

2 近年の気候情報の活用と創出に向けた取り組み

2.1 はじめに¹

気候とは、ある程度長い期間にわたって平均した気温や降水量などの大気の状態のことで、異常天候のような平年との隔たりが大きい現象が持続する場合にはその影響は特に大きくなる。この具体的な例として、農業被害額が 500 億円以上の冷害・長雨・干害など災害をもたらした 2003 年や 1993 年の冷夏(長期緩慢災害)²などが挙げられる。近年では、地球温暖化を背景として、2010 年夏の猛暑のような極端な高温が多く発生するなど異常天候のリスクが増大している。猛暑の影響は、熱中症患者数の増加やコメの品質の低下の一方、エアコンなどの家電や飲料、氷菓、観光の売り上げが伸び、産業活動が活発になる。リスクという言葉は悪い影響の連想を与えるが、好影響も含めて気候リスクという。気候リスクは、社会生活に影響を与える異常天候が発生する可能性と、その影響の大きさの掛け算であらわされるので、極端な天候の可能性が小さくても、その影響が大きければリスクは大きい。

好影響の活用と悪影響の回避には、気候情報を利用した事前対策や備えが有効である。過去の統計値を利用して気候による影響を定量的に把握し、季節予報などの情報を用いて対応することを気候リスク管理という。気象予報には、毎日の天気予報から 6 か月先までを対象とした情報があるが、その基となる数値予報技術の向上によって、その利用可能性は増大している。

本章では、最近の気候情報の活用例と創出に向けた取り組みを紹介する。第 2.2 節では、気候情報の利活用に関する知見を整理することを目的として、過去の文献や調査をレビューする。第 2.3 節では、家電流通分野や清涼飲料分野など、近年取り組んだ気候リスク管理技術の創出や、関係機関へのアンケートなどで得られた 2 週先の気温予測情報の活用の現状から、農業指導現場での活用の広がりについて紹介する。

第 2.4 節では、気候情報の利便性向上を目指した新たなコンテンツを紹介する。

¹ 萱場 互起

² https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/index_other.html

2.2 文献や調査報告レビュー¹

2.2.1 季節予報研修テキストと関連文献

季節予報研修テキスト²では、これまで気候情報の活用に関する内容を掲載している(第2.2-1表)。中三川(2013)は、気候リスク管理技術の有効性の高まりを鑑みて、国際的な動向を背景にした国内での取り組みを紹介している。例えば、農業関係機関(当時の独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構で、以下、農研機構)やアパレル・ファッション分野(一般社団法人日本アパレル・ファッション産業協会)などの様々な産業分野と連携した、2週先の気温の予測情報(以下、確率予測資料)を活用した気候リスク管理技術の創出の取り組みがある。また、気候情報の利便性の向上のための取り組みも紹介している。例えば、2週間気温予報と1か月予報において、過去に遡って予報をした結果(以下、再予報)を、情報利用促進を目的に気象庁ホームページ³で公開するなどの取り組みがある。萱場(2018)では、この確率予測資料が都道府県で作成する農業技術情報での活用が広が

ってきていることを示した。

なお、予測を活用する際に重要となる不確実性の評価手法については、中三川(1999, 2013)や渡辺(2008)を参照いただきたい。これらの文献では、例えば、世界気象機関(WMO)の基礎システム委員会(CBS)が提案している標準検証システム⁴を紹介している。これは、世界各地の気象センターから提供される長期予報の精度を共通の基準で評価するためのシステムで、MSSS⁵やROC⁶といった評価・検証手法がある。その他、平均誤差⁷、2乗平均平方根誤差⁸、アノマリー相関係数⁹、確率値別出現率、ブライアスコア¹⁰やRPスコア¹¹などの評価指標の詳細を紹介している。予測の相互評価のためには共通した指標を用いなければならないが、利用目的に応じて適切な指標で評価することも必要である。

第2.2-1表 季節予報研修テキストと関連文献(気象庁研究時報)

文献	題目	筆者など
平成11年度季節予報研修テキスト 季節予報の確率表現の普及に向けて(1999)	・季節予報の評価(第5章) ・確率予報の利用法(第6章)	中三川浩 (1999)
平成11年度全国季節予報技術検討会報告3か月・ 暖候期・寒候期予報の充実及び季節予報の確率表 現の普及に向けて(気象庁研究時報 vol 53 (2))	季節予報の確率表現の普及に向けて (第3章)	木村吉弘 和田高秀 (2001)
平成16年度季節予報研修テキスト 気候の変動と季節予報	確率予報の利用(第6章)	杉正人 (2004)
平成20年度季節予報研修テキスト 異常天候早期警戒情報とその利用	・季節予報の利用をめぐる世界の動向 (第3.3章) ・確率情報の評価手法(巻末付録)	渡辺典昭 (2008)
平成24年度季節予報研修テキスト 季節予報作業指針	季節予報の評価手法(第4.4章)	中三川浩 (2013)
平成25年度季節予報研修テキスト 大雪に関する異常天候早期警戒情報・気候リスク 管理技術の普及への取り組み	気候リスク管理技術の普及に向けた取り組み (第2章)	中三川浩 (2013)
平成30年度季節予報研修テキスト 2週間気温予報とその活用	・異常天候早期警戒情報のレビュー活用事例 (第1.2章) ・2週間気温予報(5日間平均気温)の活用	萱場互起 (2018)

¹ 萱場 互起

² 平成24年度版以降は気象庁ホームページから取得可能
<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/kisetutext/kisetutext.html>

³ <https://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/index.html>

⁴ Standardized Verification System; SVS

⁵ Mean Square Skill Score

⁶ Relative Operating Characteristic

⁷ Mean Error; ME

⁸ Root Mean Square Error; RMSE

⁹ Anomaly Correlation Coefficient; ACC

¹⁰ Brier Score; BS

¹¹ Ranked Probability Score; RPS

2.2.2 気候リスク管理関連の過去の調査報告

多くの産業分野は、天候変動の影響を受ける。気象現象が影響を与える度合いや要因、影響の現われ方は、食品分野やアパレル・ファッション分野など業種によって様々である。例えば、レジャー分野は、入場者数が雨の影響を大きく受ける。このようなことを踏まえて、気象庁ほか(2001)では、企業での天候リスクマネジメントにおける気象予報の活用可能性を調査している。当日から1週間後までの販売計画、人員配置などの判断には、気象観測データ(実況)や明後日までの天気予報、週間天気予報が活用できる。経営・財務戦略といった1か月から半年後までの中長期的な見直しには、1か月、3か月予報といった季節予報が活用できる。本調査では、企業収益に係る気象要素(例えば気温など)の出現確率の分布をアンサンブル手法¹²による数値予報結果から求めている。更に、その結果を企業の売上や経常利益の確率分布に変換することで確率的な情報の利用方法を検討している。企業が、経常利益に関する確率分布を基に、経営・財務戦略における事前対応が必要と判断すれば、天候デリバティブ¹³(土方, 2000)などを採用した収益の平準化(リスクヘッジ)を図ることができる。みずほ第一ファイナンシャルテクノロジー(株)(2003)では、アンサンブル予報から得られる確率情報を天候リスクマネジメントに活用するための方法として、市場リスク分析に用いられる金融技術(Earnings at Risk)を提案している。これは市場価格の変動リスクなどを対象に行われる分析手法だが、本調査では販売量の変動に適用している。

朝倉(1990)や朝倉ほか(1992)では、様々な産業分野における製造から販売の各工程で活用できる気象情報を紹介している。これらを参考に、各産業分野

が活用できる気象予報と用途を第2.1-2表に整理した。販売計画や製品の市場動向調査は、約半年から進められるため、暖・寒候期予報が利用できる。生産計画の決定や需要予測、販売のための宣伝計画には、1か月予報や3か月予報も活用できる。生産調整には、週間天気予報から3か月予報も利用できる。出荷計画・イベント設定・仕入れでは週間天気予報と1か月予報が利用できる。販売時期の輸送計画・レイアウト・販売促進・在庫調整では、週間天気予報が意思決定に利用される。これらの気象情報をシームレスに活用するためには、それぞれの気象予測がもつ不確実性を十分に考慮し、更に最新の情報に逐次更新できるシステムが必要となる。

気象情報を具体的に活用する手法として、ウェザーマーチャンダイジング¹⁴がある。これは、商品の販売量を「曜日、気温、降水量、降雪量、風、月給日、行事」の関数形で示し、これにそれぞれの気象予測値を入力して得るという方法である。販売店では、出力した結果と競合店の不定休日などの要因も踏まえて、翌日の仕入れ量を最終判断する。販売量は、来店客数に大きく影響され、大きな決定因子となるため、販売店の立地条件(駅からの距離、駐車場の有無、周辺域での宅地開発の有無、リゾート地)に左右される。このため、販売店ごとの販売量予測式(関数)が必要になる。

立平(1999)は、コンビニエンスストアのように商品発注などの経営判断に気象情報を取り込んでいる企業もあると紹介している。各店舗では、販売量予測を基に適切な発注することで、欠品(販売機会ロス)を防ぎ、過大な在庫を抱えないように適切な在庫調整ができる。また、顧客にとっては、希望の商品が品切れとなることが少なく、購買意欲に従った買い物ができる。この実用化には、各店舗における販売量予測式の他、監視システムといったアプリケーションが重要な役割を担う。

