

## 헬기에 의한 산불공중진화 효과 및 안전성 인식 연구 A Study on the Recognition of Effectiveness and Safety of the Helicopter Aerial Fire Attack

배택훈 · 이시영<sup>†</sup>

Taek-Hoon Bae · Si-Young Lee<sup>†</sup>

강원대학교 방재전문대학원  
(2012. 2. 7. 접수/2012. 3. 30. 수정/2012. 4. 13. 채택)

### 요 약

본 연구에서는 산불이 발생하면 대형화 위험성이 증대하여 항공기 특히, 헬기의 산불진화 활용성이 점차 증가되고 있는 관점에서, 산불진화 과정 중 헬기에 의한 공중진화기술과 안전성 향상은 효율적인 산불진화의 성공요인으로서 매우 중요하다. 따라서 우리나라 산불전문기관인 산림청 산림항공본부의 조종사들에 대하여 산불현장에서 실제 경험한 내용을 토대로 설문조사를 실시하여 효율적인 공중진화기술 및 안전성 향상 방안을 제시하였다.

### ABSTRACT

Forest fires were easy to be larger in Korea. So the utilization of aircrafts, especially helicopters, for forest fire attack would be increased gradually. In the forest fire attack process, the improvement of the helicopter aerial fire attack technique and safety were the chief element for efficient forest fire attack. In this study, we surveyed the recognition of pilots who worked in Forest Aviation Office which was responsible for aerial forest fire attack in Korea. Using these survey results, we suggested more efficient and safer method for aerial fire fighting based on actual experience of air attack at the scene of forest fire burning.

**Key words** : Forest fire, Aerial fire attack, Safety promotion, Burning area

### 1. 서 론

지구온난화 등 전 세계적인 기후변화의 영향으로 지구촌은 각종재해가 발생하고 있으며, 특히 산불은 최근에 대형화되고 다발하는 경향이다. 미국 캘리포니아주에서는 2007년, 2008년, 2009년 대형 산불에 의한 피해를 입었으며, 2009년 호주의 빅토리아주에서 발생한 산불은 300여명의 인원이 사망하였고, 특히 2010년 8월 러시아에서 발생한 산불은 비정상적인 고온현상과 가뭄으로 인하여 대형산불로 발전하였다. 이러한 일련의 대형산불에 대하여 미국의 John Stanturf는 기후변화로 인한 초대형 산불의 출현을 경고하였다.<sup>1)</sup>

우리나라는 1973년부터 시작된 산림녹화 정책의 성공적인 달성으로 산림이 울창해 지고 산림분포가 유럽

림에서 장령임으로 전환하는 단계에 있고 불에 잘 타는 침엽수림이 산림 전체면적의 42%를 차지하고 있다.<sup>2)</sup> 최근 우리나라는 2001년부터 2010년까지 년 평균 478건의 산불이 발생하였으며 피해면적도 1,161 ha에 달하였다.<sup>3)</sup> 2000년 동해안 대형산불은 순간풍속 23.7 m/sec에 의한 1.5~2 km 비산화의 발생으로 9일(2000.4.7~4.15) 동안 10건의 산불이 동시다발로 발생하여 23,794 ha의 면적이 피해를 입었다.<sup>4)</sup> 특히, 급경사지형에서의 인력 접근이 매우 제한되어 항공기에 의한 산불 진화가 매우 효과적이었다.

항공기가 산불에 사용된 최초의 기록사례는 1919년 여름 캐나다 퀘벡시 국토산림보호국과 협의하여 운영 중인 마리스벨리 보호협의회 HS2L고정익항공기(2대)에 의한 것이다. 동년 미국에서도 미 서부해안지역에서 산불예방과 순찰비행을 실시하였다. 항공기에 의한 산불공중진화는 그 후 점차 개발되었고, 미국에서의 산

<sup>†</sup>E-mail: lsy925@kangwon.ac.kr

불공중진화 시도는 1930년과 1931년 스포켄, 워싱턴, 쉐크라멘트, 캘리포니아 지역에서 실시되었다. 러시아는 1934년 캐나다 1937년, 호주는 1940년, 우리나라는 1971년 산림청에서 최초로 헬기를 도입하여 1981년 3월 19일 구 경부고속도로 톨게이트가 있던 양재동 부근에서 발생한 산불을 당시 H-369 소형헬기가 밤비 바켓을 사용하여 진화에 사용한 것이 시초이며, 이때부터 산불공중진화 임무가 시작되었다. 이후 헬기에 의한 산불진화는 많은 효과를 보고 있다.<sup>5,6)</sup> 2000년 동해안 대형산불에 있어서 헬기에 의한 진화율은 77%였으며, 2001년부터 2010년까지 평균헬기 진화율은 75%로<sup>7)</sup> 앞으로도 헬기에 의한 산불진화의 활용성은 더욱 증가할 것으로 예상된다.

