

ARTICLE

## 문화재 재난·안전 분야 무인비행장치 도입 연구

김동현\* · 이지희\*\* · 천우영\*\*\*

# A Study on Application of Unmanned Aerial Vehicles (UAV) in the Disaster and Safety Field of Cultural Properties

Kim, DongHyun\* · Lee, Ji-Hee\*\* · Chun, Woo-Young\*\*\*

### 요 지

우리나라 문화재는 대부분 사람의 접근이 어렵고 넓은 구역에 분포되어 있어서 재난 발생시 대응이 어렵다. 그러한 문화재 현장상황의 정확한 정보를 신속히 취득하여 대응한다면, 피해를 줄일 수 있다. 문화재 재난·안전분야 적용을 위하여 최근 국내 재난 분야의 드론기술 적용 사례를 조사 분석하고, 특히 문화재 분야에 적용되기 위한 드론기술의 소요스펙을 분석하였다. 또한 현재 타 부처의 기준을 비교 분석하여, 문화재 재난·안전분야의 무인비행장치 도입을 위한 운용기준을 제안하였다.

**핵심용어:** 문화재, 재난, 무인비행체, 드론, 화재

### Abstract

The areas where cultural properties are distributed are difficult for most people to access and have a wide area. In the event of a disaster, it is necessary to find a way to reduce damage through prompt response by acquiring information on the site situation of cultural properties more quickly. As a result, the use of drones in the field of disasters is gradually increasing in recent years, so we analyzed applicable drone technologies along with problems when applying cultural properties. In addition, necessary administrative matters related to the maintenance of the legal system for the use of drones in the field of cultural properties, manpower and education and training were analyzed.

**Keywords:** Cultural property, Disaster, Unmanned Aerial Vehicle (UAV), Drones, Fires

\* 정희원, 전주대학교 소방안전공학과 교수(E-mail: 72donghyunkim@jj.ac.kr)

Member, Professor, Department of Fire and Safety Engineering, Jeonju University

\*\* 교신저자, 정희원, 경북대학교 건설환경에너지융합기술원 연구교수(E-mail: jihee@knu.ac.kr)

**Corresponding Author,** Member, Research Professor Advanced Technology Institute of Architectural, Civil, Environmental and Energy, Kyungpook National University

\*\*\* 정희원, 한국건설생활환경시험연구원(E-mail: cwyo@kcl.ac.kr)

Member, Researcher, Korea Conformity Laboratories

Received | December 23, 2020 Revised | December 24, 2020 Accepted | December 29, 2020



## 1. 서론

2019년 4월 프랑스 노트르담 대성당 화재시 드론<sup>1)</sup>을 투입하여 공중에서 화재현장을 촬영해 전송한 이미지 데이터를 토대로 소방관들은 작전절차를 수행하였다. 이와 같이 드론은 각종 재난현장에서 전략적인 도구로 투입되어 진압시간의 단축 등 소방관과 문화재의 안전에 이바지하는 역할이 크다. 이러한 드론이 과거 2005년 발생한 양양 산불에 적용되었다면, 우리의 소중한 낙산사 동종과 그 외 문화재를 조금이라도 보존할 수 있지 않았을까. 현장접근성이 용이한 드론이 현장 상황을 파악하여 사진을 전송하면 신속한 의사결정으로 더욱더 용이한 현장대응이 이루어지지 않았을까 하는 바람이 있다. 2016년 경주지진 발생시에도 문화재 피해 당시 현장 영상 자료를 확보 할 수 없었지만, 드론 투입이 된다면 넓게 분포된 문화재 지역과 사람의 출입 및 접근 불가능한 지역에서의 자료 확보에 큰 도움이 될 수 있다.

본 연구에서는, 국내 재난·안전 현장에서의 드론기술의 적용사례를 조사 분석하며, 무인항공기의 문화재 재난·안전분야 현장적용의 활성화를 위하여 문화재 무인항공기의 운용규칙을 제안하고자한다.

## 2. 국내 재난 안전 현장의 드론기술 적용사례 조사 분석

### 2.1 국내 드론의 핵심기술

국내 드론기술의 발달로 인해 더욱더 활용성은 높아지고 안전성을 확대되고 있다. 그에 관한 기술사항과 세부사항은 Table 1과 같다.

기술구분은 비행시간, 통신기술, 자동비행기술, Fail-Safe 기능, 무선충전 및 연료기술, 방수방진기술, 내풍기술 그리고 영상전송기술이 있다.

