

차세대 회전의 항공기 기술동향 분석을 통한 발전방안 연구

김문국*, 박서현
국방기술진흥연구소

A Study on the Development Plan of Next Generation Rotary-Wing Aircraft Through Analysis of Technology Trends

Mun-Guk Kim*, Seo-Hyun Park

Korea Research Institute for defense Technology planning and advancement(KRIT)

요 약 회전의 항공기는 수직 이·착륙, 제자리 및 전후좌우 비행이 가능하고 저속 비행 성능이 우수한 특성으로 인해 민간, 군 분야를 막론하고 다양하게 활용되고 있는 체계이다. 하지만 주 로터, 꼬리 로터 등의 체계 본연의 특성으로 인하여 진동 문제, 공기역학적 문제가 발생하였고 이로 인해 비행 성능에 한계가 있어왔다. 주요 선진국에서는 이러한 회전의 항공기의 한계를 극복하기 위해 다양한 연구 개발을 수행하였으며 이를 기반으로 새로운 차세대 회전의 항공기를 개발하고 있다. 산악 지역이 많은 국내 환경을 고려하면 회전의 항공기는 국내에 필수적인 체계로 최근 군에서는 차세대 회전의 항공기에 대한 소요가 제기되었다. 이에 따라 본 논문에서는 차세대 회전의기 개발에 앞서 우선적으로 개발해야 되는 기술을 식별하기 위해 주요 선진국에서 개발 중인 차세대 회전의 항공기 개발사례와 국내 회전의 개발현황을 조사 하였고 주요 구성품 분석을 통해 차세대 회전의 항공기를 위한 주요 핵심기술을 제시하였다. 또한 식별된 기술별 국내 · 외 개발현황을 통해 회전의 항공기 향후 발전방안과 시사점을 제시하였다.

Abstract A rotary-wing aircraft is capable of vertical take-off, landing, and hovering. Due to its excellent low-velocity flight performance, it is widely used in civilian and military fields. However, the system characteristics have caused vibration and aerodynamic problems. As a result, flight performance has been limited. Recently, major advanced-technology countries have conducted various research and development to overcome the limitations of rotary-wing aircraft. Based on this, a new next-generation rotorcraft is being developed. Considering the domestic environment with many mountain areas, rotary-wing aircraft are essential systems. In addition, demand for next-generation rotary-wing aircraft has recently increased. Prior to the development of the next-generation rotary-wing aircraft, it is necessary to identify the technology to be developed. Therefore, in this paper, analysis of development in major advanced-technology countries and the status of domestic rotorcraft technology was performed. A main component analysis was also performed. Based on this, core technologies for the next-generation rotary-wing aircraft are suggested. In addition, a future development plan and implications for rotary-wing aircraft are suggested through domestic and international development trends for each identified core technology.

Keywords : Rotary-Wing Aircraft, Next Generation Rotary-Wing Aircraft, Future Vertical Lift Vehicle, Technology Trends, Development Plan

*Corresponding Author : Mun-Guk Kim(KRIT)
email: munguk@krit.re.kr

Received July 5, 2022
Accepted September 2, 2022

Revised August 12, 2022
Published September 30, 2022

1. 서론

1940년대 미국의 시콜스키(Sikorsky)가 단일로터 회전의 항공기 VS-300을 발표한 이후 제자리 비행, 수직 이·착륙, 전후좌우 기동이 가능한 이점으로 고정익 항공기와는 다른 역할을 수행하며 현재까지 민간, 군용 분야를 막론하고 물자 및 인원수송, 다양한 분야에서 주로 운용되고 있는 항공 체계이다[1].

이러한 회전의 항공기는 안정성과 조종성을 확보하기 위해 대부분 단일 주 로터와 꼬리로터를 가진 전통적인 형상으로 개발되었다. 전통적인 형상의 회전의 항공기는 로터 회전에 의한 진동, 반-토크(torque) 문제, 로터 블레이드의 전진면(advanced side)과 후퇴면(retreating side)의 공기흐름 차이로 인한 양력 불균형, 로터 끝단에서의 상대속도가 음속에 가까워져 압축성 효과에 따른 공기역학적 문제 등 다양한 문제로 인해 형상과 비행 성능에 한계가 있어왔다. 하지만 경량, 고강성의 복합재료 발전, 진동제어, 자동비행제어장치, 복합 유체 유동 해석 등 기존 회전의 항공기의 문제들을 해결할 수 있는 기술 발전으로 항공분야 선진국에서는 기존 회전의 항공기의 한계를 극복하기 위해 다양한 연구개발을 수행해왔으며 이에 따라 차세대 회전의 항공기가 개발되고 있다[2].

