

# 기상과 항공 사고의 상관관계

## Correlation between Weather and Aviation Accidents

권보현\*(대한항공), 김철영(한국항공대학교)

### 1. 서 론

항공기 운항은 육로 운송수단과 달리 기상의 영향을 많이 받고 있다. 항공기 제작사들은 항공기 운항을 위한 각종 항법 보조장비(NAVAID)들을 개발하였고 항공기에도 이러한 장비들을 이용할 수 있는 계기들을 장착하였다. 항공기 운항을 위한 기상 관측과 예보 시스템, 기상 레이더가 개발되었고 저고도 돌풍 경보 장치를 설치하였으며 항공기 제작사는 도플러(Doppler) 효과를 이용하여 Microburst를 조기에 예측해 주는 항공기 기상 레이더를 개발하여 항공기에 장착하였다. 이러한 장비들의 개발은 항공 안전에 획기적인 기여를 하였지만 기상에 관한 한 아직은 한계를 가지고 있다. 2006년 8월 김포공항으로 접근 중이던 B737항공기가 청주 지역 상공에서 낙뢰를 맞고 항공기 앞부분이 파손되어 대형 참사가 발생할 뻔한 경우도 있었으며 1993년 A항공사의 B757 항공기가 목포공항 접근 중 인근 산에 추락한 사고를 비롯하여 국내 항공사 사고 대부분이 기상 상황과 연관되어 있다. 2002년 4월 14일 발생한 중국 민항공기 김해 공항 사고도 저고도 구름으로 인한 지형지물 미확인이 직접적인 사고 원인이었다.

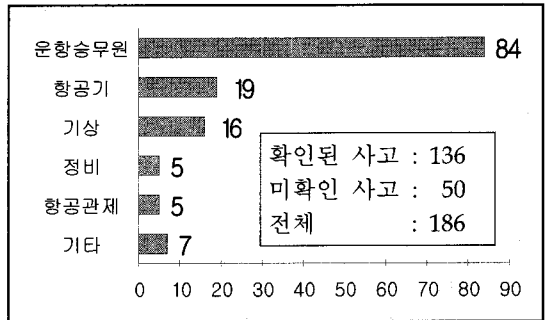
본 연구에서는 crashdatabase.com에서 탐색한 자료를 이용하여 1969년부터 발생한 항공 사고 중 기상이 원인으로 작용한 사고에 대하여 기상 현상을 세분화하고 그 결과로 인한 사고의 유형을 분석하였으며 이에 대한 대책을 제시하고자 한다.

### 2. 본 론

항공 사고 별 주요 원인 분포를 보면 1959년에서 2003년까지 136건( 총 186건의 Fatal Accident 중에서 원인을 알 수 없는 50건 제외)의 사고 중

기상이 주원인이 되어 발생한 사고는 총 16건으로 전체 사고의 약 12%를 차지하고 있다.

[표1] 항공 사고의 주요 원인별 분포



(Boeing 자료, 2004)

전손사고(Fatal accident)만 분석한 보잉자료와 달리 항공사고전문웹사이트인 crashdatabase.com에서 탐색한 자료를 분석한 결과 1969년부터 2003년까지 약 97건이 기상과 연관된 사고로 조사되었다. Harro Ranter / Fabian Lujan의 항공안전웹사이트(Aviation safety network) 자료에 의한 1945년부터 2002년까지 전 세계적으로 발생한 15인승 이상 다발엔진 항공기 사고를 분석한 결과 총 사고 2808건 중 기상과 관련된 사고(Heavy rainfall, Turbulence, Crosswind, Windshear /Downdraft, Sandstorm, Lightning-strike, Icing, Thunderstorm, Low Visibility)가 215건으로 약 7.66%를 차지하고 있다. 분석 자료별로 약간씩의 차이가 있지만 기상현상이 주원인이 되어 발생한 항공사고는 전체 사고의 약 10%정도가 됨을 알 수 있다.

