

Original Article

<https://doi.org/10.12985/ksaa.2024.32.3.137>
ISSN 1225-9705(print) ISSN 2466-1791(online)

항공사의 기상전담조직 운영 사례와 효과에 관한 연구

조진호*

A Research and Case Study on Operating Meteorological
Organization of an Airline

Jinho Cho*

ABSTRACT

Aircraft are affected by various weather elements and phenomena as they operate vertically from the ground up to the tropopause and horizontally across temperate, tropical, and cold regions within a few hours. Meteorological information, which involves observing and forecasting these weather elements and phenomena, is crucial because it influences not only the safety of the aircraft and occurrences of cancellations, diversions, or delays but also the changes in flight time and fuel consumption. Since the routes of national carriers in Korea mainly cover regions with severe weather and significant weather changes, the role of systems and organizations for the collection, analysis, and application of meteorological information is important. This study investigated the operational case and effects of a meteorological organization at airline 'A'. It was confirmed that, following the establishment of this dedicated organization, more systematic application of meteorological information has shown operational effects such as enhancing flight safety, minimizing passenger inconvenience, and contributing to corporate management.

Key Words : Meteorological Information(기상정보), Meteorological Organization(기상전담조직), Operations Control Center(통제센터), Severe Weather(위험기상), Weather Management(날씨경영)

1. 서 론

항공기는 이륙부터 착륙까지 전 운항 단계에서 다양한 기상요소와 기상현상의 영향을 받고 있다. 이착륙 단계에서는 풍향과 풍속으로 표현되는 바람, 시정과 운고에 영향을 주는 구름, 안개, 비, 눈, 뇌우 등 일기 현상,

그리고 항공기 성능에 영향을 주는 바람, 기온과 기압 등이 있다. 또한 항로상에서는 상층풍, 제트기류, 난기류, 뇌우, 착빙 등이 대표적이다. 이러한 기상요소와 기상현상 중 풍속, 시정, 운고 등 수치로 나타낼 수 있는 것은 이착륙 제한치가 있다. 이 제한치를 초과하게 되면 이착륙이 불가하여 결항, 회항, 지연을 유발한다. 풍향 및 풍속, 기온, 기압은 항공기 이륙 중량에 영향을 주며, 뇌우, 저층 윈드시어(급변풍)는 이착륙 제한을 일으키기도 한다. 또한 폭우, 눈은 활주로 제동상태를 저하해 이착륙이 제한되거나 이착륙 거리를 증가시키기도 한다.

Table 1은 2023년 국내선 운항편에 대해 결항 사유 별로 분류한 한국공항공사의 항공통계 자료로 결항의

Received: 15. Aug. 2024, Revised: 24. Aug. 2024,

Accepted: 25. Aug. 2024

* 신라대학교 항공교통관리학과 초빙부교수

연락처 E-mail : jincho1017@naver.com

연락처 주소 : 부산광역시 사상구 백양대로 700번길 140,

미래항공융합관 306호

Table 1. Reasons for cancellation at domestic airport in 2023

공항명	운항 (편)	기상	연결	정비	항공교통	공항	기타	계
GMP	130,271	1,038	100	60	51	47	14	1,310
PUS	78,889	512	37	27	31	4	0	611
CJU	163,123	1,729	89	47	45	61	10	1,981
TAE	19,534	108	2	2	3	1	0	116
KWJ	13,265	127	9	5	0	0	0	141
MWX	243	0	0	0	0	0	0	0
CJJ	22,049	185	5	2	1	10	0	203
YNY	1,171	42	1	22	0	0	0	65
RSU	4,474	72	4	0	0	0	2	78
USN	2,978	71	1	3	2	2	0	79
HIN	1,478	12	2	4	0	0	0	18
KPO	2,053	118	3	1	2	0	0	124
KUV	1,124	64	0	0	0	2	0	66
WJU	1,379	73	0	0	0	0	0	73
합계	442,031	4,151	253	173	135	127	26	4,865

85%가 기상요인에 의한 것임을 보여준다. 주요 공항별 특징을 살펴보면 제주국제공항은 하계기간 저층 윈드시어, 해무, 태풍, 그리고 동계기간 강한 측풍과 강설 영향이 잦고, 김해국제공항은 남풍이 강하게 불어 활주로 18방향 착륙 조건에서 시정 또는 운고가 착륙 제한치 미만인 경우 결항이 발생한다. 김포국제공항은 위 두 공항의 결항에 따른 연결편 결항이 다수를 차지하고 있다.

기상요소와 기상현상은 항공기 안전에 직접적인 영향을 미친다. 기상요인에 의한 직접적인 항공기 사고는 물론 기상요인이 이륙 또는 착륙 과정에서 조종사의 실수를 유발하여 발생하는 사고 사례도 있다. 또한 결항, 회항, 지연 등을 일으켜 승객에게 불편을 초래하는 주요 요인으로 작용한다. 항공교통량 증가에 따라 항공교통혼잡이 일상이 되면서 기상이 미치는 영향은 더욱 커지고 있다. 특히 뇌우, 저층 윈드시어, 저시정 및 저운고에 따른 체공 또는 복행 후 재접근 발생 시 항공교통 혼잡으로 지연이 다수 발생하기도 한다.

한편으로는, 항공사의 영업과 경제적인 비행에 큰 영향을 미치고 있다. 지상에서의 풍향과 풍속, 기온, 기압, 항로상에서의 상층풍은 항공기 이륙중량과 승객과 화물의 탑재 가능량, 비행시간, 연료 소모량 등 항공기 운항효율에 직접적인 영향을 미친다.

