

**바이오/나노 기술을 활용한  
자연친화적 건설 신마감재 개발**

**(Planning Report for Eco-friendly Advanced Construction  
Finishing Materials Using Bio/Nano Technology)**

**2008. 01**

**첨단융합건설연구단**

# 제 출 문

첨단융합건설연구단장 귀하

본 보고서를 “바이오/나노 기술을 활용한 자연친화적 건설 신마감재 (Eco-friendly Advanced Construction Finishing Materials Using Nano/Bio Technology)”의 기획보고서로 제출합니다.

2008년 01월 24일

- 연구기관명 : 동국대학교
- 연구기간 : 2007.7~2007.8
- 연구책임자 : 임 중 연
- 참여연구원
  - 연구원: 성 정 석
  - 연구원: 김 상 범
  - 연구원: 유 명 열

요 약 문

과 제 명		바이오/나노 기술을 활용한 자연친화적 건설 신마감재 개발
연구개발 필요성	사회경제적 필요성	<p>기존 연구는 건설 자재의 자체 성능을 개선하고, 설비에 의한 방법으로 쾌적성을 확보하기 위한 것이 주된 방향으로서 생산단계에서 사용단계에 이르기까지 에너지 소비 증가를 야기시키는 한계가 있었다. 이를 해결하기 위해 바이오 및 나노와 같은 타분야의 기술을 융합한 자연 친화적인 건설 신복합재료의 개발을 통하여 우수한 마감재 성능 및 주거 쾌적성 확보가 가능할 것이며, 이에 대한 연구 필요성은 아래와 같다.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 친환경 건축물에 대한 사회적 경제적 요구 증대</li> <li><input type="checkbox"/> 초고층 빌딩 건설에 대한 친환경 기술우위 구축을 통한 글로벌 경쟁력 확보</li> <li><input type="checkbox"/> 바이오 소재 활용을 통한 자연친화적 건축자재 개발 필요</li> <li><input type="checkbox"/> 오존층 파괴에 따른 건축 자재 내구성 증대 방안 필요</li> <li><input type="checkbox"/> 에너지 고갈 및 비용 증가에 따른 에너지 절감형 복합재료에 대한 요구 증</li> <li><input type="checkbox"/> 유해전자파의 증가와 이에 대한 대응(차폐 및 흡수) 필요성 증가</li> <li><input type="checkbox"/> 환경오염에 따른 건축물의 내구성 및 주거 쾌적성 감소에 따른 대응 필요성 증대</li> <li><input type="checkbox"/> 철골구조 및 고강도 콘크리트 증가에 따른 화재 대응형 자재의 필요성 증대</li> <li><input type="checkbox"/> 건설 자재의 표면에 기능성과 고내구성을 부여하여 환경오염에 대응할 필요성 증대</li> <li><input type="checkbox"/> 건설외벽재의 유지관리 어려움에 따른 자기세정기능 부여 기술 필요</li> </ul>
	타 분야 기술융합의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 친환경 건설 자재 연구를 위한 바이오 융합기술의 필요</li> <li><input type="checkbox"/> 물리·화학적으로 보완되고 환경 친화적인 건축 자재에 대한 사회적 요구 반영</li> <li><input type="checkbox"/> 자외선 증가에 따른 열화 방지를 위한 바이오 기술 융합 필요성 증대</li> <li><input type="checkbox"/> 에너지 절감형 단열재 개발을 위한 Nano-Pore 제어기술 융합</li> <li><input type="checkbox"/> 유해전자파 대응을 위한 나노 마감재와의 융합 기술을 통한 마감재 개발</li> <li><input type="checkbox"/> 내화성능과 친환경성을 함께 확보할 수 있는 기술 개발 필요</li> <li><input type="checkbox"/> 건설 자재의 표면에 기능성과 고내구성을 부여할 수 있는 기술과의 융합</li> <li><input type="checkbox"/> 상온상압 플라즈마 연속공정을 이용한 대면적 나노 코팅 기술 개발을 통한 건설외벽재의 자기세정 기능부여 기술</li> </ul>
	정책적 타당성	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 향후 미래 사회에 반드시 개발되어야 하지만, 개발부담이 클 경우, 정부에서 시작을 유도하여 가시적인 성과가 도출될 때 기업이 참여할 수 있도록 유도함</li> </ul>

최종  
연구목표

- 바이오 기술을 적용하여 건축자재의 문제점을 근본적으로 개선함으로써 환경부하저감과 주거환경을 개선할 수 있는 첨단 융합 기술 구축
  - 바이오 기술 적용 친환경 마감재(수성접착제, 데코레이션 내장재, 바이오필름) 개발
  
- 나노 기술을 활용함으로써 에너지 절감력을 향상시킴과 동시에 공간 활용도를 최대화할 수 있는 복합재료 개발
  - Nano-pore 제어기술을 활용한 고성능 단열재 개발
  - 탄소나노튜브를 이용한 유해 전자파 흡수 건축 내장재 기술
  
- 건설 신소재 및 공법을 통해 유해환경을 제어함으로써 주거 쾌적성을 높이는 마감재 제조 기술 개발
  - 바이오기술 적용 친환경 도료 개발
  - 나노기술을 적용한 친환경 초고층 건물용 내화도료 개발
  
- 대기압 플라즈마를 이용한 건축외장재 방오염내구성 향상기술(초발수 폴리머 필름 및 초친수 나노코팅 기술) 개발

핵심융합기술

- 바이오 기술 적용 친환경 마감재(수성접착제, 데코레이션 내장재, 바이오필름) 개발(BT, ET)
  
- 나노 기술을 활용한 고성능 단열재 및 유해전자파 흡수 내장재 개발
  - Nano-Pore 제어기술을 활용한 고성능 단열재료 개발 (NT, ET)
  - 탄소나노튜브를 이용한 유해전자파 흡수 건축 내장재 기술 (ET, NT)
  
- 유해환경 대응형 도료 개발
  - 바이오 기술 적용 친환경 도료 개발(BT, ET)
  - 나노기술 적용 친환경 초고층건물용 내화도료 개발(ET, NT)
  
- 대기압 플라즈마를 이용한 건축외장재 방오염내구성 향상기술 (초발수 폴리머 필름 및 초친수 나노코팅 기술) 개발(NT, ET)

	구분	연구개발목표	세부 연구개발내용
연도별 주요 연구 내용	1차 년도	<input type="checkbox"/> 바이오기술을 적용하여 환경부담 저하를 위한 생분해성 마감재 제조	<input type="checkbox"/> 건설자재의 재활용 증대를 위한 친환경 처리기술 개발 <input type="checkbox"/> 마감재 적용 가능 생분해성 소재 개발 <input type="checkbox"/> 환경 친화형 건축내외장재 적용형 바이오 필름 개발
		<input type="checkbox"/> 바이오 섬유 복합재 계면 적합성 연구	<input type="checkbox"/> 바이오 섬유 개질 방안 조사 및 기초시험 <input type="checkbox"/> 수분 및 자외선 흡수 메커니즘 연구 및 흡수 정밀 측정 방안 연구
		<input type="checkbox"/> Nano-Pore 제어기술을 활용한 고성능 단열재료 개발	<input type="checkbox"/> Nano pore 사용 재료 요소기술 개발
		<input type="checkbox"/> 탄소나노튜브를 이용한 유해전자파 흡수 건축 내장재 기술	<input type="checkbox"/> 전자파 흡수용 나노소재 요소 기술 개발
		<input type="checkbox"/> 바이오 기술 적용 친환경 도료 개발	<input type="checkbox"/> 천연수지 제조 및 합성 요소기술 확립 <input type="checkbox"/> 천연수지 분자량 조절 요소기술 확립
		<input type="checkbox"/> 화재대응형 친환경 내화도료 개발	<input type="checkbox"/> 무용제형 발포탄화체 형성 요소기술 확립 <input type="checkbox"/> 고온형 내열 폴리머 합성 요소기술 확립
		<input type="checkbox"/> 대기압 플라즈마를 이용한 건축외장재 방오염내구성 향상기술 개발	<input type="checkbox"/> 최적화 플라즈마 반응기 개발 <input type="checkbox"/> 초발수 필름용 소재 평가 및 선정 <input type="checkbox"/> 초친수용 물질 평가 및 선정 <input type="checkbox"/> 시스템 평가를 위한 수학적 모델링 개발

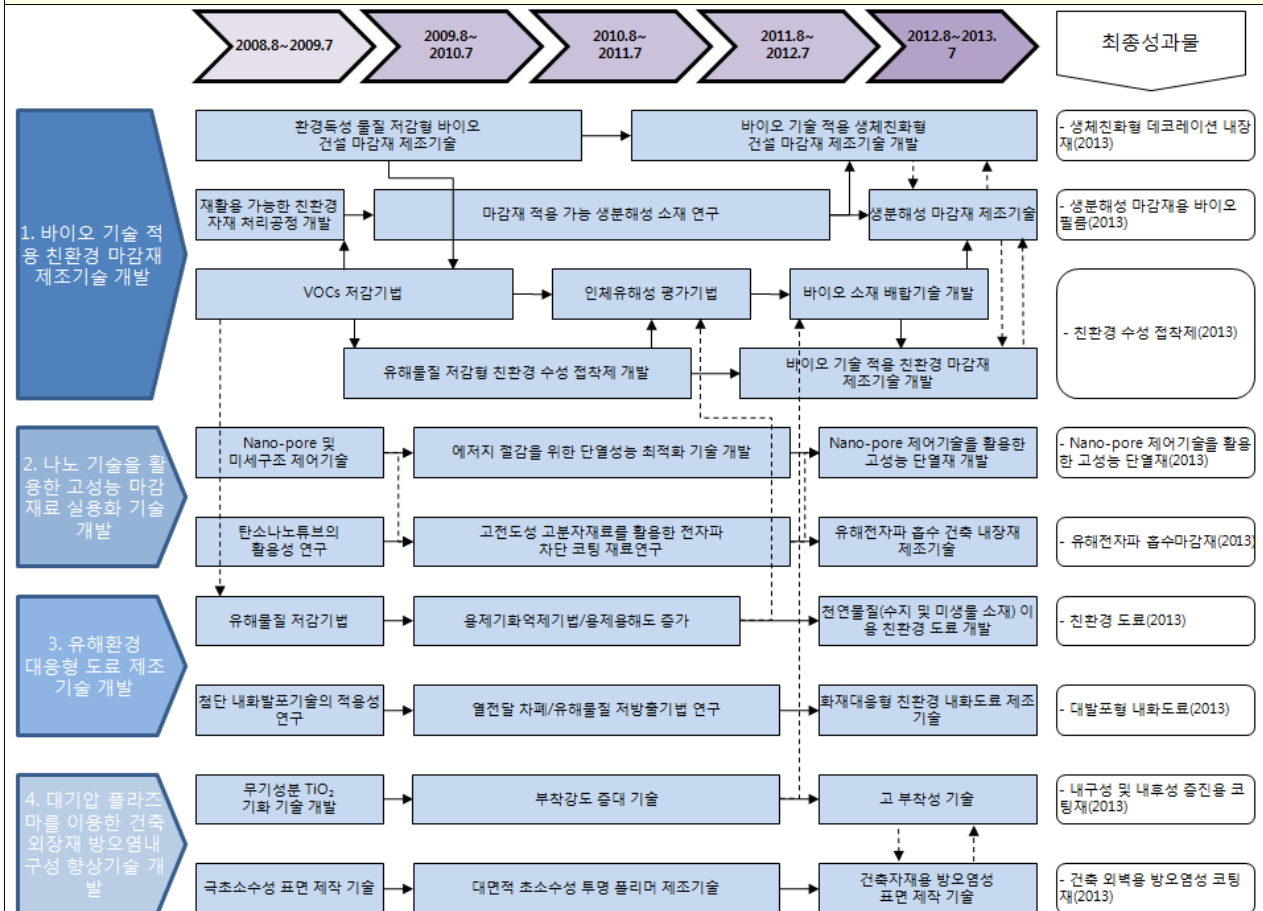
	구분	연구개발목표	세부 연구개발내용
연도별 주요 연구 내용	2차 년도	<input type="checkbox"/> 바이오 섬유 복합재 계면 적합성/결합강 도/흡습 연구  <input type="checkbox"/> Nano-Pore 제어기술 을 활용한 고성능 단 열재료 개발  <input type="checkbox"/> 탄소나노튜브를 이 용한 유해전자파 흡 수 건축 내장재 기술  <input type="checkbox"/> 친환경 초고층건물 용 내화도료 개발  <input type="checkbox"/> 바이오 기술 적용 친환경 도료 개발  <input type="checkbox"/> 대기압 플라즈마를 이용한 건축외장재 방오염내구성 향상기 술 개발	○ 바이오 섬유 표면 처리 방안 연구 ○ 수분 및 자외선 흡수 메커니즘 연구 ○ 자외선 조사/흡수량 시험  ○ Nano pore 사용 재료 요소기술 개발  ○ 전자파 흡수용 나노소재 요소 기술 개발  ○ 발포 성능 향상 요소 기술 확립 ○ 발포형 도료 성능평가 기술(1)  ○ VAC(휘발성방향물질)저감 최적화 기술개발 ○ 천연수지 및 첨가제의 상용성 증대 기술  ○ 공정프로세스 시스템 구축/개발 ○ 대면적 초발수 표면 제작 장치 및 공정 개발 ○ 초친수 물질 코팅 장치 및 공정 개발

	구분	연구개발목표	세부 연구개발내용
연도별 주요 연구 내용	3차 년도	□ 바이오 기술을 이용한 유해물질 저감형 친환경 접착제 개발	○ 고성능 포름알데히드 Free형 접착제의 개발 ○ 생분해성/생분괴성 수지의 개발에 따른 생분해성 바이오 필름 개발
		□ 바이오 섬유 복합재 계면 적합성/결합강도/방습 연구	○ 바이오 섬유 표면 처리 및 기소재 투과 특성 연구 ○ 수분 및 자외선 흡수 메커니즘 연구 ○ 자외선 조사/흡수량 시험
		□ Nano-Pore 제어 기술을 활용한 고성능 단열재료 개발	○ Nano pore 사용 재료 최적배합 기술 개발
		□ 탄소나노튜브를 이용한 유해전자파 흡수 건축 내장재 기술	○ 전자파 흡수용 나노소재 최적배합 기술 개발
		□ 바이오 기술 적용 친환경 도료 개발	○ 천연수지 경화 반응성 향상 기술 개발 ○ UV 경화 반응형 촉매 반응기술 개발
		□ 친환경 초고층건물용 내화도료 개발	○ 발포형 도료 성능평가 기술(2) ○ 발포 단열체 내화성능 유지 요소기술 개발
		□ 대기압 플라즈마를 이용한 건축외장재 방오염내구성 향상 기술 개발	○ 프로세스 진단 및 박막진단 ○ 대면적 초발수 투명 폴리머 필름 제작 공정 최적화 ○ 대면적 초친수 코팅층 제작 공정 최적화 ○ 코팅 기술 Data Base 화 ○ 모재/코팅 계면 제어 기술 개발

	구분	연구개발목표	세부 연구개발내용
연도 별 주요 연구 내용	4차 년도	□ 바이오 소재를 이 용한 친환경 건축물 외벽 마감재 개발	○ 식생이 가능한 환경친화형 목질 외벽재 개발 ○ 친환경 건축물 외관 녹화재료 개발 및 적용공 법 개발
		□ 바이오 섬유 복합 재 내구성 및 내후 성 파라미터 연구	○ 바이오 섬유 고분자 복합재 내구성 및 내후성 분석 ○ 기계적 특성 시험 및 분석
		□ Nano-Pore 제어기 술을 활용한 고성능 단열재료 개발	○ Nano pore 사용 내장재 제조기술 개발 ○ Nano pore 사용 내장재의 경제성 평가
		□ 탄소나노튜브를 이 용한 유해전자파 흡수 건축 내장재 기술	○ 전자파 흡수용 나노소재 이용 내장재 제조기 술 개발 ○ 전자파 흡수용 나노소재 이용 내장재의 경제 성 평가
		□ 바이오 기술 적용 친환경 도료 개발	○ 고경도 도막 형성 및 고반응성 기술 개발 ○ 고광택 경화반응 배합 기술개발
		□ 친환경 초고층건물 용 내화도료 개발	○ 발포 단열체 내화성능 유지제 개발 ○ Off site 코팅 기술(1)
□ 대기압 플라즈마를 이용한 건축외장재 방오염내구성 향상 기술 개발	○ 공정프로세스 시스템 최적화 ○ 대면적 초발수 투명 폴리머 필름 양산성 평가 ○ 대면적 초친수 코팅층 양산성 평가 ○ 연속 코팅 시스템 설계 및 제조 기술 개발 ○ 연속 코팅 시스템을 이용한 박막 연속 코팅 기술 개발 ( 폭 : 600mm 이상)		

	구분	연구개발목표	세부 연구개발내용
연도 별 주요 연구 내용	5차 년도	<input type="checkbox"/> 바이오 기술을 이용한 환경독성물질 저감형 바이오 건설 복합재료 제조기술 개발  <input type="checkbox"/> 바이오 섬유 복합재 내구성 및 내후성 향상 응용 기술 개발  <input type="checkbox"/> Nano-Pore 제어기술을 활용한 고성능 단열재료 개발  <input type="checkbox"/> 탄소나노튜브를 이용한 유해전자파 흡수 건축 내장재 기술  <input type="checkbox"/> 바이오 기술 적용 친환경 도료 개발  <input type="checkbox"/> 친환경 초고층건물용 내화도료 개발  <input type="checkbox"/> 대기압 플라즈마를 이용한 건축외장재 방오염내구성 향상 기술 개발	○ 환경독성물질 저감형 바이오 건설복합재 제조 기술 개발 ○ 폼알데히드 Free형 FR보드 개발  ○ 바이오 섬유 고분자 복합재 내구성 및 내후성 연구 ○ 기계적 특성 향상 및 응용 기술  ○ Nano pore 사용 내장재 Mock up 테스트 ○ Nano pore 사용 내장재 시공지침 정립  ○ 전자파 흡수용 나노소재 이용 내장재 Mock up 테스트 ○ 전자파 흡수용 나노소재 이용 내장재의 시공지침 정립  ○ 고내구성 및 고내후성 도막형성 기술개발 ○ 바이오도료 대량 생산 최적화 기술개발  ○ Off site 코팅 기술(2) ○ 내구성능 향상기술  ○ 상압 플라즈마 연속 공정 기술 개발 ○ 대면적 초발수 투명 폴리머 필름 연속 기술 개발 ○ 대면적 초친수 물질 코팅 연속 기술 개발 ○ 신뢰성 향상 기술 개발

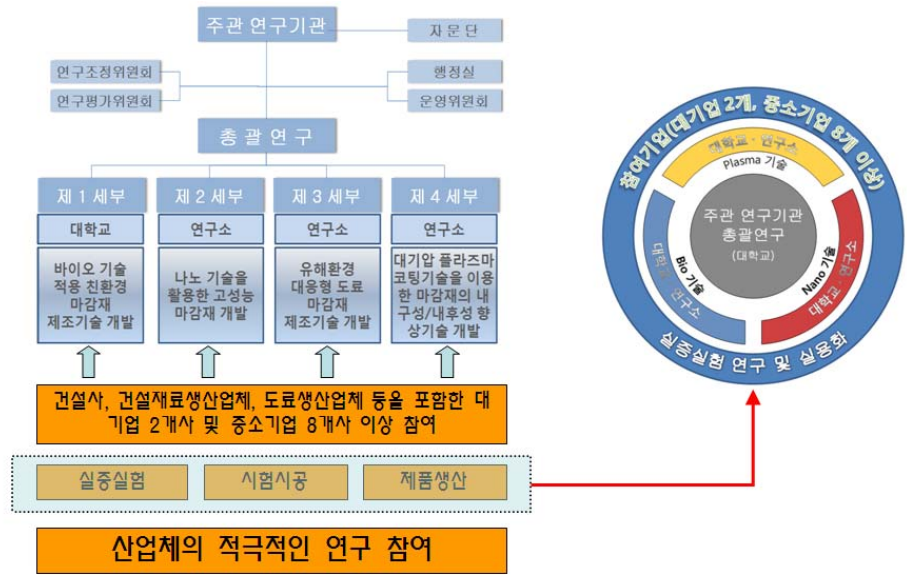
## 기술 개발 로드맵



### 중 간 성 과 물

세부과제명	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
바이오 기술 적용 친환경 마감재 개발	- 마감재 적용 생분해성 바이오 필름 제조 공정		- 친환경 접착제	- 마감재 적용 바이오 필름	생체친화형 데코레이션 내장재
	- 바이오 섬유 복합재				
나노 기술을 활용한 고성능 마감재료 실용화 기술 개발	- Nano-pore 이용 합성기술 - 전자파 흡수용 나노소재 이용 합성기술		- Nano-pore 이용 배합기술 - 전자파 흡수용 나노소재 이용 배합기술	- Nano-pore 이용 내장재 개발 - 전자파 흡수용 나노소재 이용 내장재 개발	- Nano-pore 이용 내장재 시험적용 및 시공지침 - 전자파 흡수용 나노소재 이용 내장재 시험적용 및 시공지침
	- 화재대응형 친환경 내화도료 - 친환경 도료 개발				
유해환경 대응형 마감재 제조기술	- 바이오수지합성 기술 - 팽창제 제조기술	- 바이오도료배합, 첨가제 최적화 - 고분산 코팅액	- 경화반응조절기술 - 무기재료배합기술	- 팽창성능 유지제 - Off-site 코팅 기술	- 실용화 기술 - 내구성 향상기술
	- 최적화 플라즈마 반응기 - 초발수 필름용 소재 - 시스템 평가 모델링	- 대면적 초발수 표면 제작 장치 및 공정 - 초친수 코팅 기술	- 대면적 초발수 투명 폴리머 필름 연속 제작 공정 - 코팅기술 Data - 초친수 코팅/필름 계면 제어기술	- 대면적 초발수 투명 폴리머 양산 - Roll-to-Roll 코팅 시스템	- 연속 생산용 기계 개발

연구개발추진전략



- 8개 주제의 연구가 4개의 세부과제별로 분류되어 수행될 예정
- 각종 행정적 업무 그리고 각 세부과제간의 업무 연락을 위한 행정실
- 연구 주제의 진행 상황을 파악하여 적절한 시기에 협동 연구를 주관하고 연구결과를 취합하기 위하여 연구조정위원회를 구성
- 국제 협력이 가능한 연구기관과의 공동연구를 통해 기술개발 가속화

연구개발소요예산(단위: 천원)	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
	2,000,000	2,000,000	2,500,000	1,900,000	1,500,000

연구개발 기대효과	기술적 성과	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 환경부담 저하를 위해 바이오 기술을 활용한 생분해성 마감재 제조             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국내 생분해성 건축자재 제조 원천기술을 확보</li> <li>○ 생분해성 건축자재의 개발로 하이테크 산업으로의 발전에 기여</li> </ul> </li> <li>□ 건설 폐기물 재활용을 증대시키기 위한 친환경 처리기술 개발             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 폐기물 발생 시기 연장을 통한 건축내외장재의 수명 증가를 위한 기술 확보</li> <li>○ 재활용율 95% 이상의 건설자재 개발</li> </ul> </li> <li>□ 순환지속 가능한 건설자재 개발             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 건설 자재 산업에서 개도국의 압박과 선진국과의 기술적 격차 해소</li> <li>○ 원천기술 확보를 통한 고부가가치적 미래 건설 자재의 선점</li> </ul> </li> </ul>
-----------	--------	---

<p>연구개발 기대효과</p>	<p>기술적 성과</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 바이오소재 배합 생체친화형 건축 마감재 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 천연물질(수지 및 미생물 소재)을 이용한 유해물질 발생 저감형 친환경 도료 및 biofilm-코팅재 개발</li> <li>○ 천연물질(수지 및 미생물 소재)을 이용한 VOCs 저감기술을 하이테크 산업으로 발전시켜 세계적 기술우위 선점</li> </ul> </li> <li>□ 유해물질 저감형 친환경 접착제 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 친환경 접착제 원천기술 확보</li> <li>○ 천연재료를 이용하여 인체에 무해한 친환경 고기능성 건설자재 개발</li> <li>○ VOCs 저감기술을 적용한 친환경 포름알데히드 Free 건설자재의 개발</li> </ul> </li> <li>□ 바이오 자연섬유/고분자 소재 물성 향상 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 계면 접착력 강화 기술 확보</li> <li>○ 바이오 섬유의 기계적 성질 강화 기술 확보</li> </ul> </li> <li>□ Nano-Pore 제어기술을 활용한 고성능 단열재료 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국내 고성능단열재 제조 기술의 확보</li> <li>○ 용이한 시공성으로 신축 및 기존 건축물 등 다양한 건축물의 단열성 향상 기대</li> <li>○ 단열층 두께 최소화로 건축물 유효면적 증대 효과 기대</li> </ul> </li> <li>□ 탄소나노튜브를 이용한 유해전자파 흡수 건축 내장재 기술 <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 전자파 흡수 내장재 제조기술의 확보</li> <li>○ 용이한 시공성으로 사용성 증대</li> <li>○ 전자파 방지에 대한 하이테크 산업화 기반기술 확보</li> </ul> </li> <li>□ 바이오 친환경도료 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 천연수지 100% 사용 바이오도료 개발</li> <li>○ VOC 및 중금속 free 천연도료 개발로 국민의 삶의 질 향상</li> </ul> </li> <li>□ 화재 대응형 기능성 내화도료 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 무용제 발포형 내화도료 제조 원천 기술의 확보</li> <li>○ 고성능의 내화도료를 사용함으로써 화재시 인명 및 재산의 보호</li> </ul> </li> <li>□ 건축외장재 방오염성 향상을 위한 대기압 플라즈마 코팅 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 상온/상압 플라즈마를 이용한 건설자재 기능성 부여를 통한 표면 오염 방지 고내구성 코팅 기술 확보</li> <li>○ 여러 소재의 접합기술, 나노 입자 또는 형상 배열 기술, 공정의 친환경성 확보에 대한 원천기술 구축</li> <li>○ 내구성 및 기능성 평가에 대한 표준화 지표 수립</li> </ul> </li> <li>□ 철구조물의 플라즈마 폴리머리제이션 코팅기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 철이 사용된 건설자재의 수명 연장</li> <li>○ 기타 철을 사용하는 타산업으로 기술력 이전</li> </ul> </li> </ul>
----------------------	-------------------	---

<p>연구개발 기대효과</p>	<p>경제적 성과</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 바이오 기술을 적용하여 환경부담 저하를 위한 생분해성 마감재 제조 <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 생분해성 플라스틱의 세계 시장 규모는 약 9조원 정도로 최근 3년간 이에 대한 산업재산권을 확보하기 위한 세계 각국의 노력이 급증하고 있으며, 국내 생분해성 마감재 제조 원천기술 확보할 경우 조기 고부가가치 실현이 가능</li> <li>○ 최근 시장 규모가 급격하게 커진다는 점을 고려할 때 생분해 가능 천연 마감재의 개발로 국내와 해외에 대한 대략 2조원 이상의 시장 개척 가능</li> </ul> </li> <li>□ 건설 폐기물의 발생량이 점차 증가하고 있는 상황에서 재활용 증대를 위한 친환경 처리기술 개발은 필수적 <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 건설 폐기물의 규모가 98년 이후 점증하고 있는 상황을 고려할 때 재활용을 증대시킬 경우 개인 자산 증대 및 국가 자산 증대가 가능함.</li> <li>○ 친환경 처리 기술 보유로 인해 해외건설시장에서의 경제적 및 기술적 우위 차지</li> <li>○ 해외 건설시장에서도 앞으로는 친환경 처리 기술의 보유 여부를 계약 체결의 관건으로 삼을 가능성이 크다는 점에서 잠재적 이익이 큼.</li> </ul> </li> <li>□ 순환지속 가능한 건설자재 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 건축 폐기물의 발생량이 1998년에서 2004년까지 311% 증가하여 환경오염에 대한 우려가 커지고 있는 상황</li> <li>○ 건설자재가 순환, 지속된다면 건설 폐자재 처리에 따르는 국가적 환경부담 비용이 크게 절감됨.</li> <li>○ 구조물의 고성능화에 의한 보수 비용의 절감 및 수명 연장</li> </ul> </li> <li>□ 바이오소재 배합 생체친화형 건축 마감재 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 천연물질(수지 및 미생물 소재)을 이용한 국내 바이오기술의 원천기술 확보에 따른 고부가가치 조기 실현</li> <li>○ 바이오 접목 융합 선진기술 확보를 통한 미래 건설시장 우위확보</li> <li>○ 동일한 사업규모에서 LCC를 고려한 전체비용의 30% 절감 가능</li> </ul> </li> <li>□ 유해물질 저감형 친환경 접착제 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 작업환경의 VOC's 저감 시스템 구축에 드는 비용 절감</li> <li>○ 접착제 매립 및 폐수처리시의 환경오염방지비용 절감</li> <li>○ 미국, 유럽, 일본 등지에서 수입하는 환경친화형 접착제 구성성분의 국내 제품 대체 및 수출력 제고</li> </ul> </li> <li>□ 신개념의 고성능 건설재료 상용화로 SOC 산업의 고부가가치화를 유도하고, SOC 투자 비용절감을 촉진함으로써 건설 산업의 경쟁력 제고를 통한 국가경제발전 선도 <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 건설 재료의 국내 시장 규모가 2005년의 경우 26조원, 세계 건설시장은 2004년 4조억 달러 이상으로 추정되는데, 고성능 건설재료를 상용화할 경우 국내 시장 창출효과가 클 뿐만 아니라 수출액도 상당할 것으로 추산됨.</li> </ul> </li> </ul>
----------------------	-------------------	---

<p>연구개발 기대효과</p>	<p>경제적 성과</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 기타, 복합 소재의 내구성 개선을 통한 기존 복합소재의 수명에 비해 150% 향상, 더 작은 양의 강화재로도 동일한 효과를 얻을 수 있는 기술 개발을 통해 비용 절감을 10% 이상 기대</li> <li>□ 바이오 자연 소재 개발 및 이를 적용한 건축자재 개발을 통해 자외선 흡수와 같은 특수 용도의 시장 점유율 확보를 통해 아래와 같은 보건의적인 요인을 10% 이상만 줄여도 그 가치는 매우 높은 것으로 판단됨. <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 수도권 지역의 미세먼지로 인한 조기 사망자수는 연간 11,127명으로 추정(경기개발연구원, 2003)</li> <li>○ 대기오염으로 인해 14세 이하 영아 사망률이 9% 증가하고, 이 중 호흡기 질환 사망률은 2배 증가(이화여대, 2001)</li> <li>○ 대기오염으로 인한 조기 사망자수는 교통사고로 인한 사망자수의 3배(미국 지구정책연구소(EPI) 발표)</li> <li>○ 특수 용도의 건축자재를 이용할 경우 미세먼지 등을 감소시킬 수 있어 이로 인한 의료비용의 감소, 삶의 질 개선 등을 기대할 수 있음.</li> </ul> </li> <li>□ Nano-Pore 제어기술을 활용한 고성능 단열재료 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국내 고성능단열재 제조 원천기술 확보에 따른 조기 고부가가치 창출</li> <li>○ 초단열재료의 개발로 최소 5,000억원 이상의 규모를 갖는 국내 건축 단열재 시장에서 있어 그 성능과 고부가가치성 및 생산능력을 감안할 때 최소 40% 이상 시장점유율을 갖출 것으로 예상되어 2,000억원 이상 경제적 효과가 예상됨.</li> <li>○ 수조원대의 해외 단열시장에서도 충분한 경쟁력을 갖는 것으로 예상되며, 그 경제적 효과는 수천억원 이상이 될 것으로 예상됨.</li> </ul> </li> <li>□ 탄소나노튜브를 이용한 유해전자파 흡수 건축 내장재 기술 <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 전자파 차폐기술 중에 활용이 가장 쉬운 기술은 차폐페인트를 도포하는 방식으로 우리나라는 미국이나 일본으로부터 수입하고 있는데, 그 수입규모는 2004년 기준 총 국내시장 600억원 규모의 70~80% 이상을 차지하고 있음.</li> <li>⇒ 이를 대체할 경우 420억원에서 480억원 정도의 외화낭비를 막을 수 있음</li> <li>○ 해외의 전자파 차폐재 시장은 2004년도 KITTI 기술정보 분석보고서 기준 240백만달러 정도인데 현 상태에서는 수출이 전무한 상태이나, 개발될 유해 전자파 차폐 및 흡수 마감재 기술의 우위성에 의해 30% 이상의 시장점유가 가능할 것으로 판단되며, 최소 72백만달러의 수출 증대 효과를 창출할 것으로 예상</li> </ul> </li> </ul> <p>상기와 같은 직접적인 경제적 효과 이외에도</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 건설마감재 기술혁신을 통한 정보통신 보완 시장 창출</li> <li>○ 인체유해 전자파 저감화를 통한 국가 보건의료비용 부담 감소를 통해 국가 경제에 도움을 줄 것으로 예상됨</li> </ul>
----------------------	-------------------	--

<p>연구개발 기대효과</p>	<p>경제적 성과</p>	<p>□ <b>친환경 초고층건물용 내화도료 개발</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국내 내화도료와 내화피복재(뿔칠재) 시장 규모는 약 400~500억원 규모로 소방법 등의 강화로 그 규모는 매년 5% 이상 성장하고 있으나, 아직까지는 1시간 또는 2시간용으로 고성능 내화도료에 대한 시장은 형성되어 있지 않음.</li> <li>○ 최근 고층건물의 증가로 내화 기준이 강화된 고성능 내화도료 시장이 급격하게 증가되고 있으며, 향후 몇 년 안에 내화도료 시장은 모두 고성능 내화도료로 대체될 것으로 예상됨. <ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ 따라서 고성능 내화도료 개발을 통해 직접적으로는 약 500억원 이상의 시장을 창출할 수 있으며, 부가적으로 화재 시 발생할 수 있는 인명보호 및 연간 500억 상당의 재산손실 절감할 수 있음</li> </ul> </li> <li>○ 획득한 원천기술을 이용한 수출증대 <ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ 미국과 일본은 대형 건물에 내화도료 사용을 의무화하고 있는데, 전세계 내화도료 시장은 2010년 20조원에 이를 것으로 전망되고 있음.</li> <li>⇒ 년 20조원의 세계 내화시장으로의 진입할 수 있으며, 고품질 및 가격 절감의 내화도료의 시너지 효과를 통한 국내 조선, 자동차 및 항공 산업에의 국제적 경쟁력 향상</li> </ul> </li> <li>○ 내화도료 개발의 시너지 효과를 통한 국내 조선, 자동차 및 항공 산업에의 국제적 경쟁력 향상</li> </ul> <p>□ <b>건축외장재 방오염성 향상을 위한 대기압 플라즈마 코팅 기술 개발</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 초발수 폴리머 필름개발: 건물 외관 청소에 소요되는 비용 (1,300~1,500원/m<sup>2</sup> (참조 : <a href="http://www.bitzzaru.co.kr">http://www.bitzzaru.co.kr</a> ), 3년에 1회씩이라면 10년의 경우 3,900~4,500원/m<sup>2</sup>의 비용이 발생. 이는 폴리머 필름의 가격을 10,000원/m<sup>2</sup>으로 산정한 것에 비해 저렴하지만 초발수 폴리머 필름을 적용하였을 경우에는 늘 깨끗한 외벽을 유지할 수 있는 장점이 있음. 또한, 유리에 적용하였을 경우에만 2012년에 5,000억원/년의 시장이지만 건물 전체 외벽에 적용한다면 이보다 훨씬 큰 시장이 된다.</li> <li>○ 플라즈마 공정 복합소재 적용을 통해 기존 복합소재가 대체할 수 있는 소재의 비용대비 신소재의 비용 비교 <ul style="list-style-type: none"> <li>- WPS(Wood Plastics Composites)의 가구 마감재 시장은 유럽에서만 280억유로(2002), 350억유로(2007)로 평가하고 있음.</li> <li>- WPC의 건설시장에서의 역할은 Thermoplastics 시장을 대체할 것으로 예측되고 있음.</li> </ul> </li> <li>○ 플라즈마 공정 복합소재 적용을 통해 기존 복합소재 대비 150% 수명 향상 및 10% 이상의 비용절감</li> <li>○ 또한, 새로운 시장으로 각광 받는 심미적인 측면의 시장을 선도하고 점유율을 높이기 위해 건설 마감재의 고급화를 통한 고급 브랜드화를 추구할 수 있으며, 이는 시장 점유율에 지대한 영향을 미칠 수 있을 것으로 기대</li> </ul>
----------------------	-------------------	---

연구개발 기대효과	기술적 가치	<p>본 기획보고서를 통해 개발되는 제품 중에서 대표적인 것인 아래의 표와 같이 대표적인 10개의 제품에 대해 잔존가치를 고려한 상태에서 기술가치 분석을 한 결과, 기술기여이익은 약6,974억원~8,108억원 정도가 되며, 기술가치산정액은 3,906억원~4,545억원으로 그 기술 가치는 매우 높은 것으로 나타났다.</p>			
		기술명 (제품명)	기술 기여이익(백만)	기술가치 산정액(백만)	비고
		화재 대응형 내화도료	6,606 ~ 7,494	2,493 ~ 2,937	국내 한정
		Nano-pore 단열재	28,386 ~ 32,350	13,541 ~ 15,523	국내 한정
		생분해성 마감재	21,736 ~ 25,080	10,260 ~ 11,932	해외 포함
		바이오친환경 도료	19,505 ~ 22,506	8,884 ~ 10,384	해외 포함
		바이오 필름	97,448 ~ 112,440	96,144 ~ 111,136	국내 한정
		생체 친화형 건축자재	159,472 ~ 186,050	78,520 ~ 91,810	해외 포함
		유해물질 대응형 건설자재	362,208 ~ 422,576	180,294 ~ 210,478	국내 한정
		유해전자파 흡수재	2,043 ~ 2,325	414 ~ 555	국내 한정
합계	697,404 ~ 810,821	390,550 ~ 454,755			

<p>연구개발 기대효과</p>	<p>산업정책적 성과</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 바이오 기술을 적용하여 환경부담 저하를 위한 생분해성 마감재 제조 <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 첨단건설자재의 장점으로 다양한 응용분야 개발로 건축 산업 발전에 기여</li> <li>○ 생분해기술의 타 산업 분야의 활용 및 기술적인 문제점 해결에 기여</li> </ul> </li>   <li>□ 건설 폐기물의 재활용 증대를 위한 친환경 처리기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 건설 폐기물의 친환경적인 처리의 원천기술보유로 인한 해외의존도 경감</li> <li>○ 재활용 가능한 건설 폐기물의 친환경적인 처리로 인한 미래형 건설자재 친환경 처리 기술 시스템의 구축이 가능</li> </ul> </li>   <li>□ 순환지속 가능한 건설자재 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 재활용이 가능한 순환지속가능 건설자재 개발로 인한 국가 환경 부담 저하</li> </ul> </li>   <li>□ 바이오 소재 배합 생체친화형 건축 마감재 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국민의 삶의 질 향상에 따른 환경 분야의 국제적 인지도 제고</li> <li>○ 천연물질(수지 및 미생물 소재)을 이용한 건설자재 기술의 타 산업분야 적용 가능성 확대</li> </ul> </li>   <li>□ 유해물질 저감형 친환경 접착제 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>○ VOCs 저감기술의 확립으로 첨단 건설 산업 발전에 기여</li> <li>○ VOCs에 대한 안정성 확보로 국민 삶의 질 향상</li> </ul> </li>   <li>□ 천연물질(수지 및 미생물 소재)을 이용 친환경 도료 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 유해물질 저감을 통해 인류건강에 기여</li> <li>○ 유해물질에 대한 안정성 확보로 국민 삶의 질 향상</li> </ul> </li>   <li>□ Nano-Pore 제어기술을 활용한 고성능 단열재료 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 복합단열재료의 장점으로 다양한 응용분야 개발로 건축 산업 발전에 기여</li> <li>○ 나노발포기술의 타 산업 분야의 활용 및 기술적인 문제점 해결에 기여</li> <li>○ 주택·빌딩의 에너지 절약을 위한 단열재뿐 아니라 가전제품, 수송기기, 에너지 저장 등에 이용하는 초단열 재료로의 활용도 기대</li> </ul> </li>   <li>□ 탄소나노튜브를 이용한 유해전자파 흡수 건축 내장재 기술 <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 전자파 흡수 기술의 확립으로 첨단 건설 산업 발전에 기여</li> <li>○ 전자파에 대한 안전성 확보로 보건의료 분야 효율적 정책수립 제고</li> </ul> </li>   <li>□ 친환경 초고층건물용 내화도료 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 무용제 발포형 내화도료 제조 원천 기술의 확보</li> <li>○ 냉장 시설 등 다양한 산업으로의 응용</li> </ul> </li> </ul>
----------------------	---------------------	--

연구개발 기대효과	산업정책적 성과	<input type="checkbox"/> 대기압 플라즈마를 이용한 건축외장재 방오염내구성 향상기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 재료표면 향상을 통해 다양한 산업 분야로 확대 적용 가능</li> <li>○ 부식 방지 성능향상을 통해 SOC시설의 수명 연장</li> </ul> <input type="checkbox"/> 자연모사 초소수성을 이용한 건축자재용 방오염성 코팅기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 자동차의 사이드미러와 같은 곳에 사용하여 안정성 확보</li> <li>○ 일반 용기의 오염 방지</li> </ul>
활용방안		<input type="checkbox"/> 바이오 기술을 적용하여 환경부하저감과 주거환경을 개선할 수 있는 첨단융합건설 기술 <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 건축마감재 적용 기술 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 바이오/나노기술적용 환경부담저하 생분해성 마감재 개발 기술</li> <li>- 마감재 적용 가능 생분해성 복합재료 제조기술</li> <li>- 유해물질 저감화 및 환경 친화형 마감재 개발을 위한 바이오소재 합성기술</li> </ul> </li> <li>○ 폐건설자재의 재생기술 적용 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 바이오기술 적용 건설폐자재의 재생기술</li> <li>- 바이오기술 적용 건설폐자재의 분류 기술</li> </ul> </li> </ul> <input type="checkbox"/> 각종 유해/오염 물질들을 근본적으로 차단/저감하는 고기능성 및 고내후성 생체친화형 친환경 건설마감재 개발기술 <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 건설 구조물 적용 기술 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 유해물질 저감 친환경 접착제 개발을 위한 바이오소재 배합기술</li> <li>- 생분해성/생분괴성 수지 개발에 따른 바이오 필름 개발 기술</li> <li>- VOCs저감기법, 용제용해도 증대, 유해물질 분해, 약취제거 기술개발</li> </ul> </li> <li>○ 타 산업 적용 기술 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 천연물질(수지 및 미생물 소재) 및 대사산물을 이용한 유해물질 저감 평가법 구축기술</li> <li>- 생물소재 배합에 따른 인체 유해물질 평가 기술</li> </ul> </li> </ul> <input type="checkbox"/> 융합건설소재 및 신건설공법 개발로 유해물질 제어기술 향상을 통한 건축물 오염관리의 고효율화 기술 <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 융합건설 소재 및 신건설공법 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 복합재료 형성시 바이오물질의 최적화 발현 기술</li> <li>- 환경독성물질 저감형 바이오 건설복합체 제조 기술</li> <li>- VOCs무방출형 PC혼화제 상용화 기술</li> </ul> </li> <li>○ 친환경 소재 적용기술 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 유해물질 저감형 재료 제조기술</li> <li>- VOCs무방출형 재료 제어기술</li> </ul> </li> </ul>

<p>활용방안</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ Nano-Pore 제어기술을 활용한 단열재료 활용방안 <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 건축산업에의 활용 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 초단열 마감재 재료</li> </ul> </li> <li>○ 다른 산업에의 활용 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 가전제품용 초단열재료</li> <li>- 선박용 초단열 재료</li> <li>- 자동차용 초단열 재료</li> <li>- 에너지 저장용 초단열 재료 등</li> </ul> </li> </ul> </li>   <li>□ 탄소나노튜브를 이용한 유해전자파 흡수 건축 내장재 활용방안 <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 건설산업에의 활용 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 전자파 흡수 마감재 개발</li> </ul> </li> <li>○ 다른 산업에의 활용 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 가전제품 용 등</li> </ul> </li> </ul> </li>   <li>□ 바이오 친환경 도료 활용방안 <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 건설산업에 활용 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 실내건축물 및 가구용 목재의 도장</li> <li>- 철구조물 내식성 도장 기술에 적용</li> </ul> </li> <li>○ 다른 산업에의 활용 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 가전제품용 및 선박용 방오도료 등</li> </ul> </li> </ul> </li>   <li>□ 화재 대응형 친환경 내화도료 활용방안 <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 건설산업 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 철구조물 내화</li> <li>- 콘크리트 내화</li> <li>- 석유 및 정유 시설 내화</li> </ul> </li> <li>○ 수송산업 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 엔진룸 및 연료 저장부 내화</li> <li>- 선실부 격벽 내화</li> <li>- 배관 및 전자부품 내화</li> </ul> </li> </ul> </li>   <li>□ 대기압 플라즈마를 이용한 건축/건설 자재의 표면 기능성/고내구성 부여 기술 <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 건설 구조물 적용 기술 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 플라즈마를 이용한 나노코팅 기술</li> <li>- 고기능성 플라즈마 나노코팅 기술</li> <li>- 고내구성 건축/건설자재의 생산을 위한 나노코팅기술</li> </ul> </li> <li>○ 다른 산업에 적용 기술 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 나노표면 형상 제어기술</li> <li>- 내구수명 100년 보장</li> </ul> </li> </ul> </li>   <li>□ 대면적 나노 코팅기술 확립을 통한 건설 외벽재 자기세정 기능부여 기술 <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 건설 구조물 적용 기술 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 코팅 박막의 내구성 향상을 위한 보호막 코팅기술</li> <li>- 나노 코팅기술에 의한 자기세정 기술</li> </ul> </li> <li>○ 다른 산업에 적용 기술 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 대면적 초발수 투명 폴리머 필름 연속 생산 기술</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>
-------------	---

연구개발 핵심어					
핵심어	핵심어1	핵심어2	핵심어3	핵심어4	핵심어5
국문	바이오테크놀로지	생분해	나노기술	친환경	환경오염저감
	마감재	생체친화형	나노코팅	유해전자파	친환경 도료
	새집증후군	나노포어	고부착성	무용제	친환경 접착제
	내화도료	3시간 내화	융합	복합재료	친환경 도료
	상온/상압 플라즈마	초소수	고내구성	방오염성	고감성
영문	Bio-Technology	Bio-degradable	Nano-technology	Eco-friendly	Reducing environmental contamination
	Finishing construction material	Bio-friendly	Nano Coating	noxious electromagnetic ware	Eco-friendly paint
	Sick house syndrome	Nano-Pore	high-adhesive	solvent-free	Eco-friendly adhesive
	Fire-resistance paint	3 hrs rating	Fusion	Composite material	Eco-friendly paint
	Room temperature / atmospheric pressure Plasma	Super-hydrophobicity	High endurance	Anti-contamination	High sensitivity

## 목 차

<b>1. 연구개발 필요성</b> .....	<b>1</b>
가. 사회경제적 필요성 .....	1
나. 타 분야 기술 융합의 필요성 .....	6
다. 정책적 타당성 .....	10
<b>2. 시장동향 분석</b> .....	<b>11</b>
가. 주요 제품시장 파악 .....	11
나. 제품시장별 니즈 .....	15
다. 미래 시장수요 전망 .....	17
라. 시장동향 분석 시사점 .....	21
<b>3. 연구개발동향 분석</b> .....	<b>23</b>
가. 논문 분석 .....	23
나. 특허 분석 .....	25
다. 이종 분야의 연구개발동향 .....	30
(1) 국내 연구개발 동향 .....	30
(2) 국외 연구개발 동향 .....	34
라. 건설산업 분야의 연구개발동향 .....	37
(1) 국내 연구개발 동향 .....	37
(2) 국외 연구개발 동향 .....	40
마. 연구개발 동향분석의 시사점 .....	44
바. 중복성 분석 .....	47
<b>4. 연구목표 및 내용</b> .....	<b>50</b>
가. 최종 연구목표 .....	50
나. 핵심 융합기술 .....	51
다. 최종 성과평가지표 .....	53

