Original Article

https://doi.org/10.12985/ksaa.2024.32.3.196
ISSN 1225-9705(print) ISSN 2466-1791(online)

한국과 주요국 간 무인항공기 사고조사에 관한 비교분석

이학봉*

A Comparative Analysis of UAV Accident Investigation between Korea and Major Countries

Hakbong Lee*

ABSTRACT

With the global drone market surging in size, most drones are focused on design, production, operation and sales. However, there are no procedures and guidelines for drone accidents and accident investigations around the world. Recently, the International Air Accident Investigation Association (ISASI) has recognized the problems and has been guiding guidelines for unmanned aerial vehicle accident investigation to support them. Therefore, in this paper, we would like to compare the status of unmanned aerial vehicle accident investigation in each country, analyze the procedures and items of investigation, and present the direction of improvement in the procedures for conducting unmanned aerial vehicle accident investigation in Korea.

Key Words : Accident/Incident Investigation(사고조사), Unmanned Aerial Vehicle(무인항공기), UAS Accident/Incident Investigation Guidelines(무인항공기 사고조사 지침서)

Ⅰ. 서 론

세계 무인항공기(이하 무인기) 시장 규모는 10년 전인 2015년 40억 달러(약 4조 8천 억원)에서 현재(2024년)까지 147억 달러(약 17조 7천 억원)규모로 급증되었다. 미국과 중국이 무인항공 산업의 주도를 이루고 있는 가운데 군사용 드론 산업의 강자인 미국의 보잉(Boeing), 노스롭 그루먼(Northrop Grumman) 등이 이를 이끌고 있으며, 국내 산업의 경우 대한항공과 항공우주산업 주식회사(KAI)등 항공산업체가 군수요를 바탕으로 두각을 나타내며, 정찰이나 군사 위주로 제작 및 운용이 이루어지고 있다[1]. 이렇듯 전 세계적으로 군과 민간 분야를 막론하고, 무인항공기 산업에 박차를 가해지고 있는 가운데 상대적으로 덜 고려되고 있는 분야가 바로 무인항공기 사고일 것이다[2]. 영국 Airprox의 사고보고 통계에 따르면 2014년 10건이 채 되지 않던 발생 건수에서 2015년(29건), 2016년(71건), 2017년(93건), 2018년(120건) 등 한 해 평균 37.8%의 가파른 사고율을 나타내고 있다[3]. 또한, 미국 공군의 Mishap report(사고보고)를 조사해 분석한 결과에 따르면 2010년을 시작으로 13년간 400대 이상의 군용 무인항공기 사고가 발생했으며, 계속 증가하는 추세이다[4].

유인항공기(이하 유인기)와 달리 무인기의 경우, 사람이 탑승하지 않기 때문에 기기의 오작동(error), 결함(failure)으로 인한 문제가 발생하더라도 이로 인한 사고의 결과가 인명피해와는 무관할 것이라는 인식이 지

Received: 21. Aug. 2024, Revised: 25. Aug. 2024, Accepted: 30. Aug. 2024
* 공군항공안전단 안전관리실 연구과
연락저자 E-mail : leehb0911@naver.com
연락저자 주소 : 서울특별시 동작구 여의대방로 36길 92

배적이며, 국제적으로는 국제민간항공기구(International Civil Aviation Organization, 이하 ICAO), 미국(Federal Aviation Administration, 이하 FAA/National Transportation Safety Board, 이하 NTSB), 호주, 싱가폴(Civil Aviation Authority of Singapore, 이하 CAAS)이 있고, 국내적으로는 국토교통부 항공·철도사고조사위원회 등이 무인기 관련 사고조사를 수행하고 있으나 실제 사고 발생 시 이를 조사하기 위한 표준화된 사고조사 절차가 미비한 상태이다. 점차 유인기와 무인기 통합 운영[5]이 현실화되어가고 있는 시점에 반드시 고려되어야 할 부분이 사고조사일 것이다. 비교적 사고율이 적음에도 한번 사고에 많은 인명피해가 발생하는 항공사고에 있어서 선제적 안전관리 차원의 이와 같은 대비를 위해 무인기 운영상에 발생할 수 있는 사고 지침서(가이드라인)마련은 필수적이라 할 수 있다. 본 연구에서는 주요국 간 유/무인항공기 사고조사 관련 규정, 사고조사 절차 및 구성요소를 비교 분석함으로써 우리나라의 무인항공기 관련 법령에 따른 사고조사 절차(안) 및 고려사항을 제시하고자 한다.

