

## 論文

## 공역 효율화를 위한 접근관제구역 통합운용 개념 연구

장만희\*, 조상훈\*\*, 이은주\*\*, 강자영\*\*\*, 유병선\*\*\*

## Integrated Operation Concept of Terminal Control Areas for Efficient Use of Airspace

Man-Heui Chang\*, Sanghoon Jo\*\*, Eunju Lee\*\*, Ja-young Kang and Byeong-Seon Yoo\*\*

## ABSTRACT

Recently increase in the number of aircraft caused the air traffic congestion and flight delays. If timely action to reform the air traffic system is not taken, these may result in added economic impact. As a result, the air traffic management should be changed in an innovative manner to modernize the existing air traffic control environment. This paper reviews the trends of airspace reforms such as integration of terminal control areas and flexible use of airspace introduced by foreign countries and compares their merits and demerits in order to provide a judgement to adopt the concept in domestic airspace in the future.

**Key Words** : Air Traffic Management(항공교통관리), Interoperability(상호운용성), Terminal Control Area(접근관제구역), Terminal Radar Approach Control(접근관제센터)

## I. 서 론

근래 한정된 공역에서 계속적으로 증가하는 항공 수송량으로 인하여 항공 교통 흐름이 매우 복잡해지고 항공기의 지연 운항 등이 필연적으로 발생하고 있다. 국제민간항공기구(ICAO), 국제공항협회의(ACI) 및 주요 항공기 제작사(Boeing, Airbus) 등 주요 항공관련 단체들은 2025년까지 항공수요가 현재의 약 3배까지 증가할 것으로 공통적인 전망을 발표하였고, 우리나라의 경우, 저비용항공사의 확대와 항공자유화 등을 통하여 항공 수송량도 지속적으로 늘어나고 있다.

2014년 02월 10일 접수 ~ 2014년 03월 19일 심사완료  
논문심사일 (2014.02.14, 1차), (2014.03.12, 2차)

\* 한국항공대학교 대학원 항공운항관리학과

\*\* 한국항공대학교 대학원 항공운항관리학과

연락처, E-mail : shjo@hau.ac.kr

경기도 고양시 덕양구 항공대학로 76 과학관 216호

\*\*\* 한국항공대학교 항공운항학과

미국과 우리나라의 연도별 여객 및 화물 수송량 추이를 살펴보면 항공 수송량은 2001년 9.11 테러 사건, 2003년 이라크 전쟁 그리고 2008년 세계 금융 위기로 일시적 감소가 있었으나 이후 계속 상승 추세에 있다[1][2].

우리나라 인천국제공항의 정시 운항율은 2006년 92.8%에서 2010년 87.43%으로 감소하는 등 높아진 항공 수송량으로 발생하는 문제점에 대한 대비책이 필요한 실정이다[3][4].

항공 선진국을 중심으로는 항공운송산업의 발전과 더불어 현재의 공역체계, 항공로 구조 및 항행시스템의 개선을 통하여 공역의 효율성을 향상시키기 위한 노력을 지속하고 있다.

본 논문에서는 미국 등 항공 선진국에서 공역의 효율적인 지원을 위한 해결방안으로 지속적으로 연구를 수행하고 있는 공역 재구성 및 통합 사례를 살펴보고 접근관제구역 및 모든 공역을 종합적으로 관리할 수 있는 접근관제 공역통합 개념의 장단점을 분석해 보고자 한다.

## II. 접근관제 통합 사례

### 2.1 미국의 통합관제

FAA는 미국의 수도권 및 대도시 주변의 항공 수송량이 계속적으로 증가하여 공역이 매우 복잡해졌기 때문에 공역의 혼잡을 해소하기 위한 방안으로 통합접근관제를 실행하였다. 미국은 통합 접근관제를 위하여 7개의 대형 접근관제센터(TRACON)를 갖추었다[5].

Table 1. 미국의 통합 TRACON[5]

구분	통합 TRACON 명칭
1	The Atlanta Large TRACON (A80)
2	The Boston Consolidated TRACON (A90)
3	The New York TRACON (N90)
4	The Potomac Consolidated TRACON (PCT)
5	The Southern California TRACON (SCT)
6	The Dallas/Fort Worth TRACON (D10)
7	The Northern California TRACON (NCT)

FAA의 접근관제 통합 개념은 각 주요 공항들에 대한 TRACON을 구분하여 운영되던 하나의 접근관제소를 다른 지역의 접근관제소와 같이 동일 장소에 배치하는 방식(Co-located)과 통합 관제 공역 내 주요 공항들에 입항하는 항공기와 출항하는 항공기를 구분하여 섹터를 지정하고 이를 하나로 병합하는 방식(Consolidated) 두 가지로 구분된다. 예를 들면 Table 1 중에서 남 캘리포니아 TRACON(SCT)은 동일 장소 배치 방식의 TRACON이고, 북 캘리포니아의 TRACON은 병합 방식의 TRACON이다[6][7].