¹² 季節予報では、スーパーコンピュータを用いて物理学に基づき気温や風などの時間的な変化を計算し、将来の大気の状態を予測している(これを数値予報という)。週間天気予報及び1か月予報等では、数値予報に基づくアンサンブル予報を導入している。アンサンブル予報とは、初期値にわずかのバラツキを与えた複数例の数値予報の結果を統計的に処理するものである。

¹³ 気温・降水量・積雪深など、あらかじめ定める気象に関する指標の観測結果に基づき、補償金の額を決定する損害保険分野における金融商品のことである。

¹⁴ 気象と商品の関係を要因分析して、気象情報を商品価値に転化する商法のことである。

第 2.2-2 表 各産業分野が活用できる気象予報と用途

分野・商品	各気象予報と活用
農業	<ul style="list-style-type: none"> ・ 3～6 か月予報：作付け品種の決定、農作業のスケジュールの決定 ・ 1 か月予報：水管理・病虫害予防 ・ 週間天気予報：日々の農作業
青果	<ul style="list-style-type: none"> ・ 6 か月予報（作物の生育期間をカバー）：仕入れ、販売 ・ 1 か月予報：食味・品質の把握 <p>野菜、果物。生産地の気象状況を入力し、生産量、品質を予測する。</p>
家電	<ul style="list-style-type: none"> ・ 1 年くらい先の予測：製品開発 ・ 3 か月以上先の予測：部品手配 ・ 1 か月予報：販売
繊維	<ul style="list-style-type: none"> ・ 6 か月予報から 1 年：生産計画 ・ 3～6 か月予報：計画の見直しに有効、販売計画の作成 ・ 1 か月予報：販売計画の修正、 ・ 週間天気予報：仕入れ、在庫調整
観光・レジャー	<ul style="list-style-type: none"> ・ 週間から 3 か月予報
電力	<ul style="list-style-type: none"> ・ 冬の積雪予報
水産	<ul style="list-style-type: none"> ・ ホタテの養殖、ノリの作柄、カツオ、サンマなどの季節魚の漁獲高予想 ・ エルニーニョと魚粉価格、水温予測などに気象情報が有効
季節商品	<ul style="list-style-type: none"> ・ 6 か月予報：仕入れ計画 ・ 3 か月予報：仕入商品の選別、仕入量の決定 ・ 1 か月予報：商品の仕入、販売時期決定、重点販売商品の選定 ・ 週間天気予報：広告、特売などのイベント計画、在庫管理、週間の発注 ・ 72 時間先までの予報：発注量の最終決定、計画販売、店内ディスプレイの決定、来店客数の予想確定

2.2.3 国外における気候情報の活用の取り組み

世界中で発生する異常天候や気候変動による社会経済への大きな影響を軽減するための対策が求められている。大野(2019)では、外国気象機関が提供する最近の気候予測に関するアプリケーションを紹介している。渡辺(2008)では、アプリケーションのみならず、ワークショップなど気候予測を用いて対策を検討する取り組みも紹介している。米国では、地域の大学が自治体や企業、米国海洋大気庁(NOAA¹⁵)の地域センターと連携したアプリケーションの開発が進んでおり、例えば、フロリダ大学が米国農務省(USDA¹⁶)とも連携して運営する南東部気候コンソーシアム¹⁷にて開発した農作物生産や畜産向けのコンテンツ(AgroClimate¹⁸)がある。このコンテンツでは、エルニーニョに関する予測情報や季節予報、48 時間後までの降水に関する予測情報の他、選択した地点における病虫害発生リスクに関する指標や、柑橘などの農作

物の発育予測診断、積算温度を計算する機能も提供している。NOAA の中西部地域センター¹⁹においても、同様な農業に役立つ意思決定支援サービス²⁰を提供しており、農作物の凍霜害の監視のための指数も掲載している。ネブラスカ大学リンカーン校の国際干ばつ緩和センター(NDMC²¹)では、NOAA の気候データセンター²²と USDA と連携して、全米を対象とした長期間の少雨(干ばつ)の対策を目的とした監視用モニター²³の開発と運営を行っている。2 週先やより長期間を対象として、干ばつの発生リスクの高まりを指標(パーセンタイル)に基づいて警戒を促す。現在も、関係機関(気候情報の作成者と利用者)が連携してアプリケーションの改善を進めている。

最近では、NOAA の気候予測センター(CPC²⁴)が、8 日から 14 日までの予測期間における極端現象を監

¹⁵ National Oceanic and Atmospheric Administration

¹⁶ United States Department of Agriculture

¹⁷ Southeast Climate Consortium

¹⁸ <http://agroclimate.org/>

¹⁹ Midwestern Regional Climate Center

²⁰ The Vegetation Impact Program

²¹ <https://www.climate.gov/maps-data>

²² National Climate Data Center

²³ <https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/Drought/>

²⁴ Climate Prediction Center

視するためのモニター²⁵を開発している(Melissa Ou, 2014, 2016)。提供する予測要素は、日最高気温、日最低気温、降水量(3日合計降水量)で、気候学的な出現頻度を表すパーセンタイル値とともに示し、過去と比較しやすい仕組みになっている。利用者は、極端な状態(何年に1度程度など)の発生リスクの高まりと対象地域が早期に認識でき、事前対策に利用できる。現在は、風速に関する情報の追加も進められている。

米国以外の様々な国においても、気象関係機関による産業分野と連携した気候情報の利活用促進の取り組みが進められている。Expert Team on User Interface for Climate Services(2018)では、ウェブサイトを活用した気候情報提供の例、相互対話による気候情報の提供例、特定ユーザーに特化した気候情報提供の例に分けて気候情報の活用促進の例を紹介している。ウェブサイトを活用した気候情報提供の例では、香港やオーストラリアの気候情報サービスがあり、将来気候も含めたデータのダウンロードも可能であるのが特徴である。相互対話による気候情報の提供例では、西アフリカの農業向けに実施されているセミナーが実施されており、気象・気候に対する普及啓発を担っている。特定ユーザーに特化した気候情報提供の例については、オーストラリアにおける砂糖産業のための監視システムやベトナムにおけるコーヒー豆の生産量予測、流通計画のためのサービスがある。オーストラリアでは、ラニーニャ現象が発生していた2010年から2011年にかけての豪雨により砂糖産業に大きな影響があった。このため、気象関係機関が砂糖輸出会社と連携して、1~4か月程度先の降水量や最高気温、最低気温、日射量の予測システムの開発を進めている。高度な気候予測情報に基づく生産計画(砂糖収穫期のずれによる対応)、流通に関する経営判断を行うことで、サプライチェーンを効率化し利益を得ることを目的としている。

2.2.4 まとめ

本節では、産業分野における気候情報の活用について、国内における過去の文献や国外の取り組みを

紹介した。例えば、家電分野においては、市場調査や長期の傾向とともに気候(平年値など)も含めて総合的に需要予測を判断し、その後の工程では、3か月予報などや市場動向を基に需要予測の調整を行う。販売までの時期に近づくと、1か月予報や週間天気予報に基づく最終的な需要予測を行い、生産計画を微調整する。

企業活動における各工程で気候リスク管理をするには、各予報がもつ不確実性を十分に考慮し、コストとロスも念頭に意思決定することが求められる。予報対象期間が長期になるほど不確実性が高まるため、アンサンブル予報から得られる確率情報を逐次最新の情報に更新できるシステムが必要となる。コンビニエンスストアなど多くの販売店を抱えるチェーン店では、ウェザーマーチャライジングの実用化に、各販売店における販売予測式の他、監視システム(アプリケーション)が重要な役割を担う。2.2.3項では、米国における地域産業に気候リスク管理技術を実装するためのアプリケーションの開発の取り組みを紹介した。気候情報の作成者と利用者が、ニーズとシーズについて相互理解を深めながら、異常天候の予測とその影響を監視するアプリケーションの開発と改善に取り組み、気候リスク管理技術の実用化と高度化が進められている。第2.3節では、当庁における最新の2週先の気温予測の様々な産業分野での気候リスク管理技術の創出に向けた取り組みと具体的な活用事例について紹介する。

参考文献

- 朝倉正, 1990: 産業と気象のABC. 成山堂書店, 240pp.
- 朝倉正, 赤津邦夫, 奥山和彦, 1992: 経済活動と気象. 朝倉書店, 167pp.
- 土方薫, 2000: 天候デリバティブ. シグマベイズキャピタル, 181pp.
- 萱場互起, 2018: 2週間気温予報とその活用. 平成30年度季節予報研修テキスト, 気象庁地球環境・海洋部, 4-9.
- 萱場互起, 2018: 活用事例. 平成30年度季節予報研修テキスト, 気象庁地球環境・海洋部, 100-102.
- 気象庁, 経済産業省, 2001: 企業の天候リスクと中長期気象予報の活用に関する調査報告書. 気象庁委託調査. 平成13年度気象庁委託調査

