제안요구서(RFP)

<table>
<tr><td>주관과제명[주1)]</td><td colspan="5">차세대발사체개발사업</td></tr>
<tr><td>과제명</td><td colspan="3">20 kW급 고토크밀도/고응답성 IPMSM 및 차세대 전력반도체 WBG 기반 제어장치(모터 드라이버) 기술 연구</td><td>과제 유형[주2)]</td><td>위탁연구</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구비</td><td>총 연 구 비</td><td>1차년도
(6개월)</td><td>2차년도
(12개월)</td><td colspan="2">3차년도
(12개월)</td></tr>
<tr><td>380,000천원</td><td>50,000천원</td><td>180,000천원</td><td colspan="2">150,000천원</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구기간</td><td colspan="2">총 연 구 기 간</td><td colspan="3">당 해 년 도 연 구 기 간</td></tr>
<tr><td colspan="2">2026.7.1.~2028.12.31(30개월)</td><td colspan="3">2026.7.1~2026.12.31(6개월)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">관련문의</td><td>성 명</td><td>오상관</td><td>전화(☏)</td><td colspan="2">042-870-3857</td></tr>
<tr><td>소 속</td><td>우주발사체연구소</td><td>이메일</td><td colspan="2">sanggwan@kari.re.kr</td></tr>
<tr><td colspan="2">연구필요성</td><td colspan="4">▪ 메탄 및 수소엔진의 경우 연료유압식 TVC 구동장치시스템 적용 불가로 전기기계식 TVC 구동장치시스템 적용 필요
▪ 80톤 이상급 엔진 TVC 구동장치시스템의 대용량 전기기계식 구동기용 고토크밀도/고응답성 전기모터 선행기술 연구 필요</td></tr>
<tr><td colspan="2">최종목표</td><td colspan="4">▪ 20 kW급 IPMSM(Interior Permanent Magnet Synchronous Motor, 매입형 영구자석 동기모터) 설계/제작기술 확보
▪ WBG(Wide Bandgap, SiC/GaN) 전력반도체 스위치 적용 고출력/고온 환경 운용 성능이 개선된 모터 드라이버 설계/제작기술 확보
▪ IPMSM 구동 최적화 위해 차세대 제어 알고리즘 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="3">연차별목표 및 연구내용</td><td>1차년도</td><td colspan="4">▪ 20 kW급 고토크밀도/고응답성의 리졸버 적용 IPMSM 형상 설계
- 최신 IPMSM 적용분야 및 제작기술 동향분석
- 전기차 적용 BLAC 모터 제작 및 제어기술 활용
- 최신 기술 적용한 IPMSM 설계</td></tr>
<tr><td>2차년도</td><td colspan="4">▪ 리졸버 적용 20 kW급 IPMSM 제작/시험
- 정격 토크/속도 및 효율 검증
▪ WBG 전력반도체 스위치 적용 제어장치(모터 드라이버) 제작/시험
- 제어장치 제작 후 IPMSM 구동을 통해 제어 특성 분석</td></tr>
<tr><td>3차년도</td><td colspan="4">▪ WBG 전력반도체 스위치 적용 제어장치(모터 드라이버) 개선
- IPMSM 부하시험을 통해 방열 특성 확인 및 제어성능 검증
▪ IPMSM 구동효율 최적화 위한 차세대 제어 알고리즘 개발
- 제어 알고리즘 개발 후 제어장치에 적용하여 검증</td></tr>
<tr><td colspan="2">기대효과
/활용방안</td><td colspan="4">▪ 국내 개발 발사체의 전기기계식 TVC 구동장치시스템에 활용
▪ 전기차 및 로봇 구동시스템에도 활용 가능</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타</td><td colspan="4">▪ 추가 상세 규격은 과제 수행기관과 협의 가능</td></tr>
</table>

※ 다년도 협약과제라 하더라도 연차별 중간평가 결과 '계속'으로 평가된 과제에 한하여 차년도 연구비를 지원하며, 연차별 연구비는 예산사정 및 주관과제의 연구계획에 의해 변경될 수 있음

제안요구서(RFP)

<table>
<tr><td>주관과제명[주1)]</td><td colspan="6">차세대발사체개발사업</td></tr>
<tr><td>과제명</td><td colspan="3">자율 로봇 기반 재사용발사체 착륙 후 안전 확보를 위한 자동화 시스템 개발</td><td>과제 유형[주2)]</td><td colspan="2">위탁연구</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구비</td><td colspan="2">총 연 구 비</td><td>1차년도
(6 개월)</td><td>2차년도
(12 개월)</td><td colspan="2">3차년도
(12 개월)</td></tr>
<tr><td colspan="2">350,000천원</td><td>50,000천원</td><td>150,000천원</td><td colspan="2">150,000천원</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구기간</td><td colspan="3">총 연 구 기 간</td><td colspan="3">당 해 년 도 연 구 기 간</td></tr>
<tr><td colspan="3">2026.7.1.~2028.12.31(30개월)</td><td colspan="3">2026.07.01.~2026.12.31(6개월)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">관련문의</td><td>성 명</td><td>양성필</td><td>전화(☏)</td><td colspan="3">042-860-2969</td></tr>
<tr><td>소 속</td><td>발사대팀</td><td>이메일</td><td colspan="3">spyang@kari.re.kr</td></tr>
<tr><td colspan="2">연구필요성</td><td colspan="5">▪ 해상착륙선에 착륙한 발사체를 육지까지 안정적으로 이송할 수 있도록 안전 확보를 위한 자율 로봇 핵심기술 개발</td></tr>
<tr><td colspan="2">최종목표</td><td colspan="5">▪ 재사용발사체의 안전 확보를 위한 자율 로봇 핵심기술 개발
▪ 자율 로봇 축소 모델 개발을 통한 개념검증 시험 수행</td></tr>
<tr><td rowspan="3">연차별목표 및 연구내용</td><td>1차년도</td><td colspan="5">▪ 재사용발사체 안전확보 및 원격 운용을 위한 자율 로봇 시스템 개념설계
- 해외 유사 사례 분석 및 상용 로봇 기술 활용 가능성 분석
- 재사용발사체 운용 개념 수립 및 자율 로봇 요구 작업 도출
- 시스템 기본 설계 1 - 플랫폼 및 하드웨어 기본 설계
- 시스템 기본 설계 2 - 제어 알고리즘 타입 선정 및 구현 계획 수립</td></tr>
<tr><td>2차년도</td><td colspan="5">▪ 재사용발사체 안전확보 및 원격 운용을 위한 자율 로봇 핵심기술 개발
- 센서 퓨전 기술을 활용한 발사체 위치 및 자세 인식 기술개발
- 로봇의 이동 계획 수립 및 정밀 주행 기술개발
- 팔구조물 및 클램핑 구조 설계 및 해석
- 신뢰성 있는 유압시스템 및 유압작동기 설계</td></tr>
<tr><td>3차년도</td><td colspan="5">▪ 자율 로봇 시스템 개념검증 시험
- 축소 모델 플랫폼 제작 및 주요 부품 조립
- 단품/조립품 단위 작동 및 제어 알고리즘 시험 수행
- 반복 시험을 통한 신뢰성 검증 및 발사 운용 적용 가능성 분석</td></tr>
<tr><td colspan="2">기대효과
/활용방안</td><td colspan="5">▪ 재사용발사체 발사운용을 위한 핵심기술 확보 가능
▪ 원격 발사운용으로 인한 안전사고 감소 및 발사 주기 단축에 기여</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타</td><td colspan="5"></td></tr>
</table>

※ 다년도 협약과제라 하더라도 연차별 중간평가 결과 '계속'으로 평가된 과제에 한하여 차년도 연구비를 지원하며, 연차별 연구비는 예산사정 및 주관과제의 연구계획에 의해 변경될 수 있음

제안요구서(RFP)