항공기 운항과 기상과의 관련 연구는 기상요소와 현상이 항공기 사고, 결항, 지연에 미치는 영향의 분석 및 통계를 중심으로 이루어지고 있다. 최근에는 기업의 경영성과에 미치는 영향에 관한 연구가 늘어나고 있다.

Bang & Kim(2013)은 운항에 관계된 의사결정 문제에 대해 기상요소의 파급효과와 기상정보의 가치를 평가하였다. Song et al.(2017)은 기상정보를 이용하는 기업들의 사업성과와 기상정보 간의 인과적 관련성을 분석하였다. Leem(2018)은 날씨 정보를 경영 의사결정에 활용하여 기업의 손실을 줄이고 새로운 이익을 창출한 H사의 날씨경영 현황과 성과사례를 연구하였다. 해외에서도 항공 분야의 기상정보 효과나 가치에 관한 연구가 많이 이루어지고 있다.

본 연구는 기상정보의 항공기 운항에 적용 사례와 효과를 국내 A 항공사의 기상전담조직을 통해 연구하였다. 이를 위해 기상전담조직 관계자들에 대한 인터뷰를 통해 연구에 필요한 정보와 자료를 확보하였다. 기상전담조직 운영에 따른 안전운항 증진, 승객불편 최소화, 경제운항 측면에서의 정성적인 부분과 정량적인 지표를 도출하는 방법을 통해 연구하였다.

II. 기상전담조직 운영 사례와 효과

2.1 주요 위험기상과 발생 지역

Fig. 1은 우리나라 대형 항공사의 운항지역 내 항공기 운항에 영향을 크게 미치는 주요 위험기상을 항공업무 경험을 바탕으로 요약하여 표기한 것이다. 대형 항공사의 운항 중심지역인 우리나라, 일본, 중국, 중앙아시아, 미주, 유럽은 북반구 중위도대에 위치하며, 사

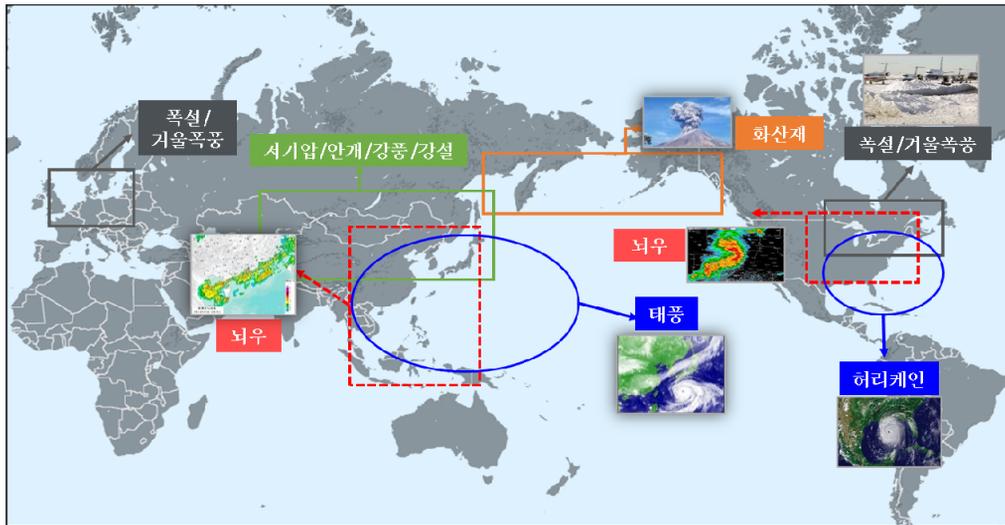


Fig. 1. Major severe weather events and occurrence per regions

계절의 변화와 함께 위험기상이 많이 발생하는 지역이다. 즉, 계절 변화에 따른 바람의 변화, 저기압의 발달과 이동, 봄과 가을 안개, 하계 뇌우와 태풍, 동계 강설 등이 특징적이다. 우리나라 전 공항에 영향을 줄 수 있는 강한 저기압 또는 태풍의 통과가 발생하는 경우, 국내 다수 공항이 동시에 유사한 위험기상에 놓이는 사례가 발생한다. 최근인 2020년 인천, 김포국제공항을 포함한 국내 전 공항은 북상한 태풍 3개로 인해 항공편의 결항, 지연은 물론 항공기를 소산하고 결박하는 등 큰 영향을 받기도 하였다. 따라서 기상업무의 중요도는 여타 국가의 항공사보다도 높다고 할 수 있다.

2.2 기상정보의 유형과 활용

ICAO Annex 3과 WMO(세계기상기구, World Meteorological Organization) No. 49의 Volume II는 Meteorological Services for International Air Navigation으로 동일한 제목과 내용으로 구성되어 있다. ICAO Annex 3에 항공사와 조종사에게 제공해야 하는 기상정보로 다음을 제시하고 있다.

- ① METAR/SPECI 등 관측보고
- ② 항공기 보고
- ③ 공항예보(TAF), 이륙예보
- ④ 중요기상정보(SIGMET, AIRMET)
- ⑤ 공항 경보, 급변풍 경보
- ⑥ 항로상 중요기상, 상층풍 등 항로기상 정보

- ⑦ 화산재, 열대성저기압, 우주기상
- ⑧ 레이더, 위성영상 정보 등

이러한 기상정보는 국제 기준에 따라 발행되고 공유되어 조종사, 운항관리사, 항공교통관제사 등 항공종사자의 항공업무에 적용하고 있다. 이 중 운항관리사는 비행계획과 항공기 운항결정에 적용하고, 조종사에게 기상정보를 제공하고 브리핑을 하며, 변화되는 기상상황을 실시간으로 모니터하고 운항하는 조종사에게 유무선, 데이터통신의 방식으로 제공하고 있다.

