

論文

국내 회전익 항공기 사고율 분석 및 사고의 잠재적 조건에 관한 연구

유태정*, 김철영**, 임세훈***

A Study on Analysis of Accident Rate and the Latent Condition of Accident for Helicopters in Korea

Tae-Jung Yu*, Chil-Young Kim** and Se-Hoon Lim***

ABSTRACT

There were a total of 65 accidents of helicopters between 1990 and 2013. The overall accidents rate has remained around 8 accidents per 100,000 flight hours, and the fatal rate has stayed at about 8 accidents per 100,000 flight hours. In this study, we conduct a series of statistical analyses to investigate the significance of latent failure of groups that operate the helicopter. Analysis of variance demonstrated significant differences in the latent condition score for the 3 groups, with the lower accidents rate groups reporting better scores of latent condition. Results indicated that there are the significant differences of latent condition in accidents between groups of high accidents rate and groups of low accidents rate.

Keywords : Helicopter Accident Rate(회전익항공기 사고율), HFACS(인적요인사고분류체계), Latent Condition of Accident (사고의 잠재적 조건), Organizational Influences(조직영향), Precondition for Unsafe Acts(불안전행위에 대한 전제조건)

1. 서 론

국내에서 회전익 항공기 사고는 매년 평균 2~3건 씩 발생되고 있으며, 지속적인 관리당국의 안전대책에도 불구하고 특별한 감소세를 보이고 있지 않다. 1990년부터 2013년까지 국내에서 발생한 회전익 항공기 사고는 65건으로 연평균 2.7건의 사고가 발생되었다. 이중 항공방제 임무 중 21건(32%), 산불진화 임무 중 14건(22%), 외부화물 이송 중 10건(15%), 인원 이송 중 8건(12%)순으로 발생하였다. 이를 항공기 소유 조직별로 살펴보면 사용사업업체가 35건(55%), 산림청 20건

(31%), 소방 6건(9%), 자가용업체 2건(3%), 해양경찰 1건(2%) 발생하였다. 기간 중 운송사업 업체는 한건의 사고도 발생되지 않았다.

항공기 사고의 70~80%는 인적 오류에 의해 기인하는 것으로 알려져 있다[1]. 또한 사고는 한 가지 원인이나 한 개인에 의해 발생되지 않는다[2]. Reason(1990)은 항공기 사고는 수많은 원인들 중 마지막 결과이며, 승무원의 불안전 행위는 사고 원인 중 최종 단계일 뿐이라고 하였으며, 이러한 인적 오류에 의해 발생하는 사고를 설명하는데 “스위스 치즈” 모델을 사용하였다[3]. 스위스 치즈 모델은 사고의 원인을 잠재적 조건과 불안전행위로 구분하여 잠재적 조건을 막지 못하면 실제 불안전행위 즉 사고가 발생된다는 이론이다. 여기서 잠재적 조건이란 불안전 행위에 대한 전제조건, 불안전한 감독, 조직영향을 말한다.

Shappell & Wiegmann(2000)은 스위스 치즈 모델을 기반으로 인적 오류에 의한 사고 및 준사고 분석 체계인 인적요인 분석 및 분류 체계

2014년 10월 30일 접수 ~ 2014년 12월 25일 심사완료
논문심사일 (2014.12.24, 1차)

* 한국항공대학교 일반대학원 항공운항관리학과

** 한국항공대학교 항공운항학과 교수

*** 산림청 산림항공본부 산림항공과

연락처, E-mail : movanal@kbs.co.rk

경기도 고양시 덕양구 화전동 항공대길 100

(HFACS)를 개발 하였다[4].

HFACS에서는 첫 번째 단계인 불안전 행위를 실수와 위반으로 구분한다. 실수는 의사결정 오류, 기술기반 오류, 지각 오류로 나누고, 위반은 습관적/예외적 위반으로 구분한다. 두 번째 단계인 불안전 행위의 전제조건은 환경적 요인, 운영자 상태, 인적요인으로 구분하며, 세부적으로 환경적 요인은 물리적 환경과 기술적 환경으로 구분하고, 운영자 상태는 반정신상태, 반생리적상태, 육체적/정신적 한계로 나누며, 인적요인은 CRM과 개인의 준비로 구분한다. 세 번째 단계인 불안정한 감독은 부적절한 감독, 계획상 부적절한 운영, 문제교정 실패, 감독자 위반으로 구분한다. 네 번째 단계인 조직 영향은 자원관리, 조직문화, 조직과정으로 구분한다.

이에 본 연구에서는 회전익 항공기 운영 조직별 사고율을 분석하고 사고율이 높은 조직과 낮은 조직을 나누어 잠재적 조건에 대한 조종사들의 인식을 분석하였다. 이를 통해 회전익 항공기를 운용하는 각 조직별 잠재적 조건의 세부요인을 도출하고 개선방안을 제시하여 회전익 항공기 비행안전 증진을 도모하고자 한다.