라. 연도(단계)별 연구목표 및 내용 .....	57
(1) 1차년도 .....	57
(가) 연구목표 .....	57
(나) 연구내용 및 범위 .....	58
(다) 성과평가지표 .....	60
(2) 2차년도 .....	62
(가) 연구목표 .....	62
(나) 연구내용 및 범위 .....	63
(다) 성과평가지표 .....	64
(3) 3차년도 .....	66
(가) 연구목표 .....	66
(나) 연구내용 및 범위 .....	67
(다) 성과평가지표 .....	68
(4) 4차년도 .....	70
(가) 연구목표 .....	70
(나) 연구내용 및 범위 .....	71
(다) 성과평가지표 .....	72
(5) 5차년도 .....	74
(가) 연구목표 .....	74
(나) 연구내용 및 범위 .....	75
(다) 성과평가지표 .....	76
마. 기술로드맵 .....	79

## **5. 연구개발 추진전략 .....** 80

가. 연구개발 추진체계 .....	80
나. 해외 연구 네트워크 활용 방안 .....	86
(1) 해외 공동연구 방안 .....	86
(2) 국제 컨소시엄 활용방안 .....	87
다. 과제관리 및 보상방안 .....	88
(1) 과제관리 방안 .....	88
(2) 보상방안 .....	89
라. 연구성과의 활용을 위한 제도적 개선방안 .....	89

**6. 추정연구개발예산 ..... 91**

가. 총괄 연구개발 예산 ..... 91  
나. 비목별 연구개발 예산 ..... 92  
다. 비목별 연구개발예산 편성 기준 ..... 93  
    (1) 인건비 ..... 93  
    (2) 직접비 ..... 94  
    (3) 간접비 ..... 104

**7. 연구결과 활용방안 및 기대효과 ..... 105**

가. 연구결과 활용방안 ..... 105  
나. 기대효과 ..... 108  
    (1) 기술적 성과 ..... 108  
    (2) 경제적 성과 ..... 110  
    (3) 기술의 가치 ..... 117  
    (4) 산업정책적 성과 ..... 130

**8. 참고 문헌 ..... 132**

부록 (과제제안요구서) ..... 136  
부록 (과제공모 추진방안) ..... 142  
부록 (제안공모 과제제안요구서) ..... 146

## 표 목 차

<표 1>	건설 재료 국내 시장규모 전망 .....	13
<표 2>	건설 재료 외국 시장규모 전망 예측 .....	13
<표 3>	주요 내외장재의 시장 규모 추이 .....	14
<표 4>	건설 재료 국내 시장규모 전망 .....	18
<표 5>	건설 재료 외국 시장규모 전망 예측 .....	18
<표 6>	국내 단열재 시장 규모 .....	19
<표 7>	국외 단열재 시장 규모 .....	19
<표 8>	전자파 차폐 도료 시장 규모 .....	20
<표 9>	국내 내화도료시장전망 .....	20
<표 10>	해외 내화도료시장전망 .....	20
<표 11>	건설폐기물 관련 특허·실용신안 출원현황 .....	26
<표 12>	분야별 나노 재료 특허 분야 .....	27
<표 13>	주요국의 나노기술 관련 특허 및 기술 개발 동향 .....	28
<표 14>	새로운 기능을 부여한 건설재료 개발 기술 동향 .....	32
<표 15>	세계기술평가센터(WTEC) 분류 종합평가 기준에 의한 분석결과 (점수) .....	33
<표 16>	한국과 일본의 순환골재 재활용 용도 비교 .....	42
<표 17>	중복성 검토 결과 .....	48
<표 18>	바이오 기술 적용 친환경 마감재 개발 .....	53
<표 19>	나노 기술을 활용한 고성능 단열재 및 유해전자파 흡수 내장재 개발 .....	54
<표 20>	유해환경 대응형 도료 개발 .....	55
<표 21>	대기압 플라즈마를 이용한 건축외장재 방오염내구성 향상기술 개발 .....	56
<표 22>	바이오 기술 적용 친환경 마감재 개발 .....	60
<표 23>	바이오 섬유 복합재 계면 적합성 기초 연구 .....	60
<표 24>	Nano-Pore 제어기술을 활용한 냉난방에너지 절감형 단열재료 개발 .....	61
<표 25>	유해환경 대응형 나노 구조 마감재 제조 기술 .....	61
<표 26>	대기압 플라즈마를 이용한 건축외장재 방오염내구성 향상기술 개발 .....	61
<표 27>	바이오 섬유 복합재 계면 적합성/결합강도/흡습 연구 .....	64
<표 28>	나노 기술을 활용한 고성능 단열재 및 유해전자파 흡수 내장재 개발 .....	65
<표 29>	유해환경 대응형 도료 개발 .....	65
<표 30>	대기압 플라즈마를 이용한 건축외장재 방오염내구성 향상기술 개발 .....	66

<표 31>	바이오 기술을 이용한 유해물질 저감형 친환경 접착제 개발 .....	68
<표 32>	바이오 섬유 복합재 계면 적합성/결합강도/흡습 연구 .....	69
<표 33>	나노 기술을 활용한 첨단복합재료 개발 .....	69
<표 34>	유해환경 대응형 도료 개발 .....	69
<표 35>	대기압 플라즈마를 이용한 건축외장재 방오염내구성 향상기술 개발 .....	70
<표 36>	바이오 섬유 복합재 내구성 및 내후성 파라미터 연구 .....	72
<표 37>	나노 기술을 활용한 고성능 단열재 및 유해전자파 흡수 내장재 개발 .....	73
<표 38>	유해환경 대응형 도료 개발 .....	73
<표 39>	대기압 플라즈마를 이용한 건축외장재 방오염내구성 향상기술 개발 .....	74
<표 40>	바이오 기술을 이용한 환경독성물질 저감형 바이오 건설 복합재료 제조기술 개발 .....	76
<표 41>	바이오 섬유 복합재 내구성 및 내후성 향상 응용 기술 개발 .....	77
<표 42>	나노 기술을 활용한 고성능 단열재 및 유해전자파 흡수 내장재 개발 .....	77
<표 43>	유해환경 대응형 도료 개발 .....	77
<표 44>	대기압 플라즈마를 이용한 건축외장재 방오염내구성 향상기술 개발 .....	78
<표 45>	1세부 연구개발 추진 전략 및 중간 성과물 .....	82
<표 46>	2세부 연구개발 추진 전략 및 중간 성과물 .....	83
<표 47>	3세부 연구개발 추진 전략 및 중간 성과물 .....	84
<표 48>	4세부 연구개발 추진 전략 및 중간 성과물 .....	85
<표 49>	바이오 기술을 적용하여 환경부하저감과 주거환경을 개선할 수 있는 첨단융합건설 기술 .....	105
<표 50>	각종 유해/오염 물질들을 근본적으로 차단/저감하는 고기능성 및 고내후성 생체친화형 친환경 건설마감재 개발기술 .....	105
<표 51>	융합건설소재 및 신 건설공법 개발로 유해물질 제어기술 향상을 통한 건축물 오염관리의 고효율화 기술 .....	106
<표 52>	Nano-Pore 제어기술을 활용한 냉난방에너지 절감형 단열재료 활용방안 .....	106
<표 53>	탄소나노튜브를 이용한 유해전자파 흡수 마감재 활용방안 .....	106
<표 54>	바이오 친환경 도료 활용방안 .....	107
<표 55>	화재 대응형 친환경 내화도료 활용방안 .....	107
<표 56>	대기압 플라즈마를 이용한 건축/건설 자재의 표면 기능성/고내구성 부여 기술 .....	107
<표 57>	대면적 나노 코팅기술 확립을 통한 건설 외벽재 자기세정 기능부여 기술 .....	108

<표 58(a)>	기술가치 직접성과 평가결과 - 잔존가치 미고려	117
<표 58(b)>	기술가치 직접성과 평가결과 - 잔존가치 고려	118
<표 59>	기술가치 산정근거 - 화재대응형 내화도료	119
<표 60>	기술가치 산정근거 - Nano-pore 단열재	120
<표 61>	기술가치 산정근거 - 생분해성 마감재	121
<표 62>	기술가치 산정근거 - 내구성 코팅재	122
<표 63>	기술가치 산정근거 - 건설폐기물 처리기술	123
<표 64>	기술가치 산정근거 - 생체친화형 건축마감재	124
<표 65>	기술가치 산정근거 - 유해물질 대응형 건설자재	125
<표 66>	기술가치 산정근거 - 유해전자파 차단재	126
<표 67>	생산유발계수표	127
<표 68>	산업연관표 분류 중 건설관련 부문	128
<표 69>	건설 관련 산업분류별 간접성과 승수	129

## 그 립 목 차

[그림 1]	자외선 차단 .....	2
[그림 2]	지구 온도 변화 및 에너지 수요 현황 .....	3
[그림 3]	초소수 표면에서 물방울이 구를 때 표면의 오염물이 물방울 표면에 흡착된 모습 .....	6
[그림 4]	나무의 표면에 초발수 처리되었을 때 물방울이 형성된 모습 .....	6
[그림 5]	나노코팅으로 콘크리트 내에 유해물질 침투방지 .....	9
[그림 6]	폐기물 연도별 변화추이(2005 전국 폐기물 발생 및 처리현황, 환경부) ...	11
[그림 7]	분야별 특허 보유 현황 .....	27
[그림 8]	전 세계 주요국의 연도별 특허출원(등록) 동향 .....	29
[그림 9]	박막 발포형 내화도료 .....	39
[그림 10]	플라즈마 세정 원리 .....	46
[그림 11]	최종 연구목표 개념도 .....	51
[그림 12]	바이오/나노 첨단기술을 융합한 자연친화적 건설 신마감재 개발 .....	52
[그림 13]	기술로드맵 .....	79
[그림 14]	연구개발 추진 체계 개념도 및 연구 수행 조직도 .....	81
[그림 15]	Nano-Pore 제어기술을 활용한 냉난방에너지 절감형 단열재료 개발 적용분야 .....	109
[그림 16]	더러워 지지 않은 코팅 기술 .....	115

## 1. 연구개발 필요성

기존 연구 동향은 제2장 시장동향 분석과 제3장 연구개발동향을 분석한 결과, 대체적으로 건설 자재의 자체 성능을 개선하고, 기계적 설비에 의한 방법으로 주거 쾌적성을 확보하기 위한 것으로 생산단계에서 사용단계에 이르기까지 에너지 소비 증가를 야기시키는 한계가 있었다. 이를 해결하기 위해 친환경 기술인 바이오기술과 에너지 절감형 나노기술 등과 같은 타분야 기술을 건설기술에 융합시켜 제조한 자연 친화적인 건설 신마감재 만으로도 동일 또는 우수한 성능과 주거 쾌적성 확보가 가능할 것이며, 이에 대한 연구 필요성은 아래와 같다.

### 가. 사회경제적 필요성

#### □ 친환경 건축물에 대한 사회적 경제적 요구 증대

- 건축물의 고품질 주거 생활환경으로의 인식 전환: 건설교통부와 환경부가 공동 운영하는 '친환경 건축물(그린빌딩) 인증제도' 시행 등 정책적 지원이 증대되고 있으며, 소비수준의 향상에 따른 친환경 건축물 수요가 증가하고 있음
- 마감재, 합성수지, 페인트 등의 일반 건축자재에서 발생된 유해성에 의한 사회적 경제적 문제가 증가되고 있음: '새집증후군' 등 건축자재와 연관된 질병이 최근 사회 문제로 크게 부각되고 있으며 건설 시장에도 영향을 미치고 있음
- 거주자의 건강과 주거 쾌적성을 확보하기 위해 기계설비에 의존하는 방식으로는 공간활용 및 시설물 유지 등에 있어 경제성이 떨어짐: 첨단 바이오 및 나노 기술을 융합한 신건축자재 개발을 통해 유해환경물질의 예방적 처리방식 개발이 필요함
- 최근 급속히 발전된 나노 및 바이오 기술을 활용하는 융합기술 개발을 통해 건설 자재로 인하여 발생하는 환경부담을 저감시켜 사회적 요구를 충족시킬 수 있음

#### □ 초고층 빌딩 건설에 대한 친환경 기술우위 구축을 통한 글로벌 경쟁력 확보

- 전 세계적으로 초고층 빌딩 건설 경쟁이 치열한 가운데 선진국에 이어 중국 아랍에미리트 한국 등에서도 초고층 건축물 건립이 가속화되고 있음
- 한국초고층건축학회에 따르면 발주될 초고층 빌딩 건축 프로젝트의 사업비를 기초로 추정해서 2010년까지 50조원 규모에 이를 것임. 한국시장은 이 중 20%인 10조원 정도로 커질 것임

- 설계 및 시공기술의 개발은 물론 친환경 및 건강에 대한 친환경 건축물 수요를 충족하는 양질의 건설자재 확보가 요구됨
- IT 및 자동화설비 기술의 접목에 의해 최근까지 이루어진 건축물의 고부가가치 창출에 이어서, 건강과 쾌적성을 고려한 바이오/나노 융합 건설기술 개발에 의해 새로운 고부가가치 건설시장을 선도할 수 있음

□ 바이오 소재 활용을 통한 자연친화적 건축자재 개발 필요

- 건축자재 유해물질 방출 최소화: 친환경 내·외장재 기술의 개발로 유해물질 방출 저감 및 내산성 강화재료 개발 필요
- 환경부하 저감 기술을 기반으로 하는 건설자재 및 마감재의 개발, 시공, 그리고 유지관리까지 고려된 친환경 통합 건설시스템의 구축이 요구됨
- 콘크리트의 제조, 시공, 해체, 폐기에 따른 사회적 문제 야기: 건설용 구조재료 중 전체 사용량의 60% 이상을 차지하는 콘크리트의 원료 제조 시 발생하는 CO<sub>2</sub>에 의한 지구 온난화 및 유해물질의 방출에 의한 문제 발생
- 콘크리트 자체에 대한 연구 필요: 콘크리트의 3R(Reduce, Reuse, Recycle) 시스템 구축 노력이 절실하며 환경부하 저감과 식생이 가능한 콘크리트 개발에 대한 필요성 증대

□ 오존층 파괴에 따른 건축 자재 내구성 증대 방안 필요

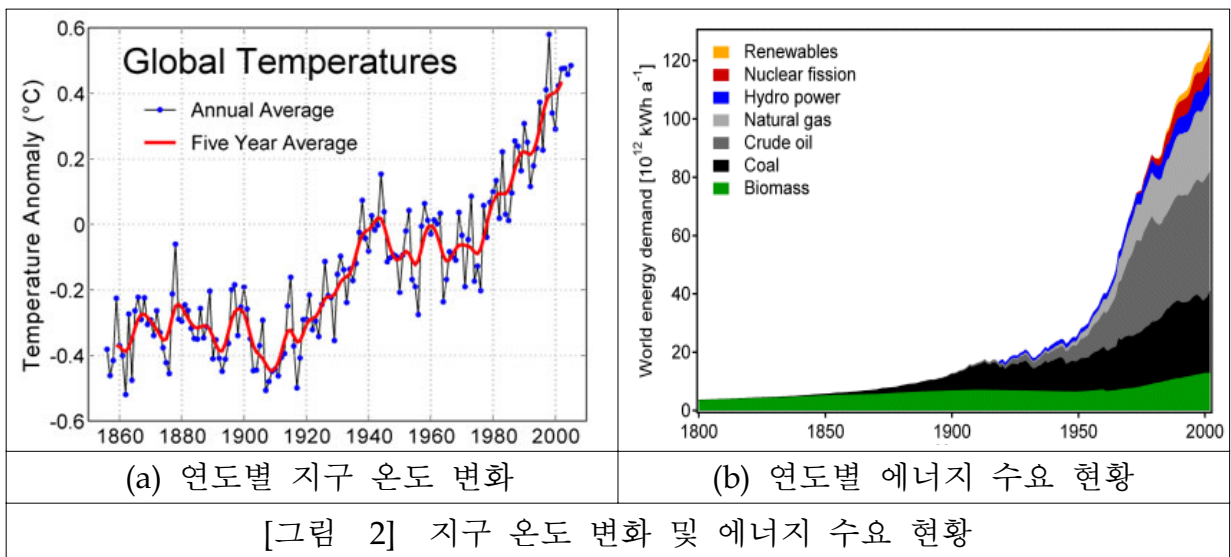
- 오존층 파괴에 따라 [그림 1]과 같이 대기층 자외선 통과량이 증가되면서 건축물의 열화속도가 증가되는 경향이 있음
- 이에 대한 대응으로 자외선을 흡수할 수 있는 재료로 알려져 있는 바이오 자연 섬유/고분자 소재를 활용하여 건축자재를 개발할 필요성 증대



[그림 1] 자외선 차단

□ 에너지 고갈 및 비용 증가에 따른 에너지 절감형 복합재료에 대한 요구 증가

- 주택 및 빌딩 등의 냉난방에 의한 에너지 소비는 국내 총 에너지 소비의 약 7.8%를 차지하고, 최근 몇 년 지구 온도가 급격히 상승하면서 그 비율 또한 증대하고 있기 때문에 주택 및 빌딩 등의 단열성을 높이는 것은 냉난방 에너지의 절감에 가장 효과가 있는 방법으로 현재 일반적으로 사용되는 건축용 단열재는 폴리스티로폼(PS), 폴리우레탄(PU) 및 유리섬유 단열재가 있음
- PS와 PU계 단열재는 경량성이면서 보온성이 우수하다는 장점을 갖는 대신 불에 타기 쉽고 연소되는 동안 유독 가스가 발생하는 단점이 있음. 특히 시판 제품인 단열재들은 할로젠 및 인계의 난연제를 사용하기 때문에 화재 시 발생하는 유해가스로 인해 많은 인명과 재산 피해를 유발시키고 있음
- 유리섬유 단열재는 난연성은 우수하지만 보온성이 떨어지고 유리 섬유 자체가 인체에 해로운 유해 물질로서 사용에 한계성이 있음
- 따라서 이와 같은 문제점 등을 극복하기 위해서 최근 페놀수지 등 다양한 형태의 대체 소재에 대한 연구가 진행되고 있으나 현재까지 목적하는 난연성 및 단열성 그리고 인체 유해성에 대한 물성이 확보된 신소재에 대해 소개되지 못하고 있는 것이 현실임



□ 유해전자파의 증가와 이에 대한 대응(흡수) 필요성 증가

- 전자파란 전자자기파(Electromagnetic Waves)로 전자, 통신 및 정보화 산업의 고도화와 더불어 절대 필요한 자원으로 부각되고 있으나, 무분별한 전자파는 오히려

려 전자파 장애와 인체 유해성 및 전자파 환경오염이라는 문제점을 야기하여 “21세기 최고의 공해” 또는 “제4의 공해”로 불리고 있음

- 전자파는 휴대폰, 레이더, TV, 전자레인지 등으로부터 방출되는 고주파와 전기제품, 송전선, 변전소 등에서 방출되는 저주파로 나뉘는데, 일반적으로 알려진 전자파 공해의 사회적 문제는 인체 유해성, 전자기기 오작동, 투시에 의한 정보 유출로 대표될 수 있음
- 인체 유해성의 경우, 전자파 중 고주파는 인체에 흡수되기 쉬운 성질이어서 인체의 크기나 조직 등에 따라 공명 현상을 일으켜 핫스팟(Hot-spot) 효과를 초래할 수 있으며, 예로 휴대폰의 경우 뇌에 악영향을 줄 수 있다고 보고하고 있음. 저주파는 인체에 대한 투과력이 크며, 특히 자계에 의한 발암성이 우려됨
- 전자파 오작동 장애란 전기·전자기기로부터 방출되는 전자파가 다른 기기에 대하여 오동작을 일으키는 문제로 그 장애가 비교적 경미한 것으로부터 생명에 영향을 미칠 수 있는 중대사고까지 일으킬 가능성이 있음
- 최근 비대칭 디지털 가입자선(ADSL ; Asymmetric Digital Subscriber Line)이 폭발적으로 보급되고 있고, 차세대 휴대폰이나 유비쿼터스 도시(Ubiquitous City), 도로교통 시스템(ITS ; Intelligent Transport System)이 개시 되는 등 사회 전반적으로 전자파 홍수에 노출됨에 따라 건축 및 토목 분야에 있어서도 전자파에 대한 대책의 필요성이 있음

#### □ 환경오염에 따른 건축물의 내구성 및 쾌적성 감소에 따른 대응 필요성 증대

- 최근 들어 지구 환경 파괴에 따른 문제점이 증가되면서 환경규제가 강화되고 이에 따라 새로운 기술개발의 필요성이 대두되고 있음. 특히, 지구 온난화와 대기 오염의 주범이라 할 수 있는 휘발성 유기화합물에 대한 대책이 시급한 실정임
- 대기부유물질 및 황사 횡수의 증가 등에 의해 구조물 외피의 오염 속도는 더욱 빨라지고 있어 주택 등은 2~3년마다 도장을 실시하는 경우가 대부분임
- 또한 현대인은 하루 중 10~20%의 시간만을 바깥에서 보낼 뿐 대부분의 시간을 사무소, 가정, 자동차, 지하철 등의 실내 환경 속에서 생활하므로 쾌적한 실내 환경을 조성하고 유지하는 것은 작업성의 향상은 물론 건강 및 위생을 위해 대단히 중요함
- 따라서 과학이론에 근거한 현상해명을 기초로 한 고감도 광촉매 재료를 개발하고, 광촉매의 최대 장점인 「자연에너지 이용에 의한 에너지 절감」 「유지관리비절감」 「환경부하절감에 의한 자원 및 에너지 절감」이라는 점을 이용하여 고감도 광촉매 개발, 고감도 광촉매 코팅액 및 대량생산기술, 코팅기술 등의 저비

용/고품질 제조기술개발, 고감도 광촉매 활용기술을 개발할 필요성이 있음

□ 철골구조 및 고강도 콘크리트 증가에 따른 화재 대응형 자재의 필요성 증대

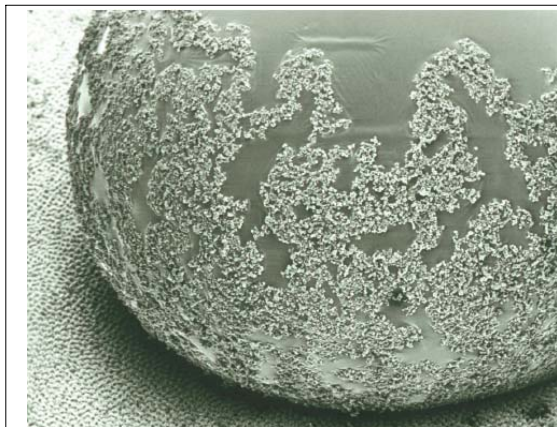
- 내화피복은 인명 및 재산을 보호하기 위한 필수적인 사항임
- 뿔철형 내화 피복 및 보드형 내화재료는 내화성능은 확보할 수 있으나 미적요소가 전무할 뿐 아니라 심미적 요구를 충족하기 위해서는 추가적 가연성 재료를 사용한 표면 마감이 필요하게 되어 경쟁력을 확보하기 어려움. 이에 반하여 박막 발포형 내화도료는 표면 마감층 도료를 사용하는 방식으로 원하는 색상 및 질감을 표현할 수 있음
- 박막 발포형 내화도료는 기존에는 철골구조에 주로 쓰였으나 콘크리트 구조체의 고온 폭렬 현상이 알려짐으로서 고강도 콘크리트 구조체에도 내화 피복은 필수적인 요소가 됨. 철골 구조에 비하여 상대적으로 협소한 내부면적 및 단위공간의 제한으로 인하여 콘크리트 건물에 박막 내화피복은 필수적임
- 이와 같은 것을 모두 고려할시 예상되는 시장은 무한함

□ 건설 자재의 표면에 기능성과 고내구성을 부여하여 환경오염에 대응할 필요성 증대

- 건설소재의 친환경, 고내구성, 지속가능한 특성 요구에 대해 자연섬유, 회수 가능한 소재 등을 사용하려는 시도가 늘고 있으나 이들의 기계적 특성 저하 등으로 인한 물성이 기존 건설재료에 미치지 못하고 있음
- 이에 대한 원인 중 복합소재의 경우 강화재료와 기지재료 사이의 결합력이 나쁠 경우, 복합소재의 표면을 개질하여 사용하게 함으로서 고내구성을 부여할 수 있음
- 이때 개질처리에 사용하는 약품 등은 제2의 환경오염 등의 문제를 발생할 수 있어, 최근에는 전혀 오염물질 발생하지 않는 플라즈마 처리를 통한 표면개질이 각광을 받고 있음
- 표면개질은 플라즈마를 통하여 소재 표면에 원하는 ligand를 부착시킬 수 있어, 기지 재료의 특성에 따라 강화재료의 표면을 맞춤형으로 개질할 수 있음
- 이러한 플라즈마 처리는 통상 진공 중에서 행하여 왔으나 최근에는 대기압 중에서 플라즈마를 발생시켜 처리할 수 있는 기술이 개발되어 활용되고 있음
- 또한, 플라즈마 처리는 강화재와 기지재료와의 계면에서 높은 결합력을 나타낼 뿐만 아니라 강화재의 균일한 분산에도 활용되고 있음
- 이는 강화재들 사이의 응집을 억제하면서 기지재료와는 접합력이 높은 계면 특성을 유지할 수 있도록 적절한 monomer를 사용하는 기술을 필요로 함

□ 건설외벽재의 유지관리 어려움에 따른 자기세정기능 부여 기술 필요

- 건축물의 대형화, 고층화에 따라 외관을 청결하게 유지하는 것이 어렵게 되고, 비용도 증가하고 있어 이들 외관이 쉽게 오염되지 않을 뿐만 아니라 물만 뿌려 주거나 비가 오게 되면 자기 세정이 되는 기능을 갖추게 할 필요가 있음
- 특히, 이러한 기능은 유리와 같이 투과성을 가지는 경우 외관의 청결상태가 실내에서도 보게 되어 청결한 외관은 거주자에게 쾌적하고 상쾌한 시야를 확보할 수 있음
- 또한 건축물의 외관에 사용되는 자재는 매우 다양한 소재와 형상을 가지게 되므로, 이들 외관 소재를 각각 초소수 처리를 하는 것보다는 투명한 필름 형태의 소재의 개발이 필요하며 외관 소재에 부착하여 사용할 수 있는 효율성을 높여야 함
- 초친수의 광촉매 산화물질들은 투명할 뿐만 아니라 빛을 받으면 촉매반응을 일으켜 표면의 유기화합물, 오염물질 등을 쉽게 분해해주는 자기세정 효과를 나타냄



[그림 3] 초소수 표면에서 물방울이 구를 때 표면의 오염물이 물방울 표면에 흡착된 모습



[그림 4] 나무의 표면에 초발수 처리되었을 때 물방울이 형성된 모습

**나. 타 분야 기술 융합의 필요성**

□ 친환경 건설 자재 연구를 위한 바이오 융합기술의 필요

- 바이오 소재 혼화재의 적용기술 개발을 통해 건설 마감재 내구성 및 내후성 강화를 통한 경제성 증대
  - 바이오 소재를 활용하는 융합기술 개발을 통해 PC판넬 및 건설마감재의 유해독

성물질의 저감화를 선도하는 고감성 건축시장 창출

- PC판넬의 열화를 촉진하는 미생물들의 생장을 막을 수 있는 환경 친화적인 기능성 PC판넬 개발
- 생분해성 고분자 물질의 분해효소로 인해 바이오 소재가 첨가된 콘크리트의 폐기물 처리 및 재활용 비용 절감
- 친환경 물질을 생산하는 나노/바이오 연구의 융합기술 필요
  - 배합 및 양생 중에 온도와 강염기 조건에서 적용 가능한 생물 소재 연구 필요
  - 인체에 유익한 항산화물질이나 유해물질 저감효과가 있는 혼화재료 개발과 콘크리트 적용을 위해 융합기술 개발이 요구됨
  - 나노기술을 기반으로 하는 미세코팅기술과 생물소재를 적용하는 바이오 기술의 융합을 통해 유해환경물질을 절감시킨 건축 내·외장재 개발 수요 증대

□ 물리·화학적으로 보완되고 환경 친화적인 건축 자재에 대한 사회적 요구 반영

- 파급효과가 가장 큰 재료분야의 연구 미흡
  - 풍부한 경험을 통한 원가 절감과 품질향상 기술 보유
  - 국·내외적으로 생산성 저하와 기술 인력 수급문제
  - 건설 분야의 가치 상승을 위해 다양한 분야의 첨단기술을 융합한 시공 및 설계 기술개발 진행
- 환경 친화적 건축물에 대한 시장 수요에 대한 적응
  - 바이오 소재 혼화재의 활용으로 친환경 기능성 접착제 개발
  - 바이오 필름을 적용한 생분해성 건축 마감재

□ 자외선 증가에 따른 열화 방지를 위한 바이오 기술 융합 필요성 증대

- 오존층 파괴에 따른 자외선 투과량 증가에 따라 콘크리트의 열화속도가 증가됨
- 이를 방지하기 위한 마감재 개발에 바이오 소재를 이용하여 콘크리트 자체의 물성 향상 및 자외선 차단 효과를 얻을 필요성 증대

□ 에너지 절감형 단열재 개발을 위한 Nano-Pore 제어기술 융합

- 주택·빌딩 등의 냉난방에 의한 에너지 소비는 총 에너지 소비의 약 7.8%를 차지하고 있고, 최근 수년간 그 비율은 지속적으로 증대되고 있기 때문에 해당 분야의 에너지 절약은 전 세계적인 에너지 절약의 가장 중요한 과제로 인식되고 있음

- 그 중 주택과 빌딩 등의 단열 특성 개선은 냉난방 에너지 절약 요소기술 중 가장 중요한 방법으로 압축 강도가 뛰어나고 경량, 두께가 얇고 불연성 등의 특성을 요구하고 있음
- 주택용뿐만 아니라 가전제품, 수송기기, 에너지 저장 등에 활용 목적으로 한 초단열 복합 재료의 개발이 향후 에너지 소비 증가와 자원 고갈 등에 대한 제반 기술 확보가 절실
- 따라서 초단열 세라믹스 하이브리드 기술 등에 대한 원천 기술을 확보함으로써 이를 기초로 초단열 박판 마감재로서 활용 가능한 기술을 개발하고자 함

□ 유해전자파 대응을 위한 나노 마감재와의 융합 기술을 통한 마감재 개발

- 전자파는 임의의 물질과 접하게 되면 그 물질의 특성에 따라서 반사, 투과 및 흡수의 세 가지 형태로 전자기파의 운동경로를 구분하고, 전자파 흡수는 외부 또는 내부에서 발생된 전자파를 반사되지 않도록 임의의 재료에 의해 그 파를 흡수시키는 원리임
- 전자파 흡수 소재는 주로 금속분말 또는 섬유 고분자들을 기본으로 하였으며, 최근에는 나노 기술의 비약적 발전으로 인하여 나노 분말 합성 기술을 효율적으로 적용하여 전자파 흡수에 대한 범위를 폭넓게 하였으며, 다양하게 활용할 수 있게 되어졌음
  - 소재의 단위가 미세화되면서 종전보다 적은 원료로써 전자파 흡수 효과는 우수해 지고 소재의 첨가 방법과 활용기술에 따라 박막 코팅 방법 등 활용성이 폭 넓어지고 있음
  - 건설 재료 측면에서는 도료, 코팅재, 벽지, 미장재, PC판넬 등 내장재 및 외장재로의 활용성이 가능할 것으로 판단됨

□ 내화성능과 친환경성을 함께 확보할 수 있는 기술 개발 필요

- 현행의 국제적인 내화기준인 2시간은 고층건물이나 초고층건물에 적용시 충분치 않음. 또한 이 피난 시간은 건강한 성인을 대상으로 한 것으로 노약자 및 장애자를 고려할 시 더욱 긴 시간이 필요함은 명확함. 구미에서는 피난 시간의 향상을 위하여 노력하고 있으며 이는 기술선진국의 제품이 기존의 성능한계를 넘어 섬과 동시에 변경되리라 예상됨. 현재 국내 내화 기술은 2시간으로 이의 성능한

계를 넘어서는 기술이 준비되지 않으면 향후 수출 및 국내 내수시장의 점유는 비관적임

- 2001년 세계무역센터의 경우와 같이 일반 화재상황 (cellulose fire)보다 급격한 온도증가가 발생하는 유류화재 (hydrocarbon fire)와 물리적 충격에 대비한 내화 피복기술이 없으면 초고층 건물, 공항 및 백화점등 많은 인원이 존재하는 건물은 노출된 위험에 대한 대비책이 전무함
- 이와 같은 문제의 해결책인 박막 발포형 내화도료는 기존 화학산업에서 제약업과 더불어 존재하는 고부가가치 산업이나 제약업에 비하여 그 시장 규모가 작은 관계로 다국적 거대기업의 독과점이 존재하지는 않기에 강소국을 지향하는 대한민국의 전략산업으로 이상적임. 또한 박막 발포형 내화도료산업은 전방산업인 건설, 조선, 항공, 자동차 및 후방산업인 정밀화학 나노화학에 시너지 효과를 창출할 수 있는 산업임

#### □ 건설 자재의 표면에 기능성과 고내구성을 부여할 수 있는 기술과의 융합

- 건설 자재의 기능 상실은 외부적인 요인이 내부로 침투해서 발생하는 것이 대부분임. 이를 사전에 차단할 수 있는 기술과의 융합을 통해 기능 유지가 가능할 것으로 판단됨
- 이러한 기술에는 플라즈마 코팅기술이 있으며, 특히 상온/상압 플라즈마 기술은 진공 및 고온에서 이용되었던 고에너지소비형에 대한 기술을 상온/상압에서 행함으로써 에너지의 사용저감과 코팅기술을 발전시키는데 적용됨



[그림 5] 나노코팅으로 콘크리트 내에 유해물질 침투방지

- 상온상압 플라즈마 연속고정을 이용한 대면적 나노 코팅 기술 개발을 통한 건설외 벽재의 자기세정 기능부여 기술
  - 초소수성 표면에 대한 연구는 의류 업계에서 시작되었으며, 1975년 독일 본대학의 식물학자인 윌리엄 바스룻이 연꽃잎 표면에서 초발수성을 나타내는 원인을 규명하였음. 이는 최근에 많은 연구가 진행되고 있는 자연모사의 한 방편으로 알려져 있음. 즉, 자연에서 최적화되어 있는 현상을 규명하여 공학적으로 응용함으로써 실생활에 적용함
  - 이를 위해 식물학을 비롯하여 화학, 재료공학, 기계공학 및 NT기술의 접목이 어우러져야 가능함. 또한, 이러한 기술의 응용분야로써 건설산업에 미치는 파급효과가 크기 때문에 분야간 기술 융합이 필요함.
  - 고내구성의 초소수성 표면 제작을 위해 폴리머 필름의 개발을 위한 화공, 표면의 나노돌기를 형성하기 위한 표면가공기술, 표면의 소수성 부여를 위한 플라즈마 기술, 양산 및 자동화를 위한 메카트로닉스 기술 등이 접목되어야 함.

#### 다. 정책적 타당성

우리나라의 건설자재나 시공법 등을 개발하는 형태를 살펴보면 외국에서 기 개발된 것을 현지화하는 수준에 머물고 있는 것이 현실이다. 이것의 원인은 다양할 수 있으나 크게 개발비 부담과 BEP(Break Even Point)가 일반적으로 기업에서 생각하는 시점보다 늦어질 수 있다는 우려 때문이다.

그러나 이러한 기술들은 향후 미래사회에서 반드시 요구되는 것으로 국가에서 시작을 유도하여 가시적인 결과가 나타났을 때에 기업이 참여할 수 있도록 하는 것이 국가의 역할이라고 판단된다.

## 2. 시장동향 분석

### 가. 주요 제품시장 파악

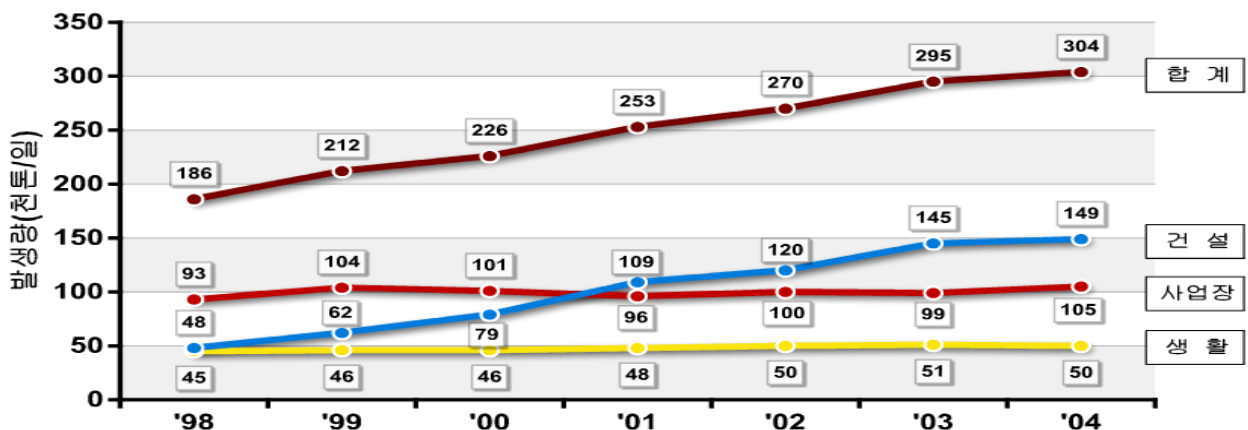
#### □ 콘크리트 및 건설폐기물 재활용 증대를 위한 기술

##### ○ 콘크리트생산 및 출하

- 콘크리트 생산 및 출하량은 2004년에 137,561,000m<sup>3</sup>, 2005년에는 121,414,000m<sup>3</sup>, 2006년에는 126,964,000m<sup>3</sup>으로 그 양이 증가되고 있으며, 균열 저감, 고강도 등과 같은 고성능을 요구하는 콘크리트 증가에 따라 혼화재의 사용량도 증가되고 있음

##### ○ 건축 폐기물의 발생량 증가 및 재활용률 증가

- '98년 1,740만톤/년에서 2004년 5,419만톤/년으로 311% 증가
- 폐콘크리트, 폐아스콘이 전체 발생량의 70%를 차지하고 있고, 2011년에는 2006년 대비 40%이상 증가할 것으로 예측됨
- 건설 공사의 종류, 공정, 공사규모 등에 따라 지역별 · 계절별로 발생량이 상이하고 또한 그 성상이 다양하고 복잡해서 현실적으로 분리·선별이 어렵고, 이에 대한 비용 부담이 가중되므로 대부분 매립으로 최종 처분됨
- 마감재의 폐기물처리를 위해서 재활용 및 재사용률이 증가하는 추세이나 해체시 분리·선별의 어려움이 높음



[그림 6] 폐기물 연도별 변화추이(2005 전국 폐기물 발생 및 처리현황, 환경부)

## □ 환경 독성 물질 저감형 접착제 및 생체친화형 복합재료

### ○ 환경인증 제품의 시장성

- 2004년도 GR마크 인증을 받은 친환경 건축자재가 83개 품목으로 접착제가 31개, 바닥재가 14개, 벽지가 12개 순으로 사후 관리 제품 35개 품목 중 29개가 친환경 인증을 유지
- 2006년 478개 업체의 1,734개 제품(전체 인증제품의43%)이 건축자재에 대한 인증을 보유하고 있으며 실내공기질 관련 자재류(접착제, 마감재, 장식용합성수지 시트, 페인트, 벽지, 방수재, 바닥 장식재 등)가 16%를 차지함
- 국내 환경마크 시장이 확대됨으로써 환경마크 인증제품 시장규모는 2001년 1조 5327억원에서 2005년 8조4757억원으로 늘었고 2006년 9월 현재 12조5401억원으로 폭발적으로 성장
- 인체건강과 환경보호에 유리한 고급품의 경우 가격이 보다 높은 편이고 수요 증가임

### ○ 도료산업의 시장성

- 환경부에서 국내 건설자재의 항목 중에서 새집증후군을 야기시킬 수 있는 휘발성 유기화합물을 일정 기준 이상 발산하는 69개의 제품에 대해서 특정 시설에 사용할 수 없게 함(2007년도 7월 23일자 고시)으로써 앞으로 건축물의 내외장재로 많이 사용되는 도료에 있어서도 친환경성에 대한 비중이 높아질 것으로 예상됨

## □ 해외 건축자재 시장

### ○ 일본의 건축자재 시장

- BL 주택 부품의 PL센터에서는 1994년 9월부터 1999년 3월까지 총 2,167건의 상담 건수 중 주제어별 상담 건수에 대하여 첫 번째로 많은 것이 VOC's와 관련된 상담내용으로 전체의 35% 정도인 310건으로 나타나 건축자재의 환경성에 대한 시장이 넓음을 알 수 있음

### ○ 중국의 건축자재 시장

- 2005년의 인테리어 자재 수요량이 약 6500억 위안
- 2007년 인테리어 산업의 연가 매출액이 약 1만억 위안, 2010년에는 1조 600억 위안에 달할 것으로 전망
- 그러나 환경성에 대한 인식 부족으로 일반적인 마감재만을 생산하고 있지만, 향후 생활수준의 향상에 따라 친환경 마감재에 대한 시장이 넓어질 것으로 예상됨

□ 건설 시장 규모

- 한국건설경영협회에 따르면 2005년 건설시장 추정규모는 86조 7000억원이고, 이 중 건설 재료시장의 규모는 약 30%인 26조원 정도로 추정되며, 각 자재별 국내 시장규모전망은 아래의 표와 같음

<표 1> 건설 재료 국내 시장규모 전망 (단위 : 억원)

구 분	2005년	2010년	2015년	2020년
시멘트 재료	31,694	32,450	35,626	41,890
콘크리트 혼화재료	1,060	1,776	2,629	3,079
금속 재료	42,471	64,205	79,181	98,294
도료 제품	50,000	63,184	81,445	103,946
건축용 복층유리제품	10,000	12,763	16,289	20,789
석고 보드	4,600	5,105	6,516	8,316
레디믹스트 콘크리트	60,427	65,122	74,429	79,623
아스팔트 콘크리트	11,621	12,832	13,929	14,159

※ 근거 : 한국양회공업협회, 파이낸셜 뉴스 2006년 4월 2일자, 페인트리포트, 한국주택신문 2006년 3월 17일자, 한국유리공업협동조합, 한국레이콘공업협동조합연합회, 한국아스콘공업협동조합연합회 및 자체 조사자료. 2006년 이후의 시장규모는 향후 관련 시장규모는 년 5%성장으로 가정하여 추산한 자료임.

- 건설교통부에 따르면 세계의 건설시장규모는 2004년 기준 4조 1364억 달러에 이르며, 2009년에는 5조 2926억 달러에 이를 것으로 추정되고, 이 중 건설 재료시장의 규모는 일반적으로 건설시장의 50% 정도로서 2004년 약 2조 1천억 달러, 2009년 약 2조 7천억달러 정도로 추정됨

<표 2> 건설 재료 외국 시장규모 전망 예측 (단위 : 억달러)

구 분	2005년	2010년
시멘트 재료	1,124	1,332
콘크리트 혼화재료	34	51
기능성 금속재료	1,240	1,254
도료 제품	1,558	2,130
유리 제품	347	454
석고 보드	115	186
레디믹스트 콘크리트	1,932	3,013
아스팔트 콘크리트	354	497

※ 근거 : 한국양회공업협회 자료, 한국페인트잉크공업협동조합, 미국레이콘공업협회 자료 및 자체 조사자료. 2006년 이후의 시장규모는 향후 관련 시장규모는 년 5%성장으로 가정하여 추산한 자료임.

- NT, BT, ET와 같은 첨단기술이 접목된 첨단 건설재료는 현재 상용화가 미약하지만 미래 성장률은 매우 높을 것으로 전망됨. 2005년 전체 건설재료 중 첨단 건설재료가 차지하는 비중은 1%, 2010년 3%, 2015년 6%, 2020년 10%로 예상됨

□ 초발수가 사용되는 건축재료 시장

- 초발수 필름을 판유리가 사용되는 곳의 적용된다고 할 경우 국내 판유리 시장규모는 2005년도 국내 판유리 공급 규모가 27백만상자였으며, 1상자당 9 m<sup>2</sup>의 크기를 가지므로 공급면적으로는 2.5x10<sup>8</sup> m<sup>2</sup>임. 이를 금액으로 환산하면 1조 5천억 원으로써 단위면적당 판유리의 가격은 6,200원이 됨. 이중 10%의 판유리에만 초발수 필름이 사용된다고 할 경우, 필름의 가격이 1000~10,000 원/m<sup>2</sup>이라고 가정하면, 250~2,500 억원/년의 시장규모가 될 것으로 예측됨
- 주요 내외장재의 시장 규모를 보면, 2005년 현재 커튼월 외장재는 1조 110억원, 성형패널강판은 8,930억원, 사이딩 430억원, 지붕재 3,410억원, 천장재 5,650억원, 창호재 1조 7,080억원 규모의 시장을 형성하고 있는 것으로 추정됨

<표 3> 주요 내외장재의 시장 규모 추이 (단위 : 억원)

구분	2001	2002	2003	2004	2005
커튼월 외장재	7,700	8,650	9,740	10,060	10,110
성형패널강판	6,800	7,640	8,600	8,890	8,930
사이딩(siding)	330	370	410	430	430
이중바닥재	1,200	1,340	1,510	1,560	1,570
지붕재	2,600	2,920	3,290	3,390	3,410
천장재	4,300	4,830	5,440	5,620	5,650
강판	17,000	19,100	21,510	22,220	22,330
창호재	13,000	14,610	16,450	16,990	17,080
이동식 칸막이벽	900	1,010	1,130	1,170	1,180

주 : 1. 한국건설산업연구원에서 2000년에 발표한 주요 내외장재 수요 추정 결과(최민수 외, 건축용 강건재 수요 확대 방안)를 토대로 2001년 이후에는 통계청에서 발표하는 건축공사 부문의 기성액(2000년 불변가격 기준) 증가율 2001년 10.1%, 2002년 12.4%, 2003년 12.6%, 2004년 3.3%, 2005년 0.5%를 적용하여 추정한 것임.  
 2. 커튼월, 성형패널강판, 지붕재, 천장재는 시공비를 포함한 금액임.  
 3. 강판은 도료와 배관재를 모두 포함한 것임.  
 4. 창호재는 창호, 방화문, 실내도어를 포함한 것임.  
 5. 이동식칸막이벽은 경량형강칸막이와 철강재복합패널만을 대상으로 한 것임.

