

春号



空のしおり

No.29

2019.3.29

Narita Aviation Weather Information Magazine



発行
成田航空地方气象台



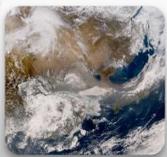
Topics

- ・「今冬の成田空港の降雪について」



Column 空もよう

- ・「地球温暖化による航空分野への影響と対策」



Column 空もよう

- ・～黄砂について～



Explanation

- ・成田空港の気候（2018～2019冬）



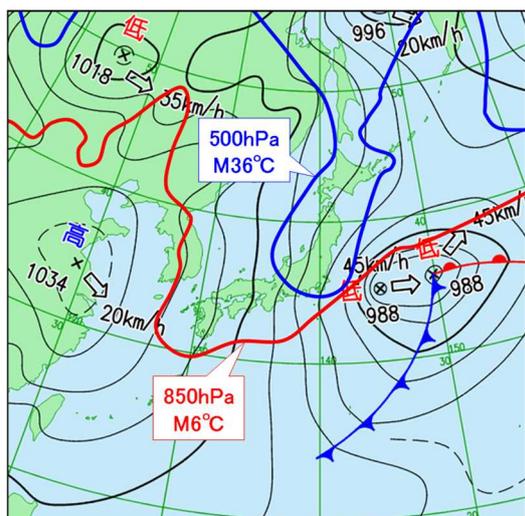


今冬の成田空港の降雪について

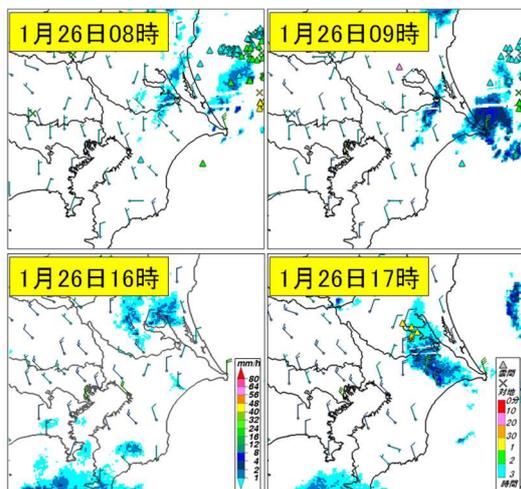
成田空港では、2019年1月26日、1月31日、2月9日、2月11日に降雪が観測されました。1月30日と2月8日には降雪に関する説明会が開催され、2月9日と2月11日には飛行場大雪警報が発表されました。今回はこの4つの雪の事例について紹介します。

1. 2019年1月26日の事例

1月25日に小低気圧が山陰沖から北陸沿岸に進み、内陸で一旦不明瞭となり、26日



地上実況天気図 (1月26日 21時)

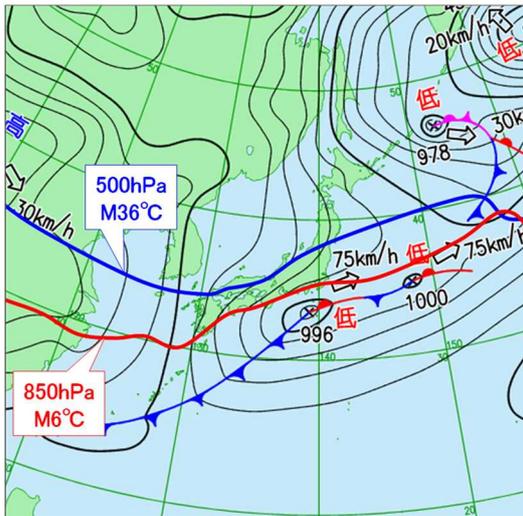


レーダーエコー・アメダス (風) ・雷実況図

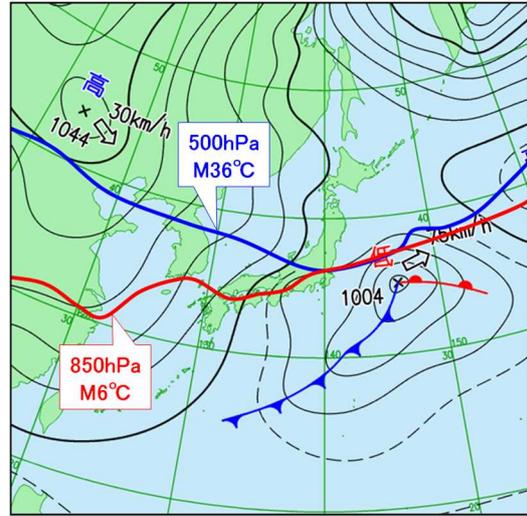
朝に関東の東で再び明瞭化した小低気圧の影響で成田空港では08時00分～09時30分にかけてみぞれや雪となりました。発着便数の少ない朝の一時的な雪で積雪もなく、この降雪による運航への影響は出ませんでした。しかし、発着便数の多い夕方の17時30分～18時30分にかけて再び雪となり、航空機に薄っすらと雪が積もったため、欠航12便 (到着2便、出発10便) やダイバート2便、遅延などの影響が出ました。この雪は上空寒気の流入により大気の状態が不安定となっていたため、16時過ぎに茨城県で急速に発達した積乱雲が雷を伴って成田空港付近に進み、降雪をもたらしました。予想では、大気の状態が不安定であったため、空港周辺で積乱雲の発生により雷や雪の可能性はありましたが、積乱雲の発生場所や雷発生の有無の予想は非常に難しく、气象台では空港周辺で積乱雲が発達し、発雷を観測した後の16時30分に雷に関する飛行場気象情報を発表し、予報を修正しました。