현재 국내에서는 재난 및 안전 전용 드론활용기술에 관한 연구를 활발히 수행하고 있으면, 현재 소방청과 산림청에서 수행중이다. 관련부처 드론활용에 대한 기술적 문제점으로는 짧은 드론비행시간과 조종자 확보 및 조종자의 실수로 인한 사고 발생, 드론 유지관리 문제, 통신품질에 따른 실시간 영상 품질 저하 등이 있다. 이 밖에 무인, 자동충전 원격 자율비행 드론과 드론스테이션 기술이 도입된다면 다양한 단점이 해소될 것으로 기대된다.

### 2.2 국내 재난 안전 현장의 드론기술 적용사례 조사 분석

국내 드론의 주요기능별 재난분야의 적용사례를 조사하였다(Table 2). 본 논문에서는 소방, 경찰, 해경분야를 대상으로 하였다. 각 분야의 공통분야는 EO/IR 장비와 소형스피커를 들 수 있다. EO/IR 장비는 광각, 해상도, 영상 분석, 줌기능, 짐벌 및 무게에 관한 분야별 주요기능을 조사하였고, 소형스피커는 구조/구급 및 재난안전정보의 음성 송출을 위해 필요한 장비기능이다.

소방분야는 임무별 5가지 장비가 있으며, 광원, 유해화학물질 측정장비, 소화장비 투하지원, 소화약제 분사장비, 방사능 측정장비 등 주로 소방활동에 초점을 맞춘 주요기능으로 적용하고 있다.

경찰분야는 탐조등, 재머, 넷건으로 3가지 장비가 있다. 탐조등은 야간이나 어두운 곳을 비추어 사물을 확인할 수 있는 기능이다. 재머는 고의적인 주파수에 방해신호를 보내는 장치이며, 넷건은 안티드론으로서 경찰 본연의 업무인 침입드론 포획, 치안용 범인 검거 등 포획 그물총의 일종이다.

해경분야는 임무별 4가지 장비가 있으며, 함상착륙장비, 초분광영상장비, 구명함 투하장비, 고출력지향성 스피커 등 해상활동에 필수적인 장비로 구성되어있다. 해경에서는, 바람과 함상의 움직임으로 인해 보다 정확한 착륙이 필요하여 그물

1) 드론(Drone)이라는 용어는 법적용어가 아니며, 항공법상 초경량 비행장치에 해당하는 무인비행장치임. 본 논문에서는 이하 드론이라고 표기함.

망방식 이용한다. 특히 바다의 해수면과 다른 이질적인 물체를 감지하기 위해 보이지 않는 빛까지 촬영하는 장비인 초분광영상장비가 필요하며, 해상구조를 위해 구명함투하장비와 해상의 경우 고출력 지향성 스피커가 필요하다.

이와 같이 해당임무별 필요기능에 따라 기능을 조사한결과 문화재 재난안전 분야에 그대로 적용가능한 분야도 있으며, 좀 더 업그레이드 할 필요가 있는 분야 즉, 심각한 대규모 재난 발생으로 인한 문화재의 이동 및 반출이 필요한 경우 등 해당 분야의 특화된 기술의 확보가 필요하다.