II. 본 론

2.1 사고조사 Protocol 및 관련 법령

2.1.1 국제민간항공기구(ICAO)

2.1.1.1 관련 규정

ICAO의 Cir 328 AN/190(Unmanned Aircraft Systems, 이하 UAS)에 따르면 무인기 규정(ICAO Regulatory Framework), 정의(Overview of UAS), 법적 문제(Legal Matters) 운영(Operations), 유인기와 시스템(Aircraft and Systems), 및 개인 자격(Personnel)에 대한 분류를 통하여 무인기 운영에 대한 국제기준을 마련하고 있다[6].

ICAO의 경우, 국제기준에 따라 등록된 모든 유인기에 대한 사고조사를 실시하며, 운항 승인을 받은 무인기에 대하여도 상기 범주에 따라 사고조사를 실시하고 있다. 소형 무인기에 대한 사고조사 규정은 현재까지도 미비한 상태지만 항행위원회(Air Navigation Commission)를 통해 무인기에 대한 세부 사고조사 규정에 대한 적용 검토가 활발히 이루어지고 있다.

ICAO 부속서(Annex 13, Aircraft Accident and Incident Investigation)에서는 항공사고 발생 시 사고발생국, 운영국, 제작국, 설계국 및 정부 당국이 취해야 하는 국제적 기준(standards)과 권고사항(recommended practices)들에 대한 세부사항을 언급하고 있다. 조사절차의 경우, ICAO Annex 13에 따라 조사팀구성(organization) → 조사계획(planning) → 조사수행(investigation) → 조사보고(reporting)의 흐름을 따르며, 세부적으로는 ICAO Doc 9756 Part II(Procedures and Checklist)의 Chapter 4와 Chapter 5에 언급되어 있으며, Table 1 및 2와 같다[7].

사고 발생 규모와 범위를 정하고 그에 따라 대형사고조사 또는 소규모 조사의 2개로 분류하여 조사를 진행한다. 또한, ICAO Doc 9756(Manual of Aircraft Accident and Incident Investigation) Part III, Investigation에서 유인기에 대한 조사항목을 Table 3과 같이 분류하고 있다[8].

무인기는 잔해 조사(wreckage)를 시작으로 설계단계(investigating system design issues)까지 유인기와 같은 절차에 따라 사고조사를 진행하고 있다.

Table 1. Major accident investigation

No.	Ch. 4 major investigation
1	General
2	Responding to a notification
3	Securing documentation
4	Field phase of the investigation
5	Post-field phase of the investigation
6	Investigation reporting
7	Investigation management system (IMS)
8	Major accident investigation Guide(MAIG)

Table 2. Smaller investigation of incident & accidents

No.	Ch. 5 smaller investigation
1	General
2	Responding to a notification
3	Securing documentation
4	Field phase of the investigation
5	Post-field phase of the investigation
6	Investigation reporting

Table 3. Aircraft accident investigation list

No.	Contents
1	Wreckage investigation
2	Organizational investigation
3	Operational investigation
4	Aircraft operating environment
5	Aircraft performance investigation
6	Flight recorders
7	Reconstruction of wreckage
8	Structures investigation
9	Mid-air collision investigation
10	Fire pattern investigation
11	Power plant investigation
12	System investigation
13	Maintenance investigation
14	Helicopter investigation
15	Investigating human factors
16	Survival, evacuation, search, rescue
17	Pathology investigation
18	Investigating of explosives sabotage
19	Investigating system design issues

2.1.2 미국(FAA & NTSB)

2.1.2.1 관련 법령

미국의 경우, FAA의 무인기 규정(FAA Part 107)에 따라 운영해야 하며, 2015년 2월 15일 “소형 무인항공시스템의 운영과 자격 증명에 관한 규정(안)을 제정하여, 무인기 운영 및 안전상의 사고를 사전에 예방하기 위한 준비를 시작했다[9].

