

연  
구  
과  
제  
명

항공기 안전운항을 위한 공항예보 및 특보 개선 정책연구

2  
0  
1  
9  
년  
도

2019년도

기  
상  
청

기 상 청

## 제 출 문

본 보고서를 “항공기 안전운항을 위한 공항예보 및 특보 개선 정책에 관한 연구” 최종보고서로 제출합니다.

- 주관연구기관명 : 서울대학교
- 연 구 기 간 : 2019. 7. 3. ~ 2019. 11. 29.
- 주관연구책임자 : 김정훈 교수
- 참 여 연 구 원
  - 서울대학교 김상우 교수
  - 서울대학교 이나원 연구원
  - 서울대학교 김하늘 연구원

※ 주관연구기관 및 주관연구책임자, 연구원은 실제 연구에 참여한 기관 및 자의 명의로 함

2019년 11월 29일

기상청장 귀중

# 목 차

|   |           |
|---|-----------|
| 그림 목차 .....                                     | 2         |
| 요약문 .....                                       | 4         |
| <b>제 1 장 서론 .....</b>                           | <b>1</b>  |
| 1.1. 연구 배경 및 필요성 .....                          | 1         |
| 1.2. 연구 목적 및 개요 .....                           | 2         |
| 1.3. 기대 효과 .....                                | 3         |
| <b>제 2 장 본론 .....</b>                           | <b>5</b>  |
| 2.1. 대내외 공항 예·특보 발표 현황 및 이용자 요구사항 조사 .....      | 5         |
| 2.1.1. ICAO 및 국제 규정이 정한 공항 예보(TAF) 권고안 파악 ..... | 5         |
| 2.1.2. 국내외 공항 예보(TAF) 운영 현황 파악 및 기준 비교 .....    | 8         |
| 2.1.3. 국내외 공항 특보(경보) 운영 현황 파악 .....             | 11        |
| 2.1.4. 국내외 공항 특보(경보) 운영 현황 파악 및 기준 비교 .....     | 17        |
| 2.1.5. 공항 예보 및 경보 사용자 요구사항 조사 .....             | 29        |
| 2.2. 공항 예·특보 업무의 적정성 검토 및 개선사항 제시 .....         | 40        |
| 2.2.1. 공항 예보(TAF) 업무 적정성 검토 및 개선사항 제시 .....     | 40        |
| 2.2.2. 공항 특보(경보) 업무 적정성 검토 및 개선사항 제시 .....      | 49        |
| 2.3. 공항 예·특보 개선을 위한 관련 업무 규정 개정안 제시 .....       | 58        |
| 2.3.1. 공항 예보(TAF) 업무 규정 개정안 제시 .....            | 58        |
| 2.3.2. 공항 특보(경보) 업무 규정 개정안 제시 .....             | 69        |
| 2.4. 기타 항공기상 예·특보 업무 관련 개선방안 제시 .....           | 76        |
| <b>제 3 장 결론 .....</b>                           | <b>78</b> |
| <b>참고문헌 .....</b>                               | <b>79</b> |

# 그림 목 차

|   |    |
|---|----|
| 그림 1. 미국 항공기상센터 (NOAA/AWC)에서 제공하는 항공 기상 요소인 저고도 실링과 활주로 시정에 대한 공항 예보 (Terminal Aerodrome Forecast; 이하 TAF) 기준 ----- | 1  |
| 그림 2. 미국 FAA 산하 항공운항통제센터에서 현업으로 운용되고 있는 항공기상 예보 및 정보 자료 (좌)와 항공 교통량 모니터링 -----                                      | 4  |
| 그림 3. NOAA/AWC에서 실링과 시정에 대한 항공기 Flight Rule에 대한 예보 기준 -----   | 12 |
| 그림 4. 시드니 공항 활주로 정보 -----   | 14 |
| 그림 5. 시드니 공항 각 활주로에서 실링과 가시거리 및 바람에 따른 AAR변화 ----   | 15 |
| 그림 6. 홍콩기상청 태풍 반경 -----   | 20 |
| 그림 7. 낙뢰 경보를 위한 홍콩 기상청의 지역 분포도 -----  | 21 |
| 그림 8. 미국 NOAA의 경보 시스템 영역 및 지역 WFO에서의 예보 영역 -----  | 22 |
| 그림 9. LIDAR자료를 이용한 윈드시어 경보 시스템 -----  | 26 |
| 그림 10. 활주로에 나란한 방향으로 접근하는 항공기 경로 상에서의 맞바람 강도 변화에 따른 윈드 시어와 난류 구분 -----  | 26 |
| 그림 11. 홍콩 국제공항 근처에 설치된 저고도 윈드 시어 관측 장비 위치 현황 및 윈드 시어 및 난류 경보 시스템의 경보 범위 -----                                       | 27 |
| 그림 12. 설문조사 과정에 대한 전반적인 협력 및 조사업체의 역할 -----   | 29 |
| 그림 13. 설문조사 문항 1번 (연령대) 결과 -----  | 30 |
| 그림 14. 설문조사 문항 2번 (수행업무) 결과 -----   | 31 |
| 그림 15. 설문조사 문항 3번 (TAF 중요요소) 결과 -----   | 31 |
| 그림 16. 설문조사 문항 4번 (공항경보 중요요소) 결과 -----  | 32 |
| 그림 17. 설문조사 문항 5번 (공항경보 일기현상 중요요소) 결과 -----   | 33 |
| 그림 18. 설문조사 문항 6번 (태풍경보 발표기준) 결과 -----  | 34 |
| 그림 19. 설문조사 문항 7번 (뇌전경보 발표기준) 결과 -----  | 34 |
| 그림 20. 설문조사 문항 8번 (강풍경보 발표기준) 결과 -----  | 36 |
| 그림 21. 설문조사 문항 13번 (황사경보 발표기준) 결과 -----   | 37 |

|  |    |
|--|----|
| 그림 22. 설문조사 문항 14번 (원드시어 경보 발표기준) 결과 -----   | 38 |
| 그림 23. 주요 세 개 공항(인천, 제주, 양양)에서의 최근 10년간(2009-2018) 비정상운항<br>의 기상원인별 빈도(자료출처: 항공정보포털시스템; 박효신 등 2019) -----                                    | 53 |
| 그림 24. 풍속구간별 관측빈도 및 비정상운항 통계 예: 인천공항, 10년 -----  | 54 |
| 그림 25. 인천공항 시정에 의한 비정상운항 발생 시 관측시정(2009~2018) -----  | 54 |
| 그림 26. (왼쪽) 최근 5년간 기상청에서 관측한 황사일수 (자료출처: 기상청자료개방포<br>털), (오른쪽) 최근 5년간 기상청에서 발표한 황사주의보(항공기상청 황사경보기준과<br>동일) 횟수 (자료출처: 에어코리아 대기정보 예보/경보) ----- | 55 |
| 그림 27. 최근 5년간 미세먼지 주의보 발표 횟수 PM10 (왼쪽) PM2.5 (오른쪽) (자료출<br>처: 에어코리아 대기정보 예보/경보) -----  | 55 |

# - 요약문 -

## I. 과제명

항공기 안전운항을 위한 공항예보 및 특보 개선 정책연구

## II. 과제의 목적 및 필요성

- 국제민간항공기구 및 세계기상기구는 공항예보와 공항예보와 특보 발표 기준을 기상 당국과 관련된 이용자 간의 합의로 정할 것을 규정하고 있음
- 최근 이상기상 발생 증가와 항공기 성능 개선 등 환경변화로 인해 공항 예보 및 특보 업무를 재검토하여야 할 필요성이 대두
- 미국은 미국해양대기청 산하 항공기상센터에서 공항 예보 및 특보 기준을 통합화하여 전국 공항에 일괄적인 예보 관리체계를 구축해 운영 중
- 미국 국토교통부 산하 연방항공청에서는 항공기상서비스 강화를 위해 항공기상센터와 업무 협조 및 정책과제를 통해 정기적 또는 부정기적으로 특보 회보 발행 중
- 지속적으로 개발되고 있는 관측, 일기 분석 및 예보 기술들이 현업 예보 및 특보에 정책적으로 반영될 수 있도록 유도할 필요성 있음
- 관측 및 예보 등 항공 기상 업무의 미래 지향적 발전을 위해서는 정책 연구개발을 통한 기초 기술 확보가 필수적임
- 항공기 안전운항에 기여하고 위험 기상에 선제적으로 대응하기 위해 현 공항 예·특보 운영 현황을 진단하고, 개선안을 도출하고자 함

## III. 과제의 범위

- 대내외 공항 예보 및 특보 발표 현황 조사
- 공항 예보 및 특보 이용자 요구사항 조사
- 공항 예보 및 특보 업무의 적정성 검토 및 개선사항 제시
- 공항 예·특보 개선을 위한 관련 업무 규정 개정안 제시

- 기타 항공기상 예·특보 업무 관련 개선방안 제시

#### IV. 최종 산출물

- 국제민간항공기구 부속서 및 국제 규정이 정한 공항예보 권고안 조사 결과
- 국제민간항공기구 부속서와 우리나라 공항예보 기준 비교 결과 (신구대조표)
- 우리나라에서 기상 요소에 따른 공항예보 기준 조사 결과
- 국외(미국, 영국, 호주 등)에서 기상 요소에 따른 공항예보 기준 조사 결과
- 국제민간항공기구 부속서 및 우리나라 공항경보 및 윈드시어 경보 권고안 비교 (신구대조표)
- 국내 및 국외(미국, 홍콩, 중국, 영국, 호주 등)에서 공항 특보(경보) 운영 현황 파악 결과
- 국내 항공 종사자들을 대상으로 공항예보 및 경보에 대한 사용자 요구사항 설문조사 결과
- 공항 예보 업무 적정성 및 개선사항 제시 결과
- 공항 특보(경보) 및 윈드시어 업무 적정성 및 개선사항 제시 결과
- 공항 예보 업무 규정 개정안 제시 결과
- 공항 특보(경보) 및 윈드시어 업무 규정 개정안 제시 결과
- 기타 항공기상 예보 및 특보(경보) 업무 관련 개선방안 제시 결과

#### V. 기대 효과

- 국제민간항공기구 부속서 및 국제 규정이 정한 공항예보 권고안 내에서 국내 실정에 맞는 예보 지침 및 개선안에 대한 기초자료
- 국외 공항 특보(경보) 및 윈드시어 운영 실태 조사를 통한 한국 실정에 맞는 공항 특보(경보) 및 윈드시어 개선에 대한 기초자료
- 한국 실정에 맞는 공항 특보(경보) 및 윈드시어 기준 마련을 위한 학문적 연구 동기 마련

# 제 1 장 서론

## 1.1. 연구 배경 및 필요성

- 국제민간항공기구 (International Civil Aviation Organization; 이하 ICAO)는 공항 예보와 특보 발표 기준을 기상 당국과 관련된 이용자의 합의로 정할 것을 규정하고 있음.
- 최근 이상기상 발생 증가와 항공기 성능 개선 등 환경변화로 인해 공항 예보 및 특보 업무를 재검토하여야 할 필요성이 대두되고 있다. 특히, 공항별 항공기 운항 최저 기상 기준치가 다르지만, 공항 경보 발표 기준은 동일하게 운영되고 있음. 미국은 미국 해양대기청 (National Oceanic and Atmospheric Administration; 이하 NOAA) 산하 항공기상센터 (Aviation Weather Center; 이하 AWC)에서 공항 예보 및 특보 기준을 통합화하여 전국 공항에 일괄적인 예보 관리체계를 구축해 운영 중임. 그림 1은 미국 해양대기청 항공기상센터(NOAA/AWC)에서 제공하고 있는 구름 운저고도(이하 실링)와 활주로 시정에 대한 항공기 운항 기준 정의를 나타내며, 이 기준에 따라서 공항 예보 및 특보가 발효 중임.

### Flight category definitions

| Category                          | Color   | Ceiling                     |        | Visibility                  |
|-----------------------------------|---------|-----------------------------|--------|-----------------------------|
| LIFR Low Instrument Flight Rules  | Magenta | below 500 feet AGL          | and-or | less than 1 mile            |
| IFR Instrument Flight Rules       | Red     | 500 to below 1,000 feet AGL | and/or | 1 mile to less than 3 miles |
| MVFR Marginal Visual Flight Rules | Blue    | 1,000 to 3,000 feet AGL     | and/or | 3 to 5 miles                |
| VFR Visual Flight Rules           | Green   | greater than 3,000 feet AGL | and    | greater than 5 miles        |

**NOTES:**  
 By definition, IFR is ceiling less than 1,000 feet AGL and/or visibility less than 3 miles while LIFR is a sub-category of IFR.  
 By definition, VFR is ceiling greater than or equal to 3,000 feet AGL and visibility greater than or equal to 5 miles while MVFR is a sub-category of VFR.

[그림 1] 미국 항공기상센터 (NOAA/AWC)에서 제공하는 항공 기상 요소인 저고도 실링과 활주로 시정에 대한 공항 예보 (Terminal Aerodrome Forecast; 이하 TAF) 기준 [출처: www.aviationweather.gov (Official website of the NOAA/AWC)]

- 항공 선진국인 미국에서는 국토교통부(Department of Transportation; 이하 DOT) 산하 연방항공청(Federal Aviation Administration; 이하 FAA)에서는 항공기상서비스



강화를 위해 미국 해양대기청 항공기상센터(NOAA/AWC)와 업무 협조 및 정책과제를 통해 정기적 또는 부정기적으로 특보 회보(Advisory Circular; 이하 AC)를 발행하며, 이는 지속적으로 개발되고 있는 관측, 일기 분석 및 예보 기술들이 현업 예보 및 특보에 정책적으로 반영될 수 있도록 유도함. 관측 및 예보 등 항공 기상 업무의 미래 지향적 발전을 위해서는 정책 연구개발을 통한 기초 기술 확보가 필수적임.

## 1.2. 연구 목적 및 개요

### 1.2.1. 연구 목적

○ 항공기 안전운항에 기여하고 위험 기상에 선제적으로 대응하기 위해 현 공항 예·특보 운영 현황을 진단하고, 개선안을 도출하고자 함.

### 1.2.2. 연구 개요

본 과제의 연구 목적에 따른 상세 연구 내용은 다음과 같음.

- 대내외 공항 예보 및 특보 발표 현황 및 이용자 요구사항 조사
  - 국내·국외 (미국, 호주, 중국, 영국, 홍콩 등) 공항 예·특보 운영 현황
    - ※ 국내 공항예보(TAF) 대상 공항: 인천, 김포, 제주, 무안, 울산, 여수, 양양공항
    - ※ 공항 특보는 ‘국제민간항공협약 부속서 3’에 제시된 모든 사항을 조사하고, 항공기 상청에서 발표하는 공항 특보들에 대해 상세 분석
  - 공항 예·특보 발표 관련 이용자 요구사항 조사·분석 (항공교통관제기관, 항공사, 공항공사 등)
  
- 공항 예·특보 업무의 적정성 검토 및 개선사항 제시
  - 현 공항 예·특보 업무(발표·취소 등)의 적정성 검토
  - 국내공항의 시설환경 개선 및 항공기 성능 개선, 이용자 요구사항을 반영한 공항 예·특보 운영기준 개선안 도출
  
- 공항 예·특보 개선을 위한 관련 업무 규정 개정안 제시

「항공기상예보 지침」 분석과 구체적인 개선안 도출

「공항경보 및 윈드시어 경보 지침」 분석과 구체적인 개선안 도출

※ 위 지침 개선안은 ‘신구대조표’를 포함하며, 항공기의 안전성과 효율성을 제고할 수 있는 내용이어야 함

○ 기타 항공기상 예·특보 업무 관련 개선방안 제시

- 항공기상 예보업무 관련 개선안 도출

- 공항경보 취소기준 등 현 공항 특보 관련 개선안 도출

### 1.3. 기대 효과

○ 선진국의 체계적인 항공기상 예·특보 시스템에 대한 조사와 국내에서 운용되는 예·특보 현황의 비교 및 분석을 통해 선진국의 효율적인 부서 간 소통 및 항공기상 정보의 적극적인 활용 능력 및 연구 지원 방향을 습득할 수 있는 토대가 될 것으로 기대됨. 특히, 미국 국토교통부 산하 FAA의 항공기상연구 프로그램(Aviation Weather Research Program; 이하 AWRP)을 통한 지원이 미국 해양대기청 항공기상센터(NOAA/AWC)의 현업 항공기상 예·특보 시스템을 현대화시키는 데 중요한 역할을 함. 이러한 프로그램이 국내에서 도입·정착될 수 있기 위해 본 정책 연구가 그 기틀을 마련할 것으로 기대됨.

○ 대내외 공항 예보 및 특보 현황에 대한 파악과 항공 종사자들의 항공기상 정보에 대한 수요 조사는 지속적으로 발전하고 있는 다양한 기상 관측, 분석 및 예측 기술들을 사용자들의 요구 조건에 맞도록 설계해 주며, 이는 궁극적으로 안전하고 효율적인 차세대 항공운항시스템을 구축하는데 중요한 기여를 할 것으로 기대됨[그림 2].

○ 항공기 기술력 발달 및 기체의 현대화, 그리고 항공교통관제 시스템의 자동화로 인해 기상 정보의 활용성이 높아졌음. 이에 따라 각 공항에서 차별적 기준으로 정의된 공항 예보(TAF)의 기준이 전국적으로 통일화됨으로써, 기상 예보 및 특보 시스템과 일치하게 되어 항공 기상 예보 및 특보를 생산하는 예보자 뿐만 아니라 이들을 사용하는 조종사 및 관제사 등의 사용자들도 통합된 정보를 효율적으로 사용할 수 있을 것으로 기대됨.

- 현재 항공기상청에서 제공하고 있는 공항 예보 (TAF), 지역 예보 및 경보 시스템의 현황을 파악하고, 항공 선진국인 미국을 비롯한 영국, 홍콩, 호주 등의 국가에서 현재 제공되고 있는 공항 예보, 지역 예보 및 경보 시스템과의 비교를 통해 한국에서 사용하고 있는 예/경보 시스템의 선진화를 위한 정책적 방향성을 제시해 줄 수 있을 것으로 기대됨.



[그림 2] 미국 FAA 산하 항공운항통제센터에서 현업으로 운용되고 있는 항공기상 예보 및 정보 자료(사진의 좌측 스크린)와 항공 교통량 모니터링(사진의 우측 스크린)[출처: [www.faa.gov](http://www.faa.gov) (Official website of FAA)].

## 제 2 장 본론

### 2.1. 대내외 공항 예·특보 발표 현황 및 이용자 요구사항 조사

#### 2.1.1. ICAO 및 국제 규정이 정한 공항 예보(TAF) 권고안

○ ICAO Annex 3 (국제민간항공기구 부속서 3)의 제 6 장: 공항예보와 그에 대한 수정 예보는 TAF (Terminal Aerodrome Forecast)로 발표되어야 하며, 다음의 항목이 나열된 순서대로 포함되어야 함.

- 1) 예보 형태 식별자
- 2) 위치 식별자
- 3) 예보 발표 시각
- 4) 누락예보 식별자 (적용될 경우)
- 5) 예보의 유효시각
- 6) 취소예보 식별자 (적용될 경우)
- 7) 지상풍
- 8) 시정
- 9) 일기 현상
- 10) 구름
- 11) 유효 기간 내에 예상되는 하나 또는 그 이상의 상기 요소들의 변화

○ ICAO Annex 3 (국제민간항공기구 부속서 3)의 부록 5(예보와 관련된 기술 규격서)는 상기 항목 중 지상풍, 시정, 날씨 현상, 구름, 그리고 온도에 대해 다음과 같이 상세히 명시, 권고하고 있음.

- 1) 지상풍
  - 예상되는 우세한 풍향(주풍)이 주어져야 함
  - 약한 바람 상황(3 kt 미만) 또는 뇌전 현상 동안 변동할 경우 “VRB” 사용
  - 풍속 1 kt 미만일 경우 Calm(무풍)으로 간주함

- 예보 최대풍이 예보 평균 풍속을 10 kt 초과할 경우 예보 최대풍(Gust)을 포함 시켜야 함
- 100 kt 또는 그 이상이 예보될 때 99 kt 이상이라고 표시되어야 함

## 2) 시정

- 권고: 시정이 800m 미만으로 예상될 때, 50m 단위로 표현되어야 함
- 시정이 800m 이상, 5km 미만일 경우 100m 단위로 표현되어야 함
- 5 ~ 10km 일 경우 km 단위로 표현되어야 함
- 10km 이상: CAVOK 이 적용되는 예보 상태를 제외하고는 10km 로 표현되어야 함

## 3) 날씨 현상

아래의 날씨 현상 중 한 개 이상 최대 3 개까지 또는 복합현상이 공항에서 발생할 것으로 예상될 때 각각의 특성과 가능하다면 강도까지 예보에 포함되어야 함.

- 어는 강수, 어는 안개
- 보통 또는 강한 강수 (소나기 포함)
- 낮게 날리는 먼지, 모래 또는 눈, 날림 먼지, 모래 또는 눈
- 먼지 폭풍, 모래 폭풍
- 뇌전 (강수를 동반하거나 하지 않은 것)
- 스콜
- 깔대기 구름 (토네이도 또는 용오름)
- 기상당국과 관련 운영자들과 협의에 의해 부록 3 의 4.4.2.3 에 주어진 다른 날씨

## 4) 구름

- 권고: 운량은 약어 “FEW”, “SCT”, “BKN” 또는 “OVC”를 사용하여 예보되어야 함
- 하늘이 차폐되거나 될 것으로 예상되면, 수직 시정이 “vv”형식으로 예보되어야 함
- 여러 구름층을 예보할 때 운량과 운고를 다음 순서로 표현함
  - a) 운량과 관계없이 가장 낮은 층을 예보하며, FEW, SCT, BKN, OVC 로 예보.
  - b) 2/8 초과를 커버하는 다음 층을 예보하며, FEW, SCT, BKN, OVC 로 예보.

c) 4/8 초과를 커버하는 다음 높은 층을 예보하며, FEW, SCT, BKN, OVC 로 예  
보됨.

d) 적란운, 타워 적운이 예보될 경우 언제나 a) ~ c)에 포함되지 않고 예보됨.

#### 5) 온도

- 권고 : 지역 항공항행협정에 따라 기온예보가 포함될 때, TAF 의 유효시간 동안  
발생이 예상되는 최고와 최저 기온을 발생시간과 함께 제공해야 함.