2. 연구 방법

2.1 연구 설계

본 연구는 회전익 항공기를 운용하는 조직별로 사고율이 상이할 것이며, 이에 따른 사고의 잠재적 조건도 각 조직별로 차이를 나타낼 것이라는 가설 하에 연구를 수행하였다.

회전익 항공기 운용 조직은 민간의 경우 운용사업 종류별(운송사업, 사용사업, 자가용)로 조직을 구분하였고, 비민간(산림, 경찰, 해양경찰, 소방)은 해당 조직별로 구분하여 분석하였다.

국내 회전익 항공기의 경우 공식적으로 운항시간이 집계되고 있지 않아 각 조직별로 운항시간 자료를 수집하여 집계하였다. 비민간 조직은 각 기관별로 발간되는 백서 및 발표 자료를 통해 수집하였으며, 민간조직의 경우 국토교통부 비행정보시스템(UBIKAIS)과 업체별로 산출한 비행시간 자료를 협조 받아 산출하였다. 항공기 사고율 분석은 국제적으로 사용되고 있는 10만 운항시간당 사고율을 통해 차이를 살펴보았다. 각 조직별로 10만 운항시간 당 발생한 사고와 사망사고를 산출하였으며, 준사고는 배제하였다. 조직별 항공기 사고율은 최근 5년간의 비행시간과 사고 건수를 통해 10만 시간당 사고율을 산출하였다.

각 조직별 사고의 잠재적 조건을 분석하기 위해서는 과거에 발생된 사고를 HFACS 체계를 통해 분석된 자료를 사용하여야 한다. 하지만 현재 국내에서는 항공기 사고 분석 시 HFACS 체계를 적용하고 있지 않아 잠재적 조건에 대한 분석 자료는 없는 실정이다. 이에 본 연구에서는 해당 조직별 조종사들을 대상으로 사고의 잠재적 조건에 대해 설문을 실시하였다. 조사한 사고의 잠재적 조건은 Reason의 스위스 치즈 모델 중 사고의 잠재적 조건을 근거로 하였으며, 조직영향과 불안정행위에 대한 전제조건에 대해 조사를 하였다.

사고의 잠재적 조건에 대한 세부 분류는 FAA에서 운용하고 있는 인적요인 사고분류체계(HFACS)를 기준으로 하였다[5]. 세부분류에 대한 설문항목은 미국 국방부 HFACS의 나노코드 항목을 바탕으로 작성하였다[6]. 수집된 설문결과는 잠재적 조건별로 평균을 산출하여 각 조직별로 불안정한 잠재적 조건을 도출하고, 차이점을 비교분석하였다.

2.2 설문구성

본 연구는 자기보고식 설문지를 통해 자료를 수집하였다. 설문은 Table 1과 같이 조직영향과 불안정행위에 대한 전제조건에 대해 실시하였다.

조직영향은 조직의 자원관리 및 조직 분위기, 조직적 절차에 대한 요소로 13개 문항으로 구성하였다. 불안정행위에 대한 전제조건은 환경적 요인(물리적/기술적) 8개 문항과 운용자 상태(심리적/생리적) 11개 문항, 인적요인(승무원 자원관리/개인적 준비) 11개 문항으로 구성하였다. 인구통계학적 특성에 대해서는 9개 문항으로 구성하였다. 각각의 문항에 자신의 생각에 일치하는 정도에 따라 '전혀 그렇지 않다'를 1로 '매우 그렇다'를 5로 하는 Likert식 5점 척도 상에서 응답하도록 하였다.

2.3 조사 방법

2.3.1 표본 구성

본 연구에서 수행된 설문 조사는 대상 조직별로 현재 종사중인 조종사 91명을 대상으로 실시하였다. 최초 표본 구성은 민간 조직에서 사고율이 높은 조직과 낮은 조직, 비 민간 조직에서 사고율이 높은 조직과 낮은 조직 등 4개 조직에 대한 설문을 수행하고자 하였으나 비 민간 조직 중 사고율이 낮은 경찰의 경우 설문 참여할 수 없어 민간 2개 조직(사업용, 운송용)과 비민간 1개 조직(산림

청) 조종사들을 대상으로 설문을 실시하였다. 조종사 특성 분석을 위해 근무경력, 연 평균 비행 시간, 비행자격, 조종 기종 대수 등에 대해 조사하였다. 설문은 2014년 4월 15일부터 6월 30일까지 이루어졌으며, 방문 및 이메일, 인터넷, 스마트 폰 등을 통해 이루어졌다.

