

항공핵심기술 선도연구센터(ERC) Research Center for Aircraft Core Technology (ACTRC) 경상대학교 기계항공공학부

• 센터장 명노신 교수 •

1. 선도연구센터 및 비전 소개

가. 연혁

항공핵심기술 선도연구센터는 산업수요와 Linchpin(급소) 기술 중심의 고효율·안전 항공핵심기술 분야의 원천·응용연구 연계가 가능한 미래 원천기술을 창출하고, 대학 산학협력의 거점전문센터 역할을 수행할 목적으로 2017년 6월 경상대학교에 설립되었다. 2017년 과학기술정보통신부와 한국연구재단이 주관하는 선도연구센터(ERC; Engineering Research Center) 공모사업에서 경상대학교, UNIST, KAIST, 서울대학교 4개 대학의 '산업수요기반 고효율·안전 항공핵심기술 연구센터'가 기계 분야로 선정되어 시작되었다.

공학분야 선도연구센터를 의미하는 ERC 사업은 창의성과 탁월성을 보유한 연구그룹 육성을 통해 원천·응용연구 연계가 가능한 기초연구 성과를 창출하고, 대학 내 산학협력의 거점 역할을 수행할 수 있도록 국가에서 중장기적으로 지원하는 사업이다. ERC 사업은 원래 1984년 미국 국립과학재단에 의해 시작되었고, 과학기술정보통신부와 한국연구재단이 한국에 접목시켜 1990년 이후 29년째 운영하고 있는 대표적인 연구수월성 중심의 집단연구 지원사업



• 그림 1 • 항공핵심기술 선도연구센터 연구진(키오프 워크숍; 2017년 7월 13일)

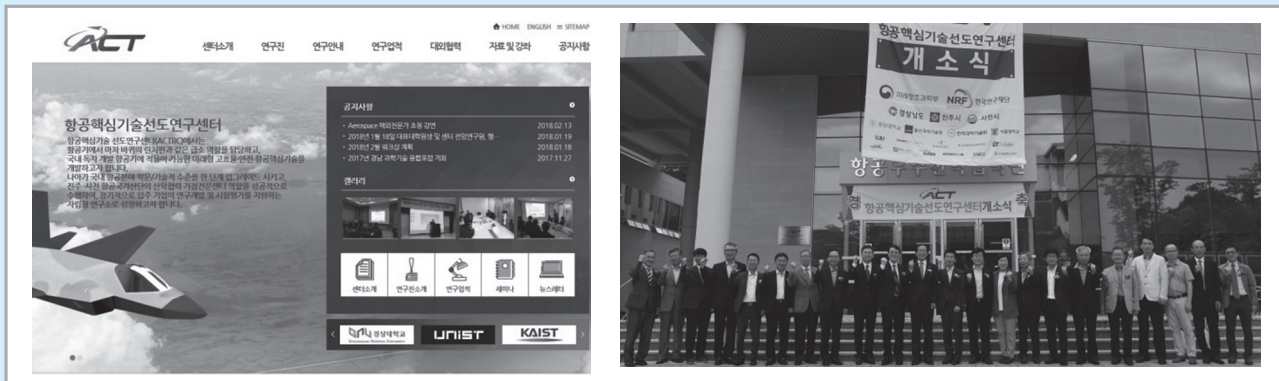
이다. 최근에는 미국의 경우 3세대 ERC라 하여 기술혁신, 융합, 실용화, 글로벌화 중심으로 운영되고 있으며, 한국 ERC도 원천기술 개발을 통한 집단연구, 산학협력, 실용화, 지속성, 자립화가 강조되는 추세이다.

항공핵심기술 선도연구센터는 2017년 7월 센터 개소식, 킥오프 워크숍을 시작으로 11월의 한국항공우주학회 추계학술대회 특별세션, 항공국가산단의 중소기업 경쟁력 제고 방안에 관한 경남과학기술 융합포럼 등 본격적인 활동을 시작하였다. 센터가 위치한 경상대학교를 중심으로 UNIST, KAIST, 서울대 4개 대학 12명의 항공 관련 교수들이 핵심연구원으로 참여하며, KAI, ANH Structure, 현대 로템 등 11개 산업체와 미국 Virginia Tech, 캐나다 McGill 대학, 영국 Cranfield 대학 등 13개 해외대학도 컨소시움 기관으로 참여하고 있다. 사천시의 경남 테크노파크 항공우주센터, 진주혁신도시의 한국산업기술시험

원(KTL)도 장비 공동활용을 위한 시스템 구축에 참여 중이다. 선도연구센터 구축을 위해 2024년까지 7년간 국비 135억원, 경남도-진주시-사천시 등 지방비 28억원, KAI 등 10개 기업 38억원을 포함해 총 201억원의 사업비가 투입될 예정이다.

