구름 부근 난류(NCT)의 범위와 항공 안전: FAA 가이드라인과 최신 연구

구름 부근 난류(Near Cloud Turbulence, NCT)는 대류구름 주변에서 발생하는 난류로, 대류활동에 의 해 생성된 중력파(gravity wave)가 원인이다. 이는 강한 상승기류로 생성된 대류구름이 마치 잔잔한 호 수에 돌을 던졌을 때 생기는 물결처럼 대기 중 파동 을 일으키며, 대류구름 주변에 난류를 발생시킨다. NCT는 강한 대류구름의 상부와 주변에서 발생하며, 발생 범위와 강도를 정확히 파악하기 어려워 항공기 운항에 치명적인 위험을 초래할 수 있다. 그래서 미 연방항공청(FAA)은 난류회피와 관련하여 아래와 같 이 가이드라인을 제공하고 있다

- 강한 뇌우의 경우, 최소 20마일(약32km) 이내 접근 금지
- 보통강도 뇌우는 10마일(약16km) 거리 유지
- ·특히, 강한 뇌우의 모루운(Anvil cloud) 아래에서 는 20마일 이상 떨어질 것을 권고

이 수치는 경험적 데이터와 기존 연구에 따른 최 소 기준이지만, 실제 난류 발생 가능성은 이 범위를 초과하는 경우가 많다.

Lane 등(2012)은 뇌우 주변에서 보통강도 이상의 난류 발생 위험이 수평으로 70km, 연직으로 3.6km 까지 크게 증가하며, 연직 범위에서는 최대 10배 이 상 위험이 높아진다고 하였다.

Hitchcock 등(2024)은 약 2억 건의 EDR(운항 난 류 보고) 자료와 기상레이더 데이터를 분석한 결과, 20km 이내에서 보통강도 이상 난류가 4배 이상 증 가하며, 에코탑 상부에서는 거리와 관계없이 난류 발생 위험이 높다고 하였다. 특히, 강한 바람과 급변 풍이 있을 경우, 더 먼 거리까지 영향을 미칠 수 있음 을 강조하였다. 이 연구들은 NCT의 영향 범위가 단 순히 FAA가 제시한 거리 기준을 초과하며, 수직적 위험도도 무시할 수 없음을 시사한다.

과학자들의 연구에 따라 FAA는 지침을 지속적으 로 개선해왔다. 대표적인 사례로, 2000년 항공정보 매뉴얼에서 뇌우 상부 1.000ft(약 305m) 위를 비행 하도록 권고했던 항목이, 뇌우 정상부 위에는 안전 한 항공로가 없다는 연구 결과에 따라 삭제되었다.

FAA의 최소 기준은 유용하지만, 최신 연구가 시사 하듯 더 넓은 범위까지 영향을 줄 수 있음을 유의해 야 하다.



* 2012. BAMS. Recent Advances in the understanding of NCT * 2024 WMO AeroMet Sci Conf. Spatial Patterns of Turbulence

[김포공항기상대] 인공강우 실험 항공기 탑승과측 실시

항공기상 합동연구센터와 협업으로 2024년 10월 22일, 11월 14일, 2회에 걸쳐 탑승관측을 실시하였다.

이번 관측에서는 기상항공기에 직접 탑승하여 강원도 상공까지 운항하면서 수행하는 인공강우 실험에 직접 참여하였다.



<인공강우 연소탄 점화>

[울산공항기상대] 항공기상 정보 활용 소통간담회 개최

울산공항기상대는 2024년 10월 7일 공항소 방대 및 지상조업사를 대상으로 항공기상정보 활용 소통간담회를 개최하였다. 간담회에서는 항공날씨 누리집, 모바일 앱 활용법 등을 소개 하였고, 항공기상에 대해 궁금한 점, 기타 건의 사항 등에 관해 논의하였다.



<공항소방대와의 소통가담회>

[무안공항기상대] 항공난류 교육 실시

무안공항기상대는 2024년 7월 24일 국립한 국교통대학교 비행훈련원의 학생조종사와 비행 교수를 대상으로 항공난류 위험기상 교육을 진 행하였다. 이번 교육에서는 학생조종사들이 난 류의 특성을 이해하고 안전 운항 능력을 키우는 데 중점을 두었다



[양양공항기상실] 저고도 항공 기상정보 활용 간담회 개최

양양공항기상실은 2024년 10월 24일, 동해 지방해양경찰청 항공단과 함께 저고도 항공기 상정보 활용 간담회를 개최하였다. 이번 간담 회에서는 항공기상정보 활용과 콘텐츠에 대한 상세한 설명이 있었고, 헬기 운항에 필요한 기 상정보 활용방안 등에 관해 논의하였다