현재 미국에서 추진되고 있는 뉴욕통합관제센터(NYICC)는 가장 대표적인 관제 통합 개념으로 2016년까지 4단계에 걸쳐 뉴욕, 뉴저지, 필라델피아의 섹터를 통합하고 뉴욕 TRACON(N90)과 항로(En-route)도 모두 통합하는 개념이다[8].

기존 뉴욕 ARTCC(Air Route Traffic Control Center), 보스턴 ARTCC, 클리블랜드 ARTCC 및 워싱턴 ARTCC는 항로항공교통업무에 대한 책임을 분담하여 공역을 운영하고 있었다. 하지만 항공교통량이 증가하면서 시설들 간에 절차상 비효율성을 야기하였으며 지역 항공교통에 부정적 영향을 미쳤다.

이에 FAA는 두 공역의 통합은 항공감시시스템을 더욱 효율적으로 활용할 수 있게 함으로써 뉴욕, 뉴저지, 필라델피아 접근관제 공역의 확장

을 가능하게 하고 관제사들이 이상적인 항공기 분리 표준을 적용할 수 있는 통합관제 개념을 연구하였다.

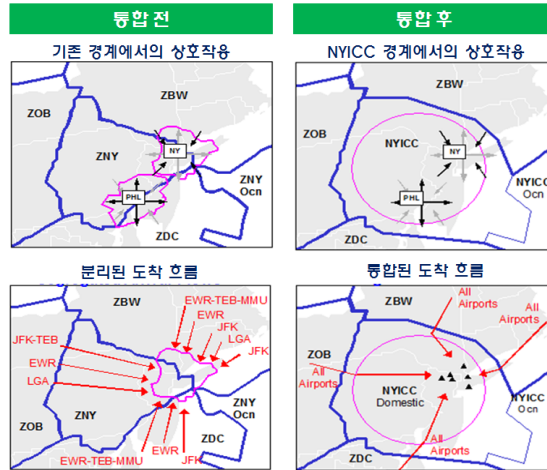


Fig 2. NYICC로 통합되기 전과 후의 개념도[8]

뉴욕의 접근관제사와 항로관제사들을 대상으로 접근관제와 항로관제를 기존 관제 방식, 동일 장소 배치방식, 그리고 모두 접근관제화(5nm 분리기준을 3nm 분리기준으로 적용)한 방식에 대한 인적요소 분석 연구를 수행하여 관제사 1인당 수용률 및 분리 적용치의 효율성이 접근관제화된 공역 운영방식이 더욱 뛰어나다는 결과를 얻었다[7].

FAA는 향후 NYICC가 뉴욕 ARTCC 및 뉴욕 TRACON을 물리적으로 통합함으로써 통신, 전력시스템 및 자동화 플랫폼을 제공하여 관제사들의 생산성을 향상시키고 항공교통 수용량 및 효율성뿐만 아니라 시스템의 안전성까지 증대 시킬 것으로 예상하고 있다.

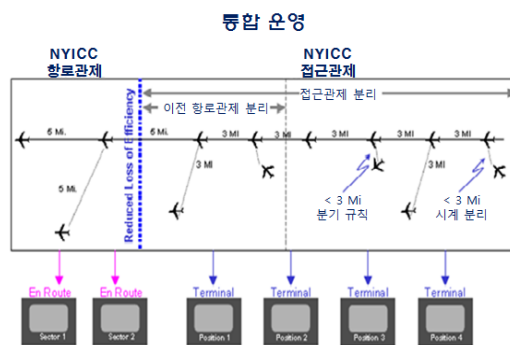


Fig 3. 항로 및 접근구역 관제 통합운용 개념[8]

### 2.2 일본의 TRACC

일본은 국내선 위주였던 하네다(Haneda) 국제 공항을 주변 국가들과 허브화 공항 경쟁에서 뒤쳐진다고 판단하여 국제공항으로 재변신을 시도하였다. 우선적으로 공항의 대규모 확장을 추진하여 제4활주로 완공에 이어 2010년 700만 명을 수용할 수 있는 국제선 터미널을 개장하였다. 이와 더불어 2011년 6월에는 하네다 국제공항 확장계획을 발표함으로써 허브 공항의 경쟁력을 강화하고 있다.

