

민·군기술협력사업 과제제안요구서(RFP)

중앙행정기관명	산업통상자원부, 방위사업청	관리번호	
전문기관명	민군협력진흥원		
사업유형	민·군기술개발사업	사업명	민·군검용기술개발사업
선정방식	지정공모		

1. 제안요구내용

기술개발 과제명	유상하중 600kg급 항공기용 수소연료전지 플러그인 하이브리드 파워팩 개발
개요	RAM¹⁾, UAM¹⁾ 등 미래 모빌리티(AAM¹⁾) 수요에 부응하고, 감시·정찰, 수송 등 군의 임무수행 효율화를 위한 군용 드론(비행시간 90분 이상 및 항속거리 300km 이상) 개발에 필요한 유상하중 600kg급(5인 이상 탑승 고려) 항공기용 수소연료전지 플러그인 하이브리드 파워팩을 개발 주1) RAM(Regional Air Mobility), UAM(Urban Air Mobility), AAM(Advanced Air Mobility)

1) 배경 및 필요성

□ 배경

- 민간에서는 다양한 분야에 소형 드론이 활용되고 있으며, 특히 향후 수년 내에 화물 배달 드론의 상용화를 목표로 세계 배송 시장을 선점하기 위한 연구개발이 수행되고 있음
- 도심 항공 모빌리티(UAM)의 세계 시장 규모는 2040년까지 약 1,800조원 규모로 성장할 것으로 전망되며, 전기동력(리튬배터리) 기반의 전기수직이착륙 (eVTOL; Electric Vertical Take-off and Landing) 개발이 많은 비중을 차지하고 있음. 그러나 전기동력원으로 리튬배터리만 활용하는 항공기는 용량 부족으로 장거리 비행이 어렵고 충전에 장시간이 소요되는 한계가 있음
- 리튬배터리 동력 기반 드론의 체공 시간 연장을 위해 에너지밀도 측면에서 장점이 있는 수소연료전지가 대안으로 주목을 받고 있음. 수소연료전지는 충전 시간이 짧고(수분 이내), 장거리 운행이 가능하며 오염물질을 배출하지 않는 친환경적 에너지이며 세계의 중·대형 드론 시장의 발전 추세를 고려할 때 매우 큰 성장잠재력이 있음
- 감시·정찰, 공격 등의 군 임무수행에 드론이 많이 활용되고 있으며, 군에서는 향후 미래 모빌리티(AAM)를 이용하여 전투원 및 군용물자를 임무 지역으로 수송할 목적으로 유상하중 600kg급 수직이착륙 군용 드론 개발을 요구하고 있음

- 동력원으로 수소연료전지만 활용할 경우 순간적 고출력이 필요한 수직 이·착륙 구현 및 저온환경 운용이 제한되기 때문에 수소연료전지와 배터리를 통합 운용하는 수소연료전지 플러그인 하이브리드 파워팩 개발이 필요함
- 수소연료전지 플러그인 하이브리드 파워팩 기술은 10대 국가필수 전략기술에 포함되며, 수소연료전지 하이브리드 파워팩 개발로 미래 모빌리티(AAM)가 구현되면 산업정책 목표(신산업 창출을 통한 산업발전) 달성이 가능할 것으로 기대됨
 - ※ 10대 국가필수전략기술('21년 12월 기준): 인공지능(AI), 5G·6G, 첨단바이오, 반도체·디스플레이, 이차전지, 수소, 첨단로봇·제조, 양자, 우주·항공, 사이버보안

□ 필요성

- **(민수 분야)** 전기동력원으로 수소연료전지만 활용하면 수직이·착륙 및 돌풍 환경에 대한 대처가 어려우므로 항공기에는 수소연료전지와 리튬배터리를 통합하여 하이브리드 파워팩을 구성하는 것이 필요함
 - 리튬배터리로만 구성되는 전기동력원의 단점(비행시간 및 충전시간)을 극복하기 위해 수소연료전지(수백kW급) 파워팩이 개발 중이지만 중·소형 드론에만 적용됨
 - 수소연료전지 하이브리드 파워팩 기술은 미래 모빌리티(AAM)를 구현할 때 항속거리 및 비행시간을 증대시킬 수 있으므로 다양한 서비스 창출이 가능할 것으로 기대됨
 - 수소연료전지 하이브리드 파워팩 기술은 전기자동차와 마찬가지로 연관된 기술과 부품, 소프트웨어, 서비스 등의 파생 산업을 키울 수 있고, 향후 활용 분야가 증대되면 해당 국내 산업의 발전이 기대됨
- **(군수 분야)** 미래 전장 환경에서 다양한 임무 수행(정찰/감시 및 수송 등)을 효율적으로 수행하기 위한 군용 드론(수직이착륙, 유상하중 600kg급, 항속거리 300km 이상 및 비행시간 90분 이상) 개발 필요
 - 군용 드론의 활용성을 높일 수 있도록 저온(-32℃) 상황에서 하이브리드 파워팩이 시동되고, 시동 후 15분 이내에 시스템이 정상 동작 가능해야 함
 - 전력화 이전에는 상용 드론을 우선 활용하고 전투 실험을 통해 조기 전력화 추진함

