

조종사와 항공교통관제사의 JCRM 필요성에 관한 연구

A Study on Needs for JCRM with Pilot and Air Traffic Controllers

김진엽¹ · 조영진²

¹한서대학교 항공운항관리학과

²한서대학교 헬리콥터조종학과

Jin Yup Kim¹ · Young-jin Cho²

¹Department of Flight Operation Management, Hanseo University, Taeon 32158, Korea

²Department of Helicopter Operation, Hanseo University, Taeon 32158, Korea

[요 약]

미국의 가인(GAIN)은 Pilot/Controller Collaboration Initiatives 보고서에서 “조종사와 항공교통관제사는 하루 종일 서로 이야기하지만 거의 의사소통하지 않는다.”라고 기술하였다. 조종사-항공교통관제사 간의 안전 운항에 대한 인식과 문화, 또는 다른 요인에 서 오는 차이점이 절차와 지시에 대하여 서로 간의 오해가 있는가라는 의문이 연구의 시발점이 되었다. 촉박한 시간 내에 해결해야 하는 많은 과정은 James Reason의 Swiss Cheese Theory와 같이 연쇄적인 위험요인을 거쳐 사고를 유발할 가능성을 높인다. 비행의 주체가 되는 조종사-항공교통관제사 간의 복합 요소가 상당 부분 차지하고 있는데 불구하고 두 집단 간의 안전 운항을 위한 통합적인 관리는 이루어지고 있지 않다. 본 연구는 조종사-항공교통관제사 간의 안전 운항을 위한 안전 및 교육의 통합적인 관리를 JCRM 을 통해서 이루고자 기술하였다.

[Abstract]

GAIN in the US explained in its Pilot/Controller Collaboration Initiatives report that "pilots and air traffic controllers talk to each other all day long, but they rarely communicate." The starting point for the study was the question of whether differences in flight safety perceptions and culture between pilots and air traffic controllers, or other factors, could lead to mutual misunderstandings of procedures and instructions. Digest with The many processes that must be solved within tight deadlines increase the likelihood of accidents through cascading risk factors such as James Reason's Swiss Cheese Theory. Despite the fact that the pilot-air traffic controller complex, which is the subject of flight, occupies a considerable part, there is no integrated management for safe operation between the two groups. Therefore, this research aims to achieve integrated management of safety and education for safe operation between pilots and air traffic controllers through JCRM.

Key word : Factors affecting safe operation between pilots and air traffic controllers, Human Factors, JCRM Expansion, Knowledge sharing, Safety Culture.

<http://dx.doi.org/10.12673/jant.2023.27.3.247>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 11 April 2023; Revised 2 June 2023

Accepted (Publication) 13 June 2023 (30 June 2023)

*Corresponding Author; Jin Yup Kim

Tel: *** - *** - ****

E-mail: 386demia@gmail.com

I. 서론

1-1 연구의 배경

국제민간항공기구(ICAO)의 보고서에 따르면 전 세계 정기 상업용 항공기 연간 운항 횟수 및 비행시간은 2019년까지 꾸준히 증가하였다. 팬데믹 영향이 있었던 2020년 이후에는 세계 연간 운항 횟수가 크게 줄었지만 팬데믹 상황이 종료되고 점차 안정화가 되어가는 2021년부터는 다시 증가하고 있다 [1].



그림 1. 전 세계 정기 상업 운항 항공편수
 Fig. 1. Global traffic of flight departures.

이러한 항공운송산업의 발전은 항공기 운항과 관련된 항공기, 관제, 운항 및 항행시설과 관련한 기술들을 발전시켰지만 항공기 사고는 지속적으로 발생하고 있다. 국제민간항공기구(ICAO) 보고서에 따르면 전 세계 정기 상업용 항공기 연간 운항 횟수 대비 상업용 항공기 사고(Accident)는 팬데믹의 영향으로 감소하는 추세를 보이는 시기(2020년 이후)를 제외하고 증감세를 반복하며 지속적인 사고 발생률을 보여주고 있다.

지금의 항공 산업 발전이 있기까지 항공 역사 초기에는 항공기의 기계적 결함이나 불완전성에 의한 사고가 높았다. 항공기가 점차 첨단 기술과 자동화 시스템을 도입하고 공항 및 항로 등과 같은 항공안전기술 분야의 발전은 기술적인 요인들에 의한 사고 건수 및 비율을 크게 감소시켰다.

하지만 전체적인 사고 건수 및 비율은 감소하지 않고 사고(Accident) 및 준사고(Incident), 그리고 항공안전장애는 증가하고 있다. 이는 항공기 사고에 기인하는 요인으로 봤을 때 기술적인 요인(약 20%)보다는 인적요인(약 80%)들에 의한 항공기 사고가 점점 증가하고 있기 때문이다[2].

미연방항공청(FAA)은 2012년부터 2021년까지 사고 데이터를 통해 주요 항공기 사고 원인으로 작용하는 인적요인에 대하여 분석하였다. 사고 발생의 원인 및 요소에 있어서 인적요인에 의한 사고는 70~80%를 차지하고 있지만, 세분하여 보면 조종사에 의한 사고 38%, 항공교통관제사 또는 지상 조업자 등과 같이 제3자(비탑승자)에 의한 사고 36%, 조종사 이외의 탑승자에 의한 사고 12%로 나뉘어 있다. 이는 어느 한쪽의 인적요인에 의해서만 사고가 일어나는 것이 아니며 다양한 사고 발생 원인 및 요소를 인정해야 한다고 분석하였다[3].

본 연구는 JCRM으로 안전 운항을 위한 조종사와 항공교통

관제사의 안전 및 교육의 통합적 관리를 하는데 목적이 있다. 이에 따라서 조종사와 항공교통관제사의 협업으로 안전하고 효율적인 항공기 운항에 영향을 미치는 요인을 확인하고, 해당 영향 요인의 우선순위와 중요도를 파악하고자 한다.

