건설교통연구기획사업 최종보고서(안)

11CTPN-C061340-01

국산목재 활용증대를 위한 한국형 목조건축 목재·설계·관리 기술개발

2012.12.11

주관연구기관 / 국립목포대학교
공동연구기관 / 국립산림과학원
한남대학교
경희대학교

국 토 해 양 부
건설교통기술평가원

목 차

[요약문] ····· 1

1장 기획 필요성 ····· 3

1절 기획 배경 ····· 3
2절 기획 목적 및 추진방향 ····· 5

2장 기술개발 동향 및 환경분석 ····· 11

1절 국내외 정책 동향분석 ····· 11
1. 국내 정책 동향 ····· 11
2. 해외 정책 동향 ····· 17
2절 국내외 시장현황 및 전망 ····· 26
1. 국내 시장현황 및 전망 ····· 26
2. 해외 시장현황 및 전망 ····· 43
3. 국내외 시장현황 및 전망의 시사점 ····· 52
3절 국내외 기술 동향 분석 ····· 55
1. 국내 기술 동향 분석 ····· 55
2. 해외 기술 동향 분석 ····· 72
4절 국내외 특허 동향 분석 ····· 89
1. 목재기술 분야의 특허 동향 ····· 89
2. 목조 건축 시공유지관리기술 분야 ····· 104
3. 목조 건축 녹색기술 분야의 특허 동향 ····· 117
5절 국내외 논문 동향 분석 ····· 128
1. 목재기술 분야의 논문 동향 ····· 128
2. 목조건축 설계 분야의 논문 동향 ····· 132
3. 목조건축 시공유지관리기술 분야의 논문 동향 ····· 135
4. 목조건축 녹색기술 분야의 논문 동향 ····· 138

6절 연구개발 인프라 분석 ····· 140
1. 목재기술 분야 ····· 140
2. 목조건축 설계기술 분야 ····· 144
3. 목조건축 녹색기술 분야 ····· 146

3장 기술개발 전략 수립 ····· 153

1절 목조건축 융합기술 및 산업화의 장기 로드맵 ····· 153
2절 장기 로드맵에 의한 연구개발과제의 비전 ····· 155
3절 세부과제별 비전과 목표 ····· 158
1. 목재기술 분야의 비전과 목표 ····· 158
2. 목조건축 생산기술 개발의 비전 및 목표 ····· 160
3. 목조건축 녹색기술 개발의 비전 및 목표 ····· 162
4. 융합기술 분야의 비전과 목표 ····· 164
4절 후보과제 도출 ····· 166
1. 기술개발 목표에 따른 중점추진분야와 주요기술 ····· 166
2. 후보과제 정의 및 우선순위 선정 ····· 167

4장 연구 목표 및 범위 ····· 173

1절 연구개발과제의 목표 ····· 173
2절 한국형 목조건축 융합기술의 개념 ····· 175
1. 목재 및 부품소재 측면에서의 한국형 목조건축 ····· 175
2. 생산기술 측면에서의 한국형 목조건축 ····· 176
3. 녹색기술 측면에서의 한국형 목조건축 ····· 177
3절 한옥기술개발 과제와의 중복성 검토 ····· 179
1. 연구목표의 중복성 검토 ····· 179
2. 연구내용의 중복성 검토 ····· 179
4절 세부과제별 연구 범위, 목표 및 기대효과 ····· 183
1. 1세부과제 ····· 183
2. 2세부과제 ····· 186
3. 3세부과제 ····· 189
4. 4세부과제 ····· 192

5장 세부과제별 주요 내용 ····· 197

1절 제1세부과제 : 목재기술 개발 ····· 197
1. 연구개발 필요성 및 정부지원 필요성 ····· 197
2. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안 ····· 201
3. 연구개발 주요내용 ····· 202
4. 연구개발과제 TRM ····· 207
5. 제1세부과제 간의 연관성 ····· 207
6. 최종성과물 및 성과지표 ····· 208
7. 성과물 검증방안 ····· 208
8. 기술수요처 및 실용화 방안 ····· 209
2절 제2세부과제 : 목조건축 생산기술 개발 ····· 210
1. 연구개발 필요성 및 정부지원 필요성 ····· 210
2. 기존 연구와의 중복성 검토 및 연계방안 ····· 214
3. 연구개발 주요내용 ····· 216
4. 연구개발과제 TRM ····· 224
5. 세세부과제 사이의 연관성 ····· 224
6. 최종성과물 및 성과지표 ····· 225
7. 성과물 검증방안 ····· 226
8. 기술 수요처 및 실용화 방안 ····· 226
3절 제3세부과제 : 목조건축 녹색기술 ····· 228
1. 연구개발 필요성 및 정부지원 필요성 ····· 228
2. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안 ····· 230
3. 연구개발 주요내용 ····· 231
4. 연구개발과제 TRM ····· 237
5. 세세부과제 간의 연관성 ····· 237
6. 최종성과물 및 성과지표 ····· 238
7. 성과물 검증방안 ····· 238
8. 기술수요처 및 실용화방안 ····· 239
4절 4세부 : 연구단 및 융합세부과제 ····· 240
1. 연구개발 필요성 및 정부지원 필요성 ····· 240
2. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안 ····· 242
3. 연구개발 주요내용 ····· 242
4. 연구개발과제 TRM ····· 248

5. 세세부과제 사이의 연관성 ····· 248
6. 최종성과물 및 성과지표 ····· 249
7. 성과물 검증방안 ····· 250
8. 기술수요처 및 실용화 방안 ····· 250

6장 사전타당성 검토 ····· 253

1절 사전타당성 분석의 개요 ····· 253
2절 기술적 타당성 ····· 255
1. 사업의 창의성과 연계성 ····· 255
2. 기술 개발의 적절성 ····· 257
3절 정책적 타당성 ····· 260
1. 국가 전략적 중요성 ····· 260
2. 정책적 일관성과 연계성 ····· 261
4절 경제적 타당성 ····· 263
1. 사업 경제성 분석 ····· 263
2. 경제사회적 파급효과 ····· 263
3. 과학기술적 파급효과 ····· 265
5절 종합평가 및 결론 ····· 267

7장 인력투입계획 및 소요예산 산정 ····· 273

1절 연구일정에 따른 인력투입계획 ····· 273
1. 총괄 인력투입계획 ····· 273
2. 세부과제별 인력투입계획 ····· 273
2절 소요예산 산정 ····· 274
1. 총괄 소요예산 산정 ····· 274
2. 세부과제별 소요예산 산정 ····· 274

8장 과제 제안요구서 작성 및 평가기준 설정 ····· 277

1절 과제 제안요구서(RFP) ····· 277
1. 제1세부과제 RFP ····· 277
2. 제2세부과제 RFP ····· 282

3. 제3세부과제 RFP ····· 288
4. 제4세부과제 RFP ····· 294
2절 평가기준 설정 ····· 299
1. 평가기준 ····· 299
2. 가점 및 감점기준 ····· 299

9장 참고문헌 ····· 301

[요약문]

1. 기획 필요성

[기획 배경]

□ 2013년부터 온실가스 감축 의무대상국으로 지정될 것이 거의 확실한 우리나라의 상황에서 대표적인 저탄소 자연 재료인 목재기술 및 목재를 활용한 건축기술의 개발이 필요함.

[기획 목적 및 추진방향]

□ **'한국형 목조건축'**은 이 기획과제가 우리나라 건축분야의 탄소발생량 저감을 위해 출발된 것임을 나타내며, 특히 수입산 목재가 아닌 우리나라 목재의 활용 증대와 이를 통한 우리 목재의 생산 및 유통체계 구축을 목표로 하고 있다는 점을 의미하는 것임. 또한 '저탄소 녹색성장'의 국가적 아젠다와 부합한다는 점을 드러내고자 함

□ **'융합기술'**은 이 기획과제가 목조건축의 새로운 요소기술을 개발하는 것보다는 기존의 목재활용 기술을 목재 주변의 다양한 기술과 융합하여 목조건축 최적화 적용방법을 찾아냄으로써 목재의 활용 가치를 증대시키는 데 목표가 있다는 점을 뜻함. 이를 위해 목재기술과 설계기술, 녹색기술, 유지관리기술 등이 융합된 실증사업을 통하여 우리의 목재를 활용한 목조건축의 가능성을 확인하고 이를 널리 알림

□ **'산업화'**는 이 과제의 성과를 널리 보급하기 위해 필수적으로 수반되어야 하는 것임. 한국형 목조건축의 수요가 늘어나기 위해서는 부자재의 생산체계와 유통체계가 필요하며, 이를 통해 새로운 산업 분야를 창출하여 '녹색성장'의 기반을 만들고자 하는 것임

□ 본 연구의 결과를 통하여 목재를 중심으로 최소 탄소발자국의 소재 및 부재를 활용함으로써 전생애주기를 통하여 국가별 온실가스 감축 목표 달성의 시대적·사회적 요구에 부응하고, 친환경 건축 문화와 전통 주거 문화를 계승·발전시킴은 물론, 대한민국 목조건축 산업과 임업·목재 부품소재 산업 등 경제 활성화에 공헌하고자 함.

2. 기술개발 동향 및 환경분석

[정책 동향분석]

□ 2008년 '저탄소 녹색성장'이 새로운 국가적 비전의 축으로 제시됨

□ 건설분야의 탄소저감을 위한 국토해양 R&D 전략이 수립되었으나 (Green-up 30) 목조건축 생산기술 분야는 제외되어 있음

[시장현황 및 전망]

□ 한국은 구조용집성재, 프리컷시스템, 프리패브시스템 등의 시장이 형성되고 있으나, 그 규모가 매우 작음

□ 목재는 재생가능 자원이어서 자원고갈이 예상되는 화석연료를 대체할 수 있는 자원으로서 지속적으로 수요가 증가할 것으로 예측됨. 기후변화에 대응한 녹색성장 산업으로 시장 파급효과가 클 것으로 예상

[기술 동향 분석]

□ 기존의 집성목재의 목재 접합 구조, 접합재 제조 방법, 강화 목재의 제조와 관련된 기술로부터 최근에는 기둥접합구조, 목재 골조간의 접합구조 등 접합 방법에 대한 특허가 주를 이룸

□ 재료/부재/건물/도시 차원에서 활발히 연구되고 있는 저탄소 건축기술을 바탕으로 한 목조건축과의 최적화 시스템 기술개발이 필요함

[특허 동향 분석]

□ 목조건축용 목재나 구조재의 가공과 관련된 특허는 10여건 밖에 되지 않아서 목조건축과 관련된 지재권 확보는 현재 매우 미미한 상황임

□ 국산재를 이용한 목조건축 건축용 자재개발 분야에서는 강화된 집성 목재의 제조, 집적목재의 제조방법 등의 특허가 주로 출원됨

[논문 동향 분석]

□ 1995년을 기점으로 논문의 발행이 큰 폭으로 늘기 시작하여 국산 목재를 이용하려는 시도가 활성화 되고 관심이 높아진 것으로 판단됨

□ '목조'의 키워드로 검색된 연구 문헌 중 목조의 시공 . 구조 . 성능 그리고 전통건축과 관련한 문헌을 제외하면 목조건축의 설계기술과 관련한 선행연구는 8편에 불과함

3. 기술개발 전략 수립

[연구개발과제의 비전과 목표]

□ 저탄소 녹색성장의 국가적 아젠다 구현

■ 저탄소

- 2017년까지의 건축물 에너지소비량 감축목표인 비주거용 30%, 주거용 60% 감축을 저탄소 저에너지 분야의 정량적 달성목표로 설정

■ 녹색성장

- 목재의 생산과 유통, 소비에 이르는 순환 사이클의 재건을 목표로 함

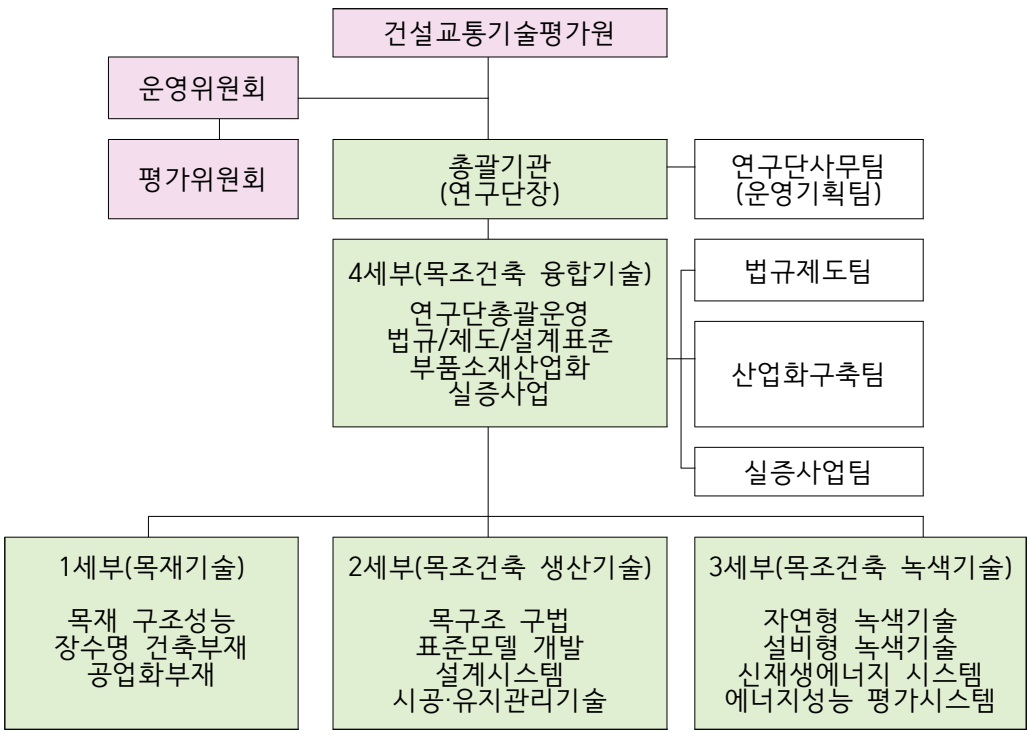
□ 탈 콘크리트 친환경 건축복지에 대한 국민적 요구에 적극 대응

■ 전체 공사비에서 가구식 목조부재의 가격 비중 20% 이내, 전체 목조건축물의 3.3㎡ 당 가격 400만원대 이하를 목표로 함

□ 목조건축 산업과 임업·목재부품소재 산업 등 경제 활성화에 공헌

■ 제도의 정비, 법령의 구축 등을 통하여 목재 및 목조건축 관련 산업을 증진시킬 수 있는 토대를 마련함으로써 우리나라 경제의 활성화에 공헌

[기술개발 체계]



[중점추진분야 후보과제 최종성과물 및 성공여부 판정기준 도출]

세부과제	중점추진분야	최종성과물	성공여부판정기준
(1세부) 목재기술개발	구조성능	한국형 목조건축 구조의 규격화, 모듈화 및 구조성능 기준	기준 도출 여부
		전통 접합기술 규격화 및 장스팬 · 중층 구조 적용을 위한 접합기술	접합기술 개발 여부
	공업화부재	소재의 국산화/ 소재의 융복합화에 의한 가구식 목조건축 요소를 개발	국산화 소재개발 여부
		벽체-창호 일체형 프리패브 공법개발	공법 개발 여부
	장수명 건축부재	건축물의 장수명화를 위한 실용적인 검사 · 진단, 유지관리 방법을 확립하고, 열화요인을 제거한 고내구성 건축재료 개발	고내구성 건축재료 개발 여부
(2세부) 목조건축 생산기술 개발	구법	목구조 구법을 유형화, 다양한 구법의 성능과 특성 비교·분석	목구조 구법 성능개발 여부
	설계시스템	체계적인 목조건축 설계시스템(설계 표준, 설계기법) 개발 및 목조건축 설계시스템의 보급을 위한 통합설계정보시스템 구축	통합설계정보시스템 구축여부
	표준모델 개발	학교, 도서관, 관공서, 저층집합주거 등 다양한 목조 공공건축의 유형별 모델 개발	목조건축 모델개발 여부
	목조건축 시공·유지관리 기술	공종별 , 공기단축 방안, 공정관리 및 장기수선계획 시스템을 제안하고 LCC, LCCO2 최적화 기법을 제안	시방서/메뉴얼 제작 및 최적화 기법 개발 여부
(3세부) 목조건축 녹색기술 개발	자연형 녹색기술	목조건축의 재료 물성을 고려한 고기밀고단열 외피 시스템 기술과 차음 특성을 고려한 고성능 건식 차음 시스템 기술	고성능 외피시스템 및 차음시스템 개발여부
	설비형 녹색기술	목조건축의 열적 특성에 적합한 고효율 냉난방 공조시스템과 구조 및 재료 물성에 적합한 급배수 시스템 기술	냉난방공조시스템, 급배수시스템 개발여부
	신재생에너지 시스템기술	목조건축의 구조 및 열부하 특성에 적합한 건물일체형 신재생에너지 시스템 기술 및 통합 운영 시스템 기술	신재생에너지시스템 및 통합운영시스템 개발여부
	에너지성능평가 시스템 기술	목조건축 건축자재 및 설비시스템의 데이터 모델 및 기초 데이터 DB 구축 기술과 목조건축 자재 특성을 고려한 에너지성능 평가시스템 기술	건물에너지성능평가 시스템 개발여부
(4세부) 연구단 및 융합기술	연구단	실증사업 및 산업화에 초점을 맞춘 전체 연구팀의 목표수행과정 조정 및 통합결과 도출	목재기술·생산기술·녹색기술의 융합 및 실증사업 효과
	법규/제도	목재 이용과 목조건축 활성화를 위한 지원제도, 법규체제 및 국가 설계표준안 개발	제도·법규·설계표준개발 및 반영여부
	산업화	목조건축 부품/소재의 치수 및 성능 규격화 및 기준 정립, 부품/소재의 평가를 통한 품질관리 매뉴얼 작성, 다양한 소재/부품 회사들에 대한 성능평가 지원, 실증사업 과정 교육자료 제작	품질관리매뉴얼 작성여부
		한국형 목조건축에 최적화된 부품/소재 품질/규격정보의 규격화 및 자재정보의 DB화, RFID를 통한 자재관리 등의 융합기술 개발에 의한 통합정보시스템 구축 및 운용	데이터베이스 개발여부
	실증사업	개발된 목재 및 목조건축 부품소재를 활용한 목조 공공건축물 및 목조 저층집합주거 실증사업을 계획하고 수행함	실증사업 수행여부

4. 연구 목표 및 범위

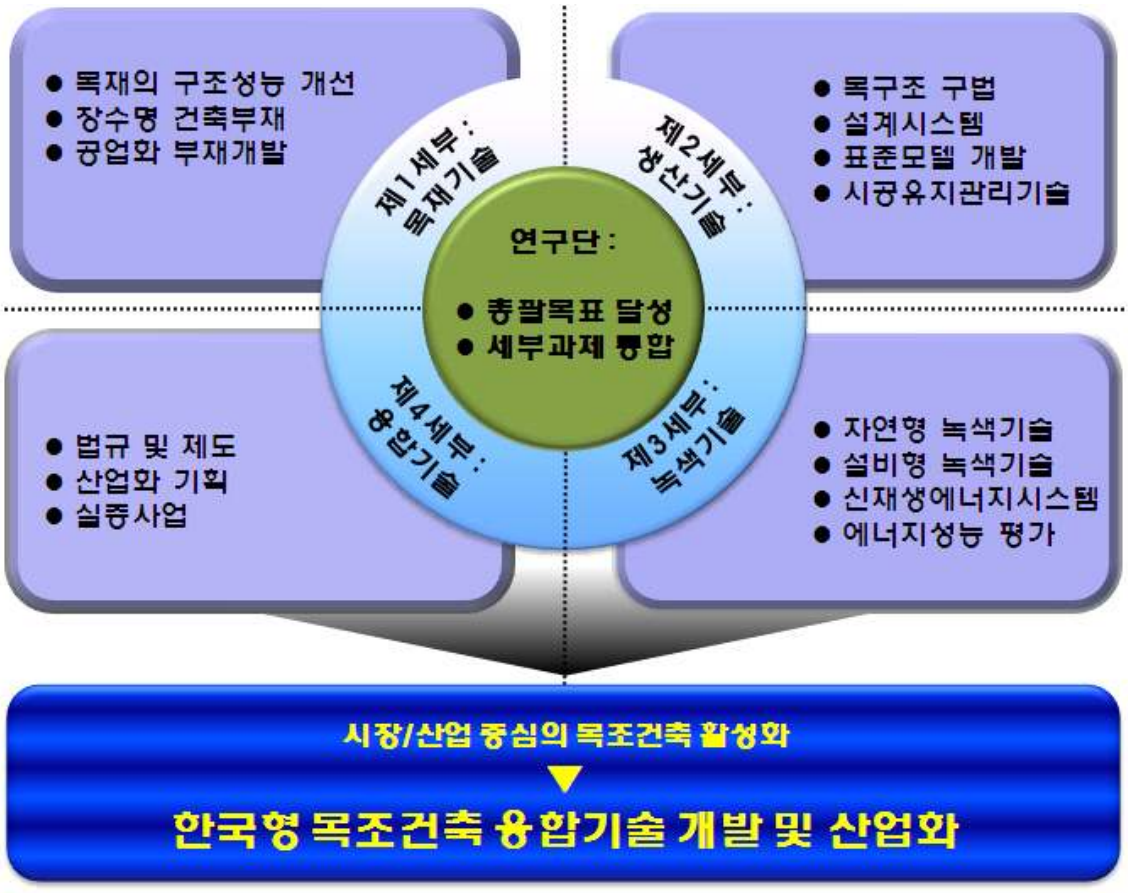
□ 목재기술 연구를 통하여 주요 건축부재로서의 목재의 활용 가능성을 극대화하고,

□ 목조건축의 활성화를 통하여 목재의 대량 소비를 촉진하기 위해, 설계기술, 녹색기술, 시공유지관리기술 등의 목조건축 생산기술을 개발함

□ 개발된 목조건축 생산기술을 기존의 자재 및 부재산업 분야에 접목하여 목조건축에 최적화된 패시브 시스템과 설비형 시스템, 그리고 신재생에너지 시스템을 개발하고, 제품화/산업화 할 수 있도록 함

□ 개발된 목재기술과 목조건축 생산기술을 적용하고, 제품화된 목조건축용 부자재를 활용하여 주택, 공공건축물, 마을, 유통단지 등의 실증사업을 수행하여, 그 성과를 평가하고 홍보하는 데 활용함

5. 세부과제별 주요 내용



6. 사전타당성 검토

[사전타당성 분석의 틀]

구분	평가대상	평가항목
기술적 타당성	사업의 창의성과 연계성	기존 사업과의 중복성
	기술 개발의 적절성	기술 개발 계획의 우수성
		기술 수준 및 개발 성공 가능성
정책적 타당성	정책적 중요성	국가 전략적 중요성
	정책적 일관성과 연계성	상위 계획과의 부합성
	정책적 추진력	사업추진의지 및 관련기관 협조체계
경제적 타당성	사업 경제성 분석	생산비용 절감
		매출액 증대
	경제사회적 파급효과	생산증대
		고용증진
	과학기술적 파급효과	기술혁신 기반마련
		지식증진
		인력양성

[기술적 타당성]

□ 목표/내용/성과가 정량적, 정성적으로 설정되어 있으며, TRM을 통해 세부과제 수준에서 연차별로 측정 가능한 목표를 구체적으로 제시함

□ 각 세부과제 및 하위 세세부과제는 개별적인 목표 뿐 아니라 통합 목표를 달성하기 위해 적절하게 구성되어 있음

[정책적 타당성]

□ 국가 전략적 중요성, 상위계획과의 부합성, 사업추진의지 및 관련 기관 협조체계 등을 고려하여 정책적 타당성을 분석함

[경제적 타당성]

□ 경제사회적 과학기술적 파급효과 등을 산출하고 이를 통해 비용-효과분석을 실시함

[타당성 종합평가]

□ 다기준분석의 일종인 퍼지·델파이 계층화분석법(FD-AHP)을 활용하여 전문가의견을 토대로 설문조사를 실시하여 사전타당성 분석을 수행한 결과 경제적(0.465)>정책적(0.309)>기술적(0.226) 순으로 타당성의 중요도가 평가됨

7. 인력투입계획 및 소요예산 산정

[인력투입계획]

(단위 : 명)

세세부과제		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
1세부	1세세부	10	25	25	20	-	80
	2세세부	-	25	25	15	15	80
	3세세부	-	25	25	15	15	80
	소계	10	75	75	50	30	240
2세부	1세세부	-	14	15	15	-	44
	2세세부	5	10	15	12	12	54
	3세세부	-	15	15	12	12	54
	4세세부	-	20	20	16	-	56
	소계	5	59	65	55	24	208
3세부	1세세부	8	16	16	12	9	61
	2세세부	-	13	13	9	5	40
	3세세부	-	13	13	7	5	38
	4세세부	-	11	11	7	5	34
	소계	8	53	53	35	24	173
4세부	1세세부	10	13	13	13	10	59
	2세세부	-	13	13	13	-	49
	3세세부	5	12	12	12	10	51
	4세세부	5	12	12	12	10	51
	소계	20	50	50	50	30	200
합계		43	237	243	190	108	821

[소요예산 산정]

(단위 : 백만원)

과제명	1차년		2차년		3차년		4차년		5차년		합계		총계
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	
1세부 과제	180	60	1,428	480	1,477	480	876	300	539	180	4,500	1500	6,000
2세부 과제	85.9	30	1,127.1	370	1,282	430	1,059.4	350	345.6	120	3,900	1300	5,200
3세부 과제	114	40	1,265	420	1,194	400	889	300	338	110	3,800	1270	5,070
4세부 과제	446	150	1,270	420	1,270	420	1,260	420	1054	350	5,300	1760	7,060
총괄	825.9	280	5,090.1	1,690	5,223	1,730	4,084.4	1,370	2,276.6	760	17,500	5,830	23,330

8. 과제 제안요구서 작성 및 평가기준 설정

[연구단 체제의 과제 제안요구서 작성]

분류	세부과제명	연구개발목표
제1 세부과제	목재기술 개발	○ 목재의 구조성능 개선 ○ 장수명 건축부재의 개발 ○ 공업화 건축부재 개발
제2 세부과제	목조건축 생산기술 개발	○ 목구조 구법 개발 ○ 목조건축 유형별 모델 개발 ○ 목조건축 설계시스템 개발 ○ 목조건축 시공기술 개발 ○ 목조건축의 유지관리기술 개발 ○ 목조건축의 LCC기반 LCCO2 관리기술 개발
제3 세부과제	목조건축 녹색기술 개발	○ 고성능 목조건축 외피 시스템 및 차음 시스템 기술 개발 ○ 고효율 목조건축 냉난방공조 시스템 및 급배수 시스템 기술 개발 ○ 목조건축 건물일체형 신재생에너지 시스템 및 통합운영 시스템 기술개발 ○ 목조건축 에너지성능 평가 시스템 기술 개발
제4 세부과제	연구단 및 융합기술 개발	○ 통합 목표의 구현을 위한 연구내용 및 일정 조정(연구단) ○ 목재활용 및 목조건축 활성화를 위한 제도·법규·설계표준 연구 ○ 산업화를 위한 부품 규격화 및 유통시스템 확립 ○ 공공건축물을 대상으로 한 실증사업 수행

[평가기준 설정]

기준항목	세부항목
연구개발목표(10점)	○ 최종목표 및 연차별 달성목표의 명확성·타당성(5점) ○ 성과목표/지표 설정의 명확성·적정성(10점)
연구개발내용(20점)	○ RFP 와의 부합성 ○ 과제 목표달성을 위한 세부과제 구성 및 상호연계성(5점) ○ 연구개발내용의 완성도 및 실현가능성(5점) ○ 연차별 연구내용의 차별성 및 창의성(5점)
추진전략 및 계획(20점)	○ 연구수행체계 적정성(5점) ○ 연구추진 전략의 구체성·적절성(5점) ○ 연구인프라 및 연구지원시스템의 적절성(5점) ○ 연구기간 및 연구개발비 편성의 적절성(5점)
연구성과물 실용성 및 경제성(40점)	○ 개발기술의 혁신성·차별성(10점) ○ 활용방안의 적절성·구체성(10점) ○ 개발기술의 실용성·사업성(10점) ○ 경제적 기대효과(투자 및 파급효과)(10점)
연구책임자의 관리능력 및 연구진의 전문성(10점)	○ 연구책임자의 연구과제 관리 및 운영 능력(5점) ○ 연구진의 전문성 및 해당분야 실적(5점)

제 1 장. 기획 필요성

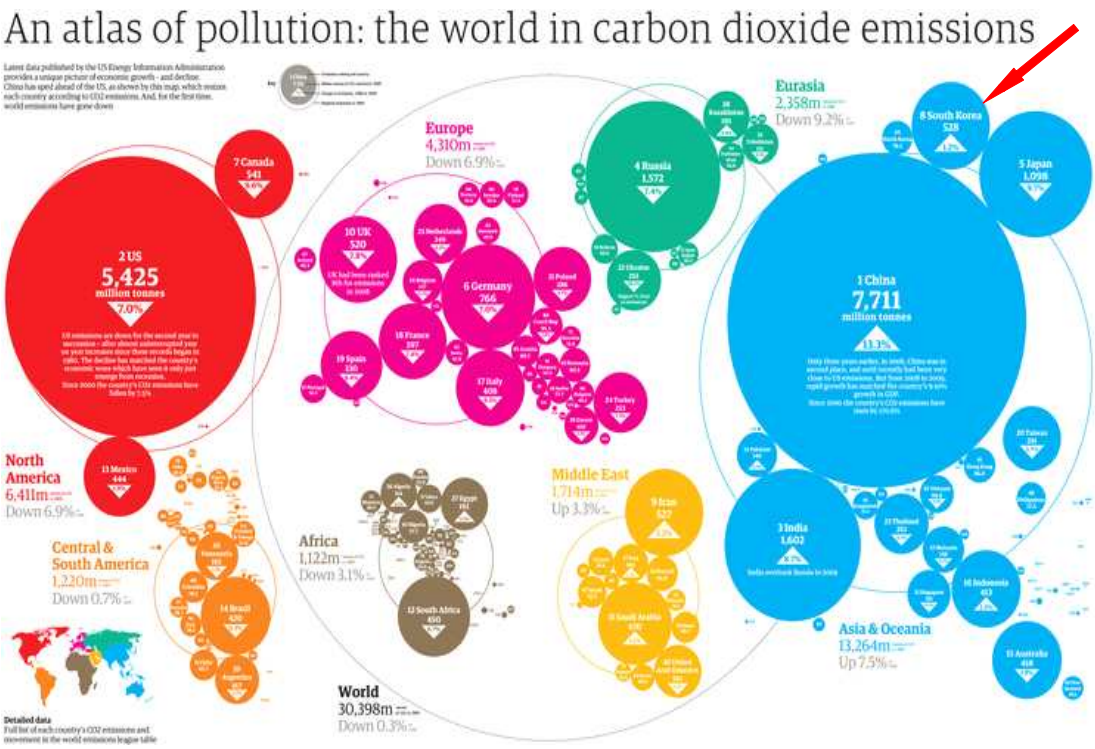
제 1절. 기획 배경

제 2절. 기획 목적 및 추진방향

1장 기획 필요성

1절 기획 배경

□ OECD 회원국으로서 우리나라는 2009년 기준 화석연료에 의한 이산화탄소 배출량이 5억 1550만톤으로 세계 8위이며, 1990년~2009년 사이의 증가율이 124.8%로서 OECD 국가중 최고임[1]. 정부는 이에 대응하여 2020년 BAU(배출전망치) 대비 30% 감축 목표를 공표한 바 있음. 산림탄소등록부 등 산림탄소상쇄 기반 구축, 산림탄소상쇄 운영표준 마련, 산림탄소흡수량 측정·보고·검증체계 구축 등 종합적이고 체계적인 탄소흡수원 유지 및 증진 방안을 마련하여 전 세계 산림부문 기후변화 대응에 능동적으로 대처하고, 산업부문의 온실가스 감축 부담을 경감시켜 국가 경쟁력을 강화하려는 것임.



[그림 1] 이산화탄소 배출량의 세계적 분포

1) CO_2 Emissions form Fuel Combustion Highlights, IEA Statistics 2011 Edition, International Energy Agency, 2011, p.46

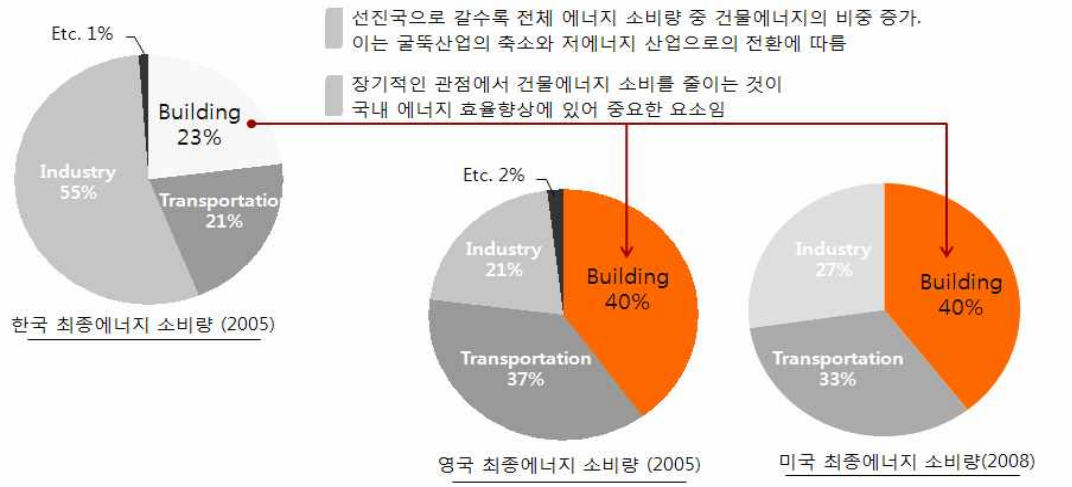
□ 앞으로 온실가스 감축 의무대상국으로 지정될 것이 확실한 우리나라의 상황에서 우리만의 저탄소 건축기술을 확보하는 것은 생존의 문제임. 이에 따라 친환경적인 도시나 건축물에 대한 관심, 그리고 시멘트와 철강 등 기존 건축재료의 탄소저감형 개발방식 등에 대한 관심이 급증하고 있음. 그러나 대표적인 저탄소 자연 재료인 목재 및 목재를 활용한 목조건축은 이러한 저탄소 녹색사회 구현을 위한 노력에 이바지하는 중요한 방안임. 그러나 우리의 목재를 활용한 건축기술의 개발은 아직 답보상태임. 한옥에 관한 연구의 부산물로 목재 사용의 증가를 기대할 수 있으나, 이는 물량이나 활용 방식에 있어서 목재 활용의 극히 제한적인 단편에 불과한 형편임.

□ 이러한 상황에서 우리의 생활방식을 반영한 새로운 가구식 목조건축의 양식을 제안함으로써 우리나라의 가용한 저탄소 자원인 목재를 충분히 활용할 수 있는 길을 여는 것이 매우 중요함.

□ 가구식 목조건축의 활성화를 위해서는 목재 자체 뿐 아니라, 목재와 어울려 건물 전생애 과정의 탄소배출량을 최소화할 수 있는 다양한 친환경 건축기술이 활용되어야 함. 또한 목재를 비롯한 목조건축의 다양한 부재들은 규격화되고 부품화되어 대량으로 저렴하게 공급될 수 있어야 하며, 목조건축 시장의 확대를 통해 저탄소 녹색 ‘산업의 활성화’에 기여하여야 함. 따라서‘한국형 목조건축 융합기술 개발 및 산업화를 위한 연구’가 시급히 요구됨

2절 기획 목적 및 추진방향

□ 기후변화에 따른 지구환경 훼손과 경제문제를 동시에 해결하기 위한 새로운 대응수단의 개발이 필요함. 각국에 균등하게 부과될 온실가스 감축 의무에 대응하여 한국형 기후변화대응 모델을 창출해 나갈 필요가 있는 상황에서, 전체 탄소발생량의 1/3 이상을 차지하게 될 건물분야의 탄소발생량을 저감하기 위한 저탄소 건축기술을 확보하는 것은 국가적인 생존의 문제임.



[그림 2] 건물부분 에너지의 비중

□ 이러한 취지로 더욱 친환경적인 도시[2]나 건축물[3]에 대한 연구개발, 그리고 시멘트와 철강 등 기존 건축재료[4]의 탄소저감형 개발방식 등에 대한 연구개발 등이 활발히 시도되고 있음. 그러나 대표적인 탄소 상쇄형 자연 재료인 목재 및 목재를 활용한 건축기술의 개발은 아직 답보상태임.

□ '한국형 목조건축'은 이 기획과제가 우리나라 건축분야의 탄소발생량 저감을 위해 출발된 것임을 나타내며, 특히 수입산 목재가 아닌 우리나라 목재의 활용 증대와 이를 통한 우리 목재의 생산 및 유통체계 구축을 목표로 하고 있다는 점을 의미하는 것임. 또한 '저탄소 녹색성장'의 국가적 아젠다와 부합한다는 점을 드러내고자 함

2) 첨단 무탄소도시 조성기술개발, 한국건설교통기술평가원 Green-up 30
3) 능동형 녹색빌딩 기술개발, 한국건설교통기술평가원, Green-up 30
4) 탄소저감형 건설재료 기술개발, 한국건설교통기술평가원, Green-up 30

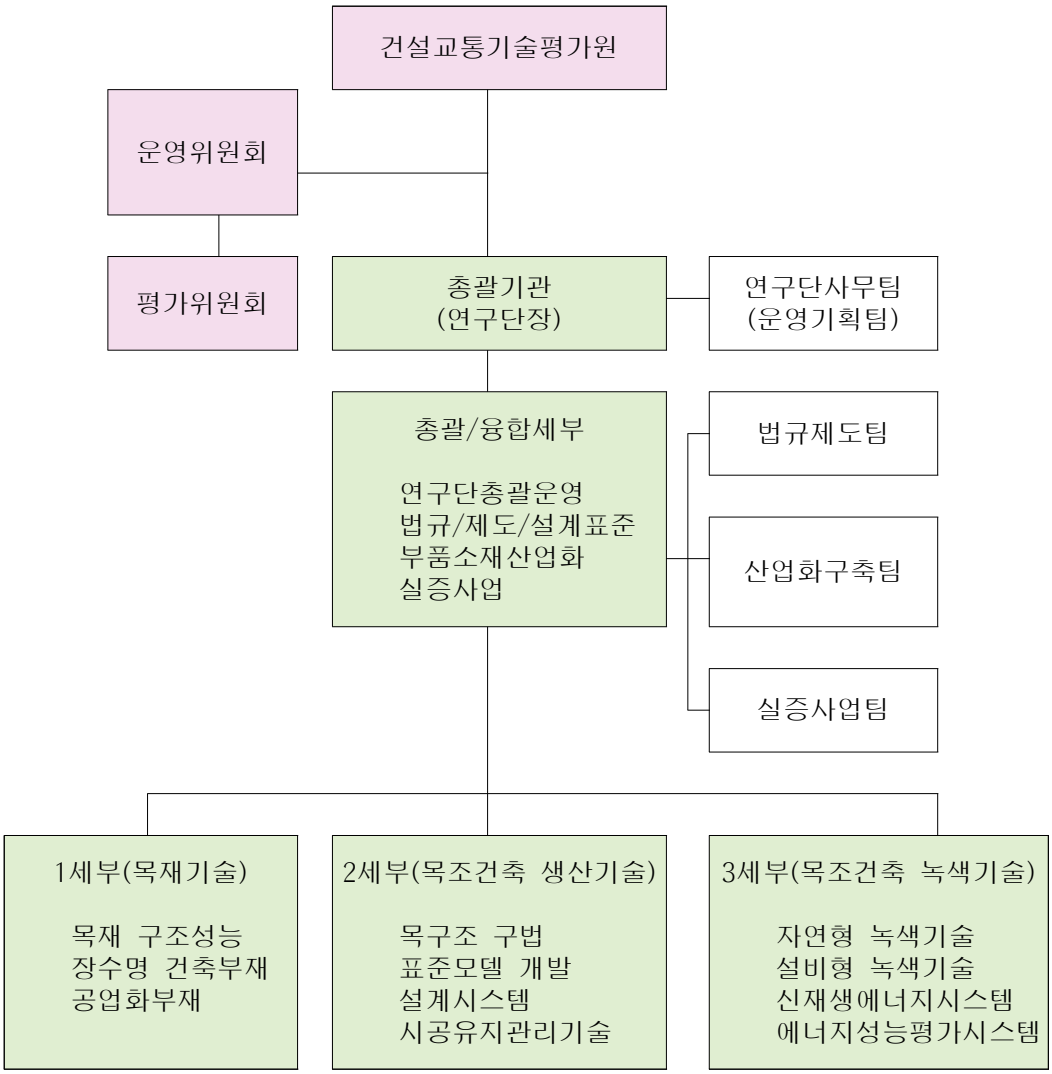
□ ‘융합기술’은 이 기획과제가 목조건축의 새로운 요소기술을 개발하는 것보다는 기존의 목재활용 기술을 목재 주변의 다양한 기술과 융합하여 목조건축 최적화 적용방법을 찾아냄으로써 목재의 활용 가치를 증대시키는 데 목표가 있다는 점을 뜻함. 이를 위해 한국형 목재기술과 한국형 목조건축 생산기술, 한국형 목조건축 녹색기술 등이 융합된 실증사업을 통하여 우리의 목재를 활용한 목조건축의 가능성을 확인하고자 하는 것임

□ ‘산업화’는 이 과제의 성과를 널리 보급하기 위해 필수적으로 수반되어야 하는 것임. 한국형 목조건축의 수요가 늘어나기 위해서는 부자재의 생산체계와 유통체계가 필요하며, 이를 통해 새로운 산업 분야를 창출하여 ‘녹색성장’의 기반을 만들고자 하는 것임

□ ‘한국형 목조건축 기술개발 및 산업화에 관한 연구’에서 우리나라의 목재를 활용한 목조건축의 활성화에 필요한 다음의 기술을 정의함

- 건축 자재로서의 목재의 가치를 제고하고, 그 활용성을 극대화할 수 있는 한국형 목재기술
- 전통적 친환경 생활방식의 가치를 친환경 목조건축을 통해 재현할 수 있도록 하는 설계 기술
- 최소한의 에너지를 사용하는 건축물의 자연형 녹색기술 및 설비의 에너지 효율을 극대화하는 설비형 녹색기술, 그리고 최소화된 에너지 수요를 감당할 수 있는 친환경 신재생 에너지 활용기술과 에너지성능 평가기술
- 목조건축의 시공기술, 공정관리기술 및 유지보수에 관한 기술 및 전 생애주기에 대한 탄소배출 제어기술
- 목조건축에 최적화된 부품소재를 규격화하고 대량생산 가능하도록 개발하여 관련 산업을 활성화 시키며. 이를 통하여 소비자들이 저렴한 가격구조로 손쉽게 활용할 수 있도록 하는 산업화 기술
- 이 연구기간을 통하여 개발된 목재 및 목조건축 관련 기술을 실제 건축물에 적용하여 평가하는 실증기술
- 목조건축의 국가 표준 건축설계기준 재정. 목조건축의 활성화를 위한 제도 및 법규

□ 위에서 정의된 기술을 개발하기 위한 연구 체계를 다음의 [그림 3]과 같이 구성함



[그림 3] 기술개발을 위한 연구 체계

3절 정부지원의 필요성

□ 교토 의정서(1997)와 더반 기후변화협약(2011)에 의거 향후 국가적 차원에서 모든 산업에 에너지 및 CO_2 감축을 의무화하고, 산업별 법적 기준이 수립될 것으로 예측됨. 주거용 건축물의 경우 단위 면적당 CO_2 배출량(CO_2/m^2)에 대한 법적기준이 수립될 것으로 예측됨. 따라서 CO_2 감축을 위한 국가적 연구개발체계 및 지원체계가 필요함

□ 실제 제품화 및 산업화하여 실사용 건축물에 적용 가능한 목조건축 기술을 개발하기 위해서는 실험용 목업을 짓고 다양한 물성 실험과 시제품 제작과정을 거쳐야 하므로 막대한 예산과 연구 인력, 실험장비 등이 필요하여 일부 대기업을 제외한 대부분의 건설업체에서는 자체적인 역량으로 기술을 개발하고 보유하기 어려움. 특히 목조건축에 적합한 설비시스템의 개발은 작은 목조건축 시장규모를 감안할 때 투자능력이 있는 대기업조차도 기술개발을 위한 선투자가 쉽지 않음

□ 현재 목조건축 사업을 수행하고 있는 대부분의 건축업체는 영세한 중소업체이므로, 자체 예산과 인력, 장비 등으로 목조건축에 최적화된 생산기술을 확보하고 제품을 개발하기 어려움

□ 목조건물의 우수한 단열 성능, 경제성, 그리고 기후 변화를 완화시킬 수 있는 탄소 저장과 대체 효과 등으로 인해 스웨덴, 영국 등 유럽과 미국, 캐나다 등에서는 정부 차원의 연구개발과 정책적 지원 등을 통해 중층 목조 건축이 장려되고 있음

□ 캐나다 등에서는 정부 차원에서 목조건축산업 활성화와 해외수출을 지원하며 이퀼리브리엄 하우스(Equilibrium House) 등의 저에너지 친환경 건축기술을 개발하고 있음

□ 목조건축의 우수한 친환경성, 전 세계적인 목조건축 및 친환경 건축시장의 성장 추세, 목조건축 시장 및 친환경 건축기술 종속화 우려 등을 고려할 때, 정부 차원에서의 전폭적인 지원과 기술개발, 기술이전 등을 통해 세계 일류 수준의 저에너지 친환경 목조건축 기술 역량을 확보하고 녹색성장을 위한 신성장 동력으로 육성하는 것이 절실히 필요함

제 2장. 기술개발 동향 및 환경분석

제 1절. 국내외 정책 동향분석

제 2절. 국내외 시장현황 및 전망

제 3절. 국내외 기술 동향 분석

제 4절. 국내외 특허 동향 분석

제 5절. 국내외 논문 동향 분석

제 6절. 연구개발 인프라 분석

2장 기술개발 동향 및 환경분석

1절 국내외 정책 동향분석

1. 국내 정책 동향

가. 국내 정책 일반 동향

□ 2008년 8월15일 우리나라 정부는 '저탄소 녹색성장'을 새로운 비전의 축으로 제시하고 '그린홈 100만 가구 보급' 등의 세부적인 국정과제를 발표

□ 이는 기후변화와 환경문제를 극복하기 위해 이산화탄소 배출 저감이라는 구체적 방향을 정부차원의 국정과제에 담아내었다는 점에서 큰 의미가 있음. 이러한 맥락에서 탄소상쇄형 자연재료인 목재의 활용을 극대화하고, 태양열 및 지열 등과 같은 신재생에너지를 이용해 에너지를 자급하고 탄소배출을 제로로 하는 그린홈의 도입은 녹색성장의 목표를 달성하는 데 있어 매우 중요한 과제임. 그린홈은 고효율 설비, 신재생에너지뿐만 아니라 주택의 창과 문 및 벽체 등 건물 구조체의 단열 성능을 높이는 자연형 시스템(passive system)과 자원 순환, 쾌적한 실내공간 등 친환경적 기술요소를 모두 포괄하는 것임

□ 2012년 2월 22일에 공포된 '탄소흡수원 유지 및 증진에 관한 법률'에 따라서 목제품(HWP: Harvested Wood Products)을 이용한 목조건축을 할 경우 산림탄소흡수량 확보를 통한 산림탄소상쇄가 가능하게 됨. 최근 목조주택에 대한 내진설계 기준이 마련되어 저층(5층 이하) 공동주택 건립이 허용됨

□ 목재이용 활성화를 통한 목재산업 육성을 위하여 체계적인 목재이용 활성화를 위한「목재의 지속가능한 이용에 관한 법률」이 2012년 5월 2일 공포되었고, 목제품 품질관리 및 목재유통 투명성이 제도적으로 확보되어 목조건축 축조에 유용하게 활용될 전망임

나. 목재기술 분야의 국내 정책 동향

□ 탄소흡수원 유지 및 증진에 관한 법률이 2012.2.22에 공포됨. 종합적이고 체계적인 탄소흡수원 증진방안을 마련함으로써 전 세계 산림부문 기후변화대응에 능동적으로 대처하고, 산업부문의 온실가스 감축 부담을 경감시켜 국가 경쟁력을 강화하는 한편 산림의 공익적, 경제적 기능을 제고하여 저탄소 녹색사회 구현에 이바지하려는 것임. 주요 관련 내용으로 산림청장은 목제품이용실태조사, 목재산업 에너지 효율화 대책 마련, 시행 등 목제품 이용을 증진할 수 있는 시책을 추진하여 목제품에 저장된 탄소흡수량을 유지 및 증진할 수 있도록 함. (법률 제12조부터 제14조). 구체적으로 다음과 같은 실천방안을 추진 중임

- 정부에서는 합리적 시행령, 시행규칙 작성을 위한 범부처 협력체계를 마련 중이며, 산림탄소배출권 거래소 설립, 외부감축 실적에 산림탄소 포함 등을 추진 중에 있음
- 배출감축, 흡수증진 등 온실가스 저감 방안에 대한 상호 보완을 위하여 부처 연계를 통한 기후변화 대응 시너지 확산을 위한 협의체를 구성하고 체계적으로 지원(산림청, 외교부, 기재부, 지경부)하기로 함
- 투자연계형 산림탄소펀드를 조성하여 산림탄소 투자를 대폭 강화(기재부)하기로 함
- 초기 사업화 자금조달이 어려운 기업에 대해 추가보증지원이 가능하도록 개선(지경부, 중소기업청)함

□ 저탄소녹색성장 기본법과 관련한 시책을 이행하고 있음. 경제와 환경의 조화로운 발전을 위하여 저탄소 녹색성장에 필요한 기반을 조성하고 녹색기술과 녹색산업을 새로운 성장동력으로 활용함으로써 국민경제 발전을 도모하며, 저탄소 사회를 구현하여 국민의 삶의 질을 높이고 국제사회에서 책임을 다하는 성숙한 선진 일류국가로 도약하는 데 이바지함

다. 목조건축 생산기술 분야의 국내 정책 동향

□ 국내에서 목조건축 관련 기술이 개발되고 해외의 기술이 유입됨에 따라서 목조건축 관련제도의 개선과 확충에 대한 요구가 생겨나고 있음. 가장 두드러지는 것은 중앙정부 및 지자체의 지원 정책이 한옥 및 친환경 건축에 편중되고 있다는 점

□ 목조 건축의 국가 표준 건축설계 기준 개발

- 현재 건설교통부 고시인 '목구조 설계기준'은 1972년 일본의 건축법을 그대로 반영해 만들어진 것으로 일본에서도 이미 그 내용이 전면적으로 개정된 비현실적인 규정임.
- 과거 기준은 경골 목구조 또는 집성재 구조 등의 현대식 목구조에 대한 내용이 전혀 반영되어 있지 않으며 부재의 설계, 접합부의 설계, 철물의 사용 등에 대한 내용이 빈약하거나 수록되어 있지 않아 비경제적인 건축이 이루어지고 있음. 이후 KS규격에서 목조건축과 관련된 규격들이 정비되고 있으나 아직 미약한 실정이며 현실적 제정 및 정비의 필요성이 요구되어 목조건축 관련 국가 표준 건축설계가 필요한 실정임

□ 2010 국토해양 R&D 발전전략

- 정부는 R&D 투자를 2012년 까지 2008년 대비 2배 확대한다는 계획에 따라 투자의 지속 확대가 이루어지고 있음. 이는 선진국 대비 녹색기술 수준 상승, 세계 1위 기술 확대, 해외시장 점유율 확대, 사회·경제적 비용 절감, 글로벌 대표기업 증가를 목표로 함
- Green Growth Leader를 위하여 R&D 거버넌스개선(국토부 R&D 관리기능 고도화, 공공기술협의체 구성 및 운영, 전문기관 역량강화), R&D 사업구조 개선 (기존 23개 사업체계 개편, 미래핵심기술 도출), 관리 프로세스 혁신(R&D 기획의 질적수준 제고, R&D 과제 평가 고도화, R&D 과제 진도관리 내실화, 사업단 관리체계 정비), R&D 성과창출 및 인프라 구축 (기술인벤토리 등 성과활용 체계구축, 사업화 지원을 위한 이노베이션 코칭 시행, 연구시설·인력 등 R&D 인프라 구축)을 추진전략으로 세움

□ 탄소 Labeling 제도

- 2009년 2월 처음 도입되어 2011년 10월 까지 452개의 제품이 인증을 받은 탄소 Labeling 제도는 원료채취, 생산, 수송, 유통, 폐기 등을 포함하는 단위제품과 서비스의 전과정(Life Cycle) 동안에 발생하는 온실가스 발생량을 전과정평가(Life Cycle Assessment, LCA)라는 수단을 통해 정량화하여 제품에 표기하는 제도임

- 이러한 제도는 소비자에게 제품별 탄소배출량을 비교할 수 있는 정보를 제공하여 저탄소 소비문화의 확산과 시장주도의 온실가스 감축을 달성하기 위해 추진되고 있음. 또한 감축 달성시 친환경상품에 준하는 인센티브를 부여하는 “저탄소 인증제” 기준을 설정·부여함. 이와같이 국가 저탄소 녹색성장 정책에 부응하기 위하여 목조 건축 관련 산업의 육성 및 활성화가 필요함

라. 목조건축 녹색기술 분야의 국내 정책 동향

□ 우리나라에서는 국가적 차원에서 기후변화협약에 대응하기 위해「저탄소 녹색성장」 비전선포(2008.8) 후,「녹색기술 연구개발 종합계획」(2009.1)을 수립하여 27대 중점육성기술을 중심으로 2012년까지 2008년 대비 2배 이상으로 녹색기술의 R&D 투자를 확대함

□ 국토해양부는 2009년 11월 5일에 도시·건축부문에서의 온실가스(이산화탄소) 배출을 줄이기 위한 중장기 녹색성장 로드맵인 ‘녹색도시·건축물 활성화 방안’을 대통령 직속 녹색성장위원회에 보고함

□ 기후변화 대응 종합기본계획

- 2008년 정부는 건물 전 생애의 CO2 발생량을 관리하여 건축물 부문에 발생하는 온실가스 배출을 최대한 억제하기 위하여 그린홈, 그린빌딩 확대. 자연채광, 통풍활용, 단열강화, 에너지 고효율 및 친환경 기자재 사용, 폐기물 최소화, 수자원 절약, 신재생에너지 사용을 위한 중장기적 계획을 수립함.

- 국내외에서 확보된 산림탄소를 국가 온실가스 감축 목표에 반영하여 최고 수준의 자발적 감축 목표를 재천명하고, 2020년 배출전망치 대비 35%로 감축목표를 상향 설정

- 2020년에 국가 온실가스 의무감축량을 할당받을 때 최고수준의 자발적 감축노력을 강조하여 산림탄소 할인율을 최소화 대책 마련
- 국가 온실가스 감축 목표 조정의 공감대를 형성하기 위하여, 정부 각 부문별 관장기관과 이행기관간의 의견을 조율하고 있으며, 전문가 협의체를 구성하여 총괄 조정 기능을 수행 중
- 종합기본계획 중 국산목재 이용 촉진과 생활부문의 탄소배출을 억제하기 위하여 한국형 목조 주택 공급계획을 수립함. 이에 따라 2007년 목조 주택 9,000동을 시공함으로 연간 12만톤 탄소 배출 감축 효과를 나타냄. 또한, 실질적 탄소배출 저감을 위한 목제품 소재를 일부 개발함. (목제품은 철강의 350배, 알루미늄의 1,500배, 콘크리트의 8배 탄소배출 저감)

□ 국토해양부는 2012년 2월 22일에 「녹색건축물 조성 지원법」을 제정하여 공포

- 「녹색건축물 조성 지원법」은 우리나라 건축물 부문이 국가 온실가스 배출량의 1/4을 차지하고 있어 2020년까지 건축물 부문의 온실가스 감축목표(26.9%)를 설정하고, 녹색건축 활성화를 위한 종합.체계적인 추진기반을 마련하기 위한 것
- 녹색건축물의 기본계획 및 조성계획을 수립하여 녹색건축물 조성을 촉진하는 한편, 건축물 온실가스 배출량 감축과 녹색건축물의 확대를 위한 제도적 장치를 마련하고,
- 저탄소 녹색성장의 실현을 위한 건축물 에너지.온실가스 정보체계 구축, 녹색건축 인증, 녹색건축센터 지정, 에너지 소비총량 설정 및 에너지소비증명제 도입, 녹색건축물 전문인력을 양성하는 것 등이 주요내용
- 향후, 「녹색건축물 조성 지원법」은 하위법령(시행령 및 시행규칙 2012년 중 마련)에 세부시행내용을 담아 이 법이 공포된 날부터 1년 후에 시행 예정

□ 국토해양부는 “아름다운 국토와 쾌적한 삶터” 조성을 위하여 건축물과 도시환경에 대한 국가차원의 「제1차 건축정책기본계획」(2010~2014)을 수립·확정함

- 건축정책기본계획은 국토의 품격을 높여 도시와 국가의 경쟁력을 향상시키기 위한 기본방향을 제시하는 기본계획으로서, 건축과 도시분야의 녹색성장

을 구현하기 위한 각종 정책을 구체화하고 실천시키는 국가계획이며, 5년 단위의 중기전략계획이면서 경관·디자인·기술·산업·문화 등 건축 및 도시 분야의 다양한 정책을 통합하는 종합적인 계획으로서의 성격도 지님

- 「제1차 건축정책기본계획」의 비전은 “아름다운 국토, 쾌적한 삶터”로 하고, 품격있는 생활공간 조성, 건축·도시분야의 녹색성장 기반구축, 창조적 건축문화 실현 등 3대 목표를 제시함
- 이러한 비전과 목표를 달성하기 위해 6대 핵심전략과 18개의 실천과제를 추진할 계획임



[그림 4] 제1차 건축정책기본계획의 6대 핵심전략과 18개 실천과제

2. 해외 정책 동향

가. 해외 정책 동향 일반

□ 세계 건설산업은 세계 전체 고용의 10%, GDP의 40%를 차지하고 있으며, 특히 개발도상국 노동자의 74%가 건설부문에 종사하고 있음

□ 건축부문은 세계 녹색건축위원회(World Green Building Council, World GBC)가 가장 관심을 두는 활동 분야중 하나로 상업적으로 이용 가능한 기술개발과 신축 및 노후 건물에 대한 에너지 소비를 추가적인 투자비 없이 30-50%까지 절감할 수 있는 방안을 모색하고 있음

- 전 세계적으로 64개 위원회와 25개 관련 그룹으로 구성된 세계 녹색건축위원회는 녹색건축 평가시스템의 확산, 최소 에너지 효율 기준 도입, 에너지 효율과 온실가스 배출 억제를 위한 금전적 인센티브 제공, 기존의 건물들에서 발생하는 온실가스 측정 및 평가 등을 위해 노력하고 있음
- 아시아 태평양 지역에서의 거대 도시들(중국의 베이징(Beijing), 톈진(Tianjin), 상하이(Shanghai)와 인도의 뭄바이(Mumbai), 콜카다(Kolkata), 그리고 동남아시아의 방콕(Bangkok), 자카르타(Jakarta), 마닐라(Manila))의 성장과 화석연료기반의 전력생산으로 인한 이산화탄소 배출이 2025년 2배 가까이 증가할 것으로 예상됨에 따라 세계 녹색건축위원회 산하 아시아 태평양 지역 위원회가 2009년 설립되어 활발한 활동을 전개하고 있음

□ 유럽, 일본 등 주요 선진국은 건물부문 온실가스 감축의 중요성을 인식하고 주택 및 공공건물을 중심으로 에너지 효율을 개선하기 위해 건축법규, 인증 프로그램 및 시범사업 전개 등 다양한 정책을 시행

- 건축법규는 신축 건물이나 일정 규모 이상의 개·보수를 진행하는 건물이 기본적으로 지켜야 할 설비의 표준을 제시하거나 에너지 절감에 대한 기준을 제시
- 친환경 건물에 대한 인증제를 통해 건물의 에너지 효율성에 대한 객관적 지표를 제시하고, 건물의 에너지 효율 등급을 매겨 거래를 위한 필수 정보로 제공하도록 하고 있으며, 일정 수준 이상의 등급을 획득한 건물에 대해서는 세제 혜택을 주는 방식으로 운영

- 새로운 기술을 소개하고 기술 적용의 결과를 쉽게 이해할 수 있도록 공공건물을 중심으로 하는 시범사업을 전개하여 친환경 건물의 효용성과 중요성에 대한 국민의 이해와 참여 확산 유도

□ 녹색기술 육성 및 환경 규제를 통한 새로운 성장 동력을 추진하기 위해 선진국은 자원의 효율적 이용과 환경오염 최소화에 국력을 집중함. EU의 경우, 2003년에 제정한 신재생에너지법을 기반으로 신재생에너지 전력공급 비중을 2010년 12.5%, 2020년까지 20% 확대함. 일본은 2007년에 이노베이션25를 통해 환경을 경제성장과 국가공헌의 엔진으로 활용하는 전략을 채택함. 덴마크의 경우, 신재생에너지 분야 집중육성으로 에너지 자급도가 1980년 5%에서 2006년 145%로 에너지 자립국가 및 세계 1위 풍력대국으로 부상함

나. 유럽연합(EU)

□ European Commission's DG Enterprise 2003

- 취지 : "목재는 기후변화 해결에서 주된 역할을 하고 있다. 목재 1㎥당 CO2 1t을 흡수하며, 대기중의 CO2를 감소시킨다. 목재제품을 더욱 많이 사용하는 것은 석유화학 즉, 화석연료에 의존하는 제품을 대체함으로서 유럽산림의 보호하고 그 면적을 확장하고, 온실가스 배출을 감소시킬 것이다. 위원회는 이러한 경향을 장려하는 방안을 더욱 연구중이다."

□ 건물부문의 에너지 소비 및 이산화탄소 배출 규제를 위해 2003년부터 건물에너지성능지침(Energy Performance of Buildings Directive: EPBD)를 수립하여 시행하고 있으며, 2009년부터 모든 유럽연합국가에서 의무화함

□ 건물에너지성능지침(EPBD)는 신축·기존 건물에 대한 성능기반의 에너지 절약기준을 적용하고, 매매·임대 계약 시 에너지성능인증서 첨부를 의무화하며, 냉난방·공조 설비에 대한 정기적 검진·평가를 실시하는 것을 주요내용으로 함

□ 2010년 유럽 의회는 개정된 건물에너지성능지침(Energy Performance of Building Directives, EPBD)을 발표함

- 2019년부터 유럽연합(EU) 내에서 지어지는 모든 신축 건물에 대해 소비되는 에너지보다 더 많은 에너지가 생산되도록 규정함으로써 기본적으로 모든 신축 건물이 제로 에너지 또는 이를 넘어서 에너지를 생산하는 곳으로 변모하도록 의무화함
- 기존 건물의 경우에도 대규모 수리를 수행할 때에는 국가에서 정한 에너지 효율 표준을 충족시켜야 한다고 규정
- 2011년 중반까지 모든 EU 회원국들은 건물의 에너지 효율을 높이는 것과 관련된 설비에 어떻게 재정적 지원을 할 것인지 대책을 수립하고, 기존 건물을 제로 에너지 빌딩으로 전환하기 위한 국가별 목표 제시를 요구함
- 일정 규모(250㎡) 이상의 공공 건물은 방문객들이 쉽게 볼 수 있는 곳에 에너지 효율 인증서를 게시하도록 의무화

□ 유럽의 일부 국가들은 저에너지 건축물을 위한 장기 전략을 세움. 네덜란드는 에너지 소비를 저감하기 위하여 2011년까지는 현재 건축법의 25%, 그리고 2015까지는 50% 감축하기로 정부와 기업들 간의 합의를 이끌어냄. 영국은 2016년까지 Zero-carbon home을 건축하는 것을 목표로 함. 프랑스는 2012년부터 "Low-consumption" 기준을 모든 신축 건축물에 적용시킴. 표 2는 유럽 국가들의 저에너지 건축물을 위한 목표임

[표 1] 유럽 국가들의 저에너지 건축물을 위한 목표

Country	Low energy target
오스트리아	주택 신축을 2015년까지 패시브 주택으로 전환.
덴마크	2020년까지 모든 신축 건물의 에너지를 현재 건물들의 규정에 대하여 75%까지 에너지 절감달성. 단계적으로 2015년까지 50%달성.
핀란드	패시브 주택 기준 설정으로 2015까지 30~40% 에너지 절감.
프랑스	2012년까지 모든 건물들은 저에너지 건축물로 신축, 2020년까지 Energy-positive 건물로 신축.
독일	2020년까지 화석연료 없이 건물을 유지관리 할 수 있도록 함.
헝가리	2020년까지 신축건물들을 zero-emission 건물로 전환.
아일랜드	2013년까지 신축건물들을 Net-zero energy 건물로 전환
네덜란드	2015년까지 현재 법규에 비교하여 50%절감, 2020년까지 Energy-neutral 건물로의 전환.
UK	2016년까지 Zero carbon 건물로 전환
스웨덴	2020년까지 에너지 비용을 현재의 50%로 감소.

Source: SBI (Danish Building Institute), European Strategies to move towards very low energy buildings, 2008.

다. 영국

□ 2008년 12월 '제로 탄소 주택 정책' 통해 '2016년부터 영국에서 짓는 모든 주택에서 이산화탄소 배출을 완전히 제로화할 것'이라고 발표함으로써, 신규 주택의 '제로 카본' 의무화시기를 세계에서 가장 빠른 2016년으로 설정함

- 이에 따라 모든 건축·건설회사들은 에너지 효율성, 태양광 패널, 지역난방 시스템 등 주택 설계 초기 단계부터 근본적으로 새로운 방법을 모색할 것을 촉구
- 2019년부터는 이를 상업용 건물까지 확대하고, 2050년까지는 기존 건물도 '제로 카본'에 근접할 수 있도록 난방 시스템 개조 등 다양한 조치를 취하도록 제안

라. 미국

□ 주거용은 2020년부터, 비주거용은 2025년부터 제로 에너지 건축을 의무화한다는 목표 하에 빌딩 아메리카(Building America) 사업 등을 펼치며 다양한 지원책을 마련함

□ 정부의 움직임에 발맞추어 1993년 설립된 민간기관인 미국그린빌딩위원회(United States Green Building Council, USGBC)는 친환경 인증제도인 리드(Leadership in Energy and Environmental Design, LEED)를 마련하고, 이를 통해 친환경 건물의 신축을 유도하고 높은 등급을 받은 건축물을 통해 새롭고 혁신적인 기술을 소개하는 효과를 얻고 있음

□ 리드(LEED)에서 높은 등급을 받은 건물에 대해서는 보조금 지급, 재산세 및 지방세 감면 등을 지원하는 주들도 많이 있음

- 보스턴시는 2년 전 일정 규모 이상 신축 건물은 무조건 리드(LEED) 등급을 받아야 한다는 규정을 통과시켰음
- 샌프란시스코시도 4년 전부터 새로 짓는 건물은 최소 리드(LEED) 실버 등급 이상의 친환경 건물로 짓도록 하고 있음
- 친환경 도시로 이름난 콜로라도주 볼더시도 병원이나 레크리에이션 센터 등 공공건물을 중심으로 리드 인증을 받은 건물들을 늘려가고 있음

마. 캐나다

□ 2030년부터 신규주택의 제로에너지 의무화를 선언하고, 기존 주택의 에너지성능을 개선하거나 제로에너지 신규주택을 구매할 경우 보조금을 지급함

□ 상업용 신축건물도 에너지 절약기준보다 25% 이상 에너지를 저감하면 동별로 8만달러의 자금을 지원함

바. 호주

□ 2009년 국제적 경제위기 쇼크로 인한 도전적인 비즈니스 환경에서 호주 그린빌딩위원회(the Green Building Council of Australia, GBCA)는 부동산과 건설 산업을 지원하고 지속가능한 건물 및 기후 계획(Sustainable Buildings and Climate Initiative,SBCI)에 부응하기 위해 노력하고 있음

□ 2003년 녹색 환경평가 도구로서 Green Star 건물 인증제를 시행한 이래 220개 이상의 Green Star 인증 건물을 지정 관리하고 있으며, 2009년 GBCA는 의료시설과 다가구 주택에 대한 새로운 Green Star 평가를 시행하여 평가시스템의 발전을 강화하고 단일 제삼자 인증방식을 도입함

사. 일본

□ 일본 국민의 8할이 목조주택을 원하고 있으며 신설주택의 5할이 목조주택으로 축조되고 있음. 또한 재래주택에서 국재재의 이용율은 30% 정도임. 「장기우량주택촉진법」(2009.06.04.) 등으로 스토크를 중시하는 주택정책으로 전환하고 있음[5)]

□ 목조건축물의 정비촉진을 위하여 신진 설계·시공을 도입하는 대규모 목조건축물 등의 건설비를 조성하고 장기우량주택의 보급을 위하여 중소주택 생산자로 하여금 주택 1호당 건설비의 1할을 100만엔 한도에서 국비로 보조하고, 지역재를 활용할 경우는 추가로 20만엔 한도에서 보조금을 지급함

  ■ 보조여건으로 기둥, 보, 도리, 토대의 과반이상을 도도부현 인증제도에 의한 산지증명을 갖춘 목재를 사용할 경우에 한함

□ 공공건축물의 목재이용촉진에 관한 법률 (2010. 5. 26)이 제정되었음.

5) 2011년도 예산 민주당 정권의 목조주택 정책

국가가 공공건축물에 있어서의 목재 이용 촉진에 대한 기본방침을 책정하고, 「가능한한,목조화,목질화」진흥을 위한 방향성을 명확히 제시하고, 지방 공공단체나 민간 사업자 등에게도 국가방침에 맞는 주체적인 참여를 촉구하는 것임

□ 법률 시행에 따른 실효성 확보 방안으로 본법에 근거해 국가가 책정하는 기본방침에서는, 「저층건축물은,원칙으로모두목조화를목표로한다」라고 하는 국가 스스로의 목표 등을 명확히 하고, 지방 공공단체나 민간 사업자에 대하여도, 국가의 방침에 입각한 주체적인 참여를 촉구하고 있음

□ 시행에 따른 기대효과(목재수요량 증가, 자급율 향상 등)를 분석하면, 공공건축 물건의 연간 착공 바닥면적 중, 약4할 (2008년도는, 약600만㎡)이 저층 공공건축물이며, 이 중, 목조화되어 있는 것이 약 100만㎡였으며, 비목조물은 약 500만㎡임

□ 이 법률에 의해, 민간이 정비하는 것도 포함시켜 저층 공공건축물로 목조화되지 않고 있는 500만㎡ 중 반정도가 목조화된다고 가정하면, 목재수요는 년간 70~80만㎥(통나무환산) 증가하는 것으로 확인되었음. 이에 따라 연간 착공되는 공공건축물의 목조율은, 현행 8%정도에서 25%정도까지 향상될 것으로 예측됨

□ 각종 보조금 및 정책자금 지원을 통해 국민의 자발적 참여를 유도하여 고효율 저에너지 건물의 보급을 확대하는데 집중하고 있음

□ 2008년 7월에 '저탄소 사회구현을 위한 국가행동계획'을 수립하여 1990년 대비 2020년까지 25%, 2050년까지 80%의 온실가스 감축 목표를 제시하고, 이를 위한 환경 기본 성능의 향상, 에너지 절약 기기의 도입, 에너지 절약 운용 촉진을 핵심으로 하는 다양한 시책을 추진하며, 에너지 자립 및 장수명 주택 등 핵심 기술의 개발을 추진중임

□ 신에너지종합개발기구(New Energy Development Organization, NEDO)는 기존 대비 15~25% 이상의 에너지를 절감할 수 있는 고효율 건물에너지 시스템을 도입할 때 비용의 1/3까지 보조금을 지급함

□ 환경공생 주택 건설, 단열시스템 개조 등을 위해 지역 주택 교부금 및 촉진사업보조금 등의 예산을 지원하고 있음

아. 중국

□ 중국의 경제 발전에 있어 친환경 경제 발전 프로젝트가 시행되면서 각 분야의 저탄소 시스템 구축이 가시화되고 있으며, 에너지 절약의 일환으로 '12차 5개년 계획(2011~2015년)' 기간 중국에서 건축물 에너지 절약이 중점 분야로 자리 잡음

□ 2009년 12월 중국 주택도시건설부는 중국은 저탄소를 특징으로 한 건축체계 구축을 가속화하고 있다고 공식 발표함

- 저탄소를 특징으로 한 건축체계는 높은 효율, 적은 에너지 소모, 적은 오염, 낮은 오염물 배출의 건축체계를 말함
- 중국은 저탄소를 특징으로 한 건축체계 구축 가속화를 통해 단일 건축에 대한 에너지 절약 모델에서 도시의 전체 건축에 대한 에너지 절약 모델 전환을 실현할 뿐만 아니라 건축물의 토지확보, 계획 단계서부터 건축물의 폐기 단계까지의 전반적인 에너지 절약을 실현할 예정임
- 신축 건축물에 대한 에너지 절약 표준을 강화하고 이에 대한 감독 관리 수준을 높이며, 전면적으로 건축물에 대한 에너지 절약 평가 표시 제도를 시행하고, 녹색 건축 평가 표시 제도 구축과 건축 과정에 재생가능 에너지 규모와 응용의 강화를 추진함

□ 중국 재정부가 2011년 말에 발표한 '2012년도 태양광에너지 건물일체형 태양광발전 시스템 응용 시범 통지'에 따르면 2012년부터 건축물에 BIPV를 적용할 경우 9위안(1.431 달러)/W을 지원하게 되며, 이는 2011년의 6위안/W보다 3위안 높은 가격임

- 이는 중국 정부의 '12차5개년 계획(2011~2015년)' 기간 건물일체형 태양광발전 시스템 도입 의지를 보여주는 것으로 볼 수 있으며, 각 지역에서의 건물일체형 태양광발전 시스템 도입이 가속화되고, 박막태양에너지 산업에

발전 기회를 제공할 수 있을 것으로 분석되고 있음.

□ 중국은 저탄소 경제 발전을 위해 '저탄소 산업 단지'를 기점으로 지방 정부와의 협력을 통해 저탄소 기술 집적을 핵심으로 하는 시범 도시 건설을 본격화하고 있음

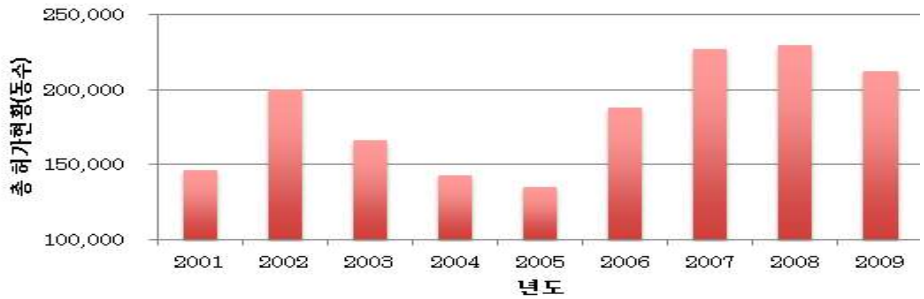
- 최근에 중국과 독일은 쟝쑤성(江蘇省) 우시(無錫)市에 쟝인린강(江陰臨港) 저탄소 신도시를 건설하기 위한 협력 계약서를 체결함
- 저탄소 신도시 건설에 총 30억 위안(약 4억1,000만 달러)이 투입되며, 저탄소 신도시가 건설되면 온실가스 배출량이 기존보다 50% 감소될 것으로 전망됨
- 쟝인린강은 중국에서 최초의 저탄소 국제 지역사회 시범 프로젝트로 지정됨. 이 시범 프로젝트는 독일(I.DEA)그룹 산하의 중국•유럽 에너지기술협력센터유한공사와 중화기업주식유한회사의 합작에 의해 건설됨. 독일 녹색건축 인증기관(DEKRA))이 기술을 지원하고, 시범 도시의 건축에는 독일 에너지 절약 표준이 적용됨

2절 국내외 시장현황 및 전망

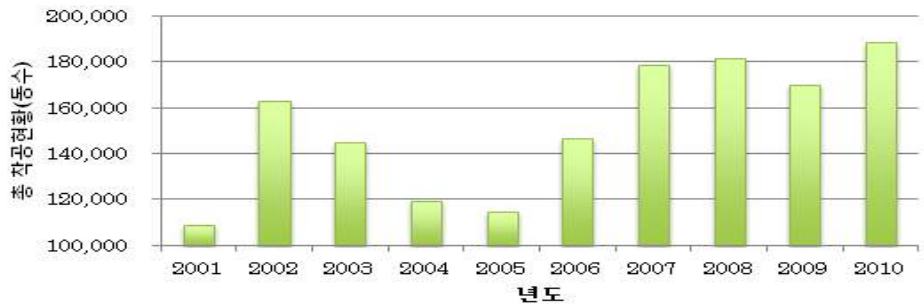
1. 국내 시장현황 및 전망

□ 국내 건설투자의 국내총생산(GDP) 대비 비중은 과거 1990년대 20%를 상회하기도 하였지만 외환위기 이후부터 지속적으로 축소되기 시작하여 최근에는 14%대에 이르고 있음.

□ 건설에 대한 투자는 외환위기 이후로 크게 감소하였으며, 국가에서 진행하는 그린홈 200만호 보급등의 프로젝트에도 불구하고, 리먼 브라더스 사건과 맞물려 성장률이 둔화되어 있으며, 중장기적으로도 인구 감소로 큰 성장은 없을 것으로 예상됨(그림 5 및 6)



[그림 5] 건축물 총 허가현황



[그림 6] 건축물 총 착공현황

출처: 국토해양통계누리 건축허가 및 착공통계

가. 목재 분야의 국내 시장현황 및 전망

□ 목재를 비롯한 친환경 건축자재의 시장규모는 약 1조 2천억원으로, 상당규모로 급성장하고 있음(한국환경산업기술원). · 2015년 친환경 상품 시장규모를 약 25조원으로 예측하므로, (2015년의 건축자재 시장비율을 적용할 경우) 2015년의 친환경 건설자재의 시장규모는 약 3.8조원에 육박할 것으로 예상됨[표 2]

[표 2] 국내 친환경 건설자재 시장 예측규모(단위: 조원)

년도	2015년	2020년	2025년
친환경상품시장	25	33	41
친환경건설자재시장	3.8	5.0	6.2

출처: 탄소저감형 건설재료 기술개발기획보고서

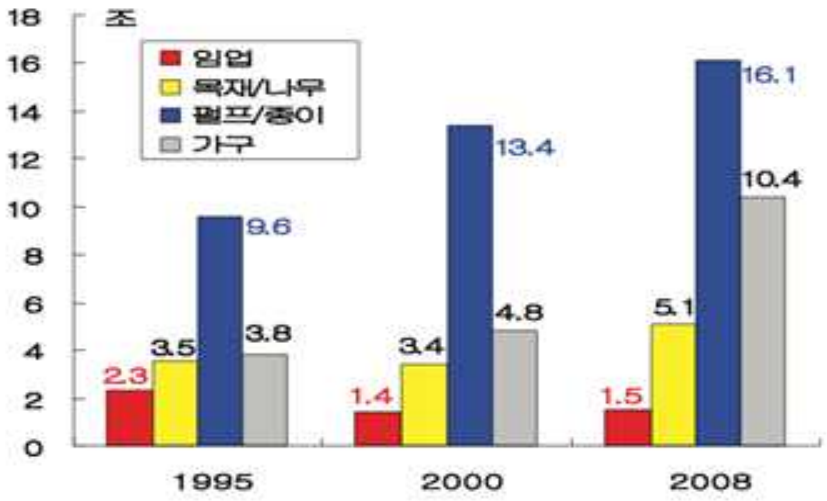
나. 임업 및 목재 시장동향 및 전망

□ 산림청통계에 의하면, 한국의 임업은 2010년 1조 1000억원으로 국내총생산 (GDP)의 약 0.108%를 점유하고 있으며, 이는 과거에 비해 매우 낮은 수치임

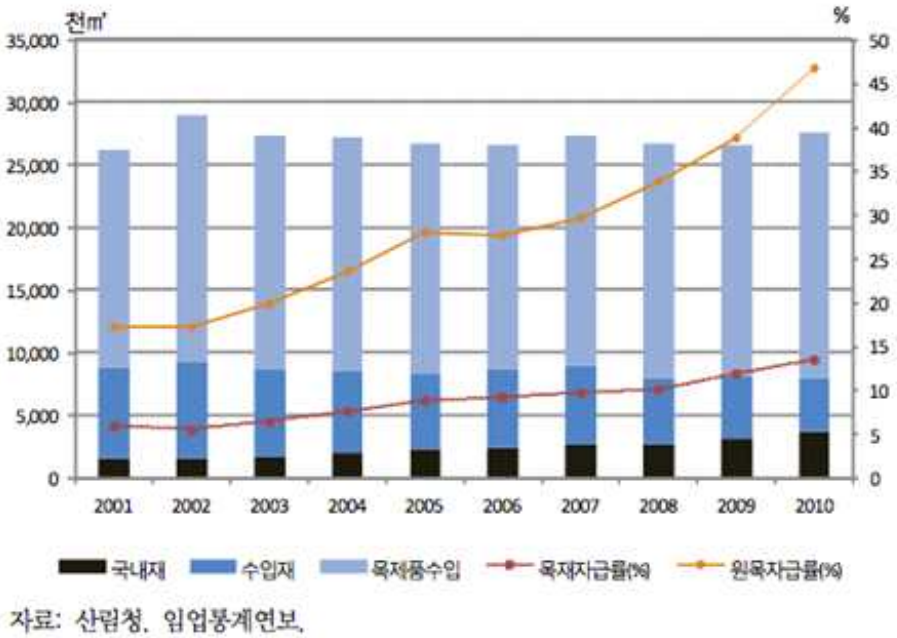
- 국내총생산은 매년 증가하는데 비해, 임업부문의 생산 증가분이 적기 때문에 임업의 기여도는 매년 떨어지고 있음
- 그러나 목재 및 나무제품 생산의 평가액은 5조 1,000억 원으로 임업의 3배, 펄프 종이 생산 부문은 16조 1,000억 원으로 임업의 11배, 가구생산의 평가액은 10조 4,000억 원으로 7배나 많음 (그림 7)

□ 목재는 재생산가능 자원이어서 자원고갈이 예상되는 화석연료를 대체할 수 있는 자원으로서 지속적으로 수요가 증가할 것으로 예측됨. 이 때문에 목재산업은 기후변화에 대응한 저탄소 녹색성장 산업으로 파급효과가 클 것으로 예상됨

- 그림8과 같이, 목재 제품의 대부분은 외국으로부터 수입되며, 목재자급률은 2010년 13.5%를 기록하였고, 펄프와 가구용 보드의 사용이 다소 증가함
- 국내 임업은 경제림의 부족, 지원 정책의 결여, 지속적인 수종갱신이 부진함. 탄소시장이 미래 임업의 성장동력으로 기대되므로 정부와 민간 기업의 긴밀한 협조와 투자유치에 의한 임업 육성전략이 요청되고 있음.[6)]



[그림 7] 목재관련 산업의 평가액



자료: 산림청, 임업통계연보.

[그림 8] 연도별 목재 수급추이

6) 출처: 산림청 산림인력개발원(우리나라의 원목수입과 목재산업 동향)

□ 목재는 구조재, 마루재, 합판, 조경재, 문, 몰딩재 등 다양한 건축자재로 사용되고 있으며, 그 중 제재용재와 합판 보드류 용재 사용량이 많음.

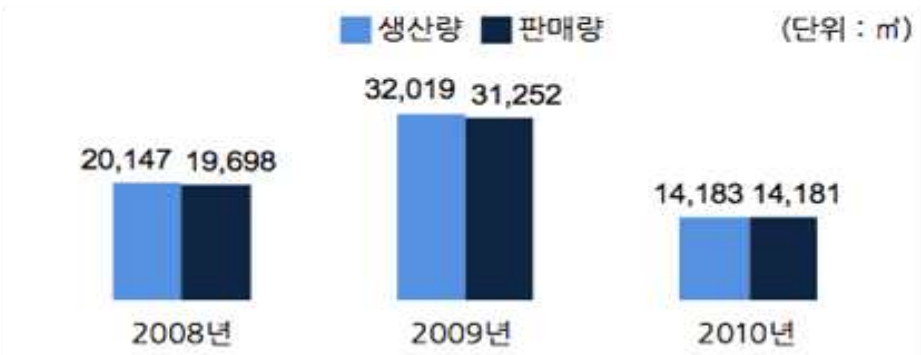
- 2010년 국내 원목 공급량 7,039천㎥ 중 약 50%가 제재용으로 이용되었으며 그 중 87%가 수입 원목
- 합판 및 보드용재로 전체의 약 30%인 2,068천㎥이 사용되었으며 MDF 파티클보드 원자재로 국산원목 1,027,000㎥을 공급
- 목조건축의 토대, 데크재, 사이딩재, 조경재 등에 쓰이는 방부처리목으로 31천㎥ 원목이 사용됨

[표 3] 분야별 국내 원목 공급량

총원목 공급량 7,039,507㎥ [단위:1,000㎥]

업종	일반제재	합판보드	칩	방부처리	목탄 /목초액	톱밥 /목분	표고버섯 재배	총계
국산원목	454	1,458	1,027	17	102	98	229,	3,385
수입원목	3,029	610	-	14	0.2	0.6	0.1	3,653

□ 건물의 토대 및 외장재나 조경재로 사용이 되는 방부목재의 경우, 공원, 산책로, 발코니 등 공공시설물에 방부목을 적용하는 사례가 늘어나고 있음. 그림9와 같이, 2010년도에는 2009년보다 다소 감소하였으나, 공공부분 수요가 지속적으로 증가하고 있음. 데크와 정자, 울타리 등 공공부문의 방부목재 수요가 확대하였으나 목조 건축의 토대 등 구조용은 미미함



[그림 9] 연도별 방부목재 생산/판매현황

출처: 산림청 2010년 목재이용실태조사

다. 업종별 시장동향 및 전망

(1) 구조용 집성재

□ 집성재는 한국산업규격(KS F 3021) 구조용집성재와 건교부 고시(2005-81호) 건축구조설계기준 제8장에 근거하여 특별한 강도등급에 기준하여 선정된 목재를 섬유방향이 서로 평형하게 집성 접착하여 공학적으로 특정응력을 견딜 수 있도록 생산된 제품으로 정의하고 있음.

- 국제적으로는 GLULAM(GLUED-LAMINATED TIMBER, 글루램)으로 통용
- 1800년초 스위스에서 개발되었으며 1920년에 미국에서 목구조물의 구조부재로 제조하기 시작하였으며, 1950년 일본에서도 집성재 건축을 시작함
- 1988년 올림픽 이후 경민산업에서 집성재를 건축용으로 처음 보급하였으며 1996년 국립산림과학원 부설 산림과학관을 국산자재를 사용한 구조용 집성재를 제조하여 설치
- 이후 국산자재를 사용한 집성재 구조물이 국내 확산 보급(한국목재신문)

□ 특히 목조 주택의 요소로서 중요한 작용을 하게 될 보(Beam)의 경우 중단면 이상의 단면이 필요하므로 이와 같은 집성재의 사용이 반드시 필요함

(2) 주요 기업 소개

□경민산업(주)

- 1995년부터 생산설비를 갖추고 집성재의 가능성을 널리 알려온 업체. 대단면 구조용 집성재, 특히 국산 수종인 낙엽송을 이용한 집성재로 많은 시공사례를 남기고 있으며 다수의 특허와 기술을 보유하고 있음
- 원통형 구조용 집성재의 제조방법 및 그 장치 (특허 제 10-0367680호)
- 곡선 형상을 이루는 구조용 집성목 제조방법 및 장치 (특허 제 10-0367681호)
- 구조용 집성재를 이용한 전통 목구조 건축의 구조 모델과 시공방법 및 이에 사용되는 접합철물 (특허 제 10-0406144호)

- 전단 및 할열 방지용 보강패드를 이용한 목구조 건축물의 체결 구조 (특허 제10-0813655호)
- 강구조용 하이브리드 구조재 및 그 제조방법 (특허 제 10-0898066호)
- 다중접착집성재의 제조방법 및 이를 통해 얻어진 다중접착집성재 (특허 제 10-0983612호)
- 디자인 등록현황

  건축 기둥연결용 브라켓 (디자인 제 30-0545763호)

  반달형 와샤너트 (디자인 제 30-0523621호)

  건축 기둥연결용 브라켓 (디자인 제 30-0546224호)

□화천목재과학단지

- 화천군 청정산업 진흥재단에서 운영하는 집성재 생산업체로 중단면의 집성재를 주로 생산하고 있다.
- 2010년 4월 구조용 집성재(KS F 3021) KS인증

□산림조합중앙회 목재유통센터

- 국산목재를 이용한 집성재 등의 20여개 품목에서 FSC-CoC(Chain of Custody)인증 취득하였고 지속관리 가능한 FSC인증 목재를 가공에서부터 유통까지 관리하게 되어 소비자들의 신뢰성을 확보하고 있음.
- 현재 2개소를 운영하고 있으며 모두 국산목재 만을 활용하고, 경기도 여주와 강원도 동해시에 있음. 여주 유통센터는 낙엽송이, 동해시는 소나무가 주생산품임.

