

2. 気候リスク管理技術の普及に向けた取り組み

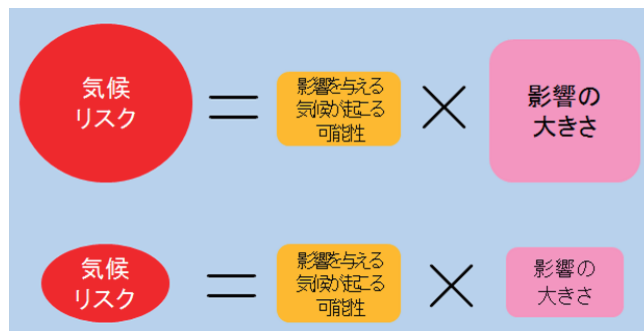
2.1 はじめに¹

気象庁では、気象観測資料や1か月予報などの予測資料を利用して、社会・経済活動に与える気候²の影響を評価し、その影響を軽減・利用する「気候リスク管理」技術の普及に向けた取り組みを推進しており、本章では、その取り組みの概要を解説する。

本節では、まず気候リスクおよびその管理の概念について解説する。

気候リスクとは、気候変動や異常気象などによる社会・経済活動への影響について、その程度や大きさを含めて、起こりうる可能性のことを言う。影響には、被害や損害の発生といった悪影響ばかりでなく、収穫量や販売数の増加といった好影響も含まれる³。同じ気候の偏りがあっても、その影響は一般に産業分野によって異なる。例えば、2010年夏は記録的な猛暑となったが、エアコンやかき氷など季節商品の売り上げは伸びるなどの好影響があった一方、高温によるコメの品質低下、厳しい残暑による秋物衣料の売り上げの不振、熱中症患者の増加といった悪影響があった。

気候リスクは、社会・経済活動に影響を与える気候の発現の可能性とその影響の大きさを掛け合わせたものと考えると理解しやすい(第2.1.1図)。例えば、第2.3節で述べているように、東北地方で水稻の減数分裂期である7月下旬に平均気温が



第2.1.1図 気候リスクの概念

社会経済活動に影響を与える気候が生じる可能性が同じでも、与える影響が大きいかほど気候リスクは大きくなる

20℃以下の低温が継続すると、低温障害が発生する可能性が高まる。一方、減数分裂期を過ぎた8月下旬に20℃以下となっても、水稻の生育に大きな影響は出ない。つまり、平均気温が20℃以下となる可能性が同じでも、水稻の生育への影響は時期により大きく異なるといえる。7月下旬に20℃以下となることが予想された場合には、低温の可能性が比較的小さくても気候リスクとしては大きくなることから、積極的に対策(深水管理)を行うなど、その時期の影響の大きさによって、対策を変えることが有効であると考えられる。

こうした①気候リスクを認識し、②それを定量的に評価し、③予測情報等をもとに対策を立てる一連の3つのプロセスを気候リスク管理という。

熱中症対策を例に、気候リスク管理の方法について説明する(第2.1.2図)。

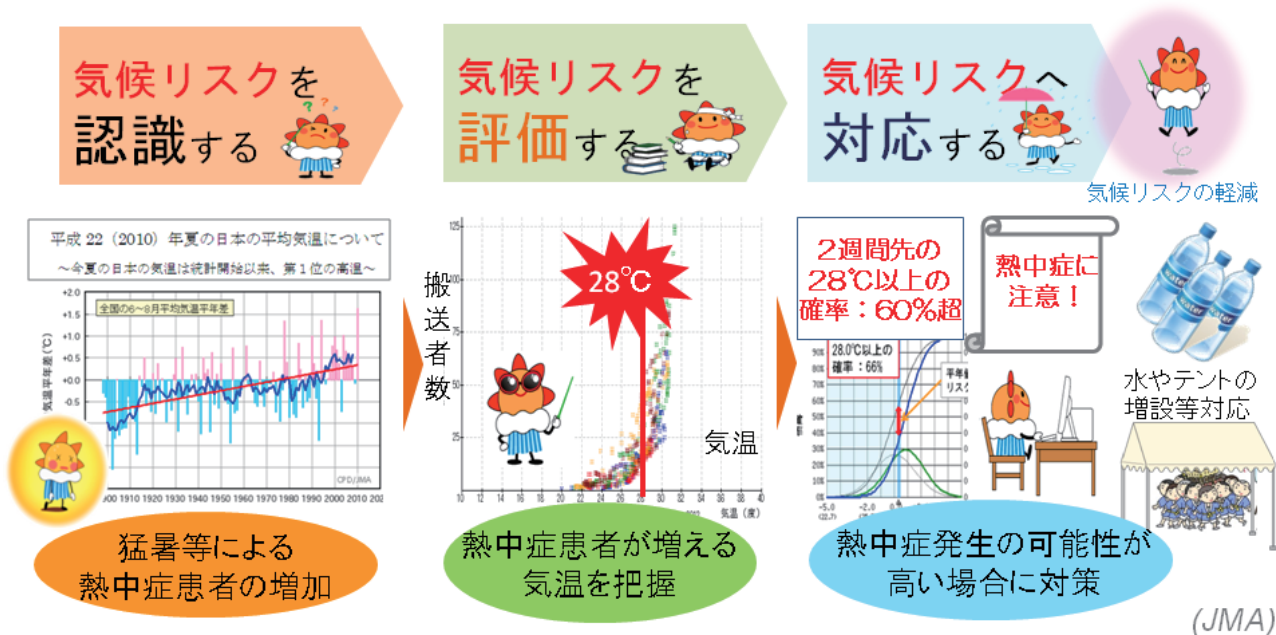
ある企業が夏の終わりに数日にわたる大阪での屋外イベントを企画し、暑さへの対策が必要かどうか検討するとしよう。近年地球温暖化を背景として、日本では夏季に高温となる年が多くなっている。それにつれて、熱中症の危険性が増しており、実際、熱中症による死者も増加している(藤部2013)。このことから、熱中症への対策を積極的に立てる必要がありそうと認識することが第一のプロセスである(第2.1.2図左列)。

次に、どの位の気温になったら熱中症の危険性が高まるかを定量的に評価することが第二のプロセスである(第2.1.2図中列)。総務省消防庁調べによる大阪府の7日間別の熱中症搬送者数と、同

¹ 中三川 浩 (第2.1節、第2.2節、第2.4節)

² 気候とはある程度長い期間における気温や降水量などの大気の状態のことをいう。時間スケールは注目する現象によって異なるが、最短で数日程度、一般には数週間程度のものから数十年といった期間の平均的な状態を包括している。本稿では、主に季節予報が対象とする数か月以内の時間スケールの気候を対象とする。

³ 国際標準化機構 (ISO: International Organization for Standardization)で2009年に発行されたISO31000 (日本規格協会編 2010)によると、「リスク (risk)」とは「目的に対する不確かさの影響」と定義され、「影響」とは「期待されていることから、好ましい方向及び/又は好ましくない方向に乖離することをいう」とされている。本稿もこの考え方に沿っている。



第 2.1.2 図 気候リスク管理の 3 つのプロセス

気候リスク管理は、気候リスクを認識し、それを定量的に評価し、予測情報等をもとに対策を立てる一連のプロセスで成り立つ。

期間の平均気温の関係を 2008～2012 年の 6～9 月の期間で調べたところ、7 日間平均気温が 28°C 以上で搬送者数が急増するという関係が明瞭である。この関係から、大阪で 7 日間平均気温が 28°C を超えると予想されれば熱中症への対策を強化する必要があると考えられる。

イベント開始のおよそ 1 週間前には、イベント期間の 7 日間平均気温が 28°C を超える確率がどの程度かを異常天候早期警戒情報の確率予測資料で知ることができる。例えば、大阪で 7 日間平均気温が 28°C を超える確率が 60% を超えることが予想されていた場合には、十分な熱中症対策（例えば、飲料水の追加や日陰となるテントの増設など）が必要と判断することができる⁴。これが第三のプロセスである（第 2.1.2 図右列）。以上 3 つのプロセスにより、対策を実施して被害・損害を軽減することが気候リスク管理である。

本章では、気候リスク管理技術の普及に取り組

む背景と具体的な取り組みの概要を第 2.2 節で、これまでの具体的な取り組みと成果の詳細について第 2.3 節で解説し、第 2.4 節で今後の展望について述べる。

2.2 取り組みの背景と具体的対応

2.2.1 国際的動向

水資源管理、農林水産業、交通・観光、エネルギー等の多くの社会経済分野は、干ばつ、洪水、暴風雨、熱波あるいは寒波等の極端な気象・気候による影響を非常に受けやすい。これらの分野における意思決定者は、気候の変化や変動による負の影響に対する認識を持っているものの、気候リスク管理に気候情報を効果的に利用する術を十分に持っていない。

このような現状のもと、平成 21 年 8 月末から 9 月はじめにかけて、世界気象機関(WMO)による政策決定のための気候予測(季節予報から 10 年規模の予測)をテーマとする第 3 回世界気候会議

⁴ 実際にどの程度の確率が予測された場合にどの程度の対策をとるかは、一般に対策を立てるための費用と対策を実施しなかった場合の損失により判断される。

(WCC-3⁵)が開催され、「気候サービスのための世界的枠組み(GFCS⁶)」を構築することなどが決定された。GFCSは、気候情報により気候に関するリスクを軽減すること、気候サービスの提供者と利用者が連携して気候情報を意思決定に有効に利用すること等を目標としている。

平成24年10月の世界気象会議臨時会合では、これから2年後、6年後及び10年後に達成すべき目標を定めたGFCSの実施計画が承認された。特に最初の2年間においては、「農業と食糧安全」、「災害リスク低減」、「健康」、「水」の4つを優先的に取り組む利用分野として指定し、これらの分野における成功事例を創出して広く共有することを課題としている。

このように、国際的に気候リスク管理の重要性が認識されており、気候情報の提供者と利用者の対話・連携を通じて気候情報が意思決定に有効に活用されるよう気象庁でも国内外での具体的な取り組みについて検討・実施している。

2.2.2 気象分科会の提言

前項でも述べたように、社会、経済のグローバル化が進展する中、大雨や干ばつ、寒波や熱波などの異常気象が、国内外の多くの産業分野に大きな影響を与えている。このような情勢のもと、交通政策審議会気象分科会では、気候変動や異常気象による影響を受ける分野が損失や被害を回避・軽減するために必要な気候情報⁷とその利活用のあり方について、平成24年2月に、気象庁への提言として取りまとめた⁸。

⁵ World Climate Conference-3 の略

⁶ Global Framework for Climate Services の略

⁷ 提言での気候情報は、地球温暖化予測情報、季節予報、異常天候早期警戒情報、エルニーニョ監視速報、世界の異常気象に関する情報、過去の気象観測統計データが含まれる。

⁸ 提言の全文および審議会の議事要旨や議事録は、以下のページを参照（平成25年9月現在）。
http://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/s302_kishou01.html

本項では提言の概要について、また、次項では提言を受けた具体的な取り組みの概要について、特に季節予報・異常天候早期警戒情報や過去の気象観測統計データの利活用に焦点を当てて解説することとし、国際的な気候リスク管理の課題の解決に向けた提言と取り組みは割愛する。

(1) 気候情報を利用する気候リスク管理の現状と課題

季節予報等の気候情報の気候リスク管理への利用に関して、平成22年度に行った様々な産業分野へのアンケート調査によれば、40%の企業・機関が業務に季節予報を利用しているものの、気候リスクを定量的に評価し、気候リスク管理を実行している企業は7%にとどまる。

このように気候リスク管理が普及していない理由として、気候リスク管理の方法が不明、気候情報の多様な利用形態に提供内容が対応していない、季節予報の確率表現の意味など気候情報の内容や使い方の解説が不十分、予測精度が不十分であることなどが指摘された。

ここで、気候情報の多様な利用形態に対応していない具体例を以下に挙げる。企業の業績分析では、過去の気象観測統計データとして、前年差や過去5年平均との差を用いるなど、比較に用いる算出期間は気象庁の平年値作成期間である30年とは異なることが多いが、気象庁ホームページから提供する気象観測統計データはこれに対応していない。また、季節予報で言えば、利用者は例えば冷害対策が必要な20℃を下回る確率を欲しいと思っても、気温平年差が「低い」、「平年並」、「高い」の3つの階級に入る確率を予報しているため、そのような情報が得られない。

(2) 対処の方向性と具体策

(1)で述べた課題を解決するため、以下の提言がなされた。

①気候情報を利用した気候リスク管理を普及させるため、気候情報の作成者と利用者が協力し、その成功事例を創出する仕組みを構築する。

具体的には、以下のとおりである。

- (ア) 気象庁は気候情報の作成者と利用者が対話する場を設ける。両者はそれぞれの知見を出し合い、利用分野における気候リスクについての認識を共有し、気候情報を利用した対応策の実施可能性を検討する。
- (イ) 両者は、気候情報を利用して気候リスクに対応する手法の確立に向けて共同開発を行い、成功事例を創出する。
- (ウ) 他の分野への普及につなげるため、共同開発した成功事例については、具体的な技術情報を含め公表する。

②各分野の利用者が気候情報を用いて、気候リスクを定性的にあるいは定量的に分析・評価することがより容易になるように、気候情報の利便性の向上を図る。

具体的には、以下のとおりである。

- (ア) 気候リスクの分析・評価において基盤的なデータとなる平年値や前年比などの気候データベースやその利用環境を拡充する。
- (イ) 気候情報の利用形態の多様性を踏まえ、利用者側から見て活用しやすい予測情報（利用者の必要とする値以上の出現確率、湿度などあらたな要素、予報期間の延長など）を提供できるようにする。
- (ウ) 季節予報の確率表現や予測モデルの特性などの解説を充実する。
- (エ) 季節予報などの予測精度向上の技術開発を推進する。

2.2.3 具体的取り組み

気象庁は、前項で述べた提言を受ける以前の平成22年度から2か年計画で、独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構（以下、農研機構）東北農業研究センター（以下、東北農研）および東北大学と2週間程度先の農業気象予測情報の作成に関して「気候予測情報を農業分野に利活用するための応用技術に関する研究」を共同で実施した。この共同研究の成果として、東北農研と岩手県立大学ソフトウェア情報学部が運営する「Google

Mapによる気象予測データを利用した農作物警戒情報ページ」を通じて、ユーザー登録をした利用者への試行的な情報提供を始めている。本研究により、気候情報の作成者である気象庁と農業分野の専門家である東北農研が、利用者である農業従事者の意思決定に適した農業気象情報を提供するという一連の流れを構築することができた。これは気候リスク管理の成功事例の1つといえる。

その後、全国の5つの農研センター⁹と共同で「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」を平成23年度から3か年計画で実施している。具体的には、野良イモ¹⁰対策に資する土壌凍結予測（北海道農研）、小麦赤かび病発生予測（近中四農研）、水稻高温登熟障害予測（九州農研）における2週目や1か月の平均気温予測の利用可能性に関する研究を実施している。また、中央農研が開発している1kmメッシュの農業気象データに2週目の気温予測データを組み入れることも検討している。これらの成果は、農研機構が開発している全国版の早期警戒・栽培支援システム（AMATERAS¹¹）に生かされ、農業関係者に実用されることを最終的な目標としている。

こうした取り組みは、農業分野における気候リスク管理の成功事例創出に向けて、共同研究という形で協力して実施しているものであり、まさに①の提言に沿うものである。

こうした共同研究以外にも、県の農業研究機関が1か月予報の過去の気温予測値を使った調査を独自に行い、実用化に向けた取り組みを行っている。山形県農業研究センターでは、従来、水稻の刈取適期予測に平年値を使い、農業技術情報で周知している。これを、1か月予報等の過去の気温

⁹ 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 北海道、東北、中央、近畿中国四国（近中四）、九州沖縄（九州）農業研究センター

¹⁰ 前年の収穫時にこぼれたじゃがいもが越冬して、翌年に芽を出し雑草化したもの。

¹¹ Agriculture Meteorological Alert Transmission and Expert Regional Assistant System の略

予測値¹²を使って刈取適期の予測の精度向上が図れるか調査を行い、平年値を利用したものよりも数日程度、予測精度が向上するという結果を得た。このため、1か月予報等の予測資料を利用した刈取適期予測を行い、農業技術情報に活用することを検討している。この事例は第2.3.2項で紹介する。このような県の農業研究機関での気候情報を用いた調査と実用化といった気候リスク管理の成功事例を他の都道府県の農業研究機関との対話の中で紹介することや、過去の予測データ取得の利便性を向上させることで、気候リスク管理技術の普及を図る取り組みを推進している。

平成24年度は、農業分野以外とも成功事例創出に向けた開発を行うべく、いくつかの産業分野と対話を行い、一般社団法人日本アパレル・ファッション産業協会から調査への協力が得られたことから、アパレル・ファッション産業界における気候リスク評価の調査を実施した。コートやサンダル、ブーツなどの販売数と気温の関係が明瞭に示されるなど、アパレル商品と気候の影響の評価が出来たことに加え、1か月予報などを使った影響の軽減や利用といった気候リスクへの対応の可能性が示された。

