	국내 0, 해외 0	국내 1, 해외 0	5	-
	질적성과	1차년도	-					
		2차년도	-					
		3차년도	현황 정보모듈 및 지원 분석 모듈의 구축 설계(개념도, 시스템구성도)					
		4차년도	건물부문 온실가스 감축지원 및 분석 시스템(www.bldghg.org) 개발 지속가능한 데이터베이스 수집체계 구축					

(2) 경제적 성과

- 본 연구의 성과물 및 결과를 통한 기술의 효율 향상, 제품의 생산성 향상 및 비용 절감, 직접적인 매출액 증대 등의 효과는 분석되지 못함. 직접적인 경제적 성과를 기대하기 보다는 「세계적 아젠다인 기후변화 협약」에 대응하여 건물부문에 확보되어야 하는 현황 정보, 전망 및 분석 기술 등의 대응체계 구축
- 2015년 12월 기후변화협약 제21차 총회(COP 21)에서 **기후변화협약‘파리협정’이 체결되고 POST-2020 新기후체제 현실화에 따른 국내 대응체계 마련이 시급**
 - : 산업화 이전 대비 지구 평균기온 상승폭을 2℃ 이내로 억제하기 위하여 선진국, 개도국 모두(196개국) 참여하고 모든 당사국의 감축 의무화 및 법적 구속력을 갖는 감축체제 이행이 현실화됨
 - 2015년 이후 매 5년마다 후퇴 없는 감축목표 재설정 및 5년 단위의 이행점검 실시 규정 마련
 - 국내는 2050 탄소중립 선언에 따라 2050년까지 온실가스 감축 노력 및 방안 마련이 국가 핵심과제
- 온실가스의 80% 이상이 도시에서 발생하고 건축물에서 발생하는 온실가스는 전체 온실가스 발생량의 약 25~40%를 차지하는 구조에서 지구온난화 방지를 위한 정책적 측면과 경제적 측면에서 매우 중요함
- 기후변화에 적절히 대응하지 않을 경우 그 피해는 매년 전세계 GDP의 20%까지 높아짐(Nicolas Stern. 2006)
 - : 세계의 기후변화(가뭄, 홍수, 물부족, 해수면 상승 등)에 의한 경제 손실은 매년 1.2조 달러 발생
 - : 한국의 경우 최근 10년간 자연재해로 인한 경제손실은 약 11.5조원으로 파악(에너지경제연구원, Climate Week 2015)
- 지구온난화에 따른 지구 생태계의 변화와 에너지 및 자원의 고갈 등에 대한 전지구적 대응 노력이 절실
- 지역별·건물특성별·에너지원별 온실가스 배출량 평가기준 마련을 통한 배출권 거래제 시장 모색 및 대응 (세계 배출권 거래 규모: 약 186조원), 외부 감축사업(소규모 감축거래)의 기술적 데이터 제공 및 신규 거래 시장 모색
- 배출권거래제가 시행되는 국가의 배출량은 전세계 배출량의 59%(26,558백만톤)를 차지, 세계 배출권 시장의 규모는 2018년 기준 약 186조원(1,447억 유로) 규모로 성장, 이는 2017년 대비 약 250% 증가한 규모임(한국환경공단, ETS INSIGHT 18호 (2020))
- 세계적으로 건물부문의 온실가스 감축 잠재량은 가장 높으면서 온실가스 저감에 투여되는 비용은 가장 낮은 분야로 평가받고 있음. 건물부문 온실가스 목표관리제 지원 및 배출권거래제 활성화에 기여
- 에너지·온실가스 감축을 통한 건축물 유지관리 및 사회적 비용 절감
 - 한국판 뉴딜(New Deal)의 시행에 따른 그린뉴딜(Green New Deal) 추진 사업의 지원
 - 사용자 친화형 인터페이스를 통한 정보 개방으로 국민 의식 개선 및 자발적인 감축 사업 참여 유도
- 저탄소 건축분야, 녹색건축물 전환 시장에서의 기술경쟁력 강화
 - 지속적인 정책화가 가능한 효과적인 저감기술 제시, 온실가스 저배출 친환경 기술정보제공을 통해 산업의 기술개발 투자 유도

03

목표 달성도 및 관련 분야 기여도

가 세부연구 목표

최종 목표	POST-2020 신기후체제 대응을 위한 국가레벨 건물부문의 상향식 온실가스 배출 전망 및 감축 잠재량 분석 기술 개발 - 해외 온실가스 배출전망 및 잠재량 분석 기술 대비 기술수준 90% 이상 달성 - 전망 및 분석 결과는 2015년~2035년까지 1년 단위의 구간으로 도출		
세부 연구 목표	주관연구기관 (한국건설기술 연구원) (위탁-한국과학 기술원)	[세부목표 1] 분석 모형(S/W)	■ 건물부문 온실가스 배출 전망 모형 알고리즘 및 프로그램 개발 ■ 건물부문 온실가스 감축 잠재량 분석 모형 알고리즘 및 프로그램 개발
		[세부목표 2] 지원툴 구축	■ 건물부문 온실가스 감축 시나리오 도출 ■ POST-2020 건물부문 온실가스 감축 방안 의사결정을 위한 통합시나리오 기반 최적 의사결정지원 툴 개발
	공동연구기관 (주)에코앤 파트너스)	[세부목표 3] 거시지표 조사	■ 건물부문 온실가스 배출 전망 모형 개발을 위한 거시지표 조사
		[세부목표 4] (신)기술 현황 조사	■ 분석 모형 및 감축 시나리오 개발에 활용되는 국내외 (신)기술 DB 구축 및 적용 가능성 분석 ■ 온실가스 감축 시나리오 도출을 위한 정부 정책 및 감축방안 조사
	공동연구기관 (주)에너지클	[세부목표 5] 프로그램 및 지원툴 제작	■ 분석 모형의 프로그램(SW) 제작/구현 ■ 건물부문 온실가스 감축 지원 및 분석 시스템 제작/구현
	위탁연구기관 (한국부동산원)	[세부목표 6] 배출 특성 및 현황 분석	■ 건물부문 에너지 사용량 및 온실가스 배출현황, 배출특성 분석 ■ 건물부문 온실가스 배출 특성 Data-set 개발 ■ 지속가능한 건물부문 온실가스 배출량 Data-set 생산체계 구축
핵심 성과물	[성과물-1] 건물 온실가스 배출구조 및 특성 분석(모형 활용 Dataset 생산체계)		
	[성과물-2] 건물 온실가스 감축 (신)기술 현황 DB 구축 및 적용 가능성 분석 결과		
	[성과물-3] 건물부문 온실가스 배출량 전망 알고리즘 및 프로그램(S/W)		
	[성과물-4] 건물부문 온실가스 감축 잠재량 분석 알고리즘 및 프로그램(S/W)		
	[성과물-5] 건물부문 온실가스 감축 지원 및 분석 시스템		