Table 1. List of Survey Item

평가영역 (문항)	세부 영역	평가 내용	
조직영향 (13)	자원 관리	급여, 휴가, 선발, 비행정보 지원, 정비재정 지원	
	조직 분위기	조직 압박, 승진, 장비 신뢰, 안전 조직	
	조직 과정	업무부하, 임무배정, 교육/훈련, 운항규정	
환경적 요인 (8)	물리적 환경	기상, 저온 스트레스, 고온 스트 레스, 소음 방해, 장애물	
	기술적 환경	항공기, 조종실 디자인, 임무 장비	
불안 전행 위에 대한 전제 조건 (30)	운용자 상태 (11)	정신적 요소 부주의, 정신적 업무부하, 혼동, 주 의 산만, 임무 부담, 동료 압박, 자 기만족	
		생리적 요소	육체적 피로, 정신적 피로
	인적 요인 (11)	CRM	승무원/팀 리더십, 상호 점검, 주 요정보 소통, 일상적 소통, C&R, 임무 브리핑, 비행 점검표
	개인적 준비	체력, 영양, 휴식	

2.3.2 분석방법

수집된 자료의 분석은 STATA 통계프로그램을 이용하였고, 신뢰도 분석(reliability analysis)은 Cronbach's α 계수를 이용하였다. 실증분석에서는 응답자의 통계학적 특성과 각 변수들에 대한 빈도분석을 하였다. 다음 각 조직별 잠재적 결함의 차이를 분석하기 위해 일원배치분산분석(ANOVA)을 수행하였으며, 독립변인의 각 집단 간 평균 차이에 대한 사후 분석은 본페로니 기법을 사용하였다.

3. 실증분석 결과

3.1 국내 회전익항공기 사고율 분석

항공기를 운용하는 조직별 최근 5년간 운항시간과 사고율은 Table 2와 같다. 단, 운송사업, 사용사업, 자가용 및 산림청은 2009년부터 2013년까지의 운항시간 및 사고 건수 이며, 해경, 소방,

경찰은 2008년부터 2012년까지의 운항시간 및 사고 건수 이다[7, 8]. 5년간 총 운항시간은 산림청, 사용사업, 운송사업, 소방, 해양경찰, 경찰, 자가용 순으로 많았다. 10만 운항시간당 사고율¹⁾과 사망사고율을 보면 민간 조직의 경우 사용사업이 사고 32.6건, 사망사고 21.7건으로 가장 높으며, 운송사업 조직은 사고가 발생되지 않아 가장 낮았다. 비민간 조직에서는 산림청이 사고 및 사망 사고 각 9.5건으로 가장 높았으며, 경찰은 사고가 발생되지 않아 가장 낮게 나타났다.

항공기 대수별 운항시간을 비교해보면 민간 조직에서는 운송사업이 연평균 292시간으로 비행시간이 가장 많고 다음으로 자가용(155시간), 사용사업(75시간) 순이었다. 비민간 조직에서는 해경(224시간), 경찰(169시간), 소방(157시간), 산림청(140시간) 순으로 나타났다.

Table 2. Accident Rates of Organizations

구분	항공기 대수	운항 시간	사고 /사망	사고율 (사고/사망)
운송	18	26,300	0/0	0/0
사용	74	27,600	9/6	32.6/21.7
자가용	15	11,600	1/1	8.6/8.6
산림청	45	31,600	3/3	9.5/9.5
해경	17	19,000	1/1	5.3/5.3
소방	26	20,400	1/1	4.9/4.9
경찰	20	16,900	0/0	0/0
합계	215	153,400	15/12	9.8/7.8

동일 기간 동안 발생한 사고를 민간과 비민간으로 구분하였을 때 Table 3와 같이 민간에서는 65,500시간 비행 중 10건의 사고(사망사고 7건 포함)가 발생되었으며, 비민간에서는 87,900시간 비행 중 5건의 사망사고가 발생하였다. 이를 10만 시간 당 사고율로 분석해 보면 민간의 경우 사고는 15.2건, 사망사고는 10.7건으로 분석되었다. 공공기관의 경우 사고 및 사망사고모두 5.7건으로 분석되었다.

Table 3. Accident Rates of Civil Vs Non-Civil

구분	운항 시간	전체사고		사망사고	
		사고	사고율	사고	사고율
민간	65,500	10	15.2	7	10.7
비민간	87,900	5	5.7	5	5.7
합계	153,400	15	9.8	12	7.8

1) 10만 시간당 사고율 = (항공기 사고건수 × 100,000) / 비행시간

10만 운항시간당 사고율 분석 결과 민간 조직에서는 운송사업 조직이 가장 사고율을 낮고 사용사업이 가장 높은 것으로 나타났다. 비민간 조직에서는 경찰이 가장 사고율이 낮고 산림청이 가장 높은 것으로 나타났다. 이에 본 연구에서는 경찰을 제외하고 운송사업과 사용사업, 산림청을 대상으로 설문을 실시하였다.

