日本気象学会
東北支部だより
第94号
2022年3月
https://www.metsoc.jp/tohoku/
〒983-0842 仙台市宮城野区五輪一丁目3番15号
仙台第3合同庁舎　仙台管区気象台内
（公社）日本気象学会東北支部

TOPIC

気象庁天気図の歴史について

永山 隆治（仙台管区気象台気象防災部予報課長）

気象庁では、テレビの解説や新聞の天気欄、船舶や航空機の安全運航等に利用していただくことを目的として、実況天気図をはじめ、予想天気図や高層天気図等、さまざまな天気図を提供しています。

天気図を物理的に説明するならば、気圧に注目した等値線解析図です。中緯度では、等圧線で表現される擾乱構造が、特徴的な天気分布を伴って移動します。そのため、気圧の分布を解析することは、天気の移り変わりを説明するのに適した手法なのです。

天気図は予報業務に関わるプロフェッショナルだけでなく、広く一般の人にも親しまれています。本稿では気象庁における天気図の歴史についてご紹介します。

我が国の気象業務の出発は、1875年（明治8年）6月1日の東京気象台の定常観測開始に遡ります。発足当時の東京気象台はわずか10名足らずで、お雇い外国人の指導のもとで業務を開始しました。日本で初めての天気図が配布されたのは、それから約8年後の1883年（明治16年）3月1日のことでした。作成したのはドイツ人のエリヴィン・クニッピングです。

図1はそのときの天気図です。等圧線は水銀柱の高さを用いた単位で示されていて、1気圧は760mmHgです。地上の観測はまばらで、東北地方では仙台、秋田、青森だけ。そのため、解析された等圧線は2本だけで、まずは解析を始めてみた、といったところでしょうか。その後、観測データが増えるにしたがって、徐々に天気図らしくなってきます。図2は1922年（大正11年）の天気図です。

図1　日本で最初の天気図（1883年3月1日）

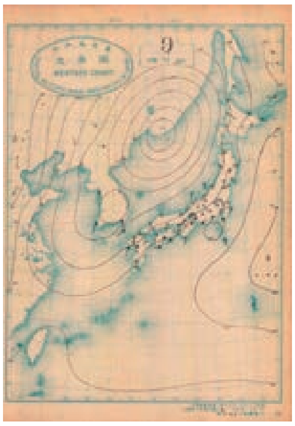


図2　1922年（大正11年）5月9日の天気図

1934年（昭和9年）は室戸台風が関西地方を中心に大きな災害をもたらしました。1934年9月21日、高知県室戸岬付近に上陸した台風は、室戸岬測候所の観測で、気圧は911.6hPa、最大風速は60メートルを記録しました。被害は関西を中心に死者役2700人、行方不明者役300人に及びました。図3は1934年9月20日午後6時と、12時間後の21日午前6時の天気図です。21日午前6時の天気図では、西日本の観測点のデータがほとんど記入されていません。右下の「天気概況」欄を見てみると、「本邦西部ハ通信途絶シ状況ハ不明デス」と書かれており、猛烈な雨と風によって観測施設や通信網が被害を受けたことが分ります。

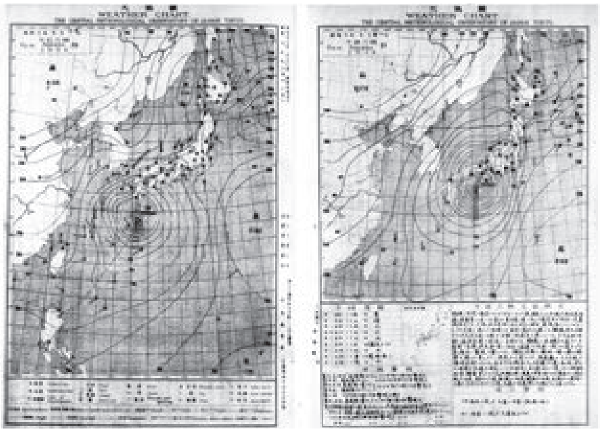


図3　室戸台風　通過前後の天気図

1941年（昭和16年）11月末から、天気図は軍事機密扱いとなり、ラジオの天気予報放送も禁止されました。図4の太平洋戦争が開戦した1941年（昭和16年）12月8日の天気図を見ると、左上に「極秘」の判子が押されています。