나 목표 달성여부

(1) 양적성과 달성도

- 본 연구는 POST-2020 신기후체제 대응을 위한 국가레벨 건물부문의 상향식 온실가스 배출 전망 및 감축 잠재량 분석 기술 개발로 논문, 특허, 소프트웨어 등록, 기술이전 등 정량적인 목표를 100% 이상 달성하였음

구분		1차년도 (계획/실적)	2차년도 (계획/실적)	3차년도 (계획/실적)	4차년도 (계획/실적)	계
국외논문 게재	SCI	-	0/1	0/1	1/1	1/3
	비SCI	-	-	0/1	-	0/1
	계	-	0/1	0/2	1/1	1/4
국내논문 게재	SCI	-	-	-	-	-
	비SCI	0/2	2/0	1/1	0/2	3/5
	계	0/2	2/0	1/1	0/2	3/5
특허출원	국내	-	-	1/1	-	1/1
	국외	-	-	-	-	-
	계	-	-	1/1	-	1/1
특허등록	국내	-	-	-	0/1	0/1
	국외	-	-	-	-	-
	계	-	-	-	0/1	0/1
인력양성	석사	-	0/1	-	-	0/1
	박사	-	-	-	-	-
	계	-	0/1	-	-	0/1
기술이전	계약건수	-	-	0/1	-	0/1
	계약액	-	-	-	-	-
	징수액	-	-	-	-	-
국제 표준화	기고서 제출	-	-	-	-	-
	기고서 채택	-	-	-	-	-
	표준안 채택	-	-	-	-	-
국내 표준화	기고서 제출	-	-	-	-	-
	기고서 채택	-	-	-	-	-
	표준안 채택	-	-	-	-	-
등록·기탁 대상 성과물	보고서 원문	1/1	2/2	1/1	2/3	6/7
	연구시설·장비	-	-	-	-	-
	기술요약정보	-	-	-	-	-
	생명 자원	생명정보	-	-	-	-
		생물자원	-	-	-	-
		신품종	-	-	-	-
	소프트웨어	0/1	2/2	2/3	1/15	5/21
	화학물	-	-	-	-	-
기타	시제품	-	-	-	0/2	0/2
	성과 홍보	-	-	0/1	0/1	0/2
	학술논문발표	2/6	1/5	1/4	0/2	4/17

(2) 질적성과 달성도

연번	핵심성과명	질적성과	달성도(%)
1	건물 온실가스 배출 구조 및 특성 분석 (Dataset 생산체계)	- 건물부문 온실가스 배출 현황 분석 및 방법론 구축 - 건물부문 에너지 및 온실가스 현황 및 특성 분석 - 건물부문 온실가스 배출 특성 및 Database(DB) 구축 - 지속가능한 데이터 생산체계 구축	100%
2	건물 온실가스 감축 (신)기술 조사 및 DB 구축	- 국내외 사례조사 - 거시지표 및 핵심지표 DB화 - 건물부문 온실가스 감축 (신)기술 조사 - 감축 (신)기술 Database(DB) 구현	100%
3	건물부문 온실가스 배출량 전망 알고리즘 및 프로그램 개발	- 건물부문 온실가스 배출 전망 모형 설계 및 모듈 개발 - 건물부문 온실가스 배출 구조 체계 및 데이터 구성 - 건물부문 온실가스 배출 전망 분석 엔진 및 알고리즘 - 건물부문 온실가스 배출 전망 SW 구현 - 건물부문 온실가스 기준배출량 도출	100%
4	건물부문 온실가스 감축 잠재량 분석 알고리즘 및 프로그램 개발	- 분석 모형 설계 및 Framework - 건물부문 온실가스 감축 잠재량 분석 알고리즘 도출 - 건물부문 온실가스 감축잠재량 분석 SW 구현 - 건물부문 온실가스 감축 시나리오 개발 - 온실가스 감축 시나리오별 감축량 분석 - 개발모형의 신뢰성 검토 및 고도화	100%
5	POST-2020대응 건물부문 온실가스 감축 지원 및 분석 시스템	- 건물부문 온실가스 감축 지원 및 분석 시스템 설계 - 건물부문 온실가스 감축 통합시나리오 도출 - 시나리오 기반 의사결정지원 툴 개발 - 건물부문 온실가스 감축 지원 및 분석 시스템 개발	100%

04

연구개발성과의 활용 계획 등

가 연구 개발 성과의 활용 방안

(1) 연구성과 활용방안

- 본 연구의 최종 성과물인 'POST-2020 대응 건물부문 온실가스 배출 전망 및 감축 잠재량 분석 기술'은 현 시점의 국가 건축물의 온실가스 배출 현황 및 특성 데이터 확보, 미래 중장기 건물부문 온실가스 배출 전망 및 감축잠재량 분석을 통해 국가가 POST-2020 新기후변화체제에 대응하고 온실가스 감축 목표 달성 및 관리에 활용할 수 있음

최종 활용방안	신기후체제(POST-2020)에 대응한 건물부문 온실가스 감축 목표 달성
세부 활용방안	국가 온실가스 배출 전망 시나리오 및 전략 수립 국가 온실가스 감축 로드맵 수립 및 목표 설정(5년마다 국가목표 재설정) 국가-지자체-지역별 온실가스 배출 전망 및 감축 전략 수립
1. 특성현황 파악	국가 건물부문의 온실가스 배출 현황(배출량, 특성) 및 추이 데이터 확보
2. 목표설정	미래 중장기 건물부문 온실가스 배출 전망 및 감축잠재량 분석
3. 감축전략	중장기 온실가스 감축 목표 수립 및 이행방안, 감축 로드맵 수립