2. 2019年1月31日の事例

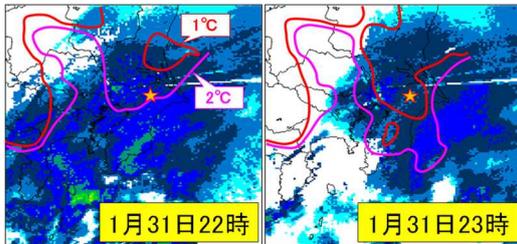
1月31日朝に東シナ海から東海沖にのびる前線上に低気圧が発生し、31日夜から2月1日朝にかけて関東の南岸を通過しました。成田空港では前線や低気圧の影響で31日17時頃から雨が降り、気温が2℃以下に低下した22時頃からみぞれとなり、1℃以下となった23時頃からは雪に変わって、1日01時30分まで降り続き、23時に1cm、24時に2cmの積雪を観測しました。气象台



地上実況天気図（1月31日21時）



地上実況天気図（2月9日21時）



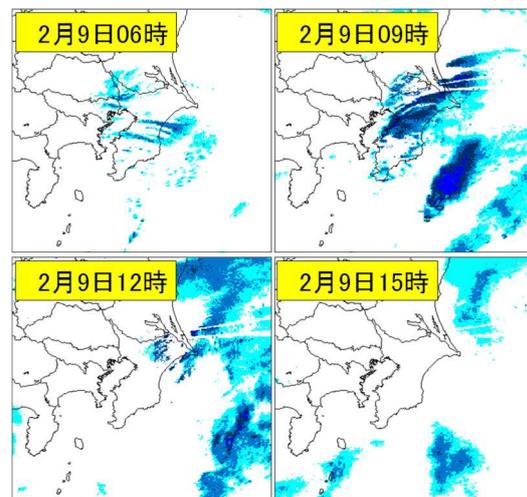
レーダーエコー・アメダス（気温）実況図

では、31日夜の雪に対する注意を喚起するため、31日09時23分に大雪に関する飛行場気象情報（3 cm/6 時間）を発表し、20時10分に解除しました。この降雪により欠航2便が出ました（ダイバートは0便）。前日に開催された降雪に関する説明会では大雪警報の可能性も示唆していましたが、成田（図中の☆印）の気温の低下が予想より遅れたため（予想では21時で1°C以下）、大雪警報級の降雪量（5 cm/6 時間）までには至りませんでした。

3. 2019年2月9日の事例

2月9日朝に関東の南岸を低気圧が通過した影響で、成田空港では9日02時頃から10日03時30分頃まで断続的に雪が降

り、9日05時からは積雪状態となって、9日12時には最大6 cmの積雪を観測しました。気象台では、前日の17時30分から大雪に関する飛行場気象情報を発表して注意喚起を行い、降雪が強まった9日09時16分から13時06分にかけて大雪警報を発表し、21時05分に大雪に関する飛行場気象情報を解除しました。この降雪により、欠航90便（到着35便、出発55便）が発生するなど、大きな影響がありました（ダイバートは0便）。前日に開催された降雪に関する説明会では、9日朝から夜にかけて7cmの降雪量を予想しており、大雪警報発

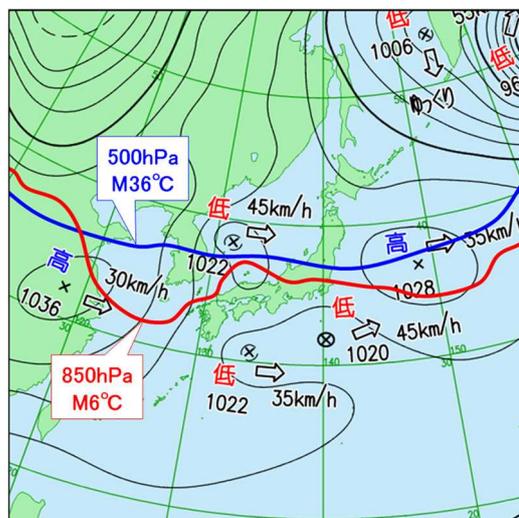


レーダーエコー実況図

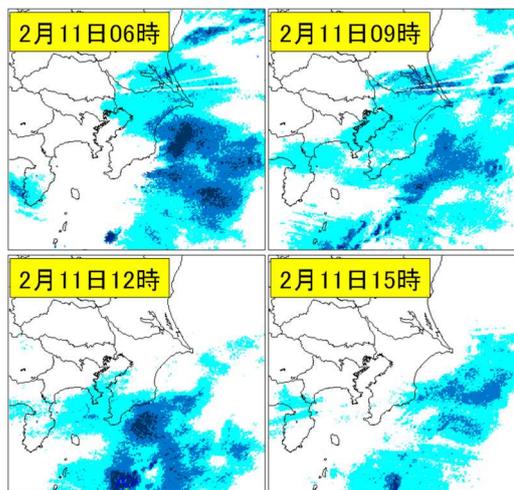
表の可能性にも言及して警戒を呼び掛け、概ね予想通りの結果となりました。

3. 2019年2月11日の事例

2月11日朝、関東の南海上に低気圧が発生し、夜にかけて東進しました。この低気圧の北側の関東の沿岸部に北東風と南東風の収束域が発生し、降水をもたらす雲が発達しました。この影響で、成田空港では11日03時過ぎから10時頃にかけて雪となり、06時から積雪状態となって、09時には最大6cmの積雪を観測しました。気象台では10日05時18分に大雪に関する飛行場気象情報を発表し、降雪が強まった07時27分から11時05分にかけて大雪警報を発表しました。この降雪により、欠航34便（到着17便、出発17便）が出ましたが（ダイバートは0便）、日中の昇温により積雪状態が長引かなかったため、9日ほどの影響は出ませんでした。気象台では運航に大きな影響が予想される場合は、降雪に関する説明会を開催していますが、前日の段階では警報までの降雪量の予想はしていませんでした。前日の予想資料では、低気圧の北側の収束域の位置が成田より南にあって、強い降雪は陸地にかからず海上主体と考えていたためでした。