2) 제안요구 내용

□ 최종 목표

- 유상하중 600kg급 수직이착륙 항공기의 개념설계 결과를 반영한 「수소연료전지 플러그인 하이브리드 파워팩 개발」

□ 정량적 목표

[민·군수용]

핵심 기술/제품 성능지표		단위	달성목표 ⁶⁾	국내최고 수준	세계최고수준 (보유국 기업/기관명)
통합 시스템 (플러그인 하이브리드 파워팩)	정격(연속) 출력	kW	540 이상 (5분 지속)	80	최대 600 (미국, 영국 ZeroAvia)
	총 중량	kg	1,100 이하	-	-
	운용온도 (MIL-STD-810G)	℃	-32 ¹⁾ ~ +43	-10 ~ +30	-
	진동/충격시험 (MIL-STD-810G)	-	기준충족 (단계전환시 시험조건 결정)	-	-
	전자파 시험 (MIL-STD-461G 또는 RCTA DO-160G)	-	기준충족 (CDR 및 TRR시 시험항목 결정)	-	-
	수명 시험 ²⁾	회	300 이상 @23℃	-	500 (Ehang 배터리 기준)
배터리 시스템 ⁴⁾ (리튬전지)	팩 비에너지 ³⁾ (열관리 장치 제외)	Wh/kg	170 이상	170	170 (LGES)
	수명시험	-	초기 방전용량의 90% 이상@300회 @23℃ (CC-CV 적용)	80%@330회	80%@330회(LGES, SKon) or 80%@306회 (Tesla Model S)
	안전성 시험 (RTCA DO-311A 2.4.5 Safety Tests)	-	기준(No Fire& No Explosion 등) 충족 (CDR 및 TRR시 시험항목 결정, 5종 이상 수행)	완료	완료 (Panasonic)
	SoC 알고리즘 정밀도	%	에러율 3% 이내 @23℃	5% @23℃	3% @23℃ (RWTH Aachen University)
	SoH 알고리즘 정밀도	%	에러율 5% 이내 @23℃	10% @23℃	5% @23℃ (RWTH Aachen University)

핵심 기술/제품 성능지표		단위	달성목표 ⁶⁾	국내최고 수준	세계최고수준 (보유국 기업/기관명)
수소연료 전지팩	최대출력	kW	400 이상 (2분)	-	400 (독일 APUS)
	연속출력	kW	300 이상	-	300 (독일 APUS)
	시스템 비에너지	Wh/kg	500 이상	400	520 (HyPoint, 공랭식)
	시스템 비출력	kW/kg	1.0 이상	0.6	1.2 (파워셀, 스웨덴, 라디에이터 제외)
	스택 수명시험 ⁵⁾	회	5,000 이상 @23℃ (80%이상 출력)	5,000 (50%이하 출력)	5,000 (영국 HyPoint)
	수소저장용기 안전성 시험 (KGS AC417)	-	기준충족 (CDR 및 TRR시 시험항목 결정)	-	-

- 1) 저온운용조건 : -32℃에서 15분 이내에 정격출력에 도달
- 2) 하이브리드 파워팩 수명시험(1회=90분) : 시험 방법 및 절차는 참여기관이 제안(단, 비행조건을 반영해야 함, 필요 시 가속 수명시험 가능함)
- 3) 팩 작동전압 600V 이상
- 4) 배터리 관련 성능 지표 : KS R ISO 12405-4 규격 적용
- 5) 운항기준(참여기관이 결정)에 따라 정격(2.5기압 이하, 1.8A/cm² 이상) 조건에서 단위셀에 대한 부하 운전(단, 1cycle=15분)
- 6) 달성목표는 최종단계(시험개발)의 개발목표이며, 1단계(응용연구)의 목표는 참여기관에서 제안