このほか、東日本大震災以降の社会情勢の変化により、電力需給のひっ迫に対応する必要が出てきたため、対策の検討や準備のためにできるだけ早い需要見通しが必要になった。このため、電気事業連合会等の要請に基づき、異常天候早期警戒情報の2週目気温予測をもとに、電力需要予測に資する情報の開発を行い、提供することにした。開発にあたり、電力会社側のニーズと予測精度から気象庁から提供できる情報の調整を綿密に行った。

これらの取り組みの詳細は、第2.3.3項で述べる。

一方、②(ア)(イ)の提言に対する具体的な

¹² 1981～2010年の1か月数値予報の過去予報実験(ハインドキャスト)ガイダンスおよび2012年のルーチンガイダンス

取り組みとして、気象庁ホームページに、気候リスク管理に関する解説ページ、過去の気象観測データのダウンロードページ、および1か月予報の気温確率予測資料を取得できるページを平成25年5月に開設し、利用者の利便性を向上させた(第2.2.1図)。

気候リスク管理に関する解説ページでは、気候リスク管理の基本的な考え方、気候リスクの評価や対応の仕方を様々な事例を用いて分かりやすく解説している。また、評価や対応に必要な気象観測データや気温確率予測資料へのリンクを張り、それらの利用例も併せて掲載している。

過去の気象観測データのダウンロードページは、気象観測データとユーザーの持つデータを利用して気候リスクの評価が容易にできるように開発したものである。従来、気象庁ホームページでは気象観測データは閲覧のみ対応していた。これでは、個々の表示されたデータをコピー&ペーストで取得せざるを得ず、まとまった期間や地点のデータを表計算ソフトなどで統計的に解析するには難があった。このダウンロードページは、まとまった期間の複数の地点のデータをCSV形式で保存できる¹³だけでなく、産業界で良く用いられている過去5年平均など任意の期間の平均値およびその差(比)を求めることもできるなど、様々な便利な機能を備えている。

1か月予報の気温確率予測資料は、気候リスクの評価を踏まえて気候の影響の軽減や利用に結びつけられるよう、これまで提供していた異常天候早期警戒情報の気温確率予測資料に加えて、提供を開始したものである。東京や大阪など気象官署の気温に関しては、28日間平均気温が〇〇℃を下回る確率や最も出現する可能性の大きい気温、昨

¹³ 平成24年7月に「電子行政オープンデータ戦略」(下記URL参照(平成25年9月閲覧))が策定され、政府全体として公共データの活用を促進するため、積極的に公共データを機械判読可能な形式で公開することとされ、この方針にも沿うものである。
<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/denshigyousei.html>



第 2.2.1 図 気候リスク管理に役立つ 3 つの情報のページ（気象庁 HP に掲載）

左上) 気候リスク管理解説ページ

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

右上) 過去の気象データ・ダウンロードページ

<http://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/index.php>

左下) 1 か月予報の気温確率予測資料のページ

http://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/probability/guidance/index_k1.php

年の気温や過去 10 年平均気温なども表示・取得可能である。

これらの取り組みの詳細は、第 2.3.4 項で述べる。

このほか、平成 25 年 9 月より気象庁 HP の季節予報の解説ページ¹⁴の充実と改善を行った。また、平成 25 年 10 月より、季節予報とともに提供している「解説資料」について、予報ポイントの記述、確率の言葉での表現（高い確率が 50% 以上のときは「高い見込み」など）や確率に応じた色での地図の塗り分け、ポンチ絵を用いた予報根拠の解説など、より分かりやすい内容とした。これ

らの改善は、②（ウ）に該当するものである。

なお、②（エ）の季節予報などの予測精度向上の技術開発は、平成 25 年度末に 1 か月予報に利用する数値予報モデル（大気モデル）の高解像度化およびガイダンスの改良が予定されており、その後も 3 か月予報等に利用する数値予報モデル（大気海洋結合モデル）の改良等が予定されている。その詳細については、今後報告される予定である。

参考文献

- 藤部文昭, 2013: 暑熱（熱中症）による国内死者数と夏季気温の長期変動. 天気, 60, 371-381.
- 日本規格協会編, 2010: 対訳 ISO31000:2009 (JIS Q 31000:2010) リスクマネジメントの国際規格-ポケット版. 日本規格協会, 181pp.

¹⁴ 季節予報の解説ページ（「季節予報って何？」）
http://www.jma.go.jp/jma/kishou/now/kisetsu_riyou/index.html

2.3 具体的な取り組み

2.3.1 共同研究・共同調査¹

(1) 農研機構²との共同研究

本稿では、平成23年度から平成25年度にかけて実施している、気象庁と農研機構の共同研究について述べる。

本研究の目的は、農業技術に適合した気候予測情報の開発と予測精度評価および気候予測情報を適用した農業技術情報の開発と有用性の実証を行い、農業の多くの分野における気候予測情報の活用技術を高度化することである。本研究で得られた成果は、全国を対象とした早期警戒・栽培支援システム（後述）等を通じて、農業における被害軽減と安定した生産確保への活用が期待される。また、利活用の成功事例として、農業分野はもとより、農業以外の分野における気象・気候情報の利活用促進に資するものである。

本研究に参加している農研機構の全国の農業研究センターとその略称を以下に示す（北から）。

- ・北海道農業研究センター（北農研）
- ・東北農業研究センター（東北農研）
- ・中央農業総合研究センター（中央農研）
- ・近畿中国四国農業研究センター（近中四農研）
- ・九州沖縄農業研究センター（九州沖縄農研）

以降、各農業研究センターにおける主要なテーマをレビューしつつ、調査事例等を紹介する。なお、現在も共同研究の実施期間中であり、内容については平成25年9月現在のものである。

ア. 東北農研との取り組み

気象庁と東北農研、東北大学は、共同研究「気候予測情報を農業分野に利活用するための応用技術に関する研究」を平成22年度から平成23年度にかけて実施した³。東北農研との取り組みは、この先行的な研究を引き継ぐ形で実施している。

(a) 2週目の気温予測メッシュ

現在、東北農研は岩手県立大学と共同で1週目（1週間先）までの1kmスケールのメッシュ気象予測情報を利用した農業向けの情報を提供している。農業では自らの圃場における気象情報が栽培管理等に重要であるため、ユーザー向けの情報は1kmスケール程度の細かいものが必要とされる。今回の共同研究においては、1週目以降でも比較的予測精度が確保できる7日平均気温について、2週目の1kmスケール予測メッシュ情報（以下、予測メッシュ）を試作した。

予測メッシュの作成に使用するデータは、東北農研作成の1kmメッシュ日平均気温⁴から計算された7日平均気温の平年値・標準偏差と気象庁の異常天候早期警戒情報（以下、早警）のガイダンス⁵である。早警ガイダンスでは、数値予報モデルの出力結果を統計処理することにより、数値予報モデルの統計的なバイアス（系統誤差）が取り除かれ、スプレッド（予測幅）も最適化されているため、利用面でも適している。

予測メッシュの作成は、各平年値メッシュにその位置に対応した地域平均ガイダンス（平年偏差）の予測確率密度分布を被せる形で行った。具体的には、ガイダンスのアンサンブル平均値は地域と地点で等しいと仮定して同じ値を用いており、分布の広がり（予測幅）については、ガイダンスの分布の広がりを、各メッシュに合わせて補正している。補正には、地域平均値の標準偏差 σ_r と各メッシュ値の標準偏差 σ_m の比を用いて、アンサンブル平均値からの偏差に σ_m/σ_r を乗じている⁶。これにより、予測メッシュの変動幅が各メッシュの気候的な変動幅に近づき、確率的な精度も向上す

⁴ 統計的手法による推定値。特にヤマセの吹走時に高精度に気温を推定するよう、説明変数が選択されている。具体的な手法等は菅野（1997）を参照。現在は文献中の説明変数から高層データを除いて作成されている。

⁵ 詳細は伊藤（2013）。ガイダンス（確率予測資料）はCSV形式で気象庁Webサイトより取得できる。

http://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/probability/guidance/index_w2.php

⁶ 早警の地点ガイダンスの作成法と同様。メッシュごとに早警の地点ガイダンスがあるイメージである。

¹ 宮脇 祥一郎、前田 修平

² 独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構

³ 参考資料として宮脇ほか（2011）など。

る。

今回の東北地方のメッシュ作成には、東北太平洋側と東北日本海側のガイダンスを用い、各メッシュの市町村コードにより被せるガイダンスを振り分けている。

(b) 水稻栽培管理用の情報の作成

今回の共同研究では、主に夏季の水稻の栽培管理を対象として、農業向けの予測情報を2週目(2週間先)まで拡充することを目的としている。

- ・冷害(低温による不稔の発生)
- ・高温障害(高温による品質低下)

について、発生の目安となる気温(しきい値)を設定した(第2.3.1.1表)。これらの警戒気温以下(以上)となる確率予測値を各メッシュで計算したものを、水稻用の低温(高温)確率として、冷害や高温障害の発生リスクを判断する指標とした。実際の利用において、ユーザーは各々の水稻の生育ステージに応じて、自分の農地に対応するメッシュの低温(高温)確率を参照することにより、水稻への障害発生リスクを少しでも長いリードタイムをもって把握し、対策に役立てることを想定している。

予測情報の定量的な利用においては、その精度をあらかじめ確認しておく必要がある。今回、1981~2010年を対象とする過去事例の予報実験(ハインドキャスト⁷⁾)の結果を用いて作成した、東北地方の17地点の地上気象観測地点に対応するメッシュにおける低温(高温)確率と、実際の観測値とを比較して、精度検証を行った。結果を第2.3.1.1図に示す。信頼度曲線については、赤実線が斜め45度の対角線に概ね沿っており、確率予

⁷ ハインドキャストについては、ガイダンスの基となるアンサンブル数値予報モデルのメンバー数が、計算資源の制約から5メンバーと少なくなっており、50メンバーを使用する現業運用版では、平均的に見てここで示した以上の精度が期待できる。また、ハインドキャストでは毎月10日、20日、月末を初期値として年間36回の予報実験を行っているのに対し、現業運用版では週2回(毎週火・金曜日発表の予報作業用)であり、予測はより高頻度である。

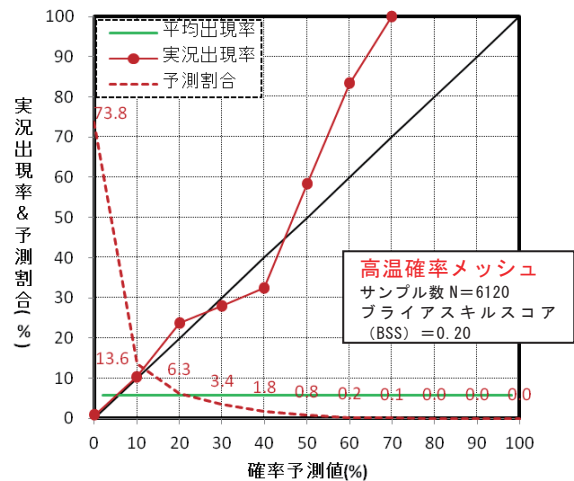
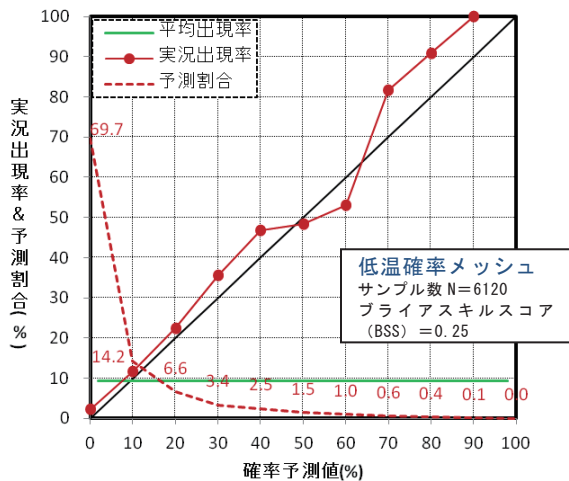
第2.3.1.1表 水稻の冷害・高温障害警戒気温
(東北農研資料)

時期	7月中旬 から 8月上旬 (幼穂形成期~ 出穂期前)	8月上旬 から 8月下旬 (出穂期~ 登熟初期)
警戒気温 (7日平均)	20℃以下	27℃以上
懸念される 症状	障害不稔発生	高温登熟障害
対策	深水管理	水管理

測値(横軸)と実況の出現率(縦軸)が近いことが分かる。これは、メッシュの確率値が大きいは実際の現象の出現率も大きく、メッシュの確率値が概ね適切であることを示している。また、本事例のような対象の実況の平均出現率(緑線)が小さい現象を大きな確率で予測することは困難であり、予測割合も小さくなる。確率予測値が大きくなるにつれて、斜め45度の対角線からのずれが大きくなっている傾向が見られるのは、大きな確率予測値ではサンプル数が少ないことによる影響があるためと考えられる。

また、気候値予報を基準に予測精度の改善の度合いを表した指標であるブライアスキルスコアは、低温確率が0.25、高温確率が0.20となっており、統計的に見て、将来の見通しに過去の気象観測値から求めた気候的な現象出現率を用いた場合と比較して、予測値を用いた場合のメリットが大きいことが示されている。

第2.3.1.2図は、過去の顕著事例として、冷夏の2003年、暑夏の2010年について、東北太平洋側のガイダンス(予測)と実況値を示したものである。予測(青線)を見ると、予測が後半になるに従い、実況(赤線)からのずれが大きめになり、予測幅も拡大している。しかし、平年値に対する気温の傾向や、実況(赤線)の変動の様子は、2週目付近でも、ある程度表現できている。



第 2.3.1.1 図 低温（高温）確率メッシュの確率値別信頼度図

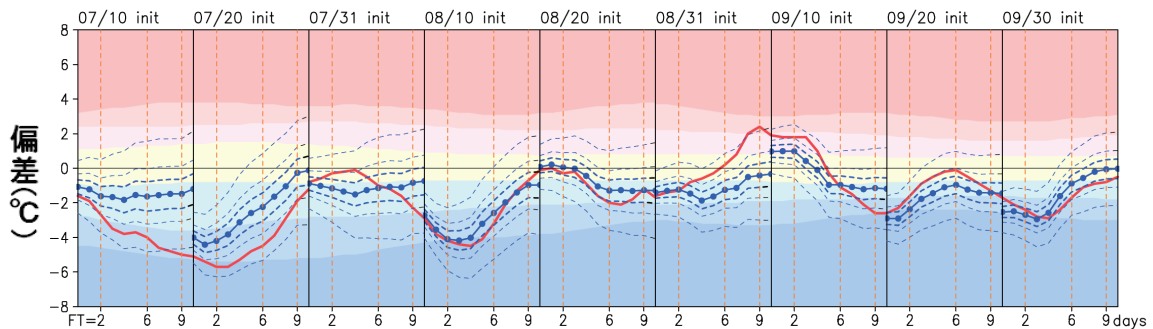
左：低温確率メッシュの精度

7月中旬～8月上旬（幼穂形成期～出穂期前）で、7日平均気温が20℃以下となる確率について。予測6～9日目からの7日平均気温（2週目付近）が対象。東北地方17地点（地上気象観測地点）のメッシュが対象。

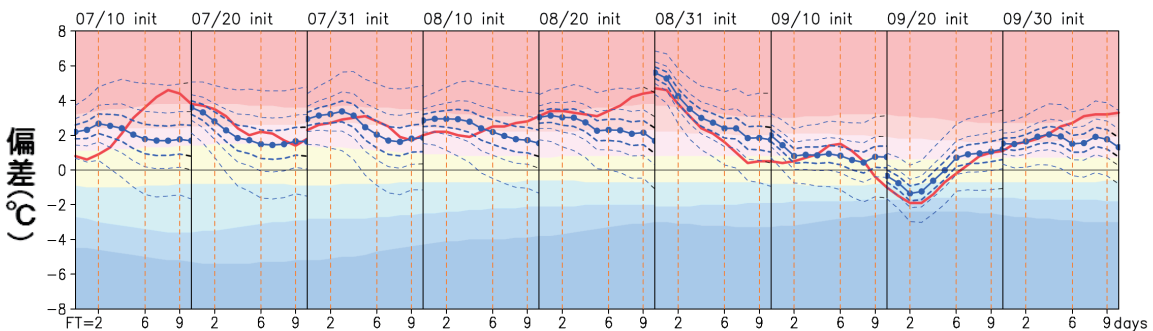
右：高温確率メッシュの精度

8月上旬～8月下旬（出穂期～登熟初期）で、7日平均気温が27℃以上となる確率について。他は低温確率メッシュと同様。

2003 年夏



2010 年夏



第 2.3.1.2 図 ハインドキャストによる顕著事例のシミュレーション。東北太平洋側の早警ガイダンス。2003 年（冷夏）と 2010 年（暑夏）について。初期値ごとに時系列的に並べたグラフ。