- POST-2020 대응을 위한 국가 건물부문 온실가스 배출 전망 및 감축 분석 모형(S/W) 확보 및 활용
 - 국제 기후변화협약관련 기후변화당사국총회(COP) 등 파리협약에 의한 新기후체제에 대응하여 POST-2020의 중장기 국가 온실가스 감축 목표 수립, 이행방안 마련, 감축 로드맵 수립 등을 위해 국가 건물부문 온실가스 배출 특성 및 미래 온실가스 배출 전망, 온실가스 감축 잠재량 분석 등을 수행할 수 있는 기술 '한국의 독자적인 건물부문 분석 모형' 확보 및 기반 구축
- 국가수준 독자적인 상향식 온실가스 전망 및 감축 잠재량 분석 시뮬레이션 기술
 - 국가 건물부문의 온실가스 배출 특성 파악 및 이를 통한 온실가스 감축 정책 방향 지원
 - 2030~2050년의 중장기 미래의 건물부문 온실가스 배출 전망치에 대해 보다 과학적·공학적인 추정 및 결과 분석

- POST-2020에 대응한 건물부문 온실가스 감축 방안 분석 및 감축 잠재량 도출을 통해 국가 온실가스 감축 로드맵 수립의 분석 도구로 활용
- 신규 또는 기존의 온실가스 감축, 에너지 효율화 방안에 대한 온실가스 감축 효과 분석

■ 국내외 온실가스 배출 전망 및 감축잠재량 분석 사례 조사

- 국내외 온실가스 배출전망 및 감축잠재량 분석 사례를 조사하여 건물부문 온실가스 배출량 전망 프로그램 및 감축 잠재량 분석 프로그램 개발 시 참고자료로 활용
- 건물부문의 온실가스 배출 관련 핵심지표 및 주요지표에 대한 data set을 구축하여 배출전망 모형 및 감축분석 모형 개발 시 적용하고 서비스 활용자에게 정보 제공
- 건물부문의 에너지효율화 및 온실가스 감축 (신)기술을 조사하여 배출전망 모형 개발 시 적용하고 기술에 의한 온실가스 감축 시나리오 도출
- 건물부문에 적용 가능한 온실가스 감축정책 및 (신)기술을 반영한 감축 시나리오를 개발하여 감축잠재량 분석 시 활용

■ 건물부문 POST-2020 대응 온실가스 배출 전망 및 감축 잠재량 분석 모형을 위한 data 구축

- 건물부문 미래 중장기 온실가스 배출량 전망(예측) 기술의 기초데이터로 활용
- 건물부문 온실가스 배출량 및 감축 잠재량 분석 기술을 위한 에너지 및 온실가스 감축 기술DB 제공
- 국가 건물부문의 온실가스 배출 특성을 파악하고 지원 체계 개발을 위한 기초적인 기술 자료로 활용
- '국가 건물에너지 통합관리시스템'의 data 활용 관련 수요자에게 정보 제공
- '국가 건물에너지 통합관리시스템'의 건물정보기반 온실가스 배출 현황·특성 데이터의 생산 및 제공을 위한 서비스 개발
- 정책 및 제도(법적 근거) 마련을 통한 연구 결과(성과) 서비스 제공

■ 국가건물에너지통합관리시스템 등 기존 시스템과 연계하여 정보 공개 활성화

- 건물에너지 통합관리시스템의 Data를 활용하여, 건물부문 온실가스 감축 지원 및 정보 제공 등을 위해 필요한 Data-set 지속적인 생산 및 제공
- 녹색건축포털 그린투게더와 연계하여, 건물 특성에 따른 온실가스 배출량 현황정보 공개 및 개별 건물별 온실가스 배출 수준을 평가할 수 있도록 정보 제공 가능
- 민간에서 건물 온실가스 배출량 데이터를 활용한 콘텐츠 개발의 활성화가 가능하도록 Open API 서비스 제공

(2) 최종 성과물의 수요처별 활용방안

- 최종 성과물의 수요처는 정책입안자(정부, 지자체), 공공기관, 건설관련 민간기업, 건축설계자 및 건축주, 대학 및 연구기관, 국민을 대상으로 구분할 수 있음

수요처	활용방안	세부 수요처
정책입안자 (정부 및 지자체)	• 국가 온실가스 배출 현황 및 특성 관리 • POST-2020 국가 건물부문 온실가스 목표 달성 및 이행방안 수립을 위한 지원 도구 ： POST-2020 온실가스 로드맵 및 감축방안 수립 지원 ： POST-2020 건물부문 온실가스 감축이행계획 지원 • 국가 온실가스 감축 제도 지원 ： 목표관리제, 배출권 거래제 기술지원, 정보제공 등 • 정책수단별 온실가스 감축효과 평가 및 정책 수립이행을 위한 정보 제공	• 국토교통부 • 국무조정실, 환경부 등 • 주요 지자체 건축관련 부서
건설관련 민간기업 및 건축설계자	• 저탄소, 온실가스 감축을 위한 건축물 계획 및 설계지원 • 건축물 온실가스·에너지 목표관리제, 건축물 온실가스 배출권거래제 등 대상 관리 및 데이터 제공 • 배출권거래제 건축물 외부감축사업 발굴 및 상쇄제도 등 기술 지원 및 근거자료	• 건설관련 공기업(LH공사, 지자체 도시공사 등) • 민간건설회사, 컨설팅 회사 • 건축설계 사무소
대학 및 연구기관	• 마이크로, 매크로 건축물 온실가스 배출 특성 및 인과관계 등 연구 분석 지원 • 과거 온실가스 배출 추이 및 미래 온실가스 배출 전망 등 연구 등에 벤치마킹 • 온실가스 감축 기술의 효과 및 분석 지원	• 도시, 건축 등 관련 학과 • 정부출연 연구기관, 지자체 법인 연구기관
국민	• 개별 세대, 건축물의 온실가스 배출량 정보 제공 및 관리 • 건물관련 온실가스관련 다양한 정보 제공 및 참여 유도 • POST-2020 국가 온실가스 감축을 위한 기반 마련	• 개별 건축물 건축주, 건물관리업체 담당자, 세대주 등 • 일반 국민