항공기는 공기역학적인 운용 형태에 따라서 운용이 되며 특히 헬기는 제자리 비행을 할 수 있고 수직상승, 강하 등 다방면으로 기동 할 수 있다. 이러한 이유로 헬기는 공중진화에 더욱 효과적이다. 그러나 헬기는 기본적으로 기종별 고유의 제한된 성능과 탑재량이 있으며 산불현장의 지형, 강풍, 큰나무, 전선 및 고압선, 안개 그리고 산불로 인한 불길과 연기 등으로 기체 상호간의 충돌위험이 잠재하여 헬기기동에 제한을 받으므로 조종사는 안전과 진화효과를 고려하여 적절한 헬기 기동이 필요하다.<sup>8,9)</sup> 2000년 동해안 대형산불시 군, 소방 등 각 기관별 독자적인 헬기운용으로 공중충돌위험성이 있었다. 공중충돌위험의 문제점을 해결하기 위하여 산림청은 2000년 5월 30일 육군본부 항공작전사령부 등과 회의를 거쳐 2000년 10월 31일 산림청 훈령 제716호 산불관리통합규정 제17조(항공지휘반설치 등)를 신설하였다. 2001년 3월 27일 법제화 된 지휘통제기 운용에 대한 회의를 항공작전사령부에서 3월부터 6월까지 공중진화반 및 공중지휘기 운영을 실시하였다. 그러나 제도의 홍보부족 및 미 정착으로 인하여 2001년 5월 17일 안동지역 산불진화현장에서 통합지휘망 이탈로 헬기간 공중충돌을 회피하려다 추락하여 3명의 승무원이 사망하였다. 이후 2001년 6월 28일 산림청은 항공안전관리 및 공중진화지침(SOP)을 제정하였고 2001년 10월 25일 민·관·군 합동산불진화 회의를 하였다. 또한 2002년 11월 11일 산불공중진화매뉴얼을 발간하고 2005년 10월 공중진화반 운영매뉴얼을 마련하여 안전하고 효율적인 산불공중진화의 틀을 갖추어 가고 있다.<sup>10)</sup> 그러나 기후환경여건과 지자체의 임차(민간) 헬기 운영증가 및 군(육·해·공)헬기의 적극적인 참여로 산불현장의 복잡성과 위험성이 더욱 증대되고 있는 반면, 공중진화반 운영이 다소 미흡한 부분이 있다. 따라서 민·관·군 헬기통합운영의 안전성확보와 효

과적인 진화기술의 향상을 위하여 산림항공본부 조종사를 대상으로 설문조사를 실시하여 실제 산불현장에서 발생하는 전반적인 공중진화의 문제점과 운영 실태를 살펴보고 개선방안을 모색하고자 본 연구를 수행하였다.

## 2. 이론적 배경

우리나라의 항공 산불진화의 기술은 중·소형헬기에서 대형헬기와 초대형헬기 도입이 되면서 발전되었다고 할 수 있는데 대형헬기인 KA-32T 헬기가 도입되기 전까지인 1981~1992년 사이는 진화기술 1세대로 볼 수 있으며, 1세대에서는 표준화된 공중 진화기술 없이 각자의 진화능력에 따라 산불을 진화하였다.

1993~2000년까지는 2세대로 볼 수 있으며 동해안 초대형 산불이 발생하였다. 이때까지는 KA-32T 대형헬기 도입이후 물 탑재량이 많은 헬기를 운용하므로서 진화효과 면에서는 우수하였으나 특히, 2000년 동해안 산불진화시 민·관·군 등 많은 항공기가 참여했음에도 체계적이고 효율적인 진화작전을 수행하지 못하고, 오히려 항공기간 충돌위험 등 위험성은 증가하였다. 이를 계기로 2000년 10월 31일 산림청 훈령 제716호 산불관리통합규정 제17조 항공지휘반 설치 등을 제안하여 진화기술을 법제화 하였다. 이러한 체계적이고 실질적인 항공기술을 산불현장에 적용하기 시작한 2001년부터 제3세대라고 볼 수 있다.