図の説明：

赤線＝実況、青線＝予測（実線＝アンサンブル平均、破線＝予測幅：中心から±20%、±σ、±2σ）
 シェードは階級区分（最低、かなり低い、低い、平年並、高い、かなり高い、最高：1981～2010 年）
 下ラベルの FT=2 が 1 週目、FT=9 が 2 週目に相当。要素は 7 日平均気温。

(c) ユーザーへの試験的な情報提供

2011～2013年の夏季に、今回作成した2週目のメッシュ予測情報のユーザーへの試験提供を行った。提供元のWebサイトは、東北農業研究センターと岩手県立大学ソフトウェア情報学部が運営している「Google Mapによる気象予測データを利用した農作物警戒情報ページ」⁸で、現在運用されている1週目までの予測情報と合わせて、今回の2週目の予測情報を試行という形で提供した。本Webサイトはユーザー登録制であり、東北地方の各ユーザーが予め圃場の位置や作付け等の情報を登録して利用する。また、各ユーザーには週に1回程度、各々の圃場の予測等に対応した内容の警戒メール(PC・モバイル端末向け)でも農業用の情報が提供される。Webサイトの画面からは、東北地方の1kmスケールの各種メッシュ情報を面的に確認できるほか、地図上の登録された圃場の位置については、ポップアップ上の画面により詳細な栽培管理情報や各種グラフなどが閲覧できる。ここでは、今回試験的に提供した2週目の情報について紹介する。

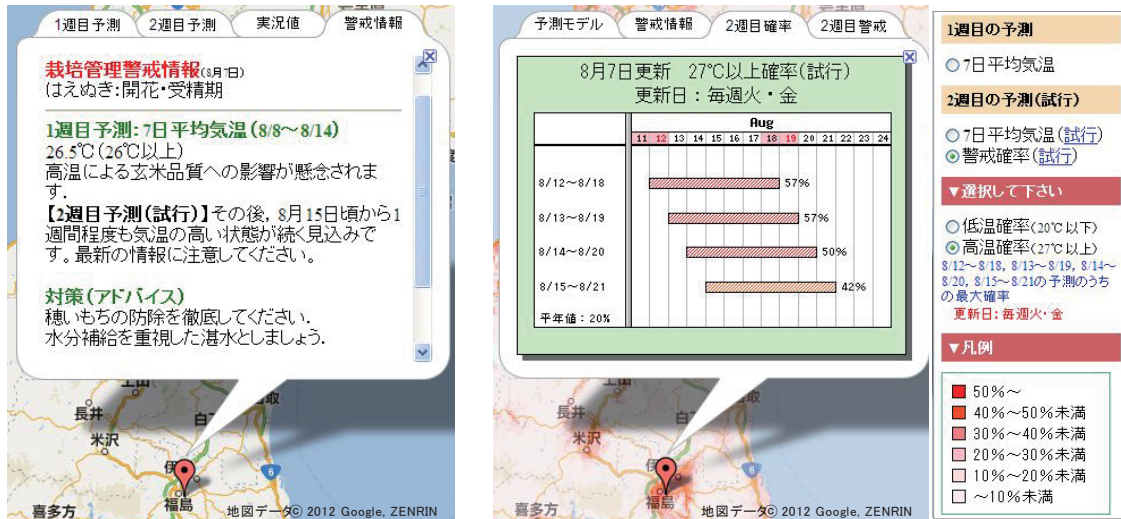
2012年の北日本は、8月中ごろから9月にかけて顕著な高温となったが、その始まりの時期に対応した2週目の予測情報の例を第2.3.1.3図に示す。例年のこの時期は水稻の高温障害に注意が必要な時期であるため、2週目の高温確率が大きく、基準に達した場合には、注意を促す情報が出る仕組みとしている。第2.3.1.3図(左)はユーザーの圃場に対応した栽培管理の情報である。1週目の予測情報や対策(アドバイス)などと合わせて、2週目も高温が持続するおそれがある旨が記されている。ユーザーは普段と同様に情報をチェックすることで2週目の傾向まで含めて、栽培管理を行うことができる。同様の情報はユーザーへ電子メールでも送付され、内容についてさらに詳しく知りたい場合には、メール内のリンクからWebサイトにアクセスして各種グラフ等の情報をチェックできる。第2.3.1.3図(右)は、2週目の水稻用

の高温確率をカレンダーに表示したグラフである。ここでは時系列的に、水稻の高温障害発生のリスクを確認できる。また、各々の時期の平年の状態での高温確率⁹を平年値として左下に示しており、現在の高温確率が通常の年と比べてどの程度大きいかを把握できるようにしている。また、このような気候的な確率を把握することは確率値のとらえ方においても重要である。例えば、高温確率が20%の場合は高温障害発生のリスクがそれほど大きくないように感じるかもしれないが、対象となる地点の気候的な確率が2%だった場合は、通常の状態よりかなりリスクが高まっていることがわかる。なお、ここでは高温についての例を示したが、低温についても同様の情報を提供している。

予測情報の定量的な利用や、具体的な意思決定への活用にあたっては、その予測情報の精度や特徴を事前に把握しておくことが重要である。このため、利用の参考となるように2週目の予測情報に関する説明資料を同Webサイトから提供している。資料では、ユーザーが臨場感をもって予測情報の利用について事前にシミュレーションしやすいように、過去の顕著事例での予測実験結果や、時系列表示での過去の予測結果などの資料を掲載している。第2.3.1.4図(左)は2003年7月下旬のやませによる低温の事例において、現在の予測技術での低温確率はどのようになるのかを示したものである。これは10年に1回程度の顕著な冷害時における情報の利用のための参考資料である。また、水稻栽培に重要な時期(夏季)に対応した、2週目の気温や低温(高温)確率の過去の予測事例(2010～2012年の結果)について解説した資料も掲載している。第2.3.1.4図(右)はその資料の例(地点は仙台)である。各ユーザーがこれらの資料を参考に、気温予測や低温(高温)確率の特徴を事前に把握しておくことで、(予測精度を過大・過小評価しない)より適切な情報の利用につながることを想定している。

⁸ <http://map2.wat.soft.iwate-pu.ac.jp>

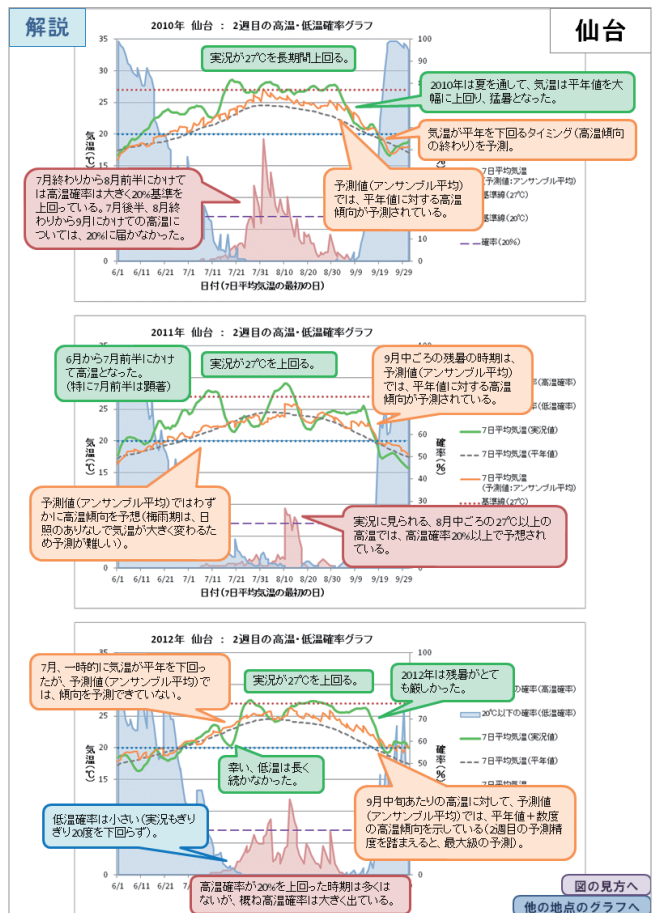
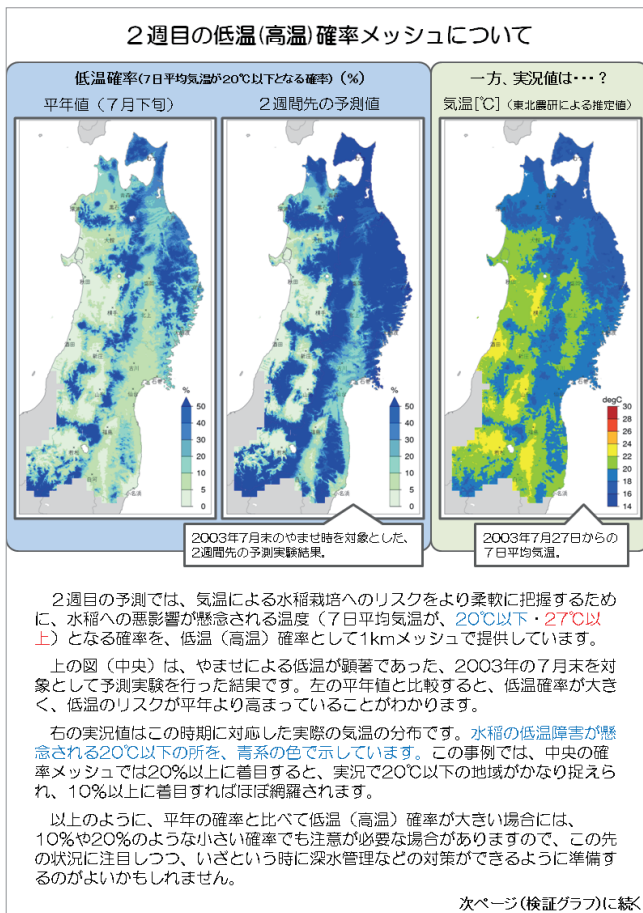
⁹ 1981～2010年の30年分の実況気温メッシュ(東北農研作成)より、気候的な現象の発生頻度を求めたもの。



第 2.3.1.3 図 2 週目の情報の表示画面の例

左：文面による情報提供。1 週目の予測からシームレスな形の表記。

右：高温確率メッシュの地図表示とグラフ。グラフの左下に平年の高温確率を掲載。



第 2.3.1.4 図 2 週目の情報のユーザーへの説明資料の例

左：ハインドキャストによる、2003 年 7 月末のヤませ時における、低温確率メッシュのシミュレーション。

右：地点(仙台)における 2010~2012 年夏季の予測結果のグラフと、特徴などの解説。

(d) ユーザーへのアンケート調査

前述の Web サイトでは、米の収穫後の時期になると、その年の情報提供に関するユーザーへのアンケート調査を実施している。第 2.3.1.5 図は、2012 年夏季に試験的に提供した 2 週目の情報に関するアンケート結果である。

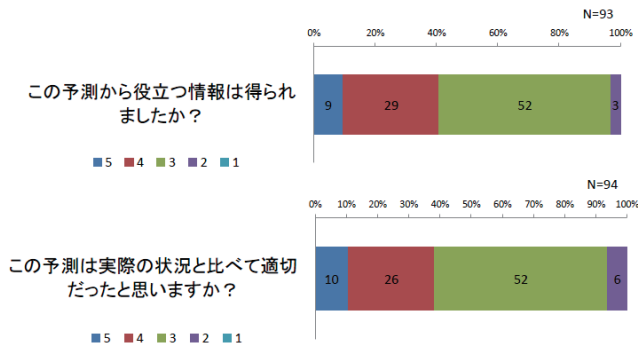
7 日平均気温予測と高温・低温確率については、後者のほうが「役立つ情報が得られる」という回答の割合が多かった。これは、単に何℃といった気温よりも、水稻への障害発生のリスクを直接示す指標の方がユーザーにとって有効であることのと表れであると思われる。また、2012 年度の情報提供では、2011 年度の情報から改修をした。具体的には、前述した、

- ・ 低温（高温）確率と合わせた同時期における確率の平年値の表記
- ・ 1 週目と 2 週目の情報を合わせたシームレスな文面の追加

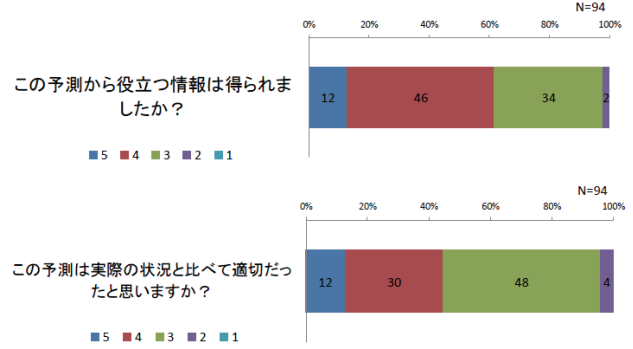
を行った。これに関して、アンケート結果からは、低温（高温）確率については「理解しやすくなった」、1 週目・2 週目を合わせたシームレスな情報提供については「参考になった」という回答が 7 割程度と多かった。また、2 週目の予測情報の継続についても、「したほうがよい」と希望する回答の割合が多かった。

以上のように、情報のユーザーからの声を聞くことは、提供した情報が有効であることの確認や、よりよい情報への改善などに大いに役立つ。より有効な気候情報の利活用を目指す上で、今後ともユーザー側の意見のフィードバックを行い、改善を継続していくことが重要である。

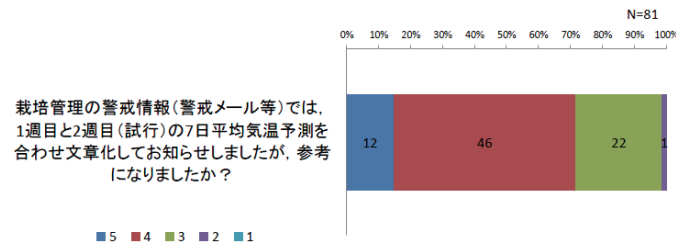
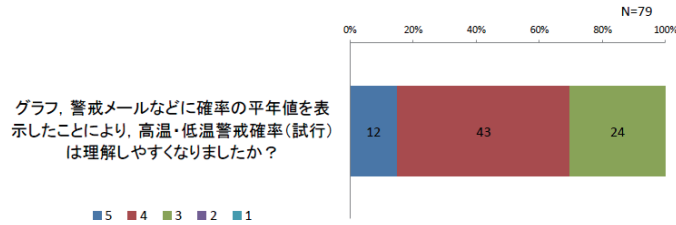
2週目予測：7日平均気温予測(試行)



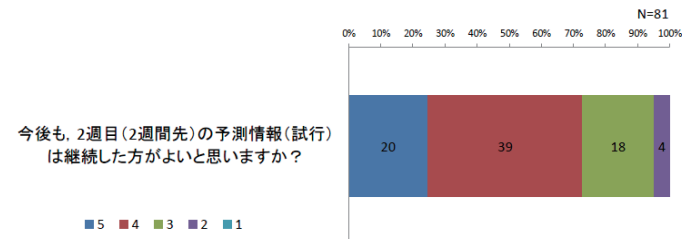
2週目予測：高温・低温確率(試行)



昨年度からのシステムの変更点について



2週目の情報の全般について



5 ← 4 ← 3 ← 2 ← 1
 全くそう思う ← そう思う ← どちらともいえない → そう思わない → 全くそう思わない

第 2.3.1.5 図 2012 年夏季の 2 週目の情報に関するアンケート結果 (岩手県立大学提供) 質問とそれに対する回答の割合 (5 段階評価) のグラフ。N は回答数。

イ. 北農研との取り組み

(a) 野良イモ防除のための土壌凍結深予測

野良イモとは、収穫もれしたジャガイモが越冬し、翌年出芽して雑草化（野良生え）したもののことをいう（第 2.3.1.6 図（上））。北海道、特に道東・十勝地方は日本を代表するジャガイモの大生産地帯であるが、近年この十勝地方で野良イモが多発している。

野良イモは後から育てる作物の生育を阻害し、また、混種や各種病虫害の温床にもなるため、除草が不可欠である。しかし、現状では人力処理のため、大規模農業では新たな深刻な労働負担となっている。

野良イモが増加してきたのは、近年の気候の変化により、北海道太平洋側の地域で初冬において積雪深が増加したため、その雪が断熱材の役割を果たし、土壌凍結深が減少したために、凍死せずに越冬する地中のイモが増加したことによる（広田 2008）。土壌凍結深の減少は雪が多く積もることにより生じたので、逆に冬に除雪をして、土を凍らせて野良イモを防除すればよい（第 2.3.1.6 図（下））。この方法は、農薬もいらず、冬の農閑期にまとめて重機による作業を行えるため、非常に効率的な手法である。しかし、土壌凍結深が深すぎると春の農作業に遅れが生じ、浅すぎても野良イモの防除に失敗してしまうため、気象データ等を用いた適切な土壌凍結深の予測に基づいた計画的な除雪管理が必要となる。