국내에서도 차세대 회전의 항공기에 대한 수요가 군에서 제기되었으며, 군 이외에도 산악지형이 많은 국내 환경에 적합한 차세대 회전의 항공기가 필요할 것으로 판단된다. 따라서 차세대 회전의 항공기 수요와 기술개발 추세에 따라 국내에서도 독자적인 차세대 회전의 항공기 개발이 되어야한다.

차세대 회전의 항공기 개발을 위해 산업통상자원부에서는 제3차 항공 산업발전 기본계획을 통해 차세대 회전의 항공기 개발에 대한 연구 목표를 수립하였으며, 군에서는 차세대 회전의 항공기에 대한 장기 소요를 제기하였다. 이에 따라 국방과학연구소에서는 사전 개념연구를 수행하였고, 국방기술진흥연구소에서는 차세대 회전의 항공기의 핵심기술 확보를 위한 기획연구를 수행하였다[3]. 해당 연구에서는 군에서 필요한 소요량, 핵심기술 확보를 위한 성능 구체화를 목표로 연구가 수행되어 체계 전반적인 동향 분석을 통한 발전방안 연구가 필요할 것으로 판단하여 본 연구를 수행하였다.

본 논문에서는 주요 선진국에서 개발하고 있는 차세대 회전의 항공기 개발 사례 분석을 통해 개발동향 및 주요 핵심기술을 식별하고 식별한 핵심기술의 기술별 동향 분석을 통해 기술의 발전방향 및 추후 국내 차세대 회전의

체계 발전방안을 제시하였다.

2. 차세대 회전의 항공기 개발동향

2.1 차세대 회전의 항공기 개발 사례

미국, 유럽, 러시아 등의 주요 선진국에서는 기존의 회전의 항공기의 성능적인 한계를 극복할 수 있는 고속, 장거리 비행이 가능한 차세대 회전의 항공기에 대한 수요가 제기되어 성능이 향상된 회전의 항공기에 대한 다양한 개발이 진행 중에 있다.

미국에서는 2005년도부터 항공기 형상별 단기, 중기, 장기 목표 제시하는 로드맵을 발표하였고 특히 회전의 항공기 관련해서는 소음, 진동, 중량, 안정성 향상 등 8개 분야에 대한 발전목표와 수행방안을 제시하였다[4]. 이러한 로드맵을 기반으로 회전의 항공기의 성능 및 생존성 향상을 구현하기 위한 사업을 시작하였다. 대표적으로 Joint Multi-Role Technology Demonstrator, FVL(Future Vertical Lift) 사업의 일부인 FARA(Future Attack and Reconnaissance Aircraft)와 FLRAA(Future Long-Range Assault Aircraft) 프로그램을 통하여 동축반전형 로터 회전의 항공기, 틸트로터형 회전의 항공기 등 새로운 형상의 회전의 항공기를 개발하고 있다. FARA 프로그램은 미 육군의 현재 운용 감시정찰/공격헬기인 OH-58D를 2028년부터 차세대 회전의 항공기로 교체하는 프로그램으로 이를 위해 시콜스키의 S-97 Raider X와 벨(Bell)의 Bell 360 Invictus가 경쟁 중에 있다[5]. FLRAA 프로그램은 기동헬기인 UH-60을 2030년부터 차세대 고속 기동 회전의 항공기로 교체하는 프로그램으로 기존 회전의 항공기보다 2배의 최대속도와 항속거리 성능을 목표로 시콜스키-보잉(Boeing)의 동축반전형 회전의 항공기 SB-1 Defiant와 벨의 틸트로터형 회전의 항공기 V-280 Valor가 경쟁 중에 있다[6]. 이외에도 차세대 회전의 항공기 개발을 위한 새로운 형상에 대한 아이디어 공모를 받는 등 차세대 회전의 항공기 개발을 위한 노력을 하고 있다[7].

