

산불 대응을 위한 드론-헬기 통합 운용의 제도적 한계와 개선 방안

정연우*, 손민서*, 김승한**, 진주완*

*건양대학교 재난안전소방학과, **건양대학교 방재보안학과
e-mail:23683026@konyang.ac.kr

Institutional Limitations and Improvement Measures for the Integrated Operation of Drones and Helicopters in Wildfire Response

Yeon-Woo Jeong*, Min-Seo Sohn*, Seung-Han Kim**, Juan Jin*

*Dept of Disaster Safety & Fire fighting, **Dept of Disaster Prevention and Security, Konyang University

요 약

산불은 피해규모가 크고 빠르게 확산되는 특성을 가지고 있다. 특히, 최근 심각한 기후변화로 인해 건조한 날씨가 지속되면서 산불 발생의 위험성이 점점 커지고 있다. 이에 따라 산불을 효과적으로 진압하기 위한 기술과 전략이 지속적으로 발전하고 있다. 초경량비행장치(드론)은 산불 진화에 큰 도움을 줄 수 있는 장점을 많이 갖고 있는데도 불구하고 현재의 법적 규제는 공중 충돌 방지 및 안전 확보에만 집중되어 있고, 공동의 임무를 효과적으로 수행하기 위한 통합 운용 체계는 법적으로 마련되어 있지 않다. 이에 따라 본 연구에서는 드론과 헬기의 통합 운용을 위한 제도적 개선 방안을 제시한다. 본 제도가 실현될 경우 산불 대응의 골든타임 확보, 자원 운용의 효율화, 항공안전성과 현장 안전의 동시 확보, 나아가 데이터 기반 재난 대응 역량 강화 등의 효과를 기대한다.

1. 서론

산불은 자연재해 중에서도 발생 빈도가 높고 피해 규모가 크며 빠르게 확산될 수 있는 특성을 가지고 있다. 특히, 기후변화로 인해 건조한 날씨가 지속되면서 산불 발생의 위험성이 점점 커지고 있으며, 이에 따라 산불을 효과적으로 진압하기 위한 기술과 전략이 지속적으로 발전하고 있다.

최근에는 초경량비행장치(드론)의 도입이 활발히 이루어지고 있다. 드론은 실시간 감시, 정찰, 확산 경로 예측 등에서 산불 대응 효율성 제고에 기여하고 있다. 그러나 현재 산불 대응 현장에서 헬기와 드론을 효과적으로 함께 운영하는 데에는 여러 가지 제도적인 한계가 존재한다.

첫째, 헬기와 드론의 비행 운영이 별도로 관리되면서 협업 체계가 부족하다. 둘째, 항공 안전을 고려한 운영 기준이 미비하여 드론과 헬기의 공역 분리가 어려운 상황이 발생할 수 있다. 셋째, 드론을 산불 진압에 활용하기 위한 제도적인 기반이 아직 미흡하여 실천 적용이 제한적이다. 이로 인해 재난 대응 현장에서 두 기체의 상호 운용성이 확보되지 못하고, 현장 대응의 시간적 효율성과 정확성 확보에 제약이 따르고 있다.

이러한 제도적 문제로 드론과 헬기의 효과적인 협업이 어려워지고 있다. 현재의 법적 규제는 공중 충돌 방지 및 안전 확보를

목적으로 하지만, 재난 대응이라는 특수성과 긴급성을 충분히 고려하지 못한 채 획일적인 운용 제한을 적용하고 있어 오히려 신속한 산불 대응을 저해하고 있다.

이에 본 논문은 산불 대응에서 드론과 유인 헬기의 통합 운용을 저해하는 국내 법령 및 운영 체계의 한계를 분석하고, 제도적 개선 방향을 제시한다.

2. 산불 대응을 위한 드론-헬기 제도 분석

2.1 드론과 헬기의 산불 대응 임무 분석

헬기와 드론은 산불 대응 현장에서 각각 특화된 기능을 수행하며, 운용 방식은 임무의 성격과 환경 조건에 따라 상이하다. 효과적인 병행 운용은 인명 피해와 산림 손실을 최소화하는 데 중요한 요소로 작용한다.

표1과 같이, 드론은 실시간 영상 수집과 정밀 감시에 적합한 반면, 비행 시간 및 적재 능력에 제약이 있으며 법적 제약도 상존한다. 반면 헬기는 고온과 연기 속에서도 운항이 가능하고, 대규모 소화 작업에 적합하지만, 고비용과 인명 위험, 그리고 출동 시간의 한계가 존재한다. 따라서 두 기체는 임무 성격에 따라 상호 보완적으로 운용될 필요가 있으며, 이를 위한 제도적·기술적 조건 마련이 요구된다.