3.2 사고의 잠재적 조건 분석

3.2.1 통계적 특성

Table 4는 설문에 응답한 회전익항공기 조종사들의 인구사회학적 배경 분포를 보여주는 것으로 산림청 조종사 36명과 운송사업 조종사 28명, 사용사업 조종사 27명 등 91명이 참여하였다.

응답자 중 비행시간 경력은 2001~4000시간이 36명으로 가장 많았으며, 현재 조직에서 수행하고 있는 연간 평균비행시간은 101~200시간이 53명으로 가장 높은 비율을 보였다.

조종사들의 비행자격은 기장이 54명, 기장과 부기장을 함께 수행하는 조종사가 36명, 부기장 역할만 수행하는 조종사는 1명이었다. 조종사들이 조종사하는 항공기 기종은 2기종을 조종하는 경우가 57명으로 가장 많았고, 1기종은 27명, 3기종은 7명으로 분석되었다.

Table 4. Specification of Pilots

구분		인원수	비율(%)
전체 표본		91	100
소속	산림청	36	35.64
	운송사업	28	27.72
	사용사업	27	26.73
비행 시간	~ 2,000	1	1.10
	2001~4000	34	37.36
	4001~6000	24	26.37
	6001~8000	19	20.88
	8000~	13	14.29
연간 비행 시간	~ 100	5	5.49
	101~200	53	58.24
	201~300	14	15.38
	301~400	13	14.29
비행 자격	기장	54	59.34
	부기장	1	1.10
	겸직	36	39.56
조종 항공기	1 기종	27	29.67
	2 기종	57	62.64
	3 기종	7	7.69

3.2.2 실증분석

가. 평가척도의 신뢰도 분석

회전익 조종사들의 불안전 행동을 유발하는 요인을 비교분석 하기 전에 작성한 측정도구의 신뢰성을 분석하였다. 설문 문항의 신뢰도 분석은 Cronbach's alpha 분석 방법을 이용하였다.

분석결과 Table 5와 같이 각 요소별 크론바흐 알파값이 모두 0.82이상으로 나타났으며 전체변수의 경우 0.9564로 나타났다. 이는 본 설문의 문항들은 내적일관성이 유지되는 신뢰성이 높다고 할 수 있다.

Table 5. Reliability Analysis by Cronbach's α

변수	항목	문항간상관	Cronbach's α
전체 조건	조직영향	0.5033	0.9294
	환경요인	0.3657	0.8218
	운용자상태	0.3002	0.8252
	인적요인	0.4086	0.8837
전체변수		0.3378	0.9564

나. 변수별 비교 분석

1) 조직영향

조직영향은 Table 6와 같이 13개의 문항을 통해 분석하였다. 조직영향의 각 항목별 평균은 운송사업(4.13), 사용사업(3.28), 산림청(3.27) 순으로 높게 나타났다. 세부항목별로 보면 산림청은 휴가보장, 임금수준, 승진절차, 안전 조직 구성 등이 불안정한 잠재적 조건으로 나타났다. 사용사업 조직에서는 임금수준이 불안정한 잠재적 조건하는 것으로 나타났다.

Table 6. Means and SD of Organizational Influences

변수	조직	산림	운송	사용	평균
조직영향	휴가	2.861	4.250	3.222	3.395
	임금	2.639	3.500	2.630	2.901
	승진	2.528	3.750	3.000	3.043
	선발	3.083	4.429	3.111	3.505
	교육	3.278	4.321	3.185	3.571
	규정	3.667	4.357	3.519	3.835
	비행 정보물	3.806	4.536	3.593	3.967
	항공기 신뢰	3.667	4.429	3.556	3.868
	배정 공정성	3.417	4.286	3.333	3.659
	과도한 임무	3.611	3.929	3.407	3.648
	비행 압박	3.528	3.679	3.593	3.593
	정비 지원	3.583	4.107	3.111	3.604
	안전 조직	2.778	4.071	3.296	3.329
평균	3.265	4.126	3.274	3.533	
표준편차	0.427	0.614	0.740	0.708	
빈도	36	28	27	91	

전체 평균에서는 임금수준이 보통이하의 수준을 나타내어 조종사의 불안전행위에 대한 조직영향 중 가장 낮은 수치를 보였다.

Table 7은 조직영향의 평균의 차이가 유의한 수준인지를 분석하기 위해 3개 조직의 조직영향 평균에 대한 일원배치 분산분석을 수행하였다. 분석결과 검정통계량 p값이 0.01보다 작아 1%의 유의수준에서 조직별 차이를 나타냈다. 즉, 각 조직별 조직영향의 평균이 유의한 수준에서 서로 차이를 나타내고 있음을 보여준다.