□SK임업

- 성원목재의 집성기술을 바탕으로 집성재 사업을 시작하였음. 국립산림과학원과 MOU를 체결하는 등 본격적으로 집성재 사업에 뛰어들 것으로 전망하고 있음

□(주)중동

- 목재 보존의 오랜 연구를 바탕으로, 방부처리된 집성재를 제조하고 있음. (주)중동에서 만들어진 구조용 집성재는 주로 목교 등에 사용되고 있음.

(3) Precut 생산공장 현황

□ 목조건축의 현 문제점의 하나로 지적되는 것이 비싼 단가임. 현장에서의 작업이 콘크리트나 철골조에 비교하여 상당히 복잡하며, 날씨 등 시공의 제약도 있음. 즉, 시공비의 절감이 필수적이라고 할 수 있는데, 이를 해결하기 위해서 부재 및 접합부의 규격화, 그리고 부재를 미리 공장하여 가공, 생산하여 현장에서는 간단히 조립만 하게 하여 인건비를 낮추어야 함. 가구식 목구조의 특성을 잘 활용한다면, 하루만에 지붕까지 올릴 수 있으므로 Precut 생산시설 확보가 필수적임. 또한, 도면에 의한 Precut 시스템을 갖추고 있다면, 현장에서 발생할 수 있는 가공오차도 최소화할 수 있으며, 가공의 정밀도도 높일 수 있음.

□ 대통령 직속 국가건축정책위원회는 5월 3일 제1차 건축정책기본계획(2010~ 2014년) 및 '신新한옥 플랜'을 발표하였음. 여기서 현재 국내 보급되고 있는 프리컷(Precut, 공장화 시스템에 의한 전자동 목재 치목) 공법을 비롯해 연구 개발을 통한 새로운 공법 및 자재 개발을 추진, 기존 한옥 건축대비 25% 비용 절감을 목표로 함. 나아가 부재 통합 생산관리, 가공 시스템 개발(주문형 한옥 생산시스템 개발), 공기 단축형 기술 개발, 시공 관리 기술 개발, 유지관리 시스템 개발 등 신기술 개발을 통한 공정별 절감과 한옥 건축의 산업화가 이뤄지면 15% 추가 절감돼 약 40%까지 공사비가 떨어질 것으로 기대됨. 산업 기반이 조성되려면 연 5000채 시장 규모가 이뤄져야 함

□ 몇 년 전만 하더라도 국내 프리컷 가공의 대부분은'베스트프리컷'을 통해 일본 목재를 현지에서 프리컷 가공해 수입하는 실정이었음. 그러나 프리컷 수요가 차차 늘어나자 우리나라 목재 유통 업체들이 프리컷 시스템을 도입해 가공 부재를 제공하고 있음. 인천 금진목재, 김해 삼명

목재, 인천 태원목재, 여주 목재유통센터가 그 예임. 베스트프리컷은 ㈜스튜가이엔씨를 중심으로 (사)한국목조건축협회 소속 11개 업체가 합자한 법인으로 전남 광양 옥곡면 1만 7000㎡ 부지에 140억 원을 투자해 기둥, 보 등 한옥 부재 및 목구조 벽패널 등 부재 가공공장 설립 계획을 수립함. 프리컷 가공기 단품은 7억~8억 원에 불과하나 가공 라인을 설치하는 데 100억 원이라는 비용 부담으로 시장 추이를 지켜보는 중임. (참조: 전원주택라이프 기사 인용)



[그림 10] 금진목재(주)의 프리컷공장 시설

출처: 금진목재(주) 홈페이지, 한국목재신문

(4) Prefabrication 생산공장 현황

□ Prefabrication(Prefab, 프리패브라고 함)은 공장에서 기둥, 보, 지붕트러스, 바닥, 벽 등의 주택구조체를 생산하여, 그것을 건축현장에서 간단히 조립하여 세우는 주택을 말함

- 공장에서 제작된 패널을 크레인을 이용해 얹기만 하면 되므로 시공비가 낮아지고 공사기간이 단축됨
- 공장에서 관리되어지므로, 품질도 확보 및 비용관리 용이함
- 부재의 규격화에 의해 균일한 품질의 주택 건설 가능함



[그림 11] 프리패브 공장의 라인 예

(출처: 사단법인 일본프리패브건축협회)

(5) 국내 프리패브 생산공장

□대림이앤씨(주)

- 1991년 대림 목재 산업으로 설립하여, 1998년부터 국산 패널화 목조주택의 개발을 시작함(농림부 연구과제)
- 2001년에는 국산 패널화 시범 목조주택을 강원도 동해에 지었으며, 연간 1000동(60평기준) 규모의 목조 트러스/패널 공장을 신설
- 최근, 화제가 되었던 땅콩집(듀플렉스 홈)도 이 회사의 프리패브 생산으로 지어졌는데, 골조는 3일/ 마감을 포함하여 1달만에 집을 완성해, 프리패브가 획기적인 원가절감과 공기단축을 가져올 수 있음을 증명하였음



[그림 12] 대림이엔씨(주)의 공장모습

□한양통나무건축(주)

- 통나무 주택학교 운영과 함께 건축사업을 병행하는 기업. 통나무 주택을 직접 목수의 손으로 작업하여 제작하였으나, 현재는 프리패브 방식을 도입/ 2011년 11월 프리패브 공장 기공식을 마치고, 공장 신축 중임

□한보엔지니어링(주)

- 단열성능이 매우 뛰어난 SIP공법의 벽체를 제작하고 있음. SIP공법은 스티포롬 단열재의 양면에 OSB를 접착하여 완성되는 벽체로, 기존의 2x4공법보다 매우 뛰어난 단열성능을 나타내는 특징을 보임
- 제조 및 가공도 간편하고, 단열성능이 매우 뛰어나므로 미래에는 각광받는 재료가 될 것임

라. 목조건축의 국내 시장 목재 활용 현황

□ 국내에서는 목재 건조에 대한 소비자들의 인식이 부족하고, 건조재의 품질을 인증할 수 있는 관리체계가 갖춰져 있지 못하여 대부분 형식적인 처리에 의하여 목표함수율에 미달하는 고함수율의 목재가 현장에서 사용되고 있는 실정이며, 건조수축에 의한 할열은 건축물의 열관류율을

높이고 단열을 떨어뜨리는 원인이 되고 있음

□ 가구식 목조공법에서는 부재 단면이 크기 때문에 건조가 어렵고 건조 결함이 발생할 가능성이 매우 높음. 목조주택의 대량 가공 및 시공을 위해서는 부재의 생산과정에서 일정한 품질관리가 무엇보다 요구되며, 이를 위해서는 적절한 건조 공정이 선행되어야 함

□ 목재 유통시장의 변화는 업체수가 증가하고 품목도 늘어났으며 경쟁도 점차 치열해져가고 있으며, 전통산업의 축소와 유통산업의 확대는 한국 목재산업의 축이 바뀌어 가고 있음을 보여줌. 원자재 수급의 어려움이 점점 가중되면서 원자재 확보는 기업 차원을 넘어 국가정책으로 시급한 검토가 요망됨

마. 목조건물의 시장현황 및 전망

□ 국내 구조별 건축물 착공동수는 약 80%이상이 철근 철골조이며, 이는 신도시 개발, 고층빌딩 및 고급 아파트 등의 건설프로젝트와 70년대부터 이어져온 아파트 주거문화에 기인.

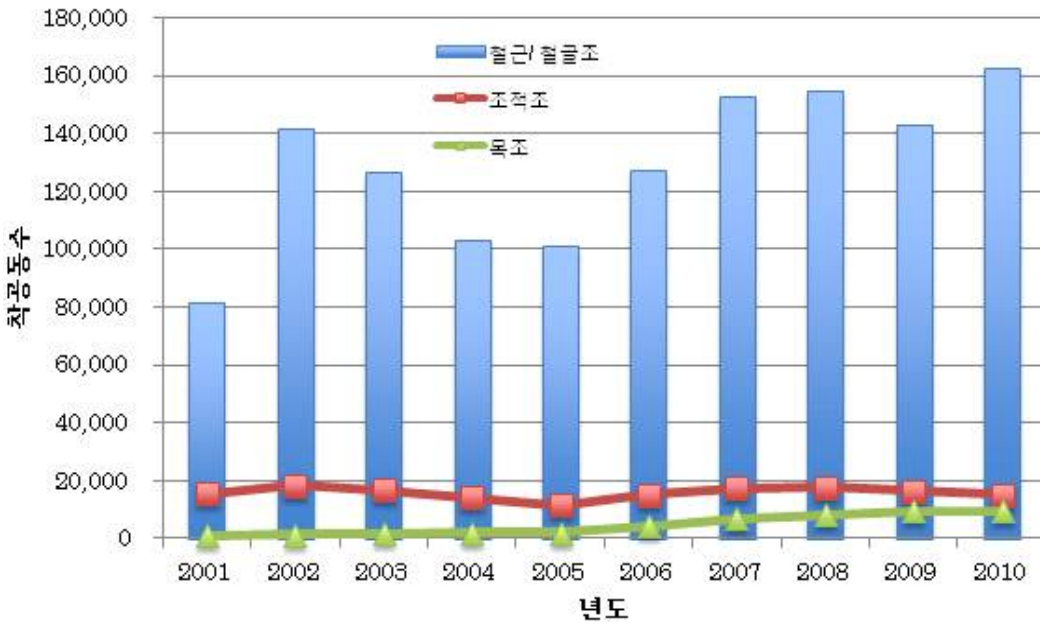
□ 목조 건축물의 비율은 미미하며 상황이며, 2010년에 이르러 약 9,500동이 신축되어 전체시장의 약 5.1%를 점유하고 있음.

□ 건축경기의 침체와 법 제도가 미비함에도 불구하고, 목조 건축물은 지속적으로 증가하는 추세. 2001년 890동에서 2010년 약 9500동으로 약 10배 이상의 성장률을 보이며 시장 점유율을 늘려가고 있음. GDP와 생활수준의 향상과 개인주택에 대한 선호도의 상승, 웰빙과 친환경에 대한 소비자들의 관심이 상승함에 따라 나타난 결과로 판단됨.

[표 4] 구조별(자재별) 건축물 착공동수

년도	합계	자재별			
		철근/ 철골조	조적조	목조	기타
2001	108,993	81,786	15,407	896	10,904
2002	162,897	141,840	18,390	1,349	1,318
2003	145,048	126,823	16,567	1,595	63
2004	119,171	103,011	14,215	1,942	3
2005	114,554	101,140	11,415	1,993	6
2006	147,040	127,464	14,971	4,203	402
2007	179,015	153,216	17,425	6,966	1,408
2008	181,603	154,920	17,787	8,191	705
2009	170,136	143,355	16,510	9,503	768
2010	188,470	162,880	14,908	9,585	1,097

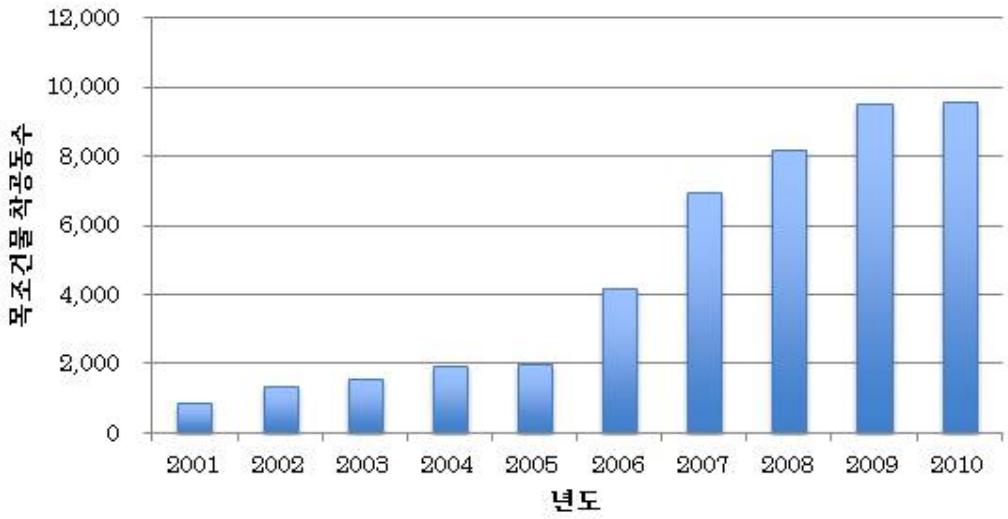
출처: 국토해양통계누리 건축허가 및 착공통계



[그림 13] 구조별(자재별) 건축물 착공동수

출처: 국토해양통계누리 건축허가 및 착공통계

□ 중장기적으로도, 웰빙과 친환경에 대한 소비자들의 수요가 증가할 것이며, 특히 전세계적으로 친환경 건축물의 대표로 손꼽는 목조건축물의 수요가 더욱 증가할 것으로 예상됨. 2010년 목조건축 실적을 분석해 본 결과 착공면적은 576천㎡ 으로 전체의 1% 가량을 점유하고 있었으며, 착공동수는 9,585동으로 전체의 5% 가량을 점유하고 있음



[그림 14] 목조건물 착공동수(2001년부터 2010년까지)

출처: 국토해양통계누리 건축허가 및 착공통계



[그림 15] 착공연면적



[그림 16] 착공 동수

□ 2007년 9월까지의 목조건축 착공동수는 5,044동에 이르며 2006년의 전체 착공동수 4,203동보다 100여동 많은 수치이며, 2006년 동기 누계치인 2,712동에 비해 86%가 증가하였음. 주택건설 시장 위축에도 불구하고 목조주택만 10%대 이상 성장하였음. 향후 목조주택 시장이 급격히 팽창할 것으로 전망됨. 최근 목조주택에 대한 내진설계 기준이 마련되어 저층(5층 이하) 공동주택 건립이 허용되었음. 목조주택업계는 내진기준이 정해지면 목조주택 시장 규모가 5년 뒤엔 지금의 2배로 늘어나고, 2020년쯤에는 전체 주택의 25% 정도를 목조주택이 차지할 것으로 전망하고 있음

□ 한국은 전 국토의 64%가 산림으로 OECD 국가 중 4위에 해당하는 높은 수치임. 풍부한 목재 자원을 보유한 것으로 보이지만 목재로 사용하기 부적절하여 전체 목재 소비량(연간 260만m3)의 90% 이상을 수입에 의존하고 있음.

□ 현재 우리나라에 목조로 지어지고 있는 건축물은 전통 한옥, 경골목구조(통나무) 주택, 일반 건축물, 옥외 시설물 등의 4가지로 분류됨. 2×4 공법의 경골목구조 형식이 주를 이루고 있으며 전통 한옥은 고건축물의 복원 분야와 소수의 전통 한옥만이 지어지고 중목구조 또는 일부 하이브리드 구조를 띠고 있는 일반 건축물은 유치원, 교회, 학교 강당, 단체숙소 등에서 콘크리트 공법과 병행하여 지어지고 있음. 데크, 소규모 다리, 조형물 등의 옥외 시설물에도 목조가 쓰임.

□ 현재 국내 주택 유형을 보면 90% 이상이 콘크리트 아파트 구조임. 10~15층 아파트가 70%, 5~8층 사이의 저층 아파트나 빌라가 25%, 2층 이하 단독주택이 5%임. 이에 정부는 고층 아파트에 집중되어 있는 주택 불균형을 해소하기 위해 이들의 분포를 50%, 30%, 20% 수준으로 맞출 계획임. 또한 서울시는 3차 뉴타운 지역 일부를 포함해 앞으로 지정되는 모든 뉴타운은 단독주택이나 연립주택 등 4층 이하 저층 주택을 의무적으로 건설하도록 함. 이러한 시장의 변화는 목조건축 시장에 적지 않은 변화를 가져올 것임.

□ 건설교통부 발표 자료에 의하면 2006년 기준 우리나라 목조로 세워진 건축물의 총면적은 약 366,000㎡, 동 수로는 약 4,200동임. 지난년도와

비교 시 면적으로는 140,000㎡(2005년 228,000㎡), 동 수로는 약 2배(2005년 2,236동) 증가함. 따라서 향후 목조 건축물은 꾸준한 성장을 나타내고 있음.

□ 최근 캐나다와 일본 등 해외 목조건축업체와 목재산업이 국내에 진출하여 시장을 형성하고 있음. 캐나다 연방정부와 브리티시 컬럼비아주 및 퀘벡주 정부, 그리고 캐나다 임산공업계는 '캐나다 우드'의 예산을 지원하고 있음. 캐나다 우드는 서울사무소를 두어 캐나다의 목재제품을 보급하고 한국 목조건축 시장의 점유를 위해 노력하고 있음. 그들의 활동을 분야별로 살펴보면, 자재 분야에서는 다양한 용도의 목재제품을 생산, 공급함. 주택시장 분야에서는 친환경, 저에너지 중심의 주택상품을 개발하여 홍보하고 있음. 교육 분야에서는 목조 연수 프로그램을 통해 선진 목구조 사례 탐방과 이론 교육, 시공과정 견학을 진행함. 그리고 인증 분야에서는 품질관리와 경쟁력 확보를 위해 (사)한국목조건축협회와 함께 목구조건축물 품질인증제(5-STAR)를 시행함

바. 녹색기술 분야의 국내 시장현황 및 전망[7)]

□ 우리나라에서 그린빌딩 시장은 2008년까지 전체 건설시장에서 5%의 비중을 차지하였으며, 2008년의 성장률은 4.9%로 집계되었음

- 향후 지속적인 증가율 향상이 기대되므로 2008년 기준 전년도 대비 5%의 성장률 향상이 있을 것으로 가정하여 그린 빌딩 시장을 예측
- Global Green Building Trends(McGraw Hill Construction, 2008)에 따르면, 녹색 건축물 관련 기술은 기후변화협약 이행, 유가 변동 등에 따른 녹색 건축물 보급 확대와 함께 2008년까지 전체 건설시장에서 5%의 비중을 차지하고 2012년 이후에는 16%에서 최대 60%까지 비중이 증가할 것으로 예상됨
- 국내 전체 건축시장에서 녹색건축물 관련 기술이 점유하는 비중에 대한 전망치는 세계 시장과 동등 수준으로 전망됨

7) BiR, 친환경저에너지 건축기술동향과 기술개발전략, 2011, pp.93~112를 참조하여 재정리함

□ 우리나라는 건설기술 강국으로서 주거, 상업부문의 건물설계기술은 앞서 있으나, 에너지자립형 건물설계부문은 선진기술을 모방 개량하는 수준임

■ 고밀도 단열재 양산 체재를 갖추고 있으며, 1W/㎡k급 고성능 창호 생산이 가능하나, 핵심 기술은 선진국에서 수입하는데 의존하고 있음

□ 전체 주택 분양가 및 일반 건설단가의 범주 내에서 관련 기술의 가격이 결정되는 구조로 인하여, 고성능 신기술의 시장진입이 어려움

■ 범용형 동일 성능의 제품 가격 경쟁력은 확보하고 있으나 수출에는 이르지 못함

□ 국내 건설산업의 구조는 전문기술 중심으로 분류, 구성되어 있으나, 실제 시행은 하도급 체계를 취함으로서 기술경쟁이 아닌 가격경쟁 중심의 산업구조가 됨. 따라서 시장 자율에 의한 친환경 저에너지 기술의 개발 보급 및 실현이 어려운 구조적 문제점을 가지고 있음

□ 국내 기술의 글로벌 경쟁력 확보를 위해서는 현재보다 강화된 집중적인 투자와 연구개발이 필수적이며, R&D 투자 지원 방식의 수정이 필요함. 특히 건물분야는 실증사업형 R&D의 지원이 필수적이며, 이에 대한 대단위 투자가 추진될 필요가 있음

□ 기술·산업 경쟁력

■ 건물부문 에너지효율향상 분야의 최고 기술선진국은 유럽이고, 최고 기술선진국 대비 우리나라의 현재 기술수준은 62%, 기술격차는 6.8년임

■ 저탄소 녹색 건축기술 관련 주요 제품 서비스군에 대한 우리나라의 가격경쟁력과 국산화율, 필수기술 확보여부는 다음 표와 같음

주요 제품·서비스군	가격경쟁력	국산화율	필수기술	확보 여부
1. 고효율 외피 및 공조기술	매우 높음	60%	고효율 외피시스템 융복합 기술	×
			열원 및 설비 효율향상 기술	△
			열교환기/환기효율 향상 기술	×
2. 신재생에너지 건물 융합기술	높음	55%	태양에너지 건물 융합	△
			히트펌프 연계 지열 기술	×
			연료전지 건물융합 기술	×
3. 친환경/저에너지 건축자재기술	매우 높음	50%	초단열 신소재 기술	×
			친환경 에코 신소재 기술	×
			친환경 건축자재 생산 기술	×
4. 건물에너지 제어 및 관리를 위한 IT 융복합 기술	높음	60%	건물 에너지 수요예측	×
			건물에너지 설계/관리	△
			건물 지능화/자동화 기술	×
5. 에너지자립형 건물구현 기술	높음	50%	건물&에너지기술의 모듈화/융복합 기술	×
			에너지자립형 건물 평가, 인증 모니터링 기술	×
			에너지자립형 건물 시범 사업	×

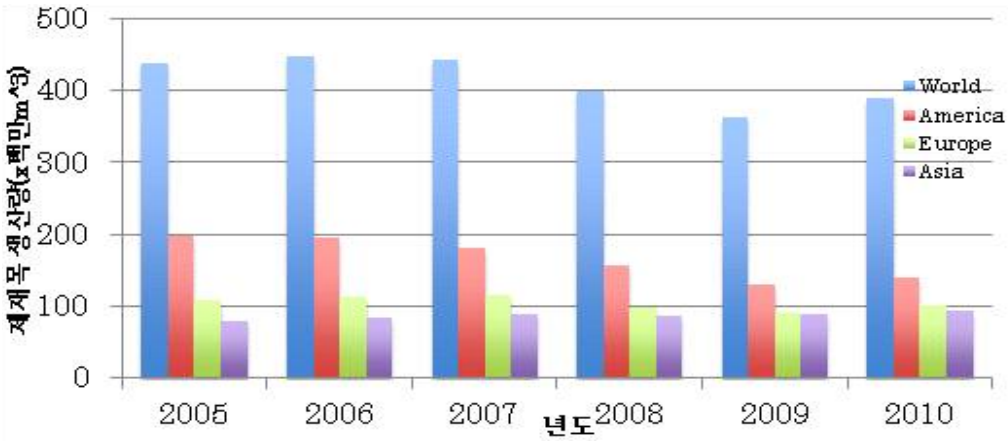
[표 5] 기술•산업 경쟁력 분석(BiR, 2011)

2. 해외 시장현황 및 전망

가. 전체 시장현황 및 전망

□ 전세계의 제재목 생산량은, 그림17과 같이 리먼 브라더스 사태 이후인 2008년도부터 전년도보다 5천만㎥이 감소되었으며, 북미권에서의 생산량 감소가 보임. 유럽과 아시아는 꾸준한 생산량을 보여주고 있으며, 이는 중국이라는 신흥시장의 대두, 유럽에서의 목재에 대한 수요 증가 등이 영향을 미쳤다고 추측됨

□ 건축경기의 침체에도 불구하고 친환경 소재인 목재가 꾸준히 사용되어지는 것은 교토의정서(Kyoto Protocal, 2005년 2월 16일 발효)등으로 시작된 이산화탄소 감축의무에 따른 각 정부와 기업들의 이용확대 정책이 활발했기 때문임



[그림 17] 전세계 제재목 생산량 추이

출처: FAO(Food and Agriculture Organization, www.fao.org)

□ 주요 선진국은 건축 산업구조, 정책/제도 전반의 개혁 및 지원을 통하여 제로에너지 건물의 보급 확대를 위한 시장전환 (Market Transformation)을 착수하여 진행 중

□ 세계 건설시장은 연평균 4.6%~5.6%의 성장을 지속할 것으로 전망됨[8)]

8) BiR, 친환경저에너지 건축기술동향과 기술개발전략, 2011, p.93를 참조하여 재정리

■ Global Insight(26.sep.2007)에 따르면, 세계적인 경기 하락 동향에도 불구하고 건설부문의 시장규모는 2006년에 4조6천억 달러이며, 향후 2011년까지는 연평균 4.6%로 성장하고 2011년 이후에는 연평균 5.6%로 성장해서 2016년에는 7조6천억 달러 규모에 이를 것으로 전망

■ 건설부문(건축, 토목, 기타) 시장규모에서 건축물 부분은 약 75%를 점유하므로, 세계 건축 시장규모는 2006년에 3조4천5백억 달러로 산출되고, 2016년에는 5조7천억 달러 규모로 예상됨

□ Global Green Building Trends(McGraw Hill Construction, 2008)에 따르면, 친환경 저에너지 녹색건설시장은 2008년까지 전체 건설시장에서 5%의 비중을 차지하고, 2012년 이후 전체 건설시장의 12%에서 최대 60%까지 지속적으로 성장할 것으로 전망됨

■ 2012년 현재 전 세계 녹색 건설시장은 2500억 달러 규모로 추산되며, 2030년까지 연 평균 9.6%의 증가율로 시장규모가 증가할 것으로 추정됨. 아직까지는 미국 및 유럽을 중심으로 형성되고 있으나, 향후 아시아, 중동권, 호주권 시장의 성장이 기대됨

■ 전 세계 비주거용 그린 빌딩 시장 규모는 2005년에 30억 달러이었고, 2008년에 290억 달러에 도달함. 2005년에서 2008년까지의 연평균 성장률은 56.1%였으며, 2010년에 비주거용 그린 빌딩 시장 규모는 540억 달러로서 전체 비주거용 건설시장의 35.1%를 차지하고 있음. 2015년에는 1450억 달러로 예상되며, 전체 비주거용 건설시장의 48%를 차지할 것으로 예상됨

■ 그린빌딩 중 리모델링 시장은 2010년에 최대 50억 달러로 집계되지만, 2015년에는 약 180억 달러 규모의 대규모 시장으로 성장 예측됨

□ 건물과 신재생에너지의 융복합은 온실가스 감축과 화석에너지 대체의 시너지 효과를 창출할 것으로 예상됨[9)]

■ 전후방 연관효과로 인해 전동 에너지 산업의 2~3배의 일자리 창출

■ 전 세계적으로 신재생에너지 관련 투자가 매년 60~70%씩 급증하고 있으며, 세계 각국이 치열한 시장 경쟁을 전개하고 있음

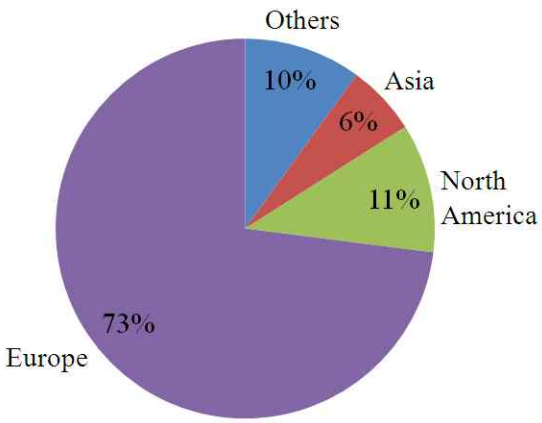
9) BiR, 전게서, 2011, p.94.를 참조하여 재정리함

[표 6] 세계시장 주요 제품, 서비스군 분석

유관 산업	주거용 건물(단독/공동주택 등), 비주거용건물(사무소 및 점포, 공장 및 창고, 관공서, 기타 등)
해당기술의 유망제품 및 서비스군	에너지 절약을 위한 고효율 건물 외피 건설 산업 고효율 단열재 관련 제조 및 시공 산업 고효율 건축설비(냉동기,보일러,열교환기환기설비 등) 제조 산업 태양열, 태양광발전, 지열 등 신재생에너지 관련 산업 친환경 에코 건축자재 산업 건물에너지 관리 관련 센서, S/W, H/W 등 관련 산업 에너지자립형 건물 설계/시공/관리 등 관련 산업

(출처: BIR, 친환경저에너지 건축기술동향과 기술개발전략, 2011, p.95)

□ 2009년 세계 그린 빌딩 시장은 유럽이 73%로 가장 많은 비중을 차지하고 있으며 미국(11%), 아시아(6%)로 구성됨 (그림 18 참조). 미국의 경우, 2011년에 전체 주택 부문의 17% (170억 달러 규모)가 그린 빌딩으로 구성되며 2016년까지 주택 부문의 그린 빌딩 시장은 전체의 38%를 차지하며 현재보다 5배 이상(870~1,140억 달러)이 증가할 것으로 예상됨. 또한, McGraw Hill 보고서에 따르면, 2011년 10월까지 미국의 건축가, 엔지니어들의 1/3 (약 66만명)이 그린 빌딩 시장에서 참여하고 있으며 2015년까지 그린 빌딩 시장에서 90만명 이상으로 상승할 것이라 기대되어짐

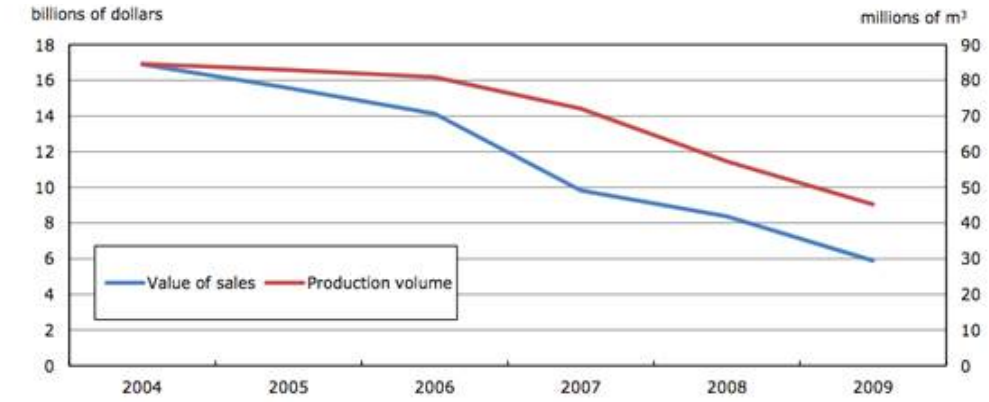


[그림 18] 2009년 그린 빌딩 시장 현황

나. 미국의 시장현황 및 전망

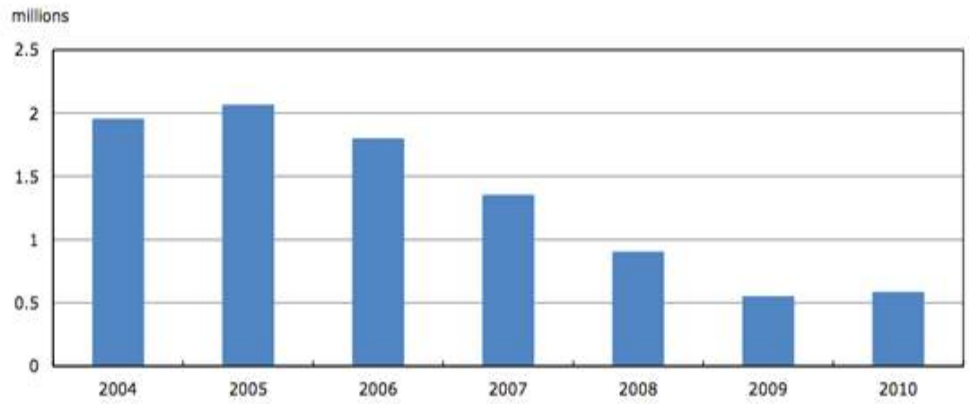
□ 미국의 제재목 생산량이 급감하고 있음(그림19). 2004년도와 2009년도의 매출액을 비교해 보면 16.9억 달러에서 5.9억 달러로 65.1%가 감소하였으며, 제재목 생산량 또한, 84.6백만㎥에서 45.2백만㎥으로 46.5%가 감소하였으며, 이는 그림20과 같이 북미 지역의 부동산이 위축되어 신축 건축물의 수가 급감하고 있기 때문임

□ 2009년도에는 신축동수가 554천동으로 50년만에 최저치를 기록하였으며, 당분간 부동산 시장이 회복되지 않는 한, 미국 임업은 당분간 감소 추세로 예측됨



Source(s): Statistics Canada (Monthly Survey of Manufacturing ; sawn lumber production and shipments), CANSIM tables 304-0014 and 303-0009.

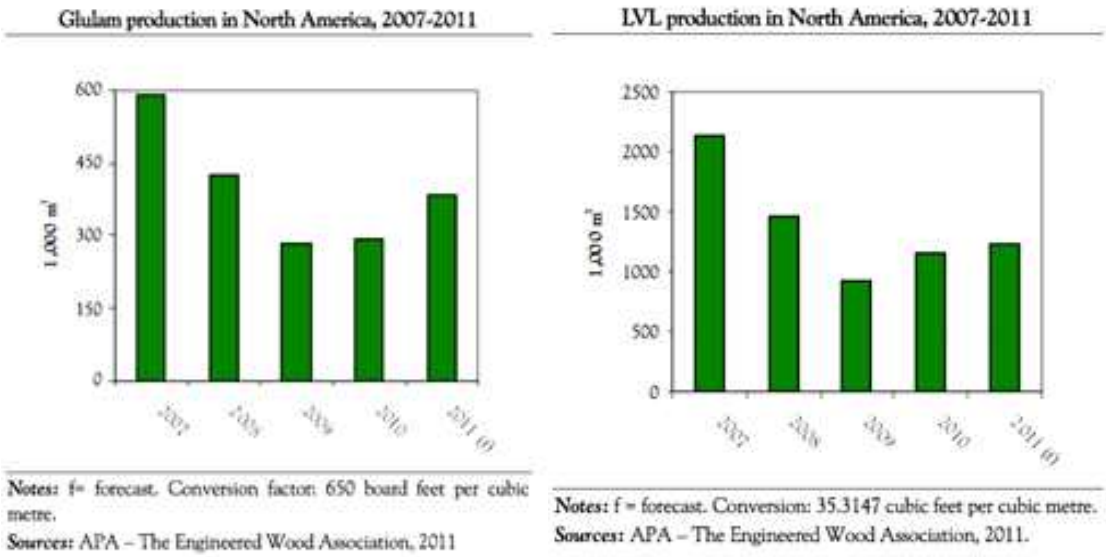
[그림 19] 미국의 제재업의 매출액과 생산량 추이



Source(s): U.S Census Bureau, Manufacturing, Mining, and Construction Statistics.

[그림 20] 미국의 개인소유주택 신축동수 추이

□ 공학목재의 사용량은 증가하고 있음. 안정된 품질과 치수의 자유도 강한 강도를 지니는 공학목재의 추이를 보면, 주택시장의 큰 하락세와 함께 2009년까지 하락세를 보였으나, 2010년부터는 다시 증가세를 보임. LVL(Laminated Veneer Lumber) 역시 다시 상승곡선을 그리기 시작하였으며, CLT(Cross-Laminated Timber)는 캐나다 동부에서 연 생산능력 80,000㎥의 생산 공장을 확충할 예정임



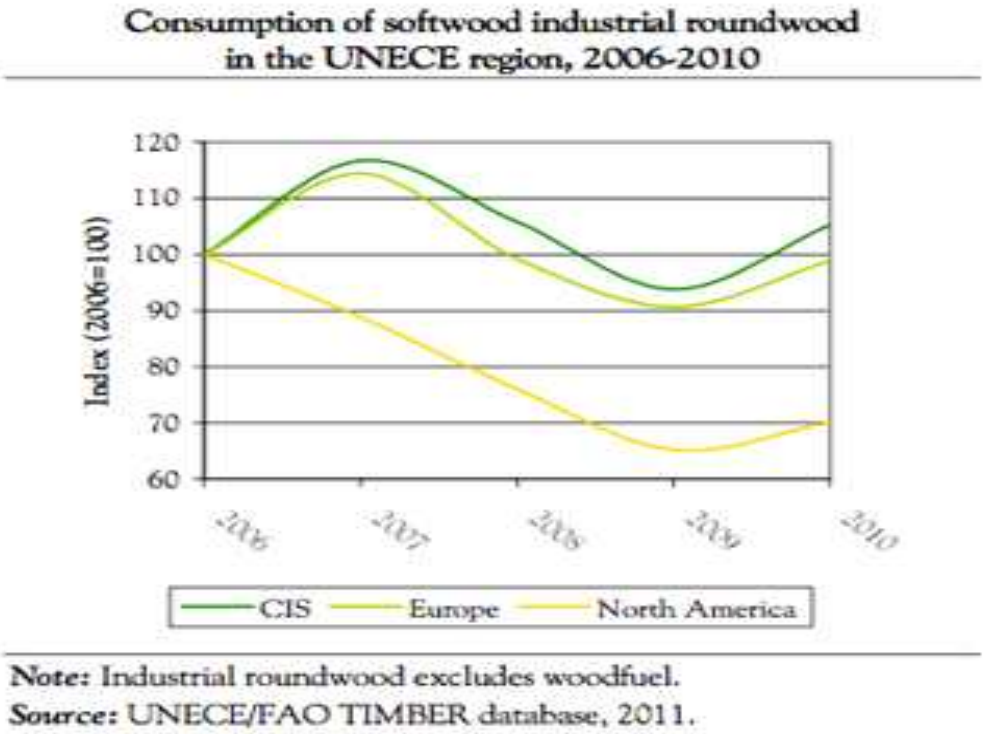
[그림 21] 북미지역의 집성재 및 LVL 생산량 추이

출처:Forest Products Annual Market Review 2010-2011

□ 북미 지역의 경우에는 다양한 양식의 목조주택 도면이 개발되어 소비자들이 손쉽게 이를 접할 수 있으며 원하는 형태와 가격에 적합한 모델을 선정하고 그에 따른 시공사를 값싸게 구할 수 있는 체계가 갖추어져 있음. 따라서 목조주택을 활성화시키기 위해서는 소비자들의 욕구를 충족시키고 이들을 목조주택 시장으로 끌어들일 수 있는 자료의 개발 및 공법의 보급이 시급히 요구됨

다. 유럽의 시장현황 및 전망

□ 유럽의 원목 및 제재목 소비량은 리먼 사태와 맞물려 미국과 같이 2007년 이후로 하락세를 보임. 하지만, 주택시장의 침체에도 불구하고 2009년부터는 상승세로 돌아섰으며, 친환경 자재에 대한 수요증가, 정부정책 등과 맞물려 지속적으로 성장할 것으로 예측됨

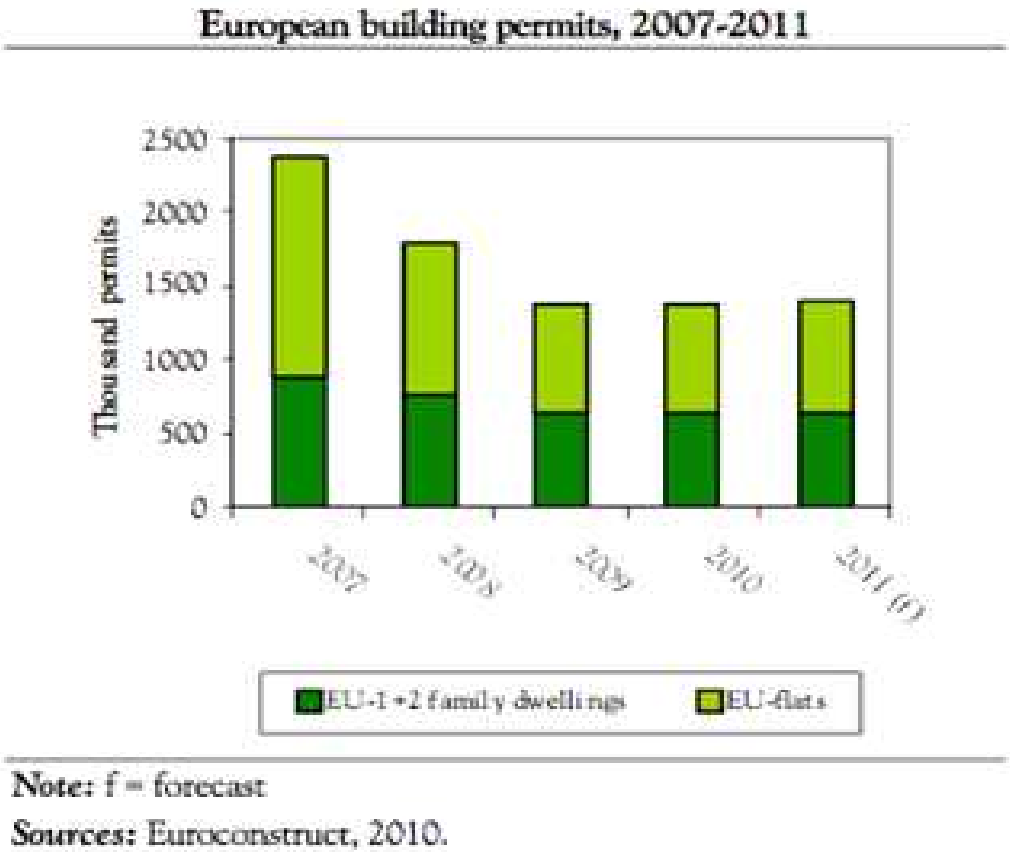


[그림 22] UNECE지역에서의 침엽수 소비량 추이

출처:Forest Products Annual Market Review 2010-2011

□ 유럽의 건축동수를 보면 2007부터 감소하여 2009년도에는 2/3수준으로 감소하였으나, 경제가 위축되어 있음에도 2010년과 2011년도(예상)에는 2009년도의 수준을 유지하고 있음. 유럽에서는 CLT와 LVL을 중심으로 공학목재에 대한 수요가 점차 증가하고 있으며, 점차 철골 콘크리트를 대체할 것으로 예측[10)]

10) 출처:Forest Products Annual Market Review 2010-2011



[그림 23] 2007년부터 2011년까지의 유럽 건축 허가수

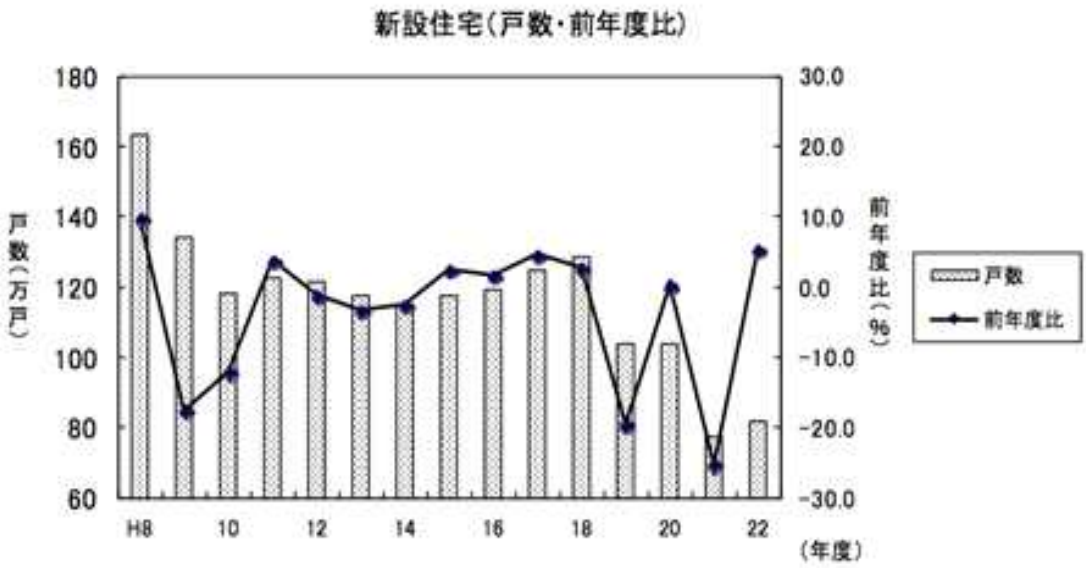
라. 일본의 시장현황 및 전망

□ 일본은 이미 고령화 사회에 접어들었고, 부동산 경기가 크게 움직이지 않아 신설 주택의 수가 2006년부터 매년 조금씩 줄어들고 있음. 프리컷 이용현황을 살펴보면 일본의 프리컷 시장은 1990년도부터 급속히 성장하였음. 가동율은 85%에 달하고 있고 공장수는 1990년도 이래로 급증하여 2008년 현재 830개소가 가동하고 있음.

□ 경골 목조주택(2×4 주택)은 현황을 보면 2009년 97천동으로 전년대비 4.9% 증가하였음. 특히 분양주택과 소유형 주택에서 상승을 보였으며, 급여주택의 경우 전년대비 57.1%가 감소하였음. 일본에서 경골목조 주택이 꾸준히 지속되는 이유는 가격 경쟁력임.

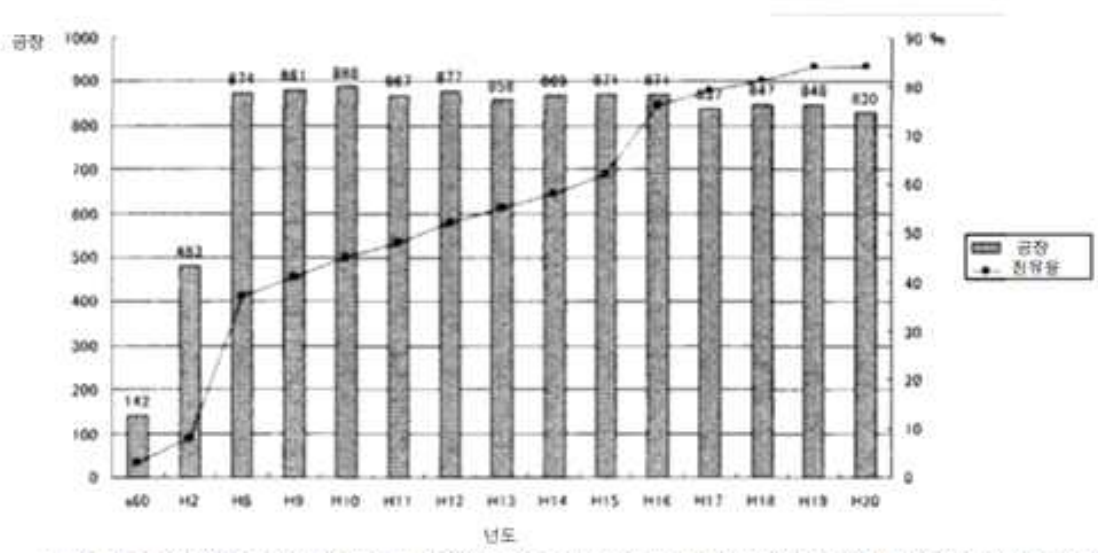
□ 목질계 프리패브 주택[11)]

■ 에스바이에루, 세키스이화학공업(세키스이하임), 세키스이하우스, 타이세이 건설하우징, 다이와하우스공업, 미사와홈



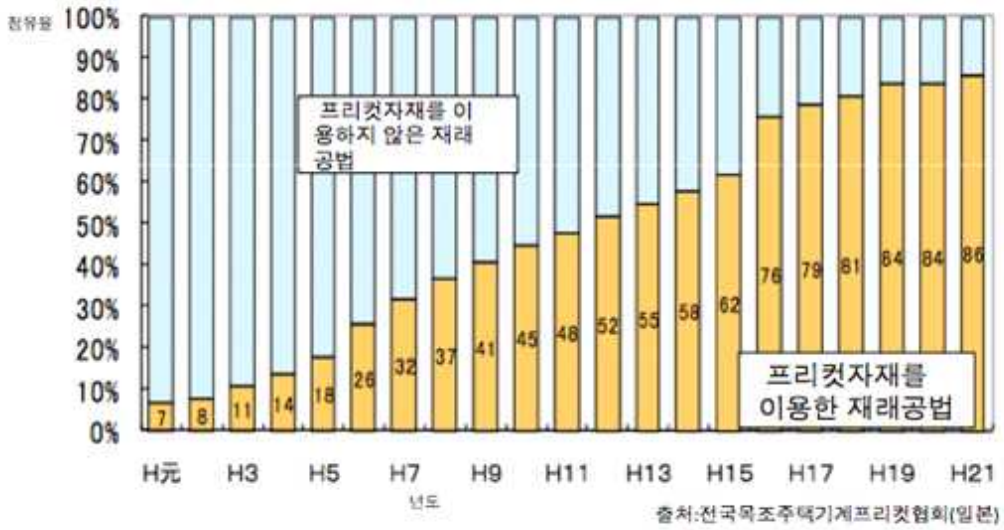
[그림 24] 일본: 1996년부터 2010년까지의 신설주택 동수

출처:건축착공통계조사보고, 2010년도 수정판, 국토교통성



[그림 25] 일본: 프리컷 가동률과 공장수

11) 일본 사단법인 프리패브 건축협회 자료



[그림 26] 일본식 재래공법에서의 프리컷 자재이용률

[표 7] 경량목조주택 신설동수

	동 수 (동)		
	2009년	2010년	전년대비
합 계	92883	97437	4.9
소유형	27116	29481	8.7
임대형	53632	53618	0
급여주택	154	66	-57.1
분양주택	11981	14272	19.1

□ 일본에서의 프리패브 주택의 비중은 전체 신설주택의 약 15.3%이다. 2009년에는 123,361동에서 125,702동으로 1.1% 상승하였으며, 이는 비용 측면에서 장점이 있는 프리패브가 불경기에도 수요가 큰 변화가 없음을 의미함

□ 프리패브주택의 구조별 유형에서는 목조가 11.2%를 차지하고 있으며, 대부분은 철골조(약 86.5%)가 구성을 하고 있음. 장기적으로는, 프리패브 목조주택의 경량성, 가격경쟁력, 가공성의 이유로 프리패브 목조주택의 수요가 증가할 것으로 예상하나, 고급화에 대한 연구와 일본의 문화에 맞는 개발이 이루어질 것으로 예상됨

[표 8] 프리패브 주택 신설동수

		동 수 (동)			
		2009년	2010년	전년대비	구성비
프리패브주택계		124361	125702	1.1	15.3
구조별	목조	14166	14063	-0.7	11.2
	철근콘크리트	2822	2876	1.9	2.3
	철골조	107373	108763	1.3	86.5
프리패브주택계		124361	125702	1.1	15.3
이용관계별	소유형	51819	54715	5.6	
	임대형	67415	65952	-2.2	
	급여주택	749	533	-28.8	
	분양주택	4378	4502	2.8	

3. 국내외 시장현황 및 전망의 시사점

□ 국내외 건설시장 규모 및 녹색 건축시장 규모 예측

- Global Insight(26.sep.2007)에 따르면, 세계적인 경기 하락 동향에도 불구하고 건설부문의 시장규모는 2006년에 4조6천억 달러이며, 향후 2011년까지는 연평균 4.6%로 성장하고 2011년 이후에는 연평균 5.6%로 성장해서 2016년에는 7조6천억 달러 규모에 이를 것으로 전망
- 건설부문(건축, 토목, 기타) 시장규모에서 건축물 부분은 약 75%를 점유하므로, 세계 건축 시장규모는 2006년에 3조4천5백억 달러로 산출되고, 2016년에는 5조7천억 달러 규모로 예상됨
- Global Green Building Trends(McGraw Hill Construction, 2008)에 따르면, 녹색 건축물 관련 기술은 기후변화협약 이행, 유가 변동 등에 따른 녹색 건축물 보급 확대와 함께 2008년까지 전체 건설시장에서 5%의 비중을 차지하고 2012년 이후에는 16%에서 최대 60%까지 비중이 증가할 것으로 예상됨
- 국내 건설시장 규모는 1996년 이후 연평균 6.7%의 증가율을 보이며 2007년 112조원 규모에 이름. 이후 최근 5년간 우리나라 건설시장 규모는 평균 150조원 수준에서 정체된 상태이며, 이 가운데 건축시장 규모는 70% 정도인 105조원 수준임

- 국내 전체 건축시장에서 녹색건축물 관련 기술이 점유하는 비중에 대한 전망치를 세계 시장과 동등 수준으로 볼 때, 향후 전체 건축시장의 16%에서 최대 60%까지 비중이 증가할 것으로 예상할 수 있음. 즉 최근 5년간 건축시장 규모를 기준으로 할 때 향후 녹색건축물 관련 시장규모는 약 17조원에서 최대 60조원 규모까지 성장할 것으로 예측할 수 있음.

□ 국내 목조건축 시장규모 및 저에너지친환경 목조건축 시장규모 예측

- 국내 목조건축의 시장규모는 착공동수로 볼 때, 2001년에 약 890동에서 2010년에는 약 9500동으로 10배 이상 성장해 왔으며, 착공동수 측면에서 전체 건축시장의 약 5% 가량을 점유하고 있음
- 최근 목조주택에 대한 내진설계 기준이 마련되어 저층(5층 이하) 공동주택 건립이 허용되었고, 생활수준의 향상과 개인주택에 대한 선호도의 상승, 웰빙과 친환경에 대한 소비자들의 관심이 상승함에 따라, 향후 목조주택 시장이 급격히 팽창할 것으로 전망됨. 목조주택업계는 목조주택 시장 규모가 5년 뒤엔 지금의 2배로 늘어나고, 2020년쯤에는 전체 주택의 25% 정도를 목조주택이 차지할 것으로 전망하고 있음
- 국내 목조건축시장에서 녹색건축물 관련 기술이 점유하는 비중에 대한 전망치를 전체 건축시장에서의 비중과 동등한 수준으로 놓고 볼 때, 목조건축 분야에서도 최대 60% 정도를 차지할 것으로 전망할 수 있으며, 앞에서 살펴본 미국 주택부문의 그린빌딩 시장 규모 예측을 적용해도 40% 내외의 비중을 차지하게 될 것으로 보임.
- 본 연구에서 기획하고 있는 한국형 목조건축 기술은 통합적인 녹색기술을 적용한 친환경저에너지 목조건축 기술로서, 위에서 예측해 본 목조건축 부문의 그린빌딩 시장 점유율 확대를 주도하는 역할을 할 것으로 예상됨

□ 새로운 국제질서로 자리잡아가고 있는 온실가스 감축 이슈를 녹색성장을 통해 기존 산업을 변화시키고 새로운 시장을 확대하는 계기로 활용할 필요가 있음. 이러한 시각을 가진 다양한 국가들이 최근 역점을 두고 추진하는 것 중 하나가 그린빌딩임.

□ 그린빌딩의 확산은 건물과 관련된 고효율 에너지 제품 및 친환경 자재 시장, 신재생에너지 활용 기술에 큰 변화를 가져올 뿐만 아니라, 새로운 서비스 시장을 창출 것으로 예상됨[12].

12) 도은진, '그린빌딩 확산, 새로운 사업모델이 필요하다', 2010.10.5.25, <http://www.lgeri.co.kr/industry/general/article.asp?grouping=01030100&seq=173>

- 건물을 지을 때 과거와 같이 건축비용, 외관, 사용편의성 등을 주로 고려하는 것을 넘어서서 건물의 전생애주기(Life Cycle)에 걸쳐 어떻게 에너지 소요량을 최소화할 수 있는가를 중요한 요인으로 고려하게 될 것임.

- 이를 위해서는 태양광, 풍력, 연료전지와 같은 신재생에너지 기술을 어떻게 건물에 적용할 수 있을지를 고려하게 될 것이며, 주택 에너지 소비량의 가장 큰 비중을 차지하는 냉난방에너지를 절감하기 위해 건물 배치, 고효율 단열재 및 고기밀고단열 창호 활용, 지붕 녹화 등을 고려하게 될 것임. 또한 냉난방 에너지 다음으로 큰 비중을 차지하는 전기·전자기기의 에너지 소비량을 줄이기 위해 고효율 전자제품에 대한 소비자의 선호도도 높아질 수 밖에 없음. 그리고 신재생에너지, 고효율 전자제품을 통합하고 외부 전력망과 효율적으로 연계하기 위한 HEMS(Home Energy Management System)나 BEMS(Building Energy Management System) 등에 대한 수요도 크게 늘어날 것임.

- 각종 제품이나 건축자재에 대한 수요뿐만 아니라 건물을 설계하고 이를 유지, 관리하는 서비스 시장도 큰 변화를 맞게 될 것으로 보임. 에너지 절감에 대한 관심이 높아지면서 설계 단계부터 에너지 소비량을 최소화할 수 있는 기술을 반영하고, 이를 건물에 맞게 최적화하는 것이 중요해짐. 이를 위해 건물 구조뿐만 아니라 신재생에너지 설비 및 기계 ·전기 설비의 상호관계에 대한 이해도가 설계 업체를 판단하는 중요한 기준이 될 것임. 또한 완공된 건물을 효율적으로 유지하고 관리하는 서비스가 중요해지면서 관련 시장이 커지고 전문성 높은 업체에 대한 수요가 증가할 것으로 예상됨.

- 외국 기업들이 이러한 새로운 시장을 선점하기 위해 발걸음을 재촉하고 있는 상황에서 우리 기업들의 투자와 기술 개발이 늦어지면 시장을 다 선점당할 수도 있음. 새로운 시장변화에 대한 인식을 바탕으로 기술 개발을 통해 경쟁력을 강화할 수 있어야 함.

□ 중견·중소 건설사들은 녹색건축물 활성화 방안 로드맵에 대해 난감해하는 상황임. 대형건설사들에 비해 자금여력 등이 상대적으로 열악해 에너지절감형 주택 공급에 상당한 애로가 있을 수 있기 때문임. 정부 차원에서 국책과제 등을 통해 녹색 건설기술을 개발하고 이를 민간에 보급하는 것이 필요함.

3절 국내외 기술 동향 분석

1. 국내 기술 동향 분석

가. 목재 분야의 국내 기술 동향 분석

□ 목조건축과 관련된 기술특허는 국내에만 출원되었고 그 건수도 10여건 미만으로 극히 적어 정량조사의 대상이 되기에는 부족한 현황임.

- 기술 조사 및 분석의 범위를 목조건축 자체와 관련된 목재의 가공, 열처리, 접합부재에 대한 것으로 확장
- 국산 부재의 성능평가와 생산기반, 규격화와 관련된 분야에 대해서는 논문을 대상으로 조사하여 국산재를 이용하여 목조건축을 건축하는데 관련된 기술 및 기반을 전체적으로 포함시켜 분석
- 이와 같은 조사를 통해 우리나라의 기술 수준, 선진기업의 연구개발 동향 및 중요특허 현황 등을 파악하여 본 연구과제 수행의 타당성에 대한 객관적인 정보를 제공하고자 함

□ 우리나라 목재 분야의 기술 발전 연혁

- 1990년대 초에 주로 출원된 기술은 집성목재의 목재 접합 구조, 접합재 제조 방법 강화 목재의 제조와 관련된 기술이 주를 이룸
- 1990년대 중반에는 가옥에 사용하기 위한 접합재의 제조, 집성목재의 제조 방법, 접합구조 및 접합 방법과 관련된 특허가 많이 늘어남
- 1990년대 후반에는 목재와 철물의 접합, 목재 접합을 위한 접합제, 목재를 이용한 주택 및 건물 축조와 관련된 방법과 관련된 특허가 늘어남
- 2000년대 초에는 벽재, 중심재목의 제조방법, 수직 내력이 큰 목재 등 건물 구조재로 사용되는 집성재 제조 방법과 관련된 특허가 크게 늘어남
- 2000년대 중반에는 지붕과 대들보재의 결합, 철물과 대들보의 결합 등 구조재와 철물간의 접합방법에 대한 특허가 다수 출원됨
- 2000년대 후반에는 기둥접합구조, 목재 골조간의 접합구조, 건물 구조체의 구조, 목재 골조 부재의 접합부 구조 등 목재의 구조용 집성재로서의 접합 방법에 대한 특허가 주를 이룸

□ 이와 같은 기술발전의 흐름을 볼 때 현재 목재가공의 초점은 목재를 구조재나 골조로 사용할시 보다 튼튼한 구조를 형성할 수 있도록 강한 집성재를 제조하거나 구조간의 결합을 강화할 수 있는 접합방법의 개발에 있는 것으로 사료됨

□ 목조건축과 직접적으로 관련된 특허의 건수만을 대상으로 하면 모집단의 크기가 너무 작기 때문에 정량분석을 수행하는 데에 어려움이 있어 목조용 건축자재의 개발에 도움이 될 수 있는 가구식 구조로 이루어진 전통가옥의 건축방법 및 일본의 전통가옥 방식, 미국이나 유럽의 목조주택 건축 관련 분야에서의 목재 가공방법 및 접합과 관련된 기술을 모두 포함시킨 대상을 범위로 하여 검색하였으며 구체적인 소분류별 검색개요는 아래 표에 설명된 바와 같음

[표 9] 분석대상 기술분류기준

대분류	중분류	소분류	검색개요 (기술범위)
한국형 목조건축 융합기술 개발 및 산업화 (A)	장수명 유지를 위한 가공방법 (AA)	목재가공방법 (AAA)	목재의 제재, 벌채, 가공방법과 관련된 특허를 유효특허로 선정함
		건조 (AAB)	목재의 함수율 조절 및 건조 방법과 관련된 특허를 유호특허로 추출함
		열처리 (AAC)	목재의 강도를 높이거나 수명 연장, 변형을 방지하기 위한 열처리 하는 방법과 관련된 특허를 유효특허로 선별함
		기타(AAD)	기타 목재의 가공방법과 관련된 특허
	장스팬 유지를 위한 접합부 (AB)	철물접합 (ABA)	소경재를 철물을 이용하여 접합하는 기술
		접합방법 (ABB)	목조 건축에 필요한 대단면재 제조에 필요한 접합방법 및 소경목의 접합 방법과 관련된 특허
		목재접합 (ABC)	강재를 이용하지 않고, 글루 등을 이용하여 목재끼리 접합시키는 방법
		기타(ABD)	기타 접합방법
	국산재 공급기반 및 규격화[13] (AC)	목조 건축재의 성능 (ACA)	휨강도, 압축강도, 구조성능과 관련된 논문
		국산재의 벌채 및 생산현황(ACB)	건축 부재로 이용되는 국산재의 벌채 및 생산과 관련된 논문
		규격화(ACC)	목조 구조물의 규격화와 관련된 논문

13) 국산재 공급기반 및 규격화와 관련하여서는 관련 특허의 존재가 불분명하므로 주로 논문 검색을 중심으로 검색을 진행함.

□ 장수명 유지를 위한 가공 방법

- 기둥-보 목조건축물 축조를 위한 대단면 목재의 건조기술은 미비한 실정으로 섬유포화점 이상의 대단면 부재 사용으로 인한 주거환경 오염 및 구조적 결함이 발생되고 있음
- 국내의 목재 보존처리 기술은 주로 야외 조경시설물 위주로 개발되었으며 목조주택에 대한 연구기반이 거의 전무함. 일부 학계 . 연구소에서 제한적으로 고건축물의 열화실태 조사 및 비파괴방법에 의한 열화 진단 등을 수행되고 있음. 따라서 본 연구에서 발전적이고 체계적인 보존처리 기술의 진단 및 매뉴얼을 개발하고 목조건축물의 품질보증제도의 체계를 확립하여 목조건축물의 장수명화를 이루어야 할 것임.
- 목조주택을 열화시키는 생물종은 건축물의 사용환경에 따라 크게 좌우되며, 환경이 유사하면 그 피해 발생형태도 유사함을 나타냄. 그러므로 국내의 목조주택이 접하고 있는 생물열화환경을 구획화하고, 열화포인트를 탐색하는 것이 매우 중요함. 아직 국내에서는 이러한 연구가 진행되고 있지 않으므로 본 연구를 통해 열화 조기발견을 위한 유지관리 및 내구성능 부여 방법을 개발하고 목조건축물의 점검, 진단, 처방의 체계화를 도모해야 할 것임.

□ 장스팬 유지를 위한 접합부

- 산림청은 매년 목재수급계획을 작성하여 시행함으로써 목재 수급에 대한 총괄을 하고 있음. 그러나 자재 수급 시스템에 관한 연구 및 특허 기술은 미미한 상황임. 주로 수입 목재에 의존하는 경골목조건축물의 경우 산림탄소상쇄 계정에 불리하게 작용하며 임업 채산성 악화를 야기하므로 국산재 위주의 가구식 목조건축물의 활성화에 대한 연구가 진행되어야 할 것임.
- 기존의 한옥 등 전통목조건축물에 대한 현대화가 요구되며 펜션 등 경량목조건축물은 국민정서와 불일치성이 있으므로 전통선 및 현대화를 동시에 추구한 한국형 목조건축물에 대한 접근 및 연구가 요구됨. 더불어 공공건축물, 저층집합주거 용도 건축물의 목조화를 위한 장스팬 기술의 적용이 요구됨.
- 과도한 지붕하중이 부여되는 전통목조건축물의 구조적 비합리성을 극복하기 위해 지붕경량화에 대한 연구가 요구되며 지진, 태풍 등 수평하중성능 확보와 단열시스템에 대한 요구를 충족하는 다기능 벽체기술 개발에 대한 연구가 요구됨.

□ 국산재 공급 기반 및 규격화

- 국산목재는 비계획적인 조림 및 인프라 부족으로 인해 가격경쟁력을 상실하고 있으며 주로 간벌 중소경재의 공급에 한정되고 있음. 임업인프라 및 유통시스템의 정비 및 국산재의 규격화를 통한 가격경쟁력 확보를 이루어야 하며 이를 통해 국산재의 고부가가치 이용도 증진에 이바지해야 함.
- 수입재는 먼 곳에서부터 목재를 운반하기 때문에 그 수송 에너지가 막대하고, 목재 1㎥의 운송 에너지는 유럽재 298kg, 남미재 286kg, 뉴질랜드 186kg, 북미 131kg, 러시아 121kg, 남양재 100kg으로 국산재 평균 48kg (운송거리 150km 미만인 경우는 20kg)보다 많은 이산화탄소를 배출함. 목재는 제조 에너지가 극히 작은 「에코머티리얼」이지만 유럽에서 수입한 목재의 제조시 배출하는 CO2는 국산재 천연건조재(54kg)에 비하여 5.4배가 수송과정[14]에서 배출되는 것으로 계산됨.[15]
- 최근 국내 목재산업은 주로 판상재 위주로 가구재 및 내장재 용도에 치중되고 있으며 해외 선진 기술 습득 및 자국 수종을 이용한 집성재, CLT, LVL, PSL, LSL, OSL 등 구조용 공학목재에 대한 연구가 진행되어야 할 것임. 이와 더불어 재료자체의 하이브리드화 및 철골 및 콘크리트 구조 등과 구조시스템의 하이브리드화를 위한 연구가 요구됨.
- 국내에는 목조건축물의 다층 및 장스팬화에 대한 인식 및 저변이 매우 취약한 실정으로 목재 부품소재의 공업화 및 산업화, 타기술과의 융복합화를 통한 목구조물의 다변화를 실현해야 할 것임.

나. 목조건축설계기술 분야의 국내 기술 동향 분석

□ 기술 현황

- 국토해양부에서 제정한 〈2009 건축구조기준〉의 제8장에 목조건축의 구조설계 규정이 포함됨
- 경골목조주택의 단점을 보완한 가구식 목조건축 공법의 '흔그린 목조주택'이 국립산림과학원에 의하여 개발됨. 따라서 이의 상용화에 필수적인 부재 및 구조의 규격화와 모듈화, 다양한 보급 모델의 개발, 지붕구조의 개선 등에 대한 요구가 증가하고 있음.

14) 수송과정의 CO2배출은 자동차, 철도, 내항선박, 외항벌크선박(원목운송)의 5종류로 구분한 CO2배출 원단위 적용
15) http://woodmiles.net/023-yunyuzai-yusou.htm

□ 목조건축물 품질관리 기술

- 목조건축물의 품질 확보를 위해서는 사용되는 각각의 재료에 대한 품질관리를 위한 품질기준이 요구됨. 목재의 경우 한국산업규격과 국립산림과학원 고시로 품질기준이 정해져 있으나 현 기준을 목조건축 부재에 직접 적용하기는 어려움.

- 천연재료인 목재의 경우 인위적인 품질관리가 어려우며, 품질의 편차가 매우 큼. 특히 건조과정에서 발생되는 건조결함은 현 상태에서 목재의 품질을 저하시키기도 하지만, 목재의 사용과정에서 생물학적 열화의 발생 가능성을 높이는 위험을 내포함. 따라서 목재의 품질을 저하시키는 다양한 결점들을 보강하여 건축물에 발생될 수 있는 위험을 줄이는 기술 개발 및 품질인증제도의 정착이 요구됨.

- 목조건축물의 품질확보 차원에서 precut 가공율의 고조와 더불어 목조건축물에 사용하는 목재나 목질재료에 대한 품질·성능에 대한 요구가 높아지고 있는 한편 지역의 산림자원, 지산지소(地産地消)에 대한 소비자의 이해나 인식이 확대되고, 국산재에 대한 기대나 수요도 높아지고 있음. 또한 앞으로는 유럽 등으로부터의 수입 목재제품과의 경합이 예상되므로 국산재 제품의 제조 합리화나 품질성능을 명확하게 하고 안정공급 및 수요증가를 꾀하기 위한 대응이 필요해지고 있음. 제조 과정이나 제품품질의 관리 기술로서 구조용의 제재품이나 집성재를 중심으로 건조성능이나 강도성능을 온라인(on-line)으로 검사하는 기기의 개발 및 검사방법의 도입이 요구됨. 금후 제조·품질관리에 있어서 온라인 계측기기가 활용됨으로 목재제품, 목질재료가 목조주택이나 건축물의 설계 시공 측에게 엔지니어링우드로서의 평가가 높아져 신뢰를 얻어서, 이용 촉진, 수요확대로 연결될 것을 기대함

- 온라인 계측방법으로 설치형 함수율계의 실용화를 위하여 지금까지 마이크로파, 고주파, 적외선, X선 등의 전자파 이용이 검토되었고 계측 정밀도 향상을 위하여 목재의 밀도 등에 의한 보정방법 등의 기술 개발이 진척되어 왔음. 이미 일본에서는 마이크로파 투과형의 타입은 기둥, 보 등 단면치수가 크고, 건조 후의 목재 내부에 수분경사가 생기기 쉬운 제재품도, 온라인에서 이용할 수 있는 비접촉형이 개발되었고, 이미 몇 기종은 시판이 되고 있음. 이러한 것들은 마이크로파가 목재 내부를 투과할 때 목재 중의 수분량에 비례해서 마이크로파가 쇠퇴되는 (흡수되는) 특징을 이용하고 있으며, 현재 (재)일본주택·목재기술센터가 인정하고 있는 「침엽수재에 사용하는 설치형 함수율계」는 모두 마이크로파 투과식임

- 최근 일본의 제재 공장에서도 그레이딩 머신의 도입이 증가하고 있음. 시즈

오카현(靜岡縣)에서만 4개 업체가 도입하고 있으며 모두 전항의 설치형 함수율계와 연동하여 제재품의 건조성능과 강도성능을 관리하는 기기로 가동하고 있음. 제재용 그레이딩 머신은 전국 목재조합연합회가 「JAS 기계적 등급구분 제재」의 유통 촉진을 위한 일환으로 기종인정을 해주고 있으며, 1본 당 계측에 요하는 시간은 5~15초임. 최근에는 구조용 합판이나 LVL의 제품검사에 휨 하중식의 전용 그레이딩 머신이 개발되어 실제로 가동이 되어지고 있고, 금후 목제품의 품질관리를 위해서 반드시 필요한 기술임

- 원목용 그레이딩 머신은 시작 기기가 일본 가고시마현(鹿兒島縣)공업기술센터에서 개발되어 졌으며, 都城지구 제재업협동조합에서도 본격적인 원목 그레이딩 머신이 도입되어 2006년 3월부터 본격적인 가동되고 있음. 3방향 레이저 센서에 의한 통나무 지름과 로드셀로 중량을 계측한 후, 말구에서 목구면을 타격한 고유 진동수를 소형 FFT analyzer로 계측한 영율로 산출함. 검사한 통나무 마구리면에는 출하자의 코드(code) 번호, 경급, 구조 용도로서의 적부 표시가 찍힘. 계측의 처리 속도는 최대로 12본/분임. 금후 침엽수 중원목(말구경이 14cm에서 30cm 미만의 원목)이 원목 단계에서 계측된 중량이나 영율에 근거하여 구조용(제재, 집성재 대판), 조작용 등으로 용도 구분하는 것으로 효율이 좋은 목재가공이나 새로운 원목입수 방법이 구축되어야 품질인증의 정착이 이루어 질 것으로 생각됨
- 구조재의 건조는 단면이 큰 재료의 건조이기 때문에 표층은 상당히 단시간에 건조가 종료되는 「건열건조(乾熱乾燥)」가 일어나는 반면 재 내부에서는 장시간 수분을 가진 상태로 건조가 진행되는 「습열건조(濕熱乾燥)」가 일어남. 특히 고온건조의 경우는 이러한 경향이 강하게 작용하고, 건열건조 목재와 습열건조 목재에서는 당연히 그 성질도 다르므로 이 2가지 건조가 동시에 발생하는 고온건조 목재의 성질을 아는 것은 용이한 것이 아니므로 기술개발이 요구됨

□ 가구식 목조건축 설계기술개발 수요

- 한국 사회의 특징적인 공간이용방식과 생활양식을 반영한 모듈과 단위공간에 대한 연구가 필요함. 온돌난방 방식, 물사용 방식 등 한국 사회의 공간이용 특성에 부합되는 목조건축 상세를 개발하고 표준화할 필요성이 큼. 이것은 시공의 표준화와 규격화된 부자재의 적용을 위해 선결되어야 하는 과제임.
- 현재 목조건축은 경골목조의 제한된 양식이 보급되고 있으며 이에 따라 목조건축도 획일화될 우려를 낳고 있음. 따라서 가격, 구조성능, 환경성능의

등급별로 다양한 목조건축의 설계기술이 개발될 필요가 있음. 그리고 한국인의 미감과 정서에 부합되는 목조건축의 외관을 디자인 하는 기법이 개발될 필요가 있음.

- 한국 사회는 고령화가 전 세계에서 가장 빠른 속도로 진행되어 고령사회를 눈앞에 두고 있으며 이에 따라 목조건축의 최대 사용자이자 수요자가 될 노인층의 신체적 · 정서적 특성을 고려한 설계기법, 무장애 설계를 목조건축에 적용하는 기법이 개발되어야 함.
- 저에너지 설계로 건축비와 유지관리비를 합한 총비용이 절감되는 목조건축 설계기술을 개발하여야 함.

다. 시공유지관리기술 분야의 국내 기술 동향 분석

□ 경골 목조 건축공법

- 전통 한옥 건축 공법은 가구식 목구조로서 굵은 기둥과 보가 주택의 주요 구조부를 이루며 외력을 지지하는 방식으로 구성됨. 따라서, 양질의 대경목이 다량으로 필요하며 우수한 목공인력의 투입이 요구됨. 이는 경제적 관점에서 콘크리트나 다른 구조와는 경쟁력이 없으며 현재 건축 시장에서는 절이나 국가 문화재와 같은 특수한 경우를 제외하고는 거의 시공되지 못하는 실정임.
- 경골 목조 건축공법은 규격화된 작은 치수의 목재와 구조용 판재가 활용되며 구조부의 공장제작 및 현장 조립에 의한 조립식 공법이 가능하기 때문에 재료비와 인건비의 절감을 통하여 경쟁력을 가질 수 있음. 그러나, 국내에 보급된 지 얼마 되지 않았기 때문에 아직 시공 기술 수준이 초보적인 단계이며 자재의 해외 의존도는 매우 높은 실정임.

□ 한 그린 목조주택

- 국립 산립 과학원에서는 국산재를 고부부가가치 용도로 대량 이용하고, 전통한옥의 목구조를 계승하며, 공업화 건축 부재가공 기술인 프리커트 공법으로 가격 경쟁력을 갖춘 목조건축 시공기술의 개발과 보급에 나서고 있음.
- 그 노력의 일환으로 2006년 말 '테스트 하우스'를 준공한데 이어 2008년 포천시 국립산림과학원 산림 생산기술 연구소에 한국형 목조주택 '한 그린'을 2층의 목조 단독주택으로 축조 실연함.
- 한 그린 목조주택 연구로 친환경 황토 마감재가 개발됨. 황토마감재는 친환

경 건축자재 단체 품질인증의 최우수 등급 수준을 만족하며 황토는 백토와의 혼합비에 따라 다양한 색상 연출이 가능하며 다양하고 아름다운 무늬를 표한할 수 있음. 황토 마감재 제조기술은 업체 기술이전을 통하여 현재 실용단계에 있음.

- 주택에서 요구되는 단열성능 확보를 위해 복합패널에 내화보드 (석고보드 또는 마그네슘보드)를 덧붙여 하이브리드 복합패널 벽체 시공기술을 개발함.
- 한 그린 고유 모델은 세 가지 유형으로 개발되었으며 전통 치수를 적용한 프리커트 국산재 가구식 목구조에 기초하여 구조부재, 창, 문, 덧지붕 등에 규격화설계 기법을 적용함. 또한 황토 마감재, 목패널 등 다양한 친환경 자재를 사용하고 벽체, 지붕 및 앙에서의 에너지 효율성 향상 기술을 도입함.

□ 목조 건축 유지 관리 기술 개발

- 국립산림과학원(이동흡, 황원중, 김외정)에서는 목조문화재 등의 복원이나 한옥건축물 등의 구조물을 시공함에 있어, 해당 구조물에 소요되는 구성품에 RFID태그(Tag)를 부착하고, RFID리더(Reader)를 통해 이를 감지하여, 해당 구성품에 대한 정보, 특히 목재의 수종, 옹이, 둥근모 등의 재질과 크기, 형상, 강도, 연륜폭, 원산지(생산지), 건조 등의 가공과정, 운송, 시공과정에 대한 이력정보를 확인하여 통합관리할 수 있는 기술로 해당 구조물에 대한 3차원 이미지와 축조 및 복원 등의 이력정보를 바탕으로, 다양한 입체영상화가 가능하며, 해당 구조물의 복원 및 목재에 대한 관리의 용이성이 향상됨은 물론, 구조물 및 목재의 유지관리시스템의 자동화가 가능하도록 하여 목조건출물의 안전성 및 신뢰성을 향상시킬 수 있는 기술을 개발 특허출원(건축용 목재 이력 관리 방법 및 시스템, 2009.08.17)하였음.
- 국립산림과학원(이동흡, 이명재, 손동원)에서는 방부처리 단판을 이용하여 아웃도어용 방부처리 합판을 데크상판으로 이용하는 기술을 개발하여 특허등록함. 실내사용 용도로 마루장선 또는 멍애, 결로가 우려되는 곳의 마루판, 공공시설물의 마루판, 역사 및 터미날의 프레트폼, 목교의 상판, 에스프라나데(esplanade)용으로 이용가능하며, 구조용 합판, 건축외장 및 바닥재로도 이용이 가능함.
- 국립산림과학원(이동흡, 서진석, 황원중, 김외정)에서는 건축재의 기둥으로 주로 사용되는 소나무 원목은 대경재나 특대재로 일반 목재보다 훨씬 고가로 거래되지만, 희소하기 때문에 구입에 어려움이 있으므로 폭이 좁은 단판(베니어)에 방부처리 또는 난연처리를 하고, 단판을 재봉하여 길게 연결이 되도록 한 후, 접착제를 도포하여 단판의 목리가 목재조직과 유사하게 교차하도록 원형으로 적층한 원통기둥재를 개발하여 특허 등록(원통형 단판

적층재의 제조방법 및 제조장치, 2012.05.21)함.

- 국립산림과학원(이동흡, 손동원, 김외정)에서는 원주목에서 목재방부제의 주입이 어려운 난주입 수종 또는 심재부분의 내부까지 골고루 방부제의 약액 주입을 용이하게 촉진하기 위하여 고함수율 상태인 생재를 축으로 연결된 반호상태 롤러로 원주목 외측으로부터 재면 전체에 압력을 고르게 가하여 일시적으로 목재의 단면적이 수축되면서 발생하는 수축변형인 물리적인 힘에 의해 목재 내부의 조직을 순간적으로 파괴하고, 다시 원상으로 회복시키는 과정을 통해 목재 조직의 통도기능을 향상시켜 방부제의 주입을 촉진하는 방법을 개발하여 특허 등록(생원목의 압축가공 방부처리 방법 특허 제10-909666호, 2009.07.21)함. 이 방법은 서까래 등의 생원목의 방부처리에 유용하게 활용할 수 있음.

□ 목조 건축의 LCC기반 $LCCO_2$ 관리 기술 개발

- 현재 $LCCO_2$를 고려하여 LCC를 산정한 연구들은 건물의 생애주기가 아닌 건축물 부위별 또는 특정한 단계에만 적용하여 수행됨. 또한, 목조 건축물에 초점을 맞추어 수행된 연구는 없는 실정임.

- Hong et al. (2011)은 여러 타입의 green roof를 설치했을 시 타입별로 LCC 비용과 CO_2 배출량을 분석함. Pack and Hong (2010)은 쇼핑몰의 유지관리 단계에서 고려되는 자재들의 $LCCO_2$를 분석하고 LCC를 산정함. An et al. (2011)은 공원시설의 LCC 및 $LCCO_2$를 분석하여 경제적인 계획방안을 제시함. Nagano et al (2006)은 지열펌프의 LCC 및 $LCCO_2$를 분석하여 기존의 기름 보일러와 비교함. Dosho (2007) Concrete waste 재활용 시스템을 개발하여 LCC 및 $LCCO_2$를 분석함.

- $LCCO_2$ 원단위 산정 연구들은 건축 자재들에 초점을 맞추었으나 목조 건축부재에 대하여는 아직 CO_2원단위에 대하여 산정된 바가 없음.

- Kim et al. (2004)는 지정공사, 흙막이 공사, 거푸집공사에 사용되는 투입 자원을 분석하여 CO_2 배출량을 공법별 원단위로 작성하였음. Lee and Yang (2009)은 산업연관분석법을 이용하여 주요 건축자재들(합성수지 제품, 시멘트, 형강, 철근 및 봉강 등)의 에너지 소비와 CO_2 배출원단위를 산정함. Han (2011) 시공단계에서 공법에 따른 투입자원 (자재 및 장비)의 CO_2 배출량에 대하여 원단위를 작성함. 이와 같이 현재, 건설산업에서 $LCCO_2$ 원단위 DB구축 및 산정에 대하여 연구들이 진행되었지만 건설 생애주기 단계에서 CO_2 감축 및 LCC 절감 건설관리를 위한 시스템에 대한 연구는 부족함.

- 건축물의 LCA를 위한 원단위 작성 및 프로그램 개발 연구 (건기연 2004)

에서는 건축물 생애주기 단계별 CO_2 원단위 산출을 위한 DB를 구축함. 또한, 건설부분의 LCA 활용방안에 관한 연구 (건기연 2003)에서는 도로사업을 중심으로 DB를 구축하였음. 그러나 목조 건축물의 자재 및 부재에 대하여 CO_2 원단위는 포함하지 않고 있음.

□ 시공유지관리기술 분야 연구개발 수요

- 우리의 주택건축은 세계의 선진제국 중에서 극히 단명한 것으로 알려져 있음. 모든 주택을 지금 상태로 교체 건축한다면 소요되는 연수를 계산한 UN의 통계자료를 보면, 영국이 141년, 미국이 103년, 프랑스가 86년, 독일이 79년, 일본이 30년임. 우리나라의 통계자료는 명확하지 않지만 25년 정도로 추정됨. 목조뿐만 아니라 모든 주택이 압도적으로 단명한 것은 유지관리 기술의 미비와 관련이 있음. 따라서 목조건축의 유지관리 기술을 확보하는 중요함.

- 국내에서 목조주택 거주자가 불편을 겪는 이유 가운데 하나는 유지관리 및 점검 등을 전문으로 하는 업종이 거의 전무하며, 여기에 점검방법이 비계량화되어 있기 때문임. 따라서 신축건축도 중요하지만, 기존주택의 내구성을 확보하는 수단을 강구하는 것이 시급함. 또 목조주택의 생물열화 진단기술을 체계적이고 과학적으로 해결하기 위하여 이 분야의 전문가 풀을 가동하여 기술을 개발하고 매뉴얼을 개발하는 연구가 필요함.

- 줄기초나 온통기초 벽 부분은 바닥공간을 폐쇄하므로 바닥에는 습기가 차기 쉽고 그것을 건조하기 어려움. 이것이 목재의 생물열화를 일으키기 쉽도록 하므로 기초 벽을 세울 때는 반드시 환기구를 설치하여야 함.

- 우리나라는 온돌을 설치하기 위하여 건식의 공법을 주로 채택하고 있으며, 이로 인한 바닥의 환기불량으로 결로 발생이 많고, 바닥과 접하는 목부재 및 토대 등에서 흰개미 등의 피해와 썩는 현상이 발생하여 유지관리에 문제점이 노출되고 있음. 줄기초나 온통기초 위에 점검구나 환기구를 설치하고 주기적으로 점검이 필요하나, 현행 습식공법에서는 이러한 시공에 어려움이 있음. 이를 극복할 수 있는 건식공법의 도입을 목조건축의 유지관리 차원에서 종합적으로 점검할 필요가 있음. 참고로, 일본의 경우 기초 콘크리트의 높이를 60cm로 하고 기초구간 사이를 점검할 수 있는 점검구를 두고 있음.

- 우리나라에서는 가구식을 외부로 노출시키는 공법을 주로 선택하고 있으나, 목재가 외부로 노출되면 아무리 건조가 잘 된 목재라고 하여도 점진적으로 수축이 일어나 틈새가 발생함. 따라서 가구식의 노출형구법과 밀폐형구법에 대한 비교 점검이 필요하며, 특히 각각의 상태에서 구체의 열화구조에 대

한 연구가 장차 장수명 목조주택의 선택에서 매우 중요함.

■ 한편 가구식 공법을 지향할 경우 기둥을 외부로 노출시키지 않는 대벽면구법이나 목질패널구법을 적용하는 것에 대해서도 점검이 필요함. 이는 친환경건축 평가의 기준이 되는 단열성과 밀접한 관련이 있으므로 연구과제를 통해서 심도있게 연구될 필요가 있음

라. 녹색기술 분야의 국내 기술 동향 분석[16)]

□ 정부는 2009년 1월 녹색기술 연구개발 종합대책을 발표하면서 27대 중점 녹색 기술을 선정하였으며, 같은 해 5월에 구체적인 개발 전략로드맵을 제시하고 추진 중임. 그중 친환경 저에너지 건축기술은 다음과 같음

[표 10] 친환경 저에너지 건축기술

건물에너지 효율 부문	· 건축물의 외피 단열 및 기밀, 채광, 자연환기 성능 향상 기술 · 건물 냉난방 공조 및 기계 환기, 열교환 시스템의 효율 향상 기술
신재생에너지 건물 융합 기술부문	· 태양열, 태양전지, 지열 등 신재생에너지의 건물 적용 기술
친환경 저에너지 건축자재 부문	· 환경부하 및 오염 배출이 적은 건축자재 및 생산기술 · 에너지절감 건축 신소재 기술 · 탄소 원단위가 낮은 건축자재 및 생산기술
건물 에너지 제어 및 관리를 위한 IT 융복합 기술 부문	· 건물에너지/환경 수요예측 기술 · 에너지 인지 기반 건물 에너지설계 및 관리 시스템 기술 · 친환경/에너지 센서 기술 · 건물 공간 지능화/네트워크 기술 · 건물 에너지 서비스 프레임워크 기술
에너지 자립형 건물 구현기술 부문	· 그린빌딩, 그린홈 구현 설계 및 시공기술 · 건물기술과 에너지기술의 모듈화 및 융복합 기술

□ 고효율 외피시스템 및 공조시스템 기술 동향

■ 고효율 외피시스템의 경우, 국내의 가격 경쟁력은 매우 높은 편이나, 국

16) 관련 자료 및 BiR, 전게서, pp.106~107을 참조하여 재정리함

산화율은 75% 정도이며, 고효율 외피시스템 융복합 기술은 아직 미흡한 수준임

■ KCC, LG하우시스, 벽산, 한국유리 등 국내 건축자재 업체들이 진공유리, 고성능 창호, 진공 단열재 등 고성능 외피 자재 개발에 주력 중이며, 한국건설기술연구원 등의 연구기관에서도 고효율 외피기술, 고성능 단열재 등을 개발 중임

■ 현재, 1W/m2K급 고단열 창호의 생산이 가능하며, 고밀도 단열재 양산체재를 갖추고 있으나 핵심기술은 선진국으로부터의 수입에 많은 부분을 의존하고 있으며, 진공 단열재와 에어로젤,(Aerogel), 흄드 실리카(Fumed Silica) 등 신소재 단열재는 현저한 기술수준 차이가 있음

■ 건물에서의 공기조화기, 냉동기, 보일러 등과 같은 열원 및 설비의 효율 향상을 위한 기술은 지속적으로 발전되어 오고 있으며, 주요 선진국에 대비하여 70%의 기술 경쟁력과 가격 경쟁력을 지니고 있음

■ 열교환 소재 및 모듈 개발 등 열교환기 및 환기 효율 향상 관련 기술은 최근 고효율 외피시스템 및 공조시스템과의 융복합 기술 형태로 개발되고 있으며, 주요 선진국에 대비하여 70%의 기술 경쟁력과 가격 경쟁력을 지니고 있음

□ 신재생에너지 건물 융합 기술 동향

■ 태양광, 태양열 설비의 건축물 융합 기술, 히트 펌프 등과 연계한 지열활용 기술, 연료전지의 컴팩트화 및 건물 열원설비 연계기술은 원천기술의 국산화가 낮은 특성을 지니나, 최근 신재생에너지 기술개발의 필요성과 함께 국가 중심의 연구개발 지원 투자와 보급사업을 추진함에 따라 향후 시장수요가 급증할 것으로 전망함

■ LG전자, KPE, 현대중공업, 신성이엔지, 미리넷솔라, STX솔라, 한화솔라원, OCI 등의 기업에서 주로 결정질 실리콘 태양전지 및 모듈을 중심으로 활발하게 생산하고 있으며, 소재(폴리실리콘), 잉곳 및 웨이퍼, 태양전지 셀 및 모듈, 태양광발전 시스템, 관련 장비 분야에서 지속적인 발전을 이루고 있음

■ 우리나라는 2000년 이후 지열 히트펌프를 활용한 건물 냉난방 시스템의 실증과 지중열교환기 성능 확보를 위한 연구에 많은 투자가 있었고, 이를 통해 초기 투자비 절감을 위한 히트펌프의 성능 향상 및 현장타설 말뚝형 지중열교환기, 3-pipe U-tube 지중 열교환기, 하이브리드 시스템 등 다양한 기술개발을 수행해 오고 있음. 신뢰성 향상, 효율 향상, 초기 투자비 절감을 위해 현지 지중열전도도 측정기 기술개발 및 최적 설계 기술을 확보하고, 대규모 보급을 위한 공동주택용 지열 냉난방 시스템 기술 개발을 진행 중임.[17] 지열시스템의 경우 지중열교환기와 지열 히트펌프가 핵심인데, 지열 냉난방 시스템 설계기술과 제작 및 생산 기술의 국산화율은 60%에 머무르고 있음.

