

<論文>

## 인천국제공항에서의 운항을 통해서 살펴본 안개예측의 중요성

임현호, 김동혁, 송기욱\*

### The Importance of Fog prediction at the Incheon Int'l Airport through flight delay and cancel statistics

H. H. Leem, D. H. Kim and K. W. Song

#### Abstract

According to the aviational definition, the fog is an obscuration phenomenon when prevailing visibility becomes less than 1,000m. Fog defined above causes so many aviation traffic problems like detour, flight delay and cancel.

Therefore this study investigated quantitatively the fog effects on flight operation using flight delay and cancel statistic data during last four years from 1st Jul. 2001 to 30th Jun. 2005 at the Incheon Int'l Airport. The results of this study show that the hazardous meteorological condition is a important cause of flight delay and cancel, especially fog phenomenon. And it is expected that the results of this study give us the necessary and importance of fog prediction at the Incheon Int'l Airport.

**Key Words** : Incheon Int'l Airport(인천국제공항), flight delay and cancel(지연 및 결항), flight operation statistic data(항공운항통계자료), fog(안개)

#### I. 서 론

일반적으로 대기과학에서의 안개는 지표면 근처에서 수증기 증발 또는 지표면 기온의 냉각으로 인해 수증기가 수적으로 응결되어 나타나는 현상으로 안개발생시 공기 중의 수분함유량(절대습도)은 0.05 - 0.20 g/kg이다(Corradini and Tonna, 1979; 기상연구소, 2002). 또한 항공기상 관측 및 Oke(1987)는 수증기 응결로 인한 수평시정인 1,000m미만인 시정장에 현상으로서 안개를 정의하고 있다. 이러한 안개는 가시거리를 악화시킴으로 인해서 항공기 운항에 큰 위험성을 내재하고 있다. 우리나라의 경우 산악내륙지역에 위치한 공항에서는 복사무로 인한, 그리고 해안지역에 위치한 공항에서는 해무로 인하여 지연 및 결항 등의 항공기 운항에 큰 영향을 미치고 있다. 또한, 우리나라를 포함한 중위도 지역의 나라들에게 있어서 안개가 매년 다수의 항공기 회항 및 연착을 초래하고 있는 사

\* 부산대학교 대기과학과, 연락처: E-mail : elo0006@hanmail.net

실과 함께(Mason, 1982), Kim et al.(2000)은 원활한 공항 운영 및 항공기 안전 운항 측면에서의 항공 기상학적 안개 연구 및 기상관측의 중요성을 밝힌 바 있다. 그러나 이러한 안개는 대표적인 국지적 기상현상으로 지형적·지리적 환경에 종속되며, 각 공항의 항공기 운항에 있어서의 안개가 미치는 영향은 다르며 이에 대한 연구는 항공기상업무 담당기관 자체적 활동 이외에 학계에 정식으로 보고된 바는 극히 미미한 실정이다.

따라서, 본 연구는 인천국제공항에서 항공운항통계자료를 토대로 실제 항공기 운항에 있어서의 안개로 인한 영향을 정량적으로 조사하였다. 이를 위해 항공운항과 관련한 안개의 영향을 크게 지연과 결항으로 각각 구분하여 살펴보았다.

마지막으로 본 연구의 결과는 인천국제공항에서 활용되어질 항공기상예보 및 지원의 중요성을 나타내며 동시에 인천국제공항에서의 안개현상 및 그 예측에 관한 연구의 필요성과 중요성을 부여할 것이다. 또한, 위의 연구에 기초 자료로 이용되어질 것으로 기대되며 아울러 항공통계에 있어서도 그 이용가치를 높일 것으로 기대된다.