Table 7. ANOVA of Organizational Influences

Source	제곱합	자유도	제곱평균	F	P > F
집단-간	14.263	2	7.131	20.37	0.000
집단-내	30.804	88	.350		
Total	45.068	90	.501		

사후분석을 통한 각 조직 간 평균의 차이를 분석한 결과 Table 8과 같이 산림청은 운송사업(.861)과 1%의 유의 수준에서 평균의 차이를 나타내지만 사용사업 조직과는 유의한 수준에서 평균의 차이를 나타내지 않았다. 운송사업은 사용사업(-0.853)과 유의한 수준에서 차이를 보였다.

Table 8. Comparison of Organizational Influences

구분	산림청	운송사업
운송사업	.861**	-
사용사업	.009	-0.853**

* p<.05, ** p < .01

2) 불안전행위에 대한 전제조건 비교 분석

조종사가 불안전 행위를 하는데 영향을 미치는 전제조건에 대해 분석한 결과 Table 9과 같이 운송사업(3.906), 자가용(3.857), 사용사업(3.463), 산림청(3.263) 순으로 높게 나타났다.

Table 9. Means and SD of Preconditions

변수	조직	산림	운송	사용	평균
평균		3.263	3.906	3.463	3.520
표준편차		.347	.430	.508	.501
빈도		36	28	27	91

Table 10은 전제조건들의 평균의 차이가 유의한 수준인지를 분석하기 위해 3개 조직의 전제조건 평균에 대한 일원배치 분산분석을 수행하였다.

분석결과 검정통계량 p값이 0.01보다 작아 1%의 유의수준에서 조직별 차이를 나타냈다. 즉, 각 조직별 전제조건들의 평균이 유의한 수준에서 서로 차이를 나타내고 있음을 보여준다.

Table 10. ANOVA of Preconditions

Source	제곱합	자유도	제곱평균	F	P > F
집단-간	6.637	2	3.319	18.35	0.000
집단-내	15.911	88	.181		
Total	22.549	90	.251		

사후분석을 통한 각 조직 간 전제조건에 대한 평균의 차이를 분석한 결과 Table 11과 같이 산림청은 운송사업(.643) 조직과 유의한 수준에서 평균의 차이를 나타냈고 사용사업 조직과는 유의한 수준에서 평균의 차이를 나타내지 않았다. 운송사업은 사용사업(-0.443)과 유의한 수준에서 차이를 보였다.

Table 11. Comparison of Preconditions

구분	산림청	운송사업
운송사업	.643**	-
사용사업	.200	-0.443**

* p<.05, ** p < .01

불안전행위에 대한 전제조건은 환경적 요인과 운전자 상태, 인적 요인으로 구분되는데 세부 분석내용은 아래와 같다.

가) 환경적 요인

환경적 요인은 Table 12와 같이 질문 문항은 8개이며, 각 항목별 평균은 운송사업(3.75), 사용사업(3.29), 산림청(2.93) 순으로 높게 나타났다.

Table 12. Means and SD of Environmental Factors

변수	산림	운송	사용	평균
기상 제한치	3.111	3.679	3.111	3.286
추위 스트레스	3.611	4.107	3.444	3.714
더위 스트레스	2.167	3.714	2.852	2.846
소음 스트레스	2.917	3.786	3.370	3.318
장애물위험	2.417	3.000	2.704	2.681
항공기적합도	3.472	3.143	3.593	3.407
조종실 설계	2.639	4.143	3.519	3.362
장비 편리성	3.139	4.464	3.704	3.714
평균	2.934	3.754	3.287	3.291
표준편차	0.498	0.542	0.698	0.666
빈도	36	28	27	91

산림청은 더위 및 소음 스트레스, 장애물 위협, 조종실 설계 등이 불안정한 잠재적 조건으로 분석되었다. 사용사업 조직에서는 더위 스트레스와 장애물 위협이 불안정한 잠재적 조건으로 분석되었다. 운송사업 조직에서는 장애물 위협이 가장 낮은 수준을 나타냈다. 전체적으로 환경 분야에서는 온열 스트레스와 장애물 위협이 불안정한 잠재적 조건으로 나타났다.

Table 13은 환경적 요인의 평균의 차이가 유의한 수준인지를 분석하기 위해 3개 조직의 환경적 요인 평균에 대한 일원배치 분산분석을 수행하였다. 분석결과 검정통계량 p값이 0.01보다 작아 1%의 유의수준에서 조직별 차이를 나타냈다. 즉, 각 조직별 환경적 요인의 평균이 유의한 수준에서 서로 차이를 나타내고 있음을 보여준다.

Table 13. ANOVA of Environmental Factors

Source	제곱합	자유도	제곱 평균	F	P > F
집단-간	10.602	2	5.301	15.94	0.000
집단-내	29.274	88	.333		
Total	39.877	90	.443		

사후분석을 통한 각 조직 간 환경요인에 대한 평균의 차이를 분석한 결과 Table 14과 같이 산림청은 운송사업 조직(.820)과는 유의한 수준에서 평균의 차이를 나타냈으며, 사용사업 조직과는 유의한 수준에서 평균의 차이를 나타내지 않았다. 운송사업은 사용사업(-0.467)과 유의한 수준에서 차이를 나타냈다.