Table 1. Core technology of domestic drone

| 기술구분         | 기술수준 및 세부사항   |
|--------------|---|
| 비행시간         | <ul style="list-style-type: none"> <li>리튬бат배리 : 20~35분, 하이브리드 드론 : 60분, 기체수소드론 : 2시간, 액화수소드론 : 10시간 이상</li> <li>드론 경량화/미션장비 최저전력 사용기술을 통한 비행시간 10~20% 증가</li> </ul>  |
| 통신기술         | <ul style="list-style-type: none"> <li>기존 드론 주파수 대역 : 무선 RF 400~6GHZ 또는 WiFi 주파수 대역을 사용(※약 2km 조종반경과 영상 송수신 거리)</li> <li>현재 4G LTE 주파수 대역인 900MHz, 1.8GHz, 2.1GHz과 3.5GHz 5G 통신망 이용 가능(※우리나라 통신 권역 약 99.9% 이상 통신반경으로 조종거리에 제한이 없으며, HD 급 영상 송수신이 가능)</li> </ul>   |
| 자동비행기술       | <ul style="list-style-type: none"> <li>DJI社 GCS (Ground Control System, 지상관제시스템) API를 이용한 자동비행기술 : 안정성이 뛰어난 장점이 있지만, DJI社의 FC(Flight Control) 관련 부품을 이용해야하며 프로그램 버전에 따른 예측으로 자유로운 개발에 제약이 있는 단점이 있음.</li> <li>픽스호크의 자동비행기술 : 이동 부품간의 개발이 자유로운 장점이 있지만, 비행안정성 확보에 있어 GCS 개발자의 수준에 따라 프로그램과 드론 기기와의 통신 및 조정 안정성에 큰 차이가 나타날 수 있는 단점이 있음.</li> </ul>  |
| Fail-Safe 기능 | <ul style="list-style-type: none"> <li>통신장애에 따른 Return to Home 기능으로 자동복귀 설정이 가능함</li> <li>기체 이상상태 및 추락 가능 전조에 따른 낙하산 장치를 이용한 드론 파손 및 2차 피해 방지 기능 가능</li> <li>초음파 센서 장착을 통한 장애물 회피 기능 가능</li> <li>비행금지 장소 진입 불가인 곳의 비행시 자동 진입 방지 기능 가능</li> </ul>  |
| 무선충전 및 연료기술  | <ul style="list-style-type: none"> <li>약 20~35분 사이의 리튬 배터리를 사용하고 있는 일반적인 드론의 경우, 비 탈착식 자동무선 충전기능이 가능(※단점 : 완전 충전소요시간이 약 2시간 소요)</li> <li>기체수소전지 약 2시간 비행 및 액화수소 전지 약 10시간 이상 비행으로 드론의 1회 운영시간이 증가(※단점 : 고압가스관련 드론기체 사용에 대한 법적 규제 및 규정 마련 중이므로 실사용 확산에 다소 시간이 걸림)</li> <li>하이브리드 내연기관과 배터리와의 하이브리드 전력사용 인해 비행시간 약 1시간 30분으로 증가(단점 : 드론기체가 무거워지고, 소음이 발생하며 진동으로 인한 영상장치 및 센서부품들의 내구성 저하)</li> </ul> |
| 방수방진기술       | <ul style="list-style-type: none"> <li>드론 자체 비행에 있어서는 IP44 등급으로 가는 빗줄기에는 단시간 비행 가능한 수준임.</li> <li>카메라 및 임무장비의 경우 별도의 IP 등급에 따라 우천시 비행 및 임무 수행가능 여부가 달라질 수 있음.</li> </ul>  |
| 내풍기술         | <ul style="list-style-type: none"> <li>드론 기체 출력에 따라 내풍 속도가 좌우되며 일반적으로 5kg 미만의 소형 드론은 약 5m/s, 10kg의 경우 약 10m/s, 15kg 내외의 경우 최소 12m/s 이상을 내풍성능을 가짐.</li> <li>프로펠라 타입의 회전익 로터 및 고정익의 무인항공기 기체의 경우 10m/s의 상승풍에는 비행 안정성에 위협할 수 있음.</li> </ul>  |
| 영상전송기술       | <ul style="list-style-type: none"> <li>영상전송기술은 드론의 통신활용 주파수 및 방식에 따라 다양하게 달라질 수 있음.</li> <li>일반적으로 SD급 영상전송은 가능하며 근거리 WiFi 대역과 장거리 LTE 통신 방식에서는 HD급 영상전송이 가능함.</li> </ul>   |