## II. 본 론

### 1. 인천국제공항 운항실적

인천국제공항은 1992년 11월부터 2001년 3월까지 8년 4개월 동안의 공사를 마치고 지난 2001년 3월 29일 개항하였다. 약 6조 2,370억원의 총사업비를 들여 총면적 1,700여만 평의 공항부지에 길이 3,750m인 평행활주로 2개, 여객 및 화물터미널, 그리고 기타 부대시설 등을 통해 현재 연 24만 회의 운항처리와 연 3,000만 명의 여객 및 270만 ton의 화물처리가 가능한 세계적인 국제공항의 시설을 갖추고 있다.(건설교통부, 2005). 그리고 명실상부한 동북아시아의 허브공항으로 자리매김하기 위해 지금도 지속적인 확장 공사가 진행 중이며 이를 통해 2008년 이후에는 항공기의 운항처리 능력이 연 41만 회, 여객처리 능력은 연 4,400만 명, 그리고 화물처리 능력도 연 450만 ton으로 증가할 계획이다.

이러한 인천국제공항에서의 운항실적을 2001년 7월 1일부터 2005년 6월 30일까지 최근 4년 동안의 항공운항통계자료를 토대로 살펴보았다. 즉, 인천국제공항에서의 운항실적을 연도별로 운항횟수, 이용 여객 수, 처리 화물량 각각 구분하여 표 1에 나타내었다. 2004년 기준으로 인천국제공항의 경우 운항횟수에 있어서는 전년도 대비 15%, 이용 여객수의 경우 22%, 처리 화물량에 있어서는 16%가 증가하여 운항실적에 있어서 동북아 허브공항으로써 괄목할만한 성장을 보이고 있다.

<표 1> 인천국제공항에서의 최근 4년 동안의 운항실적(2001년 7월1일~2005년 6월30일)

기간	운항횟수(회)	이용 여객수(명)	처리 화물량(ton)
2001. 7. 1 ~ 12.31	57,840	9,618,682	962,024
2002. 1. 1 ~ 12.31	126,094	20,924,171	1,705,897
2003. 1. 1 ~ 12.31	130,185	19,789,874	1,843,055
2004. 1. 1 ~ 12.31	149,776	24,084,072	2,133,444
2005. 1. 1 ~ 6.30	77,230	12,436,802	1,238,032

### 2. 인천국제공항 지연 및 결항현황

인천국제공항의 지연 및 결항현황 분석을 위해 2001년 7월 1일부터 2005년 6월 30일까지 최근 4년 동안에 인천공항공사에서 조사한 항공운항통계자료를 이용하였다.

인천국제공항 운항에 있어서 지연 및 결항에 대해 먼저 항공기 접속(A/C), 정비(MAINT), 기상(WX), 여객(PAX), 기타(MISC)의 원인으로 크게 분류하였다. 또한 이렇게 분류된 지연 및 결항현황 가운데 기상에 의한 지연 및 결항현황은 안개(FOG), 태풍(TYPH), 강설(SN), 강우(RA), 강풍(S/W),

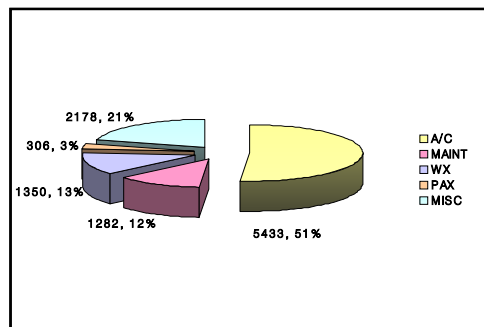
상층풍(U/W), 운고(CIG) 순으로 세분화하여 분석하였다. 그리고 각각의 지연 및 결항현황에 대해서 최근 4년 동안, 계절별, 월별로 구분하여 분석하였다.

① 지연현황

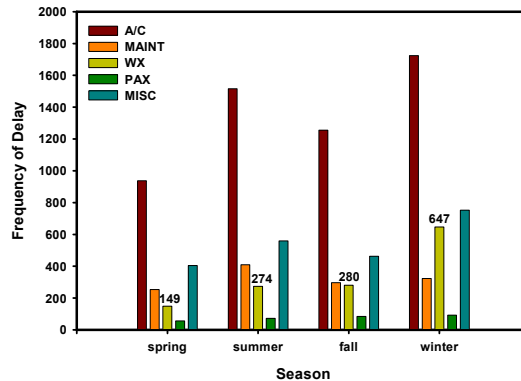
먼저 그림 1에서와 같이 2001년 7월 1일부터 2005년 6월 30일까지의 지연현황을 보면 항공기 접속으로 인해 5433회(51%), 기상 악화로 인해 1350회(13%), 정비 불량으로 인해 1282회(12%), 여객 지연으로 인해 306회(3%), 그리고 기타 원인으로 인한 지연이 2178회(21%) 발생했다.

