

<b>관리번호</b>	2026-B11630-기획-001		<b>산업기술</b>	<b>중분류 I</b>	<b>중분류 II</b>	
<b>개발형태</b>	<input type="checkbox"/> 원천기술형	<input checked="" type="checkbox"/> 혁신제품형	<b>분류</b>	산업기반·기초세라믹	세라믹 공정기술	
<b>혁신도전형</b>	<input type="checkbox"/> 세계최초		<input type="checkbox"/> 세계최고		<input checked="" type="checkbox"/> 해당없음	
<b>AI 연계</b>	<input type="checkbox"/> AI 응용 및 활용		<input type="checkbox"/> AI 기반	<input type="checkbox"/> 기타 AI 연계 기술	<input checked="" type="checkbox"/> 해당없음	
<b>지역(비수도권) 연계</b>	<input type="checkbox"/> 지역 산업 연계		<input type="checkbox"/> 지역 기업 성장	<input type="checkbox"/> 지역 인재 및 일자리	<input checked="" type="checkbox"/> 해당없음	
<b>초격차프로젝트</b> (해당 or 해당없음)	<b>분야</b>	핵심소재				
	<b>미션</b>	탄소 중립 공정·소재 개발				
	<b>프로젝트</b>	탄소 다배출 핵심소재 생산공정 친환경 전환(수소환원제철 등) 기술 개발				
	<b>제품·기술</b>	저탄소 시멘트 원료 기술 및 저탄소화 원료 기술				
	<b>세부기술</b>	석회석 원료 대체 및 클링커 사용량 저감 등 저탄소 시멘트 원료 기술				
<b>연계유형</b>	<input type="checkbox"/> IP R&D연계		<input type="checkbox"/> 표준연계	<input type="checkbox"/> 적합성인증연계	<input checked="" type="checkbox"/> 해당없음	
<b>특성분류</b>	<input type="checkbox"/> 경쟁형과제		<input type="checkbox"/> 복수형과제	<input type="checkbox"/> 국가핵심기술	<input type="checkbox"/> 국제공동	
	<input checked="" type="checkbox"/> 대형통합형		<input type="checkbox"/> 민간투자연계형	<input type="checkbox"/> 서비스형	<input type="checkbox"/> 안전관리형	
	<input type="checkbox"/> 원스톱형		<input type="checkbox"/> 유연 컨소시엄	<input type="checkbox"/> 초고난도 과제	<input checked="" type="checkbox"/> 탄소중립	
	<input type="checkbox"/> 보안과제		<b>ESG</b>	<input checked="" type="checkbox"/> E	<input type="checkbox"/> S	<input type="checkbox"/> G
<b>R&amp;D 자율성트랙</b>	<input checked="" type="checkbox"/> R&D 자율성트랙(일반)		<input type="checkbox"/> R&D 자율성트랙(지정)			
<b>과제명</b>	<b>혼합재 사용증대를 위한 상용화 제조 및 현장 적용 실증 기술개발</b> (TRL : [시작] 5단계 ~ [종료] 8단계)					
<b>1. 개념 및 정의</b>						
<input type="checkbox"/> <b>개념</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 시멘트 산업의 탄소중립 달성 기여를 위해 시멘트 제조 시 클링커 의존 비중을 낮추고 비탄산 혼합재 사용 비율을 높인 상용화 규모의 현장 적용 기술개발</li> <li>- 기존의 제한적인 혼합시멘트(고로 시멘트, 플라이애시 시멘트, 포졸란 시멘트) 규격 외 석회석, 소성점토 등 다양한 혼합재를 활용하여 대규모 상용 플랜트를 통한 안정적인 시멘트 제조 및 건설 현장에 적용하는 실증 기술개발</li> </ul>						
<input type="checkbox"/> <b>정의</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 혼합재 함량 증대, 다양화 및 상용 규모 현장 적용 실증을 위한 기술개발</li> <li>- 혼합재 사용량 증대 시 시멘트 품질이 저하되지 않고 높은 수화 활성도를 갖는 고성능 클링커와 시멘트의 연속생산 기술개발</li> <li>- 실증 규모 에너지 절감형 고효율 석회석 시멘트 제조시스템 구축 및 생산 실증</li> <li>- 혼합시멘트 시제품 제조 실증 및 품질 최적화</li> <li>- 저탄소형 혼합시멘트 제품에 대한 건축구조물, 포장 콘크리트 현장 적용 및 장기 내구성 모니터링</li> </ul>						