기상이 항공기 운항에 미치는 영향이 크기 때문에 항공사는 ICAO Annex 3의 표준적인 기상정보는 물론 보다 다양한 기상정보를 활용하고 있다. 1분 단위의 활주로별 실시간 풍향 및 풍속, 시정, 운고 데이터를 비롯하여 뇌우 발달과 이동, 난기류 예측, 분석이 필요한 기상요소에 대해 시뮬레이션을 통한 예측 등 실시간, 그래픽의 활용이 폭발적으로 증가하였다. 다양한 기상정보와 시스템을 어떻게 효과적으로 활용하는지가 중요하다고 할 수 있다.

Table 2는 주요 기상요소와 현상이 항공기 운항에 미치는 특성과 영향을 요약한 것이다. 항공기 각 운항 단계에서 기상요소와 현상이 항공기 운항에 어떻게, 어떤 영향을 미치는지 이해하는 것이 중요하다.

항공사는 항공기 제작사 매뉴얼, 각 공항의 기상 제한치, 항공 당국으로부터 받은 인가 사항 등을 반영하여 운항 여부 결정과 비행계획, 그리고 실제 비행을 하게 된다. 또한 수치로 제한치가 설정되는 바람, 시정,

Table 2. Characteristics and effects of key weather elements and phenomena on aircraft

구분	기상요소와 현상	주요 특성과 영향
이착륙 단계	바람 (풍향과 풍속)	<ul style="list-style-type: none"> • 이착륙을 위한 활주로 방향을 결정하는 요소 • 이착륙 접근 절차와 적용하는 기상 최저치가 달라지기 때문에, 운항 가능 여부, 이착륙 중량은 물론 공항의 항공교통 흐름에 직접적인 영향 • 강풍과 강한 측풍은 운항 장애를 일으키고, 정풍인 경우 이륙성능을 높이지만 배풍은 이륙중량 감소, 이착륙거리 증가 영향
	급변풍	<ul style="list-style-type: none"> • 1,600ft(500m) 이하의 저고도에서 발생하는 저층 윈드시어는 착륙을 시도하는 항공기의 속도와 자세 유지에 어려움을 유발
	시정장애, 강수 현상	<ul style="list-style-type: none"> • 안개, 낮은 구름, 비, 눈은 시정과 운고를 저하해 이착륙 제한을 일으키고, 강한 강수와 강설은 활주로 상태에 영향
	기온, 기압	<ul style="list-style-type: none"> • 이륙 및 착륙성능에 영향을 주는 요소로 특히 고온 또는 기압고도가 높은 공항에서는 이륙성능에 제한이 발생
이착륙 단계	뇌우, 강설, 태풍	<ul style="list-style-type: none"> • 뇌우는 폭우, 번개, 우박, 돌풍, 윈드시어 등 다수의 위험기상을 동반하기 때문에 일시적으로 이착륙이 중지되기도 하며, 강설은 시정 저하는 물론 활주로 제설에 따른 활주로 폐쇄, 항공기 제방빙에 따른 지연 등 유발 • 태풍은 공항에서는 강풍에 따른 운항제한을 일으키고, 항로상에서는 태풍 중심 회피 운항에 따른 우회로 항로상 항공교통 밀집 유발
	항로상 운항 단계	<ul style="list-style-type: none"> • 항로상 뇌우는 회피 비행을 하고, 착빙 예상 구역 통과 시 방빙계통이 정상적으로 작동 필요. 난기류 예측 정보를 바탕으로 항로와 고도를 계획하고 최신 정보와 변화에 대해 조종사에게 제공 • 강한 편서풍인 제트기류는 배풍인 경우 최대한 활용하고, 정풍인 경우는 최대한 회피하는 항로 운영

운고 등은 항공기 기종, 조종사의 비행시간, 각 공항 활주로 접근 절차 등 복합적인 요소를 반영하기 때문에, 운항 여부 결정은 역동적인 과정이라 할 수 있다. 수치로 나타내지 않는 뇌우, 난기류, 착빙 등에 대한 안전기준을 지키는 것 역시 중요한 부분이다.

ICAO Annex 3에 기술되어 있는 기상정보는 공항 예보(TAF, aerodrome forecast)를 포함하여 예보가 다수를 차지하고 있다. 이는 항공기의 안전한 운항에 있어 기상예보의 중요성을 보여주는 것이라고 할 수 있다. 한편, 대기권에서 발생하는 물리적이고 역학적인 기상요소와 현상은 끊임없이 변화되기 때문에, 예보와 실제 관측값과의 오차는 발생할 수밖에 없다. 따라서 예보와 실제 간의 차이를 보다 더 최소화하는 것은 매우 긴급하다. 일반적으로 예보를 기준으로 비행계획을 수립하고, 승객의 일정에 영향을 미치는 운항결정을 하며, 필요한 경우 항공사의 인적자원 투입을 포함한 제반 조치가 이루어지기 때문에 예보에 대한 더 전문적인 대응이 필요하다.

2.3 기상전담조직 운영

A 항공사는 2014년 6월부터 기상업무를 전담하는 조직을 운영하고 있다. 조직운영 전에는 비행계획, 통제

업무 등 담당 운항관리사들이 각자 기상정보를 파악, 분석, 적용하면서 대응하였다면, 24시간 기상업무만 전담하는 조직을 통해 기상업무의 집중화, 효율화를 이루고 있다. 항공기 안전운항은 물론 영업력 증대, 경제적인 비행과 쾌적한 비행을 실현하는 것이 조직의 목적이다.