다른 국가에서도 아래의 Table 1과 같이 차세대 회전의 항공기를 개발하고 있다. 유럽에서는 현재 항공기보다 저소음·친환경의 차세대 항공플랫폼을 개발하는 Clean Sky2 연구 프로젝트를 수행 중이며 해당 프로젝트에서 2개의 푸셔(Pusher) 프로펠러 및 박스형 날개의 특징을 가진 고속, 저소음, 친환경 엔진을 적용한 RACER(Rapid And Cost-Effective Rotorcraft)를 개발하고 있으며,

같은 프로젝트의 일환으로 레오나르도 헬리콥터에서 틸트로터형 회전익 항공기인 NGCTR(Next Generation Civil Tilt Rotor)를 개발 중에 있다.

러시아에서는 차세대 중형급 고속 회전익 항공기 프로그램으로 카모프(Kamov)에서 2개의 푸셔 프로펠러를 장착하는 회전익 항공기를 개발하여 2022년부터 양산에 돌입할 예정이다.

중국 및 일본에서도 차세대 회전익 항공기 개발을 목표로 새로운 형상의 회전익 항공기에 대한 연구를 수행하고 있다[8].

Table 1. Next Generation Rotary-wing Platform[9-12]

Name	RACER(Europe)	Ka-92(Russia)
Figure		
Name	Z-X Concept(China)	JAXA Concept(Japan)
Figure		

2.2 국내 회전익 항공기 개발 동향

우리나라는 주요 기술 선진국으로부터 회전익 항공기를 도입하고, 장정비, 기술협력생산 등을 통해 기술을 축적하였고 수리온, 소형무장헬기 및 소형민수헬기 개발 사업을 통해서 전통적인 회전익 항공기 체계 개발 기술을 확보하였다. 또한 산업자원통상부에서 발표한 제3차 항공 산업발전 기본계획에 미래 완제기 핵심기술 선행연구로 기존 헬기 대비 고속 성능이 강화된 차세대 고기동 헬기 개발을 위한 핵심기술 개발과제 선행연구가 제시되었으며 미국의 FVI사업을 참고하여 틸트로터형과 동축 반전형 회전익 항공기를 제시하고 있다[13].

전통적인 형상의 회전익 항공기 개발을 통해 국내 기술 수준은 미국(100, 1위)을 기준으로 78, 10위로 조사되었다. 프랑스(95, 2위), 러시아(91, 3위), 독일(88, 5위) 등 주요 선진국에 이어 중위권에 진입한 수준이나 차세대 회전익 항공기에 필수적인 동축 반전형 로터-푸셔 기술, 틸트로터형 로터 기술 등은 미보유한 것으로 조사되었다[14].

이를 확보하기 위해 틸트로터형과 동축 반전형 회전익

항공기와 관련하여 한국항공우주연구원에서 아래의 Fig. 1의 틸트로터형 회전익 항공기인 스마트 무인기를 개발하였으나, 동축 반전형 로터 회전익 항공기에 대해서는 학교나 연구소에서 기초 및 응용연구 수준의 연구를 수행 중에 있다. 한국항공우주연구원에서는 동축 반전형 로터 회전익 항공기의 허브 시스템에 대한 설계를 수행하였으며, 관련된 축소 로터 시험 장치를 제작[15]하여 핵심기술 확보를 위한 기초 연구에 활용하고 있으며, 체계 관점에서 고속 전진비행 성능과 진동 특성을 고려한 해석 기반의 연구를 대학을 중심으로 수행하여 주요 핵심기술은 기초연구 수준의 기술을 확보한 것으로 판단된다[3].



