

## 공역의 구조적 변경에 따른 위험평가 절차 연구

김도현\*, 김응이\*\*

### A study on Risk Assessment Procedure for the Structural changes of Navigable Airspaces

Dohyun Kim\*, W. Y. Kim\*\*

#### Abstract

'Navigable airspace' means an airspace at and above the minimum safe flight level, including airspace or flight procedures needed for safe takeoff and landing. Airspace may be established as needed and may be abolished, and in some cases may be limited to airspace management. These are absolutely based on risk assessment.

Safety is the state in which the risk of harm to persons or of property damage is reduced to, and maintained at or below, an acceptable level through a continuing process of hazard identification and risk management. 'Risk' is the assessed potential for adverse consequences resulting from a hazard and 'Risk assessment' involves consideration of both the frequency and the severity of any adverse consequence.

This paper proposed 'risk assessment procedure' for the structural changes of Navigable Airspaces through literature reviews relevant to manuals on airspace management and risk management.

**Key Words : Navigable airspace(공역), Airspace management(공역관리), Instrument procedures(계기비행절차), Safety management(안전관리), Risk assessment procedures(위험평가절차),**

#### 1. 서 론

공역(Navigable Airspace)이란 항공기, 경량항공기, 초경량비행장치 등의 안전한 활동을 보장하기 위하여 지표면 또는 해수면으로부터 일정높이의 특정범위로 정해진 공간을 말한다.[1]

국제민간항공조약 제1조에서는 모든 계약국들이 자국 영토 상공의 공역에 대하여 완전하고도 배타적인 주권을 갖고 있음을 명시하면서, 영공은 물론 공해 상공까지 포함하는 관할 공역인 비

행정보구역(Flight Information Region; FIR) 내에 항공로를 포함하는 항공교통업무(Air Traffic Services; ATS) 제공 공역을 설정하도록 의무화하고 있다.[2]

공역은 해당 공역 내를 비행하는 항공기의 운항특성에 맞게 설정되어야 하며, 이를 위해 항공통신, 항행안전시설 등 각종 지원시설의 성능이 고려된다. 특정 공역 내를 비행하는 항공기에게 제공되는 항공교통업무는 공역의 종류에 따라 달라지며 서로 다른 공역 내를 운항하는 조종사의 요구도 공역별로 달라진다. 이렇게 공역 내에서의 운항형태와 제공되는 항공교통업무는 공역결정의 주요 변수가 되므로 공역설정 또는 변경시에 대한 고려가 필수적이다.

공역설계의 목적은 공역설계 및 관리를 통하여 국가공역시스템의 효율성을 증대하고 항공안전을 유지하는데 있다. 따라서 공역시스템 내에

\* 한서대학교 항공교통학과 부교수

\*\* 한서대학교 항공교통학과 부교수

충남 태안군 남면 신온리 한서대학교 태안비행장  
연락처, E-mail:wykim@hanseo.ac.kr

서의 항공기 지연(delay)을 감소시키고, 시스템 운영의 유연성과 예측성을 증대시키며, 공역 이용자의 이용성을 제고하고, 시스템의 수용능력을 극대화하고자 한다. 물론 그 바탕에는 수용가능한 수준의 항공안전이 전제되어 있어야 한다.

항공안전이란 항공분야에서 특정 위험(Risk)을 초래하는 위험요소(Hazard)의 확인, 위험평가 그리고 위험관리의 연속적인 과정에서 해당 위험을 수용할 수 있는 수준이하로 유지하는 상태를 말한다.[3] 위험은 '해로움이나 손실이 생길 우려가 있음 또는 그런 상태로 정의할 수 있는데 이는 매우 정성적이어서 위험수준을 추정하는데 사용하기 어려우므로 따라서 위험을 '미래에 발생 가능한 손실'로 정의하고 이러한 미래의 불확실성을 측정하는 방법으로 접근할 수 있다.[4] 이러한 위험을 측정하는 방법 중 가장 확실한 위험평가 방법은 어떤 위험과 관련된 활용 가능한 실제 데이터가 충분히 존재하거나 또는 직접 운용을 통해 그 위험수준을 추정할 수 있는 경우이다.