## 2.1.2. 국내·외 공항 예보(TAF) 운영 현황 파악 및 기준 비교

### ○ 국내·외 공항예보 운영 현황

1) ICAO Annex 3 TAF 수정 또는 변화군 기준과 국내 항공청 예보 지침상의 TAF 수정 또는 변화군 기준 (신규 대조표)

| AMD OR<br>BECMG | ICAO  | AMO |
|-----------------|---|-----|
| 일기현상            | <p><u>아래 요소 중 한 개 또는 그 이상이 시작, 중지 또는 변화</u><br/>           ⇒ 어는 안개, 어는 강수, 보통 또는 심한 강수 (소나기 포함), 뇌전, 먼지 폭풍, 모래폭풍</p> <p><u>다음 일기현상 중 하나의 현상이 시작 또는 종료되거나, 그 복합 현상이 시작 또는 종료될 것으로 예상될 때</u><br/>           ⇒ 낮은 날림 먼지, 모래 또는 눈, 높은 날림 먼지, 모래 또는 눈, 스콜, 깔때기 구름</p>                                      |     |
| 바람              | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 평균 풍향이 <u>60도 이상</u> 변화하고, 변화 전/후 평균 풍속이 <u>10 kt 이상</u> 변화</li> <li>- 활주로 배풍 또는 측풍이 해당 공항에서 운항하는 표준항공기에 대한 운항 제한 값에 따라 변하는 것을 나타내야 하는 경우</li> <li>- 평균 지상 풍속이 10kt 이상 변화</li> <li>- 평균 풍속으로부터 변동 (돌풍)이 10kt 이상 변화 예보되고, 변화 전/후 평균 풍속이 15kt 이상일 때</li> </ul> |     |
| 시정              | <ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>시정이 다음 값들 이상으로</u> 변화하며 좋아지거나 나빠질 것으로 예보될 때<br/>           ⇒ 150, 350, 600, 800, 1500, 3000m</li> <li>- <u>VFR 규칙으로 많은 항공기 운항 시</u> ⇒ 5000m</li> </ul>  |     |
| 운고              | <ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>BKN 또는 OVC 이상의 최하층의 운저고도가 높아지면서/낮아지면서 다음 기준치 중 하나 이상/미만의 값에 도달하거나 경과</u></li> </ul>   |     |

|        |   |  |
|--------|---|--|
|        | <p><u>할 것으로 예상될 때</u><br/>         ⇒ 100, 200, 500 또는 1000ft<br/>         - <u>VFR 규칙으로 많은 항공기 운항 시</u> ⇒ 1500ft</p>                    |  |
| 운량     | <p>- <u>1500 ft 이하 운량이 다음 기준으로 변화될 것으로 예상될 때</u><br/>         ⇒ NSC, FEW, SCT로부터 BKN, OVC<br/>         ⇒ BKN, OVC로 부터 NSC, FEW, SCT</p> |  |
| 수직 시정  | <p>- <u>수직 시정이 호전·악화되면서 다음 기준치중 하나 이상/미만의 값에 도달하거나 경과될 것으로 예상될 때</u><br/>         ⇒ 100, 200, 500 또는 1000 ft</p>                        |  |
| 국지공항기준 | <p>- 국지공항 운영 제한치에 근거한 다른 기준은 부록 3. 2.3.2. h)에 근거한 SPECI 발표를 위한 유사기준</p>   | <p>- 기상당국과 운항자의 합의에 따른 국지 운항 제한치를 근거로 한 기준</p> |
| 권고     | <p>- BECMG: 변화지시자이며 변화 기간은 일반적으로 2시간 초과하면 안 되며, 절대 4시간을 초과하지 않는다.<br/>         - TEMPO: 전체적으로 예보 기간의 ½보다 작게 포함하고 각 변동은 1시간 미만</p>       |  |

○ 한국 항공기상청에서의 변화군 사용/수정 예보 발표 기준

1) 지상풍이 운항 상 중요한 값으로 변할 때

- 사용 중인 활주로의 변경
- 활주로 배풍 또는 측풍이 해당 공항 표준항공기 운항 제한치를 선회할 경우
- 지상풍 평균 풍향이 60도 이상 변화, 평균 풍속이 10kt 이상 변화할 경우 (배풍 또는 측풍이 해당 공항 활주로 선택에 영향을 줄 경우 예외)
- 평균 지상 풍속이 10kt 이상 변화할 때



- 최대 순간 풍속(gust)가 10kt 이상 변화 예상되고, 변화 전과 후 평균 풍속이 15kt 이상이 되는 경우

| 공 항 | 활주로 방향             | 공 항 | 활주로 방향  | 공 항 | 활주로 방향  |
|-----|--------------------|-----|---------|-----|---------|
| 인 천 | 15 - 33<br>16 - 34 | 김 포 | 18 - 36 | 광 주 | 04 - 22 |
| 김 포 | 14 - 32            | 청 주 | 06 - 24 | 포 향 | 10 - 28 |
| 제 주 | 07 - 25<br>13 - 31 | 대 구 | 13 - 31 | 사 천 | 06 - 24 |
| 울 산 | 18 - 36            | 여 수 | 17 - 35 |     |         |
| 무 안 | 01 - 19            | 양 양 | 15 - 33 |     |         |

2) 시정

- 150, 350, 600, 800, 1500, 3000m
- 5000m (시계 비행 규칙으로 운항하는 항공기가 많을 경우)

3) 일기 현상

- 어는 안개, 어는 강수, 보통 또는 강한 강수 (소낙성 포함), 뇌전, 먼지/모래 폭풍
- 낮은 (높은) 날림 먼지, 모래 또는 눈, 스콜, 깔때기 구름 (토네이도 또는 용오름)

4) 운고

BKN 또는 OVC 이상의 최하층 운저고도가 높아지거나 낮아지면서 다음의 기준치 중 하나 이상의 값에 도달 또는 경과 (미만) 할 경우

- 100, 200, 500, 1000 ft
- 1500ft (시계 비행 규칙으로 운항하는 항공기가 많을 경우)
- 적란운의 발생 또는 소멸이 예상될 때
- 수직 시정 (100, 200, 500, 1000 ft)
- 기상 당국과 운항자 합의에 따른 국지 운항 제한치를 근거로 한 기준

### 2.1.3. 국외 변화군 사용/수정 예보 발표 기준

선진국 공항예보 및 특보발표는 각 나라의 Met Watch Office (MWO)가 주관하도록 권장되고 있다. 이들은 기본적으로 ICAO Annex 3에서 제안되는 발표 요소 및 기준들을 따르도록 권고되고 있으며, 공항별 예보 발표 요소에 대한 변화 기준(TAF Ammend)은 전국적으로 동일한 기준이며, METAR SPECI 기준과 일맥상통한다. 항공기상을 담당하는 MWO와는 별도로 항행을 위한 공항별 ATC (Air Traffic Control) 기준은 각 공항마다 활주로 환경, 위치 등을 고려하여 다르게 설정되어 있다. 물론, 이는 공항 예보 및 특보 기준과는 상의하며, 항공기를 운용하는 데에 실질적인 최소한의 기준으로 사용된다. 본 장에서는 국외에서 TAF 예보에서 기상 변화군 사용 및 수정예보 발표 기준에 대한 주요 국가별 기준은 다음과 같다.

#### ○ 미국 해양대기청 (National Oceanic and Atmospheric Administration; NOAA)

미국에서 METAR의 SPECI 기준은 연방 기상 핸드북 1 (Federal Meteorological Handbook No. 1; FMH-1)의 섹션 2.5.2에 나와 있는 항공기상(Aviation Selected Special Weather Report (SPECI) 참조하였으며, 기상요소별 기준은 다음과 같다.

- 풍향: 바람 방향이 45도 이상 15분 이내에 바뀔 경우
- 풍속: 10kt 이상의 풍속 차이가 15분 이내 발생될 경우
- 시정: 우세시정(우시정)이 3, 2, 1마일을 기준으로 각 기준치를 넘나들 경우
- RVR (Runway Visual Range)가 2400ft 이하부터 1000ft 단위로 보고
- 토네이도, 깔대기 구름, 용오름이 관측될 경우
- 뇌우가 10 NM 이내로 접근할 경우
- 강수: 우박, 언 비가 내리기 시작 또는 멈출 경우
- 실링: 3000, 1500, 1000, 500ft 를 기준으로 각 기준치를 넘나들 경우

### Flight category definitions

| Category                          | Color   | Ceiling                     |        | Visibility                  |
|-----------------------------------|---------|-----------------------------|--------|-----------------------------|
| LIFR Low Instrument Flight Rules  | Magenta | below 500 feet AGL          | and-or | less than 1 mile            |
| IFR Instrument Flight Rules       | Red     | 500 to below 1,000 feet AGL | and/or | 1 mile to less than 3 miles |
| MVFR Marginal Visual Flight Rules | Blue    | 1,000 to 3,000 feet AGL     | and/or | 3 to 5 miles                |
| VFR Visual Flight Rules           | Green   | greater than 3,000 feet AGL | and    | greater than 5 miles        |

**NOTES:**  
 By definition, IFR is ceiling less than 1,000 feet AGL and/or visibility less than 3 miles while LIFR is a sub-category of IFR.  
 By definition, VFR is ceiling greater than or equal to 3,000 feet AGL and visibility greater than or equal to 5 miles while MVFR is a sub-category of VFR.

[그림 3] NOAA/AWC에서 실링과 시정에 대한 항공기 Flight Rule에 대한 예보 기준

[출처: [www.aviationweather.gov](http://www.aviationweather.gov) (Official website of the NOAA/AWC)]

### ○ 호주 기상청 (Bureau of meteorology; BOM)

호주에서의 예보 변화군 기준은 미국 기준과 비슷하며, 항공기 운항에 대한 기준인 시드니 공항의 ATC 기준을 참고로 살펴보았다.

#### 1) SPECI 기준(criteria)

- 풍향: 10 분 이내에 바람 방향이 30 도 이상 바뀔 경우 또는 평균 풍속이 20kt 이상으로 바뀔 경우
- 풍속: 평균 풍속이 30kt 이상에서 10kt 이상의 평균 풍속 차이가 날 경우
- Gust: 15kt 이상 평균 풍속에서 10kt 이상 gust 차이가 날 경우, gust가 전 기간에 관측한 것보다 10kt 이상 차이 날 경우
- 시정: 우시정이 ATC 최소기준 또는 5km 이하가 될 경우 (둘 중 높은 값 기준)
- 뇌우, 안개, 우박, 눈비, 먼지 폭풍, 언 비, 모래폭풍, 깔대기 구름이 관측될 경우
- 실링: 운고 (BKN, OVC)가 ATC 최소기준 또는 1500ft 이하가 될 경우(둘 중 높은 값 기준)

#### 2) 시드니 공항에서의 ATC 기준

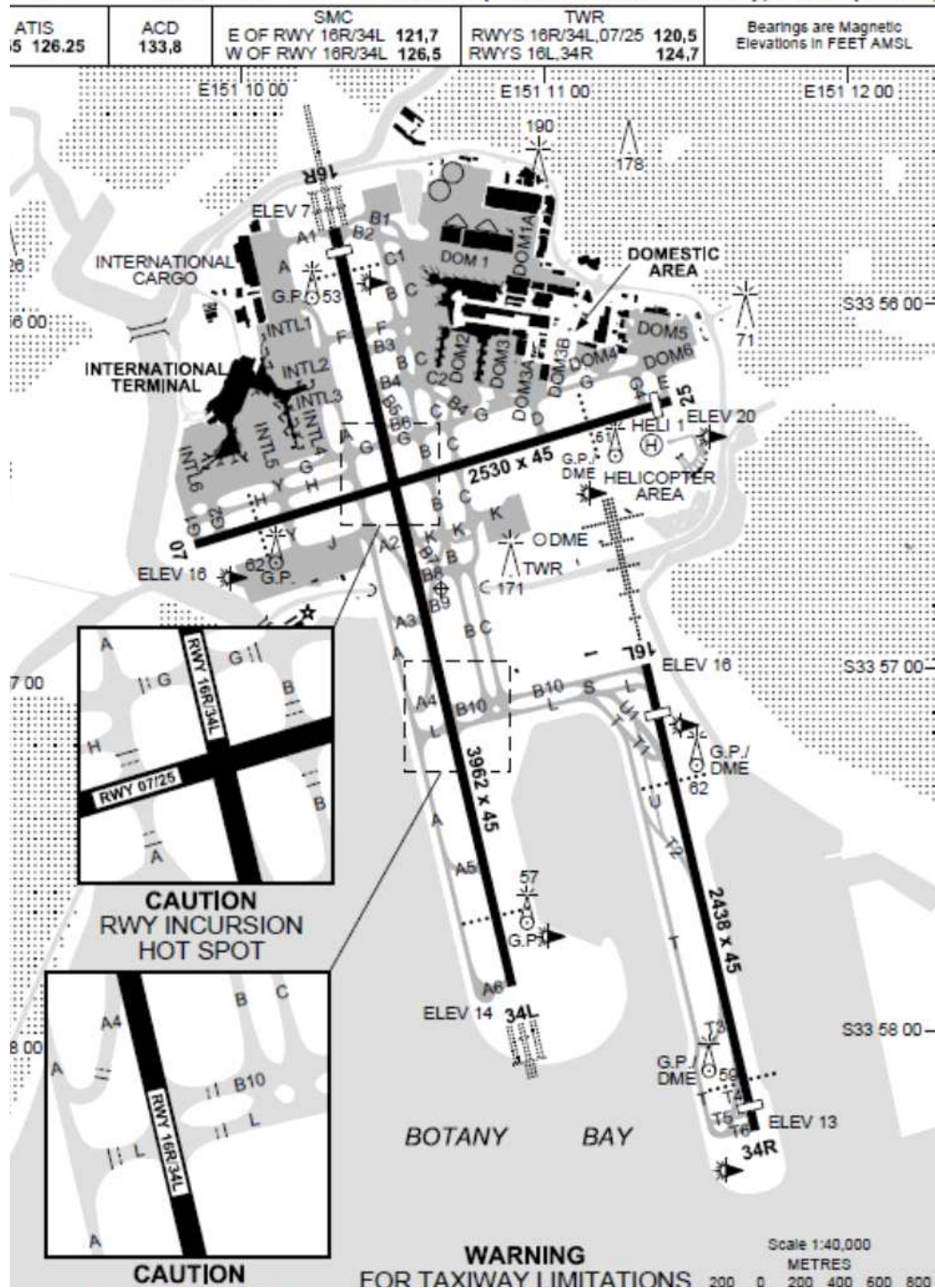
- 활주로 방향: 16-34 (Left), 16-34 (Right), 07-25
- 활주로 바람 기준 (mandatory) for CAT 1 (Category 1) 바람에 해당

- 실링과 시정과 관련되어 활주로별 기준치가 공항 수요율 (AAR; Airport Acceptance Rate)을 변화시킴. 여기서 공항 수요율(AAR)은 1 시간당 해당 활주로는 몇 대가 비행기가 뜨고 내릴 수 있는지를 가늠하는 척도. 미국에서는 출발율 (Departure rate) 또는 도착율(Arrival rate)로 사용함. 공항별로 AAR의 수치가 peak time 등에 따라 다름.
- 시드니 공항의 경우 최대 AAR은 활주로 16-34는 46(Left) 또는 50 (right)이고, 07-25는 25대임.

|           | Dry     | Wet     |
|-----------|---------|---------|
| Crosswind | >20 kts | >20 kts |
| Tailwind  | >5 kts  | >0 kts  |

[표] 그림 4에서 시드니 공항의 측풍 및 배풍에 의한 기상 제한치이며 기준은 10분 동안 지속적인 gust가 기준

AD ELEV 21 AERODROME CHART - Page 1  
 R 2017 S33 56 48 E151 10 38 SYDNEY (KINGSFORD SMITH), NSW (YSSY)



[그림 4] 시드니 공항 활주로 정보

[출처: <http://www.bom.gov.au/aviation/knowledge-centre/>]

| ATFM Business Rules   |               |                    |                |            |       |
|---|---------------|--------------------|----------------|------------|-------|
| RWY   | Configuration | Cloud Ceiling (ft) | Visibility (m) | Exclusions | AAR   |
| 16//  | IVA           | >4000              | >5000          |            | 46    |
| 16//  | PRM           | -                  | -              |            | 42    |
| 16//  | FEW030        | <3000 (FEW)        | -              |            | 42    |
| 16//  | DVA A         | >3000              | >5000          |            | 42    |
| 16//  | DVA B         | >2000              | >5000          | HW>25KT    | 38    |
| 16//  | HW (>25KT)    | 1500<CLD≤3000      | ≤5000          |            | 36    |
| 16//  | ILS A         | >1500              | >5000          |            | 36    |
| 16//  | ILS B         | ≤1500              | ≤5000          |            | 34    |
|   |               |                    |                |            |       |
| 34//  | IVA           | >3500              | >5000          |            | 50    |
| 34//  | PRM           | -                  | -              |            | 46    |
| 34//  | FEW030        | <3000 (FEW)        | -              |            | 46    |
| 34//  | DVA A         | >2500              | >5000          | HW>25KT    | 44    |
| 34//  | DVA B         | >2000              | >5000          | HW>25KT    | 40    |
| 34//  | HW (>25KT)    | 1500<CLD≤3000      | ≤5000          |            | 38    |
| 34//  | ILS A         | >1500              | >5000          |            | 36    |
| 34//  | ILS B         | ≤1500              | ≤5000          |            | 34    |
|   |               |                    |                |            |       |
| 07/25   | VSA           | >3000              | >5000          |            | 23    |
| 07/25   | IMC           | ≤3000 and/or       | ≤5000          |            | 20    |
| mod/sev turb fcst   |               |                    |                |            |       |
| *   | TSRA          |                    |                |            | 20-34 |
| //  | XW >25        |                    |                |            | 34    |
| Forecast XW 20-25kts or forecast XW >25kts on both parallel and crossing RWY. |               |                    |                |            |       |

[그림 5] 시드니 공항 각 활주로에서 실링과 가시거리 및 바람에 따른 AAR변화 [출처: <http://www.bom.gov.au/aviation/knowledge-centre/>]

### ○ 영국 기상청 (United Kingdom Met Office; UKMO)

영국에서의 SPECI 기준(criteria)도 미국, 호주와 비슷한 기준을 각 기상요소에 따라 적용하고 있으며, 구체적인 기준은 다음과 같다.

- 풍향: 바람 평균 풍속이 10kt 이상일 때 바람 방향이 60도 이상 바뀔 경우, 또는 평균 풍속이 20kt 이상일 때 바람 방향이 30도 이상 바뀔 경우

- 풍속: 평균 풍속이 10kt 이상의 평균 풍속 차이가 날 경우
- Gust: 15kt 이상 평균 풍속에서 10kt 이상 gust 차이가 날 경우
- 시정: 다음의 기준에 따라서 증가하거나 감소할 때  
750m, 800~1400m, 1500~1900m, 2000~2900m, 3000~4900m, 5~9km, 10km~  
RVR: ~50m, 50~175m, 175~275m, 300~500m, 550~750m, 800m
- 운고: 다음의 기준을 지나 증가 또는 감소할 때  
100, 200, 300~400, 500~600, 700~900, 1000~1400, 1500~1900, 2000ft
- 뇌우, 안개, 우박, 눈비, 먼지 폭풍, 언 비, 모래폭풍, 깔때기 구름이 관측될 경우
- 실링: 운고 (BKN, OVC)가 ATC 최소기준 또는 1500ft 이하가 될 경우 (둘 중 높은 값 기준)

## 2.1.4. 국내외 공항 특보(경보) 운영 현황 파악 및 기준 비교

○ ICAO Annex 3 부록 6. 공항 경보 그리고 윈드시어 경보 지침과 국내 항공청의 공항 경보 윈드 시어 경보 지침에 대한 신규대조표

| Warning | ICAO  | AMO   |
|---------|---|---|
| 공항 경보   | <p>- 다음 현상들의 하나 또는 그 이상의 발생이 예상되거나 발생과 관련될 때</p> <p>⇒ 열대저기압, 어는 강수, 서리, 지진 해일, 화산재 침전물, 유독 화학물</p>  | <p>⇒ 황사, 운고, 저시정, 강풍, 호우, 대설, 뇌전, 기타 국제민간항공협약 부속서 3 부록 5에서 언급된 기상 현상</p>  |
|         | <p>⇒ 뇌전, 우박, 눈, 서리 또는 무빙, 모래폭풍, 먼지 폭풍, 날아오른 모래 또는 돌풍, 강한 지표 바람과 돌풍, 스콜, 화산재, 그 밖의 국지적으로 합의된 현상</p>  |   |
| 윈드시어 경보 | <p>- 윈드시어의 탐지는 아래의 장비로부터 얻어야만 한다</p> <p>⇒ 지상에 설치된 원격 탐지 장비(Doppler radar), 윈드시어 탐지 장비(지상 바람 장비/기압 센서), 이·착륙 동안의 항공기 관측, 공항 근처 탐 또는 고지대의 관련 센서</p> <p>- SIGMET과 AIRMET 전문에 상응하는 형태로 발표되어야 하고, 국지적 합의에 따라 관련된 곳에 전파되어야 함</p> <p>- 조종사에 의하여 보고되거나 지상에서 탐측되었거나 윈드시어</p> | <p>- 윈드시어 측정장비(LLWAS, Doppler radar, Sodar등)를 활용하여 바람의 변화 경향이 15kt 이상으로 관측/예상되거나, 지속될 것으로 예상될 때 발표</p> <p>- 접근 및 이륙 항공기 조종사로부터 정보를 받는 경우 항공기 기종을 포함하여 발표</p> <p>- 바람의 변화 경향이 30kt 이상일 경우나 예상될 때에는 마이크로버스트(mircoburst)에 대한 정보를 포함하여 발표</p> <p>- 경보의 발효시간이 종료된 이후</p> |



|  |   |  |
|--|---|--|
|  | <p>어 탐측 장비 혹은 원격탐측장비에 의하여 Microburst가 관측되어진 곳에서는 Microburst에 대한 특별 언급을 포함해야 함</p> | <p>에도 기상 현상이 지속될 것으로 예상되는 경우 <u>연장 발표</u></p> <p>- <u>경보의 발표 기준에</u> 해당되는 기상 현상이 더 이상 발생하지 않거나 또는 발생하지 않을 것으로 예상되는 경우 <u>해제</u></p> <p>- <u>경보의 일련번호는 0001UTC 이 후부터</u> 새롭게 갱신</p> <p>- <u>자동화된 원격탐지장치로</u> 경보가 탐지되면, 이 장비를 <u>통해 발표</u></p> |
|--|---|--|