이를 계절별로 분석하여 그림 2에 나타내었다. 인천국제공항에서의 계절별 지연에서는 전체적으로 여름과 겨울이 타 계절에 비해 높은 빈도를 나타낸 가운데 특히, 기상에 의한 항공기 지연은 겨울철에 두드러지게 많이 발생함을 알 수 있다. 즉, 기상으로 인한 지연 1350회 가운데 절반 가까운 48%가 겨울철에 발생하였음을 알 수 있다.

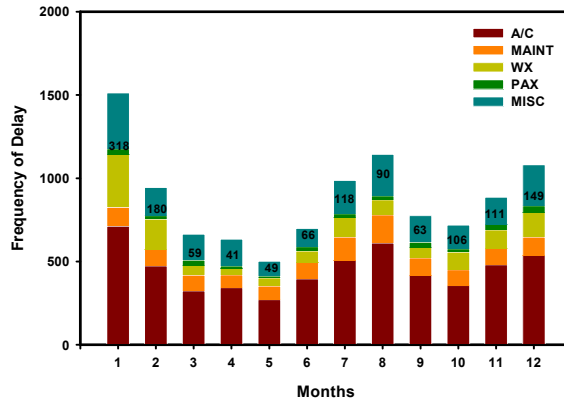
마지막으로 월별 지연현황을 그 원인에 따라 구분하여 분석하였다. 그림 3에서 나타났듯이 모든 지연 원인에 대하여 1월이 가장 많은 지연빈도를 기록하였고 8월과 12월, 그리고 7월의 순서대로 많은 지연빈도를 나타내었다. 각각의 지연 원인에 대하여 월별 지연빈도분포는 조금씩 차이가 있는 가운데 기상의 경우 1월이 318회로 다른 월에 비해 탁월하게 많은 운항 지연이 발생하였고 2월과 12월이 각각 180회와 149회 지연된 것으로 조사되었다. 여름철인 7월도 118회로 많은 지연이 발생하였다.



<그림 1> 최근 4년 동안의 지연 원인별 인천국제공항 지연현황 (2001년 7월 1일 ~ 2005년 6월 30일)



<그림 2> 최근 4년 동안의 지연 원인에 따른 계절별 인천국제공항 지연현황 (2001년 7월 1일 ~ 2005년 6월 30일)



<그림 3> 최근4년동안의지연 원인에 따른 월별 인천국제공항 지연현황  
(2001년7월1일~2005년6월30일)