II. 본론

2-1 CRM 및 JCRM

1) CRM(Crew Resource Management)

CRM은 모든 사용 가능한 자원(기자재, 절차, 사람)을 최대한 활용하여 항공기 운항의 안전성과 효율성을 높이는 것을 의미하며, 인적 오류가 항공기 사고에 치명적인 영향을 미칠 수 있는 환경에서 활용하기 위한 일련의 훈련 절차이다[4].

70~80%의 항공기 사고가 인적요인으로 인해 발생하고 있다는 문제점을 해결하고자 대안으로 대두된 개념이 승무원자원관리(CRM)이다. 오늘날 항공 산업에서 CRM은 인적 오류를 관리하는 도구로 활용되고 있으나 그것만으로는 완벽하게 인적 오류를 관리할 수 없다. CRM은 인적요인 영역 중 한 분야로서 비행 승무원이 인적자원, 정비지원기술, 비행운영 정책 및 환경조건 등을 관리하기 위하여 적용하는 여러 가지 기술과 방법에 초점을 맞추었다. 이에 효율적이고 안전하게 비행할 수 있도록 활용 가능한 모든 자원을 어떻게 사용하는지에 대한 기법, 기량, 자세 및 행태를 개발한다.

CRM은 1세대에서 시작하여 지금의 6세대 이르기까지 세대를 거듭하여 발전하고 있다.

2) JCRM(Joint Crew Resource Management)

미항공우주국(NASA)의 항공 교통사고 원인 분석에 대한 연구 결과로, 항공기 추락사고의 주요 원인들이 승무원 상호간의 의사소통, 의사결정 그리고 리더십의 결여와 같은 인적요인에 관한 것이라는 인식이었다. 이를 바탕으로 항공기 내에서 이용 가능한 인적 자원을 더 잘 활용함으로써 조종사의 실수를 줄이도록 하는 승무원자원관리(CRM) 훈련 과정이 채택되었으며, 향후 더 나아가 승무원 훈련 과정을 위한 JCRM이 발전하였다.

JCRM은 조종사와 객실승무원이 합동으로 실시하는 자원 관리 훈련이다. 자원 관리 훈련은 운항 기술 기준에 명시되어 있는 객실승무원 자격 취득 및 유지 요건이다. 운항승무원과 객실승무원이 인적오류를 최소화하여 항공기를 효율적이고 안전하게 운항할 수 있도록 모든 사용 가능한 자원을 조정, 통제, 지휘하기 위하여 사용하는 기량, 기법, 행태, 자세이다.

국내 FSC, LCC 항공사들은 JCRM을 통해서 운항·객실승무원과 운항관리사, 정비사를 대상으로 상호규정 이해와 비상탈출 절차, 스트레스 관리, 안전위협 요소 및 실수 관리 등을 전반적으로 교육하고 있다.

JCRM은 기존에 조종사와 객실승무원, 운항관리사, 정비사

들의 의사소통이 잘못되었고 서로의 직무를 이해하지 못해서 오는 비정상 상황으로의 상황 악화를 방지할 수 있다는 효과를 통해 그 효력이 입증되었다.

2-2 조종사-항공교통관제사 간 사고 사례

1) 국외 사례

영국 AIRPROX 사고 보고서에서 항공교통관제사의 인적 오류는 인식, 의사 결정, 의사소통 및 TEAM 자원관리와 관련이 있다고 한다. ATC 관련 사건의 예로는 2002년 7월 1일 러시아 바쉬키르 항공의 TU-154M 여객기(BTC2937)가 스위스 위베링겐시 상공에서 DHL 익스프레스 보잉 757-200SF 화물기(DHX611)와 충돌하여 71명의 승객이 모두 사망한 사건이 있다. 사고의 주요 원인은 스위스 항공교통관제센터의 심각한 오류였다. 2016년 10월 11일, 중국동방항공 A320기가 조종사와 항공교통관제사의 부적절한 상황 인식으로 활주로를 통과한 A330의 상단을 가까스로 통과하여 활주로 침입을 피하였다.

비행 횟수가 증가함에 따라 항공교통관제사는 이러한 사고를 학습해야 하며, 인적요인 분석에서 이러한 ‘실수’로부터 학습하는 것이 유사한 사고의 수를 줄이기 위한 효과적인 방법 중 하나가 된다.

(1) KLM과 PAA 테네리프(Tenerife)공항 충돌사고

1977년 3월 27일 오후 분리 독립과 조직인 MPAIAC의 폭탄 테러에 의해 Las Palmas 공항이 임시 폐쇄되었다. 착륙하려던 항공기들은 인근 Tenerife섬의 Los Rodeos 공항으로 회항하였다. 짧은 활주로와 하나의 유도도로에 다수의 항공기들이 몰렸고 저시정에서 2명의 항공교통관제사들이 관제를 담당했다. 당시 KLM 기장은 연료를 가득 싣고 이륙준비를 했으며, PAA 항공기는 저시정에서 지상활주에 어려움을 겪고 있는 상태였다. PAA 항공기가 활주로에서 지상활주 하는 동안 관제 신호 간섭이 일어났으며 이륙허가라고 생각한 KLM기장은 이륙허가 여부를 확인하고자 한 부기장의 조언을 무시하고 이륙을 시작하였다. 저시정 속에서 두 항공기는 충돌하게 되었다.