## 2. 연구목표 및 내용

### □ 최종목표

- 상용화 규모 클링커 및 혼합시멘트 제조공정 기술개발과 현장 적용 실증
  - 혼합재 사용증대를 위한 상용화 규모 고성능 클링커 및 시멘트 제조 실증
  - 상용 규모 석회석 시멘트 제조 시스템(100t/hr 이상) 개발 및 실증
  - 클링커 20% 이상 대체 석회석 시멘트의 200t 이상 생산 실증 및 현장 적용
  - 혼합시멘트의 제조 실증 및 구조체 성능 평가, 이에 대한 탄소배출 저감 평가
  - 혼합재 증대 포틀랜드시멘트의 제조 실증 및 현장 적용
  - 저탄소 혼합시멘트 제품의 건축물 및 도로 적용 실증
- 정량적목표

연번	핵심 기술/제품 성능지표		단위	달성목표	국내최고수준	세계최고수준 (보유국, 기업/기관명)	
1	고성능 클링커 시멘트	클링커 내 C <sub>3</sub> S 함량	%	60 이상	55	-	
2		클링커 및 시멘트 연속생산	hr	120 이상	-	-	
3		압축강도 (3일/7일/28일)	MPa	30/40/52.5 이상	12.5/22.5/42.5	30/40/52	
4	혼합시멘트 품질 <sup>1)</sup>	응결시간	초결	min	60 이상	-	60 이상
			종결	hr	10 이하	-	-
5		압축강도 (3일/7일/28일)	MPa	12.5/22.5/42.5 이상	-	-/-/42.5 이상	
6	석회석 시멘트	석회석 함량	%	20 이상	-	-	
7		제조 시스템 구축	ton/hr	100 이상	-	-	
8		생산량	ton	200 이상	-	-	
9		분쇄 전력 저감률	%	20 이상	-	-	
10	다성분계 시멘트	혼합재 함량	%	35 이상	-	-	
11		제조 시스템 구축	ton/hr	20 이상	-	-	
12		생산량	ton	100 이상	-	-	
13	소성점토 시멘트	소성점토 함량	%	10 이상	-	-	
14		제조 시스템 구축	ton/hr	20 이상	-	-	
15		생산량	ton	100 이상	-	-	
16	혼합재 증대 포틀랜드 시멘트	혼합재 함량	%	15 이상	-	-	
17		제조 시스템 구축	ton/hr	20 이상	-	-	
18		생산량	ton	100 이상	-	-	

19	탄소성적 평가(LCA) <sup>2)</sup>	건	4건 이상	-	-
20	혼합시멘트 현장 적용 실증 (건축물/도로/2차제품)	건	각 1건 이상	-	-

- 1) 석회석시멘트, 다성분계시멘트, 소성점토시멘트 및 혼합재 증대 포플랜드시멘트 공통 적용
- 2) 석회석시멘트, 다성분계시멘트, 소성점토 및 혼합재 증대 포틀랜드 시멘트의 4종류에 대한 탄소 성적평가(LCA) 진행 및 보고서를 각 1건 이상 제출

