

# 산불진화 헬기의 비행안전성 향상 방법

## Flight Safety Enhancement of Fire Fighting Helicopters

유 혁, 김영일, 유창선\* (한국항공우주연구원)

### 1. 서론

국내 지형은 70%이상이 산악지형으로 구성되어 있으며, 봄철에는 건조하고 바람이 강할 날이 많아 산불이 많이 발생한다. 특히 1970년대 초부터 시작된 녹화사업과 난방 연료의 변화로 나무의 소비가 감소함에 따라 산에는 나무가 촘촘해지고 낙엽이 30cm 이상 쌓여 산불 연료가 증만된 상태가 계속되고 있으며, 이에 따라 산불의 위험성이 증가하고 있다.

지난 2005년 4월 양양에서 발생한 산불은 초속 25m/s 이상의 강풍에 의해 크게 확산되며 3일 이상 지속되었고, 임야 400 ha, 건물 246채가 소실되었으며, 낙산사와 보물 2점과 유형문화재 4점이 전소되는 큰 피해를 가져왔다.

산불 피해를 최소화하기 위해서는 산불을 조기에 발견하고, 규모가 커지기 전에 초동 진화하는 것이 중요하다. 그러나 국내 지형 여건 상 산불의 조기 발견이 쉽지 않으며, 산불이 발견되어도 지상진화대나 소방차가 산불지역에 접근하기 어려운 경우가 많아 조기 진화에 어려움이 많이 있어 왔다. 국내와 같은 지형 여건에서 산불 진화의 제일 효과적인 수단은 헬기를 이용하는 것이며, 산림청에서도 산불진화를 위해 39대의 헬기를 운용하고 있다.

헬기의 산불진화 임무는 제일 힘든 임무 중의 하나로 알려져 있다. 이는 산불 진화를 위해서는 산불에 의한 연기 속을 저고도로 비행하여야 하며, 다수 헬기가 공동 작업을 수행하므로 공중 충돌 가능성이 높기 때문이다. 산악 지형이 많은 국내 여건에서 산불 진화 헬기의 안전한 운용을 위해서는 산불 진화 헬기의 비행 안전성을 향상시키는 연구가 요구되어지고 있다.

본 논문에서는 산불진화 헬기의 비행안전성을 향상시키는 방법을 제안하였다. 2장에서는 산불진화 헬기의 비행환경과 비행안전성 저하요인을 분석하였다. 3장에서는 이러한 분석결과

를 토대로 비행안전성을 향상시킬 수 있는 방안을 제시하였다.

### 2. 산불진화 헬기 비행안전성 저하요인

#### 2.1 비행환경 분석

헬기를 이용한 산불진화 비행의 특성은 크게 악기상 비행과 저고도 비행으로 정의될 수 있다. 국내에서 발생하는 산불의 대부분은 지상진화대의 초동 진화로 대규모 산불로 확산되지 않는다. 그런데 풍속이 매우 높은 경우에는 산불 확산 속도가 매우 빨라지며, 대규모 산불로 확산되는 경우가 많다. 이 경우 산불진화를 위해 지상진화대 뿐만 아니라 헬기가 동원된다. 헬기가 동원되는 산불은 풍속이 높은 경우에 발생하는 경우가 많기 때문에, 헬기는 풍속이 높은 환경에서 비행을 해야 한다. 또한 산악지형에서 운용되므로 산악지형에 의한 바람과 돌풍이 많으며, 풍향/풍속의 예측이 어려운 경우가 많게 된다. 결과적으로 산불진화 헬기의 비행환경은 대부분 높은 풍속과 풍향 예측이 어려운 악기상이며, 헬기의 비행을 위한 악조건이 된다.

산불진화를 위한 헬기의 비행단계는 담수, 산불 지역 이동, 투수 비행으로 구성되며, 담수와 투수 비행은 저고도 비행을 하게 된다. 급수지에서 산불지역으로의 이동시에도 신속한 산불진화를 위해 저고도로 비행하게 되며, 이 경우 연기 및 지형에 의한 시계 불량이 발생하게 된다.