第二次世界大戦の終戦を迎え、天気図の公開が再開されました。1945年12月から、気圧の単位がmmHgからmb（ミリバール）に変更されました。また、この頃

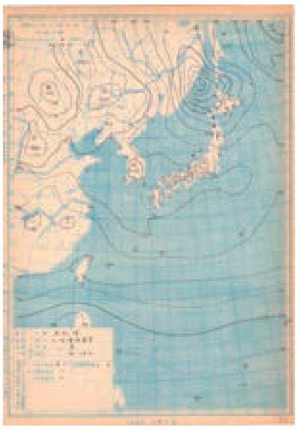


図4　1941年（昭和16年）12月8日の天気図

から、20世紀初頭にノルウェーで活躍した気象学者たちが提唱した天気図表現に沿って、温暖前線や寒冷前線の解析が始まったようです。北欧流天気図様式は、現在でも多くの国々で採用されているものです。日本に初めて紹介されたのは、1922年（大正11年）、ノルウェー留学から帰国した藤原咲平（第五代中央気象台長）によるものと言われており、これがようやく実際の業務でも定着したのです。ただし、当時は気象衛星も数値予報モデルもなかったために、前線の解析は作業者の想像で補うしかありませんでした。

1959年（昭和34年）、当時、世界第一級の電子計算機であったIBM704が気象庁に導入され、数値予報時代の幕が上がりました。図5は1964年（昭和39年）10月10日、東京オリンピック開会式の日の天気図です。前線のカーブなどがかなり現在の表現に近づいてきたことが分ります。

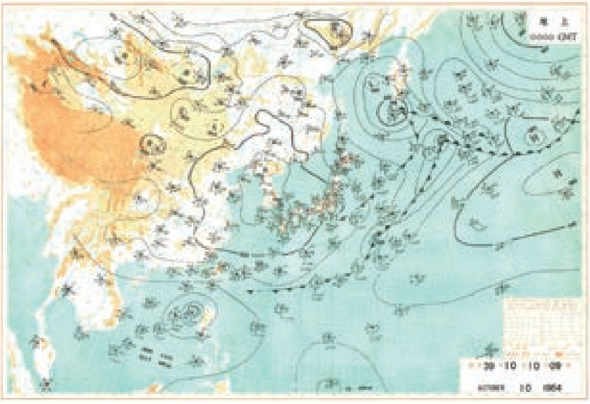


図5　1964年東京オリンピック開会

図6は、1975年（昭和50年）ごろの天気図解析の様子です。作業者の目の前には数値予報の予想資料が貼りだされています。当時のコンピュータでは画像をそのままプリントするわけにはいかず、連続紙に濃淡様々な文字を印刷して等圧線を表現していました。作業者はこれを見ながら、頭の中で上空のトラフの位置をイメージして、地上の低気圧の発達を判断しています。天気図は大きな紙に鉛筆で描かれています。一生懸命解析した等圧線を、上司にダメ出しとともに消しゴムでゴシゴシ消されて、やり直しになることもあったそうです。

図6　1975年頃の天気図解析作業

作業者の左にはアジア太平洋領域の地上観測（SYNOP）がプロットされて貼りだされています。当時は入電する観測電文を解読する人、それを地図上にプロットする人、最後に等圧線解析をする人と、分業で作業していたようです。

1977年（昭和52年）7月14日、気象衛星ひまわり1号がケネディ宇宙センターから打ち上げられました。図7は1981年頃の解析の様子です。これまでの資料に加えて衛星画像が作業者の目の前に貼りだされています。大きなプリント写真をそのまま使っていたようです。

図7　1981年頃の天気図解析作業

こうして長らく鉛筆による解析が続いてきましたが、地上観測、衛星画像、数値予報モデルなどを重ねて表示して、現象を立体的に理解しながら解析したいという要望から、コンピュータを用いた解析が試みられました。そして、1996（平成8）年3月に初代のコンピュータによる天気図解析システムが導入されました。図8がその当時の写真です。画面に表示されている地上観測の上に、数値モデルから作成した等圧線が表示されています。解析者は等圧線をマウスで修正し、前線を解析して書き込んでいます。導入当初は、人間が紙と鉛筆で描くような滑らかな曲線をコンピュータで描くのは難しく、はじめのうちはややぎこちない曲線に苦労したそうです。しかし、これまで壁に別々に貼られていた衛星画像や数値予報のデータを同じ画面で、同じスケールで表示できるようになったのは画期的なことでした。ちなみに天気図のファックス放送のヘッダー名であった「ASAS（気象庁内では“アスアス”と読んでいます）」を天気図の名称として使うようになったのもこの頃です。

