

기술수요조사서 [과제제안]

연구개발 과제명	철도시스템 하절기 고온 리스크 저감을 위한 차열기술 적용 연구
-------------	------------------------------------

제안담당자

성 명	김영창	기관명	서울교통공사
소속(부서)	인재개발원 도시철도연구팀	직위(직급)	과장
연락처	Tel : 02-6110-8134 email: ychang@seoulmetro.co.kr	연구책임자	
		참여기업	

제안과제

구 분	내 용											
1. 연구개발 필요성	<p>[전 세계적인 이상기후 심화 및 한반도 폭염 위험 증가]</p> <p>○ 세계적으로 기록적인 폭염과 이상 고온 현상이 빈번하게 발생하면서, 극한 고온은 더 이상 예외적 사건이 아닌 상시적 재난으로 인식되고 있음. 국제 환경개발연구소(IIED) 분석에 따르면 전 세계 주요 수도에서는 지난 30년간 일 최고기온 35℃ 이상인 날의 수가 약 52% 증가하는 등, 열 스트레스가 빠르게 누적되고 있음. 우리나라 역시 이러한 흐름에서 예외가 아니며, 최근 10년 동안 체감온도 35℃ 이상 '폭염일'이 약 30일 증가하는 등, 하절기 고온 일수와 야간 열대야가 급격히 증가하는 추세를 보이고 있음.</p>											
	<div><div><p>임계값에 도달하는 관측지역 수(총 34개 지역 중) ※ 1.5℃ 임계값 = 산업화 이전 평균 기온보다 1.5℃ 더 상승하는 시점</p><table><tr><th>Year</th><th>Threshold</th><th>Number of Areas</th></tr><tr><td rowspan="2">2040년</td><td>1.5℃</td><td>3개</td></tr><tr><td>2060년</td><td>3℃</td><td>26개</td></tr><tr><td rowspan="2">2060년</td><td>2℃</td><td>31개</td></tr></table><p>[지구 평균 기온 상승 예측]</p></div><div><p>서울 37.8도...관측 사상 7월 상순 최고 폭염 [한반도 폭염 심각성]</p></div></div>	Year	Threshold	Number of Areas	2040년	1.5℃	3개	2060년	3℃	26개	2060년	2℃
Year	Threshold	Number of Areas										
2040년	1.5℃	3개										
	2060년	3℃	26개									
2060년	2℃	31개										

구 분	내 용
	<p>[하절기 철도시스템의 고온 리스크]</p> <p>○ 철도 시설물은 선로, 대부분이 옥외에 설치되어 있어 하절기 폭염과 강한 일사에 그대로 노출됨. 특히 선로 변에 위치한 각종 배전함·제어함·통신함 등은 직사일광과 복사열에 장시간 노출되면서 내부 온도 상승, 전기·전자 부품 열화, 오동작, 보호계전기 트립, 냉방 성능 저하 등을 유발하여 철도 운행 안전성 및 설비 신뢰도에 직접적인 영향을 미침.</p> <div data-bbox="363 651 632 931" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="443 936 807 972" data-label="Caption"> <p>[철도 선로변 옥외 배전함]</p> </div> <div data-bbox="639 651 887 931" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="911 651 1445 931" data-label="Figure"> </div> <div data-bbox="959 936 1402 972" data-label="Caption"> <p>[하절기 배전함 내부 온도 상승]</p> </div> <p>○ 철도 차량의 경우 냉방장치가 차량 지붕 상부에 그대로 노출된 구조로, 강한 일사 하에서 부품 과열 및 열교환 효율 저하가 발생하여 객실 냉방 효율이 제한되는 문제가 있음. 또한 전동차의 이동, 정비, 회차 등으로 야외에서 장시간 대기할 경우, 유리 면적이 큰 운전실은 직사일광에 그대로 노출되어 내부 온도가 과도하게 상승함.</p> <div data-bbox="363 1368 616 1581" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="619 1368 887 1581" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="475 1592 772 1628" data-label="Caption"> <p>[철도 차량 냉방장치]</p> </div> <div data-bbox="911 1357 1445 1581" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1031 1592 1327 1628" data-label="Caption"> <p>[냉방장치 구성 부품]</p> </div> <div data-bbox="400 1637 903 2007" data-label="Figure"> </div> <div data-bbox="903 1637 1398 2007" data-label="Figure"> </div> <div data-bbox="667 2018 1139 2054" data-label="Caption"> <p>[하절기 냉방장치 부품 온도 상승]</p> </div>