FAA는 규정에서 사람이나 재산상의 심각한 상해(serious injury)나 손실(loss of consciousness)이 발생하거나, 전체 손실(the event of total loss)의 $500를 초과하지 않은 재산상의 파손에 대해서 최대 10일내에 관련 사고(event)를 보고하도록 하고 있다. 또한, FAA Order 8020.11C에 따라 유인기 사고조사와 동일한 사고조사 절차를 수행하고 있다. 이에 견주어 연방교통안전위원회(National Transportation Safety Board, 이하 NTSB)는 사고조사에 관한 절차[49 CFR PART 831 Investigation Procedures (Subpart B - Aviation Investigations)]와 분류규정(PART 830 Notification and reporting of aircraft accident) 및 NTSB Advisory에 따라 무인기 사고에 대한 정의 및 조치 사항을 다음과 같이 정의하고 있다. 즉, 무인기 사고는 시스템이 활성화된 시점과 시스템이 임무 종료 시 비활성화된 시점 사이에 발생하는 무인기 시스템의 운용과 관련된 사건을 의미한다.

> 「Unmanned aircraft accident : **Unmanned aircraft accident** means an occurrence associated with the operation of any public or civil unmanned aircraft system that takes place between the time that the system is activated with the purpose of flight and the time that the system is deactivated at the conclusion of its mission.」

FAA와 NTSB에서 규정하는 항공사고에 대한 세부 분류기준 Table 4와 같다.

2.1.2.2 사고조사 Protocol 및 구성요소

NTSB는 사고 발생 즉시 Go-Team을 구성하여, Table 5와 같은 절차에 따라 조사를 수행한다.

Table 4. Comparison of air accident classification criteria btw FAA & NTSB

No.	FAA Part 107	NTSB Part 830/831
Investigation protocols	Same for manned aircraft	Same for manned aircraft
Time to report	No later than 10 days	Immediately
Report means	FAA web site form	Not defined - Can be verbal
Serious injury	Level 3, 4, 5 on the AIS scales-reversible injury but require hospitalization	Part 831 - broken bones 48hr -hospitalization
Incident	Not applicable	As per part 831 listing
Damage threshold	Repair or fair market value exceeds $500	Part 831 definition of “substantial damage”
Intended use	Safety and enforcement	Safety only
Hobbyist	Only if operated illegally	Not applicable (as accident)
Final report	FAA 8020-23 form-same for any manned aircraft	NTSB Format-same for manned aircraft accident

Table 5. Major investigation process

No.	Major team investigation process
1	Notification and initial response
2	On-scene activities
3	Post-on-scene activities
4	Other investigations
5	Safety recommendations
6	Public hearing
7	Reminder of the investigation and final report

사고조사단장(investigator-in-charge, IIC)을 중심으로 사고와 발생 가능한 원인을 확인하기 위해 인적(human), 기계(machine), 환경(environment) 등의 핵심 요소를 분석하며, 각 분야의 조사관이 Table 6과 같은 해당 분야의 세부 조사를 한다.

무인기의 경우, 2016년 6월 29일 무인기 사고 자문(Advisory to Operators of Civil Unmanned Aircraft Systems in the United States)을 통해 사고 발생 시 사고조사 및 보고의 범위와 규모를 정하기 위한 절차를 Fig. 1과 같이 구성하고 있다. 사고당사자를 취미와 군 운영자로 분류하고, 사상자의 유무와 규모, 무게의 초과 등에 따라 NTSB의 사고조사 참여 여부를 판단하는 절차를 수행하고 있다.

또한, 국제항공사고조사협회(International Society of Air Safety Investigators, 이하, ISASI)에서는 무인항공기 사고조사를 위한 가이드라인을 2014년 10월 12일 UAS Working Group을 통해 채택하였으며, 구성은 Table 7과 같이 이루어져 있다.

Table 6. Contents of NTSB investigation

No.	Investigation contents
1	Operation
2	Structures
3	Power-plants
4	System
5	Air traffic control
6	Weather
7	Human performance
8	Survival factors