²⁵ Week-2 Probabilistic Forecasts of Hazards and Extremes

- 木村吉弘, 和田高秀, 2001: 3 か月・暖候期・寒候期予報の充実及び季節予報の確率表現の普及に向けて. 平成 11 年度気象庁研究時報 vol 53 (2), 37-50.
- みずほ第一ファイナンシャルテクノロジー(株), 2003: 天候リスクマネジメントへのアンサンブル予報の活用に関する調査報告書. 平成 14 年度気象庁委託調査
- 中三川浩, 1999: 季節予報の評価、確率予報の利用法. 平成 11 年度季節予報研修テキスト, 気象庁気候・海洋気象部, 30-52.
- 中三川浩, 2013: 季節予報の評価手法. 平成 24 年度季節予報研修テキスト, 気象庁地球環境・海洋部, 271-281.
- 中三川浩, 宮脇祥一郎, 前田修平, 野津原昭, 伊藤明, 荒井宏明, 2013: 気候リスク管理技術の普及に向けた取り組み. 平成 25 年度季節予報研修テキスト, 気象庁地球環境・海洋部, 17-62.
- 大野浩史, 2019: 外国気象機関の状況. 平成 30 年度季節予報研修テキスト, 気象庁地球環境・海洋部, 103-104.
- 杉正人, 2004: 確率予報の利用. 平成 16 年度季節予報研修テキスト, 気象庁地球環境・海洋部, 44-52.
- 立平良三, 1999: 気象予報による意思決定—不確実情報の経済価値. 東京堂出版, 142pp.
- 渡辺典昭, 2008: 季節予報の利用をめぐる世界の動向. 平成 20 年度季節予報研修テキスト, 気象庁地球環境・海洋部, 46-48.
- 渡辺典昭, 2008: 確率情報の評価手法. 平成 20 年度季節予報研修テキスト, 気象庁地球環境・海洋部, 76-84.
- Expert Team on User Interface for Climate Services, 2018: Guidance on Good Practices for Climate Services User Engagement. CCL/WMO, 35pp.
- Ou, MH., K. Pelman, M. Charles, and J. Gottschalck, 2014: CPC's New Week-2 Probabilistic Hazards Forecast and Extremes Tool. NOAA's National Weather Service 39th NOAA Annual Climate Diagnostics and Prediction Workshop Science and Technology Infusion Climate Bulletin.
- Ou, MH., M. Charles, and D. Collins, 2016: Sensitivity of Calibrated Week-2 Probabilistic Forecast Skill to Reforecast Sampling of the NCEP Global Ensemble Forecast System. Weather and forecasting 31, 1093-1107.

2.3 気候情報活用促進に向けた最新の取組現状¹

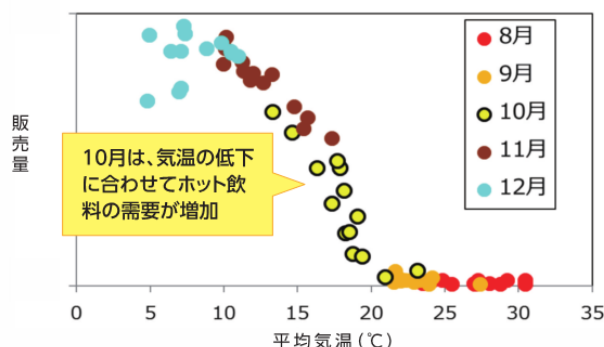
2.3.1 各産業団体と連携した気候リスク管理技術の創出に向けた調査

気象庁では、2008年以降、2週先の気温予測情報（異常天候早期警戒情報²とともにその基となる確率予測情報）を提供し、農業分野（気象庁、2016）やアパレル・ファッション分野（気象庁、2014）など様々な産業分野での利活用促進に組んでいる（第 2.3-1 表）。最近では、大手家電流通協会と一般社団法人清涼飲料連合会から協力を得て 2 週先の気温予測情報の活用について検討した（気象庁、2018a, 2018b）。清涼飲料分野では、自動販売機の販売量と気温の関係に注目した。屋外の自動販売機において、販売数

第 2.3-1 表 各産業分野を対象とした気候リスク管理技術の創出の取り組み

実施年度（年）	産業分野
2011～2015	農業（農研機構）
2012～2013	アパレル・ファッション産業分野
2014	ドラッグストア産業分野
2016～2017	家電流通分野 清涼飲料分野

コーヒー飲料等（ホット）の販売数と気温の関係

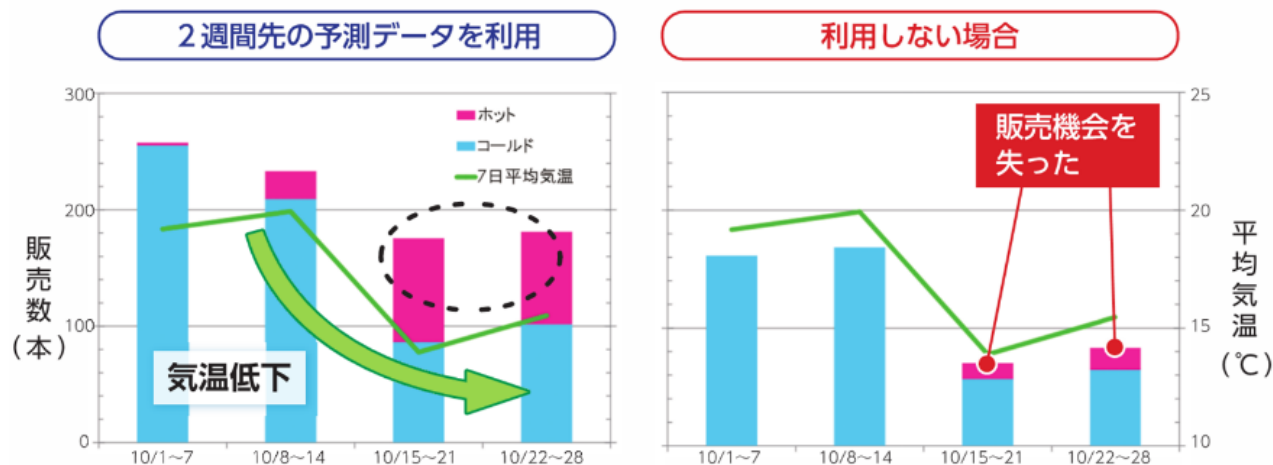


第 2.3-1 図 東京の平均気温と都内の屋外自販機でのコーヒー飲料など（ホット）販売数の散布図

横軸は 7 日平均気温（°C）、縦軸は 7 日間合計の販売数を示す（期間は 2014 年～2016 年）。※「コーヒー飲料など」は、清涼飲料生産量統計資料による分類。

と気温に高い相関がある商品があり、相関係数が 0.9 を超える商品もあることがわかった。時期について注目した結果、例えば、東京では、10 月頃の気温の低下に合わせて、ホットコーヒーが売れ始めることがわかった（第 2.3-1 図）。自動販売機の在庫を管理する部署では、自動販売機におけるホットとコールドの販売時期の切り替えに関するよりの確な指示が可能になる。

コーヒー飲料等の販売数と気温の推移（2017年10月）



第 2.3-2 図 東京の気温の推移と都内の屋外自販機でのコーヒー飲料などの販売数（2017 年の例）

左図は 10 月 17 日までにコールド飲料からホット飲料に切り替えた 15 台の平均、右図は 10 月 18 日以降に切り替えた 16 台平均。棒グラフ（左縦軸）は自販機 1 台あたりの 7 日間合計販売数（本）、折れ線グラフ（右縦軸）は 7 日間平均気温（°C）、横軸は日付を示す。棒グラフのうち青はコールド飲料、赤はホット飲料を示す。

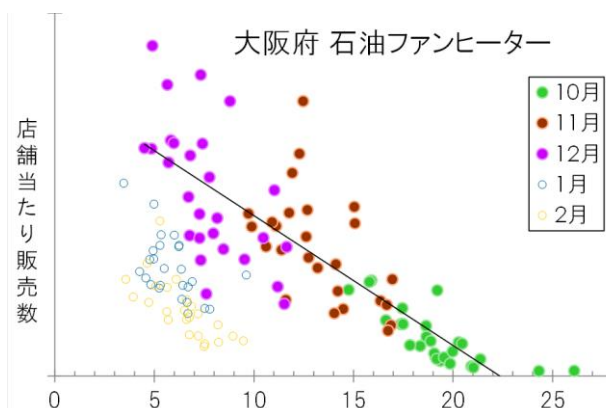
¹ 萱場 互起

² 2 週先の異常天候に関するアラーム情報で、現在は早期天候情報として発表している

そこで、東京都内において屋外自販機のホットコーヒー販売を対象として、2週先の気温予測を活用した場合のメリットを検討した。前週に比べて急激に気温が低くなった2017年10月17日までに、2週先気温予測も参考にコールドからホットに切り替えた自動販売機15台の平均販売量は、10月18日以降に切り替えた16台の平均と比べて多いことが示された(第2.3-2図)。2週先の気温予測を利用することで販売機会を捉えることができた。自動販売機の在庫管理の適正化は、販売機会ロスや商品廃棄ロスの削減につながり、大きな経済効果をもたらす。更に長期の予報を活用することで、生産調整や物流、マーケティングなど一貫した事業活動も可能になると期待できる。

