

<제출문>

제 출 문

국토해양부장관 귀하

이 보고서를 “탄소저감형 건설재료 기획에 관한 연구”과제의 보고
서로 제출합니다.

2011. 06. 20

주관연구기관명 : 한양대학교 산학협력단

주관연구책임자 : 이한승

연구원 : 류재석

” : 태성호

” : 장영욱

” : 백정훈

공동연구기관명 : 한국건설생활환경시험연구원

공동연구책임자 : 조재우

<보고서 요약서>

보 고 서 요약서

과제고유번호	10기술혁신 D02-02	해 당 단 계 연 구 기 간	2011.7 ~ 2012.6	단 계 구 분	1/5
연 구 사 업 명		건설기술혁신			
연 구 과 제 명	대 과 제 명	탄소저감형 건설재료 기획			
	세부과제명				
연 구 책 임 자	이 한승	해당단계 참 여 연구원수	총 : 229명 내부 : 명 외부 : 명	해당단계 연구비	정부 : 천원 기업 : 천원 계 : 12,220,000천원
		총연구기간 참 여 연구원수	총 : 명 내부 : 명 외부 : 명	총연구비	정부 : 천원 기업 : 천원 계 : 50,200,200천원
연구기관명 및 소 속 부 서 명	한양대학교 산학협력단		참여기업명	-	
국제공동연구	상대국명 : -		상대국연구기관명 : -		
위 탁 연 구	연구기관명 : -		연구책임자 : -		
요약				보고서면수	216
1. 총괄 연구 목표					
■ 건설재료의 전 생애주기(생산, 수송 및 유통, 사용, 폐기 등)에서 발생하는 이산화탄소(CO ₂)를 경제성을 고려하면서 최소화하기 위한 탄소저감형 건설재료 기술 개발 및 이의 건설현장 활용 촉진을 위한 건설재료 탄소라벨링 표시와 관리기술 개발					

2. 연구단 구성

【1 연구단】 CO₂ 저감형 시멘트·콘크리트 개발 및 활용

- 1 세부과제: CO₂ 저감형 시멘트계 재료 기술 개발
- 2 세부과제: CO₂ 저감형 콘크리트 제조 기술 개발
- 3 세부과제: CO₂ 저감형 콘크리트 활용 기술 개발

【2 연구단】 CO₂ 저감형 고기능성 건설자재 개발

- 1세부과제 : 신소재 활용 고기능 CO₂ 저감 건설자재 개발
- 2세부과제 : 바이오 매스 활용 CO₂ 저감 건설자재 개발
- 3세부과제 : 저탄소 고기능 벽체 시스템 개발

【3 연구단】 건설재료 전과정 CO₂ 통합관리 및 보급기술개발

- 1 세부과제: 건설재료 LCI DB구축 및 통합 평가·관리 기술 개발
- 2 세부과제: 건설재료 전과정 CO₂ 저감 및 평가·관리 기술 개발
- 3 세부과제: 건설재료 탄소라벨링 제도 및 관리시스템 개발
- 4 세부과제: 건설 재료 친환경 표준시방서 개발

3. 주요 최종 성과물

- Poland Limestone Cement(PLC) 개발 (석회석 혼합율 최대 25%)
- 기존 시멘트계 재료 보다 CO₂ 흡수율 1.5배 향상 CO₂ 대량 흡수 물질 개발
- 무시멘트 활용 레미콘 대량 생산 (기존 레미콘 대비 70~90%/m³ 탄소배출 저감)
- SPC 활용 초내식성 해양환경 콘크리트 개발 (탄소배출량 일반콘크리트 대비 1/200 수준)
- IT 기술(스마트센서 및 계측시스템) 이용 콘크리트 성능예측 및 제어시스템 개발
- 스팀 양생 없는 재료 에너지 프리캐스트 콘크리트 제조 시스템 개발 (에너지 30% 저감)
- 레미콘 회수수 및 슬러지를 활용한 CO₂ 고정화 기술 및 중화처리 폐기 시스템 개발 (pH 8이하, CO₂ 고정화 비율 3%)
- 에너지 초절감형 스마트창호기술 실용화기반기술 확립 및 제품개발 (난방열 30% 저감)
- 상변화물질 사용 건설재료의 축열 성능을 이용한 에너지 저장 및 활용설비 기술 개발
- CO₂ 배출 50% 이상 저감된 바이오매스/CO₂ Polymer 이용한 건축 내장재
- CO₂ 배출 주요 건설재료 LCI DB 구축 50% 향상, 건설재료 LCI 통합 평가·관리 시스템 개발로 건설구조물 전과정 CO₂ 평가능력 30% 향상

색 인 어 (각 5개 이상)	한 글	탄소저감, 건설재료, 시멘트·콘크리트, LCCO ₂ , LCI 평가기술, 탄소라벨링
	영 어	CO ₂ Reduction, Construction Material, Cement·Concrete, LCCO ₂ , LCI Assessment Technology, CO ₂ Labelling

제목 차례

1장. 연구과제 개요	1
1절. 탄소저감형 건설재료기획의 개요	1
1. 탄소저감 건설재료기획의 추진배경	1
2. 탄소저감형 건설재료기획 연구의 필요성	8
2장. 기술개발 전략 수립	11
1절. 기획 필요성	11
1. 기획 배경	11
2. 기획 목적 및 추진방향	12
2절. 국내외 동향 및 환경분석	18
1. 국내외 정책동향 및 분석	18
2. 국내외 경제동향 및 분석	33
3. 국내외 기술개발 동향조사 및 분석	40
4. 기술개발을 위한 인프라 및 기반 역량 분석	74
3절. 기술수요 및 예측	82
1. 기술수요조사 및 결과	82
2. 기술예측조사 및 결과	87
4절. 기술개발 방향 설정	101
1. 분석결과 종합	101
2. 중점추진분야 설정	126
3. 중점추진분야별 기술발전단계	133
5절. 비전 및 목표 수립	134
1. 비전 및 목표	134
2. 기술개발에 따른 미래상	135
6절. 후보과제 도출 및 정의	140
3장. 연구개발과제 추진체계	143
1절. 기획대상과제 선정결과	143
2절. 기획대상과제 조정결과	144
3절. 연구개발과제 추진체계	147
4장. 연구개발과제 주요내용 및 기대효과	151
1절. 연구개발과제 주요내용	151
2절. 연구개발과제 활용방안	157
3절. 기대효과	160
5장. 연구개발과제 소요예산	163

(별권1) "CO₂ 저감형 시멘트·콘크리트 개발 및 활용 기획"보고서
 (별권2) "CO₂ 저감형 고기능성 건설자재 개발 연구단"보고서
 (별권3) "건설재료 전과정 CO₂ 통합 관리 및 보급기술 개발 기획"보고서

표 1.1 우리나라의 건축물 부문 녹색 정책 4
 표 1.2 탄소저감형 건설재료의 연구 필요성 8
 표 1.3 정책/기술/경제/산업 측면에서 탄소저감형 건설재료 연구 필요성 9
 표 2.1 단계별 최종 목표 및 주요 연구내용 12
 표 2.2 단계별 연구 내용 및 추진 일정 13
 표 2.3 우리나라 녹색성장관련 법률과 정책의 추진경과 18
 표 2.4 녹색성장 5개년 계획의 10대정책 방향별 추진계획 21
 표 2.5 우리나라 녹색성장관련 건설산업의 정책 추진 22
 표 2.6 제4차 건설기술진흥기본계획(안) 추진과제 23
 표 2.7 폐기물 재활용 관련 주요 제도 현황 <자료: 2008 환경백서, 환경부> 24
 표 2.8 LCCO₂ 보급기술 관련 정책동향 25
 표 2.9 전 세계의 기후변화 대책 동향 26
 표 2.10 주요 국가의 건설부문 탄소저감 국가전략 27
 표 2.11 건설관련 세계 주요국의 정책 28
 표 2.12 LCCO₂ 관련 국외 주요국 정책동향 30
 표 2.13 건설시장 및 건설자재 시장 규모의 전망 33
 표 2.14 주요 환경부하 저감형 건축재료 시장 현황전망 35
 표 2.15 국내건설시장의 친환경건설재료 분야의 경쟁력 분석 38
 표 2.16 국가별 분석구간 및 특허건수 40
 표 2.17 분석대상 기술분류 40
 표 2.18 특허분석 지표 41
 표 2.19 전 세계 국가별 주요 출원인 TOP 10 46
 표 2.20 분석대상 기술분류 51
 표 2.21 해외 저탄소, 친환경 건설, 건축자재 선도업체 69
 표 2.22 CO₂ 플랜트별 기술 경쟁력 (온실가스 탄소기술개발전략과 전망, 2011) 70
 표 2.23 건축자재 및 시공부문 LCI DB 모듈 71
 표 2.24 각 시나리오에 따른 국외 경쟁력 순위 72
 표 2.25 기술 경쟁력 분석 시사점 73
 표 2.26 건축, 토목/도시, 소재/재료 분야 인력현황 74
 표 2.27 관련분야 기술자 현황 75
 표 2.28 분산공유형 건설인프라 실험시설 개요 78
 표 2.29 프라 현황조사 결과 81
 표 2.30 CO₂ 저감형 재료 생산기술 82
 표 2.31 CO₂ 저감형 고성능 자재활용기술 83
 표 2.32 CO₂ 활용 및 고정기술을 통한 건설자재개발 (총 8개) 83
 표 2.33 건설재료 LCCO₂ DB구축 및 평가/보급 기술 (총 10개) 84

표 2.34	기술수요조사에 따른 기술 분류체계도	85
표 2.35	연구 필요성 및 정부지원 타당성	86
표 2.36	웹 서버의 개요	87
표 2.37	웹 서버의 결과에 따른 시사점 도출	96
표 2.38	건설교통분야 기술수요 및 기술수준 조사의 선행기술예측 조사 중 “고성능·친환경재료”의 세부별 예측기술명	97
표 2.39	고성능 친환경 재료부분의 주요 결과	97
표 2.40	“고성능·친환경재료”와의 분류항목	98
표 2.41	선행조사와 본 기획과제 기술의 관련성	98
표 2.42	CO ₂ 저감형 재료 생산기술에 대한 분석결과	99
표 2.43	CO ₂ 저감형 고성능 자재활용기술	100
표 2.44	CO ₂ 활용 및 고정기술을 통한 건설자재개발 기술	100
표 2.45	LCCO ₂ 정립기술	100
표 2.46	전문가 영역에 따른 STEEP 변수 구성 (A 그룹)	101
표 2.47	전문가 영역에 따른 STEEP 변수 구성 (B 그룹)	101
표 2.48	전문가 영역에 따른 STEEP 변수 구성 (C 그룹)	102
표 2.49	사회적 문화적 변수 : 환경 인식개선	103
표 2.50	기술적 변수 : 독창성, 실용화 가능성, 대체기술 저항성	103
표 2.51	경제적 변수 : 시장의 성장성, 시장규모의 지속성	104
표 2.52	생태학적 변수 : 기술발전에 따른 환경부하, 기술의 발전 단계	104
표 2.53	정치적/법적 변수 : 상위계획과의 부합성, R&D 정책의 유지	105
표 2.54	환경요인 분석을 위한 구동인자	106
표 2.55	5 Forces의 환경요인분석	107
표 2.56	기술적 독창성 및 실용성	108
표 2.57	다른 기술의 잠재진입성	109
표 2.58	해외 경쟁업체의 분석	110
표 2.59	국내 대기기업의 저탄소 건설재료 시장 현황	111
표 2.60	저탄소 건설재료의 시장현황 (미국) - (억원)	111
표 2.61	시장규모 평가 (친환경 상품의 환경·경제적 편익분석)	111
표 2.62	대체기술위협에 대한 평가	112
표 2.63	대체기술의 등장 가능성에 대한 평가	112
표 2.64	시간에 따른 경쟁전략	113
표 2.65	CO ₂ 저감형 자재생산기술에 따른 SWOT분석	114
표 2.66	CO ₂ 저감형 고성능 자재활용기술에 따른 SWOT분석	116
표 2.67	CO ₂ 처리기술에 대한 SWOT분석	119
표 2.68	LCCO ₂ 정립기술에 따른 SWOT 분석결과	122
표 2.69	중분류 기술에 따른 키워드	124

그림 차례

그림 1.1	전세계 지도자의 저탄소 녹색성장 견해	1
그림 1.2	지구 기후변화 메커니즘 및 기후변화 국제 협약	2
그림 1.3	우리나라의 기후변화 대응 신 국가 전략	3
그림 1.4	건설 구조물에서의 CO ₂ 발생량	5
그림 1.5	국내 건설부문 탄소배출량 평가 현황	6
그림 1.6	제품에서의 탄소라벨링 개념	7
그림 1.7	환경부의 탄소성적표지제도	7
그림 2.1	탄소저감형 건설재료 연구 기획 단계	13
그림 2.2	창조적 탄소저감형 건설재료 연구 기획	14
그림 2.3	유기계 및 무기계를 포함한 연구 기획	14
그림 2.4	건설재료 중심의 연구 기획	15
그림 2.5	건설재료 전과정 평가 연구 기획	15
그림 2.6	경제성을 고려한 연구 기획	16
그림 2.7	탄소저감형 건설재료 기획 추진 방향	16
그림 2.8	기후변화 4차 종합대책 개요	19
그림 2.9	우리나라의 녹색성장 국가전략	20
그림 2.10	정부의 저탄소 녹색성장 건설분야 정책 흐름 (국토해양부 제정)	22
그림 2.11	녹색강국을 실현하는 선진 건설기술 확보를 위한 전략	23
그림 2.12	국외의 Zero Energy Building(ZEB) 정책 동향	27
그림 2.13	주요국가별 친환경 상품 인증제도 현황	29
그림 2.14	LCCO ₂ 평가기술 관련 정책동향	30
그림 2.15	탄소라벨링 국외 동향	31
그림 2.16	연도별 친환경 건축물 인증건수	34
그림 2.17	에너지 인증 주택비중 전망	34
그림 2.18	Percentage of Firms Dedicated to Green Buing on Project by Region	36
그림 2.19	탄소저감형 건설재료 기술의 전체 특허동향 및 누적건수 추이	42
그림 2.20	탄소저감형 건설재료 기술의 전체 특허점유율 및 특허 출원 추이	42
그림 2.21	국가별 기술동향 분석	43
그림 2.22	탄소저감형 건설재료 기술의 포트폴리오 분석	44
그림 2.23	탄소저감형 건설재료 기술의 전 세계 주요출원인	45
그림 2.24	상위 출원인들의 기술분류별 출원분포	45
그림 2.25	세부기술별 출원인 평균건수	47
그림 2.26	주요 국가의 역점 기술분야	47
그림 2.27	출원인 국적별 기술시장력 수준	48
그림 2.28	출원인 국적별 기술시장력 수준	49
그림 2.29	논문분석 과정	51

그림 2.30 CO ₂ 저감형 건설자재 생산 기술 분야 국내외 논문 발표현황	52
그림 2.31 CO ₂ 저감형 건설자재 생산 기술 분야 국가별 문수(SCI급 이상)	53
그림 2.32 CO ₂ 저감형 건설자재 생산 기술 분야 국가별 공동연구 분석결과	53
그림 2.33 CO ₂ 저감형 건설자재 생산 기술 분야 기관별 논문발표 현황	54
그림 2.34 CO ₂ 저감형 건설자재 생산 기술 분야 기관별 공동연구 분석결과	54
그림 2.35 CO ₂ 저감형 건설자재 생산 기술 분야별 논문 현황	55
그림 2.36 CO ₂ 저감형 건설자재 생산 기술 분야별 공동연구 분석결과	55
그림 2.37 CO ₂ 저감형 고성능 자재 활용분야 국내외 논문 발표 동향	56
그림 2.38 CO ₂ 저감형 고성능 자재 활용분야 국가별 논문수(SCI급 이상)	57
그림 2.39 CO ₂ 저감형 고성능 자재 활용분야 국가별 공동연구 분석결과	57
그림 2.40 CO ₂ 저감형 고성능 자재 활용분야 기관별 논문발표 현황	58
그림 2.41 CO ₂ 저감형 고성능 자재 활용분야 기관별 공동연구 분석결과	58
그림 2.42 CO ₂ 저감형 고성능 자재 활용분야 분야별 논문 현황	59
그림 2.43 CO ₂ 저감형 고성능 자재 활용분야 분야별 공동연구 분석결과	59
그림 2.44 CO ₂ 처리기술 분야 논문 발표 동향	60
그림 2.45 CO ₂ 처리기술 분야 국가별 논문 수(SCI급 이상)	61
그림 2.46 CO ₂ 처리기술 분야 국가별 공동연구 분석결과	61
그림 2.47 CO ₂ 처리기술 분야 기관별 논문발표 현황	62
그림 2.48 CO ₂ 처리기술 분야 기관별 공동연구 분석결과	62
그림 2.49 CO ₂ 처리기술 활용분야 분야별 논문 현황	63
그림 2.50 CO ₂ 처리기술 활용분야 분야별 공동연구	63
그림 2.51 LCCO ₂ 정립기술 분야 국내외 논문 수	64
그림 2.52 LCCO ₂ 정립기술 분야 국가별 논문 수(SCI급 이상)	65
그림 2.53 LCCO ₂ 정립기술 분야 국가별 공동연구 분석결과	65
그림 2.54 LCCO ₂ 정립기술 분야 기관별 논문발표 현황	66
그림 2.55 LCCO ₂ 정립기술 분야 기관별 공동연구 분석결과	66
그림 2.56 LCCO ₂ 정립기술 분야 분야별 논문 현황	67
그림 2.57 LCCO ₂ 정립기술 분야 분야별 공동연구 분석결과	67
그림 2.58 탄소저감형 건설재료 관련 논문 현황	68
그림 2.59 기관별 인력현황	74
그림 2.60 국내 총 연구개발인력 (FTE : Full-Time Equivalent 기준)	76
그림 2.61 주요 7개국 연구개발인력	77
그림 2.62 주체별 연구원수	77
그림 2.63 응답자 프로파일	88
그림 2.64 Web survey의 프론트 페이지 및 조사방식	88
그림 2.65 중분류 기술의 중요도 설문 조사	89
그림 2.66 중분류 기술의 중요도 누적치	89
그림 2.67 선진국대비 기술수준 설문 조사	90
그림 2.68 선진국 대비 기술개발수준의 누적치	91
그림 2.69 선진국대비 인프라 수준 설문조사	91

그림 2.70 선진국대비 인프라의 누적치	92
그림 2.71 CO ₂ 저감형 재료 생산기술의 소분류 기술 중요도	92
그림 2.72 CO ₂ 저감형 자재생산기술의 소분류 기술 누적치 분포	93
그림 2.73 CO ₂ 저감형 고성능 자재활용기술의 소분류 기술 중요도	93
그림 2.74 CO ₂ 저감형 고성능 자재활용기술의 소분류 기술 누적치 분포	94
그림 2.75 CO ₂ 활용 및 고정기술을 통한 건설자재개발 기술 중요도	94
그림 2.76 CO ₂ 처리기술의 소분류 기술 누적치 분포	94
그림 2.77 LCCO ₂ 정립기술의 소분류 기술 중요도	95
그림 2.78 LCCO ₂ 정립기술의 소분류 기술 누적치 분포	95
그림 2.79 Agreeing key 도출 (예 기술적 변수)	102
그림 2.80 STEEP 분석 결과	105
그림 2.81 Driving key의 도출 (5 Forces 분석)	108
그림 2.82 CO ₂ 저감형 재료생산기술의 SWOT분석	116
그림 2.83 CO ₂ 저감형 고성능 자재활용기술의 SWOT분석	118
그림 2.84 CO ₂ 처리기술에 대한 SWOT분석	121
그림 2.85 LCCO ₂ 분야의 SWOT 분석	123
그림 2.86 본과제의 issue tree	125
그림 2.87 중점추진 분야	126

요 약 문

1. 제목

탄소저감형 건설재료 기획

2. 기획연구 배경 및 목적

2.1 연구 배경

지구온난화로 인한 환경부하저감(CO₂ 저감)을 목표로 전 세계는 『저탄소 녹색성장』에 총력을 기울이고 있다. 또한, 우리나라 정부도 『저탄소 녹색 성장』을 국정기조로 하여 모든 산업에서 CO₂ 저감을 위한 정책/법률/기술개발/연구개발을 실시 중에 있다. 한편, 건설산업은 전체산업 CO₂발생량의 약 42%를 점유, 건설산업에서의 CO₂ 저감노력이 중요하며, 특히, 건설재료에서의 원천적인 CO₂저감 대책이 시급하다. 특히, 국내외에서 건설산업 및 건설자재에서의 이산화탄소 평가기술이 진행되고 있으며, 이를 통하여 건설자재탄소라벨링 제도 등이 법제화 되고 있어 이에 대한 대처가 필요한 시점이다.

2.2 연구 목적

1) 탄소저감형 건설재료 연구목적

건설재료의 전 생애주기(생산, 수송 및 유통, 사용, 폐기 등)에서 발생하는 이산화탄소(CO₂)를 경제성을 고려하면서 최소화하기 위한 탄소저감형 건설재료 기술 개발 및 이의 건설현장 활용 촉진을 위한 건설재료 탄소라벨링 표시와 관리기술 개발

2) 탄소저감형 건설재료 기획연구 목적

건설산업에서의 저탄소 녹색성장을 실현하기 위하여 제시된 RFP를 기초로 관련 건설재료 전문가를 활용함으로써 경제성과 제품 실용화에 초점을 둔 기술개발 전략 수립, 중점 추진 분야별 연구개발과제 기획, 연구개발 사전타당성 조사를 실시하여 『탄소저감형 건설재료』 기획보고서를 작성하며, 이를 활용하여 과제공모를 위한 RFP 작성 및 평가기준을 설정

3. 기획연구 추진 방법

본 연구는 4단계로 진행되었으며, 1단계에서는 기술개발전략 수립, 2단계에서는 중점 추진분야별 연구개발 기획, 3단계에서는 연구개발 사전타당성 조사, 4단계에서는 과제공모를 위한 RFP 작성 및 평가기준을 설정하였다.

4. 연구단 구성

기획연구에서 도출된 총 20개의 연구과제를 그룹으로 나누어 본 연구진은 3개의 연구단을 구성하였다. 1연구단은 CO₂ 저감형 시멘트·콘크리트 개발 및 활용 연구단, 2연구단은 CO₂ 저감형 고기능성 건설자재 개발 연구단, 3연구단은 건설재료 전과정 CO₂ 통합관리 및 보급 기술 개발 연구단이다.

4.1 1 연구단

1) 연구단명 :

CO₂ 저감형 시멘트·콘크리트 개발 및 활용

2) 연구목표 :

CO₂ 저감형 시멘트·콘크리트 개발 및 활용 연구단』의 비전은 시멘트·콘크리트 기술을 대상으로 CO₂ 배출 원단위가 적은 소재 활용 기술, 시멘트·클링커 사용 감소 기술, CO₂ 흡수 및 고정화 기과 IT/BT/ET 기술을 융합하여 탄소저감형 시멘트·콘크리트 기반 녹색건설 플랫폼을 구축하는 것이다.

3) 연구개발 내용 :

■ 1 세부과제: CO₂ 저감형 시멘트계 재료 기술 개발

- ☞ 석회석광물 이용 CO₂ 저감형 차세대 혼합시멘트(PLC) 생산기술 개발
- ☞ CO₂ 대량 흡수형 시멘트계 광합성 건설재료 개발
- ☞ Free CaO 활용 무기계 고화재 및 인공토양 개발

■ 2 세부과제: CO₂ 저감형 콘크리트 제조 기술 개발

- ☞ 저탄소 고내구성 무^수시멘트 콘크리트의 레미콘 배합설계 기술 개발
- ☞ 정유산업 부산 SPC(황-폴리머시멘트)를 활용한 초내식성 해양환경콘크리트 개발
- ☞ 비정질 강섬유를 활용한 CO₂ 저감형 강섬유보강 콘크리트 개발

■ 3 세부과제: CO₂ 저감형 콘크리트 활용 기술 개발

- ☞ IT 기술 융합을 통한 Smart 콘크리트 시스템 개발
- ☞ 조강 및 속경 기술을 활용한 프리캐스트 콘크리트 제로에너지 양생 시스템 개발
- ☞ 레미콘 회수수의 탄산화를 통한 CO₂ 고정화 기술 개발
- ☞ 미생물을 활용한 콘크리트 표면 열차단 코팅기술 개발

4) 주요 최종 성과물 :

- Poland Limestone Cement(PLC) 개발 (석회석 혼합율 최대 25%)
- 기존 시멘트계 재료 보다 CO₂ 흡수율 1.5배 향상 CO₂ 대량 흡수 물질 개발
- 보통포틀랜드시멘트를 사용하지 않는 무기계 고화재 및 인공토양 개발
- 무시멘트 활용 레미콘 대량 생산 (기존 레미콘 대비 70~90%/m³ 탄소배출 저감)
- SPC 활용 초내식성 해양환경 콘크리트 개발 (탄소배출량 일반콘크리트 대비 1/200 수준)
- 비정질 강섬유 활용 고내구성 강섬유보강콘크리트 개발(비정질강섬유 제조시 CO₂ 20% 저감, 균열 저감 20% 향상)
- IT 기술(스마트센서 및 계측시스템) 이용 콘크리트 성능예측 및 제어시스템 개발
- 스팀 양생이 없는 제로 에너지 프리캐스트 콘크리트 제조 시스템 개발 (에너지 30% 저감)
- 레미콘 회수수 및 슬러지를 활용한 CO₂ 고정화 기술 및 중화처리 폐기 시스템 개발 (pH 8이하, CO₂ 고정화 비율 3%)
- 미생물에 의한 콘크리트 표면코팅 및 균열치유 기술 개발(Bio-mineralization & Bio-film mechanism)

4.2 2 연구단

1) 연구단명 :

CO₂ 저감형 고기능성 건설자재 개발

2) 연구목표 :

신재료 (상변화물질 등)를 활용한 에너지 저감기법과 바이오매스를 활용한 건설자재 생산 및 활용기술 개발하여 기존 대비 CO₂ 30% 감소 또는 에너지 사용을 30% 감소

3) 연구개발 내용 :

■ 1세부과제 : 신소재 활용 고기능 CO₂ 저감 건설자재 개발

- ☞ 에너지절감 20% 이상의 고효율 스마트 창호 시스템 개발 및 열선의 선택적 차단/흡수 조절이 가능한 나노 원천소재 개발
- ☞ PCM을 이용한 에너지 저감 및 CO₂ 저감형 건설재료의 개발 및 PCM 사용 건설재료의 방열 및 축열 성능을 이용한 에너지 저장/활용장치 개발

■ 2세부과제 : 바이오 매스 활용 CO₂ 저감 건설자재 개발

- ☞ 분자량 저감 및 바이오매스 물질을 적용하여 기존 콘크리트, 목재를 사용한 사방공 사면, 수중보 등에 사용할 수 있는 생분해 시간제어 인조목 개발
- ☞ CO₂ 저감 극대화 기술 접목한 친환경 인조 목재 패턴형 건축 내장재 및 친환경 성능평가법 개발

■ 3세부과제 : 저탄소 고기능 벽체 시스템 개발

- ☞ 벽체 PC 시스템의 단열성능을 향상할 수 있는 융복합 시스템 개발
- ☞ 단열성능, 흡음율, 내화성이 우수한 하이브리드형 단열 벽체 개발
- ☞ 실증 HOUSE 구축을 통한 각 부위별 단열재의 적용을 통한 공간단위의 열손실지수 저감기법 구축

4) 주요 최종 성과물 :

- 에너지 초절감형 스마트창호기술 실용화기반기술 확립 및 제품개발 (난방열 30% 저감)
- 상변화물질 사용 건설재료의 축열 성능을 이용한 에너지 저장 및 활용설비 기술 개발
- 탄소저감 실현, 무해성 및 환경부하 저감을 위한 제품 개발 (기존 플라스틱 대비 30%)
- CO₂ 배출 50% 이상 저감된 바이오매스/CO₂ Polymer 이용한 건축 내장재
- 친환경 내화성 하이브리드형 유무기 복합소재 개발 (고난연, 불연성, 무독성, 고흡음율)
- 고경량 고단열 콘크리트의 개발 (24MPa 이상, 단위중량 개선 1.8t/m³ 이하, 열전도율 0.6 kcal/mh℃ 이하)
- 실증 HOUSE 구축을 통한 에너지 절감형 건설재료 및 시스템의 성능 검증 기법

4.3 3 연구단

1) 연구단명 :

건설재료 전과정 CO₂ 통합관리 및 보급기술개발

2) 연구목표 :

탄소저감형 건설재료 기반 녹색건설과 국가 탄소저감 정책목표 달성 실현을 위한 건설재료/자재/부재의 LCI 구축 및 평가 시스템 확보와 탄소저감형 건설재료 보급 제도 및 정책기술 개발

3) 연구개발 내용 :

■ 1 세부과제: 건설재료 LCI DB구축 및 통합 평가·관리 기술 개발

- ☞ 건설재료 통합 LCI 평가 기술 개발
- ☞ 건설재료 LCI DB구축
- ☞ 건설재료 LCI DB 통합관리 시스템 개발

■ 2 세부과제: 건설재료 전과정 CO₂ 저감 및 평가·관리 기술 개발

- ☞ 건설재료 생산 분야 CO₂ 저감 및 평가·관리 기술 개발
- ☞ 건설재료 사용·유지관리 분야 CO₂ 저감 및 평가·관리 기술 개발
- ☞ 건설재료 해체·폐기 분야 CO₂ 저감 및 평가·관리 기술 개발

■ 3 세부과제: 건설재료 탄소라벨링 제도 및 관리시스템 개발

- ☞ 건설재료 탄소라벨링 제도 개발
- ☞ 건설재료 탄소라벨링 관리시스템 개발

■ 4 세부과제: 건설 재료 친환경 표준시방서 개발

- ☞ 건설재료 친환경 표준시방서 작성 일반지침 개발
- ☞ 건설재료 친환경 표준시방서 작성 세부지침 개발
- ☞ 건설재료 친환경 표준시방서 개발 및 보급

4) 주요 최종 성과물 :

- CO₂ 배출 주요 건설재료 LCI DB 구축 50% 향상, 건설재료 LCI 통합 평가·관리 시스템 개발로 건설구조물 전과정 CO₂ 평가능력 30% 향상
- 건설재료 전과정 평가관리 기술을 통한 건설재료의 온실가스 배출량 BAU대비 30% 저감, 관련 기업의 온실가스 대응능력 50% 향상
- 탄소라벨링 관리시스템을 통한 탄소라벨링 제품의 시장 점유율 40% 이상 달성, 제도시행 후 라벨링 전 대비 CO₂ 배출 20%이상 저감
- 표준시방서 일반지침 및 세부지침 개발, 100개 자재 및 재료에 대한 친환경 표준시방서 개발

Summary

1. Title

The planning about Construction material with CO₂ reduction

2. Background and objectives of planning research

2.1 Research Background

All countries are focusing on the “low carbon green growth” as a objective to reduce environmental load (CO₂ reduction) resulted from global warming. Also, by the Korean government let “Low Carbon Green Growth” to national paradigm, policy/ law/ technique development/ research development for CO₂ reduction in all industries have been conducting. Meanwhile, construction industry occupy 42% of CO₂ generation in all industries, it is very important to reduce CO₂ in construction industry. Especially, measures to reduce CO₂ are urgently required. CO₂ evaluation technique in construction industry and construction material have been processed inside and outside Korea. It is time to handle with CO₂ labelling system about construction material because this system have been legislated.

2.2 Research objective

1) Research objective about construction material with CO₂ reduction

Development of Construction material technique with CO₂ reduction and indication of CO₂ labelling and management technique to accelerate application of this material in construction field to minimize CO₂ and considering economic efficiency of CO₂ occurred during Life cycle (production, transportation, distribution, use and disuse) of construction material

2) Planning research objective about construction material with CO₂ reduction

Based on RFP presented to realize low carbon and green growth, strategy about development of technique are established focusing on economic efficiency practical use and by making use of expert about construction material. Planning report about 『construction material with CO₂ reduction』 are written about planning research project and making development of research considering pre-feasibility investigation. Finally, RFP for inviting project in public using this report are written and evaluation criteria are set up.

3. A method to deploy planning research

This study have processed in 4 stages. The strategy to develop a technique was established in 1st stage. Research development at each area to deploy importantly was planned in 2nd state. pre-feasibility for research development was investigated in 3rd stage. Finally, RFP writing for inviting project in public and evaluation criteria was set up in 4th stage.

4. Composition of research group.

Total 20 research projects are divided derived from planning research. We have 3 research groups. Research group 1 is to develop and apply cement · concrete with CO₂ reduction. Research group 2 is to develop high performance of construction materials with CO₂ reduction. Research group 3 is to manage CO₂ with integration and to develop a diffusion technique with construction material during life cycle.

4.1 Research group 1

1) Research group name:

Development and application of cement · concrete with co2 reduction

2) Research objectives

Vision of the research initiatives to develop and apply cement · concrete with co2 reduction establish the platform for green construction based on cement · concrete with CO₂ reduction by combining application technique for material with low CO₂ emission functional unit, decrease technique for

cemen · clinker use, CO₂ absorption and fixation technique, and finally, IT/BT/ET technique

3) Contents of research development

■ Sub-group 1: Development of technique about cement-typed material with CO₂ reduction

- ☞ Development of technique to produce new blended cement(PLC) with CO₂ reduction using limestone mineral
- ☞ Development of cement-typed photosynthetic construction material to absorb massive CO₂

■ Subgroup 2: Development of technique about manufacturing concrete with CO₂ reduction

- ☞ Development of technique about design of mixing proportion for low carbon high durability concrete without cement
- ☞ Development of corrosion resistance concrete in marine environments using SPC(sulfur-polymer cement) as a by-product in oil refining industry.
- ☞ Development of steel fiber reinforce concrete with CO₂ reduction

■ Subgroup 3 : Development of applying technique about concrete with CO₂ reduction

- ☞ Development of smart concrete system combining IT Technique.
- ☞ Development of zero-energy concrete curing system using technique about early strength and rapid set
- ☞ Development of technique about CO₂ fixation by carbonation of recycling water in ready mixed concrete.
- ☞ Development of technique about heat shielding coating in concrete surface using micro-organism

4) Major final products

- Development of Portland limestone cement (Limestone mixing rate: up to 25%)
- Development of material to absorb CO₂ massively enhancing 1.5 times in CO₂ absorption rate
- Development of inorganic soil stabilizer and artificial soil without using ordinary portland cement
- Production of ready-mixed concrete using no-cement (Reduction co2 absorption of 70 ~ 90%/m³)

comparing with existing ready-mixed concrete)

- Development of corrosion resistance concrete in marine environments using SPC (1/200 CO₂ emission comparing with ordinary concrete)
- Development of high durability steel fiber reinforced concrete using steel fiber (reduction CO₂ of 20% and reduction crack of 20% at manufacturing with steel fiber)
- Development of predicting concrete performance and controlling system using IT technique (Smart sensor and measuring system)
- Development of zero-energy precast concrete manufacturing system without steam curing (reduction energy of 30%)
- Development of CO₂ fixation technique using recycling water and sludge in ready mixed concrete, and neutralized waste system. (under pH 8, the rate of CO₂ fixation: 3%)
- Development of technique about coating concrete surface and crack healing by micro-organism (Bio-mineralization & Bio-film mechanism).

4.2 Research Group 2

1) Research Group Name:

Development of high performance of construction materials with CO₂ reduction

2) Research objectives

30% reduction of energy consumption or 30% reduction of CO₂ (BAU) through utilization of new materials (PCM) and bio mass product

3) Contents of research development

- **1 subgroup : Development of high performance construction materials with CO₂ reduction and its utilization**
 - ☞ Development of high efficient smart window (20% efficiency) and original resources of Nano technology with selective light-block/absorption
 - ☞ Development of CO₂ reduction construction materials utilizing PCM/ Development of technique for radiation and storage of heat device
- **2 subgroup: Development of CO₂ reduction materials utilizing bio mass**
 - ☞ Development of time-control decomposition technique for artificial wood for erosion control and water control using biomass and molecular reduction technique

- ☞ Development of eco-friendly technique for wood-patterned interior materials and revaluation technique

- **3 subgroup: Development of high performance PC wall system with CO₂ reduction**

- ☞ Development of integration system with high heat insulation using PC wall system
- ☞ Development for hybrid PC wall system with high heat insulation, sound absorption, and fire resistance
- ☞ Reduction technique for heat loss index through application of heat insulation materials to effective HOUSE for verification

4) Major final products

- Establishment of commercialization of high efficient smart window and development of smart window product (30% reduction of heating/cooling)
- Heat and energy storage facilities using construction materials with PCM
- Product development of realization of CO₂ reduction, toxicity free, and environmental load (BAU 30% of common plastic)
- Biomass/ CO₂ polymer interior materials with 50% CO₂ reduction
- Eco-friendly, anti-fire, organic/inorganic hybrid composites (toxicity free, high sound absorption, resistance to flame)
- high light and heat insulation concrete development (strength over 24MPa. weight lower 1.8t/m³, heat conduction lower 0.6 kcal/mh°C)
- Verification of obtained and developed technique through EFFECTIVE HOUSE

4.3 Research Group 3

1) Research Group Name:

CO₂ integration management and development of diffusion technique with construction material during life cycle

2) Research objectives

Through CO₂ integration management and development of diffusion technique with construction material during life cycle, green construction and national policy object for CO₂ reduction can be realized and achieved by the LCI establishment and evaluation system obtainment of construction materials / members and the development of system and policy technique for diffusion of construction material

with CO₂ reduction

3) Contents of research development

■ Subgroup 1: Development of LCI DB establishment about construction material and techniques about integration evaluation and management

- ☞ Development of technique about integration LCI evaluation about construction material
- ☞ Establishment of LCI DB about construction material
- ☞ Development of LCI DB integration management system about construction material

■ Subgroup 2: Development of technique about CO₂ reduction, evaluation and management of construction material during life cycle

- ☞ Development of technique about CO₂ reduction and evaluation and management in area of producing construction material
- ☞ Development of technique about CO₂ reduction and evaluation and management in area of using and maintaining construction material
- ☞ Development of technique about CO₂ reduction and evaluation and management in area of deconstructing and disusing construction material

■ Subgroup 3: Development of CO₂ labelling system and management system of construction material

- ☞ Development of CO₂ labelling system
- ☞ Development of CO₂ labelling management system

■ Subgroup 4: Development of green standard specification of construction material

- ☞ Development of writing general guideline about green standard specification of construction material
- ☞ Development of writing specific guideline about green standard specification of construction material
- ☞ Development and diffusion of green standard specification of construction material

4) Major final products

- Enhancing 50% of establishment of LCI DB about major construction material to emit CO₂
- Reducing 30% of green house gases emission of construction material comparing with BAU and

enhancing 50% coping with green house gases in related company.

- Achieving more than 40% of occupation rate in CO₂ labelled product through the CO₂ labelling management system. Alleviating more than 20% of CO₂ emission comparing with the time CO₂ labelling system started, after system started.
- Development of general and specific guideline about standard specification and development of green standard specification about 100 construction materials

1장 연구과제 개요

1절 탄소저감형 건설재료기획의 개요

1. 탄소저감 건설재료기획의 추진배경

- 지구온난화로 인한 환경부하저감(CO₂ 저감)을 목표로 **전 세계는 「저탄소 녹색 성장」에 총력**을 기울이고 있음.
- **우리나라 정부도 「저탄소 녹색 성장」을 국정기조**로 하여 모든 산업에서 CO₂ 저감을 위한 정책/법률/기술개발/연구개발을 실시 중 임.
- 건설산업은 전체산업 CO₂발생량의 약 42%를 점유, 건설산업에서의 CO₂ 저감노력이 중요하며, 특히, **건설재료에서의 원천적인 CO₂저감 대책이 시급**함.
- 국내외에서 건설산업 및 건설자재에서의 이산화탄소 평가기술이 진행되고 있으며, 이를 통하여 **건설자재탄소라벨링 제도 등이 법제화** 되고 있음.

가. 지구온난화와 전 세계의 ‘저탄소 녹색성장’체제 돌입

- 19세기 후반 산업혁명 이후 화석연료 사용 급증에 따른 지구 온실효과 증대 (enhanced greenhouse effect)로 지구온난화 (global warming)가 전 세계적인 문제로 대두됨.
- 지구 온난화방지를 위한 기후변화협약 (교토의정서 : COP3, 1997, 발리협약 :2007)으로 각 국에 대한 CO₂배출량 삭감목표 설정 및 실천기한 준수 압력이 증가되고 있음.
- 21세기는 산업전반에 걸쳐 이산화탄소 저감을 목표로 하는 국가차원의 지속가능기술개발(Sustainable Development) 확립 및 대처가 모든 산업의 전제가 되고 있음.
- 전 세계는 개발을 지속하면서도 생태적 수용력을 확대시키기 위해 경제·사회와 환경을 동시에 추구하는 지속가능개발의 개념에 근거한 저탄소, 녹색성장으로 산업을 개편하고 국가 성장동력으로 발전시키고 있음.



그림 1.1 전 세계 지도자의 저탄소 녹색성장 견해

- 건축 및 도시를 대상으로 환경부하저감 및 삶의 질 향상을 목표로 첨단기술과 건설기술을 융합한 신소재 및 신공법을 국가 신 성장동력으로 선정하고 활발한 연구를 추진하고 있음.
- 선진외국은 국가차원에서 표준화된 환경성능 평가 프로그램 개발과 함께 경제, 사회지표를 포함한 지속가능평가 프로그램을 개발하고, 이를 세계 표준화 하려는 움직임을 갖고 있음.
- 2007년 IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change : 기후변동에 관한 정부간 패널)의 제 4차보고서에서는, 금후 100년간 지구 년평균 기온이 1~6.3℃, 해수면은 19~58cm 상승할 것이라고 예측하고 있음. 과거 100년간의 상승폭이 1℃ 미만인 점을 감안하며 CO₂ 발생에 의한 지구온난화가 가속되고 있다는 것을 알 수 있음.
- 평균기온이 3℃ 상승하면 아시아에서 연간 700만 이상이 홍수위기에 처해지며, 세계에서 1억인 이상이 새롭게 식량난에 처해진다고 한다. 4℃ 상승하면 세계인구의 5인 중 1인이 홍수의 영향을 받고 30억인의 인류가 물 부족에 직면한다는 예측이 있음.
- 이와 같이 전 세계는 지금 지구온난화를 방지하기 위하여 이산화탄소를 저감하려는 노력을 경주함과 동시에 이러한 노력을 성장산업으로 연계시키기 위하여 저탄소 기술에 관한 연구를 집중하고 있음. 또한, G8('07.6)에서 2050년 온실가스 배출량, 1990년 대비 50% 수준으로 감축
- 세계적으로 그린기술(Green Technology)은 급격히 변화하고, 관련시장은 2020년에 3,000조 규모로 급속성장을 예상하고 있음. 또한, 선진국들은 자원·에너지 확보와 병행, 자원이용·환경오염 최소화를 국가경쟁력의 원천으로 인식, 녹색산업·녹색기술을 새로운 성장엔진으로 하여 국력을 집중 (Green Race).
- 공동의 차별화된 책임과 능력에 입각하여 CO₂ 저감을 의무 부담하는 기후변화 협약에 따라 각국은 다양한 기후변화 대응 정책을 추진하고 있음.



그림 1.2 지구 기후변화 메커니즘 및 기후변화 국제 협약

나. 우리나라 정부의 '저탄소 녹색 성장'대책

- 우리나라는 '녹색기술(Green Technology)' 개발을 국가 경제의 새로운 성장 패러다임으로 설정하고, 녹색기술, 그린에너지, 지속가능 산업에 막대한 R&D비용 투자.
- 정부는 1993년 12월에 유엔기후변화협약(UNFCCC)을 비준하고 2002년 10월에는 교토의정서를 비준함으로써 세계의 기후변화 방지노력에 참여하는 제도적인 준비를 마침. 또한 기후변화협약에 대응하기 위해 1998년 4월에 관계부처 장관회의를 통해 국무총리를 위원장으로 하는 범정부대책기구를 설치하여 기후변화협약에 대응하는 정책추진 체제를 갖추게 됨.
- 2001년 9월에는 국무총리훈령으로 「기후변화협약 대책위원회 등의 구성 및 운영에 관한 규정」을 제정하여 범정부대책기구를 정부부처, 산업계 및 전문가 등으로 구성된 기후변화대책위원으로 변경하여 기후변화협약 대책을 수립하여 추진하게 됨. 기후변화대책위원회는 정부부처의 차관급으로 구성된 실무위원회와 국장급으로 구성된 실무조정위원회, 그리고 6개 주요 분야별 대책반과 각 분야 전문가로 구성된 5개의 연구팀으로 구성되어 있음.
- 정부는 1999년부터 기후변화정책을 종합적으로 추진하는 3개년 단위의 기후변화협약 대응 종합계획을 수립하여 기후변화 대응정책을 추진하고 있음. 현재 까지 제1차 종합대책(1999-2001년)과 제2차 종합대책(2002-2004년) 및 제3차 종합대책(2005-2007년) 등 세 번의 기후변화 종합대책이 수립되어 이행되었으며 2008년부터 제4차 기후변화 종합대책(2008-2012년)이 수립되어 추진 중임.
- 우리나라의 이산화탄소 배출현황은 연료연소로 인한 이산화탄소 배출량 세계 10위, 에너지소비량 세계 10위 수준(IEA, 03년 기준)
 - 온실가스 감축의무에 대한 국제사회의 요구는 위기(새로운 무역장벽)이자 새로운 시장을 창출하는 기회



그림 1.3 우리나라의 기후변화 대응 신 국가 전략

- 현재는 제4차 기후변화 종합대책은 제1차 의무공약기간(2008-2012년)과의 조화를 위해 종합대책 이행기간을 기존의 3년에서 5년으로 변경하고 기존의 기후변화협약 대응에서 기후변화 대응으로 기본방침을 강화했으며 협상대응, 온실가스 배출통계, 온실가스 감축, 기후변화 적응, 기술개발 등의 5대 부문으로 정책을 구분하여 사업 추진
- 또한, 우리나라 정부는 2030년까지 저탄소 기술의 육성을 위하여 설비투자 100조원과 연구개발투자 11조 5000억원을 계획 중
- 저탄소 녹색성장을 국정기조로 하여 2010년 4월 『저탄소 녹색성장기본법』을 제정하고 모든 산업에서의 탄소저감 노력을 기울이고 있으며, 이의 일환으로 2020년까지 탄소배출치(BAU) 대비 국가온실가스 감축목표를 30%로 자발적으로 정함.
- "저탄소 녹색성장기본법"은 녹색성장의 법적 기반을 완성했다는 점에서 큰 의미가 있으며, 주요 내용을 보면, 온실가스 감축 목표의 설정.관리 및 필요한 조치에 대해 환경부가 총괄.조정 기능을 수행하고, 환경부 산하에 `온실가스 종합정보센터'를 설치하도록 함. 또한, 산업. 발전의 경우 지식경제부, 건물. 교통은 국토해양부, 농업. 축산은 농림수산식품부, 폐기물은 환경부가 각각 관장하도록 함.
- 또한, 온실가스 배출과 에너지 소비에 대해 정부 관리를 받아야 하는 업체의 기준도 규정되어 연간 2만5천톤 이상 온실가스를 배출하는 600개 대형 사업장은 온실가스 의무감축 대상으로 지정돼 정부의 집중관리를 받게 되었고, 이들 사업장은 국내 전체 온실가스 배출량의 60% 가량을 차지함.
- 우리나라는 감축잠재량 분석 결과와 국제사회 요구수준 등을 감안하여 3개의 시나리오를 제시하고, 이중 EU에서 요구하는 개도국 최대 감축수준인 BAU대비 30% 감축으로 중기 목표 설정. 정부는 온실가스 감축목표를 핵심지표로 한 저탄소 녹색성장 추진에 '09~'13년간 총 107조원 수준(GDP의 2%)을 투입할 계획이며, 이를 통해 총 182~206조원(GDP의 약 3.5~4.0% 수준)의 추가 생산유발효과가 발생할 것으로 예상
- 국가 온실가스 목표 달성을 위하여 건축물 부문에서는 녹색건축물 활성화 방안 수립

표 1.1 우리나라의 건축물 부문 녹색 정책

추진과제	주요내용	추진일정
신규 건축물 에너지 기준 강화	건축물 단열기준 강화	2010년
	에너지 소비총량제 도입 및 확대	2010년
	공공건축물 친환경인증 의무화	2010년
	신재생에너지 의무대상 및 비율 강화	2010년~2012년
기존 건축물 에너지효율 개선	에너지소비증명서 의무화	2010년
	저효율 건축물 에너지 진단 의무화	2013년
건축물 사용자 절약유도	탄소포인트제 확대 시행	2009년
녹색건축 기술개발 및 인프라 구축	설계.엔지니어 전문인력 교육	2009년~2013년

다. 건설 산업에서의 환경부하(CO₂) 저감기술 개발 및 정책 현황

- 건설산업은 국내 GDP의 17%를 차지하는 국가 기간산업이나 전체 재료소비의 약 48%, 에너지소비의 40%를 점하고 있는 대량소비 산업이며, 건설산업은 모든 CO₂ 배출량의 42%, 전 산업폐기물의 30%, 불법폐기물의 60%를 발생하는 환경저해산업으로서 CO₂ 저감을 목표로한 환경부하 저감 기술개발이 반드시 필요함.
- 건축 산업에서는 건축공사시 9.5%, 건축물 운영시 23.2%등 총 32.7%가 발생되고 있고, 토목산업에서는 주로 토목공사에서 9.7%의 탄소를 배출.
- 민간 건설회사의 환경부하 저감 기술 개발 현황을 보면, 그린 스마트 자이는 다양한 생활가전 등을 통해 실제 생활에서 에너지 절감을 유도하고 있음. GS건설은 현재 시공중인 마포구 합정동 '서교 자이 웨스트밸리'에는 소형열병합발전시스템을 적용했고, 내년 6월 준공할 청라 자이에는 지열시스템과 태양광 가로등을 선보이는 등 에너지 절약형 아이템 적용 대상을 신규 분양 아파트로 확대해 나가고 있음.
- GS건설은 앞으로 스마트 그리드 기술과 접목해 에너지, 소음, 공기오염이 없는 '3-제로 하우스' 기술개발에 장기적인 투자를 지속해 나갈 계획 임. 그린투머로우에는 총 68가지의 친환경 기술을 적용, 화석에너지를 전혀 사용하지 않고 이산화탄소 배출도 없는 국내 최초의 '에너지제로 건축물'이라는 점에 포인트를 둬. 건물의 배치와 고성능 단열, 벽체나 창호 등을 통해 에너지 사용을 크게 낮추고 고효율 기기를 사용, 기존 주택 대비 약 56%의 에너지 사용을 절감할 수 있도록 건설. 나머지 44%의 에너지는 태양광 발전 등 신재생에너지로 자체 충당, 궁극적으로 화석에너지 사용을 제로화 함.
- 이와 함께 재생목재, 바이오 융합자재 등 친환경 마감재, 생태복원 개념을 적용한 친환경 조경 등으로 탄소제로를 실현, 국내 최초로 미국 그린빌딩협회의가 주관하는 친환경 건축물 인증제도인 'LEED 인증' 플래티넘 등급을 받음. 삼성물산은 그린투머로우를 통해 축적한 데이터를 분석해 친환경기술의 효율성을 검증하고, 선택과 집중을 통해 공동주택에 단계적으로 적용키로 함.

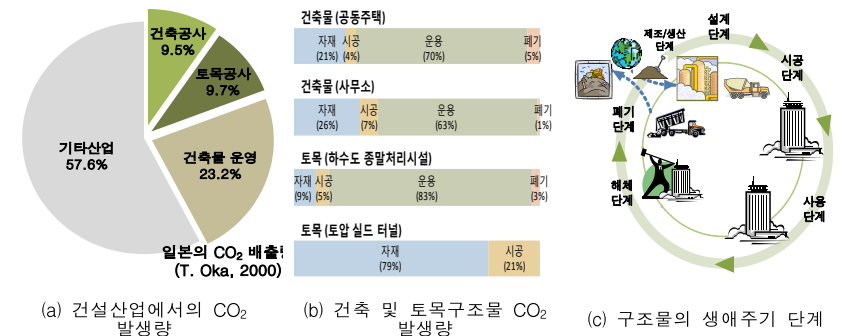


그림 1.4 건설 구조물에서의 CO₂ 발생량

라. 건설산업 및 건설자재에서의 이산화탄소 평가 기술 동향

- 국내 건축물 탄소배출량 평가 프로그램은, 건설기술연구원에서 개발한 K-LCA(2004년)이 국내 최초이고, 한양대학교에서 개발 한 SUSB-LCA ver1.0(2007년)은 국내유일 건축물 전생애(건설, 운송, 해체 및 폐기단계) 평가기술 및 프로그램 임. 그리고, 정부의 '저탄소 녹색성장' 정책에 따라, 기업버전의 전생애 환경부하(LCCO₂) 평가 프로그램 개발수요가 증가. 토목분야는 도로(교량, 터널 포함), 철도, 기타시설물(상하수도, 전기설비)등 으로 구분할 수 있으며, 도로와 철도에 비해 기타시설물은 운송과에서의 환경부하량이 많아 토목구조물에 대한 단기적 평가접근에는 한계점이 존재.
- 미국, 일본 및 유럽과 호주지역에서는 자체적으로 환경부하 평가기준을 확립하고 이를 평가할 수 있는 웹/OS기반 프로그램을 개발하여 활용중이나 온실가스평가의 비중은 상대적으로 낮음.

	건축부문 탄소배출량 평가현황				토목부문 탄소배출량 평가현황		
	SUSB-LCA 친환경건축 연구센터	K-LCA 건설기술연구원	ECO-Pia 삼성물산	LOTTE-LCA 롯데건설	ISO 14040 ISO 국제기구	ECO-Indicator 한국감정원	TOTAL 환경부
주도 기관	교육연구기관	공공기관	민간기업	민간기업	국제공공기관	공공기관	공공기관
개발 년도	2007	2004	2009	2010(예정)	1992	2010(예정)	2006
평가 대상	공통주택, 사무소, 주상복합	공통주택, 사무소, 주상복합	공통주택, 사무소, 주상복합	공통주택, 사무소, 주상복합	도로교량, 철도, 기타시설	도로교량, 철도, 기타시설	도로교량, 철도, 기타시설
생애 단계	건설, 운송, 해체폐기	건설, 운송, 해체폐기	건설, 운송, 해체폐기	건설, 운송, 해체폐기	건설, 운송, 해체폐기	건설, 운송, 해체폐기	건설, 운송, 해체폐기
경제성 고려	가능	불가능	불가능	불가능	불가능	불가능	불가능
DB 구축	산업연관분석	산업연관분석	산업연관분석	산업연관분석	산업연관분석	산업연관분석	산업연관분석
프로그램	윈도우즈 기반	스프레드 시트형	윈도우즈 기반	윈도우즈 기반	없음	미정	윈도우즈 기반
결과 표시	그래프, 보고서	그래프, 보고서	그래프, 보고서	그래프, 보고서	없음	미정	그래프, 보고서
특징	- 국내 최초 건축물 전생애 환경부하 평가 기반 특화프로그램 - 친환경요소가 기술 적용 케이스 비교검토 가능	에너지 성능지표(EPI)를 이용한 운영 단계 탄소배출량 산출	- 건설표준품셈 활용을 통해 폐기물의 환경 부하량 계산 - SUSB-LCA 프로그램의 기업맞춤형	- BIM 기반 통합 설계 중용 프로그램 - SUSB-LCA 프로그램의 기업맞춤형	일반적 공산품의 탄소배출량 생애주기분석 기법	- 네덜란드의 ECO-Indicator의 국내변환판 - 한국형 환경 영향 평가지수 사용	- 산업전반 전과정 평가 프로그램 - 공정분생산, 사용, 처리에 대한 환경 부하량 계산
제도화 여부	없음	없음	없음	없음	없음	없음	없음

그림 1.5 국내 건설부문 탄소배출량 평가 현황

마. 건설자재 탄소라벨링에 관한 국내외 동향

- 『탄소라벨링』이란, 건설재료의 전 생애주기(생산, 운송 및 유통, 사용, 폐기)에서발생한 이산화탄소발생량을 건설재료에 부착하여 소비자에게 공개함으로써 시장주도로 저탄소제품의 구매 및 현장 활용을 촉진하고자 하는 제도임.



그림 1.6 제품에서의 탄소라벨링 개념

- 전 세계에서 영국, 스위스, 프랑스 및 일본 등은 탄소라벨링 제도를 2007년 이후부터 진행하고 있음.
- 정부는 저탄소 녹색성장 기본법 제 58조(녹색성장을 위한 생산·소비 문화의 확산) 4항에서 『녹색제품의 사용·소비의 촉진 및 확산을 위하여 재화의 생산자와 판매자 등으로 하여금 재화의 생산 등의 과정에서 발생하는 온실가스와 오염물질의 양에 대한 정보 또는 등급을 소비자가 쉽게 인식할 수 있도록 표시·공개하도록 하는 등의 시책을 수립·시행할 수 있다.』라고 하여 건설자재에서도 건설재료의 탄소라벨링 도입에 관한 법률적 근거를 제시하고 있음.
- 환경부에서는 환경기술개발 및 자원에 관한 법률 제 18조(환경부고시 제 2009-10호)에 따라 탄소성적표지제도를 시행하고 있으며, 1단계 탄소배출량 인증과 2단계 저탄소상품 인증으로 구성되어 있음.
- 2010년 6월 현재, 202개 제품이 탄소성적표지 제품 인증을 취득하고 있으며, 그중 건축자재는 2개 품목이 인증되어 있음(LG 하우스시스 뉴갈란트 타일, 에넥스 파티클 보드), 현재 3개 심사 중.



그림 1.7 환경부의 탄소성적표지제도

2. 탄소저감형 건설재료기획 연구의 필요성

표 1.2 탄소저감형 건설재료의 연구 필요성

연구 중요성	- 저탄소 녹색성장을 견인할 녹색 건설산업 플랫폼으로서 탄소저감형 건설재료 기술 개발이 매우 중요 - 탄소저감형 건설재료는 원천기술 개발과 함께 현장실용화 연구를 통하여 현장 적용기술 개발이 핵심 - 건설재료를 중심으로 한 녹색건설시장 확대를 통하여 국가의 건설경쟁력 향상 필요
연구 시급성	- 탄소저감 기술은 국제간의 선택이 아닌 필수요건으로 국제 수준의 녹색건설기술 개발을 위한 연구개발이 시급 - 건설산업 CO₂저감 및 평가를 위해서는 건설재료의 CO₂원단위 평가기술이 최우선적으로 확립할 필요가 있음 - 우리나라는 2013년에 CO₂ 저감 의무국 가입이 확실 시 되어 건설 산업에서의 CO₂ 저감이 국가적 과제 임
미래 유망성	- 저탄소 건설산업은 세계적 이슈이며 우리나라의 국가 미래 성장 동력산업으로 지원확대 예상 - 건설재료분야에서의 저탄소 녹색재료 개발은 건설분야에서 고부가가치의 신산업 창출을 할 수 있는 미래 유망 분야 임 - 지구온난화 방지를 위한 전 세계의 탄소저감 산업은 친환경건축재료 시장의 확대를 필요로 함
연구 파급성	- 탄소저감형 건설재료는 관련 학문 및 산업간의 융합을 통하여 개발되므로 융합신산업 창출 - CO₂ 저감기술 또는 CO₂ 활용기술의 원천기술을 개발함으로써 고부가가치 건설신산업 확대 - 건설재료 탄산화라벨링제도 도입은 모든 건설산업의 저탄소화를 도모하기 위한 기록제 역할

가. 탄소저감형 건설재료의 원천기술 개발 및 현장 실용화 연구 중요

- 탄소저감을 목적으로하는 건설재료의 개발은 반드시 원천기술 개발이 선행되어야 하며, 더 이상 외국 다국적기업의 건설재료를 도입하는 것은 국가 건설경쟁력이 저하됨. 또한, 원천기술을 개발하기 위해서는 유·무기계의 원천연구자들과의 융합연구를 통한 창조적인 연구개발이 무엇보다도 중요함.
- 특히, 탄소저감형 건설재료는 연구에 머무는 것이 아니라, 반드시 현장에서 실용화 되는 성과물을 목표로 연구가 추진되어야 함.

나. 전생애 주기를 고려한 건설재료의 이산화탄소 발생 정량 평가 및 탄소 라벨링제도 도입연구 필요

- 탄소저감형 건설재료를 개발하기 위해서는 창조적인 아이디어와 함께 건설재료의 전생애주기에 걸쳐 발생하는 이산화탄소의 발생량을 정량적으로 평가하는 건설재료의 LCCO₂ 평가기술이 중요. 특히, LCCO₂ 관점에서 대량생산과 경제성을 고려한 건설재료의 개발이 중요.
- 또한, 탄소저감형 건설재료를 건설현장에서 활용되기 위해서는 건설재료의 탄소 라벨링제도를 도입함으로써 구조물의 설계단계부터 저탄소재료의 선정과 함께 시공, 운영, 해체단계를 고려한 건설재료의 종합적인 LCCO₂ 관리가 필요. 특히, 탄소저감형 건설재료를 개발하는 산업체에 직접적인 이익이 돌아갈 수 있는 정부의 지원책이 중요.

표 1.3 정책/기술/경제/산업 측면에서 탄소저감형 건설재료 연구 필요성

정책적 측면	2030년에 BAU대비 30% CO₂ 저감을 위해서 건설산업에서의 CO₂ 저감 기술 개발이 필요 - 전 세계적으로 구조물 에너지 절감을 위한 제로 에너지 주택, Green 정책 도입 - 우리나라도 정부의 저탄소 녹색성장 국정비전에 따라 2020 그린홈 100만호 사업 발표 - 폐기물 발생억제, 재사용 및 재활용, 에너지 자원화, 안전처리 시스템 통한 제로 Waste 전략 - 구조물 LCCO₂ 평가제도 도입 및 LCCO₂ 총량제 법률 검토 등 건설자재 LCCO₂ 평가 필요
기술적 측면	- 건설산업 탄소저감은 저탄소 건설재료를 플랫폼기술로 하는 원천 요소기술 개발 중요 - 건설재료 발생 CO₂는 원천소재 기술과 함께 CO₂ 이용/흡수/저장 기술 활용 필요 - 건설재료는 친환경기술 이외에 고단열성, 흡음성, 불연성 등의 고성능/최첨단 기술 도입 필요 - 건설재료는 유/무기계 원천기술과 건축/토목 응용기술이 융합한 기술 개발로 학제간 연구 추진 필요 - 건설재료의 제조/시공/운영/해체를 포함하는 건설재료 LCCO₂ 평가 기술 필요
경제적 측면	- LCCO₂ 를 저감하기 위한 건설재료의 개발은 경제성을 고려하여 지속가능성 개념으로 접근 필요 - CO₂를 저감하는 건설재료의 개발은 재료분야의 녹색산업을 창출하여 신규 일자리를 창출하는 기회 제공 요인 - CDM에 의한 CO₂ 거래에 있어 건설재료의 CO₂저감은 직접적으로 CDM효과를 창출 - 건설폐기물, 산업부산물 등을 활용한 CO₂저감형 건설재료의 활용에 의한 직접적 경제효과 창출 - 전 세계의 Green Building 시장은 기하급수적으로 증가하고 있어 저탄소 건설재료 요구 확대
학술적 측면	- CO₂를 저감시키는 건설재료 원천기술 신 학문영역 창출이 중요 - 모든 건설활동을 CO₂로 평가하고 경제성을 고려하는 지속가능성 학문분야 창출 - CO₂ 저감, CO₂ 제로, CO₂ 중립, CO₂ 오프셋분야에서의 융합학문 영역 필요

2장 기술개발전략 수립

1절 기획 필요성

1. 기획 배경

탄소저감형 건설재료 연구목적	건설재료의 전 생애주기(생산, 수송 및 유통, 사용, 폐기 등)에서 발생되는 이산화탄소(CO ₂)를 경제성을 고려하면서 최소화하기 위한 탄소저감형 건설재료 기술 개발 및 이의 건설현장활용 촉진을 위한 건설재료 탄소라벨링 표시와 관리기술 개발
구체적 연구 목적	- 기존 건설재료 대비 CO₂ 발생량 30% 이상 저감 첨단 건설재료 개발 및 실용화 - 탄소저감형 건설재료의 CO₂ 원단위 정량 제시 - 탄소저감형 건설재료의 LCCO₂ 평가 및 탄소라벨링제도 제안

- 『탄소저감형 건설재료』란, 건설재료의 생산, 수송 및 유통, 사용, 폐기를 포함하는 전 생애주기에서 발생하는 LCCO₂(Life Cycle CO₂)를 최소화하면서도 경제성을 확보한 건설재료를 말함.
- 『건설재료 탄소라벨링 제도』이란, 건설재료의 전 생애주기(생산, 수송 및 유통, 사용, 폐기)에서발생한 이산화탄소발생량을 건설재료에 부착하여 소비자에게 공개함으로써 시장주도로 저탄소제품의 구매 및 현장활용을 촉진하고자 하는 제도임.
- 건설재료의 탄소저감 기술 범위는 원재료의 선정, 건설재료의 제조 및 사용, 건설재료의 폐기 단계에서 발생하는 CO₂ 발생 저감기술, 건설재료 제조 에너지 저감 기술, CO₂를 활용한 건설자재 제조기술, 폐기물 활용 건설재료 제조기술, 고성능 건설재료에 의한 자재 단열성능 향상, 구조물 에너지소비 저감 등을 포함.
- 건설재료의 탄소배출량을 저감하기 위해서는 건설재료의 전 생애주기 동안에 CO₂ 저감기술, CO₂ 중립기술, CO₂ 제로 기술 및 CO₂ 흡수기술 등을 경제성을 고려하면서 종합적으로 개발되어야 하며, 이를 위한 주요 연구 내용은 다음과 같음.
 - 저에너지 및 환경부하 저감형 건설재료 기술
 - 산업부산물 및 건설폐기물 등의 CO₂ 흡수처리 및 재활용 기술
 - 기존 건설재료와 차별되는 건설재료의 고기능화 및 첨단화 기술
 - 전 생애주기(원료, 제품, 폐기) 동안 CO₂ 발생량 분석이 가능한 CO₂ 관리기술 (탄소라벨링 제도 등)
- 본 과제는 기존 연구와 중복되는 과제가 매우 많으므로 연구기획에 있어서는 중복성을 철저히 피할 필요가 있음. 또한, 개발과제는 반드시 현장 실용화를 목적으로 하여야 하며 이를 위해 과제단위 규모를 크게 할 필요가 있음. 또한, 기존의 시멘트·콘크리트 연구위주를 탈피하여 건설자재 전반에 걸친 연구범위를 설정하고 이를 위하여 재료·화공 등의 원천기술과 건축·토목 등의 응용기술이 학제간으로 융합된 연구를 추진해야 한다고 판단됨.

2. 기획 목적 및 추진방향

가. 기획목적

건설산업에서의 저탄소 녹색성장을 실현하기 위하여 제시된 RFP를 기초로 관련 건설재료 전문가를 활용함으로써 경제성과 제품 실용화에 초점을 둔 기술개발 전략 수립, 중점 추진분야별 연구개발과제 기획, 연구개발 사전타당성 조사를 실시하여 『탄소저감형 건설재료』 기획보고서를 작성하며, 이를 활용하여 과제공모를 위한 RFP 작성 및 평가기준을 설정

- 탄소저감형 건설재료』 기획보고서 작성을 위하여, 제시된 RFP에 따라 다음과 같이 4 단계로 연구를 수행하며 단계별 최종 목표 및 주요 연구내용은 다음과 같음.

표 2.1 단계별 최종 목표 및 주요 연구내용

연구 단계	단계별 최종 목표	주요 연구 내용 및 범위
[1단계]	■ 기술개발전략 수립	■ 기술개발 동향 및 환경 분석 ■ 기술개발 전략 수립
[2단계]	■ 중점 추진분야별 연구개발 기획	■ 연구개발과제 우선순위 도출 ■ 연구개발과제별 목표 및 범위 설정 ■ 연구목표 달성 위한 추진방안 수립 ■ 연구개발과제별 성과물에 대한 활용방안 및 실용화 방안 제시 ■ 연구개발과제별 인력투입 계획 및 소요예산 산정
[3단계]	■ 연구개발 사전타당성 조사	■ 연구개발 정책적 타당성 검토 ■ 연구개발 기술적 타당성 검토 ■ 연구개발 경제적 타당성 검토
[4단계]	■ 과제공모를 위한 RFP 작 및 평가기준 설정	■ 본 과제를 공모하기 위한 RFP작성 ■ 연차별 평가를 위한 평가기준 설정

- 『탄소저감형 건설재료』 기획 연구의 과제 핵심어는 다음과 같음.

핵심어	핵심어1	핵심어2	핵심어3	핵심어4	핵심어5
국문	건설재료	저탄소	융합기술	첨단/고성능	생애주기
영문	Construction Materials	Low Carbon	Fusion Technology	Pioneering/High Performance	Life Cycle

- 본 기획연구에서는 1단계 : 기술개발전략 수립, 2단계 : 중점 추진분야별 연구개발과제 기획, 3단계 : 연구개발 사전타당성 조사, 4단계 : 과제공모를 위한 RFP 작성 및 평가기준 설정의 총 4단계로 연구를 추진 함.
- 『탄소저감형 건설재료』 기획 연구목적 달성을 위하여 기획연구의 모든 연구단계에서 실용화, 원천기술 확보, 융합연구, 산·학·연 참가, 시장 요구, 전문가 참여, 중복연구 방지, 대량생산, CO₂ 저감·중립·제로·오프셋 기술, 모든 건설재료 관점에서 경제성을 고려하면서 대책 연구로서 진행.

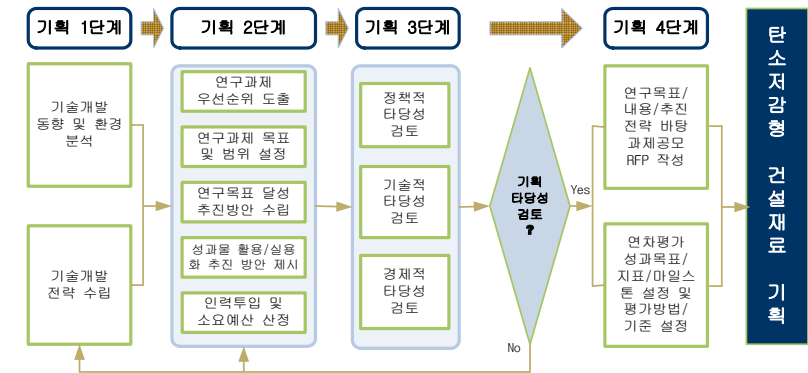


그림 2.1 탄소저감형 건설재료 연구 기획 단계

표 2.2 단계별 연구 내용 및 추진 일정

단계	항목	연구 내용	추진 일정(월)						비중
			1	2	3	4	5	6	
1단계	1	기술개발동향 및 환경 분석	○	○					5
	2	기술개발 전략수립	○	○	○				10
2단계	1	중점 추진분야별 연구개발과제 우선순위 도출			○	○	○		15
	2	연구개발과제별 목표 및 범위 설정			○	○	○		5
	3	연구개발과제별 연구목표 달성을 위한 추진방안 수립			○	○	○		5
	4	연구개발과제별 성과물 활용방안·실용화 추진방안 제시				○	○		5
	5	연구개발과제별 인력투입 계획 및 소요예산 산정				○	○		5
3단계	1	정책적 타당성 검토					○	○	10
	2	기술적 타당성 검토					○	○	10
	3	경제적 타당성 검토					○	○	10
4단계	1	연구목표·내용, 추진전략 바탕 과제 공모 RFP 작성						○	5
	2	연차평가 성과목표·지표·마일스톤 설정, 평가방법·기준 설정						○	5
보고서 작성단계	1	기획연구 최종보고서 작성						○	5
	2	연구개발 사전 타당성 조사 보고서 작성						○	5

나. 기획추진 방향

- 연구기획 RFP에 제시된 중점분야 기술을 대상으로 CO₂ 저감, CO₂ 중립, CO₂ 제로, CO₂ 흡수 등의 창조적인 연구방법을 도입하고, 실용화 기술, 원천 기술, 융합 기술, 산학연 연계 기술, 시장 요구 기술, 전문가 발굴 기술, 중복 방지 차별화 기술, 대량 생산 기술, 경제성 기술 개발방향을 설정하여 기획연구를 추진

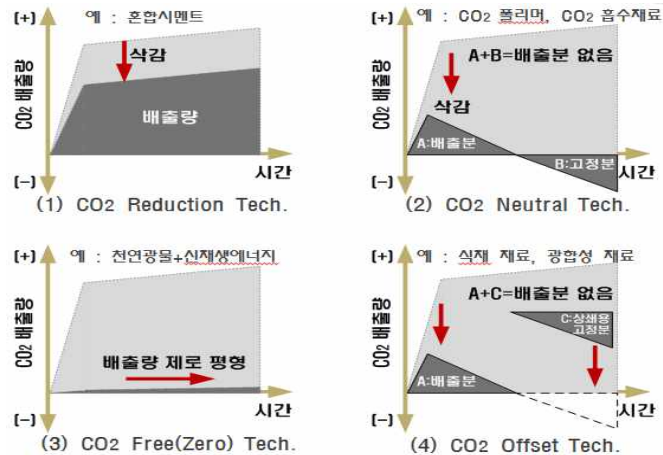


그림 2.2 창조적 탄소저감형 건설재료 연구 기획

- 탄소저감형 건설재료 연구는 유기계 및 무기계를 전부 포함하는 연구로 추진하며, 구조재 뿐만이 아니라 차단재/마감재 등을 포함

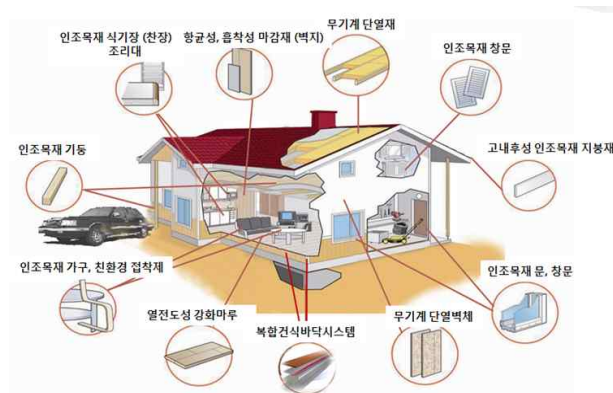
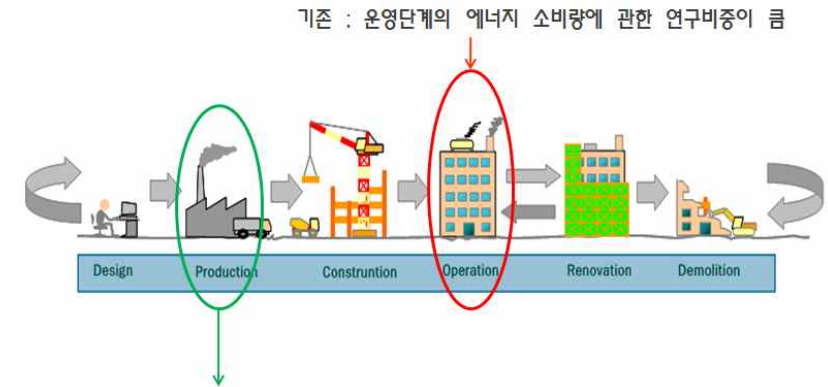


그림 2.3 유기계 및 무기계를 포함한 연구 기획

- 녹색 건설산업 플랫폼으로서 탄소저감형 건설재료 기술 개발이 국가 저탄소 녹색 성장 견인할 선결요건을 인식하고 건설재료 중심으로 기획



→ 건설재료 생산단계에서의 탄소저감형 건설재료 사용 중요

그림 2.4 건설재료 중심의 연구 기획

- 탄소저감형 건설재료의 제조 및 생산단계 뿐만이 아니라, 이를 활용한 경우의 CO2 저감 효과를 고려하여 전 과정 평가로 연구 범위를 확대



그림 2.5 건설재료 전과정 평가 연구 기획

- 기존 CO₂ 저감만을 목적으로 한 친환경건축(자재 등) 기술 개발에서 경제성을 고려한 지속가능건축(자재) 기술 개발 연구

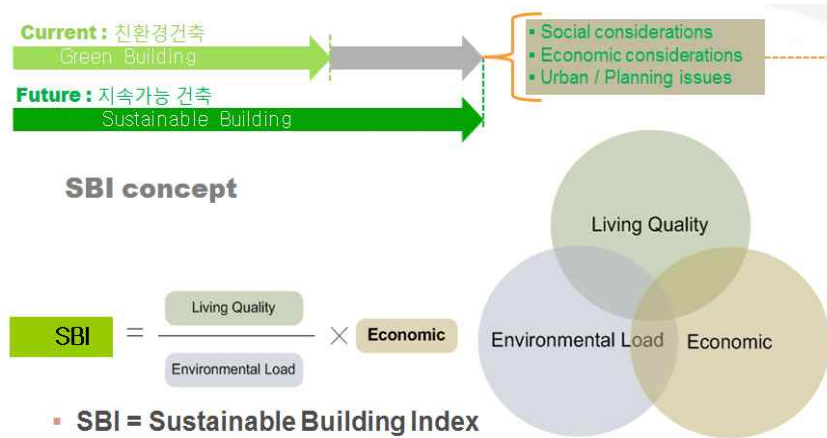


그림 2.6 경제성을 고려한 연구 기획

- 연구기획 RFP에 제시된 중점분야 기술을 대상으로 상기에서 설명한 창조적 핵심 기술, 유기계 및 무기계 재료 포함, 건설재료 생산 및 전 과정 범위 및 경제성을 고려하여 아래와 같이 기획연구를 추진

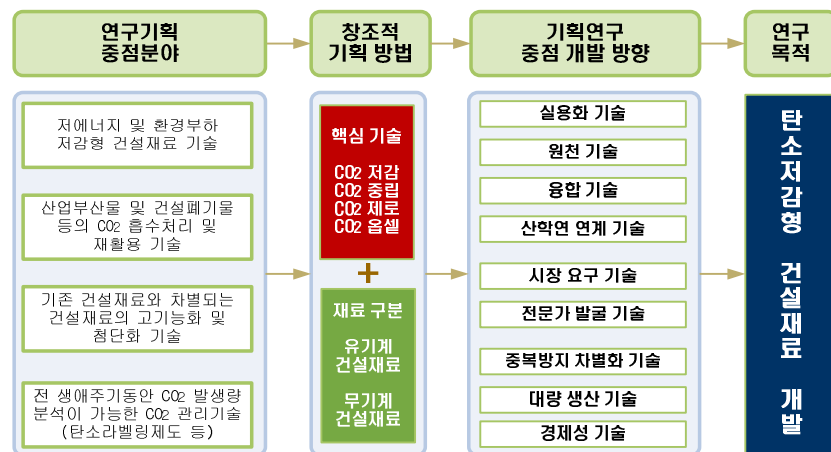


그림 2.7 탄소저감형 건설재료 기획 추진 방향

- 지속가능한 개발(Sustainable Development)과 실용화가 가능한 기술 개발
 - 에너지 절약형 친환경 건설재료 제조기술로서 활용기반이 수반된 기술 우선 선정
 - 그린정책 실현 및 실제적인 기술구현이 가능하여 국내 건설 산업 경쟁력 강화가 가능한 기술 추진과 요소기술 단위의 상용화가 가능하도록 추진
- 융·복합을 통한 고기능화 및 첨단화 기술 개발
 - NT/BT와의 기술적 접목을 통한 고기능 및 첨단화 구현 기술
 - 단순한 기술적 접목이 아닌 제조기술 및 활용기술의 통합적 개발 기술
- 건설시장의 요구에 부합되는 기술 개발
 - 건설시장에서 요구하는 시급성과 중요도를 고려하여 우선추진과제 선정
 - 각 연구개발 기준, 지침, 매뉴얼, 관련시방서, 계산서, 도면 등 실제 성과품 구현
 - 다양한 End-User의 요구를 만족시킬 수 있는 기술적 수준
- 기존 연구와의 중복성을 피하고 전문성 및 활용성을 강화
 - 각 과제별 최적 컨소시엄 및 인력 구성을 위해 필요 연구역량 분석, 전문가 자문 등 실시. 산학연/국제 공동연구, 정부 주도 과제화, 역량강화 및 결집 방안 마련
- 원천기술 확보 및 기존 원천기술의 전략적 응용을 통한 국산화가 가능한 기술 개발
 - 국가적 기술 경쟁력을 높이고 실제적인 기술구현이 가능하도록 개발 기관(업체)에서의 원천기술 보가 가능한 기술 선정. 기존의 원천기술을 바탕으로 전략적 응용이 가능하여 확대 발전될 수 있는 기술개발을 우선적 추진
- 온실가스를 근본적으로 저감시키고 녹색성장을 통한 국가 경쟁력 강화가 가능한 기술 개발
 - 저탄소 녹색성장의 새로운 국정비전과 환경 친화적이며 저에너지 건설재료의 구현이 가능한 건설기술 추진. 에너지 절감, 자원 순환형 사회 기반구축을 위한 순환자원 재 활용 및 친환경·고성능 건설재료 제조기술 추진
- 민간 분야의 적극적 참여가 가능한 실용적 기술 개발
 - 시범사업을 통해 기술경쟁력의 실체가 되는 민간부문의 참여 유도
 - 정부 및 일반 국민을 설득할 수 있도록 국제경쟁력 있는 기술로 실용화
- 단계별 실행 목표 제시
 - 장기간의 연구개발 기간을 고려하여 비전 및 목표를 완수할 수 있는 단계별 실행목표 및 성과지표를 기획단계에서 제시
- 연구추진 효율성을 위한 최적의 컨소시엄 형태의 연구추진체계 제안(예, 산·학·연)
 - 전문성 있는 참여기관 및 연구원의 참여확대방안 검토(인센티브 등)
 - 도출된비전 및 최종목표를 성공적으로 실행할 수 있는 주관기관 특성을 RFP에 제시
 - 핵심기술간 상호연관성을 제시할 수 있는 컨소시엄 연계방안 RFP에 제시

2절 국내외 동향 및 환경분석

1. 국내외 정책동향 및 분석

가. 국내 정책동향 및 분석

(1) 우리나라 녹색성장 관련 국가 정책

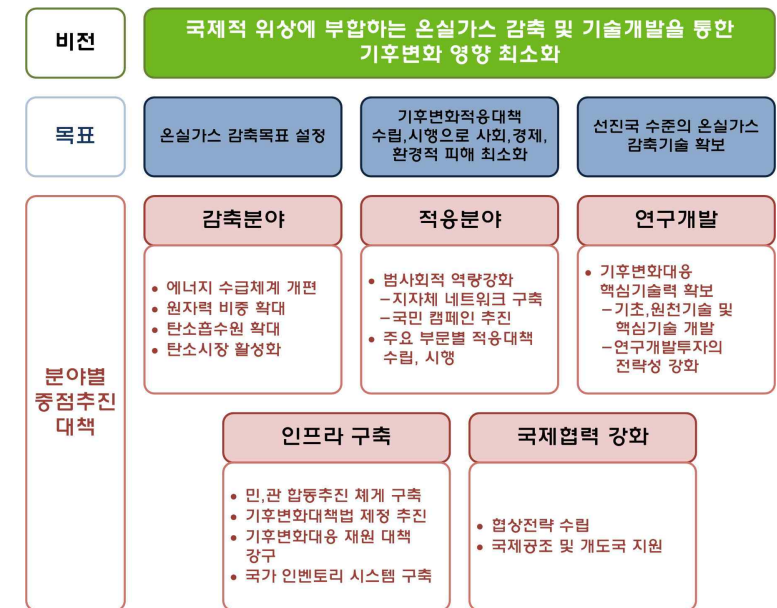
- 녹색성장 정책을 추진하게 된 법적 근거는 바로 저탄소녹색성장 기본법이라고 할 수 있는데 한국의 저탄소 녹색성장을 위한 정책목표, 추진전략, 중점 추진과제 등을 포함하는 국가전략을 수립하여 시행
- 녹색성장 국가전략 및 5개년 계획은 저탄소 녹색성장과 관련된 국가의 최상위 국가계획인데 장기적으로 2050년까지 단기적으로 2013년까지 계획을 설정
- 녹색성장 5개년 계획은 5개년 단위의 상세 실행계획으로 2009~2013년의 세부과제 및 실행방안을 제시

표 2.3 우리나라 녹색성장관련 법률과 정책의 추진경과

년도	주요추진 내용
2008.08	이명박 대통령의 건국60년 기념사에서 향후 60년의 국가비전으로 저탄소 녹색성장 제시
2008.09	기후변화대응을 위한 “기후변화대응 종합기본계획”수립 (기후변화대책기획단)
2008.11	저탄소 녹색성장 추진체계 마련지시 -기후변화대책위원회, 국가에너지위원회, 지속가능발전위원회 등 유관위원회 통합검토
2008.12	녹색성장위원회 설립 준비팀 구성 -저탄소 녹색성장기본법 제정 추진, 녹색성장기획단 발족 등 설립준비
2009.01	경기활성화 및 일자리 창출을 위한 “녹색뉴딜사업 추진계획”수립 녹색성장위원회 설립 및 운영에 관한 규정(대통령령)공포(01.05) 녹색기술 육성을 위한“녹색기술 연구개발 종합계획”수립 녹색산업 및 고부가가치 서비스산업 육성을 위한“신성장동력비전 및 발전전략”수립
2009.02	녹색성장위원회 정칙출범 및 1차 위원회 개최(02.16) “저탄소녹색성장기본법”정부안 확정(02.25)
2009.03	“녹색성장 국가전략” 및 “5개년 계획”수립 본격화
2009.05	“녹색성장 국가전략” 및 “5개년 계획”보고서 작성
2009.06	“녹색성장 국가전략” 및 “5개년 계획”시안에 대한 이해관계자 의견수렴
2009.07	“녹색성장 국가전략” 및 “5개년 계획”확정(4차 녹색위)
2009.08	국가중기(2020년) 온실가스 감축목표 시나리오 발표
2009.08	녹색교육·생활실천 활성화 방안(5차 녹색위)
2009.10	녹색 옴부즈만 제도 시행

(가) 기후변화 대응 종합기본계획

- 국내에서는 범부처 차원의 추진체계를 마련하였고, 기후변화 대응 전략수립,시행을 통해 범정부적인 대응기반을 구축 - 1999~2007년까지 3차에 걸쳐 종합대책(3개년)을 수립
- 종합대책은 저탄소 사회구조로의 체질전환을 도모하기에 역부족이었기 때문에 신정부는 범정부적으로 환경대책·산업정책·국제협상 등을 포괄하는 기후변화대응 종합대책(5개년, 2008~2012)을 수립하여 추진
- 기후변화대응 종합기본계획의 주요내용은 범지구적 기후변화 대응노력에 동참하고 녹색성장을 통한 저탄소사회를 구현하는 것으로 저탄소(Low Carbon), 녹색성장(Green Growth)의 구현
- 현재는 제4차 기후변화 종합대책은 제1차 의무공약기간(2008~2012년)과의 조화를 위해 종합대책 이행기간을 기존의 3년에서 5년으로 변경하고 기존의 기후변화협약 대응에서 기후변화 대응으로 기본방침을 강화했으며 협상대응, 온실가스 배출통계, 온실가스 감축, 기후변화 적응, 기술개발 등의 5대 부문으로 정책을 구분하여 사업을 추진하고 있음.