헬기 임무 중에서 산불진화 임무는 가장 어려운 임무로 간주되고 있으며, 악기상 및 악시정으로 인하여 비행 안전성이 위협 받는 상황이 자주 발생하게 된다. 산불진화 헬기의 비행 안전을 위하여 대형 헬기 KA-32T의 경우 산림항공 운영규정상 높은 풍속에서는 비행을 금지하는 등의 규정을 설치하여 운영하고 있으나,

신속한 산불진화가 요구되는 현장에서 이러한 규정을 정확히 지키며 비행하는 것이 쉽지 않은 경우가 많이 발생하게 된다.

**2.2 비행안전성 저하 원인**

산불진화를 위한 헬기운용에서 비행 안전성이 저하되는 원인은 담수시의 저고도 하버링, 연기 등에 의한 시정 불량, 다수헬기의 공동 운용에 따른 충돌 가능성 등이다.

산불진화 헬기가 급수지에서 담수를 위해서는 고도 1~10 m에서 1분여 동안 하버링을 해야 한다. 이 과정에서 담수에 의한 헬기 중량변화와 물보라, 바람 등으로 인해 정확한 하버링이 쉽지 않으며, 수면 위의 낮은 고도로 인하여 사고 위험성이 매우 높게 된다. 현재 국내 산불헬기 조종사들은 조종 경력이 10년 이상 되는 베테랑들로 구성되어 있어 담수 비행을 큰 어려움 없이 수행하고 있으나, 시정이 좋지 않은 급수지 등에서는 비행안전성이 취약한 경우가 발생하고 있다.

산불이 발생한 지역에서는 많은 연기가 발생된다. 산불진화 헬기는 담수지와 투수지를 왕복하며 산불진화를 수행하는데, 투수지역 근처에서 연기에 의해 시정불량이 되는 경우가 발생하게 된다. 투수지에서 헬기는 저고도로 비행하기 때문에 자동비행을 사용하지 않고 조종사가 직접 헬기를 조종한다. 저고도 수동 비행에서 시정불량은 헬기 사고로 직접 연결될 수 있는 매우 위험한 상황이 된다. 또한 야간동안의 산불 확산방지를 위해 일몰시간 부근까지 진화작업을 수행하는 경우에는 시정불량으로 비행안전성이 크게 저하된다.

대규모 산불에서는 다수의 헬기가 산불진화에 참여하게 된다. 특히 산불진화전략에 따라 헬기가 담당하는 진화영역이 특정 지역으로 지정됨에 따라 헬기들은 매우 근접거리에서 공동작업을 수행하는 경우가 발생하게 된다. 헬기 조종사들이 산불지역의 연기, 산악지형에 따른 통신 불량 등으로 인하여 상대방 헬기의 위치를 온전하게 파악하지 못하는 경우가 발생되며, 이는 헬기간의 충돌위험성을 매우 높게 하여 비행안전성을 크게 저하하게 된다.

**3. 산불진화 헬기 비행안전성 향상방법**

저고도 비행, 강한 바람, 연기에 의한 시정 불량, 좁은 공간에서의 다수 헬기 운용 등 많은 위험요소가 산재하고 있는 산불진화 비행을 안

전하게 수행하기 위한 방안들이 요구되고 있다. 비행안전성 향상방안을 운용/관제, 헬기 개량, 지상지원 분야별로 도출하였으며, 표 1은 도출 결과를 정리한 것이다.

표 1. 산불진화 헬기 비행안전성 향상방안

분야	개선 방향	개발 장비
운용/관제	· 헬기 공중 충돌 방지 · 효율적 헬기 통제	11 헬기 통제 시스템
	· 안전하고 신속한 담수 방법 개발	21 담수 지원 시스템
헬기 개량	· 나쁜 시정에서 비행 가능 · 지형지물 충돌 경고	31 조종 지원 시스템
	· 불투명 진화장교 분석 및 향상	41 진화 장교 명상 시스템
지상지원	· 신규 장비 사용시의 비행 체계 변경	51 비행 체계
	· 시스템 훈련용 시뮬레이터	61 훈련장비