계기비행절차를 포함하여 공역의 변화는 최소한 변경이전의 수용가능한 안전 수준을 유지해야 함을 전제로 하며 이를 확인하기 위해서는 위험평가가 필수적으로 수행되어야 한다. 본 연구는 터미널구역에서 계기비행절차를 포함하여 공역의 구조적 변경이 있거나 변경을 계획하는 경우 이에 따라 증감되는 위험(안전)수준을 평가하기 위한 절차를 제안하고자 한다.

## 2. 터미널구역에서의 공역설정

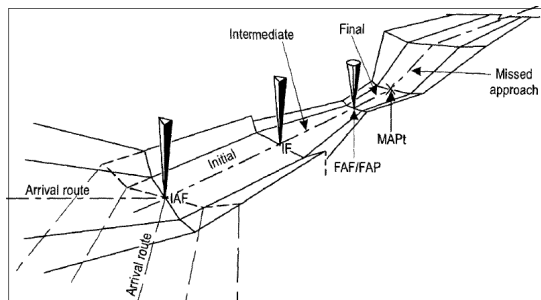
### 2.1. 공역설정 기준

항공기가 비행을 하기 위해서는 비행하기에 적절한 공역이 설정되어야만 한다. 공역을 설정하기 위해서는 공역설정이나 공역사용의 필요성이 제기되어야하고, 이런 필요성을 충족시킬 수 있도록 계획되어지고 설계되어져야하며, 적법한 절차에 따라 공고됨으로써 공역이 설정된다.

공역의 설정방법에는 비행정보구역과 같이 국제적 협의 및 협정에 의해 설정되는 방법, 통제 공역이나 주의공역과 같이 정책적 의사결정에 의해 설정되는 방법, 그리고 항공기 운항의 안전성을 보장하기 위해 국제적 기준에 부합되는 공역 설계기준에 따라 설정하는 방법이 있다.[5]

국제민간항공기구(International Civil Aviation Organization; ICAO)의 공역설계에 관한 규정은 국제민간항공조약 '부속서 11 - 항공교통업무'의 기술지침인 '항공기운항 II - 시계 및 계기절차

수립(Doc 8168. PANS-OPS)'에 수록되어 있다. 항공로설계에 관한 사항은 부속서11의 붙임(attachment) A와 기술지침 '항공교통업무계획 매뉴얼(ATS Planning Manual)' 제5장에 권고사항으로 포함되어 있고, 민간 항공에 적용되는 모든 접근 및 출발 비행절차는 Doc 8168. PANS-OPS에 의하여 설계된다.(Fig.1참조)