일본은 공항의 수용량을 늘리는 것과 더불어 주일 미군 및 일본 항공자위대가 관리하던 요코다(Yokofa) 공군기지의 공역으로 인해 하네다 공항 입출항 항적에 어려움을 주던 불편을 해소하기 위해 2010년 1월부터 요코다 공군기지 일부와 민간이 관리하는 하네다 공항의 공역 및 나리타(Narita) 공항의 공역을 구조 개편하여 관제범위를 확장하였다[9].

이후 하네다 공항을 담당하는 동경 접근관제소(Tokyo Radar Approach Control Center, TRACC)에서 나리타 공항의 접근관제 공역도 운영할 수 있도록 공역을 통합하고 관제시설을 일원화하여 공역의 효율적 활용과 직접적인 관제업무의 협조 등이 원활하게 이루어지도록 하였으며 이·착륙용 중간공역을 주변에 추가로 확보하였다 [10].

TRACC는 하네다 공항 접근관제업무와 나리타 공항 접근관제업무를 구분하여 운영되던 구조는 변경하지 않고, 단지 나리타 공항의 접근관제업무를 하네다 공항의 접근관제소로 장소를 통합하여 운영하는 것으로 볼 수 있다.

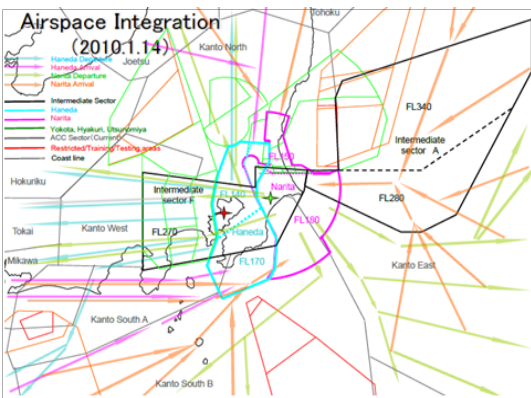
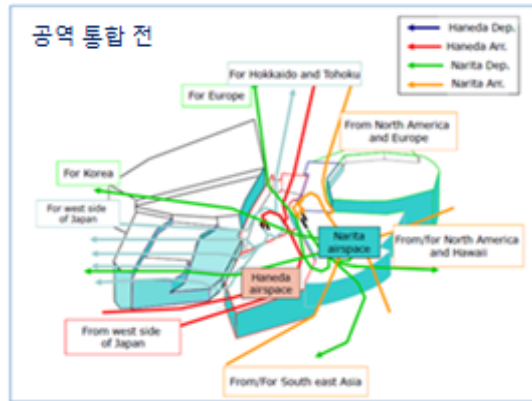


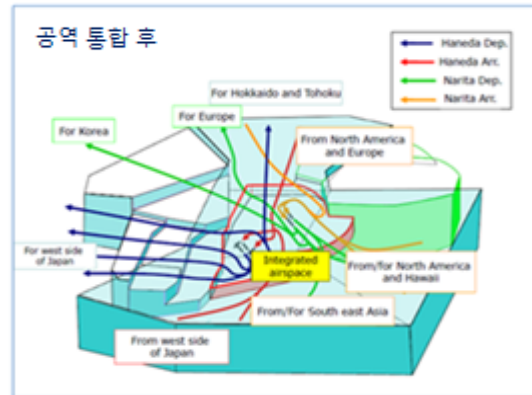
Fig 4. 일본의 공역 통합 운용 개념도[10]

하네다와 나리타의 접근관제 공역은 분리하여

운영할 때보다 단일 관제기관에서 공역을 통합하여 관제하게 됨으로써 각 공항으로 입출항 하는 경로의 혼잡을 줄이고 특히 교통량이 많은 하네다 공항의 북서쪽 경로를 좀 더 융통성 있게 운영할 수 있게 되었다.



(a) 공역 통합 전 접근관제구역 내 항로



(b) 공역 통합 후 접근관제구역 내 항로

Fig 5. TRACC 통합 전과 후의 개념도[11]

### 2.3 유럽의 단일 공역

EU의 일일 항공기 운항횟수는 약 33,000회로 2020년대에는 항공 산업의 성장 및 저가항공사의 운항 증가로 더욱 혼잡해 질 것으로 예상하고 있다.[12]

유럽에는 약 40개의 항공교통관제기관에서 15개 구역의 공역을 관리하기 때문에 상대적으로 짧은 거리를 운항할 때도 여러 기관을 거쳐야 하는 문제점이 존재하고 있었다. 예를 들어, 브뤼셀에서 로마까지 비교적 짧은 거리를 운항하는데 9개 관제기관의 관제를 받는다.