- 기타 예상되는 큰 시장으로는 에너지 저감차원에서 부각되고 있는 태양전지에 있어 표면 오염에 따라 그 효율이 급격하게 떨어지는 경향이 있으나, 유지관리

가 매우 어려운 실정임. 만약 이 부분에 초발수 필름을 도포할 시 그 부가가치는 매우 높을 것으로 예상됨

- 이상은 국내 시장만을 매우 보수적으로 살펴본 것이며, 아직 시장에 제품이 출시되지 않은 상태이므로 국내에서 제품의 성능이 입증되면 국내 시장의 10배 이상 수출할 수 있을 것으로 예측됨

## 나. 주요 제품시장별 니즈

### □ 친환경 정책 확대

- 환경마크 인증제 운영 개선 및 대상품목 확대 (2010년까지 200개로 확대)
- 민간단체와 공동 캠페인 전개 및 대중매체 홍보, 전시회 개최로 인지도 상승
- 공공기관의 의무구매를 사무용기기·용품 중심의 구매에서 전기/건축자재로 확대
- 친환경 원료 개발 지원
- 친환경 건축물 인증 확대(병원, 학교, 리모델링 건물)와 보급 확산

### □ 환경 규제 확대

- 국내·외 법적 규제
  - EU 건축자재석면, VOC's, 중금속 규제
  - 미국 EPA 실내공기질 관리 프로그램 수립
  - 일본 건축자재 방출 제한 등급(F4-star) 도입
  - 한국 실내공기질 관리법 제정
- 국내·외 마감재 산업 규제현황
  - 유기용제 사용규제를 위해 유해 대기오염물질에 대한 규제를 CAAA상에 규정
  - 세정제, 도료, 접착제 개발과 관련하여 한 층 더 엄격함을 요구
  - 189개 화학 물질을 유해 대기오염물질로 지정하여 오염원별 규제 기준인 MACT (Maximum Available Control Technology)를 적용

### □ 주거환경과 마감재의 변화

- GNP 증가와 친환경·건강을 위한 소비문화 확산
- 과거의 심미성과 경제성과 친환경성을 접목해서 경제적 가치 상승

## □ 현대 경영목표의 변화와 환경 마케팅

- 소비자들이 녹지 환경이나 경관, 친환경적인 건축자재 등 환경성을 중요시함
- 환경 친화적인 이미지 전달로 매출증대의 사업적 성과
- 1990년대부터 환경마케팅을 도입하여 외부 공간 및 친환경 건축자재에 치중하고 있으며 별도의 연구소를 두어 친환경 자재의 자체 테스트를 실시하고 있음

## □ 친환경 건축자재 신기술 동향

- ISO IAQ 스탠다드 개발
- VOC's 최소화 접착제, 세정제, 마감재
- 석면 대체 단열/흡음 건축 판넬
- 포름알데히드, VOC's 최소화가구(원목가구)
- 유해물질 대체 천연 기능성 살충제, 방식제
- 에너지 절감이 가능한 자재의 요구를 통해 건축물을 통해 소비되는 에너지양을 줄이려는 요구 증대
- 외부 환경의 악화중 하나인 자외선 차단이나 흡수를 통해 건축물의 손상을 줄이기 위한 요구 증대

## □ 주거 쾌적성에 대한 요구 증대

- 현재는 건설재료의 선택에서 각종 시방과 기준에서 제시하는 최소 성능을 만족하면서 경제적인 재료를 선택함. 미래 건설재료의 선택은 재료의 성능등급에 대하여 다양한 분포의 비용이 고려될 것으로 추정됨
  - 지금까지의 시공 목표는 시방 및 기준 등에 적합한 최저 성능 만족하도록 하여 최저 비용으로 건설하는 것이 건설 산업의 경쟁력
  - 경제발전과 사회적 성숙에 따른 고성능 및 다양한 성능(쾌적성, 심미성) 요구를 통해 합리적인 성능과 합리적인 건설재료 비용 고려
  - 일례로 향후 미래형 초고층 빌딩(1,000m을 1,000일 이내 시공) 및 첨단 복합 기반 시설 등의 건설을 위해서는 현재의 콘크리트 결합용 재료(시멘트 포함)로 약 150MPa 이상의 초고강도 콘크리트 상용화와 시공성과 내구성 등 다기능성을 동시에 부여하는 것은 제한적이므로 새로운 형태의 결합재에 대한 니즈가 예상됨

## 다. 미래 시장수요 전망

### □ 건설 자재의 재활용을 위한 국가적인 정책 및 대책

- 2002.4월 제 2차 국가 폐기물관리종합계획에서 지속가능한 자원 순환형 경제사회 기반확립을 정책목표로 설정
- 폐기물최소화정책, 폐기물자원화 정책 등을 정책수단으로 채택
- 2002.11월 건설폐기물 재활용 촉진 종합대책을 수립하고 건설현장에서의 혼합배출억제, 우수한 품질의 재생골재 생산기반 마련, 순환골재 수요처 확보 등 3대 정책목표를 설정
- 2003년 건설폐기물의 재활용촉진에 관한 법률(2003.12월)을 제정하고 이에 순환골재 품질기준 및 순환골재 품질 인증 제도를 도입·시행하고 있음

### □ 공공구매 실적과 함께 국내 친환경상품 시장 규모 성장

- 2005년의 경우 8조 3천억 규모, 전년도 3조 2천억원의 2.6배
- 총 시장(8조 3천억) 중 건축자재는 1조 2천억 상당(전체의 15%)
- '05년 공공구매액(7,870억원) 중 건축자재는 522억원(전체의 6%)

### □ 2010년까지 친환경상품 시장 규모를 16조원으로 확대할 목표

- 새로운 인증품목 개발 : 111개 품목 → 200개 품목
- 친환경상품 생산업체 : 1,000개사 → 2,000개사
- 친환경상품 유통·판매망 구축 : 백화점 등 대규모 점포 대상
- 공사에서의 친환경상품 사용 확대 유도(관계기관과 협의 등)
- 친환경상품 구매촉진 기본계획('06-'10)에 의거 추진

### □ 생분해성 수지의 전망

- 플라스틱 용기나 필름형식만으로 활용되었으나 콘크리트 혼화재료와 생분해성 마감재 등 다양한 분야에 적용될 것임
- 건축자재 폐기물 처리와 재활용률을 높여서 정부의 폐기물관리에 종합대책에 따른 기업의 적응력을 높임
- 바이오 리파이너리를 통한 원재료생산의 대폭적인 가격 인하

□ 건설시장 추정 규모

- (한국 건설 경영협회)2005년 건설시장 추정규모는 86조 7000억원
- 건설 재료시장의 규모는 약 30%인 26조원 정도로 추정
- 각 자재별 국내 시장규모 전망

<표 4> 건설 재료 국내 시장규모 전망 (단위 : 억원)

구분	2005년	2010년	2015년	2020년
콘크리트 혼화재료	1,060	1,776	2,629	3,079
레디믹스트 콘크리트	60,427	65,122	74,429	79,623
아스팔트 콘크리트	11,621	12,832	13,929	14,159

□ 건설 재료 외국 시장 규모 전망

- 세계 건설시장규모는 \$ 4조 1364억 (2004년), \$ 5조 2926억 (2009년)
- 세계 건설재료시장의 규모는 \$ 2조 1천억 (2004년), \$ 2조 7천억 (2009년)

<표 5> 건설 재료 외국 시장규모 전망 예측 (단위 : 억달러)

구분	2005년	2010년
콘크리트 혼화재료	34	51
레디믹스트 콘크리트	1,932	3,013
아스팔트 콘크리트	354	497

□ 건설투자 개선 추세

- 1월중 건설기성액은 공사일수 증가, 온화한 날씨 등에 힘입어 증가세 확대('06.12월 6.3% → '07.1월 13.3%)
- 선행지표중 건축허가면적(-8.3% → -13.8%)은 주거용을 중심으로 2개월 연속 감소하였으나 건설수주액(29.8% → 9.7%) 및 건축착공면적(30.6% → 24.4%)은 꾸준한 증가세

□ 단열재료 시장 규모

- 건축물에서 사용되는 에너지 사용량을 줄이기 위한 단열재료의 사용은 점차 증가하는 추세

<표 6> 국내 단열재 시장 규모

년차	2010년	2012년	2014년	2016년	2018년
건축용 단열재	4,300억	4,600억	6,500억	10,000억	12,000억
나노 복합 단열재	1,340억	1,530억	2,000억	25,00억	3,800억

※ 근거 : 국내단열재시장 실태와 전망(2000년도) - 년 시장증가율 5%적용

<표 7> 국외 단열재 시장 규모

년차	2010년	2012년	2014년	2016년	2018년
건축용 단열재	152,300억	262,600억	324,500억	468,000억	849,000억
나노복합단열재	14,400억	26,300억	49,000억	58,000억	70,800억

※ 근거 : 국내시장을 근거에 의한 추산

□ 유해전자파 흡수 마감재 시장 규모 전망

- 국내 시장 규모는 전체 600억원 규모로서 국내 생산이 180억원, 수입이 420억원으로 각각 30%, 70%를 차지하고 있으며, 금강고려화학, 삼성석유화학, 삼화페인트 등이 선두 그룹을 형성하고 있음
- 세계 시장 규모는 2.4억달러 규모이며, 세계 시장의 70% 이상을 미국, 일본 등 선진국 도료 회사들이 점유하고 있고, 미국의 듀폰, 일본의 일본페인트, 아사히 등이 높은 점유율을 나타내고 있음
- 세계적으로 전자파에 대한 법적 규제가 강화되고 있어 전자파 장해 대책 관련 제품들의 수요는 확대될 전망이며, 전자파 재료의 국내 시장 규모는 2,800 ~ 3,000억원에 달할 것으로 추정됨
- 일본의 경우 전자파 차폐 관련 시장 규모가 이미 3,000억엔 수준을 넘어 더욱 늘어날 전망이며, 주로 가전 업체들이 중심으로 전자파 연구가 진행하고 있고, 최근에는 가지마건설 등 건설사에서도 전자파 차폐에 대한 연구가 진행되고 있음

<표 8> 전자파 차폐 도료 시장 규모

국내시장(억원)				세계시장(백만 \$)		
국내사 공급	수입액	총 국내시장	수입비중 (%)	수출액	총 세계시장	세계시장비중 (%)
180	420	600	70	0	240	-

※ 자료 : 국내 도료 산업의 실태와 전망, 데이코산업연구소, 2000.

□ 화재 대응형 내화도료의 시장 규모

- 국내 발포형 내화도료 시장은 국내 건축물의 고층화와 고급화에 따라 증가하는 경향임. 하이템(주)에서 후막형(厚膜) 무기질 발포형 내화도료를 선두로 삼화페인트공업(주)에서 박막 발포형 내화도료를, KCC에서는 유기질 및 무기질 내화도료를 양산 함. 일반 KS 표준화재곡선상의 2시간 성능한계가 국내 최고 기술임
- 일본의 박막 발포형 내화도료시장은 2003년 10여배의 증가를 보임. 이를 통하여 알 수 있듯이 국내의 시장도 급격한 시장 증대는 예상됨
- 미국은 9 · 11 테러 이후 내화도료는 대형건물에 필수적으로 사용하도록 하였으며 일본의 경우 후지키메라 종합연구소의 보고서에 의하면 발포형 내화도료의 2003년도 시장규모는 2002년 대비 13.3배의 괄목한 성장을 보였으며 이후에도 지속적인 성장이 예측됨

<표 9> 국내 내화도료시장전망

년차	2010년	2012년	2014년	2016년	2018년
발포형 내화도료	78억	780억	858억	943억	1037억
내화품칠재	520억	2300억	2300억	5000억	8000억

※ 근거 : 화학저널 2005-4-11 후지 카메라 종합연구소 2003-1-24

<표 10> 해외 내화도료시장전망

년차	2010년	2012년	2014년	2016년	2018년
발포형 내화도료	3조	3.3조	3.6조	3.9조	4.2조
내화품칠재	20조	20.2조	20.4조	20.6조	20.8조

※ 근거 : 매일경제 2004-2-29 후지 키메라 종합연구소 2003-1-24

## □ 자기 세정 능력을 갖춘 마감재의 시장 규모

- 판유리용 초발수 폴리머 필름의 국내 시장규모 성장률은 국내 판유리의 연평균 성장률 10%와 필름 적용이 초기 10%에서 매년 5%의 상승을 가정하면, 시장 진입 시기를 2012년으로 가정하였을 경우 당시의 시장규모는 500억~5,000억원/년에서 2020년에는 740억~7,400억원/년으로 성장할 것으로 예상
- 이에 따른 세계 시장의 규모를 국내의 10배로 규정한다면 2012년 총 5,000억 ~ 5조원/년에서 2020년에 7천4백억~7조4천억원/년으로 늘어날 것으로 예상
- 기타 타 응용분야의 시장 규모도 건설시장 규모와 유사할 정도로 커질 수 있을 것으로 예상됨

## 라. 시장동향 분석의 시사점

### □ 국내건설 시장을 극복할 수 있는 해외 시장

- 생산성 저하와 기술인력 수급 문제 등으로 하락하고 있는 건설분야의 가치 상승을 위해 다양한 분야의 첨단기술을 융합한 시공 및 설계기술개발을 통해 독점적 또는 우위적 해외 시장 확보
- 파급효과가 가장 큰 건축 원자재에 대한 연구와 실재적인 기술 확보를 통한 해외시장 확보
- 초고층 건축물의 외장 유지관리 기술 확보를 통한 해외 시장 확보
- 건설폐기물 재활용 증대를 위한 기술을 이용한 원자재 가격 절감
- 환경 독성 물질 저감형 접착제, 복합재료 생산기술 확보를 통한 환경 마케팅에서의 우위 확보
- 환경 건축자재를 통한 유럽 시장에서 경쟁력 확보와 아직 발전중인 중국, 불가리아 등의 나라에서 친환경 건축자재 수출

### □ 국내 건설 산업의 환경 변화에 대한 기업의 적응

- 건설폐기물 재활용을 위한 국가적인 정책 및 대책이 친환경 건설 산업에 대한 지원뿐만 아니라 환경적 규제가 확대되고 있는 상황
- 폐기 처리 시 환경오염 유발물질을 줄이고 재활용률을 높일 수 있는 건축자재 생산으로 국가적 정책에 대한 적응
- 유해 화학물질을 감소할 수 있는 마감재를 사용한 건축물이나 거주지 주변에 녹

지공간이나 건강을 위한 시설물에 대한 소비자 요구 증대

- 자연친화적 주거환경과 마감재의 변화로 쾌적한 실내 환경에 대한 소비자의 요구에 적응
- 현대 경영목표의 변화와 환경 마케팅에서 친환경 건축자재의 신기술 확보를 통한 가격과 가치면에서 경쟁 우위 확보
- 생분해성 수지와 마감재 산업에서의 친환경 재료에 대한 긍정적인 전망과 공공 구매에서 친환경 상품 시장 규모가 성장하고 있는 현실에서 친환경 건축 자재의 시장 규모역시 커지고 있고 기업의 건설 투자에서도 개선 추세
- 에너지 소비량 절감을 통한 유지관리비 절감을 통해 환경을 보호하면서 개인에게는 경제적 이익 부여

### 3. 연구개발동향 분석

#### 가. 논문 분석

##### □ 실내 건축자재의 성분에 대한 생물학적 연구 경향

- 화산 자갈과 시멘트에 곤충 성장 조절자인 pyriproxyfen를 생산하는 세균인 Bacillus를 집어넣어 시멘트에서 유출되는 양을 조절하고 수질 정화에 효과가 있으며 모기 유충의 발생을 방지시키는 기능성 시멘트에 대한 연구가 보고되었음
- 시멘트, 콘크리트, 금속 건축자재에 대한 부식과 균열에 관련된 세균 및 곰팡이의 종류에 대해 기초적인 연구가 진행되었고, 각 미생물들의 생산물이나 대사과정에 대한 기초적인 연구들과 부산물로 인한 생태적 영향이나 인체에 대한 유해성에 대한 연구가 일부 되고 있음
- VOCs 및 포름알데히드 방출에 따른 인체 및 미생물에 대한 영향을 연구하고 방출 저감을 위한 실내 마감재에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으나 바이오 기술이 융합된 기술들이 아니라 단순히 마감재의 재료를 바꿈으로써 오염물질을 흡착시키는 등의 단순한 특성변화에 대한 연구에 치중되어 있음
- 국내·외 모두에서 바이오 기술을 적용한 친환경 건축자재 생산 기술을 연구한 논문은 일본 나가사키 대학 등에서 연구된 논문 한편이 전부임
- 바이오 기술이 건축 자재 생산 기술과 융합된 국제적인 논문이 매우 적고 건축 자재, 유해물질, 미생물의 각각의 분야에서는 재료학, 분석화학, 생물학 분야가 독립적으로 많은 연구가 되어 있으나 융합된 연구와 기술이 거의 전무한 상황임

##### □ 건설 자재 재활용에 관한 국내·외 연구 경향

- RILEM(The International Union of Testing and Research Laboratories for Materials and Structure) 주관 하에 건설폐기물의 재활용에 대한 세미나를 수차례 개최하여 재활용 기술 및 재활용 방안에 대한 연구 논문 발표하였으나, 재활용을 고려하여 건축자재를 생산하는 기술에 대한 연구는 거의 없음
- Kasai 는 일본에서 철거된 콘크리트의 재활용에 관한 현재 실태와 재활용 지침안을 제시
- Kikuchi 등(1994), Yagishita 등(1994), Sano 등(1994), Yanagi 등(1994)이 콘크리트의 재활용에 관한 논문을 발표

- 일본의 높은 재활용 관심도를 보여주었음
- 독일의 Schulz는(1988년) 독일의 폐콘크리트 재활용에 관한 논문을 발표
- 재활용의 연구 방향
  - 국내의 건설폐기물 재활용 방안으로는 순환골재를 생산하기 위한 기술 개발로 품질향상에 주력하고 있음
  - 반면, 외국에서는 건설폐기물을 재활용하는 것을 주로 도로공사용에 한정하면서 고품질의 순환골재 생산보다는 저비용을 통한 생산과 현 기술을 통한 활용방안에 관한 연구에 주력

#### □ 건축재료 제조에 이용될 수 있는 나노 소재 개발 경향

- 나노소재의 기술분야를 나노입자(나노분말, 나노클러스터, 나노캡슐, 양자점), 나노튜브(나노튜브, 와이어, 플러렌, 화이버), 나노복합체(복합소재, 고분자), 나노벌크(나노도료, 나노글래스, 비정질소재), 나노코팅, 나노기공, 특성평가(물성평가, 특성분석)로 분류할 수 있으며, 각 분야별 연구그룹이 주력하는 요소기술은 나노입자(30%), 나노복합체 (21%), 나노튜브(15%), 나노코팅(9%) 순으로 나타났음
- 반면, 기업체의 경우는 나노입자(32%), 나노복합체(29%), 나노코팅(13%), 나노튜브(9%) 등으로 국내의 요소기술은 연구그룹이나 기업체 모두 나노입자와 나노복합체 기술이 50% 이상을 점유하고 있음

#### □ 자기 세정에 관한 연구 동향

- 연꽃잎 표면 구조를 모사한 초소수성 표면 제조를 주된 연구로 하고 있음
- 국내의 나노박막의 연구이력은 몇 년이 되지 않은 최근의 연구주제로서 주로 해외의 연구를 기초로 하고 있음
- 산업적으로 다양한 분야의 응용을 위한 나노박막 연구들이 진행되어 왔고 아래와 같은 새로운 방법들이 시도되고 있음
  - SAMs(self-assembled monolayer)
  - Plasma(Vacuum) polymeration
  - Carbon Nanotube forest
  - Filler
  - Ion bombardment
  - Sol-gel method
- 주요 방법의 나노박막의 구현시간

- 진공플라즈마: 10 ~ 60분
- 졸겔법 : 1 ~ 5시간
- carbon Nanotube forest : 5 ~10시간
- 초친수의 광촉매 물질 코팅연구는 50여년 전부터 계속 진행되어 왔다. 현재는 주로 sol-gel 법으로 손쉽게 코팅할 수 있으며 상업적으로는 Degussa社의 P-25가 광촉매로서 가장 널리 사용되고 있다. 하지만 소성과정시 균열이 발생하고 접착력이 좋지 않아 내구성이 떨어지는 문제점을 가지고 있다.

## 나. 특허 분석

### □ 미생물을 이용한 복합재료 개발 기술

- 미생물 자체를 바이오 소재로 사용해 기능성 복합재료를 생산하거나 배합과정에서 미생물이 공극을 매워서 강도가 높아지는 기술임
  - 친환경 항균 레미콘 ; 유용미생물(Effective Microorganisms)를 적정량(5~10%) 첨가하여 혼합 후 배양시켜 복합재료 자체에 항균력과 탈취력, 항곰팡이 특성 부여
  - 친환경 콘크리트블록 제조방법 : 유포자 미생물 분말을 콘크리트블록 제조용 시멘트에 첨가하여 미생물의 급격한 유실을 방지하며, 정화기능도 보다 지속적으로 유지하고, 시멘트 독성에 의한 수중 생태계 파괴를 방지하는 콘크리트 블록
- 콘크리트 외부 환경과의 친화성을 높이고 콘크리트의 열화를 방지하기 위해 미생물을 콘크리트 외벽에 부착시키는 기술임
  - 미생물을 이용한 친환경 콘크리트 블록 : 유기물 분해가 탁월하고 환경에 적응성이 뛰어난 것으로 알려진 그 지역의 미생물 등을 추출 동정 배양하여 수중이나 수변에 설치되는 콘크리트 블럭 및 구조물에 흡착하여 생물막(BIO-FILM)을 형성
  - 미생물을 이용한 친환경 콘크리트 블록 및 구조물과 그의 제조방법 : 수중이나 수변에 설치되는 콘크리트블록 및 구조물의 표면에 유기물 분해가 탁월하고 환경에 적응성이 탁월한 것으로 알려진 미생물을 고정화한 수질 정화 기능성 콘크리트블록
- 미생물의 생산물을 혼화제로 배합해서 기존 콘크리트 성질을 보완하는 기술임
  - 시멘타이트 시스템의 개선된 흐름성 조절방법 : S-657의 특성을 갖는 미생물 다당류는 다양한 시멘타이트 시스템(포오틀랜드 시멘트, 자기-레벨링성 그라우트, 담수 또는 염수 유정 시멘트 슬러리, 마이크로화인 시멘트)의 흐름성질(블리드, 흐름저항, 유체 손실 조절)을 효과적으로 개선
  - 삼단 연속 발효를이용한 미생물다당류의 연속생산 : 콘크리트 구조강화제로 쓰

이는 미생물 다당류를 삼단 연속 발효공정을 이용하여 고효율로 생산하는 방법

□ 천연물질(수지 및 미생물 소재) 마감재 관련 특허 및 실용 분석

- 송이를 사용한 기능성 세라믹 조성물: 송이를 사용한 기능성 세라믹 조성물의 제조 방법
- VOC 저감기법 : 자동차공장의 도장작업에 기인한 페인트 함유 유기용제의 VOC를 저감하기 위한 VOC 저감기법
- 일액형 폴리머-시멘트계 무기질 도막방수제 : 콘크리트 건축물의 누수현상과 콘크리트의 부식 및 열화현상을 방지하는 기능을 가진 도막방수제에 관한 것으로 더 상세하게는 건물의 지하실이나 옥상 등의 콘크리트 구조물에 도포함으로써, 구조체에 물이 침투되는 것을 막는 방수기능은 물론 내화학적 및 내후성을 가진 일액형 폴리머-시멘트계 무기질 도막방수제의 제조
- 락트산 폴리에스테르로 이루어진 생분해성/부패성 고온용융접착제 : 2-프로피온산(락트산)으로부터 유래된 폴리에스테르를 사용하여 만들 수 있는 고온 용융 접착제 조성물
- 폴리머 단열미장 패널을 이용한 콘크리트 건축물의 방수, 단열 및 미생물 생성 방지 시공법 : 폴리머 단열미장 패널 및 이를 이용한 콘크리트 건축물의 방수, 단열 및 미생물 생성 방지 시공법

□ 건설 자재 재활용 분야에 대한 기술

- 92년 이전에는 국가차원보다 민간차원에서 간헐적으로 추진되었음
- 06년 5월 기준 특허 및 실용신안 출원은 전체적으로 총 1,086건 출원
- 843건이 등록되었으며 폐 콘크리트 또는 재생골재와 관련된 것이 전체의 약 78%를 차지하고 있음
- 최근 순환골재에 대한 사회적 관심이 증가되면서 골재의 품질 향상을 위한 기술 개발이 증가하는 추세임

<표 11> 건설자재 재활용 관련 특허·실용신안 출원현황 (단위 : 건)

분 야	이전	2002	2003	2004	2005	2006	합 계
특허 및 실용신안	241	131	179	222	229	84	1086

자료 : 한국특허정보원, 2006년 5월 기준

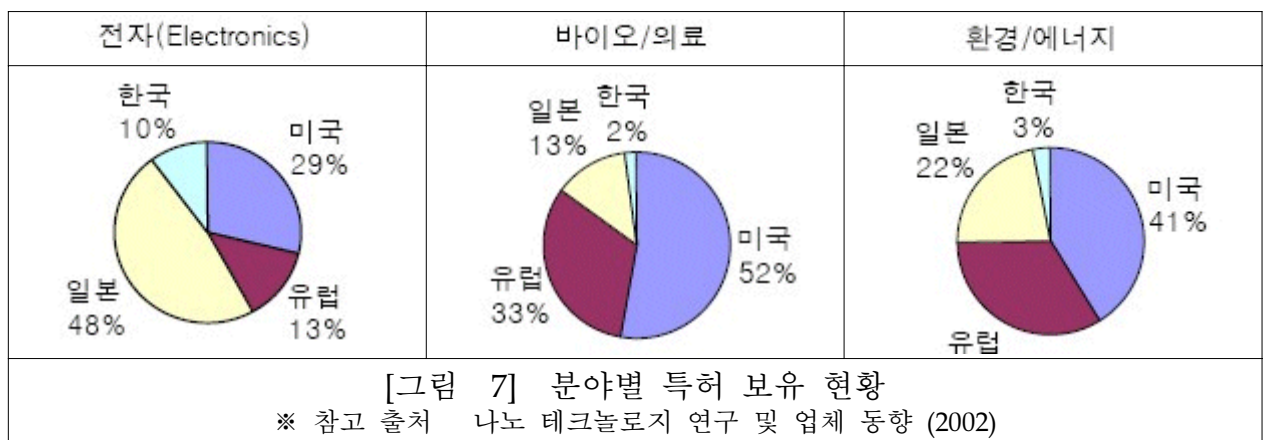
□ 나노 재료 응용분야별 특허 동향

- 나노 재료를 응용하는 분야에서 건설에 이용되는 것은 거의 없는 것으로 조사됨. 아래 표는 타 분야에서 나노 재료를 이용하고 있는 것에 대한 특허 내용을 분석한 자료임

<표 12> 분야별 나노 재료 특허 분야

항 목	전자	바이오 및 의료	환경 및 에너지
나노미립자	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 전기영동디스플레이</li> <li>· 발광 소자</li> <li>· 단전자 디바이스</li> <li>· 자기 스위치 등</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 에어로졸 억제</li> <li>· 벡터 결합 나노 입자</li> <li>· 방사선 치료제</li> <li>· 바이오센서</li> <li>· 화장품 조성물 등</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 나노 미립자 분산</li> <li>· 전극</li> <li>· 화학 센서</li> <li>· 습식 태양전지 등</li> </ul>
나노캡슐		<ul style="list-style-type: none"> <li>· 나노에멀전 화장품, 약제</li> <li>· 생체 적합성 평가시약</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 연료 전지용 촉매</li> <li>· 수소 흡장재 등</li> </ul>
나노튜브	<ul style="list-style-type: none"> <li>· FED</li> <li>· 도전성 고분자 등</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· DNA 타입 분석</li> <li>· 바이오센서 등</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 흡착제</li> <li>· 촉매 담체</li> <li>· 연료 전지용 전극 등</li> </ul>

- 나노 기술의 전자 분야 특허는 일본이 48%를 차지하고 있을 정도로 우세하며 바이오 및 의료분야는 미국 및 유럽이, 환경 및 에너지 분야도 미국 및 유럽이 우세함

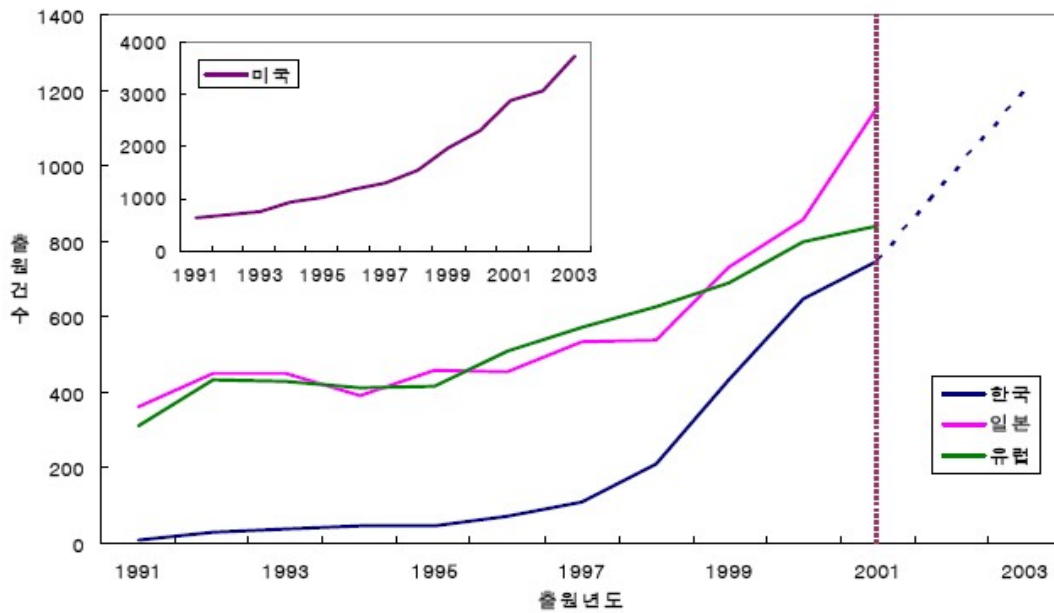


○ 주요국의 나노기술 관련 특허 및 기술 개발 동향은 다음과 같음

<표 13> 주요국의 나노기술 관련 특허 및 기술 개발 동향

국 가	정부정책	산업정책	상업화 분야	중점 분야
미국	나노기술개발에 관한 통합조정(NNI)	정부-산업계 연계 강화 (다부처 참여)	거대자기저항 나노구조화 촉매 나노분말	나노소재 나노전자소자 환경·에너지
일본	종합나노기술 개발 프로그램 준비중	정부지원위주 (경제산업성 중심)	원통나노분말	나노전자소자 나노소재
EU	EU 및 국가별 프로그램 운용	제품지향적 기술지향적 과제 지원	-	에너지·환경 정보기술 생명과학
한국	국가나노기술 프로그램 준비중	정부지원 위주	-	나노전자소자
중국	정부지원 중심 (과학기술부)	-	나노분말	나노소재 나노전자소자
대만	인력개발 중심	-	-	나노전자소자
호주	공업과학지원부 중심의 지원	-	바이오센서 나노분말	분자공학 바이오-MSMS 나노소재
싱가폴	국가과학기술위원회 중심	-	-	나노소재

- 미국은 나노기술을 다양한 분야에 응용하고 연구하여 전반적인 나노기술의 발전을 추구하는 반면, 일본은 특정분야의 경쟁력을 강화하는 방향으로 추진하고 있으며 특히 나노전자 분야에 집중 연구를 수행 중임
- 유럽의 경우 환경 및 에너지, 생명공학 또는 유전공학에 큰 비중을 두고 있음
- 한국의 특허동향을 살펴보면 나노전자 분야에 대한 연구가 중심으로 이루어지고 있다고 볼 수 있으나 아직 선진국에 비하면 현저히 낮은 수준임
- 한국의 경우 삼성SDI, 일진나노텍 등의 기업부문에서 나노소재분야에 대한 특허 출원이 급증하고 있고, 일본의 경우 일본과학기술진흥기구(Japan science & technology corp.) 등의 공공기관 부문의 특허출원이 증가하고 있으며 이는 나노소자와 나노소재분야에 대한 특허활동이 활발해졌기 때문임



[그림 8] 전 세계 주요국의 연도별 특허출원(등록) 동향

□ 초소수성 관련 중요 특허 동향 분석

요소기술분석은 <http://search.wips.co.kr/> 사이트에서 검색어(국내특허 : 방오염성 (12), 초발수(22), 초친수성(64), 대기압 플라즈마(406), 내후성(2258), 해외특허 : stain and resist, atmospher and plasma, large and area, coating and film, and synthesiz or fabricat or process or treat) (3,036)) 총 5,798개를 활용하여 2001년도에서 2007년도까지 검색하여 중복성 있는 기술을 배제한 상태에서 본 연구에서 개발하고자 하는 기술을 선정하는데 활용하였다.

- Water Repellent Glass Treatment for Automotive Applications (US 6,461,537 B1) 출원자 : Ashland Inc., (2002.10.08)
- Fluorine-contaning Organic Silicon Compound, Water Repellent Composition Containing it, and Surface-treated Substrate and Process for its Production (US 6,599,634 B2) 출원자 : Asahi Glass Company, Limited, (2003.01.29)
- Water-repellent and Soil-resistant Finish for Textiles (US 6,544,594 B2) 출원자 : Nano-Tex, LLC, (2003.04.08)
- Treatment of Fibrous Substrates to Impart Repellency, Stain Resistance, and Soil Resistance (US 6,613,862 B2) 출원자 : 3M Innovative Properties Company (2003.09.02)
- 자정작용 페인트 코팅 및 이를 제조하기 위한 방법 및 시약 (KR 2003-0076665) 출원자 : 페로 게엠베하 (2003.09.26)

- Process of Making Low Surface Energy Fibers. (US 6,630, 087 B1) 출원자 : Solutia Inc., (2003.10.07)
- Method of Treating Sandy Soils to Reduce Water Repellency Therein. (US 6,675,529 B1) 출원자 : Milliken & Company (2004.01.13)
- Compositions for Producing Difficulty-to-wet Surface. (US 6,683,126 B2) 출원자 : BASF Aktiengesellschaft (2004.01.27)
- Alkylsiloxane-containing Epoxy Resin Coposition, Surface Modifying Method Using The Same, Ink-jet Recording Head and Liquid-jet Recording Apparatus. (US 6,713,128 B2) 출원자 : Canon Kabushiki Kaisha (2004.03.30)
- Structural Member Superior in Water Repellency and Method for Manufacturing the Same. (US 6, 764, 745 B1) 출원자 : Seiko Epson Corporation (2004.06.20)
- Water and oil repellency imparting urethane oligomers comprising perfluoroalkyl moieties. (US 6,803,109 B2) 출원자 : 3M Innovative Properties Company (2004.10.12)

## 다. 이종 분야의 연구개발 동향

### (1) 국내 연구개발 동향

#### □ 바이오 기술 적용 복합 재료의 생산기술

- 생분해성 소재 개발에 초점을 맞추어 발전되어 자동차, 의료기기, 각종 생활용품 등에 다양하게 적용
- 건설 마감재의 내구성 또는 특정 환경에 대한 내항성 증대를 위해 미생물 및 그 부산물을 사용하는 EM(Effective Microorganism)공법 개념이 도입됨
- S-657의 특성을 갖는 미생물 다당류는 시멘타이트 시스템의 흐름성질을 효과적으로 개선할 수 있어 다양한 시멘트 시스템의 안정성 등을 증진
- 일부 마감재 및 도료에 있어 본래의 성능을 유지하면서 생분해성을 가지는 재료의 개발이 이루어지고 있음
  - 송이를 사용하여 기능성을 가지는 세라믹 조성물의 제조방법이 개발되었는데, 질소산화물(NO<sub>x</sub>), 황산화물(SO<sub>x</sub>), 휘발성유기화합물(VOC's) 등의 유해가스를 신속히 제거할 수 있는 기능을 가짐
- VOC's 저감효과를 가지는 천연물질(수지 및 미생물 소재) 친환경 도료 개발

- 도장 작업시 미생물을 주입, 증식 시켜 미생물의 신진대사물(효소)을 통해 물의 표면장력을 감소시켜 용제용해도를 증대 또는 용제 기화를 억제시켜 VOC's 배출과 악취를 저하시킴
- 락트산 폴리에스테르를 이용하여 생분해성/부패성 특성을 가지는 고온 용융접착제를 개발
- 주거용 건축재로서의 기능성에 대한 연구개발은 미흡한 상태

#### □ 폐플라스틱 재활용

- 2005년 기준하여 3,968천톤이 발생하였고 이중 1,300천톤만이 재활용되어 재활용율은 32.8%에 불과함
- 기계적 재활용: 열경화성플라스틱의 재활용 방법은 분쇄하여 복합체의 충전재나 강도보강재로 사용
- 열적 재활용: 연소 또는 열분해하여 에너지, 강도보강용 유리 또는 탄소섬유, 가스, 오일을 회수
- 열적 재활용의 경우 소각 또는 연소시 대기오염물질을 심각하게 발생시키고 원유로부터 생산된 폐플라스틱을 태워서 저급 에너지화
- 친환경 자원순환이라는 개념에 적합한 고효율 고부가가치의 폐플라스틱 재활용 방안을 도출하는 것이 필요함
- 혼합 폐플라스틱의 아스팔트 콘크리트 혼합물 적용 (2003.김형진 외4명)
  - 혼합 폐플라스틱을 아스팔트 콘크리트 혼합용으로 사용
  - 아스팔트에 이들을 용융시켜 바인더의 일부로 아스팔트의 성능을 개선시킴
  - 접착력 및 내구성 등을 향상시키는 것과 골재의 일부로 대체하여 골재 입도 및 품질을 적절히 유지시킴으로 소성변형, 내마모성 등을 향상시키는 방법
- 폐플라스틱과 고탄소 플라이애시를 이용한 합성경량골재 개발(조병완 외 3명)
  - 석탄회와 폐플라스틱을 이용한 잔골재 및 굵은 인공 골재를 개발하고 이에 대한 물리적·기계적 성질에 대한 조사
- 폐목재-플라스틱을 이용한 복합패널의 특성 연구(문경주 외 2명.2004)
  - 가연성 건설폐기물인 폐목재와 폐발포폴리스티렌의 유효 이용을 목적으로 열압 성형법에 의한 폐목재-플라스틱 복합패널을 제조

#### □ 새로운 기능을 부여한 건설재료 개발

- 심층지하 구조물, 장대교량, 해상공항, 해중 도시 등과 같은 초대형화

- 최신의 기술과 인력이 부족한 시대에 대비한 효율적이고 신속한 시공이 요구
- 국내 GDP의 17%를 차지하는 국가 기간산업으로 전체 재료소비의 약 48%, 에너지 소비의 40%를 점하고 있는 대량소비산업
- 건설 산업은 모든 CO<sub>2</sub> 배출량의 42%, 전 산업 폐기물의 30%, 불법 폐기물의 60%를 발생하는 환경유해산업으로서 CO<sub>2</sub> 저감을 목표로 하는 친환경 기술개발이 필요
- 건설재료분야에서 “환경부하저감형 고성능 건설재료 개발”이 필수적

<표 14> 새로운 기능을 부여한 건설재료 개발 기술 동향

분야	기술 동향
에너지 절감형 기능성 건설재료	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ni계 고내후성강 및 강관, 무도장 고내후성강의 개발 및 사용</li> <li>- Zn-Mg 도금 강판 및 Al, Si 등을 첨가한 고내식 표면처리 강판개발</li> <li>- 내식성과 의장성을 갖는 스테인리스나 티타늄 적용법 개발 중</li> </ul>
유해물질발생 저감형 건설재료	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 최근에는 실사용 내후 년수 20년 이상 고내후성도료에 관한 연구 진행 중</li> <li>- 최근 일본에서 시릴기 함유 고분자, 실란 화합물 및 경화촉매 4조성 물질에 의한 수명 40년 이상의 중방식 도료 상용화</li> <li>- Dupont 사에서 히드록시기 함유 아크릴 수지 및 알콕시기 함유 실록산 조성 2성분계 일반적 반응형 고내후성도료 개발(수명 30년 이상, 저 VOCs 발생)</li> </ul>
산업부산물을 활용한 고성능 건설재료	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 고로슬래그 미분말이 KS F 2563으로 제정되어 사용량 증대 예상</li> <li>- 산업폐기물 및 발생토 처리를 위하여 친환경, 고성능 지반보강재 개발 요구 대두</li> <li>- 외국의 포장첨가제 및 신공법의 무검증, 무분별한 도입으로 소성변형 및 온도 균열 등의 문제가 발생, 장수명 개질아스팔트의 개발 요구 대두</li> </ul>
폐기물발생 저감형 고성능 건설재료	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 건축폐재로서 발생하는 석고 보드를 사고, 원료, 종이, 금속 등 각 물질별로의 선별 및 재생 자원으로의 재이용 기술 개발 중</li> <li>- 콘크리트 균열 진전, 박락 예방을 위하여 단섬유 보강 콘크리트</li> <li>- 범용 폴리프로필렌 섬유는 비닐론 섬유 등과 비교해 보강 효과가 적어 고성능 폴리프로필렌 섬유 개발 필요성 대두</li> <li>- 폴리카본산계감수제는 다양한 분자구조 설계 가능, 경제적인 콘크리트 설계 가능 및 작업성 개선 등의 장점으로 미래 콘크리트 효과에 대체 예상</li> <li>- 건설 마감재에 생분해성을 갖는 바이오 필름을 적용하여 폐기물 발생량을 줄일 것으로 예상</li> </ul>

□ 나노 기술 개발 동향

- 정부는 2001년 ‘나노기술종합발전계획’을 수립하여 나노기술(NT) 산업을 국가의 성장 동력으로 추진 중이며 이 계획에 따르면 2005년까지 나노기술개발을 위한 주요 인프라 구축을 완료하고 2010년까지 나노기술 선진 5대국 기술경쟁력을 확보하여 비교우위를 갖는 최소 10개 이상의 최고기술을 보유하고자 함
- 나노기술은 나노공정(Nano-processing), 나노구조(Nano-structuring), 나노기능(Nano-functions), 나노부품 및 시스템(Nano-components & systems) 그리고 나노기반(Nano-infrastructures)로 구분되어 연구되고 있음
- 한국의 나노산업의 수준을 정확히 나타낼 수는 없으나 나노기술 연구에 천문학적인 액수를 사용하고 있는 미국과 일본에 비하면 아래의 표와 같이 약 25% 수준인 것으로 알려지고 있음

<표 15> 세계기술평가센터(WTEC) 분류 종합평가 기준에 의한 분석결과 (점수)

	나노구조체 합성	바이오나노	대표면적 소재	나노소자	벌크 나노소재	합 계
미국	32	29	33	37	33	164
일본	34	28	25	34	30	151
EU	33	27	30	27	32	149
한국	10	6	6	10	10	42
합계	109	90	94	108	105	506

□ 상압 플라즈마를 이용한 타분야 연구 동향

- 서울대학교 : RF Power와 유전체를 이용한 대기압 플라즈마 발생장치 개발
- 고등기술연구원 : Microwave 그리고 RF와 유전체를 이용한 대기압 플라즈마 발생장치 개발
- 성균관대학교 : 독일 IPLAS사로부터 Microwave를 이용한 대기압 플라즈마 발생장치 도입/Cappillary Charge현상을 이용한 대기압 플라즈마 발생장치 개발
- 한국기계연구원 : Capillary, Hollow Cathode Discharge 등의 현상을 이용한 대기압 플라즈마 발생장치 개발, 고밀도 플라즈마를 얻고 전력 소비효율의 증대

- 및 낮은 Breakdown Volatage를 실현한 신기술개발 (주) SE Plasma에 기술이전)
- 제4기 한국 : 유전체 방전을 이용한 대기압 플라즈마 발생장치 개발
- 우신 Cryo-Vac : 독일 IPLAS사로부터 Microwave를 이용한 대기압 플라즈마 발생장치 수입 판매/장차 국산화 예정
- KIST : 고전압과 유전체를 이용한 대기압 플라즈마 연구
- 2003년 이후 등록된 국내특허 : 300 여건 (플라즈마 표면처리, 대기압 or 상압)

#### □ 초소수성을 이용한 타 분야 연구동향

- 초발수 표면에서 물을 뿌려주면 자기세정 기능이 있는 것과 유사한 응용분야가 광촉매 특성을 이용한 초친수 표면을 만들어 주었을 때도 자기세정 기능이 발현됨. 따라서 광촉매 특성을 이용한 자기세정 연구가 많이 진행되어 왔으며, 광촉매 특성을 보이는 TiO<sub>2</sub> 나노분말의 제조 단가가 낮아져 많은 응용 연구가 진행되고 있음
- 최근의 연구는 다른 금속이나 촉매를 산화티타늄과 함께 도포하여 가시광선 영역에서도 광촉매 효과를 구현시킬 수 있도록 하는 연구가 수행되고 있으나 아직 괄목할 만한 성과는 없는 것으로 알려져 있음
- 한국화학연구원 계면재료공정 연구팀은 초소수성 표면기능 나노재료 제조기술의 응용한 기술을 개발하고 있음
  - 디스플레이 스크린 표면의 지문방지 코팅재료 개발연구
  - 전기전자 제품용 오염방지 기능성 도료 개발연구
  - 신규 발수발유제 및 정밀제어 분리막 개발연구
  - 불소계 소수성 표면기능성 응용제품에 관한 원천기술 개발연구
- 연꽃잎 표면 구조를 모사한 초소수성 표면 제조 및 응용 기술 개발 연구 진행
- 초소수성 광학코팅 재료 및 이를 응용하기 위한 연구 진행

## (2) 국외 연구개발 동향

### □ 일본

- 1994년부터 5개년 계획으로 국가 Project인 친환경 초고층 건축기술개발을 국가적으로 추진
- 친환경건축 생산기술 연구 활동 : 일본에서는 도시기반 안전공학 연구센터(Univ. of Tokyo), Structural Engineering Research Center(Sustainability Structure,

Tokyo Institute of Technology), Advanced Research Institute for Science & Eng.(Waseda Univ.) 등 대학 중심의 연구가 활발함

- 일본 정부의 친환경 건축 성능평가 프로그램 개발 및 보급 : CASBEE Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency
  - 2003년 3월에는 전자재 방산 포름알데히드의 등급에 대하여 JIS/JAS 규정을 강화하고 적용대상 전자재를 확대 시행
- VOCs에 대해서는 2004년까지 기준안을 검토 후 정립하는 것으로 진행 중임
- 2003년 7월 1일부터는 건축기준법이 개정되어, 공동주택에 24시간 환기설비(자연/기계)설치를 의무화
- N-Plan 21을 수립, 나노기술관련 예산을 증액하여 일본의 강점분야와 산업적 파급효과가 큰 분야에 집중투자하고 있는 실정임
- 히타치 중앙연구소는 장기연구의 25%를 나노기술에 집중 투입하고 있으며, 그 밖의 NEC, NTT, SONY 등도 매출의 일정부분을 나노기술에 투자하고 있음. 일본기업들도 미국과 마찬가지로 컨소시엄을 구성하여 공동연구를 기초로 개발투자에 주력하고 있음
- 일본 환경성도 2020년 3조9천억 엔의 시장규모를 예상하는 등 광촉매의 성장잠재력을 높이 평가함에 따라 각종 건축자재, 섬유, 조명기기, 도료, 생활용품 등의 분야에서 광촉매 기술을 적용한 제품 개발 및 출시

## □ 북미동향

- 1992년 CMHC(Canada Mortgage Housing Corporation:캐나다 정부 관할 단체)에서 건강주택 Competition을 개최하여, 2가지 제안을 채용한 것에서 시작
- 오염물질의 방산이 적은 전자재 및 시공재를 데이터베이스화 하여 건설업자에게 제공하고 있으며, 라이프 사이클 에너지도 검토하여 실적용 실태조사를 통한 건강주택의 노하우를 축적
- 캐나다 국립연구소(National Research Council Canada) 산하 건설 연구소(Institute for Research in Construction)에서는 기초적인 연구로, 전자재/시공재로부터의 화학물질 방산량을 어떻게 측정하느냐 하는 것부터 시작되어, 여러가지 화학물질의 측정/분석 장치가 개발되고 있음
- 챔버/소형 챔버가 설치되어 있어 실제로 사용되는 전자재의 방산량을 측정
- 미국의 경우 미국 환경보호청(US EPA)을 중심으로, 주정부별 기준설정 및 가이드라인을 제시하고 있으며, 미국냉난방공조학회(ASHRAE : American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, INC)에서는

ANSI/ASHRAE standard 62-2001(Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality)로 실내공기오염 농도에 대한 기준을 제시

- 최종기준(2003. 12)에서는 논란이 된 TVOC를 포함하여 모든 오염물질에 대한 가이드라인을 추후 재검토하는 것으로 제외되어 있는 상황
- 국가나노기술개발제안(National Nano Initiatives, NNI)이 추진되었고 이는 국가과학기술위원회(NSTC)의 주관 하에서 정부 부처 간 공동 연구 사업으로 수행되고 있음
- 70년대 에너지 쇼크에 의해 에너지 절약형 건축물에 관해 설계, 자재 등에 대한 연구가 활발 진행됨
- 90년대에 와서는 환경보전의 측면에서 저환경 부하, 에너지 절약형 건축에 대한 연구 가속화 됨

#### □ 유럽 동향

- 유럽 각국의 건축 환경 성능평가 프로그램 개발 및 건축 환경정책 : 영국에서는 건축연구소(BRE)를 중심으로 건축물 환경성능 평가기법 (BREEAM)
- 친환경 건축물 설계가 진행되고 있으며, 네덜란드의 환경세/에너지성능 인증제도, 그리스 및 스위스의 에코 에너지 라벨 등 건축분야 에너지효율 표시제도가 실용화되어 있음
- 유럽은 ECA라고 하는 유럽공동연구를 조직하여 실내공기오염 문제에 적극적으로 관여하고 있으며, 이러한 결과는 유럽 규격(EN)및 국제표준규격(ISO)에 잘 반영되어 있음
- 포름알데히드에 관해서는, 유럽공동체 각국의 절반이상의 나라별 대책을 가지고 있음
- 실내 가이드라인의 농도는 1987년에 제정한 세계보건기구(WHO)기준에 근거하여 포름알데히드  $0.1 \text{ mg/m}^3$ 을 채용하고 있으며, WHO에서는 실내공기환경 및 건강과 관련해 축적된 많은 연구결과를 바탕으로 유해 VOCs를 포함한 기타 실내 공기질 항목에 대하여 2000년 개정안을 제시하고 있음
- 나노기술을 현재 기술의 연장선상에 있는 기술로 인식하고 기존기술과의 접목을 통해 기술단계를 높이는 것을 목표로 하여, 도달 가능한 범위에 있는 기술개발을 우선적으로 목표하고 있는 점이 미국이나 일본과는 차이가 있음. 집중투자 분야는 에너지·환경 분야, 생명과학 또는 유전공학분야이며, EU 국가 중에서 독일이 5개의 우수연구센터를 설립하는 등 가장 적극적임
- 스웨덴-폴란드 합작 건축회사 산스카사는 이산화티타늄으로 코팅한 촉매시멘트

와 콘크리트 개발 사업을 추진하고 있으며 일본 도쿄에서는 마루노우치 빌딩 등 일부 현대식 건물들이 오염으로 인한 변색을 막기 위해 광촉매 타일을 사용

- 초소수성을 이용한 오염방지 기술이 독일에서 가장 앞서가고 있는데 이 기술은 연꽃잎 효과를 모방한 공학기술로 이 기술을 이용하여 LOTUSAN 페인트, NanoTOL sealer, 방오처리 의류 등이 제품화 되어 있으나, 아직 건축물에 적용하기 위한 제품은 상업화되어 있지 않은 실정
- 로마의 디베스 인 미세리코르디아 교회는 항상 반짝이는 흰 색을 유지하는 콘크리트로 지어짐. 이 교회의 콘크리트를 만든 이탈체멘티사는 지난 2003년 밀라노 교외에서 약 2천800평의 도로 표면을 이 콘크리트로 씌우는 실험적인 작업을 했는데 이후 날씨에 따라 이 일대의 이산화질소 양이 최고 60%까지 줄어든 것으로 밝혀졌음

## 라. 건설 산업 분야의 연구 개발 동향

### (1) 국내 연구개발 동향

- 건설 산업은 국내 GDP의 17%를 차지하는 국가 기간산업으로 전체 재료소비의 약 48%, 에너지 소비의 40%를 점하고 있는 대량소비산업임. 또한, 건설 산업은 모든 CO<sub>2</sub> 배출량의 42%, 전 산업폐기물의 30%, 불법폐기물의 60%를 발생시키는 환경유해산업으로서 CO<sub>2</sub> 저감을 목표로 하는 친환경 기술개발이 필요하며, 이를 실현하기 위해서는 건설재료분야에서 『환경부하저감형 고성능 건설재료 개발』이 필수적이나 이에 대한 연구는 미비한 상황임
- 고성능 건설 재료는 향후 초고층 건축물, 해중 도시, 지하 도시 등의 미래 건축물에 가장 많이 사용될 재료임과 동시에 미래 건설의 핵심 키워드로서 세계 각국에서는 과감한 투자를 하고 있으나 국내에서는 관심이 부족한 것이 현실임
- 2005년 한국 GDP 670조원 중 한국의 전체 연구개발비(민간과 공공분야 모두 포함)는 17조원으로 세계 7위에 해당하며, GDP 대비 연구개발 투자 비중은 2.53%로 세계 10위에 해당됨
- 그러나, 상당부분이 IT, BT, NT 등의 첨단 분야에 집중되어 고성능건설 재료 관련 연구개발은 그 중요성 및 필요성에 비하여 미약한 수준임

□ 국내에서는 1980년대 후반부터 일본 및 선진 외국의 연구결과를 바탕으로 각종 연구기관에서 건설폐기물에 대한 연구를 시작하였으며, 1990년대 들어와서 건설폐기물의 재활용 방안에 관련된 연구가 본격적으로 진행되기 시작함. 특히 1993년 『자원의 절약과 재활용 촉진에 대한 법률』이 제정되면서 국내 건설폐기물의 재활용에 대한 기술개발이 활발하게 진행되고 있으며 2006년도에는 순환골재 품질기준이 고시되면서 건설폐기물의 재활용이 본격적으로 이루어질 수 있는 법적 기준을 마련함

□ Nano-Pore 제어기술을 활용한 고성능 단열재료 개발

- 국내 에어로젤 연구는 10여년 전부터 몇몇 대학교에서 진행되고 있으나, 아직은 기초연구 단계이며, 상용화를 위한 지속적인 연구개발이 필요한 실정임.
- 에어로젤 연구는 실리카를 기반으로 하는 무기계 에어로젤 연구와 유기계 에어로젤, 유무기 하이브리드형태의 단열특성이 우수한 에어로젤에 대한 연구가 진행되어 제조한 바 있음.
- 그러나 상용화가 아직 되지 않고 있으며, 제조단가를 낮추기 위한 연구가 진행중에 있음.
- 국내 건축용 단열재시장은 유기물 계가 70%, 무기물 계가 30% 정도를 점유하고 있으나, 유기물계는 화재시 연소 및 유해가스 발생문제가 제기되어 사용상 한계가 있으며, 무기계는 다소 높은 열전도율과 높은 비중을 갖고 있음.
- 따라서, 초단열성 및 경량성을 갖는 에어로젤을 기반으로 하는 초단열성 패널, 건축단열재 및 복합 단열재료의 연구는 새로운 시장을 형성하는 기반이 될 수 있음.