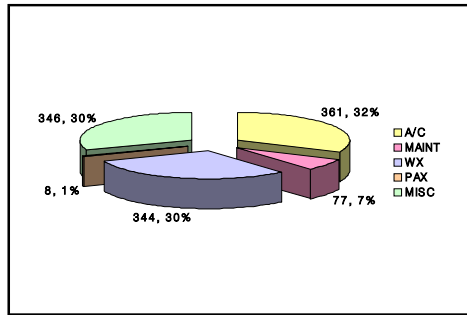
## ② 결항현황

다음은 인천국제공항에서 최근 4년 동안 발생한 결항현황이다. 앞에서의 지연현황 분석과 마찬가지로 결항 원인을 항공기 접속(A/C), 정비(MAINT), 기상(WX), 여객(PAX), 기타(MISC)의 원인으로 분류하여 나타내었다. 2001년 7월 1일부터 2005년 6월 30일까지의 결항현황을 보면 그림 4에서와 같이 전체 결항횟수 1136회 가운데 항공기 접속 361회(32%), 기상 344회(30%), 정비 77회(7%), 여객 결항 8회(1%), 그리고 기타 원인으로 인한 결항이 346회(30%) 발생했다. 앞서 분석한 지연현황과는 달리 기상으로 인한 결항이 전체 30%에 해당하는 부분을 차지하는 것으로 조사되었다. 즉, 항공기 운항에 있어 지연보다는 그 중요성이 더욱 높은 결항에 대하여 기상이 매우 많은 부분을 차지하는 것으로 조사되었다. 항공기 운항과 관련하여 인적, 기계적 제어가 가능한 원인인 항공기 접속, 정비, 여객 및 기타의 비율은 70%로 그 결항횟수 및 결항률을 점차 줄여나감으로서 인천국제공항에서의 결항률을 더욱 개선해 나갈 수 있다. 그러나 직접 제어할 수 없는 결항 원인인 기상의 경우 30%로 나타나 결항 원인에서 이 부분만큼은 직접적으로 개선을 기대할 수 없다. 따라서 항공기 지연 및 결항을 발생시킨 기상 현상들을 상세히 분석하여야 한다. 나아가 이를 기초로 하여 기상 현상에 따른 각각의 항공기상예보 적중률을 높임으로써 기상으로 인한 지연 및 결항을 신속히 예측하고 지원하여야 할 것이다.

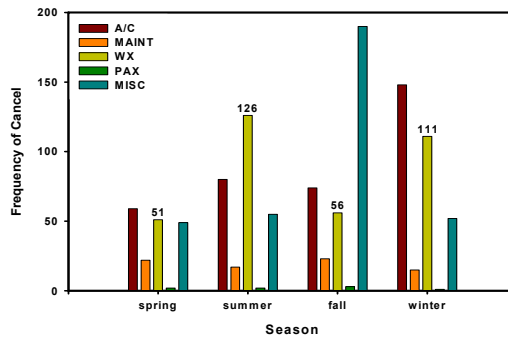
그리고 인천국제공항에서의 결항현황을 계절별로 분석하였다. 그림 5를 살펴보면 전체 결항 원인에 대해서 가을에 346회로 가장 많은 결항을 보이고 이어서 겨울에 327회, 여름에 280회, 봄에 183회의 순으로 결항이 발생하였다. 그러나 2001년 9월 미국에서 발생한 9.11 테러와 관련한 결항이 기타 결항 원인으로 포함되었기에 실제적인 결항은 겨울철에 가장 많이 발생한 것으로 분석해야 할 것이다. 기상과 관련한 결항에 있어서는 여름이 126회, 겨울이 111회 순으로 발생하였다. 이는 계절별 기상으로 인한 전체 결항에 대해 각각 여름이 45%, 겨울이 34%의 비율로 발생한 것이다.

월별 결항현황을 살펴보면 그림 6과 같다. 2001년 9월에 발생한 139회의 기타 원인에 따른 결항은 2001년 미국의 9.11 테러에 따른 것으로 사료되며 이는 2001년 9월에서 2004년 9월 사이에 발생한 기타 지연 145회 중에서 96%를 차지하였다. 9월의 기타 원인에 의한 결항을 제외하면 12월에 151회로 가장 많은 결항이 발생했으며 이어서 7월에 136회, 1월에 118회의 순으로 결항이 발생하였다. 기상과

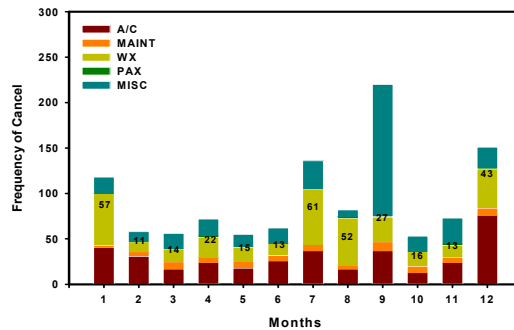
관련하여 7월에 태풍 영향으로 인해 61회의 가장 많은 결항이 발생했으며 1월에 57회, 8월에 52회 발생하였다.