- 본 연구의 개발 목표를 완료하여 연구기간 내에 시작품을 통해 적용성 검토 및 시스템의 오류를 최소화하고, 기존의 온실가스 감축 전망 및 분석 결과, 국가 온실가스 관리시스템과의 연동성 확보를 통해 활용성을 확인하고 전문가를 중심으로 시범 운영을 통해 범용성을 확보함
- 지속적으로 업계, 정부관련 담당자와 협의를 통해 실제 활용처의 니즈(Needs)와 요구(Demands)를 반영하고, 소프트웨어(S/W), 빅데이터 분석 방법, 시스템 구축 등에 대한 지적재산권(프로그램 등록, 특허 출원·등록 등)을 확보하고 실용화 방안 모색
- 프로그램 개발 종료 후 향후 5년 간 해당 프로그램의 유지보수 및 서버 운영은 공동연구기관인 (주)에너지클에서 수행할 예정이며, 개발 프로그램을 활용한 비즈니스 모델이 정립(수요처 및 물량 확보)되는 경우, 기술이전을 통한 수익 창출 가능함

■ 주요수요처 1 : 정부 온실가스 관련 정책입안자

- 사업화 방안 : 국가 온실가스 배출량 통계 구축 사업에 활용
- 유엔기후변화협약(UNFCCC) 제4조제1항 및 제12조에 의거하여 대한민국은 매년 국가 온실가스 배출량 및 흡수량에 대한 인벤토리를 작성하고, 국가적으로는 저탄소 녹색성장 기본법 제45조 및 동법 시행령 제36조에 따라 분야별 관장기관은 해당 분야 온실가스 통계를 매년 6월 30일까지 정부에 제출
- 국가 온실가스 통계 총괄 관리에 관한 규정 제16조(국가 온실가스 배출·흡수 계수의 개발·검증)에 따라 국가 고유 온실가스 배출계수를 개발하고 있음
- 국가 건물부문의 온실가스 배출량에 대한 인벤토리 보고서 작성 및 현황·특성 등에 대한 데이터 제공

■ 주요수요처 2 : 지방자치단체

- 사업화 방안 : 지자체 온실가스 감축기반 구축 사업에 활용
- 신기후체제 출범에 따라 우리나라는 2030 감축 후 배출량 536.0백만톤(BAU 대비 37%)의 온실가스 감축목표를 국제사회에 제시하였고, 국내 감축목표량은 276.5백만톤(BAU 대비 32.5%)으로 이 중 전환·산업·에너지 신산업을 제외한 비산업부문 감축량은 감축목표량의 30.1%이며, 국가 감축목표 달성을 위하여 비산업부문 감축정책 추진에 지자체 역할이 매우 중요함
- 각 주요 수요처에 맞도록 데이터베이스의 구축 가능 여부가 중요한 요소이므로, 데이터베이스의 세부 데이터가 제공 가능한 행정구역 단위에 따라 정부 및 지방자치단체의 수요처를 8개도(경기 강원, 충청북도, 충청남도, 전라북도, 전라남도, 경상북도, 경상남도), 1개 특별자치도(제주), 1개 특별시(서울특별시), 1개 특별자치시(세종특별자치시), 6개 광역시(부산, 대구, 인천, 광주, 대전, 울산), 2개 행정시(제주시, 서귀포시), 그 외 전국 75개시로 구분하여 관련 사업 연계

(3) 향후 연구 계획

■ 향후 본 연구에서 개발된 세부 기술을 활용하고 고도화함으로써 파리협정에 따른 신기후체제에 지속적인 대응을 하도록 다음과 같은 추가 연구를 제시

- 본 연구의 건물부문 온실가스 현황 정보 및 특성 데이터를 활용하여 기존 주택법 및 건축법의 정부정책 및 제도, 감축방안 등에 대한 세부내용과 이행계획, 제도 및 방안(사업)의 시행에 따른 감축 잠재량 등의 결과 및 검증에 대한 추가 연구 필요
 - : 정부 정책에 부합하는 온실가스 현황 및 특성데이터 구축
 - : 건물부문 온실가스 감축 정책의 이행에 따른 감축잠재량 분석 및 이를 위한 모형 개선
- 2030년 감축목표, 2050년 감축목표 및 탄소중립 등에 대한 국가 건물부문의 온실가스 감축 목표량 달성을 위하여 본 개발 시스템과 연계된 정책적 시나리오를 개발하고 관련 평가 기술(모형) 및 데이터를 고도화할 필요가 있음
 - : 정부의 건물부문 온실가스 감축 목표량 달성을 위한 보수적 시나리오 및 급진적 시나리오 개발
 - : 2050년 이후의 배출 전망 및 감축잠재량 분석을 위한 모형의 고도화 및 데이터 확장

나 기대효과

(1) 기술적 측면

기술적 기대효과	• 전국 건물 에너지사용량 정보체계 기반 온실가스 배출 활동 통계 분석 기술 확보 • 온실가스 배출 특성 및 효과분석 등의 건물부문 온실가스 시뮬레이션 기술 확보 • 정책 추진, 온실가스 배출 특성 및 효과분석 등의 정보 제공으로 건물부문 온실가스 현황 파악 및 대국민 정보 제공 • 신기후체제 상의 온실가스 국가 보고서 대응
----------------------------	--