자료; ICAO, "Doc 8168 PANS-OPS", 2011, pp.I-4-1-6

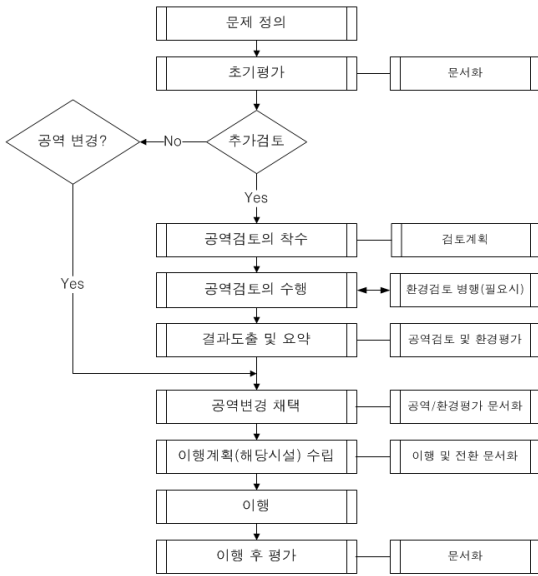
Fig. 1 계기접근절차의 구성

국내 항공법 제38조(공역 등의 지정)에서는 국토해양부장관이 공역을 체계적이고 효율적으로 관리하기 위해 필요하다고 인정되는 경우 공역을 지정·공고할 수 있도록 규정하고 있다. 이를 위해서는 사전에 계획된 공역을 설계하고, 그 안전성 및 타당성을 충분히 검토하여 관련 책임기관의 최종 의사결정을 통해 공고되는 과정을 통하여 비로소 법적인 효력이 발생하게 된다. 인천비행정보구역을 운항하는 항공기의 안전을 확보하고 국제기준에 부합하는 계기비행절차의 수립에 필요한 세부사항은 비행절차업무기준(국토해양부 고시 제2011-664호)에서 규정하고 있다.

### 2.2 공역설정 단계

공역의 설정은 그 사전단계인 공역설계를 통해 이루어진다. 공역설정이 합리적으로 이루어지기 위해서는 설계과정이 적법하여야 하며, 설계시 관련된 모든 요소들이 고려되어야 하고, 관련되는 이해당사자들의 의견이 충분히 반영되어야 한다. 그러기 위해서는 공역설계팀이 임의로 설계해서는 공역설정의 목적을 달성하기 어려우므로 사전에 계획된 체계적인 절차에 따라 공역이 설정되어야 한다. 미연방항공청(Federal Aviation Administration; FAA)은 기술지침인 Airspace Management Handbook에서 사안(문제)의 정의

부터 공역설정 후 평가까지 모든 공역설정과정을 단계별로 제시하고 있다.(Fig.2 참조)



자료; FAA, "Airspace management handbook", 2005, pp.2  
 Fig. 2 단계별 공역설정 과정[6]

공역 설정을 위한 첫 단계는 문제정의 단계로 대두되는 사안(예, 자연발생 등)을 정의하고 문제를 해결하기 위해 예상되는 잠정적 비용과 효과를 확인한다. 다음으로 확인된 사안을 완화시키기 위한 방안을 안전성과 환경조건을 포함하여 관련 규정에 따라 초기 평가하고 공역을 즉시 변경해야 하는지 추가분석이 요구되는지 판단한다.

공역검토의 착수 및 수행단계는 공역검토 계획에 따라 대안들을 개발하고, 이를 분석하여 결과를 도출하며 위험평가 절차에 따라 각 대안별 위험평가를 수행해야 한다. 공역의 변경이 결정되면 이를 문서화(위험평가 결과 및 필요시 환경영향 결과도 포함)하고 해당시설에서의 이행계획(위험완화방안 포함)을 수립하여 이행한 후 마지막으로 그 결과를 평가하고 이를 문서화하는 과정을 거친다.

### 3. 국내·외 위험평가 절차

공역(Navigable Airspace)은 공간(Airspace) 중에서 비행에 적합하도록 '통제(Control)'를 통한 안전조치가 이루어진 장소를 의미한다. 이처럼 통제되고 한정된 공역자원을 어떻게 하면 효율적

으로 활용할 것인가에 대한 관심은 마치 한정된 재화를 어떻게 배분해야 이윤을 극대화할 수 있을 것인가와 같은 의미이다. 문제는 공역이라는 자원의 효율적 활용의 바탕에는 공역 내에서의 충분한 위험평가가 뒷받침되어야 한다는 것이다.[7]

### 3.1 국내 위험평가 절차

국내 항공분야에서 위험평가와 관련된 기술지침으로는 국가항공안전프로그램(국토해양부고시 제2011-137호), 항공교통안전관리시스템 운영매뉴얼(국토해양부훈령 제533호)과 항공학적 검토 및 위험평가 규정(국토해양부고시 제2009-360호)을 들 수 있다.

국가항공안전프로그램은 항공법 제49조 및 동법 시행규칙 제143조의4부터 제143조의7까지의 규정에 따라 항공사고를 예방하고 안전을 확보하기 위한 국가의 항공안전활동과 안전관리시스템(Safety Management System; SMS) 운용자의 안전증진 활동을 위한 기본방향과 운용절차를 정하고자 수립되었다.