Fig. 2는 A 항공사의 기상전담조직이 중심이 되어 기상정보 수집, 분석, 예보, 전파 및 활용하는 체계를 보여 준다. 기상전담조직은 제반 기상정보, 시스템, 적용 규정, 각 공항의 특성, 과거 비정상 사례 등을 종합적으로 분석하여 보다 수요자 중심의 기상 전망을 제시한다.

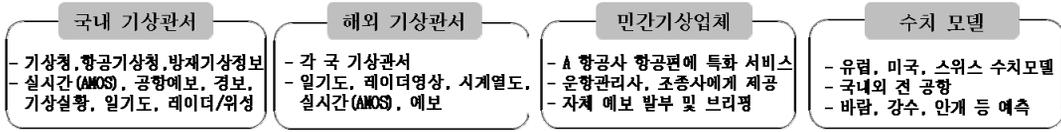
주요 적용 영역을 보면, 첫째, 항공기 운항의 예방적 안전관리와 운항 여부 결정, 둘째, 경제적인 항로와 고도를 포함하는 비행계획, 셋째, 예보와 실제간 변화, 갑작스러운 악화 등 기상변화에 실시간 대응하는 기상감시, 넷째, 항공교통 흐름 대응, 다섯째, 승객 안내를 담당하는 부서를 포함하여 각 조직의 관련 업무에 참고하여 활용 등을 포함한다.

2.4 기상전담조직 업무의 주요 영역

2.4.1 위험기상 예측과 예방적 안전관리

항공사 운항통제센터 또는 종합통제센터는 계획한 항공기 스케줄대로 안전 운항할 수 있도록 사전 준비,

Step 1 : Weather Information "Gathering"



Step 2 : Weather Information "Analysis & Forecast"



Step 3 : Weather Information "Dissemination & Application"



Fig. 2. Meteorological organization workflow

진행, 조정 및 통제하는 곳이다. 비정상 운항을 방지하 되, 발생 시 안전조치를 취하고, 모든 가용 자원을 동 원하여 승객 불편을 최소화하고 있다. 따라서 안전운항 을 저해하거나 비정상 운항을 일으킬 수 있는 위험기 상에 대한 대응이 중요하다. 즉, 저시정과 저운고, 저층 윈드시어, 강풍, 뇌우, 강설 등 대한 정밀한 분석을 통 해 기상악화 시간대를 회피하거나, 운항 가능한 수준인 경우에도 위험요인을 경감한 상태에서 운항하도록 한 다. 대표적인 방법으로는 결항, 지연, 저경력 조종사 교 체, 연료 추가 탑재, 교체 공항 조정 등이다.

항공사는 기본적으로 6시간마다 30시간 예보를 제 공하는 공항예보(TAF)를 기반으로 비행계획을 수립하 고, 결항이나 지연 등 운항결정을 하고, 조종사의 편조 보강 등 제반 안전강화 대책을 시행하고 있다. 항공기 출발과 운항 근거가 되는 TAF는 예보이기 때문에 실

제 기상은 변하기 마련이다. 특히 예보 대비 더 악화 가능성에 대한 예측과 대비가 중요하다. 예보보다 악화 되고 착륙 불가 기상이 되어 체공과 회항을 할 수도 있 다. 비정상 상황이 발생한 후 대처도 중요하지만, 발생 하지 않도록 대응하는 것이 더욱 중요한 부분이다.

Fig. 3은 TAF의 유용성과 기상전담조직의 역할을 도식화한 것이다. 기상요소의 변동성 때문에 예보 시점 대비 늦은 시간대일수록 예보의 정확도는 저하되는 특 징이 있다. 따라서 기상전담조직의 운영을 통해 TAF 이외 추가의 기상정보와 자료, 그간의 경험자료 등을 바탕으로 TAF를 검증하고, 추가적 예보를 통해 비행계 획과 의사결정 측면에서 정밀도를 향상하고 있다.

30시간 예보를 발행하는 TAF의 예보오차를 최소화 하기 위해서는 운항하기 전 적어도 10일 전부터 면밀 한 사전 분석이 중요하다. 국내 외 기상관서 및 기상

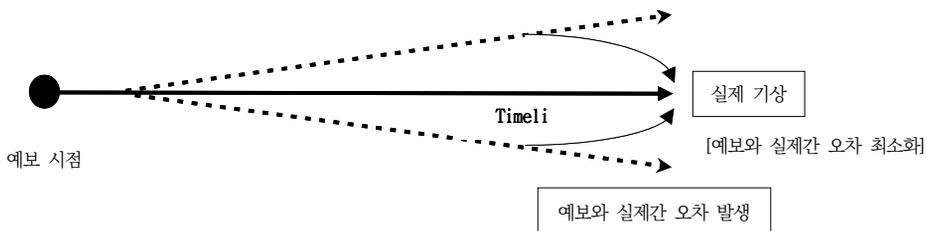


Fig. 3. Forecast errors over time and the role of meteorological organization

전문업체에서 예상 일기도를 포함하여 향후 10일까지의 예측모델을 제공하기 때문에 이러한 기상정보를 활용하는 것이 중요하다.

Fig. 4는 운항 10일 전부터 위험기상에 대한 예측, 대비하는 프로세스를 보여주고 있다. 특히 우리나라 전체에 영향을 미치는 태풍, 강한 저기압 통과, 강설 등이 예상되는 경우 사전 충분히 검토, 분석을 통해 안전에 대한 관리상태를 높이고, 운항 전부터 실제 운항하는 단계에 이르기까지 의사결정의 효과를 높이는 방식이라 할 수 있다.