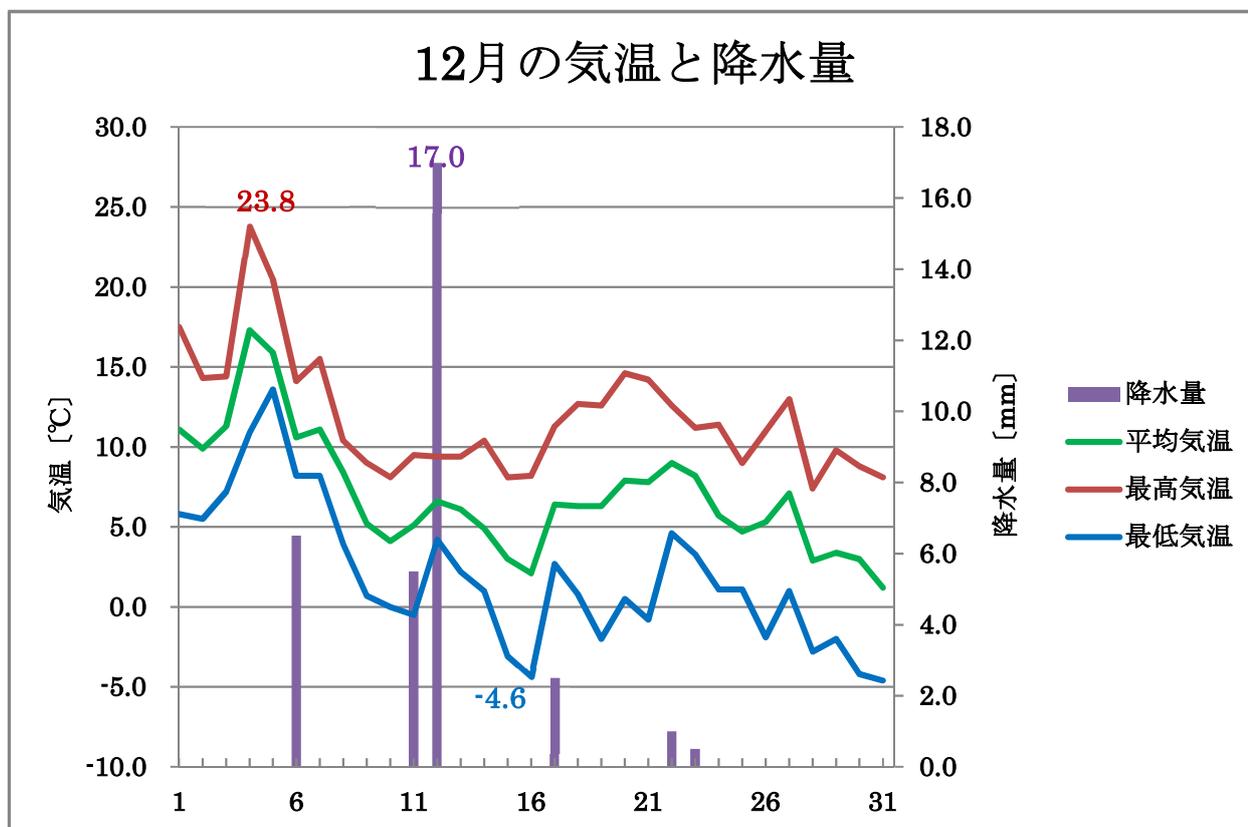
地上実況天気図（2月11日09時）



レーダーエコー実況図



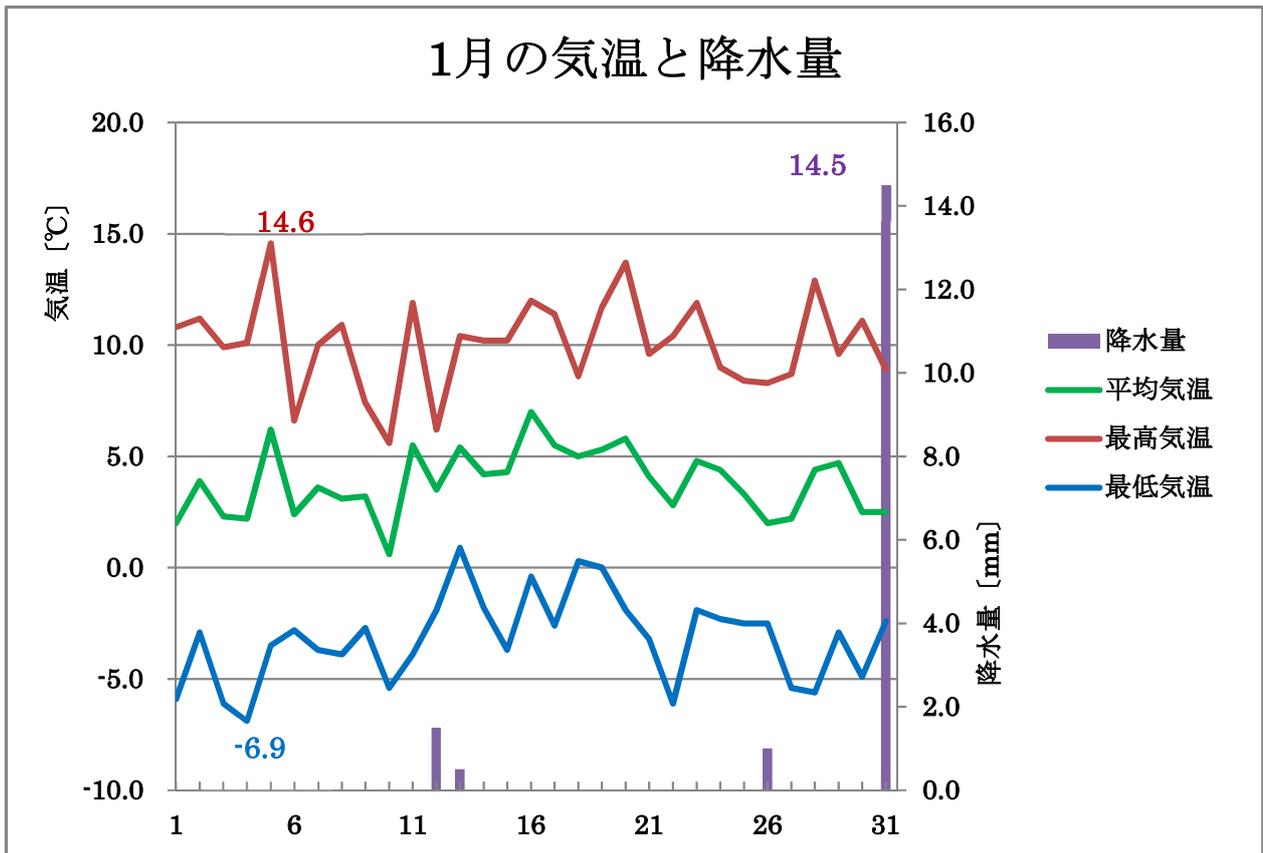
成田空港の気候 2018～2019冬



概況

寒気の南下が弱く暖かい空気に覆われる日が多かったため、北日本以外は気温が高かった。北日本は寒暖の変動が大きく、月平均気温は平年並だった。4日は日本海の低気圧に向かって南から暖かい空気が流れ込んで全国的に季節外れの暖かさになり、全国の観測点 926 地点のうち 352 地点で 12 月として最も高い気温を観測した。

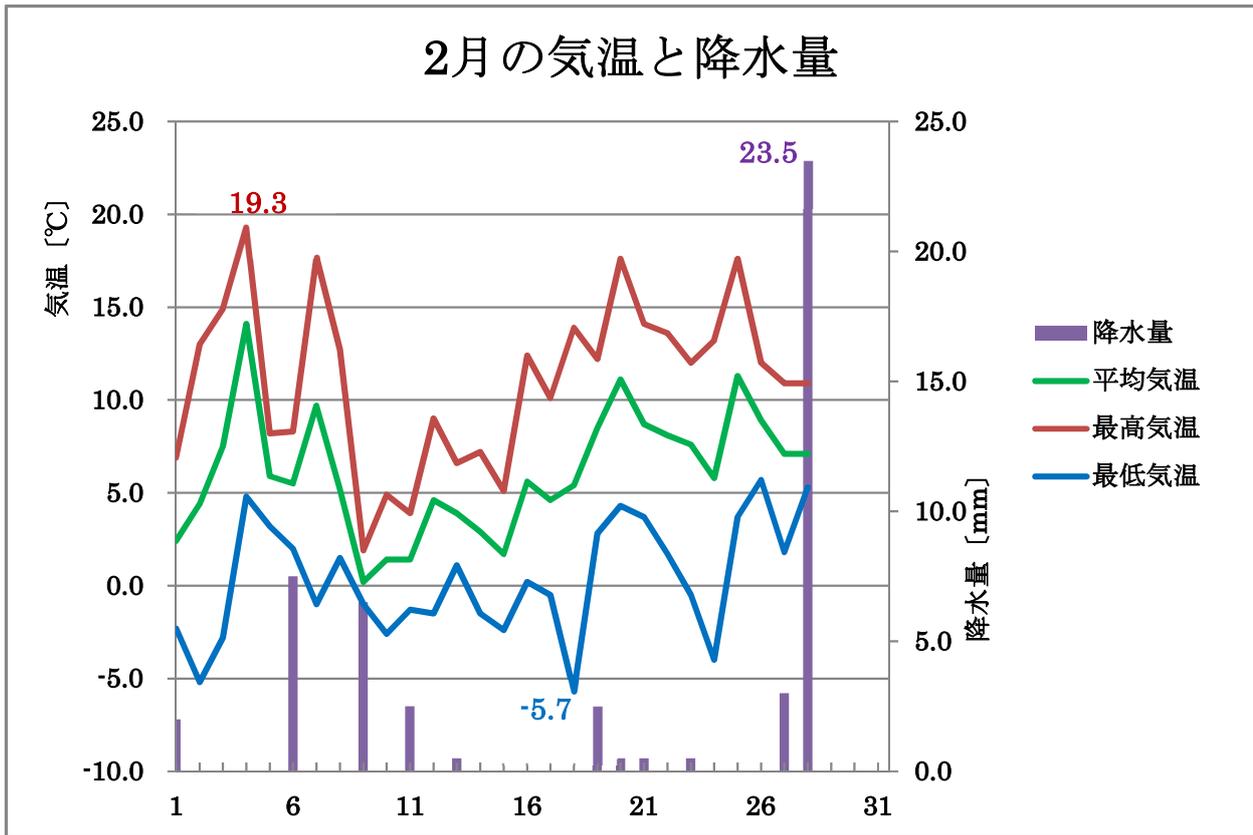
成田空港でも 4 日に月の極値順位 3 位となる日最高気温の高い値 23.8℃を観測した。また 5 日にも月の極値順位 2 位となる日最低気温の高い値 13.6℃を観測した。天気は、全国的に概ね数日の周期で変化した。日本付近を高気圧と低気圧が次々に通過したが、東日本太平洋側と西日本は高気圧に覆われることは少なかった。冬型の気圧配置になることも少なく、晴れた日が 12 月としては顕著に少なかった。なお、月末は強い冬型の気圧配置が続いたため、27～30日は北・東日本の日本海側を中心に暴風雪や大雪となった所があった。



概況

北日本では冬型の気圧配置となりやすかったため、日本海側では曇りや雪の日が多かったが、強い寒気が南下したのは一時的で、降水量や降雪量は少なかった。

東・西日本では、高気圧に覆われた日が多く、低気圧や湿った空気の影響を受けにくかったほか、日本海側では寒気の影響も受けにくかったため、降水量は少なかった。全国的に月のはじめと終わりには、一時的に冬型の気圧配置が強まり、広い範囲に寒気が流れ込んで、大雪となった所もあったが、東日本以南では、総じて暖かい空気に覆われやすく、寒気の流れ込みは弱かったため月平均気温は東・西日本で高かった。成田空港でも月の極値順位 8 位となる日平均気温の高い値 3.8℃を観測した。



概況

北日本では冬型の気圧配置となりやすく、日本海側では曇りや雪の日が多く、太平洋側は晴れた日が多かった。また、発達した低気圧や湿った空気の影響を受けにくかったため、月降水量は少なく、月降雪量はかなり少なかった。