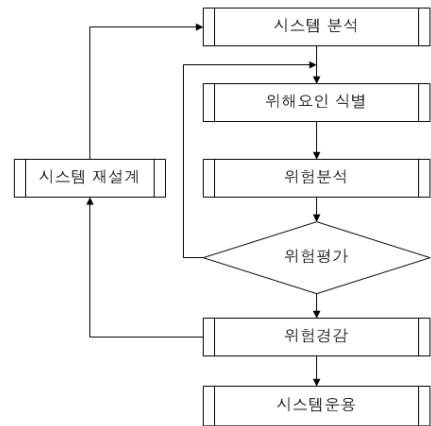


Fig. 3 위험관리 프로세스

이 프로그램의 제3장(위험관리) 제18조에서 위험관리를 항공안전프로그램을 통해 발견되는 위해요인(Hazard)을 식별하고 위험을 분석(Analysis), 평가(Assessment)함으로써 운영환경에서 존재하는 특정 위험을 경감하거나 항공안전 프로그램을 개선하는 일련의 활동으로 정의하고,

1) ICAO, 영국, 캐나다 등의 안전관리시스템(SMS) 매뉴얼 및 국내 항공학적 검토/위험평가 규정에서의 "위험평가"와 같은 의미로 사용됨.

위험관리절차를 제시하고 있다.(Fig.3 참조)

항공교통안전관리시스템 운영매뉴얼은 국가항공안전프로그램에 따라 항공교통업무에 대한 안전관리를 체계적으로 수행하기 위한 사항을 규정하고 있다. 특히 공역·항공로 설계, 비행절차, 항행안전시설 등 변경시 수용 가능한 안전수준의 유지를 위하여 안전성을 검토·평가하기 위한 변경절차를 수립, 운영도록 정하고 있다.