(2) 활주로 충돌사고

1991년 2월 LA 국제공항 활주로 24L 상에서 이륙 대기하고 있던 S항공사를 항공교통관제사는 활주로 정지선에서 대기하고 있던 다른 타 항공사로 착각하여 착륙 예정이었던 U항공사에게 착륙 허가를 발부하였다. U항공사의 조종사는 활주로 이륙 대기 중인 S항공사를 착륙 후 발견하였지만 충돌을 면하지 못하면서 두 항공기가 충돌하였다. 이 사고로 인해 S항공사에 2명의 승무원과 승객 10명이 모두 사망하였고, U항공사 승무원 전원 및 89명의 승객 중 20명이 사망하였다.

(3) In Re Air Crash Disaster at Boston, Mass

1973년 7월 31일, 11시 DELTA 정기 승객 항공기가 보스턴

공항으로 접근하면서 접근 항공교통관제사는 “기상은 부분적 차폐 및 400피트 차폐(Overcast), 1과 1/2 마일의 안개(“Weather is partial obscuration, estimated four hundred overcast, miles an a half and fog.”)라고 통보하였다. 당시 공항은 시정 악화로 계기착륙장치 접근을 하였는데 접근관제사는 배정된 4R 활주로의 방향이 035도임에도 불구하고 교범에 지시된 통상의 최종 경로 진입각보다 15도 큰 방향(Heading) 080도와 통상 유지해야 할 고도보다 1,000피트 높은 3,000피트를 지시하고 더 이상의 관제지시가 없었다. 최종 구간으로 접근하면서 의문을 느낀 조종사는 항공교통관제사에게 계기착륙장치 접근 허가를 확인하였고 항공교통관제사는 “그렇다”고 대답하였다. 큰 진입각과 높은 고도 때문에 최종 착륙 경로가 우측으로 많이 벗어나고 정상보다 상당히 높은 고도에서 진입을 시작한 조종사는 정상 착륙 범주에 들어가기 위하여 정상보다 많은 양의 방향 및 강하각으로 수정하였다. 700피트에서는 비행경로 지시계(Flight Director)가 고장 나서 기본 계기(Raw Data)로 전환하며 접근을 시도하였지만 최종접근 구간 내내 정상적인 계기착륙장치 경로에 진입하지 못하고 깊은 강하각으로 접근하다가 결심고도 이하로 통과한 후 활주로에 미달하여 지면에 충돌하였다.

(4) 활주로 공사 차량과 착륙 항공기 충돌 사고

1970년 5월 23일 새벽 4시 2분경 중화항공공사 소속 B-727 여객기가 동경 국제공항 활주로에 착륙 직후 활주로 도장 공사를 감독 중인 차량과 충돌하여 인명사고가 발생하였다. “착륙 조작이 통상의 방법에서 현저하게 벗어나지 아니하고 아직 지상이 어두운 상태이며 피해 차량 위의 황색 선회등이 꺼져 있었기에 전방의 차량발견이 늦은 점과 복행을 시도하지 아니하였다는 것은 이유가 되지 않으며 확정적인 증거가 결여되어 있다.”고 하였다. “항공교통관제사의 구체적인 관제 지시를 과실이라 하였는데 도장 차량을 대피한 후에 항공기에 대하여 착륙허가를 지시하고 항공기와 자동차의 접촉에 의한 위험 발생을 미연에 방지해야 할 의무에 태만하였다”고 밝혔다.

(5) 일본항공(JAL) 907편 근접 사건

2001년 1월 31일 오후 3시경 JAL 907편은 39,000피트로 상승 중이었고 JAL 958편은 37,000피트에서 수평 비행하며 접근을 위한 강하 지시를 기다리는 중이었다. 근접 비행 경고 시스템이 작동하자 동경 관제소의 훈련 항공교통관제사는 순항 중인 958편을 강하시켜서 회피하려고 하였으나 잘못 호출하여 상승 중인 907편에 35,000피트 고도로 강하하라고 관제 지시를 내렸다. 907편이 강하하며 경로가 수렴되자 각 항공기에 탑재되어 있는 공중충돌 경고장치가 작동하기 시작하였고 958편의 조종사는 공중충돌 경고장치 경보에 따라 강하하였지만 907편 조종사는 공중충돌 경고장치의 상승지시를 무시하고 항공교통관제사 지시를 믿고 강하를 계속하였다. 뒤늦게 상황 파악을 한 훈련 감독관은 907편을 957편으로 잘못 호출하며 상승 지시를, 958편에게는 강하를 지시하였는데 958편의 공중

충돌 경고장치 경보가 “강하”에서 더욱 급강하를 요하는 “강하율 증가”로 변하자 958편 조종사는 공중충돌 경고장치의 지시대로 강하율을 증가시켰다. 원래 강하하고 있던 907편의 기장은 항공기가 더욱 수렴하게 되자 더 급강하하였고 최후에 958편의 기장은 마지막 순간에 강하에서 상승으로 전환하며 회피하였는데 최근접 거리는 수평 105m~165m, 고도 20m~60m 이었으며 회피 기동하는 과정에서 907편의 5명이 중상을 입고, 37명이 경상을 입었다.

2) 국내 사례

(1) 허가받지 않은 활주로에 착륙

2019년 11월 김포공항으로 착륙예정이었던 A항공사는 서울접근관제소와 김포공항 관제탑으로부터 김포 국제공항 활주로 32L로 정밀 계기 접근 및 착륙을 허가 받았으나, 허가받지 않은 활주로 32R에 착륙한 사례이다. 출발 당시 입력된 착륙활주로 정보가 운항 중 변경되었지만, 조종사의 공항정보방송업무(ATIS: Automatic Terminal Information Service) 정보 확인 소홀 및 비행절차 미준수로 인지하지 못하였으며, 항공교통관제사는 레이더 화면에 허가받지 않은 활주로에 접근 하는 항공기에 대한 항적 감시가 미흡하였고, 즉시 복행 지시를 내리지 않아 준사고가 발생하였다.