구 분	내 용
	<p>○ 각종 운전·제어용 전자장비가 밀집되어 있는 운전실의 경우, 차량 운행 전 유치선에서 대기하는 과정에서 하절기 과도한 온도 상승이 발생하고 있으며 이는 부품 오작동 및 수명 저하로 이어지게 되고, 실내 온도 상승으로 인해 운전자의 안전성과 업무 쾌적성도 저하되는 문제가 나타나고 있음.</p> <div data-bbox="368 548 900 851"> </div> <div data-bbox="911 548 1442 851"> </div> <p data-bbox="611 862 1198 898">[철도 차량 운전실 옥외 유치선 일사 노출]</p> <div data-bbox="368 898 831 1193"> </div> <div data-bbox="836 909 1436 1193"> </div> <p data-bbox="639 1209 1169 1245">[운전실 내부 기온 및 부품 온도 상승]</p> <p data-bbox="344 1319 611 1355">[연구 개발 필요성]</p> <p>○ 현재 온도 저감 대응 대책은 개별 설비 단위의 임시적·부분적 방편에 머무르고 있어, 시스템 차원의 체계적인 온도 저감·차열 전략이 필요한 상황임. 특히 서울교통공사는 지하·지상 구간, 차량기지 및 다양한 차량 형식을 동시에 운영하는 기관으로, 향후 폭염 강도 증가에 따라 하절기 고온에 취약한 핵심 설비의 고장·장애 발생과 에너지 비용이 누적될 우려가 큼.</p> <div data-bbox="362 1688 895 2002"> </div> <div data-bbox="916 1682 1453 2009"> </div> <p data-bbox="456 2016 794 2051">[배전함 기준 차량 지붕]</p> <p data-bbox="1034 2022 1326 2058">[운전실 기준 차량막]</p>

구 분	내 용
	<p>○ 한국철도기술연구원에서는 차열 기술 관련 원천기술 개발을 지속적으로 수행하고 있으며, 최근 “차열 직물 기술”을 개발한 바 있음. 해당 기술은 기존 온도 저감 대책의 한계를 보완하면서 성능, 내구성, 적응성 측면에서 우수하여 신기술(NET) 인증을 받는 등 기술의 우수성을 입증한 바 있음. 또한, 철도 분야 외 다양한 적용처에 시범 적용을 추진하는 등 적용 분야 다변화 시도가 이루어지고 있음. 다만, 현재까지는 철도 레일에 대해서만 현장 성능 입증이 이루어진 상황으로, 이외 다양한 철도 시스템에 대해서는 용도별 구조·환경을 반영한 적응성 검토와 성능 검증이 추가로 요구되는 실정임.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-end;"> <div style="text-align: center;">  <p>[철도 레일용 차열직물 구조]</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>[타 분야 적용 확대]</p> </div> </div> <p>○ 이러한 배경에서, 철도 현장 조건에 적합한 차열 기술을 과학적으로 검증하고, 설비 유형별 온도 저감 효과와 냉방 에너지 절감 효과를 정량화하며, 그 결과를 바탕으로 상용화 가능한 적용 기술과 현장 도입 여건을 마련할 수 있는 연구개발이 필요함. 이에 서울교통공사는 한국철도기술연구원의 전문 연구 역량을 활용하여, 철도 분야 옥외 시설물 및 차량 설비의 온도 리스크 완화와 에너지 효율 향상을 위한 차열 기술 개발·실증 연구를 추진할 필요가 있음.</p>
<p>2. 시장동향 및 기대효과</p>	<p>[국내 시장 동향]</p> <p>○ 옥외 배전함·제어·통신 함체는 설치 규모가 지속적으로 확대되고 있으며, 해당 설비들은 대부분 옥외에 설치되어 직사일광·고온 환경에 상시 노출됨. 이에 따라 내부 장비 보호를 위한 온도 관리 필요성이 점차 커지고 있음.</p> <p>○ 국내 철도 차량 시장 규모는 2033년 약 28.6억 달러 수준의 주요 수요국으로, 차량 신규 도입 및 개량, 성능개선 사업을 통해 차량 창유리와 지붕형 냉방장치(HVAC)의 교체, 업그레이드 수요가 지속적으로 발생할 것으로 전망됨.</p>