<table>
<tr><td>주관과제명[주1)]</td><td colspan="5">차세대발사체개발사업</td></tr>
<tr><td>과제명</td><td colspan="3">재사용 발사체 전자모듈 적용 부품소자의 복합환경 기반 통합 수명위험 예측 모델 구축</td><td>과제 유형[주2)]</td><td>위탁연구</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구비</td><td colspan="2">총 연 구 비</td><td>1차년도
(6개월)</td><td>2차년도
(12개월)</td><td>3차년도
(12개월)</td></tr>
<tr><td colspan="2">140,000천원</td><td>40,000천원</td><td>50,000천원</td><td>50,000천원</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구기간</td><td colspan="2">총 연 구 기 간</td><td colspan="3">당 해 년 도 연 구 기 간</td></tr>
<tr><td colspan="2">2026.7.1.~2028.12.31(30개월)</td><td colspan="3">2026.07.01.~2026.12.31(6개월)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">관련문의</td><td>성 명</td><td>허건의</td><td>전화(☏)</td><td colspan="2">042-870-3812</td></tr>
<tr><td>소 속</td><td>차세대발사체체계팀</td><td>이메일</td><td colspan="2">konyiheo@kari.re.kr</td></tr>
<tr><td>연구필요성</td><td colspan="5">▪ 기존 MIL-HDBK-217, Telcordia SR-332 등 고장률 기반 예측법 또는 JEDEC, AEC-Q, MIL-STD 등의 screening/qualification 시험 규격을 활용하여 부품의 신뢰성을 판단해 왔음. 시험 규격은 온도, 전압, 전류, 온도사이클, 진동, 충격 등의 load/stress profile을 부품에 인가함에도, 데이터시트에는 대부분 pass/fail 또는 qualification status만 제시됨. 따라서 해당 시험 규격이 실제 운용 mission profile을 어느 정도 포괄하는지, 부품 수명위험과 residual risk에 어떤 의미를 갖는지 정량적으로 연결하는 데 한계가 있음
▪ 특히 재사용 발사체 전자장비는 발사 전 점검, 전원 인가, 발사 대기, 상승/비행, 착륙/회수, 재사용 전 점검 등이 반복될 수 있어 반복 mission profile에서의 누적 손상, 잔여 수명, derating 필요성, 점검·교체 우선순위를 판단하기 어려움
▪ 이에 부품소자의 데이터시트, 공개 문헌, 관련 규격, screening/qualification 시험 조건과 mission/load profile을 비교 통합하여 부품소자 단위의 수명위험을 예측할 수 있는 프레임워크 개발이 필요함</td></tr>
<tr><td>최종목표</td><td colspan="5">▪ 재사용 발사체에 사용되는 부품소자의 분류 및 고장 매커니즘 매핑, 데이터시트 등 공개정보 기반 입력 파라미터 추출, 시험규격 프로파일의 테스트 미션 프로파일로 변환, 고장 매커니즘별 등가손상도 및 가속계수 계산, 부품별 수명위험 지표 산출, 미션 프로파일 기반 누적 손상 평가, 고장물리기반 상용소프트웨어와의 비교하여, 수명과 고장위험을 예측 분석하는 프레임워크를 구축함</td></tr>
</table>

연차별목표 및 연구내용	1차년도	▪ 목표 : 기반조사 및 체계정립 - 재사용 발사체 전자장비에 적용되는 주요 부품소자의 수명위험 예측을 위해 관련 규격, 문헌, 대상 부품군, 고장 메커니즘, 데이터시트 파라미터, 시험프로파일 및 mission/load profile 입력체계 등을 정립함 ▪ 연구내용 - 부품소자 신뢰성·고장물리 관련 규격 조사 . SAE J3168, FIDES, IEC 61709, MIL-STD, JEDEC, AEC-Q 등 - 대상 부품소자군 정의 . CPU, FPGA, MCU, 메모리, 전원반도체, 수동소자, 커넥터 등 - 부품군별 주요 고장 메커니즘 매핑 . 반도체: EM, TDDB, BTI, HCI, thermal wear-out . 전원소자: junction temperature, power cycling, derating . 수동소자: ESR 증가, capacitance loss, power derating . 커넥터: fretting, contact resistance increase . 실장부: solder joint/interconnect/PTH fatigue . 기타 부품소자군 등 - 데이터시트 기반 파라미터 추출체계 수립 - screening/qualification 시험조건을 test mission profile로 구조화 - test mission profile과 actual mission/load profile 비교 방법 정립 - 부품군별 고장물리 지배방정식 조사 및 정리 - 부품 실장부 신뢰성 확보를 위한 solder joint/interconnect/PTH fatigue 관련 고장물리 모델 조사 - 고장물리기반 상용SW와의 비교 가능 항목 조사
	2차년도	▪ 목표 : 부품소자별 수명예측 모델 구현 및 1차 비교분석 - 데이터시트·문헌 기반 부품소자별 수명예측 모델을 구현하고, 재사용 발사체 실제 운용 mission/load profile과 규격시험 test profile 간 등가손상도 및 coverage factor를 계산함 ▪ 연구내용 - 데이터시트 기반 부품 파라미터 DB 구축 - screening/qualification test mission profile DB 구축 - test profile과 actual mission/load profile 간 등가손상도 계산 모듈 구현 - 부품소자별 수명위험 모델 구현 (반도체 wear-out 모델, 전원반도체 수명위험 모델, 수동소자 life/derating 모델, 커넥터 프레팅 및 접촉부품 degradation 모델, solder joint/interconnect/PTH fatigue 예측) - 반복 발사-회수 조건에서 부품소자별 risk ranking 산출 (predicted life, stress margin, qualification coverage factor, solder fatigue damage, residual risk, 지배 고장 메커니즘) - 고장물리기반 상용 SW와 공개문헌 기반 1차 비교분석

연차별목표 및 연구내용	3차년도	▪ 목표 : 통합 프레임워크 완성 및 가이드라인 도출 - 부품소자별 수명예측 모델, solder fatigue 모델, screening/qualification profile 해석 모델을 통합하여 재사용 발사체 전자장비 부품소자의 수명위험 평가 프레임워크를 완성함 ▪ 연구내용 - 통합 부품소자 수명위험 예측 프레임워크 구축 - 대표 부품군(선정 협의) case study 수행 - 재사용 횟수 기반 부품소자 누적 손상도 산출 - 부품소자별 최종 risk ranking 도출 - 고장물리기반 상용 SW와 공개문헌 기반 최종 비교분석 (주요 수명취약 부품이 포함된 Reference Design 과 Sample Load/Mission Profile 이 적용된 수명 예측 결과 비교) - 부품 선정·derating·점검/교체 우선순위 가이드라인 도출 - 향후 실증시험 연계방안 제시
기대효과 /활용방안		▪ 실증 시험을 수행하지 않고, 실제 사용 부품의 데이터시트 및 문헌 기반 모델을 활용하여 재사용 발사체 전자모듈의 수명을 정량적으로 예측할 수 있는 통합 물리 모델을 구축함 - 재사용 발사체 전자모듈의 설계단계 수명 예측 체계 확보 - 열/진동/전기 스트레스 허용 기준 도출 - 시험 의존도 감소 및 초기 설계 의사결정 지원
기타		▪ 각 연구 차년도 마다, 평가와 별개로 중간보고, 최종보고를 요구할 수 있음 ▪ 본 과제는 실증 수명시험 및 가속수명시험을 수행하지 않으며, 고장물리기반 상용 SW와 공개문헌 기반 비교분석을 통해 모델의 정합성을 평가함 ▪ PCB 전체 layout 기반 상세 열·진동·구조해석은 본 과제의 필수 범위에 포함하지 않음 ▪ 다만 주요 부품의 PCB 실장 조건을 고려하여 solder joint/interconnect/PTH fatigue는 부품소자 수명위험 평가 항목에 포함함 ▪ 본 과제의 결과는 수명 보증값이 아니라 설계단계 부품 선정 등 의사결정 지원 지표로 활용함 ▪ 산출물 : 보고서, 소스코드 등

※ 다년도 협약과제라 하더라도 연차별 중간평가 결과 '계속'으로 평가된 과제에 한하여 차년도 연구비를 지원하며, 연차별 연구비는 예산사정 및 주관과제의 연구계획에 의해 변경될 수 있음

제안요구서(RFP)