□ 건물에너지 제어/관리 융복합 기술

■ 건물에너지 수요 예측, 건물에너지 설계 및 관리 시스템의 기술수준은 최고기술국 대비 70%이며, 건물에너지 통합 운영시스템의 경우, 최근 기술개발에 박차를 가하고 있음. BEMS의 경우 일부 국산화를 시도하였고, 부분적으로 건물에 시범 운영하는 수준임

□ 국내 주요 기업 및 연구기관의 주요 기술개발 및 사업화 활동은 표11과 같음[18]

[표 11] 국내 주요기업 동향 및 전략

주요기업	주요 기술개발 및 사업화 활동
대림산업	· 저에너지 주택인 3L 하우스 모델 주택을 국내 최초로 가시화 · 저에너지 친환경 공동주택 개발을 전략적 사업으로 설정 추진 중
삼성건설	· 제로에너지 시범주택을 건립중이며, 최고수준의 국제전문가와 연계한 저탄소 건축사업을 기획 · 향후 국내 최고 수준의 저탄소 친환경 주택건설업체를 목표로 연구기능 및 사업영역 확대를 도모
벽산, KCC, LG화학, 한국유리 등	· 친환경 자재 산업에 주력하여 벽지, 페인트 바닥재 등 상품화 · 저탄소 녹색성장에 대응전략을 수립하고 있으며, 고효율 창호, 진공단열재 등 고성능 자재 개발에 주력 중 · 진공유리, 진공단열재, 고성능 창호 시스템 기술개발 · 저탄소 건축자재 및 재생기술 개발, 친환경 건축자개 기술개발

17) 에너지관리공단 신재생에너지센터 지열 관련 자료 참조하여 재정리함
18) BiR, 전게서, 2011

한국건설기술연구원 등	· **고효율 외피 기술, 고단열재 개발** · **고효율 창문, 문 등 건축 자재의 효율향상 기술** · **친환경 저에너지 관련 정책 및 제도 개발** · **고효율 설비 기술 개발**
에너지기술연구원등	· **태양열, 태양광, 풍력, 부산물에너지 자원화기술 개발** · **태양열, 태양광, 풍력, 부산물에너지 자원화기술 및 산업화 보급을 위한 기반기술 개발**
국립농업학원 등	· **지열이용 농업시설 냉난방기술 개발 실용화 보급** · **태양열, 수열, 연료전지 등 신재생에너지의 농업시설 이용을 위한 기반 기술 개발**

□ 녹색기술 분야 연구개발 수요

■ 건축물의 외피부하 저감을 위해 고단열 고기밀 벽체 및 창호 등에 대한 수요가 증가하고 있으며, 특히 창호의 경우 에너지소비효율등급제도의 도입으로 고단열, 고기밀 창호에 대한 다양한 기술개발과 수요가 증가

■ 목조건축에는 폴리우레탄폼 단열재, 글라스울 등이 주로 사용되어 왔으며, 최근에는 셀룰로오스 단열재나 진공 단열재가 시공된 예도 있음. 다만, 목조건축 부재 특성과 우리나라 기후에 최적화된 친환경 고성능 단열재의 개발 및 적용은 아직 미흡한 상태임

■ 국내 주거용 건물의 경우, 온돌난방 시스템이 특화 기술로 상용화되고 있으며, 이러한 기술은 중국을 포함한 아시아 시장과 동일 기후대의 주요 선진국에 보급 가능성이 높은 것으로 전망되므로, 목조건축에 최적화된 복사냉난방시스템의 연구개발이 필요함

■ 건물의 열원 및 설비부문은 최근 권장제도인 고효율에너지기자재인증제도에서 의무화 제도인 에너지소비효율등급제로 전환되고 있으므로 기존 대비 효율 향상 기술 및 제품에 대한 수요가 증가할 것으로 전망되며, 목조건축에 최적화된 고효율 설비시스템의 개발이 요구됨

■ 열교환기 및 환기 효율 향상 기술은 최근 고효율 외피시스템 및 공조시스템과의 융복합 기술 형태로 개발되고 있으며, 실내 공기질 향상에 대한 시장요청 및 정부 규제로 인해 수요가 급증할 것으로 예상되나, 목

조건축 특성을 고려한 융복합 공조시스템의 개발이 미흡한 상태이므로, 목조건축에 적합한 고효율 융복합 공조시스템 개발이 요구됨

■ 건물 일체형 태양광 발전(BIPV)의 경우, 각종 인센티브와 의무화 규정에 의해 공동주택과 공공건축물을 대상으로 급속히 수요가 증가하고 있으나 아직까지 대부분의 경우가 지지대를 이용해 건물 옥상에 거치시키는 형태의 불완전한 형태로 적용되고 있으며, 이는 건물 외장재로 적용할 만한 다양한 제품의 BIPV 모듈이 개발되지 않고 있기 때문임.

■ 지열 냉난방시스템의 경우, 대규모 실용화 단계에 진입하기 위해, 초기 투자비 절감기술 개발과 지열 자원에 대한 국가적 차원의 종합적인 정보네트워크 DB구축이 필요함. 현재 일부 국내업체에서 열펌프 유닛을 제작하고 있으나, 열펌프 유닛의 핵심부품(압축기)의 경우 외산이 거의 대부분을 차지하고 있어, 국내의 지질 및 기후조건, 시공조건 등을 고려한 장비와 설계공법의 국산화가 필요. 또한, 열교환기/밸브·순환펌프·지중열교환기 소재 및 굴착 장비·시스템 제어장비 산업의 기술력 향상 및 수입의존도 개선 필요

■ 또한, 주택용 소형 지열 시스템에 대한 소비자 만족도가 크고 수요가 급증하고 있어 국내 지열 시스템 생산업체들은 3~5RT의 가정용 설비 개발 및 보급에 힘쓰고 있음.

■ 건물에너지 제어 및 관리를 위한 IT 융복합 기술은 현재 에너지다소비형 건물에 대한 에너지절감이 강화되고 있기 때문에 건물 에너지/환경 수요예측 기술, 에너지 인지 기반 건물 에너지 설계 시스템 및 관리 시스템 기술, 친환경/에너지 센서 기술, 건물 에너지 서비스 프레임 워크 기술 등의 연구개발이 추진 중임

마. 산업화 기술기반 분야의 국내 기술 동향 분석

□ 목조건축 관련 DB 및 표준화 기술 동향

■ 소방방재청은 숭례문 화재사고를 계기로 2008년도에 화재진압 자료로 활용하고 소중한 문화유산을 보호하고자 전국 목조건축 문화재의 도면 등을 DB화하고 주요 문화재에 대해서는 시범적으로 3차원 입체도면(GIS)을 제작.

■ 국내의 경우도 전자정부구축에 따른 DB구축기술은 상당 수준에 이르렀으며, ERP, CRM, PMIS등 시장요구에 부응하는 다양한 개념의 문서, 사진, 동영상 및 3차원 형상을 DB화하여 활용하는 등의 기반기술이 발전하고 있음.

■ 현대건축부분의 설계사 및 시공사 중심으로 도면관리 시스템, PMIS 도입 등 활발한 활동에도 불구하고 시장이 작은 목조건축의 경우 해당 설계, 시공, 가공에 종사하는 관계자가 현대건축에 비해 상대적으로 영세하여 민간인 주도의 폐쇄적 DB가 구축되어 공동활용 및 체계적인 DB의 구축과 시스템 정립을 하지 못하고 있는 실정.

■ 목조건축물의 품질확보를 위해서는 사용되는 각각의 재료에 대한 품질관리를 위한 품질기준이 요구되며 목재의 경우 한국산업규격과 국립산림과학원 고시로 품질기준 및 시험방법이 정해져 있지만, 현 기준을 목조건축 부재에 직접 적용하기는 어려움.

■ 목조건축을 포함한 다층 건축물의 바닥충격음, 특히 중량충격음 차단 성능에 대한 국제적 기준의 제정이 추진되고 있으며 국내에서도 합리적 기준 마련을 위한 연구가 시도되고 있음.

■ 건축경기의 침체와 법 제도가 미비함에도 불구하고, 목조 건축물은 지속적으로 증가하는 추세로 2001년 890동에서 2010년 약 9500동으로 시장규모가 10배 증가하여 향후 목조 주택 시장은 웰빙 및 친환경에 대한 소비자들의 요구에 의해 지속적으로 성장할 것으로 예상됨.

■ 목재관련 한국산업규격(KS) - 총 67개

표준번호	표준명	제정/개정일
KS B 0117	목재 가공 기계의 명칭에 관한 용어	1978/12/28
KS B 4064	목재 가공 기계의 시험 방법 통칙	1977/08/23
KS B 4071	띠톱 기계·목재 이송 바퀴의 시험 및 검사 방법	2001/12/07
KS B 4091	목재 가공 기계의 소음 측정 방법	2007/10/05
KS B 4093	목재 가공 기계의 안전 통칙	2005/12/20
KS B 4095	제재용 기계 띠톱용 목재 이송차 정밀도 검사 방법	1974/12/05
KS E 2803	목재 지보	2004/09/07
KS F 1519	목재의 제재 치수	2004/12/04
KS F 1551	목재 관련 용어 - 목재의 성질 및 결점	2010/10/18
KS F 1552	목재표준용어-목조건축	2007/12/26
KS F 1553	목재표준용어-원목과 제재목	2001/05/04
KS F 1554	목재표준용어-목구조용 철물	2001/05/04
KS F 1555	목재 표준 용어 - 목재 접착 및 합판	2007/11/20
KS F 1556	목재 표준 용어 - 목재의 방부 및 방충처리	2007/11/30
KS F 1557	목재 표준 용어 - 공학목재	2003/10/13
KS F 2155	방부처리 목재의 약제 흡수량 측정방법	2009/12/30
KS F 2156	목재 및 목질제품의 지압시험방법	2007/11/20
KS F 2160	접착 목재 제품의 침지 박리 시험방법	2008/12/30
KS F 2161	치장 목재 제품의 표면 갈라짐 저항 시험방법	2003/10/13
KS F 2162	구조용 목재의 허용응력 조정계수	2004/12/04
KS F 2198	목재의 밀도 및 비중 측정방법	2001/05/04
KS F 2199	목재의 함수율 측정방법	2001/05/04
KS F 2201	목재의 시험 방법 통칙	2001/05/04
KS F 2202	목재의 평균 나이테 나비 측정 방법	2001/05/04
KS F 2203	목재의 수축률 시험 방법	2004/12/27
KS F 2204	목재의 흡수량 측정 방법	1999/11/01
KS F 2205	목재의 흡습성 시험 방법	2004/06/12
KS F 2206	목재의 압축 시험 방법	2004/06/12
KS F 2207	목재의 인장 시험 방법	2004/06/12
KS F 2208	목재의 휨 시험 방법	2004/06/12
KS F 2209	목재의 전단 시험 방법	2004/06/12
KS F 2210	목재의 갈라짐 시험 방법	2004/06/12
KS F 2211	목재의 충격 휨 시험 방법	2004/06/12
KS F 2212	목재의 경도 시험 방법	2004/06/12
KS F 2213	목재의 내후성 시험 방법	2004/06/12
KS F 2215	목재의 마모 시험 방법	2009/12/10
KS F 2219	목재의 가압식 방부 처리 방법	2008/12/30

2. 해외 기술 동향 분석

가. 전반적 동향

□ 목재 이용 선진국의 경우 다양한 방법을 적용한 목재 건조에 관한 연구가 광범위하게 수행되어 왔음. 주요 목재 수종에 대해서는 용도와 치수에 따라 적합한 건조 방식과 건조 스케줄이 개발되어 산업에서 활용되고 있음.

□ 세계적으로 건축물의 내화설계 기준은 기존의 규정적 설계법에서 성능에 기초한 설계법으로 전환되고 있는 추세임. 목조건축 분야의 연구도 개별 국가의 기준에 적합한 다층 목조건축물 적용을 위한 내화성능 확보를 위해 수행되고 있음. 목조건축을 포함한 다층 건축물의 바닥충격음, 특히 중량충격음 차단 성능에 대한 국제적 기준의 제정이 추진되고 있으며, 국내에서도 합리적 기준과 향상기술 개발 연구가 시도되고 있음

□ 목재 자원의 효율적인 이용을 위한 혁신적인 공학목재 개발로부터 접합부의 개선, 환경친화성 구명, 구조물의 안전성 기준 개발, 새로운 구조시스템 개발 등 이른바 공업화 건축을 지향한 가구식 목구조 목조건축 기술 발전을 위한 전방위적인 연구를 추진하고 있음.

□ 표 12는 국외 LCA DB 프로그램 현황을 나타냄. 일본의 경우, 1999년 '건물의 LCA지침(안)-지구온난화방지를 위한 $LCCO_2$을 중심으로'를 발표한 이래로 일본 건축학회는 생애주기 각 단계별로 건설 산업으로부터 다양한 제품과 서비스가 투입되기 때문에 이것을 전부 포괄할 수 있는 LCA 프로그램을 구축하는 것은 어렵다는 판단 하에 꾸준히 연구를 진행하고 있음.

□미국의 경우, 1994년 BEES (Buildings for Environmental and Economic Sustainability) 프로그램을 NIST에서 개발함. BEES는 건축물의 환경성, 경제적 성능을 고려할 수 있도록 제안되었으며 의사결정을 위한 지원도구 개발을 위해 지속적으로 연구가 진행되고 있음.

[표 12] 국외 LCA DB 프로그램 현황

	AIJ LCA	BEES	LCA-MCDM	GB Tool
개발국	일본	미국	국제에너지기구	캐나다
대상	사무소	공공기관	사무소	사무소, 학교
평가항목	· CO2 배출량 · 에너지사용량 · SOx 배출량 · NOx 배출량 · 투입 비용	· 환경적성능 · 경제적성능 · 종합성능평가	· 환경부하요소 · 건축미학요소 · 건축환경요소 · 건축기능요소	· 환경부하 · 실내환경의 질 · 서비스의 질 · 경제성 · 교통시설
평가단계	계획/설계	계획/설계	계획/설계	계획/설계
평가방법	산업연관표이용	누적법 이용	기준안에 대한 가중치 반영	LCA에 의한 결과
기관	일본건축학회	NIST	IEA	NRC

* 한국건설기술연구원 (2004) 건축물의 LCA를 위한 원단위 작성 및 프로그램 개발 연구 참조.

□ 국제에너지기구에서는 LCA-MCDM (Multi Criteria Decision Making)이라는 LCA프로그램을 개발하였으며 LCA-MCDM은 제반 환경 요인(환경부하, 건축미학, 건축환경, 건축기능 요소등)에 의한 영향을 수치적 또는 그림으로 비교할 수 있은 도구임. 캐나다의 NRC (National Resource Canada)에서 개발된 GB Tool은 그린빌딩의 성능인증을 위한 객관적 평가도구로 개발됨.

나. 일본의 기술 동향 분석

□ 기획연구진은 2012년 1월 19일 미야자키의 '목재이용기술센터'를 방문하여 간담회를 가졌음. 이때 목재이용기술센터의 이이무라 유타카(飯村豊)는 일본 목조건축의 발전을 다음과 같이 3단계로 정리함.

□ 30년 전 민간 중심으로 해외에서 재료와 기술을 함께 도입함으로써 일본 목조건축이 시작됨. 해외기술을 재료와 함께 도입함으로써 초기에 목조건축의 가격을 낮추었고 점차 국내 비율을 높여감. 최근에는 콘크리트와 철재를 목재와 혼용함으로써 목재의 성능을 극대화하고 있음. 그리고 그간 법률을 정비하였고 현재는 재료 수입을 제한하고 있는 상황임.

■ 첫 10년: 미 집성재 수입 (소장 주도)

- 국가가 민간의 활동 지원, 일반적이지 않은 목조건축물에 대한 사회적 관심을 끌기 위한 것
- 각 지역에 심볼 목조건축 실현: 스포츠 시설(목조 돔 탄생), 공공시설

■ 다음 10년: 국내 자원 사용, 해외기술 적용

- 북미산 미송 수입 → 일 낙엽송(북부) → 공공시설에 적용
- (임야청 지원으로) 일본산 재료 사용은 북부부터

■ 최근 10년: 낙엽송에서 삼나무 사용 (낙엽송 변화) → 목재이용기술센터 건립
- 미송 → 국산 낙엽송 → 국산 삼나무 → 목재상 → 건축사
- 산림자원 사용 기술 · 산업: 집약화(중국 방식)

□ 일본에서는 검토위원회를 구성하여 산림 자원을 건물로 조합하고 유지 관리하는 기술(사람)로 발전시킴. 이이무라 소장은 사례를 통해 드러난 약점을 보완할 수 있기 때문에 국가 주도로 목조건축물의 사례를 구축하는 사업이 중요하다고 강조함. 그런 예로 대형 야구연습장인 미야자끼의 기노하라 돔을 들고 있음. 비중이 낮고 약한 것으로 인식되었던 삼나무를 사용한 이 구조물을 통해 삼나무로 대형 구조물을 건축할 수 있는 가능성을 확인시켜 준 사례임. 또한 지역재료인 삼나무를 사용한 목교(木橋)를 통해 삼나무가 잘 썩는 재료라는 우려를 해소하였음.

□ 일본에서는 전후 복구 과정에 대목이 많은 역할을 했고 그들로부터 일본 목조건축이 활성화되기 시작함. 그러나 대목이 건축가의 의견을 수용하지 않음으로써 대목은 목조건축의 근대화를 지연시키는 요인이기도 하였음. 대목과 건축가의 두 그룹은 집성재를 사용하는 것으로 서로 만났으며, 목재이용기술센터의 건물이 그런 사례임.

□ 재래공법을 개량한 목조축조공법의 개발로 목조건축 시장을 크게 활성화함. 특히, 기계프리커트 부재가공 시스템을 통해 접합부를 제조할 수 있도록 전통 접합부를 개량하였으며, 개량된 접합부에 대한 다양한 강도시험을 수행한 후 구조적으로 안전한 건물의 시공이 가능하게 되었음. 이에 따라 재래공법보다는 지진 저항성능이 월등히 우수하고 시공비용이 저렴한 목조축조공법이 개발됨.

□ 목조주택의 주거성에 대한 다년간의 연구를 통해 그 우수성을 입증하는 결과물들이 제시되고 있음. 강도가 약한 삼나무를 이용한 돔구장을 비롯한 대형 목조건축물의 시공이 진행되고 있음.

- 일본산 목재의 이용 확대를 위한 목표를 설정하고 다양한 이용 기술 개발을 위한 연구개발에 집중함으로써, 일본산 목재이용 기술의 발달을 추진함과 동시에 일본산 목재를 이용한 목조건축물의 시범 시공과 전시를 통해 일본의 목재이용 기술을 세계에 홍보하는 계기를 마련하고 있음
- 특히 강한 지진이 빈번하게 발생하는 지역적인 특색을 안고 있는 일본에서는 충격흡수 성능과 탄성이 좋은 목재의 이용이 지진에 잘 저항한다는 점을 이용하기 위한 체계적인 연구 및 실용화를 추진하고 있음
- 2010년 5월 공공건축물에 대한 목재이용촉진법이 제정되면서 3층 이하 공공건축물을 목구조로 의무화함으로써 목재이용 촉진을 위한 제도적 기반을 확립하였음

□ 2008년도에는 일본 방재과학연구소에서 7층 규모의 실대 목조건축물에 대한 진동대 시험을 통하여 내진성능의 우수성과 아울러 내화성능을 구명하여 중층 목조건축물의 확산을 주도함으로써, 대형 목조건축물이 전시장이나 대형 시설, 아파트, 기숙사, 학교 등 지가가 높은 런던 등 대도시에도 목조건축물을 보급하며 건축문화의 변화를 주도해가고 있음.

□ 2000년에 개정 건축기준법의 시행령이 시행되어 「주택의 품질확보의 촉진 등에 관한 법률」 일명 〈품확법(品確法)〉이 등장함. 이로 인해 목조의 구조계산의 틀이 정비되었으며, 「시방규정」의 충실도 꾀하게 되었다. 건축기준법의 개정에 따라 ①기초의 시방, ②가새 접합부의 시방, ③주두, 주각 접합의 시방, ④내력벽의 편심에 대한 시방이 포함되었으며, 품확법에 따라서 ①잡벽을 고려한 신벽량 규정, ②내력벽선간 거리의 제한, ③바닥배율의 규정, ④접합부 배율의 규정이 추가되어짐.

□ 주택의 단열성능은 열손실계수 Q값(W/㎡K)로 평가하지만, 1980년 일본에서 처음으로 제정된 생에너지 기준(구 기준), 1992년의 「신 생에너지 기준」, 1999년의 「차세대 생에너지 기준」이라고 하는 흐름 속에서 Q값은 순차 내릴 수 있어서 국제수준에 근접해 가고 있음. 또한 2000년의

〈품확법〉에서의 주택성능표시(온열환경)는 등급4, 등급3, 등급2를 각각 차세대 생에너지 절약 기준, 신 생에너지 절약 기준, 구 기준에 대응하여 주택의 품질확보를 촉진시키고 있음.

□ 최근 본격적인 자녀 줄이기·고령화 사회, 인구·세대감소 사회의 도래, 환경 제약의 고조, 국민의 거주 요구의 다양화·고도화 등의 과제에 대응하고, 국민이 참으로 풍부함을 실감할 수 있는 사회를 실현하기 위해서는, 국민 한 사람 한 사람이 일생동안 건강하게 활동적으로 생활할 수 있는 사회, 건강을 증진시키는 것 같은 어메니티(amenity)의 높은 주택환경이 요청되고 있음. 장차 주택산업에 있어서 이노베이션(innovation) 달성을 목표로 하면서, 시장개혁·학술개혁·정책개혁을 목표로 하고, QOL(Quality of Life)의 향상에 의한 육체·정신 및 사회의 활성화에 대하여 연구해 나갈 예정임.

□ 일본의 경우, 근대화과정(개화과정)을 지나면서 서구식 목조주택을 자연스럽게 도입함. 공업화된 자재를 사용하게 된 이후부터 발전하였으며, 1940년대 후반의 축조식, 패널식, 축조패널병용식 등이 일본 공업화주택 및 목조주택발전에 공헌함.

□ 최근에는 완전한 미국식 2×4주택이 상당량 지어지고 있으며 자재들은 캐나다나 미국에서 수입됨. 목조주택은 일본의 상류층을 대변하는 주택형식으로 자리 잡고 있으며 1990년대에 들어서부터 목조 3층 공동주택도 지어지고 있음.

□ 1980년대 당시 구조디자인의 급격한 발전으로 목조 건축의 새로운 전기를 가져옴. 더불어 목조건축을 콘크리트나 스틸 등의 타자재와 혼합구조로 하여 목재가 가지고 있는 고유 단점을 보완하고 강도를 보완함.

□ 에너지 기술혁신 계획인 '쿨 어스(Cool Earth)' 프로그램을 통해 스마트그리드를 구축하고 있음[19)]

- 일부 신재생에너지 시범 마을에 스마트그리드 시스템을 가동하고 있는데, 중앙집중형 태양광 마을인 군마현 팰타운이 대표적임

19) LG경제연구원, 에너지 먹는 하마, 건물을 바꾸자, 2009.를 참조하여 재정리함

□ 온열 배리어 프리 공간을 실현한 고발포 경질 우레탄 ‘아쿠아 폼’[20)]

- 일본에서는 1970년대의 오일쇼크 이후 에너지 문제에 대한 관심이 높아져 정부에 의하여 에너지 절약 기준이 제정. 개정된 최신의 차세대 에너지 절약 기준은 냉난방 소비 약 20%의 에너지 절약을 목표로 하고, 공조 효율이 높은 주택을 만들기 위해 ‘단열’이 주목되고 있음 .
- 목조 주택의 단열 대책으로는 유리 섬유 등의 ‘섬유계 단열재’가 폭넓게 이용되고 있음. 그러나 성형 제품인 ‘섬유계 단열재’의 경우에는 사이에 간격이 생기기 쉬워 충분한 기밀 대책을 세우는 것이 어렵고 내부에 습기가 차기 쉬운 것이 과제이었음. 또 차세대 에너지 절약 기준을 충족시키기 위해서는 단열재가 두꺼워지고 비용이 높아지는 것도 문제이었음 .
- 2009년 4월에는 개정 에너지 절약법이 시행되고 연간 150호 이상의 건설업자에게는 주택의 톱 러너제에 의하여 ‘차세대 에너지 절약 기준 적합’의 단열 수준이 부과됨. 목조 주택에도 금후 성능이 높은 단열 공법의 요구가 높아지고 동방레오는 RC 주택 시장에서 가꾸어 왔던 45년간의 단열 노하우와 공사를 바탕으로 목조 시장에 새롭게 참가하여 고기밀·고단열 주택에 특화한 일본 아쿠아와 업무 제휴를 하고 단열과 기밀을 동시에 할 수 있는 저비용형의 고발포 경질 우레탄 ‘아쿠아 폼’을 발매함
- ‘아쿠아 폼’은 발포 우레탄 폼을 현장에서 스프레이와 같이 분사하여 간극이 없고 기밀성이 높은 공간을 실현한 단열 공법임. 작업이 간단하고 별도의 기밀 공사가 필요 없고 종래의 섬유계 단열재와 비교하여 1.5배 이상의 단열성능과 두께의 슬림화를 실현하고 공사 기간도 종래의 약 1/3로 줄였음. 또 투습성이 낮고 건물을 습기로부터 지킬 수 있음. 소재로 사용된 우레탄 폼은 물과의 화학반응으로 발포되기 때문에 종래 공법과 같이 대체 프론가스를 이용하지 않고 환경도 배려하고 있음

□ 건축물 일체형 태양광 발전시스템을 탑재한 CO_2 오프 주택[21)]

- 세키스이 하우스 주식회사는 2009년 4월 30일 건물 외관의 디자인을 해치지 않으면서 주변과 조화를 이루는 건물 일체형 태양광 발전 시스템을 설

20) http://www.mokuzo-eco.jp/system/aquaform/(KISTI 미리안 『글로벌동향브리핑(GTB)』에서 제공한 내용을 참조하여 재정리)
21) http://www.sekisuihouse.co.jp/company/newsobj1243.html (KISTI 미리안 『글로벌동향브리핑(GTB)』에서 제공한 내용을 참조하여 재정리)

치하여 고품질이면서 경제성이 뛰어난 건축물을 제안하였음.

- 세키스이 하우스는 환경성으로부터 에코 퍼스트 기업으로 인증을 받았으며, 경제성이 우수한 환경 배려형의 철골 및 목조 주택을 설계하였음
- 태양광 발전 시스템의 일체형 철골 주택은 단순한 외관의 2층 건물로 경제성을 고려한 설계로서 코스트 퍼포먼스가 우수함. 또한, 가족과의 시간을 소중하게 생각하는 보육 세대를 위한 가사 동선, 수납, 자연스러운 느낌의 인테리어, 채광과 통풍에 고려한 배치 등 환경을 고려하였음. 바닥면적은 125㎡, 태양광 발전 패널은 3.02kW급을 탑재하였음.
- 목조 주택은 단열성이나 내진성 등의 성능을 유지하면서 태양광 발전 시스템을 건축물에 일체화시킨 것으로 콤팩트하고 쾌적해서 거주할 수 있도록 고려하였음. 총건평 120㎡에 나무의 온기가 느껴지고 자연스러운 느낌의 스타일, 가사 효율을 고려한 배치 등을 고려하였음.
- 이러한 환경 배려형 주택의 특징은 쾌적성, 경제성, 환경성을 총칭하여 고객의 요구사항을 고려한 것임. 또한 통풍이나 햇빛 등이 실내로 잘 유입하도록 공간 설계나 식물을 심어 주위의 자연 환경과 공존하도록 함. 뜰 만들기를 통해 쾌적하면서도 광열비를 줄여 온난화 방지에도 공헌하는 CO_2 오프의 생활을 제안하였음.
- 도쿄 인근의 연면적 155㎡의 2층 주택으로 1980년대에 지어진 종래의 에너지 절약 단열 기준의 목조주택으로 등유 히터로 난방하는 4인 가족의 일반 주택을 대상으로 태양광 발전 시스템(4kW), 차세대 에너지 절약 업그레이드 사양, 고효율 급탕기 에코 큐트, 보온 욕조, 에너지 절약 다기능편좌, LED조명 등을 조합해 광열비를 큰 폭으로 절약하는 이코노미 라이프를 제안하여 종래의 일반적인 주택과 비교하였을 때, CO_2 배출량을 약 81% 더 절약할 수 있었고, 연간의 광열비를 약 244,600엔 절약하였음.
- 참고로, 일반적인 주택의 연간 광열비는 262,500엔, 연간 CO_2 배출량은 4,100kg이었고, 탄소제로 주택 기술을 적용하였을 경우에는 연간 광열비는 17,900엔, 연간 CO_2 배출량은 784kg이었음.

□ 목조 주택, 건축물 등의 정비 추진에 관한 조사, 기술 기반 보고서

- 2009년 6월에 「장기 우량 주택의 보급 촉진에 관한 법률」이 시행되어 목조 건축 보급을 더욱 활성화하였지만 목조 주택의 장기 사용에 기본이 되는 목재, 목질 재료, 접합 부재 (철물 등) 등에 필요한 재료 등의 품질이나 내

구성에 관한 요건이 명확하지 않음. 이에 일본 목재방부 공업조합에서는 기술적인 자료를 수집해 여러 항목에 대하여 검토하여 그 성과를 정리함.

- 내구성 향상 조치로서의 신공법의 건전도 실태 조사 - 현대 목조주택에 적용되고 있는 새로운 공법 (외단열, 고기밀, 고단열, 매트기초, 마루밑.다락(천장과 지붕 사이의 공간) 환기, 벽체 환기, 철물 등)에 관한 실태 조사를 실시해, 내구성능을 검증함으로써 내구성능을 향상시키기 위한 조치 등에 대해 검토함.

- 구조체가 허용 할 수 있는 습윤 상태의 검토 - 구조체 (기둥, 토대, 대들보 등)가 허용 할 수 있는 습윤 상태를 검토하기 위해, 분위기 습도가 주기적으로 변동할 때의 유도기 (Lag phase)와 대수증식기 (Logarithmic growth phase)에서의 노후 진행에 관한 실험을 실시함. 그 결과, 결로나 빗물의 영향이 생기는 부위에서 질소 함유량이 높은 값을 나타냄.

- 접합 철물의 내구성 평가에 관한 검토 - 장기 우량 주택의 접합 철물의 내구성 기준 및 JIS 기준에 반영시키는 것을 목적으로, 목조주택에서의 접합 철물 및 접합 도구의 열화 특성을 명확히 하기 위한 실험을 실시함. 그 결과, 아연 도금계의 철물에 부식이 많이 발생하였음.

- 장기 우량 주택에서의 유지 관리에 관한 검토 - 유지 관리의 기본이 되는 점검의 주기, 부위나 방법의 매뉴얼화에 이바지하는 지식을 체계화하는 것을 목적으로, 건축사무소 및 주택건설업자를 대상으로 한 실태 조사를 실시함. 그 결과, 점검.개수 주기에는 신뢰성 공학의 개념을 도입한 새로운 예방 보전의 검증이 요구되고 있음.

다. 유럽의 기술 동향 분석

□ 유럽의 경우, 석조 건축의 축조시 지탱하는 하부구조로 목구조가 사용되어 과거부터 목조건축 역사가 유구함. 과거 목조의 부족으로 구조기술이 개발되어 근대에 건축목재의 굵기를 반정도로 줄여서 사용하는 하프팀버 시스템(Half-Timber System) 개발됨. 이는 미국의 2×4시스템으로 발전됨.

□ 목조는 16세기부터 19세기까지 부속철물을 이용한 건축의 아치부분 등에 사용되었으며, 20세기부터 접합체를 이용한 집성재의 생산으로 오늘날의 집성재 건축에 이용됨. 이는 1920년대에 미국으로 전래되었음.

□ 목재를 사용한 영국의 고층빌딩[22)]

- 목재 건축물은 시공비용 최소화와 시공 시 탄소발생을 억제하는 것이 가능함. 주로 거주 목적의 십자벽체의 고층건물은 각 구조부재들이 매우 적은 응력을 받게 되어 있음. 벽체와 바닥판은 층간소음이 방지되어 있으며, 온도변화에 효율적으로 부재계획이 되어 있고, 여러 외부하중에 견딜 수 있도록 계획되어 있음

- Murray Grove시의 Stadthaus 아파트는 KLH UK 회사의 개발품인 목재를 가지고 벽체와 바닥판을 시공하였음. 건축계획은 Waugh Thisleton, 구조설계는 Techniker 사가 담당하였음. 이 제품은 원목 전나무 판을 직교형태로 붙인 후 약 60 ton/m^2 의 하중으로 접착시켜 만든 CLT(Cross Laminated Timber) 합판임. 빌딩 건축 재료로서의 이 합판은 습기에 의한 변위를 제거하고, 일반 목재에 비해 강도를 향상시켰음. 운송 가능한 최대 크기의 목재 합판은 2.95m x 16.6m x 0.32m 이고 이를 생산하기 위해 전용 제작공장이 가설되었음. 이 CLT 합판은 최대 무게가 15 ton에 이르나 이 정도의 무게는 일반적인 시공 크레인으로 운용이 가능함. 이 합판들은 마치 카드 집이나 접어놓은 종이등과 같이 상호 지지하는 형태로 배열이 됨. 이 합판들의 연결부는 힘을 분산시키기 위해 경량금속을 사용하여 가능한 한 간단한 형태로 제작함

- Stadthaus 아파트는 총 9개의 층으로 되어 있고, 각 층별로 1~3 개의 침실이 있는 주거공간을 제공하고 있음. 모든 수직하중 및 수평하중을 지지하는 부재는 목재로 되어 있는 벽체와 수직벽으로서 이러한 구조를 통해 목재 빌딩으로서는 최고층을 자랑하고 있음. 기초는 선행 굴착 현장타설 말뚝 기초로서 기초의 직경은 등 단면의 철근콘크리트 구조물의 하중을 지지할 수 있도록 계획되었는데 그 이유는 시공 중 구조형식의 전환이 가능하도록 하기 위함이었음. 지상 1 층 역시 좀 더 개방된 공간을 부여하기 위하여 철근콘크리트 구조로 계획되었음. 지상 2층부터는 모든 공간의 구조재료가 합판으로 구성되어 있음. 엘리베이터 공간과 계단부는 빌딩 구조에서 별도의 독립된 구조로 계획되어 있어 빌딩의 수평방향 강성을 부담하는 전단벽체와 건물 주변벽과 격리되어 있음.

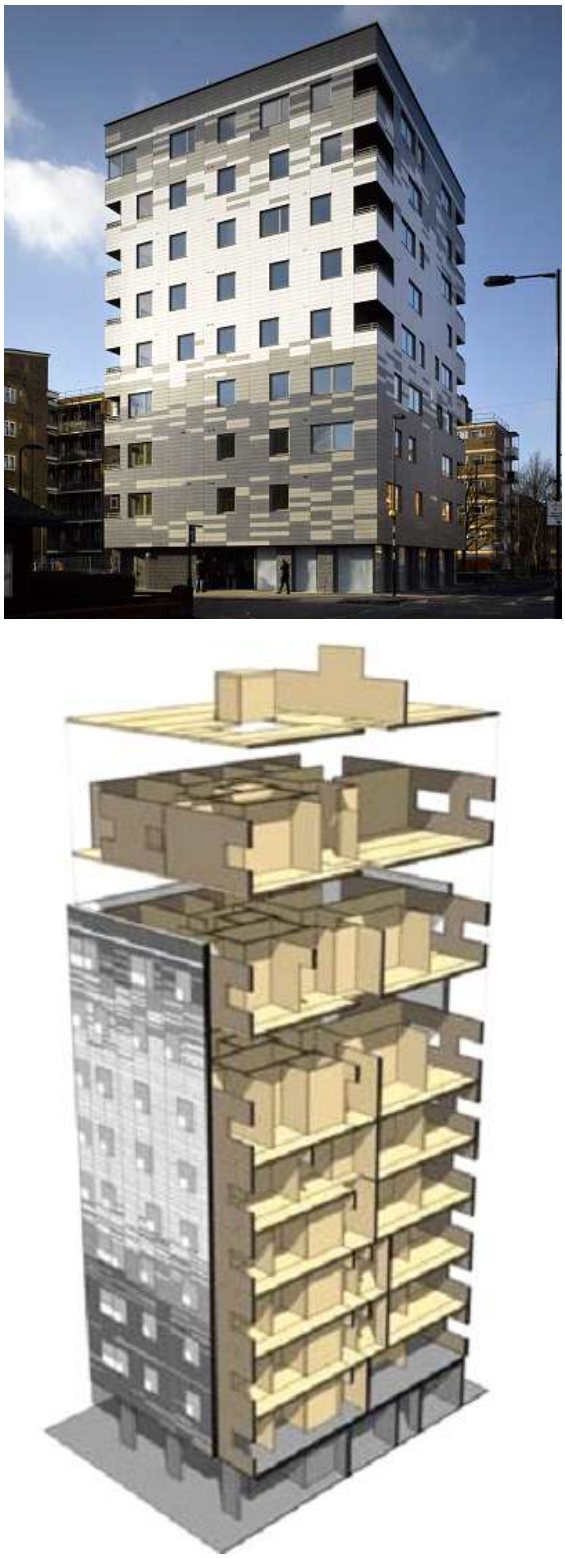
- 공사현장은 2 곳에서만 접근 가능하도록 나머지는 외부와 차단되었고 시공 중 타워크레인은 초기에 일시적으로만 사용됨. 일단 기초와 1층 구조물이 시공되면 작업현장은 정리된 후 오스트리아의 공장으로부터 합판이 트럭 운송되어 현장에 반입됨. 합판은 현장에 도착한 후 바로 설치되는 데 일반

22) URBAN STRATEGIES INC & HPA, 목재를 사용한 고층빌딩, 2011((KISTI 미리안 『글로벌동향브리핑(GTB)』에서 제공한 내용을 참조하여 재정리)

적으로 3일에 1층 정도의 속도로 시공됨. 시공 팀은 4명의 목수기술자로 편성됨. 이 작업 시 현장은 안전하고 깨끗한 환경이 유지됨. 빗물 차단막과 창문은 외부 비계를 통해 설치되며 외벽과 처마구조는 바로 가설이 가능하도록 간단한 구조로 되어 있음.

- 많은 종류의 빌딩들(주택, 학교, 스포츠센터 및 호텔 등)이 중량 목재를 이용하여 시공되고 있으며 이때 적용하는 목재의 시공방법은 이 빌딩에서 적용했던 방법을 이용하여 시공되고 있음.
- 저층 빌딩, 즉 5,6 층 이내의 빌딩은 일반적으로 상부의 슬래브에 직각으로 배치된 교차벽체를 포함한 플랫폼 시공으로 구성됨. 상부 층은 하부의 수평 합판의 측면여분의 부재에 의해 지지됨. 대부분의 연결부는 긴 나사못이나 소형나사못과 앵글 브래킷 또는 연결판 조합으로 시공됨
- 목재 건축물의 시공비용은 일반적으로 동일규모의 철근 콘크리트 건축물의 공사비 대비 약 10-20% 정도 많은 비용이 소요됨
- 그러나 이러한 공사비 차이를 상쇄할 수 있는 시공단계에서의 몇 가지 방법들이 있음. 합판들은 시공 시 트럭으로 현장에 도착하는 데, 이 재료들은 현장 도착 시 바로 시공되어 적재, 폐기물처리 및 부식 등의 우려가 없음. 따라서 현장은 항상 말끔하고 깨끗하게 유지될 수 있음. 그리고 시공은 반복적이고 안전하게 진행됨. 또한 시공기간은 다른 구조에 대비하여 약 30% 정도 감소되어 인력투입 비용을 줄일 수 있으며, 추가적으로 목재에서 얻을 수 있는 단순함과 안락함을 얻을 수 있는 장점이 있음. 시공 시 발생하는 오류는 현장에서 바로 쉽게 수정이 용이함.
- 현재 적용하고 있는 단순 플랫폼 형식을 도입할 경우 경제적인 벽체두께를 사용하여 15층 까지 시공이 가능하며, 지지층에 보강을 도입할 경우 2개 내지 3개 층을 더 올릴 수 있음
- 특별한 외형과 상세설계를 통해 목재 건물을 재료의 사용을 경제적으로 하면서 더 높은 층수와 가치를 갖도록 할 수 있음. 1970년대 초반 이후로 북미의 기술자들 특히, Fazlur Khan, Leslie Robertson 그리고 William Lemessurier 등이 일반적인 설계개념 하에서 초고층 빌딩의 설계를 계속 발전시켜 왔음. Mega-frame 및 다발 튜브 구조 등의 개념들이 이러한 경향으로 이해 수립되었음.
- 25층 이상에서는 철근 콘크리트 코어를 도입하면 평면계획상 확장을 하지 않고도 일반적인 보강재 도입으로 가능함. 건물의 외곽 면은 간단한 수직하중 전달부재를 이용하여 개방 시킬 수 있음. 상세설계를 통해 합판부재의 각 층에서 발생하는 수축문제를 해결할 수 있음. 중심코어와 외측 부재

와의 거동 차이는 시간이력해석과 하중 전달체계로 모사하여 해결이 가능함. 수직 구조계획은 각 층에서 지지하는 하중을 감안하여 계획이 가능함.



[그림 27] 영국의 Stadthaus 아파트

□ 기후변화 대응 및 에너지 절약의 일환으로 유럽과 북미 등에서는 저에너지 주택의 설계와 보급이 활발히 추진되고 있음. 특히, 패시브하우스, 에너지제로하우스 등 기존 주택의 에너지 소비에 비해 획기적으로 에너지성능을 향상시킨 주택의 설계와 시공이 자리를 잡아가고 있음. 그리고 이에 필요한 부재 및 구조체의 단열성능, 기밀성, 열교환 설비 등의 기술도 함께 개발되고 있음.

□ 라이프사이클 에너지를 줄이기 위해서는 건물의 단열성능을 높이고, 공조에너지 절약을 염두에 둘 수밖에 없음. 북구 일부의 나라에서는 외벽·창문·지붕·바닥의 단열성능에 등급을 매기고, 고단열성 재료를 신축 시에 사용 또는 개조 시에 부가하면 세제에서 우대하는 정책을 취하고 있음.

□ EU 국가들에서는 4~6층의 목조건축을 허용하고 있음. 최근 유럽에서는 9층 아파트를 비롯한 대형 목조건축물을 시공하는 기술을 개발하였음.

□ 캐나다와 유럽을 중심으로 목조주택의 친환경성을 부각하는 전과정평가 연구가 수행되어, 건축자재에 대한 전과정 목록의 데이터베이스화와 전과정평가 상용 소프트웨어의 개발이 이루어져 적용단계에 있음. 참고로 국내의 경우 주거성 및 전과정평가 연구가 아직 시작단계임.

□ 독일은 1991년부터 특별한 난방 설비 없이 실내 온도를 유지하는 패시브하우스의 보급을 확대하고 있음[23)]

■ 패시브하우스는 기존 주택이 보일러나 에어컨과 같은 냉·난방기기 및 조명기기를 활용하여 인위적으로 온도와 밝기를 조절해온 데 대한 반대 개념으로 최대한 에너지를 사용하지 않고 자연적으로 조절하겠다는 의미에서 나온 말임

■ 건물을 남향으로 배치하고, 지붕이나 벽, 바닥에 단열재가 내장된 30cm의 두꺼운 벽체로 외부 온도로부터의 영향을 최소화하며, 특히 열전달의 주된 요인인 유리창으로는 가스가 들어간 3중 특수 유리 등을 활용

■ 또한, 열교환 환기시스템을 사용하여 외부와의 공기 순환 시에 열이 빼앗기는 것도 최소화하고 있음

23) LG경제연구원, 전게서, 2009.를 참조하여 재정리함

■ 이와 같은 다양한 설비를 통해 기존 주택 대비 최대 90%까지 에너지 절감이 가능함

□ 현재 EU권내 주거용 건물에는 패시브하우스 보급이 본격화되고, 비주거용 건축물에까지 확대되고 있음[24)]

■ 독일 프랑크푸르트의 경우 이미 2007년부터 신축 주거용 시설을 패시브하우스로 건축하도록 법제화함

■ 최근에는 오스트리아와 스칸디나비아 등으로 퍼지면서 약 1만 5,000여 채 이상이 지어짐

■ 패시브하우스가 인기를 끌면서 초기에 큰 부담이 되었던 비용도 많이 낮아졌으며, 독일 패시브하우스 연구소에 따르면 최근에는 일반 주택 대비 10% 미만의 추가비용을 부담하는 것만으로도 패시브하우스를 지을 수 있다고 함

□ 패시브하우스가 에너지 절감에 초점이 맞춰져 있다면 건물에 필요한 에너지를 화석연료에서 신재생에너지로 바꾸기 위해 가장 널리 활용되고 있는 것은 태양광임[25)]

■ 독일 프랑크푸르트에서 남쪽으로 2시간 거리에 있는 프라이부르크에는 태양광을 적극적으로 활용하는 솔라시티(Solar City)가 건설됨

■ 수많은 빌딩과 주택들에 설치된 태양광 패널을 발견할 수 있으며 필요한 에너지의 50% 이상을 이를 통해 얻고 있음

■ 저에너지 하우스 보급이 빠르게 진행된 것은 가정에서 생산한 전기를 시장가격보다 높은 가격으로 지역 전력회사에서 구매하게 한 재생에너지법이 큰 역할을 했음. 또한, 기존 주택을 에너지 절감 주택으로 개·보수 할 경우에는 시에서 1% 안팎의 낮은 이율로 융자해 줌

■ 프라이부르크 내 파우반 지역에 있는 연립주택은 삼중유리창, 30cm 두께의 단열재, 폐열 회수 환기시스템 등을 통해 에너지 소비를 확연히 줄이고, 지붕에 태양광 패널을 설치하여 필요한 에너지보다 더 많은 전기를 생산하는 플러스 에너지 주택으로 건설됨

24) LG경제연구원, 전게서, 2009.를 참조하여 재정리함
25) LG경제연구원, 전게서, 2009.를 참조하여 재정리함

□ 스웨덴의 함마르비도 태양광을 잘 활용하고, 하수와 쓰레기를 처리해 나온 가스로 버스를 움직이고 난방·발전 연료로 활용하고 있음[26)]

□ 아랍에미리트의 아부다비에서 건설 중인 마스다르 시티(Masdar City)도 태양광을 포함한 신재생에너지를 활용하여 에너지 소비량을 20% 이상 줄일 계획[27)]

- 2016년 완공을 목표로 태양광과 풍력뿐만 아니라 공장폐수를 정화해서 도시 조경과 농작물 재배용으로 사용하는 등 사막한가운데 탄소 제로 도시를 만들기 위해 노력

라. 북미 및 호주의 기술 동향 분석

□ 미국의 경우, 풍부한 산림자원과 유통과정의 합리적 체계화로 우선적으로 일반주택의 대다수가 목조 주택임. 따라서 목조건축 발전에 매우 양호한 조건을 가지고 있음. 더불어 자재생산과 시공이 밀접하며 겸해있고 (공장에서 자재생산을 하고 조립까지 완료하여 현장으로 공급), 자재생산이 전문화 되어있음.

□ 미국은 목조 건축이 매우 발전되어 있으며 법제도가 체계화 되어있음. 저층단독주택 뿐만 아니라 중층(4-5층) 공동주택, 8-9층 오피스빌딩에도 목조가 사용됨.

□ 똑똑한 전기를 통해 에너지를 절감하는 스마트그리드[28)]

- 건물에서 발생하는 온실가스를 줄이는 방법으로 기존에 사용하는 전기를 좀 더 효율적으로 사용하는 것 또한 매우 중요
- 전기가 가장 많이 활용되는 피크타임의 첨두부하(peak load)를 줄일 수 있다면 전기를 생산하기 위해 소비되는 화석연료를 크게 줄일 수 있음
- 스마트그리드는 기존 전력망에 첨단 IT 기술을 접목, 전력 공급자와 소비자가 양방향으로 정보를 교환함으로써 에너지 효율을 최적화하는 시스템임

26) LG경제연구원, 전게서, 2009.를 참조하여 재정리함
27) LG경제연구원, 전게서, 2009.를 참조하여 재정리함
28) LG경제연구원, 전게서, 2009.를 참조하여 재정리함

□ 미국의 로키산맥 산자락에 자리 잡은 콜로라도주의 볼더시는 세계 최초로 이 스마트그리드에 대한 시범사업을 실시하고 있음[29)]

- 볼더시는 2008년 3월부터 전력 전문업체인 엑셀에너지와 함께 1만 5,000여 세대에 스마트미터기를 무료로 설치했음
- 스마트미터기를 통해 각 가정에서 사용하는 전기량을 실시간으로 체크, 언제 전기를 많이 쓰고 언제 적게 쓰는지 파악할 수 있음
- 볼더시는 이렇게 수집된 데이터를 기반으로 전력량을 탄력적으로 조절하는데 필요한 정보를 축적하고, 이를 바탕으로 공급량을 조절함으로써 5% 가량의 전기를 절약
- 궁극적으로 전기요금을 실시간제로 전환하여 전기 사용량이 많을 때는 요금을 비싸게 받고, 적을 때는 요금을 싸게 해 전기 사용을 줄임

□ 친환경건축물의 객관적 입증장치로서의 친환경인증시스템[30)]

- 다양한 에너지 절약 기술과 설비, 자본을 투입해서 지은 건물의 가치와 실효성을 인정받고, 정부의 지원과 높은 시장가격을 받을 수 있도록 만들기 위해서는 이를 객관적으로 증명할 수 있는 인증시스템이 필요
- 이런 측면에서 최근 각광받고 있는 것이 미국의 리드(Leadership in Energy and Environmental Design, LEED) 시스템임
- 미국 그린빌딩위원회(Green Building Council, GBC)가 2002년 도입한 리드(LEED)는 에너지 및 친환경 건축물 등급 시스템으로 인증, 실버, 골드, 플래티넘의 총 4개 등급을 가지고 있으며, 지속가능한 부지개발, 수자원 효율성, 에너지 및 대기, 자재 및 자원, 실내 환경의 질 등에 대한 평가 점수를 부여해 등급이 매겨짐
- 높은 친환경 등급을 받게 되면 에너지 절감을 통해 유지관리비가 절약될 뿐만 아니라, 친환경저에너지 빌딩이라는 대외적인 위상을 확보하여 임대료를 높게 받을 수 있기 때문에 투자를 아끼지 않는 것임
- 최근 보고서에 따르면, 2013년에 북미에서 지어지는 전체 대형 건물의 16% 이상이 그린빌딩으로 추진되며, 이를 객관적으로 증명할 수 있는 인증제가 활성화될 것으로 전망됨

29) LG경제연구원, 전게서, 2009.를 참조하여 재정리함
30) LG경제연구원, 전게서, 2009.를 참조하여 재정리함

□ 이를 위해 미국의 리드(LEED)뿐만 아니라 호주의 그린스타(Green Star), 영국의 브리암(BRE Environmental Assessment Methods, BREEAM), 일본의 카스비(Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency, CASBEE) 등 다양한 그린빌딩 인증제가 실시되고 있음

□ 호주의 6성 녹색건물[31)]

- 최초의 6성 녹색건물로 선정된 South Melbourne의 the Szencorp Building은 에너지 및 물 사용료를 각각 71%, 94%로 절감하였고, 낮은 운영비와 높은 임대 프리미엄으로 부동산 가치를 향상시킴. 또한, 팀워크 설계와 개발과정의 우선순위 변경을 줄여 건축 프로젝트 공정을 단축함



[그림 28] Szencorp Building 와 대표적인 6 Star Green Star buildings

□ 비바람 환경을 모사하는 건물외피의 성능평가시스템[32)]

- 캐나다 NRC연구소에서는 보유하고 있는 동적벽체실험시설인 Dynamic Wall Testing facility(DWTF)를 이용하여 건물 벽체의 방수기능을 평가하고, 배관, 배선, 환기구, 창문 등 건물외피 요소에 대해 방수기능을 향상시키도록 효과적인 실링 공법을 연구함

31) http://www.gbca.org.au/uploads/Evolution2010_LoRes.pdf 를 참조하여 재정리함
32) http://www.nrc-cnrc.gc.ca/eng/news/nrc/2010/04/04/wall-testing.html ((KISTI 미리안『글로벌동향브리핑(GTB)』에서 제공한 내용을 참조하여 재정리)

- 이들 실험 결과를 토대로 건물외피의 실링관련 가이드라인을 작성하고, 그 결과를 건축 관련 시공업체, 건설 협회, 정부기관 및 관련 공공기관에 공유되도록 정보를 제공함
- 캐나다 전역은 다양한 기후 조건을 보이므로 강우의 세기나 강우 기간이 다양하고, 캐나다에서 비바람을 동반하는 기상 상황을 자주 접하게 되는데, 이러한 기상 및 기후조건의 경우에 대해 기본적인 실험환경을 구축하였고, DWTF는 비바람 기상을 발생하는 기본적인 기후조건을 모사할 수 있음
- 이 건물외피 성능평가 시스템은 계속 그 실험 기능을 개선하고 있는데, 초창기의 DWTF시스템은 북미 기상조건 하의 저층, 목조프레임 건축물에 집중하였고, 이중에서 주로 목조, 비닐, 벽돌 및 외장용 벽토와 같은 외장마감재에 대해서 성능실험을 하였음
- 이후 빌딩 건축 방식의 고급화에 따라 창문, 배관, 배선 및 환기구 등과 같은 부속설비에 대한 외피 영향 평가를 실시하기 시작했고, 최근에는 건축물 외피의 대부분을 창호로 활용하는 커튼월 창호 시스템에 대한 수요가 증가하고 있어 이에 대한 외피성능평가에 집중하고 있음

4절 국내외 특허 동향 분석

1. 목재기술 분야의 특허 동향

가. 개요

□ 본 분석에서는 한국형 목조건축 융합기술 개발 및 산업화 기술과 관련한 다층/장스팬 목조건축 구조의 특허분석을 진행함에 있어, 구조성능 확보의 기술, 경량화 지붕구조의 개발, 목구조이 수평하중 저항성능 보강을 위한 내력 벽체 개발, 접합철물을 이용한 중층구조용 기둥 접합기술과 관련된 대단면재의 제조, 가공방법, 목재의 건조, 목재의 열처리 방법, 구조재와 보 간의 결합방법, 목재간의 접합방법 등 목조건축 건축과 관련된 내용을 검색 범위로 한국 뿐 아니라 미국, 일본, 유럽의 관련 특허를 모두 검색하여 분석대상으로 함

□ 본 분석에서는 연구 성과의 파급효과 및 연구의 필요성을 고려하여 선택된 3개의 연구기획 기술분야를 특허 및 논문 분석대상으로 하였으며, ~2012년 5월까지 출원공개 된 한국, 일본, 유럽 및 미국 공개특허와 ~2012년 5월 현재까지 출원등록된 미국등록특허를 분석 대상으로 하였고 분석 DB는 윕스DB를 사용하였고 논문 검색은 국내 논문만을 대상으로 NDSL DB를 사용하여 검색함

[표 13] 검색 DB 및 검색범위

자료 구분	국 가	검색 DB	분석구간	검색범위
공개·등록특허 (공개·등록일 기준)	한국	WIPS DB	1990.01 ~ 2011.11.20	특허공개 및 등록 전체문서
	일본	WIPS DB		특허공개 및 등록 전체문서
	미국	WIPS DB		특허공개, 특허공개(공표), 특허공개(재공표) 전체문서
	유럽	WIPS DB		EP-A(Applications) 및 EP-B(Granted) 전체문서

※ 분석구간: 한국, 미국, 일본, 유럽 - 2000~2010(출원년도 기준)[33]

33) 출원일 기준으로 분석하며, 일반적으로 특허출원 후 18개월이 경과된 때에 출원 관련정보를 대중에게 공개하고 있음. 따라서 아직 미공개 상태의 데이터가 존재하는 2010~2011년 출원된 특허는 그 정량적 의미가 유효하지 않으므로 정량분석은 ~2010년까지 한정함.

나. 분석기준

□ 목조건축용 건축자재의 개발에 도움이 될 수 있는 가구식 목조건축의 건축방법 및 일본의 전통가옥 방식, 미국이나 유럽의 목조주택 건축 관련 분야에서의 목재 가공방법 및 접합과 관련된 기술을 모두 포함하는 대상을 범위로 하여 검색함

[표 14] 분석대상 기술분류 및 기준

대분류	중분류	소분류	검색개요 (기술범위)
한국형 목조건축 융합기술 개발 및 산업화 (A)	장수명 유지를 위한 가공방법 (AA)	목재가공방법 (AAA)	목재의 제재, 벌채, 가공방법과 관련된 특허를 유효특허로 선정함
		건조 (AAB)	목재의 함수율 조절 및 건조 방법과 관련된 특허를 유호특허로 추출함
		열처리 (AAC)	목재의 강도를 높이거나 수명 연장, 변형을 방지하기 위한 열처리 하는 방법과 관련된 특허를 유효특허로 선별
		기타(AAD)	기타 목재의 가공방법과 관련된 특허
	장스팬 유지를 위한 접합부 (AB)	철물접합(ABA)	소경재를 철물을 이용하여 접합하는 기술
		접합방법 (ABB)	목조 건축에 필요한 대단면재 제조에 필요한 접합방법 및 소경목의 접합 방법과 관련된 특허
		목재접합 (ABC)	강재를 이용하지 않고, 글루 등을 이용하여 목재끼리 접합시키는 방법
		기타(ABD)	기타 접합방법
	국산재 공급기반 및 규격화[34] (AC)	목조 건축재의 성능(ACA)	휨강도, 압축강도, 구조성능과 관련된 논문
		국산재의 벌채 및 생산현황 (ACB)	건축 부재로 이용되는 국산재의 벌채 및 생산과 관련된 논문
		규격화(ACC)	목조 구조물의 규격화와 관련된 논문

34) 국산재 공급기반 및 규격화와 관련하여서는 관련 특허의 존재가 불분명하므로 주로 논문 검색을 중심으로 검색을 진행함.

다. 유효특허 선별기준 및 결과

□ 한국형 목조건축 융합기술 개발 및 산업화 과제를 분석하는데 있어 검색된 특허에 대하여 다음과 같은 유효특허 선별 기준을 마련하여 노이즈를 제거하고 적절한 해당 특허를 골라내는데 적용함

- 목재의 가공방법 분야에서 장수명을 확보하기 위한 것이 아닌 단순한 목재의 가공장치와 관련된 기술은 노이즈로 처리함
- 목재의 접합부와 관련된 기술에서 장스팬 확보를 위한 것이 아닌 단순한 접합제의 화학적 구성과 관련된 기술은 노이즈로 처리함
- 기술분류체계 상의 어느 분류에도 속하지 않는 특허들은 기타로 분류함(중분류에는 속하나 소분류가 어려울 때)
- 목조건축 건축과 관련된 특허라 하더라도 한국형 목조건축 융합기술 개발 및 산업화가 목적이므로 목재의 가공 및 열처리 접합방법, 국산재 생산기반 및 규격화와 관련이 없는 특허 및 논문은 노이즈로 처리함
- 핵심특허 선정시에는 목조건축 관련 특허를 우선적으로 선정하고 이와 기술적 구성요소에 있어 유사점을 갖는 특허를 중요한 비교대상 특허로 선정

[표 15] 노이즈 제거 및 유효특허 추출 기준

대분류	중분류	소분류	노이즈 제거 및 유효특허 추출 기준
한국형 목조건축 융합기술 개발 및 산업화 (A)	장수명 유지를 위한 가공방법 (AA)	목재가공방법 (AAA)	가공 장치 특허 분야는 노이즈로 제거함
		건조 (AAB)	건조 장치 특허 분야는 노이즈로 제거하고, 건조방법의 개선을 통한 목재의 휘어짐이나 갈라짐을 방지하기 위한 특허를 유효 특허로 선정
		열처리 (AAC)	열처리를 통해 목재의 강도 향상 및 치수 안정성을 증가시키는 것과 관련된 특허를 유효특허로 선정
		기타 (AAD)	중분류에 속하나 AAA 내지 AAC의 소분류에 속하자 않는 특허를 기타로 분류함
	장스팬 유지를 위한 접합부 (AB)	철물접합 (ABA)	구조재 및 집성재의 제조 및 연결에 있어 철물을 사용한 것과 관련된 특허를 유효특허로 선정함
		접합방법 (ABB)	나무와 철물의 접합, 목재와 목재간의 접합 방법에 관련된 특허를 유효특허로 선정함
		목재접합 (ABC)	접합제의 화학적 구성과 관련된 특허는 노이즈로 제거함
		기타 (ABD)	중분류에는 속하나 ABA 내지 ABC의 소분류에 속하지 않는 특허를 기타로 분류함
	국산재 공급기반 및 규격화[35] (AC)	목조 건축재의 성능 (ACA)	목조 건축재의 성증평가나 시험평파법 관련 논문만 포함시킴
		국산재의 벌채 및 생산현황(ACB)	국산재의 조림현황에 관한 논문을 포함시킴
		규격화 (ACC)	규격화 관련 논문만 포함시킴

35) 국산재 공급기반 및 규격화와 관련하여서는 관련 특허의 존재가 불분명하므로 주로 논문 검색을 중심으로 검색을 진행함.

[표 16] 한국형 목조건축 융합 기술 개발 및 산업화 분야의 유효특허 선별결과(2011.11)

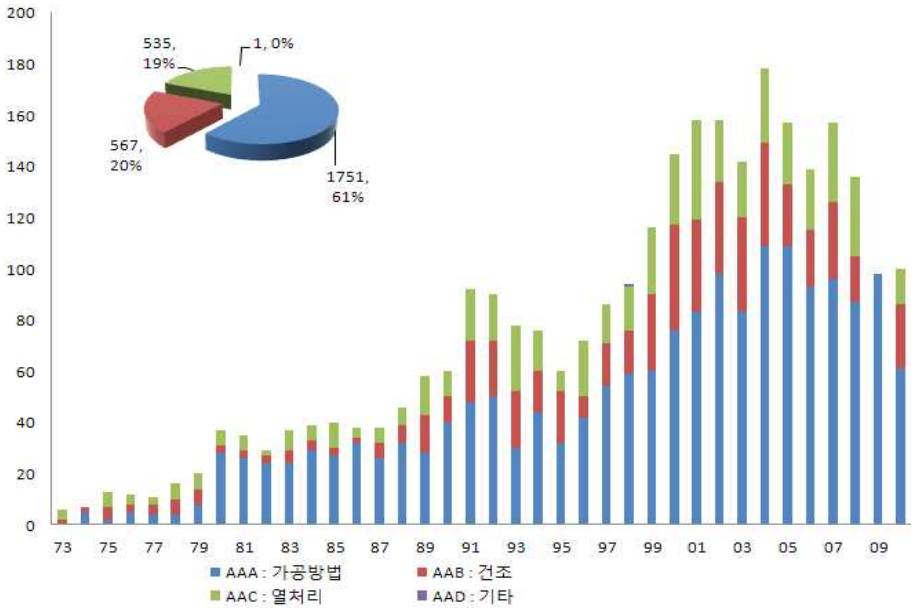
대분류	중분류	소분류	유효데이터 건수								
			한국		미국		일본		유럽		계
			특허	논문	특허	논문	특허	논문	특허	논문	
한국형 목조건축 융합기술 개발 및 산업화 (A)	장수명 유지를 위한 가공 방법 (AA)	목재가공방법 (AAA)	230	0	686	0	333	0	569	0	1818
		건조 (AAB)	19	0	188	0	257	0	121	0	585
		열처리 (AAC)	13	0	308	0	38	0	194	0	553
		기타 (AAD)	0	0	0	0	0	0	1	0	1
		소계	262	0	1182	0	628	0	885	0	2957
	장스팬 유지를 위한 접합부 (AB)	철물접합 (ABA)	53	0	437	0	578	0	257	0	1325
		접합방법 (ABB)	35	0	270	0	126	0	111	0	542
		목재접합 (ABC)	62	0	185	0	371	0	195	0	813
		기타 (ABD)	11	0	2	0	34	0	1	0	48
		소계	161	0	894	0	1109	0	564	0	2728
	국산재 공급 기반 및 규격화[36] (AC)	목조 건축재의 성능 (ACA)	391	0	0	0	0	0	0	0	391
		국산재의 벌채 및 생산현황 (ACB)	172	0	0	0	0	0	0	0	172
		규격화 (ACC)	48	0	0	0	0	0	0	0	48
		소계	611	0	0	0	0	0	0	0	611
		총계	1034	0	2076	0	1737	0	1449	0	6296

36) 국산재 공급기반 및 규격화와 관련하여서는 관련 특허의 존재가 불분명하므로 주로 논문 검색을 중심으로 검색을 진행함.

라. 특허동향 조사결과

□ 가공방법 분야의 특허

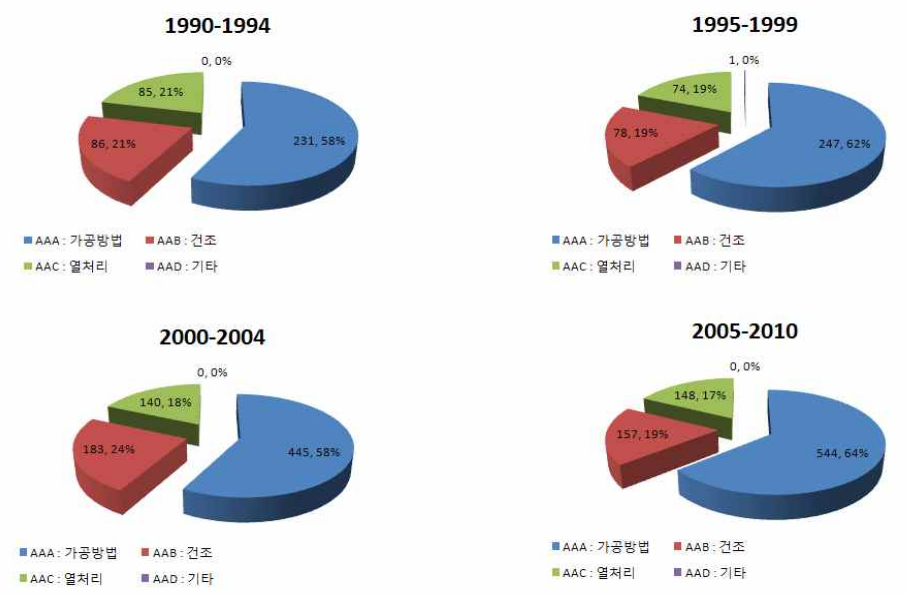
- 가공 및 건조 열처리 분야(AA분야)의 연도별 출원동향을 살펴보면 90년대 초반에 약간의 증가를 보였다가 다시 줄어들었다가 90년대 후반부터 다시 이 분야의 특허가 늘어나는 모습을 보임
- 다만, 가공 및 건조 열처리 분야(AA분야)의 연도별 출원동향에서 증가와 감소를 반복하고 있으나 친환경 기술이 주목받고 있는 2003년까지 지속적으로 증가추세에 있으며, 2003년 이후로부터 현재에는 감소추세에 있으나 매년 100여건 이상의 출원이 진행되는 것으로 보아 현재에도 기술 개발이 활발한 것으로 판단됨



[그림 29] 가공방법 분야의 특허동향 조사결과

- 중분류 목재의 가공방법 및 건조/열처리 분야(AA 분야)의 연도구간별 출원 변화를 살펴보면, 각 소분류 항목 간의 비율에 있어서는 가공방법과 관련된 특허의 비율이 가장 높고, 각 비율 간에는 연도구간별로 큰 변화가 없는 것으로 보아 목재의 가공, 건조 열처리 분야의 기술이 연동하여 함께 발전해온 것으로 파악됨

■ 중분류 목재의 가공방법 및 건조/열처리 분야(AA 분야)의 연도구간별 출원 변화를 살펴보면, 전체 출원 1990년대 이후 2000년대 이후 증가하면서 양적 확장되고 있음

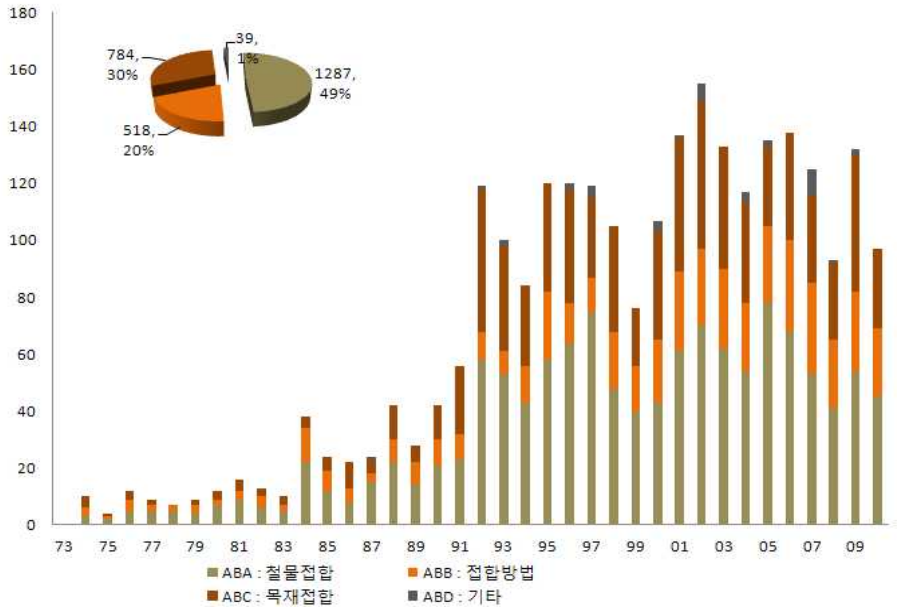


[그림 30] 가공방법 및 건조/열처리 분야의 연도구간별 출원동향

□ 접합부 분야의 특허

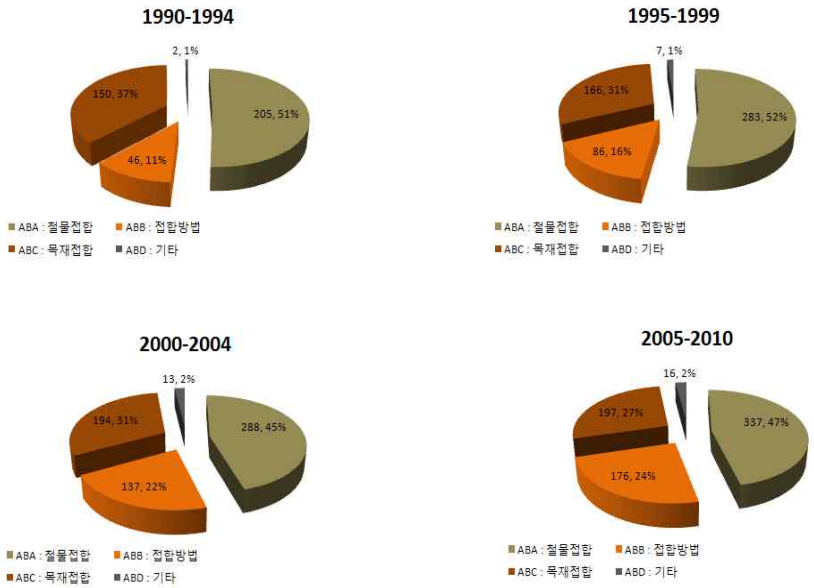
■ 접합부(중분류 AB) 분야의 연도별 출원동향을 살펴보면 90년대 초반부터 급작스럽게 관련 분야의 출원이 늘기 시작하여 최근까지 많은 건수의 출원이 유지되고 있어서 지속적으로 발전이 이루어지고 있고 이 분야에 대한 수요 역시 지속되고 있는 것으로 파악됨

■ 특히 접합부(중분류 AB) 분야의 연도별 출원동향을 살펴보면 90년대 초반부터 폭발적으로 특허출원 수가 증가되면서 양적 확장이 이루어지고 있는 것으로 판단됨



[그림 31] 접합부 분야의 특허동향 조사 결과

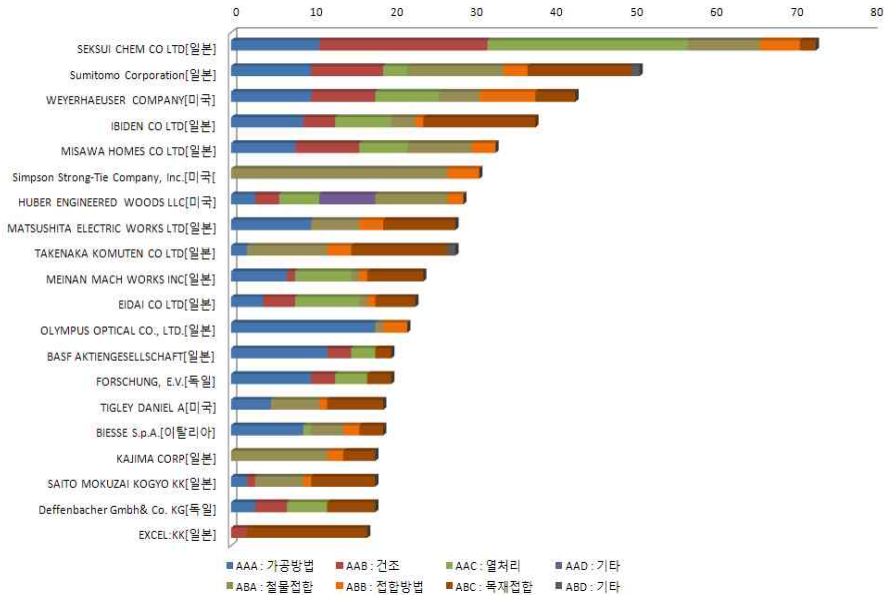
■ 중분류 중 접합부 분야(AB 분야)의 연도구간별 출원동향을 살펴보면 상대적인 비율에 있어서는 철물접합 분야의 특허가 가장 많으나, 철물접합 분야의 출원은 최근으로 올수록 다소 줄어드는 모습을 보이며, 접합방법과 관련된 특허의 출원이 상대적으로 늘어나는 모습을 보여 이 분야의 기술발전이 최근 많이 이루어지고 있는 것으로 파악됨



[그림 32] 접합부 분야의 연도구간별 출원동향

□ 다출원인의 기술별 특허출원동향

■ 다출원인의 기술별 특허출원동향에서는 해당기술 분야의 특허 다출원인을 중심으로 시장의 주요 player들이 집중하고 있는 기술분야가 무엇인지 파악하고자 하는 분석방법으로, 다출원인 혹은 주요 출원인의 특허출원 동향을 파악하면 현재 기술이 흘러가는 추이를 파악하는데 도움이 되며, 전체 기술동향을 보는 것보다 다출원인의 특허동향이 선도하는 세부기술이 무엇인지 혹은 앞으로 주도할 분야가 무엇인지를 파악하는데 오히려 도움이 될 수 있음.



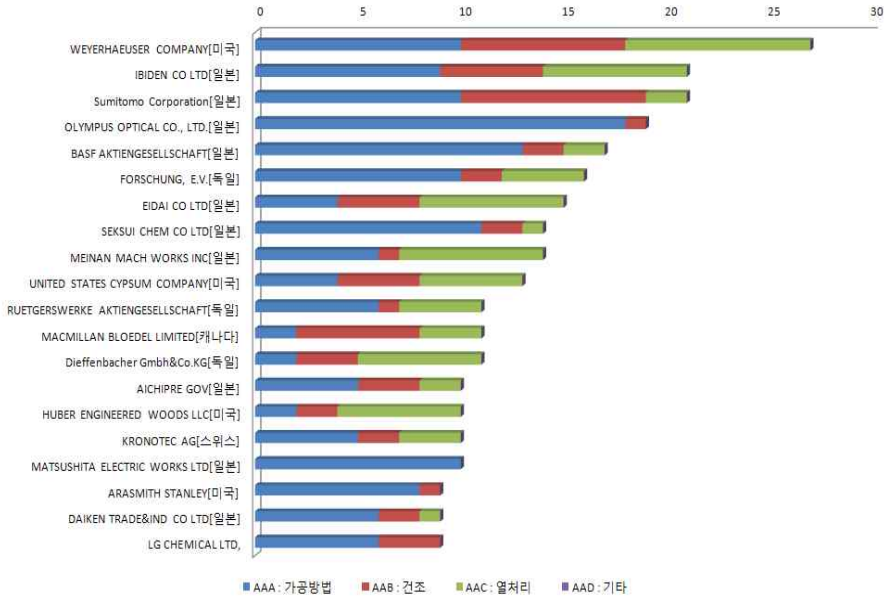
[그림 33] 다출원인의 기술별 특허출원동향 조사결과

■ 상기 그래프는 본 분야에서의 전체 주요 출원인이 각 분류별로 어떤 분야에서 출원을 주로 했는지를 보여주며, 일본 SEKISUI사는 열처리 관련 기술을 가장 많이 출원했고, SUMITOMO사는 나무의 가공방법, 열처리 및 목재접합 분야에서 다수의 특허를 출원함

■ 전체 특허에 대해 다출원인 3위로 집계된 미국 WEYERHAUESER사는 나무의 가공방법, 건조, 열처리, 목재접합 등 거의 모든 분야에서 다수의 특허를 출원하여 목재와 관련된 분야에서 거의 종합적인 포트폴리오를 보유한 회사임을 알 수 있음

□ 다출원인의 세부기술별 특허집중도 현황

■ 다출원인의 전반적인 기술별 특허출원동향을 살펴보았다면 이하에서는 각각의 기술을 중분류로 할때 해당 중분류별로 다출원인이 다르며, 이들이 집중하고 있는 특허기술에 대해서 심층적으로 살펴보고자 하며, 아래의 예에서도 볼 수 있듯이 각각의 세부기술에는 해당하는 주요출원이 다르게 나타나며 이들이 집중하고 있는 기술분야도 다양함을 알 수 있음

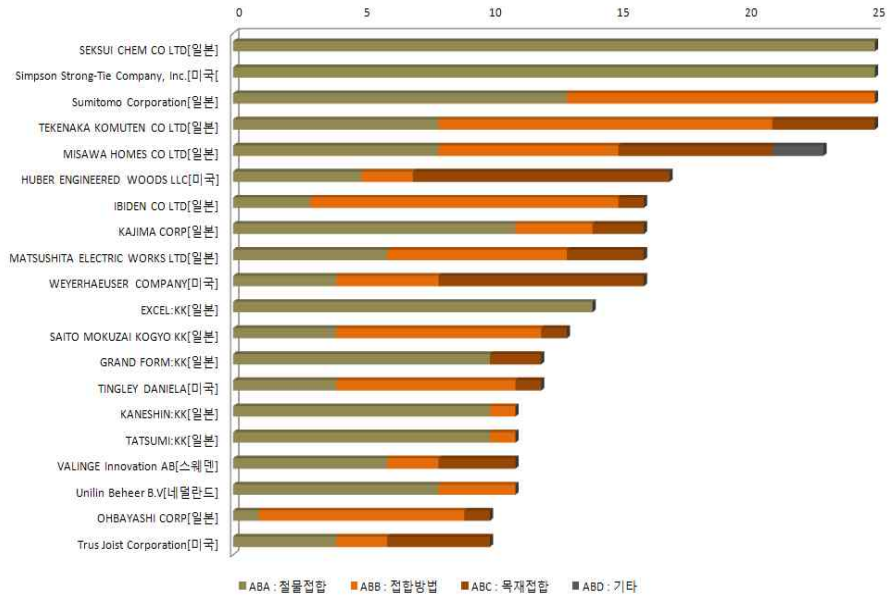


[그림 34] 다출원인의 세부기술별 특허집중도 현황

■ 세부기술별 특허집중도를 살펴보면, 가공방법 및 건조/열처리분야(AA분야)에서의 다출원 1위는 미국회사인 WEYERHAUESER사로 나타나 이 회사가 목재의 가공, 건조/열처리 분야에서 가장 많은 기술을 보유하고 있는 것으로 나타남

■ 접합부 분야(AB분야)에서의 다출원 1위로는 일본회사인 SEKISUI사와 미국회사인 Simpson Strong-Tie Company가 나란히 1위를 차지하여 이들 회사의 기술개발이 이들 분야에 집중되고 있음을 알 수 있음

■ 또한, 특이한 점으로는 OLYMPUS OPTICAL사의 경우는 가공방법과 관련된 특허에 집중하는 것으로 나타남



[그림 35] 접합부분야의 다출원 국가별 특허출원동향

- 특히 접합부 분야(AB 분야)에서는 대부분이 철물접합 및 접합방법의 기술개발에 집중되어 있으며, 목재접합의 경우 상대적으로 기술 개발을 통한 특허출원이 미미한 것으로 판단됨

마. 목재기술 분야 특허동향의 시사점

□ 국산재를 이용한 목조건축 건축용 자재개발과 관련한 분야에서 가장 많은 특허를 출원한 것으로 나타난 일본 SEKISUI의 특허를 분석해보면 나무의 가공방법과 관련한 특허, 집적 목재의 제조방법과 관련된 특허가 주로 출원하였으며, 목재의 건조방법과 관련해서는 목재의 균열을 방지할 수 있는 건조방법(출원번호 2008-291863)관련 특허 및 목재의 건조장치를 이용한 건조방법(출원번호2007-253840)관련 특허를 출원함

□ 철물접합 분야에서는 25건의 특허가 관련이 있는 것으로 집계되었고, 접합목재 및 구조재의 접합과 관련하여 건축물의 뼈대를 튼튼하게 하기 위한 철물 부재 및 방법과 관련된 특허가 주를 이루고 있어 한국형 목조건축 융합기술 개발 및 산업화를 수행하고자 할 때 참고할만한 자료가 될 것으로 사료됨

□ 목재접합 분야에서는 목재 유니트 간의 접합방법 및 그러한 접합이 가능한 목재 유닛의 개발방법이 출원되었으며, 이와 같은 접착 방법을 통해 접합방법을 통해 축구조나 건축용 구조물의 설치시 보다 튼튼하고 효과적인 설치가 가능하여 작업성 및 생산성의 향상이 가능할 것으로 사료됨

□ 주요출원인 1위인 일본회사 SEKISUI 출원특허의 패밀리 특허를 조사해 보면 이 회사에서 출원한 거의 모든 특허가 일본 국내에만 출원된 특허로서 우리나라에서 이 특허의 기술 내용을 수행하는 데 있어 국내에서 기술 개발이나 기술의 응용시 특허법률적 장해가 없음을 알 수 있으며, 한국형 목조건축 융합기술 개발 및 산업화를 수행하고자 할 때 이와 같은 기술을 국내에서 적극적으로 활용하고 사용하는데 문제가 없음

□ 다출원 2위를 차지한 SUMOTOMO사의 목재 제조방법 관련 특허의 특징은 집성재의 제조에 있어 중공 집성재와 관련된 기술이 다수 있다는 것과, 구조용 집성재, 구조용 각재와 관련된 기술이 다수라는 것이며, 일본에서 출원된 특허는 일본의 기후가 우리나라와 크게 차이가 나지 않는다는 점에서 볼 때 한국형 목조건축 융합기술 개발 및 산업화를 수행할 시 참고가 될 수 있는 측면이 많다고 볼 수 있음. 이러한 의미에서 주요 출원인 2위를 차지한 SUMOTOMO사의 각재나 집성재의 제조방법을 대단면재의 제조나 접합방법에도 참고할 수 있을 것으로 사료되며, 특히 구조용재의 접합방법과 관련된 기술은 목조건축 건축이 기본적으로 기둥-보간의 접합구조라는 점을 감안할 때 유사하게 참고할 수 있는 기술이 될 수 있을 것으로 사료됨

□ 주요출원인 2위인 일본 SUMITOMO사의 출원특허의 패밀리 특허를 조사해보면 SEKISUI사와 마찬가지로 이 회사에서 출원한 거의 모든 특허가 일본 국내에만 출원된 특허로서 우리나라에서 이 특허의 기술 내용을 수행하는데 있어 특허법률적 장해가 없음을 알 수 있으며, 한국형 목조건축 융합기술 개발 및 산업화를 수행하고자 할 때 이와 같은 기술을 국내에서 실시하는데 문제가 없음

□ 건축용 자재 개발 분야 다출원인 3위인 WEYERHAEUSER COMPANY는 미국 회사로서 가공방법 분야에서는 주로 강화된 대단면재, 합성목

재 및 판재의 제조방법과 관련된 특허(출원번호: EP99903555, US1981 - 246924, US1984 - 578894, US1991 - 696311, US1989 - 370162, US2010 - 721721)를 다수 출원한 것이 특징이며, 이와 함께 통나무 제재와 관련된 특허도 출원되었음(출원번호 기준 : US1977 - 759166, US2011 - 053011) 접합분야에서는 Engineered structural wood 관련 특허를 다수 출원한 것이 특징이며(출원번호 기준 : US1996 - 708273, US1999 - 233402, US2005 - 313863, US2006 - 554766, US2006 - 60953), 이러한 기술에 의해 만들어진 제품은 주로 어느 정도 등급 이상의 스트레스를 견딜 수 있거나, 길이가 길고 넓은 빔(beam)이나 헤더(header)에 요구되는 성능을 갖춘 제품을 필요로 하는 응용 분야에서 사용됨

□ 공학목재 관련 분야에서 다수의 특허를 출원한 WEYERHAEUSER COMPANY의 특허 기술 내용을 예시를 들어 설명하면 다음과 같음

□ 상기 예시특허에서 볼 수 있는 바와 같이 WEYERHAEUSER사의 특허는 단순히 대단면재를 제조하기 위한 나무의 종류나 접합구조에 대한 기술적 내용뿐만 아니라 사용되는 나무의 밀도, 탄성(elasticity) 등에 대한 수치적용까지도 상세히 제안하고 있어 기술적으로 상당히 고차원적인 공학특허를 다수 보유하고 있는 것으로 분석되며, 목조건축 건축용 자재의 개발과 관련된 한국형 목조건축 융합기술 개발 및 산업화의 특허 전략을 세울 때에는 이와 같은 특허 출원 전략을 적용해 봄이 바람직할 것으로 사료됨

□ 주요출원인 4위인 일본 IBIDEN COMPANY는 여러 종류의 목재를 접착제를 이용하여 하나로 성형하여 , 그 단면에 각 목재의 연륜이 각종 형상으로 변형한 상태로 남아 있는 집합재의 제조방법에 대한 특허가 주를 이루며 , 각 목재의 조직 중에 접착제가 함침되어 되는 것을 특징으로 함.