기상전담조직에서는 매 6시간 간격으로 TAF 포함한 종합적 분석을 통해 사내 공유를 위한 Weather Alert을 발부하고 있다. Fig. 5는 관련 조직에서 유의하고 경계해야 할 Weather Alert 발부 대상을 보여준다. 6시간마다 발부하는 Weather Alert에는 출발 및 목적 공항은 물론 교체공항까지 포함하며, 강풍과 측풍, 저시정과 저운고, 뇌우, 강설 등에 대한 예측 정보를 제공하고 있다. 각 조직에서는 이 정보를 바탕으로 비행계획, 조종사 편조 검토, 공항에서는 비정상에 대비한 승객 안내 계획 등을 검토하고 준비할 수 있게 된다.

2.4.2 비정상 운항 방지와 최소화를 위한 대응

기상요소는 예보와 상이하게 변하기 때문에 실시간 기상변화를 모니터링하고, 이에 대응하는 것은 매우 중요하다. 예보로는 착륙에 문제가 없었지만, 실제로는 착륙

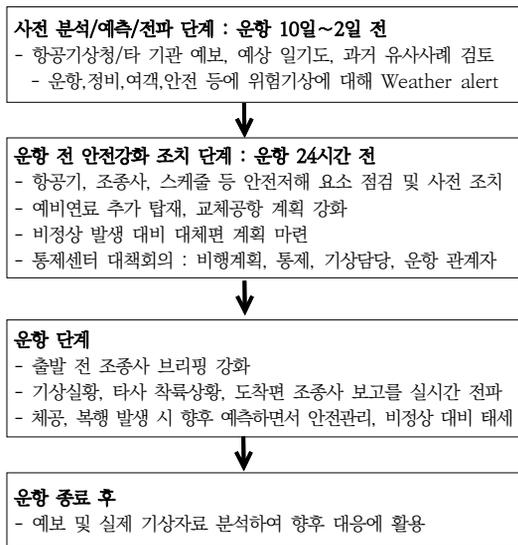


Fig. 4. Severe weather correspondence flow diagram

- 강풍경보: 최대풍속 40kt 또는 측풍 성분이 30kt 이상 예보된 경우(Gust 포함)
- 강풍주의보: 최대풍속 30kt 또는 측풍 성분이 25kt 이상 예보된 경우(Gust 포함)
- 제한공항: BECMG, FM 변화군으로 Weather Below가 예보된 경우
- 주의공항: BECMG, FM 변화군으로 Weather Marginal 예보된 경우, Thunderstorm, Snow가 예보된 경우, TEMPO 변화군으로 Weather Below가 예보된 경우
- 특별관리공항: 운항 전망 불투명 또는 운항 불가 예상되는 경우, 주요 관심 공항 혹은 기상제한치가 변경된 공항 중 모니터링이 필요한 경우

Fig. 5. Weather alert criteria

불가로 악화될 수 있고, 기상요인이 항공교통 혼잡에 영향을 주어 이차적인 비정상으로 전개될 수도 있다.

기상현상 중 특히 변동성이 큰 유형은 뇌우, 제주국제공항의 저층 윈드시어와 해무, 김해국제공항의 강한 남풍 등이 대표적이다. 또한 강설도 강설 시작 시점과 강도 등의 변화가 크게 발생한다. 이러한 기상현상의 발달과 변화는 실시간 추적이 중요하며, 관련 조직 간의 정보 공유와 유기적인 협업을 통한 대처가 중요하다.

공항에 영향을 미치는 뇌우는 항공기 이착륙 중단 또는 제한은 물론, 지상에는 낙뢰에 의한 피해도 주고 있다. 항공기 탑재 및 처리교범에 의하면 작업장 기준 반경 8km 밖 낙뢰 발생 시 경계상태를 유지하고 반경 5km 내 낙뢰 발생 시 지상조업을 중단하도록 규정하고 있다.

Fig. 6은 기상전담조직에서 발부하는 Weather Alert을 바탕으로 관련 조직에서 실시간으로 협업하여 낙뢰에 대응하는 체계를 보여준다. 기상청의 기상레이더센터에서 제공하는 낙뢰정보 애플리케이션과 사내 수립된 업무 프로세스에 따라, 낙뢰에 대해 안전을 확보할 수 있다.

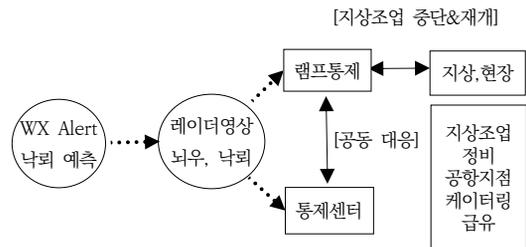


Fig. 6. Airport lightning strike correspondence flow diagram

Fig. 7은 겨울철 강설에 대한 예측을 통해 항공기 비행계획과 통제에 반영하고, 아울러 항공기에 쌓인 눈을 제거하고 쌓이지 않도록 하는 제빙준비에 적용하는 프로세스를 보여준다. 강설은 시정을 저하하며, 활주로 제설에 따른 폐쇄, 또한 지상 항공기의 제빙작업에 따른 지연과 항공교통혼잡 등 복합적인 상황을 유발한다. 따라서 항공사, 지상조업사, 공항공사 및 항공교통기관 등 업무 관계자들 간의 긴밀한 협력이 중요하다.

2.4.3 기상감시 시스템과 실시간 대응

A 항공사는 출발 전 또는 운항 중인 항공편에 영향이 예상되는 중요한 기상 상태로 변화되는 경우 통제센터 내 근무자가 시각적으로 즉시 인식할 수 있도록 색상, 팝업 등의 형태로 표출하여 바로 대응할 수 있도록 하고 있다.