Fig. 1. Tilt-Rotor Aircraft Smart UAV(TR-100)[16]

2.3 차세대 회전익 항공기 핵심기술 식별

주요 선진국에서는 차세대 회전익 항공기에 대한 다양한 체계개발이 진행되고 있으나, 국내에서는 기초 및 응용연구가 진행 중인 수준이다. 따라서 주요 선진국의 기술을 추적하고 국내 차세대 회전익 항공기 개발을 위해서는 주요 핵심기술을 우선적으로 개발하여 확보하여야 한다. 다음의 Fig. 2와 같이 구성품 분석을 통해 차세대 회전익기 핵심기술을 식별하였다. 틸트로터형 회전익 항공기는 스마트 무인기 개발을 통해 주요 핵심기술인 틸트-로터 기술을 확보한 것으로 판단하여 본 논문에서는 동축 반전 로터 회전익 항공기에 대한 분석을 수행하였다.

차세대 회전익 항공기의 고속 기동 비행을 위해서는 기존 단일로터 시스템의 한계를 극복할 수 있는 기술이 필요하다. 회전익 항공기는 로터를 통해 양력과 추력을 발생시켜 비행을 하지만 이로 인한 진동, 공력 문제로 고속, 고기동 비행이 제한된다. 이를 해결하기 위한 기술로는 동축 반전 로터-푸셔(Pusher)를 통한 추진 기술, 틸트로터 기술, 틱젯 로터 기술 등이 있으며[17] 주요 선진국에서 적용하고 있는 동축 반전 로터-푸셔 기술을 주요 핵심기술로 식별하였다.

또한 새로운 로터-푸셔 시스템을 적용하고, 기존 회전익 항공기보다 고속, 장거리 비행에 적합한 기체 형상설

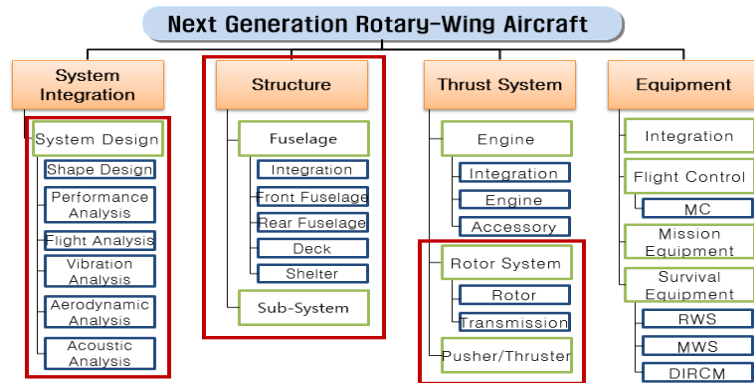


Fig. 2. Rotary-Wing Aircraft Component Analysis

계가 필요하다. 따라서 회전익 항공기 기체의 형상항력 저감, 군사용 항공기의 스텔스 기술 적용 등을 포괄하는 기체형상 최적 설계기술을 핵심기술로 식별하였다.

3. 주요 핵심기술 동향 및 발전방안

주요 구성품 분석을 통해 선정한 핵심기술인 기체형상 최적 설계기술, 동축 반전 로터 및 푸셔 기술의 국내 및 국외의 개발동향을 분석하여 차세대 회전익 항공기 개발을 위한 핵심기술을 제시하였다.

3.1 동축 반전 로터 시스템

미국 시콜스키사는 1971년 XH-59A Advancing Blade Concept 기술 실증기를 통해 고속 비행에 요구되는 로터 시스템 개발을 시작으로 2008년 5,500파운드 급 X2 기술 실증기를 통해 동축 반전형 회전익 항공기에 대한 기술을 개발하였다. 특히 X2 기술실증기는 460 km/h 이상의 전진속도를 충족하기 위해 고강도 허브와 강체 블레이드를 적용하였으며, 허브 항력을 저감하기 위한 기술이 적용되었다. 현재는 앞서 언급한 SB-1 Defiant에 동축 반전 로터 시스템을 적용하여 2019년도에 초도 비행에 성공하였다.

국내에서는 대학을 중심으로 동축 반전 로터 시스템에 대한 고속 전진비행 성능과 진동 특성을 고려한 블레이드의 해석 연구가 진행되고 있으며, 한국항공우주연구원에서는 고속용 고강성 동축 주로터의 허브 시스템에 대한 기본 메커니즘 설계 및 기능 구현을 위한 연구를 수행하여 관련 시험 장치를 제작하여 제자리 비행 성능시험 등의 연구를 진행하고 있다[16]. 또한 동축 반전 로터 시

스템이 적용된 무인항공기는 2012년 ACTD 과제로 LG CNS와 원신 스카이텍이 협력하여 제작한 무인 동축반전 회전익 항공기와 부산대학교에서 제작한 소형 동축 반전형 회전익 항공기가 있으나[18], 유인 회전익 항공기에 적용되는 로터 시스템 개발이 필요하다.