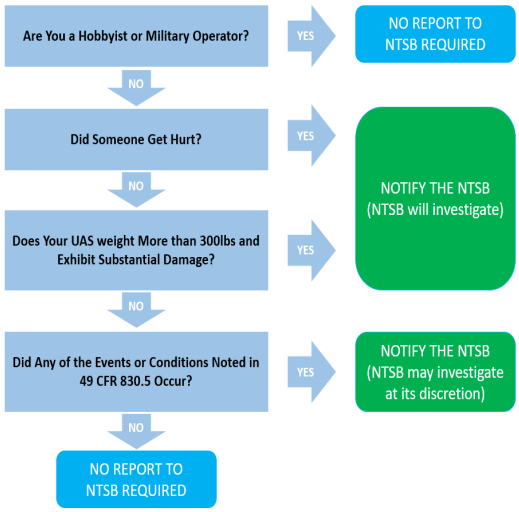

Fig. 1. Determining UAS occurrence reporting requirements to NTSB

Table 7. Components of investigation guidelines

No.	Table of contents
Chapter 1	Purpose and Structure of the UAS handbook & accident investigation guidelines
Chapter 2	Differences between manned & unmanned aircraft
Chapter 3	Augumentation & supplementation of existing investigative capabilities for UAS investigation
Chapter 4	ICAO annex 13 - recommendations relative to UAS investigations
Chapter 5	Data fields associated with UAS operations requiring capture
Chapter 6	UAS specific air safety investigators skills
Chapter 7	Evidence preservation following unmanned aircraft system accidents
Chapter 8	UAS investigation procedural & functional considerations

2.1.3 호주

2.1.3.1 관련 법령

호주의 경우, 전 세계에서 최초 무인기 규정을 정립하였으며, 2002년 CASR Part 101(Civil Aviation Safety Regulation Part 101)을 통해 모든 무인기에 대한 기술 및 활동을 법률로 통합하였다. 2020년 1월

23일 CASR Part 101 (Unmanned aircraft and rockets) Manual of Standards로 새로 개정하였으며, 무인기와 관련된 세부사항들을 추가 검토하고 있다[10].

무인기 사고 발생 시 호주교통안전위원회(Australian Transport Safety Board, 이하 ATSB)에 보고하게 되어 있으며, 특정사고(심각한 부상, 사람, 차량 및 지형지물에 발생한 사고 등)는 사고조사규정(Transport Safety Investigation Regulations 2003), (Transport Safety Investigation; Voluntary and Confidential Reporting Scheme, Regulation 2012)에 따라서 의무화하게 되어 있으며, 조사 당국은 보고받은 즉시 무인기 사고조사를 실시하게 되어 있다. 상업용 무인기(commercial UAV)의 경우 필수적으로 사고조사를 실시하고 있으며, 그 외에 등록 및 운영되고 있는 모든 유인기에 대하여도 사고조사를 실시하도록 되어 있으나 무인기의 경우 실제 사고 피해의 발생 정도에 따라 사고조사 범위 및 규모가 다르게 운영되고 있다. ATSB는 현재 유인기 운영을 위해 필요한 사항 및 사고 발생 시 사고조사에 요구되는 사항들을 검토하여 무인기 운영자로 하여금 사고 발생 시 보고체계를 활용할 수 있도록 하는 새로운 규정을 신설하고 있다.

2.1.3.2 사고조사 Protocol 및 구성요소

ATSB의 사고조사는 정부 규정(Transport Safety Investigation Act 2003)에 따라 수행되고 있다. 조사 과정은 Table 8과 같다[11].

Table 8. ATSB-The investigation process

ATSB - The investigation process
Initial an investigation
• Notification • Decision to investigate • Communicate
2. Evidence collection
• Collate site observations • Interview • Secure evidence
3. Examination and analysis
• Review • Examine and test in the lab • Follow-up interviews • Analysis
4. Report and review
5. Dissemination

사고조사의 유/무를 결정하는 초기 단계, 증거 수집, 시험 및 분석, 보고 및 검토, 공개와 같은 5단계를 걸쳐 수행된다. 사고 발생 유형에 따라 Table 9와 같은 6개의 조사그룹(운영, 기술, 공중, 구조, 환경, 결과분석)으로 분류하여 조사항목 및 형태에 따라 세부적인 분류기준을 정하고 있다[12].

2.1.4 일본

2.1.4.1 관련 법령

일본의 경우, 일본운수안전위원회(Japan Transport Safety Board, 이하 JTSB)의 설립법(Act for Establishment of the JTSB) 제2항(Article 2)에 따라 민간항공기 사고와 준사고에 대한 조사를 수행하고 있으며, 2022년 12월 5일부터 DIPS (Drone/UAS Information Platform System 2.0)를 통해 무인항공기에 대한 인증 및 운영, 사고조사에 관한 규칙을 정하고 있다. Level 1~4까지의 규칙을 통해 비행계획, 일지, 사고보고, 부상자 지원 등의 세부 규칙을 규정하였다[13].