<그림 4> 최근 4년 동안의 결항 원인별 인천국제공항 결항현황 (2001년 7월 1일~2005년 6월 30일)



<그림 5> 최근4년동안의결항 원인에 따른 계절별 인천국제공항 결항현황 (2001년7월1일~2005년6월30일)



<그림 6> 최근4년동안의결항 원인에 따른 월별 인천국제공항 결항현황 (2001년7월1일~2005년6월30일)

### 3. 기상 현상별 지연 및 결항현황

#### ① 지연현황

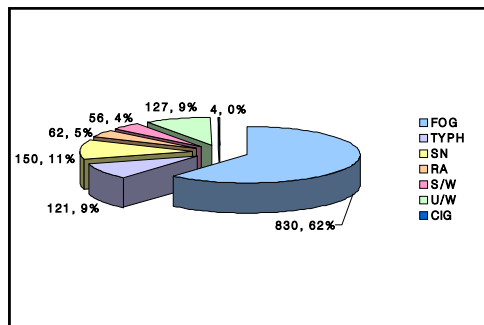
다음은 항공운항통계자료에서 구분한 구체적인 기상 원인, 즉 안개(FOG), 태풍(TYPH), 강설(SN), 강우(RA), 강풍(S/W), 상층풍(U/W), 운고(CIG)로 세분화 하여 각각의 기상현상이 지연현황에서 차지

하고 있는 비율을 살펴보았다. 실제 항공기 운항이 지연 및 결항되었을 당시 그 원인이 되는 기상현상을 대기과학적으로 위와 같이 단순히 구분한다는 것은 무리임에 틀림없다. 다시 말해서 항공기 운항에 영향을 미치는 기상현상은 많은 경우에 있어 복합적으로 나타나기 때문에 이처럼 단순하게 구분하는 것은 어렵지만 항공기 운항에 직접적 영향을 미치는 주 원인별로 구분한 것으로 사료된다. 먼저, 안개(FOG)와 운고(CIG), 그리고 강풍(S/W)은 인천국제공항에서의 항공기 기종에 따른 이·착륙 최저기상치를, 그리고 강수 및 강우는 그 현상으로 인해 활주로 상태가 이·착륙에 부적합한 경우를 기준으로 하여 분류한 것으로 사료되며 아울러 태풍으로 구분한 경우는 열대성 저기압으로 인해 강풍 및 강수가 발생하여 항공기의 지연 및 결항을 초래하였을 경우로 판단되어진다. 따라서, 이러한 자료를 기록하고 관리하는 관련 담당기관은 기상현상을 정확히 이해하고 항공기 운항에 영향을 주는 기상현상을 정확히 분석, 구분하여 기록해야 할 것으로 사료된다. 그리고 이런 기준으로 기상 원인을 세분화하여 기상 현상별 지연 및 결항현황을 분석하였다.

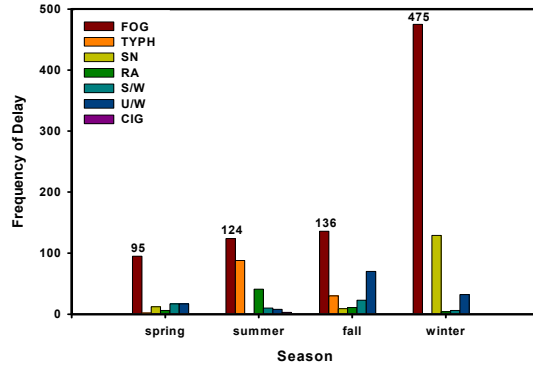
그림 7은 2001년 7월 1일부터 2005년 6월 30일까지의 기상현상에 따른 지연현황을 보여주고 있다. 안개로 인해 830회(62%), 태풍으로 인해 121회(9%), 강설로 인해 150회(11%), 강우로 인해 62회(4%), 강풍으로 인해 56회(4%), 상층풍으로 인해 127회(9%), 운고로 인해 4회(0%) 발생하여 총 1350회의 지연이 발생하였다. 안개는 기상으로 인한 지연 원인 중 62%를 차지하여 기상 원인에 따른 지연의 절반 이상이 안개에 기인하고 있음을 알 수 있다.