(b) 土壌凍結深予測の実証実験

本研究では、2011～2012 年の冬季を対象に土壌凍結深予測のシミュレーションを行った。これは、現地圃場での土壌凍結深の観測結果等と比較した、予測の有効性の実証実験である。農業分野ではこの先の気象の見通しに平年値を用いる方法が普及している。今回、2 週目までの範囲には予測情報を用いた場合のシミュレーションも行い、結果を比較した。なお、土壌凍結による野良イモ防除の流れや、計算に用いた地温・土壌凍結深推定モデルについては、Hirota et al. (2011) に詳しい。

今回、シミュレーションでの計算に使用した気象予測値の要素は日平均気温、日積雪深で、詳細は以下のとおりである。

○当日～予測 7 日目

・日平均気温

1) 12UTC 初期値の気象庁全球モデル (GSM: 水平格子間隔約 20km) の地上気温の近傍格子点値 (GPV) を使用。

2) 当日～予測 1 日目は GSM 気温ガイダンス (特別) の最寄りのアメダス地点から計算。予測 2～7 日目は週間予報ガイダンスの最高・最低気温から平均して計算。帯広の予測値の平年偏差を近傍アメダスの平年値に加算して予測値を作成。

・日積雪深

12UTC 初期値の気象庁全球モデル (GSM: 水平格子間隔約 20km) の近傍格子点値の降水量から日積雪深に換算。

○予測 8 日目～ (最大 14 日目)

・日平均気温

異常天候早期警戒情報の 7 日平均気温ガイダンスを日平均気温とみなして、予測の存在する分だけ使用¹⁰。ガイダンスは帯広の確率予測資料の累積確率 50% 点の値 (平年偏差) を最寄りのアメダス平年値に加える形で用いる。

・日積雪深

近傍アメダスの平年値を利用。

なお、上記以降の予測期間が足りない部分については、近傍アメダスの平年値を利用している。

第 2.3.1.2 表はアメダス更別付近の圃場における土壌凍結深 30cm に到達する日を予測したものである。土壌凍結深 30cm に達すると、地中のイモは概ね凍死すると考えられるため、他の場所の除雪や、その後の作業工程の目安となる。今回、予測 7 日目にかけては、GSM の GPV を用いたものと、

¹⁰ 2 週目の予測値の提供日が火曜・金曜の週 2 回であるため (平成 25 年度末に毎週月曜・木曜に変更予定)。

各種ガイダンスを用いたものの2通りの手法でシミュレーションを行ったが、現地観測値による推定値を基準とすると、GSMのGPVを用いたものは土壌凍結深30cm到達予測日が遅くなっているのに対し、各種ガイダンスを用いたものは大きく改善している。これは、冬季の北海道について、GSMの地上気温では正のバイアス（実際よりも高温傾向）があり（平井と坂下 2006）、バイアスが補正されたガイダンスではより適切な気温予測となったためと考えられる。しかし、予測値に平年値を用いたものとの比較では、同等か平年値の方がよい場合もある。今回のようなシミュレーションにおいては、気温予測値の精度の他に、現地とアメダス地点との位置による違い、モデルGPVの降水量の精度、7日平均気温と日平均気温の違いなど、さまざまな要素が精度低下に関係してくるため、単純に気温予測値の精度が良ければ、良い結果が得られるとは限らないところに、注意が必要である。

第2.3.1.3表は2月6日に現地圃場にて測定した土壌凍結深と、その1～2週間程度前の時点（1月19日、1月23日）における、2月6日を対象とした土壌凍結深のシミュレーション結果である。大まかな特徴は第2.3.1.2表と同じであるが、実測値に着目すると、気温の現地観測値を用いた推定値よりも大きめの結果となっている。これについては、地温・土壌凍結深推定モデルのもつ誤差も考えられるが、地表付近では気温が放射冷却等により、測器が設置されている高度よりかなり低温となることも要因であると考えられる。冬季の十勝平野における地表付近での強い冷え込みが、今回の各種予測情報や推定手法では表現しきれていないことが示唆された。

また、十勝地方の別の2地点（新得、上士幌アメダス付近）における、今回紹介した事例と同様のシミュレーション結果（1週目に全球モデルの地上気温予測値を利用した場合）では、平年値を用いたものより、気温の予測や土壌凍結深の予測が改善する傾向があり、野良イモ防除のための除雪作業のスケジューリングにおいても有効である

ことが確認されている（図略）。このため、第2.3.1.2表、第2.3.1.3表で紹介したシミュレーション結果は、他の地点と比較して、特に冬季における気温予測等が難しく、課題が多い地点についての事例といえる。この点、注意されたい。

効果的な気候リスク管理のためには、現状の予測資料の利用技術の更なる向上が重要であるが、それに加えて、ユーザーにとってより利用しやすいシームレスな形態での予測資料の提供も課題である。もちろん、基礎的な現象のメカニズムの解明と、その知見を通じた更なる数値予報モデルの精度改善なども引き続き重要であり、期待される場所である。



第 2.3.1.6 図 野良イモ発生の様子と除雪作業の風景（北農研資料）

(上) 野良イモの写真。赤丸で囲んだものが野良イモ。トウモロコシ畑、十勝地方。
 (下) 野良イモ防除のための除雪作業の風景。除雪作業は「雪割り」とも呼ばれる。

第 2.3.1.2 表 土壌凍結深 30cm 到達予測日のシミュレーション結果（アメダス更別付近）
 広田ほか(2013)の発表資料より抜粋。

予測実施日	予測値			推定値
	1週目にモデル GPV を利用	1週目にガイダンス値を利用	平年値を利用した予測	現地観測値による推定値
1月19日時点	2月11日	2月4日	1月30日	1月31日
1月23日時点	2月7日	1月30日	1月29日	1月28日

第 2.3.1.3 表 2012年2月6日時点の土壌凍結深予測（アメダス大樹付近）
 広田ほか(2013)の発表資料より抜粋。

予測実施日	予測値			推定値	実測値
	1週目にモデル GPV を利用	1週目にガイダンス値を利用	平年値を利用した予測	現地観測値による推定値	現地圃場における実測値
1月23日時点	26 cm	29 cm	33 cm	32 cm	35 cm
1月29日時点	31 cm	33 cm	33 cm	32 cm	35 cm

ウ. 近中四農研との取り組み

(a) 小麦赤かび病防除と小麦開花日予測

赤かび病とは、麦の穂に病原菌が感染して、粒の発育に問題が生じたり、穂全体が枯れたりする病害である（第 2.3.1.7 図）。また、一部の病原菌によるかび毒を食べた場合、吐き気、嘔吐、下痢等となるおそれがあり、食品の安全性上の問題となっている（農林水産省 2008）。このため、収穫された麦の中に赤かび病の被害粒が確認された場合は、基準により出荷できなくなり、農業の生産現場においても大きな打撃となる。

赤かび病を防ぐには、最も防除に適した時期（防除適期）に農薬を散布するのが効果的である。小麦の場合、最も感染リスクの高い開花期が、赤かび病の防除において最も重要な時期となる。小麦の開花期は年によって 2～3 週間程度異なり、農薬散布のためのヘリコプター防除では、防除の 2～3 週間前にはその計画を立てる必要があるため、事前に開花日を予測しておくことが、効率的な赤かび病防除に必要となってくる。

(b) 小麦開花日予測のシミュレーション

小麦の生長の度合いは気温と関係が深く、今回開花日の予測に使用した小麦の発育モデルは、入力に日平均気温を用いている。発育モデルでは気温が高いほど生育速度は大きくなるが、単純な線形関係ではない（詳細は丸山ほか（2010）など）。小麦の生育予測を行うに当たり、気温に関しては平年値をモデル入力に用いることが多いが、ここでは 1 か月予報ガイダンスによる気温予測値（地点は福山）のアンサンブル平均値を最長 4 週目（28 日先）まで用いて、実況経過分には現地圃場（福山市）の観測値、予測が足りない分には現地圃場の平年値を用いている。1 か月予報ガイダンスは 7 日平均気温（平年差）であるため、これを日平均気温とみなし、週単位で一律に日別平年値（現地圃場）に加算して使用している。以上の手法により、毎週金曜日に最新の 1 か月予報ガイダンスを用いて予測を行うという流れである。

2013 年春の小麦の開花日について予測シミュ

レーションした結果の例を、第 2.3.1.8 図に示す。小麦の品種はシロガネコムギ、チクゴイズミで、播種日は 11 月中旬、開花日は両方とも 4 月 30 日で、モデル実況値（気温の実況経過を生育モデルに入力して推定したもの）も同様であった。結果のグラフからは、予測値を用いたものは、平年値による予測と比較して、1 か月程度前から実況値に近くなり、開花日の 1～3 週間前の予測では 1～3 日程度改善しており、4 月 12 日時点で 4 月 30 日の開花日を予測できている。これは、4 月中旬の低温傾向を予測値が表現していたことが改善の要因として挙げられる。

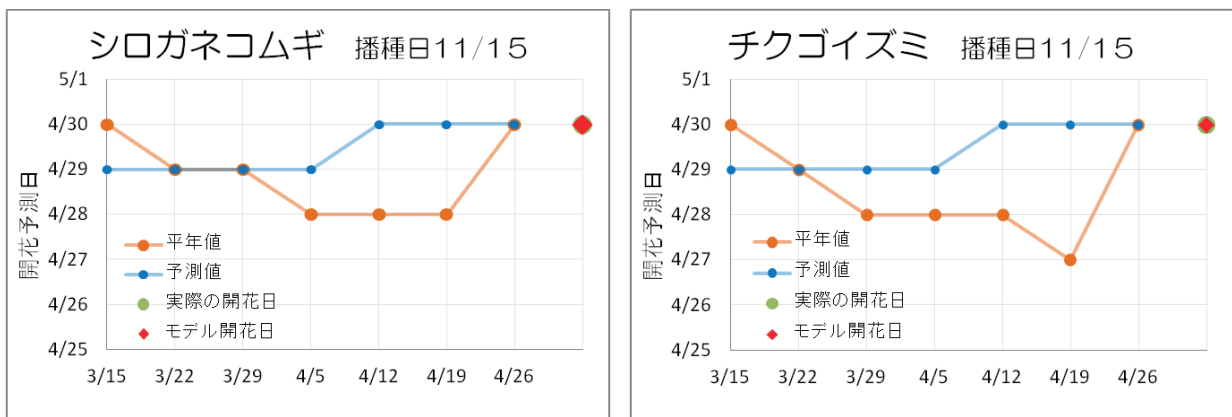
第 2.3.1.9 図は、同様のシミュレーションを、2011 年、2012 年、2013 年の予測データをもとに、2 週目まで予測を用いるという条件も加えて行った結果である。比較対象はモデル実況値で、各手法（グラフの色に対応）での気温の予測値の有効性を比較したものである。リードタイムの長い予測（濃い色）に着目すると、気温の予測値を用いたものは、平年値による予測と比べて、良くなっている事例はあるものの、そうでない事例もある。また、気温の予測値を 2 週目まで用いたものと 4 週目まで用いたものとで比較すると、2011 年は前者の結果が少し良く、2012 年は後者の結果が良かった。2 週目までと比較して 3～4 週目の気温予測は相対的に精度が低いため、現状では 2 週目までは予測値、その先は平年値を用いるといった方法も考えられる¹¹。また、開花日から見て 2～3 週間程度前の時点における気温の予測値を用いた開花日予測は、平年値を用いたものより有効であることが確認できた。

以上より、小麦開花日の 2～3 週間程度前に気温の予測値を用いた開花日予測を行うことで、従来よりも適切な見通しをもったヘリコプター防除等の対応の可能性が示された。気温の予測情報の効果的な実用が期待される場所である。

¹¹ この場合、異常天候早期警戒情報のガイダンス（2 週目まで）も利用できるため、毎週火曜日と金曜日に開花日予測が可能となる。

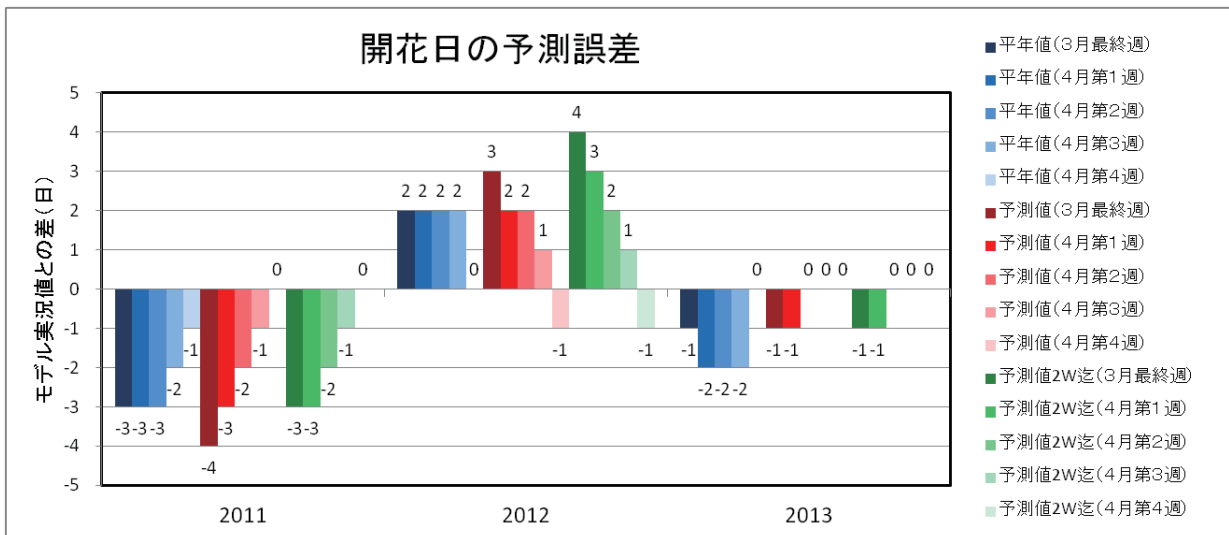


第 2. 3. 1. 7 図 小麦赤かび病の写真（農林水産省 2008）



第 2. 3. 1. 8 図 2013 年春の小麦開花日予測のシミュレーション結果

予測値は1週目、2週目、3週目、4週目の気温（週平均）を使用。場所は福山市（近中四農研）
 横軸：予測を実施した日（毎週金曜日）。
 縦軸：予測による開花日、実況値をモデルにあてはめた開花日（◆）と実際の開花日（●）。



第 2. 3. 1. 9 図 2011~2013 年春の小麦開花日予測の誤差のグラフ

モデル実況値（気温の実況経過を生育モデルに入力した推定値）と、各予測値の比較（毎週金曜日）。
 青（平年値による予測）、赤（4週目まで予測値）、緑（2週目まで予測値）。色が濃いほどリードタイムの長い予報。場所は福山市（近中四農研）。対象品種はシロガネコムギ（播種日は11月中旬）。

エ. 九州沖縄農研との取り組み

(a) 水稻の高温障害対策

近年、西日本を中心とした多くの地域で、水稻の高温登熟障害が原因とみられる米の品質の低下が問題となっている。水稻の登熟期における顕著な高温により、デンプンの合成と蓄積や籾への養分の供給などに不具合が生じ、米が白濁して品質が低下すると見られている（詳細なメカニズム等は森田（2011）などを参照）。白く濁り品質が低下した米は乳白粒、基白粒などの種類があり、総称して白未熟粒と呼ばれる（第 2.3.1.10 図）。白未熟粒は食味が悪く、米の等級も低下する。また収量の減少との関連もあり、これらにより、農家の収入減少の要因にもなっている。

近年の高温傾向の背景には、地球温暖化の進行が影響していると考えられており、今後一層、水稻の高温障害発生リスクは高まると考えられる。このような背景もあり、高温障害は現在、農業において重要なテーマとなっており、対策技術の確立やその普及が急がれている（農林水産省 2006）。

(b) 気象対応型施肥法のシミュレーション

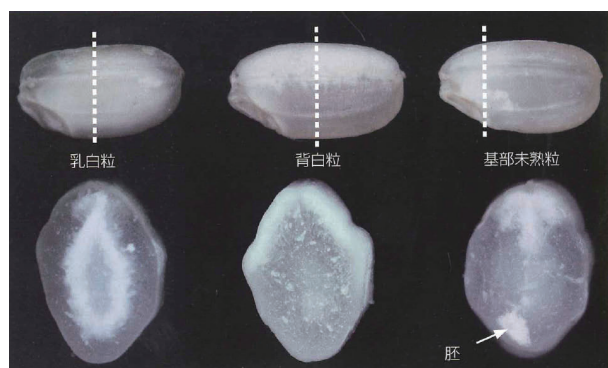
高温登熟障害を軽減する方法としては、高温を回避するための用水のかけ流しなどが挙げられる。しかし、軽減効果が水温に依存することや、十分な用水の利用が困難な地域や環境もあるなど、課題もある。高温障害の軽減には、生育途中の施肥による方法も考えられている。施肥によって止葉が大きくなり、また、葉の気孔からの蒸散が活発になり、これらの効果により穂の温度を冷ますことができ、高温障害の回避につながる。その反面、窒素施肥が過剰だと玄米タンパク含有率が増加し食味の低下につながるため、施肥は多すぎず少なすぎず適切な量が求められる。その施肥の量のコントロールにはこの先の気象条件が重要であり、本研究では、気象予測データを用いた施肥法（気象対応型施肥法）により高温障害を軽減・回避するシミュレーションを行った。