2.1.4.2 사고조사 Protocol 및 구성요소

무인항공기 사고 발생 시 일반 항공사고와 마찬가지로 사실 정보의 수집과 필요한 테스트 및 검증을 시작으로 각 활동의 결과를 종합적으로 분석하여 사고의 원인을 식별하는 과정을 거치게 되는데, 각 절차는 Table 10과 같다.

일본은 특히나 최근 DIPS를 통해 100g 이하의 무인항공기(unmanned aircraft, 이하 UA)는 모두 등록해야 비행이 가능하며, 100g 이상은 민간항공법의 규제를 받는다. 무인항공기 사고는 사고(accident)와 심각한 사건(serious incident)으로 Table 11과 같이 분류하여 발생 일시, 장소 및 필요시 사고 사진을 첨부하여 신고하도록 규정하고 있다.

Table 9. Investigation grouping of ATSB

No.	Investigation groupings
1	Operational groupings
2	Technical groupings
3	Airspace groupings
4	Infrastructure groupings
5	Environment groupings
6	Consequential event groupings

Table 10. Investigation procedure of JTSB

No.	Investigation procedure
Step 1	Occurrence of an accident/ incident and recognition
Step 2	Appointment of investigators
Step 3	Fact-finding investigation
Step 4	Tests, research and analysis
Step 5	Deliberation of the board
Step 6	Publication of the investigation reports

Table 11. Classification of accident/serious incident

'Accident'
• Death or injury cased by the UA • Damage of a property owned by a third part • Collision of contact with and aircraft
'Serious Incident'
• Recognized to have had a possibility of collision or contact with and aircraft • Injury cased by the UA • Situation that the UA becomes uncontrollable • Ignition of the UA

2.1.5 한국

2.1.5.1 관련법

우리나라의 경우, 항공・철도사고조사위원회(사조위)의 항공・철도사고조사에 관한 법률(약칭: 항공철도사고조사법)에 따라 사고조사를 수행하고 있으며, 1961년 제정된 항공법을 3개의 법률로 구분(항공안전법, 항공사업법, 공항시설법)하여 2017년 3월 30일자로 새로운 항공법을 개정하였다. 무인기는 항공안전법에서 정하는 항공기의 종류 중 초경량비행장치로 분류되고, 초경량비행장치를 소유한 사람은 법에서 정한 규정[1]에 따라 비행장치를 신고해야 하며, 신고를 받으면 사조위는 법에 따라 "항공사고"[2] 로 분류된 초경량비행장치에 대하여 유인기와 동일한 절차로 사고조사를 수행된다.

1) 무인비행장치 분류기준에 따른 조종 자격제도 비교연구(2019).
2) 항공·철도사고조사에 관한 법률(2020), 제2조1호 & 항공안전법, 제2조6호.

2.1.5.2 조사절차와 구성요소

사고 발생 시 "항공사고"의 범주에 속한 경우 조사를 수행하게 되어 있다. 국내 항공사고의 조사절차는 Table 12와 같다.

구조작업, 일반조사 및 증거보존이 포함된 초동조치를 시작으로 현장 잔해조사가 이어지며, 각 분야(운항, 기록, 구조물, 동력, 시스템, 정비 등)으로 분류하여 해당 그룹장이 조사를 전담하는 절차로 이루어져 있다. 아울러, 무인기를 운영 중에 사고가 발생할 경우, 조종자는 국토교통부 장관에게 Table 13과 같은 사항을 보고하도록 하고 있다.

소유자를 확인할 수 있는 인적사항과, 위치 및 장소, 사고 경위, 피해정도 및 기타사항을 보고해야 한다.