## □ 개발 내용

- 상용 규모 고성능 클링커 및 시멘트 연속생산 기술개발
  - 품질 편차 최소화를 위한 연속생산 실증설비 구축 및 생산기술 확보
  - 실 공정 적용 고성능 클링커 및 시멘트 제조 표준 도출 및 2차 제품 응용기술 개발
- 석회석 시멘트 실 공정 최적 제조 기술 확보 및 생산 실증
  - 고효율 분쇄/분급 기술 등 에너지 저감형 석회석 시멘트 제조 실증설비 구축
  - 석회석 시멘트 제조, 이송, 저장, 출하 시스템 최적화
  - 실 공정 제조 표준 개발, 품질관리 방안 도출 및 시제품 생산 실증, 현장 적용 지원
- 다성분계 혼합시멘트 생산용 정밀 혼합설비 구축 및 혼합시멘트 시제품 제조 실증
  - 다성분계(3성분계 이상) 시멘트 핵심 품질요소·제조설비 도출 및 실증
  - 신규 혼합재 1종 이상 사용한 2종 이상의 혼합시멘트 시제품 생산 및 현장 적용 지원
- 소성점토계 혼합재 제조 및 혼합시멘트 시제품 제조 실증
  - 소성점토 핵심 품질요소·제조 기술 도출
  - 소성점토 제조 10톤 이상 및 소성점토 혼합시멘트 시제품 생산, 현장 적용 지원
- 혼합재 증대 포틀랜드시멘트 생산 실증
  - 기존 OPC 제조설비 대비 혼합재 증대 실증설비 구축
  - 혼합재 증대 포틀랜드시멘트 시제품 생산 및 현장 적용 지원
- 혼합시멘트의 레미콘 적용 적합성 평가 및 실증
  - 실증 혼합시멘트의 건축/토목용 콘크리트 배합 도출 및 평가
  - 건축/토목 Mock-up 시험용 레미콘 제조 실증
- LCA(Life Cycle Assessment) 기법 활용 탄소배출 성능 비교 평가
  - 고성능 클링커 및 각 혼합시멘트 제조 기술별 전 과정 탄소배출(LCA) 평가
- 저탄소형 혼합시멘트 시제품 활용 건축 및 도로구조물 현장 실증 및 내구성 평가
  - 혼합시멘트 CO<sub>2</sub> 배출량 저감율 및 Mock-up 시험을 통한 성능(강도, 내구성 등) 평가
  - 혼합시멘트 건축물 실증을 통한 시공성 및 내구성 평가
  - 강도 등급 및 노출 환경에 따른 혼합시멘트 콘크리트의 내구성 평가
  - 모니터링 및 비파괴 기법을 이용한 실증 건축물의 건전도·상용화 평가
  - 도로용 구조물, 2차 제품 현장 적용 및 장기 내구성 검증

□ TRL 핵심기술요소(CTE)

연번	핵심 기술요소	최종단계	생산수준 또는 결과물	시험평가 환경
1	고성능 클링커 및 시멘트 생산 실증 기술	7	C3S 함량 60%이상 클링커 품질수준 확보 및 120hr 이상 연속생산 실증	상용화 공정 시험생산 환경
2	석회석 시멘트 실증 생산 제조시스템 구축	7	석회석 시멘트 200t 이상 생산 실증 및 100 t/hr 규모 석회석 시멘트 제조설비	상용화 공정 시험생산 환경
3	다성분계 시멘트 생산 실증 및 제조시스템 구축	7	다성분계 시멘트 제조 표준, 100t 이상 생산실증, 다성분계 시멘트 제조설비	상용화 공정 시험생산 환경
4	소성점토 시멘트 생산 실증 및 제조시스템 구축	7	소성점토 시멘트 제조 표준, 100t 이상 생산실증, 소성점토 시멘트 제조설비	상용화 공정 시험생산 환경
5	혼합재 증대 포틀랜드시멘트 생산 실증	7	혼합재 증대 포틀랜드시멘트 제조표준, 100t 이상 생산 실증	상용화 공정 시험생산 환경
6	탄소 성적 평가(LCA)	7	혼합시멘트 기술별 LCA 평가 보고서	ISO 14040/14044, KS I ISO 14040/14044
7	Mock-up 실험을 통한 성능 혼합시멘트 성능 평가	7	Mock-up 구조체 내구성 평가 보고서	실제 제조 환경
8	건축/도로용 구조물/2차 제품 현장 적용 실증 및 품질특성 평가 기술	7	3층(연면적 2,000m <sup>2</sup> ) 이상 규모 건축물 적용, 도로용 구조물 및 2차 제품 현장 적용	실제 사용 환경

3. 국내외 기술동향

□ 국내 기술 동향

- 1종 시멘트 규격인 KS L 5201 및 관련 KS 규격 체계에서 고로슬래그·플라이애시·석회석 등 혼합재 사용을 일부 제한적으로 허용하고 있으며 연구 측면에서 혼합시멘트 적용에 따른 다양한 시멘트·콘크리트 성능 데이터 측정 중
- 석회석, 소성점토와 같은 혼합재 적용을 위한 고효율 클링커 제조 및 혼합재 첨가량 증대를 위한 배합 설계기술 등 다양한 기술개발 및 품질특성 평가 진행 중

□ 국외 기술 동향

- 유럽, 미국, 일본을 중심으로 혼합재 확대 기술개발 및 상용화가 진행
  - EN 197-1:2011에 의하면 시멘트는 CEM I 부터 CEM V 까지 5종으로 분류되며 사용재료의 품질과 사용량에 따라 총 27종의 시멘트로 세분화하여 다양한 선택지를 제공
  - 유럽의 CEM II 및 III형 시멘트는 고로슬래그(GGBFS), 플라이애시, 포졸란 등을 이용