**Table 2.** A case study on the application of drone technology in disaster field

| 기본 임무장비 |             | 임무장비 분야별 주요 기능   |
|---------|-------------|--|
| (공통분야)  | EO/IR 장비    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 광각: 영상의 시야각으로 120 ± 20°의 범위가 일반적임</li> <li>• 해상도: EO 카메라의 경우 4K급 이상 촬영이 가능하지만 4G LTE 통신망을 통한 영상 전송시에는 FHD급, 5G LTE 통신망에서는 4K급 전송이 가능함. IR 열적외선 영상은 320×480 해상도가 일반적이나 640×480 이상의 해상도를 보유하는 것이 좋음</li> <li>• 영상의 분석: Picture in Picture (PIP) 기능을 가진 열화상 이미지에서는 별도 분석이 어려움으로 듀얼 영상으로 별도 표출되어야 열영상의 분석 및 설정변경 등의 프로그램 호환이 더욱 유리함</li> <li>• 줌기능: 디지털줌 또는 광학줌 기능으로 5배 이상 확대 가능한 짐벌 카메라 기능이 있으며 가격에 따라 성능차이가 현격함</li> <li>• 짐벌 및 무게: 흔들림 없는 영상자료 확보를 위해서는 필수적인 기능으로 3축 짐벌 기능을 필수적으로 사용하여야 함. 카메라를 포함한 짐벌의 무게에 따라 드론의 비행시간을 결정함으로 무게가 150g~3kg 짐벌영상장비가 많음으로 이에 대한 고려가 필수적임</li> </ul> |
|         | 소형스피커       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 구조/구급 및 재난안전정보 음성 송출을 위해 필요한 장비로서 드론의 비행 높이, 이격거리에 따라 음향을 인지할 수 있는 능력은 스피커 출력에 의존됨. 일반적으로 50W 스피커의 경우, 야외에서 50m거리에 음성확인이 가능하나 드론기체의 소음으로 인해 절반인 25m 정도에서 음성확인이 가능한 수준임</li> </ul>   |
| (소방분야)  | 광원          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 야간 및 어두운 곳에 빛을 비추어 사물을 확인할 수 있도록 하는 장치로 광원의 전원은 드론기체의 전원을 활용함으로 소비전력에 따라 비행시간이 현격히 줄어들 수 있는 단점이 있음</li> </ul>   |
|         | 유해화학물질 측정장비 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 화학물질 누출 사고 및 오염지역에 대해 소방 및 구조인력을 투입하기 전 유해화학물질인 염소가스, 황산, 포스젠, 암모니아 등 기타 화학가스 탐지기능을 센서모듈로 추가하여 활용이 가능함. 단점으로 유해화학가스의 검침 목록이 많을수록 기계장비의 크기가 커지고 전원사용량이 많아지는 단점이 있음.</li> </ul>   |
|         | 소화장비 투하장비   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 구조튜브, 각종 소방장비 투하 지원, 소화탄 등 소화약제 투하 등의 임무를 수행할 수 있음. 단, 소화장비의 무게에 따라 비행시간이 단축되거나 허용 페이로드에 따라 기체의 크기가 달라질 수 있음.</li> </ul>  |
|         | 소화약제 분사장비   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 물 또는 분발, 포 등의 소화약제를 분사할 수 있는 노즐이 탑재된 장비로 고층 및 접근이 곤란한 곳에 화재진압을 위해 장착가능함. 단 분사압력에 따른 드론기체 비행안정성 확보 및 무게에 따른 비행고도에 극히 제한 적으로 활용할 수 있음</li> </ul>  |
|         | 방사능 측정장비    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 방사능보호팩으로 보호된 기체에 사람접근이 곤란한 지역으로 이동하여 방사능 수치를 확인하는 장비로서 비행시 방사능에 의한 오동작 또는 방사능 오염으로 인한 수거 및 조작에 어려운 점이 있음.</li> </ul>  |
| (경찰분야)  | 탐조등         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 야간, 어두운 곳에 빛을 비추어 사물을 확인하는 장치로 광원장치 보다 조도가 밝은 장치로서 드론기체의 전원을 활용함으로 소비전력에 따라 비행시간이 현격히 줄어들 수 있는 단점이 있음</li> </ul>  |
|         | 재머          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 고의적으로 타깃이 되는 주파수에 방해신호를 보내는 장치로서 주로 적의 교신망이나 레이더를 교란시키거나 학교와 같은 특정 장소에서 휴대전화를 차단하거나 일부 국가(특히 독재국가)에서 외국 방송을 차단하는 데 쓰이며 방해전파라고 함</li> </ul>  |
|         | 넷건          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 안티드론으로서 침입드론을 포획하거나 치안용으로 범인을 검거하거나 도주를 지연시키기 위한 용도로 사용하는 포획 그물 총의 일종임.</li> </ul>  |
| (해경분야)  | 함상착륙장비      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 선박의 드론 착륙 방법은 헬리패드, 착륙그물망, Side Arm Landing System 방법이 있음. 일반적으로 바람과 함상의 움직임으로 인해 보다 정확한 드론 착륙을 위해 그물망 방식을 이용함. 착륙시 회전날개의 파손을 막기 위해 착륙 지점에서 전원 차단을 통한 자유낙하 방법을 사용하는 것이 일반적임.</li> </ul>   |
|         | 초분광 영상장비    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 초분광 영상은 보이지 않는 빛까지 촬영하는 장비로 빛의 모든 파장을 기록하는 것은 아니지만 가시광선(Visible Light) 영역(400~700nm)을 중심으로 근적외선 영역(700~1000nm)을 주로 찍음 용도에 따라 단파장 적외선 영역(1000~2500nm)과 장파장 적외선 영역(8~12μm)을 찍기도 하며 바다의 해수면과 다른 이질적인 물체를 감지하는데 사용됨</li> </ul>  |
|         | 구멍함 투하장비    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 해상구조를 위해 구멍함을 투하하는 장비로 최소 1개에서 최대 10개 까지 투하가 가능한 임무장비임.</li> </ul>  |
|         | 고출력 지향성 스피커 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 85dB이상 최대 140dB의 고출력 지향성 스피커는 해상의 경우 500m에서도 소리감지가 가능함. 무게가 10kg이상으로 다소 무겁고 150~300W의 출력사용으로 전원 사용량이 많음</li> </ul>  |

### 3. 문화재 재난·안전에 적용 가능한 드론기술

문화재 재난 및 안전 분야에 드론은 하드웨어와 소프트웨어, 드론스테이션의 소요스펙은 다음 Table 3과 같다.