또한 2002년 11월 11일 산림항공관리소에서는 산불공중진화 표준매뉴얼을 발간하여 진화기술의 표준화를 시도하였고, 2005년 10월에는 법제화된 항공지휘반, 공중지휘통제기 운영을 비롯한 각 지원부서의 역할까지 총괄한 공중진화반 운영 매뉴얼을 제정하므로써 항공진화의 효율성과 안전성을 집대성하게 되었다.

따라서 항공진화기술은 제1세대 및 제2세대는 중·소형 헬기에서 대형헬기로 진화하는 하드웨어적인 발전이었던 반면, 제3세대 부터는 대형 산불의 발생에 의한 민·군 헬기의 대거 참가로 안전성과 효율성이 겸비된 진화기술의 발전이 있었다. 앞으로는 소프트웨어인 항공진화기술을 더욱 발전시키기 위하여 조종사 개인의 진화기술 교육과 훈련, 관리자 및 지원부서의 공중지휘반 운영에 대한 역량을 더욱 발전시켜야 할 것으로 판단된다.

특히, 우리나라는 헬기에 의한 공중진화 역량은 세계 최고의 수준이지만 지상 진화는 진화효과가 낮아 간접진화가 대부분이고, 진화인력 및 지상진화장비에 의한 직접진화는 매우 제한적인 것이 진화 현장의 여건

이다. 따라서 공중·지상진화간의 체계적이고 효율적인 진화전술과 지속적인 진화인력의 전문화가 요구된다.<sup>1)</sup>

### 3. 조사 방법

#### 3.1 조사지역의 선정 및 분석방법

본 연구는 우리나라 산불공중진화의 주력기관인 산림청 산림항공본부의 조종사를 대상으로 Table 1과 같이 설문조사를 실시하였으며, 조사내용과 분석방법은 다음과 같다.

가. 조사대상: 서울, 진천, 원주, 강릉, 익산, 양산, 안동, 영암, 함양 등 총 9개 지역산림항공관리소 조종사  
나. 조사 시기: 2010년 2월 1일~3월 30일

다. 설문참여율: 전체 설문 대상자는 72명이었고, 57명이 응답해 회신율은 79%였다.

라. 조사방법: 기관별로 설문지를 배부 및 회수하였으며 여의치 않은 경우 개인에게 E-mail을 통하여 회수

마. 설문구성: 설문 기본사항은 3개 문항이고 산불공중진화의 효과에 대한 문항은 11개 그리고 공중진화의 안전성에 대한 문항 3개 등 총 17개 문항으로 구성하였다.

바. 통계처리: 설문지 회수 결과 기초통계량은 SPSS

Table 2. An Attribute of Respondents

구분	세부항목	대상자수 (명)	백분율 (%)
헬기조종 근무년수	5년 미만	2	4
	5~10년	4	7
	11~15년	3	5
	16~20년	10	18
	20년 이상	38	67
실제 산불공중진화 담당 근무년수	3년 미만	8	14
	3~5년	5	9
	6~10년	15	27
	11~15년	19	33
실제 산불공중진화 참여 횟수	15년 이상	10	18
	10회 미만	0	0
	11회~30회	4	7
	31회~50회	4	7
	51회~100회	9	16
응답자	100회 이상	40	70
	-	57	100

Table 1. The Contents of Questionnaire

조사영역	조사내용	문항수
기본사항 알아보기 위한 질문	헬기조종 총 근무년수, 실제 산불 공중진화담당 근무년수, 실제 산불공중진화에 참여한 횟수	3
공중진화 효과에 대한 질문	산불공중진화시 가장 고려사항 2가지, 산불공중진화시 진화 난이도에 가장 큰 영향요인, 산불공중진화시 물 투하 높이(m), 산불공중 진화효과 유무, 산불공중진화 경험에서 가장 빠른 진화 소요시간, 산불공중진화 경험에서 가장 늦은 진화 소요시간, 산불공중진화시 풍속이 몇 m/s이상일때 진화효과가 없나, 산불공중진화시 진화효과에 가장 영향 요인, 산불공중진화시 야간산불진화 가능 여부, 산불공중진화에 대한 교육훈련 경험유무, 산불공중진화 교육훈련 필요성 여부	11
공중진화의 안전성에 대한 질문	산불공중진화시 가장 위험한 상황 2가지, 산불공중진화조종시 가장 어려운점, 산불공중진화 중 실제 위험상황 경험횟수.	3
계		17

통계패키지 12.0을 사용하여 분석하였다.