나. 센터 비전, 그룹연구진, 산학 컨소시움

항공핵심기술 선도연구센터는 항공기에서 마차 바퀴의 Linchpin과 같은 급소 역할을 담당하고 독자 개발 항공기에 적용이 가능한 미래형 고효율·안전 항공핵심기술을 개발하는 것을 목표로 한다. 나아가 국내 항공분야 학문/기술적 수준을 한 단계 업그레이드 시키고, 진주·사천 항공국가산단의 산학협력 거점전문센터 역할을 성공적으로 수행하여, 장기적으로 기업의 연구개발 및 시험평가를 지원하는 미국 위치타주립대학의 국립항공연구원 NIAR와



● 그림 2 ● 선도연구센터 홈페이지(<http://actrc.gnu.ac.kr>) 및 센터 개소식(2017년 7월 19일)

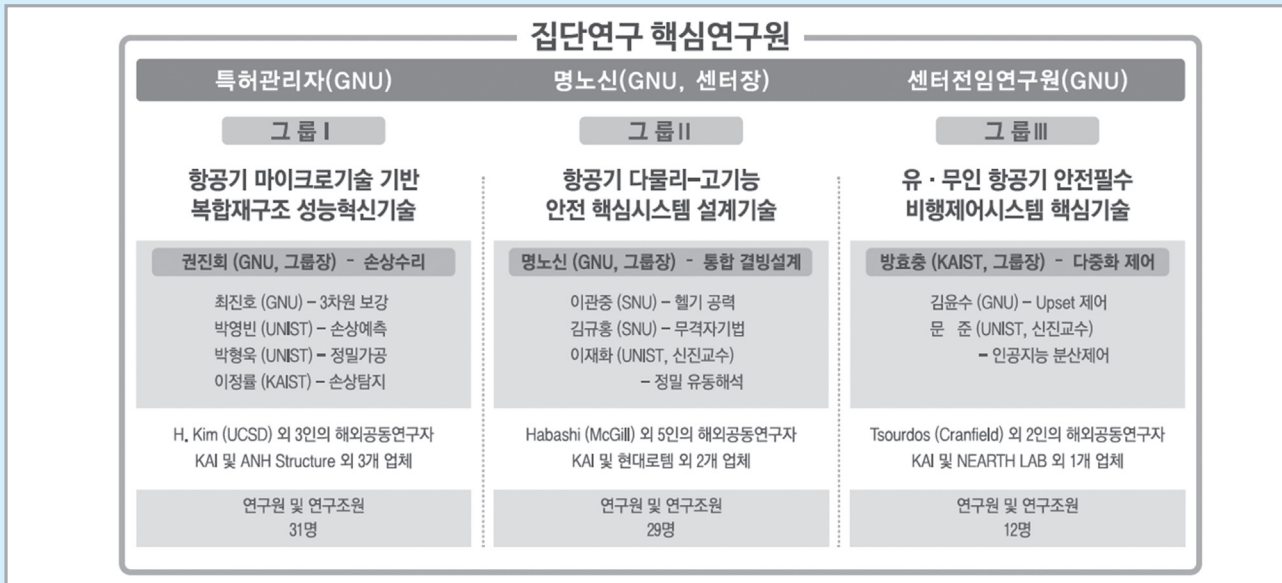
사업목표	기대효과
<ul style="list-style-type: none"> ■ 항공산업 수요와 린치핀(급소) 기술 중심의 미래형 고효율·안전 핵심시스템 기초원천기술을 개발하여, 진주·사천 항공국가산단의 R&D 기능을 담당하고, 국내대학 최초의 항공분야 산학협력/실용화 전문연구센터로 성장 ■ 장기적으로 미국 위치타주립대학의 국립항공연구원 NIAR와 같은 기업의 연구개발 및 시험평가를 지원하는 자립형 연구소로 발전 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 차세대 한국형 전투기 (KF-X) 사업 등 핵심기술 적용을 통한 독자적 린치핀 기술 확보 및 국산대체 효과 ■ 석·박사 180명 등 항공산업 수요에 적합한 차세대 글로벌 연구인력 양성 ■ 항공국가산단 산학 R&D 센터 구축 및 연구개발 기반 취약 중소기업 지원 ■ 지속적 집단공동연구가 가능한 자립형 항공 R&D 센터로 발전하여 선도연구센터 우수모델 제시