□ 연구개발 내용

- 유상하중 600kg급 항공기용 수소연료전지 플러그인 하이브리드 파워팩 개발

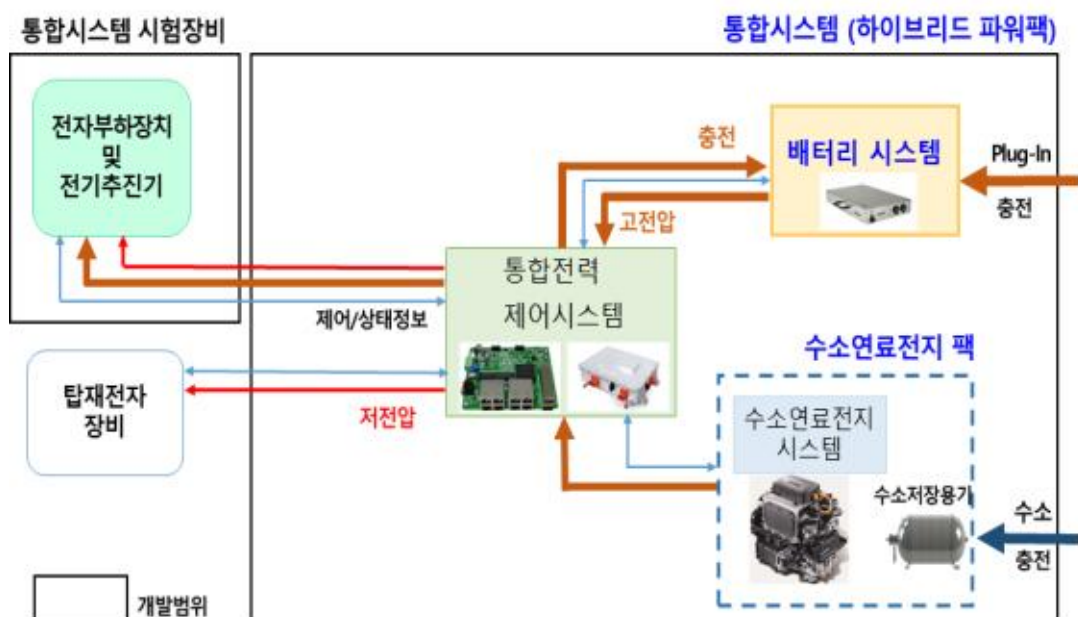


그림 1. 수소연료전지 플러그인 하이브리드 파워팩 개념도

1. 통합시스템(하이브리드 파워팩) 개발

- 통합시스템을 위한 열관리 시스템(운용온도를 고려한 냉각 및 가열 시스템) 개발
- 통합시스템을 위한 통합전력제어시스템(PDU, FDC 및 LDC 등) 개발
 - * PDU: Power Distributed Unit * FDC: Fuel-cell DC-DC Converter * LDC: Low-voltage DC-DC Converter
- 통합시스템용 전기에너지 관리시스템(PMS: Power Management System) 개발
 - 비행 상태에 따른 에너지 분배·제어
- 저온(-32°C) 동작을 고려한 통합시스템 기술 개발
- 고온(+43°C) 동작을 고려한 통합시스템 기술 개발

2. 통합시스템 성능 검증

- 저온(-32°C) 및 고온(43°C) 상태에서 통합시스템의 정상 작동을 검증
- 전자파 시험을 통한 성능 검증
- 개념설계 결과(운용개념 및 항공기 형상)에 따라 성능검증용 프로파일을 확정(상세한 시험 방법은 CDR 및 TRR 시에 확정)
 - 개념설계 결과에 따라 항공기에 적용 가능한 전기추진기[프롭시스템(또는 다이나모) +모터+인버터 등]를 2개 이상 구매하여 통합시스템 성능검증에 활용
 - 통합시스템 성능검증 등에서 전기추진기가 소모하고 남는 전력에 대한 소모는 대용량 전자부하장치를 구매하여 활용
- 통합시스템 충전 가능토록 개발(단위구성품 성능시험 시 활용)