(2) 활주로 무단 진입

2016년 3월 청주국제공항에서 A항공사의 조종사는 지상 관제사의 지상유도 지시가 활주로 진입 허가의 의미를 내포하고 있다고 판단하여 이륙하기 위해 유도도 B3에서 활주로 24R로 활주로 진입 정지선을 확인하지 않고 관제허가 없이 무단 진입하였다. B항공사는 활주로 24R에 접지하여 착륙활주 중 유도도 B3에서 활주로에 무단 진입하는 A항공사를 발견하고 활주로 중심선 좌측 약 6m 벗어나서 회피 기동하였지만, 두 항공기 간격은 불과 3m로 근접 조우하였다(국토교통부, 2016).

(3) 이륙 중 수송기 실속 추락

1967년 4월 군 수송기는 기상악화로 정기항로 비행을 변경하여 탑승원 15명과 공수 물자를 싣고 다시 대구로 향하여 오전 11:37분경 이륙하여 상승하다가 이륙 8분 뒤인 11:45분경 추락하였다. 사고기가 이륙할 당시 목적지인 대구의 기상은 착륙최저치(1,500피트, 2마일)이하였고 기상은 점차 악화되어 가고 있었으므로 이러한 상황 아래에서는 비행기는 이륙할 수 없음에도 불구하고 조급히 이륙하였고 갑자기 서울관제탑으로부터 씨.피 홀딩 패턴(C.P. Holding Pattern)으로 고도 5,000 피트까지 상승한 후에 항로에 진입하라는 변경지시를 받았으나 조종사는 기상악화(시정장해)로 방향감각을 상실하고 상승, 강하, 선회 비행을 계속 하던 중 사고기 왼쪽 엔진에 이상이 생기면서 지상에 추락하였다.

2-3 조종사-항공교통관제사 간 안전 운항 영향 요인

1) 지식공유

항공기 안전 운항을 지원하기 위한 조직은 항공기를 직접 운항·관리하는 항공사와 항공기 조종사로 하여금 안전한 비행을 유도 안내하는 항공교통관제사인 국토교통부(항로관제센터, 접근관제센터 및 Tower관제소)로 구성되어 있으며, 항공기 안전 운항이라는 공통된 목표를 가지고 있다고 서술하였다. 업무내용 또한 항공기 안전 운항과 관련된 관계로 항행시스템의 기술기준을 포함해, 항공기 탑재장비의 기술기준 및 관제절차는 각 시스템 별 제작사를 포함해 미연방항공청(FAA) 및 국제민간항공기구(ICAO)에 의거 국제기준으로 명확히 구분되어 명문화되어 있지만, 각각의 조직에서 명확히 구분되어 적용된 기술기준 등 전문지식이 항공기 안전 운항을 수행하는 데에는 다소 미흡한 부분이 존재하여 이를 개선하기 위한 방안으로 지식공유가 필요하다고 서술하고 있다[5].

지식공유와 관련된 선행연구들의 개념을 바탕으로 본 연구에서는 지식공유를 상호 의사소통을 통해 타 조직인 항공기 조종사와 항공교통관제사 들에게 제공하는 행동과 항공기 탑재장비 및 관제기관의 관제절차 등의 필요한 지식을 서로의 관련지식으로 만들려는 행동의 정도로 정의하고자 한다. 지식공유에 영향을 미치는 요인들은 연구자들마다 다양하게 제시하고 있다. 대부분의 연구를 볼 때 지식공유를 일으키는 개인적 요인, 구조적 요인과 관계적 요인, 지식공유가 발생할 수 있는 활동 요인 등으로 구분하고 있다.

2) 안전문화

항공분야에서의 안전문화는 조직의 안전에 있어서의 우선순위 및 안전에 대한 중요성을 어떻게 인식하고 평가하는가를 의미하며, 조직원들이 업무수행 중 비상상황에 어떻게 대처하는가, 그리고 안전을 조직의 핵심가치의 최우선으로 두는가를 안전문화를 통해 확인할 수 있음을 밝혀냈다(Grebensek et al., 2015). 항공사의 최고경영자는 항공사 설립 시에 안전을 항공안전관리시스템의 안전정책 및 목표의 최우선으로 두는 것은 항공사의 긍정적 안전문화 형성에 기초가 된다. 최고경영자가 안전정책 및 목표수립에 있어 가장 중요시해야 할 것은 그 수립된 안전정책 및 목표를 바라보는 조직구성원들의 태도와 효과적인 안전문화의 정착이다[6].

Reason(1997)의 5가지 안전문화를 기초로 정보문화(Informed Culture), 학습문화(Learning Culture), 보고문화(Report Culture), 공정문화(Just Culture), 유연문화(Flexible Culture)을 예시로 하여 우리나라 국토교통부 항공안전관리 매뉴얼(2007)과 ICAO 안전관리 매뉴얼 초판(2006)에서 긍정적인 안전문화의 전형적인 특성을 제시하였다. 따라서 Reason(1997)의 연구를 바탕으로 안전문화 측정에 있어 정보문화, 보고문화, 공정문화, 학습문화, 유연문화의 5가지 구성요소를 적용하였다.

3) 인적요인

미연방항공청(FAA)은 인적요인이라 “인간 능력과 한계에 대한 정보를 생성 및 수집하고, 안전하고 편안하며 효과적인 인간의 성능을 생성하기 위해 적용하는 종합적인 노력”이라고 정의하고 있다. 국제민간항공기구(ICAO)는 “인적요인은 그들의 생활 및 작업 상황에 있는 사람들, 기계와의 관계, 절차와 환경과의 관계, 그리고 다른 사람과의 관계에 관한 것이며, 항공에 있어서의 인적요인은 최적의 항공기 및 항공 교통관제 운영을 위한 일련의 제언, 의료 및 생물학적 고려사항을 말한다.”고 정의하였다(ICAO Doc 9683).