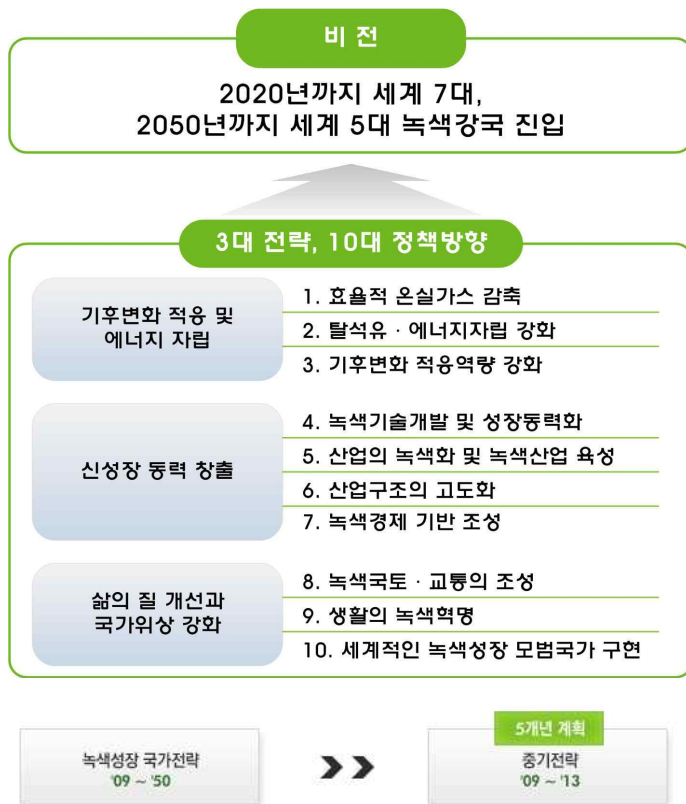


<자료 출처 :국무조정실 기후변화대책기획단>

그림 2.8 기후변화 4차 종합대책 개요

(나) 녹색성장 국가전략 및 5개년 계획

- 녹색변화를 통해 경제성장과 환경보호를 동시에 추진하는 새로운 패러다임이 대두됨으로써 정부의 국정운영, 기업의 경영관리와 국민의 일상생활 등 정치, 경제, 사회의 전 영역에서 기존 패러다임을 전환하기 위해 국가의 종합발전전략으로서 녹색성장을 추진하는 것이 녹색성장 국가전략임.
- 범국가적 녹색성장 국가전략에 따라 구체적인 추진과제와 연도별, 사업별 예산을 반영하여 수립된 것이 5개년 계획인데 기존의 경제발전 5개년 계획과는 차별화된 “녹색성장”이라는 새로운 패러다임에 맞추어진 5개년 계획이 바로 녹색성장 5개년 계획이며, 녹색성장 국가비전을 달성하기 위한 5년간의 중기계획으로서의 의의를 가짐



<자료 출처 :녹색성장위원회,“녹색성장 국가전략 및 5개년 계획”(2009.7)>

그림 2.9 우리나라의 녹색성장 국가전략

표 2.4 녹색성장 5개년 계획의 10대정책 방향별 추진계획

구분	추진계획 내용
효율적인 온실가스감축	▪ 중장기 온실가스 감축목표 설정 및 부문별 감축전략 추진 등을 통해 탄소를 줄여가는 사회구현 ▪ 탄소정보공개 확대 등을 통해 탄소가 보이는 사회구현 ▪ 탄소순환운동과 탄소흡수원 확대를 통해 탄소를 순환흡수하는 사회구현 ▪ 북한 산림복구지원 등을 통해 그린 한반도 구현
탈석유·에너지 자립강화	▪ 에너지효율화 기술혁신과 부문별 에너지 수요관리 혁신을 통해 에너지 저소비·고효율 사회 구현 ▪ 신재생에너지 산업화추진 및 청정에너지 보급확대 ▪ 원자력 역할강화 및 원전수출강국으로의 도약 ▪ 해외자원개발 역량 확충
기후변화 적응역량 강화	▪ 기후감시, 기후변화예측기법 및 시나리오 확보 등 조기 대응체계 구축 ▪ 기후변화대응 국민건강관리 강화 ▪ 안정적 식량수급체계 구축 ▪ 4대강 살리기 사업 등을 통한 깨끗한 물의 안정적 보급 ▪ 통합연안관리 등을 통한 기후친화적인 해양이용 및 관리 ▪ 재해사전예방을 위한 기준 및 시스템 구축 ▪ 산림생태계 건정성제고 등 지속가능한 산림경영 추진
녹색기술개발 및 성장동력화	▪ 기술·시장변화를 반영한 능동적 전략수립을 통해 녹색기술 투자의 전략적 확대 ▪ 녹색기술 R&D 종합조정체계 구축, 거점조성 등 녹색기술개발체계 강화 ▪ 녹색 신기술 상용화를 통한 녹색기술이전 및 사업화 추진 ▪ 녹색기술 시험인증시스템 등 녹색기술산업인프라 구축 ▪ 전략적 파트너십을 기초로 녹색기술개발 국제협력 활성화 ▪ 신재생에너지 등 6대 중점 녹색기술산업의 성장동력화
산업의 녹색화 및 녹색산업의 육성	▪ 주력산업 녹색전환 촉진 및 녹색경영체제 확산 ▪ 자원순환형 경제산업구조 구축 ▪ 녹색 중소벤처기업 육성을 통한 중소기업 녹색역량 강화 ▪ 지식주도형 녹색클러스터 구축
산업구조의 고도화	▪ 첨단융합산업 육성 ▪ 고부가가치 서비스산업 육성
녹색경제기반 조성	▪ 배출권 거래제도 도입 및 탄소시장 활성화 추진 ▪ 녹색기술산업에 대한 정책자금 지원확대 ▪ 녹색경영·산업 추가지수를 개발, 녹색기업 투자 촉진 ▪ 기업 녹색경영 정보를 공개, 금융기관 정보활용유도 ▪ 친환경적 세제 개편 ▪ 온실가스 감축지원 및 규제개선, 녹색등급인증 등 녹색상품 생산 ▪ 녹색기술 산업육성을 통한 적극적인 녹색일자리 창출 및 녹색기술자력제 도입, 종합 정보 DB 등 고용 인프라 구축
녹색국토·교통의 조성	▪ 저탄소 녹색성장 지향형 신 그랜드 녹색 국토공간 구축 ▪ 인증등급체계 개선 및 건물용도별 활성화방안 마련 등을 통한 녹색건축물 확대 ▪ 철도, 해운 등 녹색교통수단으로의 전환 및 대중교통 이용 활성화로 녹색교통체계 구축 ▪ 생활 속 녹색교통수단의 자전거 이용 활성화
생활의 녹색혁명	▪ 녹색성장교육 및 녹색시민 양성기반구축 ▪ 녹색생활의 실천확산 및 녹색소비 활성화 ▪ 녹색마을 조성 및 운동전개
세계적인 녹색성장모범 국가 구현	▪ 글로벌 녹색성장 실현에 협력하는 국가 ▪ 녹색성장 모범으로 인정받는 국가 ▪ 개도국의 녹색성장을 도와주는 국가 ▪ 녹색성장모델을 보여주는 국가(Green Hub Korea)

(2) 국내 건설 산업에서의 환경부하(CO₂) 저감 관련 정책 현황

(가) 녹색성장 관련 국내 건설산업 정책

- 우리나라는 저탄소 녹색성장을 국정기조로 하여 저탄소 녹색성장기본법을 제정하고 모든 산업에서의 탄소저감 노력을 기울이고 있으며, 이에 따라 국토해양부에서도 저탄소 건설산업 활성화를 위한 정책수립 및 연구개발 투자를 확대

표 2.5 우리나라 녹색성장관련 건설산업의 정책 추진

년도	주요추진 내용
2008.08	이명박 대통령의 건국60년 기념사에서 향후 60년의 국가비전으로 저탄소 녹색성장 제시
2008.09	기후변화대응을 위한 “기후변화대응 종합기본계획”수립 (기후변화대책기획단)
2009.10	에너지 절약형 친환경 주택 - “친환경 주택 건설기준 및 성능 고시(주택건설 기준 등에 관한 규정(대통령령))
2009.11	2020년 국가 온실가스 감축목표는“배출전망치(BAU)대비 31% - 녹색성장위원회
2010.04	저탄소 녹색성장기본법 시행령 - 녹색성장위원회
2010.04 ~	2025년까지 “제로에너지 건축물”의무화 - 국토해양부 - 건축물 에너지효율등급 인증제도 - 친환경 건축물 인증제도 - 그린 홈 인증제도 등 2012년도 건축공사표준시방서 개정 - 녹색성장 변화 대응 - 첨단 건설기술 개발 내용 대응 - 친환경 건축시방 추가

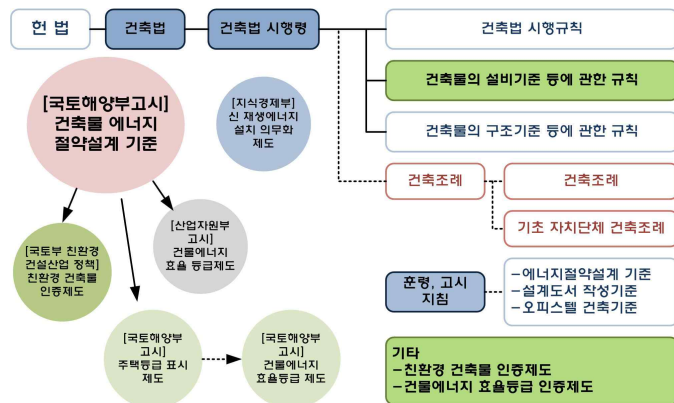


그림 2.10 정부의 저탄소 녹색성장 건설분야 정책 흐름 (국토해양부 제정)

- 국토해양부는 녹색 건설기술 경쟁력 제고 및 기술수준 향상을 위한 제4차 건설기술 진흥기본계획 마련하여 운영하고 있으며, 창조적 녹색 기술개발을 통해 건설 산업의 차세대 성장동력 확보를 비전으로 설정하고 8개 기술분야에 대해 24개 추진과제 제시.



그림 2.11 녹색강국을 실현하는 선진 건설기술 확보를 위한 전략

표 2.6 제4차 건설기술진흥기본계획(안) 추진과제

분야 (8)	추진과제 (24)
1.건설기술 인력	1.건설기술인력 수급 원활화와 관리의 내실화 2.기술인력의 진로 비전 설정 및 전문역량 제고를 위한 체계 구축 3.글로벌 건설인력 양성을 위한 교육과정 개발
2.건설생산시스템	4.입찰, 계약 발주사이클의 효율성 및 투명성 제고 5.건설사업관리 체계의 다양성 제고 및 기반 확대 6.공공 건설사업 수행절차의 글로벌화
3.건설 엔지니어링	7.기술경쟁 기반의 건설 엔지니어링 육성체계 구축 8.건설엔지니어링의 기술경쟁력 강화 9.건설엔지니어링의 글로벌화 실현
4.건설품질/안전	10.품질확인 업무의 내실화 11.건설안전관리 업무의 체계화
5.건설환경	12.건설사업 환경성 강화 13.깨끗한 건설현장 실현 14.건설폐기물 발생억제 및 재활용 촉진
6.시설물 유지관리	15.합리적인 시설물의 안전 및 유지관리체계 확립 16.시설물유지관리 선진화 17.시설물 보수·보강 기술력 향상
7.건설정보화	18.건설정보 표준개발 활성화 및 글로벌화 19.공공 및 민간분야 e-Construction 확산 기반 구축 20.사회기반시설물 정보의 공유·유통기반 구축 21.건설사업 지식정보화 수준 제고를 위한 교육 확충
8.건설R&D	22.건설R&D 기반 확충 및 투자 효율성 제고 23.민간의 R&D 활성화를 위한 지원제도 구축 24.개발기술의 이전, 확산 등 활용 촉진

(나) 저탄소 건설재료 관련 국내 정책

- 건설재료 연구개발 지원 및 설계기준의 Global Standard化 정책
 - 건설재료 분야의 R&D 투자규모를 확대하고, 건설업체와 건설재료 생산 업체간 공동 기술개발 적극 장려(제3차 건설산업진흥기본계획(2008~2012), 국토해양부)
 - 설계 및 시방기준을 자체·표준 등 사양중심에서 성능위주로 전환하여 신공법 등 기술개발 유도(2009, 국토해양부)
- 고효율 에너지 기자재 인증제도(지식경제부/에너지관리공단)
 - 고기밀성 단열창호 등 고효율 에너지 기자재의 보급 활성화를 위하여 지정시험기관에서 측정한 에너지 소비효율 및 품질시험결과 인증기준 이상인 제품에 대하여 인증
 - 총 220종 고기밀성 단열창호 제품이 인증 취득(2008년 기준)
- 2005년 건설폐기물의 재활용 촉진에 관한 법률 및 하위 법령을 제정하여 건설폐기물을 친환경적으로 처리하고 폐자원을 고부가가치화 할 수 있는 제도적 기반 구축
 - 순환골재를 천연골재 대체용으로 재활용할 수 있는 도로건설공사, 하수관거설치공사, 환경기초시설 설치공사 등에 대하여 순환골재를 의무적으로 사용토록 규정함.
 - 2006년 12월 “건설폐기물 재활용 기본 5개년 계획”(2007~2011) 수립
 - 2007년 순환골재의 신뢰성 향상을 위한 순환골재 품질인증제도 실시
- 2005년 재활용 제품에 대한 수요 촉진을 위하여 “친환경상품 구매 촉진에 관한 법률”을 제정하여 공공기관의 재활용 제품 우선구매제도 시행

표 2.7 폐기물 재활용 관련 주요 제도 현황 <자료: 2008 환경백서, 환경부>

관계기관	법률 및 지침	주요내용
국무총리실	공공기관의 폐기물 재활용 촉진에 관한 지침	폐기물의 재활용을 촉진하기 위한 공공기관의 의무를 규정
환경부	폐기물 관리법	폐기물의 처리방법, 재활용 자재의 품질기준 등 규정
	자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률	지정부산물(토사, 폐콘크리트, 폐아스콘 등)을 규정하고, 건설업체에 대하여 지정부산물에 대한 재활용 계획 수립과 재활용 의무를 부여
환경부/국토해양부	건설폐기물의 재활용 촉진에 관한 법률	건설폐기물의 적정 처리 및 순환골재의 사용 활성화 기반 조성을 위한 근거 마련
	순환골재 의무사용 건설공사의 순환골재 의무사용량 제정고시	순환골재 의무사용 건설공사의 용도별 의무사용량을 규정
국토해양부	건축법	건축폐자재의 사용 비율에 따라 용적률 등 건축기준의 완화를 규정
	건축폐자재의 활용기준	건축물에 건축폐자재 사용 비율 및 기준완화에 대한 세부 규정
	건설폐기물의 재활용 요령	건설폐기물의 처리 및 재활용 의무, 폐기물 처리비 산정 기준을 규정

(다) LCCO₂ 평가기술 관련 국내 정책

- 국내에서는 제품의 국가기반산업 및 기초 소재별 국가표준 환경성 정보(LCI D/B) 구축 사업으로 1998년에 LCI DB 158개 구축, 추가적으로 2005년 13개, 2008년 32개를 구축 하였으며 2011년까지 53개 제품의 LCI DB 제/개정을 위한 사업이 진행 중.
- 한국은행에서는 매 5년마다 ‘산업연관표(Input-Output Table)’를 발간하고 있으며, 이 자료에서 생산유발계수나 투입계수를 건설자재 투입 원단위로서 부분적으로 활용할 수 있으나, 동 자료는 금액 베이스의 원단위이며, 열간압연제품, 시멘트 제품 등과 같이 중분류로 발표되고 있어 널리 활용하기에는 제약이 존재함.
- 국토해양부는 2010년에 시설물 전생애 온실가스 배출량 산정방법 개발하고 시범 적용 하였음.

표 2.8 LCCO₂ 보급기술 관련 정책동향

제도	환경표지 (마크)제도	환경·탄소성적표지제도		녹색인증제도 (녹색기술/녹색사업분류)
		환경성적표지제도	탄소성적표지제도	
개요	친환경적인 제품에 환경마크를 부여하는 제도	제품의 전과정에 걸쳐 발생하는 환경성 정보를 계량적으로 표시하는 제도	제품의 탄소배출량을 환경마크에 표시하는 제도	유망 녹색기술 및 사업을 정부가 인증하고 혜택을 제공하는 제도
시기 / 기관	1992년4월 환경부, 한국환경산업기술원	2001년2월 환경부, 한국환경산업기술원, 환경보전협회	2009년2월(08년5월공청회) 환경부, 한국환경산업기술원	2010년1월 전담기관: 한국산업기술진흥원-녹색인증사무국 평가기관: 지식경제부, 환경부, 국토해양부 등
인증 의미	환경성 우수제품 여부 판단	정량적 환경정보 제공	정량적 탄소정보 제공	환경성우수기술·사업·기업 여부 판단
평가 방식	전과정 사고	제품의 전과정 평가	제품의 전과정 평가	녹색기술: 기술성, 시장성, 녹색성 녹색사업: 기대효과, 활용성, 타당성
표시 형식	인증마크	인증마크 + 수치값	수치가 표시된 인증마크	인증마크
				
특징	가장 활성화됨	-	지면광고 뉴스레터의 제품 홍보 정부와 공공기관의 포상 추천	용자지원 확대, 판로·마케팅 지원, 사업화 기반 구축, 사업화 촉진시스템 구축
법적 근거	환경기술개발 및 지원에 관한 법률 제17조	환경기술개발 및 지원에 관한 법률 제18조		저탄소 녹색성장 기본법 [시행 2010. 4.14], [법률 제9931호, 2010. 1.13, 제정]
장점	환경성이 우수한 제품을 인증마크의 유무만으로 소비자가 쉽게 판단 가능	환경부에 전체에 관한 객관적이고 정확한 정보제공 가능	탄소에 관한 정보만을 인증마크에 포함시켜 소비자가 쉽게 판단 가능	환경성 우수기술, 우수사업, 우수기업의 활성화 정부의 다양한 지원과 혜택 기대 가능
단점	상세한 정보 제공이 어려움	전문지식이 부족한 소비자가 어떤 것이 환경성이 좋은 제품인지 판단이 어려움	-	-

나. 국외 정책 동향 및 분석

(1) 국외의 녹색성장 관련 국가정책

- 해외 주요국들은 탄소 의존형 경제 패러다임을 탈피하여, 녹색기술 · 산업 분야의 세계시장 선점을 위해 녹색성장 정책 목표를 설정하고, 국가전략으로 추진 중

표 2.9 전 세계의 기후변화 대책 동향

구 분	추진계획 내용
 EU	- 전 지구적 목표에 의거, 미국 및 주요 선진국의 광범위한 참여와 기존 교토의정서방식에 의한 적극적 감축목표 채택 주장 ※ 산업화 이전보다 2℃이상 온도상승 억제(대기중 온실가스 농도 550ppm이하) 『Climate Change & Energy Package』 채택('07.3 EU 정상회담) 2020년까지 '90년 대비 온실가스 배출량 최소 20% 감축 ※ 여타 선진국 및 선발 개도국 동참시 30%까지 감축 - 노르웨이는 '50년까지 추가 배출량을 Zero로 추진
 미국	- 교토의정서에 의한 구속적 의무감축 방식보다 기술개발 등을 통한 자발적 감축을 주장 17년까지 향후 10년간 석유 소비량 20% 감축 및 재생에너지 비중을 현재의 3%에 서 15%로 확대키로 발표('07.1) ※ 캘리포니아주는 온실가스 배출을 '20년까지 25% 감축하는 법안 제정('06년), 29 개 주에서 온실가스 감축 목표 수립 - Sanders-Boxer, Lieberman-McClain 법안 등 10여개 법률안 상정(Cap and Trade 방식으로 온실가스 감축 제안)
 일본	- 선진국 뿐 아니라 중국, 인도 등 주요 배출국이 참여할 수 있는 유연하고 실효성 있는 Post-2012 체제 주장 『Cool Earth 50 아니셔티브』 발표('07.5.24) - 전지구적으로 2050년까지 현재수준 대비 50% 감축목표 선언 - 경쟁 우위에 있는 청정에너지기술의 활용 방안 적극 모색 - 지구 온난화 대책의 추진에 관한 법률 제정·시행('98년)
 중국	08년 중 미국을 제치고 세계 최대의 온실가스 배출 예상(IEA) 『National Climate Change Programme』 발표('07.6.4) 2010년까지 GDP당 에너지 소비량 20% 감축, 신재생에너지 10% 확대 목표 설정 - 수력·원자력 발전 확대 및 에너지 효율개선을으로 14.5억CO₂톤 저감 - 산림면적을 국토의 20%로 확대하여 5천만CO₂톤 흡수 2020년까지 GDP당 에너지 소비량을 추가로 30% 감축('07.10.4)
 영국	2000년 3월 기후변화 프로그램(UK Climate Change Program)을 발표하여 2010년까지 CO₂ 배출 20% 감축을 목표로 하고 있다. 이를 위해 청정자동차 개발에 820만 달러를 투자하였다.
 독일	기후변화관련 정책은 1990년 6월 연방정부에 의해 설립된 범 정부 CO₂감축 실무반 (CO₂ Reduction Inter-Ministerial Working Group: IWG)주관으로 마련되었다. 에너지 부문은 전력소비 감소, 석탄소비감소, 신재생에너지 이용촉진방안과 천연가스 시장의 활성화를 통해 온실가스 감축을 추진하고 있다.
 호주	교토의정서 비준거부. 개도국들의 감축의무 참여, 국가 경제고려 등 미국에 동조

(2) 국외 건설 산업에서의 환경부하(CO₂) 저감 관련 정책 현황

(가) 녹색성장 관련 국외 건설산업 정책

- WTO 체제 하에서 UN, OECD, ISO 등을 중심으로 한 국제단체는 CO₂ 저감에 의한 지구온난화 방지, 지속가능한 개발 및 LCA를 주제로 건축생산기술에 관한 연구를 활발히 진행하고 있으며 환경부하 저감 목표 및 실천기간 등의 강제 규정을 설정하고 있음.
- OECD국가 전체 에너지소비량의 약 30%가 건축부문에서 발생, 1999년부터 OECD 선진국들은 Sustainable Building Project를 수행하여 건축측면에서의 환경대책을 연구하고 있음.
- 1990년대 중반 이후 선진 외국에서는 건설 산업 경쟁력 향상 및 생산성 향상을 목적으로 국가주도 건설 산업 혁신 운동을 추진

표 2.10 주요 국가의 건설부문 탄소저감 국가전략

국가	탄소저감 건설부문 국가 추진전략
미국	국가 건설목표 National Construction Goals, 미국 에너지성 Vision 2020
영국	Rethinking Construction: 1998 Egan보고서
일본	건축관련분야 지구온난화 대책 비전 2050 수립
싱가폴	Construction 21 운동 : 생산체계 혁신변화



그림 2.12 국외의 Zero Energy Building(ZEB) 정책 동향

표 2.11 건설관련 세계 주요국의 정책

국가	건설관련 정책 내용
국제 단체	- UN의 기후변화 및 지속가능관련 정상회의 UN은 21세기를 환경의 세기로 규정하고 각국 정상회의를 통한 '환경과 개발에 관한 UN정상회의의 Agenda21: 브라질 리우데자이네루, 1992년' '기후변화협약 제 3회 국제회의(COP3): 일본 교토, 1997년' '제13차 기후변화협약 당사국총회: 인도네시아 발리, 2007년' 채택 - UNEP(UN Environmental Programme)-SBCI(Sustainable Buildings & Construction Initiative) 2006년 UN의 환경계획(UNEP)의 지원을 통한 SBCI를 구성하고 '건축물의 에너지의 효율과 이산화탄소 배출'에 초점을 맞춘 지속가능 발전을 실천
미국	- 에너지 자립안전보호법(2007년)에서 이하를 목적으로 하는 「Net-Zero Energy Commercial Buildings Initiative」를 규정 2030년까지 미국에서 신축되는 모든 업무 빌딩은 제로에너지빌딩 2040년까지 미국의 기존 업무용 빌딩의 50% 제로에너지빌딩 2050년까지 미국의 모든 업무용 빌딩은 제로 에너지빌딩 - 건축물레벨의 지속가능 성능평가(LEED) 개발 및 적용 캐나다 University of British Columbia 등의 주도에 의한 건축물의 지속가능 성능평가인 LEED 개발 및 건축물에 대한 인증제도를 도입하여 등급에 따라 Platinum, Gold, Silver 등의 Certification을 부여
유럽	- 지속가능 자문기구 및 정부부처의 개설 영국의 '지속가능 발전위원회'(수상 자문기구), 스위스 연방정부 내 환경·교통·에너지·통신부 산하 '지속가능 발전부서' (Department of Sustainable Development), 핀란드의 국무총리와 환경부장관 공동 직속기관인 '지속가능 발전위원회'(총리 자문기구), 스웨덴의 정부부처 '지속가능발전부'등 정부부처 및 자문기구 운영 2020년 이후에 신축되는 EU 내 모든 건축물은 제로 에너지 빌딩으로 건축되어야 함. - 재생가능 에너지 개발연구 및 Green Office 건설 독일을 중심으로 차세대 에너지개발을 위한 태양전지, 연료전지, 풍력전기개발 등 재생가능 에너지에 관한 연구가 범국가적으로 추진중임. 노르웨이 및 덴마크를 중심으로 한 Green Office의 실용화(일반 Office 대비 1~20%의 건설비용 증가, 7~42% 운영비용 감소)로 Life Cycle Cost 절감 - 영국의 『녹색각료(Green Minister)』 배치 지속가능 발전의 적극적 추진을위한 녹색각료를 각 부처 마다 배치하고 모든 정책의 수립 및 수정시 반드시 환경비용을 고려
아시아	- 일본의 『지구온난화방지를 위한 실천계획』 발표 지속가능 시장에서의 국제적 우위를 선점하기위한 '지구환경보전을 위한 각료회의'의 구성하고 도시계획, 산업활동, 교통시스템을 개선하기 위한 온난화방지 실천계획 발표 - CO₂ 배출권 거래제도 시범실시 일본은 2008년 10월부터 배출권 거래를 시범적으로 도입하고 저탄소 사회의 구축에 선두적 지위 및 기후변화 협상에서의 주도권 획득을 위해 노력 『대만 지속가능발전 국가협의회』 설립 지속가능한 미래상, 물과 토지관리, 자연과 산업, 생물의 다양성, 삶과 생산, 국제적 환경보호, 건강위험, 지속적 교육의 8개 실무그룹 운영을 통한 지속가능 발전 모색

<자료: 대통령자문 지속가능발전위원회>

(나) 저탄소 건설재료 관련 국외 정책

- 일본의 경우 2000년 4월 “순환형사회 형성추진기본법”을 제정하여 자원정책의 큰 흐름을 ‘자원절약(Reduce), 재사용(Reuse), 재활용(Recycle)’으로 전환
- 유럽연합은 EU 6th Environment Action Programme(2002년)을 통해 자원-상품-폐기물의 유기적 시스템 구축, 천연자원의 지속가능한 이용, 건축자재 폐기물 재활용 관련 전략 수립
- 해외에서 시행중인 대표적인 환경관련 표시제도는 환경마크제도, 에너지 관련 제도, 제철표시제도 등이 있으며, 해당제도가 개별국가 차원에서 운영되는 경우와 여러 나라에서 공동으로 운영하는 형태 등 다양하게 존재하고 있음.
 - OECD의 권유로 1979년 독일에서 처음 도입된 이래 EU·북유럽·캐나다·일본 등 40여 국가에서 시행하며, 주요국가의 운영현황은 다음과 같음.
- 각국의 환경마크제도 운영기관 협의체인 GEN(Global Eco labelling Network)가 1994년에 결성되었으며, 주요 활동내용은 다음과 같음.
 - ISO 14000s 환경라벨링 표준화 관련 대표자 파견
 - 각국의 제도 운영 절차, 대상제품군 및 인증기준에 대한 정보공유 및 분류체계의 통일·표준화
 - 상호인정 (mutual recognition) 추진을 위한 타당성 연구
 - 녹색구매(green procurement) 권장 등 친환경상품과 환경정책의 연계성 연구

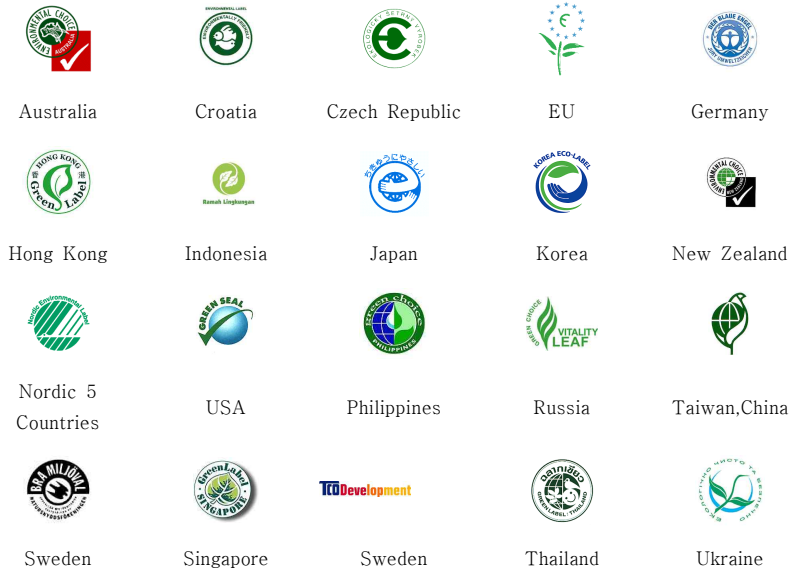


그림 2.13 주요국가별 친환경 상품 인증제도 현황

(다) LCCO₂ 관련 국의 정책

	건축부문 탄소배출량 평가현황				토목부문 탄소배출량 평가현황		
	ATHENA™ ATHENA Sustainable Material Institute	Envest2 BRE Ltd.	BREEAM BRE Ltd.	LEED US Green Building Council	Eco- Indicator 99 Pre Ltd.	LIME Association for Iron & Steel Tech.	BEE5 3.0 National Institute of Std. and Tech.
주도 기관	연구기관	공영기업	공영기업	공공단체	민간기업	공공단체	공공기관
국가	캐나다	영국	영국	미국/캐나다	네덜란드/EU	일본	미국
개발 년도	2000	2003	1991	1999	2000	2003	2002
평가 대상	공동주택, 사무소, 기타용도	공동주택, 사무소, 기타용도	공동주택, 사무소, 기타용도	공동주택, 사무소, 기타용도	도로교량, 철도, 기타시설	도로교량, 철도, 기타시설	도로교량, 철도, 기타시설
생애 단계	건설, 운송, 해체폐기	건설, 운송, 해체폐기	건설, 운송, 해체폐기	건설, 운송, 해체폐기	건설, 운송, 해체폐기	건설, 운송, 해체폐기	건설, 운송, 해체폐기
경제성 고려	불가능	가능	불가능	불가능	불가능	불가능	불가능
DB 구축	산업연관분석	자체DB (4가지의 평가요소만 있음)	체크리스트식 (DB 없음)	체크리스트식 (DB 없음)	산업연관분석	산업연관분석	자체 DB
프로 그램	원도우즈 기반	웹기반 체크리스트식	원도우즈 기반	없음	원도우즈 기반	원도우즈 기반	원도우즈 기반
결과 표시	그래프, 보고서	그래프, 보고서	인증등급	인증등급	그래프, 보고서	그래프, 보고서	라벨링
특징	- 북미지역 유일의 LCA평가 프로그램 - DB의 조합을 통해 북미지역 건축물의 95%를 평가 가능 - 운영과정의 에너지 사용례이션은 불가능	- 세계 최초의 건축물 전생애 환경성능 평가 프로그램 - 관련 정보를 온라인에서 공유	- 유럽지역에서 가장 널리 쓰이는 친환경 건축 인증제도 - 다수 국가에서 개별 국가버전 사용중	- 세계적으로 가장 널리 쓰이는 친환경 건축 인증 제도 - 다수 국가에서 개별 국가버전 사용중	- 공산품의 에너지 소비량 및 탄소배출량을 산업연관분석법으로 산출 (토목 구조물 전문 프로그램 아님) - Sima Pro 연동하여 LCA분석 가능	산업제품의 환경부하량 평가 인제 유효성, 사회적산, 종의 다양성, 1차 생산량의 훼손	- 프로그램을 웹상에서 무료로 다운로드 제공 - 건설자재의 경제성과 환경부하 평가
제도화 여부	없음	없음	공공 건축 의무	주별 조례 의무사항	없음	없음	없음

- 미국, 일본 및 유럽과 호주지역에서는 자체적으로 환경부하 평가기준을 확립하고 이를 평가할 수 있는 웹/OS 기반 프로그램을 개발하여 활용중이나 **온실가스평가의 비중은 상대적으로 낮음**
- 영국은 에너지 효율, 미국은 경제성을 중점적으로 평가하고 있으며, 일본은 다양한 프로그램이 존재하여 환경부하를 저감할 수 있는 대안을 제시함
- 생애주기 비용분석 및 환경평가 분석을 국가표준으로 제정하여 시행(미국 ASTM), 산업 생산품 전반의 평가를 위해 개발된 프로그램(BEES, Eco Indicator, LINE 등) 사용 (토목구조물에 대한 평가 기준 및 프로그램 없음)
- 토목구조물의 환경부하 평가는 시공에 사용된 재료의 물질을 토대로 산출하는 방식을 주로 사용

그림 2.14 LCCO₂ 평가기술 관련 정책동향

표 2.12 LCCO₂ 관련 국의 주요국 정책동향

방법론	국가 (기관)	시기	내용
개별적산법	스위스(ETH)	1996년	기초물질과 에너지, 수송, 폐기물에 대한 DB를 구축하고 에너지에 대한 범주를 전력, 오일, 천연가스, 석탄, 원자력, 수력, 목재, 태양열, 관전지, 풍력 등으로 세분화하여 DB를 개발하고 있음
	네덜란드 (TU Delft)	1996년	총 8개 부문 400여개 이상의 물질 DB를 구축하고 있으며, 세라믹, 섬유, 유리판, 금속, 비금속, 고분자, 목재 등에 대한 세부적인 DB가 포함되어 있음.
	미국 (Franklin사)	1970년	20년 이상 LCA를 수행하면서 미국의 폐기물 관리와 LCA 데이터베이스를 축적하고 있음.
산업연관분석법	일본 (건축연구소 등)		여러 기관에서 산업연관표를 이용한 CO ₂ , SO _x , NO _x 배출량의 데이터베이스를 구축하는데 많은 연구를 수행하고 있음. 현재는 산업연관표에 의한 원단위데이터베이스가 세부적으로 구축되어 있으며 그 실용성에도 자리를 잡아가고 있음.
	미국 (카네기멜론 대학)	1992년	US Department of Commerce에 의해 발표된 485개의 산업부문에 대해 제품이나 서비스에 대해 다양한 환경배출, 자원요구, 경제거래 등을 조사

- 탄소 라벨링은 유럽을 중심으로 아시아, 북미 등 세계적으로 확대되고 있으며, 현재도 정보가 간헐하게 업데이트 되고 있는 중.
- 영국에서는 세계적으로도 발 빠르게 정부가 중심이 되어 탄소 라벨링의 책정, 표시 가이드라인을 구축하였으며, 민간기업 20사에서 파일럿 프로젝트를 실시하고 있음.
- 프랑스에서는 현재 정부가 산정 및 표시에 관한 일반 원칙을 책정 중에 있으며, 아직 영국의 수준까지 확대되고 있지는 않지만 환경정보표시에 관한 법안책정 등도 병행하고 있기 때문에 조만간 프랑스에서 판매되는 모든 제품에 대한 라벨링 의무화가 본격화될 전망이다.
- 스위스는 탄소발자국의 특정 제품의 인증 라벨링을 실시하고 있으나, 수치의 표시를 하지 않는다는 점에서 영국, 프랑스와 차이가 있음.
- 그 외에도, 독일에서는 자주적으로 민간기업에서 탄소발자국 책정의 파일럿 프로젝트가 시작되고 있음.
- 아래 그림의 실선 상자의 국가는 실제로 라벨링을 표시한 상품을 시장에 도입한 국가이며, 점선 상자의 국가는 산정방법과 라벨링 도입을 검토 중에 있는 국가를 나타냄.

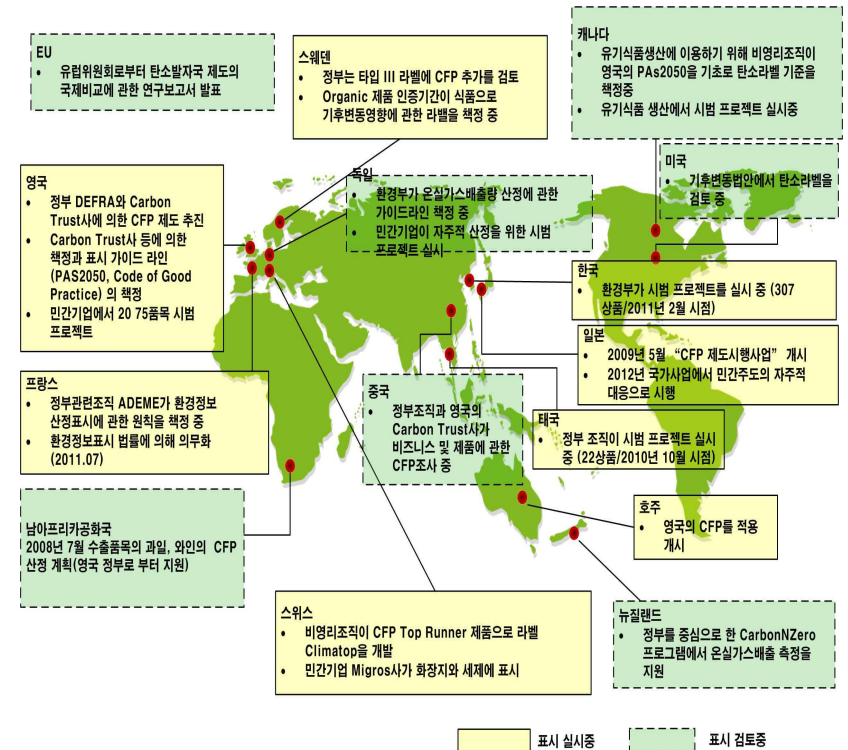


그림 2.15 탄소라벨링 국의 동향

다. 국내외 정책 동향 분석 결과

- 국내에서는 세계 기후변화대응 및 교토의정서 의무가입을 예상하여 1999년부터 정부 차원의 기후변화 대응 종합기본계획을 마련하였으며 현재 제4차 종합대책을 수립하여 실시. 특히, 2010년 발효된 『저탄소 녹색성장 기본법』을 수립하여 우리나라의 국가기조인 저탄소 녹색성장에 관한 모든 연구 및 산업화의 법적 기반을 구축하고 있으며, 2020년까지 세계 7대, 2050년까지 세계 5대 녹색강국 진입을 위한 로드맵을 수립
- 국내 건설산업에서도 제4차 건설기술진흥기본계획(2008~2012)에서는 창조적 녹색 기술 개발을 통해 건설산업의 차세대 성장동력 확보를 비전으로 설정하고 8개 기술 분야에 대해 24개 추진과제를 실시
- 국내 탄소저감 관련 정책은 주로 에너지기준 강화, 에너지 효율 개선, 사용자 에너지 절약 유도, 설계·엔지니어 전문인력 양성 등 주로 구조물의 운영관점에서 필요한 탄소저감 정책개발 및 적용에 초점을 두고 있으며, 상대적으로 탄소저감형 건설재료/소재 개발 및 사용 유도 정책, 건설시공시 탄소저감 정책, 건설분야에서의 전과정 CO₂ 평가(LCCO₂)에 관한 정책은 부족한 실정임
- 전 세계도 우리나라와 마찬가지로 각 국가별로 이산화탄소를 저감시키려는 국가 정책을 구체적으로 제시하고 있음. 특히, G8(2007년)회의에서는 2050년 온실가스배출량을 2020년에 1990년 대비 50% 수준으로 감축을 제시 하는 등 전 세계 국가가 연대하여 이산화탄소저감에 관한 국제협력 및 의무부담을 강제하고 있는 추세임
- 전 세계의 건설분야에서도 건설분야가 전체산업의 CO₂ 발생량이 약 30~40%인 점을 감안하여 건설분야에서 이산화탄소를 감축하는 정책을 다수 제시하고 있음. 특히, 영국을 중심으로 한 유럽은 제로에너지 법제화 등 강제규정까지 실행하고 있으며, 건설분야에서 이산화탄소저감을 위한 법적 기반 강화 및 녹색건설산업 경쟁력 향상에 총력을 기울이고 있음
- 전 세계 건설분야 탄소저감 정책은 구조물 운영부분에서 에너지 저감 정책뿐만이 아니라, 구조물 설계시 탄소총배출량 제한, 건설재료 탄소량 원단위 구축, 건축자재의 탄소라벨링제도 실시, 구조물의 LCCO₂ 평가 법제화, 디테일 설계에서의 저탄소 건설재료 선정 지원 등 구조물의 설계/시공/운영/해체 등을 총 망라한 분야에서 이산화탄소저감 정책을 실시하고 있음
- 이상의 국내외 탄소저감형 건설재료 관련 정책을 종합해 보면, 구조물 운영 에너지저감 뿐만이 아니라, 구조물 전 과정에서 탄소저감을 위하여 저탄소 건설재료의 개발, 이의 적용을 위한 건설자재 탄소라벨링 제도 도입, 이를 기반으로 구조물의 LCCO₂ 평가 및 법률 제정으로 확대하고 있음

2. 국내외 경제동향 및 분석

가. 시장환경

(1) 국내 시장환경 및 전망

(가) 시장환경

- 지구온난화로 인한 환경부하저감(CO₂저감)을 목표로 전 세계는 『저탄소 녹색성장』에 총력을 기울이고 있으며, 국내에서도 『저탄소 녹색 성장』을 국정기조로 하여 모든 산업에서 CO₂저감을 위한 정책/법률/기술개발/연구개발을 실시 중으로 기존의 산업이 친환경 분야로 재편될 것으로 예측
- 2010년 국내 건설시장규모는 132조원으로 건설자재의 시장규모는 50조원에 이를 것으로 예측되며, 2015년에는 55조원으로 이를 것으로 추정됨
 - － 건축용 자재는 2010년에 30조원, 2015년에는 34조원 수준의 시장이 형성될 것으로 추정
- 최근의 정부 및 민간에서 친환경건축재료에 대한 폭발적인 관심과 잠재력을 감안할 때 건설자재시장 규모의 상당부분이 친환경건축재료로 재편될 것으로 판단됨
 - － 건설산업은 전체산업 CO₂발생량의 약 42%를 점유, 건설산업에서의 CO₂ 저감노력이 중요하며, 특히 건설재료에서의 원천적인 CO₂저감 대책이 시급
 - － 국내의 경우 친환경 상품의 구매를 의무화한 “친환경 상품 구매촉진에 관한 법률”이행에 따라 2007년 공공기관 전체 대상제품 구매액 1조 9,376억원 중 69%에 해당하는 1조3,437억원을 친환경상품으로 구매하고 있으며, 구매율도 2006년도 대비 11% 증가함.

표 2.13 건설시장 및 건설자재 시장 규모의 전망

<단위 : 10억원, 2000년 기준가격>

구 분		2000	2005	2010	2015
건설 시장	전체	92,126	117,745	132,911	144,790
	건축	49,235	71,229	79,816	89,546
	주택	21,519	29,780	35,138	41,670
건자재 시장	전체	35,008	44,743	50,506	55,020
	건축용	18,709	27,067	30,330	34,027
	주택용	8,177	11,316	13,352	15,835

주1) 건설시장은 통계청 발표 건설기성액 기준임. 2005년 이후는 한국건설산업연구원의 예측치임.(자료 :대예측 2015, 한국건설업미래시장, 2006)

주2) 건자재 시장의 비중은 2000년도 기준 산업연관표에 의할 때 건설부문 총 산출액은 99,3조원을 생산하기 위해서 자재는 37,6조원이 투입되어 투입비중은 38%를 차지하고 있음.(서비스 투입은 18.0조원 18.1%, 노동투입은 26.7조원 26.9%임)

- 최근의 시장동향의 사례로서 친환경건축물 인증제도 인증건수를 살펴보면, 2008년에 483건으로 2005년 대비 1,460%, 2006년 대비 296%의 폭발적인 증가율을 보이고 있음. (<http://web2.me.go.kr>)

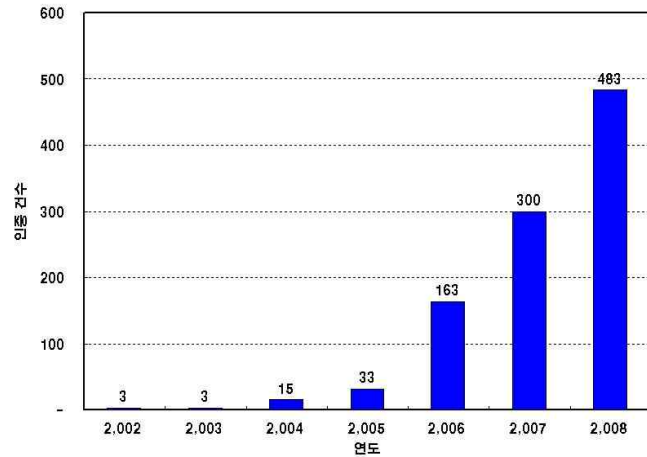


그림 2.16 연도별 친환경 건축물 인증건수

- 에너지 인증 주택의 경우도 2006년에는 인증비율이 약 2%였으나 기후변화 협약 등의 발효로 사회적 관심이 증대에 따라 2020년에는 35% 수준까지 증대될 것으로 전망됨

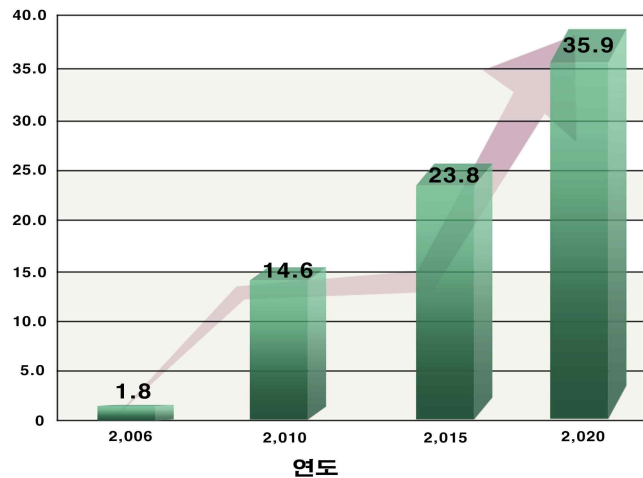


그림 2.17 에너지 인증 주택비중 전망

(2) 시장규모 전망

- 국내 친환경 건축재료 시장규모는 9,116억원(2005년)으로 2003-2007년의 평균증가율인 29%를 적용했을때 2015년에는 8.3조의 시장규모가 형성될 것으로 예상됨
 - 전문가 수용조사결과에 의하면, CO₂저감형 자재 생산기술, CO₂저감형 고성능 자재 활용 기술, CO₂처리기술과 LCCO₂ 정립기술을 중심으로 시장형성이 이루어 질것으로 파악됨

표 2.14 주요 환경부하 저감형 건축재료 시장 현황전망

<단위 : 억원>

구 분	2003년	2004년	2005년	2006년	2007년	2015
친환경건축재료	4,133	5,918	9,116	10,233	10,895	83,549.7
증감율(%)	-	43.2	54.0	12.3	6.5	-

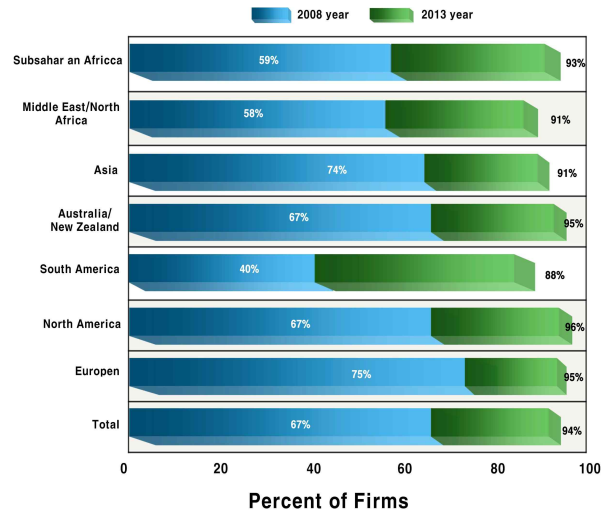
주1) 친환경건축재료의 범위 : 고로슬래그 시멘트, 페이트, 벽지, 보온단열재 및 흡음재, 바닥 장식재, 벽 및 천장 마감재, 접착제, 장식용 합성수지 시트 등을 포함

주2) 미래형 친환경 고성능 건설재료 자재개발 및 이를 이용한 구조물 개발기획 연구, 한국건설교통기술평가원, 2009

(2) 국외 시장환경 및 경제동향

(가) 시장환경

- 세계적으로 그린기술(Green Technology)은 급격히 변화하고, 관련시장은 2020년에 3,000조 규모로 급속성장을 예상하고 있음. 또한, 선진국들은 자원·에너지 확보와 병행, 자원이용·환경오염 최소화를 국가경쟁력의 원천으로 인식, 녹색산업·녹색기술을 새로운 성장엔진으로 하여 국력을 집중 (Green Race).
 - 세계 녹색건설시장은 기후변화협약 이행, 유가변동 등에 따른 그린빌딩, 그린홈 보급·확대로 인하여 2008년 전체 건설시장의 5%에서 2012년 16%으로 비중이 증가할 것으로 예상
 - OECD국가 전체 에너지소비량의 약 30%가 건축부문에서 발생, 1999년부터 OECD 선진국들은 Sustainable Building Project를 수행하여 건축에서의 환경대책을 활발히 추진.
- 미국 DOE는 Zero Net Energy(주거용 건물 '20년, 비주거용 건물 '25년)에 도달하려는 건축기술(Building Technology Program) 추진 중에 있고, 영국은 2016년부터 전체 주택을 제로에너지주택으로 보급하기 위하여 관련 기술개발 및 상용화 착수
- 녹색생활을 실현하기 위한 물리적 기반으로 도시구조를 재편할 필요성이 제기되어 건축과 도시 분야의 녹색성장에 대한 역할이 강조되고 있음
 - 국가차원의 탄소저감 및 에너지절약 효과를 극대화하기 위해서는 건설재료부문에서의 관련정책 추진이 필요하다는 공감대가 형성됨



<출처 : Smart Market Report Global Green Building Trends, McGraw Hill Construction & World Green Building Council>

그림 2.18 Percentage of Firms Dedicated to Green Building on Project by Region

- 건설재료 중 시멘트·철강은 경제의 발전에 불가결한 자재의 하나이며, 발전이 현저한 중국, 인도 등을 중심으로 수요는 금후에도 증대할 것으로 예상되며, 시멘트/철강 산업은 제조과정에서 많은 에너지를 소비하고, 온실가스를 배출함.
 - 산업부문별 배출 현황을 보면 시멘트, 철강, 화학 산업이 전 산업의 배출량의 50% 이상을 점하고 있음.
 - 온실가스 다 배출산업에서는 대체연료, Biomass의 이용촉진, 탄소저장기술(Carbon Capture and Storage)의 개발·보급을 촉진하고 있음.
- 세계적으로 급격히 변화하는 그린기술(Green Technology)과 기하급수적으로 증가하는 시장(2020년 3,000조)로 예상.
 - 2005년 미국의 그린 건축재료 시장규모 211억 달러, 연평균 4.9% 성장하여 2011년 279억 달러로 성장 예상(BCC Research, "The U.S. Market for Green Building Materials")
- 세계 주요국의 건설업체의 친환경프로젝트를 수행하는 비율은 약 60%수준(2008년)이나, 2013년에는 90%이상의 업체가 친환경프로젝트를 수행할 것으로 분석되어, 건설시장이 친환경으로 일반화될 것으로 예상되고 있음.
- 탄소저감형 건설재료 개발 및 활용 기반기술 개발은 정부의 그린정책 실현, 순환자원 이용률을 제고하는데 가장 효율적이고, 근본적 방법 중 하나로서 국내 건설산업 경쟁력 강화를 위한 시장기반 마련이 필요

나. 산업구조 및 경쟁력

(1) 산업구조

- 국내 건설분야 환경부하(CO₂)배출량은 전 산업의 38%에 해당되며 국가적으로 “저탄소 녹색성장”을 신성장동력으로 강력히 추진하여 2020년까지 그린홈 200만호 건설이 추진 중에 있는 등 건축분야의 CO₂자재생산 및 활용기술을 비롯해 환경부하 절감 기술개발 등으로 국내 건설재료산업이 재편될 것으로 판단됨
- 전 세계의 Green Building 시장은 기하급수적으로 증가하고 있어 저탄소 건설재료 요구가 확대되고 있어, CO₂를 저감하는 건설재료의 개발은 재료분야의 녹색산업을 창출하여 신규 일자리를 창출하는 기회제공 요인으로 작용할 것으로 판단
- 특히, 전문가 수요조사 등에서 주요 유망분야로 선정된 CO₂저감형 자재생산기술, CO₂저감형 고성능자재활용기술, CO₂처리기술, LCCO₂정립기술 등으로 기술수요가 가중될 것으로 판단됨
 - 현재, 정부의 친환경정책에 의해 새로운 산업이 창출되고 있으며 현재 크게 증가추세에 있음. 따라서, 건축물 전생애 환경부하 절감 생산 및 활용기술 등의 원천기술과 평가기술의 개발을 통한 시너지 효과창출로 거대 친환경 건축시장 형성에 기여할 것으로 판단

(2) 경쟁력

- 상에서 분석한 시장환경분석 내용을 기반으로 SWOT 분석을 통해 전반적인 국내 시장 경쟁력을 분석함
 - 강점으로는 정부차원의 국가 기간시설물 및 건축물의 성능향상 정책강화, 저탄소 녹색성장을 위한 그린홈 및 그린도시 등 친환경 건설정책을 적극적으로 추진하고 있음. 또한 구조물 장수명화를 위한 고성능 건설재료 요구 증대와 신기술 개발 및 품질향상을 위한 지속적 기술 투자가 강점으로 분석됨
 - 약점으로는 선진국 제품의 국내 친환경/고성능 건설재료 시장 선점, 새로운 시장 발굴을 위한 시장정보 미흡, 건설사와 건설재료 생산업체간의 협력 시스템 미흡이 약점으로 분석됨.
 - 기회요인으로는 친환경 건설시장의 급속한 성장세, 친환경 인증제도, 친환경 주택 수요증가에 따른 산업 활성화, 중국 등 아시아 지역의 Green 건설 프로젝트 시행 등이 기회요인으로 파악되었음.
 - 위협요인으로는 가격 경쟁력을 바탕으로 한 신흥국가 등장, 선진국의 막강한 친환경 건설시장 지배력, 자본력과 기술력을 바탕으로 한 메이저 그룹의 지배력 강화가 위협요인으로 분석됨

표 2.15 국내건설시장의 친환경건설재료 분야의 경쟁력 분석

구분	내부/외부	강점/약점 기회/위협	내용
시장 환경	내부	강점(S)	- 정부차원의 국가 기간시설물 및 건축물의 성능 향상 정책 강화 - 저탄소 녹색성장을 위한 그린홈, 그린도시 등 친환경 건설 정책수립 - 구조물 장수명화를 위한 고성능 건설재료 요구 증대 - 신기술 개발 및 품질향상을 위한 지속적 기술 투자확대
		약점(W)	- 선진국 제품의 국내 친환경/고성능 건설재료 시장 선점 - 새로운 시장 발굴을 위한 시장정보 미흡 - 건설사와 건설재료 생산업체간의 협력 시스템 미흡
	외부	기회(O)	- 친환경 건설시장의 급속한 성장세 - 자원순환형 경제·사회로의 전환 - 친환경 인증제도, 친환경 주택 수요증가에 따른 관련 산업 활성화 - 중국 등 아시아 지역의 Green 건설 프로젝트 시행
		위협(T)	- 가격 경쟁력을 바탕으로 한 신흥 국가 등장 - 유럽, 미국, 일본 등 선진국의 막강한 친환경 건설시장 지배력 - 자본력과 기술력을 바탕으로 한 메이저 그룹의 지배력 강화

- 건설교통분야 기술수요 및 기술수준 조사보고서(한국건설교통기술평가원, 2010)에서 제시된 내용을 근거로 전문가 수요조사에 의해 중요기술로 선정된 친환경건설재료 분야의 각 세부별(CO₂자재생산기술, CO₂자재활용기술, CO₂처리기술, CO₂정립기술) 경쟁력을 분석해 보면 다음과 같이 정리될 수 있음

(가) CO₂ 저감형 자재생산기술

- 국내기술수준은 60.6%로 어느 정도 개발능력이 있는 것으로 파악되었고 기술성숙도는 성장기에 해당하는 것으로 나타남. 실현 시기는 2018년, 최고기술보유국은 일본이 해당하는 것으로 파악됨

(나) CO₂ 저감형 고성능 자재활용기술

- 국내기술수준은 61.2%로 어느 정도 개발능력이 있는 것으로 파악되었고 기술성숙도는 성장기에 해당하는 것으로 나타남. 실현 시기는 2018년, 최고기술보유국은 일본이 해당하는 것으로 파악됨

(다) CO₂ 처리기술

- 국내기술수준은 60.1%로 다른 항목과 같이 성장기에 해당하는 것으로 나타남. 기술성숙도는 성장기, 실현 시기는 2018년으로 나타났으며, 최고기술보유국은 일본이 해당하는 것으로 파악됨

(라) LCCO₂ 정립기술

- 국내기술수준은 54.0%로 어느 정도 개발능력이 있는 것으로 파악되었으며, 기술성숙도는 성장기에 해당하는 것으로 조사됨. 실현시기는 2018년, 최고기술보유국은 일본이 해당하는 것으로 파악됨

(3) 국내의 산업구조 및 경쟁력 종합분석

- CO₂저감형 건설재료 분야는 최고기술보유국으로 나타난 일본에 비해 기술성장기에 해당되며, 일본수준으로 올라가기 위해서는 약 7년 정도(2018년)가 소요될 것으로 분석됨
- 기술수준은 상기 4가지 분야 중 LCCO₂정립기술이 가장 기술수준이 낮은 것으로 파악되었으며, CO₂저감형 고성능자재활용기술 등 나머지 3분야는 기술수준도 약 60%수준으로 나타나 기술수준 향상이 필요할 것으로 조사됨
- CO₂저감 기술은 화학/화공분야의 원천기술과 연계되어 건설재료로 활용되기 때문에 산업원천기술의 확대와 함께 건설자재산업이 산업원천기술과 융합한 녹색자재 산업 창출, 더 나아가, 녹색건설산업의 활성화를 창출
- 기존 건설자재 산업 및 건설산업은 CO₂를 대량 방출하는 반환경산업으로 취급되고 있으나, CO₂ 감 건설재료의 개발 및 활용과 함께 CO₂를 직접 소재로 활용하여 건설자재를 만들게 되므로 CO₂를 단순 저장하지 않고 고부가가치 산업기술로 발전시키는 혁신적 방안이 될 것으로 판단
- 또한, CO₂저감형 건설재료 활용한 경우, 자재 제조시의 CO₂저감뿐만이 아니라, 이를 활용한 구조물의 에너지저감 효과 및 내구성향상 등으로 연계되어 구조물 전체의 CO₂를 줄이는 녹색건설경쟁력 향상 시너지가 있다고 판단됨
- 한편, 산업부산물, 산업폐기물 등을 활용한 CO₂저감형 건설재료 제조는 관련 부산물 산업이나 폐기물산업이 고부가가치 산업으로 재편되는 계기를 마련하게 될 것으로 판단되며, 제조시 신재생에너지 등의 도입으로 전반적인 친환경산업 확장이 기대됨
- 특히, CO₂를 포집하고 저장하는 기술은 선진국이나 우리나라의 격차가 그다지 크지 않지만, 포집된 CO₂를 저장하는 기술은 해양 및 지중 저장분야 이외에 CO₂를 활용한 건설자재 개발이 전 세계적으로 아직 초기단계 이므로 국제 경쟁력은 매우 높다고 판단됨

3. 국내외 기술개발 동향 및 분석

가. 특허분석

(1) 분석대상 기술 분류

- 탄소저감형 건설재료 기획 연구에서의 국내외 기술개발 현황 중 특허에 관한 동향 조사 및 분석을 실시
- 분석대상 기술분류는 크게 대분류, 중분류, 소분류로 나누어 조사를 실시하였으며, 한국, 미국, 일본, 유럽의 특허를 대상으로 조사를 실시

표 2.16 국가별 분석구간 및 특허건수

자료 구분	국 가	전체분석구간	정량분석 대상특허
공개/등록 특허 (출원일 기준)	한국	1990 ~ 2011.02(검색일)	127
	미국	1990 ~ 2011.02(검색일)	54
	일본	1990 ~ 2011.02(검색일)	181
	유럽	1990 ~ 2011.02(검색일)	14
합계			376

표 2.17 분석대상 기술분류

대분야	중분야	분류 기호	소분야	분류 기호
CO2저감형 자재 생산기술 (A)	Low CO2소재 활용 기술-1	AA	비금속소재 활용 기술	AA1
	제조 에너지 저감 기술-2	AB	신재생 에너지 활용 기술	AB1
	순환자원 활용 기술-3	AC	산업부산물 활용 기술	AC1
CO2저감형 고성능 자재 활용 기술 (B)	고내구성 소재 활용 기술-1	BA	고내구성 콘크리트	BA1
			고내구성 코팅(도장)	BA2
	고기능성 소재 활용 기술-2	BB	고단열성 소재 활용 기술	BB1
	고강도 소재 활용 기술-3	BC	고강도 콘크리트	BC1
			고강도 FRP	BC2
CO2처리기술 (C)	CO2 흡수/활용 기술-1	CA	CO2 흡수 기술	CA1
			CO2 활용 기술	CA2
LCCO2 정립기술 (D)	LCCO2 평가 기술-1	DA	CO2 평가 기술	DA1
	LCCO2 보급 기술-2	DB	탄소라벨링 기술	DA2

(2) 분석 지표 설정

- 조사한 특허의 내용을 정량적, 정성적으로 분석하기 위하여 다음과 같이 특허 분석 지표를 설정하여 분석을 실시

표 2.18 특허분석 지표

구분	지표	의미	정의
양적 측면	특허건수	특허활동	-
	특허활동지수 (Activity Index)	상대적 특허활동	$AI = \frac{\text{해당기술분야 특정국가(기업) 출원건수}}{\text{해당기술분야 전체출원건수}} \div \frac{\text{특정국가(기업) 전체출원건수}}{\text{전체출원건수}}$
질적 측면	인용도지수 (Cites Per Patent)	인용도지수 $\propto$ 영향력	$\text{인용도지수} = \frac{\text{피인용수}}{\text{특허건수}}$
	특허영향지수 (Patent Impact Index)	상대적 영향력	$PII = \frac{\text{특정 인용도지수}}{\text{전체 인용도지수}}$
	기술력지수 (Technology strength)	기술력	$TS = \text{특허건수} * \text{특허영향지수}$
	시장확보지수 (Patent Family Size)	시장확보지수 $\propto$ Market size	$PFS = \frac{\text{해당출원인 평균 특허Family수}}{\text{전체평균 특허Family수}}$

- **특허활동지수(AI, Activity Index)** - 상대집중도 또는 활동력을 나타내는 지표로, AI가 1이하이면 특허활동이 부진, 1~2이면 비교적 활발하고, 2이상이면 상대적으로 특허활동이 활발하게 진행함을 의미
- **인용도 지수(CPP, Cites Per Patent)** - 미국등록특허를 대상으로 분석가능하며, 특정 등록특허가 다른 특허들에 의해 인용된 횟수를 나타냄. CPP값이 클수록 질적 수준이 높은 핵심 특허 또는 원천특허를 많이 보유함을 나타냄
- **특허영향지수(PII, Patent Impact Index)** - CPP를 이용하여 산출하기 때문에 CPP와 마찬가지로 특정 국가 또는 기업이 보유한 특허의 질적수준을 상대적으로 평가하기 위한 지표임.
- **기술력지수(TS, Technology Strength)** - 인용관계에 의한 영향력지수(PII)에 특허활동의 규모를 나타내는 특허건수를 곱해줌으로써 특허활동의 질적 수준과 함께 양적인 측면을 고려한 평가가 가능
- **시장확보지수(PFS, Patent Family Size)** - 해당국가에서 상업적인 이익 또는 기술경쟁 관계에 있을 때에만 해외에 특허를 출원하므로 Family Patent 수가 많을 때에는 특허를 통한 시장성이 크다고 판단되어 이를 시장확보력의 지표로 사용.

(3) 탄소저감형 건설재료 기술분야 특허의 연도별 동향

- 탄소저감형 건설재료 기술 분야는 전체적으로 증가추세에 있으며, 일본특허가 가장 많음
- 가장 많은 특허 점유율을 차지하고 있는 일본의 경우 '90년대 중반이후 급증하는 증세를 보이며, 한국의 경우 2000년대 초반부터 현재까지 꾸준히 특허출원이 이루어지고 있음
- 미국특허는 2000년대 초반과 중반에 관련 특허를 다소 출원하였으나, 이후 건수가 미비하여 출원이 감소한 것으로 보임
- 탄소저감형 건설재료 기술 분야 특허는 일본특허가 총 376건 중 181건, 48%로 가장 많았으며 그 다음에 한국특허가 34%, 미국특허가 14%, 유럽특허가 4% 순으로 나타남



그림 2.19 탄소저감형 건설재료 기술의 전체 특허동향 및 누적건수 추이

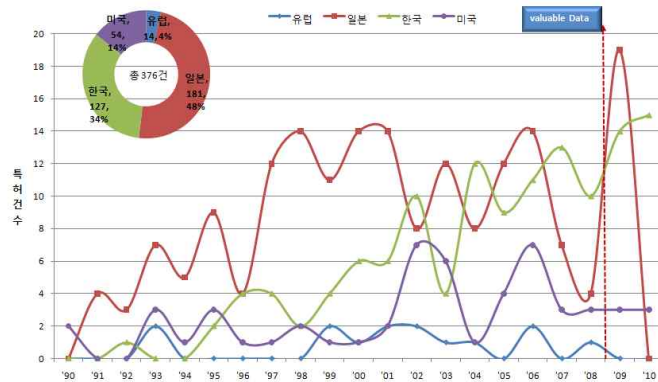


그림 2.20 탄소저감형 건설재료 기술의 전체 특허점유율 및 특허출원 추이

(4) 국가별 특허기술 동향

- 한국특허의 특허기술 동향을 살펴보면, CO₂저감형 자재 생산기술 및 CO₂저감형 고성능 자재 활용기술 분야에서 가장 많은 특허출원이 이루어지고 있으며, 꾸준히 특허출원이 증가하면서 집중적인 투자가 이루어지고 있음
- 미국특허에서는 CO₂저감형 자재 생산기술 분야특허가 조금씩 증가하고 있으며 일본특허에서는 CO₂처리기술과 LCCO₂정립기술과 관련한 특허출원이 다른 국가들에 활발하게 진행되었으나, 최근 들어 관련특허는 점차 감소하고 있는 것으로 나타났음
- CO₂저감형 건설재료 특허동향을 분석한 결과 한국과 일본의 특허가 미국이나 유럽에 비해 많이 증가하는 것으로 분석됨.