헬기 통제 시스템은 산불진화에 참여하는 헬기의 위치와 상태를 지상진화본부와 모든 헬기들이 실시간으로 인식하게 하여, 헬기간의 공중 충돌을 방지하고, 헬기를 원활하게 통제하는 시스템이다. 담수 지원 시스템은 담수 비행에서 발생하는 수면 위의 저고도 하버링에 의한 비행 위험성을 감소시키는 것으로 목적으로 한다. 조종 지원 시스템은 조종사에게 헬기 운항에 관련된 여러 가지 정보를 제공하여 비행안전성을 향상시키는 것을 목적으로 한다. 진화 효과 향상 시스템은 산불진화를 위한 투수 효율성을 제고하여 산불진화 비행시간을 줄이는 것을 목적으로 한다. 비행 체계는 새로운 시스템의 도입시 헬기 운영 방법을 새로운 시스템에 맞추어 변경하는 것으로 목적으로 하며, 훈련 장비는 새로운 시스템과 비행 체계에 헬기 운용자가 완전히 적응하여 실제 현장에 투입할 수 있게 하도록 하는 것이다.

**3.1 헬기 통제 시스템**

헬기 통제 시스템은 근접 헬기의 위치를 실시간으로 확인할 수 있게 하여 헬기간의 공중 충돌을 방지하기 위한 시스템이다. 또한 풍향, 풍속 등의 기상 정보와 산불진화 지휘정보를 효과적으로 전달하여 조직적인 산불 진화 체계를 구성할 수 있도록 한다.

헬기 통제 시스템 개발에서 고려해야 하는 사항은 헬기들이 비가시선 (beyond line of sight) 상에 위치하는 경우에도 상호간에 위치를 탐지할 수 있어야 한다는 것이다. 국내 산악

지형에서는 헬기들이 지형에 의해 서로 가려지는 경우가 발생하며, 이러한 경우 VHF대 이상의 주파수를 사용하는 방식에서는 통신 두절이 발생하게 된다.

표 2는 헬기 통제 시스템의 구현 방안을 정리한 것이다. 이러한 시스템을 위하여 항공기에서 사용되고 있거나 사용 예정인 충돌 탐지 시스템을 사용할 수 있으며, 이러한 시스템으로 TCAS나 ADS-B가 있다. 이러한 장비는 이미 개발되어 있는 시스템을 헬기에 장착하여 사용하면 되기 때문에 사용이 용이하나, 장비의 개조가 어려우며, 비가시선에서 동작 특성에 대한 충분한 시험이 요구된다.

표 2. 헬기 통제 시스템의 구현 방안

예외 사항	방 안	기 술 난이도	개 발 가능성	실용성 가능성	비 고
다른 헬기 위치 정보 필요	TCAS 또는 ADS-B 활용	중간	높음	낮음	-고가 장비임 -산악지형 사용 어려움
	- 통신기반 실시간 위치확인 - 지상지원대용 지형시스템	중간	높음	높음	-비OS 운용 가능 -지원헬기 필요
기상 / 진동 정보 부족	- 통신중계기 이용 (예)유/무인원장기, 무인비행선	중간	높음	높음	-산불가동 예측 필요 -기상정보 측정 필요

이와는 다른 방법으로 데이터 통신을 바탕으로 각각 헬기의 위치정보와 산불진화 지휘정보를 전송하는 시스템이 가능하다. 이러한 경우 비가시선의 통신 두절에 대비하여 통신 중계기를 활용하거나 서로 다른 특성의 주파수 대역을 사용할 수 있다.

3.2 담수 지원 시스템

담수 지원 시스템은 안전하고 신속하게 담수를 할 수 있게 하는 시스템이다. 이 시스템의 개발시에는 산불진화 초기 급수지 선정, 안전성이 높은 취수 방법, 담수 비행을 위한 헬기 상태 제공 등을 고려하여야 한다.

표 3은 담수 지원 시스템에 대한 구현 방안을 정리한 것이다. 담수를 위한 취수 방법은 현재 사용되고 있는 수면 위 저고도 하버링 비행 방법 외의 새로운 담수 방법을 도출한 것이다. 취수 방법을 위해 고려해야 할 사항은 산불 발생시 초동진화를 위해 초기 담수에 소요되는 시간이 길어지는 안된다는 것이다. 특히 지상시설물을 사용하는 경우 산불가능성이 있는 지역의 모든 급수지에 지상시설물을 설치하고 관리를 해야 하는 점이 고려되어야 한다.