**Table 3.** Essential hardware features in cultural heritage disaster · safety

| 구분       |                       | 필수 기능과 임부장비 소요스펙   |             |              |              |              |            |              |              |     |   |  |  |  |  |  |     |   |   |  |  |  |  |     |   |   |   |  |  |  |     |   |   |   |         |  |  |     |   |   |   |   |   |
|----------|-----------------------|--|-------------|--------------|--------------|--------------|------------|--------------|--------------|-----|---|--|--|--|--|--|-----|---|---|--|--|--|--|-----|---|---|---|--|--|--|-----|---|---|---|---------|--|--|-----|---|---|---|---|---|
| 하드웨어     | 드론기체                  | • 비행시간: 30분 이상   |             |              |              |              |            |              |              |     |   |  |  |  |  |  |     |   |   |  |  |  |  |     |   |   |   |  |  |  |     |   |   |   |         |  |  |     |   |   |   |   |   |
|          |                       | • 기체크기: 날개를 펼쳤을 때 2,000mm×2,000mm×600mm 이하   |             |              |              |              |            |              |              |     |   |  |  |  |  |  |     |   |   |  |  |  |  |     |   |   |   |  |  |  |     |   |   |   |         |  |  |     |   |   |   |   |   |
|          |                       | • 전원: 무선 충전식 리튬 폴리머 배터리  |             |              |              |              |            |              |              |     |   |  |  |  |  |  |     |   |   |  |  |  |  |     |   |   |   |  |  |  |     |   |   |   |         |  |  |     |   |   |   |   |   |
|          |                       | • 무게: 중형위험중량 7~20kg 또는 경량위험중량 2~7kg  |             |              |              |              |            |              |              |     |   |  |  |  |  |  |     |   |   |  |  |  |  |     |   |   |   |  |  |  |     |   |   |   |         |  |  |     |   |   |   |   |   |
| 하드웨어     | EO/IR: 실영상/열적외선 영상 장비 | • 내풍: 12m/s 이상   |             |              |              |              |            |              |              |     |   |  |  |  |  |  |     |   |   |  |  |  |  |     |   |   |   |  |  |  |     |   |   |   |         |  |  |     |   |   |   |   |   |
|          |                       | • 해상도: EO 카메라의 경우 FHD급(1920×1080) 이상, IR 열적외선 영상은 640×480 이상 해상도   |             |              |              |              |            |              |              |     |   |  |  |  |  |  |     |   |   |  |  |  |  |     |   |   |   |  |  |  |     |   |   |   |         |  |  |     |   |   |   |   |   |
|          |                       | • 영상의 분석: Picture in Picture (PIP) 방식이 아닌 듀얼 영상  |             |              |              |              |            |              |              |     |   |  |  |  |  |  |     |   |   |  |  |  |  |     |   |   |   |  |  |  |     |   |   |   |         |  |  |     |   |   |   |   |   |
|          |                       | • 줌기능: 5배 이상 광학줌   |             |              |              |              |            |              |              |     |   |  |  |  |  |  |     |   |   |  |  |  |  |     |   |   |   |  |  |  |     |   |   |   |         |  |  |     |   |   |   |   |   |
| 하드웨어     | 고출력 지향성 스피커           | • 스피커: 80dB이상, 2kg 내외  |             |              |              |              |            |              |              |     |   |  |  |  |  |  |     |   |   |  |  |  |  |     |   |   |   |  |  |  |     |   |   |   |         |  |  |     |   |   |   |   |   |
|          | 자동착륙 정확도              | • 정확도: 오차범위 최대 30cm 범위 내외  |             |              |              |              |            |              |              |     |   |  |  |  |  |  |     |   |   |  |  |  |  |     |   |   |   |  |  |  |     |   |   |   |         |  |  |     |   |   |   |   |   |
| 소프트웨어    | 무인 자동원격 비행기능          | • 비행시간 및 비행경로 자동 스케줄링 자동   |             |              |              |              |            |              |              |     |   |  |  |  |  |  |     |   |   |  |  |  |  |     |   |   |   |  |  |  |     |   |   |   |         |  |  |     |   |   |   |   |   |
|          |                       | • 기상자동 정보 분석후 강풍, 강수예보, 눈예보시 비행 정지 및 자동 복귀   |             |              |              |              |            |              |              |     |   |  |  |  |  |  |     |   |   |  |  |  |  |     |   |   |   |  |  |  |     |   |   |   |         |  |  |     |   |   |   |   |   |