● 그림 3 ● 센터목표 및 기대효과

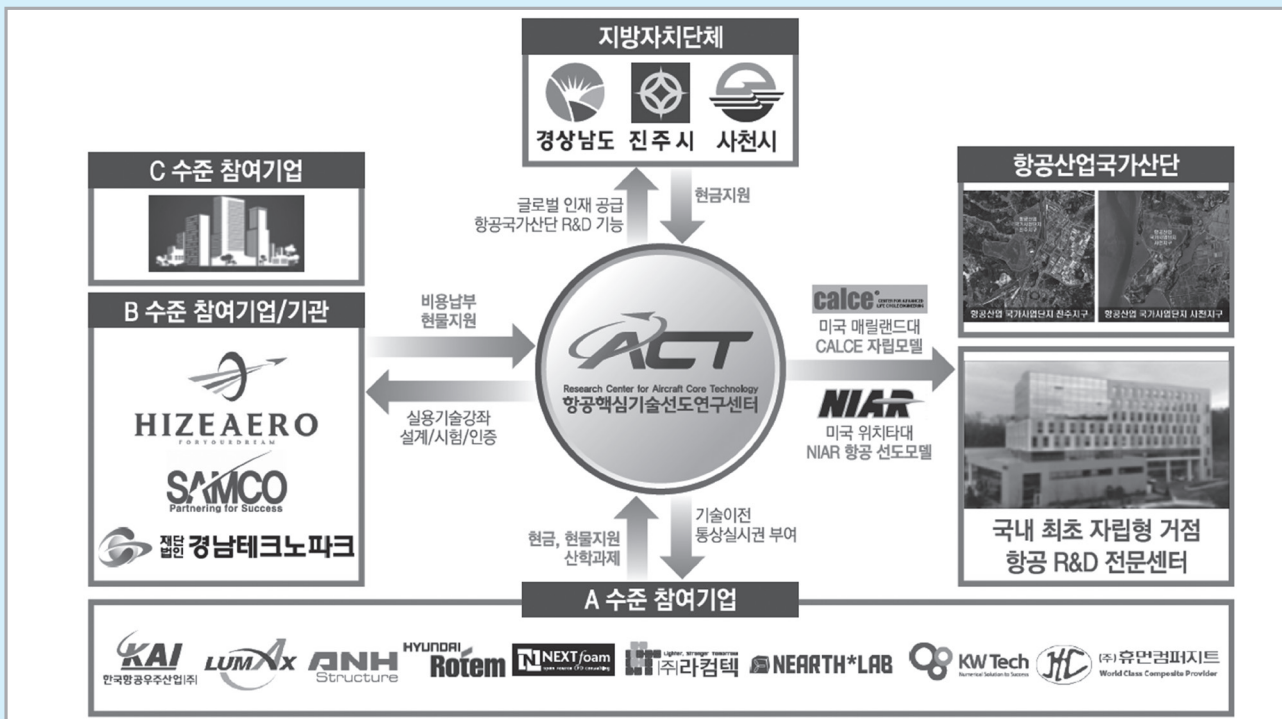
같은 자립형 연구소로 성장하는 것을 비전으로 한다.

선도연구센터의 성공은 4개 대학 중견/신진 참여교수들과 학문 후세대 대학원생들이 얼마나 센터에 소속감과 애정을 갖고 집단 공동연구를 유기적으로 수행하느냐에

달려 있다. 우선적으로 이를 뒷받침할 연구자 중심의 인프라 구축과 공동연구의 효율성을 높일 수 있는 각종 워크숍 등의 학술활동을 적극적으로 진행시키고 있다. 또한 각 대학별로 2명 이상의 핵심연구원을 확보하고 해외대학 연구



● 그림 4 ● 그룹 연구진



● 그림 5 ● 산학 컨소시움 및 해외 항공센터 선도모델

진과 연결시켜, 선도연구센터에서 가장 강조되는 그룹간, 그룹내, 산학, 국제 공동연구 역량을 강화시키고 있다. 이러한 그룹연구를 통해 복합재 구조에 전기열 방식 방제빙 시스템을 적용하는 기술, 유·무인 항공기 공력해석 및 비행제어시스템 다중화 기법, 복합재 손상 예측, 결빙에 의한 Upset 상황 정의, 이에 따른 항공기 Upset 자동 회복 시스템 기술 등을 개발하고 있다.

공학분야 선도연구센터의 지속적 성장과 자립을 위해서는 미국 ERC 사례에서 보듯이 산업체의 참여가 절대적으로 필요하다. 이를 위해 대기업과의 공동기술 개발, 중소기업을 위한 교육 및 시험평가 지원, 공공기관과의 인력, 장비 공동활용 등을 위한 허브의 역할을 수행하고자 11개 기업이 참여하는 대규모 산학 컨소시움을 구축하였다. 그리고 경상남도, 진주시, 사천시는 지원금을 통해 선도연구센터가 진주·사천 항공국가산단 R&D 기능을 담당할 역량을 확보하는데 주력하고 있다. 한편 연구소 자립의 모범 성공 사례인 미국 매릴랜드 대학의 CALCE 예를 참조하여 참여기업을 재정지원의 규모에 따라 A, B, C의 등급으로 차등 분류하는 방식을 채용하고 있다.