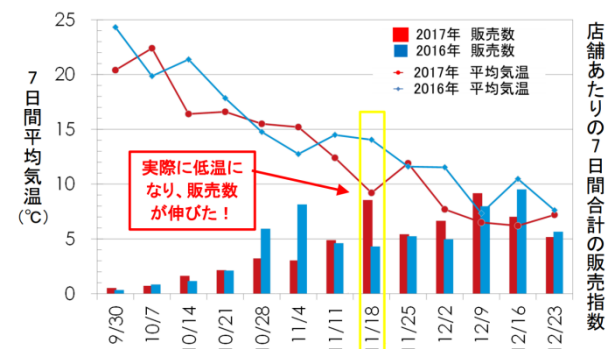
家電流通分野では、エアコンと暖房器具などの季節商品に注目して、販売管理における気候情報の活用可能性を検討した。例えば、大阪府内での石油ファンヒーターの販売数と気温の関係(第2.3-3図)を把握した。その結果を基に、2週先の気温予測を基として販売時期と販売量を予測した結果を検証した。2017年11月18日からの1週間では、その前週に比べて気温が急激に低くなり、石油ファンヒーターの販売数が前年、前週を大きく上回った(第2.3-4図)。このタイミングに対して、量販店で可能な2週間からの作業は、在庫管理や広告媒体(現場判断で行うポップ掲示)の工夫といった販売促進、店頭演出や人員配置などがある。従来から実施している前年、前週の売上を参考とする手法ではなく、気候予測を活用することで、低温による販売機会をより正確に、より事前に捉えることができる。更にその先の長期を対象とした予報を活用することで、サプライチェーン全体での効率化が可能となり、流通サービス産業の生産性向上に寄与できる。

家電流通分野や清涼飲料分野では、商品販売が気候の影響を大きく受けることを認識しており、エルニーニョ現象などに対する注目度は高い。しかし、気候情報を用いた具体的な対応は途上である。他の産業分野においても、勘と経験をもととした生産や販売計画が多くあると考える。引き続き、他の産業分野とも連携して、1か月予報や3か月予報も含めた気候情報の利活用事例の創出と事例展開を進めることが今後



第2.3-3図 大阪の平均気温と石油ファンヒーターの店舗当たりの販売数の散布図

横軸は7日間平均気温(°C)、縦軸は7日間合計の販売数を示す(期間は2014年~2016年)。黒線は10~12月のデータを基とした回帰直線を示す。



第2.3-4図 2017年の大阪の平均気温と府内の石油ファンヒーターの販売数の推移

左縦軸は7日間平均気温、右縦軸は店舗あたりの7日間合計の販売数、横軸は日付で、7日間の初日を示す。折れ線は7日間平均気温、棒グラフは販売数を表す。

の課題である。短期から長期における様々な気象情報を組み合わせて活用することで、販売予測の誤差によるミスマッチや製品廃棄や返品などのムダを減らし、持続可能な社会の実現に貢献できることを期待する。

2.3.2 アンケートでの予測情報の活用現状の把握

気象庁では、気象情報の改善や利便性向上に役立てることを目的に、農業(全国都道府県の農政部局や普及センターなどの農業関係機関)、水産業、健康、電気(電力会社など)、ガス、水道、報道、自治体(都道府県の防災部局、道路管理事務所といった防災機関の他、教育分野など)などの各分野を対象に、気象情報の活用の現状やニーズの調査を実施している。

第 2.3-2 表 異常天候早期警戒情報の活用例

農業	<ul style="list-style-type: none"> ・農林水産省や都道府県が作成する農業技術情報、病虫害発生予察情報 ・農業技術指導や気象災害対策マニュアル（果樹）への反映 ・対策会議の設置のトリガー ・農業者への巡回時に注意喚起 ・家畜の暑熱及び防寒の事前対策伝達 ・遅霜を回避した播種時期の調整 ・水稲育苗時の温度管理 ・ハウス管理（低温の際には強風で破損しやすい） ・除草などの作業計画（高温時の散布は玉ねぎに薬害が出るため）
電力	需要予想、大雪時の事前の体制確認
道路管理	除雪準備対策の体制確保
観光	ホテル内室温などの環境対策、食品の衛生管理

2015 年に実施した異常天候早期警戒情報の利用実態と要望に関するアンケート(対象は合計約 350 で、うち 260 が農業関係機関)の結果では、異常天候早期警戒情報を利用しているのは約 70%で、とくに農業関係機関では約 80%と高いことを示した。農林水産省では、高・低温対策に関する臨時情報(農業技術情報)を作成する意思決定に異常天候早期警戒情報を利用している。普及センターでは、営農支援情報の作成のトリガーの他、巡回、講習などでの技術指導にも、異常天候早期警戒情報を利用しており、被害軽減に役立っている(第 2.3-2 表)。

2 週間気温予報と早期天候情報の運用開始(2019 年 6 月)後に実施したアンケート(対象は合計約 300 で、うち約 190 が農業関係機関)の結果では、2 週間気温予報は、すでに 50%強の機関に利用されており、様々な活用方法が示された(第 2.3-3 表)。早期天候情報³は、60%以上の機関で利用されており、従来の異常天候早期警戒情報に引き続いて利用されている。2 週間気温予報は、毎日配信されるため、より迅速に早期警戒に関わる情報伝達が可能になったとの意見

³ 2 週先までに著しい高温や低温、降雪量が予想される場合に、地域ごとに発表される。異常天候早期警戒情報の後継である。

第 2.3-3 表 2 週間気温予報と早期天候情報の活用例

農業 高温 予測時	<ul style="list-style-type: none"> ・ニンジン栽培で、週間天気予報と組み合わせてトンネル開孔の作業適日を決定 ・アスパラガスの収穫作業を遅らせて品質低下を回避 ・一番茶の収穫時期を早めたことで、相場が高いうちに出荷でき利益を上げた。 ・花き（ストック）の出荷時期調整 ・牛体温度を下げ、授精の機会を増やした。
農業 低温 予測時	<ul style="list-style-type: none"> ・水稲の深水管理の徹底 ・桃の花粉の定着悪化を防ぐための人工授粉作業徹底を指導。 ・生育が遅れていたキャベツの収穫決定(収穫を延ばしても生育が期待できないため) ・春だいこんなどの栽培で、トンネルの換気(穴あけ)時期調整(遅らせる)で抽台防止 ・春ブロッコリーなどの定植時期調整(遅らせる)、不織布で被覆することで凍霜害防止
農業 大雪 予測時	<ul style="list-style-type: none"> ・雪害対策を発信し、ハウスの倒壊など防止などの被害軽減 ・積雪などによる果樹の枝折れや、ビニールハウスの倒壊などを軽減・防止するための事前対策、周知
水道局	水道管の凍結・破裂を予測
除雪	除雪準備対策の体制確保

も得られている。また、週間天気予報と 2 週間気温予報を組み合わせることで、2 週先までの作業計画(高温・低温対策や収穫、病虫害防除などの農作業日の意思決定)が可能となったとの意見もあった。農業以外では、2 週先の気温予測は、電力の需要予測、除雪準備対策の体制確保といった道路管理、観光分野における食品の衛生管理にも活用されている。

2.3.3 農作物発育や害虫発生予測での気候情報の活用促進と広がり

都道府県が作成する営農支援情報では、2週先の気温予測(従来は異常天候早期警戒情報で、現在は2週間気温予報)や1か月予報の基となる気温予報情報(以下、確率予測資料)の活用が進んでいる。これまでは、確率予測情報は、低温による水稻の深水管理や果樹の凍霜害への対策(農業資材の調達など)といった農作物の発育に危険な気温(閾値)に対する早期の備えのために利用されてきた。最近では、農作物発育予測モデルを活用した水稻の収穫適期予測を基とした刈り取り作業計画や、果樹の開花予測における受粉作業などでの人員配置、害虫発生予測を基とした防除計画など様々な場面において、確率予測資料の活用⁵が広がっている。これらの具体的な活用事例は、気候リスク管理ポータル⁴の向こう2週間・1か月の気温予測データの活用事例集ページ⁶で紹介している。これらの事例も参考に、確率予測資料を活用した営農支援情報や発生予察⁷が増えている。例えば、栃木県農業環境指導センターが提供するヒメトビウンカの防除適期(植物防疫ニュース 速報 No3、2020年6月5日⁸)では、発表日までの実況値とそれ以降は1か月予報の確率予測資料を用いて算出した防除適期を示している。同様に、岩手県病害虫防除所では、斑点米カメムシであるアカスジカスミカメの発生予測(防除速報 No10 2018年7月13日⁹)に確率予測情

⁴ https://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/pdf/riyou_catalog.pdf

⁵ 従来は、気象の実況値と平年値が農作物発育予測や害虫発生予測のモデル式の入力データとして用いられていたが、予測期間に用いる平年値を確率予測資料に置きかえた活用

⁶ https://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/riyou_catalog.html

⁷ 主要病害虫の「発生時期と量」を予測し、防除の適期や農薬散布の要否を示した情報。農作物の生育にあわせて病害虫の発生状況を把握する定期調査に加えて気象予報などの蓄積されたデータをもとに毎月発出する定期予報と、臨時情報(警報、注意報、特殊報、技術情報)からなる。これらの情報の根拠として、過去の試験研究によって得られた病害虫の発生量と気象との関係に関する知見や積算温度を利用した病害虫の発生時期の予測モデルを用いており、この際に気候予測を利用している。