○ 공항 경보 발표 기준 (항공기상청)

| 종 류  | 기 준   |
|--|---|
| 태 풍  | 태풍으로 인하여 강풍 및 호우 등이 경보 기준에 도달 할 것으로 예상될 때   |
| 뇌 전  | 해당 공항에 뇌전이 발생 또는 예상될 때  |
| 대 설  | 24시간 신적설이 3cm 이상 발생 또는 예상될 때  |
| 강 풍  | 10분간 평균풍속이 25KT 이상 또는 최대순간풍속이 35KT 이상인 현상이 발생 또는 예상될 때  |
| 운 고<br>저시정   | 해당 공항의 기상관서, 항공교통업무기관 및 운항자간 협의에 의한 기준치 이하로 발생 또는 예상될 때   |
| 호 우  | 강우량이 30mm/h, 50mm/3h 이상 발생 또는 예상될 때   |
| 황 사  | 황사로 인해 1시간 평균 미세먼지(PM <sub>10</sub> ) 농도가 400µg/m <sup>3</sup> 이상이 2시간 이상 지속 될 것으로 예상되고 시정 5,000m 이하가 예상될 때 |
| <p><b>다음 각 호의 현상이 발생 또는 예상될 때</b></p> <p>1. 우박 2. 어는강수 3. 서리 4. 날아오른 모래 또는 먼지 5. 모래 또는 먼지폭풍 6. 스콜 7. 화산재 8. 지진해일 9. 화산재 침전물 10. 유독화학물질</p> |   |

○ 공항 경보 발표 기준 (홍콩 관측소)

| 종 류     | 기 준   |
|---------|---|
| 태 풍     | 태풍이 홍콩 800 km 반경 내로 접근 시 1단계로, 순차적 단계의 경보 발령                      |
| 뇌 전     | 한 시간 또는 수 시간 내에 뇌전 발생이 예상될 때                                      |
| 대 설     |   |
| 강 풍     | 여름과 겨울철에 시간 당 40 km를 초과할 것으로 예상될 때                                |
| 운 고     |   |
| 저시정     |   |
| 호 우     | 강우량이 30 mm/h(Amber), 50 mm/h(Red), 70 mm/h(Black) 이상 발생 또는 예상될 때  |
| Tsunami | 지진으로 인해 정상 조수보다 0.5 m 높은 쓰나미가 발생할 것으로 예상되어 도착 시간(ETA)이 3시간 이내일 경우 |

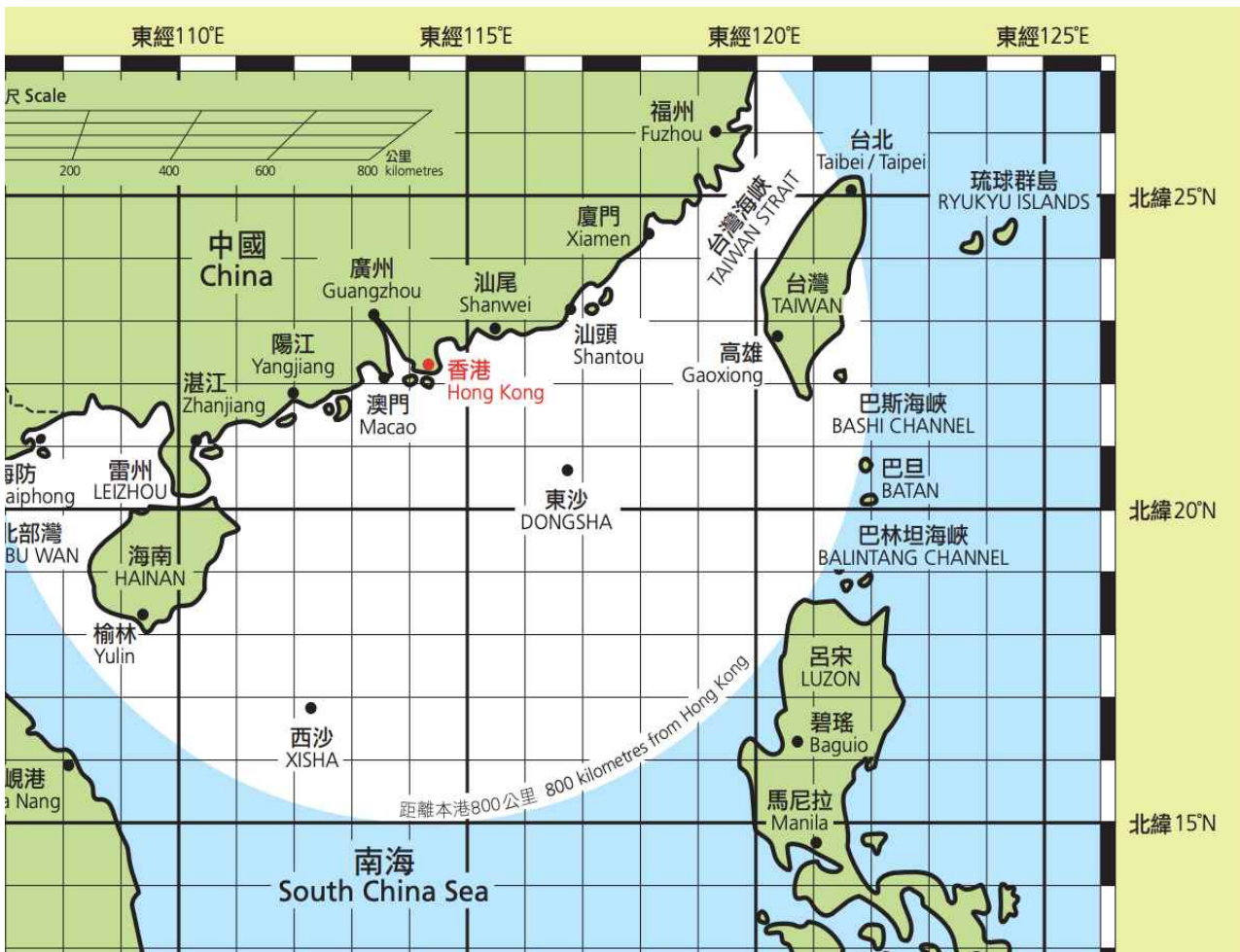
만약, 공항 근처에서 다음과 같은 기상 현상이 발생하여 이로 인해 지상에 대기 중인 항공기 및 항공기 운용과 관련된 시설물 및 서비스들이 영향을 받을 경우 홍콩 공항관측소는 공항기상 경보를 발표할 수 있으며, 여기에 포함되는 기상 현상은 다음과 같다. 홍콩 공항관측소는 저고도 윈드시어 및 난류에 대한 경보 또한 별도로 발표한다.

- 태풍(Tropical cyclone)
- 뇌우(Thunderstorm)
- 우박(Hail)
- 지상 바람(Strong surface wind and gusts)
- 스쿼(Quall)
- 서리(Frost)
- 쓰나미(Tsunami)

각 기상요소에 대한 구체적인 경보 기준은 다음과 같다.

1) 태풍 경보 (Tropical Cyclone)

- 1 단계: 태풍이 홍콩 800 km 반경 내 (그림 6 참조) 접근
- 3 단계: 지속적인 강풍이 41-62 km/hr 로 불고, Gust 가 110 km/hr 를 초과하는 현상이 홍콩 지역에 발생 시
- 8 단계: 강풍 또는 폭풍 바람 (Gale or storm force wind)이 풀어서 지속적인 풍속이 63-117 km/hr 가 예상되고 Gust 가 180 km/hr 를 초과할 때 바람 방향 4방향 (NW, SW, NE, SE)을 기호에 함께 표시
- 9 단계: 강풍 또는 폭풍 바람 (Gale or storm force wind)이 증가하거나 그 강도가 강해질 거라 예상될 때.
- 10 단계: 태풍에 의한 바람이 118 km/hr 를 초과하고 Gust 가 220 km/hr 를 초과할 때



[그림 6] 홍콩기상청 태풍 반경

## 2) 뇌전 경보 (Thunderstorm warning)

1 시간 또는 수 시간 내에 홍콩 지역에 뇌전 발생이 예상될 때 홍콩을 4 개 영역으로 나누어(그림 7 참조) 낙뢰 정보 제공함.



[그림 7] 낙뢰 경보를 위한 홍콩 기상청의 지역 분포도

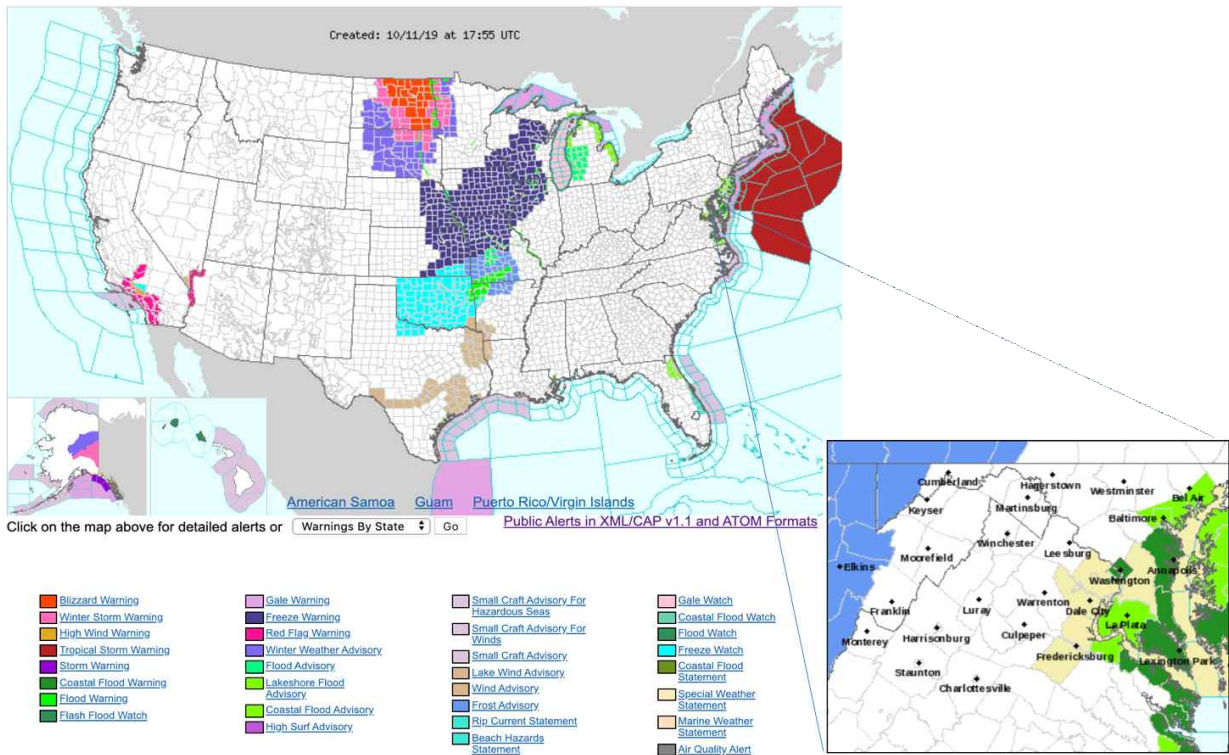
## 2) 호우 경보 (Rainstorm warnings)

- Amber 호우 경보 : 1 시간에 30 mm 이상 예상될 때
- Red 호우 경보 : 1 시간에 30 mm 이상 예상될 때
- Black 호우 경보 : 1 시간에 30 mm 이상 예상될 때

## ○ 공항 경보 발표 기준 (미국 NOAA)

미국 공항 경보는 NOAA의 National Weather Service (NWS) 산하 Weather Forecast Office (WFO)에서 지역별로 일기 현상들에 대한 경보 기준에 따라 다양한 기상경보를 발효한다. WFO는 각 지역에 포함된 공항에 대한 TAF 및 공항경보를 동시에

관장한다. 그림 8은 NOAA에서 기상 경보를 발표하는 세부 지역 WFO 중에서 워싱턴 DC의 Dullus 국제공항을 포함하는 볼티모어 WFO에서 제공하는 정보를 나타낸 그림이다. 기상요소별 경보 발표에 대한 기상요소별 조사 결과를 표를 통해서 자세히 나타내었다.



[그림 8] 미국 NOAA의 경보 시스템 영역 및 지역 WFO에서의 예보 영역

| 종 류          | 기 준   |
|--------------|---|
| Blizzard     | 1) 눈/날림눈으로 인해 시정 $\frac{1}{4}$ 마일 이하가 3시간 이상 예상<br>2) 지속적 바람 또는 Gust가 35 mph 이상 (1 mph = 0.447 m/s)                 |
| Winter Storm | 1) 강설량 5 inches/12-hr 또는 7 inches/24-hr 예상될 때 (1 inch = 2.54 cm)<br>2) 산악지역: 6 inches/12-hr 또는 8 inches/24-hr 예상될 때 |
| Ice Storm    | $\frac{1}{4}$ inch 또는 그 이상 아이스 누적 (ice accumulation)이 예상  |
| Freeze       | Widespread freezing temperatures (< 0 °C)가 예상될 때  |

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| <b>Wind Chill</b>           | 윈드 칠 지수가 -20 F (-28.9 °C)가 예상될 때  |
| <b>Dense Fog</b>            | 시정 $\frac{1}{4}$ 마일 또는 이하가 2시간 이상 지속 예상될 때  |
| <b>High Wind</b>            | 평균 풍속이 40 mph 이상이 1시간 이상 또는 gust가 58 mph 이상 예상  |
| <b>Hurricane</b>            | 태풍에 의한 평균 풍속이 64 kt (74 mph) 이상이 36시간 안에 예상<br>Storm surge, coastal flooding, and river flooding이 동반됨 |
| <b>Gale</b>                 | 평균 풍속 또는 gust 34 knots ~ 47 knots 2시간 이상 지속 예상  |
| <b>Storm</b>                | 평균 풍속 또는 gust 48 knots ~ 63 knots 2시간 이상 지속 예상  |
| <b>Hurricane Force Wind</b> | 평균 풍속 또는 gust 64 knots 이상 2시간 이상 지속 예상  |
| <b>Severe Thunderstorm</b>  | 1) 바람 58 mph 또는 그 이상<br>2) 우박 1 inch 크기 또는 그 이상   |
| <b>Tropical Storm</b>       | Tropical storm에 의해 바람 34 ~ 63 kt (39 ~ 73 mph) 또는 그 이상 예상   |
| <b>Tornado</b>              | 토네이도가 근접했을 때 (바람 58 knot 이상과 우박 1 inch 이상 동반)   |
| <b>Coastal Flood</b>        | 해변 홍수가 예상될 때  |
| <b>Flash Flood</b>          | 6시간 이하 기간 짧은 기간 동안 시간당 1~2 inches (1 inch = 2.54 cm) 강수로 인해   |
| <b>River Flood</b>          | 강 홍수가 예상될 때   |
| <b>Excessive Heat</b>       | Heat index가 100 F 이상이 24-48 시간 이내 예상  |
| <b>Red Flag</b>             | 1) 지표면 상대습도가 30% 미만<br>2) 평균 풍속이 20 mph 이상<br>3) 10시간 동안 fuel moisture가 10% 미만                        |

미국의 WFO에서는 공항지역에서 발생하는 기상현상에 대해 Aviation Weather Warning (AWW)를 따로 발효할 수도 있다. 이들은 공항 5마일 지역에서 기상 현상이 항공기 운항에 특별히 영향을 미칠 것으로 예상될 때 다음의 기준에 따라 항목별로 공항 경보(AWW)를 발효한다. 주: AWW 기준은 지역 사용자 및 WFO, 로컬 공항의 운전자들과 합의하여 공항 지상 조업 및 운항에 최적화될 수 있도록 지속적으로 협의 및 동의를 통해 업데이트할 수 있다.

주요 기상 항목별 상세 기준은 다음과 같으며, 지역 공항의 요구에 따라 각 기상요소별 경보 기준치를 최소 2년에 1회 업데이트하여야 한다.

- 1) Surface wind gusts >40 knots
- 2) Onset of freezing rain
- 3) Cloud to ground lightning within 5 miles of the airport
- 4) Thunderstorms with >½ inch hail
- 5) Onset of heavy snow

○ **경보 발표 기준 (중국; Chinese Meteorological Administration; CMA)**

| 종 류              | 기 준   |
|------------------|---|
| <b>Typhoon</b>   | 1) Amber: 12시간 이내 태풍 영향권 평균 풍속 10 scale, Gust 12 scale<br>2) Red: 6시간 이내 태풍 영향권 평균 풍속 12 scale, Gust 14 scale |
| <b>Rainstorm</b> | 1) Amber: 3시간 이내 강수량 50 mm 이상 지속<br>2) Red: 3시간 이내 강수량 100 mm 이상 지속   |
| <b>Snowstorm</b> | 1) Amber: 6시간 이내 강설량 10 cm 이상 지속<br>2) Red: 6시간 이내 강설량 15 cm 이상 지속  |
| <b>Sandstorm</b> | 1) Amber: 6시간 이내 모래 폭풍에 의한 시정 500 m 이하 예상<br>2) Red: 6시간 이내 모래 폭풍에 의한 시정 50 m 이하 예상                           |
| <b>Heat wave</b> | 1) Amber: 24시간 이내 최고 기온이 37도 이상 예상<br>2) Red: 24시간 이내 최고 기온이 40도 이상 예상  |
| <b>Cold wave</b> | 1) Amber: 24시간 이내 최저 기온이 0도 이하이고 최소 12도 이상  |

|                        |   |
|------------------------|---|
|                        | <p>급감</p> <p>2) Red: 24시간 이내 최저 기온이 0도 이하이고 최소 16도 이상 급감</p>  |
| <b>Heavy Fog</b>       | <p>1) Amber: 6시간 이내 시정이 200m 이하 50m 이상 예상</p> <p>2) Red: 24시간 이내 시정이 50m 이상 예상</p>                          |
| <b>Road icing</b>      | <p>1) Amber: 6시간 이내 도로 표면 기온이 0도 이하로 road icing 예상</p> <p>2) Red: 2시간 이내 도로 표면 기온이 0도 이하로 road icing 예상</p> |
| <b>Lightning /Hail</b> | <p>2시간 이내 번개/우박 예상될 때</p>   |

○ 공항 경보 발표 기준 (영국: the Met Office Aerodrome Weather Warning)

| 종 류                          | 기 준   |
|------------------------------|---|
| <b>Strong wind</b>           | <p>1) 평균 풍속 20kt 또는 그 이상</p> <p>2) Gust wind 20kt 또는 그 이상</p> |
| <b>Gale</b>                  | <p>1) 평균 풍속 34kt 또는 그 이상</p> <p>2) Gust wind 43kt 또는 그 이상</p> |
| <b>Frost</b>                 | <p>Ground Frost, Air Frost, Ground and air Frost 예상</p>       |
| <b>Fog</b>                   | <p>Freezing Fog 포함</p>  |
| <b>Thunderstorm</b>          | <p>공항 근처 5 NM 이내에 우박, 스콜을 포함한 뇌우 예상될 때</p>                    |
| <b>Freezing precip.</b>      | <p>액상의 강수가 지면과 마주침으로 인해 언 비가 발생 될 경우</p>                      |
| <b>Temperature inversion</b> | <p>지상 1000ft 근처에서 온도 증가가 10도 또는 그 이상일 경우</p>                  |

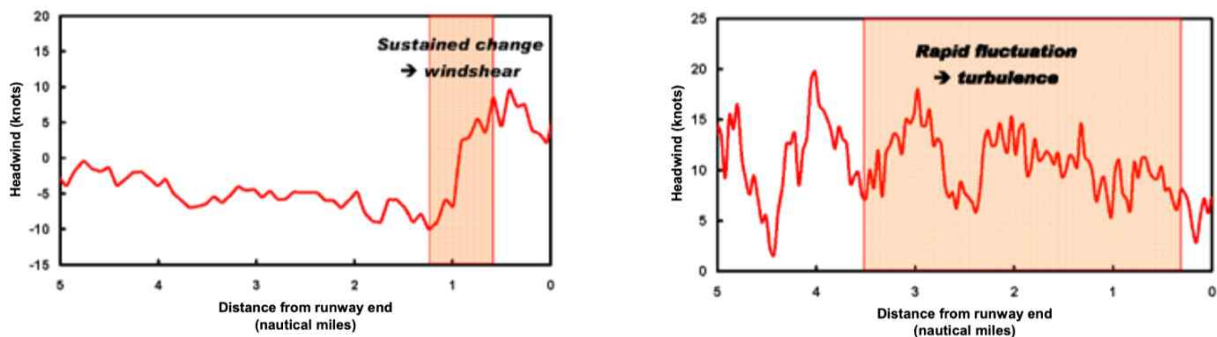


○ 저고도 윈드 시어 & 난류 경보 (홍콩 Observatory)

홍콩 국제공항에서 저고도 윈드 시어에 대한 연구 및 저고도 윈드 시어 경보 시스템을 미국 NCAR 와 함께 개발하였다. 하지만 홍콩 관측국은 그 지역 특성을 최대한 반영하기 위해 그들만의 관측 시스템과 예보 시스템을 ‘국제민간기상기구 부속서 3’에 의거해서 구체적인 계획과 함께 지속적으로 개발을 진행 중이다. 홍콩에서 개발되고 있는 저고도 윈드 시어 및 난류 경보 시스템은 다음과 같다.



[그림 9] LIDAR 자료를 이용한 윈드시어 경보 시스템

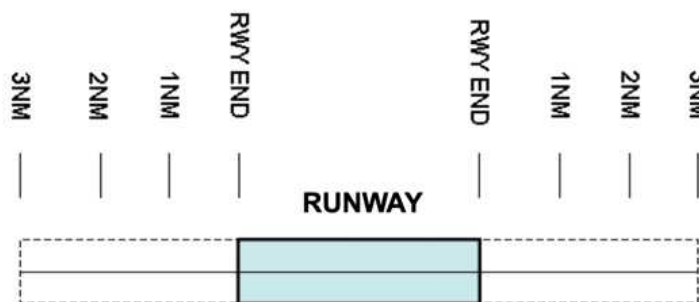


[그림 10] 활주로에 나란한 방향으로 접근하는 항공기 경로상에서의 맞바람 강도 변화에 따른 윈드 시어와 난류 구분

홍콩 관측소에서는 저고도 윈드시어와 난류를 따로 나누어 경보를 발표하고 있으며, 그림 10에서는 저고도 윈드시어와 난류의 차이를 나타내었다. 먼저, 저고도 윈드시어는 활주로에 나란한 방향으로 비행기가 접근할 때 비행기 경로를 따라서 바람의 방향이 한 번에 바뀌면서 지속적인 바람이 불 때 풍향이 바뀌는 시점을 저고도 윈드시어 발생이라 하며, 난류는 불규칙한 방향에서의 바람의 변화가 급격할 때 난류 경보를 발표한다.