□ 또한 이 회사 역시 외국으로의 패밀리 특허출원이 없고 자국인 일본 내에만 특허를 출원하여 이와 같은 특허의 내용을 우리나라에서 실시할 경우 기술적 장벽이 없으므로 참조할만한 가치가 있는 것으로 사료됨

□ 특허분야 출원인 5위로 집계된 일본회사인 MISAWA HOMES사는 가공

방법 분야의 특허를 주로 출원하였으며 그 내용을 살펴보면, 주로 대단면재를 형성하기 위한 집성재의 제조방법과 관련된 특허를 출원하여 이 분야에서 축적된 기술을 가지고 있는 것으로 분석되며, 이러한 집성재의 제조가 일본에서 생산된 나무를 재료로 하는 것이라면 우리나라 수종에도 이용 가능한 기술이 많아서 목조건축재를 제조하는데 활용될 수 있을 것으로 사료되며, 이 회사가 출원한 특허의 패밀리 특허 조사 결과 역시 일본 자국내에만 출원하고 한국에는 출원되지 않은 경우가 거의 대부분이라서 우리나라에서 기술적 장해 없이 사용하는데 문제가 없을 것으로 사료됨

□ 주요 출원인 TOP5의 특허분석결과 5개 출원인 중 4개 출원인이 일본 출원인이었고 이들 일본 출원인이 자국 내에만 주로 특허를 출원하고 있어 한국에서 이들 특허를 국내에서 사용하여 목재를 가공하는 데 있어서는 권리 침해 문제가 없을 것으로 사료되므로 이들 특허를 이용하거나 개량하여 국내에서 특허를 확보하는 것이 유리할 것으로 판단됨

□ 핵심특허 심층분석 결과, 목조건축의 전통적인 짜맞춤 구조나 지붕구조, 서까래 구조 등은 이미 오래 전부터 내려온 공지의 기술이기 때문에 기본적인 원천기술이 현재 특허로 등록되어 권리화 되어 있는 것은 아니며, 실제로는 전통적인 건축 방식을 변형하여 시공을 간편하게 하거나 단열성능을 높이거나 경제적으로 건축할 수 있는 방법과 관련된 내용이 다소 출원되어 있음.

□ 그러나 목조건축에 사용되는 목재의 제조나 구조재의 가공과 관련된 특허는 10여건 밖에 되지 않아서 목조건축과 관련된 지재권 확보는 현재 매우 미미한 상황임

□ 한국형 목조건축 융합기술 개발 및 산업화와 관련한 분야에서 가장 많은 특허를 출원한 것으로 나타난 일본 SEKISUI의 특허포트폴리오를 분석해보면 나무의 가공방법과 관련한 특허가 12건으로 그 내용을 살펴보면 강화된 집성 목재를 제조하거나(출원번호 2003-019851, 출원번호 1996-286597), 집적목재의 제조방법(출원번호 1998-251252, 출원번호 1998-252766, 출원번호 1998-268176, 출원번호 1998-294128, 출원번호 2002-260285)과 관련된 특허가 주로 출원되었음

□ 목재의 건조방법과 관련해서는 목재의 균열을 방지할 수 있는 건조방법(출원번호 2008-291863) 관련 특허 및 목재의 건조장치를 이용한 건조방법(출원번호 2007-253840) 관련 특허가 출원되었으며, 이와 같은 건조방법에 의해 목재의 시공성을 향상시키고, 저비용화를 추구할 수 있음

□ 철물접합 분야에서는 25건의 특허가 관련이 있는 것으로 집계되었고, 특허의 주된 내용은 1990년대 초반 및 후반부까지는 벽 패널의 고정부재(출원번호 1994-277448), 두 개의 목질재를 서로 연결하는 나무 질재 연결부재(출원번호 1995-313981), 주각 철물 및 주각과 기초와의 접합 구조(출원번호 1997-3346288), 목재로 된 부재의 접합방법과 클램프(출원번호 1998- 026082), 철물 및 그 철물을 이용한 목재 주재와 형광과의 접합구조(출원번호1999-146782) 등 건물에서의 목재의 용도에 따라 철물을 이용하여 고정하는 방법 및 부재와 관련된 특허가 많이 출원되었으나 2000년대 이후 최근에 는 집성재의 접합구조 및 연결철물(출원번호 2002-132521), 건축재의 접합구조(출원번호 2002-061285), 접합철물 및 중심과 대들보의 접합구조(출원번호 2003-409381) 등 접합목재 및 구조재의 접합과 관련하여 건축물의 뼈대를 튼튼하게 하기 위한 철물 부재 및 방법과 관련된 특허가 주를 이루고 있어 한국형 목조건축 융합기술 개발 및 산업화를 개발하고자 할 때 참고할만한 자료가 될 것으로 사료됨

□ 목재접합 분야에서는 목재 유니트 간의 접합방법 및 그러한 접합이 가능한 목재 유닛의 개발방법이 출원되었으며, 이와 같은 접착 방법을 통해 접합방법을 통해 축구조나 건축용 구조물의 설치시 보다 튼튼하고 효과적인 설치가 가능하여 작업성 및 생산성의 향상이 가능할 것으로 사료됨

□ 전반적으로 국산재 공급기반 안정화와 관련된 특허 및 논문 분야와, 국산재 생산확충 기술, 부재성능의 규격화 관련 분야가 공백분야로 나타났으며 이 분야에 대한 기술확보시 선행기술에 의한 특허법률적 권리 장벽이 낮을 것으로 사료되며 이러한 기술의 확보가 시급한 것으로 판단됨

□ 상기의 내용을 종합하면, 한국형 목조건축 융합기술 개발 및 산업화 기술과 관련하여서 장수명 유지를 위한 가공방법과 관련하여서 건조 및 열처리와 관련된 기술이 다소 적고, 장스팬 유지를 위한 접합부와 관련하여

서 접합방법이나 목재접합 분야의 기술이 다소 적은 것으로 판단되므로 상기와 관련된 기술에 연구 개발을 집중하는 것이 시급한 것으로 판단됨

□ 아울러 한국형 목조건축 융합기술 개발 및 산업화 기술과 관련하여서 해외에서 공개되거나 등록된 특허를 참고하여 국내에서 연구 개발을 진행하고, 결과물을 특허 출원하여 단시일내에 특허 및 실용신안을 적극적으로 확보하는 것이 필요할 것으로 판단됨

2. 목조 건축 시공유지관리기술 분야

가. 개요

□ 본 분석에서는 목조 건축 시공유지관리기술 분야의 특허분석을 진행함에 있어, 반드시 직접 관련된 특허가 아니라 하더라도 목조 건축 건축에 필요한 내용으로 검색 범위를 확장하여 한국 뿐 아니라 미국, 일본, 유럽의 관련 특허를 모두 검색하여 분석대상으로 함

□ 본 분석에서는 연구의 필요성을 고려하여 선택된 특허 및 실용신안을 분석대상으로 하였으며, ~2012년 3월까지 출원공개 및 특허(실용신안) 등록된 한국, 일본, 유럽 및 미국의 공개공보 및 특허공보를 분석 대상으로 하였고 분석 DB는 한국특허정보원(http://www.kipi.or.kr/) DB를 사용하여 검색함

[표 17] 목조 건축 시공유지관리기술 분야 검색DB 및 검색범위

자료구분	국가	검색DB	분석구간	검색범위
출원공개 특허등록	한국	한국특허정보원 DB	~2012.03	출원공개공보 특허공보
	미국			
	유럽			
	일본			

나. 분석기준

□ 목조 건축 시공유지관리기술 분야의 특허분석에 있어 세부 검색식은 아래 [표 19]에 설명된 바와 같음

[표 18] 목조 건축 시공유지관리 분야 특허분석 세부 검색식

구분		국문 검색식	영문 검색식
목조 건축을 위한 시공유지 관리기술 분야	1분류	AB=(목조*(시공방법+공법))	AB=(wooden*building*(construction*method))
	2분류	AB=(목조*(유지*관리)	AB=(wooden*building*(replacement+repair+operations+maintenance))
	3분류	AB=(목조*(LCC+LCCO2+생애주기))	AB=(wooden*building*(LCC+LCCO2))
	4분류	AB=(목조*(부품+부속))	AB=(wooden*building*(nailing*tab+wood*fasteners+nails+wood*screws+lag*screws))

- 1분류는 목조 건축의 공법 등에 관한 분야이고, 2분류는 목조 건축의 유지관리 등에 관한 분야임
- 3분류는 목조 건축의 생애주기분석 등에 관한 분야이며, 4분류는 목조 건축의 부품 등에 관한 분야임

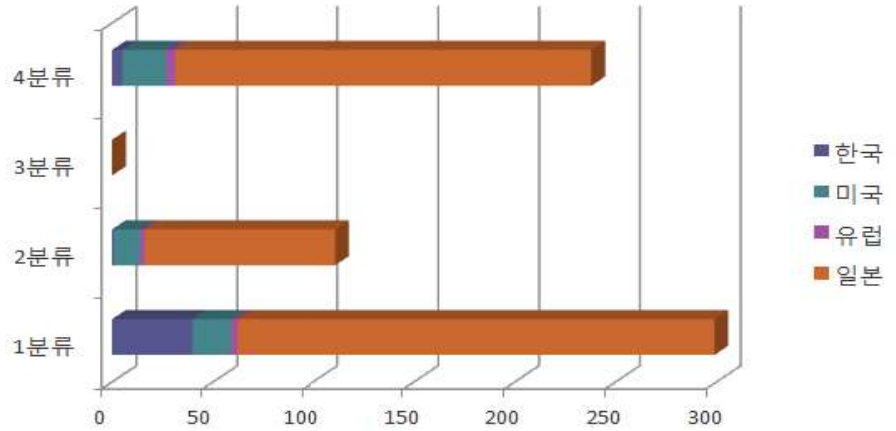
다. 유효특허 선별기준 및 결과

□ 목조 건축 시공유지관리분야의 특허분석에 있어 검색된 특허에 대하여 다음과 같은 유효특허 선별 기준을 마련하여 노이즈를 제거하고 적절한 해당 특허를 골라내는데 적용함

- 광범위한 전문검색이나 협소한 명칭검색을 지양하고, 분야를 한정할 수 있는 초록검색을 실시함
- 핵심특허 선정시에는 목조 건축 관련 특허를 우선적으로 선정하고, 이와 기술적 구성요소에 있어 유사점을 갖는 특허로써 콘크리트 구조물에 사용될 수 있어도 중요한 비교대상 특허로 선정함

[표 19] 목조건축 시공유지관리기술 분야 유효특허 선별 결과

구분	한국	미국	유럽	일본	합계	비고
1분류	40	19	3	237	299	
2분류	1	13	2	95	111	
3분류	0	0	0	0	0	
4분류	5	22	4	207	238	
총계	46	54	9	539	648	



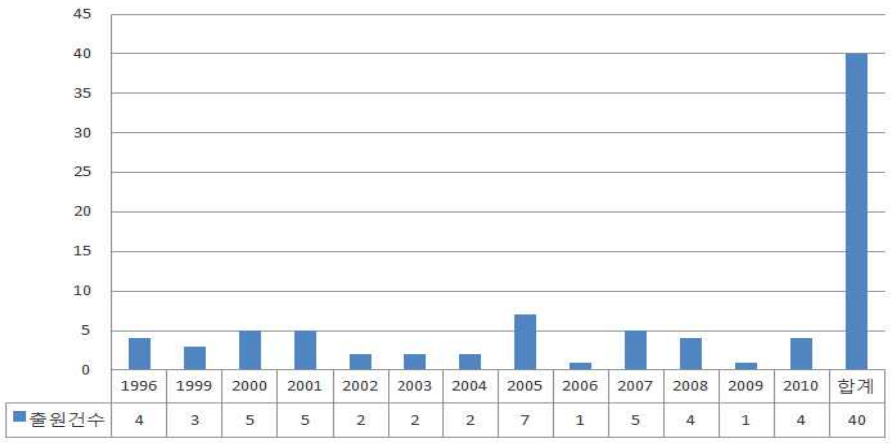
[그림 36] 목조건축 시공유지관리기술 분야 유효특허 선별 결과

라. 국내 특허동향 조사결과

□ 1분류의 특허

■ 1분류는 목조 건축의 공법 등에 관한 분야로써 구체적인 검색식은 아래와 같음

- 국문 검색식: AB=[목조*(시공방법+공법)]
- 영문 검색식: AB=[wooden*building*(construction*method)]



	1996	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	합계
출원건수	4	3	5	5	2	2	2	7	1	5	4	1	4	40

[그림 37] 목조 건축 공법에 대한 국내 특허 출원건수]

- 위의 그래프와 같이 1분류에 대한 국내 특허 출원건수는 총 40건이며, 매년 1~7건 정도 출원되어 특별히 증감에 대한 규칙성을 논하기는 어려움.
- 다만 최근 2010년 4건이 출원되어 다시 증가하는 추세로 볼 수 있음

□ 2분류의 특허

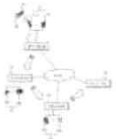
- 2분류는 목조 건축의 유지관리 등에 관한 분야로써 구체적인 검색식은 아래와 같음

- 국문 검색식: AB=[목조*(유지*관리)]

- 영문 검색식:

AB=[wooden*building*(replacement+repair+operations+maintenance)]

- 본 분야에 대한 특허는 아래 표의 2009년 1건만 검색되었음

번호	대표도면	출원번호	상태	발명의 명칭	IPC	출원인	등록번호
1		1020090077965	등록	건축용 목재 이력 관리 시스템(System for history data management of wooden material for architecture)	G06Q 10/00	대한민국(관리부서 : 산림청 국립산림과학원장)	1010739740000

[그림 38] 목조 건축의 유지관리 등에 관한 특허 검색결과]

□ 3분류의 특허

■ 3분류는 목조 건축의 생애주기분석 등에 관한 분야로써 구체적인 검색식은 아래와 같다.

- 국문 검색식: AB=[목조*(LCC+LCCO$_2$+생애주기)]

- 영문 검색식: AB=[wooden*building*(LCC+LCCO$_2$)]

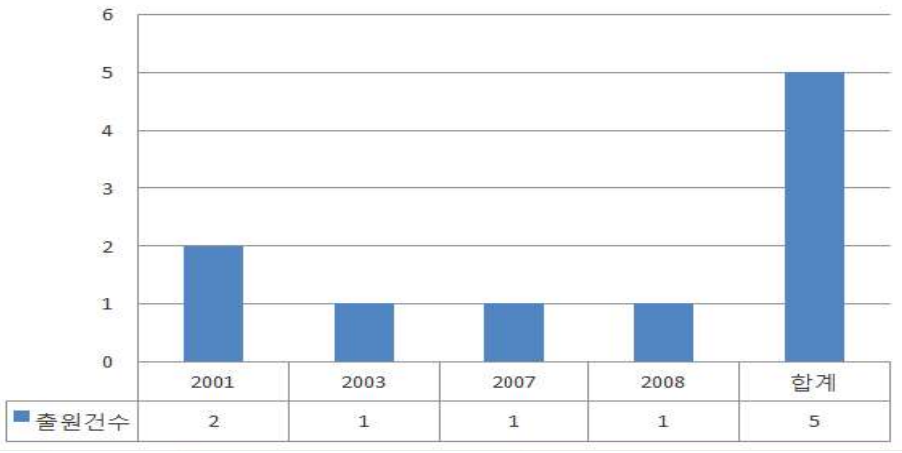
■ 3분류에 대한 국내 특허 출원건수는 총 0건으로 목조 건축에 LCC 등 생애주기분석 기술은 검색하기 어려움. 단 다른 구조물에 적용된 기술을 차용하는 것은 별론으로 함

□ 4분류의 특허

■ 4분류는 목조 건축의 부품 등에 관한 분야로써 구체적인 검색식은 아래와 같음

- 국문 검색식: AB=[목조*(부품+부속)]

- 영문 검색식: AB=[wooden*building*(nailing*tab+wood*fasteners+nails+wood*screws+lag*screws)]



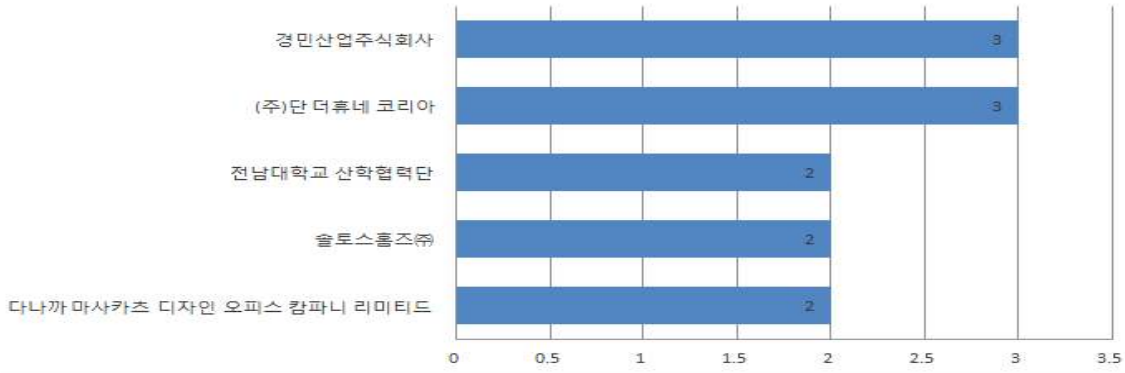
[그림 39] 목조 건축의 부품 등에 관한 국내 특허 출원건수]

■ 위의 그래프와 같이 4분류에 대한 국내 특허 출원건수는 총 5건으로 2~3년에 1건 정도 출원되는 경향을 보임

마. 국내 및 해외 다출원인의 기술별 특허출원동향

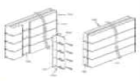
(1) 1분류

① 국내



[그림 40] 1분류 다출원인의 기술별 특허출원동향

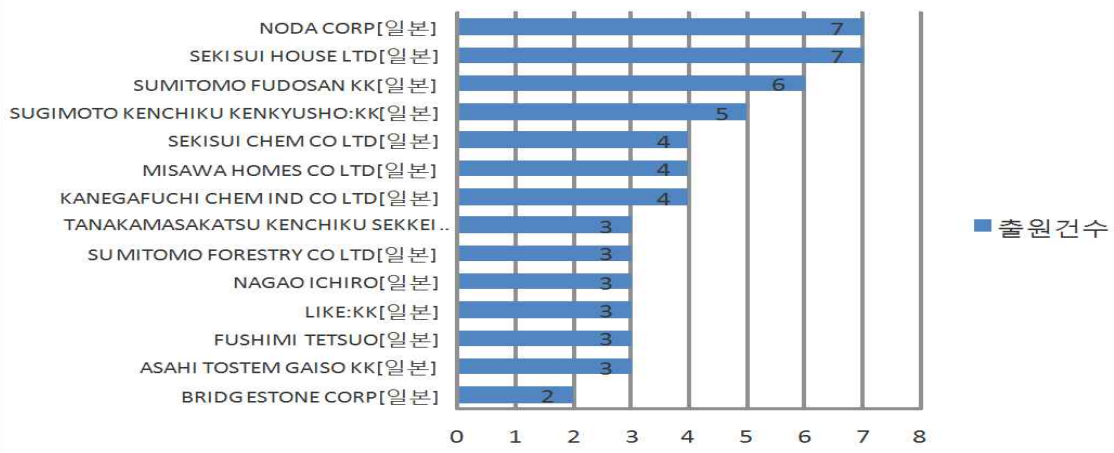
- 상기 그래프는 본 분야에서의 국내 주요 출원인이 어떤 분야에서 출원을 주로 했는지를 보여주며, (주) 단 더휴네 코리아 및 경민산업주식회사 등이 다수의 특허를 출원함
- 아래 표는 각각 총 3건을 출원한 (주) 단 더휴네 코리아 및 경민산업주식회사의 특허목록임

번호	대표도면	출원번호	상태	발명의 명칭	IPC	출원인	등록번호
1		1020050120830	등록	목조주택 및 이 목조주택의 시공방법(Method for construction of cabin)	E04B 2/02	(주) 단 더휴네코리아	1007341750000
2		1020050026527	등록	십육각형 목조주택의 시공방법(Method for construction of bungalow)	E04B 1/10	(주) 단 더휴네코리아	1006308440000
3		1020070064352	거절	통나무집(Cabin)	E04B 1/10	(주) 단 더휴네코리아	
7		1020000028704	등록	곡선형상을 이루는 구조용 집성목 제조방법 및 그 장치(manufacturing method and moulding device for simgleormulti-curved glulam)	B27M 3/00	경민산업주식회사	1003676810000
8		1020010063332	등록	구조용 집성재를 이용한 전통 목구조 건축의 구조 모델과시공방법 및 이에 사용되는 접합철물 (model of structure and method of erection fortraditional wooden structure with glued laminatedtimber and steel connecter)	E04B 1/26	경민산업주식회사	1004061440000
9		1020070073332	등록	강구조용 하이브리드 구조재 및 그 제조방법(the production method of Hybrid structure with steel structure and Glued laminated timber)	E04C 3/292	경민산업주식회사	1008980660000

[그림 41] ㈜단 더휴네 코리아 및 경민산업주식회사 특허목록

■ 상기 (주) 단 더휴네 코리아는 목조벽체에 특징을 가지는 시공방법에 대해 출원했으며, 경민산업주식회사는 구조용 집성재에 특징을 가지는 발명을 출원함

② 해외



[그림 42] 1분류 해외 다출원인의 기술별 특허출원동향

■ 상기 그래프는 본 분야에서의 해외 주요 출원인이 어떤 분야에서 출원을 주로 했는지를 보여주며, 일본 SEKISUI HOUSE LTD사 및 NODA CORP사 등이 다수의 특허를 출원함

■ 아래 표는 총 14건 각각 7건을 출원한 일본 SEKISUI HOUSE LTD사 및 NODA CORP사의 특허목록임

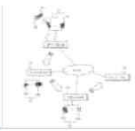
번호	국가	공보번호	등록번호	발명의 명칭	IPC	출원인
178	JP	09325690		HOUSING CONSTRUCTION METHOD COMPARING MECHANISM	G09B9/00	SEKISUI HOUSE L...
179	JP	10020760		HOUSE CONSTRUCTION METHOD EXHIBITING-EXPLAINING DEVICE	G09B9/00	SEKISUI HOUSE L...
180	JP	10020758		DISPLAY EXPLANATION DEVICE OF WOODEN HOUSE CONSTRUCTION METHOD	G09B9/00	SEKISUI HOUSE L...
181	JP	10245933		HEAT INSULATING INNER WALL PANEL AND ITS WORK EXECUTION METHOD	E04B2/56	SEKISUI HOUSE L...
182	JP	11303203		ERECTION METHOD OF TWO-STORIED WOODEN HOUSE	E04B1/26	SEKISUI HOUSE L...
183	JP	11194048		ESTIMATION METHOD FOR VIBRATION CHARACTERISTIC OF BUILDING	G01H17/00	SEKISUI HOUSE L...
184	JP	15120127		WOODEN SASH OUTER FRAME FITTING STRUCTURE	E06B1/06	SEKISUI HOUSE L...
145	JP	09228476		WOODEN BUILDING CONSTRUCTION METHOD	E04B1/26	NODA CORP
146	JP	09228475		WOODEN BUILDING CONSTRUCTION METHOD	E04B1/26	NODA CORP
147	JP	10280533		WOODEN BUILDING METHOD	E04B1/26	NODA CORP
148	JP	10280536		WOODEN BUILDING METHOD	E04B1/10	NODA CORP
149	JP	10280609		BUILDING STRUCTURE PANEL AND WOODEN BUILDING METHOD USING SUCH BUILDING STRUCTURE PANEL	E04B1/26	NODA CORP
150	JP	11117419		PANEL BODY FOR BUILDING	E04B1/80	NODA CORP
151	JP	12248717		LOCKING METAL FIXTURE FOR BUILDING PLATE CONNECTION	E04F13/08	NODA CORP

[그림 43] 일본 SEKISUI HOUSE LTD사 및 NODA CORP사의 특허목록

- 1위인 일본 SEKISUI HOUSE LTD사는 단열벽체패널이나 목재사시와 같은 재료에 이르기까지 특허출원했고, 공동 1위인 NODA CORP사는 순수한 목조 공법에 대하여 다량의 특허를 보유하고 있음
- 3위인 일본 SUMITOMO FUDOSAN KK사는 목조건축의 리폼이나 수리방법에 출원이 집중됨

(2) 2분류

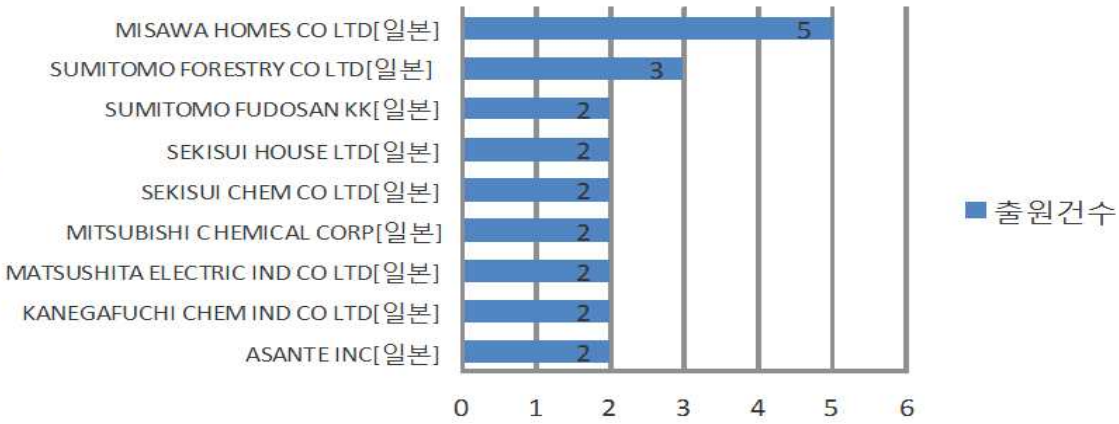
① 국내

번호	대표도면	출원번호	상태	발명의 명칭	IPC	출원인	등록번호
1		1020090077965	등록	건축용 목재 이력 관리 시스템(System for history data management of wooden material for architecture)	G06Q 10/00	대한민국(관리부서 : 산림청 국립산림과학원장)	1010739740000

[그림 44] 국내 특허목록

- 위의 표는 1건을 출원한 대한민국(관리부서: 산림청 국립산림과학원장)의 특허목록임
- 위의 표와 같이 본 분야에서는 건축용 목재 이력관리에 대한 기술 1건 만 검색되었음

② 해외



[그림 45] 2분류 해외 주요 출원인별 특허 출원동향

- 상기 그래프는 본 분야에서의 해외 주요 출원인이 각 분야별로 어떤 분야에서 출원을 주로 했는지를 보여주며, 일본 MISAWA HOMES CO LTD사 및 SUMITOMO FORESTRY CO LTD사 등이 다수의 특허를 출원함

■ 아래 표는 총 5건을 출원한 일본 MISAWA HOMES CO LTD사의 특허목록임

번호	국가	공보번호	등록번호	발명의 명칭	IPC	출원인
53	JP	05079110		FLOOR PANEL FOR WOODEN STRUCTURE BUILDING	E04B5/02	MISAWA HOMES CO...
54	JP	06200557		JOINTED AUXILIARY PLANE OF STRUCTURE FOR WOODEN PREFABRICATED BUILDING	E04B1/10	MISAWA HOMES CO...
55	JP	05311734		MOUNTING STRUCTURE OF INNER BALCONY	E04B1/00	MISAWA HOMES CO...
56	JP	10205182		DOOR HANDLE SURFACE MATERIAL, AND DOOR HANDLE USING THE MATERIAL	E05B1/00	MISAWA HOMES CO...
57	US	07005463	07005463	Cement bonded wood chip product, resin bonded wood chip product, simulated wood product	C08K3/00	MisawaHomesCo.,...

[그림 46] 일본 MISAWA HOMES CO LTD사의 특허목록

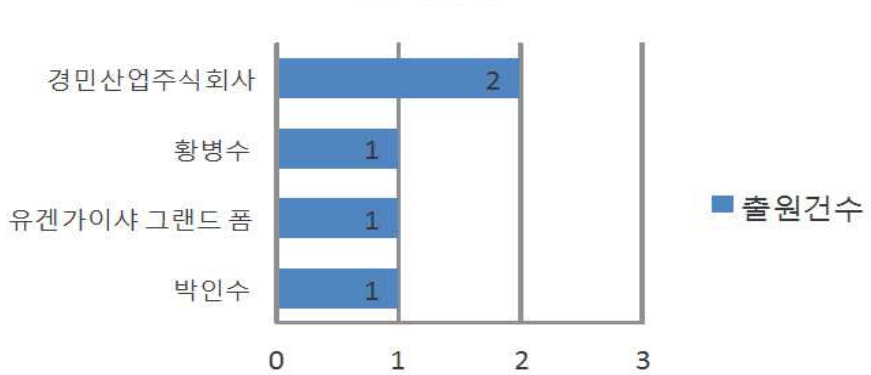
■ 1위인 일본 MISAWA HOMES CO LTD사를 포함하여 모든 회사들의 출원은 본 분야에서 목조 건축과 직접적인 연관성이 부족함

(3) 3분류

■ 3분류는 목조 구조물의 생애주기분석 등에 관한 분야로써 본 분야의 경우, 국내외 모두 선행기술을 발견하지 못하였음

(4) 4분류

① 국내



[그림 47] 3분류 국내 특허 출원인별 특허동향

■ 상기 그래프는 본 분야에서의 국내 주요 출원인이 각 분야별로 어떤 분야에서 출원을 주로 했는지를 보여주며, 경민산업주식회사가 2건으로 가장 많음

■ 아래 표는 총 2건을 출원한 경민산업주식회사의 특허목록임

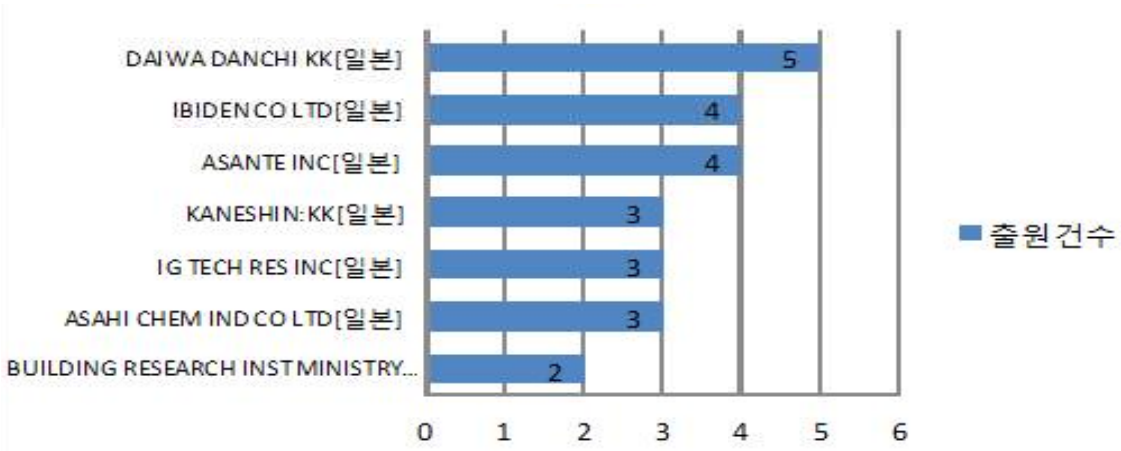
번호	대표도면	출원번호	상태	발명의 명칭	IPC	출원인	등록번호
1		1020010063332	등록	구조용 집성재를 이용한 전통 목구조 건축의 구조 모델과시공방법 및 이에 사용되는 접합철물 (model of structure and method of erection fortraditional wooden structure with glued laminatedtimber and steel connecter)	E04B 1/26	경민산업주식회사	1004061440000
2		2020010031343	소멸	구조용 집성재를 이용한 전통 목구조 건축의 구조 모델과접합철물(model of structure for traditional wooden structurewith glued laminated timber and steel connect)	E04B 1/26	경민산업주식회사	2002617580000

[그림 48] 경민산업주식회사의 특허목록

■ 상기 경민산업주식회사의 출원은 1 분야와 다소 중복되며, 구조용 집성재에 특징을 가지는 발명을 출원했음

② 해외

■ 아래 그래프는 본 분야에서의 전체 주요 출원인이 어떤 분야에서 출원을 주로 했는지를 보여주며, 일본 DAIWA DANCHI KK사 및 ASANTE INC사 등이 다수의 특허를 출원함



[그림 49] 4분류 해외 주요 출원인별 특허 출원동향

■ 아래 표는 일본 DAIWA DANCHI KK사, ASANTE INC사 및 IBIDEN CO LTD사의 특허목록임

번호	국가	공보번호	등록번호	발명의 명칭	IPC	출원인
44	JP	08199726		FITTING STRUCTURE OF CEILING PANEL IN WOODEN BUILDING	E04B9/06	DAIWA DANCHI KK
45	JP	08296278		WOODEN BUILDING	E04B1/26	DAIWA DANCHI KK
46	JP	08284253		WOODEN BUILDING	E04B1/26	DAIWA DANCHI KK
47	JP	09041523		WOODEN BUILDING	E04B1/26	DAIWA DANCHI KK...
48	JP	09041522		WOODEN BUIDLING	E04B1/26	DAIWA DANCHI KK...

번호	국가	공보번호	등록번호	발명의 명칭	IPC	출원인
28	JP	14030727		METHOD FOR REINFORCING JOINT PORTION OF WOODEN BUILDING	E04B1/26	ASANTE INC
29	JP	14356916		REINFORCING DEVICE AND METHOD OF JOINING PART IN WOODEN BUILDING	E04B1/26	ASANTE INC
30	JP	21046948		SEISMIC REINFORCING STRUCTURE OF WOODEN FRAMEWORK BUILDING WITH STUD WALL FRAMING FINISHED ON BOTH SIDES	E04G23/02	ASANTE INC
31	JP	21046949		SEISMIC REINFORCING STRUCTURE OF WOODEN FRAMEWORK BUILDING WITH WALL HAVING COLUMN EXPOSED ON EXTERNAL SURFACE	E04G23/02	ASANTE INC

번호	국가	공보번호	등록번호	발명의 명칭	IPC	출원인
68	JP	06248745		SHEATHING PANEL	E04B7/02	IBIDEN CO LTD
69	JP	06264534		WALL CONSTRUCTING METHOD FOR WOODEN HOUSE AND WALL PANEL THEREFOR	E04B2/70	IBIDEN CO LTD
70	JP	08042028		WOODEN BUILDING	E04B1/98	IBIDEN CO LTD
71	JP	11190065		PANEL FOR WOODEN BUILDING AND CONSTRUCTION METHOD OF WOODEN BUILDING	E04B1/26	IBIDEN CO LTD

[그림 50] 일본 DAIWA DANCHI KK사, ASANTE INC사 및 IBIDEN CO LTD사의 특허목록

■ 1위인 일본 DAIWA DANCHI KK사는 목조 건축에 사용되는 부품을 포함한 복조 건물 자체에 대한 기술을 가장 많이 출원했고,

■ 공동 2위인 일본 ASANTE INC사 및 IBIDEN CO LTD사는 각각 접합부 및 목재패널에 관련된 기술을 보유하고 있음

바. 목조 건축 시공관리기술 분야 특허동향의 시사점

(1) 1분류

■ 1분류는 1분류는 목조 건축의 공법 등에 관한 분야로써 1분류에 대한 국내 특허 출원건수는 총 40건이며, 매년 1~7건 정도 출원되어 특별히 증감에 대한 규칙성을 논하기는 어려움. 다만 최근 2010년 4건이 출원되어 다시 증가하는 추세로 볼 수 있음. (주) 단 더휴네 코리아는 목조벽체에 특징을 가지는 시공방법에 대해 출원했으며, 경민산업주식회사는 구조용 집성재에 특징을 가지는 발명을 출원

■ 해외의 경우, 1위인 일본 SEKISUI HOUSE LTD사는 단열벽체패널이나 목재사시와 같은 재료에 이르기까지 특허출원했고, 공동 1위인 NODA CORP사는 순수한 목조 공법에 대하여 다량의 특허를 보유하고 있으며, 3위인 일본 SUMITOMO FUDOSAN KK사는 목조건축의 리폼이나 수리방법에 출원이 집중되었음

■ 결론으로,

- 국내의 경우 출원된 40건 중 특허등록된 것은 총 17건으로 20~30% 수준인 특허청 특허등록률 통계에 비하여 등록률이 높은 편임. 이는 다른 구조물에 사용되는 종래의 기술을 단순 차용하거나 개량한 것에서 벗어나 목조건축에만 사용되는 특허성 있는 발명으로 개선하였기 때문이라 사료됨.

- 해외의 경우 거의 다방면에 특허가 존재하나 특허법상 속지주의 원칙상 국내에는 등록되지 않아 해외 특허권자는 국내에서 특허권을 행사할 수 없음.

- 따라서 종래 기술의 단순 차용에서 벗어나 목조 건축의 특징을 강조할 수 있는 기술개발이 요구되며, 이때 일본 등 해외기술을 참작하더라도 특허법 등의 법률상 문제가 발생될 우려는 적음

(2) 2분류

■ 2분류는 목조 건축의 유지관리 등에 관한 분야로써 2분류에 대한 국내 특허 출원건수는 2009년 건축용 목재 이력관리에 대한 기술 1건만 검색되었음(특허권자: 대한민국(관리부서: 산림청 국립산림과학원장))

■ 해외의 경우, 1위인 일본 MISAWA HOMES CO LTD사를 포함하여 모든 회사들의 출원은 본 분야에서 목조 건축과 직접적인 연관성이 부족

■ 결론으로,

- 국내외 모두 목조 건축의 유지관리에 직접적인 연관된 선행기술을 검색하기 어려움

- 따라서 종래 기술의 단순 차용 수준이 아니라 어느 정도 목조 건축에 적용될 수 있는 특징이 강조될 수 있는 기술이라면 특허가능성이 높다고 사료됨

(3) 3분류

■ 3분류는 목조 건축의 생애주기분석 등에 관한 분야로써 3분류에 대한 국내 특허 출원건수는 총 0건으로 목조 건축에 LCC 등 생애주기분석 기술은 검색하기 어려움

■ 해외의 경우, 국내와 마찬가지로 선행기술을 발견하지 못함

■ 결론으로,

- 국내외 모두 선행기술을 검색하기 어려움
- 따라서 종래 기술의 단순 차용 수준을 벗어난 목조 건축에 적용될 수 있는 특징이 강조될 수 있는 낮은 수준의 기술이라도 특허가능성이 높다고 사료됨

(4) 4분류

■ 4분류는 목조 건축의 부품 등에 관한 분야로써 4분류에 대한 국내 특허 출원건수는 총 5건으로 2~3년에 1건 정도 출원되는 경향을 보이며, 경민산업주식회사가 2건으로 가장 많음

■ 해외의 경우, 1위인 일본 DAIWA DANCHI KK사는 목조 건축에 사용되는 부품을 포함한 복조 건물 자체에 대한 기술을 가장 많이 출원했고, 공동 2위인 일본 ASANTE INC사 및 IBIDEN CO LTD사는 각각 접합부 및 목재패널에 관련된 기술을 보유하고 있음

■ 결론으로,

- 해외의 경우 거의 다방면에 특허가 존재하나 특허법상 속지주의 원칙상 국내에는 등록되지 않아 해외 특허권자는 국내에서 특허권을 행사할 수 없음.
- 따라서 일본 등 해외기술을 참작하더라도 특허법 등의 법률상 문제가 발생될 우려는 적으므로 선행기술을 포함 내지 응용한 기술은 자유롭게 사용가능하다고 사료됨

3. 목조 건축 녹색기술 분야의 특허 동향

가. 개요

□ 본 분석에서는 목조 건축 녹색기술 분야의 특허분석을 진행함에 있어, 반드시 직접 관련된 특허가 아니라 하더라도 목조 건축 건축에 필요한 내용으로 검색 범위를 확장하여 한국 뿐 아니라 미국, 일본, 유럽의 관련 출원공개 및 등록특허를 모두 검색하여 분석대상으로 함

□ 본 분석에서는 연구의 필요성을 고려하여 선택된 특허 및 실용신안을 분석대상으로 하였으며, ~2012년 3월까지 출원공개 및 특허(실용신안) 등록된 한국, 일본, 유럽 및 미국의 공개공보 및 특허공보를 분석 대상으로 하였고 분석 DB는 한국특허정보원(http://www.kipi.or.kr/) DB를 사용하여 검색함

[표 20] 목조 건축 녹색기술 분야 검색DB 및 검색범위

자료구분	국가	검색DB	분석구간	검색범위
출원공개, 특허등록	한국	한국특허정보원 DB	~2012.03	출원공개공보, 특허공보
	미국			
	유럽			
	일본			

나. 분석기준

□ 목조 건축 녹색기술 분야의 특허분석에 있어 세부 검색식은 아래 표에 설명된 바와 같음

- 1분류는 완성된 목조 건축 자체의 온도유지 및 습도유지 등에 관한 분야이고, 2분류는 목조 건축의 자연 또는 설비 공조를 통한 쾌적한 생활환경유지에 관한 분야임
- 3분류는 목조 건축의 자연 에너지 이용에 관한 분야이며, 4분류는 친환경 내지 저탄소에 관한 분야임

[표 21] 목조 건축 녹색기술 분야 특허분석 세부 검색식

구분		국문 검색식	영문 검색식
목조 건축을 위한 친환경 건축 기술	1분류	AB=(목조*(단열+채광+일사+일조+차음+소음+방습+제습+환기+통기))	AB=(wooden*building*(insulation+light+sunlight+sunshine+natural*light+day*light+sound*insulation+sound*proof+moisture+ventilation))
	2분류	AB=(목조*(냉방+난방+조명+광원+환기))	AB=(wooden*building*(heating+air*conditioning+lighting))
	3분류	AB=(목조*(태양열+태양광+지열+풍력+신재생))	AB=(wooden*building*(solar*heat+photovoltaic+geothermal+wind*power))
	4분류	AB=(목조*(친환경+탄소+성능평가))	AB=(wooden*building*(low*energy+low*carbon+green))

다. 유효특허 선별기준 및 결과

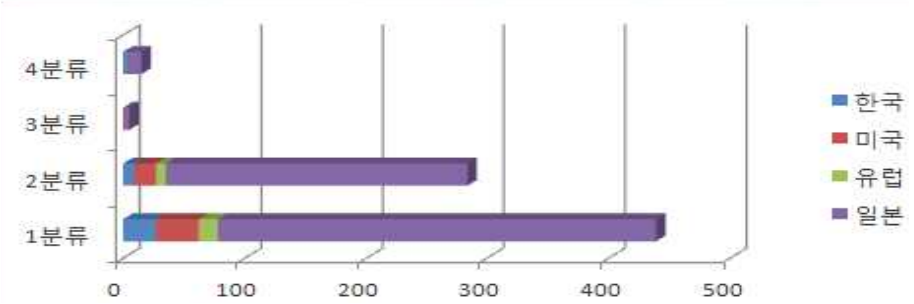
□ 목조 건축 녹색기술 분야의 특허분석에 있어 검색된 특허에 대하여 다음과 같은 유효특허 선별 기준을 마련하여 노이즈를 제거하고 적절한 해당 특허를 골라내는데 적용함

- 광범위한 전문검색이나 협소한 명칭검색을 지양하고, 분야를 한정할 수 있는 초록검색을 실시함
- 핵심특허 선정시에는 목조 건축 관련 특허를 우선적으로 선정하고, 이와 기술적 구성요소에 있어 유사점을 갖는 특허로써 콘크리트 구조물에 사용될 수 있어도 중요한 비교대상 특허로 선정함

[표 22] 목포 건축 녹색기술 분야 유효특허 선별 결과

구분	한국	미국	유럽	일본	합계	비고
1분류	27[37]	35	16	361	439	
2분류	9	18	8	249	284	
3분류	0	1	0	4	5	
4분류	4	1	0	10	15	
총계	40[38]	55	24	624	743	

37) 채광, 일사 일조 등에 관한 특허는 검색되지 않음, 따라서 이에 대한 기술은 다른 건축구조물 특허에서 차용할 수 있음
38) 분야 별로 중복된 건이 있어 실제로는 총 38건임



[그림 51] 목포 건축 녹색기술 분야 유효특허 선별 결과

라. 국내 특허동향 조사결과

□ 1분류의 특허

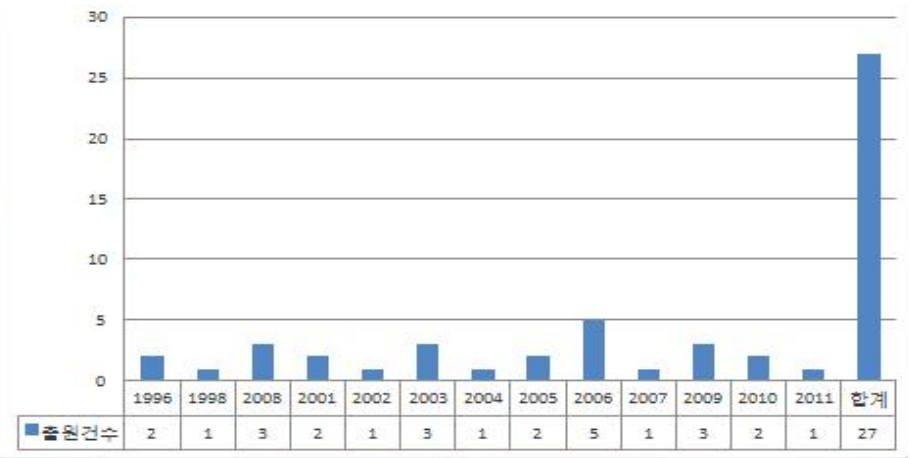
■ 1분류는 완성된 목조 건축 자체의 온도유지 및 습도유지 등에 관한 분야로써 구체적인 검색식은 아래와 같음

- 국문 검색식: AB=[목조*(단열+채광+일사+일조+차음+소음+방습+제습+환기+통기)]

- 영문 검색식: AB=[wooden*building*(insulation+light+sunlight+sunshine+natural*light+day*light+sound*insulation+sound*proof+moisture+ventilation)]

■ 아래의 그래프와 같이 1분류에 대한 국내 특허 출원건수는 총 27건이며, 매년 1~5건 정도 출원되어 특별히 증감에 대한 규칙성을 논하기는 어려우나 지속적으로 꾸준히 출원되고 있음

■ 다만 최근 3년간 점차 줄어드는 추세임



[그림 52] 1분류에 대한 국내 특허 출원동향

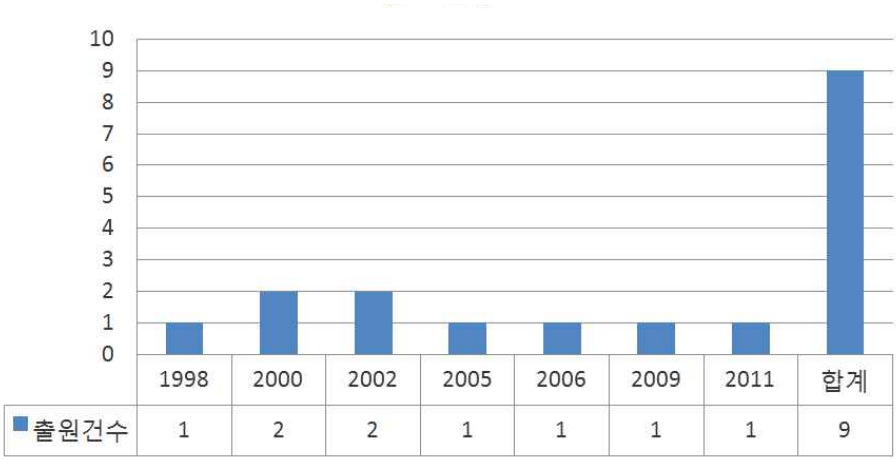
□ 2분류의 특허

■ 2분류는 목조 건축의 자연 또는 설비 공조를 통한 쾌적한 생활환경유지에 관한 분야로써 구체적인 검색식은 아래와 같음

- 국문 검색식: AB=[목조*(냉방+난방+조명+광원+환기)]

- 영문 검색식:

AB=[wooden*building*(heating+air*conditioning+lighting)]



[그림 53] 2분류에 대한 국내 특허 출원동향

■ 위의 그래프와 같이 2분류에 대한 국내 특허 출원건수는 총 9건이며, 매년 1~2건 정도 꾸준히 출원되고 있음

□ 3분류의 특허

■ 3분류는 목조 건축의 자연 에너지 이용에 관한 분야로써 구체적인 검색식은 아래와 같음

- 국문 검색식: AB=[목조*(태양열+태양광+지열+풍력+신재생)]

- 영문 검색식: AB=[wooden*building*(solar*heat+photovoltaic+

geothermal+wind*power)]

■ 3분류에 대한 국내 특허 출원건수는 총 0건으로 목조 건축에 태양열 등 자연 에너지를 직접 결합한 기술은 검색하기 어려움. 단 다른 구조물에 적용된 기술을 차용하는 것은 별론으로 함

□ 4분류의 특허

■ 4분류는 친환경 내지 저탄소에 관한 분야로써 구체적인 검색식은 아래와 같음

- 국문 검색식: AB=[목조*(친환경+탄소+성능평가)]
- 영문검색식: AB=[wooden*building*(low*energy+low*carbon+green)]

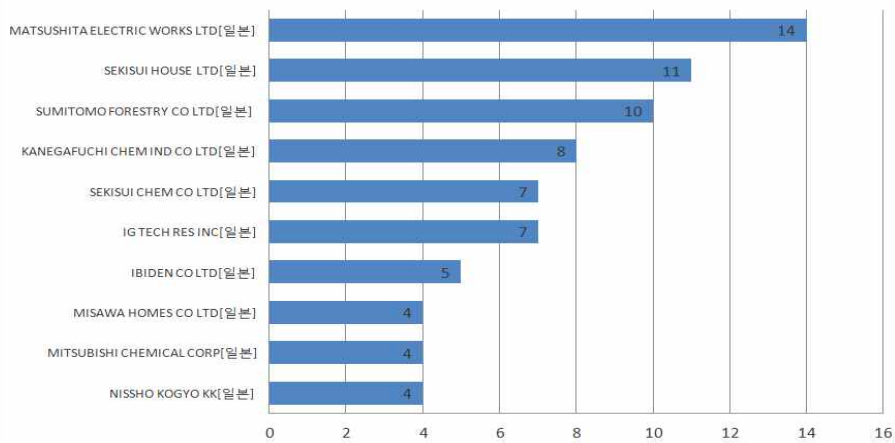


[그림 54] 4분류에 대한 국내 특허 출원동향

■ 위의 그래프와 같이 4분류에 대한 국내 특허 출원건수는 2007년 및 2008년에 집중된 총 4건으로 최근 3년간은 찾아보기 어려움

마. 국내 및 해외 다출원인의 기술별 특허출원동향

(1) 1분류



[그림 55] 1분류 다출원인의 기술별 특허출원동향

■ 상기 그래프는 전체 주요 출원인이 어떤 분류에서 출원을 주로 했는 지를 보여주며, 일본 MATSUSHITA ELECTRIC WORKS LTD사 및 SEKISUI HOUSE LTD사 등이 다수의 특허를 출원함

■ 아래 표는 총 14건을 출원한 일본 MATSUSHITA ELECTRIC WORKS LTD사의 특허목록임

번호	국가	공보번호	등록번호	발명의 명칭	IPC	출원인
219	JP	09173783		SHEET GLASS AND RESIN PLATE AND THEIR PRODUCTION AND METHOD FOR REMOVING CONTAMINANT	B01D53/86	MATSUSHITA ELEC...
220	JP	11023040		DRIER	F24F7/007	MATSUSHITA ELEC...
221	JP	18125051		BUILDING MEMBER AND BUILDING	E04B1/80	MATSUSHITA ELEC...
222	EP	01818468		CONSTRUCTION MATERIAL AND BUILDING	E04B1/80	MATSUSHITA ELEC...
223	JP	58093768		PREPARATION OF FRAMEWORK PANEL FOR BUILDING	B32B3/10	MATSUSHITA ELEC...
224	JP	04109805		METHOD FOR MOUNTING SWITCHBOARD FOR CIRCUMFERENTIAL ELECTRICAL PRODUCT	E04B1/70	MATSUSHITA ELEC...
225	JP	06134902		WOODEN BUILDING MATERIAL	B32B3/30	MATSUSHITA ELEC...
226	JP	08093151		LIGHTING WINDOW	E04D13/035	MATSUSHITA ELEC...
227	JP	10131356		WALL PANEL AND JOINT STRUCTURE OF WALL PANEL	E04B1/80	MATSUSHITA ELEC...
228	JP	11071834		MEMBER FOR BUILDING STRUCTURE, AND METHOD FOR REALIZING AIRTIGHT BUILDING	E04B1/76	MATSUSHITA ELEC...
229	JP	12045447		ROOF PANEL	E04B1/76	MATSUSHITA ELEC...
230	JP	12240357		HEAT INSULATION STRUCTURE OF OPENING PART	E06B1/18	MATSUSHITA ELEC...
231	JP	14052512		WOODEN BUILDING BOARD	B27D5/00	MATSUSHITA ELEC...
232	JP	16317373		METHOD OF INSPECTING WOODEN BUILDING	G01N9/24	MATSUSHITA ELEC...

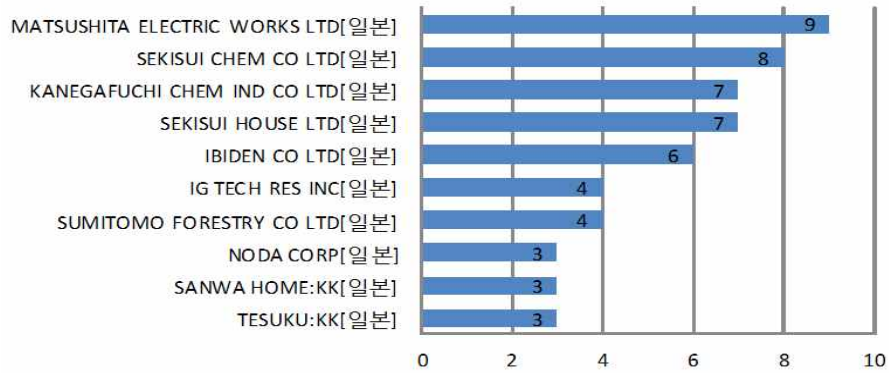
[그림 56] 일본 MATSUSHITA ELECTRIC WORKS LTD사의 특허목록

■ 1위인 일본 MATSUSHITA ELECTRIC WORKS LTD사는 벽체 및 지붕에 사용되는 목재 패널 관련 기술을 가장 많이 출원했고,

■ 2위인 일본 SEKISUI HOUSE LTD사와 3위인 일본 SUMITOMO FORESTRY CO LTD사는 목재 패널, 차음구조, 환기구조 등 거의 모든 분야에서 다수의 특허를 출원하여 목재와 관련된 분야에서 거의 종합적인 포트폴리오를 보유하고 있으며,

■ 4위인 일본 KANEGAFUCHI CHEM IND CO LTD사는 2위인 일본 SEKISUI HOUSE LTD사와 3위인 일본 SUMITOMO FORESTRY CO LTD사에 비해 수는 부족하나 목재 패널, 차음구조, 환기구조 등 거의 모든 분야에서 다수의 특허를 출원하여 목재와 관련된 분야에서 거의 종합적인 포트폴리오를 보유하고 있음

(2) 2분류



[그림 57] 2분류 다출원인의 기술별 특허출원동향

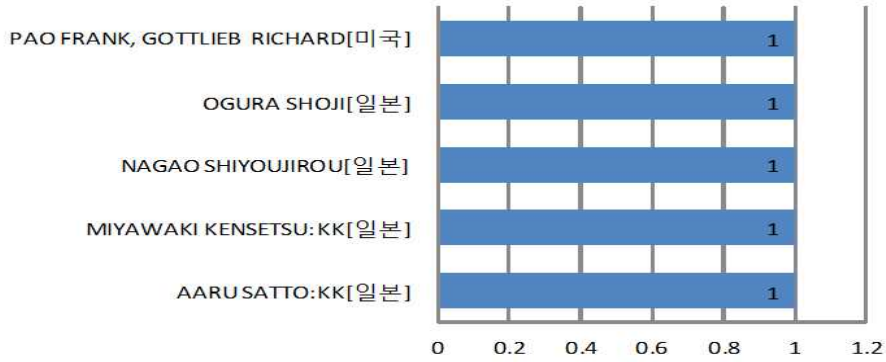
- 상기 그래프는 본 분야에서의 전체 주요 출원인이 어떤 분야에서 출원을 주로 했는지를 보여주며, 일본 MATSUSHITA ELECTRIC WORKS LTD사 및 SEKISUI CHEM CO LTD사 등이 다수의 특허를 출원함
- 아래 표는 총 9건을 출원한 일본 MATSUSHITA ELECTRIC WORKS LTD 사의 특허목록임

번호	국가	공보번호	등록번호	발명의 명칭	IPC	출원인
131	JP	18125051		BUILDING MEMBER AND BUILDING	E04B1/80	MATSUSHITA ELEC...
132	EP	01818468		CONSTRUCTION MATERIAL AND BUILDING	E04B1/80	MATSUSHITA ELEC...
133	JP	58093768		PREPARATION OF FRAMEWORK PANEL FOR BUILDING	B32B3/10	MATSUSHITA ELEC...
134	JP	07040306		MANUFACTURE OF BUILDING MATERIAL	B27D5/00	MATSUSHITA ELEC...
135	JP	08093151		LIGHTING WINDOW	E04D13/035	MATSUSHITA ELEC...
136	JP	12045447		ROOF PANEL	E04B1/76	MATSUSHITA ELEC...
137	JP	11071834		MEMBER FOR BUILDING STRUCTURE, AND METHOD FOR REALIZING AIRTIGHT BUILDING	E04B1/76	MATSUSHITA ELEC...
138	JP	12337037		FACING MATERIAL AND FIXING METHOD THEREFOR	B32B21/04	MATSUSHITA ELEC...
139	JP	12240357		HEAT INSULATION STRUCTURE OF OPENING PART	E06B1/18	MATSUSHITA ELEC...

[그림 58] 일본 MATSUSHITA ELECTRIC WORKS LTD사의 특허목록

- 1위인 일본 MATSUSHITA ELECTRIC WORKS LTD사는 단열 또는 재료 관련 기술을 가장 많이 출원했고,
- 2위인 일본 SEKISUI CHEM CO LTD사는 채광 관련 기술을 가장 많이 출원했으며,
- 3위인 일본 SEKISUI HOUSE LTD사 및 KANEGAFUCHI CHEM IND CO LTD사는 모두 단열 관련 기술을 가장 많이 출원했음.

(3) 3분류



[그림 59] 3분류 다출원인의 기술별 특허출원동향

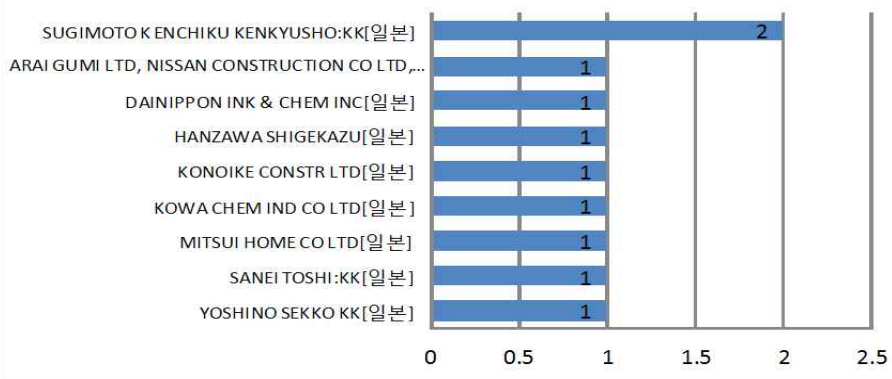
- 상기 그래프는 본 분야에서의 전체 주요 출원인이 어떤 분야에서 출원을 주로 했는지를 보여주며, 목조 건축의 자연 에너지 이용에 관한 분야인 본 분야의 특성상 한국과 같이 많은 출원건수를 찾기 어려움
- 아래 표는 본 분야의 특허목록임

번호	국가	공보번호	등록번호	발명의 명칭	IPC	출원인
1	US	20110179726		BUILDING INTEGRATED THERMAL ELECTRIC HYBRID ROOFING SYSTEM	E04B1/38	
2	JP	16156433		EXTERNAL HEAT INSULATING OUTER WALL AND ROOF BACKING PANEL FOR WOODEN AND LIGHTWEIGHT STEEL FRAME BUILDING CORRESPONDING TO VARIOUS FINISHING MATERIALS BY IMPARTING FUNCTION AS HEAT COLLECTION AND HEAT EXHAUSTING LAYER OF PASSIVE SOLAR SYSTEM	E04B1/80	AARU SATTO:KK
3	JP	05346045		VENTILATED-INSULATED EXTERIOR WALL PANEL	E04B1/70	MIYAWAKI KENSET...
4	JP	60101453		SEMI-MECHANICAL SOLAR HOUSE	F24J2/42	NAGAO SHIYOUJIR...
5	JP	13132140		WALL STRUCTURE OF WOODEN BUILDING	E04B1/26	OGURA SHOJI

[그림 60] 3분류 본분야의 특허목록

- 모든 회사가 1건씩 출원하여 정확한 동향을 파악할 수 없으나 태양광 등의 자연에너지를 이용하여 온도를 유지하려는 기술 등이 출현하는 특징을 보임

(4) 4분류



[그림 61] 4분류 다출원인의 기술별 특허출원동향

- 상기 그래프는 본 분야에서의 전체 주요 출원인이 각 분야별로 어떤 분야에서 출원을 주로 했는지를 보여주며, 일본 SUGIMOTO KENCHIKU KENKYUSHO:KK사가 총 2건으로 가장 많은 수의 특허를 출원함
- 아래 표는 총 2건을 출원한 일본 SUGIMOTO KENCHIKU KENKYUSHO:KK사의 특허목록임.

번호	국가	공보번호	등록번호	발명의 명칭	IPC	출원인
9	JP	19205111		VIBRATION CONTROL DEVICE, VIBRATION CONTROL STRUCTURE AND VIBRATION CONTROL PANEL	E04H9/02	SUGIMOTO KENCHI...
10	JP	18299553		DAMPING PANEL AND DAMPING STRUCTURE OF BUILDING	E04H9/02	SUGIMOTO KENCHI...

[그림 62] 일본 SUGIMOTO KENCHIKU KENKYUSHO:KK사의 특허목록

- SUGIMOTO KENCHIKU KENKYUSHO:KK사를 제외한 상기 출원인 거의 모두1건씩 출원하여 정확한 동향을 파악할 수 없으나 큰크리트구조물이나 철골구조물 등에 사용되는 친환경 내지 저탄소 기술이 차용된 특징을 보임

바. 목조 건축 녹색기술 분야 특허동향의 시사점

(1) 1분류

- 1분류는 완성된 목조 건축 자체의 온도유지 및 습도유지 등에 관한 분야로써 1분류에 대한 국내 특허 출원건수는 총 27건이며, 매년 1~5건 정도 출원되어 특별히 증감에 대한 규칙성을 논하기는 어려우나 지속적으로 꾸준히 출원되고 있다. 다만 최근 3년간 점차 줄어드는 추세임

■ 해외의 경우, 1위인 일본 MATSUSHITA ELECTRIC WORKS LTD사는 벽체 및 지붕에 사용되는 목재 패널 관련 기술을 가장 많이 출원했고, 2위인 일본 SEKISUI HOUSE LTD사와 3위인 일본 SUMITOMO FORESTRY CO LTD사는 목재 패널, 차음구조, 환기구조 등 거의 모든 분야에서 다수의 특허를 출원하여 목재와 관련된 분야에서 거의 종합적인 포트폴리오를 보유하고 있으며, 4위인 일본 KANEGAFUCHI CHEM IND CO LTD사는 2위인 일본 SEKISUI HOUSE LTD사와 3위인 일본 SUMITOMO FORESTRY CO LTD사에 비해 수는 부족하나 목재 패널, 차음구조, 환기구조 등 거의 모든 분야에서 다수의 특허를 출원하여 목재와 관련된 분야에서 거의 종합적인 포트폴리오를 보유하고 있음

■ 결론으로,

- 국내의 경우 출원된 27건 중 특허등록된 것은 총 7건으로 등록률이 낮은 편임. 이는 다른 구조물에 사용되는 종래의 기술을 단순 차용하거나 개량하여 목조 건축에만 사용되는 특허성 있는 발명으로 개선하기 어렵기 때문이라 사료됨.

- 해외의 경우 거의 다방면에 특허가 존재하나 특허법상 속지주의 원칙상 국내에는 등록되지 않아 해외 특허권자는 국내에서 특허권을 행사할 수 없음.

- 따라서 종래 기술의 단순 차용에서 벗어나 목조 건축의 특징을 강조할 수 있는 기술개발이 요구되며, 이때 일본 등 해외기술을 참작하더라도 특허법 등의 법률상 문제가 발생될 우려는 적음

(2) 2분류

■ 2분류는 목조 건축의 자연 또는 설비 공조를 통한 쾌적한 생활환경유지에 관한 분야로써 2분류에 대한 국내 특허 출원건수는 총 9건이며, 매년 1~2건 정도 꾸준히 출원되고 있음

■ 해외의 경우, 1위인 일본 MATSUSHITA ELECTRIC WORKS LTD사는 단열 또는 재료 관련 기술을 가장 많이 출원했고, 2위인 일본 SEKISUI CHEM CO LTD사는 채광 관련 기술을 가장 많이 출원했으며, 3위인 일본 SEKISUI HOUSE LTD사 및 KANEGAFUCHI CHEM IND CO LTD사는 모두 단열 관련 기술을 가장 많이 출원했음

■ 결론으로,

- 국내의 경우 출원된 9건 중 특허등록된 것은 총 7건으로 등록률이 높은 편임. 이는 다른 구조물에 사용되는 종래의 기술을 단순 차용하거나 개량한 것에서 벗어나 목조 건축에만 사용되는 특허성 있는 발명으로 개선하였기

때문이라 사료됨.

- 해외의 경우 거의 다방면에 특허가 존재하나 특허법상 속지주의 원칙상 국내에는 등록되지 않아 해외 특허권자는 국내에서 특허권을 행사할 수 없음.

- 따라서 종래 기술의 단순 차용에서 벗어나 목조 건축의 특징을 강조할 수 있는 기술개발이 요구되며, 이때 일본 등 해외기술을 참작하더라도 특허법 등의 법률상 문제가 발생될 우려는 적음

(3) 3분류

■ 3분류는 목조 건축의 자연 에너지 이용에 관한 분야로써 3분류에 대한 국내 특허 출원건수는 총 0건으로 목조 건축에 태양열 등 자연 에너지를 직접 결합한 기술은 검색하기 어려움

■ 해외의 경우, 목조 건축의 자연 에너지 이용에 관한 분야인 본 분야의 특성상 한국과 같이 많은 출원건수를 찾기 어려움. 다만 미국 및 일본 등에서 1건씩 출원한 회사를 검색할 수 있음

■ 결론으로,

- 국내외 모두 선행기술을 검색하기 어려움

- 따라서 종래 기술의 단순 차용 수준이 아니라 어느 정도 목조 건축에 적용될 수 있는 특징이 강조될 수 있는 기술이라면 특허가능성이 높다고 사료됨

(4) 4분류

■ 4분류는 친환경 내지 저탄소에 관한 분야로써 4분류에 대한 국내 특허 출원건수는 2007년 및 2008년에 집중된 총 4건으로 최근 3년간은 찾아보기 어려움

■ 해외의 경우, SUGIMOTO KENCHIKU KENKYUSHO:KK사를 제외한 출원인 거의 모두 1건씩 출원하여 정확한 동향을 파악할 수 없으나 큰크리트구조물이나 철골구조물에 사용되는 친환경 내지 저탄소 기술이 차용된 특징을 보임

■ 결론으로,

- 국내외 모두 적은 수의 선행기술만 검색되었으며, 가연성인 목재 특성을 보완한 불연성 목재에 관한 출원이 다수 보임

- 따라서 목재 자체의 생산에서 친환경적이고 탄소발생량을 줄일 수 있는 기술이라면 특허가능성이 높을 것으로 사료됨

5절 국내외 논문 동향 분석

1. 목재기술 분야의 논문 동향

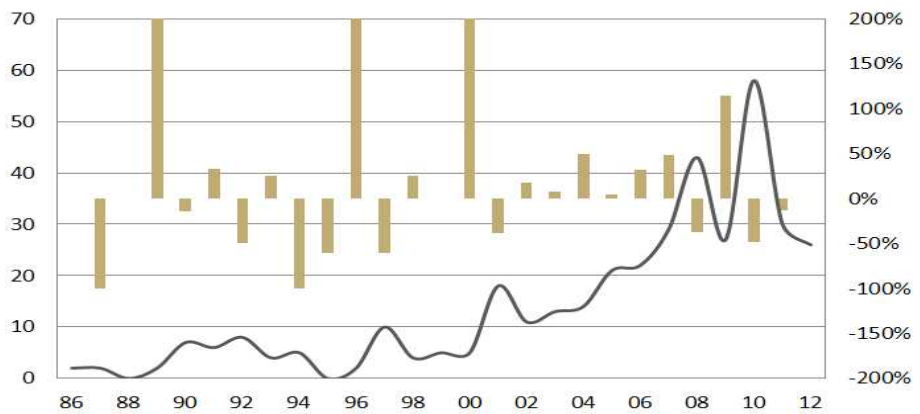
가. 논문분석 방법

□ 2000년을 기점으로 관련 논문이 크게 증가하여 국산재를 활용하려는 연구 움직임이 매우 활발하게 증가하고 있음을 보임

□ 본 과제의 기술분류에서는 대분류 항목 중 국산재 공급기반 및 규격화 관련 분야에 대해서 논문분석을 수행하였으며, 본 대분류 항목에 속하는 소분류 항목은 목조 건축재의 성능, 국산재의 벌채 및 생산현황, 규격화 항목이며, 국산재의 생산기반 및 성능과 관련된 항목이기 때문에 국내 논문만을 대상으로 하여 검색함

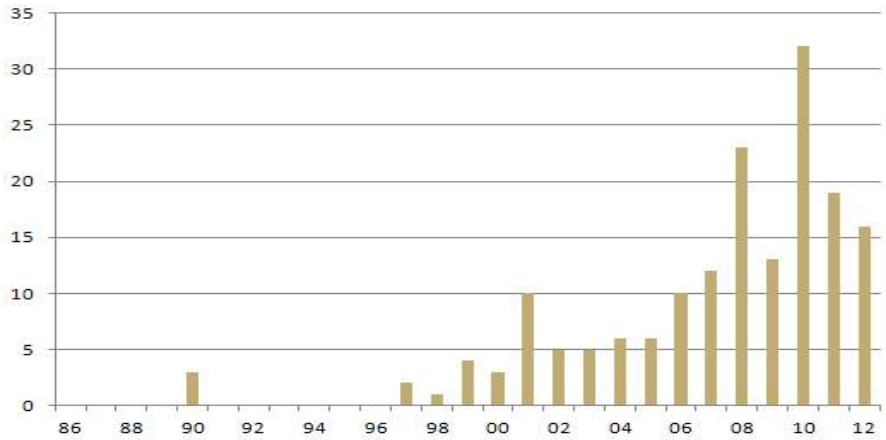
나. 국내논문 분석 결과

□ 본 과제의 기술분류 항목 중 국산재 공급기반 및 규격화 항목에 대한 연도별 논문발행 동향을 살펴보면 1995년을 기점으로 논문의 발행이 큰 폭으로 늘기 시작하여 이 시기부터 국산재를 이용하려는 시도가 활성화 되고 관심이 높아진 것으로 판단됨



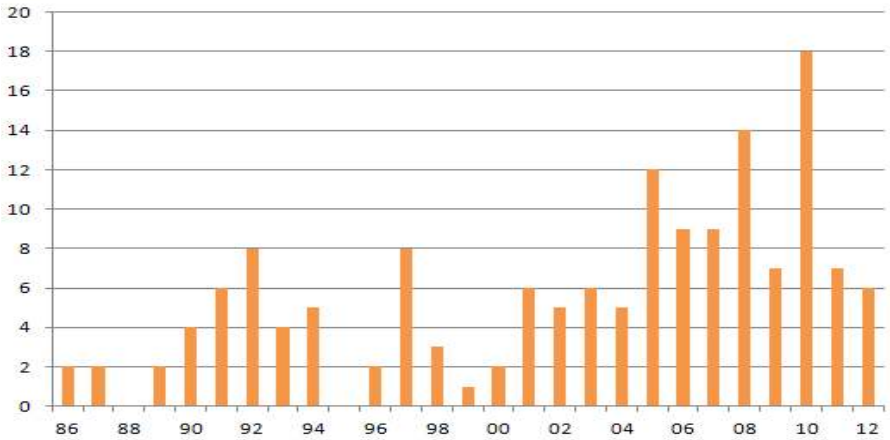
[그림 63] 국산재 공급기반 및 규격화 항목에 대한 연도별 논문발행 동향

□ 목조 건축재의 성능 분야의 연도별 논문 발행 동향을 살펴보면 2000년대 초반 이후 현재까지 이 분야의 논문 발행이 비교적 빠른 속도로 그리고 지속적으로 늘고 있어 이 분야에 대한 연구가 많이 늘어나고 있음을 뚜렷이 알 수 있음



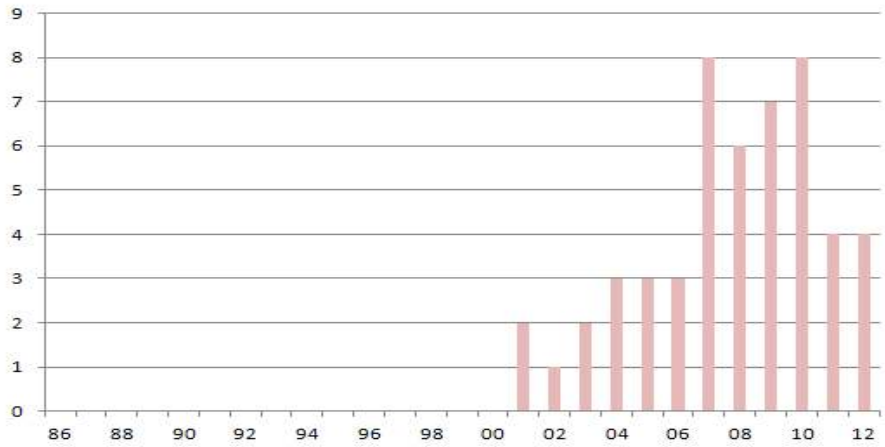
[그림 64] 목조 건축재의 성능 분야의 연도별 논문 발행 동향

□ 국산재의 벌채 및 생산현황 분야 논문 발행 동향을 살펴보면 1990년대 이후 해매다 몇 건의 논문이 발표되고 있었으나 2000년대 초반 이후 본격적으로 증가하기 시작한 것으로 나타남



[그림 65] 국산재의 벌채 및 생산현황 분야 논문 발행 동향

□ 규격화 관련 분야의 연도별 논문 발행 동향을 살펴보면 2000년대 이전에는 관련 논문이 거의 없었으나 그 이후 이 분야의 논문 발행이 점차 늘기 시작하여 국산자재의 생산 및 공급 분야에서 규격화를 중요하게 여기는 분위기가 자리잡아가고 있음을 알 수 있음



[그림 66] 규격화 관련 분야의 연도별 논문 발행 동향

다. 시사점

□ 한국형 목조건축 융합기술 개발 및 산업화의 연구 분야와의 관련성 측면에서 목재의 강도향상 1건, 목재가공의 용이성 향상기술 2건, 구조재로서의 적용 향상 기술 6건 및 접합방법의 개선기술 4건, 국산재공급기반 안정화 기술 14건, 국산재 생산의 규격화 41건으로 주로 국산재를 규격화하기 위한 국산목재부재의 성능평가와 관련된 논문이 많이 발간되었음을 알 수 있고, 국산재 공급안 정화와 관련된 기술은 14건으로 아주 적은 것은 아니나 국내에서 생산되는 목재의 종류나 특징 등을 생각할 때 아직까지 국산재를 안정적으로 공급하기 위한 고려가 충분히 이루어졌다고는 볼 수 없음

□ 또한, 해결수단 측면에서는 대단면재 제조분야의 기술이 8건, 건조/열처리 방법의 개선이 4건, 접합용 부재의 개발 5건, 목재부재의 개발 6건, 목재접합방법의 개발 1건, 국산재 생산확충 19건, 부재성능의 규격화 25건, 시공규격화 1건 등으로 국산재를 확충하고 이를 규격화하기

위한 어느 정도의 연구가 이루어져 있는 것으로 나타나지만 규격화 관련 연구는 아직까지 거의 이루어지지 않고 있어 이 분야에 대한 연구도 병행해서 이루어져야 국산재의 사용확대를 꾀할 수 있을 것으로 사료됨

□ 한국형 목조건축 융합기술 개발 및 산업화 개발 분야의 기술과제 및 해결수단에 관련한 논문들의 경우, 특허에서는 공백영역으로 나타났던 국산재 생산 규격화 및 목재부재의 규격화 성능평가와 관련된 분야에서 어느 정도 연구가 이루어져 있음을 볼 수 있으나, 국산재의 시공 규격화 분야에서의 연구는 매우 미흡한 것으로 나타나 국산재의 이용을 확대하기 위해서는 이러한 분야에서의 연구가 좀 더 이루어져야 할 필요가 있음을 시사함

2. 목조건축 설계 분야의 논문 동향

가. 선행연구 고찰 방법

□ 국가지정 전문 연구정보 센터인 AURIC에서 목조건축의 설계기술과 관련한 선행연구를 검색하였음

□ '목조'의 키워드로 검색된 연구 문헌 중 목조의 시공 . 구조 . 성능 그리고 전통건축과 관련한 문헌을 제외하면 목조건축의 설계기술과 관련한 선행연구는 8편에 불과함

나. 국내 선행연구 내용

[표 23] 목조건축 설계기술 관련 국내 선행연구 현황 (연도순)

연구 시기	연구 제목 및 출처	연구 내용
1997	성순택, 강병근, 환경친화적 목조주택의 계획방향에 관한 연구, 대한건축학회 학술발표대회 논문집 제17권 제1호, 1997. 4	■ 목조주택의 특성들을 분석하여, 환경친화적 목조주택의 계획방향을 제시함 1) 경제적 목조주택의 계획방향 -경량목구조, 기둥·보구조, 중량 목구조의 장점 도입 -건식기법을 고려한 계획 -효율적 공정관리 계획 -국내외 건축환경을 고려한 치수, 규격마련 -기후, 계절적 환경요인을 고려하는 유지, 보수 계획 마련 2) 전통과 현대와의 조화를 꾀하는 계획방향 -경량목구조: 현대화된 합리적 목조 구성 기법 등 -기둥·보구조: 벽체구성의 다양성 및 노출된 구조부의 구조적 미 등 -중량목구조: 다양한 현대식 접합방법의 응용 등 3) 새로운 재료 및 축조기법을 도입하는 계획방향 -공학목재의 개발과 적극적 도입 -목조 축조 기법(건식조립기법)의 다양한 개발
1998	권오정, 거주자에 의한 목조주택의 거주후 평가, 대한건축학회논문집 14권 11호, 1998. 11	■ 목조주택의 거주자를 대상으로 그들의 일반적 특성, 주거만족도, 주거만족도에 영향을 미치는 요인들을 파악하기 위해 1997~1998년에 설문조사를 실시하여 회수된 110부를 통계분석한 내용 -목조주택 보급시 입주자 주문방식 확대 필요 -수요자 요구에 대응한 다양한 계획 요구 -목조주택의 전반적인 만족도는 경제성 측면과 유지관리 측면에서 주거환경 개선이 이루어져야 함

	이승훈, 목조혼합구조 건축의 공간분석에 관한 연구, 한국실내디자인학회논문집 17호, 1998. 12	■ 일본의 현대 목조건축을 대상으로 목조혼합구조건축의 동향과 그 가능을 모색하기 위한 연구로 1970~1993년까지의 신건축, 건축문화, 주택건축, 니케이 아키텍츄어, SD, 디테일, 건축과 사회 등의 일본 건축잡지를 분석대상으로 함 -목조혼합구조의 공간구성 형태는 재료로 구분함 -목조는 구조적 측면, 전통-풍토의 반영, 공간의 다양성 추구 등을 위해 목재와 타 재료가 조합하여 목조건축 표현하고 있음
1999	유영희, 김란기, 한국 도시근교 목조주택의 디자인 특성에 관한 연구(Ⅰ), 한국실내디자인학회논문집 21호, 1999. 12	■ 도시근교에 건축된 2"×4" 공법의 경량목구조 주택 45호의 주택의 개요, 평면 구성의 특성을 중심으로 분석한 연구 -경량목구조 주택은 규격화된 기본자재(2"×4", 2"×10", 2"×12")를 사용하므로 증개축이 용이 -데크를 사용하여 거실, 식당 및 부엌, 침실 등 다양한 공간에 연결하여 외부공간과의 연결성이 높음 -경사천장을 이용한 다락방 확보
2000	유영희, 김란기, 한국도시근교 목조주택의 디자인 특성에 관한 연구(Ⅱ), 한국실내디자인학회논문집 24호, 2000. 9	■ 도시근교에 건축된 경량목구조주택 87호의 형태적 특성을 조사분석한 연구 -매스는 주로 2층 규모이며, 1층 평면형태는 一자형 및 상자형이 60% 이상을 차지 -박공지붕이 절반이상을 이름
	유영희, 한국 도시근교 목조주택 평면구성 특성의 유형학적 연구, 한국실내디자인학회논문집 25호, 2000. 12	■ 도시근교에 건축된 경량목구조주택 79호를 대상으로 평면구성의 특성을 유형화하는 연구 -현관위치, 내부실 진입방식, 계단위치, 공사공간의 배치방식, 주침실 위치 등을 기준으로 주택 유형 특성을 분석한 후 이들의 상호관련 분석을 통해 대표적인 10가지 유형을 제시함
2007	강만호, 주석중, 목조주택의 수요에 미치는 영향요소에 관한 연구, 대한건축학회논문집 23권 1호, 2007. 1	■ 목주주택 보급을 위해 서울, 경기, 광주, 전라의 4개 지역에서 2005년을 기준으로 최근 5년간 분양된 30평대 아파트 사례 98호를 대상으로 하여, 국내 주거공간에 적합한 단위공간의 규모와 실구성에서 요구되는 목조주택 공간모듈을 제시한 연구 -2bay와 3bay 평면에서 사용가능한 기둥 간격은 3.0, 3.3, 3.6, 3.9, 4.2, 4.5, 4.8m로 나타났고, 이러한 기둥간격을 한국표준협회에서 규정하는 「건축 모듈 정합 설계 기준」의 수평 모듈 정합설계 규정의 기준을 적용하면 폭은 3.0, 3.3, 3.6, 4.2, 4.8m, 깊이는 3.0, 3.3, 3.6, 4.2m를 사용할 수 있음
	강만호, 김재덕, 주석중, 목조주택 모형개발을 위한 평면모듈 설정에 대한 연구, 한국주거학회 논문집 제18권 제1호, 2007. 2	■ 목조주택 보급을 위해 2005년 일반인과 건축실무자를 대상으로 설문 조사 및 분석을 실시하여 목조주택 인식에 대한 주요요소를 추출한 연구 -목조주택의 인식에서 화재의 취약성과 건축비는 부정적 반응을 보였고, 이들을 제외하고는 전반적으로 긍정적으로 인식하고 있음 -건축실무자는 목조의 성능부분에서 긍정적으로 인식하고 있음 -목조구법의 인식은 한옥>통나무>경량목조의 순으로 긍정적 반응을 보임 -수요전망과 건축비에 대한 인식은 경량목조가 가장 긍정적으로 나타남 -목조주택 수요에 영향을 미치는 요인에서 일반인은 심미적 특성, 관리성, 건강성, 경제성이며, 건축실무자는 경제성으로 나타남

다. 시사점

□ 유럽 및 미국의 현대 목조건축은 주거용도 이외에도 운동시설, 관람집회시설, 종교시설, 교육시설, 참고시설, 업무시설, 근린생활시설 등 다양하게 이용되고 있음[39)]

□ 선행연구 분석을 통해 국내에서는 건물유형이 주택에 한정되어 있고, 연구기간(1997~2007년)이 짧아 지속적인 연구가 이루어지 못했음을 알 수 있음

□ 목조의 보급을 위해 다양한 용도를 수용할 수 있는 건물유형이 연구되는 것이 요구됨

□ 외부 형태와 평면구성에 대한 연구가 시도되고 있으나 아직까지는 필요성에 대한 인식 정도에 머무르는 수준임

□ 한국의 전통목조건축과 서양의 경량목조건축 사이에서 우리현실에 적합한 다양한 목조건축의 실현을 위해 전략적인 연구와 제도가 필요함

39) 김은중, 유럽 및 미국의 현대 목조건축 경향과 구조 시스템, 건축역사연구 3권 1호, 1994. 6

3. 목조건축 시공유지관리기술 분야의 논문 동향

□ 친환경 건축자재 평가 및 순환재활용 기술 (한국건설기술연구원 2000) -[표 25]와 같이 친환경 건축자재 평가 및 순환재활용 기술연구는 건설자재 생산에서 에너지 소비를 줄이고 친환경 건축자재의 개발 및 순환재활용을 목표로 함. 이를 위하여 첫째, 산업연관분석을 이용하여 건축자재의 공종별 에너지소비량과 CO_2 배출량을 추정함. 둘째, 전 과정 평가를 활용하여 절차 및 단계별 내용을 분석하고 건축자재의 환경영향을 평가함. 셋째, 건축자재의 환경친화성 평가항목을 도출하여 평가 프로그램을 개발함. 전 과정 평가 시 레미콘 등 일부자재를 제외하고 개별자재에 대한 분석은 실시하지 않음. 본 연구에서는 건설 시 90% 이상 차지하는 주요자재들에 대해 CO_2 배출량 및 원단위를 산정 및 예측함.

[표 24] 기존 국내 연구 현황

연구제목	연구기관	년도	내 용
친환경 건축자재 평가 및 순환재활용 기술	한국건설기술연구원	2000	· CO2원단위 산정에서 인력CO2 원단위 미포함
건설부분의 LCA 활용방안에 관한 연구	한국건설기술연구원	2003	· CO2배출량 산정에서 일부 자재를 제외하고 개별 자재 분석 미포함
건축물의 LCA를 위한 원단위 작성 및 프로그램 개발 연구	한국건설기술연구원	2004	· CO2배출량 산정 및 에너지 소비량의 예측은 가능하나 LCC/LCCO2 최적 대안 선정은 어려움
건설폐기물 분리배출 및 발생 원단위 산정 등에 관한 연구	한국환경정책평가연구원	2004	· 전생애주기가 아닌 폐기단계에서의 CO2배출량 및 원단위 산정
총량베이스 건축물 에너지 절약 관리기법 개발	한국건설기술연구원	2006	· 총량베이스 에너지 관리기법 개발하였으나 비용·탄소효과를 최적화하는 방안 미포함
지하도로시설물의 LCC 예측모델 및 시스템 개발	한국시설안전공단	2006	· 터널,지하차도의 LCC분석 모델을 개발하였으나 LCCO2분석을 미포함

□ 건설부분의 LCA 활용방안에 관한 연구 (한국건설기술연구원 2003) - 건설부분의 LCA 활용방안에 관한 연구는 전 과정 평가를 국내 건설 분야에 적용·활용을 목표로 함. 이를 위하여 첫째, 건설 환경 기술개발 정책추진을 위한 국내 및 선진국의 기술·정책에 대한 현황조사 및 분석을 실시함. 둘째, 국내외 건설부문 LCA 활용동향 분석을 통한 국내 적용성 평가 및 적용방법론을 제시함. 셋째, 건설사업의 LCA를 위한 기초 LCI DB 구축함.

□ 건축물의 LCA를 위한 원단위 작성 및 프로그램 개발 연구 (한국건설기술연구원 2004) - 건축물의 LCA를 위한 원단위 작성 및 프로그램 개발 연구는 건축물의 친환경성 평가를 위한 명확한 지표를 설정하고 프로그램을 개발하여 건축 관련자 및 국민들에게 기술적 지원 시스템을 구축함. 이를 위해 친환경건축물 환경성능평가 프로그램 개발, 건축물의 환경부하 산출 결과의 적정 가중치 설정 방안 도출, 친환경건축물 인증제도의 시행 지침 작성, 친환경건축물 인증제도 시행을 위한 평가기준 및 평가항목의 제시함. 하지만 구축된 DB에 의해 CO_2 배출량의 산정 및 에너지 소비량의 예측은 가능하나 에너지/자원의 투입을 최소화함과 동시에 CO_2 배출량을 줄일 수 있는 최적대안을 선정하기는 어려움.

□ 건설폐기물 분리배출 및 발생원단위 산정 등에 관한 연구 (한국환경정책평가연구원 2004) - 건설폐기물 분리배출 및 발생원단위 산정 등에 관한 연구는 건설폐기물이 배출단계에서부터 종류별로 분리 및 배출되어 건설폐기물의 재활용을 촉진할 수 있도록 건설현장에서 적용 가능한 가이드라인 제시를 목표로 함. 이를 위하여 현장분리배출을 위한 건설폐기물 재활용 실태·종류별 분류 및 관련 법규 조사, 공사종류별 건설폐기물 발생원단위 산정, 건설공사 환경관리비 적정산정기준 마련, 건설폐기물의 분리배출 방법에 대한 조사함.