국토교통부는 인적요인의 개념(Human Factor Principles)을 인적 수행 능력을 충분히 고려하여 인간과 다른 시스템 요소 간의 안전한 상호 작용을 모색하고 항공학적 설계, 인증, 훈련, 조작 및 정비에 적용하는 것이라고 정의한다[7].

학자들은 연구를 통해서 규정이나 표준 운항 절차에 대한 미 준수, 부적절한 의사결정, 조종기술의 부족, 항공기 시스템에 대한 지식의 부족, 그리고 조종사-조종사간 또는 조종사-항공교통관제사 간 의사소통 문제 등을 주요 인적오류의 원인으로 제시하고 있다. 이외에도 악기상, 업무량 증가, 시스템 고장 등의 외부 환경요인에 의해 인적오류가 발생되기도 한다. 인적요인과 관련한 많은 연구가 진행되고 있는 가운데, 1972년 Elwyn Edward는 현재에도 가장 많이 인용되고 있는 조종사와 항공기와의 관계를 단순하고 체계적이게 구성한 SHELL model에 대한 이론을 발표하였다. 또한 국제민간항공기구(ICAO)에서 권고하고 있는 인적요인 교육 훈련 프로그램을 기반으로 세계 각국의 항공사들은 승무원자원관리(CRM) 교육훈련을 도입 및 적용하고, 안전관리 교육을 개발하여 인적오류에 의한 항공사고를 예방하기 위해 노력을 하고 있다. 승무원자원관리(CRM)는 상황인식, 상호협력, 의사결정, 의사소통이라는 인적요인을 이용하여 안전 운항에 대하여 태도를 변화시키고 신뢰성을 증진시키는데 도움을 주도록 계획한다.

2-4 조종사-항공교통관제사 간 안전 운항 영향 요인 분석

조종사와 항공교통관제사 간 안전 및 교육의 통합적 관리를 위해 CRM과 JCRM의 정의와 개념을 알아보고, 여러 사고 사례 분석과 선행 연구를 통해서 조종사-항공교통관제사 간의 안전 운항에 영향을 끼치는 요인이 무엇인지 다음과 같이 도출하였다. 주요 사고 원인인 인적요인을 그중 하나의 요인으로 도출하였고, 두 집단이 생각하는 안전에 대한 인식 정도를 알기 위해 안전문화라는 요인을 도출하였다. 마지막으로 서로 간의 전문성을 이해하기 위해 지식공유를 최종 요인으로 선정하여 총 세 가지 요인(인적요인, 안전문화, 지식공유)을 도출하였다.

선행연구를 통해서 조종사-항공교통관제사 간 안전 운항에 영향을 미치는 요인을 다음과 같이 기본도구로 채용하였다.

지식공유는 김완현(2018)의 “이 직종 간 지식공유 활성화 방안”에 관한 연구”를 채용하였고, 안전문화는 홍순남(2020)의

“항공객실승무원의 안전문화 인식이 심리적 조직유효성에 미치는 영향 직업소명 의식의 조절효과 검증” 연구를, 인적요인은 이재운(2021)의 “민간항공 조종사의 인적요인에 대한 중요도와 현재수준 연구 IPA분석을 이용하여”를 채용하였다.

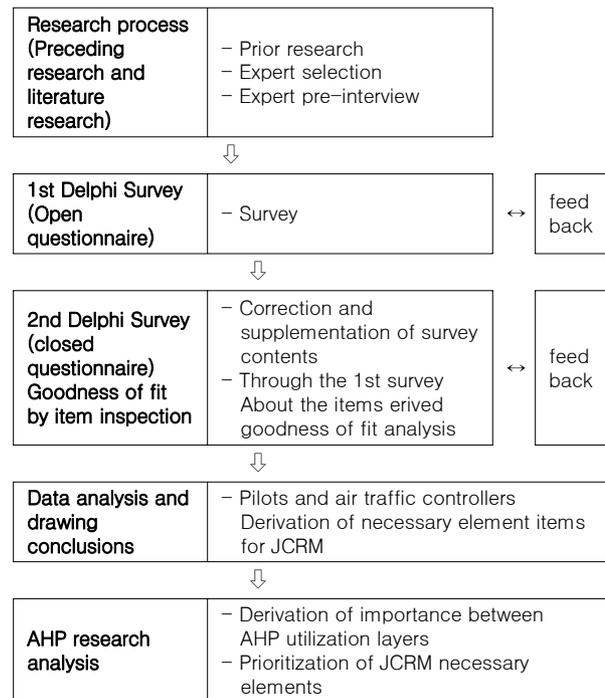
본 연구는 JCRM으로 안전 운항을 위한 조종사와 항공교통관제사의 안전 및 교육의 통합적 관리를 하는 것이므로 델파이 기법을 통하여 채용된 요인의 하위요인에 대한 브레인스토밍을 거치고 최종적으로 얻은 요인들로 중요도를 분석할 수 있는 계층적 의사결정방법(AHP)을 적용하여 분석하였다.

2-5 연구 설계

1) 연구 과정

표 1. 연구 과정

Table 1. Research Process.