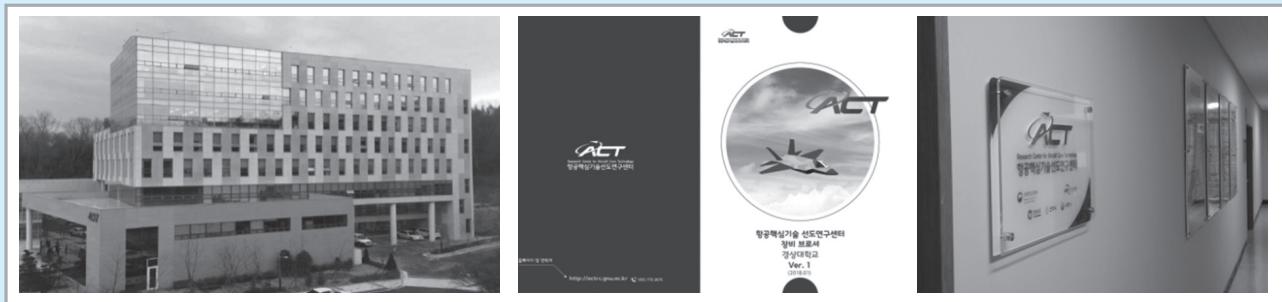
특히 KAI와는 그간의 산학협력을 기초로 KF-X, LAH/LCH 등의 현재 진행 중인 사업의 핵심기술과 중형항공기, 무인기 등의 미래전략 사업에 필수적인 Linchpin 급소기술에 관한 연구, 개발, 연구 성과물 창출에 밀접하게 협력하고 있다. 그리고 우수특허 창출을 위하여 선도연구센터에 특허관리자(CPO; Chief Patent Officer)를 참여 연구원으로 초빙하여 항공핵심 분야 특허 중복성 방지와 공백기술 분야 도출에 집중하고 있다. 공백기술 분야 도출은

센터 연구주체의 항공기 급소 속성을 감안한 급소보강 성격의 특허와 항공기 설계의 모순적 요구조건 속성을 감안한 모순요구조건 충족 성격의 특허 위주로 바텀업과 탑다운 방식으로 진행하고 있다. 특허관리자는 연구내용에 대한 심층적 이해를 바탕으로 연구단계별 차별화된 지재권 및 기술사업화 전략을 제시하는 것을 목표로 한다. 이와 관련하여 2017년 하반기에 ‘항공 산업과 특허’, ‘ACTRC 특허 창출 및 활용 전략’, ‘항공핵심기술 분야 특허동향 정량 분석’ 등의 특허전략 세미나를 개최하였다.

다. 센터 연구시설 및 장비

선도연구센터는 2015년 12월 준공된 경상대학교 항공우주산학협력관 내에 센터사무실, 참여교수 및 특허관리자 공간, 회의실, 공동기기실 등 561m² 공간을 확보하고 있다. 또한 경남 테크노파크 항공우주센터 내에 선도연구센터 전용공간(대형장비, 주요 연구장비 설치공간)을 확보할 계획이다. 나아가 진주·사천 항공국가산단이 완공되는 2020년대에는 산업단지 내에 센터 전용 산학협력 공간을 추가로 확보할 예정이다.

센터가 보유한 주요 장비로는 오토클레이브, 초음파 피닝 장치, 고세장비 마이크로홀 세척 가공기, 무인항공기 군집비행 테스트베드 등이 있으며, 향후 헬리콥터 시뮬레이터, 로터 블레이드 착빙 환경 실험을 위한 로터 허브 시스템 등 다수의 장비를 추가로 구축할 예정이다. 그리고 경상대 선도연구센터와 경남 테크노파크 항공우주센터는 공동협력을 통해 항공국가산단의 R&D 기능을 담당하는 전문연구센터로 성장시키기 위하여 보유하고 있는 인력·



● 그림 6 ● 선도연구센터 전경(경상대학교), 장비 브로셔, 사무실

장비에 대해 상호 활용지원을 하고 있다.

2. 항공핵심기술 원천기술 연구 분야

가. Linchpin 급소기술 개발 필요성 및 확보전략

항공핵심기술 선도연구센터는 한국이 후발 항공산업 진입 국가인 점을 감안하여 마차 바퀴의 Linchpin과 같은 역할을 하는 특화된 기술을 이슈화시켜 기술 브랜드 전체를 끌어올리는 전략을 채용하고 있다. 이 전략을 통해 항공산업 수요와 항공기의 Linchpin(급소) 기술 중심의 고효율·안전 항공핵심기술을 주요 연구주제로 선정하였다. 최근의 온실가스 감축을 위한 고효율 복합재 항공기의 필요성, 항공굴기를 꿈꾸는 중국의 ARJ21 등 최신 항공기의 초기 결빙 인증 시도 실패, 국산 수리온 헬기의 체계 결빙 시험의 어려움 등의 사례를 고려하여, 현재 진행 중인 항공기 개발 사업뿐만 아니라 향후 예상되는 미래전략 항공기 개발 사업에 필수적인 Linchpin(급소) 핵심기술 확보를 최우선으로 삼고 있다.