Table 14. Comparison of Environmental Factors

구분	산림청	운송사업
운송사업	.820**	-
사용사업	.353	-0.467**

* p<.05, ** p < .01

나) 운용자 상태 요인

운용자 상태요인은 Table 15과 같이 질문문항은 11개이며, 각 항목별 평균은 운송사업(3.78), 사용사업(3.30), 기관(2.99) 순으로 높게 나타났다.

산림청은 비행 중 과도한 집중과 주의산만 요소, 임무완수에 대한 부담, 비행여부 판단에서의 동료 간의 압박, 비행 후 피로감, 임무 수행 시 시간적 압박 등이 불안정한 잠재적 조건으로 분석되었다. 사용사업 조종사들의 경우에는 비행 중 과도한 집중과 임무완수에 대한 부담 등이 불

안정한 잠재적 조건으로 분석되었다. 운용자 상태요소에서 전체적으로 분석해 보면 임무 중 과도한 집중과 임무 완수에 대한 부담이 불안정한 잠재적 조건으로 분석되었다.

Table 15. Means and SD of Conditions of Operators

변수	기관	운송	사용	평균
지루함	3.750	4.214	3.815	3.912
과다 집중	1.917	3.321	1.926	2.352
임무 복잡성	3.250	4.036	3.852	3.670
다기종 혼동	3.000	4.036	3.815	3.560
주의 산만	2.722	4.036	3.704	3.418
점검표 확인	3.472	3.321	3.148	3.330
임무완수부담	2.750	3.393	2.481	2.868
동료 압박	2.806	3.679	3.222	3.198
우발상황조치	3.528	3.786	3.741	3.670
피로감	2.917	3.821	3.296	3.308
시간 압박	2.861	3.964	3.296	3.330
평균	2.997	3.782	3.300	3.329
표준편차	0.410	0.527	0.544	0.585
빈도	36	28	27	91

Table 16은 운용자 상태 요인의 평균의 차이가 유의한 수준인지를 분석하기 위해 3개 조직의 환경적 요인 평균에 대한 일원배치 분산분석을 수행하였다. 분석결과 검정통계량 p값이 0.01보다 작아 1%의 유의수준에서 조직별 차이를 나타냈다. 즉, 각 조직별 환경적 요인의 평균이 유의한 수준에서 서로 차이를 나타내고 있음을 보여준다.

Table 16. ANOVA of Conditions of Operators

Source	제곱합	자유도	제곱 평균	F	P > F
집단-간	9.738	2	4.869	20.32	0.000
집단-내	21.085	88	.240		
Total	30.823	90	.342		

사후분석을 통한 각 조직 간 운용자 상태 요인에 대한 평균의 차이를 분석한 결과 Table 17과 같이 산림청은 운송사업 조직(.785)과 유의한 수준에서 평균의 차이를 나타냈지만 사용사업 조직과는 유의한 수준에서 평균의 차이를 나타내지 않았다. 운송사업 조직은 사용사업조직(-0.483)과 유의한 수준에서 차이를 나타냈다.

Table 17. Comparison of Conditions of Operators

구분	산림청	운송사업
운송사업	.785**	-
사용사업	.302	-0.483**

* p<.05, ** p < .01

4) 인적 요인

인적 요인은 Table 18과 같이 질문 문항은 11개이며, 각 항목별 평균은 운송사업(4.11), 사용사업(3.75), 기관(3.77) 순으로 높게 나타났다. 각 조직별로 인적요인에 대한 각 항목은 모두 보통 이상으로 느끼고 있는 것으로 나타났다. 전체적으로도 모든 항목에서 승무원 자원관리와 개인적 준비 상태가 보통 이상으로 나타났다. 항목 중에서는 비행정보 제공이 4.165로 가장 높게 나타났으며, 우발상황에 대한 브리핑이 3.626으로 가장 낮게 나타났다.

Table 18. Means and SD of Personnel Factors

변수	기관	운송	사용	평균
임무 분담	3.750	4.214	3.630	3.857
비행중 조연받기	3.750	4.357	3.593	3.890
비행중 조연하기	4.139	4.464	3.815	4.143
비행 정보 제공	4.167	4.464	3.852	4.165
일상대화	3.806	4.143	3.889	3.934
조작 의사표현	4.000	4.357	3.889	4.077
우발상황 브리핑	3.500	3.857	3.556	3.626
비행점검표 사용	3.583	3.821	3.519	3.637
운동	3.667	3.929	3.963	3.835
식사	3.639	3.821	3.815	3.747
휴식	3.444	4.107	3.778	3.747
평균	3.768	4.140	3.754	3.878
표준편차	0.374	0.527	0.482	0.486
빈도	36	28	27	91

Table 19은 인적 요인의 평균의 차이가 유의한 수준인지를 분석하기 위해 3개 조직의 인적요인 평균에 대한 일원배치 분산분석을 수행하였다. 분석결과 검정통계량 p값이 0.01보다 작아 1%의 유의수준에서 조직별 차이를 나타냈다. 즉, 각 조직별 환경적 요인의 평균이 유의한 수준에서 서로 차이를 나타내고 있음을 보여준다.