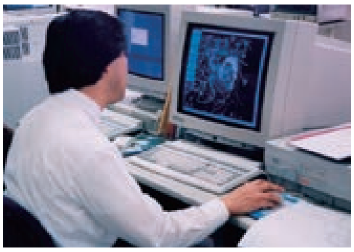


図8　初代天気図解析システム（1996年）

天気図解析システムはバージョンアップを重ね、現在でも利用されています。図9は現在の気象庁大気海洋部予報課で使われているものです。画像データは大きな液晶ペンタブレットモニターに表示されており、マウスだけでなく、ペン型入力装置も用いて解析を行っています。衛星画像は高い解像度で、赤外・可視・水蒸気画像などを自由に選んで使うことができます。数値予報モデルはいくつかの高度の複数の要素を自由に選んで表示できます。

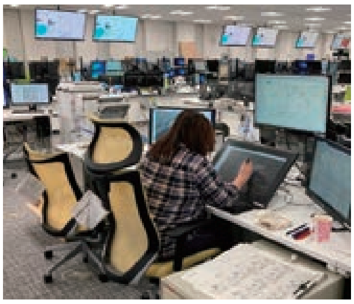


図9　現在の天気図解析システム（2022年）

現在の天気図は、観測時刻のおよそ2時間半後までに速報天気図として気象庁ホームページに掲載されています。天気図の発表形式は、気象庁ホームページで使われている画像ファイル以外にもSVG形式や気象庁防災情報XML形式などが提供されています。SVG形式では、等圧線や前線・低気圧高気圧マークを一つ一つベクトルデータとして設定しています。また、気象庁防災情報XML形式は、地図や衛星画像などに重ね合わせがしやすいように緯度経度情報で書かれ、コンピュータで処理しやすく、ユーザーが加工しやすい形となっています。ユーザーはこれらのデータをもとに、必要な領域だけを切り出したり、低気圧や高気圧のマークを変えたりして、独自の形式で利用しています。

天気図を解析するということは、大気の流れを可視化する一つの手段です。作業者は様々なデータを手掛かりに、解析を進めていきます。時にはたった一つの地上観測データや、一枚の衛星画像データが解析の大きなヒントになることがあります。それは天気の謎を解き明かす喜び、大げさに言えば推理小説の主人公になったような趣を感じさせてくれるのです。

（図・写真はいずれも気象庁所蔵）

天気図について（気象庁ホームページ）
https://www.jma.go.jp/jma/kishou/know/kurashi/tenkizu.html
天気図　情報の仕様など
https://www.data.jma.go.jp/add/suishin/cgi-bin/catalogue/make_product_page.cgi?id=Tenkizu
古川武彦,2015：気象庁物語　中公新書
永澤義嗣,2018：気象予報と防災　予報官の道　中公新書

報告 1

2021年度 日本気象学会東北支部 気象研究会

日本気象学会東北支部事務局

2021年度東北支部気象研究会を12月13日（月）に仙台第３合同庁舎２階大会議室において開催しました。本研究会は、2015年度からは仙台管区気象台との共催で、東北６県の気象台等の職員による調査研究会との合同研究会として実施しています。今回は気象学会としては弘前大学と東北大学から４題の参加があり、気象台職員による9題とあわせた、計13題の発表がありました。

研究会では、今年度も昨年度同様に新型コロナウイルスへの感染対策を徹底することとし、受付での検温、会場への入場者数の制限やパーテーションの設置、質問・コメントは会場の前後に設けた専用ブースで行うなどを実施しました。また、これも昨年度と同様に、入場制限へのフォローアップとして、会場で聴講できなかった学会員のために研究会の様子をビデオカメラで撮影し、これをZoomでライブ配信しました。昨年度のライブ配信では音声に難があり、この点が大きな課題となっておりましたが、今年度は音声の機器構成を見直し、改善したうえで配信することができました。

気象学会東北支部では、支部活動による気象学の普及と発展への寄与を目指して研究会の取組を継続して行きます。今後も、学会員の皆さんの積極的な参加をお願いします。また、ご意見・ご要望などございましたらお気軽に事務局までお願いいたします。

なお、今年度も学会員のうち、予めエントリーした人を対象に、優れた研究発表を行った発表者を日本気象学会東北支部発表賞として表彰しました。研究会参加者の投票結果により選出された今年度の受賞者および発表タイトルは以下のとおりです。