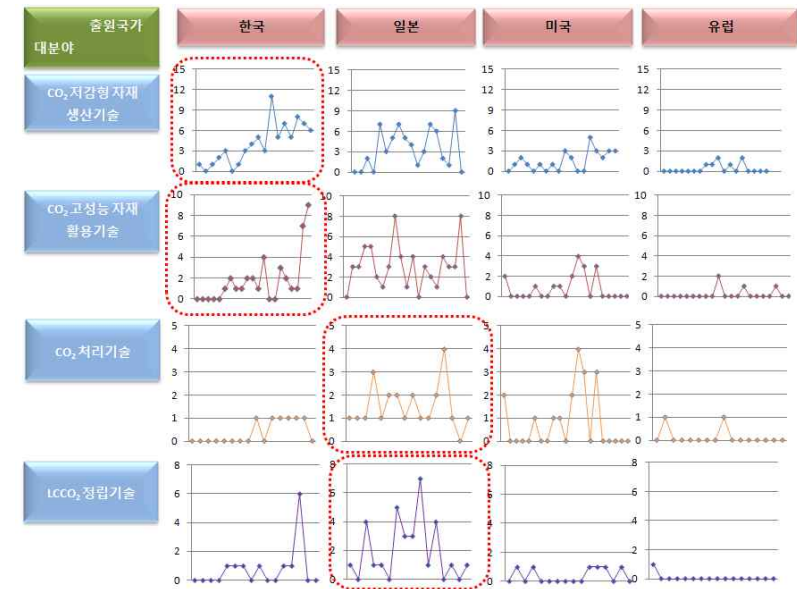


그림 2.21 국가별 기술동향 분석

(5) 포트폴리오로 본 탄소저감형 건설재료 기술의 위치

- 특허건수와 출원인수 변화의 상관관계를 통해 기술의 위치를 살펴보는 포트폴리오 기본 모델에서, 한국특허는 발전기 단계에 있는 것으로 나타났으며, 미국은 발전기, 일본은 성숙기 단계에 있는 것으로 나타남
- 탄소저감형 건설재료 기술 분야의 세계특허동향은 기술혁신의 주체인 출원인수는 다소 감소하고 기술혁신의 결과인 출원건수는 다소 감소하거나 유지됨에 따라, 포트폴리오 기본 모델에서 성숙기에 해당하는 것으로 나타남
- 한국과 미국의 경우 기술혁신의 주체인 출원인수와 기술혁신의 결과인 출원건수가 동시에 증가하는 발전기로 보이며, 일본, 유럽특허는 기술출원인수와 출원건수가 감소하는 성숙기로 예상됨

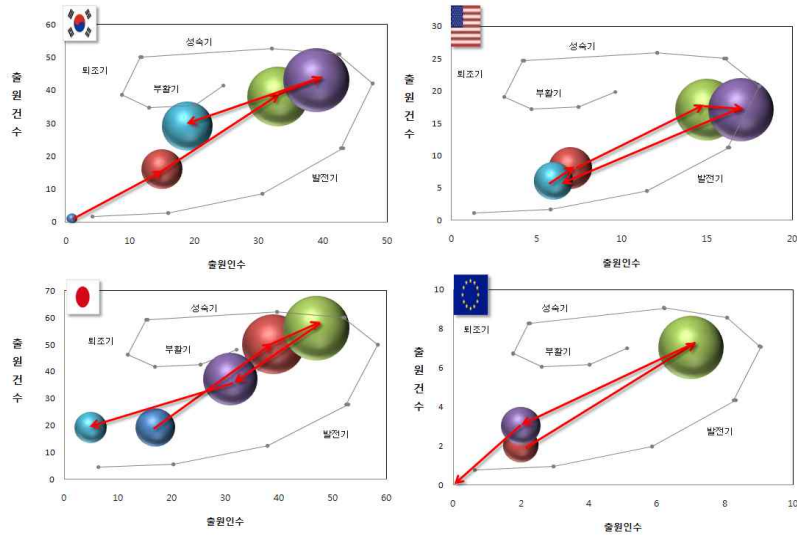


그림 2.22 탄소저감형 건설재료 기술의 포트폴리오 분석

(6) 전 세계 주요 출원인

- 전 세계 주요출원인을 살펴보면, 일본의 TAKENAKA KOMUTEN CO LTD이 15건을 출원하여 가장 활발한 출원활동을 보이고 있으며, 그 뒤로, 일본의 DENKI KOGYO CO., LTD(7건), MATSUSHITA ELECTRIC(7건), NIPPON STEEL CORP(7건)으로 나타나 일본 기업이 탄소저감형 건설재료 기술 분야에서 매우 활발한 특허 활동을 하고 있다는 것을 알 수 있음
- 탄소저감형 건설재료 기술에 대한 상위 출원인들의 출원분포에 대하여 살펴보면, 최다출원인인 TAKENAKA KOMUTEN CO LTD는 CO₂저감형 자재 생산기술 및 CO₂저감형 고성능 자재 활용기술에 대한 특허를 보유하고 있으며, DENKI KOGYO CO., LTD는 기술 전 분야에 고르게 특허가 출원되고 있음
- 국내 출원인인 주식회사 포스코는 CO₂저감형 자재 생산기술과 관련한 분야의 특허출원이 월등히 많으며, 충남대학교 산학협력단에서는 CO₂저감형 고성능 자재 활용기술과 관련한 특허의 출원이 많음
- 국가별 주요출원인을 살펴보면, 각 국가 모두 상위 출원인이 자국(유럽)인 이며, 한국에서는 주식회사 포스코와 충남대학교가 각각 5건씩으로 가장 많은 특허를 출원하였음
- 그 외에 일본에서는 TAKENAKA KOMUTEN CO LTD(일본) 다음으로 DENKI KOGYO CO., LTD (일본), NIPPON STEEL CORP(일본)가 그 뒤를 이어 가장 많은 많은 출원이 이루어짐

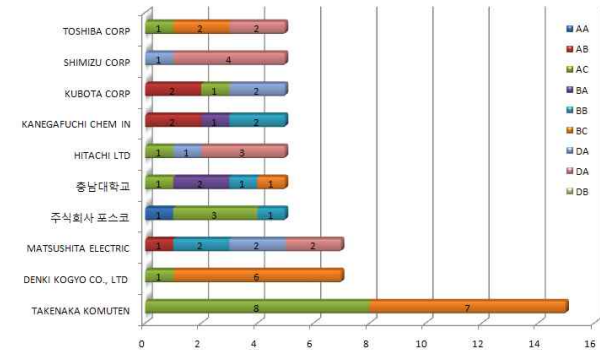
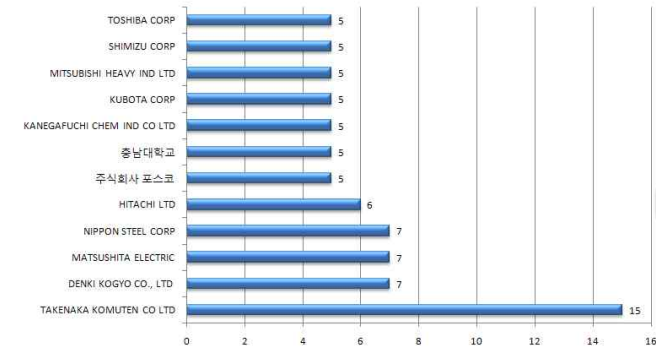


그림 2.23 탄소저감형 건설재료 기술의 전 세계 주요출원인

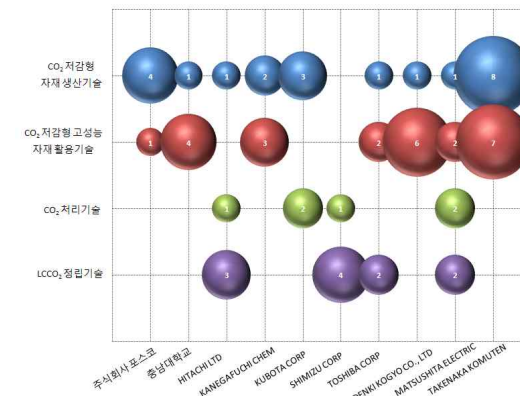


그림 2.24 상위 출원인들의 기술분류별 출원분포

표 2.19 전 세계 국가별 주요 출원인 TOP 10

순위	한국		미국		일본		유럽	
	출원인	건수	출원인	건수	출원인	건수	출원인	건수
1	주식회사 포스코	5	BASF Corporation	3	TAKENAKA KOMUTEN CO LTD	15	BIOeCON International	2
2	충남대학교	5	Eisenberger, Peter	2	DENKI KOGYO CO., LTD	7	한국화학연구소	1
3	이성문	3	Materials Technology	2	NIPPON STEEL CORP	7	CERIB	1
4	주식회사 승화엘엠씨	3	Phillips Petroleum Co.	2	HITACHI LTD	6	FUJI HEAVY IND LTD	1
5	(주) 양지 스페이스아트	2	한국화학연구소	1	MATSUSHITA ELECTRIC	6	Henkel Corporation	1
6	(주)그린오케이텍크	2	한성훈	1	KUBOTA CORP	5	KANEKA CORP	1
7	다길산업㈜	2	APPLIED MATERIALS,INC	1	mitsubishi heavy ind LTD	5	KYOEI BUSSAN KK	1
8	롯데건설	2	Calera Corporation	1	SHIMIZU CORP	5	LONE STAR INDUSTRIES,INC	1
9	아세아시멘트 주식회사	2	Henkel Corporation	1	TOSHIBA CORP	5	Mattig & Lindner GmbH	1
10	KANEGAFUCHI CHEM IND COLTD	2	Sollac	1	MITSUBISHI CHEM CORP	3	PPG INDUSTRIES,INC	1

(7) 기술별 출원인 평균 건수

- 1 출원인당 평균 건수를 살펴보면, CO₂저감형 고성능 자재 활용기술의 1 출원인당 평균 건수가 타 분류에 비해 상대적으로 많은 것으로 나타남
- CO₂처리기술 분야의 1 출원인당 평균건수가 가장 저조한 것으로 나타났으며, 이는 상기 분야에서 특허 활동을 주도하고 있는 출원인이 미비 하다는 것을 나타냄
- 전체 평균을 놓고 보았을 때, CO₂저감형 고성능 자재 활용기술을 제외한 타 분류는 전체 평균 1출원인당의 평균 건수보다도 적은 출원을 하였음
- 하지만, 기술분야별로 출원인 평균 건수가 적어 개인출원인의 특허출원이 많고, 전반적으로 기술개발이 저조하다고 분석됨

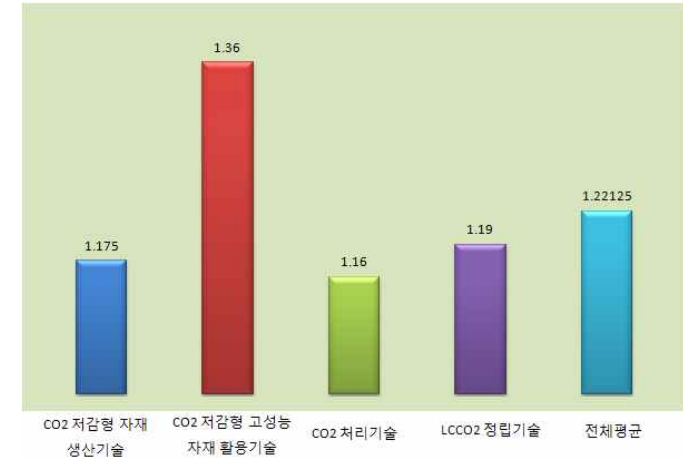


그림 2.25 세부기술별 출원인 평균건수

(8) 기술 분야별 주요 국가의 특허활동 및 역점 분야

- 중분야별 AI(Activity Index: 특허활동지수)값과 특허건수를 감안하여 국가별 역점기술 분야를 도출해 보면, 한국과 미국은 CO₂저감형 자재 생산기술 분야에서, 일본은 CO₂저감형 고성능 자재 활용기술 분야, 독일은 CO₂처리기술 분야에서 각각 상대적으로 높은 특허건수 및 특허활동지수값을 나타내고 있어 주요 역점기술분야로 나타남

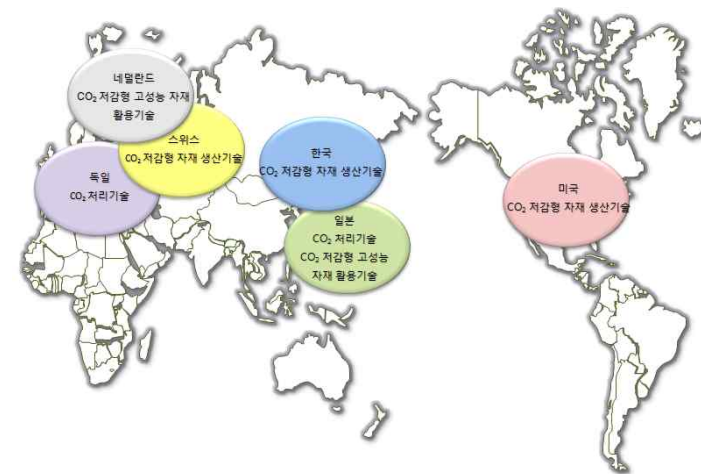
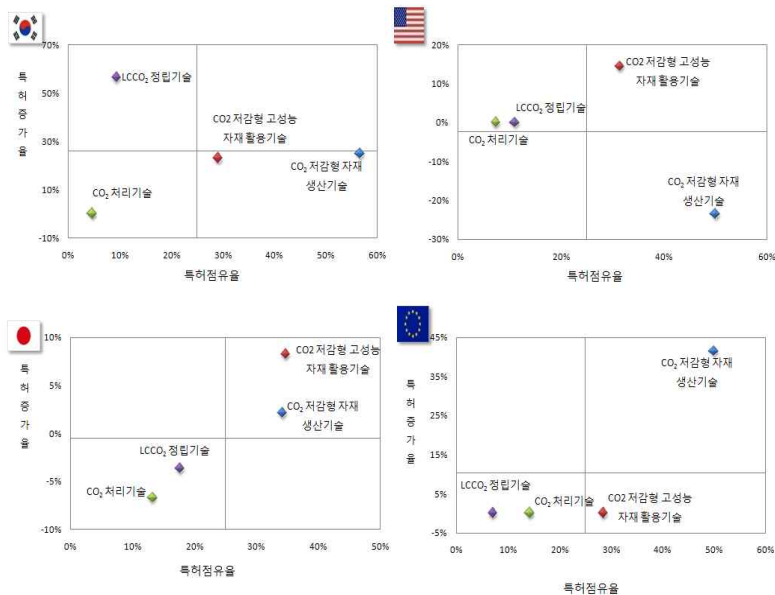


그림 2.26 주요 국가의 역점 기술분야

(9) 기술별 발전가능성

- 한국특허에서 세부기술별 특허점유율에 따른 특허증가율을 살펴보면, CO₂저감형 자재 생산기술 분야가 특허점유율에서는 가장 높게 나타나 지속적으로 특허출원이 활발한 것으로 났으며, LCCO₂정립기술 분야는 특허증가율에서 가장 높게 나타나 최근 특허출원이 활발한 것으로 나타났고, CO₂처리기술 분야는 특허점유율 및 특허증가율이 모두 평균 이하로 상대적으로 낮게 나타나 기술이 도입되고 있는 단계의 초창기 기술 분야로 나타남
- 미국특허의 특허점유율에 따른 특허증가율을 살펴보면, CO₂저감형 고성능 자재 활용기술에 관련된 기술의 특허 점유율 뿐 아니라 특허증가율 모두 가장 높게 나타났으며, CO₂저감형 자재 생산기술 분야는 특허점유율에서 다른 분야에 비해 높게 나타나 최근 특허출원이 활발한 것으로 나타났고, 특허증가율과 특허점유율이 상대적으로 낮은 분야는 나타나지 않았음
- 일본특허에서 CO₂저감형 고성능 자재 활용기술 및 CO₂저감형 자재 생산기술이 타 기술분야에 비해 특허증가율 및 특허 점유율이 높은 것으로 나타났고, CO₂처리기술 분야는 특허점유율과 특허증가율 모두 낮아 도입되고 있는 단계의 초창기 기술 분야로 나타남



1. 제 1출원인(특허권자) 기준
2. 분석구간: 한국, 미국, 일본, 유럽- '90~'10(출원년도)
3. X축: 100/기술분야 개수, Y축: 분석구간의 연평균 증가율의 기하평균값
4. 분석의미: 1사분면- 지속적으로 특허출원이 활발, 2사분면-최근 특허출원이 활발
3사분면-초창기(도입기) 기술, 4사분면-최근 특허출원이 감소 추세

그림 2.27 출원인 국적별 기술시장력 수준

(10) 질적 수준을 고려한 각국의 시장력

- 특허가 기술적으로 영향을 미치는 정도(피인용도의 비율)와 연구주체가 시장(패밀리 특허)의 확보를 위한 노력하는 정도를 평가하기 위한
- 미국의 경우, 다른 국가에 비해 상대적으로 해당특허들이 질적수준과 시장성이 모두 높게 나타나고 있어, 가장 주목해야할 국가로 분석되며, 일본이나 스위스의 경우에는 질적수준에 있어서는 평균보다 다소 낮은 점수를 보이거나, 시장성은 다소 높아 해외로의 진출 의지가 높다고 판단됨
- 프랑스의 경우, 특허 1건당 평균 패밀리 출원 국가수에 있어서는 평균값을 보이는 것으로 분석되었으나, 현재까지 인용되고 있는 해당특허들이 많은 것으로 분석되어 질적인 측면에서는 상대적으로 높은 것으로 나타남
- 한국의 경우, 인용도 지수와 시장확보지수 모두, 전체 국가들의 평균에 미치지 못하고 있는 것으로 분석됨

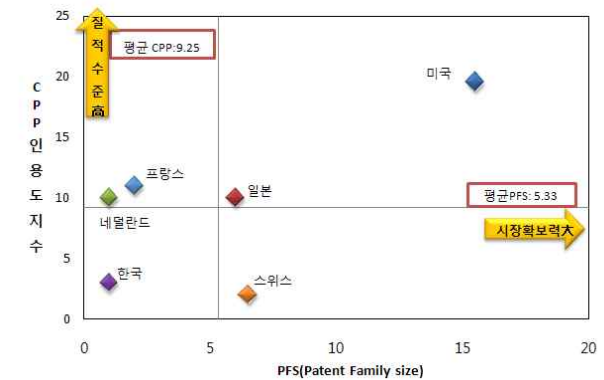


그림 2.28 출원인 국적별 기술시장력 수준

(11) 특허 동향 분석결과

- 탄소저감형 건설재료 기획 연구와 관련하여 한국, 미국, 일본, 유럽을 중심으로 특허 동향조사를 실시하였으며 그 결과는 다음과 같음
- 탄소저감형 건설재료 기술 분야는 전체적으로 증가추세에 있으며, 특히 일본특허가 가장 많음
- 한국의 경우는 2000년대 초반부터 현재까지 꾸준히 특허출원이 이루어지고 있음
- 한국특허의 특허기술 동향을 살펴보면, CO₂저감형 자재 생산기술 및 CO₂저감형 고성능 자재 활용기술 분야에서 가장 많은 특허출원이 이루어지고 있는 반면 일본특허에서는 CO₂처리기술과 LCCO₂정립기술과 관련한 특허출원이 다른 국가들에 활발하게 진행되었음
- 미국특허에서는 최근 CO₂저감형 자재 생산기술 분야특허가 조금씩 증가하고 있으나 CO₂저감형 건설재료 특허동향을 분석한 결과 한국과 일본의 특허가 미국이나 유럽에 비해 많이 증가하는 것으로 분석됨.

- 탄소저감형 건설재료 기술 분야의 기술 위치를 살펴보는 포트폴리오 기본 모델에서, 한국특허는 발전기 단계에 있는 것으로 나타났으며, 미국은 발전기, 유럽과 일본은 성숙기 단계에 있는 것으로 나타남
- 국내 특허에서 세부기술별 특허점유율에 따른 특허증가율을 살펴보면, CO₂저감형 자재 생산기술 분야가 특허점유율에서는 가장 높게 나타나 지속적으로 특허출원이 활발한 것으로 났으며, LCCO₂정립기술 분야는 특허증가율에서 가장 높게 나타나 최근 특허출원이 활발한 것으로 나타났고, CO₂처리기술 분야는 특허점유율 및 특허증가율이 모두 평균 이하로 상대적으로 낮게 나타나 기술이 도입되고 있는 단계의 초창기 기술 분야로 나타남
- 특허의 질적 수준을 고려한 각국의 시장력을 보면 미국의 경우, 다른 국가에 비해 상대적으로 해당특허들이 질적수준과 시장성이 모두 높게 나타나고 있어, 가장 주목해야 할 국가로 분석되며, 일본이나 스위스의 경우에는 질적수준에 있어서는 평균보다 다소 낮은 점수를 보이나, 시장성은 다소 높아 해외로의 진출 의지가 높다고 판단됨
- 한국의 경우, 인용도 지수와 시장 확보지수 모두, 전체 국가들의 평균에 미치지 못하고 있는 것으로 분석됨

나. 논문분석

(1) 논문분석의 범위

- 『탄소저감형 건설재료 기획』에 관련된 전체 논문 분야의 기술동향분석과 각 기술 분야의 최근 연구동향을 도출하기 위하여 분석대상을 분류하여 논문분석을 수행하였음.

표 2.20 분석대상 기술분류

기술분류	검색 키워드
CO ₂ 저감형 자재 생산기술 (A)	건설재료, 이산화탄소 저감
CO ₂ 저감형 고성능 자재 활용 기술 (B)	건설재료, 이산화탄소 저감, 고성능
CO ₂ 처리기술 (C)	이산화탄소 흡수/저장
LCCO ₂ 정립기술 (D)	이산화탄소, 생애주기, 탄소거래 등

2) 논문분석 과정 및 Framework

- 논문분석 계획 수립 후 논문검색 및 노이즈 제거를 통하여 유효데이터를 확보한 후 Data Mining(대상국가, 연도, 주요 연구기관별 등), 정성분석 및 정량분석을 통해 논문동향을 파악함.
- 관련 대상기술의 국외 논문동향 파악을 통한 기술분석을 위해 미국 Web of Science DB(Thomson Scientific CO.)를 이용하여 1990년부터 현재까지 SCI-Expanded Journal 발표논문을 대상으로 키워드 검색을 통하여 논문 분석을 수행함.

검색대상	SCI-Expanded Journal 발표논문
검색 DB	Web of Science DB(Thomson Scientific CO.)
검색기간	1990년 1월 ~ 현재

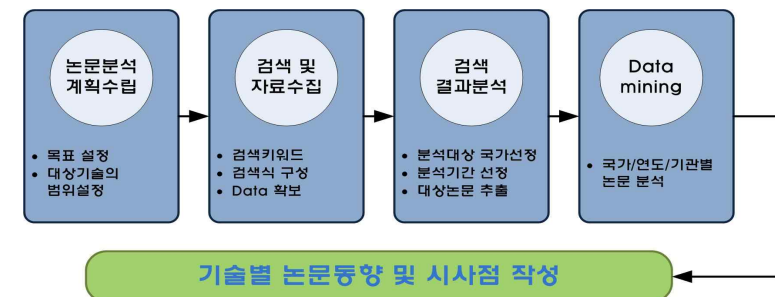


그림 2.29 논문분석 과정

3) CO₂ 저감형 건설자재 생산기술 논문 분석

① 키워드 도출

- 논문검색 범위는 CO₂ 저감형 건설자재 생산기술 분야로 다음과 같은 Keyword를 이용하여 분석하였으며, 저널 필터링을 통해 관련문헌을 도출하였음.

Keywords	
	• Construction Materials • Low CO₂ • Materials • Bio mass, Wood, Steel etc.

② 국내외 연구논문 수

- 논문분석결과 국외 논문이 164건, 국내 논문 37이 검색되었으며, 국외에서는 1990년대 초반부터 꾸준히 연구가 진행되어 오고 있는 것으로 분석되었으며, 2000년 이후 최근에 연구가 큰 폭으로 증가하는 것으로 나타남. 하지만 국내에서는 2000년대 이후부터 연구가 진행되어 오고 있는 것으로 분석됨.

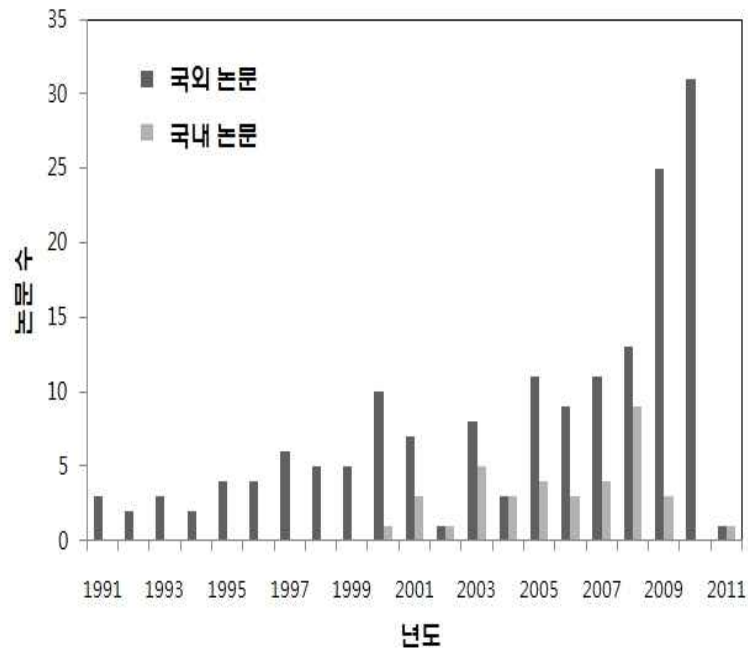


그림 2.30 CO₂ 저감형 건설자재 생산 기술 분야 국내외 논문 발표현황

③ 국가별 연구논문 및 공동연구 분석

- 2000년 이후 꾸준히 연구가 진행되어 오고 있으며, 최근에 연구가 큰 폭으로 증가하는 것을 알 수 있었으며, 국가별 논문은 미국 및 일본 등에서 가장 활발히 진행되고 있는 것으로 분석됨.
- 국가별 공동연구 분석결과 EU(유럽)측은 독일을 중심으로 공동연구가 진행중에 있으며, 미국측은 일본과 우리나라를 연계로 하여 공동연구가 진행되고 있는 것으로 분석됨.

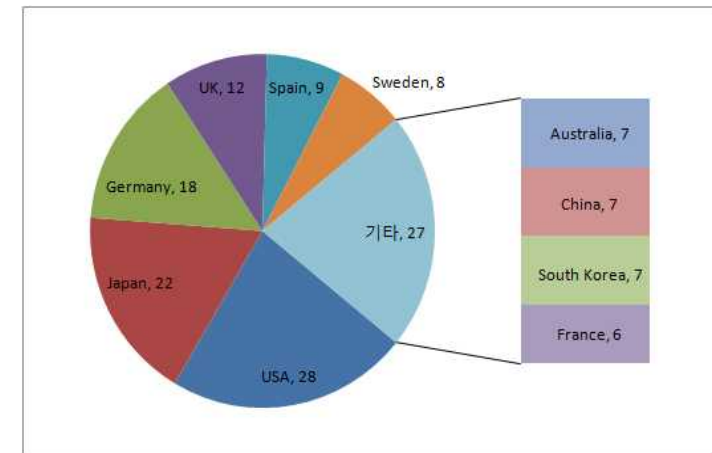


그림 2.31 CO₂ 저감형 건설자재 생산 기술 분야 국가별 논문수(SCI급 이상)



그림 2.32 CO₂ 저감형 건설자재 생산 기술 분야 국가별 공동연구 분석결과

④ 기관별 연구논문 및 공동연구 분석

- 기관별 연구동향은 현재 MID SWEDEN UNIV, UNIV TOKYO, INHA UNIV 등의 연구기관에서 활발히 진행중인 것으로 분석되며, UNIV TOKYO와 INHA UNIV 및 Geo Partner AG와 Enviorm & Dev에서는 공동연구가 진행되는 것으로 분석됨.

Field : Insulation Name	Record Count	%of 164	Bar Chart
Mid Sweden Univ	5	3.0488%	
Inha Univ	4	2.4390%	
Univ Tokyo	4	2.4390%	
GEO Partner AG	3	1.8293%	
Kyung Hee Univ	3	1.8293%	
Tohoku Univ	3	1.8293%	
Univ Washington	3	1.8293%	
Arizona State Univ	2	1.2195%	
Dalian Univ Technol	2	1.2195%	

Field : Insulation Name	Record Count	%of 164	Bar Chart
-------------------------	--------------	---------	-----------

그림 2.33 CO₂ 저감형 건설자재 생산 기술 분야 기관별 논문발표 현황

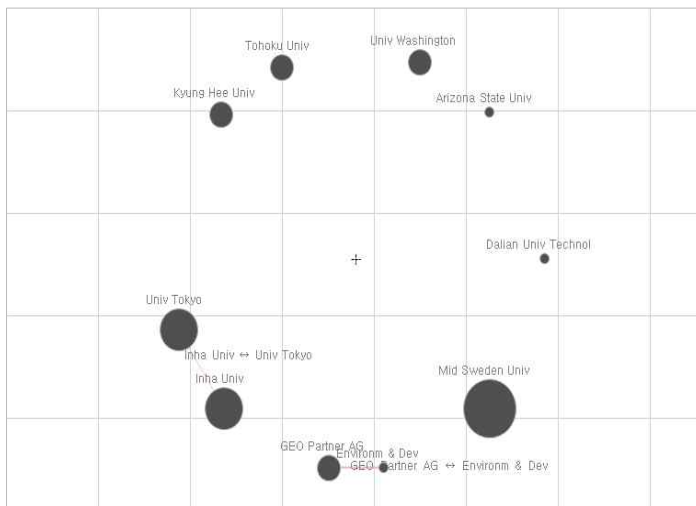


그림 2.34 CO₂ 저감형 건설자재 생산 기술 분야 기관별 공동연구 분석결과

⑤ 분야별 연구논문 및 공동연구 분석

- 분야별 연구동향을 분석한 결과 환경분야, 토목분야, 건축시공 분야 및 재료분야에서 연구가 활발히 진행되고 있는 것으로 분석되며, 환경과학을 기초로 하여 건설재료 및 시공분야에서 공동연구가 진행되고 있는 것으로 분석됨.

Field : Subject Area	Record Count	%of 164	Bar Chart
Environmental Sciences	46	28.0488%	
Energy & Fuels	36	21.9512%	
Engineering, Environmental	36	21.9512%	
Construction & Building Tech	31	18.9024%	
Engineering, Civil	29	17.6829%	
Materials Science, Multi	17	10.3659%	
Engineering, Chemical	13	7.9268%	
Chemistry, Physical	10	6.0976%	
Metallurgy & Metallurgical Eng	9	5.4878%	
Chemistry, Multidisciplinary	7	4.2683%	

Field : Subject Area	Record Count	%of 164	Bar Chart
----------------------	--------------	---------	-----------

그림 2.35 CO₂ 저감형 건설자재 생산 기술 분야별 논문 현황

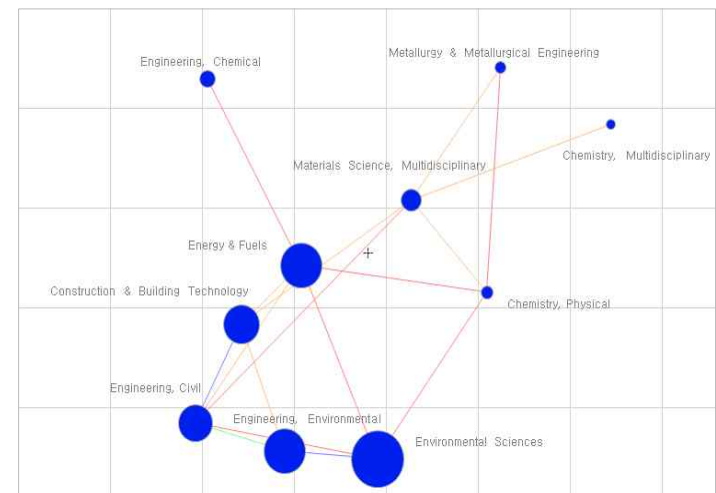


그림 2.36 CO₂ 저감형 건설자재 생산 기술 분야별 공동연구 분석결과

4) CO₂ 저감형 고성능 자재 활용기술

① 키워드 도출

- 논문검색 범위는 CO₂ 저감형 고성능 자재활용기술로 다음과 같은 Keyword를 이용하여 분석하였으며, 특히 고성능 자재분야로 크게 고강도, 고내구성, 고기능성의 키워드를 도출하여 분석하였으며, 저널 필터링을 통해 관련논문을 도출하였음.

Keywords	• Construction Materials • Low CO₂ • High strength, durability, High Efficiency, FRP
----------	---

② 국내외 연구논문 수

- 논문분석결과 국외 논문이 799건, 국내 논문이 87건이 검색되었으며, 국내외 모두 1990년 이후부터 건설재료의 고강도, 고성능화는 꾸준히 연구가 진행되어 오고 있는 것으로 분석됨. 국내에서도 2000년대 이후 연구가 활발히 진행되어 오고 있는 것으로 분석됨.

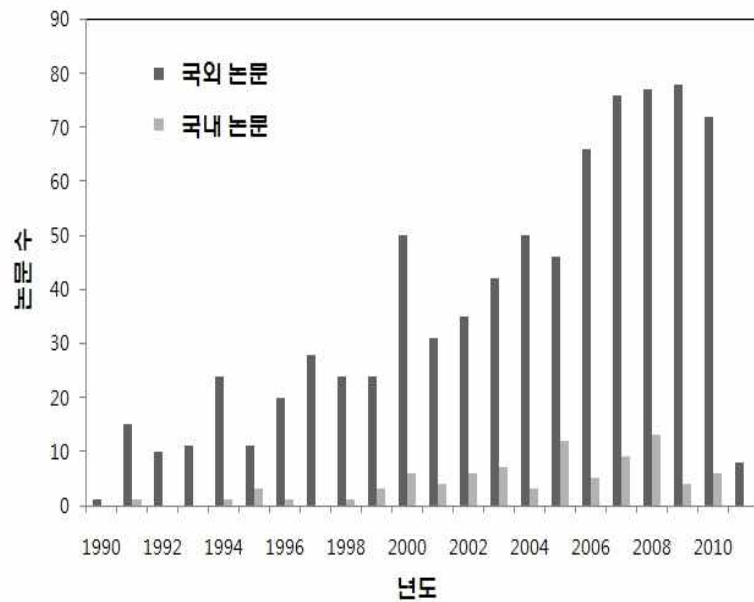


그림 2.37 CO₂ 저감형 고성능 자재 활용분야 국내외 논문 발표 동향

③ 국가별 연구논문 및 공동연구 분석

- 국가별 논문은 미국 및 EU(유럽)쪽에서 활발히 진행되고 있으며, 최근에 들어 탄소저감 연구방향에서 연구가 큰 폭으로 증가하는 것으로 분석됨.
- 국가별 공동연구 분석결과 미국을 중심으로 전 세계적으로 공동연구가 진행되어지고 있으며, CO₂ 저감형 고성능 자재 분야에서는 미국이 가장 활발히 연구를 진행하고 있는 것으로 분석됨.

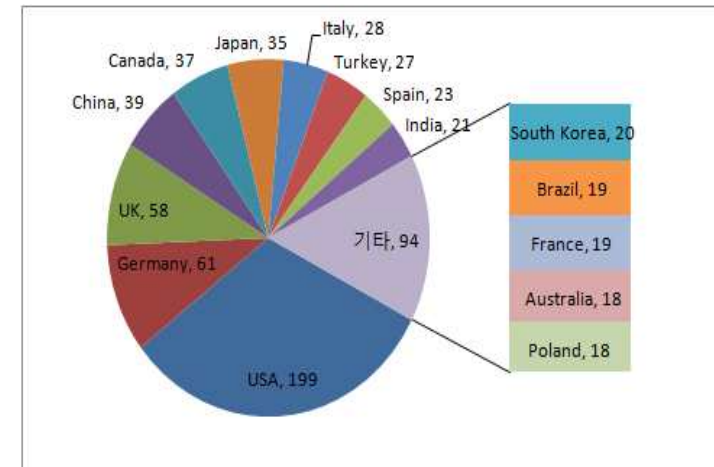


그림 2.38 CO₂ 저감형 고성능 자재 활용분야 국가별 논문수(SCI급 이상)

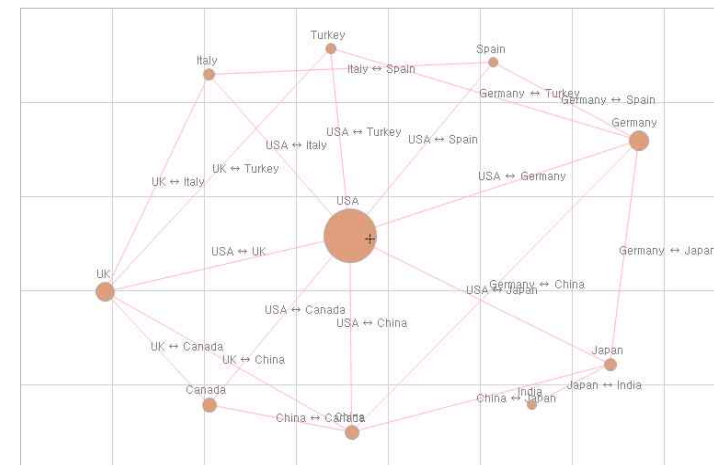


그림 2.39 CO₂ 저감형 고성능 자재 활용분야 국가별 공동연구 분석결과

④ 기관별 연구논문 및 공동연구 분석

- 기관별 연구동향은 현재 CSIC, Nanyang Tech. Univ 등에서 활발히 연구가 진행 중이며, CSIC와 Rhein Westfal에서 공동연구가 진행되고 있는 것으로 분석됨.

Field : Institution Name	Record Count	%of 799	Bar Chart
CSIC	8	1.0013%	
Nanyang Technol Univ	8	1.0013%	
Natl Tech Univ Athens	8	1.0013%	
Univ Sherbrooke	8	1.0013%	
Univ Illinois	7	0.8761%	
Indian Inst Technol	6	0.7509%	
Rhein Westfal TH Aachen	6	0.7509%	
Univ Alabama	6	0.7509%	
Univ Wisconsin	6	0.7509%	
Chinese Acad Sci	5	0.6258%	
Hong Kong Polytech Univ	5	0.6258%	
Field : Institution Name	Record Count	%of 799	Bar Chart

그림 2.40 CO₂ 저감형 고성능 자재 활용분야 기관별 논문발표 현황

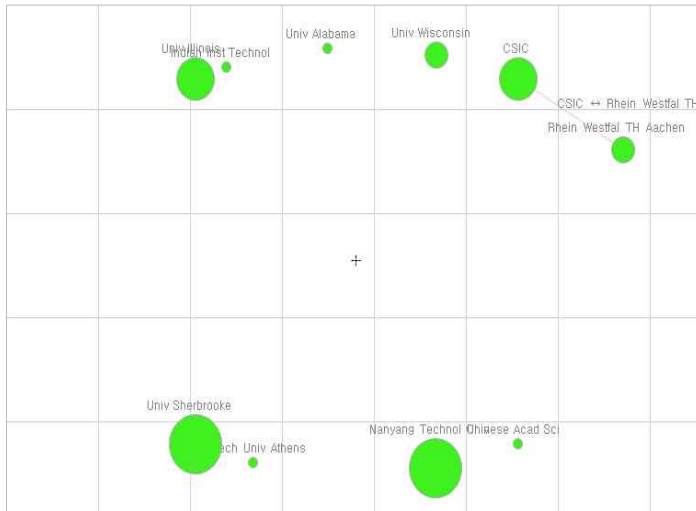


그림 2.41 CO₂ 저감형 고성능 자재 활용분야 기관별 공동연구 분석결과

⑤ 분야별 연구논문 및 공동연구 분석

- 분야별 연구동향을 분석한 결과 재료분야 특히, 건축 및 토목재료 분야에서 가장 많은 연구가 진행되고 있는 것으로 분석되었으며, 분야별 공동연구는 재료분야 및 토목, 건축분야에서 활발히 진행되고 있는 것으로 분석됨.

Field : Subject Area	Record Count	%of 799	Bar Chart
Materials Science, Multi	290	36.2954%	
Construction & Building Tech	250	31.2891%	
Engineering, Civil	199	24.9061%	
Materials Science, Composites	84	10.5131%	
Engineering, Environmental	69	8.6358%	
Environmental Sciences	65	8.1352%	
Geosciences, Multidisciplinary	56	7.0088%	
Metallurgy & Metallurgical Eng	48	6.0075%	
Polymer Science	43	5.3817%	
Engineering, Geological	42	5.2566%	
Transportation Science & Tech	32	4.0050%	
Field : Subject Area	Record Count	%of 799	Bar Chart

그림 2.42 CO₂ 저감형 고성능 자재 활용분야 분야별 논문 현황

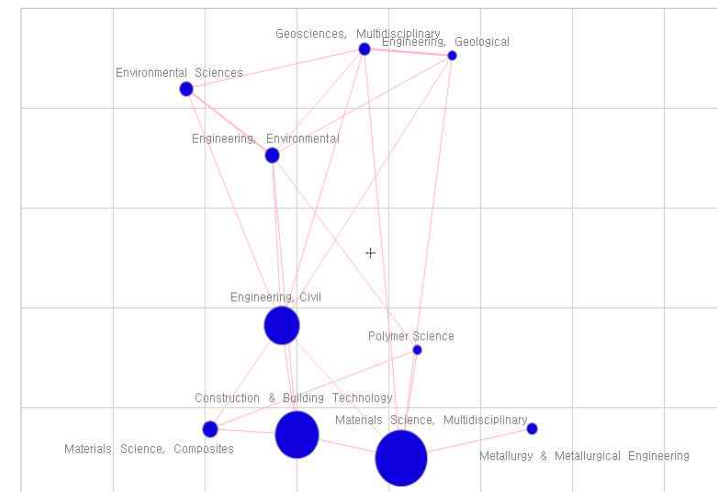


그림 2.43 CO₂ 저감형 고성능 자재 활용분야 분야별 공동연구 분석결과

5) CO₂ 처리기술

① 키워드 도출

- 논문검색 범위는 CO₂ 처리기술로 다음과 같은 Keyword를 이용하여 분석하였으며, 저널 필터링을 통해 관련논문을 도출하였음.

Keywords	
	• CO₂ Absorption/Storage • Polymer • Carbonation, Precipitation, Concrete

② 국내외 연구논문 수

- 논문분석결과 국외논문이 808건, 국내논문이 152건이 검색되었으며, 전 세계적으로 이슈화 되고 있는 이산화탄소 흡수/저장 관련 연구가 2000년대 이후 급격히 발전하고 있는 것으로 분석됨. 그러나, 대부분의 연구가 건설재료를 이용한 연구보다는 화학적으로 이산화탄소를 흡수하거나, 해중이나 지중에 이산화탄소를 저장하는 연구가 대부분을 차지하고 있는 것으로 분석됨.

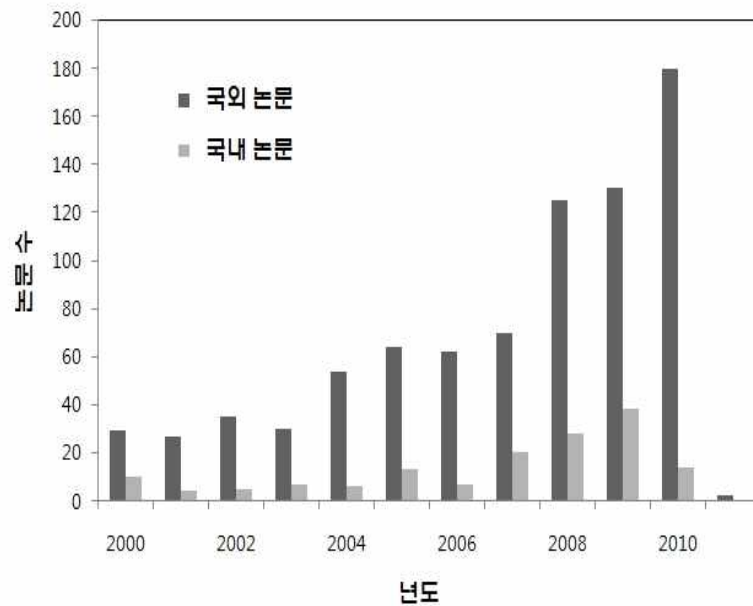


그림 2.44 CO₂ 처리기술 분야 논문 발표 동향

③ 국가별 연구논문 및 공동연구 분석

- 국가별 관련 연구는 미국을 중심으로 아시아국가(중국, 일본 등)이 많은 연구가 진행되고 있는 것으로 분석됨.
- 국가별 공동연구 분석결과 미국을 중심으로 아시아국가(한국, 일본, 중국 등) 및 유럽 국가와 공동연구가 진행 중이며, 또한 유럽국가들 중심으로 공동연구가 진행 중에 있는 것으로 분석됨.

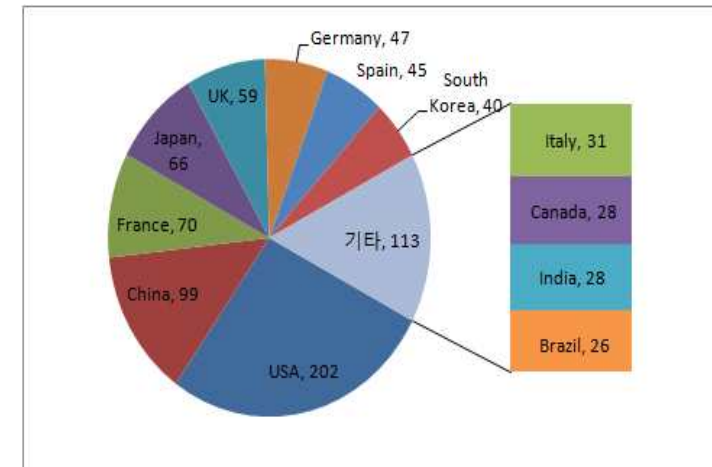


그림 2.45 CO₂ 처리기술 분야 국가별 논문 수(SCI급 이상)

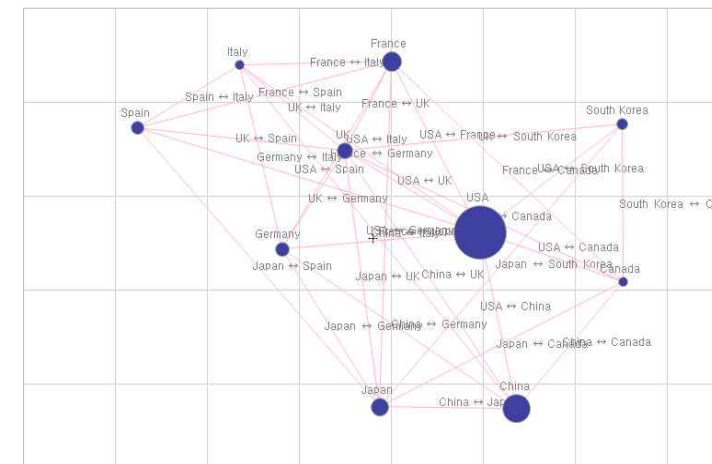


그림 2.46 CO₂ 처리기술 분야 국가별 공동연구 분석결과

④ 기관별 연구논문 및 공동연구 분석

- 기관별 연구동향은 현재 Chinese Acad Sci, SCIS 등에서 활발히 연구가 진행 중이며, 국가별로 공동연구가 진행되어 지고 있는 것으로 분석됨. 특히, 중국에서 활발한 연구가 진행되어 지고 있는 것으로 분석됨.

Field : Institution Name	Record Count	%of 808	Bar Chart
Chinese Acad Sci	20	2.4752%	
CSIC	16	1.9802%	
Pacific NW Natl Lab	13	1.6089%	
Natl Univ Singapore	12	1.4851%	
Univ Alicante	11	1.3614%	
Russian Acad Sci	10	1.2376%	
Univ Nacl Autonoma Mexico	10	1.2376%	
CNRS	9	1.1139%	
Northwestern Univ	9	1.1139%	
Tianjin Univ	9	1.1139%	
Univ Calif Berkeley	9	1.1139%	

그림 2.47 CO₂ 처리기술 분야 기관별 논문발표 현황

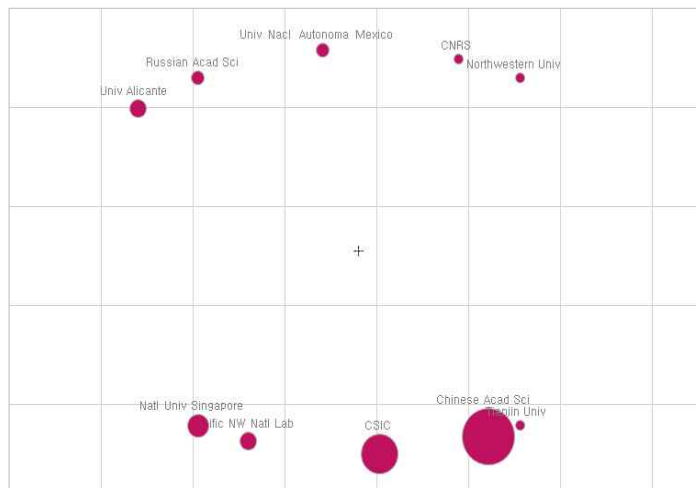


그림 2.48 CO₂ 처리기술 분야 기관별 공동연구 분석결과

⑤ 분야별 연구논문 및 공동연구 분석

- 분야별 연구동향을 분석한 결과 화학분야 및 재료분야에서 연구가 많이 진행되고 있는 것으로 분석되었으며, 특히 나노 소재를 활용한 연구 및 CO₂를 흡수 저장하는 연구가 많이 진행되고 있으나, 건설재료를 이용한 흡수저장 및 CO₂를 이용한 건설자재 연구는 많이 진행되고 있지 않는 것으로 분석됨.

Field : Subject Area	Record Count	%of 808	Bar Chart
Chemistry, Physical	217	26.8564%	
Materials Science, Multi	163	20.1733%	
Chemistry, Multidisciplinary	121	14.9752%	
Engineering, Chemical	116	14.3564%	
Energy & Fuels	70	8.6634%	
Nanoscience & Nanotech	55	6.8069%	
Physics, Applied	50	6.1881%	
Environmental Sciences	41	5.0743%	
Chemistry, Applied	40	4.9505%	
Physics, Condensed Matter	36	4.4554%	

그림 2.49 CO₂ 처리기술 활용분야 분야별 논문 현황

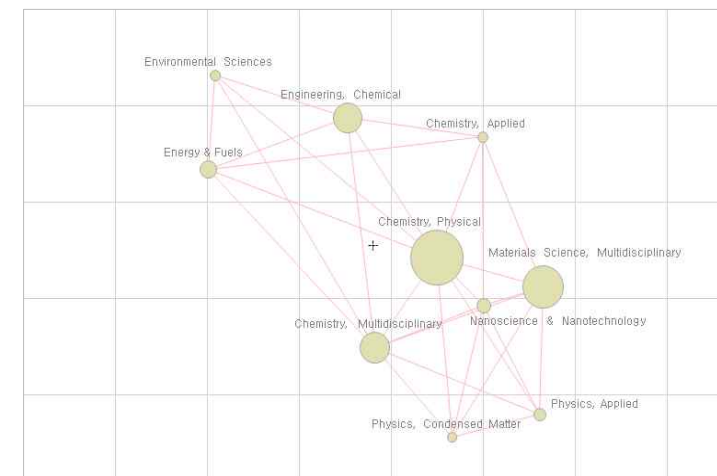


그림 2.50 CO₂ 처리기술 활용분야 분야별 공동연구

6) LCCO₂ 정립기술

① 키워드 도출

- 논문검색 범위는 LCCO₂ 정립기술로 다음과 같은 Keyword를 이용하여 분석하였으며, 저널 필터링을 통해 관련논문을 도출하였음.

Keywords	• Life Cycle • CO₂ • Carbon Labeling
----------	---

② 국내외 연구논문 수

- 논문분석결과 국외논문이 372건, 국내 논문이 199건이 검색되었으며, 2000년대 이후 꾸준히 연구가 진행되어 오고 있으며, 특히 LCCO₂ 분야는 국내에서도 활발히 연구가 진행되어 오고 있는 것으로 분석됨.

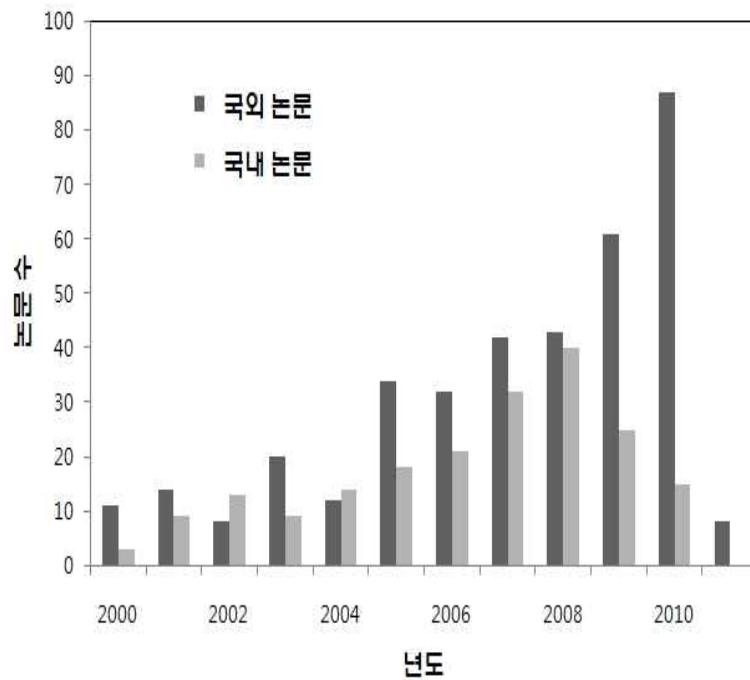


그림 2.51 LCCO₂ 정립기술 분야 국내외 논문 수

③ 국가별 연구논문 및 공동연구 분석

- 국가별 논문 수를 분석해 보면 미국과 특히 유럽쪽에서 연구가 활발히 진행되고 있는 것으로 분석됨.
- 국가별 공동연구 분석결과 미국 및 EU(유럽)를 중심으로 공동연구가 활발히 진행되어 지고 있는 것으로 분석되었고, 아시아 국가(한국, 일본, 중국)와의 공동연구가 미흡한 것으로 분석됨.

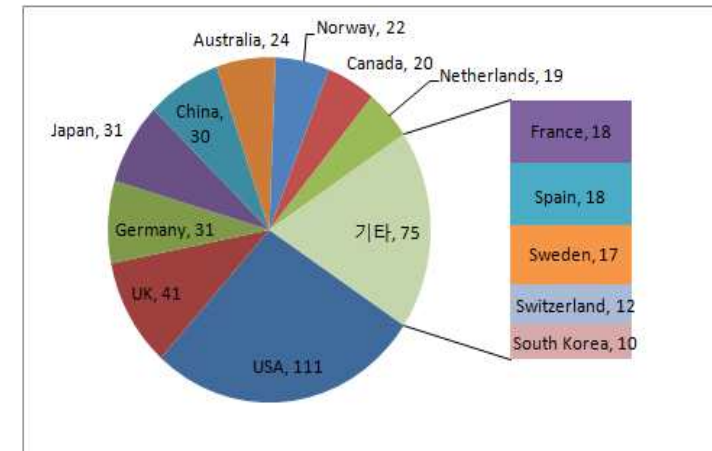


그림 2.52 LCCO₂ 정립기술 분야 국가별 논문 수(SCI급 이상)

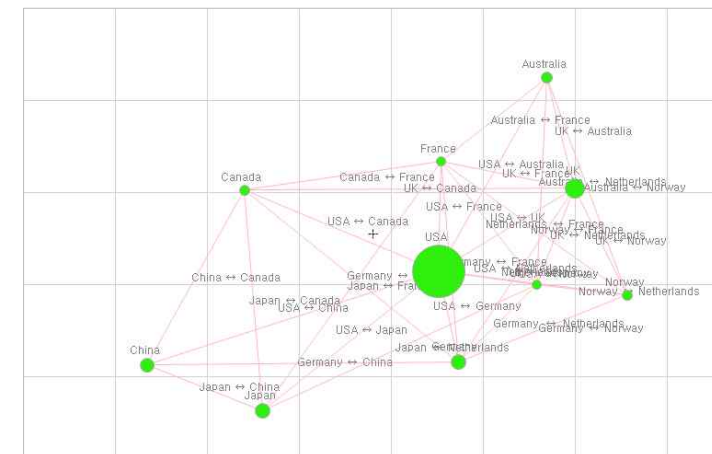


그림 2.53 LCCO₂ 정립기술 분야 국가별 공동연구 분석결과

④ 기관별 연구논문 및 공동연구 분석

- 기관별 연구동향은 현재 Norwegian Univ Sci & Tech, Univ Calif Berkeley, MIT 등에서 활발히 연구가 진행 중에 있으며, 중국과 미국의 기관을 중심으로 공동연구가 진행되고 있는 것으로 분석됨.

Field : Institution Name	Record Count	%of 372	Bar Chart
Norwegian Univ Sci & Technol	10	2.6882%	
Chinese Acad Sci	8	2.1505%	
Peking Univ	7	1.8817%	
Univ Calif Berkeley	7	1.8817%	
Univ Utrecht	7	1.8817%	
Carnegie Mellon Univ	6	1.6129%	
MIT	6	1.6129%	
Univ Tokyo	6	1.6129%	
Carnegie Inst Washington	5	1.3441%	
CICERO	5	1.3441%	

Field : Institution Name	Record Count	%of 372	Bar Chart
--------------------------	--------------	---------	-----------

그림 2.54 LCCO₂ 정립기술 분야 기관별 논문발표 현황

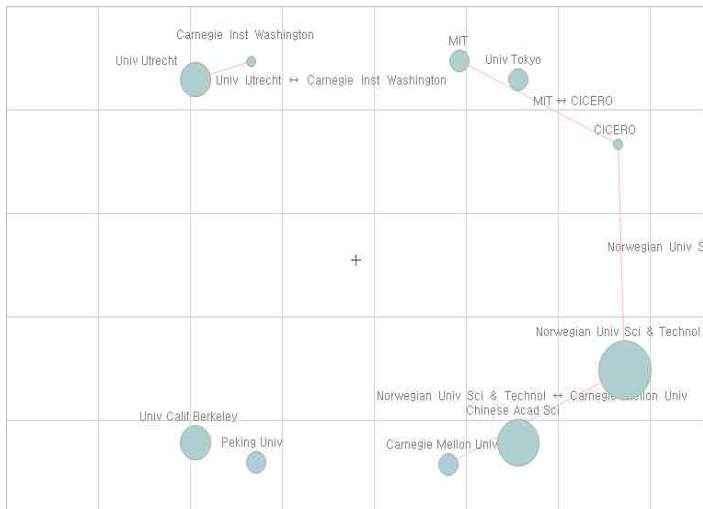


그림 2.55 LCCO₂ 정립기술 분야 기관별 공동연구 분석결과

⑤ 분야별 연구논문 및 공동연구 분석

- 분야별 연구동향을 분석한 결과 환경분야 및 에너지 분야에서 연구가 활발히 진행되는 것으로 분석되었으며, 특히 경제성을 평가하는 연구이기 때문에 경제분야에 관한 연구도 많이 진행되는 것으로 분석됨. 또한 건축,토목분야에서도 연구가 진행되는 것으로 분석되었으며, 공동연구는 환경분야를 중심으로 에너지, 화학 분야와 연구가 진행되어 지고 있는 것으로 분석됨.

Field : Subject Area	Record Count	%of 372	Bar Chart
Environmental Sciences	162	43.5484%	
Energy & Fuels	87	23.3871%	
Environmental Studies	69	18.5484%	
Engineering, Environmental	54	14.5161%	
Ecology	48	12.9032%	
Meteorology & Atmospheric Sci	28	7.5269%	
Economics	24	6.4516%	
Engineering, Chemical	21	5.6452%	
Engineering, Civil	20	5.3763%	
Geosciences, Multidisciplinary	17	4.5699%	
Construction & Building Tech	15	4.0323%	

Field : Subject Area	Record Count	%of 372	Bar Chart
----------------------	--------------	---------	-----------

그림 2.56 LCCO₂ 정립기술 분야 분야별 논문 현황

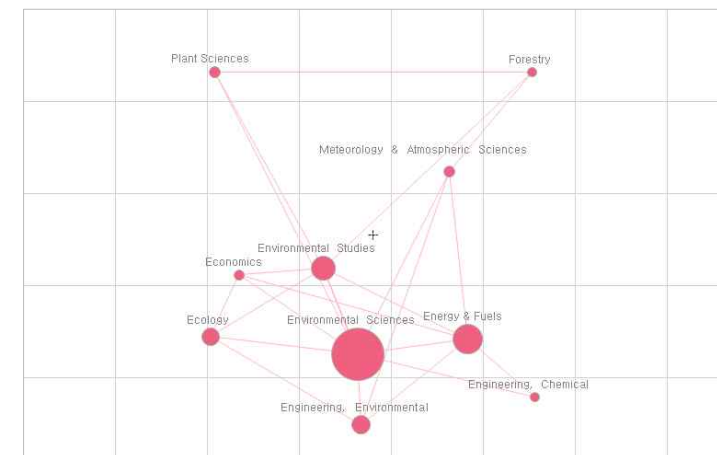


그림 2.57 LCCO₂ 정립기술 분야 분야별 공동연구 분석결과

7) 논문분석 결과 최종분석

- 『탄소저감형 건설재료 기획』에 관련된 전체 논문 분야의 기술동향분석과 각 기술 분야의 최근 연구동향을 도출하기 위하여 분석대상을 분류하여 논문분석을 수행한 결과임.

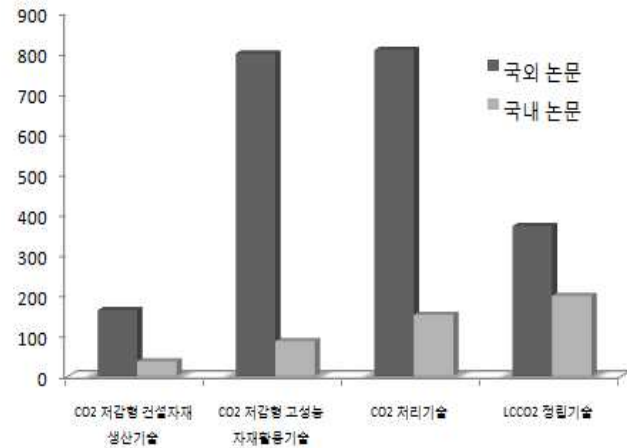


그림 2.58 탄소저감형 건설재료 관련 논문 현황

- 논문분석결과 CO₂ 저감형 건설자재 생산기술 분야의 연구개발이 아직 미흡한 것으로 분석됨.
- 반면에 고성능 자재활용기술 및 CO₂ 처리기술은 상대적으로 많은 연구개발이 이루어지고 있으나, 아직까지는 탄소저감형 건설자재로서의 연구보다는 자재의 성능을 높이는 연구가 주로 이룸.
- CO₂ 처리기술은 최근에 많은 연구가 진행되어 지고 있는 것으로 조사되었으며, 이는 이산화탄소 흡수/저장 분야의 연구를 조사한 항목이기 때문에 상당히 많은 연구가 조사됨.
- 하지만, 대부분의 연구가 CCS분야에 많이 치우쳐 있는 것으로 분석됨. 건설재료 레벨에서의 연구가 필요하다고 판단됨.
- LCCO₂ 정립기술 분야에 연구 또한 최근에 많은 연구가 진행되어 지고 있는 것으로 조사되었음.
- 특히, 2005년 이후 LCCO₂ 분야에 연구가 국내에서도 국외 수준과 비슷할 정도로 활발히 진행되어 오고 있는 것으로 분석됨.
- 하지만, LCCO₂ 분야에 연구도 아직까지는 건축물 및 부재를 대상으로 연구가 이루어지고 있어, 재료 레벨에서의 연구가 필요하다고 판단됨.

다. 기술경쟁력 분석

1) CO₂저감형 재료생산기술 및 CO₂ 저감형 고성능자재활용기술

- 국내의 저탄소 건설/건축자재에 대해서는 대기업-건축부문을 통해서 연구가 진행되고 있으며, 대중적활용단계는 아니지만, 시제품을 통해 기술 경쟁력을 높이고 있음
- 선진국의 경우 일본, 독일, 프랑스가 주도적으로 연구를 수행하고 있으며, 선축내장재, 단열재, 시멘트 분야에서 세계시장 경쟁력을 확보하고 있음
- 미국의 경우 선도업체가 분석되지는 않지만, 300개 이상의 많은 기업이 참여하고 있으며, 추후 기술경쟁력을 높일 것으로 예상
- 국내기술수준은 산업부산물 및 고강도 분야는 세계수준과 충분한 경쟁력이 있으나, 저탄소 천연소재 (biomass), 효율성 향상기술, 고기능(단열, 반사, 축열/잠열 시스템)은 높지 않은 것으로 평가됨
 - 특화된 분야의 기술 경쟁력 확보 필요 (지오폴리머, 상변이물질 이용 등)
- 해외 경쟁 선도업체를 분류하면 표 2.21과 같음 (미래형 친환경 고성능 건설재료, 자재 개발 및 이를 활용한 구조물 개발계획, 2009)

표 2.21 해외 저탄소, 친환경 건설/건축자재 선도업체

선도업체	선도업체분석
BASF (독일)	90여개국에 진출하여 에너지 절감형 단열재, 연료전지 등 특수 자재 생산, 공급하는 선도업체 - 국내 6개 공장에 화학, 유화 등 6개부문에 진출하여 친환경, 친에너지 제품 생산 및 공급 - Neopor 단열재와 Micronal PCM을 함유한 석고, 환풍시스템과 열로 전지 시스템을 이용한 일명 “3리터 하우스”를 통해 탁월한 제품의 우수성 확보
DAIKEN (일본)	- 나무섬유보드, 미네랄 섬유보드 등 친환경, 고효율 인테리어 건축자재 및 홈 장비를 제조 및 공급하는 업체 - 천연재료를 사용한 친환경 제품 생산에 초점을 맞추어 웰빙지향적 연구, 개발 및 제품생산에 역량을 두고 있음.
TOTO (일본)	- 일본 내 본사 공장 외에 9개 공장을 갖고 있으며, 미국, 중국, 베트남, 태국 등 여러 국가에 진출하여 폭넓은 사업을 전개하고 있음. - 재활용 및 경제적 시장을 발맞추어 욕실 리모델링 사업에 주력하고 있으며, 기능성 및 디자인 분야에서 세계 최고 수준으로 인정받고 있음.
INAX (일본)	- 주택용 화장실 사업을 주축으로 일본 위생도기 사업을 주도하는 업체 - 청결과 청소성을 향상시키는 오염방지 형상을 채용하여 편리성과 제품성을 우수한 평가를 받고 있음. - 최근 합작회사를 설립하여 유럽 시장에 본격적으로 진출하고 있음
Lafarge (프랑스)	- 전세계 75개국에 진출하여 시멘트, 석고, 골재 및 콘크리트를 생산 및 제공하는 업체 - 지속가능한 개발정책에 기반을 두고 효율성, 환경보전, 천연 및 에너지자원 보존 등의 혁신적인 솔루션을 전개하는 업체 - 친환경 자재 개발, CO₂ 발생량 감소자재, 에너지 및 원료석고의 사용량을 최적화 등 지속가능한 발전을 위한 연구개발에 투자를 집중

2) CO₂ 활용 및 고정기술을 통한 건설자재개발기술

- 일본에서 CO₂ 활용 및 기술이 주도적인 역할을 차지하고 있음
- 국내에서는 CO₂를 이용하여, 바이오연료 생산에 관한 연구가 일부 진행되었으나, Scale up이 필요하며, 전반적인 기술수준은 일본 등 선진국의 60% 정도로 평가됨.
- CO₂ 포집기술은 파일럿 실증규모 연구개발수준이 진행되고 있으며, 제품가격의 경쟁력은 어려우나 40\$/t-CO₂ 이상인 현 포집비용을 2030년 까지 10\$/t-CO₂ 정도로 저감하는 기술 개발이 진행되고 있음 (온실가스 탄소기술개발전략과 전망, 2011)
- CO₂ 저장기술은 수송거리에 매우 민감한데, 외국에 비하여 10~20% 높을 것으로 판단됨. 2030년에는 약 8\$/t-CO₂ 수준으로 저감시킬 것으로 추정
- 이산화탄소를 이용하여 기초화합제품 및 건설자재 합성에 활용하는 경우에는 실질적인 CO₂ 저감효과가 있으며, CDM 사업과의 연계에 의하여 경제성은 더욱 확보될 것임
- 여러 활용기술 중 CO₂의 대량처리가 가능한 화학적인 전환방법에서 CO₂ 리포밍을 통하여 생성된 합성가스를 이용하여 메탄올 또는 합성수지를 제조하는 기술의 경제성이 가장 우수한 것으로 판단됨
- CO₂ 포집기술에서 현재 한국의 기술수준은 저장전 지질특성화기술은 선진국대비 60~70%이고 주입관련 기술 및 저장이후의 관리기술은 40~60% 수준으로 낮은 편이므로 단기간내 선진국 수준 기술추적을 위해서는 5~10년의 지속적인 R&D투자가 필요함
- 표 2.22에서는 CO₂ 포집, 저장 활용 생산기술의 기술 경쟁력 분석을 인용하였음

표 2.22 CO₂ 플랜트별 기술 경쟁력 (온실가스 탄소기술개발전략과 전망, 2011)

CO ₂ 관련 플랜트	가격경쟁력	국산화율	필요기술	기확보여부
CO ₂ 포집 플랜트	낮음	60%	CO ₂ 분리 소재기술	미비
			플랜트 설계기술	없음
			통합 공정설계기술	없음
			순산소연소 보일러 설계기술	미비
			산소제조기술	미비
CO ₂ 저장 플랜트	낮음	50%	지질조사, 물리탐사 기술	미비
			정량적 평가기술	미비
			모사실험 기술	미비
			주입시스템 설계 제작기술	없음
			MMV	없음
CO ₂ 활용플랜트	낮음	50%	균주 개량 및 배양기술	미비
			플랜트 설계운용	없음
			반응공정기술	없음
CO ₂ 활용 폴리머생산플랜트	낮음	50%		

3) 건설재료 LCCO₂ DB구축 및 평가/보급기술

- 건축자재 관련 LCI DB는 87개 모듈로, 표 2.20과 같이 공동주택 물량산출서 기준 건축공사 300여개, 토목공사 100여개에 비해 부족한 상태

표 2.23 건축자재 및 시공부문 LCI DB 모듈

대상 모듈	모듈 종류	대상 모듈	모듈 종류	대상 모듈	모듈 종류
시멘트	6개	합판	1개	PVC 창호 프로파일	1개
도료	8개	콘크리트 파일	1개	타일관련 제품	2개
레미콘	4개	문 관련 제품	3개	유리면 관련 제품	3개
석고보드	1개	아스팔트 싱글	1개	기계화 시공	4개
바닥재	3개	석재 관련 제품	2개	벽돌 시공	1개
패널(판) 제품	6개	거푸집(폼)	2개	타일 시공	1개
건축용 형강	4개	방수재	2개	경량기포 콘크리트 시공	1개
이형 철근	2개	벽돌 관련 제품	2개	거푸집(폼) 시공	2개
모래, 자갈, 골재	8개	폴리염화비닐 관	1개	레미콘 시공	1개
PVC 벽지	1개	암면 관련 제품	3개	형강 시공	1개
유리 관련 제품	3개	소음 방지재	2개	레미콘 수송	4개

출처: 1) 한국건설기술연구원, 건축자재 환경성 정보 국가 DB 구축사업 홈페이지(apess.kict.re.kr)

2) 한국환경산업기술원, 국가 LCI 데이터베이스 정보망 홈페이지 (www.edp.or.kr/lcidb)

3) 한국생산기술연구원, 국가 LCI 종합정보망 홈페이지 (www.kncpc.re.kr)

- 기존 LCI DB로는 개별 건축자재의 친환경적 효과 파악에 한계를 지님
 - 현재수준은 자재 생산업체로부터 생산투입정보를 수집하여 LCA를 수행하고, 평균 값으로 나온 LCI를 축적하는 체계임.
 - 설계 및 건설업체 측면에서는 개별 녹색기술의 친환경적 효과를 쉽게 비교·평가할 수 있고, 비교우위의 녹색기술을 선별하여 사용할 수 있는 정보체계가 필요함.
- LCCO₂ 산정을 위해서는 건축재료에 대한 CO₂ 원단위 구축뿐만 아니라, 구조물 구성 요소에 대한 투입물량에 대한 DB 구축이 이루어져야 하나, 국내는 체계적인 정보구축이 미흡한 상태임.

- 일본의 경우 국토교통성의 건설자재인력대책반에서 건설공사의 용도, 구조, 규모의 層化抽出法(stratified sampling)에 의거, 건설자재 및 인력의 투입원단위 조사를 매 3년마다 반복하여 시행하고 있음.
- 전문가를 대상으로 하는 건설교통기술평가원의 기술수준조사에 의하면, 건설재료 및 건설자재의 탄소배출량 평가의 요소 기술 및 기법 개발에 대한 중요도는 평균 중요도 지수보다 높게 나타났으나, 국내 기술수준과 전문도 지수는 평균 지수보다 낮게 나타나고 있음.
- 건설자재에 대한 탄소 라벨링의 기술성숙도는 태동기로 볼 수 있으며, 경쟁력 있는 녹색건설산업 기반조성을 위해 건설자재의 신뢰도 높은 탄소 평가방법 구축과 체계적인 관리가 요구됨.
- 2010년 7월 유럽위원회에서 발표한 세계의 11종류의 탄소라벨링 제도의 평가결과를 보면, 우리나라는 상위권을 랭크하고 있음. 제도 도입이 얼마 되지 않았다는 점을 감안하면 탄소라벨링 국제 주도권을 선점할 가능성이 큼.

표 2.24 각 시나리오에 따른 국외 경쟁력 순위

		한국	ISO	일본	영국	프랑스	스위스
			ISO 14067		PAS2050	BPX30-323	Climatop
각 시나리오(이용목적) 마다 평가를 실시							
시나리오 1: 사내이용		5위	2위	2위	5위	1위	10위
시나리오 2: 소비자로서의 커뮤니케이션	a. 낮은 CF 제품의 인정	4위	4위	3위	7위	1위	8위
	b. CFP의 자주적 표시	2위	6위	4위	3위	4위	11위
	c. CFP의 필수 표시	5위	6위	4위	7위	1위	10위
시나리오 3: 낮은 CF제품에 대한 경제 인센티브		6위	3위	2위	7위	1위	9위
시나리오 4: 필수 친환경항목의 설정		5위	6위	4위	7위	1위	9위

(출처) "Product Carbon Footprinting - a study on methodologies and initiatives"
http://circa.europa.eu/Public/irc/env/carbon_footprint/library?l=pcf_repor tpdf/EN1.0_&a=d

4) 기술 경쟁력 분석을 통한 시사점

- 각 주요기술에 대한 시사점을 정리하면 표 2.25와 같음

표 2.25 기술 경쟁력 분석 시사점

기술분야	시사점
CO ₂ 저감형 자재 생산기술 및 CO ₂ 저감형 고성능 자재 활용 기술	• 선진국의 경우 일본, 독일, 프랑스가 주도적으로 연구를 수행하고 있으며, 선축내장재, 단열재, 시멘트 분야에서 세계시장 경쟁력을 확보하고 있음 • 국내기술수준은 산업부산물 및 고강도 분야는 세계수준과 충분한 경쟁력이 있으나, 저탄소 천연소재 (biomass), 효율성 향상기술, 고기능(단열, 반사, 축열/잠열 시스템)은 높지 않은 것으로 평가됨 - 특화된 분야의 기술 경쟁력 확보 필요 (지오폴리머, 상변이물질 이용 등)
CO ₂ 활용 및 고정 기술을 통한 건설자재개발	• 이산화탄소를 이용하여 기초화학제품 및 건설자재 합성에 활용하는 경우에는 실질적인 CO₂ 저감효과가 있으며, CDM 사업과의 연계에 의하여 경제성은 더욱 확보될 것임 • CO₂ 포집기술에서 현재 한국의 기술수준은 저장전 지질특성화 기술은 선진국대비 60-70%이고 주입관련 기술 및 저장이후의 관리기술은 40-60% 수준으로 낮은 편이므로 단기간내 선진국 수준 기술추적을 위해서는 5-10년의 지속적인 R&D투자가 필요함
건설재료 LCCO ₂ DB구축 및 평가/보급 기술(D)	• LCCO₂ 산정을 위해서는 건축재료에 대한 CO₂ 원단위 구축뿐만 아니라, 구조물 구성요소에 대한 투입물량에 대한 DB 구축이 이루어져야 하나, 국내는 체계적인 정보구축이 미흡한 상태임 • 건설자재에 대한 탄소 라벨링의 기술성숙도는 태동기로 볼 수 있으며, 경쟁력 있는 녹색건설산업 기반조성을 위해 건설자재의 신뢰도 높은 탄소 평가방법 구축과 체계적인 관리가 요구됨. • 세계의 11종류의 탄소라벨링 제도의 평가결과를 보면, 우리나라가 탄소라벨링 국제 주도권을 선점할 가능성이 큼.

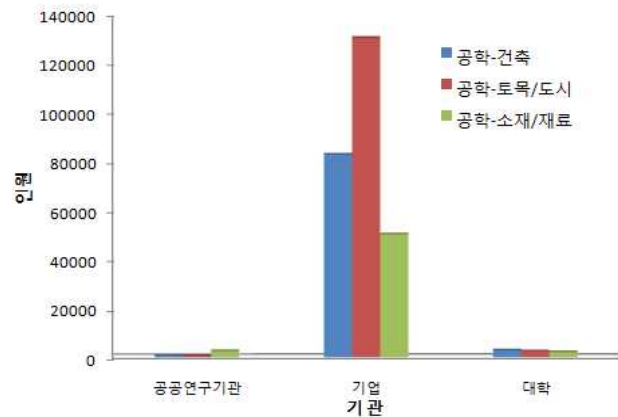
4. 기술개발을 위한 인프라 및 기반역량 분석

가. 관련산업 인프라 분석

(1) 인력 인프라

(가) 인력현황

- 국내 이공계 건축, 토목/도시, 소재/재료 분야의 인력은 273,914명으로 전체 이공계 인력(1,918,703명)의 14.3%로 조사되었으며, 토목/도시 분야의 기업 인력이 가장 많은 것으로 나타났으며, 공공기관의 건축, 토목/도시 분야의 인력이 973명으로 다소 적은 것으로 나타남.



<출처 : 교육과학기술부, 이공계인력 실태조사 보고서, 2007>
그림 2.59 기관별 인력현황

표 2.26 건축, 토목/도시, 소재/재료 분야 인력현황

구분	공공연구기관	기업	대학
공학(건축)	508	82,701	2,766
공학(토목/도시)	465	130,447	2,377
공학(소재/재료)	2,441	50,172	2,037
공학-전체	37,185	1,851,125	30,393

<출처 : 교육과학기술부, 이공계인력 실태조사 보고서, 2007>

- 국내 토목, 건축, 환경, 화공 및 세라믹 분야의 기술사는 8천6백여명(3.9%), 8천여명(3.4%), 5백여명(3.6%), 9명(0.4%)로 타 산업의 기술사보다 매우 부족한 상황임, (%)는 각 분야의 기술자의 백분율

- 국내의 건설분야 기술수준은 세계 10권에 해당되지만, 관련된 술자는 상당히 부족한 것으로 나타남.
- 에너지, 환경부하 저감 등의 특수목적의 설계관련 기술자의 양성 및 국제 인증 기술자의 양성이 필요함.

표 2.27 관련분야 기술자 현황

분야		박사	석사	학사	전문 학사	고졸	기타	합계
토목	기술사	469	2,476	6,175	379	120	380	9,999
	기사	727	5,384	51,740	9,304	1,606	11,315	80,076
	산업기사	35	676	4,869	16,208	1,850	5,802	29,440
	학력경력자	655	3,933	36,449	51,323	43,013	379	135,752
	경력자	0	1	0	4	1	1,374	1,380
	소계	1,886	12,470	99,233	77,218	46,590	19,250	256,647
건축	기술사	139	1,474	6,213	680	165	362	9,033
	기사	363	4,793	55,608	11,398	1,317	10,829	84,308
	산업기사	24	567	4,858	27,282	2,905	8,215	43,851
	학력경력자	383	5,009	36,733	51,049	20,625	472	114,271
	경력자	0	0	1	2	0	980	983
	소계	909	11,843	103,413	90,411	25,012	20,858	252,446
환경	기술사	43	209	217	5	1	61	536
	기사	125	824	4,532	260	14	1,642	7,397
	산업기사	15	92	429	914	36	690	2,176
	학력경력자	114	394	1,403	1,029	364	3	3,307
	경력자	0	0	0	0	0	18	18
	소계	297	1,519	6,581	2,208	415	2,414	13,434
화공 및 세라 믹	기술사	0	2	14	0	0	1	17
	기사	1	13	74	4	0	25	117
	산업기사	0	0	10	11	0	3	24
	경력자	12	68	500	91	62	0	733
	소계	13	83	598	106	62	29	891
총 계		3,105	25,915	209,825	169,943	72,079	42,551	523,418

<출처 : 건설기술자 현황, 한국건설기술인협회, 2009>

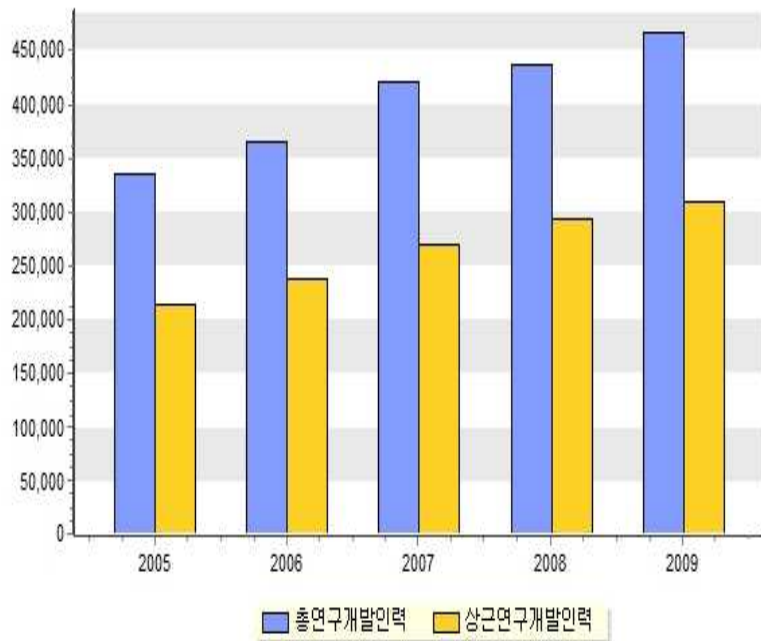
(나) 장비 및 생산장비 인프라

- 생산 및 시공장비 인프라에서는 국내 건설자재 분야에서 자재 생산에 필요한 장비 및 생산 능력은 대부분 보유하고 있음.
- 산업 부산물 등을 재활용한 탄소 저감형 재료 및 자재 생산 시스템에서는 대부분 국산 장비에 의해 소화되고 있으나, 원천기술이 필요한 일부 장비의 경우 일부 외국에 의존하고 있는 상태임.

(2) R&D 인프라

- 2009년 기준 국내 총 연구개발인력(FTE기준)은 총 46만여명으로 꾸준히 증가하고 있는 것으로 나타났지만, 주요 7개국 연구인력보다 상당히 부족한 것으로 나타남.
- 또한 아시아 국가 일본(90만명), 중국(190만명)에 비해 연구인력이 상당히 부족한 것으로 나타남.

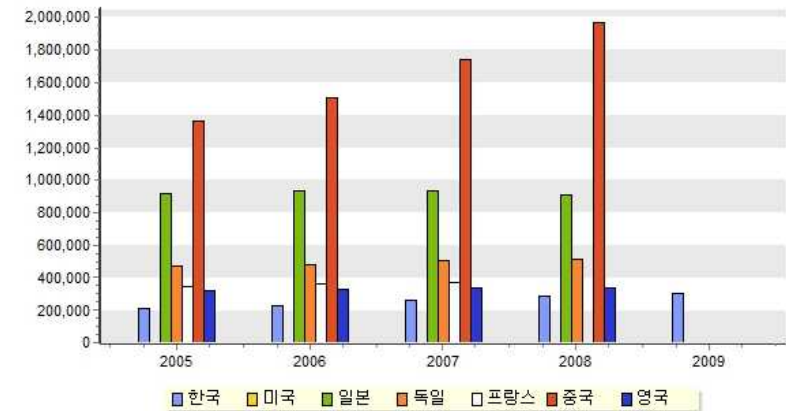
■



<출처 : 과학기술통계서비스, 과학기술인력(총 연구개발인력), 2010>

주1) 상근연구개발인력 (FTE : Full-Time Equivalent) : 일정기간동안 상근으로 근무하는 한 사람을 표시하는 측정단위로써 겸직연구개발 인력수를 상근상당 연구개발 인력수로 환산하고 여기에 상근연구개발 인력수를 합하여 산출

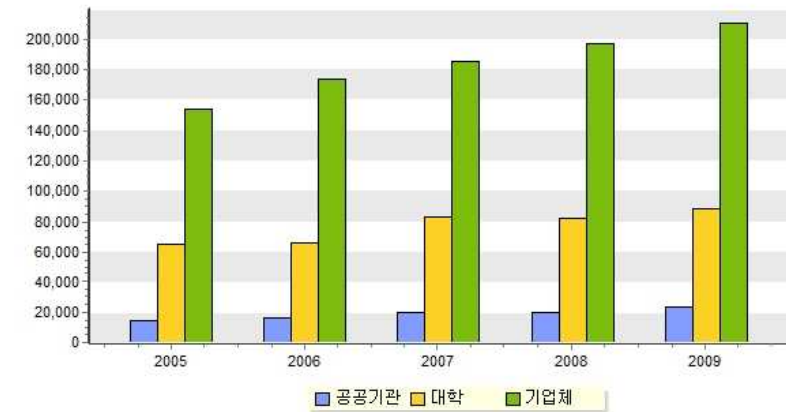
그림 2.60 국내 총 연구개발인력 (FTE : Full-Time Equivalent 기준)



<출처 : OECD, Main Science and Technology Indicators, 2010-1>

그림 2.61 주요 7개국 연구개발인력

- 2009년 기준 기업체의 연구인력은 총 21만명, 공공기관은 2만여명, 대학은 8만여명으로 기업체의 연구인력이 가장 높게 나타남.



<출처 : 과학기술통계서비스, 과학기술인력(총 연구개발인력), 2010>

그림 2.62 주체별 연구원수

(3) 연구 기자재 및 평가 프로그램 인프라

(가) 연구기자재

- 연구 장비는 다양한 분야에서 공유될 수 있는 측면이 강하므로 보유 장비를 기술분야 별로 분류하기에는 다소의 한계가 있는 것이 사실이지만, 각 기관별로 주된 용도에 따라 분류하면 토목구조와 건축구조가 가장 높게 나타남.
- 분산공유형 건설인프라 구축사업
 - 국토해양부에서는 분산공유형 대형 실험시설을 전국에 분산·배치하고 초고속 정보통신망으로 공유시켜 건설R&D 인프라를 강화하기 위해 다음과 같은 시험시설을 추진하고 있음.
- 탄소저감형 건설재료 실험 및 평가를 위해 다음의 분산공유형 건설인프라 중 첨단 건설재료 특성/성능 실험시설을 이용할 수 있음.