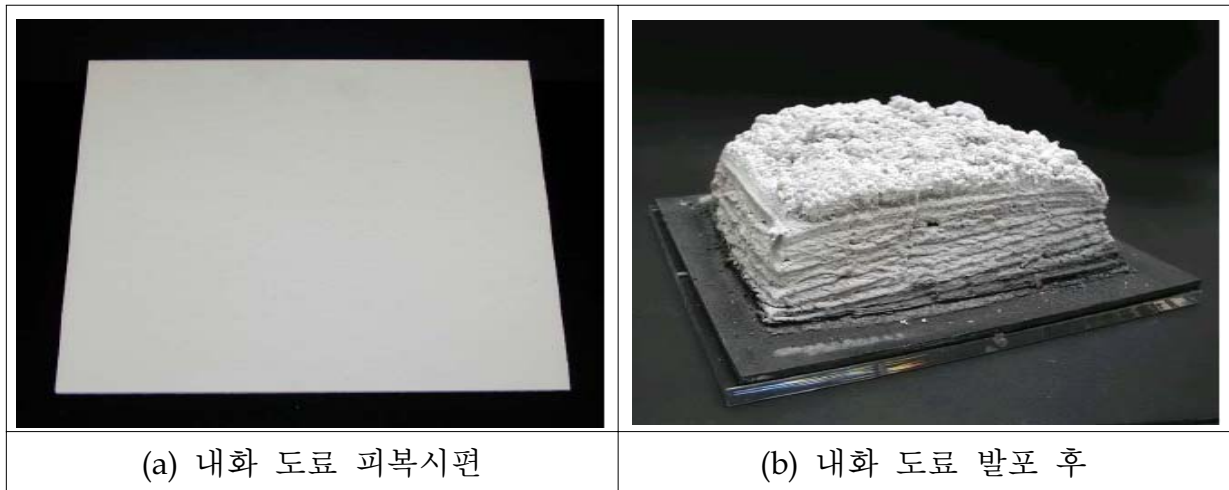
□ 탄소나노튜브를 이용한 유해전자파 흡수 마감재 기술

- 국내에서는 전기·전자기기의 EMI/EMC 차폐 소재 기술은 2~3년 전부터 연구개발이 산업체를 중심으로 적극적으로 이루어지면서 세계적 수준에 근접함.
- 그러나 건축용 전자파 흡수패널 기술은 대형 건축자재업체의 인식부족에 따라 연구가 도입단계에 있으며, 몇몇 학교에서 일부 연구가 진행 중임.
- 전자파 흡수 원료관련 기술 및 제품은 국내의 몇 업체가 세계기술에 근접하고 있으나, 이를 최종 제품화 할 수 있는 업체가 미비하여 원료를 대부분 수출하고 제품을 수입하는 상태임.
- 현재 개발 기술은 특정 범위의 주파수 대역만을 흡수 또는 차폐하는 효과가 있

으며, 단일 계열의 한계를 극복하기 위하여 도전성 물질과 고분자 혼합 또는 도전체를 처리하여 단일계가 아닌 복합계 흡수재료를 사용하는 연구가 요구됨.

□ 친환경 초고층건물용 내화도료 개발

- 박막 발포형 내화도료란 건물 구조체에 피복되는 5mm 이하의 도막으로 화재의 발생 시 최장 100여배를 팽창하여 내화 단열층을 형성함으로써 구조체의 열에 의한 지지력을 유지함으로써 인명대피 시간의 확보, 건물붕괴의 방지 및 지연이 가능하게 하는 도료임



[그림 9] 박막 발포형 내화도료

- 박막 발포형 내화도료는 초고층 빌딩, 초장대 교량 및 터널 등의 미래건설 기술에 필수적으로 도입되는 재료로서 적용 시 층고 감소를 통한 내·외장재 저감, 지반 굴착량 감소, 장시간 적용을 통한 건물 내부의 대형화 등이 가능함. 기존 무기질계열의 비발포형 내화 도료 및 내화 피복에 비하여 중량 및 부피가 기존에 비하여 수십에서~백여배 감소가능하며 심미적인 외관을 가짐
- 박막 발포형 내화도료는 무기 혹은 유무기 발포제제의 제조 및 입자 코팅 기술, 고분자 콜로이드수지 합성, 성능향상제로 쓰이는 나노 클레이 등의 나노 입자 제조 및 분산 기술이 통합적으로 적용되는 대표적인 학제적(學際的) 통합기술임. 이의 개발 및 발전을 위하여서는 학제적인 그리고 산·학·연간의 밀접한 협력이 요구됨

## □ 초소수성을 이용한 국내 연구동향

- 서울대 : 나노기계 및 바이오마이크로 시스템 연구실
  - 연꽃잎 표면 구조를 모사한 초소수성 표면 제조 및 응용
- 서울대 : 나노-마이크로 시스템 연구실
  - 거친 소수성 표면에서의 접촉각 현상연구
  - 표면장력을 이용한 마이크로 유체제어 기술연구
  - 마이크로 유체를 이용한 RF Microfluidic 스위치연구
  - 소수성을 구현하기 위한 표면 거칠기가 있는 기관의 멤브레인 스위치 연구
- 포항공대 : 고분자 계면 및 접착연구실
  - 생체 모사공정을 이용한 유기/무기 하이브리드 복합재의 구조제어에 대한 연구
  - 박막 및 표면/계면의 나노수준에서 접착성 및 특성평가기술에 관한 연구
  - 광가역적으로 제어 가능한 초소수성 표면연구
- 카이스트 : 광학재료 및 코팅 연구실
  - 초소수성 광학코팅 재료 및 응용연구
  - 나노 및 마이크로 소자의 패턴을 구현하기 위한 소수성코팅재료 연구
  - AR 코팅재료 및 응용연구

## (2) 국외 연구개발 동향

### □ 건설폐기물 관련 국외 연구개발 동향

- 북미
  - 미국 건설 산업 국가목표(National Goal) 『건설부문 생산성 향상을 위한 종합 계획, 1998~2003』는 공사기간단축(50%), 유지·보수비용 절감(50%), 생산성·쾌적성 향상(30%), 폐기물감소(50%), 수명·유연성 확대(50%)
  - 미국 에너지성(DOE)의 BTS 주관 국가 연구개발(Vision 2020, 2001~2020)에서 제시된 목표에 따라 연구개발 중이며 WBS(Whole Building System)을 도입
  - 미국 및 캐나다 대학의 National Pollution Prevention Center, Green Building council 등의 활동 국가 정책목표인 Sustainable Development 따라 CSS(Center for Sustainable Systems, U of Michigan), National Green Resource Center(UC Berkely), US Green Building Council(민간), NIST(정부) 등 많은 대학, 민간단체 및 정부조직을 중심으로 친환경 건축 생산기술연구를 진행되고 있고, 캐나

다에서는 GBIC(Green Building Information Council)등이 활발한 교육/홍보활동 실시

- Lehigh 대학에 본부를 둔 초고층도시·주거협의회(CIBUH : Council on Tall Building & Urban Habitat)에서는 친환경 초고층 관련 Data base(약 8000개 프로젝트) 축적, Environmental Design 및 Rehabilitation Committee 활동, 세계 친환경 초고층건축 연구 주도
- 미국 Minnesota 대학(Center for Sustainable Building Research)에 정부지원 친환경 건축연구센터를 구축하여 건설재료 연구 추진 중

#### ○ 유럽

- 독일을 중심으로 한 재생가능 에너지 개발 연구 및 Green Office 건설을 통해 차세대 에너지 개발을 위하여 태양전지, 연료전지, 풍력 전기 개발 등 재생가능 에너지에 관한 연구가 범국가적으로 추진되고 있음
- 노르웨이, 덴마크를 중심으로 한 Green Office가 실용화되고 있으며, 일반 Office와 비교하여 Green Office는 건설비가 1~20% 증가하나 운용비가 7~42%로 적게 들어 건축물의 전체 LCC 평가 면에서는 Green Office의 유효성을 검증하고 있음
- 건설 폐기물의 재활용에 관한 학문적인 연구는 1940년대 말부터 시작되었으나, 좀 더 체계적인 연구는 1980년대부터 활발히 진행되었음
- 덴마크에서는 1929년부터 페콘크리트나 페아스팔트 콘크리트를 재활용하여 도로 포장용, 영국에서는 건설폐기물 발생량의 50% 이상을 각종 구조물에 재활용하고 있음
- 독일에서는 이미 20세기 초반에 페콘크리트의 재활용을 시작하여 1951년도에는 폐벽돌에 대한 재활용기준을 만들어 1955년까지 1억1천5백만 m<sup>3</sup>의 폐벽돌이 재활용되었으며 1960년대 페콘크리트에 대한 규격이 제정되었고 현재 다수의 재활용 시설을 운영하고 있음

#### ○ 일본

- 2005년 일본에서는 건축과 토목분야의 노반재 수요 예측량이 페콘크리트 배출량을 초과할 것으로 예측되었고 따라서 순환골재를 천연골재 대체제로 전환해야 한다는 필요성이 대두됨. 따라서 1970년대부터 순환골재 활용을 위한 정책 개발 및 연구를 준비하기 시작하였는데 관련 정책 개발과 연구는 재생골재 관

련 품질기준 제정, 처리기술 및 활용용도의 연구 그리고 장기안정성에 대한 연구로 크게 3분야로 구성됨

- 건설폐기물 재활용 용도에 대한 연구의 경향 동향은 제도 시행 초기인 1970년대에는 단순 파쇄를 통한 포장재로 주로 이용하였으나 1980년대에는 단순파쇄와 혼합사용을 통해 콘크리트용으로 사용하기 시작하였음. 1990년대에는 선택적 파쇄를 통한 용도별 비구조용 콘크리트에 사용하였고 2000년대에 들어와서는 가열분쇄나 마쇄 등을 통한 고도처리를 하여 건축구조용 콘크리트용도로 용도로 까지 사용하고 있는 실정임. 30년간의 순환골재 관련정책의 개발, 고품질 순환골재 회수기술 개발, 재생 콘크리트 적용기술 개발 등을 통하여 순환골재의 적용범위를 구조용까지 확대 적용해 오고 있음

<표 16> 한국과 일본의 순환골재 재활용 용도 비교

구분	건설폐기물의 재활용 촉진에 관한 법률	일본의 건설리사이클 법
순환골재 재활용 용도	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 도로공사용               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 도로보조기층</li> <li>- 동상방지층</li> <li>- 노상 및 노체용</li> <li>- 아스팔트콘크리트용</li> </ul> </li> <li>○ 건설공사용               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 콘크리트용</li> <li>- 콘크리트 제품제조용</li> <li>- 되메우기, 뒷채움 용도</li> </ul> </li> <li>○ 성토용·복토용               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 건설공사 성토·복토용</li> <li>- 폐기물 처리시설 중 매립시설의 복토용</li> <li>- 성토용</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 전기공동구</li> <li>○ 경계블럭</li> <li>○ 재생쇄석</li> <li>○ 배수로</li> <li>○ 보도용쇄석</li> <li>○ 경계벽</li> <li>○ 공원시설</li> <li>○ 굴착 뒤채움재</li> <li>○ 호안블록재</li> <li>○ 기초재</li> </ul>

□ 탄소나노튜브를 이용한 유해전자파 흡수 마감재 기술

- 전자파 흡수에 관한 연구는 일본이 세계 기술을 선도하고 있음. 일본에서는 노이즈필터, 트랜스 등 노이즈 대책 부품·재료 및 전자파 차폐재료, 전자파차폐 건

재/시스템, 전자파 암실 등의 측정 시설 및 전자파 노이즈 대책에 관한컨설팅 서비스인 EMC의 솔루션이 주목받고 있음.

- 일본은 전자파 흡수 재료와 공법은 97년부터 지속적인 연구개발을 진행. 건재를 이용한 무선 LAN용 전자파 흡수체, 저항피막을 이용한 ETC용 전자파 흡수체 기술 등이 연구되었음.
- 현재 상품화되는 제품으로는 두 주파수 대역(2.45GHz/5.2GHz)에 대응하는 전자파 흡수기능을 가진 석고패널, 폐유리를 이용한 두 주파수 대역(1.9GHz/2.45GHz)에 대응하는 전자파 흡수형 발포유리 내장재, 두 주파수 대역(2.45GHz/5.2GHz)의 전파를 동시에 흡수할 수 있는 공법이 있음.

#### □ 친환경 초고층건물용 내화도료 개발

- 발포 탄화제에 의한 내화 기술은 1930년도부터 적용되어 왔으나 이의 작용 메카니즘에 대한 이해 및 내화성능 평가기술의 한계로 인하여 그 사용이 제한적으로 적용되어 왔음. 1980년대 이후 구미 기술선진국에서 표준화된 내화 성능 평가법을 정립함으로써 이에 입각한 내화 성능 향상기술의 발전은 비약적으로 이루어져왔음
- 기술선진국인 구미에서는 우수한 기술력을 바탕으로 EN규격을 강화함으로써 기술 개발 도상국의 박막 발포형 내화도료시장의 진입을 원천적으로 차단하려 하고 있는 실정임. 또한 영국의 화재방재협회 (ASFP)는 "The Yellow Book"이라 불리는 구미 내화피복제품들의 평가 및 시방서를 발표함으로써 이에 포함되지 않는 제품은 고부가가치의 내화도료시장진입 조차도 힘든 상황임. 국내에서는 KCC, 삼화페인트 등에서 1998년도 이후 발포형 내화도료를 개발하였다고 발표하고 있으나 아직 그 성능이나 인지도 면에서 미미한 실정임

#### □ 플라즈마 적용 코팅관련 해외 연구 개발 동향 분석

- 독일 STO사의 LOTUSAN 페인트가 개발되어 건물 외벽 등에 도포하였을 경우 항상 깨끗하게 유지할 수 있게 하고 있음
- 독일 EWABO Chemie GmbH & Co.KG의 NanoTOL sealer는 자동차, 도기, 유리 등의 표면에 발라 두면 수개월 동안 초발수 표면을 유지할 수 있게 해 주는 제품임
- 미국의 NanoTex사는 초발수 의류를 생산하는 벤처업체임. 이들은 의류, 직물 등

의 표면을 초발수 처리하여 제품을 생산하고 있음

## 마. 연구개발 동향분석의 시사점

친환경 건축을 이루기 위해 대체적으로 선택하는 연구개발 방향은 초기 투자비를 높게 하면서 유지관리비를 최소화하는 하는 방향으로 3L하우스<sup>1)</sup>와 같은 개념을 도입하고 있으며, 자재 성능만을 개선하여 고층건축물에 적용하려는 방향으로 연구가 진행되고 있음. 그러나 이러한 연구 방향은 초기 투자비의 상승과 함께 기존 건물에는 적용하기 어렵다는 문제점을 가지고 있음. 이에 본 연구에서는 초기 투자비를 최소화하면서도 기존 건축물에 쉽게 적용할 수 있는 자연친화적 건설 신복합재료 개발에 중점을 두는 것이 타당한 것으로 분석되었으며 이를 위해서 바이오 및 나노 기술을 건설기술에 융합하는 방향으로 연구개발 방향을 정하였음

- 미국에서는 국립과학기술위원회(NSTC) 산하의 건설위원회가 1994년부터 산학연 공동 프로그램인 Construction Materials and System Program 사업을 통해 10년간 20억 달러를 투자하여 Upgrade형 고기능성 시멘트 재료 등을 개발하여 Infra 시설물을 장수명화하고 유지관리 비용을 최소화 시키려는 연구 진행 중. 반면에, 신재료의 원천기술을 확보하지 못한 우리나라는 후발 위치에 있는 것으로 판단됨
- 캐나다에서는 1990년대 중반 High-Performance Concrete 연구센터를 발족하여 Particle-Solution Interaction과 New Concrete Techniques와 같은 기술 확보를 위하여 신개념 재료를 개발하고 있고, 일본은 1993년부터 사회간접자본 보전과 유효활용에 관한 연구사업과 관련하여 기존 건설재료의 성능 향상을 위한 혼화재료를 개발하고 있는 반면에, 2000년대 초반부터 혼화재료 개발 및 활성화를 추진하고 있는 우리나라의 기술 개발 현황은 선진 외국에 비하여 미흡함
- 일본의 경우 신소재, 신재료 이용기술개발(1988~1992)을 통해 정부예산이 50억엔 이상 투입되었으며, 주로 지반주입재, 피복재료, 콘크리트, FRP 케이블 등 토목용 신소재와 섬유보강콘크리트, 신금속재료, 신기능성 외장재 등 건축용 신소재의 이용기술개발이 실시되었음. 따라서, 우리나라의 경우 원천기술의 개발 및 기존 원천

1) 3L 하우스 : 냉난방 및 환기부하에 대한 연간 오일 사용량이 3L/㎡이하인 건축물을 의미하며, 단열보강, 폐열회수, 대체 에너지 이용, 고효율 가전기기 등의 사용을 통해 가능한 건축물이며, 초기 투자비가 높을수록 연간 오일소비량은 줄어드나 건축비 상승으로 크게 의미가 없으며 대체적으로 3L가 가장 타당하다고 보고되고 있음. 참고로 한국은 16L/㎡ 정도를 사용하는 것으로 알려져 있음.

기술의 성능개선을 통해, 고성능 건설재료시장에서 외국 수입제품에 잠식된 시장을 개선할 필요가 있음

- 우리나라보다 20~30년 전부터 고기능성 친환경 건축 재료의 연구 및 건축 폐기물 재활용에 노력한 선진 외국은 그 결과로 많은 공법 및 기술이 개발되어 천연 골재의 소모를 줄이고 건축폐기물의 매립이 점차 감소하고 있는 추세임. 또한 친환경 재료의 개발에 수반하는 고기능·고성능 건축 재료의 개발에 따라 미래 건설시장에서 요구되는 『환경부하저감형 고성능 건설재료』의 실현을 위한 국가적인 기반을 다지고 있음. 따라서 우리나라도 본 연구 과제를 통해 바이오/나노 기술을 이용한 고기능·고성능 친환경 건축 재료의 연구에 한 발을 내딛음으로써 이러한 건설재료 및 자재산업에서의 원천·기초기술을 개발하고 건설재의 내구 품질성과 시공기술을 진보시켜야 함. 그 결과 국산제품의 품질 향상, 외국 제품과의 경쟁력 강화 및 국내 건설재료·부품소재 산업의 신뢰성이 향상됨에 따라 국가경쟁력이 향상될 것이라고 사료됨

#### □ Nano-Pore 제어기술을 활용한 고성능 단열재료 개발

난연성, 고단열성, 기계적 강도를 겸비한 두께 축소형 단열재료의 개발이 필요하며 이는 Nano-pore 제어기술, Nano-pore 응용기술 등을 통한 고성능 단열재료의 개발을 통해 가능하리라 판단됨

#### □ 탄소나노튜브를 이용한 유해전자파 흡수 마감재 기술

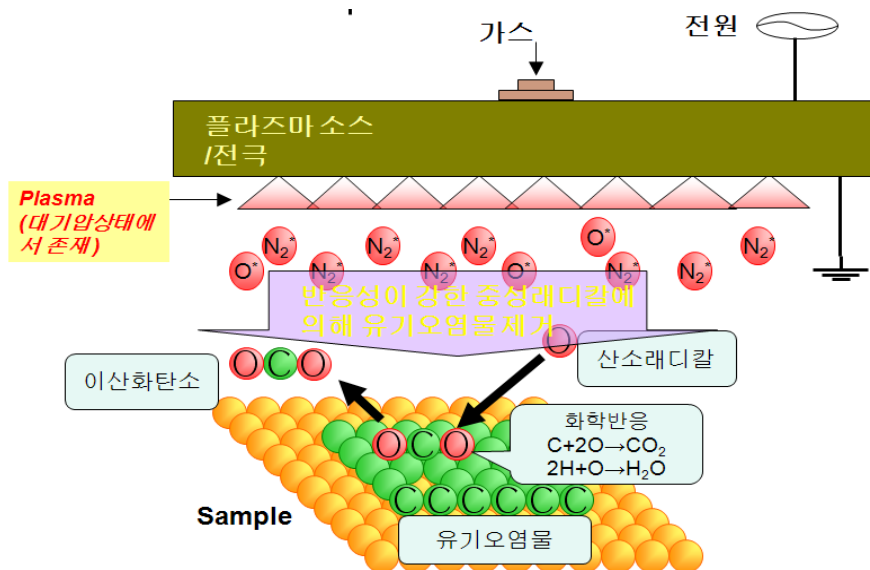
- 첨단 나노 기술을 활용하여 전자파를 흡수할 수 있는 새로운 개념의 전자파 흡수 소재로 탄소 나노 튜브를 사용한 마감재 개발이 가능할 것으로 기대됨
- 탄소 나노 튜브는 구조에 따라 전도성을 갖기 때문에 전자파의 전기장에 대한 차폐능력을 갖고 있으며, 투자율이 높은 금속소재로써 저주파 대역의 자기장도 차폐 능력이 있음
- 탄소 나노 튜브는 나노 크기의 입자로서 전자파의 굴절, 회절 등 산란으로 전자파 흡수 효과가 기대됨
- 탄소 나노 튜브는 나노 크기의 입자로서 합성 및 혼합이 용이하여 활용성이 우수하므로 다양한 건설 재료 등에 활용성이 기대됨

□ 친환경 초고층건물용 내화도료 개발

- 발포형 내화도료는 약 300 °C에서 수십에서~백여배의 부피 팽창을 통하여 낮은 열전달계수 및 밀도의 유지, 보호하고자 하는 기저면과의 지속적인 접착력이 필요함. 이를 통하여 철골 구조체를 항복온도이하로 기대시간동안 유지시킴으로서 화재진압과 인명구조에 필요한 시간을 확보함. 이와 같은 목적을 위하여 발포형 내화도료는 고분자 수지와 팽창제간의 최적의 반응을 발현할 수 있는 팽창제의 개발, 배합 및 팽창 성능 보조와 유지재로 사용되는 카본 나노입자 및 나노 클레이 등의 나노 입자의 반응 메커니즘규명과 이에 관련된 요소기술을 개발하여야 함.

□ 초소수성 표면처리 기술 개발

- 연꽃잎 효과를 모방한 초소수성 표면처리는 아래의 그림과 같이 이론적으로 거의 규명된 상태이며, 초소수성 구현을 위해 얼마나 대면적, 비용절감, 생산성 향상 등을 달성할 수 있는냐에 따라 제품화의 가능성이 결정되고 있음. 따라서 상온, 상압 플라즈마를 이용하면 대면적처리가 용이하고 비용절감과 생산성 향상을 기대할 수 있을 것으로 사료됨
- 초소수성 표면은 시간이 지남에 따라 퇴화가 일어날 수 있으며, 한 번 손상된 부분은 회복이 되지 않는 문제점 등은 제품화의 걸림돌이 되고 있음. 따라서 초소수성 표면이 시간이 지남에 따라 퇴화가 일어나는 원인 분석이 선행되어야 하며, 이를 대처할 기술 개발이 병행되어야 함. 나아가 손상된 부분을 회복시키거나 쉽게 수리할 수 있는 방안 마련도 성공적인 제품화를 위해 필요함



[그림 10] 플라즈마 세정 원리

## 바. 중복성 분석

### □ 바이오/나노 기술 적용 친환경 건설자재 제조기술 개발

천연재료가 갖는 친환경적인 성능을 이용하여 건설자재의 환경유해성을 줄이는 연구는 '저에너지 친환경 공동주택 연구단'에서 하고 있는 것으로 조사되었으나, 바이오 또는 나노 기술을 건설자재 개발을 위해 사용되는 예는 거의 없는 것으로 조사되었으며, 일부 바이오 및 나노 기술을 이용한 경우는 있으나 그 연구 사례는 거의 미비한 것으로 초기 물성 실험 정도에 한정되어 있으며 시공을 통한 현실 적용은 사실상 연구된 것이 없는 것으로 나타났음. 반면, 자동차나 기타 분야에서는 바이오 또는 나노 기술을 활용한 제품개발이 활발히 진행되고 있음을 알 수 있음

환경오염이 심각해지고 다양한 기능을 요구하는 현 상황에 있어 동일한 재질의 건축자재에 바이오 또는 나노 기술을 접목하여 새로운 기능을 부여함과 동시에 환경오염으로부터 거주자 또는 사용자의 건강을 지켜주기 위한 자재 개발은 거의 이루어 지지 않은 것으로 나타남

따라서 바이오와 나노 기술을 활용하여 자연친화적 건설 신마감재를 만들고자 하는 본 연구의 목적과 중복되는 연구는 국내에서 거의 진행되지 않은 것으로 판단됨

### □ 나노 기술을 활용한 고성능 단열재 및 유해전자파 흡수 내장재 개발

#### ○ Nano-Pore 제어기술을 활용한 고성능 단열재료 개발 (NT, ET)

- 나노기공 및 미세구조 제어기술
- 초단열성 및 난연성을 확보한 친환경 건축자재 개발

기존의 정부주도(과학기술부, 산업자원부 등)하의 단열재 연구개발은 “청정 발포 시스템을 이용한 건축 단열재용 경질 폴리우레탄 폼 개발”, “건축 단열재용 난연성 EPP 소재 개발” 등 약 20여건이 수행되어져 오고 있으며 주로 단열 성능 및 난연성에 주안점을 두고 개발이 이루어지고 왔음. 본 연구과제는 Nano-Pore 제어기술을 활용, 고단열성을 획득함과 동시에 단열재의 두께(부피)를 획기적으로 감소시킴으로서 건축물의 유효공간을 보다 더 확보할 수 있는 첨단 요소기술 개발로서 이와 중복되는 연구가 진행된 사례가 없는 것으로 조사되었음

#### ○ 탄소나노튜브를 이용한 유해전자파 흡수 건축 내장재 기술(ET, NT)

과학기술부 및 산업 자원부 주도로 “전도성고분자를 사용한 건장재 및 위장용 전자파차폐도료의 개발”, “탄소나노소재를 이용한 정보통신기기용 전자파차

폐 복합재 개발“ 등 전자파차폐소재의 개발은 주로 특정 전기전자 제품 및 목적용으로 연구개발이 활발히 이루어지고는 있으나, 건축물 마감재 분야는 연구개발이 거의 이루어지지 않은 상태로서 중복성이 없는 것으로 조사되었음

- 친환경 초고층건물용 내화도료 개발(ET, NT)
- 중복성 없음 -

<표 17> 중복성 검토 결과

사 업 명		과 제 명	주 내 용	활용가능분야	중복
건 설 교 통 부	건설핵심 기술연구 개발사업	무기질 단열재를 사용한 친환경 샌드위치패널 개발 (04.08~06.08)	친환경 샌드위치패널의 개발	쾌적한 실내환경 조성	×
		전자파 차폐/흡수 기능성 콘크리트 개발 (05.12~08.12)	전자파 차폐/흡수 기능을 갖는 혼화재료의 개발	전자파 차폐/흡수 성능을 갖는 벽체/바닥판용 기능성 콘크리트 상용화	▽
	건설기술 기반건축 사업	대체골재를 사용한 콘크리트의 고품질화 기술 개발 (03.08~05.08)	천연골재 대체효과 및 콘크리트의 고품질화	콘크리트 구조물의 건설비 절감 및 골재의 안정적 공급	×
과 학 기 술 부	신진 연구자	청정발포시스템을 이용한 건축단열재용 경질 폴리우레탄 폼 개발 (03.09~04.09)	청정 우레탄 발포시스템을 이용한 단열재용 폼을 개발	건축물 단열재에 사용	×
산 업 자 원 부	기술개발 과제	건축 단열재용 난연성 EPP 소재 개발 (03.12~05.11)	난연성 EPP 단열소재 개발	건축물 단열재로 사용	×
		전자파 차폐용 전도성 고분자 박막필름 제조를 위한 청정 생산기술 개발	그라비아 코팅방식을 이용한 전자파 차폐용 PET 박막필름 개발	전자기기 전자파 차단용 커버 필름 등에 적용	▽

□ 자연모사 초소수성을 이용한 건축자재용 방오염성 코팅기술 개발

- 한국기계연구원의 미래연구부에서는 2004년도 과학기술부 기술료 사업의 일환으

로 자연모사 과제를 수행하였으며 이 과제를 통하여 아래와 같은 관련 연구를 수행하였음

- AAO 템플레이트를 몰드로 사용하여 나노섬모 돌기를 가진 폴리머 제작(한국기계연구원 유영은)
- 고분자 나노섬모 제조 및 기능화를 위한 기반 기술 개발 (포항공대 조길원)
  - 나노 Turf(Lotus) 분석 및 제작 공정 (한국기계연구원, 나종주)
- 서울대학교 서갑양 등은 나노 임프린팅 기술을 통하여 계층적 구조의 마이크로/나노돌기를 형성시키는 연구를 수행
- KIST 이광렬팀은 실리콘 웨이퍼 위에 나노 dot를 형성한 후 DLC를 증착시켜 나노돌기를 형성하였으며, DLC에 금속 및 제3원소를 함입시켜 소수성을 부여하는 연구를 수행
- KAIST 정희태 등은 카본 나노 튜브에 유기물을 결합시키는 연구를 수행
  - 외국에서도 Nano tex사(미국)에서 의류에 초발수성을 이용한 제품을 개발하여 판매하고 있으며, 독일에서는 Sto사에서 오염이 덜되는 Lotusan이라는 페인트를 개발하여 판매하고 EWABO사에는 Nanotol이라는 액상 코팅제를 개발하여 판매하는 등 많은 연구가 진행되고 있음
  - 그러나, 의류에 적용되는 초발수성 약품은 의류에만 적용이 가능하고, 페인트는 유색이며, Nonotol은 수명이 수개월 정도로 짧은 유리창에 적용하여 유지관리하기에는 무엇하나 적당한 것이 없으므로 본 연구와 중복성을 갖는 기존 연구는 없는 것으로 판단됨

## 4. 연구목표 및 내용

### 가. 최종 연구목표

건축물의 고층화 및 대형화에 따른 고성능 건설재료를 요구함과 동시에 건축물 내·외부 환경에 대한 기계적 설비 대응이 아닌 건설자재 자체의 대응을 통해 주거 쾌적성 및 유지관리 적정성을 확보하고자 하는 친환경 건축물에 대한 요구를 부합하기 위해 반드시 필요한 구성요소 기술을 개발하기 위해 세부 연구과제를 크게 다음과 같이 4개로 나누었으며, 최종 연구 목표는 다음과 같다.

제1세부 : 바이오 기술 적용 친환경 마감재 개발

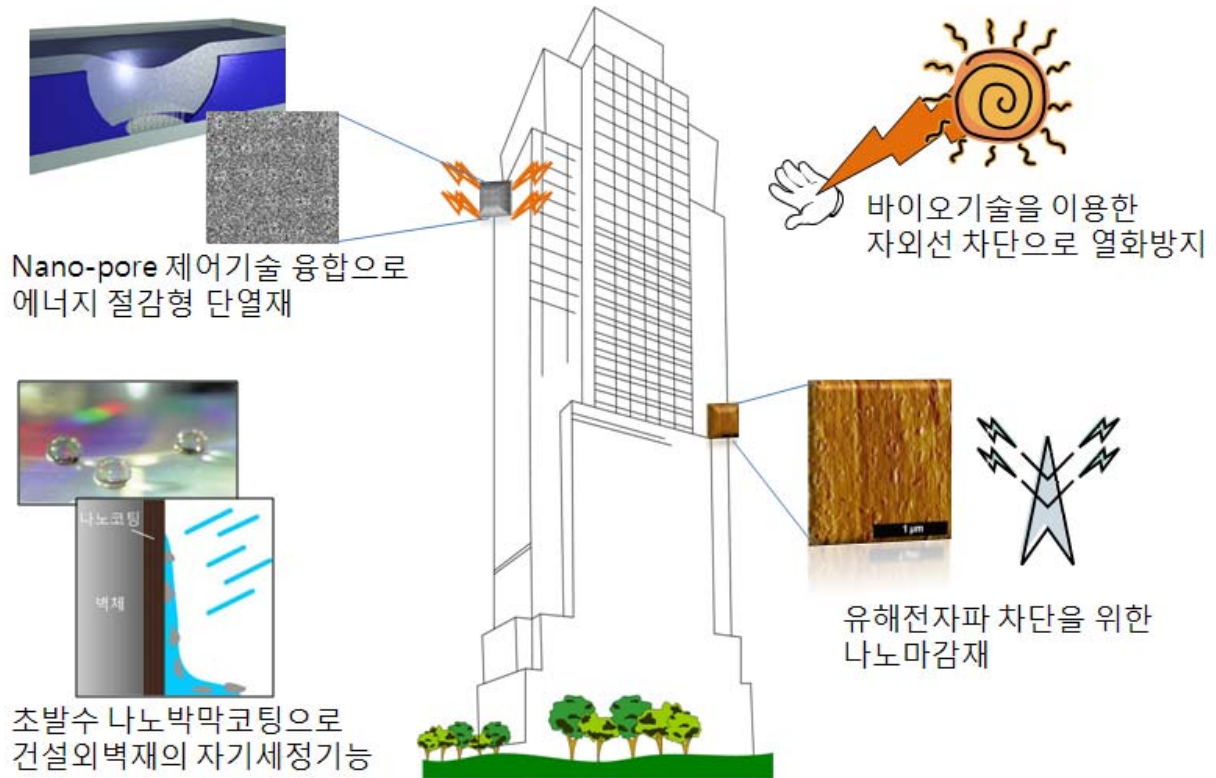
제2세부 : 나노 기술을 활용한 고성능 단열재 및 유해전자파 흡수 내장재 개발

제3세부 : 유해환경 대응형 도료 개발

제4세부 : 대기압 플라즈마를 이용한 건축외장재 방오염내구성 향상기술 개발

- 바이오 기술을 적용하여 건축자재의 문제점을 근본적으로 개선함으로써 환경부하 저감과 주거환경을 개선할 수 있는 첨단 융합 기술 구축
  - 바이오 기술 적용 친환경 마감재(수성접착제, 데코레이션 내장재, 바이오필름) 개발
- 나노 기술을 활용함으로써 에너지 절감력을 향상시킴과 동시에 공간 활용도를 최대화할 수 있는 복합재료 개발
  - Nano-pore 제어기술을 활용한 고성능 단열재 개발
  - 탄소나노튜브를 이용한 유해 전자파 흡수 건축 내장재 개발
- 건설 신소재 및 공법을 통해 유해환경을 제어함으로써 주거 쾌적성을 높이는 마감재 제조 기술 개발
  - 바이오기술 적용 친환경 도료 개발
  - 나노기술을 적용한 친환경 초고층 건물용 내화도료 개발

- 대기압 플라즈마를 이용한 건축외장재 방오염내구성 향상기술(초발수 폴리머 필름 및 초친수 나노코팅 기술) 개발



[그림 11] 최종 연구목표 개념도

#### 나. 핵심 융합기술

- 바이오 기술 적용 친환경 마감재(수성접착제, 데코레이션 내장재, 바이오필름) 개발
  - 바이오 기술 적용 유해물질 저감형 친환경 수성 접착제 (BT, ET)
  - 바이오 소재 배합 생체친화형 데코레이션 내장재 (BT, ET)
  - 건축마감재 적용 생분해성 바이오필름 및 제조 공정 (BT, ET)

□ 나노 기술을 활용한 고성능 단열재 및 유해전자파 흡수 내장재 개발

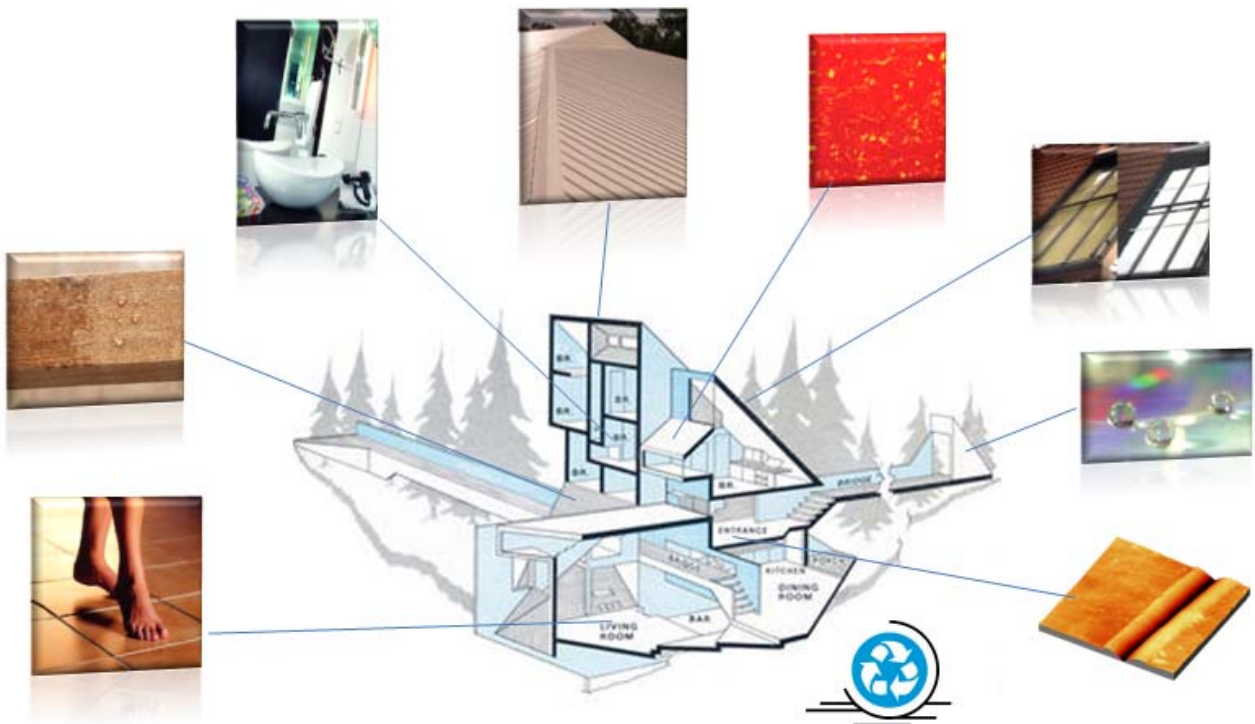
- Nano-Pore 제어기술을 활용한 고성능 단열재 (NT, ET)
- 탄소나노튜브를 이용한 유해전자파 흡수 건축 내장재 (ET, NT)

□ 유해환경 대응형 도료 개발

- 바이오 기술 적용 친환경 도료 (BT, ET)
- 나노기술 적용 친환경 초고층건물용 내화도료 (ET, NT)

□ 대기압 플라즈마를 이용한 건축외장재 방오염내구성 향상기술(초발수 폴리머 필름 및 초친수 나노코팅 기술) 개발

- 초발수 폴리머 필름 (NT, ET)
- 초친수 나노코팅 기술 (NT, ET)



[그림 12] 바이오/나노 첨단기술을 융합한 자연친화적 건설 신마감재 개발

다. 최종 성과평가지표

<표 18> 바이오 기술 적용 친환경 마감재 개발

구분	연구 목표	측정지표	측정방법	선정사유	현재기술 수준	목표치 설정근거	개선 정도
바이오물 질 적용 친환경 수성 접착제	친환경성	Bio-수지 함량: 50% 이상, 무용제 type	-만능재료시험기에 의한 Bio-수지 함량측정 시험 -인체유해성 평가시험 -유무기재료 실내측진 시험 -점착성은 시험	Bio수지 배합 최적화에 의한 인체/환경 친화적 건축내장에 필수적인 무용제 type 접착제 개발	Bio-수지 배합 접착제 연 구개발 단계 Bio-수지함량: 10% 미만	-친환경성 건축내장재 생산 시 유해물질 배출의 제로화에 의한 미래형 건설자재 생산 시스템 구축 -무용제 type에 따른 점착성 저하를 극복 할 수 있는 Bio-수지 적용기술 개발 -미래형 친환경 건축 내장재 시장에서의 선도위치 선점	바이오 소재 배합비율 5배 증가 친환경접착제 개발
바이오소재 배합 생체친화형 데코레이션 내장재	인체 친화성	Bio소재 함량: 50% 이상 T-VOCs방출량: 0.050 mg/m <sup>2</sup> ·h이하	-대기환경 지표물질 측정시험 -유무기재료 실내측진 시험 -인체유해성 평가시험	최근 문제시되고 있는 건축물 유래 유해물질 저감화를 통한 고감성 고효율 건축내장재 개발	바이오소재 20% 미만 배합 내벽 내장재 개발 단계	-새집증후군 등 사회적 문제를 초래하는 건축내장재 유해물질 저감화를 통한 친환경 건축기법 확립 -친환경 건축내장재 개발에 대한 모델 구축	바이오소재(미생물 소재 포함) 배합 T-VOCs방출량 2배 감축 내장재 개발
	방염성	잔염 : 3초 이하, 잔신 : 5초 이하, 탄화킬이 : 20cm 이하, 탄화면적 : 30cm 이하	45도연소법(KS-0201)	내장재로서는 소방법 충족 요구됨	바이오 소재를 적용한 친환경제품으로는 방염성 미흡수준(30%수준)	바이오소재의 낮은 방염성을 개선할 수 있는 방염제외의 배합적인 구성비 선정	방염성이 개선된 바이오 소재 적용 내장재 개발
고기능성	고기능성	인장강도: 25N/mm <sup>2</sup> 인장신율: 200%이상 치수안정성: 4%이하	-인장강도, 인장신율 측정시험	친환경소재의 물성에 대한 단점을 보완하는 기능성 소재 개발	시공성과 가공신율이 부족한 수준 (일반 내장시트에 비해 20%수준)	-인장강도 및 인장신율을 향상시킬 수 있는 Bio소재 배합적용기술 개발	인체친화형 바이오소재에 대한 인장강도, 인장신율, 치수안정성 50% 이상 향상
건축마감재 적용 생분해성 바이오필름 및 제조공정	친환경성	T-VOCs방출량: 0.050 mg/m <sup>2</sup> ·h이하	-GC등 측정기기에 의한 VOC 측정 -지표미생물 환경 생분해성 측정시험	주거공간의 인체과적성을 높이기 위한 유해물질 차단 코팅 기술에서 Bio 소재 적용을 통한 효율성 향상 및 친환경성 증대	산화티탄 등의 자외선의 화학적 코팅기법 적용 단계 T-VOCs방출량: 0.080 mg/m <sup>2</sup> ·h 이상	-현재 적용되는 화학적 코팅은 자외선에 의한 광촉매 작용이 필수적이어서 실내 주거공간 적용성이 미흡하며 폐건축자재의 환경문제 유발 -Bio 소재 배합 및 가시광선범주에서 활성화 되는 바이오필름 적용으로 유해물질 저감화 및 생분해성 제고를 통한 친환경성 부여	바이오소재(미생물소재 포함) 배합 T-VOCs방출량 2배 감축 바오필름 적용기술 개발 산화티탄코팅소재 대비 생분해성/생분해성 효율 30% 이상 증가된 코팅소재 개발

<표 19> 나노 기술을 활용한 고성능 단열재 및 유해전자파 흡수 내장재 개발

구분	연구 목표	측정지표	측정방법	선정사유	현재기술 수준	목표치 설정근거	개선 정도
Nano-Pore 제어기술을 활용한 고성능 단열재 개발	고단열	열전도율 : 0.03W/m <sup>2</sup> K이하	열전도율 측정기	단열재의 기본특성	0.04W/m <sup>2</sup> K (일반 단열재 수준)	현재 가장 열전도율이 좋은 발포폴리스티렌(스치로폼) 단열재 이하의 단열 성능 설정	25% 이상 감소
	박판성	두께 : 5mm 이하	두께 측정	박판여부	50mm 이상	내장용 단열재로써 자립성을 갖기 위한 두께의 박판기준 (그라스울은 자립성이 없음)	90% 이상 축소
	난연성	난연성 : 난연2급 이상	난연시험	법적 요구기준	스티로폼 : 없음 그라스울 : 난연2급	단열재중 단열성이 가장 우수한 스티로폼은 난연성이 없음	동일 이상
	전자파 흡수 성능 확보	전자파 흡수율 : 6dB (75%)이상 (유효주파수 1.0 ~ 5.0GHz)	EMI Shielding Test	전자파 흡수 기본 성능	6dB 이상(일본 수준)	무선통신 간섭을 받지 않기 위한 일본 NITTOBO사 제시기준	100%
탄소나노튜브를 이용한 유해전자파 흡수 건축 내장재 개발	박판성	두께 : 5mm 이하	두께 측정	박판여부	-	내장용 판재로써 자립성이 있고 설치가 용이한 두께 기준	-
	난연성	난연2급 이상	난연시험	법적 요구기준	일반 마감재의 경우 난연 2급이상	실내 마감재 난연기준(2급이상)	동일 이상