施肥法のシミュレーションにおける条件は以下の通りである。

- ・場所は筑後市（九州沖縄農研）。
- ・多数の事例で有効性を評価するために、1981～2010年の30年分の事例で検証。
- ・ハインドキャストによる1か月予報ガイダンスデータ（気温と日照、九州北部地方、14日平均値）を、現地気象観測データによる平年値を基準に適用して予測値を作成。
- ・出穂日は8月25日を仮定し、8月10日初期値の予測値を用いて見通しを得る。
- ・出穂2週間前の段階で、出穂前後のそれぞれ2週間の気象特性（気温・日照）を予測し、施肥の増減を決定する（予測値ベース）。
- ・現地の気象観測による実況値から、適切と考えられる施肥の増減を決定（観測値ベース）。
- ・出穂後の台風等の動向も考慮し、予測による追肥の増減が有効であったかを評価。

第 2.3.1.4 表は施肥法のシミュレーションの結果（抜粋）である。出穂後の2週間は3～4週目の予測にあたるため、はっきりした予測が出ず、施肥の増減は2日目までの予測に依存する傾向がある。また、出穂後の台風の影響もあるため、気温と日照の傾向が予測できている場合でも、施肥の結果が必ずしもプラスとならないところにも注意が必要である（1993年など）。

1981～2010年の30年分の有効性の評価では、外観品質、食味の観点からは、効果あり（○）が11年、どちらでもない（△）が14年、逆効果（×）が5年となった（即ち、37%は効果あり、17%は逆効果）。シミュレーションでは、気象対応型の施肥を実施しない場合と比較して、概ね同等かそれ以上の結果が期待できるが、逆効果となることも予想されるため、食味を最も重視する場合等は注意が必要である。収量重視の大規模な農家等では、安定的な生産のためにも気象対応型施肥法を用いることのメリットは大きいと考えられ、今後の活用が期待される場所である。

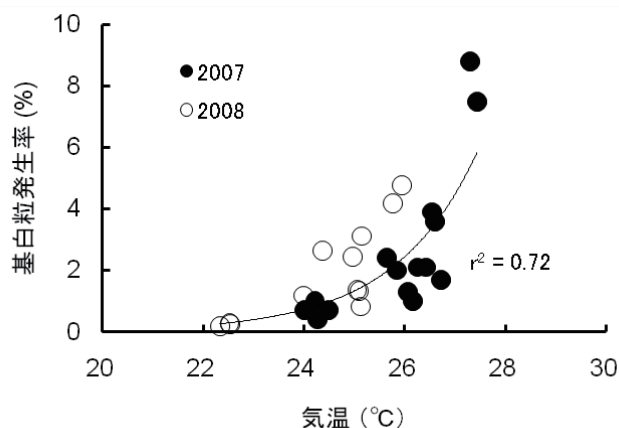


第 2.3.1.10 図 代表的な高温登熟障害による白未熟粒
横から見た外観（上段）と点線部による断面図。森田（2011）より。

第 2.3.1.4 表 ハイソドキャストによる気象対応型施肥法のシミュレーション結果（抜粋）

気象特性の分類は現地圃場（筑後市）の観測値から、気候的出現率（3 等分）を算出。
施肥は出穂後に寡照時に－（減少）、出穂前後の高温あるいは多照時に＋（増加）。
気温と日照の条件のほか、出穂後の台風も考慮（* は台風の影響あり）。有効性評価は右列。

年次 (抜粋)	予測値		施肥増減の判断 (予測値 ベース)	観測値		施肥増減の判断 (観測値 ベース)	出穂後 の台風	施肥増減の 有効性評価
	出穂前 2週間	出穂後 2週間		出穂前 約2週間	出穂後 約2週間			
1993	低温寡照	平年	0	低温寡照	低温	0	*	△
1994	高温多照	平年	+	高温多照	高温多照	+		○
1995	高温多照	平年	+	高温多照	高温寡照	-	*	×
1996	平年	平年	0	平年	低温	0		○
1997	平年	平年	0	高温多照	多照	+	*	△
1998	高温寡照	平年	0	高温	平年	+		△
1999	平年	平年	0	寡照	寡照	-	*	△
2000	高温多照	高温	+	平年	高温	+		○
2001	高温	高温多照	+	平年	低温	0		△



第 2.3.1.11 図 高温障害予測モデルの例（基白粒発生予測モデル）
出穂後 20 日間の平均気温と基白粒発生率。品種はヒノヒカリ。
脇山ほか（2010）より。

(c) 水稲の高温障害発生予測モデル

高温障害を軽減・回避することは、もちろん重要であるが、発生した気象に対して、収穫前の段階で被害の状況を予測しておくことが必要なこともある。例えば、被害に対する農業共済制度の共済金を申請する場合、収穫後に高温障害の実態を目の当たりにしてからでは間に合わないため、事前に被害状況を想定して申告する必要がある。現在、高温障害の予測モデルに関する研究も進められており、情報の活用等が期待される。

高温障害の予測モデルの例を第 2.3.1.11 図に示す。これは、気温との関係が大きい基白粒についての発生予測モデルで、アメダス付近の農家圃場の水稲を対象として調査を実施したものである。また、乳白粒の予測には気温に加え、日射量や各種生育指数等が重要になり、モデルもより複雑なものとなる（脇山ほか 2010 など）。また、各県の農業関連機関への予測モデルや気象情報の提供なども行い、意見のフィードバックや農業気象情報の活用法の開拓なども目指しているところである。

オ. 中央農研との取り組み

(a) メッシュ農業気象データの作成

農業での栽培管理等には自らの圃場におけるデータが重要なため、従来のポイント的な気象データよりも、きめ細かく面的なメッシュ情報が必要とされる。農作物の気象による被害の解析や、作物の成長予測や、気象に関係した農業災害の早期対策等を迅速に実施するためには、予測も含めてメッシュ化された農業気象データが最新の状態で利用できることが望ましい。中央農研の情報利用研究領域では「メッシュ農業気象データ」を 1 km スケール（国土数値情報 3 次メッシュ）で開発・整備しており、気象庁はメッシュ値作成に係る各種データの提供や、技術的な情報の提供等で協力しているところである。

メッシュ農業気象データの要素は、農作物の生育等と関係が深い、日平均気温、日最高気温、日最低気温、日平均相対湿度、日照時間、日射量、

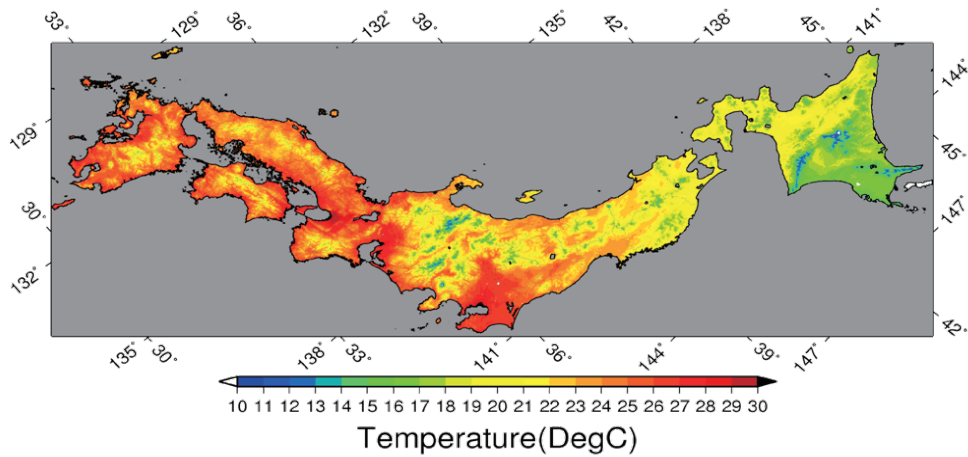
下向き長波放射量、日積算降水量、日平均風速（開発・整備中の要素も含む）等である。

観測部分のメッシュ値（例を第 2.3.1.12 図に示す）は、基本的に清野（1993）の手法によるが、気象庁メソモデル（MSM）の各要素の格子点情報を用いて、アメダスでは空間的表現が足りない部分を補完している。また、降水量については解析雨量の活用も検討している。

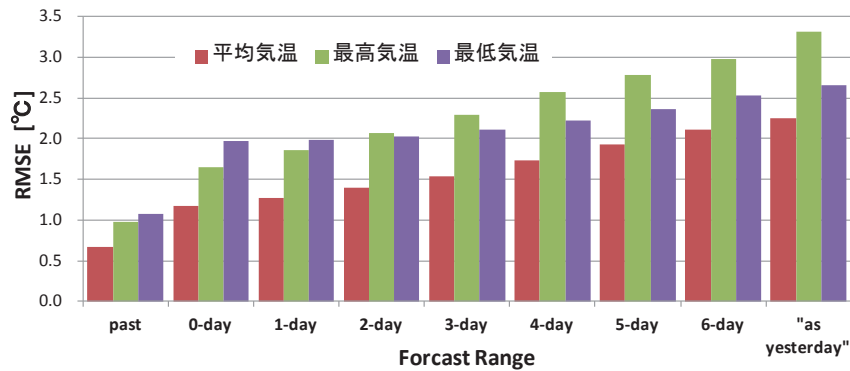
予測部分のメッシュ値についても、順次開発・整備中であり、基本的に気象庁全球モデル（GSM：水平格子間隔約 20km）の予測値から統計的にダウンスケールを行い、直近の誤差傾向を逐次補正する形で作成されている。第 2.3.1.13 図に当日から 6 日先にかけての日平均気温、日最高気温、日最低気温の誤差のグラフを示す。リードタイムが長くなるごとに誤差は大きくなるものの、6 日先でも、1 日前の値を持続的に用いた予測より誤差が小さくなっている。また、2 週目以降についても比較的予測精度の高い平均気温等の要素について、メッシュ農業気象データへの導入を検討中である。なお、予測期間が足りない未来の部分には、平年値のメッシュデータを用いることもできる。

データの利用¹²に関しては、都道府県や各自治体の農業関係機関等が、農業分野での利用を希望する場合、申請・認可を通して、オンラインでのデータ利用が可能となる。メッシュ農業気象データは、メッシュデータのファイルをダウンロードしなくても、Web 経由での直接アクセスによる利用が可能であり、プログラム言語や各種アプリケーションを通して、作物モデル等への入力や各種計算など、高度な処理にも活用できる方法が用意されている。また、メッシュ農業気象データ活用に関する習熟を支援するユーザー向けの講習等が農業気象研究会を通じて定期的実施されるなど、普及・啓発のサポート活動も行われている。

¹² メッシュ農業気象データは、農作物の管理や栽培の計画のために特別に推定した気象に関する農業専用の指標であり、気象庁や気象事業者が提供する実況・予報気象データとは性質が異なるため、農業分野以外での利用はできない。



第 2.3.1.12 図 メッシュ農業気象データの例（中央農研資料）
2010 年 8 月 24 日の日平均気温の図。



第 2.3.1.13 図 メッシュ農業気象データの精度の例（中央農研資料）
日平均気温、日最高気温、日最低気温について。
全国の 760 観測地点における 2010 年の 365 データについて計算した RMSE。
past は、実況値をメッシュ展開した場合のメッシュ値の誤差（推定値）、
as yesterday は、「今日の気象は昨日と同じ」として、持続的に予報した
場合の誤差を表す。

(b) 全国版早期警戒・栽培支援システム

農研機構では、平成 23 年度から平成 27 年度の中期計画の課題「地球温暖化に対応した農業技術の開発」において、全国版早期警戒・栽培支援システムを構築する計画がある。中期計画から引用すると、「低・高温障害予報や病害虫発生予報を行う早期警戒システムの利用地域を拡大するとともに、早期警戒システムを気候の変動特性解析や気象の中・長期予報に基づくリスク管理手法と統合した栽培管理支援システムを開発する」ということであり、前述の東北農研との取り組みで紹介した、「Google Map による気象予測データを利用した農作物警戒情報ページ」のような栽培支援システムを全国版に展開・統合するようなイメージである。

メッシュ農業気象データを基盤として、これまで紹介した、水稻の低温・高温障害、小麦赤かび病、野良イモ対策における調査のような、気象・気候情報を適用する知見や、さらなる農業気象に関する研究等からの知見も活かされ、これらを基とした営農向けに翻訳された情報が作成され、全国版早期警戒・栽培支援システム (AMATERAS) を通して、各ユーザーの栽培管理や被害軽減等に役立てられる予定である。これにより、農業分野において、さらに気候リスク管理がしやすい社会となることが期待される。

カ. おわりに

本稿では、農研機構との共同研究における取り組みについて紹介した。予測による有効性の評価に関しては、既存の気象・気候の予測資料を用いることで、より有効な対策が行えるかという視点を重視して調査を実施した。

農業分野は気候の影響を特に強く受けるため、気候リスク管理における先進的な分野である。水稻の高温障害予測モデルの開発は、定量的な気候リスク評価の事例であり、野良イモ防除のための土壌凍結深予測、小麦赤かび病防除のための小麦開花期予測、水稻の高温障害軽減・回避のための気象対応型追肥法の例は、気候リスクへの対応の

効果を確認する実証実験の事例である。また、東北農研との取り組みで紹介した農作物警戒情報ページや、メッシュ農業気象データ、全国版早期警戒・栽培支援システムは、より広範囲にわたる効果的な気候リスクへの対応を実現する取り組みの事例である。これらの事例は、農業以外の分野における気候リスク管理においても参考になることがあると考えられる。もちろん、ここで紹介した事例や方法が唯一の正解というわけではなく、改善すべき点や異なる方法もあると思われるが、今後、気候リスク管理に取り組む上での一助となれば幸いである。

謝辞

農研機構の各農研センターにおける、共同研究参加者及び関係者の方々には、本共同研究を進めるにあたり、全般にわたってご協力いただきました。また、岩手県立大学ソフトウェア情報学部の関係者の方々には、栽培支援システムの改修やアンケート調査など、ご協力いただきました。ここにお礼申し上げます。

参考文献・資料

- 伊藤明, 2013: 1 か月予報と異常天候早期警戒情報のためのガイドランス. 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, 182-195.
- 菅野洋光, 1997: ヤマセ吹走時におけるメッシュ日平均気温の推定. 農業気象, 53, 11-19.
- 清野裕, 1993: アメダスデータのメッシュ化について. 農業気象 48(4), 379-383.
- 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構, 2011: 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構中期計画.
https://www.naro.affrc.go.jp/public_information/enterprise/tyuki/index.html (2013 年 10 月閲覧)
- 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.
- 農林水産省, 2006: 水稻の高温障害の克服に向けて (高温障害対策レポート).
http://www.maff.go.jp/j/kanbo/kihyo03/gityo/g_kiko_hendo/suito_kouon/pdf/report.pdf (2013 年 10 月閲覧)
- 農林水産省, 2008: 麦類のデオキシニバレノール・ニバレノール汚染低減のための指針.
http://www.maff.go.jp/j/syouan/seisaku/risk_analysis/priority/kabidoku/ (2013 年 10 月閲覧)

- 平井雅之, 坂下卓也, 2006: 地上気温・風速の検証.
平成 18 年度数値予報研修テキスト, 気象庁予報部,
23-27.
- 広田知良, 2008: 北海道・道東地方の土壌凍結深の減少傾向および農業への影響 (2007 年度秋季大会シンポジウム「雪氷圏から語る気象と気候」の報告). 天気 55(7), 548-551.
- 広田知良, 根本学, 矢崎友嗣, 井上聡, 岩田幸良, 前田修平, 宮脇祥一郎, 野津原昭二, 大澤和裕, 2013: 気象庁予報データを用いた土壌凍結深制御による野良イモ対策. 日本農業気象学会 2013 年全国大会講演要旨. 40
- 丸山篤志, 黒瀬義孝, 大場和彦, 2010: 日平均気温と日長による出穂・成熟予測のための冬コムギの発育モデリング. 農業気象 Vol. 66 (2010) No. 1 P 41-50.
- 宮脇祥一郎, 野津原昭二, 大澤和裕, 前田修平, 2011: 2 週目の予測情報の利活用に向けた取り組み ~農業分野に利活用するための応用技術開発について~. 第 8 回「異常気象と長期変動」研究集会. 平成 23 年度防災研究所研究集会 (23K-09) 講演プロシーディング.
- 森田敏, 2011: イネの高温障害と対策—登熟不良の仕組みと防ぎ方. 農文協, 143pp.
- 脇山恭行, 大原源二, 丸山篤志, 2010: 水稻白未熟粒発生予測モデル構築のための登熟期の気象条件および生育状態と白未熟粒発生状況の解析. 農業気象 Vol. 66 (2010) No. 4 P 255-267.
- Hirota, T., K. Usuki, M. Hayashi, M. Nemoto, Y. Iwata, Y. Yanai, T. Yazaki, S. Inoue: Soil frost control: agricultural adaptation to climate variability in a cold region of Japan. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change DOI: 10.1007/s11027-011-9296-8 (2011)