The WTWS issues alerts for possible windshear occurring within 3 NM of the runway thresholds:



[그림 11] 홍콩 국제공항 근처에 설치된 저고도 윈드 시어 관측 장비 위치 현황 및 윈드 시어 및 난류 경보 시스템(Windshear and Turbulence Warning System; WTWS)의 경보 범위

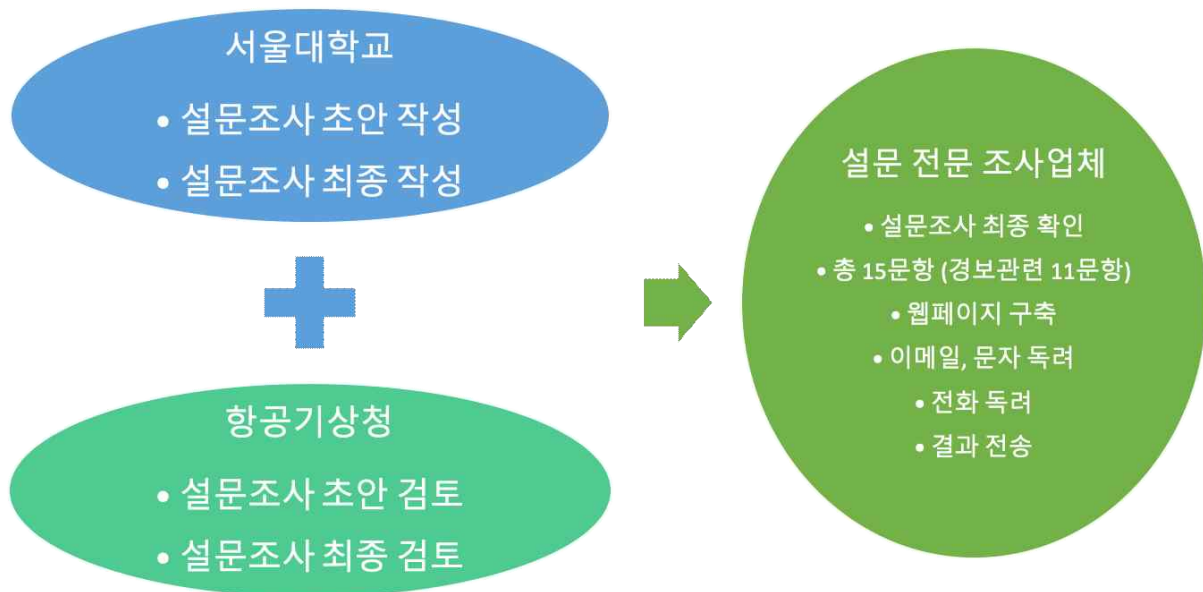
- 1) 저고도 윈드 시어: 맞바람이 지속적으로 크게 변화하는 경우
  - 마이크로버스트(Microburst) 경보: 대류운 등에 의한 강수가 존재할 경우 Terminal Doppler Weather Radar (TDWR)에 의해 관측된 활주로 방향에 나란한 방향으로의 정풍과 배풍의 풍속 증가 또는 감소가 30kts 이상일 경우
  - 윈드시어(Windshear) 경보: 강수가 존재하지 않으면 LIDAR에 의해 관측된 활주로 방향에 나란한 방향으로의 정풍과 배풍의 풍속 증가 또는 감소가 15kts 이상일 경우
  
- 2) 난류 경보: 바람 정보를 이용해 Eddy Dissipation Rate (EDR)값이 0.3~0.5일 때 중강도 난류, 0.5 이상일 경우 강강도 난류 경보 발령
  
- 3) 최근 10년 (1998~2009) 기간 동안 홍콩 기상청에서 관측된 저고도 윈드 시어 및 난류 빈도
  - 저고도 윈드 시어는 500번 이착륙 중에 1번꼴로 발생
  - 난류는 2500번 이착륙 중에 1번꼴로 발생

## 2.1.5. 공항 예보 사용자 요구사항 조사

본 연구에서는 공항 예보 및 경보에 대한 사용자 요구사항 조사를 위해 설문조사 전문업체를 선정, 항공기상청에서 제공해 준 항공 종사자들(46명)에게 항공기상청에서 제공하고 있는 공항 예보 및 경보에 대한 설문조사를 수행하였다. 설문조사 과정 및 상세 결과는 다음과 같다.

### ○ 설문 조사과정

최근 기상청과 관련된 대국민 기상 현상 및 예보에 대한 설문조사를 다수 수행한 경험이 있는 업체를 선정하여 다음 그림 12와 같은 과정으로 설문조사를 진행하였다.



[그림 12] 설문조사 과정에 대한 전반적인 협력 및 조사업체의 역할

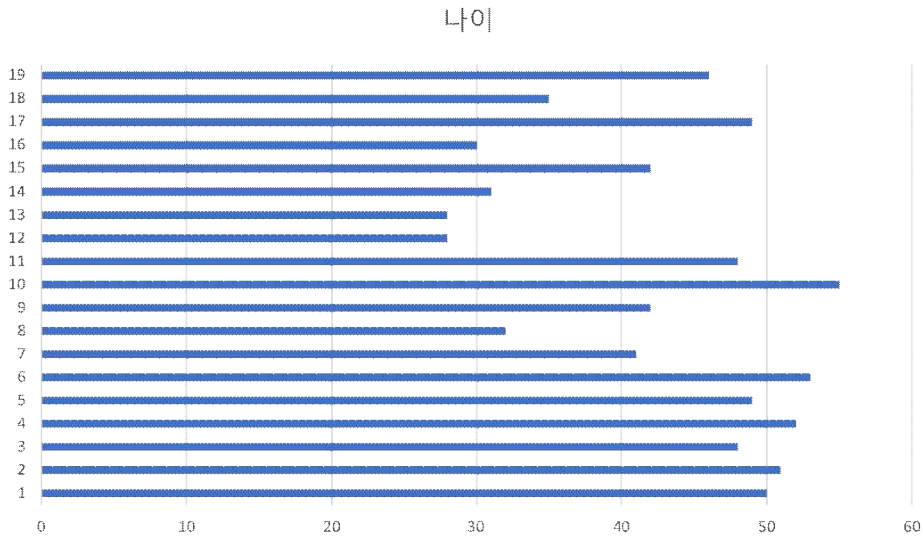
### ○ 설문조사 기간 및 대상

- 1) 2019년 11월 11 ~ 20일
- 2) 설문 조사 대상
  - 항공 종사자 46명
  - 설문 조사 응답률: 총 46명 중 19명 응답(응답률 41%)

### ○ 설문조사 내용 및 결과

설문조사는 총 15개 질문사항으로 구성되었으며, 웹페이지에 표출하고 핸드폰 및 이메일로 설문조사를 수행할 수 있도록 구성하였다. 설문 대상자 중 응답한 19인의 결과에 대한 상세 분석을 본 보고서에 나타내었다. 각 설문조사에 대한 구체적인 문항 및 설문 결과는 다음과 같다.

**1. 본인의 연령대는 어떻게 되시나요?**

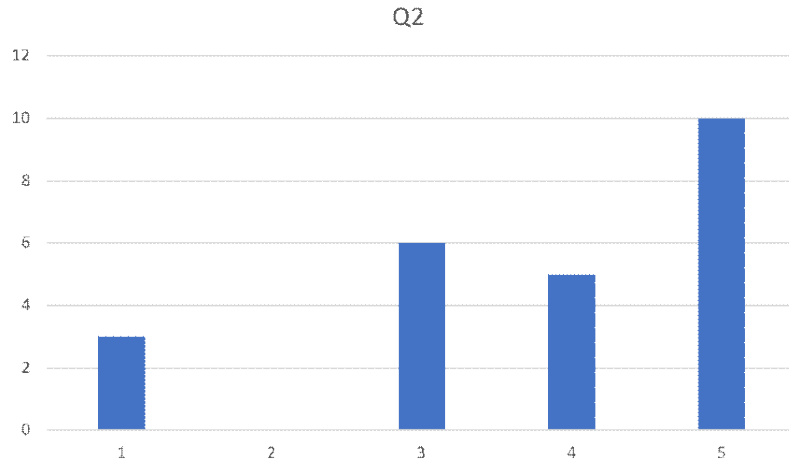


[그림 13] 설문조사 문항 1 번 (연령대) 결과

**2. 본인이 수행하는 업무는 어떤 쪽인가요? (모두 고르시오)**

- 1) 항공운항
- 2) 항공정비
- 3) 항공관제
- 4) 항공사
- 5) 기타 (자세한 업무 범위 기입 요청)

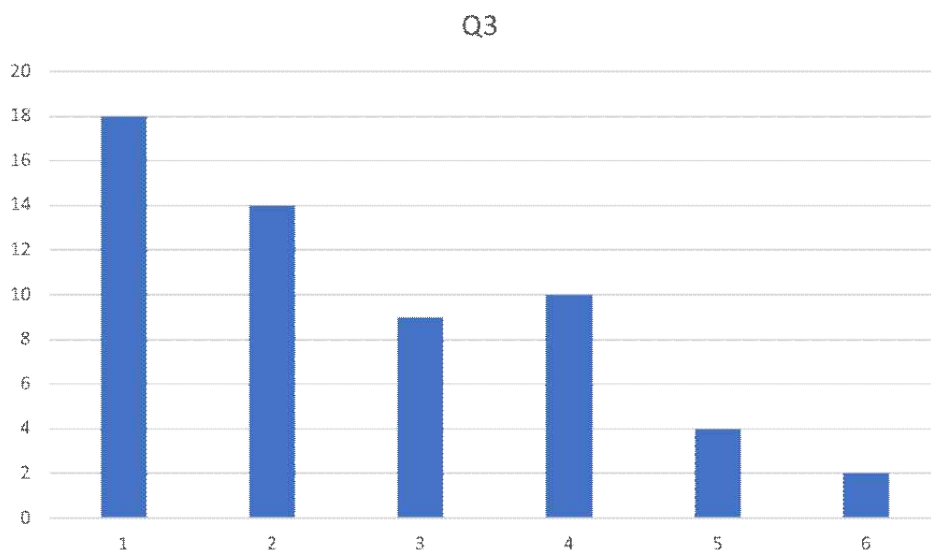
: 흐름 관리, 공항 토목조경시설 유지보수관리, 재난대비 상황근무 등, 항공정보, 장비 업무 (제설작업 등), 공항 시설, 공항운영, 공항시설관리, 지상 조업



[그림 14] 설문조사 문항 2 번 (수행업무) 결과

3. 항공기상청은 국제민간항공기구(ICAO)의 부속서 3(Annex 3)에 근거하여 공항예보 (TAF)를 발표하고 있습니다. TAF 발표 요소 중 본인이 가장 중요하다고 생각하는 요소는 무엇입니까? (모두 고르시오)

- 1) 바람 (풍향, 풍속, Gust)
- 2) 시정
- 3) 운고 및 운량
- 4) 일기 현상
- 5) 기온
- 6) 기타

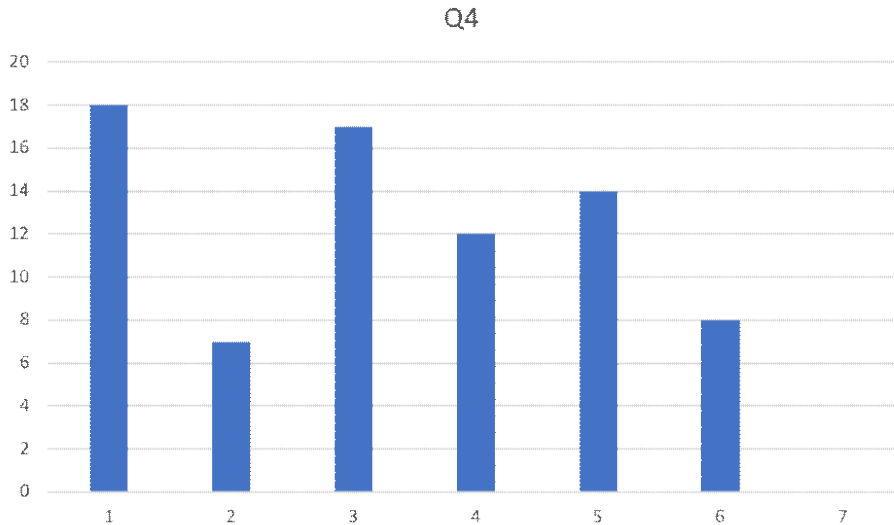


[그림 15] 설문조사 문항 3 번 (TAF 중요요소) 결과

다음은 공항경보 및 윈드시어 경보 발표 기준에 대한 질문입니다.

4. 항공기상청에서는 국제민간항공기구(ICAO)의 부속서 3 (Annex 3)을 바탕으로 공항경보 및 윈드시어 경보를 발표하고 있습니다. 현재 공항경보에 포함되는 종류는 다음과 같습니다. 업무 중 본인이 가장 중요시 하고 있는 인자는 무엇입니까? (모두 고르시오)

- 1) 태풍
- 2) 천둥 번개 (뇌전)
- 3) 대설
- 4) 강풍
- 5) 구름 고도 (운고) 및 저시정
- 6) 호우
- 7) 황사

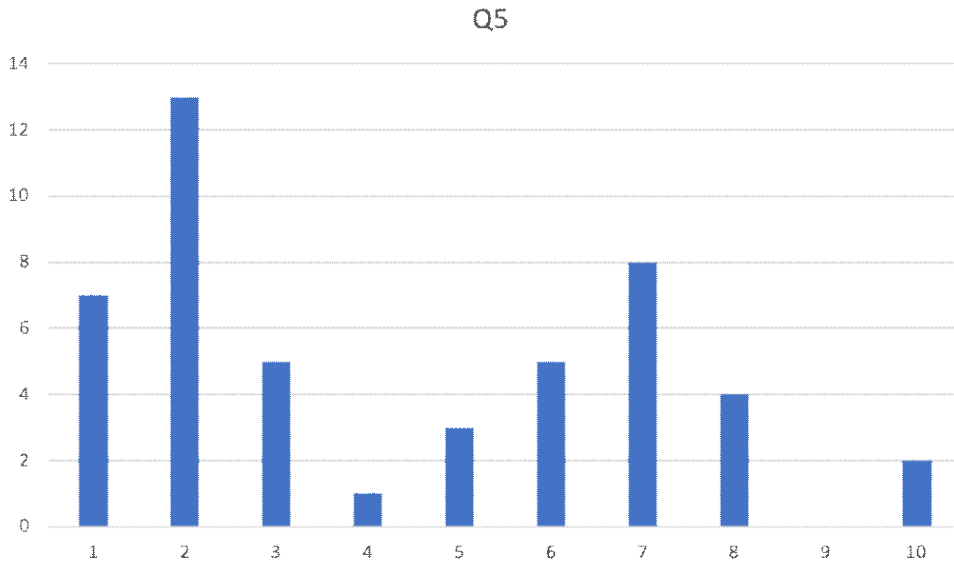


[그림 16] 설문조사 문항 4 번 (공항경보 중요요소) 결과

5. 4번 문항에서 공항경보는 다음 각 호의 현상이 발생 또는 예상될 때에도 발표합니다. 본인이 생각했을 때 이 중에서 중요하다고 인식되는 현상이 있으시면 모두 골라 주세요. (최대 3개)

- 1) 우박
- 2) 어는 강수
- 3) 서리
- 4) 날리는 모래 또는 먼지
- 5) 먼지 폭풍

- 6) 스콜
- 7) 화산재
- 8) 지진 해일
- 9) 화산재 침전물
- 10) 유독 화학물질



[그림 17] 설문조사 문항 5 번 (공항경보 일기현상 중요요소) 결과

**6. 현재의 태풍경보 발표 기준이 본인의 업무 기준과 비교하였을 때 적절하다고 생각하십니까?**

- ① 적절하다(현행유지)
- ② 하향조정 필요(적정기준: -----)
- ③ 상향조정 필요(적정기준: -----)
- ④ 폐지

\* 태풍 경보: 태풍으로 인하여 강풍 및 호우 등이 각각의 경보 기준에 도달될 것으로 예상될 때

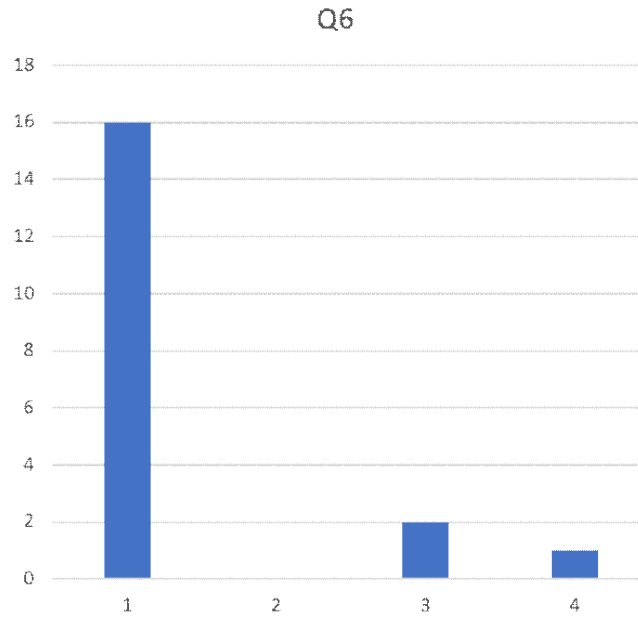
\*\*강풍 기준: 10분간 평균 풍속이 25KT 이상 또는 최대순간풍속이 35KT 이상인 현상이 발생 또는 예상될 때

\*\*호우 기준: 강우량이 30mm/h, 50mm/3h가 예상될 때

- 그림 18번에서 분석하였듯이, 6번 질문에 대해서 대부분이 적절하다고 답변하였으나, 일부 항공운항과 관련되어 종사자들이 강풍 기준이 현재 기준보다 좀 더 상향 조정될 필요가 있다고 답하였음. 그 이유로는 활주로 방향에 따른 Crosswind factor 고려한 25G35가 적절하다는 의견이 있었고, ICAO 강풍 기준에 맞게 기준 변경 필요(평균 풍속



35KT) 정도로 상향조정이 필요하다는 의견임.

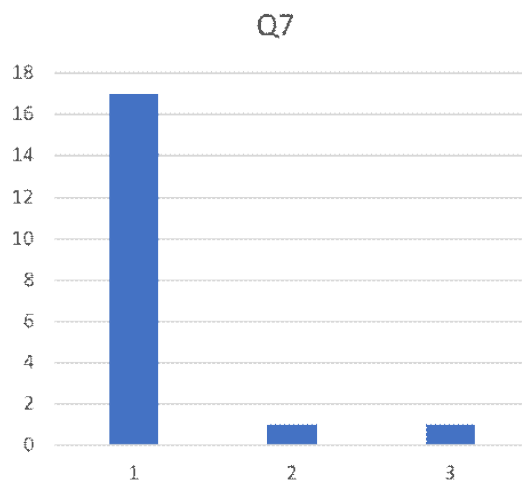


[그림 18] 설문조사 문항 6 번 (태풍경보) 결과

7. 현재의 천둥번개(뇌전)경보 발표 기준이 본인의 업무 기준과 비교하였을 때 적절하다고 생각하십니까?

- ① 적절하다(현행유지)
- ② 변경 필요(변경안: -----)
- ③ 폐지

\* 천둥 번개 경보: 공항에 천둥 번개가 발생 또는 예상될 때



[그림 19] 설문조사 문항 7 번 (뇌전 경보) 결과

- 그림 19에서 분석되었듯이 대부분 적절하다는 의견이었으나, 지상에 내려오는 낙뢰에 대한 정보가 필요하다는 기타 의견이 있었다.

**8. 현재의 대설경보 발표 기준이 본인의 업무 기준과 비교하였을 때 적절하다고 생각하십니까?**

- ① 적절하다(현행유지)
- ② 하향조정 필요(적정기준: -----)
- ③ 상향조정 필요(적정기준: -----)
- ④ 폐지

\* 대설경보: 24시간 신적설이 3 cm 이상 발생 또는 예상될 때

- 응답 결과가 모두 1 번 적절하다는 의견이었다.

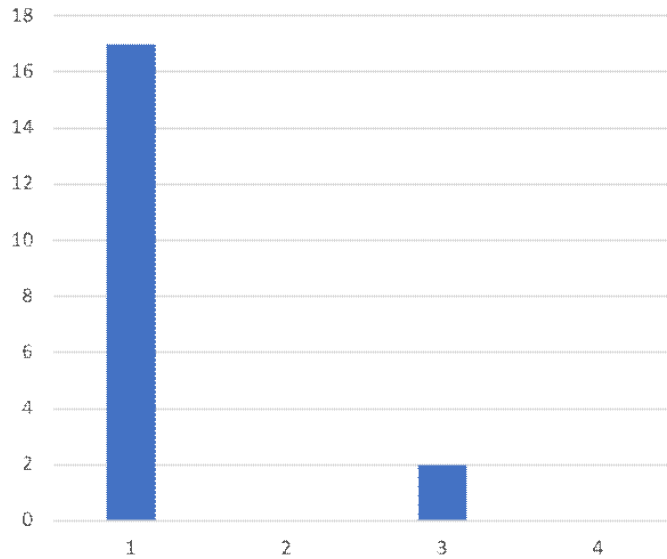
**9. 현재의 강풍 경보 발표 기준이 본인의 업무 기준과 비교하였을 때 적절하다고 생각하십니까?**

- ① 적절하다(현행유지)
- ② 하향조정 필요(적정기준: -----)
- ③ 상향조정 필요(적정기준: -----)
- ④ 폐지

\* 강풍경보: 10분간 평균 풍속이 25KT 이상 또는 최대순간풍속이 35KT 이상인 현상이 발생 또는 예상될 때

- 그림 20번에서 분석하였듯이, 9번 질문에 대해서 대부분이 적절하다고 답변하였으나, 일부 항공운항과 관련되어 종사자들이 강풍 기준이 현재 기준보다 좀 더 상향 조정될 필요가 있다고 답하였음. 그 이유로는 활주로 방향에 따른 Crosswind factor 고려한 25G35가 적절하다는 의견이 있었고, ICAO 강풍 기준에 맞게 기준 변경 필요 (평균 풍속 35KT) 정도로 상향조정이 필요하다는 의견임.