<표 20> 유해환경 대응형 도로 개발

구분	연구 목표	측정지표	측정방법	선정사유	현재기술 수준	목표치 설정근거	개선 정도
바이오 기술 적용 친 환경 도로 개발	친환경성	T-VOCs 방출량: 0.050 mg/m <sup>2</sup> ·h 이하	KS M ISO 16000-9	도로중 VOC 방출량 측정	0.10 mg/m <sup>2</sup> ·h 이하	- 현재 바이오수지 함유율이 보통 3-30%이며, 50% 이상인 도로는 내구물성이 아주 저하됨. - 또한, 최고 친환경인증기준인 T-VOCs 방출량 0.050 mg/m <sup>2</sup> ·h 을 만족시켜야 함.	50% 이상 향상
		Bio-수지함량 : 50 % 이상		천연수지 함유량 측정	3~30% 사이 함유	70% 향상	90% 이상 축소
	고내구성	실내용 건축도료 성능 이상	KS M 6010	사용자품질요구성능(KS) 충족 평가	실내용 건축도료 성능 이하	- 바이오도로로 UV 경화형 등의 고기능성 및 고내구성 으로 기존실내용도로와 동등성능의 제품 개발이 요구되고 있음 - 국내 내화도로는 2시간용만 생산되고 있음. (선진국 3시간도로 생산)	내구성 50% 향상
나노기술 적용 친환경 초고충건 물용 내화도로 개발	고내화성	내화지속시간 : 3시간 이상	KS F 2257 - 6, 7	내화지속 시간 측정	2시간 이상		50% 향상
		도막두께 : 12 mm 이하	KS M ISO 2808	고단열성 탄화층 설계 간접 평가	18 mm 이하	- 고단열 나노재료 융합기술에 의한 고단열 박막형 탄화층 형성 기술 필요	30% 향상
	고내구성	부착력 : 4 N/mm <sup>2</sup> 이상	ASTM D 4541	강재와 도막 부착 내구 신뢰성 평가	2 N/mm <sup>2</sup> 이상	- 30년 이상의 장기 공용성 확보를 위한 강재와의 고부착력이 필요	100% 이상 향상
	친환경성	T-VOCs 방출량 : 0.010 mg/m <sup>2</sup> ·h 이하	KS M ISO 16000-9	도로중 VOC 방출량 측정	2 mg/m <sup>2</sup> ·h 이하	- 친환경인증 최고기준인 T-VOCs 방출량 0.050 mg/m <sup>2</sup> ·h 을 만족시켜야 함.	동일 이상

<표 21> 대기압 플라즈마를 이용한 건축외장재 방오염내구성 향상기술 개발

구분	연구 목표	측정지표	측정방법	선정사유	현재기술 수준	목표치 설정근거	개선 정도
초발수 폴리머 필름 개발	자기 세정	물에 대한 접촉각: 140°이상	접촉각 측정기	초발수성 평가지표	150~160°	연꽃잎 효과에 의한 자기세정 기능 확보. 대면적으로 제조되기 때문에 전면적에서 만족시킬 수 있는 수준을 보수적으로 책정	자기세정 기능 보유 최소 수준
	대면적	처리폭: 600mm 이상	길이 측정	실용화 가능성	300mm (진공에서 처리)	실용화 가능성 확보	2배
	고내후성	UV조사 시간: 28일 이상	UV조사 시험	내후성 평가지표	7일 (진공에서 처리)	최소 10년 이상 수명 확보	4배
	고투과	가시광 투과도: 85%이상	U V - V i s i b l e Spectrophotometer	모재의 광특성 유지	70%이하 (진공에서 처리)	일반 유리의 경우 투과도가 90% 수준임	20%이상 개선
	자기 세정	물에 대한 접촉각: 5°이하	접촉각 측정기	친수성 평가지표	5°이하	광촉매 효과에 의한 자기 세정 기능 확보	동등 수준 이상
	대면적	처리폭: 600mm이상	길이 측정	실용화 가능성	임의의 대면적 (스프레이 방식에 비해 코팅면적이 적지만 플레이 코팅 저온 소성 방식)	스프레이 방식에 비해 코팅면적이 적지만 내구성 향상이 기대되며, 실용화 가능성을 확인하기 위하여 처리 폭을 기술한 것임.	코팅 방식 차이에 의한 다른 물성을 비교 판단 필요
초친수 나노 코팅 기술 개발	광촉매 성능	2시간 동안 분해율: 90% 이상	광촉매 성능시험 평가법 IIa	광촉매 성능 평가 지표	2시간 동안 분해율 90% 이상	표면 이물질 제거 능력을 판단하기 위한	동등 수준 이상
	고내구성	부착력: 80mN/mm 이상	Tape test	내구성 평가지표	관련 데이터 없음	취급시 나노코팅 층이 박리되지 않기 위한 밀착력 확보	
	고내구성	박막 경도: 7H 이상	Pencil Test	내구성 평가지표	4H	스크래치가 잘 생기지 않음	1.75배 개선
	고투과	가시광 투과도: 85% 이상	U V - V i s i b l e Spectrophotometer	모재의 광특성 유지	석재에 적용 (투과도 불분명, 스프레이 코팅 저온 소성 방식)	코팅 후 마감재의 광특성 유지	유리에 버금가는 투명도 달성

## 라. 연도(단계)별 연구목표 및 내용

### (1) 1차년도(2008. 9. 1. ~ 2009. 8. 31.)

#### (가) 연구목표

- 바이오기술을 적용하여 환경부담 저하를 위한 생분해성 마감재 제조
  - 생분해/생분괴성 건설재료의 제조는 환경적으로 유해한 폐기물의 감량화 및 원활한 처리를 목표로 기존 건설재료를 대체하기 위하여 반드시 개발되어야 하는 기술임
  - 생분해성 수지를 이용한 생분해성 접착제 및 생분괴성 플라스틱 개발은 기존의 제품과 동등 이상의 품질을 가지며 친환경적인 분해가 가능한 개발을 목표로 함
  - 건축 내외장재에 입힐 수 있는 기능성 바이오 필름 개발을 목표로 함
  
- 바이오 섬유 복합재 계면 적합성 연구
  - 바이오 섬유 개질 방안
  - 수분 및 자외선 흡수 및 흡습 메카니즘 정립
  
- Nano-Pore 제어기술을 활용한 고성능 단열재료 개발
  - Nano pore 사용 재료 요소기술 개발
  
- 탄소나노튜브를 이용한 유해전자파 흡수 건축 내장재 기술
  - 전자파 흡수용 나노소재 요소 기술 개발
  
- 바이오 기술 적용 친환경 도료 개발
  - 천연수지 제조 및 합성 요소기술 확립
  - 천연수지 분자량 조절 요소기술 확립
  
- 화재대응형 친환경 내화도료 개발
  - 무용제형 발포 탄화체 형성 요소기술 확립
  - 고온형 내열 폴리머 합성 요소기술 확립
  
- 대기압 플라즈마를 이용한 건축외장재 방오염내구성 향상기술 개발
  - 고밀도/고품질 상온 상압 플라즈마와 저온 상압 플라즈마 발생기술

- 상압 플라즈마 표면처리에 의한 나노박막 코팅기술
- 소재에 따른 대면적 초발수 표면 제작 공정 개발
- 시스템 분석을 위한 수학적 모델링 개발
- 초친수용 물질 평가 및 선정

#### (나) 연구 내용 및 범위

- 바이오 기술 적용 친환경 마감재 개발
  - 재활용 가능한 친환경 자재 처리공정 개발
  - 마감재 적용 가능 생분해성 소재 개발
  - 환경 친화형 건축내외장재 개발
  
- 바이오 섬유 복합재 계면 적합성 기초 연구
  - 바이오 섬유 개질 방안 조사 및 기초시험
  - 수분 및 자외선 흡수 메카니즘 연구 및 흡습 정밀 측정 방안 연구
  
- Nano-Pore 제어기술을 활용한 고성능 단열재료 개발
  - Nano pore 사용 재료 요소기술 개발
    - Nano pore 미세구조 메카니즘 분석 및 기본 특성 분석
  
- 탄소나노튜브를 이용한 유해전자파 흡수 건축 내장재 기술
  - 전자파 흡수용 나노소재 요소 기술 개발
    - 전자파 흡수용 나노소재 분석 및 기본 특성 분석
  
- 바이오 기술 적용 친환경 도료 개발
  - 천연수지 제조 및 합성 요소기술 확립
    - 바이오촉매에 의한 천연 중합체 합성 최적화
    - 천연수지 추출법 최적화 및 기능성 배합 기술 확립
  - 천연수지 분자량 조절 요소기술 확립
    - 바이오 촉매에 의한 분자량 조절 기술 최적화
    - 도막의 경화물성 향상기술 개발
  
- 화재대응형 친환경 내화도료 개발
  - 무용제형 발포 탄화체 형성 요소기술 확립

- 산촉매제/탄화제/발포제 배합 최적화
- 무용제형 내화도료의 코팅 기술 확립
- 고온형 내열 폴리머 합성 요소기술 확립
  - 무용제형 에폭시 주제/경화제 혼합 요소기술 확립
  - 무용제형 에폭시 반응시간 제어기술 확립

□ 대기압 플라즈마를 이용한 건축외장재 방오염내구성 향상기술 개발

- 최적화 플라즈마 반응기 개발
  - 200mm 상압플라즈마 모듈 설계 및 제작
  - 안정적인 글로우 플라즈마 발생
- 초발수 필름용 소재 평가 및 선정
- 초친수용 물질 평가 및 선정
- 시스템 평가를 위한 수학적 모델링 개발
  - 전자와 이온에 대한 밀도의 보존,
  - 질량 평균을 한 물체의 운동량 보존,
  - 전자에 대한 에너지 보존,
  - 혼합 가스에 대한 에너지 보존 을 고려한 유체 역학 모델을 사용함

$$\frac{\partial n_e}{\partial t} + \nabla \cdot \vec{\Gamma}_e = \dot{n}_e$$

$$\frac{\partial n_i^+}{\partial t} + \nabla \cdot (n_i^+ \vec{u}) = -\nabla \cdot \vec{\Gamma}_i^+ + \dot{n}_i^+$$

$$\frac{\partial n_i^{++}}{\partial t} + \nabla \cdot (n_i^{++} \vec{u}) = -\nabla \cdot \vec{\Gamma}_i^{++} + \dot{n}_i^{++}$$

$$\frac{\partial n^*}{\partial t} + \nabla \cdot (n^* \vec{u}) = -\nabla \cdot \vec{\Gamma}^* + \dot{n}^*$$

$$\frac{\partial n}{\partial t} + \nabla \cdot (n \vec{u}) = 0$$

$$\frac{\partial (nH)}{\partial t} + \nabla \cdot (nH \vec{u}) = -\frac{\partial p}{\partial t} - \nabla \cdot \vec{q} + \dot{Q}_c$$

$$\frac{\partial n \vec{u}}{\partial t} + \nabla \cdot (n \vec{u} \vec{u}) = -\nabla p + \nabla \cdot \sigma + \sum_k n_k \vec{F}_k$$

전자 전위 분포에 대해서 Poisson 방정식을 사용함

$$\nabla \cdot \varepsilon \nabla \phi = en_e - \sum_{i=\text{ions}} q_i n_i$$

충돌율과 평균 전자 에너지를 얻기 위해서 Boltzmann 방정식을 사용함. 수치해석을 통해 제조공정을 시스템적으로 연구함

(다) 성과평가지표

<표 22> 바이오 기술 적용 친환경 마감재 개발

연구목표	측정지표	측정 방법	선정 사유
생분해/생분괴성 건설재료의 제조	○수계배양액 중의 호기적생분해/생 분괴도 측정	○이산화탄소 발생량 측정 ○중량 감소 측정 ○옥외폭로실험 & 대기환경 실험	○자원순환의 극대화 ○건설재료의 친환경이미지 향상
생분해성 바이오 필름	○ISO기준에 따른 생분해도 측정	○암모니아발생량 측정	○자원순환의 극대화 ○기업경쟁력 향상

<표 23> 바이오 섬유 복합재 계면 적합성 기초 연구

연구목표	측정지표	측정 방법	선정 사유
바이오 섬유의 접착력	○ 8MPa 이상	○ 계면전단강도측정	기지재료와의 일체성 확보
바이오 섬유의 흡수율	○ 7% 이하	○ 흡수율 측정	과도한 흡수율은 내구성에 약점이 됨

<표 24> 나노기술을 활용한 고성능 단열재 및 유해전자파 흡수 내장재 개발

연구목표	측정지표	측정 방법	선정 사유
Nano-Pore 제어기술을 활용한 고성능 단열재료 개발	○ Nano-Pore 구성	○ 나노 다공질 구조 확인 (전자현미경)	○ 나노 다공질 구조 제어기술 확보
탄소나노튜브를 이용한 유해전자파 흡수 건축 내장재 기술	○ 탄소나노튜브 구성	○ 탄소나노튜브 구조확인 (전자현미경) ○ 전도성	전자파 흡수 원천 요소기술 확보

<표 25> 유해환경 대응형 도료 개발

연구목표	측정지표	측정 방법	선정 사유
바이오 기술 적용 친환경 도료 개발	○ 천연수지 함량 및 도막 물성 평가	○ 도료중 VOC 방출량 평가 ○ 도막 물성평가(KS)	천연도료의 내구성능 평가
화재 대응형 친환경 내화도료 개발	○ 무용제형 발포 탄화체 형성 요소기술 확립	○ 두께 대비 팽창도 ○ 내화성 ○ 내약품성 등 내구성	핵심요소기술 확보
	○ 도료용 고분자 수지 요소기술 확립	○ 도료성능평가	발포 탄화체 적용 도료 기술력 확보

<표 26> 대기압 플라즈마를 이용한 건축외장재 방오염내구성 향상기술 개발

연구목표	측정지표	측정 방법	선정 사유
상압플라즈마 발생	글로우 플라즈마 200mm이상	오실로스코프	- 플라즈마의 대면적화 달성
초발수성	접촉각 140°이상	접촉각 측정기	- 초발수성 평가
초친수 물질 박막 코팅	박막 두께	$\alpha$ -step	- 두께 측정

**(2) 2차년도 (2009. 9. 1. ~ 2010. 8. 31.)**

**(가) 연구목표**

바이오 섬유 복합재 계면 적합성/결합강도/흡습 연구

- 바이오 섬유 표면 처리 방안 모색
- 수분 및 자외선 흡수 메카니즘 정립
- 자외선 조사/흡수량 조사

Nano-Pore 제어기술을 활용한 고성능 단열재료 개발

- Nano pore 사용 재료 요소기술 개발

탄소나노튜브를 이용한 유해전자파 흡수 건축 내장재 기술

- 전자파 흡수용 나노소재 요소 기술 개발

바이오 기술을 적용하여 천연물질(수지 및 미생물 소재)을 이용한 친환경 도료 마감재 개발

- 도료를 포함한 코팅재료 및 도료 등의 건축자재에서는 포름알데히드, 톨루엔 등의 VOCs를 다량으로 방출하여 최종 소비자에게 건강상 악영향을 주어 국민 삶의 질을 떨어뜨리는 것이 연구결과 발표되었음
- 실리콘과 기타 수지의 중합에 의하여 오염물질에 대한 자기정화기능을 부여하고 부착성 및 내후성 등의 기타 물성을 향상시킴으로써 내구수명 30년 이상의 건축용 도료를 개발하고자 함
- 국민의 삶의 질 향상을 위하여 천연물질(수지 및 미생물 소재)을 이용한 유해물질 발생 저감형 친환경도료 및 biofilm-코팅재료를 개발함으로써 VOC's 방출 저감을 목표로 함

바이오 기술 적용 친환경 도료 개발

- VAC(휘발성방향족물질) 저감 최적화 기술개발
- 천연수지 및 첨가제와의 상용성 증대 기술 개발

친환경 초고층건물용 내화도료 개발

- 발포 성능 향상 요소기술 확립
- 발포형 도료 성능평가 기술(1)
  
- 대기압 플라즈마를 이용한 건축외장재 방오염내구성 향상기술 개발
  - 상압플라즈마 표면처리에 의한 나노박막 코팅기술
  - 대면적 초발수 필름 처리 기술 개발
  - 다양한 코팅 기술 개발

(나) 연구 내용 및 범위

- 바이오 섬유 복합재 계면 적합성/결합강도/흡습 연구
  - 바이오 섬유 표면 처리 방안 연구
  - 수분 및 자외선 흡수 메카니즘 연구
  - 자외선 조사/흡수량 시험
  
- Nano-Pore 제어기술을 활용한 고성능 단열재료 개발
  - Nano pore 사용 재료 요소기술 개발
    - 재료별 특성 분석 및 합성기술 개발
  
- 탄소나노튜브를 이용한 유해전자파 흡수 건축 내장재 기술
  - 전자파 흡수용 나노소재 요소 기술 개발
    - 재료별 특성 분석 및 합성기술 개발
  
- 천연물질(수지 및 미생물 소재)을 이용한 친환경 도료 마감재 개발
  - VOC's 저감 기법
  - 용제용해도 증대
  - 용제기화억제 및 유해물질 분해
  - 악취제거 기술 개발
  
- 바이오 기술 적용 친환경 도료 개발
  - VAC(휘발성방향족 물질) 저감 최적화 기술개발
    - 천연수지 함유 천연방향족 물질(VAC) 저감 기술
  - 천연수지 및 첨가제와의 상용성 증대 기술 개발
    - 첨가제(분산제, 증점제 등)과 Binder와의 최적 상용화 기술

□ 화재대응형 친환경 내화도료 개발

- 발포 성능 향상 요소기술 확립
  - 산촉매제/탄화제/발포제 배합량 조정 기술 개발
  - Binder 대비 발포체 구성 비율 제어 기술 개발
- 발포형 도료 성능평가 기술(1)
  - 팽창도료 열전도 측정기술

□ 대기압 플라즈마를 이용한 건축외장재 방오염내구성 향상기술 개발

- 공정프로세스 시스템 구축/개발
  - 상압플라즈마 공정개발을 통한 나노박막 구현
- 대면적 초발수 표면 제작 장치 및 공정 개발
- 초친수 물질 코팅 장치 및 공정 개발

(다) 성과평가지표

<표 27> 바이오 섬유 복합재 계면 적합성/결합강도/흡습 연구

연구목표	측정지표	측정 방법	선정 사유
바이오섬유의 접착력	○ 9MPa 이상	○ 계면전단강도측정	기지재료와의 일체성 확보
바이오섬유의 흡수율	○ 6% 이하	○ 흡수율 측정	과도한 흡수율은 내구성에 약점이 됨
자외선 흡수율 측정	○ 자외선 흡수량	○ 자외선 측정기	자외선 흡수는 건축자재의 내구성 증대
바이오필름-코팅재료	○기존 제품에 비해 VOCs 배출 저하	○DMPH, Ozone 스크래버 Kit 이용	○오염물질 분해로 인한 위해요소 저감

<표 28> 나노 기술을 활용한 고성능 단열재 및 유해전자파 흡수 내장재 개발

연구목표	측정지표	측정 방법	선정 사유
Nano-Pore 제어기술을 활용한 고성능 단열재료 개발	Nano pore 및 타 재료 합성기술	○ 나노 다공질 구조 확인 (전자현미경) ○ 품질 균일성	○ 대량생산 공정수립을 위한 기초기술력 확보
탄소나노튜브를 이용한 유해전자파 흡수 건축 내장재 기술	탄소나노튜브 및 타 재료 합성기술	○ 나노구조 확인 (전자현미경) ○ 전도성 ○ 나노구조 최적화 확인	○ 전자파 차폐/흡수를 위한 최적 구조설계/생산 능력 확보

<표 29> 유해환경 대응형 도료 개발

연구목표	측정지표	측정 방법	선정 사유
바이오 기술 적용 친환경 도료 개발	○포름알데히드와 VOCs의 함량을 기준치(국내) 이하 함유 도료 ○기존 제품에 비해 용제기화억제 및 유해물질 저감	○DMPH, Ozone 스크래버 Kit 이용 ○GC등의 측정기기 이용	○고부가가치 제품 선도위치 선점
화재 대응형 친환경 내화도료 개발	○발포 성능 향상 요소기술 확립	○ 도료 안정성	○ 발포형 도료의 시공성 및 안정성 기술력 확보

<표 30> 대기압 플라즈마를 이용한 건축외장재 방오염내구성 향상기술 개발

연구목표	측정지표	측정 방법	선정 사유
증착효율	증착속도 1nm/sec	$\alpha$ -step	높은 생산성 확보를 위한 효율 평가
대면적 처리	폭 600mm 이상/접촉각 140°이상	길이 측정/접촉각 측정	대면적 커리후 처리면 폭에 대한 균일성 평가
TiO <sub>2</sub> , SiO <sub>2</sub> , SiNO <sub>x</sub> 나노박막	Ti, Si, N, O 조성 분석/화학양론	박막원소 및 조성분석	박막 조성 및 두께 제어

**(3) 3차년도 (2010. 9. 1. ~ 2011. 8. 31.)**

(가) 연구목표

바이오 기술을 이용한 유해물질 저감형 친환경 접착제 개발

- 고성능 포름알데히드 Free형 접착제 개발
- 생분해성/생분괴성 수지의 개발에 따른 생분해성 바이오 필름 개발

바이오 섬유 복합재 계면 적합성/결합강도/방습 연구

- 바이오 섬유 표면 처리 및 기지재 투과 특성 분석
- 수분 및 자외선 흡수 메카니즘 정립
- 자외선 조사/흡수량 감소

Nano-Pore 제어기술을 활용한 고성능 단열재료 개발

- Nano pore 사용 재료 최적배합 기술 개발

- 탄소나노튜브를 이용한 유해전자파 흡수 건축 내장재 기술
  - 전자파 흡수용 나노소재 최적배합 기술 개발
- 바이오 기술 적용 친환경 도료 개발
  - 천연수지 경화반응성 향상 기술 개발
  - UV 경화 반응형 촉매 반응기술 개발
- 화재대응형 친환경 내화도료 개발
  - 발포형 도료 성능평가 기술(2)
  - 발포 단열체 내화성능 유지 요소기술 개발
- 대기압 플라즈마를 이용한 건축외장재 방오염내구성 향상기술 개발
  - 상압 플라즈마 진단 및 평가기술 개발
  - 초발수 표면 처리 공정 최적화 기술 개발
  - 대면적 초친수 코팅 최적화 기술 개발
  - 코팅 박막 Data Base화

(나) 연구 내용 및 범위

- 바이오 기술을 이용한 유해물질 저감형 친환경 접착제 개발
  - 고성능 포름알데히드 Free형 접착제의 개발
  - 생분해성/생분괴성 수지의 개발에 따른 생분해성 바이오 필름 개발
- 바이오 섬유 복합재 계면 적합성/결합강도/방습 연구
  - 바이오 섬유 표면 처리 및 기지재 투과 특성 연구
  - 수분 및 자외선 흡수 메카니즘 연구
  - 자외선 조사/흡수량 시험
- Nano-Pore 제어기술을 활용한 고성능 단열재료 개발
  - Nano pore 사용 재료 최적배합 기술 개발
    - 기본 역학적 특성, 단열성, 난연성 고려 최적배합 도출
- 탄소나노튜브를 이용한 유해전자파 흡수 건축 내장재 기술

- 전자과 흡수용 나노소재 최적배합 기술 개발
  - 기본 역학적 특성, 단열성, 난연성 고려 최적배합 도출

□ 바이오 기술 적용 친환경 도료 개발

- 천연수지 경화반응성 향상 기술 개발
  - 경화반응성 향상에 의한 건조도막 물성평가 및 경화거동 연구
- UV 경화 반응형 촉매 반응기술 개발
  - UV에 의한 고경도 도막 형성기술개발

□ 화재대응형 친환경 내화도료 개발

- 발포형 도료 성능평가 기술(2)
  - 고온 물성 평가기술 개발
- 발포 단열체 내화성능 유지 요소기술 개발
  - 활성표면 탄소 나노입자 요소기술 확립
  - 나노 클레이 단면박리 요소기술 확립

□ 대기압 플라즈마를 이용한 건축외장재 방오염내구성 향상기술 개발

- 프로세스 진단 및 박막진단
- 대면적 초발수 투명 폴리머 필름 연속 제작 공정 개발
- 코팅 기술 Data 화
- 모재/코팅 계면 제어 기술 개발

(다) 성과평가지표

<표 31> 바이오 기술을 이용한 유해물질 저감형 친환경 접착제 개발

연구목표	측정지표	측정 방법	선정 사유
고성능 포름알데히드 Free형 접착제의 개발	○포름알데히드 방출농도 0.3ppm 이하 ○난연 2등급 이상	○DMPH, Ozone 스크래버 Kit 이용	○선진기술확보 ○국민의 삶의 질 향상
생분해성 바이오 필름 제작	○ISO기준에 따른 생분해도 측정	○암모니아발생량 측정	○자원순환의 극대화 ○기업경쟁력 향상

<표 32> 바이오 섬유 복합재 계면 적합성/결합강도/흡습 연구

연구목표	측정지표	측정 방법	선정 사유
바이오 섬유의 접착력	○ 9MPa 이상	○ 계면전단강도측정	기지재료와의 일체성 확보
바이오 섬유의 흡수율	○ 5% 이하	○ 흡수율 측정	과도한 흡수율은 내구성에 악점이 됨
자외선 흡수율 측정	○ 자외선 흡수량	○ 자외선 측정기	자외선 흡수는 건축자재의 내구성 증대

<표 33> 나노 기술을 활용한 첨단복합재료 개발

연구목표	측정지표	측정 방법	선정 사유
Nano-Pore 제어기술을 활용한 고성능 단열재료 개발	○ 역학적 특성 ○ 단열성 ○ 난연성	○ 강도시험 ○ 단열/내열 시험 ○ 난연시험	○ 최적설계/제조 능력 확보
탄소나노튜브를 이용한 유해전자파 흡수 건축 내장재 기술	○ 역학적 특성 ○ 전자파 흡수성 ○ 난연성	○ 강도시험 ○ EMI Shielding 테스트 ○ 난연시험	○ 전자파 흡수용 마감재 제조 기술력 확보

<표 34> 유해환경 대응형 도료 개발

연구목표	측정지표	측정 방법	선정 사유
바이오 기술 적용 친환경 도료 개발	○ 바이오기술 경화 반응성 평가	○ RPT에 의한 경화성 측정	○ 고내구성 도막 형성 기술
화재 대응형 친환경 내화도료 개발	○ 발포 단열체 내화성능유지 요소기술	○ 발포체 유지성	○ 충분한 내화성능 확보(>3시간)를 위한 원천 기술력 확보

<표 35> 대기압 플라즈마를 이용한 건축외장재 방오염내구성 향상기술 개발

연구목표	측정지표	측정 방법	선정 사유
부착강도	80mN/mm	Tape Test	복합재료 및 표면 기능박막의 내구성 향상 평가
연속처리	부위별 접촉각 측정/140°이상	접촉각 측정기	연속처리후 공정의 안정성 평가
고내구성	경도유지	Weathering 테스트후	실제 환경에서의 내구성 평가를 위한 모사 평가

**(4) 4차년도(2011. 9. 1. ~ 2012. 8. 31.)**

(가) 연구목표

바이오 섬유 복합재 내구성 및 내후성 파라미터 연구

- 바이오 섬유 고분자 복합재 내구성 및 내후성 향상
- 기계적 특성 향상

Nano-Pore 제어기술을 활용한 고성능 단열재료 개발

- Nano pore 사용 내장재 제조기술 개발
- Nano pore 사용 내장재의 경제성 평가

탄소나노튜브를 이용한 유해전자파 흡수 건축 내장재 기술

- 전자파 흡수용 나노소재 이용 내장재 제조기술 개발
- 전자파 흡수용 나노소재 이용 내장재의 경제성 평가

□ 바이오 기술 적용 친환경 도로 개발

- 고경도 도막 형성 및 반응성 기술 개발
- 고풍택 경화반응 배합 기술개발

□ 친환경 초고층건물용 내화도로 개발

- 발포 단열체 내화성능 유지제 개발
- Off site 코팅 기술(1)

□ 대기압 플라즈마를 이용한 건축외장재 방오염내구성 향상기술 개발

- 상압 플라즈마 코팅 최적화 기술 개발
- Roll-to-roll 공정 기술을 이용한 초발수 필름 제조 기술 개발
- Roll-to-Roll 코팅 기술을 이용한 연성 칼라 Sheet 제조 기술 개발

(나) 연구 내용 및 범위

□ 바이오 섬유 복합재 내구성 및 내후성 파라미터 연구

- 바이오 섬유 고분자 복합재 내구성 및 내후성 분석
- 기계적 특성 시험 및 분석

□ Nano-Pore 제어기술을 활용한 고성능 단열재료 개발

- Nano pore 사용 내장재 제조기술 개발
  - 박판형 시트 제조기술 정립
  - 두께에 따른 요구성능 평가 분석 및 최적 사이즈 도출
- Nano pore 사용 내장재의 경제성 평가
  - 제조 사이즈별 제조비용, 시공비용 등 경제성 평가

□ 탄소나노튜브를 이용한 유해전자파 흡수 건축 내장재 기술

- 전자파 흡수용 나노소재 이용 내장재 제조기술 개발
  - 박판형 시트 제조기술 정립
  - 두께에 따른 요구성능 평가 분석 및 최적 사이즈 도출

- 전자파 흡수용 나노소재 이용 내장재의 경제성 평가
  - 제조 사이즈별 제조비용, 시공비용 등 경제성 평가

□ 바이오 기술 적용 친환경 도로 개발

- 고경도 도막 형성 및 고반응성 기술 개발
  - 바이오수지의 가교밀도 향상기술 개발
- 고광택 경화반응 배합 기술개발
  - 최적도장 프로세스 개발

□ 친환경 초고층건물용 내화도로 개발

- 발포 단열체 내화성능 유지제 개발
  - 활성표면 탄소 나노입자 개발
  - 나노 클레이 단면박리 개발
- Off site 코팅 기술(1)
  - 고온 내화력 유지 표면강도 증진기술

□ 대기압 플라즈마를 이용한 건축외장재 방오염내구성 향상기술 개발

- 공정프로세스 시스템 최적화
- 대면적 초발수 투명 폴리머 필름 양산성 평가
- 대면적 초친수 코팅층 양산성 평가
- 연속 코팅 시스템을 이용한 박막 연속 코팅 기술 개발 ( 폭 : 600mm 이상)

(다) 성과평가지표

<표 36> 바이오 섬유 복합재 내구성 및 내후성 파라미터 연구

연구목표	측정지표	측정 방법	선정 사유
바이오섬유의 접착력	○ 10MPa 이상	○ 계면전단강도측정	기지재료와의 일체성 확보
바이오섬유의 흡수율	○ 4% 이하	○ 흡수율 측정	과도한 흡수율은 내구성에 약점이 됨
기계적 특성	○ 기계적 특성 20% 향상	○ 인장력 ○ 전단강도	기지재료의 성능과 일체성 확보

<표 37> 나노 기술을 활용한 고성능 단열재 및 유해전자파 흡수 내장재 개발

연구목표	측정지표	측정 방법	선정 사유
Nano-Pore 제어기술을 활용한 고성능 단열재료 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 역학적 특성</li> <li>○ 단열성</li> <li>○ 난연성</li> <li>○ 성형성</li> <li>○ 경제성</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 강도시험</li> <li>○ 열전도 시험</li> <li>○ 난연 시험</li> <li>○ 사이즈, 편평도</li> <li>○ 제조비, 시공비</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 나노 기술을 사용한 고부가가치 단열상품 생산</li> <li>○ 원천기술 확보</li> </ul>
탄소나노튜브를 이용한 유해전자파 흡수 건축 내장재 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 역학적 특성</li> <li>○ 전자파 흡수성</li> <li>○ 난연성</li> <li>○ 성형성</li> <li>○ 경제성</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 강도시험</li> <li>○ EMI Shielding 테스트</li> <li>○ 난연 시험</li> <li>○ 사이즈, 편평도</li> <li>○ 제조비, 시공비</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 전자파 차폐/흡수용 신유기고분자 제조 원천기술력 확보</li> </ul>

<표 38> 유해환경 대응형 도료 개발

연구목표	측정지표	측정 방법	선정 사유
바이오 기술 적용 친환경 도료 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 도막의 가교밀도 및 경도</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 마이크로경도계</li> <li>○ 색차/광택계</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 도장소지에 대한 고경도 및 고가교성 유지 여부</li> </ul>
화재 대응형 친환경 내화도료 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 발포 단열체 내화성능 유지제 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 발포 단열체 지속성</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 충분한 내화성능 확보(&gt;3시간)를 위한 내화도료 생산 기술력 확보</li> </ul>

<표 39> 대기압 플라즈마를 이용한 건축외장재 방오염내구성 향상기술 개발

연구목표	측정지표	측정 방법	선정 사유
증착효율	증착속도 1.5nm/sec	$\alpha$ -step	생산성 확보를 위한 효율 평가
고내구성	UV조사 4주 이상	UV조사 실험	자기 세정 기능의 퇴화거동 분석
대면적 처리	폭 600mm 이상	길이 평가	대면적 처리 후 공정의 안정성 평가

**(5) 5차년도 (2012. 9. 1. ~ 2013. 8. 31.)**

(가) 연구목표

바이오 기술을 이용한 환경독성물질 저감형 바이오 건설 복합재료 제조기술 개발

- 환경독성물질 저감형 바이오 건설복합재 제조기술 개발
- 포름알데히드 Free형 FR보드 개발

바이오 섬유 복합재 내구성 및 내후성 향상 응용 기술 개발

- 바이오 섬유 고분자 복합재 내구성 및 내후성 향상 및 응용
- 기계적 특성 향상 및 응용

Nano-Pore 제어기술을 활용한 고성능 단열재료 개발

- Nano pore 사용 내장재 Mock up 테스트
- Nano pore 사용 내장재 시공지침 정립

탄소나노튜브를 이용한 유해전자파 흡수 건축 내장재 기술

- 전자파 흡수용 나노소재 이용 내장재 Mock up 테스트
- 전자파 흡수용 나노소재 이용 내장재의 시공지침 정립

바이오 기술 적용 친환경 도료 개발

- 고내구성 및 고내후성 도막향상 기술 개발
- 바이오도료 대량 생산 최적화 기술개발

□ 친환경 초고층건물용 내화도료 개발

- Off site 코팅 기술(2)
- 내구성능 향상기술

□ 대기압 플라즈마를 이용한 건축외장재 방오염내구성 향상기술 개발

- 상압 플라즈마 코팅 실용화 기술 개발
- 연속 공정 기술을 이용한 초발수 필름 실용화 기술 개발
- 대면적 초친수 물질 연속 코팅 기술 개발

(나) 연구 내용 및 범위

□ 바이오 기술을 이용한 환경독성물질 저감형 바이오 건설 복합재료 제조기술 개발

- 환경독성물질 저감형 바이오 건설 복합재 제조기술 개발
- 포름알데히드 Free형 FR보드 개발

□ 바이오 섬유 복합재 내구성 및 내후성 향상 응용 기술 개발

- 바이오 섬유 고분자 복합재 내구성 및 내후성 연구
- 기계적 특성 향상 및 응용 기술

□ Nano-Pore 제어기술을 활용한 고성능 단열재료 개발

- Nano pore 사용 내장재 Mock up test
  - 박판형 시트재의 시험시공 및 feed back
  - 박판형 시트재 제조기술 개선
- Nano pore 사용 내장재 시공지침 정립
  - 박판형 시트재의 적용 부위별 시공지침 정립

□ 탄소나노튜브를 이용한 유해전자파 흡수 건축 내장재 기술

- Nano pore 사용 내장재 Mock up test
  - 박판형 시트재의 시험시공 및 feed back

- 박판형 시트재 제조기술 개선
- Nano pore 사용 내장재 시공지침 정립
  - 박판형 시트재의 적용 부위별 시공지침 정립
- 바이오 기술 적용 친환경 도료 개발
  - 고내구성 및 고내후성 도막 향상기술 개발
    - 내마모성 및 기능성능 평가에 의한 도막형성 기술 확립
  - 바이오도료 대량 생산 최적화 기술개발
    - UV경화 최적화 촉매 및 수지 배합기술 확립
- 친환경 초고층건물용 내화도료 개발
  - Off site 코팅 기술(2)
    - 국부손상 마감기술
  - 내구성능 향상기술
    - 장수명 내구력 유지기술
- 대기압 플라즈마를 이용한 건축외장재 방오염내구성 향상기술 개발
  - 상압 플라즈마 연속 공정 기술 개발
  - 대면적 초발수 투명 폴리머 필름 연속 기술 개발
  - 대면적 초친수 물질 연속 코팅 기술 개발
  - 박막 코팅 연속 생산 기술 개발
  - 신뢰성 향상 기술 개발
  - 
  - 포름알데히드 Free형 FR보드 개발

(다) 성과평가지표

<표 40> 바이오 기술을 이용한 환경독성물질 저감형 바이오 건설 복합재료 제조기술 개발

연구목표	측정지표	측정 방법	선정 사유
포름알데히드 Free형 FR보드 개발	○포름알데히드 방출농도 0.3 ppm이하	○DMPH, Ozone 스크래버 Kit 이용	○지구환경보전 ○국제기술장벽제거
환경독성물질 저감형 바이오 건설복합재 제조기술 개발	○강도(28일) 30MPa 이상	○만능재료시험기 (Universal testing Machine)	○강도 확보

<표 41> 바이오 섬유 복합재 내구성 및 내후성 향상 응용 기술 개발

연구목표	측정지표	측정 방법	선정 사유
바이오 섬유의 접착력	○ 10MPa 이상	○ 계면전단강도 측정	기지재료와의 일체성 확보
바이오 섬유의 흡수율	○ 4% 이하	○ 흡수율 측정	과도한 흡수율은 내구성에 약점이 됨
기계적 특성	○ 기계적 특성 20% 향상	○ 인장력 ○ 전단강도	기지재료의 성능과 일체성 확보

<표 42> 나노 기술을 활용한 고성능 단열재 및 유해전자파 흡수 내장재 개발

연구목표	측정지표	측정 방법	선정 사유
Nano-Pore 제어기술을 활용한 고성능 단열재료 개발	○ Mock up 적용 ○ 시공지침	○ small scale 시험적용 ○ 시공지침	○ 실용화를 위한 시험시공 및 개선안, 시공지침 정립
탄소나노튜브를 이용한 유해전자파 흡수 마감재 기술	○ Mock up 적용 ○ 시공지침	○ small scale 시험적용 ○ 시공지침	○ 실용화를 위한 시험시공 및 개선안, 시공지침 정립

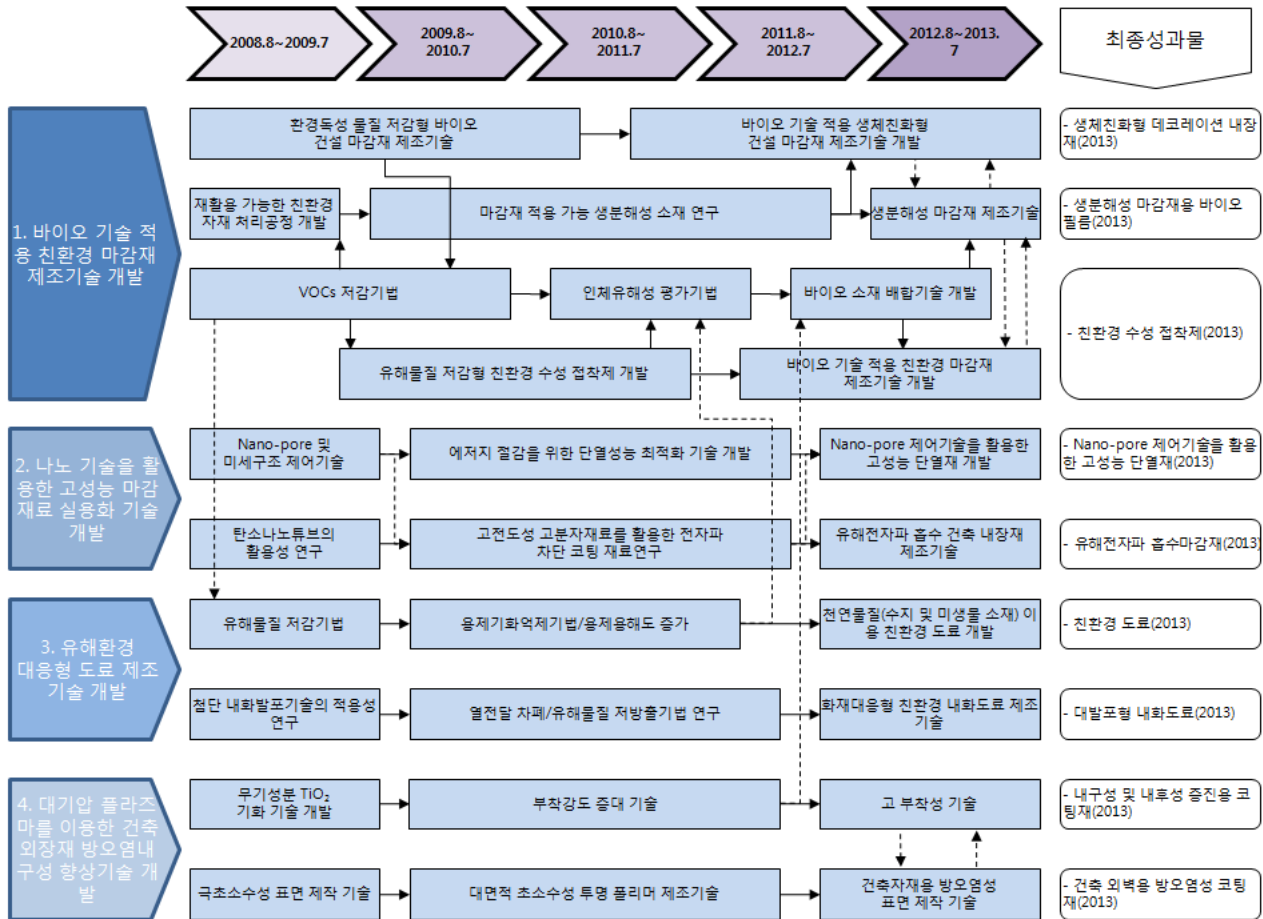
<표 43> 유해환경 대응형 도료 개발

연구목표	측정지표	측정 방법	선정 사유
바이오 기술 적용 친환경 도료 개발	T-VOCs 방출량 : 0.050mg/m <sup>2</sup> ·h 이하	○ 내오염도 ○ 공기정화도 (VOC, 포름알데히드 저감도 등)	○ 친환경 도료 개발에 따른 세계시장 우위 선점
화재 대응형 친환경 내화도료 개발	발포형 내화재 내구성능 향상기술(10년이상)	○ 내구성시험	○ 내구성 확보에 따른 고부가가치화

<표 44> 대기압 플라즈마를 이용한 건축외장재 방오염내구성 향상기술 개발

연구목표	측정지표	측정 방법	선정 사유
대면적 상압플라즈마 방전 및 연속 처리	글로우 방전 길이 800mm 이상/길이에 따른 두께 측정	오실로스코프/ $\alpha$ -ste p	양산 가능성 평가
대면적 초발수 연속 처리	폭 600mm/부위에 따른 접촉각 140°이상	접촉각 측정기	양산 가능성 평가
초친수 연속 처리	폭 600mm/부위에 따른 물성 변화	물성 측정기	양산 가능성 평가

## 마. 기술로드맵



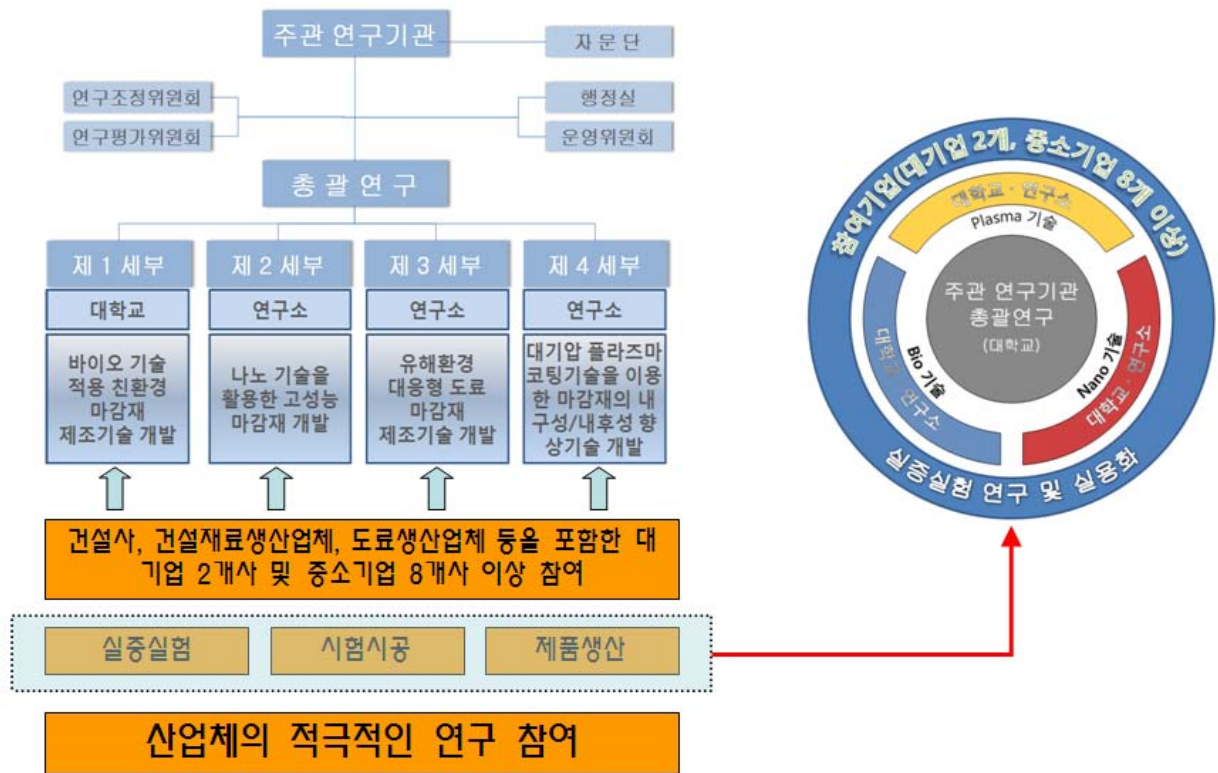
[그림 13] 기술로드맵

## 5. 연구개발 추진전략

### 가. 연구개발 추진체계

이 연구는 국내의 건설기술을 선진화하고 국제적 수준으로 발전시키기 위하여 제안되었다. 건설기술은 전통적인 구조, 시공 및 재료 공학 분야를 중심으로 하여 첨단 IT 기술까지를 포함하고 있는 종합 공학 분야로 발전하고 있다. 이러한 국제적인 기술 발전 추세에 부응하는 연구를 수행하기 위하여 이 연구과제의 수행 주체는 국내에서 충분한 연구능력을 보유한 기관으로 구성되어야 하며, 연구 인력은 각 수행 주체 기관에서 오랜 경험과 우수한 연구 실적을 가진 연구원으로 구성하는 것이 바람직하다.

그림 18과 그림 19에서 이 연구과제의 연구 개발 추진 체계의 개념 및 수행 기관 별 담당 연구 과제를 각각 도시하였다. 주관연구기관은 학계나 연구소 등 충분한 연구능력을 보유한 기관이 바람직하며, 특히 이 연구에서 개발된 다양한 기술을 실용화하여 산업계에 이전하기 위하여, 2개 이상의 건설회사 및 8개 이상의 중소기업이 참여하는 것을 원칙으로 한다. 본 연구의 최종목표 수행을 위해 작성한 기술로드맵에 근거하여 8개 주제의 연구가 4개의 세부과제별로 분류되어 수행될 예정이다. 따라서, 주관연구기관에서는 전체의 세부과제에서 진행되는 연구를 기획 조정 관리하며, 세부과제수행기관 간의 연구 결과를 취합하고 종합하여 완성된 기술을 도출한다. 연구에 있어서, 연구개발체계는 연구의 효율성과 연계성 그리고 종합화 및 실용화를 위하여 아래와 같이 유기적으로 구성한다.