Table 12. Domestic accident investigation process

국내 항공사고조사절차
1. 사고현장에서의 초동조치
• 구조작업/경계 • 잔해에 대한 일반조사 • 증거보존/예방대책 등
2. 잔해조사 착수
• 사고위치/사진 • 잔해분포차트/충돌자국과 파편의 검사 • 수중의 잔해
3. 운항분야조사
4. 비행기록장치조사
5. 구조물 조사
6. 동력장치 조사
7. 시스템 조사
8. 정비관련 조사
9. 인적요소 조사 등 이하 생략

Table 13. Reporting contents for UAV accident

No.	보고 내용
1	조종자 및 초경량비행장치 소유자의 성명 또는 명칭
2	사고가 발생한 일시 및 장소
3	초경량비행장치의 종류 및 신고번호
4	사고의 경위
5	사람의 사상, 물건의 파손 개요
6	사상자의 성명 등 사상자의 인적사항 파악을 위해 참고가 될 사항
기타	기타 사항

2.2 무인기 사고조사 유/무에 따른 비교

2.2.1 관련 법령에 따른 비교 분석

Table 14에서 보는 바와 같이 무인기 사고조사에 대한 관련 법령이 존재하지 않는 국가는 하나도 없다. 그러나 세부적으로 구성되어 있지 않고, 일부 또는 유인기와 통합되어 있는 경우 그에 따라 사고조사 매뉴얼, 절차, 조사 구성요소 또한 세부적으로 구성되어 있지 않거나 유인기과 동일한 절차를 따른다고 조사된 경우가 대부분이다. 미국을 제외한 ICAO, 호주, 일본 및 우리나라의 경우 무인기 운영을 위한 관련 법령은 존재하나, 무인기 사고조사만을 위한 매뉴얼 및 절차가 전무한 상태이다. 미국의 경우, NTSB와 ISASI를 통해 무인기 운영 및 사고조사에 관한 관련 법령을 제정하고, 무인기 사고조사매뉴얼(ISASI, 2015)을 통해 조사절차 및 조사항목을 세부적으로 구성하여 운영하고 있다.

2.2.2 조사절차와 조사항목에 따른 비교 분석

앞서 언급한 바와 같이 ICAO 부속서 13을 기반으로 작성된 사고조사 매뉴얼에 따라 사고 발생 시 각 국가는 조사를 수행하게 되며, 사고조사 매뉴얼 상의 조사과정을 국가별로 항목을 비교하였으며, 세부 분류는 Table 15와 같다. 호주(Post-field phase of the investigation)와 싱가폴(Securing Evidence)을 제외한 비교국가의 조사절차와 항목(일반, 조사공지, 증거보존, 현장조사, 시험 및 분석, 인터뷰, 조사보고, 권고사항 등)이 동일하게 구성되어 있으며, ICAO, 미국 및 호주, 일본 등이 기타 조사(other investigation)로 무인기에 대한 사고조사 항목을 구성하고 있다. 그러나, 한국의 경우 기타 다른 조사과정이나 매뉴얼 상에서 무인항공기에 대한 사고조사를 언급하고 있지 않다. 또한, 발생한 사고에 대한 사실적 내용 확인을 위한 공청회(Public hearing)의 경우도 한국과 호주, 일본은 구성되어 있지 않다.

Table 14. Comparison of UAV accident investigation

No.	무인기 사고조사	ICAO	FAA/ NTSB	ATSB	JTSB	ARAIB
1	관련법령	△	O	O	O	△
2	조사 매뉴얼	△	O	△	O	△
3	조사 절차	△	O	△	△	△
4	조사 구성요소	△	O	O	△	△

O : 유, X : 무, △ : 일부 or 유/무인기 통합.

Table 15. Accident process & manual contents

No	Accident Process & Manual Contents	ICAO	FAA/ NTSB	ATSB	JTSB	ARAIB
1	General	O	O	O	O	O
2	Responding to notification	O	O	O	O	O
3	Securing documentation • Secure Evidence	O	O	O	O	O
4	Field Phase of the Investigation(1) • Collate site observation • Form & conduct of investigation	O	O	O	O	O
5	Post-field Phase of the Investigation(2) • Inspectors of Accidents • Removal of damaged aircraft	O	O	△	△	O
6	Examination and analysis	O	O	O	O	O
7	Interview • Follow-up interview	O	O	O	O	O
8	Reporting • Report and review	O	O	O	O	O
9	Other investigation	O	O	O	O	△
10	Safety Recommendation	O	O	O	O	O
11	Public Hearing	O	O	△	△	△

O : 구성, △ : 일부 또는 미구성.

조사항목으로는 Table 16과 같이 ICAO에서 정한 19개 항목을 기준으로 각 국가(미국, 호주, 일본, 한국)의 항목을 구성요소의 유무에 따라 비교 분석하였다.