담수 지원 시스템은 전국 급수지의 위치와 현재 상태를 제공하여, 헬기가 산불 지역으로

이동한 후 담수를 빨리 할 수 있게 하여, 초동진화 시간을 단축시키게 한다.

표 3. 담수 지원 시스템 구현 방안

예외 사항	방 안	기 술 난이도	개 발 가능성	실용성 가능성	비 고
담수를 위한 취수 방법	이동형 수상 헬리 모트 (헬기/수면 거리 유지)	중간	높음	중간	-모든 무풍로 식별 어려움 -지상 운용 요원 필요
	취수지 근처 착륙 후 담수	낮음	높음	중간	-시정적 여건에 크게 종속됨 -초기진화 어려움 -이간비행 필수시 사용 가능
	수상 직박머리 담수	높음	중간	중간	-헬기 개조 필요 -해적임플 장착 필요
	자동 모비형 유지 시스템 활용	높음	중간	중간	-헬기 제작업체 협력 필요
담수 취수원 정보 부족	GIS 데이터를 이용한 담수 취수원 정보 제공	중간	높음	높음	-취수원 위치, 취수가능량 등 상세 데이터 - 실시간 정보 제공
여백을 유지 확안 어려움	DGPS 등 정밀위주성 시스템 개발	중간	높음	높음	-조종사 적응을 위한 교육 필요
정확한 고도	10m 이하 정밀고도 측정 시스템 개발	중간	높음	높음	-모든 무풍 상황, 양적 취수 등 고려 필요

3.3 조종 지원 시스템

조종 지원 시스템은 연기, 안개, 일몰 등에 의해 시정이 나쁜 상황에서 비행 안전성을 향상하기 위한 시스템이다. 헬기는 저고도 비행에서는 시계비행을 주로 하며, 조종사는 헬기 주변 지형지물을 통하여 헬기 자세를 확인하여 조종하게 된다. 그러므로 시정이 나빠지면 헬기의 자세를 알 수 없게 되어 조종이 어렵게 되는 경우가 발생하게 된다. 또한 저고도에서 시정이 불량하게 되면 지형지물과의 충돌가능성이 크게 증가하게 된다. 조종 지원 시스템에서는 저고도에서 시정이 좋지 않는 경우에 조종사에게 헬기 상황 정보를 제공하여 비행안전성을 향상시키는 시스템이다.

표 4는 조종 지원 시스템의 구현 방안을 정리한 것이다. 일몰 근처에서의 비행 안전성 향상을 위해 광원에 적용하여 조도 변화가 가능한 야간 투시경을 사용할 수 있다. 산불진화 비행에서는 광원의 세기가 많이 변하게 되므로, 현재 사용되고 있는 야간 투시경을 이용하여서는 산불진화 비행임무 수행이 어려운 것으로 알려져 있다. 풍속이 높고 풍향의 예측이 어려운 상황에서 저고도 비행은 헬기 상황 정보가 주간에 비하여 많이 떨어지는 야간 투시경을 통한 비행은 위험성이 매우 높아 장기간의 실험을 통하여 시스템의 안정화와 조종사의 훈련이 요구된다.

표 4. 조종 지원 시스템 구현 방안

제도 사항	방안	기술 난이도	개발 가능성	실용화 가능성	비고
예란투시경 시중 여러됨	- 광범위 적용하여 조도 연역기 가능한 예란투시경 개발	높음	중간	높음	- 연계/연기에는 취약
순전망 등 지역 지형 정보 부족	- GIS 이용 지형지물, 순전망 표시 디스플레이 개발 - 지형지물 충돌 율지 및 경고 시스템 개발	중간	중간	중간	- 요골적인 조종시 인터페이스 고려 - 무공해지역 사용 가능
역시정에서 조종 어려움	- 사물이동조종시스템 개발 또는 기존 시스템 활용	높음	중간	중간	- 제작업체 협력 필요 - 조종사의 신뢰도 낮음