본 연구에서는 1969년부터 2003년까지 발생한 사고 중 기상 요인으로 인한 사고 97건에 대한 자료를 수집하여 분석하였다. 오래된 자료들은 당시 표준 분류 방법이 정해져 있지 않았던 관계로 상세한 내용이 수록되어 있지 않았다. 기상

요인으로는 나쁜기상(Poor weather), 악기상(Adverse weather), 계기비행 기상(IFR weather), 시계비행기상(VFR Weather)과 같이 크게 분류하였다.

(1) 용어의 정의

기상에 대한 분류는 주로 기상현상을 이용하여 분류하고 있다. 예를 들면 안개, 강수, 우박 등과 같이 외형적으로 드러난 현상으로 분류한다. 그러나 운항에서는 현상에 의한 분류보다는 일반적으로 크게 범주화 하여 시계비행기상(VFR Weather), 계기비행기상(IFR Weather) 나쁜 기상(Poor Weather), 악기상(Adversary Weather) 등으로 분류하여 사용한다. 따라서 본 논문에서 사용되는 용어는 다음과 같이 정의한다.

가. 시계비행기상(VMC)

항공법 시행규칙에 명기되어 있는 시계비행기상은 다음과 같다.

[표2] 시계비행 기상

고도	공역	비행시정	구름으로부터의 거리
비적용	A등급	비적용	비적용
해발 3,050미터 (10,000피트)이상	B·C·D·E·F 및 C등급	8천미터	수평으로 1,500미터, 수직으로 300미터 (1,000피트)
해발 3,050미터 (10,000피트)미만에서 해발 900미터(3,000피트) 이상 또는 장애물상공 300미터 (1,000피트) 중 높은 고도	B·C·D·E·F 및 G등급	5천미터	수평으로 1,500미터, 수직으로 300미터 (1,000피트)
3. 해발 900미터(3,000피트) 미만 또는 장애물상공 300미터(1,000피트) 중 높은 고도	B·C·D 및 E등급	5천미터	수평으로 1,500미터, 수직으로 300미터 (1,000피트)
	F 및 G등급	5천미터	지표면 육안 식별 및 구름을 피할 수 있는 거리

나. 계기비행기상(IMC)

시계비행기상 이외의 기상(포괄적으로 poor, adversary weather이 모두 해당되나 본 연구에서는 시정은 CAT 1미만, CAT 2이상, 운고는 DA(MDH) 로 정한다.)

다. 나쁜 기상(Poor Weather)

나쁜 기상은 강수, 강설, 연무, 안개 등으로 시정이 CAT2 기상 미만, 운고는 DH이하이고 바람의 강도는 착륙 제한치 이내로 정의하며 활주로 상태에 영향을 미치는 심한 강우, 강설 현상은

제외한다.

라. 악기상(Adversary Weather)

극심한 고온, 저온 기상과 Icing, 윈드쉐어(windshear), Microburst, Severe Turbulence 와 같이 항공운항에 심각한 영향을 초래하며 항공기 손상 또는 인명 피해를 야기할 수 있는 기상으로 정의한다.

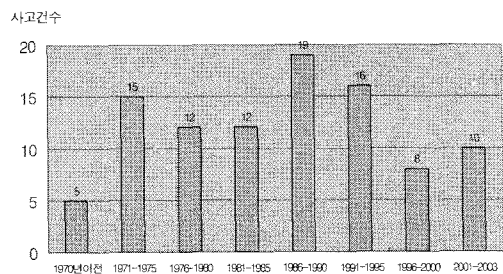
(2) 연도별 사고 현황

연도별 사고 현황은 5년 단위로 분류하여 조사하였으며 1986-1990년에 19건이 발생하여 최다를 기록하였다.