#### 3.2 설문조사 표본 집단 구성

설문조사 표본집단은 Table 2와 같이 헬기조종 총 근무 년수, 실제산불 공중진화담당근무 년수, 실제 산불공중진화에 참여한 경험 등 응답자의 기본정보를 우선적으로 수집하였고, 72명의 표본 집단을 선정하였다. 표본 집단의 특성을 보면 헬기조종 총 근무년수는 20년 이상(67%)이 가장 많았다.

공중진화담당 근무 년수는 11년~15년 미만(33%)이 가장 많았고, 6년~10년 미만(27%)이 두 번째이고 15년 이상(18%)을 합하면 78%로서 공중진화의 실제적인 역할을 하는 조종사로 구성되어 있다.

또한, 실제 산불 공중진화에 참여한 경험은 100회 이상이 70%이고 51~100회 미만이 16%로서 51회 이상이 전체의 86%로서 설문응답자 대부분이 공중진화에 참여한 경험이 풍부한 조종사로 분석되었다.

### 4. 결과 및 고찰

#### 4.1 설문조사 분석 및 결과

##### 4.1.1 공중진화의 효과

산불공중진화 효과와 관련한 ‘산불공중진화시 가장

**Table 3.** The Result of Survey about Two Considerations on Aerial Fire Attack

구 분	대상자수(명)	백분율(%)
답수방법	4	3
비행속도	3	3
비행고도	26	23
풍향 및 풍속	49	43
투하 방법	26	23
무응답	6	5
계	114	100

고려할 사항 5개문항 중 2개 선택에서' 대해서는 Table 3과 같이 '풍향 및 풍속'이 43%로 가장 많았으며, 비행고도와 물투하 방법이 각각 23%로 나타났다. 이러한 결과의 가장 큰 이유는 헬기는 풍속 30 Kts(15 m/sec)에 비행 제한을 받으며, 이러한 조건에서 풍속의 강약은 산불진화시 공중진화는 물론 비행 안전성의 영향에 최대의 관건으로 판단된다. 또한 비행고도와 물투하 방법은 장애물과 지형에 따라 공중진화 하는 기술의 한 방법으로서 지속적인 훈련을 통해 숙달시켜야 할 것으로 판단된다.

'산불공중진화시 진화의 난이도에 가장 큰 영향을 주는 요인'은 Table 4와 같이 '바람'이 69%로서 이전의 설문항목인 '가장 고려할 사항'과 동일하게 가장 높게 나타났다. 이는 바람(풍속)이 산불진화와 확산의 정도에 가장 영향을 미치는 것으로 기존의 연구결과<sup>4)</sup>와 산불진화 경험자의 의견은 동일한 것으로 나타났다.

'공중진화시 물투하 고도'는 Table 5와 같이 11~15 m가 35%이고 16~20 m가 32%로서 11 m에서 20 m 사이 고도에서 물을 투하하는 비율이 67%이고 6~10 m의 비교적 저고도에서 물을 투하하는 비율도 19%로서 숙련된 조종사 일수록 비교적 저고도에서의 물 투하를 하는 것으로 사료된다.

**Table 4.** The Primary Factor which Made Harder for Helicopters to Attack

구 분	대상자수(명)	백분율(%)
바람	39	69
경사도	1	2
지형의 형태	11	19
나무의 종류	3	5
산림내 위험시설	3	5
계	57	100

**Table 5.** The Water Drop Altitude on the Aerial Fire Attack

구 분	대상자수(명)	백분율(%)
5 m 이하	0	0
6~10 m	11	19
11~15 m	20	35
16~20 m	18	32
20 m 이상	8	14
계	57	100

**Table 6.** The Effectiveness of the Aerial Fire Attack

구분	대상자수(명)	백분율(%)
전혀 그렇지 않다	1	2
그렇지 않다	0	0
그저 그렇다	0	0
그렇다	6	10
매우 그렇다	50	88
계	57	100

'산불진화시 공중진화의 효과'에 관하여 Table 6과 같이 88%가 '매우 그렇다'로서 공중진화의 효과성을 인정하였다. 그러나 2%의 '전혀 그렇지 않다'라고 응답하였는바, 이 경우는 풍속이 강할 경우 물을 투하해도 물이 바람에 날리어 물이 흩어지거나, 고도를 너무 높이 하여 진화효과가 없었던 것으로 보이며, 또한 잔불정리 시 그루터기에 붙은 불은 아무리 물을 많이 투하해도 완전진화가 어려운 경우를 말하는 것으로 판단된다. 이 경우 그루터기불은 지상진화대가 직접 지상진화장비로 진화하거나 나무를 베어 땅에 묻어 완전진화를 하여야할 것으로 판단된다.