시정이 나쁜 지역에서 조종사가 주간에 볼 수 있는 지형지물 형상을 인공으로 합성하여 항공기 위치/자세에 따라 표시해주는 시스템이 가능하다. 특히 이 시스템에서는 헬기와 지형지물의 위치정보를 통하여 지형지물 충돌 가능성을 예측하여 경고할 수 있다. 헬기의 자동비행 조종시스템도 악시정에서의 비행안전성을 향상시킬 수 있는 방안으로 생각되나, 저고도에서의 자동비행은 현재 헬기 운용에서 조종사의 신뢰도가 낮은 편이라 실제적인 적용을 위해서는 많은 실제적 시험이 필요할 것으로 분석된다.

### 3.4 진화 효과 향상 시스템

진화 효과 향상 시스템은 투수에 의한 진화 효과를 향상시켜, 진화시간을 감소시키는 것을 목적으로 한다. 산불진화 비행은 높은 풍속, 시정 불량, 저고도 비행 등에 의해 비행 안전성이 매우 취약한 비행이며, 비행 안전성을 향상시키는 하나의 방법은 이러한 환경에서의 비행시간을 최소화하는 것이다.

이 시스템에서는 헬기 투수에 의한 진화효과를 극대화하기 위한 방안을 도출하였다. 산불진화를 위한 헬기 투수에서는 제한된 양의 물로 최대의 진화효과가 발생하도록 하여야 한다. 표 5는 진화 효과 향상 시스템의 구현 방안을 정리한 것이다. 헬기에서 투수한 물이 정확하게 표적지에 도착하는 것이 중요하나, 연기나 바람이 센 경우 투수를 정확하게 하는 것이 쉽지 않게 된다. 이러한 경우 투수한 물이 도착하는 지점을 알게 되면 차기 투수 위치 선정에 많은 도움을 주게 된다.

표 5. 진화 효과 향상 시스템 구현 방안

제도 사항	방안	기술 난이도	개발 가능성	실용화 가능성	비고
투수 효과 분석	- 물에 상관없이 온열한 다중, 투수 후 커맨드 실행	중간	높음	높음	- 무공해 경량유류 고려
투수 방향 제어	- 노즐을 통한 투수 방향 조종	높음	중간	중간	- 헬기 개발 필요 - 진화 효과 분석 필요
투수 위치 선정	- 대원들 고려한 투수점 추천 - 투수 결과 분석 및 공유	중간	높음	높음	- 헬기간 통신시스템 필요
풍향/풍속 정보 측정 어려움	- 헬기 제작 상의 내장 정보를 분석하여, 헬기가 공유	높음	중간	중간	- 실시간 비행데이터 처리 - 풍향/풍속 예측

투수 효과를 제고하는 다른 방법은 단순적인 투수와 투수 방향 제어이다. 이 방법은 새로운 투수 장비의 도입이 요구된다. 다수의 헬기가 공동 작업을 하는 경우에는 투수 효과 분석 결과를 공유하는 것이 전체적인 투수 효과를 제고하는 데 큰 도움이 된다. 이를 위해서는 헬기 간의 정보 공유가 요구되며, 헬기 통제 시스템이나 조종 지원 시스템과의 연결이 요구된다.

### 4. 결론

산불진화 헬기의 비행안전성 향상 방법을 제안하였다. 이를 위해 산불진화 헬기의 비행환경을 조사하고, 비행 안전성이 저하되는 요인을 분석하였다. 이 분석을 통하여 산불진화 헬기 운용에서 비행 안전성이 저하되는 원인은 담수시의 저고도 하버링, 연기 등에 의한 시정 불량, 다수헬기의 공동 운용에 따른 충돌 가능성임을 알았다.

산불진화 헬기의 비행 안전성을 향상하기 위한 방안을 비행 안전성이 저하되는 원인을 제거하는 방법으로 도출하였다. 이 과정을 통하여 헬기 통제 시스템, 담수 지원 시스템, 조종 지원 시스템, 진화 효과 향상 시스템으로 분류되는 비행 안전성 향상 방안을 제안하였으며, 각 방안의 고려사항을 제시하였다.

### 참고문헌

1. 산림항공관리소, **산불공중진화**, 산림청, 2002. 11.