Table 3은 기상감시 시스템 체계에서 적용하는 대표적 기준이다. 사용자 화면에 기상악화 상황을 색상으로 구분하고, 중요한 사항에 대해서는 Pop up 화면으로 표출하여 신속한 인식과 대응을 할 수 있도록 한다. 또한

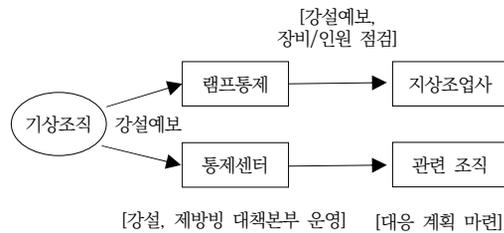


Fig. 7. De-icing/anti-icing correspondence flow diagram

Table 3. Real time response to severe weather

구분	대상 및 발부 조건
대상 시스템	• 비행계획, 스케줄, 비행감시, 기상정보처리
색상 (Red, Orange)	• 이착륙 불가 또는 경계 공항 • 시각적 인식 용이
Pop Up	• 특별 모니터링 대상 공항 • 이착륙 제한치 미만으로 악화 • 위험기상, 지진, 화산 등 • 사용자 시스템 화면에 표출
ACARS Message	• 목적공항 강풍, 저시정 등 악화 • 뇌우, 항로상 난기류 등

운항 중인 항공기에 난기류, 뇌우 등 위험기상 정보를 지상과 항공기 간 ACARS(Aircraft Communications Addressing and Reporting System)를 통해 신속히 제공하고 있다. 이는 보다 실시간적인 대응이 필요해지고 있는 항공기 운항 특성을 반영한 것이다.

항공교통량 증가로 기상악화 시 흐름관리가 중요해졌다. 기상악화로 인해 인천, 김포 또는 제주국제공항 등에 항공기 체공 상황이 예측되거나 발생하는 경우, 항공교통본부의 흐름관리 체계가 가동된다. A 항공사의 통제센터는 기상 악화에 따른 흐름관리 영향 항공편과 현황을 관련 조직과 공유하면서 항공기 통제업무를 하고 있다. 여기에서 중요한 역할을 하는 것이 기상전담조직으로 기상예보와 예상되는 변화를 바탕으로 항공교통 흐름관리에 미칠 영향을 사전 분석하여 제공함으로써 흐름관리에 예측적으로 대응할 수 있도록 하고 있다.

2.5 운영 효과 분석

기상요소와 현상의 물리적 특성상 기상전담조직 운영 효과를 정량적으로 측정하는 것은 쉽지 않은 과제이다. 본 연구에서는 회항률 변화를 통해 정량적으로 연구하였으며, 추가로 기업경영에 미치는 영향을 외부 기관의 평가제도를 통해 간접적으로 규명하여 보았다.

2.5.1 회항률 변화

항공기의 회항이란 출발공항에서 이륙 후 목적공항에 착륙하기 전에 항공기 결함, 긴급 환자 승객 발생, 위험기상, 항공교통혼잡 등으로 목적공항에 착륙하지 못하고, 항로상 또는 목적공항 인근 교체공항으로 착륙하는 것을 의미한다. 항공기의 회항은 안전을 위한 운항 방식의 하나로 안전한 회항은 중요한 개념이라고 할 수 있다. 한편, 회항은 예상되지 않은 상황에서 교체공항으로 목적지를 변경하는 것이기 때문에 안전에 대한 위험도가 증가할 수 있다. 따라서, 계획단계에서는 회항을 방지토록 해야 하며, 회항이 필요한 상황에서는 무엇보다 안전하게 교체공항으로 회항하는 것이 중요하다.

회항 중에서 목적공항의 기상악화에 의한 회항을 방지하기 위해 기상전담조직은 항공기상청의 공식 예보인 TAF는 물론 추가적 정보와 자료, 실제 기상 추세, 과거 경험자료 등 가용 수단을 총동원한다. 따라서 회항 편 또는 회항률의 증감은 기상전담조직 운영 효과를 평가할 수 있는 대표적인 지표가 될 수 있다.

회항률에 대한 분석을 위해 다음 두 가지를 고려하였다. 첫째, 코로나19의 영향을 받았던 2020~2023년은 국제선의 운항중단, 감편 등으로 운항편수가 대폭 감소하였고, 또한 운항여건도 정상적이지 않았던 점을 고려하여 비교분석 기간에서 제외하고 별도로 언급하였다. 둘째, 기상악화에 의한 회항은 해마다 약간씩 다른 기상 특징이 있기 때문에 특정한 한 해 단위의 분석보다는 기상전담조직 운영 전후의 각각 6년 기간을 비교하였다.

Table 4는 A 항공사의 기상전담조직 운영 전(2008~2013년), 후(2014~2019년) 각각 6년간 기상에 의한 회항률을 1,000편 기준으로 산출한 것이다. 운영 전후 각 6년간의 국제선, 국내선 및 화물기 운항편수는 각각 +14.9, -3.0, +15.5%의 변화를 보였다. 운항편수와 연계하여 회항률을 분석한 결과, 기상전담조직 운영 후 국제선, 국내선, 화물기 각각 35.9, 20.7, 63.3%, 그리고 전체적으로 33.3% 감소하였다.

참고로 코로나19 기간인 2020~2023년 중에서 2023년의 국제선, 국내선, 화물기의 1,000편당 회항률은 각각 0.15, 0.52, 0.10%를 보였다. 2014~2019년 대비 국제선과 화물기는 감소, 국내선은 동일한 수치를 보였다.