2) 델파이 기법

델파이 연구 체계에 따라 본 연구에서는 국적항공사 조종사 14명과 항공교통관제사 10명으로 구성된 2개 집단의 전문가를 대상으로 그들의 지식과 경험을 바탕으로 안전 운항에 미치는 영향요소를 스스로 도출하도록 하였다. 따라서 이에 대한 중요도를 평가할 수 있도록 연구에 대한 충분한 사전 설명을 하여 본 연구를 이해시킨 후, 그들이 개방형 설문지에 직접 답변을 작성하는 방법으로 전문가 조사를 수행하였다. 개방형 방식으로 수집된 1차 설문조사를 통해 구조화된 설문을 구성하고, 2차 설문에서는 안전 운항에 미치는 영향 요소에 대한 필요성을 분석하여 평균값 보다 현저히 낮은 항목을 제외한 항목으로 3차 델파이 분석을 실시하였다. 각 단계별로 전

단계에 평가되었던 요소들을 제시하였으며, 도출된 요소에 대해 수정, 제안할 수 있는 기회를 주었다. 최종 3차 설문에서 도출된 결과를 가지고 타당도 비율(CVR)을 산출하여 차후 계층적 의사결정방법(AHP)에 활용할 전문가들이 도출한 안전 운항에 미치는 영향요소들이 적합한지 검증하였다.

표 2. 최종 측정항목으로 도출된 요인
Table 2. Factors derived as final metrics.

Adoption factor	Knowledge sharing	Safety culture	Human factors
sub-factor	<ul style="list-style-type: none"> - Understanding other fields - structural knowledge utilization 	<ul style="list-style-type: none"> - Information and learning culture - Flexible fair culture 	<ul style="list-style-type: none"> - Situation Forecasting - Division decision - Interaction
	<ul style="list-style-type: none"> - Personal factors - Expectation factor - Structural factors - Use of knowledge factor 	<ul style="list-style-type: none"> - Information culture - Learning culture - Fair culture - Flexibility culture 	<ul style="list-style-type: none"> - situational awareness - Mutual cooperation - Decision - Communication

3) 계층적 의사결정방법(AHP)

본 연구에서는 안전 운항의 영향요인의 중요도와 우선순위를 도출하는데 활용될 계층적 의사결정방법(AHP)은 계층구조의 설계단계, 평가단계, 그리고 대안선정의 단계를 거쳐 수행한다.

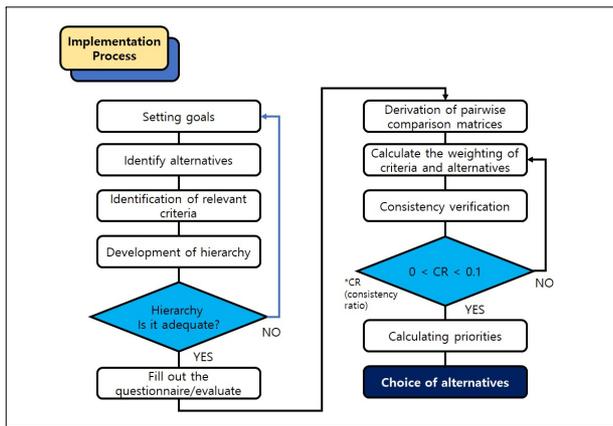


그림 2. 계층적 의사결정방법(AHP) 단계
Fig. 2. Analytic Hierarchy Process.

본 연구에서 수행한 계층적 의사결정방법(AHP) 설문은 일관성의 비율로 설문조사의 타당도와 신뢰도를 평가하였다. 일관성 지수는 응답자가 논리적으로 모순을 유발하게 되면 일관성 지수(Consistency Index)가 증가하게 된다. 그러므로 일관성 지수가 기준 지수 이상 높게 나오면 응답자의 자격이나 수준을 의심해보아야 하며, 그 결과의 신뢰성이 떨어지게 된다. 응답자가 해당 요소와 분야에 대한 전문성이 높을수록 일관성 지수는 낮게 나온다. 통상 일관성 지수(CI)가 0.1 이상이면 응

답자의 답변을 신뢰할 수 없다고 보며, 일관성의 비율이 0.1 이하면 설문조사의 타당도와 신뢰도가 확보되었다고 판단할 수 있다.

2-6 설문 구성

1) 표본 선정

연구모형을 토대로 국적항공사 조종사와 항공교통관제사를 분석 대상으로 설정하였으며, 각국의 주요 공항을 취항하는 국적항공사 경력 10년 이상의 현직 조종사와 경력 10년 이상의 현직 항공교통관제사(비행장, 접근, 지역)의 데이터를 사용하여 분석하였다. 국적항공사 조종사 14명, 항공교통관제사 13명(비행장 관제사 4명, 접근관제사 8명, 지역관제사 1명)의 데이터를 표본으로 선정하였다.

본 연구의 절차는 국적항공사 조종사와 항공교통관제사의 설문 결과를 분석하여 조종사와 항공교통관제사의 안전 운항에 영향을 끼치는 요인을 파악하고 요인간 중요도와 상관관계를 검증하기 위해 각 집단에서 도출된 우선순위가 JCRM(Joint Crew Resource Management)을 필요로 하는지 검증하고자 한다.

2) 연구 모형

본 연구의 조종사-항공교통관제사 안전 운항 영향요인 계층도에 따라 연구 모형을 설정하였다.

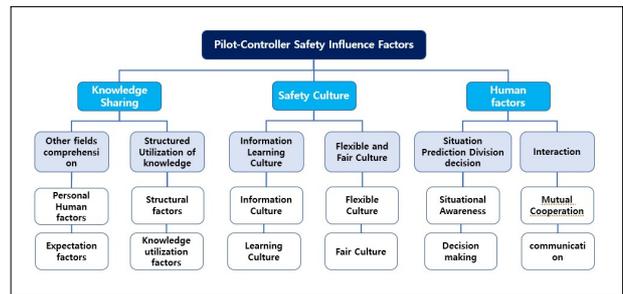


그림 3. 조종사-항공교통관제사 안전 운항 영향요인 계층도
Fig. 3. Hierarchy of Influencing Factors for Pilot-Air Traffic Controller Safety Operation.