구 분	내 용
	<p>○ 이러한 국내 철도 분야 수요와 시장 규모를 고려할 때, 향후 철도 차량 유리창, 냉방장치 및 주변 옥외 설비는 물론, 건축 외장재·기타 교통 인프라 등으로 온도 저감·차열 기술을 단계적으로 확산 적용할 수 있는 국내 시장 저변이 충분한 것으로 판단됨.</p> <p>[해외 시장 동향]</p> <p>○ 일본, 동남아, 중동, 아프리카 등 하절기 고온 환경이 심각한 지역에서는 철도 및 도시교통 인프라 확충과 함께 옥외 배전함·신호·통신 설비 등 야외 노출 설비의 온도 관리 필요성이 지속적으로 커지고 있음.</p> <p>○ 글로벌 차원에서도 철도 차량 유리창과 냉방장치는 모두 성장 시장으로, 고속철·도시철도 확충과 함께 고온 환경에서의 에너지 효율·승객 쾌적성 요구가 높아지면서 온도 저감·차열 기술 수요가 확대되고 있음.</p> <ul style="list-style-type: none"> - 철도 차량 유리창 시장은 2024년 약 121억 9,000만 달러에서 2035년 168억 9,000만 달러 규모로 성장할 것으로 전망되며, 연평균 성장률 약 3.0% 수준을 보일 것으로 예측됨. - 철도 차량 냉방장치(HVAC)의 경우, 글로벌 Railway HVAC 시장은 2024년 약 32억 달러에서 2034년 58억 달러 규모로 연 6.1% 성장할 것으로 전망되고 있음. <p>○ 이러한 글로벌 시장 동향을 고려할 때, 옥외 배전함, 철도 차량 유리창·지붕형 냉방장치에 적용 가능한 온도 저감·차열 기술은 우선 국내 철도·도시철도 설비에서 검증한 후, 향후 아시아·태평양, 중동, 아프리카 등 고온 환경의 해외 철도·교통 인프라 시장으로 확장 적용할 수 있는 수요·시장 저변이 충분한 분야로 판단됨.</p> <p>[기대 효과]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 하절기 고온으로 인한 설비 열화·오동작 및 운전 불안정성을 감소시켜, 철도 운행의 정시성·안전성 향상 ○ 유지보수 작업자의 온열 스트레스 완화 및 각종 철도 시설물(철도 차량, 옥외 전기시설물 등) 현장 작업 환경 개선 ○ 철도 분야 운용 조건에 최적화된 차열 기술 모델 제시를 통해 관련 기술 경쟁력 제고 및 관련 산업 신시장 창출 기대 ○ 철도 분야에서 축적된 차열 적용·검증 경험을 바탕으로, 건축·스마트 교통 등 타 분야 확장 시 실효성 있는 참고 사례 확보

구 분	내 용
<p>3. 요구기능 및 성능</p>	<p>[요구기능]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 기존 설비 구조 변경을 최소화하고, 현장 적용 시 간단한 작업으로 설치·교체가 가능할 것 ○ 다양한 형상(평판·곡면·개구부 주변 등)에 적용 가능하여 향후 상용화 시 시장성 및 확장성 확보가 가능할 것 ○ 점검·유지보수 및 비상시 작업·대응에 간섭을 최소화하는 구조일 것 <p>[성능]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 하절기 일사 조건에서 대상 설비의 표면 및 내부 온도를 유의미하게 저감하고, 냉방 장치의 에너지 효율성을 향상시킬 것 ○ 장기간 사용 및 반복 시공·세척에도 성능 변화가 작고 유지보수 부담이 낮은 내구성을 보유할 것 ○ 실제 현장 운행·정차·보관 조건에서 안정적이고 재현성 있는 성능을 발휘할 것 ○ 철도 차량, 시설에 요구되는 관련 안전 기준(난연성·내후성·전기적 안전성 등)을 만족할 것
<p>4. 연구개발 목표</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 최종목표: 하절기 철도 시스템의 고온 피해 저감 및 에너지 효율 향상을 위한 차열 기술 적용 및 상용화 기반 확보 ○ 1차년도: 하절기 고온 취약 설비 대상 차열 기술 적용성 및 효과성 입증 <ul style="list-style-type: none"> - 하절기 고온 피해 취약 대상별(전동차 냉방장치 및 운전실, 옥외 배전함) 차열 기술 최적 적용 방안 도출 <ul style="list-style-type: none"> · 설비별 구조·형상·정비 특성을 고려한 차열 기술 후보군 설계 및 선정 · 기후·운영 조건(위치, 일사량 등)을 반영한 적용 위치·면적·부착 방식 최적화 - 현장 테스트 베드 운영을 통한 온도 저감 및 요구 효과성 검증 <ul style="list-style-type: none"> · 공사 전동차 냉방장치 및 운전실, 옥외 배전함 대상 테스트 베드 구축 운영 · 하절기 연속 계측을 통해 표면/내부 온도, 냉방 전력 사용량, 운행 조건(정차/주행) 등 데이터 수집 - 각 적용 대상별 장기 내구성 및 신뢰성 평가 <ul style="list-style-type: none"> · 1개월 이상 테스트 베드 운영을 통해 내구 성능 검증 · 전기·안전 측면(절연성, 난연성 등)에 대한 기본 신뢰성 항목 충족 여부 확인 및 추가 개선 요구사항 도출 ○ 2차년도: 차열 기술의 철도 시스템 적용 확대 및 상용화 추진 <ul style="list-style-type: none"> - 상용화를 위한 차열 기술의 성능·경제성 최적화 및 타 철도 시스템 확대 적용 <ul style="list-style-type: none"> · 재질, 두께, 구조 최적화를 통해 성능 및 시공성 개선