(3) 사고 항공기 분류

사고 항공기들은 대부분 중소형기이며 초기 세대(First Generation)에 속하는 항공기들이다. 이 항공기들의 특징은 기본적인 조종 장치 이외에는 고성능의 장비들을 장착하지 않았으며 시설이 잘 구비된 대형 공항보다 지선 공항에 취항함으로써 상대적으로 ILS (Instrument Landing System)나 RADAR service, 저고도 돌풍 경보 장치의 도움을 받지 못하고 비정밀 접근을 한 경우가 많았다.

[표3] 기상 요인으로 인한 연도별 사고 발생 현황



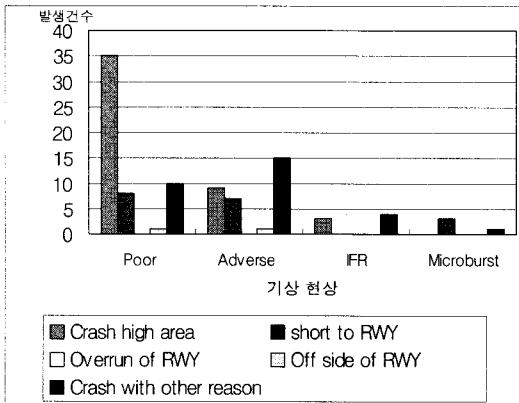
(4) 기상 유형별 사고의 특징

가. Poor weather

Poor weather 사고의 특징적인 유형은 착륙 접근 중 지상 장애물에 충돌하는 CFIT(Controlled Flight Into Terrain)형으로 높은 지형이나 건물에 충돌한 경우가 35건, 최종 접근로 부근에 충돌한 경우가 8건, 그리고 활주로를 옆으로 벗어난 경우가 1건으로 분석되었다. 즉 Poor weather 시에 발생한 사고들은

다른 원인을 동반한 10건의 사고를 제외하고 CFIT 형 사고이다. 동반된 다른 원인들은 Poor weather로 인해 착륙을 하지 못하고 Holding을 하다가 연료 고갈로 인한 추락, 또는 항공기 Engine 결함 등이 주 원인으로 Poor weather가 부수적인 원인이 되어 운항 승무원이 적절히 대응하지 못한 결과 사고로 이어졌다고 할 수 있다. 즉 poor weather 시 많은 항공기들이 착륙을 하지 못하고 동시에 Holding을 함에 따라 적시에 예비공항으로 Divert하지 못한 항공기들은 연료 고갈로 추락을 한 것이다. 착륙을 하지 못할 정도의 기상에 조우할 경우 조종사뿐만 아니라 관제사 역시 업무 과중 상태가 되어 적절한 관제 지시나 조언을 해주지 못하는 경우가 많다. 따라서 이러한 요인들과 조종사의 인적 요인 (상황 판단, 의사 결정)이 복합적으로 작용하여 사고로 유발되는 것이다.

[표4] 기상 요인별 사고 유형

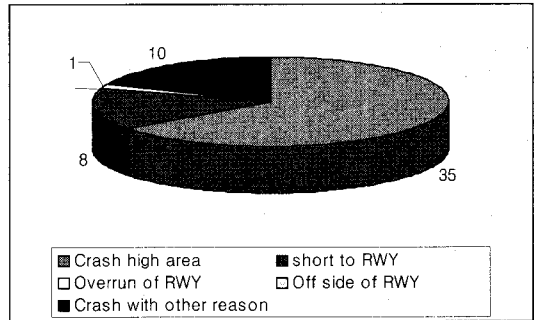


Airbus(2002) 사의 조사통계에 의하면 CFIT 사고의 약 87%가 계기비행 기상 상태에서 발생하였으며 그 중 안개가 약 71%, 저운고(Low ceiling) 상황이 약 63%의 영향을 미친 것으로 나타나고 있다. 특이한 것은 주간/야간은 사고에 별다른 영향을 미치지 않았으며 사고 위치는 주로 활주로 부근인 것으로 분석되었다.(그림 1, 2) 안개와 Low ceiling은 Poor weather의 대표적인 현상이다.