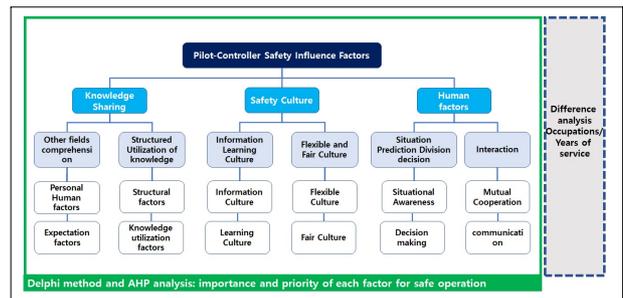


그림 4. 연구 모형
Fig. 4. Research Model.

III. 결 론

3-1 연구 결과

본 연구의 목적은 JCRM(Joint Crew Resource Management)으로 안전 운항을 위한 조종사와 항공교통관제사의 안전 및 교육의 통합적 관리를 하는데 목적이 있으며, 항공안전법에 따라 항공사에서 수행중인 JCRM을 항공교통관제사와 하도록 확대 적용하여 안전 운항에 관련하여 조종사와 항공교통관제사 간의 상호 불일치되는 인식, 문화 또는 다른 요인에 대하여 서로 간의 이해를 도모하고자 실시되었다.

본 연구를 위해 선행연구를 통해서 지식공유와 안전문화, 인적요인의 개념과 요인들을 확인하고 그에 대한 안전 운항을 위한 요인을 연구하여 개념을 정의하였다. 이론적 연구를 토대로 분야별 전문가들과 함께 구체적인 요인들을 선정하여, 조종사와 항공교통관제사 간의 각 요인들과 하위 요인들 간의 중요도를 평가하고 검증하였다. 연구 결과는 다음과 같다.

조종사와 항공교통관제사 간 안전 운항 영향요인 하위 요인들 1단계의 중요도를 비교했을 때, 조종사와 항공교통관제사 모두 지식공유 요인이 가장 중요하게 나타났으며, 안전문화, 인적요인 순으로 나타났다. 2단계의 중요도는 지식공유의 하위요인인 타 분야 이해 요인으로 나타났다. 그 다음으로 조종사는 인적요인의 상황예측과 결정 요인을, 항공교통관제사는 안전문화의 정보와 학습문화 요인을 중요하게 평가하였다. 3단계에의 지식공유 요소에서는 조종사는 구조적 지식활용 요소의 구조적 요인을, 항공교통관제사는 타 분야 이해 요소의 기대적 요인을 가장 중요하게 평가하였다. 안전문화 요소에서는 조종사는 공정한 문화를, 항공교통관제사는 정보문화를 중요하게 평가하였다. 다음으로 인적요인 요소에서는 조종사와 항공교통관제사 모두 상황인식을 가장 중요하게 평가하였다.

전체의 결과와 근속년수의 결과도 앞선 결과와 마찬가지로 1단계, 2단계에서 가장 중요하게 여겨지는 요소로 지식공유와 타 분야 이해요인이 중요하게 평가되었다.

이상의 결과에서 조종사와 항공교통관제사 모두 1단계에서는 지식공유 요인을, 2단계에서는 타 분야의 이해를 높게 평가함으로써 이러한 요인을 통해서 안전 운항을 할 수 있다고 평가하였다. 이를 위해 두 집단의 기대에 따른 새로운 프로그램의 통합 관리와 운영이 필요하다는 것을 알 수 있다.

또한 3단계의 지식공유의 결과와 인적요인의 결과를 통해 알 수 있듯이 두 집단 모두 기대적 요인과 상황인식, 상호협력을 중요한 요인으로 평가하였다. 이는 두 집단이 안전 운항을 위해 유기적인 지식공유를 통해서 상황인식을 하고 상호협력을 함에 있어 서로가 필요하다는 것을 인지하고 있다는 것을 의미하고 있다.

3-2 시사점

국내 현직 국적항공사 조종사는 6,300여명(2022년도 3월 기준)이고, 항공교통관제사는 640여명(2019년도 5월 기준, 현업 359명)으로 총 6,940여명이다. 많은 인원에 대한 JCRM을 추진함에 있어서는 어느 한 집단만의 추진만으로는 어려운 현실이다. 이는 주도적인 역할을 하는 국가 차원의 조직이 구성되어야 하고 적절한 프로그램을 가지고 JCRM을 시행해야하는 장기적 추진 과제가 필요하다. 따라서 본 연구를 통해서 시사하고자 하는 바는 두 가지이다.

첫째, 상위 조직의 편성이다. 유럽은 팀자원관리(TRM: Team Resource Management)를 EUROCONTROL에서 주도적으로 추진한다. TRM은 항공 교통 서비스의 안전과 효율성을 최적화하기 위해 사용 가능한 모든 자원(정보, 장비 및 인력)을 최대한 활용하기 위한 전략이라고 정의하고 있고, ICAO PANS-training을 충족하도록 개발되었다. 1990년대 초반까지 CRM의 해당 개념은 수년 동안 항공기 조종사의 교육으로 구현되었으며 이러한 프로그램이 사고 및 사고율을 줄이는 데 성공했음을 보여주었다. TRM은 CRM 원칙을 따르는 방법으로 최신 정비자원관리(MRM: Maintenance Resource Management)와 함께 시스템 오류의 일반적인 원인에 대해 항공기 운영을 방어한다는 안전 관리의 더 넓은 맥락에서 추진되었다. TRM 교육 프로그램은 팀워크, 팀 역할, 커뮤니케이션, 상황 인식, 의사 결정 및 스트레스에 대한 별도의 항목들이 포함되어 있었는데, 인적오류와 위규에 대한 관리, 자동화의 영향을 다루기 위한 두 개의 항목이 추가되었다. 교육 대상은 ‘사용 가능한 모든 자원(정보, 장비 및 인력)’이라는 정의에 따라 항공교통관제사, 조종사, 객실승무원, 군인, 관리자 등이다 [8].