구 분	내 용
	<ul style="list-style-type: none"> · 시험 전동차 외 타 노선 전동차로 확대 적용을 통한 범용성 검증 - 상용화 관련 철도 기술기준 분석 및 인증·시험을 통한 규격 적합성 확보 <ul style="list-style-type: none"> · 철도 차량, 전기설비, 화재, 환경 관련 국내외 기술기준·규격(KS, ISO, EN, 철도 차량 규격 등) 조사 및 요구 성능 정리 · 시험·인증 결과를 토대로 차열 직물, 도료, 블라인드의 규격 적합성 및 보완 필요 사항 도출 - 기존 방식 및 경쟁 기술과의 경제성 비교 분석을 통한 도입 타당성 검증 <ul style="list-style-type: none"> · 기존 방식(차양막, 배전함 개별 냉방, 단순 도색 등) 및 경쟁 차열 기술과의 투자비, 운영비, 유지관리비, 수명 비교 분석 · 냉방 에너지 절감, 고장 감소, 수명 연장 등을 반영한 편익 산정 및 비용-편익(B/C) 분석
<p style="text-align: center;">5. 예상성과 /최종결과물 및 활용계획</p>	<p>[예상성과]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 철도 시스템 유형별 적용 가능 최적 차열 기술 제시 및 적용 효과성 입증 ○ 각 차열 기술별 철도 현장 적용 장기 효과성 데이터베이스 ○ 차열 기술 상용화를 위한 기술·안전기준 요구 규격 및 충족 입증 자료 ○ 하절기 고온 대응 준비도 향상 및 해외 시장 확장 진출 기반 확보 <p>[활용계획]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 실증 결과를 바탕으로 설비 유형·노선별 차열 기술 적용 우선순위 설정 및 단계적 적용 계획 수립 ○ 전동차 신규 도입 및 기존 전동차 개량·성능개선 사업 시 설계·조달 규격에 차열 기술 반영 ○ 역사, 야외 설비 등 타 적용처로 확장 가능하도록 실증 사례 및 적용 지침 제공 ○ 온도 저감 및 에너지 절감 실적을 기반으로 기후변화·탄소중립 정책 연계 사업 및 후속 연구과제 기획·발굴
<p style="text-align: center;">6. 수요기관 협력·지원 계획</p>	<p>[현장 실증 및 테스트 베드 지원]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 하절기 고온 피해 취약 개소 정보 제공 및 실증 시험용 테스트 베드 제공 ○ 차열 기술 적용 테스트 베드 운영 관련 안전 관리, 관련 부서 협조 등 실무 지원 ○ 차열 기술 적용에 따른 철도 시스템 운영·유지보수 관점의 요구사항 및 현장 의견 피드백

구 분	내 용
	<p>[행정·제도 지원]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 온도, 전력 사용량, 운행 패턴 등 실제 운영 데이터 및 기초 설비 정보(구조, 유지보수 이력 등) 제공 ○ 실증 시험 및 설비 변경에 필요한 내부 승인, 안전 검토, 보안 등 행정 절차 지원 <p>[성과 확산 및 사업화 연계]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 실증 결과를 바탕으로 노선별·설비별 확대 적용 타당성 검토 및 단계적 확대 적용 방안 수립 ○ 연구 결과를 반영한 내부 설계 기준, 조달 사양, 유지보수 메뉴얼 등 제·개정 시 공동 검토·반영 ○ 타 도시철도·철도 운영기관을 대상으로 한 성과 공유(세미나, 설명회 등) 및 공동 활용 방안 모색
<p>7. 개발기간 및 소요예산</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 총 연구기간: 1 년 ○ 총 예상 소요예산: 1.5억 <ul style="list-style-type: none"> - 1차년도: 1.5억

한국철도기술연구원장 귀하