[표1] 산불 대응 시 드론과 헬기의 임무역할

구분	드론	헬기
임무 적합성	▶ 실시간 영상 데이터 수집 가능 ▶ 인명 위험 없음 ▶ 저비용, 신속한 출동 ▶ 정밀한 지역 모니터링	▶ 대용량 소화수 운반 ▶ 광범위 지역 신속 접근 가능 ▶ 고온, 연기 속 운항에 대한 내구성
운용 한계	▶ 비행시간, 적재 능력 제한 ▶ 통신 장애, GPS 의존도 높음 ▶ 법적 제약 존재	▶ 고비용(운영, 정비) ▶ 인명 위험 존재 ▶ 야간, 악천 후 운항 제한 ▶ 출동 준비 시간 상대적으로 김

2.2 국내 항공 관련 법령 분석

국내에서 드론과 헬기의 통합 운용이 어려운 주요 원인은 현행 항공법이 별도 관리 체계를 유지하고 있기 때문이다. 특히, 통합 관제 시스템의 부재, 관계 기관 간 명확하지 않은 권한 분장, 통신 및 운항에 대한 일관된 기준 미비 등이 법적·제도적 제약 요인으로 작용하고 있다[1].

[표2] 항공안전법상 드론 운용 관련 주요 조항

법령	항공안전법 조항 내용
129조	무인항공기(드론 포함)의 조종자는 안전한 비행을 위해 국토교통부령으로 정하는 사항을 준수하여야 한다.
130조	드론을 관제권, 관제구, 비행금지구역, 비행제한구역 등에서 비행하려는 경우 국토교통부 장관의 승인을 받아야 한다.
132조	국토교통부 장관은 항공기의 안전한 운항을 위하여 필요하다고 인정하는 경우에는 초경량비행장치의 비행을 금지하거나 제한할 수 있다.
161조	고도 150m 이상으로 비행하거나 비행승인을 받지 않고 비행한 사람에게는 300만 원 이하의 과태료가 부과된다.

표2를 보면, 현행 항공안전법은 드론의 운용을 엄격하게 규제하고 있으며, 특히 공역 통제와 고도 제한, 사전 승인 의무 조항은 긴급 재난 대응에서의 즉각적인 드론 활용을 사실상 어렵게 만든다. 또한 제132조와 같은 조항은 국토교통부의 판단에 따라 임의적 제한이 가능하도록 하고 있어, 재난 상황에서 유연한 운용이 어렵다는 한계가 있다.

또한, 드론이 구조 또는 화재 진압 과정에서 사고를 일으켰을 경우, 책임 소재에 대한 법적 규정이 명확하지 않아 관련 기관 간 책임 공방이 발생할 가능성이 존재한다. 인명 피해 또는 재산 손실이 발생한 경우에도 드론 운용에 대한 보험 적용 및 보상 기준이 체계적으로 마련되어 있지 않아, 피해 구제 절차에 혼선을 초래할 수 있다.

결론적으로, 현행 항공 관련 법령은 드론과 헬기의 통합 운용을 전제로 설계되지 않았으며, 드론 운용에 대한 일반적 규제 중

심의 체계로 인해 산불 대응 현장에서의 즉시성과 효율성을 저해하고 있는 것으로 판단된다.

2.3 해외 통합 운용 제도 사례 분석

해외에서는 표3과 같이 드론과 유인 헬기의 통합 운용을 위한 기술적 시스템 구축과 제도적 정비가 병행되고 있다. 일본은 위성 통신 기반의 D-NET 시스템을 통해 헬기와 드론 간의 실시간 위치 및 비행 정보 공유가 가능하도록 하였으며, 2020년 실증 실험에서는 헬기가 드론 운영자에게 비행 경로 변경을 요청하는 기능이 실제로 검증되었다[2].