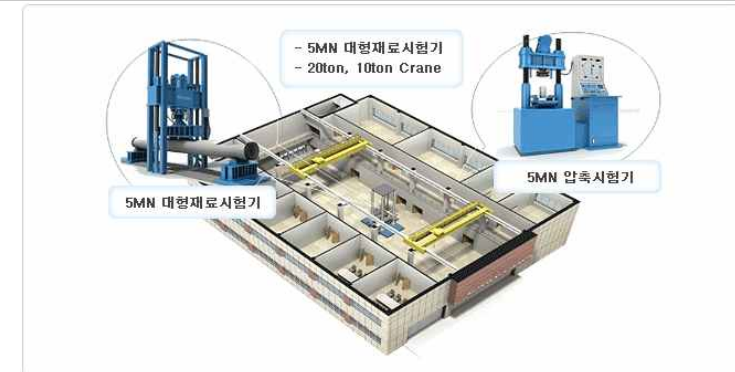
표 2.28 분산공유형 건설인프라 실험시설 개요

구분	시설개요	소재지
하이브리드 구조실험	건축물, 장대 교량 등 구조 모형을 컴퓨터와 연동시켜 구조해석	명지대 (용인)
지오센트리퓨지 실험시설	지반구조물의 모형을 고속으로 회전시켜 실제 기반의 축적 및 응력상태	KAIST
다지점 가진 대용량 지진모사 실험시설	건축물, 장대교량 등 구조모형을 설치하여 내진 안전성 실험	부산대 (양산)
첨단 건설재료 특성/성능 실험시설	콘크리트, 강재 및 신소재 등의 재료적 성질 정밀분석, 재료파괴, 화학성분 등을 분석	계명대
대형장대구조물 풍동실험시설	초고층건물, 장대교량 등 구조모형을 설치하여 내풍안전성 실험	전북대
해양환경 시뮬레이션 실험시설	방파제 또는 부두 등 모형을 활용하여 구조물 건설에 따른 해안 파동현상 실험	전남대 (여수)
가상하부구조	데이터 저장소, 협업서비스, 가상화도구, 고성능 컴퓨터 등으로 구성되어, 분산된 연구장비 및 시설과 공동체를 통합하여 협업으로 연계를 가능하게 하고, 데이터, 정보 및 지식을 공유할 수 있도록 하는 IT기반 연구 인프라	서울대

■ KOCED 첨단 건설재료 실험센터

실험개요	콘크리트, 강재 및 신소재 등의 재료적 성질을 정밀분석 실험 재료의 파괴, 화학성분 분석, 미세현미경 관찰
주요기능	■ 건설분야 부재 및 고성능재료를 체계적으로 검토 ■ 콘크리트/암석 실험 ■ 강재/복합재료 실험 ■ 장기거동 실험 ■ 미세구조분석 ■ 센서/비파괴 실험
특징	- 선진국 수준의 최첨단 장비도입 - 7개의 세분화된 실험실에서 45종의 실험장비 구비 - 표준화된 실험결과를 현장에서 적용가능
연구기관 (위치)	계명대학교(센터장 : 이승한) 대구광역시 달서구 신당동 1000번지 계명대학교 내 TEL : 053-580-6700

● 주요 장비 및 실험실 구조



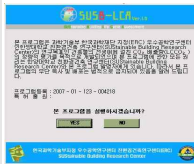
		▶ 5MN 압축시험기 ▶ 5MN 대형재료시험기 ▶ 피로시험기 ▶ 항온항습기
		▶ X선 형광분석기(XRF) ▶ X선 회절분석기(XRD) ▶ 기공분포측정기 ▶ 데이터로거

(나) LCCO₂ 평가 프로그램 인프라

- 국내 건축물 탄소배출량 평가 프로그램 현황을 살펴보면, 건설기술연구원에서 개발한 K-LCA(2004년)은 국내에 최초로 적용된 탄소배출량 평가 프로그램이나 운영단계의 에너지소비량 평가에 약점이 있어 전반적인 토목/건축구조물에의 확장이 어려움. 한양대학교 친환경건축연구센터에서 개발한 SUSB-LCA ver1.0(2007년)은 국내유일 건축물 전생애(건설, 운용, 해체 및 폐기단계) 평가기술 및 프로그램으로 국외 건설산업의 탄소배출량 평가기술로부터 자립 및 차별화하고 있음. 또한, 정부의 '저탄소 녹색성장' 정책에 부응하기 위한 건설회사의 자구책으로 SUSB-LCA를 기반으로 한 기업 버전의 전생애 환경부하(LCCO₂) 평가 프로그램 개발수요가 증가하는 추세임.

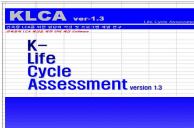
① SUSB-LCA ver1.0 (한양대학교 친환경건축연구센터)

- 국내유일 세계적 수준의 건축물의 생애주기(건설, 운영/유지, 해체폐기 단계)에 걸친 에너지, 탄소배출량, 비용 분석 및 평가 프로그램
- 친환경요소기술을 적용한 경우와의 케이스 비교가 가능
- 윈도우즈 기반 프로그램으로 운영의 안정성 우수 및 업그레이드 용이
- 국내 유일 건축물 전생애환경부하평가 프로그램 부문 특허(제 0934979 호) 및 프로그램 등록(2007-01-123-004218) 취득
- 기업 기술이전 및 목적지향형 평가 프로그램으로 산업체 기술 확산에 기여



② K-LCA (건설기술연구원)

- 건축물의 생애주기 동안 소비되는 자원과 에너지의 양 등의 환경 부하를 산정
- 평가대상은 공동주택을 대상으로 함
- 스프레드시트형식으로 구성되어 사용편의성은 낮음
- 운영단계의 에너지량을 평가하는데 사용되는 DB(EPI 사용)의 한계성 (EPI를 통해 산출할 수 없는 건축물의 경우 LCA 평가 불가)



③ ECO-Pia ver1.0 (삼성물산 건설부문)

- 민간 건설 분야 최초의 자체적 건축물의 생애주기 탄소배출량 평가 프로그램
- SUSB-LCA를 기반으로 친환경연구센터와 공동으로 개발
- 평가대상은 공동주택을 대상으로 함
- 설계단계에서의 LCCO₂ 평가를 통해 온실가스 저감형 설계대안 제시
- 철거 및 폐기 단계에서는 건설 표준품셈을 이용한 DB를 활용



④ LOTTE-LCA (롯데건설)

- 롯데건설에서 발주한 공동주택, 오피스, 초고층건축물의 목적지향형 전생애 환경부하 평가 프로그램으로 SUSB-LCA를 기반으로 함
- BIM과의 연동을 통한 물량산출 및 상세 분석기능 포함
- 유지관리 평가에 수선주기방식 도입
- 상세평가와 간이평가로 구분하여 평가목적에 따른 자율적인 선택



(4) 인프라 및 기반 역량분석 결과

- 국내 탄소저감형 건설재료 관련 인프라 및 기반 역량분석 결과 크게 인력, 장비 및 프로그램, 국가 R&D 등의 역량을 분석하여 정리.

표 2.29 프라 현황조사 결과

구분	국내 수준	비고
인력	토목, 건축분야에 종사하는 전체 연구 인력의 수는 충분할 것으로 판단되나, 다른 분야와 결합된 환경분야에 대한 전문지식을 겸비한 인력의 수가 부족함	
장비 & 프로그램	일부 원천기술이 필요한 장비는 외국에 의존하고 있으나, 에너지 저감형, 친환경 건설자재 생산 및 평가에 필요한 장비는 국내에 보유하고 있으며, 특히 LCCO ₂ 평가 프로그램이 개발되어 있음.	
R&D	국내에서 저탄소 녹색성장 슬러진 아래 범국가적 차원에서 탄소저감에 대한 연구가 진행되어 오고 있다. 각 부처별로 연구가 진행	
산학공동 연구기관	이미 수백 개의 세계적인 기업은 자체 연구센터를 건립하고 이들 연구소를 통해 대학들과 전략적 제휴관계를 맺어 연구개발분야에서 막대한 이익을 창출하고 있으나, 현재 국내에서 이러한 공동연구가 미흡함.	
국제기술 협력기반	최근 단순 기술교류 및 다양한 해외기관과의 연구협력관계를 구축하여 필요시 공동연구 수행도 가능하며 수행하는 사례도 증가하고 있음	

3절 기술 수요 및 예측

1. 기술수요조사 및 결과

가. 수요조사 개요

- 기술 수요분석은 산·학·연으로 구성된 기획 연구진이외에 토목, 건축분야 및 화학 분야 전문가들을 대상으로 기술수요조사를 실시하였으며 구체적인 조사내용은 다음과 같음.
 - 조사대상 : 기획연구진, 협력연구기관, 자문위원 POOL (30인, 중복의견 취합)
 - 조사항목 : 과제, 목표, 연구배경 및 필요성, 지원타당성, 기술개발 내용, 원천기술 개발 가능성, 상품화 가능성, 기대성과, 소요예산 및 연구기간
 - 조사취합 : 조사대상으로부터 응답된 기술수요조사 결과에 따라 CO₂저감형 재료 생산기술 분야, CO₂저감형 고성능 자재활용기술 분야, CO₂활용 및 고정기술을 통한 건설자재 개발분야, LCCO₂정립기술 분야의 4개의 독립적인 분야로 취합, 정리하였음

나. 기술수요 조사내용

- 4개의 분야에 대하여 분야별 본 절에서는 연구자의 의견반영만을 위해 과제명 및 소요예산만 분야별로 정리하였음. CO₂저감형 자재생산기술 (총 29개)은 표 2.30과 같음

표 2.30 CO₂ 저감형 재료 생산기술

번호	분야	제안사업 및 내용	연구기간 및 소요예산
1	무기계	미생물을	5년, 3억/년, 총 15억
2	유/무기계	유·무기	5년, 2억/년, 총 10억
3	유/무기계	재료....	3년, 3억/년, 총 9억
4	유/무기계	천연	3년, 4억/년, 총 12억
5	유/무기계	자연....	5년, 5억/년, 총 25억
6	유기계	인체무해성....	3년, 3억/년, 총 9억
7	유/무기계	폐자재....	5년, 10억/년, 총 50억
8	유/무기계	건축토목용....	5년, 10억/년, 총 50억
9	무기계	인조목 ...	3년, 5억/년, 총 15억
10	유/무기계	비식용계.....	5년, 3억/년, 총 15억
11	무기계	대단위 치환 슬래....	3년, 5억/년, 총 15억
12	무기계	페브라운판의....	1차:3억/2년, 2차: 2년, 5억/년, 총 10억
13	무기계	에너지:.....	5년, 3억/년, 총 15억
14	무기계	물리적 자극에....	3년, 3.5억/년, 총 10.5억
15	무기계	불균일형 폐기물.....	5년, 2억/년, 총 10억
16	무기계	황토를 이용한.....	2억/년, 3년 총 6억
17	무기계	시멘트 대체용.....	2억/년, 3년 총 6억
18	무기계	탄소저감형....	5년, 1억/년, 총 5억
19	무기계	플라이애쉬....	5년, 5억/년, 총 25억
			총 312.5억

- CO₂저감형 고성능 자재활용기술 (총 25개)은 표 2.31과 같음

표 2.31 CO₂ 저감형 고성능 자재활용기술

번호	분야	제안사업 및 내용	연구기간 및 소요예산
1	무기계	화제시 콘크리트.....	3년, 3억/년, 총 9억
2	무기계	SQC.....	5년, 1억/년, 총 5억
3	유/무기계	기존 건축물의.....	5년, 2억/년, 총 10억
4	유/무기계	저 시멘트형....	5년, 2억/년, 총 10억
5	유/무기계	유·무기.....	2년, 2.5억/년, 총 5억
6	무기계	CO ₂ 저감용....	5년, 1억/년, 총 5억
7	무기계	NT기술을....	5년, 2억/년, 총 10억
8	무기계	가수소성된....	3년, 1억/년, 총 3억
9	무기계	저열전도성....	5년, 3억/년, 총 15억
10	유/무기계	미래 건물용.....	5년, 3억/년, 총 15억
11	유/무기계	유무기 나노복합화.....	5년, 2억/년, 총 10억
12	유기계	도로포장.....	3년, 2억/년, 총 6억
13	유기계	건설구조물에....	5년, 5억/년, 총 25억
14	유/무기계	복합성능을....	5년, 3억/년, 총 15억
15	무기계	IT 기술....	2억/년, 5년 총 10억
16	무기계	시멘트....	5년, 1억/년, 총 5억
17	무기계	미생물을.....	5년, 2억/년, 총 10억
18	유기계	온도감응형....	5년, 8억/년, 총 40억
19	유기계	에너지 절약형.....	5년, 3억/년, 총 30억
20	유/무기계	Curtain wall 외피에.....	5년, 10억/5년, 총 50억
21	유기계	폐지를 이용한.....	3년, 5억/년, 총 15억
22	무기계	석회석 미분말....	3년, 1억/3년 총 9억
23	무기계	알폼 거푸집 발열시스템을....	5년, 2억/년, 총 10억
24	유기계	건설구조물을.....	5년, 2.5억/년, 총 12.5억
25	유기계	온도변형	5년, 5억/년, 총 25억
			총 359.5억

- CO₂활용 및 고정기술을 통한 건설자재개발에 대한 수요조사는 표 2.32와 같음

표 2.32 CO₂ 활용 및 고정기술을 통한 건설자재개발 (총 8개)

번호	분야	제안사업 및 내용	연구기간 및 소요예산
1	무기계	CO ₂ hydration process....	5년, 3억/년, 총 15억
2	유/무기계	CO ₂ Polymer를	3년, 3억/년, 총 9억
3	무기계	이산화탄소를....	1차: 3년, 5억/년, 2차: 3년 10억/년, 총 30억
4	유/무기계	환경부하.....	5년, 1억/년, 총 5억
5	유/무기계	건설폐재의 탄산화반응을.....	5년, 4억/년, 총 20억
6	무기계	CO ₂ 흡수에	5년, 4억/년, 총 20억
7	무기계	시멘트 대체....	5년, 1억/년, 총 5억
8	무기계	CO ₂ 폴리머.....	5년, 10억/년, 총 50억
			총 154억

■ 건설재료 LCCO₂ DB구축 및 평가/보급 기술 개발 (총 10개)은 표 2.33과 같음

표 2.33 건설재료 LCCO₂ DB구축 및 평가/보급 기술 (총 10개)

번호	분야	제안사업 및 내용	연구기간 및 소요예산
1	LCCO ₂ DB구축	콘크리트	5년, 2억/년, 총 10억
2	LCCO ₂ DB구축	주요 건설재료의....	6년, 10억/년, 총 60억
3	LCCO ₂ 보급기술	주요 건설재료의	5년, 3억/년, 총 15억
4	LCCO ₂ 평가기술	콘크리트	4년, 4억/년, 총 16억
5	LCCO ₂ 평가기술	건설재료 및 자재.....	5년, 5억/년, 총 25억
6	LCCO ₂ 평가기술	부위별 건설재료.....	5년, 5억/년, 총 25억
7	LCCO ₂ 평가기술	건설재료	3년, 5억/년, 총 15억
8	LCCO ₂ 평가기술	건설재료	3년, 5억/년, 총 15억
9	LCCO ₂ 평가기술	설계과정에서	4년, 5억/년, 총 20억
10	LCCO ₂ 평가기술	탄소저감형	3년, 3억/년, 총 9억
			총 225억

다. 기술수요조사 분석

- 기술 수요조사를 통하여 기술 분류체계도가 작성되며 이는 최종적으로 5장에서 보완 될 예정임
- 대분류로는 CO₂저감형 재료 생산기술, CO₂저감형 고성능 자재 활용기술, CO₂활용 및 고정기술을 통한 건설 자재개발, 건설재료 LCCO₂ DB구축 및 평가/보급 기술의 4가지 기술이 도출.
- CO₂저감형 재료 생산기술은 재료 생산단계에서 LOW CO₂ 소재나 순환자원을 활용하거나 제조단계에서 에너지 효율향상 기술을 접목하여 CO₂를 저감하는 기술로 정의
- CO₂저감형 고성능 자재활용기술은 고성능, 고강도, 고기능성을 가진 기존 자재활용기술로 대체, 유지관리 등을 최소화하여, LCCO₂를 감소시키는 기술로 정의
- CO₂활용 및 고정기술을 통한 건설자재 개발기술은 CO₂를 이용하여 건설자재를 생산하거나 CO₂를 대량 흡수 또는 CO₂와 반응시켜 CO₂를 저감시키는 건설자재 개발 및 실용화 실현기술로 정의
- 건설재료 LCCO₂ DB구축 및 평가/보급 기술은 건설재료 및 자재의 LCCO₂ 및 전과정 GHG(온실가스) 평가를 위한 DB구축 및 평가기술 개발과 이를 확대 보급하기위한 통합설계 기술, 탄소라벨링 제도 및 교육 프로그램 개발로 정의
- 대부분 5년 이하의 과제, 10억원 이하의 수준으로 제안되었으며, 재료상 유기체와 무기체 뿐 아니라 융복합관련 연구분야가 상당수 제안됨
- 본 기획을 위한 기술 분류에 따른 체계도는 표 2.34와 같음

표 2.34 기술수요조사에 따른 기술 분류체계도

대분류	중분류	내용	소분류
CO ₂ 저감형 자재 생산기술 (A)	Low CO ₂ 소재 활용 기술	■ CO ₂ 발생을 상대적으로 저감할 수 있는 천연소재, 금속 및 비금속 소재를 활용하는 기술	천연소재 활용 기술 금속소재 활용 기술 비금속소재 활용 기술
	제조 에너지 저감 기술	■ 제조시 발생하는 CO ₂ 를 저감하기 위하여 에너지 효율향상 기술 및 신재생에너지를 활용하는 기술	장비 효율 향상 기술 생산 공정/공기 단축 기술 신재생 에너지 활용 기술
	순환자원 활용 기술	■ 천연자원 사용량 절감을 통해 CO ₂ 를 저감하기 위하여 순환자원을 활용하는 기술	산업부산물 활용 기술 산업폐기물 활용 기술 자재 재활용 기술
CO ₂ 저감형 고성능 자재 활용 기술 (B)	고내구성 자재 활용 기술	■ 장기간 소요성능을 만족하는 건설부재 또는 건설재료 생산 및 활용기술로서, 보수, 보강, 대체 등에 따른 CO ₂ 감소 ■ 건설재료로서 콘크리트, 강재(금속재료), 도장 및 코팅재료를 포함	고내구성 콘크리트 활용기술 고내구성 강재(금속) 활용기술 고내구성 코팅(도장) 활용기술
	고기능성 자재 활용 기술	■ 주어진 시간 또는 경비내에서 효율적인 건설재료의 활용을 통하여 시공 또는 운영에 따른 CO ₂ 발생을 감소 ■ 높은 효율의 단열성, 태양반사성, 축열 활용성을 고려한 실용화 방안 추진	고단열성 자재 활용 기술 고반사성 자재 활용 기술 고축열성 자재 활용 기술
	고강도 자재 활용 기술	■ 재료의 고강도화 및 고인성화를 통하여 사용재료를 감소시킴으로서 추가적인 건설재료감소에 따른 생산 CO ₂ 감소 ■ 고강도 및 고인성 재료 (콘크리트, 강재, 강화플라스틱)에 대한 실용성, 대량생산 추진 및 중복성 검토	고강도 콘크리트 활용기술 고강도 강재 활용기술 고강도 FRP 활용기술
	CO ₂ 활용 분야	■ CO ₂ 를 화학처리하여 수지 등을 만들고 이들을 활용, ■ 건설자재를 제조 및 활용하는 분야	CO ₂ 기원 원천소재 제조 기술 CO ₂ 수지 등을 이용한 건설자재 제조 및 활용기술 CO ₂ 활용 건설자재의 LCCO ₂ 기술
CO ₂ 활용 및 고정 기술을 통한 건설자재개발 (C)	CO ₂ 대량 흡수분야	■ CO ₂ 를 대량 흡수할 수 있는 소재를 이용한 CO ₂ 대량 흡수형 건설자재 제조 및 활용분야	CO ₂ 를 대량 흡수할 수 있는 소재 CO ₂ 대량 흡수 소재를 활용한 CO ₂ 대량 흡수 건설자재의
	CO ₂ 반응고정 분야	■ CO ₂ 와 반응할 수 있는 건설재료의 선정 및 이를 이용한 CO ₂ 반응에 의해 CO ₂ 를 고정하고 반응부산물을 활용하는 분야	CO ₂ 와 반응하는 소재 개발 기술 CO ₂ 반응 소재기술을 이용한 CO ₂ 고정화 및 활용기술 CO ₂ 고정 건설자재의 LCCO ₂
	건설재료 LCCO ₂ DB 구축	■ 주요 건설재료 및 자재의 LCCO ₂ 및 GHG 평가를 위한 DB 구축 및 관리기술 개발 분야	건설재료 LCCO ₂ 원단위 구축기술 건설재료 LCCO ₂ DB 구축 기술 건설재료 LCCO ₂ DB 관리 기술
건설재료 LCCO ₂ DB구축 및 평가/보급 기술(D)	건설재료 LCCO ₂ 평가기술 개발 분야	■ 주요 건설재료 및 자재의 LCCO ₂ GHG 평가기술 개발 분야	건설재료 LCCO ₂ 평가기술 건설자재 LCCO ₂ 평가기술 부위별 건설재료 전과정 CO ₂
	건설재료 LCCO ₂ 보급 기술	■ 탄소저감형 건설재료의 보급을 위한 건설재료 및 자재의 통합설계 기술, 탄소라벨링 제도 및 교육 프로그램 개발 분야	탄소저감형 건설재료 인증 및 탄소저감형 건설재료 통합설계 탄소저감형 건설재료 표준

■ 각 분야별 연구 필요성 및 정부지원 타당성은 아래의 표 2.35와 같음

표 2.35 연구 필요성 및 정부지원 타당성

분야	연구필요성	지원타당성
CO ₂ 저감형 재료 생산 기술	- 프리캐스트 콘크리트 제조 시 스팀 양생으로 인한 에너지 사용 증대와 CO₂배출 및 환경오염 - 인체 무해성, 천연발포재, 식물체 바이오매스 이용 친환경 건축자재 개발 필요 - 화재시 건축물 콘크리트의 안전성 확보 - 전세계적으로 사용후 대량발생되는 폐기물의 재활용 움직임 활발 - 대단위 토목공사 등에 사방공사면의 친환경 토사 붕괴 방지재 개발 필요성 - 화력발전소 발생 CO₂의 저감 및 건설재료응용	- 지구기후변화 협약에 따른 시멘트산업의 적극적 CO₂저감 대책수립 필요성 - 미생물 자원의 활용에 의한 친환경 Green Building 구축 - 화재시 콘크리트 건축 구조물의 안전성 확보 및 화재 후 내구수명 유지 - 화력발전소 배출 CO₂저감 및 건설재료로의 자원화 - 발생 폐기물의 재사용, 재활용을 통한 자원절감 지원 - 폐기되는 바이오매스 자원 재활용 - 스치로폼 등 발포 건축자재 대체 필요
CO ₂ 저감형 자재 활용 기술	- 건축물 외벽, 지붕 등에서의 열섬현상 - 콘크리트 구조물의 신규 설치에 따른 시멘트 사용량 증가 -CO₂발생량 증가 - 콘크리트 구조물의 내구성 향상에 의한 내구수명 연장 - PVC 소재 벽지에 의한 유해물질 발생 및 소각시 유독성 가스 발생 저감 필요 - 건축용, 도로양생용, 사막녹지화 사업용 자연분해 피복필름의 개발 필요성 증대	- 토목, 대규모 건설공사에 친환경 건축자재 개발 지원 필요 - 토양 유기물, 기온, 강수량 등이 매우 다른 자연환경의 차이에 의한 적정 원료 및 필름 개발 - 어려움 - 국내외의 저탄소 녹색성장 관련하여 친환경 정책 추진에 따라 그에 대한 대체가 시급 - 열섬현상 완화로 인한 에너지 절약 및 지구 온난화 영향 완화
CO ₂ 활용 및 고정 기술을 통한 건설 자재 개발 기술	- CO₂관련 연구는 기존의 CO₂포집 및 저장 연구 개발에서 이를 활용하는 CO₂활용을 통한 제품 생산으로 변화하고 이를 탄소저감형 건설자재 개발에 연계 필요 - CO₂저장에 관한 기술은 지중 및 해양 저장에서 보다 안전한 CO₂고정화 연구로 변화 - CO₂자원화를 통한 기후변화 협약의 온실가스감축 선도와 탄소배출권 시행에서의 경쟁력 확보 - 친환경 CO₂고분자의 전자재 사용으로 환경보존 외에 친환경 주거 공간의 Well-Being 삶 구현 - CO₂를 고부가 고분자소재의 원료로 사용함으로써 화석 자원 고갈에 대한 잠재적 대응방안 제시 - 발생량이 증가할 것으로 예상되는 건설폐기물의 활용과 리사이클 시스템 구축이 필요 - 온실가스 저감을 위한 탄소저감형 건설재료 생산 프로세스 개발 필요	- CO₂처리기술은 연구개발에 장기간이 필요하고 상품화에는 대량의 개발비가 필요하여 정부의 장기간 집단 연구 지원 필요 - CO₂처리기술은 국가 전체의 CO₂저감 기술 뿐만 아니라 CO₂를 자원화하는 국가 전략으로 발전 필요 - 국가 미래 신기술 확보 및 이에 기반한 신성장 동력(중소기업 상생/일자리 창출) 기회로 활용 - CO₂ Polymer 활용한 건축 재료에 대한 국가적인 친환경 표준화 작업 필요 - 지구기후변화 협약의 온실가스감축 대응 정부주도 기업/학계의 범국가적 대응책 수립 필요 - 저탄소 녹색성장에 따른 건설재료의 저탄소화의 국내 실정에 맞는 현실성 있는 기술이 필요
LCCO ₂ 정립 기술	- 건설재료 및 자재의 LCCO₂ 평가를 위해서는 건설재료의 CO₂원단위 산출이 선행되어야 하나 정부에서 구축한 건설재료의 LCI DB 구축현황은 환경부(31개 모듈), 지경부(30개모듈)로 다양한 건설재료의 LCCO₂평가를 위해 매우 부족한 상태임 - 전 산업 CO₂배출량의 약 30%를 점유하고 있는 건설분야의 CO₂절감을 위해서는 CO₂절감 기술 개발과 더불어 CO₂평가 기술 개발이 선행되어야 하며 이러한 건설산업의 CO₂평가기술은 전 생애주기에 걸친 전과정 평가가 이루어져야 함 - 해외 환경선진국에서는 건설재료의 전과정(생산, 수송 및 유통, 사용, 폐기)에서 발생하는 CO₂배출량을 평가 및 인증하여 시장주도로 저탄소 건설재료 및 자재의 구매를 촉진하는 제도 등이 개발·운영되고 있음	- 건설재료 및 자재의 LCCO₂ DB 및 통합관리 시스템을 통한 LCCO₂평가 및 설계지원이 요구되며 이에대한 지원이 절실 함 - 건설산업 전과정 CO₂평가를 위해서는 건설재료의 CO₂원단위 및 건설재료 및 자재의 CO₂평가 기술 구축이 선행되어야 함으로 이러한 건설재료 및 자재의 CO₂평가 기술개발 지원이 반드시 요구 됨 - 국내에서도 환경부의 환경마크제도 및 탄소환경성적표지제도 등이 운영되고 있으나 건설재료를 주 대상으로 평가 관리 하는 시스템 구축이 필요하고 저탄소 건설재료의 보급 및 확대를 위한 저탄소 건설재료의 통합설계 기술, 표준 시방지침 및 교육 프로그램 개발이 요구되며 이에 대한 지원이 필요 함

2. 기술예측조사 및 결과

가. 요소기술 선정 및 기술예측을 위한 WEB SURVEY 결과 요약

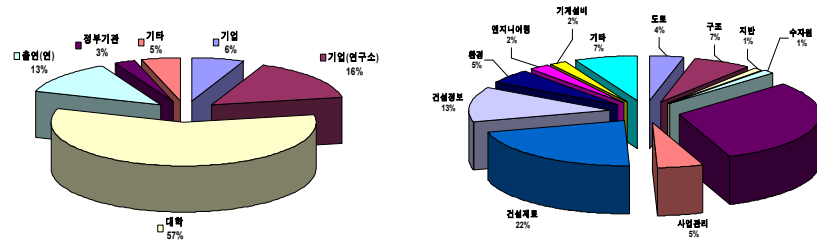
(1) WEB SURVEY 방법

- 제안된 기술수요 및 기술체계도를 토대로 요소기술선정을 위한 수요조사를 산,학,연,업계 전문가를 대상으로 실시
- 설문조사의 대상은 건설자재와 관련된 민간건설회사, 공기업, 대학 및 연구기관 등을 포함하여 총 400여명의 전문가 POOL을 대상으로 실시
- 조사방법은 응답자의 응답편의성을 고려하고 조사 진행상황을 실시간으로 점검하기 위한 온라인 설문조사 방식으로 진행
- 표 2.36은 과제 기획을 위한 웹서베이 개요를 나타냄

표 2.36 웹 서베이의 개요

조사대상	건설재료 및 자재관련 전문가 - 대학, 연구기관, 공기업, 민간 건설회사
조사방법	온라인 설문조사
조사표본	115명
응답율	23% (500명 발송 - 115명 유효표본)
조사기간	2010년 2월 1일 ~ 2009년 2월 28일
의뢰업체	(주)월드서베이

- 본 기획연구를 위한 설문지 배포명단 400명중 115명이 응답하여 23%의 응답률을 기록
- 응답자의 직업은 대학이 58.2%로 거의 절반의 비중을 차지하고 있으며, 여기에는 건설자재 생산업체 및 건설 시공회사등이 포함되어 탄소 저감형 건설자재의 생산과 시공에 직접적으로 관련된 전문가의 의견을 반영할 수 있을 것으로 기대됨
- 응답기관 유형에서는 기업이 6.4%, 기업연구소 15.8%, 대학 58.2%, 출연연구소 12.5%, 정부기관 2.5%로 학계의 관심이 많음을 알 수 있음
- 전공분야에서는 건축 및 건설재료 부문이 각각 31.2%, 21.5%로 가장 많이 응답이 되었으며, 건설정보 (12.5%), 구조 (6.8%), 환경 (5.2%) 순으로 응답이 접수됨. 이는 각 분야에서 적절한 응답분포가 이루어진 것으로 보임
- 그림 2.63에서는 응답자 프로파일을 나타내고 있음



a) 응답자 집업군

b) 응답자 전공군

그림 2.63 응답자 프로파일

(2) 중요도에 따른 질문 유형

- 수요조사를 위한 설문에서는 표 3.5의 기술분류 체계도를 기본으로 하여, 기술별 중요도, 선진국대비 국내 개발수준, 선진국 대비 국내 연구인프라 수준을 1~5점으로 부여함
- CO₂저감형 재료 생산기술, CO₂저감형 고성능 자재활용기술, CO₂활용 및 고정기술을 통한 건설자재 개발기술, 건설재료 LCCO₂ DB구축 및 평가/보급 기술에 대한 각 세부 기술의 중요도를 상대적으로 평가
- 그림 2.64에서는 web survey를 시작할 때 초기 입력창 및 조사방식을 나타내고 있음

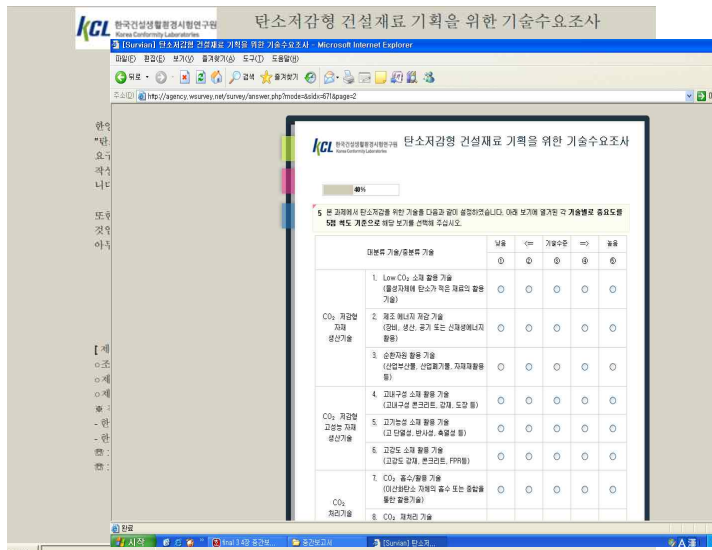


그림 2.64 Web survey의 프론트 페이지 및 조사방식

(3) 설문평가에 결과 (중요도, 선진국대비 국내 개발수준, 국내 인프라 수준)

(가) 관련 기술의 중요도

- 그림 2.65에서는 세부기술의 기술별 중요도를 나타내고 있음. 총 12개의 중분류 기술 중에서, CO₂반응기술, LCCO₂ 보급기술은 중요도가 높음(5)로 나타났으며, 고기능성, 고강도 자재 활용기술 및 CO₂활용기술은 중요도가 보통(3)으로 나타남. 그 외의 기술들은 비교적 높음(4)에 분포가 집중됨
- 제조에너지 저감기술에서 최고 응답치가 응답 (비교적 높음-45.5%)
- 순환자원 활용기술에서 최저 응답치가 응답 (보통-31.8%)

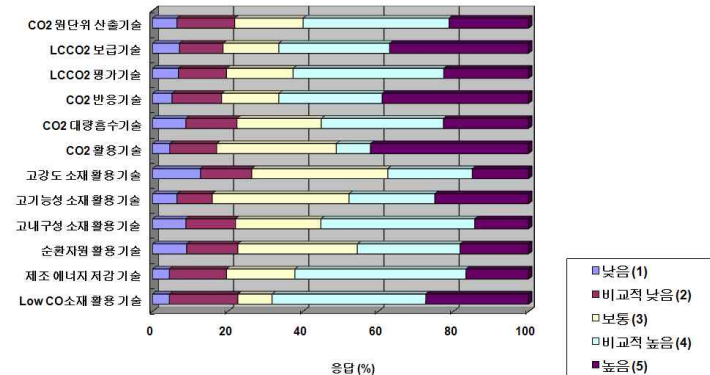


그림 2.65 중분류 기술의 중요도 설문 조사

- 누적치를 고려한 점수에서는 LOW CO₂소재 활용기술, CO₂활용기술, CO₂반응기술, LCCO₂ 보급기술 등이 360점 이상으로 높은 분포를 차지하고 있음. 이는 기존의 콘크리트 등의 건설재료에 국한된 이산화탄소 저감연구의 사고 전환을 보여줌
- 고강도 자재 활용기술이 가장 낮게 평가되었으며, 순환자원 활용기술도 비교적 낮은 분포의 중요도를 지님
- 중분류 기술의 중요도 누적치는 그림 2.66에 나타냄

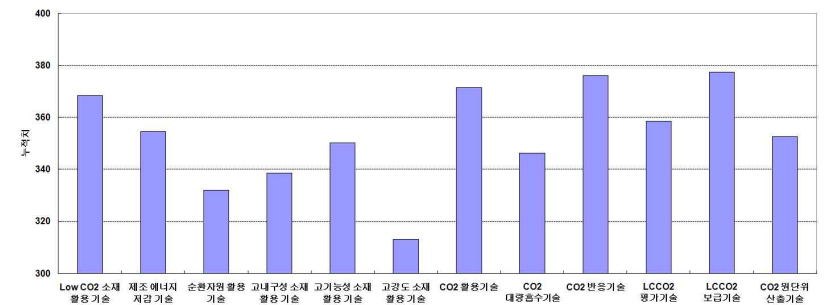


그림 2.66 중분류 기술의 중요도 누적치

(나) 선진국대비 기술수준

- 전 분야에서 선진국대비 보통수준 (3)을 나타내고 있음
- CO₂활용 및 고정기술을 통한 건설자재개발 기술은 전체적으로 낮은 분포를 보이고 있으므로 이 분야 대한 연구가 시급함을 알 수 있음
- 고강도 자재활용기술은 다른 기술에 비해 비교적 선진국대비 수준이 높음
- 고기능성 자재활용기술에서는 보통에서 최다응답치(60.2%)가 도출됨
- LCCO₂ 보급기술에서는 비교적 낮음(35.8%)에서 최다응답치가 도출되었으며, 이는 LCCO₂ 보급기술이 선진국대비 가장 낮은 기술수준을 가지고 있음을 시사함
- 그림 2.67에서는 선진국대비 기술수준에 대한 응답분포를 나타내고 있음
- 누적치를 고려한 점수에서는 고강도 자재 활용기술 및 고내구성 자재 활용기술이 높게 평가되었으며, CO₂활용기술, CO₂대량흡수기술, CO₂반응기술, 흡수 및 활용기술은 가장 낮은 누적치를 가지고 있음
- 누적치에서는 고내구성 자재, 고강도 자재 활용기술이 선진국과의 격차가 가장 낮은 것으로 평가되었으며, CO₂활용기술, CO₂대량흡수기술, CO₂반응기술, LCCO₂ 평가,보급 기술, 원단위 산출기술이 비교적 낮게 도출되었음. 전 범위에서 320점 미만의 누적치를 가지고 있으며, 이는 선진국 대비 기술수준이 비교적 낮음을 시사하므로 이 분야에 대한 연구가 시급함.
- 그림 2.68에서는 선진국대비 기술수준의 누적치를 나타내고 있음

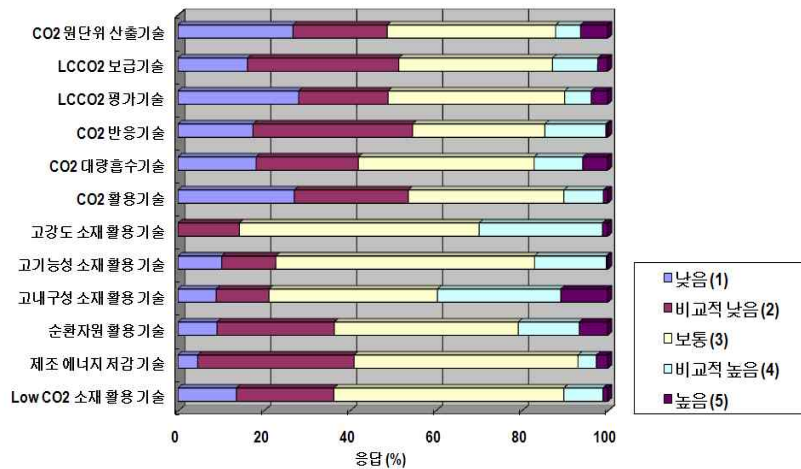


그림 2.67 선진국대비 기술수준 설문 조사

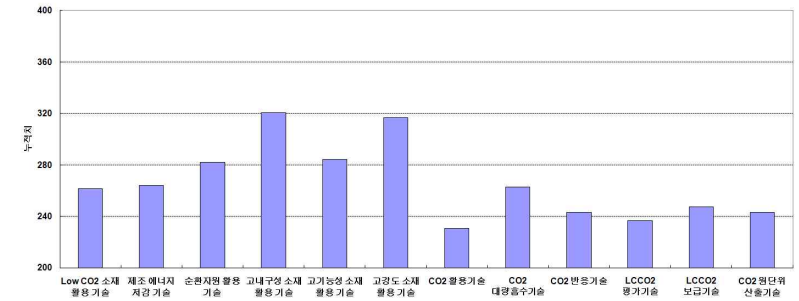


그림 2.68 선진국 대비 기술개발수준의 누적치

(다) 선진국대비 인프라 수준

- 그림 2.69에서는 선진국대비 국내인프라 수준을 나타내고 있음. 특이한 것은 앞선 조사에 비하여 전체적으로 낮은 분포에 점수가 머무르고 있음
- 순환자원 활용기술, 고내구성 자재 활용기술, 고기능성 활용기술, 고강도 자재활용기술은 비교적 높음(4) 수준이었으며 나머지는 모두 비교적 낮음(2) 수준을 나타내었다.
- 최다응답치는 제조에너지 저감기술(비교적 낮음-49.2%)이었으며, 최소응답치는 순환자원 활용기술 (비교적 높음-33.2%)로 응답됨
- 누적치를 고려한 점수에서는 고강도 자재 활용기술, 고기능성 자재활용기술, 고내구성 자재 활용기술 등은 높게 평가되었으며, CO₂활용기술, CO₂대량흡수기술, LCCO₂ 평가 기술은 선진국 대비 인프라가 낮은 것으로 나타남
- LCCO₂ 정립(건설재료 LCCO₂ DB구축 및 평가/보급 기술)과 CO₂활용 및 고정기술을 통한 건설자재 개발 및 실용화가 시급한 것으로 나타남
- 그림 2.70는 선진국대비 인프라 수준의 누적치를 나타내고 있음

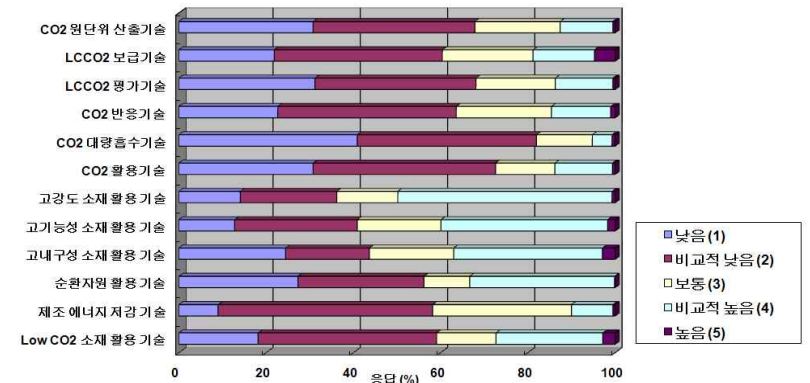


그림 2.69 선진국대비 인프라 수준 설문조사

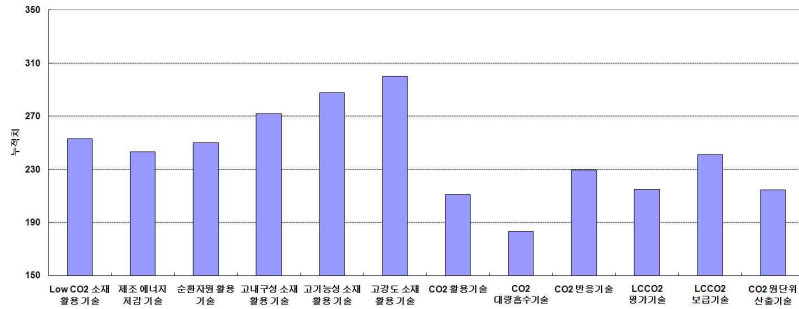


그림 2.70 선진국대비 인프라의 누적치

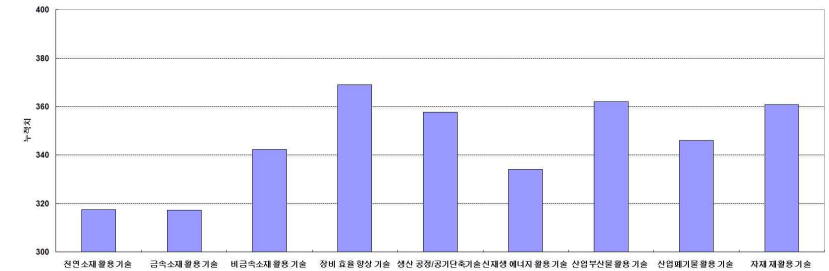


그림 2.72 CO₂ 저감형 자재생산기술의 소분류 기술 누적치 분포

(4) 중분류 기술의 중요도 분석

(가) CO₂저감형 자재 생산기술

- 본 절에서는 4개의 대분류 기술에 포함된 소분류 기술의 중요도를 평가함
- CO₂저감형 자재생산기술은 모두 9개의 소분류 기술을 가지고 있는데, 그 결과는 그림 2.71 및 그림 2.72과 같음
- 장비효율향상기술에서 비교적 높음(59.1%)이 가장 많이 응답되었으며, 신재생에너지 활용기술에서 가장 낮은 응답치(비교적 높음-32.6%)가 응답됨
- 모든 기술이 보통(3) 및 비교적 높음(4)에 분포하고 있었으며, 장비효율 향상기술 및 산업부산물, 자재재활용 기술이 높은 분포를 나타내었음

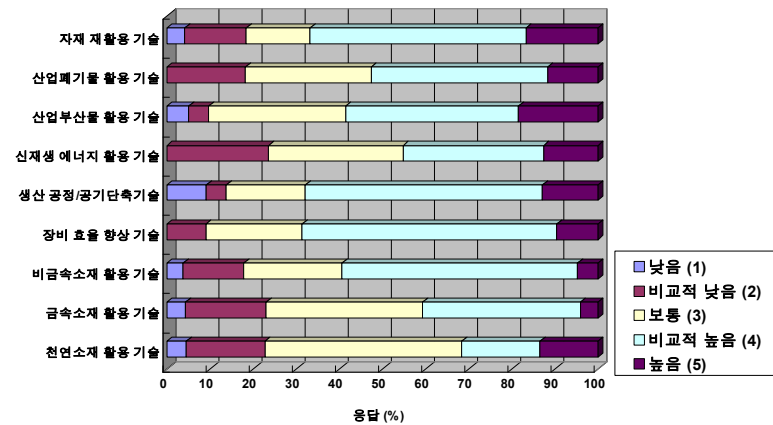


그림 2.71 CO₂ 저감형 재료 생산기술의 소분류 기술 중요도

(나) CO₂저감형 고성능 자재활용기술

- CO₂저감형 고성능 자재활용기술의 분포는 그림 2.73 및 그림 2.74와 같음
- 거의 모든 분야에서 비교적 높음(4)이 선택되었으며, 고축열성 자재활용기술은 높음(5)이 가장 많은 분포를 차지하였고 고내구성 강재기술은 보통(3)이 가장 많이 나타났다
- 전반적으로 누적치의 값이 높는데, 이는 CO₂저감형 고성능 자재활용기술의 중요도가 높으며, 많은 관심이 있다는 점을 시사함
- 고내구성 콘크리트 기술에서 최다응답치 (비교적 높음-50.1%)가 응답되었으며, 고단열성 자재활용기술에서 최소응답치(높음-29.3%)이 응답되었음
- 다른 분야에 비하여, 높은 누적치를 나타내고 있음

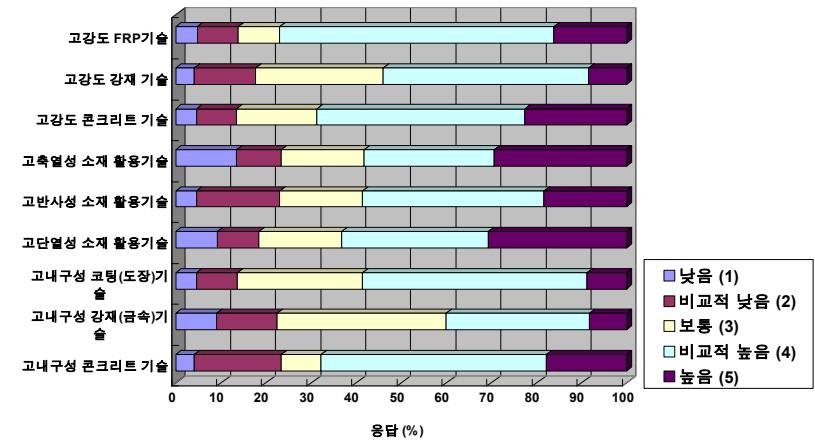


그림 2.73 CO₂ 저감형 고성능 자재활용기술의 소분류 기술 중요도



그림 2.74 CO₂ 저감형 고성능 자재활용기술의 소분류 기술 누적치 분포

(다) CO₂ 활용 및 고정기술을 통한 건설자재개발 기술

- 그림 2.75 및 그림 2.76은 CO₂ 활용 및 고정기술을 통한 건설자재개발 기술에 대한 기술 중요도를 나타내고 있음.
- CO₂기원 원천소재 제조기술, CO₂수지 등을 이용한 건설자재 제조 및 활용기술, CO₂ 대량 흡수소재를 활용한 건설자재 제조/활용기술, CO₂대량 흡수 건설자재의 LCCO₂ 평가기술에서는 비교적 높음(4)가 분포되었고, 나머지 분야에서는 보통(3)의 응답이 분포됨
- CO₂흡수기술에서 최다응답치(비교적 높음-45.6%)가 응답되었고, CO₂고정 건설자재의 LCCO₂ 평가기술에서는 최소응답치(보통-29.5%)가 응답되었음
- 누적치 평가에서는 CO₂와 반응하는 소재개발 기술, CO₂활용 건설자재의 LCCO₂평가기술은 다른 분야보다 낮은 수준을 나타내고 있음

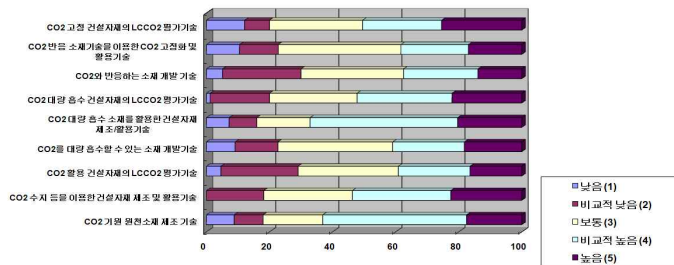


그림 2.75 CO₂ 활용 및 고정기술을 통한 건설자재개발 기술 중요도

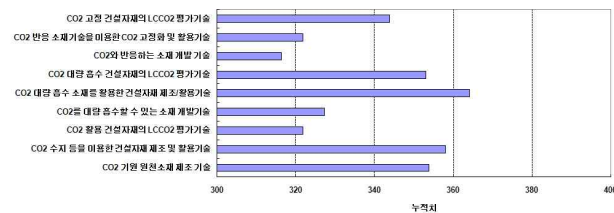


그림 2.76 CO₂ 처리기술의 소분류 기술 누적치 분포

(라) LCCO₂ 정립기술 (건설재료 LCCO₂ DB구축 및 평가/보급 기술)

- 그림 2.77 및 그림 2.78은 LCCO₂ 정립기술에 대한 기술중요도를 나타내고 있는데, 전 기술에서 비교적 높음(4)의 분포가 크게 나타나고 있음
- 이는 다른 분야보다 이 분야의 관심이 집중되고 중요성이 인식됨
- 그림 2.78에서는 LCCO₂ 정립기술의 소분류 기술 누적치를 나타내고 있는데, 추계모델 산출기술을 제외하면, 전체적으로 균등하게 높은 분포를 이루고 있음
- 기술의 우선순위를 도출할 경우, 이런 누적분포특성이 고려되어야 함

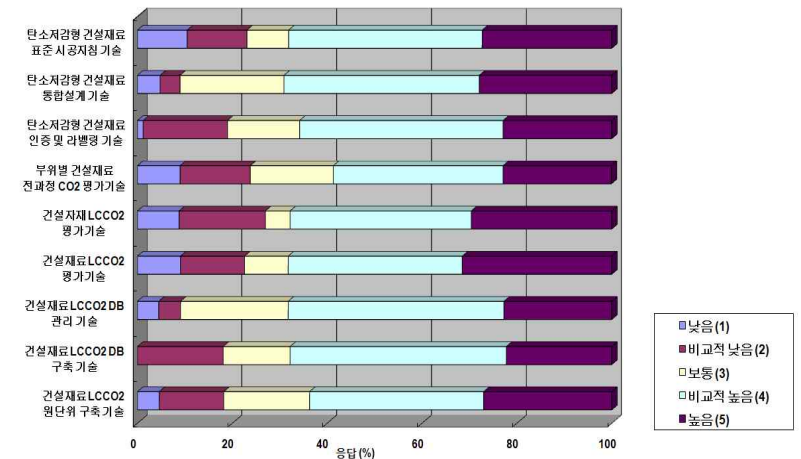


그림 2.77 LCCO₂ 정립기술의 소분류 기술 중요도

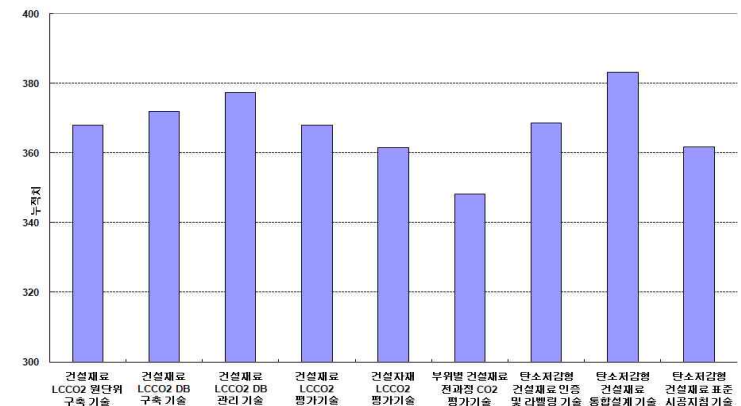


그림 2.78 LCCO₂ 정립기술의 소분류 기술 누적치 분포

나. WEB SURVEY 결과에 따른 시사점 도출

■ 표 2.37에서는 조사결과에 따른 시사점을 도출하였음

표 2.37 웹 서베이의 결과에 따른 시사점 도출		
분야	시사점	
대분류 조사	기술 중요도	■ 누적치를 고려한 점수에서는 LOW CO₂소재 활용기술, CO₂활용기술, CO₂반응기술, LCCO₂ 보급기술 등이 높은 분포를 차지하고 있음. 이는 기존의 콘크리트 등의 건설재료에 국한된 이산화탄소 저감연구의 사고 전환을 보여줌 ■ 고강도 자체 활용기술이 가장 낮게 평가되었으며, 순환자원 활용기술도 비교적 낮은 분포의 중요도를 지님
	선진국 대비 수준	■ CO₂활용 및 고정기술을 통한 건설자재개발 기술은 전체적으로 낮은 분포를 보이고 있으므로 이 분야에 대한 연구가 시급함을 알 수 있음 ■ 고강도 자체활용기술은 다른 기술에 비해 비교적 선진국대비 수준이 높음 ■ 누적치에서는 고내구성 자체, 고강도 자체 활용기술이 선진국과의 격차가 가장 낮은 것으로 평가되었으며, CO₂활용기술, CO₂대량흡수기술, CO₂반응기술, LCCO₂ 평가,보급기술, 원단위 산출기술이 비교적 낮게 도출되었음. 선진국 대비 기술수준이 비교적 낮음을 시사하므로 이 분야에 대한 연구가 시급함.
	국내 인프라 수준	■ 누적치를 고려한 점수에서는 고강도 자체 활용기술, 고기능성 자체활용기술, 고내구성 자체 활용기술 등은 높게 평가되었으며, CO₂활용기술, CO₂대량흡수기술, LCCO₂ 평가기술은 선진국 대비 인프라가 낮은 것으로 나타남 ■ LCCO₂ 정립과 CO₂활용 및 고정기술을 통한 건설자재 개발 및 실용화가 시급한 것으로 나타남.
중분류의 기술 중요도조사	CO ₂ 저감형 자재 생산기술	■ 모든 기술이 보통(3) 및 비교적 높음(4)에 분포하고 있었으며, 장비효율 향상기술 및 산업부산물, 자재재활용 기술이 높은 분포를 나타내었음
	CO ₂ 저감형 고성능 자재활용기술	■ 전반적으로 누적치의 값이 높는데, 이는 CO₂저감형 고성능 자재활용기술의 중요도가 높으며, 많은 관심이 있다는 점을 시사함
	고정기술을 통한 건설자재개발 기술	■ 누적치 평가에서는 CO₂와 반응하는 소재개발 기술, CO₂활용 건설자재의 LCCO₂ 평가기술은 중분류내에서 다른 분야보다 낮은 수준을 나타내고 있음
	건설재료 LCCO ₂ DB구축 및 평가/보급 기술 개발	■ 전 기술에서 비교적 높음(4)의 분포가 크게 나타나고 있으며, 다른 분야보다 이 분야의 관심이 집중되고 중요성이 인식됨 ■ 기술 누적치가 전체적으로 균등하게 높은 분포를 이루고 있으므로, 이러한 중요도 특성이 고려되어야 함

다. 선행기술예측조사의 요약 (건기평 제공 자료)

- 건설교통분야 기술수요 및 기술수준 조사의 선행기술예측조사(이하, 선행기술예측조사)에서는 건설부분, 교통부분, 해양부분으로 나누어 대분류 16개, 중분류 69개, 소분류 479로 나누어 기술수준조사를 실시함
- 본 과제와 밀접한 관련이 있는 항목은 선행기술예측조사를 조사한 결과, “고성능·친환경재료”로 파악되며 다음과 같은 결과가 도출되며, 표 2.38에서는 세부예측기술명을 나타냄

표 2.38 건설교통분야 기술수요 및 기술수준 조사의 선행기술예측조사 중 “고성능·친환경재료”의 세부별 예측기술명

구분	선행기술예측조사의 예측기술명
총괄	CO ₂ 흡수·저장형 건축재료와 고성능·친환경 건축재료 및 자재를 개발하여 온실가스 저감과 환경보호에 기여한다.
세부 1	건축재료, 건축자재의 탄소배출량 평가의 요소기술 및 기법개발을 통해 관리수준을 30%개선한다.
세부 2	순환골재, 슬래그, 애쉬 등 각종 소재의 급속탄산화 처리를 통한 CO ₂ 5%이상 흡수 및 저장, 개질기술 및 이를 이용한 건설재료 및 건축내외장재를 제조·활용한다.
세부 3	각종 산업부산물(석고, 석분 등)을 30%이상 이용한 친환경 저탄소형 건축용내장재, 바닥재, 모르타, 외장재를 개발한다.
세부 4	고성능경량, 차음형 바닥재/고내구성·복합 외부마감재/흡음 및 고성능 내장재/차열 단열도료 등 복합·고성능 첨단 건설재료제조 및 활용으로 건물에서 쓰이는 에너지의 10%를 절감한다.
세부 5	인체유해물질 TVOC 방출 0%의 친환경 건축자재 및 health care용 소재와 마감재 개발/활용이 실현된다.

- 선행기술예측조사중 “고성능·친환경재료”의 예측기술명은 5개로 분류되며 “고성능·친환경재료”부분의 주요결과는 표 2.39와 같이 조사됨

표 2.39 고성능 친환경 레조부분의 주요 결과

구분	전문도 지수	중요도 지수	국내기술수준 (%)	기술성숙도				실현시기(년)	최고기술보유국(1순위)	기대효과 지수
				태동	성장	핵심	기반			
총괄	60.4	79.7	59.3	28	154	8	2	2018	일본	7.5
세부1	54.4	80.5	54.0	5	33	2	0	2018	일본	7.7
세부2	65.1	81.1	60.1	8	28	1	1	2018	일본	7.8
세부3	63.8	81.6	62.4	1	35	1	1	2017	일본	7.6
세부4	63.5	79.0	61.2	3	33	3	0	2018	일본	7.5
세부5	55.4	76.2	58.8	11	25	1	0	2019	일본	6.9

- 본 과제와 “고성능·친환경재료”와의 연관성을 분석하면 다음과 같이 구분할 수 있으며, 본 과제에서 제시한 분류항목과 “고성능·친환경재료”와의 분류항목이 표 2.40과 같이 일치하는 것을 볼 수 있음

표 2.40 “고성능·친환경재료”와의 분류항목

구분	선행기술예측조사의 예측기술명	본 과제와의 연관성
총괄	CO ₂ 흡수·저장형 건축재료와 고성능·친환경 건축재료 및 자재를 개발하여 온실가스 저감과 환경보호에 기여한다.	본과제의 목적과 부합됨
세부 1	건축재료, 건축자재의 탄소배출량 평가의 요소기술 및 기법개발을 통해 관리수준을 30%개선한다.	LCCO ₂ 정립기술(D)
세부 2	순환골재, 슬래그, 애쉬 등 각종 소재의 급속탄산화 처리를 통한 CO ₂ 5%이상 흡수 및 저장, 개질기술 및 이를 이용한 건설재료 및 건축내외장재를 제조·활용한다.	CO ₂ 활용 및 고정기술을 통한 건설자재개발 기술(C)
세부 3	각종 산업부산물(석고, 석분 등)을 30%이상 이용한 친환경 저탄소형 건축용내장재, 바닥재, 모르타, 외장재를 개발한다.	CO ₂ 저감형 자재생산기술(A)
세부 4	고성능경량, 차음형 바닥재/고내구성·복합 외부마감재/흡음 및 고성능 내장재/차열 단열도료 등 복합·고성능 첨단 건설재료제조 및 활용으로 건물에서 쓰이는 에너지의 10%를 절감한다.	CO ₂ 저감형 고성능자재활용기술(B)
세부 5	인체유해물질 TVOC 방출 0%의 친환경 건축자재 및 health care용 소재와 마감재 개발/활용이 실현된다.	CO ₂ 저감형 자재생산기술(A)

- 본 과제에서 분류한 CO₂저감형 자재생산기술(A), CO₂저감형 고성능자재활용기술(B), CO₂활용 및 고정기술을 통한 건설자재개발 기술(C), LCCO₂ 정립기술(D)을 기준으로 선행조사의 결과를 재분류하면, 표 2.41과 같은 결과를 얻을 수 있음

표 2.41 선행조사와 본 기획과제 기술의 관련성

구분	전문도 지수	중요도 지수	국내기술수준 (%)	기술성숙도				실현시기(년)	최고기술보유국(1순위 위)	기대효과 지수
				태동	성장	핵심	기반			
총괄	60.4	79.7	59.3	28	154	8	2	2018	일본	7.5
A	59.6	78.9	60.6	12	60	2	1	2018	일본	7.3
B	63.5	79.0	61.2	3	33	3	0	2018	일본	7.5
C	65.1	81.1	60.1	8	28	1	1	2018	일본	7.8
D	54.4	80.5	54.0	5	33	2	0	2018	일본	7.7

주 1 : CO₂ 저감형 자재생산기술(A), CO₂ 저감형 고성능자재 활용기술(B), CO₂ 처리기술(C), LCCO₂ 정립기술(D)

주 2 : 선행기술예측조사와 본과제의 상관도는 A: 세부 3과 5, B: 세부 4, C: 세부 2, D:세부 1로 재분류함

주 3: 전문도 지수 및 중요도 지수의 정의 및 활용은 [건설교통분야 기술 수요 및 기술수준조사-건설교통분야 미래기술 예측조사, 건설기술평가원, 2011]에서 인용

- 본 과제에서 분류한 4가지 대분류를 선행기술예측조사를 바탕으로 선행적인 기술예측을 해 보면 다음과 같이 분석될 수 있음

- CO₂저감형 자재생산기술(A)은 전문도지수는 59.6로 다른 항목보다 낮게 조사되었으며, 중요도지수는 78.9로 중간정도로 조사되었음. 국내기술수준은 60.6%로 어느정도 개발능력이 있는 것으로 파악되었고 기술성숙도는 성장기에 해당하는 것으로 나타남. 실현시기는 2018년, 최고기술보유국은 일본이 해당하는 것으로 파악.
- CO₂저감형 고성능자재활용기술(B)의 전문도와 중요도는 각각 63.5, 79.0으로 중간정도의 지수로 파악. 국내기술수준은 61.2%로 어느정도 개발능력이 있는 것으로 파악되었고 기술성숙도는 성장기에 해당하는 것으로 나타남. 실현시기는 2018년, 최고기술보유국은 일본이 해당하는 것으로 파악.
- CO₂활용 및 고정기술을 통한 건설자재개발 기술(C)은 전문도지수(65.1)와 중요도지수(81.1)에서 가장 높게 나타났으며, 국내기술수준은 60.1%로 다른 항목과 같이 성장기에 해당하는 것으로 나타남. 기술성숙도는 성장기, 실현시기는 2018년으로 나타났으며, 최고기술보유국은 일본이 해당하는 것으로 파악.
- LCCO₂ 정립기술(D)의 경우, 전문도지수(54.4)가 가장 낮게 조사되었으며, 중요도 지수(80.5)는 다소 높게 파악. 국내기술수준은 54.0로 어느 정도 개발능력이 있는 것으로 파악되었으며, 기술성숙도는 성장기에 해당하는 것으로 조사. 실현시기는 2018년이며 최고기술보유국은 일본이 해당.

- 종합적으로 분석해 보면, 전문도지수는 60.4, 중요도지수는 79.7로 나타났으며, 국내기술수준은 59.3%로 어느 정도 개발능력이 있는 것으로 파악
- 기술성숙도는 성장기에 해당되었으며, 실현시기는 2018년에 실현될 것으로 예측되었으며, 최고기술보유국은 일본으로 나타남
- 표 2.42는 본 기획과제에 대한 분석결과를 나타냄

표 2.42 CO₂ 저감형 재료 생산기술에 대한 분석결과

국내 기술의 중요도 및 기술 수준	· 기술중요도: 78.9(4개분야중 4위) · 기술수준: 60.6(4개분야 중 2위)
최고 기술 보유국	· 일본
국내 기술 성숙도	· 성장기
국내 기술실현 예측시기	· 2018년
기대효과	· 7.3(낮음, 평균 : 7.5)
기술획득방식	· 민간정부협력이 가장 효과적이며, 정부주도, 민간주도, 기술도입, 국제공동연구의 순서로 효과가 평가됨
실현상의 장애요인	· 경제성(시장수익성) 및 인프라 부족

표 2.43 CO₂ 저감형 고성능 자재활용기술

국내 기술의 중요도 및 기술 수준	· 기술중요도: 79.0(4개분야중 2위) · 기술수준: 61.2(4개분야 중 1위)
최고 기술 보유국	· 일본
국내 기술 성숙도	· 성장기
국내 기술실현 예측시기	· 2018년
기대효과	· 7.5(보통, 평균 : 7.5)
기술획득방식	· 민간정부협력이 가장 효과적이며, 정부주도, 민간주도, 기술 도입, 국제공동연구의 순서로 효과가 평가됨
실현상의 장애요인	· 경제성(시장수익성) 및 인프라 부족

표 2.44 CO₂활용 및 고정기술을 통한 건설자재개발 기술

국내 기술의 중요도 및 기술 수준	· 기술중요도: 81.1(4개분야중 1위) · 기술수준: 60.1(4개분야 중 3위)
최고 기술 보유국	· 일본
국내 기술 성숙도	· 성장기
국내 기술실현 예측시기	· 2018년
기대효과	· 7.8(높음, 평균 : 7.5)
기술획득방식	· 민간정부협력이 가장 효과적이며, 정부주도, 민간주도, 기술 도입, 국제공동연구의 순서로 효과가 평가됨
실현상의 장애요인	· 경제성(시장수익성) 및 인프라 부족

표 2.45 LCCO₂정립기술

국내 기술의 중요도 및 기술 수준	· 기술중요도: 80.5(4개분야중 2위) · 기술수준: 54.0(4개분야 중 4위)
최고 기술 보유국	· 일본
국내 기술 성숙도	· 성장기
국내 기술실현 예측시기	· 2018년
기대효과	· 7.7(높음, 평균 : 7.5)
기술획득방식	· 민간정부협력이 가장 효과적이며, 정부주도, 민간주도, 기술 도입, 국제공동연구의 순서로 효과가 평가됨
실현상의 장애요인	· 경제성(시장수익성) 및 인프라 부족

4절 기술개발 방향 설정

1. 분석결과 종합

가. STEEP 분석에 따른 시사점

(1) 그룹별 STEEP 변수의 구성

- 본 절에서는 CO₂저감 건설재료 기획에 대하여 STEEP 분석을 수행한 뒤, 이에 따른 시사점을 도출
- 전문가를 3그룹으로 나누어 사회적, 기술적, 경제적, 생태학적, 정치적 변수를 도출하였으며, 공통항목 (agreeing keys)을 도출한 뒤, 기획과 위협요인에 대한 분석을 수행
- 표 2.46~2.48은 각 전문가 그룹의 STEEP 변수 구성을 제시함

표 2.46 전문가 영역에 따른 STEEP 변수 구성 (A 그룹)

사회 문화적 변수	기술적 변수	경제적 변수	생태학적 변수	정치적/법적 변수
- 환경에 대한 인식개선 - 삶의 질 및 패턴 변화 - 저임금 그룹의 증가 - 건강수명의 증가 - 인구성장 - 다문화 증가	- 기술의 독창성 - 신기술 변화 - 기술변화속도 - 기술클러스터의 존재 - 제품, 제조 혁신 속도 - 기술 보유 및 특허 - 특허보호제도 - 대학/연구소 숫자 - 인터넷 기반기술 - 실용화 여부	- 시장의 지속성 - 환율 및 이자율 - 임금수준/소비성향 - 산업구조 변화 - 원유가/ 금융시장 - 시장, 경쟁구조 - 시장의 성장성	- 재활용 시설규모 - 에너지원 한계성 - 기술 주기/수명 - 공해수준 - 재활용 시장발전 - 발전 주기	- R&D정책의 유지 - 장기/단기 정책 - 지원정책 - 규제합리화 - 조세 특허

표 2.47 전문가 영역에 따른 STEEP 변수 구성 (B 그룹)

사회 문화적 변수	기술적 변수	경제적 변수	생태학적 변수	정치적/법적 변수
- 변화하는 라이프 스타일 - 불평등 - 산업인력의 유동성 - 사회적 불안증가 - 환경에 대한 인식개선 - 환경에 대한 태도	- 실용화 여부 - 주도적 연구기관 유무 - 기술 존속성 및 독창성 - 신제품의 정책적 지원 - 특허보호제도 - R&D예산	- GDP 성장율 - 외환보유고 - 시장의 지속성 - 산업구조 변화 - 원유가 및 금융시장 - 시장, 경쟁구조 - 시장의 성장성	- 환경부하성 - 에너지원 - 기술 발전단계 - 원자재 대체성 - 환경규제 수준 - 발전 주기	- R&D정책의 유지 - 규제기관의 활동 - 보호법의 여부 - 규제기관의 활동 - 지원정책

표 2.48 전문가 영역에 따른 STEEP 변수 구성 (C 그룹)

사회 문화적 변수	기술적 변수	경제적 변수	생태학적 변수	정치적/법적 변수
- 고령화 인구 - 환경에 대한 인식개선 - 교육수준 - 레저 경제 - 범죄 및 안전 - 인구변화 - 이주	- 독창성 - 실용가능성 - 기술 보유/특허 - 특허보호제도 - R&D예산 - 대학/연구소 수 - 신기술/정보기술 - 기술변화속도	- 환율 및 이자율 - 중소기업 대출수준 - 임금수준, 소비성향 - 산업구조 변화 - 원유가 및 금융시장 - 시장, 경쟁구조	- 재활용 시설규모 - 에너지원 - 제품 수명 주기 - 제품의 발전단계 - 원자재 대체성 - 환경규제 수준	- R&D정책의 유지 - 장기 및 단기 정책 - 규제기관의 활동 - 보호법의 존재여부 - 지원정책 - 규제합리화

(2) 각 그룹의 공통인자 (Agreeing key) 도출 및 시사점 분석

- 3개의 군으로 형성된 변수에서 공통인자들이 도출되었음
- 사회적 문화적 변수에서는 시민의 환경에 대한 인식개선이 가장 큰 인자로 도출되었으며, 기술적 변수에서는 독창성, 실용화 가능성, 대체 기술의 저항성 (외부기술 경쟁력)이 도출되었음
- 경제적 변수에서는 시장의 성장성 및 시장규모의 지속성이 도출되었으며, 생태학적 변수에서는 기술개발에 따른 환경부하와 이에 따른 기술 발전단계에 대한 재고가 고려되었음
- 본 절에서는 도출된 각각의 변수에 대해 현재상태, 미래예측, 기회 및 위협요인에 대하여 분석하며, 그림 2.79에서는 공통인자 도출과정을 나타내고 있음

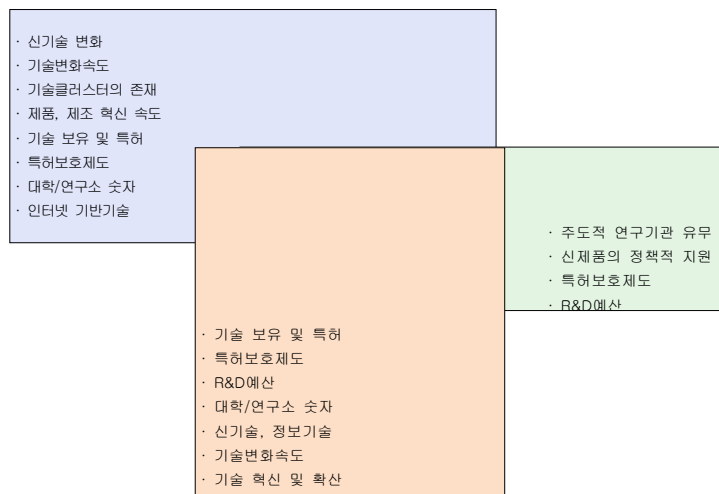


그림 2.79 Agreeing key 도출 (예 기술적 변수)

- 표 2.49~2.53은 사회적 변수, 기술적 변수, 경제적 변수, 생태학적 변수, 정치/법률적 변수에 대하여, 현재와 미래 상태를 평가하였으며, 기회와 위협인자를 구분하여 시사하였음

표 2.49 사회적 문화적 변수 : 환경 인식개선

현재	- 온실효과 등 환경에 대한 시민들의 이해 증가 - 지속적인 관련 NGO의 활동 - 직접적인 경제적 손실 및 국민건강 등을 고려하면 최대 GDP20% 감소의 인식 가중
미래	- 인터넷, 대중매체 등을 통한 환경자료의 대중화 - 환경에 대한 중요성은 더욱 커질 것으로 예측
기회	연구 필요성 부각 및 시민의견 수렴에 대한 용이성
위협	- 체계적이지 못한 시민운동 - 개발 기술에 대한 높은 신뢰도 요구와 지나치게 경제적인 친환경 제품 요구

표 2.50 기술적 변수 : 독창성, 실용화 가능성, 대체기술 저항성

현재	- 성능기반 설계를 하기위한 구조물 부위별 성능기준에 대한 연구가 수행되고 있음 - 순환자원 복합기술과 고부가가치화 기술개발이 이루어지고 있음 - 저에너지 시멘트 개발 및 블록에의 적용 (미국, Serious Materials company, going green conference, 2010. 09) - 이산화탄소를 흡수하는 녹색 콘크리트(영국 Imperial College, Nikolaos Vlasopoulos) - 이산화탄소 흡수용 시멘트 첨가제에 의한 콘크리트 2차제품 적용기술(미국, Calera사) - fly ash, 고로슬래그 등을 이용한 geopolymer concrete 개발(미국, Louisiana Tech Univ. PH.D. Erez Allouche - Energy systems conference, 2009. 11)
미래	- 상용화를 위한 성능평가기술 개발 요구 - 신뢰성 확보를 위한 평가방법의 정립 등으로 발전
기회	건설자재의 개발이 환경친화적인 관점에서 시행되고 있는 추세이므로 고성능 및 기능성을 융복합화하여 특화시킨다면 충분한 경쟁력을 가질 수있음
위협	- 기존 기술의 보완 응용도 중요하지만, 각 성능에 대한 정의를 명확히 하고 새로운 기술개발에 주안점을 두어야 함. - 실용화 및 대량생산을 고려해야 하고, 중복성에 대한 문제가 야기

표 2.51 경제적 변수 : 시장의 성장성, 시장규모의 지속성

현재	- CO₂저감 및 친환경에 대한 시장은 2004년 시장 확산기를 거쳐 지속적인 성장세를 보이고 있음 - 탄소거래시장은 2011년 134억불의 가치. (예: 775m2의 면적에 대해, 식생콘크리트 사용시 2,713kg의 CO₂저감) - 최근 기존 생분해 단점을 극복한 제품이 출시되면서 일부에서 바이오플라스틱 제품의 산업화 적용이 눈에 띄게 발전하는 경향 - 지오 폴리머 콘크리트의 가장 큰 장점은 제품 생산에서 소비, 폐기 등에 이르기 까지 전 과정에서 직접 및 간접적으로 발생하는 온실가스인 전 과정 온실가스 (life cycle greenhouse gas)의 감축 가능성
미래	2020-2030년 지속적 성장세를 거쳐 시장확대 2011년 CO₂저감 재료 시장(토목 및 건축)은 211억 달러에서 279억 달러로 예상 (미국) - 온실가스 제자원화를 통한 시장성확보가 예고됨 - 폴리머 콘크리트는 OPC에 비교했을 때 전 과정 온실가스를 90%나 감소 (2020년)
기회	- 국내외 탄소거래시장의 급격한 확대 - 포집플랜트 건설산업 및 석탄화력발전소 대상 CCS의 CDM 사업의 기대
위협	- 외국의 경제적인 기술 도입 또는 중복성에 대한 문제가 야기될 수 있음 - 환율 변동에 따른 CO₂저감 기술 수출 영향

표 2.52 생태학적 변수 : 기술발전에 따른 환경부하, 기술의 발전단계

현재	- 온실가스 배출증가 및 지구온난 가속화로 기후의 변화 심각 - 기초기술 단계로 실용되는 기술이 그리 많지 않음
미래	- 온난화 방지규제의 심화 - 환경오염 최소화하는 녹색기술개발의 강화 - 화석연료 고갈 가능성 제기, 전세계적으로 저탄소 녹색사회 지향
기회	- 친환경 기술의 적용후 발생하는 환경부하에 대한 관심이 집중 - UNFCC의 국가별 온실가스 감축의무 부여시 의무시행에 따른 기반구축 필요 - 사용후 회수 재이용이 어려운 분야의 경우, 자연환경에서 일정기간내 생분해되어 선순환되는 소재 개발 지원
위협	- 환경오염 최소화하는 국제 협약 강화 - 선진국의 경쟁적 기후변화대처법의 입법 강화

표 2.53 정치적/법적 변수 : 상위계획과의 부합성, R&D 정책의 유지

현재	- 정부의 지속적인 R&D투자-2009~2013년간 107조원(GDP2%)를 투자할 계획 - 범지구적 차원의 온실가스 감축목표의 증가 (발리로드맵, G8선언 등) - 이산화탄소의 대폭적인 저감을 위한 혁신적 기술 개발 전략 추진 (예 : 지구환경 산업기술기구(RITE; Research Institute of Innovative Technology for the Earth, 일본))
미래	2020년 이후 본격적인 기술 성장 및 시장 형성을 고려한 지속적인 R&D정책 - 도로건설 및 유지보수 시 새로운 재료 및 재활용 재료의 사용 확대 정책 추진 (소음과 매연 흡수, 내구성 향상 등의 기능성 재료 사용의 촉진 및 장려 가속화) 2020년 유럽의 온실가스 감축목표 달성 계획 추진 정책 (유럽연합 SEI 보고서)
기회	상위계획과 부합, 27대 중점육성 녹색기술분야와 밀접한 관계를 가지고 있음
위협	- 포스트 교토체제에서는 온실가스 의무감축이 불가피함 - 중장기 CO₂ 감축 목표 수립이 절실히 요구됨



그림 2.80 STEEP 분석 결과

나. 경쟁환경분석 - 5 Forces 분석

- 본 절에서는 CO₂저감 건설재료개발에 대하여 CO₂저감형 재료생산기술, CO₂저감형 고성능 자재활용기술, CO₂활용 및 고정기술을 통한 건설자재개발 기술, LCCO₂ 정립기술의 기술 영역을 고려하여, Forces (경쟁자, 공급자, 잠재진입자, 대체재, 구매자)를 분석하고 이를 기초로 경쟁 전략을 수립

(1) 환경요인 분석 및 Driving Forces의 도출

- 5개의 환경요인에 따른 분석을 위하여, 주된 구동인자를 도출하고 시간에 따른 변화를 파악한 뒤, 이에 대한 경쟁전략을 수립
- 전문가 집단을 이용하여 도출된 환경요인분석을 위한 구동인자 선정은 표 2.54와 같음

표 2.54 환경요인 분석을 위한 구동인자

환경	구동인자
① 해당 기술의 경쟁력	- 다수의 기술보유업체 (A-1) - 기술 보유업체의 영세성 (A-2) - 기술적 독창성 및 실용성 (A-3) - 기술의 높은 초기비용 (A-4) - 개발 기술의 발전성 (A-5) - 개발 기술의 한계성 및 환경부하성 (A-6)
② 다른 기술의 잠재진입성	- 경제성을 가진 외국기술의 진입 (B-1) - 정부의 개발규제 (B-2) - R&D 중복성 (B-3) - 외국기법의 국내 수입시의 추가연구 (B-4)
③ 기술의 공급력	- 기술제공자의 공급범위 (C-1) - 기술개발완료까지 책임질 선도업체 수 (C-2) - 공급에 따른 국가의 지원 (C-3) - 기술 공급시 하도업체의 품질 (C-4) - 국내 대체업체의 존재 및 영세성 (C-5)
④ 기술 수요력	- 기존의 기술 교체시의 경제적 손실 (D-1) - 기술 수요범위 (D-2) - 수요자들의 정보 (D-3) - 경제성있는 수요자 범위 (D-4)
⑤ 대체기술의 위협	- 경제성을 가진 대체기술의 위협 (E-1) - 대체기술로의 전환비용 (E-2) - 대체기술의 난이도 (E-3) - 수요처의 대체기술 의지 (E-4) - 수요처의 대체기술 의존도 (E-5)

(2) 가중치에 따른 Driving key도출

- 중요도가 높은 환경요인 도출을 위하여, 낮은 의존도 및 높은 영향도를 가지는 구동인자(Driving key)를 도출
- 각 인자에 의존도를 -2 (매우 약화시킴), 1 (약화시킴), 0 (영향없음), 1 (강화시킴), 2 (매우 강화시킴)를 부여하고 표 2.55와 같이 환경요인분석표를 도출
- 전문위원으로 구성된 심사패널을 대상으로 의존도 및 영향도를 분석한 결과는 표 2.55과 같음

표 2.55 5 Forces의 환경요인분석

분야	각 변수					영향도
경쟁력	A1	A2	A3	A4	A5	영향도 합계
A1	X	1	0	1	0	2
A2	1	X	1	0	1	3
A3	2	2	X	3	1	8
A4	1	-1	0	X	1	1
A5	1	0	-1	2	X	2
의존도합계	4	2	0	6	3	X
잠재진입성	B1	B2	B3	B4	영향도 합계	
B1	X	1	0	1	2	
B2	2	X	2	2	6	
B3	1	1	X	1	3	
B4	1	-1	0	X	1	
의존도합계	4	2	0	6	X	
공급력	C1	C2	C3	C4	C5	영향도 합계
C1	X	1	-1	1	1	2
C2	1	X	0	1	1	3
C3	2	2	X	0	0	4
C4	1	-1	1	X	0	1
C5	1	2	2	2	X	7
의존도합계	5	4	2	4	2	X
수요력	D1	D2	D3	D4	영향도 합계	
D1	X	1	0	1	2	
D2	2	X	3	2	7	
D3	1	0	X	1	2	
D4	1	-1	2	X	2	
의존도합계	4	0	5	4	X	
대체기술	E1	E2	E3	E4	영향도 합계	
E1	X	2	3	3	8	
E2	2	X	1	1	4	
E3	1	1	X	1	3	
E4	1	0	3	X	4	
의존도합계	4	3	6	4	X	

- 표 2.55를 기준으로 영향도-의존도 그래프를 도시하면 그림 2.81과 같이 나타나며, 도출된 Driving key(주요구동인자)에 대한 시사점은 아래와 같이 각각 서술하였음

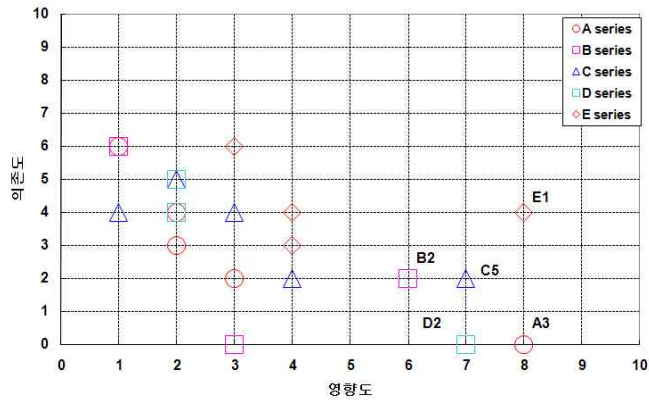


그림 2.81 Driving key의 도출 (5 Forces 분석)

(3) 도출된 구동인자에 대한 경쟁력 시사

(가) 해당 기술의 경쟁력 - 개발 기술 수준 (기술적 독창성 및 실용성) (A-3)

- CO₂저감 건설재료의 기술은 크게 건설재료 (유기계 및 무기계) 개발기술과 CO₂저장/응용기술 및 LCCO₂ 기술로 크게 분류 가능
- 친환경 건설재료 및 자재 생산기술은 기존의 개념과 달리 재활용 재료 및 소재를 활용하므로 NT기술과의 융합을 통한 기능성 부여를 통해 환경적으로 부가가 적음
- 이러한 제품들이 더욱 신뢰성 있고, 손쉽게 이용자에게 다가갈 수 있도록 하는 적용 기반기술은 앞에서 기술한 기술과 함께 혁신적인 신기술로 보기는 어려우나, 혁신정도가 크다고 볼 수 있음
- 특히 무기계는 2010년에서 2020년 사이에 실용화 기술, 유기계 기술은 2020에서 2030년 사이에 실용화를 대비한 전략을 수립 필요
- 정량적 평가를 위해 전문패널을 이용하여 탄소저감 기술의 독창성 및 실용성을 평가하였으며, 표 2.56에 의견수렴을 요약함

표 2.56 기술적 독창성 및 실용성

독창성	평점	평가
혁신적인 신기술	10-9	
개량기술로서 기술의 혁신정도가 큼	6-8	√(7)
개량기술로서 기술의 혁신정도가 크지 않음	3-5	
기존기술	0-2	

(나) 다른 기술의 잠재 진입성 - 경제성을 가진 외국기술의 진입 (B-1)

- 선진국의 경우 주로 일본 (Daiken, TOTO), 독일 (BASF), 프랑스 (Lafarge)가 건축내장재, 단열재 및 시멘트 분야에서 세계시장 경쟁력을 확보
- 저탄소 관련 건축재료 및 자재 생산업체로서 독일과 일본이 전체 시장을 주도하고 있는 것으로 나타났으며, 기능복합화를 위해 연구개발에 투자
- 미국 300개 이상의 저탄소 제품에 대한 분석결과 친환경성을 선도하는 제품 및 업체가 뚜렷하지 않았으며, 경쟁자들의 진입가능성은 7점으로 전문가 그룹에 의해 평가
- 표 2.57에서는 경쟁자 평가결과이며 표 2.58에서는 해외 경쟁업체 분석결과를 나타내고 있음
- 현재 외국기업의 기술개발수준은 국내보다 빠르게 평가되고, 일부는 실증단계로 접어들었으므로, 2020년 이후부터는 경쟁 진입이 본격적으로 시작될 것으로 예상됨.

