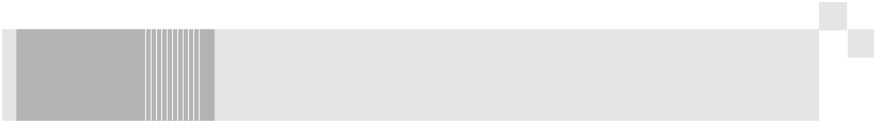


2009-003
기본연구

강원도 건물 용도별 온실가스 원단위 및 감축방안 분석

연구책임자 : 이충국 책임연구원

연구자문 : 장용성 박사 금호건설기술연구소



목차

연구요약

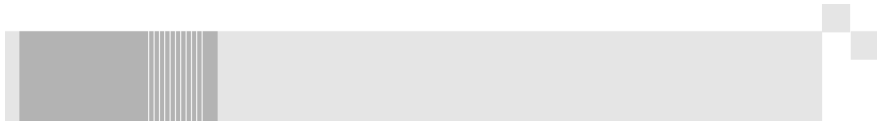
제 1장 서론	1
제1절 연구의 배경 및 목적	1
1. 연구의 배경	1
1.1 기후변화협약 및 교토의정서	1
1.2 국가별 온실가스 감축 전략 추진	2
1.2 건물부문은 온실가스 감축의 핵심	3
1.3 강원도는 건물부문의 온실가스 감축 급선무	6
2. 연구의 목적 및 내용	8
2.1. 연구 목적	8
2.1. 연구 내용	9
3. 연구 범위 및 방법	10
3.1. 연구 범위	10
3.3. 연구 방법	11
3.3. 연구 절차	12
제 2장 국내의 건물부문 기후변화 대응 주요 정책동향	15
제1절 국내 건물 에너지·온실가스 관련 주요 통계	15
1. 국내 건물부문 에너지사용 현황	15
1.1 건물부문 에너지사용량 추이 및 전망	15

1.2 건물부문 에너지수요 전망 및 절감 목표	17
1.3 건물부문 온실가스 배출현황 및 특성	19
1.3 건물부문 에너지 소비특성	20
제2절 국내 건물 에너지·온실가스 관련 주요 정책 동향	23
1. “녹색 도시·건축물 활성화방안”, 국토해양부 외, 2009”	23
1.1 추진 배경 및 개요	23
1.2 건축부문 부문 주요 내용	24
2. 저탄소 녹색성장 기본법 및 시행령	25
2.1 추진 배경 및 개요	25
2.2 건축 부문 주요 내용	27
3. 제4차 기후변화 대응 종합대책	29
3.1 추진 배경 및 개요	29
3.2 건축 부문 주요내용	30
4. 제1차 국가에너지기본계획	31
4.1 추진 배경 및 개요	31
4.2 건축 부문 주요내용	32
5. 기타 건축물의 관련 국내 규정	33
5.1 에너지절약 설계기준(2010 개정 내용 반영)	33
5.2 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙	34
제3절 국외 건물부문 에너지절약 정책 및 제도	37
1. 유럽연합의 건물 에너지성능 지침(EPBD)	37
1.1 개요	37
1.2 주요 내용	37
2. 영국의 건물부문 에너지절약 정책 및 제도	39
2.1 건물에너지 성능인증서	39
2.2 저탄소 건물 프로그램	41
3. 독일의 건물부문 에너지절약 정책 및 제도	43
3.1 건물의 이산화탄소 배출 저감 프로그램	43
3.2 패시브하우스 인증제도	45

3.3 신규주택 신재생에너지 의무화	45
제 3장 국내 건물용도별에너지사용량 조사 및 분석	49
제1절 건물 용도별 에너지사용량 조사 개요	49
1. 조사 개요	49
1.1 조사 목적	49
1.2 조사 대상 및 분석 표본 설정	50
제2절 지역별 · 건물용도별 에너지사용량 분석	55
1. 건물 용도별 에너지사용량 분석	55
1.1 호텔	55
1.2 병원	59
1.3 학교	62
1.4 아파트	65
2. 건물 용도별 원단위 비교분석	68
2.1 단위 건축연면적당(1m ²) 연평균 에너지사용원단위	68
제3절 강원도 건물용도별 에너지사용원단위 특성 비교분석	69
1. 연평균 에너지사용량 분석	69
1.1 병원	69
1.2 호텔(숙박시설)	70
1.3 학교(대학, 대학교)	70
1.4 아파트	71
2. 단위 건축연면적당 에너지사용원단위 분석	72
2.1 병원	72
2.2 학교(대학, 대학교)	73
2.3 호텔	73
2.4 아파트	74
3. 단위 기준(객실수,병상수,세대수,학생수)당 에너지사용원단위 분석	75
3.1 병원	75
3.2 학교(대학, 대학교)	76

3.3 호텔	77
3.4 아파트	77
제 4장 국내 건물용도별 온실가스 배출원단위 분석	81
제1절 온실가스 배출량 산정 개요	81
1. 산정 개요	81
1.1 온실가스 배출원 구분	81
1.2 조사데이터 및 조사의 한계성	83
2. 온실가스 배출 계수 개발 및 적용	85
2.1 화석연료 온실가스 배출계수	85
2.2 전력의 온실가스 배출계수 산정	88
제2절 지역별 · 건물용도별 온실가스배출 특성 분석	94
1. 건물 용도별 온실가스 배출량 분석	94
1.1 호텔	94
1.2 학교(대학교, 대학)	98
1.3 병원	101
1.4 아파트(거주시설)	105
제3절 강원도 건물용도별 온실가스 배출 원단위 특성 비교분석	109
1. 연평균 온실가스 배출량 분석	109
1.1 건물용도별 단위건물의 온실가스 배출총량	109
1.2 건물용도별 단위 건축연면적당 온실가스 배출 원단위	110
1.3 건물용도의 기준단위별 온실가스 배출 원단위	110
제 5장 건물용도별 에너지절감 잠재량 분석	113
제1절 분석 개요	113
1. 용도별 에너지절감방안 분석 개요	113
1.1 에너지 시뮬레이션(TRNSYS)	113
1.2 요소기술의 적용	115
2. 건물용도별 표준 설계도서	115

2.1 단독 주택	116
2.2 공동 주택	117
2.3 학교	118
2.4 호텔(숙박시설)	119
2.5 표준 건물의 연간 냉난방부하 및 에너지사용량	120
제2절 요소기술을 통한 에너지 절감방안	122
1. 건물 에너지절약 요소기술 및 절감을	122
1.1 요소기술 적용 Case 분석	122
1.2 단독주택 Case별 에너지절감률 분석	124
1.3 공동주택 Case별 에너지절감률 분석	125
1.4 호텔 Case별 에너지절감률 분석	126
1.5 학교 Case별 에너지절감률 분석	127
제 6장 결론	131
제1절 결론	131
1. 건물의 에너지 절감 노력 필수	131
2. 강원도내 건물의 에너지 및 온실가스 배출 특성	132
3. 온실가스 감축 방안	133
4. 강원도내 건물부문 정책 방향	134
참고문헌	140
부록 1. 에너지열량환산기준	141
부록 2. IPCC CARBON EMISSION FACTOR: CEF	143
부록 3. 건물 부문의 에너지사용량 및 온실가스 저감 기술	144

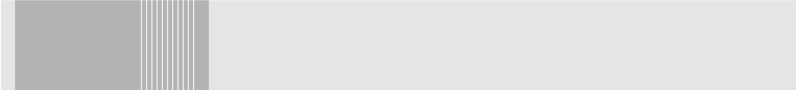


표목차

<표 I-1> Climate Group 온실가스 저감목표 및 방법	4
<표 I-2> 강원도 부문별 · 년차별 에너지소비 현황	6
<표 I-3> 가정 · 상업 부문 에너지 소비 현황	7
<표 II-1> 부문별 최종에너지 소비 변화(지식경제부, 에너지경제연구원, 2007)	16
<표 II-2> 부문별 최종에너지 수요 전망(지식경제부, 에너지경제연구원, 2007)	17
<표 II-3> 가정부문 최종에너지 소비량(국무총리실, 2008)	18
<표 II-4> 부문별 에너지절감 목표(국무총리실, 2008) (단위 : 백만 TOE)	18
<표 II-5> 부문별 최종에너지 수요 전망(지식경제부, 에너지경제연구원, 2007)	20
<표 II-6> 연면적당 에너지 사용량(지식경제부, 2006)	22
<표 II-1> 에너지절약계획서 제출 대상 건물	34
<표 II-2> 지역별 건축물 부위의 열관류율(제 21 조)	36
<표 II-3> EPBD의 주요 내용	38
<표 II-4> 저탄소 건물 프로그램 Phase 1의 기술 종류별 최대 보조금액	42
<표 II-5> 저탄소 건물 프로그램 Phase 2의 기술종류별 최대 보조금액 기준	42
<표 II-6> 독일 건물의 이산화탄소 배출 저감 프로그램 대출제도	44
<표 II-7> 독일 건물의 이산화탄소 배출 저감 프로그램 대출제도	46
<표 III-1> 조사 방법 및 진행체계	53
<표 III-2> 국내 전체 대상수 및 조사 대상 표본수, 표본률	54
<표 III-3> 국내 호텔의 평균 면적 및 객실수, 에너지사용량	55
<표 III-4> 국내 호텔의 평균 면적 및 병상수, 에너지사용량	59
<표 III-5> 국내 학교의 평균건축연면적 및 학생수, 에너지사용량	62
<표 III-6> 국내 아파트단지별 평균건축연면적 및 세대수, 에너지사용량	65

<표 III-7> 용도별 건축연면적당 평균원단위	68
<표 III-8> 강원도내 병원건물의 에너지사용현황 분석	69
<표 III-9> 강원도내 호텔건물의 에너지사용현황 분석	70
<표 III-10> 강원도내 학교건물의 에너지사용현황 분석	71
<표 III-11> 강원도내 아파트단지의 에너지사용현황 분석	72
<표 III-12> 강원도내 병원건물의 건축연면적당 에너지사용현황 분석	72
<표 III-13> 강원도내 학교건물의 건축연면적당 에너지사용현황 분석	73
<표 III-14> 강원도내 호텔건물의 건축연면적당 에너지사용현황 분석	74
<표 III-15> 강원도내 아파트 건축물의 건축연면적당 에너지사용현황 분석	75
<표 III-16> 강원도내 병원 건축물의 병상수당 에너지사용현황 분석	76
<표 III-17> 강원도내 학교 건축물의 학생수당 에너지사용현황 분석	76
<표 III-18> 강원도내 호텔 건축물의 객실수당 에너지사용현황 분석	77
<표 III-19> 강원도내 아파트단지의 세대당 에너지사용현황 분석	78
<표 IV-1> 온실가스 배출량 산정 가이드라인	82
<표 IV-2> 해외 가이드라인별 비교분석	82
<표 IV-3> 온실가스 배출원 구분	83
<표 IV-4> 조사 데이터	84
<표 VI-5> IPCC 탄소몰입율	87
<표 VI-6> 연료별 평균연소율 (IPCC, 1996)	88
<표 VI-7> 연차별 우리나라 전력배출계수	93
<표 IV-8> 국내 호텔의 연평균 온실가스 배출량	94
<표 IV-9> 국내 호텔의 연평균(2005~2008) 온실가스 원단위	94
<표 IV-10> 국내 학교의 연평균 온실가스 배출량	98
<표 IV-11> 국내 학교의 연평균(2005~2008) 온실가스 원단위	98
<표 IV-12> 국내 병원의 연평균 온실가스 배출량	101
<표 IV-13> 국내 병원의 연평균(2005~2008) 온실가스 원단위	102
<표 IV-14> 국내 아파트의 연평균 온실가스 배출량	105
<표 IV-15> 국내 아파트의 연평균(2005~2008) 온실가스 원단위	105
<표 VI-16> 강원도내 건물용도별 단위건물의 연간 온실가스배출량	109

<표 VI-17> 강원도내 건물용도별 단위건축연면적당 연간 온실가스배출 원단위	110
<표 VI-18> 강원도내 건물용도의 기준단위당 연간 온실가스배출 원단위	111
<표 V-1> 주거용 건물의 설정조건	120
<표 V-2> 주거용 건물의 사용스케줄	120
<표 V-3> 비주거용 건물의 사용스케줄(사무소-업무시설)	121
<표 V-4> 건물용도별 표준건물의 연간 냉난방부하 및 에너지사용량	121
<표 V-5> 주거용 건물의 냉난방부하 절감 방안	123
<표 V-6> 비주거용 건물의 냉난방부하 절감 방안	123
<표 V-7> 단독주택의 연간 냉난방부하 절감을	124
<표 V-8> 공동주택의 연간 냉난방부하 절감을	125
<표 V-9> 호텔의 연간 냉난방부하 절감을	126
<표 V-10> 학교의 연간 냉난방부하 절감을	127
<표 VI-11> 강원도내 건물용도의 기준단위당 연간 온실가스배출 원단위	129
<표 VI-1> 강원도내 건물용도별 원단위 종합 비교표	132
<표 VI-2> 강원도내 건물용도의 기준단위당 연간 온실가스배출 원단위	139
<표 부록 3- 1> 패시브하우스 적용 공법 기준	145
<표 부록 3-2> 구조벽체의 단열성능 비교	150
<표 부록 3- 3> 우드펠릿 사양(독일, 오스트리아 기준)	162
<표 부록 3- 4> 그린 투모로우와 국내 법규 상의 단열 기준 비교	167



그림목차

<그림 I-1> 연구대상지역의 범위	3
<그림 I-2> Global GHG abatement Cost Curve Beyond BAU-2030	5
<그림 1-3> 강원도 온실가스 배출현황 (2009. BSI 광역 시도별 온실가스 배출량)	6
<그림 1-4> 연구 목적 개요도	8
<그림 II-1> 영국의 건물에너지 성능 인증서	40
<그림 II-2> 패시브하우스 개요도	45
<그림 III-1> 호텔의 년차별 · 지역별 객실당 에너지사용원단위	56
<그림 III-2> 호텔의 지역별 객실당 에너지사용 평균 원단위(2005~2008)	57
<그림 III-3> 호텔의 년차별 · 지역별 건축연면적당 에너지사용원단위	58
<그림 III-4> 호텔의 지역별 에너지사용 평균 원단위(2005~2008)	58
<그림 III-5> 병원의 년차별 · 지역별 병상(Bed)당 에너지사용원단위	59
<그림 III-6> 병원의 지역별 병상당 에너지사용 평균 원단위(2005~2008)	60
<그림 III-7> 병원건축물의 년차별 지역별 연면적당 에너지사용원단위	60
<그림 III-8> 병원의 지역별 연면적당 에너지사용 평균 원단위(2005~2008)	61
<그림 III-9> 학교 건축물의 년차별 · 지역별 학생수당 에너지사용원단위	62
<그림 III-10> 학교건축물 지역별 학생수당 평균 에너지 원단위(2005~2008)	63
<그림 III-11> 학교건축물의 년차별 지역별 연면적당 에너지사용원단위	63
<그림 III-12> 학교의 지역별 연면적당 에너지사용 평균 원단위(2005~2008)	64
<그림 III-13> 아파트 건축물의 년차별 · 지역별 세대당 에너지사용원단위	65
<그림 III-14> 아파트의 지역별 단위 세대당 평균 에너지 원단위(2005~2008)	66
<그림 III-15> 아파트 건축물의 년차별 지역별 연면적당 에너지사용원단위	66
<그림 III-16> 아파트의 지역별 건축단위연면적당 평균 에너지원단위(2005~2008) ..	67
<그림 III-17> 용도별건축연면적당평균원단위	68

<그림 VI-1> 호텔의 년차별 · 지역별 온실가스 배출원단위	95
<그림 VI-2> 호텔의 연평균 지역별 단위건축연면적당 온실가스 배출원단위	96
<그림 VI-3> 호텔의 년차별 · 지역별 단위객실당 온실가스 배출원단위	97
<그림 VI-4> 호텔의 연평균 지역별 단위객실당 온실가스 배출원단위	97
<그림 VI-5> 학교건물의 년차별 · 지역별 온실가스 배출원단위	99
<그림 VI-6> 학교의 연평균 지역별 단위건축연면적당 온실가스 배출원단위	99
<그림 VI-7> 학교의 년차별 · 지역별 학생1인당 온실가스 배출원단위	100
<그림 VI-8> 학교의 연평균 지역별 학생1인당 온실가스 배출원단위	101
<그림 VI-9> 병원 건물의 년차별 · 지역별 온실가스 배출원단위	102
<그림 VI-10> 병원의 연평균 지역별 단위건축연면적당 온실가스 배출원단위	103
<그림 VI-11> 학교의 년차별 · 지역별 학생1인당 온실가스 배출원단위	104
<그림 VI-12> 병원의 연평균 병상당 온실가스 배출원단위	104
<그림 VI-13> 아파트 단지의 년차별 · 지역별 온실가스 배출원단위	106
<그림 VI-14> 아파트 연평균 지역별 단위건축연면적당 온실가스 배출원단위	106
<그림 VI-15> 아파트의 년차별 · 지역별 단위세대당 온실가스 배출원단위	107
<그림 VI-16> 아파트의 연평균 단위세대당 온실가스 배출원단위	108
<그림 V-1> TRNSYS 시뮬레이션 화면(예시)	114
<그림 V-2> 단독주택 평면도	116
<그림 V-3> 단독주택 입면도	116
<그림 V-4> 공동주택 단위세대 평면도	117
<그림 V-5> 공동주택의 입면도	117
<그림 V-6> 학교 평면도	118
<그림 V-7> 학교 입면도	118
<그림 V-8> 호텔 평면도	119
<그림 V-9> 호텔 입면도	119
[그림 부록 3- 1] 3중유리 구성	146
[그림 부록 3- 2] 3중 유리 시스템 창호	146
[그림 부록 3- 3] 그린홈 적용창호의 열성능	147
[그림 부록 3- 4] 외부차양 장치	148

[그림 부록 3- 5] 단열문 구성	149
[그림 부록 3- 6] 단열문 구성	149
[그림 부록 3- 7] 모서리 접합	151
[그림 부록 3- 8] 모서리 접합	151
[그림 부록 3- 9] 수평접합	151
[그림 부록 3-10] 내부모서리 접합	151
[그림 부록 3-11] 바탕 마감면	151
[그림 부록 3-12] 바탕 마감면 상세	151
[그림 부록 3-13] 열반사 단열재 적용에 따른 벽체구성 변화	152
[그림 부록 3-14] 이중외피 국내 설치사례	153
[그림 부록 3-15] 옥상녹화 설치사례	154
[그림 부록 3-16] 천정매립형 전열교환기	156
[그림 부록 3-17] 그린홈 설치 완료 모습	156
[그림 부록 3-18] 건식바닥 난방시스템 구조	156
[그림 부록 3-19] LED등	157
[그림 부록 3-20] 실시간 모니터링 시스템 개념도	158
[그림 부록 3-21] BIPV 상세(비정질)	158
[그림 부록 3-22] 그린홈에 적용된 태양열 집열기 구조	159
[그림 부록 3-23] 하이브리드형 지열시스템 개념도	160
[그림 부록 3-24] 그린홈 적용 연료전지	161
[그림 부록 3-25] 우드펠렛	162
[그림 부록 3-26] 집광채광 장치 구성	163
[그림 부록 3-27] 제로에너지 솔라하우스	164
[그림 부록 3-28] 그린홈 제로에너지 시범주택	165
[그림 부록 3-29] 3리터 하우스	166
[그림 부록 3-30] 그린 투모로우	168
[그림 부록 3-31] Darmstadt Kranichstein	169
[그림 부록 3-32] Kranichstein의 에너지소비량 모니터링	170
[그림 부록 3-33] etrium 의 전경	171



강원도 건물 온실가스 원단위 분석

□ 연구배경 및 목적

- 기후변화협약, 교토의정서, 발리로드맵 등 온실가스를 감축하기 위한 국제적 노력이 가속화 되고 있으며, 코펜하겐 기후변화 당사국 총회(COP15)를 통해 포스트교토(2013~2020)체제의 온실가스 감축에 관한 국제적 논의 진행
- 우리나라는 포스트교토체제에서의 중기 온실가스감축목표(2020년까지 BAU대비 30% 감축)발표 및 저탄소 녹색성장 기본법 제정 등 국제적 온실가스 감축 노력에 동참을 위한 노력 가속화
- 국가별 온실가스 감축노력을 위하여 국가 내 각 온실가스 배출부문별 한계저감 비용 분석 결과 건물 부문의 온실가스 감축잠재량이 가장 높고, 한계저감비용이 가장 낮음
 - IPCC : 건물부문 온실가스 감축잠재량 평균 29%
 - WBCSD : 건물부문 BAU 대비 77% 온실가스 감축 가능(EEB Project)
- 녹색성장위원회는 국가 온실가스 감축목표 달성을 위한 가장 선행 방법으로 “녹색

건축물 확대”를 제시

저탄소녹색성장기본법 : 녹색건축물 확대

국토해양부 : 건물부문 BAU 대비 30% 감축목표 설정

“ 녹색도시 활성화 방안” 마련

- 강원도는 전체 배출량의 40% 이상을 시멘트 산업 등의 산업공정 배출로써 지자체 차원의 온실가스 감축여력이 낮으며, 반면 강원도내 건축물은 노후화 등에 따라 지자체 차원의 온실가스 감축잠재량이 가장 높음
- 본 연구는 강원도내 에너지다소비 건물의 에너지와 온실가스 배출원단위를 전국 지자체와 비교를 통해서 온실가스 원단위 현황을 분석하고, 감축방안을 도출하기 위한 연구임.

□ 연구 방법

- 전국 지자체와의 비교 분석을 위하여 건물에너지다소비 건물의 에너지사용량과 관련 데이터를 조사 하여 분석
 - ※ 1차(서면조사), 2차(전화조사), 3차(방문조사)
- 본 연구는 에너지이용합리화 법에 따라 에너지사용량을 의무적으로 보고해야 하는 국내 에너지다소비 건물 851개를 대상으로 조사 실시. (2008년 기준)
 - ※ 이중 강원도내 대상건물이 있는 부문 4개로 압축(병원, 호텔, 아파트, 학교 : 총 446개로 표본 선정)
 - ※ 표본 중 조사 완료 데이터의 완전성 등 분석을 통해 최종 215 분석 대상 확정
 - ※ 분석대상은 전체 표본 중 48%이며, 업종별 평균 표본률은 65% 매우 높은 비율임
 - ※ 공공청사 및 사무실 건물의 경우, 강원도내 에너지사용량 신고대상 건물 부재로 인하여 분석에서 제외

□ 에너지 및 온실가스 원단위 분석 결과

- 강원도내 건물용도별 에너지와 온실가스 원단위는 전국평균에 비하여 대부분 낮게 나타났으며, 에너지와 온실가스 원단위의 전국대비 비율은 일정하게 나타남
 - * 학교건물의 경우 건축연면적은 전국평균에 비하여 30% 낮으며, 평균 학생수는 18% 적음
 - 강원도내 학교 건축물의 경우, 에너지사용효율이 타 지자체에 비하여 낮음을 알 수 있음.
- 강원도내 호텔(숙박시설), 병원 건물의 경우, 대도시와 비교하여 낮은 이용률을 가지고 있기 때문에 원단위가 낮게 나타남.

〈표 요약-1〉 강원도내 건물용도별 원단위 종합 비교표

대분류	중분류	소분류	강원도	전국평균	비율(%)
병원	면적원단위 (tCO2/m ² ·y)	에너지	0.041	0.064	64.1
		온실가스	0.106	0.167	63.5
	병상당 원단위 (tCO2/병상·y)	에너지	4.385	5.256	83.4
		온실가스	11.670	14.140	82.5
호텔	면적원단위 (tCO2/m ² ·y)	에너지	0.06	0.076	78.9
		온실가스	0.160	0.195	82.1
	객실당 원단위 (tCO2/객실·y)	에너지	7.893	11.899	66.3
		온실가스	20.920	30.440	68.7
학교	면적원단위 (tCO2/m ² ·y)	에너지	0.0217	0.0203	106.9
		온실가스	0.057	0.053	108.6
	학생수당 원단위 (tCO2/학생·y)	에너지	0.404	0.439	92.0
		온실가스	1.069	1.131	94.5
아파트	면적원단위 (tCO2/m ² ·y)	에너지	0.0253	0.0281	90.0
		온실가스	0.058	0.070	83.5
	세대당 원단위 (tCO2/세대·y)	에너지	1.944	2.364	82.2
		온실가스	4.16	5.27	78.9

- 강원도내 학교건물의 경우, 전국대비 에너지와 온실가스 배출비율이 6~8% 높게 나타나고 있기 때문에 학교건물의 에너지 절감 및 온실가스 감축 노력이 필요

□ 요소기술을 통한 에너지 및 온실가스 감축방안 도출

- 건물 용도별 TRNSY 시뮬레이션 결과, 창호의 변경만으로도 건물용도별 20% ~ 30% 이상을 감축할 수 있을 것으로 분석됨.
- 요소기술 적용효과는 창호변경 > 구조체단열강화 > 침기량 조절 순으로 나타났으며, 신기술(진공패널, 진공창)의 경우 10%~30% 정도의 감축효과를 가져오는 것으로 분석됨.(신기술의 경우 높은 비용으로 인하여 건축비용 상승 우려)
 - ※ 건물 용도별로 최대 감축잠재량을 살펴보면 단독주택 61.25% > 공동주택 호텔 50.28% > 40.78% > 학교 30.77%의 순으로 분석됨.
- 건물 구조체의 단열보강과 창호의 변경을 통해서 표준건물 대비 약 25%의 에너지 절감 가능할 것으로 분석됨
- 온실가스의 경우, 사용 난방연료 종류에 따라 온실가스 배출량이 크게 달라지기 때문에 도내 건물의 LNG 보급을 확대 추진하여 온실가스 배출량 감축 필요
 - ※ 등유(2.977tCO₂/toe), LNG(2.335tCO₂/toe)로 LNG가 동일 열량(Toe) 대비 약 12% 온실가스를 감축할 수 있음.

□ 강원도내 건축물 에너지 및 온실가스 감축을 위한 정책 도출

- LNG 보급 확대 추진
건물 부문의 온실가스 감축을 위해서 도시가스(LNG) 보급망을 확대하여 기존의 화석연료를 대체함으로써 온실가스 감축 기여 정책 추진 필요
- 지역난방 확대 추진
지역난방의 경우, 일반적으로 개별난방에 비하여 상당량 온실가스를 감축할 수 있는 시스템으로 도내 원주, 강릉, 춘천을 중심으로 지역난방 확대 보급 필요

- 친환경건축기준 마련 및 건축조례 개정
 녹색성장기본법 및 동법 시행령은 녹색건축물의 확대방안을 포함하고 있으며, 이에 강원도내 지역의 친환경건축기준을 마련하고 건축조례를 개정·시행함으로 신축건물의 에너지절감 및 온실가스 감축 유도
- 그린 캠퍼스 사업 확대 추진 필요
 강원도내 에너지 다소비 건물 중 학교건축물이 전국 타 지자체에 비하여 높은 에너지와 온실가스 배출원단위를 나타냄
 국토해양부 “녹색도시 활성화 방안” 의 주요정책에 그린캠퍼스 확대정책이 포함됨에 따라 해당 부처와 연계한 도내 대학의 그린캠퍼스 사업 추진 필요
- 에너지절약형 건축물의 보급 확대 및 지원방안 마련
 조례제정과 더불어 강원도내 에너지절약형 건축물의 보급 확대를 위한 인센티브 지원방안 마련을 통하여 도내 에너지다소비 건물의 보급 확대
- 도내 에너지다소비 건물의 에너지진단 지원 및 온실가스 감축사업 지원
 에너지관리공단과 연계하여 도내 에너지다소비 사업장의 에너지진단을 지원하여 에너지저감 사업 활성화를 유도하고, 해당 사업을 온실가스 감축사업으로 추진하여 배출권 사업으로 추진함으로써 추가적 편익 발생 및 활용 확대
- 목표관리제도 등 지원단 구축
 도내 에너지다소비 건물 중 에너지·온실가스 목표관리제도의 관리업체를 대상으로 목표관리제도의 효율적 대응방안 및 건물의 에너지절감 방안을 컨설팅 할 수 있는 지원방안으로 “지원단”을 구축하여 교육 및 무료컨설팅 등의 시스템 운영 필요
- 공공청사의 에너지절감 및 목표관리제도 대응 방안 마련 필요
 저탄소 녹색성장 기본법에 따라 공공청사의 에너지·온실가스 목표관리제도 도입

▣ 키워드 : 기후변화, 온실가스, 에너지원단위, 온실가스원단위, 에너지다소비건물

제 1 절 연구의 배경 및 목적

1. 연구의 배경
2. 연구의 목적 및 내용
3. 연구의 범위 및 방법, 절차

제 1 장

서 론



제1절 연구의 배경 및 목적

1. 연구의 배경

1.1 기후변화협약 및 교토의정서

- 1994년 기후변화협약¹⁾의 채택, 2005년 교토의정서의 발효에 따라 의무감축국으로 지정된 선진국은 2008년부터 2012년 까지 1990년 배출량 대비 평균 5.2%의 온실가스 감축목표 설정
- 교토의정서는 의무감축국의 감축목표 달성을 위한 국가간 협력을 위한 방법으로 교

1) 기후변화협약[UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change)]
" CO₂, CH₄, N₂O 등 온실효과를 나타내는 가스에 의해 지구온난화현상이 심각한 지구환경 문제로 대두되면서 체결된 국제협약으로 각국의 온실가스 배출을 규제하기 위한 기본협약임. UNFCCC의 궁극적인 목적은 대기 중 온실가스의 농도를 기후 시스템에 인간에 의해 발생된 위험한 수준의 교란을 막는 수준에서 안정화시키는 것이다. 각국은 기후변화를 방지하는 전략 및 계획을 수립하여 시행하도록 해야 하며, 선진국은 CO₂ 등 온실가스의 배출량을 2000년까지 1990년 수준으로 억제토록 노력할 것을 규정하고 있음. 1991년 UNCED 회의시 채택되어 94.12월 현재 106개국이 가입하였으며, 우리나라는 1993.12.14일 가입하였음"

토메카니즘(Kyoto Mechanism)을 제안하였으며, 청정개발체제(CDM), 공동이행(JI), 배출권거래제도(ET)를 합의.

- 2007년 발리 당사국총회(COP 13)에서 2012년 이후의 새로운 의정서 개발을 위한 “발리로드맵”을 합의하였으며, 세부 합의사항으로 2013년 이후 선진국과 개도국의 공동의 온실가스 감축 방안과 국가별 감축목표 협상계획 합의.
 - ※ 발리로드맵에 따라 2012년 이후 우리나라도 온실가스 감축 필요
- 2009년 11월 이명박대통령은 우리나라의 중기(2020년까지) 온실가스 감축목표를 2005년 배출량 대비 -4% 감축할 것을 대외적으로 선언.
 - ※ 2020년 배출전망치(BAU) 대비 -30% 감축
 - ※ 2010. 저탄소녹색성장 기본법 시행령에 감축목표 및 수치 명시

《우리나라 온실가스 배출특성》

< 배출 특성 >

- ▶ 2005년 온실가스 배출량 세계 9위, OECD 가입국 중 6위 (5.9억톤)
- ▶ OECD 가입국 중 1인당 온실가스 배출증가율 세계 1위(90.1%)
- ▶ 획기적 감축노력이 없을 경우 '20년 배출량은 '05년 대비 37.7% 증가 예상
- ▶ OECD 국가 중 제1차 이행기간 중 감축의무 면제국은 우리나라와 멕시코 뿐 임

< 국제적 평가 >

- ▶ 유럽 CAN(Climate Action Network)의 한국 기후변화 대응 수준
→ 평가대상 56개 국가 중 48위로 평가('07)
- ▶ 기후변화 관련지표를 포함한 WEF(World Economic Forum)의 환경성과지수(EPI)순위 하락
→ 149개 국가 중 2006년(42위), 2008년(51위)

1.2 국가별 온실가스 감축 전략 추진

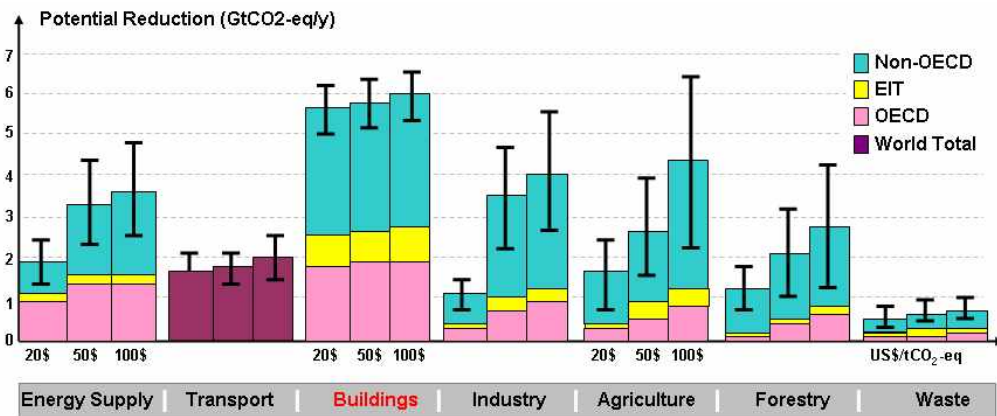
- 교토의정서 발효 이후 의무감축국은 감축목표 달성을 위하여 국가별 상황에 따라 다양한 전략을 추진 중에 있음.

- ※ 배출권 구매 : 일본, 네덜란드 등
- ※ CDM 투자 : 영국, 독일 등 (최대 수혜국 : 중국)
- ※ 강제할당을 통한 배출권거래제도 도입 : EU, 호주 등
- ※ 자발적 감축을 통한 배출권거래제도 도입 : 일본, 영국 등

- 교토메카니즘의 활용 등 외부적 활동을 통한 감축과 함께 자국 내에서 온실가스 감축을 위한 기술 개발 및 온실가스 감축 잠재량 분석을 통한 온실가스한계저감비용²⁾ 분석 실시
- 우리나라는 2007년 발리로드맵에 따라 2013년부터 온실가스를 감축해야 함에 따라, 이명박대통령은 2008년 8월 “저탄소 녹색성장”의 정부 정책 기조를 대외 공표와 더불어 녹색성장을 주도할 “녹색성장 위원회” 창설

1.2 건물부문은 온실가스 감축의 핵심

- IPCC는 효율적인 온실가스 감축을 위하여 국가별·부문별 온실가스 한계저감 비용을 실시



<그림 I-1> 연구대상지역의 범위

2) 온실가스한계저감비용(\$/CO21t) : CO2 1톤을 줄이기 위해 소요되는 비용

※ IPCC³⁾ 부문별 한계저감 비용 분석 결과, 건물부문의 온실가스 저감잠재량이 29%로 가장 높고, 한계저감비용이 가장 낮다는 연구 결과 발표

○ **Climate Group**은 2000년 수준 대비 50~85%까지 온실가스 배출량을 감축하기 위해서는 건물부문에서 17%의 저감을 달성해야 한다고 발표

〈표 I-1〉 Climate Group 온실가스 저감목표 및 방법

전력부문	수송부문	건물부문	산업부문
2050년까지 전체 감축량의 약38% 저감담당	2050년까지 전체 감축량의 약26% 저감담당	2050년까지 전체 감축량의 약17% 저감담당	2050년까지 전체 감축량의 약19% 저감담당
재생에너지, CCS, 원자력발전, 바이오매스	전기 및 수요연료전지 자동차, 현재 및 차세대 바이오연료, 연비향상기술	건물 기기의 에너지 효율화 기술, 그린빌딩 보급, 신재생에너지보급확대	CCS 적용과 산업용 모터 시스템의 효율화로

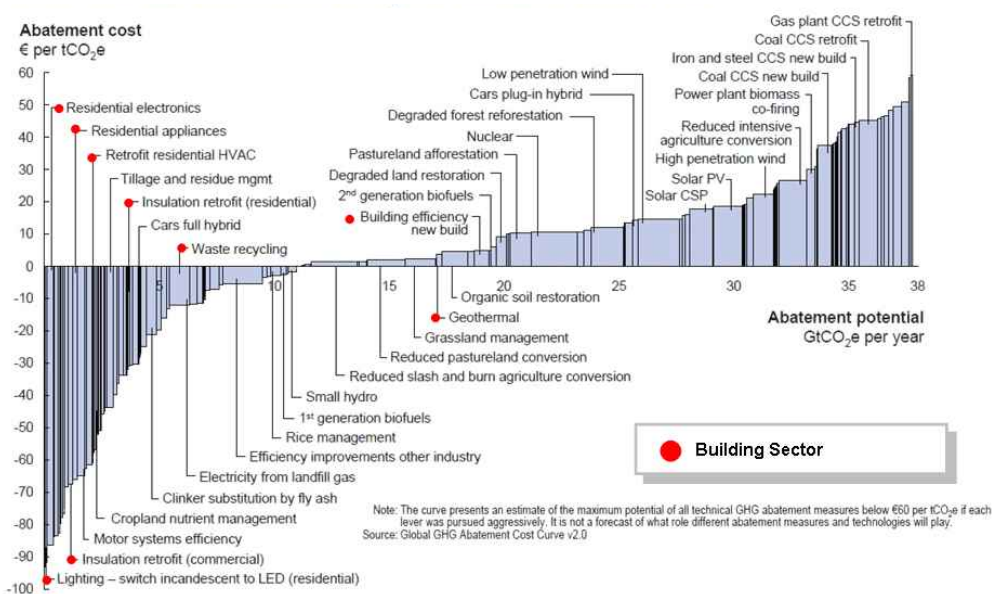
○ **WBCSD**는 6개 국가를 대상으로 5개년에 걸쳐 EEB(Energy Efficiency in Building) Project를 통해 세계 총에너지 사용량의 40%를 사용하는 건물부문에서 건물 에너지 효율화로 2050년까지 BAU대비(기준시나리오) 77%(48Gt) 온실가스 배출량 감소 가능하다고 발표

※ 건물부문의 주요 추진 정책 제안⁴⁾ : 건물에너지 소비규정강화, 라벨링확대, 리포팅

3) **기후변화에 관한 정부간 협의체**〔 IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) 〕
 “ 88년에 세계기상기구(WMO)와 유엔 환경계획(UNEP)에 의해 설립. IPCC의 목표는 인위적인 기후변화에 관련된 과학적·기술적 사실에 대한 평가를 제공하고 사회경제적 영향을 예측, 전망하는 것이다. 현재 IPCC는 세계의 우수한 전문 과학자들과 평가자, 권위자들로 구성되어 있다. 60개국의 기후변화 전문가들과 환경, 사회, 경제학자들은 기후 변화와 그 영향에 대한 과학적 이해를 위해 정기 보고서를 준비한다. 3개의 실무 그룹으로 구성되어 있고 매년 한 번씩 열리는 본회의에서 패널들이 모여 IPCC 보고서를 검토하고 이후의 실무 그룹의 연구방향을 계획해 나간다. 또한 IPCC는 기상학과 관련한 연구를 진행하고 기후변화 협약의 부속기구에 과학 자문의 역할을 한다. IPCC의 첫 번째 보고서는 1990년에 나왔으며 UNFCCC의 설립에 크게 기여했다. 1995년에 나온 두 번째 보고서에서는 과학적으로 기후변화를 기정사실화했으며 교토의정서 채택의 기반을 마련하였다. 올 해(2001년) 초에는 3차보고서가 나왔다. 이 보고서는 기후변화가 지역에 따라 다른 모습으로 나타나며 가난한 열대국가 일수록 이러한 기후변화의 영향에 취약함을 보여주고 있다.”

메카니즘 도입, 적합한 에너지가격과 탄소비용, 투자보조, 전문인력양성, 에너지효율적인 건축설계 및 기술 강화

- McKinsey 연구소는 온실가스 감축 기술별 한계저감비용분석을 통해서 건물부분의 주요 기술이 한계저감비용이 매우 낮으며, 온실가스 감축을 위해 가장 선행적으로 적용해야 하는 기술임을 제시



<그림 I-2> Global GHG abatement Cost Curve Beyond BAU-2030

- 녹색성장위원회는 우리나라의 온실가스 감축목표 설정과 함께 온실가스 감축목표 달성 방안을 제시하였으며, 가장 우선적 감축 대책으로 “녹색건축물의 확대방안” 임을 발표(2009. 녹색성장위원회)
- 국토해양부는 2009년 대통령 보고과정에서 국가 온실가스 감축목표 달성을 위하여 건물부문에서 30%의 온실가스 감축방안을 제시(2009. 국토해양부)

4) WBCSD - “Transforming the Market : Energy Efficiency in Building”

1.3 강원도는 건물부문의 온실가스 감축 급선무

- 강원도의 에너지사용량은 지속적으로 증가하고 있으며, 가정·상업부문의 에너지사용량은 전체 사용량 중 약 20%를 차지하고 있음

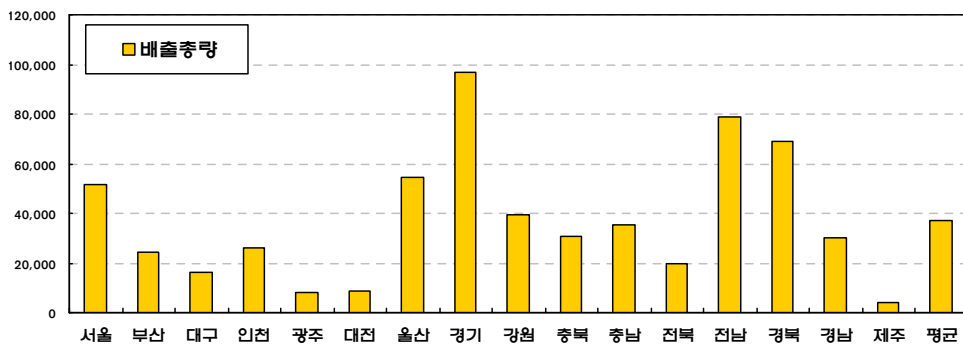
<표 1-2> 강원도 부문별·년차별 에너지소비 현황

년도	에너지산업	광업·제조업·건설업	수송	가정·상업	공공·기타	농림어업	총합계
2002	1,039,467	2,943,080	1,206,312	1,293,000	172,203	161,505	6,815,568
2003	1,109,182	3,187,483	1,290,620	1,306,944	185,990	147,441	7,227,661
2004	918,024	2,922,198	1,235,043	1,269,755	179,939	106,761	6,631,721
2005	882,202	2,780,717	1,154,992	1,317,020	199,167	93,102	6,427,200
2006	884,066	2,810,196	1,147,232	1,249,271	209,714	77,825	6,378,305
2007	810,420	3,150,916	1,262,382	1,246,095	202,461	69,763	6,742,038

단위:TOE

- 국가 온실가스 감축목표 선언, 녹색성장기본법 시행령 발효에 따라 지자체의 온실가스 감축압력이 가속화 될 것임.(2005년 배출량 기준)

- ※ 강원도 온실가스 배출총량 : 전국 6위
- ※ 강원도 1인당 온실가스 배출량 : 전국 3위
- ※ 총 배출량 중 산업공정 배출비율 : 전국 1위
- ※ 총지역내 총 생산당 온실가스 배출 비율 : 전국 2위



<그림 1-3> 강원도 온실가스 배출현황 (2009. BSI 광역 시도별 온실가스 배출량)

- 강원도 가정 상업 부문은 전력> 석유류> 도시가스 > 석탄류의 순으로 많은 에너지를 사용하고 있으며, 국내 다른 지자체와 비교하였을 때, 석탄류의 사용량이 많음.