<table>
<tr><td>주관과제명[주1)]</td><td colspan="6">차세대발사체개발사업</td></tr>
<tr><td>과제명</td><td colspan="3">발사체개발사업 특성을 반영한 목표비용 통제 프레임워크 및 수요·파급효과 분석</td><td>과제 유형[주2)]</td><td colspan="2">위탁연구</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구비</td><td colspan="2">총 연 구 비</td><td>1차년도
(6개월)</td><td>2차년도
(12개월)</td><td colspan="2">3차년도
(12개월)</td></tr>
<tr><td colspan="2">150,000천원</td><td>30,000천원</td><td>60,000천원</td><td colspan="2">60,000천원</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구기간</td><td colspan="3">총 연 구 기 간</td><td colspan="3">당 해 년 도 연 구 기 간</td></tr>
<tr><td colspan="3">2026.7.1~2028.12.31(30개월)</td><td colspan="3">2026.7.1~2026.12.31(6개월)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">관련문의</td><td>성 명</td><td>임창영</td><td>전화(☏)</td><td colspan="3">042-870-3844</td></tr>
<tr><td>소 속</td><td>우주발사체연구소</td><td>이메일</td><td colspan="3">cylim@kari.re.kr</td></tr>
<tr><td colspan="2">연구필요성</td><td colspan="5">▪ 정부의 저비용/고빈도 발사체 개발 요구에 따라 발사체의 가격 경쟁력 확보를 위한 데이터 기반 목표비용통제 체계 구축 필요</td></tr>
<tr><td colspan="2">최종목표</td><td colspan="5">▪ 차세대 발사체 개발사업의 목표비용 통제, 수요예측, 경제적 가치평가 및 산업파급효과를 통합한 데이터 기반 의사결정 프레임워크 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="3">연차별목표 및 연구내용</td><td>1차년도</td><td colspan="5">▪ 발사체 비용관리 정책 분석 및 목표비용 개념 설계
- 텍스트 마이닝 기반 해외 비용통제 및 재사용 발사체 정책 정량 분석
- 발사체 사업 비용관리 구조 및 한계점 진단
- 수요·정책·파급효과 연계형 목표비용 설정 프로세스 설계</td></tr>
<tr><td>2차년도</td><td colspan="5">▪ 수요·정책·파급효과 연계형 목표비용 할당 및 비용 변화 모델링
- 발사체 체계/구성품 목표비용 Top-down 할당 알고리즘 설계
- 발사단가, 발사빈도, 재사용성, 신뢰성을 고려한 목표비용 조정모형 개발
- 대형 국가 R&D·방산 획득사업의 WBS/비용관리 사례와 신기술 수요예측 방법론을 연계한 비용 변화 구조 분석</td></tr>
<tr><td>3차년도</td><td colspan="5">▪ 저비용/고빈도·재사용 발사서비스의 수요·가치평가 및 경제적 파급효과 분석
- 위성사업자, 우주산업 기업, 공공 R&D 관계자 등 이해관계자 대상 수요·정책수용성 조사 수행 및 분석
- 선택실험 또는 조건부가치측정법 기반 발사비용, 발사빈도, 신뢰성, 재사용성 등에 대한 선호 및 지불의사 분석
- 목표비용 변화에 따른 잠재 수요, 발사서비스 경제성 및 산업연관분석 기반 우주산업 파급효과 정량화
- 정책 의사결정 지원 지표 및 가이드라인 도출</td></tr>
<tr><td colspan="2">기대효과
/활용방안</td><td colspan="5">▪ 발사체 개발사업 초기 발사체 설계 현황을 고려한 서브시스템별 목표비용 베이스라인 할당 방안 도출 가능
▪ 발사체의 발사 단가 저감을 위한 사업관리 체계 구축 및 정책 의사결정 지원 방안으로 활용</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타</td><td colspan="5">▪ 연구수행 시 발사체 비용관리, WBS 기반 사업관리, 신기술 수요예측, 경제적 가치평가, 텍스트마이닝, 산업연관분석 등 융합적 방법론을 활용할 수 있음
▪ 연구책임자 또는 핵심참여인력은 최근 5년 이내 대형 공공 R&D, 국방·우주·첨단기술 분야의 사업관리·정책분석·경제성 분석·수요예측 관련 연구실적을 보유해야 함</td></tr>
</table>

※ 다년도 협약과제라 하더라도 연차별 중간평가 결과 '계속'으로 평가된 과제에 한하여 차년도 연구비를 지원하며, 연차별 연구비는 예산사정 및 주관과제의 연구계획에 의해 변경될 수 있음

제안요구서(RFP)

<table>
<tr><td>주관과제명[주1)]</td><td colspan="6">차세대발사체개발사업</td></tr>
<tr><td>과제명</td><td colspan="3">재사용발사체 리퍼비시를 위한 비접촉식 비파괴 검사 진단 기술 연구</td><td>과제 유형[주2)]</td><td colspan="2">위탁연구</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구비</td><td colspan="2">총 연 구 비</td><td>1차년도
(6개월)</td><td>2차년도
(12개월)</td><td colspan="2">3차년도
(12개월)</td></tr>
<tr><td colspan="2">220,000천원</td><td>60,000천원</td><td>100,000천원</td><td colspan="2">60,000천원</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구기간</td><td colspan="3">총 연 구 기 간</td><td colspan="3">당 해 년 도 연 구 기 간</td></tr>
<tr><td colspan="3">2026.7.1~2028.12.31(30개월)</td><td colspan="3">2026.7.1 ~ 2026.12.31 (6개월)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">관련문의</td><td>성 명</td><td>김광해</td><td>전화(☏)</td><td colspan="3">042-870-3811</td></tr>
<tr><td>소 속</td><td>차세대발사체체계팀</td><td>이메일</td><td colspan="3">mosmai@kari.re.kr</td></tr>
<tr><td colspan="2">연구필요성</td><td colspan="5">▪ 재사용발사체 회수후 재사용을 위한 구성품 교체, 점검등을 포함한 리퍼비시 방안 및 이에 따른 저비용, 신속 점검이 가능한 비접촉식 비파괴 검사 방법 연구 필요</td></tr>
<tr><td colspan="2">최종목표</td><td colspan="5">▪ 재사용발사체 리퍼비시를 위한 비파괴 검사 적용 방안
▪ 비접촉식 비파괴 검사 방법을 활용한 재사용 평가 분석</td></tr>
<tr><td rowspan="3">연차별목표 및 연구내용</td><td>1차년도</td><td colspan="5">▪ 재사용발사체 리퍼비시를 위한 비파괴 검사 적용 방안 및 절차 연구
- 재사용발사체 리퍼비시 비파괴 검사 적용 해외 사례 분석
- 회수 후 재사용발사체 주요 취약 대상 및 점검 범위 분석
- 리퍼비시 비파괴 검사 평가 기준 및 절차 연구</td></tr>
<tr><td>2차년도</td><td colspan="5">▪ 재사용발사체 리퍼비시 비파괴 검사 평가를 위한 요구조건 정의
- 재사용발사체 리퍼비시 비파괴 검사 대상 및 점검 범위(항목)에 따른 요구조건 도출(재사용 10회 기준)
▪ 비접촉식 비파괴 검사 방법을 활용한 리퍼비시 방안
- 비파괴 검사별 장단점 및 비접촉식 검사 기술 동향 분석
- 비접촉식 레이저 초음파 검사방법의 재사용발사체 적용 범위 도출
- 비접촉식 레이저 초음파 검사 장비 구축 및 샘플 검사</td></tr>
<tr><td>3차년도</td><td colspan="5">▪ 비접촉식 비파괴 검사 방법을 활용한 재사용 평가 분석(계속)
- 비접촉식 레이저 초음파 비파괴 검사(샘플 및 구조체)
- 비접촉식 레이저 초음파 비파괴 검사 방법의 자동화 방안 수립
- AI 기반 실시간 손상 및 결함 식별 적용 방안 수립</td></tr>
<tr><td colspan="2">기대효과
/활용방안</td><td colspan="5">▪ 비접촉시 비파괴검사 방법을 개발하여 리퍼비시에 적용함으로써 경제성 높은 재사용발사가 가능
▪ 비접촉식 레이저 초음파 비파괴 검사 기술 적용을 통해 보다 안전하고 신속한 검사를 통해 신뢰도와 일정 단축 효과를 기대함</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타</td><td colspan="5"></td></tr>
</table>

※ 다년도 협약과제라 하더라도 연차별 중간평가 결과 '계속'으로 평가된 과제에 한하여 차년도 연구비를 지원하며, 연차별 연구비는 예산사정 및 주관과제의 연구계획에 의해 변경될 수 있음

제안요구서(RFP)