<동해지방해양경찰청 항공단과 소통간담회>

항공기상 예보기술의 집약서 기술노트 5종 발간

항공기상청은 예보의 정확성과 활용도를 높 이기 위해 2024년 하반기에 제주공항 급변풍 기술노트(॥)(9월), 김해공항 남풍 유입에 따른 저운고 및 저시정 예측기술 개발 기술노트(11 월), 3대 주요기상(급변풍, 측풍, 해무) 기술노 트(12월)를 발간했다. 활주로가시거리(RVR) 관

측의 명확한 이해와 관측·예보·장비 담당자의 실무지식 향상을 위해 **활주로가시거리(RVR)** 관측 및 보고 실무 매뉴얼(10월)을 발간했다. 그리고 야간 저고도 운항 지원을 위해 **운량과** 천체력을 반영한 달빛정보 산출 기술노트(12 월)을 발간했다.









안전 비행의 길잡이, 항공기상서비스 홍보책자 발간











2024 12 26(목) Vol. **04**

항공기상라임조



1 SPECIAL THEME

최첨단 기술로 만드는 더 안전한 하늘길

- 항공기상 난류 예측 기술
- 차세대 항공난류 예측 기술

난류를 넘어선 도약, 항공난류 역량 강화의 시작

2 AMO NEWS

항공기상 글로벌 업무협력 및 기술 우수성 입증

항공기상, 혁신과 소통을 통해 국민 곁으로

3 AMO SERVICE

겨울철 맞춤형 기상정보 제공

급변풍 상세정보와 3일 수치예측 제공

더 똑똑해진 '항공날씨앱'

신뢰와 표준화로 비상하는 항공기상 서비스

4 AMO PLUS

알쓸하이

기상대, 기상실 소식

- 김포, 무안, 울산, 양양

항공기상 기술노트 5종 발간

항공기상서비스 홍보책자 발간

항공기상타임즈

발간주기 연 2회(7월, 12월) **발행기관** 항공기상청 (차세대항공기상팀)

© 2024. 항공기상청 All Right Reserved.

최첨단 기술로 만드는 더 안전한 하늘길

한국형 항공기상 난류 예측 기술

항공기상청은 전지구 한국형 항공난류 예측시스템 (Global Korean aviation Turbulence Guidance, G-KTG)을 개발하여 항공예보에 활용하고 있다. G-KTG 시스템은 미 국의 Graphic Turbulence Guidance (GTG) 시스템을 기반 으로 개발하였으며, 항공 난류 예측의 정확성을 높이기 위해 다양한 난류 진단 지수들을 통합하는 특징이 있다. G-KTG 시스템은 청천난류 진단 지수와 산악파 난류 진단 지수들을 EDR(Eddy Dissipation Rate) 규모로 표준화하여 난류 강도를 진단한다. G-KTG 시스템은 기상청 수치예보 모델 개선에 따라 발전을 거듭해 왔다. 2015년 개발 당시 에는 25km 해상도로 시작하여, 2016년 5월 17km 해상 도로 개선하였고, 2018년 6월에는 10km 해상도로 크게 향상시켰다.

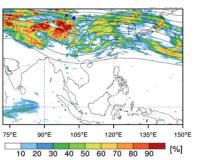
G-KTG 시스템은 현재 항공기상청 누리집에서 서비스 중 이며, 항공 산업에서의 활용성이 높아 국제선을 운항하는 항공사들에 핵심 정보로 자리 잡고 있다.



<한국형 항공난류 예측 시스템> *항공날씨(https://global.amo.go.kr) 일기도/WAFS > 난류예측일기도

차세대 항공난류 예측 기술

항공기상청은 국제민간항공기구(ICAO)의 세계항행계획 (GANP)에 따라 항공기상정보의 입체화, 상세화, 확률화를 목표로 차세대 항공교통 지원 항공기상 기술개발 사업인 나래기상을 추진하고 있다. 이 사업의 난류 탐지 분야에서 는 ADS-B 항공기 관측자료와 고층 관측자료인 라디오존 데를 활용하여 난류를 산출하는 신기술을 개발하고 있다 특히, 라디오존데를 이용한 난류 관측 기술은 항공기가 운 항하지 않는 지역에서도 난류를 정기적으로 탐지할 수 있 다. 향후, 이 기술은 현업에 적용되어 우리나라 공역에서 발 생하는 난류를 실시간으로 탐지하여 예보 현업에 효과적 으로 활용할 수 있을 것으로 기대한다. 또한, 아시아 지역에 서는 난류 발생 가능성을 확률적으로 예측할 수 있는 항공 위험기상 확률예측기술도 개발 중에 있다. 항공난류의 실 시간 탐지와 확률 예측 시스템은 항공로 궤적 기반의 위험 기상을 항공 영향 정보로 제공할 수 있는 핵심적인 기술로 자리매김할 것으로 기대한다.