⁸ <http://www.jpjn.ne.jp/tochigi/file/yosatu/2020/sokuhou/2020sokuhou3.pdf>
(2020年6月閲覧)

⁹ <https://i-agri.net/Index/gate003/005/13423>

H30 モモの開花予想 第4報(H30/3/20現在)			
表 発育速度モデルによるモモ「白鳳」の開花予想			
今後の気温推移	予想開花始め	昨年の開花始め	平年値(H13~H29)
平年並	4月2日(平年より1日早い)	4月8日	4月3日
平年より2.6℃高い*	3月30日(平年より5日早い)		

予想地点は山梨市江曾原(標高440m)、品種は「白鳳」
* モデル予測値: 気象庁における確率予測資料(3/24~3/30、関東甲信地方、初期値3/18)

○留意点
今後の気温推移により、予測日は変化します。
3月末まで毎週1回予想を更新し、果樹試験場HPに掲載する予定です。
(http://www.pref.yamanashi.jp/kajushiken/103_001.html)

第 2.3-5 図 モモの開花日予想 2018年3月20日(山梨県果樹試験場)

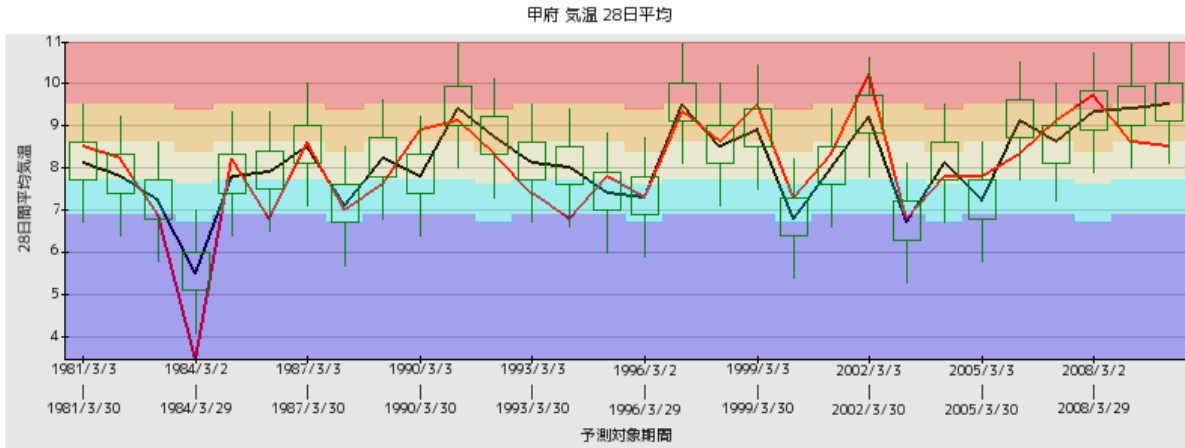
本活用は気象庁ホームページでも紹介している⁴

報を利用している。萱場ほか(2019)では、サトウキビの害虫であるカンショコバネナガカメムシの防除適期を対象に確率予測情報の活用メリットを評価している。1981年まで遡った再予報¹⁰の確率予測資料を用いてシミュレーションした結果、極端な高温年(1998年)では、平年値を用いた場合に比べて約3日程度精度が良くなることを示した。

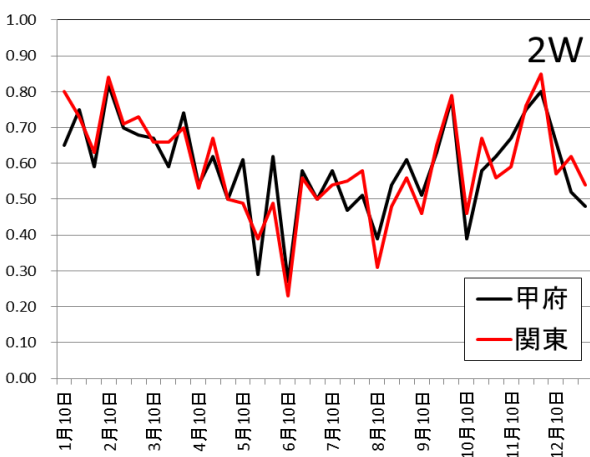
山梨県果樹試験場では、2018年3月5日に発表された高温による異常天候早期警戒情報を根拠に、その基となる確率予測資料をモモの開花日予想に活用して、開花期の早まりの定量評価を行い(第 2.3-5 図)、作業・人員配置の徹底を呼び掛けた。萩原(2019)では、この事例を参考に、過去の高温年についても再予報の確率予測資料も用いてモモの開花日予測のシミュレーションを実施し、確率予測情報の活用メリットを評価している。また、甲府の3月を対象とした確率予測情報(1か月予報)について、1981年から2010年までの実況値との相関係数が0.82であることと、最近の極端な高温年において平年値に比べて良く再現できていると評価した(第 2.3-6 図)。同様に、通年で調査した結果、秋から冬にかけての相関係数が高い一方、夏期間で低いことを示し(第 2.3-7 図)、確率予測資料の季節特性を把握している。

(2020年6月閲覧)

¹⁰ 現在の技術で過去の予測を再度行ったもので、予測の有効性の調査等に利用できる。



第 2.3-6 図 甲府における各年の 3 月(モモが開花に向かう生育ステージ)を対象とした 4 週間の気温の確率予測資料の予測精度(1981~2010 年)
赤線は実況、緑は確率予測で黒線はアンサンブル平均を示す。赤色は、気温が「かなり高い」、薄い黄色は「平年並」、青色は「かなり低い」を示す。2002 年や 2008 年のかかなり高温な年では、予測でシグナルがあることが示されている。相関係数は 0.82。



第 2.3-7 図 通年における各初期値を対象とした甲府と関東地域での 2 週先の気温の確率予測資料と実測値の相関係数(1981~2010 年)

2.3.4 熱中症警戒での 2 週間気温予報の活用

福岡市環境局のイベント主催者向けの熱中症対策の手引き¹¹によると、2 週先の予測も活用して、開催時間(朝・夕の活用)・場所(屋外から屋内への変更)の再検討、医療体制・規模の再検討、十分な飲料の確保、プログラムや場所の変更・中止の検討、関係者の体調の確認、イベントの変更・中止の検討などの事前

¹¹ http://heatstroke.city.fukuoka.lg.jp/wp-content/uploads/heatstroke_a4_B.pdf
(2020 年 6 月閲覧)

対策を実施することを促している。日々変わる社会情勢や新型コロナ対策としてのマスク着用による熱中症リスクの高まりにより、イベント主催者には、よりの確かな判断(イベント参加人数の制限など)が求められる。医療や防疫などの防護服の着用が必要となる現場においても、休憩時間を設けるなどの対策とその計画の徹底が求められる。2019 年の高温が持続的に予測された際には、臨時の救急体制を延長した消防局もある。今後も、日々更新される 2 週間気温予報などの気象情報の有効活用が進むと考える。

2.3.5 まとめ

地球温暖化などを背景にした高温によるリスクの増大が懸念される中、災害を防ぐためのインフラ整備を進めるなどの取り組みは勿論、気象注意報や警報、天気予報など様々な気象情報を踏まえて個々の人の適切な対応に結びつけようとする、ソフト面での対応も重要である(高槻, 2020)。農業においては、農作物の発育や病害虫の発生時期や量の大幅な変動が懸念され、生産現場ではこれまでに経験したことのない極端な天候による様々な影響に対して的確に対応していくことが求められている。昨今の極端な高温は、農作物の収穫適期、開花期、防除適期の変化といった影響をもたらし、今後も懸念される。平年値を利用し

た年々における農作業計画が困難になりつつある中で、より長期間の気候予測値を用いることで、農業関係機関や生産者が実施するより効果的な事前のリスク管理の選択肢を増やし、被害軽減と生産性向上に寄与できる。都道府県が作成する営農支援情報の伝達手段には、ホームページや農業指導員による巡回や営農現場での講習などの他、最近では電子メールなど SNS を活用した情報提供の手段が広がっている。情報伝達技術と気象予測の高度化が連携し、より早い段階にて、より迅速に生産者に営農支援情報を提供できれば、その伝達範囲を広げることができ、技術指導の徹底も図られる。また、農業技術情報や普及指導員による説明内容においては、科学的手法である気候予測情報を根拠に含めることで、その情報の信頼性や説得性を高めることができる。農業以外の産業においても早期天候情報(アラート情報)を基としたオペレーションによる対応の充実と適切な在庫調整によって販売機会損失や食品ロスの軽減が期待できる。各産業界との連携した調査などで確認できた1~2週先からの対策を第2.3-4表に示した。

予測の活用で重要なことは、その改良によって、着実に予測精度の向上が図れることである。今後の予報システムの技術開発により、気候予測の精度は確実に向上し、さらにニーズに見合った予測精度に到達できれば、地域の産業振興を支援する重要なツールとして期待できる。