이 자료에서 알 수 있는 것과 같이 poor weather로 인해 조종사가 상황 인식을 제대로 하지 못한다거나 정확한 계기 접근 절차를 수행하지 못해 CFIT형 사고가 많이 발생한 것이다. 또한 항공기 착륙에 제한을 줄 수 있는 저시정 상태가 되면 관제기관에서도 접근 항공기 간격

분리를 위해 더 많은 노력을 기울여야 한다. 관제사와 조종사간의 communication도 증가를 하고 이해도도 저하된다. 실제 인천 국제공항이 저시정 상태가 되었을 때 접근 관제소의 Communication을 분석한 결과 기상 상태가 좋을 때와 많은 차이를 보였다(표 6).

[표5] Poor weather로 발생한 사고 유형



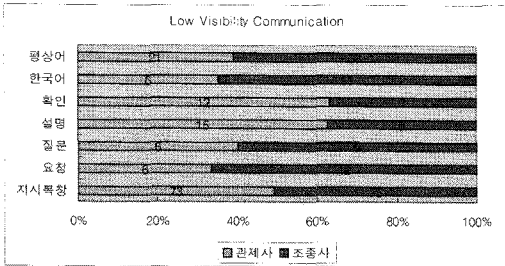
[표6] 서울 접근관제소 통화 비교

구분	시간	총 교신수	총 단어수	단어수 /1교신	교신수 /1분	단어수 /1분	단어수 /1초
Low VSBY	20분	223	1459	6.7	11.2	73	1.2
VMC	20분	142	904	6.4	7.1	45.2	0.8

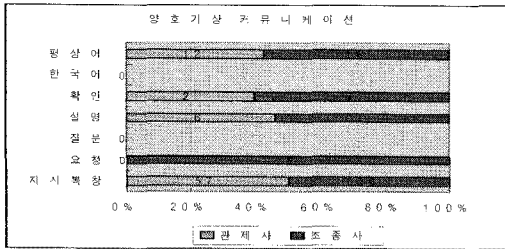
\*평균 ATC 속도 : 20분간의 관제 교신은 Low visibility 기상의 경우에 총 223건(평균 분당 11.2건)으로 VMC 기상의 총 142건(평균 분당 7.1건)보다 1.6배나 많은 속도로 이루어졌다. 기상이 VMC 때보다 Low visibility일 때 관제 빈도와 속도가 높아짐을 볼 수 있다.

Poor weather로 인한 대표적인 사고는 1977년 3월 27일 스페인의 Tenerife Norte Los Rodeos Airport에서 발생한 Pan Am B747항공기와 KLM B747 항공기의 충돌사고로, 당시 KLM4805편 항공기는 저시정하에서 이륙을 하던 중 활주로를 미처 개방하지 못하고 있던 Pan Am1736편과 충돌하여 탑승객 776명 중 661명이 사망하고 항공기가 전소되는 대 참사를 빚었다.