<차세대 난류 확률예측모델 예시>

난류를 넘어선 도약, 항공난류 역량 강화의 시작

항공기상청은 2024년 6월부터 8 월 사이 총 3회에 걸쳐 **「청천난류 릴** 레이 세미나」를 개최하였다.

첫 번째 세미나는 김진상 총괄예보 관이 실무경험을 바탕으로 청천난류 의 발생 현황과 예보 기법에 대해 공 유했다. 이어 두 번째에서는 항공기 상청장이 난류 발생 메커니즘과 특 성에 대한 심층 강연을 진행하였다 마지막에는 서울대학교 이단비 박사 가 첨단 기술을 활용한 미래 난류 예 측 기술을 소개하였다.

<청천난류 릴레이 세미나>

항공기상청과 항공교통본부는 2024년 7월 26일 인천공항 제2합 동청사에서 항공기 안전 운항기술을 공유를 위한 **'난류 합동 세미나**」를

이번 세미나에서는 △청천난류 발 생 메커니즘과 예측기술 개발 연구 △항공로 상 난기류 정보 수집 및 공 유 방안 △항공교통관제를 위한 통 합 기상정보 지원 방안 등 난류와 관 련된 다양한 주제를 심도 있게 논의



< 난류 합동 세미나>

항공기상청은 항공난류 대응 역 **량 강화**를 위해 2024년 10월 7일 부터 **스터디 그룹**을 운영중이다 이 그룹은 청천 난류(CAT: Clear Air Turbulence)를 잡는 '쥐'라는 의미에 서'MOUSE'라는 별칭으로 10명 내 외의 팀원으로 운영하고 있다.

현재까지 청천난류 사고 사례, 청 천난류 발생 원인과 예측 기술, 대류 구름 주변 난류 등 기본개념과 항공 운항 영향, 미래기술 등에 대해 심도 있게 논의하였다.



<MOUSF 청천난류 스터디:

나래기상기술. WMO 세계무대에 서다!

항공기상청은 지난 2024년 10월 21일부터 25일까지 스위스 제네바에서 열린 세계기상기 구(WMO) 항공기상과학 컨퍼런스에 참가하여 대 한민국 항공기상 기술의 우수성을 세계에 알렸 다. 이번 컨퍼런스는 '변화하는 기후환경에서 항 공 기상 서비스 향상을 위한 과학적 연구 및 개발 을 주제로, 글로벌 항공 기상 전문가들이 한자리 에 모여 최신 연구와 기술을 공유하는 자리이다.

항공기상청은 '나래기상' 연구개발 사업의 주요 성과를 바탕으로 4D 궤적기반 기상정보 제공 기 술, 위험기상 확률예측 기술 등 총 6개의 주제를 발표했으며, 글로벌 항공 기상 서비스의 미래 빌 전 방향을 논의하였다. 특히, 변화하는 기후 속에 서 안전하고 효율적인 항공 운항을 위한 혁신적 기상 서비스 모델을 제시해 참가자들의 큰 관심 을 받았다.



<WMO 항공기상과학 컨퍼런스>

ICAO 아태지역 제28차 기상분과회의 참가

항공기상청은 지난 2024년 7월 8일부터 12일 까지 태국 방콕에서 열린 제28차 ICAO 아태지역 기상분과회의에 참가하여, 기상정보교환체계 전 환과 위험기상 대응훈련 체계 개편에 대한 국제 항공기상 정책을 논의하였다.

회의에서는 새로운 국제표준양식(IWXXM)으 로의 기상정보 교환 체계 전환, 항공화산관측고 시(VONA)와 정량적 화산재정보(QVA) 제공 등을 위한 개선안을 제시하였다.