Table 19. Means and SD of Personnel Factors

Source	제곱합	자유도	제곱 평균	F	P > F
집단-간	2.768	2	1.384	6.60	0.0021
집단-내	18.459	88	.210		
Total	21.227	90	.236		

사후분석을 통한 각 조직 간 인적요인에 대한 평균의 차이를 분석한 결과 Table 20와 같이 산림청은 운송사업 조직(.372)과 유의한 수준에서 평균의 차이를 나타냈지만 사용사업 조직과는 유의한 수준에서 평균의 차이를 나타내지 않았다. 운송사업 조직은 사용사업 조직(-0.385)과 유의한 수준에서 차이를 나타냈다.

Table 20. Comparison of Personnel Factors

구분	산림청	운송사업
운송사업	.372*	-
사용사업	-0.13	-0.385*

* p<.05, ** p < .01

4. 결론 및 논의

본 연구에서는 먼저 회전익 항공기의 실질적인 사고율 분석을 위해 10만 비행시간당 사고율을 알아보았다. 회전익 항공기의 최근 5년간 전체 사고율은 9.8건, 사망사고는 7.8건이다. 회전익 항공기 사고율에서 사망사고율이 76%를 차지하는데 이 수치는 외국 사례와 비교했을 때 미국(15.9%), 호주(13.6%)에 비해 매우 높은 수준을 나타내고 있다[9, 10].

회전익 항공기 사고율을 세부적으로 살펴보면 민간부분에서는 사용사업이 사고율 32.6건, 사망사고율 21.7건으로 가장 높았으며, 다음으로 자가용이 사고 및 사망사고율이 각 8.6건이며, 운송사업에서는 사고가 발생되지 않았다. 비민간부분에서는 산림청이 사고 및 사망사고율 9.5건으로 가장 높았으며, 다음으로 해경(5.3건), 소방(4.9건), 경찰(0건) 순이었다.

이에 본 연구에서는 민간부분에서는 사고율이 높은 사용사업과 낮은 운송사업을, 비민간부분에서 사고율이 높은 산림청을 대상으로 사고의 잠재적 조건에 대해 설문을 실시하였다.

분석 결과 사용사업과 운송사업간에 조직영향, 환경, 운용자 상태, 인적요인 등 모든 분야에서 1%의 유의수준으로 두 조직간 차이를 보였다. 이는 운송사업이 사용사업에 비해 사고의 잠재적 조건을 더 안전하게 관리하고 있음을 나타낸다.

비민간부분에서 사고율이 가장 높은 산림청의 경우 조사한 잠재적 조건 전 분야에서 사용사업과 유의한 수준으로 차이를 나타내지 못했다. 이는 두 조직의 사고 잠재적 조건이 유사한 수준에서 관리되고 있음을 나타낸다.

조종사들의 설문을 통해 분석된 각 조직별 불

안전한 잠재적 조건을 살펴보면 다음과 같다. 첫째, 조직영향에서 각 조직별 불안정한 잠재적 조건은 산림청의 경우 휴가, 임금, 승진, 안전조직이 도출되었다. 따라서 산림청의 경우 조종사들의 고용보장과 임금 수준 향상, 휴가보장 등을 통해 조직영향을 향상시킬 필요가 있다고 하겠다. 또한 안전조직 체계도 산림항공본부 뿐만 아니라 지역산림항공관리소에도 안전조직을 강화하여 조직의 안전 분위기를 향상시켜야 할 것이다.

사용사업 조직의 경우는 임금수준이 불안정한 잠재조건으로 나타났으며, 전체 평균에서는 산림청과 차이를 나타내지 않았다.

둘째, 환경적 요인에서의 불안정한 잠재적 조건은 산림청의 경우 더위 스트레스, 소음 스트레스, 장애물 위협, 불편한 조종실 설계 등이며, 특히 더위 스트레스가 불안정한 수준으로 나타났다. 이는 산림청에서 수행하는 임무가 주로 장애물과 근접해서 수행되고, 대부분 항공기에 냉방 기능이 없으며, 특히 여름철에 수행하는 항공방제임무 시 방제 액이 기내에 유입되지 않도록 조종실을 밀폐한 상태로 비행하기 때문인 것으로 판단된다. Staab외 2명(1998)의 보고에 따르면 햇빛 상태에서 밀폐된 조종실 온도는 주변온도보다 최소 5.5℃ 높은 것으로 나타났다[10]. 따라서 혹서기 비행임무 시 조종사들의 체온을 유지할 수 있는 방안을 수립해야하며, 장애물과 근접해서 임무를 수행하는 만큼 기상 제한치를 철저히 준수하여야 할 것이다.