표 2.57 다른 기술의 잠재진입성

구분		0-2점	3-4점	5-6점	7-8점	9-10점
경쟁자 선점력	기준	매우 높음	높음	보통	낮음	매우 낮음
	해외 참여기관 규모, 숫자	대소규모 소수		대소규모 소수		수규모 소수
	국내 참여기관 규모, 숫자	대소규모 소수		수규모 소수		없음
경쟁자 평가					√(7)	

(다) 기술의 공급력-국내 기업의 기술개발 투자(C-5)과 기술 수요력-기술 수요범위(D-2)

- 국내 기업의 기술개발 투자는 국내기업의 경쟁력과 시장성에 의존하게 되므로 본 절에서는 두가지를 고려하여 시사함
- 국내의 친환경 저탄소 건설/건축자재에 대해서는 LG화학, KCC(주)를 중심으로 연구개발이 추진
- 대중적으로 활용한 단계는 아니지만 시제품 등의 제작 등을 통해 이 분야의 경쟁력을 높이고 있음
- 건설사로는 대림건설이 3liter-House의 저에너지 시범주택을 선보이면서 일본의 "zero-carbon house" 등의 선진국 저에너지-친환경 주택기술과의 경쟁력을 갖춰 나가고 있는 수준
- 표 2.59에서는 국내 대기기업의 저탄소 건설재료에 대한 현황을 정리

표 2.58 해외 경쟁업체의 분석

분 류	분 야	비 고
Concrete	Cadman Cosmos Galcier Concrete Hilti Chaparral Steel Danton Glen Arc Holcim	
Metals	Alucobond Architectural Chaparral Steel Jeffords Steels and Engineering Berridge Dietrich Metal Framing	
Conveying Systems	Bay State elevator Crane Carrier Kone / Montgomery Elevator	
Furnishings	Custom Cabinetry, Inc. Haworth Interface Hawthorn HermanMiller Irwin Seating Company	
Site Construction / Site Work	Armstrong Caterpillar C.W Driver Carrier Concrete International Energy Star	
Masonry	Acme Brick Boral Belden Brick Burg Grabe	
Electrical	Allied Electric Cooper Lighting Egizii Electric Atlantis Energy System Dynalectric Energy Star	
Thermal & Moisture Protection	3M Daikin Industries Carlyle Compressor Dow Chemical	
Woods & Plastics	The Collins Companies Edgar Doors Dow Chemicals Formica	
Thermal & Moisture Protection	3M Daikin Industries Duro-Last Carlyle Compressor Dow Chemical EcoStar	
Finishes	Armstrong Cook Flooring Connors Sports Flooring Georgia-Pacific	
Doors & Windows	Andersen HCI/Craftsman Ingersoll-Rand Kawneer Eggers Industries Hope's JELD-WEN Marvin	

표 2.59 국내 대기업의 저탄소 건설재료 시장 현황

	현 황 분 석
KCC (대한민국)	건축 내장재, 단열재, 창호재 및 바닥재, 유리 등을 생산하는 업체로서 국내 11개 공장 및 중앙연구소를 운영하고 있으며, 국외 15개국에 진출하고 있음. 재활용, 친환경 제품을 중심으로 연구, 개발이 이루어지고 있으며, 약 15여개 분야에서 환경마크와 3개 제품의 우수재활용제품, 3개 부문 약 50여개 친환경건축자재인증 제품을 출시하고 있음.
대림건설 (대한민국)	수퍼 단열재, 3중창호 등의 신제품들을 적용하여 구조물의 단열성능만으로 연간 난방비를 3liter 이내로 줄일 수 있는 3liter-House의 시범 주택시공 아파트 등 주거공간으로의 이러한 기술을 적용시키는 방향으로 건축 사업을 전개하고 있음
LG 화학 (대한민국)	8개 공장, 기술연구소를 운영하고 있으며, 국외 5개국에 진출하여 환경경영을 목표로 석유화학, 산업재, 정보전자소재분야에서 국내의 산업을 주도적 역할을 하고 있는 업체 국내 최대의 창호 및 건축 마감재 생산 업체로 초고층, 친환경, IT 접목등의 연구 개발에 투자하여 웰빙형 토탈 하우징 사업을 전개하고 있음.

- 저탄소 건설재료 시장은 2004년 시장 확산기를 거쳐 가파른 성장세를 보이고 있으며, 초기의 이 분야 시장은 업체의 홍보전략으로 시작하였는데, 최근에는 국가적인 정책과 수요자의 높아진 의식 때문에 친환경적인 측면이 가격적인 측면보다도 향후 더 중요한 요소로 인식
- 저탄소 건설시장의 시장 확대와 맞물려 친환경 건축자재 시장 규모도 급속한 성장세를 보이며, 건설분야의 새로운 기회요인으로 작용
- 환경부에서 제시한 과거의 저탄소 건설재료 국내 시장규모는 표 2.60과 같은데, 과거 2005년 국내 친환경 건축재료 시장규모는 9,116억원으로 미국(2005년 기준)의 4.3%에 불과하지만, 이후 2010년 까지 지속적인 성장세를 보이고 있음.
- 국내의 건설시장은 지구 기후변화 대응 및 자원보전이라는 패러다임의 전환에 따라 에너지/환경부하 저감의 건설재료, 내외장재, 단열재 등의 시장으로 이동할 것으로 예측
- 전문가 집단의 조사에 따라 2010-2020년의 시장규모는 표 2.61과 같이 도출

표 2.60 저탄소 건설재료의 시장현황 (미국) - (억원)

구분	2003년	2004년	2005년	2006년	2007년
총 합	4,131	5,918	9,116	10,233	10,894

표 2.61 시장규모 평가 (친환경 상품의 환경·경제적 편익분석)

구분	0-2점	3-4점	5-6점	7-8점	9-10점
시장규모 (억원)	300이하	300~700	700~900	900~1,100	1,100이상
시장규모평가				√(9)	

- 국내 저탄소 건설재료 시장은 2015~2020년을 기점으로 하여 폭발적으로 성장할 것으로 추정되고 있으며, 향후 2030년까지 그린 빌딩 시장규모는 5~10% 증가할 것으로 예상
- 2020년을 기점으로 기술전파력은 커질 것으로 평가되므로, NT, BT와의 기술 융합에 따른 실용화와 기반구축은 그 전에 수립이 되어야 함

(라) 대체기술의 위협- 경제성을 가진 대체기술의 위협 (E-1)

- 저탄소 건설재료 개발에 있어서, 구조물 자체의 풍력, 잠열, 태양열을 이용하여 에너지원을 창출하는 Active 기술분야와 구조물 자체의 단열 특성 향상 등을 통하여 에너지를 절감하는 Passive 기술 분야로 분류
- 이 두 분야는 서로 경쟁하면서 궁극적으로 상호보완이 되어야 할 것으로 판단되며, 전문가 집단을 통한 대체, 경쟁기술은 존재하지만, 본 개발과제의 기술이 우위를 선점할 것으로 평가
- 저탄소 건설재료 개발은 이미 시장 도입단계로 이와 같은 효과를 보일 수 있는 대체품(경제성에 의존된 기존 재료활용기술)이 존재하지만, 구매자나 건설 관계자들의 입장에서 상호 비교하여 선택하는 기술이 아닌 별개 목적의 기술로 판단하는 것이 대부분
- 동일한 효과를 보이기 위해 향후 이들 기술을 병렬적 활용이 대세일 것으로 판단되지만, 그러나 기술적 우위를 선점할 수 있으므로, 대체품의 진입은 낮은 것으로 평가
- 친환경에 따른 인식의 증가 역시, 대체품의 진입을 저해할 수 있음
- 표 2.62에서는 대체기술 위협에 대한 평가를 나타내고 있으며, 표 2.63에서는 2020년까지 대체품 또는 대체기술의 등장 가능성에 대한 토의결과를 제시하였음

표 2.62 대체기술위협에 대한 평가

대체기술 위협	평점	평가
대체·경쟁기술	10-9	
대체·경쟁기술이 존재하지 않음	6-8	
대체·경쟁기술이 존재하나 기술적 우위 가능성이 큼	3-5	√(4)
대체·경쟁기술이 존재하나 기술적 우위 가능성이 작음	0-2	

표 2.63 대체기술의 등장 가능성에 대한 평가

구분	0-2점	3-4점	5-6점	7-9점	10점
대체품 혹은 기술 등장 가능성	매우 높음	높음	보통	낮음	매우 낮음
대체품 평가				√(9)	

(4) 경쟁전략의 수립

- 외국에서 추진중인 국제 공동연구 및 실증작업에 적극적으로 참여하여 국내 기술의 실증 추진화 필요
- 유기계 및 무기계 재료에 대한 CO₂저감기술은 기초 원천 기술의 확보에 주력
- 시간에 따른 경쟁전략을 수립하면 표 2.64와 같이 나타낼 수 있음

표 2.64 시간에 따른 경쟁전략

① 해당 기술의 경쟁력 - 개발 기술 수준 (기술적 독창성 및 실용성) (A-3)	· NT, BT 기술과의 융합을 통한 기능성 부여 · 혁신적인 신기술로 보기는 어렵지만 혁신정도가 큼 · 무기계는 2010년에서 2020년 사이에 실용화 기술을, 무기계 기술은 2020에서 2030년 사이에 실용화를 추진
② 다른 기술의 잠재 진입성 - 경제성을 가진 외국기술의 진입 (B-1)	· 선진국의 경우 주로 일본(Daiken, TOTO), 독일(BASF), 프랑스(Lafarge)에서 건축내장재, 단열재 및 시멘트 분야에서 세계시장 경쟁력을 확보 · 기능복합화를 위해 연구개발에 투자 · 현재 외국기업의 기술개발수준은 국내보다 빠르게 평가되고 있으며, 일부는 실증단계로 접어들었으므로, 2020년 이후부터는 경쟁진입이 본격적으로 시작될 것으로 예상
③ 기술의 공급력 - 국내 기업의 기술개발 투자 (C-5)	· 국내 기업의 기술개발 투자는 국내기업의 경쟁력과 시장성에 의존 · 저탄소 건설재료 시장은 2005년 시장 확산기를 거쳐 가파른 성장성 · 홍보전략으로 시작하였는데, 최근에는 국가적인 정책과 수요자의 높아진 의식 때문에 친환경적인 측면이 가격적인 측면보다도 향후 더 중요한 요소로 인식되 · 친환경 건축자재 시장 규모도 급속한 성장세를 보이며, 건설분야의 새로운 기회요인으로 작용
④ 기술 수요력 - 기술 수요범위 (경제시장) (D-2)	· 국내 친환경 건축재료 시장은 2015년을 기점으로 하여 폭발적으로 성장할 것으로 추정되고 있으며, 향후 2020년까지 그린 빌딩 시장규모는 5~10% 증가할 것으로 예상 · 2020년을 기점으로 기술전파력은 커질 것으로 평가되므로, NT, BT와의 기술 융합에 따른 실용화와 기반구축은 그 전에 수립이 되어야 함
⑤ 대체기술의 위협 - 경제성을 가진 대체기술의 위협 (E-1)	· 저탄소 건설재료 개발에 있어서, 구조물 자체의 풍력, 잠열, 태양열을 이용하여 에너지원을 창출하는 Active기술분야와 구조물 자체의 단열 특성 향상 등을 통하여 에너지를 절감하는 Passive 기술분야로 분류 · 서로 경쟁하면서 궁극적으로 상호보완이 되어야 할 것으로 판단 · 사회적 인식의 개선으로 경제성만을 추구하는 기존제품의 진입이 낮을 것으로 판단 · 기술적 우위를 선점하므로, 대체품의 진입은 낮은 것으로 평가

다. SWOT 분석

- CO₂저감형 자재생산기술, CO₂저감형 고성능 자재활용기술, CO₂처리기술, LCCO₂ 정립 기술에 대하여, 시장환경, 산업동향, 정책방향, 기술동향, 연구개발 인프라의 총 5가지 분야에 대하여, 강점(S), 약점(W), 기회(O), 위협(T)를 조사
- 전문가 집단에서 제출된 20개의 SWOT 결과를 분석하여 다음과 같은 시사점을 도출

(1) CO₂저감형 자재생산기술에 따른 SWOT분석

- CO₂저감형 자재생산기술에 따른 SWOT분석결과는 표 2.65 및 그림 2.82과 같이 나타낼 수 있음

표 2.65 CO₂ 저감형 자재생산기술에 따른 SWOT분석

구분	내부/외부	강점/약점 기회/위협	내용
시장 환경	내부	강점(S)	■ 국내의 대형 빌딩 유지 및 신축에 따른 시장 보유 ■ BT 융합기술에 따른 연구개발 적기 ■ 신개념의 구조물의 유지 보수기술에 대한 필요에 따른 시장 규모 향상
		약점(W)	■ 미생물의 건설재료 활용에 대한 인식 부족 ■ 학제간 융합연구 부족 ■ 국내 기존 시멘트 산업계의 기술 협조 부족 ■ 장기 내구성능에 대한 평가 부족
	외부	기회(O)	■ 해외 초고층 건축물에 대한 국내 시공사의 진출 활발 ■ 국내 건설사의 진출이 용이한 동남아시아에서의 신규 시장 확보 용이 ■ 구조물의 유지 및 보수비용 저감에 따른 시멘트 사용량 저감으로 CO₂저감에 대한 역할 인식 및 친환경 기술의 필요성 증가
		위협(T)	■ 선진국의 동일한 유사기술 개발과의 경쟁 ■ 일본의 선행기술과의 경쟁 ■ 시멘트사의 생산량 감소로 시멘트 출하제한 및 콘크리트 관련 회사와의 분쟁발생 우려
산업 동향	내부	강점(S)	■ 융합기술 연계 산업의 활발한 사업 추진 ■ 건설재료 분야의 급속한 기술개발 추진 정책 ■ 국내 건설사들의 우수한 시공능력 ■ 국내의 폐자원 재활용 분야와의 기술 협력 용이
		약점(W)	■ 신개발 건설재료 적용에 대한 보수적인 경향 ■ 신개발 기술의 관리 시스템 취약 ■ 기술력에 대한 건설사들의 보수적인 인식
	외부	기회(O)	■ 고층 건축물의 신규 시장 확대 ■ 지구 온난화 저감을 위한 위기의식 향상 ■ 자원의 재활용 및 특수 재료에 대한 의식 향상 ■ 해외 기관과의 협력 network 구축 용이

구분	내부/외부	강점/약점 기회/위협	내용
정책 방향	내부	위협(T)	■ 신재료에 대한 국내외 기술인증 ■ 국제적인 품질 인증 ■ 중국의 자원력
		강점(S)	■ 지구 온난화 저감 및 CO₂배출량 저감에 대한 에너지 저감 의식 향상 ■ 자원 보존을 위한 전 세계적인 자원보존 정책 ■ 신기술 인증 및 확보에 의한 국내 적용 활발 가능
	외부	약점(W)	■ 내구성능 확보를 위한 기술지침 구축 ■ 국내 개발 건설재료의 해외 인증
		기회(O)	■ 친환경 신재료에 대한 융합기술력 구축 ■ 미생물을 이용한 건설재료 융합기술 정책의 선점 ■ 건설 재료의 intelligent화에 대한 경제성 검토 확대 ■ 건설사 및 설계사에서의 신기술 재료에 대한 요구 증만
기술 동향	내부	위협(T)	■ 해외 기술과의 경쟁 ■ 해외 인증시스템에 대한 기술 장벽
		강점(S)	■ 미생물 융합기술력 구축 ■ 해당 분야에서의 시공기술력 확보 용이 ■ 국내 사업에서의 기술력 확보 용이 ■ 국내 설계사의 기술 자립화 구축
	외부	약점(W)	■ 신기술에 대한 자체 설계 기술력 취약 및 시공 능력 개발의 저조 ■ 시공장비 및 공법 원천 기술개발력 저조 ■ 혼화제 대량 사용에 따른 균일한 품질 확보 문제
		기회(O)	■ 미생물 분야와 건설재료 융합기술에 대한 투자 의지 확대 ■ 신소재 분야 및 자원 재활용 분야에의 투자 의지 확대 ■ 건설재료의 친환경화에 대한 의식 고취
연구개발 인프라	내부	위협(T)	■ 기존 유럽 및 미국에서의 열선현상 저감형 기술과의 경쟁 ■ 기존 기술과의 경쟁력 확보 ■ 시멘트 사용량 감소로 시멘트산업 기술력 위축 우려
		강점(S)	■ 미생물 소재 응용에 대한 충분한 연구 인력 보유 ■ 건설 및 설계사에서 다양한 R&D 수행 ■ 기술개발 관련 충분한 연구기기 보유 ■ 다양한 소재에 대한 충분한 연구 인력 보유
	외부	약점(W)	■ 혼화제 대량사용 콘크리트 관련 기술력 미비 ■ 설계사 및 건설사의 신소재 적용에 대한 부담 ■ 신소재 응용에 대한 인식 부족 ■ 시멘트관련 분야 상대적으로 위축 우려
		기회(O)	■ 국제적인 기술교류를 통한 대외 인지도 향상 ■ 콘크리트 관련 혼화제(고로슬래그 미분말, 플라이애시, 화학 혼화제 등) 산업 기술력 증대
	외부	위협(T)	■ 독보적인 연구개발 실적 미비 ■ 혼화제 대량 사용에 따라 KS기준에 부적합한 저품질 혼화재료 유통 우려 ■ 실험실 결과를 바탕으로 한 현장적용 실적 부족

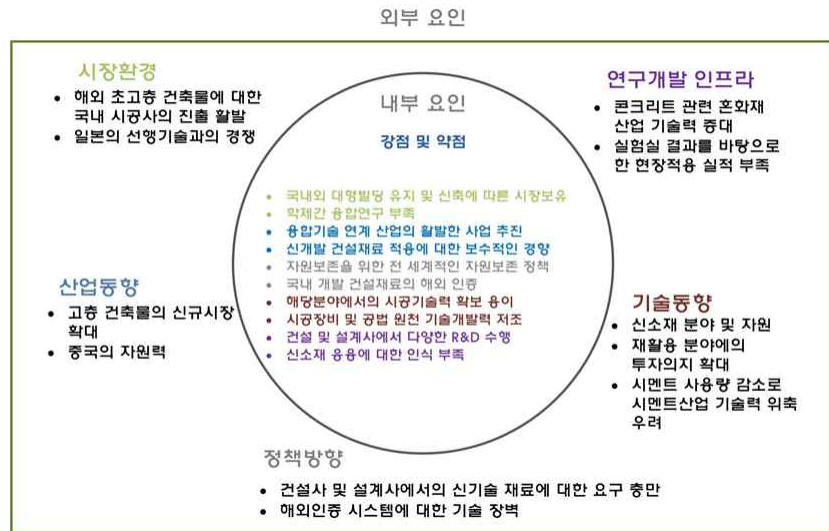


그림 2.82 CO₂ 저감형 재료생산기술의 SWOT분석

(2) CO₂ 저감형 고성능 자재활용기술에 따른 SWOT분석

■ CO₂저감형 고성능 자재활용기술에 따른 SWOT분석결과를 표 2.66 및 그림 2.83와 같이 나타낼 수 있음

표 2.66 CO₂ 저감형 고성능 자재활용기술에 따른 SWOT분석

구분	내부/외부	강점/약점 기회/위험	내용
시장 환경	내부	강점(S)	- 국내외 시장 급속 확대 및 해외 수출 증대효과 기대 - 석유계 원료 가격상승에 따른 원가 경쟁력 상승 - 생활수준 향상으로 인한 다양한 기능을 갖는 기능성 제품 필요성 대두
		약점(W)	- 탄소저감 제품의 약한 가격경쟁력 - 상당수 수입에 의존하는 고가의 원료 재료비 - 상업화 대형화 할 수 있는 기술이 필요한데 정부의 지원이 미약함
	외부	기회(O)	- 산업의 고성장으로 수요 증가 - 국내외 시장의 확대 - 친환경, 탄소저감형 제품의 산업적 니즈 존재 - 국내 기술로 원료개발 및 국내수요 증가 추세
		위협(T)	- 선진국 위주의 규격 기준 설정 및 환경규제 강화 - 다국적 기업 등 선진국 업체의 국내 시장 장악 - 세계적인 기업 병합(M&A)경향 - 일본은 2000년대부터 관련기술이 발전해 있고 해외진출 노

구분	내부/외부	강점/약점 기회/위험	내용
산업 동향	내부	강점(S)	- 세계시장에서 무한가격 경쟁과 기술발전전이 치열함. - 친환경 탄소 저감제품의 수요 증대 - 국내외 지구온난화, 재활용, 재사용 등 친환경 움직임 강화 - 소재 분야의 급속한 기술 발전 - 관련 산업의 가공, 생산기술 분야의 기술 수준 우수 - 제품적용분야가 대부분 패키징 분야로 기술 응용 분야 확대 필요
		약점(W)	- 원료 소재 가격경쟁력 확보 시급 - 원료 소재의 국산화 기술 개발 필요
	외부	기회(O)	- 탄소저감, 지구온난화, 재활용, 감량화 분야에 국내외 관심 고조 - 가격 경쟁력이 우수한 제품 부재 - 친환경, Nano 제품에 대한 높은 관심 - 선진국 위주의 규격 기준 제정 움직임
		위협(T)	- 대기업 및 기업간 M&A에 의한 대량생산 움직임 - 탄소저감형 신소재의 표준화 연구 미비로 가격경쟁력 미확보
정책 방향	내부	강점(S)	- 국제적인 환경규제로 인한 제품의 질 저하 우려 - 업계 및 정부의 활발한 연구개발 의지 - 저탄소 녹색성장 분위기 확산 - 탄소 저감형 제품 R&D 정부 지원 가능
		약점(W)	- 원료소재 업체의 기반시설 취약 - 친환경 탄소저감 제품의 제도 정착화의 미성숙 - 정부의 친환경 탄소저감 사업화 추진, 정책지원에 대한 의지 미약
	외부	기회(O)	- 국내 및 국제 환경규제의 강화 - 저탄소, 녹색성장 분위기 확산 - 정부는 법규개정 및 제도 개선을 통해 에너지 절감 정책 우선 배정
		위협(T)	- 약한 해외 교섭력 - 선진국의 자국내 산업발전 지원 움직임 - 수출에 따른 물류, 정책 지원 미흡
기술 동향	내부	강점(S)	- 제품 인증시스템 구축을 통한 진입장벽 형성 - 나노 기술 응용에 필요한 가공 공정 분야의 높은 기술력 - Nano Filler 분산기술 확보 - 소재기술 및 상업화 응용기술 확보로서 다양한 용도에 적용 기술 확보
		약점(W)	- 원천기술 경쟁력 미흡 - 탄소저감형 원료 소재산업 취약 - IT, BT, NT 융합기술개발 경쟁 가속 - 선진 다국적 기업에의 기술 예측화 우려
	외부	기회(O)	- 기술선점으로 친환경 원료 수입 대체 및 해외시장 진출 가능성 - 첨단기술과 융복합화에 따른 기술개발 기회 확대 - 우수한 가공 및 응용기술 확보에 따른 산업화 적용기술 경

구분	내부/외부	강점/약점 기회/위협	내용
연구개발 인프라			■ 전력 ■ 신소재 분야의 투자가 확대되고 있음. ■ 선진기술과의 기술격차 확대 가능성 상존
		위협(T)	■ 선진국 위주의 기술 제품 규격 설정 및 환경규제 강화 ■ 일본은 190년대 많은 연구개발로 세계 최고 기술 보유 ■ 다양한 연구개발 노하우 및 전문 인력 보유
	내부	강점(S)	■ 산업화 응용기술, 탄소저감 제품 사업화의 경험 있음(선행 기술 개발) ■ 충분한 연구인력 및 기술 인력 보유 ■ 제조 생산 분야 우수인력 확보 한계
		약점(W)	■ 자본의 영세성 등 기술개발 투자 능력 한계 ■ 화학기반산업의 취약 (원료질 확보 등 취약부분 존재) ■ 친환경 산업 인프라 구축 미비 ■ 원천기술의 확보 및 선점 가능 (국내외적으로 관련 특허출원 미미함)
	외부	기회(O)	■ 국내는 초기단계로 발전가능성 높음 ■ 연구기술 개발로 국제적인 인지도 향상 ■ 관련 산업 기업간 기술공유 분위기의 미성숙
		위협(T)	■ (상대적으로 기술발전이 늦고 기술 집단의 형성이 어려움) ■ 탄소저감형 건설재료, 포장재, 원료 소재등의 선진국위주 규격기준 제정 움직임 ■ 상업화 및 대형화 기술력 부족

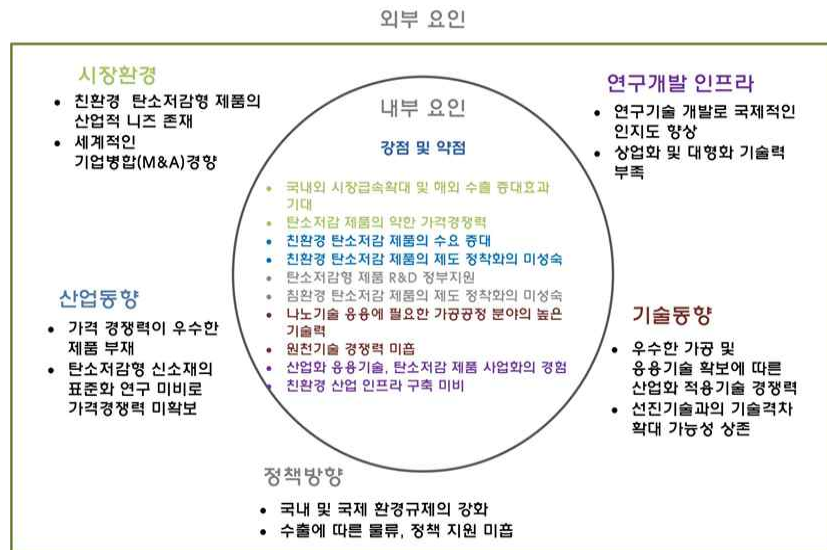


그림 2.83 CO₂ 저감형 고성능 자재활용기술의 SWOT분석

(3) CO₂ 처리기술에 대한 SWOT분석

■ CO₂처리기술에 대한 SWOT분석에 따른 결과는 표 2.67 및 그림 2.84과 같이 나타낼 수 있음

표 2.67 CO₂ 처리기술에 대한 SWOT분석

구분	내부/외부	강점/약점 기회/위협	내용
시장 환경	내부	강점(S)	■ 저탄소 녹색성장 국정기조에 따른 CO₂포집 및 저장 시장 확대 ■ 2015년 부터 CO₂관련 CDM 시장 시작 ■ CCO₂를 자원화 하는 시장 시작 (화학 회사 등)
		약점(W)	■ CO₂포집 및 저장에 관한 연구 집중으로 CO₂활용 연구 부족 ■ 시멘트계 자재에서 CO₂에 의한 탄산화 반응을 내구성저하 요인으로 판단 ■ 건설재료 연구자와 화학/화공 연구자의 공동연구 시스템 미비
	외부	기회(O)	■ 전 세계적으로 CO₂를 자원화 하는 움직임과 기술 개발 경쟁 가속화 ■ 국제 CDM 시장 확대로 CO₂활용 및 고정화에 의한 CO₂ 저감 기술은 CDM의 핵심 시장으로 진입 시작 ■ CO₂활용 및 고정화 시장은 국제간의 협력 시스템 구축 시작
		위협(T)	■ 외국 화학/화공 다국적 기업의 CO₂활용 연구 대규모 시장 진출 예상 ■ CO₂활용 및 고정화에 관한 국외의 연구 경쟁력 ■ 외국 정부의 CO₂활용 및 고정화에 관한 연구에 대규모 투자 정책
	내부	강점(S)	■ 국내 녹색성장, 녹색산업 창출 국가 지원책 확대 ■ CO₂포집 및 저장 기반 기술 개발로 CO₂활용 연구 및 산업화 기반 구축 ■ 건설관련 회사의 친환경, 지속가능, CO₂저감 사업 확대
		약점(W)	■ 원천기술 확보를 산업화 하는 연계 시스템 부족 ■ CO₂활용 및 고정화 원천기술 개발자와 건설계통 활용 기술자 연계 부족 ■ 건설산업 및 건설소재 회사의 CO₂활용 및 고정화 기술 인식 부족
산업 동향	외부	기회(O)	■ CO₂활용 건설자재 개발은 세계적으로 연구단계로 선점 가능성 예상 ■ CO₂고정 기술은 연구개발 초기단계로 국내 경쟁력 선점 기회 ■ 정부의 녹색산업 지원정책을 활용한 CO₂활용 및 고정 산

구분	내부/외부	강점/약점 기회/위협	내용
정책 방향			업 활성화
		위협(T)	- 국외 CO₂활용 건설자재 개발을 위한 다국적 회사의 사업화 가속화 - 국외 CO₂고정화 기술에 관한 정부 적극 지원책 실시 - 국외에서 관련 기술들의 세계화 및 독점화(특허 등) 추세
	내부	강점(S)	- 저탄소 녹색성장 기본법 제정으로 녹색기술 개발 정부 지원책 마련 - 건설산업에서 CO₂저감을 통한 인센티브 정책 마련 - CO₂활용 및 고정화에 관한 CO₂감축분의 CDM 정책 기반 제정
		약점(W)	- CO₂활용을 통한 건설자재 개발 지원에 관한 정책 거의 전무 - CO₂고정화에 관한 지원 및 연구개발 매우 부족 - CO₂활용 및 고정화에 관한 국가적 기술개발 로드맵 미비
	외부	기회(O)	- 전 세계적으로 CO₂문제 해결 방향은 CO₂포집 및 저장 기술개발에서 CO₂활용 및 고정화 연구 지원 정책으로 그 트렌드 전환 - 국외에서 CO₂활용 및 고정화 기술을 이용한 건설자재 개발 기술은 초기 단계로서 그 개발여지가 매우 높음
		위협(T)	- CO₂관련 기술을 무역과 연계하여 해결하려는 국제 동향 - 국외의 CO₂ 활용 및 고정화에 관한 정부의 지원책 강화 - CO₂관련 문제해결을 위한 국외의 정부, 지자체, 시민의 공동 인식 확대
기술 동향	내부	강점(S)	- 정부의 녹색기술 개발에 관한 적극 지원책 발표 (녹색 성장법 등) - CO₂저감을 위한 Green Up 30 등 건설 분야의 연구개발 시스템 확립 - CO₂활용 및 고정화에 관한 융합연구 인력 풍부
		약점(W)	- CO₂활용 및 고정화 원천기술 초기 개발 단계 - 원천기술 개발자와 응용기술자와의 공동 기술 개발 시스템 미비 - CO₂활용 및 고정화 관련 부분은 장기간 연구가 필요한 부분으로 정부의 장기간 기술개발 집중 지원책이 필요하나 이에 대한 로드맵 부족
	외부	기회(O)	- 선진 외국의 CO₂활용 기술을 이용한 제품 생산 영역 확대 - 선진 외국의 CO₂고정화 기술을 이용한 고부가가치 소재 및 제품개발과 이를 통한 경제성 창출
		위협(T)	- 국외에서는 원천기술개발자와 응용기술 개발자의 연계를 통한 공동기술 개발 시스템 및 이를 실용화하는 산업화 경쟁 시스템 확보 - 선진국의 CO₂활용과 고정기술에 관한 기초적인 기술 개발 능력 보유 및 단기간 시장 진출 시스템 구축 경험

구분	내부/외부	강점/약점 기회/위협	내용
연구개발 인프라	내부	강점(S)	- CO₂ 문제해결에 관한 정부의 연구 및 기술 개발 지원 제도 확대 - CO₂ 포집 및 저장에 관한 실용화 기술 확보 경험 - CO₂ 연구를 위한 고급 인력 대량 확보
		약점(W)	- CO₂ 활용에 관한 연구인력 및 연구 장비 부족 - CO₂ 고정화에 관한 기술의 용도개발 및 산업화 시설 거의 없음
	외부	기회(O)	- 국외의 CO₂ 저장 및 처리에 관한 대규모 투자 확대 - 국외의 CO₂ 활용 및 고정화에 대한 고부가가치 기술 인식 확대
		위협(T)	- 국외의 CO₂ 자원화 및 산업화에 관한 대규모 인적역량 강화 및 산업시설에의 투자 확대 - CO₂ 처리기술은 고도의 인적역량이 필요하며, 상대적으로 기초가 튼튼한 외국 연구자와의 격차

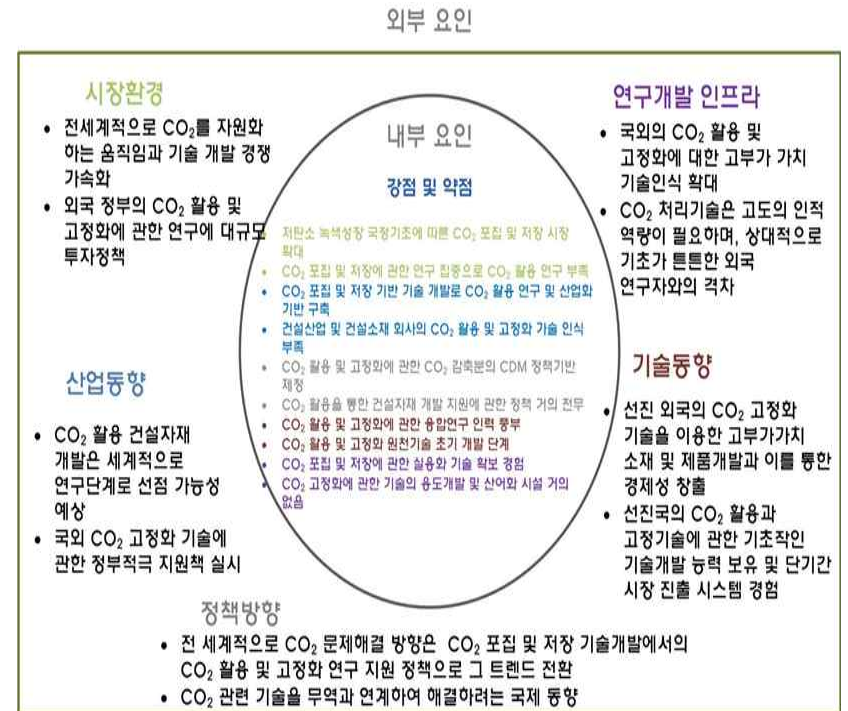


그림 2.84 CO₂ 처리기술에 대한 SWOT분석

(4) 건설재료 LCCO₂ DB구축 및 평가/보급 기술에 대한 SWOT분석

■ 본 절에서는 LCCO₂ 정립기술에 따른 SWOT 분석결과를 표 2.68에 나타내고 있음

표 2.68 LCCO₂ 정립기술에 따른 SWOT 분석결과

구분	내부/외부	강점/약점 기회/위협	내용
시장 환경	내부	강점(S)	- 건축자재의 정량적 CO₂평가 필요성 증대 - 탄소라벨링 제품에 대한 소비자 신뢰도 높음 - 환경문제에 대한 소비자 인식 확대
		약점(W)	- 탄소성적표지제도에 대한 인지도 낮음 - 탄소라벨링 제품의 낮은 가격경쟁력
	외부	기회(O)	- 향후 성장 시장인 신흥국의 환경문제에 대한 소비자 관심이 높음 - 글로벌 기업의 탄소라벨링 도입 수 증가 - 탄소라벨링 제품에 대한 국제적 시장 확대 - LCCO₂ 항목을 추가한 LEED 등의 국내 시장 장악
		위협(T)	- 프랑스 등 탄소라벨링을 모든 제품에 의무화 하는 등 적극적인 대처로 인하여 국제시장의 선점 위협 - 유럽, 미국, 일본 등 선진국의 막강한 친환경 건설시장 지배력
	내부	강점(S)	- 건설분야 연구개발을 위한 관련 산업 인프라 보유 - 친환경성이 건축물 마케팅에 주요 인자로 등장 - 건설사의 자발적 LCCO₂ 평가프로그램 구축 사례 증가 - 탄소성적표지 인증제품의 수 증가 - CO₂감축 필요성에 대한 건설 산업계의 분위기 확산 - LCCO₂ 평가방법에 대한 기존의 정립부재로 인한 신뢰도 의문
		약점(W)	- 탄소라벨링 의무화 도입에 대한 시장의 성숙도 미비 - 자원순환형 경제·사회로의 전환
산업 동향	외부	기회(O)	친환경 인증제도, 그린홈 수요증가에 따른 관련 산업 활성화
		위협(T)	- 장기적인 경기침체 우려 확산 - 국외의 인증프로그램 세계화 움직임
	내부	강점(S)	- 정부차원 저탄소 건축물 구현 정책 강화 - 저탄소 건축물 기술에 대한 인센티브 강화 - 탄소성적표지제도의 성공적인 시범사업
		약점(W)	- LCCO₂ 평가에 대한 제도적 뒷받침 미비 - 낮은 CF 제품에 대한 경제적 인센티브 부족
정책 방향	외부	기회(O)	- 기후변화 대응에 대한 전 세계적 공감대 형성 - 국내 탄소라벨링 제도에 대한 해외의 높은 평가
		위협(T)	- 탄소 라벨링 구축을 통한 무역장벽 등장 - 선진국의 적극적인 LCCO₂ 평가제도 실시 2011년 탄소라벨링 ISO 규격화 예정
기술	내부	강점(S)	녹색기술 개발을 위한 투자 확대

구분	내부/외부	강점/약점 기회/위협	내용
동향			LCCO₂ 평가 관련 기술 확보
		약점(W)	- 건축 재료에 대한 LCI DB 부족 - 투입물량에 대한 체계적인 DB 구축 미비 - 비교우위의 녹색기술을 선별하여 사용할 수 있는 정보체계 부족
	외부	기회(O)	- 친환경성능 평가요소에 LCCO₂ 포함 움직임 확대 - 국가 정책기조와 세계적 흐름에 부합 - 세계적인 환경 규제 강화
		위협(T)	- 선진국 독자기술의 국제 규격화 추진 - 선진국의 기존 기술과 경쟁
연구개발 인프라	내부	강점(S)	- 연구개발을 위한 충분한 인력 확보 - LCCO₂ 평가프로그램 개발 경험 확보
		약점(W)	- LCI DB 구축 전문인력 부족 - 관련 산·학·연간의 인프라 공유 미흡
	외부	기회(O)	- LCCO₂ 평가에 대한 기술 인식 확대 - 해외 선도 연구기관과의 협력체계 구축
		위협(T)	- LCI DB 구축에 있어서 시간과 인력의 대규모 투입 필요 - LCCO₂ 평가 방법의 통일된 기준 미정비

외부 요인

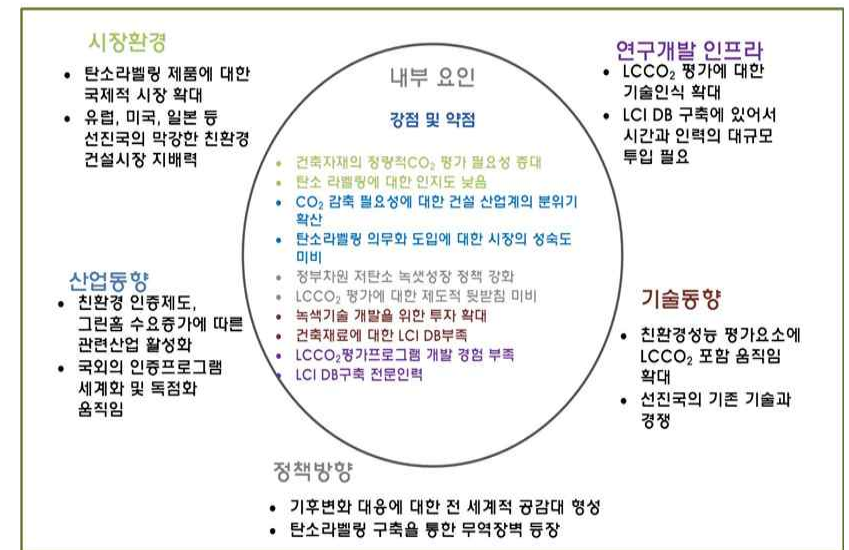


그림 2.85 LCCO₂ 분야의 SWOT 분석

라. Keyword 도출

■ 본 절에서는 각 중분류 기술에 다른 keyword를 요약하여 표 2.69와 같이 정리함

표 2.69 중분류 기술에 따른 키워드

대분류	중분류	kye words
CO ₂ 저감형 자재 생산 기술 (A)	Low CO ₂ 소재 활용 기술	저탄소, 순환자원, 지오폐리머, 건설재료, 비금속
	제조 에너지 저감 기술	에너지 효율, 양생, 화석연료, 재생에너지, 공정개선
	순환자원 활용 기술	화석연료, 콘크리트 혼화재료, 화력발전, 순환자원, 재사용
CO ₂ 저감형 고성능 소재 활용 기술 (B)	고내구성 자재 활용 기술	내구성, 콘크리트, 저탄소, LCCO ₂ , 보수재료
	고기능성 자재 활용 기술	단열성, 축열/잠열, 상변화물질, 유/무기 하이브리드, BIVP 활용
	고강도 자재 활용 기술	콘크리트, 고강도, 고인성, FRP, 강재
CO ₂ 활용 및 고정 기술을 통한 건설 자재 개발	CO ₂ 활용분야	CO ₂ 포집, 화학처리, 건설자재, LCCO ₂ , CO ₂ 원단위
	CO ₂ 대량 흡수 분야	CO ₂ 흡수, 원천소재, 유/무기계 복합, LCCO ₂ , CO ₂ 원단위
	CO ₂ 반응 고정 분야	CO ₂ 고정, 탄산염, 고정반응, LCCO ₂ , CO ₂ 원단위
LCCO ₂ 정립 기술 (D)	건설재료 LCCO ₂ DB 구축 및 관리기술 개발 분야	DB 구축, 관리기술, LCCO ₂ , GHG 평가, 건설재료
	건설재료 LCCO ₂ 평가기술 개발 분야	LCCO ₂ , GHG 평가, 원단위 산출, 운송수단, 구조물 부위
	건설재료 LCCO ₂ 보급기술 개발 분야	탄소라벨링, 통합화, 지침화, LCCO ₂ 인증

라. Issue Tree 작성

■ 본 절에서는 STEEP analysis 결과를 고려하여, 그림 2.86와 같이 issue tree를 제공

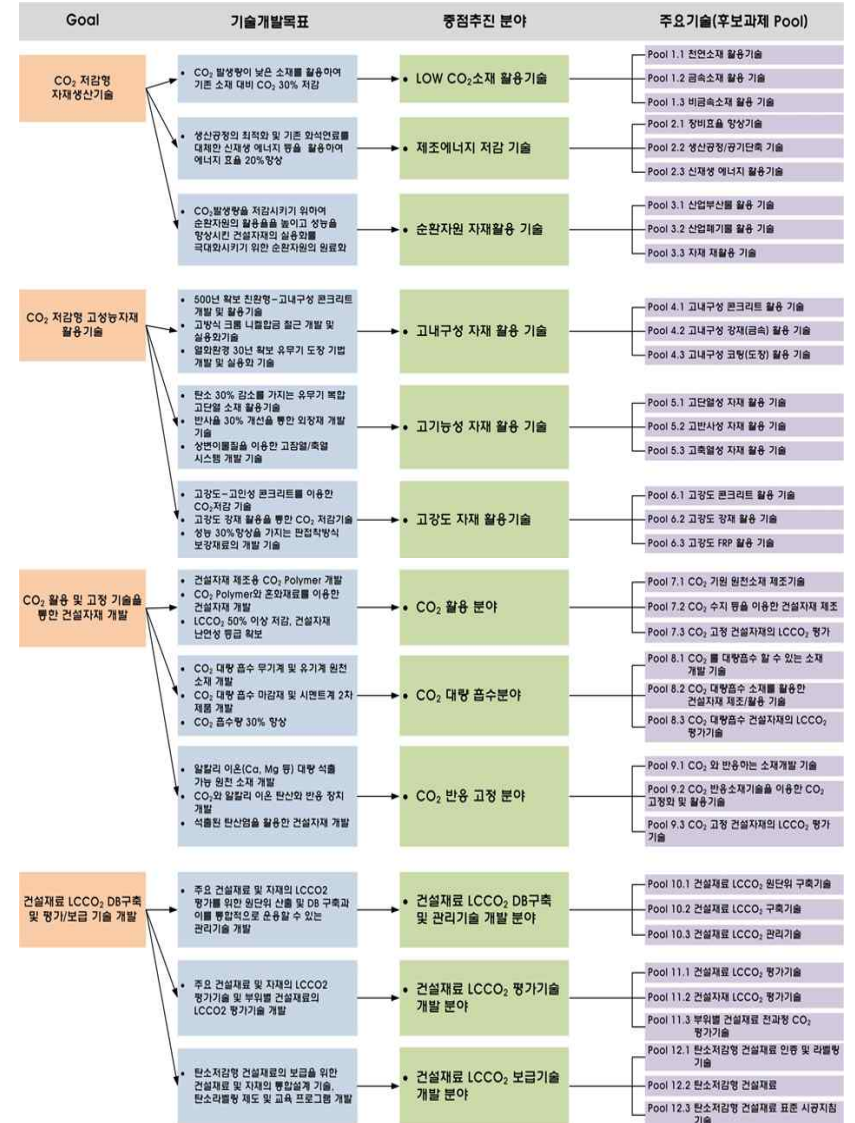


그림 2.86 본과제의 issue tree

2. 중점추진분야 설정

가. 중점추진분야 설정

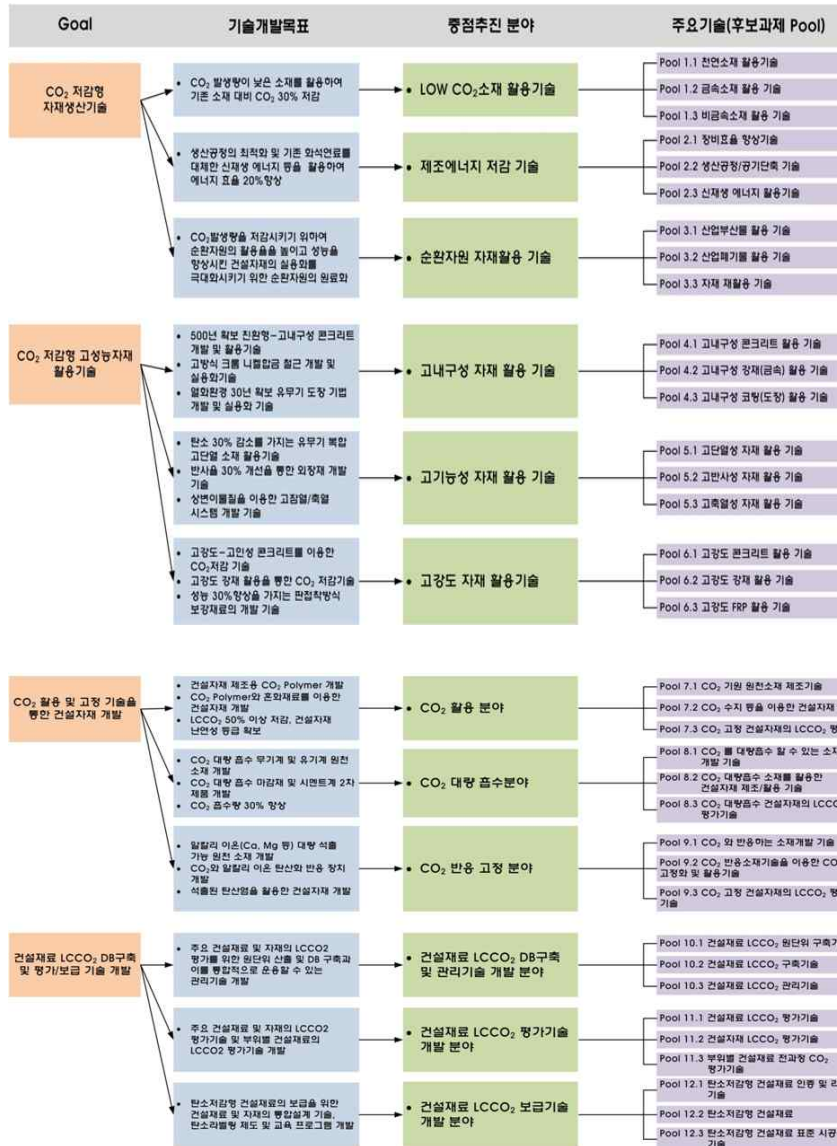


그림 2.87 중점추진 분야

나. 중점추진분야

(1) Low CO₂ 소재 활용 분야

배경	탄소저감형 건축재료 제조기술 개발을 위한 선진국 투자 증대 ※ 혁신적 시멘트 제조 프로세스 기술 개발(일본, 2010년~2014년) ※ 지오폴리머(Geo-polymer) 기술 개발 · 지구온난화 문제를 해결하기 위한 국가온실가스 저감 목표 설정 ※ 2020년 BAU(Business As Usual) 대비 30% 감축 · 건설분야 이산화탄소 절감을 위한 그린홈 정책 추진 · 건축재료 생산시 CO₂ 배출량은 전산업 배출량의 10% 차지함. ※ Ross Spigel(1999), Green Building Materials, John Wiley & Sons · 건축재료 산업은 CO₂ 다배출 산업으로서 이를 근본적으로 절감할 수 있는 기술 개발이 필요함.
목표	CO ₂ 발생량이 낮은 소재를 활용하여 기존 소재 대비 CO ₂ 30% 저감할 수 있는 자재 생산기술 확립
주요내용	기존에 사용하고 있는 소재 대비 CO₂를 절감하기 위하여 대체소재 활용 기술 개발 - 석회석을 활용한 Portland Limestone Cement - Biomass plastic 활용기술 · 기존 소재 대비 물리·화학적 성능을 향상시킨 소재를 활용하여 CO₂를 저감하는 기술 개발 - High Performance Steel 활용 건설재료

(2) 자재 제조에너지 저감 분야

배경	· 지구온난화로 인한 환경부하저감(CO₂ 저감)을 목표로 전 세계는 『자탄소 녹색성장』에 총력을 기울이고 있음 · 부문별로는 에너지와 제조공정 부문이 CO₂가스 전체 배출량의 94.7% 차지 · 폐기물 발생억제, 재사용 및 재활용, 에너지 자원화, 안전처리 시스템 통한 재료 Waste 전략 필요 · 에너지 절약형 친환경 건설재료 개발 및 활용기반 기술개발 필요 (국내 총 소비에너지의 98% 수입에 의존하고 있으며, 이중 건축분야가 차지하는 비중은 23%로 상당히 높음) · 건설공사의 공종별 건설자재 생산과정에 의한 이산화탄소 배출량은 건축공사 (352.36kg-CO₂/㎡), 토목공사 (11.15kg-CO₂/㎡), 설비공사 (49.68kg-CO₂/㎡)로 건축공사의 CO₂ 배출량이 건설단계에 있어서 약 85% 비율을 차지하고 있음.
목표	· 생산공정의 최적화 및 기존 화석연료를 대체한 신재생 에너지 등을 활용하여 자재 제조 시 에너지 효율 20% 향상
주요내용	· 기존 낙후된 건설자재 생산 설비에 의한 자재 생산단가 상승, 낮은 에너지 효율 및 CO₂ 다배출을 해결할 수 있는 기술개발 - 저효율 Long Dry Kiln 및 습식 제조공정을 대체할 수 있는 NSP 킬른 활용 기술 - 열수처리 수직형 밀(mill)화 예비 분쇄기 설치 및 고성능 분리기 도입, 연료 버너 개선, 대량 편 제어 등 에너지 절약 설비의 보급 촉진기술 · 복잡한 제품 생산공정의 획기적인 프로세스 도입을 통한 공기단축 및 소요 에너지 절감기술 - 콘크리트 2차 제품 생산 공정 개선기술, - 신재생에너지 등의 화석연료 대체기술을 통해 건설자재 생산 시의 사용 에너지 및 배출되는 CO₂ 감축기술 - 폐열발전 활용시스템, 지열활용기술 등

(3) 순환자원 활용분야

배경	· CO₂저감에 대한 친환경 연구는 2004년 시장 확산기를 거쳐 가파른 성장세를 보이고 있음 · 환경규제강화 국제원자재 수급 불안정, 높은 해외자원 의존도에 대한 근본적인 대안으로 순환자원 활용기술 개발의 중요성 증가 · 지구기후변화 협약에 따른 건설산업의 적극적 CO₂ 저감 대책수립 필요성 · 탄소저감형 건설재료 개발 및 활용 기반기술 개발은 정부의 그린정책 실현, 순환자원 이용률을 제고하는데 가장 효율적이고, 근본적 방법 중 하나로써 국내 건설산업 경쟁력 강화를 위하여 시급히 이뤄져야 함. (일본의 순환자원 이용률: 2010년까지 2000년 대비 40% 향상 추진(10%→14%)) (국내 순환자원 이용률(4% 내외)이 1% 증가 시 7조 8천억원 절감효과(환경부 중장기 비전)) · 최근 경제·사회 패러다임의 변화에 따라 선진국을 중심으로 환경·경제 효율성과 순환자원의 활용을 추구하는 자원순환형 경제·사회로의 전환 시도 · 건설폐기물, 산업부산물 등을 활용한 CO₂저감형 건설재료의 활용에 의한 직접적 경제효과 창출
목표	· CO₂발생량을 저감시키기 위하여 순환자원의 활용율을 높이고 성능을 향상시킨 건설자재의 실용화를 극대화시키기 위한 순환자원의 원료화 기술, 건설자재의 성능향상 기술 개발 - 순환자원의 원료화로 CO₂ 50% 저감
주요내용	· 에너지-CO₂ 미니엄(ECM) 시멘트 소재 설계기술 개발 · 폐자원을 이용한 원료소재 개발 · 전력산업 부산물을 활용한 내부수화기법과 대단위 치환기법 기술개발 · High Volume Concrete 제조 시 사용되는 혼화제 개발 · 시멘트 대체용 지오폴리머 결합재 및 그린 콘크리트 개발 - 나노 슬래그를 활용한 비소성 시멘트 기술 개발(AAS) - 알칼리 자극제를 사용하지 않고 물리적 자극에 의한 혼화제(결합재)의 활성화 기술 개발 · 미생물을 이용한 친환경 콘크리트 코팅 기법 개발 · CO₂ 탄산염화 Process에 의한 기경성 탄산염 마그네시아 개발

(2) 고기능성 자재 활용 분야

배경	· 구조물의 사용기간동안에 발생된 CO₂를 최소화하는 기술로, 최근 Active 및 Passive 분야의 기술발전이 두드러짐 · 친환경 건축과 가장 유사한 기술을 가지고 있으며, 기후변화협약 대책 및 저에너지 녹색성장 비전, 친환경 인증제도 등 주도적인 정책들과 부합함 · 친환경 소재 활용기술의 시장은 2007년 10,894억원의 시장을 보이고 있었으며, 미국 역시 연평균 5%의 꾸준한 성장을 보임
목표	· 탄소 30% 감소를 가지는 유무기 복합 ·고단열성 소재 활용기술 · 반사율 30% 개선을 통한 외장재 개발 기술 · 상변이물질을 이용한 고장열/축열 시스템 개발 기술
주요내용	· 유/무기 하이브리드 단열소재의 제조기술 및 양산적용기술 · 중공구조를 갖는 세라믹 나노입자 제조 및 바이오 복합소재 기반 단열재 제조기술 · 반사율 개선을 통한 열확산 방지 외장재 기술 · 환경이용 태양광 반사 외장재 개발 기술 · 잠열 및 축열재를 활용한 저에너지형 건축 및 토목마감재 개발기술 · 상변이물질을 이용한 단열재 개발기술 · BIVP를 활용한 고기능 자재활용기술

(3) 고강도 자재 활용 기술분야

배경	· 재료의 고강도화를 통하여, 사용재료의 비경제적, 탄소소모적인 사용을 저감하는 기술 · 직접적인 CO₂ 저감효과보다는 고강도화를 통한 기술개발을 통한 간접적인 CO₂ 저감효과로 발전 · 고강도 소재 활용기술과 맥락을 같이 하는 초고층 건축물의 정책분석에서, 3,4차 건설산업진흥기본계획, 건설교통 R&D 혁신로드맵, 제2차 과학기술기본계획등과 부합 · 국내에서 2015년 까지 완공예정중인 초고층 건축물이 13개 프로젝트로 추정 · 2015년까지 고강도를 기반으로 한 건축설계시장의 규모는 1조 3천억의 시장으로 발전 · 현재 국내에서 고강도 소재 활용기술을 보유할 수 있는 업체는 10개 내외이지만 관련 협력업체와 용역업체까지 합하면 수많은 3차 서비스 산업이 활성화 됨
목표	· 고강도-고인성 콘크리트를 이용한 CO₂저감 기술 · 고강도 강재 활용을 통한 CO₂ 저감기술 · 성능 30%향상을 가지는 판접착방식 보강재료의 개발 기술
주요내용	· 혼화제 사용 200MPa 강도실용화 및 고인성 콘크리트 개발 기술 · 고강도 및 고인성에 따른 설계상수 도출 개발 기술 · 1000MPa 고강도 강재 활용기술 · 고강도 강재 설계 및 이를 이용한 RC 구조물 설계 기술 · 섬유보강재 강도 및 연성 30% 향상 강도개발 기술 (탄소, 아라미드, 유리섬유) · 판접착방식 콘크리트 보강기법 개발 기술

다. 중점추진분야 2

(1) CO₂저감형 고성능 자재 분야

배경	· 1990년대 중반부터 콘크리트의 내구성 문제가 사회적으로 큰 이슈가 됨 · 최근들어 건설당시만 국한되던 경제성 연구가 구조물의 사용기간동안 보수/보강등을 고려한 Life cycle로 변환되면서 내구성의 중요성이 확대 · 고내구성확보를 위한 뚜렷한 정책적 배경은 없으나, 건설재료 분야의 R&D 투자규모를 확대하고 건설재료 생산업체간 공동기술 개발을 장려하는 제3차 건설산업진흥기본계획에 부합되는 연구(2008~2012, 국토해양부) · 건설시장 규모는 2015년 144,790 (십억원)으로 예상 · 건자재 시장은 15,835(십억)규모로 추정되고 있으며, 이중 28.8~33.7%로 예측 · 콘크리트의 내구성 확보에 따라 막대한 보수/보강에 투입되는 CO₂를 저감하도록 유도
목표	· 500년 확보 친환경-고내구성 콘크리트 개발 및 활용기술 · 고방식 크롬 니켈합금 철근 개발 및 실용화기술 · 열화환경 30년 확보 유무기 도장 기법 개발 및 실용화 기술
주요내용	· 혼화재료 사용을 통한 콘크리트 구체의 내구성 향상 기술 · 내구수명 500년 확보를 위한 기술 및 초기강도 향상 기술 · 고부식 저항성 강재활용기술 · 크롬 및 니켈성분 조성을 고려한 경제성 확보 및 생산기법 기술 · 침투깊이 제어가 가능한 유/무기계 도장기법의 기술 · 유무기 고박리 저항성을 가진 도장 생산 및 코팅 시공기술

라. 중점추진분야 3

(1) CO₂이용 건설자재 개발 및 활용

배경	· 전 세계는 CO₂ 문제를 해결하기 위한 CO₂ 저장 기술 개발 전력 · CO₂ 저장기술은 CO₂ 포집기술과 CO₂ 저장기술로 크게 나뉨 · 최근에는 국제적으로 CO₂를 직접 CO₂ Polymer로 대량 생산 · CO₂ Polymer에 여러 가지 재료를 혼합하여 건설자재 생산 가능 · CO₂를 이용한 녹색성장 및 녹색 일자리 창출을 위한 정부 시책 강화 · CO₂를 저장하는 정책보다는 CO₂를 자원화 하는 전략 수립 필요 · 국내외 화학회사는 CO₂ Polymer 상업화를 위한 기초연구에 성공하고 대규모 수지 공장 건설 예정 (SK(주), 호남석유화학(주) 등)) · CO₂ Polymer 이용 건설자재 산업 신규 창출 예상 · 글로벌 관련 시장 10조원, 국내 5000억 이상 예상
목표	· 건설자재 제조용 CO₂ Polymer 개발 · CO₂ Polymer와 혼화재료를 이용한 건설자재 개발 (인조목재 등) · LCCO₂ 50% 이상 저장, 건설자재 난연성 등급 확보
주요내용	· 포집된 CO₂를 이용하여 건설자재 제조용 CO₂ 고분자 개발 (CO₂와 촉매반응 및 합성 방법을 적용, 대량 CO₂ 폴리머 생산) · 건설자재 제조용 CO₂ 폴리머를 이용한 건설자재 개발 (인조 합성목재, 가구, 난연재료, 방수재료 등) · CO₂ 폴리머 사용 건설재료의 LCCO₂ 평가

(2) CO₂대량흡수 건설자재 개발 및 활용

배경	· 시멘트 제조시 석회석(CaCO₃) 산화반응으로 대기 중에 방출된 CO₂ 는 시멘트수화물인 Ca(OH)₂와 탄산화 반응으로 CO₂ 흡수 · 콘크리트 1m³에서는 약 400 kg의 CO₂ 가 발생되나, 이론적으로 약 1/2의 CO₂를 흡수할 수 있음 · CO₂와 건식탄산화반응으로 사용되는 이온에는 Ca와 Mg가 대표적 이며, Ca나 Mg이온이 대량 혼합된 재료를 활용하여 시멘트계 재료를 만들 경우, CO₂를 대량 흡수 가능 하며 고내구성 마감재료 개발 · CO₂ 흡수할 수 있는 아민계 유기물이나 시아노박테리아를 이용한 광합성으로 CO₂를 흡수 할 수 있는 창의적 기술 개발 연구 시작 · CO₂를 대량 방출하는 시멘트 산업, 철강 산업, 화력발전소에서 CO₂포집 및 흡수/저장을 위한 국가 정책이 활발히 진행 · 고로슬래그, Fly ash, 마그네슘 등 CO₂ 대량흡수가 가능한 소재를 활용한 시멘트계 재료의 개발로 관련 산업 활성화·
목표	· CO₂ 대량 흡수 무기계 및 유기계 원천 소재 개발 · CO₂ 대량 흡수 마감재 및 시멘트계 2차 제품 개발 · CO₂ 흡수량 30% 향상
주요내용	· CO₂ 대량 대량 흡수 무기계/유기계 소재 개발 (마그네시아 시멘트, CO₂ 대량 흡수 식물/박테리아 등) · CO₂ 대량 흡수 무기계/유기계 소재 활용 건설자재 개발 및 실용화 (시멘트/콘크리트 2차 제품 제조 및 CO₂ 양생 System, Green Wall/Mat System, CO₂ 흡수 마감 및 포장 재료 등), · CO₂ 대량 흡수 건설자재의 CO₂ 원단위 및 LCCO₂ 평가

(3) CO₂고정에 의한 건설자재 개발 및 활용

배경	· CO₂ 관련 최근의 국제적 연구 동향은 CO₂ 포집에서 CO₂ 저장에 관한 연구로 전환 중 · CO₂ 저장 방법에는 압축체 형질전환에 의한 대규모 식목 방법, 미생물을 이용한 바이오매스처리 등이 있으며, 최근 에는 CO₂와 알칼리이온을 반응시켜 CO₂를 안정한 탄산염으로 고정화 하는 기술이 대두 · 최근에는 국제적으로 CO₂를 직접 CO₂ Polymer로 대량 생산 · CO₂ 저장은 미국의 Calera사가 바닷물 속의 Ca와 Mg이온을 CO₂와 반응시켜 탄산염을 석출하는 상용화 초기 단계 시작 · CO₂ 저장 연구인 지중이나 해양 저장 보다 CO₂ 고정화에 의한 탄산염 기술은 매우 안전하므로 CO₂ 저장 정책도 CO₂ 고정화 방법으로 변환하는 추세 · 특히, CO₂ 고정화 방법은 시멘트공장, 철강공장, 화력발전소에서 포집한 CO₂를 현지에서 고정화 하는 방법으로 새로운 산업 창출 · 또한, 석출된 탄산염을 시멘트 소재, 제지 산업, 혼화재료 산업에 적용함으로써 고부가가치 산업으로 성장 가능
목표	· 알칼리 이온(Ca, Mg 등) 대량 석출 가능 원천 소재 개발 · CO₂와 알칼리 이온 탄산화 반응 장치 개발 · 석출된 탄산염을 활용한 건설자재 개발
주요내용	· CO₂와 반응시켜 CO₂를 고정화 하는 알칼리이온의 대량 생산 기술 (CO₂와 반응하는 알칼리이온을 폐기물/건설재료에서 대량 확보) · CO₂와 알칼리이온의 탄산화반응 장치 및 반응 효율 향상 기술 · 석출된 탄산염의 분리/회수 기술 및 산업 소재로서의 활용 기술 · CO₂ 고정기술과 석출 탄산염 활용 건설자재의 LCCO₂ 평가

마. 중점추진분야 4

(1) 건설재료 LCCO₂ DB 구축 및 관리기술 개발 분야

배경	· 건설재료 및 자재의 LCCO₂ 평가를 위해서는 건설재료의 CO₂ 원단위 산출이 선행되어야 함. · 그러나 정부에서 구축한 건설재료의 LCI DB 구축현황은 환경부(31개 모듈), 지경부(30개모듈)로 다양한 건설재료의 LCCO₂ 평가를 위해서는 매우 부족한 상태 임. · 또한 건설재료 및 자재의 LCCO₂ DB의 통합관리 시스템을 통한 LCCO₂ 평가 및 설계 지원이 요구됨.
목표	· 주요 건설재료 및 자재의 LCCO₂ 평가를 위한 원단위 산출 및 DB 구축과 이를 통합적으로 운용할 수 있는 관리기술 개발
주요내용	1. 건설재료 LCCO₂ 원단위 구축 기술 1.1 주요 건설재료의 LCCO₂ 원단위 산출을 위한 기술 개발 및 도출된 LCCO₂ 원단위 DB 구축 기술 · 국제기준(ISO 14040 등) 또는 건설단계 자재생산과정의 총 CO₂ 배출량에 대해 80% 이상을 차지하는 건설재료(콘크리트, 철근 등)와 본 과제를 통해 개발된 탄소저감형 건설재료를 대상으로 LCCO₂ 원단위를 산출하는 기술 2. 건설재료 LCCO₂ DB 구축 기술 2.1 주요 건설재료 및 자재의 LCCO₂ 평가를 위한 자재단계, 운송단계, 생산단계 등의 DB 구축 기술 · 자재단계 : 건설재료 구성 재료 분석 및 DB 구축 · 운송단계 : 건설재료 운송수단에 따른 에너지원 조사 및 운송거리 DB 구축 · 생산단계 : 건설재료 생산시스템 분석 및 사용에너지 모니터링 DB 구축 3. 건설재료 LCCO₂ DB 관리 기술 3.1 주요 건설재료의 LCCO₂ 평가를 위한 건설재료의 LCCO₂ DB 통합 관리 시스템 (프로그램) 개발 기술 · 구축된 건설재료의 CO₂ 원단위 DB를 관리 운영할 수 있는 통합 관리 프로그램(Web 버전) 개발(Software) · 설계자, CO₂ 평가자 등의 접속 및 Update가 용이한 통합 관리 플랫폼 개발(Hardware)

(2) 건설재료 LCCO₂ 평가기술 개발 분야

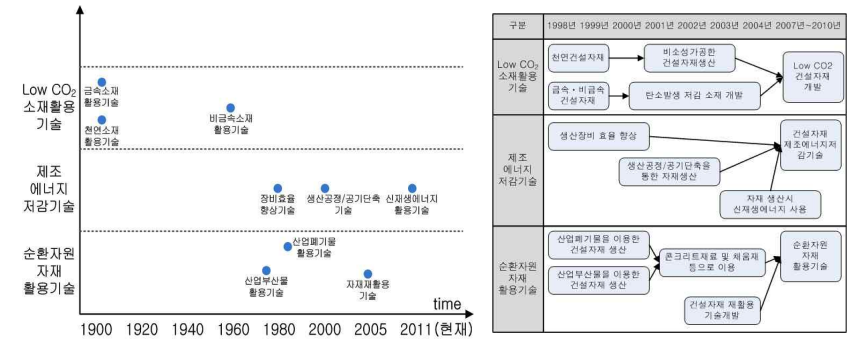
배경	- 전 산업 CO₂ 배출량의 약 30%를 점유하고 있는 건설분야의 CO₂ 절감을 위해서는 CO₂ 절감 기술 개발과 더불어 CO₂ 평가 기술 개발이 선행되어야 함. - 건설산업의 CO₂ 평가기술은 과거의 운영단계의 에너지 사용량에 근거한 부분적인 평가에서 전 생애주기에 걸친 전과정 평가로 그 평가범위가 확대되고 있음. - 이러한 건설산업 전과정 CO₂ 평가를 위해서는 건설재료의 CO₂ 원단위 및 건설재료 및 자재의 CO₂ 평가 기술 구축이 절대적 임.
목표	주요 건설재료 및 자재의 LCCO₂ 평가기술 및 부위별 건설재료의 LCCO₂ 평가기술 개발
주요내용	건설재료 LCCO₂ 평가기술 - 주요 건설재료의 LCCO₂ 평가 기술 및 주요 건설재료의 LCCO₂ 평가 범용 프로그램(Tool) 개발 - 주요 건설재료의 전과정(자재생산, 운송, 생산, 사용, 해체/폐기) CO₂의 평가 기술 개발 - 주요 건설재료의 LCCO₂ 평가 범용 프로그램(Tool) 개발 - 건설재료 레벨의 평가 (예, 콘크리트, 철근, 타일, 석고보드, 콘크리트 블록 등) 건설자재 LCCO₂ 평가기술 - 주요 건설자재의 LCCO₂ 평가 기술 및 주요 건설자재의 LCCO₂ 평가 범용 프로그램(Tool) 개발 - 주요 건설자재의 LCCO₂의 평가 기술 개발 - 주요 건설자재의 LCCO₂ 평가 범용 프로그램(Tool) 개발 - 건설자재 레벨의 평가 (예, 석고보드 건식 벽체, 샌드위치 패널 등) 부위별 건설재료 LCCO₂ 평가기술 - 구조물의 부위별 주요 건설재료 LCCO₂ 평가기술 개발 및 평가 범용 프로그램 개발 - 건축물의 부위별 레벨에서의 LCCO₂ 평가 기술 개발 - 주요 건설자재의 전과정 LCCO₂ 평가 범용 프로그램(Tool) 개발 - 부위별 레벨의 평가 (예, 외벽, 지붕, 바닥, 천정 등)

(3) 건설재료 LCCO₂ 보급기술 개발 분야

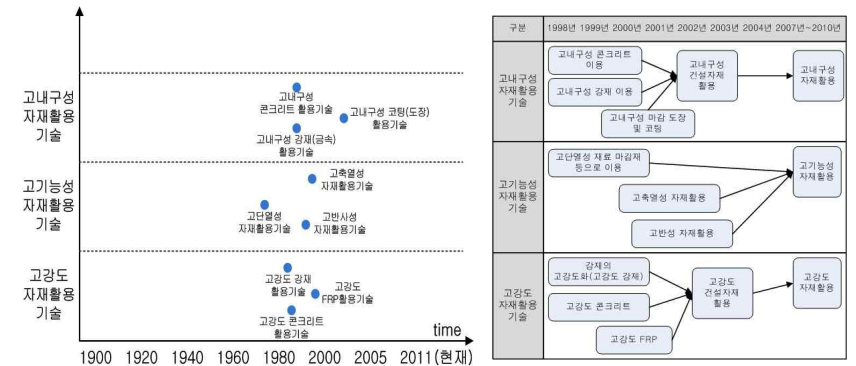
배경	- 해외 환경선진국에서는 건설재료의 전과정(생산, 운송 및 유통, 사용, 폐기)에서 발생하는 CO₂ 배출량을 평가 및 인증하여 시장주도로 저탄소 건설재료 및 자재의 구매를 촉진하는 제도 등이 개발·운영되고 있음. - 국내에서도 환경부의 환경마크제도 및 탄소환경성적표지제도 등이 운영되고 있으나 건설재료를 주 대상으로 평가 관리 하는 시스템 구축이 요구 됨. - 이와 더불어 저탄소 건설재료의 보급 및 확대를 위한 저탄소 건설재료의 통합설계 기술, 표준 시방 지침 및 교육 프로그램 개발이 요구 됨.
목표	탄소저감형 건설재료의 보급을 위한 건설재료 및 자재의 통합설계 기술, 탄소라벨링 제도 및 교육 프로그램 개발
주요내용	탄소저감형 건설재료 인증 및 라벨링 기술 - 주요 건설재료의 LCCO₂ 배출량 인증 및 이를 이용한 CO₂ 라벨링 기술 개발 - 건설재료의 LCCO₂ 배출량 인증을 위한 평가/관리 시스템 개발 - 건설재료의 탄소라벨링 제도 및 관리 시스템 개발 - 건설재료의 확대보급을 위한 관련 제도 및 정책 개발 탄소저감형 건설재료 통합설계 기술 - 설계과정에서 탄소저감형 건설재료를 선정, 적용할 수 있는 친환경 건축자재 선정 통합 설계 시스템 기술 개발 - 건설재료, 자재, 부위별 CO₂ 평가 결과에서 도출된 CO₂ 원단위 DB를 이용하여 설계단계에서 설계자가 탄소저감형 건설재료를 선정, 적용할 수 있는 통합 설계 시스템(프로그램) 개발 탄소저감형 건설재료 표준 시공지침 기술 - 탄소저감형 건설재료 친환경 시공 및 작업 지침 개발 - 주요 건설재료를 이용한 건축물 시공 시 적용 가능한 저탄소 시공기술 및 지침 개발 - 탄소저감형 건설재료 교육 프로그램 개발 - 탄소저감형 건설재료 보급 및 확대를 위한 교육 프로그램 개발

3. 중점추진분야별 기술발전단계

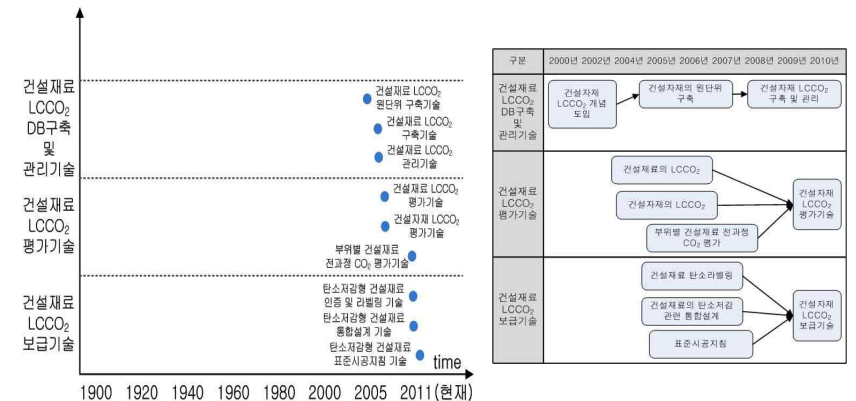
■ CO₂ 저감형 자재생산기술



■ CO₂ 저감형 고성능자재 활용기술



■ 건설재료 LCCO₂ DB구축 및 평가/보급 기술



5절 비전 및 목표 수립

1. 비전 및 목표



2. 기술개발에 따른 미래상

■ 시나리오 1 - 아파트 설계에서 탄소저감형 건설재료 반영

- 아파트를 주로 설계하는 A건축사무소는 발주자 B로부터 아파트 설계시 LCCO₂ 총량 규제 인증통과 및 탄소라벨링 인증을 통과한 건설재료의 사용을 요구받았다. 이에 따라 A건축사무소 C부장은 D과장에게 BIM설계 도면으로부터 아파트 수명 60년을 대상으로 LCCO₂ 평가를 실시할 것을 명령하고, LCCO₂를 최소화하기 위하여 탄소저감형 건설재료를 설계의 반영할 것을 지시하였다.