- POST-2020 국가 온실가스 감축목표 설정 및 정책 추진 효과 평가, 2050 탄소중립 달성 기반 마련
 - 신기후체제에 대응하고 2030년이후의 온실가스 감축목표 달성을 위해서는 국가수준의 건물부문 온실가스 배출 특성 분석 및 배출량 관리, 현위치에서 도전적이나 달성 가능한 미래의 온실가스 감축 잠재량 목표 및 전략 수립, 정부 정책 부합 및 정부 역할과 지원체계 마련 등 종합적이고 입체적인 기술개발 계획 수립
- 정책 추진, 온실가스 배출 특성 및 효과분석 등의 정보를 활용한 건물부문 온실가스 배출 현황 및 시뮬레이션 기술 확보
 - 건물부문 온실가스 배출 현황, 배출 특성 및 구조 분석, 감축 목표, 이행 계획 및 검증 등 종합적인 온실가스 정보 제공
 - 미래의 중장기 온실가스 배출량 전망, 배출 특성 예측, 감축 잠재량 파악 등 미래 시뮬레이션 기술 확보 및 합리적인 목표 설정과 이행계획 마련 지원
- 저탄소 건축시장 활성화를 통해 기술경쟁력 강화
 - 민간 건설시장에서 제로에너지 건축물, 친환경 녹색건축물 조성, 기존 건축물의 녹색건축물 전환을 위한 애로기술에 대해 정부가 기술개발 및 제공
 - 온실가스 감축기술 및 저탄소 건축기술 개발은 해외 업체들과의 기술경쟁력을 강화하는데 중요한 역할을 담당할 수 있음
- 전국건물 대상 상향식 건물 에너지사용량 DB를 기반으로 온실가스 배출 활동 통계 분석 및 온실가스 감축 목표 설정 기술 확보
 - 건물 유형별, 구조별, 지역별, 연도별, 에너지원별(전기, 가스, 지역난방), 세대수, 기후별 등 다양한 특성 DB의 지속적인 업데이트 시스템 구축
 - 이를 활용한 POST-2020 건물부문 온실가스 감축 지원 및 분석 기술 개발의 선진화 가능

- 환경·경제적으로 최적화된 건물 에너지 저감기술(Best Available Technique)의 목록 확보
 - 해외 및 국내 건물 도입 기술 조사를 통해 적용 가능성, 비용 효과성, 에너지 절감 우수성 등을 유형화하여 국내 건물에 가장 최적화된 기술 목록 확보
 - 건물부문 온실가스 감축 시나리오 도출 및 정책 추진 지원

- POST-2020 온실가스 감축목표 달성을 위한 인프라 확보 및 고도화
 - 신규 시장 창출 및 온실가스 관리 기반 조성
 - 740만동의 건축물에 대한 온실가스 배출 현황, 특성 분석 및 각종 추이 분석이 가능한 지원 툴 개발로 POST-2020 대응을 위한 기초 인프라 확보
 - 국가 건물부문 온실가스 배출량 전망 및 감축 분석 모형의 고도화 및 지속적인 업데이트를 위한 데이터 생산체계 구축

(2) 경제적·산업적 측면

경제적 파급효과	- 지역별·건물특성별·에너지원별 온실가스 배출량 평가기준 마련을 통한 배출권 거래제 시장 모색 및 대응(세계 거래: 186조원 규모) - 에너지·온실가스 감축을 통한 건축물 유지관리 및 사회적 비용 절감 - 저탄소 건축분야, 녹색건축물 전환 시장에서의 기술경쟁력 강화 - 타 산업분야와 융합하여 새로운 기술발전 및 시장 개척 모색
----------------------------	---

- 온실가스 목표관리제 지원 및 배출권거래제 활성화에 기여, 건축물 외부 감축사업 발굴 및 상생제도 등 신규 거래 시장 확대
- 건물부문 온실가스 정보 제공을 통한 온실가스 감축에 대한 국민 의식 개선 및 참여 유도
 - 사용자 친화형 인터페이스를 통한 정보 개방으로 국민 의식 개선 및 자발적인 감축 사업 참여 유도
 - 자발적인 감축 사업 참여를 통한 온실가스 감축 시장 성장 효과 기대
- 저탄소 건축물 에너지 절감을 통한 수입대체효과 극대화
 - 해외 에너지 의존도가 높은 국내 실정을 감안할 경우, 저탄소 건축물 활성화를 통한 에너지 절감은 에너지 수입비중을 줄여 수입대체효과를 기대할 수 있음
- 저탄소 건축시장 활성화를 통해 기술경쟁력 강화
 - 민간 건설시장에서 제로에너지 건축물, 친환경 녹색건축물 조성, 기존 건축물의 녹색건축물 전환을 위한 애로기술에 대해 정부가 기술개발 및 제공
 - 온실가스 감축기술 및 저탄소 건축기술 개발은 해외 업체들과의 기술경쟁력을 강화하는데 중요한 역할을 담당할 수 있음
- 「국가건물에너지 통합관리시스템」내 건물 에너지 데이터를 활용하여 정형 통계를 제공하는 건물 에너지 통계, 온실가스 통계, 비정형 통계를 제공하는 정보 및 분석 지원서비스 등을 활용한 감축잠재량, 감축량 분석 제공
 - 감축여력이 높은 건축물을 중심으로 합리적이고 효율적인 온실가스 감축목표를 달성하는데 비용효과적인 정책수단의 도구로 활용하여 건물 에너지 및 온실가스 관리를 통해 국제 경쟁력 향상에 기여
- 건물부문 온실가스 감축을 위한 건물에너지 관련 산업육성 기여
 - 건물에 적용 가능한 최적화 된 기술 적용을 통해 신축 및 리모델링 단계에서 에너지 절감형 단열, 조명, 냉난방, 공조, 인테리어, 관리시스템 등 유관산업 유발

※ '15년 녹색건축 시장규모는 1,490억 달러로 전체 건축시장규모의 48% 차지(Green Market Size(2010), McGraw-Hill Construction), 또한 건설사업의 취업유발계수는 13.7명/10억 원으로 전 산업평균 12.9 명보다 높아 고용유발 산업으로 주목

■ 건물부문 온실가스 감축 기술의 저감효과(경제성, 배출저감) 분석정보 제시 및 산업의 저감기술 유도

- 각종 녹색건축 저에너지·제로에너지 추진 기술, 2030 온실가스 감축 로드맵에 제시된 건물부문 고효율 전환기술 등 시행전후 감축효과 비교 가능
- 지속적인 정책화가 가능한 효과적인 저감기술 제시, 온실가스 저배출 친환경 기술정보 제공을 통해 산업의 기술개발 투자 유도