<table>
<tr><td>주관과제명[주1)]</td><td colspan="6">차세대발사체 개발사업</td></tr>
<tr><td>과제명</td><td colspan="3">LNG 액체 로켓 엔진 연소 시험설비의 연료 시스템 설계</td><td>과제 유형[주2)]</td><td colspan="2">위탁연구</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구비</td><td colspan="2">총 연 구 비</td><td>1차년도
(6 개월)</td><td>2차년도
(12 개월)</td><td colspan="2">3차년도
(12 개월)</td></tr>
<tr><td colspan="2">500,000 천원</td><td>100,000 천원</td><td>200,000천원</td><td colspan="2">200,000천원</td></tr>
<tr><td>연구기간</td><td colspan="3">총 연 구 기 간</td><td colspan="3">당 해 년 도 연 구 기 간</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">2026.7.1~2028.12.31(30개월)</td><td colspan="3">2026.7.1~2026.12.31(6개월)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">관련문의</td><td>성 명</td><td>황창환</td><td>전화(☏)</td><td colspan="3">042-870-3885</td></tr>
<tr><td>소 속</td><td>엔진시험평가팀</td><td>이메일</td><td colspan="3">chhwang@kari.re.kr</td></tr>
<tr><td colspan="2">연구필요성</td><td colspan="5">▪ 가연성 BOG (Boil Off Gas) 가 발생하는 극저온유체인 LNG (Liquefied Natural Gas)를 연료로 사용하는 액체 로켓 엔진 연소 시험설비를 구축하기 위해 국내 인허가 조건에 부합하는 기술검토를 수행하여 연료시스템의 설계가 필요</td></tr>
<tr><td colspan="2">최종목표</td><td colspan="5">▪ LNG를 연료로 사용하는 액체 로켓 엔진 연소 시험설비의 연료시스템 설계, 기술검토</td></tr>
<tr><td rowspan="3">연차별목표 및 연구내용</td><td>1차년도</td><td colspan="5">▪ LNG 액체 로켓 엔진 연소시험설비 연료시스템 설계, 기술검토
▪ LNG 저장설비 및 공급설비 설계, 기술검토</td></tr>
<tr><td>2차년도</td><td colspan="5">▪ 120 ton/hr 용량의 플레어시스템 설계, 기술검토
▪ LNG 과냉각 설비 및 알고리즘 설계, 기술검토
▪ LNG 이송 및 재순환 설비 설계, 기술검토
▪ LNG 연료시스템 시험설비 구축 인허가를 위한 기술검토</td></tr>
<tr><td>3차년도</td><td colspan="5">▪ BOG 재액화 설비 및 제어 알고리즘 설계, 기술검토
▪ LNG 성분 중 메탄 함량 조절 설비 설계, 기술검토</td></tr>
<tr><td colspan="2">기대효과
/활용방안</td><td colspan="5">▪ LNG 액체 로켓 엔진 연소시험설비 연료시스템 구축에 활용하여 차세대 발사체 액체 로켓 엔진의 원활한 개발을 기대</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타</td><td colspan="5"></td></tr>
</table>

※ 다년도 협약과제라 하더라도 연차별 중간평가 결과 '계속'으로 평가된 과제에 한하여 차년도 연구비를 지원하며, 연차별 연구비는 예산사정 및 주관과제의 연구계획에 의해 변경될 수 있음

제안요구서(RFP)

<table>
<tr><td>주관과제명[주1)]</td><td colspan="6">차세대발사체개발사업</td></tr>
<tr><td>과제명</td><td colspan="3">재사용 발사체용 복합재 구조의 열-기계 반복하중에 따른 피로수명 평가</td><td>과제 유형[주2)]</td><td colspan="2">위탁연구</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구비</td><td colspan="2">총 연 구 비</td><td>1차년도
(6개월)</td><td>2차년도
(12개월)</td><td colspan="2">3차년도
(12개월)</td></tr>
<tr><td colspan="2">420,000천원</td><td>100,000천원</td><td>160,000천원</td><td colspan="2">160,000천원</td></tr>
<tr><td>연구기간</td><td colspan="3">총 연 구 기 간</td><td colspan="3">당 해 년 도 연 구 기 간</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">2026.7.1~2028.12.31(30개월)</td><td colspan="3">2026.7.1~2026.12.31(6개월)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">관련문의</td><td>성 명</td><td>김희철</td><td colspan="2">전화(☏)</td><td colspan="2">042-860-2793</td></tr>
<tr><td>소 속</td><td>발사체구조팀</td><td colspan="2">이메일</td><td colspan="2">hckim@kari.re.kr</td></tr>
<tr><td>연구필요성</td><td colspan="6">▪ 전 세계적으로 재사용 발사체 개발이 가속화되고 있으며, 국내 차세대발사체 또한 재사용을 핵심 목표로 추진되고 있어 반복 운용환경에서의 구조 내구성 확보가 필수적임.
▪ 재사용 발사체 동체 샌드위치 복합재와 착륙다리 구조는 각각 열-기계 반복하중과 반복충격하중에 노출되며, 피로손상 누적은 목표 재사용 횟수 달성의 핵심 제한요소임.
▪ 재사용 운용환경을 고려한 복합재 구조의 열-기계 피로 및 충격피로 수명평가 기법은 아직 충분히 확립되어 있지 않아 시험·해석 기반의 체계적 평가기술 구축이 필요함.</td></tr>
<tr><td>최종목표</td><td colspan="6">▪ 발사체 동체를 구성하는 샌드위치 복합재 구조의 열-기계 반복하중에 따른 피로손상 및 수명 특성을 규명하고, 피로수명 평가기법 구축
- 열-기계 반복하중에 따른 샌드위치 복합재 구조의 손상 및 잔류강도 저하 특성 규명
- 반복하중 이력 기반 피로손상 거동 분석 및 수명평가 절차 확립
▪ 열-공력-착륙 충격 하중에 따른 착륙다리의 피로파괴 메커니즘 및 거동 분석
- 운용환경을 고려한 반복충격 시험 및 평가체계 확보
- 복합재의 충격하중에 따른 Impact fatigue 특성 분석 및 유한요소해석</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별목표및연구내용</td><td>1차년도</td><td colspan="5">▪ Mission profile 기반 열-기계 반복하중 시험조건 및 평가체계 구축
- 운용환경을 고려한 열-기계 mission cycle 시험조건 도출
- 샌드위치 구조체에 작용하는 대표 온도 이력 설정
- 평판형 샌드위치 구조요소 시험체 설계 및 제작 방안 수립
- 반복시험, 손상 확인 및 잔류 구조성능 평가절차 구축
▪ 열-충격하중 조건 복합재 구조요소 충격손상 및 잔류강도 평가기반 구축
- 충격하중(V=1-5m/s)과 온도 (80-200℃)에 따른 복합재 평판의 Force-deflection, 흡수에너지, 파손영역, 잔류 강도특성 평가 및 유한요소 모델링
- 복합재 landing leg의 동적 좌굴 시험을 통한 충격파손특성 분석</td></tr>
<tr><td>2차</td><td colspan="5">▪ 반복 mission cycle에 따른 손상 및 잔류 구조성능 저하 특성 평가
- 열이력을 포함한 mission cycle 조건에서 평판형 샌드위치 구조요소의</td></tr>
</table>

	년도	반복하중 시험 수행 - 반복횟수별 강성 저하율 및 잔류 기계적 강도 저하량 평가 - 반복횟수별 손상 상태 및 주요 손상모드 분석 ▪ 복합재 착륙다리 구조요소의 충격파손 및 충격피로 특성 규명 - 샌드위치 Footpad의 충격 파손 메커니즘 분석 및 유한요소 모델링 - 와인딩과 3-D Stitching 기법을 통한 충격강도 향상 효과 검증 - 복합재 평판의 반복 충격 시험을 통한 충격 피로특성 분석 - 복합재 landing leg에 대한 충격 해석 - 샌드위치 구조의 충격피로 및 잔류 강도에 대한 특성 DB 구축
	3차년도	▪ 잔류 구조성능 기반 잔류수명 평가방법 및 설계 활용 기초자료 도출 - Mission cycle 반복횟수, 열이력 및 하중수준에 따른 잔류 구조성능 저하 상관관계 분석 - 강성 저하율, 잔류 기계적 강도 저하량 및 주요 손상모드 기반 성능저하 지표 도출 - 반복시험 데이터 기반 시험 범위 내 임의 반복횟수에서의 잔류 구조성능 평가방법 제시 ▪ 반복충격 손상 누적 기반 착륙다리 구조 성능예측 및 건전성 평가방법 제시 - Landing leg 및 pad 일체 모델에 대한 충격 해석 (v=1-5m/s) - 보강공법이 적용된 복합재 landing leg에 대한 충격 해석 - 반복 충격하중에 대한 착륙다리 구조의 성능변화 거동 예측 - 손상 누적 거동 기반 건전성 평가 방법 제시
기대효과 /활용방안		▪ 전방동체 샌드위치 복합재 구조의 피로수명 예측기술 확보 ▪ 착륙다리 복합재 구조의 충격 피로수명 평가기법 확립 ▪ 착륙다리 충격하중에 대한 안전성 검증 체계 마련 ▪ 재사용 발사체 전방동체 구조 설계 신뢰성 및 안전성 향상
기타		

※ 다년도 협약과제라 하더라도 연차별 중간평가 결과 '계속'으로 평가된 과제에 한하여 차년도 연구비를 지원하며, 연차별 연구비는 예산사정 및 주관과제의 연구계획에 의해 변경될 수 있음

제안요구서(RFP)