〈표 1-3〉 가정·상업 부문 에너지 소비 현황

	2002년	2003년	2004년	2005년	2006년	2007년
휘발유	127	127	127	254	1,272	636
등유	432,421	399,552	329,972	300,802	238,479	200,630
경유	22,158	24,316	47,768	38,416	22,877	40,718
경질중유	148	296	-	148	148	148
중유	-	153	153	307	153	153
벙커C유	46,589	45,802	42,969	42,339	38,719	35,099
항공유	-	139	-	-	-	-
프로판	163,034	151,354	134,418	146,779	70,859	91,105
부탄	1,089	1,198	1,198	327	1,743	1,525
기타	3,434	4,006	4,149	2,647	8,371	6,081
석유코크	-	-	-	-	13,650	-
석탄	104,000	102,000	101,000	124,000	140,000	122,000
도시가스	116,000	133,000	139,000	150,000	171,000	180,000
전력	404,000	445,000	469,000	511,000	542,000	568,000
총합계	1,293,000	1,306,944	1,269,755	1,317,020	1,249,271	1,246,095

단위:TOE

- 강원도는 지리적 특성상 타 지자체와 달리 아파트보다 단독주택의 보급 비율이 높으며, 타 지자체에 비하여 노후화된 건축물로 인한 건물의 에너지 효율 수준이 전반적으로 낮음.

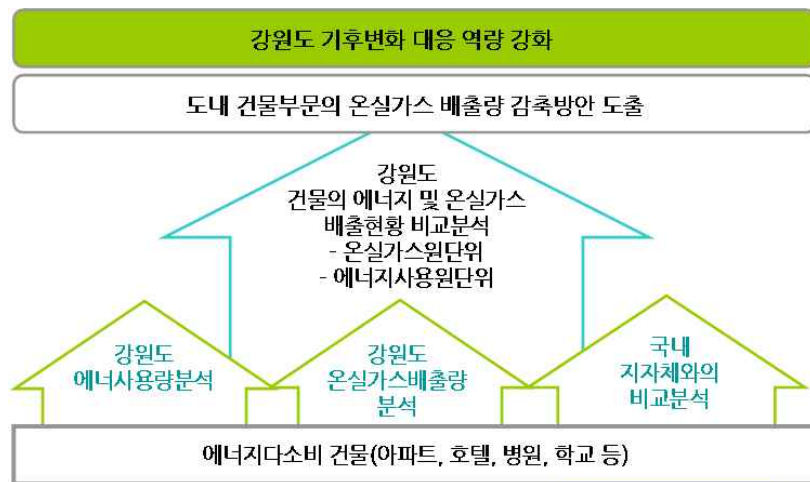
※ 강원도 주택비율 (2007 국가통계포털)

단독주택 56% : 아파트 35%, 기타 9% - 원주, 춘천 제외

2. 연구의 목적 및 내용

2.1. 연구 목적

- 기후변화협약 및 저탄소 녹색성장 기본법 시행령에 따라 강원도의 온실가스 감축을 통한 기후변화 대응 필요
- 강원도의 경우, 지리적·사회경제적 여건으로 인하여 주택의 비율이 높고, 가정상업 부문의 높은 온실가스 배출연료인 석탄류와 석유류의 사용량이 많음
 - ※ 강원도 전체 온실가스 배출량 중 산업공정부문의 배출이 40% 이상으로, 실질적 온실가스 감축 여력이 많은 건물부문의 온실가스 감축이 가장 급선무
- 도내 에너지다소비 건물의 에너지사용량 및 온실가스 배출량을 분석하여, 국내 타 지자체와의 비교검토를 통해서 강원도내 건물 부문의 온실가스 감축 방안을 모색하고자 함. (강원도 내 에너지다소비 건물의 에너지 사용량 원단위 분석)
- 강원도 건물부문의 온실가스 감축을 통한 도내 온실가스 배출량의 감소 기여 및 기후변화 관련 국내 정책의 대응 역량 강화



<그림 1-4> 연구 목적 개요도

2.1. 연구 내용

- 국내외 건물 부문의 주요 정책 동향 분석
 - 국토해양부 기후변화 대응 방안 및 관련 정책 조사
 - 국외 국가별 건물부문의 주요정책 동향 분석

- 국내 에너지다소비 건물의 에너지사용량 조사 분석
 - 에너지다소비 건물의 조사
 - 사업장별 에너지사용량 및 사용에너지원 조사
 - 사업장별 2005년 이후 에너지사용량 패턴 조사
 - 지자체별·업종별·년차별 에너지사용원단위 비교분석
 - 강원도내 에너지다소비건물의 에너지사용원단위 특성 분석

- 온실가스 배출량 산정을 위한 계수 개발 및 배출량 분석
 - 온실가스 배출량 산정을 위한 년차별 전력 배출계수 산정
 - 에너지사용량 조사를 기반으로 온실가스 배출량 산정
 - 사업장별 2005년 이후 온실가스 배출량 패턴 조사
 - 지자체별·업종별·년차별 온실가스 배출 원단위 비교분석
 - 강원도내 에너지다소비건물의 온실가스 배출 원단위 특성 분석

- 에너지다소비 건물의 업종별 에너지 절감 가능량 도출
 - 에너지다소비 건물 업종별 표준주택의 설정
 - 에너지다소비 건물별 에너지저감 요소기술 도출
 - TRNSYS 시뮬레이션을 통한 에너지사용량 감축 시뮬레이션
 - 요소기술을 통한 최적 에너지사용 절감 방안 도출

- 강원도내 에너지다소비 건물의 온실가스 감축방안 도출
 - 정책적 측면의 온실가스 감축방안 도출
 - 기술적 측면의 온실가스 감축방안 도출

3. 연구 범위 및 방법

3.1. 연구 범위

○ 에너지 다소비 건물의 선정

- 본 연구는 시간·공간·범위·예산의 제약으로 인하여 국내 전체 지자체의 건물 용도별 에너지사용량을 분석하는 것에 한계가 있음.
- 에너지이용합리화법 제25조제1항 및 동법시행규칙 제12조에서 에너지다소비 건물의 대상과 에너지사용량 신고 등의 규정 활용 대상 선정.
- 에너지사용량 신고대상 건물의 규정에 따라 조사 대상 업종을 학교, 병원, 호텔, 아파트로 정의함.
- 에너지이용합리화법에 따라 규정된 전국의 에너지다소비 건물(851개 건물)을 본 연구의 주요 분석 대상으로 선정하여, 지역별·용도별로 구분함
 - ※ 병원(69개), 아파트(251개), 학교(80개), 호텔(55개) 등
- 조사 대상 건물의 2005년 이후 2008년까지의 년차별 에너지사용량을 조사하여 에너지사용량에 근거하여 온실가스 배출량 산정

○ 온실가스 배출계수의 개발 및 사용

- 온실가스 배출량 산정을 위해서는 에너지원별 온실가스 배출계수의 적용이 반드시 필요하며, 연구의 정확성을 높이기 위하여 국제적 표준을 적용 선정함.
 - ※ IPCC 온실가스 배출계수
 - ※ CDM(청정개발체제)Guideline의 전력 온실가스 배출계수 산정방법(ACM0012)

○ 공간·시간적 범위

- 전국의 지자체 및 에너지다소비 신고 대상 사업장 전체를 대상으로 설정
- 온실가스 배출패턴을 분석하기 위하여 2005년부터 2008년을 대상기간으로 설정

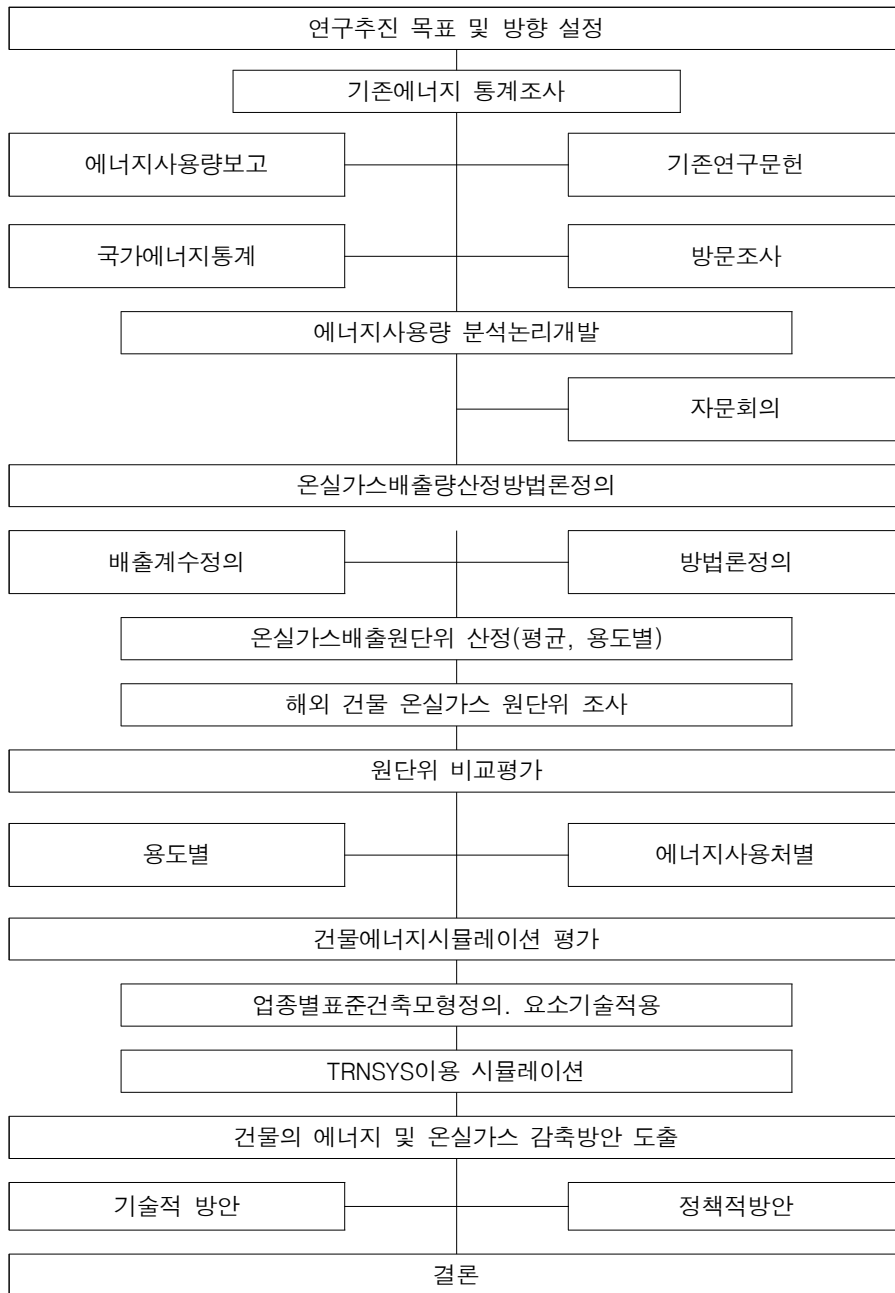
○ 강원도의 비교검토를 위한 도내 시설 위주의 대상 설정

- 강원도의 현황을 비교하기 위하여 강원도내 시설물을 기준으로 업종 선정
 - ※ 학교, 호텔, 병원, 아파트 4개 업종으로 대상 선정

3.3. 연구 방법

- 문헌조사
 - 녹색성장 기본법 및 시행령, 에너지이용합리화법 등의 관련 법규 조사
 - 국내외 건물에너지 관련 발표자료 및 정부 정책 자료집 참조
 - 관련 논문 및 브리프 참조
- 기존 연구사례 조사
 - 경기도 온실가스 저감을 위한 건물에너지관리방안 연구
 - 건축물의 LCA를 위한 원단위 작성 및 프로그램 개발 연구 등 참조
- 관련 전문가 자문 실시
 - 건물에너지 관련 국내 전문가 자문 활용
 - 건물의 에너지저감 및 시뮬레이션 등의 일부 전문가 자문 실시
- 서면 및 방문 조사
 - 1차 : 건물에 에너지 사용량 조사를 위한 서면 공문 조사
 - 2차 : 미 제출 사업장을 대상으로 일부 방문 조사 실시
- 전문 에너지시뮬레이션 프로그램 활용
 - 건물의 에너지정량 분석을 위한 국제적 신뢰성 높은 시뮬레이션 프로그램 활용
 - TRNSY 에너지 시뮬레이션 프로그램 이용
- 통계분석
 - 조사된 에너지사용량의 통계프로그램을 이용한 정확한 통계분석 실시
- 국제 표준 Standard 및 가이드라인 이용
 - 연구 결과의 정확성을 높이기 위하여 IPCC, CDM 등의 표준 가이드라인 적용

3.3. 연구 절차



제 2 장

국내외 건물부문 기후변화 대응 주요정책동향

- 제 1 절 국내 건물 에너지온실가스 관련 주요 통계
- 제 2 절 국내 건물에너지 주요 정책
- 제 3 절 국외 건물에너지 관련 주요 정책 동향

제 2 장

국내외 건물부문 기후변화 대응 주요 정책동향



제1절 국내 건물 에너지·온실가스 관련 주요 통계

1. 국내 건물부문 에너지사용 현황

1.1 건물부문 에너지사용량 추이 및 전망

- 건물에너지는 편의상 가정상업 및 공공기타 부문에서 사용되는 에너지로 정의되며, 최종에너지 소비에서 건물에너지가 차지하는 비중은 1997년 24.8%(공공기타 1.9%, 가정상업 22.9%)에서 2006년 22.9%(공공기타 2.2%, 가정상업 20.7%)로 다소 감소 추세
- 부문별로는 가정상업의 비율이 감소한 대신 공공기타 부분은 소폭 증가한 것으로 나타났으며, 최근 10년간 가정·상업 부문은 8.8%, 공공기타 부문은 41.3% 증가, 두 부문을 합한 건물에너지의 연평균 증가율은 1.3%로 나타남
 - ※ IMF의 영향으로 1998년에 에너지 소비가 크게 감소하였다가 다시 증가하는 양상을 보이고 있다.

〈표 II-1〉 부문별 최종에너지 소비 변화(지식경제부, 에너지경제연구원, 2007)
 (단위 : 천 TOE, 괄호안은 부문별 구성비(%))

구분	2001	2002	2003	2004	2005	2006	연평균 증가율
공공/기타	2,989 (2.0)	3,191 (2.0)	3,593 (2.2)	3,595 (2.2)	4,068 (2.4)	3,836 (2.2)	3.9%
가정/상업	32,893 (21.5)	34,299 (21.4)	34,965 (21.3)	34,807 (21.0)	36,861 (21.6)	35,986 (20.7)	0.9%
수송	31909 (20.9)	33,763 (21.0)	34,632 (21.1)	34,615 (20.9)	35,559 (20.8)	36,527 (21.0)	1.9%
산업	85,158 (55.7)	89,197 (55.6)	90,805 (55.4)	92,992 (56.0)	94,366 (55.2)	97,235 (56.0)	2.5%
합계	152,949	160,450	163,995	166,009	170,854	173,584	2.1

- 2006년 기준 에너지원별 최종에너지 소비는 석유제품이 55.9%로 가장 비중이 높고, 전력(17.3%), 석탄(13.1%), 도시가스(10.6%), 기타(2.4%), 열에너지(0.8%)의 순으로 나타남
 - ※ 석유류 소비는 산업 부문 및 수송 부문의 비중이 높은 반면 도시가스는 가정·상업 부문에서 많이 소비되고 있으며, 전력은 건물 부문 보다 산업 부문의 소비 비중이 약간 높게 나타나고 있음.

- 가정·상업부문의 경우 2006년 기준으로 전력은 12,883천TOE(35.8%), 도시가스는 12,858천TOE(35.7%)로 비중이 비슷하며, 석유, 열에너지, 석탄, 기타 순을 보이고 있음
 - ※ 최근 10년간 석유류의 소비는 급격하게 감소한 반면 도시가스와 전력 소비는 각각 연평균 8.0%, 8.7%의 증가율을 보이고 있음.

〈표 II-2〉 부문별 최종에너지 수요 전망(지식경제부, 에너지경제연구원, 2007)
(단위 : 천 TOE)

구분	2001	2002	2003	2004	2005	2006
석탄	727	697	722	775	1,074	1,226
석유제품	12,474	11,955	11,156	9,773	9,437	7,513
도시가스	9,412	10,241	10,889	11,293	12,503	12,858
전력	9,005	9,859	10,585	11,352	12,233	12,883
열에너지	1,125	1,196	1,296	1,312	1,491	1,391
기타	151	351	344	302	123	115
합계	32,895	34,300	34,966	34,808	36,862	35,987

- 공공기타 부문 역시 가정·상업 부문과 마찬가지로 석유류의 소비가 최근 10년간 연평균 1.5%비율로 감소한 반면, 전력과 기타 에너지원 소비가 각각 연평균 7.0%, 24.0% 증가하여, 2006년 기준으로 전력이 48.7%인 1,868천TOE로 가장 많은 비중을 차지하고 다음이 석유, 기타 에너지 순으로 나타남.

1.2 건물부문 에너지수요 전망 및 절감 목표

- “제1차 국가에너지기본계획(2008~2030)”에 따르면 최종에너지 수요는 2006~2030년 기간 동안 연평균 1.4% 증가할 것으로 예상
 - ※ 이 중 가정·상업부문은 서비스업의 상대적인 높은 성장으로 연평균 2.1%의 수요 증가가 예상되며, 공공·기타 부문도 전 부문 평균 증가율보다 높은 1.9%의 증가율을 보일 것으로 전망
 - ※ 같은 기간 동안 인구는 연평균 0.03%, 가구수는 연평균 0.6% 증가할 것으로 전망하고 있으며, 에너지 이용 효율화 등으로 에너지 원단위는 감소할 전망
- “제1차 국가에너지기본계획(2008~2030)”은 에너지원단위를 연평균 2.6%씩 개선하

여2030년까지 47% 향상시키고, 2006년 대비 최종에너지를 15.3%, 1차에너지는 12.4% 줄이는 목표를 제시

※ 최종에너지 절감량 3,760만TOE의 절반 이상인 1,670만TOE는 산업부문에서 줄이고, 건물부문에서도 1,390만TOE를 줄일 계획

※ 이를 위해 가정·상업부문의 연평균 에너지소비 증가율은 2.1%에서 1.1%로, 공공·기타부문은 1.9%에서 0.3%로 감소시킬 예정

〈표 II-3〉 가정부문 최종에너지 소비량(국무총리실, 2008)

(단위 : 백만 TOE, 괄호안은 부문별 구성비(%))

구분	2006	2010	2015	2020	2025	2030	연평균 증가율(%)			
							06-10	10-20	20-30	06-30
가정/상업	36.0 (20.7)	40.9 (21.5)	45.8 (22.0)	50.7 (22.5)	55.4 (23.0)	59.1 (24.1)	3.3	2.2	1.5	2.1
공공/기타	3.8 (2.2)	4.5 (2.4)	4.9 (2.4)	5.3 (2.4)	5.7 (2.4)	6.0 (2.4)	4.2	1.7	1.1	1.9
산업	97.2 (56.0)	105.8 (55.6)	115.8 (55.6)	125.3 (55.6)	134.2 (55.7)	134.0 (54.7)	2.1	1.7	0.7	1.3
수송	36.5 (21.0)	38.9 (20.5)	41.5 (19.9)	44.1 (19.6)	45.8 (19.0)	45.9 (18.7)	1.6	1.2	0.4	1.0
합계	173.6	190.2	208.1	225.4	241.0	245.1	2.3	1.7	0.8	1.4

〈표 II-4〉 부문별 에너지절감 목표(국무총리실, 2008)

(단위 : 백만 TOE)

구분	2006	2030				
		전망	목표	절감량	절감율	
최종 에너지	산업	97.2	134.0	117.3	16.7	12.5%
	수송	36.5	45.9	39.0	7.0	15.1%
	가정/상업	39.8	59.1	47.1	12.0	20.3%
	공공/기타	3.8	6.0	4.1	1.9	31.5%
	합계	173.6	245.1	207.5	37.6	15.3%
1차에너지	233.4	342.8	300.4	42.3	12.4%	

1.3 건물부문 온실가스 배출현황 및 특성

- 가정·상업, 공공·기타부문의 온실가스 배출량은 2005년 기준 75.2백만톤 CO₂로, 온실가스 총 배출량의 12.7%를 차지하여 최종에너지 소비 비중과 많은 차이를 보이고 있음.
 - ※ 국가 온실가스 배출량 통계가 최종에너지가 아닌 1차 에너지를 기준으로 산정하기 때문에 차이발생
 - ※ 건물에서 소비하는 최종에너지 중 전력 등은 에너지전환 부문에서 생산된 것으로 국가 온실가스 배출량 통계에서는 전환 부문 온실가스 배출량에 포함
- 1990~2005년 동안 온실가스 배출은 297.5백만톤 CO₂에서 591.1백만톤 CO₂로 증가하였으며, 이는 주로 전환, 산업, 수송 부문의 온실가스 배출 증가에 따른 것
- 가정·상업 및 공공·기타 부문은 연평균 1.1% 비율로 배출량이 감소한 것으로 나타나고 있으나 전환 부문 온실가스 배출량 증가의 일부분은 바로 건물 부문 최종에너지 수요 증가에 의한 것임
 - ※ 건물부문 온실가스 배출량은 연도별로 편차가 있는데 1995년에 배출량이 가장 많았으며, '00~'04년까지 감소하다 '05년에는 다시 증가
- 지식경제부·에너지경제연구원(2004)의 연구에 따르면 가정·상업, 공공·기타 부문 온실가스 배출량은 2002년 18.1백만TC에서 2020년 23.9백만TC로 증가할 것으로 나타남
 - ※ 산업부문은 에너지 다소비 산업의 성장이 점차 둔화되면서 배출비중이 크게 줄어들고, 수송과 전환부문의 비중이 늘어나는 등 부문별 구성비에는 변화가 생길 것임
 - ※ 가정부문은 2002년 11.2%에서 2020년 9.0%로 감소하고, 상업, 공공·기타 부문은 3.0%에서3.4%로 증가할 것으로 전망

〈표 II-5〉 부문별 최종에너지 수요 전망(지식경제부, 에너지경제연구원, 2007)
 (단위 : 백만 TC, 괄호안은 부문별 구성비(%))

구분	2005	2010	2015	2020
가정	14.3(10.3)	15.1(9.3)	16.3(9.3)	17.4(9.0)
상업·공공·기타	4.40(3.2)	5.2(3.2)	5.9(3.4)	6.5(3.4)
전환	45.9(33.0)	58.1(35.9)	60.3(34.4)	69.4(35.9)
산업	44.7(32.1)	47.5(29.4)	50.6(28.9)	53.7(27.8)
수송	30.0(21.5)	35.9(22.2)	42.0(24.0)	46.2(23.9)
합계	139.3	161.8	175.1	193.2

1.3 건물부문 에너지 소비특성

1.3.1 가정부문

- 우리나라 국민 1인당 에너지 소비는 2004년 4,300.6천kcal로, 1998년 IMF 이후 지속적으로 증가하고 있으나 IMF 이전 수준에는 이르지 못함
 - ※ 가구당 소비는 2004년 13,015.8kcal로, IMF 시기보다는 소비량이 많지만 2001년에 비해 연평균 2.4% 감소
 - 독신 및 2인 가구수 증가에 따른 가구당 가구원수 감소가 영향을 미치는 것으로 분석
 - ※ 표본가구에 의한 가정부문 에너지원별 소비량은 도시가스가 전체의 42.1%로 가장 높은 비중을 차지하고 다음으로 석유류(30.2%), 전력(20.3%), 열에너지(6.2%) 순으로 나타남
 - ※ 월별로는 1월이 가장 많고, 2월, 12월 순으로 겨울철에 연간 에너지 소비의 40.8%가 집중되는 것을 알 수 있으며, 봄과 가을은 각각 25.9%, 21.1%이며, 여름철에 12.2%의 에너지를 소비하고 있음
 - 전력은 여름철 냉방수요를, 도시가스와 석유류는 겨울철 난방 수요를 반영

- 난방설비 중에서는 도시가스 보일러가 55.1%를 차지하여 가장 높은 비중을 보이고 있고, 다음이 석유보일러 20.2%, 지역난방 8.7%의 순으로 나타남
 - ※ 에너지관리공단 조사에 의하면 가정 부문 난방용으로 가장 많이 소비되는 에너지원은 도시가스이며(49.4%), 다음이 석유류(23.0%), 전력(19.1%)의 순임(에너지관리공단, 2007).
 - ※ 난방설비별 가구당 에너지 소비량은 중앙난방이 15,451천kcal로 가장 많으며, 석유보일러와지역난방, 연탄보일러 순으로 나타남
 - ※ 소득계층별로는 가구의 소득수준이 낮을수록 연탄 및 석유류의 점유율이 높고, 가스류 및 열에너지의 소비비중은 낮게 나타남
 - 소득이 높을수록 가구당 에너지 소비는 증가하는 경향을 보였으나, 전력 및 열에너지 소비량은 증가하는 반면 석유류 소비는 감소하는 등 에너지원별로 차이 발생
- 주택 건축년도별로는 주택의 건축시기가 오래될수록 연탄과 석유의 소비비중이 높고, 최근 건축된 주택일수록 가스 및 열에너지의 소비비중이 증가
 - ※ 2000년 이후 건축된 주택의 가구당 에너지소비는 14,120.5천kcal로 90년대 12,388.7천kcal, 80년대 12,958.9천kcal, 70년대 12976.0천kcal, 60년대 12440.7천kcal, 60년대 이전 12795.5천kcal 보다 높는데 이는 소득증가에 따라 사용 건평이 늘어났기 때문인 것으로 보임

1.3.2 상업·공공부문

- 상업·공공부문 에너지 소비를 업종별로 보면 숙박 및 음식점업이 30.9%로 가장 비중이 높았고, 도매 및 소매업 17.9%, 기타 공공, 수리 및 개인서비스업이 10.8%, 교육서비스업 7.6%, 오락문화 및 운동관련 서비스업 6.5%의 순임
 - ※ 전 업종에서 전력의 사용 비중이 가장 높게 나타남
- 용도별로는 살펴보면 난방이 29.5%로 가장 많고 조명기타 24.0%, 냉방 17.4%, 설비 14.3%의 순으로 나타났으며, 2001년에 비하면 기존의 난방이 줄어드는 반면, 조

리 및 설비, 조명 기타 부분의 비중이 상대적으로 커지고 있음

- 년 4,300.6천kcal로, 1998년 IMF 이후 지속적으로 증가하고 있으나 IMF 이전 수준에는 이르지 못함

1.3.3 대형건물

- 2004년도 대형건물의 평균 연면적당 에너지 소비는 225천kcal/m²를 기록하였으며, 전력소비는 114kWh/m²로 나타났다. 연면적당 에너지소비는 2001년 대비 3.2% 증가한 반면, 전력소비는 16.3%의 큰 폭으로 증가
 - ※ 건물종류별로는 호텔(-0.7%)과 아파트(-6.1%)를 제외한 모든 용도에서 2001년 보다 증가하였고, 상업용(15.1%), 전화국(7.6%), 교육용(5.9%)이 높은 증가율
- 2004년 기준으로 연면적당 에너지소비는 전화국, 병원, 호텔이 각각 592천kcal/m², 461천kcal/m², 458천kcal/m²로 높게 나타났고, 아파트가 155천kcal/m²로 가장 낮게 나타남.
 - ※ 전력의 경우 전화국과 상업용 건물이 각각 407kWh/m², 311kWh/m²로 가장 높았고 아파트가 40kWh/m²로 가장 낮음
- 대형건물의 연면적당 에너지소비 증가는 상업용 건물의 영업시간 증가 및 조명서비스 고급화, 쾌적한 교육서비스 제공을 위한 교육용 냉난방 수요 증가, 인터넷 및 휴대폰 사용의 급속한 증가에 따른 통신업의 설비증가 등에 기인하는 것으로 분석됨

〈표 II-6〉 연면적당 에너지 사용량(지식경제부, 2006)

(단위 : 총에너지는 천 kcal/m², 전력은 kWh/m²)

구분		업무용	상업용	교육용	호텔	병원	전화국	아파트
2004 년도	총에너지	243	397	179	458	461	592	155
	전력	174	311	114	238	202	407	40



제2절 국내 건물 에너지·온실가스 관련 주요 정책 동향

1. “녹색 도시·건축물 활성화방안”, 국토해양부 외, 2009”

1.1 추진 배경 및 개요

- 국토해양부는 11월 5일 녹색성장위원회 제6차 회의에 '녹색도시·건축물 활성화 방안'을 발표
 - ※ 온실가스 감축목표 : 2020년까지 약6천3백만CO₂ 감축
 - ※ 에너지 감축목표 : 2020년까지 약1천8백만TOE 절감

- 기후변화협약은 선진국에 온실가스 감축의무를 부과(97년,교토 의정서)하였고, 선진국들은 온실가스 감축목표 설정
 - ※ 2020년 중기 감축목표를 국가별로 설정하여 발표 중
 - (선진국) 독일 1990년 대비 40%, 영국 36%, 일본 25%, 미국7% 감축
 - (개도국) 대만 2025년에 2000년 수준 동결, 멕시코 2012년 5천만톤 감축

- 국가 온실가스 감축목표를 이행하고 저탄소 녹색성장을 구현하기 위해서는 도시, 특히 건축물 분야의 역할이 매우 중요
- 건축물 분야는 국가 온실가스 배출량의 25% 이상을 차지하며, 녹색건축물 보급을 통한 온실가스 감축여력이 큼

- 저탄소 녹색도시·건축물 조성을 위한 제도 기반 구축 노력
 - ※ 녹색도시 조성을 위한 도시계획 수립 지침 제정(09.7), 친환경주택 건설기준 고시(09.10), 탄소배출권 도입
 - ※ 사업간 연계부족, 민간의 관심과 참여 부족, 관련 기술 및 인력 부족 등으로 추진 동력 확보와 가시적 성과 도출에 애로

1.2 건축부문 부문 주요 내용

□ 신규 건축물에 대한 에너지 기준 강화

- 건축물의 냉난방 성능을 2012년까지 현재의 두 배로 강화
 - ※ White Roof, 차양장치 등 냉방에너지 저감을 위한 기준 도입
- 대기전력 차단장치, LED 조명, 스마트 계량기 등 에너지 저감 설비 확대
- 창호 등 부분별 관리에서 에너지소비총량 관리로 전환(2010)
- 2025년부터 민간주택 포함 에너지제로하우스 의무화 추진 예정
- 보금자리 주택을 통하여 그린홈 100만호 공급(2009~2018)
 - ※ 에너지소비를 30% 절감한 공동주택으로 건설
 - 단열성능 향상, LED 조명, 고효율 보일러, 태양열·지열 냉난방 설치
 - ※ 민간 공동주택 및 보금자리 주택의 에너지성능 기준을 단계별로 강화
- 공공건축물에 친환경 기술, 신재생에너지 적용 강화
 - ※ 일정규모 이상 공공건축물의 친환경 인증 의무화(2010)
 - ※ 신재생에너지 설비 의무대상 확대(연면적 3,000m²에서 1,000m², 2010)

□ 기존 건축물의 에너지효율 개선

- 민간의 자발적 참여 유도
 - ※ 건축물 매매·임대시 “에너지소비증명서” 발급 의무화(2012)
 - 연간 에너지소비량 및 이산화탄소배출량, 주요에너지설비 성능 등 표시
- 친환경 및 에너지효율등급 인증제 활성화(2010부터)
- 에너지 효율개선 지원
 - ※ 기존 공동주택 100만호 그린홈으로 전환(2010부터 2018까지)
 - ※ 녹색 금융을 이용하여 기존 건축물 개보수 비용 저리융자
- 공공건축물의 에너지 효율개선 추진
 - ※ 공공청사의 에너지진단 및 효율개선
 - 2012년까지 30%를 LED로 교체하고 금년 내 백열전구 퇴출
 - ※ 노후화된 학교를 다양한 유형의 그린스쿨로 전환(2009년부터)
 - 연간 50여개 초·중·고등학교에 2,000억 지원

- ※ 에너지를 많이 소비하는 대학의 그린캠퍼스 유도(2009년부터)
- ※ 신제품의 시장 진입 및 수요촉진의 1차 시장으로 역할
- ※ 녹색건축 기술의 Test-Bed
- ※ 공공청사의 랜드마크화를 통한 시장선도

□ 건축물 사용자의 절약 유도

- 정부 및 공공기관의 에너지절약 솔루션법
 - ※ 청사 등 공공기관 목표관리제 실시, 냉난방 온도 제한
- 가정 및 사무실에서의 에너지절약 생활화
- 탄소포인트제도의 전국확대시행(2009년)
- 대형병원, 백화점 등 에너지 다소비 건축물은 상시적 관리 유도
 - ※ 에너지관리자선임의무화(2010), 에너지사용 목표관리제도 시범사업 (2010)

□ 녹색건축 기술개발 및 인프라 구축

- 기술 수준 제고 및 국제 경쟁력 확보
 - ※ 2015년까지 세계최고 수준의 고효율 에너지설비 기술 개발
- 녹색건축 기술의 해외 수출 지원
- 녹색건축물 활성화 기반 조성
 - ※ 에너지절약전문기업(ESCO), 건축설계·엔지니어링 업체 등의 기술 교육 지원
- 국가 차원의 건축물 에너지관리 통계시스템 구축(2010년부터 2013년까지)

2. 저탄소 녹색성장 기본법 및 시행령

2.1 추진 배경 및 개요

- 저탄소 녹색성장을 국가발전 패러다임으로 뒷받침할 ‘저탄소 녹색성장 기본법’이 2009년 12월 29일 제285회 국회 제1차 본회의에서 통과.
- 저탄소 녹색성장기본법은 기후변화·에너지·환경위기 및 글로벌 경제위기를 동시에

극복하고 새로운 성장 동력을 창출하기 위한 필수적인 법률

- 정부는 지난 2008년 8.15 광복절 경축사에서 저탄소 녹색성장을 향후 60년의 새로운 국가비전으로 제시하고, 2009년 2월 녹색성장위원회를 설립
 - ※ 2009년 7월에는 ‘녹색성장 국가전략과 5개년 계획’을 수립했으며, 11월에는 국가 온실가스 감축목표를 발표하는 등 국정 의 핵심의제로 추진
 - ※ 영국·프랑스·일본 등 의무감축국가들(Annex 1)도 기후변화법, 에너지법 등 개별법을 통해 지구온난화 문제를 다루고 있음

- 우리나라의 ‘저탄소 녹색성장 기본법’의 경우 기후변화·에너지 대응에 그치는 것이 아니라, 녹색기술과 R&D, 녹색산업 구조로의 전환과 지원, 녹색국토·도시·건물·교통, 녹색생활 등을 포괄적으로 규정하고 있는 종합법이자 상위 기본법으로서 국제적인 선도입법 사례라 할 수 있음

- ‘녹색성장기본법’의 주요 내용은 대통령 소속 녹색성장위원회 활동, 녹색경제·녹색산업의 육성·지원 시책을 마련, 녹색산업투자회사를 설립, 기후변화대응 기본계획과 ‘에너지기본계획’을 수립·시행, 온실가스 종합정보관리체계를 구축·운영, 녹색생활 실천을 위한 교육·홍보 등을 강화 등을 골자로 하고 있음

2.2 건축 부문 주요 내용

□ 저탄소녹색성장기본법[법률 제9931호, 2010. 1.13, 제정]

○ 제49조(녹색생활 및 지속가능발전의 기본원칙) 녹색생활 및 지속가능발전의 실현을 위한 국가의 시책은 다음 각 호의 기본원칙에 따라 추진되어야 한다.

1. 국토는 녹색성장의 터전이며 그 결과의 전시장이라는 점을 인식하고 현세대 및 미래세대가 쾌적한 삶을 영위할 수 있도록 국토의 개발 및 보전·관리가 조화될 수 있도록 한다.

2. 국토·도시공간구조와 건축·교통체제를 저탄소 녹색성장 구조로 개편하고 생산자와 소비자가 녹색제품을 자발적·적극적으로 생산하고 구매할 수 있는 여건을 조성한다.

○ 제54조(녹색건축물의 확대) ① 정부는 에너지이용 효율 및 신·재생에너지의 사용 비율이 높고 온실가스 배출을 최소화하는 건축물(이하 “녹색건축물”이라 한다)을 확대하기 위하여 녹색건축물 등급제 등의 정책을 수립·시행하여야 한다.

② 정부는 건축물에 사용되는 에너지소비량과 온실가스 배출량을 줄이기 위하여 대통령령으로 정하는 기준 이상의 건물에 대한 중장기 및 기간별 목표를 설정·관리하여야 한다.

③ 정부는 건축물의 설계·건설·유지관리·해체 등의 전 과정에서 에너지·자원 소비를 최소화하고 온실가스 배출을 줄이기 위하여 설계기준 및 허가·심의를 강화하는 등 설계·건설·유지관리·해체 등의 단계별 대책 및 기준을 마련하여 시행하여야 한다.

④ 정부는 기존 건축물이 녹색건축물로 전환되도록 에너지 진단 및 「에너지이용 합리화법」 제25조에 따른 에너지절약사업과 이를 통한 온실가스 배출을 줄이는 사업을 지속적으로 추진하여야 한다.

⑤ 정부는 신축되거나 개축되는 건축물에 대해서는 전력소비량 등 에너지의 소비량을 조절·절약할 수 있는 지능형 계량기를 부착·관리하도록 할 수 있다.

⑥ 정부는 중앙행정기관, 지방자치단체, 대통령령으로 정하는 공공기관 및 교육기관 등의 건축물이 녹색건축물의 선도적 역할을 수행하도록 제1항부터 제5항까지의 규정에

다른 시책을 적용하고 그 이행사항을 점검·관리하여야 한다.

⑦ 정부는 대통령령으로 정하는 일정 규모 이상의 신도시의 개발 또는 도시 재개발을 하는 경우에는 녹색건축물을 확대·보급하도록 노력하여야 한다.

⑧ 정부는 녹색건축물의 확대를 위하여 필요한 경우 대통령령으로 정하는 바에 따라 자금의 지원, 조세의 감면 등의 지원을 할 수 있다.

□ 저탄소녹색성장기본법 시행령

○ 제42조(녹색건축물의 기준) ① 법 제54조 제2항에 따른 “대통령령으로 정하는 기준 이상의 건물”이란 「건축법」 시행령 제91조제2항에서 규정하고 있는 건축물을 말한다.

② 국토해양부장관은 법 제54조 제2항에 따른 중장기 목표 설정 및 관리를 위하여 시행계획을 수립하고 필요한 경우 세부기준을 정할 수 있다.

○ 제43조(녹색건축물 확대 등) ① 법 제54조제6항에서 “대통령령으로 정하는 공공기관 및 교육기관”이란 다음 각호의 어느 하나의 기관을 말한다.

1. 「공공기관의 운영에 관한 법률」 제2조의 규정에 의한 공공기관
2. 「지방공기업법」 제49조의 규정에 의한 지방공사 및 동법 제76조의 규정에 의한 지방공단
3. 「정부출연연구기관 등의 설립·운영 및 육성에 관한 법률」 제8조 또는 제18조의 규정에 의한 연구기관 또는 연구회
4. 「과학기술분야 정부출연연구기관 등의 설립·운영 및 육성에 관한 법률」 제8조 또는 제18조의 규정에 의한 연구기관 또는 연구회
5. 「지방자치단체출연 연구원의 설립 및 운영에 관한 법률」 제4조의 규정에 의한 지방자치단체출연연구원
6. 「국립대학병원 설치법」 및 「국립대학치과병원 설치법」, 「서울대학교병원 설치법」 및 「서울대학교치과병원 설치법」에 따른 병원
7. 국가가 설립 운영하는 국립대학 및 지방자치단체가 설립 운영하는 공립대학

② 법 제54조제7항에서 “대통령령으로 정하는 일정규모 이상의 신도시의 개발”이란 함은 다음 각 호를 말한다.

1. 「도시개발법」에 따라 100만 제곱미터 이상의 규모로 시행되는 도시개발사업
2. 「택지개발촉진법」에 따라 330만 제곱미터 이상의 규모로 시행되는 택지개발사업
3. 「신행정수도 후속대책을 위한 연기·공주지역 행정중심복합도시 건설을 위한 특별법」에 따라 시행되는 행정중심복합도시건설사업
4. 「기업도시개발 특별법」에 따라 시행되는 기업도시개발사업
5. 「공공기관 지방이전에 따른 혁신도시 건설 및 지원에 관한 특별법」에 따라 시행되는 혁신도시개발사업
6. 그 밖의 다른 법률에 의하여 개발되는 100만 제곱미터 이상의 규모로 시행되는 도시개발 사업

③ 법 제54조제8항에 따라 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 자금의 지원, 조세의 감면 등의 지원을 할 수 있다.