[표3] 해외 제도 사례

국가	주요 시스템/정책	개요 및 목적	핵심 내용 및 특징	시행 시기
일본	D-NET 시스템	재난 대응 시 드론과 헬기 간 원활한 정보	위성 통신 기반 실시간 위치 및 비행 정보 공유, 헬기→드론 운영자 비행 경로 변경 요청 기능 검증	2020년 10월
독일	CORUS-XUAM 프로젝트	드론과 헬기의 공역 통합 운용 및 충돌 방지 시스템 개발	자동 공역 관리, 비행 경로, 충돌 방지 시스템과의 통합 목표	2020년 대 중반
폴란드	항공법 개정	일정 요건 충족 시 분리되지 않은 공역에서의 드론 비행 허용	요건 : 드론 장비/조종자 자격 요건/운영 절차	2019년 1월

독일은 EU의 지원을 받아 CORUS-XUAM 프로젝트를 추진하고 있으며, 이는 도심 내에서 드론과 유인 항공기가 동일 공역을 안전하게 운용할 수 있도록 자동 공역 관리와 충돌 방지 시스템을 통합하는 데 목적을 두고 있다[3].

폴란드는 2019년 항공법 개정을 통해 일정 조건 충족 시 비가시권(BVLOS)에서도 드론의 비행을 허용하는 제도적 기반을 마련하였다. 이 요건에는 조종자 자격, 안전장비 탑재, 운용 절차 기준 등이 포함되어 있으며, 이는 향후 공역 통합(U-space)을 위한 제도적 이행 조치로 해석할 수 있다[4].

상기 세 국가의 사례를 종합적으로 분석하면, 기술적 시스템 개발과 법령 및 제도 정비를 병행함으로써 통합 운용을 제도적으로 뒷받침하고 있음을 확인할 수 있다. 특히 폴란드는 공역 통합을 염두에 두고 제도적 조건을 명확히 설정하였으며, 이는 기술적 실증을 넘어 제도적 실현 가능성을 확보하려는 의도가 반영된 것으로 평가된다.

반면, 우리나라는 여전히 임시 공역 설정과 분리 운용 중심의

제한적 운용 체계에 머물고 있으며, 긴급 재난 대응 상황에서의 유연한 통합 운용을 실현하기 위해서는 기술 개발뿐만 아니라 관련 법령과 운영체계에 대한 종합적 정비도 병행되어야 한다.

3. 드론-헬기 통합 운용의 제약 요인 분석

3.1 현행 항공안전법의 한계와 드론 운용의 제약

최근 드론 기술은 고성능 열화상 센서, 실시간 영상 전송, AI 기반 자동 비행 경로 설정 등 첨단 기능을 포함하며, 산불 대응 현장에서 유인 헬기와의 협업 가능성을 현저히 향상시키고 있다. 그럼에도 불구하고, 현행 항공안전법 및 항공사업법은 드론을 기존 항공기와 별개의 위험 요소로 간주하고 있으며, 통제 중심의 규제 체계를 유지하고 있다. 이러한 제도는 드론의 자율성과 즉시 대응 역량을 제한하며, 통합 운용 체계와의 정합성이 결여되어 있다.

특히 재난 상황과 같은 긴급한 조건에서도 드론 운용에 대한 별도의 면제 조항이나 자동 승인 절차가 부재하여, 산불 발생 시 드론의 신속한 투입이 법적 절차로 인해 지연되는 사례가 빈번하게 발생하고 있다. 예를 들어 주간·야간 비행, 인구 밀집 지역 상공 비행, 비가시권(BVLOS) 비행 등은 「무인비행장치의 비행안전에 관한 기준(국토교통부 고시)」에 따라 제한되며, 고도 150m 이상 비행 시 별도의 승인 절차가 요구된다. 이와 같은 규제는 산불 대응의 골든타임 확보를 저해하는 주요 제약으로 작용하고 있다.

3.2 산림청과 국토교통부 간 이원적 관할의 비효율성

현재 산불 대응에 활용되는 드론 운용은 산림청, 국토교통부, 소방청 등 복수의 기관이 관할하고 있으나, 기관 간 법적 권한과 책임의 구분이 명확하지 않아 통합 운용 체계 구축에 구조적 비효율성이 나타나고 있다. 특히 산림청은 드론을 산불 정찰 및 감시에 활용하고 있지만, 공역 설정과 안전 관리는 국토교통부의 권한으로 분리되어 있어, 실질적인 운용 과정에서는 중복된 절차와 기관 간 협의 지연이 발생하고 있다.

예를 들어 드론을 산불 현장에 투입하기 위해서는 산림청의 작전 지시와 별개로, 국토부의 비행 승인 및 공역 관리 협의가 동시에 요구된다. 이와 같은 행정적 이중 절차는 산불 발생 초기의 골든타임 확보가 어렵고, 현장 대응력 저하로 이어지고 있다.