동축 반전 로터 시스템 개발을 위해서는 강체 블레이드를 적용한 고속 회전익기의 로터 양력 분포 조정 기술, 강체 블레이드 형상 및 구조 설계, 무-힌지(Hinge) 저항력 허브 형상 설계, 저항력 조종 시스템 등을 포함하는 저소음, 고강도, 고수명 및 저진동 동축 반전 로터 시스템의 기술이 개발되어야 할 것으로 판단된다. 향후에는 보다 고속 비행에 적합한 로터 시스템 메커니즘 최적 설계 및 고속 비행 시 로터 끝단에서 초음속 영역에 도달하지 않도록 주 로터 회전속도를 감속해야 하는 가변 로터 회전속도 기술이 개발되어야 할 것이다.

3.2 회전익 항공기 푸셔

미국에서는 AH-56, X-49 회전익 항공기 개발 간 동체-푸셔 간섭 문제로 인해 개발이 중단된 사례가 있을 정도로 난이도가 있는 기술이다. 이러한 간섭 문제를 해결하기 위해 미국 NASA에서는 풍동시험을 통해 후방 꼬리 날개의 배치에 따른 푸셔 프로펠러의 성능과 유동 간섭 연구를 수행하였으며, 이후 차세대 회전익 항공기는 11,000 파운드 급 S-97 Raider와 30,000 파운드 급 SB-1 Defiant 푸셔 시스템을 개발하고 있다. 국내에서는 국방과학연구소에서 무인 복합형 회전익 항공기를 개발하면서 동체 후방의 푸셔 프로펠러에 관한 연구를 수행하였으나 동축 반전 로터 회전익 항공기에 적용되는 푸셔 연구는 별도로 식별되지는 않았다. 따라서 차세대 회전익 항공기 적용을 위해 회전익 항공기에 적용되는

푸셔에 관한 연구가 수행되어야 한다.

국내에서는 사단정찰용 무인항공기 프로펠러 개발을 통해 고정익 항공기의 푸셔 개발 사례가 있으나 구동 방식이 단순하고 요구 추력이 작아 차세대 회전의 항공기에 적용하기는 부족한 수준으로 추가적인 연구개발이 필요하다.

회전의 항공기 푸셔 시스템 개발을 위해서는 고속 회전의 항공기에 적용하기 위한 전진비행 속도 증가용 고추력 가변 피치(Pitch)형 푸셔 프로펠러 시스템설계 및 최적화 설계 기술이 개발되어야 할 것으로 판단된다. 또한 전방동체, 엔진 배기구, 로터의 후류에 대한 간섭으로 발생하는 소음 증가와 진동 발생에 대한 전산 시뮬레이션 및 회피 형상설계 기술을 통한 간섭 회피기술을 개발해야 하며 이를 확인하기 위한 시험기술 역시 개발되어야 할 것이다.

3.3 기체형상 최적 설계

미국에서는 앞서 언급한 FLRAA를 개발을 통해 기체형상 최적화를 수행하여 30,000 파운드 급의 실증기 SB-1 Defiant를 개발하고 있으며, 프랑스에서는 RACER 복합형 회전의기의 로터헤드 페어링에 대한 전산유체해석 최적설계 알고리즘을 적용한 최적설계를 수행하였다. 추가로 회전의 항공기는 다양한 풍동시험을 통한 공력 데이터베이스가 확보되고 검증되어 상용 및 In-house-code Modeling and Simulation(M&S)를 활용할 수 있는 고정익 항공기와는 달리 회전의 항공기는 특화된 M&S를 활용하여 로터 공력/구조/동역학 데이터베이스를 확보하고 개발과정에서 발생하는 소음/진동/공탄성 문제 등을 해결할 수 있는 개발환경을 구축하여 활용하고 있다. 주요 선진국에서 활용하는 M&S는 아래의 Table 2와 같다.