[그림 14] 연구개발 추진 체계 개념도 및 연구 수행 조직도

각종 행정적 업무 그리고 각 세부과제간의 업무 연락을 위하여 행정실을 둔다. 연구 방향 및 국제적인 연구동향 등에 대한 자문 활동을 위하여 국내의 원로 교수 및 기술자를 중심으로 자문단을 구성하고 전체적인 운영을 총괄하는 운영 위원회를 구성한다. 운영위원회는 각 세부 과제의 책임 연구원으로 구성한다. 특히 이 연구과제는 융합기술을 바탕으로 여러 분야가 복합되어야 하므로 각 세부과제 간의 긴밀한 협력이 필요하다. 따라서, 각 세부 과제에 수행되고 있는 연구 주제의 진행 상황을 파악하여 적절한 시기에 협동 연구를 주관하고 연구결과를 취합하기 위하여 연구조정위원회를 구성한다. 이 연구과제의 특성상 대규모 연구진이 방대한 연구과제를 수행하기 때문에, 중앙 통제 조직이 없으면 유사 과제가 수행될 수 있다. 연구조정위원회에서는 이러한 유사 과제의 수행을 미연에 방지하고, 많은 연구비가 소요되는 실험을 가능한 여러 연구주제에서 공동으로 실시하고 실험 결과를 공유할 수 있도록 실험 일정을 조정한다. 연구조정위원회는 각 세부 연구 연구원을 중심으로 구성한다. 각 세부과제는 세부과제 책임자 중심으로 운영한다.

<표 45> 1세대 연구개발 추진 전략 및 중간 성과물

세부과제명	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
<p>바이오 기술 적용 친환경 마감재 개발 (1세대)</p>	<p>□ 바이오 기술을 적용하여 환경부담 저하를 위한 생분해성 마감재 제조</p> <p>□ 바이오 섬유 복합재 계면 적합성 연구</p>	<p>□ 바이오 섬유 복합재 계면 적합성/결합도 연구</p>	<p>□ 바이오 기술을 이용한 유해물질 저감형 친환경 접착제 개발</p> <p>□ 바이오 섬유 복합재계면 적합성/결합도 향상 연구</p>	<p>□ 바이오 섬유 복합재 내구성 및 내후성 파라미터 연구</p>	<p>□ 바이오 기술을 이용한 환경독성물질 저감형 바이오 건설 마감재 제조기술 개발</p> <p>□ 바이오 섬유 복합재 내구성 및 내후성 향상 응용 개발</p>
<p>중간성과물</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 건설폐기물의 재활용 증대를 위한 친환경 처리 기술 개발</li> <li>• 마감재 적용 가능한 생분해성 소재 개발</li> <li>• 환경 친화형 건축내외장재 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• VOC's 저감 기법</li> <li>• 용제기화억제 및 유해물질 분해</li> <li>• 약취제거 기술 개발</li> <li>• 바이오 섬유 표면 처리 방안 연구</li> <li>• 수분 및 자외선 흡수 메카니즘 연구</li> <li>• 자외선 조사/흡수량 시험</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고성능 포름알데히드 Free형 접착제의 개발</li> <li>• 생분해성/생분괴성 수지의 개발에 따른 생분해성 바이오 필름 개발</li> <li>• 바이오 섬유 표면 처리 및 기지재 투과 특성 연구</li> <li>• 수분 및 자외선 흡수 메카니즘 연구</li> <li>• 자외선 조사/흡수량 시험</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 바이오 섬유 고분자 복합재 내구성 및 내후성 분석</li> <li>• 기계적 특성 시험 및 분석</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 환경독성물질 저감형 바이오 건설 마감재 개발</li> <li>• 생분해성 바이오 필름</li> <li>• 생체친화형 데코레이션 내장재 개발</li> <li>• 바이오 섬유 고분자 복합재 내구성 및 내후성 연구</li> <li>• 기계적 특성 향상 및 응용 기술</li> </ul>

<표 46> 2세부 연구개발 추진 전략 및 중간 성과물

세부과제명	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
나노 기술을 활용한 고성능 단열재 및 유해전자파 흡수 내장재 개발 (2세부)	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Nano pore 사용 재료 요소기술 개발</li> <li><input type="checkbox"/> 전자파 흡수용 나노소재 요소 기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Nano pore 사용 재료 요소기술 개발</li> <li><input type="checkbox"/> 전자파 흡수용 나노소재 요소 기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Nano pore 사용 재료 최적배합 기술 개발</li> <li><input type="checkbox"/> 전자파 흡수용 나노소재 최적배합 기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Nano pore 사용 내장재 제조기술 개발 및 경제성 평가</li> <li><input type="checkbox"/> 전자파 흡수용 나노소재 이용 내장재 제조기술 개발 및 경제성 평가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Nano pore 사용 내장재 Mock up test 및 시공지침 정립</li> <li><input type="checkbox"/> 전자파 흡수용 나노소재 이용 내장재 Mock up test 및 시공지침 정립</li> </ul>
중간성과물	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Nano pore 사용 재료 요소기술 개발</li> <li>◦ 전자파 흡수용 나노소재 요소 기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Nano pore 사용 재료 합성기술 개발</li> <li>◦ 전자파 흡수용 나노소재 합성 기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Nano pore 사용 재료 최적배합 기술 개발</li> <li>◦ 전자파 흡수용 나노소재 최적배합 기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Nano pore 사용 내장재 제조기술 개발</li> <li>◦ 전자파 흡수용 나노소재 이용 내장재 제조기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Nano pore 사용 내장재 시공 디테일 및 시공지침</li> <li>◦ 전자파 흡수용 나노소재 이용 내장재 시공 디테일 및 시공지침</li> </ul>

<표 47> 3세부 연구개발 추진 전략 및 중간 성과물

세부과제명	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
유해환경 대응형 도로 개발 (3세부)	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 천연수지 함성 및 분자량 조절 요소 기술 확립</li> <li><input type="checkbox"/> 첨단 내화발포기술의 적용성 검토 및 기술개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 휘발성방향족물질(VAC) 방출 및 함량 유량 제어기술개발</li> <li><input type="checkbox"/> 열전달차폐/유해물질 방출저감기법</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> UV에의한 천연수지 경화반응기술 개발</li> <li><input type="checkbox"/> 열전달차폐/유해물질 방출저감기법</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 고경도 및 고강택도막 형성기술 개발</li> <li><input type="checkbox"/> 열전달차폐/유해물질 방출저감기법</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 바이오도로 대량 생산 최적화 기술 확립</li> <li><input type="checkbox"/> 화재대응형 친환경 내화도로 개발</li> </ul>
중간성과물	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 탄소나노튜브 요소 기술 개발</li> <li>· 탄소나노튜브용 고분산 코팅액 요소기술</li> <li>· 무용제형 발포 탄화체 형성 요소기술 확립</li> <li>· 치료용 고분자 수지 요소 기술 확립</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 탄소나노튜브 개발</li> <li>· 탄소나노튜브용 고분산 코팅액 개발</li> <li>· 발포 성능 향상 요소기술 확립</li> <li>· 발포형 도로 성능평가 기술</li> <li>· 발포형 도로 성능평가 기술</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 고성능 전도성 고분자 요소기술 개발</li> <li>· 전도성 고분자용 고분산 코팅액 요소기술</li> <li>· 발포형 도로 성능 평가 기술</li> <li>· 발포 단열체 내화성능 유지 요소기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 고성능 전도성 고분자 재료 개발</li> <li>· 전도성 고분자용 고분산 코팅액 요소기술</li> <li>· 발포 단열체 내화성능 유지제 개발</li> <li>· Off site 코팅 기술</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 실내용 바이오 도로</li> <li>· 목재형 바이오 도로</li> <li>· Off site 코팅 기술</li> <li>· 내구성능 향상기술</li> </ul>

<표 48> 4세대 연구개발 추진 전략 및 중간 성과물

세부과제명	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
대기압 플라즈마를 이용한 건축외장재 방오염내구성 향상기술 개발 (4세부)	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 무기성분 TiO<sub>2</sub> 기화기술개발</li> <li><input type="checkbox"/> 극초소수성 표면 제작 기술</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> fiber 균일분산/부착량도 증대기술</li> <li><input type="checkbox"/> 대면적 초소수성 투명플러머제조기술</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 박막나노코팅/고부착성 기술</li> <li><input type="checkbox"/> 대면적 초소수성 투명플러머제조기술</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 박막나노코팅/고부착성 기술</li> <li><input type="checkbox"/> 대면적 초소수성 투명플러머제조기술</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 고부착성 기술 개발</li> <li><input type="checkbox"/> 건축외장재 방오염성 표면 제작 기술 개발</li> </ul>
중간성과물	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 최적화 플라즈마 반응기 개발</li> <li>◦ 초발수 필름용 소재 평가 및 선정</li> <li>◦ 시스템 평가를 위한 수학 모델링 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 공정프로세스 시스템 구축/개발</li> <li>◦ 대면적 초발수 표면 제작 장치 및 공정 개발</li> <li>◦ 초친수 코팅 기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 프로세스 진단 및 박막 진단</li> <li>◦ 대면적 초발수 투명 플러머 필름 연속 제작 공정 개발</li> <li>◦ 코팅기술 Data화</li> <li>◦ 모재/코팅 계면 제어 기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 공정프로세스 시스템 최적화</li> <li>◦ 대면적 초발수 투명 플러머 필름</li> <li>◦ 대면적 초친수 코팅 외장재</li> <li>◦ 연속 코팅 시스템 설계 및 제조 기술 개발</li> <li>◦ 연속 코팅 시스템을 이용한 연속 코팅 기술 개발 (폭 : 600mm 이상)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 상압 플라즈마 연속 공정 기술 개발</li> <li>◦ 대면적 초발수 투명 플러머 필름 연속 기술 개발</li> <li>◦ 초친수 코팅 연속 생산 기술 개발</li> <li>◦ 신뢰성 향상 기술 개발</li> </ul>

## 나. 해외 연구 네트워크 활용 방안

### (1) 해외 공동연구 방안

연구목표를 달성하기 위해서 해외 건설 및 바이오, 나노 기술 선진국들의 우수한 연구기관들과의 정보 교류 및 공유, 더 나아가 긴밀한 공조관계가 필수적이다. 국제 학회, 국제세미나, 국제기술 강습회 등을 통해 관련 최신 학문 및 기술 동향에 대한 정보를 얻을 수 있으며, 세계적으로 저명한 학자 및 엔지니어들과의 교류를 통하여 새로운 기술 분야에 뒤쳐지지 않도록 노력한다. 특히 국제협력연구의 적극적 도모와 효율성을 위하여 국제협력 사업을 지속적으로 추진해야 한다.

많은 국제적 연구협력이 원만히 진행되기 위해서 해당 연구기관들의 연구 이해관계 뿐만 아니라 핵심 연구진들간의 돈독한 유대관계가 매우 큰 역할을 한다는 것은 주지의 사실이다. 참여 연구진들이 지니고 있는 광범위한 해외 인적 네트워크와 기존 국제공동연구개발 경험을 바탕으로 해외 우수 연구기관들과의 기술 정보 공유와 교환을 위한 기술교류협약을 맺고 기술의 선진화와 세계화에 박차를 가할 필요가 있다. 다음 기관들은 기술교류가 가능한 해외 우수 연구기관들이다.

#### (가) 국제 협력이 가능한 관련 연구 기관

- Tenness Univ. : RF 및 유전체를 이용한 대기압 플라즈마 발생장치 개발 (March Instrument사에 기술이전)
- UCLA : 유전체를 이용한 대기압 Plasma Touch개발
- Los Alamos Lab. : RF 및 He가스를 이용한 대기압 글로우방전 플라즈마 발생장치 개발
- Sophia Univ. : 유전체, Pulse Power 및 He가스를 이용한 대기압 플라즈마 발생장치 개발
- Stevens Institute Tech. : 대기압 Capillary Plasma Electrode Discharge 발생장치 개발 (Plasmion사에 기술이전)
- EC Chemical : 코로나 방전 기술 적용
- Corotec : 코로나 방전을 이용한 제지, 유리, 섬유, 폴리머 등의 세정 및 표면개질 장치 판매
- Sigma Technologies INT. INC. : 코로나 방전을 이용한 제지, 유리, 섬유, 폴리머 등의 세정 및 표면개질 장치 판매
- Nippon Paint Co., Ltd. : 자동차 범퍼, 페인팅 전처리레 유전방전을 이용한 대

기압 플라즈마 세정 기술 활용

- IPLAS : Microwave 대기압 플라즈마 발생장치 개발
- IST : 대기압 Plasma Shower, Plasma Pen 등을 개발
- 플로리다 주립대학(미국) : 불소계 고분자전해질을 이용한 초소수성 초박막 다층 개발
- 스위스 : 비점착성 초박막 테프론증착 연구
- MIT (미국) : Microfluidics, Nanostructure superhydrophobic surface, electrowetting 연구
- 매사추세츠 공대(미국) : Porus matrix 구조를 갖는 초소수성 표면 연구
- UNSW (오스트레일리아) : 유/무기 나노 하이브리드의 소재와 물리적특성 결합에 의한 초소수성 박막연구
- Gimat (미국) : Cumbustion chemical vapor deposition 에 의한 초소수성 나노 박막연구
- 막스플랑크 연구소(독일) : Binary colloidal assembly 로부터 초소수성 표면 연구
- 일본 나고야 대학 Osamu Takai교수는 BMMP(Bio Mimetic Materials Processing)사업을 8년째 수행해 오면서 연꽃잎 효과를 모방하는 기술을 활용한 CVD 코팅 장비를 개발하여 상업화한 사례를 가지고 있으며, KIMM을 비롯한 국내 연구기관들과 공동연구를 수행해 오고 있음
- U. of Missouri Ralla : 토목건축연구센터를 통한 상호연구내용 교환 및 연구 분야 발표와 분석 등을 수행할 수 있음
- 영국 AEA Technology와의 국제공동연구를 통한 고성능 Filament Widing 기술 개발 성과

## (2) 국제 컨소시엄 활용 방안

현재 유럽에서는 연꽃잎 효과를 발견한 독일 Bohn대학의 식물학자 Barthlott과 Neinhuis가 주축이 되어 The Lotus Effect Consortium을 구성하여, 유럽의 여러 회사들이 참여하고 있으며, 연꽃잎 효과를 이용한 상품 개발을 목적으로 하고 있다. 현재 페인트, rooftile 등의 개발을 진행 중이다. 많은 노력이 경주되었지만 실제로 제품으로 나오기 어려운 이유로는 연꽃잎 효과의 표면 구조가 시간에 따라 퇴화되거나 표면 구조의 파괴로 인한 내구성에 한계가 있기 때문이다. 자연에서는 이런 표면을 재생하거나 손상된 부분을 제거함으로써 표면 특성을 유지할 수가 있다. 따라서 현재는 이러한 자연의 원리를 규명하고 공학적으로 응용하여 손상부위를 재생하거나 복구할

수 있는 연구들을 진행하고 있다. 상기의 컨소시엄은 유럽의 Euro Framework의 일환으로 진행된 것으로 알려지고 있다. 향후 연구 개발 사업이 진행되고 일련의 성과를 거두게 되면 그 진척도에 따라 The Lotus Effect Consortium에 참여가 가능할 것이며, 또는 아시안 지역을 중심으로 한 새로운 컨소시엄 형성을 추진하기 위하여 일본, 중국의 관련 연구자 및 업체들과의 교류와 참여를 유도할 수 있다.

## 다. 과제관리 및 보상방안

### (1) 과제관리 방안

각 세부 과제의 독창적인 연구와 연구원의 자유로운 연구 활동을 위하여 모든 운영 체제를 구축한다. 각 세부 과제의 독립성을 충분히 보장하되, 엄격한 연구비 관리 및 업적관리를 통하여 소속 연구원의 연구 의욕을 높이고, 각 과제간의 공동 실험, 연구 및 결과의 공유를 통하여 종합적인 기술 개발을 추구하며 동시에 연구비의 낭비를 방지한다. 또한 자문단, 운영위원회, 연구조정위원회 및 행정실을 조직하여 본격적인 연구단 운영 체제를 확립한다. 자문단 회의를 개최하여 개념적인 연구방향에 대한 학계 및 산업계의 의견을 개진하며 운영위원회에서는 연구단의 운영 원칙을 검토 확정하고, 연구 조정 위원회에서는 협동 연구 및 공동 실험 일정 등을 확정한다.

i) 지금까지 정부의 건설기술 연구 개발 사업을 통해 얻어진 사업성과를 산업현장에 실용화한 실적은 매우 저조하였다. 이는 연구 개발 사업에 기업의 수요에 의한 적극적인 참여가 미비하였기 때문이다. 이 연구에서는 각각의 세부연구과제 선정 시 관계 기업들의 자발적인 참여를 유도할 수 있도록 최대한 배려하고, 참여기업이 특정 세부과제참여에 참여의사를 표시하는 경우 해당 연구과제에 적극적으로 참여할 수 있도록 한다.

ii) 운영위원회를 통한 과제진도 관리, 자체평가 및 예산집행 :

중장기 집중 연구 사업에서 과제 운영의 투명성은 필수적이다. 여러 세부과제수행기관과 기업체들이 같이 참여하는 TRM상의 과제 수행이 제대로 수행되고 있는지를 점검할 수 있는 자체적인 진도관리와 엄정한 예산집행을 위해 운영위원회를 설치한다. 특이할만한 것은 연구책임자가 주관하는 세부과제별 수행 능력 평가 제도를 도입하여, 연구수행성과가 우수한 연구팀에는 예산 증액등의 인센티브를 부여하고, 연구 성과가 미비하거나, 향후 연구 성과가 불확실한 연구과제의 경우에는 예산삭감 또는 지원중단 등의 과감한 조치를 통하여, 각 연구과제별 자발적인 경

쟁을 유도할 것이다.

iii) 인적 네트워크를 통한 자문위원단 구성 :

본 연구 사업에 참여하는 산-학-연을 통해 구성되어 있는 인력네트워크를 통해 본 연구 사업에 직접적으로 참여하지 않지만 각 세부연구 사업 분야에 조예가 깊은 각계 전문가들을 자문위원들로 구성된 자문위원회를 설치하고 연구과제 수행 중에 발생할 수 있는 문제점들을 능동적이고 적극적으로 대처해 나간다.

## (2) 보상방안

우수 연구과제에 대한 보상을 위해서는 과제의 연구 성과에 대한 정확한 평가가 우선적으로 이루어져야 하며, 투명한 운영이 이루어 져야 한다. 앞서 기술한 바와 같이 운영위원회를 설치하여, 여러 세부과제수행기관과 기업체들이 같이 참여하는 TRM상의 과제 수행이 제대로 수행되고 있는지를 점검하고 자체적인 진도관리와 엄정한 예산집행을 수행토록 한다. 연구의 시작과 더불어 각 과제의 성과를 가능한 객관화 할 수 있는 연구 성과의 지표를 개발하고, 이 지표에 따라 공정한 평가가 이루어지도록 하여야 한다. 이를 위하여, 1년에 2번씩 정기적으로 평가위원회를 통한 평가가 필수적으로 판단한다. 특이할만한 것은 연구책임자가 주관하는 세부과제별 수행 능력 평가 제도를 도입하여, 연구수행성과가 우수한 연구팀에는 예산증액 등의 인센티브를 부여하고, 연구 성과가 미비하거나, 향후 연구 성과가 불확실한 연구과제의 경우는 예산삭감 또는 지원중단 등의 과감한 조치를 통하여, 각 연구과제별 자발적인 경쟁을 유도할 것이다.

## 라. 연구성과의 활용을 위한 제도적 개선방안

주택 성능 등급을 평가함에 있어 소음, 구조, 외부환경, 생활환경, 화재 및 소방성능 등이 사용되고 있으며 삶의 질 향상에 따라 친환경 건축물 인증에 따른 토지이용 및 교통, 에너지·자원 및 환경 부하, 생태 환경, 실내 환경 등에 있어 토지이용 및 교통을 제외한 분야에 대해 아래와 같은 제도적 개선방안을 제시하고자 한다.

### (1) 친환경 거주 공간에 대한 인증제도

기존의 친환경 건축물 인증제도에서는 환기시설을 설치하도록 하고, 오염물질 건축

자재의 사용을 제한하여 에너지 소비를 통한 새집증후군 해소 방안을 제안하는 수준에 머물고 있다. 그러나 본 연구에서는 친환경 건축 마감재를 기존 방식보다 에너지를 많이 사용하는 친환경 자재를 사용하는 것이 아니라 외부 환경에 대응하여 공기질 자체를 개선할 수 있는 등의 기능을 부여하고 생산에서부터 사용에 이르기까지 총 에너지 소비가 적은 방향으로 제도 개선 방안을 제시하고자 한다.

## **(2) 초고층 건축물의 건설시 일정성능 이상을 가진 내화도료의 의무 사용 비율을 규정**

기존의 내화기준은 1시간 또는 2시간으로 정립되어 있으나 건축물의 고층화를 넘어 초고층화되는 현황과 비추어볼 때 사실상 거주자가 화재 시 화재현장을 벗어나기에 턱없이 부족한 시간으로 이에 대한 새로운 내화기준을 재정립할 수 있는 근거를 제시하고 이를 통해 건설자재의 내화기준을 재정립하고자 한다.

## **(3) 건축자재의 성능 기준 제시**

현재의 건축자재 성능은 한국 산업 규격에 규정되어 있는 기준을 만족하게 되어 있으나 대체적으로 구조적 성능 및 화학적 성능을 제시하고 있으나 환경 오염에 따른 내후성 및 내구성에 대한 기준은 명시되어 있지 않거나 미비하다. 이에 대해 내구성 및 내후성도 함께 제시할 수 있는 기준을 제시하고자 한다.

## **(4) 일정 횟수 이상 재활용 가능하며, 친환경 성능을 가진 건설 마감재의 의무사용**

건설 활동에 따라 발생하는 건설폐기물의 재활용을 높이기 위해 단순 소각 또는 파쇄에 의한 저급용도의 재활용(Recycle)이 아닌 재사용(Reuse) 또는 자연에 영향을 주지 않도록 하는 건설자재의 의무 사용 등에 대한 기준 제시

## 6. 추정 연구개발예산

### 가. 총괄 연구개발 예산

[단위 : 천원]

총연구개발비명세				
연 도	세부연구과제	정부출연금	기업부담금	합계
1차년도 (2008.09 ~ 2009.08)	바이오 기술 적용 친환경 마감재 개발	525,000	175,000	700,000
	나노 기술을 활용한 고성능 단열재 및 유해전자파 흡수 내장재 개발	300,000	100,000	400,000
	유해환경 대응형 도료 개발	375,000	125,000	500,000
	대기압 플라즈마를 이용한 건축외장재 방오염내구성 향상기술 개발	300,000	100,000	400,000
	소계	1,500,000	500,000	2,000,000
2차년도 (2009.09 ~ 2010.08)	바이오 기술 적용 친환경 마감재 개발	525,000	175,000	700,000
	나노 기술을 활용한 고성능 단열재 및 유해전자파 흡수 내장재 개발	300,000	100,000	400,000
	유해환경 대응형 도료 개발	375,000	125,000	500,000
	대기압 플라즈마를 이용한 건축외장재 방오염내구성 향상기술 개발	300,000	100,000	400,000
	소계	1,500,000	500,000	2,000,000
3차년도 (2010.09 ~ 2011.08)	바이오 기술 적용 친환경 마감재 개발	656,250	218,750	875,000
	나노 기술을 활용한 고성능 단열재 및 유해전자파 흡수 내장재 개발	375,000	125,000	500,000
	유해환경 대응형 도료 개발	468,750	156,250	625,000
	대기압 플라즈마를 이용한 건축외장재 방오염내구성 향상기술 개발	375,000	125,000	500,000
	소계	1,875,000	625,000	2,500,000
4차년도 (2011.09 ~ 2012.08)	바이오 기술 적용 친환경 마감재 개발	498,750	166,250	665,000
	나노 기술을 활용한 고성능 단열재 및 유해전자파 흡수 내장재 개발	285,000	95,000	380,000
	유해환경 대응형 도료 개발	356,250	118,750	475,000
	대기압 플라즈마를 이용한 건축외장재 방오염내구성 향상기술 개발	285,000	95,000	380,000
	소계	1,425,000	475,000	1,900,000
5차년도 (2012.09 ~ 2013.08)	바이오 기술 적용 친환경 마감재 개발	393,750	131,250	525,000
	나노 기술을 활용한 고성능 단열재 및 유해전자파 흡수 내장재 개발	225,000	75,000	300,000
	유해환경 대응형 도료 개발	281,250	93,750	375,000
	대기압 플라즈마를 이용한 건축외장재 방오염내구성 향상기술 개발	225,000	75,000	300,000
	소계	1,125,000	375,000	1,500,000
총계		7,425,000	2,475,000	9,900,000

## 나. 비목별 연구개발 예산

인건비의 항목은 31.2%로 낮춘 반면, 기자재와 같은 직접비의 항목을 57.1%로 높여 비목별 연구비 구성을 합리적으로 하였다.

[단위 : 천원]

비목별 연구개발비명세					
연 도	세부연구과제	인건비	직접비	간접비	합계
1차년도 (2008.09 ~ 2009.08)	바이오 기술 적용 친환경 마감재 개발	200,400	370,500	79,100	650,000
	나노 기술을 활용한 고성능 단열재 및 유해전자파 흡수 내장재 개발	157,200	256,500	36,300	450,000
	유해환경 대응형 도료 개발	139,200	285,000	75,800	500,000
	대기압 플라즈마를 이용한 건축외장재 방오염내구성 향상기술 개발	121,200	228,000	50,800	400,000
	소계	618,000	1,140,000	242,000	2,000,000
2차년도 (2009.09 ~ 2010.08)	바이오 기술 적용 친환경 마감재 개발	165,600	399,000	135,400	700,000
	나노 기술을 활용한 고성능 단열재 및 유해전자파 흡수 내장재 개발	165,600	228,000	6,400	400,000
	유해환경 대응형 도료 개발	165,600	285,000	49,400	500,000
	대기압 플라즈마를 이용한 건축외장재 방오염내구성 향상기술 개발	141,600	228,000	30,400	400,000
	소계	638,400	1,140,000	221,600	2,000,000
3차년도 (2010.09 ~ 2011.08)	바이오 기술 적용 친환경 마감재 개발	207,600	507,500	159,900	875,000
	나노 기술을 활용한 고성능 단열재 및 유해전자파 흡수 내장재 개발	189,600	290,000	20,400	500,000
	유해환경 대응형 도료 개발	201,600	362,500	60,900	625,000
	대기압 플라즈마를 이용한 건축외장재 방오염내구성 향상기술 개발	189,600	290,000	20,400	500,000
	소계	788,400	1,450,000	261,600	2,500,000
4차년도 (2011.09 ~ 2012.08)	바이오 기술 적용 친환경 마감재 개발	165,600	372,400	127,000	665,000
	나노 기술을 활용한 고성능 단열재 및 유해전자파 흡수 내장재 개발	145,200	212,800	22,000	380,000
	유해환경 대응형 도료 개발	135,600	266,000	73,400	475,000
	대기압 플라즈마를 이용한 건축외장재 방오염내구성 향상기술 개발	121,200	212,800	46,000	380,000
	소계	567,600	1,064,000	268,400	1,900,000
5차년도 (2012.09 ~ 2013.08)	바이오 기술 적용 친환경 마감재 개발	112,800	299,250	112,950	525,000
	나노 기술을 활용한 고성능 단열재 및 유해전자파 흡수 내장재 개발	112,800	171,000	16,200	300,000
	유해환경 대응형 도료 개발	112,800	213,750	48,450	375,000
	대기압 플라즈마를 이용한 건축외장재 방오염내구성 향상기술 개발	112,800	171,000	16,200	300,000
	소계	451,200	855,000	193,800	1,500,000
총계		3,063,600	5,649,000	1,187,400	9,900,000
비율		30.9%	57.1%	12.0%	100.0%

## 다. 비목별 연구개발 예산의 편성 기준

### (1) 인건비

인건비는 연구개발비 계상기준에 근거하여 기자재 구입이 많은 1차 년도에는 총 연구 개발비의 30% 수준에서 결정하였으며, 그 이외의 연도에도 30% 수준에서 계상하여 연구개발비를 효과적으로 운영하도록 하였다.

[단위 : 명, 천원]

세부연구과제별 인건비 산정 근거							
연 도	세부연구과제	인력 수	인력구성			평균 인건비	총 예산
			책임급	선임급	원급		
1차년도 (2008.09 ~ 2009.08)	바이오 기술 적용 친환경 마감재 개발	19	3	6	10	10,547	200,400
	나노 기술을 활용한 고성능 단열재 및 유해전자파 흡수 내장재 개발	16	3	3	10	9,825	157,200
	유해환경 대응형 도로 개발	15	2	3	10	9,280	139,200
	대기압 플라즈마를 이용한 건축외장재 방오염내구성 향상기술 개발	12	2	3	7	10,100	121,200
	소계	62	10	15	37	9,968	618,000
2차년도 (2009.09 ~ 2010.08)	바이오 기술 적용 친환경 마감재 개발	18	2	4	12	9,200	165,600
	나노 기술을 활용한 고성능 단열재 및 유해전자파 흡수 내장재 개발	18	2	4	12	9,200	165,600
	유해환경 대응형 도로 개발	18	2	4	12	9,200	165,600
	대기압 플라즈마를 이용한 건축외장재 방오염내구성 향상기술 개발	14	2	4	8	10,114	141,600
	소계	68	8	16	44	9,388	638,400
3차년도 (2010.09 ~ 2011.08)	바이오 기술 적용 친환경 마감재 개발	23	2	4	17	9,026	207,600
	나노 기술을 활용한 고성능 단열재 및 유해전자파 흡수 내장재 개발	20	2	4	14	9,480	189,600
	유해환경 대응형 도로 개발	22	2	4	16	9,164	201,600
	대기압 플라즈마를 이용한 건축외장재 방오염내구성 향상기술 개발	20	2	4	14	9,480	189,600
	소계	85	8	16	61	9,275	788,400
4차년도 (2011.09 ~ 2012.08)	바이오 기술 적용 친환경 마감재 개발	13	3	4	6	12,738	165,600
	나노 기술을 활용한 고성능 단열재 및 유해전자파 흡수 내장재 개발	11	3	3	5	13,200	145,200
	유해환경 대응형 도로 개발	11	2	4	5	12,327	135,600
	대기압 플라즈마를 이용한 건축외장재 방오염내구성 향상기술 개발	10	2	3	5	12,120	121,200
	소계	45	10	14	21	12,613	567,600
5차년도 (2012.09 ~ 2013.08)	바이오 기술 적용 친환경 마감재 개발	12	2	4	6	9,400	112,800
	나노 기술을 활용한 고성능 단열재 및 유해전자파 흡수 내장재 개발	12	2	4	6	9,400	112,800
	유해환경 대응형 도로 개발	12	2	4	6	9,400	112,800
	대기압 플라즈마를 이용한 건축외장재 방오염내구성 향상기술 개발	12	2	4	6	9,400	112,800
	소계	48	8	16	24	9,400	451,200
총계		308	44	77	187	9,947	3,063,600

## (2) 직접비

직접비에 있어 연구기자재비 및 시설비, 재료비 및 전산 처리비 그리고 시작품 제작비가 최소 63% 이상으로 실험에 대한 비용을 높게 책정하였으며 특히 5차년도로 갈수록 시작품 제작비의 비율을 높여 단순히 연구에서 끝나는 것이 아니라 생산품을 생산하는 것까지 고려되어 있는 것을 알 수 있다. 여비는 약 17% 정도를 차지하고 있으며, 기타 항목들이 약 4~7%로 총 16% 정도를 차지하고 있다. 특히 연구 활동비는 인건비의 약 7~14% 수준에 있어 15% 이내의 기준을 만족시키고 있다.

[단위 : 천원]

직접비 세부 비목								
연 도	연구 기자재 및 시설비	재료비 및 전산 처리비	시제품 제작비	여비	수용비 및 수수료	기술 정보 활동비	연구 활동비	총계
1차년도 (2008.09 ~2009.08)	562,389 49%	128,858 11%	61,153 5%	171,000 15%	79,800 7%	68,400 6%	68,400 6%	1,140,000 100%
2차년도 (2009.09 ~2010.08)	459,420 40%	198,360 17%	83,220 7%	171,000 15%	79,800 7%	79,800 7%	68,400 6%	1,140,000 100%
3차년도 (2010.09 ~2011.08)	597,400 41%	262,450 18%	53,650 4%	275,500 19%	87,000 6%	87,000 6%	87,000 6%	1,450,000 100%
4차년도 (2011.09 ~2012.08)	297,920 28%	164,640 15%	243,040 23%	177,520 17%	63,840 6%	63,840 6%	53,200 5%	1,064,000 100%
5차년도 (2012.09 ~2013.08)	152,417 18%	181,531 21%	238,902 28%	153,900 18%	42,750 5%	51,300 6%	34,200 4%	855,000 100%
총계	2,069,546 36.6%	935,839 16.6%	679,965 12.0%	948,920 16.8%	353,190 6.3%	350,340 6.2%	311,200 5.5%	5,649,000 100%

\* %로 나타낸 수치는 연차별 직접비에 대한 비율임

직접비에 대한 산출근거는 다음과 같다.

□ 연차별 연구 기자재 및 시설비 (단위 : 천원)

○ 1년차

세부과제명	근거	단가	수량	금액
바이오 기술 적용 친환경 마감재 개발	생물질 전환 분석장비(PhosphorImager)	80,000	1	80,000
	Cultivation system	9,776	1	9,776
	미생물 배양기	20,000	1	20,000
	목질섬유 정성 분석기	73,000	1	73,000
	소계			182,776
나노 기술을 활용한 고성능 단열재 및 유해전자파 흡수 내장재 개발	Computer	3,000	1	3,000
	Nano분쇄기	45,538	1	45,538
	Nano세라믹스막 제조장치	33,000	1	33,000
	전자현미경	45,000	1	45,000
	소계			126,538
유해환경 대응형 도료 개발	바이오 중합 반응기	3,000	2	6,000
	나노휘스커 제조기	64,597	1	64,597
	APP Melamine 코팅기	70,000	1	70,000
	소계			140,597
대기압 플라즈마를 이용한 건 축외장재 방오염내구성 향상기술 개발	Computer	3,000	1	3,000
	오실로스코프	50,000	1	50,000
	DAB	9,478	1	9,478
	Power Supply	50,000	1	50,000
	소계			112,478
합계				562,389

○ 2년차

세부과제명	근거	단가	수량	금액
바이오 기술 적용 친환경 마감재 개발	생물공정 반응기(Bioreactor)	45,000	2	90,000
	미생물 형질전환 장치(Electrophorator)	25,000	2	50,000
	미생물 배양기	20,797	1	20,797
	소계	160,797		
나노 기술을 활용한 고성능 단열재 및 유해전자파 흡수 내장재 개발	유기고분자합성기	45,000	1	45,000
	무기물화학조성분석기	43,884	1	43,884
	Computer	3,000	1	3,000
	소계	91,884		
유해환경 대응형 도료 개발	커팅 시험기	6,000	1	6,000
	고온 열전도성 측정기	30,120	1	30,120
	나노휘스커 분쇄기	38,735	1	38,735
	VAC 소형 측정기	40,000	1	40,000
	소 계	114,855		
대기압 플라즈마를 이용한 건 축외장재 방오염내구성 향상기술 개발	Function Generator	45,942	2	91,884
	소계	91,884		
합계				459,420

○ 3년차

세부과제명	근거	단가	수량	금액
바이오 기술 적용 친환경 마감재 개발	생분해성 측정장치(FPLC)	79,090	1	79,090
	인체시료 분석현미경(Microscope)	65,000	2	130,000
	소계	209,090		
나노 기술을 활용한 고성능 단열재 및 유해전자파 흡수 내장재 개발	단열/내열 시험기	65,000	1	65,000
	유기고분자 조직 분석기	51,480	1	51,480
	Computer	3,000	1	3,000
	소계	119,480		
유해환경 대응형 도료 개발	도막경도 측정기	14,000	1	14,000
	도막 부착력시험기	80,350	1	80,350
	도료 UV 경화성 시험기	55,000	1	55,000
	소 계	149,350		
대기압 플라즈마를 이용한 건축외장재 방오염내구성 향상기술 개발	High Frequency Module	40,000	1	40,000
	RF Power Source	51,000	1	51,000
	RF Matching Box	28,480	1	28,480
	소계	119,480		
합계				597,400

○ 4년차

세부과제명	근거	단가	수량	금액
바이오 기술 적용 친환경 마감재 개발	생내구성 측정을 위한 반응기(Incubator)	39,172	1	39,172
	인체시료 분석현미경(Microscope)	65,100	1	65,100
	소계	104,272		
나노 기술을 활용한 고성능 단열재 및 유해전자파 흡수 내장재 개발	열관류시험기	59,584	1	59,584
	소계	59,584		
유해환경 대응형 도료 개발	촉진 마모 내구성 시험기	74,480	1	74,480
	소계	74,480		
대기압 플라즈마를 이용한 건축외장 재 방오염내구성 향상기술 개발	텐션조절장치	7,717	5	38,584
	Data Acquisition Board	3,000	3	9,000
	Lab View	4,000	3	12,000
	소계	59,584		
합계	297,920			

○ 5년차

세부과제명	근거	단가	수량	금액
바이오 기술 적용 친환경 마감재 개발	인체시료 분석현미경(Microscope)	53,346	1	53,346
	소계	53,346		
나노 기술을 활용한 고성능 단열재 및 유해전자파 흡수 내장재 개발	열관류시험기	30,483	1	30,483
	소계	30,483		
유해환경 대응형 도료 개발	촉진내후성시험기(UV형)	38,104	1	38,104
	소계	38,104		
대기압 플라즈마를 이용한 건축외장재 방오염내구성 향상기술 개발	텐션조절장치	7,717	2	15,434
	Data Acquisition Board	3,000	2	6,000
	Lab View	4,000	2	8,000
	기타	1,049	1	1,049
	소계	30,483		
합계	152,416			

□ 연차별 재료비 및 전산처리비

○ 1년차

[단위 : 천원]

세부과제명	근거		단가	수량	금액
바이오 기술 적용 친환경 마감재 개발	재료비 및 시험분석료	미생물 배양 재료	10,360	일식	10,360
		인체 안정성 검사에 필요한 소모품	13,000	일식	13,000
		화학물질 분석에 필요한 소모품	15,869	일식	15,869
	전산처리비*		일식		2,650
	소계		41,879		
나노 기술을 활용한 고성능 단열재 및 유해전자파 흡수 내장재 개발	재료비	무기바인더	4	150	600
		Nano-pore 원료	50	37	1,850
		탄소나노튜브원료	50	31	1,550
		유기바인더	10	55	550
		기타**	일식		13,828
	전산처리비		일식		4,150
	시험 분석료	열분석	50	3	150
		유해물질용출시험	214	3	642
		화학분석	99	3	297
		골재파쇄	18	3	54
		기타	일식		5,325
소계		28,993			
유해환경 대응형 도료 개발	재료비	첨가제(분산제)	20	10	200
		천연수지 원재료	30	15	450
		경화제 원재료	35	15	525
		기타	일식		5,307
	전산처리비		일식		4,150
	시험 분석료	열분석	50	10	500
		유해물질용출시험	214	10	2,140
		화학 분석	99	10	990
		도막 물성	590	10	5,900
		기타	일식		12,053
	소계		32,215		
대기압 플라즈마를 이용한 건 축외장재 방오염내구성 향상기술 개발	재료비	Flow Meter	500	3	1,500
		CHF3	1,200	3	3,600
		Anode전극 제조	2,000	3	6,000
		HFP	500	5	2,500
		기타	일식		4,514
	전산처리비		일식		1,900
	시험 분석료	HRTEM	100	6	600
		SEM/EPMA분석	80	10	800
		FESEM분석	100	6	600
		XRD분석	15	25	375
		기타	일식		3,383
소계		25,772			

\* 전산처리비의 근거는 레이저프린터 드럼, A4지, 공DVD, 토너, 카트리지와 같은 것임.

\*\* 기타는 지면상 다양한 근거를 나열하기보다는 큰 것을 4개 적고 그 이외는 기타로 분류함

○ 2년차

[단위 : 천원]

세부과제명	근거		단가	수량	금액
바이오 기술 적용 친환경 마감재 개발	재료비 및 시험분석료	미생물 배양 재료	12,375	일식	12,375
		인체 안정성 검사에 필요한 소모품	24,387	일식	24,387
		화학물질 분석에 필요한 소모품	19,598	일식	19,598
		생체친화형PC판넬 제작 비용	10,416	일식	10,416
	전산처리비*		일식		2,650
	소계		69,426		
나노 기술을 활용한 고성능 단열재 및 유해전자파 흡수 내장재 개발	재료비	무기바인더	4	150	600
		Nano-pore 원료	50	37	1,850
		탄소나노튜브원료	50	31	1,550
		유기바인더	10	55	550
		기타**	일식		22,837
	전산처리비		일식		4,150
	시험 분석료	열분석	50	10	500
		유해물질용출시험	214	10	2,140
		화학분석	99	10	990
		골재파쇄	18	10	180
		기타	일식		5,325
소계		39,672			
유해환경 대응형 도료 개발	재료비	UV 및 EB 경화제	20	40	800
		도료 첨가제	30	40	1,200
		안료(백색, 적색 등)	35	40	1,400
		기타	일식		10,087
	전산처리비		일식		9,150
	시험 분석료	열분석	50	15	750
		유해물질용출시험	214	15	3,210
		화학분석	99	15	1,485
		도막 물성	590	20	11,800
		기타	일식		9,708
	소계		49,590		
대기압 플라즈마를 이용한 건축외장 재 방오염내구성 향상기술 개발	재료비	Flow Meter	500	9	4,500
		FlowMeter Readout	1,200	3	3,600
		CHF3	2,000	7	14,000
		HFP	500	11	5,500
		기타	일식		3,797
	전산처리비		일식		1,900
	시험 분석료	HRTEM	100	15	1,500
		Auger/XPS분석	80	25	2,000
		SEM/EPMA분석	100	25	2,500
		FESEM분석	15	25	375
	소계		39,672		

\* 전산처리비의 근거는 레이저프린터 드럼, A4지, 공DVD, 토너, 카트리지와 같은 것임.

\*\* 기타는 지면상 다양한 근거를 나열하기보다는 큰 것을 4개 적고 그 이외는 기타로 분류함

○ 3년차

[단위 : 천원]

세부과제명	근거		단가	수량	금액
바이오 기술 적용 친환경 마감재 개발	재료비 및 시험분석료	미생물 배양 재료	15,360	일식	15,360
		인체 안정성 검사에 필요한 소모품	26,456	일식	26,456
		화학물질 분석에 필요한 소모품	22,598	일식	22,598
		생체친화형PC판넬 제작 비용	15,416	일식	15,416
	전산처리비*		일식		12,027
	소계		91,857		
나노 기술을 활용한 고성능 단열재 및 유해전자파 흡수 내장재 개발	재료비	무기바인더	4	150	600
		Nano-pore 원료	50	37	1,850
		탄소나노튜브원료	50	31	1,550
		유기바인더	10	55	550
	기타**		일식		26,483
	전산처리비		일식		4,150
	시험 분석료	열분석	50	12	600
		유해물질용출시험	214	12	2568
		화학분석	99	12	1188
		골재파쇄	18	12	216
		기타	일식		11,735
소계		52,490			
유해환경 대응형 도료 개발	재료비	분산제	20	70	1400
		UV경화 촉매	30	70	2100
		천연수지(실리콘계)	35	70	2450
		기 타	일식		22,693
	전산처리비		일식		4,000
	시험 분석료	열분석	50	30	1500
		유해물질(VAC) 방출시험	214	30	6420
		화학분석(천연수지)	99	30	2970
		도막 물성	590	30	17700
		기타	일식		4,380
	소계		65,613		
대기압 플라즈마를 이용한 건축외장재 방오염내구성 향상기술 개발	재료비	Flow Meter	500	5	2,500
		CHF3	1,200	5	6,000
		Anode전극 제조	2,000	6	12,000
		전극재료	2,000	3	6,000
		기타	일식		20,100
	전산처리비		일식		1,190
	시험 분석료	HRTEM	100	10	1,000
		Auger/XPS분석	80	10	800
		SEM/EPMA분석	100	20	2,000
		FESEM분석	15	20	300
		XRD분석	15	40	600
소계		52,490			

\* 전산처리비의 근거는 레이저프린터 드럼, A4지, 공DVD, 토너, 카트리지와 같은 것임.

\*\* 기타는 지면상 다양한 근거를 나열하기보다는 큰 것을 4개 적고 그 이외는 기타로 분류함

○ 4년차

[단위 : 천원]

세부과제명	근거		단가	수량	금액
바이오 기술 적용 친환경 마감재 개발	재료비 및 시험분석료	미생물 배양 재료	14,689	일식	14,689
		인체 안정성 검사에 필요한 소모품	19,456	일식	19,456
		화학물질 분석에 필요한 소모품	10,413	일식	10,413
		생체친화형PC판넬 제작 비용	10,416	일식	10,416
	전산처리비*		일식		2,650
	소계		57,624		
나노 기술을 활용한 고성능 단열재 및 유해전자파 흡수 내장재 개발	재료비	무기바인더	4	150	600
		Nano-pore 원료	50	37	1,850
		탄소나노튜브원료	50	31	1,550
		유기바인더	10	55	550
	기타**		일식		16,148
	전산처리비		일식		5,050
	시험 분석료	열분석	50	5	250
		유해물질용출시험	214	5	1070
		화학분석	99	5	495
		골재파쇄	18	5	90
		기타	일식		5,825
소계		32,928			
유해환경 대응형 도로 개발	재료비	분산제	20	40	800
		전자선 경화 촉매	30	40	1200
		천연 수지원료	35	40	1400
		기타	일식		11,675
	전산처리비		일식		5,200
	시험 분석료	표면분석	50	20	1000
		유해물질(중금속)용출시험	214	20	4280
		도막 물성(기본)	99	20	1980
		도막 내후성 평가	590	20	11800
		기 타	일식		1,825
	소계		41,160		
대기압 플라즈마를 이용한 건축외장재 방오염내구성 향상기술 개발	재료비	Flow Meter	500	10	5,000
		Flow Meter Readout	2,000	2	4,000
		CHF3	1,200	2	2,400
		Anode전극 제조	2,000	2	4,000
		기타	일식		10,428
	전산처리비		일식		1,900
	시험 분석료	HRTEM	100	18	1,800
		Auger/XPS분석	100	26	2,600
		FESEM분석	100	8	800
	소계		32,928		

\* 전산처리비의 근거는 레이저프린터 드럼, A4지, 공DVD, 토너, 카트리지와 같은 것임.

\*\* 기타는 지면상 다양한 근거를 나열하기보다는 큰 것을 4개 적고 그 이외는 기타로 분류함

○ 5년차

[단위 : 천원]

세부과제명	근거		단가	수량	금액
바이오 기술 적용 친환경 마감재 개발	재료비 및 시험분석료	미생물 배양 재료	15,360	일식	15,360
		인체 안정성 검사에 필요한 소모품	19,456	일식	19,456
		화학물질 분석에 필요한 소모품	11,778	일식	11,778
		생체친화형PC판넬 제작 비용	13,416	일식	13,416
	전산처리비*			일식	3,526
	소계				63,536
나노 기술을 활용한 고성능 단열재 및 유해전자파 흡수 내장재 개발	재료비	무기바인더	4	150	600
		Nano-pore 원료	50	37	1,850
		탄소나노튜브원료	50	31	1,550
		유기바인더	10	55	550
		기타**		일식	21,777
	전산처리비			일식	5,050
	시험 분석료	열분석	50	4	200
		유해물질용출시험	214	4	856
		화학분석	99	4	396
		골재파쇄	18	4	72
		기타		일식	5,825
소계				36,306	
유해환경 대응형 도료 개발	재료비	UV안정제	20	30	600
		첨가제 및 안료	30	30	900
		천연수지	35	30	1,050
		기타		일식	8,713
	전산처리비			일식	4,800
	시험 분석료	고온 단열성 평가	50	30	1,500
		유해물질(VOC 및 VAC)용출시험	214	30	6,420
		도막 물성(내환경성)	99	30	2,970
		내후성 평가	590	30	17,700
		기타		일식	730
	소계				45,383
대기압 플라즈마를 이용한 건축외장재 방오염내구성 향상기술 개발	재료비	CHF3	1,200	6	7,200
		HFP	500	12	6,000
		PDCHexane	400	12	4,800
		NonaFluoroMethoxyButane	450	3	1,350
		기타		일식	9,856
	전산처리비			일식	1,900
	시험 분석료	HRTEM	100	10	1,000
		SEM/EPMA분석	80	20	1,600
		Auger/XPS분석	100	10	1,000
		XRD분석	15	40	600
		FESEM분석	100	10	1,000
소계				36,306	

\* 전산처리비의 근거는 레이저프린터 드럼, A4지, 공DVD, 토너, 카트리지와 같은 것임.