3.3 드론-헬기 간 공역 분리 중심의 충돌 회피 방식

현행 제도는 드론과 헬기 간의 통합 운용보다는 충돌 방지에 중점을 두고 있으며, 공역 분리 방식으로 운영되고 있다. 예를 들어 산불 현장에서는 드론이 고고도에서 정찰만 수행하고, 헬기는 저고도에서 소화 작업을 수행하는 구조로 구분된다. 이러한 방식

은 물리적 충돌을 방지하는 데에는 효과적이거나, 임무 간의 연계성과 현장 대응의 효율성 측면에서는 한계가 뚜렷하다.

특히 항공안전법 제132조는 국토교통부 장관이 필요 시 초경량비행장치의 비행을 제한하거나 금지할 수 있도록 규정하고 있어, 긴급 상황에서도 드론 운용의 자율성이 확보되지 않는 문제가 있다. 또한, 드론과 헬기 간 실시간 비행 정보 공유 체계가 제도적으로 마련되어 있지 않아, 동시에 운용될 경우 통신 부재로 인한 지휘 혼선이나 충돌 위험이 상존한다. 이는 회피 중심의 기존 체계가 협업 중심의 운용 구조로 전환되지 못하고 있으며, 재난 대응의 효율성을 저해하는 구조적 한계로 작용하고 있다.

3.4 실시간 대응 체계의 결여

산불은 급속한 확산성과 다변적인 상황 전개가 특징이며, 실시간 정보 수집과 즉각적 대응 체계 구축이 필수적이다. 그러나 드론의 운용은 여전히 '사전 승인-제한된 구역-정찰 목적'에 국한되어 있으며, 실시간 비행 정보와 영상 데이터를 지휘본부 또는 유인 항공기 운영자와 연동할 수 있는 통합 관제 체계는 마련되어 있지 않다.

국토교통부는 UTM(Unmanned Traffic Management) 시스템의 구축을 추진하고 있으나, 소방청이나 산림청과의 연계는 제도적으로 정립되지 않았으며, 실질적인 현장 적용 사례도 부재한 실정이다. 이로 인해 드론이 감지한 화재 확산 경로, 열화상 영상, 고립자 위치 등의 핵심 정보가 지휘 체계 내에서 실시간으로 공유되지 못하고 있으며, 이는 현장 판단 지연과 초기 대응 실패로 이어질 수 있다.

결과적으로, 드론의 역할을 정찰에 국한하고 있는 현재의 제도는 기술적 가능성에 비해 운용 방식이 과도하게 제한되어 있으며, 재난 대응 역량을 제약하는 구조적 한계로 평가된다.

4. 제도 개선 방향 제안

4.1 조건부 통합 운용 제도 도입

현행 항공안전법은 드론의 공역 진입, 사전 승인, 고도 제한 등에서 엄격한 규제를 적용하고 있어, 긴급한 재난 현장에서도 드론의 즉각적인 투입이 어려운 실정이다. 이는 산불과 같은 대규모 재난 상황에서 골든타임 확보를 저해하는 주요 요인으로 작용한다.

따라서 일정 조건을 충족할 경우, 분리된 공역 외에서도 드론의 운항을 예외적으로 허용할 수 있도록 항공 관련 법령의 개정이 필요하다. 이러한 조건에는 드론 조종자의 공인 자격 보유, 충돌 방지 센서 및 비상 회피 기능 등 안전장비 탑재 요건이 포함되어야 한다. 폴란드의 항공법 개정 사례에서처럼, 기술적 안전성과 운영 효율성 간의 균형을 확보하는 방향으로 설계되어야 하며, 이를 통해 드론의 전략적 활용도를 높일 수 있다.

4.2 실시간 관제 연동 시스템 도입

드론과 유인 항공기의 통합 운용을 위해서는 실시간 위치 정보와 임무 현황, 통신 데이터를 공유할 수 있는 통합 관제 시스템의 구축이 필수적이다. 국토교통부가 추진 중인 UTM(Unmanned Traffic Management) 시스템은 이러한 관제 연계의 핵심 기술로 주목받고 있으나, 현재까지 소방청, 산림청 등과의 연동 체계는 제도적으로 정립되어 있지 않으며, 실질적인 현장 적용 사례도 부재한 상황이다.

이에 따라 각 기관의 운용 체계를 연계할 수 있는 임무 중심의 통합 플랫폼 구축이 필요하며, 이를 통해 항공기 간 충돌 위험을 최소화하고, 인력 및 장비의 중복 배치를 방지하는 등 자원 운용의 효율성도 동시에 제고할 수 있다.