3. 배터리시스템 개발

- 항공기의 개념 설계를 반영하여 배터리 용량은 통합시스템(540kW 이상)과 수소연료 전지(300kW 이상)의 용량을 고려하여 설정
- 에너지 밀도 170Wh/kg 이상 배터리 패키징 기술 개발
- 배터리 안전성(SoC/SoH 정밀 추정 알고리즘, 열폭주 감지 및 방지) 기술 개발
- BMS(Battery Management System) 성능 개선
- 안전성 시험 및 수명시험을 통한 성능 입증
 - * 과제 특성(국가안보전략기술)을 고려하여 국산 부품을 우선 적용

4. 수소연료전지팩 개발

- 연속출력 300kW 이상의 수소연료전지팩 개발
- 시스템 비에너지(500 Wh/kg 이상)를 충족하는 셀/스택 개발
- 수소연료전지 시스템(팩 및 BOP: Ballance Of Plant) 경량화 기술 개발
- 열관리장치, 수소공급장치, 공기공급장치 및 수소저장용기 등 개발
- FCU(Fuel-cell Control Unit) 성능 개선
- 스택 내구성 및 수소저장용기 안전성에 대한 성능 입증
 - * 과제 특성(국가안보전략기술)을 고려하여 국산 부품을 우선 적용

5. 수소연료전지 플러그인 하이브리드 파워팩 적용대상 항공기 개념설계

• 항공기 주요 제원

구분	요구 제원
이착륙	수직이착륙 가능
비행시간	90분 이상
항속거리	300km 이상 (중간 1회 이착륙 포함)
비행고도	600m 이상
비행속도	200km/h 이상
유상하중	600kg 수준
탑승인원	5인 이상
최대이륙중량	3,175kg 이하

• 개념설계 요구 내용

- 항공기 형상 및 운용개념
- 항공기 내부 배치 (수소연료전지 플러그인 하이브리드 파워팩 장착 위치 식별)
- 항공기 성능 관련 분석 결과

□ 적용/실용화 분야 (민수·군수)

- 민수분야 : 미래 모빌리티(AAM), 카고드론, 에어택시, 앰블런스드론, 택배드론, 재난감시용 무인기, 해양레저용 항공기 등
- 군수분야 : 수송용 드론, 소형 무인 헬기, 수직이착륙 환자 수송기, 장기 체공형 정찰/감시용 무인기 등

□ 최종 제시물

◦ 시제품

1. 수소연료전지 플러그인 하이브리드 파워팩 시제품 2조
 - 통합시스템 수명시험용 2조 (예비용 1조 포함)
2. 단위시험용 배터리 시스템 4조 이상
 - 배터리 시스템 수명시험용 1조
 - 배터리 시스템 안전성시험용 3조 이상 (시험종류 결정에 따라 추가 가능)
3. 단위시험용 수소연료전지 시스템 1조
 - 수소연료전지 시스템 수명시험용 1조
4. 수소연료전지 저장장치 2조(단위시험 및 통합시험용)
5. 통합시스템 시험장비(전자부하장치 및 전기추진기 등) 1조

◦ 기술자료

1. 연차보고서 각 1부
2. 단계보고서 1부
3. 최종보고서(기술개발 설계도, 공인시험기관 인증서 등 포함) 1부
4. 국방규격서(안) 1부
5. 수소연료전지 하이브리드 파워팩 적용대상 항공기 개념설계 결과보고서 1부

3) 기타 지원조건

□ 주관연구개발기관 및 공동연구개발기관

- 주관연구개발기관 및 공동연구개발기관은 「국가연구개발혁신법」 제2조제3호에 따른 “연구개발기관”이어야 한다.
- 주관연구개발기관 및 참여기관(「국가연구개발혁신법 시행령」 제2조제2항에 따른 공동연구개발기관과 위탁연구개발기관)은 기한 내에 연구개발 목표를 달성할 수 있어야 한다.
- 주관연구개발기관 및 참여기관에는 과제종료 후 최종 제시물의 생산 및 판매가 가능한 기관이 참여하여야 하며, 만약, 생산 및 판매 제품에 대해 지식재산권 분쟁이 발생하는 경우에는 주관연구개발기관 및 참여기관이 이에 대한 책임을 진다.

□ 연구개발성과의 소유 및 활용

- 연구개발성과의 소유는 「국가연구개발혁신법」 제16조(연구개발성과의 소유·관리) 및 「국가연구개발혁신법 시행령」 제32조(연구개발성과의 소유)에 따른다.
- 산업통상자원부에서 2018년 8월 3일에 시행한 「민·군기술협력사업 공동시행규정」 제127조(연구개발결과물의 소유)에 따라 수행기관의 장은 유형적 및 무형적 연구개발 결과물의 유지, 관리에 대한 책임을 가지며 기술료 징수기간 중 임의로 처분할 수 없다.