\*\* 기타는 지면상 다양한 근거를 나열하기보다는 큰 것을 4개 적고 그 이외는 기타로 분류함

□ 시제품 제작비

[단위 : 천원]

세부과제명	연차	근거	단가	수량	금액
바이오 기술 적용 친환경 마감재 개발	1년차	생분해성 건축재료	19,875	일식	19,875
	2년차	생분해성 마감재	29,127	일식	29,127
	3년차	접착제	18,778	일식	18,778
	4년차	식생기반재 외벽 마감재	45,064	일식	45,064
		개발 접착제 적용 시제품(1)	40,000	일식	40,000
	5년차	개발 접착제 적용 시제품(2)	43,616	일식	43,616
		생분해성 복합재 적용 시제품	40,000	일식	40,000
소계			236,460		
나노 기술을 활용한 고성능 단열재 및 유해전자파 흡수 내장재 개발	1년차	전자파 차폐재(1)	13,759	일식	13,759
	2년차	전자파 차폐재(2)	16,644	일식	16,644
	3년차	탄소나노튜브를 활용한 단열재	10,730	일식	10,730
	4년차	단열재가 적용된 고성능 마감재	48,608	일식	48,608
	5년차	전자파 차폐 성능을 갖는 마감재	47,780	일식	47,780
	소계			137,521	
유해환경 대응형 도료 개발	1년차	바이오 도료(일반)	15,288	일식	15,288
	2년차	바이오 도료(UV경화형)	20,805	일식	20,805
	3년차	내화도료/바이오도료(목재용)	13,413	일식	13,413
	4년차	화재 대응형 및 친환경 코팅마감재 Mock-up	60,760	일식	60,760
	5년차	마감재 및 도료 시제품	59,725	일식	59,725
	소계			169,991	
대기압 플라즈마를 이용한 건축외장재 방오염내구성 향상기술 개발	1년차	챔버 제작비	12,231	1	12,231
	2년차	스테이지	8,644	1	8,644
		전극	4,000	2	8,000
	3년차	Roll-to-Roll 장치(1)	10,730	1	10,730
	4년차	Roll-to-Roll 장치(2)	24,304	2	48,608
	5년차	대기압 CVD장치	16,000	2	32,000
		자동화 공정 패널	15,780	1	15,780
소계			135,993		

### (3) 간접비

간접비를 계상함에 있어 간접경비의 비율은 인건비와 직접비 합에 대해 15% 이하로 계상하였다. 또한 연구가 진행됨에 따라 많은 산업재산권의 출원이 예상되어 지적재산권 출원등록비를 최초 년도 5%에서 최종 년도 25%까지 지속적으로 증가시켜 계상하여 향후 개발되는 제품에 대한 지적재산권을 확보하고자 하였다. 또한 과학 문화 활동비는 초년보다는 연구 최종년도에 최종 성과물을 홍보할 필요성이 있어 인건비 대비 5.0%를 책정하여 간접비를 계상하였다.

[단위 : 명, 천원]

간접비 세부 비목						
연도	간접경비	연구개발 준비금	지적재산권 출원등록비	과학문화활 동비	연구실 안전관리비	총계
1차년도 (2008.09 ~ 2009.08)	169,400	36,300	12,100	12,100	12,100	242,000
2차년도 (2009.09 ~ 2010.08)	130,744	39,888	33,240	13,296	4,432	221,600
3차년도 (2010.09 ~ 2011.08)	154,344	49,704	36,624	15,696	5,232	261,600
4차년도 (2011.09 ~ 2012.08)	150,304	42,944	56,364	13,420	5,368	268,400
5차년도 (2012.09 ~ 2013.08)	104,652	27,132	48,450	9,690	3,876	193,800
총계	709,444	195,968	186,778	64,202	31,008	1,187,400

## 7. 연구결과의 활용방안 및 기대효과

### 가. 연구결과의 활용방안

<표 49> 바이오 기술을 적용하여 환경부하저감과 주거환경을 개선할 수 있는 첨단융합건설 기술

활용 분야	세부 활용 기술	활용 대상
건축마감재 적용 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 바이오 기술적용 환경부담저하 생분해성 마감재 개발 기술</li> <li>○ 마감재 적용 가능 생분해성 복합재료 제조기술</li> <li>○ 유해물질 저감화 및 환경 친화형 마감재 개발을 위한 바이오소재 합성기술</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 재건축아파트</li> <li>- 신도시 건축물</li> <li>- 환경친화형 건물</li> </ul>
폐건설자재의 재생기술적용	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 바이오기술 적용 건설폐자재의 재생기술</li> <li>○ 바이오기술 적용 건설폐자재의 분류 기술</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 재건축에 의한 폐건축물</li> <li>- 노후 건설자재 적용</li> </ul>

<표 50> 각종 유해/오염 물질들을 근본적으로 차단/저감하는 고기능성 및 고내후성 생체친화형 친환경 건설마감재 개발기술

활용 분야	세부 활용 기술	활용 대상
건설 구조물 적용 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 유해물질 저감 친환경 접착제 개발을 위한 바이오소재 배합기술</li> <li>○ 생분해성/생분괴성 수지 개발에 따른 바이오 필름 개발 기술</li> <li>○ VOCs 저감기법, 용제용해도 증대, 유해물질 분해, 약취제거 기술개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 친환경 건축자재</li> <li>- 환경친화형 바이오소재</li> <li>- 건설에 관련한 융합재료</li> </ul>
타 산업 적용 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 미생물 및 대사산물을 이용한 유해물질 저감평가법 구축기술</li> <li>○ 생물소재 배합에 따른 인체 유해물질 평가 기술</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 환경복원 평가</li> <li>- 환경영향 평가</li> <li>- 바이오 소재</li> </ul>

<표 51> 융합건설소재 및 신 건설공법 개발로 유해물질 제어기술 향상을 통한 건축물 오염관리의 고효율화 기술

활용 분야	세부 활용 기술	활용 대상
융합건설 소재 및 신 건설공법	○ 복합재료 형성 시 바이오물질의 최적화 발현 기술 ○ 환경독성물질 저감형 바이오 건설복합체 제조 기술	- 친환경 건축물 - Eco City - 고층빌딩
친환경 소재 적용기술	○ 유해물질 저감형 재료 제조기술 ○ VOCs 무방출형 재료 제어기술	- 건축내장재 - 차폐공간

<표 52> Nano-Pore 제어기술을 활용한 고성능 단열재료 활용방안

활용 분야	세부 활용 기술	활용 대상
건축산업에의 활용	○ 신규 및 기존 건축물 적용 박판 단열재료	- 초고층건축물 - 지하 공간 구조물 - 해양구조물 등
다른 산업에의 활용	○ 가전제품용 초단열재료 ○ 선박용 초단열 재료 ○ 자동차용 초단열 재료 ○ 에너지 저장용 초단열 재료 등	- Super KTX - 차세대 항공기 - 해양구조물 (석유화학) - 담수화플랜트 등

<표 53> 탄소나노튜브를 이용한 유해전자파 흡수 건축 내장재 활용방안

활용 분야	세부 활용 기술	활용 대상
전자파 흡수 기술 활용	○ 전자파 흡수 마감재 개발	- 초고층건축물 - 슈퍼 KTX 시설물 - 항공/교통시설물 - 첨단 연구시설물 - 첨단 의료시설물 - 정보통신 시설물 - 국가 국방시설물
다른 산업에의 활용	○ 가전제품에의 적용	- 생활 가전

<표 54> 바이오 친환경 도료 활용방안

활용 분야	세부 활용 기술	활용 구조물
건설산업	○ 실내건축물 및 가구용 목재의 도장 ○ 철구조물 내식성 도장 기술에 적용	- 실내 마감재 - 실외 마감재
다른 산업에의 활용	○ 가전 제품용 및 선박용 방오도료 등	- 생활 가전

<표 55> 화재 대응형 친환경 내화도료 활용방안

활용 분야	세부 활용 기술	활용 구조물
건설산업	○ 철구조물 내화 ○ 콘크리트 구조물 내화 ○ 석유 및 정유시설 내화	- 초고층 건축물 - 초장대 교량 - 초장대 터널 - 초대형 허브 공항
수송산업	○ 엔진룸 및 연료저장부 내화 ○ 선실부 격벽 내화 ○ 배관 및 전자부품 내화	- 초대형여객수송기 - 초대형 수송선 - 미래형 자동차

<표 56> 대기압 플라즈마를 이용한 건축/건설 자재의 표면 기능성/고내구성 부여 기술

활용 분야	세부 활용 기술	활용 대상
건설 구조물 적용 기술	○ 플라즈마를 이용한 나노코팅 기술 ○ 고기능성 플라즈마 나노코팅 기술 ○ 고내구성 건축/건설자재의 생산을 위한 나노코팅기술	- 건축/건설 자재 - 고내구성 외장재
다른 산업에 적용 기술	○ 나노표면 형상 제어기술 ○ 내구수명 100년 보장	- 금속코팅재료 - 나노표면 재료

<표 57> 대면적 나노 코팅기술 확립을 통한 건설 외벽재 자기세정 기능부여 기술

활용 분야	세부 활용 기술	활용 대상
건설 구조물 적용 기술	○ 코팅 박막의 내구성 향상을 위한 보호막 코팅기술 ○ 나노 코팅기술에 의한 자기세정 기술	- 초고층 빌딩 - 자기세정 외장재
다른 산업에 적용 기술	○ 대면적 초발수 투명 폴리머 필름 연속 생산 기술	- 나노재료 - 투명 필름 재료

## 나. 기대효과

### (1) 기술적 성과

환경부담 저하를 위해 바이오 기술을 활용한 생분해성 마감재 제조

- 국내 생분해성 건축자재 제조 원천기술을 확보
- 생분해성 건축자재의 개발로 하이테크 산업으로의 발전에 기여

건설 폐기물 재활용을 증대시키기 위한 친환경 처리기술 개발

- 폐기물 발생 시기 연장을 통한 건축내외장재의 수명 증가를 위한 기술 확보
- 재활용율 95% 이상의 건설자재 개발

순환지속 가능한 건설자재 개발

- 건설 자재 산업에서 개도국의 압박과 선진국과의 기술적 격차 해소
- 원천기술 확보를 통한 고부가가치적 미래 건설 자재의 선점

바이오소재 배합 생체친화형 건축 마감재 개발

- 천연물질(수지 및 미생물 소재)을 이용한 유해물질 발생 저감형 친환경 도료 및 biofilm-코팅재 개발

○ 천연물질(수지 및 미생물 소재)을 이용한 VOCs 저감기술을 하이테크산업으로 발전시켜 세계적 기술우위 선점

□ 유해물질 저감형 친환경 접착제 개발

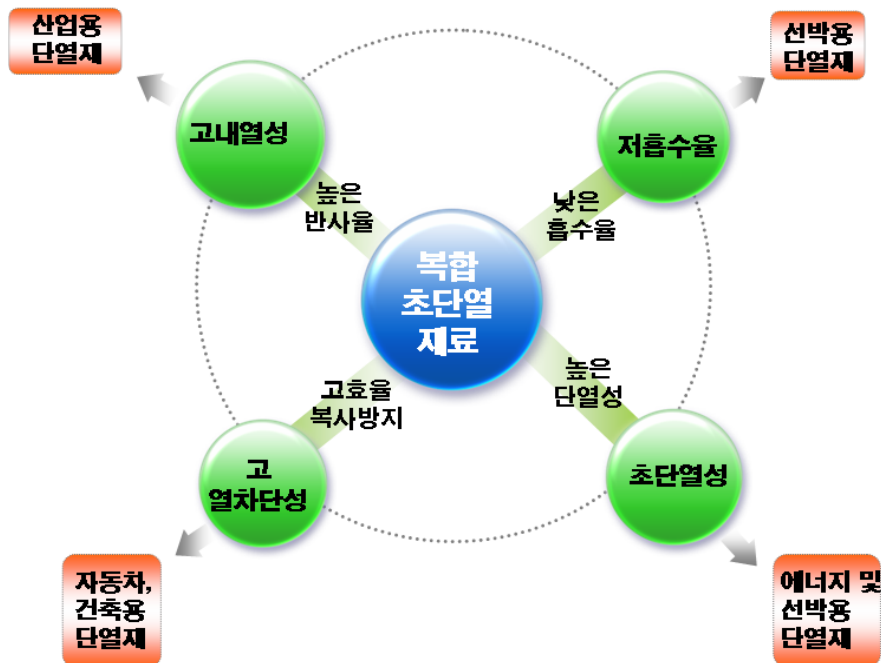
- 친환경 접착제 원천기술 확보
- 천연재료를 이용하여 인체에 무해한 친환경 고기능성 건설자재 개발
- VOCs 저감기술을 적용한 친환경 포름알데히드 Free 건설자재의 개발

□ 바이오 자연섬유/고분자 소재 물성 향상 기술 개발

- 계면 접착력 강화 기술 확보
- 바이오 섬유의 기계적 성질 강화 기술 확보

□ Nano-Pore 제어기술을 활용한 고성능 단열재료 개발

- 국내 고성능단열재 제조 기술의 확보



[그림 15] Nano-Pore 제어기술을 활용한 냉난방에너지 절감형 단열재료 개발 적용분야

- 용이한 시공성으로 신축 및 기존 건축물 등 다양한 건축물의 단열성 향상 기대
- 단열층 두께 최소화로 건축물 유효면적 증대 효과 기대
- 초단열재료의 개발로 하이테크산업으로의 발전에 기여

□ 탄소나노튜브를 이용한 유해전자파 흡수 건축 내장재 기술

- 전자파 흡수 내장재 제조기술의 확보
- 용이한 시공성으로 사용성 증대
- 전자파 방지에 대한 하이테크 산업화 기반기술 확보

□ 화재 대응형 기능성 내화도료 개발

- 발포형 내화도료 제조 원천 기술의 확보
- 고성능의 내화도료를 사용함으로써 화재 시 인명 및 재산의 보호

□ 대기압 플라즈마를 이용한 건축외장재 방오염내구성 향상기술 개발

- 상온/상압 플라즈마를 이용한 건설자재 기능성 부여를 통한 표면 오염방지 고내구성 코팅 기술 확보
- 여러 소재의 접합기술, 나노 입자 또는 형상 배열 기술, 공정의 친환경성 확보에 대한 원천기술 구축
- 내구성 및 기능성 평가에 대한 표준화 지표 수립

□ 철구조물의 플라즈마 폴리머제이션 코팅기술 개발

- 철이 사용된 건설자재의 수명 연장
- 기타 철구조물을 사용하는 타산업으로 기술력 이전

**(2) 경제적 성과**

□ 우리나라 경제는 얼마 전 1인당 국민소득이 2만 불을 돌파하기도 하였으나 아직도 선진국 진입을 하기 위해서는 부족한 면이 있는데, 이를 이루기 위해서는 먼저 경제 전반에 걸친 체질개선이 요망되는 상황

- 건설 산업은 60년대 이후 우리나라가 비약적인 경제발전을 이루는 데에 큰 역할

을 수행했으나 아직도 질적인 측면에서는 개발도상국 수준을 벗어나지 못하고 있음

□ 우리나라 경제의 체질을 개선하고 선진국으로 도약하기 위해서는 건설 산업 부문에서 자연친화적인 연구를 진척시켜야 함

- 특히 1인당 국민소득의 향상에 따라서 일반인들이 자연친화적 아파트, 빌딩, 학교 등 건설 신복합재료로 만들어진 건축물에 대한 관심이 커가고 있음
- 그러나 이 부문의 시장이 아직 본격적으로 개발되지 않은 상태이므로 현 단계에서 경제적 효과를 추산하는 것이 다소 어려운 면이 있어서 실제보다 적게 나타날 가능성도 있다는 것을 유념해야 함

□ 국내에서 최근 들어 환경 인증제품의 시장이 커지고 있음

- 새집 증후군, 아토피 등과 같이 환경오염으로 인한 질병에 대해서 일반인의 우려가 커지고 있기 때문임
- 환경마크 인증제품 시장 규모는 2006년 9월경에 이미 12조원을 돌파하였고 지속적인 성장이 예상됨

□ 일본, 중국 등 주변국에서도 친 환경 건축자재의 수요가 커져 수출가능성도 확대되고 있음

- 전 세계 건설 재료시장의 규모는 2004년 약 2조 1천억 달러, 2009년 약 2조 7천억 달러에 이를 정도로 큰 규모를 이루고 있는데, 최근 친 환경 건축자재의 수요가 커지고 있음
- 일본은 전 세계에서 미국과 함께 환경 문제에 대한 인식과 대비가 철저한 국가로써 이에 관련된 시장규모가 이미 성숙하였음
- 중국의 경우 2007년 인테리어 산업 매출액이 1조 600억 위안에 이를 정도로 시장 규모가 크나 아직 환경성에 대한 인식부족으로 일반적인 도료만 생산하고 있음
  - ⇒ 향후 국민소득의 증가에 따른 생활수준의 향상으로 이에 대한 수요가 증대될 것으로 기대됨
  - ⇒ 국내에서 경쟁력있는 친 환경 도료의 개발이 성공할 경우 거대한 중국시장의 개척이 가능

□ 바이오 기술을 적용하여 환경부담 저하를 위한 생분해성 마감재 제조

- 생분해성 플라스틱의 세계 시장 규모는 약 9조원 정도로 최근 3년간 이에 대한 산업재산권을 확보하기 위한 세계 각국의 노력이 급증하고 있으며, 국내 생분해성 마감재 제조 원천기술 확보할 경우 조기 고부가가치 실현이 가능
- 최근 시장 규모가 급격하게 커진다는 점을 고려할 때 생분해 가능 천연 마감재의 개발로 국내와 해외에 대한 대략 2조원 이상의 시장 개척 가능

□ 건설 폐기물의 발생량이 점차 증가하고 있는 상황에서 재활용 증대를 위한 친환경 처리기술 개발은 필수적

- 건설 폐기물의 규모가 98년 이후 점증하고 있는 상황을 고려할 때 재활용을 증대시킬 경우 개인 자산 증대 및 국가 자산 증대가 가능함
- 친환경 처리 기술 보유로 인해 해외건설시장에서의 경제적 및 기술적 우위 차지
- 해외 건설시장에서도 앞으로는 친환경 처리 기술의 보유 여부를 계약 체결의 관건으로 삼을 가능성이 크다는 점에서 잠재적 이익이 큼

□ 순환지속 가능한 건설자재 개발

- 건축 폐기물의 발생량이 1998년에서 2004년까지 311% 증가하여 환경오염에 대한 우려가 커지고 있는 상황
- 건설자재가 순환, 지속된다면 건설 폐자재 처리에 따르는 국가적 환경부담 비용이 크게 절감됨
- 구조물의 고성능화에 의한 보수비용의 절감 및 수명 연장

□ 바이오 소재 배합 생체친화형 건축 마감재 개발

- 천연물질(수지 및 미생물 소재)을 이용한 국내 바이오기술의 원천기술 확보에 따른 고부가가치 조기 실현
- 바이오 접목 융합 선진기술 확보를 통한 미래 건설시장 우위 확보
- 동일한 사업규모에서 LCC를 고려한 전체비용의 30% 절감 가능

□ 유해물질 저감형 친환경 접착제 개발

- 작업환경의 VOC's 저감 시스템 구축에 드는 비용 절감
  - 접착제 매립 및 폐수처리시의 환경오염방지비용 절감
  - 미국, 유럽, 일본 등지에서 수입하는 환경친화형 접착제 구성성분의 국내 제품 대체 및 수출력 제고
- 신개념의 고성능 건설재료 상용화로 SOC 산업의 고부가가치화를 유도하고, SOC 투자 비용절감을 촉진함으로써 건설 산업의 경쟁력 제고를 통한 국가경제발전 선도
- 건설 재료의 국내 시장 규모가 2005년의 경우 26조원, 세계 건설시장은 2004년 4조억 달러 이상으로 추정되는데, 고성능 건설재료를 상용화 할 경우 국내 시장 창출효과가 클 뿐만 아니라 수출액도 상당할 것으로 추산됨
- 기타, 복합 소재의 내구성 개선을 통한 기존 복합소재의 수명에 비해 150% 향상, 더 작은 양의 강화재로도 동일한 효과를 얻을 수 있는 기술 개발을 통해 비용 절감을 10% 이상 기대
- 바이오 자연 소재 개발 및 이를 적용한 건축자재 개발을 통해 자외선 흡수와 같은 특수 용도의 시장 점유율 확보를 통해 아래와 같은 보건의적인 요인을 10% 이상만 줄여도 그 가치는 매우 높은 것으로 판단됨
- 수도권 지역의 미세먼지로 인한 조기 사망자수는 연간 11,127명으로 추정(경기개발연구원, 2003)
  - 대기오염으로 인해 14세 이하 영아 사망률이 9% 증가하고, 이 중 호흡기 질환 사망률은 2배 증가(이화여대, 2001)
  - 대기오염으로 인한 조기 사망자수는 교통사고로 인한 사망자수의 3배(미국 지구정책연구소(EPI) 발표)
  - 특수 용도의 건축자재를 이용할 경우 미세먼지 등을 감소시킬 수 있어 이로 인한 의료비용의 감소, 삶의 질 개선 등을 기대할 수 있음
- Nano-Pore 제어기술을 활용한 고성능 단열재료 개발
- 국내 고성능단열재 제조 원천기술 확보에 따른 조기 고부가가치 창출
  - 초단열재료의 개발로 최소 5,000억원 이상의 규모를 갖는 국내 건축 단열재 시장에서 있어 그 성능과 고부가가치성 및 생산능력을 감안할 때 최소 40% 이상

- 시장점유율을 갖출 것으로 예상되어 2,000억원 이상의 경제적 효과가 예상됨
- 수조원대의 해외 단열시장에서도 충분한 경쟁력을 갖는 것으로 예상되며, 그 경제적 효과는 수 천억원 이상이 될 것으로 예상됨

#### □ 탄소나노튜브를 이용한 유해 전자파 흡수 건축 내장재 기술

- 전자파 차폐기술 중에 활용이 가장 쉬운 기술은 차폐페인트를 도포하는 방식으로 우리나라는 미국이나 일본으로부터 수입하고 있는데, 그 수입규모는 2004년 기준 총 국내시장 600억원 규모의 70~80% 이상을 차지하고 있음  
⇒ 이를 대체할 경우 420억원에서 480억원 정도의 외화낭비를 막을 수 있음
- 해외의 전자파 차폐재 시장은 2004년도 KISTI 기술정보 분석보고서 기준 240백만달러 정도인데 현 상태에서는 수출이 전무한 상태이나, 개발될 유해 전자파 차폐 및 흡수 마감재 기술의 우위성에 의해 30% 이상의 시장점유가 가능할 것으로 판단되며, 최소 72백만달러의 수출 증대 효과를 창출할 것으로 예상

상기와 같은 직접적인 경제적 효과 이외에도

- 건설마감재 기술혁신을 통한 정보통신 보완 시장 창출
- 인체유해 전자파 저감화를 통한 국가 보건의료비용 부담 감소를 통해 국가 경제에 도움을 줄 것으로 예상됨

#### □ 친환경 초고층건물용 내화도료 개발

- 국내 내화도료와 내화피복재(뿔칠재) 시장 규모는 약 400~500억원 규모로 소방법 등의 강화로 그 규모는 매년 5% 이상 성장하고 있으나, 아직까지는 1시간 또는 2시간용으로 고성능 내화도료에 대한 시장은 형성되어 있지 않음
- 최근 고층건물의 증가로 내화 기준이 강화된 고성능 내화도료 시장이 급격하게 증가되고 있으며, 향후 몇 년 안에 내화도료 시장은 모두 고성능 내화도료로 대체될 것으로 예상됨  
⇒ 따라서 고성능 내화도료 개발을 통해 직접적으로는 약 500억원 이상의 시장을 창출할 수 있으며, 부가적으로 화재 시 발생할 수 있는 인명보호 및 연간 500억 상당의 재산손실 절감할 수 있음
- 획득한 원천기술을 이용한 수출증대  
⇒ 미국과 일본은 대형 건물에 내화도료 사용을 의무화하고 있는데, 전 세계 내

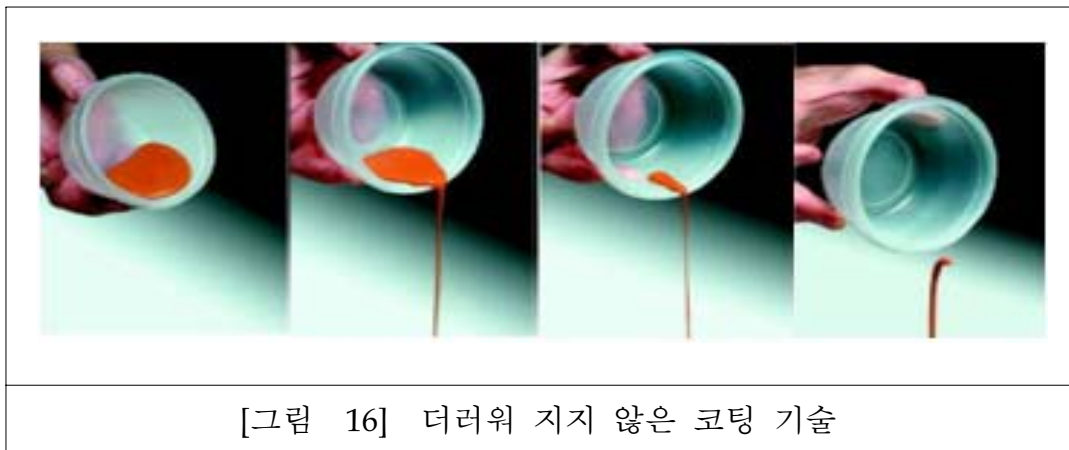
화도료 시장은 2010년 20조원에 이를 것으로 전망되고 있음

⇒ 년 20조원의 세계 내화시장으로의 진입할 수 있으며, 고품질 및 가격 절감의 내화도료의 시너지 효과를 통한 국내 조선, 자동차 및 항공 산업에의 국제적 경쟁력 향상

- 내화도료 개발의 시너지 효과를 통한 국내 조선, 자동차 및 항공 산업에의 국제적 경쟁력 향상

#### □ 대기압 플라즈마를 이용한 건축외장재 방오염내구성 향상기술 개발

- 초발수 폴리머 필름개발: 건물 외관 청소에 소요되는 비용 (1,300~1,500원/㎡, 참조 : <http://www.bitzzaru.co.kr>, 3년에 1회씩이라면 10년의 경우 3,900~4,500원/㎡의 비용이 발생. 이는 폴리머 필름의 가격을 10,000원/㎡으로 산정한 것에 비해 저렴하지만 초발수 폴리머 필름을 적용하였을 경우에는 늘 깨끗한 외벽을 유지할 수 있는 장점이 있음. 또한, 유리에 적용하였을 경우에만 2012년에 5,000억 원/년의 시장이지만 건물 전체 외벽에 적용한다면 이보다 훨씬 큰 시장이 됨. 외벽 전체에 폴리머 필름을 부착해야 외벽의 자기세정에 의한 깨끗함을 유지할 수 있는 효과가 극대화될 수 있기 때문임. 폴리머 필름은 유리뿐만 아니라 타일, 금속마감재 등에도 적용할 수 있음)



- 플라즈마 공정 복합소재 적용을 통해 기존 복합소재가 대체할 수 있는 소재의 비용대비 신소재의 비용 비교
  - WPS(Wood Plastics Composites)의 가구 마감재 시장은 유럽에서만 280억유로(2002), 350억유로(2007)로 평가하고 있음
  - WPC의 건설시장에서의 역할은 Thermoplastics 시장을 대체할 것으로 예측되고 있음

- 플라즈마 공정 복합소재 적용을 통해 기존 복합소재 대비 150% 수명 향상 및 10% 이상의 비용절감
- 또한, 새로운 시장으로 각광 받는 심미적인 측면의 시장을 선도하고 점유율을 높이기 위해 건설 마감재의 고급화를 통한 고급 브랜드화를 추구할 수 있으며, 이는 시장 점유율에 지대한 영향을 미칠 수 있을 것으로 기대됨

### (3) 기술의 가치

기술적 가치를 평가함에 있어 [www.itechvalue.org](http://www.itechvalue.org)에서 제공하는 기술평가 프로그램에 근거하여 작성하였으며, 잔존가치를 고려하지 않은 상태에서 기술기여이익은 약4,400억원~5,119억원 정도가 되며, 기술가치산정액은 2,344억원~2,736억원으로 그 기술 가치는 매우 높은 것으로 나타났으며, <표 59> ~ <표 66>까지 그 근거를 나타내었다.

<표 58(a)> 기술가치 직접성과 평가결과 - 잔존가치 미고려 (단위 : 백만원)

결과항목		결과값(백만원)	비고
잠재적 이익의 현재 가치 추정액	화재대응형 내화도료	11,511	국내 한정
	Nano-pore 단열재	54,136	국내 한정
	생분해성 마감재	44,009	해외 포함
	바이오 친환경 도료	45,295	해외 포함
	바이오 필름	163,379	국내 한정
	생체 친화형 건축 마감재	475,053	해외 포함
	유해물질 대응형 건설자재	999,893	국내 한정
	유해전자파 차단재	4,752	국내 한정
	소계	1,798,028	
기술 기여 이익	화재대응형 내화도료	3,425 ~ 3,885	국내 한정
	Nano-pore 단열재	15,510 ~ 17,676	국내 한정
	생분해성 마감재	11,443 ~ 13,203	해외 포함
	바이오 친환경 도료	11,777 ~ 13,598	해외 포함
	바이오 필름	42,479 ~ 49,014	국내 한정
	생체 친화형 건축 마감재	114,013 ~ 133,015	해외 포함
	유해물질 대응형 건설자재	239,975 ~ 279,970	국내 한정
	유해전자파 차단재	1,374 ~ 1,564	국내 한정
	소계	439,996 ~ 511,925	
기술가치 산정액	화재대응형 내화도료	902 ~ 1,132	국내 한정
	Nano-pore 단열재	7,103 ~ 8,186	국내 한정
	생분해성 마감재	5,114 ~ 5,994	해외 포함
	바이오 친환경 도료	5,019 ~ 5,925	해외 포함
	바이오 필름	41,175 ~ 47,710	국내 한정
	생체 친화형 건축 마감재	55,791 ~ 65,292	해외 포함
	유해물질 대응형 건설자재	119,177 ~ 139,175	국내 한정
	유해전자파 차단재	79 ~ 174	국내 한정
	소계	234,360 ~ 273,588	

<표 58(b)> 기술가치 직접성과 평가결과 - 잔존가치 고려 (단위 : 백만원)

결과항목		결과값(백만원)	비고
잠재적 이익의 현재 가치 추정액	화재대응형 내화도료	22,203	국내 한정
	Nano-pore 단열재	99,079	국내 한정
	생분해성 마감재	83,598	해외 포함
	바이오 친환경 도료	75,020	해외 포함
	바이오 필름	374,800	국내 한정
	생체 친화형 건축 마감재	664,464	해외 포함
	유해물질 대응형 건설자재	1,509,198	국내 한정
	유해전자파 차단재	7,067	국내 한정
	소계	2,835,429	
기술 기여 이익	화재대응형 내화도료	6,606 ~ 7,494	국내 한정
	Nano-pore 단열재	28,386 ~ 32,350	국내 한정
	생분해성 마감재	21,736 ~ 25,080	해외 포함
	바이오 친환경 도료	19,505 ~ 22,506	해외 포함
	바이오 필름	97,448 ~ 112,440	국내 한정
	생체 친화형 건축 마감재	159,472 ~ 186,050	해외 포함
	유해물질 대응형 건설자재	362,208 ~ 422,576	국내 한정
	유해전자파 차단재	2,043 ~ 2,325	국내 한정
	소계	697,404 ~ 810,821	
기술가치 산정액	화재대응형 내화도료	2,493 ~ 2,937	국내 한정
	Nano-pore 단열재	13,541 ~ 15,523	국내 한정
	생분해성 마감재	10,260 ~ 11,932	해외 포함
	바이오 친환경 도료	8,884 ~ 10,384	해외 포함
	바이오 필름	96,144 ~ 111,136	국내 한정
	생체 친화형 건축 마감재	78,520 ~ 91,810	해외 포함
	유해물질 대응형 건설자재	180,294 ~ 210,478	국내 한정
	유해전자파 차단재	414 ~ 555	국내 한정
	소계	390,550 ~ 454,755	

<표 59> 기술가치 산정근거 - 화재대응형 내화도료

입력항목		입력값	비고
총수익 발생기간		5년 이상	미적이지 못하고 부피를 많이 점유한다는 기존 내화재료의 문제점을 극복하고 있기 때문에 신시장 창출로 판단함
잔존가치 발생기간		3년	내화재료에 대해서는 다양한 각도에서 많은 연구가 진행되고 있어 반드시 영구적인 독점적 시장성을 갖는 잔존가치는 없다.
상업화 소요기간		3년 이내	기초적인 재료 개발은 완료된 상태임
상업화 소요비용		2,000 백만원	기획보고서상의 개발비용+상업화비용(비용 추가시)
업종분류코드		제조업/화합물 및 화학제품 제조업/기타 화학제품 제조업/도료, 인쇄잉크 및 유사제품 제조업	스프레이 도장 형식이기 때문에 마무리 공정에 넣음
		D2432	통계청 산업분류에 따라 일반용 도료로 분류함
기술가치창출유형		기존시장 침투형	기존의 내화재료 시장을 대체하는 기존시장 침투형으로 판단
시장 규모 (5년)	1차년도	50,000백만원	화학저널 2005-4-11 후지 카메라 종합연구소 2003-1-24 매일경제 2004-2-29
	2차년도	10,000백만원	
	3차년도	120,000백만원	
	4차년도	150,000백만원	
	5차년도	200,000백만원	
영업이익률		11.6 %	공간확보와 미적인 것을 요구하기 때문에 기능성과 미적 관점에서 수요가 폭발적이라고 예상됨
기술혁신단계		핵심다급기술	iTechvalue에서 평가된 내용을 기술함

<표 60> 기술가치 산정근거 - Nano-pore 단열재

입력항목		입력값	비고
총수익 발생기간		5년 이상	건축물에 사용되는 에너지 비용 증가에 따른 관심 급증
잔존가치 발생기간		3년	단열재료에 대해서는 다양한 각도에서 많은 연구가 진행되고 있어 반드시 영구적인 독점적 시장성을 갖는 잔존가치는 없다.
상업화 소요기간		2년 이내	기초적인 재료 개발은 완료된 상태임
상업화 소요비용		1,500 백만원	기획보고서상의 개발비용+상업화비용(비용 추가시)
업종분류코드		건설업/전문직별공사업/건축마무리공사업/기타 건축마무리공사업	마감재의 형태로 사용됨
		F4649	통계청 산업분류에 따라 일반용 도료로 분류함
기술가치창출유형		기존시장 침투형	기존의 유리섬유 단열재 등과 같은 단열재 시장을 대체하는 기존시장 침투형으로 판단
시장 규모 (5년)	1차년도	500,000백만원	국내단열재시장 실태와 전망(2000년도) - 년 시장증가율 5%적용
	2차년도	700,000백만원	
	3차년도	800,000백만원	
	4차년도	900,000백만원	
	5차년도	1,000,000백만원	
영업이익률		9.4 %	단열재의 단점을 모두 보완하고 있기 때문에 시장에서의 독점적 공급이 가능할 것으로 판단됨
기술혁신단계		핵심다급기술	iTechvalue에서 평가된 내용을 기술함

<표 61> 기술가치 산정근거 - 생분해성 마감재

입력항목		입력값	비고
총수익 발생기간		5년 이상	건설폐기물에서 재활용이 어려운 것은 마감재로서 환경보전에 대한 관심이 증가되면서 그 수익 5년 이상 발생할 것으로 예상
잔존가치 발생기간		3년	현재 마감재의 고급화에 따른 수요 상승으로 잔존가치가 있을 것으로 판단됨
상업화 소요기간		3년 이내	생분괴성 재료나 생분해성 재료에 대한 개발은 일부 진행된 상태임
상업화 소요비용		1,500 백만원	기획보고서상의 개발비용+상업화비용(비용 추가시)
업종분류코드		건설업/전문직별공사업/건물설비설치 공사업/	마감재의 형태로 사용됨
		F4620	통계청 산업분류에 따라 일반용 도로로 분류함
기술가치창출유형		기존시장 침투형	기존의 마감재가 있으나 전혀 새로운 재료이기 때문에 특별한 경쟁은 없을 것으로 판단됨
시장 규모 (5년)	1차년도	500,000백만원	코팅에 의해 내구성을 높이기 위한 것은 마감재 시장으로 한국건설산업연구원에서 2000년에 발표한 주요 내외장재 수요 추정 결과를 참조함
	2차년도	700,000백만원	
	3차년도	700,000백만원	
	4차년도	800,000백만원	
	5차년도	900,000백만원	
영업이익률		10.4 %	환경보전에 대한 관심증가로 영업이익이 기존의 마감재보다는 높겠지만, 보수적인 건설산업의 특성상 기존 영업이익률과 비슷하게 책정함
기술혁신단계		핵심기술	iTechvalue에서 평가된 내용을 기술함

<표 62> 기술가치 산정근거 - 바이오 친환경 도료

입력항목		입력값	비고
총수익 발생기간		5년 이상	건축공사표준시방서 등이 성능시방서로 바뀌면서 내구성 증대에 대한 요구가 증대되고 있음
잔존가치 발생기간		2년	다양한 코팅재 개발에 의해 본 연구를 통해 개발하고자 하는 코팅재의 시장성은 줄어들 것으로 판단됨
상업화 소요기간		2년 이내	코팅재에 대한 다양한 연구 결과가 이미 나와 있는 상태임
상업화 소요비용		2,000 백만원	기획보고서상의 개발비용+상업화비용(비용 추가시)
업종분류코드		건설업/전문직별공사업/건물설비 설치 공사업/건축마무리 공사/ 도장, 도배 및 내장 공사업	코팅재이기 때문에 도장이나 도배와 같이 시공될 것으로 예상됨
		F4641	통계청 산업분류에 따라 일반용 도료로 분류함
기술가치창출유형		기존시장 침투형	기존 연구는 자재 자체의 내구성을 높이기 위한 연구가 주를 이룬 반면, 외부의 내구성 저해요소를 원천적으로 차단하고자 하는 연구는 거의 없었음
시장 규모 (5년)	1차년도	500,000백만원	한국건설산업연구원에서 2000년에 발표한 주요 내외장재 수요 추정 결과 참조
	2차년도	500,000백만원	
	3차년도	600,000백만원	
	4차년도	800,000백만원	
	5차년도	1,000,000백만원	
영업이익률		9.6 %	코팅에 의한 방법으로 내구성을 증대시키는 방법은 기존 건축물에도 적용이 가능하기 때문에 시장진출이 용이할 것으로 예상됨.
기술혁신단계		핵심기술	iTechvalue에서 평가된 내용을 기술함

<표 63> 기술가치 산정근거 - 바이오 필름

입력항목		입력값	비고
총수익 발생기간		5년 이상	폐기물 관리법의 강화에 따라 건설폐기물 고도 처리에 대한 기술 수요가 급격하게 증가하고 있는 추세임
잔존가치 발생기간		5년	기술보호가 특허권이 있다고 하여도 대부분 그냥 사용하고 있으며, 대체적으로 신기술의 보호기간인 최대 6년 정도로 보면 타당함
상업화 소요기간		2년 이내	특허에 대한 상용화 기술은 업계에서 보통 2년 정도를 보고 있음(환경부 신기술 통계자료 참조)
상업화 소요비용		1,500 백만원	기획보고서상의 개발비용+상업화비용(비용 추가시)
업종분류코드		제조업/재생용 가공원료 생산업/재생용 비금속가공원료 생산업	건설폐기물을 폐기물이 아닌 재생용 가공원료로 판단함
		D37290	통계청 산업분류에 따라 일반용 도료로 분류함
기술가치창출유형		기존시장 침투형	기존에도 건설폐기물을 중간처리하는 기술은 다양하게 개발되어 있으며 재활용에 대한 요구 증대에 따라 다양한 기술 개발이 추진중임
시장 규모 (5년)	1차년도	2,000,000백만원	건축폐기물 발생량 - 환경부 통계 자료 한국건설기술연구원(2000) - 건설폐기물 발생 추정량 근거
	2차년도	2,200,000백만원	
	3차년도	2,400,000백만원	
	4차년도	2,600,000백만원	
	5차년도	3,000,000백만원	
영업이익률		10.6 %	적격심사에서 기술에 대한 가점부유가 있어 수주가 용이할 뿐만 아니라 매립하던 것을 자원화하기 때문에 영업이익률이 상대적으로 높음.
기술혁신단계		선도기술	iTechvalue에서 평가된 내용을 기술함

<표 64> 기술가치 산정근거 - 생체친화형 건축마감재

입력항목		입력값	비고
총수익 발생기간		5년 이상	새집증후군에 대한 관심 증대에 따라 지속적인 수익이 발생할 것으로 예상
잔존가치 발생기간		2년	일정 기간이 지나면 대부분의 마감재가 생체 친화형이 될 것으로 판단되어 잔존가치를 2년으로 함
상업화 소요기간		3년 이내	관련 기술들이 개발단계는 넘은 것으로 조사됨
상업화 소요비용		1,500 백만원	기획보고서상의 개발비용+상업화비용(비용 추가시)
업종분류코드		건설업/전문직별공사업/건축마무리공사업/기타건축마무리공사업	마감재의 형태로 사용됨
		F4649	통계청 산업분류에 따라 일반용 도료로 분류함
기술가치창출유형		기존시장 침투형	마감재 중에서도 이미 생체 친화형으로 개발되어 시판되고 있는 것이 있음
시장 규모 (5년)	1차년도	9,000,000백만원	마감재 시장은 WPS보고서에 따르면 유럽에서만 350억 유로(2007)로 평가될 만큼 큰 시장 규모를 갖는다.
	2차년도	9,000,000백만원	
	3차년도	9,000,000백만원	
	4차년도	9,000,000백만원	
	5차년도	9,000,000백만원	
영업이익률		9.2 %	마감재 시장의 고급화에 따른 생체 친화형의 마감재에 대한 시장 우위권 확보
기술혁신단계		선도기술	iTechvalue에서 평가된 내용을 기술함

<표 65> 기술가치 산정근거 - 유해물질 대응형 건설자재

입력항목		입력값	비고
총수익 발생기간		5년 이상	새집증후군에 대한 관심 증대에 따라 지대적인 수익이 발생할 것으로 예상
잔존가치 발생기간		2년	일정 기간이 지나면 보편적인 기술이 될 것으로 판단됨.
상업화 소요기간		3년 이내	관련 기술들이 개발단계는 넘은 것으로 조사됨
상업화 소요비용		2,000 백만원	기획보고서상의 개발비용+상업화비용(비용 추가시)
업종분류코드		건설업/전문직별공사업/건축마무리공사업/기타건축마무리공사업	마감재의 형태로 사용됨
		F4649	통계청 산업분류에 따라 일반용 도료로 분류함
기술가치창출유형		기존시장 침투형	현재까지 유해물질에 대한 관심은 유해물질이 나오지 않는 것에만 초점이 맞추어져 있음.
시장 규모 (5년)	1차년도	12,000,000백만원	환경마크 인증제품 시장규모 2006년도 9월 현재 12조 5401억원임
	2차년도	13,000,000백만원	
	3차년도	15,000,000백만원	
	4차년도	17,000,000백만원	
	5차년도	20,000,000백만원	
영업이익률		10.0 %	환경마크 인증제품에 대한 법적 보호 증대
기술혁신단계		선도기술	iTechvalue에서 평가된 내용을 기술함

<표 66> 기술가치 산정근거 - 유해전자파 차단재

입력항목		입력값	비고
총수익 발생기간		5년 이상	제4의 공해라는 유해전자파를 차단하기 위한 자재가 거의 개발되어 있지 않은 상태로 조사됨
잔존가치 발생기간		2년	일정 기간이 지나면 보편적인 기술이 될 것으로 판단됨.
상업화 소요기간		3년 이내	유해전자파를 차단하는 재료는 개발되어 있으며 이를 건축자재화하는 일이 남아 있는 정도임
상업화 소요비용		1,500 백만원	기획보고서상의 개발비용+상업화비용(비용 추가시)
업종분류코드		건설업/전문직별공사업/건축마무리공사업/기타 건축마무리공사업	마감재의 형태로 사용됨
		F4649	통계청 산업분류에 따라 일반용 도료로 분류함
기술가치창출유형		신규시장 창출형	현재까지 건설자재로서 유해전자파 차단재가 판단되고 있지 않음
시장 규모 (5년)	1차년도	48,000백만원	국내 도료 산업의 실태와 전망, 데이코산업연구소, 2000. (전자파 차단은 도료에서 실시하고 있음) ; 2,800~3,000억원정도 예상하고 있음
	2차년도	50,000백만원	
	3차년도	60,000백만원	
	4차년도	80,000백만원	
	5차년도	100,000백만원	
영업이익률		9.6 %	초기에는 시장 독과점이 가능하나 기술보급 차원에서 업계 평균 이익률을 추구
기술혁신단계		핵심기술	iTechvalue에서 평가된 내용을 기술함

□ 타 산업으로 파급되는 경제적 간접성과 추정 로직

- 최종 도출된 유망프로그램은 기존시장침투형 기술과 원가절감형 기술유형으로 구분하여 간접성과를 추정함. 간접성과는 스타밸류시스템(STAR-Value System)에 의해 계산된 경제적 직접성과에 한국은행의 산업연관표(I/O table)를 이용한 간접성과승수를 곱하여 타 산업으로 파급되는 경제적 효과로 도출됨.
- 간접성과 승수는 산업연관표상 생산유발계수를 이용함. 생산유발계수는 최종수요가 1단위 증가했을 때 이를 충족시키기 위하여 각 산업부문에서 직·간접으로 유발되는 산출되는 계수를 의미함. 즉, 프로젝트의 경제적 성과가 산업별로 발현되면 생산유발계수에서 직접적으로 유발되는 부분을 제외한 타 분야의 계수 부분이 간접적으로 유발되는 성과가 되는 것임
- 산업연관표상 열(row)합계는 특정 산업부문의 생산물에 대한 최종수요 1단위 발생에 따라 전 산업 부문에서 유발되는 직·간접 생산유발효과를 나타내며 생산유발계수의 대각요소는 각 산업부문에서 최종수요 1단위를 충족시키기 위하여 직·간접으로 필요한 자부문의 생산효과를 나타냄.
- 그러므로 타 산업부문에 파급되는 간접효과만을 추정하기 위해서는 각 산업 자신의 직접유발계수인 대각원소 값을 제거하여(R1-r11, R2-r22, R3-r33) 순수한 타 산업으로 파급되는 승수(multiplier)값을 <표 76>과 같이 도출함.

<표 67> 생산유발계수표

	1산업	2산업	3산업	행합계
1산업	r11	r12	r13	S1
2산업	r21	r22	r23	S2
3산업	r31	r32	r33	S3
열합계	R1	R2	R3	

- 건설업은 타산업의 건설수요에 따라 생산활동이 이루어지는 파생산업으로, 생산 결과는 실물로 나타나지만 건설행위 자체는 일종의 서비스 제공행위이고 여러 부문에서 개발된 신소재, 신공법, 신기술이 실용화되는 종합산업으로, 각 분야마다 여러 전문공사로 분화되어 각종 자재와 전문 인력이 사용되기 때문에 관련 산업이 많고 생산유발효과도 큰 산업이기에 간접성과 부분이 타 산업보다 큰 특징을 가짐.

- 산업연관표에서 사용하는 산업분류는 통계청의 표준산업분류와는 다르며 28개 대분류, 77 중분류, 168 소분류, 404 기본 분류의 형태(2000년 기준, 산업연관분석해설)로 나누어 산업을 분류하고 있음. 본 보고서에서는 “건설연구개발 성과분석연구”에서 실시한 설문조사 결과에 따라 도출된 건설과 관련된 표준산업분류에 의거하여 기재한 프로젝트의 산업분류를 산업연관표상 산업분류와 비교하여 건설에 해당하는 분류에 대한 간접성과 승수를 도출하여 간접성과를 추정함.