헬기조종사들이 '가장 빠른 헬기진화 소요시간'은 Table 7과 같이 1시간 미만인 90%로서 가장 많았다. 이것은 소규모 산불을 진화한 경우나 산불상황의 신속

**Table 7.** The Shortest Time Required of the Helicopter Fire Attack

구 분	대상자수(명)	백분율(%)
1시간 미만	51	90
2시간~5시간	6	10
6시간~10시간	0	0
10시간~15시간	0	0
16시간~24시간	0	0
계	57	100

**Table 8.** The Longest Time Required of the Helicopter Fire Attack

구 분	대상자수(명)	백분율(%)
10시간 미만	4	7
11시간~15시간	7	13
16시간~24시간	8	14
24시간~48시간	6	10
48시간 이상	32	56
계	57	100

한 판단으로 조기출동에 의한 초동진화를 하였거나, 가까운 곳에 담수지가 있고 풍속이 약했을 경우, 지형의 형태가 비교적 완만하고 공지합동진화의 공조체제가 잘 이루어 졌고, 다수의 항공기 운용시 효율적인 공중 지휘통제가 유효하였거나, 숙련된 조종사의 진화능력이 우수한 경우로 판단된다.

헬기조종사들이 ‘가장 늦게한 진화 소요시간’은 Table 8과 같이 48시간이상이 56%로서 가장 많았다. 이것은 건조한 날씨와 강풍으로 여러 지역에 산발적인 비산화 및 재발 발생, 또한 강풍으로 투하된 물이 날리어 진화효과가 부진하여 진화속도보다 산불확산 속도가 빠르게 진행되었거나, 인근에 담수지의 거리가 멀었거나, 고압선 등 위험한 장애물지역 이거나, 투입된 지자체 지상진화대의 진화정리 마무리가 미흡한 경우로 판단된다.

‘공중진화시 진화효과가 없는 풍속 조건’에서는 Table 9에 나타난 바와 같이 15 m/sec 이상이 60%로서 가장 많았고, 17 m/s 이상도 16%로 나타났다. 특히, 17 m/s 이상이라고 응답한 조종사들은 산불진화 풍속제한은 15 m/sec이지만 매우 숙련된 조종사들은 많은 경험으로 인하여 최대 풍속 17 m/sec까지는 실제 산불 공중진화의 효과가 있다고 생각한 것으로 나타났다.

‘공중진화시 가장 영향을 주는 요인’은 Table 10에서

**Table 9.** The Wind Speed Condition in which the Aerial Fire Attack Effects were Unavailable

구 분	대상자수(명)	백분율(%)
7 m/sec 이상	1	2
10 m/sec 이상	5	9
13 m/sec 이상	6	10
15 m/sec 이상	34	60
17 m/sec 이상	9	16
무응답	2	3
계	57	100

**Table 10.** The Primary Factor which Affect on Aerial Fire Attack

구 분	대상자수(명)	백분율(%)
지상진화대의 역할	9	16
조종사의 능력	21	37
지휘통제기의 역할	14	24
공중진화반의 역할	7	12
현장대책본부 역할	6	11
계	57	100

**Table 11.** The Availability of Aerial Fire Attack in Night Time

구 분	대상자수(명)	백분율(%)
전혀그렇지 않다	44	77
그렇지 않다	9	16
그저 그렇다	2	3
그렇다	1	2
매우 그렇다	1	2
계	57	100

와 같이 조종사의 능력이 37%로서 가장 많았고, 공중 지휘통제기의 역할이 24%로서 그 다음 순이었다. 즉, 조종사의 능력과 지휘통제기의 역할이 전체의 65%로서 공중진화시 가장 영향을 주는 요인으로 나타났다.