계절에 따른 특징을 살펴보기 위하여 그림 8과 같이 구분해 보았다. 모든 계절에 있어서 안개로 인한 지연이 다른 기상현상으로 인한 것보다 탁월히 많은 빈도를 차지하였다. 먼저, 기상으로 인한 지연은 앞서 살펴본 바와 같이 겨울에 가장 많은 647회가 발생하였는데 그 가운데서 안개가 475회를 차지하여 74%의 높은 비율을 보였고 가을, 여름, 봄 또한 각각 49%, 45%, 64%를 차지하고 있다. 그리고 여름철의 경우 태풍으로 인한 지연도 88회가 발생하여 여름철 지연 가운데 32%를 차지하였고 겨울철에는 강설이 129회로 겨울철 지연 가운데 20%를 차지하였다. 즉, 각각의 계절에 대해서 지연을 발생시키는 주요 기상현상을 정리하면 봄철과 가을철은 안개(FOG), 여름철은 안개(FOG)와 태풍(TYPH), 겨울철은 안개(FOG)와 강설(SN)인 것으로 조사되었다.

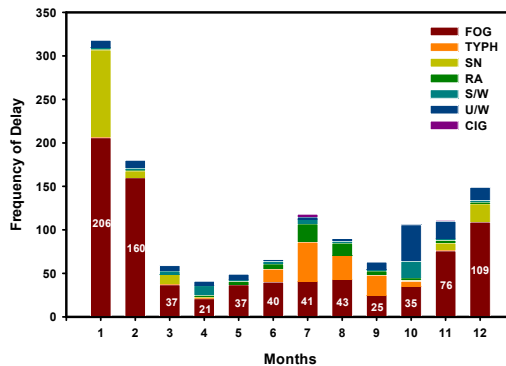
기상 원인의 월별 지연현황을 살펴보면 그림 9에서와 같이 기상 원인으로 인해 1월에 318회로 가장 많은 지연이 발생했으며 이어서 2월과 12월에 각각 180회, 149회의 지연이 발생하였다. 1월의 경우, 전체 지연 318회에서 안개로 인한 지연이 206회 발생하여 65%의 비율을 보였으며 2월과 12월도 각각 89%, 73%의 높은 비율을 나타내고 있다. 계절적 특징으로 인해 7월과 8월은 태풍으로 인해, 그리고 1월과 12월은 강설로 인해 다소 많은 항공운항 지연이 발생하였다.



<그림 7> 최근 4년 동안의 기상 현상별 인천국제공항 지연현황 (2001년 7월 1일~2005년 6월 30일)



<그림 8> 최근 4년 동안의 기상 현상에 따른 계절별 인천국제공항 지연현황 (2001년 7월 1일 ~ 2005년 6월 30일)



<그림 9> 최근 4년 동안의 기상 현상에 따른 월별 인천국제공항 지연현황 (2001년 7월 1일 ~ 2005년 6월 30일)

② 결항현황

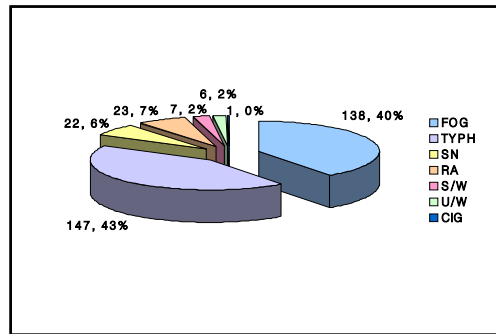
앞의 지연현황에서와 마찬가지로 기상현상에 따라 그 원인을 세분화하여 분석해 보았다. 최근 4년 동안 기상으로 인해 344회의 항공기 결항이 발생하였고 이에 대하여 기상현상에 따라 발생한 결항현황을 자세히 살펴보면 태풍으로 인한 결항이 147회(43%)로 가장 많이 발생하였으며 안개로 인한 결항이 138회(40%)였다. 이어서 강우로 인한 결항이 23회(7%), 강설로 인한 결항이 22회(6%) 순으로 발생하였다. 태풍으로 인한 결항이 많은 이유는 2002년 7월 태풍 라마순, 2002년 8월 태풍 루사, 2004년 9월 태풍 송다로 인해서 결항이 집중적으로 발생하였기 때문이다.