Q9



[그림 20] 설문조사 문항 9 번 (강풍경보) 결과

10. 현재의 구름고도(운고)경보 발표 기준이 본인의 업무 기준과 비교하였을 때 적정하다고 생각하십니까?

- ① 적정하다(현행유지)
- ② 하향조정 필요(적정기준: -----)
- ③ 상향조정 필요(적정기준: -----)
- ④ 폐지

\* 구름고도경보: 해당 공항의 기상 기준치 이하로 구름고도가 낮아지거나 예상될 때

- 응답 결과 19명 모두 1번 적정하다는 의견을 나타냈다.

11. 현재의 저시정경보 발표 기준이 본인의 업무 기준과 비교하였을 때 적정하다고 생각하십니까?

- ① 적정하다(현행유지)
- ② 하향조정 필요(적정기준: -----)
- ③ 상향조정 필요(적정기준: -----)
- ④ 폐지

\* 저시정경보: 해당 공항의 기상 기준치 이하로 저시정이 발생 또는 예상될 때

- 응답 결과 19명 모두 1번 적정하다는 의견을 나타냈다.

12. 현재의 호우경보 발표 기준이 본인의 업무 기준과 비교하였을 때 적정하다고 생각하십니까?

- ① 적정하다(현행유지)
- ② 하향조정 필요(적정기준: -----)
- ③ 상향조정 필요(적정기준: -----)
- ④ 폐지

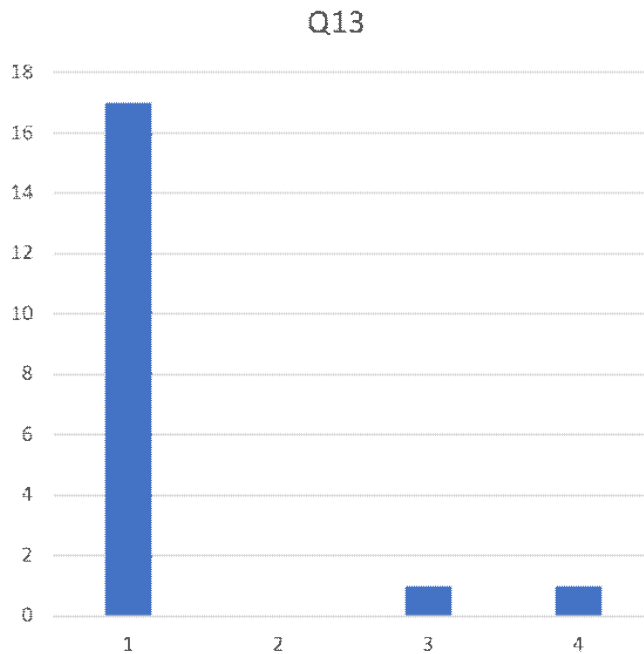
\* 호우경보: 강우량이 30mm/h, 50mm/3h가 예상될 때

- 응답 결과 19명 모두 1번 적정하다는 의견을 나타냈다.

13. 현재의 황사경보 발표 기준이 본인의 업무 기준과 비교하였을 때 적정하다고 생각하십니까?

- ① 적정하다(현행유지)
- ② 하향조정 필요(적정기준: -----)
- ③ 상향조정 필요(적정기준: -----)
- ④ 폐지

\* 황사경보: 황사로 인해 1시간 평균 미세먼지(PM10)의 농도가 400 $\mu$ m/m<sup>3</sup> 이상이 2시간 이상 지속 될 것으로 예상되고 시정이 5,000m 이하가 예상될 때



[그림 21] 설문조사 문항 13 번 (황사경보) 결과

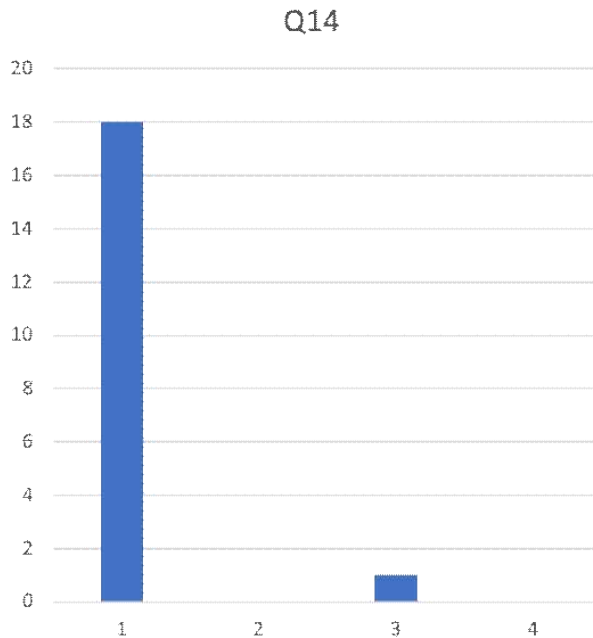
14. 현재의 윈드 시어 경보 발표 기준이 본인의 업무 기준과 비교하였을 때 걱정하다고 생각하십니까?

- ① 걱정하다(현행유지)
- ② 하향조정 필요(적정기준: -----)
- ③ 상향조정 필요(적정기준: -----)
- ④ 폐지

\*윈드시어경보: 윈드시어경보는 다음에 해당될 때 발표한다.

1. 윈드시어 측정장비(LLWAS, Doppler radar, Sodar등)를 활용하여 바람의 변화 경향(Loss 또는 Gain)이 15kt 이상으로 관측되거나, 지속될 것으로 예상될 때 발표하며, 바람의 변화경향이 30kt 이상일 경우에는 마이크로버스트에 대한 정보를 포함
2. 접근 및 이륙항공기 조종사로부터 윈드시어 정보를 받는 경우 항공기 기종이 포함하여 발표

- 그림 22번에서 분석하였듯이, 대부분 걱정하다는 의견이 있으나, 윈드 시어 단계를 좀 더 세분화할 필요가 있다는 기타 의견도 나타났다.



[그림 22] 설문조사 문항 14 번 (윈드 시어 경보) 결과

15. 항공기상청은 다음과 같이 윈드시어경보 취소기준을 제정하여 시행하고자 합니다. 발표 기준이 본인의 업무 기준과 비교하였을 때 걱정하다고 생각하십니까?

- ① 적정하다(현행유지)
- ② 하향조정 필요(적정기준: -----)
- ③ 상향조정 필요(적정기준: -----)
- ④ 필요없음

\* 윈드시어경보의 취소: 윈드시어경보는 다음의 기준에 해당될 때 취소한다.

1. 경보 유효시간 중 윈드시어 관측장비에서 바람의 변화경향(Loss 또는 Gain)이 1시간 이상 지속적으로 15kt 이하로 관측될 때
2. 조종사로부터 윈드시어 정보를 제공 받은 후 1시간 동안 추가로 조종사보고가 없을 때

- 응답 결과 19명 모두 1번으로 적정하다는 의견임.

## 2.2. 공항 예·특보 업무의 적정성 검토 및 개선사항

### 2.2.1. 공항 예보(TAF) 업무 적정성 및 개선사항

본 절에서는 현재 항공기상청 예보자들이 업무 지침서로 활용하고 있는 “항공기상청 항공기상 예보 지침(ISO-I-04)”에 대하여 각 세부 부분 중에서 개선사항이 있는 부분에 대한 업무 적절성을 검토하였으며, 본 보고서의 2.1장에 기술된 선진국에서의 공항 예보업무 진행 상황 그리고 사용자 요구조사 결과에 기초하여 개선사항을 다음과 같이 제시하였다.

|  |
|--|
| <b>5.1 공항예보(TAF)</b>   |
| 공항예보는 일정 기간(보통 6시간에서 30시간) 동안 공항에서 예상되는 우세한 기상현상에 대하여 국제적으로 합의된 부호를 사용하여 서술한다.   |
| ※ 참고: 공항에 대한 예보 및 경보 구역은 해당 공항의 공항표점(ARP)을 기준으로 반경 8km 이내 지역을 지칭함(ICAO Doc 8896 3.4).  |
| <b>적정성 검토:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- ICAO Annex 3에 권고되어 있는 내용을 바탕으로 6시간에 30시간 동안 공항에서 예상되는 우세한 기상 현상에 대한 서술임이 잘 명시되어 있음.</li><li>- 참고 부분에 공항을 기준으로 반경 8km 이내 지역에서 발생하는 지역으로 지정되어 있으며 이에 대한 근거를 ICAO Doc 8896 3.4로 명시되어 있음.</li></ul>   |
| <b>개선사항:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- 반경 8km 이내는 미연방항공청(Federal Aviation Administration; FAA)에서 다양한 규정집들 가운데 비정기적으로 업데이트되는 Advisory Circular(AC) 중 2019년 3월 19일 최근에 업데이트된 AC-00-45H에서 명시된 TAF의 정의에 따라 8 km (5 Statute Mile; SM)이 정해졌음을 명시해 주면 예보자들이 왜 8km 반경을 가지는지에 대한 근거가 마련될 것으로 보임.</li><li>- 구체적인 개선안은 본 보고서의 3.1.에 제시되어 있음</li></ul> |

### 5.3 공항예보의 발표시각(Issuing time of TAF)

국제공항에 대한 공항예보는 일 4회(05, 11, 17, 23UTC) 발표하며, 국내공항에 대한 공항예보는 일 4회(00, 06, 12, 18UTC) 발표한다. 다만 항공기 운항 상황을 고려하여 필요한 경우에는 공항예보의 발표시각 및 유효시간을 조정할 수 있다. 기상관서는 한 공항에 대하여 주어진 발표시간에 하나의 예보만을 발표한다.

<주> 12시간 미만의 유효시간을 가지는 공항예보는 3시간 간격으로, 12시간 이상 30시간까지의 유효시간을 가지는 공항예보는 6시간 간격으로 발표하며 수정예보는 필요에 따라 발표한다.

#### 적정성 검토:

- ICAO Annex 3에 권고되어 있는 내용을 바탕으로 공항예보의 발표시각에 대한 구체적인 정보인 발표 횟수, 시간, 유효시간 등을 명시하였다.
- <주>를 유효시간에 따른 예보 발표 빈도에 대한 지침과 함께 수정예보에 대한 발표를 기술하였으나, 수정예보 발표에 대한 구체적 기술이 더 필요해 보인다.

#### 개선사항:

- <주>에서 수정예보 발표는 급격한 기상 현상의 변화 및 기상국 당사자와 공항 운항에 현저한 영향을 주는 상황과 같이 필요에 따라 발표할 수 있다고 하는 자세한 설명이 명시되어야 할 것으로 사료됨.
- 개선안은 본 보고서의 3.1에 상세 기술되어 있음.

### 5.6 공항예보 전문(Message of TAF)

라. 일기현상

1) w'w'는 유효시간 동안 예상되는 일기 현상을 의미한다.

전문형식 w'w' 또는 NSW

작성 예 SHRA

해석 예 보통강도의 소낙성 비



2) 공항 내에서 다음의 각 일기 현상의 특성과 강도가 단일 또는 복합 일기 현상에 의해 발생이 예상되는 경우, 하나 또는 그 이상, 최대 3개까지 예보한다. 이러한 일기 현상이 끝날 것으로 예상될 때에는 "NSW"로 표현한다.

- ① 어는 강수
- ② 어는 안개
- ③ 보통 또는 강한 비(소낙성 포함)
- ④ 낮게 날린 먼지, 모래 또는 눈
- ⑤ 높게 날린 먼지, 모래 또는 눈(눈폭풍 포함)
- ⑥ 먼지 폭풍
- ⑦ 모래 폭풍
- ⑧ 뇌전(강수 유무 무관)
- ⑨ 스콜
- ⑩ 깔때기 구름(토네이도 또는 용오름)
- ⑪ 기상당국과 ATS 당국 그리고 관련 운항자와의 협의에 따른 WMO No 306 Manual on codes의 code table 4678에 포함된 일기 현상

마. 구름

1) 운량은 전체 하늘에 대해 구름이 차지하고 있는 부분을 okta(8분위)로 표현하며 운량에 따라 FEW(1~2 oktas), SCT(3~4 oktas), BKN(5~7 oktas) 또는 OVC(8 oktas)를 사용하며 운고는 100ft 단위로 표현한다.

전문형식 NsNsNshshshs 또는 VVhshshs 또는 NSC

작성 예 FEW005 FEW010CB SCT018 BKN025

해석 예 500ft 고도에 1~2 oktas 구름, 1,000ft 고도에 1~2 oktas 적란운, 1,800ft 고도에 3~4 oktas 구름, 2,500ft 고도에 5~7 oktas 구름

2) 구름이 전혀 없고, 약어 "CAVOK"가 적절치 않을 경우에는 "NSC"를 사용함.

3) 하늘이 차폐될 것으로 예상될 때는 구름군 대신 수직 시정(VVhshshs)으로 표현한다. 이때 뒤의 3자리 숫자는 100ft 단위의 수직 시정을 의미함.

4) 여러 운층 또는 운고를 예보할 때는 그것의 운량과 운저고도를 다음 순서로 표현한다.

- ① 운량에 관계없이 적절하게 FEW, SCT, BKN 또는 OVC를 사용하여 최저 운층 또는 운괴를 예보
- ② 3/8 이상을 가리고 있는 그 다음 운층 또는 운괴를 SCT, BKN 또는 OVC를 사용하여 예보
- ③ 5/8 이상을 가리고 있는 그 다음 운층 또는 운괴를 BKN 또는 OVC를 사용하여 예보
- ④ ①~③에 보고되지 않은 적란운(CB) 또는 탐상 적운은 예상될 때마다 운형을 표시하여 예보

5) 구름 정보는 예를 들어 5,000ft (1,500m)나 가장 높은 최저구역 고도 중 높은 쪽 고도 아래에 있는 구름과 적란운이 예상되는 경우로 운항 상 중요한 구름으로 제한함. 이러한 표현을 적용함에 있어, 적란운이 없을 것으로 예상되고 5,000ft (1,500m)나 가장 높은 최저구역 고도 중 높은 쪽 고도 아래에 구름이 없을 것으로 예상되고 “CAVOK”의 사용이 적절하지 않을 때는 약어 "NSC"를 사용하여 표현한다.

**바. 기온**

공항예보의 유효시간동안의 최고기온과 최저기온에 대한 발생일과 발생시각을 표현할 수 있다. (단 지역항공항협정에 의해 기온예보를 포함할 경우)

작성 예 TX30/1306Z TN26/1321Z

해석 예 13일 06UTC 최고기온 30°C      13일 21UTC 최저기온 26°C

**사. 변화군**

1) 변화군은 기상당국이 항공교통업무기관, 운항자 등과 협의하여 정한 특정 기준값 및 국제규정(ICAO 부속서 3, 부록 5의 1.3.1 또는 WMO-No 49의 6.2.5)에서 정한 특정 기준값 이상으로 변화될 것으로 예상될 때 사용한다.

**적정성 검토:**

- ICAO Annex 3 및 WMO 규정에서 권고되어 있는 내용을 바탕으로 공항예보의 일기 현상에 대한 내용을 구체적으로 명시하였다.

- 일기 현상에서 ④ 낮게 날린 먼지, 모래 또는 눈, ⑤ 높게 날린 먼지, 모래 또는 눈(눈폭풍 포함)은 낮게와 높게 날린 기준이 명확하지 않으며, 비슷한 내용이므로 한 항목으로 처리할 필요성이 있어 보인다.
- 각 나라별 TAF 규정서가 조금씩 다르지만, 항공 선진국인 미연방항공청에서 발간하는 AC-00-45H 개정서에는 TAF의 일기 현상 부분에 공항예보에 포함되는 영역인 5 SM (8 km) 반경 내의 기상 현상뿐만 아니라 그 바깥 도넛 모양 경계 (5~10 SM; 약 8~15 km) 근처에서 지배적으로 발생하는 중요한 기상 현상들 (안개, 강수, 뇌우)에 대한 정보도 TAF의 일기 현상 항목에 포함할 것을 권유하고 있다.
- 미국 및 다른 나라의 변화군 기준에 항상 METAR의 SPECI 기준을 따른다는 내용이 포함되어 있으므로, 이에 관한 내용이 예보지침에 포함되면 더 통일성을 보일 것으로 사료 된다.
- 미국을 포함한 선진국에서 항공기 이륙과 착륙 시 발생하는 저고도 시어에 대한 예보 및 경보를 개선하기 위한 정책 및 연구들이 활발히 진행되고 있으며, 미연방항공청 FAA가 발간하는 AC-00-45H의 5.13.2.11.에는 TAF 예보 전문에 Non-convective Low-Level Wind Shear (비대류 저고도시어)에 대한 기준과 구체적 정보를 TAF 예보에 반영하고 있다.

#### 개선사항:

- 공항예보 TAF 전문에서 일기 현상 군에 공항 주변 지역에서 발생하는 중요한 기상 현상들에 대한 정보를 포함하는 것이 예보지침에 포함되는 것을 권장한다. 따라서 이에 대한 구체적인 개선안을 보고서 3.1.에 기술하였다.
- ④ 낮게 날린 먼지, 모래 또는 눈, ⑤ 높게 날린 먼지, 모래 또는 눈(눈폭풍 포함) 따로 구분 없이 ④ 날린 먼지, 모래 또는 눈(눈폭풍 포함)으로 통일시킬 필요가 있다.
- 미연방항공청에서 발간하는 AC-00-45H의 5.13.2.11.를 벤치 마크하여 TAF 예보 전문에 비대류 저고도시어에 대한 구체적 기준 및 정보를 TAF에 반영하도록 한다. 5.6. 공항예보 전문 부분에서 마. 구름 부분 이후에 비대류 저고도시어에 대한 섹션이 포함되어 한국에서도 TAF 예보에 저고도 시어 부분이 반영되길 기대한다.
- 항공 선진국에서 TAF의 변화군에 대한 설명에서 METAR의 SPECI 기준에 따른

TAF 변화군 확보 내용을 포함할 필요가 있음.

- 관련 개선안을 본 보고서 3.1.에 기술하였음.

## 5.8 변화군 사용/수정예보발표 기준(Use of change groups and amendment TAF)

가. 지상풍이 운항 상 중요한 값으로 변할 것으로 예상될 경우 다음과 같은 바람 변화를 고려하여 기상당국과 관련 항공교통업무기관 및 운항자간의 협의로 결정한다.

- 1) 사용 중인 활주로의 변경
- 2) 활주로 배풍 또는 측풍이 해당 공항에서 운항하는 표준항공기에 대한 운항 제한 값에 따라 변하는 것을 나타내야 하는 경우
- 3) 지상풍 변화군 사용은 평균 풍향이 60° 이상 변화하거나, 평균 풍속이 10kt 이상 변화할 경우에 사용(단 활주로 배풍 또는 측풍이 해당 공항 활주로 선택에 영향을 주는 경우는 예외로 함)
- 4) 평균 지상 풍속이 10kt(5m/s) 이상 변화할 것으로 예상될 때
- 5) 최대순간풍속(gust)이 10kt(5m/s) 이상 변화할 것으로 예상되고, 변화 전·후 (and, or) 평균 풍속이 15kt(7.5m/s) 이상 되는 경우

나. 시정이 호전되어 다음 기준 중 하나 이상의 값에 도달하거나 경과할 것으로 예상될 때 또는 악화되어 다음 기준치 중 하나 미만의 값을 경과할 것으로 예상될 때

- 1) 150, 350, 600, 800, 1,500 또는 3,000m
- 2) 5,000m(시계비행규칙으로 운항하는 항공기가 많을 경우)

다. 다음 일기 현상 또는 그 복합현상의 시작, 종료 또는 강도 변화가 예상될 경우

- 1) 어는 안개
- 2) 어는 강수
- 3) 보통 또는 강한 강수(소낙성 포함)
- 4) 뇌전

- 5) 먼지 폭풍
- 6) 모래 폭풍

라. 다음 일기 현상 중 하나의 현상이 시작 또는 종료되거나, 그 복합현상이 시작 또는 종료될 것으로 예상될 때

- 1) 낮은 날림 먼지, 모래 또는 눈
- 2) 높은 날림 먼지, 모래 또는 눈
- 3) 스콜
- 4) 깔때기 구름(토네이도 또는 용오름)

마. BKN 또는 OVC 이상의 최하층의 운저고도가 높아지면서 다음 기준치중 하나 이상의 값에 도달하거나 경과할 것으로 예상될 때, 또는 낮아지면서 다음 기준치중 하나 미만의 값을 경과할 것으로 예상될 때

- 1) 100, 200, 500 또는 1,000ft(30, 60, 150 또는 300m)
- 2) 1,500ft(450m)(시계비행규칙으로 운항하는 항공기가 많을 경우)

바. 1,500ft(450m) 이하에 있는 운량이 다음 기준으로 변화될 것으로 예상될 경우

- 1) NSC, FEW, SCT로부터 BKN, OVC로
- 2) BKN, OVC로부터 NSC, FEW, SCT로

사. 적란운의 발생 또는 소멸이 예상될 때

아. 수직 시정이 호전되면서 다음 기준치중 하나 이상의 값에 도달하거나 경과될 것으로 예상될 때, 또는 악화되면서 다음 기준치중 하나 미만의 값을 경과할 것으로 예상될 때

- 100, 200, 500 또는 1,000ft(30, 60, 150 또는 300m)

자. 기상당국과 운항자의 합의에 따른 국지 운항 제한치를 근거로 한 기준

**적정성 검토:**

- ICAO Annex 3 및 WMO 규정에서 권고되어 있는 내용을 바탕으로 공항예보의 지상풍, 시정 및 일기 현상에 대한 변화군 사용/수정예보발표 기준에 대한 내용

이 국제기준에 근거하여 적절히 명시되어 있다.

- 국내공항의 활주로 방향에 대한 정보에 근거해서 지상풍 변화군 사용 기준이 풍향 및 풍속에 대해 정해졌고, 최대풍에 대한 변화군 정보도 잘 포함되어 있다.
- 시정 또는 운저고도에 대한 기준치들은 ICAO Annex 3와 동일하게 적용되고 있으며, 미국 등 선진국들과 비교했을 때 조금의 차이가 있으나 개선을 요구할 만큼 큰 차이를 보이고 있지는 않는 것으로 판단됨.
- 본 보고서의 1장에서 살펴본 선진국 규정들과 비교하고, 사용자 설문조사 내용을 참조했을 때 몇 가지 사소한 부분이 개선될 여지가 있어 보이며, 아래 개선사항에 개선 내용들을 항목별로 나열함.