<표 68> 산업연관표 분류 중 건설관련 부문

통합 대분류 (28부문)	통합 중분류 (77부문)	통합 소분류 (168부문)	기본부문 (404부문)
02. 광산품	08. 비금속광물	018. 기타 비금속 광물	045. 기타 비금속 광물
05. 목재 및 종이제품	24. 목재 및 나무제품	052. 나무제품	121. 건축용 목제품
07. 석유 및 석탄제품	28. 석유제품	060. 기타 석유제품	147. 기타 석유정제품
08. 화학제품	35. 기타 화학제품	071. 염료, 안료 및 도료	165. 도료
09. 비금속 광물제품	40. 시멘트 및 콘크리트 제품	080. 콘크리트 제품	186. 레미콘
	41. 기타 비금속 광물 제품	081. 기타 비금속 광물 제품	187. 콘크리트 제품
11. 금속제품	45. 금속제품	090. 건설용 금속제품	216. 구조물용 금속제품
12. 일반기계	46. 일반목적용 기계 및 장비	096. 산업용 운반기계	229. 산업용 운반기계
	47. 특수목적용 기계 및 장비	098. 기타 일반목적용 기계	235. 기타 일반목적용 기계
13. 전기 및 전자기기	48. 전기기계 및 장치	100. 농업 및 건설기계	239. 건설 및 광물 처리기계
	50. 영상, 음향 및 통신기기	103. 기타 전기장치	253. 기타 전기장치
14. 정밀기기	53. 정밀기기	108. 통신 및 방송기기	268. 무선통신시스템 및 방송장비
		112. 의료 및 측정기기	276. 자동조정 및 제어기기
18. 건설	61. 건축 및 건축보수	131. 건축보수	277. 측정 및 분석기기
	62. 토목건설	132. 교통시설건설	316. 건축보수
24. 부동산 및 사업서비스	68. 부동산	150. 부동산	317. 도로시설
	69. 사업서비스	151. 사업관련 전문서비스	360. 부동산 관련서비스
			362. 건축공학 관련서비스
			363. 기타 공학 관련서비스
			364. 소프트웨어 개발공급
			365. 컴퓨터관련 서비스
152. 기계장비 및 용품임대	366. 기계장비 및 용품임대		
154. 기타 사업서비스	371. 기타 사업서비스		

(출처: 한국은행 경제통계국, 2007)

- 표준산업분류의 1,121개 세세분류 및 442개 세분류와 산업연관표의 404개 기본 부문을 대응작업은 산업연관표의 404개 기본부문 분류 중 세부적으로 표현이 어려운 경우에는 상위 통합소분류(168부문) 또는 통합 중분류(77부문)로 대체함.
- 분석결과에 따른 프로젝트 산업분류별 간접성과승수는 “건설연구개발 성과분석 연구”의 연구결과를 반영함(연세대학교 외 2006).

<표 69> 건설 관련 산업분류별 간접성과 승수

산업분류	내용	간접성과 승수	산업분류	내용	간접성과 승수
045	기타 비금속 광물	1.298055	317	도로시설	1.271571
121	건축용 목제품	2.005377	360	부동산관련서비스	0.071392
147	기타 석유정제품	1.196706	362	건축공학관련서비스	0.776986
165	도료	1.994773	363	기타 공학관련서비스	0.545615
186	레이콘	1.524988	364	소프트웨어 개발 공급	0.598809
187	콘크리트제품	1.665813	365	컴퓨터 관련 서비스	1.341566
192	아스팔트제품	1.805944	366	기계장비 및 용품임대	0.611747
216	구조물용 금속제품	2.090459	371	기타 사업서비스	0.572049
229	산업용 운반기계	1.660469	081/168	기타 비금속광물제품	1.485357
235	기타 일반목적용 기계	1.873249	129/168	주택건축	1.509380
239	건설 및 광물처리기계	1.918513	130/168	비주택건축	1.441831
253	기타 전기장치	1.784758	132/168	교통시설건설	1.390867
267	무선통신 및 방송장비	1.852516	133/168	기타 토목건설	1.398495
276	자동조정 및 제어기기	1.735915	154/168	기타 사업서비스	0.587635
277	측정 및 분석기기	1.704364	61/77	건축 및 건축보수	1.445665
316	건축보수	1.392438	62/77	토목건설	1.385422

- “바이오/나노 기술을 활용한 자연친화적 건설 신마감재 개발”는 기타 비금속 광물(1.298), 도료(1.995), 콘크리트제품(1.665), 주택건축(1.509) 그리고 건축 및 건축보수(1.446)에 해당함으로 간접효과 승수는 7.913 (=1.298 + 1.995 + 1.665 + 1.509 + 1.446)임(표 68 참조).
- 따라서 간접효과를 포함한 경제적 성과는 직접효과의 최저 금액인 390,550백만 원에 간접효과 금액인 3,090,422.15백만 원을 합한 3,480,972.15백만 원이고 투자효과(ROI)는 148.76으로 나타남

#### (4) 산업정책적 성과

- 바이오 기술을 적용하여 환경부담 저하를 위한 생분해성 마감재 제조
  - 첨단건설자재의 장점으로 다양한 응용분야 개발로 건축 산업 발전에 기여
  - 생분해기술의 타 산업 분야의 활용 및 기술적인 문제점 해결에 기여
- 건설 폐기물의 재활용 증대를 위한 친환경 처리기술 개발
  - 건설 폐기물의 친환경적인 처리의 원천기술보유로 인한 해외의존도 경감
  - 재활용 가능한 건설 폐기물의 친환경적인 처리로 인한 미래형 건설자재 친환경 처리 기술 시스템의 구축이 가능
- 순환지속 가능한 건설자재 개발
  - 재활용이 가능한 순환지속가능 건설자재 개발로 인한 국가 환경 부담 저하
- 바이오 소재 배합 생체친화형 건축 마감재 개발
  - 국민의 삶의 질 향상에 따른 환경 분야의 국제적 인지도 제고
  - 천연물질(수지 및 미생물 소재)을 이용한 건설자재 기술의 타 산업분야 적용 가능성 확대
- 유해물질 저감형 친환경 접착제 개발

- VOCs 저감기술의 확립으로 첨단 건설 산업 발전에 기여
- VOCs에 대한 안정성 확보로 국민 삶의 질 향상

□ 천연물질(수지 및 미생물 소재) 이용 친환경 도료 개발

- 유해물질 저감을 통해 인류건강에 기여
- 유해물질에 대한 안정성 확보로 국민 삶의 질 향상

□ Nano-Pore 제어기술을 활용한 고성능 단열재료 개발

- 복합 단열 재료의 장점으로 다양한 응용분야 개발로 건축 산업 발전에 기여
- 나노발포기술의 타 산업 분야의 활용 및 기술적인 문제점 해결에 기여
- 주택·빌딩의 에너지 절약을 위한 단열재뿐 아니라 가전제품, 수송기기, 에너지 저장 등에 이용하는 초단열 재료로의 활용도 기대

□ 탄소나노튜브를 이용한 유해전자파 흡수 건축 내장재 기술

- 전자파 차폐/흡수 기술의 확립으로 첨단 건설 산업 발전에 기여
- 전자파에 대한 안전성 확보로 보건의료 분야 효율적 정책수립 제고

□ 친환경 초고층건물용 내화도료 개발

- 발포형 내화도료 제조 원천 기술의 확보
- 초고층 건물 및 석유 화학 시설물 등 다양한 산업으로의 응용

□ 대기압 플라즈마를 이용한 건축외장재 방오염내구성 향상기술 개발

- 재료표면 향상을 통해 다양한 산업 분야로 확대 적용 가능
- 부식 방지 성능향상을 통해 SOC시설의 수명 연장

□ 자연모사 초소수성을 이용한 건축자재용 방오염성 코팅기술 개발

- 자동차의 사이드미러와 같은 곳에 사용하여 안정성 확보
- 일반 용기의 오염 방지

## 8. 참고 문헌

- 박종문. “차세대 바이오 환경기술 (BT와 ET의 융합)”, NICE (News & Information for Chemical Engineers), Vol.22, No.2, 2004
- 유복희, 박용승. “현장실험을 통한 친환경건축자재의 VOCs 및 포름알데히드의 방출 특성”, 대한건축학회, 2006.08.
- 박효순. “친환경 건축자재의 개발 방향”, 한국생태환경건축학회, 2004.06.
- 김갑득. “경량 철공 모듈러 유닛 구조 공법-친환경 신기술”, 한국건설산업연구원, 건설저널, Vol.43, 2004.11.
- 김자경, 남경숙. “실내 환경오염 감소를 위한 건축 마감 재료에 관한 연구”, 한국 실내디자인학회, 2007.04.
- 윤관선. “친환경 고무 발포 보온재”, 대한설비공학회 하계학술발표회 논문집, 2005.06.
- 오병환. “건설분야에서의 기술개발의 방향과 향후전망”, 대우건설기술, 통권 제 16호, 1996.04.
- 신희돈. “고유가 시대의 친환경건축에 대한 논의”, SK건축기술정보, 제3호, 2005.12.
- 황혜주, 노태학, 양준혁. “황토결합재를 이용한 콘크리트의 적정배합 도출에 관한 연구”, 대한건축학회 논문집, Vol.23 No.6, 2007.06.
- 강석표, 김정환. “건설폐기물 투입비율에 따른 재생잔골재의 품질 및 건축용 건조모르타르 적용에 관한 실험적 연구”, 대한건축학회 논문집, Vol.22 No.3, 2006.03.
- Meininghaus R, Uhde E. Diffusion studies of VOC mixtures in a building material. Indoor Air. 2002 Dec;12(4):215-22.
- Silva GV, Vasconcelos MT, Santos AM, Fernandes EO. Comparison of the substrate effect on VOC emissions from water based varnish and latex paint. Environ Sci Pollut Res Int. 2003;10(4):209-16.
- Huang H, Haghghat F, Blondeau P. Indoor Air. Volatile organic compound (VOC) adsorption on material: influence of gas phase concentration, relative humidity and VOC type. 2006 Jun;16(3):236-47.
- Won D, Corsi RL, Rynes M. Sorptive interactions between VOCs and indoor materials. Indoor Air. 2001 Dec;11(4):246-56.
- Wolkoff P. Trends in Europe to reduce the indoor air pollution of VOCs. Indoor Air. 2003;13 Suppl 6:5-11.

- Niu JL, Burnett J. Environ Int. Setting up the criteria and credit-awarding scheme for building interior material selection to achieve better indoor air quality. 2001 Jun;26(7-8):573-80.
- Wilkins K, Wolkoff P, Knudsen HN, Clausen PA. The impact of information on perceived air quality - 'organic' vs. 'synthetic' building materials. indoor Air. 2007 Apr;17(2):130-4.
- Hyvärinen A, Reponen T, Husman T, Nevalainen A. Cent. Eur. J. Comparison of the indoor air quality in mould damaged and reference buildings in a subarctic climate. Public Health. 2001 Aug;9(3):133-9.
- Wieslander G, Norbäck D, Wålander R, Erwall C, Venge P. Inflammation markers in nasal lavage, and nasal symptoms in relation to relocation to a newly painted building: a longitudinal study. Int Arch Occup Environ Health. 1999 Nov;72(8):507-15.
- 문경주, 최낙운, 최산호. "폐목재-플라스틱을 이용한 복합패널의 특성 연구", 유기물자원학회, Vol.12, No4, 2004.
- 김형진, 조진규, 김상식, 김상철, 양경용. "혼합 폐플라스틱의 아스팔트 콘크리트 혼합물 적용", 한국폐기물학회지, Vol.20, No4, 2003.
- 조병완, 박승국, 박종빈, 데니엘C.젠슨. "폐플라스틱과 고탄소 플라이애시를 이용한 합성경량골재 개발", 대한토목학회논문집, Vol.25, No.2. 2005.
- 소대섭, 김경호, 강상규. "나노기술의 산업화 현황에 관한 분석연구", 공업화학전망, Vol.9, No.3, 2006.
- 박수진, 이은정, 이재락, 원호연, 문두경. "In-situ 중합법에 의한 기상성장 탄소나노섬유/폴리이미드 복합재료의 제조 및 물성", 폴리머, Vol.31, No.2, 2007.
- 홍건호, 김기수, 한복규. "건설분야의 섬유강화 시멘트 복합 신재료", 한국복합재료학회지, Vol.19, No.1, 2006.
- 조미숙, 이영관. "Nano Clay를 이용한 고분자 나노복합재료", 공업화학전망, Vol.9, No.6, 2006.
- 하권수. "나노바이오(Nano-Bio) 기술의 현황", 공학교육, Vol.10, No.2, 2003.
- 김경민. "실세스키옥세인을 사용한 폴리스티렌 나노복합재료", 폴리머, Vol.30, No.5, 2006.
- 한복규, 권영진, 박성우, 홍건호. "섬유복합재료(ERP)의 건설 적용 사례 연구 (건축편)", 한국복합재료학회지 (복합재료), Vol.19, No.3, 2006.
- 반응병, "나노기술의 특허동향", 특허청 나노기술연구회, 2005
- 홍재민 · 이혁재, "나노입자의 개요와 기술동향 및 전망", 2005 Tech-Issue:

Emerging S&T Report, 한국과학기술정보연구원, 2005

- M Yoshiya, K Wada, BK Jang, H Matsubara, "Computer simulation of Nano-pore formation in EB-PVD thermal barrier coatings", Surface & Coatings Technology, 2004
- DM Smith, A Maskara, U Boes, "Aerogel based thermal insulation", Journal of Non-Crystal Solids, 1998
- Y Xu, DDL Chung, "Improving the workability and strength of silica fume concrete by using silane-treated silica fume", Cement and Concrete Research, 1999
- X Chen, L Wu, S Zhou, B You, "In situ polymerization and characterization of polyester-based polyurethane/Nano-silica composites", Polymer International, Vol. 52, Issue 6, pp. 993-998, 2003
- Philippe Boch\*, Arnaud Plassais, Marie-Pierre Pomies, Jean-Pierre Korba and Nicolas Lequeux, "Cementitious Nanostructures: Nanoporosity", Journal of Ceramic Processing Research, Vol. 5, No. 2, pp. 95-100, 2004
- M Collepari, S Collepari, U Skarp, R Troli, "Optimization of silica fume, fly ash and amorphous Nano-silica in superplasticized high-performance concretes", ACI Special Publications 221-30, 2004
- D. Qian, E. C. Dickey, "Load transfer and deformation mechanisms in carbon Nanotube-polystyrene composites", Applied Physics Letters, Vol. 76, No. 20, pp. 2868-2820, 2000
- R Andrews, D Jacques, M Minot, T Rantell, "Fabrication of carbon multiwall Nanotube/polymer composites by shear mixing", Macromolecular Materials and Engineering, Vol. 287, Issue 6, pp. 395-403, 2002
- H. M. Kim, K. Kim, C. Y. Lee, J. Joo, S. J. Cho, H. S. Yoon, D. A. Pejakovic, J. W. Yoo, A. J. Epstein, "Electrical conductivity and electromagnetic interference shielding of multiwalled carbon Nanotube composites containing Fe catalyst" Applied Physics Letters, Vol. 84, No. 4, pp. 589-591, 2004
- AL Linsebigler, G Lu, JT Yates Jr, "Photocatalysis on TiO<sub>2</sub> Surfaces: Principles, Mechanisms, and Selected Results", Chemical Reviews, 1995
- Adam Heller, "Chemistry and applications of photocatalytic oxidation of thin organic films", Acc. Chem. Res., Vol. 28, pp. 503-508, 1995
- Sungmin Cho, Wonyong Choi, "Solid-phase photocatalytic degradation of PVC-TiO<sub>2</sub> polymer composites" Journal of Photochemistry and Photobiology

A: Chemistry Vol. 143, pp. 221-228, 2001

- 판유리 가공품 제조업 시장동향, (주) 밸류애드 보고서 (2007. 02)
- 한국 유리 공업 협동 조합 통계자료
- Wenzel, R. N. Ind. Eng. Chem., 28, 988 (1936)
- Cassie, A. B. D. Discuss. Faraday Soc., 3, 11 (1948)
- Surface Roughness As Related To Hysteresis of Contact Angles. I. The System Paraffin-Water-Air, (J. Phys. Chem., 57, 211-215, 1953)
- Super-Water-Repellent Fractal Surfaces, (J. Phys. Chem., 100, 19512-19517, 1996)
- Super Water-Repellent Surfaces Resulting from Fractal Structure, (Langmuir, 12, 2125-2127, 1996)
- Preparation of Ultra Water-Repellent Films by Microwave Plasma-Enhanced CVD, (Thin Solid Films, 303, 222-225, 1997)
- Contact Angle Hysteresis in Oxygen Plasma Treated Poly(tetrafluoroethylene), (Langmuir, 5, 872-876, 1989)
- Ultrahydrophobic and Ultralyophobic Surfaces : Some Comments and Examples, (Langmuir, 15, 3395-3399, 1999)
- The Lowest Surface Free Energy Based on -CF<sub>3</sub> Alignment, (Langmuir 15, 4321-4323, 1999)
- Quantitative assessment to the structural basis of water repellency in natural and technical surfaces, (J. Experimental Botany, 54, 1295-1303, 2003)
- Wetting and self-cleaning properties of artificial superhydrophobic surfaces, (Langmuir, 21, 956-961, 2005)
- Control over wettability of polyethylene glycol surfaces using capillary lithography, (Langmuir, 21, 6836-6841, 2005)
- <http://www.itechvalue.org>

## [부록] 과제제안요구서

연구과제명	바이오/나노 기술을 활용한 자연친화적 건설 신마감재 개발	
1. 연구개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 바이오 기술을 적용한 친환경 마감재(수성접착제, 데코레이션 내장재, 바이오필름) 개발</li>   <li><input type="checkbox"/> 나노 기술을 활용한 고성능 단열재 및 유해전자파 흡수 내장재 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Nano-pore 제어기술을 활용한 고성능 단열재료 개발</li> <li>○ 탄소나노튜브를 이용한 유해전자파 흡수 건축 내장재 개발</li> </ul> </li>   <li><input type="checkbox"/> 유해환경 대응형 도료 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 바이오기술 적용 친환경 도료 개발</li> <li>○ 나노기술 적용한 친환경 초고층 건물용 내화도료 개발</li> </ul> </li>   <li><input type="checkbox"/> 대기압 플라즈마를 이용한 건축외장재 방오염내구성 향상 기술(초발수 폴리머 필름 및 초친수 나노코팅 기술) 개발</li> </ul>	
2. 연구개발 필요성 및 기술동향		
<input type="checkbox"/> 연구개발의 필요성	<p>기존 건설 마감재에 대한 연구 방향은 건설 마감재 자체의 물리적 성능을 개선하고, 기계적 설비에 의한 방법으로 주거 쾌적성을 확보하기 위한 것으로 생산단계에서 사용단계에 이르기까지 에너지 소비 증가를 야기 시키는 한계가 있으므로, 친환경 기술인 바이오 기술과 에너지 절감형 나노기술 등과 같은 타 분야 기술을 건설기술에 융합하여 제조한 자연 친화적 건설 신마감재 개발로 우수한 성능 및 주거 쾌적성 확보 가능하며, 이에 대한 연구 필요성은 아래와 같다.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 친환경 건축물에 대한 사회적 경제적 요구 증대 : “친환경 건축물 인증제도” 시행 및 새집증후군 등의 문제가 부각되면서 친환경 건설자재에 대한 필요성 증가</li> <li>○ 바이오 소재 활용을 통한 친환경 건축 마감재 개발 필요 : 환경부하가</li> </ul>	

많은 내·외장재에 바이오 기술을 적용하여 유해물질 방출 최소화 및 친환경성 부여 증대

- 에너지 고갈 및 비용 증가에 따른 에너지 절감형 복합재료에 대한 요구 증가 : 국내 총 에너지 소비량의 약 7.8%를 주택 및 빌딩에서 사용하고 있어 이를 절감하기 위한 단열재가 사용되고 있으나, 소요 단열성 확보를 위한 두께가 두껍고, 난연성 및 인체 유해성을 함께 고려한 단열재가 없기 때문에 이에 대한 필요성 증가
- 유해전자파 증가와 이에 대한 대응(흡수) 필요성 증가 : 정보화 산업의 고도화에 따라 21세기 최고의 공해 또는 제4의 공해라는 전자파에 대한 대책 마련 시급
- 철골구조 및 고강도 콘크리트 증가에 따른 화재 대응형 자재의 필요성 증가 : 화재시 건축물과 인명 피해를 최소화하기 위한 내화 피복 재료의 개발에 있어 성능뿐만 아니라 심미적인 요소까지 함께 할 수 있는 도료에 대한 필요성 증대
- 건설외벽재의 유지관리 어려움에 따른 자기세정기능 부여 기술 필요 : 건축물의 고층화, 대형화에 따라 건설외벽재의 유지관리를 위해 자체적으로 세정될 수 있는 자기세정능력을 갖는 건설자재에 대한 필요성 증대
- 건설 자재 표면에 기능성과 고내구성을 부여하여 환경오염에 대응할 필요성 증대 : 건설자재의 친환경성, 지속가능성에 대한 요구를 만족시키면서도 기계적 성능 저하가 발생되지 않는 자재의 필요성이 증가되고 있으며 이에 대한 대안으로 플라즈마 처리가 대두되고 있음

□ 기술동향

- 바이오 기술 적용 친환경 마감재 제조기술 개발
  - VOCs 및 포름알데히드 방출에 따른 인체 및 미생물에 대한 영향을 연구하고 방출 저감을 위한 실내 마감재에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으나 바이오 기술이 융합된 기술들이 아니라 단순히 마감재의 재료를 바꿈으로써 오염물질을 흡착시키는 등의 단순한 특성변화에 대한 연구에 치중되어 있음
  - 바이오 기술이 건축 자재 생산 기술과 융합된 국제적인 논문이 매우 적고 건축자재, 유해물질, 미생물의 각각의 분야에서는 재료학, 분석화학, 생물학 분야가 독립적으로 많은 연구가 되어 있으나 융합된 연구와 기술이 거의 전무한 상황임

- 나노 기술을 활용한 고성능 마감재 개발
  - 초미세 나노다공성 실리카 분말은 현재 인류가 개발한 고체 물질 중 가장 가볍고 초단열성 및 극저유전 특성을 갖는 소재임. 이를 기반으로 단열판넬, 건축 단열재 등의 다양한 응용이 가능함. 현재 미국 및 일부 선진국에서 고가의 flexible sheet을 비롯한 고가의 제품이 있으나 국내에서는 없는 실정임.
  - 탄소 나노 튜브는 나노 크기의 입자로서 전자파의 굴절, 회절 등 산란으로 전자파 차폐·흡수 효과가 크나 전기전자, 화학, 기계분야에 주로 활용됨. 국내의 전기·전자기기의 EMI/EMC 차폐 소재기술은 2~3년 전부터 산업체를 중심으로 연구되어 세계적 수준에 근접하였으나, 건축용 전자파 흡수패널 기술은 대형 건축자재업체의 부족에 따라 원료를 수출하는 반면 제품은 수입하는 상태이며, 이 또한 단일주파수 대역에 치중해 있음. 일본의 경우 두 주파수 대역에 대응하는 전자파흡수기능을 가진 석고패널, 전자파 흡수형 발포 유리 내장재, 공법 등이 제품화되어 있음.
  
- 유해환경 대응형 도료 마감재 제조기술 개발
  - 일반적인 석유화학 페인트는 건조성 및 도막물성을 확보하기 위하여 중금속 및 VOCs(휘발성유기화합물)를 다량 함유하고 있어, 이에 따른 환경문제가 빈번히 발생하고 있음. 이러한 문제점을 개선한 Bio-페인트는 환경친화적인 장점을 가지고 있으나, 건조속도, 도막경도, 내후성 및 저장성 등의 성능이 저하되는 문제가 있어, 이같은 문제점 해결을 위한 첨단 융합 기술 및 제품 상용화기술 개발이 필요함.
  - 현재 국산 내화도료는 내화 지속시간 2시간용이 개발되어 사용되고 있으나, 건축구조물의 초고층화로 내화지속시간 3시간 이상 도료의 개발이 대두되고 있음. 이같은 고성능 내화도료(내화 3시간 이상)의 개발을 위하여 초고온용 나노휘스커 재료 등의 나노기술을 활용한 고성능 내화도료의 개발이 필요함.
  
- 대기압 플라즈마 코팅기술을 이용한 건설 마감재의 방오염내구성 향상기술 개발
  - 초발수성을 이용한 오염방지 기술은 연꽃잎 효과를 모방한 공학 기술로 독일에서 가장 앞선 기술을 확보하고 있으며, LOTUSAN 페인트, NANOTOL sealer, 방오처리 의류 등이 제품화 되어 있

- 으나 아직 건축물에 적용하기 위한 제품은 상업화되어 있지 않음
- 국내에서는 자연모사를 통한 초발수성 표면 제어 연구를 수행한 바 있으며, 학문적인 원리 규명과 응용성 연구를 수행하고 있는 단계로서 건설자재에 적용된 경우는 없음
  - 초친수 물질로 이산화티타늄을 코팅하는 방법은 주로 스프레이 코팅이나 sol-gel법을 많이 이용하고 있다. 스프레이 코팅에서는 주로 독일의 degusa나 일본 제품의 파우더를 많이 수입하여 코팅하고 있는 실정이며, 접착력이 낮고 내구성이 떨어지는 문제점이 있다. 반면 sol-gel법은 높은 온도의 후속 열처리 공정이 필요하기 때문에 적용성이 낮은 편이다. 현재 대기압 플라즈마 코팅 기술로 초친수 물질을 제조하는 연구는 거의 수행되지 않음

### 3. 연구개발내용

#### 세부과제 1 : 바이오 기술 적용 친환경 마감재(수성접착제, 데코레이션 내장재, 바이오필름) 개발

- 바이오 기술 적용 유해물질 저감형 친환경 수성 접착제 성능기준
  - Bio-수지함량: 50%이상, 무용제 Type
  - T-VOCs방출량: 0.050 mg/m<sup>2</sup>·h이하
- 바이오 소재 배합 생체친화형 데코레이션 내장재 성능기준
  - Bio-수지함량: 50%이상
  - T-VOCs방출량: 0.050 mg/m<sup>2</sup>·h이하
  - 방염성능 만족 : 잔염: 3초 이하, 잔신: 5초 이하, 탄화길이: 20cm 이하, 탄화면적: 30cm<sup>2</sup> 이하
  - 인장강도: 25 N/mm<sup>2</sup>
  - 인장신율: 200% 이상
  - 치수안정성: 4% 이하
- 건축마감재적용 생분해성 바이오필름 성능기준
  - 필름두께: 50 $\mu$ m 이하
  - 기능성filler의 최적분산기법 개발
  - 필름의 연속제조공정 기술 확립

#### 세부과제 2 : 나노 기술을 활용한 고성능 단열재 및 유해전자파 흡수 내장재 개발

- Nano-Pore 제어기술을 활용한 고성능 단열재 개발
  - 나노기공 및 미세구조 제어기술

- 초단열성 및 난연성을 확보한 친환경 건축자재 개발
- 열전도율 :  $\leq 0.03\text{W/mK}$  ( $20^\circ\text{C}$  기준)
- 난연성능 :  $\geq$  난연2급 (두께 5mm 이하)
- 탄소나노튜브를 이용한 유해전자파 흡수 건축 내장재 개발 (제안공모과제)
  - 광대역 전자파 흡수용 건축 내장재 기술 개발
  - 난연성능 :  $\geq$  난연2급 (두께 5mm이하)
  - 유효주파수 대역 :  $1.0\text{GHz}\sim 5.0\text{GHz}$
  - 전자파 흡수성능 : 6dB (75%)이상 (유효주파수 구간)

### 세부과제 3 : 유해환경 대응형 도료 제조기술 개발

- 바이오기술 적용 친환경 도료 개발(제안공모과제)
  - T-VOCs 방출량 :  $0.050\text{ mg/m}^2\cdot\text{h}$  이하
  - Bio-수지함량 : 50 % 이상
  - 기본성능 : 실내용 도료[KS M 6010] 성능 이상
- 나노기술 적용 친환경 초고층건물용 내화도료 개발
  - 내화지속시간 : 3시간 이상 [KS F 2257-1]
  - 도막두께 : 12 mm 이하
  - 부착력 :  $4\text{ N/mm}^2$  이상 [ASTM D 4541]
  - T-VOCs 방출량 :  $0.010\text{ mg/m}^2\cdot\text{h}$  이하 [무용제형]

### 세부과제 4 : 대기압 플라즈마를 이용한 건축외장재 방오염내구성 향상 기술(초발수 폴리머 필름 및 초친수 나노코팅 기술) 개발

- 초발수 폴리머 필름 성능기준
  - 물에 대한 접촉각 :  $140^\circ$  이상
  - 폭 : 600mm 이상
  - 내후성 : UV조사 4주 이상
  - 가시광 투과도 : 85% 이상
- 초친수 나노코팅 성능기준
  - 물에 대한 접촉각 :  $5^\circ$ 이하 (UV조사시)
  - 폭 : 600mm 이상
  - 광촉매성능 : 광촉매성능시험평가법 IIa 통과 (2시간동안, 분해율 90% 이상)
  - 부착력 :  $80\text{mN/mm}$  이상,

- 박막 정도 : 7H 이상
- 가시광 투과도 : 85% 이상

#### 4. 연구개발 추진방법

- 추진전략
  - 연구개발 목표를 수립하고, 이를 달성하기 위해 각 세부과제별로 연차별 중간성과물을 제시할 수 있도록 추진전략 및 일정계획 수립
  - 바이오/나노 기술을 활용한 자연친화적 건설 신마감재의 개발뿐만 아니라, 개발된 기술의 확장 가능성을 염두에 두고 향후 우주항공, 자동차산업 등 타 산업분야로의 바이오/나노 기술 융합에 대한 기반 기술로 활용이 가능하도록 추진
  - 본 연구단은 실용화 중심의 연구개발과제로 산학연 공동연구를 기본으로 하며, 과제성격에 따라 학제간(學際間, inter-disciplinary) 연구진 구성
  - 현실성있는 현장적용기술의 도출을 위하여 ‘바이오/나노 기술을 활용한 자연친화적 건설 신마감재 개발 및 제작’은 민간기업을 적극 활용
  - 연구개발의 시너지 효과 증진 및 선진기술 확보를 위하여 필요시 해외 선진기술보유 기관과의 국제공동연구 추진
    - ※ 국제공동연구 추진시 우리원 대외협력팀에 해외 MOU 체결기관 문의

- 추진체계
  - 연구단 형태로 추진
  - 연구단과제 내 제안공모과제는 연구단 컨소시엄과 별도로 연구수행 기관을 선정

#### 5. 사업기간 및 소요예산

- 사업기간 : 2008 ~ 2013 (5년)
  - 1차년도 사업기간 : 2008 ~ 2009 (12개월)
- 사업예산 :
  - 1차년도 사업비 : 정부 15억원
  - 총사업비 : 99억원(추정)

#### 6. 기 타

- 기업참여시 기업부담금은 “건설교통기술연구개발사업운영규정”의 기준 적용
- 총사업비는 정부예산 사정에 따라 변경될 수 있음
- 연구신청자는 RFP에 제시된 연구개발 내용을 기준으로 연구개발계획서를 작성하되 과제의 목적 달성에 필요하다고 판단되는 경우, 연구내용의 일부를 가감할 수 있음

## [부록] 과제 공모 추진방안

연구단 과제명	세부과제명	개발기술	공모방식		제안공모과제 선정사유
			연구단 컨소시엄 공모	제안 공모	
바이오/나노 기술을 활용한 자연친화적 건설 신마감재 개발	1(세부) 바이오 기술 적용 친환경 마감재(수성접착제, 데코레이션내장재, 바이오필름) 개발	○			<p>※ 연구단컨소시엄공모과제인 사유</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 바이오-나노-건설 기술 간의 유기적인 융합연구를 통한 첨단기술 및 고부가가치 제품화가 사업의 주요 목표임</li> <li>- 타 세부 기술에서 개발된 제품의 친환경 평가 및 바이오 요소 평가를 위한 통합연구가 요구됨</li> <li>- 단계별 목표 개발기술 간 유기적인 연계연구가 이루어져야 하며, 유해물질 저감화에 대한 세세부간 공통기술 적용이 필요함 (VOCs 저감기술, 재료의 물성 및 강도 평가기법 공통 적용)</li> <li>- 바이오소재 배합 기술 최적화에 대한 세세부간 연계연구를 통해 경제성 있는 시제품 생산 연구가 가능 (바이오소재 배합기술 개발, 바이오수지 함량 측정 시험 표준화)</li> <li>- 각 세부에서 개발된 친환경재료들은 건축물에 통합적으로 사용되는 내장 마감재로서, 시공 후 종합적인 인체유해성 평가 및 친환경성 재고가 필수적임 (인체세포 대상 기능평가 및 환경적합성 시험의 통일)</li> </ul>

	2세부) 나노 기술을 활용한 고성능 단열재 및 유해 전자파 흡수 내장재 개발	Nano-Pore 제어기술을 활용한 고성능 단열재 개발  탄소나노튜브를 이용한 유해전자파 흡수 건축 내장재 개발	○	○	<p>※ 연구단컨소시엄공모과제인 사유</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 현재 시작단계인 기술소 재개발 및 제품응용기술 개발시 타 과제와의 긴밀한 협의 등에 의해 소재기술(타 과제수행기관) 및 건설응용기술의 융합을 위해 컨소시엄에 포함되어야 함.</li> </ul> <p>※ 제안공모과제 선정 사유</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 전자파 흡수재료는 다년도간 연구가 진행되어 어느정도 수준에 도달된 요소기술로 건축내장재료의 활용을 위한 응용 및 제품제조기술을 확보한 기관을 선정하는 것이 필요함.</li> </ul> <p>※ 연구단컨소시엄공모과제인 사유</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 내화도료는 국내생산업체가 대기업 위주로 제조업체가 많지 않고, 시제품 제작 및 성능시험비 등 개발비가 많이 소요됨.</li> <li>- 또한, 내화도료의 개발은 첨단 요소기술적인 개발부분이 많아서, 융합기술인 나노재료기술 및 정밀합성기술(산 촉매합성) 공유 등 연구 컨소시엄 구성이 필요한 연구 사업임.</li> </ul>
3세부) 유해환경 대응형 도료 개발		나노 기술 적용한 친환경 초고층 건물용 내화도료 개발	○	○	<p>※ 제안공모과제 선정 사유</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 바이오도료는 국내 중·소 도로업체를 포함한 많은 도로제조 기업들이 기초 연구를 추진하고 있는 분야로써, 제품 제작비 및 생산설비 등의 투자비가 낮고, 다른 첨단 요소기술과의 연계성이 낮아 독립적 연구수행체제로 별도 추진하여도 연구단 연구목표의 원활한 달성이 가능한 요소기술임.</li> <li>- 또한, 현재 연구중인 제조기업, 연구기관, 등이 많으며, 경쟁을 통해 보다 우수한 연구기관 및 연구자 선정이 가능한 세제부과제임.</li> </ul>
4세부) 대기입 플라즈마를 이용한 건축외장재 방오염내구성 향상기술 개발		방오염내구성 향상기술 개발	○	○	<p>※ 연구단컨소시엄공모과제인 사유</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 표면의 방오염성을 확보하는 방안으로는 광촉매 특성을 응용한 초친수 표면을 만드는 방법과 연꽃잎에서와 같이 초발수 표면으로 만드는 두 가지 방법이 있다.</li> <li>- 먼저, 초발수 표면을 방오염 표면으로 사용하기 위해 초발수 코팅층(통상 수<sub>μm</sub>이내)만으로는 자외선에 대한 내구성을 확보하기 어려우므로 수<sub>μm</sub> 두께의 필름을 활용하여 초발수 폴리머 필름으로 개발하면 자외선에 대한 높은 내구성을 확보할 수 있다.</li> <li>- 한편, 광촉매 특성을 가지는 초친수 표면은 자외선에 대해 높은 내구성을</li> </ul>

				<p>가지나 높은 밀착력을 확보하는 것과 충분한 두께로 균일하게 코팅하는 것이 관건이다.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 이 두가지 방법은 각각 진공 플라즈마를 이용하여 개발되었으며, 본 과제에서는 대기압 플라즈마를 활용하여 달성해야 함.</li> <li>- 초발수 특성과 초친수 특성을 얻기 위해 대기압 플라즈마를 사용하되 플라즈마 내에 주입하는 반응가스의 종류와 공정 조건을 제어하여 상반된 두 가지 표면을 얻을 수 있어, 같은 장비가 사용됨.</li> <li>- 방오염 표면 특성을 극대화하기 위하여 환경에 따라 초발수성과 초친수성이 발현되는 복합 기능의 방오염 표면 제작이 필요하여 초발수 폴리머 필름 개발 과제와 초친수 나노코팅 기술 개발 과제는 동시에 이루어지는 것이 바람직함.</li> </ul>
--	--	--	--	---

## [부록] 제안공모 과제제안요구서

<b>연구과제명</b> (제안공모과제 1)	<b>탄소나노튜브를 이용한 전자파 흡수 건축 내장재 개발</b>
<b>1. 연구개발 목표</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 탄소나노튜브를 이용한 전자파 흡수 건축 내장재 기술 개발           <ul style="list-style-type: none"> <li>- 전자파 흡수 성능 지표 6 dB(75%) 이상(1.0GHz - 5.0GHz 이상, 5mm 이하)</li> <li>- 건축내장재로서의 성능 지표 난연 성능 : 난연2등급 이상</li> </ul> </li> <li>○ 건축내장재 적용성이 우수한 전자파 제어 기술 확보           <ul style="list-style-type: none"> <li>- 유효 주파수 대역 제어 기술 확보</li> <li>- Multi-Layer 건축내장재 적용 기술 확보</li> </ul> </li> </ul>
<b>2. 연구개발 필요성</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 전자파 이용 기술은 IT기술의 그 대표 기술이라고 할 수 있으며, 그 성장 속도나 편리성으로 인하여 전자파의 유효 이용 및 관련 기술의 발전이 기대되고 있음다. 전자파 이용 기술의 확대와 함께 전자파의 환경에 대한 관심이 증대되고 있어 이를 유효하게 제어하기 위하여 건축물에 그 개념의 도입이 절실히 요구되고 있음</li> <li>○ 특히 건축물에 있어서 전자파 환경 제어는           <ul style="list-style-type: none"> <li>● 전자파 환경(무선랜 등)에서 노이즈 제거를 통한 오작동/품질 제어</li> <li>● 무선 환경에서의 정보 유출 차단</li> <li>● 불필요한 유해 전자파의 차단 등</li> </ul>           갈수록 그 중요성이 증대되고 있으며, 실제로 그 피해규모가 커지고 있어 일본 등 해외 선진국에서는 전자파 이용 기술과 더불어 전자파 환경을 제어할 수 있는 건축소재가 상용화되고 있는 실정임         </li> <li>○ 최근 탄소나노튜브 등의 신소재 개발이 이어지면서 이를 활용한 전자파 흡수 기술을 기존 건축내장재 기술에 접목함으로써, 고부가가치의 향후 급성장이 예상되는 본 분야에 대응이 요구되고 있음.</li> </ul>
<b>3. 연구개발 내용</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 전자파 흡수용 나노소재 요소 기술 개발           <ul style="list-style-type: none"> <li>● 단일/복합계 전자파 흡수용 나노소재의 전자파 흡수능 평가</li> <li>● 전자파 흡수능 제어 기술요소(전도성, 유전율, 투자율) 제어를 통한 유효 주파수 대역 제어 및 전자파 흡수능 제어 기술 개발</li> </ul> </li> </ul>

- 탄소나노튜브의 성장 제어 기술 확보 및 전자과 차폐/흡수능 상관 관계 분석
  - 탄소계 나노소재의 적층 두께 및 치밀도에 따른 전자과 차폐/흡수능 상관관계 분석
  - 탄소계 나노소재의 분산기술 개발
- 탄소나노튜브계 전자과 흡수 건축내장재 제조 기술 개발
    - 전자과 흡수층의 최적 배합 도출
    - 전자과 흡수층의 건축내장재 적층 방식(시트부착, 혼입, 체결 등) 강구 및 적층기술 개발
    - 탄소나노튜브계 전자과 흡수층 제조공정 기술 확립
    - 시작품 제작
  - 탄소나노튜브계 전자과 흡수 건축내장재 적용기술 개발
    - Mock-Up 및 평가 기술 개발
    - 현장적용기술 개발 및 시공지침 확립

#### 4. 연구개발 추진방법

- 추진전략
- 연차별 핵심 추진전략
    - 1차년도, 2차년도 : 요소기술 확립
    - 3차년도, 4차년도 : 제조기술 확립, Mock-Up
    - 5차년도 : 실용화
  - 실용화를 위한 기업 주도형 개발진개
  - 본 과제 연구책임자는 단계별 목표를 수립하고 그에 적합한 추진 전략 및 일정계획을 수립하여 연구를 추진해야 함

- 추진체계
- 본 제안공모과제의 수행기관으로 선정된 연구기관은 향후 연구단 내 2세부 연구기관의 협동연구기관으로 편입 예정
  - 본 과제는 연구단 전체 연구내용, 성과, 연구진 등과의 유기적인 연계성을 확보하여야 하며, 이와 관련하여 본 과제 연구책임자는 연구 단장 및 세부연구책임자에 적극 협조하여야 함

#### 5. 연구기간 및 지원예산

- 전 체
- 사업기간 : 2008 ~ 2013 (5년)
    - 1차년도 사업기간 : 2008 ~ 2009 (12개월)
  - 사업예산 (기업 출자분 포함) :
    - 1차년도 사업비 : 1.40억원

- 2차년도 사업비 : 1.40억원
- 3차년도 사업비 : 1.75억원
- 4차년도 사업비 : 1.40억원
- 5차년도 사업비 : 1.05억원
- 총사업비 : 7.00억원(추정)

7. 기 타

<b>연구과제명</b> <b>(제안공모과제 2)</b>	<b>바이오 기술적용 친환경 도료 개발</b>
<b>1. 연구개발 목표</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 바이오촉매 추출, 개량 및 대량 생산기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>● 산화환원 효소, 에스테라제 등의 추출 및 변성기술 개발</li> <li>● 효소 유전자 개량 및 발현 기술 개발</li> </ul> </li>   <li>○ 바이오촉매에 의한 고경도 및 내구성 천연 도료 합성기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>● 식물성 오일 유래 단량체 합성 및 구조제어 기술개발</li> <li>● 천연수지(50% 이상) 사용 고기능성 바이오 도료 제조 : (T-VOCs 방출량 : 0.050 mg / m<sup>2</sup>·h 이하)</li> <li>● 실내 건축용 바이오 도료 제조(KS M 6010의 성능기준 이상)</li> </ul> </li>   <li>○ 목재용 및 산업용 바이오 도료 제조 <ul style="list-style-type: none"> <li>● 자연건조 및 열경화형 바이오도료 개발</li> <li>● UV 및 EB 경화형 바이오도료 개발</li> </ul> </li> </ul>
<b>2. 연구개발 필요성</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 최근 세계적으로 화학 산업에 있어서의 기후협약을 비롯한 각종 환경규제 등에 대비하여 식물성 오일을 비롯한 바이오매스 자원을 주 원료로 사용하고, 바이오촉매(생촉매)인 효소를 활용하여 정밀하게 구조를 제어하면서 고효율로 화학 물질을 제조할 수 있는 바이오기술(biotechnology) 개념을 적용한 보다 친환경적이며 지속 성장 가능한 신개념의 화학 산업으로의 전환이 요구되고 있음.</li>   <li>○ 일반적인 석유화학 페인트는 건조성 및 도막 물성을 확보하기 위하여 유해 중금속과 휘발성 유기 화합물을 다량 함유하고 있으므로 도장 과정 및 건조 과정에서 독성 물질과 휘발성 유기 화합물을 방출함으로써, 직접적으로 장기간 노출되는 경우 인체에 심각한 질병(새집증후군, 아토피 등)을 유발시킴.</li>   <li>○ 이러한 석유 화학 페인트의 문제점이 대두됨과 동시에 최근에는 산업 발전의 고도화 및 환경오염에 대한 관심이 높아짐에 따라 페인트의 기본적인 기능 외에 새로운 기능성이 점점 요구되고 있는 실정이며, 그 중에서도 유해성 유기 화합물 및 중금속을 함유하지 않은 무공해 천연 원료로 제조하여 인체에 무해하고, 환경 친화성이 우수한 천연 페인트의 개발이 필요함.</li> </ul>

- 그러나, 상기 천연 페인트는 환경 친화성이 높고 무독성이라 인체와 환경에 무해하며 석유화학 페인트와 달리 지속 순환생산이 가능한 원료로 제조하는 장점을 가지고 있으나 제반 기능과 작업성, 건조 속도, 도막 강도와 내후성, 내구성, 내수성, 저장 안정성 등을 확보해야 하는 여러가지 고도의 기술적 요구사항이 있음.

### 3. 연구개발 내용

- 종래에 사용되는 페놀기 함유 천연도료 중합공정은 산 또는 알칼리 조건에서 환경에 유해한 물질을 과량 사용하고 높은 온도에서 중합하는 공정으로 제조되었으나, 본 연구에서는 첨단융합기술에 의한 천연물질에서의 수지 합성 및 바이오촉매 추출 변성기술과 고반응형 바이오 도료 수지 제조 기술 개발이 요구됨.
  - 천연수지 제조 및 합성 요소 기술
  - 천연수지 분자량 조절 요소 기술
  - 바이오촉매 추출 및 변성 기술
- 새로운 천연도료를 제조하기 위하여 사용하는 원료는 자연 생산과정에서 부산물로 얻어지는 식물성 물질로 저렴한 가격에 원료의 수급이 가능하여야 하며, 도막 강도뿐만 아니라, 내약품성, 내마모성 및 내후성 등이 우수하며 인체에 무해해야 함.
  - VAC(휘발성방향족 물질) 저감 최적화 기술개발
  - 천연수지 및 첨가제와의 상용성 증대 기술 개발
- 현재 목재에 사용하는 기존의 페놀계 중합방법으로서 과량의 포르말린을 사용하기에 중합공정 뿐만 아니라 사용 후에도 알레르기 유발 물질을 배출하는 문제점이 있으므로, 첨단 바이오 촉매 기술을 활용하여 상온 상압 조건에서 구조를 정밀하게 제어가 가능하며, 고효율로 천연 고분자를 중합할 수 있는 신개념의 기술 개발이 필요함.
  - 천연수지 경화반응성 향상 합성구조 제어기술 개발
  - UV 및 EB에 의한 경화 반응형 수지 제조 기술 개발
- 또한, 첨단융합기술인 바이오촉매를 활용한 환경 친화적 공정에 의한 고분자 중합방법으로서 식물성 오일 뿐만 아니라 다양한 천연수지 도료 화합물을 원료로 새로운 고분자를 중합할 수 있는 환경 친화적이며 대량생산이 가능한 공정 개발이 요구됨.
  - 고경도 도막 형성 및 저장안정성 제어기술 개발

- 고풍택 및 무광도료 합성 및 배합 기술개발
- 고내구성 및 내오염성 도막 형성기술 개발
- 바이오도료 대량 생산 최적화 기술개발

#### 4. 연구개발 추진방법

- 추진전략
- 기존 바이오 도료 연구성과를 가진 연구진으로 첨단융합기술을 접목한 제품 개발이 가능할 것
  - 개발된 건축용 및 산업용 바이오 도료의 친환경성 및 내후성 평가를 위한 현장 시범적용 필히 추진
  - 공인 시험기관에서의 VOC 방출량 및 제품의 성능 평가가 필요
  - 최종적인 건축 및 산업용 바이오 도료의 대량 제조기술의 상용화
  - 본 과제 연구책임자는 단계별 목표를 수립하고 그에 적합한 추진 전략 및 일정계획을 수립하여 연구를 추진해야 함

- 추진체계
- 본 제안공모과제의 수행기관으로 선정된 연구기관은 향후 연구단 내 3세부 연구기관의 협동연구기관으로 편입 예정
  - 본 과제는 연구단 전체 연구내용, 성과, 연구진 등과의 유기적인 연계성을 확보하여야 하며, 이와 관련하여 본 과제 연구책임자는 연구 단장 및 세부연구책임자에 적극 협조하여야 함

#### 5. 연구기간 및 지원예산

- 전 체
- 사업기간 : 2008 ~ 2013 (5년)
    - 1차년도 사업기간 : 2008 ~ 2009 (12개월)
  - 사업예산 (기업 출자분 포함) :
    - 1차년도 사업비 : 2.00억원
    - 2차년도 사업비 : 2.00억원
    - 3차년도 사업비 : 2.50억원
    - 4차년도 사업비 : 2.00억원
    - 5차년도 사업비 : 1.50억원
    - 총사업비 : 10.00억원(추정)

#### 7. 기 타