■ 한국판 뉴딜(New Deal, 2020.07.16.)의 시행으로 탄소중립 사회를 지향하는 그린뉴딜(Green New Deal) 추진

- ‘2030 온실가스 감축 목표’, ‘재생에너지 2030 이행 계획’ 등 차질없는 이행과 탄소중립(Net-Zero) 목표로 경제·사회의 과감한 녹색전환 추진

- 인프라·에너지 녹색 전환 + 녹색산업 혁신 → 탄소중립(Net-Zero) 사회 지향
- 탄소중립 목표로 경제·사회의 과감한 녹색 전환 추진

도시·공간·생활인프라 녹색전환	저탄소·분산 형에너지 확산	녹색산업 혁신 생태계 구축
• 국민생활과 밀접한 공공시설 제로에너지화 : 그린리모델링, 그린스마트 스킴 • 국토·해양·도시의 녹색 생태계 회복 가속화 : 스마트 그린도시, 도시숲 • 깨끗하고 안전한 물 관리체계 구축 : 스마트 상·하수도, 먹는물 관리	• 에너지관리 효율화 지능형 스마트 그리드 구축 : 스마트 전력망, 친환경 분산에너지, 전선지중화 • 신재생에너지 확산기반 구축 및 공정한 전환 지원 : 풍력, 태양광, 공정전환 • 전기·수소차 등 그린 모빌리티 보급 확대 : 전기·수소차 보급, 노후차량 지원	• 녹색선도 유망기업 육성 및 저탄소·녹색산업 조성 : 녹색기업, 녹색산업, 스마트그린산업, 제조공정 • R&D·금융 등 녹색혁신 기반 조성 : 온실가스 감축, 미세먼지 대응, 자원순환 촉진, 녹색금융

- “공공부문 온실가스 에너지 목표관리제” 2030 목표 설정
- “제2차 기후변화대응 기본계획”에 따른 지자체 온실가스 감축 계획 및 공공기관 적응대책 수립 이행 의무화
- 공공건축물 “제로에너지 건물 의무화 로드맵” 조기 추진(「녹색건축법 시행령」 개정)
* 연면적 500㎡ 이상 공공건축물 조기 의무화(‘25 → ‘23년)

[그림 4-1] 정부의 그린뉴딜의 방향 및 주요 내용

(3) 사회·정책적 측면

정책적 파급효과	- 국정과제 61번 “신기후체제에 대한 건실한 이행체계 구축” 추진 중 ’21년까지 온실가스 배출전망 대비 상당한 수준 감축 실현, 정부의 2030 온실가스 감축로드맵 수정 및 보완 (문재인정부 국정운영 5개년 계획, 국정기획자문위원회, 2017.07) - 파리협정의 효과적 이행을 위한 기후변화 대응체계 강화(보도자료, 국무조정실, 2016.02) - 제2차 녹색건축물 기본계획(’19~’23), 제2차 기후변화대응 기본계획(’20~’40), 제2차 녹색성장 5개년 계획(’14~’18), 제3차 지속가능발전 기본계획(’16~’35) 등 정부정책과의 부합성이 높은 과제로 지속적 연구추진 필요 - 국회 ‘기후위기 비상선언’ 결의안 채택에 따른 대응방안 수립
----------------------------	---

■ 정부 100대 국정과제 중 61번 “신기후체제에 대한 건실한 이행체계 구축”수립

- ‘30년까지 온실가스 배출전망 대비 상당한 수준 감축 실현
 - : ‘2030년 온실가스 감축 로드맵’수정 · 보완
 - : ‘20년까지 제로에너지 건물 확대, 공공기관 배출량 30% 감축 등 부문별 감축 강화
- 기후변화 리스크를 예측 · 관리하고 피해를 최소화하는 안전사회 구현

■ 국무조정실, “파리협정의 효과적 이행을 위한 기후변화 대응체계 강화(국무조정실 보도자료, 2016.4)”방안 마련

- 관장부처의 책임제에 따른 온실가스 감축의 효과적 이행을 위한 건물부문 온실가스 정책 수립 지원

경제혁신

보도자료

2016. 2. 25(목)

작 성 : 국무조정실 녹색기획협력과
작 성 : 관장부처 / 사무관 정지윤
(Tel. 044-200-2680)

열 바고 : 2.28(금) 08시 이후(조각부터 사용)

※ 관계부처: 국토부 미래전략담당관 윤영준 (044-201-3258), 기재부 미래정책총괄과장 김지훈 (044-215-4913), 농림부 창조농식품정책과장 김경국 (044-204-2411), 미래부 첨단기술과 사무관 이영희 (02-2110-2324), 산업부 온실가스감축팀장 송현주 (044-203-9370), 외교부 기후변화외교과장 권세중 (02-2110-7859), 환경부 기후변화대응과장 오달영 (044-201-6950)

파리협정의 효과적 이행을 위한 기후변화 대응체계 개편

< 주요 기전방안 >

- ◆ 총리실이 기후변화 대응 컨트롤타워 역할, 소관분야별 관장부처 책임제
- ◆ 금년 중 30년 온실가스 감축목표(37%) 추진을 위한 로드맵 마련
- ◆ 신기술 중심의 감축수단을 적극 활용, 신산업 창출의 전기 마련
- ◆ 녹색 생활문화 확산, 지자체 녹색생활 컨설팅 강화

- 정부는 2월 25일 관계부처 합동으로 “기후변화대응체계 개편방안”을 마련하여 녹색성장위원회(위원장 국무총리, 이자순 서울대학교수) 심의를 거쳐 확정하였다
- ’15년 12월 파리협정 채택으로 우리나라도 온실가스 감축참여가 의무화됨에 따라 감축목표를 효과적으로 달성하고,
- 새로운 경제성장 동력의 기회로서 활용하기 위해서는 법적·부처적인 기후변화 대응체계 개편이 필요하다는 인식에 따른 것이다.
- ※ 민간위원 21인, 기재부·산업부·환경부 장관 등 정부위원 17인 (총 38인)

□ 이에 따라 우리의 30년 온실가스 감축목표(37%)의 효과적 달성과 신기후체제 하에서의 산업업 육성, 국제탄소시장을 선점하기 위해

- 기업의 기후변화 대응 기술개발을 유도하고 투자여건이 신속히 조성될 수 있도록 재정투자와 법·제도 개선을 신속히 추진하고
- 기후변화 담당 부처간 효율적 역할 분담을 통해 각 부처 역량이 극대화할 수 있도록 정부 대응체계를 개편해 나갈 것이다.