また、東日本の日本海側は月降水量がかなり少なかった。冬型の気圧配置は長続きせず、低気圧や前線の影響を受けやすかったため、平年では晴れの日が多い東・西日本の太平洋側では月間日照時間が少なく、九州南部では月降水量が多かった。成田空港では9日に月の極値順位6位となる日最高気温の低い値1.9℃を観測した。また、1日には2cmを、9日と11日には最大6cmの積雪を観測した。

注) 本統計に用いたデータは、成田空港の航空気象観測値整理表の値(統計期間: 1972年7月～2019年2月)を使用しました。



地球温暖化による航空分野への影響と対策

地球温暖化は猛暑・豪雨の増加など異常気象を通じて社会に大きな影響を及ぼすとともに、温室効果ガスの排出制限、引いては原子力発電まで関係する大きな社会的課題となっていますが、航空分野ではどのような影響が有り得るのでしょうか？ 温暖化に伴う環境変化が航空分野に及ぼす影響を各側面から見てみましょう。

航空分野への影響

■ 気温の変化

温暖化の結果として、地上気温が上昇します。気温上昇は一般に陸域で、そして高緯度ほど大きくなります。また、地上だけでなく対流圏全体で上昇する一方、成層圏では逆に低下傾向となります(図1a)。

航空機は翼の揚力によって、飛行しますが、揚力Lは以下の式で表されます。

$$L = \rho V^2 S C_L$$

- C_L : 揚力係数
- ρ : 流体の密度
- V : 物体と流体の相対速度
- S : 物体の代表面積
- R : 気体定数

理想気体を仮定すれば、大気密度は気圧が一定なら温度に反比例しますので、以下の関係が成り立ちます。

$$L \propto \frac{PV^2}{T} \frac{SC_L}{R}$$

従って、例えば、気温17°C (290K) が5°C上昇し、23°C (295K) に上がった場合、Lは290/295=0.983倍、即ち2%弱の低下となります。これを補うためには、機体の改良によって揚力を増すか、または速度を(295/290)^{1/2}=1.0086、つまり0.8%増しにする必要があります。

なお、気温が上昇すると空気中に含まれる水蒸気量も一般に増すと考えられますが、気象条件次第で大きく変動します。

この気温上昇に伴う空気密度の低下による揚力低下の評価について、日最高気温の時間帯で離陸時の最大積載量制限が10-30%のフライトで必要となるとの結果も報告されています(Coffel et al, 2017)。

■ ジェット気流の変化

ジェット気流は対流圏上層を流れる強い偏西風であり、東向きに飛行する場合は、ジェット気流に沿って飛行することにより飛行時間を短縮し、燃料消費を抑

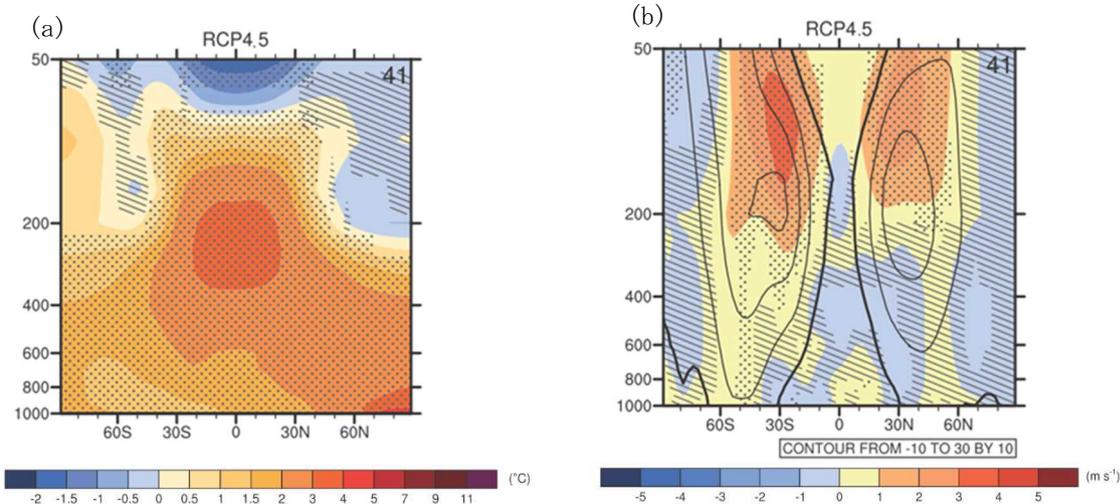


図1 温暖化予測実験(RCP4.5)による温暖化に伴う年平均気象要素変化(温暖化時(2018-2100年平均)-現在気候(1986-2005年平均))の带状平均した高度(気圧)-緯度断面 (a)気温、(b)東西風速、但し、西向きを正とし、等値線は現在気候における風速を示す。

える事が出来るし、逆に西向きに飛行する場合は、ジェット気流を避け、燃料ロスを抑える必要があります。一般に、運航計画立案において、ジェット気流の状況を把握することは重要なファクターですので、温暖化に伴って予想される変化を把握しておくことは重要です (Williams, 2015)。

では、温暖化によって、ジェット気流はどう変化するか、年平均の帯状平均での予測結果が図 1b です。

図 1a に示されたように気温上昇は熱帯域の対流圏上部で特に顕著でそのため、その極側との気温傾度が大きくなり、より極側で風速が増大しています。特に対流圏での変化に注目すると緯度 45 度～60 度付近で風速が増大し、現在気候の強風軸に比べ、極域側に少しシフトする傾向となっています。

以上は時空間的な平均場でのジェット気流の変化ですが、実際に航空機の運航を考える場合はジェット気流の蛇行を含めた空間分布の変動実態の変化を把握することも重要です。

2019 年 1 月末、北アメリカでは猛烈な寒波に見舞われました。これは北極域上空の極渦と呼ばれる寒気渦が分裂して南下したことが原因です。この過程に応じてジェット気流も大きく蛇行しており、運航ルートの検討ではこの事を考慮することが必要となりますが、温暖化によるジェット気流の弱まりに伴い、極渦が不安定化し、極渦の分裂・南下が起りやすくなるとの見方もあります。