- 탄소저감형 건설재료
- 건설재료 탄소라벨링 제도 및 관리 시스템
- 탄소저감형 건설재료 친환경 시공 및 작업지침
- 건설재료 전과정 CO₂ DB 구축

■ 시나리오 2 - CO₂ 저감형 주택 구매

- 2020년 A씨는 내집 마련을 하기 위해 여러 가지 주택을 살펴봄에 특히 올해 발효된 LCCO₂ 최소화 주택 구입시 정부의 융자 혜택을 이용하고자 한다. 부동산에서는 A씨에게 여러 가지 주택의 사양을 보여주며 주택을 구입하라고 하고 있다. A씨는 주택사양에서 가장 중요한 에너지 효율 등급 및 경제성과 함께 LCCO₂를 고려하여 주택을 선택하려고 한다. B사의 주택은 에너지 효율등급은 뛰어나지만 LCCO₂가 높은 반면, C사의 주택은 에너지 효율 등급도 높으면서 LCCO₂ 최소화 주택에 해당되므로 C사의 주택을 구매하기로 결정한다.



- 제로에너지 시스템을 적용
- CO₂ 폴리머 무독성 인조목재 사용
- 온도감응형 스마트 윈도우 코팅 열차단 필름 적용
- 에너지-CO₂ 미니영(ECM) 시멘트 사용
- 건설재료 전과정 CO₂ DB 이용

■ 시나리오 3 - 구조물 LCCO₂ 총량 규제 및 인증시스템

- A건설사 B현장소장은 현재 진행 중인 아파트 골조공사에 적용되는 콘크리트 및 골조에 대한 LCCO₂ 총량 규제를 검토하기 위해 콘크리트를 공급하는 레미콘사별로 콘크리트 제조시 사용된 탄소총량을 비교 분석하면서, 본 아파트에 적용시 인증에 통과하기 위한 레미콘사 선정을 위한 회의를 진행 중이다. 분석한 결과를 토대로 C과장은 탄소총배출량을 계산한 자료를 보여주며 친환경 건축물 인증 및 규제에 대하여 설명중이다. 또한 전생애 환경부하(LCCO₂) 평가 프로그램인 CO₂-LCA 프로그램을 이용하여 평가한 자료를 보여주고 있다.



■ 시나리오 4 - 탄소저감형 A시청사 현상설계 공모

- A시청은 올해 제정된 탄소저감형 시청건축 의무화 국가 방침에 따라 탄소저감형 A시청사 현상설계 공모를 발주하였다. 공모 조건에는 시청사 LCCO₂ 평가결과 보고서, 탄소라벨링 인증을 통과한 건설재료의 사용, 에너지 총량 최소화(안)을 제출하도록 명시하였다.

■ 시나리오 5 - A 건설자재 생산업체 탄소라벨링 인증

- 최근 대한상공회의소에서 실시한 설문조사 결과를 보면 '탄소라벨링 부착 제품이 구매의사에 영향을 미칩니까?'라는 질문에 약 90%이상의 국민이 '그렇다'라고 응답해 상당수 국민이 저탄소제품에 대한 관심이 높은 것으로 나타났다. A 건설자재 생산업체도 자사 제품 중 일부에 대해 탄소라벨링 인증을 받아 판매 향상으로 이어진 경험을 갖고 있어, 이번 설문조사 결과를 계기로 자사의 모든 제품에 대해서 탄소라벨링 인증을 받기로 결정했다. 국내외적으로 기업에 대한 온실가스 감축 요구가 커지고 있는 상황에서 기후변화에 대한 소비자의 관심과 새로운 요구가 기업의 구체적인 친환경마케팅의 목적으로 작용하고 있다. '탄소라벨'이 기업이 지구온난화 방지를 위해 얼마나 노력하고 있는지 소비자에게 보여줄 수 있는 효과적인 마케팅 수단으로 주목받고 있다.

■ 시나리오 6 - 탄소라벨링 인증 건설자재 해외 수출

- 유럽에 이어 올해부터는 미국도 모든 수출 품목에 국제기준에 맞는 탄소라벨링 인증이 의무화되었다. 우리나라는 건설자재의 탄소라벨링 시스템이 구축되어 있으며, 국제기관으로부터 국제기준에 상응하는 라벨링 시스템으로 인정받았다. A 건설자재 생산업체는 국가정책에 의해서 3년 전부터 자사의 모든 제품에 탄소라벨링 인증을 받았으며, LCCO₂가 낮은 제품을 생산하고 있었다. 무역에 있어서 탄소라벨링 의무화에 대한 규제가 오히려 수출을 증대시키는 작용을 하였다.

각 국의 탄소라벨링 제도

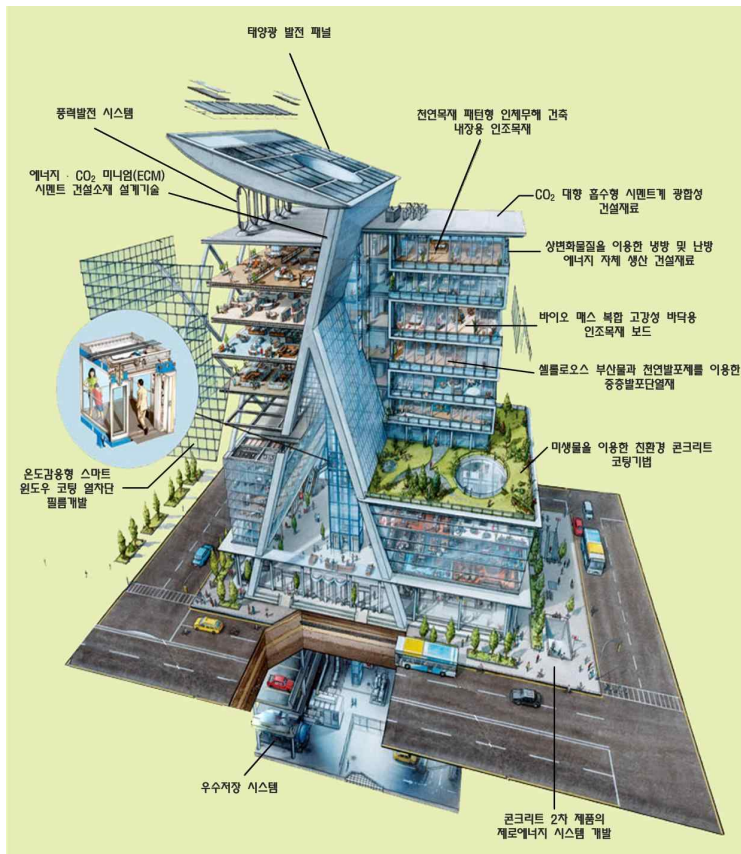
한국	영국	프랑스	스위스	스웨덴	미국	일본
탄소성적표지	Carbon reduction label	Indice carbon	Climatop	Climate declaration	Climate conscious carbon label	Carbon Footprint (CFP)

■ 시나리오 7 - 탄소라벨링 인증 심사원

- A씨는 건설자재 탄소라벨링 인증 심사원 자격시험을 공부 중에 있다. 국토해양부는 작년에 이어 올해도 300명을 선발하기로 했다. 건설자재 탄소라벨링에 관련된 고용창출은 대기업, 인증기관, 인증심사원 교육기관 등 매년 6000명 이상으로, 언론에서도 앞으로 각광받는 직업으로써 저탄소 인증 관련 업종을 꿈꾸는 등 탄소라벨링 인증 심사원의 경쟁이 더욱 치열해지고 있다.

■ 시나리오 8 - 구조물에서 CO₂ 대량흡수 및 냉난방 에너지 자체 생산 건설재료 사용

- A건설회사는 구조물 Life Cycle를 통해서 CO₂를 대량 흡수할 수 있는 마감재 및 구조 재료를 개발하여 국토해양부 건설신기술을 취득하였다. 또한 PCM을 혼입한 마감재를 신규 개발하여 냉난방 설비가 없이 실내 최적 온도를 유지할 수 있는 냉난방 에너지 Free 스마트 아파트를 개발하였다.



■ 기술개발에 따른 현재(As-Is)와 미래(To-Be)의 모습

구분	As-Is(현재)	To-Be(미래상)
CO ₂ 저감형 자재 생산기술	- 건설자재 생산시 고효율 및 경제성을 중심 - 자재 생산단계에서 탄소발생량을 고려하지 않음 - 기존 운영단계에서만 탄소저감 및 에너지 효율성을 평가 - 건설재료 및 자재레벨에서의 탄소발생량이나 에너지 효율을 고려하지 않음	- 건설자재의 탄소배출량 고려하여 생산 - 건설자재의 탄소라벨링화 - 설계당시부터 탄소배출량을 고려하여 건설자재 생산 - 건설자재의 친환경제품 인증을 통한 친환경 자재 생산 - 탄소발생을 재료 및 자재 레벨에서 관리
CO ₂ 저감형 고성능 자재활용기술	- 건축자재 선택시 건축물에 활용성을 고려 - 건축물 운용단계에서의 탄소배출량을 고려하지 않음 - 신재생 에너지 등 에너지 차원에서의 탄소저감 방안	- 고기능성 자재를 활용한 건축물의 고효율성 증대 - 고내구성 및 고강도 자재를 사용하여 건축물에 장수명화 - 건축물의 친환경인증 : 탄소배출량을 고려하여 에너지 효율등급 표시(예 : 자동차나 전자제품에 에너지 효율등급) - 친환경 건축물의 선택이 아닌 의무화 실현 - 건축물 설계시 자재 선택 고성능 자재 활용 의무화
건설재료 LCCO ₂ DB구축 및 평가/보급 기술	- 건설재료 및 자재의 LCCO₂ DB구축을 위한 자료 조사 - 건설자재 탄소라벨링 제도 실현을 위한 기반 구축	- 기존계획 단계에서 탄소배출량 절감을 위한 대안평가를 통해 최적의 환경부하저감 건축물 설계 - 건설재료의 내재 에너지DB를 활용한 최적의 LCCO₂ 저감 재료 개발 및 생산 - 친환경 시공의 표준시방 지침을 통한 시공단계 친환경 건설재료 보급 - 운용단계 에너지 기술 적용에 따른 추가적인 CO₂ 배출에 대한 평가를 통하여 최적의 건축물 전 생애 환경부하저감 - 소비자들에게 건축물의 친환경성에 대한 투명한 정보제공 - 건축물의 CO₂ 배출량이 건축물 투자가치에 반영되는 시장기반 구축

6절 후보과제 도출 및 정의

연번	후보과제명	후보과제 정의
1	에너지 · CO ₂ 미니멈(EGM) 시멘트 건설소재 설계기술 개발	- 이산화탄소 저장형 고풍성 시멘트 제조기술 개발 - 물리·화학적 자극에 의한 고치환율 혼합시멘트 제조기술 개발
2	시멘트 modulus 제어를 통한 CO ₂ 저장형 고풍성 시멘트 제조기술 개발	- 시멘트의 modulus 조절과 시멘트 구성광물중 강도특성에 가장 큰영향을 미치는 알라이트(C₃S)의 활성도를 높여 초기 및 장기 강도를 기존의 1종 보통시멘트 보다 높게 만드는 제조 방법 - 소성 온도 저장에도 기여를 하기 때문에 보통시멘트에 적용할 경우 약 30% 정도의 이산화탄소를 절감
3	CO ₂ 저장을 위한 시멘트 대체용 지오폴리머 결합재 및 그린 콘크리트 개발	- 건설용 콘크리트 재료로서의 슬래그 나노화 - NT 적용 비소성 슬래그 시멘트 개발 및 AAS (Alkali Activated Slag) 실용화 연구
4	물리적 자극에 의한 에너지 자원 절약형 혼합 시멘트·콘크리 개발 및 상용화 기술개발	- 알칼리 자극제를 사용하지 않고 물리적 자극에 의한 혼합재(결합재)의 활성화 기술 - 물리적 자극에 의한 고성능 에너지 절약형 시멘트/콘크리트 구조물에의 적용
5	석회석 광물을 이용한 CO ₂ 저장형 차세대 혼합 시멘트(PLC) 생산기술 개발	- 석회석 광물을 적용한 CO₂저장 시멘트(PLC) 최적배합 및 역학적 특성분석 - 이산화탄소(CO₂)를 획기적으로 저장하고 건설폐기물을 재활용함으로써 친환경적인 효과를 유발
6	콘크리트 2차 제품의 제로에너지 시스템 개발	- 스팀양생이 없는 공장 및 현장타설 프리캐스트 콘크리트 제조 시스템 개발로 에너지 저장 및 CO₂저장 - 레오로지 특성 개선으로 생산성 향상 및 설비 비용 저감
7	가소소성된 황토를 이용한 녹색성장 대응 지오폴리머 기술	- 가소소성 황토를 이용한 친환경 지오폴리머(Geo-polymer) 개발 - 황토모르타르용 지오폴리머의 고성능화, 조직구조 개선, 용출거동, 내구성 향상, 성능예측모델 및 현장 적용성 평가를 위해 합리적인 천연황토 혼합재 개발
8	미생물을 이용한 친환경 콘크리트의 코팅기법 개발	- 콘크리트 보수기법에 사용가능한 미생물의 제시 및 활용가능성 제시 - 미생물 및 미생물의 생성물을 이용한 보수기법 및 시공방법 개발
9	기존 건축물의 저시멘트형 축열 및 잠열을 활용한 저에너지 고효율 자재 개발	- 시멘트의 사용량을 저감한 축열 및 잠열재료를 활용한 저에너지 고효율 자재 개발을 통한 에너지 저장 및 CO₂저감
10	미생물을 이용한 친환경 Green Wall 코팅 시스템 개발	- 미생물의 biofilm mechanism을 이용한 건축물의 단열효과 향상 및 외부 소음저감 향상 - 미생물에 의한 식생 건축물 재료 개발
11	CO ₂ hydration process에 의한 기경성 탄산염 마그네시아 시멘트 개발 및 응용기술 개발	- CO₂ 의 hydrate에 의한 탄산염 생성 process 개발 및 탄산염 마그네시아 재료의 개발 - CO₂ 흡수용 탄산염 마그네시아 재료 개발 및 콘크리트 2차제품 제품 개발(보도블록, 경계석 등)
12	천연목재 패턴형 인체무해 건축 내장용 인조목재 개발	- CO₂ 폴리머를 이용한 무독성, 친환경 합성 목재 제조 기술 - 이를 이용한 건자재 및 CO₂ 폴리머 합성목재의 상용화 및 내구성능 평가법 개발
13	환경부하 저감 외부용 고내후성 인조건축자재 개발	- 탄소저감형 목재 가열 및 건조와 천연 액상성능개선제로 복합 처리한 무결함·고기능성 목재 개발기술 - WPC(Wood Plastic Composite) 건축 응용재료 제조 및 이용기술
14	바이오 매스 복합 고강성 바닥용 인조목재 보드개발	- 목재 원료이외의 대나무분말, 커피찌꺼기, 왕겨, 미강, 옥수수대분말 등 원료 다양화 - 인조목과 강도, 인장, 신장 등 물성이 유사한 대체 제품 개발

15	생분해 시간제어 배립용 인조목 개발	- 존 콘크리트, 목재를 사용한 사방공사면, 공사면 토사붕괴 방지재 개발 - 사방공사면 식물체 식생 안정화 이후 2년 이후 썩어서 자연계로 선순환하는 환경친화형 제품 2종이상 개발
16	온도감응형 스마트 윈도우 코팅 열차단 필름 개발	- 건축물의 에너지절감을 위한 스마트 윈도우 창호 개발 - 스마트 윈도우 창호의 불량 분석 조사 및 가속수명 시험평가법
17	건축도목용 자연분해, 고풍수성 폐자원 소재 및 피복 필름	- 범용 플라스틱 수준의 물성을 가진 식물체 바이오매스 폐자원을 포함하는 원료소재개발 - 자연계에서 생분해되는 기간 1년 이상으로 연장 및 고풍수성, 서방성 소재 개발
18	정유산업 부산 SPC(황-폴리머 시멘트)를 활용한 초내식성 해양환경 콘크리트 개발	- 에너지절감을 위한 고일사반사율 건축용 차단열 도료 개발 - 국내 건축 구조물에 대한 차단열도료 적용을 통한 시공기술 표준화 연구
19	에너지 절약형 친환경 고성능 차단열 도료 제조 및 시공 기술 개발	- 에너지절감을 위한 고일사반사율 건축용 차단열 도료 개발 - 국내 건축 구조물에 대한 차단열도료 적용을 통한 시공기술 표준화 연구
20	셀룰로오스 부산물과 천연발포제를 이용한 중충발포단열재 개발	- 천연발포제를 이용한 발포 소재 개발 - 이산화탄소 저장형 원료 소재 및 건축자재 개발
21	인체무해성 친환경 건설 코팅 필름 개발	- 기존 PVC계 벽지, 마감재 등을 바이오매스 및 PP를 대체 소재로 사용한 코팅 필름 개발 - 인체무해성 및 이산화탄소 저장형 바이오매스 소재 개발
22	IT 기술 융합을 통한 Smart 콘크리트 개발	- IT 기술 융합을 통한 콘크리트 성능의 정밀한 제어 및 예측 - 정밀한 성능 제어 및 예측을 통한 콘크리트 CO₂ 발생량 저감
23	CO ₂ 대량 흡수형 시멘트계 광합성 건설재료 개발	- 탄산화반응 및 나노 공극구조에 의해 CO₂를 대량 흡수할 수 있는 원천 유기 및 무기계 재료를 개발하고, 이를 활용하여 페인트, 미장재, 마감재, 보도블록, 투수콘크리트, 구조재 등 건설재료 개발 - CO₂ 흡수능력을 기존 재료 대비 50% 향상
24	상변화물질을 이용한 냉방 및 난방 에너지 자체 생산 건설재료 개발	- 온도변화에 따라 열을 흡수하고 방출하는 상변화 물질 (Phase Change Material)을 건설재료에 혼합함으로써 냉난방에 필요한 에너지를 건설재료에서 자체 생산
25	건설재료/자재 전과정 CO ₂ 평가 시스템 및 프로그램 개발	- 국제기준(ISO 14040 및 ISO 14067 등)에 부합하는 건설재료 전과정 CO₂ 평가 시스템 및 범용 프로그램 개발
26	건설재료/자재 전과정 CO ₂ 배출계수 데이터베이스 구축	- 국제기준에 의한 건설재료의 전과정 CO₂ 배출계수 데이터베이스 개발 및 구축
27	건설재료/자재 전과정 CO ₂ 통합관리 및 운영 시스템 개발	- 건설재료의 전과정 CO₂ DB 통합 관리 시스템 프로그램 개발 - 친환경 건축설계/시공/유지관리/폐기 지원 및 건축물 전과정 CO₂ 평가 연계과제
28	건설재료/자재 탄소라벨링 제도 및 평가관리 시스템 개발	- 건설재료의 전과정 CO₂ 배출량 인증 및 이를 이용한 라벨링 제도 개발과 관리 시스템 및 프로그램 개발
29	건설재료/자재 건설재료 친환경 표준시방 지침 개발	- 탄소저감형 건설재료를 이용한 친환경 표준시방 지침 개발 및 보급 체계 구축

3장 연구개발과제 추진체계

1절 기획대상과제 선정결과

연번	과제명	제안 기관	비고
1	- 시멘트 저감형 고성능 콘크리트 제조 및 실용화 - CO ₂ 저감을 위한 시멘트 대체용 지오폴리머 결합재 및 그린 콘크리트 개발	건기연 한양대	통합필요
2	- CO ₂ 대량 흡수형 시멘트계 광합성 건설재료 개발 - Carbon negative 시멘트 콘크리트 기술	한양대 건기연	통합필요
3	- 건설재료 전과정 CO ₂ DB 통합관리 및 운영시스템 개발 - 건설재료/자재 전과정 CO ₂ 평가 시스템 및 프로그램 개발 - 건설재료/자재 전과정 CO ₂ 배출계수 데이터베이스 구축 - 건설재료 CO ₂ 평가 및 LCI DB 관리 기술 개발 및 적용 활성화	한양대 한양대 한양대 건기연	통합필요
4	- 상변화물질을 이용한 냉방 및 난방 에너지 자체 생산 건설재료 개발	한양대	-
5	- 건설재료/자재 탄소라벨링 제도 및 평가관리 시스템 개발	한양대	-
6	- 에너지저감형 steel material 기술개발 및 실용화	건기연	-
7	- 레이콘 회수수의 탄산화를 통한 CO ₂ 대량 고정화 및 활용기술개발	건기연	-
8	- CO ₂ 를 활용한 무기성 순환자원의 탄소저감형 건설재료 개발 및 활용기술	건기연	-
9	- 전기변색기반 미래혁신 스마트창호기술개발 - 온도감응형 스마트 윈도우 코팅 열차단필름 개발	건기연 한양대	통합필요
10	- 생분해 시간제어 매립용 인조목 개발	한양대	-
11	- 미생물을 이용한 친환경 콘크리트의 코팅기법 개발	한양대	-
12	- 경질 경량 내화성 하이브리드 무기단열 벽체 개발	건기연	-
13	- 에너지저감형 건설재료 및 시스템 개발	건기연	-
14	- 완전 재자원화를 고도화한 무결함저탄소 콘크리트 기술 개발 - 석회석 광물을 이용한 CO ₂ 저감형 차세대 혼합 시멘트 (PLC) 생산기술 개발	건기연 한양대	통합필요
15	- 건설재료/자재 건설재료 친환경 표준시방 지침 개발	한양대	-
16	- 탄소저감형 건설재료 사용유지관리폐기 분야 CO ₂ 저감기술 - 탄소저감형 건설재료 생산분야 CO ₂ 저감기술	건기연 건기연	통합필요
17	- 환경부하 저감형 조립식 외피모듈 개발	건기연	-
18	- IT 기술 융합을 통한 Smart 콘크리트 개발	한양대	-
19	- 에너지 절약형 친환경 고기능성 내외장재 제조 및 시공기술 개발 - 콘크리트 2차 제품의 제로에너지 시스템 개발	한양대 한양대	통합필요 (과제명 일부 변경)
20	- 정유산업 부산 SPC(황-폴리머 시멘트)를 활용한 초내식성 해양환경 콘크리트 개발	한양대	-

2절 기획대상과제 조정결과

연번	기존과제		조정결과			조정 사유
	과제명	예산 (백만원)	과제명	과제성격	예산 (백만원)	
1	완전 재자원화를 고려한 우클링거결합재 콘크리트기술 개발	1,750	석회석 광물을 이용한 CO ₂ 저감형 차세대 혼합시멘트(PLC)생산기술 개발	기초	1,000	과제 통합 요구
	석회석 광물을 이용한 CO ₂ 저감형 차세대 혼합 시멘트 (PLC) 생산기술 개발	710				
2	CO ₂ 대량 흡수형 시멘트계 광합성 건설재료 개발	2,000	CO ₂ 대량 흡수형 시멘트계 광합성 건설재료 개발	기초	2,000	과제 통합 요구
	Carbon negative 시멘트 콘크리트 기술	3,450				
3	CO ₂ 를 활용한 무기성 순환자원의 탄소저감형 건설재료 개발 및 활용기술	4,350	Free CaO 활용 무기계 고화재 및 인공도양 개발	기초	1,000	과제명 수정
4	시멘트 저감형 고성능 콘크리트 제조 및 실용화	2,950	저탄소 고내구성 무(無)시멘트 콘크리트의 레이콘 배합설계 기술개발	실용화	2,000	과제 통합 요구
	CO ₂ 저감을 위한 시멘트 대체용 지오폴리머 결합재 및 그린 콘크리트 개발	1,550				
5	에너지 절약형 친환경 고기능성 내외장재 제조 및 시공기술 개발	1,950	조강 및 속경기술을 활용한 프리캐스트 콘크리트 재로에너지 양생 시스템 개발	기초	1,400	과제 통합 요구
	콘크리트 2차 제품의 제로에너지 시스템 개발	900				
6	전기변색기반 미래혁신 스마트창호기술개발	2,000	온도감응형 변환 박막소재 기술적용 스마트 윈도우 창호기술 개발	기초	4,500	과제 통합 요구
	온도감응형 스마트 윈도우 코팅 열차단필름 개발	1,950				

- 144 -

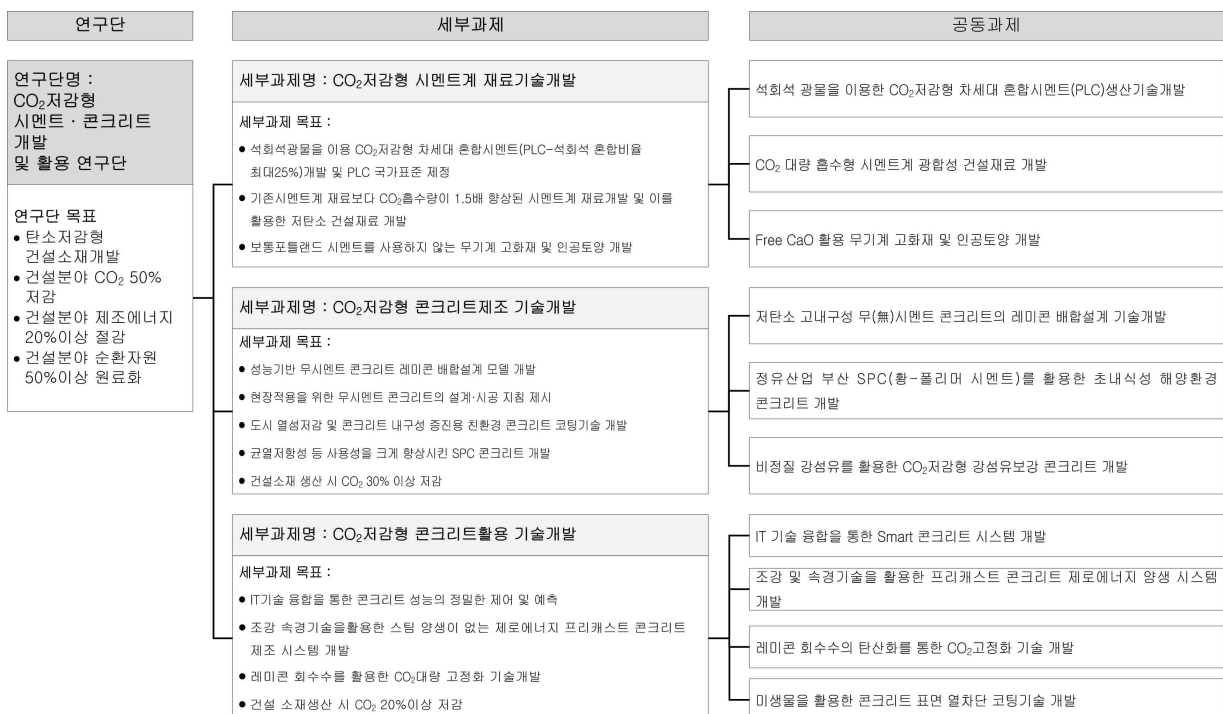
연번	기존과제		조정결과			조정 사유
	과제명	예산 (백만원)	과제명	과제성격	예산 (백만원)	
7	생분해 시간제어 매립용 인조목 개발	1,950	분자량 저감을 통한 생분해 시간제어 매립용 인조목 개발	기초	3,000	과제내용 분리
			CO ₂ 저감 극대화 기술을 접목한 친환경 인조목재 패턴형 건축내장재 및 친환경경성과 성능평가법 개발	기초	2,200	
8	환경부하 저감형 조립식 외피모듈 개발	2,150	조립식 고단열 외피시스템을 접목한 친환경 인조목재 패턴형 건축내장재 및 친환경 성능평가법 개발	기초	2,200	과제명 수정
9	에너지저감형 steel material 기술개발 및 실용화	3,850	비정질 강섬유를 활용한 CO ₂ 저감형 강섬유보강 콘크리트 개발	기초	2,700	과제명 수정
10	경질 경량 내화성 하이브리드 무기단열 벽체 개발	1,800	나노 실리카이트 복합소재를 활용한 친환경 하이브리드 단열벽체 개발	기초	4,500	과제명 수정
11	에너지저감형 건설재료 및 시스템 개발	3,150	고단열 고효율 콘크리트 저탄소 생산 주택기술 개발	응용	2,400	과제명 수정
12	건설재료 전과정 CO ₂ DB 통합관리 및 운영시스템 개발	1,700	건설재료 통합 LCI 평가기술 개발	정책	1,000	과제 통합 및 재정리
	건설재료/자재 전과정 CO ₂ 평가 시스템 및 프로그램 개발	1,875	건설재료 LCI DB 구축	정책	1,000	
			건설재료 LCI DB 통합관리 시스템 개발	정책	1,000	
	건설재료/자재 전과정 CO ₂ 배출계수 데이터베이스 구축	3,000	건설재료 친환경 표준시방서 작성 및 일반지침 개발	정책	900	
			건설재료 친환경 표준시방서 작성 세부지침 개발	정책	800	
	건설재료 CO ₂ 평가 및 LCI DB 관리 기술 개발 및 적용 활성화	2,000	건설재료 친환경 표준시방서 개발 및 보급	정책	800	

- 145 -

연번	기존과제		조정결과			조정 사유
	과제명	예산 (백만원)	과제명	과제성격	예산 (백만원)	
13	건설재료/자재 탄소라벨링 제도 및 평가관리 시스템 개발	1,700	건설재료 탄소라벨링 제도 개발	정책	900	과제내용 분리
			건설재료 탄소라벨링 관리시스템 개발	정책	1,100	
14	탄소저감형 건설재료 사용유지관리라벨기 분야 CO ₂ 저감기술	1,000	건설재료 생산분야 CO ₂ 저감 및 평가·관리기술개발	정책	1,500	과제 통합 및 재정리
	탄소저감형 건설재료 생산분야 CO ₂ 저감기술	1,200	건설재료 사용·유지관리분야 CO ₂ 저감 및 평가·관리기술 개발	정책	1,500	
			건설재료 해체·폐기분야 CO ₂ 저감 및 평가·관리기술 개발	정책	1,500	

3절 연구개발과제 추진체계

□ 연구개발과제 도출결과



연구단	세부과제	공동과제
연구단명 : CO ₂ 저감형 고기능성 건설자재 개발 연구단	세부과제명 : 신소재 활용 CO ₂ 저감 건설자재 개발	
	세부과제 목표 : - 에너지절감 20% 이상의 고효율 스마트창호 시스템 개발 및 열선의 선택적 차단/흡수 조절이 가능한 나노 원천소재 개발 - PCM을 이용한 에너지 저장 및 CO₂저감형 건설재료 개발 및 PCM사용 건설재료의 방열 및 축열 성능을 이용한 에너지 저장/활용장치 개발	온도감응 변환 박막소재 기술 적용 스마트 윈도우 창호기술 개발 상변화물질(Phase Change Materials : PCM)을 이용한 냉방 및 난방에너지 자재 생산 건설재료 개발
	세부과제명 : 바이오매스 활용 CO ₂ 저감 건설자재 개발	
연구단 목표 - 탄소저감형 건설재료의 활용기법 개발 - 신재료기법(온도감응형 창호, 상변화물질 등)을 활용한 에너지 저장 기법 - 바이오매스를 활용한 건설자재 생산 및 활용기술 - 기존대비 에너지 또는 CO₂감소 30%이상의 건설자재 및 자재활용 연구	세부과제 목표 : - 분자량 저장 및 바이오매스 물질을 적용하여 기존 콘크리트, 목재를 사용한 사방공사면, 수중보 등에 사용할 수 있는 생분해 시간제어 인조목 개발 - CO₂저감 극대화 기술 접목한 친환경 인조목재 패턴형 건축 내장재 및 친환경 성능 평가법 개발	분자량 저감을 통한 생분해 시간제어 매립용 인조목 개발 CO₂저감 극대화 기술 접목한 친환경 인조목재 패턴형 건축 내장재 및 친환경성과 성능 평가법 개발
	세부과제명 : 저탄소 고기능 벽체시스템 개발	
	세부과제 목표 : - IT벽체 PC시스템의 단열성능을 향상할 수 있는 융·복합 시스템 개발 - 단열성능, 흡음율, 내화성이 우수한 하이브리드형 단열벽체 개발 - 고단열 콘크리트 개발 및 결로 방지를 위한 열전재료 또는 상변화물질 기술 개발 - 실증 House구축을 통한 각 부위별 단열재의 적용을 통한 공간단위의 열손실 지수 저감	조립식 고단열 외피시스템을 접목한 친환경 인조목재 패턴형 건축 내장재 및 친환경성능평가기법 개발 나노 실리케이트 복합소재를 활용한 친환경 하이브리드 단열벽체 개발 고단열 고효율 콘크리트 저탄소 생산 주력기술 개발

연구단	세부과제	공동과제
연구단명 : 건설재료 전과정 CO ₂ 통합관리 및 보급기술개발 개발 연구단	세부과제명 : 건설재료 LCI DB 통합평가 · 관리기술 개발	건설재료 통합 LCI 평가기술 개발 건설재료 LCI DB구축 건설재료 LCI DB통합관리 시스템 개발
	세부과제 목표 : 탄소배출 주요 건설재료의 LCI평가기술 개발과 이를 통한 건설재료의 LCI DB구축 및 통합관리 시스템 개발	
	세부과제명 : 건설재료 전과정CO ₂ 저감 및 평가 · 관리기술 개발	건설재료 생산분야 CO₂저감 및 평가 · 관리기술 개발 건설재료 사용 · 유지관리 분야 CO₂저감 및 평가 · 관리기술 개발 건설재료 해체 · 폐기 분야 CO₂저감 및 평가 · 관리 기술 개발
	세부과제 목표 : 건설재료 생산, 사용 · 유지관리, 해체 · 폐기분야에 따른 전과정 단계별 CO₂저감 및 평가 · 관리기술 개발	
연구단 목표 탄소저감형 건설재료 기반 녹색건설을 통한 국가 탄소저감 정책 목표 달성을 위한 건설재료 전과정 CO₂통합관리 및 보급기술 개발	세부과제명 : 건설재료 탄소라벨링 제도 및 관리시스템 개발	건설재료 탄소라벨링 제도 개발 건설재료 탄소라벨링 관리시스템 개발
	세부과제 목표 : - 국가공인 건설재료 탄소라벨링 시스템개발 및 제도화 실현 - 탄소라벨링 관리시스템을 통한 탄소라벨링 제도의 시장점유율 40%이상 달성	
	세부과제명 : 건설재료 친환경 표준시방서 개발	건설재료 친환경 표준시방서 작성 일반지침 개발 건설재료 친환경 표준시방서 작성 세부지침 개발 건설재료 친환경 표준시방서 개발 및 보급
	세부과제 목표 : 건설 재료 친환경 표준시방 지침에 에코디자인(Eco-Design)개념을 접목한 친환경 표준시방 지침의 개발 및 보급	

4장 연구개발과제 주요내용 및 기대효과

1절 연구개발과제 주요내용

1. CO₂ 저감형 시멘트·콘크리트 개발 및 활용 연구단

구분	과제명	주요내용	최종 성과물
연구단 총괄	CO ₂ 저감형 시멘트·콘크리트 개발 및 활용 연구단	•CO₂저감형 시멘트계 재료기술 개발 •CO₂저감형 콘크리트 제조 기술개발 •CO₂저감형 콘크리트활용 기술 개발	
1세부과제	CO ₂ 저감형 시멘트계 재료 기술개발	•석회석 광물을 이용한 CO₂저감형 차세대 혼합 시멘트 (PLC) 생산 기술 개발 •CO₂대량 흡수형 시멘트계 광합성 건설재료 개발 •Free CaO 활용 무기계 고화재 및 인공도양 개발	
1-1 (공동)	석회석 광물을 이용한 CO ₂ 저감형 차세대 혼합 시멘트 (PLC) 생산기술 개발	•국내 석회석이 시멘트 특성에 미치는 영향 분석 •Poland Limestone Cement(PLC)의 물성연구 및 콘크리트 적용기술 개발	•석회석 광물을 이용한 CO₂ 저감형 차세대 혼합시멘트(PLC) 개발 - Poland Limestone Cement (PLC) 국가표준(안) 1건 개발 •개발된 CO₂ 대량 흡수 분체의 CO₂ 고정화량 화학 정량 평가 •비산재 폐기물을 이용한 하수 슬러지 고화재 제조 기술
1-2 (공동)	CO ₂ 대량 흡수형 시멘트계 광합성 건설재료 개발	•CO₂흡수능력이 기존 시멘트계 재료 보다 1.5배 향상된 시멘트계 복합원천 소재 개발 •CO₂흡수 시멘트계 소재를 활용한 건설 마감재 개발	
1-3 (공동)	Free CaO 활용 무기계 고화재 및 인공도양 개발	•하수슬러지의 물성분석 및 기존 고화재의 현활분석 •고칼슘 비산재 및 기타 폐자원의 물리화학적 특성분석 및 적용대상 연구	

2세부과제		CO ₂ 저감형 콘크리트 제조 기술개발	•저탄소 고내구성 무수시멘트 콘크리트의 레미콘 배합설계 기술개발 •정유산업 부산 SPC(황-폴리머 시멘트)를 활용한 초내식성 해양환경 콘크리트 개발 •비정질 강섬유를 활용한 CO₂저감형 강섬유보강 콘크리트 개발	•현장적용형 무시멘트 바인더 개발 및 이를 활용한 레미콘 배합설계 원천기술 •성능기반 고내구성 무시멘트 콘크리트 배합설계 지침 및 프로그램 •SPC를 활용한 해양환경 적용 콘크리트 개발 •SPC 콘크리트 생산을 위한 실증화 Pilot Plant 공정기술 개발 •바닥용 및 슛크리트용 비정질 steel fiber 제조 및 물성 검토 •비정질 steel fiber의 생산 및 콘크리트 활용기술 개발
	2-1 (공동)	저탄소 고내구성 무수시멘트 콘크리트의 레미콘 배합설계 기술개발	•시멘트 대체를 위한 결합재 배합표준 제시 •나노슬래그를 활용한 무시멘트 콘크리트의 내구성 향상기술 개발	
	2-1 (공동)	정유산업 부산 SPC(황-폴리머 시멘트)를 활용한 초내식성 해양환경 콘크리트 개발	•콘크리트의 내구성을 향상시키고, 특수환경(해양구조물)에서의 사용 접근성을 높일 수 있는 시멘트 콘크리트 개발 •해양 및 특수환경하에 적용 가능한 초내식, 고성능 SPC 콘크리트 개발	
	2-1 (공동)	비정질 강섬유를 활용한 CO ₂ 저감형 강섬유보강 콘크리트 개발	•에너지 저감형 비정질 Steel Fiber 생산기술 검토 및 개선 •에너지 저감형 비정질 Steel Fiber 사용 콘크리트의 최적배합 도출	
3세부과제		CO ₂ 저감형 콘크리트활용 기술 개발	•IT 기술 융합을 통한 Smart 콘크리트 시스템 개발 •조강 및 속경기술을 활용한 프리캐스트 콘크리트 재료에너지 양생 시스템 개발 •레이콘 회수수의 탄산화를 통한 CO₂고정화 기술 개발 •미생물을 활용한 콘크리트 표면 열차단 코팅기술 개발	•IT 기술(스마트센서 및 계측시스템)을 이용한 콘크리트의 성능예측 및 제어시스템 개발 및 실용화 •조강 속경 기술을 활용한 스팀양생이 없는 재료 에너지 프리캐스트 콘크리트 제조 시스템 개발 및 실용화 •레이콘 회수수 및 슬러지를 활용한 CO₂ 고정화 기술 및 중화처리 폐기 시스템 개발 및 실용화
	3-1 (공동)	IT 기술 융합을 통한 Smart 콘크리트 시스템 개발	•IT 기술을 이용한 콘크리트의 물리/화학적 특성예측 및 제어를 통한 콘크리트 CO ₂ 발생량 저장 기술개발	
	3-2 (공동)	조강 및 속경기술을 활용한 프리캐스트 콘크리트 재료에너지 양생 시스템 개발	•속경형 재료의 활용을 통한 스팀양생이 없는 콘크리트 생산시스템 개발	
	3-3 (공동)	레이콘 회수수의 탄산화를 통한 CO ₂ 고정화 기술 개발	•레이콘 회수수의 탄산화 반응을 이용한 CO ₂ 대량 고정화에 대한 원천기술 개발	
	3-4 (공동)	미생물을 활용한 콘크리트 표면 열차단 코팅 기술 개발	•미생물을 Bio-mineralization에 의한 Solid Carbonate의 Formation 개발	

2. CO₂ 저감형 고기능성 건설자재개발 연구단

구분	과제명	주요내용	최종 성과물
연구단 총괄		•신소재 활용 고기능 CO₂저감 건설자재개발 •바이오매스활용 CO₂저감 건설자재개발 •저탄소 고기능 벽체시스템 개발	
1세부과제	신소재 활용 고기능 CO ₂ 저감 건설자재개발	•온도감응 변한 박막소재 기술 적용 스마트윈도우 창호기술 개발 •상변화물질(Phase change Materials:PCM)을 이용한 냉방 및 난방 에너지 자체 생산 건설재료 개발	•에너지 초절감형 스마트창호기술 실용화기반기술 확립 및 제품개발 •열차단필름을 적용한 스마트 윈도우 창호 개발 •우수한 축열 및 온도조절이 가능한 상변화물질 원천소재 개발
	1-1 (공동)	온도감응 변한 박막소재 기술 적용 스마트윈도우 창호기술 개발	
	1-2 (공동)	상변화물질(Phase change Materials:PCM)을 이용한 냉방 및 난방 에너지 자체 생산 건설재료 개발	
2세부과제		•분자량 저감을 통한 생분해 시간제어 매립용 인조목 개발 •CO₂저감 극대화 기술 접목한 친환경 인조목재 패턴형 건축 내장재 및 친환경성능평가법 개발	•생분해 시간제어 및 탄소저감형 원료소재 및 제품 생산 기술 제품 •탄소저감 실현, 무해성 및 환경부하 저감을 위한 제품 개발 •CO₂ 저감 극대화 기술 접목한 친환경 인조 목재 패턴형 건축 내장재 개발 •CO₂ 저감 극대화 기술 접목한 친환경 인조 목재 패턴형 건축 내장재의 친환경성 및 성능 평가법 개발(국가 규격 및 표준)
	2-1 (공동)	분자량 저감을 통한 생분해 시간제어 매립용 인조목 개발	
	2-2 (공동)	CO ₂ 저감 극대화 기술 접목한 친환경 인조목재 패턴형 건축 내장재 및 친환경성능평가법 개발	

3세부과제		저탄소 고효능 벽체시스템 개발	•조립식 고단열 외피시스템을 이용한 프리캐스트 제작 및 시공방법 개발 •나노 실리케이트 복합소재를 활용한 친환경 하이브리드 단열벽체 개발 •고단열 고효율 콘크리트 저탄소 생산 주력기술 개발	•기동, 보, 벽체에 적용가능한 탄소절감형 PC 부재 •고단열 조립식 벽체 •고단열 조립식 벽체에 대한 설계 및 공법개발 •친환경 내화성 하이브리드형 유무기 복합소재 •경질, 경량 벽체 시스템 개발 •하이브리드형 단열벽체 관련 시공지침 마련 •고경량 단열 콘크리트의 개발 •경량 단열 고강도 콘크리트 개발 •열전재료 또는 상변화물질을 활용한 에너지 저장 건설재료 개발 •실증 HOUSE 구축을 통한 에너지 절감형 건설재료 및 시스템의 성능 검증
	3-1 (공동)	조립식 고단열 외피시스템을 이용한 프리캐스트 제작 및 시공방법 개발	•조립식 외피 시스템과 고단열 외피시스템의 기술 융복합	
	3-2 (공동)	나노 실리케이트 복합소재를 활용한 친환경 하이브리드 단열벽체 개발	•친환경성(탄소저감형)을 강조한 내화성 유무기 복합소재 단열벽체 개발 •경질, 경량 재질의 하이브리드형 벽체 시스템 개발 •경질, 경량의 내화성 유무기 복합 단열벽체 제조공정의 실증화 pilot plant 공정개발	
	3-3 (공동)	고단열 고효율 콘크리트 저탄소 생산 주력기술 개발	•에너지 효율 건설재료 활용 시스템 개발 및 실증 HOUSE 구축 •에너지 고효율 건설재료(콘크리트 구조) 개발	

3. 건설재료 전과정 CO₂ 통합관리 및 보급기술

구분	과제명	주요내용	최종 성과물
연구단 총괄	건설재료 전과정 CO ₂ 통합관리 및 보급기술 개발	•건설재료 LCI DB 구축 및 통합 평가·관리 기술 개발 •건설재료 전과정 CO₂저감 및 평가·관리 기술 개발 •건설재료 탄소라벨링 제도 및 관리 시스템 개발 •건설재료 탄소라벨링 관리 시스템 개발	
1세부과제	건설재료 LCI DB 구축 및 통합 평가·관리 기술 개발	•건설재료 LCI 통합 평가 기술 개발 •건설재료 LCI DB구축 •건설재료 LCI 통합 관리 시스템 개발	•건설재료 LCI DB •건설재료 LCI 평가 프로그램 •건설재료 LCI 통합 관리 시스템
	1-1 (공동)	건설재료 LCI 통합 평가 기술 개발	
	1-2 (공동)	건설재료 LCI DB구축	
	1-3 (공동)	건설재료 LCI 통합 관리 시스템 개발	
2세부과제	건설재료 전과정 CO ₂ 저감 및 평가·관리 기술 개발	•건설재료 생산 분야 CO₂저감 및 평가·관리 기술 개발 •건설재료 사용·유지 관리 분야 CO₂저감 및 평가·관리 기술 개발 •건설재료 해체·폐기 분야 CO₂저감 및 평가·관리 기술 개발	•건설재료 전과정 CO₂ 저감 및 평가·관리 기술 개발 •건설재료 전과정 단계별 CO₂ 평가 기법 구축 •건설재료 전과정 단계별 CO₂ 저감 표준 가이드라인 개발 •건설재료 전과정 단계별 CO₂ 배출원단위 개발
	2-1 (공동)	건설재료 생산 분야 CO ₂ 저감 및 평가·관리 기술 개발	
	2-1 (공동)	건설재료 사용·유지 관리 분야 CO ₂ 저감 및 평가·관리 기술 개발	
	2-1 (공동)	건설재료 해체·폐기 분야 CO ₂ 저감 및 평가·관리 기술 개발	

3세부과제	건설재료 탄소라벨링 제도 및 관리 시스템 개발		•건설재료 탄소라벨링 제도 개발 •조강 및 속경기술을 활용한 프리캐스트 콘크리트 제로에너지 양생 시스템 개발	•탄소라벨링 작성 지침서(PCR: Product Category Rule) 건설자재/재료 CFP 선정 프로그램 및 매뉴얼 •탄소라벨링 인증시스템 및 관리 시스템 관련 지침 및 가이드라인 탄소라벨링 보급 확산을 위한 지원방안 보고서
	3-1 (공동)	건설재료 탄소라벨링 제도 개발	•국제기준의 건설재료 PCR개발 •건설재료 CFP 선정 시스템 개발 •탄소라벨링 인증기관 및 인증 프로세스 구축 •인증심사원의 자격 및 양성 시스템 구축 및 시범사업	
	3-2 (공동)	건설재료 탄소라벨링 관리시스템 개발	•소비자 지원 정보제공 시스템 개발 •평과관리 시스템 개발 •탄소라벨링 제품 공급망 시스템(SCM) 구축 •제도 보급·확대 방안	
4세부과제	건설재료 탄소라벨링 관리 시스템 개발		•건설재료 친환경 표준시방서 작성 일반지침 개발 •건설재료 친환경 표준시방서 작성 세부지침 개발 •건설재료 친환경 표준시방서 개발 및 보급	•건설재료 친환경 표준시방서 개발 및 보급
	4-1 (공동)	건설재료 친환경 표준시방서 작성 일반지침 개발	•건설재료의 개발과정에서 에코디자인 적용 사례집 개발 •건설재료의 친환경 표준시방서 일반지침안 개발 •일반지침안 시범적용을 통한 실행가능성 분석 수행	
	4-2 (공동)	건설재료 친환경 표준시방서 작성 세부지침 개발	•기능별 분류 및 대표 자재 대상 시범적용 •유사 기능의 재료별로 에코디자인 수행을 위한 세부지침 개발 •참여제품에 대한 우수 적용사례집 발간	
	4-3 (공동)	건설재료 친환경 표준시방서 개발 및 보급	•100개 건설재료에 대한 친환경 표준시방서 개발 •친환경 표준시방서 보급을 위한 온라인 시스템 개발 •친환경 표준시방서 자료집 제작	

2절 연구개발과제 활용방안

1. CO₂ 저감형 시멘트·콘크리트 개발 및 활용과제

구분	과제명	최종 성과물	최종수요처	활용방안
연구단 총괄		CO ₂ 저감형 시멘트·콘크리트 개발 및 활용 연구단		
1세부과제	CO ₂ 저감형 시멘트계 재료 기술개발			
	1-1 (공동)	석회석 광물을 이용한 CO ₂ 저감형 차세대 혼합 시멘트 (PLC) 생산기술 개발	•국내외 시멘트 업체 및 레이콘 업체 •국내외 혼화재료 및 혼화제 생산 업체 •시멘트·콘크리트 2차제품 회사	•관련 기업 중심의 시제품 생산 •Poland Limestone Cement(PLC) 국가표준(안) 제정 •CO₂ 대량흡수 분체 대량 생산 시스템 구축 •CO₂ 대량흡수 분체를 활용한 건설 마감재 개발 및 실용화
	1-2 (공동)	CO ₂ 대량 흡수형 시멘트계 광합성 건설재료 개발		
	1-3 (공동)	Free CaO 활용 무기계 고화재 및 인공도양 개발		
	2세부과제	CO ₂ 저감형 콘크리트 제조 기술개발	•현장적용형 무시멘트 바인더 개발 및 이를 활용한 레이콘 배합설계 원천기술 •성능기반 고내구성 무시멘트 콘크리트 배합설계 지침 및 프로그램 •SPC를 활용한 해양환경 적용 콘크리트 개발 •SPC 콘크리트 생산을 위한 실증화 Pilot Plant 공정기술 개발 •바닥용 및 쉷크리트용 비정질 steel fiber 제조 및 물성 검토	•중소기업 기술이전을 통한 2차제품 생산 •레이콘 배합설계 기술의 현장 적용 •무시멘트 레이콘 배합에 대한 KS 규격화 및 표준시방서 삽입 추진 •SPC 바인더 및 콘크리트 인증 및 평가기술 확립 •Pilot plant에서의 바인더 및 콘크리트 시험 생산
3세부과제	3-1 (공동)	IT 기술 융합을 통한 Smart 콘크리트 시스템 개발		
	3-2 (공동)	조강 및 속경기술을 활용한 프리캐스트 콘크리트 제로에너지 양생 시스템 개발		
	3-3 (공동)	레이콘 회수수의 탄산화를 통한 CO ₂ 고정화 기술 개발		
	3-4 (공동)	미생물을 활용한 콘크리트 표면 열차단 코팅기술 개발		
	3-4 (공동)	미생물을 활용한 콘크리트 표면 열차단 코팅기술 개발		

2. CO₂ 저감형 고기능성 건설자재개발

구분	과제명	최종 성과물	최종수요처	활용방안
연구단 총괄	CO ₂ 저감형 고기능성 건설자재 개발 연구단			
1세부과제	산소재 활용 고기능 CO ₂ 저감 건설자재개발	•에너지 초절감형 스마트창호기술 실용화기반기술 확립 및 제품개발 •열차단필름을 적용한 스마트 윈도우 창호 개발 •우수한 축열 및 온도조절이 가능한 상변화물질 원천소재 개발	•국내외 창호 회사 (한글라스, 한화 L&C, LG 하우스시스), 건설회사 등 •국내외 건설 업체, 발주 기관, 시공사 •국내외 건축용 내,외장재 생산업체 •국내외 조경 설계, 디자인 시공업체	•관련 제조기업 중심의 시제품 생산 •열에너지 조절형 다기능 창호시스템의 테스트베드 실용화 검증 및 종합성능평가 •관련 중소 기업 중심의 시제품 생산 •국내,외 친환경 공인 인증 확보 및 국가 친환경 표준화 작업 •국내,외 전시회 홍보
2세부과제	바이오매스활용 CO ₂ 저감 건설자재개발	•생분해 시간제어 및 탄소저감형 원료소재 및 제품 생산 기술 제품 •탄소저감 실현, 무해성 및 환경부하 저감을 위한 제품 개발 •CO₂ 저감 극대화 기술 접목한 친환경 인조 목재 패턴형 건축 내장재 개발 •CO₂ 저감 극대화 기술 접목한 친환경 인조 목재 패턴형 건축 내장재의 친환경성 및 성능 평가법 개발(국가 규격 및 표준)	•토목 건설업체, 시공사, 지자체 •건축 토목 등 건설 관련 원자재 생산업체 •산업용품, 포장자재 제조 업체 등 다양한 산업분야로 확산 적용 •국내외 건설 업체, 발주 기관, 시공사 •국내외 건축용 내,외장재 생산업체 •국내외 조경 설계, 디자인 시공업체	•관련 중소기업 중심의 시제품 생산 •1단계로 원료 소개개발, 2단계로 시제품 개발, 3단계로 대량생산 설비를 통한 대규모 Mock up test 진행 후 완제품 적용 수행 •관련 중소 기업 중심의 시제품 생산 •국내,외 친환경 공인 인증 확보 및 국가 친환경 표준화 작업 •국내,외 전시회 홍보
3세부과제	저탄소 고기능 벽체시스템 개발	•기둥, 보, 벽체에 적용가능한 탄소절감형 PC 부재 •친환경 내화성 하이브리드형 유무기 복합소재 •경량, 경량 벽체 시스템 개발 •하이브리드형 단열벽체 관련 시공지침 마련 •고경량 단열 콘크리트의 개발 •경량 단열 고강도 콘크리트 개발 •열전재료 또는 상변화물질을 활용한 에너지 저장 건설재료 개발 •실증 HOUSE 구축을 통한 에너지 절감형 건설재료 및 시스템의 성능 검증	•국내외 레미콘 업체 및 시공업체 •결로생성을 완화시키므로 콘크리트 보수 업체 •관련 프로그램 판매 업체	•공동주택단지의 지하주차장의 기존 PC교체 •플랫플레이트 슬래브 공법에 적용되는 조립식 외벽 •건축물의 주요 골조 및 외벽에 적용 (대형 건설사) •고경량 단열 콘크리트 및 경량 단열 고강도 콘크리트 •열전재료를 고려한 건설자재 (벽체, 내/외장재) •에너지 평가기준 및 성능 가이드라인의 제시

- 158 -

3. 건설재료 전과정 CO₂ 통합관리 및 보급기술

구분	과제명	최종 성과물	최종수요처	활용방안
연구단 총괄	건설재료 전과정 CO ₂ 통합관리 및 보급 기술개발			
1세부과제	건설재료 LCI DB 구축 및 통합 평가·관리 기술 개발	•건설재료 LCI DB •건설재료 LCI 평가 프로그램 •건설재료 LCI 통합 관리 시스템	•국내외 건축자재 업체 •국내외 건설재료 업체 •건설업체의 내부 설계, 유지관리, 해체, 폐기 등 건설 전과정 중의 건설관련 관계자	•건설구조물의 전생애 과정(설계/생산/시공/운영/유지관리/해체폐기)의 건설실무자에게 건설재료의 지속가능한 LCI 정보 제공 •시공현장의 온실가스 자체평가 및 관리능력 제고
2세부과제	건설재료 전과정 CO ₂ 저감 및 평가·관리 기술 개발	•건설재료 전과정 CO₂ 저감 및 평가·관리 기술 개발 •건설재료 전과정 단계별 CO₂ 평가 기법 구축 •건설재료 전과정 단계별 CO₂ 저감 표준 가이드라인 개발 •건설재료 전과정 단계별 CO₂ 배출원단위 개발	•국내외 건축자재/재료 업체 •건설업체의 내부 설계 관계자 •국내외유지보수 업체	•국내외 유지보수 업체에 사용·유지관리 분야 평가 프로그램 보급을 통한 CO₂ 저감 평가·관리 기술 보급 •국내외 유지보수 업체에 CO₂ 저감 표준 가이드라인 보급을 위한 컨텐츠포럼 개발 •국내외 유지보수 업체 CO₂ 배출원단위 적용
3세부과제	건설재료 탄소라벨링 제도 및 관리 시스템 개발	•탄소라벨링 작성 지침서(PCP: Product Category Rule) •건설자재/재료 CFP 선정 프로그램 및 매뉴얼 •탄소라벨링 인증시스템 및 관리 시스템 관련 지침 및 가이드라인 •탄소라벨링 보급 확산을 위한 지원방안 보고서	•건축재료의 환경성 정보 관련 주관부처 •국내 건설자재 및 건설재료 업체 •발주기관 및 시공사 •설계·시공·유지관리·해체·폐기 등 건설 전과정 중의 건설관련 관계자 •일반 소비자	•건설재료부문 특화 탄소라벨링 제도화 •정부 주도의 탄소라벨링 관리시스템 구축 및 보급
4세부과제	건설재료 탄소라벨링 관리 시스템 개발	•건설재료 친환경 표준시방서 작성 일반 지침 개발 •건설재료 친환경 표준시방서 작성 세부 지침 개발 •건설재료 친환경 표준시방서 개발 및 보급	•국내외 건축자재 업체 •국내외 건설재료 업체 •건설업체의 내부 설계 관계자	•건설재료에 대한 에코디자인 사례집 기업배포 및 단계적 유료화 •건설재료의 친환경 표준시방서 일반 지침의 온라인보급시스템을 통한 판매

- 159 -

3절 기대효과

1. 탄소저감형 건설재료 기획연구의 기대효과

정책적 측면	- 건설산업에서의 CO₂ 저감 기술 개발을 통한 2030년에 BAU대비 30% CO₂ 저감 실현 - 전 세계적으로 구조물 에너지 절감을 위한 제로 에너지 주택, Green 정책 도입 - 우리나라도 정부의 저탄소 녹색성장 국정비전에 따라 2020 গ্র린홈 100만호 사업 발표 - 폐기물 발생억제, 재사용 및 재활용, 에너지 자원화, 안전처리 시스템 통한 제로 Waste 전략 - 구조물 LCCO₂ 평가제도 도입 및 LCCO₂ 총량제 법률 검토 등 건설자재 LCCO₂ 평가시스템 확립
기술적 측면	- 건설산업 탄소저감은 저탄소 건설재료를 플랫폼기술로 하는 원천 요소기술 개발 - 건설재료 발생 CO₂는 원천소재 기술과 함께 CO₂ 이용/흡수/저장 기술 활용 - 건설재료는 친환경기술 이외에 고단열성, 흡음성, 불연성 등의 고성능/최첨단 기술 도입 - 건설재료는 유/무기계 원천기술과 건축/토목 응용기술이 융합한 기술 개발로 학제간 연구 활발 - 건설재료의 제조/시공/운영/해체를 포함하는 건설재료 LCCO₂ 평가기술 확립
경제적 측면	- LCCO₂ 를 저감하기 위한 건설재료의 개발은 경제성을 고려하여 지속가능성 개념 정립 - CO₂를 저감하는 건설재료의 개발은 재료분야의 녹색산업을 창출하여 신규 일자리를 창출하는 기회 제공 - CDM에 의한 CO₂ 거래에 있어 건설재료의 CO₂저감은 직접적으로 CDM효과를 창출 - 건설폐기물, 산업부산물 등을 활용한 CO₂저감형 건설재료의 활용에 의한 직접적 경제효과 창출 - 전 세계의 Green Building 시장은 기하급수적으로 증가하고 있어 저탄소 건설재료 산업 발전
학술적 측면	- CO₂를 저감시키는 건설재료 원천기술 신 학문영역 창출 - 모든 건설활동을 CO₂로 평가하고 경제성을 고려하는 지속가능성 학문분야 창출 - CO₂ 저감, CO₂ 제로, CO₂ 중립, CO₂ 오프셋분야에서의 융합학문 영역 확대

2. (연구단) CO₂ 저감형 시멘트·콘크리트 개발 및 활용과제 기대효과

정책적 측면	- 건설산업에서의 CO₂ 저감 기술 개발을 통한 2030년에 BAU대비 30% CO₂ 저감 실현 - 폐기물 발생억제, 재사용 및 재활용, 에너지 자원화, 안전처리 시스템 통한 제로 Waste 전략수립 - CO₂ 저감형 차세대 혼합시멘트 제조기술, 콘크리트 활용기술 및 국가표준(안)을 개발
기술적 측면	- 건설산업 탄소저감은 저탄소 건설재료를 플랫폼기술로 하는 원천 요소기술 개발 - 시멘트분야의 온실가스 저감을 위해 다양한 기술개발이 진행되고 있으나 혼합시멘트 사용 확대 관련 기술개발이 국내 실정을 반영한 시멘트분야 온실가스 저감을 위한 실질적 방법임.제조 설비 에너지 효율 향상 기술 → 세계 최고수준의 에너지 효율 실현
경제적 측면	- 건설폐기물, 산업부산물 등을 활용한 CO₂저감형 건설재료의 활용에 의한 직접적 경제효과 창출 - 전 세계의 Green Building 시장은 기하급수적으로 증가하고 있어 저탄소 건설재료 산업 발전 - 콘크리트에 사용하는 보통 포틀랜드 시멘트를 CO₂ 발생 원단위가 높은 소재로 대체함에 따른 막대한 CO₂ 배출저감 및 천연자원 보호
학술적 측면	- CO₂를 저감시키는 건설재료 원천기술 신 학문영역 창출 - 모든 건설활동을 CO₂로 평가하고 경제성을 고려하는 지속가능성 학문분야 창출 - CO₂ 저감, CO₂ 제로, CO₂ 중립, CO₂ 오프셋분야에서의 융합학문 영역 확대

3. (연구단) CO₂ 저감형 고기능성 건설자재개발과제 기대효과

정책적 측면	- 건설산업에서의 CO₂ 저감 기술 개발을 통한 2030년에 BAU대비 30% CO₂저감 실현 - 정부는 법규개정 및 제도 개선을 통해 창호의 에너지효능을 높이기 위한 작업으로 고기능성 단열필름을 적용하여 열관류율을 선진국 수준으로 낮춰 단열성능을 향상
기술적 측면	- 건설재료는 친환경기술 이외에 고단열성, 흡음성, 불연성 등의 고성능/최첨단 기술 도입 - 건설재료는 유/무기계 원천기술과 건축/토목 응용기술이 융합한 기술 개발로 학제간 연구 활발
경제적 측면	- CO₂를 저감하는 건설재료의 개발은 재료분야의 녹색산업을 창출하여 신규 일자리를 창출하는 기회 제공 - CDM에 의한 CO₂ 거래에 있어 건설재료의 CO₂저감은 직접적으로 CDM효과를 창출 - 건설폐기물, 산업부산물 등을 활용한 CO₂저감형 건설재료의 활용에 의한 직접적 경제효과 창출
학술적 측면	- CO₂를 저감시키는 건설재료 원천기술 신 학문영역 창출 - 모든 건설활동을 CO₂로 평가하고 경제성을 고려하는 지속가능성 학문분야 창출 - CO₂ 저감, CO₂ 제로, CO₂ 중립, CO₂ 오프셋분야에서의 융합학문 영역 확대

3. (연구단) 건설재료 전과정 CO₂ 통합관리 및 보급기술과제 기대효과

정책적 측면	- 건설산업에서의 CO₂ 저감 기술 개발을 통한 2030년에 BAU대비 30% CO₂ 저감 실현 - 구조물 LCCO₂ 평가제도 도입 및 LCCO₂ 총량제 법률 검토 등 건설자재 LCCO₂ 평가시스템 확립 - 건설자재의 탄소라벨링 의무화 실현
기술적 측면	- 건설재료의 제조/시공/운영/해체를 포함하는 건설재료 LCCO₂ 평가기술 확립 - 건설재료 전과정 CO₂ 통합관리 시스템 운영
경제적 측면	LCCO₂ 를 저감하기 위한 건설재료의 개발은 경제성을 고려하여 지속가능성 개념 정립
학술적 측면	- CO₂를 저감시키는 건설재료 원천기술 신 학문영역 창출 - 모든 건설활동을 CO₂로 평가하고 경제성을 고려하는 지속가능성 학문분야 창출 - CO₂ 저감, CO₂ 제로, CO₂ 중립, CO₂ 음셀분야에서의 융합학문 영역 확대

5장 연구개발과제 소요예산

1절 (연구단) CO₂저감형 시멘트·콘크리트 개발 및 활용과제 소요예산

(단위 : 천원)

과제명	1차년		2차년		3차년		4차년		5차년(max)		합계	
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간
연구단 총괄	3,570,000	-	3,880,000	-	4,210,000	-	2,720,000	-	1,820,000	-	16,200,000	-
1세 부과제	610,000	-	820,000	-	1,030,000	-	1,030,000	-	510,000	-	4,000,000	-
1-1(공동)	100,000	-	300,000	-	300,000	-	300,000	-	-	-	1,000,000	-
1-2(공동)	310,000	-	320,000	-	530,000	-	530,000	-	310,000	-	2,000,000	-
1-3(공동)	200,000	-	200,000	-	200,000	-	200,000	-	200,000	-	1,000,000	-
2세 부과제	2,010,000	-	2,120,000	-	2,130,000	-	530,000	-	310,000	-	7,100,000	-
2-1(공동)	310,000	-	320,000	-	530,000	-	530,000	-	310,000	-	2,000,000	-
2-2(공동)	800,000	-	800,000	-	800,000	-	-	-	-	-	2,400,000	-
2-3(공동)	900,000	-	1,000,000	-	800,000	-	-	-	-	-	2,700,000	-
3세 부과제	950,000	-	940,000	-	1,050,000	-	1,160,000	-	1,000,000	-	5,100,000	-
3-1(공동)	250,000	-	240,000	-	200,000	-	160,000	-	150,000	-	1,000,000	-
3-2(공동)	250,000	-	250,000	-	250,000	-	350,000	-	300,000	-	1,400,000	-
3-3(공동)	200,000	-	200,000	-	250,000	-	300,000	-	250,000	-	1,200,000	-
3-4(공동)	250,000	-	250,000	-	350,000	-	350,000	-	300,000	-	1,500,000	-

2절 (연구단) CO₂저감형 고기능성 건설자재개발 과제 소요예산

(단위 : 천원)

과제명	1차년		2차년		3차년		합계	
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간
연구단 총괄	6,950,000	-	6,650,000	-	7,400,000	-	21,000,000	-
1세부과제	2,300,000	-	2,000,000	-	2,400,000	-	6,700,000	-
1-1(공동)	1,500,000	-	1,400,000	-	1,600,000	-	4,500,000	-
1-2(공동)	800,000	-	600,000	-	800,000	-	2,200,000	-
2세부과제	1,700,000	-	1,700,000	-	1,800,000	-	5,200,000	-
2-1(공동)	1,000,000	-	1,000,000	-	1,000,000	-	3,000,000	-
2-2(공동)	700,000	-	700,000	-	800,000	-	2,200,000	-
3세부과제	2,950,000	-	2,950,000	-	3,200,000	-	9,100,000	-
3-1(공동)	700,000	-	700,000	-	800,000	-	2,200,000	-
3-2(공동)	1,500,000	-	1,500,000	-	1,500,000	-	4,500,000	-
3-3(공동)	750,000	-	750,000	-	900,000	-	2,400,000	-

- 164 -

3절 (연구단) 건설재료 전과정CO₂ 통합관리 및 보급기술개발 과제 소요예산

(단위 : 천원)

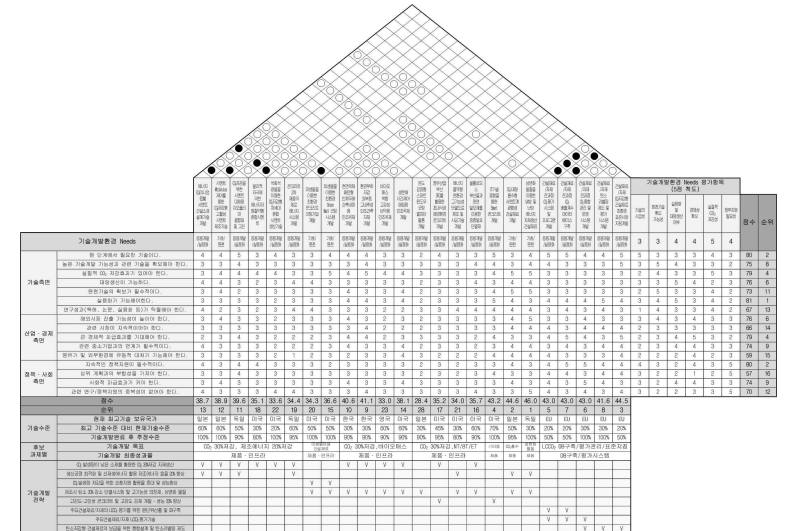
과제명	1차년		2차년		3차년		4차년		5차년(max)		합계	
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간
연구단 총괄	1,700,000	-	2,000,000	-	3,300,000	-	2,800,000	-	2,200,000	-	12,000,000	-
1세부과제	400,000	-	400,000	-	800,000	-	800,000	-	600,000	-	3,000,000	-
1-1(공동)	100,000	-	100,000	-	300,000	-	300,000	-	200,000	-	1,000,000	-
1-2(공동)	100,000	-	100,000	-	300,000	-	300,000	-	200,000	-	1,000,000	-
1-3(공동)	200,000	-	200,000	-	200,000	-	200,000	-	200,000	-	1,000,000	-
2세부과제	700,000	-	800,000	-	1,200,000	-	1,000,000	-	800,000	-	4,500,000	-
2-1(공동)	300,000	-	400,000	-	400,000	-	200,000	-	200,000	-	1,500,000	-
2-2(공동)	200,000	-	200,000	-	500,000	-	400,000	-	200,000	-	1,500,000	-
2-3(공동)	200,000	-	200,000	-	300,000	-	400,000	-	400,000	-	1,500,000	-
3세부과제	300,000	-	300,000	-	500,000	-	500,000	-	400,000	-	2,000,000	-
3-1(공동)	200,000	-	100,000	-	200,000	-	200,000	-	200,000	-	900,000	-
3-2(공동)	100,000	-	200,000	-	300,000	-	300,000	-	200,000	-	1,100,000	-
4세부과제	300,000	-	500,000	-	800,000	-	500,000	-	400,000	-	25,00,000	-
4-1(공동)	100,000	-	200,000	-	400,000	-	100,000	-	100,000	-	900,000	-
4-2(공동)	100,000	-	200,000	-	300,000	-	100,000	-	100,000	-	800,000	-
4-3(공동)	100,000	-	100,000	-	100,000	-	300,000	-	200,000	-	800,000	-

- 165 -

1. 후보과제 우선순위 도출결과 및 과제카드

■ 후보과제 우선순위 도출

- 다음과 같이 QFD 방법론을 이용한 우선순위 도출
- 우선순위 도출을 통한 24개의 과제 도출



■ 후보과제 우선순위 도출을 통한 24개의 과제 도출

연번	후보과제명	연번	후보과제명
1	에너지·CO ₂ 미니멈(ECM) 시멘트 건설소재 설계기술 개발	13	온도감응형 스마트 윈도우 코팅 열차단 필름 개발
2	시멘트 modulus 제어를 통한 CO ₂ 저장형 고효율성 시멘트 제조기술 개발	14	정유산업 부산 SPC(황-폴리머 시멘트)를 활용한 초내식성 해양환경 콘크리트 개발
3	CO ₂ 저장을 위한 시멘트 대체용 지오폴리머 결합재 및 그린 콘크리트 개발	15	에너지 절약형 친환경 고기능성 차단열도료 제조 및 시공기술 개발
4	물리적 자극에 의한 에너지·자원 절약형 혼합 시멘트·콘크리트 개발 및 상용화 기술개발	16	셀룰로오스 부산물과 천연발포재를 이용한 중충발포단열재 개발
5	선회석 광물을 이용한 CO ₂ 저장형 차세대 혼합 시멘트 (PLC) 생산기술 개발	17	IT 기술 융합을 통한 Smart 콘크리트 개발
6	콘크리트 2차 제품의 재료에너지 시스템 개발	18	CO ₂ 대량 흡수형 시멘트계 광합성 건설재료 개발
7	미생물을 이용한 친환경 콘크리트의 코팅기법 개발	19	상변화물질을 이용한 냉방 및 난방 에너지 자체 생산 건설재료 개발
8	미생물을 이용한 친환경 Green Wall 코팅 시스템 개발	20	건설재료/자체 전과정 CO ₂ 평가 시스템 및 프로그램 개발
9	천연목재 패턴형 인체무해 건축 내장용 인조목재 개발	21	건설재료/자체 전과정 CO ₂ 배출계수 데이터베이스 구축
10	환경부하 저감 외부용 고내후성 인조건축자재 개발	22	건설재료/자체 전과정 CO ₂ 통합관리 및 운영 시스템 개발
11	바이오 매스 복합 고강성 바닥용 인조목재 보드개발	23	건설재료/자체 탄소라벨링 제도 및 평가관리 시스템 개발
12	생분해 시멘터제에 매립용 인조목 개발	24	건설재료/자체 건설재료 친환경 표지상자 지침 개발

■ 후보과제별 과제카드

<과제 카드 순서>

구분		과제카드 순서	과제번호
연구단명	세부과제명		
에너지·CO ₂ 미니멈(ECM) 건설소재 제조기술 개발	연구단 과제 카드	4.2.1	연구단
	시멘트 modulus 제어를 통한 CO ₂ 저감형 고효율 시멘트 제조기술 개발	4.2.1 (1)	2
	CO ₂ 저감을 위한 시멘트 대체용 지오폴리머 결합재 및 그린 콘크리트 개발	4.2.1 (2)	3
	물리적 자극에 의한 에너지 자원 절약형 혼합 시멘트-콘크리트 개발 및 상용화 기술개발	4.2.1 (3)	4
	석회석 광물을 이용한 CO ₂ 저감형 차세대 혼합 시멘트(PLC) 생산기술 개발	4.2.1 (4)	5
	콘크리트 2차제품의 제로에너지 시스템 개발	4.2.1 (5)	6
바이오매스 활용 목재 패턴형 인조건축자재 개발	연구단 과제카드	4.2.2	연구단
	천연 목재 패턴형 인체 무해 건축 내장용 인조 목재 개발	4.2.2 (1)	9
	환경부하 저감 외부용 고내후성 인조건축자재 개발	4.2.2 (2)	10
	바이오 매스 복합 고강성 바닥용 인조 목재 보드 개발	4.2.2 (3)	11
건축물 환경부하 저감형 다기능 저탄소 건자재 개발	연구단 과제카드	4.2.3	연구단
	온도감응형 스마트 윈도우 코팅 열차단필름 개발	4.2.3 (1)	13
	정유산업 부산 SPC(황-폴리머 시멘트)를 활용한 초내식성 해양환경 콘크리트 개발	4.2.3 (2)	14
	에너지 절약형 친환경 고기능성 차단열도로 제조 및 시공기술 개발	4.2.3 (3)	15
	셀룰로오스 부산물과 천연발포제를 이용한 중충발포단열재 개발	4.2.3 (4)	16
건설재료 LCCO ₂ DB구축 및 평가/보급기술 개발	연구단 과제카드	4.2.4	연구단
	건설재료/자재 전과정 CO ₂ 평가 시스템 및 프로그램 개발	4.2.4 (1)	20
	건설재료/자재 전과정 CO ₂ 배출계수 데이터베이스 구축	4.2.4 (2)	21
	건설재료/자재 전과정 CO ₂ 통합관리 및 운영 시스템 개발	4.2.4 (3)	22
	건설재료/자재 탄소라벨링 제도 및 평가관리 시스템 개발	4.2.4 (4)	23
	건설재료/자재 건설재료 친환경 표준시상 지침 개발	4.2.4 (5)	24
일반과제명		과제카드 순서	과제번호
미생물을 이용한 친환경 Green Wall 코팅 시스템 개발		4.2.5 (1)	7, 8
IT 기술 융합을 통한 Smart 콘크리트 개발		4.2.5 (2)	17
CO ₂ 대량 흡수형 시멘트계 광합성 건설재료 개발		4.2.5 (3)	18
상변화물질을 이용한 냉방 및 난방 에너지 자재 생산 건설재료 개발		4.2.5 (4)	19

4.2 후보과제별 과제카드

4.2.1 에너지·CO₂ 미니멈(ECM) 건설소재 제조기술 개발 (연구단)

1. 연구단명	에너지·CO ₂ 미니멈(ECM) 건설소재 제조기술 개발
2. 연구개발목표	- 탄소저감형 건설재료 기반 실현을 위한 에너지·CO₂ 미니멈(ECM) 건설소재 제조기술 개발 - CO₂ 30% 이상 저감, 제조에너지 20% 저감, 순환자원 원료화 50% 이상
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	- 전 세계의 시멘트 생산량은 매년 5% 이상의 성장을 지속하고 있으며, 2008년에는 약 2,830 백만톤을 생산하고 있으며, WBCSD/CSI 분석에 의하면 시멘트 산업은 지속적인 설장을 하여 2050년도 시멘트 생산량은 현재의 2배 수준으로 도달할 것으로 예상됨. - 시멘트 산업은 자원 및 에너지 다소비 산업이며, 탈탄산 및 소성과정에서 다량의 CO₂를 배출하기 때문에, 자원·에너지 절감기술 및 CO₂저감기술등이 전 세계적으로 시멘트 산업의 핵심 이슈로 부각됨. - 전 세계적으로 시멘트 산업에서 CO₂ 배출량은 총 배출량의 5%에 해당하고 우리나라의 경우 전체 배출량의 약 8% 정도를 차지하고 있기 때문에 전체 감축목표를 달성하기 위해서는 시멘트 산업에서의 CO₂ 절감 노력이 절실히 필요함. - 시멘트 산업의 선진국인 유럽 및 일본 등에서는 시멘트 제조 공정 중 CO₂ 발생량을 저감시키기 위해 시멘트 제조 온도를 낮추는 방법, 클링커/시멘트비의 감소 즉 혼합재 사용량 증대, 폐연료 및 폐자원으로 천연 연·원료를 대체하는 방법 등이 주로 사용되고 있음. - 현재 국내에서는 지오폴리머 시멘트를 비롯하여 시멘트의 양을 줄이려는 노력을 하고 있으나 일부 콘크리트 2차 제품 개발에는 성공하였으나, 구조용의 일반 콘크리트까지는 제조하고 있는 못하는 실정임. - 또한 본 기술개발의 일부인 클링커의 modulus를 조정하여 저온소성과 더불어 알라이트의 활성을 높여 초기 응결 및 강도를 개선하여 혼합재의 치환율을 높여 에너지 및 이산화탄소를 절감하는 연구는 거의 이루어지고 있지 않음.
4. 기존기술 활용방안	- 저온소성 시멘트 개발과 이산화탄소 저감 벨라이트 시멘트등 소성공정과 관련된 국가 연구개발 사업과, 민간의 시멘트 modulus 조절 기술등과 연계하여, 초기 응결특성이 우수하고 또한 혼합재의 치환율을 높여도 강도 및 유동성이 저하되지 않은 고효율 시멘트를 개발함. - 지오폴리머의 알칼리 자극기술과 최적의 배합 및 공정기술, Energetically Modified Mechanism에 의하여 혼합재의 치환율을 극대화 한 혼합시멘트의 개발 - 일부 시멘트 공장에 물리적 자극에 의한 화력발전소 잔사회의 물성을 향상시키기 위해 진동말이 설치되어 있고, 기본 공정 및 물성에 관한 실험 데이터가 구비되어 있다. 이를 활용하면 개선된 공정을 개발할 수 있어 상용화가 앞당겨 질것으로 예상된다.
5. 기술개발 필요성	- 저탄소 녹색 성장 및 기후변화 협약에 따라 우리나라의 CO₂ 감축 목표달성을 위해서는 전 산업의 약 8%를 배출하고 있는 시멘트 산업의 CO₂ 감축 노력이 절실히 필요함. - 시멘트 산업은 자원 및 에너지 다소비 산업이며, 또한 다량의 CO₂를 배출하기 때문에, 자원·에너지 절감기술 및 CO₂ 저감 기술 등이 전 세계적으로 시멘트 산업의 핵심 이슈로 부각됨. - 시멘트 산업에서 CO₂ 배출량을 줄이기 위한 연구개발이 전 세계적으로 아래의 4개 분야의 로드맵을 채택하여 적극적으로 시행하고 있음. - International Energy Agency(IEA)에서 시멘트 제안하는 Key Option ■ Improve thermal and electric efficiency ■ Alternative fuel use ■ Clinker substitution and blended cements ■ CO₂ Capture and Storage(CCS)