・山口 純平（青森地方気象台）
「令和3年2月15日から17日にかけての発達した低気圧の解析」
・上野 優（弘前大学）
「2020/2021年の弘前市における降水の安定同位体比の特徴について」

予稿及び質疑は以下ホームページに掲載しており、多くの興味深い調査・研究が掲載されていますので、是非ご参照下さい。

URL: https://www.metsoc.jp/tohoku/workshop/workshop.html (日本気象学会東北支部研究会ホームページ)

ここでは誌面の都合上、支部研究会に発表応募のあった演題、および気象台職員の調査研究のうち、支部発表賞候補にエントリーした演題について、著者と要旨（発表者に○）を掲載します。

東北地方における地球温暖化に伴う気候変化
－暖候期降水量について－
○諸岡 浩子、岩崎 俊樹、山崎 剛（東北大学大学院理学研究科）
気候変動適応技術社会実装プログラム（SI-CAT）による水平解像度5kmの現在気候、2℃上昇、4℃上昇それぞれ延べ372年分のシミュレーションを解析し、東北地方の気候変化を評価した。昨年の研究会では主に気温の変化について報告したが、今回は降水量を中心に報告する。年降水量の変化は顕著ではないか、強雨については全体に増加し、特に太平洋側の山地の東斜面や日本海側山地の南斜面での増加が顕著であった。

6月の東シナ海域で見られる顕著な降水日周期の形成要因
○山下 尭也、岩渕 弘信、岩崎 俊樹（東北大学大学院理学研究科）
東シナ海域では、6月に朝方から昼前に降水が最大となる日周期が顕著である。本研究では、その降水日周期の形成に重要な水蒸気の変動源を特定するために、3種類の再解析データの水収支を解析した。降水日周期の変動は、下層の水蒸気収束と強く連動しており、どの再解析データも同様の傾向を示した。明け方の下層風の強化に伴う前線での断熱的な持ち上げの促進が、6月の東シナ海域の降水日周期の形成に重要であることが分かった。

令和3年2月15日から17日にかけての発達した低気圧の解析
○山口 純平（青森地方気象台）
2021年2月15日から17日にかけて記録的に発達した低気圧の発達要因について「渦位」をもとにした手法"Piecewise Tendency Diagnosis"を用いて定量的な診断を実施した。結果、低気圧の発達には潜熱放出や傾圧発達の寄与が大きく、また対流圏上層に生じた小規模ロスビー波の伝播に伴う正渦位移流が低気圧の発達に寄与したことが特徴的であった。

2021年8月9日から10日にかけての青森県を中心とした大雨事例の調査
○高野 一生（仙台管区気象台）
2021年8月9日から10日の青森県を中心とした大雨事例において、津軽海峡を南北に横切る強雨域が継続して現れた。

その成因が下層東風の津軽海峡における地峡風であることを明らかにした。

機械学習を用いたひろだい白神レーダーによる津軽平野の冬季降水量予測

○谷田貝 亜紀代、前田 未央、今井 雅（弘前大学大学院理工学研究科）

弘前大学屋上に設置されたX-band気象レーダーの観測データから冬季降水量を予測するための機械学習を試みている。5冬季の反射強度とドップラー速度を、APHRO_JP時別降水量を教師データとして学習させた結果、有効な学習には至らなかった。入力要素にERA5再解析データ（気温、湿度、風速、鉛直速度）を加えると結果は改善した。今後は、降水量予測に必要な入力要素を特定し、予測モデルの実現可能性を検証する。

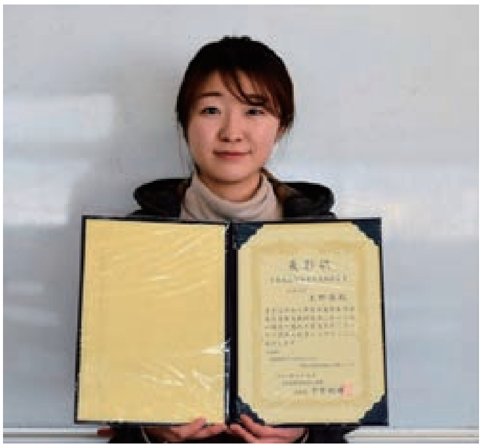
2020/2021年の弘前市における降水の安定同位体比の特徴について

○上野 優（弘前大学理工学部）、谷田貝 亜紀代（弘前大学大学院理工学研究科）、芳村 圭（東京大学生産技術研究所）

2020年12月から2021年2月の期間、弘前で降水の安定同位体の観測とモデル(IsoRSM)による解析を行った。降水量の多い日の同位体比は低く、モデルでは850hPa高度で水蒸気が北西よりの風で大陸から日本海に運ばれ、観測結果との関連性は解析中だ。一方、降水量の少ない日の水の同位体比は高く、水蒸気が南よりの風で日本海に運搬されていた。上空の雲の中での同位体分別など、弘前の同位体比変動の原因解明に向け今後も解析を続ける。