‘공중진화시 야간 산불진화 가능여부’에서는 Table 11과 같이 ‘전혀 그렇지 않다’가 77%, ‘그렇지 않다’가 16%로서 조종사 대부분이 야간산불은 불가능 한 것으로 인식하고 있었다. 이것은 야간에 수면위에서 담수시 식별불가, 고도판단 불가, 제자리비행 불가, 저공비행시 비행착각(Vertigo)으로 인한 자세상실 추락위험, 암조음(야간적응)의 제한, 시계확보의 제한, 순간적인 불빛으로 인한 시력 상실(Black out), 주변지형 및 장애물 식별불가, 항공기간 공중경계불가로 인한 상호충돌위험, 헬기 이상시 비상착륙불가 등 여러 환경조건으로 인하여 야간산불 진화가 곤란한 것으로 생각하고 있었다. 이와관련하여 미국 산림청에서도 2008년 7월 231명의 조종사 설문조사를 실시 한 결과 야간산불 불가능이 52%(120명), 가능이 39%(92명), 모른다가 8% (19명)로 미국 산림청도 야간산불진화에 대하여 다소의 부정적인 결과가 나왔으며 이와 관련 계속 연구 중에 있다.<sup>11)</sup>

‘공중진화에 대한 교육훈련 경험’은 Table 12와 같이 10회 이상이 41%로서 가장 많았으나, 3회 미만 조종사도 31%나 되어 차후 교육훈련을 증가 하여야 할 것

**Table 12.** The Experience of Education and Training about Aerial Fire Attack

구 분	대상자수(명)	백분율(%)
없음	3	5
1회~3회	15	26
3회~5회	8	14
5회~10회	8	14
10회 이상	23	41
계	57	100

**Table 13.** The Need for Education and Training about Aerial Fire Attack

구 분	대상자수(명)	백분율(%)
전혀 그렇지 않다	0	0
그렇지 않다	0	0
그저 그렇다	5	9
그렇다	22	38
매우 그렇다	30	53
계	57	100

으로 판단된다.

‘공중진화 교육훈련의 필요성’은 Table 13과 같이 ‘매우 그렇다’가 53%, ‘그렇다’가 38%로서 91% 정도가 필요하다고 느끼고 있었다. 이것은 공중진화는 강한 풍속, 저고도비행, 연기 등에 의한 시계제한, 장애물과 지형의 극복 등 고난이도 비행이므로 모두가 교육훈련의 필요성을 느끼는 것으로 판단된다.

#### 4.1.2 공중진화의 안전성

산불공중진화의 안전성에 관련한 ‘공중진화시 가장 위험한 상황 2가지의 선택 질문’에서 Table 14와 같이

**Table 14.** The Most Dangerous Situation on Aerial Fire Attack

구 분	대상자수(명)	백분율(%)
물담수 중	7	6
연기에 의한 시계제한	41	36
헬기간의 충돌	35	31
작륙 중	0	0
강한 바람	25	22
무응답	6	5
계	114	100

**Table 15.** The Most Hard Pilot on Aerial Fire Attack

구 분	대상자수(명)	백분율(%)
하바링 담수	20	35
공중기동	4	7
물 투하	13	23
물 투하 후 이탈	4	7
화점 접근	16	28
계	57	100

**Table 16.** The Number of Actual Experience in Dangerous Situation on Aerial Fire Attack

구 분	대상자수(명)	백분율(%)
없음	0	0
1~2회	15	26
3~5회	15	26
5~10회	11	19
10회 이상	16	28
계	57	100

연기에 의한 시계제한(36%)과, 헬기간의 충돌(31%)이 공중진화시 가장 위험한 경우로 나타났다. 따라서 헬기의 공중충돌을 방지하기 위해서는 지휘통제기의 역할이 매우 중요한 방법으로 판단된다. 또한, 강한 바람(22%)과 물 담수중 제자리 비행(6%)으로 나타났다. 특히 물을 담수할 때 측풍과 배풍 10 m/sec 이상의 풍속에서 접근 및 이륙을 금지하고 또한 담수지 접근시에는 강하율 2 m/sec<sup>12)</sup>를 유지하여야 한다.

공중진화 중 ‘조종시 가장 어려운 점’은 Table 15에서와 같이 하바링 담수가 35%로서 가장 많았다. 그리고 화점 접근, 물 투하, 물투하 후 이탈하는 과정은 연속된 기동으로서 이것을 하나의 과정으로 통합해 볼 때 58%로서 조종사들에게는 이과정의 가장 어려운 조종기술인 것으로 나타났다.

또한, 공중진화중 ‘실제 위험한 상황의 경험’은 Table 16에서와 같이 10회 이상이 28%로서 가장 많았고, 모든 인원이 최소 1회 이상 경험한 것으로 나타나 실제 산불 공중진화시 안전에 대한 위협을 많이 느끼는 것으로 나타났다.