항공기상청은 중국 항공기상센터 간의 SIGMET 조정 협력 사례를 발표하여, 양국 간의 협력이 ICAO 부속서 3 권고사항을 준수하는 데 중요한 역 할을 하고 있음을 강조하였다. 이 협력 사례는 항 공기 안전운항지원을 강화하기 위해 지속적으로 노력하고 있다는 점에서 국제사회에서 긍정적인 평가를 받았다



ICAO 아태지역 항행계획 및 이행그룹회의 참가

항공기상청은 2024년 11월 25일부터 27일까 지 태국 방콕에서 열린 제35차 ICAO 아태지역 항 행계획 및 이행그룹 회의(APANPIRG)에 국토교통 부. 항공안전기술원, 공군과 함께 참석하였다

이번 회의에서는 항행분야의 5개 분과그룹(공 항운영, 항공교통흐름, 통신·항행, 기상, 지역안전 감시)에서 논의된 결론과 결정안을 종합적으로 검토하고 채택하였다. 기상분야에서는 제28차 기상분과회의에서 논의한 의제와 항공기상 정책 및 기술에 대한 심도 있는 토론이 이어졌으며, 국 제적 현안에 대한 공동 대응 방안을 모색하였다.

특히, 세계항행계획에 기반한 효율적인 항공교 통관리와 항공기 안전운항 지원을 위한 국제기구 의 권고사항들을 검토하고, 이를 국내 정책에 반 영할 구체적인 방안들을 논의하는 중요한 기회가



<ICAO APANPIRG>

겨울철(11월~3월) 안전한 공항 운영을 위한 맞춤형 기상정보 제공

한파 영향정보

7개 공항(인천, 김포, 제주, 무안, 울산, 여수, 양양)을 대상으로의 예상 최저·최고 기온, 최저 체감온도, 그 에 따른 산업분야 위험수준 및 대응요령을 제공한다.

(한파) 내일(3일)은 관심 수준의 한파가 예상되니, 따뜻한 옷과 방한 장구를 착용하시고, 추운 시간대 (새벽) 옥외 작업을 최소화하는 등의 조치를 취하시

제·방빙 정보

인천공항을 대상으로 시간대별 강수형태, 강설 형태, 어는비 가능성 등을 제공한다. 올해 시범서 비스 후, 내년부터 전국공항으로 확대할 예정이다.

차고 건조한 공기가 남하하여 내일 새벽사이(3시 ~5시) 건설 형태의 눈이 내리겠고, 아침(6시~9시) 사이에는 어는비 가능성이 있습니다

서리착빙 정보

4개 공항(인천, 김포, 무안, 울산)을 대상으로 서리착빙 발생 가능성 및 예상 시간을 제공한다.

서리착빙 정보

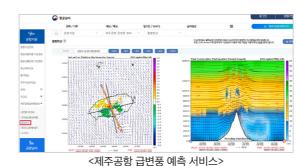
(서리착빙) 내일(12일) 새벽(3~7시) 항공기 서리착 빙이 발생할 것으로 예상되니, 업무에 참고하시기 바랍니다.

급변풍 상세정보와 3일 수치예측 제공

항공기상청은 2024년 10월부터 급변풍 정보(발생 가능성, 예상 발생 시간)를 공항기상정보를 통해 시범 서비스하고, 2025년부터는 정규서비스할 계획이다.

(강풍, 급변풍) 오늘(2일) 오전부터 밤까지 서~북서풍이 평균풍속 15kt 내외, 최대순간 풍속 25kt 내외로 약간 강하게 불겠고, 풍속 차이에 의한 급변풍 발생이 예상됩니다.

또한 2024년 10월 1일부터는 '항공날씨' 누리집에서 제주공항 급변풍 예 측 시범서비스를 시작했다. 이 예측모델은 3일 후까지 예측이 가능하여 항공 사의 효율적인 의사결정을 뒷받침한다.



*항공날씨(https://global.amo.go.kr) 운항지원 > 제주공항 급변풍정보

더 똑똑해진 '항공날씨앱

항공기상청은 2024년 11월 6일 항공 안전과 사용자 편의성을 높이기 위해 '항공날씨앱'의 새로운 서비스를 개시하였다

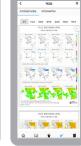
<새로운 서비스>

- 자주 사용하는 메뉴는 하단 단축키로 배치 - 레이더·위성 영상 중첩 표출
- 위성 영상 채널 추가: 합성, 가시, 적외
- 태풍 정보 제공
- LLWAS(저층급변풍경보장비) 관측자료 제공 공항기상정보 제공
- * 항공날씨앱은 구글 플레이 스토어, 앱 스토어에서 다운받으실 수 있으며, 항공날씨 누리집 에서 회원가입 후 사용하실 수 있습니다.