■ 晴天乱流 (CAT) 出現傾向の変化

航空機の揺れの原因として晴天乱流 (CAT) が知られています。これは山岳波やジェット気流周辺のシアに伴って発生し、その検出・把握は航空機運航において重要な課題であり、また、その予測は航空気象において空域予報として重要な業務となっています。

近年、温暖化予測実験の結果から、温暖化に伴う CAT の発生変化について幾つ

か研究が報告されています。

Storer et al. (2017) は英国気象局ハドレーセンターによる温暖化予測結果 (強い温暖化条件 RCP8.5) を用いて、温暖化時 (2050-2080) の予測実験結果と温暖化以前の条件下での現在気候実験結果を 20 個の CAT 発生に関する診断指数について評価を行い、両半球中緯度において温暖化時に CAT が大きく増加する可能性があることを示しました。なお、上記において診断指数と表現した理由は、温暖化予測実験で用いられる予測モデルの空間分解能では CAT の原因となる 0.1-2.0km スケールの変動を直接には表現できないため、モデルでの値から診断することになるためです。

さらに、最近、Watanabe et al. (2019) は d4PDF という大規模な温暖化予測実験結果を用いて、CAT 発生診断のための幾つかの指数の評価によって CAT 発生変化を調査し、地域性、季節特性について詳しい評価を行いました。その結果、ある指数では北太平洋域では現在の発生高頻度域の南縁に沿って CAT 発生の減少が予測され、また別の指数では高頻度域の外側で CAT 発生が増加すると予測されるなど、予測結果にばらつきが見られるものの、温暖化に伴う影響評価として、このような CAT 発生の予測研究のさらなる発展が期待されるようです。

■ 天候出現傾向の変化

温暖化の影響は高緯度ほど大きく現れます。特に冬季の寒冷地では温暖化に伴って、水蒸気量が増加するため、機体への着氷の頻度が増すことが懸念されます。

また、降水がある場合には短時間での大雨となる傾向が高まり、滑走路面の排水が悪い場合は冠水の可能性が高くなります。

考えられる対策

では、このような温暖化に伴って予測される様々の影響を軽減するためにどのような対策があるのでしょうか？

まず、温暖化の対策は緩和策と適応策に分けられます。緩和策はCO₂排出削減によって温暖化を弱めることにより、一方、適応策は温暖化を前提に温暖化した環境に適応することにより社会への影響を小さくするという施策です。

航空分野における緩和策として、空港施設でのCO₂排出量削減と航空機運航に伴うCO₂排出量削減が取り組まれています。

前者については、成田空港株式会社(NAA)は国際空港評議会(ACI)による空港カーボン認証プログラムレベル3を2018年11月に取得して取り組みを進めています。

後者については、航空機も主要な炭酸ガス(CO₂)排出源であることから国際民間航空機関(ICAO)で合意された削減目標

(①燃料効率年2%改善、②2020年以降、温室効果ガス排出を増加させない)に向けた対応を進める必要があります。主な対応としては、①新技術導入(新型機材開発)、②運航方式改善、③バイオ燃料活用、④市場メカニズム導入が挙げられますが、日本では2016年に市場メカニズムを活用した全世界的な排出削減制度への参加を決定しています。

適応策として考えられる対策は、既にジェット気流の変化のところでも述べたように、気象予測結果をフルに活用し、より高い効率化を目指すこと、また、気温上昇に伴う空気密度低下による揚力減少に対応し、積載重量を落として運航すること、離発着の時間帯として気温の高い時間帯を避けること、長い滑走路を利用することなどが考えられます。

参考資料

IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change

Williams, P. D., (2015). Transatlantic flight times and climate change. Environmental Research Letters, 11

Storer, L. N., Williams, P. D., and Joshi, M. M. (2017). Global response of clear-air turbulence to climate change. Geophysical Research Letters, 44, 9976–9984.

Coffel, E. D., Thompson, T. R., and Horton, R. M. (2017). The impacts of rising temperature on aircraft takeoff performance. Climate Change, 144, 381–388.

Storer, L. N., Williams, P. D., and Gill, P. G. (2018). Aviation Turbulence: Dynamics, Forecasting, and Response to Climate Change, Pure and Geophysics

Watanabe, S., Fujita, M., Kawazoe, S., Sugimoto, S., Okada, Y., Mizuta, R., and Ishii, M. (2019). Frequency Change of Clear-air Turbulence over the North Pacific under 2 K Global Warming – Ensemble Projections using a 60-km Atmospheric General Circulation Model, Journal of Meteorological Society of Japan, 97

国土交通省航空局航空戦略課 Press Release（平成 28 年 9 月 20 日）「国際航空分野の温室効果ガス排出削減制度への参加を決定」

海洋研究開発機構 Press Release（平成 31 年 3 月 12 日）「地球温暖化が北太平洋上空の乱気流分布に大きな変化をもたらす - 急増を続けるアジア太平洋の航空交通に影響? -」





空もよう

～黄砂について～

春になると、春霞という言葉を使い浮かべる人も多いかと思います。春霞とは、寒い冬が終わり春になって暖かくなると、遠くの間々などの景色がもやがかかった様にぼんやり霞んで見えにくくなる現象です。しかし、春になって遠くが霞んで見えるのは春霞のためだけではなく、大陸から飛来する黄砂の影響もあります。今回は、この時季に多い黄砂についてお話しします。