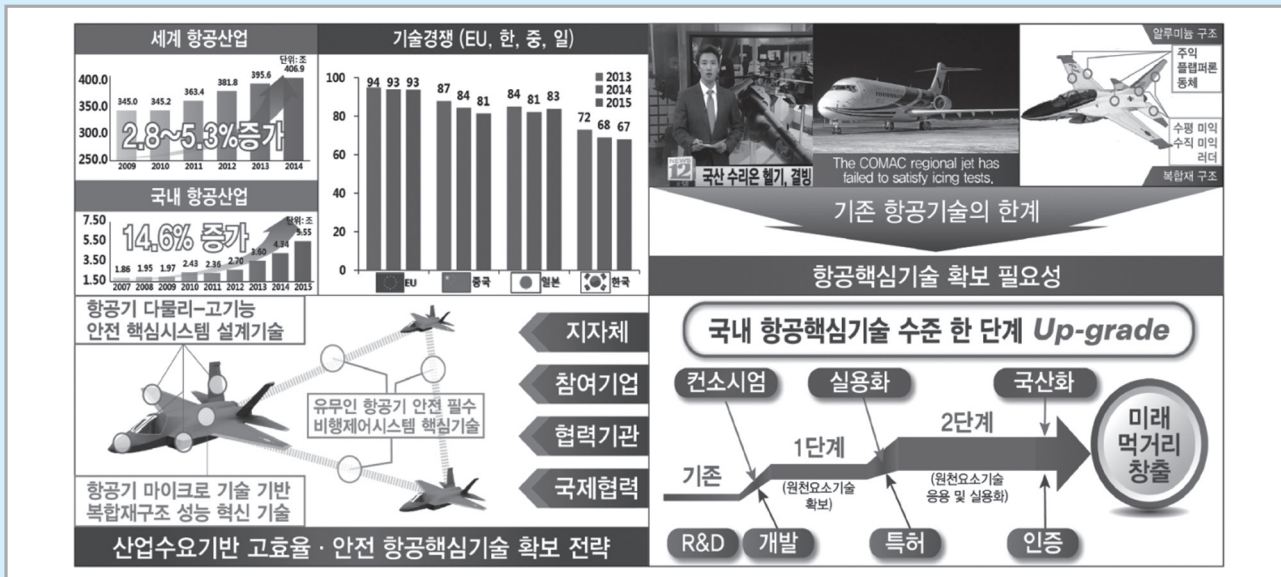
주요 연구주제는 복합재의 태생적 난제를 극복하는 마이크로기술 기반의 복합재구조 성능혁신기술 (그룹장 경상대 권진희 교수), 신규 인증기준 충족 다물리-고기능 안전 핵심시스템 설계기술 (그룹장 경상대 명노신 교수),

Upset 회복 등의 유·무인 항공기 안전필수 비행제어시스템 핵심기술 (그룹장 KAIST 방효충 교수)로 구성하였다.

나. 그룹 I 핵심기술 연구내용

그룹 I은 복합재의 태생적 난제인 층간분리 손상을 방지하는 기술과 함께 손상의 예측·탐지·수리로 이어지는 항공기의 전주기 구조건전성을 확보할 수 있는 미래형 기술을 개발하고 있다. 현재 탄소배출규제 강화에 대한 대책으로 항공기의 경량화가 요구되고 있으며, 고성능·고효율 항공기 구조설계를 위한 적층 복합재의 적용이 확대되고 있다. 적층 복합재는 보강섬유가 2차원 방향으로 배열되어 두께 방향으로 적층된 구조이므로, 면내하중에 의한 파손뿐만 아니라 층간분리 파손에 취약한 태생적 한계를 가지고 있다. 그러므로 항공기 복합재구조 설계 및 제작 단계에서부터 운용, 수리로 이어지는 전 단계에 걸쳐 유기적으로 대응할 수 있는 항공기 전주기 복합재 구조건전성 확보 기술을 연구할 필요가 있다.