스위스에서 노르웨이까지 EU 회원국의 공역은



### 3.1.2 항공기 기동, 분리, 순위 지정에 유연성 증대

여러 공항에 입출항하는 항공기를 한 곳에서 관제하기 때문에 분리 기준을 항로에서도 5마일 분리가 아닌 3마일 분리를 적용할 수 있으며 순위 지정 및 기동이 더욱 유연해진다. 이는 곧 항공사에 시간/연료의 효율성을 높이는 요인으로 적용된다.

### 3.1.3 관제사 상호간의 의사소통 향상 및 업무 집중도 증가

NYICC에 관련한 인적 요소 연구결과에서 볼 수 있듯이 면대면 의사소통을 통해 충분한 의사 전달이 가능해지고 이를 통해 효율 및 안전 측면에서의 이점이 확실하게 부각되었다. 그리고 관제사의 업무 측면에서도 통합된 시설로 인하여 거주지 및 근무지를 옮기는 횟수가 줄어들어 업무 집중도가 더욱 증가하는 장점이 있다.

### 3.1.4 노후 시설 대체 및 비용절감

미국의 경우 관제시설의 통합을 통하여 노후된 장비의 교체 비용을 줄일 수 있었으며 각 시설에 필수적으로 소요되던 수리비, 유지비, 관리비 등 운용비용을 절감할 수 있었다.

### 3.1.5 관제 서비스 폭의 확대

FAA는 통합 TRACON에서 동일 장소 배치 방식과 병합 방식을 통해 많은 공항의 입출항을 24시간 관리할 수 있는 운용체제를 구축함으로써 서비스의 폭과 질이 확대되는 것을 경험하였다.

## 3.2 통합관제의 단점

### 3.2.1 전력 및 시스템 고장에 취약

항공교통관제에서 가장 흔한 장애가 전자 장비의 고장이다. 따라서 각 시설은 Fail-safe 개념으로 회선 및 컴퓨터 시스템을 이중화 하여 구축하고 있다. 하지만 실제로는 다양한 형태로 문제가 발생할 수 있는데, 예를 들면 통합관제시설에서는 지역 단선 같은 문제를 해결할 수 있는 방안이 거의 없다. 미국의 SCT는 2007년 Palm Springs의 레이더 영역을 통합한지 하루 만에 광케이블의 단선으로 90분간 Coachella Valley의 관제를 할 수 없었다.

또한, 통합관제시설은 입출력 및 저장되는 데이터의 양이 방대하고 다루어야 할 정보도 많기 때문에 시스템 오류발생에 더욱 주의해야 한다.

### 3.2.2 산불, 화재 등 자연 재해에 취약

통합관제시설은 화재 및 지진 등 자연 재해로 인해 통합 시설이 소실된다면 통합관제권의 관제 업무를 수행할 시설이 없기 때문에 피해가 증가될 수 있다. 2003년 미국 SCT는 캘리포니아 산불로 ATC Zero를 선언하고 모두 대피한 사례가 있다. SCT는 통합관제로 ATC를 운용하였기 때문에 해당 관제권의 관제 업무를 수행할 수 없어 IFR 항공기들은 16시간 동안 비행을 할 수가 없었으며 대형 항공사들의 경우에 100편이 넘는 운항이 취소되었다.

### 3.2.3 통합시설은 테러 및 적대세력의 목표

통합된 시설은 적대적 세력의 주요 목표로 미국이 9.11 테러로 공역을 2.5일간 폐쇄하였을 때 직접적인 경제 피해만 6.3억 달러를 보았으며 화물 및 여객의 수송에 큰 차질을 빚었다.

## IV. 결 론

공역은 고정된 공간이지만 항공 사용자들의 요구를 가장 효율적이고 공평한 방법으로 충족시킬 수 있는 중요한 활동공간이다. 경쟁력 있는 시간대에 집중되는 많은 이용자로 인해 항공교통관리(ATC)에 어려움이 따르며, 지속적인 이용자의 증가는 공역의 과부하를 불러올 수밖에 없다. 항공교통흐름을 원활히 하기 위해서는 활주로의 증설과 같은 공항 시설의 확대나 관제 시설 또는 장비의 최신화, 인력의 확충 등 인프라를 확장하는 방법이 있을 수 있으나, 시설 등의 확대는 많은 시간과 자본이 들며 어느 시점에 도달해서는 그 한계가 분명히 존재한다.