하여 클링커 치환율을 35~65% 수준까지 높이고 있으며, 일부 국가에서는 석회석 및 소성점토를 혼합한 Limestone Calcined Clay Cement(LC<sup>3</sup>)를 상용화하여 약 30%의 CO<sub>2</sub> 감축 효과를 달성

- 미국은 ASTM C595 규격을 제정하여 클링커를 안정적으로 대체하는 제품이 빠르게 확산하고 있으며, 특히 석회석을 혼합한 TYPE II 제품은 전체 혼합시멘트의 97%를 차지
- 일본은 다양한 혼합시멘트 규격이 설정되어 있으며, 특히 JIS R 5211에 고로슬래그를 일정 비율 치환한 혼합시멘트를 규정하였으나 석회석 시멘트에 대한 표준이나 규정은 아직 만들어지지 않음

#### 4. 지원필요성

##### 기술적 지원필요성

- 혼합재 사용증대는 시멘트 산업 탄소중립을 위한 효율적인 수단으로, 개발된 기술의 현장 적용을 위하여 혼합시멘트의 상용화 제조 및 현장 적용 실증 기술 확보 필요
- 혼합시멘트 품질 안정성 확보 및 사용 확대를 위하여 다양한 혼합재와 고성능 클링커를 활용한 제조 공정에서 품질 안정성에 영향을 주는 배합·소성·분쇄·혼합 공정에 대한 상용화 규모 생산기술, 혼합시멘트의 시제품 활용에 대한 실증 기술 개발 필요

##### 경제적 지원필요성

- 혼합시멘트 사용 확대와 제품 다양화 기술개발 수행 시 대규모/고비용 설비 개조와 시제품에 대한 실증 평가 필요

##### 정부/정책적 지원필요성

- 시멘트 산업 탄소중립은 국가 탄소중립 목표 달성을 위한 주요 감축 분야로, 시멘트 혼합재 사용 확대를 통한 탄소배출량 감축과 상용화 규모 제조·실증 기술 개발에 대한 지원 필요
- 혼합시멘트 적용 활성화를 통한 시멘트 산업 탄소 배출량 감축을 위하여 토목, 건축 구조물 등 현장 적용 실증에 대한 지원 필요

#### 5. 활용방안 및 기대효과

##### 활용방안

- 혼합시멘트 상용화 및 현장 적용 수준의 실증 기술개발로 저탄소형 혼합시멘트 적용 확산을 통한 시멘트 산업 탄소중립 기여

##### 기술적 기대효과

- 혼합시멘트 상용화 제조를 위한 일관 제조공정(배합·소성·분쇄·분급·혼합) 기술과 시제품의 건축/토목 구조물 현장 적용을 통한 내구성 평가 기술 및 신뢰성 확보

## □ 경제적 기대효과

- 매립 또는 저부가가치로 활용되던 무기계 혼합재를 시멘트 산업에서 확대 활용하여 산업 경쟁력과 자원 활용성을 개선하고 사회적 비용 감축

## □ 기타 사회·문화적 측면의 기대효과 및 파급효과

- 무기계 미활용 자원의 고부가가치 활용을 통한 순환 경제 체계 구축 및 국가 탄소중립 목표 달성, 연관산업의 친환경 전환에 기여

## 6. 지원기간/예산/추진체계

- 연구개발기간 : 57개월 이내(1차년도 개발기간 : 9개월, 2~5차년도 : 각 12개월)  
- 1단계 : 33개월 이내, 2단계 : 24개월 이내
- 정부지원연구개발비 : '26년 93.03억원 이내(총 정부지원연구개발비 651.77억원 이내)
- 주관연구개발기관 : 기업
- 정부납부기술료 납부대상 여부 : 대상
- 기타사항 I : 동 과제는 대형통합형 과제로 5개 이상 수행기관 참여 필수(수행기관 수는 총괄연구개발과제(세부연구개발과제 포함) 단위로 산정하되, 중복참여(사업자 등록번호 기준) 기관은 1개로 산정)  
\* 동 과제는 총괄연구개발과제명 “클링커 사용량 저감을 위한 혼합시멘트 제조기술 개발”의 세부연구개발과제임(「2023년도 탄소중립산업핵심기술개발사업 신규지원 대상과제 공고」)
- 기타사항 II : 각 R&D과제는 원활한 사업운영 및 업종 내 탄소중립 기술의 성과확산을 위해 탄소중립 협력단의 협조 요청에 적극 협력하여야 함