미국에서 수행되고 있는 협업 사례는 가인(GAIN)에서 주도적으로 추진하고 있으며, Pilot/Controller Collaboration Initiatives라는 보고서를 통해 안전 향상을 위해 국제 항공 커뮤니티의 사용자 간에 안전 정보의 자발적 수집 및 공유를 촉진하는데 선도하고 있다. 이 보고서는 가인(GAIN)의 워킹그룹 E(Flight Ops/ATC Ops Safety Information Sharing Working Group)에서 개발했으며, 조종사와 항공교통관제사의 안전 및 운영을 개선하기 위해 협력하는 방법을 제공한다[9].

이상의 유럽과 미국의 사례를 보면 주도적으로 관리하는 조직이 있고, 인원과 프로그램이 편성되어 지속적인 관리를 한다는 것을 알 수 있다. 또한 본 연구의 분석 결과에 따라 중요도와 우선순위에서 알 수 있듯이 향후 프로그램 편성에 있어 조종사와 항공교통관제사 간 지식적인 부분과 상황인식과 상호협력의 항목이 심도있게 다루어지기를 기대한다.

두 번째로 시사하고자 하는 바는, 새로운 용어의 정립이다. JCRM은 CRM의 발전된 형태로 초창기 교육 목적 대상은 조종사(영문 표기 Cockpit)였다. CRM은 해를 거듭해 발전하여 6세대 CRM으로 이어져 왔으며, 현재의 JCRM에 이르렀다. JCRM의 약어는 Join Crew Resource Management로 Crew인 승무원을 대상으로 이루어지는 교육이며 현재는 국내 항공사들이 해당 항공사 소속 조종사, 객실승무원, 운항관리사, 정비사를 대상

으로 JCRM 교육을 실시하고 있다. 따라서 항공안전법에 따라 항공사에서 수행중인 JCRM을 항공교통관제사와 하도록 확대 적용하기 위하여서는 새로운 용어 정립이 필요하다.

본 연구는 이러한 관점에서 JCRM을 항공교통관제사와 하도록 확대 적용하여 안전 운항을 위한 새로운 방법을 확인하고자 시행되었다. 이상의 연구 결과를 통해서 두 집단이 안전 운항에 영향관계에 여러 요소가 있음을 확인하였음에, 향후에는 항공교통관제사와 JCRM을 확대 적용하여 발전된 안전 운항의 방법이 모색되기를 기대한다.

3-3 연구의 한계

본 연구의 한계는 다음과 같다.

첫째, 조종사와 항공교통관제사의 집단과 인원수를 고려했을 때, 본 연구에서 시사하는 방법을 적용하기 위해서는 상위 조직의 주도적인 추진이 있어야 그 효과를 거둘 수 있을 것이라고 판단된다. 이를 위한 방안은 후속 연구에서 다루어지기를 기대한다.

둘째, 안전 운항 영향요인을 도출하기 위해 전문가가 선정되었지만, 전문가의 개인적인 성향 또는 의견에 따라 도출되는 요인이 상이할 수 있는 점, 중요시 되는 요인이 상이할 수 있다는 점에서, 향후 연구에서는 전문가 수를 늘려 보완을 하고, 안전 운항에 영향을 끼치는 요인들을 더욱 기술적이고 폭넓은 방법으로 검증하고 명확히 선정되기를 기대한다.

References

[1] International Civil Aviation Organization, Safety Report 2022, *International Civil Aviation Organization*, pp.5, 2022.

[2] U.S. Department of Transportation, Aviation Maintenance Technician Handbook, *Federal Aviation Administration*, 14-1, 2018.

[3] S. H. Ham, A Study on the Duty of Care of Pilots and Controllers in Flight Operations - Focusing on Aviation Accident Cases-, Ph.D, Korea Aerospace University, Goyang, Feb. 2012.

[4] Y. S. Kim and S. O. Goo, "An Introduction to Flight Test Procedure of Smart UAV Based on CRM Concept" *Current Industrial and Technological Trends in Aerospace*, Vol 11, No. 2, pp. 47-53, Dec. 2013.

[5] W. H. Kim, A research on activation planning of knowledge sharing among different professional categories : focusing on air transportation, Ph.D, Korea Aerospace University, Goyang, Feb. 2018.

[6] S. N. Hong, A Study on the Impact of Safety Culture Perceptions of Flight Attendants on the Psychological Organizational Effectiveness: Moderating Effect of Vocational Calling, Ph.D, University of KuungHee, Seoul, Feb. 2021.

[7] Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Flight Safety Regulation for Aeroplanes, *Ministry of Land, Infrastructure and Transport*, General, 1.1.1.4, 2022.

[8] Eurocontrol TRM(Team Resource Management)[Internet]. Available: <https://www.eurocontrol.int/project/human-performance>.

[9] GAIN Pilot/Controller Collaboration Initiatives: Enhancing Safety Efficiency[Internet]. Available: https://flightsafety.org/wp-content/uploads/2016/09/collaboration_initiatives.pdf



김진엽 (Jin Yup Kim)

2023년 2월 : 한서대학교 항공운항관리학과 (이학석사)
※ 관심분야 : 항공운항, 항공교통관제



조영진 (Young-Jin Cho)

2020년 2월 : 한국항공대학교 항공교통물류학과 (이학박사)
2014년 3월 ~ 현재 : 한서대학교 항공학부 교수
※ 관심분야 : 헬리콥터 운항, 항공교통시스템, 항행안전시스템