## 4.2 산불공중진화 효과 및 안전성에 대한 문제점 및 개선방안

### 4.2.1 문제점

산불현장은 연기 등으로 인한 시계제한으로 공중충

돌위험, 강풍, 장애물 등에 의한 진화의 어려움, 공중진화반장의 과도한 항공기 통제로 인한 조종사 스트레스 과중, 공중진화대원의 역할 미흡, 풍속 15 m/sec 이상 강풍시 공중진화반의 적절한 시점에서 공중진화 중지 판단 미흡, 공중지휘통제의 어려움과 부담 및 책임으로 인한 조종사의 지휘통제역할 회피경향, 민간 및 군 헬기와의 미흡한 협조체제, 헬기투입 시 지상진화대의 소극적 산불진화와 잔불정리 미흡, 담수지 부족, 군사격장 및 전방 미확인 지역의 공중진화시 안전문제, 공중통신의 복잡함과 중복 보고로 인한 비효율성, 산불규모에 적절하지 않는 과잉 항공기 투입으로 공중공간의 복잡성에 따른 항공기 충돌위험 증대 및 비용과 효과의 불균형이 발생하는 문제점이 있으며, 이러한 문제점은 설문을 바탕으로 작성한 것이다.

#### 4.2.2 개선방안

산불공중진화 효과 및 안전성에 대한 문제점을 개선하기 위해서는 공중진화반장은 공중진화반 운영 매뉴얼에 의한 지휘통제기의 역할을 보장하고, 산불대책본부와의 원활한 협조체제 강구 및 헬기연료 보급 및 계류장 확보, 항공기 정비 및 승무원의 숙식준비 등 후속지원체제를 철저히 유지하여야 할 것이다. 이에 따라서 공중진화반의 역할을 증대하기 위한 모의훈련이 절실히 필요할 것으로 판단된다. 또한 강풍으로 비행불가시 안전우선의 확고한 철학으로 비행중지 시기를 정확하게 판단하여야 한다.

공중지휘통제기는 공중공간을 명확히 장악하고 특히 다수의 헬기가 투입시 안전하고 효율적으로 공중진화를 할 수 있도록 순차적인 연료보급, 진화지역의 배분 및 조정, 공중공간의 고도별 사용 및 비행경로의 설정, 단계적이고 질서 정연한 기종별 성능에 의한 집중운용 등으로 원활한 지휘통제가 되도록 조종사의 공중지휘능력을 배양 하여야한다.

또한, 어느 현상이든 능동적이며 체계적인 지휘통제가 되도록 공중지휘통제를 하는 조종사에 대한 인센티브를 고려하여야 할 것으로 본다. 그리고 민간 및 군 헬기와의 긴밀한 협조체제 구축으로 공중지휘통제기의 일원화된 지시에 따라야 할 것이며 그렇지 않을 경우 강제 규제의 시행이 필요하고, 아울러 민·관·군 통합지휘통제훈련이 필요 할 것으로 판단한다. 헬기가 투입되어도 지상진화대의 적극적인 지상진화 활동과 공조가 필요하다. 특히 겨울철에는 담수지가 결빙 되었을 때 담수지 설치팀을 운영하여 물 담수가 지속적으로 이루어지도록 하고, 지자체는 대기 건조도 및 바람의 상태를 정확히 판단하여 초동진화의 적절한 시기를

놓치지 않도록 하여야 한다. 기존의 사격장 및 전방지역 산불진화시 군 사격계획 및 미확인 폭발물에 대한 세부적 안전대책과 항공정보(NOTAM)전파가 되도록 핫라인 채널이 마련되어야 하고, 더불어 복잡한 공중통신망의 단순화가 필요하다. 또한, 각 헬기는 필요한 정보제공 및 건의 사항이외에는 무선침묵을 유지하고 주위의 입체적인 상황인식 개별적 행동을 금지해야 하고, 공중지휘통제기의 통제에 따라 일률적인 공중진화기동을 하여야 한다. 그리고 인접 2~3개 지역에서 산불이 동시에 발생할 때 서로 다른 주파수(122.0, 127.8 중1개)를 사용하여 지휘통제의 혼선을 방지하여야 할 것이다. 그리고 지휘부의 산불진화를 독촉은 무리한 공중진화를 유발하여 위험성이 증대되므로 자제력이 요구되며, '산불확산예측프로그램'과 연동하여 산불규모에 맞는 적절한 항공기 대수를 판단<sup>6)</sup>하고 투입하는 과학적인 방법을 개발하여 안전하고 효율적인 공중진화가 되어야 한다.