이를 위해 현재 사용되고 있는 복합재구조 수리기술의 문제점(정적 및 피로 강도회복률은 각각 80%, 50% 수준, 건전부 제거, 응력집중현상, 긴 공정시간 등의 문제 발생)을 극복하는 고난삭 복합재 마이크로 홀 가공 및 마이크로 체결재 기반의 수리기술을 개발 중이다. 또한 운용 항공



● 그림 7 ● 항공핵심기술 개발 필요성 및 확보전략

기에 적용이 가능한 대형 복합재구조의 현장 검사에 적용될 수 있는 탐지기술과 RTM 공법 외에 Autoclave 공법에도 적용이 가능한 3차원 보강 I-Fiber 공법을 개발하고 있다. 3차원 보강 I-Fiber 신공법은 복합재의 두께방향 물성을 획기적으로 향상시킬 수 있고, 마이크로 체결재를 이용한 복합재 수리기술은 항공기 표준 수리기술로 적용이 가능할 것으로 기대된다.

다. 그룹 II 핵심기술 연구내용

그룹 II는 해외기술과 수입에 의존하는 국내 항공기 안전관련 핵심시스템 관련 기술장벽을 극복하기 위해 항공기 다물리-고기능 안전 핵심시스템 설계기술을 개발하고 있다. 1단계는 안전 핵심시스템 관련 다물리 현상 및 다중물체 통합해석기술과 복합 결빙보호시스템 설계기술을 개발하며, 2단계는 개발된 설계기술을 참여기업에 이전시켜



● 그림 8 ● 마이크로기술 기반의 복합재구조 성능혁신 기술



● 그림 9 ● 다물리-고기능 안전 핵심시스템 설계기술

실용화 및 핵심시스템 부품 국산화를 시도할 예정이다.

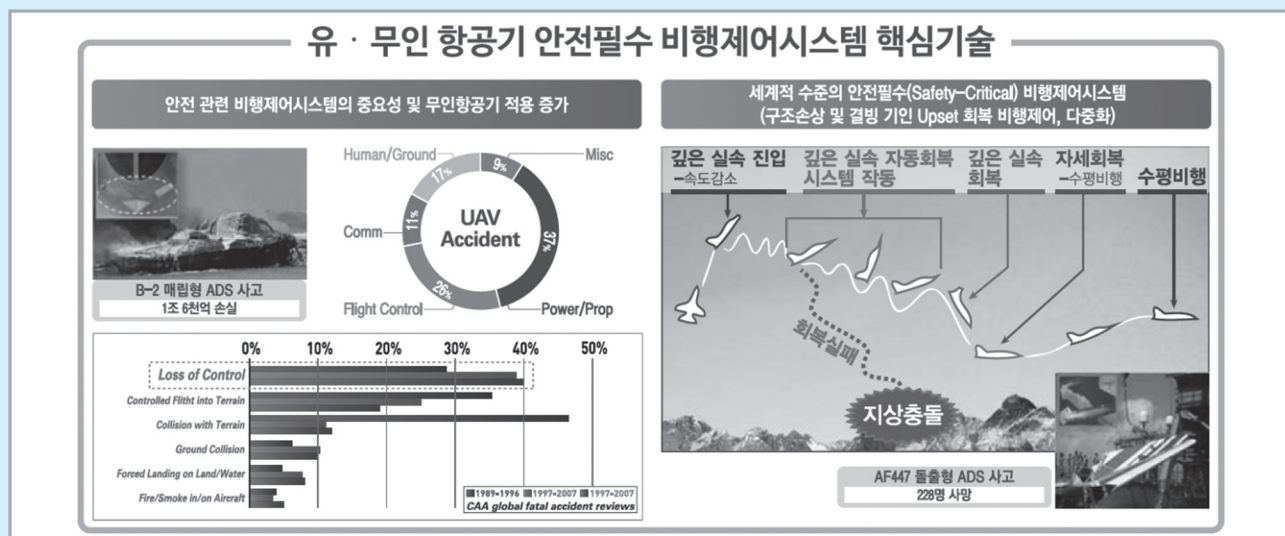
결빙관련 기술적 문제를 겪고 있는 중국 민항기 C919가 2020년까지 연기된 사례를 통해 알 수 있듯이, 국내 항공기 개발 시 환경에 대한 국제적 규제를 필수적으로 고려해야 한다. 특히 2014년 11월 기존의 결빙액적 범위를 벗어난 초냉각대형액적 SLD에 관한 신규 결빙 인증기준 Appendix O가 국제인증기구에 의해 발효되어, 향후 개발되는 항공기는 다물리 복잡현상에 대한 정확한 이해 기반의 결빙보호시스템을 새로이 개발해야 하는 도전에 직면해 있다. 또한 공기-대형액적, Ice, Erosion 방지 금속, 합성고무, Heat Pad, 복합재 등으로 구성된 복합구조에 대한 공력, 복합열전달 연계물리 현상을 아직까지 제대로 해석하지 못하고 있어, 전기열 방식의 가열지역 조절 용이성과 투입 에너지 최소화 장점을 충분히 살리지 못하고 있다. 그리고 기존의 헬기 결빙예측기술은 로터를 디스크로 가정한 후 단순 후류만을 고려한 해석으로 정확도가 높지 않아, 헬기 로터, 동체, 공기흡입구 전체 형상에 대한 다물리 결빙 통합해석이 필요하다.