사용사업은 더위 스트레스와 장애물 위협이 불안정한 잠재적 조건으로 나타났다. 사용사업의 주요 임무 역시 산림청 유사하게 이루어지고 있어 나타난 결과라 하겠다. 사용사업에서 가장 많은 사고율을 보이는 임무는 방제임무이다. 사용사업에서의 방제임무는 대부분 1명의 조종사가 임무를 수행하며, 임무가 시작되면 최종 끝날 때까지 엔진을 정지시키지 않은 상태로 연료와 방제액을 보급 받으며 지속적으로 수행하게 된다. 고온의 밀폐된 장소에서 장시간 임무를 수행하는 관계로 과도한 온열 스트레스와 집중력 저하를 가져오게 된다. 이로 인해 인근 장애물에 대한 상황인식 능력이 떨어지게 되어 장애물과의 충돌 사고가 빈번하게 발생되고 있다. 특히 이러한 환경에 익숙하지 않은 조종사들의 경우 사고발생 가능성이 높아지게 된다. 이러한 문제점을 고려하여 외국의 경우 항공방제 임무는 별도의 한정 자격을 보유한 조종사들에 의해서만 수행되고 있다. 우리나라도 항공방제에 대한 한정 자격을 추가하고 자격을 부여받은 조종사만 임무를 수행할

수 있도록 관련 법규를 개정하는 것이 필요하다 하겠다.

셋째, 운용자 상태요인에서의 불안정한 잠재적 조건은 산림청의 경우 과도한 집중과 주의산만 요소과다, 임무완수에 대한 부담, 동료 간의 압박, 비행 후 피로감, 임무 수행 시 시간적 압박 등으로 분석되었다. 이는 산림청 조종사들이 수행하는 산불 진화 임무 시 여러 대의 항공기가 제한된 공역 내에서 운용되어 주의가 산만하게 되고 이로 인한 집중력 과다와 산불진화에 대한 부담감 및 시간적 압박 등을 느끼는 것으로 파악된다. 사용사업 조종사들은 임무 완수에 대한 부담이 불안정한 잠재적 조건으로 나타났다. 임무 완수에 대한 부담은 비행 중 악기 상 조우 시 임무를 취소하지 못하고 강행하는 오류를 범할 수 있어 위험하다.

본 연구는 회전익 항공기 운용조직별 항공기 사고율과 사고의 잠재적 조건을 비교분석하여 향후 각 조직별 안전비행 향상을 위한 대책을 수립하는데 도움을 주고자 하였다. 향후 연구에서는 도출된 문제점을 개선할 수 있는 구체적 방안에 대해 연구되어야 하며, 제도개선에 대한 실질적 분석과 적용방안을 검토하여야 하겠다.

참고 문헌

- 1) Shappell, S.A., and Wiegmann, D.A., U.S. naval aviation mishaps 1977-92: Differences between single- and dual-piloted aircraft. *Aviation, Space, and Environmental Medicine* 67, 1996, pp65-9.
- 2) Heinrich, H.W., Petersen, D., & Roos, N. *Industrial accident prevention: A safety management approach* (5th ed.). New York: McGraw-Hill. 1980
- 3) Reason J., *Human error*. New York: Cambridge University Press, 1990
- 4) Wiegmann, D., Shappell, S., *The Human Factors Analysis and Classification System - HFACS*, FAA DOT/FAA/AM-00/7 Office of Aerospace Medicine: Washington, DC., 2000
- 5) FAA DOT/FAA/AM-06/18 *Human Error and Commercial Aviation Accidents: A Comprehensive, Fine-Grained Analysis Using HFACS*, Shappell, Detwiler, Wiegmann, Hackworth, 2006
- 6) DoD HFACS, *Department of Defense Human Factors Analysis and Classification System A mishap investigation and data*

analysis tool, 2005

7) 해양경찰, 2013 해양경찰 백서, 2014

8) 경찰, 2012 경찰통계연보, 2013

9) Helicopter Association International(HAI),
2008~2012 Five-Year Comparative U.S. Civil
Helicopter Safety Trends, 2013

10) Australian Transport Safety Bureau(ATSB),
Aviation Occurrence Statistics 2003 to 2012, 2013

11) Staab, Janet E. ; Kolka, Margaret A. ;
Cadarette, Bruce S., Metabolic Rate and Heat
Stress Associated with Flying Military
Rotary-Wing Aircraft, 1998