1. 「건축법」 제65조제4항에 따라 친환경 건축물 인증등급을 받은 건축물
2. 「건축법」 제66조제2항에 따라 국토해양부장관이 고시한 건축물 에너지 절약 설계기준에서 산정한 에너지 성능지표 점수의 합계가 80점 이상이거나 동법 제66조의2에 따른 건축물 에너지 효율등급을 받은 건축물
3. 「건축법」 제22조에 따라 사용승인서를 받은 후 5년이 지난 건축물 중 국토해양부장관이 에너지 성능 개선을 위해 자금지원 및 조세의 감면이 필요하다고 인정한 경우
4. 그밖에 이와 유사한 경우로서 국토해양부장관이 인정한 경우

3. 제4차 기후변화 대응 종합대책

3.1 추진 배경 및 개요

- 정부는 2008년 12.17(월), 전 한덕수 국무총리 주재로 기후변화대책위원회를 개최하여 기후변화 제4차 종합대책을 심의·확정하였음
- 제4차 종합 대책은 최근 기후변화와 관련한 국제 동향, OECD 가입국으로서의 지

위, 에너지 부문 이산화탄소(CO₂) 배출 10위국이라는 우리나라의 위상을 고려하여, 대외적으로는 국제사회의 온실가스 저감노력에 적극적으로 동참하여 기후변화에 대한 대응의지를 표명하는 한편, 내적으로도 기후변화에 대한 조기 대응을 통해 부담을 최소화하고자 마련

○ 특히, 향후 우리 경제의 성장 동력 확충을 위해서는 저탄소 사회시스템의 조기정착이 필요하다는 판단하에, 환경보호·에너지 저소비·경제성장을 동시에 달성하는 녹색성장(Green Growth)의 토대 구축

○ 이번 대책은 '국제적 위상에 부합하는 온실가스 감축 및 기술개발을 통한 기후변화 영향 최소화'라는 비전하에 국가 온실가스 감축 목표 제시와 함께 구체적인 방안 등을 포함하고 있으며, 관계부처 협의 및 공청회(2008.12.11) 등을 거쳐 최종 확정

3.2 건축 부문 주요내용

○ (건물분야) 건축물 에너지효율 개선

※ 건축물의 에너지절약설계기준의 강화 및 지속적 정비추진

- 「에너지효율등급 인증제」 제도기반을 조성하기 위한 건축법시행령 개정 및 「지능형건축물 인증제도」 대상 건축물 확대 추진('08년)

○ (대규모 주거 및 산업단지) 집단에너지 공급 확대

※ 열병합발전을 통한 환경친화적 熱源을 '12년까지 총 30개 사업장*에 추가 공급함으로써 약 2.5백만 CO₂톤의 온실가스 감축

- 집단에너지 공급계획('07년→'12년) : 집단주거지역(26 →52개 지역), 산업단지(21→25개 사업장)

○ (가정·산업용 기기) 에너지이용 효율화

※ '10년부터 대기전력 저감기준(1W) 미달제품에 대한 경고표시 의무화('Standby

Korea 2010)

- ※ 에너지사용이 큰 기기에 대해 효율등급표시 및 최저소비 효율기준 적용 확대('06년 17개 → '12년 22개)

4. 제1차 국가에너지기본계획

4.1 추진 배경 및 개요

- 정부는 2008년 12.17(월), 기후변화대책위원회를 개최하여 "저탄소 녹색성장 구현" 등 미래지향적 에너지정책 방향의 제시하기 위하여 2030년까지의 중기 "제1차 국가에너지기본계획"을 수립 확정
 - ※ 20년을 계획기간으로 하는 국가에너지기본계획을 5년마다 수립 및 시행(에너지기본법 제6조1항)
- 중장기 에너지정책의 기본방향을 설정하여 국민경제의 건전한 발전에 필요한 에너지자원의 확보, 국내 수급안정 및 공급 인프라 확충, 에너지 이용의 합리화 등에 체계적으로 대응
 - ※ 에너지 분야는 화석연료 자원의 고갈, 기후변화 등 인류사적 도전에 직면하고 있으며, 각 국은 미래지향적 에너지정책을 국가적 과제로 추진
- 미래비전의 새로운 패러다임으로서 "녹색성장" 구현을 위한 에너지정책의 기본방향을 제시하며, 에너지 안보, 효율, 환경 등 국가에너지 정책목표를 효과적으로 달성하는데 기여
- 에너지 관련 모든 분야를 대상으로 하며, 다른 에너지 관련 계획과 체계적으로 연계하고 거시적인 관점에서 조정하는 기본계획
 - ※ 에너지원별, 부문별 등 다른 에너지 관련 계획에 대하여 원칙과 방향을 제시하는 최상위 계획

4.2 건축 부문 주요내용

- **가정·상업부문 목표 : 에너지절약·친환경 건축 및 에너지절감 역량 강화**
 - 건물의 설계·건축 단계에서 에너지효율 관리 강화
 - ※ 에너지사용계획협의 제도를 활용하여 도시개발 계획 시 지역 전체 에너지 효율적 이용과 재생에너지의 적극적 활용 추진
 - 단열기준 등 건축물 에너지절약 설계기준을 단계적으로 상향조정하여 선진국 수준으로 강화
 - 건축물의 벽면·창호의 단열성능 강화, 고효율에너지기기 설치 의무 확대 등
 - ※ 에너지절약형 표준설계 가이드라인 개발 및 보급 확대
 - 자연에너지를 최대한 활용하고 에너지 손실을 최소화하는 패시브하우스 (Passive House), 탄소중립형·에너지제로(Zero) 주택·빌딩 등 초에너지절약형 건물 개발 및 보급
 - 건축물 에너지효율 정보 제공·활용 시스템 확대 및 기존 건물에 대한 에너지절약형 리모델링 활성화
 - ※ 건축물 에너지효율등급 인증 확대 및 건축물 대장에 에너지성능을 기재하는 “건축물 에너지효율 표시제도”를 모든 건물에 단계적 확대
 - 기존 건물에 대한 에너지진단을 통해 일정율의 에너지 소비효율향상을 권고하고 이행에 따른 인센티브제도 도입
 - 에너지 효율기준의 단계별 상향 표준화를 통한 신기술 R&D 육성 및 시범적용 활성화
 - ※ 조명, 기기·설비, 가전제품 등 고효율화
 - LED 보급 활성화, 모든 가전제품 대기전력 1W 달성, 백열전구 퇴출 등
 - 집단에너지 공급확대 및 소형 열병합발전을 통해 대규모 주택단지 중심 난방에너지 효율 향상 및 가스냉방 보급 확대 추진
-
- **공공·인프라 부문 목표: 사회전체적인 절약분위기 선도**
 - 공공부문의 에너지절약 선도 역할 강화
 - ※ 공공기관별 5년 단위 에너지절약 실천계획 수립 및 매년 추진상황 보고·공표

- 공공건물 에너지소비 총량제 및 신재생에너지 활용 강화
- 정부행사는 탄소중립(Carbon neutral)으로 추진
- 에너지 공급자의 효율향상 목표설정 등을 통해 에너지효율에 대한 투자·지원을 점진적으로 확대
 - ※ 도시가스, 발전, 집단에너지, 석유정제 등 효율향상 투자대상 확대
 - ※ 에너지원별 요금체계의 합리적인 개편을 통한 효율향상 투자 여건 조성
- 소비부문별 에너지효율 지표관리 및 효율정책 평가관리 강화
 - ※ 효율지표 개발·관리, 시책의 모니터링 및 평가 시스템 구축·운영
- 에너지절약 사회 분위기 조성으로 탄소저감형 생활문화 정착
 - ※ 일상생활에서 직접 참여할 수 있는 국민실천 행동요령 등 범 국민적 에너지절약 및 탄소저감형 생활문화 확산
 - ※ 에너지절약·환경 교육의 평생학습 체계구축 및 프로그램 운영
 - ※ 효율개선 기술개발 및 기술의 대외수출을 위한 에너지효율 국제협력 강화

5. 기타 건축물의 관련 국내 규정

5.1 에너지절약 설계기준(2010 개정 내용 반영)

- 국토해양부의“ 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙”제21조 및 제22조는 건물의 효율적인 에너지 관리를 위한 건축물의 열손실 방지 조치 및 에너지 절약계획서 제출을 규정
 - ※ 동 규정에 의한 열손실 방지 등 에너지절약 설계에 관한 기준, 에너지절약계획서 작성 기준 및 에너지절약 성능 등에 따른 건축기준 완화에 관한 구체적인 기준은“건축물의 에너지절약설계기준”에 제시
- 건축법 시행령 제91조 제2항에 의한 연면적 500제곱미터 이상인 공동주택, 문화시설, 종교시설, 업무시설, 학교시설 등은 건축물을 설계할 때 건축, 기계설비, 전기설비, 그리고 신·재생에너지설비 부문에 대해 열손실 방지 등“건축물의 에너지절약설

계기준”을 준수해야 함

※ 부문별 기준은 각각 의무사항과 권장사항으로 구분되며, 아래표에서와 같이 50세대 이상의 공동주택, 바닥면적 합계가 3천 제곱미터 이상인 연구소, 업무시설, 판매시설 등 규모가 큰 대형 건물은 에너지절약계획서를 제출해야 함.

〈표 II-1〉 에너지절약계획서 제출 대상 건물

건축물 용도	규모	냉난방 설비
공동주택(기숙사 제외)	50세대 이상	
연구소, 업무시설	바닥면적 합계 3,000㎡ 이상	
기숙사, 병원, 유스호스텔, 숙박시설	바닥면적 합계 2,000㎡ 이상	
일반목욕장, 실내수영장, 특수목욕장	바닥면적 합계 500㎡ 이상	
도매시장, 소매시장, 상점	바닥면적 합계 3,000㎡ 이상	중앙집중식 냉난방설비를 설치한 경우
공연장, 집회장, 관람장, 학교	바닥면적 합계 10,000㎡ 이상	중앙집중식 공기조화설비 또는 냉난방설비를 설치한 건축물

- 2010.04 개정안, 현행 건축물 에너지절약 설계기준에서 대기전력 저감형 콘센트를 60% 이상 적용할 경우 가산점을 부여해 오던 권장사항을 의무화함
- ※ 일정 규모 이상의 건축물을 지을 경우 에너지 절약계획서를 제출해야 하며, 총점이 60점 이상인 경우에만 건축 허가

5.2 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙

- 현재 건축물의 에너지절약과 관련된 법규는 건축법과 에너지이용합리화법으로 구분되어 있으며, 건축법 제 59조 제 2항에는 건축물에 대한 효율적인 에너지 이용을 위한 종합대책을 수립·시행하여야 하고 일정 용도와 규모의 건축물에 대한 효율적인 에너지 관리를 위하여 필요한 설계·시공·감리 및 유지·관리에 관한 기준을

정하여 고시할 수 있도록 되어 있음

- 일정 기준에 적합하게 설계한 건축물에 대하여는 대통령이 정하는 기준에 따라 제 32조, 제 48조 및 제 51조 규정에 의한 조경설치면적, 용적률 및 건축물의 높이를 완화하여 적용할 수 있도록 되어 있음
- 건축법 시행령 제 91조 제 2항에는 국토해양부령이 정하는 기준에 따라 열의 손실을 방지하기 위하여 단열재를 설치하는 등 필요한 조치를 하여야 하며, 제 91조 제 3항에는 제 59조 제 3항의 규정에 의하여 법 제 59조 제 2항의 규정에 의한 에너지절약설계기준에 적합하게 설계하는 건축물에 대하여는 법 제 32조, 법 제 48조 및 법 제 51조의 규정에 의한 기준을 100분의 115의 범위 안에서 완화하여 적용할 수 있도록 되어 있음
- 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙 제 21조 제 1항에서는 건축물의 열손실방지 등의 에너지이용합리화를 위한 조치로 아래 표와 같이 거실의 외벽, 최상층에 있는 거실의 반자 또는 지붕, 최하층에 있는 거실의 바닥, 공동주택의 측벽 및 층간 바닥, 창 및 문의 열관류율을 정해놓고 있음

〈표 II-2〉 지역별 건축물 부위의 열관류율(제 21 조)

[단위 : W/m²·k, 괄호안은 kcal/m²·h·°C]

건축물부위		지역	중부지역	남부지역	제주도
거실의 외벽	외기에 직접 면하는 경우		0.47 이하 (0.40) 이하	0.58 이하 (0.50) 이하	0.76 이하 (0.65) 이하
	외기에 간접 면하는 경우		0.64 이하 (0.55) 이하	0.81 이하 (0.70) 이하	1.10 이하 (0.95) 이하
최하층에 있는 거실의 바닥	외기에 직접 면하는 경우	바닥 난방	0.29 이하 (0.25) 이하	0.35 이하 (0.30) 이하	0.41 이하 (0.35) 이하
		기타	0.41 이하 (0.35) 이하	0.52 이하 (0.45) 이하	0.58 이하 (0.50) 이하
	외기에 간접 면하는 경우	바닥 난방	0.35 이하 (0.30) 이하	0.41 이하 (0.35) 이하	0.47 이하 (0.40) 이하
		기타	0.41 이하 (0.35) 이하	0.47 이하 (0.40) 이하	0.52 이하 (0.45) 이하
최상층에 있는 거실의 반자 또는 지붕	외기에 직접 면하는 경우		0.52 이하 (0.45) 이하	0.58 이하 (0.50) 이하	0.64 이하 (0.55) 이하
	외기에 간접 면하는 경우		0.58 이하 (0.50) 이하	0.64 이하 (0.55) 이하	0.76 이하 (0.65) 이하
공동주택의 측벽			0.35 이하 (0.30) 이하	0.47 이하 (0.40) 이하	0.58 이하 (0.50) 이하
공동주택의 층간 바닥	바닥 난방		0.81 이하 (0.70) 이하	0.81 이하 (0.70) 이하	0.81 이하 (0.70) 이하
	기타		1.16 이하 (1.0) 이하	1.16 이하 (1.0) 이하	1.16 이하 (1.0) 이하
창 및 문(*)	외기에 직접 면하는 경우	주택	3.00 이하 (2.58) 이하	3.30 이하 (2.84) 이하	4.20 이하 (3.61) 이하
		주택 외	3.40 이하 (2.92) 이하	3.80 이하 (3.18) 이하	4.40 이하 (3.78) 이하
	외기에 간접 면하는 경우	주택	4.30 이하 (3.70) 이하	4.70 이하 (4.04) 이하	6.00 이하 (5.16) 이하
		주택 외	4.60 이하 (3.96) 이하	5.30 이하 (4.56) 이하	6.30 이하 (5.42) 이하



제3절 국외 건물부문 에너지절약 정책 및 제도

1. 유럽연합의 건물 에너지성능 지침(EPBD)

1.1 개요

- EU 국가의 건물에서 소비되는 에너지와 이로 인한 온실가스 배출량은 전체 배출량의 40% 이상을 차지하며, 그 비율도 점점 증가하는 추세임
- EC(European Commission)는 비용효과적인 방법으로 EU 건축물의 에너지 성능을 개선하고 각기 다른 유럽 국가들의 건축 기준을 통일하기 위해 건물의 에너지성능 지침(Energy Performance Building Directive:이하 EPBD)을 마련
- EPBD의 정책 수단을 통해 건물부문 에너지 소비량을 2010년까지 10%, 2020년까지 20% 줄이고, 2010년까지 약 4,500만 톤CO₂의 이산화탄소를 감축하며, 2010년까지 2백만 개의 기존 건물에 에너지 등급을 부여할 계획
 - ※ 2006년 1월까지 회원국은 각국의 법률에 EU 규정을 반영하게 되어 있으나 이행이 미흡하여 2009년까지 다시 3년의 유예기간이 주어짐.

1.2 주요 내용

- 주요 내용을 보면 건물의 에너지성능을 종합적으로 계산할 수 있는 방법론을 적용하고 신축건물과 기존건물을 대대적으로 개보수할 때 최소한의 에너지성능기준을 적용하여야 하며 건물의 건축, 매매, 양도 시에 에너지성능을 제시해야 함
- 보일러와 공조 시스템의 정기적인검사와 에너지성능 평가를 위한 전문가를 양성하도록 규정

- EPBD가 제정되면서 덴마크, 독일, 영국, 프랑스 등은 기존의 건물에너지 규정을 강화하였으며 최소 에너지성능 기준을 약 25% 강화
 - ※ 몇몇 국가를 제외하고는 건물에너지성능 인증서는 새로운 규정이어서 에너지효율적인 건물의 건설이나 개보수를 촉진하기 위한 재정지원 등 지원 제도가 늘어날 것으로 보임
 - ※ 덴마크는 EPBD 지침을 이행하기 위해 모든 신축건물의 에너지성능 기준을 25~30% 강화하고 저에너지 건물 등급을 도입하여 이전에 비해 각각 50%, 75% 적게 에너지를 사용하는 건물에 2등급과 1등급을 부여함
 - ※ 독일은 기름 및 가스보일러를 일정 연한이 지나면 에너지고효율의 새 보일러로 교체해야 하며, 포르투갈 역시 2006년에 EPBD 이행을 위한 새로운 법이 통과되어 모든M건물에 태양열 사용을 의무화하고 에너지성능 기준에 미달하는 연면적 1,000㎡ 이상의 기존 건물은 의무적으로 개보수해야 함.

〈표 II-3〉 EPBD의 주요 내용

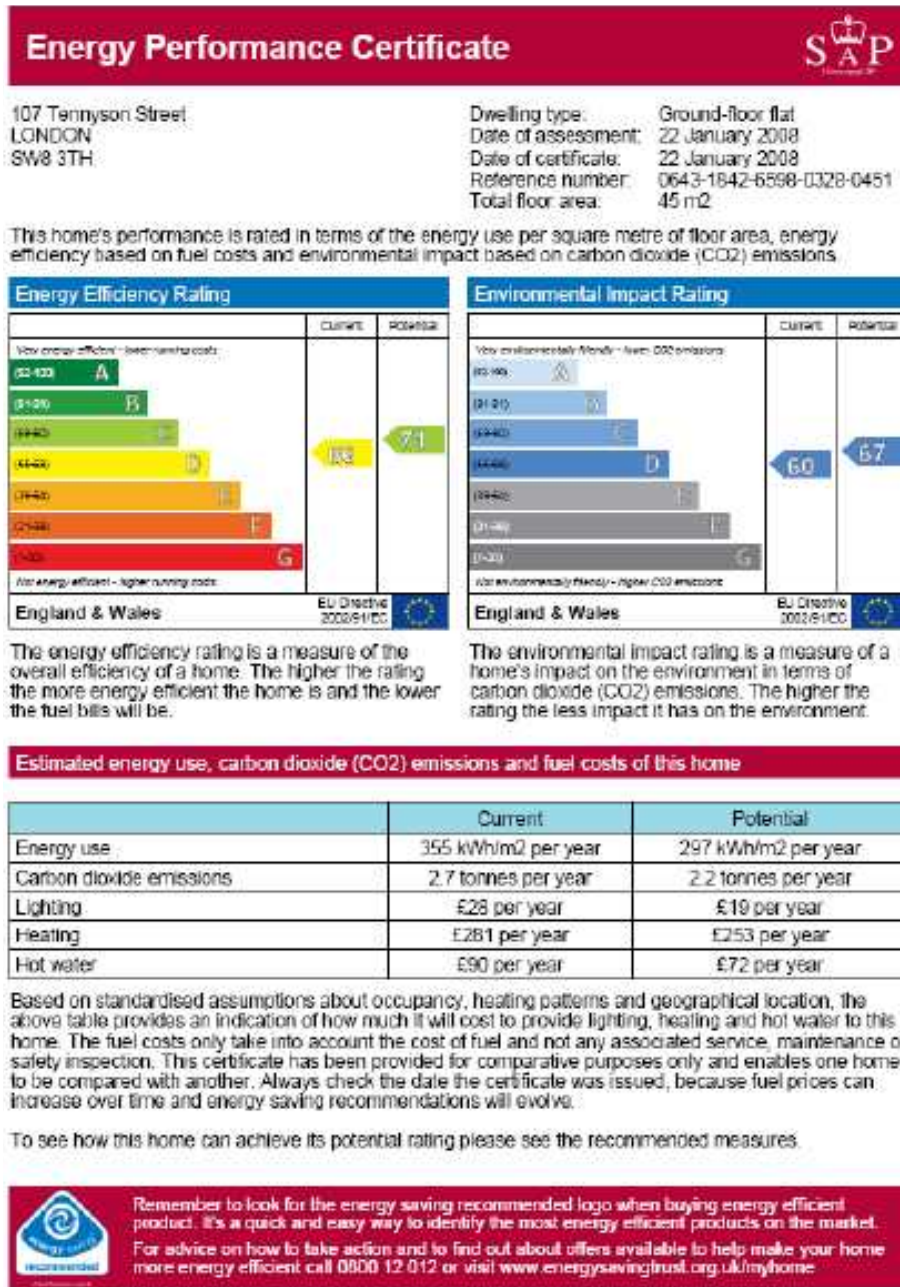
요건	내용	대상
산정방법 (제 3조)	건물 에너지성능을 종합적으로 평가할 수 있는 국가 혹은 지역 단위 산정 방법론의 적용	모든 건축물(신축기준)
최소 에너지성능 기준 (제 4조~제 6조)	신축건물 및 기존건물의 대규모 개보수 시 최소 에너지성능기준 적용을 의무화	신축건축물(연면적 1,000㎡ 초과 시 신재생에너지, CHP 등 대체시스템의 타당성 검토)/연면적 1,000㎡를 초과하는 기존건물의 개보수
에너지성능인증서 (제 7조)	건물에너지성능 인증제도 구축/신규 및 기존건물의 건축, 매매, 양도 시 에너지 성능 인증서 취득 제시 의무화/공공건축물 및 공공서비스를 제공하는 건축물에 눈에 잘 띄게 에너지성능 표시 의무화	모든 건축물(신축기준)/모든 건축물(신축기준)/연면적 1,000㎡를 초과하는 공공건축물 및 공공서비스 제공 건물
보일러 공조시스템 검사 (제 8조~제 9조)	보일러와 공조시스템의 정기적인 검사 실행 의무화	출력 20kW를 초과하는 보일러/출력 12kW를 초과하는 공조시스템
전문가 제도 (제 10조)	독립적인 전문가에 의한 건축물 에너지성능 인증 개선안 도출/보일러 공조시스템 검사	

2. 영국의 건물부문 에너지절약 정책 및 제도

- 영국은 2008년“기후변화법(Climate Change Act)”을 제정하여 온실가스 저감 목표를 법률에 규정.
 - ※ 1990년 대비 온실가스를 2020년까지 최소한 26%, 2050년까지 80% 저감
- EU 국가 중에서도 기후변화 대응을 위해 가장 적극적인 노력을 기울이고 있는 영국은 건물에너지 관리 정책에서도 앞서 나가고 있음.
- EU 대부분의 국가들이 EPBD의 법제화를 준비 중이지만, 영국은 이미 건물의 매매, 임대, 신축 시 건물에너지성능 인증서를 의무적으로 갖추도록 하고 있으며, 가정에서 사용하는 에너지로부터 배출되는 이산화탄소의 총량이“0”인 주택을 의미하는 제로탄소주택(Zero Carbon House) 개발에도 적극적이어서 2016년까지 모든 신축 주택을 제로탄소주택으로 짓도록 규정.

2.1 건물에너지 성능인증서

- 영국의 건물에너지 성능인증서 제도는 EU의 EPBD 준수를 위하여 잉글랜드와 웨일즈 지역에서 시행되고 있으며, 모든 건물(주거 및 비주거용)의 에너지 효율 등급은 A~G로 구분되고 다음의 의무사항을 준수해야 함.
 - ※ 개선 권고사항을 담은 에너지 성능 인증서를 도입
 - ※ 공공건물은 에너지 인증서 부착 의무
 - ※ 공기조절시스템을 의무적으로 검사, 보일러 사용자에게 조언과 지침을 제공
 - ※ 가정, 상업용 및 공공건물 등 모든 건물의 매매, 임대, 신축 시 에너지성능인증서를 첨부
 - ※ 연면적 1,000㎡ 이상의 공공건물은 건물의 에너지 효율 등급을 표시한 에너지성능인증서(1년간 유효)를 일반인이 볼 수 있는 곳에 항상 부착



[그림 II-1] 영국의 건물에너지 성능 인증서

- 에너지 성능 인증제를 면제받는 건물은 종교 건물, 연면적 50m² 이하의 독립 건물 (주거용 건물은 제외), 사용 계획 기간이 2년 이하의 임시 건물, 에너지 수요가 적은 일부 건물, 파괴된 일부 건물 등.
- 매매되는 주택의 경우 에너지 성능 인증의 유효 기간은 3년이며, 모든 상업용(비주거용) 건물을 매매하거나 임대할 때 건물주는 에너지 성능 인증을 받아 가능한 빨리 구매자에게 양도해야 함
- 건물 등급은 건물 주인에게 건물을 매매하거나 임대할 때 건물의 유지비용이 싸다는 정보를 제공하며, 저 등급의 에너지 실적 인증을 받으면, 에너지 효율 개선 여지가 많다는 것이며, 함께 제공되는 에너지 효율 개선 조치의 이행 여부는 건물 주인에게 달려 있음
 - ※ 건물에너지성능 인증서 제도는 2008년 10월부터 시행.

2.2 저탄소 건물 프로그램

- 저탄소건물 프로그램은 BERR(Department for Business, Enterprise and Regulatory Reform)과 DEFRA(Department for Environment Food and Rural Affair)가 저탄소 에너지와 에너지 효율 기술 개발을 위해 2006년 4월 1일부터 공동으로 운영하고 있는 ETF(Environmental Transformation Fund)의 한 프로그램
- 인증 받은 자가발전시설을 설치한 건물 소유주에게 보조금을 지급하며 건물의 유형에 따라 Phase 1과 Phase 2로 나뉜다. Phase 1은 주택소유자에게 최대 2,500 파운드까지 보조금을 지급하고, 자가발전시설의 기술 종류에 따라 차등 지급되며 아래 표에서와 같이 관리하고 있음.

〈표 II-4〉 저탄소 건물 프로그램 Phase 1의 기술 종류별 최대 보조금액

기술종류	최대 보조금액
태양광	설치용량 kW 당 최대 £2,000 (최대 보조금 £2,500 또는 적절 비용의 50% 중 적은 값)
풍력	설치용량 kW 당 최대 £1,000 (최대 보조금 £2,500 또는 적절 비용의 30% 중 적은 값)
소수력	설치용량 kW 당 최대 £1,000 (최대 보조금 £2,500 또는 적절 비용의 30% 중 적은 값)
태양열온수	최대 보조금 £400 또는 적절 비용의 30% 중 적은 값
지열펌프	최대 보조금 £200 또는 적절 비용의 30% 중 적은 값
공기 열원 히트펌프	최대 보조금 £900 또는 적절 비용의 30% 중 적은 값
우드펠릿 자동 난방기	최대 보조금 £600 또는 적절 비용의 20% 중 적은 값
목재 연료 보일러	최대 보조금 £1,500 또는 적절 비용의 30% 중 적은 값

○ Phase 1에 포함하여 운영하던 공공부문과 비영리 시설에 대한 보조금 지급 프로그램이 2008년 4월 1일부터 Phase 2에 포함되어 BRE(Building Research Establishment)가 관리

〈표 II-5〉 저탄소 건물 프로그램 Phase 2의 기술종류별 최대 보조금액 기준

구분	태양광	태양열	지열	우드펠릿	보일러(목재)
대체 연료/에너지	기대수명(년)				
	25	20	20	20	20
전기	£990	£388	£119	확립계획 중	£106
천연가스	없음	£563	£212	확립계획 중	£315
석유		£489	£225	확립계획 중	£71
석탄		£296	£86	확립계획 중	£83
LPG		£523	£263	확립계획 중	£185

3. 독일의 건물부문 에너지절약 정책 및 제도

- 독일은 2006년 1월 이전에 EU의 건물에너지 성능 지침의 이행 준비에 착수하였으며 신축건축에 이미 적용하고 있는 에너지성능 인증제도를 기존 건축물까지 의무화 하고 있음
- 독일은 신재생에너지를 통한 에너지 자립을 목표로 하고 있어 신재생에너지 보급 확대를 위한 각종 인센티브 프로그램과 의무 제도를 운영하고 있음
 - ※ “CO₂ 건물보수프로그램”을 통해 재생가능에너지 설비 투자에 대한 용자를 지원 하고 있으며, “신재생에너지 기준가격 의무 구매제도”와 “신규주택 신재생에너지의 무화”를 법제화 하였음
 - ※ 패시브하우스(passive house)를 개발하여 보급에 힘쓰고 있음.

3.1 건물의 이산화탄소 배출 저감 프로그램

- 독일정부(Federal Ministry of Transport, Building and Urban Affairs)는 건물의 CO₂ 배출저감 프로그램(The Programme to Reduce CO₂ Emissions) 운영을 위해 용자와 보조금을 제공
- 용자는 두 가지 카테고리로 나뉘어 진행되며,
 - ※ 첫 번째 카테고리는 기존 건물을 보수하여 에너지 효율을 에너지절약규정 (Energy Conservation Regulations, EnEV)에서 정한 신축건물 수준으로 향상시키거나, 에너지절약규정보다 에너지 사용량을 30%이상 저감시켰을 때 건물 소유자나 거주자에게 용자를 제공.
 - 전문가를 통해 검증받아야하며, 1984년 1월 1일 이전에 완공된 건물만 적용
 - 만약 신축건물 수준으로 향상시켰을 경우 대출금의 5%는 상환하지 않아도 되며, 만약 신축건물보다 30%이상 향상시켰을 경우 12.5%의 대출금 변제
 - ※ 두 번째 카테고리는 1995년 1월 1일 이전에 완공된 건물에 적용되며, 이 때 전문가의 검증이 요구되진 않지만, 아래 표에 제시된 5가지 보수 패키지 수단 중

하나를 선택하여 적용해야 함

- 이 중 패키지 0~3은 건물 전체에 적용해야하며, 최대 투자금의 100%까지 지원되며, 건물 1채당 최대 50,000유로까지 저금리로 대출이 가능
- 10년간 고정금리이며, 언제든지 중도상환이 가능하다.

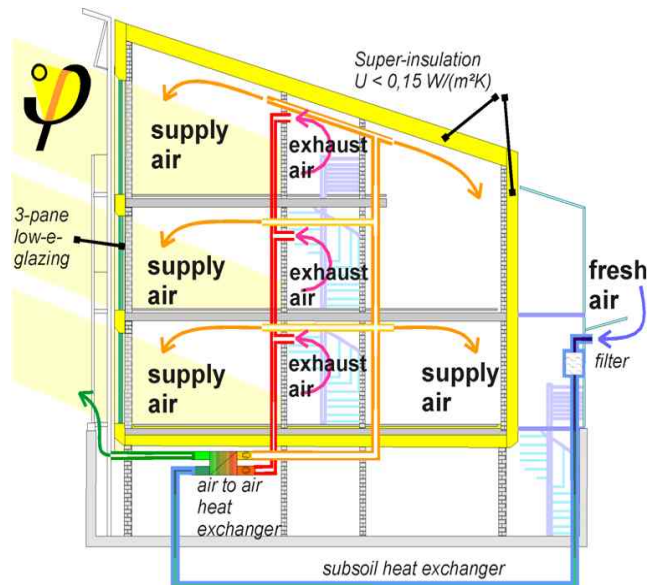
- CO2 배출저감 프로그램의 두 번째 수단은 2007년 1월 1일부터 시행된 보조금 제도로, 기존 건축물을 보수하여 에너지 효율이 에너지절약규정에서 정한 신축건물 수준까지 향상되었을 경우나 에너지 성능이 에너지절약규정의 신축건물 수준보다 최소 30%까지 향상되었을 경우 또는 보수수단 패키지를 선택하여 보수하였을 경우에 대하여 보조금을 지급
 - ※ 어떤 방법을 선택하였느냐에 따라 각각 17.5%, 10% 또는 5%의 보조금

<표 II-6> 독일 건물의 이산화탄소 배출 저감 프로그램 대출제도

구분	적용수단
0단계(Measure 0)	<ul style="list-style-type: none"> · 외벽의 단열 · 지붕이나 최고층 천장의 단열 · 지면에 접한 외벽이 있는 난방 공간과 지하층 천장의 단열 · 창문의 교체
1단계(Measure 1)	<ul style="list-style-type: none"> · 난방시스템의 교체 · 지붕이나 최고층 천장의 단열 · 외벽의 단열
2단계(Measure 2)	<ul style="list-style-type: none"> · 난방시스템의 교체 · 지붕이나 최고층 천장의 단열 · 지면에 접한 외벽이 있는 난방 공간과 지하층 천장 또는 난방공간과 비난방 공간 사이 벽의 단열 · 창문의 교체
3단계(Measure 3)	<ul style="list-style-type: none"> · 난방시스템의 교체 · 창문의 교체 · 외벽의 단열
4단계(Measure 4)	<ul style="list-style-type: none"> · 외벽의 단열 · 지붕이나 최고층 천장의 단열 · 지면에 접한 외벽이 있는 난방 공간과 지하층 천장 또는 난방공간과 비난방 공간 사이 벽의 단열 · 창문의 교체 · 난방시스템의 교체 · 환기시스템의 교체

3.2 패시브하우스 인증제도

- 패시브하우스는 “실내에서 순환하는 공기를 계속 재사용하지 않고 외부에서 집안으로 공급되는 공기에 대한 후속난방(post-heating)이나 후속냉방(post-cooling)을 통해서만 실내의 쾌적성을 성취할 수 있는 건축물”로 정의
- 주거용 건물이나 비주거용 건물에 상관없이 에너지 수요가 대단히 적은 건축물을 말하며, 패시브하우스의 성립조건 중에서 가장 기본이 되는 기준은 난방과 냉방을 위한 최대 부하가 $10\text{W}/\text{m}^2$ 를 넘지 않아야 한다는 것임



<그림 II-2> 패시브하우스 개요도

3.3 신규주택 신재생에너지 의무화

- 독일 정부는 신규 또는 리노베이션 주택에 난방을 위한 태양광, 지열 등 신재생에너지 생산 시설 설치를 2009년 1월 1일부터 의무화 할 예정.
- ※ 각 가정에 설치되는 집열판 15 제곱미터 당 3,400유로의 보조금을 지원하며, 이

를 위해 2012년까지 연간 5억 유로의 예산을 책정

〈표 II-7〉 독일 건물의 이산화탄소 배출 저감 프로그램 대출제도

에너지	상세분류	발전용량/ 기타분류	적용년도/ 인하비율	기준가격 (센트/kWh)	적용 기간
태양 에너지	건물 지붕이나 외벽	30kW 미만	연간 5%	49.21	20년
		30~100kW	연간 5%	46.82	
		100kW 이상	연간 5%	46.30	
	건물 전면 설치 시	보너스규정		+5.0	20년
	야외 및 기타 시설	-	연간 6.5%	37.96	20년
풍력 에너지	내륙시설	초기보상	연간 2%	8.19	20년
		말기보상	연간 2%	5.17	
	해양시설	초기보상	2008년부터	9.1	20년
		말기보상	2008년부터	6.19	
폐열, 바이오가스, 광산 가스, 기타	폐열, 바이오가스, 광산 가스	500kW 까지	연간 1.5%	7.33	20년
		500kW~5MW	연간 1.5%	6.35	
	광산 가스시설	5MW 이상	연간 1.5%	6.35	
지열	지열	5MW 까지	2010년부터	15.00	20년
		5~10MW	2010년부터	14.00	
		10~20MW	2010년부터	8.95	
		20MW 이상	2010년부터	7.16	
수력 에너지	발전시설용량 5MW 까지	500kW 까지	없음	9.67	20년
		500kW~5MW	인하	6.65	

제 3 장

국내 건물용도별 에너지사용량 조사 및 분석

- 제 1 절 건물 용도별 에너지사용량 조사 개요
- 제 2 절 지역별 · 건물용도별 에너지사용량 분석
- 제 3 절 강원도 건물용도별 에너지원단위 특성 분석

국내 건물용도별 에너지사용량 조사 및 분석



제1절 건물 용도별 에너지사용량 조사 개요

1. 조사 개요

1.1 조사 목적

- 현재 정부통계를 통해서 일부 제한된 정보로 건물의 에너지원단위 분석결과가 발표되고 있음
 - ※ 대부분의 정부 발표 자료가 2004년 이전의 발표 자료임
 - ※ 건물의 용도별 세부적인 비교 자료 전무

- 건물 용도별 에너지 사용량을 조사하여, 에너지원단위를 산정함으로써 용도별 에너지 사용현황을 분석코자 함.
 - ※ 건물별 에너지사용량과 에너지원 등의 조사를 통해서 건물 용도별 에너지원단위와 온실가스 원단위를 비교 분석
 - ※ 현재 국내 건물 용도별 온실가스 배출원단위 연구 사례 전무

- 국내 건물 용도별 온실가스 배출원단위를 산정하여, 용도별 비교분석함으로써 온실가스 감축방안 등을 도출코자 함.
- 지자체별 사회·경제·환경 등의 다양한 차이가 있으며, 따라서 지역별 평균 온실가스 원단위와 에너지원단위를 산정하여, 지역별로 비교함으로써 온실가스 배출특성을 비교 분석코자 함.
- 지역별·건물용도별 온실가스 배출원단위 분석을 통해서 각각의 온실가스와 에너지 사용량의 배출 변화를 분석
- 건물 용도별 2005년부터 2008년까지의 에너지 사용량을 통한 에너지원단위와 온실가스 배출량분석을 통한 온실가스 배출원단위를 분석
- 년차별 에너지사용변화와 온실가스 배출변화 분석을 통해서 향후 지역별·건물 용도별 변화를 예측하고자 함.

1.2 조사 대상 및 분석 표본 설정

- 국내 전체의 건물별 에너지사용량을 조사하는 것은 불가하며, 본 연구의 대상을 전국의 에너지다소비 건축물로 한정
- 국내 에너지이용합리화법, 동법시행령은 에너지다소비사업자의 에너지사용실적을 의무적으로 보고하는 법률이 시행중에 있으며, 본 연구는 동법에 해당되는 국내 에너지다소비 건축물을 주요 대상으로 선정
 - ※ 2008년 기준 에너지이용합리화법에 따라 규정된 전국의 에너지다소비 건물은 약 851개 건물
 - ※ 병원(69개), 아파트(251개), 학교(80개), 호텔(55개) 등
 - ※ 에너지이용 합리화법 [(타)일부개정 2010.1.13 법률 제9931호 시행일 2010.4.14] 제31조(에너지다소비사업자의 신고 등)① 에너지사용량이 대통령령으로 정하는

기준량 이상인 자(이하 “에너지다소비사업자”라 한다)는 다음 각 호의 사항을 지식경제부령으로 정하는 바에 따라 매년 1월 31일까지 그 에너지사용시설이 있는 지역을 관할하는 시·도지사에게 신고하여야 한다.<개정 2008.2.29>

1. 전년도의 에너지사용량·제품생산량
 2. 해당 연도의 에너지사용예정량·제품생산예정량
 3. 에너지사용기자재의 현황
 4. 전년도의 에너지이용 합리화 실적 및 해당 연도의 계획
 5. 제1호부터 제4호까지의 사항에 관한 업무를 담당하는 자(이하 “에너지관리자”라 한다)의 현황
- ② 시·도지사는 제1항에 따른 신고를 받으면 이를 매년 2월 말일까지 지식경제부장관에게 보고하여야 한다.<개정 2008.2.29>

※ 시행령에너지이용 합리화법 시행령 (타)일부개정 2009.12.14 대통령령 제21882호 제20조(에너지사용계획의 제출 등)① 법 제10조제1항에 따라 에너지사용계획을 수립하여 지식경제부장관에게 제출하여야 하는 사업주관자는 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 사업을 실시하려는 자로 한다.

1. 도시개발사업
 2. 산업단지개발사업
 3. 에너지개발사업
 4. 항만건설사업
 5. 철도건설사업
 6. 공항건설사업
 7. 관광단지개발사업
 8. 개발촉진지구개발사업 또는 지역종합개발사업
- ② 법 제10조제1항에 따라 에너지사용계획을 수립하여 지식경제부장관에게 제출하여야 하는 공공사업주관자(법 제10조제2항에 따른 공공사업주관자를 말한다. 이하 같다)는 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 시설을 설치하려는 자로 한다.
1. 연간 2천5백 티오이 이상의 연료 및 열을 사용하는 시설

2. 연간 1천만 킬로와트시 이상의 전력을 사용하는 시설

③ 법 제10조제1항에 따라 에너지사용계획을 수립하여 지식경제부장관에게 제출하여야 하는 민간사업주관자(법 제10조제2항에 따른 민간사업주관자를 말한다. 이하 같다)는 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 시설을 설치하려는 자로 한다.

1. 연간 5천 티오이 이상의 연료 및 열을 사용하는 시설

2. 연간 2천만 킬로와트시 이상의 전력을 사용하는 시설

④ 제1항부터 제3항까지의 규정에 따른 사업 또는 시설의 범위와 에너지사용계획의 제출 시기는 별표 1과 같다.

⑤ 지식경제부장관은 법 제10조제1항에 따라 에너지사용계획을 제출받은 경우에는 그날부터 30일 이내에 공공사업주관자에게는 그 협의 결과를, 민간사업주관자에게는 그 의견청취 결과를 통보하여야 한다. 다만, 지식경제부장관이 필요하다고 인정할 때에는 20일의 범위에서 통보를 연장할 수 있다.

※ 시행규칙에너지이용 합리화법 시행규칙[일부개정 2010.1.18 지식경제부령 제116호] 제27조(에너지사용량 신고) 법 제31조제1항에 따른 에너지사용량의 신고는 별지 제8호서식에 따른다.

○ 본 연구는 강원도내 건축물의 에너지 및 온실가스 분석을 주요 목적으로 추진됨에 따라 타 지자체와 비교 가능한 건물 용도로 한정함.

※ 병원, 아파트, 학교, 호텔

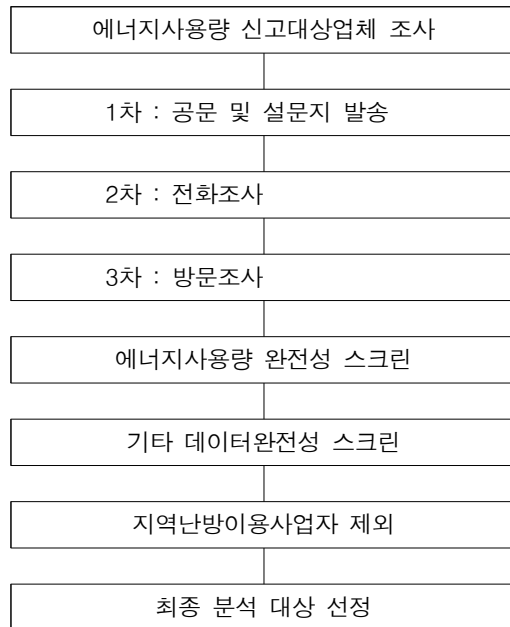
※ 기타 관공소, 사무소 등은 강원도내에 신고대상업체 부재로 비교검토 불가

○ 온실가스 분석대상은 지역난방을 사용하지 않고 개별적인 난방을 실시하는 건물을 대상으로 분석

※ 지역난방의 경우, 지역난방 사업자별 스팀의 온실가스 배출계수가 다르기 때문에 일률적 적용 불가

- 조사는 아래 표와 같이 총 8단계의 과정을 거쳐 분석대상을 선정하였으며, 조사는 크게 설문지발송, 전화조사, 방문조사의 3단계를 통해서 실시하였음.