<table>
<tr><td>주관과제명[주1)]</td><td colspan="6">차세대발사체 개발사업</td></tr>
<tr><td>과제명</td><td colspan="3">메탄엔진 과냉각 산화제 연소특성 및 연소기 분사기/연소실 최적화 연구</td><td>과제 유형[주2)]</td><td colspan="2">위탁연구</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구비</td><td colspan="2">총 연 구 비</td><td>1차년도
(6개월)</td><td>2차년도
(12개월)</td><td colspan="2">3차년도
(12개월)</td></tr>
<tr><td colspan="2">500,000 천원</td><td>100,000 천원</td><td>200,000 천원</td><td colspan="2">200,000 천원</td></tr>
<tr><td>연구기간</td><td colspan="2">총 연 구 기 간</td><td colspan="4">당 해 년 도 연 구 기 간</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">2026.7.1~2028.12.31(30개월)</td><td colspan="4">2026.7.1~2026.12.31(6개월)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">관련문의</td><td>성 명</td><td>김용욱</td><td>전화(☏)</td><td colspan="3">042-860-2436</td></tr>
<tr><td>소 속</td><td>발사체추진체계팀</td><td>이메일</td><td colspan="3">kyw421@kari.re.kr</td></tr>
<tr><td colspan="2">연구필요성</td><td colspan="5">▪ 차세대발사체 메탄엔진의 성능 향상과 운용 안정성 확보를 위해서는 산화제 과냉각 조건이 분사, 혼합, 연소 안정성 및 연소실 열부하에 미치는 영향을 정량적으로 규명할 필요가 있음
▪ 과냉각 산화제 적용에 적합한 분사기 후보군과 연소실 형상을 최적화함으로써, 고성능·고신뢰성 메탄엔진 연소기 설계 기반을 확보하고자 함</td></tr>
<tr><td colspan="2">최종목표</td><td colspan="5">▪ 축소형 산화제 과냉각 설비 구축 및 검증
▪ 산화제 온도 조건(포화/과냉각), 분사기 설계변수, 연소실 형상에 따른 연소특성 파악
▪ 차세대발사체 가스발생기사이클 메탄엔진 연소기에 적용 가능한 분사기 후보군 도출
▪ 적층제조 냉각채널 연소실을 활용한 축방향 열유속 데이터베이스 구축 및 인코넬 적용 가능성 검토</td></tr>
<tr><td rowspan="3">연차별목표 및 연구내용</td><td>1차년도</td><td colspan="5">▪ 산화제 과냉각 설비 조사, 구축 및 성능 검증
▪ 액체/기체 추진제 조건을 고려한 분사기(전단동축, 와류동축, 핀틀) 설계 및 제작
▪ 수류시험 및 연소시험을 통한 분무특성(SMD 등)/연소특성 평가</td></tr>
<tr><td>2차년도</td><td colspan="5">▪ 산화제 과냉각에 따른 연소 안정성·효율(C^* 등) 평가
▪ 분사기 설계/연소실 형상/산화제 온도 조건에 따른 연소성능 데이터베이스 구축
▪ L^* 기반 설계와 C^* 효율을 연계한 설계공간 탐색 및 최적화 도출</td></tr>
<tr><td>3차년도</td><td colspan="5">▪ 구리합금 및 인코넬 기반 적층제조 냉각채널 연소실 설계/제작 및 수류/연소시험 수행
▪ 운용 조건별 축방향 열유속 데이터베이스 구축
▪ 산화제 온도 조건에 따른 열유속 및 열부하 분포 특성 정량화</td></tr>
<tr><td colspan="2">기대효과
/활용방안</td><td colspan="5">▪ 산화제 과냉각 조건별 분사·연소·열유속 데이터베이스와 분사기/연소실 최적화 기술은 차세대발사체 및 향후 고성능·재사용 발사체 엔진 개발에 기여</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타</td><td colspan="5"></td></tr>
</table>

※ 다년도 협약과제라 하더라도 연차별 중간평가 결과 '계속'으로 평가된 과제에 한하여 차년도 연구비를 지원하며, 연차별 연구비는 예산사정 및 주관과제의 연구계획에 의해 변경될 수 있음

제안요구서(RFP)

<table>
<tr><td>주관과제명[주1)]</td><td colspan="6">차세대발사체개발사업</td></tr>
<tr><td>과제명</td><td colspan="3">재사용발사체 자율 귀환 및 착륙을 위한 통합 유도제어 운용 안정성 강화 연구</td><td colspan="2">과제 유형[주2)]</td><td>위탁연구</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구비</td><td colspan="2">총 연 구 비</td><td>1차년도
(6개월)</td><td colspan="2">2차년도
(12개월)</td><td>3차년도
(12개월)</td></tr>
<tr><td colspan="2">420,000천원</td><td>120,000천원</td><td colspan="2">150,000천원</td><td>150,000천원</td></tr>
<tr><td>연구기간</td><td colspan="3">총 연 구 기 간</td><td colspan="3">당 해 년 도 연 구 기 간</td></tr>
<tr><td colspan="3">2026.7.1~2028.12.31(30개월)</td><td colspan="3">2026.7.1~2026.12.31(6개월)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">관련문의</td><td>성 명</td><td colspan="2">김용호</td><td>전화(☏)</td><td colspan="2">042-860-2039</td></tr>
<tr><td>소 속</td><td colspan="2">발사체체계설계팀</td><td>이메일</td><td colspan="2">yongho@kari.re.kr</td></tr>
<tr><td colspan="2">연구필요성</td><td colspan="5">▪ 동력하강(Landing Burn) 비행구간에 국한되었던 기존 연구를 확장하여 단 분리 후 착륙에 이르는 전 비행구간을 하나의 연속된 다단계(Multi-Phase) 볼록 최적화 문제로 통합함으로써, 단계 전환 시점을 자율 제어하고 추진제 소모를 전역 최적화하여 운용 효율성 극대화 필요
▪ 극한 상황(고장, 외란, 연산 오류 등)에서도 안전 귀환 및 착륙을 위한 운용 안정성 및 신뢰성 확보 필요</td></tr>
<tr><td colspan="2">최종목표</td><td colspan="5">▪ 귀환 비행구간 통합 자율 귀환·착륙 유도제어 체계 구축
▪ 비정상 상황 대응 능력 강화형 유도제어 체계 구축
▪ 실시간 유도제어 알고리즘 안정성 검증 체계 구축</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별목표 및 연구내용</td><td>1차년도</td><td colspan="5">▪ 귀환 비행구간(재진입-공력하강-동력하강) 전주기 통합 볼록 최적화(Unified Multi-Phase Convex Optimization) 모델 정립
- 온-오프라인 융합, 학습 기반 방법 비교 검토
- Phase 전환 조건 정량화 및 안정성 영향 분석
- Phase 전환 시간 및 제약조건 민감도 분석
▪ 실시간성 및 수렴 안정성이 수학적/이론적으로 보장된 최적화 프레임워크 개발을 통해 신뢰성을 원천적으로 확보
- 1차 및 2차 방식 컨벡스 솔버 포함
▪ 6자유도 시뮬레이션 및 온보드 벤치마크 환경 구축
- 3자유도/6자유도 표준 문제 정의
- 1차 및 2차 방식 솔버를 이용하여 OBC에서 정량 성능 비교</td></tr>
<tr><td>2차년도</td><td colspan="5">▪ 실시간 최적화 수렴 실패 또는 제약 위반 위험 발생 시 안전 유도 모드로 자동 전환되는 안전 보장형 유도제어 아키텍처 구축
- 즉각 제어권을 이양 받을 수 있는 백업 유도제어 기법 설계
- 상태 연속성을 보장하는 전환 로직 수립</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="2">연차별목표 및 연구내용</td><td>2차년도</td><td>▪ 엔진 추력 손실, 구동기(TVC/공력핀 등) 성능 저하, 응답 지연 등 고장 가능성을 확률적·모델 기반으로 최적화 문제에 내재화하여 강건성을 확보하는 통합유도제어 설계 (Fault-Embedded Guidance & Control)
- 추력/구동기 결함을 실시간으로 추정하고 상쇄는 관측기 및 유도제어 루프 포함
▪ 대기 불확실성을 고려한 확률론적 착륙 안전성이 보장된 유도제어 설계, 외란의 통계적 특성을 고려한 제약조건 여유(Margin) 자동 산출 방법 연구
- 실시간으로 추정된 풍속, 항법 오차 등의 크기에 따라 제약조건 여유를 유연하게 조절하여 연료 소모를 최소화하고 신뢰성을 확보</td></tr>
<tr><td>3차년도</td><td>▪ 실시간 온보드 탑재를 위한 유도제어 알고리즘 최적화 및 운용급 고도화
- OBC 자원 한계를 고려하여 결정론적 연산 시간을 보장하는 알고리즘 최적화
- 실제 비행 중에 발생할 수 있는 예외 상황 처리를 위한 로직 및 수치적 안정성 고도화
▪ 6자유도 통합 시뮬레이션 및 온보드 벤치마크 기반 대규모 검증
- 3 시그마 수준의 환경 외란을 반영한 대규모 몬테칼로(Monte Carlo) 시뮬레이션 수행
- 1차년도 연구를 통해 확보된 온보드 벤치마크 환경 이용
▪ 통합 유도제어 알고리즘의 운용 안정성 확보를 위한 정량적 성능지표(KPI) 체계 확립 및 운용 한계 조건(Flight Envelope) 정의
- 공칭 성능 KPI : 착륙 정밀도, 연료 마진 등
- 운용 안정성 KPI : 임무 성공률 KPI, Fault-Embedded 강건성 KPI, 안전 폴백 전환 KPI, Solver Health Monitoring KPI, Worst-Case Envelope KPI
- 바람, 구동기 성능 저하율, 초기 진입 오차의 임계치 분석을 통해 착륙 성공을 절대적으로 보장할 수 있는 발사체의 물리적 운용 한계 경계면 (Safe Operational Envelope) 도출 및 정의</td></tr>
<tr><td colspan="2">기대효과 /활용방안</td><td>▪ 복합 외란 및 시스템 불확실성 환경하에서 강건한 유도제어 알고리즘 확보
▪ 대규모 시뮬레이션 및 온보드 벤치마크 기반의 유도제어 알고리즘의 통합 성능 평가 프로토콜 확보 및 표준화</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타</td><td>▪ 산출물 : 보고서, 연구논문, 소스코드, 온보드 벤치마크 환경 포함</td></tr>
</table>