(2) アパレル・ファッション産業における気候リスク評価

あらゆる分野での気候リスク管理を推進するには、まず、気候の影響評価に基づく気候リスク管理の有効性を示す実例（成功事例）が示されることが重要である。平成24年度、気象庁は気候（特に気温の寒暖の変化など）の影響を受けやすいアパレル業界を対象に、一般社団法人「日本アパレル・ファッション産業協会」の協力を得て、アパレル・ファッション産業における気候リスク評価の調査を実施した。本調査においては、気象データと実際の販売データを用いた分析により、

- ・これまで業界で認識されてきた「最高気温が〇℃を下回ると××が売れ始める」などといった気候の影響を定量的に評価する。
- ・これまで認識されていなかった新たな影響を発見する。
- ・結果を活用して、季節予報などの気候情報を用いた影響軽減のための様々な対策等の「気候リスクへの対応」の可能性を探る。

ことをねらいとしている。

本稿では、本調査における主要な結果や、調査のポイント等を紹介する。なお、本調査結果の詳細は、気象庁Webサイト¹³に掲載している。

ア. 調査にあたって注意した点

今回の調査に用いた販売データ¹⁴は、婦人靴、帽子、衣料品（メンズ、レディース）の各種アイテムについてのものである。販売データは当然、気候以外の影響も強く受けている。気象との関係をより抽出しやすくなるように、分析にあたっては以下の点に注意した。

- ①セール時期（主に1月と7月）は通常の販売時期とデータの性質が異なる（セールでは気温等

に関わらず売れる傾向があるなど）と考えられるため、除外する。

- ②販売数は曜日の影響を強く受けるため、基本的に週平均もしくは7日移動平均して用いる。

②に関して、第2.3.1.14図は衣料品の販売数データのグラフである。日別のデータ（青線）では土曜日と日曜日に販売数が突出しているが、7日移動平均したものはその影響が取り除かれており、気温などの気象データとの関係がより分析しやすくなっている。

この他、販売データに影響を与えるものとしては、大型連休、震災等の災害、商品のブームやトレンド、新商品等の影響も考えられる。これらについても、適宜考慮して調査を行った。

イ. 調査結果の例¹⁵

(a) サンドルと気温の関係（第2.3.1.15図）

サンダルの販売数は、4月の気温が高い年に、同時期の販売数が伸びる傾向が見られた。また、4月は気温の上がり下がりの変動に少し遅れる形で販売数も変動する傾向が見られた。その後、販売数の変動の遅れは5月終わりにかけては徐々に目立たなくなり、気温の変動と揃ってくる様子が見られた。

(b) ロングブーツと気温の関係（第2.3.1.16図）

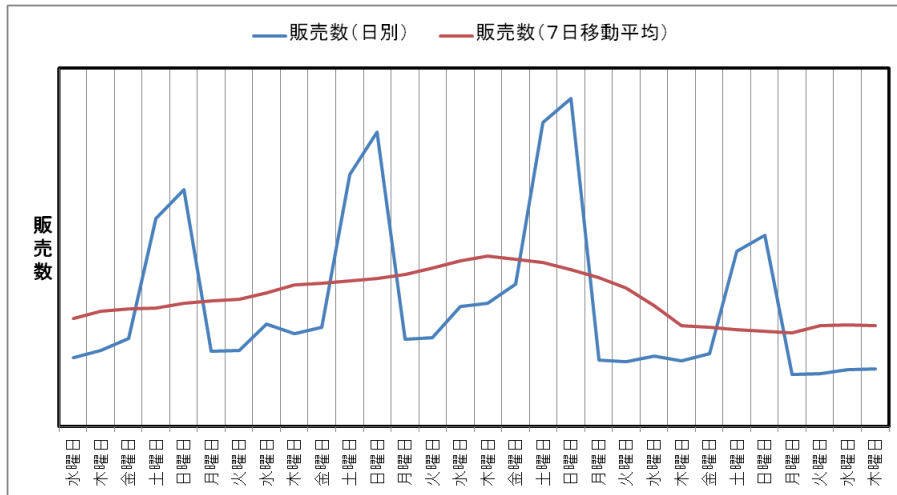
平均気温が25℃付近を下回るタイミングで、ロングブーツの販売数も立ち上がり始めているように見える。2009年以外の年（2010～2012年）は、東京では9月に入っても気温がなかなか下がらず、残暑が厳しい年であった。これに対応して、売れ始めも2009年に対して遅くなっている様子が見られた。特に残暑の厳しい2012年は、売れ出しの遅さが目立った。また、グラフでは、10月後半以降の販売数が多い時期になると、気温の上がり下がりとは逆のパターン（逆の位相）で販売数が連動している様子が所々に見られた。

¹³

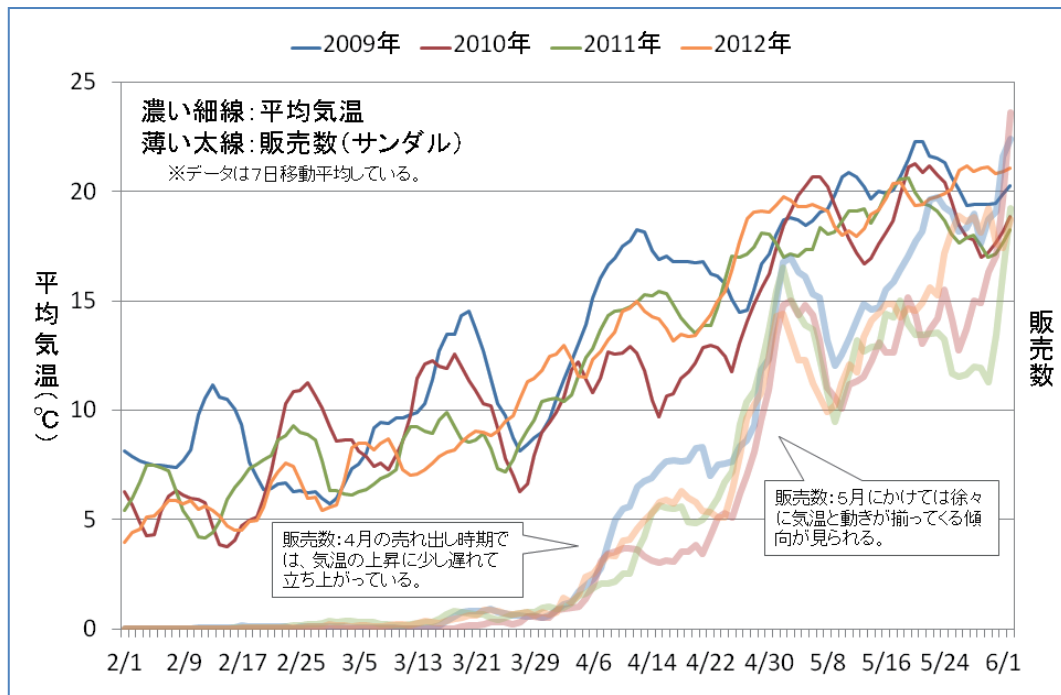
http://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/apa_chousa.html

¹⁴ 販売データはセール品などを含まないプロパーデータ（正価での販売商品に関するデータ）を用いている。

¹⁵ 各調査結果のグラフにおける販売データに関する単位は省略している。



第 2.3.1.14 図 販売数データにおける日別値と7日移動平均値の関係
ある衣料品の販売数と、各々の日を中心とした7日移動平均値（当日と前後3日間ずつの平均）のグラフ。



第 2.3.1.15 図 サンダルの販売数と気温の時系列グラフ

気象データ：東京（大手町）の日平均気温

販売データ：首都圏店舗におけるサンダルの日別販売数

曜日による違い（土曜日曜は売れやすい）の影響を除いて、気温と販売数の関係を見易くするため、気温データ、販売数データとも対象日（横軸）を中心に7日移動平均して用いている。

(c) 帽子（ニット）と気温の関係

（第 2.3.1.17 図）

帽子（ニット）については、販売数が増加してくる 10 月頃から、気温の上がり下がりとは逆のパターン（逆の位相）で、販売数も上がり下がりする傾向が見られた。また、対象年により異なるが、10 月下旬から 11 月中旬にかけて販売数が大きく伸びる時があり、これは平均気温が 15℃を下回るあたりの時期に対応しているように見える。

(d) コート（レディス）と気温の関係

（第 2.3.1.18 図）

ここでは、各種メディアの情報などでもなじみのある、日最低気温に着目して分析を行った。

グラフからは日々の最低気温が 15℃を下回る日が増えてくる週では、コート（レディス）の販売数が対前週比で伸びている傾向が見られた。また、2009～2012 年では、第 47 週、第 48 週のいずれかが各年の販売数のピークとなっていた。ピークに関して気温の観点からみると、各年（41 週以降）で初めて週の各々の日最低気温がほぼ全て 10℃以下となった週における販売数が、その年のピークになっていた（2009 年は月曜日を除き、すべて日最低気温 10℃以下）。

また、メンズコートに関して同様の分析をすると、レディスコートと比較して販売数のピークが 1 週遅れる傾向が見られた（図略）。

(e) コート（レディス）と気温の散布図

（第 2.3.1.19 図）

コート（レディス）の販売と気温の関係について、3 社それぞれの販売データを用いて分析した。いずれのグラフでも、気温が低いほど販売が増える関係が確認できる。グラフの形状についても、各社のグラフを相互で比較して、気温との関係で似た特徴が見られた。これらから、コート（レディス）と気温について、データによらず一般的な関係が見られることが示唆される。

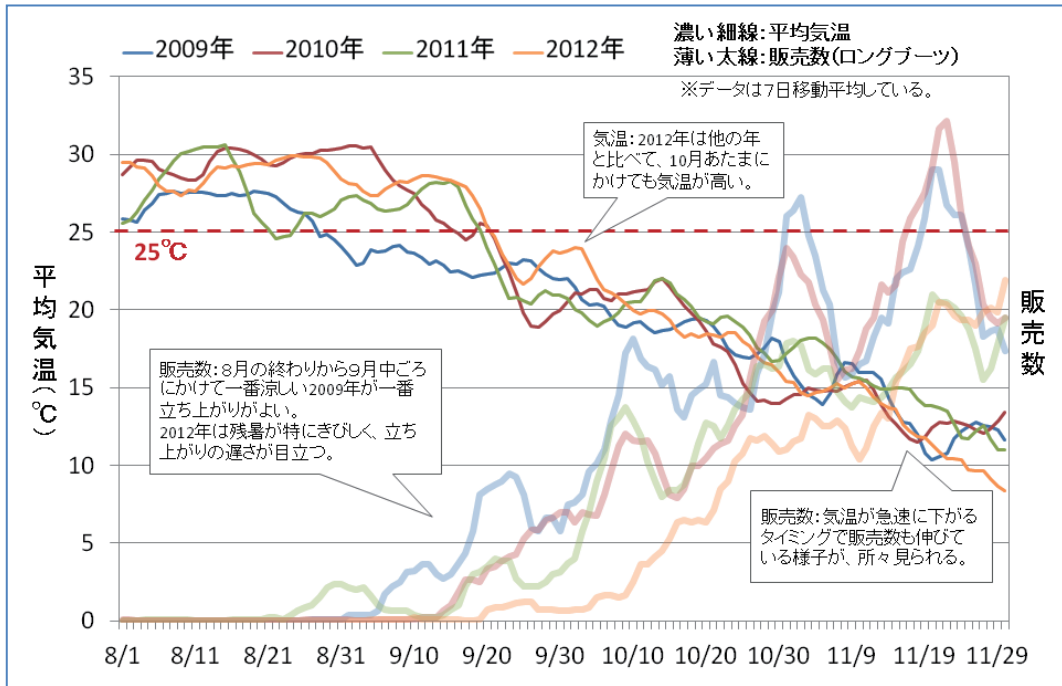
ウ. アパレル業界側のコメント

これらの結果について、共同でデータを分析したアパレル業界側の担当者の主なコメントは以下のとおりである。

- これまで暗黙の認識であったものが、データで実証された。
- 帽子に関して、殆どが冬物で寒くなれば売れるアイテムという認識であったが、15℃という目安がわかり、商品供給の目安となりセールストークとしても説得力がある。
- コートの販売量のピーク週は、日最低気温と強い関係があるので、生産、販売計画を立てる上で一つの示唆になる。
- 実際のビジネスへの活用として想定されるのは、2 週間前の気温予報を把握することで、店舗への最適な商品供給と店舗展開が可能となることである。
- 気象データと販売数などに関する過去 3 年、5 年平均や昨年の実績をデータベース化することで、シーズン通期では商品の売れ始めからピーク週を見込む事と、1 か月予報や週間予報などによりデリバリー調整と店舗の品揃えポイントを変化させることなどに非常に役立つ。
- 日々の業務の中で気象情報を効果的に活用するためには、課題もある。1 つは各社の売り上げ実績を整理するとともに、業務における対策をとるための基準を設定すること、もう 1 つは気象情報の基礎的な知識を共有することである。

このように、アパレル業界側からの視点でも、気候の影響の評価が出来たことに加え、異常天候早期警戒情報、1 か月予報などを使った気候の影響の軽減あるいは利用、すなわち気候リスクへの対応の可能性が実感された。