|          |                       | • 영상 실시간 전송 및 스마트폰을 포함한 10채널 이상 동시 보기 기능   |             |              |              |              |            |              |              |     |   |  |  |  |  |  |     |   |   |  |  |  |  |     |   |   |   |  |  |  |     |   |   |   |         |  |  |     |   |   |   |   |   |
|          |                       | • 영상 자동저장기능  |             |              |              |              |            |              |              |     |   |  |  |  |  |  |     |   |   |  |  |  |  |     |   |   |   |  |  |  |     |   |   |   |         |  |  |     |   |   |   |   |   |
|          |                       | • 비행경로 위험지역 자동 회피기능  |             |              |              |              |            |              |              |     |   |  |  |  |  |  |     |   |   |  |  |  |  |     |   |   |   |  |  |  |     |   |   |   |         |  |  |     |   |   |   |   |   |
|          |                       | • 고해상도 저장영상 자동송출 기능  |             |              |              |              |            |              |              |     |   |  |  |  |  |  |     |   |   |  |  |  |  |     |   |   |   |  |  |  |     |   |   |   |         |  |  |     |   |   |   |   |   |
| 소프트웨어    | 자동 재해 탐지기능            | • 화재 및 산불 등 이상 온도 자동 탐지기능 및 이벤트 전송기능<br>• 특정 구역 무단침입 사람 및 동물 인식 기능 및 이벤트 전송기능  |             |              |              |              |            |              |              |     |   |  |  |  |  |  |     |   |   |  |  |  |  |     |   |   |   |  |  |  |     |   |   |   |         |  |  |     |   |   |   |   |   |
|          | 드론스테이션                | • 기능별 단계 : 5단계 드론스테이션 기능 적용 <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>기능<br/>단계</th> <th>365일<br/>이착륙장</th> <th>자동격납</th> <th>이륙장<br/>자동개폐</th> <th>전원<br/>자동충전</th> <th>24시간<br/>무인관리</th> <th>자동제어<br/>통신기능</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1단계</td> <td>○</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2단계</td> <td>○</td> <td>○</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3단계</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4단계</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td colspan="2">2개 중 1개</td> <td></td> </tr> <tr> <td>5단계</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> </tr> </tbody> </table> | 기능<br>단계    | 365일<br>이착륙장 | 자동격납         | 이륙장<br>자동개폐  | 전원<br>자동충전 | 24시간<br>무인관리 | 자동제어<br>통신기능 | 1단계 | ○ |  |  |  |  |  | 2단계 | ○ | ○ |  |  |  |  | 3단계 | ○ | ○ | ○ |  |  |  | 4단계 | ○ | ○ | ○ | 2개 중 1개 |  |  | 5단계 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 기능<br>단계 | 365일<br>이착륙장          | 자동격납   | 이륙장<br>자동개폐 | 전원<br>자동충전   | 24시간<br>무인관리 | 자동제어<br>통신기능 |            |              |              |     |   |  |  |  |  |  |     |   |   |  |  |  |  |     |   |   |   |  |  |  |     |   |   |   |         |  |  |     |   |   |   |   |   |
| 1단계      | ○                     |  |             |              |              |              |            |              |              |     |   |  |  |  |  |  |     |   |   |  |  |  |  |     |   |   |   |  |  |  |     |   |   |   |         |  |  |     |   |   |   |   |   |
| 2단계      | ○                     | ○  |             |              |              |              |            |              |              |     |   |  |  |  |  |  |     |   |   |  |  |  |  |     |   |   |   |  |  |  |     |   |   |   |         |  |  |     |   |   |   |   |   |
| 3단계      | ○                     | ○  | ○           |              |              |              |            |              |              |     |   |  |  |  |  |  |     |   |   |  |  |  |  |     |   |   |   |  |  |  |     |   |   |   |         |  |  |     |   |   |   |   |   |
| 4단계      | ○                     | ○  | ○           | 2개 중 1개      |              |              |            |              |              |     |   |  |  |  |  |  |     |   |   |  |  |  |  |     |   |   |   |  |  |  |     |   |   |   |         |  |  |     |   |   |   |   |   |
| 5단계      | ○                     | ○  | ○           | ○            | ○            | ○            |            |              |              |     |   |  |  |  |  |  |     |   |   |  |  |  |  |     |   |   |   |  |  |  |     |   |   |   |         |  |  |     |   |   |   |   |   |