※ 다년도 협약과제라 하더라도 연차별 중간평가 결과 '계속'으로 평가된 과제에 한하여 차년도 연구비를 지원하며, 연차별 연구비는 예산사정 및 주관과제의 연구계획에 의해 변경될 수 있음

제안요구서(RFP)

<table>
<tr><td>주관과제명[주1]</td><td colspan="5">차세대발사체개발사업</td></tr>
<tr><td>과제명</td><td colspan="3">재사용발사체 착륙용 항법장치 구성 및 알고리즘 개발</td><td>과제 유형[주2]</td><td>위탁연구</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구비</td><td colspan="2">총 연 구 비</td><td>1차년도
(6 개월)</td><td>2차년도
(12 개월)</td><td>3차년도
(12 개월)</td></tr>
<tr><td colspan="2">430,000 천원</td><td>90,000천원</td><td>170,000천원</td><td>170,000천원</td></tr>
<tr><td>연구기간</td><td colspan="2">총 연 구 기 간</td><td colspan="3">당 해 년 도 연 구 기 간</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">2026.7.1~2028.12.31(30개월)</td><td colspan="3">2026.7.1 ~ 2026.12.31(6개월)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">관련문의</td><td>성 명</td><td>신용설</td><td>전화(☏)</td><td colspan="2">042-870-3856</td></tr>
<tr><td>소 속</td><td>발사체전자팀</td><td>이메일</td><td colspan="2">newys99@kari.re.kr</td></tr>
<tr><td colspan="2">연구필요성</td><td colspan="4">▪ 재사용발사체 착륙을 위해 요구되는 시스템레벨의 항법정확도를 만족시키기 위한 항법장치 혹은 항법장치들의 결합방안에 대한 연구</td></tr>
<tr><td colspan="2">최종목표</td><td colspan="4">▪ 재사용발사체의 착륙에 필요한 항법정확도를 달성하기 위한 항법장치 하드웨어 구성을 검토/설계하고 해당 항법장치를 통합하는 항법알고리즘을 설계/개발/시험 수행하는 것이 목표임</td></tr>
<tr><td rowspan="3">연차별목표 및 연구내용</td><td>1차년도</td><td colspan="4">▪ 재사용발사체 착륙을 위한 항법정확도 해외사례 조사
▪ 재사용발사체 착륙을 위한 항법장치들의 하드웨어 구성 설계
▪ 요구되는 항법장치들에 대한 확보 (1/2)</td></tr>
<tr><td>2차년도</td><td colspan="4">▪ 요구되는 항법장치들에 대한 확보 (2/2)
▪ 구성된 항법장치 각각에 대한 인터페이스 검토 및 확인시험
▪ 항법장치들에 대한 통합 알고리즘 개발을 위한 환경 구축
▪ 통합항법 알고리즘 설계 및 개발 착수
▪ 통합항법 알고리즘에 대한 시뮬레이션 검증 및 결과 분석</td></tr>
<tr><td>3차년도</td><td colspan="4">▪ 통합항법 알고리즘 실시간 구현
▪ 환경, 성능시험 및 드론을 이용한 탑재시험 수행
▪ 결과보고서 작성</td></tr>
<tr><td colspan="2">기대효과/활용방안</td><td colspan="4">▪ 항법장치(센서)들에 대한 직접적인 개발이 아닌 상용으로 활용할 수 있는 항법장치들에 대한 결합이나 통합으로 원하는 항법정확도를 얻을 수 있는 알고리즘을 확보 기대
▪ 차세대발사체개발사업에도 일부 활용할 수 있음</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타</td><td colspan="4">▪ 활용도를 높이기 위해 발사체제어팀의 피드백을 받아 수행할 계획
▪ 타사업 유사중복성 관련해서는 실제로 통합 알고리즘을 확보한 사례가 없는 것으로 알고 있음</td></tr>
</table>

※ 다년도 협약과제라 하더라도 연차별 중간평가 결과 '계속'으로 평가된 과제에 한하여 차년도 연구비를 지원하며, 연차별 연구비는 예산사정 및 주관과제의 연구계획에 의해 변경될 수 있음

제안요구서(RFP)

<table>
<tr><td>주관과제명[주1)]</td><td colspan="5">차세대발사체개발사업</td></tr>
<tr><td>과제명</td><td colspan="3">차세대발사체 발사대시스템 극저온 추진제(LOX/LCH4) 과냉각을 위한 극저온 진공 열교환기 설계·제작 및 운용 기술에 관한 연구</td><td>과제 유형[주2)]</td><td>위탁연구</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구비</td><td>총 연 구 비</td><td>1차년도
(6 개월)</td><td>2차년도
(12 개월)</td><td colspan="2">3차년도
(12 개월)</td></tr>
<tr><td>320,000천원</td><td>70,000천원</td><td>150,000천원</td><td colspan="2">100,000천원</td></tr>
<tr><td>연구기간</td><td colspan="2">총 연 구 기 간</td><td colspan="3">당 해 년 도 연 구 기 간</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">2026.7.1~2028.12.31(30개월)</td><td colspan="3">2026.7.1~2026.12.31(6개월)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">관련문의</td><td>성 명</td><td>여인석</td><td>전화(☏)</td><td colspan="2">042-860-2903</td></tr>
<tr><td>소 속</td><td>발사대팀</td><td>이메일</td><td colspan="2">yis@kari.re.kr</td></tr>
<tr><td colspan="2">연구필요성</td><td colspan="4">▪ 차세대발사체 발사대시스템 극저온 추진제(LOX/LCH4) 과냉각 시스템 개발을 위한 핵심 설계 변수 도출 및 기초 성능 검증이 필요함.</td></tr>
<tr><td colspan="2">최종목표</td><td colspan="4">▪ 극저온 추진제(LOX/LCH4)의 과냉각 현상에 대한 모델링및 검증 실험을 통하여 감압 기반 과냉각 열교환 시스템의 최적 설계 및 제작·운용 기술을 확보함.</td></tr>
<tr><td rowspan="3">연차별목표 및 연구내용</td><td>1차년도</td><td colspan="4">▪ 극저온 추진제의 액체질소 감압 과냉각 열교환 현상에 대한 이론 및 메커니즘 규명, 성능 예측 모델 구축
- 극저온 추진제 과냉각 및 LN2 비등 열전달 특성에 대한 이론적 모델 구축
- 고성능 과냉각 형성 및 유지를 위한 핵심 무차원 설계 변수 도출
- 핵심 설계 변수 기반 과냉각 열교환 성능 예측 모델 개발
▪ 감압 열교환 기반 과냉각 기초 실험 장치 기본설계
- LN2 기반 과냉각 성능 실험 장치 P&ID 도출</td></tr>
<tr><td>2차년도</td><td colspan="4">▪ 극저온 과냉각 기초 성능 실험장치 구축 및 실험 데이터 확보
- 감압열 교환 기반 축소형 과냉각 실험장치 상세설계 및 구축
- 압력, 유량, 비등 조건, 열교환기 형상 등 설계 변수에 따른 과냉각 특성 실험 수행 및 데이터 확보
- 핵심 설계 변수 및 성능지표 정량화 및 최적 과냉각 성능 regime 도출
- 실험 데이터 기반 과냉각 열교환 성능 예측 모델 검증 및 고도화</td></tr>
<tr><td>3차년도</td><td colspan="4">▪ 다변수 통합 제어 기반 과냉각 안정화 제어 및 운용 기술 개발
- 핵심 설계 변수에 대한 다변수 제어 구조 설계
- 압력-온도 통합 제어 전략 도출 및 다변수 제어 알고리즘 검증실험
▪ 유사성(Similarity) 기반 Full-scale 과냉각 시스템 통합 설계
- 무차원수 유사성 기반 Full-scale 시스템 설계 방법론 및 모델 정립
- 실제 운용 조건을 반영한 과냉각 성능 및 안정성 예측
- 스케일업 시 비등 불안정성 및 과냉각 유지 한계 분석</td></tr>
<tr><td colspan="2">기대효과
/활용방안</td><td colspan="4">▪ 차세대발사체 발사대시스템 과냉각 시스템 개발의 기술적 불확실성을 낮추고 리스크를 최소화 하는데 기여함.</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타</td><td colspan="4"></td></tr>
</table>