〈표 III-1〉 조사 방법 및 진행체계



- 분석된 결과의 정확성을 높이기 위하여, 분석대상 표본 대상에서 제외된 사유는 아래와 같음.
 - ※ 2005년부터 2008년까지의 에너지사용량 데이터가 누락된 경우
 - ※ 지역난방을 통해 난방을 하는 경우
 - ※ 지열난방 및 열병합발전을 사용하는 경우
 - ※ 연면적 및 사용에너지원이 명확하지 않은 경우
 - ※ 기타 데이터가 불완전한 경우
- 호텔, 병원, 학교, 아파트 의 총 조사 대상은 446개 이며, 이중 본 연구의 분석 표본으로 선정된 건물은 215로써 전체 표본률은 48%이며, 업종별 평균 표본율은

65%로 매우 높음.

○ 전체 대상 중 조사 완료된 표본률은 학교가 76%로 가장 높았으며, 이어 병원(75%), 아파트(69%), 호텔(39%)의 순으로 조사됨.

※ 호텔의 경우, 데이터 조사 및 협조도가 가장 낮았음.

〈표 III-2〉 국내 전체 대상수 및 조사 대상 표본수, 표본률

	아파트			호텔			학교			병원		
	총대상수	표본수	표본률	총대상수	표본수	표본률	총대상수	표본수	표본률	총대상수	표본수	표본률
	(개)	(개)	(%)	(개)	(개)	(%)	(개)	(개)	(%)	(개)	(개)	(%)
강원	1	1	100	9	3	33	5	3	60	2	2	100
경기	38	16	42	2	1	50	11	4	36	13	2	15
경남	3	2	67	0	0	n.a	3	3	100	2	1	50
경북	5	2	40	2	1	50	4	3	75	0	0	n.a
광주	1	1	100	0	0	n.a	5	4	80	3	2	67
대전	27	20	74	2	1	50	6	6	100	3	3	100
대구	2	2	100	1	1	100	2	2	100	5	3	60
서울	116	39	34	23	5	22	17	8	47	26	11	42
울산	0	0	n.a	1	0	0	1	1	100	1	1	100
부산	18	17	94	7	2	29	8	5	63	7	5	71
인천	21	5	24	1	0	0	2	2	100	2	1	50
전남	1	1	100	0	0	n.a	1	1	100	1	1	100
전북	3	2	67	1	0	0	3	2	67	2	2	100
충남	4	1	25	1	1	100	8	4	50	2	2	100
충북	1	1	100	1	0	0	3	1	33	1	1	100
제주	0	0	n.a	4	3	75	1	1	100	0	0	n.a
소계	241	110	69	55	18	39	80	50	76	70	37	75



제2절 지역별 · 건물용도별 에너지사용량 분석

1. 건물 용도별 에너지사용량 분석

- 건물별 에너지사용량은 사용에너지원별 에너지사용량을 조사 후, 각각의 에너지원별 IEA의 표준에너지단위인 석유환산계수⁵⁾(TOE)를 적용하여 에너지 사용총량을 산정하였음.(석유환산계수는 부록에 첨부)

1.1 호텔

- 국내 지역별 호텔 건축물의 평균객실수는 435실, 평균연면적은 66,273m²이며, 2005년부터 2008년까지 평균 에너지사용량은 4,917Toe임

〈표 III-3〉 국내 호텔의 평균 면적 및 객실수, 에너지사용량

연면적평균 (m ²)	평균객실수 (개)	평균 에너지사용량(Toe)				
		2005	2006	2007	2008	평균
66,273	435	4,829	4,477	6,054	4,312	4,917

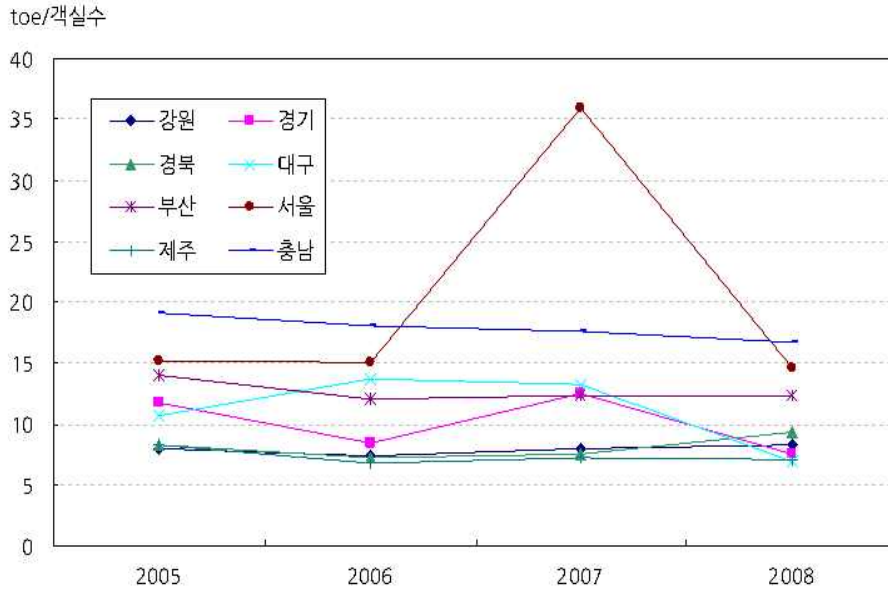
※ 2007년 에너지 사용량이 증가한 이유는 서울지역의 일부 호텔의 에너지사용량이 과거에 비하여 2007년에 10배 이상 증가량이 데이터에 포함되었기 때문

- 객실당 에너지사용원단위는 강원과 제주지역에서 연차별 상승하는 것으로 나타났으

5) 석유환산기준(Tonnage of oil equivalent)

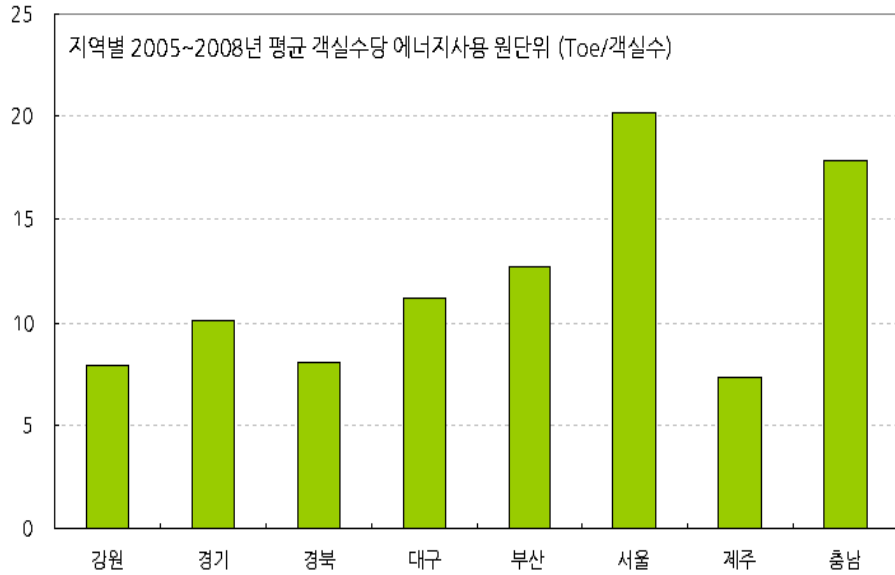
- 원유(1kg=10,000Kcal로 환산)이며, 이 기준은 에너지이용합리화법 제8조·제11조·제25조의 규정에 의한 에너지사용계획의 협의, 사업주관자외의 자가 신고 및 에너지관리대상자 지정을 위한 기준임.
- 최종에너지 사용기준으로 전력량을 환산할 경우 1Kwh=860kcal를 적용하며, 도시가스의 작성기준은 10,500kcal, 기타 증기는 0.0539 toe/ton, 온수는 0.1 toe/Gcal 적용
- 1980년(동력자원부고시 제80-24호), 1981년(동력자원부고시 제81-34호), 1987년(동력자원부고시 제87-52호), 1990년(동력자원부고시 제90-3호)

며, 대구, 경기, 서울 등 대부분의 지역에서 년차별 객실수당 에너지사용원단위는 감소하는 추세로 나타남



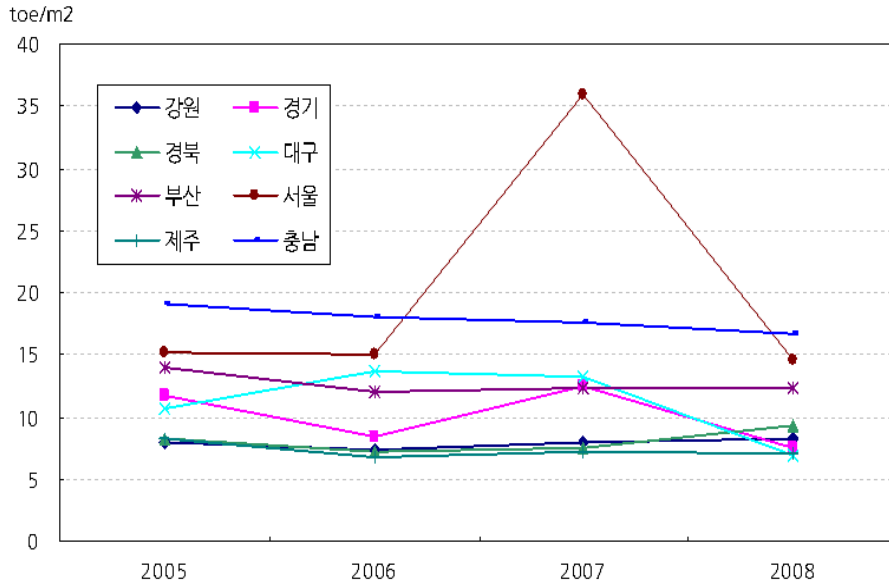
<그림 III-1> 호텔의 년차별·지역별 객실당 에너지사용원단위

- 2005년부터 2008년까지 지역별 호텔의 객실수당 에너지사용원단위를 분석해보면, 서울지역 호텔의 객실수당 에너지원단위가 가장 높았으며, 제주도가 가장 낮게 나타나는 것을 알 수 있음.
 - ※ 서울지역의 객실이용률이 높기 때문이며, 제주지역은 지역적 기후조건으로 인하여 상대적으로 에너지사용량이 낮기 때문임.
- 강원지역 호텔의 객실당 에너지사용원단위는 조사대상지역 중 6번째로 나타났으며, 서울, 충남지역에 상대적으로 낮은 에너지원단위를 나타냄
 - ※ 강원지역 호텔의 경우 목욕탕, 수영장 등 공공시설면적이 타지역에 비하여 적고, 이용률이 상대적으로 낮기 때문으로 분석됨

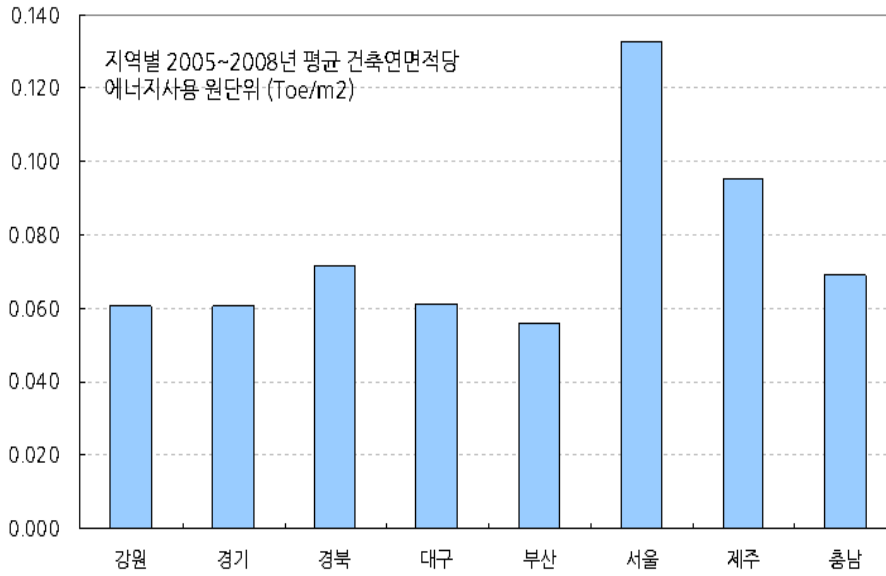


<그림 III-2> 호텔의 지역별 객실당 에너지사용 평균 원단위(2005~2008)

- 지역별 평균 건축 연면적당 에너지원단위는 서울, 충남, 부산의 순으로 높게 나타났으며, 경북, 강원, 경기 등의 지역은 다소 증가하며, 서울, 충남, 대구 지역은 다소 감소하는 것으로 분석됨.
 ※ 서울, 경기, 대구지역을 제외하고는 대부분의 지역이 2005년~2008년 동안 원단위 편차가 크게 발생되지 않음.
- 건축연면적당 에너지사용 원단위는 서울, 제주, 경북, 충남의 순으로 나타났으며, 제주도의 경우 객실수당 에너지원단위는 가장 낮았지만, 상대적으로 건축연면적당 에너지사용량은 높은 것으로 알수 있음.
- 강원도내 호텔의 건축연면적당 에너지사용 원단위는 조사대상 중 6번째로 높았으며, 경기도, 부산지역과 유사한 원단위를 나타내고 있음.



<그림 III-3> 호텔의 년차별·지역별 건축연면적당 에너지사용원단위



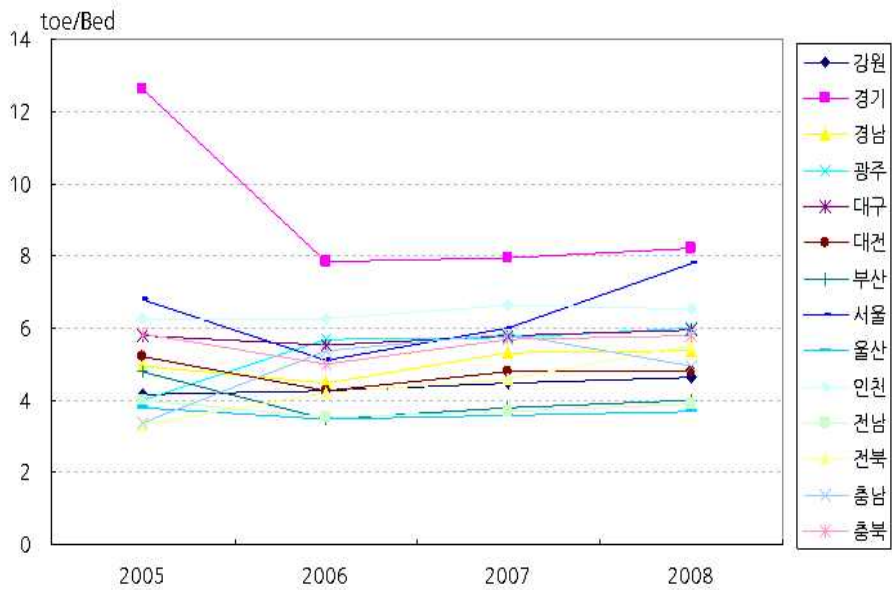
<그림 III-4> 호텔의 지역별 에너지사용 평균 원단위(2005~2008)

1.2 병원

○ 국내 지역별 병원 건축물의 평균 병상수는 764병상(Bed), 평균연면적은 66,732m²이며, 2005년부터 2008년까지 평균 에너지사용량은 4,010Toe임

<표 III-4> 국내 호텔의 평균 면적 및 병상수, 에너지사용량

연면적평균 (m ²)	평균병상수 (개)	평균 에너지사용량(Toe)				
		2005	2006	2007	2008	평균
66,732	764	4,075	3,737	4,025	4,203	4,010

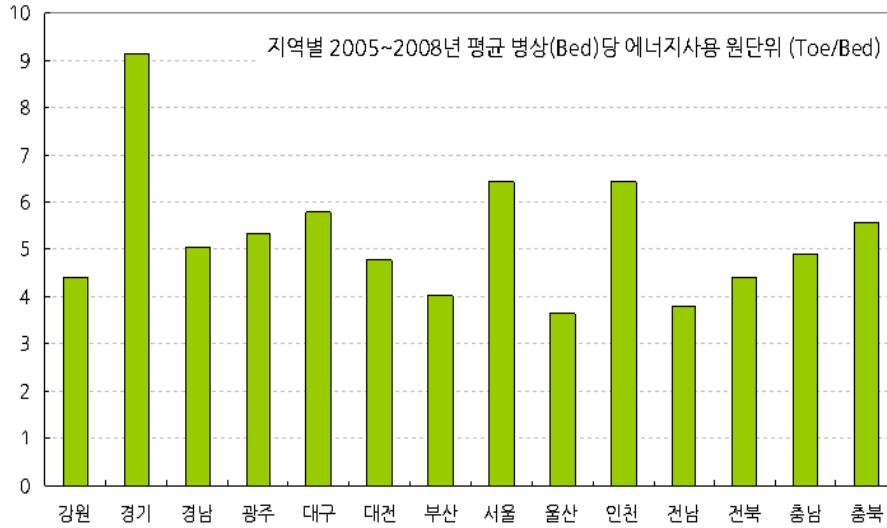


<그림 III-5> 병원의 년차별·지역별 병상(Bed)당 에너지사용원단위

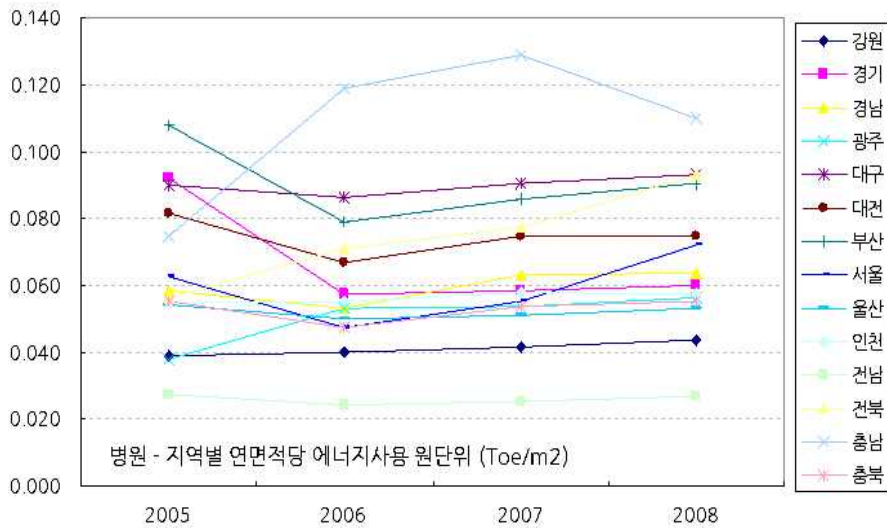
○ 전국적으로 2006년 병상당 에너지사용량은 일시적으로 감소하였다가, 2007년 이후 점차적으로 증가 (서울지역의 증가량이 상대적으로 높음)

○ 2005년부터 2008년까지의 평균 병상당 에너지사용량은 경기, 서울, 인천, 대구 등

대도시에서 상대적으로 높게 나타나며, 강원도는 전국평균정도의 원단위 값임.



<그림 III-6> 병원의 지역별 병상당 에너지사용 평균 원단위(2005~2008)

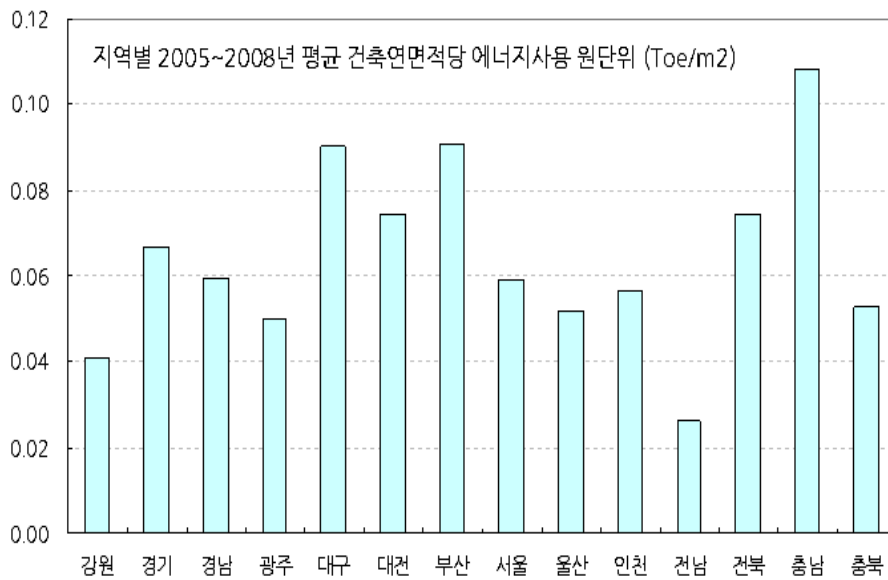


<그림 III-7> 병원건축물의 년차별 지역별 연면적당 에너지사용원단위

- 전국적으로 병원건물의 연면적당 에너지원단위는 2006년을 기점으로 감소하였다가 2007년부터 점차 증가하는 추세임
 - ※ 충남지역의 원단위가 가장 높게 나타났으며, 상대적으로 높은 편차를 나타냄
 - ※ 서울지역의 연면적당 원단위 상승이 높게 나타나고 있음.

- 건축연면적당 에너지사용원단위는 충남, 부산, 대구의 순으로 나타나고 있으며, 병상당 에너지사용원단위와는 차별적 특성을 나타냄

- 강원도내 병원의 연면적당 에너지사용원단위는 전국 평균수치로 조사대상 중 전남 다음으로 낮은 것으로 나타남
 - ※ 강원지역 병원은 병상수당 에너지사용량은 다소 높게 나타나지만, 연면적당 에너지사용량은 상대적으로 낮게 나타남.
 - ※ 강원지역 병원의 연면적 대비 높은 병상수를 가지고 있는 것으로 나타남



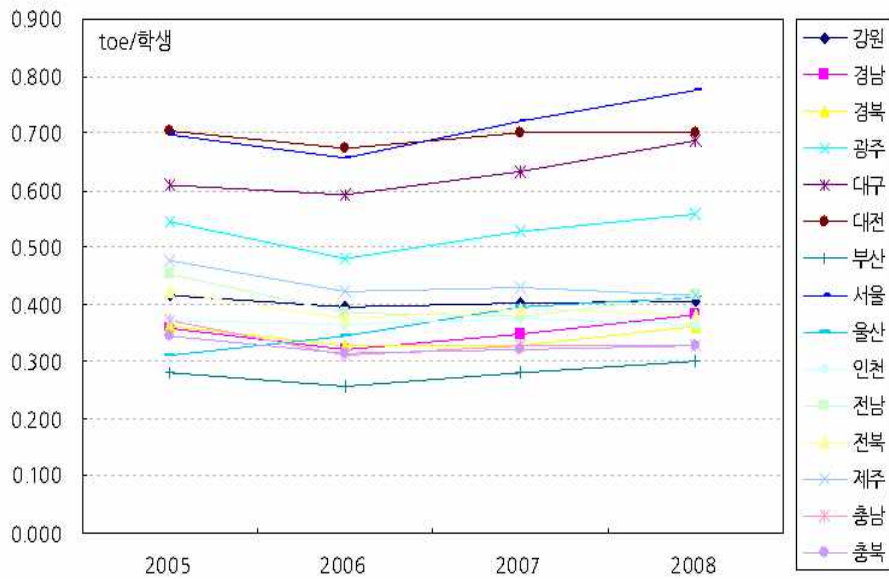
<그림 III-8> 병원의 지역별 연면적당 에너지사용 평균 원단위(2005~2008)

1.3 학교

○ 국내 지역별 학교 건축물(대학교)의 학교당 평균 학생수는 13,608명, 평균건축연면적은 289,590m²이며, 2005년부터 2008년까지 평균 에너지사용량은 5,900Toe임

<표 III-5> 국내 학교의 평균건축연면적 및 학생수, 에너지사용량

평균건축연면적 (m ²)	평균학생수 (명)	평균 에너지사용량(Toe)				
		2005	2006	2007	2008	평균
289,590	13,608	6,001	5,573	5,882	6,144	5,900

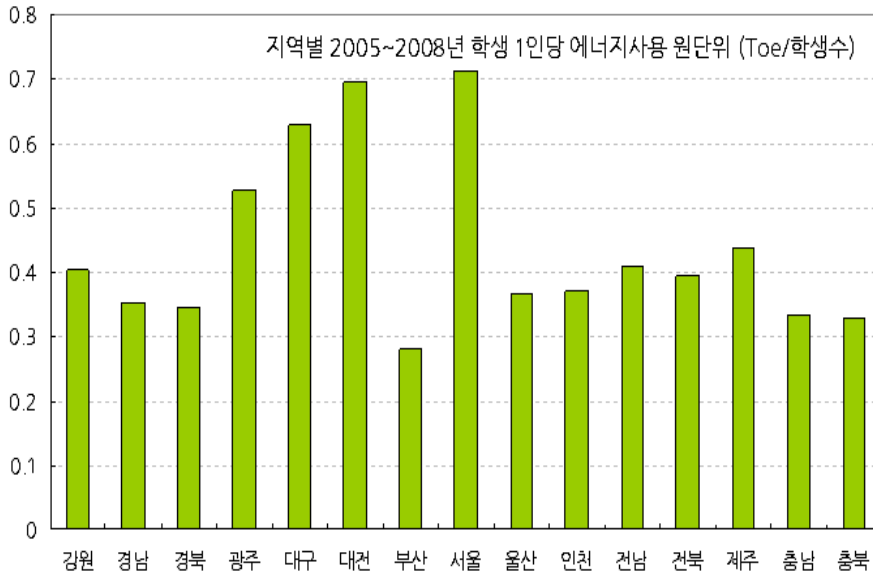


<그림 III-9> 학교 건축물의 년차별·지역별 학생수당 에너지사용원단위

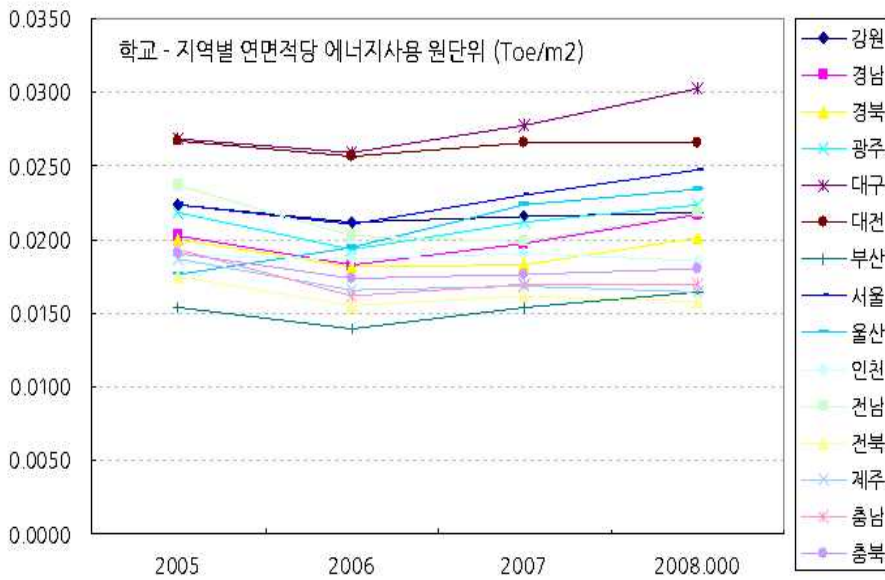
○ 서울지역 학교건축물의 학생당 에너지사용 원단위가 가장 높게 나타났으며, 이어서 대전, 대구, 광주 순으로 나타났다.

※ 부산지역의 에너지사용원단위가 가장 낮게 나타남

※ 강원도는 전국 평균과 유사한 값을 나타냄

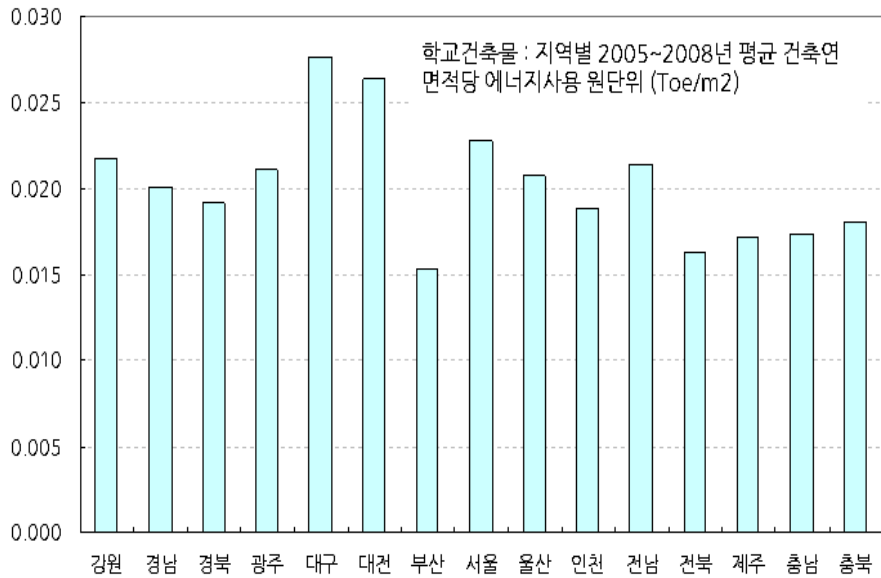


<그림 III-10> 학교건축물 지역별 학생수당 평균 에너지 원단위(2005~2008)



<그림 III-11> 학교건축물의 년차별 지역별 연면적당 에너지사용원단위

- 전국적으로 학교건축물의 학생당 에너지사용원단위(2005~2008년 평균)는 서울, 대전, 대구, 광주의 순으로 높게 나타났으며, 강원도는 전국에서 7번째로 높게 나타남
- 연면적당 에너지원단위는 2006년을 기점으로 점차 상승하는 추세이며, 제주의 상승 폭이 가장 큼.
 - ※ 2008년 기준 연면적당 에너지사용원단위는 대구, 대전, 서울의 순으로 높으며, 경북지역이 가장 낮게 나타남
 - ※ 강원도의 경우 학생수당 에너지사용원단위와 동일한 전국에서 7번째로 높은 원단위를 나타냄
- 강원도내 학교건축물의 2005년부터 2008년까지의 연면적당 평균 에너지사용원단위는 전국평균보다 높은 수치이며, 상대적으로 연면적대비 에너지사용량이 높음



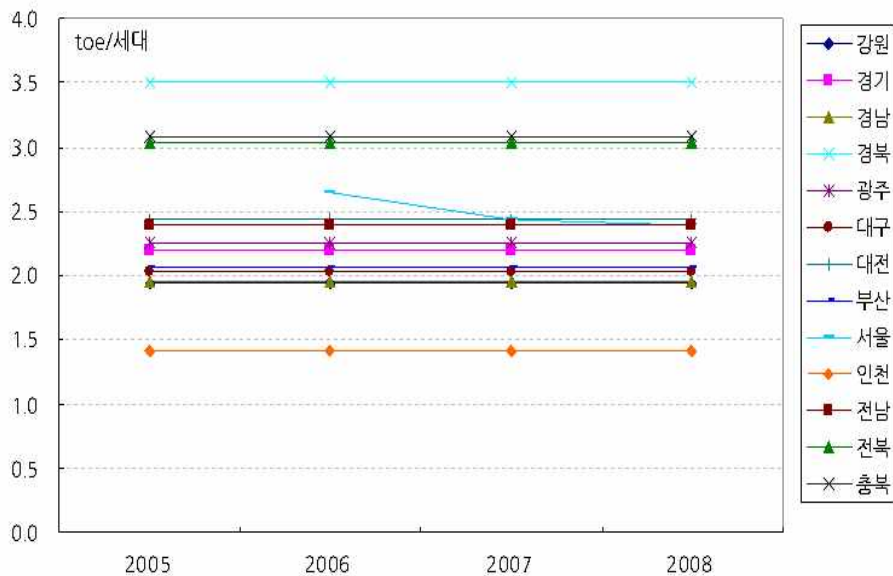
<그림 III-12> 학교의 지역별 연면적당 에너지사용 평균 원단위(2005~2008)

1.4 아파트

- 국내 지역별 학교 건축물(대학교)의 학교당 평균 학생수는 13,608명, 평균건축연면적 289,590m², 2005년부터 2008년까지 평균에너지사용량은 5,900Toe 임

<표 III-6> 국내 아파트단지별 평균건축연면적 및 세대수, 에너지사용량

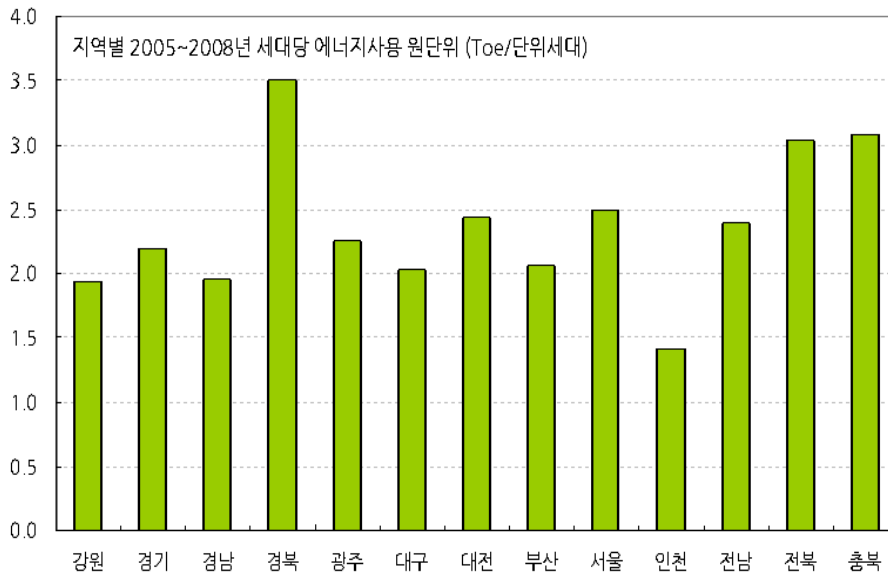
단지별평균 건축연면적 (m ²)	단지별평균 세대수 (세대)	평균 에너지사용량(Toe)				
		2005	2006	2007	2008	평균
125,678	1,501	3,158	3,120	3,51	2,985	5,900



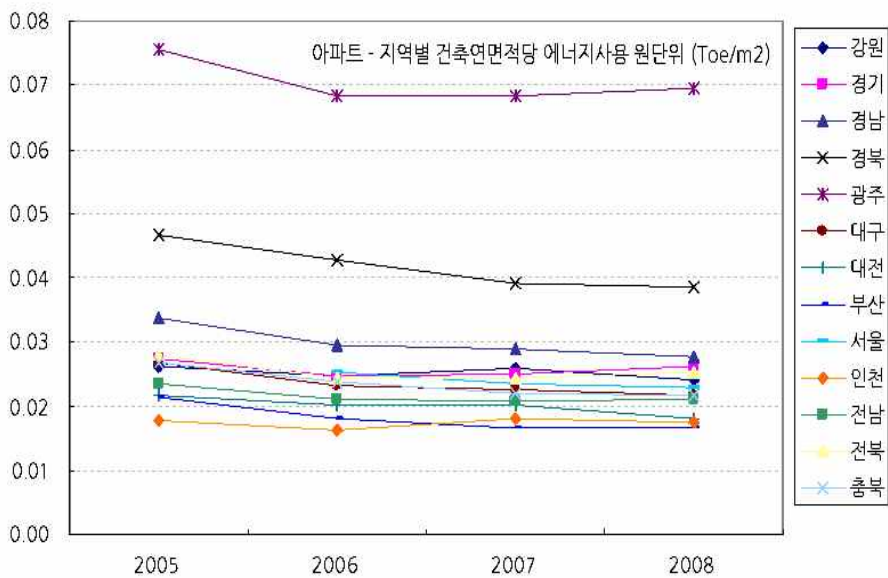
<그림 III-13> 아파트 건축물의 년차별·지역별 세대당 에너지사용원단위

- 2005년부터 2008년까지 전국 평균 세대당 연간 2.363toe의 에너지를 사용하였으며, 지역별로 경북이 가장 세대당 원단위가 높으며, 충북, 전북, 서울의 순으로 나타남.

※ 강원도는 1.944toe로 전국 평균에 비하여 매우 낮은 세대당 원단위를 나타냄

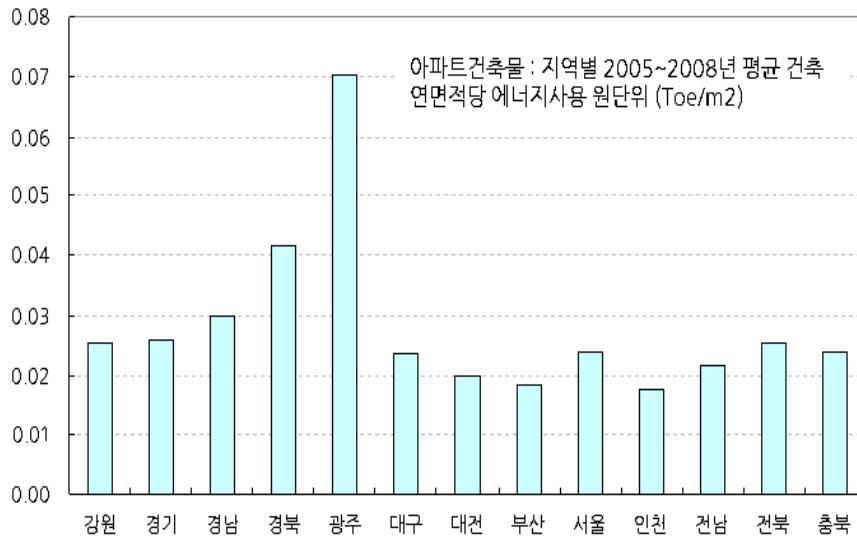


<그림 III-14> 아파트의 지역별 단위 세대당 평균 에너지 원단위(2005~2008)



<그림 III-15> 아파트 건축물의 년차별 지역별 연면적당 에너지사용원단위

- 전국적으로 아파트 건축물의 건축연면적당 2005년부터 2008년까지의 전국 평균 에너지사용량은 0.0282toe로 분석됨
- 광주지역의 아파트가 건축 단위연면적당 에너지사용량이 가장 높게 나타났으며, 경북, 경남의 순으로 남부지역의 원단위가 높게 나타남.
 - ※ 반면, 서울, 인천, 대전, 부산 등 광역도시에서의 건축단위 연면적당 에너지사용량이 낮은 것을 알 수 있음.
 - ※ 통계에는 조사되지 않았지만, 대도시의 단위면적당 주거인원이 일반적으로 낮기 때문인 것으로 사료됨.
- 강원지역의 건축연면적당 에너지사용량은 0.0253toe/m²으로 전국평균 0.0282toe/m²보다 낮게 나타남



<그림 III-16> 아파트의 지역별 건축단위연면적당 평균 에너지원단위(2005~2008)

2. 건물 용도별 원단위 비교분석

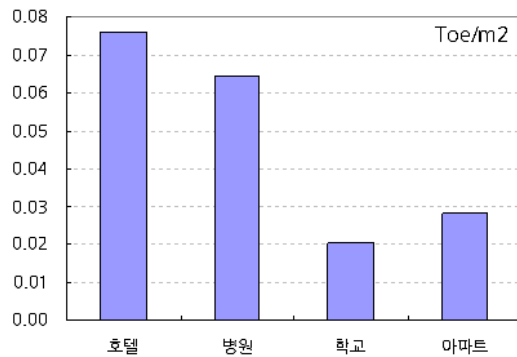
- 건물의 용도별 2005년부터 2008년까지의 단위 건축연면적당 에너지사용원단위를 비교분석함으로써, 용도별 에너지사용의 특성을 살펴보고자 함.

2.1 단위 건축연면적당(1m²) 연평균 에너지사용원단위

- 2005년부터 2008년까지의 건물 용도별 건축연면적당(1m²)당 에너지사용량은 아래 표와 같음

<표 III-7>용도별건축연면적당 평균원단위

구분	평균원단위 (toe/m ²)	비중(%)
호텔	0.0758	373
병원	0.0644	317
학교	0.0203	100
아파트	0.0282	139



<그림 III-17>용도별건축연면적당평균원단위

- 건물 용도별 단위면적당 에너지 사용량(2005년~2008년 평균)은 호텔이 0.0758toe/m²으로 가장 높았으며, 다음으로 병원, 아파트, 학교의 순으로 분석됨.
- 학교를 기준하였을때, 호텔은 단위 건축연면적당 3.73배 많은 에너지를 사용하고 있으며, 병원 3.17배, 아파트 1.39배 높게 사용하는 것으로 분석됨.
 - ※ 학교의 경우 넓은 건축 연면적 대비 실 이용률이 매우 낮기 때문임
 - ※ 호텔과 병원의 경우, 실이용률이 높고 재실자의 에너지 사용량이 많은 패턴을 가지고 있기 때문



제3절 강원도 건물용도별 에너지사용원단위 특성 비교분석

1. 연평균 에너지사용량 분석

- 강원도내 에너지다소비 건물 용도별 평균 에너지사용량을 분석하고, 전국 지자체별 건물의 에너지사용량을 비교하여 강원도의 건물용도별 에너지 사용현황을 분석함.