□ 이번 마련된 기후변화 대응체계 개편방안의 주요 내용은

① 국무총리와 경제부총리가 기후변화 대응정책을 총괄한다는 기본 방향에서 국무조정실이 컨트롤타워 역할을 담당하고, 소관 분야는 각 부처에게 책임을 두는 관장부처 책임제를 도입한다.

- 국조실이 장기 감축목표에 따라 부문별 감축목표를 정해 주면, 각 부처는 이를 기초로 세부 목표를 정하고 필요한 정책개발과 감축이행까지 책임지는 것이다.

- ‘온실가스 종합정보센터’는 국무조정실 산하로 이관하여 각 소관 부처가 공동 활용하고, 이들 부처의 정책수립을 지원하게 된다.

○ ‘관장부처 책임제’의 취지에 맞추어 기획재정부가 배출권 시장 활성화 등 배출권거래제 운영의 총괄 책임을 지고, 국토, 산업, 동별, 환경부의 4개 관장부처가 소관 분야를 책임지게 된다.

- 아울러 소관부처와 환경부가 ‘배출권외부사업’ 인증 협약을 하는 절차를 두어 공정성을 확보하도록 하였다.

○ 또한 환경부의 중장기 국가전략 수립가능을 강화하고 기후변화 대응 관련 국내외적 주요 업무(국표관리처 총괄, COP 수석대표)를 수행한다.

[그림 4-2] 정부의 파리협정의 효과적 이행을 위한 기후변화 대응체계 강화(국무조정실, 2016.02.26.)

- 국토교통부, “제2차 녹색건축물 기본계획”을 통한 온실가스 감축 목표 이행 및 달성을 위한 종합계획 마련
 - 건물부문의 에너지 절감을 통해 온실가스 감축의무를 이행하기 위한 다양한 녹색건축물 정책 시행에 따른 녹색건축 산업 육성 및 지원 필요
- 관계부처 합동 “제2차 기후변화대응 기본계획”, “제2차 녹색성장 5개년 계획”, “제3차 지속가능발전 기본계획”을 통한 신(新)기후체제 대응 방안 수립·시행
 - 감축목표 이행계획 수립에 따른 건물부문 온실가스 감축 잠재량, 감축기술 분석 등을 통해 중장기 감축 목표 설정 및 이행 지원
- 글로벌 신기후체제에 적극적으로 대응하여 국가이미지 제고
 - 건물부문 온실가스를 능동적으로 감축하여 글로벌 신기후체제에 적극적으로 대응함으로써 국가이미지 제고에 기여함
 - 기후변화협약에 있어 선진국과 개도국사이의 교량자 역할 및 개도국 선도
- 배출권거래제(‘15), 목표관리제(‘10)에서 관리되지 못하는 대다수의 건물(약 97.4%)에 대한 감축 정책 수립 마련
 - 국가레벨의 온실가스 감축정책은 대부분 산업 및 발전 분야에 초점이 맞추어져 있으며, 건물부분은 약 2.6%수준만 관리되고 있음
- 건물부문 온실가스 감축목표 달성을 위한 정책수단 및 전략 효과 분석이 가능한 DB 구축, 감축사업 및 정책 분석정보 제공 기반 구축
 - 건물 에너지 수요관리, 온실가스 배출 저감 기술수단으로의 전환 및 고효율 에너지 기술 개선을 통한 에너지 효율성 향상 등 온실가스 전략별 정책 수립 지원
- 2020년 9월 국회는 ‘기후위기 비상선언’ 첫 결의안을 채택으로 2030년·2050년 온실가스 감축 목표를 국제 사회가 요구하는 수준으로 높이는 내용의 결의안 채택

2020년 국회의 ‘기후위기 비상대응 촉구 결의안’ 주요 내용

- 현재 상황을 ‘기후위기’로 엄중히 인식하고 ‘기후위기 비상상황’ 선언
- 2030년 온실가스 감축 목표 상향, 2050년 온실가스 순배출 제로(0) 목표로 저탄소 발전 전략 수립 촉구
- 국회 내 ‘기후위기 대응을 위한 특별위원회’ 설치
- 부작용과 비용이 사회적 약자, 노동자 등에 전가되지 않도록 ‘정의로운 전환 원칙’ 준수
- 지속가능한 사회 추구
- 국제적으로 탄소배출 줄이기 위해 정부와 협력