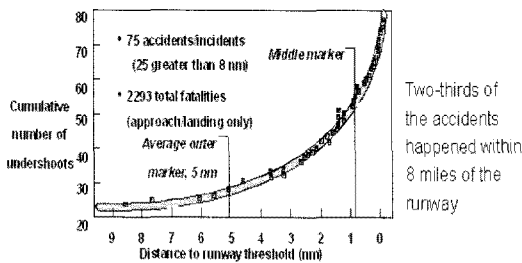
[표7] 저시정 상태에서의 통화 상태



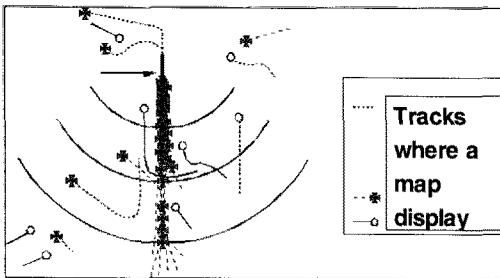
[표8] VMC 상태에서의 통화 상태



[그림1] 활주로 말단으로부터의 거리



[그림2] 활주로 말단으로부터의 위치



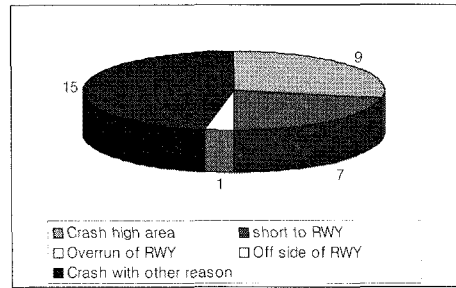
나. Adverse Weather

Adverse weather 시 발생한 사고는 32건이었으며 사고의 특징은 다른 이유와 복합되어 추락한 경우가 15건으로 Poor weather 상황에서 발생한 10건 보다 5건이 더 많다. 더욱이 비율적으로 보면 전체 사고의 46.9%로 Poor weather 시 18.5%보다 훨씬 높게 나타나고 있다. 반면 CFIT

사고 유형은 17건이며 높은 지형이나 건물에 충돌한 사고는 9건, 최종 접근로 또는 활주로 주변에 추락한 사고는 8건으로 나타났다. 따라서 Adverse weather 기상 상황에서는 조종사가 최종 접근을 시도 후 착륙이 곤란하자 Missed approach를 하고 다시 Holding과 재접근을 하는 과정에서 연료 고갈로 인한 사고들이 많이 발생했다.

이 또한 기상 요인이 초기 원인이 되어 조종사의 인적 요인과 복합적인 상승작용을 하여 사고로 이어졌다는 것을 알 수 있다.

[표9] Adverse weather로 발생한 사고 유형



대표적인 사고는 1990년 1월 25일 JFK 공항에서 발생한 Avianca 052 사고를 들 수 있다. Avianca 052편은 B707 항공기로 JFK 공항 착륙을 위해 접근 중 Tower로부터 기상이 나빠졌다는 조언에 따라 Holding 중 연료가 부족한 것을 늦게 깨닫고 Tower의 허락을 얻어 착륙 접근 하였으나 착륙 하지 못하고 복행하였으며 다시 접근 중 활주로 10NM 부근에 추락하였다. 탑승객 73명이 사망하였다. 이 사고는 Adverse weather와 의사소통, 비행 계획 부족 등이 복합된 사고 사례이다.

Microburst로 인한 사고는 대부분 최종 접근로 상에 추락하였다. 고고도에서 Microburst에 조우할 경우에는 회피 조작이 가능하지만 저고도에서는 불가능한 경우가 많으며 Down stream에 의한 crash가 발생한다. 대표적인 사고는 미국 Delta Air191사례로 DAL191은Fort Lauderdale에서 이륙하여 Thunderstorm이 발생하고 있는 Dallas/Fort Worth 공항에 착륙 접근 중 microburst에 조우하여 활주로에서 중심선에서 약 6,000ft 미달하고 좌측으로 약 360ft 벗어나 추락하였다.

#### 다. IFR Weather

IFR weather 상황에서 발생한 사고는 7건으로 대부분 소형 항공기로 VFR 비행을 하다가 갑자기 구름 또는 악기상에 조우하여 발생한 사고들이다. 따라서 사고 유형도 다른 이유를 동반한 사고가 4건으로 57.1%를 차지하고 있고 높은 장애물에 추락한 CFIT형 사고가 3건 발생하였다. 사고의 특징은 최종 접근로에 추락한 사고는 없었다는 것이다.