Table 2. In-house Code M&S

Organization	M&S Code	Application
U.S Army	RCAS	Flight Dynamic
Aerospatiale	HOST	Flight Dynamic
Johnson Aeronautics	CAMRAD II	Rotor Dynamic Acoustic
Advanced Rotorcraft Technology	FLIGHTLAB	Flight Dynamic
	NDARC II	Concept Design

국내에서는 동축 반전 회전의 항공기의 기체형상 최적설계를 수행하지는 않았으나, 수리온, 소형무장헬기 및

소형민수헬기 개발사업과 고속 복합형 무인회전의기 특화연구실 과제를 통해 복합형 회전의 항공기에 적용 가능한 다수의 설계 및 해석 시스템을 개발하여 운용 중에 있다. 이를 활용하고 차세대 회전의 항공기 최적형상 확보를 추가적인 연구를 수행하면 차세대 회전의 항공기 기체형상 최적설계 시스템을 개발할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 차세대 회전의 항공기 기체 최적 설계를 위해서는 로터-푸셔 시스템과 구성품과 연계한 개발이 되어야 할 것이다.

3.4 차세대 회전의 항공기 발전방안

전통적인 회전의 항공기는 안정성과 조종성 확보를 위한 단일로터와 꼬리로터를 가진 형상으로 비행에 한계가 존재하였으며 주요 선진국에서는 동축 반전 로터, 틸트로터, 푸셔 적용, 최적 설계 등을 통해 이를 개선한 회전의 항공기를 개발하고 있다.

주요 선진국에서는 식별한 주요 핵심기술인 동축반전 로터-푸셔 시스템과 고속비행을 고려한 기체형상 최적설계기술을 개발하고 적용한 기술 실증기를 개발하여 시험비행까지 수행하였다. 식별한 핵심기술 별 선진국과 국내 기술 수준 차이는 다음의 Table 3과 같다.

Table 3. Comparison of Technology Level

Core Technology	Technology Leading Country	Domestic
Co-axial Rotor System	Technology Demonstrator Flight	Small-scaled Coaxial Rotor Development
Rotor-Pusher System	Test (SB-1 Defiant)	Fixed-wing UAV Pusher Development
High-speed Flight Aircraft Shape Optimization Design	250 knot Speed Aircraft Shape Development	140 knot Speed Aircraft Shape Development

향후 국내 차세대 회전의 항공기 개발을 위해서는 우선적으로 기초연구 수준으로 판단되는 핵심기술의 기술성숙도를 향상시켜야한다. 성숙된 핵심기술을 바탕으로 체계 개발까지 수행되도록 연구개발 로드맵을 수립하고 연구개발을 수행해야 할 것이다. 이때 각각의 핵심기술이 개별로 연구개발이 되는 것이 아니라 체계개발을 고려한 시스템 단위로 개발이 되어야 할 것이다.

미래 기술발전에 따라 다양한 신기술이 추가적으로 적용된다면 현재 개발 중인 차세대 회전의기 보다 성능이 향상된 미래형 차세대 회전의기가 개발될 것으로 기대된

다. 로터 시스템에서는 로터 끝단에 별도의 추진 시스템을 적용한 틸팅 로터 기술이나 가변·접이식 로터 기술 등 로터의 공력적인 문제를 해결할 수 있는 기술이 적용될 것으로 예상되며, 현재의 푸셔를 장착하는 추진 시스템에서 엔진을 전환해 추력으로 활용하는 틸팅 제트 엔진 기술, 고속 벡터 추진 박스윙 기술 등 향상된 추력 시스템으로 고속 비행이 가능할 것으로 예상된다. 또한 구조-공력 최적 설계로 소음과 진동이 감소된 신개념 형상이 적용될 것으로 예상된다. 이외에도 다양한 미래 기술들이 적용되어 다음의 Table 4와 같은 새로운 형태의 미래형 회전의 항공기 또는 미래형 수직이·착륙 항공기가 개발될 것이다.