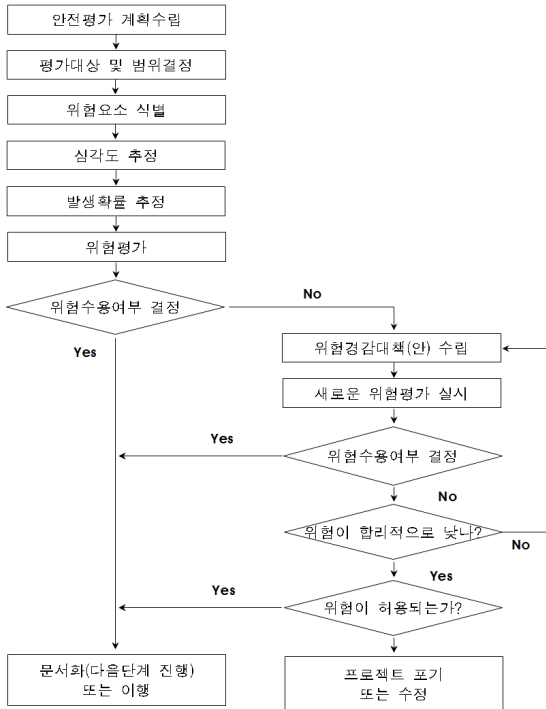


Fig. 4 안전평가 처리절차

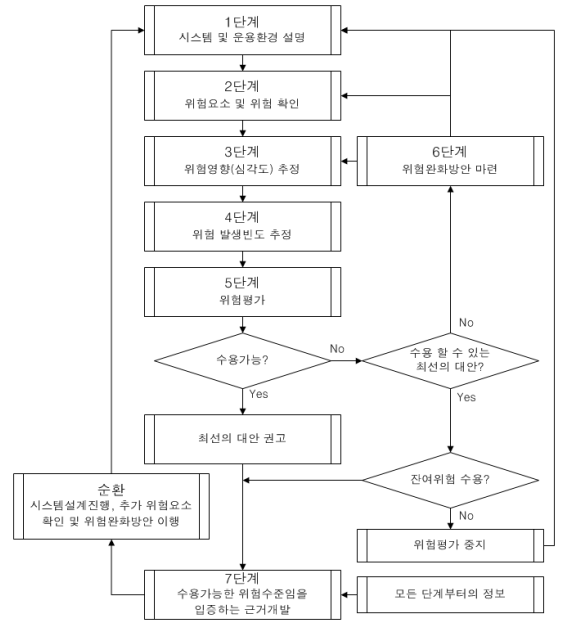
이 운영매뉴얼에서 정하는 안전평가 처리절차는 먼저 안전평가 계획을 수립하고 평가대상 및 범위를 정한 후 위험요소를 확인한다. 다음으로 위험을 심각도와 발생확률로 추정하고 위험평가를 통해 그 수용여부를 판단한다. 수용성판단결과 수용가능한 위험수준인 경우는 바로 이행단계로 진행하고 그렇지 아니한 경우는 위험경감대책을 마련하여 위험평가를 거친 후 위험수용여부를 판단하여 그 이행여부를 결정하는 단계로 이루어져 있다.(Fig.4 참조)

항공학적 검토 및 위험평가 규정에서 제시하는 위험평가는 항공안전과 관련하여 위험요소를 확인하고 수용할 수 있는 안전수준을 유지하면서도 위험을 제거하거나 줄이는 방법을 찾기 위해 계획되어진 일련의 과정으로, 절차는 총 6단계로

구성되어 있으나 단계 구분의 차이만 있을 뿐 수행내용 면에서 본질적으로 국내·외 위험평가 규정과 동일하다.

### 3.2 해외 위험평가 절차

해외의 위험평가 절차는 국내에서 수립된 위험평가 절차와 내용상 다르지 않다. 다만 절차상의 단계를 나누는 관점에서 이점이 있을 뿐이다.



자료; 영국 CAA, "CAP760 Guidance on the Conduct of Hazard Identification, Risk Assessment and the Production of Safety Cases ", 2010

Fig. 5 위험평가 절차 (영국)

ICAO 안전관리시스템 관련 기술지침인 Doc. 9859(안전관리매뉴얼)에서도 위험평가 과정을 위험요소의 확인, 위험빈도 및 심각도 추정, 위험평가 및 수용성 평가 그리고 그 결과에 따른 수용 또는 위험완화방안 제시 등 총 5단계로 제시하고 있다. 그러나 문제를 정의하는 단계와 수용된 방안을 이행하는 단계를 포함하면 영국 항공당국의 CAP 760(위험평가 수행에 관한 지침)에서 설정한 위험평가 절차(총 7단계)와 동일하다. 이 절차(Fig.5)는 최선의 위험완화대안을 찾고 이행이후에 대한 평가를 순환(점검)단계를 통해 확인하도록 설정하고 있다. 캐나다, 호주/뉴질랜드는 국내 위험평가 기준과 비슷한 6단계로 설정하고

있으며, 미국 FAA는 5단계로 구분하여 위험평가 절차를 수립하고 있다.

#### 4. 공역변경에 따른 위험평가절차

비행절차를 포함하여 공역은 필요에 따라 신설되기도 하고 폐지되기도 하며, 경우에 따라서 공역운용이 제한되기도 한다. 전자의 예로 2007년 캐나다 Mackenzie 계곡 가스관 배관사업에 따라 이 지역을 운항하게 될 시계 및 계기비행공기의 안전성과 효율성을 확보하기 위한 새로운 공역(비행절차 포함)설정이 검토되었고, 이때 위험평가가 캐나다 CSA Q850 위험관리(의사결정자를 위한 위험관리 지침)에 따라 시행되었다.[8] 후자의 예로는 호주 서부에 위치한 Broome 공항을 중심으로 30NM 내 공역의 구조적 문제와 주파수 혼잡과 같은 항공항행서비스 문제에 대한 위험평가를 항공학적 검토 및 위험평가절차에 따라 수행하였다.[9]

Table 1. 위험평가 실시 대상[10]