また、課題で挙げられた、具体的な基準・対策や、気象情報に関する基礎知識の普及・共有などは、有効な気候リスク管理において重要であり、引き続き取り組む必要がある。

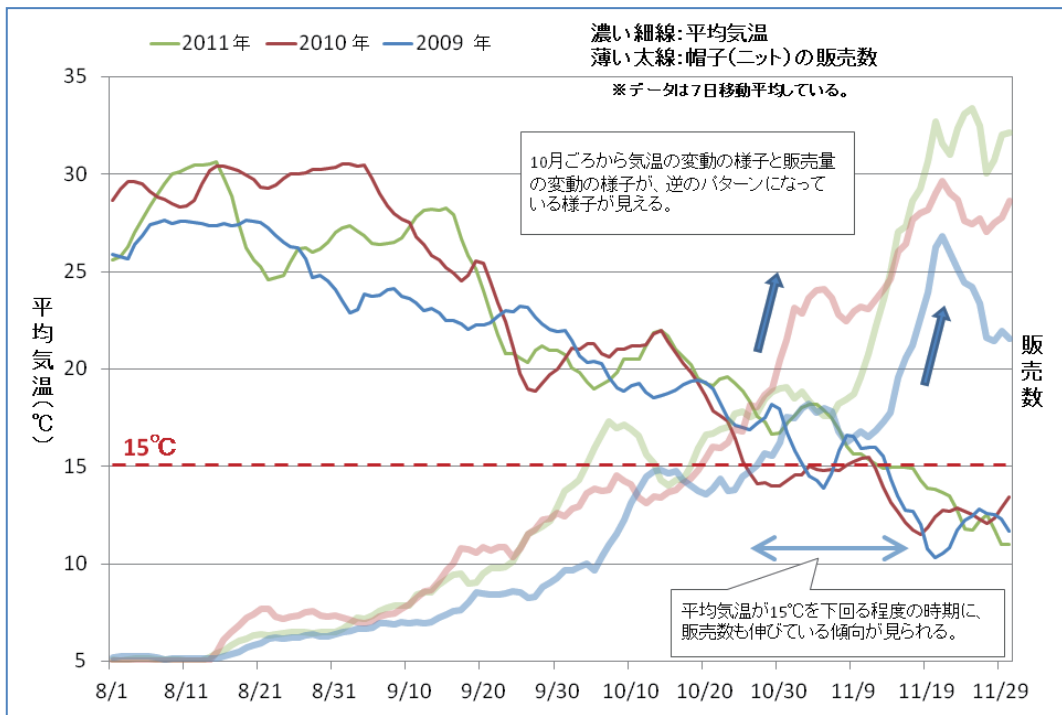


第 2.3.1.16 図 ロングブーツの販売数と気温の時系列グラフ

気象データ：東京（大手町）の日平均気温

販売データ：首都圏店舗におけるロングブーツの日別販売数

気温データ、販売数データとも対象日（横軸）を中心に 7 日移動平均して用いている。

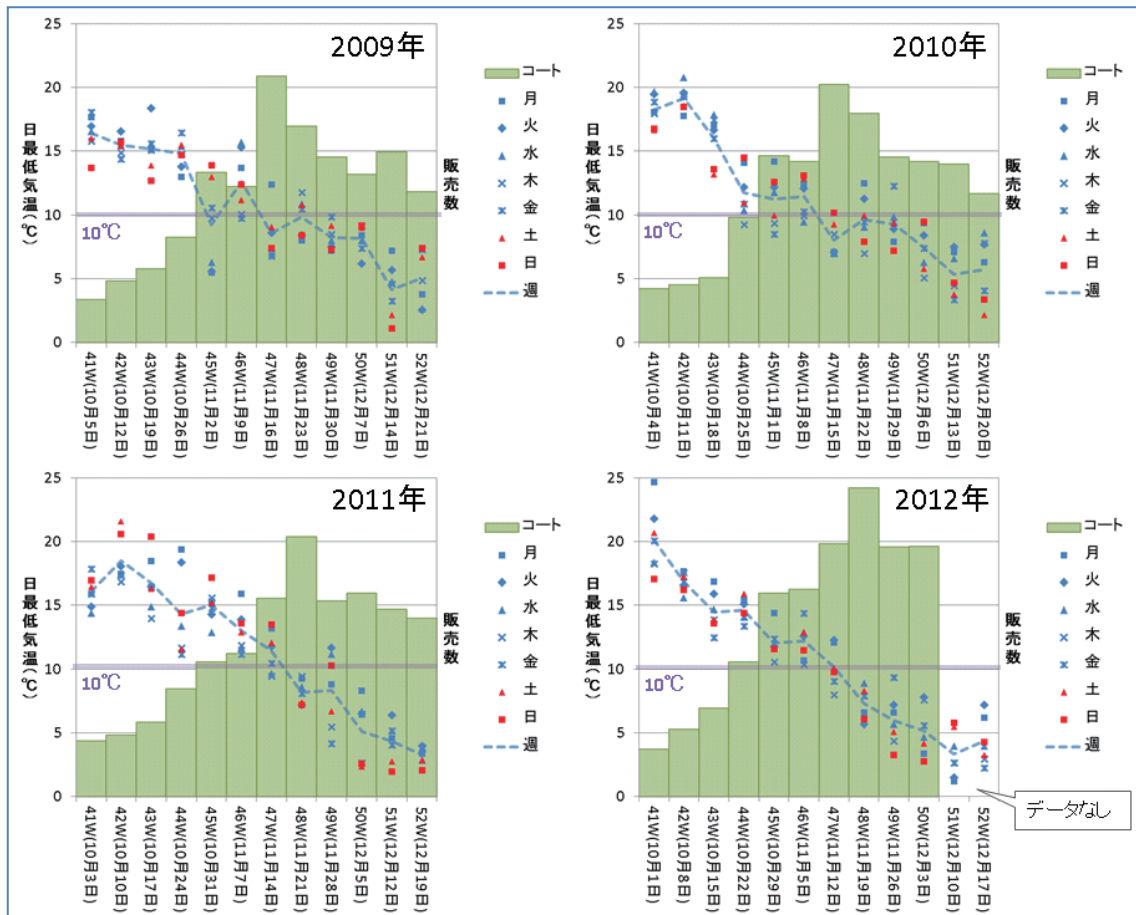


第 2.3.1.17 図 帽子（ニット）の販売数と気温の時系列グラフ

気象データ：東京（大手町）の日平均気温

販売データ：東京における帽子（ニット）の日別販売数

気温データ、販売数データとも対象日（横軸）を中心に 7 日移動平均して用いている。



第 2.3.1.18 図 コート（レディス）の販売数と気温の時系列グラフ

気象データ：東京（大手町）の日最低気温

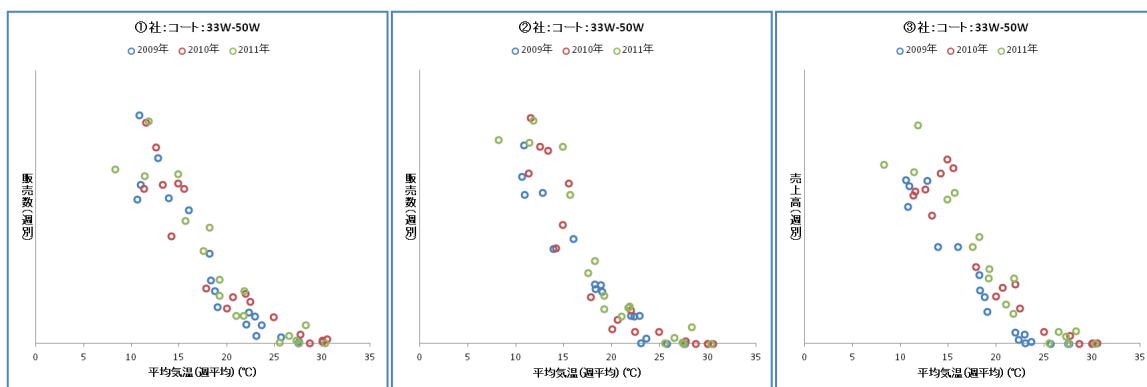
販売データ：コート（レディス）の週別販売数（全国の店舗だが関東の比率が多め）

横軸は週番号（1月1日を含む週が第1週。週は月曜はじまり）。

横軸の週番号の横のカッコ内は、週の1日目の日付を示す。

各マーカーが対象週（横軸）の中の曜日に対応（土曜日曜は赤色）。

青点線はその週における日最低気温の平均値。



第 2.3.1.19 図 コート（レディス）の販売数と気温の散布図（3社のデータで比較）

気象データ：東京（大手町）の週平均気温（日平均気温の週平均）

①社：コート（レディス）の週別販売数（全国の店舗だが関東の比率が多め）

②社：コート（レディス）の週別販売数（東日本店舗）

③社：コート（レディス）の週別売上高（内訳は主に首都圏店舗）

対象は第33週～第50週（8月中旬頃～12月上旬頃に対応）。

気温データはそれぞれの週に対応した週平均気温。

エ. おわりに

以上で紹介した調査結果は、気象データ（主に気温）との関係が認められた代表的なものについてである。実際の分析においては、対象としたアイテムや品目によっては(今回分析した範囲では)あまり気象データとの関係が明瞭でないケースもあった。

また、本調査では、アパレル産業に特に影響が大きいと考えられる気温を主に分析を行ったが、その他の気象要素でも関連が見られるものもあった。例えば、雨用靴はまとまった降水量のタイミングや梅雨入りのタイミングで販売数の山やピークが現れるなどの特徴が確認できた（図略）。

今後の予定としては、更なる気候リスクの評価事例の充実はもとより、2週目以降でも比較的予測精度が高い気温を主対象として、予測情報を生かした気候リスクへの対応技術を開発し、より具体的な気候リスク管理の成功事例を創出することなどを想定している。

また、アパレル業界のみならず幅広い分野を対象として、気候リスク管理や気象・気候データ（観測や予測）等の普及・啓発についても、各種講演やセミナー、ホームページ等を通じて、引き続き取り組んでいく予定である。

謝辞

本調査を進めるにあたり、日本アパレル・ファッション産業協会の関係者、並びに、関係企業の方々にご協力いただきました。ここにお礼申し上げます。

2.3.2 県農業研究機関での気候情報活用事例¹

農業分野では、この先の見通しを見積もるのに、気象データに関しては平年値を用いる方法が一般的であるが、予測情報を用いることで、より適切な情報を得られる可能性がある。

本項では県農業研究機関における気候の予測情報の利活用の例として、山形県農業総合研究センターにおける、水稻の刈り取り適期予測への気温予測値の利用検討事例について紹介する。

(1) 水稻の刈り取り適期予測

水稻栽培においては、刈り取り適期を事前の予測から見積もることは、計画的な収穫作業や、早刈りや刈り遅れを回避するのに不可欠である。ここでは、過去の気温予測データを用いた刈り取り適期予測のシミュレーションにより、従来の平年値を用いた予測手法と比較し、有効性を評価した。

(2) データと方法

水稻栽培では、出穂後の日平均気温の合計（積算気温）が一定の基準に達する時期が刈り取り適期の目安となる。第2.3.2.1表は、ここで用いる水稻の品種と刈り取り適期となる出穂期からの積算気温の関係である。

今回、使用したデータは以下の通り。

○農業データ

山形県農業総合研究センター・水田農業試験場（鶴岡市）の水稻作況圃出穂期データ（「ササニシキ」：1985～1991年、「はえぬき」：1992～2010年、2012年）

○気象データ

山形県農業総合研究センター・水田農業試験場（鶴岡市）の気象観測データ（日平均気温）（1985～2010年、2012年、平年値）

○過去の予測データ（気温）

東北日本海側ガイダンス（1985～2010年、2012年）。1985～2010年はハインドキャスト（第

2.3.1項-ア-(b)と同様）を利用。

また、シミュレーションの手順は、以下の通りである。

- ①まず、出穂期データと実際の観測値から、過去の刈り取り適期の始まりの日を計算する（これを実際の刈り取り適期と考える）。
- ②次に、1985～2010年、2012年の各年において、8月10日ごろに8月11日以降のガイダンスデータを利用して出穂期からの積算気温を計算して、刈り取り適期を予測するという設定でシミュレーションを行う。また、全て平年値を用いた場合の予測も行う。
- ③刈り取り適期の予測（②における）と、①で求めた実際の刈り取り適期を比較し、どの程度適切な予測となっているかを評価する。

なお、ガイダンスデータの利用においては、2週間先までのガイダンス、4週間先までのガイダンス（28日平均）を用いた場合を計算し、予測値の期間が足りない部分には平年値を用いている。

ガイダンスデータはアンサンブル平均値（多数の予測シナリオを平均した値）を用いて、気温の予測値は平年偏差（平年値からの差）のガイダンスデータを検証地点の平年値に加える形で作成している。

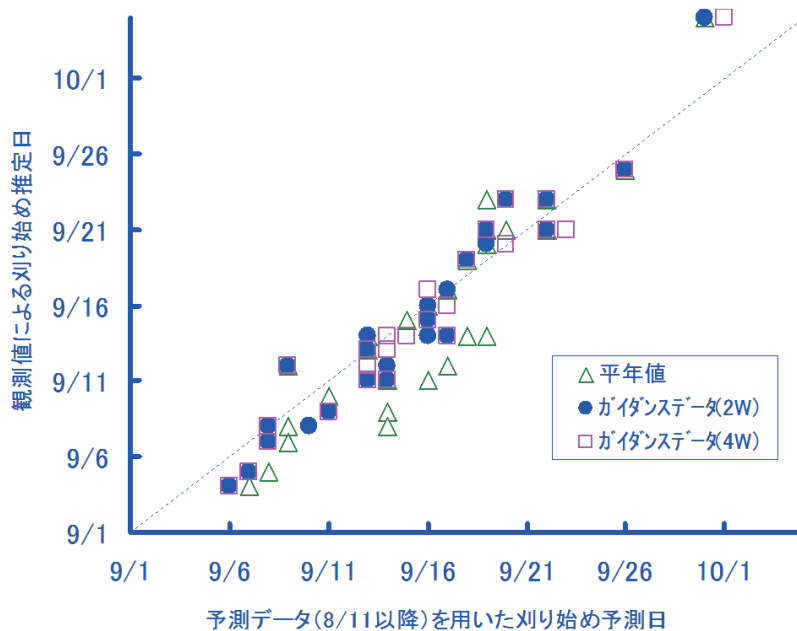
(3) シミュレーション結果

第2.3.2.1図は、縦軸を実際の刈り始めの日（推定日）、横軸を予測による刈り始めの日として、各年の結果をプロットしたものである。対角線（青点線）の上にある場合、予測日は実際と一致しており、対角線の上側（下側）では予測日が早すぎ（遅すぎ）ということになる。ガイダンスデータ（2W：2週目まで、4W：4週目まで）を用いた予測では、平年値による予測（緑三角）と比較して、対角線からそれほど外れておらず、予測の精度が高いことが示されている。

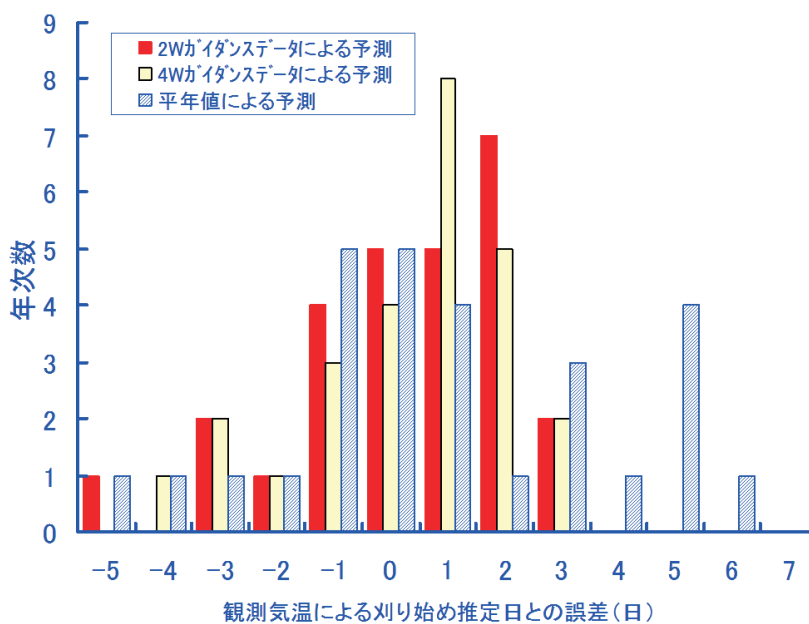
¹ 宮脇 祥一郎

第 2.3.2.1 表 刈り取り適期に対応した出穂後の積算気温
(山形県農業総合研究センター資料)

品種	出穂後の積算気温	※但し、出穂後 30 日間の平均気温が 25℃を超える場合は積算気温が 50℃早まるものとする。 (例：はえぬき) 900～1150℃
はえぬき	950～1200℃	
ササニシキ	950～1150℃	



第 2.3.2.1 図 刈り取り適期予測シミュレーション結果 (検証グラフ)
山形県農業総合研究センター・水田農業試験場、1985～2010 年、2012 年。
2W は 2 週目まで、4W は 4 週目までガイダンスデータを用いた結果。



第 2.3.2.2 図 刈り取り適期予測シミュレーション結果 (誤差に関するグラフ)
条件等は第 2.3.2.1 図に同じ。

第2.3.2.2図は、第2.3.2.1図と同様のシミュレーション結果を、横軸を実際の刈り始めの日(推定日)との誤差、縦軸をそれぞれの誤差となった年次数として、棒グラフで表したものである。予測の成績は、0付近が最も良く、グラフの左(右)にいくに従い、予測日が早すぎ(遅すぎ)であることを表す。平年値による予測(青斜線)では、実際と比較して5日、6日遅くなった事例も見られるが、ガイダンスデータを用いた予測(2W:2週目まで、4W:4週目まで)では、最も遅れた事例でも3日程度となっている。ガイダンスデータを用いた予測では、平年値による予測と比べて誤差が0に近い事例が多く、予測の精度が高いことがうかがえる。

また、2週目までと4週目までの予測を用いた場合の比較では、それほど精度の違いは目立たないが、もっとも大きなずれという観点からは、

- ・2週目までの予測を用いて、実際より最も早めにずれたのは5日
- ・4週目までの予測を用いて、実際より最も早めにずれたのは4日

となっており、この事例では4週目までの予測を用いた場合の方が、若干よい結果であった。

(4) おわりに

以上で紹介した水稻の刈り取り適期の予測事例のように、過去の予測値を用いた検証(過去事例のシミュレーション)を行うことで、事前に予測の特徴、精度、有効性などを確認した上で、予測情報を活用することができる。

また、予測が有用であることが分かっている場合でも、多事例において検証することにより、予測情報を利用することにより得られるメリットについて、より定量的に把握することができる。

期間平均(積算)気温は気象要素の中でも比較的予測精度が高く、本事例は、例えば病虫害発生予察などにも応用できると考えられる。また、農業のみならず他分野においても参考となるであろう。気候リスク管理に取り組むにあたり、是非参

考にしていきたい。

謝辞

本項で紹介した資料や内容については、山形県農業総合研究センターにご提供いただきました。ここにお礼申し上げます。

2.3.3 電力需要予測のための2週目気温予測の提供¹

気象庁では2012年の夏より電力需要予測のための2週目の気温予測値を作成し、電力業界へ提供している。今回の予測値提供は、週間天気予報より先の期間である2週間先までの“地点を対象”とした“定量的な予測”を行うという点でこれまでの異常天候早期警戒情報や季節予報とは異なる新しい取り組みである。また、気候情報の産業界への応用利用という観点からも先行的な取り組みといえる。

本項では今回の予測値提供の取り組みについて、その背景と、電力業界の要望にあった情報の形式を決定するまでの対話プロセスについて述べる。続いて、既存の予測資料と過去の観測値の統計的な関係を用いた2週目の定量的な気温予測値作成の技術的な点について述べる。

(1) 背景

東日本大震災以降、特に夏季や冬季を中心に全国的な節電が求められている。気温をはじめとする気象条件は電力需要に大きく影響するため、電力会社は従来から主に週間スケールまでの天気予報を電力需要予測に利用していたが、電力需要の逼迫が懸念される場合、対策の検討や準備のためにできるだけ早い段階から需要見通しが必要となる。このため気象庁は、内閣官房国家戦略室、資源エネルギー庁、電気事業連合会および各電力会社と協議し、電気事業連合会からの要請を受け、異常天候早期警戒情報の予測技術を活用した2週目の気温予測値を、夏季と冬季に同連合会へ提供することとなった。