다음으로 계절별 결항현황은 그림 11과 같다. 기상악화로 인해 봄철 51회, 여름철 126회, 가을철 56회, 그리고 겨울철에 111회 결항이 발생하였는데 각각의 계절에 있어서 결항을 발생시킨 기상현상을 살펴보면 먼저, 봄철에는 안개가 34회로 전체의 67%를 차지하였고, 여름철과 가을철은 태풍이 각각 97회와 38회로 전체의 77%와 68%를 차지하였고 겨울철은 안개가 82회로 74%를 차지하였다. 즉, 봄과 겨울은 안개로 인해, 여름과 가을은 태풍으로 빈번한 결항이 발생하는 것으로 분석되었다.

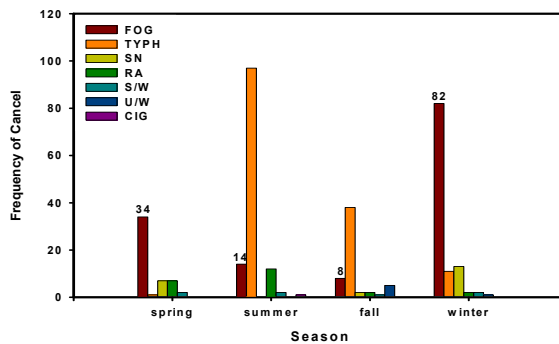
그림 12를 통해 기상 원인에 따른 월별 결항현황을 살펴보면 앞서의 계절별 분석에서와 마찬가지로

로 7월에 61회로 가장 많은 결항이 발생하였으며 태풍으로 인해 47회가 결항되었다. 태풍으로 인해 집중적으로 결항이 발생한 7월, 8월을 제외하면 1월과 12월 순으로 많은 결항이 발생하였다. 1월의 경우 기상 원인에 따른 전체 결항 57회에서 안개로 인한 결항이 46회를 보이고 있고 12월의 경우 43회 가운데 27회로 각각 81%, 63%의 높은 결항률을 보이고 있다.

이토록 인천국제공항에서의 기상 현상에 따른 지연 및 결항현황을 분석한 결과 항공기 지연에 있어서는 안개(FOG)가, 그리고 결항에 있어서는 태풍(TYPH)이 가장 많은 영향을 미친 것으로 조사되었다. 또한 계절에 대해서도 그 특징이 뚜렷하였는데 먼저, 지연에 있어서는 모든 계절에 걸쳐 안개가 탁월히 많은 빈도를 차지한 가운데 여름철과 겨울철에 태풍과 강설이 안개 다음으로 많은 빈도를 차지하였다. 결항의 경우에 있어서 봄철과 겨울철은 안개로 인해, 그리고 여름철과 가을철은 태풍 및 안개로 인해 주로 결항이 되었음을 알 수 있었다. 또한 각 월에 대해서도 동일한 결과가 나타났다.

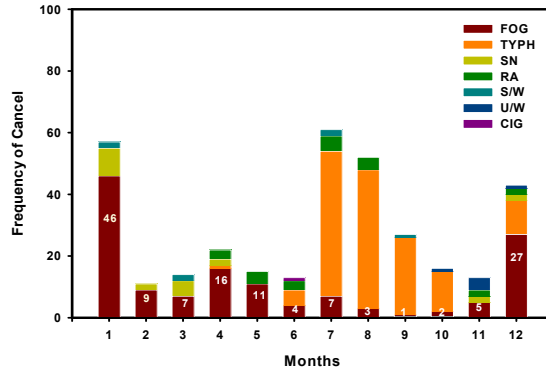


<그림 10> 최근 4년 동안의 기상 현상에 따른 월별 인천국제공항 결항현황 (2001년 7월 1일~2005년 6월 30일)



<그림 11> 최근 4년 동안의 기상 현상에 따른 계절별 인천국제공항 결항현황 (2001년 7월 1일~2005년 6월 30일)