1.1 병원

- 2005년부터 2008년까지 단위 병원 건물당 에너지사용 평균값을 전국 지자체별 병원의 평균값과 비교를 통해서 강원도내 병원 건물의 에너지사용 현황을 비교 분석
- 강원도내 병원건물의 경우 단위 시설당 연평균 3,247toe를 사용하는 것으로 분석되었으며, 전국 평균에 비하여 약 19% 적게 사용하는 것을 알 수 있음.
 - ※ 단위시설의 연평균 에너지사용량은 전국 지자체 중 경기도의 사용량이 가장 높게 나타남.
 - ※ 경기도(745)의 경우 병상수는 강원도(741)와 유사하지만, 건축연면적의 차이가 30% 정도 경기도 내의 병원이 높으며, 이는 공용시설의 면적에서 사용되는 에너지사용량이 높음을 의미
 - 단위 병원의 평균 건축 연면적 : 경기도(101,965m²), 강원도(78,931m²)
 - ※ 단위시설당 연평균 에너지사용량은 경기도, 인천시, 대구 의 순으로 나타났으며, 평균 시설당 단위면적은 인천지역(102,099m²)이 가장 큰 것으로 분석됨.

〈표 III-8〉 강원도내 병원건물의 에너지사용현황 분석

	전국평균	강원도사용량	최고치(경기도)
에너지사용량(toe/y)	4,010	3,247	6,814
비중(%)	100	81	170

1.2 호텔(숙박시설)

- 2005년부터 2008년까지 단위 호텔건물당 에너지사용 평균값을 전국 지자체별 호텔의 평균값과 비교를 통해서 강원도내 호텔 건물의 에너지사용 현황을 비교 분석
- 강원도내 호텔건물의 경우 단위 시설당 연평균 7,059toe를 사용하는 것으로 분석되었으며, 전국 평균에 비하여 약 44% 많이 사용하는 것을 알 수 있음.
 - ※ 단위시설의 연평균 에너지사용량은 전국 지자체 중 서울지역의 사용량이 가장 높게 나타났으며, 강원도는 두 번째로 높음
 - ※ 전국 단위시설당 객실수는 435개이며, 강원도는 894개로 전국평균의 두배이상 높음.
 - ※ 서울시의 경우 평균객실수는 강원도에 비하여 적지만 단위시설의 연평균 에너지 사용량은 강원도에 비하여 약30% 높음
 - 서울지역 호텔의 경우 강원도에 비하여 객실의 이용률이 높기 때문임

〈표 III-9〉 강원도내 호텔건물의 에너지사용현황 분석

	전국평균	강원도사용량	최고치(서울)
에너지사용량(toe/y)	4,010	7,059	10,275
비중(%)	100	144	209

1.3 학교(대학, 대학교)

- 2005년부터 2008년까지 단위 대학교당 에너지사용 평균값을 전국 지자체별 대학교의 평균값과 비교를 통해서 강원도내 대학교의 에너지사용 현황을 비교 분석
- 강원도내 학교건물의 경우 단위 시설당 연평균 4,430toe를 사용하는 것으로 분석되었으며, 전국 평균에 비하여 약 25% 적게 사용하는 것을 알 수 있음.
 - ※ 단위시설의 연평균 에너지사용량은 전국 지자체 중 대구지역의 사용량이 가장

높게 나타났으며, 강원도는 두 번째로 높음

- ※ 전국 단위학교당 학생수는 13,608명이며, 강원도는 10,962개로 전국평균에 비하여 20% 적음.
- ※ 대구지역의 경우 학교당 평균학생수(20,376명)는 강원도에 비하여 두 배 이상 많음

〈표 III-10〉 강원도내 학교건물의 에너지사용현황 분석

	전국평균	강원도사용량	최고치(대구)
에너지사용량(toe/y)	5,900	4,430	12,833
비중(%)	100	75	217

1.4 아파트

- 2005년부터 2008년까지 단위 아파트 단지당 에너지사용 평균값을 전국 지자체별 대학교의 평균값과 비교를 통해서 강원도내 아파트 단지의 에너지사용 현황을 비교 분석
- 강원도내 아파트단지의 경우 단위 단지당 연평균 9,804toe를 사용하는 것으로 분석 되었으며, 전국 평균에 비하여 약 21% 적게 사용하는 것을 알 수 있음.
 - ※ 단위시설의 연평균 에너지사용량은 전국 지자체 중 경북지역의 사용량이 가장 높게 나타났음
 - ※ 강원도의 단지당 평균세대수는 1,309세대이며, 전국평균 1,501세대보다 다소 낮게 나타났음
 - 단위 단지당 세대수는 대전이 2,009세대로 가장 많으며, 다음으로 대전, 인천의 순으로 나타남
 - 단위 단지당 에너지사용량은 단지당 세대수와 밀접한 관계를 가짐
 - ※ 단위 단지당 세대수가 적은 지역은 전북 827세대/단지, 충북812세대/단지로 가장 낮게 나타났으며, 에너지사용량도 가장 낮은 것으로 분석됨.

〈표 III-11〉 강원도내 아파트단지의 에너지사용현황 분석

	전국평균	강원도사용량	최고치(경북)
에너지사용량(toe/y)	12,315	9,804	19,100
비중(%)	100	79	155

2. 단위 건축연면적당 에너지사용원단위 분석

2.1 병원

- 2005년부터 2008년까지 단위 병원 건물당 에너지사용 평균값을 전국 지자체별 병원의 평균값과 비교를 통해서 강원도내 병원 건물의 에너지사용 현황을 비교 분석
- 강원도내 병원건물의 건축연면적당 에너지사용 원단위는 전국평균에 비하여 36% 낮은 0.064toe/m²임
 - ※ 강원도 지역내 병원건축물의 2005년 이후 2008년까지 건축연면적당 에너지사용량이 증가하고 있음.
 - 2005(0.039), 2006(0.040), 2007(0.042), 2008(0.044)
- 병원 건축물 중 전국에서 건축연면적당 에너지사용량이 높은 지역은 경북지역으로 전국 평균대비 69%의 높은 에너지원단위를 나타냄

〈표 III-12〉 강원도내 병원건물의 건축연면적당 에너지사용현황 분석

	전국평균	강원도사용량	최고치(경북)
에너지사용량(toe/m ²)	0.064	0.041	0.108
비중(%)	100	64	169

2.2 학교(대학, 대학교)

- 2005년부터 2008년까지 단위 학교당 에너지사용 평균값을 전국 지자체별 학교의 평균값과 비교를 통해서 강원도내 학교 건물의 에너지사용 현황을 비교 분석
- 강원도내 학교건물의 건축연면적당 에너지사용 원단위는 전국평균에 비하여 7% 높은 0.0217toe/m²임
- 병원 건축물 중 전국에서 부산지역(0.0153toe/m²)의 건축연면적당 에너지사용량이 가장 낮은 것으로 분석됨
- 강원도내 학교건물의 건축연면적당 에너지사용 원단위는 전국평균에 비하여 7% 높은 0.0217toe/m²임

〈표 III-13〉 강원도내 학교건물의 건축연면적당 에너지사용현황 분석

	전국평균	강원도사용량	최고치(대구)
에너지사용량(toe/m ²)	0.0203	0.0217	0.0277
비중(%)	100	107	137

2.3 호텔

- 2005년부터 2008년까지 단위 호텔당 에너지사용 평균값을 전국 지자체별 호텔의 평균값과 비교를 통해서 강원도내 호텔 건물의 에너지사용 현황을 비교 분석
- 강원도내 호텔건물의 건축연면적당 에너지사용 원단위는 전국평균에 비하여 21% 낮은 0.060toe/m²임
 - ※ 강원지역 원단위가 낮은 것은, 서울 등 대도시에 비하여 낮은 이용률이 주요 원

인으로 분석됨

- 호텔 건축물 중 전국에서 서울지역(0.133toe/m²)의 건축연면적당 에너지사용량이 가장 높은 것으로 분석됨
 - ※ 서울지역 호텔의 이용률이 타 지역에 비하여 높은 것이 주요 원인임
 - ※ 2007년 서울지역 호텔의 에너지원단위가 크게 상승하였기 때문에 전체 평균값이 높게 평가됨.

〈표 III-14〉 강원도내 호텔건물의 건축연면적당 에너지사용현황 분석

	전국평균	강원도사용량	최고치(서울)
에너지사용량(toe/m ²)	0.076	0.060	0.133
비중(%)	100	79	176

2.4 아파트

- 2005년부터 2008년까지 단위 아파트 단지의 건축연면적당 에너지사용 평균값을 전국 지자체별 아파트의 평균값과 비교를 통해서 강원도내 아파트 건물의 에너지사용 현황을 비교 분석
- 강원도내 아파트의 건축연면적당 에너지사용 원단위는 전국평균에 비하여 10% 낮은 0.0253toe/m²임
 - ※ 강원도 내의 아파트 보급률이 증가할수록 단위면적 당 거주인구가 적어짐에 따라 에너지 원단위는 지속적으로 감소할 것으로 예측됨.
- 아파트 중 건축연면적당 에너지이용량이 가장 높은 지역은 광주지역으로 전국대비 250% 높은 수치를 나타냄
 - ※ 광주지역의 경우, 2005년부터 2008년 까지 전반적으로 에너지원단위가 타 지자체에 비하여 높음

- 아파트 중 건축연면적당 에너지이용량이 가장 낮은 지역은 인천지역으로 0.0175toe/m²이며, 다음으로 부산지역(0.0181toe/m²)임

〈표 III-15〉 강원도내 아파트 건축물의 건축연면적당 에너지사용현황 분석

	전국평균	강원도사용량	최고치(광주)
에너지사용량(toe/m ²)	0.0282	0.0253	0.133
비중(%)	100	90	250

3. 단위 기준(객실수, 병상수, 세대수, 학생수)당 에너지사용원단위 분석

3.1 병원

- 2005년부터 2008년까지 단위 병원 건물당 에너지사용 평균값을 전국 지자체별 병원의 평균값과 비교를 통해서 강원도내 병원 건물의 에너지사용 현황을 비교 분석
- 강원도내 병원건물의 병상수(Bed)당 에너지사용 원단위는 전국평균에 비하여 17% 낮은 4.385toe/m²임
 - ※ 전국대비 강원도 병원의 병상이용률이 낮은 것이 주요원인
- 전국적으로 가장 높은 병상당 에너지원단위는 경기지역이며, 전국대비 172% 높은 9.152toe/m²임
 - ※ 2005년 경기도내 병원의 에너지사용량이 매우 높았던 것이 주요 사유임.
- 전국적으로 가장 낮은 병상당 에너지원단위는 울산지역(3.633toe/m²)이며, 다음으로 전남지역(3.783toe/m²)임

〈표 III-16〉 강원도내 병원 건축물의 병상수당 에너지사용현황 분석

	전국평균	강원도사용량	최고치(경기)
에너지사용량(toe/병상수)	5.256	4.385	9.152
비중(%)	100	83	174

3.2 학교(대학, 대학교)

- 2005년부터 2008년까지 단위 대학 건물당 에너지사용 평균값을 전국 지자체별 학교의 평균값과 비교를 통해서 강원도내 대학 건물의 에너지사용 현황을 비교 분석
- 강원도내 대학건물의 학생수당 에너지사용 원단위는 전국평균에 비하여 17% 낮은 0.4042toe/m²임
 - ※ 학생수는 2008년을 기준으로 분석하였음.
- 전국적으로 가장 높은 병상당 에너지원단위는 서울지역이며, 전국대비 162% 높은 0.7130toe/m²임
 - ※ 서울지역의 경우 단위학교당 학생수가 강원도에 비하여 50% 많음.
 - ※ 서울지역의 경우 단위학교당 건축연면적은 강원도에 비하여 210% 높음.
- 전국적으로 가장 낮은 병상당 에너지원단위는 부산지역(0.2791toe/m²)이며, 다음으로 충북지역(0.3286toe/m²)임

〈표 III-17〉 강원도내 학교 건축물의 학생수당 에너지사용현황 분석

	전국평균	강원도사용량	최고치(서울)
에너지사용량(toe/학생수)	0.4390	0.4042	0.7130
비중(%)	100	92	162

3.3 호텔

- 2005년부터 2008년까지 단위 호텔 건물당 에너지사용 평균값을 전국 지자체별 호텔의 평균값과 비교를 통해서 강원도내 호텔 건물의 에너지사용 현황을 비교 분석
- 강원도내 호텔건물의 객실당 에너지사용 원단위는 전국평균에 비하여 34% 낮은 7.893toe/m²임
 - ※ 강원도 지역 호텔의 이용률이 타 지역에 비하여 낮은 것이 주요 원인
 - ※ 강원도 지역 호텔의 평균 연면적은 전국 평균의 두 배인 116,930임
 - ※ 강원도 지역 호텔의 평균원단위는 전국에서 제주지역을 다음으로 높음
 - 제주지역의 경우 높은 이용률 대비 지역적 기후조건이 많은 영향을 미치는 것으로 분석됨.
- 전국적으로 가장 높은 객실당 에너지원단위는 서울지역이며, 전국대비 170% 높은 20.186toe/m²임
 - ※ 서울지역 호텔의 경우 전국대비 이용률이 높기 때문임.

〈표 III-18〉 강원도내 호텔 건축물의 객실수당 에너지사용현황 분석

	전국평균	강원도사용량	최고치(서울)
에너지사용량(toe/객실)	11.899	7.893	20.186
비중(%)	100	66	170

3.4 아파트

- 2005년부터 2008년까지 단위 아파트단지당 에너지사용 평균값을 전국 지자체별 아파트단지의 평균값과 비교를 통해서 강원도내 아파트단지의 에너지사용 현황을 비교 분석

- 강원도내 아파트 단지의 세대당 에너지사용 원단위는 전국평균에 비하여 18% 낮은 1.9442toe/m²임
 - ※ 강원지역 아파트 단지의 경우 전국 중 단지당 평균 세대수는 13% 적으며, 단지당 평균 연면적은 23% 낮음
 - 강원지역 내 대단지 아파트의 경우, 서울경기권에 비하여 단위세대별 면적이 넓기 때문임

- 전국적으로 가장 높은 세대당 에너지원단위는 경북지역이며, 전국 평균 대비 148% 높은 3.5010toe/m²임

〈표 III-19〉 강원도내 아파트단지의 세대당 에너지사용현황 분석

	전국평균	강원도사용량	최고치(서울)
에너지사용량(toe/세대)	2.364	1.944	3.501
비중(%)	100	82	148

제 4 장

국내 건물용도별 온실가스배출원단위 분석

제 1 절 온실가스배출량 산정개요

제 2 절 지역별 · 건물용도별 온실가스배출량 분석

제 3 절 강원도 건물용도별 온실가스 배출 원단위
특성 분석

제 4 장

국내 건물용도별 온실가스 배출원단위 분석



제1절 온실가스 배출량 산정 개요

1. 산정 개요

1.1 온실가스 배출원 구분

- 온실가스는 기후변화협약 및 교토의정서에서 기준하는 6가지의 가스를 대상가스로 규정하며, CO₂, CH₄, N₂O, PHCs, HFCs, SF₆ 임.

 - 온실가스 배출량 산정을 위한 가이드라인은 1996년 IPCC에서 개발된 온실가스 인벤토리 가이드라인을 기준으로 용도에 맞게 다양한 가이드라인이 개발되어 활용되어짐.
 - ※ WRI/WBCSD 가이드라인 : 기업의 온실가스 배출량 산정에 적용
 - ※ ISO 14064, 14065 : 기업, 프로젝트 온실가스 배출량 산정 및 검증표준화
 - ※ EU-ETS : 유럽연합 배출권거래제도하에서의 온실가스 배출량 산정 기준
- ⇒ 제도, 대상 등에 따라 다양한 가이드라인이 개발되고 활용되어짐.
- ⇒ 모든 가이드라인의 기준은 IPCC 가이드라인을 따라 개발되어짐.

〈표 IV-1〉 온실가스 배출량 산정 가이드라인

구분	기관	가이드라인 명	특징
국가 단체	IPCC	IPCC Guideline	국가 온실가스 배출량 산정을 위해 개발
	ISO	ISO 14064-1, 2, 3 및 14065	원칙, 개념 중심의 가이드로 계산 방법에 대한 언급 없음
	WRI/WBCSD	GHG Protocol	대부분의 가이드라인에서 채택하고 있는 가장 영향력 있는 가이드라인
국가	EU-ETS	Monitoring and Reporting guideline	1) 배출권거래제의 도입 2) 배출량 등록 프로그램 운영
	UK-ETS	Measurement and Reporting guideline	
	일본	사업자로부터의 온실가스 배출량 산정 가이드라인	
	캐나다	Challenge Registry	
	캘리포니아	California Climate Action Registry	
	EPA	Climate Change Leaders Program	
관련 단체	API	Compendium of Greenhouse Gas Emissions Methodologies for the Oil and Gas industry	
	IPIECA	Petroleum Industry Guideline for Reporting GHG Emissions	
	EPGEU	Power/utility reporting protocol	
	CSI	CO2 Accounting and Reporting Standard for the Cement Industry	

- 국외 온실가스 배출량 산정 가이드라인별 적용성, 방법론 등에 대한 비교분석은 아래 표와 같으며, 본 연구는 IPCC 가이드라인을 적용

〈표 IV-2〉 해외 가이드라인별 비교분석

	IPCC	WRI	EU-ETS	Japan	ISO
적용단위	국가	기업/프로젝트	Installation	기업	기업/프로젝트
방법론	TIER approach	표준방법론	TIER approach	표준방법론	없음
배출계수	표준제시	IPCC권장	IPCC권장	자체개발	IPCC권장
적용성	의무	비의무	의무	비의무	비의무
Tool	없음	Excel	없음	없음	없음
보고	의무	비의무	의무	의무	비의무

- IPCC 가이드라인에 따라 온실가스 배출원은 직접배출(Scope 1)과 간접배출(Scope 2), 기타간접배출(Scope 3)으로 구분
 - ※ Scope 1과 Scope 2는 의무산정, Scope 3은 권고로 제시되어 있음.
 - ※ 직접배출 : 고정연소배출, 이동연소배출, 탈루배출, 공정배출
 - ※ 간접배출 : 구매된 열, 구매된 전력
 - ⇒ 일반적으로 건물에서 고정연소배출과 간접배출이 전체 배출량의 98%이상을 차지함.

- 건물의 경우, 대부분의 건물에서 이동연소배출, 탈루배출의 데이터를 관리하지 않기 때문에 해당 부분의 데이터의 조사 불가
 - ⇒ 본 연구에서는 이동연소배출과 탈루배출을 고려하지 않음.

〈표 IV-3〉 온실가스 배출원 구분

구분	세부 구분	내 용	고려여부
Scope 1 직접배출	고정연소배출	보일러, 가스렌지 등 고정된 화석연료 연소장치	○
	이동연소배출	자동차, 트럭등 화석연료를 사용하는 이동장치	X
	탈루배출	냉매의 탈루, 쓰레기부패과정이 탈루	X
	공정배출	공정에서 발생되어 대기로 배출되는 온실가스	○
Scope 2 간접배출	구매된 열	열구매를 통한 온실가스 배출	○
	구매된 전력	전력구매를 통한 온실가스 배출	○
Scope 3 기타간접	기타간접배출	원료 채취, 서비스, 폐기물 등의 온실가스 배출	X

1.2 조사데이터 및 조사의 한계성

- 대부분의 건물이 연료별 사용량 등에 대한 주 에너지비용관리를 하고 있었으며, 세부적인 자동차연료, 쓰레기량 등에 대한 세부 데이터를 관리하고 있지 않음.

- 따라서 건물의 직접배출원과 간접배출원 중 이동연소배출과 탈루배출을 제외한 전체의 온실가스 배출량을 포함
- 에너지사용량 조사의 용도별 세부 정보 파악 불가로 인하여, 연간 연료별 사용에너지량, 전력사용량, 열구매량으로 구분하여 조사

〈표 IV-4〉 조사 데이터

구분	학교	병원	호텔	아파트	비고
기준단위	공통 : 건축연면적				
	학생수	병상수	객실수	세대수	
직접배출	공통 : 에너지원별 에너지사용량				
간접배출	공통 : 전기사용량(구매량), 구매한 열사용량				
기간	공통 : 2005년 ~ 2008년				

- LNG를 제외한 LPG, B-C유 등의 연료를 사용하는 경우, 구매량을 기초하여 산정함에 따라 재고량이 일부 포함되어 산정됨.
⇒ 4개년동안의 평균값을 사용함으로써 재고에 따른 오차를 최소화
- 건물 용도별 비교 검토를 위하여 공통 비교변수로 단위 건축연면적(1m²)을 적용하였으며, 건물 용도별 지역별 비교를 위하여 용도별 비교변수를 학교(학생수), 병원(병상수), 호텔(객실수), 아파트(세대수)로 구분하여 비교 분석
- 건물 용도별 비교 검토를 위하여 공통 비교변수로 단위 건축연면적(1m²)을 적용하였으며, 건물 용도별 지역별 비교를 위하여 용도별 비교변수를 학교는 학생수, 병원(병상수)
- 연차별 온실가스 배출원단위 패턴 분석을 위하여 2005년부터 2008년까지 총 4개년 동안의 데이터를 조사하여 분석 실시

2. 온실가스 배출 계수 개발 및 적용

2.1 화석연료 온실가스 배출계수

- 국제적으로 IPCC 탄소배출계수를 공통적으로 사용하고 있으며, 우리나라 또한 국가 온실가스배출량 산정에 IPCC 배출계수를 적용
- 본 연구는 국제 기준 및 가이드라인(IPCC)에 따라 에너지원별 온실가스 배출계수를 IPCC 1996 가이드라인의 탄소배출계수를 적용함.

2.1.1 IPCC 에너지원별 이산화탄소 배출계수 산정방법

- 1단계 : 연료제품별 연료 연소량의 추계(고유단위)
 - IPCC의 기준방법론의 1단계는 해당 국가의 연료 형태별 “명시적 소비 (Apparent Consumption)”를 추계⁶⁾.
 - ※ 1차 에너지의 경우

$$\text{명시적 소비량} = \text{생산량} + \text{수입량} - \text{수출량} - \text{국제병커량} - \text{스톡변동량}$$
 - ※ 2차 에너지의 경우

$$\text{명시적 소비량} = \text{수입량} - \text{수출량} - \text{국제병커량} - \text{스톡변동량}$$
- 2단계 : 고유단위의 연료소비량을 공통단위로 전환
 - 화석연료별 고유계량단위는 분석의 편의를 위하여 하나의 공통단위로 통일. 『IPCC Reference Manual(1996)』에서는 열량단위 GJ(또는 TJ)을 공통단위로 하여 단위를 통일.

6) 본 개념은 화석연료의 소비에서 CO2를 산정할 때 사용하는 개념으로서, “실제적(actual)”이라는 개념과는 차이를 보인다. 이는 해당 경제에 투입되는 1차 에너지량의 추계시 2차 에너지의 순수입 및 스톡변동 조정량을 고려하게 되는데, 이때 2차 에너지의 수출량이 수입량을 초과했다면 순수입량은 부(負)의 수치가 될 것이다. 이는 2차 연료 소비에 대한 실제 추정치가 아니며 단지 워크시트상에서 산정된 일차 연료투입량을 조정하기 위해서 추산된 수치이다. 이같은 의미에서 “명시적(apparent)”이라는 개념이 도입되는 것이다. 이같은 절차는 연료내 함유되어 있는 모든 탄소를 고려한다는 것을 기초로 하여 이루어지게 된다.

연료구분			탄소배출계수		
			kg C/GJ	*(ton C/toe)	(TJ/10 ³ TON)
액체화석연료	1차연료	원유	20.00	0.829	-
		천연액화가스(NGL)	17.20	0.630	-
	2차연료	휘발유	18.90	0.783	44.80
		항공가솔린	18.90	0.783	44.59
		등유	19.60	0.812	44.75
		항공유	19.50	0.808	-
		경유	20.20	0.837	43.33
		중유	21.10	0.875	40.19
		LPG	17.20	0.713	47.31
		납사	(20.00)(a)	0.829	45.01
		아스팔트(Bitumen)	22.00	0.912	40.19
		윤활유	(20.00)(a)	0.829	40.19
		Petroleum Coke	27.50	1.140	31.0
		Refinery Feedstock	(20.00)(a)	0.829	44.80
		고체화석연료	1차연료	무연탄	26.80
원료탄	25.80			1.059	
연료탄	25.80			1.059	
갈탄	27.60			1.132	
Peat	28.90			1.186	
2차연료	BKB & Patent Fuel		(25.80)(a)	1.059	
	Coke Oven/Gas Coke		29.50	1.210	
	Coke Oven Gas		13.0(b)		
	Blast Furnace Gas	66.0(b)			
기체화석연료	LNG(dry)	15.30	0.637		
바이오매스 (CO ₂ 배출량 계산 시 불 포함)	고체바이오매스	29.90	1.252		
	액체바이오매스	(20.00)(a)	0.837		
	기체바이오매스	(30.60)(a)	1.281		

주) 41,868 TJ/106 toe 적용하여 계수환산

*에너지원별 IPCC Guideline에서 제시하고 있는 용도별 연소율 적용

○ 3단계 : 제품별 탄소배출계수의 선정



화석연료별로 탄소함유량이 상이하므로 연료별 탄소배출계수를 결정. 그러나 국내에서 실사된 연료별 탄소배출 계수가 존재하지 않기 때문에 IPCC가 추천한 연료별 탄소배출계수를 이용.

○ 4단계 : 제품에 몰입된 탄소량의 추계

연료가 아닌 제품의 중간재 내지는 최종제품으로 사용되는 화석연료에 내포된 탄소는 연소과정을 거치지 않기 때문에 이산화탄소화되지 않고 최종재화 내에 탄소형태로 남게 됨. 이처럼 제품 중에 포함되어 있는 탄소를 몰입탄소(carbon stored)라 함. 제품몰입 탄소량은 지구온난화에 직접 영향을 미치지 않기 때문에 온실가스 배출통계량에서 제외.

<표 VI-5> IPCC 탄소몰입율

제품	제품 몰입율
아스팔트(Bitumen)	100%
윤활유	50%
원료탄	6%
납사 *	75%
LPG *	80%
천연가스 *	33%
경우 *	50%

주 : *은 석유화학용 원료(feedstocks)로 사용되는 경우

○ 5단계 : 연소과정에서 산화되지 않은 탄소량의 고려

연료에 함유되어있는 탄소중 불완전 연소되는 부분은 이산화탄소로 전환되지 않음. 일반적으로 연료의 연소율은 연소종류별, 연소사용기기의 기술별로 상이하기 때문에, 사전에 정할 수 없으나, IPCC 방법론에서는 연료별로 평균 연소율을 제시하고 있음.

〈표 VI-6〉 연료별 평균연소율 (IPCC, 1996)

연료구분	연소율
석 탄	0.98
원유 및 가스제품	0.99
가 스	0.995
발전용 Peat	0.99

주 : 1. 석탄의 0.98은 세계 평균치이며 석탄의 형태가 현저한 차이를 나타낼 때는 가장 낮은 수치인 0.91이용 가능
 2. peat를 가정용으로 이용할 경우 상기값보다 낮음

○ 6단계 : 탄소배출량을 CO2로 전환

CO2 배출량을 구하기 위해서는 위의 탄소배출량을 CO2 배출량으로 전환 시켜주어야 함. 연료연소를 통해 탄소가 산화될 때 산소(O2)와 결합하여 질량이 증가하므로, 탄소배출량을 CO2 배출량으로 전환할 때 CO2와 탄소간의 질량비를 탄소량에 곱하여 CO2 배출량을 구할 수 있음. 화학적으로 CO2와 탄소간의 질량비는 44/12 임

2.2 전력의 온실가스 배출계수 산정

- 전력의 온실가스 배출계수는 국가별 전력의 생산방식, 효율, 사용연료 등의 다양한 변수에 따라 다르기 때문에 우리나라 고유의 배출계수 적용 필요
- 우리나라의 전력공급방식은 전국의 단위 발전소에서 생산된 전력이 Grid에 연계되어 사용처로 공급됨으로써 국가 전체의 평균 전력배출계수를 산정하여 공통적으로 적용하는 것이 타당함
- 전력의 온실가스 배출계수 산정을 위해서는 현재 국제적으로 UNFCCC CDM의 전력배출계수 산정방법론이 가장 폭넓게 사용되고 있으며, 정확성이 가장 높기 때문에 본 연구에서는 UNFCCC CDM 가이드라인의 전력배출계수 산정방법론을 이용하

여 전력 온실가스 배출계수 산정

※ UNFCCC는 CDM EB는 전력배출계수 산정 표준으로 ACM00127)방법론에서 전력시스템의 배출계수 산정방법을 제시하고 있음.

- 전력배출계수의 경우 Operation margin(OM), build margin (BM), combined margin (CM)법을 이용하여 전력배출계수를 산정
- 본 연구에서는 UNFCCC CDM EB에서 권고하는 방식인, OM과 BM을 각각 산정 후 가중 평균하여 CM을 산정하는 방법을 이용하여 배출계수를 산정 및 적용

2.2.1 Operation margin(OM) 방법

- 전력배출계수의 산정을 위해 가장 우선적으로 Operation margin(OM)방법을 이용하여 전력배출계수를 산정해야 함
Operation margin(OM)방법에는 4가지 방법이 있으며, 4가지 방법 중 조건에 맞는 계산방법을 선택하여 Operation margin(OM)배출계수를 산정
 - (a) Simple OM
 - (b) Simple adjusted OM
 - (c) Dispatch Data Analysis OM,or
 - (d) Average OM
- “Dispatch Data Analysis OM”이 Operation margin(OM) 방법 중 가장 먼저 고려되어야 하며, 이후에 Simple OM방법, Simple adjusted OM 또는 평균 배출을 방법을 선택할 수 있음.

7) Consolidated baseline methodology for GHG emission reductions from waste energy recovery projects --- Version 3.2, CDM EB

- Simple OM 방법(a)는 Low Cost/Must run Resources⁸⁾ 가 총 계통 전력(기존 연결 전력) 생산 중 50 % 이하가 되는 경우 사용하며, 이때 계통 전력 기준은 최근 5년간 평균 혹은 수력발전을 기준으로 했을 때 장기적인 평균치를 근간으로 산출
- Dispatch Data Analysis OM법은 상세 데이터 적용법으로 산정을 위해서는 h시간 동안 Grid 시스템에서의 송전 순서 상위 10%에 해당하는 발전소 개수(n)의 단위 전력당 생산 가중평균을 산정하기 위해 Grid에 전력을 공급하는 각 발전소에 대한 발전소 가동 송전(Dispath)순서를 알아야 하며, 감축사업이 실시되는 동안의 시간대별 송전량의 세부 데이터를 확보해야 함
 - ※ 한국전력의 경우 상기 세부 데이터의 확보가 불가능하여 대부분의 사업에서는 본 방법을 통해 적용할 수 없음
- b) Simple adjust OM의 경우 또한 시간대별 부하 데이터를 확보할 수 있어야 적용가능하며, 시간대별 부하 데이터를 확보할 수 없어 적용 가능하지 않음
- d) Average OM법은 저비용의 가동 또는 must run resource의 사업에 의해 생산된 5년 평균 전체 전력량의 50% 이상인 경우에 적용 가능한 방법으로써 한국전력의 경우 전체 전력량의 50% 이하이므로 적용 불가능
- 따라서 우리나라의 경우 적합한 Operation margin(OM) 방법은 a) simple OM방법이며 국내 CDM등록된 전력생산, 절감사업은 모두 a) simple OM방법을 적용하여 전력배출계수를 산정
- Simple OM 산정방법

Simple OM 배출 계수(EFOM, simple,y)는 시스템에 사용되는 모든 발전 자원에 대해 단위 전력당 발전 가중 평균 배출량으로 계산된다. 하지만 Low operating

8) Low operating cost와 must run resources는 통상 수력, 지열, 풍력, 저가형 바이오매스, 핵 및 태양발전을 포함한다. 만약 석탄이 명백한 Must run 자원으로 사용된다면 이 목록에 반드시 포함되어야 한다. 이와 동시에 발전소 군에서는 제외한다.

cost와 must run power plants는 포함되지 않음

$$EF_{grid,OMsimple,y} = \frac{\sum_i (FC_{i,y} \times NCV_{i,y} \times EF_{CO2,i,y})}{EG_y}$$

이때,

$EF_{grid,OMsimple,y}$ = y년간 simple OM 배출계수 (tCO2/MWh)

$FC_{i,m,y}$ = y년간 플랜트에 의한 i형태의 연료사용량 (질량 또는 부피단위)

$NCV_{i,y}$ = y년 i형태 연료의 저위발열량(GJ / 질량 또는 부피단위)

$EF_{CO2,i,y}$ = y년 i형태 연료의 CO2배출계수 (tCO2/GJ)

$EG_{m,y}$ = y년간 m 플랜트의 Grid 전력 수전량 (MWh)

m = low-cost / must-run power plants 를 제외한 연간 그리드에 수전하는 모든 발전 플랜트

i = y년의 발전 플랜트에서 연소된 모든 연료 형태

y = CDM- PDD 제출 시점으로부터 최근 3년(ex ante option) 또는 Step 2 데이터 획득 지침에 따른 적용가능한 모니터링 기간(ex post option)

2.2.2 Build margin(BM) 방법

- ACM0002에 따라서 BM법의 계산은 아래의 2개 옵션을 따름
 - (a) 최근 건설된 5개 발전소
 - (b) 추가된 발전 용량이 전체 시스템 발전량의 20%를 차지하는 가장 최근에 건설된 발전소
- ACM0002의 BM배출계수는 한국 전력발전소의 최근 건설된 발전소의 가중평균 배출계수(tCO2/MWh)에 의해 계산됨
- 배출계수의 계산은 상위 2가지 옵션에 따라서 산정되는데 옵션(b)는 최근 이미 건설된 플랜트에 대하여 최신정보를 활용해 계산하게 되며 BM방법에 따른 배출계수

산정방법은 다음과 같음

$$EF_{grid,BM,y} = \frac{\sum_m EG_{m,y} \times EF_{EL,m,y}}{\sum_m EG_{m,y}}$$

$EF_{grid,BM,y}$ = y 년의 BM CO2 배출계수 (tCO2/MWh)

$EG_{m,y}$ = y년간 m 플랜트의 Grid 전력 수전량 (MWh)

$EF_{EL,m,y}$ = y년간 M 플랜트의 CO2 배출계수 (tCO2/MWh)

m = Build margin에 포함된 발전 플랜트

i = y년의 발전 플랜트에서 연소된 모든 연료 형태

y = 발전을 위한 최근 기간

2.2.3 Combine margin(CM) 방법

- 사업활동에 따른 EFOM과 EFBM의 EFy계산은 CM(Combined Margin)의 계산에 따라 OM방법과 BM방법 가중평균을 적용하여 계산하며, WOM + WBM=1의 가중 비율을 적용
- 사업활동에 따른 EFOM과 EFBM의 EFy계산은 CM(Combined Margin)의 계산에 따라 50%씩 가중평균을 적용하며, 인증 2,3번째 이상의 기간에서는 WOM=25% WBM=75%의 가중비율을 적용
- 내륙지방의 경우 단일 계통망을 통해 전력을 생산하는 경우 50%씩 가중평균을 적용하여 배출계수를 산정하며, 제주도와 같은 경우 지역 특성을 고려하여 지역특성에 맞는 가중평균을 적용. CM(Combined Margin) 산정방법은 다음과 같음

$$EF_{\text{grid,CM,y}} = EF_{\text{grid,OM,y}} \times W_{\text{OM}} + EF_{\text{grid,BM,y}} \times W_{\text{BM}}$$

EF_{grid,BM,y} = y 년의 OM CO₂ 배출계수 (tCO₂/MWh)

EF_{grid,OM,y} = y 년의 BM CO₂ 배출계수 (tCO₂/MWh)

W_{OM} = OM 배출계수 가중율(%)

W_{BM} = BM 배출계수 가중율(%)

2.2.4 연차별 전력배출계수

- UNFCCC CDM EB의 가이드라인에 따라 OM과 BM 산정후 가중평균하여 CM을 산정하였으며, 연차별 산정 결과는 아래 표와 같음

<표 VI-7> 연차별 우리나라 전력배출계수

	2005	2006	2007	2008
OM (tCO ₂ /MWh)	0.7710	0.7448	0.7193	0.7159
BM (tCO ₂ /MWh)	0.4718	0.3735	0.3808	0.4113
CM (tCO ₂ /MWh)	0.6214	0.6520	0.5501	0.5636



제2절 지역별 · 건물용도별 온실가스배출 특성 분석

1. 건물 용도별 온실가스 배출량 분석

- 온실가스 배출량은 IPCC 가이드라인에서 제시한 배출량 산정식과 화석연료별 온실가스 배출계수를 적용하였으며, 전력배출계수는 UNFCCC CDM EB에서 제시된 방법론(ACM0012)를 적용하여 산정함.

※ 전력배출계수는 2005년~2008년까지의 각각의 배출계수를 산정하여 해당년도의 전력사용량과 연계하여 배출량 산정

1.1 호텔

- 국내 호텔 건물의 단위 건물별 연평균 이산화탄소 배출량은 12,668톤이며, 2007년 서울지역 호텔의 온실가스 배출량 급증이 주요 원인임

〈표 IV-8〉 국내 호텔의 연평균 온실가스 배출량

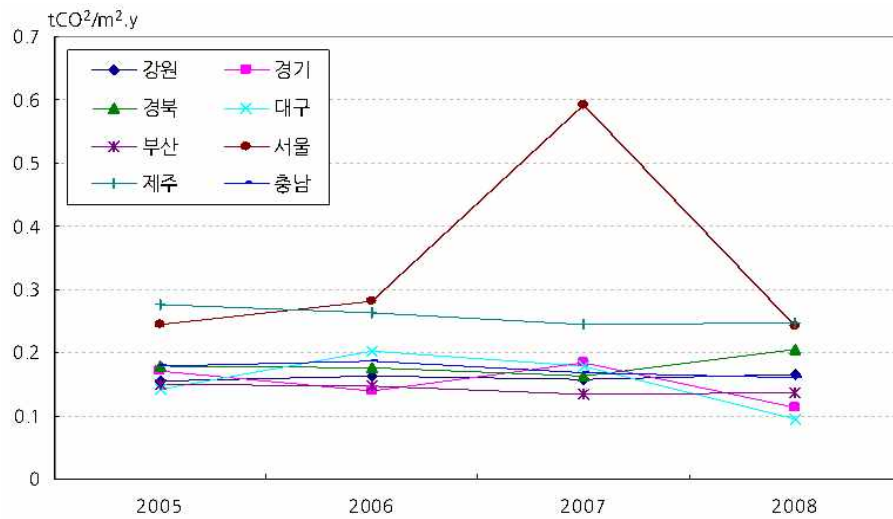
연면적평균 (m ²)	평균객실수 (개)	건물당 평균 온실가스 배출량(tCO ₂ /y)				
		2005	2006	2007	2008	평균
66,273	435	11,910	12,565	15,196	11,003	12,668

- 국내 호텔건물의 최근 4개년 동안의 단위건축연면적당 온실가스배출원단위는 0.0195(tCO₂/y · m²)이며, 단위객실당 온실가스 배출원단위는 30.44(tCO₂/y · 객실)임

〈표 IV-9〉 국내 호텔의 연평균(2005~2008) 온실가스 원단위

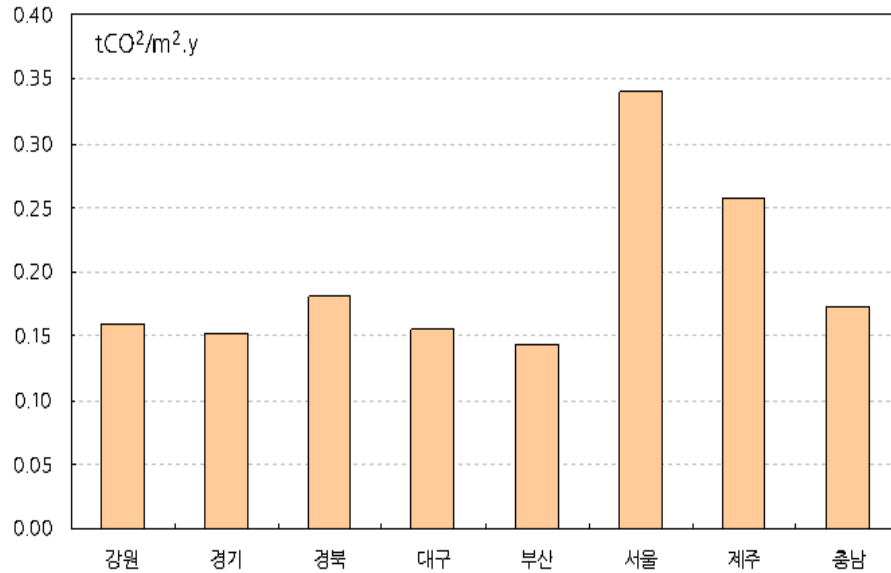
단위 건축연면적당 온실가스 배출량 (tCO ₂ /y·m ²)	단위 객실당 온실가스 배출량 (tCO ₂ /y·객실)
0.195	30.443

- 2005년부터 2008년 까지의 년차별 건축단위면적당 온실가스 배출원단위는 전반적으로 일정한 패턴을 가지고 있음.
 - ※ 대구, 경기 지역의 경우 2008년 들어 원단위가 다소 낮아지는 특성을 보임
 - ※ 경북지역은 2005년 이후 점진적으로 배출원단위가 상승
 - ※ 서울지역의 경우, 2007년에 단기적으로 에너지사용 급증하였기 때문



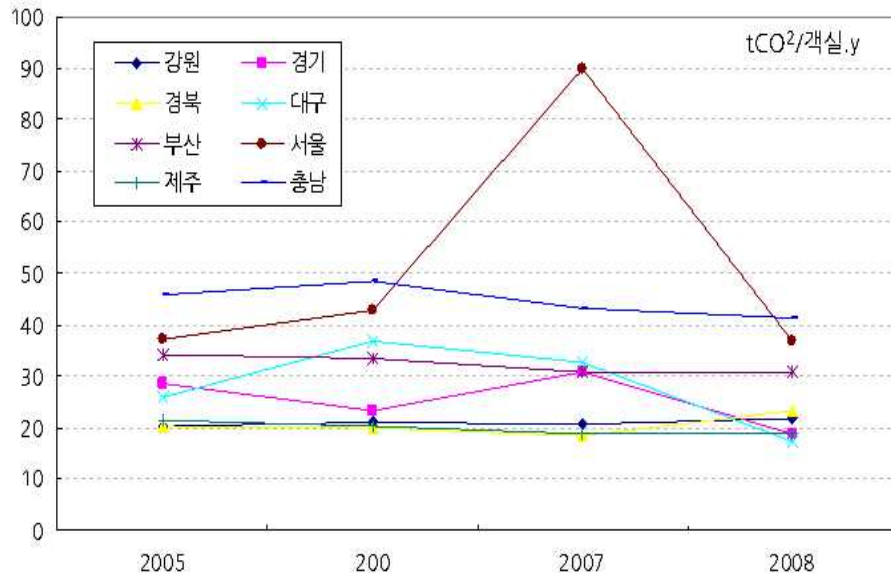
<그림 VI-1> 호텔의 년차별·지역별 온실가스 배출원단위

- 지역별 호텔건물의 온실가스 배출원단위는 제주, 서울, 경북, 강원, 충남의 순으로 분석됨.
 - ※ 에너지원단위의 경우, 충남이 가장 높고, 다음으로 서울, 부산의 순이었으며, 온실가스 원단위와는 다른 특성을 나타냄
 - 지역별 사용에너지원과 전력의 사용비율이 다르기 때문으로 분석됨.
- 강원지역의 4개년 평균원단위는 0.1600(tCO₂/y · m²)으로 전국평균 (0.1950tCO₂/y · m²) 보다 낮음.