2019年6月からは、2週間気温予報とともに5日間平均の平均・最高・最低気温の確率予測資料を入手できるページを公開してその利便性の向上にも取り組んでいる(第2.4節)。確率予測資料(データ)だけではなく、グラフの描画が容易にできるサンプルワークシート(エクセルファイル)も提供を開始している。

第2.3-4表 各産業界との連携した調査などで確認できた1~2週先からの対策(気候リスク管理技術)

産業分野	1~2週先からの事前対策
家電	<ul style="list-style-type: none"> ・本社でのWEBチラシなどSNSで販売促進 ・店頭での販売促進、人員配置の調整 ・販売店舗での在庫調整
飲料	<ul style="list-style-type: none"> ・売上予測向上 ・自動販売機の補充
ドラッグストア・医療品	<ul style="list-style-type: none"> ・店舗における商品展開や在庫管理
アパレル・ファッション	<ul style="list-style-type: none"> ・在庫管理、倉庫からの商品配送量調整 ・売り場面積比調整など販売促進
農業	<ul style="list-style-type: none"> ・深水対策、早期摘み取り ・水稻、麦の出穂、収穫適期予測 ・果樹開花期予測 ・病虫害発生予察

参考文献

- 萱場互起, 永山敦士, 田村弘人, 真武信一, 2019: 気象予測値を用いた病虫害防除適期予測の精度向上~カンシヤコバナナガカメムシにおける精度検証~. 植物防疫 73, 106-113s.
- 気象庁, 2014: 気候情報を活用した気候リスク管理技術に関する調査報告書~アパレル・ファッション産業分野~(平成25年度). 気象庁委託調査, 121pp.
- 気象庁, 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構, 2016: 気候予測情報を活用した農業技術情報の高度化に関する研究. 共同研究報告書(平成23~27年度), 31pp.
- 気象庁, 2018a: 気候情報を活用した気候リスク管理技術に関する調査報告書~清涼飲料分野~(平成29年度). 気象庁委託調査, 124pp.
- 気象庁, 2018b: 気候情報を活用した気候リスク管理技術に関する調査報告書~家電流通分野~(平成29年度). 気象庁委託調査, 131pp.
- 高槻靖, 2020: 近年の異常気象の実態と予測されている変化. 植物防疫 74, 301-306.
- 萩原栄喜, 2019: 気象データを活用した山梨県におけるもの生育予測 グリーンレポート, 596, 2-5.

2.4 気温予測データの活用のためのコンテンツ¹

気象庁気候情報課では週間天気予報より先の予報においても比較的精度が高く実用性が期待できる気象要素である気温について、データ利用の促進のため、確率予測資料をウェブサイトより公開している。確率予測資料とは予報の基礎資料となるガイダンス(第 1.6 節参照)データのことである。本節では、向こう 2 週間および 1 か月の気温予測データと、データ活用のためのポータルサイト等のコンテンツについて紹介する。なお、本節で示す内容は 2020 年 7 月現在のものである。

2.4.1 2 週間気温予報データ

(1) 背景

2 週間気温予報の基礎資料となるデータ(以下「2 週間データ」と呼ぶ)は「確率予測資料(2 週間気温予報)提供ページ」より CSV²形式にて取得できる(第 2.4-1 図)。

2 週間データのウェブサイトからの提供は異常天候早期警戒情報(以下「早警」と省略する)が運用されていた時代に遡り(野津原 2008)、当時の利用の用途は主に以下の 2 つであった。

- ① 定量的な情報の利用
- ② 予測データ(CSV)の数値的な利用³

まず、①について、早警は定性的なアラート情報であり、定量的な利用は難しかったため、これを補完する気温の具体的な値が分かる定量的な参考情報として 2 週間データ(確率予測資料)が提供されてきた。その後、令和元年 6 月に 2 週間気温予報が開始され、グラフや数値で定量的な情報がウェブサイトから閲覧できるようになった(第 2.4-2 図)。このため、2 週間データの提供用ウェブサイトは②のようなデータの数値的な利用をするユーザーを主なターゲットとして、これに特化した構成へと更新した。以下では新しい 2 週間データとウェブサイトの特徴等について、具体的に紹

¹ 宮脇 祥一郎

² カンマ区切りのテキストファイル形式

³ 農作物の生育予測や、病害虫の発生予察、商品の売り上げ予測等への数値的なインプット用データとしての使い方が想定される。

介する。

(2) 2 週間データの概要

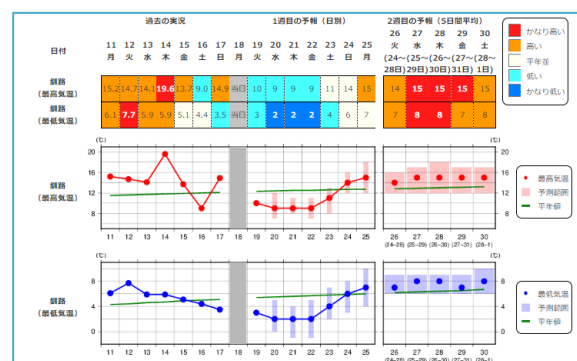
2 週間データは、2 週間気温予報と比較して、以下のような特徴がある。

- 0.1℃単位の気温情報
- 詳細な確率情報(累積分布関数⁴)
- 最高・最低気温に加え平均気温の要素がある
- 毎朝 9 時 30 分頃⁵までに更新される



第 2.4-1 図 確率予測資料(2 週間気温予報)提供ページ(2020 年 7 月現在)

https://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/probability/guidance/csv_k2w.php



第 2.4-2 図 2 週間気温予報の例(2020 年 7 月現在)

気温の予報や予測幅(不確実性)が数値やグラフで時系列的に閲覧できる。

<https://www.data.jma.go.jp/gmd/cpd/twoweek/>

⁴ 注目する気温以下となる確率値のこと。

⁵ 2 週間気温予報の発表は毎日 14 時 30 分(日本時間)

2 週間データは 2 週間気温予報よりも数値的に詳細なデータが必要な場合や、データの機械的な処理をする場合の利用が想定される。

(3) CSV ファイルの概要

ウェブサイトから取得できる CSV 形式ファイルの主な内容は以下となる。

- ・ 予測の初期値日、予測の対象日
- ・ (予測値)アンサンブル平均値⁶
- ・ (予測値)累積分布関数
- ・ (参考値)昨年の実況値
- ・ (参考値)過去 10 年平均の値
- ・ (参考値)平年値

要素については、従来の(早警運用時の)日平均気温に加え、日最高・最低気温(いずれも 5 日移動平均値)となる。

CSV ファイルのフォーマットは従来の CSV ファイルを踏襲しており、対象地点・地域についても全国 151 地点、24 地域の予測データが取得可能である⁷。ただし、2 週間データは従来のデータと比較して、以下の理由から 10 倍強のファイルサイズ⁸となっている。

- ・ 7 日移動平均から 5 日移動平均への変更による予測レコード数の増加
- ・ 要素の増加(日最高・最低気温)
- ・ 累積分布関数の目盛りの増加(精緻化)

また、最新の CSV ファイルは指定 URL によるデータ取得⁹ができ、プログラム等で指定してデータの自動

⁶ 多数の予測シナリオを平均して得られる値。個別の予測シナリオより、統計的に見て予測精度が高くなる。

⁷ CSV ファイルのフォーマットや対象の地点・地域についてはウェブサイトには詳細があるので、ご利用の際はそちらを参照されたい。

⁸ ファイルサイズは、早警運用時のファイルが約 2kB、現在の新しいファイルは約 25kB となっている。

⁹ 対象 URL

・2 週間データ

https://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/probability/guidance/download2w.php?2week_t_{地点 or 地域番号}.csv

・1 か月データ(後述)

https://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/probability/guidance/download.php?month1_t_{地点 or 地域番号}.csv

地点・地域番号の詳細はウェブサイトを参照されたい

取得を行うなど、API としての利用も可能である。

(4) サンプルファイル(表計算ソフト用)

CSV ファイルの内容を可視化するビューワとして、また、これからデータ利用を始めるユーザーへの導入時の参考資料として、CSV ファイルを読み込み可視化するサンプルファイル(Excel 等の表計算ソフト用のワークブック)をウェブサイトより提供している。

サンプルファイル(第 2.4-3 図)では、アンサンブル平均予測の時系列グラフ、特定の気温超過/以下となる確率グラフ、累積分布関数グラフが、日平均・最高・最低気温それぞれにおいて閲覧可能である。