#### 개선사항:

- 2.1.에서 살펴본 미국 및 다른 나라의 지상풍 변화군 기준과 비교해 봤을 때 기준은 적절해 보이나, 급변하는 지상풍 발생의 예상 시간에 대한 정보가 필요해 보인다. 이에 대한 구체적인 개선안은 본 보고서의 3.1.에 기술함.
- 본 보고서의 2.1.에서 다른 나라 사례 및 사용자 설문조사를 통해 살펴본 결과, 한국에서 발생하지 않는 현상에 대한 부분은 일기 현상에서 언급될 필요가 없을 것으로 보임.
- “다” 항목과 “라” 항목 모두 특별한 기상 현상에 대한 내용이며, 굳이 “다”와 “라” 항목에 따로 기술되는 것 보다 하나의 항목에서 나열될 필요가 있다. “사”의 적란운도 기상 현상 항목에 같이 포함되면 변화군 사용/예보수정 부분의 내용이 5.6. 공항예보 전문 부분과 통일성을 이루면서 더 간결하고 명확해질 것으로 판단된다. 구체적인 개선안은 본 보고서 3.1.에 기술되어 있음.
- 날림 먼지, 모래 또는 눈 부분은 발생 현상의 높이와 관련 없이 한 개의 항목으로 통일될 필요성이 있음.

#### 5.9 공항예보의 수정(Amendments of TAF)

공항예보의 수정기준은 6.1.8항의 변화군을 사용해야 하는 기상 현상과 같으며 이러한 기준에 따라 수정이 요구될 때에는 식별군 TAF뒤에 AMD를 넣어 수정예보를 표시하여 원래 예보의 남은 유효시간을 대체한다.

**적정성 검토:**

- ICAO Annex 3 및 WMO 규정에서 권고되어 있는 내용을 바탕으로 공항예보의 수정에 관한 내용을 명시함.

**개선사항:**

- 공항예보의 수정기준에서도 METAR의 SPECI 기준에 의거한 TAF 변화군 확보 내용을 포함할 필요가 있다. 따라서 이에 대한 개선안을 본 보고서 3.1.에 기술함.

## 2.2.2. 공항 특보(경보) 업무 적절성 및 개선사항 제시

본 절에서는 현재 항공기상청 예보자들이 업무 지침서로 활용하고 있는 “항공기상청 공항경보 윈드시어 경보 지침 (ISO-I-06)”에 대하여 각 세부 부분 중에서 개선사항이 있는 부분에 대한 업무 적절성 및 개선사항을 검토하여 기술하였다. 본 보고서의 1장에서 살펴본 선진국에서의 공항 경보 및 윈드시어 경보 업무 진행 사항 및 사용자 요구조사 결과에 기초하여 개선사항을 제시하였다.

| 3.1 공항경보(Aerodrome warnings)  |
|---|
| 공항경보는 계류 중인 항공기를 포함하여 지상에 있는 항공기, 공항 시설 및 업무에 영향을 미칠 수 있는 기상 현상에 대한 간결한 정보를 제공하는 것이다.   |
| <b>적절성 검토:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- 공항경보의 내용을 간결하게 정의하고 있으나, 좀 더 구체적인 내용이 근거와 함께 제시되면 좋을 것으로 판단된다.</li></ul>   |
| <b>개선사항:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- 공항경보의 경우 ICAO 부속서 3에 제안된 내용은 열대저기압, 어는 강수, 서리, 지진, 해일, 화산재 침전물, 유독 화학물 등 항공운항에 심각한 영향을 미칠 수 있는 기상 현상에 대한 경각심을 불러일으키기 위해 각 현상에 대한 전문을 통해 공항경보가 발령될 수 있도록 조치를 취하는 것이 주된 역할이다. 따라서, 공항경보에 대한 정의가 좀 더 구체적으로 명시되는 것이 필요해 보이며, 구체적인 개선사항을 본 보고서 3장에 제시하였다.</li></ul> |

| 3.2 공항경보 발표 관서(Met office issuing Aerodrome warnings) |
|---|
| 공항경보는 항공기상청의 예보관서에서 발표한다. 다만, 군 관할 공항은 군에서 발표         |



|  |
|--|
| 한 경보로 대체한다.  |
| <p><b>적정성 검토:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 공항경보의 발표관서에 대한 내용을 기술하였고, 군 관할 공항의 경우 군에서 발표한 내용으로 대체한다는 내용을 포함한다. 공항경보 발표는 기상관할국에서 발표하는 내용과 일맥상통하는 부분이 있기 때문에 이에 대한 내용이 포함되는 것이 필요해 보인다.</li> </ul>          |
| <p><b>개선사항:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 공항경보 발표 관서는 항공기상청이긴 하지만 기상 현상 중 종관 규모 또는 전국적으로 영향을 받는 태풍 같은 경우 기상관할국의 경보와 맞추어 나가는 부분이 포함되므로 그에 관한 내용이 명시되어야 할 것으로 판단된다. 따라서, 이에 대한 개정안을 3.2.에 제시하였다.</li> </ul> |

|  |
|--|
| <p><b>3.3 공항경보의 발표시각(Issuing time of Aerodrome warnings)</b></p>   |
| <p>가. 공항경보는 계류 중인 항공기를 포함한 지상의 항공기를 중요기상으로부터 보호하기 위하여 해당 공항의 기상현상이 특보발표 기준치(7.5.3의 나항)에 해당될 것으로 예상되면 발표한다.</p> <p>나. 공항경보의 발효시간이 종료된 이후에도 특보발표기준에 해당되는 기상현상이 지속될 것으로 예상되는 경우 연장발표 한다.</p> <p>다. 공항경보의 발표기준에 해당되는 기상현상이 더 이상 발생하지 않거나 또는 발생하지 않을 것으로 예상되는 경우 해제한다.</p> <p>라. 공항경보의 일련번호는 0001UTC 이후부터 새롭게 갱신된다.</p> |
| <p><b>적정성 검토:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 공항경보 발표시각, 발효시간 연장, 발표 해제에 대한 내용을 나누어 기술하였다.</li> </ul>   |

ICAO 부속서 3 및 선진국 다른 나라에서의 공항 경보에 대한 지침서와 비교해 적절히 기술하고 있는 것으로 판단된다.

- 공항경보 발표 기준에 의거해 발표되지만, 태풍과 같은 국가적으로 중대한 기상 현상의 경우 기상 관할국(기상청 본청)의 전국적 태풍 경보 내용과 함께 경보 정보가 갱신된다는 점을 언급할 필요가 있다.

#### 개선사항:

- 공항경보 발표 관서는 항공기상청이긴 하지만 기상 현상 중 종관 규모 또는 전국적으로 영향을 받는 태풍과 같은 경우 기상 관할국의 경보와 맞추어 나가는 부분이 포함되므로 그에 대한 내용이 명시되어야 할 것으로 판단됨. 따라서, 이에 대한 개정안을 3.2.에 제시하였다.

### 3.4 공항경보의 종류와 발표기준(Type and standard Aerodrome warnings)

공항경보는 다음의 기상현상이 발생했거나 발생할 것이 예상되는 경우 발표한다.

#### 가. 공항경보의 종류

- 1) 태풍
- 2) 황사
- 3) 운고
- 4) 저시정
- 5) 강풍
- 6) 호우
- 7) 대설
- 8) 뇌전
- 9) 어는 강수
- 10) 서리
- 11) 지진 해일
- 12) 화산재 침전물
- 13) 유독화학물질

14) 기타 국제민간항공협약 부속서 3 부록 5에서 언급된 기상현상  
 <주> 관련 공항의 “위험”으로써 쓰나미가 국가공공안전계획에 통합된 곳에서는 쓰나미가 발생했거나 예상되는 관련한 공항경보는 요구되지 않는다.

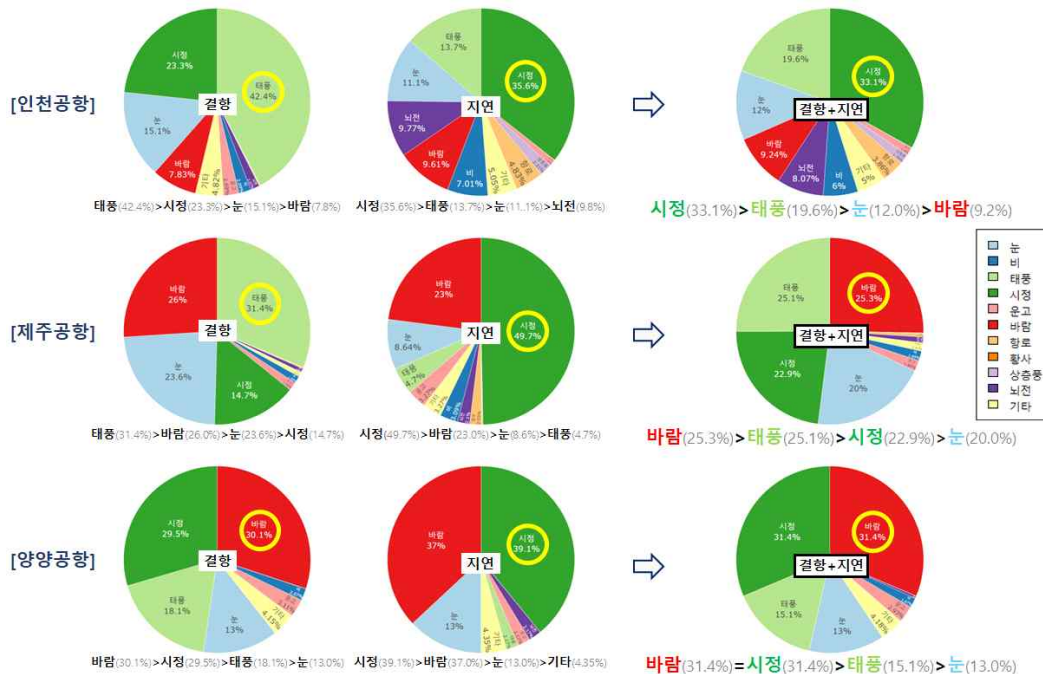
나. 공항경보의 발표 기준

| 종 류  | 기 준   |
|--|---|
| 태 풍  | 태풍으로 인하여 강풍 및 호우 등이 경보 기준에 도달 할 것으로 예상될 때   |
| 뇌 전  | 해당 공항에 뇌전이 발생 또는 예상될 때  |
| 대 설  | 24시간 신적설이 3cm 이상 발생 또는 예상될 때  |
| 강 풍  | 10분간 평균풍속이 25KT 이상 또는 최대순간풍속이 35KT 이상인 현상이 발생 또는 예상될 때  |
| 운 고<br>저시정   | 해당 공항의 기상관서, 항공교통업무기관 및 운항자간 협의에 의한 기준치 이하로 발생 또는 예상될 때   |
| 호 우  | 강우량이 30mm/h, 50mm/3h 이상 발생 또는 예상될 때   |
| 황 사  | 황사로 인해 1시간 평균 미세먼지(PM <sub>10</sub> ) 농도가 400µg/m <sup>3</sup> 이상이 2시간 이상 지속 될 것으로 예상되고 시정 5,000m 이하가 예상될 때 |
| 다음 각 호의 현상이 발생 또는 예상될 때<br>1. 우박 2. 어는강수 3. 서리 4. 날아오른 모래 또는 먼지 5. 모래 또는 먼지 폭풍 6. 스콜 7. 화산재 8. 지진 해일 9. 화산재 침전물 10. 유독화학물질 |   |

**적정성 검토:**

- 공항경보 규정에서 가장 중요한 부분으로, 어떠한 기상 현상에 대해 공항경보를 발표하는지에 대한 내용과 함께 각 기상 현상의 발표 기준은 기술하고 있다.
- ICAO 부속서 3 및 선진국 다른 나라에서의 공항경보에 대한 지침서를 참고해 봤을 때 국제 규격에 맞추어 다양한 기상 현상에 대해 경보를 발표하고 있다.
- 본 보고서 1장에서 살펴본 사용자 요구조사 결과를 봤을 때, 공항경보를 발표하는 기상 현상 중에 한국에서 발생하지 않거나 사용자들에게 생소한 몇몇 기상 현상의 경우 경보 발표 종류에 명시되지 않아도 괜찮을 것으로 판단된다.
- \* 위에 대한 구체적인 근거를 확인하기 위해 최근 10년간 항공정보포털시스템에서 수집된 비정상운항 자료에 나타난 국내 주요 3개 공항(인천, 제주, 양양공항)에서

의 11개 기상요소에 따른 비정상운항에 대한 통계(박효신 등 2019)를 살펴본 결과(그림 23), 인천공항에서 비정상운항(결항+지연)의 주요 원인은 시정(33.1%), 태풍(19.6%), 눈(12.0%), 바람(9.2%)이었고, 제주공항은 바람(25.3%), 태풍(25.1%), 시정(22.9%), 눈(20.0%) 순이었으며, 양양공항은 바람(31.4%), 시정(31.4%), 태풍(15.1%), 눈(13.0%)이었다. 국내에서 비정상운항을 발생시키는 주요 기상요인은 시정, 바람, 태풍, 눈, 뇌전 등이었으며, 이를 통해 발생하지 않은 기상요소는 항공 기상청 경보발표 지침에 포함되지 않아도 될 것으로 판단된다.



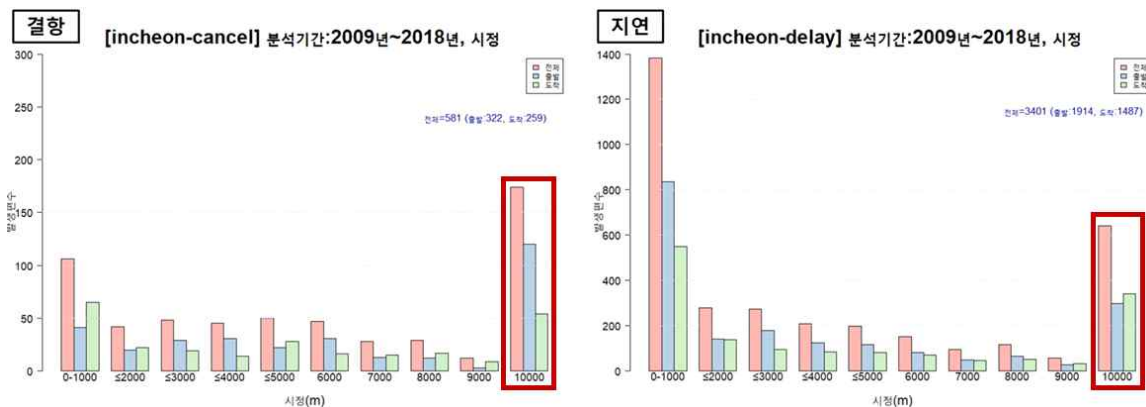
[그림 23] 주요 세 개 공항(인천, 제주, 양양)에서의 최근 10년간 (2009-2018) 비정상운항의 기상원인별 빈도(자료출처: 항공정보포털시스템; 박효신 등 2019).

\* 비정상운항 자료 기준 기상관측자료 분석을 통해 기상원인별 비정상운항에 대한 보다 구체적인 정보를 살펴볼 수 있다. 특히, 바람 및 시정을 구간에 따라 나누고 이들에 대한 비정상운항 자료를 살펴본 결과, 바람이 강하지 않은 경우에도 태풍 및 강풍에 의한 비정상운항(결항+지연)이 발생하고 있으며(그림 24), 마찬가지로 시정이 좋은 경우에도 시정에 의한 비정상운항이 발생하는 것으로 분석되었다(그림 25). 이는 항공정보포털시스템에서의 비정상운항통계는 출발지 기상 뿐만 아니라 목적지 기상 및 항공기 운항 경로에서의 기상 현상들을 종합적으로 판단하여 항공기를 운용하며, 또한 기상 경보와 무관하게 항공기 종류 및 공항 ATC 제한치에 의거해 항공기가 운용되기 때문이다. 따라서, 항공기상청에서의 공항경보 발표가 항공기 운용에 정확히 반영되기는 어려우며, 항공기상청에서는 항공기 운항

과는 별도로 기상학적인 요소를 최대한 객관적으로 반영하기 위해 각 공항에서의 기상요소별 기후 값들을 좀 더 과학적으로 면밀히 조사해 보고. 극값에 가까운 수치들의 빈도수에 따라 기준치를 반영할 필요가 있어 보인다.

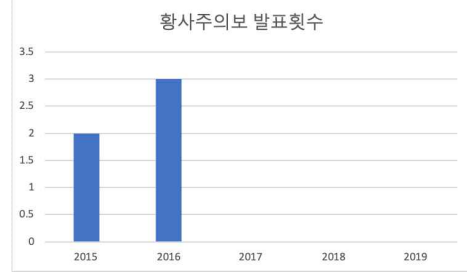
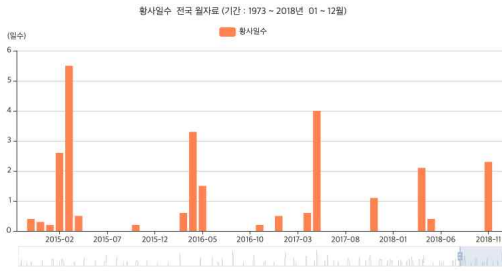
| 계급 구간 (KT) | 인천공항     |           | 기상원인별 결항 통계(편수) |    |     |     |    |    |    |    |     |    |    |
|------------|----------|-----------|-----------------|----|-----|-----|----|----|----|----|-----|----|----|
|            | 기상 관측 빈도 | 비정상 운항 편수 | 눈               | 비  | 태풍  | 시정  | 운고 | 바람 | 항로 | 황사 | 상층풍 | 뇌전 | 기타 |
| 0-5        | 34,313   | 591       | 78              | 13 | 181 | 239 | 20 | 12 | 2  | 0  | 0   | 9  | 37 |
| 5-10       | 34,668   | 876       | 121             | 12 | 359 | 253 | 20 | 44 | 1  | 0  | 0   | 16 | 50 |
| 10-15      | 13,617   | 518       | 100             | 21 | 227 | 70  | 23 | 39 | 1  | 0  | 0   | 11 | 26 |
| 15-20      | 4,033    | 172       | 42              | 1  | 88  | 14  | 3  | 21 | 0  | 0  | 0   | 0  | 3  |
| 20-25      | 843      | 138       | 33              | 2  | 61  | 3   | 1  | 34 | 0  | 0  | 0   | 0  | 4  |
| 25-30      | 144      | 127       | 2               | 2  | 85  | 2   | 0  | 33 | 0  | 0  | 0   | 3  | 0  |
| 30-35      | 23       | 15        | 0               | 0  | 7   | 0   | 0  | 8  | 0  | 0  | 0   | 0  | 0  |
| 35-40      | 3        | 22        | 0               | 1  | 16  | 0   | 0  | 4  | 0  | 0  | 1   | 0  | 0  |
| 40-45      | 2        | 19        | 0               | 0  | 19  | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0  | 0  |
| 45-50      | 1        | 12        | 0               | 0  | 12  | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0  | 0  |

[그림 24] 풍속구간별 관측빈도 및 비정상운항 통계 예: 인천공항(결항), 10년



[그림 25] 인천공항 시정에 의한 비정상운항 발생 시 관측시정(2009~2018, 10년)

- 황사에 대한 항공포털정보 결과 및 사용자 요구사항 조사 및 항공기상청 예보자들과 의견수렴 등을 고려할 때 항공기상청에서 황사 경보를 발효할 의무가 없는 것으로 판단된다. 이에 대한 구체적인 근거는 다음과 같다.
- \* 공항경보 발표 기준에서 황사의 경우 현재 기상청에서도 관할 업무가 미세먼지 예보와 혼동될 가능성으로 인해 황사 주의보 및 경보 발표가 중단되었음(아래 최근 5년간 기상청 황사 주의보 발표 횟수 그림 26 참고). 환경부에서 일원화되어 발표되는 미세먼지 주의보 발표로 대체되고 있음(아래 최근 5년간 환경부 미세먼지 주의보 발표 횟수 그림 27 참고).
- \* 최근 5년간(2015~2019) 기상청 황사 주의보 발표 횟수



[그림 26] (왼쪽) 최근 5년간 기상청에서 관측한 황사일수 (자료출처: 기상청자료개방포털), (오른쪽) 최근 5년간 기상청에서 발표한 황사주의보(항공기상청 황사경보기준과 동일) 횟수 (자료출처: 에어코리아 대기정보 예보/경보).



[그림 27] 최근 5년간 미세먼지 주의보 발표 횟수 PM10 (왼쪽) PM2.5 (오른쪽) (자료출처: 에어코리아 대기정보 예보/경보).

- 본 보고서에서 살펴본 사용자 요구조사 결과에서 항공사 및 항공 일정과 관련된 종사자들의 소수 의견에서 강풍 경보 기준이 현재보다 상향조정될 필요가 있다는 의견이 있으며, 항공기상포털정보를 살펴보았을 때 기상 관측과 항공기 운항과는 관계성이 나타나지만, 항공기 운용은 항공사 및 공항의 항공기 운용 지침에 따라 경보 기준치와 다르게 운용되는 면이 있으므로, 사용자들의 요구 사항을 반영하여 강풍 경보 및 태풍 경보에 대한 기준 완화에 대한 필요가 있을 것으로 판단된다.

### 개선사항:

- 공항경보 종류 중에서 한국에서 발생하지 않거나 사용자들에게 생소한 기상 현상의 경우 경보 발표 지침서에 명시되지 않아도 될 것으로 보인다.
- 공항경보 기준에 대한 사용자 의견을 반영하고자, 본 보고서의 2장에서 사용자 요구사항에 대한 설문조사 결과를 봤을 때 대부분의 경보 기준이 현재 적절하다는 의견이 지배적이다. 하지만, 경보 기준이 항공기 운용과 관계가 있지만 다양한 복합적 요인이 반영되려면, 경보 기준은 기상학적 요인을 반영하여 기후 변화와 함께 급변하는 기상 현상들이 빈번해 짐에 따라 각 공항에서의 각 기상 요소별 기후 값들을 조사해 보고 극값에 가까운 수치들의 빈도수에 따라 기준치를 반영할

필요가 있어 보인다.