□ 기업분담율

- 기업분담율은 「국가연구개발혁신법 시행령」 제19조(연구개발비의 지원과 부담)에 따른다.

□ 연구책임자의 자격

- 연구책임자의 자격은 관련분야의 연구경험이 풍부하여야 하며, 연구의 최종목표를 달성할 수 있도록 계획, 업무 프로세스 정립, 및 원활한 과제 추진·조정·관리를 수행할 수 있어야 한다.
- 연구책임자의 직무는 (산업통상자원부) 「민·군기술협력사업 공동시행규정」 제10조 (주관연구책임자의 직무)에 따른다.

□ 개발 소요 필수 핵심장비 및 시설

- 연구개발과제 및 연구개발기관에 대한 선정평가 시, 「국가연구개발혁신법 시행령」 제12조제2항제2호에 따라 연구개발과제 관련 연구시설·장비 구축계획의 타당성을 검토하여야 한다.
- 과학기술정보통신부에서 2021년 12월 15일에 시행한 「국가연구개발 시설·장비의 관리 등에 관한 표준지침」 제4조(국가연구시설·장비심의위원회)에 따라 1억원 이상 연구시설장비의 구축타당성은 국가연구시설·장비심의위원회에서 검토하여야 한다.

※ 「국가 연구시설·장비심의위원회」 관련 소요기간을 고려하여 연구시설장비의 구축계획 수립 필요

- 「국가연구개발 시설·장비의 관리 등에 관한 표준지침」 제5조(연구개발과제 평가단)에 따라 3천만원 이상 1억원 미만의 연구시설장비 구축계획이 포함되는 경우, 연구개발과제 평가단이 연구시설장비의 구축타당성을 검토하여야 한다.

□ 연구개발 일정관리

- 제안기관은 주요 기술검토회의(예: 사업착수회의, 체계요구조건분석회의, 기본설계검토회의, 상세설계검토회의 및 시험준비상태검토회의)를 추진일정에 포함하여 제시한다.
- 연도별 실적 보고 및 보고회를 수행한다.

2. 추진체계 및 예산/기간

주관연구개발기관 유형		기업 또는 연구기관			필수참여 기관유형			기업참여 필수				
예산 및 기간		· 정부지원금: 290억원 이내 · 연구개발기간: 5년			기술료 징수 여부 (사업화 대상)			징수원칙 (성과소유에 따라 징수여부 결정)				
연구개발비 (단위: 억원)		정부지원 연구개발비	기관부담 연구개발비	그 외 기관 등의 지원금				합계			연구개발비 외 지원금	
				지방자치단체	기타 ()							
		현금	현금	현물	현금	현물	현금	현물	현금	현물	합계	
총계		290.0										
응용 연구/ 시험 개발	1차년도 (‘22.11~’23.12)	82.03										
	2차년도 (‘24.1~’24.12)	58.00										
	3차년도 (‘25.1~’25.12)	58.00										
	4차년도 (‘26.1~’26.12)	43.32										
	5차년도 (‘27.1~’27.10)	48.65										
연계/해당여부		■ 기술준비단계			착수:(TRL 3), 종료:(TRL 5)			☐ 도전형 R&D / 초고난도 R&D ☐ 경쟁형 R&D ☐ 복수지원대상()				
		☐ 표준화 연계										
		☐ 실증연구										

- ※ 연구개발비(정부지원연구개발비(290억원)+기관부담연구개발비)는 **410억원을 초과할 수 없음**
- ※ 「국가연구개발사업 연구개발비 사용 기준」에 따른 예산 계상시 1차년도(`22.11.1~`23.12.31)는 정부지원(예정)액을 고려하여 편성 요청 (`22: 23.16억원, `23: 58.87억원)
- ※ 응용연구/시험개발 기간은 응용연구 달성목표를 고려하여 주관연구개발 기관에서 제안 단, 단계가 전환되는 년도 예산은 응용연구와 시험개발을 구분하여 작성 요청

3. 과제 문의사항 및 연락처

소속	성명	연락처
국방과학연구소 민군협력진흥원 민군기술협력센터 전략기술사업실	백주현	042-607-6079