4.3 통합 운용 지침 및 법제화

현행 제도에서는 드론과 헬기의 통합 운용을 위한 법적 기준과 작전 지침이 부재한 상태이며, 이에 따라 현장 운용 시 혼선이 발생할 가능성이 높다. 산림청, 소방청, 국토교통부 등 관계기관이 공동으로 참여하여, 표준화된 운용 지침을 제정하고 이를 법제화하는 작업이 시급하다.

해당 지침에는 통합 지휘 체계 확립, 기관 간 책임 분담 기준, 통신 및 영상 공유 방식, 임무 우선순위 설정 등 현장 적용 가능한 실무 내용이 포함되어야 하며, 시범 운용 및 교육훈련 시스템을 병행적으로 구축함으로써 현실 적용 가능성을 높여야 한다.

5. 기대 효과

본 연구에서 제시한 제도 개선안이 실현될 경우, 다음과 같은 효과를 기대할 수 있다.

첫째, 재난 대응의 골든타임 확보이다. 드론의 선제 투입과 실시간 정보 수집은 산불 초기 확산을 억제할 수 있는 골든타임 확보에 기여한다. 기존에는 헬기의 도착 전 제한된 정보에 의존해 진화 전략을 수립했으나, 통합 운용 체계가 마련될 경우 정확한 현장 정보 기반의 조기 대응이 가능해진다.

둘째, 자원 운용의 효율성 제고이다. 드론과 헬기가 임무를 분담해 동시 운용될 경우, 정찰-감시-진화 각 단계에 최적화된 장비가 투입됨으로써 자원의 중복 활용을 방지할 수 있다. 이는 헬기의 불필요한 저고도 비행을 줄이고, 드론의 정밀 감시 기능을 통해 소방 인력의 전략적 배치 또한 가능하게 만든다.

셋째, 항공안전성과 현장 안전의 동시 확보이다. 구역 분리, 실시간 관제 연동, 통신 표준화 등 제도적 기반이 마련되면, 드론과 헬기의 동시 운용 상황에서도 항공기 간 충돌 위험은 최소화되며, 지상 대응 인력의 안전성 또한 비약적으로 향상될 수 있다. 이는 기존의 '회피 중심' 안전관리 체계를 '협업 중심'의 통합 관리 체

계로 전환하는 패러다임 변화를 의미한다.

6. 결론

본 연구는 산불과 같은 대형 재난 현장에서 드론과 유인 헬기의 통합 운용이 효과적인 대응 수단이 될 수 있음에도 불구하고, 현행 법·제도 구조가 이를 실질적으로 뒷받침하지 못하고 있다는 문제의식에서 출발하였다. 특히 항공안전법 등 관련 법령은 재난의 긴급성과 다중 임무 수행이라는 특수성을 충분히 고려하지 못한 채, 통제 중심의 일률적인 규제를 적용하고 있으며, 충돌 방지에만 초점을 맞춘 소극적인 운용 체계에 머물고 있는 실정이다.

이에 따라 본 연구에서는 드론과 헬기의 효과적인 병행 운용을 위한 제도 개선 방안으로 조건부 운용 허용, 실시간 관제 연동 체계 도입, 통합 운용 지침의 법제화를 제시하였다. 이러한 개선이 실현될 경우, 산불 대응의 골든타임 확보, 자원 운용의 효율화, 항공기 간 충돌 최소화, 현장 대응력 제고 등 다양한 효과를 기대할 수 있다.

제안된 개선이 실효성을 갖기 위해서는, 법령 정비뿐만 아니라 관계기관 간 협업 체계 구축, 시범 구역 운영을 통한 실증 검증, 전문 인력 양성, 기술 연계성 확보 등 다양한 실행 전략이 함께 추진되어야 한다. 상기와 같은 실행 기반이 확보된다면, 드론과 유인 헬기의 통합 운용 체계는 산불을 포함한 다양한 재난 대응에서 실질적인 운용 효과를 발휘할 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] 항공안전법 및 관련 시행령
- [2] Japan Aerospace Exploration Agency(JAXA),2020, Flight Demonstration of Helicopter-to-Drone Communication via D-NET. Retrieved from <https://global.jaxa.jp/activity/pr/jaxas/no082/07.html>
- [3] SESAR Joint Undertaking ,2021, CORUS-XUAM: Concept of Operations for European U-space Services. Retrieved from <https://www.sesarju.eu/projects/CORUSXUAM>
- [4] European Commission. (2019). Commission Implementing Regulation (EU) 2019/947 on the rules and procedures for the operation of unmanned aircraft. Official Journal of the European Union. Retrieved from https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_impl/2019/947/oj