이에 대처하기 위해 Heat Pad에서 발생한 열의 복합재에 미치는 영향을 최소화하고, 결빙이 생성된 위치에 전기열 방식의 국소 가열을 통해 최적 설계를 구현하여 에너지 효율을 극대화할 수 있는 복합재구조 내부의 최적화

된 방제빙 시스템 설계 및 인증기술을 개발하고 있다. 또한 헬기 로터-동체-공기흡입구 통합해석 시 로터 블레이드 동적 이동에 맞추어 격자를 분리, 통합하는 기존의 Chimera 대신 이 문제를 원천적으로 해소시키는 무격자 기반의 헬기 로터-동체-공기흡입구 통합해석기술을 장기적 주제로 개발하고 있다. 이러한 항공기 다물리-고기능 안전 핵심시스템 설계 원천기술은 결빙풍동 시설과 체계적 설계기술이 부족한 KUH, LAH/LCH 등 주요 국내 개발 항공기의 체계결빙 등의 분야에 적지 않는 기여가 기대된다.

라. 그룹 III 핵심기술 연구내용

그룹 III은 유·무인 항공기의 Upset 상황과 항공기 간 충돌회피를 고려한 비행제어기법과 핵심 비행제어시스템의 다중화를 통해 실용적 오류-제로 안전필수 비행제어시스템을 개발하고, 최종적으로 미래형 비행제어시스템을 비행시험을 통해 검증하고 실용화하는 것을 목표로 하고 있다. 현재 항공기 사고의 약 40%를 차지하는 LOC(Loss of Control)의 주요 원인인 결빙 등에서 기인한 항공기 Upset에 대응하기 위한 실시간 진단, 비행영역보호(Flight Envelope Protection), Upset으로부터의 회복 등을 총괄하는 비행제어 관련 국내 연구사례는 전무하다. 또



● 그림 10 ● 안전필수 비행제어시스템 핵심기술

한 무인항공기 사고의 26%를 차지 하는 비행제어시스템 고장에 대한 능동적인 대처가 필요하지만, 국내에서는 비행제어시스템을 다중화해 상용화한 사례가 없다. 뿐만 아니라 유·무인항공기 관련 각종 사업들이 국내에서 현재 진행형이지만, 각 사업들의 최종 결과물로 제시될 이중 항공기 간 협업 임무 및 충돌회피에 관한 실제 비행시험 검증 연구는 진행된 사례가 없다.

이를 극복하기 위해 3단계(실시간 시스템 식별 및 최적 관측기 설계기술을 이용해 구조손상 및 결빙을 신속하게 진단 및 Upset 진입 초기 봉쇄, 비행영역 내 원시안(Multi-Step Ahead)적인 트림점 최적 제어를 통해 비행영역 이탈 2차 봉쇄, 최신적응제어기술을 활용해 Upset 상태의 항공기를 정상비행영역으로 회복)로 이루어지는 구조손상 및 결빙 등에서 기인한 항공기 Upset 진단, 완화 및 회복을 위한 3단계 비행제어기술을 개발하고 있다. 또한 다중화를 통한 오류-제로 비행제어시스템 상용화와 게임이론, 학습이론 기반의 이중 항공기 간 충돌방지 비행제어시스템 설계 및 비행시험 검증기술을 개발 중이다. 이러한 기술들은 시장이 확대되고 있는 무인전투기, 유인기, 드론과 같은 유·무인기 비행제어시스템의 신뢰성 향상에 기여할 것으로 기대된다.

3. 4차 산업 확장 및 3단계 센터 발전계획

가. 4차 산업 확장

항공산업은 초연결성, 초지능성에 의한 생산성 및 운용성 향상을 도모하는 ICT 융합 기반의 4차산업과 밀접한 관련이 있다. 무인항공기, 인공지능, 3D 프린팅 분야가 1-2단계 7년 동안 4차산업 접목의 기반을 마련한 후 센터 자립을 위한 장기적 후속 연구주제가 될 주요 기술이다.

우선적으로 무인항공기의 충돌방지 비행제어 및 근접비행 기술 등의 ICT 접목기술을 개발할 예정이다. 또한 현재 조종사의 결빙에 의한 Upset 인식 및 적절한 대응방식 훈련을 위한 비행 시뮬레이터가 전 세계적으로도 전무한 상황을 감안하여, ICT 접목 결빙 시뮬레이터 기술을 도전적 주제로 다룰 예정이다. 이 기술에서 핵심이 되는 것은 결빙증식 상태에서의 항공기 공력변화 데이터인데, 선도 연구센터에서 개발할 다물리 전산해석 및 시뮬레이션 기술과 최신 ROM(Reduced Order Model) 기술을 접목하여 필요한 요소기술을 개발할 예정이다.