□ 총량베이스 건축물 에너지 절약 관리기법 개발 (한국건설기술연구원 2006) - 총량베이스 건축물 에너지 절약 관리기법 개발연구는 합리적이고 선진화된 방법의 건축물 에너지절약 관리 방안을 수립하는 것을 목적으로 함. 목적을 달성하기 위해 국제 규격에 부합하는 국가공인 전국 지역별 기상데이터 정립, 건축물 에너지 해석을 위한 표준 입력치

및 기본 필수 데이터의 정비, 건물 에너지해석 표준 프로세스 도출, 국가 인증 건축물 에너지해석 프로그램의 선정, 표준 건물 에너지해석을 위한 건물 표준운전상태 설정, 총량베이스 에너지 관리 기법의 효과 분석 및 적용 매뉴얼 제작을 제작함. 하지만, LCC/LCCO_2 측면에서 비용·탄소효과를 최적화하는 방안은 제시되어지지 않음.

□ 지하도로시설물 (터널, 지하차도)의 LCC 예측모델 및 시스템 개발 (한국시설안전공단 2006) - 지하도로시설물(터널, 지하차도)의 LCC 예측모델 및 시스템 개발연구는 지하도로시설물의 유지관리에서 대안비교를 통한 의사결정시 LCC분석 모델을 활용하여 경제성을 평가하는 시스템 개발을 목표로 함. 이를 위하여 확률적 LCC분석 모델을 개발하여 계측이나 점검을 통해 얻어진 지하도로시설물(터널, 지하차도)의 상태등급에 따른 보수/보강공법 선정과 향후 유지관리 전략수립을 함.

4. 목조건축 녹색기술 분야의 논문 동향

가. 논문 동향 분석 방법

□ 목조건축 녹색기술 분야의 선행 연구는 한국교육학술정보원(KERIS)에서 제공하는 학술연구정보시스템(RISS)를 이용하여 아래의 국문 키워드와 영문 키워드로 국내외 논문을 검색함

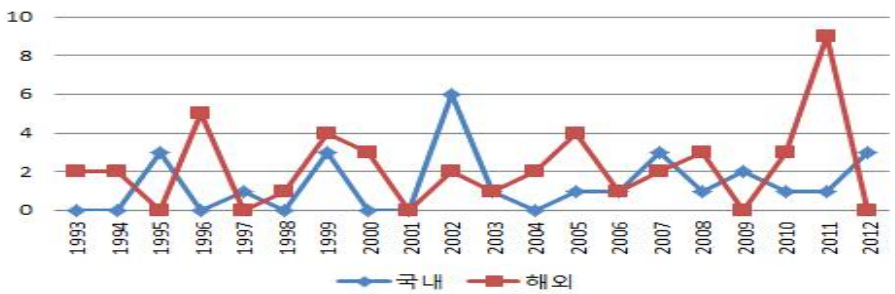
[표 25] 세부과제별 검색 키워드

구분	국문확장	영문확장
목조건축을 위한 친환경 건축기술 최적화 연구기획	목조 and (단열 채광 일사 일조 차음 소음 방습 습기 환기 통기)	wooden building and (insulation, light, sunlight, sunshine ,natural light, day light, sound insulation, sound proof, moisture, ventilation)
	목조 and (냉방 난방 조명 광원 환기설비 설비)	wooden building and (heating, air conditioning, lighting) wooden building and light
	목조 and (태양열 태양광 지열 풍력 신재생)	wooden building and (solar heat, photovoltaic, geothermal, wind power)
	목조 and (친환경 저탄소 성능평가)	wooden building and (low energy, low carbon, green)

나. 논문 동향 분석 결과

□ 연도별 논문등재 추이

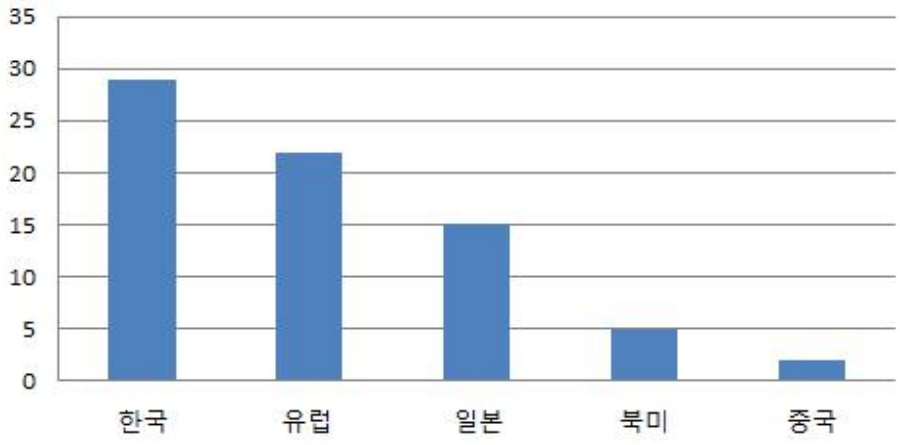
■ 목조건축을 위한 친환경 건축기술 관련분야의 논문은 90년대부터 현재까지 꾸준한 등재율을 보이고 있음. 국내의 경우, 2010년 이후 뚜렷한 증가세를 보이고 있음.



[그림 67] 연도별 논문수

□ 국가별 논문 동향

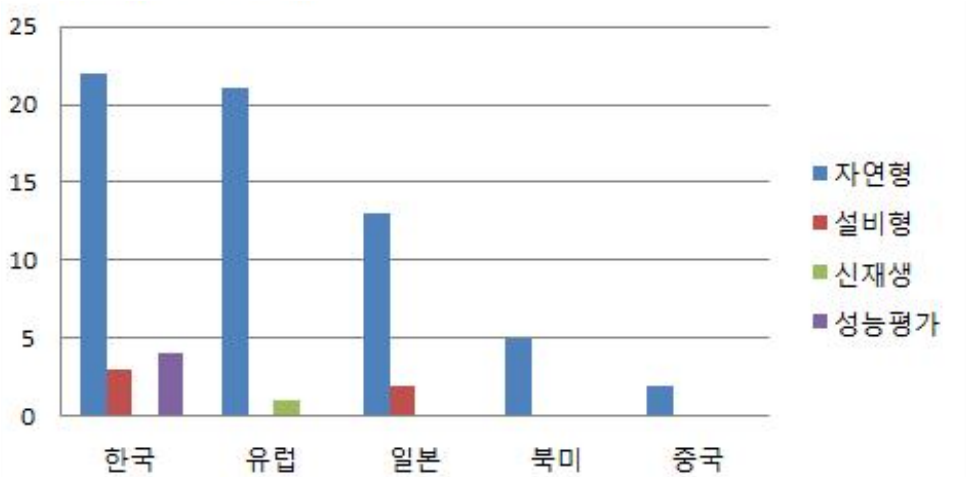
■ 국가별 총 논문 발표건수는 한국 29건, 유럽 22건, 일본 15건,북미 5건, 중국 2건으로 나타남



[그림 68] 국가별 논문동향

□ 분야별 논문 동향

■ 분야별 논문 동향분석에서는 목조건축과 관련된 자연형 녹색기술 관련 논문이 가장 활발하게 연구 및 발표되고 있으며, 다음으로 설비형 녹색기술, 그리고 에너지성능평가에 관한 논문 순으로 발표되고 있는 것으로 나타남. 신재생시스템의 목조건축 적용분야에 관한 논문은 아직 저조한 실정임.



[그림 69] 분야별 논문동향

6절 연구개발 인프라 분석

1. 목재기술 분야

가. 연구 인력 인프라

□ 2008년부터 2010년까지 우리나라 전공별 연구 인력의 추이를 살펴보면 매년 증가하였으며, 이중 과학기술분야 전공별 연구인력은 2008년 265,338명, 2009년 285,538명(전년대비 7.6% 증가), 2010년 306,064명(전년대비 7.2% 증가)으로 증가추세를 나타냄

□ 2010년 현재 우리나라 과학기술분야 전공별 연구원은 약 306,064(88.5%)명이고, 이중 공학분야의 연구인력이 231,913(67.0%)명으로 가장 많고, 농림수산학분야에는 9,202명(2.7%)이 종사하는 것으로 조사됨

[표 26] 우리나라 전공별 연구원 추이

(단위 : 명, %)

구분		2008		2009		2010	
		연구원	비중	연구원	비중	연구원	비중
과학기술분야	이학	35,760	11.9	41,687	12.9	46,023	13.3
	공학	205,478	68.5	217,911	67.4	231,913	67.0
	의약보건학	17,247	5.7	17,227	5.3	18,926	5.5
	농림수산학	6,853	2.3	8,713	2.7	9,202	2.7
	소계	265,338	88.4	285,538	88.4	306,064	88.5
전체		300,050	100.0	323,175	100.0	345,912	100.0

(출처 : 국가과학기술위원회, 2011 과학기술연감)

□ 전공별 연구인력을 살펴보면, 기업체에 종사하는 연구인력의 비중이 65.4%로 가장 많고, 공공연구기관과 대학의 연구인력 비중이 각각 7.6%, 27.0%

□ 농업과학부야 연구원은 대학이 4,347명, 기업체가 2,444명, 공공연구기관이 2,411명으로 이학/공학분야와는 다르게 대학에 많이 종사하는 것으로 파악됨

[표 27] 우리나라 주체별 전공별 연구원 현황(2010년)

(단위 : 명, %)

구분		공공연구기관		대학		기업체		전체	
		연구원	비중	연구원	비중	연구원	비중	연구원	비중
과학기술분야	이학	5,108	19.5	14,975	16.0	25,940	11.5	46.023	13.3
	공학	12,927	49.3	32,386	34.6	186,600	82.5	231,913	67.0
	의약보건학	1,836	7.0	15,125	16.2	1,965	0.9	18,926	5.5
	농림수산학	2,411	9.2	4,347	4.6	2,444	1.1	9,202	2.7
	소계	22,282	84.9	66,833	71.5	216,949	95.9	306,064	88.5
전체		26,235	100.0	93,509	100.0	226,168	100.0	345,912	100.0

(출처 : 국가과학기술위원회, 2011 과학기술연감)

나. 연구 장비 인프라

□ 목재주택에 적용할 수 있는 목재 관련 연구장비는 기술분야별로 나뉘어진 장비중 물리적성질 측정장비로 파악됨

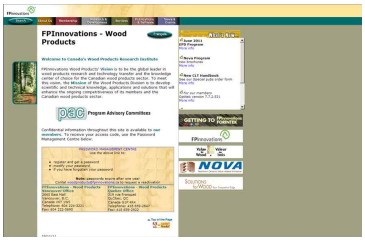
[표 28] 국내 관련분야 연구기관 주요장비 현황

연구기관	주요장비
국립산림과학원	목재의 물성 평가, 목재 실용화 기술 연구
방재시험연구원	방재분야 연구 및 평가
한국건설기술연구원	목재부재관련 성능평가
한국건설생활환경시험연구원	목조주택 특성 평가
한국임업진흥원	목재 및 목제품 규격 및 품질 인증

다. 해외 협력기관 인프라

□ 목조주택 연구개발과 관련하여 미국, 일본, 캐나다 등의 연구기관과 협력교류가 가능한 것으로 파악됨

[표 29] 해외 협력기관 인프라 현황

국가명	해외협력기관	주요활동내용
미국		Forest Products Lab. - 목재 전반에 걸친 연구 및 이용을 위한 개발활동 - http://www.fpl.fs.fed.us/
일본		미야자키목재이용기술센터 - 지역산재의 이용 확대를 위한 건축 신공법 및 저비용시스템 등 토목소재의 개발활동
캐나다		Forintek - 목재의 제조공정 최적화, 고부가가치 이용 방법 개발 등을 통해 목재관련 산업 지원활동 - http://www.forinteck.ca

라. 인프라 현황 조사결과

□ 목조주택과 관련된 국내 관련분야 연구인력은 농림수산학의 인력인프라가 충분하며 공학분야의 연구인력 활용이 가능할 것으로 분석됨

□ 국내 관련 연구인력은 충분할 것으로 판단되나, 건축, 환경 분야의 전문가와 공동연구 및 융합이 필요한 것으로 파악됨

□ 국내 목조주택과 관련된 연구기자재 현황은 5개의 연구소에서 실험장치와 실험시설을 보유하고 있으며, 따라서 국내에서 활용가능한 것으로 파악됨

마. 선진국 대비 국내연구 인프라수준

[표 30] 선진국 대비 국내 인프라 수준

구분	선진국 대비 인프라 수준				
	부족	다소부족	동등	우월	보다우월
전문인력			○		
기자재			○		
산학공동연구기반		○			
기술이전 및 거래		○			
국제기술협력기반			○		
업계기술투자	○				

2. 목조건축 설계기술 분야

가. 연구 인력 인프라

□ 목조건축 설계 분야의 연구 인력은 대학, 연구소, 건설 및 개발 기업, 건축설계사무소 등에 종사하고 있음

□ 연구 인력의 협회로는 1996년에 창립된 (사)한국목조건축협회가 있음 (http://www.kwca.co.kr, 회장 박찬규). 설계분야의 회원사는 12개

□ 목조건축 설계 분야 연구 기관(인력) 현황은 다음 표와 같음

<표> 국내 목조건축 설계 분야 연구기관 현황

분류	기관
대학	전국 대학의 건축학과(기존 목구조 구법, 설계지원시스템 전공 교수 연구실)
연구소	한국건설기술연구원, LH연구원
건설 및 개발 기업	건설사 상품개발실, 피데스개발
건축설계사무소(대표)	가와건축사사무소(최삼영), IDS건축사사무소(배기철), 황두진건축사사무소(황두진), 솔토건축사사무소(조남호), 머릿돌건축사무소(이병길), 구도건축사사무소(현상일), 엑토종합건축사무소(주대관 · 홍성천), 자연건축사사무소(변희수), 금성종합건축사사무소(김상식 · 김용미), 노바건축사사무소(강승희), 두항구조안전기술사사무소(김각경), 이애오건축사사무소(임지택 · 이창만), 광장건축사사무소(이현욱), 도시와집건축사사무소(조재경), 건축사사무소 공감(백승민)

나. 해외 협력기관 인프라

□ 일본의 대표적인 목재 및 목조건축 연구소인 미야자키현목재이용기술센터의 연구원들과 교류를 하기로 협정하였으며, 2012년 5월 중에 본 연구진과 공동으로 워크샵을 개최함

□ 그밖에 미국, 캐나다 등의 연구기관과 협력 교류가 가능

다. 인프라 현황 조사 결과

□ 목조건축 설계 분야의 연구 인력은 대학, 연구소, 건설 및 개발 기업, 건축설계사무소 등에 종사하고 있으나 전체적으로 인프라가 취약함

□ 대학의 연구 인력은 기존 목구조 구법의 분석과 새로운 모델에 적용 가능성을 분석하는 연구, 그리고 BIM을 이용한 설계지원시시템 연구 등을 수행할 수 있음

□ 현재 목조건축의 설계는 캐나다 등의 외국기술에 의존하고 있는 실정이며, 국내 관련 연구 인력은 주로 목조건축의 설계 실무를 지속적으로 수행해온 건축사사무소에 종사하고 있음. 따라서 이들을 연구개발에 적극 참여시키는 것이 바람직한 것으로 판단됨

라. 선진국 대비 국내연구 인프라수준

[표 31] 선진국 대비 국내연구 인프라 수준

구분	선진국 대비 인프라 수준				
	부족	다소부족	동등	우월	보다 우월
전문인력	○				
기자재		○			
산학공동연구기반	○				
기술이전 및 거래	○				
국제기술협력기반	○				
업계기술투자		○			

3. 목조건축 녹색기술 분야

가. 국내 연구 인프라

□ 연구인력 인프라

■ 친환경 저에너지 건축기술 관련 연구개발에 참여 가능한 인력 현황은 다음과 같음(2008년 12월 기준)

[표 32] 친환경 저에너지 건축기술 관련 연구인력 인프라 현황

학력	전공	현재 인원	충원 필요 인원	현재 인원 대비 이직 및 자연감소 비율(%)
석사	건축환경공학	200	100	5
	건축설비공학	300	100	5
	기계공학, 열역학	300	50	5
	재료공학	300	50	5
	화학공학	500	50	5
박사	건축환경공학	100	50	5
	건축설비공학	150	50	5
	기계공학, 열역학	200	25	5
	재료공학	200	25	5
	화학공학	300	25	5

(출처:친환경저에너지 건축기술개발동향과 기술개발전략, Business information Research, 2011)

□ 연구기관 인프라

■ 목조건축의 녹색기술 개발을 위한 연구 역량과 기술 및 연구기자재를 보유한 주요 연구기관은 다음과 같음

[표 33] 목조건축 녹색기술 개발 관련 연구기관 인프라 현황

연구기관	연구분야	연구내용
한국건설기술연구원	건축 및 주택분야	· 건설기술, 건설기술정책
코오롱건설 기술연구소	환경에너지분야	· 태양광, 지열 등 신재생에너지
삼성건설 기술연구센터	친환경분야	· 친환경재료, 거주 성능 개선, 건설 환경
현대건설 기술개발원	친환경분야	· 환경실험
대우건설 기술연구원	건축 및 주택분야	· 소음진동 저감기술, 실내공기질 관리기술, 결로 방지기술
대림산업 기술연구소	친환경분야	· 바닥충격음, 자연채광, 차음성능, 조명, 열환경(창호, 단열)
KCC건설 건축환경연구센터	건축 환경 기술분야	· 음향, 단열 & 결로, 내풍압, 내화
한일엠이씨 기술연구소	친환경분야	· 건물통합설계, 건물성능분석
우원엠엔이 부설연구소	친환경분야	· 건물성능분석, 설비부하
삼신설계 에너지환경연구원	건축 환경 기술분야	· 건물성능분석, 환경실험
한국목조건축협회	목조 건축 분야	· 목조건축 관련제도, 시공기술

나. 해외 협력기관 인프라

■ 녹색기술 개발을 선도하고 있는 해외 주요기업은 다음과 같으며, 이들 기업의 기술연구소 등은 우수한 연구 역량과 기술 및 연구기자재를 보유하고 있음

[표 34] 국외 주요기업 동향 및 전략

주요기업	주요 기술개발 및 사업화 활동
Cabot 사 Aspen 사	• Cabot사는 나노젤을 응용하여 스카이라이트와 투광성 윈도우로 적용을 위한 실용화 기술개발 추진 중. 현재 양산체제 기술개발 추진 • ASPEN사는 NASA에어로젤 기술을 스핀오프하여 에어로젤 블랑켁을 제조함으로서 산업용/건물용으로 양산을 위한 기술개발 착수
ARUP	• 신개념 Facade 기술 등 친환경 시스템 요소기술 뿐만 아니라 시스템 전체의 통합 기획, 설계기술을 보유
GARTNER	• Sheet wall cladding, connection pieces 등 알루미늄/스틸 외피 및 창호의 설계 제작 기술 보유
Alply, Inc	• 창호, 외피, Insulated Panel, Tech Wall, Column Cover 등 Curtain Wall 제작 및 시공분야에서의 선도적 기술보유
Architectural Facades, Inc	• Metal Panel, Rain screen system, Terra-cotta rain screen system 등 건물 외피 설계 및 시공분야의 선진 기술 보유
Metal Sales & Service, Inc	• 건물 외피 및 외장용 건축자재 생산, 제작, 시공능력 보유
WINTECH	• Facade 컨설팅/설계에서 선진 기술 보유 및 성능시험 능력 보유
SCHUCO	• 에너지 절감, 보안, 쾌적 등이 실현될 수 있는 Curtain wall 및 창호시스템 설계 및 제작기술 보유
프랑스 Saint-Gobain	• 고효율 기능성 유리 기술 상용화 단계(로이유리, 고반사 유리 등) • 전기변색 스마트 윈도우 유리 기술개발
일본 Asahi Glass	• 고효율 기능성 유리 기술 상용화 단계 • 전기변색 스마트 윈도우 유리 기술개발
미국 SAGE	• 고효율 기능성 유리 기술 상용화 단계 • 전기변색 스마트 윈도우 유리 기술개발
va-Q-Tec	• 진공단열재를 이용한 바닥단열, 발코니 단열, 벽체 단열, 난간 단렬, 내단열 판넬 설계 및 시공 상용화 추진 • 진공단열재를 적용한 외단열 시스템 개발
KristalBond	• UV 및 IR cut nano glass coating용 제품 제조 판매
Sto	• 다양한 고효율 외단열 시스템 기술 상용화
일본 OM사	• 지붕 일체형 집열기를 통해 태양열의 건물융복합 활용 상용화
프랑스 sompy	•동적단열 이중외피시스템 결합형 전동차양시스템 상용화
캐나다 SolarWall	• 이중외피 공간을 이용하여 공조외기부하를 절감하는 기술 상용화
독일 Willo	• 호화성이 높은 태양열 전용 펌프, 단열일체형 배관, 제어시스템을 생산 및 판매
미국 Honeywell	• EBI(Energy Building Integrator) 시스템을 통해 빌딩 통합관리 시장 선점
미국 GE	• “Energy Efficient Home” 을 타이틀로 공기제어, 온도제어, 건물안전성, 태양일사향의 정보를 조합한 가전 및 제어서비스 제공
유럽 EU ENERinTOWN 프로젝트	• 유럽 EU Energy Efficient Building 프로그램 : 에너지 및 실온관리를 위한 보급형 스마트 모니터링 기술

(출처:친환경저에너지 건축기술개발동향과 기술개발전략, Business information Research, 2011)

다. 국내 연구개발 투자 현황[40)]

□ 2000년대 이후 건축분야의 국가 R&D가 3,500억원대 규모로 급격히 증가하여, 향후 이를 통해 기술 혁신이 기대되고 있으나, 국내 건설시장의 규모가 100조원이상임을 고려하면, 약 0.3%의 기술개발 투자가 이루어지고 있기에 시장 규모에 비해 기술개발 투자가 미흡

□ 현재 진공 단열재와 창호 등 고효율 외피 기술개발에 있어 박차를 가하고 있으나 아직까지 상용화된 사례는 많지 않은 실정. 특히 주요 선진국에서 상용화 단계에 진입하고 있는 고효율 외피기술의 국내 기술 수준은 현저히 낮음

□ 신재생에너지의 자원화 기술개발은 최근 태양열, 태양광발전, 지열, 연료전지를 중심으로 연구개발이 수행 중이며, 건물과의 융합 및 최적화는 현재 기술개발 초기 단계에 있음

□ 친환경 저에너지 건물에 대한 실증 시범화 적용 사업은 일부 요소기술별로 소규모 적용사업이 추진된 사례가 있으나, 일정 규모 이상의 대규모 실증 시범화 적용 사업은 없음. 최근 수행된 친환경 저에너지 건축기술 관련하여 수행된 연구과제 및 수행기관, 연구비 등은 다음과 같음

[표 35] 관련분야 연구현황

(단위:백만원)

세부기술	과제명	연구비	연구기간	수행기관	부처
고효율 외피	저에너지공동주택개발	20,000	06.09.29 ~11.07.28	연세대 등	국토부
고효율 외피	장수명 공동주택	10,000	06.09.29 ~11.06.28	LH공사 등	국토부
고효율 창호	열에너지조절 창호 시스템 개발	9,000	08.07.30 ~11.10.31	전자부품 (연) 등	국토부
고효율 외피 공조	제로에너지대응 외피	8,000	08.09.29 ~11.10.31	건기연 등	지경부
에너지관리 고효율외피	통합운영 저에너지 기술개발	8,000	08.09.29 ~11.06.28	에기연 등	지경부
에너지관리	첨단건물 에너지 모듈화 기술개발	8,000	08.10.01 ~11.09.30	전주대 등	지경부
창호, 단열재	보급형 외피기술개발	6,000	04.10.01 ~09.09.30	에기연 등	지경부

(출처:친환경저에너지건축기술개발동향과기술개발전략, Business information Research, 2011)

40) BiR, 전게서, pp.108~109.를 참조하여 재정리함

제 3 장. 기술개발 전략 수립

제 1절. 연구개발과제의 비전과 목표

제 2절. 세부과제별 비전과 목표

제 3절. 후보과제 도출

제 4절. 과제 연구수행 체계

3장 기술개발 전략 수립

1절 목조건축 융합기술 및 산업화의 장기 로드맵

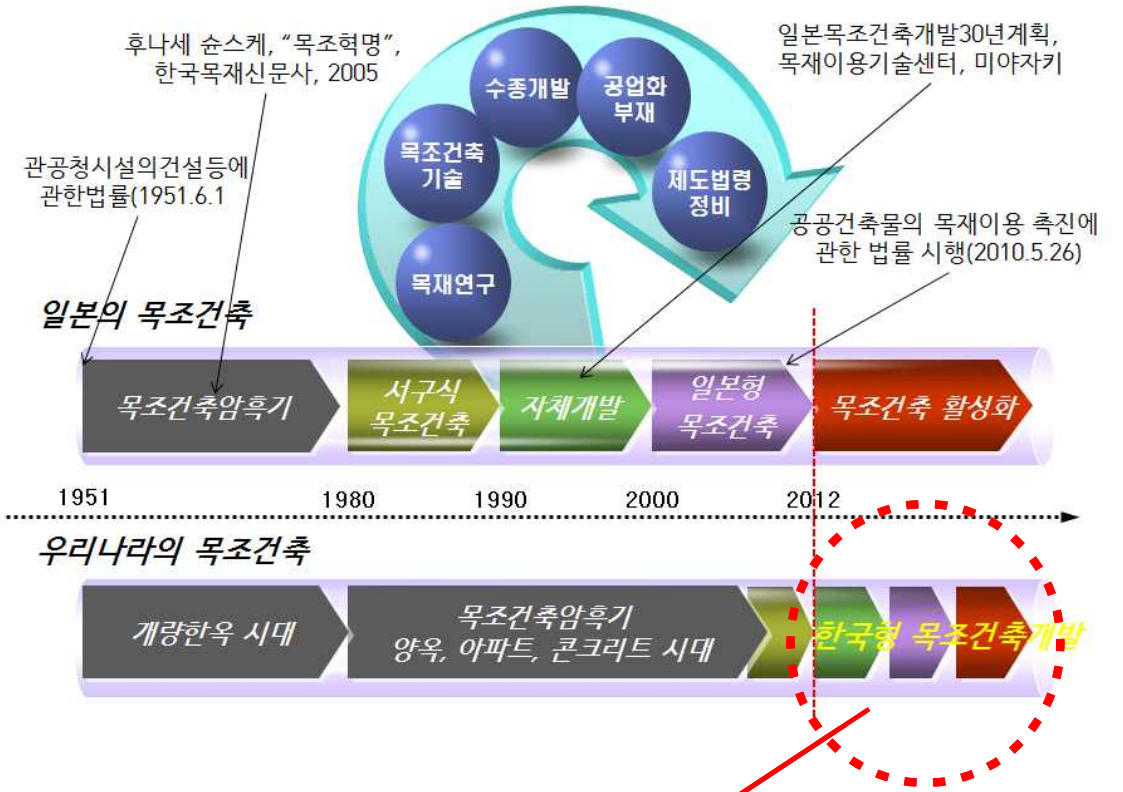
□ 80년대의 목조건축 암흑기로부터 시작하여 현재는 목조건축 관련 법률과 제도, 연구개발 체계 뿐 아니라 생산, 유통, 소비의 산업화 체계가 완비되어 있는 일본의 현황을 벤치마크 함

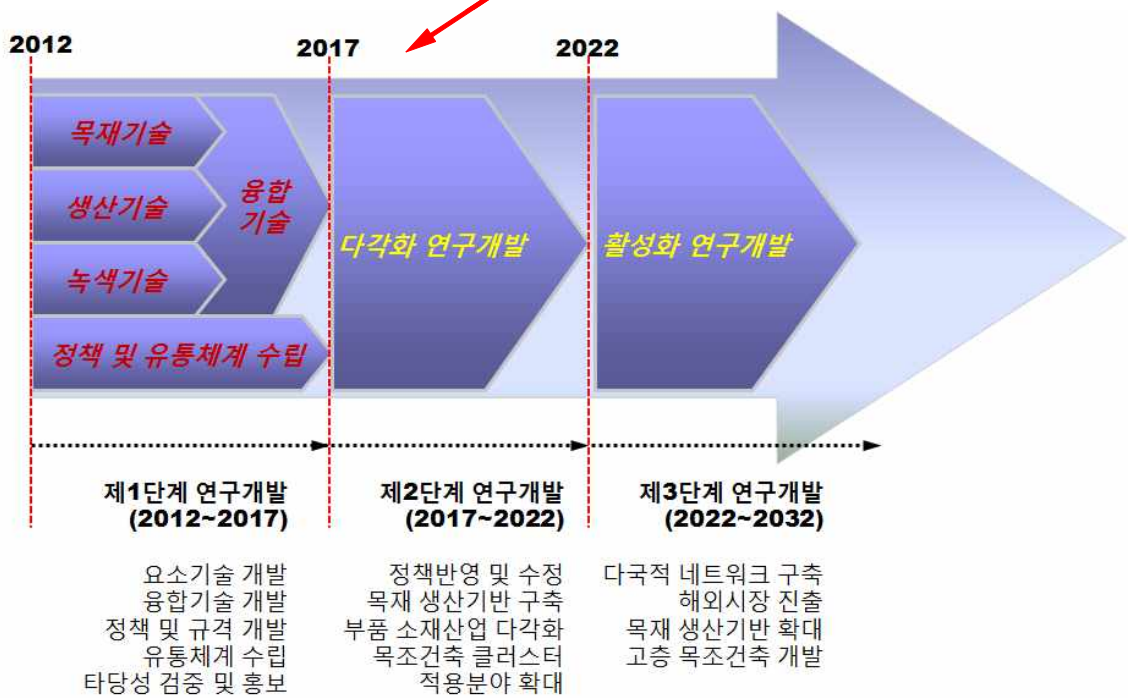
□ 일본은 지진으로 인한 화재 발생의 위험을 근거로 1951년 6월 1일 '관공청시설의건설등에관한법률'에 의해 목조건물의 건축을 제한함. 이후 80년대 서구식 경골목구조의 도입으로 목조건축 시장을 재건하기 시작하였으며(1단계), 삼나무 등의 자국산 목재와 목조건축기술을 개발하고 수종 다양화, 공학목재 생산 등을 통하여 일본형의 기둥-보 목조건축을 자체 개발하고(2단계), 기술적인 확신을 통해 제도와 법령, 유통체계, 연구센터 등을 갖추어 나감으로써(3단계) 지금의 목조건축 활성기를 맞고 있음

□ 우리나라의 현재는 자국의 목재 생산구조와는 맞지 않지만 목조건축의 수요 확대에 따라 서구식의 목조건축(경골목구조방식)이 도입되기 시작한 일본 목조건축 발전단계의 제1단계에 해당

□ 목조건축 융합기술 및 산업화의 장기 로드맵으로 3단계의 연구개발 단계를 통한 목조건축 활성화 체계를 수립하였음. 이 연구개발 과제는 제1단계의 연구개발 과정임

- 제1단계(목조건축 융합기술 개발, 2012~2017) : 목재기술, 생산기술, 녹색기술 등의 요소기술 개발, 정책 및 규격 개발, 유통체계 수립, 실증사업을 통한 타당성 검증 및 홍보
- 제2단계(목조건축 다각화 연구개발, 2017~2022) : 정책 수립, 목재 생산기반 구축, 부품소재산업 다각화, 목조건축 클러스터 형성, 적용분야 확대
- 제3단계(목조건축 활성화 연구개발, 2022~2032) : 다국적 네트워크 구성, 해외시장 진출, 목재 생산기반 확대, 고층 목조건축 개발


후나세 슌스케, "목조혁명",
한국목재신문사, 2005
관공청시설의건설등에
관한법률(1951.6.1
수종개발
공업화
부재
목조건축
기술
제도법령
정비
목재연구
일본목조건축개발30년계획,
목재이용기술센터, 미야자키
공공건축물의 목재이용 촉진에
관한 법률 시행(2010.5.26)
일본의 목조건축
목조건축암흑기
서구식
목조건축
자체개발
일본형
목조건축
목조건축 활성화
1951
1980
1990
2000
2012
우리나라의 목조건축
개량한옥 시대
목조건축암흑기
양옥, 아파트, 콘크리트 시대
한국형 목조건축개발


2012
2017
2022
목재기술
생산기술
녹색기술
정책 및 유통체계 수립
융합
기술
다각화 연구개발
활성화 연구개발
제1단계 연구개발
(2012~2017)
제2단계 연구개발
(2017~2022)
제3단계 연구개발
(2022~2032)
요소기술 개발
융합기술 개발
정책 및 규격 개발
유통체계 수립
타당성 검증 및 홍보
정책반영 및 수정
목재 생산기반 구축
부품 소재산업 다각화
목조건축 클러스터
적용분야 확대
다국적 네트워크 구축
해외시장 진출
목재 생산기반 확대
고층 목조건축 개발

2절 장기 로드맵에 의한 연구개발과제의 비전

□ 저탄소 녹색성장의 국가적 아젠다 구현

■ 저탄소

- 온실가스 의무감축국 지정에 대응하여 탄소상쇄(carbon offset)를 위한 목재의 건축재 활용을 극대화할 필요성 제기됨

- 우리나라 온실가스 배출량 중 건설교통분야 비중은 42.3%로 높은 비중을 차지, 2020년 대비 온실가스 30% 감축목표 설정, 건설분야에서도 동일한 감축목표 설정(국토해양 R&D 발전전략)

- 국내 건설산업 규모는 GDP의 17%인 117조에 달하며, 이중 38%의 비중을 차지하는 건설재료는 시멘트, 철강과 같이 대량의 CO_2 발생과 국가 에너지소비의 약 25%를 소모하는 산업부문으로 건설분야의 탄소저감을 위해 건설재료분야(약 13% 차지)에서의 탄소저감은 필수적임

- 철근 콘크리트 주택을 목조 주택으로 대체하는 경우 온실가스 배출저감 효과를 분석한 결과, 단독주택(연면적 174㎡) 한 채를 건축할 때 내재된 온실가스 배출량은 철근 콘크리트 주택이 약 133 tCO_2, 목조주택이 약 51 tCO_2로 배출저감 효과는 약 82 tCO_2으로 나타남. 목조주택에 저장된 탄소는 약 36 tCO2로 이는 산림이 흡수한 탄소가 목제품으로 이동한 것임. 그리고 목조주택을 해체하여 발생하는 폐목재 15.5톤(건중량)을 열병합 발전소에서 열원으로 이용하면 발전용 석탄을 대체하여 추가적으로 22.6 tCO_2의 온실가스 배출저감효과를 기대할 수 있음(Cha, 2009)

- 건축분야에서 다른 건축재료를 목재로 1㎥ 사용 시 1.1tCO2의 이산화탄소를 저감하고, 0.9tCO2를 저장하므로 총 2tCO2의 배출저감 효과가 있음[41)]

- 단독주택(연면적 174㎡) 한 채를 건축할 때 목조주택에 저장된 탄소는 약 36 tCO_2이므로, 이를 기준으로 할 때 목조건축물 1㎡ 당 0.207 tCO_2의 탄소저장 능력이 있음. 2010년 목조건축 실적을 분석해 본 결과 착공면적은 576천㎡임(국토해양통계누리 건축허가 및 착공통계 참조). 이에 따른 탄소저장량은 119,232 tCO_2 에 해당함.

- 목조건축의 CO_2 발생량은 철근 콘크리트조의 40%에 불과

- 기후변화협약의 건축목재 장기탄소저장기능(HWP) 예상:0.9tCO_2/m^3

41) EU Parliament. 2006. Tackle Climate Change: Use Wood. 12pp.

- 2017년까지의 건축물 에너지소비량 감축목표인 비주거용 30%, 주거용 60% 감축을 저탄소 저에너지 분야의 정량적 달성목표로 설정

■ 녹색성장

- 목조건축의 대량수요를 창출하여 부품소재 가공과 유통서비스 연관 산업을 신성장 동력으로 육성

- 국가적 온실가스 감축 목표의 시대적·사회적 요구에 부응하여 탄소상쇄형 친환경 건축재료인 목재의 사용을 촉진함

- 평면적 폐쇄적 설계자 중심 유통시스템에서 생산, 설계, 시공, 자재정보 및 교육 등이 통합된 중앙 정보 유통시스템으로의 전환

- 목재는 제조 에너지가 극히 작은 건재로 제재품(천연건조재) 1㎥ 제조 에너지는 제조과정에서 배출되는 CO2량으로 환산하면 강재의 약 1/350배, 알루미늄의 1/1470배임.[42)]

- 목재의 생산과 유통, 소비에 이르는 순환 사이클을 재건하는 것으로 목표를 설정함

□ 탈 콘크리트 친환경 건축복지에 대한 국민적 요구에 적극 대응

■ 생태적이며 친환경적인 건축 부재로서의 목재를 활용한 전통적 생활 방식을 현대적인 목조건축 양식을 통하여 계승·발전시킴

■ 전체 공사비에서 가구식 목조부재 비용이 차지하는 비중을 20% 이내로 유지함으로써, 전체 목조건축물의 3.3㎡ 당 가격을 400만원대 이하로 공급할 수 있도록 목표를 설정함

42) 大熊幹章(2003)「地球環境保全と木材利用」林業改良普及双書 (강재 리사이클재는 회수율이 35%, 재가공 에너지는 철광석에서 20%로 하였을 때, 알루미늄 리사이클재는 회수율 50%, 재가공 에너지는 보크사이트의 5%로 한 경우)

<table>
<tr><th colspan="2">■ 산출근거 - 일본의 기술사례 벤치마킹</th></tr>
<tr><td>목구조 비율</td><td>● 일본의 수도권 분양 고급분양 건축물 (37평형)의 목구조 비중
- 약 16% 선
- 건조, 가공 및 유통을 포함한 목재 부품소재 산업의 구축을 통해 목구조 공사 비율의 최적 비율이 도출됨
■ 건축 재료별 공사비율
<table>
<tr><td>통계내역</td><td colspan="3">비율</td></tr>
<tr><td>목재합계</td><td colspan="3">15.6</td></tr>
<tr><td rowspan="2">건자재합계</td><td rowspan="2">21.0</td><td>내장건자재 소계</td><td>13.6</td></tr>
<tr><td>주택기구소계</td><td>7.5</td></tr>
<tr><td>금속건구공사</td><td colspan="3">6.6</td></tr>
<tr><td>공사비 합계</td><td colspan="3">56.8</td></tr>
<tr><td>총계</td><td colspan="3">100.0</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>건축원가</td><td>● 일본의 수도권 분양 고급분양 건축물 (37평형)의 건축원가
- 약 48만엔(720만원)/3.3m^2
- 목조 부품소재 산업의 활성화 및 공업화를 토대로 상기 금액이 형성됨
- 국내 친환경 건축복지 실현을 위한 목표 건축원가로서 설정함</td></tr>
</table>

□ 목재 및 목조건축 산업과 목재부품소재 산업, 유통산업 등 경제 활성화에 공헌

■ 우리나라의 목재 특성과 맞지 않는 서구식 경골형 목조주택 유입에 따른 산업 종속을 해결할 수 있는 건축적 방안을 제시함

■ **제도의 정비, 법령의 구축, 실증사업을 통한 목조건축 활성화 가능성의 확인 등으로 목조건축 관련 산업을 증진시킬 수 있는 토대를 마련함으로써 3조원에 달하는 목조건축시장 개발 및 약 4만6천명의 취업유발효과를 보임으로써 우리나라 경제의 활성화에 공헌**

<table>
<tr><th colspan="2">■ 산출근거</th></tr>
<tr><td>목조시장</td><td>● 약 3조원 규모 : 2008~2010년도 공공부문 건축수주액을 참조하여 해당 수주액의 1/10로 산정(통계청 자료)
*2008년(287,099억원), 2009년(376,126억원), 2010년(298,619억원)</td></tr>
<tr><td>취업유발</td><td>● 약 4만6천만명의 취업유발효과
: 1995~2005년도의 산업별(건설업) 취업유발계수 추이(한국은행)가 5년 간격으로 약 2.35% 저감됨을 근거로 산출
■ 취업유발계수 추이(건설업, 한국은행)
<table>
<tr><td>1995년</td><td>2000년</td><td>2005년</td><td>2010년</td><td>2015년</td><td>2020년</td></tr>
<tr><td>17.5</td><td>17</td><td>16.6</td><td>16.2</td><td>15.7</td><td>15.3</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

3절 세부과제별 비전과 목표

1. 목재기술 분야의 비전과 목표

가. 비전

□ 목재 부품소재 산업경쟁력 강화를 위한 목재 기술개발을 수행하여, 후방산업인 임업 발전을 견인하고 전방산업인 목조건축업의 산업화 기반을 마련하고자 함

- 현재 국내 목조주택 건축공법을 살펴보면, 경량골조(2×4공법) 및 경량골조 혼용이 82%에 달하며 가구식 목구조법 2.6%에 불과함. 경골골조 주택의 주재료는 북미산 수입품에 전적으로 의존하고 있어 국내 부품소재 산업과 괴리되어 있는 실정임. 목조건축시장의 산업화는 목조건축의 원가 경쟁력과 품질경쟁력 없이는 실현 불가능하며 가구식 목구조의 시장 확대를 위해서는 국내 부품소재 산업의 경쟁력을 키워야 함.

□ 실제적 가격목표로서, 현재 매우 높게 형성되어 있는 목조건축의 단가를 3.3m^{2}당 400만원대로 낮추고자 하며, 이는 수행되는 기술개발 과정들을 통해 달성 가능한 목표로 설정함. 이와 더불어 전체 공사비 중 목공사비가 현재 부품소재인 목재 단가가 불합리하게 조성되어 있는 점 등의 원인으로 상당히 높게 책정되어 있는 바, 이를 20%로 낮추는 것을 목표로 함. 이를 '목조건축 40020'비전으로 지정하고 본 과제 수행을 통해 창출되어야 할 실제적 목표로 설정함.



[그림 70] 목재기술분야(제1세부)의 비전 및 세부기술 방향

나. 세부목표

□ 첫 번째 목표는 가구식 목구조에 최적화할 수 있는 구조성능 확보 및 다층·장스팬 기술을 개발하는 것임.

- 이를 위해 경량화 지붕구조 개발, 가구식 목구조의 수평하중 저항성능 보강을 위한 내력 벽체 개발, 접합철물을 이용한 중층구조용 기둥 접합기술을 개발하고, 목조건축 단면 구성부재의 성능 확보를 위한 기술을 개발함
- 특히 가구식 목구조의 채움벽으로 사용되는 비내력벽은 단열 성능 등의 확보 및 시공성 등을 종합적으로 고려하여 축조되어야 하며, 이를 위한 연구를 수행함. 또한 개구부 축조 및 바닥 프레임 구성 기술 개발을 통하여 구조성능의 담보와 더불어 주거환경 및 시공 경제성을 함께 고려함

□ 두 번째 목표는 주요 구조부재의 내구성능을 향상시키는 장수명화 기술 개발임.

- 신축건축도 중요하지만, 기존주택에서 목조주택 거주자의 불편함을 해소하기 위해 유지관리 및 점검 등 내구성 확보수단을 강구해 주는 것이 시급함. 이를 위해 목조주택의 생물열화 진단기술과 매뉴얼 및 소재품질의 개선 유지 관리 기술을 개발함
- 대단면 부재의 사용에 따른 건조 공정개발이 요구됨. 목조건축물이 습기, 광선, 미생물, 곤충, 열 등에 노출되면 목재 부재에서 생물학적 열화와 화재의 위험 등이 발생함. 이들 결점을 보강하기 위하여 가구식 대단면재의 건조기술, 방부방충, 내화, 난연 처리의 적정 기술을 개발함.

□ 세 번째 목표는 공장가공-현장조립의 건축체계에 필요한 모듈화로 공업화 부재를 개발하고자 함.

- 목조건축의 원가경쟁력 확보와 부품소재의 안정적 수급을 위해 부재의 정밀가공과 대량생산이 핵심 과제임. 이를 위해 프리커트 부재의 표준화와 모듈화, 구조집성재, 벽체-창호 일체형 Prefab 등의 기술을 개발함.

2. 목조건축 생산기술 개발의 비전 및 목표

가. 비전

□ 목조건축 생산기술 개발 과제는 서구형 목조주택 유입에 따른 산업 종속을 해결할 수 있는 새로운 목조건축의 다양한 모델과 설계시스템, 그리고 시공·유지관리기술을 개발하여 목조건축을 활성화함으로써 저탄소, 친환경 사회의 구현에 기여하고자 함.

□ 세계적으로 건설 분야는 에너지 소비량의 30%, 원자재 소비의 40%를 차지하는 에너지 및 자원 다소비형 분야이며, CO_2배출 관점(총배출량, 1인당 배출량)에서 한국은 전 세계에서 가장 빠르게 탄소 배출량이 증가하고 있는 국가임. 특히, 2013년 이후 건설 자원 및 에너지 투입에 따른 탄소세 부과로 총 공사원가의 급증이 우려됨. 따라서 건설 분야에서 에너지 및 자원의 투입을 최소화함으로써 궁극적으로 탄소배출을 줄이기 위해서는 설계, 시공·유지관리, 폐기 단계 등 프로젝트 대안별 $LCCO_2$ 배출 총량을 신속하고 용이하게 산정하고, 비용·탄소 효과를 최적화하는 기법의 개발이 필요함.

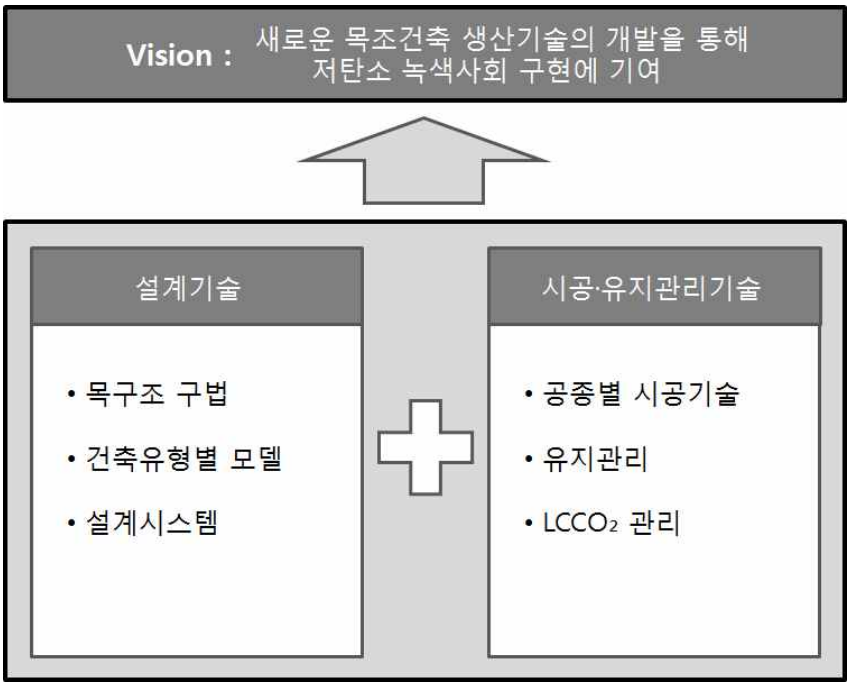
□ 이에 따라 공사비 및 유지관리비를 절감하기 위한 설계 및 시공·유지관리 기술의 개발과 CO_2 배출을 줄이면서 LCC를 최소화할 수 있는 비용·탄소효과를 최적화하는 기법을 개발하여 국가 녹색성장의 목표달성 및 목조건축의 LCC를 절감하는 것을 비전으로 함.

나. 세부목표

□ 다양한 목구조 구법을 연구·개발하여 주요 구조부가 목재로 구성되고 공간구성 및 외관이 진화하여 한국 사회의 다양한 요구에 부합하는 새로운 건축양식 개발.

□ 고유한 건축문화를 계승하는 동시에 서구형 목조건축의 기능성과 실용성을 융합하여, 한국의 정체성 뚜렷하고 국산 목재 특성 및 지역의 생산 시스템을 고려한 목조건축 설계시스템 개발.

□ 목조건축의 공종별 시공기술, 단열·방수 성능 향상 시공기술, 공사원가 관리, 공정관리 방안에 대한 기술개발, 공종별 유지관리 및 장기수선계획 개발, LCC 및 $LCCO_2$ 분석 기법을 개발하며 LCC/$LCCO_2$를 최적화할 수 있는 기법 개발.



[그림 71] 목조건축 생산기술 개발의 비전 및 목표

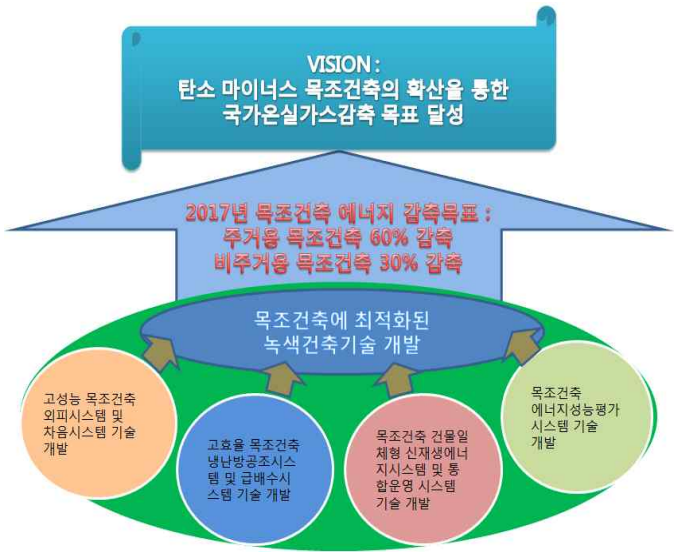
3. 목조건축 녹색기술 개발의 비전 및 목표

가. 비전

□ 정부에서는 2009년 11월 5일, 녹색성장위원회에 보고한 '녹색도시·건축물 활성화 방안'에서 2020년까지 건축물에 의한 온실가스 배출량을 31% 감축하는 것을 목표로 설정하고 도시·건축부문에서의 온실가스(이산화탄소) 배출을 줄이기 위한 중장기 녹색성장 로드맵을 제시함

- 전체 에너지 소비량을 주거용의 경우 2012년에는 현 수준 대비 30%(냉난방에너지 50%), 2017년에는 60% 감축을 의무화하고 2025년에는 제로 에너지화 함으로써 점진적으로 규제 수준을 높일 계획(목재의 열손실(實熱)은 토벽에 비하여 1/7.5배, 콘크리트의 1/15~20배, 철의 1/450배임[43]. 목재 5cm 두께는 콘크리트 55cm 두께의 단열성능과 같으며, 흙이나 시멘트 벽돌 20cm 두께와 동일한 단열효과[44]가 있음)
- 비주거용 건축물도 2012년까지 에너지사용량을 현 수준대비 15%, 2017년에는 30%, 2020년에는 60% 각각 줄이도록 규제

□ 이에 따라 목조건축 녹색기술 개발 분야에서도 2017년까지의 건축물 에너지소비량 감축목표인 비주거용 30%, 주거용 60% 감축을 세부과제의 정량적 달성목표로 설정하고, 최종적인 비전으로는 탄소마이너스 목조건축 기술개발을 통해 국가온실가스감축 목표 달성에 기여하고자 함



[그림 72] 목조건축 녹색기술 개발의 비전 및 목표

43) 일본목재종합정보센터「목재의 기초지식」
44) www.ads-network.co.jp/dannetu-keturo/dannetu-02.htm

나. 세부목표

□ 비전 및 목표 달성을 위한 추진전략으로 구성된 3세부 연구과제의 각 세세부과제와 그 목표는 다음과 같음



[그림 73] 비전 및 목표 달성을 위한 추진전략

4. 융합기술 분야의 비전과 목표

가. 비전

□ 다양한 분야의 연구가 우리나라의 '목조건축 기술 개발 및 산업화' 라는 통합된 목표를 향해 나아갈 수 있도록 총괄 목표의 설정 및 각 분야의 범위와 일정, 연구내용의 조정 등을 담당함

□ 기반기술로서의 목재기술, 목조건축 생산기술의 융합에 의한 기술적 체계, 산업화 체계, 제도적 뒷받침, 실증사업의 효과로 국가적인 탄소저감의 목표 달성과 목재 및 목조건축 산업화에 기여함

□ 국내 목조건축산업의 활성화를 통해 10조원에 달하는 목조건축시장 창출 및 약 15만명의 취업유발효과로 우리나라 경제의 활성화에 공헌함과 동시에 목조건축 보급으로 인한 650만톤에 달하는 CO2 저감하는데 기여하고자 함.

나. 세부목표

□ 총괄 목표의 설정 및 각 세부과제의 연구범위와 일정, 연구내용의 조정 등을 수행함

□ 목재소비와 목조건축의 활성화를 위한 법규,제도,설계표준 등 정책 제안

- 국가와 자치단체의 차원에서 목조건축을 권장하기 위한 다양한 인센티브 제도와 법적인 근거를 마련하는 일을 담당
- 목재기술과 건축기술의 활성화, 실증사업에의 적용 등을 위한 중요한 근거를 제공함
- 목재 및 목조건축에 관한 국가 설계표준 작성 및 제안

□ 목재 및 목조건축 생산기술을 토대로 이를 산업화하기 위한 생산체계 마련

- 목조 주택 산업화의 베이스가 되는 부품/소재의 규격화 및 성능 기준 제시, 부품/소재의 평가를 통한 품질관리 매뉴얼 작성, 다양한 소재/부품 회사들에 대한 성능평가 지원, 실증사업 과정을 교육자료로 제작하여 목조 주택의 산업화 및 활성화를 위한 기반 구축
- 1,2,3 세부에서 개발되는 주요 부품/소재 이외의 기술력 있는 부자재 회사들을 섭외하고 해당 부자재 분야의 축적된 기술력을 본 연구에서 개발된 목조건축 기술과 융합하여 실제의 목조건축용 제품으로 개발함
- 한국형 목조건축에 최적화된 부품/소재의 품질 및 규격 등의 DB, RFID를 통한 자재관리 DB, 전자상거래 시스템 구축 등을 통해 목조건축의 생산, 유통, 거래를 아우르는 기반 구축
- 본 과제의 실증사업에 직접 적용할 수 있는 실질적 수준으로 개발

□ 목재 및 목조건축 생산기술을 토대로 이를 산업화하기 위한 정보체계 및 유통체계를 마련함

- 목재 및 목조건축 부재의 기준정보, 성능정보, 가격정보 및 도면정보 작성
- 통합정보시스템 및 유통체계 구축

□ 목재기술 분야의 연구 결과를 바탕으로 주택, 공공건물, 마을 등 설계기술 분야에서 제안된 목조건축 유형을 실제의 사업에 적용하여, 그 효과를 평가하고 홍보함

- 지방자치단체와 공공기관, 기업 등을 대상으로 연구의 초기 단계부터 목조건축 실증사업에 대한 투자계획 및 사업계획을 수립 필요
- MOU, 협약서, 투자확인서 등으로 실증사업 계획을 작성하고 연구기간을 통하여 이 사업을 직접 시행함

4절 후보과제 도출

1. 기술개발 목표에 따른 중점추진분야와 주요기술

세부과제	중점추진분야	최종성과물	성공여부 판정기준
(1세부) 목재기술 개발	구조성능	한국형 목조건축 구조의 규격화, 모듈화 및 구조성능 기준	기준 도출 여부
		전통 접합기술 규격화 및 장스팬 · 중층 구조 적용을 위한 접합기술	접합기술 개발 여부
	공업화부재	소재의 국산화/ 소재의 융복합화에 의한 가구식 목조건축 요소를 개발	국산화 소재개발 여부
		벽체-창호 일체형 프리패브 공법개발	공법 개발 여부
	장수명 건축부재	건축물의 장수명화를 위한 실용적인 검사 · 진단, 유지관리 방법을 확립하고, 열화요인을 제거한 고내구성 건축재료 개발	고내구성 건축재료 개발 여부
(2세부) 목조건축 생산기술 개발	구법	전통 목구조, 절충구조 등 국산 목재 이용에 적합한 다양한 목구조 구법을 유형화, 다양한 구법의 성능과 특성 비교·분석	목구조 구법 성능 개발 여부
	설계시스템	다양한 구법과 접합방식, 그리고 자재 재활용 등 다양한 조건을 고려한 체계적인 목조건축 설계시스템(설계 표준, 설계기법) 개발 및 목조건축 설계시스템의 보급을 위한 통합설계정보시스템 구축	통합설계정보시스템 구축여부
	표준모델 개발	학교, 도서관, 관공서 등 다양한 목조 공공건축의 유형별 모델 개발	목조 공공건축 모델개발 여부
	목조건축 시공·유지관리 기술	단열, 방수 성능을 향상하는 공법을 개발하고, 공종별 , 공기단축 방안, 공정관리 및 장기수선계획 시스템을 제안하고 LCC, LCCO2 최적화 기법을 제안	시방서/메뉴얼 제작 및 최적화 기법 개발 여부
(3세부) 목조건축 녹색기술 개발	자연형 녹색기술	목조건축의 재료 물성을 고려한 고기밀고단열 외피 시스템 기술과 차음 특성을 고려한 고성능 건식 차음 시스템 기술	고성능 외피 및 차음시스템 개발 여부
	설비형 녹색기술	목조건축의 열적 특성에 적합한 고효율 냉난방 공조시스템과 구조 및 재료 물성에 적합한 급배수시스템 기술	냉난방공조시스템, 급배수시스템 개발여부
	신재생에너지 시스템기술	목조건축의 구조 및 열부하 특성에 적합한 건물일체형 신재생에너지 시스템 기술 및 통합 운영 시스템 기술	신재생시스템 및 운영시스템 개발 여부
	에너지 성능평가 시스템 기술	목조건축 건축자재 및 설비시스템의 데이터 모델 및 기초 데이터 DB 구축 기술과 목조건축 자재 특성을 고려한 에너지성능 평가시스템 기술	건물에너지성능평가시스템 개발여부
(4세부) 연구단 및 융합기술	연구단	실증사업 및 산업화에 초점을 맞춘 전체 연구팀의 목표수행과정 조정 및 통합	목재기술·생산기술·녹색기술의 융합
	법규/제도	목재 이용과 목조건축 활성화를 위한 지원제도, 법규체제 및 국가 설계표준안 개발	제도·법규·설계표준 개발 및 반영여부
	산업화	목조건축 부품/소재의 치수 및 성능 규격화 및 기준 정립, 품질관리 매뉴얼 작성, 성능평가 지원, 실증사업 과정을 교육자료로 제작	품질관리매뉴얼 작성여부
		한국형 목조건축에 최적화된 부품/소재 품질/규격정보의 규격화 및 자재정보의 DB화, RFID를 통한 자재관리 등의 융합기술 개발에 의한 통합정보시스템 구축 및 운용	데이터베이스 개발여부
	실증사업	개발된 목재 및 목조건축 부품소재를 활용한 목조 공공건축물 실증사업을 계획하고 수행함	실증사업 수행여부

2. 후보과제 정의 및 우선순위 선정

세부과제	중점추진분야	기획 후보과제		주요연구내용	우선순위
		연번	도출과제명		
(1세부) 목재기술개발	구조성능	1-1	주요구조부재의 구조성능	한국형 목조건축 구조의 규격화, 모듈화 및 구조성능 기준 도출	1 (통합)
		1-2	장스팬·중층구조 접합기술	전통 접합기술 규격화 및 장스팬 · 중층 구조 적용을 위한 접합기술	
	단면구성 부재성능	1-3	수평하중보강 다기능벽체	가구식 목구조의 수평하중 보강을 위한 전단벽체의 개발, 단열성능의 확보를 위한 벽체 개발	2
		1-4	벽체·바닥프래임 축조기술	벽체 개구부 축조 및 바닥 프레임 구성 기술 개발	2
	내구성능 평가 시스템	1-5	목재 방부·방충 기술	신축용 목재보존제 및 흰개미 페르몬 유인 방의제 개발	2
		1-6	열화진단 기준수립	구조적 안전성을 확보하기 위한 열화진단기술을 체계적으로 관리할 수 있는 매뉴얼을 개발로 목조건축물의 장수명화에 기여	2
		1-7	생물열화성능평가 매뉴얼개발	목조건축물을 생물열화로부터 안전하게 보호함으로써 주거안전성을 도모	2
	소재 품질 개선	1-8	대단면재 에너지절감 건조기술	대단면재 건조를 위한 적합기술 조사 및 연구를 통해 건조방법에 따른 건조특성 평가 및 대단면재용 함수율 측정장치 개발	2
		1-9	내화·난연·방염기술	목조주택용 목재의 내화.난연.방화기술 개발로 목조주택의 부가가치를 제고	2
	공업화 부재	1-10	부품소재 모듈화·규격화	소재의 국산화/ 소재의 융복합화에 의한 한국형 목조건축 요소를 개발	2
		1-11	소재의 국산화·융복합화	목조건축의 모듈화와 목조건축 산업의 근간이 되는 부품소재 산업의 공업화와 규격화/융복합화	1 (통합)
		1-12	모듈러 목조건축 모델개발	벽체-창호 일체형 프리패브 공법의 개발	
		추가	철물 접합부의 규격화	구조적 검토와 더불어 가장 한국 목제산업 실정에 맞는 부재를 규격화시키고 실제 산업화시킬 수 있는 모델 제안	
		추가	하이브리드 구조의 개발	공공건축물의 목조화를 위해 목재-스틸 혹은 목재-콘크리트 하이브리드 구조의 개발 적용	
	장수명 건축부재	추가	장수명 건축부재 기술 개발	건축물의 내구성능 증진에 필요한 요인의 조기 발견을 위한 실용적인 검사 · 진단, 유지관리 방법을 확립하고, 열화요인을 제거한 고내구성 건축재료 개발	1
(2세부) 목조건축 생산기술 개발	구법	2-1	목구조 구법개발	전통 목구조, 철중구조 등 기존의 구법과 국산 목재 이용에 적합한 다양한 구법을 유형화, 각 구법 유형의 성능과 특성 비교 · 분석	1
	설계 시스템	2-2	목조건축 설계시스템개발	다양한 구법과 접합방식, 그리고 국산 목재 특성, 자재 재활용 등 다양한 조건을 고려한 체계적인 목조건축 설계시스템(설계 표준, 설계기법) 개발 및 목조건축 설계시스템의 보급을 위한 통합설계정보시스템 구축	1
	표준 건물 타입	2-3	주거용 건축의 건물타입 개발	다중의 단독주택, 2호연립주택, 연립주택(중 · 저밀도의 목조 공동주택) 모델 등 다양한 목조 주거건축의 모델 개발	2
		2-4	건축유형별 모델개발	학교, 도서관, 관공서 등 다양한 목조 공공건축의 유형별 모델 개발	1

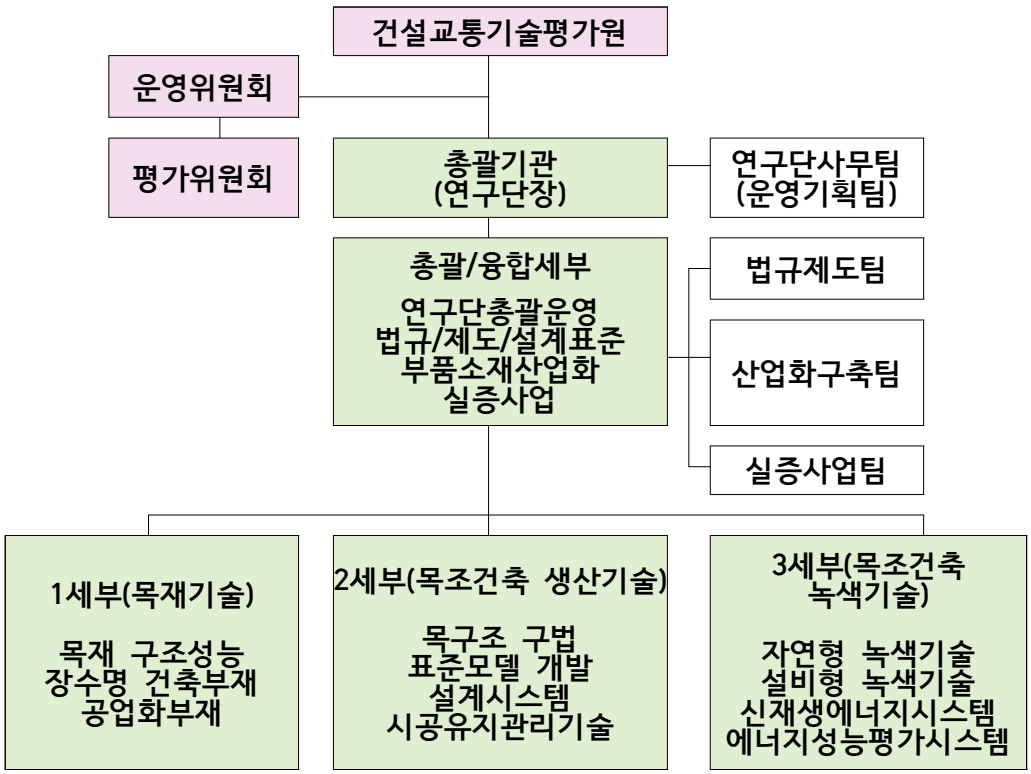
		2-5	마을/단지설계 건물타입 개발	목조건축을 마을 단위로 체계적으로 보급, 확산할 수 있는 기술 개발	2
	목조건축 시공기술	4-1	공정별 시공인력 및 전문시공관리자 양성방안	공정관리를 개선하고 관리자의 시공기술 능력을 높이기 위한 전문화된 공정별 시공인력 및 전문시공관리자 양성방안 수립함.	2
		4-2	목조중층건축을 위한 시공기술	대규모 다층목조 건축물 실용화를 위한 차음성능 및 내화성능 향상을 목적으로 관련 시공기술을 개발함.	2
		4-3	목조건축 접합기구 시공기술	목조건축의 접합기구 개발 및 시공을 위한 매뉴얼을 작성함.	2
		4-4	시공기술	단열, 방수 성능을 향상하는 공법을 개발하고, 공종별 공기단축 방안 및 공정관리 시스템을 제안하며, 공종별 시방서 및 매뉴얼을 작성함.	1 (통합)
	목조건축 유지관리 기술	4-5	유지관리기술	공종별 및 장기 수선 계획시스템을 개발하고 공종별 유지관리 시방서 및 매뉴얼을 작성함.	
		4-6	목조건축 유지관리 실무매뉴얼	목조건축의 유지관리 실무 매뉴얼을 작성함.	2
	목조건축 LCCO2 관리기술	4-7	LCCO2 평가 및 관리기술	공사 원가 분석시스템, 생애주기 Energy 분석 및 비용 분석시스템, 생애주기 CO2분석 시스템, LCC, LCCO2 최적화 기법을 제안함.	1 (통합)
		4-8	목조 건축물의 CO2원단위	목조건축 관련 부품소재의 CO2 원단위 데이터 베이스를 구축함.	2
(3세부) 목조건축 녹색기술 개발	자연형 녹색 기술	3-1	고기밀·고단열 창호 시스템	목조건축의 재료 물성을 고려한 고기밀고단열 창호 시스템 기술 개발 및 최적화	1 (통합)
		3-2	외단열 외벽 벽체 시스템	목조건축의 재료 물성을 고려한 외단열 벽체시스템 기술 개발 및 최적화	
		3-3	고단열 지붕 시스템	목조건축의 재료 물성을 고려한 고단열 지붕시스템 기술 개발 및 최적화	
		3-4	부재간 기밀성 접합 시스템	열교를 방지하고 기밀성을 유지하기 위한 벽체-지붕-창호 기밀성 접합 시스템 개발	2
		3-5	세대간 차음성능 개선을 위한 건식 벽체 시스템	목조건축의 취약 부위인 인접 세대간 차음성능 개선 연구	1 (통합)
		3-6	바닥충격음 저감을 위한 바닥시스템	목조건축의 취약 부위인 상하층 세대간의 바닥충격음 차단성능 개선 연구	
		3-7	포름알데히드와 VOC 최소화를 위한 내장재 친환경성능	병든집 증후군에서 벗어나 건강한 생활을 영위하기 위한 내장재의 유해가스 방출 억제 기술	2
		3-8	자연형 스마트 환기기술	중층주택과 공공건축물에서의 기계식 환기 부하를 최소화하기 위한 자연형 환기기술	2
	설비형 녹색 기술	3-9	에너지절약형 냉난방공조 시스템	목조건축의 열적 특성에 적합한 고효율 냉난방공조 시스템 기술 개발	1 (통합)
		3-9-2	목조건축 급배수위생설비 시스템	목조건축의 구조 및 재료 물성에 적합한 물 절약형 급배수 시스템 기술 개발	

		3-10	에너지절약형 환기 시스템	목조건축에 최적화된 고효율 환기시스템 기술 개발	2
		3-11	배관 및 덕트 시스템	목조건축의 물적 특성에 적합한 고효율 배관 및 덕트 시스템 기술 개발	2
		3-12	경보 및 화재안전 시스템	화재에 취약한 목조건축의 특성을 고려한 경보 및 화재안전 시스템 개발	2
	신재생에너지 시스템 기술	3-13	태양광 적용기술	건물일체형 태양광 전지판(BIPV)을 목조건축에 적용하기 위한 최적화 연구개발	1 (통합)
		3-14	지중열 적용기술	지중열시스템을 목조건축에 적용하기 위한 최적화 연구개발	
		3-15	태양열 적용기술	설비형 태양열시스템을 목조건축에 적용하기 위한 최적화 연구개발	2
		3-16	풍력 적용기술	풍력을 목조건축에 적용하기 위한 최적화 연구개발	2
		3-17	신재생에너지시스템 통합 운영기술	목조건축의 열부하 특성을 고려한 신재생에너지 시스템의 통합운영 시스템 기술 개발	1 (통합)
	에너지 성능평가 시스템 기술	3-18	목조건축 데이터모델 및 DB 구축 기술	목조건축 건축자재 및 설비시스템의 데이터 모델 및 기초 데이터 DB 구축 기술 개발	1 (통합)
		3-19	목조건축 에너지 성능평가 시스템기술	목조건축 자재 특성을 고려한 에너지성능 평가시스템 기술 개발	
(연구단 및 융합세부) 연구총괄 / 제도 법규 / 산업화 / 실증사업	연구단	5-1	연구총괄	목재이용 활성화 및 목조건축 부품소재 산업화의 통합된 목표로 전체 연구 방향을 균형있고 일관되게 진행하도록 함	1
	법규 / 제도	5-2	목재 및 목조건축 관련 법규 개발	목재 이용과 목조건축 활성화를 위한 외국 법규체제의 벤치마크 및 우리나라의 법규 개발	1 (통합)
		5-3	목재 및 목조건축 활성화를 위한 제도 개발	목재 이용과 목조건축 활성화를 위한 외국 지원제도 체제의 벤치마크 및 우리나라의 제도 개발	
		5-4	목조건축 설계표준 개발	목조건축에 적용되는 국가 설계표준안을 개발하고 반영함	
	산업화	5-5	부품소재 산업화를 위한 플랫폼 기술	목조 주택 산업화의 베이스가 되는 목조 주택에 사용되는 부품/소재의 치수 및 성능 규격화 및 기준 정립, 부품/소재의 평가를 통한 품질관리 매뉴얼 작성, 다양한 소재/부품 회사들에 대한 성능평가 지원, 실증사업 과정을 교육자료로 제작	1 (통합)
		5-6	표준 부품소재 데이터베이스 및 통합정보시스템 구축	한국형 목조건축에 최적화된 부품/소재 품질/규격정보의 규격화 및 자재정보의 DB화, RFID를 통한 자재관리 등의 융합기술 개발에 의한 통합정보시스템 운용으로 국내 목조건축 산업화에 기여	
		5-7	목조건축 부품소재의 표준성능 평가	국내외 표준에 의한 한국형 목조구조의 전체시스템 및 벽체, 창호시스템, 온돌/바닥 시스템 등의 구성요소별 내화성능 및 에너지효율성능 평가	2
	실증사업	5-8	목조주택 실증사업	개발된 목재 및 목조건축 부품소재를 활용한 목조주택 실증사업을 계획하고 수행함	2
		5-9	목조공공건축 실증사업	개발된 목재 및 목조건축 부품소재를 활용한 목조 공공건축물 실증사업을 계획하고 수행함	1
		5-10	목조건축 마을 실증사업	개발된 목재 및 목조건축 부품소재를 활용한 목조건축 마을 실증사업을 계획하고 수행함	2

4. 과제 연구수행 체계

□ 다양한 분야의 연구가 우리나라의 '목조건축 기술 개발 및 산업화' 라는 통합된 목표를 향해 나아갈 수 있도록 총괄 목표의 설정 및 각 분야의 범위와 일정, 연구내용의 조정 등을 담당하는 '연구단' 체제가 필요함

□ '연구단 및 융합세부'에서는 각 분야의 ①연구내용을 총괄하여 조정할 뿐 아니라, 연구의 구체적 성과인 ②법규/제도의 제정 추진과 목재 및 목조건축 기술 분야에서 제안된 내용을 ③산업화하는 실무적 진행, 그리고 자치단체나 공공기관, 기업체 등과의 긴밀한 협조를 필요로 하는 ④실증사업의 기획 및 수행 등을 담당하게 됨



제 4 장. 연구 목표 및 범위

제 1절. 연구개발과제의 목표

제 2절. 한국형 목조건축 융합기술의 개념

제 3절. 한옥기술개발 과제와의 중복성 검토

제 4절. 세부과제별 기술수준 및 달성목표

4장 연구 목표 및 범위

1절 연구개발과제의 목표

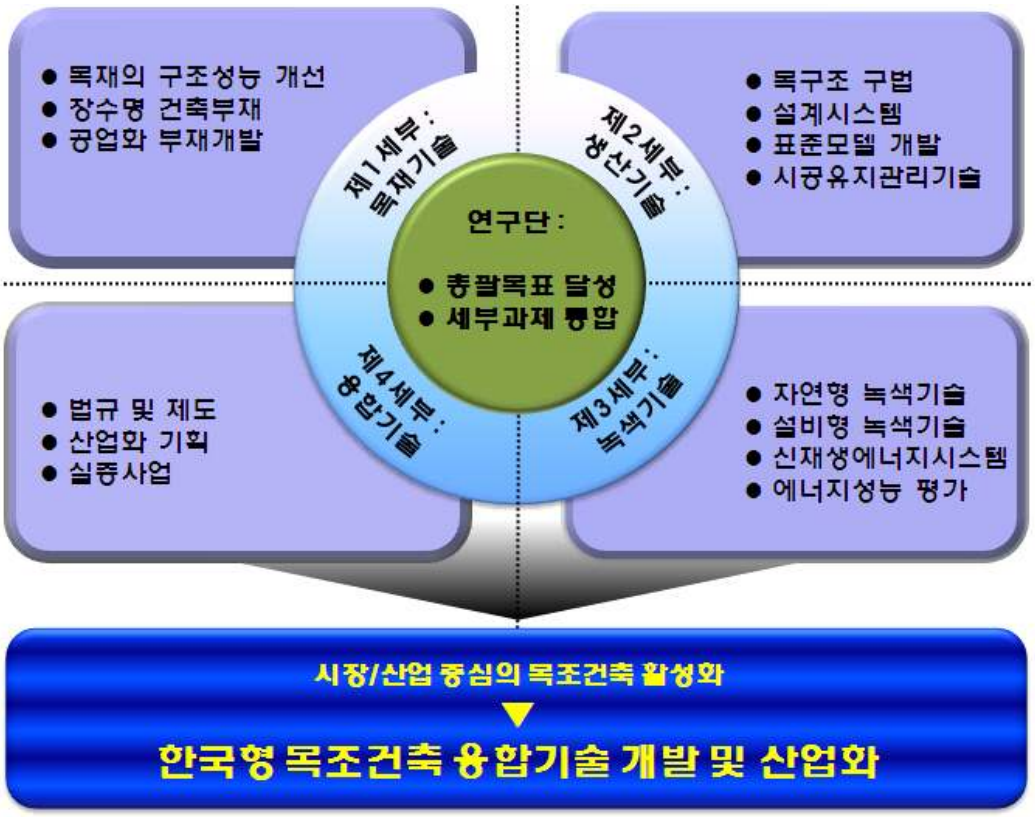
□ ‘이 연구의 최종목표는 시장 또는 산업중심의 목조건축의 활성화에 있음 즉, 우리의 생활 패턴에 맞는 목조건축의 양식 개발을 통하여, 저탄소 자연형 건축소재로서의 목재 활용을 극대화하고, 목조건축에 최적화될 수 있는 친환경 건축기술을 개발하여 적용하며, 규격화 및 대량생산을 통한 목조건축 소재 및 부재 산업화의 가능성을 극대화하고자 하는 것임.

□ ‘한국형 목조건축’은 이 기획과제가 우리나라 건축분야의 탄소발생량 저감을 위해 출발된 것임을 나타내며, 특히 수입산 목재가 아닌 우리나라 목재의 활용 증대와 이를 통한 우리 목재의 생산 및 유통체계 구축을 목표로 하고 있다는 점을 의미하는 것임. 또한 ‘저탄소 녹색성장’의 국가적 아젠다와 부합한다는 점을 드러내고자 함

□ ‘융합기술’은 이 기획과제가 목조건축의 새로운 요소기술을 개발하는 것보다는 기존의 목재활용 기술을 목재 주변의 다양한 기술과 융합하여 목조건축 최적화 적용방법을 찾아냄으로써 목재의 활용 가치를 증대시키는 데 목표가 있다는 점을 뜻함. 이를 위해 목재기술과 목조건축 생산기술, 녹색기술 등이 융합된 실증사업을 통하여 우리의 목재를 활용한 목조건축의 가능성을 확인하고 이를 널리 알림

□ ‘산업화’는 이 과제의 성과를 널리 보급하기 위해 필수적으로 수반되어야 하는 것임. 한국형 목조건축의 수요가 늘어나기 위해서는 부자재의 생산체계와 유통체계가 필요하며, 이를 통해 새로운 산업 분야를 창출하여 ‘녹색성장’의 기반을 만들고자 하는 것임

□ 본 연구의 결과를 통하여 목재를 중심으로 최소 탄소발자국의 소재 및 부재를 활용함으로써 전생애주기를 통하여 국가별 온실가스 감축 목표 달성의 시대적·사회적 요구에 부응하고, 친환경 건축 문화와 전통 주거 문화를 계승·발전시킴은 물론, 대한민국 목조건축 산업과 임업·목재 부품소재 산업 등 경제 활성화에 공헌하고자 함.





(조감도 이미지 출처 : http://www.archdaily.com/236234/university-at-buffalo-school-of-medicine-and-biomedical-sciences-hok/)

2절 한국형 목조건축 융합기술의 개념

1. 목재 및 부품소재 측면에서의 한국형 목조건축

□ 한국형 목조건축은 우리나라의 탄소배출권 확보를 위해 우리 목재를 활용한 것이어야 함

- 온실가스저감을 위한 제17차 기후변화당사국회의(2012년 1월)에서 목제품에 저장된 탄소계정은 당사국 국내 산림에서 생산된 목재를 대상으로 하고 수입재는 대상에서 제외하기로 함
- 경골목구조 등의 수입산 목조건축 기술은 중소경재가 대부분인 우리나라 산림에서 생산되는 목재에는 불리함
- 국내 보유 목재자원을 이용하기 유리해야 하며, 중소경재의 수율이 가장 높은 제재수율을 고려한 목재가공 기술을 적용한 한국형 목조건축
- 국내 임업의 장기 채산성을 제고할 수 있는 한국형 목조건축
- 디폴트반감기를 고려한 장기 내구연한을 갖춘 한국형 목조건축
- 국산목재의 이용에 유리한 한국형 목조건축 부재와 축조 기술 개발이 요구되는 한국형 목조건축

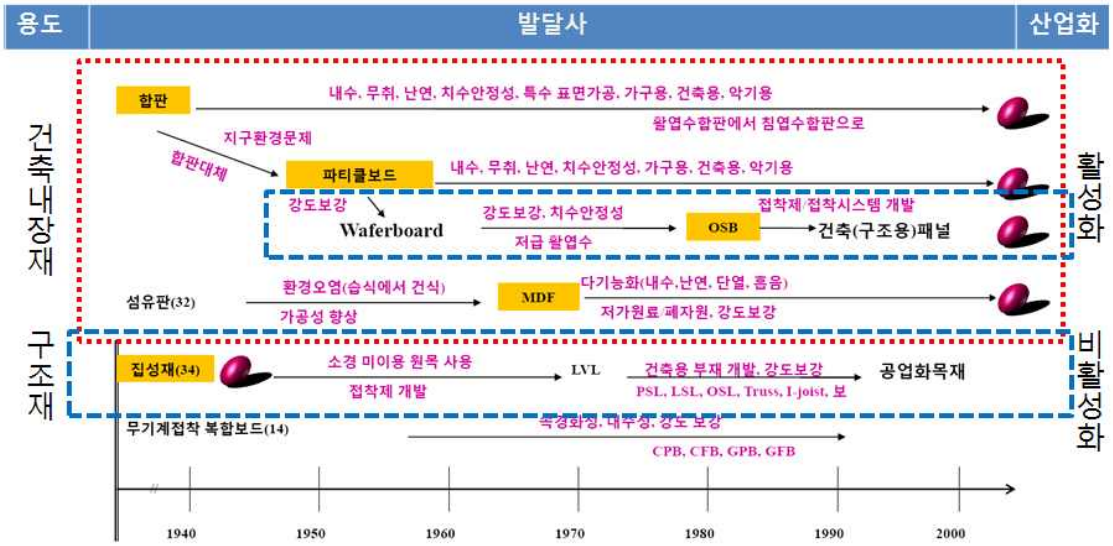
□ 국내의 법률에 의해 탄소배출권 확보가 명시된 것이어야 함

- 2012년 2월 22일에 공포된「탄소흡수원 유지 및 증진에 관한 법률」에 따른 탄소배출권 획득
- 「목재의 지속가능한 이용에 관한 법률」(2012년 5월 2일 공포) 적용에 적합한 목재 및 목조건축 부품소재의 개발 및 활용

□ 우리나라 목재산업에서 활성화된 건축내장재 부분을 활성화하고, 기술이 전무하거나 비활성화된 구조재 기술을 목재부품산업으로 건축코스트를 절감하면서 국산재로 개발한 한국형 목조건축

- Precut 제재공장 등 기둥-보 목재 부품산업 생산 기반에 의해 산업화될 수 있는 것이어야 함
- 바닥, 벽체, 지붕패널을 공장생산으로 하는 prefabricate 도입이 가능한 것이어야 함

- 가구식 구조에 필요한 공업화 목재(LVL, PSL, LSL, OSL, CLT 등)를 이용한 기둥과 보 및 벽체부재의 개발을 목조건축에 적합하도록 개발되어야 함
- 건축내장재 산업 뿐 아니라 건축 구조재 산업에 이르기 까지 우리나라 목재산업의 현실을 고려할 때 가장 유리한 기술을 개발하고 접목시킨 것이어야 함



2. 생산기술 측면에서의 한국형 목조건축

□ 한국형 목조건축은 주요 구조부가 목가구조로 구성되고 공간구성이 한국의 현대 생활양식에 적합하며, 외관이 한국인의 미감과 정서에 부합하는 건축양식을 말함.

□ 한국형 목조건축은 한국 고유의 주거문화를 계승하는 동시에 주요 구조부 외의 건축 재료는 경량목재를 이용하여 서구형 목조주택의 장점인 기능과 실용성을 융합시킴으로써 국외의 목조건축과 차별화된 대한민국의 고유성을 담보한 목조 건축물을 의미함.

□ 한국형 목조건축의 양식은 한국의 건축문화 전통에 뿌리를 두되 21세기의 새로운 주거관에 부응하고 다양한 라이프스타일을 수용하는 새로운 건축유형임. 그것은 혁신을 넘어 법고창신(法古創新)의 철학으로 창안되

는 미래형 목조건축 유형임.

□ 2010년 통계에 따르면 한국은 도시화율(도시지역 거주인구 / 전체 인구)이 약 91%에 달하는 고도로 도시화된 사회로 한국의 도시환경은 고밀도를 특징으로 함. 따라서 한국형 목조건축은 고밀도의 도시환경에 적응할 수 있는 건축유형이어야 하며, 다층화·연립화를 통해 고밀도의 한국 도시에 적응할 수 있는 건축유형을 의미함.

3. 녹색기술 측면에서의 한국형 목조건축

□ 건축물의 에너지소비 특성, 온열환경의 쾌적성 등은 건축물이 위치한 지역의 기후와 지형, 사용되는 건축부재의 열적 성능, 에너지사용습관과 운영일정 등에 민감하게 영향을 받음.

□ '한국형 목조건축 녹색기술'이란 우리나라의 지역별 기후와 지형, 우리나라 목조건축 부재의 열적 성능, 우리나라 거주자의 생활양식과 건물 운영일정에 적합한 목조건축 녹색기술을 의미함.

□ 우리나라는 중위도의 온대 기후대에 속해 있으며, 계절풍 기후, 동안기후, 대륙성 기후 등의 특성을 나타냄. 우리나라는 국토의 70%정도가 산지로서 북쪽과 동쪽 땅이 높고, 서쪽과 남쪽 땅이 낮아 강이 대부분 황해와 남해로 흐르고, 평야도 주로 서쪽에 발달해 있음. 이러한 기후와 지형의 특징은 건물의 외피부하, 냉난방 부하, 적정 신재생에너지시스템의 선택과 운영방식, 건물의 에너지 소비특성 등에 영향을 미침

□ 목재는 성장된 지역의 기후나 토양 조건에 따라 같은 수종이라도 재질과 특성이 다르게 나타나는 속성이 있음. 낙엽송, 소나무, 잣나무, 삼나무 등 우리나라의 목조건축용 수종은 북미나 일본 등지에서 수입되는 목재에 비해 국내 환경 기후 조건에 적응이 잘 되어 있으며, 내구성이 강하고, 습도 유지와 방음기능이 우수해 우리나라에서 쾌적한 거주환경을 유지하는 데 효과적인 것으로 알려져 있는 데, 이러한 국산 목재의 물적 특성을 수종별로 고려하여 이에 적합한 외피시스템과 차음시스템, 냉난방공조시스템과 급배수시스템 등을 개발하는 것이 필요함

□ 건물의 에너지 소비량은 조명용, 난방용, 냉방용, 오락용, 정보용, 위생용, 취사용 등 에너지소비 관련 생활행위의 차이에 따라 다르게 나타나며, 이는 해당 국가 또는 지역의 경제발전, 기술발달, 생활수준의 정도에 의해 영향을 받게 됨. 따라서 한국형 목조건축 녹색기술은 우리나라의 목조건축 거주자들의 성향과 그에 따른 에너지 소비 패턴을 분석하여 이를 고려한 에너지 수요량 예측 및 평가가 가능해야 함.

3절 한옥기술개발 과제와의 중복성 검토

1. 연구목표의 중복성 검토

□ 『한옥기술개발』 과제의 연구목표는 한옥의 문화적 가치를 보존, 재구성하여 널리 보급하고자 하는 데 있음. 연구대상은 '한옥'의 개념 자체가 그렇듯이 '살림집'을 대상으로 함.

□ 『한국형 목조건축 융합기술 개발 및 산업화』 과제의 연구목표는 탄소상쇄 자연재료인 목재의 건축분야 활용을 극대화하여 저탄소 녹색성장의 국가적 아젠다를 달성하고자 하는 데 있음. 연구대상은 중형 이하의 모든 건축물이며, 특히 '복지형 공공건축물'을 실증사업의 대상으로 함

□ 문화적 컨텐츠의 보존 및 현대적 재구성이라는 목표를 갖고 있는 한옥과제와 목조건축 융합기술에 의해 건축분야에서의 탄소발생량을 저감시키고자 하는 목표를 갖고 있는 목조건축과제는 그 연구목표에 서로 비교하기 힘든 속성을 갖고 있음

□ 전통적인 단독형의 살림집을 대상으로 하는 한옥과제와 저층집합주거 및 중형 이하의 복지형 공공건축물을 대상으로 하는 한국형 목조건축 융합기술 개발 및 산업화 과제는 연구대상이 서로 중복되지 않음

2. 연구내용의 중복성 검토

□ 『한옥기술개발』 과제의 연구내용은 한옥통합시공시스템 개발(제1세부)에서 대량생산기반 가공시스템 구축과 한옥 시공표준화를 다루고 있으며, 한스타일 개발을 통한 한옥 모델개발(제2세부)에서 한옥 설계기법 및 모델을 개발함. 한옥 성능 요소기술 개발(제3세부)에서는 한옥 부재 요소의 성능향상과 한옥의 화재안전기술을 다루고 있으며 제4세부과제에서는 한옥 건축 및 부재의 라이브러리 구축을 연구함

□ 『한국형 목조건축 융합기술 개발 및 산업화』 과제의 연구는 목재의 원천기술(제1세부)과 목조건축 설계 및 시공유지관리기술(제2세부), 저탄소 녹색기술의 목조건축 최적화(제3세부), 융합기술 및 실증사업(제4세

부)로 구성되어 있음.