### 3. 결 론

항공 사고가 발생하기 위해서는 1-2가지의 요인이 아니라 몇 개의 또는 그 이상의 요인이 복합적으로 작용하여 Error Chain을 형성하여야만 가능하다. 그 Error Chain의 시작이 무엇이든 간에 진행 과정에서 그 누군가에 의해 적절히 Error Chain을 단절시켜 주지 못했을 때 또 다른 요인이 첨가되거나 부가적으로 발생하여 결과적으로 사고로 연결된다. 많은 사고 조사에서 대부분의 사고가 인적 요인에 의해 발생하였다고 결론을 맺고 있으나 인적 요인이 발생하게 된 시발점이 무엇인가? 그리고 인적 요인에 작용한 factor는 무엇인가를 알아내는 것은 쉽지 않다. 특히 기상 요소는 가변적이거나 돌발적이고 때로는 국지적이기 때문에 요인으로 작용했는지에 대한 판단은 여러 가지 조사에 의해 추정할 뿐이다. 따라서 기상 요인이 직접적으로 작용했다고 단정 지을 수 있는 사고는 Microburst나 번개에 의한 사고 등 명확한 것 이외에는 별로 없다. 하지만 위의 사고 분석에서도 알 수 있듯이 대부분의 사고가 공항 부근에서 그리고 저고도에서 발생하는 것에서 우리는 기상 요인으로 인한 Human Performance의 저하에 관심을 가져야 할 것이다.

이러한 재해는 언제 어디서나 발생할 수 있으며 특히 접근 시설이 불충분한 재래식 공항이나 항공기를 운영하는 곳에서는 특히 유의하여야 할 것이다. 일반적인 항공기 결함이나 사고에서는 인명 사고가 크지 않은 반면 지상 충돌은 대부분의 인명과 항공기가 손상되는 대형 참사로 이어지고 있다.

따라서 이러한 대형 재난을 방지하기 위해서는 첫째, 공항 운영 시설을 보다 현대화할 필요가 있다. 통계에서도 볼 수 있듯이 비정밀 접근 시 발생하는 사고는 ILS와 같은 정밀 접근 시보다 몇 배 높다. 그리고 저고도 돌풍이 많이 발생하는 공항에서는 저고도 돌풍 경보 장치를 반드시

설치하여야 할 것이다.

둘째, 항공기 운영자는 EGPWS를 장착하여 Microburst를 사전에 회피할 수 있도록 대비하고 운항 승무원에 대한 교육을 지속적으로 실시하여야 할 것이다. 또한 항공 기상에 대한 적절한 교육을 실시하여 운항 중 발생할 수 있는 기상 현상에 대처하여야 할 것이다.

셋째, 운항 승무원은 PIREP, AIREP을 적극적으로 활용하여 돌변 기상에 대비하고 착륙 브리핑 시에 기상에 대한 내용을 반드시 포함하여야 한다. 그리고 제한 기상치를 벗어난 경우에는 착륙에 대한 미련을 버리고 즉시 Missed Approach하여 Holding을 하며 또 다른 계획을 세우거나 예비 공항으로 Divert하여야 할 것이다. 최근 항공 장비의 발달로 시정 약 175m, 또는 전혀 활주로를 보지 못한 상태에서도 착륙하는 정도의 운항을 하고 있으나 시정 이 외의 기상 현상에 대해서는 역시 조종사의 대처 능력에 좌우된다고 할 수 있다.

### 참 고 문 헌

1. 항공법 시행규칙, 건설교통부, 2006.6.
2. B777 Pilot Operating Manual, 대한항공, 2005.
3. Boeing Annual Reports, Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accident Worldwide Operation 1959-2003 . Boeing Company. 2005.
4. <http://www.crashdatabase.com/>
5. CFIT 방지 및 대책, Airbus사, 2002.
6. Flight Safety Foundation, Approach and Landing Accident Reduction, 2001.
7. Flight Safety Foundation, An Analysis of Controlled Flight Into Terrain Accidents of Commercial Operators 1988 through 1994, 1996.