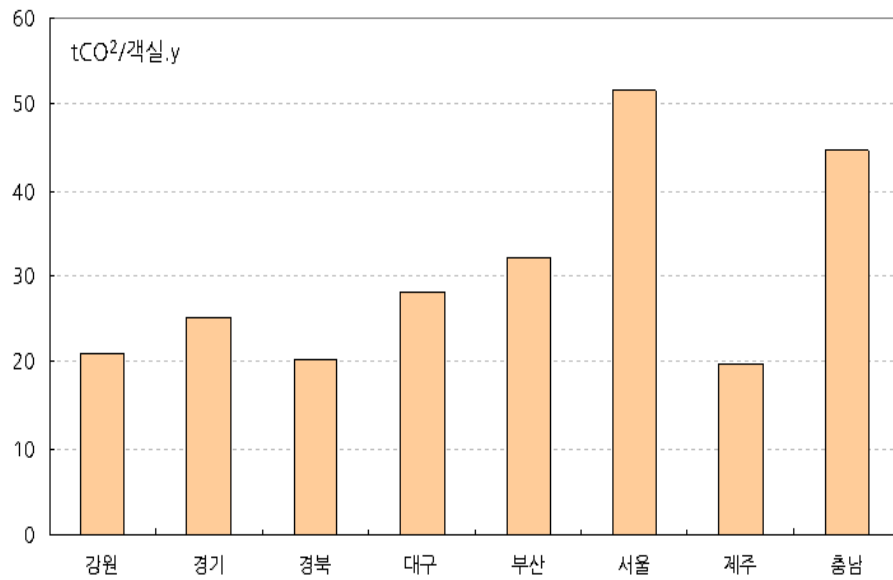


<그림 VI-2> 호텔의 연평균 지역별 단위건축연면적당 온실가스 배출원단위

- 강원도내 호텔건물의 4개년평균 객실당 온실가스 배출원단위는 20.92(tCO₂/y · 객실)로써 전국평균(30.44tCO₂/y · 객실)보다 32% 낮게 나타남.
- 4개년 평균 객실당 온실가스 배출원단위가 가장 높은 지역은 서울 지역이며, 다음으로 충남, 부산, 대구의 순으로 나타남.
 - ※ 에너지원단위와 마찬가지로 서울지역의 객실당 이용률이 높기 때문임.
- 4개년 평균 객실당 온실가스 배출원단위가 가장 낮은 지역은 제주이며, 전국평균대비 35% 낮은 배출원단위를 나타냄
 - ※ 제주 지역의 경우, 지역적 기후특징이 주요원인으로 분석됨.
- 경기, 대구, 충남, 제주 지역은 년차별 객실당 온실가스 배출원단위가 낮아지는 반면, 강원, 경북지역은 상승하는 것으로 나타남



<그림 VI-3> 호텔의 연차별·지역별 단위객실당 온실가스 배출원단위



<그림 VI-4> 호텔의 연평균 지역별 단위객실당 온실가스 배출원단위

1.2 학교(대학교, 대학)

- 국내 학교 건물의 단위 학교별 연평균 이산화탄소 배출량은 15,060톤 임.

〈표 IV-10〉 국내 학교의 연평균 온실가스 배출량

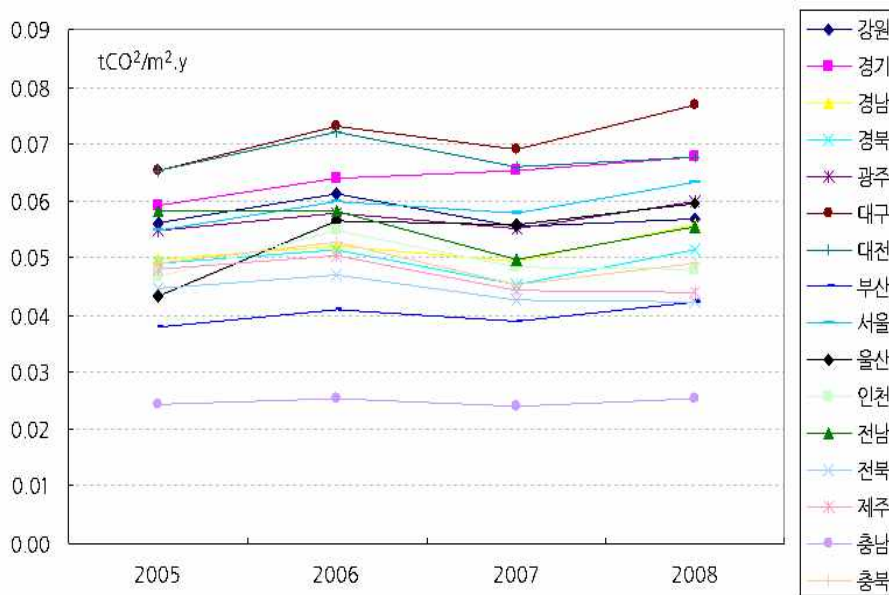
평균건축 연면적 (m ²)	평균학생수 (명)	건물당 평균 온실가스 배출량(tCO ₂ /y)				
		2005	2006	2007	2008	평균
287,557	13,498	14,422	15,715	14,5460	15,543	15,060

- 국내 학교건물의 최근 4개년 동안의 단위건축연면적당 온실가스배출원단위는 0.0525(tCO₂/y · m²)이며, 학생당 온실가스 배출원단위는 1.1315(tCO₂/y · 학생)임

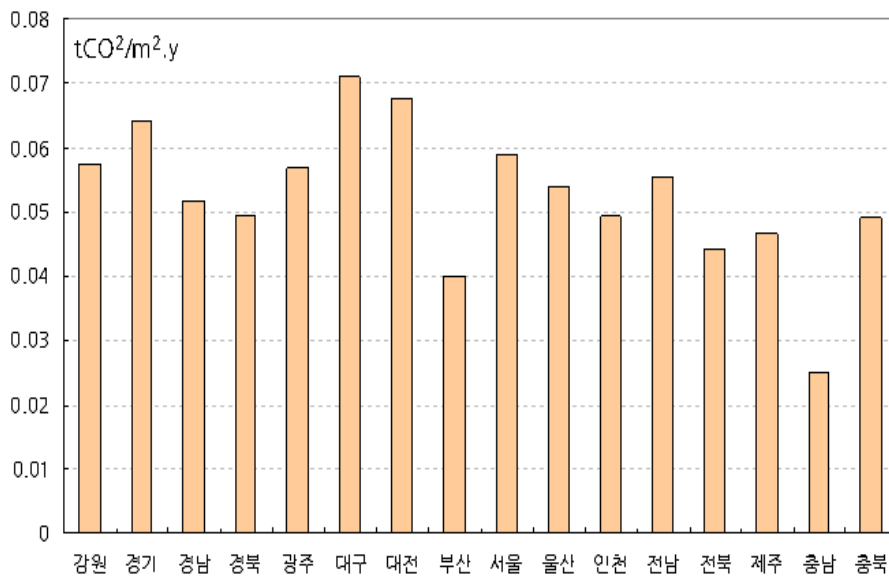
〈표 IV-11〉 국내 학교의 연평균(2005~2008) 온실가스 원단위

단위 건축연면적당 온실가스 배출량 (tCO ₂ /y·m ²)	학생당 온실가스 배출량 (tCO ₂ /y·학생)
0.0525	1.1315

- 지역별 학교건물의 최근 4개년 동안의 단위건축연면적당 온실가스배출원단위는 점진적으로 상승하는 추세임 (전북, 제주, 인천, 대전 지역은 감소 추세)
- 지역별 단위건축연면적당 온실가스 배출원단위는 대구가 가장 높으며, 다음으로 경기, 대전의 순임.
※ 에너지원단위의 경우, 대구, 대전, 서울의 순위로 온실가스 배출량과는 차별적 특성을 나타냄
- 강원지역 내 학교건물의 단위건축연면적당 온실가스 배출원단위는 0.0575(tCO₂/y · m²)로, 전국평균 0.0525(tCO₂/y · m²)보다 9% 높은 원단위를 나타냄

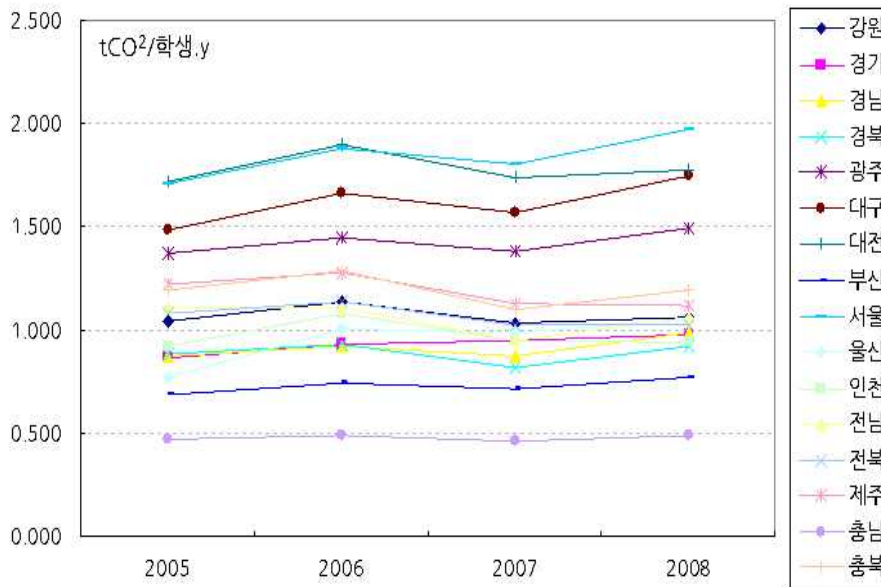


<그림 VI-5> 학교건물의 년차별·지역별 온실가스 배출원단위

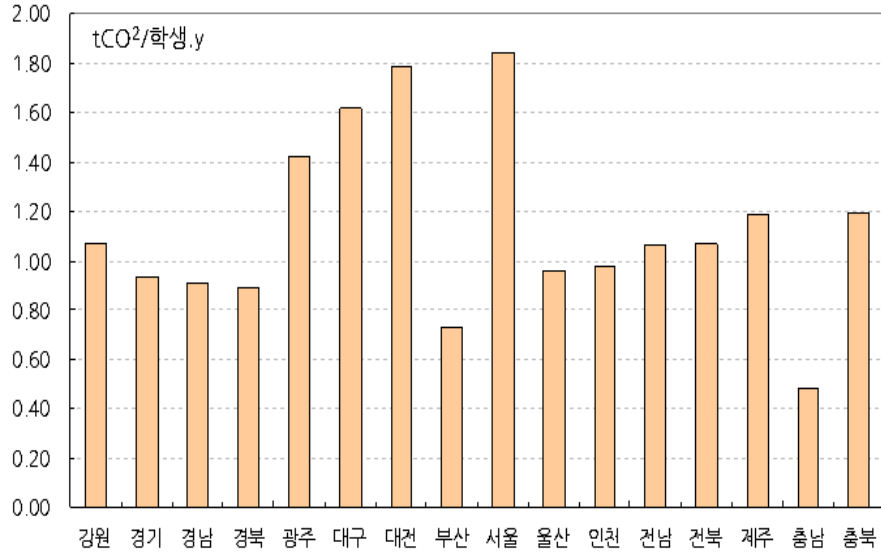


<그림 VI-6> 학교의 연평균 지역별 단위건축연면적당 온실가스 배출원단위

- 학생1인당 온실가스 배출원단위는 지역별 상승하는 추세로, 서울, 대구지역의 상승률이 높음
- 학생1인당 온실가스 배출원단위는 서울지역(1.842(tCO₂/y · 학생)이 가장 높고, 다음으로 대전, 대구, 광주의 순으로 나타남
 - ※ 충남지역의 경우, 학생 1인당 에너지사용원단위는 부산보다 높지만, 온실가스 원단위는 부산보다 낮게 나타남.
- 강원지역 내 학교건물의 학생 1인당 온실가스 배출원단위는 1.069(tCO₂/y · 학생)로, 전국평균 1.1315(tCO₂/y · 학생)보다 6% 낮은 원단위를 나타냄



<그림 VI-7> 학교의 년차별·지역별 학생1인당 온실가스 배출원단위



<그림 VI-8> 학교의 연평균 지역별 학생1인당 온실가스 배출원단위

1.3 병원

- 국내 병원 건물의 단위 학교별 연평균 이산화탄소 배출량은 10,215톤으로 점진적 상승 추세를 나타냄

<표 IV-12> 국내 병원의 연평균 온실가스 배출량

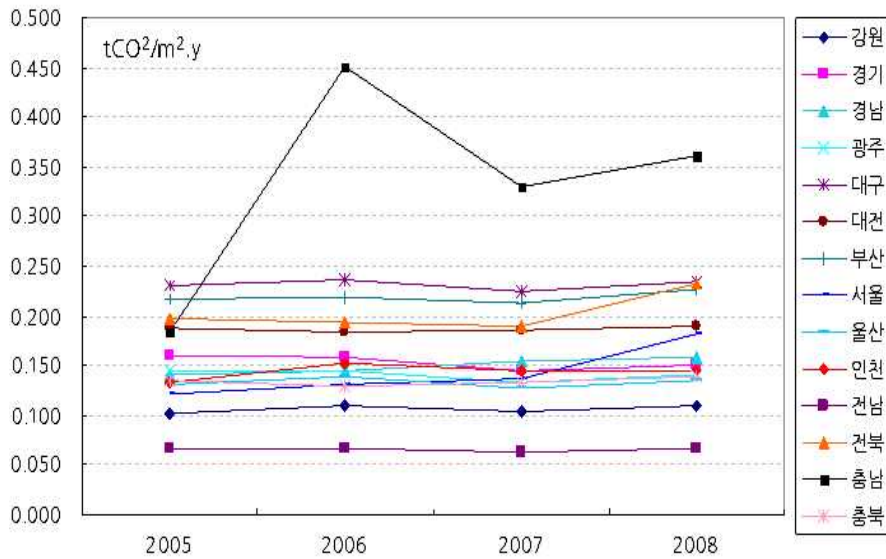
평균건축연면적 (m ²)	평균병상수 (개)	건물당 평균 온실가스 배출량(tCO ₂ /y)				
		2005	2006	2007	2008	평균
66,639	761	9,688	10,509	9,945	10,717	10,215

- 국내 병원건물의 최근 4개년 동안의 단위건축연면적당 온실가스배출원단위는 0.167(tCO₂/y · m²)이며, 병상당 온실가스 배출원단위는 13.46(tCO₂/y · 병상)임

<표 IV-13> 국내 병원의 연평균(2005~2008) 온실가스 원단위

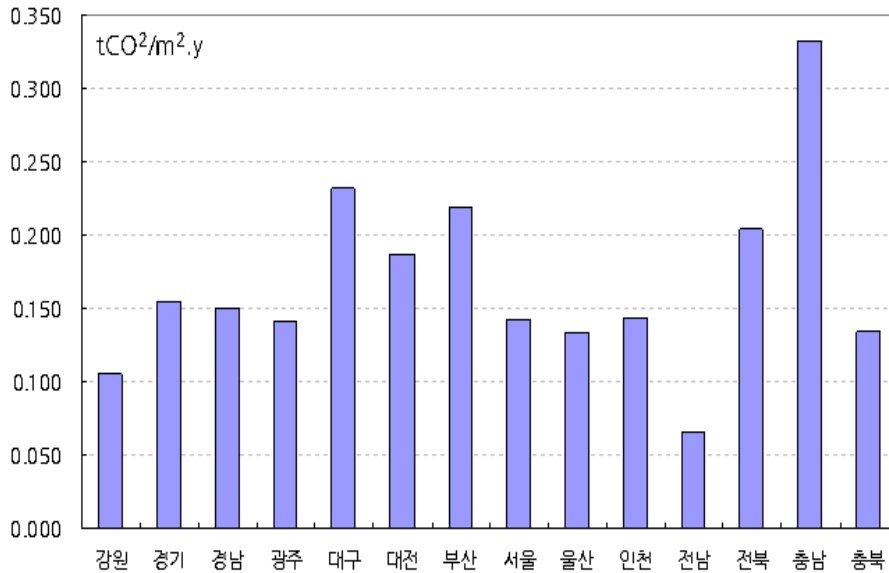
단위 건축연면적당 온실가스 배출량 (tCO ₂ /y·m ²)	병상당 온실가스 배출량 (tCO ₂ /y·병상)
0.167	13,460

- 지역별 단위건축연면적당 온실가스 배출원단위는 충남지역(0.3318tCO₂/y·m²)이 가장 높으며, 전남지역(0.0661tCO₂/y·m²)이 가장 낮음
 ※ 충남, 대구, 부산, 전북 순으로 높게 나타남
- 강원지역의 단위건축연면적당 온실가스 배출원단위는 0.106tCO₂/y·m²으로 전국 평균(0.167tCO₂/y·m²)보다 37% 낮음



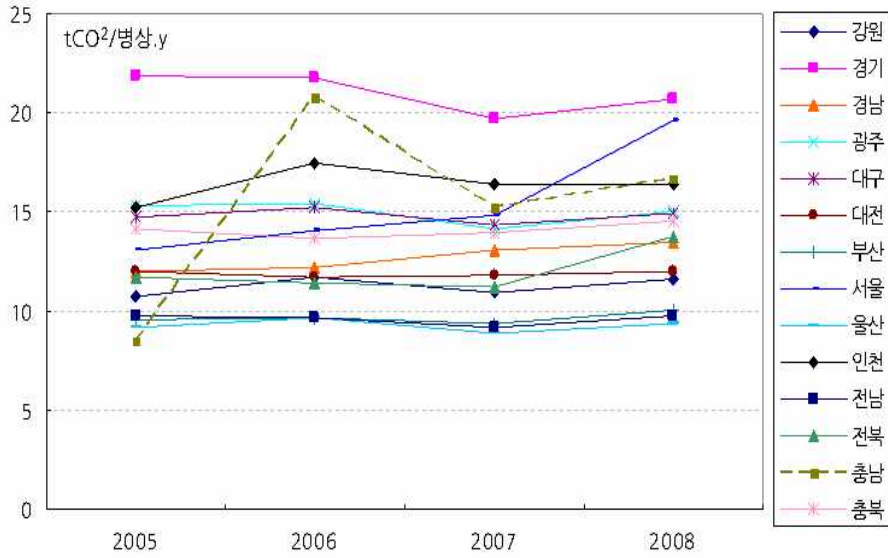
<그림 VI-9> 병원 건물의 년차별·지역별 온실가스 배출원단위

- 전국의 병원건물의 경우, 대부분 LNG 연료를 공통적으로 사용함에 따라 에너지사용원단위와 유사한 온실가스 배출패턴을 나타냄

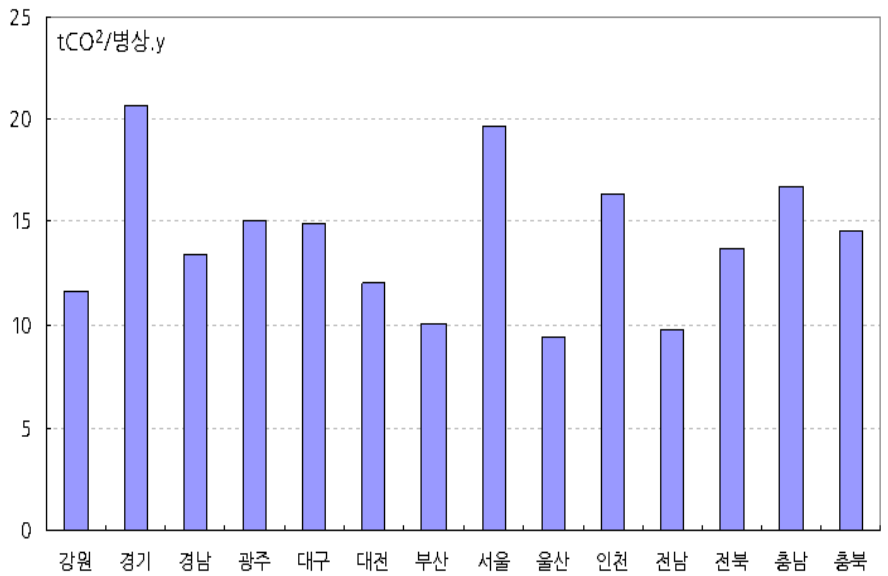


<그림 VI-10> 병원의 연평균 지역별 단위건축연면적당 온실가스 배출원단위

- 서울, 전북지역의 병상당 온실가스 배출원단위의 상승률이 가장 높으며, 전체적으로
년차별 보편적인 특성을 나타냄
- 2005년부터 2008년까지 연평균 병상당 온실가스 배출원단위는 경기지역
(20.688(tCO₂/y·병상))이 가장 높고, 다음으로 서울, 충남, 인천 순으로 나타남
 - ※ 경기지역의 경우, 매년 가장 높은 원단위를 나타냄
 - ※ 충남지역의 경우, 병상당 에너지사용원단위는 충북보다 낮지만, 온실가스 원단위
는 높게 나타남.
 - 충남 지역 내 병원의 경우 등유를 이용한 난방방식이 많기 때문
- 강원지역 내 병원건물의 병상당 온실가스 배출원단위는 11.68(tCO₂/y·병상)로, 전
국평균 14.14(tCO₂/y·병상)보다 약 18% 낮은 원단위를 나타냄



<그림 VI-11> 학교의 년차별·지역별 학생1인당 온실가스 배출원단위



<그림 VI-12> 병원의 연평균 병상당 온실가스 배출원단위

1.4 아파트(거주시설)

- 국내 아파트 건물의 단위 단지별 연평균 이산화탄소 배출량은 7,807톤임. 연평균 대비 년차별 최대 6%의 편차로 년차별 일정한 온실가스를 배출하는 것으로 분석됨.

〈표 IV-14〉 국내 아파트의 연평균 온실가스 배출량

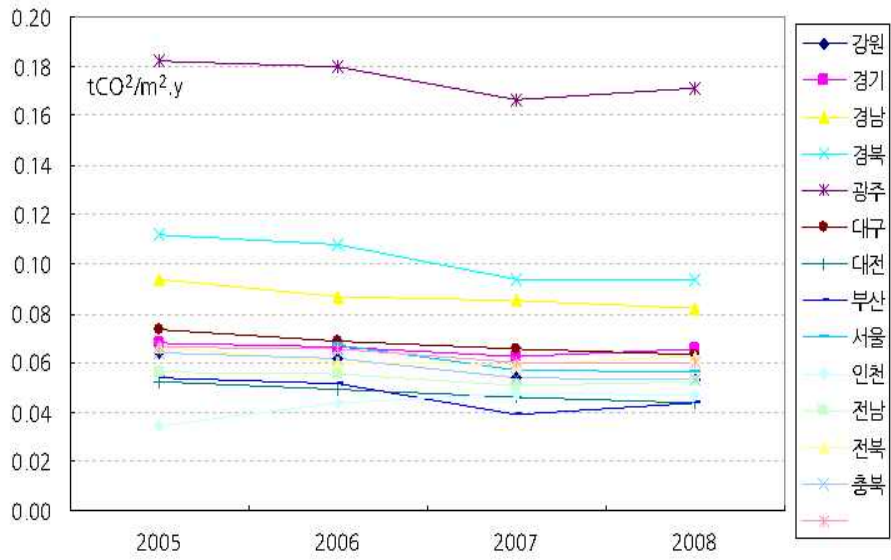
평균건축 연면적 (m ²)	평균세대수 (개)	건물당 평균 온실가스 배출량(tCO ₂ /y)				
		2005	2006	2007	2008	평균
125,900	1,474	7,754	8,304	7,556	7,615	7,807

- 국내 아파트건물의 최근 4개년 동안의 단위건축연면적당 온실가스배출원단위는 0.070(tCO₂/y · m²)이며, 단위 세대당 온실가스 배출원단위는 5.33(tCO₂/y · 세대)임

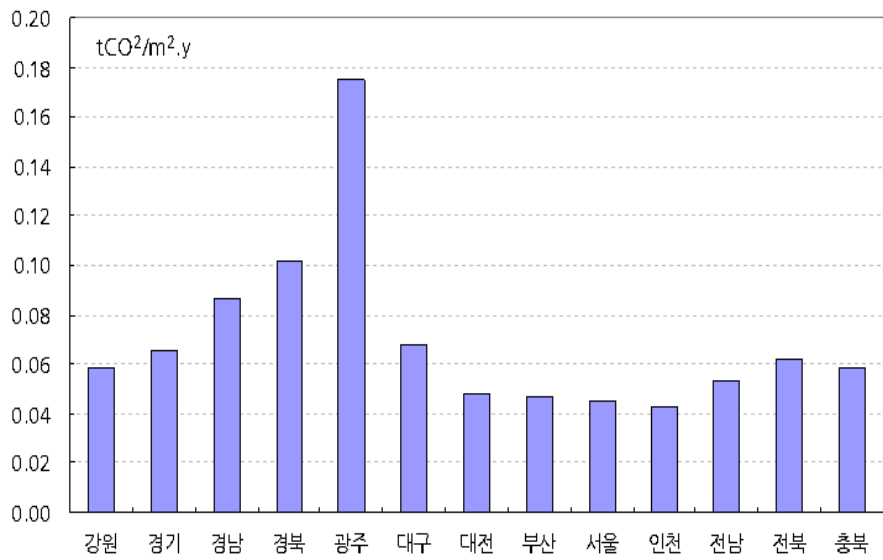
〈표 IV-15〉 국내 아파트의 연평균(2005~2008) 온실가스 원단위

단위 건축연면적당 온실가스 배출량 (tCO ₂ /y·m ²)	세대당 온실가스 배출량 (tCO ₂ /y·세대)
0.070	5.33

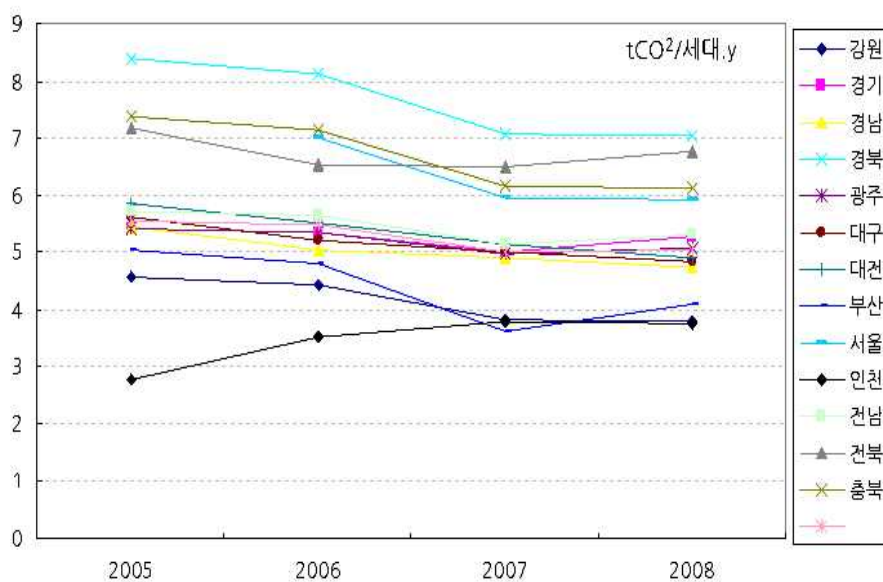
- 지역별 단위건축연면적당 온실가스 배출원단위는 광주지역(0.175tCO₂/y · m²)이 가장 높으며, 인천지역(0.043tCO₂/y · m²)이 가장 낮음
 ※ 광주지역의 건축연면적당 온실가스 배출원단위는 전국평균에 비하여 2.48배 높은 수치를 나타냄
- 강원지역의 단위건축연면적당 온실가스 배출원단위는 0.058tCO₂/y · m²으로 전국 평균(0.070tCO₂/y · m²)보다 17% 낮음



<그림 VI-13> 아파트 단지의 년차별·지역별 온실가스 배출원단위

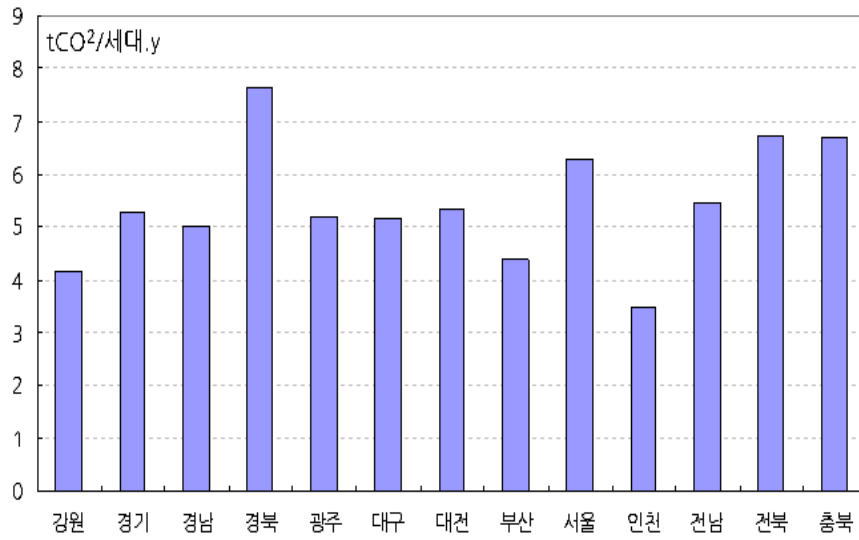


<그림 VI-14> 아파트 연평균 지역별 단위건축연면적당 온실가스 배출원단위



<그림 VI-15> 아파트의 년차별·지역별 단위세대당 온실가스 배출원단위

- 인천, 경남 지역의 세대당 온실가스 배출원단위는 상승추세이며, 다른 지역의 원단위는 점진적 감소추세임
 - ※ 아파트의 경우, 세대당 거주인구의 감소 등으로 원단위는 감소하는 추세를 나타내지만 총량 측면은 증가하는 추세임
- 2005년부터 2008년까지 연평균 단위 세대당 온실가스 배출원단위는 경북지역 (7.66tCO₂/y·세대)이 가장 높고, 다음으로 경남, 충북, 강원 순으로 나타남
 - ※ 경북지역의 경우 2005년 이후 원단위 감소율이 높음
- 강원지역 내 아파트의 세대당 온실가스 배출원단위는 4.15(tCO₂/y·세대)로, 전국평균 5.27(tCO₂/y·세대)보다 약 22% 낮은 원단위를 나타냄



<그림 VI-16> 아파트의 연평균 단위세대당 온실가스 배출원단위



제3절 강원도 건물용도별 온실가스 배출 원단위 특성 비교분석

1. 연평균 온실가스 배출량 분석

- 강원도내 에너지다소비 건물 용도별 평균 온실가스 배출량을 분석하고, 전국 지자체별 건물의 온실가스배출량을 비교하여 강원도의 건물용도별 온실가스 배출현황을 분석함.

1.1 건물용도별 단위건물의 온실가스 배출총량

- 2005년부터 2008년까지 건물용도별 단위건물(단지)의 연간 온실가스 배출총량을 전국평균과 비교해 보면 아래 표와 같음
- 건물용도별 분석결과 병원, 학교, 아파트는 전국평균에 비하여 최대 31%에서 최소 19% 정도 낮은 배출량을 나타냈으며, 호텔의 경우 전국평균에 비하여 47% 높은 온실가스 배출량을 나타냄
 - ※ 도내 호텔의 에너지원의 연료전환이 필요

〈표 VI-16〉 강원도내 건물용도별 단위건물의 연간 온실가스배출량

	온실가스배출량 (tCO ₂ /y)	전국평균 (tCO ₂ /y)	평균대비 (%)
병원	8,344	10,215	81.7
호텔	18,712	12,668	147.7
학교	11,722	15,060	77.8
아파트	5,440	7,819	69.6

1.2 건물용도별 단위 건축연면적당 온실가스 배출 원단위

- 2005년부터 2008년까지 건물용도별 단위 건축연면적의 연간 온실가스 배출총량을 전국평균과 비교해 보면 아래 표와 같음
- 건물용도별 분석결과 병원, 호텔, 아파트는 전국평균에 비하여 최대 36.5%에서 최소 16.5% 정도 낮은 배출량을 나타냈으며, 학교의 경우 전국평균에 비하여 8.6% 높은 온실가스 배출량을 나타냄

〈표 VI-17〉 강원도내 건물용도별 단위건축연면적당 연간 온실가스배출 원단위

	온실가스배출량 (tCO ₂ /y·m ²)	전국평균 (tCO ₂ /y·m ²)	평균대비 (%)
병원	0.106	0.167	63.5
호텔	0.160	0.195	82.1
학교	0.057	0.053	108.6
아파트	0.058	0.070	83.5

1.3 건물용도의 기준단위별 온실가스 배출 원단위

- 2005년부터 2008년까지 건물용도별 기준단위당의 연간 온실가스 배출총량을 전국 평균과 비교해 보면 아래 표와 같음
 - ※ 병원(병상수), 학교(학생 1인), 아파트(단위세대), 호텔(객실수)
- 건물용도별 분석결과 병원, 호텔, 학교는 전국평균에 비하여 최대 31.3%에서 최소 5.5% 정도 낮은 배출량을 나타냈으며, 아파트의 경우 전국평균에 비하여 21% 높은 온실가스 배출량을 나타냄

제 5 장

건물용도별 에너지 절감잠재량 분석

- 제 1 절 용도별 에너지절감방안 분석 개요
- 제 2 절 요소기술을 통한 에너지 절감방안

건물용도별 에너지 절감잠재량 분석



제1절 분석 개요

1. 용도별 에너지절감방안 분석 개요

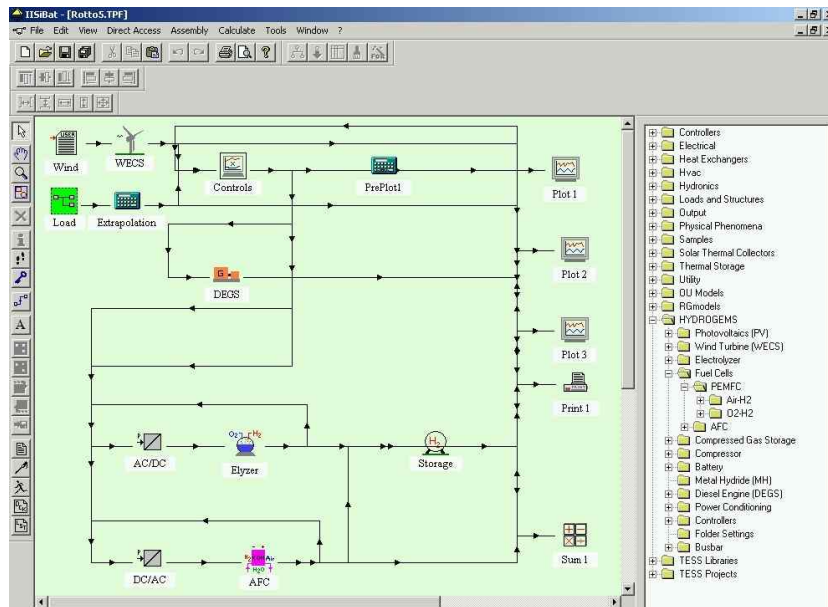
1.1 에너지 시뮬레이션(TRNSYS)

○ 건물의 냉난방 에너지사용량 등의 에너지시뮬레이션 방법으로는 정적열부하계산법과 동적열부하계산법이 있음.

※ 정적열부하계산법(Steady State Method)은 degree day와 bin 등의 기상데이터를 활용하는 기술로써 축열개념을 포함하기 어려우며, 건물의 부하특성에 따른 설비 기기의 동작상태를 시간에 따라 나타낼 수 없음.

※ 동적열부하계산법(Dynamic Method)은 1년 동안의 표준기상데이터를 활용하는 것으로 구조체에 열이 저장되고 방열되는 축열의 상태를 고려하여 해석하며, 설비 기기의 종류와 특성에 따른 매시간당의 에너지 균형을 기본 모델로 이용하여 에너지 소모실태를 더욱 정밀하게 해석할 수 있음.

- 건물의 년차별 정확한 냉난방 부하 분석을 위해서는 동적열부하 계산법을 이용하여야 하며, 동적열부하 계산법을 이용한 TRNSYS, DOE-2, EnergyPlus 등의 시뮬레이션 프로그램이 있음.
- TRNSYS는 미국 Wisconsin 대학의 Klein 등이 태양에너지 응용 시스템에 대한 비정상 시뮬레이션 (transient, simulation)을 위해 1975년 개발
 - ※ 그 후 해석의 범위를 태양에너지 뿐 아니라 건물에서의 다양한 태양열 요소 설비를 포함시키는 등 여러 차례 수정과 증보를 거치면서 전 세계적으로 널리 이용되는 시스템 시뮬레이션 프로그램으로 발전
- 본 연구에서는 TRNSYS 16 시뮬레이션 프로그램을 활용하여 분석결과의 정확성을 높이고자 함.



<그림 V-1> TRNSYS 시뮬레이션 화면(예시)

1.2 요소기술의 적용

- 비주거용과 주거용으로 구분하여 각 용도별 일반적으로 적용할 수 있는 기술을 기준으로 에너지저감효과 분석
 - ※ 주거용 : 구조체 단열, 창호단열, 침기량, 진공패널, 진공창
 - ※ 비주거용 : 구조체 단열, 창호단열, 침기량, 진공패널, 진공창, 고효율 조명

- 창호단열조건 등 각각의 에너지저감 기술 적용 조건을 달리하여 다양한 적용 CASE를 도출하고 CASE별 최적화 분석
 - ※ Step 1 : 표준 주택의 정의 (물성치, 기상데이터, 활동데이터 등 정의)
 - ※ Step 2 : 에너지저감 기술의 정의
 - ※ Step 3 : 표준주택의 냉난방 부하량 시뮬레이션
 - ※ Step 4 : 에너지저감기술 적용조건을 달리한 CASE 설정
 - ※ Step 4 : CASE별 냉난방 부하량 분석
 - ※ Step 5 : 건물 용도별 최적 CASE 도출

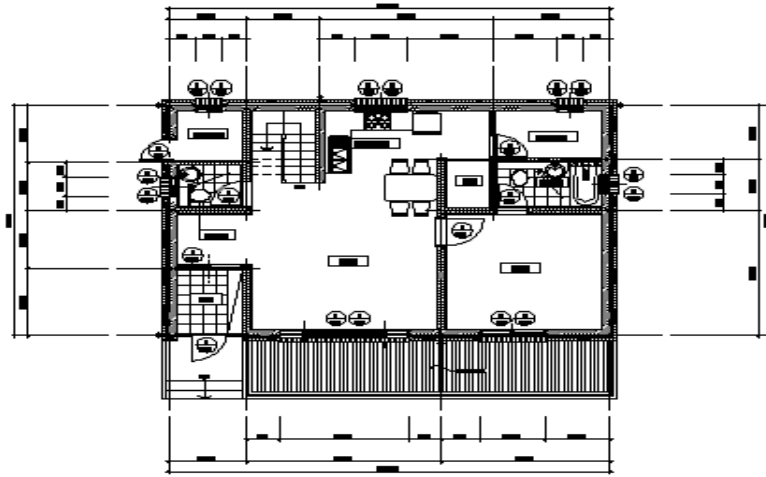
2. 건물용도별 표준 설계도서

- 에너지수요량 예측 및 건물의 에너지절약 요소기술 적용에 따른 에너지 절감 효과의 평가를 위해서는 건물용도별 표준 설계도서 적용 필요

- 본 보고서에서는 건물용도별 표준 설계 도서를 기존의 연구문헌을 참고하였고, 기본 설계요소 중 외벽, 바닥, 지붕 및 창호의 단열성능, 건물용도별 냉난방 설정온도는 건축법규에 준하여 결정
 - ※ 이외의 바닥 및 지붕면적, 외피면적, 창면적비 등은 기존의 연구문헌을 참고하여 설계인자 결정

2.1 단독 주택

- 아래 그림은 단독주택의 표준 설계도서로서 연면적은 107.3㎡, 천정고는 2.4m, 층수는 2층으로 구성
 - ※ 외벽과 창호의 총면적은 각 각 63.4㎡와 10.2㎡로 창면적비는 13.9%



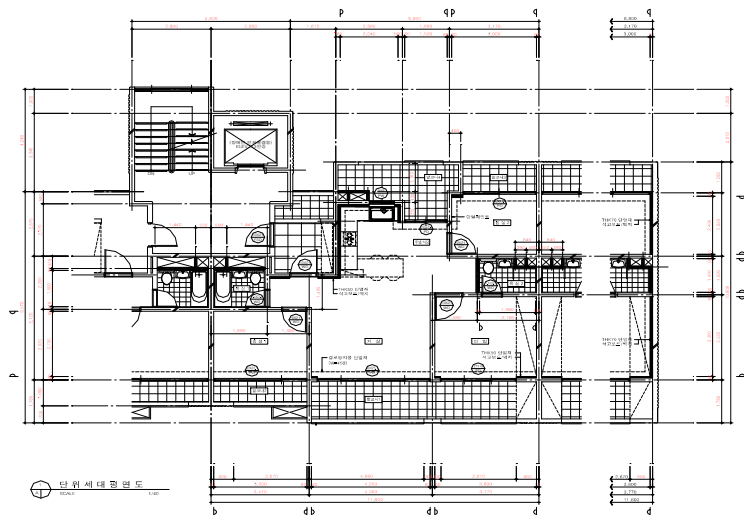
<그림 V-2> 단독주택 평면도



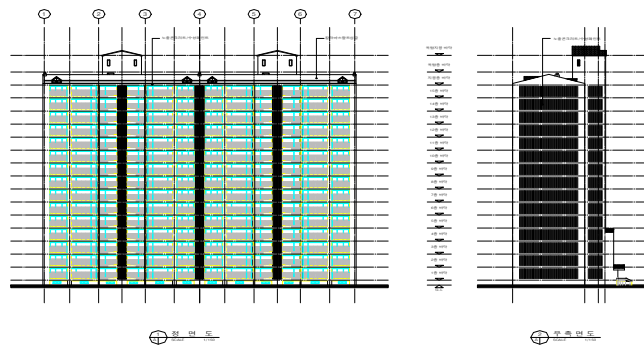
<그림 V-3> 단독주택 입면도

2.2 공동 주택

- 아래 그림은 공동주택의 표준설계도로서 단위세대의 바닥면적은 111.7㎡, 공조면적 73.5㎡, 창호면적 32.2㎡의 철근콘크리트조이며 건물의 천정고는 2.4m, 층수는 15층이며, 창호면적은 전체 벽체면적의 약 58.4%를 차지하며, 후면의 경우 40.7%, 정면은 73.0%를 차지



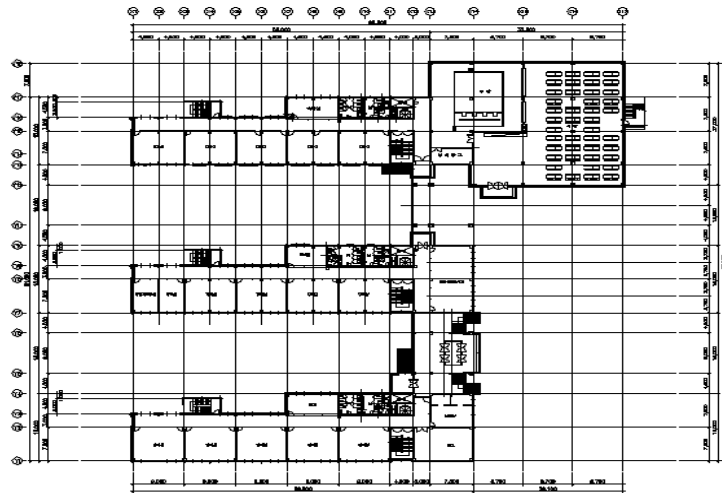
<그림 V-4> 공동주택 단위세대 평면도



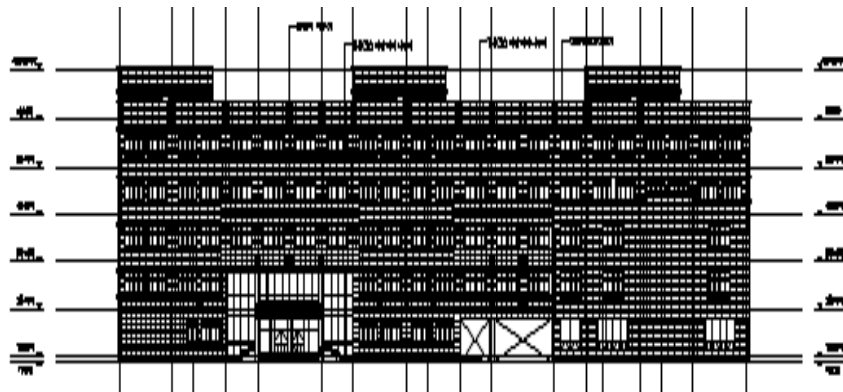
<그림 V-5> 공동주택의 입면도

2.3 학교

- 학교의 표준설계도서로서 연면적은 16,116㎡, 공조면적은 13,948㎡, 천정고는 2.7m로 점토벽돌 치장 쌓기와 30mm 화강석 버너구이 외부마감임.