□ 목조건축 과제의 연구내용은 목재 원천기술과 목조건축 설계 및 시공유지관리기술 개발, 자연형/설비형/신재생에너지 요소기술의 목조건축 최적화 개발, 유통체계 수립 및 중형 공공복지건축 실증사업 등으로 구성되어, 한옥부재 대량가공-표준시공 방법의 개발과 한옥설계기법의 개발, 한옥부재의 성능향상과 라이브러리 구축 등으로 구성된 한옥기술개발 과제의 연구내용과 중복되지 않음

가. 제1세부과제의 연구내용 중복성 검토

세부과제명	주요내용	중복성 검토
목조건축과제 (1세부) 목재기술개발	■ 목조건축 구조성능 확보 기술 개발 - 가구식 구조부재 및 지붕 구조체의 성능 확보 및 축조 기술 개발 - 장스팬 · 중층 구조 적용을 위한 철물접합기술 개발 - 수평하중 보강 다기능 벽체 개발 - 개구부 및 바닥 프레임 구성 기술 ■ 장수명 건축부재 기술 개발 - 대단면 부재의 에너지 절감형 건조 공정 및 스케줄 개발 - 200년 내구 장수명화 건축물의 축조 기반기술 및 건축부재 개발 - 내구성능 증진을 위한 실용적 검사 · 진단, 유지관리 방법 확립 - 열화요인을 제거한 고내구성 건축재료 개발 ■ 공업화 부재 개발 - 소재의 국산화를 위한 유통구조 개선과 부재가공 기술 연구 - 목재 시스템창호의 개발 - 창호일체형 벽체의 개발 - 소재의 융복합화를 통한 고성능/고품질 부재 개발 - 철물 접합부 산업의 육성 - 하이브리드 시스템 및 구조 개발	■ 한옥기술의 목표가 전통주택의 시공시스템 개발을 위한 목재 확보 및 가공기술의 현대화 차원임에 반하여, ■ 목조건축 과제 목재기술 개발의 목표는 공공건축물 등 다양한 건물유형에서 사용할 수 있는 원목, 공학목재, 하이브리드 결합 등 목재의 원천기술을 확보하는데 있음 ■ 목조건축 과제의 목재기술개발 세부 연구결과를 한옥기술개발의 목재부재 연구에 고도화 적용 가능함
한옥기술과제 (1세부) 한옥통합시공 시스템 개발	■ 대량생산기반 가공시스템 구축 - 전통가공시스템조사분석 - 정보모델링기반 가공시스템 - 주부재가공시스템구축 - 목업하우스 적용 ■ 대량생산을 위한 시공표준화 - 한옥 시공표준 개발 - 한옥 공정관리기술 개발	

	- 공기단축형 복합모듈 개발 - 한옥 부재장비 시공기술 개발	

나. 제2세부과제의 연구내용 중복성 검토

세부과제명	주요내용	중복성 검토
목조건축과제(2세부) 목조건축 생산기술개발	■ 목구조 구법 개발 목구조 구법을 유형화 구법유형 개발 구법유형의 mock-up 제작 구적용성 분석 · 평가 ■ 목조건축 유형별 모델 개발 저층집합주거 모델 개발 목조 공공건축 모델 개발 유형별 모델을 개발 ■ 목조건축 설계시스템 개발 목조건축의 설계 모듈 체계와 적용 기법 개발 선택형 목조건축 설계를 개발 목조건축설계도서 작성 기준과 지침제시 목조건축 통합설계정보시스템 ■ 목조건축 시공기술 개발 ■ 목조건축의 유지관리기술 개발 ■ 목조건축의 LCC기반 LCCO2 관리기술 개발 목조건축의 LCC기반 LCCO2 관리기술 개발 공사원가 분석시스템, 생애주기 Energy분석 및 비용분석 시스템 생애주기 CO2분석 시스템, LCC, LCCO2 최적화 시스템 개발	■ 목재를 구조부재로 활용한다는 점 이외에는 한옥과 유사성 없음 ■ 공간구성이나 목재 이외의 재료사용, 하이브리드시스템 등 건축기술적 측면이나 공공건축물을 대상으로 하는 연구범위 등에서 한옥과 크게 차별화됨 ■ 전통건축의 문화적 차원이 아닌 목재활용의 환경적, 경제적, 산업적 차원에서 기획된 것으로 한옥기술 과제와 다른 성격임
한옥기술과제(2세부) 한옥 설계기법 및 모델개발	■ 한옥 설계기법 및 모델 개발 - 전통 한옥디자인 기법 분석 - 한스타일 미적 개념과 공간 - 한옥모델개발 - 신한옥 브랜드개발 - 한스타일 디자인 가이드라인 - Mock Up	

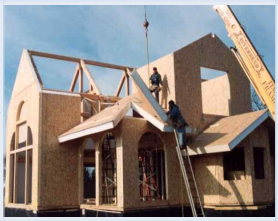
다. 제3세부과제의 연구내용 중복성 검토

세부과제명	주요내용	중복성 검토
목조건축과제(3세부) 목조건축 녹색기술개발	■ 1세세부과제: 고성능 목조건축 외피 시스템 및 차음 시스템 기술 개발 ■ 2세세부과제: 고효율 목조건축 냉난방공조 시스템 및 급배수 시스템 기술 개발 ■ 3세세부과제: 목조건축 건물일체형 신재생에너지 시스템 및 통합운영 시스템 기술 개발 ■ 4세세부과제: 목조건축 에너지성능 평가 시스템 기술 개발	■ 한옥기술의 목표가 한옥의 부재요소를 대상으로 성능향상을 위한 연구를 수행하는 데 반하여, ■ 목조건축 과제 녹색기술 개발의 목

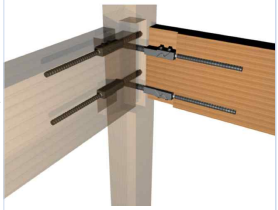
한옥기술과제 (3세부) 한옥 성능요소기술개발	■ 부재요소 성능 향상 - 부재요소 유형분류 - 부재요소별 성능기준 수립평가 - 부재요소 제품화 규격화 ■ 화재안전 및 관리기술 개발 - 한옥 내화성능 기준 수립 - 한옥 부재 내화성능 요소도출 - 한옥부재 방염/난연기술 개발 - 한옥구조 내외장재 유지관리 - 한옥부재 방염/난연 성능평가 - 한옥 최적 감시/경보 기술개발	표는 공공건축물 등 다양한 목조건축물 유형에서 사용할 수 있는 자연형시스템과 설비형시스템 , 신재생에너지 시스템의 녹색성능을 최적화하는 데 있음 ■ 요소기술을 개발하기 보다는 기존의 친환경기술을 목조건축에 최적화하는데 목조건축 녹색기술개발의 초점이 있음

4절 세부과제별 기술수준 및 달성목표

1. 1세부과제

AS-IS		TO-BE	
	■ 수입 목재 의존형 경골목조건축 ■ 산림탄소상쇄 계정에 불포함 ■ 목재산업 위기로 임업 채산성 점차 약화		■ 국산재 위주 가구식 목조건축 ■ 산림탄소상쇄 계정에 포함 ■ 목재산업 활성화로 임업채산성 향상
	■ 기존 전통목조건축물 및 경량목조건축물의 국민정서와 불일치성 ■ 전통성/현대화를 추구한 목조건축물의 접근 미비		■ 전통성/현대화 창출을 위한 한국형 목조건축물 축조 ■ 대공간 창출을 위한 라멘구조, 아치구조 등 장스팬 구조 개발
	■ 전통목조건축물은 과도한 지붕하중 ■ 지진, 태풍 등의 수평하중에 취약 ■ 단열시스템에 대한 연구 및 개발 미비		■ 지붕경량화로 구조적 효율성 증대 ■ 채움벽 (Infill wall) 기술 적용으로 주거성능 부여 / 수평하중저항성능 확보

AS-IS		TO-BE	
	■ 대단면 목재에 대한 건조기술 미비 ■ 섬유포화점 이상의 대단면부재 사용으로 인한 환경오염 및 구조적 결함 발생		■ 고온건조 적용 대단면재의 적정 건조방법 및 최적 건조스케줄 개발 ■ 건조기술 확보로 안정적인 자재 공급
	■ 목조건축 관리부재로 단수명 ■ 하자수리법 미체계화 및 보증기간짧음 ■ 품질보증이 안되 소비자 외면		■ 200년 보증 장수명화 ■ 생물열화에 대한 하자보증 ■ 목조건축 품질보증제도 활성화
	■ 목재의 생물학적 열화에 대한 기술 부족 ■ 내후/내구, 안전성/안정성 기준과 인식, 기술 미비		■ 열화 조기발견을 위한 유지관리 및 내구성능 부여 방법 개발 ■ 점검-진단-처방의 체계화

AS-IS			TO-BE
	■ 비계획적인 조림, 인프라부족으로 가격경쟁력 상실 ■ 목질 원자재 공급을 주로 간벌 중소경재에 의존	▶	 ■ 임업인프라 및 유통시스템의 정비, 국산재의 규격화로 가격경쟁력 확보 ■ 국산재의 고부가가치 이용도 증진
	■ 국내 공학목재산업의 성장세 둔화 ■ 국내 목재산업은 주로 판상재 위주로 가구재, 내장재 용도에 치중	▶	 ■ 구조용 공학목재(집성재, CLT, LVL, PSL, LSL. OSL) 산업발전 ■ 접합철물산업 발전과 더불어 기개발된 기술과의 융복합화
	■ 목조에 대한 다변화 및 저변화에 대한 인식 부족 ■ 고층 목조건축물 및 대형목조건축물 축조를 위한 연구 부족	▶	 ■ 목재 부품소재 산업의 공업화, 산업화 ■ 하이브리드공법/융복합화 기술 적용을 통해 목구조의 다변화 실현

세부과제의 개념	목재기술 : 목재 부품소재 산업경쟁력 강화를 위한 목재 기술개발 수행
세부과제의 범위	■ 목조건축 구조성능 확보 기술 개발 · 수직 및 중층 구조 적용을 위한 접합기술 개발 · 수평 접합기술 및 장스팬구조 적용 기술 개발 · 수평하중 보강 다기능 벽체기술 개발 ■ 장수명 건축부재 기술 개발 · 구조구체의 생물열화 방지 안전성 및 안정성 확보기술 개발 · 중고 목조건축물의 생물열화 하자정비 기반기술 개발 · 대단면재 에너지절감 건조기술 개발 ■ 공업화 부재 개발 · 소재 국산화, 부품소재의 모듈화, 표준화를 위한 연구 · 융복합화 · 모듈러 건축 부재 개발
기술개발 목표	■ 목조건축 구조성능 확보 기술 개발 · 전통 접합기술 표준화, 모듈화 및 장스팬 · 중층 구조 적용을 위한 접합기술 · 구조 효율성 제고 및 건축원가 절감을 위한 '지붕경량화'에 따른 안정성 확보 및 축조기술 · 가구식 구조의 수평하중 보강을 위한 전단벽체의 개발, 단열성능의 확보를 위한 벽체 개발 · 벽체 개구부 축조 및 바닥 프레임 구성 기술 개발 ■ 장수명 건축부재 기술 개발 · 주요 구체구조 허용 습윤 상태와 생물열화 상관성 검정 · 생물열화에 의한 구체의 강도열화 메카니즘 해명 및 예측방법 개발

	· 사용 중인 목구조 구체의 내구성능 부여 기술 개발 · 목조건축물 열화 조기발견을 위한 실용적 검사 · 진단, 유지관리 방법 확립 및 실효성 확보 검토 · 대단면재의 적정 건조방법과 최적의 건조스케줄을 개발 및 에너지 절감형 건조기술 개발 · 기능성 방화부재(방화벽, 방화문 등) 개발 ■ 공업화 부재 개발 · 국산 목재 이용 목조건축 활성화 방안 모색 · 구조용 집성재 등의 규격화 모듈을 개발 및 새로운 공학목재 소재 개발 · 프리컷(PRECUT) 공법, CAM CAD IT 기술 등 기술 간 융복합화 및 목조건축 부재의 정밀가공과 대량생산 실현 · 모듈러주택용 지붕, 벽체 등 프리패브(PREFAB) 공법 기술 개발 및 벽체-창호 일체형, 지붕트러스 등의 프리패브 공법 개발 · 장스팬의 공공목조건축물 혹은 고층목조건물의 모듈화를 위한 하이브리드 부재 및 공법 개발
기대효과	① 기술적 기대효과 - 대형 목구조물의 축조기술 확보 및 관련 세부 기술력 확보 - 생물열화진단방법의 확립 및 구조부재에 대한 고내구성 부여로 주거환경의 안전성을 제고 - 목조건축물 성능평가 기준 및 가이드라인 제공 ② 환경적 기대효과 - 목재 사용도 증진에 따른 탄소배출권 확보와 관련한 우위 점유 - 목조건축물의 장수명화로 목재에 축적된 탄소저장기간을 연장하고, CO2발생량을 대폭 저감할 수 있으므로 온실가스배출량을 저감하여 지구온난화에 기여 ③ 경제적 기대효과 - 국내 목재 자원 이용도 증진에 따르는 국익 창출 - 목재 품질 향상을 통한 목재 관련 산업 및 국산재 사용 활성화 - 구조부재의 안전성 진단으로 중고주택의 품질보증, 목조건축물의 최대해충인 흰개미 방제대책 확립으로 품질보증 등이 확립되므로 주택거래의 활성화에 기여
주요성과물	■ 목조건축 구조성능 확보 기술 개발 - 대형 목조건축물 축조 기술 개발 - 목조건축의 벽체 및 창호 시스템 - 대형 목조건축의 벽체 및 창호 시스템 · 현장적용 2건, 지적재산권 6건, 학술논문 15편 ■ 장수명 건축부재 기술 개발 - 구조구체의 안정성 확보 생물열화 방지 지침 - 중고 목조건축물의 생물열화 하자점검 매뉴얼 - 대단면재용 에너지 절감형 최적 건조스케줄 · 지적재산권 4건, 학술논문 10편 ■ 공업화 부재 개발 - 소재의 국산화/ 소재의 융복합화에 의한 목조건축 요소 - 목재 부품소재 산업의 공업화/표준화 · 학술논문 10편, 지적재산권 6건, 현장적용 2건

2. 2세부과제

AS-IS	
	제한적인 재래 목구조 구법에 의존함으로써 새로운 용도유형, 고밀도 등 한국 사회 실정에 적합한 새로운 목조건축 모델 개발이 어려움
	국산 목재 특성과 한국사회의 현대 생활방식에 부적합한 서구와 일본의 획일적인 목조건축 모델 사용
	해외 목조건축 설계기술에 의존하여 국내 목조산업의 미발달과 해외시장화

TO-BE	
	새로운 목조 저층 집합주거 및 공공건축 모델에 적합한 목구조 구법 개발, 활용
	국산 목재 특성과 현대 생활방식에 적합한 다양한 목조 공공건축 모델 개발로 목조건축에 대한 인식 변화와 목조건축 시장 활성화
	국내 실정에 적합한 목조건축 설계기술 개발 및 정보시스템화를 통해 국내 목조건축 시장의 기반 형성

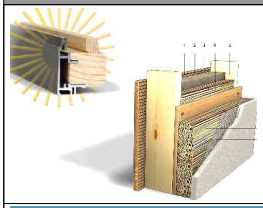
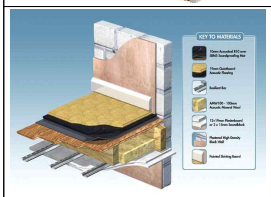
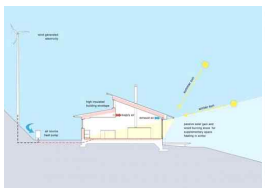
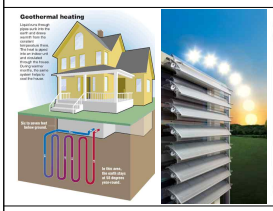
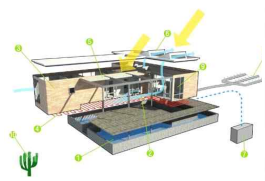
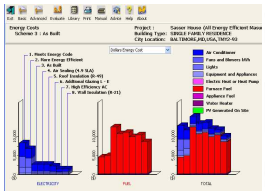
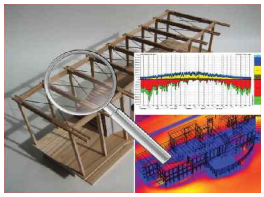
AS-IS	
	시공성향상을 위한 기술 부족으로 물적/시간적 낭비
	유지관리단계에서의 구체적인 시방서 및 기술 부족
	저탄소 녹색성장을 목표로 CO_2 배출총량을 산정하고 의사결정을 지원하는 시스템의 필요

TO-BE	
	공종별 시공기술 및 공정관리시스템 개발
	공종별 유지관리 기술 및 장기 수선 계획 시스템을 개발
	LCC기반 $LCCO_2$ 관리 기술 개발

세부과제의 개념	목조건축 생산기술 : 한국사회의 현대생활 요구에 적합하고, LCC가 절감되며 유지관리가 용이한 다양한 목조건축 모델을 개발하기 위한 설계 및 시공·유지관리기술 개발
세부과제의 범위	■ 목조건축 설계기술 개발 - 목구조 구법 개발 - 목조건축 유형별 모델 개발 - 목조건축 설계시스템 개발 ■ 목조건축의 시공·유지관리기술 개발 - 목조건축 시공기술 개발 - 목조건축의 유지관리기술 개발 - 목조건축의 LCC기반 LCCO2 관리기술 개발
기술개발 목표	■목구조 구법 개발 - 다양한 건물 모델을 목조건축으로 개발하는 토대를 마련하기 위하여 기존의 목구조 구법을 분석하여 적합한 구법유형을 선정하고 새로운 구법 개발 ■목조건축 유형별 모델 개발 - 새로운 지역사회의 요구를 수용하는 목조 저층집합주거에 적합한 모델 개발 프로세스를 개발하고 유형별 모델을 개발 - 목조건축을 선도해 나갈 목조 공공건축에 적합한 모델 개발 프로세스를 개발하고 학교 등 목조건축이 적합한 다양한 공공시설의 유형을 파악하고 유형별 모델을 개발 ■목조건축 설계시스템 개발 - 목조건축의 설계 모듈 체계와 적용 기법을 개발하고 각종 설계기법을 목조건축에 적용하는 최적화 방안을 개발 - 가격, 구조성능, 환경성능의 등급에 따라 선택형의 목조건축 설계를 개발 - 목조건축설계도서 작성 기준과 지침(guideline) 제시 - 목조건축 통합설계정보시스템 구축 ■공종별 시공기술 개발 (공법개발) - 공기단축 방안 및 공정관리시스템 개발 - 공종별 시방서 및 매뉴얼 개발 ■목조건축 유지관리 기술 개발 - 목조건축물 부재의 장수명화 기술 - 유지관리, 교체 수선 상세기술개발 (구조,건축,기계,전기,설비) - 장기수선 계획시스템 개발 - 교체수선 (Replacement and Repair) 주기 분석 - 공종별 유지관리 시방서 및 매뉴얼 개발 ■목조 건축의 LCC기반 LCCO2 관리 기술 개발 - 공사원가 분석시스템 개발 (경제성 평가) - 생애주기 Energy분석 및 비용분석 시스템 개발 - 생애주기 CO2분석 시스템 개발 - LCC, LCCO2 최적화 시스템 개발
기대효과	① 기술적 기대효과 - 다양한 목조건축 모델 개발 및 설계 기술력 확보 - 체계적인 DB의 구축으로 목조건축물의 CO2저감 효과

	- 친환경 및 LCC 측면의 건설관리 부분에 대한 융합과학기술 발전에 기여 - 다수의 대안에 대한 시뮬레이션 및 최적화 기법으로 인한 신공법 유도를 통하여 국제수준의 우수 연구 인력 양성 - LCC/LCCO2 건설관리 분야의 우수 연구원 배출 및 실무전문가 양성기반을 구축 - 한국 사회의 수요에 부응하는 목조건축 실현 ② 환경적 기대효과 - 친환경 건설계획 및 공정관리를 위한 시스템의 구축가능 - 목조건축물의 전 생애주기 (계획, 시공, O&M, 해체)의 CO2 배출량 및 원단위 산정을 위한 자동화 시스템 구축가능 - 환경성 및 경제성을 고려한 최적의 대안이 선정 가능한 시스템 개발가능 - 구축된 DB를 활용하여 차후 유사한 프로젝트의 LCC/LCCO2 분석에 활용될 수 있으며 에너지/CO2 저감을 위한 신공법 개발이 유도가능 - 안정적인 목재자원의 수요 창출 및 경제림의 육성으로 국가 녹색성장 정책의 기반이 됨 - 목조건축 활성화를 위한 제도 정비 및 시장 보급 및 국제화 계획 수립으로 인한 국가 경쟁력 확보 ③ 경제적 기대효과 - 새로운 건축설계 마켓을 창출하여 고용 확대 - 목조건축 관련 제품산업 활성화 ④ 정책적 기대효과 - 정부 사업 추진의 근거와 방법론 구축 - 목조건축 관련 법제도 정비에 활용
주요성과물	■ 목구조 구법 설명서 ■ 목구조 구법 유형 mock-up ■ 목조 저층집합주거 및 공공건축 모델 설계도서 ■ 목조 저층집합주거 및 공공건축 모델하우스 ■ 목조건축 종합계획 지침서 ■ 목조건축 MC설계 종합도서 ■ 목조건축 모델별, 구법별, 자재 특성별 설계지침서 ■ 목조건축 표준상세 ■ 공종별 시공 기술 ■ 단열, 방수 성능 향상 시공 기술 ■ 공정관리 시스템 ■ 공종별 유지 관리 시스템 ■ 장기 수선 계획 시스템 ■ 공사원가 분석시스템 ■ 생애주기 Energy 분석 및 비용분석 시스템 ■ 생애주기 CO2 분석 시스템 ■ LCC/LCCO2 최적화 시스템

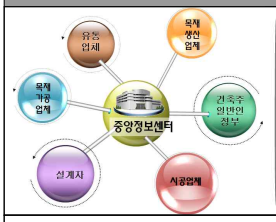
3. 3세부과제

AS-IS		TO-BE	
	목조건축 부재의 특성과 국내 기후에 최적화된 신소재 단열재 및 외피시스템 기술 미비		목조건축 부재의 특성과 국내 기후에 최적화된 및 고단열, 고기밀 외피시스템 융복합 기술 개발
	목조건축물 층간/ 세대간/ 구조체를 통한 차음성능 미흡		목조건축의 구조 및 재료 특성을 고려한 건식 차음시스템 기술 개발
	목조건축의 구조 및 물적 특성, 국내 기후를 고려한 냉난방공조 시스템 기술 미흡		목조건축 구조 및 자재특성, 국내 기후 특성에 적합한 고효율 냉난방공조 시스템 기술 개발
	목조건축의 구조 및 재료 물성을 고려한 급배수 시스템 기술 미흡		목조건축의 구조 및 재료 물성에 적합한 절수형 급배수 시스템 기술 개발
	목조건축의 구조 및 열부하 특성, 국내 기후 및 지형에 적합한 신재생에너지 시스템 미흡		목조건축의 구조 및 열부하 특성, 국내 기후 및 지형에 적합한 건물일체형 재생에너지 시스템 기술 개발
	국내기후 및 목조건축의 열부하 특성을 고려한 신재생에너지 운영시스템 기술 부재		국내 기후 및 목조건축 열부하 특성을 고려한 신재생에너지 통합 운영시스템 기술 개발
	에네지 모델링을 위한 국산 목조건축 자재 및 설비 시스템의 데이터모델 및 DB 부족		에너지모델링을 위한 국산 목조건축 자재 및 설비 시스템 데이터 모델 및 DB 구축 기술 개발
	국산 목재 특성 및 목조건축 열부하 특성을 고려한 에너지성능 평가시스템 미흡		국내 기후 및 국산 자재 특성, 열부하 특성을 고려한 목조건축 에너지성능 평가시스템 기술 개발

세부과제의 개념	목조건축 녹색기술 개발 : 목조건축의 재료 특성에 적합한 녹색건축기술 개발
세부과제의 범위	■ 목조건축의 재료 물성을 고려한 고기밀고단열 외피시스템 기술 개발 ■ 목조건축의 차음 특성을 고려한 고성능 건식 차음 시스템 기술 개발 ■ 목조건축의 열적 특성에 적합한 고효율 냉난방공조 시스템 기술 개발 ■ 목조건축의 구조 및 재료 물성에 적합한 물 절약형 급배수 시스템 기술 개발 ■ 목조건축의 구조 및 열부하 특성에 적합한 건물일체형 신재생에너지 시스템 기술 개발 ■ 목조건축의 열부하 특성을 고려한 신재생에너지 시스템의 통합운영 시스템 기술 개발 ■ 목조건축 건축자재 및 설비시스템의 데이터 모델 및 기초 데이터 DB 구축 기술 개발 ■ 목조건축 자재 특성을 고려한 에너지성능 평가시스템 기술 개발
기술개발 목표	■ 목조건축의 재료 물성을 고려한 고기밀고단열 외피 시스템 및 고성능 건식 차음 시스템을 개발하여 한국형 친환경 목조건축을 구현하기 위한 최적의 외피 시스템을 구축함 ■ 목조건축의 열적 특성 및 재료 물성을 고려한 냉난방공조 시스템, 급배수 시스템 기술을 개발하여 한국형 목조건축을 구현하기 위한 고효율 기계설비 시스템을 구축함 ■ 목조건축의 구조 및 열부하 특성을 고려하여 목조건축에 적합한 건물일체형 신재생에너지 시스템 기술 및 통합 운영 시스템 기술을 개발하여 목조건축의 에너지자립율 향상 ■ 목조건축 건축자재 및 설비시스템의 데이터 모델 및 기초 데이터 DB 구축 기술과 목조건축 자재 특성을 고려한 건물에너지 해석 시뮬레이션 시스템 기술 개발을 통해 에너지절약적인 목조건축의 통합설계와 성능평가를 지원
기대효과	① 기술적 기대효과 - 목조건축의 냉난방부하 및 에너지 소비량 절감을 위한 고기밀 고단열 외피 시스템 및 구성요소 기술 확보 - 목조건축의 취약점인 세대간 경계벽 및 경계바닥 차음성능 개선 - 목조건축의 저탄소 및 내구성 유지 등의 실현이 가능한 냉난방 공조 시스템, 급배수 시스템 기술 확보 - 한국형 목조건축 구현을 위한 건물일체형 신재생에너지 시스템 기술 및 통합 운영 시스템 기술 확보 - 목조건축 건축자재 및 설비시스템의 데이터 모델 및 기초 데이터 DB 확보 - 기후조건에 따른 목재별 특성을 고려한 목조건축용 건물에너지 성능 평가시스템 기술 확보 ② 환경적 기대효과 - 목조건축의 냉난방 부하 저감, 고효율 설비시스템으로 인한 화석연료 자원 절감 및 이산화탄소 배출량 저감 효과 - 목조건축의 경계벽 및 경계바닥의 차음성능 개선으로 쾌적한 거주환경 제공 - 무한한 자연에너지 이용으로 인해 목조건축 운영단계에서 발생하는 화석 연료 소비량 및 이산화탄소 배출량 절감 - 목조건축 설계단계에서부터 건물에너지성능 평가를 통해 에너지

	절약적이고 쾌적한 건축물 구현 ③ 경제적 기대효과 - 목조건축에 최적화된 고기밀고단열 외피시스템과 고효율 설비시스템의 활용으로 운영단계의 에너지 비용 절감으로 인한 LCC 및 LCCO2 절감 - 목조건축의 기밀성능과 결로방지성능 향상으로 인한 내구성 증진으로 인해 유지보수 비용 절감 - 물 절약형 목조건축 급배수 시스템으로 인한 상수 비용 절감 - 목조건축의 최적 온열환경 조성으로 인한 내구성 증진으로 인해 수선교체비용절감 - 목조건축 설계단계에서 건물에너지성능을 사전에 평가함으로써 최적 설계를 통해 목조건축의 공사비 및 에너지 비용 절감
주요성과물	■ 목조건축의 재료 물성을 고려한 고기밀고단열 외피 시스템 기술 ■ 목조건축의 차음 특성을 고려한 고성능 건식 차음 시스템 기술 ■ 목조건축의 열적 특성에 적합한 고효율 냉난방공조 시스템 기술 ■ 목조건축의 구조 및 재료 물성에 적합한 물 절약형 급배수 시스템 기술 ■ 목조건축의 구조 및 열부하 특성에 적합한 건물일체형 신재생에너지 시스템 기술 ■ 목조건축의 열부하 특성을 고려한 신재생에너지 시스템의 통합운영 시스템 기술 ■ 목조건축 건축자재 및 설비시스템의 데이터 모델 및 기초 데이터 DB 구축 기술 ■ 목조건축 자재 특성을 고려한 에너지성능 평가시스템 기술

4. 4세부과제

AS-IS		TO-BE	
	설계자 중심의 평면적, 폐쇄적 유통시스템		생산, 설계, 시공, 자재정보, 교육이 통합된 개방적 유통시스템
	전면유리의 철골조 공공건축		목조 공공건축
	철근 콘크리트 학교건축		목조 학교건축
	철근 콘크리트 공공복지시설		목조 공공복지시설
	철근 콘크리트 공공문화시설		목조 공공문화시설

세부과제의 개념	연구단 및 융합세부 : 목재기술, 목조건축 생산기술, 녹색기술 및 융합기술의 연구단 운영 및 총괄 목표 수행
세부과제의 범위	■ 총괄 - 1세부과제인 목재기술, 2세부과제인 목조건축 생산기술, 3세부과제인 목조건축 녹색기술의 연구내용과 일정을 조정하여 통합 목표를 달성하도록 관리함 ■ 정책/제도/지침 - 정책/제도/지침과 관련된 각 세부과제의 연구개발 진행의 조정 및 결과의 통합, 유관 연구팀 및 기관과의 협업 ■ 산업화 - 목조건축에 사용되는 부품/소재의 조사 및 분류를 통한 규격화 - 목조건축에 사용되는 부품/소재의 품질기준 개발 및 정립 - 실증사업을 활용한 인력양성용 교육자료 제작 - 목조건축에 최적화된 부품/소재, 표준설계, 표준구조, 성능 및 가격 등의 통합 DB 구축 - 목조건축 관련 정보 통합 DB 구축 ■ 실증사업 - 연구성과를 통합적으로 응용하여 공공부문의 실제 검증사업을 추진하며, 장기적 순환체제를 갖는 클러스터 조성
기술개발 목표	■ 총괄 - 연구단 전체의 통합목표 달성 ■ 정책/제도/지침 - 정책/제도/지침 개발의 조율 및 실현 ■ 산업화 - 한국형 목조건축의 보급화 활성화를 위한 목조건축 최적화 부품/소재 Database 및 통합정보시스템 등의 산업화 기반기술 구축 ■ 실증사업 - 실제 검증사업을 사업추진이 가능한 사업수행기관과 연계하여 공공부분의 실물 건립을 추진 - 목조건축의 발전을 도모할 목조건축 클러스터 조성계획 작성
기대효과	① 기술적 기대효과 - 정책/제도/지침 개발의 합목적성/일관성 제고, 국가적 채택 유도 - 연구된 성과를 실제 적용함으로써, 기술의 완성도를 높이고, 기술을 매뉴얼화하여 기술보급도구를 작성함으로써 보급 활성화 - 공공건축물 실증사업을 통해 개발된 목재기술, 생산기술 및 친환경성능기술의 적합성 여부를 확인함 ② 정책적 기대효과 - 실증사업의 수행을 통해 목조건축 지원제도 및 법규의 필요성 및 효용성을 검증함 - 실제 목구조물의 축조 및 일반화에 따라 친환경적 정서 함양 ③ 경제적 기대효과 - 분야별로 개발된 정책/제도/지침의 통합 및 국가적 채택을 위한 별도의 추가 작업을 방지하여 국가예산 절감 - 실물을 구축함으로써 소요되는 비용을 실제적으로 고찰하여, 목조건축의 실용화에 기여
주요성과물	■ 목조건축 관련 지원제도 및 법규 ■ 목조건축 관련 국가 설계표준(안) ■ 목조건축 관련 부품/소재 품질관리매뉴얼 ■ 목조건축 교육자료 및 부품/소재 DB ■ 목조건축 정보 제공, 유통 및 교육을 위한 통합정보시스템 ■ 실증사업 공공건축물

제 5 장. 세부과제별 주요 내용

제 1절. 제1세부과제 : 목재기술 개발

제 2절. 제2세부과제 : 목조건축 생산기술 개발

제 3절. 제3세부과제 : 목조건축 녹색기술 개발

제 4절. 연구단 및 목조건축 융합기술 개발

5장 세부과제별 주요 내용

1절 제1세부과제 : 목재기술 개발

1. 연구개발 필요성 및 정부지원 필요성

가. 연구개발 필요성

□ 국내에서는 목재 건조에 대한 소비자들의 인식이 부족하고, 건조재의 품질을 인증할 수 있는 관리체계가 갖춰져 있지 못하여 대부분 형식적인 처리에 의하여 목표함수율에 미달하는 고함수율의 목재가 현장에서 사용되고 있는 실정임. 건조수축에 의한 할열은 건축물의 열관류율을 높이고 단열을 떨어뜨리는 원인이 되고 있음. 가구식 공법에서는 부재 단면이 크기 때문에 건조가 어렵고 건조 결함이 발생할 가능성이 매우 높으므로, 건조와 관련된 목재기술의 기술수요가 증가하고 있음.

□ 목조건축의 장수명화 실현은 탄소계정의 디폴트 반감기 연장에 매우 중요함. 이를 위하여 고내구성 건축부재의 개발과 체계적인 하자관리 기술의 개발이 필요함. 이는 고내구성 개·보수 정비 비용절감은 물론 구조적 안전성 확보를 통한 목조건축물의 장수명화 대책에 기본이 됨.

□ 목재 유통시장의 변화는 업체수가 증가하고 품목도 늘어났으며 경쟁도 점차 치열해져가고 있음. 전통산업의 축소와 유통산업의 확대는 한국 목재산업의 축이 바뀌어 가고 있음을 보여주는 것임. 원자재 수급의 어려움이 점점 가중되면서 원자재 확보는 기업 차원을 넘어 국가정책으로 시급한 검토가 요망됨.

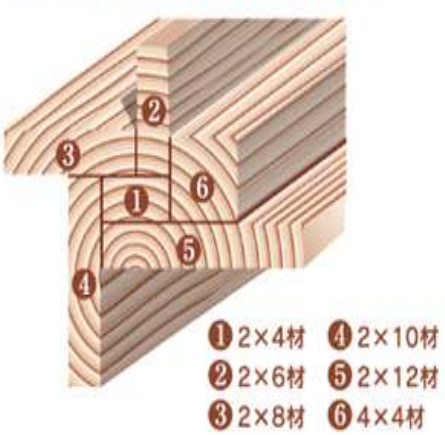
나. 정부지원 필요성

(1) 가구식 목구조 성능 확보 기술의 정부지원 필요성

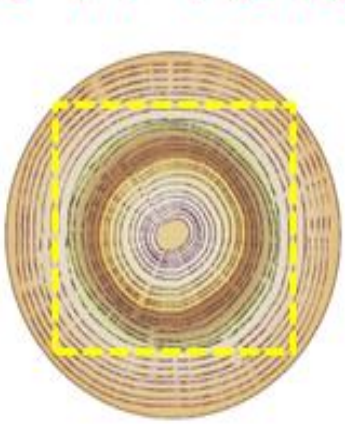
□ 가구식 목구조(timber post and beam structure)는 한국, 중국, 일본 등 동아시아 지역의 전통 목구조 방식으로서 대단면 부재를 사용하여 간 사이를 늘리고 대개 목재가 노출되어 아름다운 목재의 질감을 그대

로 느낄 수 있음. 우리나라 목조건축의 산업화를 위한 가구식 목구조 기술개발에 대한 정부지원의 필요성을 제시해 보면 다음과 같음.

- 첫째, 자원 확보의 측면에서 필요함. 목구조 시대와 지역적으로 수종과 규격이 달라져 왔지만 중소경재가 많은 동아시아의 원목자원 사정상 가구식 목구조가 발전되어 왔음. 오늘날 대경재가 풍부한 북미 지역은 2x4 각재 생산이 경제적으로 유리하여 대부분 경골 목구조인 것과 대비된다. 일본이 전통 가구식 목구조 기술을 현대화하여 목조건축 시장의 90%를 점하고 있는 것도 자국산 목재자원을 경쟁력 있게 이용하기 위한 전략에서 출발한 것임. 국내원목 30cm의 가구식 구조 적용에 따른 제재 수율은 2x6 각재 생산에 비해 24% 높고, 목조건축 목골조 공사에 가구식 구조가 원목 이용량을 46% 증대시킬 수 있음. 일본이 전통 기둥-보 구조 기술을 현대화(2006년에 프리컷 제재공장 838개 보유)하여 목조건축 시장의 80%를 점하고 있는 것도 자국산 목재자원을 경쟁력 있게 이용하기 위한 전략에서 출발한 것임.



[그림 74] 대경재의가공이용



[그림 75] 중경재의 가공이용

[표 36] 제재 수율의 비교

	원목직경	150mm제재	2×6제재
중소경재	30㎝	36.5%	29.6%
대경재	40㎝	20.3%	33.3%
원목소요량 (196㎡목골조)		8.5㎥	5.8㎥

- 둘째, 기후변화에 대응한 핵심 건축물 구조임. 가구식 목구조는 국산재를 구조용 재료로 대량으로 다양하게 고부가가치로 활용할 수 있어 국내 관련 부품소재 산업을 육성하여 임업과 목재산업의 경제 활성화와 일자리 창출에 기여함. 주재료인 가구식 목재의 생산 운반 가공 이용 폐기 단계에서 이산화탄소의 방출을 절감할 수 있음. 40평형의 목조주택은 중형승용차가 지구 4바퀴 주행시 배출하는 이산화탄소를 저장함. 이와 함께 다양한 에너지 절감 건축기술을 접목한 목조건축이 산업화가 실현된다면 탄소발자국(carbon footprint)을 최소화하고 탄소상쇄제도를 적용하여 탄소배출권 확보 등 실효성이 있는 기후변화에 대응 방안이 될 것임.

- 셋째, 탈콘크리트 탈아파트의 다양성을 부여하는 주거양식임. 도시 인근의 단지형 주택에 관심 큰 750만명의 베이비붐어(1955년~1963년생) 은퇴자마을 수요가 발생하고, 귀농인구의 농촌 정착에 필요한 보급형 주택과 도시민의 “세컨드하우스” 건축 시장이 커지고 있음. 이에 대응하여 전통 가구식 건축공법에 자연소재 내장재를 활용한 국민의 주거 복지 충족에 기여할 것임

(2) 장수명 목조건축 기술 개발의 정부지원 필요성

□ 우리의 주택건축 수명이 세계적으로 짧은 것으로 알려져 있음. UN의 통계자료를 보면, 영국이 141년, 미국이 103년, 프랑스가 86년, 독일이 79년, 일본이 30년이고, 우리나라는 다만 통계자료는 명확하지 않지만 다만 25년 정도라고 추정하고 있음.

□ 이는 구조부재의 품질관리와 함께 유지관리 기술 체계가 구축되지 않은 사실과 상관이 있음. 목구조 가구식 부재는 단면이 크기 때문에 건조가 어렵고 건조결함의 발생 가능성이 매우 높음. 건조수축에 의한 할열은 건축물의 열관류율을 높이고 단열을 떨어뜨리는 원인이 되고 있음. 국내에서는 목재건조에 대한 소비자들의 인식이 부족하고, 건조 에너지 비용이 높아 건조재의 품질을 인증할 수 있는 관리체계가 갖춰져 있지 못하고 있음. 이 때문에 대부분 형식적인 처리에 의하여 목표함수율에 미달하는 고함수율의 목재가 현장에서 사용되고 있는 실정임. 목조건축의 대량 가공 및 시공을 위해서는 부재의 생산과정에서 적절한 건조 보존 내화처리 공정이 선행되고 엄격한 품질관리가 요청됨.

□ 국내에서 목조건축 시장 활성화를 저해하는 요인 중에 유지 보수가 힘들고 사후관리비가 많이 든다는 의식이 팽배함(글로벌리서치). 사후관리

불편성이 함에 대한 호소는 유지관리 및 점검 등을 전문으로 하는 업종이 거의 전무하며, 여기에 점검방법이 비계량화되어 있다는 점을 들고 있음. 이 때문에 목조건축의 잔여 수명은 물론 가치 평가도 불투명하여 주택 매매 가격산정이 불합리함. 따라서 신축건축도 중요하지만, 기존 주택의 내구성 유지 기술은 물론 점검 체계를 강구해 주는 것이 시급함. 또 목조건축의 생물열화 진단기술을 체계적이고 과학적으로 해결하기 위하여 전문가 풀을 가동하여 기술개발과 매뉴얼을 개발하는 연구가 필요함.

(3) 공업화 부재 개발의 정부지원 필요성

□ 가구식 목구조는 CAM CAD 자동화 가공설비로 프리컷 부재를 생산할 수 있어 공업화 건축으로 쉽게 전환할 수 있음. 일본의 경우 목조주택을 건축할 때 아파트와 같은 건축 단가에 시공하면서 아파트와 비슷한 주택 품질을 유지하기 위해서는 구조재의 건축비용 비중이 15~20%를 넘지 않는 것이 보통이다(표1). 이를 위해서는 규격화된 부재를 모듈화하여 대량으로 생산하고 부품소재를 국산화하면서 창과 벽체를 공장조립하는 모듈라 건축부재를 개발해야 함.

□ 국내에 프리컷 제재소를 설비 투자하면 건조 보존 접착, 집성재 관련 부품 소재 산업과 클러스터를 형성하여 지역 경제를 활성화하고, 이때 발생한 죽데기 톱밥 등은 열병합발전 등으로 신재생에너지로 이용하면, 고갈되는 화석연료 의존도를 낮추어 녹색성장을 견인할 수 있음. 공업화 부재 기술 개발이 프리컷 부재 생산을 확대하고 이를 통해 목재이용 증진과 목재산업의 진흥을 이행하는 핵심적인 관건임.

□ 일본 정부에서는 ‘기업조합’ 형태의 사업 주체에 대하여 ‘임업구조개선사업’ 또는 ‘자원순환이용추진형임업구조개선사업’을 통한 국산재 가공설비 구입자금(제재기, 건조기, Pre-cut가공기 및 목질바이오매스 발전시설 등)의 일부를 정부보조금으로 지원하고 있음.- 국산재 가공설비에 대한 정부보조금의비율은50%(건조로 등70%)이며, 경우에 따라서 지방자치단체(縣·市)에서도 일부보조금을 부가적으로 지원하고 있음.

[표 37] 일본 가구식 건축원가 사례(수도권 37평형 고급주택 평당48만엔)

사례	통계내역	비율(%)		
수도권 고급분양주택 37평 재래공법 기둥:편백나무(KD) 보:미송(KD) 토대:편백나무(KD)	목재합계			15.6
	건자재합계	21.0	내장건자재소계	13.6
			주택기구소계	7.5
	금속건구공사			6.6
	공사비합계			56.8
	총계			100.0
	㎡단가			161 (천엔)

□ 목구조에서 가장 중요한 부분은 접합부의 설계이며, 철물 접합을 이용한, 혹은 짜맞춤식 접합에 철물로 보강하여 안정된 구조 성능을 나타내주어야함. 그리하기 위해서는, 목재와 더불어 철물 접합도 규격화가 되어야하며, 산업화가 되어야함. 또한, 고층 혹은 장스팬의 공공건축물에서는 철물접합이 필수적이므로, 이에 대한 연구가 반드시 동행되어야함

□ 최근은 유럽과 북미의 선진국들을 중심으로 탄소절감, 쾌적한 환경, 지속사용가능한 목재의 사용 등을 배경으로 하여, 고층건물의 목조화가 이루어지고 있음. 이론적으로는 목조건축물도 고층이 가능하나, 구조공학적인 관점에서 다른 부자재의 보강이 필요함. 즉, 목조와 철골조의 하이브리드화 혹은 목조와 콘크리트의 하이브리드화에 대한 연구로 이를 증명하여 모듈화시킬 필요가 있음. 이렇게 지어진 공공건축물 혹은 고층건물은 한국의 랜드마크가 될 것이며, 목조건축관련 산업 및 설계기술의 발전을 가져다줄 것으로 기대됨.

2. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안

유사과제명	내용 및 주요기술	구분		활용 및 차별화 방안
한옥기술 개발	한옥재료로서의 목재확보 및 치목기술	중복 없음		한옥기술의 목표가 전통주택의 문화적 가치 구현을 위한 목재 확보/치목기술의 차원임에 반하여, 목조건축 과제의 목재기술 연구는 공공건축물 등 다양한 건물유형에서 사용할 수 있는 원목, 공학목재, 하이브리드 결합 등 목재의 원천기술을 다루게 됨
		연계 가능	○	
		고도화		
		중복됨		

3. 연구개발 주요내용

가. 세세부과제 도출 방법

□ 목재기술 분야의 세세부과제는 목조건축물을 축조하기 위한 부품소재산업의 활성화 및 원천기술 제공의 측면에서 요소기술을 분류하고 각 요소기술들에 대한 우선순위를 책정하여 과제의 세부내용을 구성함. 각 요소기술들의 우선순위의 부여는 국내외 정책·기술 동향 등 분석을 통해 수행하였으며, 세부 과업들의 그룹화를 통해 최종적으로 구조성능, 내구성능 및 공업화의 3개 세세부과제로 제1세부과제를 구성하였음

나. 후보과제와 우선순위

세부과제	중점추진분야	기획 후보과제		주요연구내용	우선순위
		연번	도출과제명		
(1세부) 목재기술개발	구조성능	1-1	주요구조부재의 구조성능	한국형 목조건축 구조의 규격화, 모듈화 및 구조성능 기준 도출	1 (통합)
		1-2	장스팬·중층구조 접합기술	전통 접합기술 규격화 및 장스팬 · 중층 구조 적용을 위한 접합기술	
	단면구성 부재성능	1-3	수평하중보강 다기능벽체	가구식 목구조의 수평하중 보강을 위한 전단벽체의 개발, 단열성능의 확보를 위한 벽체 개발	2
		1-4	벽체·바닥프래임 축조기술	벽체 개구부 축조 및 바닥 프레임 구성 기술 개발	2
	내구성능 평가 시스템	1-5	목재 방부·방충 기술	신축용 목재보존제 및 흰개미 페르몬 유인 방의제 개발	2
		1-6	열화진단 기준수립	구조적 안전성을 확보하기 위한 열화진단기술을 체계적으로 관리할 수 있는 매뉴얼을 개발로 목조건축물의 장수명화에 기여	2
		1-7	생물열화성능평가 매뉴얼개발	목조건축물을 생물열화로부터 안전하게 보호함으로써 주거안전성을 도모	2
	소재 품질 개선	1-8	대단면재 에너지절감 건조기술	대단면재 건조를 위한 적합기술 조사 및 연구를 통해 건조방법에 따른 건조특성 평가 및 대단면재용 함수율 측정장치 개발	2
		1-9	내화·난연·방염기술	목조주택용 목재의 내화.난연.방화기술 개발로 목조주택의 부가가치를 제고	2
	공업화 부재	1-10	부품소재 모듈화·규격화	소재의 국산화/ 소재의 융복합화에 의한 한국형 목조건축 요소를 개발	2
		1-11	소재의 국산화·융복합화	목조건축의 모듈화와 목조건축 산업의 근간이 되는 부품소재 산업의 공업화와 규격화/융복합화	1 (통합)
		1-12	모듈러 목조건축 모델개발	벽체-창호 일체형 프리패브 공법의 개발	

		추가	철물 접합부의 규격화	구조적 검토와 더불어 가장 한국 목제산업 실정에 맞는 부재를 규격화시키고 실제 산업화시킬 수 있는 모델 제안	
		추가	하이브리드 구조의 개발	공공건축물의 목조화를 위해 목재-스틸 혹은 목재-콘크리트 하이브리드 구조의 개발 적용	
	장수명 건축부재	추가	장수명 건축부재 기술 개발	건축물의 내구성능 증진에 필요한 요인의 조기 발견을 위한 실용적인 검사·진단, 유지관리 방법을 확립하고, 열화요인을 제거한 고내구성 건축재료 개발	1

다. 1-1 공동과제 : 목조건축 구조성능 확보 기술 개발

1-1 세세부과제 개념		· 대형 목구조물의 축조기술 확보 및 관련 세부 기술력 확보 · 전통 가구식 접합 방식 및 철물 접합 방식에 대한 장점의 극대화 및 단점 극복 · 수평하중 보강 벽체 기술 개발에 따른 내진 등 구조안정성 확보 · 공기단축 벽체구성 기술의 적용 · 국내산 목재 이용도 증진 · 공기단축에 따른 공사비 절감 및 이에 따르는 목조건축산업 활성화
1.1 세세부과제 범위		· 기둥-보 구조부재 및 지붕 구조체의 성능 확보 및 축조 기술 개발 · 장스팬·중층 구조 적용을 위한 접합기술 개발 · 수평하중 보강 다기능 벽체기술 개발 · 벽체 개구부 축조 및 바닥 프레임 구성 기술
기술개발 목표		· 목조건축 구조의 표준화, 모듈화 및 구조성능 기준 도출 연구 · 전통 접합기술 표준화 및 장스팬·중층 구조 적용을 위한 접합기술 · 구조 효율성 제고, 건축원가 절감을 바탕으로 한 안정성 확보 및 축조기술 · 기둥-보 구조의 수평하중 보강을 위한 전단벽체의 개발, 단열성능의 확보를 위한 벽체 개발 · 벽체 개구부 축조 및 바닥 프레임 구성 기술 개발
1-1 세세부과제 연구내용	1차년도	· 구조 성능평가 기준 설정 및 기법 개발 - 주요 구조부재 및 접합부의 성능 평가 기준설정 및 기법 개발 - 목조건축 구조시스템 개선안 도출 · 접합기술의 유형분류 및 기준 수립 - 가구식 접합부의 유형 분류 및 성능기준 설정 - 접합부 성능평가 및 기초 해석
	2차년도	· 장스팬·중층 구조 접합기술 연구 - 다층 목조건축의 구조성능평가/접합시스템 개선안 도출 - 장스팬 목조건축의 구조성능평가/접합시스템 개선안 도출 - 트러스·아치 프레임 축조기술 연구
	3차년도	· 수평하중보강 다기능 벽체 축조기술 연구 - 벽체 및 창호 시스템 유형 분류 및 기준 수립 - 목조건축의 벽체 및 창호 시스템 개선안 도출 - 개구부 포함 유니트 패널 및 일체화 기술 개발 - 바닥 및 지붕 프레임 축조기술 개발
	4차년도	· 대형 목조건축의 구조 시스템 개발 - 대형 목조건축 구조 시스템의 Mock-up 적용

		- Mock-up 적용에 따른 적용성 평가 및 문제점 도출 - 개발 제품의 시공기술 개발, 개발기술에 의한 축조실연 - 성능기준, 시제품, 표준도서 및 시방서 도출
기대효과		· 대형 목구조물의 축조기술 확보 및 세부기술력 확보 · 수평하중 보강 벽체 기술 개발에 따른 내진성능 및 구조안정성 확보 · 공기단축 벽체구성 기술의 적용 · 대형 목구조물 축조의 일반화에 따른 국민정서 함양에 일조 · 국내 목재자원 이용도 증진에 따르는 국익 창출 · 공기단축에 따른 공사비 절감 및 이에 따르는 목조건축산업 활성화
최종 성과물		- 현장적용 2건 - 지적재산권 6건 - 학술논문 15편

라. 1-2 공동과제 : 장수명 건축부재 기술 개발

1-2 세세부과제 개념		· 목조건축물의 생물열화진단방법의 확립 및 구조부재에 대한 고내구성 부여로 주거환경의 안전성을 제고 · 목조건축물 성능평가 기준 및 가이드라인 제공 · 목조건축물의 장수명화로 목재에 축적된 탄소저장기간을 연장하고, CO2발생량을 대폭 저감할 수 있으므로 온실가스배출량을 저감하여 지구온난화 방지에 기여 · 내구수명 연장으로 건물축조에 소요되는 비용을 1/3이하로 절감 · 구조부재의 안전성 진단으로 중고주택의 품질보증, 목조건축물의 최대 해충인 흰개미 방제대책 확립으로 품질보증 등이 확립되므로 주택거래의 활성화에 기여
1-2 세세부과제 범위		· 200년 내구 장수명화 건축물의 축조기술 및 건축부재의 개발 · 에너지 절감 대단면 건조 공정 및 스케줄 개발 · 건축물의 내구성능 증진에 필요한 요인의 조기 발견을 위한 실용적인 검사 · 진단, 유지관리 방법 확립 · 열화요인을 제거한 고내구성 건축재료 개발
기술개발 목표		· 목조건축물을 생물열화로부터 안전하게 보호함으로써 주거안전성을 도모하고, 구조적 안전성을 확보하기 위한 열화진단기술을 체계적으로 관리할 수 있는 매뉴얼을 개발하여 목조건축물의 장수명화에 기여함
1-2 세세부과제 연구내용	2차년도	· 대단면재 건조 영향인자 평가 - 국산 주요 침엽수재의 기본 물성 평가 - 수종별/온도별/함수율별 확산계수, 표면방사계수, 수축율 평가 - 건조특성 및 가공특성 연구 · 주요 구조부재의 열화진단기준 개발 - 생물열화촉진 환경평가(온습도, 함수율, 환기, 일조, 강우, 적설 등) - 비파괴방법에 의한 생물열화진단 유형 개발
	3차년도	· 대단면재용 최적 건조방법 및 건조스케쥴 개발 - 대단면재에 적절한 건조방법 모색 - 건조결함 최소화할 수 있는 건조스케쥴 개발 · 목조건축물의 생물열화 성능평가 매뉴얼 개발 - 생물열화 피해도가 구조강도에 미치는 영향 평가

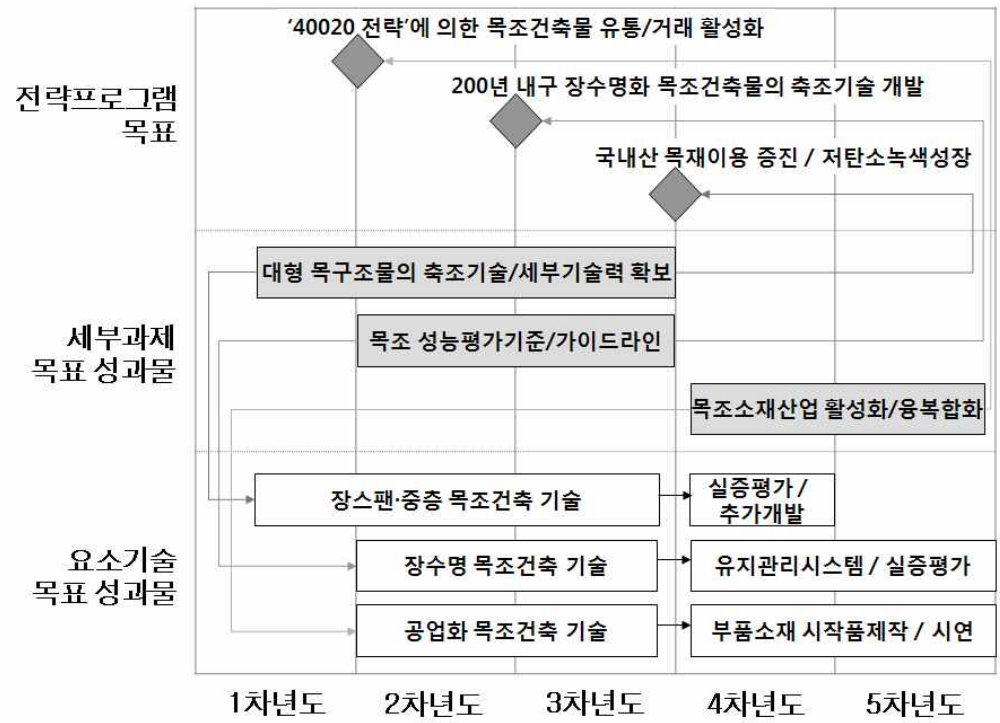
		- 부후발생 환경별 진단방법의 프로우챠드 작성 - 목재사용 환경 범주별 생물열화 유형(표면오염균, 변색균, 갈색부후, 백색부후,건재해충, 흰개미)의 데이터베이스화
	4차년도	· 대단면재 건조기술 매뉴얼 및 표준화 - 대단면재 건조기술 매뉴얼 제작 및 보급 - 건조기술의 제도 및 법 규정 · 목조건축물의 내화·난연·방화기술 개발 - 목조건축물 내장재의 방염제 선발 및 성능 평가 - 목조건축물 구조재의 천연 난연 성능 평가 - 친환경 목재 난연 처리약제 개발 - 주요 구조부재의 내화구조체(기둥, 보) 개발
	5차년도	· 목조건축물의 내화·난연·방화기술 개발 - 난연처리 목재의 규격화 - 목조건축물용 난연목재의 표준화 - 내화,난연,방화기술 기준 마련 - 개발 기술 적용 실대건축물의 연소시험 - 목조건축물의 내화·난연·방화성능 기준 정비 (법 · 제도)
기대 효과		· 목조건축물 성능평가 기준 및 가이드라인 제공 · 목조건축물의 생물열화진단방법 확립 및 구조부재에 대한 고내구성 부여로 주거환경의 안전성 제고 · 목조건축물의 장수명화로 목재에 축적된 탄소저장기간을 연장하고, CO2 발생량을 대폭 저감할 수 있으므로 온실가스배출량을 저감하여 지구온난화 방지에 기여 · 내구수명 연장으로 건물축조에 소요되는 비용을 1/3이하로 절감 · 구조부재의 안전성 진단으로 중고주택의 품질보증, 목조건축물의 품질보증 등이 확립되어 주택거래 활성화에 기여
최종 성과물		- 지적재산권 4건 - 학술논문 10건

마. 1-3 공동과제 : 공업화 부재 개발

1-3 세세부과제 개념	· 부품소재의 융복합화, 목조건축물의 모듈화와 목조건축 산업의 근간이 되는 부품소재 산업의 공업화를 통해 목조건축의 품질향상과 비용절감을 동시에 제고하여, 친환경 건축물인 목조건축을 보급화할 수 있어야 한다. · 목조 건축물에서 가장 중요한 것은 접합부의 설계이다. 접합부는 짜맞춤 방식과 철물 접합 방식이 있으나, 가공 비용, 시공의 용이성 등 철물 접합에 대한 연구는 필히 이루어져야한다. · 공공건축물은 많은 사람들이 이용하는 공간이므로, 인체의 가장 친화적인 목재의 사용으로 국민들의 심리적인 안정과 건강을 보장해 줄 수 있어야한다. · 목재산업의 발달로, 더 이상 수입에 의존하지 않는, 탄소상쇄제도에서도 국제적으로 유리한 위치를 점하여야한다. · 소재의 하이브리드화로, 목조 건축물의 유연성을 더욱 배가시켜, 한국만의 독특한 목조건축물을 창출해낼 수 있어야한다.
1-3 세세부과제	· 소재의 국산화를 위한 유통구조 개선과 부재가공 기술 연구 · 목제창호의 개발

범위		· 소재의 융복합화를 이용하여 고성능 고품질 부재 개발 · 철물 접합부 산업의 육성 · 하이브리드 구조의 개발 · 모듈러건축 모델 제안
기술개발 목표		· 한국형 공공건축물 및 프리패브 목조건축물의 공업부재의 개발과 건축 모듈 개발을 통한 부재/소재 산업의 육성 모델 확립 · 목재 부품과 철물 접합부의 규격화로 값싸고 안정적인 목조 건축 모델을 제안 · 하이브리드 구조의 개발로, 공공건축물의 구조설계에 유연성을 더하며, 초고층 건축물의 목조화를 제안
1-3 세세부 과제 연구내용	2차년도	· 공학목재 물성 분석 - 국내산 집성재 등 공학목재의 수종별 기본 물성 평가 (휨강도, 전단력, 수축 팽창률 등 KS에 기초한 시험방법 시행) · 부재 규격의 표준화/모듈화 - 목재부재의 표준화 모델 개발과 접합부를 설계하여 강도 평가 (프리컷 적용) - 국내의 철물 접합부 개발 및 물성 조사
	3차년도	· 창호-벽체 일체형 벽체 개발 및 강도 성능 평가 - 실제 벽체 실험 시행 및 성능 평가 - 부재와 벽체에 의한 단열 성능 계산(기밀성) - 개선안 도출 · 창호-벽체 일체형 벽체에 채움벽 적용시의 강도 및 효율성 실험 - 실제 벽체 실험 시행 및 성능 평가 - 부재와 벽체에 의한 단열 성능 계산(기밀성) - 개선안 도출 · 부재별 표준 규격 제안 - 비내력벽으로서의 모델(SIP 벽체 등) : 성능평가 및 개선안 도출
	4차년도	· 융복합화된 모델의 Mock-up 제작 · 개발된 모델의 구조성능 및 경제성 평가 · Mock-up 제작 후 구조성능 및 경제성 평가 - 지진에 대한 수평하중 저항성 확인 - 진동거동 파악 · 모듈러 건축의 효과 분석 및 모듈 개발 - 비용절감 효과 분석 - 국내 건축 실정에 맞는 모듈 치수 개발
	5차년도	· 융복합화된 목조주택 모델 개발 - 집성재와LVL, PSL등의 공학목재를 구조재로써 복합적용하여 접합부 파괴 실험 수행 : SSP, I-joist등 적용 검토 · 프리패브 한국형 목조주택의 개발 확정 - Mock-up 적용을 통한 실제 비용 산출 및 품질 확인
기대 효과		· 안정된 품질 및 빠른 공기를 추구한 목조건축물의 보급 가능 · 국내 목재 부품산업과 철물접합부 산업의 육성으로 부품소재의 단가 절감과 품질향상 효과 · 프리패브 공법 적용으로 경제성 확보 및 공간 활용의 유연성 제고
최종 성과물		- 현장적용 2건 - 지적재산권 6건 - 학술논문 10편

4. 연구개발과제 TRM



[그림 76] 1세부과제 연구개발과제 TRM

5. 제1세부과제 간의 연관성



[그림 77] 제1세부과제 간의 연관성

6. 최종성과물 및 성과지표

공동과제	성과목표	성과지표	측정방법	단위	목표치	목표치설정근거
1-1 목조건축 구조성능 확보기술 개발	현장적용	Mock-up 적용	현장 설계도서, 시방서	건	2	확보 기술력의 시연 및 검증
	지적재산권	소프트웨어 등록건수	시스템 매뉴얼 개발	건	6	접합철물 개발, 채움벽 및 내력벽 축조 기술
	논문	학술지 게재 논문건수	국내외 학술지 게재여부	건	15	기초기술로 기술의 학술가치 인정 필요
1-2 장수명 건축부재 기술개발	논문	학술지 게재 논문건수	국내외 학술지 게재여부	건	10	기초기술로 기술의 학술가치 인정 필요
	지적재산권	소프트웨어 등록건수	시스템 매뉴얼 개발	건	5	대단면 건조공정 및 스케줄, 난연·내화방부·방충 기술
1-3 공업화 부재개발	현장적용	Mock-up 적용	현장 설계도서, 시방서	건	2	확보 기술력의 시연 및 검증
	지적재산권	소프트웨어 등록건수	시스템 매뉴얼 개발	건	6	기계자동화 가공 방법, 하이브리드 구조부재의 안정적 성능확인
	논문	학술지 게재 논문건수	국내외 학술지 게재여부	건	10	기초기술로 기술의 학술가치 인정 필요

7. 성과물 검증방안

과제	성과목표	검증방법				
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
1-1 목조건축 구조성능 확보기술 개발	논문	게재 확인	게재 확인	게재 확인	게재 확인	게재 확인
	지적재산권		등록 확인	등록 확인	등록 확인	등록 확인
	현장적용				시연	시연
1-2 장수명 건축부재 기술 개발	논문	게재 확인	게재 확인	게재 확인	게재 확인	게재 확인
	지적재산권		등록 확인	등록 확인	등록 확인	등록 확인
1-3 공업화 부재 개발	논문			게재 확인	게재 확인	게재 확인
	지적재산권		등록 확인	등록 확인	등록 확인	등록 확인
	현장적용					시연

8. 기술수요처 및 실용화 방안

공동과제	목표성과물	기술수요처		실용화 방안
		1차	2차	
1-1 목조건축 구조성능 확보기술 개발	목조건축 구조성능 확보 기술, 접합기술	목제품 생산업계		시스템 및 시공기술 보급 접합기구 및 보강철물 보급 벽체 및 창호 시스템 축조기술 보급
	벽체 시스템, 내력벽 축조기술	접합철물 제조업체	건설사	
1-2 장수명 건축부재 기술 개발	생물열화 진단기술	건축물 유지보수 업체		생물열화진단 기준, 대단면재 건조기술 보급
	대단면재 건조기술	목제품 생산업계	목재 생산업계	
1-3 공업화 부재 개발	공장 자동화 목재 가공기술	설비 제조업체	목재 업계	프리컷, 프리패브 기술 및 기반 기술 보급
	부품소재의 표준화, 공업화	목조건축 업계		
	하이브리드 부재의 개발	철제생산업계, 목조건축업계		공공건축물 및 고층건물의 목조화를 위한 구조설계 모듈 개발

2절 제2세부과제 : 목조건축 생산기술 개발

1. 연구개발 필요성 및 정부지원 필요성

가. 목조건축 설계기술 개발의 필요성

□ 새로운 목조건축 양식을 실현하기 위해서는 그에 적합한 구법이 개발되어 있어야 함. 본 연구개발과제에서 선정 혹은 개발하고자 하는 목구조 구법은 전통한옥은 물론 서양 목조건축 양식과 차별성을 갖는 새로운 목조건축을 구현하는 기술적 토대가 됨.

□ 다양한 건물 모델을 목조건축으로 개발하기 위해서는 각각의 모델에 적합한 구법을 개발하여야 함. 이를 위해서는 한국은 물론 중국 . 일본 등 동아시아의 전통 목구조 구법, 그리고 서양 목구조의 구법들을 비교 . 분석하여 특성과 한계를 파악하는 기초적 연구가 필요함. 다음 단계로는 기존의 구법유형의 한계를 극복하는 새로운 목구조 구법유형을 개발하는 연구를 진행하여야 함. 현재 이같은 두 측면의 연구가 모두 이루어지지 않은 상태이므로 본 연구개발과제를 통해 구법의 유형과 기술을 개발하는 연구가 필요한 실정임.

□ 이러한 상황에서 탄소를 고정시키는 목조건축에 대한 선호도가 높아질 것으로 예상됨. 그러나 전 생애 탄소 배출량과 에너지 소비량이 적은 목조건축의 모델은 아직 개발되어 있지 않음. 따라서 고성능의 목조건축 모델을 개발할 필요성이 큼.

□ 일반적으로 공공건축물은 다수의 시민들이 새로운 건축유형이나 기술을 지속적으로 경험하는 모델하우스와 같은 역할을 하기 때문에 새로운 민간 건축시장을 선도하는 기능을 가짐. 특히 젊은 세대들이 일상적으로 경험하는 교육시설은 건축유형에 대한 선호도를 형성하는 데 중요한 역할을 함. 이에 따라 학교를 비롯하여 공공시설물을 목조건축으로 건축하는 것은 목조건축 시장의 활성화와 확대에 큰 기여를 할 것으로 예상됨.

□ 현재 공공시설의 대부분은 철근콘크리트 구조로 건축되고 있으며 목조

건축으로 이루어진 공공시설의 사례가 극히 적음. 따라서 공공건축물을 목조로 건립하여 좋은 선례를 구축함으로써 일반인들이 목조건축의 장점과 가능성을 확인할 수 있도록 할 필요가 있음. 중앙정부가 목조 공공건축의 연구 개발을 지원하고 지방자치단체들은 개발된 공공건축 모델을 실현하는 기회를 제공하는 방안이 요구됨.

□ 목조건축의 설계는 일반 건축사들도 익숙하지 않으며, 대학 교육에서도 목조건축 설계는 거의 다루지 않음. 이는 아직 목조건축의 설계 시장은 크지 않기 때문임. 장차 성능요건을 만족시키면서 목재의 특성을 정확히 이해하고 합리적으로 설계하는 기술에 대한 건축계의 요구가 커질 것으로 예상됨. 이를 충족하기 위하여 목조건축 설계를 체계적으로 연구 개발할 필요성이 큼.

□ 목조건축에 대한 선호도는 높아지고 있으나 건축비가 비싸다는 인식이 많음. 설계비와 시공비로 구성되는 건축비를 절감하기 위해서는 부재와 자재를 표준화하고 공장생산하는 것이 전제되어야 함. 따라서 생활패턴과 공간이용방식에 대한 조사연구를 바탕으로 한국형 목조건축에 적합한 모듈 체계를 도출하여야 하며 이를 바탕으로 부자재의 표준을 제시해야 함. 그와 함께 설계의 품질을 확보하고 민간에서 목조건축이 활성화 되는 여건을 마련하기 위해 목조건축의 유형별로 설계도서 작성 기준과 지침(guideline)을 제시하여야 함.

□ 건축물의 품질을 확보하고 부 · 자재 생산과 시공비를 절감하기 위해 표준 부재와 자재를 조합한 부위 단위의 조합설계 기법을 개발할 필요가 있음. 또한 공공건축을 목조로 구현하기 위해 대경간 목조건축의 설계기술을 개발할 필요성이 있음.

□ 일반적으로 성능 등급이 높으면 가격이 상승하는 경향이 있음. 따라서 다양한 경제계층이 목조건축을 선택하도록 하기 위해서 가격 · 성능 등급별로 적용할 수 있는 설계시스템을 개발하는 것이 중요함.

□ 다양한 구법, 소경재 등 국산 목재의 특성, 재활용 자재의 활용 등 다양한 조건에 따라 요구되는 최적의 목조건축 설계기술을 개발할 필요성이 있음.

나. 목조건축 시공·유지관리기술 개발의 필요성

□ 세계는 지금 기후변화로 나타나는 '환경위기'와 고유가로 대표되는 '에너지 위기'에 직면하고 있음. 현재와 같은 에너지 다소비 체제가 지속될 경우 기후변화에 따른 경제적 손실은 매년 세계 GDP의 5~20%에 해당할 것으로 전망됨.

□ 목재는 산림생태계 관리와 산림부문 탄소 순환계에서 중요한 역할을 함. 첫째, 물리적으로 탄소를 저장. 둘째, 목재는 에너지 집약적인 또는 탄소배출이 많은 재료를 대체 가능. 셋째, 에너지를 생산할 수 있음. 따라서 목재는 탄소배출과 연관된 자재로 기후변화 대응에 중요함.

□ 따라서 탄소의 배출을 억제하기위한 방법으로 목재산업의 산업화가 필요함. 그러나 우리나라 목재산업은 규모가 영세하고 가공수율도 낮은 편임. 이에 목조건축물의 원가절감 및 공기단축을 위해서는 체계적인 시스템이 요구되며 목재가공의 자동화, 최적화 등 기술혁신이 필요함.

□ 목재수율의 극대화를 위한 최적화 시스템, 부재가공의 반자동화/자동화 시스템을 개발하기 위해서는 목재의 특징과 크기, 수율을 높이고 폐목재 발생량을 줄이는 가공방법을 신속하게 산정하고 자동화, 최적화 기법의 개발이 필요함.

□ 목조건축의 취약점인 단열, 방수 성능을 향상하는 시공 기술을 개발하여 건물의 수명을 연장하고 에너지 소비를 절감할 필요성이 있음.

□ 세계적으로 건설 분야는 에너지 소비량의 30%, 원자재 소비의 40%를 차지하는 에너지 및 자원 다소비형 분야이며, CO_2배출 관점(총배출량, 1인당 배출량)에서 한국은 전 세계에서 가장 빠르게 탄소 배출량이 증가하고 있는 국가임.

□ 특히, 아직 탄소세가 부과되지 않는 현재 건설 분야에서는 원가 (또는 생애비용) 측면에서 사업계획을 수립하였으나 2013년 이후 건설 자원 및 에너지 투입에 따른 탄소세 부과로 총 공사원가의 급증이 우려됨. 따라서 건설 분야에서 에너지 및 자원의 투입을 최소화함으로써 궁극적으로 탄소배출을 줄이기 위해서는 탄소 저감형 공법과 관리기술의 개발

이 필요함.

□ 건설 프로젝트는 공법 및 관리기술에 따라 투입 자원 및 에너지 사용량, 탄소 배출량이 상이하므로 최적 대안을 선정하는 기법의 개발이 필요함. 만일 탄소 배출량은 작지만 상대적으로 자원 및 에너지 투입이 많은 대안을 선택한다면 과다예산의 우려가 발생함.

□ 이 경우 탄소 배출량은 많지만 자원 및 에너지 투입이 적은 대안을 선택하고 탄소세를 부담하는 것이 더욱 경제적일 수 있어서 저탄소 건설생산의 목적을 달성할 수 없는 폐단이 발생함. 따라서 생애주기비용(LCC: Life Cycle Cost)을 고려한 생애주기 CO_2 ($LCCO_2$) 배출 총량을 산정하고 의사결정을 지원하는 시스템의 개발이 필요함.

□ 설계안별 LCC 기반 $LCCO_2$를 산정하고 의사결정을 지원하는 시스템을 개발하기 위해서는 고도의 시뮬레이션 및 최적화 기법이 적용되어야 함. 또한 계획, 시공, 사용 및 유지관리, 폐기 단계 등 프로젝트 대안별 $LCCO_2$ 배출 총량을 신속하고 용이하게 산정하고, 비용·탄소 효과를 최적화하는 기법의 개발이 필요함.

다. 정부지원 필요성

□ 교토 의정서(1997)와 더반 기후변화협약(2011)에 의거 향후 국가적 차원에서 모든 산업에 에너지 및 CO_2 감축을 의무화하고, 산업별 법적 기준이 수립될 것으로 예측됨. 예를 들어, 주거용 건축물의 경우 계획시 단위 면적당 CO_2 배출량(CO_2/m_2)에 대한 법적기준이 수립될 시점이 도래할 것으로 예측됨. 따라서 CO_2 배출량에 대한 법적기준에 대한 평가도구로서의 LCC기반 $LCCO_2$ 관리 시스템을 지원활 필요가 있음.

□ 목조 건축물의 CO_2 배출량 산정은 방법론의 부재로 인하여 기초자료가 형성되어 있지 않음. 또한, 현재, 목재 재료에 대하여 전문성 및 대표성을 가진 국가 LCI DB가 구축되어 있지 않아 CO_2 저감을 위한 목재 재료의 선택 기준이 부재함.

2. 기존 연구와의 중복성 검토 및 연계방안

가. 목조건축 설계기술 개발

□ 본 과제의 한국형 목조건축은 한옥 과제에서 추구하는 신한옥과 접근방법, 용도, 형태, 공간, 규모, 성능 등 다양한 측면에서 상보적인 관계를 갖도록 연구 개발함.

유사 과제명	발주처	수행 기관	내용 및 주요기술	구분		활용 및 차별화 방안
한옥 기술 개발	건설 교통 기술 평가원	명지 대 등	1. 신한옥 시공 기술 2. 신한옥 설계 기술 3. 신한옥 성능 기술 4. DB 및 통합정보 시스템	중복없음	○	- 목재를 구조부재로 활용한다는 점 이외에는 한옥과 유사성 없음 - 공간구성이나 목재 이외의 재료 사용, 하이브리드시스템 등 건축기술적 측면이나 저층 집합주거 및 공공건축물을 대상으로 하는 연구범위 등에서 한옥기술개발과제와 차별됨 - 전통건축의 문화적 차원이 아닌 목재 활용의 환경적, 경제적, 산업적 차원에서 기획된 것으로 한옥기술개발과제와 다른 성격임
				연계가능		
				고도화		
				중복됨		

나. 목조건축 시공·유지관리기술 개발

□ 목조건축 시공기술 개발과 관련하여 조사한 결과 유사한 연구가 수행된 바는 없으나 본 연구에 '국산재를 이용한 집성제품의 생산기술 및 생산공정 자동화 (농림부 1999)' 연구를 접목하여 목조건축을 위한 시공기술 최적화, 자동화 시스템 개발에 연계가 가능.

유사 과제명	발주처	수행 기관	내용 및 주요기술	구분		활용 및 차별화 방안
국산재 이용 집성제품의 고효율 생산기술 및 생산공정 자동화 시스템 개발에 관한 연구	농림부	전남대	국산재 이용 집성제품의 용도 설계 및 건조 자동화 시스템 개발, 고효율 집성제품 생산체제 구축을 위한 재단자동화시스템 및 공정기술 개발, 국산재 집성가공산업의 기술향상 및 경쟁력 확보를 위한 자동화 기술개발	중복없음		기존 시스템 방법론과 연계하여 본 연구에 활용
				연계가능	○	
				고도화		
				중복됨		

□ 목조건축 유지관리기술 개발 관련하여 조사한 결과 유사한 연구는 수행된 바 없으나 본 연구에 '공동주택 유지관리 매뉴얼 (건설교통부 2001)' 연구를 접목하여 목조건축을 위한 유지관리기술 개발에 연계가 가능한 것으로 분석됨.

유사 과제명	발주처	수행 기관	내용 및 주요기술	구분		활용 및 차별화 방안
공동주택 유지관리 매뉴얼	건설교통부	시설안전기술공단	공동주택 관리를 위한 매뉴얼로 유지관리 일반사항, 공종별 유지관리 계획, 토목 및 조경시설물 관리, 기계설비 관리, 정보통신설비로 구성됨.	중복없음		기존 시스템 방법론과 연계하여 본 연구에 활용
				연계가능	○	
				고도화		
				중복됨		

□ 목조건축의 $LCCO_2$ 분야 LCI DB 관련하여 유사한 연구가 수행된 바 없으나 기존의 LCI DB (한국건설관리연구원 2004)를 보완하여 방법론적 연계가 가능한 것으로 분석됨.

유사 과제명	발주처	수행 기관	내용 및 주요기술	구분		활용 및 차별화 방안
건축물의 LCA를 위한 원단위 작성 및 프로그램 개발 연구	건설교통기술평가원	한국건설기술연구원	친환경건축물 환경성능 평가 프로그램 개발, 친환경건축물 인증제도의 시행 지침 작성, 친환경건축물 인증제도 시행을 위한 평가기준 및 평가항목의 제시	중복없음		LCI DB 보완하여 방법론적 연계성 확보
				연계가능	○	
				고도화		
				중복됨		

3. 연구개발 주요내용

가. 세세부과제 도출 방법

□ 목조건축 유형별 모델 개발 분야의 세세부과제는 건축을 유형화하고 목조건축을 적용할 수 있는 유형들을 선별한 후 각 유형의 모델을 개발하는 것을 그 세부 과업으로 설정함.

□ 목조건축의 유형을 용도와 층수를 기준으로 분류함. 층수는 목구조로 실현이 가능한 단층과 5층 이하를 대상으로 유형화함.

□ 용도유형과 층수유형을 조합함으로써 목조건축 모델 개발 분야의 세세부 연구과제들이 도출됨.

□ 목조건축 시공·유지관리 기술 분야는 국내외 정책동향, 시장동향, 기술동향 및 특허 분석을 수행한 후 현재 필요한 시공·유지관리 기술 분야에 대한 개발 가능한 요소기술들을 도출하였음. 이러한 과정을 통해 총 18개의 연구대상과제가 제안되었으며, 기술예측조사 및 기술수요분석을 통해 총 8개의 후보과제 Pool을 구성하였음.