더불어, 장비향상 면에서는 헬기에 장착된 진화장비의 성능개선과 물 투하의 정확성을 확보하기 위한 조준 장비의 개발이 필요하며, 운영의 향상 면에서 산불형태에 따른 기존의 공중진화방법을 발전시켜 전체적인 공지합동진화체계 구축과 연계된 공중진화표준모델을 개발해야 할 것으로 판단한다.

## 5. 결 론

본 연구는 산림항공본부 조종사를 대상으로 설문조사를 실시하여 헬기의 진화기술 향상과 안전성 확보 제안을 모색하고자 수행하였으며, 본 연구를 통하여 얻은 결론은 다음과 같다.

1. 산불공중진화에 있어서 진화효과가 있으며 공중진화환경에서 풍속이 가장 영향을 주고 특히, 풍속 15 m/sec 이하에서 조종사는 고도 10~15m에서 물 투하를 할시 가장 효과가 있는 것으로 나타났다.
2. 공중진화기술은 각 조종사가 안정되게 물을 담수하여 화점접근-물투하-이탈의 연속된 기동에 있어서 안전한 공중진화가 되도록 하여야 하며, 조종사의 진화능력이 공중진화의 핵심요소이므로 이를 배양하기 위해서는 현재의 일률적인 산불직무교육훈련을 수준별로 기본과정, 전문과정 등으로 개편하여 체계적인 교육훈련이 되도록 하고 아울러 산불현장대응을 통해 공중진화기술을 향상 시켜야 한다.
3. 산불공중진화의 안전성에 있어서 공중진화 중 연기에 의한 시계제한 및 다수항공기의 운용으로 공중충돌위험이 있으므로 이를 방지하기 위한 지휘통제기의

역할이 매우 중요하다. 따라서 공중지휘통제기는 산불 현장에 투입된 민·관·군의 헬기를 명확히 장악하여 일원화된 공중지휘통제가 되도록 하여야 하며, 공중지휘반장은 공중지휘통제의 안전한 여건을 보장하고 효율적인 진화지원체제를 위해 년1회는 공중진화반의 민·관·군 통합지휘통제훈련이 필요하다.

4. 산불현장에서의 복잡한 공중통신망의 단순화가 필요하며, 산불공중진화시 헬기조종사는 필요한 정보제공 및 건의사항 이외에는 무선을 자제하여 지휘통제의 혼선을 예방하여야 한다.

5. 공중진화의 효율성과 안전성 향상을 위해 ‘산불화산예측프로그램’을 응용하여 산불규모에 적절한 투입헬기대수를 판단하는 과학적인 방법을 개발하고, 헬기에 장착된 진화장비의 성능개선과 물투하 조준장비의 개발이 필요하다.

6. 전체적인 공중진화 자원을 통합하여 기존의 공중진화방법을 발전시키고, 공지합동진화체계와 연계하여 ‘공중진화표준모델’을 개발하여야 할 것으로 판단한다.

### 참고문헌

1. 산림청, “산불통계분석을 통한 산불정책변천 및 대응방안”, 산림청 용역보고서(2010).
2. 구창덕, 김종갑, 김종국, 김종진, 박관수, 박승찬, 신상철, 이상용, 이시영, 이우신, 전문장, 한상섭, “신고산림보호학”, 향문사, pp.34-61(2008).
3. 산림청, 산불방지대책, p.15(2011).
4. 과학기술부, “산불예측 및 감시기술 개발”, 과학 기술부(2003).
5. 산림청 산림항공관리소, “산불공중진화”, 산림청 산림항공관리소(2002).
6. 산림청 산림항공관리본부, 산불공중진화(II), 산림청 산림항공관리본부(2008).
7. 산림청, 2010년 산불통계연보, 산림청(2010).
8. S.Y. Lee and T.H. Bae, “Analysis of the Helicopter Fire Attack Pattern on Forest Fire Behavior”, Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering, Vol.23, No.2, pp.96-100(2009).
9. T.H. Bae and S.Y. Lee, “Analysis of Aerial Fire Line Construction and Suppression Method on Forest Fire”, Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering, Vol.24, No.5, pp.26-31(2010).
10. 산림항공본부, “공중진화반 운영 매뉴얼”, 산림항공본부, pp.1-2(2009).
11. <http://wildfiretoday.com/2010/10/19/usfs-modfires-night-flying-requirements/>.
12. 러시아 쿠메르타우 헬기제작사, “Ka-32T 헬기 매뉴얼”, 러시아 쿠메르타우 헬기제작사(1993).