2.5.2 날씨경영의 사례와 성과

기상의 영향을 크게 받는 항공산업 특성상 기상정보의 활용과 관련된 조직의 활동이 기업의 경영과 이미 지 향상 측면에서도 부각되는 사례가 있다. Table 5는 날씨경영인증제도(2016년부 날씨경영우수기업 선정제도), 그리고 기상정보대상(2013부 기상산업대상) 등에 항공사가 참여하여 거둔 성과를 요약한 것이다. 날씨경영 우수기업은 날씨정보를 경영활동에 다양하게 활용하여 부가가치를 창출하고, 기상재해로부터 안전성을 획득한 기업이나 기관을 날씨경영 우수기업으로 선정하는 제도이며, 기상산업대상은 기상산업의 부가가치 및 일자리 창출 등에 기여한 기업(단체) 또는 개인을 발굴, 포상하는 제도를 말한다.

A 항공사는 날씨 정보를 기업경영에 활용해 안전, 정시 및 경제운항을 한 사례로 2012년 2월 제1회 날씨경영인증서를 획득하였다. 이후 매 3년 주기로 날씨경영 우수기업 인증을 갱신하고 있다. 2012년 6월에는 항공기 운항에서 기상의 중요성을 인식하고, 안전운항을 위한 관련 조직과 시스템을 선제적으로 구축한 점을 높이 평가받아 제7회 대한민국 기상정보대상을 수상하였다.

Table 4. Comparison of air-return rates before and after meteorological organization establishment

구분	국제선			국내선			화물기			계		
	운항편	회항편	천편	운항편	회항편	천편	운항편	회항편	천편	총편수	회항편	천편
08~13	345,162	232	0.67	219,775	143	0.65	51,119	33	0.65	616,056	408	0.66
14~19	396,732	171	0.43	213,122	110	0.52	59,047	14	0.24	668,901	295	0.44
증감 (%)	+14.9	-26.3	-35.9	-3.0	-23.1	-20.7	+15.5	-57.6	-63.3	8.6	-27.7	-33.3

Table 5. Airline certification and awards related to the use of weather information

구분	연도	항공사	주요 내용
날씨경영인증	2012	아시아나항공, 진에어, 이스타항공	<ul style="list-style-type: none"> 날씨 정보를 안전, 정시 및 경제운항 등 기업경영에 활용 전문적인 기상정보 수집 및 분석으로 안전운항에 기여
	2013	에어부산, 제주항공	
날씨경영우수기업	2017	티웨이항공	<ul style="list-style-type: none"> 비행 계획시스템, 운항통제시스템, 기상전문업체 등 다양한 기상정보 서비스를 경영 전반에 적용
기상정보대상	2008	대한항공, 금상	<ul style="list-style-type: none"> 첨단 항공 기상 시스템을 활용해 고유가 시대에 비용 절감
	2012	아시아나항공, 대상	<ul style="list-style-type: none"> 종합통제센터, 비행계획시스템 및 지역기상 전문가 조직을 통한 기상 정보 파악과 대처능력 강화
		이스타항공, 특별상	<ul style="list-style-type: none"> 기상재해 예방을 위한 안전시스템 운영에 대한 높은 평가
2013	에어부산, 동상	<ul style="list-style-type: none"> 기상정보시스템 도입, 운영으로 더욱 안전하고 경제적인 운항을 실현 	
기업혁신대상	2019	아시아나항공, 국무총리상	<ul style="list-style-type: none"> 항공기상과 항공정보 처리에서 인공지능(AI) 기법을 적용한 시스템 운영

또한 2019년 항공기상과 항공정보 처리에서 인공지능(AI) 기법을 적용한 시스템으로 제29회 기업혁신대상 국무총리상을 받았다. 이 시스템은 WIND-AI(Weather & NOTAM Data Analysis System)라고 칭하며, 기상과 NOTAM(Notice to Airmen) 정보 처리에 Deep Learning 방식을 적용하고 있다. 시시각각 변하는 공항의 기상 실태와 예보를 파악하여 경보하고, 중요도를 수치화하며 기상 추이까지 분석하도록 하였다.

기상의 영향을 크게 받는 항공산업 특성상 기상정보의 적용을 위한 조직의 활동과 시스템은 더욱 중요해질 것으로 전망한다. 이 조직의 활동에 따라 항공기 안전과 경제운항의 효과는 앞으로도 증대될 것이다.

2.5.3 기상분석 통합정보 매뉴얼 운영

항공사가 운항하는 각 지역, 각 공항의 기상특성은 상당히 다르게 나타난다. 따라서 운항하는 각 공항의 기상특성과 운항특성을 종합, 정리할 필요가 있다. A 항공사는 운항하는 주요 공항에 대한 기상 특성을 종합한 자료를 관리하고 있으며, Table 6은 자료 내 주요 항목을 요약한 것이다. 공항별 위험기상 발생과 그 특성, 운항에 미치는 영향, 발생에 대한 예보 지침 운영 등을 포함하고 있다.

각 공항에 대한 기상대응 백과사전이라 할 수 있다. 운항현장에서 대응했던 실전, 경험, 지식, 지혜 등을 담아내어 유사한 상황 예상 시 참고하여 대응의 효과를 도모한다. 또한 보다 신속히 각 공항의 특성을 파악하고 대응할 수 있는 교육용으로도 활용되고 있다. 항공사마다 운항여건, 운항 기준 등이 다르기 때문에 각 항공사의 여건에 맞는 종합적 자료를 작성하고 업데이트 하는 것이 큰 도움이 될 것이라고 본다.