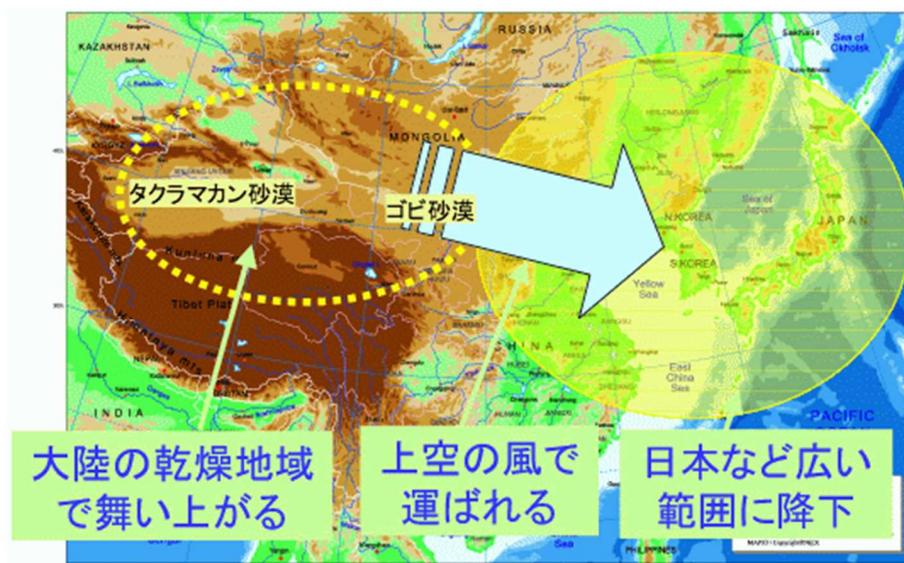
黄砂とは、東アジアの砂漠域（ゴビ砂漠、タクラマカン砂漠など）や黄土地帯から強風により大気中に舞い上がった黄砂粒子が浮遊しつつ降下する現象をいいます。日本における黄砂現象は、時には空が黄褐色になることがあります。

黄砂現象発生の有無や黄砂の飛来量は、発生域の強風の程度に加えて、地表面の状態（植生、積雪の有無、土壌水分量、地表面の土壌粒径など）や上空の風の状態によって大きく左右されます。黄砂粒子はいったん大気中に舞い上がると、比較的大きな粒

子（粒径が10マイクロメートル以上（1マイクロメートル=0.001ミリメートル））は重力によって速やかに落下しますが、小さな粒子（粒径が数マイクロメートル以下）は上空の風によって遠くまで運ばれます。例えば、東アジアが起源の黄砂粒子が太平洋を横断し、北米やグリーンランドへ輸送されたことも報告されています。

なお、地表付近の黄砂の濃度が高くなると、洗濯物や車の汚れなどのほか視程が悪化することで航空機の離着陸等の交通流に影響が生じることもあります。

黄砂の観測日数の平年（黄砂の観測を続けている気象官署59地点について、黄砂現象が観測された日数を月別に集計した1981年から2010年までの30年の平均値）は、年間24.2日で、3月から5月の3ヶ月間で19日間と春の時季が1番多く、特に4月は9日間あります。



黄砂解説図

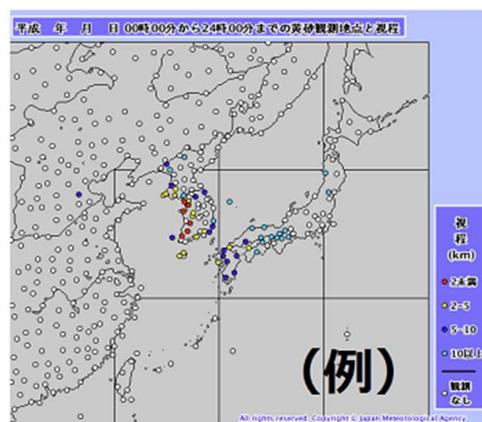
黄砂情報の利用の仕方

気象庁ホームページの黄砂情報の基本的な利用の仕方について紹介します。

黄砂の実況を確かめる

<http://www.jma.go.jp/jp/kosa/>

黄砂観測実況図を見て、その日の図の更新時間までの間に、黄砂の観測を通報した地点や、どの地点で視程が悪化していたのかを確かめることができます。過去の実況図と合わせて見れば、黄砂を観測した地点がどのように変化してきたかが分かります。

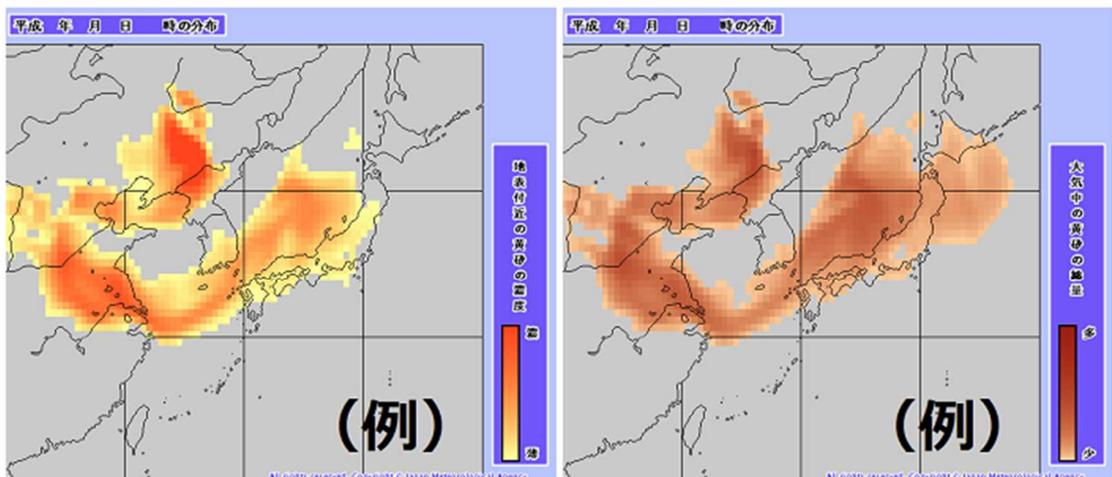


黄砂観測実況図の例

黄砂の分布を確かめる

<http://www.jma.go.jp/jp/kosafcst/>

黄砂分布図は、地表付近の黄砂濃度や大気中の黄砂の総量の分布を、黄砂の数値予測モデルで計算したもので、00、03、06、09、12、15、18、21時の3時間ごとの最新の分布を見ることができます。