	◦ 우리나라에서도 범지구적인 기후변화 대응 노력에 동참하고, 녹색성장을 통한 저탄소 사회 구현을 위하여 시멘트 업계는 자발적으로 2015년 까지 CO₂ 배출량을 2005년도 대비 5% 감축하기로 결의하여 시멘트 톤당 40kg - CO₂를 감축하기로 함. ◦ 이와 같은 측면에서 우리나라의 CO₂ 감축목표를 달성하기 위해서는 시멘트 산업의 노력이 매우 중요하며, 이를 위해서는 고효율 설비도입, CCS기술 도입 뿐만 아니라 소재적인 측면에서는 시멘트 클링커의 고효율성과 혼합시멘트의 적극적인 활용을 통한 에너지 및 이산화탄소를 줄이는 노력이 절실히 필요로 함.
6. 주요연구 개발내용	◦ 이산화탄소 저장형 고효율 시멘트 제조기술 개발 ■ 출발원료의 특성 평가 및 Raw Mix의 modulus 개발 - 원료의 물리 화학적 특성 평가 - 알칼리 함량등을 고려한 Raw Mix modulus 개발 - C₃S/C₂S 및 Aluminate/Ferrite 비율에 따른 특성 평가 - 조성조건 및 미량성분 고용에 의한 클링커 특성 평가 - F-, Al-, Mg-, Zn-, SO₃ 고용에 따른 활성도 평가 - 조성분위기 및 냉각조건에 따른 클링커의 광물학적 최적 조건 확립 ■ 공정 적용 고효율 시멘트의 물리적 특성 최적화 및 상용화 기술 개발 - 조성공정 및 고용화에 따른 물리적인 특성 최적화 - 혼합재 함량에 따른 물리적인 특성평가와 유동특성 최적화 기술 - 고효율 시멘트 적용 콘크리트의 내구성 최적화 기술 개발 ■ 고효율 시멘트의 표준화 및 규격제정 검토 ◦ CO₂저감을 위한 시멘트 대체용 지오폴리머 결합재 및 그린 콘크리트 개발 ■ 국내외 비소성 시멘트 연구 및 개발현황과 나노슬래그의 분급 및 자극제 함량에 따른 화학적 특성 분석 - 정량적인 분급으로 제조된 나노슬래그와 다양한 알칼리 자극제와의 반응지수 산정 - 나노슬래그의 화학적 특성 분석으로 표면 및 체적효과, 입자간 상호 작용성 등에 대한 분석으로 기존 비소성 시멘트 재료 대비 나노슬래그분말의 화학적 안정성 고찰 ■ 비소성 나노슬래그 모르타르의 물리·역학적 특성 - 반응지수가 높은 알칼리 자극제부터 분급에 따른 나노슬래그 모르타르와 기존 비소성 시멘트 모르타르 제작 - 유동특성에 따른 플로값비와 활성도지수 등을 평가하며 잔골재와의 결합특성 및 입자의 응집과 분산, 생성된 수화물의 정량분석 ■ 비소성 나노슬래그 콘크리트 제반 물성 실험 분석 - 보통강도, 고강도, 초고강도 비소성 나노슬래그 콘크리트 개발을 위한 배합과 강도별 특성에 따른 자극제 종류 및 첨가량 조절을 통한 경제적 배합비 도출 - 유동성, 응결, 불리딩, 수화열, 강도배합에 따른 초기 응결 및 경화 후 특성분석 - 열화요인에 노출된 비소성 나노슬래그 콘크리트의 내지항 특성분석 ■ 나노슬래그 시멘트 사용 시 현장관리를 위한 시방서, 매뉴얼 제작으로 현장적용성 확보 ◦ 물리·화학적 자극에 의한 고치환율 혼합시멘트 제조기술 개발 ■ 혼합재의 물리 화학적인 자극에 의한 OPC 최소화 기술 개발 - OPC 최소화를 위한 자극제 및 재료 배합설계 기술 개발 - 혁신적인 분쇄기술에 의한 혼합재의 물리적 활성화 기술 개발 ■ 다량의 혼합재가 함유된 콘크리트의 공정 적용기술 개발 - 다량의 결합재를(70%) 적용한 콘크리트의 유동성, 역학적 성능평가 및 배합설계 모델개발 - 다량의 결합재를 사용한 콘크리트의 실공정 적용기술 개발 ◦ 석회석 광물을 이용한 CO₂ 저장형 차세대 혼합 시멘트 (PLC) 생산기술 개발 ■ 석회석 광물을 적용한 탄소저감형 혼합시멘트(PLC)의 품질관리 및 최적배합비 도출

	■ 석회석 광물을 적용한 탄소저감형 혼합시멘트(PLC)의 콘크리트의 역학적·내구특성 규명 ◦ 콘크리트 2차 제품의 제로에너지 시스템 개발 ■ 진동 다짐이 필요 없고 재료분리 저항성이 우수한 콘크리트용 혼화제 개발 ■ 현재 양생시 사용하는 스팀의 사용량을 제로화하는 콘크리트용 혼화제 및 조강제 개발 ■ 운반 및 진동다짐 공정의 제거로 인건비 및 생산비용 저감 시스템 개발																																										
7. 정부지원의 타당성	◦ 지구기후변화 협약에 따른 시멘트산업의 적극적 대응책 수립 필요성 - 2005년 2월 14일 코토의정서가 발효됨으로써 OECD 31개 협약 국가들은 환경부하 저감을 위하여 온실가스 감축 의무를 준수해야 하며, 우리나라는 1998년 4월 국무총리를 위원장으로 하는 기후변화협약 범정부대책기구를 설치하고 실행 중에 있고, 2013년 부터 탄소배출권 거래가 시행됨에 따라 온실가스 저장 대책이 강구 되어야 함.																																										
8. 기술확보 전략	◦ 각각의 요소기술들을 기 확보된 소성기술과, modulus 제어기술, 자극제 활용기술등을 확대 발전 시켜 시멘트 전문 연구기관인 한국세라믹기술원과 군산대학교 및 시멘트 업체들이 참여하는 산·학·연 협력을 통하여 원천기술을 확보하고, 필요에 따라서는 일본의 동경공업대학교와 공동 연구를 추진할 예정임. ◦ 이론적 연구가 아닌 실사용 가능한 재료 개발과 구조물 설계에 적용 가능한 조건들을 고려한 실증적 연구를 수행함으로써 핵심기술 확보와 원천기술 보유 추진 ◦ 본 연구 수행의 성공적인 성과를 도출하기 위하여 필요한 시험설비, 기기, 장비 등의 100% 활용으로 본 연구 과제만이 아닌 관련 연구 수행을 통한 국제적으로 우수한 성과 도출 ◦ 국내외 등재지, SCI, SCIE급 학술논문 투고로 본 연구의 성과를 발표하고 개선·보완하는 시스템 구축 ◦ 관련기업 및 산업체와 실용화 기술개발을 통하여 현장적용과 제품화 추진 ◦ 연구개발 추진 시 문제는 현장타설 실험 및 실제 적용실험이 문제이나 산·학·연 협력 개발로 진행하면 조강성능확보 및 공정 단축 등 전체적인 기술 시스템 확보 가능 ◦ 건설회사와 공동연구로 구조물 적용에 관한 연구개발																																										
9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안	<table><tr><td>최종성과물</td><td> ◦ 압축강도(1일) : 150kgf/cm², 압축강도(28일) : 500kgf/cm² ◦ 소성온도 : 20~50℃ 저장되는 고효율 시멘트를 개발하고 호합재를 20% 이상 첨가하여도 기존의 OPC의 성능과 동등이거나 그 이상인 시멘트 제품 ◦ 시멘트 함량이 0~30 wt%인 혼합시멘트 ◦ PLC 시멘트 국가 표준 ◦ 스팀양생 공정이 필요 없는 조기탈형이 가능한 콘크리트 </td></tr><tr><td>활용방안</td><td>◦ 기존의 시멘트 보다 에너지 및 이산화탄소가 획기적으로 줄일 수 있는 시멘트를 개발하여 레미콘 업체 및 건설사에 제공</td></tr></table>	최종성과물	◦ 압축강도(1일) : 150kgf/cm², 압축강도(28일) : 500kgf/cm² ◦ 소성온도 : 20~50℃ 저장되는 고효율 시멘트를 개발하고 호합재를 20% 이상 첨가하여도 기존의 OPC의 성능과 동등이거나 그 이상인 시멘트 제품 ◦ 시멘트 함량이 0~30 wt%인 혼합시멘트 ◦ PLC 시멘트 국가 표준 ◦ 스팀양생 공정이 필요 없는 조기탈형이 가능한 콘크리트	활용방안	◦ 기존의 시멘트 보다 에너지 및 이산화탄소가 획기적으로 줄일 수 있는 시멘트를 개발하여 레미콘 업체 및 건설사에 제공																																						
최종성과물	◦ 압축강도(1일) : 150kgf/cm², 압축강도(28일) : 500kgf/cm² ◦ 소성온도 : 20~50℃ 저장되는 고효율 시멘트를 개발하고 호합재를 20% 이상 첨가하여도 기존의 OPC의 성능과 동등이거나 그 이상인 시멘트 제품 ◦ 시멘트 함량이 0~30 wt%인 혼합시멘트 ◦ PLC 시멘트 국가 표준 ◦ 스팀양생 공정이 필요 없는 조기탈형이 가능한 콘크리트																																										
활용방안	◦ 기존의 시멘트 보다 에너지 및 이산화탄소가 획기적으로 줄일 수 있는 시멘트를 개발하여 레미콘 업체 및 건설사에 제공																																										
10. 연구개발 과제의 규모	<table><tr><th colspan="2">구분</th><th>1차연도</th><th>2차연도</th><th>3차연도</th><th>4차연도</th><th>5차연도</th></tr><tr><td rowspan="3">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>1,390</td><td>1,540</td><td>1,590</td><td>850</td><td>650</td></tr><tr><td>민간 (추정)</td><td>330</td><td>420</td><td>370</td><td>190</td><td>160</td></tr><tr><td>합 계</td><td>1,720</td><td>1,960</td><td>1,960</td><td>1,040</td><td>810</td></tr><tr><td rowspan="3">총 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">6,020</td><td rowspan="2">총 연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">5 년</td></tr><tr><td>민간</td><td colspan="2">1,470</td></tr><tr><td>총합계</td><td colspan="2">7,490</td><td>연도별 평균소요인력</td><td colspan="2">51 명</td></tr></table>	구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도	연차별 연구비 (백만원)	정부	1,390	1,540	1,590	850	650	민간 (추정)	330	420	370	190	160	합 계	1,720	1,960	1,960	1,040	810	총 연구비 (백만원)	정부	6,020		총 연구기간	5 년		민간	1,470		총합계	7,490		연도별 평균소요인력	51 명	
구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도																																					
연차별 연구비 (백만원)	정부	1,390	1,540	1,590	850	650																																					
	민간 (추정)	330	420	370	190	160																																					
	합 계	1,720	1,960	1,960	1,040	810																																					
총 연구비 (백만원)	정부	6,020		총 연구기간	5 년																																						
	민간	1,470																																									
	총합계	7,490		연도별 평균소요인력	51 명																																						
11. 기대효과 및 파급효과	- 시멘트 제조시 발생하는 CO₂ 최소화 기술 개발(30% 절감시 약 15,000 천톤 절감) - 에너지 및 CO₂ 배출 저감 기술 확보를 통한 지구온난화 방지에 기여 - 기존 시멘트 대비 혼합시멘트를 다량으로 혼합 할 경우 50~70%의 CO₂ 절감																																										

(1) 시멘트 modulus 제어를 통한 CO₂ 저감형 고효율 시멘트 제조기술 개발 - 2

1. 과제명	시멘트 modulus 제어를 통한 CO ₂ 저감형 고효율 시멘트 제조기술 개발
2. 연구개발목표	- 이산화탄소 저감형 고효율 시멘트 소재기술 개발 - 압축강도(1일) : 150kgf/cm₂, 압축강도(28일) : 500kgf/cm₂ - 혼합재 치환율 : 20% 이상, CO₂ 절감율 : 30% , - 혼합시멘트 표준화 기술 개발
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	- 전 세계의 시멘트 생산량은 매년 5% 이상의 성장을 지속하고 있으며, 2008년에는 약 2,830 백만톤을 생산하고 있으며, WBCSD/CSI 분석에 의하면 시멘트 산업은 지속적인 설장을 하여 2050년도 시멘트 생산량은 현재의 2배 수준으로 도달할 것으로 예상됨. - 시멘트 산업은 자원 및 에너지 다소비 산업이며, 탈탄산 및 소성과정에서 다량의 이산화탄소를 배출하기 때문에, 자원·에너지 절감기술 및 이산화탄소 저감기술등이 전 세계적으로 시멘트 산업의 핵심 이슈로 부각됨. - 전 세계적으로 시멘트 산업에서 이산화탄소 배출량은 총 배출량의 5%에 해당하고 우리나라의 경우 전체 배출량의 약 8% 정도를 차지하고 있기 때문에 전체 감축목표를 달성하기 위해서는 시멘트 산업에서의 이산화탄소 절감 노력이 절실히 필요함. - 시멘트 산업의 선진국인 유럽 및 일본 등에서는 시멘트 제조 공정 중 이산화탄소 발생량을 저감시키기 위해 시멘트 제조 온도를 낮추는 방법, 클링커/시멘트비의 감소 즉 혼합재 사용량 증대, 폐연료 및 폐자원으로 천연 연·원료를 대체하는 방법등이 주로 사용되고 있음. - 현재 국내에서는 지오폴리머 시멘트를 비롯하여 시멘트의 양을 줄이려는 노력을 하고 있으나 일부 콘크리트 2차 제품 개발에는 성공하였으나, 구조용의 일반 콘크리트까지는 제조하고 있는 못하는 실정임. - 또한 본 기술개발의 일부인 클링커의 modulus를 조정하여 저온소성과 더불어 알라이트의 활성을 높여 초기 응결 및 강도를 개선하여 혼합재의 치환율을 높여 에너지 및 이산화탄소를 절감하는 연구는 거의 이루어지고 있지 않음.
4. 기존기술 활용방안	저온소성 시멘트 개발과 이산화탄소 저감 벨라이트 시멘트등 소성공정과 관련된 국가 연구개발 사업과, 민간의 시멘트 modulus 조절 기술등과 연계하여, 초기 응결특성이 우수하고 또한 혼합재의 치환율을 높여도 강도 및 유동성이 저하되지 않은 고효율 시멘트를 개발함.
5. 기술개발 필요성	- 저탄소 녹색 성장 및 기후변화 협약에 따라 우리나라의 이산화탄소 감축 목표를 달성하기 위해서는 전 산업의 약 8%를 배출하고 있는 시멘트 산업의 이산화탄소 감축 노력이 절실히 필요함. - 시멘트 산업은 자원 및 에너지 다소비 산업이며, 또한 다량의 이산화탄소를 배출하기 때문에, 자원·에너지 절감기술 및 이산화탄소 저감 기술등이 전 세계적으로 시멘트 산업의 핵심 이슈로 부각됨. - 시멘트 산업에서 이산화탄소 배출량을 줄이기 위한 연구개발이 전 세계적으로 아래의 4개 분야의 로드맵을 채택하여 적극적으로 시행하고 있음. - International Energy Agency(IEA)에서 시멘트 제안하는 Key Option - Improve thermal and electric efficiency - Alternative feul use - Clinker substitution and blended cements - CO₂ Capture and Storage(CCS) - 우리나라에서도 범지구적인 기후변화 대응 노력에 동참하고, 녹색성장을 통한 저탄소 사회 구현을 위하여 시멘트 업계는 자발적으로 2015년 까지 이산화탄소 배출량을 2005년도 대비 5% 감축하기로 결의하여 시멘트 톤당 40kg - CO₂를 감축하기로 함. - 이와 같은 측면에서 우리나라의 이산화탄소 감축목표를 달성하기 위해서는 시멘트 산

	업의 노력이 매우 중요하며, 이를 위해서는 고효율 설비도입, CCS기술 도입 뿐만 아니라 소재적인 측면에서는 시멘트 클링커의 고효율성과 이를 사용한 새로운 혼합시멘트의 적극적인 활용을 통한 에너지 및 이산화탄소를 줄이는 노력이 절실히 필요로 함.						
6. 주요연구 개발내용	◦ 이산화탄소 저감형 고효율 시멘트 제조기술 개발 ■ 출발원료의 특성 평가 및 Raw Mix의 modulus 개발 - 원료의 물리 화학적 특성 평가 - 알칼리 함량등을 고려한 Raw Mix modulus 개발 - C₃S/C₂S 및 Aluminate/Ferrite 비율에 따른 특성 평가 ■ 소성조건 및 미량성분 고품에 의한 클링커 특성 평가 - F-, Al, Mg, Zn, SO₃ 고품에 따른 활성도 평가 - R-Type 알라이트의 안정화 기술 개발 - 소성분위기 및 냉각조건에 따른 클링커의 광물학적 최적 조건 확립 ■ 공정 적용 고효율 시멘트의 물리적 특성 최적화 및 상용화 기술 개발 - 소성공정 및 고품화에 따른 물리적인 특성 최적화 - 혼합재 함량에 따른 물리적인 특성평가와 유동특성 최적화 기술 - 고효율 시멘트 적용 콘크리트의 내구성 최적화 기술 개발 ■ 골활성 시멘트의 표준화 및 규격제정 검토						
7. 정부지원의 타당성	◦ 지구기후변화 협약에 따른 시멘트산업의 적극적 대응책 수립 필요성 - 2005년 2월 14일 교토의정서가 발효됨으로써 OECD 31개 협약 국가들은 환경부하 저감을 위하여 온실가스 감축 의무를 준수해야 하며, 우리나라는 1998년 4월 국무총리를 위원장으로 하는 기후변화협약 범정부대책기구를 설치하고 실행 중에 있고, 2013년 부터 탄소배출권 거래가 시행됨에 따라 온실가스 저감 대책이 강구 되어야 함.						
8. 기술확보 전략	◦ 각각의 요소기술들을 기 확보된 소성기술과, modulus 제어기술, 자극제 활용기술등을 확대 발전 시켜 시멘트 전문 연구기관인 한국세라믹기술원과 군산대학교 및 시멘트 업체들이 참여하는 산·학·연 협력을 통하여 원천기술을 확보하고, 필요에 따라서는 일본의 동경공업대학교 공동 연구를 추진할 예정임.						
9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안	최종성과물		◦ 압축강도(1일) : 150kgf/cm ₂ , 압축강도(28일) : 500kgf/cm ₂ ◦ 소성온도 : 20-50℃ 저장되는 골활성 시멘트를 개발하고 혼합재를 20% 이상 첨가하여도 기존의 OPC의 성능과 동등이거나 그 이상인 시멘트 제품 ◦ 시멘트 함량이 0-30 wt%인 혼합시멘트				
	활용방안		◦ 기존의 시멘트 보다 에너지 및 이산화탄소가 획기적으로 줄일 수 있는 시멘트를 개발하여 레미콘 업체 및 건설사에 제공				
10. 연구개발 과제의 규모 (50억원 이내) (연구기간 5년 이내)	구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도
	연차별 연구비 (백만원)	정부	4	4	4	4	4
		민간 (추정)	1	1	1	1	1
	합 계		5	5	5	5	5
	총 연구비 (백만원)	정부	20		총 연구기간	5 년	
		민간	5				
총합계		25		연도별 평균소요인력	20 명		
11. 기대효과 및 파급효과	◦ 시멘트 제조시 발생하는 이산화탄소 최소화 기술 개발(30% 절감시 약 15,000 천톤 절감) ◦ 에너지 및 이산화탄소 배출 저감 기술 확보를 통한 지구온난화 방지에 기여						

(2) CO₂저감을 위한 시멘트 대체용 지오폴리머 결합재 및 그린 콘크리트 개발 - 3

1. 과제명	CO ₂ 저감을 위한 시멘트 대체용 지오폴리머 결합재 및 그린 콘크리트 개발
2. 연구개발목표	· 건설용 콘크리트 재료로서의 슬래그 나노화 · 시멘트 100% 치환 재료로서의 활용성 규명 · 콘크리트용 혼화재료로 활용시 미세공극 충전 효과 규명 · 재료자체의 열화저항성 향상, 초기 및 장기 강도 증진 · 시공편도의 확보, 저급 재료의 고부가가치화 · NT 적용 비소성 슬래그 시멘트 개발 및 AAS 실용화 연구 · 국내외 비소성 시멘트 연구 및 개발현황과 나노슬래그의 분급 및 자극제 함량에 따른 화학적 특성 분석 · 비소성 나노슬래그 모르타르의 물리·역학적 특성 · 비소성 나노슬래그 콘크리트 제반 물성 실험 분석 · 비소성 나노슬래그 시멘트를 사용 시 현장관리를 위한 기초자료 제작
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	· Belite-sulfoaluminate Cements, 마그네슘 시멘트, 탄소 콘크리트, Ceramicrete 등 일부 재료는 개발 중이거나 이미 시장에서 생산되고 있음. · 비소성 재료와 클링커 대체를 위한 재료로서 가장 각광을 받고 있는 천연 및 인공 Pozzolan을 주재료로 하는 Geopolymer는 일반 콘크리트 대비 초기 강도 확보에 대한 불안감과 문제점이 있음 · 기존 기술이 널리 사용되기 위해서는 전 세계의 가정소나나 규산염(활성제) 공급량과 경제성에서 한계가 있으므로 충분한 활성제 생산을 위한 새로운 화학공장 설립과 소량의 알칼리 활성제 사용이 가능한 비소성 경화 콘크리트 개발이 필요한 실정임.
4. 기존기술 활용방안	· 건설 재료의 나노화는 투자비용의 증가, 연구개발의 초기단계로서 현장 적용과 관련 제도의 법제화 미비 등을 해결하고 건설산업에서 원활히 적용하기 위해 현재까지의 초기 단계 연구를 기초로 환경부하가 없는 산업부산물 및 폐자원을 단순히 나노급으로 분쇄하여 건설재료로 활용하는 정도의 기술로 활용/보급 중임
5. 기술개발 필요성	· 건설분야에서 NT기술 도입과 산업부산물의 고부가가치화를 통한 재활용성 향상 필요 · 국내 건설기술에 NT분야를 적용시켜 수입 혼화재 대체를 위한 고부가가치 국산 혼화재료개발 필요 · 나노급 고로슬래그를 건설용 구조재료 분야로 확대 적용하여 비소성 콘크리트 제조기술 확보를 통한 CO₂ 등 온실가스 다량배출 저감필요 · 시멘트의 효과적인 탄소저감 기술인 AAS는 고로슬래그의 분말도와 알칼리 자극제의 양으로 제어되는 기술로서 고가의 알칼리 자극제 다양사용으로 경제성이 저하되며, 소량의 알칼리 자극제로는 초기강도 저하 등의 문제로 실용화되지 못하고 있음 · NT를 활용한 나노슬래그를 AAS의 주 재료로 활용 시 고가의 알칼리 자극제 양 감소는 물론 초기강도 확보가 가능하므로 비소성 시멘트의 실용화가 가능할 것으로 판단됨. · NT 적용 나노슬래그의 경우 기존 건설자재에서 확인되지 않은 새로운 성능이 관찰되었으며, 이는 건설분야에서 NT적용 시 파급될 수 있는 다양한 이점이 기대가 될 뿐 아니라 건설기술 발전의 획기적인 전환점이 될 시기 선정 가능함
6. 주요연구 개발내용	· 국내외 비소성 시멘트 연구 및 개발현황과 나노슬래그의 분급 및 자극제 함량에 따른 화학적 특성 분석 · 정량적인 분급으로 제조된 나노슬래그와 다양한 알칼리 자극제와의 반응지수 산정 · 나노슬래그의 이화학적 특성 분석으로 표면 및 체적효과, 입자간 상호 작용성 등에 대한 분석으로 기존 비소성 시멘트 재료 대비 나노슬래그 분말의 화학적 안정성 고찰 · 비소성 나노슬래그 모르타르의 물리·역학적 특성 · 반응지수가 높은 알칼리 자극제부터 분급에 따른 나노슬래그 모르타르와 기존 비소성 시멘트 모르타르 제작 · 유동특성에 따른 플로깅비와 활성도지수 등을 평가하며 잔골재와의 결합특성 및 입자의 응집과 분산, 생성된 수화물의 정량분석 · 비소성 나노슬래그 콘크리트 제반 물성 실험 분석 · 보통강도, 고강도, 초고강도 비소성 나노슬래그 콘크리트 개발을 위한 배합과 강도별 특성에 따른 자극제 종류 및 첨가량 조절을 통한 경제적 배합비 도출 · 유동성, 응결, 블리딩, 수화열, 강도 등 배합에 따른 초기 응결 및 경화 후 특성분석 · 열화요인에 노출된 비소성 나노슬래그 콘크리트의 내재항 특성분석

	· 나노슬래그 시멘트 사용 시 현장관리를 위한 시방서, 매뉴얼 제작으로 현장적용성 확보 · 나노슬래그의 품질과 시험 및 사용방법, 콘크리트 배합에 따른 각 재료의 적정 사용량 · 나노슬래그 생산과 운반, 현장 타설과 다짐 및 양생 후 콘크리트 품질관리 및 검사 등						
7. 정부지원의 타당성	· 2010년 9월 정부는 ‘자탄소축색성장기본법’ 및 ‘온실가스에너지관리업체지정관리 지침’에 따라 온실가스를 다량 배출하거나 에너지를 많이 소비하는 업체에 대해 감축목표의 설정과 관리 지침을 발표하였으며 시멘트 분야도 2015년까지 대체연료의 사용과 자원순환이용, 고효율 설비 도입 등으로 CO₂ 배출 단위의 30% 저감을 목표로 함 · 보통 포틀랜드 시멘트의 새로운 대체재를 도입하는 것은 일반적으로 오랜 시간이 소요되는 어려운 일이기 때문에 본 제안 과제와 같은 신재료의 조기 활용이 필수. · 한국콘크리트학회, 한국표준협회, 한국건설기술연구원이 주도하는 ‘시멘트 및 레미콘 산업의 온실가스 저감을 위한 표준화 기반구축’ 산업도 시작되고 있음						
8. 기술확보 전략	· 이론적 연구가 아닌 실사용 가능한 재료 개발과 구조물 설계에 적용 가능한 조건들을 고려한 실증적 연구를 수행함으로써 핵심기술 확보와 원천기술 보유 추진 · 본 연구 수행의 성공적인 성과를 도출하기 위하여 필요한 시험설비, 기기, 장비 등의 100% 활용으로 본 연구 과제만이 아닌 관련 연구 수행을 통한 국제적으로 우수한 성과 도출 · 국내외 등재지, SCI, SCIE급 학술논문 투고로 본 연구의 성과를 발표하고 개선·보완하는 시스템 구축 · 관련기업 및 산업체와 실용화 기술개발을 통하여 현장적용과 제품화 추진						
9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안	최종 성과물	· 나노슬래그 분석방법 및 비소성 나노슬래그 모르타르의 응결 초기와 경화 후 특성 Data를 통하여 실용화를 위한 근거자료 확보 · 보통 포틀랜드 및 지오폴리머 등의 수화반응 모델을 기반으로 슬래그의 포졸란 반응을 고려한 나노슬래그 시멘트의 역학적 특성 고찰과 경화반응 모델 제안 · 수화반응 열량분석과 SEM, XRD, pH 측정 등 정밀구조 실험을 실시하며 경제적인 배합비 도출 · 육안 폭로실험 등을 통하여 경화체의 현장 품질관리를 위한 기초자료 제작					
	활용 방안	· 연구실시 기관의 건축공학실험동은 다양한 시험과 실험이 가능하며 동결융해, 촉진 중성화, 200ton UTM, 구조시험 프레임 등 다양한 시험 및 실험 장비들을 보유하고 있으므로 연구진행을 위한 특별한 연구장비 구매로 인한 낭비최소화 가능 · 자체 판단에 따른 우수 연구 성과를 건설현장 시공품질관리 자료집으로 발간 · 본 연구의 종합적 결론 도출 단계에서 진행된 Data를 조합 및 취합하여 우수 연구성과 사례집 발간 · 국내 및 국제 규격과 시방서, 매뉴얼을 연구 진행과 함께 제안함으로써 실용화 단계와 함께 관련 시장 및 기술시장 선점					
10. 연구개발 과제의 규모 (50억원 이내) (연구기간 5년 이내)	구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도
	연차별 연구비 (백만원)	정부	250	250	250	250	250
		민간 (추정)	60	60	60	60	60
	합 계		250	250	250	250	250
	총 연구비 (백만원)	정부	1,250			총 연구기간	5년
민간		300					
총합계		1,550			연도별 평균소요인력	7명	
11. 기대효과 및 파급효과	· 건설신재료 기술개발을 통한 국가 자원 이용 시 환경부하 저감을 대폭 상승 · 산업부산물의 확대 적용, CO₂ 저감, 폐기물의 자원화 등으로 환경 친화적 자원개발 가능 · 환경 친화적 건설재료에 대한 규격과 개발 촉진을 위한 기술 정보 제공 · 연구개발 된 노하우와 핵심기술에 대한 특허 출원 및 등록을 통해 지식재산권 확보 · 연구개발 과정에서 획득한 DB의 학부 및 석사과정급 교육용 자료로 활용 · 환경 친화적 신재료 개발 원천기술을 활용한 국내의 기술 이전 등 사업적 이익 창출						

(3) 물리적자극에 의한 에너지자원 절약형 혼합 시멘트·콘크리트개발 및 상용화기술개발 - 4

(4) 석회석 광물을 이용한 CO₂ 저감형 차세대 혼합 시멘트 (PLC) 생산기술 개발 - 5

1. 과제명	석회석 광물을 이용한 CO ₂ 저감형 차세대 혼합 시멘트 (PLC) 생산기술 개발
2. 연구개발목표	· 석회석 미분말(Limestone Powder) 및 재활용 골재를 적용한 CO₂저감 탄소저감형 시멘트의 최적배합 및 역학적 특성분석 · 이산화탄소(CO₂)를 획기적으로 저감하고 건설폐기물을 재활용함으로써 친환경적인 효과를 유발 · 콘크리트 2차 제품의 개발, 시장성 분석, 사업화
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	· 캐나다: · 탄소발생 저감을 위해 Canadian Standards Association (CSA) A3001-08에서는 석회석미분말 함유시멘트의 생산을 내향산염시멘트를 제외한 시멘트에 있어 최대15%까지 허용 · Quebec, Alberta 및 Nova Scotia 주에서는 석회석미분말시멘트사용 콘크리트 포장의 적용 시도 · 미국: · ASTM (ASTM C 150) 및 AASHTO에서는 최대 5%까지 석회석미분말을 시멘트 치환하여 사용할 수 있도록 허용 · 미국 캘리포니아주 도로교통국에서는 석회석미분말의 집중연구를 시도 (강도발현, 건조수축 및 투수성, 2008년도 보고서 발간) · 실제 허용량은 3.5-2.5%정도로 제한할 것을 권장하고 있음. 하지만 이에 대한 구체적인 연구결과는 없는 실정임 · 현장적용시, Paving and approach slab concrete 와 Bridge deck concrete 의 경우 건조수축이 각각 0.05% 및 0.045% 이하의 경우 허용 (재령 28일 건조수축기준) · 일본: · 석회석미분말합회의 구성으로 이의 사용에 대한 지침서 등의 발간 · 국내 관련연구: · 관련 연구의 대부분은 5-10년 이전의 연구로서 최근의 기술적인 트렌드의 반영이 미약 · 석회석미분말을 사용시 시멘트 및 콘크리트의 기초특성변화에 대한 기초연구 최근 실시 · 한국기술표준원(KS)의 규격의 불허용으로 양회협회 등에서 표면적 사용 불가능 · 개정 작업 추진 예상 · 시장성 · 국내 포틀랜드시멘트 총 생산량(2006 기준) : 약 5천만톤 · 시멘트의 15% 대체시 7.5백만톤 · 4,500억 추정(시멘트가격 60,000/톤 계상) · 국내 폐기물 시장 규모 약 10조 추정 · 전세계 포틀랜드 시멘트 중 생산량(2006년 기준) : 약 8억톤 · 시멘트의 약 10% 대체시 2.7억톤, 약 16조 추정(시멘트 가격 60,000/톤 계상) · 전세계 폐기물 시장규모 4천조 추정
4. 기존기술	· 기존 삼성 및 사성본계 시멘트 기술과 연계하여 시공성 및 현장 적용성 확보

활용방안	◦ 현재 석회석 미분말 관련 국가 연구개발 사업은 없는 것으로 판단되며, 민간(시멘트 제조업체 및 시공회사)에서는 기술의 개발과 동시에 현장 적용이 가능 할 것으로 판단						
5. 기술개발 필요성	◦ 최근 자원고갈과 환경오염에 대한 인식이 집중되면서 산업폐기물이나 산업부산물을 건설재료로 활용 ◦ 석회석 미분말(Limestone Powder)은 국내 각지에 풍부하게 존재하는 석회석을 분쇄함으로써 얻을 수 있으므로 입수가 용이함 ◦ 석회석 미분말(Limestone Powder)을 최적화된 치환율로 혼입 할 경우 레올로지 특성 개선과 블리딩 저감, 수화열 억제, 초기강도의 증가 및 강도발현이 우수 할 것으로 예상됨 ◦ 국내에서는 석회석 미분말(Limestone Powder) 활용이 기초연구에 머무는 수준이므로 확실한 기술적 정립이 시급						
6. 주요연구 개발내용	◦ 석회석 미분말(Limestone Powder)과 재활용 골재를 적용한 탄소저감형 콘크리트의 품질관리 및 최적배합비 도출 ◦ 석회석 미분말(Limestone Powder)과 재활용 골재를 적용한 탄소저감형 콘크리트의 역학적·내구특성 규명 ◦ 석회석 미분말(Limestone Powder)과 재활용 골재를 적용한 탄소저감형 콘크리트의 현장시공 ◦ 시험시공 구간의 장·단기 모니터링을 통한 성능 추정 연구 ◦ 국내·외 문헌 및 현장 조사를 통한 실용화 계획 수립 (시방서 개발 등)						
7. 정부지원의 타당성	◦ 최근 친환경적인 사업이 사회적 이슈가 되는 가운데 국내정책에 부합하여 녹색성장과 경제성, 환경 영향에 대한 저항성을 고려한 우수한 재료의 사용으로 품질관리 기준 정립과 실용화 및 추진계획을 구체적이고 체계적으로 수립						
8. 기술확보 전략	◦ 석회석 미분말 관련 국가 표준 또는 기준의 재조정 ◦ 시멘트 제조 회사와의 연계를 통한 제품 확보 방안 정립 ◦ 시멘트 콘크리트 시공업체와의 연계를 통한 현장 적용성 확보 ◦ 시험 시공을 통한 중장기 성능검증을 통한 시방기준 및 품질확보 방안 도출						
9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안	최종성과물	◦ 석회석 미분말 활용 가능 국가기준 정립 ◦ 석회석 미분말(석회석 미분말 + 재활용 골재) 시멘트 콘크리트 제조 시방기준 및 지침서					
	활용방안	◦ 기존 국가차원에서 불명확한 기준 등을 재정비 ◦ 시멘트 제조업체와 연계를 통한 석회석 미분말 시멘트 확보 ◦ 시방지침 및 기준의 완성을 통한 현장 적용성 확대					
10. 연구개발 과제의 규모 (50억원 이내) (연구기간 5년 이내)	구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도
	연차별 연구비 (백만원)	정부	100	200	100	70	
		민간 (추정)	60	100	50	30	
	합 계		160	300	150	100	
	총 연구비 (백만원)	정부	470		총 연구기간	4 년	
		민간	240				
11. 기대효과 및 파급효과	총합계		710		연도별 평균소요인력	10 명	
	◦ CO ₂ 발생량을 감소하는 녹색기술 개발 ◦ 콘크리트 2차제품개발을 통하여 판매 및 기술이전 등의 사업화를 통한 경제성 확보						

1. 과제명	물리적 자극에 의한 에너지-자원 절약형 혼합 시멘트·콘크리트 개발 및 상용화 기술개발				
2. 연구개발목표	◦ 내구성에 악영향을 미치는 알칼리 활성화제를 첨가하지 않고, 슬래그/플라이 애시를 70% 이상 다량 혼합하여도 포틀랜드 시멘트와 비교하여 초기강도가 유사하고 장기강도가 향상되는 물성과 내구성이 향상된 시멘트/콘크리트를 개발한다. ◦ 시멘트와 비교하여 CO ₂ 는 50~70%, 전기 소비량은 1/4로 감소시켜 제초한다.				
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	◦ 물리적 자극에 의한 CO ₂ , 에너지 저감형 시멘트는 Energetically modified cement (EMC)라 불리우며, 스웨덴에서 1990년 후반에 개발되었으며 미국에서 Texas EMC Products Co.는 현재 EMC pozzolan으로 생산하고 있으며, 제품으로는 플라이 애시 70%, 고로 슬래그 80%까지 사용한 혼합시멘트도 보통 포틀랜드 시멘트와 동등 이상의 초기강도, 물성, 내구성을 나타내고 있다.				
4. 기존기술 활용방안	◦ 유진기업의 광양시멘트 공장에 물리적 자극에 의한 화력발전소 잔사회의 물성을 향상시키기 위해 진동밀이 설치되어 있고, 기본 공정 및 물성에 관한 실험 데이터가 구비되어 있다. 이를 활용하면 개선된 공정을 개발할 수 있어 상용화가 앞당겨 질것으로 예상된다.				
5. 기술개발 필요성	◦ 현재 고로 슬래그는 50%, 플라이 애시는 10% 정도로 시멘트/콘크리트에 사용되나 본 기술이 개발되면 콘크리트 내구성에 악 영향을 미치는 알칼리 활성화제의 사용 없이 고로 슬래그 70%, 플라이 애시는 50% 이상 사용할 수 있어 철강산업과 화력산업의 발전에도 기여할 수 있다. ◦ 건설산업이 환경파괴의 일부가 아닌 환경과의 조화로운 개발을 위하여 CO ₂ 의 발생저감 자원순환 가능한 건설로서의 전환을 유도하고, 환경부하 저감형 고성능 건설재료의 개발을 통하여 구조물의 내구성 향상 및 시공성 개선을 함으로써 지속발전 가능한 저탄소 사회를 구현할 수 있다.				
6. 주요연구 개발내용	◦알칼리 자극제를 사용하지 않고 물리적 자극에 의한 혼합재(결합재)의 활성화 기술 1)혁신적인 분쇄기술에 의한 혼합재의 물리적 활성화 기술 -최적의 분쇄공법 및 분쇄설비 개발 -반응성을 향상시킬 수 있는 표면개질/활성화 기술 개발 2)슬래그/플라이 애시가 다량 함유된 범용 건설재료의 개발 -CO ₂ , 에너지 저감형 혼합시멘트/콘크리트 개발 및 상용시스템 확립 ◦물리적 자극에 의한 고성능 에너지 절약형 시멘트/콘크리트 구조물에서의 적용 1)구조물에서의 적용 평가 2)건축 토목 구조물의 각 부위별 적용 시스템의 확립				
7. 정부지원의 타당성	◦ 국내 시멘트산업에서 발생하는 온실가스 배출량은 07년도에 40.6백만 톤으로 국가전체 배출량의 6.55%를 차지하고 있어, 향후 건설산업의 지속가능한 성장은 시멘트 산업에서 이산화탄소의 저감 여부가 큰 관건이다. ◦ 앞으로 시멘트의 수요가 감소되고, 고로의 증가 및 합리화로 인한 고로 슬래그 발생량의 증가, 화력발전소의 매립지 감소로 인한 석탄회의 처리 곤란 등이 예상되므로 국내 산업의 원활한 구조를 갖는데 기여할 것으로 기대된다. ◦ 본 연구개발이 성공하기 위해서는 건설산업, 시멘트산업, 제철산업, 전력산업의 연계가 필수적이므로 정부차원의 협조가 필요하다.				
8. 기술확보 전략	◦ 1단계 : 분쇄업체와 공동연구를 통해 물리적 활성화에 대한 최적 공정 개발 ◦ 2단계 : 슬래그, 플라이 애시 관련업체와 공동연구로 에너지, 자원절약형 시멘트 개발 ◦ 3단계 : 건설회사와 공동연구로 구조물 적용에 관한 연구개발				
9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안	최종성과물		◦ 특허, 상용화 설비, EMC 제품		
	활용방안		◦ 일반구조물용 시멘트/콘크리트, 내구성 시멘트/콘크리트		
10. 연구개발 과제의 규모 (50억원 이내) (연구기간 5년 이내)	구분		1차연도	2차연도	3차연도
	연차별 연구비 (백만원)	정부	300	400	500
		민간 (추정)	50	100	100
	합 계		350	500	600
	총 연구비 (백만원)	정부	1,200		총 연구기간 3년
		민간	250		
		총합계	1,450		연도별 평균소요인력 10명
11. 기대효과	◦시멘트와 비교하여 CO ₂ 는 50-70%, 전기 소비량은 1/4로 감소시킬 수 있다.				

및 파급효과	고로 슬래그, 플라이 애시 등의 부산물의 활용율을 5-10% 정도 향상이 기대된다.
--------	--

(5) 콘크리트 2차 제품의 제로에너지 시스템 개발 - 6

1. 과제명	콘크리트 2차 제품의 제로에너지 시스템 개발					
2. 연구개발목표	◦ 스티밍 양생이 없는 프리 캐스트 콘크리트 제조					
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	◦ 현재 업체별로 조기 탈형을 위하여 연구가 진행되고 있으나 결합재로 CSA, 실리카 흙 등의 사용으로 탈형강도를 앞당기는 수준의 연구가 진행중이며 아직 스티밍양생 방법이 주류를 이루고 있다. 공장 제작용 프리캐스트 공장과 현장 타설용 프리캐스트까지 적용하면 시장은 매우 커질 것으로 생각된다					
4. 기존기술 활용방안	◦ 현재 국가과제 및 산학연 과제로 연구개발이 완료된 고유동 콘크리트 기술의 적용					
5. 기술개발 필요성	◦ 현재 프리캐스트 양생시 사용하는 연료는 대부분 경유 혹은 등유를 사용하는 보일러를 통하여 스티밍을 생산 콘크리트 양생용으로 사용하고 있으나 중동의 정세 불안등으로 유류가격의 폭등이 재연되고 있어 이러한 양생공정 제거로 인한 유류비용의 저감, 생산시 발생하는 다짐공정의 제거로 인건비의 저감 및 생산비용의 저감이 필연적이다.					
6. 주요연구 개발내용	◦ 진동 다짐이 필요 없고 재료분리 저항성이 우수한 콘크리트용 혼화제 개발 ◦ 현재 양생 시 사용하는 스티밍의 사용량을 제로화하는 콘크리트용 혼화제 및 조강제 개발 ◦ 운반 및 진동다짐 공정의 제거로 인건비 및 생산비용 저감 시스템 개발					
7. 정부지원의 타당성	◦ 2005년 2월 14일 교토의정서가 발효됨으로써 OECD 31개 협약 국가들은 환경부하 저감을 위하여 온실가스 감축 의무를 준수해야 하며, 우리나라는 1998년 4월 국무총리를 위원장으로 하는 기후변화협약 범정부대책기구를 설치하고 실행 중에 있음 ◦ 한국의 경우 에너지위기에 취약한 경제구조를 가지고 있기 때문에 앞으로 있을 에너지위기를 대비해야 함 ◦ 앞으로 세계경제는 녹색성장을 위한 구조로 가며 이러한 시장을 선점하기 위해 기술개발이 필요함					
8. 기술확보 전략	◦ 연구개발 추진 시 문제는 현장타설 실험 및 실제 적용실험이 문제이나 산·학·연 협력개발로 진행하면 조강성능확보 및 공정 단축 등 전체적인 기술 시스템 확보가 가능					
9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안	최종성과물	◦ 스티밍양생 공정이 필요 없는 조기탈형이 가능한 콘크리트				
	활용방안	◦ 현재 국내에서 프리캐스트 콘크리트를 생산하는 업체에 기술을 제공 시장화하고 현장타설 프리캐스트 콘크리트에도 적용가능				
10. 연구개발 과제의 규모 (50억원 이내) (연구기간 5년 이내)	구분	1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도
	연차별 연구비 (백만원)	정부	240	240	240	
		민간 (추정)	60	60	60	
	합 계		300	300	300	
	총 연구비 (백만원)	정부	720		총 연구기간	3 년
11. 기대효과 및 파급효과		민간	180		연도별 평균소요인력	4 명
		총합계	900			

4.2.2 바이오매스활용 목재패턴형 인조건축자재 개발 (연구단)

1. 과제명	바이오매스 활용 목재 패턴형 인조건축자재 개발
2. 연구개발목표	◦ CO ₂ 30%이상 저감으로 한 바이오 매스기반 인조건축자재 개발 ◦ 내장재, 외장재, 바닥재, 외부 매립형의 다기능 목자재 개발 ◦ CO ₂ 흡수형 목재형 자재개발
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	◦ 국토해양부에서 건설자재 수명예측법 표준화가 진행되고 있지만 무독성 내장용 인조목재에 대한 표준화는 없음(한국건설생활환경시험연구원, “인조목재에 대한 가속열화 및 옥외폭로시험법 개발”, 고분자 + 목재) ◦ 인조목재는 원목의 장점과 플라스틱의 장점을 모두 갖춘 환경 친화적인 신소재로 인정됨. 기존의 목질 판상재료와는 달리 사용하는 고분자 매트릭스가 열가소성인 경우, 열경화성 고분자의 경우 발생할 수 있는 VOC 문제 등으로부터 자유로움. 하지만, 제조하기가 힘든 단점이 있음. ◦ 바이오매스를 이용한 탄소저감형 소재가 적용되는 산업분야가 자동차, 포장재, 핸드폰, 소가전 등으로 적용범위 확산중 ◦ 과거 생분해 원료를 이용한 토사붕괴 방지재 등 건축도목 자재개발이 진행이 되었으나 생분해 시간제어를 하지 못하여 너무 빠른 분해속도 때문에 실패사례 있음 ◦ 시장규모(건축재용) : US '09년 약 7조, 국내 ' 10년 1200[' 12년 2500억(추정)]
4. 기존기술 활용방안	◦ 해당 사항 없음. ◦ 바이오매스 관련, 인조목재로 치환하려는 연구는 새롭게 성장하는 분야임
5. 기술개발 필요성	◦ 인조목재는 원목의 장점과 플라스틱의 장점을 모두 갖춘 환경 친화적인 신소재 · 친환경 무독성 바이오매스를 활용하여 인조목재를 개발하고, 이를 활용한 건축자재를 개발하여 무독성 및 친환경성을 가지는 건축자재 제조 기술임 ◦ 인조목재는 목재 대체품으로 사용되기 때문에, 일부 목재의 평가 규격을 사용해도 되지만 플라스틱이 50%가 함유되어 있어 서로 다른 특성을 보이며 플라스틱의 특성을 평가하는 시험법 또한 필요하고, 이산화탄소를 저장할 수 있는 방법이 필요함 · 토사유출방지바림의 식생안정화에 따라 숲, 식물이 주는 공익적 기능 수요에 부응
6. 주요연구 개발내용	◦ 내장용으로 사용되는 건축 자재를 무독성 인조 목재로 대체 ◦ 신 복합물질인 바이오매스를 이용하여 인조목재 친환경성 및 성능 평가법 개발 ◦ 유기성 폐자원 등 바이오매스, 폐자원을 30% 이상 사용한 원료 소재 개발 ◦ 무한 자원인 1년생 식물, 해조류, 산업 폐기물중 바이오매스 자원이용 원료 물질 개발 ◦ 신 복합물질인 바이오매스를 이용하여 인조목재 친환경성 및 성능 평가법 개발 ◦ 친환경 생분해 시간제어 매립용 인조목 개발
7. 정부지원의 타당성	◦ 건축산업에서의 목재는 필수적인 자재로써, 이산화탄소를 절감하는 방법으로 인조목재의 제조기술 및 내구성능 평가는 광범위하게 활용될 수 있는 공공기술에 해당함 ◦ '13년 온실가스 감축 목표 달성을 위한 수단으로써의 가치 창출을 기대 - 지구온난화 주범인 CO ₂ 감축 효과가 탁월한 바이오매스와 CO ₂ 폴리머 이용한 인조 목재 건축재료 개발 기술 확보 - 인조 목재 건축재 시장 활성화(중소기업 상생 및 신규 일자리 창출) - 정부 주도 및 학계/기업의 범국가적 지구기후변화 협약의 온실가스감축 대응 ◦ 일부 선진국의 제품을 제외하면, 아직 대중적으로 확대 되지 못하고 바닥재(Deck) 용도로 많이 사용되고 있어 가격경쟁력을 갖출 수 있는 실용화 기술이 필요 ◦ 국내외의 저탄소 녹색성장 관련하여 친환경 정책 추진에 따라 그에 대한 대체가 시급

8. 기술확보 전략	◦ 바이오매스를 활용한 인조목재 개발로 건축재료의 생산기술 국산화, 핵심 제조 기술인 압출생산기술 개발 및 전파를 통해 건축재료의 고부가가치화, 바이오매스 대량 활용이 가능한 기반 기술로 활용 가능함 ◦ 바이오매스 고분자로 인조목재를 제조하는 기술은 신기술이며, 국내 대기업 SK(주)에서 보유하고 있고 물성에 맞게 관련 기술을 개발해야 함 - 식물체와 고분자 상용화 및 그래프트 결합기술, 산화 생분해제를 이용하여 바이오매스 필릿 자체 기술 개발 ◦ 기존 합성목재 제품을 생산, 사업화중인 (주)발츠그린 노하우 활용 ◦ SK 에너지의 이산화탄소를 원료로 제조된 폴리머 기술 적용						
9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안	최종성과물	◦ 보고서, 최종 제품 샘플, 시제품					
	활용방안	◦ 주거용/사무용(창호재, 몰딩, 프로파일류 등) 건축재로 적용 ◦ 인조목재는 필수적인 건축자재로 다기능으로 사용됨 ◦ 합성목재, 목재, 콘크리트, 폐고무 등을 적용중인 건축 토목 분야에 개발 제품 적용 ◦ 건설업체, 발주기관, 시공사 등에 개발된 제품 공급 ◦ 다양한 산업분야에 적용					
10. 연구개발 과제의 규모 (50억원 이내) (연구기간 5년 이내)	구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도
	연차별 연구비 (백만원)	정부	1,900	1,900	1,900	1,900	1,900
		민간 (추정)	570	570	570	570	570
	합 계		2,470	2,470	2,470	2,470	2,470
	총 연구비 (백만원)	정부	9,500		총 연구기간	5년	
		민간	2,850				
		총합계	12,350		연도별 평균소요인력	95명	
11. 기대효과 및 파급효과	◦ 바이오매스를 활용한 내장용 인조목재 개발로 건축재료의 생산기술 국산화, 핵심 제조기술인 압출생산기술 개발 및 전파를 통해 건축재료의 고부가가치화, 이산화탄소 대량활용이 가능한 기반기술로 활용이 가능 ◦ 친환경 건축재료 산업 활성화 및 선진화 토대 제공 ◦ 건설 구조물 품질성능 향상 및 시장요구에 신속한 대응 ◦ 건축재료 품질성능 확보를 통한 구조물 성능향상 및 안정성 확보 ◦ 기존 범용플라스틱을 대체함으로써 환경유해물질 배출억제의 의한 환경오염 저감 ◦ 원천기술 확보를 통한 세계경쟁력 확보 및 수출경쟁력을 확보할 수 있으며, 건축도목분야 이외에도 산업용품, 생필품 분야에서도 이산화탄소 저감형 원재료로 활용될수 있으며 고부가가치 산업으로의 발전 기대 ◦ 기존 콘크리트, 플라스틱 제품을 대체함으로써 환경유해물질 배출억제의 의한 환경오염 저감 ◦ 건축도목용 원자재 원천기술 확보를 통한 건자재 분야의 세계경쟁력을 확보할 수 있으며, 탄소중립 원료를 사용함에 따라 이산화탄소 저감형 자재의 수출이 가능하고 고부가가치 산업으로의 발전 기대						

(1) 천연목재 패턴형 인체 무해 건축내장용 인조 목재 개발 - 9

1. 과제명	천연 목재 패턴형 인체 무해 건축 내장용 인조 목재 개발
2. 연구개발목표	◦ 내장용으로 사용되는 건축자재를 무독성 인조 목재로 대체 ◦ 신 복합물질인 바이오매스를 이용하여 인조 목재 친환경성 및 성능 평가법 개발
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	◦ 국토해양부에서 건설자재 수명예측법 표준화가 진행되고 있지만 무독성 내장용 인조 목재에 대한 표준화는 없음(한국건설생활환경시험연구원, “인조목재에 대한 가속열화 및 옥외폭로시험법 개발”, 고분자 + 목재) ◦ 국민의 건강에 유해한 방부목(OCA)의 사용금지 조치로 친환경 대체제품인 인조목재 시장이 급성장하고 있으며 향후 건강과 환경의 관심 고조로 시장 규모가 더 커질 것으로 기대됨. ◦ 시장규모(건축자재용) : US '09년 약 7조, 국내 ' 10년 1200[' 12년 2500억(추정)]
4. 기존기술 활용방안	◦ 해당 사항 없음
5. 기술개발 필요성	◦ 인조목재는 원목의 장점과 플라스틱의 장점을 모두 갖춘 환경 친화적인 신소재 - 친환경 무독성 바이오매스를 활용하여 인조목재를 개발하고, 이를 활용한 건축 자재를 개발하여 무독성 및 친환경성을 가지는 건축자재 제조 기술임. ◦ 국가 시책인 저탄소 녹색성장 기여 및 국가적 지구 기후변화 협약 효율적 대응 (지구온난화 주범인 CO₂ 감축 효과 큰 바이오매스와 CO₂ Polymer 이용) ◦ 인조 목재 수입 대체 효과 크며 연관 산업 활성화로 신규 일자리 창출 가능
6. 주요연구 개발내용	◦ 내장용으로 사용되는 건축 자재를 무독성 인조 목재로 대체 - 촉매 반응에 의한 바이오매스를 이용하여 무독성, 난연 인조목재 건축재료 개발 - 석유자원 절약, 온실가스 무배출, 온실가스인 CO₂ 재사용 1석3조의 효과 극대화 ◦ 신 복합물질인 바이오매스를 이용하여 인조목재 친환경성 및 성능 평가법 개발 - 내구성/방염성능(연기밀도) 등 성능 평가법, 규격화, 시스템화 등 국가 표준 확립
7. 정부지원의 타당성	◦ 건축산업에서의 목재는 필수적인 자재로써, 이산화탄소를 절감하는 방법으로 인조목재의 제조기술 및 내구성능 평가는 광범위하게 활용될 수 있는 공공기술에 해당함. ◦ '13년 온실가스 감축 목표 달성을 위한 수단으로써의 가치 창출을 기대 - 지구온난화 주범인 CO₂ 감축 효과가 탁월한 바이오매스와 CO₂ 폴리머 이용한 인조 목재 건축재료 개발 기술 확보 - 인조 목재 건축재 시장 활성화(중소기업 상생 및 신규 일자리 창출) - 정부 주도 및 학계/기업의 범국가적 지구기후변화 협약의 온실가스감축 대응

8. 기술확보 전략	◦ 바이오매스를 활용한 인조목재 개발로 건축재료의 생산기술 국산화, 핵심 제조 기술인 압출생산기술 개발 및 전파를 통해 건축재료의 고부가가치화, 바이오매스 대량 활용이 가능한 기반 기술로 활용 가능함. ◦ 바이오매스 고분자로 인조목재를 제조하는 기술은 신기술이며, 국내 대기업 SK(주)에서 보유하고 있고 물성에 맞게 관련 기술을 개발해야 함.						
9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안	최종성과물		◦ 보고서, 최종 제품 샘플				
	활용방안		◦ 주거용/사무용(창호재, 몰딩, 프로파일류 등) 건축재로 적용				
10. 연구개발 과제의 규모 (50억원 이내) (연구기간 5년 이내)	구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도
	연차별 연구비 (백만원)	정부	500	500	500		
		민간 (추정)	150	150	150		
	합 계		650	650	650		
	총 연구비 (백만원)	정부	1,500		총 연구기간	3년	
		민간	450				
		총합계	1,950		연도별 평균소요인력	15명	
11. 기대효과 및 파급효과	◦ 바이오매스를 활용한 내장용 인조목재 개발로 건축재료의 생산기술 국산화, 핵심 제조기술인 압출생산기술 개발 및 전파를 통해 건축재료의 고부가가치화, 이산화탄소 대량 활용이 가능한 기반기술로 활용이 가능						

(2) 환경부하 저감 외부용 고내후성 인조건축자재 개발 - 10

1. 과제명	환경부하 저감 외부용 고내후성 인조건축자재 개발						
2. 연구개발목표	◦ 외장용으로 사용되는 건축자재를 환경부하 저감형 인조목재로 대체 ◦ 신 복합물질인 바이오매스를 이용하여 인조목재 친환경성 및 성능 평가법 개발						
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	◦ 인조목재는 친수성인 목분과 소수성인 고분자 수지가 혼합된 형태로 외부용 바닥판의 경우 계절적인 외부온도, 물, 공해물질 등에 노출되어짐. 열충격, UV, 실외 가속수명 시험 등의 평가방법이 필요함. ◦ 인조목재는 원목의 장점과 플라스틱의 장점을 모두 갖춘 환경 친화적인 신소재로 인정됨. 기존의 목질 판상재료와는 달리 사용하는 고분자 매트릭스가 열가소성인 경우 열경화성 고분자의 경우 발생할 수 있는 VOC 문제 등으로부터 자유로움. 하지만, 제조하기가 힘든 단점이 있음.						
4. 기존기술 활용방안	◦ 해당사항 없음						
5. 기술개발 필요성	◦ 인조목재는 목재 대체품으로 사용되기 때문에, 일부 목재의 평가 규격을 사용해도 되지만 플라스틱이 50%가 함유되어 있어 서로 다른 특성을 보이며 플라스틱의 특성을 평가하는 시험법 또한 필요하고, 이산화탄소를 저감할 수 있는 방법이 필요함.						
6. 주요연구 개발내용	◦ 외장용으로 사용되는 건축자재를 환경부하 저감형 인조목재로 대체 - 축매반응에 의한 바이오매스를 이용하여 무독성, 무난연 인조목재 건축재료 개발 - 석유자원을 절약, 온실가스 무배출, 온실가스인 이산화탄소 재사용 1석3조의 효과 극대화 ◦ 신 복합물질인 바이오매스를 이용하여 인조목재 친환경성 및 성능 평가법 개발 - 신 복합물질인 바이오매스 인조목재 친환경성 및 성능 평가법 개발						
7. 정부지원의 타당성	◦ 일부 선진국의 제품을 제외하면, 아직 대중적으로 확대 되지 못하고 바닥재(Deck) 용도로 많이 사용되고 있어 가격경쟁력을 갖출 수 있는 실용화 기술이 필요.						
8. 기술확보 전략	◦ 정기적인 기술 교류회를 통한 세부 과제별 공통 활용 가능 기술분야에 대한 정보 공유 및 대기업과 중소기업간 기술교류. ◦ 산·학·연의 지속적인 연구개발 활성화를 위한 연구기관 및 학계의 기술지원 서비스(기술지도 및 컨설팅) 및 연구장비 제공						
9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안	최종성과물		◦ 보고서, 최종제품 샘플				
	활용방안		◦ 인조목재는 필수적인 건축자재로 광범위하게 사용됨.				
10. 연구개발 과제의 규모 (50억원 이내) (연구기간 5년 이내)	구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도
	연차별 연구비 (백만원)	정부	500	500	500	500	500
		민간 (추정)	150	150	150	150	150
	합 계		650	650	650	650	650
	총 연구비 (백만원)	정부	2,500		총 연구기간	5년	
		민간	750				
총합계		3,250		연도별 평균소요인력	15명		
11. 기대효과 및 파급효과	◦ 친환경 건축재료 산업 활성화 및 선진화 토대 제공 ◦ 건설 구조물 품질성은 향상 및 시장요구에 신속한 대응 ◦ 건축재료 품질성은 확보를 통한 구조물 성능 향상 및 안정성 확보						

(3) 바이오매스복합 고강성 바닥용 인조목재보드개발 - 11

1. 과제명	바이오매스 복합 고강성 바닥용 인조목재 보드 개발
2. 연구개발목표	◦ 범용 플라스틱 수준의 물성을 가진 식물체 바이오매스 폐자원을 포함하는 원료소재개발 ◦ 폐기물 감소 및 이산화탄소 저감형 바이오매스 소재 개발 ◦ 목재 원료이외의 대나무분말, 커피찌꺼기, 왕겨, 미강, 옥수수대분말 등 다양한 바이오매스를 이용한 원료소재 개발
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	◦ 바이오매스를 이용한 탄소저감형 소재가 적용되는 산업분야가 자동차, 포장재, 핸드폰, 소가전 등으로 적용범위 확산중 ◦ 건축, 토목 분야에 바이오매스, 재활용 제품 개발 ◦ 목재 대체용 합성 목재, 무한자원인 식물체 부산물 이용 제품 적용이 확산되고 있음
4. 기존기술 활용방안	◦ 유사생체막 개발기술중 상용화 기술, 그래프트 기술 적용 ◦ 생분해 폴리머, 바이오매스 플라스틱 기술 적용 ◦ 현재 합성목재, WPC 등 생산업체와 협력 및 기술 업그레이드
5. 기술개발 필요성	◦ 폐기되는 바이오매스 자원 재활용 - 대부분 폐기되고 있는 농작물 폐자원, 해조류, 농업작물 찌꺼기, 도시 쓰레기, 산업 폐기물 등 바이오매스 자원의 재활용하여 건축용 자재 개발
6. 주요연구 개발내용	◦ 유기성 폐자원 등 바이오매스, 폐자원을 30% 이상 사용한 원료 소재 개발 -바이오매스 분쇄 입경 안정화, 그래프트 결합 및 상용성 개량 연구 - 안정제, 산화제, 분산제 등 첨가제 조성물 연구 및 인체 무해성 저감 ◦ 무한 자원인 1년생 식물, 해조류, 산업 폐기물중 바이오매스 자원이용 원료 물성 개량 - 폐기물 바이오매스 자원의 고분자 결합, 상용성 개량 연구 - 이산화탄소 25% 이상 저감 연구 ◦ 사용용도에 따라 바이오매스 원료소재의 물성 제어 기술 개발 - 제품화에 적합한 경도, 강도 적합제품 첨가제, 사용 원료, 결합제, 배합비율 연구 - 인장강도 및 신장률 등 기계적 물성, 열적, 화학적 분석 연구
7. 정부지원의 타당성	◦ 국내외의 저탄소 녹색성장 관련하여 친환경 정책 추진에 따라 그에 대한 대체가 시급 - 국내외적으로 친환경 플라스틱, 에코 패키징, 인체 유해물질 규제가 강화되고 있어 수출입에의 영향, 인체에의 유해성 문제가 부각되고 있어 환경친화적이고 무해한 원료소재 개발 지원 필요 ◦ 폐기되는 바이오매스 자원 재활용 - 유한자원인 석유자원을 고갈될 염려가 없는 1년생 초본과 식물 등으로 대체 - 각종 부산물, 도시 쓰레기, 폐기물중 바이오매스 자원 재활용 연구개발 지원 필요 - 폐기되는 폐건축자재, 산업폐기물 중 바이오매스 고분자 재활용

8. 기술확보 전략	◦ 기존 콤파운드 기술 및 노하우 활용 ◦ 기존 합성목재 제품을 생산, 사업화중인 (주)빌츠그린 노하우 활용 ◦ SK 에너지의 이산화탄소를 원료로 제조된 폴리머 기술 적용 ◦ 유사생체막 포장기술중 상용화, 고분자 그래프트 결합 기술 활용							
9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안	최종성과물		◦ 보고서, 최종제품 샘플					
	활용방안		◦ 합성목재, 목재, 콘크리이트, 폐고무 등을 적용중인 건축 토목 분야에 개발 제품 적용					
10. 연구개발 과제의 규모 (50억원 이내) (연구기간 5년 이내)	구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도	
	연차별 연구비 (백만원)	정부	400	400	400			
		민간 (추정)	120	120	120			
	합 계		520	520	520			
	총 연구비 (백만원)	정부	1,200			총 연구기간	3 년	
		민간	360					
		총합계	1,560			연도별 평균소요인력	25 명	
11. 기대효과 및 파급효과	◦ 기존 범용플라스틱을 대체함으로써 환경유해물질 배출억제의 의한 환경오염 저감							
	◦ 원천기술 확보를 통한 세계경쟁력 확보 및 수출경쟁력을 확보할 수 있으며, 건축도 목분야 이외에도 산업용품, 생필품 분야에서도 이산화탄소 저감형 원재료로 활용될수 있으며 고부가가치 산업으로의 발전 기대							
	◦ 식물체 바이오매스 사용에 따른 이산화탄소 저감형 원료 소재 및 친환경 건축자재 대량생산에 따른 고부가가치 산업화 발전 기대							
	◦ 국내 건설산업관련 산업의 발전 및 경쟁력 강화							
	◦ 온실가스 배출 등의 환경부하 저감 및 국제적인 환경규제 강화에 대응							

(4) 생분해 시간제어 매립용 인조목개발 - 12

1. 과제명	생분해 시간제어 매립용 인조목 개발						
2. 연구개발목표	◦ 기존 콘크리트, 목재를 사용한 사방공사면, 공사면, 수중보 등 생분해 시간제어 인조목 개발 ◦ 식물체, 생물 등 식생환경 안정화 이후 5년 이후 썩어서 자연계로 선순환되는 환경친화형 제품 개발						
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	◦ 공사 경사면 토양이 빗방울 충격, 지표수의 유하에 의한 표토침식 및 토사유출 등에 의한 토사붕괴에 따른 안전사고 등에 따라 토사붕괴방지벽, 녹화 보강토, 토사붕괴 방지용포대 등이 개발되고 있으나, 일시적인 방법으로 근본적으로 토사유출방지벽의 식생 안정을 위한 것은 아님 ◦ 과거 생분해 원료를 이용한 토사붕괴 방지재 등 건축토목 자재개발이 진행이 되었으나 생분해 시간제어를 하지 못하여 너무 빠른 분해속도 때문에 실패사례 있음						
4. 기존기술 활용방안	◦ 기존에 수행된 국가연구개발사업, 민간에서 기개발된 기술 등과의 활용 및 연계가 필요한 경우 이를 위한 방안 작성						
5. 기술개발 필요성	◦ 대단위 건축토목공사 등에 사방공사면의 생분해 시간제어 매립용 인조목 개발 개발 필요성 ◦ 기존 생분해 플라스틱을 적용시도가 있었으나, 자연에서 너무 빨리 분해되어 식물체의 식생이 안정화되기 전에 썩어 없어지는 단점 및 약한 물성으로 실용화실패 사례있음 ◦ 이에 산화생분해 기술을 적용하여 자연계에서 최종 생분해되기 까지 1~5년 정도 생분해 기간 연장이 가능한 토사유출 방지재가 필요함 ◦ 최종적으로 토사유출방지벽의 식생안정화에 따라 숲, 식물이 주는 공익적 기능 수요에 부응						
6. 주요연구 개발내용	◦ 친환경 생분해 시간제어 매립용 인조목 개발 ◦ 자연에서 너무 빨리 썩어 없어지지 않고, 최종 생분해기간이 5년 정도 유지되는 원료 소재 및 제품 개발 ◦ 탄소중립((Carbon Neutral) 원료인 식물체 바이오매스 유래 원료를 적용하여 이산화탄소 저장 실현 제품 개발 ◦ 물성개량 및 물성우수 제품 개발 ◦ 기존 콘크리트, 나무 등 소재 대비 친환경성이 우수한 매립용 인조목 개발 ◦ 식생안정화 이후 자연에서 생분해되어 자연으로 선순환되어 환경에 악영향 저감 연구						
7. 정부지원의 타당성	◦ 토목, 대규모 건설공사에 친환경 건축자재 개발 지원 필요 ◦ 전세계적으로 자연환경 보호, 이산화탄소 절감 움직임에 부응하여 적합한 친환경 건설재료를 사용한 토목 건축 자재 개발 지원 필요						
8. 기술확보 전략	◦ 식물체와 고분자 상용화 및 그라프트 결합기술, 산화 생분해제를 이용하여 바이오매스 펠릿 자체 기술 개발 - 협력업체를 통한 생분해 시간제어형 매립용 인조목 개발 - 실제 자연환경 조건에서 동식물 무해 기능 분석						
9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안	최종성과물		◦ 보고서, 최종제품 샘플				
	활용방안		◦ 건설업체, 발주기관, 시공사 등에 개발된 제품 공급 ◦ 다양한 산업분야에 적용				
10. 연구개발 과제의 규모 (50억원 이내) (연구기간 5년 이내)	구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도
	연차별 연구비 (백만원)	정부	500	500	500		
		민간 (추정)	150	150	150		
	합 계		650	650	650		
	총 연구비 (백만원)	정부	1,500		총 연구기간	3 년	
		민간	450				
		총합계		1,950		연도별 평균소요인력	20 명
11. 기대효과 및 파급효과	◦ 기존 콘크리트, 플라스틱 제품을 대체함으로써 환경유해물질 배출억제의 의한 환경오염 저감 ◦ 건축토목용 원자재 원천기술 확보를 통한 건자재 분야의 세계경쟁력을 확보할 수 있으며, 탄소중립 원료를 사용함에 따라 이산화탄소 저장형 자재의 수출이 가능하고 고부가가치 산업으로의 발전 기대						

4.2.3 건축물 환경부하 저감형 다기능 저탄소 건자재 개발 (연구단)

1. 과제명	건축물 환경부하 저감형 다기능 저탄소 건자재 개발
2. 연구개발목표	- 열, 빛, 소음, 내식성을 만족하는 다기능 친환경 건자재 개발 - CO₂ 30%이상 저감을 기본으로 NT,BT,ET를 접목한 다기능 융합 연구
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	- 최근 정부는 건축물의 유형·방위·단열 등 건축물의 구조부분 및 건축물 내부에 설치되는 에너지사용 설비부분의 고효율화를 통하여 설계단계에서부터 원천적으로 에너지절약을 유도하고 있음. 2007년도에 창호단열 등에 대하여 10% 이상의 에너지절약목표를 설정하여 기준을 강화하였으며, 앞으로도 주기적으로 기준 강화를 추진할 방침임 - 국내에서도 해양 환경하에서의 진일보된 기술의 확대·보급을 위하여, 성능을 한차원 높이면서 가격상승을 억제할 수 있는 고기능성의 재료개발이 우선되어야 함. - 정부는 2007년도에 창호단열 등에 대하여 10% 이상의 에너지절약목표를 설정하여 기준을 강화하였으며, 앞으로도 주기적으로 기준 강화를 추진할 방침임. - 차별 도료는 일본에서 1993년경부터 등장하여 1996년에 시장이 형성되었으며, 1997년부터 안정화되기 시작하여 대부분 2000년대부터 시장이 확대되기 시작하였음. - 스티로폼, 우레탄 소재 발포폼이 화재시 유독가스 발생문제로 무독성, 난연 발포 단열재 개발 진행 - 다층가공, 발포, 무해성, 기능성을 부여한 중층발포 단열재는 개발이 전무한 실정임
4. 기존기술 활용방안	해당사항 없음.
5. 기술개발 필요성	- 유리·창호를 통해 일패면 건물 내부 공간으로 유입되는 태양열 에너지의 양을 조절할 수 있는 특성을 가진 세라믹 소재를 사용하여 현대의 최첨단 기술의 하나로 대변되는 나노분산 기술과 나노코팅 기술을 이용, 실내조도 및 조광권 확보에 탁월한 효과가 있음. - 건축용 필름의 구성요소로서 반드시 필요한 고내구성 문제 또한 해결한 건축용 고기능성필름이 개발되고 있지만 관련규격이나 정부의 지원이 부족한 상태임. - 현재, 해양 환경하에 콘크리트를 적용함에 있어서, 구조물의 대형화·고층화로 인한 사하중 증가와 함께 기존에 문제시 되어왔던 파도, 바람, 조수간만, 더 나아가 지진 등에 의한 해일 발생 등 여러 복합적인 문제로 인해 고강도·고성능·내부식성 콘크리트에 대한 요구조건이 더욱 까다로워지고 있음. - 우리나라의 에너지의 해외의존도가 90%를 초과하고 있으며, 우리나라 전체 에너지 사용량 중 건물부분이 차지하는 비율은 2000년도 기준으로 약 43%에 이르고 있어 건축물의 열성능 향상을 위한 연구개발은 매우 중요한 의미를 갖고 있음. - 스티로폼, 우레탄 소재를 인체 무해 고분자로 대체, 식품첨가물이 천연발포재 사용 및 탄소중립(Carbon Neutral)인 식물체 바이오매스를 사용하여 이산화탄소 저장 및 인체무해성 친환경 건축자재 개발이 필요함
6. 주요연구 개발내용	- 열차단필름을 적용한 스마트 윈도우 창호 개발 - 스마트 윈도우 창호의 불량 분석 조사 및 시공기술 개발 - 콘크리트의 내구성을 향상시키고, 특수 환경(해양 구조물, 내산성 구조물)에서의 사용 접근성을 높일 수 있는 콘크리트 개발 - 생산시 탄소 발생률을 확연히 저감시키고, 시공 후 침출 현상 등이 발생하지 않으며, 녹농균 등 유해균에 대한 항균 효과가 뛰어난 건설재료 개발 - 에너지절감을 위한 고일사반사율 건축용 차단열 도료 개발 - 국내 건축 구조물에 대한 차단열도로 적용을 통한 표준화 연구 - 천연발포체를 이용한 발포 소재 개발

		- 이산화탄소 저감형 원료 소재 및 건축자재 개발 - 중충발포단열재의 소음 방지, 인체무해 특성이 우수한 중충발포 단열재 개발
7. 정부지원의 타당성		- 현재, 정부는 법규개정 및 제도 개선을 통해 창호의 에너지효능을 높이기 위한 작업으로 고기능성 단열필름을 적용하여 열관류율을 선진국 수준으로 낮춰 단열성능을 높이는 것을 골자로 하는 연구가 진행되고 있지만 관련기술이 부족한 상태임. -소각시 유해물질 발생 저감 자재 개발 필요 -고분자 물질을 식물체 바이오매스로 대체함에 따른 이산화탄소 저감형 제품개발지원 - 지구기후변화 협약에 따른 에너지절감 대응책 수립 필요성 - 2005년 2월 14일 교토의정서가 발효됨으로써 OECD 31개 협약 국가들은 환경부하 저감을 위하여 온실가스 감축 의무를 준수해야 하며, 우리나라는 1998년 4월 국무총리를 위원장으로 하는 기후변화협약 범정부대책기구를 설치하고 실행 중에 있음. - 현재, 항만·해양 접안시설·플랜트·해상 교량 등 해양 구조물에 대한 적용이 점진적으로 높아지면서, 세계적으로도 지진이나 조류 활동 등의 영향에 의한 고강도 및 고내구성 해양 콘크리트 개발에 대한 관심이 동시에 높아지고 있어, 국내에서도 관련기술의 확보 또는 우위를 선점하기 위해 정부의 협조가 필요함. 또한, 친환경 소재의 기술 및 소재 제품 개발을 통하여 국내 기술력 향상 뿐만 아니라 국가 신인도 증진효과가 있음. 재료의 성능 개선 뿐만 아니라, 친환경 등 공공의 이익을 가져다 줄 수 있는 사업으로 정부지원이 필요하다 할 수 있음
8. 기술확보 전략		- 중공 세라믹 안료, 다공성의 세라믹 소재를 이용해 태양광을 차단하고 열전도도를 억제하며, 상변환물질을 이용해 잠열의 형태로 저장하여 냉방 또는 난방이 중단된 후에도 일정시간 동안 냉방 또는 난방효과를 유지시킬 수 있는 기술이 계속해서 세계적으로 개발해야 함 - 수요업체를 통한 온도감응형 스마트 윈도우 코팅 열차단필름 개발 - 실제 자연환경 조건에서 가속수명 시험 평가법 개발 및 표준화 연구 - 콘크리트 사용재료 중, 바인더 역할을 하는 시멘트 등을 고기능성 SPC로 대체하여 탄소 등 환경오염인자 배출 성분을 제거하고, 고강도·내부식성 등 해양구조물에 필요한 성능을 발현할 수 있는 첨가제 개발을 목표로 하며, 이를 위해 석유 등 관련산업과 연계한 공동 연구수행을 기본 과제로 하고, 지속적인 정보교류를 유지하고자 함.(다음은 전략 목표) - 높은 강도, 내구성능 발현(특히, 내부식성/침투저항성 등의 확립) - 탄소 저감에 의한 환경오염 방지(콘크리트 탄소발생량의 1/200 달성) - 지구 온난화 대책, 에너지 절약에 기여하는 환경기술로서 차단열도료는 현재 국내외 시장에서 수요 및 연구개발이 가속화 되고 있는 실정임. - 수요업체를 통한 차단열도료의 개발 - 실제 자연환경 조건에서 가속수명 시험 평가법 개발 및 표준화 연구 - 물, 식품첨가제 등 일반 고분자보다 비점이 낮은 소재 및 식물성 바이오매스를 원료 펠릿 및 디충시트 개발 - 협력업체를 통한 3중층 발포시트 개발 - 인체무해성, 난연실험, 내스크래치 실험
9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안	최종성과물	보고서, 최종제품 샘플(시작품), 현장 적용
	활용방안	- 건설업체, 발주기관, 시공사 등에 의해서 개발된 열차단필름 공급 - 항만공사 등 해양구조물 관리기관, 관공서·건설회사 등의 해양

		구조물 시행·시공기관 등에 재료 공급을 통하여, 자연 친화적이며 고기능성을 갖춘 구조물 제작에 협조하며, 이의 상용화를 목표로 함 ◦ 건설업체, 발주기관, 시공사 등의 의해서 개발되어진 차단열도료 시공 ◦ 건설업체, 발주기관, 시공사 등에 개발된 단열재 공급 및 다른 산업분야로의 적용 확대					
10. 연구개발 과제의 규모 (50억원 이내) (연구기간 5년 이내)	구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도
	연차별 연구비 (백만원)	정부	1,900	1,900	1,900		
		민간 (추정)	570	570	570		
	합 계		2,470	2,470	2,470		
	총 연구비 (백만원)	정부	5,700		총 연구기간	3 년	
		민간	1,710			연도별 평균소요인력	65 명
총합계		7,410					
11. 기대효과 및 파급효과	◦ 에너지절감 스마트 윈도우는 그 활용 분야가 건설 산업 전반에 걸쳐 그 파급 효과와 매우 크고 산업적 응용이 무궁무진하기 때문에 국가적 개발과제로서 중요성이 매우 큼. ◦ 우리나라의 경우 주상복합 건물 등이 활성화되면서 본격적으로 관련 시장이 형성되고 있으며, 국내 건축용 윈도우 필름 시장의 규모를 현재 약 1,000억 정도이나 향후 약 3,000억정도까지 확대 예상 ◦ 강도 등의 역학 특성 및 내구성이 뛰어나고 불투수성과 내식성 등 유해 물질의 차단 효과가 크기 때문에, 해양 콘크리트 적용에 장점이 될 수 있으며, 더 나아가 내황산용수로, 화학 폐기물 저장 탱크 등 특수 목적의 구조물을 시공하는데 있어서도 적용 효율성이 크기 때문에, 이에 대한 활용성이 높음 ◦ 이산화탄소 등의 배출이 야기되는 생산, 시공단계가 없기 때문에 환경 친화적인 시공을 할 수 있으며, 콘크리트 시공 후에 침출 현상 등이 생기지 않아 주위 환경을 보존할 수 있음 ◦ 본 연구를 통해 차단열도료를 상용화할 경우 연간 100억 원의 수입 대체가 가능하고 차열도료 도장 시 실내온도 저감효과가 5℃이상 저감된다면, 연간 약 5,000억원 이상의 환경편익 발생할 것으로 기대됨 -기존 스티로폼, PS 소재를 대체함으로써 인체 무해성 확보 -원천기술 확보를 통한 세계경쟁력 확보 및 수출경쟁력 확보 -식물체 바이오매스 사용에 따른 이산화탄소 저감형 원료 소재 및 친환경 건축자재 대량생산에 따른 고부가가치 산업화 발전 기대 -국내 건설산업관련 산업의 발전 및 경쟁력 강화 -온실가스 배출 등의 환경부하 저감 및 국제적인 환경규제 강화에 대응						

(1) 온도감응형 스마트 윈도우 코팅 열차단 필름 개발 - 13

1. 과제명	온도감응형 스마트 윈도우 코팅 열차단 필름 개발						
2. 연구개발목표	◦ 건축물의 에너지절감을 위한 스마트 윈도우 창호 개발 ◦ 스마트 윈도우 창호의 불량 분석 조사 및 가속수명 시험평가법 개발						
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	◦ 최근 정부는 건축물의 유형·방위·단열 등 건축물의 구조부문 및 건축물 내부에 설치되는 에너지사용 설비부문의 고효율화를 통하여 설계단계에서부터 원천적으로 에너지 절약을 유도하고 있음. 2007년도에 창호단열 등에 대하여 10% 이상의 에너지절약목표를 설정하여 기준을 강화하였으며, 앞으로도 주기적으로 기준 강화를 추진할 방침임 ◦ 정부는 2007년도에 창호단열 등에 대하여 10% 이상의 에너지절약목표를 설정하여 기준을 강화하였으며, 앞으로도 주기적으로 기준 강화를 추진할 방침임						
4. 기존기술 활용방안	◦ 해당사항 없음						
5. 기술개발 필요성	◦ 유리·창호를 통해 밀폐된 건물 내부 공간으로 유입되는 태양열 에너지의 양을 조절할 수 있는 특성을 가진 세라믹 소재를 사용하여 현대의 최첨단 기술의 하나로 대변되는 나노분산 기술과 나노코팅 기술을 이용, 실내조도 및 조광권 확보에 탁월한 효과가 있음 ◦ 건축용 필름의 구성요소로서 반드시 필요한 고내구성 문제 또한 해결한 건축용 고기능성필름이 개발되고 있지만 관련규격이나 정부의 지원이 부족한 상태임						
6. 주요연구 개발내용	◦ 열차단필름을 적용한 스마트 윈도우 창호 개발 - 부품 소재별 유리 스마트 윈도우 1.5등급 창호개발 개발 ◦ 스마트 윈도우 창호의 불량 분석 조사 및 시공기술 개발 - 스마트 윈도우 창호 제품의 가속수명 시험과 열화 상관성 규명 - 스마트 윈도우 창호의 물리/화학적 환경 요인에 시공기술 개발						
7. 정부지원의 타당성	◦ 현재, 정부는 법규개정 및 제도 개선을 통해 창호의 에너지효능을 높이기 위한 작업으로 고기능성 단열필름을 적용하여 열관류율을 선진국 수준으로 낮춰 단열성능을 높이는 것을 골자로 하는 연구가 진행되고 있지만 관련기술이 부족한 상태임						
8. 기술확보 전략	◦ 중공 세라믹 안료, 다공성의 세라믹 소재를 이용해 태양광을 차단하고 열전도도를 억제하며, 상변환물질을 이용해 잠열의 형태로 저장하여 냉방 또는 난방이 중단된 후에도 일정시간 동안 냉방 또는 난방효과를 유지시킬 수 있는 기술이 계속해서 세계적으로 개발해야 함 - 수요업체를 통한 온도감응형 스마트 윈도우 코팅 열차단필름 개발 - 실제 자연환경 조건에서 가속수명 시험 평가법 개발 및 표준화 연구						
9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안	최종성과물		◦ 보고서, 최종제품 샘플				
	활용방안		◦ 건설업체, 발주기관, 시공사 등에 의해서 개발된 열차단필름 공급				
10. 연구개발 과제의 규모 (50억원 이내) (연구기간 5년 이내)	구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도
	연차별 연구비 (백만원)	정부	500	500	500		
		민간 (추정)	150	150	150		
	합 계		650	650	650		
	총 연구비 (백만원)	정부	1,500		총 연구기간	3 년	
		민간	450			연도별 평균소요인력	15 명
총합계		1,950					
11. 기대효과 및 파급효과	◦ 에너지절감 스마트 윈도우는 그 활용 분야가 건설 산업 전반에 걸쳐 그 파급 효과가 매우 크고 산업적 응용이 무궁무진하기 때문에 국가적 개발과제로서 중요성이 매우 큼 ◦ 우리나라의 경우 주상복합 건물 등이 활성화되면서 본격적으로 관련 시장이 형성되고 있으며, 국내 건축용 윈도우 필름 시장의 규모를 현재 약 1,000억 정도이나 향후 약 3,000억정도까지 확대 예상.						