특히 드론기체의 비행시간 30분이상은 현재 리튬폴리머 배터리 전원의 최적 비행시간 적용한 시간이며, 기체크기는 비행안정성, 풍속 저항에 견디는 마력, 회전수를 확보하기 위한 적정크기이다. 전원은 무선 충전식 리튬 폴리머 배터리가 소요스펙이다. 이는 엔진을 이용한 드론은 기체가 50kg 내외로 무겁고 소음이 심하며 수소드론은 아직 상용화 전단계이기 때문이다. 무게가 중형위험중량 7~20kg, 경량위험중량 2~7kg인 근거는, 현재 24kg의 기체는 기체성능인증을 받아야 가능하기 때문이다. 내풍기준은, 강풍 8m/s에서 복귀착륙 가능하도록 하여야한다.

해상도는 재난현장에서 사람 및 사물인식을 위한 고해상도 영상품질 확보해야하며, 광학줌을 통한 장거리 피사체확인 가능하도록 5배 이상 광학줌이 소요스펙이다. 임부장비의 안전성 및 경량화로 비행시간 확보를 위하여 짐벌 및 무게는 3축짐벌, 1KG 이하로 정하였다.

무인 자동원격 비행기능과 자동 재해 탐지기능이다. 무인 자동원격 비행기능은 비행시간과 비행경로를 자동으로 스케줄링 하는 기능이다. 이는 문화재 재난 안전을 위한 인력을 최소화하여 운영비용이 절감되며, 조종사 인적오류로 인한 사고위험성도 줄일 수 있다. 결국 이것은 비상시는 물론 평상시 재해탐지 기능도 가능하게 된다.

고해상도 영상을 실시간으로 전송하여 자동저장기능을 탑재하여 스마트폰을 포함한 10채널 이상 동시보기 기능을 갖추어야 한다. 이는 드론이 수 백 미터 상공의 공중에서 문화재의 인식은 물론 재난 및 안전한 상태를 파악하기 위해서는, 줌기능과 고해상도 기능이 필요하다.

자동 재해탐지기능은 문화재현장의 화재 및 산불 등 이상온도를 자동으로 탐지하는 기능으로써 각종 이벤트를 전송 가능한 기능이다. 아울러 문화재 도난방지를 위한 특정 구역의 무단침입을 막기 위해 사람 및 동물 인식기능이 반드시 필요하다.

#### 4. 문화재 재난·안전 분야 드론기술의 운용기준 제안

드론기술의 운용기준은, 크게 3가지 즉 기본규격, 운용관리, 분야별 운영매뉴얼에 관하여 조사분석하였다. 현재 소방청, 경찰청, 산림청, 해양경찰청을 대상으로 조사한 후 문화재청의 기준내용을 제안하였다.

먼저 드론의 기본규격 즉, 형태, 최대이륙중량, 최대풍속저항, 최대비행시간, 최대비행속도, 제어/임무용 통신거리, 기체작동온도, 방수기능, 자동충전기능 등에 관한 내용의 기준이다. 소방청과 산림청은 상세한 기준이 설정되어 있으며, 경찰청과 해양경찰청은 개략적 설명으로 제시되어 있다.

Table 4. Current status of government agencies' laws on disaster safety using drones

| 기준 \ 부처      | 문화재청(제안) | 소방청                       | 경찰청 | 산림청                     | 해양경찰청 |
|--------------|----------|---------------------------|-----|-------------------------|-------|
| 기본규격         | ○        | ○                         | △   | ○                       | △     |
| 운용관리         | ○        | ○                         | ○   | ○                       | ○     |
| 운영인력기준       | ○        | ○                         | ○   | ○                       | ○     |
| 점검           | ○        | ○                         | ○   | ○                       | ○     |
| 비행안전수칙       | ○        | ○                         | ○   | ○                       | ○     |
| 비행기록관리       | ○        | ○                         | ○   | ×                       | ×     |
| 운용자 교육       | ○        | ○                         | ○   | ○                       | ○     |
| 사고발생시 비상연락체계 | ○        | ○                         | ○   | ○                       | ○     |
| 사고피해 대응대책    | ○        | ○                         | ○   | ○                       | ○     |
| 사고보험가입       | ○        | ○                         | ×   | ○                       | ○     |
| 기관명칭 식별표시    | ○        | ○                         | ○   | ×                       | ×     |
| 영상관리, 보관     | ○        | △<br>(분석○<br>보관, 저장×)     | ○   | ○                       | ×     |
| 분야별 운영매뉴얼    | ○        | △<br>(화재, 구조○<br>화학, 기타×) | ○   | △<br>(병해충○<br>산불, 산사태×) | ○     |

○: 기준이 상세하게 설정됨.