세부적으로 보면, 국내를 포함한 미국과 호주, 일본의 경우 조직(organization factor)과 병리(pathology)에 관한 사항이 조사항목에 기술되어 있지 않다. 또한, 호주, 일본, 한국의 경우, 호주와 일본 인적요소(human factor)와 설계(design), 한국은 환경(environment), 복원(reconstruction), 공중(air), 생

Table 16. Comparison of investigation contents

구분 / 조사 항목	ICAO	FAA /NTSB	ATSB	JTSB	ARAIB
잔해	O	O	O	O	O
조직	O	△	△	△	△
환경	O	O	O	O	△
성능	O	O	O	O	O
기록	O	O	O	O	O
복원	O	O	O	△	△
구조	O	O	O	O	O
공중	O	O	O	O	△
화재	O	O	O	O	O
시스템	O	O	O	O	O
정비	O	O	O	O	O
인적	O	O	△	△	O
생존	O	O	O	O	△
병리	O	△	△	△	△
폭발	O	O	O	O	O
설계	O	O	△	△	O

O : 구성, △ : 일부 또는 미구성.

존(survival)에 관한 사항들이 다소 미비하게 구성되어 있다. 중요하게 보아야 할 사항은 점차 항공사고의 원인이 복잡하고 다양해지며 변천 과정 또한 기계적 → 인적 → 조직적 요소로 변해가는 만큼 ICAO의 조사항목 중 조직요소(organizational factor)에 대한 항목을 필수적으로 고려되어야 할 것이다.

2.3 무인항공기 사고조사 수행 절차(안)

앞서 분석한 바와 같이 첫째, 현재 운영만을 위해 제시되어 있는 무인항공기 관련법에 NTSB의 경우와 마찬가지로 사고 발생 시 사고조사 및 보고의 범위와 규모를 정할 수 있는 사항이 추가되어야 할 것이다. 둘째로, 무인기의 경우 사고 발생 접수와 동시에 조사의 규모를 결정하기 위한 절차가 마련되어 한다. 제안되는 수행 절차(안)는 NTSB의 의사결정 절차를 기반으로 Fig. 2와 같이 재구성하였다. 가장 먼저 무인항공기 관련법에 따라 일반 취미용과 군용을 기준으로 하여 보고의 유·무를 분류하고, 그 외 상업의 목적으로 운영되었을 경우

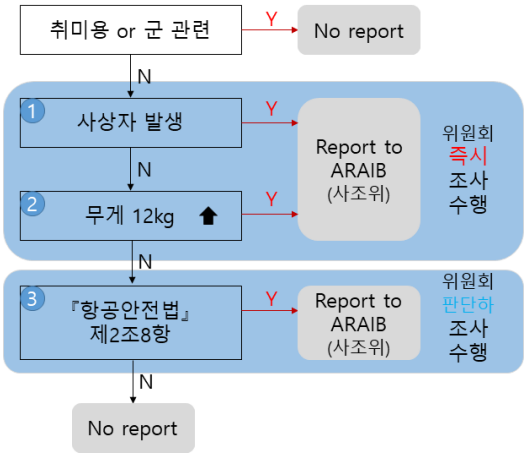

Fig. 2. Determining UAS occurrence reporting requirements to NTSB

①과 ②의 기준 즉, 항공안전법 규정에 따라 사고조사 유·무를 결정한다. ①과 ②에 해당하는 경우, 사조위는 즉시 사고조사를 수행하고, ③의 경우, 사고의 규모와 손상 정도에 따라 사조위의 판단하에 조사 수행 여부를 결정한다.

마지막으로, 사고조사의 진행과 조사내용은 현재 운영 중인 항공사고조사의 절차를 따르되, 무인기의 경우 현재 조사항목에서 일부만 구성되어 있는 항목들을 보완할 필요성이 있다. 조종자와 기체의 환경적 요소, 운영상 발생할 수 있는 조직적 요소, 기체 문제로 인한 추락 등의 경우 세부 분석을 위한 기체복원요소, 유/무인기 통합 운영으로 인해 발생할 수 있는 공중충돌요소 등의 요소가 세부적으로 고려되어야 할 것이다.