※ 다년도 협약과제라 하더라도 연차별 중간평가 결과 '계속'으로 평가된 과제에 한하여 차년도 연구비를 지원하며, 연차별 연구비는 예산사정 및 주관과제의 연구계획에 의해 변경될 수 있음

제안요구서(RFP)

<table>
<tr><td>주관과제명[주1)]</td><td colspan="6">차세대발사체개발사업</td></tr>
<tr><td>과제명</td><td colspan="3">정압 유체 베어링을 사용하는 능동 축추력 터보펌프의 회전체동역학 특성 연구</td><td>과제 유형[주2)]</td><td colspan="2">위탁연구</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구비</td><td colspan="2">총 연 구 비</td><td>1차년도
(6개월)</td><td>2차년도
(12개월)</td><td colspan="2">3차년도
(12개월)</td></tr>
<tr><td colspan="2">300,000천원</td><td>50,000천원</td><td>125,000천원</td><td colspan="2">125,000천원</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구기간</td><td colspan="2">총 연 구 기 간</td><td colspan="4">당 해 년 도 연 구 기 간</td></tr>
<tr><td colspan="2">2026.07.01.~2028.12.31(30개월)</td><td colspan="4">2026.07.01.~2026.12.31(6개월)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">관련문의</td><td>성 명</td><td>곽현덕</td><td>전화(☏)</td><td colspan="3">042-860-2548</td></tr>
<tr><td>소 속</td><td>터보펌프팀</td><td>이메일</td><td colspan="3">hdkwak@kari.re.kr</td></tr>
<tr><td colspan="2">연구필요성</td><td colspan="5">▪ 현재 차세대발사체 터보펌프 개발에 적용하는 구름 베어링은 구름피로파괴에 따른 한계수명이 존재함.
▪ 완전 재사용 발사체 개발을 위해서는 구름 베어링을 유체 베어링으로 대체해야 함.</td></tr>
<tr><td colspan="2">최종목표</td><td colspan="5">▪ (정성) 정압 유체 베어링으로 지지되는 터보펌프의 회전체동역학 해석 기법 확립
▪ (정량) 정압 유체 베어링과 능동 축추력을 결합한 회전속도 29000 RPM급 액체산소 펌프의 2차 유로 및 회전축계 설계</td></tr>
<tr><td rowspan="3">연차별목표 및 연구내용</td><td>1차년도</td><td colspan="5">▪ 터보펌프 정압 유체 베어링 설계/해석
- 액체산소 터보펌프용 극저온 정압 유체 베어링 설계
- 난류 효과를 고려한 극저온 정압 유체 베어링 해석 모델 개발</td></tr>
<tr><td>2차년도</td><td colspan="5">▪ 터보펌프 정압 유체 베어링 설계/해석
- 극저온 정압 유체 베어링의 정특성 및 동특성 해석
▪ 능동 축추력 제어를 결합한 베어링 2차 유로 설계/해석
- 유체 베어링 기반 능동 축추력 2차 유로 설계
- 설계점/탈설계점 운용 조건에서의 축추력 및 베어링의 평형위치 예측</td></tr>
<tr><td>3차년도</td><td colspan="5">▪ 터보펌프 회전체동역학 특성 해석
- 정압 유체 베어링과 능동 축추력이 결합된 터보펌프 회전축계의 동역학적 특성 예측 (위험속도, 안정성 선도 등)
- Quasi-steady 기반 천이 구간 거동 예측 (시동 및 정지 구간)</td></tr>
<tr><td colspan="2">기대효과 /활용방안</td><td colspan="5">▪ 본 과제를 통해 확보한 기술을 기반으로 현재 개발 중인 80톤급 액체산소/메탄 터보펌프의 후속 개량형으로 완전 재사용 터보펌프 개발</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타</td><td colspan="5">▪ 터보펌프 baseline 모델 제공하며 이를 기반으로 연구 수행</td></tr>
</table>

※ 다년도 협약과제라 하더라도 연차별 중간평가 결과 '계속'으로 평가된 과제에 한하여 차년도 연구비를 지원하며, 연차별 연구비는 예산사정 및 주관과제의 연구계획에 의해 변경될 수 있음

제안요구서(RFP)

<table>
<tr><td>주관과제명[주1)]</td><td colspan="5">차세대발사체개발사업</td></tr>
<tr><td>과제명</td><td colspan="3">다양한 가속도 및 열유입 환경에서의 극저온 유체 열적 성층화 연구</td><td>과제 유형[주2)]</td><td>위탁연구</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구비</td><td colspan="2">총 연 구 비</td><td>1차년도
(6개월)</td><td>2차년도
(12개월)</td><td>3차년도
(12개월)</td></tr>
<tr><td colspan="2">180,000천원</td><td>50,000천원</td><td>65,000천원</td><td>65,000천원</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구기간</td><td colspan="2">총 연 구 기 간</td><td colspan="3">당 해 년 도 연 구 기 간</td></tr>
<tr><td colspan="2">2026.7.1~2028.12.31(30개월)</td><td colspan="3">2026.7.1~2026.12.31(6개월)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">관련문의</td><td>성 명</td><td>서만수</td><td>전화(☏)</td><td colspan="2">042-870-3832</td></tr>
<tr><td>소 속</td><td>우주발사체연구소
발사체추진체계팀</td><td>이메일</td><td colspan="2">msseo@kari.re.kr</td></tr>
<tr><td>연구필요성</td><td colspan="5">▪ 재사용화를 위해 과냉각 고밀도화 극저온 추진제 운용 설계 필요
▪ 기존 포화 상태와 다르게 추진제 탱크 상부 온도가 상승하는 열적 성층화 (thermal stratification) 현상을 예측하여 발사 및 비행 운용에서의 추진제 온도 관리 필요</td></tr>
<tr><td>최종목표</td><td colspan="5">▪ 다양한 가속도 환경 (최소 10^{-3}~최대 6 G)에서의 탱크 내부 극저온 유체 열적 성층화 과도 성장 및 분포 특성 예측 정확도 15% 이내 도출
▪ 얼리지(ullage) 강제 대류 열전달 환경 및 측면 핵비등 열유입 조건 (~10^4 W/m^2)에서의 열적 성층화 특성
▪ 열적 성층화 간소화 모델 교차 검증 및 정확도 15% 이내 도출</td></tr>
<tr><td rowspan="3">연차별목표 및 연구내용</td><td>1차년도</td><td colspan="4">▪ 다양한 가속도 환경에서의 극저온 유체 열적 성층화 과도 특성
▪ 고가속도 및 미소중력 환경에서 Grashof수에 따른 열적 성층화 성장 특성 분석
▪ 가속도 변화 조건 성층화 천이 거동 해석</td></tr>
<tr><td>2차년도</td><td colspan="4">▪ 강제 대류 열전달 환경 및 핵비등 열유입 상황의 열적 성층화 특성
▪ 얼리지 상부 노즐 기반 기체 유동 조건 하의 강제 대류 상황을 모사한 열전달 환경에서의 기-액계면 열전달량 및 상변화 질량 유동 해석
▪ 측면 열유입의 핵비등 열유속 수준의 성층화 및 내압력 변화 특성</td></tr>
<tr><td>3차년도</td><td colspan="4">▪ 열적성층화 간소화 모델과의 교차 검증
▪ 기존 1D 열적 성층화 두께 관계식과 해석 모델 간 교차 검증을 통한 1D 관계식의 적용 범위 및 사용성 검토
▪ Grashof 수 및 열유속 조건 변화에 따른 1D 관계식 예측 오차 범위 정량화 및 보정 계수 도출</td></tr>
<tr><td colspan="2">기대효과
/활용방안</td><td colspan="4">▪ 극저온 추진제 장기 운용 등 발사체 임무 범위 확장
▪ 국내 LNG/액체수소/액화공기 산업계 응용</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타</td><td colspan="4">▪ 저장 탱크 벽면 단열 및 열전도 상황에 대한 후속 연구 필요</td></tr>
</table>