구분	공역변경시 위험평가 실시대상
기준 변경	-관할공역 또는 비행장내에 적용되는 표준분리최저치의 축소
항공로/공역 구조	-ATS 항공로 구조의 재구성 및 공역의 재분할(전체 항공로/공역 구조에 영향을 미치지 아니하는 경미한 사항은 제외)
절차/시스템 변경	-출발/도착절차를 포함한 공역 또는 비행장에 적용되는 새로운 운영절차 -활주로/유도로 설계의 물리적 변경 -새로운 기능/성능의 통신, 감시 또는 안전에 중요한 시스템/장비의 도입 (ATS 관련 중요변경사항에 한함)

항행안전시설의 개선, 탑재장비의 발전, 차세대 위성항행시스템으로의 전환 등 항공항행서비스 환경의 변화는 항공안전의 증대와 함께 공역의 효율적 운용을 가능하게 하고 있고, ICAO는 모든 계약국들이 이들 성능을 기반으로 하는 항행방식인 PBN(Performance Based Navigation) 이행에 참여하도록 독려하고 있다. 국내에서도 PBN 항공로 및 비행절차로의 전환이 이루어지고 있음에 따라 이들 신설, 변경 또는 변경예정인 항공로, 도착·출발절차 및 계기접근절차에 대한 위험평가가 이루어지고 있다.

여기서 '위험평가'라 함은 '공역의 설계(설계기준의 적용, 입력자료의 처리, 설계의 교차확인, 발간과정 등)'와 '이행(타 절차와의 간섭, 항공교

통관제에 미치는 혼잡 및 업무량증감, 조종실 업무량증감, 운항측면 등)의 관점에서 이루어져야 한다.

Table 2. 유효성 확인항목[1]

구분	유효성 확인항목
지상 확인	-기준적용상의 오류여부 -작성된 문서상 오류여부 -장애물 자료 및 Fix의 정확성 등 비행확인단계에서 확인되어야 할 항목
비행 확인	-장애물 회피기준 충족여부 -AIP에 발간될 항행자료의 정확성 -활주로표지, 등화시설, 통신 및 지원 시설 등의 운영 적절성 -비행용이성(Flyability) -항공지도, 기상최저치 등 그 밖의 운영상 요소

따라서 이러한 의미의 위험평가가 마치 유효성확인과 같은 의미로 신설·변경되는 모든 공역, 항공로 및 비행절차 등을 대상으로 수행되어서는 아니 된다. 또한 항공교통업무와 관련하여 중요한 변경이 예상되지 아니한 사안이나 공역 또는 항공로구조 전체에 영향을 미치지 아니한 경미한 사안은 제외하여야 한다.(Table 1 참조)

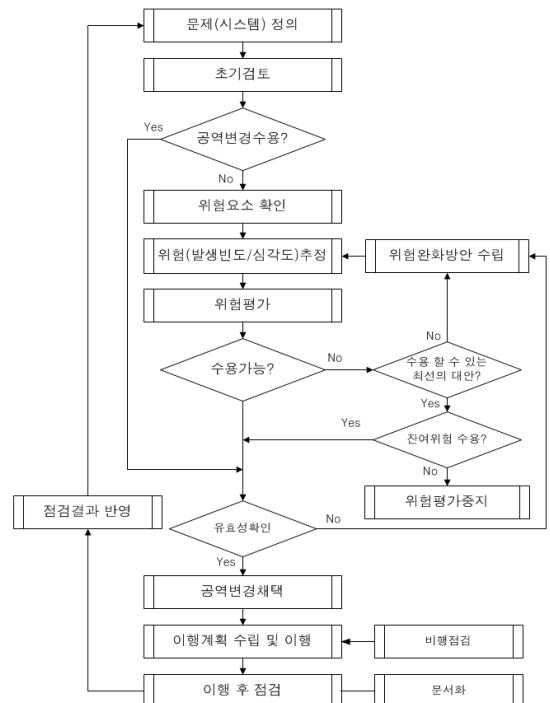


Fig. 6 공역변경에 따른 위험평가절차(안)