나. 후보과제와 우선순위

세부과제	중점추진분야	기획 후보과제		주요연구내용	우선순위
		연번	도출과제명		
(2세부) 목조건축생산기술개발	구법	2-1	목구조 구법개발	전통 목구조, 절충구조 등 기존의 구법과 국산 목재 이용에 적합한 다양한 구법을 유형화, 각 구법 유형의 성능과 특성 비교 · 분석	1
	설계시스템	2-2	목조건축 설계시스템개발	다양한 구법과 접합방식, 그리고 국산 목재 특성, 자재 재활용 등 다양한 조건을 고려한 체계적인 목조건축 설계시스템(설계 표준, 설계기법) 개발 및 목조건축 설계시스템의 보급을 위한 통합설계정보시스템 구축	1
	표준건물타입	2-3	단독주택건축의 건물타입 개발	다층 단독주택의 모델 개발	2
		2-4	저층집합주거 및 공공건축의 건물	2호연립주택, 연립주택(중 · 저밀도의 목조 공동주택) 모델 등 다양한 목조	1

			모델 개발	집합주거건축의 모델 개발. 학교, 도서관, 관공서 등 다양한 목조 공공건축의 유형별 모델 개발	
		2-5	마을/단지설계 건물타입 개발	목조건축을 마을 단위로 체계적으로 보급, 확산할 수 있는 기술 개발	2
	목조 건축 시공 기술	4-1	공정별 시공인력 및 전문시공관리자 양성방안	공정관리를 개선하고 관리자의 시공기술 능력을 높이기 위한 전문화된 공정별 시공인력 및 전문시공관리자 양성방안 수립함.	2
		4-2	목조중층건축을 위한 시공기술	대규모 다층목조 건축물 실용화를 위한 차음성능 및 내화성능 향상을 목적으로 관련 시공기술을 개발함.	2
		4-3	목조건축 접합기구 시공기술	목조건축의 접합기구 개발 및 시공을 위한 매뉴얼을 작성함.	2
		4-4	시공기술	단열, 방수 성능을 향상하는 공법을 개발하고, 공종별 공기단축 방안 및 공정관리 시스템을 제안하며, 공종별 공기단축 방안 및 공정관리 시스템을 제안하고 공종별 시방서 및 매뉴얼을 작성함.	1 (통합)
	목조 건축 유지 관리 기술	4-5	유지관리기술	공종별 및 장기 수선 계획시스템을 개발하고 공종별 유지관리 시방서 및 매뉴얼을 작성함.	
		4-6	목조건축 유지관리 실무매뉴얼	목조건축의 유지관리 실무 매뉴얼을 작성함.	2
	목조 건축 LCCO2 관리 기술	4-7	LCCO2 평가 및 관리기술	공사 원가 분석시스템, 생애주기 Energy 분석 및 비용 분석시스템, 생애주기 CO2분석 시스템, LCC, LCCO2 최적화 기법을 제안함.	1 (통합)
		4-8	목조 건축물의 CO2원단위	목조건축 관련 부품소재의 CO2 원단위 데이터 베이스를 구축함.	2

다. 2-1 세세부과제: 목구조 구법 개발

<table>
<tr><td colspan="2">2-1
세세부과제의
범위</td><td>· 목구조 구법을 유형화, 다양한 구법의 성능과 특성을 비교 · 분석
· 기존 구법유형의 문제점 분석, 개선방안 제시, 새로운 구법유형 개발
· 선정 · 개발한 구법유형들의 mock-up 제작
· 구법유형의 적용성 분석 · 평가</td></tr>
<tr><td colspan="2">기술개발 목표</td><td>· 다양한 목조건축 모델에 적합한 목구조 구법 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="3">2-1
세세부과제
연구내용</td><td>2차
년도</td><td>구법의 유형화
한국을 비롯한 동아시아, 그리고 서양의 목구조에서 사용되어 온 다양한 구법들의 유형화
기존 구법의 성능 · 특성 비교분석
다양한 기존 구법들의 성능과 특성 비교 · 분석
기존 구법유형의 문제점 분석, 개선방안 제시
기존 구법유형 중에서 새로운 목조건축 모델에 적용할 수 있는 구법 선정
새로운 구법유형 개발
기존 구법유형의 한계를 극복하고 국산 목재 이용에 적합한 새로운 목조건축 유형에 적합한 새로운 구법유형 개발</td></tr>
<tr><td>3차
년도</td><td>구법유형의 mock-up 제작
선정 · 개발한 구법유형들의 mock-up 제작
공공건축 모델에 적합한 구법유형 선정
mock-up 테스트를 거쳐 공공건축의 다양한 모델에 적합한 구법유형 선정
저층 집합주거 및 공공건축 모델별 구법유형의 적용성 분석 · 평가
저층 집합주거 및 공공건축의 모델들에 구법유형을 적용하는 시뮬레이션을 통해 선정 · 개발한 구법유형의 적용성 분석 · 평가</td></tr>
<tr><td>4차
년도</td><td>목조 저층집합주거 건축의 표준 구법 개발
목조 공공건축의 표준 구법 개발</td></tr>
<tr><td colspan="2">기대효과</td><td>기술적 기대효과
목조 저층집합주거 및 공공건축의 다양한 모델 개발의 토대 마련
환경적 기대효과
다양한 목재의 활용방안 확보
경제적 기대효과
구법의 표준화로 목재 대량 생산 여건 마련</td></tr>
<tr><td colspan="2">최종성과물</td><td>보고서 2건
논문 2건
mock-up 3건</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td>목조 저층집합주거 및 공공건축의 설계에 적용</td></tr>
</table>

라. 2-2 세세부과제: 목조건축 표준모델 개발

2-2 세세부과제의 범위		목조 저층집합주거 및 공공건축의 특성을 도출하고 모델 개발 프로세스를 정립 목조 저층집합주거 및 공공건축에 대한 사회적 요구를 조사·분석하고 유형화 목조 저층집합주거 및 공공건축의 유형별 특성을 파악하고 적정 규모와 설계기준을 설정 목조 저층집합주거 및 공공건축의 유형별로 단위공간 모듈을 설정하고 공간구성 개발
기술개발 목표		다양한 목조 저층집합주거 및 공공건축의 유형별 모델 개발
2-2 세세부과제 연구내용	1차 년도	목조 저층집합주거 및 공공건축 모델 개발 프로세스 정립 목조 저층집합주거 및 공공건축에 대한 사회적 요구 조사 · 분석 목조 저층집합주거 및 공공건축 유형화
	2차 년도	목조 저층집합주거 및 공공건축 유형별 특성 파악, 설계기준 설정, 적정 규모 산정 목조 저층집합주거 및 공공건축 유형별 단위공간 모듈 및 공간구성 개발
	3차 년도	목조 저층집합주거 및 공공건축 유형별 모델 대안 도출 목조 저층집합주거 및 공공건축 모델 대안의 특성 평가
	4차 년도	목조 저층집합주거 및 공공건축 모델 개발 실증사업 모델 적용
	5차 년도	목조 저층집합주거 및 공공건축의 모델별 기본설계안 작성 실증사업 설계도서 작성
기대효과		기술적 기대효과 다층의 목조건축 설계기술 개발 다양한 용도의 목조건축 공간 설계 기술 개발 환경적 기대효과 목조건축의 이점과 우수성을 홍보하는 계기 마련 경제적 기대효과 목조건축 시장의 활성화
최종성과물		목조 저층집합주거 및 공공건축 모델 설계안 4건 논문 2건
활용방안		다양한 목조 저층집합주거 및 공공건축 설계에 활용 정부 지원사업에 활용

마. 2-3 세세부과제: 목조건축 설계시스템 개발

2-3 세세부과제의 범위		목조건축 설계전략 개발 목조건축 설계요소 및 설계표준 개발 목조건축 설계기술 개발 목조건축 통합설계정보시스템 구축
기술개발 목표		체계적인 목조건축 설계시스템(설계 표준, 설계기법) 개발 목조건축 설계시스템의 보급을 위한 통합설계정보시스템 구축
2-3 세 세 부 과 제 연구내용	2차 년도	목조건축 설계 전략 개발 용도별 대지조건, 입지별 규모별 설계 전략 개발 공급방식별 설계전략 개발 목조건축 설계요소 및 개발 공장 대량 생산을 뒷받침하기 위하여 목조 부자재 설계표준 개발 목조건축 단위공간 모듈화 기술 개발 목조건축 설계표준 개발 목조건축의 모델별, 부위와 재료 별 표준 상세 개발
	3차 년도	목조건축 설계기술 개발 목재의 특성을 고려한 설계기술과 설계기법 개발 목조건축 설계 모듈 체계와 적용 기법 정립 대공간 목조건축 설계기술 개발 목재와 타 재료를 결합하는 설계기술 개발 장수명의 목조건축을 위한 설계기술과 개보수 기술 개발 가격, 구조성능, 환경성능 등급을 충족하는 설계기술 개발 각각의 목조건축 모델에 각종 성능 요건의 최적화 방안 개발 유지관리가 용이한 설계기술 개발 목조건축 통합설계정보시스템 구축
	4차 년도	목조건축 설계지원 시스템 개발 BIM tool의 파라메트릭 로직(parametric logic) 특성을 활용한 부재, 부위, 부위 조합 유닛 모델링 등 설계지원시스템 개발 목조건축 통합설계정보시스템 구축
	5차 년도	목조건축 설계도서 작성 기준 및 지침 개발 목조건축 통합설계정보시스템 구축
기대효과		기술적 기대효과 목조건축의 설계 표준 마련 국제 수준의 목조건축 설계기술 확보 환경적 기대효과 패시브하우스의 성능을 충족하는 목조건축 설계기술 개발로 사회의 탄소 배출 저감, 친환경성 확보 경제적 기대효과 목조건축의 설계를 활성화하여 건축시장 활성화
최종성과물		지침서 2건 설계종합도서 1건 표준상세도집 1건 통합설계정보시스템 1건 지적재산권 1건
활용방안		· 목조건축 설계에 활용 · 수요자의 건축계획에 활용 · 관련 규정 제정에 활용

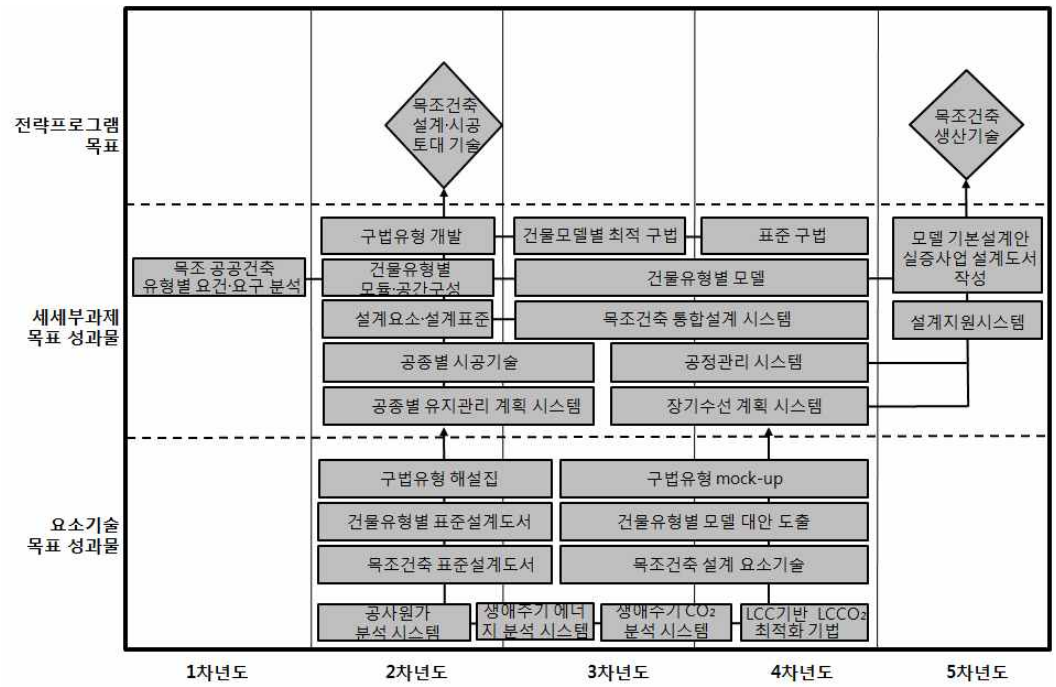
바. 2-4 세세부과제: 목조건축 시공·유지관리기술 개발

2-4 세세부과제의 범위		목조건축 시공기술 개발 목조건축의 유지관리 기술 개발 목조건축의 LCC기반 LCCO2 관리기술 개발
기술개발 목표		공종별 시공기술 개발 (공법개발) 공기단축 방안 및 공정관리시스템 개발 공종별 시방서 및 매뉴얼 개발 목조건축 유지관리 기술 개발 목조건축물 부재의 장수명화 기술 유지 관리, 교체 수선 상세기술개발 (구조,건축,기계,전기,설비) 장기수선 계획시스템 개발 교체수선 (Replacement and Repair) 주기 분석 장기수선 계획시스템 개발 공종별 유지관리 시방서 및 매뉴얼 개발 목조 건축의 LCC기반 LCCO2 관리 기술 개발 공사원가 분석시스템 개발 (경제성 평가) 생애주기 Energy분석 및 비용분석 시스템 개발 생애주기 CO2분석 시스템 개발 LCC, LCCO2 최적화 시스템 개발
2-4 세세부과제 연구내용	2차 년도	목조건축 시공기술 국내외 동향 조사 국내외 목조건축 시공기술관련 현황 조사 공정관리 현황 조사 목조건축 시공프로세스 분석 공기, 안전(시공 및 구조), 품질, 시공성, 생산성, 경제성 공정관리 시스템 개발 방향 설정 목조건축 부위별 유지관리 국내외 동향 조사 목조건축 유지관리 프로세스 분석 공기, 안전(시공 및 구조), 품질, 시공성, 생산성, 경제성 유지관리 시스템 개발 방향 설정 목조 건축 원가 관련 국내외 현황 조사 원가관리 프로세스 현황 조사 목조 건축의 LCC 기반 LCCO2 관리 시스템 개념 정립 LCC 및 LCCO2 산정 모델 작성 자원/에너지량 분석 모델 정립 시뮬레이션 및 최적화 기법 분석 공종별 시공기술 개발 (1) 단열, 방수 성능 향상 시공기술 개발 공정관리 시스템 개발 (1) 시공 프로세스 분석에 따른 문제점 도출 공정관리 시스템 모형 구축 공종별 유지관리 기술 개발 (1) 목조 건축물 부재의 장수명화 기술 개발 유지관리 시스템 모형 구축 장기수선 계획 시스템 개발 (1) 교체수선 (Replacement and Repair) 주기 분석 장기수선 계획 시스템 모형 구축 공사원가 분석 시스템 Prototype 개발 시스템 운영 알고리즘 개발 시스템 DB, 설계, E-R Diagram 작성 공사원가 분석 시스템 개발

		생애주기 Energy 분석 및 비용 분석 시스템 Prototype 개발 시스템 운영 알고리즘 개발 시스템 DB, 설계, E-R Diagram 작성 생애주기 Energy 분석 및 비용 분석 시스템 개발
	3차 년도	공종별 시공기술 개발 (2) 시공성 및 경제성을 개선한 시공기술 개발 공정관리 시스템 개발 (2) 공정관리 시스템 개발 공종별 유지관리 시스템 개발 (2) 목조건축물 부재의 장수명화 기술 개발 유지 관리, 교체 수선 상세 기술 개발(구조, 건축, 기계, 전기, 설비) 장기수선 계획 시스템 개발 (2) 교체수선 (Replacement and Repair) 주기 분석 장기수선 계획 시스템 개발 생애주기 CO2 분석 시스템 Prototype 개발 시스템 운영 알고리즘 개발 시스템 DB, 설계, E-R Diagram 작성 생애주기 CO2 분석 시스템 개발 LCC기반 LCCO2 관리 시스템 Prototype 개발 시스템 운영 알고리즘 개발 시스템 DB, 설계, E-R Diagram 작성 LCC, LCCO2 산정 시스템 개발 LCC/LCCO2 최적화 시스템 개발 공종별 시공기술 개발 (현장적용) 시스템 평가 및 검증 문제점 도출 및 보완 공정관리 시스템 개발 (현장적용) 시스템 평가 및 검증 문제점 도출 및 보완 공종별 유지관리 시스템 개발 (현장적용) 시스템 평가 및 검증 문제점 도출 및 보완 장기수선 계획 시스템 개발 (현장적용) 시스템 평가 및 검증 문제점 도출 및 보완 공사원가 분석 시스템 개발 (현장적용) 시스템 시범적용 및 평가 문제점 도출 및 보완 생애주기 Energy 및 CO2 분석 시스템 개발 (현장적용) 시스템 시범적용 및 평가 문제점 도출 및 보완 LCC기반 LCCO2 관리 시스템 개발 (현장적용) 시스템 시범적용 및 평가 문제점 도출 및 보완

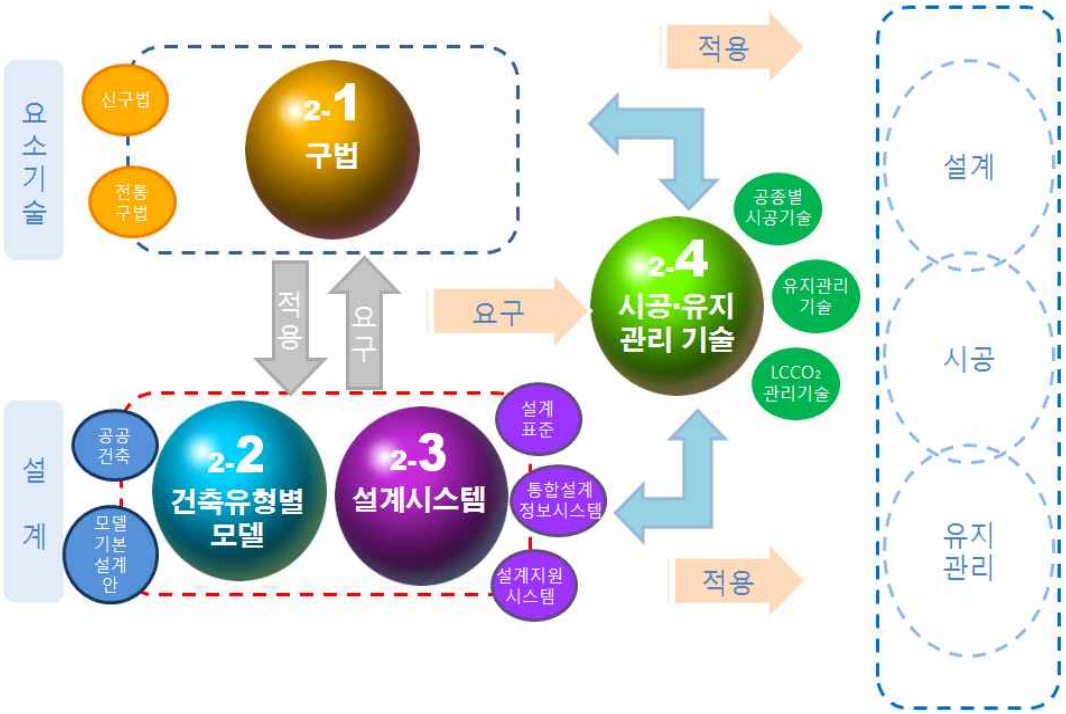
	4차 년도	공종별 시공기술 개발 (실용화) 시스템 보급 및 실용화를 위한 매뉴얼 작성 공정관리 시스템 개발 (실용화) 시스템 보급 및 실용화를 위한 매뉴얼 작성 공종별 유지관리 및 장기수선 계획 시스템 실용화 시스템 보급 및 실용화를 위한 매뉴얼 작성 공사원가 분석 시스템 개발 (실용화) 시스템 운영 매뉴얼 작성 시장 보급 및 국제화 계획 수립 생애주기 Energy 및 CO2 분석 시스템 개발 (실용화) 시스템 운영 매뉴얼 작성 시장 보급 및 국제화 계획 수립 LCC기반 LCCO2 관리 시스템 개발 (실용화) 시스템 운영 매뉴얼 작성 시장 보급 및 국제화 계획 수립
기대효과		공종별 시공 기술 및 공정관리 시스템 개발에 따른 폐목재 발생량 감소 효율적인 시공 기술 및 공정관리 시스템과 공기 단축 방안의 수립으로 공사비용 감소 공종별 유지관리 시스템 및 장기 수선계획 시스템 개발에 따른 유지관리비용 감소 국가 저탄소 녹색성장 추진 전략에 따라 CO2 감축의 목표를 달성하기 위해 의사결정권자들이 에너지/자원을 효과적으로 운용할 수 있는 건설관리 시스템으로의 활용이 가능 본 연구를 통해 축적된 각 Subsystem별 축적 DB는 목조건축의 각 단계별 CO2 배출량 추정 및 예측이 가능하므로 건물의 친환경성 평가의 측정도구로서의 활용이 기대되며 국가 정책 수립을 위한 기반이 됨 LCC기반 LCCO2 관리 시스템은 친환경 및 LCC 측면의 건설관리 부분에 대한 융합 과학기술 발전에 기여할 것으로 기대 시뮬레이션 및 최적화 기법으로 인한 신공법 유도를 통하여 국제수준의 우수 연구 인력 양성과 LCC/LCCO2 건설관리 분야의 우수 연구원 배출 및 실무 전무가 양성기반을 구축
최종성과물		공종별 시공 기술 공정관리 시스템 공종별 유지 관리 시스템 장기 수선 계획 시스템 공사원가 분석시스템 생애주기 Energy 분석 및 비용분석 시스템 생애주기 CO2 분석 시스템 LCC/LCCO2 최적화 시스템 국내학술지 15건 해외학술지 3건 지적재산권 8건
활용방안		건설업체에게 공종별 시공기술 및 공정관리 시스템 보급 유지관리업체 및 건축주에게 공종별 유지관리 시스템 및 장기수선 계획 시스템 보급 건설업체 및 건축주는 공사원가 분석시스템을 활용하여 공사원가 예측 정부 및 건축주는 생애주기 Energy 분석 및 비용분석 시스템, 생애주기 CO2 분석시스템, LCC/LCCO2 최적화 시스템을 활용하여 친환경성 및 경제성을 평가

4. 연구개발과제 TRM



[그림 78] 2세부과제 연구개발과제 TRM

5. 세세부과제 사이의 연관성



[그림 79] 제2세부과제 간의 연관성

6. 최종성과물 및 성과지표

세세부 과제	성과 목표	성과지표	측정방법	단위	목표치	목표치 설정 근거
2-1 목구조 구법개발	보고서	구법유형 비교 분석 보고서	보고서	건	2	기존 구법 비교 분석, 개선방안 제시
	논문	학술지 게재 논문건수	국내외 학술지 게재여부	건	2	기초기술로 기술의 학술 가치
	현장 적용	mock-up	현장 설계도서, 시방서	건	4	확보 기술력의 시연 및 검증
2-2 목조건축 유형별 모델 개발	현장 적용	설계안	설계도서, 시방서	건	4	설계안 제시
	현장 적용	모델하우스	현장 설계도서, 시방서	건	2	확보 기술력의 시연 및 검증
	논문	학술지 게재 논문건수	국내외 학술지 게재여부	건	2	기초기술로 기술의 학술가치
2-3 목조건축 설계시스템 개발	지침서	목조주택 및 공공건축 설계지침서	보고서	건	2	설계지침 제시
	도서	설계종합 도서	설계도서	건	1	설계도서 제시
	도서	표준상세도집	설계도서	건	1	표준 상세 제시
	정보 시스템	목조건축 통합설계 정보시스템	시스템	건	1	설계시스템 공유
	지적 재산권	소프트웨어 등록건수	시스템 매뉴얼 개발	건	1	설계 기술
2-4 목조건축 시공·유지 관리기술 개발	시공 기술	시공기술 개발건수	공종별 시공 기술 개발	건	1	확보 기술력의 시연 및 검증
	지적 재산권	소프트웨어 등록건수	시스템 매뉴얼 개발	건	8	공정관리 시스템 공종별 유지관리시스템 장기수선계획시스템 공사원가분석시스템 생애주기 Energy 분석 및 비용분석 시스템 생애주기 CO2 분석 시스템 LCC/LCCO2 최적화 시스템
	논문	학술지 게재 논문건수	국내외 학술지 게재여부	건	15	기초기술로 기술의 학술 가치 인정 필요

7. 성과물 검증방안

과제	성과목표	검증방법				
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
2-1 목구조 구법 개발	보고서	발간 확인	발간 확인			
	논문		게재 확인		게재 확인	
	현장적용 (mock-up)			제작 확인		시연
	지적재산권					등록 확인
2-2 목조건축 유형별 모델 개발	현장 적용 (실증사업 도서 작성)					도서 작성 여부
	논문		게재 확인	게재 확인		
2-3 목조 건축 설계 시스템 개발	지침서					발간 확인
	설계표준 모델링					시연
	도서		발간 확인			발간 확인
	정보시스템					구축 확인
2-4 목조건축 시공 · 유지 관리기술 개발	지적 재산권				등록 확인	
	시공기술					시연
	지적재산권				등록 확인	
	논문	게재 확인	게재 확인	게재 확인	게재 확인	게재 확인

8. 기술 수요처 및 실용화 방안

가. 공공 부문 기술 수요처

□ 정부 사업에 활용

국토해양부와 농림수산식품부, 보건복지부 등 중앙정부가 건축 및 복지 지원사업을 추진할 때 본 연구에서 개발한 모델과 기술을 적용할 수 있음.

□ 목조건축 관련 법제도 정비에 활용

한국형 목조건축의 모델을 연구개발하는 과정에서 도출한 현행 법규의 미비점과 보완점은 목조건축 관련 법제도를 정비하는 데 활용할 수 있음.

나. 민간 부문 기술 수요처

□ 목조건축물 설계 및 공사감리 등에 활용함. 그리고 시공현장, 건축주, 그밖에 목조건축 업무에 관계하는 사람들이 기술자료로 활용함.

□ 본 연구과제에서 개발한 시공 및 유지관리 기술은 건설사 및 유지관리 업체에서 직접 활용할 수 있음.

□ 본 연구과제에서 개발한 LCC 기반 $LCCO_2$ 관리 시스템은 건축설계사무소 및 건설사에서 직접 활용할 수 있음.

다. 실용화 방안

□ 브랜드 개발을 통해 연구개발한 목조건축 모델을 실용화

□ 연구개발한 유지관리 및 $LCCO_2$ 관리 시스템을 실용화하고 보급

3절 제3세부과제 : 목조건축 녹색기술

1. 연구개발 필요성 및 정부지원 필요성

가. 연구개발 필요성

□ 목조건축의 주된 자재인 목재는 생장과정에서 탄소를 흡수하고, 목재로 제조되는 과정에서도 다른 건축재료에 비해 탄소 방출량이 적을 뿐 아니라, 목재로 존재하는 동안에도 연소되거나 썩을 때까지 고체로서 고정된 탄소를 계속해서 저장하고 있으므로, 목조건축은 그 자체로서 이산화탄소 저감 효과가 뛰어난 건축 형태임

□ 목조건축은 목재 고유의 특성 상 콘크리트나 금속보다 단열성능이 우수하며, 이에 더해 자연형, 설비형, 신재생에너지 시스템 등 다양한 저에너지 친환경 건축기술을 접목함으로써 건축물의 전생애과정에서 가장 많은 에너지를 소모하는 운영단계의 에너지 소비까지 감축시키게 된다면, 에너지 절약 및 온실가스 감축, 나아가 지구온난화 방지를 위한 가장 효과적인 건축형태가 될 것임

□ 그간의 저에너지 친환경 건축기술은 대부분 콘크리트조나 철골조 등의 건축물을 대상으로 하여 연구개발되어 왔음

□ 목조건축은 목재 특유의 물리적, 화학적 성질을 가지고 있으므로, 목조건축에 최적화된 저에너지 친환경 건축기술이 개발되어야 함

□ 목조건축의 운영단계에서의 에너지소비량과 이산화탄소 배출량을 저감하기 위해서,

- 자연형 시스템과 관련하여 목조건축에 적합한 고기밀고단열 벽체시스템, 고기밀고단열 창호시스템, 기밀시스템, 차음시스템 등의 개발이 필요함
- 설비형 시스템과 관련하여 목조건축에 적합한 냉난방 시스템, 공조환기 시스템, 급배수시스템 등의 개발이 필요함
- 신재생에너지 시스템과 관련하여 목조건축에 적합한 건물일체형 태양광 시스템, 지열 시스템 등의 통합기술 개발 및 팩키지(Package)화가 필요함

- 목조건축 건축자재 및 설비시스템의 데이터 모델 및 기초 데이터 DB 구축 기술과 이를 기초로 목조건축 특성을 고려한 에너지성능 시뮬레이션을 통해 저에너지 친환경 목조건축의 통합설계와 성능평가를 지원하는 시스템의 개발이 필요함

나. 정부지원 필요성

□ 실제 제품화 및 산업화하여 실사용 건축물에 적용 가능한 저에너지 친환경 건축기술을 개발하기 위해서는 실험용 주택을 짓고 다양한 물성 실험과 시제품 제작과정을 거쳐야 하므로 막대한 예산과 연구 인력, 실험장비 등이 필요하여 일부 대기업을 제외한 대부분의 건설업체에서는 자체적인 역량으로 기술을 개발하고 보유하기 어려움. 특히 목조건축에 적합한 설비시스템의 개발은 작은 목조건축 시장규모를 감안할 때 투자능력이 있는 대기업 조차도 기술개발을 위한 선투자가 쉽지 않음

□ 현재 목조건축 사업을 수행하고 있는 대부분의 건축업체는 영세한 중소업체이므로, 자체 예산과 인력, 장비 등으로 목조건축에 최적화된 저에너지 친환경 건축기술과 제품을 개발하기 어려움

□ 목조건물의 우수한 단열 성능, 경제성, 그리고 기후 변화를 완화시킬 수 있는 탄소 저장과 대체 효과 등으로 인해 스웨덴, 영국 등 유럽과 미국, 캐나다 등에서는 정부 차원의 연구개발과 정책적 지원 등을 통해 중층 목조 건축이 장려되고 있음

□ 캐나다 등에서는 정부 차원에서 목조건축산업 활성화와 해외수출을 지원하며 이퀼리브리엄 하우스(Equilibrium House) 등의 저에너지 친환경 건축기술을 개발하고 있음

□ 목조건축의 우수한 친환경성, 전 세계적인 목조건축 및 친환경 건축시장의 성장 추세, 영세한 국내 목조건축 업체 현실, 목조건축 시장 및 친환경 건축기술 종속화 우려 등을 고려할 때, 정부 차원에서의 전폭적인 지원과 기술개발, 기술이전 등을 통해 세계 일류 수준의 저에너지 친환경 목조건축 기술 역량을 확보하고 녹색성장을 위한 신성장동력으로 육성하는 것이 절실히 필요함

2. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안

유사과제명	내용 및 주요기술	구분		활용 및 차별화 방안
저에너지친환경 공동주택 기술개발 (저에너지 친환경 공동주택 연구단 : 2006-2011)	저에너지 친환경 공동주택 요소기술 개발 건물계획(외단열, 이중창호, 기능성소재) 설비시스템계획(복사냉난방, 하이브리드 환기, 태양 및 지열 시스템)	중복 없음		저에너지 친환경 공동주택 구현을 위해 기개발된 요소기술 중 목조건축 특성에 적합한 기술을 선별하고 목조건축에 최적화된 기술로 고도화 개발함 본 연구는 목조건축의 특성에 맞게 최적화된 한국형 녹색건축 요소기술로서 차별화됨
		연계 가능	○	
		고도화	○	
		중복됨		
부하저감 및 에너지 유효이용을 통한 건물에너지 절약기술 개발 (친환경건축연구센터: 2005~)	건물에너지 절약기술 다기능 외피시스템 자연채광 및 인공조명 통합 하이브리드 공조시스템 실내공기질 평가 및 관리시스템	중복 없음		친환경적인 고층건축물 실현을 위해 기개발되거나 연구 중인 요소기술을 선별하고 목조건축에 최적화된 기술로 고도화 개발함 본 연구는 목조건축의 특성에 맞게 최적화된 한국형 녹색건축 요소기술로서 차별화됨
		연계 가능	○	
		고도화	○	
		중복됨		
녹색건축물 활성화를 위한 온실가스 배출량 평가 및 통합인증시스템 구축 (한양대 등: 2012~)	온실가스 배출량 평가 시스템 건물에너지 성능평가를 위한 기반자료 DB 구축 및 해석툴	중복 없음		개발 중인 표준건물에 대한 모델 및 DB 참조하여 목조건축에 적합한 에너지성능 해석툴을 개발 목조건축의 특성에 적합한 DB와 에너지성능 해석툴로서 차별화됨
		연계 가능	○	
		고도화	○	
		중복됨		
시장수요기반 신축 녹색건축물 확산 연구 (연세대 등: 2012~)	축 녹색건축물 그린기술 최적화 적용기법 그린 효율 향상을 위한 기술 평가 및 선정 그린기술 통합 및 최적화 기법 공동주택 단지 내 에너지원 활용 기술	중복 없음		그린기술의 통합 및 최적화 기법을 참조하여 목조건축에 적합한 최적화 기법 개발 목조건축의 특성에 적합한 한국형 녹색건축 기술의 최적화로서 차별화됨
		연계 가능	○	
		고도화	○	
		중복됨		

3. 연구개발 주요내용

가. 세세부과제 도출 방법

□ 기획연구 제안요구서(RFP)와 연구개발 계획서의 목조건축에 최적화된 친환경건축기술 분야에 대해 국내외 정책동향, 시장동향, 기술동향 분석을 수행하였음

□ 친환경건축기술을 구성하는 4개 핵심 기술 분야에 대해 이를 구성하는 하위 기술들을 확장하여 개발가능한 요소기술을 도출함

□ 상기 과정을 통해 총 19개의 연구대상과제가 제안되었으며, 기술예측조사 및 기술수요분석을 통한 우선순위 도출 및 유사과제 통합조정 과정을 거쳐 총 4개의 공동과제를 선정하였음

나. 후보과제와 우선순위

세부 과제	중점 추진 분야	기획 후보과제		주요연구내용	우선 순위
		연번	도출과제명		
(3세부) 목조 건축 녹색 기술 개발	자연형 녹색 기술	3-1	고기밀·고단열 창호 시스템	목조건축의 재료 물성을 고려한 고기밀고단열 창호 시스템 기술 개발 및 최적화	1 (통합)
		3-2	외단열 외벽 벽체 시스템	목조건축의 재료 물성을 고려한 외단열 벽체시스템 기술 개발 및 최적화	
		3-3	고단열 지붕 시스템	목조건축의 재료 물성을 고려한 고단열 지붕시스템 기술 개발 및 최적화	
		3-4	부재간 기밀성 접합 시스템	열교를 방지하고 기밀성을 유지하기 위한 벽체-지붕-창호 기밀성 접합 시스템 개발	2
		3-5	세대간 차음성능 개선을 위한 건식벽체 시스템	목조건축의 취약 부위인 인접 세대간 차음성능 개선 연구	1 (통합)
		3-6	바닥충격음 저감을 위한 바닥시스템	목조건축의 취약 부위인 상하층 세대간의 바닥충격음 차단성능 개선 연구	
		3-7	포름알데히드와 VOC 최소화를 위한 내장재 친환경성능	병든집 증후군에서 벗어나 건강한 생활을 영위하기 위한 내장재의 유해가스 방출 억제 기술	2
		3-8	자연형 스마트 환기기술	중층주택과 공공건축물에서의 기계식 환기 부하를 최소화하기 위한 자연형 환기기술	2

	설비형 녹색 기술	3-9	에너지절약형 냉난방공조 시스템	목조건축의 열적 특성에 적합한 고효율 냉난방공조 시스템 기술 개발	1 (통합)
		~~3-9-2~~	목조건축 급배수 위생설비 시스템	목조건축의 구조 및 재료 물성에 적합한 물 절약형 급배수 시스템 기술 개발	
		3-10	에너지절약형 환기 시스템	목조건축에 최적화된 고효율 환기시스템 기술 개발	2
		3-11	배관 및 덕트 시스템	목조건축의 물적 특성에 적합한 고효율 배관 및 덕트 시스템 기술 개발	2
		3-12	경보 및 화재 안전 시스템	화재에 취약한 목조건축의 특성을 고려한 경보 및 화재안전 시스템 개발	2
	신재생 에너지 시스템 기술	3-13	태양광 적용기술	건물일체형 태양광 전지판(BIPV)을 목조건축에 적용하기 위한 최적화 연구개발	1 (통합)
		3-14	지중열 적용기술	지중열시스템을 목조건축에 적용하기 위한 최적화 연구개발	
		3-15	태양열 적용기술	설비형 태양열시스템을 목조건축에 적용하기 위한 최적화 연구개발	2
		3-16	풍력 적용기술	풍력을 목조건축에 적용하기 위한 최적화 연구개발	2
		3-17	신재생에너지시스템 통합 운영기술	목조건축의 열부하 특성을 고려한 신재생에너지 시스템의 통합운영 시스템 기술 개발	1 (통합)
	에너지 성능 평가 시스템	3-18	목조건축 데이터모델 및 DB 구축 기술	목조건축 건축자재 및 설비시스템의 데이터 모델 및 기초 데이터 DB 구축 기술 개발	1 (통합)
		3-19	목조건축 에너지 성능평가 시스템	목조건축 자재 특성을 고려한 에너지 성능 평가시스템 기술 개발	

다. 3-1 세세부과제

3-1 세세부과제의 제목		• 고성능 목조건축 외피 시스템 및 차음 시스템 기술 개발
범위		• 목조건축의 재료 물성을 고려한 고기밀고단열 외피 시스템 기술 개발 • 목조건축의 차음 특성을 고려한 고성능 건식 차음 시스템 기술 개발
기술개발 목표		• 목조건축의 재료 물성을 고려한 고기밀고단열 외피 시스템 및 고성능 건식 차음 시스템을 개발하여 저탄소 친환경 목조건축을 구현하기 위한 최적의 외피 시스템을 구축함
3-1 세세부과제 연구내용	1차 년도	· 목조건축의 단열 특성 및 기밀 특성에 적합한 단열 시스템 및 기밀 시스템 도출 · 목조건축의 바닥 및 벽체의 차음 특성에 적합한 건식 차음 시스템 도출
	2차 년도	· 목조건축의 단열특성 및 기밀특성을 고려한 단열시스템 및 기밀시스템 구성요소 개발 · 목조건축의 차음 특성에 적합한 건식 차음 시스템 구성요소 개발
	3차 년도	· 고기밀고단열 목조건축 외피 시스템 프로토타입 개발 · 고성능 목조건축 건식 차음 시스템 프로토타입 개발
	4차 년도	· 고기밀고단열 목조건축 외피 시스템의 실증평가 및 성능개선 · 고성능 목조건축 건식 차음 시스템의 실증평가 및 성능개선
	5차 년도	· 고기밀고단열 목조건축 외피 시스템의 설계지침 및 시공지침 개발 · 고성능 목조건축 건식 차음 시스템의 설계지침 및 시공지침 개발
기대효과		• 기술적 기대효과 · 목조건축의 냉난방부하 및 에너지 소비량 절감을 위한 고기밀 고단열 외피 시스템 및 구성요소 기술 확보 · 목조건축의 취약점인 경계벽 및 경계바닥 차음성능 개선 • 환경적 기대효과 · 목조건축의 냉난방 부하 저감으로 인한 에너지소비량 절감 및 화석연료 자원 절감 효과 · 목조건축의 경계벽 및 경계바닥의 차음성능 개선으로 쾌적한 거주환경 제공 • 경제적 기대효과 · 목조건축 운영단계의 에너지 비용 절감 · 목조건축의 기밀성능과 결로방지성능 향상으로 인한 내구성 증진으로 인해 유지보수 비용 절감
최종 성과물		• 목조건축의 재료 물성을 고려한 고기밀고단열 외피 시스템 기술 • 목조건축의 차음 특성을 고려한 고성능 건식 차음 시스템 기술 · 학술논문 8건 · 지적재산권 2건 · 지침/매뉴얼 2건
활용 방안		• 목조건축의 LCC 및 LCCO2 절감 및 차음을 위한 고기밀고단열 외피 시스템 및 고성능 건식 차음 시스템 보급으로 목조건축에 사용되던 기존 외피 시스템 및 차음 시스템을 대체

라. 3-2 세세부과제

3-2 세세부과제의 제목		고효율 목조건축 냉난방공조 시스템 및 급배수 시스템 기술 개발
범위		목조건축의 열적 특성에 적합한 고효율 냉난방공조 시스템 기술 개발 목조건축의 구조 및 재료 물성에 적합한 물 절약형 급배수 시스템 기술 개발
기술개발 목표		목조건축의 열적 특성 및 재료 물성을 고려한 냉난방공조 시스템, 급배수 시스템 기술을 개발하여 한국형 목조건축을 구현하기 위한 고효율 기계설비 시스템을 구축함
3-2 세세부과제 연구내용	2 차년도	목조건축의 열적 특성에 적합한 고효율 냉난방공조 시스템 도출 고효율 목조건축 냉난방공조 시스템의 구성요소 개발 목조건축의 구조 및 재료 물성을 고려한 급배수 시스템 방식 도출 유지관리가 용이한 물 절약형 목조건축 급배수 시스템 구성요소 개발
	3 차년도	에너지 저감을 위한 목조건축 냉난방공조 제어 시스템 및 운전방식 개발 목조건축의 재료 물성 저하가 없는 설치방법 및 물 절약형 운전방식 개발
	4 차년도	고효율 목조건축 냉난방공조 시스템 및 제어시스템의 실증평가 및 최적화 물 절약형 목조건축 급배수 시스템의 실증평가 및 최적화
	5 차년도	고효율 목조건축 냉난방공조 시스템의 설계지침 및 시공지침 개발 물 절약형 목조건축 급배수 시스템의 설계지침 및 시공지침 개발
기대효과		기술적 기대효과 목조건축의 저탄소 및 내구성 유지 등의 실현이 가능한 냉난방공조 시스템, 급배수 시스템 기술 확보 환경적 기대효과 목조건축 운영단계에서 발생하는 에너지 소비량 및 이산화탄소 배출량, 수자원 소비량 절감 경제적 기대효과 목조건축 운영단계의 에너지 비용 및 수자원 비용 절감 목조건축의 최적 온열환경 조성으로 인한 내구성 증진으로 인해 수선교체비용절감
최종성과물		목조건축의 열적 특성에 적합한 고효율 냉난방공조 시스템 기술 기술 목조건축의 구조 및 재료 물성에 적합한 물 절약형 급배수 시스템 기술 학술논문 8건 지적재산권 2건 지침/매뉴얼 2건
활용방안		목조건축의 LCC 및 LCCO2 절감을 위한 최적의 설비 시스템 개발로 목조건축에 사용되던 기존 설비 시스템을 대체

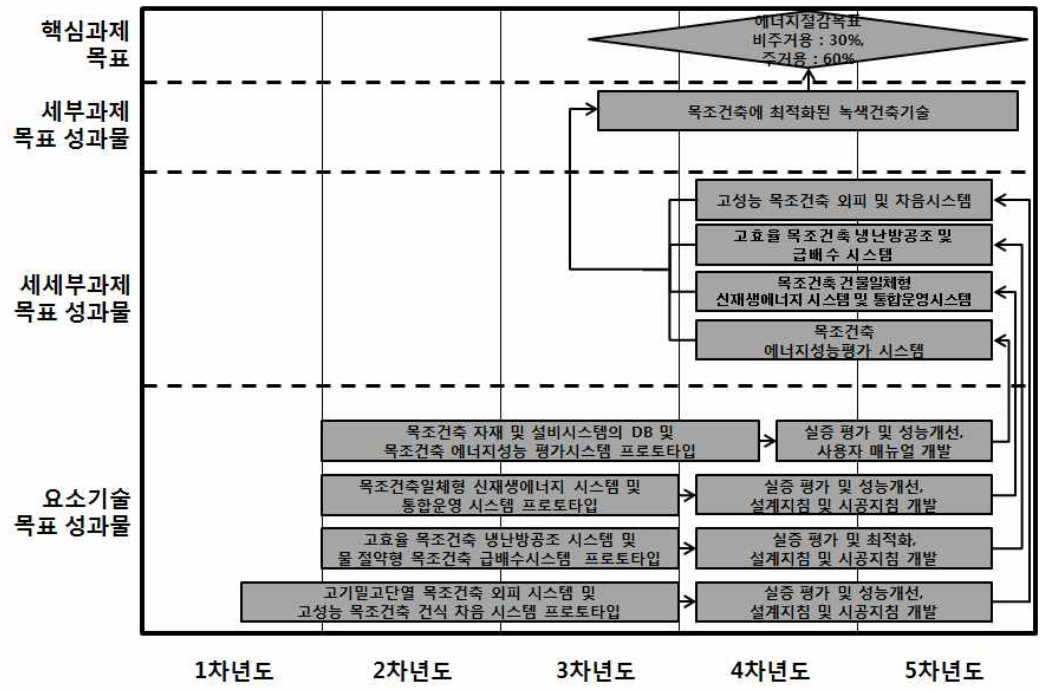
마. 3-3 세세부과제

3-3 세세부과제의 제목		목조건축 건물일체형 신재생에너지 시스템 및 통합운영 시스템 기술개발
범위		목조건축의 구조 및 열부하 특성에 적합한 건물일체형 신재생에너지 시스템 기술 개발 목조건축의 열부하 특성을 고려한 신재생에너지 시스템의 통합운영 시스템 기술 개발
기술개발 목표		목조건축의 구조 및 열부하 특성을 고려하여 목조건축에 적합한 건물일체형 신재생에너지 시스템 기술 및 통합 운영 시스템 기술을 개발하여 목조건축의 에너지자립율 향상
3-3 세세부과제 연구내용	2 차년도	목조건축의 구조, 열부하 특성에 적합한 건물일체형 신재생에너지시스템 선정기법 개발 목조건축의 구조 및 열부하 특성에 적합한 건물일체형 신재생에너지 시스템 구성요소 개발 목조건축의 열부하 특성에 적합한 신재생에너지 시스템의 모니터링 및 제어 기법 도출 목조건축의 열부하 특성을 고려한 신재생에너지 시스템의 모니터링 및 제어 시스템 구성요소 개발
	3 차년도	목조건축 건물일체형 신재생에너지 시스템 프로토타입 개발 목조건축 신재생에너지 시스템의 모니터링 및 제어 시스템 프로토타입 개발
	4 차년도	목조건축 건물일체형 신재생에너지 시스템 실증평가 및 성능개선 목조건축 신재생에너지 시스템의 통합 운영 시스템 실증평가 및 최적화
	5 차년도	목조건축 건물일체형 신재생에너지 시스템의 설계지침 및 시공지침 개발 목조건축 신재생에너지 시스템의 통합 운영 시스템 설계/시공/운영 매뉴얼 개발
기대효과		기술적 기대효과 저탄소 저에너지 목조건축 구현을 위한 건물일체형 신재생에너지 시스템 기술 및 통합 운영 시스템 기술 확보 환경적 기대효과 무한한 자연에너지 이용으로 인해 목조건축 운영단계에서 발생하는 화석 연료 소비량 및 이산화탄소 배출량 절감 경제적 기대효과 목조건축 운영단계의 에너지 비용 절감으로 인한 LCC 및 LCCO2 절감
최종성과물		목조건축의 구조 및 열부하 특성에 적합한 건물일체형 신재생에너지 시스템 기술 목조건축의 열부하 특성을 고려한 신재생에너지 시스템의 통합운영 시스템 기술 학술논문 8건 지적재산권 2건 시스템S/W 1건 지침/매뉴얼 2건
활용방안		목조건축의 LCC 및 LCCO2 절감을 위한 최적의 건물일체형 신재생에너지시스템의 보급으로 목조건축에 사용되던 기존 설비시스템 용량 감소

바. 3-4 세세부과제

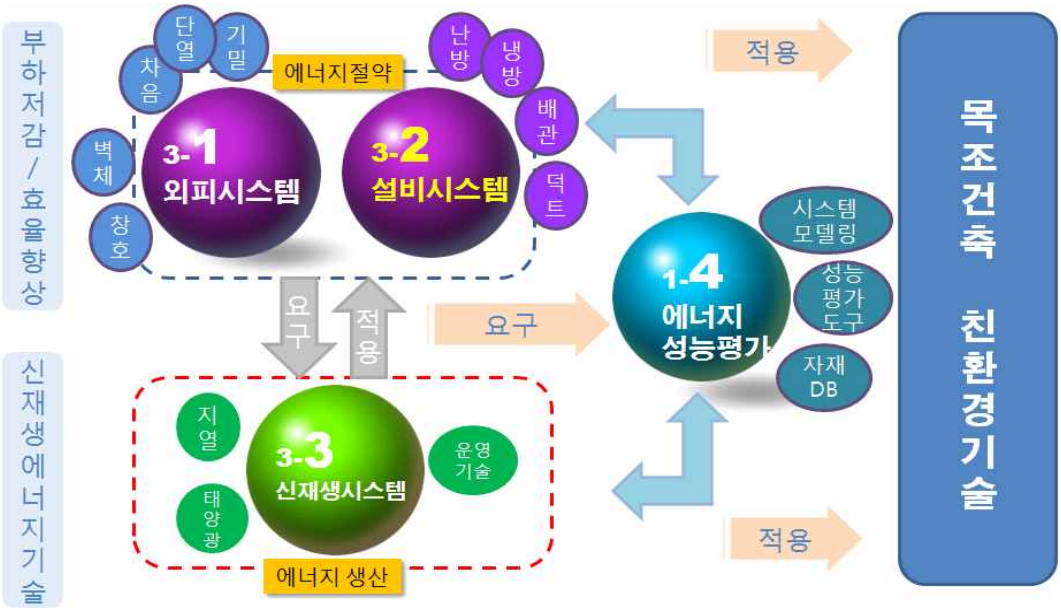
3-4 세세부과제의 제목		• 목조건축 에너지성능 평가 시스템 기술 개발
범위		• 목조건축 건축자재 및 설비시스템의 데이터 모델 및 기초 데이터 DB 구축 기술 개발 • 목조건축 자재 특성을 고려한 에너지성능 평가시스템 기술 개발
기술개발 목표		• 목조건축 건축자재 및 설비시스템의 데이터 모델 및 기초 데이터 DB 구축 기술과 목조건축 자재 특성을 고려한 건물에너지 해석 시뮬레이션 시스템 기술 개발을 통해 에너지절약적인 목조건축의 통합설계와 성능평가를 지원
3-4 세세부과제 연구내용	2차 년도	· 지역별 월간 표준 기상데이터 DB 구축 · 존 용도별 표준조건 설정 및 기초 데이터 DB 구축 · 목조건축 자재 특성을 고려한 에너지성능평가 기법 도출 · 목조건축 에너지성능 평가 시스템 알고리즘 개발
	3차 년도	· 평가대상 목조건축 모델링 방법 개발 및 목재별 열적 특성 관련 기초 데이터DB 구축 · 목조건축 에너지성능평가를 위한 부문별 입력데이터 선정
	4차 년도	· 적용 설비 시스템 모델링 방법 개발 및 시스템별 기초 데이터 DB 구축 · 적용 신재생 시스템 모델링 방법개발 및 시스템별 기초 데이터 DB 구축 · 목조건축 에너지성능평가 시스템 프로토타입 개발
	5차 년도	· 목조건축 에너지성능평가 시스템 실증평가 및 성능개선 · 목조건축 에너지성능평가 시스템 사용자 매뉴얼 개발
기대효과		• 기술적 기대효과 · 목조건축 건축자재 및 설비시스템의 데이터 모델 및 기초 데이터 DB 확보 · 기후조건에 따른 목재별 특성을 고려한 목조건축용 건물에너지성능 평가시스템 기술 확보 • 환경적 기대효과 · 목조건축 설계단계에서부터 건물에너지성능 평가를 통해 에너지 절약적인 목조건축 구현 • 경제적 기대효과 · 목조건축 설계단계에서 건물에너지성능을 사전에 평가함으로써 최적설계를 통해 목조건축의 공사비 및 에너지 비용 절감
최종성과물		• 목조건축 건축자재 및 설비시스템의 데이터 모델 및 기초 데이터 DB 구축 기술 • 목조건축 자재 특성을 고려한 에너지성능 평가시스템 기술 · 학술논문 8건 · 지적재산권 2건 · 시스템S/W 1건 · 지침/매뉴얼 1건
활용방안		• 목조건축의 건물에너지 성능 평가를 위한 시뮬레이션 시스템 보급을 통해 친환경저에너지 목조건축 설계 지원

4. 연구개발과제 TRM



[그림 80] 3세부과제 연구개발과제 TRM

5. 세세부과제 간의 연관성



[그림 81] 제3세부과제 간의 연관성

6. 최종성과물 및 성과지표

공동 과제	성과 목표	성과 지표	측정 방법	단위	목표치	목표치 설정근거
목조건축 녹색기술 개발	• 고성능 목조건축 외피 시스템 및 차음 시스템 기술 • 고효율 목조건축 냉난방공조 시스템 및 급배수 시스템 기술 • 목조건축 건물일체형 신재생에너지 시스템 및 통합운영 시스템 기술 • 목조건축 에너지성능 평가 시스템 기술	학술지 논문게재	국내학술지 게재논문 건수	건	32	개발시스템별 2건 이상
		특허 출원	국내외 특허 출원건수	건	8	개발시스템별 1건 이상
		시스템 S/W개발	S/W 개발건수	건	2	S/W개발 시스템별 1건 이상
		지침/ 매뉴얼 개발	지침/ 매뉴얼 개발건수	건	7	개발 시스템별 1건 이상

7. 성과물 검증방안

과제	성과 지표	검증방법				
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
목조건축 녹색기술 개발	학술지 논문 게재	게재확인	게재확인	게재확인	게재확인	게재확인
	특허출원		출원확인	출원확인	출원확인	출원확인
	시스템 S/W					시연
	지침/매뉴얼 개발					출간확인

8. 기술수요처 및 실용화방안

과제	목표성과물	기술수요처		실용화 방안
		1차	2차	
목조건축 녹색기술 개발	고성능 목조건축 외피 시스템 및 차음 시스템 기술	목조건축용 자재생산 업체	설계사 및 시공사	- 목조건축용 고성능 외피 시스템 및 차음시스템 기술 라이센스 체결 및 기술 지원, 기술 고도화 후속연구 지원
	고효율 목조건축 냉난방공조 시스템 및 급배수 시스템 기술	목조건축용 설비생산 업체	설계사 및 시공사	- 목조건축용 냉난방 공조 시스템 및 급배수 시스템 기술 라이센스 체결 및 기술 지원, 기술 고도화 후속연구 지원
	목조건축 건물일체형 신재생에너지 시스템 및 통합운영 시스템 기술	신재생 시스템 생산업체	설계사 및 시공사	- 목조건축 건물일체형 신재생에너지 시스템 기술 및 통합운영 시스템 기술 라이센스 체결 및 기술 지원, 기술 고도화 후속연구 지원
	목조건축 에너지성능 평가 시스템 기술	친환경 컨설팅사	설계사 및 시공사	- 목조건축 에너지성능 평가 시스템의 민간 보급 및 기술 지원, 시스템의 지속적인 업데이트 지원

4절 4세부 : 연구단 및 융합세부과제

1. 연구개발 필요성 및 정부지원 필요성

가. 목재 및 목조건축 활성화를 위한 정책적 지원 요구

□ 2008년 8월15일 정부는 '저탄소 녹색성장'을 새로운 비전의 축으로 제시하고 '그린홈 100만 가구 보급' 등의 세부적인 국정과제를 발표

□ 이러한 맥락에서 탄소상쇄형 자연재료인 목재의 활용을 극대화하고, 탄소배출을 제로로 하는 그린홈의 도입은 녹색성장의 목표를 달성하는 데 있어 매우 중요한 과제임

□ 이러한 배경에서 목재이용 활성화를 통한 저탄소 성장 동력의 육성을 위하여 「탄소흡수원 유지 및 증진에 관한 법률」이 2012년 2월 22에, 「목재의 지속가능한 이용에 관한 법률」이 2012년 5월 2일에 공포됨

□ 그러나 우리 목재의 이용을 촉진하고, 이를 통하여 더욱 많은 나무를 심고 더욱 다양한 목재와 목재 가공품을 생산하도록 하기 위해서는 보다 체계화된 제도적 지원이나 법률적 권장이 필요함

□ 국내에서 목조건축 관련 기술이 개발되고 해외의 기술이 유입됨에 따라서 목조건축 설계기준의 개선과 확충에 대한 요구가 생겨나고 있음.

- 현재 건설교통부 고시인 '목구조 설계기준'은 1972년 일본의 건축법을 그대로 반영해 만들어진 것으로 일본에서도 이미 그 내용이 전면적으로 개정된 비현실적인 규정임.
- 과거 기준은 경골 목구조 또는 집성재 구조 등의 현대식 목구조에 대한 내용이 전혀 반영되어 있지 않으며 부재의 설계, 접합부의 설계, 철물의 사용 등에 대한 내용이 빈약하거나 수록되어 있지 않아 비경제적인 건축이 이루어지고 있음.
- 이후 KS규격에서 목조건축과 관련된 규격들이 정비되고 있으나 아직 미약한 실정이며 현실적 제정 및 정비의 필요성이 요구되어 목조 건축 관련 국가 표준 건축설계가 필요한 실정

나. 목조건축의 보급 활성화를 위한 산업화 기반기술 요구

□ 정부 정책 및 시대적 요구로 저탄소 건축물인 목조건축에 지대한 관심과 더불어 시장이 증대되고 있는 상황에서 목조건축용 부품/소재 활용을 위한 물류, 적산, 시공 및 유지관리 요구가 증대하고 있으나, 통합정보 시스템의 부재로 목조건축 보급 및 활성화를 저하시키고 있음.

□ 목조건축의 소재/부품 규격화는 생산성 효율을 극대화하기 위한 기반기술에 속하는 것으로, 이들 개발 기술은 한국형 목조건축 연구개발의 기반기술로 적용되며, 목조건축 산업 수행체계의 선진화와 생산성 및 시공성 향상을 위한 기반기술로 개발 및 정립이 필요함.

□ 또한 목조건축의 산업화를 위해서는 목재 이외에 사용되는 각종 부품/소재에 대한 최적화 제품 개발 및 선정을 통해 각 기업에 대한 개발을 지원하는 성능평가가 요구되며, 목조 건축물 실증사업을 성공적으로 수행하기 위해서는 각 세세부에서 개발된 소재/부품 및 기술을 정립하는 단계가 필요

□ 산업화 기반기술은 목조건축의 보급, 활성화를 위해서 반드시 선행되어야 하며, 이는 표준화된 부품/소재의 DB에 따른 대량 생산과 더불어 경제성 확보를 위한 유통단계의 축소가 병행되고 쉽게 소비자가 연계될 수 있는 즉, 생산, 유통, 상거래 전체를 아우를 수 있는 통합시스템의 구축이 요구됨.

다. 실증사업

□ 대부분의 연구가 연구단계에서 머물러 실제 활용의 측면에서 많은 문제점들이 도출되는데, 본 실증사업에서 이 문제점을 극복하여, 기술의 완성도를 높이고, 실증사업에서 드러나는 현실적 요구조건을 해결함으로써 실제적인 기술개발 효과가 고양되도록 할 필요가 있음.

□ 실증사업은 그 파급 효과를 고려하여 학교, 행정용 청사, 동계올림픽 시설 등 공공건축물을 대상으로 수행할 예정임. 실제 추진 과정에서 정부지원에 의한 행·재정적 협조가 필요함.

2. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안

□ 목재 및 목조건축 관련 지원제도 및 법규, 건축설계기준 등을 연구하는 법규/제도 세세부와 목재 및 목조건축 관련 부품소재의 산업화를 연구하는 산업화 세세부, 그리고 실증사업 세세부 등 4세부과제의 연구내용은 기존 연구와의 중복성이 없음.

3. 연구개발 주요내용

가. 세세부과제 도출 방법

□ 제1세부과제인 목재기술, 제2세부과제인 목조건축 생산기술 및 제3세부과제인 목조건축 녹색기술 분야의 연구개발 과정에서 도출된 문제 및 연구의 결과가 상호 융합되어야 할 과제를 법규와 제도적 측면, 산업화의 측면과 실증사업으로 설정함

□ 각 세부의 내용을 융합하기 위해 연구단 체제를 제안하였으며, 융합기술을 다루는 4세부과제에 전체 세부과제를 총괄하는 연구단 세세부과제를 포함시킴

□ 연구개발 계획서의 융합기술을 구성하는 연구단 및 3개 핵심 기술 분야에 대해 이를 구성하는 하위 기술들을 확장하여 개발가능한 요소기술을 도출함

나. 후보과제와 우선순위

세부 과제	중점 추진 분야	기획 후보과제		주요연구내용	우선 순위
		연번	도출과제명		
(4세부) 연구단 및 융합 기술	연구단	5-1	연구총괄	목재이용 활성화 및 목조건축 부품소재 산업화의 통합된 목표로 전체 연구 방향을 균형있고 일관되게 진행하도록 함	1
	법규 / 제도	5-2	목재 및 목조건축 관련 법규 개발	목재 이용과 목조건축 활성화를 위한 외국 법규체제의 벤치마크 및 우리나라의 법규 개발	1 (통합)
		5-3	목재 및 목조건축 활성화를 위한 제도 개발	목재 이용과 목조건축 활성화를 위한 외국 지원제도 체제의 벤치마크 및 우리나라의 제도 개발	
		5-4	목조건축 설계표준개발	목조건축에 적용되는 국가 설계표준안을 개발하고 반영함	
	산업화	5-5	부품소재 산업화를 위한 플랫폼 기술	목조 주택 산업화의 베이스가 되는 목조 주택에 사용되는 부품/소재의 치수 및 성능 규격화 및 기준 정립, 부품/소재의 평가를 통한 품질관리 매뉴얼 작성, 다양한 소재/부품 회사들에 대한 성능평가 지원, 실증사업 과정을 교육자료로 제작	1 (통합)
		5-6	표준 부품소재 데이터베이스 및 통합정보시스템 구축	한국형 목조건축에 최적화된 부품/소재 품질/규격정보의 규격화 및 자재정보의 DB화, RFID를 통한 자재관리 등의 융합기술 개발에 의한 통합정보시스템 운용으로 국내 목조건축 산업화에 기여	
		5-7	목조건축 부품소재의 표준성능 평가	국내외 표준에 의한 한국형 목조구조의 전체시스템 및 벽체, 창호시스템, 온돌/바닥 시스템 등의 구성요소별 내화성능 및 에너지효율성능 평가	2
	실증 사업	5-8	목조주택 실증사업	개발된 목재 및 목조건축 부품소재를 활용한 목조주택 실증사업을 계획하고 수행함	2
		5-9	목조공공건축 실증사업	개발된 목재 및 목조건축 부품소재를 활용한 목조 공공건축물 실증사업을 계획하고 수행함	1
		5-10	목조건축 마을 실증사업	개발된 목재 및 목조건축 부품소재를 활용한 목조건축 마을 실증사업을 계획하고 수행함	2

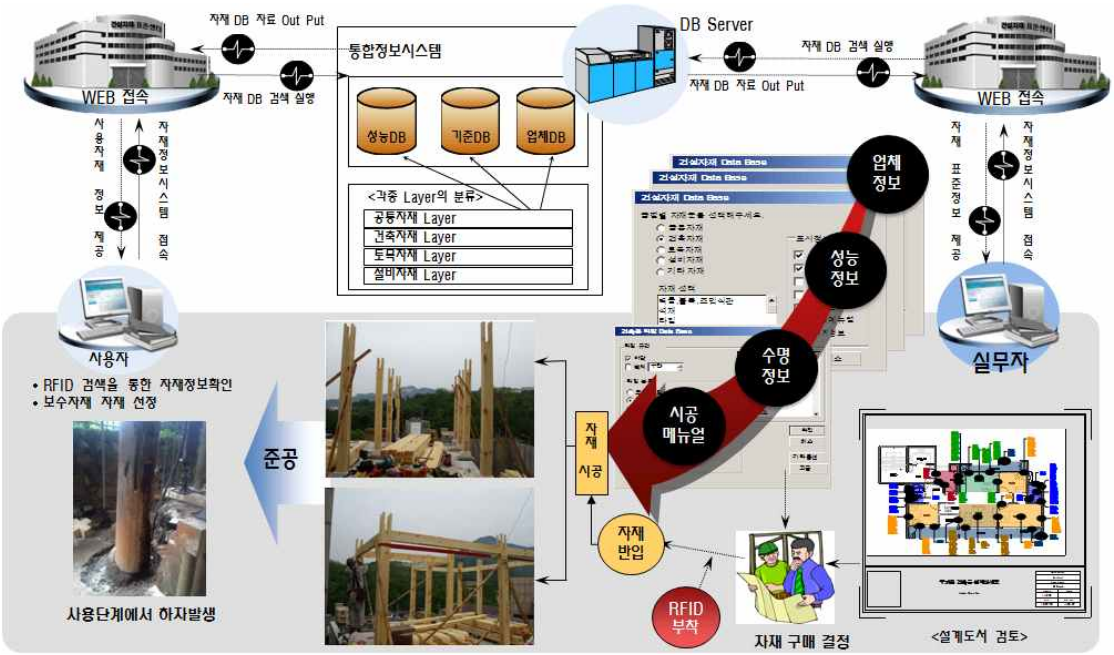
다. 4-2 공동과제 : 정책/제도 세세부

4-1 공동과제의 제목		- 법규 및 정책 개발
정책/제도/지침 사업의 범위		- 정책/제도/지침과 관련된 각 세부과제의 연구개발 진행의 조정 및 결과의 통합, 유관 연구팀 및 기관과의 협업
연구의 목표		- 정책/제도/지침과 관련된 각 세부과제의 연구개발 진행의 조정 및 결과의 통합을 통한 개발의 합목적성/일관성 제고 - 유관 연구팀 및 기관과의 협업을 통한 정책/제도/지침의 국가적 채택 유도
정책/제도 세세부	2차 년도	- 정책/제도/지침 개발(조정/통합)을 위한 마스터플랜 수립 - 정책/제도/지침과 관련된 국내의 현황 및 계획, 연구진행 분석 - 해외의 목조건축과 관련된 정책/제도/지침 분석정책/제도/지침 개발을 위한 조직 구성 (위원회/자문단) - 정책/제도/지침 개발을 위한 표준모형 작성
	3차 년도	- 유관 연구팀 및 기관과의 협업 (연구방향/내용 조율) - 정책/제도/지침 개발을 위한 조직 운영 (위원회/자문단) - 각 세부과제별 정책/제도/지침 개발 진행 검토 및 조정 - 유관 연구팀 및 기관과의 협업 (연구방향/내용 조율)
	4차 년도	- 각 세부과제별 정책/제도/지침 사전 개발안 취합 - 각 세부과제별 정책/제도/지침 사전 개발안 분석 및 보완 - 유관 연구팀 및 기관과의 협업 (연구방향/내용 조율) - 각 세부과제별 정책/제도/지침 개발 결과 통합 - 정책/제도/지침의 국가적 채택 유도
기대효과		• 기술적 기대효과 - 정책/제도/지침 개발의 합목적성/일관성 제고 및 국가적 채택 유도 • 경제적 기대효과 - 분야별로 개발된 정책/제도/지침의 통합 및 국가적 채택을 위한 별도의 추가 작업을 방지하여 국가예산 절감
최종성과물		- 실제적인 성과의 확인 - 정책/제도/지침 통합화 - 국가적 채택 (건축구조기준, 국가표준건축설계기준 등에 한국형 목조건축 부분 추가)
활용방안		- 정책/제도/지침의 제안 및 국가적 채택

라. 4-3 공동과제 : 산업화 세세부

4-3 공동과제의 제목	- 목조건축 보급, 활성화를 위한 산업화 기반기술 구축
범위	- 목조건축에 사용되는 부품/소재의 조사 및 분류를 통한 규격화 - 목조건축에 사용되는 부품/소재의 품질기준 개발 및 정립 - 1,2,3세부에서 개발되는 부품/소재 외 최적화 기술 및 성능평가 - 실증사업을 활용한 인력양성용 교육자료 제작 - 목조건축에 최적화된 부품/소재, 표준설계, 표준구조, 성능 및 가격 등의 통합 DB 구축 - 목조건축 관련 정보 통합 DB
기술개발 목표	- 한국형 목조건축의 보급화 활성화를 위한 목조건축에 최적화된 부품/소재 Database 및 통합정보시스템 구축
연구내용	• 부품/소재의 표준화 및 정립 - 목조 건축물에 사용되는 부품/소재의 조사 및 분류 - 부품/소재의 표준화 조사 및 적용가능성 검토 - 표준화가 필요한 부품/소재 도출 및 표준화 - 전체 부품/소재에 대한 표준화 정립 • 목조 건축물에 사용되는 부품/소재의 품질기준 조사 및 분류 - 기존 품질기준 적용가능성 검토 및 품질기준 개발 - 목조 건축물에 사용되는 부품/소재에 대한 품질기준 정립 • 1,2,3 세부에서 개발되는 부품/소재 외의 최적화 기술 및 성능평가 - 부재 및 부재간 소재 및 소재간 접착 및 연결 부품(실링재, 충진재, 접착재) - 최적화 기술 - 방수재, 방습, 방부, 방충 관련 부품/소재 최적화 기술 - 마감재 부품/소재 최적화 기술 - 부품/소재 개발업체에 대한 성능평가 지원 • 실증사업을 활용한 인력양성용 교육자료 제작 - 각 세부 및 세세부에서 개발한 기술과 실증사업에서의 시공단계별로 접목되는 과정을 교육자료로 제작 • 표준 부품/소재 Database - 부품/소재 통합정보전략(ISP) 수립 - 부품/소재 아키텍쳐 개발 - 부품/소재 정보관리를 위한 RFID 적용 충돌방지 알고리즘 제시 - Database 문제점 도출 및 개선 - 부품/소재 표준 Database • 통합정보시스템 구축 - 부품/소재 구성체계 표준화 방안 - DB 입력체계 표준화 - DB별 상호 연동성 검증 - 통합정보 시스템 지원 & 운영체계 구축 - 전자거래 연계기능 구축 - 통합정보 시스템 시범운영 테스트 및 최적화 - 통합정보시스템 운영모델 개선 및 보완

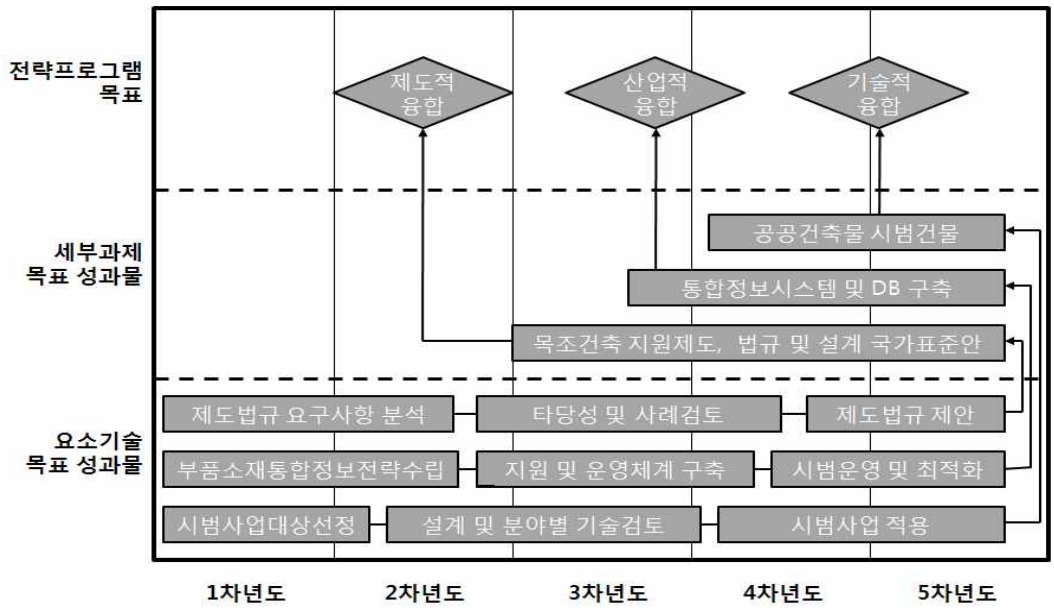
기대효과	• 기술적 기대효과 - 독자적 목조건축 체계화 및 유통관리 체제 정보화 기틀 마련 - 제품의 고성능화/다기능화를 통한 목조 건축 품질 성능 향상 - 목조 건축 관련 국가 표준 제정 및 품질 인증시스템 도입 기반 마련 - IT기반의 국가 건설 전략에 부합하는 새로운 목조건축 문화 창조 - 정확하고 신속한 목조건축 관련 정보 제공 • 환경적 기대효과 - 목재 사용도 증진에 따른 탄소배출권 확보와 관련한 우위 점유 - 대형 목구조물 축조의 축조 및 일반화에 따라 국민 정서 함양에 일조 • 경제적 기대효과 - 목조건축 시장/경기 활성화로 일자리 창출 및 기능 인력 증가 - 목조건축관련 정보전산화에 따른 경제성/생산성 향상으로 인한 산업화 촉진 - 생산자, 소비자, 시공자를 ON LINE상에서 직접 연계시킴으로서 품질/단가 신뢰성 확보 및 부품/시공단가 표준화
최종성과물	- 목조건축에 사용되는 부품/소재의 품질기준서 - 목조건축 교육자료 - 목조건축 부품/소재 DB - 목조건축 정보 제공, 유통 및 교육을 위한 통합정보시스템
활용방안	- 기존 주거용/비주거용 건축물에 대해 점진적으로 목조건축으로 대체 활용



마. 4-4 공동과제 : 실증사업

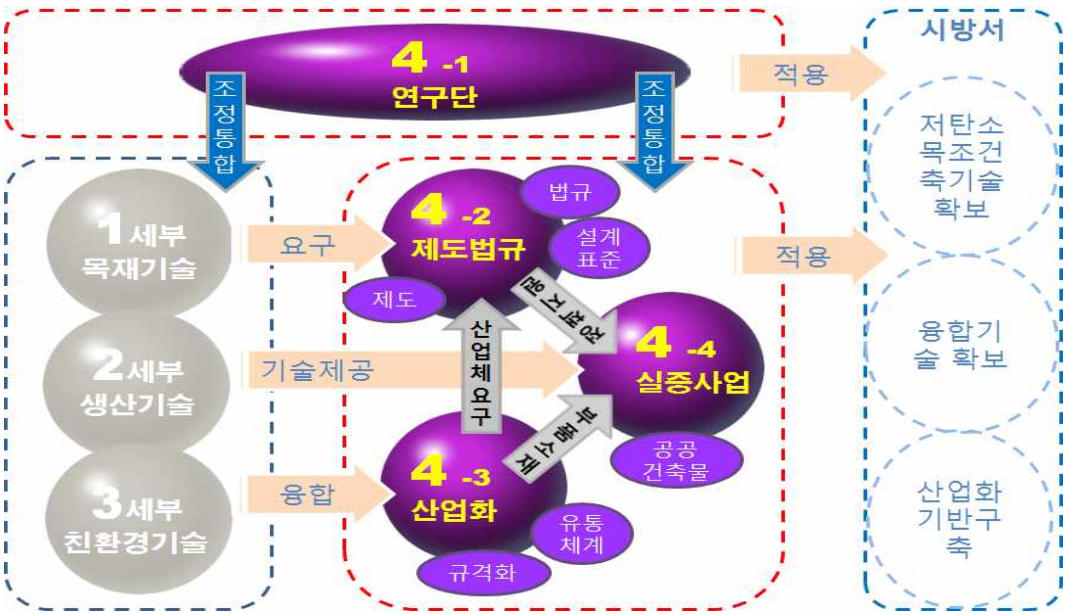
4-4 공동과제의 제목		- 목조건축 기술개발 결과적용 및 산업화를 위한 실증사업
실증사업의 범위		- 연구성과를 통합적으로 응용하여 공공부문 실증사업 수행
실증사업의 목표		- 목재기술, 생산기술 및 녹색기술 각 분야의 연구개발 결과 적용 및 타당성 검증 - 정책적 지원제도의 실증자료로 활용 - 산업화 대상 선정 및 유통체계 구축의 테스트베드로 활용 - 목조건축물의 효과 및 경제적 가능성에 대한 실물 홍보자료 확보
실증사업 내용	1차 년도	• 주거부문, 공공부문, 마을부문 실증사업을 추진이 가능한 지자체 또는 사업수행기관과 연계하여 기본계획 수립 - 지자체/사업수행기관과 연계하여 구체적 실증사업의 계획, 도면, 예산 수립 - 후보지 실사, 선정 및 법적 자료검토
	2차 년도	• 공공부문 실증사업을 추진이 가능한 지자체 또는 사업수행기관과 연계하여 기술적 내용 적용 - 목재기술, 목조건축 생산기술 및 목조건축 녹색기술의 연구개발 내용 적용성 검토 및 적용기술 선정 - 공공건축물 기본설계 - 개발기술의 적용 및 기술검증과 기술개발과정으로의 피드백
	3차 년도	• 공공부문 실증사업을 추진이 가능한 지자체 또는 사업수행기관과 연계하여 실물 설계 - 목재기술, 목조건축 생산기술 및 목조건축 녹색기술의 연구개발 내용 적용범위 확정 및 목업테스트 - 실시설계 반영 - 실시설계감리 수행 - 개발기술의 적용 및 기술검증과 기술개발과정으로의 피드백
	4차 년도	• 공공부문 실증사업 대상건물 건립 - 시공사 선정 및 시공 - 공사의 기술적 부분에 대한 자문 및 감리 - 건물 완공
	5차 년도	• 실증사업 평가 및 자료구축 - 경제성 및 시공성 평가 - 저탄소성능 및 친환경성능 평가 - 만족도 조사 - 도면, 시방, 건설과정 등의 자료구축
기대효과		- 기술적 기대효과 - 연구된 성과를 실제 적용함으로써, 기술의 완성도를 높이고, 기술을 매뉴얼화하여 기술보급도구를 작성함으로써 보급활성화 - 환경적 기대효과 - 실제 목구조물의 축조 및 일반화에 따라 친환경적 정서 함양에 일조 - 경제적 기대효과 - 실물을 구축함으로써 소요되는 비용을 실제적으로 고찰하여, 목조건축의 실용화에 기여하며, 실제적 경제산업 활성화 도모
최종성과물		- 적용기술 리스트 - 도면, 시방서 등의 실증자료 - 실증사업 공공건축물
활용방안		- 기술보급도구(매뉴얼, 시방서, 공사지)로 실용화 촉진 - 장기적 목조건축 발전 추진을 위한 한국형 목조건축 클러스터의 실현

4. 연구개발과제 TRM



[그림 82] 4세부과제 연구개발과제 TRM

5. 세세부과제 사이의 연관성



[그림 83] 제4세부과제의 세세부과제 연관성

6. 최종성과물 및 성과지표

과제명	성과목표	성과지표	측정방법	단위	목표치	목표치 설정근거
연구단 세세부	통합 연구	통합목표 달성				목조건축 활성화
정책제도 세세부	정책 제안	제도/법규 제안	정책/제도/지침	본	2	각 부문별 1본 이상
	국가 표준	국가표준안 제안	국가표준에 추가	본	2	건축구조기준 국가표준건축설계기준
	학술지 게재 논문	국내외 학술지 게재여부	게재여부	편	2	기초기술로 기술의 학술 가치
산업화 세세부	품질 기준서	주요 부품/소재 품질기준	품질기준서	건	1	공업화 부재 개발
	교육 자료	DB활용 및 시공, 유지 방법	교육메뉴얼	건	1	목조건축의 보급, 활성화를 위한 교육
	통합정보 시스템	부품/소재 DB, 전자거래 연계기능	통합정보시스템	건	1	대량 생산 및 유통을 위한 기반 구축
	학술지 게재 논문	국내외 학술지 게재여부	게재여부	편	2	기초기술로 기술의 학술 가치
	지적 재산권	특허 및 의장등록	등록여부	건	2	응용기술로 기술의 실용 가치
실증사업 세세부	현장 적용	현장적용	기본설계 실시설계 시공	1식	실물구축	
	기술 보급	기술보급 도구	매뉴얼 시방서 공사지	1본	각 부문별 1본	
	학술지 게재 논문	국내외 학술지 게재여부	게재여부	건	2	기초기술로 기술의 학술 가치

7. 성과물 검증방안

과제	성과목표	검증방법				
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
연구단 세세부	통합 연구					평가결과 확인
제도법규 세세부	정책 제안			지원제도 제안여부	법규 제안여부	채택여부 확인
	국가 표준			목조건축 설계표준		채택여부 확인
	학술지 게재 논문			게재 확인		게재 확인
산업화 세세부	품질 기준서	기준서 확인	기준서 확인	기준서 확인	기준서 확인	기준서 확인
	교육 자료			교육자료 확인	교육자료 확인	
	통합정보 시스템	DB 확인	DB 확인	DB 확인	전자상거래 및 DB 확인	시연
	학술지 게재 논문			게재 확인		게재 확인
	지적 재산권			등록 확인		등록 확인
실증사업 세세부	현장 적용	계획서		설계안 확인		실물 확인
	기술 보급			매뉴얼	시방서	공사지
	학술지 게재 논문			게재 확인		게재 확인

8. 기술수요처 및 실용화 방안

공동과제	목표성과물	기술수요처		실용화 방안
		1차	2차	
산업화 세세부	부품/소재 DB 통합정보시스템 부품/소재 품질기준서	프리컷가공업체 접합철물제조업체 창호업체 단열업체 방수업체 부자재업체 중앙정부 지자체	설계사 건설사 업계관련 (전문가) 일반인 학생	목조건축 정보제공, DB, 교육 및 전자상거래와 교육이 가능한 산업화 기반기술 서비스
실증사업 세세부	현장적용 기술보급	시공회사 설계회사 정부 지자체	정부 지자체 시공회사 설계회사	기술보급도구 배포로 곧바로 실용화

제 6 장. 사전타당성 검토

제 1절. 사전타당성 분석의 개요

제 2절. 기술적 타당성

제 3절. 정책적 타당성

제 4절. 경제적 타당성

제 5절. 종합평가 및 결론

6장 사전타당성 검토

1절 사전타당성 분석의 개요

□ 한국형 목조건축 기술 개발 과제에서는 연구 개발의 타당성과 성공 가능성을 높이기 위해 전략적 방향성이나 실행계획, 실용화 방안 등을 제시하여야 함. 연구의 자원은 있으나 기업과 연구기관, 지방자치단체, 학술기관 등으로 산재되어 있는 현실을 감안하여 적절한 연구 프레임워크로 묶어내는 일이 반드시 선행되어야 함.

□ 국가연구개발 사업의 실패 혹은 성과미비에 따른 예산낭비를 방지하고 투자효율성을 증대시키기 위해 기술적, 정책적, 경제적 측면에서의 타당성을 종합적으로 검토함

□ 기술적, 정책적, 경제적 타당성 분석의 평가항목, 평가내용은 기획재정부 예비타당성 운용지침과 건설교통기술연구개발사업 기획 매뉴얼을 검토하여 본 기획연구의 특성에 적합하도록 선택적으로 재구성함

[표 38] 사전타당성 분석의 틀

구분	평가대상	평가항목	평가내용
기술적 타당성 조사	사업의 창의성과 연계성	기존 사업과의 중복성	기존 사업과의 중복성 여부(목적, 대상, 내용 등)
			기존 사업과의 연계성
	기술 개발의 적절성	기술 개발 계획의 우수성	사업의 목표, 내용, 성과의 구체성
			세부 사업목표와 연구 내용의 적절성
			추진체계의 적절성과 실효성
			기대되는 성과의 활용도와 활용계획
		기술 수준 및 개발 성공 가능성	기술 수준 및 연구개발 기반
			기술 개발의 기대 수준
			기술 개발의 성공가능성
			기술적 위험요소와 대안
			효율적인 성과관리 체계

정책적 타당성	정책적 중요성	국가 전략적 중요성	국가 차원에서의 필요성
			정부 지원의 타당성
			사업 추진의 시급성
	정책적 일관성과 연계성	상위 계획과의 부합성	국가/산업차원 계획과의 부합성
			국토해양부 및 관련 부처 정책 목표와 계획
	정책적 추진력	사업추진의지 및 관련기관 협조체계	조직 및 기관의 사업 추진의지
			관련 기관 및 부처의 협조체계
경제적 타당성	사업 경제성 분석	생산비용 절감	신기술을 적용한 생산공정 개선효과 분석
		매출액 증대	신기술 개발로 인한 국내외 기술선점에 따른 효과 분석
	경제 사회적 파급효과	생산증대	연구개발사업으로 인한 생산 및 부가가치 증대 효과 분석
		고용증진	증대되는 생산으로 인한 고용 및 임금 증대효과 분석
	과학 기술적 파급효과	기술혁신 기반마련	첨단 연구분야 선점 가능성
			전문 네트워크
		지식증진	창출되는 정보의 양과 유용성
			지식증진의 시급성과 필요성
		인력양성	인력 수요 및 전망과의 부합성
			인력 양성

2절 기술적 타당성

1. 사업의 창의성과 연계성

가. 기존 사업과의 중복성 여부와 연계성

□ 연구개발과제 도출 과정에서 건설교통기술평가원에서 제공하는 '연구중복성 검토' 시스템과 국가과학기술종합정보시스템(NTIS)에서 제공하는 '유사과제 검색' 시스템을 활용하여 과제명/연구개발 목표 및 개요/주요내용/연구성과 활용방안/핵심어 등으로 중복성 검토를 수행하여 중복가능성 있는 사업, 과제들을 스크리닝 한 후 중복가능성 있는 과제들을 배제하였으며, 기존연구와의 차별성과 연계방안을 제시하였음

[표 39] 기존 사업과의 차별성과 연계방안

세부과제/주요내용	기존 연구과제		검토결과	
	과제명	주요내용	차별성	연계방안
제1세부 목재기술 개발	한옥기술개발	대량생산기반 가공시스템 구축 대량생산을 위한 시공표준화	한옥기술의 목표가 전통주택의 시공시스템 개발을 위한 목재 확보 및 가공기술의 현대화 차원임에 반하여, 목재기술 개발의 목표는 공공건축물 등 다양한 건물유형에서 사용할 수 있는 원목, 공학목재, 하이브리드 결합 등 목재의 원천기술을 확보하는 데 있음	목조건축 과제의 목재기술개발 세부 연구결과를 한옥기술개발의 목재부재 연구에 고도화 적용 가능함
제2세부 목조건축 생산기술 개발	한옥기술개발	한옥 설계기법 및 모델 개발	공간구성이나 목재 이외의 재료사용, 하이브리드시스템 등 건축기술적 측면이나 공공건축물을 대상으로 하는 연구범위 등에서 한옥과 크게 차별화됨 전통건축의 문화적 차원이 아닌 목재활용의 환경적, 경제적, 산업적 차원에서 기획된 것으로 한옥기술 과제와 다른 성격임	목재를 구조부재로 활용한다는 공통점에서 전통적 결구방법 이외의 하이브리드 시스템 등을 한옥에 접목할 수 있음

제3세부 목조건축 녹색기술 개발	한옥기술개발	부재요소 성능 향상 화재안전 및 관리기술 개발	한옥기술의 목표가 한옥의 부재요소를 대상으로 성능 향상을 위한 연구를 수행하는 데 반하여, 목조건축 과제 녹색기술 개발의 목표는 공공건축물 등 다양한 목조건축물 유형에서 사용할 수 있는 자연형시스템과 설비형시스템 , 신재생에너지 시스템의 녹색성능을 최적화하는 데 있음	요소기술을 개발하기 보다는 기존의 친환경 기술을 목조건축에 최적화하는 데 목조건축 녹색기술개발의 초점이 있음
	저에너지친환경 공동주택 기술개발	저에너지 친환경 공동주택 요소기술	본 연구는 목조건축의 특성에 맞게 최적화된 저탄소 녹색건축 요소기술로서 차별화됨	저에너지 친환경 공동주택 구현을 위해 기개발된 요소기술 중 목조건축 특성에 적합한 기술을 선별하고 목조건축에 최적화된 기술로 고도화 개발함
	부하저감 및 에너지 유효이용을 통한 건물에너지 절약기술 개발	건물에너지 절약기술	본 연구는 목조건축의 특성에 맞게 최적화된 저탄소 녹색건축 요소기술로서 차별화됨	친환경적인 고층 건축물 실현을 위해 기개발되거나 연구 중인 요소기술을 선별하고 목조건축에 최적화된 기술로 고도화 개발함
	녹색건축물 활성화를 위한 온실가스 배출량 평가 및 통합인증 시스템 구축	온실가스 배출량 평가시스템	목조건축의 특성에 적합한 DB와 에너지성능 해석툴로서 차별화됨	개발 중인 표준건물에 대한 모델 및 DB 참조하여 목조건축에 적합한 에너지성능 해석툴을 개발
	시장수요기반 신축 녹색건축물 확산 연구	신축 녹색건축물 그린기술 최적화 적용기법	목조건축의 특성에 적합한 저탄소 녹색건축 기술의 최적화로서 차별화됨	그린기술의 통합 및 최적화 기법을 참조하여 목조건축에 적합한 최적화 기법 개발

2. 기술 개발의 적절성

가. 기술 개발 계획의 우수성

□ 사업의 목표, 내용, 성과의 구체성

'한국형 목조건축 기술개발 및 산업화' 연구를 위해 기획연구에서 제안된 연구개발사업의 목표와 내용, 성과는 정량적, 정성적으로 제시되어 있으며, TRM을 통해 세부과제 수준에서 연차별로 측정가능한 목표를 제시하고 있으므로 구체적이고 명확함

□ 세부 사업목표와 연구 내용의 적절성

설정된 세부 목표와 내용은 국내외 정책, 시장, 기술 동향 등 관련 기술 분야의 환경분석을 토대로 제시되어 논리성과 적절성을 가지고 있음

□ 세부과제는 기술개발의 범위에서 각 분야의 영역성과 한계를 설정하고 있으며, 저탄소 녹색 목조건축의 전생애주기 과정에서 명확한 상호 연계관계를 가지고 있음

- 1세부과제는 우리나라의 가용한 탄소 상쇄형 자원인 '목재'를 충분히 활용할 수 있도록 목재활용 기술을 목재 주변의 다양한 기술과 융합하여 목조건축 최적화 적용방법을 찾아냄으로써 목재의 활용 가치를 증대시키는 것을 목표로 함
- 2세부과제는 최적 목구조 구법의 개발을 바탕으로 한국 목조건축을 선도할 공공건축의 모델들을 개발하고 설계지원시스템을 구축함과 동시에 시공 및 유지관리기술을 개발함으로써 $LCCO_2$를 최소화하는 목조건축 생산기술을 개발, 구축하는 것을 목표로 함
- 3세부과제는 목조건축에 최적화된 저탄소 녹색 건축기술을 개발하여 탄소제로 또는 탄소 마이너스 목조건축을 실현하는 것을 목표로 함
- 4세부과제는 목재기술과 생산기술, 녹색기술의 기술개발 결과를 제도적으로, 산업적으로, 그리고 기술적으로 융합하여 정책 및 제도로 제안하고 통합정보시스템을 구축하며 실증사업의 결과인 목조 공공건축물을 건립하는 것을 목표로 함. 이러한 융합기술의 구현을 위해 연구단의 조직 체계를 통하여 각 세부과제를 통합 운영하는 목표를 달성하여야 함.

□ 각 세부과제의 하위 세세부과제는 세부과제별 목표를 달성하기 위해 적절하게 구성되어 있음

나. 추진체계의 적절성과 실효성

□ '한국형 목조건축 기술 개발 및 산업화' 연구의 최종 목표를 효율적으로 달성하기 위하여 목재 기술의 개발을 위한 연구팀(1세부)과 목조건축 생산기술 개발을 위한 연구팀(2세부), 목조 건축을 위한 친환경 건축기술 최적화 연구팀(3세부), 융합기술 연구팀(4세부)으로 연구기관을 구성하고, 각 세부과제 및 세세부과제를 총괄조정하고 지원하기 위하여 연구단 사무국을 설치하며, 그 아래에 운영기획팀, 연구지원팀, 실증사업지원팀을 운영하는 것으로 추진체계를 구성함

□ 목재를 중심으로 최소 탄소발자국의 소재 및 부재를 활용함으로써 전생애주기를 통하여 국가별 온실가스 감축 목표 달성의 시대적·사회적 요구에 부응하고, 친환경 건축 문화와 전통 주거 문화를 계승·발전시킴은 물론, 대한민국 목조건축 산업과 임업·목재 부품소재 산업 등 경제 활성화에 공헌하고자 하는 최종목표에 비추어 볼 때, 상기 추진체계는 목조건축의 전생애 주기와 관련된 최종목표 달성을 위해 적절하고 실효성 있게 구축된 것으로 판단됨

다. 기대되는 성과의 활용도와 활용계획

□ 건축물 부문에서의 온실가스 저감을 위한 국가시책에 대응하여 목조건축 사업을 수행하고자하는 설계사 및 컨설팅사, 시공사, 목조건축용 자재 및 설비 생산 업체들은 목조건축에 최적화된 저탄소 녹색 건축기술들을 필요로 하고 있으므로, 관련 요소기술과 통합기술을 개발하여 보급한다면 활용도가 높을 것으로 예상됨

□ 개발된 기술들을 통합적으로 적용한 시범사업을 실시하여 실효성을 입증, 홍보하고, 민간기업에 적극적으로 기술이전 및 사업화 지원, 요소기술 고도화를 위한 후속연구 지원을 통해 활용도를 계속적으로 높여 갈 수 있을 것으로 기대됨

라. 기술 수준 및 개발 성공 가능성

□ 기술수준 및 연구개발 기반

저탄소 녹색 건축기술 분야의 최고 기술 선진국 대비 우리나라의 '09년 현재 기술수준은 62%, 기술격차는 6.8년으로 분석됨(BIR, 2011)

□ 기술 개발의 기대 수준

녹색 건설시장 규모의 성장 추세를 예측하고 원천기술에 대한 국가 차원의 집중적인 연구개발 투자를 지원하다면 녹색 건축기술 선진국 대비 80% 수준으로 기술격차를 좁힐 수 있을 것으로 판단됨

□ 기술 개발의 성공가능성

현재의 국내 기술수준과 연구개발 역량, 그리고 시장 및 기술 동향을 파악하고 있으며, 국내외 유수의 녹색 건축기술 전문기관과의 유기적인 네트워킹을 통해 단계적으로 연구를 수행하게 될 것이므로 기술 개발 성공가능성이 높은 것으로 판단됨

□ 기술적 위험요소와 대안

- 현재 저탄소 녹색 건축 관련 원천기술들의 대부분을 기술 선진국에 의존하고 있으며, 국내 건설시장 규모 대비 0.3% 내외의 낮은 국가 R&D 투자로 인해 향후 녹색 건설시장의 성장에 따라 기술적으로 선진국에 종속될 우려가 있음
- 건물부문은 시장 자율에 의한 기술 개발 및 보급화의 이행율이 낮은 특성을 지니므로, 합리적인 정책 및 제도 개발과 정부 지원을 통해 국가 주도의 기술개발 및 상용화 추진이 필요(BIR, 2011)

□ 효율적인 성과관리 체계

- 각 세부과제는 세세부과제별로 성과목표, 성과지표, 목표치를 설정하고 있으며, 논문건수 또는 특허건수 등의 유형별 성과지표를 연차별로 정량적으로 설정하여 성과 관리의 용이성을 높였음

3절 정책적 타당성

□ 정책적 타당성 분석은 기술적 타당성 분석을 보완하기 위해 실시하며 국가 전략적 중요성, 상위계획과의 부합성, 사업추진의지 및 관련 기관 협조체계 등을 고려하여 분석함

1. 국가 전략적 중요성

가. 국가차원에서의 필요성

□ 우리나라 온실가스 배출량과 에너지소비량은 세계 8위 수준이며, 1990년 이후 매년 5% 이상 증가하는 추세.

□ 건축물은 국내 총에너지소비의 약 25%, 이산화탄소 배출량의 약 30~50%를 차지함. 향후 선진국형 자원소비 패턴으로의 진행을 감안하면 전생애비용 관점에서 건물은 국가 자원의 40%를 소비할 것으로 예측됨

□ 고유가 문제 해결과 온실가스 저감 차원에서 혁신적인 저에너지 건축기술의 개발과 보다 효율적으로 에너지절감을 실현할 수 있는 실용적 기술에 대한 종합적인 체계 정비와 상용화 촉진방안 개발이 절실함

나. 정부 지원의 타당성

□ 친환경 저에너지 건축기술은 실증 시범화 사업와 함께 각각의 요소기술 내지 융복합 기술에 대한 신뢰성 및 안전성 입증을 위해 국가 차원의 대규모 지원과 투자가 선행되어야 함

□ 실용화 제품개발의 관점에서 일반적으로 중장기의 개발시간과 막대한 연구개발비용이 소요됨

□ 국내 건설산업의 구조는 하도급 체계로서 기술경쟁이 아닌 가격경쟁 중심의 산업구조가 됨으로써 시장 자율에 의한 친환경 저에너지 기술의 개발 및 실현은 어려우므로, 합리적인 정책 및 제도 개발과 정부 지원을 통해 국가 주도의 기술 개발 및 상용화 추진전략이 필요함

다. 사업 추진의 시급성

□ 2013년 기후협약 이행에 따른 이산화탄소 감축 할당량을 만족시키기 위해 산업 생산량을 줄이거나 외국의 탄소배출권을 구매해야 할 실정. 이는 각종 무역규제와 정책에 의해 발생되는 환경비용 증가와 더불어 국가 경쟁력 약화를 초래할 수 있음

□ 주요 선진국은 에너지절감 및 온실가스 배출저감, 녹색 건설시장 선점을 위해 친환경 저에너지 건축과 관련하여 공격적인 정책 시행과 대규모 기술개발 투자 및 지원을 병행하고 있음

□ 레하우, 바스프, 듀퐁 등 세계적 선도 자재 업체는 새로운 고효율 건축자재의 국내 선점을 유지하고 있으며, 국내 기업의 경우 신제품을 위한 원천기술 및 제조 기술의 대부분을 독일, 일본, 프랑스 등 선도기업의 기술력에 의존하고 있음

□ 외국 기업이 새로운 시장을 선점하기 위해 발걸음을 재촉하고 있는 상황에서 우리 기업들의 투자와 기술 개발이 늦어지면 시장을 다 빼앗길 수도 있음. 지금이라도 새로운 시장변화에 대한 인식을 바탕으로 기술개발을 통해 경쟁력을 강화할 수 있어야 함.