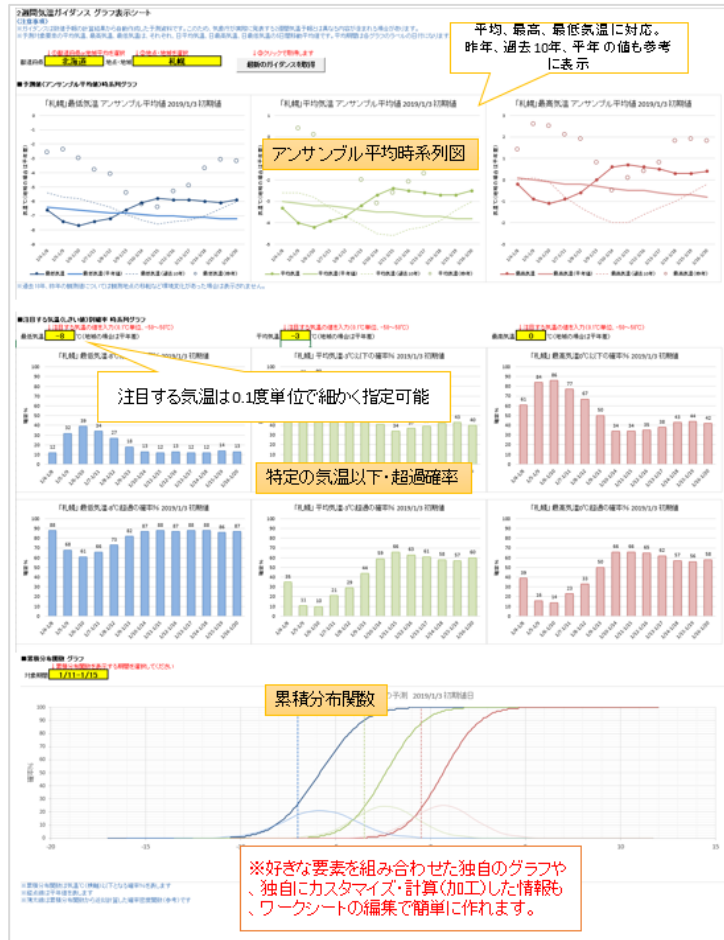
ファイルには地点(あるいは地域)を選択して「最新のガイダンスを取得」するためのボタンを設けた。このボタンをクリックすることで、ブラウザを使うことなく、ウェブサイトから CSV データを取得してグラフを更新できる。

なお、サンプルファイル内の「解説」シートに利用方法や各シートについての解説があるため、ご利用の際には、まずこちらを参照されたい。

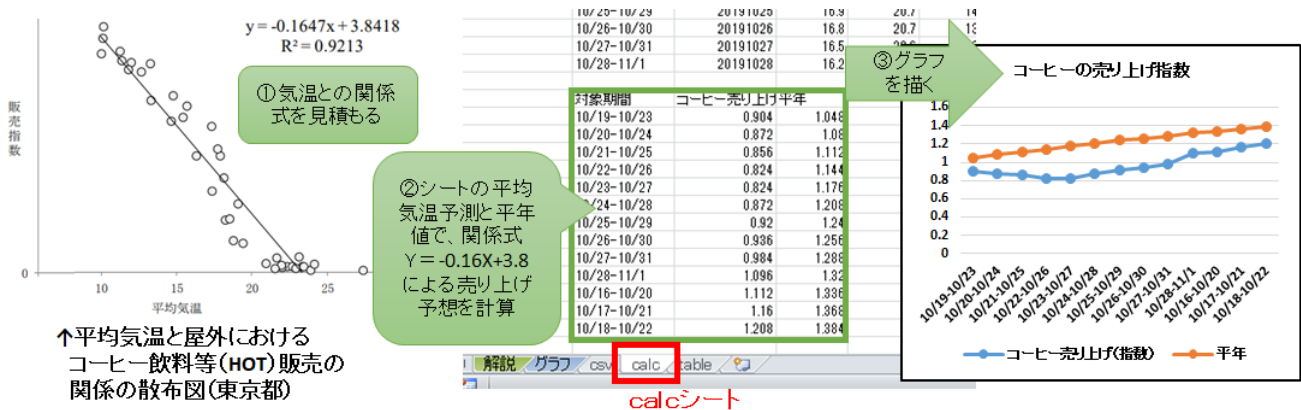
各シートの概略を第 2.4-1 表に示す。

第 2.4-1 表 サンプルファイルの各シート

シート	機能
解説	概要や利用法 (はじめに読む)
グラフ	グラフ用 (データは“calc”シートにある)
csv	確率予測資料の CSV データをダウンロードして展開するシート
calc	“csv”シートの値をもとにグラフ用のデータを成型するシート
table	処理に用いる地点番号等の表 (固定)



第 2.4-3 図 サンプルファイル(2 週間データ用) 確率予測資料 CSV の内容をグラフで表示できる。



第 2.4-4 図 サンプルファイルのカスタマイズの模式図 数式やグラフを追加して独自の予測ツールを作成できる。 コーヒー飲料等の予測式は気象庁(2018)を参考とした。

サンプルファイルは、編集して機能を追加することも可能である。例えば、予測対象と気温の関係性(予測式)が分かっている場合、“csv”シートや“calc”シート

内の気温の値をもとに、表計算ソフト上で対象の予測式やグラフを付加して、独自にカスタマイズするといった利用法が考えられる。参考に、第 2.4-4 図に自動販

売機におけるコーヒー飲料 (HOT) の売り上げ予測を例として、簡単なカスタマイズの模式図を示した。

上記のように、サンプルファイルを活用することで、高度なデータ解析やプログラミングの知識がない場合でも、独自の予測ツールを作成できる。これにより、気温と関連する予測式があれば、容易に販売量等の推移が可視化でき、データの具体的な活用が期待される。

(5) 再予報データ

再予報とは最新の数値予報システムで過去事例を予報することである。気象予測の基となる数値予報システムは、新たな開発により年々精度が改善されている。現在、2週間気温予報や1か月予報に利用している全球アンサンブル予報システムでは、予測性能の評価や特性の把握のため、過去30年分以上の事例の再予報を行っている¹⁰。

再予報に基づく2週間データについても、データ利用時の調査・検証等の促進のため、ウェブサイトより提供している(第2.4-1図の「再予報データ」の項目)。

予測データを活用する際は、事前に過去の予測データを用いて予測の有効性を調査・検証することで、予測を利用するメリットを定量的に把握できる。ウェブサイトからは実際に運用された過去の予測データも取得でき、まずはこれを活用することもできるが、このデータは比較的最近のものに限られている¹¹。そこで、より長期間の過去に遡って調査・検証をしたい場合に再予報データが有用となる。

例えば、農業における営農対策など、1年に1度しか検証対象がないような場合は、数十年分の検証ができるため、事前の再予報による検証が予報の実際の対策への有効性を見積もるのに有用である。ここでは、例として、東北地方の冷夏の事例を取り上げる。東北地方の夏は、やませの影響などにより低温となる

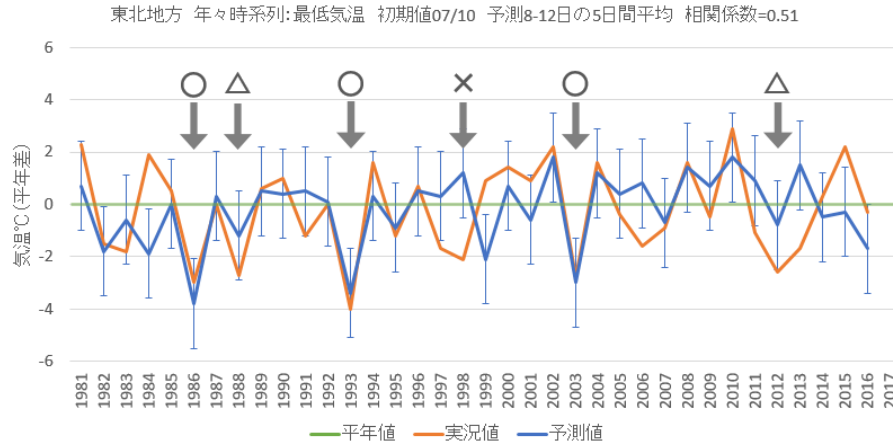
年に水稻の冷害が発生し、大きな問題となってきた。例年、7月下旬に低温となると、冷害となる危険性が大きくなる。この時期の低温を2週間前から予測できたかどうかをグラフに示した(第2.4-5図)。図では、実況値が平年値より2°C以上低温となった年に注目した(図中矢印)。“○”印の年(1986年、1993年、2003年)では、予測が低温を良く表現しており、“△”印の年(1988年、2012年)は、アンサンブル平均値では実況ほどの低温は予測されていないが、平年より低温になる傾向は予測されている。また、予測範囲(80%)のバーの範囲では概ね捉えている。しかし、“×”印の年(1998年)では、平年より高温傾向の予測となっている。これらから、2週間先の顕著な低温予測も、大まかに半分以上は捉えられるといった感覚を持って、予測を利用することができる。

第2.4-6図は、2週間先の予測(東北地方、最低気温、アンサンブル平均値)の再予報による統計的な予測精度(RMSE、相関係数)を示したものである。年間を通じて大まかに、RMSEは1~1.5°C程度、相関係数は0.5~0.7程度となっている。青点線は平年値を予測値として用いた場合(気候値予報という)、青実線は予測データを用いた場合のRMSEを表す。青実線のほうが小さめのRMSEであることから、統計的に見て平年値より予測データを用いたほうが有用であることが伺える。また、4~6月初期値の予測は、他の時期と比較して精度が相対的に低めとなっており、“この時期の予報はほかの時期と比べて精度に注意しよう”などと事前に把握した上で、計画的な利用ができる。