Table 4. Future Vertical Lift Rotor-Wing Aircraft

Name	Advanced Tactics[19]	VOX Aircraft[20]
Figure		

4. 결론

수직 이·착륙 전후좌우 기동의 가능한 이점으로 고유의 비행영역을 가진 회전의 항공기는 현대 공중 수송 영역에서 운용되는 비중이 매우 크다. 기술의 발전으로 Urban Air Mobility(UAM) 등의 새로운 개념의 체계가 등장함에도 전통적인 회전의 항공기의 중·장거리 수송 능력으로 인해 그 고유의 임무 영역을 지킬 것으로 예상된다. 하지만 기술의 발전에 따라 기존의 회전의 항공기의 한계를 극복할 수 있는 차세대 회전의 항공기가 개발되어야 하며 주요 선진국에서는 이미 개발을 시작하여 초도비행을 수행하는 등 개발 마지막 단계에 이르렀다.

산악지형과 도심이 발달된 국내에서의 회전의 항공기에 대한 수요는 꾸준히 있을 것으로 예상되며 국내에서도 독자적인 차세대 회전의 항공기가 개발이 되어야 한다. 이를 위해 어떤 기술을 개발해야 하는지에 대한 조사·분석이 필요하다.

따라서 본 논문에서는 주요 선진국의 개발사례와 국내 개발현황을 조사하였고 주요 구성품 분석을 통해 차세대 회전의 항공기를 위한 주요 핵심기술을 식별하였다. 또

한 식별된 기술 별 국내·외 개발현황을 통해 회전의 항공기 발전방안을 제시하였다. 국내 개발현황 분석 결과 현재 주요 핵심기술은 기초 연구 수준으로 핵심기술 개발을 통해 기술성숙도를 향상시키고 체계개발까지 수행되도록 시스템 단위로 개발되어야 할 것으로 판단하였다.

본 논문에서 식별한 기술은 동축 반전 로터 시스템, 회전의 항공기 푸셔, 기체형상 최적 설계 기술로 주로 플랫폼 위주의 기술을 우선적으로 분석하였으나 차세대 회전의 항공기 개발을 위해서는 본 논문에서 다루지 않은 추진, 전자 계통 등 다양한 기술 분석이 수행되어야 할 것이다. 향후에는 엔진, 동력전달계통, 자동비행조종시스템, 능동진동제어 등의 기술도 분석을 통해 주요 핵심기술을 식별하고 발전방향을 제시해야 할 것이다.

고속 장거리 기동이 가능하고 우리나라 환경을 고려한 국내 차세대 회전의 항공기 개발이 필요하다. 이를 위해서는 많은 시간과 비용이 소요될 것으로 예상되어 식별된 기술을 바탕으로 체계 개발을 위한 핵심기술 개발이 수행되어야 한다.

References

- [1] Korean Society for Aeronautical and Space Sciences, Introduce to Aeronautics and Astronautics, p.553, Kyungmoon Publishers, 2011, pp.24-28.
- [2] S. H. Park, Next-generation High Performance Rotary-wing Aircraft R&D Trends, Insight Report, Korea Research Institute for defense Technology planning and advancement, Korea, 2021, pp. 62-63.
- [3] S. H. Park, M. G. Kim, The Technology Planning Report on Developing Future Lift Vehicle(Build-I) Technical Report, Korea Research Institute for defense Technology planning and advancement, Korea, 2021, pp. 41-46.
- [4] National Aeronautics Research and Development Plan, Planning Report, the National Science and Technology Council, USA, pp. 25-26, 2010.
- [5] Army Future Vertical Lift(FVL) Program, CRS In Focus Report, Congressional Reserach Service, USA, pp. 1-3, 2021.
- [6] Joint-Multi-Role Technology Demonstrator Overview [Internet], American Helicopter Society Forum 71, 2015, https://vtol.org/files/dmfile/Bailey_JMR-TD-Forum71.pdf (accessed Jun. 28, 2022)
- [7] D. H. Lee, Next-generation helicopter Development Trends and Directions, Insight Report, Korea Research Institute for defense Technology planning and advancement, Korea, 2021, pp. 72-81.