참고문헌

1. 김옥현(2018), 2℃(기후변화시대의 새로운 이정표), 산지니
2. 김현창(2014), 온실가스 배출권거래제 이렇게 대응하라, 인포더박스
3. 막스 쿤(2018), 실전 예측 분석 모델링, 에이콘출판
4. 박기범(2017), 녹색건축 깊이읽기, 기문당
5. (사)대한건축학회 (2014), 그린 건축 리모델링 지침 및 체크리스트, 기문당
6. (사)한국기후변화학회, 온실가스 배출과 통계, 동화기술
7. 국토교통부(2019), 제2차 녹색건축물 기본계획 (2020~2024)
8. 산업통상자원부(2018), 에너지기술DB 설계 및 활용방안 연구
9. 심선영(2018), 정보분석과 경영의사결정, 가람
10. 기상청(2018), 한반도 기후변화 전망분석서
11. 관계부처합동(2019), 제2차 기후변화대응 기본계획
12. 온실가스종합정보센터(2019), 국가 온실가스 감축 로드맵 주요 내용 및 건물부문 국내·외 온실가스 감축동향,
13. 이승은, 고문현(2019), 기후변화와 환경의 미래, 21세기북스
14. 이찬복(2019), 에너지 상식사전, MID
15. 조홍식(2013), 기후변화시대의 에너지법정책, 박영사
16. 존 호턴(2018), 지구온난화의 이해, 에코리브르
17. 최무진(2016), 의사결정론과 지원시스템, 계명대학교출판부
18. 토마스밀러, 정사범 옮김(2014), 예측분석 모델링 실무 기법, PEARSON
19. 산업통상자원부(2019), 제3차 에너지기본계획
20. 에너지경제연구원(2017), 2017년도 에너지총조사 보고서
21. 온실가스종합정보센터(2018), 2018 국가 온실가스 인벤토리 보고서
22. 온실가스종합정보센터(2016), 건물부문 온실가스 감축 잠재량 모형분석을 위한 표준모델 DB 구축(I)
23. 온실가스종합정보센터(2017), 건물부문 온실가스 감축 잠재량 모형분석을 위한 표준모델 DB 구축(II)
24. 온실가스종합정보센터(2020), 2018~2019년 온실가스 감축 이행실적 평가 -「2030 온실가스 감축 로드맵 수정안」 이행 점검
25. 윤성권, 정영선, 조철홍, 전의찬(2014). “에너지시스템 분석 모형을 통한 국내 건물부문 온실가스 감축시나리오 분석” 한국기후변화학회지, 5(2), pp 153-163.
26. 김동규, 이정환, 박현신, 이주봉, 정재수(2013). “에너지 총 조사 보고서를 활용한 건물 부문별 온실가스

- 배출량 산정 및 분석” 에너지기후변화학회지, 8(1), pp 30-44.
27. 이기홍, 유정현, 임주호, 전선정(2011). “토지·주택 건설부문 공공기관의 온실가스 배출량 관리방안 고찰” LHI journal of land, housing, and urban affairs, 2(3) pp 307-313.
 28. 노승준, 태성호, 김태형, 금원석, 방준식, 박정훈(2012), “건축물 온실가스 배출량 평가 시스템의 데이터베이스 관리 구조 제안에 관한 연구” 대한건축학회 학술발표대회논문집, 32(2), pp 509-510.
 29. 한국건설기술연구원(2006). “건설부문 온실가스 배출분석연구”, 국토교통부.
 30. 한국건설기술연구원(2009). “건물부문 온실가스 인벤토리 구축 및 목표관리제 도입방안 연구”, 국토교통부
 31. 최영국 외 8인(2008), “기후변화에 대응한 지속가능한 국토관리 전략(I)”, 국토연구원
 32. 한국환경공단(2009), 중소기업의 자발적 온실가스 인벤토리 구축 가이드라인
 33. 한국환경공단(2013) 지자체 온실가스 통합관리 지침
 34. 한국기후변화대응연구센터, GREEN ISSUE(2015) “신기후체제와 2030 국가 온실가스 감축목표 설정에 따른 강원도 정책적 대응방안
 35. 지식산업정보원(2013), 고효율 에너지 녹색건축물 신기술 산업동향 분석
 36. 한국기후변화대응센터(2015), 그린리모델링 탄소감축실적 인정체계 도입 및 시범사업 추진에 관한 연구
1. Castellano, J., Castellano, D., Ribera, A., and Ciurana, J.(2015). “Developing a simplified methodology to calculate CO₂/m² emissions per year in the use phase of newly-built, single-family houses” Energy and Buildings, 109, 90-107.
 2. Canada’s Mid-Century Long-Term Low-Greenhouse Gas Development Strategy, 2016
 3. Climate Action Plan 2050, Principles and goals of the German government’s climate policy, 2016
 4. Christian Ngô, Joseph B. Natowitz(2016), Our energy future: resources, alternatives, and the environment, WILEY
 5. IEA, Energy Technology Perspectives 2017
 6. John. A.,(2017), Energy Science: Principles Technologies and Impacts, Oxford University Press
 7. Eom et al,(2012), Energy, Vol. 46, pp. 405-419
 8. IPCC(2018), IPCC Fourth Assessment Report (WG1)
 9. IPCC(2019), IPCC AR5(WG3)-Mitigation of climate change-Chapter 9 Buildings
 10. Martin. C.,(2016), Logistics & Supply chain Management, Pearson
 11. Mood. A.,(1973), Introduction to the theory of statistics, McGRAW-HILL
 12. Evans, E.R.,(2013), Statistics, Data Analysis, and Decision Modeling, Pearson
 13. T.Hester, P., MacG.Adams,K.(2017). Systemic decision making, Springer
 14. The Government of Japan,(2013), Japan’s Sixth National Communication Under the United Nations Framework Convention on Climate Change

15. IEA(2018), World energy statistics 2018
16. Daniel Huppmann, Matthew Gidden, Oliver Fricko, Peter Kolp, Clara Orthofer, Michael Pimmer, Nikolay Kushin, Adriano Vinca, Alessio Mastrucci, Keywan Riahi, and Volker Krey. (2019), The MESSAGEix Integrated Assessment Model and the ix modeling platform (ixmp): An open framework for integrated and cross-cutting analysis of energy, climate, the environment, and sustainable development. *Environmental Modelling & Software*, 112:143–156.
17. EIA(2018), Commercial Demand Module of the National Energy Modeling System: Model Documentation.
18. IEA(2017), Energy Efficiency Indicator 2017.
19. Kyle. P., Clarke. Leon., Rong. Fang., Smith. Steven J., Climate Policy and the Long-Term Evolution of U.S. Buildings Sector, *The Energy Journal* 31 (2)
20. Messner, S., Strubegger, M.,(1995), User's Guide for MESSAGE III. WP-95.
21. Metz, B.(2001) Climate change 2001: mitigation: contribution of Working Group III to the third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.
22. Cubi, E., Doluweera, G. and Bergerson, J.(2015). "Incorporation of electricity GHG emissions intensity variability into building environmental assessment" *Applied Energy*, 159, 62-69.
23. Yan, H., Shen, Q., Fan, L. C., Wang, Y. and Zhang, L.(2010). "Greenhouse gas emissions in building construction: A case study of One Peking in Hong Kong" *Building and Environment*, 45(4), 949-955.

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 도시건축연구사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 도시건축연구사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.