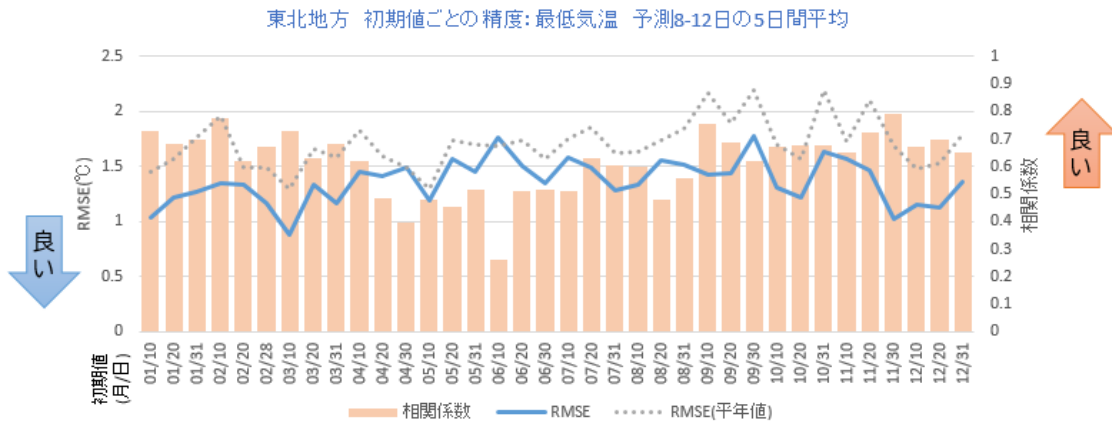
再予報データを含む、過去の予測データの活用法について、ここで紹介した以外の事例や、参考となる文献等をウェブサイト(第2.4-7図)でも紹介しているので、データをご利用の際は、適宜参照されたい。

¹⁰ 数値予報システムの再予報は計算機資源の制約から、予測頻度やアンサンブルメンバー数(予測のシナリオの数)は実際に運用される予報からは縮小されて行われている。(第1.3節参照)

¹¹ 実際に運用された過去の予測データは、基本的に前回の数値予報システムが更新されてからの分を参照することが望ましい。これは、システムの更新により予測の特性が変化するためである。



第 2.4-5 図 7 月 10 日初期値の 2 週間先の予測(東北地方、最低気温)
2019 年 9 月時点の再予報データに基づく。予測はアンサンブル平均値、バーは予測範囲(80%)。



第 2.4-6 図 2 週間先の予測(東北地方、最低気温、アンサンブル平均値)の RMSE、相関係数
2019 年 9 月時点の再予報データ(1981 年 1 月～2017 年 3 月分)に基づく。

過去の予測データの利用例の紹介

種別予測資料(2週間気温予報や1か月予報の基礎資料)のような予測データを利用する場合、予測精度(予報が現実と比べてどの程度異なるか)を事前に把握することで、気候リスク管理を円滑化を行うことができます。本ページでは、過去の予測データを用いた検証の具体例を紹介し、過去の予測データ(種別予測資料)については、以下のリンクから取得可能です。

- ▶ 種別予測資料(2週間気温予報) 提供ページ
- ▶ 種別予測資料(1か月予報気温) 提供ページ

(注)本ページで紹介するデータや内容は、2019年9月現在のものです。

その1：個々の事例を検証する

ここでは、東北地方を題材に検証事例を紹介し、過去の予測データは2週間気温予報の再予報データ(現在の技術で再度過去の事例を予測したものの、ハインドキャストともいう。)を使用し、2週間先の気温の予測について検証していきます。

冷夏時の2週目の気温の予測

東北地方の夏は、やませの影響などにより気温となる年に氷霜の冷害が発生してきました。ここでは、過去に顕著な冷害となった1993年と2003年の予測データを見ていきます。例年、7月下旬に気温となると冷害となる危険性が大きくあります。現在の技術では、この時期の気温を2週間前から予測できていたでしょうか？再予報データで見てみましょう。

「東北地方」最低気温 1993/7/10 初期値

「東北地方」最低気温 2003/7/10 初期値

第 2.4-7 図 ウェブサイト「過去の予測データの利用例の紹介」(2020 年 7 月現在)
https://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/probability/info/kakodata_kensho.html

2.4.2 1か月気温予報データ

ここまでは、2週間データについて紹介してきたが、1か月予報の基礎資料となる予測データのうち、比較的精度の高い向こう28日平均気温の予測データ(以下「1か月データ」という)についてもウェブサイトより公開している。1か月データの対象は向こう28日間の平均気温であるため、日々の気温の変動の把握には利用できないが、長期的な気温の傾向を予測する場合は有用なデータとなり得る。例えば、有効積算温度による農作物の生育予測等、温度によって変化の程度が予測できる事例での利用が想定される。

1か月データのウェブサイト(第2.4-8図)の構成は2週間データのウェブサイトと同様に、最新のデータ、再予報データ、サンプルファイルや解説等、ワンストップで提供している。データ利用のためのサンプルファイル(第2.4-9図)もウェブサイト内から取得できる。データフォーマットやサンプルファイル等の利用についての具体的なところは、上述の2週間データのウェブサイトとほぼ同様であり、ウェブサイト内にも詳細があるため、ここでの紹介は割愛する。

2.4.3 気候リスク管理ポータルサイト

将来の気候の見通しを立て、気候の悪い影響を軽減し、良い影響を利用することを、気候リスク管理¹²という。これまで紹介した2週間データ、1か月データは、まさに将来の気候の見通しを立てるのに有用であり、気候リスク管理のためのデータであるとも言える。

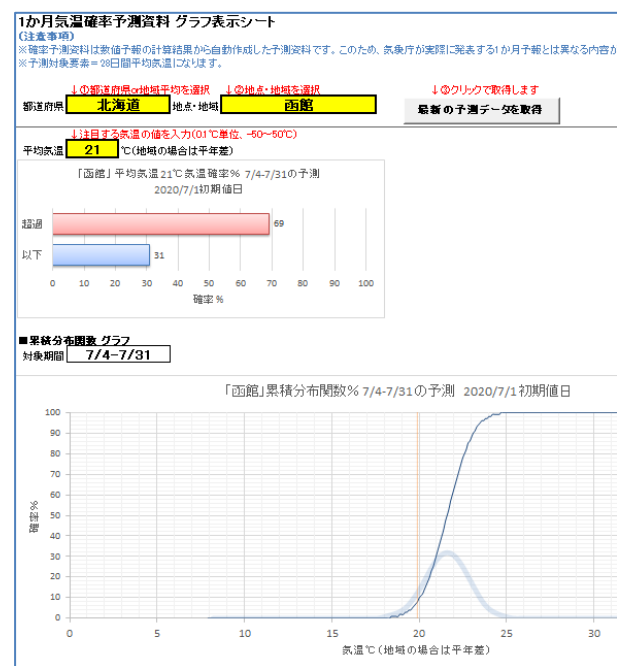
気候リスク管理に関して紹介するウェブサイトとして気候リスク管理ポータルサイト(第2.4-10図)を公開している。ポータルサイトには、上述の2週間・1か月データの具体的な活用事例(第2.3節でも紹介)、気候リスク管理の考え方・ノウハウ等の解説、各種産業での気候リスク管理に関する調査報告書などのコンテンツがまとめられている。各コンテンツは気候リスク管理の普及・啓発や、気象情報やデータの活用に取り組む際の参考資料としての活用が期待される。

¹² 気候リスク管理については、第2.2節や中三川ほか(2013)に詳細がある。



第 2.4-8 図 確率予測資料(1か月予報気温)提供ページ(2020年7月現在)

https://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/probability/guidance/csv_k1.php



第 2.4-9 図 サンプルファイル(1か月データ用)

確率予測資料 CSV の内容をグラフで表示できる。



第 2.4-10 図 気候リスク管理ポータルサイト「気象情報を利用して気候の影響を軽減してみませんか？」(2020年7月現在)

<https://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/>

2.4.4 終わりに

本節で紹介した内容は、2020年7月現在のものであり、データの仕様やコンテンツの詳細は、今後も予測技術の向上や時代のニーズ等とともに変化することが想定される。最新の情報は適宜ウェブサイトを参照されたい。

本節で紹介したデータやコンテンツについて、気候の影響を受ける各種産業での業務向上や、各種調査・研究などで、ぜひ活用いただければと思う。また、今後の改善のため、ご質問がある場合や、データの活用方法・活用事例等を共有いただける場合、脚注のメールアドレス¹³よりご連絡いただけると幸いです。

¹³ お問い合わせ用メールアドレス
climate-risk(アットマーク)met.kishou.go.jp
(アットマークを@に変えて利用願います)

参考文献

野津原昭二, 2008: 気象庁ホームページによる情報提供. 平成 20 年度季節予報研修テキスト, 気象庁地球環境・海洋部, 35-39.

気象庁, 2018: 気象庁委託調査「気候情報を活用した気候リスク管理技術に関する調査報告書～清涼飲料分野～」. https://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/H29_drink_chou_sa.html (2020年7月閲覧)

中三川浩, 宮脇祥一郎, 前田修平, 野津原昭二, 伊藤明, 荒井宏明, 2013: 気候リスク管理技術の普及に向けた取り組み. 平成 25 年度季節予報研修テキスト, 気象庁地球環境・海洋部, 17-62.