<항공날씨앱>

항공기상, 혁신과 소통을 통해 국민 곁으로

2024년 책임운영기관 서비스 혁신 공유대회 '우수상' 수상

항공기상청은 2024년 11월 21일 개최된 2024년 책임운영기관 서비스 혁신 공유대회에 서 '우수상'을 수상했다. 발표 주제는 「급변풍 사 각지대 해소로 제주공항 사고위험 DOWN! 국민 편의성 UP!」으로, 제주공항 급변풍 탐지 및 예측 기술이 핵심이다.

특히, 급변풍이 자주 발생하는 봄·여름철에 항 공기 안전 운항을 뒷받침하는 기술적 우수성과 실효성이 높다는 평가를 받았다. 이번 수상은 항 공기상청의 혁신적인 기상서비스가 국민 안전괴 편의를 동시에 증진하는 데 기여하고 있음을 입 증했다고 할 수 있다.



<우수상 수상>

톡톡 튀는 생각들. 항공기상청으로 모여라!

항공기상청 주관, 항공기상서비스 대국민 아이 디어 공모전이 2024년 9월 2일부터 30일까지 진행되었다. 이번 공모전은 "항공종사자 맞춤형 기상정보 서비스 개선"을 주제로 참신한 아이디 어들이 쏟아졌다. 총 39점의 아이디어가 접수되 어 1차 예선과 2차 본선을 거쳐 4점의 우수작이 선정되었다. 대상으로는 「천리안 위성 2A호를 활 용한 난류 감시」가 차지하였고, 입상작들은 서비 스 적용 가능성을 검토해 현장에서 활용된다. 지 난해 입상한 「결항 가능성 예보」 아이디어는 현업 수준으로 개발하여, 2025년 항공날씨 누리집에 서 제공할 예정이다



나래기상 사용자 설명회 성황리 개최!

항공기상청은 2024년 9월 11일 ENA호텔에서 차세대 항공기상서비스 사용자 설명회를 성공적 으로 개최하였다. 이 행사는 '차세대 항공교통 지 원 항공기상 기술개발(나래기상)' 사업 성과를 공 유하고 다양한 관계자들의 의견을 듣기 위해 마 련되었다.

이날 설명회에는 국토교통부, 국방부, 항공사, 조종사협회 등 100여 명이 참석하여 차세대 항 공기상서비스의 기술적 방향성을 점검하였다. 이 번 설명회를 통해 미래 항공교통관리 체계 변화 에 대비한 핵심 기술들이 차질 없이 개발되고 있 음을 확인했다



<나래기상 사용자 설명회>

항공교통 안정성과 효율성을 위한

항공기상청은 지난 2024년 8월 「항공교통을 지원하는 맞춤형 기상정보 및 서비스를 위한 아 태지역 가이던스 번역본 을 발간하였다. 이 가이 던스는 아태지역내 항공교통관리를 위한 맞춤형 기상정보 서비스 등 상세한 기상지원 방법을 포 함하고 있다. 이를 통해 항공기상청은 아태지역 내 표준화된 기상정보 서비스를 구현하고, 각국 의 정책과 절차 간 조화를 이룰 것으로 기대한다.

가이더스 번역본 발간



<아태지역 항공교통 지원 가이던스 번역본>

항공기상서비스의 신뢰를 더하다! ISO 품질인증 갱신

신뢰와 표준화로 비상하는 항공기상 서비스

ICAO는 항공기상 서비스의 품질관리를 위해 체계적인 인증을 받도록 규정하고 있다. 이에 항 공기상청은 2024년 10월 15일, 국제표준에 부 합하는 ISO 품질경영시스템 인증(인층기관: 한국 생산성본부)을 성공적으로 갱신하였다. 이로서 항공기상청의 품질관리 시스템이 국제기준에 부 합함을 공식적으로 인정받게 되었다



<ISO 품질인증서>

ICAO ANNEX 3 국영문 혼용판 발간

항공기상청은 2024년 8월 23일, ICAO ANNEX (부속서) 3(국제항공항행을 위한 기상서비스)의 제 81차 개정(2024.11.28)에 앞서 국영문 혼용본을 만들어 배부하였다. 이로써 항공 관계자들이 국제 기준을 보다 쉽게 이해하고 적용할 수 있게 되었다. * 개정내용: 기상정보의 SWIM(항공정보관리체 계)기반 교환과 디지털 형식 이행 권고





METEOROLOGICAL SERVICE FOR

<ICAO ANNEX 3 81차 개정>