2. 정책적 일관성과 연계성

가. 상위 계획과의 부합성

□ 국가/산업 차원 계획과의 부합성

우리나라에서는 국가적 차원에서 기후변화협약에 대응하기 위해「저탄소 녹색성장」 비전선포(2008.8) 후,「녹색기술 연구개발 종합계획」(2009.1)을 수립하여 27대 중점육성기술을 중심으로 2012년까지 2008년 대비 2배 이상으로 녹색기술의 R&D 투자를 확대함

□ 27대 중점육성 기술 중 ‘친환경 저에너지 건축기술’(소관부서: 교육과학

기술부, 지식경제부, 국토해양부, 농촌진흥청)에서는 고효율 냉난방 설비기기, 폐열회수형 공기정화 환기장치, 친환경 외피시스템, 신재생에너지 설비시스템 등을 통해 건축물 에너지 소비절감 및 이산화탄소 배출을 최소화하는 그린빌딩/그린홈 구축을 위한 기술 개발 진행

□ 또한, 첨단 신소재, 신공법, IT-건설 융복합 등 원천기술에 대한 R&D에 집중투자 후, 실용적 개별기술 및 융복합기술을 개발하여, 최종적으로 그린홈 100만호 건설 등 대규모 실증 시범화 사업을 추진함

□ 목조건축에 최적화된 친환경 저에너지 건축기술을 개발하는 것은 국가차원의 기후변화협약 대응 정책에 부합함

나. 국토해양부 및 관련 부처 정책 목표와의 연계성

□ 2011년 6월 8일에 국토해양부, 녹색성장위원회, 국가건축정책위원회가 공동으로 발표한 '녹색건축물 활성화 방안'은 그간의 성과를 평가하고 건축 단계별 종합적•체계적 접근을 통해 건축물 전생애 과정을 통한 녹색화를 유도함

□ 공동주택은 2025년까지 제로에너지 목표를 달성하기 위해 2012년부터 에너지 의무 절감률을 단계적으로 높이고*, 2020년까지 그린홈 200만호(년 20~25만호)가 건설될 계획

□ 국토해양부는 2012년 2월 22일에 「녹색건축물 조성 지원법」을 제정하여 공포함. 「녹색건축물 조성 지원법」은 우리나라 건축물 부문이 국가 온실가스 배출량의 1/4을 차지하고 있어 2020년까지 건축물 부문의 온실가스 감축목표(26.9%)를 설정하고, 녹색건축 활성화를 위한 종합. 체계적인 추진기반을 마련하기 위한 것임

□ 목조건축에 최적화된 저탄소 녹색 건축기술을 개발하는 것은 건축물 부문의 온실가스 감축 목표를 설정하고 녹색건축 활성화를 추진하는 국토부 및 관련 부처의 정책과 연계되는 것임

4절 경제적 타당성

□ 최근 한국의 건축시장은 크게 위축되고 있는데 이런 현상의 큰 원인은 아파트 수요의 급격한 축소 때문이다. 본 연구를 통해 목조건축의 산업화를 이룸으로써 목조건축이 건축시장의 한 업역으로 자리잡을 수 있을 것이다. 이에 따라 본 연구개발과제는 건축시장을 활성화하는 경제적 효과를 가져올 것으로 기대된다.

□ 연구개발사업이 어느 정도의 경제적 효과가 있는지를 사회적 또는 국가 전체적 관점에서 파악하기 위해 분석하며, 주로 비용-편익분석을 기본적으로 실시하나, 비용-편익분석이 적합하지 않은 연구개발사업의 경우 경제사회적 과학기술적 파급효과 등을 산출하고 이를 통해 비용-효과분석을 실시함

1. 사업 경제성 분석

□ 목조건축에 최적화된 저탄소 녹색 건축 관련 기술개발의 경우, 기술 선진국에 대한 원천기술 의존도 감소 및 해외 시장 진출을 통해 세계 녹색 건설 시장 선점과 매출액 증대에 유리한 위치를 갖게 될 것임

2. 경제사회적 파급효과

가. 생산증대

□ 목조건축에 최적화된 저탄소 녹색 건축기술 개발 및 산업화로 통해 국제 경쟁력 확보와 부가가치 창출 효과 기대

□ 목조를 활용한 건축물은 주거부분과 비 주거부문으로 구분할 수 있음. 본 기획연구에서는 비 주거 부문을 연구의 범위로 한정한바 해외 사례를 통하여 비 주택부문의 시장 규모 예측을 위한 대상을 선정

□ 비 주거부문 목조 활용을 위한 사례를 살펴보면 일본의 경우 그림 80과 같이 진료소, 보육원, 도서관, 초등학교 등과 같은 저층 중·소규모 공공

시설물에 활용되고 있음. 따라서 국내 비 주거부분 목조 건축물 시장 또한 유사한 형태로 발전할 것으로 예측됨. 이에 국내 목조 건축물 시장 규모예측은 비 주거부문을 대상으로 함.



[그림 84] 비 주택부문 공공시설물 목조 활용 사례

□ 목조 건축물 시장 활성화를 위해서는 도입 초기에 법·제도 지원에 따른 공공시설물의 의무 건축을 통한 시장을 형성시킨 후 순차적으로 민간 시장을 활성화하여야 함.

□ 목조 건축물 시장 규모 예측을 위한 전제 조건으로 신재생에너지의무할당제[Renewable Portfolio Standard ; RPS]와 같이 공공건축물에 목조 의무 비율을 2015년부터 시행하여 2020년 10%를 전제하며, 이후 매년 1% 공공 발주량 증가를 예상함. 또한 2011년 국가 건설 발주량 중 공공 부분 비 주거부문 발주량을 기준으로 매년 3% 성장하여 물량이 발주됨을 전재함. 이를 통해 분석할 경우 목조 건축물 시장은 규모는 2015년 1,751억원에서 의무 비율 10%가 달성되는 2020년에는 10,151억원 이후 민간 시장 활성화에 따른 시장 규모 확대에 따른 비율까지 포함할 경우 2030년 27,283억원으로 예상됨(표 41참조).

[표 40] 목조 건축물 신규 시장 규모 예측 **단위 : 억원, %**

구분	2011년	2015년	2020년	2025년	2030년	비고
국가 전체 건설발주량	1,107,010	1,245,950	1,444,399	1,674,455	1,941,153	
공공 비 주거 부문 발주량	77,796	87,560	101,507	117,675	136,417	
목조 의무 비율		2%	10.0%	15.0%	20.0%	
목조 신규 시장	-	1,751	10,151	17,651	27,283	
목조 신규 시장/ 국가 전체 건설발주량	0.0%	0.1%	0.7%	1.1%	1.4%	

나. 고용증진

□ 목조건축에 최적화된 저탄소 녹색 건축기술 개발 및 산업화로 인해 저탄소 녹색 목조건축 분야 전문인력 양성 및 고용창출 효과를 기대

3. 과학기술적 파급효과

가. 기술혁신 기반마련

□ 전문기술분야의 네트워크 형성

다각적인 전문기관 간 융합과 집중적 기술 개발 및 투자를 통해 원천기술을 보유한 기관과 이를 활용하여 제품으로 상용화할 수 있는 기관과의 연결 네트워크 구축을 기대

나. 지식증진

□ 창출되는 정보의 양과 유용성

- 세부과제별로 논문건수, 특허출원 건수를 분석한 결과 논문 건, 특허 건의 과학기술적 성과를 기대할 수 있을 것으로 분석됨
- 연구개발 성과들에 대한 활용 및 활성화를 통해 정부 연구개발의 투자 효율화 실현과 사업성과의 확산 가능성을 기대할 수 있으며, 신규시장 창출이나 기존시장 점유율 확대를 기대할 수 있음

□ 지식증진의 시급성과 필요성

국가 차원의 온실가스 감축 목표 실현을 위한 건축부문의 설정 목표 실현, 저탄소 녹색 건축시장 선점을 위한 선진국들의 적극적인 정책 및 투자, 주요 해외기업들의 시장 선점 우려 등으로 인해 목조건축에 최적화된 저탄소 녹색 건축 관련 기술개발 및 지식증진이 시급하게 필요함

5절 종합평가 및 결론

□ 사전타당성 조사에 대한 종합평가는 첫째, 기술적, 정책적, 경제적 측면의 타당성 조사 결과를 토대로 항목들을 종합적으로 분석하기 위해 다기준분석의 일종인 퍼지·델파이 계층화분석법(FD-AHP : Fuzzy Delphi Analytic Hierarchy Process)을 활용함. 참고로, 사전타당성 조사는 각 측면별로 정량적으로 계산해야하나 현시점에서는 불가능하므로 전문가 의견을 토대로 설문조사를 실시하여 사전타당성 분석을 수행함. 둘째, 참여하고 있는 연구실무자들이 산정된 중요도(가중치)를 토대로 본 기획과제의 사전타당성 평가를 실시함.

□ 사전타당성 분석(기술적, 정책적, 경제적)을 목적으로 본 기획과제에 분류한 하위 8가지 대분류와 28개 소분류의 분석항목들의 중요도를 판단하기 위해 참여하고 있는 연구실무자들로부터 설문조사를 실시함.

□ 본 기획과제에 참여하고 있는 13명의 연구실무자들을 대상으로 설문지를 보내어 100% 회수하였음. 하지만 일관성 검증에서 연구실무자 설문조사에서 얻어진 데이터 중 논리적 일관성을 확보한 5명의 결과만이 검증되어 이들 5명을 대상으로 중요도를 산정하였음.

□ 표1과 같이, 중요도 산정결과, 본 기획과제는 경제적(0.465)>정책적(0.309)>기술적(0.226) 타당성 순으로 중요하다고 분석되며 기술적 타당성은 사업의 창의성과 연계성 측면 (0.546)에서, 정책적 타당성에서는 정책적 중요성 측면(0.370)에서, 경제적 타당성에서는 경제사회적 파급효과측면이 중요성(0.610)이 크다고 산정됨.

□ 중요도를 산정한 후, 본 기획과제에 참여하고 있는 13명의 연구실무자들을 대상으로 각 항목에 대한 평가를 실시하기 위해 설문지를 보내어 100% 회수하였음. 모든 하위항목들을 0-100점을 기준으로 평가를 실시

□ 13개의 설문 결과에서 도출된 각 항목별 평균점수와 FD-AHP를 활용하여 산정된 가중치의 곱으로 각 항목에 대한 점수를 산정하여 본 기획과제의 종합적인 평가를 실시한 결과, 본 기획과제는 100점 기준에 93.25점으로 사업 추진이 매우 타당한 것으로 조사됨.

[표 41] 타탕성 분석을 위한 기본 분석 요인의 가중치(FD-AHP 활용)

구분	평가대상	평가항목	평가내용	종합
기술적 타당성 조사 (0.226)	사업의 창의성과 연계성 (0.546)	기존 사업과의 중복성 (1)	기존 사업과의 중복성 여부(목적, 대상등) (0.070)	0.009
			기존 사업과의 연계성 (0.930)	0.115
	기술 개발의 적절성 (0.454)	기술 개발 계획의 우수성 (0.516)	사업의 목표, 내용, 성과의 구체성 (0.227)	0.012
			세부 사업목표와 연구 내용의 적절성 (0.212)	0.011
			추진체계의 적절성과 실효성 (0.268)	0.014
			기대되는 성과의 활용도와 활용계획 (0.293)	0.016
		기술 수준 및 개발 성공가능성 (0.484)	기술 수준 및 연구개발 기반 (0.239)	0.012
			기술 개발의 기대 수준 (0.159)	0.008
			기술 개발의 성공가능성 (0.286)	0.014
			기술적 위험요소와 대안 (0.127)	0.006
			효율적인 성과관리 체계 (0.189)	0.009
정책적 타당성 (0.309)	정책적 중요성 (0.370)	국가 전략적 중요성 (1)	국가 차원에서의 필요성 (0.196)	0.022
			정부 지원의 타당성 (0.285)	0.033
			사업 추진의 시급성 (0.519)	0.059
	정책적 일관성과 연계성 (0.277)	상위 계획과의 부합성 (1)	국가/산업차원 계획과의 부합성 (0.628)	0.054
			국토해양부 및 관련 부처 정책 목표와 계획 (0.372)	0.032
	정책적 추진력 (0.353)	사업추진 의지 및 관련기관 협조체계 (1)	조직 및 기관의 사업 추진의지 (0.242)	0.026
			관련 기관 및 부처의 협조체계 (0.758)	0.083
경제적 타당성 (0.465)	사업 경제성 분석 (0.189)	생산비용 절감 (0.546)	신기술을 적용한 생산공정 개선효과 분석 (1)	0.048
		매출액 증대 (0.454)	신기술 개발로 인한 국내외 기술선점에 따른 효과 분석(1)	0.040
	경제 사회적 파급효과 (0.610)	생산증대 (0.845)	연구개발사업으로 인한 생산 및 부가가치 증대 효과 분석(1)	0.240
		고용증진 (0.155)	증대되는 생산으로 인한 고용 및 임금 증대효과 분석 (1)	0.044
	과학 기술적 파급효과 (0.201)	기술혁신 기반마련 (0.435)	첨단 연구분야 선점 가능성 (0.242)	0.010
			전문 네트워크 (0.758)	0.031
		지식증진 (0.198)	창출되는 정보의 양과 유용성 (0.742)	0.014
			지식증진의 시급성과 필요성 (0.258)	0.005
		인력양성 (0.367)	인력 수요 및 전망과의 부합성 (0.396)	0.014
			인력 양성 (0.604)	0.021
총합				1

□ 특히, 본 연구개발 사업으로 인한 생산 및 부가가치 증대효과 (23.25점) 측면에서 본 사업의 개발로 인해 기대됨. 또한, 기존사업과의 연계성 (9.64점), 정부지원의 타당성 (5.64점), 국가/산업차원 계획과의 부합성 (5.21점)에서 상대적으로 높은 점수를 받음으로써 본 기획과제는 정책적 타당성 측면에서 시급하다는 것을 알 수 있음.

표 2. 사전 타당성 분석 항목의 중요도 및 설문결과

평가 내용	중요도	설문결과	비고
기존 사업과의 중복성 여부(목적, 대상등)	0.009	0.77	
기존 사업과의 연계성	0.115	9.64	
사업의 목표, 내용, 성과의 구체성	0.012	1.15	
세부 사업목표와 연구 내용의 적절성	0.011	1.08	
추진체계의 적절성과 실효성	0.014	1.38	
기대되는 성과의 활용도와 활용계획	0.016	1.49	
기술 수준 및 연구개발 기반	0.012	1.07	
기술 개발의 기대 수준	0.008	0.73	
기술 개발의 성공가능성	0.014	1.36	
기술적 위험요소와 대안	0.006	0.57	
효율적인 성과관리 체계	0.009	0.84	
국가 차원에서의 필요성	0.022	2.20	
정부 지원의 타당성	0.033	3.23	
사업 추진의 시급성	0.059	5.64	
국가/산업차원 계획과의 부합성	0.054	5.21	
국토해양부 및 관련 부처 정책 목표와 계획	0.032	3.06	
조직 및 기관의 사업 추진의지	0.026	2.38	
관련 기관 및 부처의 협조체계	0.083	7.03	
신기술을 적용한 생산공정 개선효과 분석	0.048	4.46	
신기술 개발로 인한 국내외 기술선점에 따른 효과 분석	0.040	3.79	
연구개발사업으로 인한 생산 및 부가가치 증대 효과 분석	0.240	23.25	
증대되는 생산으로 인한 고용 및 임금 증대효과 분석	0.044	4.18	
첨단 연구분야 선점 가능성	0.010	0.88	
전문 네트워크 (0.758)	0.031	2.90	
창출되는 정보의 양과 유용성 (0.742)	0.014	1.29	
지식증진의 시급성과 필요성 (0.258)	0.005	0.46	
인력 수요 및 전망과의 부합성 (0.396)	0.014	1.29	
인력 양성 (0.604)	0.021	1.94	
합계	1.000	93.25	

제 7 장. 인력투입계획 및 소요예산 산정

제 1절. 연구일정에 따른 인력투입계획

제 2절. 소요예산 산정

7장 인력투입계획 및 소요예산 산정

1절 연구일정에 따른 인력투입계획

1. 총괄 인력투입계획

(단위 : 명)

세부과제	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
1세부	10	75	75	50	30	240
2세부	5	59	65	55	24	208
3세부	8	53	53	35	24	173
4세부	20	50	50	50	30	200
합계	43	237	243	190	108	821

2. 세부과제별 인력투입계획

(단위 : 명)

세세부과제		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
1세부	1세세부	10	25	25	20	-	80
	2세세부	-	25	25	15	15	80
	3세세부	-	25	25	15	15	80
	소계	10	75	75	50	30	240
2세부	1세세부	-	14	15	15	-	44
	2세세부	5	10	15	12	12	54
	3세세부	-	15	15	12	12	54
	4세세부	-	20	20	16	-	56
	소계	5	59	65	55	24	208
3세부	1세세부	8	16	16	12	9	61
	2세세부	-	13	13	9	5	40
	3세세부	-	13	13	7	5	38
	4세세부	-	11	11	7	5	34
	소계	8	53	53	35	24	173
4세부	1세세부	10	13	13	13	10	59
	2세세부	-	13	13	13	-	49
	3세세부	5	12	12	12	10	51
	4세세부	5	12	12	12	10	51
	소계	20	50	50	50	30	200
합계		43	237	243	190	108	821

2절 소요예산 산정

1. 총괄 소요예산 산정

(단위 : 백만원)

과제명	1차년		2차년		3차년		4차년		5차년		합계		총계
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	
1세부 과제	180	60	1,428	480	1,477	480	876	300	539	180	4,500	1500	6,000
2세부 과제	85.9	30	1,127.1	370	1,282	430	1,059.4	350	345.6	120	3,900	1300	5,200
3세부 과제	114	40	1,265	420	1,194	400	889	300	338	110	3,800	1270	5,070
4세부 과제	446	150	1,270	420	1,270	420	1,260	420	1054	350	5,300	1760	7,060
총괄	825.9	280	5,090.1	1,690	5,223	1,730	4,084.4	1,370	2,276.6	760	17,500	5,830	23,330

2. 세부과제별 소요예산 산정

(단위 : 백만원)

과제명	1차년		2차년		3차년		4차년		5차년		합계		총계
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	
1세부 과제	180	60	1,428	480	1,477	480	876	300	539	180	4,500	1500	6,000
1세세부	180	60	536	180	492	160	292	100	-	-	1,500	500	2,000
2세세부	-	-	447	150	492	160	292	100	269	90	1,500	500	2,000
3세세부	-	-	445	150	493	160	292	100	270	90	1,500	500	2,000
2세부 과제	85.9	30	1,127.1	370	1,282	430	1,059.4	350	345.6	120	3,900	1300	5,200
1세세부	-	-	250	70	280	90	220	70	-	-	750	230	980
2세세부	85.9	30	200	50	330	110	270	90	245.6	90	1,041.5	370	1,411.5
3세세부	-	-	250	70	280	90	230	70	100	30	860	260	1,120
4세세부	-	-	427.1	180	392	140	339.4	120	-	-	1,158.5	440	1,598.5
3세부 과제	114	40	1,265	420	1,194	400	889	300	338	110	3,800	1270	5,070
1세세부	114	40	417	140	394	130	293	100	111	40	1,329	450	1,779
2세세부	-	-	304	100	286	100	213	70	81	30	884	300	1,184
3세세부	-	-	291	100	275	90	205	70	78	20	849	280	1,129
4세세부	-	-	253	80	239	80	178	60	68	20	738	240	978
4세부 과제	446	150	1,270	420	1,270	420	1,260	420	1054	350	5,300	1760	7,060
1세세부	96	-	300	-	300	-	300	-	504	-	1,500	-	1,500
2세세부	-	-	170	30	170	40	160	40	-	-	500	110	610
3세세부	250	150	400	600	400	300	400	300	350	210	1,800	1260	3,060
4세세부	100	-	400	90	400	80	400	80	200	140	1,500	390	1,890

제 8 장. 과제 제안요구서 작성 및 평가기준 설정

제 1절. 과제 제안요구서(RFP)

제 2절. 평가기준 설정

8장 과제 제안요구서 작성 및 평가기준 설정

1절 과제 제안요구서(RFP)

1. 제1세부과제 RFP

세부과제명	목재 기술 연구
1.연구개발목표	
	- 전통/철물접합 기술 규격화/융복합화 및 장스팬·중층 구조 적용을 위한 접합기술 확보 - 목조건축 수평하중 보강 및 주거성능 확보를 위한 다기능 벽체 기술 개발 및 개구부 축조, 바닥프레임 구성 기술 개발 - 대형구조물 적용을 위한 지붕 트러스, 아치 구성 기술 개발 - 대단면재 최적건조스케줄 개발 및 에너지절감형 건조기술 개발 - 주요 구체구조 허용 습윤 상태와 생물열화 상관성 검정 - 생물열화에 의한 구체의 강도열화 메카니즘 해명 및 예측방법 개발 - 사용 중인 목구조 구체의 내구성능 부여 기술 개발 - 목구조건축물의 열화 조기발견을 위한 실용적 검사·진단, 유지관리 방법 확립 및 실효성 확보 검토 - 기능성 방화부재(방화벽, 방화문 등) 개발 - 프리패브 목조건축물의 모듈개발을 통한 부품/소재 산업의 육성모델 확립 - 하이브리드 소재 개발 및 부재 간 하이브리드 시스템 적용을 통한 고효율 소재 및 시스템 개발
2.연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	- 기술개발을 통한 자원절약 및 기후변화 대응 가능 - 탈콘크리트/탈아파트의 다양성 부여를 통한 국민복지 충족에 기여 - 향후 해외 기술의 유입과 동시에 축조기술까지도 해외에서 유입될 가능성이 높으므로 이에 대한 대비책이 요구됨 - 열화대책 기술의 유효성이나 장기성능의 열화 조기발견을 위한 실용적인 검사·진단, 유지관리 방법의 확립과 그 실효성 확보의 검토 등은 아직 초보단계임 - 목조건축물의 모듈화와 목조건축 산업의 근간이 되는 부품소재 산업의 공업화와 규격화/융복합화를 통해 목조건축의 품질향상과 비용절감을 동시에 제고하여, 친환경 건축물인 목조건축을 보급여야 함
□ 기술동향	- - 건축경기의 침체와 법/지원제도가 미비함에도 불구하고, 목조건축물은 지속적으로 증가하는 추세. 2001년 890동에서 2010년 약 9,500동으로 약 10배이상의 성장률을 보이며 시장 점유율을 늘려가고 있음. 이에 대한 국내 기술수준은 수요를 따라가지 못하는 실정임 - 목재접합 분야에서는 목재 유닛 간의 접합방법 및 그러한 접합이 가능한 목재 유닛의 개발방법이 연구되었으나 양·질적인 기술개발의 정도가 수요를 뒷받침하고 있지 못한 실정임 - 목조건축의 단면 구성부재의 개발과 관련한 국내의 기술개발은 거의 이루어지지 못한 실정으로 일부 연구적인 측면에서 SIP 패널 등의 적용한 결과를 제시하고 있으나 체계적 기술의 개발 및 산업계에서의

적용 등은 요원한 실정임
- 국내 주거용 건축물의 경우 온돌의 적용 및 건식 축조기술의 적용 등을 종합적으로 고려한 바닥 프레임의 축조가 요구됨
- 최근 우리나라는 평균 수명이 길어지면서 고령화 사회로 돌입하고 있으며, 은퇴자를 중심으로 목조건축물의 수요가 증가추세에 있으나, 건축수명이 인간의 수명보다 훨씬 짧은 25년으로 제외국에 비하여 극단적으로 짧고, 더욱이 사용 중에 각종 하자의 발생으로 개·보수비용이 건축물의 축조비용을 능가하고 있음(주택취득 비용은 생애 소득의 1/4~1/5에 해당)
- 일본에서는 최근 200년 수명을 목표로 한 「장수명화 건축물」을 추진하고 있으며, 그 배경에는 「물리적인 내구성」은 물론 여러 세대에 걸쳐 사용할 수 있는 「사회적인 내구성」관점에서 건축물을 사회재(社會財)로 취급함이 내포되어 있고, 그 때문에 유지관리에 인센티브를 주는 시스템 정비를 강조하고 있음
- 기둥-보 공법에 사용되는 부재의 경우에 단면이 크기 때문에 건조가 어렵고 건조결함의 발생 가능성이 매우 높음. 또한 부재의 목표함수율 도달여부를 현장에서 평가하기 어렵기 때문에 건조재의 품질관리에 한계가 있음. 따라서 구조부재의 생산에 적합한 적정 건조(함수율) 조건을 구명하고, 생산현장에서 대단면 구조부재를 효율적으로 건조할 수 있는 건조 공정의 개발이 요구됨

3.연구개발 내용

· 세세부과제 1 : 목조건축 구조성능 확보 기술 개발

▪ 개념
- 다층·장스팬 및 지붕 트러스·아치 등 대형 목구조물의 축조기술 확보 및 관련 세부 기술력 확보
- 전통 접합 방식 및 철물 접합 방식에 대한 장점의 극대화 및 단점 극복
- 수평하중 보강 벽체 기술 개발에 따른 내진 등 구조안정성 확보
- 공기단축에 따른 공사비 절감 및 이에 따르는 목조건축산업 활성화

▪ 과제의 범위
- 가구식 구조부재 및 지붕 구조체의 성능 확보 및 축조 기술 개발
- 장스팬·중층 구조 적용을 위한 철물접합기술 개발
- 수평하중 보강 다기능 벽체기술 개발
- 벽체 개구부 축조 및 바닥 프레임 구성 기술

연구개발 주요 내용	1차년도	·구조 성능평가 기준 설정 및 기법 개발 - 주요 구조부재 및 접합부의 성능 평가 기준설정 및 기법 개발 - 목조건축 구조시스템 개선안 도출 ·접합기술의 유형분류 및 기준 수립 - 가구식 접합부의 유형 분류 및 성능기준 설정 - 접합부 성능평가 및 기초 해석
	2차년도	·장스팬·중층 구조 접합기술 연구 - 다층 목조건축의 구조성능평가/접합시스템 개발 - 장스팬 목조건축의 구조성능평가/접합시스템 개발 - 트러스·아치 프레임 축조기술 연구
	3차년도	·수평하중보강 다기능 벽체 축조기술 연구 - 벽체 및 창호 시스템 유형 분류 및 기준 수립 - 목조건축의 벽체 및 창호 시스템 개선안 도출 - 개구부 포함 유니트 패널 및 일체화 기술 개발 - 바닥 및 지붕 프레임 축조기술 개발

	4 차 년 도	· 대형 목조건축의 구조 시스템 개발 - 대형 목조건축 구조 시스템의 Mock-up 적용 - Mock-up 적용에 따른 적용성 평가 및 문제점 도출 - 개발 제품의 시공기술 개발, 개발기술에 의한 축조실연 - 성능기준, 시제품, 표준도서 및 시방서 도출

· 세세부과제 2: 장수명 건축부재 기술 개발

- 개념
- 대단면 부재의 효율적 건조 기술 개발을 통한 가구식 구조의 효과적인 적용
- 목조건축물의 생물열화진단방법의 확립 및 구조부재에 대한 고내구성 부여로 주거환경의 안전성 제고
- 목조건축물의 장수명화로 목재에 축적된 탄소저장기간을 연장하고, CO2발생량을 대폭 저감할 수 있으므로 지구온난화 방지에 기여
- 내구수명 연장으로 건물축조에 소요되는 비용을 1/3이하로 절감
- 구조부재의 안전성 진단으로 중고주택의 품질보증, 목조건축물의 최대해충인 흰개미 방제대책 확립으로 품질보증 확립을 통해 주택거래의 활성화에 기여
- 과제의 범위
- 대단면 부재의 에너지 절감형 건조 공정 및 스케줄 개발
- 200년 내구 장수명화 건축물의 축조 기반기술 및 건축부재의 개발
- 건축물의 내구성능 증진에 필요한 요인의 조기 발견을 위한 실용적인 검사·진단, 유지관리 방법 확립
- 열화요인을 제거한 고내구성 건축재료 개발

연구 개발 주요 내용	2 차 년 도	· 대단면재 건조 영향인자 평가 - 국산 주요 침엽수재의 기본 물성 평가 - 수종별/온도별/함수율별 확산계수, 표면방사계수, 수축율 평가 - 건조특성 및 가공특성 연구 · 주요 구조부재의 열화진단기준 개발 - 생물열화촉진 환경평가(온습도, 함수율, 환기, 일조, 강우, 적설 등) - 비파괴방법에 의한 생물열화진단 유형 개발 - 목재사용 환경 범주별 생물열화 유형(표면오염균, 변색균, 갈색부후, 백색부후,건재해충, 흰개미)의 데이터베이스화
	3 차 년 도	· 대단면재용 최적 건조방법 및 건조스케쥴 개발 - 대단면재에 적절한 건조방법 모색 - 건조결함 최소화할 수 있는 건조스케쥴 개발 · 목조건축물의 내화·난연·방화기술 개발 - 난연처리 목재의 규격화 - 목조건축물용 난연목재의 표준화 - 내화,난연,방화기술 기준 마련 - 개발 기술 적용 실대건축물의 연소시험 - 목조건축물의 내화·난연·방화성능 기준정비 (법 · 제도)
	4 차 년 도	· 대단면재 건조기술 매뉴얼 및 표준화 - 대단면재 건조기술 매뉴얼 제작 및 보급 - 건조기술의 제도 및 법 규정 · 하자발생시 개/보수 정비 비용 절감 기술 - 신규 축조구법의 건전도 실태조사 - 내구성 확보를 위한 매뉴얼(안) 작성 - 구조구체가 허용할 수 있는 습윤상태의 검토
	5	· 목조건축물의 정비 추진에 관한 실증 연구

	차년도	- 목조건축물 열화 조기발견을 위한 실용적 검사 · 진단, 유지관리 방법 확립 및 실효성 확보 - 목조건축물 생물열화 성능평가 매뉴얼 실효성 검증 - 목조건축물의 내화·난연·방화성능 기준 실효성 검증

· 세세부과제 3: 공업화 부재 개발

- 개념
- 부품소재의 융복합화, 목조건축물의 모듈화와 목조건축 산업의 근간이 되는 부품소재 산업의 공업화를 통해 목조건축의 품질향상과 비용절감을 동시에 제고하여, 친환경 건축물인 목조건축을 보급할 수 있어야 함
- 목조 건축물에서 가장 중요한 것은 접합부의 설계이며, 가공비용, 시공의 용이성 등 철물 접합에 대한 연구와 산업화는 필히 이루어져야 함
- 공공건축물은 친화적인 목재의 사용으로 국민들의 심리적인 안정과 건강을 보장해 줄 수 있어야함
- 국내 목재산업의 발달로, 더 이상 수입에 의존하지 않는, 탄소상쇄제도에서도 국제적으로 유리한 위치를 선점하여야 함
- 소재 및 시스템적 하이브리드화로, 건축물의 다양한 목적 및 용도 창출이 가능하여야 함
- 과제의 범위
- 소재의 국산화를 위한 유통구조 개선과 부재가공 기술 연구
- 목재 시스템창호의 개발
- 창호일체형 벽체의 개발
- 소재의 융복합화를 통한 고성능/고품질 부재 개발
- 철물 접합부 산업의 육성
- 하이브리드 시스템 및 구조의 개발

연구개발 주요 내용	2차년도	· 공학목재 물성 분석 - 국내산 집성재 등 공학목재의 수종별 기본 물성 평가 (휨강도, 전단력, 수축 팽창률 등 KS에 기초한 시험방법 시행) · 부재 규격의 규격화/모듈화 - 목재부재의 규격화 모델 개발과 접합부를 설계하여 강도 평가 (프리컷 적용) - 국내의 철물 접합부 개발 및 물성 조사
	3차년도	· 창호-벽체 일체형 벽체 개발 및 강도 성능 평가 - 실제 벽체 실험 시행 및 성능 평가 - 부재와 벽체에 의한 단열 성능 계산(기밀성) - 개선안 도출 · 창호-벽체 일체형 벽체에 채움벽 적용시의 강도 및 효율성 실험 - 실제 벽체 실험 시행 및 성능 평가 - 부재와 벽체에 의한 단열 성능 계산(기밀성) - 개선안 도출 · 부재별 표준 규격 제안 - 비내력벽으로서의 모델(SIP 벽체 등) : 성능평가 및 개선안 도출
	4차년도	· 융복합화된 모델의 Mock-up 제작 · 개발된 모델의 구조성능 및 경제성 평가 · Mock-up 제작 후 구조성능 및 경제성 평가 - 지진에 대한 수평하중 저항성 확인 - 진동거동 파악

		· 모듈러 건축의 효과 분석 및 모듈 개발 - 비용절감 효과 분석 - 국내 건축 실정에 맞는 모듈 치수 개발
	5차년도	· 융복합화된 목조주택 모델 개발 - 집성재와LVL, PSL등의 공학목재를 구조재로써 복합적 용하여 접합부 파괴 실험 수행 : SSP, I-joist등 적용 검토 · 프리패브 목조주택의 개발(안) 확정 - Mock-up 적용을 통한 실제 비용 산출 및 품질 확인

4.연구개발 추진방법	
□추진전략 /추진체계	- 접합철물의 개발과 관련하여 북미의 철물제조 업체, 그리고 접합철물 적용 기술력과 관련하여 교토대학 및 홋카이도 대학 등과 연계하여 국내외적인 산학연 협력체계를 구축하여 연구개발을 수행함 - 내력벽 축조 기술 및 바닥프레임 축조 기술과 관련하여 유럽의 목조건축 업체와 협력체계를 구축하며 특히 내진성능의 확보와 관련해서는 캐나다의 FP Innovations 등 기관과 협조하여 본 과제를 수행함 - 국내에서 목조건축물의 내구성능 평가방법이 확보되어 있지 않고, 목조건축물의 사용환경범주별 생물열화에 대하여 조사된 바 없으므로, 본 과제를 통하여 생물열화의 유형을 개발하고자 함 - 확보된 생물열화 유형에 따른 내구성능 방법을 기 기술개발이 된 일본이나 유럽 등의 선진 점검기술 방법에 대입하여 국내 기술로 정착시키고자 함 - 특히 일본의 경우는 목조건축물의 유지관리 시스템이 잘 개발되어 있고, 업무지침서로 개발된 것이 있으므로 여기에 국내의 생물열화 유형을 적용하여, 한국형 목조건축의 유지관리 지침서를 개발하고자 함 - 흰개미에 대해서는 일본 교토대학 요시무라 교수 및 일본흰개미대책협의회 등과 국제공동연구를 추진하며, 국내의 ㈜한농 및 생물방제회사와 산·학·연 협력체계를 구축하여 흰개미 방제 매뉴얼을 개발함 - 기존 구조에서의 단가구조를 개선하기 위해 벽체-창호 일체형 프리패브 기술을 개발하여, 안정적이고 비용이 적게 드는 한국형 목조건축을 개발하는 것이 목적이다. 또한, 국내에 연구가 되어있는 집성재와 국산목재(낙엽송 등)의 데이터와 접합부 모델을 개발하여 상업화 단계의 융복합 목조 건축 모델을 개발한다. 이는 국내의 부품소재 기업들과 일본의 미야자키현 목재이용기술센터와의 협력을 통해 이루어 나갈 것임 - 현재 한국에서 시공되는 프리패브 주택은 창호가 부착이 안 된 상태로 이동되어 현장에서 부착을 하는 형태로 되어 있으나, 창호마저도 공장에서 조립하여 비용을 절감할 수 있는 모델을 개발함 - 일본과 유럽, 북미에서의 철물접합부 시장을 분석하고, 1세세부과제에서 검증된 철물 접합부 모델의 양산에 집중하여, 산업화시킬 수 있는 라인을 갖추고자 함

5.최종성과물	
□주요 최종성과물	• 대형 목조건축물 축조 기술 개발, 대형 목조건축의 벽체 및 창호 시스템 개발 - 현장적용 2건, 지적재산권 6건, 학술논문 15편 • 목조건축물의 생물열화진단 기준 및 매뉴얼 개발 - 지적재산권 4건, 학술논문 10건, 지침/매뉴얼 2건 • 벽체-창호 일체형 프리패브 방식의 하이브리드 테스트하우스 - 현장적용 2건, 지적재산권 6건, 학술논문 10편

6.사업기간 및 소요예산	
- 사업기간 : 2012 ~ 2017 (5년) - 사업예산 - 총사업비 : 54억원 (정부45억원/민간9억원)	
7.기타	

2. 제2세부과제 RFP

세부과제명	목조건축 생산기술 연구
1.연구개발목표	
목구조 구법 개발 목조건축 유형별 모델 개발 목조건축 설계시스템 개발 목조건축 시공기술 개발 목조건축의 유지관리기술 개발 목조건축의 LCC기반 LCCO2 관리기술 개발	
2.연구개발 필요성 및 기술동향	
ㅁ연구개발의 필요성	전 지구적 환경 문제 대두 다양한 목조건축의 모델 필요성 건설 분야에서 에너지 및 자원의 투입을 최소화함으로써 궁극적으로 탄소 배출을 줄이기 위해서는 탄소 저감형 공법과 관리기술의 개발이 필요함 건설 프로젝트는 공법 및 관리기술에 따라 투입 자원 및 에너지 사용량, 탄소 배출량이 상이하므로 최적 대안을 선정하는 기법의 개발이 필요함 생애주기비용 (LCC: Life Cycle Cost)을 고려한 생애주기 CO2 (LCCO2) 배출 총량을 산정하고 의사결정을 지원하는 시스템의 개발이 필요함.
ㅁ기술동향	국내 기술동향 국토해양부 〈2009 건축구조기준〉 제정 경골목조건축의 단점을 보완한 기둥-보 공법의 ‘흔그린 목조건축’ 국립산림과학원 개발 목조건축물 품질관리 기술 미비 국외 기술동향 다양한 방법을 적용한 목재 건조에 관한 연구가 광범위하게 수행됨 기존의 규정적 설계법에서 성능에 기초한 설계법으로 전환되고 있는 추세 다층 목조건축물 설계 기술 개발 목조축조공법의 개발로 목조건축 시장 활성화 영국은 오는 2016년부터 신축되는 주택에 대해 탄소제로하우스를 구현할 수 있는 시스템 장착을 의무화하고 있음. 이를 위해 목조건축의 관리기술 개발과 보급에 집중적으로 투자함. 미국의 경우, 다양한 양식의 목조건축 도면이 개발되어 소비자들이 손쉽게 이를 접할 수 있으며 원하는 형태와 가격에 적합한 모델을 선정하고 그에 따른 시공사를 값싸게 구할 수 있는 체계가 갖추어져 있음. 따라서 목조건축을 활성화시키기 위해서는 소비자들의 욕구를 충족시키고 이들을

목조건축 시장으로 끌어들일 수 있는 자료의 개발 및 공법의 보급이 시급히 요구됨
일본의 경우, 목조건축의 대량생산을 위한 프리컷공법 등으로 경량목조건축이 2009년 97천동으로 전년대비 4.9%로 증가하였으며 목조건축의 보급이 꾸준히 지속되고 있는 추세임. 이는 목조건축 산업화를 위한 관리기술 및 공법의 개발로 인한 것이며 국내 목조건축을 활성화하기 위해서는 가격경쟁력을 높일 수 있는 선진기술의 도입이 시급히 요구됨.

3.연구개발 내용	

세세부과제 1 : 목구조 구법 개발

개념
다양한 목조건축 모델에 적합한 목구조 구법 개발
과제의 범위
목구조 구법을 유형화, 다양한 구법의 성능과 특성을 비교 · 분석
기존 구법유형의 문제점 분석, 개선방안 제시
국산 목재 특성에 적합한 새로운 구법유형 개발
선정 · 개발한 구법유형들의 mock-up 제작
구법유형의 적용성 분석 · 평가

연구개발 주요 내용	2차 년도	- 구법의 유형화 한국을 비롯한 동아시아, 그리고 서양의 목구조에서 사용되어 온 다양한 구법들의 유형화 - 기존 구법의 성능 · 특성 비교분석 다양한 기존 구법들의 성능과 특성 비교 · 분석 - 기존 구법 유형 문제점 분석, 개선방안 제시 전통 목구조, 일식, 양식, 절충 구조 등 기존 구법 유형의 문제점을 분석하고 새로운 목조건축 모델에 적용하기 위한 개선방안 제시 - 국산 목재 특성에 적합한 새로운 구법유형 개발 기존 구법유형의 한계를 극복하고 국산 목재 특성에 적합하며 새로운 목조건축 유형에 적합한 새로운 구법유형 개발
	3차 년도	- 구법유형의 mock-up 제작 선정 · 개발한 구법유형들의 mock-up 제작 - 저층집합주거 및 공공건축 모델에 적합한 구법유형 선정 mock-up 테스트를 거쳐 저층집합주거 및 공공건축의 다양한 모델에 적합한 구법유형 선정 - 저층집합주거 및 공공건축 모델별 구법유형의 적용성 분석 · 평가 목조 저층집합주거 및 공공건축의 모델들에 구법유형을 적용하는 시뮬레이션을 통해 선정 · 개발한 구법유형의 적용성 분석 · 평가
	4차 년도	- 목조 저층집합주거 건축의 표준 구법 개발 - 목조 공공건축의 표준 구법 개발

세세부과제 2 : 목조건축 유형별 모델 개발

개념
다양한 목조 저층집합주거 및 공공건축의 모델 개발

과제의 범위
사회적 수요가 큰 저층집합주거 및 목조건축을 선도해 나갈 목조 공공건축에 적합한 모델 개발 프로세스를 개발하고 그에 따라 유형별 특성 도출
- 저층집합주거 및 공공시설 유형별 모델을 개발

연구개발 주요 내용	1차 년도	- 목조 저층집합주거 및 공공건축 모델 개발 프로세스 정립 - 목조 저층집합주거 및 공공건축에 대한 사회적 요구조사 · 분석 - 목조 저층집합주거 및 공공건축 유형화
	2차 년도	- 목조 저층집합주거 및 공공건축 유형별 특성 파악, 설계기준 설정, 적정 규모 산정 - 목조 저층집합주거 및 공공건축 유형별 단위공간 모듈 및 공간구성 개발
	3차 년도	- 목조 저층집합주거 및 공공건축 유형별 모델 대안도출 - 목조 저층집합주거 및 공공건축 모델 대안의 특성평가
	4차 년도	- 목조 저층집합주거 및 공공건축 모델 개발 - 실증사업 모델 적용
	5차 년도	- 목조 저층집합주거 및 공공건축의 모델별 기본설계안 작성 - 실증사업 설계도서 작성

세세부과제 3 : 목조건축 설계시스템 개발

개념
다양한 구법과 접합방식, 그리고 국산 목재 특성, 자재 재활용 등 다양한 조건을 고려한 체계적인 목조건축 설계시스템(설계 표준, 설계기법) 개발
목조건축 설계시스템의 보급을 위한 통합설계정보시스템 구축
과제의 범위
목조건축의 설계 모듈 체계와 적용 기법을 개발하고 각종 설계기법을 목조건축에 적용하는 최적화 방안을 개발
가격, 구조성능, 환경성능의 등급에 따라 선택형의 목조건축 설계를 개발
목조건축설계도서 작성 기준과 지침(guideline) 제시
목조건축 통합설계정보시스템 구축

연구개발 주요 내용	2차 년도	- 목조건축 설계 전략 개발 용도별 대지조건, 입지별 규모별 설계 전략 개발 - 공급방식별 설계전략 개발 - 목조건축 설계요소 및 개발 - 공장 대량 생산을 뒷받침하기 위하여 목조 부자재 설계표준 개발 - 목조건축 단위공간 모듈화 기술 개발 - 목조건축 설계표준 개발 - 목조건축의 모델별, 부위와 재료 별 표준 상세 개발
	3차 년도	- 목조건축 설계기술 개발 목재의 특성을 고려한 설계기술과 설계기법 개발 - 목조건축 설계 모듈 체계와 적용 기법 정립 - 대공간 목조건축 설계기술 개발 - 목재와 타 재료를 결합하는 설계기술 개발 - 장수명의 목조건축을 위한 설계기술과 개보수 기술 개발 - 가격, 구조성능, 환경성능 등급을 충족하는 설계기술 개발

		- 각각의 목조건축 모델에 각종 성능 요건의 최적화 방안 개발 - 유지관리가 용이한 설계기술 개발 - 목조건축 통합설계정보시스템 구축
	4차년도	- 목조건축 설계지원 시스템 개발 BIM tool의 파라메트릭 로직(parametric logic) 특성을 활용한 부재, 부위, 부위 조합 유닛 모델링 등 설계지원시스템 개발 - 목조건축 통합설계정보시스템 구축
	5차년도	- 목조건축 설계도서 작성 기준 및 지침 개발 - 목조건축 통합설계정보시스템 구축

세세부과제 4 : 목조건축의 시공 · 유지관리기술 개발

개념

목조건축의 시공성 향상을 위한 공종별 시공 기술 개발, 공정 관리 시스템 개발에 따른 공기 단축 방안 수립 및 공종별 시방서 및 매뉴얼을 개발하여 국내 목조건축 산업화에 기여

목조건축 유지관리 기술을 향상시키기 위해 유지관리 프로세스 분석, 공종별 유지관리 시스템 개발, 장기 수선계획 시스템 개발하고 이에 따른 공종별 유지관리 시방서 및 매뉴얼을 작성

목조건축의 친환경성 및 경제성을 평가하기 위한 공사 원가 분석시스템, 생애주기 Energy 분석 및 비용 분석 시스템, 생애주기 CO2분석 시스템, LCC, LCCO2 최적화 시스템을 개발

과제의 범위

공종별 시공기술, 공기단축 방안 및 공정관리시스템 개발

단열, 방수 성능 향상 시공기술 개발

공종별 시방서 및 매뉴얼 작성

공종별 유지관리 및 장기수선 계획시스템 개발

공종별 유지관리 시방서 및 매뉴얼 작성

목조건축의 LCC기반 LCCO2 관리기술 개발

공사원가 분석시스템, 생애주기 Energy분석 및 비용분석 시스템

생애주기 CO2분석 시스템, LCC, LCCO2 최적화 시스템 개발

연구개발 주요 내용	2차년도	- 목조건축 시공기술 국내외 동향 조사 국내외 목조건축 시공기술관련 현황 조사 공정관리 현황 조사 - 목조건축 시공프로세스 분석 - 공기, 안전(시공 및 구조), 품질, 시공성, 생산성, 경제성 - 공정관리 시스템 개발 방향 설정 - 목조건축 부위별 유지관리 국내외 동향 조사 - 목조건축 유지관리 프로세스 분석 - 공기, 안전(시공 및 구조), 품질, 시공성, 생산성, 경제성 - 유지관리 시스템 개발 방향 설정 - 목조 건축 원가 관련 국내외 현황 조사 - 원가관리 프로세스 현황 조사 - 목조 건축의 LCC 기반 LCCO2 관리 시스템 개념 정립 - LCC 및 LCCO2 산정 모델 작성 - 자원/에너지량 분석 모델 정립 - 시뮬레이션 및 최적화 기법 분석

		- 공종별 시공기술 개발 (1) 단열, 방수 성능 향상 시공기술 개발 - 공정관리 시스템 개발 (1) 시공 프로세스 분석에 따른 문제점 도출 공정관리 시스템 모형 구축 - 공종별 유지관리 기술 개발 (1) 목조 건축물 부재의 장수명화 기술 개발 유지관리 시스템 모형 구축 - 장기수선 계획 시스템 개발 (1) 교체수선 (Replacement and Repair) 주기 분석 장기수선 계획 시스템 모형 구축 - 공사원가 분석 시스템 Prototype 개발 시스템 운영 알고리즘 개발 시스템 DB, 설계, E-R Diagram 작성 공사원가 분석 시스템 개발 - 생애주기 Energy 분석 및 비용 분석 시스템 Prototype 개발 시스템 운영 알고리즘 개발 시스템 DB, 설계, E-R Diagram 작성 생애주기 Energy 분석 및 비용 분석 시스템 개발
	3차 년도	- 공종별 시공기술 개발 (2) 시공성 및 경제성을 개선한 시공기술 개발 - 공정관리 시스템 개발 (2) 공정관리 시스템 개발 - 공종별 유지관리 시스템 개발 (2) 목조건축물 부재의 장수명화 기술 개발 유지 관리, 교체 수선 상세 기술 개발(구조, 건축, 기계, 전기, 설비) - 장기수선 계획 시스템 개발 (2) 교체수선 (Replacement and Repair) 주기 분석 장기수선 계획 시스템 개발 - 생애주기 CO2 분석 시스템 Prototype 개발 시스템 운영 알고리즘 개발 시스템 DB, 설계, E-R Diagram 작성 생애주기 CO2 분석 시스템 개발 - LCC기반 LCCO2 관리 시스템 Prototype 개발 시스템 운영 알고리즘 개발 시스템 DB, 설계, E-R Diagram 작성 LCC, LCCO2 산정 시스템 개발 LCC/LCCO2 최적화 시스템 개발 - 공종별 시공기술 개발 (현장적용) 시스템 평가 및 검증 문제점 도출 및 보완 - 공정관리 시스템 개발 (현장적용) 시스템 평가 및 검증 문제점 도출 및 보완 - 공종별 유지관리 시스템 개발 (현장적용) 시스템 평가 및 검증 문제점 도출 및 보완 - 장기수선 계획 시스템 개발 (현장적용) 시스템 평가 및 검증 문제점 도출 및 보완

		- 공사원가 분석 시스템 개발 (현장적용) 시스템 시범적용 및 평가 문제점 도출 및 보완 - 생애주기 Energy 및 CO2 분석 시스템 개발 (현장적용) 시스템 시범적용 및 평가 문제점 도출 및 보완 - LCC기반 LCCO2 관리 시스템 개발 (현장적용) 시스템 시범적용 및 평가 문제점 도출 및 보완
	4차 년도	- 공종별 시공기술 개발 (실용화) 시스템 보급 및 실용화를 위한 매뉴얼 작성 - 공정관리 시스템 개발 (실용화) 시스템 보급 및 실용화를 위한 매뉴얼 작성 - 공종별 유지관리 및 장기수선 계획 시스템 실용화 시스템 보급 및 실용화를 위한 매뉴얼 작성 - 공사원가 분석 시스템 개발 (실용화) 시스템 운영 매뉴얼 작성 시장 보급 및 국제화 계획 수립 - 생애주기 Energy 및 CO2 분석 시스템 개발 (실용화) 시스템 운영 매뉴얼 작성 시장 보급 및 국제화 계획 수립 - LCC기반 LCCO2 관리 시스템 개발 (실용화) 시스템 운영 매뉴얼 작성 시장 보급 및 국제화 계획 수립

4.연구개발 추진방법	
□추진전략	산/학/연 연계로 연구결과의 공정성, 정확성 및 실용성 추구 연구내용의 성격상 연구기관과 실무 건축가의 협력 연구 수행 과업의 품질의 보장을 위해서 자문단, 학회를 통한 검증 사회적 파급 효과가 크도록 현실적 요구 반영
□추진체계	단계별로 전문 자문진을 구성하여 단계별 피드백이 가능하도록 계획함으로써 효율적이고 실용적인 연구결과가 도출 가능하도록 구성 각 단계의 성과가 다음 단계의 기초자료로 연결됨으로써 유기적으로 연구가 진행될 수 있도록 과업수행체계 구성 본 과업의 성과물이 실제 적용 또는 상용화/실용화가 가능하도록 기업 및 민간 부분과 관련 성과지표를 구축하고 단계별로 과업 성과물의 품질관리가 가능하도록 과업수행 체계 구성

5.최종성과물	
	1세세부과제 보고서 2건 논문 2건 mock-up 3건 2세세부과제 목조건축 모델 설계안 4건

목조건축 모델하우스 2건 논문 2건 3세세부과제 지침서 2건 설계종합도서 1건 표준상세도집 1건 통합설계정보시스템 1건 지적재산권 1건 4세세부과제 공종별 시공 기술 공정관리 시스템 공종별 유지 관리 시스템 장기 수선 계획 시스템 공사원가 분석시스템 생애주기 Energy 분석 및 비용분석 시스템 생애주기 CO2 분석 시스템 LCC/LCCO2 최적화 시스템 국내학술지 15건 해외학술지 3건 지적재산권 8건
6.사업기간 및 소요예산
사업기간 : 2013 ~ 2017 (5년) 사업예산 총사업비: 정부 39억원
7.기타

3. 제3세부과제 RFP

세부과제명	목조건축 녹색기술 개발
1. 연구개발 목표	
• 고성능 목조건축 외피 시스템 및 차음 시스템 기술 개발 - 목조건축의 재료 물성을 고려한 고기밀고단열 외피 시스템 기술 개발 - 목조건축의 차음 특성을 고려한 고성능 건식 차음 시스템 기술 개발 • 고효율 목조건축 냉난방공조 시스템 및 급배수 시스템 기술 개발 - 목조건축의 열적 특성에 적합한 고효율 냉난방공조 시스템 기술 개발 - 목조건축의 구조 및 재료 물성에 적합한 물 절약형 급배수 시스템 기술 개발 • 목조건축 건물일체형 신재생에너지 시스템 및 통합운영 시스템 기술 개발	

	- 목조건축의 구조 및 열부하 특성에 적합한 건물일체형 신재생에너지 시스템 기술 개발 - 목조건축의 열부하 특성을 고려한 신재생에너지 시스템의 통합운영 시스템 기술 개발 • 목조건축 에너지성능 평가 시스템 기술 개발 - 목조건축 건축자재 및 설비시스템의 데이터 모델 및 기초 데이터 DB 구축 기술 개발 - 목조건축 자재 특성을 고려한 에너지성능 평가시스템 기술 개발
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발 필요성	- 목조건축의 주된 자재인 목재는 생장과정에서 탄소를 흡수하고, 목재로 제조되는 과정에서도 다른 건축재료에 비해 탄소 방출량이 적을 뿐 아니라, 목재로 존재하는 동안에도 연소되거나 썩을 때까지 고체로서 고정된 탄소를 계속해서 저장하고 있으므로, 목조건축은 그 자체로서 이산화탄소 저감 효과가 뛰어난 건축 형태임 - 목조건축은 목재 고유의 특성 상 콘크리트나 금속보다 단열성능이 우수하며, 이에 더해 자연형, 설비형, 신재생에너지 시스템 등 다양한 저에너지 친환경 건축기술을 접목함으로써 건축물의 전생애과정에서 가장 많은 에너지를 소모하는 운영단계의 에너지 소비까지 감축시키게 된다면, 에너지 절약 및 온실가스 감축, 나아가 지구온난화 방지를 위한 가장 효과적인 건축형태가 될 것임 - 그간의 저에너지 친환경 건축기술은 대부분 콘크리트조나 철골조 등의 건축물을 대상으로 하여 연구개발되어 왔음 - 목조건축은 목재 특유의 물리적, 화학적 성질을 가지고 있으므로, 목조건축에 최적화된 저에너지 친환경 건축기술이 개발되어야 함 - 목조건축의 운영단계에서의 에너지소비량과 이산화탄소 배출량을 저감하기 위해서 - 자연형 시스템과 관련하여 목조건축에 적합한 고기밀고단열 벽체시스템, 고기밀고단열 창호시스템, 기밀시스템, 차음시스템 등의 개발이 필요함 - 설비형 시스템과 관련하여 목조건축에 적합한 고효율 냉난방 시스템, 공조환기 시스템, 급배수시스템 등의 개발이 필요함 - 신재생에너지 시스템과 관련하여 목조건축에 적합한 건물일체형 태양광 시스템, 지열 시스템 등의 통합기술 개발 및 팩키지(Package)화가 필요함 - 목조건축 건축자재 및 설비시스템의 데이터 모델 및 기초 데이터 DB 구축 기술과 이를 기초로 목조건축 특성을 고려한 에너지성능 시뮬레이션을 통해 저에너지 친환경 목조건축의 통합설계와 성능평가를 지원하는 시스템의 개발이 필요함 - 실제 제품화 및 산업화하여 실사용 건축물에 적용가능한 저에너지 친환경 건축기술을 개발하기 위해서는 실험용 주택을 짓고 다양한 물성실험과 시제품 제작과정을 거쳐야 하므로 막대한 예산과 연구 인력, 실험장비 등이 필요하여 일부 대기업을 제외한 대부분의 건설업체에서는 자체적인 역량으로 기술을 개발하고 보유하기 어려움 - 현재 목조건축 사업을 수행하고 있는 대부분의 건축업체는 영세한 중소업체이므로, 자체 예산과 인력, 장비 등으로 목조건축에 최적화된 저에너지 친환경 건축기술과 제품을 개발하기 어려움 - 목조건물의 우수한 단열 성능, 경제성, 그리고 기후 변화를 완화시킬 수 있는 탄소 저장과 대체 효과 등으로 인해 스웨덴, 영국 등 유럽과 미국, 캐나다 등에서는 정부 차원의 연구개발과 정책적 지원 등을 통해 중층 목조 건축이 장려되고 있음 - 캐나다 등에서는 정부 차원에서 목조건축산업 활성화와 해외수출을 지

원하며 이퀼리브리엄 하우스(Equilibrium House) 등의 저에너지 친환경 건축기술을 개발하고 있음
- 목조건축의 우수한 친환경성, 전 세계적인 목조건축 및 친환경 건축시장의 성장 추세, 영세한 국내 목조건축 업체 현실, 목조건축 시장 및 친환경 건축기술 종속화 우려 등을 고려할 때, 정부 차원에서의 전폭적인 지원과 기술개발, 기술이전 등을 통해 세계 일류 수준의 저에너지 친환경 목조건축 기술 역량을 확보하고 녹색성장을 위한 신성장동력으로 육성하는 것이 절실히 필요함

□ 기술동향

- 유럽 등에서는 진공단열, 슈퍼창, 초단열벽체 등이 개발되어 상업화 중. 국내의 경우, 초단열 소재, 공조기술은 정부 주도로 연구가 진행되고 있고, 스마트 창호, 진공단열 등의 기술은 기초연구 단계
- 건물에서의 공기조화기, 냉동기, 보일러 등과 같은 열원 및 설비의 효율 향상을 위한 기술은 지속적으로 발전되어 오고 있으며, 주요 선진국에 대비하여 기술 경쟁력과 가격 경쟁력을 지니고 있음
- 국내 주거용 건물의 경우, 온돌난방 시스템이 특화 기술로 상용화되고 있으며, 이러한 기술은 중국을 포함한 아시아 시장과 동일 기후대의 주요 선진국에 보급 가능성이 높은 것으로 전망됨
- 태양광, 태양열 설비의 건축물 융합 기술, 히트 펌프 등과 연계한 지열 활용 기술, 연료전지의 컴팩트화 및 건물 열원설비 연계기술은 원천기술의 국산화가 낮은 특성을 지니나, 최근 신재생에너지 기술개발의 필요성과 함께 국가 중심의 연구개발 지원 투자와 보급사업을 추진함에 따라 향후 시장수요가 급증할 것으로 전망함
- 건물에너지 제어 및 관리를 위한 IT 융복합 기술은 현재 에너지다소비형 건물에 대한 에너지절감이 강화되고 있기 때문에 건물 에너지/환경 수요예측 기술, 에너지 기반 건물 에너지 설계 시스템 및 관리 시스템 기술, 친환경/에너지 센서 기술, 건물 에너지 서비스 프레임 워크 기술 등을 통해 건물 공간의 지능화 및 가정자동화가 추진 중임

3. 연구개발 내용

· 세세부과제 1 : 고성능 목조건축 외피 시스템 및 차음 시스템 기술 개발

- 목조건축의 재료 물성을 고려한 고기밀고단열 외피 시스템 기술 개발
- 목조건축의 차음 특성을 고려한 고성능 건식 차음 시스템 기술 개발

연구개발주요내용		
	1차년도	· 목조건축의 단열 특성 및 기밀 특성에 적합한 단열 시스템 및 기밀 시스템 도출 · 목조건축의 바닥 및 벽체의 차음 특성에 적합한 건식 차음 시스템 도출
	2차년도	· 목조건축의 단열특성 및 기밀특성을 고려한 단열시스템 및 기밀시스템 구성요소 개발 · 목조건축의 차음 특성에 적합한 건식 차음 시스템 구성요소 개발
	3차년도	· 고기밀고단열 목조건축 외피 시스템 프로토타입 개발 · 고성능 목조건축 건식 차음 시스템 프로토타입 개발
	4차년도	· 고기밀고단열 목조건축 외피 시스템의 실증평가 및 성능개선 · 고성능 목조건축 건식 차음 시스템의 실증평가 및 성능개선
	5차	· 고기밀고단열 목조건축 외피 시스템의 설계지침 및 시공지침 개발

	년도	· 고성능 목조건축 건식 차음 시스템의 설계지침 및 시공지침 개발

· 세세부과제 2 : 고효율 목조건축 냉난방공조 시스템 및 급배수 시스템 기술 개발

- 목조건축의 열적 특성에 적합한 고효율 냉난방공조 시스템 기술 개발
- 목조건축의 구조 및 재료 물성에 적합한 물 절약형 급배수 시스템 기술 개발

연구개발주요내용	2차년도	· 목조건축의 열적 특성에 적합한 고효율 냉난방공조 시스템 도출 · 고효율 목조건축 냉난방공조 시스템의 구성요소 개발 · 목조건축의 구조 및 재료 물성을 고려한 급배수 시스템 방식 도출 · 유지관리가 용이한 물 절약형 목조건축 급배수 시스템 구성요소 개발
	3차년도	· 에너지 저감을 위한 목조건축 냉난방공조 제어 시스템 및 운전방식 개발 · 목조건축의 재료 물성 저하가 없는 설치방법 및 물 절약형 운전방식 개발
	4차년도	· 고효율 목조건축 냉난방공조 시스템 및 제어시스템의 실증평가 및 최적화 · 물 절약형 목조건축 급배수 시스템의 실증평가 및 최적화
	5차년도	· 고효율 목조건축 냉난방공조 시스템의 설계지침 및 시공지침 개발 · 물 절약형 목조건축 급배수 시스템의 설계지침 및 시공지침 개발

· 세세부과제 3 : 목조건축 건물일체형 신재생에너지 시스템 및 통합운영 시스템 기술 개발

- 목조건축의 구조 및 열부하 특성에 적합한 건물일체형 신재생에너지 시스템 기술 개발
- 목조건축의 열부하 특성을 고려한 신재생에너지 시스템의 통합 운영시스템 기술 개발

연구개발주요내용	2차년도	· 목조건축의 구조, 열부하 특성에 적합한 건물일체형 신재생에너지시스템 선정기법 개발 · 목조건축의 구조 및 열부하 특성에 적합한 건물일체형 신재생에너지 시스템 구성요소 개발 · 목조건축의 열부하 특성에 적합한 신재생에너지 시스템의 모니터링 및 제어 기법 도출 · 목조건축의 열부하 특성을 고려한 신재생에너지 시스템의 모니터링 및 제어 시스템 구성요소 개발
	3차년도	· 목조건축 건물일체형 신재생에너지 시스템 프로토타입 개발 · 목조건축 신재생에너지 시스템의 모니터링 및 제어 시스템 프로토타입 개발
	4차년도	· 목조건축 건물일체형 신재생에너지 시스템 실증평가 및 성능개선 · 목조건축 신재생에너지 시스템의 통합 운영 시스템 실증평가 및 최적화
	5	· 목조건축 건물일체형 신재생에너지 시스템의 설계지침 및

	차년도	시공지침 개발 · 목조건축 신재생에너지 시스템의 통합 운영 시스템 설계/시공/운영 매뉴얼 개발

· 세세부과제 4 : 목조건축 에너지성능 평가 시스템 기술 개발

- 4세세부과제:

- 목조건축 건축자재 및 설비시스템의 데이터 모델 및 기초 데이터 DB 구축 기술 개발
- 목조건축 자재 특성을 고려한 에너지성능 평가시스템 기술 개발

연구개발주요내용	2차년도	· 지역별 월간 표준 기상데이터 DB 구축 · 존 용도별 표준조건 설정 및 기초 데이터 DB 구축 · 목조건축 자재 특성을 고려한 에너지성능평가 기법 도출 · 목조건축 에너지성능 평가 시스템 알고리즘 개발
	3차년도	· 평가대상 목조건축 모델링 방법 개발 및 목재별 열적 특성 관련 기초 데이터DB 구축 · 목조건축 에너지성능평가를 위한 부문별 입력데이터 선정
	4차년도	· 적용 설비 시스템 모델링 방법 개발 및 시스템별 기초 데이터 DB 구축 · 적용 신재생 시스템 모델링 방법개발 및 시스템별 기초 데이터 DB 구축 · 목조건축 에너지성능평가 시스템 프로토타입 개발
	5차년도	· 목조건축 에너지성능평가 시스템 실증평가 및 성능개선 · 목조건축 에너지성능평가 시스템 사용자 매뉴얼 개발

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

- 국내외에서 기존에 연구 및 개발되었거나 상용화된 친환경건축기술을 면밀히 검토하고 분석하여 목조건축의 친환경성능 향상에 최적인 기술을 선별하고 이를 지리적, 기후적 조건과 재료별 특성을 고려하여 목조건축에 적합하도록 고도화하여야 함
- 개발기술에 대한 시뮬레이션 테스트, Mock-up 테스트, 현장적용 실험을 통해 개발기술의 실효성을 검증하여야 함
- 개발기술에 대한 실증사업 적용을 통해 산업화 가능성을 검증해야 함
- 산/학/연 연계를 통해 연구결과의 정확성,독창성,실용성을 추구해야 함

□ 추진체계

- 실용화 및 산업화를 위해 산/학/연 공동연구를 기본하며, 필요시 선도적 위치에 해외 주요 기관 및 전문가와의 공동연구를 추진할 수 있음
- 단계별로 국내외 전문가로 구성된 전문 자문진을 구성하여 단계별 피드백이 가능하도록 계획하여야 함
- 각 단계 연구결과가 다음 단계의 기초연구자료로 연결됨으로써 유기적이고 효율적인 연구가 진행될 수 있도록 과업수행체계를 구성해야 함
- 과업의 성과물이 상용화 및 산업화가 가능하도록 산/학/연 연구기관의 관련 성과지표를 설정하고, 단계별로 과업 성과물의 품질관리가 가능하도록 과업수행체계를 구성해야 함

5. 최종 성과물	

- 1세세부과제
  - 목조건축의 재료 물성을 고려한 고기밀고단열 외피 시스템 기술
  - 목조건축의 차음 특성을 고려한 고성능 건식 차음 시스템 기술
  - 학술논문 8건
  - 지적재산권 2건
  - 지침/매뉴얼 2건

- 2세세부과제
  - 목조건축의 열적 특성에 적합한 고효율 냉난방공조 시스템 기술
  - 목조건축의 구조 및 재료 물성에 적합한 물 절약형 급배수 시스템 기술
  - 학술논문 8건
  - 지적재산권 2건
  - 지침/매뉴얼 2건

- 3세세부과제
  - 목조건축의 구조 및 열부하 특성에 적합한 건물일체형 신재생에너지 시스템 기술
  - 목조건축의 열부하 특성에 고려한 신재생에너지 시스템의 통합 운영 시스템 기술
  - 학술논문 8건
  - 지적재산권 2건
  - 시스템S/W 1건
  - 지침/매뉴얼 2건

- 4세세부과제
  - 목조건축 건축자재 및 설비시스템의 데이터 모델 및 기초 데이터 DB 구축 기술
  - 목조건축 자재 특성을 고려한 에너지성능 평가시스템 기술
  - 학술논문 8건
  - 지적재산권 2건
  - 시스템S/W 1건
  - 지침/매뉴얼 1건

6. 연구기간 및 소요예산	

- 총 연구기간 : 2013~2017 (5년)
- 총 사업비 : 45.6억원 (정부: 38억원)

7. 기타	

4. 제4세부과제 RFP

세부과제명	
1.연구개발목표	
	- 목재기술, 목조건축 생산기술, 녹색기술 및 융합기술의 연구단 운영 및 총괄 목표 수행 - 목재 및 목조건축 활성화를 위한 정책, 제도, 법규 제안 - 한국형 목조건축의 보급화 활성화를 위한 목조건축에 최적화된 부품/소재 Database 및 통합정보시스템 등을 통한 산업화 기반기술 구축 - 실증사업을 통한 목재 및 목조건축의 기술적 융합 및 기술적, 정책적 참고체계 수립
2.연구개발 필요성 및 기술동향	-
□ 연구개발의 필요성	• 연구개발 필요성 - 목조건축의 활성화를 통해 목재의 이용을 증진시키는 것은 어느 한 분야만의 기술적 발전을 통해 가능한 것이 아니며 목재 및 목조건축 생산기술, 녹색기술 등의 융합기술이 통합적으로 발전할 때 가능한 것임. 각 분야의 균형 있는 기술개발을 위해 연구의 통합 조정 기능이 필요함 - 우리 목재의 이용을 촉진하고, 이를 통하여 더욱 많은 나무를 심고 목조건축을 위한 다양한 목재 가공품을 생산하도록 하기 위해서는 보다 체계화된 제도적 지원이나 법률적 권장이 필요함 - 정부 정책 뿐만 아니라 시대적 요구로 저탄소 건축물인 목조건축에 지대한 관심과 더불어 시장이 증대되고 있는 상황으로 부품/소재 활용을 위한 물류, 적산, 시공 및 유지관리 요구가 증대하고 있으나, 통합 정보시스템의 부재로 목조건축 보급 및 활성화를 저하시킴 - 대부분의 연구가 연구단계에서 머물러 실제 활용의 측면에서 많은 문제점들이 도출되는데, 본 실증사업에서 이 문제점을 극복하여, 기술의 완성도를 높이고, 실증사업에서 드러나는 현실적 요구조건을 해결함으로써 실제적인 기술개발 효과가 고양되도록 할 필요가 있음. • 정부지원 필요성 - 목조건축의 보급, 활성화를 위해서는 제도나 법규 등 정책 지원과 관련 분야의 산업화가 반드시 선행되어야 하며, 이는 민간 차원에서의 수익모델 창출 뿐 아니라 정부의 적극적인 지원이 반드시 수반되어야 함 - 표준화된 부품/소재의 DB에 따른 대량 생산과 더불어 유통단계의 축소, 소비자와의 연계를 위한 통합정보시스템의 구축이 필요
□ 기술동향	• 국내 기술동향 - 소방방재청은 숭례문 화재사고를 계기로 2008년도에 화재진압 자료로 활용하기 위해 전국 목조건축 문화재의 도면 등을 DB화하고 주요 문화재에 대해서는 시범적으로 3차원 입체도면(GIS)을 제작하여 소중한 문화유산을 보호하고자 함 - 국내의 경우도 전자정부구축에 따른 DB구축기술은 상당 수준에 이르렀으며, ERP, CRM, PMIS등 시장요구에 부응하는 다양한 개념의 구축사례가 많아지고 있다. 문서, 사진, 동영상 및 3차원 형상을 DB화하여 활용하는 등의 기반기술이 발전하고 있음. - 현대건축부분의 설계사 및 시공사 중심으로 도면관리 시스템, PMIS 도입이 활발한 것으로 알려져 있다. 하지만 시장이 작은 목조건축의 경우 해당 설계, 시공, 가공에 종사하는 관계자가 상대적으로 영세하여 체계적인 DB의 구축과 시스템 정립을 하지 못하고 있는 실정

• 해외 기술동향
- 친환경건축물 인증제도로서 영국 BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method), 미국 LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), 일본 CASBEE (Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency) 등이 있으며, 인증기관의 홈페이지를 통해 친환경·설비기술에 대한 관련 건축물 소개 및 요소별 DB가 구축되어 소개되고 있음

3.연구개발 내용

· 세세부과제 1 : 연구단

• 세세부과제 1 :
- 1세부과제인 목재기술, 2세부과제인 목조건축 생산기술, 3세부과제인 목조건축 녹색기술의 연구내용과 일정을 조정하여 통합된 목표를 달성하도록 관리함
- 1,2,3 세부과제의 연구개발 결과를 토대로 목조건축 융합기술로서의 정책연구와 산업화연구, 실증사업의 수행을 주관함

· 세세부과제 2 : 목조건축 제도 및 법규 개발

- 국내/외 목조건축 관련 정책 및 법령 분석
- 국내/외 목조건축 관련 국가 표준 건축설계기준 분석
- 목조건축 활성화를 위한 제도 수립
- 목조건축 활성화를 위한 법규 개발 및 제안

연구개발주요내용	2차년도	- 정책/제도/지침 개발(조정/통합)을 위한 마스터플랜 수립 - 정책/제도/지침과 관련된 국내의 현황 및 계획, 연구진행 분석 - 해외의 목조건축과 관련된 정책/제도/지침 분석정책/제도/지침 개발을 위한 조직 구성 (위원회/자문단) - 정책/제도/지침 개발을 위한 표준모형 작성
	3차년도	- 유관 연구팀 및 기관과의 협업 (연구방향/내용 조율) - 정책/제도/지침 개발을 위한 조직 운영 (위원회/자문단) - 각 세부과제별 정책/제도/지침 개발 진행 검토 및 조정 - 유관 연구팀 및 기관과의 협업 (연구방향/내용 조율)
	4차년도	- 각 세부과제별 정책/제도/지침 사전 개발안 취합 - 각 세부과제별 정책/제도/지침 사전개발안 분석 및 보완 - 유관 연구팀 및 기관과의 협업 (연구방향/내용 조율) - 각 세부과제별 정책/제도/지침 개발 결과 통합 - 정책/제도/지침의 국가적 채택 유도

· 세세부과제 3 : 한국형 목조건축 부품/소재 DB 및 통합정보시스템 구축

〔개념〕
- 목조 주택 산업화의 베이스가 되는 목조 주택에 사용되는 부품/소재의 치수 및 성능 표준화 및 기준 정립, 부품/소재의 평가를 통한 품질관리 매뉴얼 작성, 다양한 소재/부품 회사들에 대한 성능평가 지원, 실증사업 과정을 교육 자료로 제작하여 목조 주택의 산업화 및 활성화에 기여
- 한국형 목조건축에 최적화된 부품/소재 품질/규격정보의 표준화 및 자재정보의 DB화, RFID를 통한 자재관리 등의 융합기술 개발에 의한 통합정보시스템 구축 및 운용으로 국내 목조건축 산업화에 기여

〔과제의 범위〕
- 목조건축에 사용되는 부품/소재의 조사 및 분류를 통한 규격화
- 목조건축에 사용되는 부품/소재의 품질기준 개발 및 정립
- 1,2,3세부에서 개발되는 부품외의 부품/소재 최적화 기술 및 성능평가
- 실증사업을 활용한 인력양성용 교육자료 제작
- 목조건축에 최적화된 부품/소재, 표준설계, 표준구조, 성능 및 가격 등의 통합 DB 구축
- 목조건축 관련 정보 통합 DB 구축
- 목재유통 및 소비촉진 등 목재유통 활성화를 위한 소비자, 생산자, 설계자, 시공자 등이 원-스탑(One-Stop) 쇼핑이 가능한 전자상거래 구축

연구개발 주요 내용	1차년도	• 부품/소재의 표준화 및 정립 - 목조 건축물에 사용되는 부품/소재의 조사 및 분류 - 부품/소재의 표준화 조사 및 적용가능성 검토 - 표준화가 필요한 부품/소재 도출 • 목조건축물에 사용되는 부품/소재의 품질기준 조사분류 - 기존 품질기준 적용가능성 검토
	2차년도	• 목조 건축물에 사용되는 부품/소재의 품질기준 조사 및 분류 - 기존 품질기준 적용가능성 검토 및 품질기준 개발 - 목조 건축물에 사용되는 부품/소재에 대한 품질기준 정립 • 1,2,3 세부에서 개발되는 부품/소재 외의 최적화 기술 및 성능평가-① - 부재 및 부재간 소재 및 소재간 접착 및 연결 부품(실링재, 충진재, 접착재) 최적화 기술 - 방수재, 방습, 방부, 방충 관련 부품/소재 최적화 기술 - 마감재 부품/소재 최적화 기술 - 부품/소재 개발업체에 대한 성능평가 지원
	3차년도	• 1,2,3 세부에서 개발되는 부품/소재 외의 최적화 기술 및 성능평가-② - 부품/소재 개발업체에 대한 성능평가 지원 • 표준 부품/소재 Database - 부품/소재 통합정보전략(ISP) 수립 - 부품/소재 아키텍쳐 개발 - Database 문제점 도출 및 개선 - 부품/소재 표준 Database
	4차년도	• 통합정보시스템 구축 - 부품/소재 구성체계 표준화 방안 - DB 입력체계 표준화 - DB별 상호 연동성 검증 - 통합정보 시스템 지원 & 운영체계 구축 - 목재유통 및 목조건축 활성화를 위한 전자상거래 구축 - 전자거래 연계기능 구축 - 통합정보 시스템 시범운영 테스트 및 최적화 - 통합정보시스템 운영모델 개선 및 보완 • 시제품 제작 - 목조건축 모듈 시제품 제작 - 부품/소재 정보관리를 위한 RFID 적용 충돌방지 알고리즘 제시
	5차년도	• 최종 표준 DB구축 완료 • 통합정보시스템 시범운영 테스트 및 최적화 • 인력양성을 위한 교육자료 제작 및 교육실시

· **세세부과제 4 : 실증사업**

- 목재기술과 목조건축 생산기술, 목조건축 녹색기술 등 연구개발의 성과를 통합적으로 응용하여 실제 목조건축물을 설계하고 시공함으로써 그 효과를 검증함
- 학교나 행정기관 등의 공공건축물을 우선으로 하되 보편적 복지 시대의 패러다임에 걸맞는 후보 건물을 선정함
- 정부나 지방자치단체, 공·사기업 등의 참여 기관과 협약을 맺고 추진하여야 함

연구개발 주요 내용	1차년도	• 주거부문, 공공부문 실증사업을 추진이 가능한 지자체 또는 사업수행기관과 연계하여 기본계획 수립 - 지자체/사업수행기관과 연계하여 구체적 실증사업의 계획, 도면, 예산 수립 - 후보지 실사, 선정 및 법적 자료검토
	2차년도	• 주거부문, 공공부문 실증사업을 추진이 가능한 지자체 또는 사업수행기관과 연계하여 기술적 내용 적용 - 목재기술, 목조건축 생산기술 및 목조건축 녹색기술의 연구개발 내용 적용성 검토 및 적용기술 선정 - 공공건축물 기본설계 - 개발기술의 적용 및 기술검증과 기술개발과정으로의 피드백
	3차년도	• 주거부문, 공공부문 실증사업을 추진이 가능한 지자체 또는 사업수행기관과 연계하여 실물 설계 - 목재기술, 목조건축 생산기술 및 목조건축 녹색기술의 연구개발 내용 적용범위 확정 및 목업테스트 - 실시설계 반영 - 실시설계감리 수행 - 개발기술의 적용 및 기술검증과 기술개발과정으로의 피드백
	4차년도	• 주거부문, 공공부문 실증사업 대상건물 건립 - 시공사 선정 및 시공 - 공사의 기술적 부분에 대한 자문 및 감리 - 건물 완공
	5차년도	• 실증사업 평가 및 자료구축 - 경제성 평가 - 시공성 평가 - 저탄소성능 및 친환경성능 평가 - 만족도 조사 - 도면, 시방, 건설과정 등의 자료구축

4.연구개발 추진방법	
□ 추진전략	- 전체 세부과제의 연구내용과 일정을 고려하여 전체 연구의 통합 목표를 달성할 수 있도록 연구개발을 균형 있게 추진하여야 함 - 실증 사업을 통하여 각 세부과제의 연구개발 내용을 검증하고, 그 효과를 피드백하여 연구개발의 결과가 실제의 목조건축물에 기술적, 경제적으로 충분히 적용 가능함을 보일 것

ㅁ추진체계	- 본 과제의 주요 목적인 목조건축의 보급화 및 산업화를 위해 정책적 제안, 공업화 소재/부품의 생산 및 유통 시스템, 및 실증사업의 결과를 도출하고 과업 성과물의 품질관리가 가능하도록 성과지표에 따라 과업수행체계 구성 - 실용화 및 산업화를 위해 산/학/연 공동연구를 기본하며, 필요시 선도적 위치에 해외 주요 기관 및 전문가와의 공동연구를 추진할 수 있음 - 단계별로 국내외 전문가로 구성된 전문 자문진을 구성하여 단계별 피드백이 가능하도록 계획하여야 함 - 각 단계의 연구결과가 다음 단계의 기초연구자료로 연결됨으로써 유기적이고 효율적인 연구가 진행될 수 있도록 과업수행체계를 구성하여야 함 - 과업의 성과물이 상용화 및 산업화가 가능하도록 산/학/연 연구기관의 관련 성과지표를 설정하고, 단계별로 과업 성과물의 품질관리가 가능하도록 과업수행체계를 구성하여야 함
5.최종성과물	
	- 1세세부 과제 - 연구단의 전체 연구개발 결과 - 목재기술, 목조건축 생산기술, 목조건축 녹색기술, 제도 및 법규의 제안, 산업화체계, 실증사업의 균형 있는 체계 - 2세세부 과제 - 목조건축 활성화를 위한 제도 시안 - 목조건축 활성화를 위한 법규 시안 - 논문 2편 - 특허 등 지식재산권 2건 - 3세세부 과제 - 목조건축에 사용되는 부품/소재의 품질기준서 - 목조건축 교육자료 - 목조건축 부품/소재 DB - 목조건축 정보 제공, 유통 및 교육을 위한 통합정보시스템 - 논문 2편 - 특허 등 지식재산권 2건 - 4세세부 과제 - 실증사업 도면 - 실증사업 시방서 - 실증사업 결과물
6.사업기간 및 소요예산	
	- 사업기간 : 2013 ~ 2018 (5년) - 사업예산 - 총사업비 63.6억원 :정부 53 억원
7.기타	

2절 평가기준 설정

1. 평가기준

기준항목		세부항목
연구개발목표(10점)		○ 최종목표 및 연차별 달성목표의 명확성·타당성(5점) ○ 성과목표/지표 설정의 명확성·적정성(10점)
연구개발내용(20점)		○ RFP 와의 부합성 ○ 과제 목표달성을 위한 세부과제 구성 및 상호연계성(5점) ○ 연구개발내용의 완성도 및 실현가능성(5점) ○ 연차별 연구내용의 차별성 및 창의성(5점)
추진전략 및 계획(20점)		○ 연구수행체계 적정성(5점) ○ 연구추진 전략의 구체성·적절성(5점) ○ 연구인프라 및 연구지원시스템의 적절성(5점) ○ 연구기간 및 연구개발비 편성의 적절성(5점)
연구성과물 실용성 및 경제성(40점)		○ 개발기술의 혁신성·차별성(10점) ○ 활용방안의 적절성·구체성(10점) ○ 개발기술의 실용성·사업성(10점) ○ 경제적 기대효과(투자 및 파급효과)(10점)
연구책임자의 관리능력 및 연구진의 전문성(10점)		○ 연구책임자의 연구과제 관리 및 운영 능력(5점) ○ 연구진의 전문성 및 해당분야 실적(5점)
기타	부합성 평가	• 평가위원 과반수가 연구개발계획서와 과제제안요구서(RFP)가 부합되지 않는다고 판정할 경우 탈락 조치
	중복성 평가	• 평가위원 과반수가 기 수행되었거나 수행중인 과제와 중복되는 것으로 판정할 경우 탈락 조치

2. 가점 및 감점기준

가. 연구수행 형태에 따른 가점

□ 대기업이 주관연구기관으로서,

- 중소기업이 참여하지 않는 경우 : 1점
- 중소기업이 참여하는 경우 : 2점

□ 기업 이외의 기관이 주관연구기관이고 참여기업이 있는 경우 : 1점

□ 중소기업이 주관연구기관인 경우 : 2점

나. 총연구개발비에 대한 연구신청기관의 연구개발비 부담비율에 따른 가점(경쟁응모인 경우)

□ 총연구개발비에 대한 연구신청기관이 부담하는 연구개발비(현금)의 비율에 따라 신청기관 별로 가점 부여

- 신청기관중 연구개발비(현금) 부담비율이 가장 높은 기관 : 1.0점
- 그 외 기관은 최대 연구개발비(현금) 부담비율을 기준으로 연구개발비(현금) 부담비율에 따른 가점 부여

$$\text{부여가점} = 1.0 \times \frac{\text{해당기관 연구개발비 부담 비율}}{\text{신청기관중 최대 연구개발비 부담 비율}}$$

다. 추적평가결과에 따른 가점

□ 국토해양부 기술연구개발사업 관리지침의 가점 및 감점 기준에 따르되, 이 지핌 시행 이전에 협약체결된 과제의 추적평가결과에 따른 가점 및 감점은 종전 지침에 의함

9장 참고문헌

국가과학기술위원회. 2012. 2011 과학기술연람.

국립산림과학원. 2008. 국산재의 건축부재 이용을 위한 연구.

국립산림과학원. 2010. 건조제재목 품질인증기준. 국립산림과학원 고시 제 2010-05호.

국립산림과학원. 2005. 건조목재 품질인증제 타당성 조사.

데이코산업연구소. 2011. 친환경저에너지 건축기술동향과 기술개발전략. Business Information Research.

미국 환경보호청, EPA. (2006). http://www.epa.gov/

이강희, 양재혁. (2009). 주요 건축자재의 에너지소비와 이산화탄소 배출원 단위 산정연구. 대한건축학회 계획계. 25(6). pp 42-50.

정희석, 강호양, 박정환, 이남호, 이형우, 강춘원, 여환면, 2005. 최신 목재 건조학. 서울대학교출판부.

한국건설기술연구원. (2000). 친환경 건축자재 평가 및 순환재활용 기술. Report. 한국건설교통기술평가원. 건설교통부.

한국건설기술연구원. (2003). 건설부분의 LCA 활용방안에 관한 연구. Report. 한국건설교통기술평가원. 건설교통부.

한국건설기술연구원. (2004). 건축물의 LCA를 위한 원단위 작성 및 프로그램 개발 연구. Report. 한국건설교통기술평가원. 건설교통부.

한국건설기술연구원. (2006). 총량베이스 건축물 에너지 절약 관리기법 개발. Report. 한국건설교통기술평가원. 건설교통부.

한국표준협회. 2007. 침엽수 구조용재. KS F 3020.

한국환경정책평가연구원. (2004). 건설폐기물 분리배출 및 발생원단위 산정 등에 관한 연구. Report. 환경부.

BIR Research Group. 2011. 친환경건축, 그린홈 관련 시장 동향과 전망. Business Information Research.

ERC (2010). 친환경건축 기술과 경제성. 친환경 연구센터. 기문당

Forest Products Laboratory. 2010. Wood handbook: Wood as an engineering material. USDA Forest Service, FPL GTR-190. Madison, WI.

Hong. T, Kim. J. and Koo. C. (2012). LCC and LCCO2 analysis of green roofs in elementary schools with energy saving measures. Energy and Buildings. 45(2012). pp 229-239.

Katherine Hamilton, Unna Chokkalingam, and Maria Bendana. 2010. State of the Forest Carbon Markets 2009. In The EcoSystem Marketplace, New Carbon Finance 2009 Washington.

Kollmann, Franz F.P. and W.A. Cote. 1984. Principle of Wood Science and Tecbnology, Springer-Verlag, Berlin, Germany.p.470.

Nagano. K., Katsura. T., Takeda. S. (2006). Development of a design and performance prediction tool for the ground source heat pump system. Applied thermal engineering. 26(2006). pp 1578-1592.

Norris. A. (2001). Integrating Life Cycle Cost Analysis and LCA. International Journal of LCA, 6(2), pp 117-120.

Park. J., Hong. T. (2011). Maintenance management process for

reducing CO2 emission in shopping mall complexes. Energy and Buildings. 43(2011). pp 894-904.

圖說 木造建築事典 基礎編, 實例編, 學藝出版社, 1995

長尾勝馬, 圖解 木造建築の知慧, 理工圖書, 2002

일본국 농림수산성, 국토교통성 고시 제3호(2010.10.4.). 공공건축 물건에 있어서의 목재의 이용의 촉진에 관한 기본방침 ERC (2010). 친환경건축 기술과 경제성. 친환경 연구센터. 기문당

Forest Products Laboratory. 2010. Wood handbook: Wood as an engineering material. USDA Forest Service, FPL GTR-190. Madison, WI.

Hong. T, Kim. J. and Koo. C. (2012). LCC and LCCO2 analysis of green roofs in elementary schools with energy saving measures. Energy and Buildings. 45(2012). pp 229-239.

Kollmann, Franz F.P. and W.A. Cote. 1984. Principle of Wood Science and Tecbnology, Springer-Verlag, Berlin, Germany.p.470.

Nagano. K., Katsura. T., Takeda. S. (2006). Development of a design and performance prediction tool for the ground source heat pump system. Applied thermal engineering. 26(2006). pp 1578-1592.

Norris. A. (2001). Integrating Life Cycle Cost Analysis and LCA. International Journal of LCA, 6(2), pp 117-120.

Park. J., Hong. T. (2011). Maintenance management process for reducing CO2 emission in shopping mall complexes. Energy and Buildings. 43(2011). pp 894-904.

圖說 木造建築事典 基礎編, 實例編, 學藝出版社, 1995

長尾勝馬, 圖解 木造建築の知慧, 理工圖書, 2002

일본국 농림수산성, 국토교통성 고시 제3호(2010.10.4.). 공공건축 물건에 있어서의 목재의 이용의 촉진에 관한 기본방침