- 공항경보 기준 중에서 항공기 성능 및 공항 관제 기술이 발달함에 따라 항공기 운용에 영향을 주는 강풍 경보 기준이 상향되어도 괜찮다는 소수 의견을 반영해 강풍 경보 (태풍경보) 기준을 상향하는 것을 제안할 수 있다.
- 각 호의 현상이 발생할 경우에 대한 현상들 중에서 한국 실정에 맞지 않거나 한국 및 동아시아 지역에서 기후학적 지리적 특성에 의해 발생할 가능성이 매우 낮은 현상은 공항경보 지침서에 반영이 될 필요가 없을 것으로 판단됨.
- 구체적인 개정안에 대한 제시는 본 보고서의 3.2.에 자세히 기술함.

### 4.3 윈드시어경보의 발표(Issuance of Wind shear warnings)

가. 윈드시어경보는 다음에 해당 될 때 발표한다.

- ① 윈드시어 측정장비(LLWAS, Doppler radar, Sodar등)를 활용하여 바람의 변화 경향(Loss 또는 Gain)이 15kt 이상으로 관측되거나, 지속될 것으로 예상될 때 발표하며, 바람의 변화경향이 30kt 이상일 경우에는 마이크로버스트에 대한 정보를 포함하여 발표한다.
- ② ①항의 윈드시어가 예상될 때 발표한다.
- ③ 접근 및 이륙 항공기 조종사로부터 윈드시어 정보를 받는 경우 항공기 기종이 포함된 윈드시어경보를 발표한다.

나. 윈드시어경보의 발효시간이 종료된 이후에도 기상현상이 지속될 것으로 예상되는 경우 연장 발표한다.

다. 윈드시어경보의 발표 기준에 해당되는 기상 현상이 더 이상 발생하지 않거나 또는 발생하지 않을 것으로 예상되는 경우 해제한다.

라. 윈드시어 경보의 일련번호는 0001UTC 이후부터 새롭게 갱신된다.

마. 자동화된 원격탐지장치로 윈드시어 경보가 탐지되면, 이 장비를 통해 발표한다. 윈드시어 경보는 이.착륙 활주로상의 영향을 미칠 수 있는 15kt 이상의 정풍/배

풍의 변화를 일으키는 윈드시어 관측과 관련된 정보를 신속하고, 간결하게 전달한다.

**적정성 검토:**

- 윈드시어 경보의 발표에 대한 정보를 구체적으로 제시하고 있다.
- ICAO 부속서 3에 권고하는 내용을 바탕으로 윈드시어 경보에 대한 지침이 잘 활용되고 있는 미국, 홍콩 기상관측국의 내용과 비교했을 때 자동 관측장비인 LLWAS를 이용하는 부분이 잘 반영된 것으로 판단된다.

**개선사항:**

- 현재 항공기상청이 보유하고 있는 윈드시어 측정 장비인 LLWAS를 바탕으로 Loss 또는 Gain이 15kt 이상으로 관측되거나 지속될 것으로 예상될 때 윈드시어 경보, 30kt 이상이면 마이크로 버스트 경보를 내리고 있으나, 실무진과 논의한 결과 False-Alarm이 많아서 윈드시어 경보의 실효성이 떨어지므로 현재 LLWAS의 각 공항에서의 기후학적 빈도에 대한 연구를 통해 추후 윈드시어 경보 기준이 바뀔 수 있음을 언급할 필요가 있어 보임.



## 2.3. 공항 예·특보 개선을 위한 관련 업무 규정 개정안 제시

### 2.3.1. 공항 예보(TAF) 업무 규정 개정안 제시

| 5.1 공항예보(TAF)  |
|--|
| <p><b>개선 전:</b></p> <p>공항예보는 일정 기간(보통 6시간에서 30시간) 동안 공항에서 예상되는 우세한 기상 현상에 대하여 국제적으로 합의된 부호를 사용하여 서술하는 것이다.</p> <p>참고.- 공항에 대한 예보 및 경보 구역은 해당 공항의 공항표점(ARP)을 기준으로 반경 8km 이내 지역을 말한다.(ICAO Doc 8896 3.4)</p>   |
| <p><b>개선 후:</b></p> <p>공항예보는 일정기간(보통 6시간에서 30시간)동안 공항에서 예상되는 우세한 기상현상에 대하여 국제적으로 합의된 부호를 사용하여 서술하는 것이다.</p> <p>※ 참고: 공항에 대한 예보 및 경보 구역은 해당 공항의 공항표점(ARP)을 기준으로 반경 8km 이내 지역을 말한다. 이는 미연방항공청 및 ICAO에서 규정하는 TAF에 대한 정의에 따라 공항 근처 5 Statute Mile(SM; 약 8 km)에 따른다 (ICAO Doc 8896 3.4, AC-00-45H).</p>   |
| 5.3 공항예보의 발표시각(Issuing time of TAF)  |
| <p><b>개선 전:</b></p> <p>국제공항에 대한 공항예보는 일 4회(05, 11, 17, 23UTC) 발표하며, 국내공항에 대한 공항예보는 일 4회(00, 06, 12, 18UTC) 발표한다. 다만 항공기 운항 상황을 고려하여 필요한 경우에는 공항예보의 발표시각 및 유효시간을 조정할 수 있다. 기상 관서는 한 공항에 대하여 주어진 발표시간에 하나의 예보만을 발표한다.</p> <p>&lt;주&gt; 12시간 미만의 유효시간을 가지는 공항예보는 3시간 간격으로, 12시간 이상 30시간까지의 유효시간을 가지는 공항예보는 6시간 간격으로 발표하며 수정예보는 필요에 따라 발표한다.</p> |

**개선 후:**

국제공항에 대한 공항예보는 일 4회(05, 11, 17, 23UTC) 발표하며, 국내공항에 대한 공항예보는 일 4회(00, 06, 12, 18UTC) 발표한다. 다만 항공기 운항 상황을 고려하여 필요한 경우에는 공항예보의 발표시각 및 유효시간을 조정할 수 있다. 기상 관서는 한 공항에 대하여 주어진 발표시간에 하나의 예보만을 발표한다.

<주> 12시간미만의 유효시간을 가지는 공항예보는 3시간 간격으로, 12시간 이상 30시간까지의 유효시간을 가지는 공항예보는 6시간 간격으로 발표하며, 수정예보는 급격한 기상 현상의 변화(METAR SPECI기준) 및 기상국 당사자와 공항 운항에 현저한 영향을 주는 상황 등 필요에 따라 발표한다.

**5.6 공항예보 전문(Message of TAF)**

**개선 전:**

라. 일기현상

1) w'w'는 유효시간동안 예상되는 일기현상을 의미한다.

전문형식 w'w' 또는 NSW

작성 예 SHRA

해석 예 보통강도의 소낙성 비

2) 공항 내에서 다음의 각 일기현상의 특성과 강도가 단일 또는 복합 일기현상에 의해 발생이 예상되는 경우, 하나 또는 그 이상, 최대 3개까지 예보한다. 이러한 일기현상이 끝날 것으로 예상될 때에는 "NSW"로 표현한다.

- ① 어는 강수
- ② 어는 안개
- ③ 보통 또는 강한 비(소낙성 포함)
- ④ 낮게 날린 먼지, 모래 또는 눈
- ⑤ 높게 날린 먼지, 모래 또는 눈(눈폭풍 포함)
- ⑥ 먼지 폭풍
- ⑦ 모래 폭풍
- ⑧ 뇌전(강수 유무 무관)

- ⑨ 스콜
- ⑩ 깔때기 구름(토네이도 또는 용오름)
- ⑪ 기상당국과 ATS 당국 그리고 관련 운항자와의 협의에 따른 WMO No 306 Manual on codes의 code table 4678에 포함된 일기현상

마. 구름

1) 운량은 전체 하늘에 대해 구름이 차지하고 있는 부분을 okta(8분위)로 표현하며 운량에 따라 FEW(1~2 oktas), SCT(3~4 oktas), BKN(5~7 oktas) 또는 OVC(8 oktas)를 사용하며 운고는 100ft 단위로 표현한다.

전문형식 NsNsNshshshs 또는 VVhshshs 또는 NSC

작성 예 FEW005 FEW010CB SCT018 BKN025

해석 예 500ft 고도에 1~2 oktas 구름, 1,000ft 고도에 1~2 oktas 적란운, 1,800ft 고도에 3~4 oktas 구름, 2,500ft 고도에 5~7 oktas 구름

2) 구름이 전혀 없고, 약어 "CAVOK"가 적절치 않을 경우에는 "NSC"를 사용한다.

3) 하늘이 차폐될 것으로 예상될 때는 구름군 대신 수직시정(VVhshshs)으로 표현한다. 이때 뒤의 3자리 숫자는 100ft단위의 수직시정을 의미한다.

4) 여러 운층 또는 운괴를 예보할 때는 그것의 운량과 운저고도를 다음 순서로 표현한다.

① 운량에 관계없이 적절하게 FEW, SCT, BKN 또는 OVC를 사용하여 최저운층 또는 운괴를 예보

② 3/8이상을 가리고 있는 그 다음 운층 또는 운괴를 SCT, BKN 또는 OVC를 사용하여 예보

③ 5/8이상을 가리고 있는 그 다음 운층 또는 운괴를 BKN 또는 OVC를 사용하여 예보

④ ①~③에 보고되지 않은 적란운(CB)또는 탐상적운은 예상될 때마다 운형을 표시하여 예보

5) 구름 정보는 예를 들어 5,000ft(1,500m)나 가장 높은 최저구역고도 중 높은 쪽 고도 아래에 있는 구름과 적란운이 예상되는 경우로 운항 상 중요한 구름으로 제

한한다. 이러한 표현을 적용함에 있어, 적란운이 없을 것으로 예상되고 5,000ft (1,500m)나 가장 높은 최저구역고도 중 높은 쪽 고도 아래에 구름이 없을 것으로 예상되고 “CAVOK”의 사용이 적절하지 않을 때는 약어 "NSC"를 사용하여 표현한다.

#### 바. 기온

공항예보의 유효시간 동안의 최고 기온과 최저 기온에 대한 발생일과 발생시각을 표현할 수 있다. (단, ‘지역항공항협정’에 의해 기온예보를 포함할 경우)

작성 예 TX30/1306Z TN26/1321Z

해석 예 13일 06UTC 최고기온 30°C 13일 21UTC 최저기온 26°C

#### 사. 변화군

- 1) 변화군은 기상당국이 항공교통업무기관, 운항자 등과 협의하여 정한 특정 기준 값 및 국제규정(ICAO 부속서 3, 부록 5 1.3.1 또는 WMO-No 49, 6.2.5)에서 정한 특정 기준 값 이상으로 변화될 것으로 예상될 때 사용한다.

### 개선 후:

#### 라. 일기현상

- 1) w'w'는 유효시간동안 예상되는 일기현상을 의미한다.

전문형식 w'w' 또는 NSW

작성 예 SHRA

해석 예 보통강도의 소낙성 비

- 2) 공항 내에서 다음의 각 일기현상의 특성과 강도가 단일 또는 복합 일기현상에 의해 발생이 예상되는 경우, 하나 또는 그 이상, 최대 3개까지 예보한다. 이러한 일기현상이 끝날 것으로 예상될 때에는 “NSW”로 표현한다.

- ① 어는 강수
- ② 어는 안개
- ③ 보통 또는 강한 비(소낙성 포함)
- ④ 낮게 날린 먼지, 모래 또는 눈

- ⑤ 높게 날린 먼지, 모래 또는 눈(눈폭풍 포함)
- ⑥ 먼지 폭풍
- ⑦ 모래 폭풍
- ⑧ 뇌전(강수 유무 무관)
- ⑨ 스콜
- ⑩ 깔때기 구름(토네이도 또는 용오름)
- ⑪ 기상당국과 ATS 당국 그리고 관련 운항자와의 협의에 따른 WMO No 306 Manual on codes의 code table 4678에 포함된 일기현상

### 3) 주변부 (Vicinity; VC)

공항예보 구역인 8km를 제외한 그 바깥경계 (도넛모양의 8~16km 반경)에서 발생하는 중요한 기상요소들 (안개, 강수, 뇌우)에 대한 지배적인 기상 현상을 TAF에 포함시킬 수 있다. 이 때 지시자는 VC를 각 현상 앞에 표시함으로써 주변 기상현상을 나타낼 수 있으며, 예보 기간 중 50%이상의 발생빈도와 유효시간의 반 이상 동안 발생하는 현상을 기술한다. TEMP와 PROB와는 같이 사용되지 않는다.

예시) VCFG, VCSH, VCTS

### 마. 구름

1) 운량은 전체 하늘에 대해 구름이 차지하고 있는 부분을 okta(8분위)로 표현하며 운량에 따라 FEW(1~2 oktas), SCT(3~4 oktas), BKN(5~7 oktas) 또는 OVC(8 oktas)를 사용하며 운고는 100ft 단위로 표현한다.

전문형식 NsNsNshshshs 또는 VVhshshs 또는 NSC

작성 예 FEW005 FEW010CB SCT018 BKN025

해석 예 500ft 고도에 1~2 oktas 구름, 1,000ft 고도에 1~2 oktas 적란운, 1,800ft 고도에 3~4 oktas 구름, 2,500ft 고도에 5~7 oktas 구름

2) 구름이 전혀 없고, 약어 "CAVOK"가 적절치 않을 경우에는 "NSC"를 사용한다.

3) 하늘이 차폐될 것으로 예상될 때는 구름군 대신 수직시정(VVhshshs)으로 표현한다. 이때 뒤의 3자리 숫자는 100ft단위의 수직시정을 의미한다.

4) 여러 운층 또는 운괴를 예보할 때는 그것의 운량과 운저고도를 다음 순서로 표

현한다.

- ① 운량에 관계없이 적절하게 FEW, SCT, BKN 또는 OVC를 사용하여 최저운층 또는 운괴를 예보
- ② 3/8이상을 가리고 있는 그 다음 운층 또는 운괴를 SCT, BKN 또는 OVC를 사용하여 예보
- ③ 5/8이상을 가리고 있는 그 다음 운층 또는 운괴를 BKN 또는 OVC를 사용하여 예보
- ④ ①~③에 보고되지 않은 적란운(CB)또는 탑상적운은 예상될 때마다 운형을 표시하여 예보

5) 구름정보는 예를 들어 5,000ft(1,500m)나 가장 높은 최저구역고도 중 높은 쪽 고도아래에 있는 구름과 적란운이 예상되는 경우로 운항 상 중요한 구름으로 제한한다. 이러한 표현을 적용함에 있어, 적란운이 없을 것으로 예상되고 5,000ft(1,500m)나 가장 높은 최저구역고도 중 높은 쪽 고도 아래에 구름이 없을 것으로 예상되고 “CAVOK”의 사용이 적절하지 않을 때는 약어 "NSC"를 사용하여 표현한다.

#### 바. 비대류 저고도 시어 (WShwshwshws/dddffKT)

- 1) 바람 시어는 수평 바람의 풍속 및 풍향이 특정한 거리 내에서 급격히 변하는 현상 또는 풍속 및 풍향이 연직 고도에 따라 급격히 변화하는 현상을 말하며, 이러한 급격한 바람의 변화가 2,000 ft고도 이하에서 발생할 경우 제한된 운항고도에서 운용되는 항공기에게 치명적인 영향을 준다. 따라서, TAF에서 지상에서 2,000 ft사이에 발생하는 바람의 급격한 변화를 비대류 저고도 시어 예보군으로 포함하여야 한다.
- 2) 비대류 저고도 시어 현상이 발생하는 주된 원인은 지상 전선 통과, 역전층, 저고도 제트, 산악 풍하파, 해륙풍, 산곡풍, 풍하측 강풍(양간지풍 등)에 의해 발생한다.
- 3) 비대류 저고도 시어의 코드는 WS이며 구름군 다음에 위치하며, TAF 유효시간 중 변화군(BECMG 또는 FM)이 나타나기 전까지 지배적 현상으로 포함되며 TEMPO 및 PROB와 사용되지는 않는다.
- 4) 비대류 저고도 시어 포맷:  
WShwshwshws/dddffKT

WS: 비대류 저고도 시어 지시자

hwshwshws: 저고도 시어의 상부고도 (예시: 020 --> 2,000 ft)

ddd: hwshwshws가 지시하는 고도에서의 풍향

ff: hwshwshws가 지시하는 고도에서의 풍속

KT: 풍속 단위

#### 5) 예시

TAF ... 13012KT ... WS020/27055KT

지상 바람은 130도 방향에서 12KT속도로 불지만, 2000ft에서는 270도 방향에서 55KT로 급격히 변화하는 비대류 저고도 시어현상이 발생할 것으로 예상됨.

#### 사. 기온

공항예보의 유효시간동안의 최고기온과 최저기온에 대한 발생일과 발생시각을 표현할 수 있다. (단 지역항공행협정에 의해 기온예보를 포함할 경우)

작성 예 TX30/1306Z TN26/1321Z

해석 예 13일 06UTC 최고기온 30°C 13일 21UTC 최저기온 26°C

#### 아. 변화군

- 1) 변화군은 기상당국이 항공교통업무기관, 운항자 등과 협의하여 정한 특정 기준값 및 국제규정(ICAO 부속서 3, 부록 5 1.3.1 또는 WMO-No 49, 6.2.5)에서 정한 특정 기준값 (METAR SPECI 기준 포함) 이상으로 변화될 것으로 예상될 때 사용한다.

### 5.8 변화군 사용/수정예보발표 기준(Use of change groups and amendment TAF)

#### 개선 전:

가. 지상풍이 운항 상 중요한 값으로 변할 것으로 예상될 경우 다음과 같은 바람변화를 고려하여 기상당국과 관련 항공교통업무기관 및 운항자간의 협의에 의하여 결정한다.

- 1) 사용 중인 활주로의 변경

- 2) 활주로 배풍 또는 측풍이 해당 공항에서 운항하는 표준항공기에 대한 운항 제한 값에 따라 변하는 것을 나타내야 하는 경우
- 3) 지상풍 변화군 사용은 평균풍향이 60° 이상 변화하거나, 평균풍속이 10kt 이상 변화할 경우에 사용(단 활주로 배풍 또는 측풍이 해당 공항 활주로 선택에 영향을 주는 경우는 예외로 함)
- 4) 평균 지상풍속이 10kt(5m/s) 이상 변화 할 것으로 예상될 때
- 5) 최대순간풍속(gust)이 10kt(5m/s) 이상 변화할 것으로 예상되고, 변화 전·후 (and, or) 평균풍속이 15kt(7.5m/s) 이상 되는 경우

나. 시정이 호전되어 다음 기준 중 하나 이상의 값에 도달하거나 경과할 것으로 예상될 때 또는 악화되어 다음 기준치 중 하나 미만의 값을 경과할 것으로 예상될 때

- 1) 150, 350, 600, 800, 1,500 또는 3,000m
- 2) 5,000m(시계비행규칙으로 운항하는 항공기가 많을 경우)

다. 다음 일기현상 또는 그 복합현상의 시작, 종료 또는 강도변화가 예상될 경우

- 1) 어는 안개
- 2) 어는 강수
- 3) 보통 또는 강한 강수(소낙성 포함)
- 4) 뇌전
- 5) 먼지 폭풍
- 6) 모래 폭풍

라. 다음 일기현상 중 하나의 현상이 시작 또는 종료되거나, 그 복합현상이 시작 또는 종료될 것으로 예상될 때

- 1) 낮은 날림 먼지, 모래 또는 눈
- 2) 높은 날림 먼지, 모래 또는 눈
- 3) 스콜
- 4) 깔때기 구름(토네이도 또는 용오름)

마. BKN 또는 OVC 이상의 최하층의 운저고도가 높아지면서 다음 기준치중 하나 이상의 값에 도달하거나 경과할 것으로 예상될 때, 또는 낮아지면서 다음 기준치중



하나 미만의 값을 경과할 것으로 예상될 때

- 1) 100, 200, 500 또는 1,000ft(30, 60, 150 또는 300m)
- 2) 1,500ft(450m)(시계비행규칙으로 운항하는 항공기가 많을 경우)

바. 1,500ft(450m) 이하에 있는 운량이 다음기준으로 변화될 것으로 예상될 경우

- 1) NSC, FEW, SCT로부터 BKN, OVC로
- 2) BKN, OVC로부터 NSC, FEW, SCT로

사. 적란운의 발생 또는 소멸이 예상될 때

아. 수직 시정이 호전되면서 다음 기준치중 하나 이상의 값에 도달하거나 경과될 것으로 예상될 때, 또는 악화되면서 다음 기준치중 하나 미만의 값을 경과할 것으로 예상될 때

100, 200, 500 또는 1,000ft(30, 60, 150 또는 300m)

자. 기상당국과 운항자의 합의에 따른 국지 운항 제한치를 근거로 한 기준

#### 개선 후:

가. 지상풍이 운항 상 중요한 값으로 변할 것으로 예상될 경우 다음과 같은 바람변화를 고려하여 기상당국과 관련 항공교통업무기관 및 운항자간의 협의에 의하여 결정한다.

- 1) 사용 중인 활주로의 변경
- 2) 활주로 배풍 또는 측풍이 해당 공항에서 운항하는 표준항공기에 대한 운항 제한 값에 따라 변하는 것을 나타내야 하는 경우
- 3) 지상풍 변화군 사용은 15분 이내에 평균풍향이 60° 이상 변화하거나, 평균풍속이 10kt 이상 변화할 경우에 사용(단 활주로 배풍 또는 측풍이 해당 공항 활주로 선택에 영향을 주는 경우는 예외로 함)
- 4) 평균 지상풍속이 15분 이내에 10kt(5m/s) 이상 변화 할 것으로 예상될 때
- 5) 최대순간풍속(gust)이 15분 이내에 10kt(5m/s) 이상 변화할 것으로 예상되고, 변화 전.후(and, or) 평균풍속이 15kt(7.5m/s) 이상 되는 경우

나. 시정이 호전되어 다음 기준 중 하나 이상의 값에 도달하거나 경과할 것으로 예상될 때 또는 악화되어 다음 기준치 중 하나 미만의 값을 경과할 것으로 예상될 때

- 1) 150, 350, 600, 800, 1,500 또는 3,000m
- 2) 5,000m(시계비행규칙으로 운항하는 항공기가 많을 경우)

다. 다음 일기현상 중 하나의 현상이 시작 또는 종료되거나, 그 복합현상이 시작 또는 종료될 것으로 예상될 때

- 1) 어는 안개
- 2) 어는 강수
- 3) 보통 또는 강한 강수(소낙성 포함)
- 4) 뇌전
- 5) 먼지 폭풍
- 6) 모래 폭풍
- 7) 날림먼지, 모래 또는 눈(눈폭풍 포함)
- 8) 스콜
- 9) 깔때기 구름(토네이도 또는 용오름)
- 10) 적란운

라. BKN 또는 OVC 이상의 최하층의 운저고도가 높아지면서 다음 기준치중 하나 이상의 값에 도달하거나 경과할 것으로 예상될 때, 또는 낮아지면서 다음 기준치중 하나 미만의 값을 경과할 것으로 예상될 때

- 1) 100, 200, 500 또는 1,000ft(30, 60, 150 또는 300m)
- 2) 1,500ft(450m)(시계비행규칙으로 운항하는 항공기가 많을 경우)

마. 1,500ft(450m) 이하에 있는 운량이 다음기준으로 변화될 것으로 예상될 경우

- 1) NSC, FEW, SCT로부터 BKN, OVC로
- 2) BKN, OVC로부터 NSC, FEW, SCT로

사. 수직시정이 호전되면서 다음 기준치중 하나 이상의 값에 도달하거나 경과될 것으로 예상될 때, 또는 악화되면서 다음 기준치중 하나 미만의 값을 경과할 것으로

예상될 때

100, 200, 500 또는 1,000ft(30, 60, 150 또는 300m)

아. 기상당국과 운항자의 합의에 따른 국지 운항 제한치를 근거로 한 기준

## 5.9 공항예보의 수정(Amendments of TAF)

### 개선 전:

공항예보의 수정기준은 6.1.8항의 변화군을 사용해야 하는 기상현상과 같으며 이러한 기준에 따라 수정이 요구될 때에는 식별군 TAF뒤에 AMD를 넣어 수정예보를 표시하여 원래 예보의 남은 유효시간을 대체한다.