<그림 12> 최근 4년 동안의 기상 현상에 따른 월별 인천국제공항 결항현황 (2001년 7월 1일~2005년 6월 30일)

### III. 결 론

본 연구를 통해 인천국제공항의 항공기 운항에 있어서의 지연 및 결항현황을 정량적으로 살펴볼 수 있었다. 2001년 7월 1일부터 2005년 6월 30일까지 최근 4년 동안 인천국제공항에서의 항공기 운항현황을 토대로 항공기 지연 및 결항현황을 살펴보았다. 먼저, 항공기 지연현황에 있어 항공기 접속(A/C)이 전체 항공기 지연 10549회 가운데 5433회, 52%를 차지하였으나 기상으로 인한 경우도 1450회, 13%의 높은 비율을 차지하였다. 특히 결항에 있어서 기상으로 인한 결항은 전체 결항 1136회 가운데 30%인 344회를 차지하는 것으로 조사되었다. 이로 인해 기상으로 인한 항공기 지연 및 결항현황을 기상 현상에 따라 세분화하여 살펴보았는데 항공기 지연에 있어서는 안개(FOG)가 전체 지연 1350회 가운데 830회로 62%를 차지하였다. 이는 결항현황에서도 안개로 인한 결항률이 40%로 분석되었다. 태풍으로 인한 결항률이 43%로 가장 많은 결항률을 나타내고 있지만 태풍의 경우 7월과 8월 인 하계에 집중됨을 제외하면 실질적으로 모든 계절에 걸쳐 안개로 인한 항공기 지연 및 결항이 가장 큰 기상현상으로 이해되어질 수 있다.

따라서 최근 4년 동안 인천국제공항에서의 전체 항공기 운항횟수 541,125회에 있어서 직접적으로 제어할 수 없는 기상으로 인한 지연 및 결항은 각각 1350회, 344회로 이는 전체 지연 및 결항에 대해 각각 13%와 30%를 차지하는 빈도이다. 특히 이 가운데 안개로 인한 지연 및 결항이 62%와 40%임을 고려하면 인천국제공항에서의 안개현상에 대한 항공기상학적인 예측 및 지원이 매우 중요함을 알 수 있다. 궁극적으로 인천국제공항에서의 항공기상예보 및 지원의 정확률을 높임으로써 항공기 지연 및 결항에 대한 선조치 및 후조치를 가능케 하며 이를 통해 인천국제공항에서의 항공 운항에 원활함과 신뢰성을 높이는데 기여할 수 있는데 그 가운데서도 앞서 살펴본 내용으로 인해 인천국제공항에서의 안개에 대한 항공기상학적 예측 및 지원이 선행되어야 할 것으로 사료된다. 결론적으로 인천국제공항과 운송실적의 지속적인 성장을 이루고 동북아시아의 허브공항을 실현하기 위해서 항공기상정보 향상 및 기상예측 정확성의 제고를 위한 노력은 계속되어야 하며 특히 항공기 지연과 결항의 주요 원인으로 나타나고 있는 안개에 대한 지속적인 연구와 예보의 정확성 향상이 절실히 요구되고 있다.

## 참고문헌

- [1] Corradini, C., and G. Tonna, "On the reliability of the parameterization of microphysics in fog models", *Journal of Applied Meteorology*. Vol. 18, 1979, pp. 487~494.
- [2] 기상연구소, "영종도 주변 해역의 해무예측연구(III)", MR010M03, 2002, p.1~25.
- [3] Oke, T. R., "Boundary Layer Climates", Methuen, London and New York, 1987, pp. 220~241.
- [4] Kim, J., S.-N. Oh, Y. Chun, J.-C., Choi, and H.-K Min, "Fog forecast for the Kimpo International airport of Korea", *Preprints 9th Conference on Aviation · Range · and Aerospace Meteorology*, 2000, pp. 219~222.
- [5] Mason, "The physics of radiation fog", *J. Meteor. Soc. Japan*, Vol. 60(1), 1982, pp. 486~498.
- [6] 건설교통부 수송정책실, 2005, 인천국제공항 2단계 건설 기본 계획서, p.1 ~ 68