※ 다년도 협약과제라 하더라도 연차별 중간평가 결과 '계속'으로 평가된 과제에 한하여 차년도 연구비를 지원하며, 연차별 연구비는 예산사정 및 주관과제의 연구계획에 의해 변경될 수 있음

제안요구서(RFP)

<table>
<tr><td>주관과제명[주1)]</td><td colspan="5">차세대발사체개발사업</td></tr>
<tr><td>과제명</td><td colspan="3">재사용 발사체 운용 신뢰성 보장을 위한 항공기 벤치마킹 기반 지능형 PHM 체계 수립</td><td>과제 유형[주2)]</td><td>위탁연구</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구비</td><td colspan="2">총 연 구 비</td><td>1차년도
(6개월)</td><td>2차년도
(12개월)</td><td>3차년도
(12개월)</td></tr>
<tr><td colspan="2">120,000 천원</td><td>20,000천원</td><td>50,000천원</td><td>50,000천원</td></tr>
<tr><td>연구기간</td><td colspan="2">총 연 구 기 간</td><td colspan="3">당 해 년 도 연 구 기 간</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">2026.7.1~2028.12.31(30개월)</td><td colspan="3">2026.7.1~2026.12.31(6개월)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">관련문의</td><td>성 명</td><td>조현선</td><td>전화(☏)</td><td colspan="2">042-870-3851</td></tr>
<tr><td>소 속</td><td>(발사체) 제품보증실</td><td>이메일</td><td colspan="2">hsuny@kari.re.kr</td></tr>
<tr><td colspan="2">연구필요성</td><td colspan="4">▪ 검증된 항공기의 PHM 체계를 벤치마킹하여 적용함으로써 고신뢰성 정비 체계와 Quick Turnaround 능력 확보
▪ AI와 물리 모델을 결합한 정량적 건전성 평가를 통한 재발사 적합성을 객관적으로 보증
▪ 재사용발사체 설계 확정 전 단계에서 PHM에 대한 프레임워크를 선제적으로 수립함으로써 최적의 센서 배치와 진단 환경을 반영</td></tr>
<tr><td colspan="2">최종목표</td><td colspan="4">▪ 항공기의 성숙한 PHM 체계를 벤치마킹하여 재사용 발사체의 전주기 건전성 관리를 위한 선제적 PHM 프레임워크를 수립하고, 부품 특성별 물리-AI 하이브리드 수명 예측 기술을 개발함으로써 설계 단계의 센서 요구사항 도출부터 리퍼비쉬 정비 의사결정까지 연계되는 데이터 기반의 통합 적합성 평가 체계를 구축함.
▪ 최종 결과물 : 발사체용 PHM 개념 정리, PHM 구현을 위한 요구사항 정의서, 부품 특성별 하이브리드 AI 예측 알고리즘, AI 기반 재발사 적합성 통합 의사결정 매뉴얼</td></tr>
<tr><td rowspan="3">연차별목표 및 연구내용</td><td>1차년도</td><td colspan="4">▪ 항공기의 CBM/PHM 사례 분석
▪ MSG-3, MIL-HDBK-516, EASA Part-M/145 등의 항공기 정비/설계 지침서 조사
▪ 재사용 발사체의 운용 절차 분석, 항공기 벤치마킹을 통한 재사용평가의 의사결정 기준 정의</td></tr>
<tr><td>2차년도</td><td colspan="4">▪ 핵심 부품 선정 후 대상체 특성 분석/진단 방안 탐색
▪ 부품별 대표 Use-Case 설정 (시나리오에 따른 AI 모델 선정)
▪ 부품 그룹별 수집 파라미터 리스트 작성 및 수집 전략 수립</td></tr>
<tr><td>3차년도</td><td colspan="4">▪ PHM 적용 로드맵 및 가이드라인 작성
▪ 부품별 진단 통합 의사결정 로직(알고리즘) 개발
▪ 의사결정 로직에 기반한 Turnaround Planning 전략 탐색</td></tr>
<tr><td colspan="2">기대효과
/활용방안</td><td colspan="4">▪ 설계 단계 PHM 선제 수립으로 최적 센서 위치·데이터 아키텍처를 설계에 반영하여 운용 단계에서의 비용 절감
▪ 핵심 부품 특성별(엔진/구조체/전자부품 등) 고장 진단 알고리즘 분류 체계를 수립함으로서 정비 의사결정의 객관화/표준화</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타</td><td colspan="4"></td></tr>
</table>

※ 다년도 협약과제라 하더라도 연차별 중간평가 결과 '계속'으로 평가된 과제에 한하여 차년도 연구비를 지원하며, 연차별 연구비는 예산사정 및 주관과제의 연구계획에 의해 변경될 수 있음

제안요구서(RFP)

<table>
<tr><td>주관과제명[주1)]</td><td colspan="5">차세대발사체개발사업</td></tr>
<tr><td>과제명</td><td colspan="3">국내 재사용발사체 기술 생태계 교류 활성화 방안 연구</td><td>과제 유형[주2)]</td><td>위탁연구</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구비</td><td colspan="2">총 연 구 비</td><td>1차년도
(6개월)</td><td>2차년도
(12개월)</td><td>3차년도
(12개월)</td></tr>
<tr><td colspan="2">450,000천원</td><td>130,000천원</td><td>160,000천원</td><td>160,000천원</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구기간</td><td colspan="2">총 연 구 기 간</td><td colspan="3">당 해 년 도 연 구 기 간</td></tr>
<tr><td colspan="2">2026.7.1~2028.12.31(30개월)</td><td colspan="3">2026.7.1~2026.12.31(6개월)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">관련문의</td><td>성 명</td><td>강의철</td><td>전화(☏)</td><td colspan="2">042-870-3804</td></tr>
<tr><td>소 속</td><td>연구조정실(발사체)</td><td>이메일</td><td colspan="2">uckang@kari.re.kr</td></tr>
<tr><td colspan="2">연구필요성</td><td colspan="4">▪ 재사용발사체의 성공적인 개발을 위한 국내 역량결집 및 생태계 활성화 필요
▪ 재사용발사체 컨퍼런스를 통한 기술정보 교류 및 의견수렴 필요</td></tr>
<tr><td colspan="2">최종목표</td><td colspan="4">▪ 대한민국 재사용발사체 기술 생태계 활성화 방안 연구 및 컨퍼런스 개최·운영</td></tr>
<tr><td rowspan="3">연차별목표 및 연구내용</td><td>1차년도</td><td colspan="4">▪ 대한민국 재사용발사체의 성공적 개발과 산·학·연·관 역량 결집(의견 수렴 등) 및 인재·기술 발굴을 위한 컨퍼런스 개최
- 주요 행사(기조연설, 발사체 개발 현황 등) 기획 및 운영
- 공모전 기획 및 운영
- 재사용발사체 홍보를 위한 전시 부스 기획 및 운영
- 기타 컨퍼런스 개최에 필요한 사항(행사장 대관, 패널 초빙 등)</td></tr>
<tr><td>2차년도</td><td colspan="4">▪ 상동</td></tr>
<tr><td>3차년도</td><td colspan="4">▪ 상동</td></tr>
<tr><td colspan="2">기대효과
/활용방안</td><td colspan="4">▪ 실제 개발 중인 재사용기술에 대해 다양한 엔지니어들과 기술 생태계 교류 과정에서 문제 해결 및 국내 상호 역량 강화 기대
▪ 컨퍼런스 정기화를 통해 수요(위성)-공급(발사체) 매칭 및 공동 프로젝트 협의, 투자 등 플랫폼으로의 성장 기대</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타</td><td colspan="4"></td></tr>
</table>

※ 다년도 협약과제라 하더라도 연차별 중간평가 결과 '계속'으로 평가된 과제에 한하여 차년도 연구비를 지원하며, 연차별 연구비는 예산사정 및 주관과제의 연구계획에 의해 변경될 수 있음