미국 등 항공 선진 국가에서는 모든 공역계획 및 실시간 공역상황 정보 등을 종합적으로 관리할 수 있는 공역관리시스템 구축을 위해 지속적으로 연구를 수행하고 있다.

FAA는 NextGEN과 연계성을 확보하면서 항공기 지연율이 40%에 달하는 뉴욕 지역의 문제를 해결하기 위해 인적 요소 분석 등 다양한 노력을 통해 통합관제를 추진하고 있으며, 이미 구축된 통합관제시스템은 업무를 성공적으로 수행하고 있다.

일본은 동경 부근의 복잡한 공역을 개편함으로써 앞으로 증가할 항공수송량에 대비하였고, 안전과 동시에 경제적 이익을 극대화 하고 있다.

EU는 SES계획을 토대로 단일화된 공역 내에서 각 국가간 이질성을 없애면서 군과 민간이 협

력하는 통합방안을 추진하고 있다. 또한 FUA의 개념을 도입하여 공역을 효율적으로 활용하고 있다. 군과 민간공역이 복잡하게 연결된 우리나라의 경우 민·군의 단일 항공관제기관을 통해 효율적인 관계업무를 수행할 수 있도록 탄력적인 공역 사용 정책에 주목해야 할 것으로 보인다.

1960년대 설정된 우리나라의 국가공역체계 및 항공로 구조는 특정지역 또는 특정시기에 발생하는 교통량 집중 시 항공기의 이륙지연 및 공중체공이 불가피하며, 현행의 민·군으로 이원화된 공역운영 제도에서는 지속적으로 증가하는 항공 수요 해결을 더 이상 기대할 수 없는 실정이다.

항로에서 접근관제구역 진입단계의 병목현상을 제거하기 위해서는 우리나라의 교통흐름에 대한 연구와 공역 재설정방안 연구 등을 통하여 항공기들의 병목현상을 비행이륙 전후 여러 단계에 걸쳐 제거할 수 있도록 노력해야 한다.

효율적인 공역체계 및 항공로 구조 개선을 위하여 보다 안정되고 체계화된 항로를 설정하고 항로에서는 TMA까지 항공기가 진입하는데 어려움이 없도록 이원화된 공역운영 제도를 일원화할 수 있는 연구가 계속적으로 이루어져야 한다. 또한 ICAO가 채택하여 적극 권장하고 있는 미래 항행시스템의 도입 및 활용 방안에 대한 연구도 같이 병행하여 이루어져야 할 것이다.

## 참고문헌

- [1] 국토교통부, "항공정보포털시스템", <http://www.airportal.co.kr>, 2014.3
- [2] 한국항공진흥협회, "2012년 항공운송산업 전망", 2012.
- [3] 인천국제공항공사, "공항통계자료", 2012.
- [4] 한승철, 이은주, 유병선, 강자영, "효율적 공역 관리를 위한 ATM 통합화 동향 분석", 한국항공운항학회 2012년 춘계학술대회 논문집, 2012.
- [5] 국토교통부, "원거리 비상용 접근 관제 시스템 구축방안 연구보고서", 2012.
- [6] 이은주, 안재모, 강자영, "효율적 항공교통관리를 위한 통합 ATM 연구", 제8회 국방기술 학술대회, 2012.
- [7] Truitt, T., McAnulty, D. M., & Willems, B. "Effects of collocation and reduced lateral separation standards in the New York Integrated Control Complex (DOT/FAA/CT-TN04/08)", FAA William J. Hughes Technical Center, 2004.
- [8] FAA, "NY/NJ/PHL Airspace Redesign Implementation Schedule", April 2012.
- [9] MLIT, "Air Traffic Services system", 2012.
- [10] Katsuhiko Yamaguchi, "Evolution of Metropolitan Airports in Japan", 2013.
- [11] MLIT, "Air Traffic Services", 2014.
- [12] NATS, "NATS En-Route plc. 10 Year Business Plan 2011-2020", 2010.
- [13] EUROCONTROL, "Flexible Use of Airspace (FUA)", 2011.
- [14] EUROCONTROL, "Evaluation of Functional Airspace Block(FAB) Initiatives and their contribution to Performance Improvement", 2008.
- [15] FAA, "NEW YORK Integrated Control Complex(NYICC)", 2003.
- [16] GAO, "Alternative Financing Approaches", 2003.
- [17] Ruth E. Marlin, "Unnecessary Risk: The Need for Comprehensive and Transparent Risk Analysis in Considering Air Traffic Control Facility Consolidation", 2006.