黄砂分布図の例

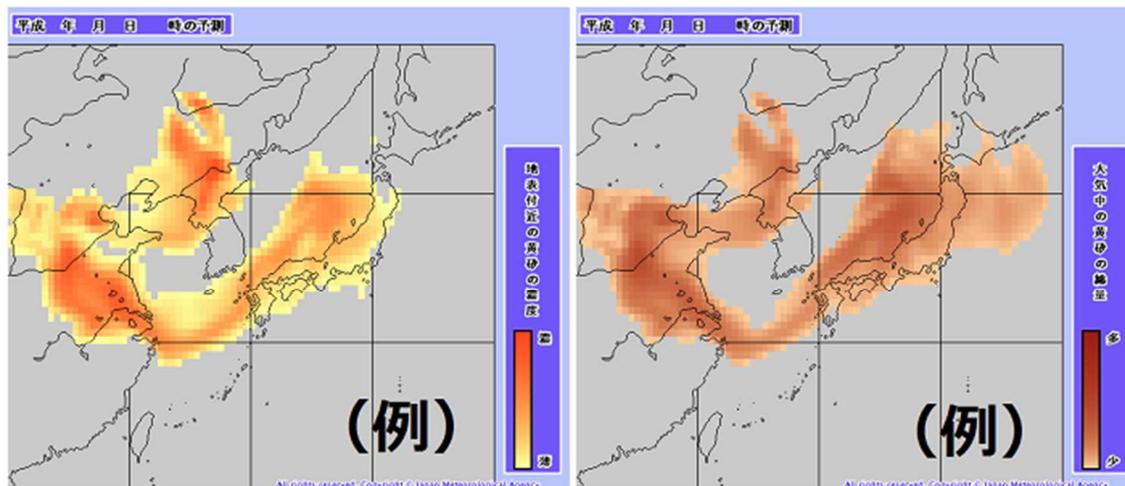
(左が地表付近の黄砂の濃度の分布図、右が大気中の黄砂の総量の分布図)

黄砂の予測を確かめる

<http://www.jma.go.jp/jp/kosafcst/>

黄砂予測図は、この先の地表付近の黄砂濃度や大気中の黄砂総量の分布を、数値予測モデルで計算したもので、4日先までの03、09、15、21時の予測図を見ることができます。

地表付近の黄砂濃度予測図と大気中の黄砂総量予測図を組み合わせることで、上空に黄砂が予測される場所が分かります。



黄砂予測図の例

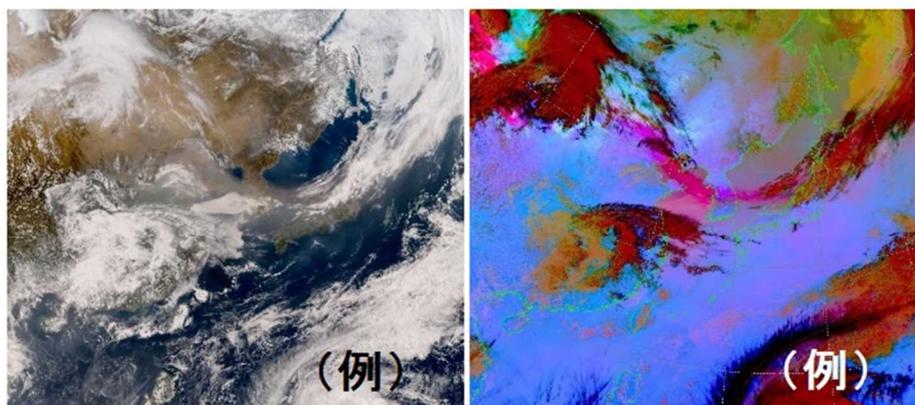
(左が地表付近の黄砂の濃度の予測図、右が大気中の黄砂の総量の予測図)

また、黄砂の分布を直観的に把握しやすくするため今年の1月29日(火)から「ひまわり黄砂監視画像」の提供を開始しています。

気象庁は、地方自治体や住民の皆様が効果的に黄砂対策をとることができるよう、気象衛星ひまわりによる「ひまわり黄砂監視画像(トゥルーカラー再現画像、ダスト画像)」を1時間ごとに提供しています。この画像は、動画でも確認することができます。

トゥルーカラー再現画像は、人間の目を見たような色合いを再現するカラー画像です。日中、茶色に広がる黄砂の領域を直観的に把握することが可能です。

ダスト画像は、24時間連続的に利用可能で、黄砂はマゼンタ色(赤紫色)で表現されます。



ひまわり黄砂監視画像の例

(左がトゥルーカラー再現画像、右がダスト画像)

<http://www.data.jma.go.jp/gmd/env/kosa/himawari/>

気象台からのお願い

『空のしおり』ご愛読感謝申し上げます。

掲載データ等の利用について、以下の2点に注意してください。

1. 掲載される文書等を複製し、第三者へ提供することは禁じます。
2. 掲載されるデータ等を利用する場合は「出典：成田航空地方気象台」を明示して下さい。

編集後記

平成という時代が終わろうとしています。1989年1月8日から始まった平成は、来る2019年4月30日に幕を閉じることになります。次の元号は何になるのでしょうか。

平成という時代はWindows95の発売を始め、電子機器関連の話題が多く、飛躍的に発展したような気がします。

気象庁は大型電子計算機を日本の官公庁では最初に導入し、数値予報を開始した先進的な組織でありましたが、平成初期の頃は、数十人で1台のワープロを共有するなど事務作業は紙が中心でした。

平成元年は平成この様なゴム印で、昭和の文字が印刷された膨大な量の用紙の修正作業を1日中行った事を思い出します。

今では、殆どの書類は電子化されているため、「平成」の文字を検索すると、一瞬にして新元号に変更する事ができるでしょう。

私が子供の頃に見ていた特撮テレビ番組の劇中に登場する、ウルトラ警備隊の「ビデオシーバー」と同じような（それ以上）機能のスマホやタブレットにより、何処にいても多種多様な情報を得ることが出来ます。

気象庁ではスマホ等を利用してより有効でわかりやすい気象情報を発信し、被災するおそれがある時には、積極的に避難行動を取ってもらえるような情報提供の方法を検討しています。

次の元号が変わるころには、国民の命が失われないよう、万全な防災対策が取られていることを祈るばかりです。(む)