- [8] D. K. Kim, "Technology Trend on the Future Vertical Lift(Rotorcraft)", *Current Industrial and Technological Trend in Aerospace*, Vol.19, No.1, pp.51-61, 2021.
- [9] RACER An Aerodynamic Configuration at the service of high speed [Internet], Airbus, <https://www.airbus.com/en/innovation/disruptive-concepts/disruptive-design/racer> (accessed Jun. 28, 2022)
- [10] Military Ka-92 [Internet], Global Security, 2015, <https://www.globalsecurity.org/military/world/russia/ka-92.htm> (accessed Jun. 28, 2022)
- [11] Chinese Z-X Experimental Compound Helicopter with Coaxial Rotors [Internet], Chinese Military Review, 2012, <http://chinesemilitaryreview.blogspot.com/2012/11/chinese-z-x-experimental-compound.html> (accessed Jun. 28, 2022)
- [12] Future Type Rotary-wing Aircraft System Technology [Internet], Japan Aerospace eXploration Agency, 2020, <https://www.jss.jaxa.jp/en/rotorcraft/> (accessed Jun. 28, 2022)
- [13] The 3rd Basic Plan for Aviation Industry Development (21-30), Mid Term Planning Report, Ministry of Trade, Industry and Energy, Korea, 2021, pp. 43-47.
- [14] Defense and Science & Technology Level Assessment by Country, p.255, Korea Research Institute for defense Technology planning and advancement, 2022, pp. 184-188.
- [15] C. H. Yoo, B. I. Yoon, S. H. Chae, D. H. Ki, C. Y. Yun, W. Rhee, D. K. Kim., "A Ground Performance Test of Small-Scaled Coaxial Rotor System", *Korean Society for Aeronautical and Space Sciences 2020 Spring Conference*, KSAS, Goseong, Korea, pp.289-299, July 2020.
- [16] Smart UAV(TR-100) Test Flight [Internet], Korea Aerospace Research Institute, 2015, https://www.kari.re.kr/kor/kariimg/view.do?idx=138&mno=sub10_01&img_gbn=PHO (accessed Jun. 28, 2022)
- [17] S. M. Baek, J. R. Kwon, W. Rhee, "A Study on Dynamic Characteristics of Tipjet Rotor.", *Journal of the Korean Society for Aeronautical and Space Sciences*, Vol.46, No.1, pp.52-58, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5139/ksas.2018.46.1.52>
- [18] S. H. Chea, S. W. Baek, S. I. Lee, T. W. Kim, J. B., Lee, S. J. Oh, K. J. Yee, "The Development of Coaxial Rotor MAV", *Journal of the Korean Society for Aeronautical and Space Sciences*, Vol.35, No.10, pp.875-883, 2007. DOI: <https://doi.org/10.5139/KSAS.2007.35.10.875>
- [19] Advanced Tactics Barracuda [Internet]. eVTOL News , 2021, Available From: <https://evtol.news/advanced-tactics-barracuda> (accessed Jun. 24, 2022)
- [20] VOX helicopter, VOX Touts Industry Interest In High-Sped VTOL Concept [Internet]. Aviation Week, 2020, Available From:

<https://aviationweek.com/aerospace/urban-unmanned-aviation/vox-touts-industry-interest-high-speed-vtol-concept> (accessed Jun. 24, 2022)

김 문 국(Mun-Guk Kim)

[정회원]



- 2017년 2월 : 충남대학교 항공우주공학과 (공학사)
- 2019년 2월 : 충남대학교 항공우주공학과 (공학석사)
- 2018년 12월 ~ 2020년 12월 : 국방기술품질원 연구원
- 2021년 1월 ~ 현재 : 국방기술진흥연구소 연구원

<관심분야>

항공우주공학, 항공우주구조 및 복합재료, 국방기술

박 서 현(Seo-Hyun Park)

[정회원]



- 2008년 2월 : 충남대학교 전자전파정보통신공학과 (공학사)
- 2017년 2월 : 충남대학교 전자정보통신공학과 (공학석사)
- 2014년 10월 ~ 2019년 1월 : 국방과학연구소 연구원
- 2019년 1월 ~ 2020년 12월 : 국방기술품질원 연구원
- 2021년 1월 ~ 현재 : 국방기술진흥연구소 연구원

<관심분야>

통신, 위성데이터링크, 항공, 국방기술