支部長による挨拶

支部発表賞受賞の山口さん



支部発表賞受賞の上野さん

2021年度
日本気象学会東北支部気象講演会開催

福島地方気象台

2021年度日本気象学会東北支部気象講演会を、令和3年12月11日に福島県福島市「ラコパふくしま」で開催しました。この気象講演会は、一般市民を対象に気象学に関する知識の普及・啓発とともに自然災害による被害の軽減に資することを目的として、毎年東北地方各県のいずれかで開催しています。新型コロナ感染症の状況を見据えながら、会場とオンライン配信の併用によるハイブリッド開催の準備を進めたところ、幸いにも2年ぶりに会場でも開催することができました（写真１）。もちろん、参加者は会場定員の1/3に限定、会場の換気確保、スタッフ含め全員マスク着用の徹底、受付での非接触型体温計による健康チェック、万一に備えて参加者等の連絡先の把握などなど、コロナ対策には万全を期して臨みました。

講演会のテーマは「気象と農業～気候変化と福島県の農業を考える」とし、福島地方気象台、福島県農業総合センター、福島大学の方から、あわせて三題の講演をいただくという盛りだくさんな内容となりました。今回のテーマ設定の背景には、2021年4月の、福島県中通り北部を中心とした地域で発生した大規模な凍霜害が上げられます。この凍霜害は、福島県全体での被害額が約27億円にのぼり、40年ぶりとも言われる深刻なものでした。当時、何が起こっていたのか、農業関係の方はどのような取り組みをされているのか、さらには地球温暖化の進行と農業とのかかわりなど様々な切り口による講演を通じ、福島県の主要産業である農業に関する被害が少しでも軽減されるきっかけになることを意図したものです。

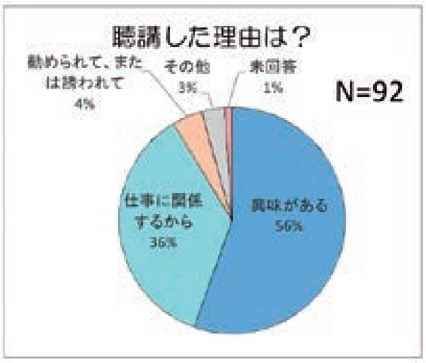
一つ目の講演、福島地方気象台の小野寺晃一技官による「今春の凍霜害時の気象状況」では、2021年4月の凍霜害時、桃をはじめとした果物の一大産地である福島県中通り北部の阿武隈川沿いを中心とした地域で、当時、局地的に極めて低温となっていたことやそのメカニズム等について、観測データやメソ解析などを用いた丁寧な解説がありました。

写真1　会場風景

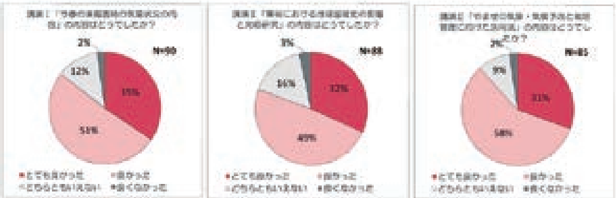
続いて二つ目の講演は、福島県農業総合センター果樹研究所の安達義輝主任研究員に「果樹における地球温暖化の影響と対応研究」とのタイトルでご講演いただきました。地球温暖化の影響で果実の発育や成熟がどのように変化してきているのか、今後どのように対応していくのかについて、最新の研究も踏まえて解説いただきました。現在の主要品種の安定化と他品種の開発などを含め、産地の将来について関係者が一体となり長期的な変化に対応していく必要性が指摘されました。