Ⅲ. 결 론

본 연구는 최근 민·군에서 정찰 및 작전 활용, 취미를 막론하고 급증하고 있는 무인항공기 운영 시 사고 발생에 따른 사고조사의 필요성과 조사의 방향을 결정하기 위한 기초연구로 수행되었다. 이를 위해 먼저, 무인항공기 운영과 관련된 ICAO, 미국, 호주, 일본의 관련 법령을 살펴보았으며, ICAO의 국제기준을 바탕으로 주요국과 한국의 관련 법령을 비교 분석하였다. 둘째로, ICAO 기준에 따른 주요국과 한국의 사고조사 매뉴얼과 절차(protocol)의 유/무 및 구성요소를 비교 분석하였다. 마지막으로, 비교결과를 바탕으로 국내 무인항공기 사고조사의 유/무를 결정하는 절차(안)를 제안하였으며, 이는 ICAO 기준을 가장 잘 준용하

고 있는 미국 NTSB의 절차에 기초하여 제시하였다. 향후 조사과정에서 집중적으로 조사되어야 하는 환경적 요소, 기체복원 및 공중출동요소 등과 같은 추가적인 구성요소의 필요성을 제시하였다. 본 결과를 통해 무인항공기 사고조사 가이드라인 개발을 위한 기초자료로 활용되기를 기대한다.

Ⅳ. 연구의 한계

본 연구에서는 NTSB의 절차를 준용하여 무인항공기의 운용 범위를 취미와 군으로만 분류하였다. 앞서 언급한 바와 같이 무인항공기의 운용 범위는 취미용을 넘어 영상 제작을 위한 촬영, 현장 안전관리를 위한 시설 감시 및 측량, 탐색구조, 재난 현장 지원 등 다양한 점을 고려하여, 취미용과 군만이 아닌 운용 범위에 따른 조사 대상의 재정립과 확대를 위한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다. 마지막으로, 주요국과 국내의 사고 사례를 비교 분석하려 하였으나 국내 국가기관에서 무인항공기(드론) 사고조사가 공식적으로 이루어진 것은 2022년 8월 12일 경기도 여주에서 발생한 1건만을 대상으로 비교하기에는 다소 자료가 부족함을 연구의 한계로 언급하고자 한다.

References

1. Teal Group Cooperation, "UAV/Drone SIGINT &ECM system market", 2023, Available from: http://www.tealgroup.com. Northrop Grumman.
2. Park, W. T., "A study on the safety management of UAS by analyzing its accident factors", Journal of the Korean Society for Aviation and Aeronautics, 31, 2023, pp.1.
3. UK Airprox Reports and Analysis, "Monthly review", 2022. Available from: www.airproxboard.org.uk/Reports-and-analysis/Monthly-summaries/Monthly-Airprox-reviews
4. Niall, M., "Military drone crashes are climbing", 2014, Available from: www.statista.com/chart/2382/miltary-drone-crashes-are-climbing/
5. Oh, H. J., "Integrated air traffic simulations of manned and remotely piloted aircraft", Journal of Advanced Navigation Technology, 19, 2015, pp.492-495.
6. ICAO Cir 328/AN/190 (Unmanned Aircraft System, UAS), 2011.
7. ICAO Doc 9756, "Manual of aircraft accident and incident investigation", Part II(Procedures and Checklist), 2011.
8. ICAO Doc 9756, "Manual of aircraft accident and incident investigation", Part III (Investigation), 2011.
9. Ahn, J. Y., "Regulations related to the world's civil unmanned aerial vehicle systems", Aviation, Korea Aerospace Research Institute, 1, 2015. pp. 8-10.
10. CASR Part 101(Civil Aviation Safety Regulation Part 101), 1998. Available from: https://www.legislation.gov.au/F1998B00220/latest/text/3
11. ATSB, "Transport safety investigation act", Investigations and 1eport, 2003.
12. ATSB, "SIIMS occurrence type coding manual", 2018, pp.20-151.
13. JTSB, DIPS "Drone/UAS information platform system 2.0. 2023. Available from: https://www.ossportal.dips.mlit.go.jp/portal/top/?lang=en
14. Air Navigation Act(Chapter 6) Air Navigation (Unmanned Aircraft Operations) Regulations, 2019
15. Air Navigation, "Investigation of accidents and incidents", ORDER Part II, 2003.