Table 6. Weather analysis reference & information manual contents

구분	주요 내용
대상공항	• 국내 8개, 해외 44개 등 총 52개 공항
포함내용	• 지역별 기상개황 • 국내 각 공항의 위험기상 • 해외 주요 공항의 위험기상 • 계절별 기상 특성
국내공항	• ICN 해무, GMP 안개, CJU 저층윈드시어/해무/폭설, PUS 배풍, KWJ/CJJ 복사 안개 등에 대한 상세 분석, 예보 지침

III. 결 론

기상요소와 기상현상은 항공기 운항에 다양하게 영향을 미치고 있다. 무엇보다 항공기 안전운항에 직간접적인 영향을 미치고 있다. 또한 결항, 지연, 회항 등 비정상 운항에 따른 승객의 불편을 초래하는 대표적인 요인이다. 한편으로는, 비행시간, 연료량 및 승객과 화물 탑재량 증감에 영향을 주기 때문에 항공사의 경영에도 중요한 요소다. 따라서 기상요소와 기상현상을 담고 있는 기상정보의 적용과 그 효과는 연구의 중요한 분야라고 할 수 있다.

본 연구의 대상인 A 항공사의 기상전담조직 업무와 프로세스, 시스템, 효과 등에 대한 연구를 통해 다음을 확인할 수 있었다.

첫째, 항공기 안전과 비정상 운항, 경제적인 운항에 영향을 미치는 기상정보의 수집, 분석, 예측, 활용에서 체계적인 운영을 하고 있다. 둘째, 공항예보(TAF) 검증과 추가적 예보, 그리고 운항 10일 전부터 대응하는 프로세스와 매 6시간 간격으로 Weather Alert을 통해 위험기상에 대한 대처에서 효과를 도모하고 있다. 셋째, 기상조업 중 발생할 수 있는 낙뢰 및 강설 때 필요한 제방 대응 등 안전과 비정상 최소화를 위한 대응 체계, 그리고 운항 중인 항공기에 영향이 예상되는 기상현상을 신속히 전파할 수 있는 실시간 기상감시 체계를 갖추고 있다. 넷째, 운영효과를 평가할 수 있는 지표로 기상요인에 의한 회항률을 기상전담조직 운영 전후 각각 6년간 비교 시 운영 후 33.3% 감소세를 보였다. 이와 같은 정성적, 정량적인 효과는 기업의 경영성과에 기여하고 있음을 외부 기관의 평가제도를 통해 확인할 수 있었다.

우리나라 항공사가 운항하는 다수 공항은 기상변화가 많고, 위험기상이 발생하는 지역적 특성이 있다. 또한 기후변화, 항공교통혼잡 증대, 승객의 요구사항 증가 등 고려 시 앞으로 항공사의 기상정보 활용 극대화는 더욱더 중요한 과제라고 할 수 있다. 국내 각 항공사는 기상전담조직과 업무를 강화할 필요가 있으며, 기상과 항공기 안전운항, 그리고 비정상 운항과 이에 따른 승객 불편의 관점에서는 물론 경영성과에 미치는 효과에 대한 연구를 활발히 할 필요가 있다.

후 기

본 연구는 한국항공운항학회 2021년 춘계학술대회에서 발표한 논문을 대폭 수정하고 추가 연구하였음을

알려 드립니다.

References

1. Korea Airports Corporation, Available from: https://www.airport.co.kr/www/cms/frCon/index.do?MENU_ID=1250
2. Kang, I. S., "An analytical study of airplane delays and cancellations due to meteorological phenomena in Korea", Ph. D. Thesis, Chosun University, Gwangju. 2012.
3. Park, J. W., "A study on the meteorological effects that influence on the flight operation obstacles on the international airports in Korea", M. S. Thesis, Chosun University, Gwangju. 2013.
4. Lee, J. W., Ko, K. K., Kwon, T. S., and Lee, K. K., "A study on the critical meteorological factors influencing the flight cancelation and delay: Focusing on domestic airports", *Journal of the Korean Society for Aviation and Aeronautics*, 19(1), 2011, pp.29-37.
5. Kim, S. H., "The impact of extreme weather events on flight delays & cancellations with a focus on Gimpo-Jeju air route", M. S. Thesis, Seoul National University, Seoul. 2021.
6. Park J. S., Son, H. G., Kim, M. H., Son, J. W., and Park, S. W., "Delay and cancellation prediction analysis using aeronautical meteorological data", *Monthly KOTI Magazine on Transport*, The Korea Transport Institute, 257, 2019, pp.25-29.
7. Bang, K. S., and Kim, G. H., "Analysis of airline operations efficiency enhanced by utilizing meteorological information", *Productivity Review*, 27(4), 2013, pp.345-369.
8. Song, G. S., Kim G. W., and Yoo, H. J., "The effect of weather information system' quality factor on user satisfaction and business performance", *Journal of Korean Society for Quality Management*, 45(1), 2017, pp.93-116.
9. Leem, W. B., "Case study of weather management using weather information", *Journal of CEO and Management Studies*, 21(3), 2018, pp.93-109.
10. Anaman, K. A., Quaye, R., and Owusu-Brown, B., "Benefits of aviation weather services: A review of international literature", *Research in World Economy*, 8(1), 2017, pp.45-58.
11. Houle, D., "Benefits of using long-range aviation weather forecasts", *Universal Weather and Aviation Company*, 2015, Available from: <https://www.universalweather.com/blog/benefits-of-using-long-range-aviation-weather-forecasts/>
12. Leviäkangas, P., and Hautala, R., "Benefits and value of meteorological information services-The case of the finnish meteorological institute", *Meteorological Applications*, 16(3), 2009, pp.369-379.
13. Airport Service and Operations, "Aircraft loading and handling manual", 'A' Airlines, 2022, p.80.
14. Korea Meteorological Institute, "Weather management", 2024, Availabe from: https://www.kmiti.or.kr/kr/contents/busi_05/view.do
15. Operations Control Information, "Weather analysis reference & information", 'A' Airlines, 2023.