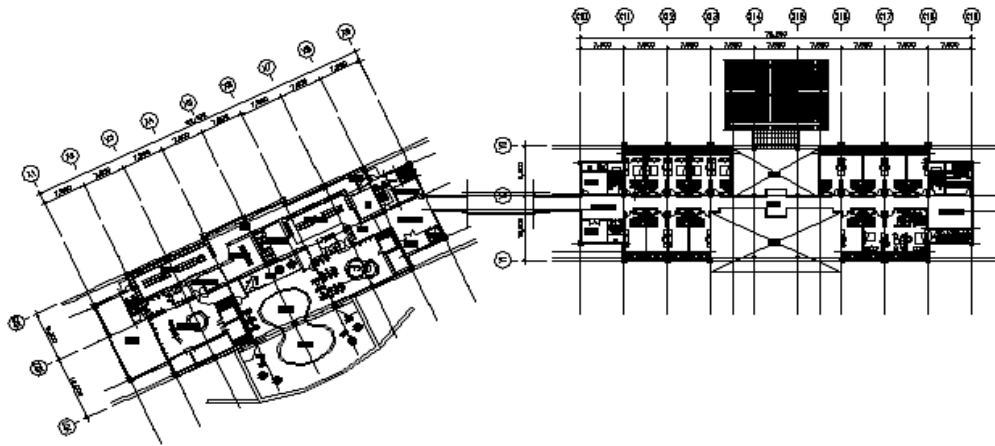
<그림 V-6> 학교 평면도



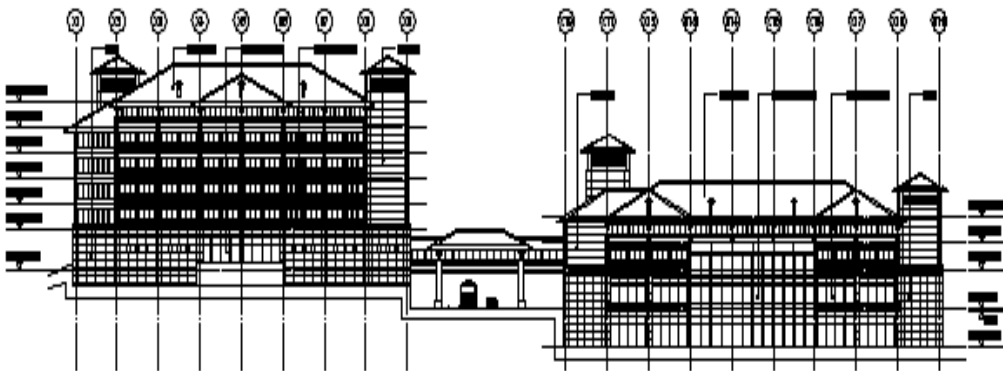
<그림 V-7> 학교 입면도

2.4 호텔(숙박시설)

- 숙박시설, 즉 호텔의 표준설계도서로서 연면적은 12,570m², 공조면적은 9,735m², 천정고는 3.3m, 외부마감은 50mm 드라이비트 외단열 마감 처리



<그림 V-8> 호텔 평면도



<그림 V-9> 호텔 입면도

2.5 표준 건물의 연간 냉난방부하 및 에너지사용량

- 건물용도별 표준건물의 연간냉난방 부하 및 에너지사용량 예측을 위해 본 연구에서는 건물 상세 에너지해석 프로그램인 TRNSYS 16을 이용
- 건물은 실의 사용목적 및 사용시간에 따라 냉·난방, 환기, 조명, 재실, 온수, 콘센트 및 팬 동력 등의 설정조건이 상이하므로 사용스케줄이 필요하며, 이에 대한 각각의 사용스케줄을 작성
 - ※ 냉·난방 및 환기는 건물의 공조방식 및 현행 법규를 고려
 - ※ 건물 고유의 기밀 특성을 나타내는 침기량은 표준건물에 대해 0.5회/h,
 - ※ 단열과 기밀이 강화된 고기밀 및 초기밀에 대해서는 ASHRAE 119를 고려하여 각각 0.3회/h와 0.1회/h를 적용

〈표 V-1〉 주거용 건물의 설정조건

난방설정온도	냉방설정온도	조명부하	기기부하	인체발열부하	침기부하
20℃	26℃	4W/m ²	14W/m ²	22.4m ² /인	0.5회/시간

〈표 V-2〉 주거용 건물의 사용스케줄

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
재실	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.7	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.5	0.5	0.5	0.7	0.7	1.0	1.0	1.0
기기	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.5	0.5	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.9	0.9	0.9	0.9	0.3	0.3
조명	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.5	0.5	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.9	0.9	0.9	0.9	0.3	0.3

<표 V-3> 비주거용 건물의 사용스케줄(사무소-업무시설)

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
재 실 율	월-금	0	0	0	0	0	0	0.1	0.7	0.9	0.9	0.9	0.5	0.5	0.9	0.9	0.9	0.7	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0	0
	토	0	0	0	0	0	0	0.1	0.7	0.9	0.9	0.9	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	일	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
조 명	월-금	0.05	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.3	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.5	0.3	0.3	0.1	0.1	0.5	0.5
	토	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.3	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	일	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
콘 센 트	월-금	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.5	0.3	0.3	0.1	0.1	0.05	0.05
	토	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	일	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
팬 동 력	월-금	off	off	off	off	off	on	on	on	on	on	on	on	on	on	on	on	on	on	on	on	off	off	off	off
	토	off	off	off	off	off	on	on	on	on	on	on	on	on	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off
	일	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off
냉 방	월-금	off	off	off	off	off	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	off	off	off
	토	off	off	off	off	off	26	26	26	26	26	26	26	26	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off
	일	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off
난 방	월-금	18	18	18	18	18	20	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	18	18	18
	토	18	18	18	18	18	20	22	22	22	22	22	22	22	22	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
	일	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
온 수	월-금	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4	0.8	0.8	0.8	0.8	0.6	0.4	0.3	0.2	0.2	0.05	0.05	0.05	0.05
	토	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4	0.8	0.8	0.8	0.9	0.7	0.5	0.3	0.2	0.2	0.05	0.05	0.05	0.05
	일	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05

<표 V-4> 건물용도별 표준건물의 연간 냉난방부하 및 에너지사용량

구 분		연면적 [m ²]	공조면적 [m ²]	연간냉난방부하 [Mcal/m ² ·y]	연간 에너지사용량 [Mcal/m ² ·y]
주거용 건물	단독주택	107.3	81.9	132.0	165.1
	공동주택	111.7	73.5	106.1	120.2
비주거용 건물	호텔	12,570	9,735	162.4	216.0
	학교	16,116	13,948	73.9	212.0

○ 비주거용 건물이 주거용 건물에 비하여 연간 에너지사용량이 높게 설계되고 있었으며, 호텔과 학교는 연간 에너지사용량이 212~216Mcal/m²·y 소요되는 것으로 분석됨.



제2절 요소기술을 통한 에너지 절감방안

1. 건물 에너지절약 요소기술 및 절감을

1.1 요소기술 적용 Case 분석

- 건물에 적용 가능한 단열 및 창호관련 기술에 대해서는 이미 개발되어 있으나 건축 법규 또는 경제적인 이유로 실제 건물에 적용되지 않은 기술, 즉 기존기술과 현재 국내외에서 연구 및 개발이 진행 중인 신기술로 나누어 조사하여 건물의 냉난방부하 절감 방안을 작성
- 기존기술은 열성능을 향상시킬 수 있는 다양한 건축재료의 종류, 두께 등 특성치에 따라 수없이 세분할 수 있으나 기존건물에서의 적용이 용이하고 적용효과가 뚜렷하게 차이가 나도록 조정하였으며 실제 시중에 보급되는 재료 및 공법에 근거하여 항목을 정하였고 신기술은 제품은 아직 출시되지 않았으나 거의 개발 완성단계이며 기존기술에 비해 성능이 매우 우수한 기술을 대상으로 선정
- 건물의 열손실은 건물외피(외벽 및 창호)를 통해 대부분 이루어지기 때문에 냉난방부하 절감 방안으로는 열손실 비율이 큰 단열 및 창호관련에 집중시키는 것으로 계획하였으며, 주거용 건물과 비주거용 건물로 구분하여 분석
- 각각의 요소기술을 적용하여, 주거용은 총 16개의 Case를 구성하고, 비주거용은 총 12개의 Case를 적용하여 분석
- 단열은 표준설계도서와 최적단열조건을 구분하였으며, 창호는 용도별 적용 가능한 창호시스템을 4~6가지로 구분하여 적용
 - ※ 비주거용은 조명부분의 에너지사용량이 많은 관계로 조명부분을 추가

〈표 V-5〉 주거용 건물의 냉난방부하 절감 방안

CASE	구조체 단열			창호단열 ^{주)}					침기량			신기술		
	외벽	바닥	지붕	16mm	22mm	22mm (L)	22mm (LA)	22mm (S)	삼중창	0.5	0.3	0.1	진공패널	진공창
표준	도면	도면	도면	○						○			-	-
1	최적			○						○				
2	최적	최적	최적	○						○				
3	최적	최적	최적		○					○				
4	최적	최적	최적			○					○			
5	최적	최적	최적				○				○			
6	최적	최적	최적					○			○			
7	최적	최적	최적						○			○		
8	-	-	-	○						○			○	
9	-	-	-		○					○			○	
10	-	-	-			○					○		○	
11	-	-	-				○				○		○	
12	-	-	-					○			○		○	
13	-	-	-						○			○	○	
14	최적										○			○
15	최적	최적	최적									○		○
16	-	-	-									○	○	○

주) L : Low-E, LA : Low-E, Ar, S : Super Window

〈표 V-6〉 비주거용 건물의 냉난방부하 절감 방안

CASE	구조체 단열			창호단열 ^{주)}			침기량			신기술		조명		
	외벽			16mm	22mm(L)	22mm(LA)	삼중창	0.5	0.3	0.1	진공패널	진공창	표준	고효율
표준	50mm			○				○					○	
1	50mm			○				○						○
2	100mm(+50mm)			○				○					○	
3	100mm(+50mm)				○				○				○	
4	100mm(+50mm)					○			○				○	
5	100mm(+50mm)					○			○					○
6	100mm(+50mm)						○			○			○	
7	-			○					○		○		○	
8	-			○					○		○			○
9	50mm								○			○	○	
10	50mm								○			○	○	
11	100mm(+50mm)									○		○	○	
12	100mm(+50mm)									○		○	○	

주) L : Low-E, LA : Low-E, Ar, S : Super Window

1.2 단독주택 Case별 에너지절감률 분석

- 단독주택의 요소기술 CASE 분석결과 최소 4.32%에서 최대 61.25%의 에너지를 절감 가능
 - ※ 표준 건축물 대비 외벽의 단열조건 강화만으로도 4.32%의 에너지절감효과
 - ※ 건물 구조체 단열조건 변경시 약 6% 부하절감효과 발생

- 창호 부분은 건물의 역적으로 가장 취약한 부분으로써 창호의 성능이 건물의 에너지 성능에 미치는 영향이 매우 큼
 - ※ 구조체 단열대비 창호의 단열성능이 건물 에너지성능에 미치는 영향이 큼

- 일반적 주택에서 건축비용 상승으로 인하여 진공패널, 진공창을 사용하지 못할 경우, 건물 구조체와 창호의 성능개선만으로 36%의 냉반방 부하를 절감시킬 수 있음.

〈표 V-7〉 단독주택의 연간 냉난방부하 절감율

CASE	부하[kcal/y]	절감율[%]	CASE	부하[kcal/y]	절감율[%]
표준	12,078,166	0.00			
CASE1	11,556,603	4.32	CASE9	7,899,216	34.60
CASE2	11,374,063	5.83	CASE10	7,078,311	41.40
CASE3	10,956,876	9.28	CASE11	6,927,560	42.64
CASE4	10,129,652	16.13	CASE12	5,933,630	50.87
CASE5	9,970,087	17.45	CASE13	4,814,676	60.14
CASE6	8,947,755	25.92	CASE14	8,592,195	28.86
CASE7	7,738,474	35.93	CASE15	7,541,441	37.56
CASE8	8,300,654	31.28	CASE16	4,680,235	61.25

1.3 공동주택 Case별 에너지절감률 분석

- 공동주택의 요소기술 CASE 분석결과 최소 0.21%에서 최대 40.78%의 에너지를 절감 가능
 - ※ 단독주택에 비하여 에너지절감률이 낮음

- 아파트의 경우 건물 구조체의 단열조건 강화에 따른 냉난방 부하절감량이 낮게 나타남.
 - ※ 단독주택에 비하여 상대적으로 외부와 맞닿는 외피 면적 적음

- 표준주택대비 창호의 단열성능 변화에 따라서 4%에서 최대 38%의 냉난방 부하를 절감시킬 수 있음.
 - ※ 단독주택에 비하여 창호면적이 적음에 따라 절감률 낮음
 - ※ 단위기술로 공동주택의 에너지성능에 가장 큰 영향을 미침

〈표 V-8〉 공동주택의 연간 냉난방부하 절감율

CASE	부하[kcal/y]	절감율[%]	CASE	부하[kcal/y]	절감율[%]
표준	529,968,041	0.00			
CASE1	528,864,083	0.21	CASE9	491,284,663	7.30
CASE2	528,481,262	0.28	CASE10	449,907,524	15.11
CASE3	510,356,758	3.70	CASE11	443,466,390	16.32
CASE4	468,995,062	11.51	CASE12	388,079,606	26.77
CASE5	462,485,797	12.73	CASE13	324,438,205	38.78
CASE6	406,514,622	23.29	CASE14	373,981,294	29.43
CASE7	342,320,307	35.41	CASE15	331,410,660	37.47
CASE8	509,217,355	3.92	CASE16	313,867,418	40.78

1.4 호텔 Case별 에너지절감률 분석

- 호텔의 요소기술 CASE 분석결과 최소 -4.70%에서 최대 50.28%의 냉난방부하를 절감 가능
- 표준모델의 고효율 조명으로 교체할 경우, 냉난방부하는 오히려 증가하는 것으로 나타났으며, 이는 조명의 발열성능에 따른 것으로 분석됨
- 단위기술로 진공창 시스템이 가장 높은 냉난방부하 절감률을 나타냈으며, 창호면적 및 창호의 성능이 가장 큰 영향을 미치는 것으로 분석됨.

<표 V-9> 호텔의 연간 냉난방부하 절감율

CASE	난방부하 [kcal/h]	냉방부하 [kcal/h]	전체부하 [kcal/h]	절감율 [%]
표준	1,126,482,689	454,689,289	1,581,171,978	0.00
CASE1	1,227,193,774	428,296,492	1,655,490,266	-4.70
CASE2	1,086,198,065	455,929,144	1,542,127,209	2.47
CASE3	716,898,701	398,535,834	1,115,434,535	29.46
CASE4	700,355,966	398,915,638	1,099,271,603	30.48
CASE5	798,300,439	361,692,531	1,159,992,969	26.64
CASE6	463,104,100	346,368,004	809,472,103	48.81
CASE7	706,382,965	410,361,758	1,116,744,723	29.37
CASE8	803,274,460	369,774,250	1,173,048,710	25.81
CASE9	590,985,589	387,252,980	978,238,569	38.13
CASE10	687,969,244	348,012,736	1,035,981,980	34.48
CASE11	428,042,704	358,175,236	786,217,941	50.28
CASE12	520,181,378	306,346,068	826,527,446	47.73

1.5 학교 Case별 에너지절감률 분석

- 학교건물의 요소기술 CASE 분석결과 최소 -4.75%에서 최대 31.78%의 냉난방부하를 절감 가능
- 표준모델의 고효율 조명으로 교체할 경우, 냉난방부하는 오히려 증가하는 것으로 나타났으며, 이는 조명의 발열성능 차이에 따른 것으로 분석됨.
- 건물 구조체의 단열성능 강화를 통해서 약 4.7%의 냉난방 부하 절감이 가능하며, 일반 창호조건 개선을 통해서 30%의 냉난방 부하를 절감할 수 있을 것으로 분석

〈표 V-10〉 학교의 연간 냉난방부하 절감율

CASE	난방부하 [kcal/h]	냉방부하 [kcal/h]	전체부하 [kcal/h]	절감율 [%]
표준	646,695,430	383,829,205	1,030,524,636	0.00
CASE1	765,996,894	313,441,523	1,079,438,417	-4.75
CASE2	591,834,679	389,586,835	981,421,513	4.76
CASE3	503,358,051	377,740,026	881,098,077	14.50
CASE4	532,168,435	391,354,726	923,523,161	10.38
CASE5	608,888,287	299,067,514	907,955,801	11.89
CASE6	334,927,730	378,025,748	712,953,478	30.82
CASE7	470,533,988	391,615,360	862,149,348	16.34
CASE8	584,506,862	307,541,965	892,048,826	13.44
CASE9	464,524,319	378,883,151	843,407,470	18.16
CASE10	579,148,608	296,062,792	875,211,400	15.07
CASE11	310,737,383	392,306,011	703,043,394	31.78
CASE12	416,901,348	296,550,278	713,451,626	30.77

제 6 장

결 론

제 1 절 연구 결론

제6장

결론



제1절 결론

1. 건물의 에너지 절감 노력 필수

- 기후변화협약, 포스트교토체제에 따른 우리나라의 온실가스 감축을 위한 저탄소 녹색성장 기본법 등의 정부차원의 노력 가속화
- 국가별 온실가스 감축을 위하여 국가내 부문별 한계저감비용분석 결과 건물부문의 온실가스 감축잠재량이 가장 높고, 한계저감비용이 가장 낮은 것으로 보고
 - * IPCC : 건물부문 감축잠재량 29%로 가장 높음
 - * WBCSD : 건물부문 BAU대비 77%의 온실가스 감축가능
 - * Climate Group : 건물부문에서 17% 온실가스 감축 필요
- 녹색성장위원회 국가 온실가스 감축목표 달성전략의 가장 우선순위의 정책이 “녹색 건축물 확대” 임.
- 강원도의 온실가스 배출량 중 40% 이상이 시멘트 등의 산업공정배출로써 지자체 차원의 온실가스 감축여력이 타 시도에 비하여 매우 낮음

- 강원도의 온실가스 감축을 위해서는 건물부분의 온실가스 감축이 반드시 필요
- 본 연구는 에너지다소비 건물(아파트, 호텔, 병원, 학교)의 지자체별 에너지 및 온실가스 배출원단위를 비교분석하고, 강원도내 건물의 성능을 비교분석 하여, 건물부분의 온실가스 감축방안을 도출하는 것임.

2. 강원도내 건물의 에너지 및 온실가스 배출 특성

- 본 연구는 에너지이용합리화 법에 따라 에너지사용량을 의무적으로 보고해야 하는 국내 에너지다소비 건물 851개를 대상으로 조사 실시
 - ※ 이중 강원도내 대상건물이 있는 부문 4개로 압축(병원, 호텔, 아파트, 학교 : 총 446개로 표본 선정)
 - ※ 표본 중 조사 완료 데이터의 완전성 등 분석을 통해 최종 215 분석 대상 확정
 - ※ 분석대상은 전체 표본 중 48%이며, 업종별 평균 표본률은 65% 매우 높은 비율임

〈표 VI-1〉 강원도내 건물용도별 원단위 종합 비교표

대분류	중분류	소분류	강원도	전국평균	비율(%)
병원	면적원단위 (tCO2/m ² ·y)	에너지	0.041	0.064	64.1
		온실가스	0.106	0.167	63.5
	병상당 원단위 (tCO2/병상·y)	에너지	4.385	5.256	83.4
		온실가스	11.670	14.140	82.5
호텔	면적원단위 (tCO2/m ² ·y)	에너지	0.06	0.076	78.9
		온실가스	0.160	0.195	82.1
	객실당 원단위 (tCO2/객실·y)	에너지	7.893	11.899	66.3
		온실가스	20.920	30.440	68.7
학교	면적원단위 (tCO2/m ² ·y)	에너지	0.0217	0.0203	106.9
		온실가스	0.057	0.053	108.6
	학생수당 원단위 (tCO2/학생·y)	에너지	0.404	0.439	92.0
		온실가스	1.069	1.131	94.5
아파트	면적원단위 (tCO2/m ² ·y)	에너지	0.0253	0.0281	90.0
		온실가스	0.058	0.070	83.5
	세대당 원단위 (tCO2/세대·y)	에너지	1.944	2.364	82.2
		온실가스	4.16	5.27	78.9

- 대부분의 건물용도별 전국평균에 비하여 에너지와 온실가스 원단위가 낮게 나타나며, 에너지와 온실가스 원단위의 전국대비 비율은 일정하게 나타남
- 강원도내 학교건물의 경우, 전국대비 에너지와 온실가스 배출비율이 6~8% 높게 나타나고 있기 때문에 학교건물의 에너지 절감 및 온실가스 감축 노력이 필요

3. 온실가스 감축 방안

- 건물 용도별 TRNSY 시뮬레이션 결과, 창호의 변경만으로도 건물용도별 20% ~ 30% 이상을 감축할 수 있을 것으로 분석됨.
- 요소기술 적용효과는 창호변경 > 구조체단열강화 > 침기량 조절 순으로 나타났으며, 신기술(진공패널, 진공창)의 경우 10%~30% 정도의 감축효과를 가져오는 것으로 분석됨.
 - ※ 신기술의 경우 높은 비용으로 인하여 건축비용 상승 우려
- 건물 용도별로 최대 감축잠재량을 살펴보면 단독주택 61.25% > 공동주택 호텔 50.28% > 40.78% > 학교 30.77%의 순으로 분석됨.
- 건물 구조체의 단열보강과 창호의 변경을 통해서 표준건물 대비 약 25%의 에너지 절감 가능할 것으로 분석됨
- 온실가스의 경우, 사용 난방연료 종류에 따라 온실가스 배출량이 크게 달라지기 때문에 도내 건물의 LNG 보급을 확대 추진하여 건물부문의 온실가스 배출량 감축 필요
 - ※ 등유(2.977tCO₂/toe), LNG(2.335tCO₂/toe)로 LNG가 동일 열량(Toe) 대비 약 12% 온실가스를 감축할 수 있음.

4. 강원도내 건물부문 정책 방향

○ LNG 보급 확대 추진

건물 부문의 온실가스 감축을 위해서 도시가스(LNG) 보급망을 확대하여 기존의 화석연료를 대체함으로써 온실가스 감축 기여 정책 추진 필요

○ 지역난방 확대 추진

지역난방의 경우, 일반적으로 개별난방에 비하여 상당량 온실가스를 감축할 수 있는 시스템으로 도내 원주, 강릉, 춘천을 중심으로 지역난방 확대 보급 필요

○ 친환경건축기준 마련 및 건축조례 개정

녹색성장기본법 및 동법 시행령은 녹색건축물의 확대방안을 포함하고 있으며, 이에 강원도내 지역에 따른 친환경건축기준을 내규로 개발하고 건축조례를 개정·시행함으로써 신축건물의 에너지절감 및 온실가스 감축 유도

※ 에너지절약형건축물기준(국토해양부)

○ 그린 캠퍼스 사업 확대 추진 필요

강원도내 에너지 다소비 건물 중 학교건축물이 전국 타 지자체에 비하여 높은 에너지와 온실가스 배출원단위를 나타냄

국토해양부 “녹색도시 활성화 방안” 의 주요정책에 그린캠퍼스 확대정책이 포함됨에 따라 해당 부처와 연계한 도내 대학의 그린캠퍼스 사업 추진 필요

○ 에너지절약형 건축물의 보급 확대 및 지원방안 마련

조례제정과 더불어 강원도내 에너지절약형 건축물의 보급 확대를 위한 인센티브 지원방안 마련을 통하여 도내 에너지다소비 건물의 보급 확대

○ 도내 에너지다소비 건물의 에너지진단 지원 및 온실가스 감축사업 지원

에너지관리공단과 연계하여 도내 에너지다소비 사업장의 에너지진단을 지원하여 에너지저감 사업 활성화를 유도하고, 해당 사업을 온실가스 감축사업으로 추진하여 배

출권 사업으로 추진함으로써 추가적 편익 발생 및 활용 확대

○ 목표관리제도 등 지원단 구축

도내 에너지다소비 건물 중 에너지·온실가스 목표관리제도의 관리업체를 대상으로 목표관리제도의 효율적 대응방안 및 건물의 에너지절감 방안을 컨설팅 할 수 있는 지원방안으로 “지원단”을 구축하여 교육 및 무료컨설팅 등의 시스템 운영 필요

○ 공공청사의 에너지절감 및 목표관리제도 대응 방안 마련 필요

저탄소 녹색성장 기본법에 따라 공공청사의 에너지·온실가스 목표관리제도 도입 예정 됨.

강원도내 공공청사 및 관련 건물의 에너지·온실가스 목표관리제도 시행에 따른 대응을 위한 대응 체계 마련 및 구축 필요



참고문헌

- IPCC (2006), 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories
- IPCC (2006), Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories
- BRE (1994), Domestic energy fact file, Owner occupied home, JE Dunster, I Michel, LD Shrock and JHF Bown
- UNFCCC CDM EB (2010), Consolidated baseline methodology for GHG emission reductions from waste energy recovery projects --- Version 3.2 (457 KB)
- UNFCCC CDM EB (2010), Methodological Tool (Version 02), Tool to calculate the emission factor for an electricity system.

- 국무총리실 (2008), 제1차 국가에너지 기본계획(2008~2030)
- 국무총리실 (2010), 저탄소 녹색성장 기본법 시행령
- 국토해양부 (2009), 녹색도시 활성화방안
- 장용성 (2010), 자문보고서 “기후변화협약 대응 건축물에너지 절약 방안”
- 강원도 (2010), 제3차 지역에너지기본계획
- 에너지경제연구원 (2004), 생활양식이 가정부문 에너지 소비에 미치는 영향 분석
- 한국건설기술연구원 (1997), 건물에너지 원단위 및 환경부하 설정연구(1차년도)
- 에너지경제연구원 (2004), 가정부문 에너지소비 행태 분석 및 건물부문 DB 구축
- 건설교통부 (2004), 건축물의 LCA를 위한 원단위 작성 및 프로그램 개발 연구
- 강원발전연구원 (2008), 기후변화 대비 강원도의 에너지소비특성에 관한 기초연구
- 에너지관리공단 (2003), 온실가스 저감량 산정방법에 대한 평가분석 틀 연구
- 한국건설기술연구원 (1995), 환경보전형 주택시스템 개발
- 에너지경제연구원 (2005), 주요국의 에너지 수급 구조
- 에너지경제연구원 (2008), 주요국의 에너지 소비 비교
- 에너지경제연구원 (2008), 국가에너지 절약 및 효율향상 추진체계 개선방안 연구
 - 가정 상업부문의 에너지효율 평가

- 산업자원부 (2002), 건물 용도별 전력원단위 조사연구
 - 국회예산정책처 (2009), 난방부문 에너지 수요관리 정책 및 사업평가
 - 에너지경제연구원 (2005), 에너지소비 구조 및 에너지 원단위 변화 분석
 - 한국건설기술연구원 (2001), 건축물 LCA를 위한 원단위 작성 및 프로그램 개발
 - 강원발전연구원 (2009) 저탄소 녹색성장시대 그린건축물 관련 제도와 강원도예의 시사점
-
- IPCC, Homepage <http://www.ipcc.ch/>
 - 녹색성장위원회, Homepage <http://www.greengrowth.go.kr>
 - 에너지관리공단, Homepage <http://www.kemco.or.kr>
 - 에너지경제연구원, Homepage <http://www.keei.re.kr>
 - UNFCCC CDM, Homepage <http://cdm.unfccc.int/index.html>
 - PointCarbon, Homepage <http://www.pointcarbon.com>

부록



부록 1. 에너지열량환산기준

1. 총발열량 기준

에너지원	단위	총발열량		석유환산계수
		kcal	MJ 환산	
원유	kg	10,750	45.0	1.075
휘발유	ℓ	8,000	33.5	0.800
실내등유	ℓ	8,800	36.8	0.880
보일러등유	ℓ	8,950	37.5	0.895
경유	ℓ	9,050	37.9	0.905
B - A유	ℓ	9,300	38.9	0.930
B - B유	ℓ	9,650	40.4	0.965
B - C유	ℓ	9,900	41.4	0.990
프로판	kg	12,050	50.4	1.205
부탄	kg	11,850	49.6	1.185
나프타	ℓ	8,050	33.7	0.805
용제	ℓ	7,950	33.3	0.795
항공유	ℓ	8,750	36.6	0.875
아스팔트	kg	9,900	41.4	0.990
윤활유	ℓ	9,250	38.7	0.925
석유코크	kg	8,100	33.9	0.810
부생연료1호	ℓ	8,850	37.0	0.885
부생연료2호	ℓ	9,700	40.6	0.970
천연가스(LNG)	kg	13,000	54.5	1.300
도시가스(LNG)	Nm ³	10,550	44.2	1.055
도시가스(LPG)	Nm ³	15,000	62.8	1.500
국내무연탄	kg	4,650	19.5	0.465
수입무연탄	kg	6,550	27.4	0.655
유연탄(연료용)	kg	6,200	26.0	0.620
유연탄(원료용)	kg	7,000	29.3	0.700
아역청탄	kg	5,350	22.4	0.535
코크스	kg	7,050	29.5	0.705
전력	kWh	2,150	9.0	0.215
신탄	kg	4,500	18.8	0.450

2. 순발열량 기준

제품	단위	순발열량		석유환산계수
		kcal	MJ 환산	
원유	kg	10,100	42.3	1.010
휘발유	ℓ	7,400	31.0	0.740
실내등유	ℓ	8,200	34.3	0.820
보일러등유	ℓ	8,350	35.0	0.835
경유	ℓ	8,450	35.4	0.845
B - A유	ℓ	8,750	36.6	0.875
B - B유	ℓ	9,100	38.1	0.910
B - C유	ℓ	9,350	39.1	0.935
프로판	kg	11,050	46.3	1.105
부탄	kg	10,900	45.7	1.090
나프타	ℓ	7,450	31.2	0.745
용제	ℓ	7,350	30.8	0.735
항공유	ℓ	8,200	34.3	0.820
아스팔트	kg	8,350	39.1	0.835
윤활유	ℓ	8,650	36.2	0.865
석유코크	kg	7,850	32.9	0.785
부생연료1호	ℓ	8,350	35.0	0.835
부생연료2호	ℓ	9,200	38.5	0.920
천연가스(LNG)	kg	11,750	49.2	1.175
도시가스(LNG)	Nm³	9,550	40.0	0.955
도시가스(LPG)	Nm³	13,800	57.8	1.380
국내무연탄	kg	4,600	19.3	0.460
수입무연탄	kg	6,400	26.8	0.640
유연탄(연료용)	kg	5,950	24.9	0.595
유연탄(원료용)	kg	6,750	28.3	0.675
아역청탄	kg	5,000	20.9	0.500
코크스	kg	7,000	29.3	0.700
전력	kWh	2,150	9.0	0.215
신탄	kg	-	-	-



부록 2. IPCC CARBON EMISSION FACTOR: CEF

연료구분		탄소배출계수			
		kg C/GJ	*(ton C/toe)	(TJ/10 ³ TON)	
액체화석연료	1차연료	원유	20.00	0.829	-
		천연액화가스(NGL)	17.20	0.630	-
	2차연료	휘발유	18.90	0.783	44.80
		항공가솔린	18.90	0.783	44.59
		등유	19.60	0.812	44.75
		항공유	19.50	0.808	-
		경유	20.20	0.837	43.33
		중유	21.10	0.875	40.19
		LPG	17.20	0.713	47.31
		납사	(20.00)(a)	0.829	45.01
		아스팔트(Bitumen)	22.00	0.912	40.19
		윤활유	(20.00)(a)	0.829	40.19
		Petroleum Coke	27.50	1.140	31.0
		Refinery Feedstock	(20.00)(a)	0.829	44.80
		고체화석연료	1차연료	무연탄	26.80
원료탄	25.80			1.059	
연료탄	25.80			1.059	
갈탄	27.60			1.132	
Peat	28.90			1.186	
2차연료	BKB & Patent Fuel		(25.80)(a)	1.059	
	Coke Oven/Gas Coke		29.50	1.210	
	Coke Oven Gas		13.0(b)		
	Blast Furnace Gas		66.0(b)		
기체화석연료	LNG(dry)	15.30	0.637		
바이오매스 (CO ₂ 배출량 계산 시 불 포함)	고체바이오매스	29.90	1.252		
	액체바이오매스	(20.00)(a)	0.837		
	기체바이오매스	(30.60)(a)	1.281		



부록 3. 건물 부문의 에너지사용량 및 온실가스 저감 기술

최근 온실가스 배출을 줄이고 건물에너지 절감 기술과 공법을 적용한 에너지절약형 건물이 다양하게 시도되고 있다. 이러한 시도는 주택단지나 건물 단위에서 벗어나 탄소중립도시, 탄소제로도시 등 도시 공간의 패러다임 변화라는 보다 거시적인 차원으로 확대되고 있다. 우리나라도 온실가스 저감을 위한 제로에너지 차원에서의 도시개발과 주거단지 조성을 위한 노력이 이루어지고 있다. 행정복합도시와 화성 동탄2신도시는 탄소중립도시 추진을 선언하였고, 평택 소사벌지구는 전체 에너지의 5% 이상을 신재생에너지 시범도시로 조성할 계획이다. 또한 인천검단신도시는 제로에너지타운을 비롯한 에너지 절약형 도시를 모색하고 있다. 연간 난방에너지 소비량이 1평방미터당 15kWh 이하의 주택을 의미하는 패시브 하우스는 건물의 에너지 소비를 최소화한 대표적인 건축 공법이다.

패시브하우스는 에너지 고단열과 고기밀공법으로 손실되는 에너지량을 최소화하며 기존 건물에 비해 에너지 절감율이 90% 이상으로 별도의 난방기구가 거의 불필요하다. 패시브 건축은 무엇보다도 건물외피를 통한 열손실을 최소화하여 건물에너지 소비 중 가장 큰 부분인 난방에너지를 절약한다. 열전도와 환기가 주로 열손실의 원인이므로 이에 대한 대책을 통해 열손실을 최소화하고 에너지 효율을 높인다.

주요 요소기술은 건물의 창호와 벽면부의 고단열 및 고기밀 시공, 열교환 환기 시스템과 신재생에너지 시설, 폐열 등 미활용에너지 이용 등이다. 고기밀 창호는 공기의 흐름을 최소화하고 단열성능이 뛰어난 삼중단열유리를 사용하여 열손실을 최소화하며 열교환 환기 시스템은 배기를 통해 유출되는 실내의 열을 재흡수하여 외부유입 공기 예열에 사용한다.

〈표 부록 3- 1〉 패시브하우스 적용 공법 기준

요소	적용조건	기준 및 방법
필요 난방에너지	패시브공법	연간 에너지사용량 15kWh/m ² 이하
1차 에너지소비량	패시브공법	연간 에너지사용량 120kWh/m ² 이하
단열성	탁원할 고단열	외피에 외단열시스템 적용 - 공동주택 : 0.15W/m ² ℃ - 단독주택 : 0.10W/m ² ℃
건물의 향	남향(그림자 없음)	태양에너지 이용을 극대화하는 건물 배치계획
창문	삼중단열유리/고단열프레임	태양에너지 투과율이 50% 이상에서 열관류율이 0.8W/m ² ℃ 이하
기밀성	Blow Door Test	50Pascal에서 0.6회/h
환기시스템	외부공기의 예열	전열교환 기능으로 외부의 찬 공기가 5℃이상 상승
	전열(현열, 잠열)교환	폐열회수율 75% 이상 권장 전력사용량 0.45W/m ² 이하
온수	이상적 설비 및 단열	온수의 공급 및 사용시 열손실율이 낮을 것
신재생에너지	태양열집열판	난방온수로 사용
	태양광 모듈	전기 발전
에너지효율	절전형 가전기기	에너지절약형 가전제품의 이용

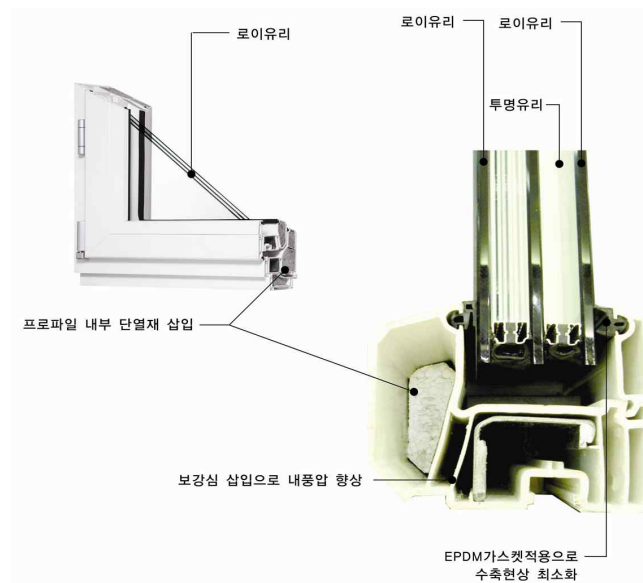
1 건물 에너지절약 설계기술

1.1 3중 유리 시스템 창호

3중유리 시스템 창호는 초에너지절약형 창호로써 아르곤가스를 주입한 3중 로이유리와 고성능프레임을 사용하여 높은 단열과 기밀성능을 갖고 있다.

3중유리의 구성은 아래 그림과 같이 6mmLow-e+12mmArgon+6mmClear+12mmArgon+6mm Low-e로 되어있다. 3중유리를 적용한데 더불어 창외 공기층에서 대류의 발생이 적어 열관류율이 낮은 아르곤가스를 사용하여 열관류율이 0.79W/m²·K 정도로 낮을 뿐만

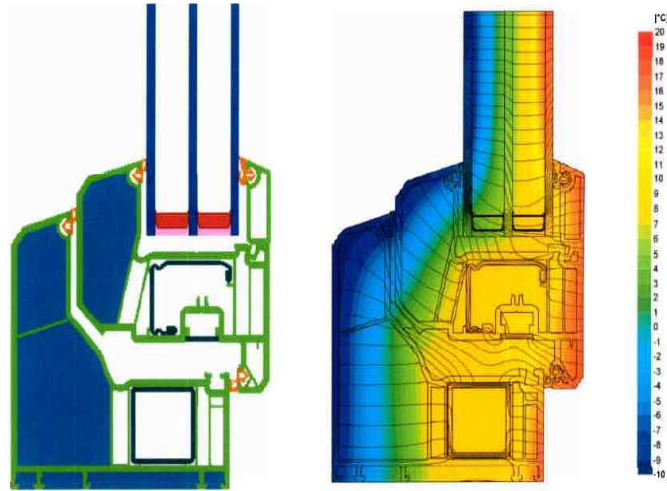
아니라 로이유리 적용에 의한 낮은 방사율을 통한 열손실의 최소화가 가능하다. 시스템 창호는 [그림 부록 3- 2] 나타낸 바와 같이 탄성이 매우 뛰어난 다중 고기밀 가스켓을 설치하여 틈새바람을 차단함으로써 창호에 의한 열손실을 70%이상 줄인 창호이며, 열관류율은 $0.8W/m^2 \cdot K$ 이다. [그림 부록 3- 3]은 대상창호를 THERM 프로그램을 통하여 정상상태 온도구배를 살펴본 결과이다.