(2) 정유산업 부산 SPC(황-폴리머 시멘트)를 활용한 초내식성 해양환경 콘크리트 개발 - 14

1. 과제명	정유산업 부산 SPC(황-폴리머 시멘트)를 활용한 초내식성 해양환경 콘크리트 개발
2. 연구개발목표	- 내부식성, 투수저항성, 고강도, 응결시간 단축 등 해양구조물 및 특수 환경에 적용 가능한 콘크리트 재료개발을 목표로 하며, 균열 저항성 등 사용성을 크게 향상시킨 SPC (Sulfur Polymer Cement, 유황 시멘트) 콘크리트 개발 - 콘크리트 재료 생산배합다설·적용 등 전 공용기간을 통해, 탄소의 발생량을 줄이고 유해 물질을 차단함으로써 친환경적인 재료개발을 목표로 함.
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	- 기술 선진국(미국, 일본 등)의 경우, 고내구/내부식(침투저항)성 해양 콘크리트 개발과 함께, 각종 폴리머 등을 이용한 장수명 콘크리트 개발에 대한 연구가 활발히 진행되고 있고, 적용 가능한 수준까지 접근하고 있는 상황임. - 국내에서도 해양 환경하에서의 진일보된 기술의 확대·보급을 위하여, 성능을 한차원 높이며서 가격상승을 억제할 수 있는 고기능성의 재료개발이 우선되어야 함.
4. 기존기술 활용방안	해당사항 없음
5. 기술개발 필요성	- 현재, 해양 환경하에 콘크리트를 적용함에 있어서, 구조물의 대형화·고충화로 인한 사하중 증가와 함께 기존에 문제시 되어왔던 파도, 바람, 조수간만, 더 나아가 지진 등에 의한 해일 발생 등 여러 복합적인 문제로 인해 고강도·고성능·내부식성 콘크리트에 대한 요구조건이 더욱 까다로워지고 있음 - 또한, 녹색 성장 등 친환경적인 문제에 관심이 증폭되고 있어, 건설 재료에 있어서도 시멘트에 의한 탄소 배출 등 환경오염원에 대한 저감 문제가 사회적인 이슈로 대두되고 있음
6. 주요연구 개발내용	- 콘크리트의 내구성을 향상시키고, 특수 환경(해양 구조물, 내산성 구조물)에서의 사용 접근성을 높일 수 있는 콘크리트 개발 - 일반 콘크리트의 2배 이상 강도를 발현하면서, 응결시간의 지연없이 1시간 이내에 소요강도를 낼 수 있는 해양 구조물용 초속경성 콘크리트 개발 - 흡수율 0.1% 이하인 불투수성 콘크리트 개발에 의한 해양 환경에의 적용 가능한 콘크리트 개발 - 내화학적 등을 0.5% 이하로 떨어뜨려, 폐수 처리시설 등 내산성을 요하는 구조물에 확대 적용 - 생산시 탄소 발생률을 확연히 저감시키고, 시공 후 침출 현상 등이 발생하지 않으며, 녹농균 등 유해균에 대한 항균 효과가 뛰어난 건설재료 개발
7. 정부지원의 타당성	현재, 항만·해양 접안시설·플랜트·해상 교량 등 해양 구조물에 대한 적용이 점진적으로 높아지면서, 세계적으로도 지진이나 조류 활동 등의 영향에 의한 고강도 및 고내구성 해양 콘크리트 개발에 대한 관심이 동시에 높아지고 있어, 국내에서도 관련기술의 확보 또는 우위를 선점하기 위해 정부의 협조가 필요함. 또한, 친환경 소재의 기술 및 소재 제품 개발을 통하여 국내 기술력 향상 뿐만 아니라 국가 신인도 증진효과가 있

	음. 재료의 성능 개선 뿐만 아니라, 친환경 등 공공의 이익을 가져다 줄 수 있는 사업으로 정부지원이 필요하다 할 수 있음.						
8. 기술확보 전략	◦ 콘크리트 사용재료 중, 바인더 역할을 하는 시멘트 등을 고기능성 SPC로 대체하여 탄소 등 환경오염인자 배출 성분을 제거하고, 고강도·내부식성 등 해양구조물에 필요한 성능을 발휘할 수 있는 첨가제 개발을 목표로 하며, 이를 위해 석유 등 관련산업과 연계한 공동 연구수행을 기본 과정으로 하고, 지속적인 정보교류를 유지하고자 함.(다음은 전략 목표) - 높은 강도, 내구성능 발현(특히, 내부식성/침투저항성 등의 확립) - 탄소 저감에 의한 환경오염 방지(콘크리트 탄소발생량의 1/200 달성)						
9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안	최종성과물		◦ 보고서, 제품 성적서, 생산지침 등				
	활용방안		◦ 항만공사 등 해양구조물 관리기관, 관공서·건설회사 등의 해양구조물 시행·시공기관 등에 재료 공급을 통하여, 자연 친화적이며 고기능성을 갖춘 구조물 제작에 협조하며, 이의 상용화를 목표로 함				
10. 연구개발 과제의 규모 (50억원 이내) (연구기간 5년 이내)	구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도
	연차별 연구비 (백만원)	정부	500	500	500		
		민간 (추정)	150	150	150		
	합 계		650	650	650		
	총 연구비 (백만원)	정부	1,500		총 연구기간	3 년	
		민간	450				
		총합계	1,950		연도별 평균소요인력	15 명	
11. 기대효과 및 파급효과	◦ 강도 등의 역학 특성 및 내구성이 뛰어나고 불투수성과 내식성 등 유해 물질의 차단 효과가 크기 때문에, 해양 콘크리트 적용에 장점이 될 수 있으며, 더 나아가 내항산용수로, 화학 폐기물 저장 탱크 등 특수 목적의 구조물을 시공하는데 있어서도 적용 효율성이 크기 때문에, 이에 대한 활용성이 높음 ◦ 이산화탄소 등의 배출이 야기되는 생산, 시공단계가 없기 때문에 환경 친화적인 시공을 할 수 있으며, 콘크리트 시공 후에 침출 현상 등이 생기지 않아 주위 환경을 보존할 수 있음						

(3) 에너지 절약형 친환경 고기능성 차단열도로 제조 및 시공기술 개발 - 15

1. 과제명	에너지 절약형 친환경 고기능성 차단열도로 제조 및 시공기술 개발							
2. 연구개발목표	◦ 에너지절감을 위한 고일사반사율 건축용 차단열 도로 개발 ◦ 국내 건축 구조물에 대한 차단열도로 적용을 통한 시공기술 표준화 연구							
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	◦ 국내의 경우 차단열 도로에 대한 관련 정책 및 법규가 미비하며, 일본의 경우 정부 및 지자체 등에서 구체적인 활동 목표를 설정하여 시장이 급속히 성장하고 있음. ◦ 차단열 도로는 에너지 절감 및 녹색성장을 위한 그린기술의 하나로서 확대되는 세계 시장에서 기술경쟁력 강화를 도모하고 국내 기술개발 활성화를 위해 정부차원에서의 지원과 관련 표준의 마련이 시급한 실정임. ◦ 차열 도로는 일본에서 1993년경부터 등장하여 1996년에 시장이 형성됐으며, 1997년부터 안정화되기 시작하여 대부분 2000년대부터 시장이 확대되기 시작하였음.							
4. 기존기술 활용방안	◦ 해당사항 없음							
5. 기술개발 필요성	◦ 우리나라의 에너지의 해외의존도가 90%를 초과하고 있으며, 우리나라 전체 에너지 사용량 중 건물부분이 차지하는 비율은 2000년도 기준으로 약 43%에 이르고 있어 건축물의 열성능 향상을 위한 연구개발은 매우 중요한 의미를 갖고 있음.							
6. 주요연구 개발내용	◦ 에너지절감을 위한 고일사반사율 건축용 차단열 도로 개발 - 이산화탄소 저감을 통한 차단열도로의 구성성분 함량 최적화 - 차단열도로 기본물성과 내후성을 평가하여 차단열도로 개발 ◦ 국내 건축 구조물에 대한 차단열도로 적용을 통한 표준화 연구 - 기준일사광, 표준시험편, 조사램프, 측정파장 영역 등에 따른 일사반사율 측정하여 최적의 차단열도로 적용을 통한 표준화 연구 - 모형주택을 제작하여 일사반사율 평가에 따른 실내공간의 온도변화 및 성능평가							
7. 정부지원의 타당성	◦ 지구기후변화 협약에 따른 에너지절감 대응책 수립 필요성 - 2005년 2월 14일 교토의정서가 발효됨으로써 OECD 31개 협약 국가들은 환경부하 저감을 위하여 온실가스 감축 의무를 준수해야 하며, 우리나라는 1998년 4월 국무총리를 위원장으로 하는 기후변화협약 범정부대책기구를 설치하고 실행 중에 있음.							
8. 기술확보 전략	◦ 지구 온난화 대책, 에너지 절약에 기여하는 환경기술로서 차단열도로는 현재 국내외 시장에서 수요 및 연구개발이 가속화 되고 있는 실정임. - 수요업체를 통한 차단열도로의 개발 - 실제 자연환경 조건에서 가속수명 시험 평가법 개발 및 표준화 연구							
9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안	최종성과물		◦ 보고서, 최종제품 샘플					
	활용방안		◦ 건설업체, 발주기관, 시공사 등의 의해서 개발되어진 차단열도로 시공					
10. 연구개발 과제의 규모 (50억원 이내) (연구기간 5년 이내)	구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도	
	연차별 연구비 (백만원)	정부	500	500	500			
		민간 (추정)	150	150	150			
	합 계		650	650	650			
	총 연구비 (백만원)	정부	1,500			총 연구기간	3 년	
		민간	450					
	총합계		1,950		평균소요인력	15 명		
11. 기대효과 및 파급효과	◦ 본 연구를 통해 차단열도로를 상용화할 경우 연간 100억 원의 수입 대체가 가능하고 차열도로 도장 시 실내온도 저감효과가 5℃이상 저장된다면, 연간 약 5,000억원 이상의 환경편익 발생함 것으로 기대됨.							

(4) 셀룰로오스부산물과 천연발포체를 이용한 중층발포단열재 개발 - 16

1. 과제명	셀룰로오스 부산물과 천연발포체를 이용한 중층발포단열재 개발								
2. 연구개발목표	◦ 식품첨가물, 수분 등 천연 발포체를 이용한 발포 소재 개발 ◦ 식물체 바이오매스, 발포핵제, 산화생분해제, 상용화제를 이용한 물성 우수 소재 개발 ◦ 단열기능, 경량화, 원가 절감 및 이산화탄소 저감기능 부여 친환경 건축자재 개발 ◦ 중층을 발포하고, 양측외면은 스크래치 방지특성, 항균, 원적외선 발생 기능 부여								
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	◦ 스티로폼, 우레탄 소재 발포폼이 화재시 유독가스 발생문제로 무독성, 난연 발포 단열재 개발 진행 ◦ 다층가공, 발포, 무해성, 기능성을 부여한 중층발포 단열재는 개발이 전무한 실정임								
4. 기존기술 활용방안	◦ 기존에 수행된 국가연구개발사업, 민간에서 기개발된 기술 등과의 활용 및 연계가 필요한 경우 이를 위한 방안 작성								
5. 기술개발 필요성	◦ 인체 무해성, 천연발포체, 식물체 바이오매스 이용 친환경 건축자재 개발 필요 - 스티로폼, 우레탄 소재를 인체 무해 고분자로 대체, 식품첨가물이 천연발포체 사용 및 탄소중립(Carbon Neutral)인 식물체 바이오매스를 사용하여 이산화탄소 저감 및 인체무해성 친환경 건축자재 개발이 필요함								
6. 주요연구 개발내용	◦ 천연발포체를 이용한 발포 소재 개발 - 식품첨가물을 이용한 CO₂ 발포, 부탄가스 발포 대체 소재 개발 - 인장, 신장, 강도 등 물성이 우수한 발포 건축자재 개발 ◦ 이산화탄소 저감형 원료 소재 및 건축자재 개발 - 탄소중립형 식물체 바이오매스 등을 이용한 이산화탄소 저감형 원료 소재 개발 ◦ 중층발포단열재의 소음 방지, 인체무해 특성이 우수한 중층발포 단열재 개발								
7. 정부지원의 타당성	◦ 스티로폼 등 발포 건축자재 대체 필요 -소각시 유해물질 발생 저감 자재 개발 필요 -고분자 물질을 식물체 바이오매스로 대체함에 따른 이산화탄소 저감형 제품개발지원								
8. 기술확보 전략	◦ 물, 식품첨가제 등 일반 고분자보다 비점이 낮은 소재 및 식물성 바이오매스를 원료 펠릿 및 다층시트 개발 - 협력업체를 통한 3중층 발포시트 개발 - 인체무해성, 난연실험, 내스크래치 실험								
9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안	최종성과물		◦ 보고서, 최종제품 샘플						
	활용방안		◦ 건설업체, 발주기관, 시공사 등에 개발된 단열재 공급 및 다른 산업분야로의 적용 확대						
10. 연구개발 과제의 규모 (50억원 이내) (연구기간 5년 이내)	구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도		
	연차별 연구비 (백만원)	정부	400	400	400				
		민간 (추정)	120	120	120				
	합 계		520	520	520				
	총 연구비 (백만원)	정부	1,200			총 연구기간 연도별 평균소요인력	3 년		
		민간	360						
11. 기대효과 및 파급효과	총합계		1,560						
	◦ 기존 스티로폼, PS 소재를 대체함으로써 인체 무해성 확보 ◦ 원천기술 확보를 통한 세계경쟁력 확보 및 수출경쟁력 확보 ◦ 식물체 바이오매스 사용에 따른 이산화탄소 저감형 원료 소재 및 친환경 건축자재 대량생산에 따른 고부가가치 산업화 발전 기대 ◦ 국내 건설산업관련 산업의 발전 및 경쟁력 강화 ◦ 온실가스 배출 등의 환경부하 저감 및 국제적인 환경규제 강화에 대응								

4.2.4 건설재료 LCCO₂ DB구축 및 평가/보급기술개발 (연구단)

1. 과제명	건설재료 LCCO ₂ DB구축 및 평가/보급기술개발
2. 연구개발목표	- 건설재료/자재의 전과정 CO₂ 평가시스템 및 데이터베이스 구축 - 건설재료/자재 탄소라벨링 제도 및 평가관리 시스템 개발 - 탄소저감형 건설재료 친환경 표준시방 지침 개발
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	- 국내에서는 제품에 대한 LCCO₂ 방법론이 개발되어 있으나 제조업에 국한되어 있음 - 일본 건축학회에서는 건축물에 대한 전과정평가 지침을 개발하여 활용하고 있음 - 지속가능건축물(Sustainable Building) 건설을 위한 국제기구(ISO 등) 및 유럽국가와 일·미 등 주요 선진국의 기술개발 및 관련 DB구축이 활발히 진행중에 있음 - 국내외적으로 탄소저감형 건설재료/자재의 기술개발 및 보급촉진과 건설재료/자재의 전과정 CO₂ 정보관리시스템 개발산업의 기술확보가 요구됨 - 선진외국에서는 탄소라벨링 관련 법적제도구축이 적극적으로 추진중에 있고, 국내에서도 온실가스의 배출량을 표기하는 탄소성적표지제도를 운용하고 있으나 건설자재의 인증건수는 매우 적으며 관련연구도 부족 - एको디자인 국제표준인 ISO TR 14062 및 IEC 62430이 개발되어 제품환경규제의 수단으로 활용되고 있으며, 일본에서는 2002년부터 탄소저감형 친환경시방서를 개발하여 시공과정에서 활용하고 있음
4. 기존기술 활용방안	- ISO 14040s 및 ISO CD 14067과 PAS 2050, 한국의 탄소라벨링 인증기준 등을 활용할 수 있음 - 국가 LCI 데이터베이스정보망(한국환경산업기술원) 및 건설자재통합정보시스템(KICT) 등 기존 건설재료/자재 정보 DB 관리 시스템 활용가능 - 건축자재 환경성정보 국가 D/B 구축사업, 건설생산성 향상을 위한 건설자재 표준화 등 건설재료/자재 정보 DB 관련 국가연구개발사업 연구성과 활용가능 - ISO/CD 14067 Carbon footprint of products 및 EU Ecolabel Carbon Footprint Measurement Toolkit 등 활용가능 - 국내 제조업 부문별로 개발된 친환경설계 지침 및 일본의 CASBEE 및 영국의 BREEAM, 미국의 LEED에서 제시한 인증기준도 활용가능
5. 기술개발 필요성	- 건축물의 전과정을 고려한 CO₂ 평가 및 관리는 매우 중요함 - 미국의 LEED와 영국의 BREEAM은 전과정평가에 기초한 그린빌딩 인증제도이나, 국내 친환경건축물 인증제도는 전과정평가에 근거하고 있지 않음 - IPCC 제4차 보고서에 따르면 세계 온실가스 배출량의 40%가 건축물로 인해 발생한 점을 감안할 때, 건축물의 시공 등 전과정에서 걸친 CO₂ 관리는 반드시 필요 - 최근 탄소저감형 건설재료/자재 개발과 함께 각 건설재료/자재의 전과정 CO₂ 정보의 증가가 예상되는바, 이를 효과적이며 지속적으로 운영/관리/보급 할 수 있는 건설재료/자재 전과정 CO₂ 통합 관리시스템 개발 절실 - 이에 탄소저감형 건설재료/자재 개발 산업 및 현장 보급 활성화 필요 - 전세계적인 기후변화협약에 의하여 국내의 건축물 부문 탄소배출량은 2020년 기준 BAU대비 31%까지 저감하기 위한 국가적 목표달성 설정 - 탄소라벨링은 무역규제로 작용될 것이 확실시 되며 이에 건설재료의 탄소배출량 평가를 위한 라벨링 제도의 구축이 시급 - 건축물의 설계단계에서부터 표준시방 지침에 탄소저감형 친환경 개념을 접목하는 것은 국가 온실가스 배출량 감소 및 비용절감 측면에서도 매우 필요
6. 주요연구	국제기준(ISO 14040 및 ISO CD 14067 등)에 의한 주요 건설재료 및 자재의 LCCO₂ 평가

개발내용	- 방법론 구축 - 건설재료 및 자재에 대한 LCCO₂ 평가 방법론에 기초한 평가 프로그램 개발 및 보급 - ISO 14040s 및 ISO CD 14067에 기초한 건설재료 및 자재에 대한 LCCO₂ 배출계수 데이터베이스 구축 - ISO TS 14048에 기초한 LCCO₂ 배출계수 데이터베이스 작성양식 개발 및 보급 - 목적지향형 건설재료/자재 전과정 CO₂ 통합 관리 알고리즘 개발[요소기술 개발] - 목적지향형 건설재료/자재 전과정 CO₂ 통합 관리 미드웨어 개발[통합기술 개발] - 목적지향형 건설재료/자재 전과정 CO₂ 통합 관리 시스템 개발[통합시스템 구축] - 건축자재 제품군별 탄소라벨 평가방법 정립 및 탄소라벨 구축시스템 개발 - 건설재료/자재의 전 과정 탄소배출량 평가관리 시스템 개발 - 친환경설계 개념을 접목한 건설재료에 대한 표준시방 지침 개발	
	- 정부의 온실가스 감축목표(30%)를 달성하기 위해서는 온실가스 배출량의 약 40%를 차지하는 건설부문에 대한 온실가스 감축은 필수적이기 때문에, 건설자재 및 재료에 대한 LCCO₂를 평가하고 관리할 수 있는 체계마련이 필요 - LCCO₂ DB구축은 건설 현장(공종별·건설자재별) 및 완성 구조물 환경친화성 제고되고 자재생산업자의 탄소배출저감 유도 등 유도 - 건설재료/자재의 지속적인 전과정 CO₂ 정보의 운영/관리/보급 사업은 민간, 학/협회 등의 기관에서 수행하기에는 역부족으로 국가적 차원의 통합적인 관리 및 운영 시스템 개발이 반드시 요구되는 사업 임 - 특히, 건설재료/자재 전과정 CO₂ 정보는 건설구조물/단지/지역/도시레벨의 전과정 CO₂ 평가에 필수불가결한 CO₂ 원단위 제공의 측면에서도 정부차원의 통합적인 관리 시스템 개발 및 운영을 통해 지속가능한 CO₂ 정보의 제공이 건설관련 CO₂ 평가 기관 및 연구자들 사이에서 절실히 요구되고 있음. - 건설재료/자재 분야 탄소라벨링의 구축 및 유사인증제와의 통합을 위한 정책적 조정이 필요하고 국산 건설재료/자재 탄소라벨링의 제3세계진출 및 세계화를 위해서는 정부차원의 재정적 지원이 요구됨 - 미래의 무역장벽으로 작용할 국제기준의 탄소라벨링에 대한 대비는 온실가스저감 뿐만 아니라 국가 산업에 관한 사항으로 정부차원의 지원이 필요함. - 표준 시방서는 건설공사의 가장 기초가 되는 지침이지만 아직까지 친환경설계 개념을 반영한 지침이 개발되어 활용되고 있지 않아 시공에 따른 탄소감축효과를 기대하기 어려운 상황이기 때문에 정부차원의 체계적인 지원이 필요	
7. 정부지원의 타당성		
8. 기술확보 전략	- ISO LCCO₂ 평가기술 및 UNFCCC(기후변화사무국)의 관련 Protocol 기술을 활용하고 UNEP Life Cycle Initiative에서 개발중인 국제 LC 데이터베이스 구축방법론과 연계 - 건축 관련 LCI DB 및 환경성정보 데이터베이스 관리 시스템 분석을 통한 통합 관리 시스템 알고리즘 개발 - 건설재료/자재 전과정 CO₂ 정보의 효율적인 연계를 위한 미드웨어 및 통합 관리 플랫폼 개발 - 건설재료/자재 전과정 CO₂ 통합 관리 알고리즘에 근거한 Web 버전의 통합관리 시스템(소프트웨어)을 개발하고 효율적인 운영방안 개발 - EuP 등 국제 환경 규제동향 및 ISO/CD 14067 Carbon footprint of products 국제기준 반영 - 주요 선진국의 건설재료 환경성평가 유관기관(영국의 Carbon Trust 등)과 네트워크 구축 - 일본의 Eco-balance의 건축분과 관계자와 지속적인 연계를 통한 기술제휴 및 BREEAM, LEED의 그린빌딩 인증기준과 ISO TR 14062 표준을 반영한 기술확보	
9. 기술개발	최종성과물	LCCO₂ 평가방법론 및 데이터 표준양식

최종성과물 및 활용방안			· 건설 재료별 온실가스 배출계수 산출 및 관련 DB · 목적지향형 건설재료/자재 전과정 CO₂ 통합 관리 시스템 · 탄소라벨링/평가관리 시스템/ 평가인력 양성 프로그램 · 건설 재료에 대한 친환경 표준시방 지침/사용 매뉴얼/교육해설집				
	활용방안		· 건설 시공현장에서의 LCCO₂ 저감 공종/온실가스 자체평가/관리 능력 제고 · 건축재료/자재 전과정 CO₂ 정보의 지속가능한 통합 관리 · 건축재료/자재 전과정 CO₂ 평가/DB 및 탄소라벨링 제도 등과의 지속가능한 인터넷 정보공유 네트워크 시스템구축 · 건설구조물/단지/지역/도시레벨의 전과정 CO₂ 평가를 위한 일관되고 지속가능한 CO₂ 원단위 제공 · 건설구조물의 전생애 관점(설계/시공/운영/유지관리/해체폐기)의 건설실무자에게 건설재료/자재의 지속가능한 전과정 CO₂ 정보 제공 · 환경성정보 네트워크: 설계자나 시공자들이 환경 친화적인 자재를 우선 사용하도록 유도, 일반인들에게 건축자재의 환경정보를 제공 · 친환경건축물 인증제도의 인증기준 보강 및 건축물 시공과정에 대한 탄소저감을 위한 실행지침 자료제공				
10. 연구개발 과제의 규모 (50억원 이내) (연구기간 5년 이내)	구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도
	연차별 연구비 (백만원)	정부	1,600	1,700	1,800	1,900	1,900
		민간 (추정)	250	250	250	250	250
	합 계		1,850	1,950	2,050	2,150	2,150
	총 연구비 (백만원)	정부	8,900			총 연구기간	5 년
민간		1,250			연도별 평균소요인력		68 명
총합계		10,150					
11. 기대효과 및 파급효과	· 시공과정 및 건설자재의 온실가스 관리를 통한 원가절감 및 제품경쟁력 강화 · 건설부문의 온실가스 배출량감축을 통한 국가온실가스 감축목표 달성에 기여 · 건설재료/자재 전과정 CO₂ DB 및 전과정 CO₂ 평가 시스템, 탄소라벨링 제도 등과의 통합적이고 지속가능한 인터넷 정보 공유 네트워크 시스템 구축 · 건설 실무자의 탄소저감형 건축재료/자재 적용 유도로 현장 보급 활성화 · 건설산업의 탄소저감형 건설재료/자재 생산 체제 및 제품 개발 유도로 친환경 건설재료/자재 부문 국제 경쟁력 강화 및 정부 기후변화협약 대응 일조 · 건설자재 부문의 지속가능한 전과정 CO₂ 정보 관리 시스템 구축 및 부처(국토부, 환경부, 지경부)간의 CO₂(LCI) 정보 호환을 위한 기반 체계 구축 · 국가적 이산화탄소 배출 저감 목표 달성에 기여 · 건설현장 저탄소녹색성장을 위한 기반마련, 탄소라벨분야 전문가 양성을 통한 고용확대						

(1) 건설재료/자재의 전과정 CO₂ 평가 시스템 및 프로그램 개발 - 20

1. 과제명	건설재료/자재의 전과정 CO ₂ 평가 시스템 및 프로그램 개발
2. 연구개발목표	- 국제기준(ISO 14040 및 ISO CD 14067 등)에 의한 주요 건설재료 및 자재에 대한 LCCO₂ 평가 방법론 구축 - 건설재료 및 자재에 대한 LCCO₂ 평가 방법론에 기초한 평가 프로그램 개발 및 보급
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	2006년도에 제품에 대한 전과정평가 국제표준(ISO 14040s)이 제정되어 시행되고 있음 - 한국과 일본, 미국, 유럽 등지에서는 ISO 14040s에 따라 자국의 전과정평가 방법론을 개발하여 활용하고 있으나, 대부분 제조업에 국한한 방법론임 - 특히, 영국의 BSI에서 개발한 PAS 2050은 CO₂에 집중한 전과정평가 방법론(LCCO₂)을 개발하여 국제적으로 활용하고 있음 - 우리나라도 제품에 대한 LCCO₂ 방법론이 개발되어 산업계에서 활용되고 있으나 제조업에 국한되어 있음 - 일본 건축학회에서는 건축물에 대한 전과정평가 지침을 개발하여 활용하고 있음
4. 기존기술 활용방안	- ISO 14040s 및 ISO CD 14067을 활용 - 이들은 일반원칙을 제시하고 있어 건설자재 및 재료에 맞는 방법론은 추가적으로 구축해야 함 - PAS 2050, 한국의 탄소라벨링 인증기준 등을 활용 - LCCO₂ 방법론이지만 제조업에 국한되어서 건설 및 건설자재에 활용하기 어려움
5. 기술개발 필요성	- 건축물의 전과정을 고려한 CO₂ 평가 및 관리는 매우 중요함 - 미국의 LEED와 영국의 BREEAM은 전과정평가에 기초한 그린빌딩 인증제도이나 국내 친환경건축물 인증제도는 전과정평가에 근거하고 있지 않음 - IPCC 제4차 보고서에 따르면 세계 온실가스 배출량의 40%가 건축물로 인해 발생한 점을 감안할 때, 건축물의 시공 등 전과정에서 걸친 CO₂ 관리는 반드시 필요 - 일본의 경우 2005년에 전체 CO₂ 배출량의 41%가 건설부분인데, 이중에서 자재생산 및 시공의 과정에서 발생량은 일본 전체의 7%를 차지
6. 주요연구 개발내용	- 국제기준(ISO 14040 및 ISO CD 14067 등)에 의한 주요 건설재료 및 자재에 대한 LCCO₂ 평가 방법론 구축 - 건축자재 및 재료에 대한 LCCO₂ 평가 방법론 개발 및 표준화 - 건축자재 및 재료에 대한 LCCO₂ 결과 데이터 작성양식 표준화 - 건설재료 및 자재에 대한 LCCO₂ 평가 방법론에 기초한 평가 프로그램 개발 및 보급 - LCCO₂ 평가 방법론에 기초한 LCCO₂ 평가 소프트웨어 개발 - LCCO₂ 평가 소프트웨어 매뉴얼 개발 및 보급확산
7. 정부지원의 타당성	정부의 온실가스 감축목표(30%)를 달성하기 위해서는 온실가스 배출량의 약 40%를 차지하는 건설부분에 대한 온실가스 감축은 필수적이기 때문에, 건설자재 및 재료에 대한 LCCO₂를 평가하고 관리할 수 있는 체계를 마련하는 것은 당연

8. 기술확보 전략	◦ ISO LCCO ₂ 평가기술 및 UNFCCC(기후변화사무국)의 관련 Protocol 기술 활용 ◦ UNEP Life Cycle Initiative에서 개발중인 국제 LC 데이터베이스 구축방법론과 연계 ◦ 주요 선진국의 건설재료 환경성평가 유관기관(스위스 Eco-invent, 영국 BRE 등)과 네트워크 구축 ◦ 국내 주요 건설사와 건설재료 관련 제조·유통업자와의 건설재료 정보 네트워크 구축						
9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안	최종성과물		◦ 건설재료 및 자재에 대한 LCCO ₂ 평가방법론 및 데이터 표준양식 ◦ LCCO ₂ 평가 소프트웨어 (웹기반 또는 Stand-alone)				
	활용방안		◦ 건설시공현장에서의 LCCO ₂ 저감공종 및 자재활용 촉진 ; - 탄소저감 building의 건설 및 유지 ◦ 건설현장에서의 온실가스 자체평가 및 관리능력 제고 ; - 탄소저감을 위한 지속적 관리 능력 확보 ◦ 최종적으로는 건설 부문의 그린화 실현				
10. 연구개발 과제의 규모 (50억원 이내) (연구기간 5년 이내)	구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도
	연차별 연구비 (백만원)	정부	300	300	300	300	300
		민간 (추정)	0	0	0	0	0
	합 계		300	300	300	300	300
	총 연구비 (백만원)	정부	300/년 × 5년=1,500		총 연구기간	5 년	
		민간	75/년 × 5년=375				
		총합계	1,875		연도별 평균소요인력	8 명	
11. 기대효과 및 파급효과	◦ 시공과정 및 건설자재의 온실가스 관리를 통한 원가절감 및 제품경쟁력 강화 ◦ 건설부분의 온실가스 배출량 감축을 통한 국가 온실가스 감축목표 달성에 기여						

(2) 건설재료/자재의 전과정 CO₂ 평가 시스템 및 프로그램 개발 - 21

1. 과제명	건설재료 및 자재의 전과정 CO ₂ 배출계수 데이터베이스 구축
2. 연구개발목표	- ISO 14040s 및 ISO CD 14067에 기초한 건설재료 및 자재에 대한 LCCO₂ 배출계수 데이터베이스 구축 - ISO TS 14048에 기초한 LCCO₂ 배출계수 데이터베이스 작성양식 개발 및 보급
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	- 지속가능건축물(Sustainable Building) 건설을 위한 국제기구(ISO 등) 및 유럽국가와 일·미 등 주요 선진국의 기술개발 및 관련 DB구축 - ISO 21930:Sustainability in building construction - Environmental declaration of building products 등 제정되어 국제적 활용이 증대되고 있음. - 독·네·미·영·일 등 선진국의 완성건축물 친환경성 제고를 위한 온실가스 저감 건설재료 및 시공의 사용 촉진 제도화(자재 평가 및 관리 매뉴얼 보급 등)
4. 기존기술 활용방안	- 과거의 건설자재 일반 환경성적 DB구축을 일부 활용하고, - Kyoto Protocol에서 정한 6대 온실가스 배출계수를 시공별 및 건설재료별 전과정(Life Cycle)에 대해 산출. 이를 위해 대상 모듈별 DB를 구축. - 관련된 국제 평가기술(LCA, ISO 21930/21929 표준 등) 적용하여 국제적 호환성 및 인지도 제고
5. 기술개발 필요성	- 건설 시공과정 등의 Green화로 건설부문 녹색성장 촉진 - 주요 시공과정 등의 LCCO₂ DB 구축으로, 탄소저감 건설재료 선택의 의사결정을 지원하고, 이를 통해 지속적인 탄소저감 자재 기술개발의 촉진과 완성 구조물의 저탄소화로 정부의 저탄소 녹색성장 정책에 기여(온실가스 zero-건축물 실현 기여)
6. 주요연구 개발내용	- ISO 14040s 및 ISO CD 14067에 기초한 건설재료 및 자재에 대한 LCCO₂ 배출계수 데이터베이스 구축 - 시공과정 및 건설자재에 대한 LCCO₂ 배출계수 데이터베이스 개발 - 국제표준인 ISO 14040s 및 ISO CD 14067에 따른 계산 및 평가 매뉴얼 개발 - ISO TS 14048에 기초한 LCCO₂ 배출계수 데이터베이스 작성양식 개발 및 보급
7. 정부지원의 타당성	- DB 활용 측면 → 건설 현장(공종별·건설자재별) 및 완성 구조물 환경친화성 제고 - DB 구축 측면 → LCCO₂ DB 구축의 신뢰성·공정성 및 대표성 확보, 국가 DB 구축을 통한 민간부분 DB 구축 촉진 및 ISO 표준 방법론에 의한 국제적 인지도 상승 - DB 공개 측면 → 건설재료의 DB 구축으로 자재생산업자의 탄소배출저감 유도, 건설산업 전반에 저탄소 건설재료 사용에 따른 파급 효과 고려

8. 기술확보 전략	◦ ISO LCCO₂ 평가기술 및 UNFCCC(기후변화사무국)의 관련 Protocol 기술 활용 ◦ UNEP Life Cycle Initiative에서 개발중인 국제 LC 데이터베이스 구축방법론과 연계 ◦ 주요 선진국의 건설재료 환경성평가 유관기관(스위스 Eco-invent, 영국 BRE 등)과 네트워크 구축 ◦ 국내 주요 건설사와 건설재료 관련 제조·유통업자와의 건설재료 정보 네트워크 구축							
9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안	최종성과물		◦ 주요 건설 재료별 온실가스 배출계수 산출 및 관련 DB 구축, - 공종별, 자재별 LCCO₂ 배출계수 산출 - LCCO₂ 산출을 위한 DB 구축					
	활용방안		◦ 건설현장에서의 LCCO₂ 저감공종 및 자재 활용촉진 ; - 탄소저감 building의 건설 및 유지 ◦ 건설현장에서의 온실가스 자체평가 및 관리능력 제고 ; - 탄소저감을 위한 지속적 관리 능력 확보 ◦ 최종적으로는 건설 부문의 그린화 실현					
10. 연구개발 과제의 규모 (50억원 이내) (연구기간 5년 이내)	구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도	
	연차별 연구비 (백만원)	정부	500	500	500	500	500	
		민간 (추정)						
	합 계		500	500	500	500	500	
	총 연구비 (백만원)	정부	500/년 × 5년=2,500			총 연구기간	5 년	
		민간	100/년 × 5년=500				연도별 평균소요인력	12 명
		총합계		3,000				
11. 기대효과 및 파급효과	◦ 시공과정 및 건설자재의 온실가스관리를 통한 원가절감 및 제품경쟁력강화 ◦ 건설부문의 온실가스 배출량 감축을 통한 국가 온실가스 감축목표 달성에 기여							

(3) 건설재료 및 자재의 전과정 CO₂ 배출계수 데이터베이스 구축 - 22

1. 과제명	목적지향형 건설재료/자재 전과정 CO ₂ 통합 관리 시스템 개발
2. 연구개발목표	◦ 건설재료/자재 전과정 CO₂ 정보의 효율적인 운영/관리/보급을 위한 목적지향형 건설재료/자재 전과정 CO₂ 통합 관리 시스템 개발
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	◦ 기술개발 - 현재, 국가 LCI 데이터베이스정보망을 통한 국가기반산업/기초소재 등 산업전반에 걸쳐 구축된 LCI 데이터베이스 관리가 시행되고 있으나, 건설자재 부문은 약 60여개 모듈의 매우 한정된 정보만이 관리되고 있음 - 향후 계속적인 증가가 예상되는 건설재료/자재 전과정 CO₂ 정보의 효과적인 관리·보급을 통한 효과적인 CO₂ 정보의 활용이 필요하나 이러한 통합관리 시스템이 부재한 상태 임 ◦ 산업/시장 동향 - 최근 국내외적으로 탄소저감형 건설재료/자재의 기술개발 및 보급이 촉진되고 있어, 건설재료/자재의 전과정 CO₂ 정보 관리 시스템 개발 산업의 기술 확보가 요구 됨
4. 기존기술 활용방안	◦ 기존 기술 활용방안 - 한국환경산업기술원의 국가 LCI 데이터베이스정보망 및 한국건설기술연구원의 건설자재통합정보시스템 등 기존 건설재료/자재 정보 DB 관리 시스템 활용 ◦ 국가연구개발사업 과제 활용 - 건축자재 환경성정보 국가 D/B 구축 사업(국토해양부), 건설생산성 향상을 위한 건설자재 표준화(국토해양부) 등 건설재료/자재 정보 DB 관련 국가연구개발사업 연구성과 활용
5. 기술개발 필요성	◦ 최근 탄소저감형 건설재료/자재 개발과 함께 각 건설재료/자재의 전과정 CO₂ 정보의 증가가 예상되는바, 이를 효과적이며 지속적으로 운영/관리/보급 할 수 있는 건설재료/자재 전과정 CO₂ 통합 관리 시스템 개발 절실 ◦ 목적지향형 건축재료/자재 전과정 CO₂ 통합 관리 시스템 개발을 통한 건축재료/자재 전과정 CO₂ DB 효율적 관리, 건축재료/자재 전과정 CO₂ 평가 시스템 및 탄소라벨링 제도와의 네트워크 구축, 건축설계/시공/운영/유지관리/해체폐기 관련 건설실무자의 건설재료/자재 전과정 CO₂ 정보 적극 활용을 통한 탄소저감형 건설재료/자재 개발 산업 및 현장 보급 활성화 필요
6. 주요연구 개발내용	◦ [요소기술 개발]목적지향형 건설재료/자재 전과정 CO₂ 통합 관리 알고리즘 개발 - 건설재료/자재 전과정 CO₂ DB, 전과정 CO₂ 평가 시스템, 탄소라벨링 제도 등과의 효율적인 정보교류를 위한 통합 관리 시스템 알고리즘 개발 ◦ [통합기술 개발]목적지향형 건설재료/자재 전과정 CO₂ 통합 관리 미드웨어 개발 - 건설재료/자재 전과정 CO₂ 정보의 평가자(CO₂ DB구축, 평가주체), 관리자(통합시스템 관리주체), 사용자(CO₂ DB 사용 주체)간의 효율적인 정보 연동을 위한 미드웨어 및 통합 관리 플랫폼 개발 ◦ [통합시스템 구축]목적지향형 건설재료/자재 전과정 CO₂ 통합 관리 시스템 개발 - 목적지향형 건설재료/자재 전과정 CO₂ 정보의 인터넷 네트워크 공유 체계 구축 및 통합 관리 프로그램(Web 버전) 개발
7. 정부지원의	◦ 건설재료/자재의 지속적인 전과정 CO₂ 정보의 운영/관리/보급 사업은 민간, 학/협회

타당성	등의 기관에서 수행하기에는 역부족으로 국가적 차원의 통합적인 관리 및 운영 시스템 개발이 반드시 요구되는 사업 임 ◦ 특히, 건설재료/자재 전과정 CO ₂ 정보는 건설구조물/단지/지역/도시레벨의 전과정 CO ₂ 평가에 필수불가결한 CO ₂ 원단위 제공의 측면에서도 정부차원의 통합적인 관리 시스템 개발 및 운영을 통해 지속가능한 CO ₂ 정보의 제공이 건설관련 CO ₂ 평가 기관 및 연구자들 사이에서 절실히 요구되고 있음.							
8. 기술확보 전략	◦ [요소기술 개발]목적지향형 건설재료/자재 전과정 CO ₂ 통합 관리 알고리즘 개발 - 건축 관련 LCI DB 및 환경성정보 데이터베이스 관리 시스템 분석을 통한 통합 관리 시스템 알고리즘 개발 ◦ [통합기술 개발]목적지향형 건설재료/자재 전과정 CO ₂ 통합 관리 미드웨어 개발 - 건설재료/자재 전과정 CO ₂ 정보의 효율적인 연계를 위한 미드웨어 및 통합 관리 플랫폼 개발 ◦ [통합시스템 구축]목적지향형 건설재료/자재 전과정 CO ₂ 통합 관리 시스템 개발 - 건설재료/자재 전과정 CO ₂ 통합 관리 알고리즘에 근거한 Web 버전의 통합관리 시스템(소프트웨어)을 개발하고 효율적인 운영방안 개발							
9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안	최종성과물		◦ 목적지향형 건설재료/자재 전과정 CO ₂ 통합 관리 시스템					
	활용방안		◦ 건축재료/자재 전과정 CO ₂ 정보의 지속가능한 통합 관리 ◦ 건축재료/자재 전과정 CO ₂ 평가/DB 및 탄소라벨링 제도 등과의 지속가능한 인터넷 정보 공유 네트워크 시스템 구축 ◦ 건설구조물/단지/지역/도시레벨의 전과정 CO ₂ 평가를 위한 일관되고 지속가능한 CO ₂ 원단위 제공 ◦ 건설구조물의 전생애 관점(설계/시공/운영/유지관리/해체폐기)의 건설실무자에게 건설재료/자재의 지속가능한 전과정 CO ₂ 정보 제공					
10. 연구개발 과제의 규모 (50억원 이내) (연구기간 5년 이내)	구 분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도	
	연차별 연구비 (백만원)	정부	300	300	400	400	300	
		민간 (추정)	0	0	0	0	0	
	합 계		300	300	400	400	300	
	총 연구비 (백만원)	정부	1700			총 연구기간	5 년	
		민간	0					
총합계		1700			연도별 평균소요인력	20 명		
11. 기대효과 및 파급효과	◦ 건설재료/자재 전과정 CO ₂ DB 및 전과정 CO ₂ 평가 시스템, 탄소라벨링 제도 등과의 통합적이고 지속가능한 인터넷 정보 공유 네트워크 시스템 구축 ◦ 건설 실무자의 탄소저감형 건축재료/자재 적용 유도로 현장 보급 활성화 ◦ 건설산업의 탄소저감형 건설재료/자재 생산 체제 및 제품 개발 유도로 친환경 건설재료/자재 부문 국제 경쟁력 강화 및 정부 기후변화협약 대응 일조 ◦ 건설자재 부문의 지속가능한 전과정 CO ₂ 정보 관리 시스템 구축 및 부처(국토부, 환경부, 지경부)간의 CO ₂ (LCI) 정보 호환을 위한 기반 체계 구축							

(4) 건설재료 및 자재의 전과정 CO₂ 배출계수 데이터베이스 구축 - 23

1. 과제명	건설재료/자재 탄소라벨링 제도 및 평가 관리 시스템 개발
2. 연구개발목표	- 건설재료/자재 탄소라벨링 제도 개발 - 건설재료/자재 탄소라벨링 제도 평가관리 시스템 개발
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	- 프랑스 의회는 2009년 5월 자국 내에서 판매되는 상품(국산·수입)에 대해 ‘탄소라벨’ 부착을 강제하는 법 통과 - EU는 탄소라벨링전문포럼(PCF)을 통해 탄소라벨링 제도의 당위성을 강조하면서 EU 전체 국가 적용 검토 중 - 탄소발자국의 정량적 산정 국제 기준 2010년 완료 - 국내에서도 생활용품, 가전제품 등을 포함한 일반제품의 생산 및 수송, 유통, 사용, 폐기 등의 과정에서 발생하는 온실가스의 배출량을 표기하는 탄소성적표지제도를 운용하고 있으나 건설자재의 인증건수는 매우 적으며, 다양한 건설자재의 탄소배출량에 관한 연구 등은 미흡 - 영국 친환경건축물 인증 30,000건, 인증평가사 5,000명 - 미국 그린빌딩 전문가(AP) 20,000명
4. 기존기술 활용방안	- ISO/CD 14067 Carbon footprint of products 활용 - EU Ecolabel Carbon Footprint Measurement Toolkit 활용 - 한국 탄소성적표지제도 인증기준 활용
5. 기술개발 필요성	- 전세계적으로 온실가스의 주 원인인 탄소배출을 자제하기 위한 기후변화협약에 의하여 국내의 건축물 부문 탄소배출량은 2020년 기준 BAU대비 31%까지 저감하기 위한 국가적 목표달성 설정 - 이에 건설재료의 탄소배출량 평가를 위한 라벨링 제도의 구축이 시급함. - 탄소라벨링은 무역규제로 작용될 것이 확실시 되며, 이에 대한 대비가 절실 - 국제기준의 정량적산출방식 개발이 필요
6. 주요연구 개발내용	- 건축자재 제품군별 탄소라벨 평가방법 정립 및 탄소라벨 구축시스템 개발 - 건설재료/자재의 LCCO₂ 평가 소프트웨어와 라벨링 연계방법 구축 - 건설재료/자재의 탄소라벨링 인증 방법론 개발 및 표준화 - 건설재료/자재의 전 과정 탄소배출량 평가관리 시스템 개발 - 건설재료/자재의 탄소라벨링 제도화 방안 - 인증심사원의 자격 및 양성계획
7. 정부지원의	건설재료/자재 분야 탄소라벨링의 구축 및 유사인증제와의 통합을 위한 정책적 조정

타당성	이 필요 국산 건설재료/자재 탄소라벨링의 제3세계진출 및 세계화를 위해서는 정부차원의 재정적 지원이 요구됨 미래의 무역장벽으로 작용할 국제기준의 탄소라벨링에 대한 대비는 온실가스저감 뿐만 아니라 국가 산업에 관한 사항으로 정부차원의 지원이 필요함.							
8. 기술확보 전략	EuP 등 국제 환경 규제동향을 반영 ISO/CD 14067 Carbon footprint of products 국제기준 반영 주요 선진국의 건설재료 환경성평가 유관기관(영국의 Carbon Trust 등)과 네트워크 구축							
9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안	최종성과물		건설자재/재료 탄소라벨링 시스템 건설재료/자재의 전 과정 탄소배출량 평가관리 시스템 평가인력 양성 프로그램					
	활용방안		환경성정보 네트워크: 설계자나 시공자들이 환경 친화적인 자재를 우선 사용하도록 유도, 일반인들에게 건축자재의 환경정보를 제공					
10. 연구개발 과제의 규모 (50억원 이내) (연구기간 5년 이내)	구 분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도	
	연차별 연구비 (백만원)	정부	200	300	300	400	500	
		민간 (추정)						
	합 계		200	300	300	400	500	
	총 연구비 (백만원)	정부	1700			총 연구기간	5 년	
		민간						
		총합계	1700			연도별 평균소요인력	20명	
11. 기대효과 및 파급효과	국가적 이산화탄소 배출 저감 목표 달성에 기여 건설현장 저탄소녹색성장을 위한 기반마련, 탄소라벨분야 전문가 양성을 통한 고용확대							

(5) 탄소저감형 건설재료 친환경 표준시방 지침 개발 - 24

1. 과제명	탄소저감형 건설재료 친환경 표준시방 지침 개발
2. 연구개발목표	현행 건설재료의 표준시방 지침에 ISO TR 14062에 의한 에코디자인 개념을 접목한 친환경 표준시방 지침의 개발 및 보급
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	2002년에 제조업에 대한 에코디자인 국제표준인 ISO TR 14062가 개발되어 활용되고 있음 2007년에는 전기전자제품에 국한된 에코디자인 표준인 IEC 62430이 개발되어 제품환경규제의 수단으로 활용되고 있음 - 일본에서는 2002년부터 탄소저감형 친환경시방서를 개발하여 시공과정에서 활용하고 있음
4. 기존기술 활용방안	- 국내 제조업 부문별로 개발되어 보급되어 있는 친환경설계 지침 벤치마킹 - 대표적인 제품별 친환경기준인 환경마크 인증기준에 대한 분석 - 일본의 CASBEE 및 영국의 BREEAM, 미국의 LEED에서 제시한 인증기준 벤치마킹
5. 기술개발 필요성	건축부문이 차지하는 CO₂ 배출량이 국가 배출량의 약 40%를 차지하고, 이 중 시공과정 이 약 7%를 차지하는 상황에서 건축물의 설계단계에서부터 표준시방 지침에 탄소저감형 친환경 개념을 접목하는 것은 국가 온실가스 배출량 감소 및 비용절감 측면에서도 매우 필요
6. 주요연구 개발내용	- 친환경설계 개념을 접목한 건설재료에 대한 표준시방 지침 개발 - 표준시방 지침에 친환경설계 개념을 반영하는 절차와 요건 개발 - LCCO₂ 평가 방법 및 배출계수 데이터베이스와 연계한 친환경 시방서 개발방법 제시 - 탄소저감형 친환경 표준시방 지침의 보급 확산 - 자재업체 및 시공업체 관계에 대한 교육 실시 및 매뉴얼 개발 보급
7. 정부지원의 타당성	표준 시방서는 건설공사의 가장 기초가 되는 지침이지만 아직까지 친환경설계 개념을 반영한 지침이 개발되어 활용되고 있지 않아 시공에 따른 탄소감축효과를 기대하기 어려운 상황이기 때문에 정부차원의 체계적인 지원이 필요
8. 기술확보 전략	- 일본의 Eco-balance의 건축분과 관계자와 지속적인 연계를 통한 기술제휴 - 영국의 BREEAM, 미국의 LEED의 그린빌딩 인증기준과 ISO TR 14062 표준을 반영한 기술확보

9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안	최종성과물		◦ 건설 재료에 대한 친환경 표준시방 지침 및 사용 매뉴얼 ◦ 건설 자재업체에 보급확산을 위한 교육해설집				
	활용방안		◦ 친환경건축물 인증제도의 인증기준 보장 ◦ 건축물 시공과정에 대한 탄소저감을 위한 실행지침 자료 ◦ 최종적으로는 건설 부문의 그린화 실현				
10. 연구개발 과제의 규모 (50억원 이내) (연구기간 5년 이내)	구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도
	연차별 연구비 (백만원)	정부	300	300	300	300	300
		민간 (추정)	0	0	0	0	0
	합 계		300	300	300	300	300
	총 연구비 (백만원)	정부	300/년 × 5년=1,500			총 연구기간	5 년
		민간	75/년 × 5년=375				
		총합계	1,875			연도별 평균소요인력	8 명
11. 기대효과 및 파급효과	◦ 시공과정 및 건설자재의 온실가스 관리를 통한 원가절감 및 제품경쟁력 강화 ◦ 건설부문의 온실가스 배출량 감축을 통한 국가 온실가스 감축목표 달성에 기여						

4.2.5 일반과제 (일반과제 유형 4)

(1) 미생물을 이용한 친환경 Green Wall 코팅 시스템 개발

1. 과제명	미생물을 이용한 친환경 Green Wall 코팅 시스템 개발
2. 연구개발목표	◦ 미생물 및 CO₂에 의한 시멘트 재료에서의 biofilm 생성 ◦ Biofilm에 의한 CO₂ capture 및 CO₂와의 반응에 의한 Solid carbonate의 생성 ◦ Biofilm에 의해 생성되는 녹조류에 의한 건축물 열섬현상 해소 ◦ Biofilm에 의한 녹조류 및 solid carbonate formation에 의한 콘크리트 ◦ 중성화 저항성 및 염분 저항성 향상 ◦ 시멘트 사용량 저감에 의한 CO₂ 배출량 저감 ◦ 하절기 도심지 열섬현상 30% 이상 저감 ◦ CO₂ 흡수형 녹색 콘크리트 개발 (해양 콘크리트, 천연식생 콘크리트)
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	1. 관련 기술개발 동향 - 도로 및 건축물에서의 복사열 저감을 위한 연구 (미국 국립대기연구센터 (NCAR) - 건축물 냉방을 위한 복사열 표준화 연구 (미국 Lawrence Berkeley Natl' Lab.) - Low energy cooling system 개발(미국, California Energy Commission) - 넷제로(net-zero)에너지 주택 및 건물 시스템 개발 (미국, Earth Advantage Institute) - 건축물 냉방을 위한 녹색 커튼 공법 개발(일본, 교세라 그룹) - 그린 빌딩을 위한 그린 매트 개발(미국, Martinson-Nicholls사와 Andersen 컴퍼니) 2. 산업/시장 동향 - 미국 건축물 열섬현상 제어 규격 제정 및 관리 시행 (AC-39 규격 등) - 일본 교세라 그룹 : 식생에 의한 녹색 커튼으로 약 2,713kg의 이산화탄소 저감 구현 3. CO₂저감 관련 근거 * 이산화탄소 흡수 (3.5kg) X 녹색 커튼의 면적 (m²) = 연간 이산화탄소 흡수량의 부피 (출처: 일본 농촌 문화 협회) ** 한그루의 삼나무는 연간 14kg의 CO₂를 흡수한다. (출처: 일본 삼림청)
4. 기존기술 활용방안	기존에 수행된 국가연구개발사업, 민간에서 기 개발된 기술 없음
5. 기술개발 필요성	- 인공 구조물로 뒤덮인 도시는 태양으로부터의 복사열을 흡수하여 열섬현상이 발생 - 이로 인한 주변 환경에 대한 온도는 약2-4℃ 정도 상승 - 또한 냉방기의 사용 증가로 인한 에너지 다소비 및 CO₂ 발생량 증가 - 미국 에너지부는 2007년 12월 21일, 앞으로 신축되는 연방정부 소유 건물의 에너지 효율을 최소한 30% 높이는 기준을 선정하여 발표하였다. 2005년 에너지 정책 법령에 의하여 강제되는 이 기준들은 2007년 1월 3일 이후에 설계가 시작된 새로운 연방 정부의 상업용, 다가구 주택들에 적용된다. 이러한 기준들은 현재 연방 기준보다 40%나 더 효율적인 것이다. 동 기준을 사용하면 앞으로 10년 동안 7억 7,600만 달러의 세금을 절감하고 200만 톤의 이산화탄소 배출을 감소시킬 것으로 추산된다. - 이와 같이 국내에서도 에너지 절감 및 CO₂ 배출량 저감을 위한 다양한 시도가 필요한 상황이며 특히 미생물을 이용한 녹조류 생성은 다양한 분야의 콘크리트에 적용할 수 있다.
6. 주요연구 개발내용	◦ 미생물별 표면 전하량 관리에 관한 기초 기술 개발 ◦ 양이온과 CO₂에 의한 solid carbonate formation 조건 설정 연구 ◦ 미생물과 이온 반응에 의한 biofilm formation mechanism 연구 ◦ 건설재료 분야에서의 solid carbonate의 생성 기술 개발 ◦ 건축물 표면에서의 biofilm의 생성 ◦ 건설용 재료 표면에 biofilm에 의한 녹조류 생성 기술 개발 ◦ 건설용 재료 표면에 녹조류 생성으로 인한 열섬현상 제어 기술 개발

	◦ 열섬현상 차단을 위한 미생물 biofilm에 의한 건축물 표면에서의 식생기술 개발 ◦ biofilm 생성에 의한 열섬현상 차단효과 확인(에너지 소비 저감) ◦ 미생물 배양, 보존 기술 연구 ◦ solid carbonate formation 및 biofilm formation 실용화 process ◦ biofilm 생성에 의한 열섬현상 제어 실용화 process 개발 ◦ Biofilm 생성에 의한 식생 응용 콘크리트 개발(호안블록, 해양콘크리트)						
7. 정부지원의 타당성	1. CO ₂ 배출권에 대한 CO ₂ 배출량 저감 대책의 수립 2. 도심지 건축물의 열섬현상 해소를 위한 기술개발로써 정부의 정책 방향과 일치 3. 콘크리트에 미생물 적용이라는 기본 기술의 개발로 이의 응용연구에 대한 정책적인 지원필요 4. Bio 재료의 활용에 의한 BT와 무기재료 또는 건설재료와의 융복합기술 개척						
8. 기술확보 전략	1) 관련분야 전문가 영입에 의한 학제간 공동연구(융합기술 추진) ◦ 미생물 관련 전공자와의 공동연구 체계 수립(BT 융합기술) ◦ 건축 설계 분야 전공자 및 에너지 관련 전문가와의 공동연구체계 수립 ◦ 건축관리 전문가와의 공동연구 수행에 의한 건축물의 에너지 효율성 공동연구 2) 실험연구 ◦ 국내 대학, 연구기관, 기업 구성의 인프라 확보 시멘트 관련 연구를 수행하는 대학 및 정부 출연연과의 연계를 통하여 해양 콘크리트, 식생 콘크리트 등 다양한 특수 콘크리트 분야에의 기술 적용을 위한 최고의 인프라 구축						
9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안	최종성과물	1. 강알칼리 조건에서의 생육 미생물 자원 확보 2. 건축물 열섬현상 차단을 위한 자가 단열 system 3. 콘크리트 내구성이 향상된 무균열 콘크리트 개발					
	활용방안	1. 건축물 설계시 자가 단열 system의 적용 2. 건축물 옥상, 벽 등에서의 식생기술 활용-자연녹화, 에너지 절감 3. 콘크리트 토목 구조물(교량, 도로, 댐 등-내구성 유지로 인한 시설물 유지 보수 저감) 4. 건축물의 지붕, 벽, 거리, 녹지공간 등과의 자연 친화적 구조					
10. 연구개발 과제의 규모 (50억원 이내) (연구기간 5년 이내)	구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도
	연차별 연구비 (백만원)	정부	300	300	300	300	300
		민간 (추정)	100	100	100	100	100
	합 계		400	400	400	400	400
	총 연구비 (백만원)	정부	1,500		총 연구기간	5 년	
		민간	500				
		총합계	2,000		연도별 평균소요인력	13 명	
11. 기대효과 및 파급효과	1. 토목·건축 구조물과 외부 환경 및 녹지공간과의 자연 친화적 공간구조 형성 2. 건축물의 냉·난방비 절감에 따른 화석에너지 절감 3. 화석에너지 사용절감에 따른 CO ₂ 발생량 저감 4. CO ₂ 발생량 저감에 따른 CO ₂ 배출권 확보 5. 콘크리트 구조물의 균열 저감 및 치유에 의한 콘크리트 구조물의 내구성 증진 6. 콘크리트 토목 구조물의 내구성능 유지로 인한 시설물 유지보수 저감 7. 시설물 유지 보수 저감에 따른 시멘트 사용량 저감 8. 시멘트 사용량 저감에 의한 자원의 절약 9. 시멘트 사용량 저감에 의한 CO ₂ 배출량 감소						

(2) IT기술 융합을 통한 Smart 콘크리트 개발

1. 과제명	IT 기술 융합을 통한 Smart 콘크리트 개발
2. 연구개발목표	- IT 기술 융합을 통한 콘크리트 성능의 정밀한 제어 및 예측 - 정밀한 성능 제어 및 예측을 통한 콘크리트 CO₂ 발생량 저감
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	2005년 교토의정서가 발효됨으로써 전세계적으로 온실가스 감축을 위해 노력하고 있으며, 건설분야 역시 저탄소 기술에 대한 연구·개발에 많은 관심을 기울이고 있다. 하지만, 대부분의 경우 새로운 저탄소 건설재료(무시멘트 결합재, 저온소성 시멘트, 지오폴리머 등)개발 연구에 집중되어 있으며 기존 건설재료(시멘트 콘크리트)의 성능 예측·제어 기술을 통한 CO₂ 배출량 저감 연구는 미흡한 실정이다. 1995년 WTO의 설립으로 국제 표준의 중요성이 부각되었으며 이는 어떤 상품에 대한 제작 방법 및 절차가 아닌 성능에 기초한 요구 조건을 기준으로 교역해야 한다는 것을 의미한다. 건설시장 역시 이러한 성능중심의 상품시장으로 간주되며, 성능중심 설계의 중요성이 부각되고 있는 추세이다. 국내에서도 성능중심의 건설기준 기반기술 개발을 위하여 “성능중심 건설기준 표준화” 연구단(‘06.9~’10.7)이 발족된 바 있으나, 구조물 단위의 거시적 측면에 초점이 맞추어져있으며 콘크리트 재료의 특성에 관한 연구는 미흡한 실정이다. - 최근 콘크리트 재료 특성을 명확히 규명하기 위하여 Nano 또는 Micro 레벨에서의 구조와 물리·화학적 메커니즘을 파악하기 위한 수많은 연구가 진행되고 있지만, 스마트 센서를 활용한 콘크리트 재료의 물리·화학적 특성 파악 및 제어에 관한 연구는 미흡한 실정이다.
4. 기존기술 활용방안	- 발전된 IT기술을 활용하여 콘크리트에 사용할 수 있는 스마트 센서 및 계측시스템 개발 - 기존의 콘크리트 재료 특성 메커니즘 및 구조물 성능 확보 기술에 개발된 스마트 센서 및 계측시스템을 적용하여 응용·발전시킴
5. 기술개발 필요성	- 건설분야에서 CO₂ 발생량을 줄일 수 있는 방법은 크게 재료적 측면, 시공·설계적 측면, 유지관리적 측면으로 나눌 수 있다. 재료적 측면으로는 새로운 저탄소 건설재료(무시멘트 결합재, 저온소성 시멘트, 지오폴리머 등)의 개발, 건설재료 생산과정에서 CO₂ 발생량을 저감시키는 방법 등이 있다. 시공·설계적 측면으로는 운반·타설 과정에서 에너지 손실을 최소화하는 방법, 요구되는 구조물의 성능 수준에 따라 합리적으로 설계·시공하여 사용 재료를 최소화하는 방법 등이 있다. 마지막으로 유지관리적 측면으로는 구조물 상태 및 성능을 정확하게 예측·제어하여 불필요한 에너지 소모를 최소화하면서 사용연한을 증가시키는 방법이 있다. - 구조물을 합리적으로 설계·시공하고, 성능을 정확하게 예측·제어하기 위해서는 시공 전/후 콘크리트 재료의 물리·화학적 특성을 정확하게 예측·제어하는 기술의 개발이 선행되어야 하며, 콘크리트의 불확실성을 최소화하기 위한 스마트 센서 및 계측 시스템 등의 IT기술이 뒷받침되어야 한다.
6. 주요연구 개발내용	- IT 기술 융합을 통한 콘크리트 성능의 정밀한 제어 및 예측 기술 - 콘크리트의 물리·화학적 특성 모니터링을 위한 스마트 센서 개발 - 스마트 센서를 이용한 시공 전/후 콘크리트의 물리·화학적 특성 예측 및 제어 기술 개발 - 정밀한 성능 제어 및 예측을 통한 콘크리트 CO₂ 발생량 저감 기술 - 구조물 차원의 성능 제어 및 예측 기술 개발 - 요구 성능을 충족하는 최적의 저탄소 설계법 연구

7. 정부지원의 타당성	○ 2005년 교토의정서가 발효됨으로써 OECD 31개 협약 국가들은 환경부하저감을 위하여 온실가스 감축 의무를 준수해야 하며, 우리나라도 1998년 4월 국무총리를 위원장으로 하는 기후변화협약 범정부대책기구를 설치하고 실행 중에 있다. ○ 건설분야에서 CO ₂ 를 저감시키기 위한 연구의 필요성은 국·내외에서 폭넓게 인식되고 있다. 이미 선진국을 중심으로 여러 연구들이 진행되고 있는 실정이며, 국내에도 비슷한 성격의 소규모 연구들이 일부 수행되고 있다. 그러나 이러한 기술의 개발 과정에서 무엇보다 중요한 것은 원천기술을 확보하는 것이다. 단기간의 실험 중심 연구만으로는 원천기술의 확보가 불가능하며, 장기간에 걸쳐 기초 이론에 바탕을 둔 연구와 실제 문제에 대한 적용성 검토 등의 연구가 모두 이루어져야 가능하다. 특히 서로 다른 분야의 기술 융합을 위해 여러 집단의 공동연구가 수행되어야하는 만큼 국가차원의 장기적인 지원이 필요하다.							
8. 기술확보 전략	○ IT분야 등의 다양한 전문가와 공동 연구를 통해 융합 연구 추진 ○ 이 분야의 해외 연구 그룹과의 Network 구축 및 상호 정보 교환을 통해 선진기술 습득 및 개발된 기술의 세계화 추진							
9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안	최종성과물	스마트 센서 및 계측 시스템, 스마트 센서를 활용한 구조물 유지관리 기술, 요구성능을 충족하는 최적 설계 지침 등						
	활용방안	○ 성능중심 설계의 원천기술로 활용 ○ 구조물의 효율적 유지관리에 활용 ○ 성능중심 설계 및 효율적 유지관리를 통한 CO ₂ 배출 저감						
10. 연구개발 과제의 규모 (50억원 이내) (연구기간 5년 이내)	구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도	
	연차별 연구비 (백만원)	정부	200	200	200	200	200	
		민간 (추정)	-	-	-	-	-	
	합 계		200	200	200	200	200	
	총 연구비 (백만원)	정부	1,000			총 연구기간	5년	
		민간	-					
총합계		1,000				연도별 평균 소요인력	20명 내외	
11. 기대효과 및 파급효과	○ 콘크리트 재료의 성능을 정확하게 예측·제어함으로써 성능중심의 효율적 설계가 가능해 지고, 에너지 및 CO ₂ 발생량을 감소시킬 수 있을 것으로 기대된다. ○ 구조물의 성능을 정확하게 예측·제어함으로써 효율적인 유지관리가 가능해질 것으로 기대된다.							

(3) CO₂ 대량흡수형 무기계 광합성 건설재료 개발

1. 과제명	CO ₂ 대량 흡수형 무기계 광합성 건설재료 개발
2. 연구개발목표	- CO₂ 흡수 능력이 기존 시멘트계 재료 보다 1.5배 향상된 시멘트계 복합 원천 소재 개발 - CO₂ 흡수 시멘트계 소재를 활용한 건설 마감재 개발
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	- 시멘트는 CaCO₃를 1450℃ 고온으로 소성하여 CaO를 생성하고 CO₂를 대량 발생 시킴. - 시멘트의 CO₂ 배출 원단위는 약 800kg-CO₂/ton으로 콘크리트의 CO₂ 원단위를 낮추기 위하여 고로슬래그미분말 (CO₂ 배출 원단위는 약 500kg-CO₂/ton) 등을 혼합한 혼합시멘트 사용이 증가하고 있음
4. 기존기술 활용방안	- CO₂를 흡수하는 콘크리트의 탄산화반응에 관한 국책 연구는 주로, 탄산화반응에 의한 콘크리트 pH저하로 인하여 철근부식이 발생되기 때문에 탄산화반응을 억제하는 대책, 즉, 고강도콘크리트 사용, 마감재의 사용, 피복두께 증가, FRP 철근 사용등의 대책 위주로 연구가 수행 됨 - 따라서, CO₂가 콘크리트내의 Ca(OH)₂와 반응하여 CaCO₃를 생성하는 탄산화반응은 이미 알려진 과학적 사실이고, 많은 메커니즘 연구가 되어 왔기 때문에 탄산화반응 메커니즘을 연계한 CO₂ 대량 흡수 건설 마감재 개발 가능성이 높음
5. 기술개발 필요성	- 건설산업은 국내 GDP의 17%를 차지하는 국가 기간산업이나 전체 재료소비의 약 48%, 에너지 소비의 40%를 점하고 있는 대량소비산업 임. - 특히, 건설산업은 국내 모든 산업 CO₂ 배출량의 42%, 전 산업폐기물의 30%, 불법폐기물의 60%를 발생하는 환경저해산업으로서 CO₂ 저감 연구가 가장 절실한 분야이며, CO₂ 저감효과도 매우 큰 분야 임 2010년 4월에 발효된 저탄소 녹색성장 기본법에서는 모든 산업에서 CO₂를 저감하는 연구개발 및 산업화의 법적 기반을 제공하고 있으며, 국토해양부에서도 제4차 건설기술 진흥계획(2008-2012)에서도 녹색강국을 실현하는 선진 건설기술 확보를 비전으로 CO₂ 저감 연구개발을 추진하고 있음.
6. 주요연구 개발내용	- CO₂ 대량흡수 무기계 원천 소재 개발 (Ca, Mg 등 CO₂와 반응할 수 있는 이온 포함 무기계 재료) - CO₂ 대량 흡수 소재를 활용한 건설 자재 원천기술 개발 (CO₂ 흡수 페인트, 보드류, 2차 제품류 등)
7. 정부지원의 타당성	- 건설구조물 LCCO₂ 차원에서건설자재에서의 CO₂ 발생량은 약 33%에 해당되므로 건설자재에서의 CO₂ 저감 노력은 우리나라 전체 CO₂ 저감에 기여 - 특히, CO₂ 흡수 마감재는 장기적인 관점에서 CO₂를 흡수하는 개념이므로 우리나라 전체 구조물의 유지관리 및 신축에 활용할 수 있음. - CO₂ 저감은 국가적 차원의 정책이며, 건설자재분야에서의 CO₂ 흡수는 원천기술 개발 지원을 위한 정부 지원 필요

8. 기술확보 전략	◦ CO ₂ 흡수 원천소재 개발 및 건설 자재 개발은 학계에서 원천소재 확보 및 탄산화 메커니즘 연구, 업계에서 제품 개발 및 현장 적용이 필요 함.						
9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안	최종성과물	◦ CO ₂ 대량 흡수 무기계 원천 소재 개발 (특허, 소재 확보) ◦ CO ₂ 대량 흡수 건설자재 개발 (특허, 제품)					
	활용방안	◦ 원천소재는 Powder 제조 업체 제품 생산에 활용 ◦ 건설자재는 자재 회사 및 시공회사에서 활용					
10. 연구개발 과제의 규모 (50억원 이내) (연구기간 5년 이내)	구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도
	연차별 연구비 (백만원)	정부	300	300	500	500	300
		민간 (추정)	10	20	30	30	10
	합 계		310	320	530	530	310
	총 연구비 (백만원)	정부	1,900		총 연구기간	5 년	
		민간	100				
		총합계	2,000		연도별 평균소요인력	10 명	
11. 기대효과 및 파급효과	◦ 구조물 전 생애기간 동안 CO ₂ 를 흡수하는 건설 자재로 활용 ◦ CO ₂ 를 장기간에 흡수하는 건설 자재 제조 및 시공기술 개발 촉진 ◦ 건설구조물에서 흡수하는 CO ₂ 를 CDM이나 CO ₂ 할당량에 이용 경제 효과 창출 ◦ CO ₂ 대량 흡수 건설자재의 해외 수출						

(4) 상변화물질을 이용한 냉방 및 난방에너지 자체생산 건설재료개발

1. 과제명	상변화물질을 이용한 냉방 및 난방 에너지 자체 생산 건설재료 개발
2. 연구개발목표	◦ 우수한 축열 및 온도조절이 가능한 상변화물질 원천소재의 개발 ◦ 상변화물질을 이용한 에너지 저장 및 CO₂ 저장형 건설재료의 개발 ◦ 상변화물질 사용 건설재료의 방열 및 축열 성능을 이용한 에너지 저장 및 활용장치 개발
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	◦ 상변화물질 소재의 전면 수입으로 인한 고비용을 문제점으로 재료의 고효율·고성능에 비한 현실적인 적용이 어려운 상태 임. ◦ 현재까지 상변화물질 활용에 대한 국내 건축 분야에서의 기술개발은 유럽을 비롯한 선진국에 비해 다소 미미한 수준에 그치며 그 기술 또한 기존 건축재료와 융합하는 기초적 수준 임.
4. 기존기술 활용방안	◦ 최근, 상변화물질을 이용한 건축재료에 관한 국책 연구는 주로, 기존 건축에서의 건축 외장재에 혼합 적용하여 상변화물질 적정 용융점에서의 상변화현상에 의하여 냉축열 혹은 온축열 성능을 이용한 에너지 저장에 목적을 두고 건축물에 적용 비교하는 연구가 수행 됨. ◦ 건축분야에서의 연구가 다소 미미한 점을 근거로 타 분야에서의 연구 활용이 필요함. 따라서 상변화물질의 최초 적용 분야인 섬유분야에서는 인체 온도변화에 따른 상변화에 의한 발열 및 축열에 따른 온도 조절 소재 개발이 주를 이루고 있음. 또한 기존 태양열을 이용한 집열 및 활용에 대한 기술은 상변화물질과의 융합에 있어 효과적, 효율적 측면에서 중요한 활용 기술이 될 수가 있음. ◦ 상변화물질을 이용한 건축재료에서의 냉축열 또는 온축열 성능은 기존 연구에 의해 확인된 상태임에 따라 기타 방식으로의 접근에 대한 개발 가능성이 큼. ◦ 기타 산업 분야의 연구를 활용하여 냉·온열 두 가지 온도대에서의 상변화를 만족하는 용융점을 이용한 건축 재료의 개발 필요성이 큼. 또한 상변화현상은 적정 온도를 요구함에 따라 태양열과의 융합에 있어 매우 효과적이고 효율적인 기술이 될 수 있으며 습식재료로서의 개발 적용시 건물 구조체에서 발산하는 에너지에 대한 저장 및 활용 기술은 에너지 및 CO₂저감 측면에서 매우 우수한 기술이 될 가능성이 큼.
5. 기술개발 필요성	◦ 국내 건설 산업은 전체 에너지 소비의 40%를 점하고 있는 대량 소비 산업 임에 따라 에너지 저장에 대한 필요성이 매우 큰 분야 임. ◦ 특히, 국내 전체 산업별 CO₂배출량의 35%를 차지하며 건물 전 생애주기 동안 꾸준히 CO₂를 발생 시킴. 이중, 운영 및 유지 관리 단계에서 70%이상을 차지하고 있으며 에너지 부하에서 비롯되는 CO₂가 대부분 임. ◦ 건물의 에너지 부하는 그 건물의 냉·난방시 쾌적한 상태를 지속적으로 유지하기 위해 필요한 열량을 의미하며 공조기, 냉동기, 보일러 등이 이를 유지하기 위한 수단으로 사용됨. 따라서 이러한 설비 시스템의 효율적인 사용에 의한 에너지 저감은 자동적으로 CO₂저감에 매우 효과적인 부분으로 작용 될 수가 있기에 그 필요성이 매우 큰 기술임.
6. 주요연구 개발내용	◦ 상변화물질의 원천 소재 개발 (수화물과 혼입 가능한 μm단위의 캡슐형태 무기계 재료) ◦ 상변화물질을 이용한 에너지 저장 및 CO₂ 저장형 건설재료 개발 ◦ 태양열 활용, 집열 및 에너지 활용 장치 기술 개발

7. 정부지원의 타당성	◦ 냉·난방 설비 사용에 의한 에너지 및 CO₂ 발생은 국내 건설 산업에서 매우 큰 부분을 차지함에 따라 냉·난방 설비 시스템에 의한 노력은 우리나라 전체 에너지 및 CO₂ 저감에 기여 함. ◦ 특히, 건축 자재로서의 태양열을 이용한 기술은 신재생 에너지 개발에 대한 가능성이 큰 기술로서 국내외 에너지 소비 문제에 대한 큰 기여를 할 것으로 예상 됨. ◦ CO₂ 저감과 에너지 소비는 전 세계적 차원의 국가 정책임에 따라 에너지 저감에 의한 CO₂ 저감 기술로서 상변화물질의 사용은 국제적 정책에 크게 부흥하는 매우 효과적인 기술이 될 수 있음. 따라서 CO₂ 및 에너지 대량 소비 산업인 건설산업에서의 상변화물질 대량 사용을 위한 원천기술 개발은 정부의 지원이 절실히 필요한 부분 임.							
8. 기술확보 전략	◦ 상변화물질 원천소재 개발 및 태양열 융합 연구는 여러 학계를 통한 통합 연구로 진행 ◦ 콘크리트 관련 전문적 연구 경험에 따른 습식 건축 재료 개발							
9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안	최종성과물	◦ 상변화 물질의 원천 소재 개발 (특허, 소재 확보) ◦ 상변화물질을 이용한 건축재료 개발 (특허, 제품) ◦ 집열 및 에너지 활용 장치 개발 (특허, 제품)						
	활용방안	◦ 원천소재는 Powder 제조 업체 제품 생산에 활용 ◦ 건설자재, 집열 및 에너지 활용 장치는 자재 회사 및 시공회사에서 활용						
10. 연구개발 과제의 규모 (50억원 이내) (연구기간 5년 이내)	구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도	
	연차별 연구비 (백만원)	정부	500	500	500	500	500	
		민간 (추정)	10	20	30	30	10	
	합 계		510	520	530	530	510	
	총 연구비 (백만원)	정부	2,400			총 연구기간	5 년	
		민간	100					
		총합계	2,500			연도별 평균소요인력	10 명	
11. 기대효과 및 파급효과	◦ 원천 소재 개발에 의한 대량 생산 및 대량 활용 가능 ◦ 반 영구적 상변화물질 사용에 의한 건축물 전 생애에서의 에너지 및 CO₂저감 효과. ◦ 기존 단열재 및 보온재 사용 불필요에 따른 경제적 효과 발생 ◦ 태양열을 이용한 신재생 에너지 개발 가능 ◦ 전 세계 기술 시장 확보에 따른 경제적 효과 및 국내 기술력 우위 입증							