서두에서 언급한 바와 같이 가장 확실한 위협 평가 방법은 활용 가능한 실제 데이터가 충분히 존재하거나 직접 운용을 통해 평가하는 경우다. 따라서 국내 비행절차업무기준이나 ICAO 기술 지침인 PANS-OPS에서 정한 국제표준 및 권고사항(Standards and recommended practices; SARPs)에 따라 설계되는 기존 항행안전무선시설을 이용한 비행절차(conventional procedures) 또는 설계기준이 검증된 PBN 절차는 관련 전문가에 의한 지상확인(ground validation) 및 비행확인(flight validation) 그리고 수립된 절차를 이행하기 전에 수행되는 비행점검(flight inspection)을 통해 확인된 유효성을 검증할 수 있으며 이 경우 위협평가단계는 유효성확인단계에서의 수행 내용에 포함될 수 있다.(Table 2 참조)

Fig. 6은 국내·외 위협평가절차를 분석한 결과를 바탕으로 제안된 공역의 구조적 변경에 따른 위협평가절차(안)이다.

국내 공역관련 위협평가절차에서 우선 고려되어야 할 사항으로는 초기검토단계의 도입이다. 이 단계는 공역계획/설계 후 초기검토를 통해 해당 사안의 위협평가 여부를 판단할 수 있도록 하는 단계로, FAA 'Airspace management handbook' 및 국내 공역관리규정에서 제시하는 바와 같이 위협평가대상을 명확히 함으로써 불필요한 인력 및 자원의 투입을 사전에 방지할 수 있다. 다음으로 공역변경 관련 위협평가절차에 유효성확인단계를 포함하는 것이다. 이 단계는 이행단계 이전에 변경될 공역의 유효성을 판단할 수 있으며 이행 후에도 변경된 공역의 점검과정에서 추가적인 위협을 확인할 수 있게 된다.

## 5. 결론

공역의 구조적 변화는 해당 공역에서 수용가능한 안전수준의 유지를 바탕으로 하며 따라서 이를 확인하기 위한 위협평가는 공역변경이전에 반드시 선행되어야 한다. 본 연구는 국내·외 위협평가 관련 절차를 분석하여 비행절차를 포함한 공역의 구조적 변경이 계획된 경우 이에 따른 위협을 평가하고 관리하기 위한 위협평가절차(안)를 제시하였다.

위협평가가 과학적으로 이루어지기 위해서는 시스템적인 위협평가절차와 함께 수용가능한 위협평가기준의 설정 및 제기되는 위협을 논리적으로 추정할 수 있는 분석기법이 제안되어야 함으로 향후 이에 대한 추가적인 연구가 이루어져야

할 것으로 판단된다.

## 후 기

본 연구는 국토해양부 항공안전기술개발사업 중 “항공기 비행절차 및 공역설계 프로그램 개발”과제의 일환으로 수행되었습니다.

## 참고문헌

- [1] 국토해양부, “비행절차업무기준(국토해양부 고시 제2011-664)”, 국토해양부, 2011
- [2] ICAO, “Annex 11-Air Traffic Services”, pp.2-1, ICAO, 2011
- [3] 김도현, 신동진, “활주로종단안전구역의 위험빈도 추정연구”, 한국항공운항학회지 제18권 제3호, 2010
- [4] 박창규, 하재주, “확률론적 안전성 평가”, 브레인코리아, 2003
- [5] 양한모, 김도현, “항공교통개론-제3판”, 항공대학교출판부, 2011
- [6] FAA, “Airspace management handbook”, 2005, FAA, pp.2
- [7] 김도현, 한경근, “항공학적 검토 규정에 관한 연구-장애물제한을 중심으로-”, 한국항공운항학회지 제14권 제4호, 2006
- [8] Nav Canada, “Review of Air Navigation Services Mackenzie River and Liard River Areas of the Northwest Territories”, Nav Canada, 2007
- [9] 호주 CASA, “Aeronautical Study of Broome”, CASA, 2009
- [10] 국토해양부, “공역관리규정(국토해양부 고시 제2009-1232호), 국토해양부, 2009