[그림 부록 3- 1] 3중유리 구성



[그림 부록 3- 2] 3중 유리 시스템 창호



[그림 부록 3- 3] 그린홈 적용창호의 열성능

1.2 외부차양 장치

EVB(External Venetian Blind) 외부차양 장치는 슬랫 각도조절이 자유롭고, 프라이버시 보호 및 직사광선을 차단해 반사광을 방지하며 내부 제품의 탈·변색 방지가 가능하다.

또한 자유로운 자연광의 유입조정을 통하여 쾌적한 사무 환경과 주거환경을 조성할 수 있는 장점을 지니고 있고, 외부차양 장치가 갖고 있는 단점을 극복하기 위하여 외부환경에 적합하도록 방수 모터를 사용하고 부자재로 PVC 및 폴리에스테르 등을 사용하였다.

[그림 부록3- 4]의 좌측은 외부차양을 닫았을 때와 열었을 때의 모습을 비교한 것이며, 우측은 외부차양 장치의 크기를 나타낸 것이다. 슬랫의 폭은 80mm이며 슬랫의 수평상태에서의 간격은 70mm이다. 슬랫의 각도조절 및 상하조절은 전동모터를 통해 실내에서 조절이 가능하도록 되어 있다.

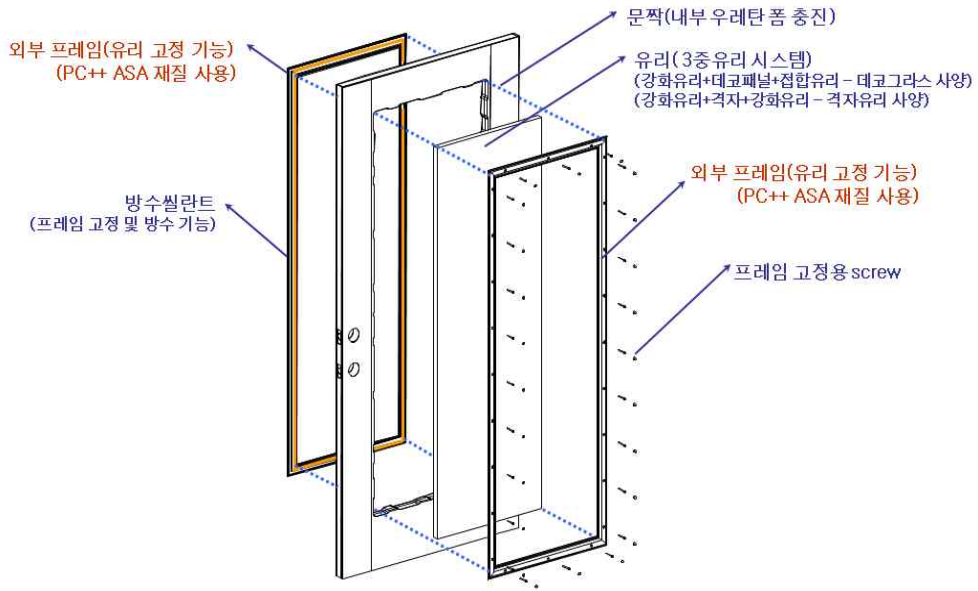


[그림 부록 3- 4] 외부차양 장치

1.3 유리섬유 강화 플라스틱 소재 단열문

목재의 자연적 질감 및 사실감 있는 세부 무늬를 표현한 신개념 도어로서 기존 목재 및 철제도어의 대체용으로 탄생하였다.

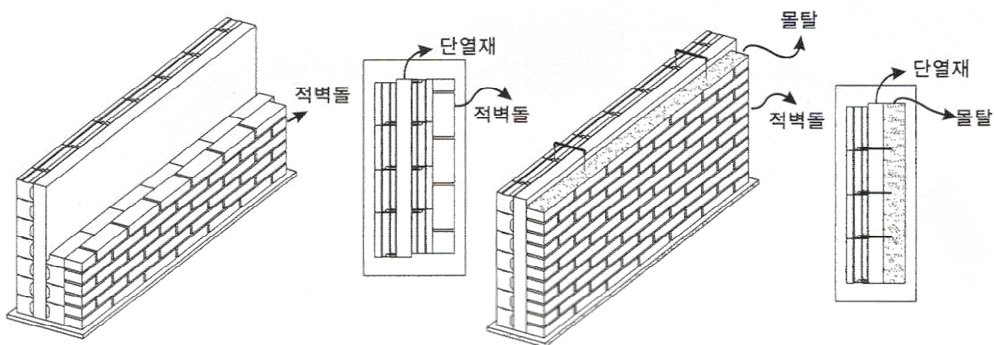
고품질 유리 프레임을 사용하여 높은 내후성과 뛰어난 강도를 지녔으며, 문지방과 측면 문틀을 하나로 결합하여 측면 문틀 하단부에 부패가 발생하지 않는 장점이 있다. 또한 볼베어링 힌지를 채택하여 높은 내구성 및 처짐방지에 강하며 합성수지 레일 및 에지를 적용하여 썩거나 변형의 우려가 없다는 장점이 있다.



[그림 부록 3- 5] 단열문 구성

1.4 이중 중공층 시멘트 블록

[그림 부록 3- 6]과 같이 이중 중공층 시멘트 블록 구조는 단열재를 중심으로 2중의 기밀한 중공층이 형성되어 3중 벽체로서 단열·방습·방음효과를 부가적으로 지닌다.



[그림 부록 3- 6] 단열문 구성

이중 중공층 시멘트 블록은 벽돌과 벽돌사이의 홈에 폴리우레탄을 차례로 발포하여 벽돌의 측부를 접착 한 후 벽돌의 상단에 있는 홈에 폴리우레탄을 발포하여 벽돌의 상하 단면이 강력하게 접착되도록 시공한다. 이와 같이 건식공법에 의하여 시공되며, 벽체의 기밀성뿐만 아니라 배선, 배관 작업이 간편하다는 장점이 있다. 또한 우레탄 건식공법으로 접착부의 인장성과 탄력성이 작용하여 수평력에 의한 응력분산으로 벽체 자체만으로도 우수한 충격 완화기능을 지닌다.

〈표 부록 3-1〉 구조벽체의 단열성능 비교

이중중공층 구조벽체	콘크리트벽	시멘트벽돌
두께: 10cm (시멘트블럭) + 3cm (단열재) + 10(시멘트블럭)cm $R\lambda$ (열저항계수) = 1.35m ² k/W	두께 : 20cm $R\lambda$ (열저항계수) = 0.125m ² k/W	두께 : 20cm $R\lambda$ (열저항계수) = 0.33m ² k/W

1.5 블록형 단열재

블록형 단열재는 시공성이 우수하며, 건식공정과 낮은 속력으로 시공이 가능하다는 장점을 지니고 있다. 또한 부재가 [그림 부록 3- 7]~[그림 부록 3-12]와 같이 서로 맞물려 연결되며, 발포재로 틈을 메우므로 고기밀성을 지닌 블록형 경량 벽체시스템이다. 또한 블록형 단열재는 비내력 구조이며, 리모델링과 재생이 용이한 친환경 건축시스템으로 경제성이 우수한 보급형 차세대 외단열 벽체시스템이라고 할 수 있다.



[그림 부록 3- 7] 모서리 접합



[그림 부록 3- 8] 모서리 접합



[그림 부록 3- 9] 수평접합



[그림 부록 3-10] 내부모서리 접합



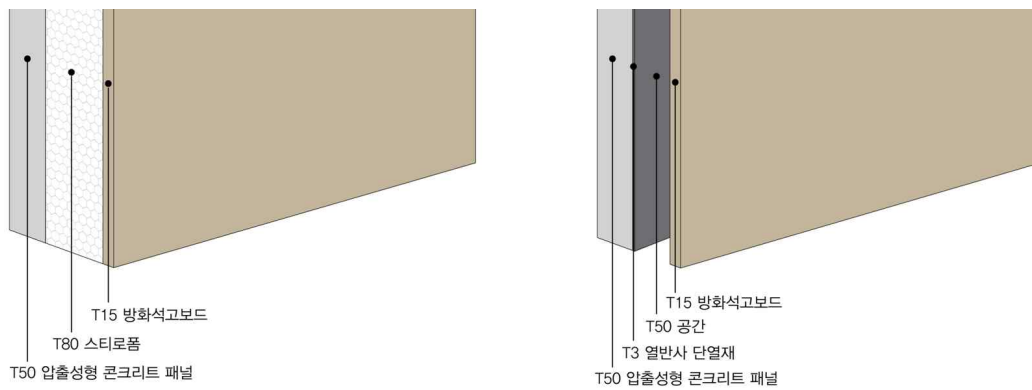
[그림 부록 3-11] 바탕 마감면



[그림 부록 3-12] 바탕 마감면 상세

1.6 블록형 단열재

열반사 단열재는 순수 알루미늄 99.9%와 성형강화제 0.1%로 구성되어있으며 물을 통과 시키지 않고, 미세기공을 이용하여 직접 전도를 막고 단열재 양면의 온도를 동일하게 유지시킴으로써 결로를 방지하는 고어텍스 기능을 갖고 있다.



[그림 부록 3-13] 열반사 단열재 적용에 따른 벽체구성 변화

또한 기존 단열재(스티로폼, 우레탄폼, 그라스울 등) 부피의 1/500~1/250일 뿐만 아니라 기존 단열재의 20배 단열성능을 지니고 있다. 이러한 단열성능은 전자파 상태인 열파가 도착하는 단열재의 표면 반사율이 90% 이상이므로 가능하다. 열반사 단열재의 열관류저항은 2.44m²·K/W로써 외부 태양열 또는 내부열의 외부로의 흐름을 약 97%까지 차단한다.

1.7 이중외피시스템

이중외피시스템은 두 개의 외피 즉, 유리로 구성된 이중 벽체 구조를 갖는 시스템이다. 이러한 이중의 외피 구조는 실내와 실외 사이에 공간(cavity)을 형성하게 되며, 공간을 통해 효율적인 열성능과 환기 성능이 유지된다.



대우기술연구소 본관

코오롱 사옥

미래산업 첨단연구소

일산문화센터

에너지기술연구원 그린 빌딩

[그림 부록 3-14] 이중외피 국내 설치 사례

이중외피 시스템이 갖는 일반적인 특징 및 장점은 다음과 같다.

① 자연환기(natural ventilation) : 실내 측 외피(inner facade) 설치로 건물 사용자는 비나 강한 바람과 같은 다양한 외부 기후 조건에서도 내측 창을 열어 놓을 수 있다. 실외 측 외피(outer facade)는 건물 전체를 외부 영향으로부터 보호해 주며 실내 측 외피와 실외 측 외피 사이에 형성된 공간은 air corridor로 이용되어 자연환기(natural ventilation)가 가능하다.

② 차음 성능의 향상 : 이중외피를 이용함으로써 외부 소음에 대하여 일반적인 단일 층 창문을 닫은 것과 같은 우수한 차음 효과를 얻을 수 있다.

③ 난방에너지 절감 : 이중 외피 사이 공간의 공기를 이용하여 단열 효과를 향상시킴과 동시에 건물로 조사되는 외부 태양열을 저장함으로써 겨울철 난방에너지를 효과적으로 절감할 수 있다.

④ 냉방 에너지 절감 : 자연환기를 이용함으로써 야간의 비교적 서늘한 공기를 이용하는 night cooling이 가능하며 여름철 냉방 부하를 절감할 수 있다.

⑤ 태양에너지 이용 : 공기의 열저장뿐만 아니라 부가적인 병용 시스템으로 태양전지를 적용하여 태양에너지 이용을 극대화 할 수 있으며, 에너지 소비를 줄일 수 있다. 일본의 경우 제품화하여 적용하고 있다. 또한 Double Skin 안에 설치된 전동 블라인드는 직사일광을 차단하며, 최대한 자연광을 받아들일도록 각도 조절이 가능하다.

1.8 옥상녹화

옥상녹화는 기존의 비 녹화 지붕에 비해 열전도율이 낮아 외기온도가 전달되는 시간이 오래 걸리기 때문에 건축물 냉방 에너지 절약에 상당한 효과를 나타낸다. 주간 시간대의 외기온도 보다, 옥상녹화시스템은 8℃ 정도 낮은 온도 분포를 보이고, 콘크리트 표면은 15℃ 정도 높게 나타난다. 이 같은 현상은 토양층 상부에 위치한 식생층의 반사를 포함한 일사 차단효과와 식생부분의 증발산 작용에 의한 잠열효과 및 토양층이 지닌 물리적인 단열 성능이 복합되어 영향을 미친 것으로 판단된다.



영등포 크로바 아파트 노인정 (2003)

벤엘유치원 (2002)

서울시 초록뜰 (2000)

[그림 부록 3-15] 옥상녹화 설치 사례

1.9 외기제어

공조기를 순환하는 환기에 비해 외기의 온도나 전열이 낮을 때, 외기를 끌어 들여 이를 냉방에 이용함으로써 냉방공조에 사용되는 에너지의 양을 줄이려는 에너지 절약 제어의 한 개념이다. 외기냉방제어는 제어의 대상과 방법에 따라 다음과 같이 “온도제어” 및 “엔탈피 제어”로 구분 할 수 있다.

① 온도 제어

“온도제어”에서는 건구온도를 기준으로 하여 외기도입량을 결정하며, 외기의 건구온도

만을 기준으로 삼는 경우(non-integrated dry bulb control)와 외기의 건구온도 뿐만 아니라 환기의 건구온도까지 측정하여 기준으로 삼는 경우(integrated dry bulb control)가 있다.

② 엔탈피 제어

온도제어에 비해 보다 개선된 방법으로, 공조설비의 운전을 위한 외기도입량을 외기와 환기의 전열(enthalpy)로 기준을 결정한다. 이를 위해 외기댐퍼와 환기댐퍼에 설치된 센서기 온도와 상대습도를 동시에 측정함으로써 전열량을 파악한다. 만약, 외기의 전열이 환기의 전열보다 높으면 외기온도(outside air damper)와 환기댐퍼(return air damper)가 조정되어 외기의 도입을 최소화하며, 외기의 전열이 환기의 전열보다 낮으면 최대한의 외기를 도입할 수 있도록 외기댐퍼와 환기댐퍼가 조절된다.

1.10 고효율 보일러와 지역난방

기존 보일러의 효율이 89~91% 정도인 데 비해 고효율보일러의 열효율은 94~95% 이상이다.(저위발열량 기준) 기존 보일러가 배기가스열(약 230℃)로 손실되는 데 반해 고효율 보일러는 배기가스 통로 중에 공기에열기, 에코노마이저를 부착하여 배기가스 손실열을 회수(40~50%)할 수 있다.

가정용 일반가스 보일러의 평균효율(고위발열량 기준)은 약 80%, 가정용 고효율 보일러의 열효율을 87%로 가정하고 단독주택의 에너지절감효과를 비교하며 비주거용 건물의 경우, 일반가스 보일러 평균효율(고위발열량 기준)을 약 82%로 가정한다. 지역난방의 경우 에너지효율등급인증제도 기준 보일러효율을 90%로 가정한다.

1.11 고효율 열회수 환기장치

배기열 회수장치는 환기 시 버려지는 열의 70%이상을 회수함으로써 건물의 에너지를 절감할 수 있을 뿐만 아니라 필터에 의해 정화된 공기를 공급함으로써 실내 공기질을 향상시킬 수 있다. [그림 부록 3-16]은 천정매립형 전열교환기이며, [그림 부록 3-17]은 현장에 설치된 모습을 나타낸 것이다.



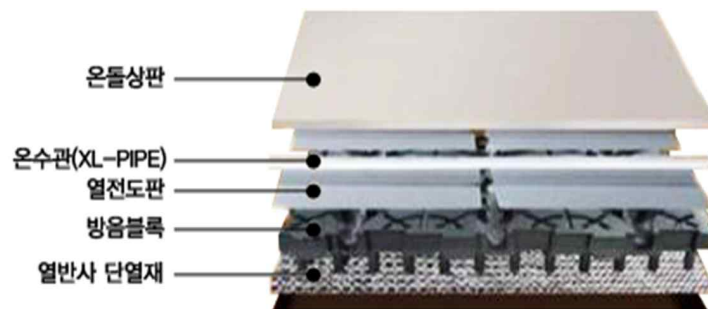
[그림 부록 3-16] 천정매립형 전열교환기



[그림 부록 3-17] 그린홈 설치 완료 모습

1.12 건식바닥 난방시스템

건식바닥 난방시스템은 단열재를 내장한 조립식 블록에 온수배관을 삽입하고 온돌상판을 덮어 신속하게 바닥 난방을 시공 및 마감하는 공법으로 시멘트 모르타르를 전혀 사용하지 않는 건식 시스템이다.



[그림 부록 3-18] 건식바닥 난방시스템 구조

[그림 부록 3-18]은 건식바닥 난방시스템의 구조를 나타낸 것으로써 먼저 바닥면에 열반사단열재를 설치하여 온열손실을 차단하였으며, 방음블록 하부에 흡음단열재가 내장

되고 열반사 단열재와 20mm 공기층을 두고 있어 단열성능 및 방음성능이 우수하다. 바닥충격음 성능인정서에 따르면 경량충격음 46dB(2등급), 중량충격음 49dB(4등급)으로 정부에서 2005년에 강화한 중량충격음 50dB 기준을 통과하였다. 방음블록 상부에 설치된 열전도판은 온열의 전달 극대화로 열효율을 35~50%가량 향상시켰으며, 이와 함께 기존의 습식온돌공법의 경우 25~35분의 예열시간이 필요한데 반하여 이 시스템은 5~10분으로 급속난방이 가능하다는 장점을 지녔다.

1.13 LED 조명

LED 조명은 전구식/삼과장(백열전구)램프를 대체하여 사용이 가능하며 쉽게 기존의 기구와 호환/설치가 가능하다. 수명은 약 80,000시간으로 길며, 발열량이 적으므로 조명 열에 의한 실내부하의 저감에도 기여한다. 또한 높은 1W가 최대 70lm까지 변환이 가능하다.

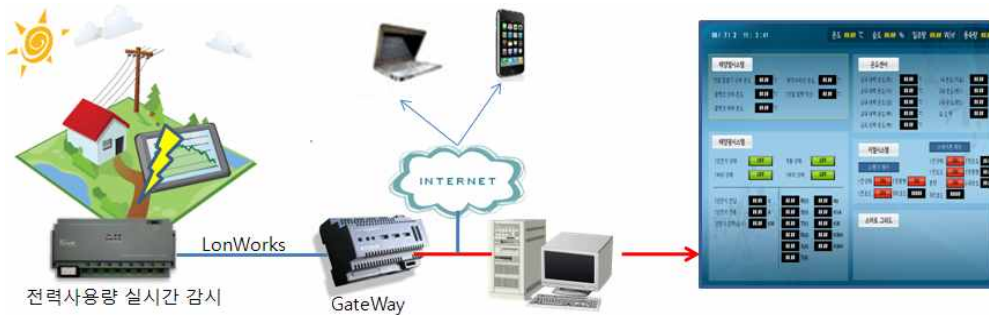


[그림 부록 3-19] LED등

1.14 실시간 모니터링 시스템

실시간 모니터링의 연구결과에 따르면 가족구성원이 사용하는 에너지 사용량 정보를

알게 됨으로써 한달 에너지사용료를 5~15% 절약할 수 있다고 한다. 즉 실시간 모니터링 시스템의 적용을 통해 사용자의 에너지 절약을 도모할 수 있다는 의미이다. [그림 부록 3-20]은 실시간 모니터링 시스템의 개념도를 나타낸 것이다. 그린홈의 모니터링 시스템은 다양한 역할을 한다. 먼저 각각의 태양열, 태양광, 지열시스템의 성능데이터를 통합하는 기능을 한다.



[그림 부록 3-20] 실시간 모니터링 시스템 개념도

1.15 비정질 건물통합형 태양광발전 시스템

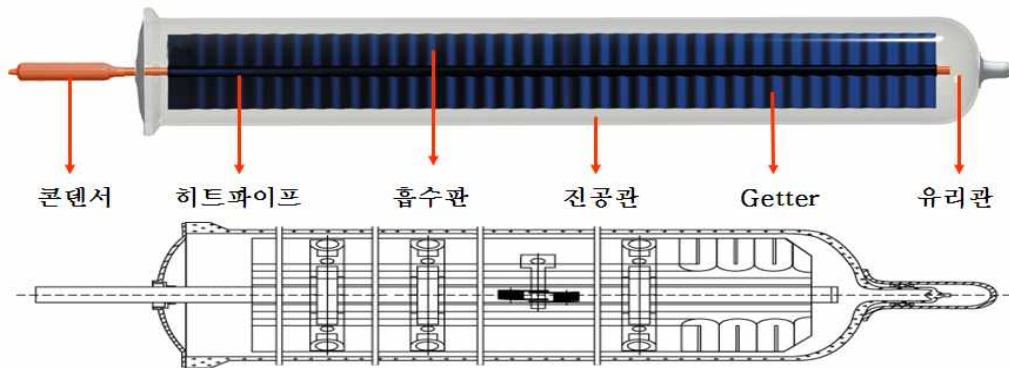
외피에 태양광모듈을 부착해 전기에너지를 발전하는 시스템으로 온도특성이 우수한 비정질 실리콘 태양전지 적용 시 균일한 빛 투과로 실내에서는 편안한 느낌의 채광성 확보가 가능하다는 특징을 갖는다.



[그림 부록 3-21] BIPV 상세(비정질)

1.16 진공관형 태양열 집열시스템

진공관형 태양열 집열장치는 관 내부가 고진공 10⁻⁸atm(99.99999%공기제어)이므로 열손실이 없고 열효율이 극대화된 설비이다. 집열기는 Cu에 알루미늄 질화산소 (Al-N-O)코팅 마그네트론이어 흡수율 92%이상이다. 집열장치의 내구성은 영하 -30℃에서도 동파 염려 없으며 흐린날에도 가동이 가능하고, 직경 35mm 우박에도 견딜 수 있도록 견고하다. 또한 120℃의 고온에 도달할 정도의 고성능이며 유리-금속간은 열압축 밀봉기술로 처리되었다. 그리고 고진공을 계속 유지시킬수 있는 특수물질 Getter 삽입으로 15년간 고진공 보장되며, 특수 열매체가 히트파이프에 진공 밀봉 삽입되어 열전달된 콘덴서가 물과 열교환 내구성이 우수하며, 유지보수가 간편하다는 장점이 있다.

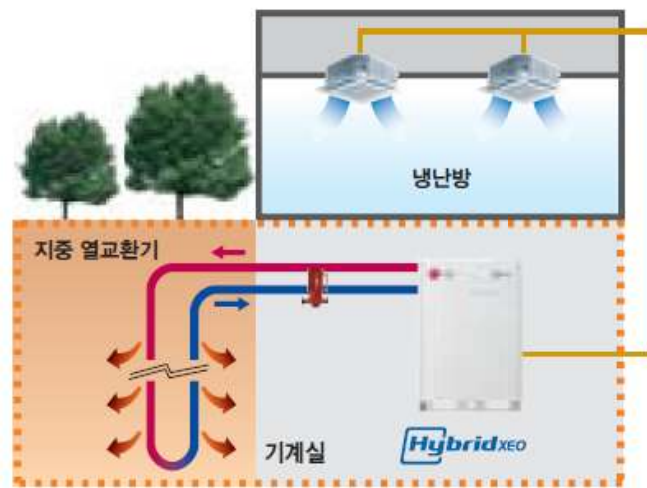


[그림 부록 3-22] 그린홈에 적용된 태양열 집열기 구조

1.17 하이브리드 지열시스템

하이브리드형 지열시스템은 일반 지열 공조시스템의 장점과 공랭식 공조시스템의 장점을 합친 지열시스템이다. 이 시스템은 냉난방 부하변동에 대응이 가능한 고효율 DC 인버터 히트펌프 시스템으로 에너지솔루션을 제공하는 신개념 친환경 공조시스템이라고

할 수 있으며, 각 실별 다양한 실내기를 선택하여 건물의 부하에 따른 개별 제어가 가능하다. 하이브리드형 지열시스템의 구성은 지중 열교환기, 지열 순환펌프, 지열원 히트펌프, 실내기로 구성되며, [그림 부록 3-23]은 시스템의 개념도를 나타낸 것이다. 개념도에서 알 수 있듯이 실내측이 냉매관이므로 천정속 공간이 최소화되며 동절기 동파의 우려가 없다. 또한 기계실의 축열조 및 버퍼탱크가 없어 시공성이 우수하다고 할 수 있다.



[그림 부록 3-23] 하이브리드형 지열시스템 개념도

1.18 연료전지

연료전지는 도시가스(LNG)에서 수소를 뽑은 뒤 일반 공기 중의 산소와 반응시켜 양극과 음극의 전기생산으로 물이 생성되며 전기와 열을 공급하는 열병합 발전 시스템으로 종합효율이 80%가 넘는 고효율의 친환경적인 신재생에너지원이다.



[그림 부록 3-24] 그린홈 적용 연료전지

연료전지 시스템은 질소산화물 등의 환경오염물질을 거의 배출하지 않으며 폐열을 회수하여 온수와 난방용으로 사용하는 특징이 있다.

연료전지의 구성은 발전부와 열저장부로 나누어지며, 이를 도입함으로써 CO₂ 발생량을 45%까지 저감 가능하다. 또한 부분부하(300W/500W/750W/1kW)에 따라 운전이 가능하며, 예상수명은 20,000시간 이상이다.

1.19 펠릿보일러

펠릿 보일러는 톱밥을 압축하여 작은 알갱이 형태로 가공하여 사용하는 재생산이 가능한 연료인 우드를 원료로 한다. 우드 펠릿은 CO₂와 황산화물 발생이 없는 환경친화적인 연료이다. <표 부록 3- 3>은 펠릿보일러의 연료인 우드의 국제적인 기준을 나타낸 것이며, [그림 부록 3-25]는 우드펠릿의 사진이다.



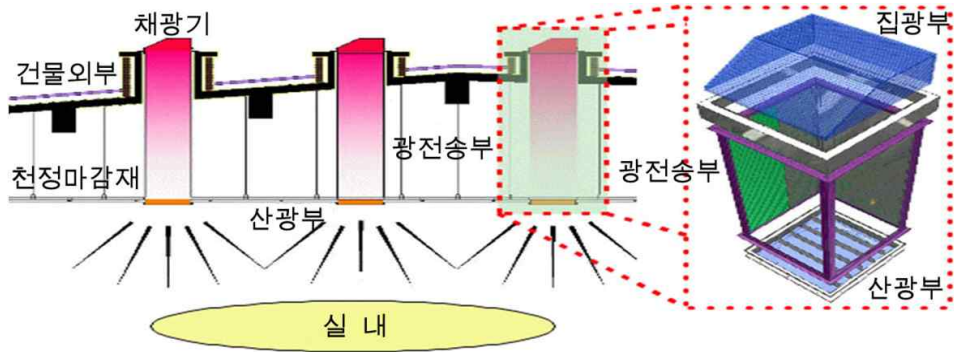
[그림 부록 3-25] 우드펠릿

<표 부록 3- 3> 우드펠릿 사양(독일, 오스트리아 기준)

지름	4~10mm	열량	4300kcal 이상
길이	지름의 3~5배	재 발생율	1.5% 이하
벌크밀도	600~750kg/m ³	질소 함유율	0.3% 이하
단위밀도	1~1.4g/cm ³	염소 함유율	0.03% 이하
부스러기율	0.5~1.5%	나트륨 함유율	300ppm 이하
함수율	12%이하	유황 함유율	0.3% 이하
		접착첨가물 함유율	2% 미만

1.20 태양광 조명시스템

집광채광 장치는 태양에너지를 전기나 열로 변환하지 않고, 자연광 유입이 어려운 실내공간에 장치를 이용하여 자연광을 유입시키는 시스템이다. 크게 조명 및 생육광으로 이용하는 기술로써 광을 모으는 집광기술, 광을 필요로 하는 곳으로 전송하는 전송기술, 전송된 빛을 발산하는 산광(배광)기술로 구분되며, [그림 부록 3-26]은 그 과정을 나타낸 것이다.



[그림 부록 3-26] 집광채광 장치 구성

2 국내외 패시브하우스 사례

2.1 국내

(1) 제로에너지 솔라 하우스

대전 한국에너지기술연구원에 건설된 제로에너지 솔라하우스(ZeSH, 80평, 2층)는 태양열과 지열의 복합 냉난방 시스템, 태양열 축열벽 시스템, 슈퍼단열 외피 시스템, 고효율 창호 시스템, 태양광 발전 시스템 등이 갖춰져 필요한 에너지의 70~80%를 충당하고 있다. 2010년까지 에너지 자립 100%를 목표로 모델을 계속 개발하고 있다.

ZeSH에서 가장 기본이 되는 것은 역시 단열이다. 단열재의 두께를 강화하고 단열 효과가 높은 창문을 사용하였으며, 고기밀화, 배열회수 환기시스템 등을 통해 에너지 손실을 최소화하였다. 자연형 태양열 시스템을 적용하고 이중 구조로 된 창문 안쪽에 검은 타일로 된 축열벽을 만들어 햇볕 흡수율을 높였다. 직접적인 난방과 온수는 태양열 집열기로 해결하며, 태양열 집열기의 난방효과를 극대화하기 위해 열전도가 좋은 바닥재를 사용하였다. 태양광은 전리틀, 지열 히트펌프는 보조 열원과 여름철 냉방장치로 활용한다. 면적당 건축비는 평당 530만 원 정도로 일반 고급주택(평당 약 420만 원)에 비해 25% 정도 비싸지만 일반 주택에 비해 연간 에너지 비용을 약 300만원 절감할

수 있다.



[그림 부록 3-27] 제로에너지 솔라하우스

(2) 그린홈 제로에너지 시범주택

기존주택 대비 난방에너지 96%, 냉방에너지 50%가량 절감을 목표로 한 그린홈 제로에너지 시범주택은 2009년 7월 과천 국립과학원 내에 순수 국내 중소기업이 후원한 기술 및 제품만으로 완성되었다. 시범주택은 지식경제부와 에너지관리공단이 발주하고, 종합건축사사무소 탐이 설계하였으며, 코오롱건설이 시공하였다.

주택에 적용된 요소기술은 패시브 기술(남향배치, 창호 크기 조정, 단열성능 강화, 축열체 활용, 기밀성능 강화, 외부차양의 도입), 액티브기술(태양광발전과 태양열급탕, 지열 적용), 외단열 공법(외벽에 블록형 단열재 20cm, 지붕은 40cm, 기초 위에 단열블록 20cm)을 사용함으로써 열교가 전혀 없는 주택으로 설계하였고, 모든 생활 가전에 절전형 냉장고와 TV 등 고효율제품을 사용하였다. 창 외부에 전동블라인드(EVB)를 설치, 창문을 통해 전달되는 열기를 차단해 실내온도의 상승 최소화하였다.



[그림 부록 3-28] 그린홈 제로에너지 시범주택

(3) 3리터 하우스

3리터 하우스는 평방 미터(m^2)당 연간 3리터의 연료만으로 쾌적한 실내온도를 유지할 수 있으며, 연료 소비량이 일반주택의 1/7 정도이다. 총 6억원을 투입해 건평 38평, 2층 규모로 2005년 준공된 3리터 하우스 역시 고효율 단열기술, 최적의 창호설계, 잠열보유 플라스틱, 이중외피 등의 건축공법을 적용하였다.

고효율 단열을 위해 바닥 300mm, 벽체 350mm, 지붕 400mm 두께의 네오폴을 사용하였다. 네오폴은 BASF사가 개발한 것으로 내부구조상 적외선 복사열을 반사시키는 미세한 흑연(Graphite) 입자를 함유하여 기존의 스티로폴(EPS)보다 20% 이상 단열 성능이 높다. 또한 창호면적을 늘려 태양에너지를 활용하고 거실 조명을 개선하였으며 3중 유리(48mm, 0.8W/m²K)를 사용하여 건물에서 가장 큰 부하요소인 유리를 통한 열손실을 최소화하였다. 3중 유리는 기존 주택에서 적용하는 복층유리(22mm, 3.3W./m²K)에 비해 두께는 2.4배 정도이지만 단열성능은 4배 이상 우수하다. 또한 마이크로캡슐 형태의 잠열보유 특수입자가 포함된 플라스틱을 천정과 벽면에 2mm 두께

로 시공하여 겨울 및 여름에 자동적으로 일정한 실온을 유지하고, 이중외피를 통해 여름철은 블라인드와 환기 기법으로 냉방부하를 절감하고 겨울철은 버퍼존(buffer zone)의 역할로 난방부하를 절감하는 것이다. 3리터 하우스는 주요 외피요소인 벽체와 창호의 단열성능이 4-5배로 향상되므로 대부분의 열손실을 차단할 수 있다. 또한 기존의 주택이 내단열 공법을 사용하는 반면 고효율 주택은 외단열 공법을 적용하여 건물 구조체가 실내 축열체로 활용되며, 외부 일사에 의한 축열 요인을 감소시켜 실내외 부하 변동에 민감하게 대응할 수 있다는 장점이 있다.



[그림 부록 3-29] 3리터 하우스

(4) 그린투모로우

그린 투모로우는 <표 부록 3- 4>와 같이 국내 법규 기준을 훨씬 상회하는 외벽체의 단열성능을 갖도록 계획되었으며, 부위별로 이와 같은 엄격한 열적 성능을 만족시키기 위하여 각 실의 필요조건에 맞추어 다양한 단열재, 재료 및 공법을 적용하였다.

〈표 부록 3- 4〉 그린 투모로우와 국내 법규 상의 단열 기준 비교

구분	열관류율(W/m ² ·°C)	
	그린투모로우	국내 법규기준
외벽	0.097	0.47
지붕(외기직접)	0.077	0.29
지붕(외기간접)	0.089	0.52
창호	0.778 - 창면적비 : 25% - 차폐계수 : 0.543	2.7 - 창면적비 : 25% - 차폐계수 : 0.85

건물 주변의 미기후 분석결과에 따라 실과 창호의 배치를 조정하여 실내에의 자연채광 입사가 용이하도록 계획되었으며, 전면에는 유입된 외기가 주택 전체를 경유하여 후면으로 배기되도록 자연환기의 개념을 도입하여 봄과 가을의 중간기 실내 환기를 촉진하고, 실내발열에 따른 냉방부하를 효과적으로 저감할 수 있도록 되어 있다. 건물의 창호는 열성능 기준을 만족시키는 범위 내에 실에 따라 삼중유리, 이중외피 등의 다양한 형태로 설치하였으며, 특히 이중외피의 내부공기는 자연적인 부력과 순환동력을 이용하여 건물 구체내에 순환시킨 후 바닥 축열재에 축열 저장하였다가 야간에 중간 벽 등에 순환시켜 난방 에너지를 절감하는데 재 사용된다. 그린투모로우 내 일부 천장재에는 축열을 통해 냉방부하 저감에 기여하는 상변환 축열재가 설치되었고, 통상의 축열재가 두꺼운 두께를 이용하여 내부에 열을 모아두는데 반해 상변화 축열재는 자재 내에 캡슐형태로 포함된 PCM재의 상변환 과정(고체→액체)을 통해 열에너지를 축적하고, 방출기 때문에 얇은 두께로도 동일한 효과를 낼 수 있는 장점이 있다.

실내 환경을 쾌적하게 조절하고, 생활에 필요한 각종 주거기능을 제공하기 위한 기계/전기 설비를 가장 에너지 효율적으로 설치하기 위한 액티브 디자인에는 직류 배전 및 가전활용, 대기전력 차단, 조명제어와 고효율 열회수 환기, 에어플로우 윈도우, 복사 냉난방 등의 설비기기 효율화가 포함되었다.

에너지의 생산을 위해 사용된 신재생에너지 원으로는 태양광, 태양열, 지중열 등이 이용되었고, 태양광발전은 지붕 외에도 창 및 블라인드에 건물통합형태로 다양하게 적용되었으며, 전력생산에서 가장 높은 비중을 차지하는 지붕형 태양광 발전의 경우 피크

기준으로 22kWh, 연간 21MWh의 전력이 생산 가능한 용량으로 설치되었다. 풍력발전은 수직형 풍력발전의 한 형태인 복한 다리우스 형을 적용하여 부지 내의 작은 풍량에서도 지속 발전이 가능하도록 하였으며, 피크 기준 3kWh, 연간 0.2MWh의 전력 생산이 가능하도록 하였다. 온열 및 냉열 공급에는 지중열 냉난방과 태양열 급탕이 적용되었고, 지중열의 경우 150m 깊이의 열교환기를 2공 천공하여 전체 6 USRT 규모로 적용되었다. 부지 내 바닥 면적 약 25㎡ 규모의 통행로에 별도의 열교환기 없이 지중열을 직접 이용하는 용설설비를 설치하여 동절기와 하절기의 열사용에 균형을 유지하도록 하였다. 이와 같은 동절기 지중열 사용을 통해 계절별 불균형 사용으로 인한 경년 변화와 이에 따른 열용량 저하를 방지할 수 있도록 하였다. 그린 투모로우에 설치된 4㎡, 200ℓ 규모의 평판형 태양열집열기를 통해 연간 약 2MWh 규모의 태양열을 급탕에 활용하도록 계획하였으며, 축열조와 발전된 전력으로 가동되는 전기 온수기를 급탕 시스템 내에 함께 구성함으로써 효율적이면서 쾌적한 급탕 사용이 가능하도록 하였다.



[그림 부록 3-30] 그린 투모로우

2.2 국외

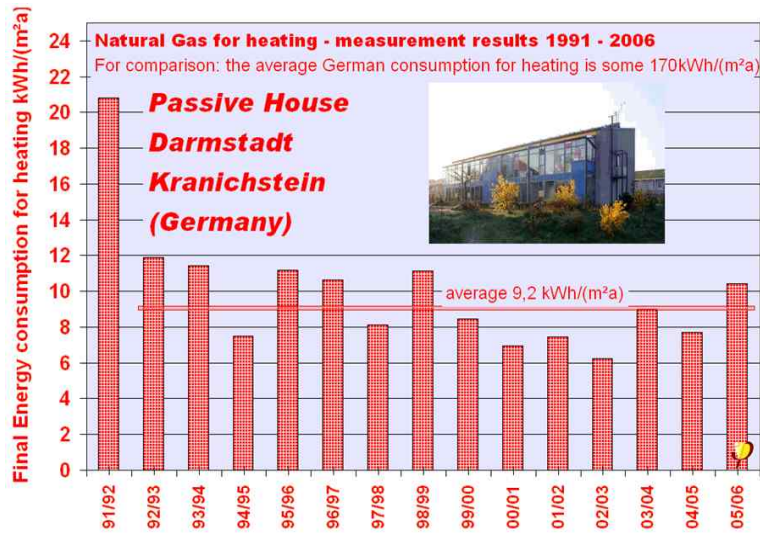
(1) Darmstadt Kranichstein(독일)

4 가구용 테라스 하우스로 1990년 시공되었으며, 지붕, 외벽 및 지하 천장에 각각 450mm, 275mm, 250mm의 고단열재와 창틀사이가 특수하게 단열 처리된 3중창이 적용되었다. 북측 발코니부 외창 부위에 신선공기 도입 환기 시스템과 필터가 설치되었으며 땅속에 매설된 공기덕트를 통해 외기가 예열되도록 하였다. 공기식 히트펌프가 1층에 설치되었고, 공급 덕트 가 각 실로 연결된다.

첫 난방 년도(1991~1992년)의 난방에너지 소비량은 다소 높게 나타났는데, 이는 시공된 콘크리트 바닥의 습기를 제거하기 위해 정상보다 많은 난방이 필요했고 그해 10월 유난히 추운 계절이었기 때문인 것으로 나타났다. 1992년 여름 이후 난방 소비량은 평균 9.2kWh/m²년으로 평균 독일의 주택 난방에너지 소비량인 170kWh/m²년과 비교할 때 95% 감소하였다.



[그림 부록 3-31] Darmstadt Kranichstein



[그림 부록 3-32] Kranichstein의 에너지소비량 모니터링

(2) Etrium(독일)

독일 Cologne에 위치한 3층의 사무소 건물로 중앙에 아프리움이 있고 천장으로부터 중정에 자연채광을 적용하였다. 전력은 지붕위에 설치한 태양전지판(32kWp 패널로 연간 30,000kWh 발전)으로 공급받고 근처에 중형 풍력발전기로부터도 공급 받도록 설계되었다.

건물의 일차 에너지 소비량은 116kWh, 난방부하는 11kWh/m²으로 설계되었고, 고단 열재 및 3중창, 중창으로 부터 자연채광을 받음으로서 조명 부하를 절감할 수 있도록 계획되었다. 외부의 신선공기는 중정에 있는 아프리움을 통해 열교환기로 유입되며, 열교환율은 95%이다.

실내에서 사용하는 컴퓨터 기기로부터의 발열도 열회수를 하여 사용하도록 설계되었고, 소형의 48kW 지중수 히트 펌프를 사용하여 난방공급 하며, 냉방기간에는 지중수를 냉방에 직접 사용하도록 하였고, 지붕에 두개의 태양 집열판 설치하여 급탕에 활용하도록 하였다.



[그림 부록 3-33] etrium 의 전경



연구책임 | 이충국 기후변화연구센터 책임연구원
연구자문 | 장용성 박사 (금호건설)

기본연구 2010-00
강원도 건물 용도별 온실가스 원단위 및 감축방안 분석

- * 인 쇄 _ 2010년 4월
- * 발 행 _ 2010년 4월
- * 발 행 인 _
- * 발 행 처 _ 한국기후변화대응연구센터
- * 주 소 _ (200-000) 강원도 춘천시 중앙로1가 7
- * 홈페이지 _ www.crik.re.kr

등록번호 _ 제99-3-6호 한국기후변화연구센터. 2010
ISBN _ 000-00-0000-000-0 00000