인공지능 기술의 항공핵심기술 접목의 경우 결빙, 조종면 구조적 파손, 대기센서 오류 등에 관련된 다양한 비행 중 Upset 상황을 지능적으로 인식한 후 조종사로 하여금 가장 적절한 대응을 하는 비행임무 알고리즘 기술이 있다.



● 그림 11 ● 4차산업 접목기술

3단계 발전계획	1단계 4년(2017~2020년)	2단계 3년(2021~2023년)	3단계(2024년 이후)
단계별 목표	항공기 고효율·안전 핵심원천기술 개발	항공기 고효율·안전 핵심원천기술 실용화	항공국가산단 지원 전문센터로 자립
	집단공동연구 체계 구축	항공국가산단 R&D 기능 기반 구축	산학관 공동 항공연구센터로 독립
사업 및 예산	선도연구센터	선도연구센터	사천 항공우주 Valley
	국고, 지자체, 기업	국고, 지자체, 기업	기업, 지자체, 국고
연구인력 및 인프라	교수급 연구원 16명	교수급 연구원 17명 경남TP 파견 연구원 1명	교수급 연구원 11명 경남TP 파견 연구원 4명
	경상대, 경남TP 진주산학공간	경상대, 경남TP 진주산학공간	경상대, 경남TP 진주산학공간 사천 항공우주 Valley

● 그림 12 ● 항공핵심기술 선도연구센터 3단계 발전계획

군사적 임무의 경우, 적 대공 미사일 발사 징후 등 지상 또는 공중 위협 상황을 조종사가 최초 인지한 후에도 대처 결정에 현재 60여초 이상 걸리는 상황을 대폭 줄이는 인공 지능 기반 비행/무장관리 알고리즘 기술 개발을 장기적으로 고려할 예정이다.

3D 프린팅 기술의 경우, 엔진 블레이드, 로켓 모터 구성품 등의 다종 소량 생산 위주인 항공기 엔진, 항공 MRO, 우주 분야에 이미 활용되고 있다. 선도연구센터의 연구 주제에 관련해서는 방제빙기술이 적용된 대기센서시스템 시제품 제작에 우선적으로 접목할 예정이다. 또한 3D 프린팅 기술로 제작한 복잡한 형태의 인공결빙 형상을 축소 비행체의 날개 표면에 부착시켜 인공지능 기반의 비행 Upset 상황 인지 알고리즘에서 필요로 하는 결빙에 의한 공력변화 데이터를 획득할 계획이다.

나. 3단계 센터 발전계획

항공핵심기술 선도연구센터는 진주·사천 항공국가산단의 산학협력 거점전문센터 역할을 성공적으로 수행하여, 장기적으로 기업의 연구개발 및 시험평가를 지원하는 자립형 항공연구센터로 발전하는 것을 주요 비전으로 삼고 있다. 이를 실현시키기 위해 1단계 4년, 2단계 3년을 포함하여 전체 3단계를 거쳐 발전시키고자 한다.

1단계 기간 동안은 핵심원천기술 창출의 기반이 되는 집단 그룹간, 그룹내, 산학, 국제 공동연구, 특허관리자 체계를 구축한다. 경남 테크노파크 사천 항공우주센터 내에 선도연구센터 전용공간(대형장비, 주요 연구장비 설치공간)을 확보하고, 보유 인력·장비에 대해 공동활용 시스템을 구축한다. 2단계 기간 동안은 핵심원천기술의 실용화와 시험평가 역량 확보를 통해 항공국가산단 R&D 기능 기반을 구축한다. 또한 진주 항공국가산단 내에 선도연구센터 산학 전용공간을 추가적으로 확보한다. 1-2단계 기간 중 센터 사업예산은 한국연구재단과 지자체(경남, 진주, 사천)가 주로 담당하게 되며, 참여기업과 경상대학교가 일부를 분담한다.

최종적으로 2024년 이후 3단계에는 고효율·안전 항공핵심기술 분야의 Linchpin(급소) 원천기술을 보유하고 기업의 연구개발 및 시험평가를 지원하는 산학관 공동 항공연구센터로 자립하고자 한다. 필요한 예산과 파견 연구원 등 센터 인력은 1-2단계와 달리 참여기업(기술이전, 시험평가 등)과 지자체의 지원을 통해 주로 확보하고 일부는 국고를 통해 충당하여, 미국 위치타주립대학의 NIAR 항공센터 선도모델과 매릴랜드대학의 CALCE 자립모델로 발전시키고자 한다.

이정률 편집위원 leejr@kaist.ac.kr