△: 기준이 개략적 설명으로 제시됨.

운용관리 내용은 운영인력기준, 점검, 비행안전수칙, 비행기록관리, 운용자 교육, 사고발생시 비상연락체계, 사고피해 대응대책, 사고보험가입, 기관명칭 식별표시, 영상관리, 보관 등의 일련의 내용이 “운용관리” 혹은 “드론운영 가이드 라인”이라는 명칭으로 되어있다.

운영인력기준은 전담부서, 운용인력, 조종자 및 보조조종자의 자격, 및 임무, 통제관의 임무에 관한 내용이다. 점검은 정기점검 및 유지관리, 고장 등의 발생보고에 관한 내용이며, 비행안전수칙은 현장활동, 지원출동, 비행승인 신청, 비행제한 등에 관한 내용이다.

이 중 비행기록관리는 소방청과 경찰청이 관련 기준을 제시하고 있었으며, 사고보험가입은 경찰청을 제외한 나머지 부처에서 관련 기준을 제시하고 있었다. 기관명칭 식별표시는 소유기관별 식별표시를 말하며, 소방청과 경찰청이 가능하도록 되어있었다. 영상관리, 보관에 있어서는, 분석, 보관, 저장으로 분류할 때, 소방청은 분석은 가능하지만, 보관 및 저장이 불가능하다. 해양경찰청은 현재, 이 기준이 설정되지 않았다.

분야별 운영매뉴얼은 각 분야별 즉, 소방청에서는, 화재와 구조 분야는 존재하지만, 화학 및 기타분야는 아직 없었다. 산림청에서는, 병해충 분야는 존재하며, 산불 및 산사태분야에는 아직 없었다.

따라서 문화재 재난·안전 분야 드론기술의 운용기준 제안은 Table 4와 같다.

## 5. 결론

본 연구에서는, 문화재의 지속가능한 보존과 안전한 문화재를 위하여 드론을 활용하기 위하여 국내 재난 안전 현장에서 사용되고 있는 드론의 핵심기술과 그 적용사례를 조사 분석하였다. 이를 바탕으로 다음과 같이 문화재 재난·안전분야에 드론기술을 적용을 위한 세부기술을 결론으로 제시하였다.

첫째, 자동격납기능, 이륙장 자동개폐기능, 전원자동충전기능, 24시간 무인관리기근, 자동제어 통신기능 등 문화재 재난·안전 드론 스테이션 기술적용에 필요한 기술을 5단계로 구분하여 정의하였다.

둘째, 드론의 주요 기능과 성능을 구비하기 위해 ① 드론기체, ② 임무장비, ③ 드론운영 및 제어, ④ 통신 분야별 세부기준을 제시하였다.

셋째, 국내 재난·안전 현장의 드론기술을 활용하고 있는 소방, 경찰, 해양경찰, 산림 분야 정부부처에 대해 드론운영기준 및 안전기술 세부사항들을 조사, 분석을 통해 문화재청 드론 활용을 위한 드론기술에 대한 세부운영기준 및 기술내용을 제시하였다.

본 연구내용을 통해 드론기술을 바탕으로 문화재 보호를 위해 활용하고자 하는 드론에 대해 사고위험성을 최소화하기 위한 기준을 제시하였다. 하지만 향후에는 문화재 재난·안전분야에서 보다 특화된 드론기술 활용을 위한 전략과 기술개발사업이 필요할 것으로 판단된다.

## 감사의 글

이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단(NRF-2019R1A2C1004548) 및 2019학년도 경북대학교 국립대학육성사업 지원비에 의해 수행된 연구임.

## References

- Korea Forest Service (2020). “Registration status of forest Unmanned Aerial Vehicles”.
- Minister of Land, Infrastructure and Transport (2020). “Act on the Promotion and Foundation of Drone Utilization”.
- Minister of Land, Infrastructure and Transport (2020). “Enforcement Decree of the Act on the Promotion and Foundation of Drone Utilization”.
- Minister of Land, Infrastructure and Transport (2020). “Enforcement Rules of the Act on the Promotion and Foundation of Drone Utilization”.
- Ministry of Oceans and Fisheries (2020). “Guidelines for Operation of Unmanned Aerial Vehicles by Ministry of Maritime Affairs and Fisheries”, National Law Information Center.
- National Police Agency (2019). “Rules of Operation for Police Unmanned Aerial Vehicles”, National Law Information Center.