### 개선 후:

공항예보의 수정기준은 6.1.8항의 변화군을 사용해야 하는 기상현상과 같으며 이러한 기준(METAR SPECI 기준 포함)에 따라 수정이 요구될 때에는 식별군 TAF 뒤에 AMD를 넣어 수정예보를 표시하여 원래 예보의 남은 유효시간을 대체한다.

## 2.3.2. 공항 특보(경보) 업무 규정 개정안 제시

|   |
|---|
| <b>3.1 공항경보(Aerodrome warnings)</b>   |
| <p>개선 전:</p> <p>공항경보는 계류중인 항공기를 포함하여 지상에 있는 항공기, 공항 시설 및 업무에 영향을 미칠 수 있는 기상현상에 대한 간결한 정보를 제공하는 것이다.</p>   |
| <p>개선 후:</p> <p>공항경보는 ICAO 부속서 3 및 미국 대기해양청 산하 기상청 지침서 10-801에 제안된 바에 의거해 공항 근처 8km (5 SM) 내에서 발생하는 기상 현상으로 인해 공항 근처에서의 항공운항에 심각한 영향을 미칠 수 있는 기상 현상에 대해 전문을 이용해 공항경보를 제공하는 것이다.</p> |
| <b>3.2 공항경보 발표 관서(Met office issuing Aerodrome warnings)</b>  |
| <p>개선 전:</p> <p>공항경보는 항공기상청의 예보 관서에서 발표한다. 다만 군 관할 공항은 군에서 발표한 경보로 대체한다.</p>  |
| <p>개선 후:</p> <p>공항경보는 항공기상청의 예보 관서에서 발표한다. 다만 군 관할 공항은 군에서 발표한 경보로 대체한다. 발표 관서는 항공기상청이긴 하지만 기상 현상 중 종관 규모 또는 전국적으로 영향을 받는 태풍과 같은 경우 기상관할국의 경보와 협의를 통해 발표된다.</p>                     |
| <b>3.3 공항경보의 발표시각(Issuing time of Aerodrome warnings)</b>   |

**개선 전:**

- 가. 공항경보는 계류 중인 항공기를 포함한 지상의 항공기를 중요기상으로부터 보호하기 위하여 해당 공항의 기상현상이 특보발표 기준치(7.5.3의 나항)에 해당될 것으로 예상되면 발표한다.
- 나. 공항경보의 발효시간이 종료된 이후에도 특보발표기준에 해당되는 기상현상이 지속될 것으로 예상되는 경우 연장발표 한다.
- 다. 공항경보의 발표기준에 해당되는 기상현상이 더 이상 발생하지 않거나 또는 발생하지 않을 것으로 예상되는 경우 해제한다.
- 라. 공항경보의 일련번호는 0001UTC 이후부터 새롭게 갱신된다.

**개선 후:**

- 가. 공항경보는 계류 중인 항공기를 포함한 지상의 항공기를 중요기상으로부터 보호하기 위하여 해당 공항의 기상현상이 특보발표 기준치(7.5.3의 나항)에 해당될 것으로 예상되면 발표한다. 공항 경보 중 태풍 경보와 같이 국민적 관심도가 높고 지역적 전국적으로 영향을 주는 기상현상의 경우 기상청에서 발표되는 태풍 특보 및 경보 사항과 맞추어 발표된다.
- 나. 공항경보의 발효시간이 종료된 이후에도 특보발표기준에 해당되는 기상현상이 지속될 것으로 예상되는 경우 연장발표 한다.
- 다. 공항경보의 발표기준에 해당되는 기상현상이 더 이상 발생하지 않거나 또는 발생하지 않을 것으로 예상되는 경우 해제한다.
- 공항경보 발표 관서는 항공기상청이긴 하지만 기상 현상 중 종관 규모 또는 전국적으로 영향을 받는 태풍과 같은 경우 기상 관할국의 경보와 맞추어 나가는 부분이 포함되므로 그에 대한 내용이 명시되어야 할 것으로 판단된다. 따라서, 이에 대한 개정안을 이곳에 제시하였다.

### 3.4 공항경보의 종류와 발표기준(Type and standard Aerodrome warnings)

#### 개선 전:

공항경보는 다음의 기상현상이 발생했거나 발생할 것이 예상되는 경우 발표한다.

#### 가. 공항경보의 종류

- 1) 태풍
- 2) 황사
- 3) 운고
- 4) 저시정
- 5) 강풍
- 6) 호우
- 7) 대설
- 8) 뇌전
- 9) 어는 강수
- 10) 서리
- 11) 지진해일
- 12) 화산재 침전물
- 13) 유독화학물질
- 14) 기타 국제민간항공협약 부속서 3 부록 5에서 언급된 기상현상

<주> 관련 공항의 “위험”으로써 쓰나미가 ‘국가공공안전계획’에 통합된 곳에서는 쓰나미가 발생했거나 예상되는 관련한 공항경보는 요구되지 않는다.

#### 나. 공항경보의 발표 기준

| 종 류  | 기 준   |
|--|---|
| 태 풍  | 태풍으로 인하여 강풍 및 호우 등이 경보 기준에 도달 할 것으로 예상될 때   |
| 뇌 전  | 해당 공항에 뇌전이 발생 또는 예상될 때  |
| 대 설  | 24시간 신적설이 3cm 이상 발생 또는 예상될 때  |
| 강 풍  | 10분간 평균풍속이 25KT 이상 또는 최대순간풍속이 35KT 이상인 현상이 발생 또는 예상될 때  |
| 운 고  | 해당 공항의 기상관서, 항공교통업무기관 및 운항자간 협의에 의한 기준치 이하로 발생 또는 예상될 때   |
| 저시정  |   |
| 호 우  | 강우량이 30mm/h, 50mm/3h 이상 발생 또는 예상될 때   |
| 황 사  | 황사로 인해 1시간 평균 미세먼지(PM <sub>10</sub> ) 농도가 400 $\mu$ g/m <sup>3</sup> 이상이 2시간 이상 지속 될 것으로 예상되고 시정 5,000m 이하가 예상될 때 |
| 다음 각 호의 현상이 발생 또는 예상될 때<br>1. 우박 2. 어는강수 3. 서리 4. 날아오른 모래 또는 먼지 5. 모래 또는 먼지폭풍 6. 스콜 7. 화산재 8. 지진해일 9. 화산재 침전물 10. 유독화학물질 |   |

**개선 후:**

공항경보는 다음의 기상현상이 발생했거나 발생할 것이 예상되는 경우 발표한다.

**가. 공항경보의 종류**

- 1) 태풍
- 2) 운고
- 3) 저시정
- 4) 강풍
- 5) 호우
- 6) 대설
- 7) 뇌전
- 8) 어는 강수

9) 서리

10) 지진 해일

11) 기타 국제민간항공협약 부속서 3 부록 5에서 언급된 기상 현상

<주> 관련 공항의 “위험”으로써 쓰나미가 ‘국가공공안전계획’에 통합된 곳에서는 쓰나미가 발생했거나 예상되는 관련한 공항경보는 요구되지 않는다.

나. 공항경보의 발표기준

| 종 류   | 기 준   |
|---|---|
| 태 풍   | 태풍으로 인하여 강풍 및 호우 등이 경보 기준에 도달 할 것으로 예상될 때               |
| 뇌 전   | 해당 공항 8km 근처에서 뇌전이 발생 또는 예상될 때                          |
| 대 설   | 24시간 신적설이 3cm 이상 발생 또는 예상될 때                            |
| 강 풍   | 10분간 평균풍속이 30KT 이상 또는 최대순간풍속이 40KT 이상인 현상이 발생 또는 예상될 때  |
| 운 고<br>저시정  | 해당 공항의 기상관서, 항공교통업무기관 및 운항자간 협의에 의한 기준치 이하로 발생 또는 예상될 때 |
| 호 우   | 강우량이 30mm/h, 50mm/3h 이상 발생 또는 예상될 때                     |
| 다음 각 호의 현상이 발생 또는 예상될 때<br>1. 우박 2. 어는강수 3. 서리 4. 스콜 5. 지진 해일 |   |

#### 4.3 윈드시어경보의 발표(Issuance of Wind shear warnings)

개선 전:

가. 윈드시어경보는 다음에 해당 될 때 발표한다.

- ① 윈드시어 측정장비(LLWAS, Doppler radar, Sodar등)를 활용하여 바람의 변화 경향(Loss 또는 Gain)이 15kt 이상으로 관측되거나, 지속될 것으로 예상될 때 발



표하며, 바람의 변화 경향이 30kt 이상일 경우에는 마이크로버스트에 대한 정보를 포함하여 발표한다.

② ①항의 윈드시어가 예상될 때 발표한다.

③ 접근 및 이륙 항공기 조종사로부터 윈드시어 정보를 받는 경우 항공기 기종이 포함된 윈드시어경보를 발표한다.

나. 윈드시어경보의 발효시간이 종료된 이후에도 기상 현상이 지속될 것으로 예상되는 경우 연장 발표한다.

다. 윈드시어경보의 발표 기준에 해당되는 기상 현상이 더 이상 발생하지 않거나 또는 발생하지 않을 것으로 예상되는 경우 해제한다.

라. 윈드시어 경보의 일련번호는 0001UTC 이후부터 새롭게 갱신된다.

마. 자동화된 원격탐지장치로 윈드시어 경보가 탐지되면, 이 장비를 통해 발표한다. 윈드시어 경보는 이.착륙 활주로상의 영향을 미칠 수 있는 15kt 이상의 정풍/배풍의 변화를 일으키는 윈드시어 관측과 관련된 정보를 신속하고, 간결하게 전달한다.

#### 개선 후:

가. 윈드시어경보는 다음에 해당 될 때 발표한다.

① 윈드시어 측정장비(LLWAS, Doppler radar, Sodar등)를 활용하여 바람의 변화 경향(Loss 또는 Gain)이 15kt 이상으로 관측되거나, 지속될 것으로 예상될 때 발표하며, 바람의 변화경향이 30kt 이상일 경우에는 마이크로버스트에 대한 정보를 포함하여 발표한다.

② ①항의 윈드시어가 예상될 때 발표한다.

③ 접근 및 이륙항공기 조종사로부터 윈드시어 정보를 받는 경우 항공기 기종이 포함된 윈드시어경보를 발표한다.

나. 윈드시어경보의 발효시간이 종료된 이후에도 기상현상이 지속될 것으로 예상되는 경우 연장 발표한다.

다. 윈드시어경보의 발표기준에 해당되는 기상현상이 더 이상 발생하지 않거나 또는 발생하지 않을 것으로 예상되는 경우 해제한다.

라. 윈드시어 경보의 일련번호는 0001UTC 이후부터 새롭게 갱신된다.

마. 자동화된 원격탐지장치로 윈드시어 경보가 탐지되면, 이 장비를 통해 발표한다. 윈드시어 경보는 이.착륙 활주로의 영향을 미칠 수 있는 15kt 이상의 정풍/배풍의 변화를 일으키는 윈드시어 관측과 관련된 정보를 신속하고, 간결하게 전달한다.

바. 윈드시어에 대한 15kt 이상의 정풍/배풍의 변화는 각 공항의 기후학적 특성 변화에 따라 그 기준이 변경될 수 있고, 이에 대한 개정은 지속적으로 수행될 것이다.

## 2.4. 기타 항공기상 예·특보 업무 관련 개선방안

### 2.4.1. 기상학적·기후학적 특성이 고려된 경보 기준치 제안

- 본 보고서에서 국제민간항공기구의 부속서에서 공항경보에 대한 제안은 현재 항공기상청에서 운용하는 부분에 기본적으로 반영이 되어 있으며, 미국을 포함한 선진국에서는 이러한 국제규정에 맞추어 각 국가의 지역적 기후 정보와 사용자 요구조사 및 항공시스템에 맞추어 기상경보의 각 요소별 제한치들을 지속적으로 수정하여 반영하려고 노력하고 있음.
- 또한, 이러한 노력의 일환으로 항공기상 예보 및 경보에 대한 검증 연구를 지속적으로 수행하여 예보자들의 공항예보 및 경보 발표에 도움이 되도록 힘쓰고 있음 (Wandashin and Mullen 2008; Mahringer 2008; Sharpe et al. 2016).
- 따라서, 한국에서도 예보 및 경보 기상요소별 각 공항별 활주로 방향 등이 고려된 상황에서의 지상풍, 윈드시어, 대설, 강수, 안개, 시정, 운고 등 다양한 요소들에 대한 기후학적 통계적 특성들을 파악하는 연구가 병행되어야 한다. 이를 통해서 기후 변화에 의해 급격히 변화하는 기상학적 현상들이 항공기상 예보 및 경보 시스템이 지속적으로 반영될 수 있도록 노력하는 것이 필요하다.

### 2.4.2. 확률예보 및 확률과 영향을 고려한 경보 시스템 개발

- 영국 항공청 및 영국 기상청은 영국에서 발생하는 항공기상과 관련된 현상들을 강도에 따른 영향(x-axis)과 그 발생확률(확률예보 이용)을 이용한 매트릭스로 기상 요소별 경보 시스템을 개발하기 위해 많은 연구가 진행 중이다. 특히 항공기 운항에 영향을 주는 기상 현상에 대한 예보는 수치모델결과에 피할 수 없는 불확실성이 존재하며, 기상학적인 예보 정보가 사용자에게 전달될 때 반영되는 사회적 물질적 영향도 고려대상이 되어야 한다. 또한, 항공과 관련된 부분은 항공기 운항에 저해되는 영향을 중심으로 공항근처 및 공역에서의 영향예보에 대한 사용자의 요구들이 급격히 증가하는 실정이다 (Kim et al. 2018; Cheung et al. 2019; Mattias et al. 2010; Gill and Buchanan 2014).
- 따라서, 항공기상청에서도 차세대 경보 시스템을 지속적으로 업그레이드하기 위해 다중 모델의 결과를 이용한 확률예보 기반 영향요소를 고려한 경보 시스템 구축을 위한 노력이 필요하다.

### 2.4.3. 저고도 난류 및 윈드시어의 객관적 탐측을 위한 관측 자료 개선

- 공항 근처로 접근하는 항공기들의 가장 중요한 요소는 저고도 시어 및 난류에 대한 부분이며, 이런 현상에 대한 공항 근처에서의 자동탐측시스템은 지속적으로 개발되어 왔다. 미국 국립기상연구소의 LLWAS 시스템은 FAA 주관으로 미국 주요 공항에서 수평 바람 시어 장비를 활주로 근처에 집중적으로 설치하여 저고도 시어 경보 시스템을 시스템이 자동으로 발동하도록 개발되었다. 많은 국제 도시 (홍콩, 타이완, 한국 등)에서 이 시스템을 도입하여 현재 운용중이나 각 지역 특성이 고려된 자체 탐측알고리즘 개발은 미진한 상황이다.
- 따라서, 공항 경보에 중요한 요소인 저고도 윈드시어에 대한 객관적 탐측을 위해 기존에 설치된 LLWAS의 알고리즘에 대한 검증 및 개선에 대한 연구가 지속되어야 하며, 강수나 구름이 없는 경우에 활주로 방향으로 접근하는 항공기에 좀 더 정확하고 객관적인 윈드시어 탐측을 위해서 Wind LIDAR 설치를 위한 기본 연구들이 수치모델링 및 AMDAR, ADS-B 자료 등을 통해서 지속적으로 연구되어야 할 것이다.

### 제 3 장 결론

본 연구에서는 항공기 안전운항을 위한 공항예보 및 특보 개선 방안 도출을 위하여 현재 “국제민간항공기구의 부속서 3”에서 제안하는 공항 예보 및 특보에 대한 규정 및 미국, 중국, 홍콩, 영국, 호주 등 항공 선진국에서 발표하는 예보 및 특보에 대한 규정서들을 조사하였다. 이를 통해서 현재 항공기상청에서 규정하고 있는 예보 및 특보에 대한 지침서에서 제안하는 내용들이 국제기준 및 항공 선진국들의 규정과 비교했을 때 적절한지에 대한 분석 수행을 통하여 예보 및 경보들에 대한 개선사항을 도출하였다. 또한, 현재 항공기상청에서 제공되고 있는 예보 및 경보자료들을 직접 사용하고 있는 항공 종사자들에게 이러한 정보들 중 어떤 부분들이 중요하고, 개선할 요소가 있는지를 살펴보기 위해 설문 전문업체를 이용해서 이용자 설문조사 수행을 통하여 항공예보 및 경보에 대한 항공 종사자들의 의견을 수렴하였다.

최종적으로 앞서 살펴본 조사 결과를 이용해 항공기상청의 공항예보 지침서에 대한 각 항목별 적절성을 평가하였고, 개선사항이 필요한 항목들에 대한 구체적인 개선사항들을 도출하였다. 현재 예보 지침서는 국제민간항공기구가 정한 국제적인 규격에 부합하며, 항공 선진국들과 비교하였을 때에도 특별히 차이점이 없을 정도이다. 다만, 국지적·지역적인 기상 현상의 특성과 한국의 항공시스템 상황 및 사용자 요구에 맞추어 몇몇 세부적인 사항들에서 개선이 필요한 부분이 발견되었다. 현재 공항경보 및 윈드시어 경보 지침도 국제민간항공기구가 제안하는 내용에 부합하여 한국의 실정에 맞게 전반적으로 잘 구성되어 있으나, 선진국 경보 시스템과 비교 및 사용자 요구조사 결과를 통해서 몇몇 부분에서 수정 또는 개선이 필요한 것으로 보인다. 특히, 기상요소별 경보 기준은 항공기 운용에 간접적으로 활용되지만, 항공기 운용에 있어 경보 기준이 정확히 반영되는 것은 아니다. 이는 항공기 운용에 있어 출발지 기상 및 도착지와 항공 경로상의 기상 현상에 의한 운용 및 경보 기준과는 별개로 항공기 자체의 기상 제한치 및 출발지와 도착지의 공항 ATC 기상 제한치 등에 의해 다양한 다른 요소가 복합적으로 작용하기 때문이다. 따라서, 항공기상청에서 운용되는 공항 예보 및 경보의 기준은 각 기상 요소별 기상학적인 요인에 대한 보다 정량적이고 구체적인 연구를 통해 각 공항에서의 기상 현상의 극값 또는 지역적 기후학적 특성이 반영되어 기준이 정해진다면 좀 더 객관적인 경보 시스템으로 발전할 수 있을 것으로 사료된다.

## 참고문헌

- Civil Aviation Authority (CAA), 2017: Requirements for meteorological observations at aerodromes CAP 746, pp. 144.
- Cheung, J., A. Hally, J. Heijstek, A. Marsman, and P. Arbogast, 2017: Recommendations on trajectory selection in flight planning based on weather uncertainty, Proceedings of the 2017 WMO Aeronautical Meteorology Scientific Conference, P2-118.
- Federal Aviation Administration (FAA), Advisory Circular 2019: Aviation Weather Services, AC-00-45H, pp. 348.
- Gill, P., and P. Buchanan, 2014: An ensemble based turbulence forecasting system. Meteor. Appl., 21, 12-19, <https://doi.org/10.1002/met.1373>.
- Hong Kong Observatory, 2010: Windshear and turbulence in Hong Kong - Information for pilots. pp. 36.
- International Civil Aviation Organization (ICAO), 2010: Meteorological Services for International Air Navigation. Annex 3 to the Convention on International Civil Aviation, 15th edn. ICAO: Montreal.
- Kim, J.-H., R. D. Sharman, M. Strahan, J. W. Scheck, C. Bartholomew, J. C. H. Cheung, P. Buchanan, N. Gait, 2018: Improvement of Non-convective Turbulence Forecast for the World Area Forecast System (WAFS), *Bulletin of the American Meteorological Society (BAMS)*, **99(11)**, 2295-2311.
- Mahringer G., 2008: Terminal aerodrome forecast verification in Austro control using time windows and ranges of forecast conditions. Meteorol. Appl. 15: 113-123.
- Sharpe, Michael A., C. E. Bysouth, and M. Trueman, 2016: Towards an improved analysis of Terminal Aerodrome Forecasts, Meteorol. Appl. 23: 698-704.
- Steiner, M., R. Bateman, D. Megenhardt, Y. Liu, M. Pocerlich, and J. Krozel, 2010: Translation of ensemble weather forecasts into probabilistic air traffic capacity impact. Air Traffic Control Quart., 18, 229-254.
- Wandishin M. S., Mullen S. J., 2008: Multiclass ROC analysis. Weather

Forecast. 24: 530-547.

World Meteorological Organization (WMO), 2019: Aerodrome Reports and Forecasts: A Users' Handbook to the Codes. WMO-No. 782.

항공기상청, 2016: 항공기상업무 기본지침, 항공기상 예보지침 ISO-I-04, pp. 17.

항공기상청, 2016: 항공기상업무 기본지침, 공항경보 및 윈드시어경보 지침. ISO-I-06, pp. 17.

박효신 등, 2019: 공항 위험기상예측기술개발 II 최종 보곡서, 기상과학원. pp. 114.