休憩をはさんだ三つ目の講演では、福島大学の吉田龍平准教授から「やませの気象・気候予測と栽培管理に向けた活用法」のご講演をいただきました。東北地方の冷害を引き起こす「やませ」について、「気象」と「気候」という時間スケールの異なる二つのキーワードを軸に、過去事例の解説や予測手法の展望などを解説いただきました。このうち「地球温暖化が進行しても「やませ」による冷害はなくならない」との指摘は、事後アンケートからも多くの参加者の印象に残るものだったことがうかがえました。また、ドローンを用いた気象観測システムと数値気象予測を組み合わせて水稲の生育支援に活用するという最新の取り組みについても紹介いただきました。

今回の講演会では福島市近郊のJAの方にも広報へのご協力をお願いしたところ、果樹生産農家をはじめとした農業関係の方にも会場参加いただきました。またオンライン配信には、北海道から九州まで全国各地から約120名の参加がありました。事後に実施したアンケートには、会場、オンライン合わせて92名の方々に協力いただきました。参加理由については、会場参加の半数近く、全体の4割弱の方が「仕事に関係するから」とされており、時宜にかなったテーマであったと思われます。その一方、「レベルが高かった」、「対象は一般市民だったのか？」、「専門用語はよくわからない」などのご意見があり、



聴講動機



各講演に対する感想　左から講演Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ

多くの方に参加いただくことを想定した場合の講演内容には、さらに工夫や配慮が必要と感じました。とはいえ、「説明もわかりやすく参考になった」、「新しい知識や着眼点が得られた」といったコメントもいただき、またオンライン参加された多くの方から「遠隔地からも参加できるのがありがたい」、「今後もオンライン開催を希望」などのご意見があり、オンライン開催の将来性について手ごたえも感じたところです。

最後になりますが、今回は東北支部として初めてのハイブリッド開催（会場＋オンライン）でしたが、準備不足もあり、通信状況が不安定であったり、講師に用意いただいた資料を共有出来なかったりなど、オンライン配信に係る様々な不具合を伴いました。オンラインで参加された方々には、この場をお借りし改めてお詫びを申し上げます。今回の反省をもとに課題を洗い出し、今後の開催へとつなげていく所存です。

議事抄録

省略した議題の議事録はHP参照：https://www.metsoc.jp/tohoku/council/council.html

2021年度日本気象学会東北支部臨時理事会

日時：2021年12月20日（月）～同月27日（月）（書面開催による）

議題１．2021年度日本気象学会東北支部発表賞

●事務局案のとおり承認した。

2021年度日本気象学会東北支部発表賞は、支部発表賞候補者推薦委員会からの推薦により、以下の2名とする。

・山口 純平（青森地方気象台）
「令和3年2月15日から17日にかけての発達した低気圧の解析」

・上野 優（弘前大学）
「2020/2021年の弘前市における降水の安定同位体比の特徴について」

おしらせ

事務局からのお知らせ

●支部だよりのホームページ掲載とメールでのお知らせについて

気象学会東北支部では、支部だより発行の際に、各会員に発送するとともに支部ホームページ（https://www.metsoc.jp/tohoku/letters/letter.html）に掲載しておりました。

支部だより第85号以降は、これまでと同様に各会員に発送し、支部ホームページに掲載するとともに、気象学会に登録いただいた電子メールアドレスにも支部メーリングリストを使用して、内容のタイトルを記した発行のお知らせをお送りしていますので、ご了解のほどお願いします。

●個人会員の電子メールアドレス登録のお願い

気象学会では、登録のあった電子メールアドレスを積極的に活用し、学会活動の推進を図っております。

東北支部では今後、支部だより発行、支部からのご案内を電子メールで配信してまいりますので、まだ登録されていない会員の方は、会員氏名・番号、電子メールアドレスをご登録いただくようお願いします。

登録は、住所変更届と同様に、気象学会本部ページの「入会案内」ページ（トップページ上の「入会・変更」をクリック）において「会員登録情報の変更」の画面に入り（https://www.metsoc.jp/membership-2/update)、必要事項を記入・確認の上、送信ボタンを押して完了です。

ご不明な点がありましたら事務局へお尋ねください。

日本気象学会東北支部事務局
〒983-0842　仙台市宮城野区五輪1-3-15　仙台第３合同庁舎（仙台管区気象台気象防災部防災調査課内）　渕上
（電話）022-297-8162　（FAX）022-297-5615　（メール）tohoku-admin@tohoku.metsoc.jp

編集後記

今号のTOPICでは、天気図の歴史についてとても興味深いお話しをご執筆頂きました。日本の気象学発展の歴史そのものではないでしょうか。歴史的な天気図の数々、学術的にも非常に価値が高いと感じました。(S. S.)