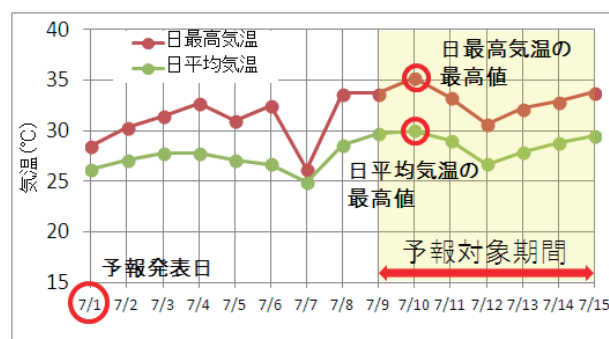
(2) 電力業界との対話

2週目予測にどのような形式の情報を提供するかについては、電力会社の給電計画担当者との間で協議した。まず要望として挙げられたのは、電力需要予測の対象としている地点に対して週間

天気予報と同じ形式の気温予測を2週目にも提供して欲しいということであった。この要望は、現在の異常天候早期警戒情報や1か月予報と比較すると、

- (ア) 地点を対象とした絶対値を予測する
- (イ) 平均気温ではなく最高・最低気温を予測する
- (ウ) 日ごとの気温を予測する

という点で大きな隔たりがある。(ア)に関しては、2008年から気象庁HPで提供している異常天候早期警戒情報の確率予測資料を用いることで、2週目に相当する期間の7日間平均気温を取得することが可能であることを伝えたが、電力会社側は需要予測が日のピーク値を対象に行われているため7日間平均気温では利用に適さないとのことであった。ただ、週のいつごろかを特定できなくとも、「対象とする週において最も最高気温が高い日の最高気温が〇℃、最も平均気温が高い日の平均気温が〇℃」(夏季の場合)という情報があれば2週目における使用電力のピーク値という形での需要予測を行うことができるとの提案がなされた。このような気温の予測であれば確率予測資料と過去の統計的な関係を用いることにより予測ができる可能性があったことから、「2週目における日最高気温・日平均気温の最高値」の提供を目指して、予測値の作成・検証を行うこととした(第2.3.3.1図)。予測の対象とする地点は、各電力会社から要望のあったそれぞれの管内で電力消費量の多い12地点(札幌、仙台、新潟、東京、金沢、名古屋、大阪、広島、高松、福岡、熊本、鹿児島)とした。



第2.3.3.1図 「日最高気温と日平均気温の最高値」のイメージ図

予報発表日が7/1の場合の予測期間と予測の対象となる値。

¹野津原 昭二、伊藤 明

(3) 予測値の作成と精度の検証

確率予測資料から取得できる地点の7日間平均気温を説明変数として、「2週目における日最高気温・日平均気温の最高値(夏季)」および「2週目における日最高気温・日平均気温・日最低気温の最低値(冬季)」を目的変数とする単回帰式を作成して予測値を求めることとし、以下の一連の作業を行った。以下、主に夏季の場合を述べる。

(ア) 説明変数と目的変数の相関調査

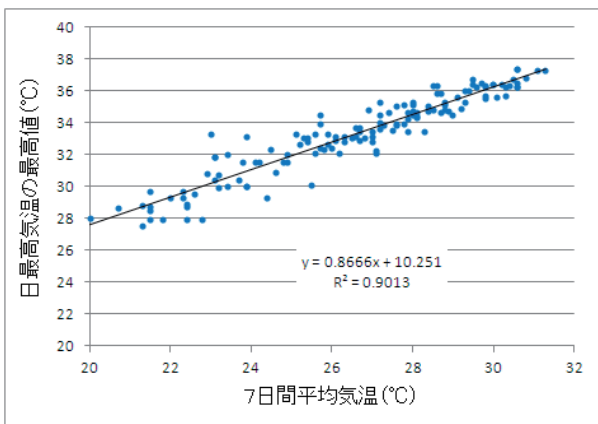
(イ) 予測に用いる回帰式の作成・予測精度の検証

(ウ) 平年値との比較による予測の有用性の検証

回帰式の作成と予測精度の検証等に用いた観測値や予測値は、2008～2011年の6～9月における異常天候早期警戒情報の2週目に相当する期間(発表日の8日後を初日とする7日間)のデータから求めた(1週間に火・金曜の2事例、1地点につき合計139事例)。

ア. 説明変数と目的変数の相関調査

まずは観測値を用いて、説明変数である7日間平均気温と目的変数である期間中の日最高気温・日平均気温の最高値の相関を調査した。もし、相関がないのであれば7日間平均気温から予測することはそもそも困難であると考えられる。第2.3.3.2図は大阪において、7日間平均気温の観測値と、同じ期間における日最高気温の最高値の



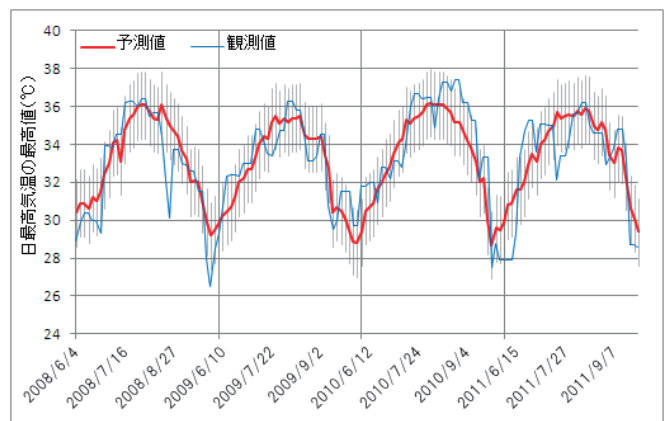
第2.3.3.2図 7日間平均気温と日最高気温の最高値との散布図(大阪の観測値)。統計期間は2008～2011年の6～9月。Rは相関係数を表す。
横軸：7日間平均気温(°C)
縦軸：日最高気温の最高値(°C)

観測値の散布図である。7日間平均気温と日最高気温の最高値の間には相関係数0.95の高い相関が見られ、7日間平均気温を予測できれば日最高気温の最高値も予測できる可能性が示された。日平均気温の最高値においても相関係数は0.95となり、日最高気温と同様に高い相関が見られた(図略)。

イ. 予測に用いる回帰式の作成・予測精度の検証

前述の結果から7日間平均気温の観測値を元にした「日最高気温・日平均気温の最高値」を求める線形回帰式を作成できる。しかし、7日間平均気温の予測値が常に観測値に近いとは限らないことから7日間平均気温の予測値(アンサンブル平均値)を用いた場合についても同様に相関の調査、回帰式の作成を行った。次に、7日間平均気温の予測値と同期間の観測値から作成した二つの回帰式を用いて、「日最高気温・日平均気温の最高値」の予測値を作成し二乗平均平方根誤差(RMSE)を比較したところ、7日間平均気温の予測値を元に作成した回帰式を用いた場合の方がわずかではあるが精度が上回ったため、こちらを採用することとした。

採用した回帰式により作成した予測値と実況の時系列を第2.3.3.3図に示す。地点は大阪、期間は前述の2008～2011年の6～9月である。2008



第2.3.3.3図 日最高気温の最高値の予測(大阪)
横軸：予測期間の初日の日付
縦軸：日最高気温の最高値(°C)
赤実線は予測値、青実線は観測値を表す。
灰色の縦線は予測の80%信頼幅を表す。

年9月頃の極端な低温や2010年8月下旬頃の極端な高温のような事例には対応できない場合もあるものの、ほとんどのケースで予測の80%信頼幅(週間天気予報の気温の信頼幅と同様)に実況値が入り概ね予測できている。大阪におけるこの期間のRMSEは1.38℃であった。他の地点・日平均気温の最高値についても、同様に求めた回帰式を用いて予測値の検証を行った。その結果を第2.3.3.1表に示す。北日本や北陸地方にRMSEが大きい地点が見られるが概ね各地点とも1.5℃程度の誤差で予測していた。

ウ. 平年値との比較による予測の有用性の検証

作成した予測値の有用性を確かめるため、独自に作成した7日間における日最高気温・日平均気温の最高値の平年値を用いた‘気候値予報’との精度の比較を行った。平年値は1981～2010年の観測値を用いて気象観測統計指針(気象庁2005)に沿って作成した。比較の結果、全ての地点において回帰式から作成した予測値のRMSEが0.1～0.5℃程度小さく、平年値を予測値として用いるよりも平均的な精度が高いという結果が得られた(第2.3.3.1表)。

(4) 提供した予測値の精度検証

ここでは、実際に提供した予測値の検証として、いくつかの地点の予測結果を示す(第2.3.3.4図)。

第2.3.3.1表 12地点における日最高気温の最高値・日平均気温の最高値の予測値および平年値と観測値とのRMSE(単位℃)

2008～2011年の6～9月における異常天候早期警戒情報の発表日における予測資料を集計(139事例)

地点名	日最高の最大値のRMSE		日平均の最大値のRMSE	
	予測値	平年値	予測値	平年値
札幌	2.20	2.51	1.89	2.29
仙台	2.41	2.80	2.01	2.47
新潟	2.03	2.35	1.71	2.07
東京	1.65	2.00	1.45	1.83
金沢	1.73	1.99	1.52	1.93
名古屋	1.65	2.12	1.52	2.03
大阪	1.38	1.62	1.31	1.60
広島	1.27	1.52	1.19	1.48
高松	1.77	2.13	1.46	1.94
福岡	1.71	2.02	1.51	1.84
熊本	1.48	1.71	1.23	1.53
鹿児島	1.27	1.37	0.95	1.14

2012年夏の東京は平年より気温の高い状態を良く予測しており、平年値を利用するよりも有用であることがわかる。また、予測の信頼度を表すために予測値とともに提供した予測の80%信頼幅は1例を除き実況値を捉えており、リスク管理の観点からはこのような幅を持った予測値が有用と考えられる。次に2012/2013年冬の札幌は、1月半ばを除き平年を下回る時期が多かったが、予測は平年並近くで推移しており、低温を十分に予測することはできなかった。12月後半は予測幅を超えたかなりの低温となり、電力需要のリスク管理の観点からも厳しい結果となった。上下対称として予測の信頼幅について再検討すべきと考えられる。2013年夏の名古屋では2012年夏と同様に気温の高い状態が続き、偏差の程度も含めて高温を良く予測できていた。

最後に、地点毎のRMSEを第2.3.3.5図に示す。ほとんどの地点で平年値よりも予測値を用いた方がRMSEは小さく、予測値が有効であったことがわかる。特に、西日本を中心に記録的な猛暑となった2013年夏は予測の優位性が際立っている。

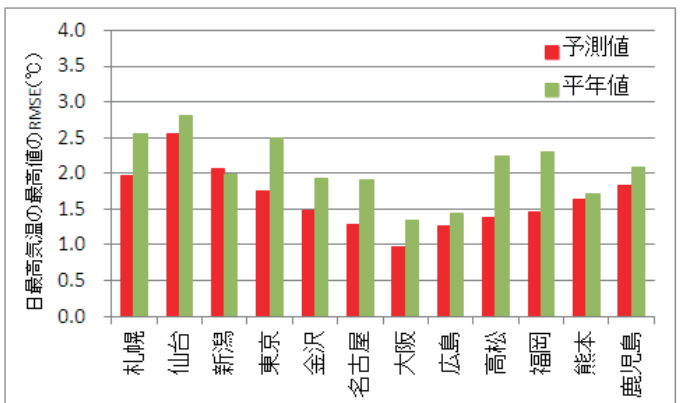
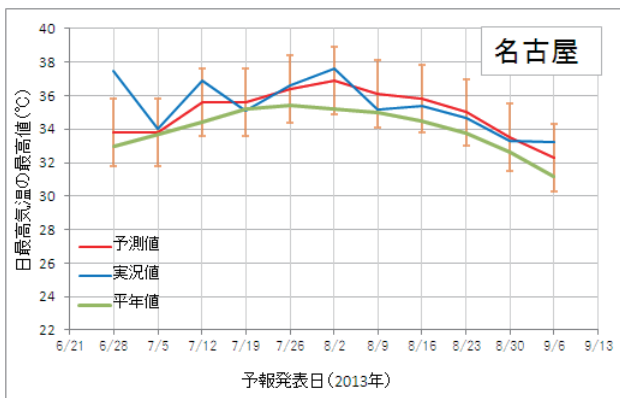
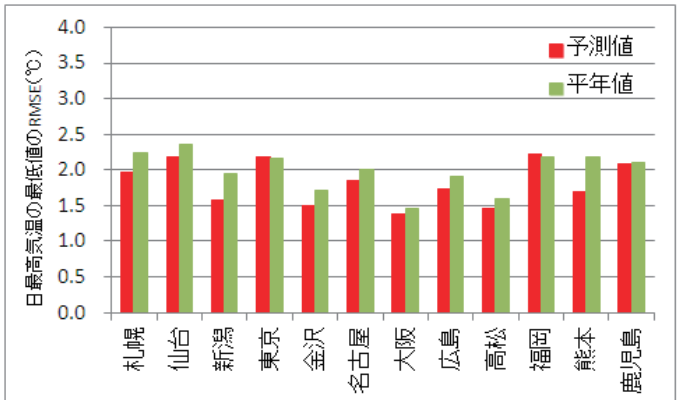
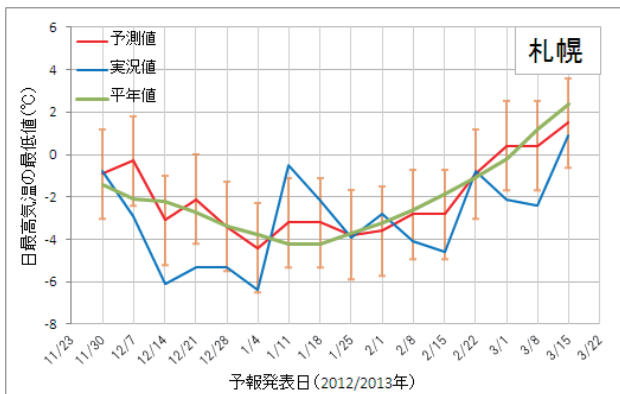
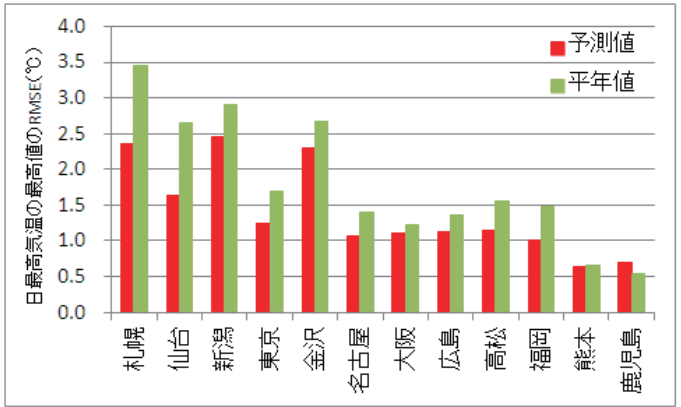
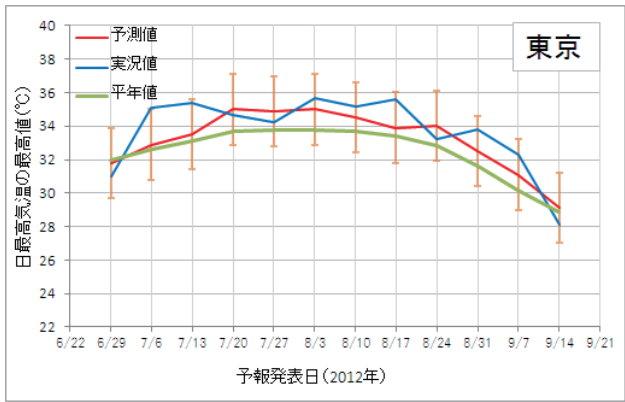
(5) おわりに

気候リスク管理のプロセスに沿って考えると、電力業界は気候が与える影響を十分に認識しており、気候リスクへ対応するための定量的な予測式を保持している。また週間スケールまでの予測値の活用の取り組みも進んでおり、気候の予測情報を用いたリスク管理についても普及が進みやすい分野と思われる。そのような分野であるにもかかわらず、これまで2週目の気温予測の利用は進んでいなかった。今回の取り組みは、既存の予測情報と電力業界の求める予測情報との間の隔たりを対話によりある程度埋めることができたという意味で、今後の気候リスク管理技術の普及に向けた取り組みのモデルケースになると期待される。

参考文献

気象庁, 2005: 気象観測統計指針.

<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/kaisetu/index.html>



第 2.3.3.4 図 2 週目の日最高気温の予測

縦軸：日最高気温(単位℃) 横軸：予報発表日
 図中の橙色の縦線は予測の 80%信頼幅を示す。
 上図：2012 年夏の日最高気温の最高値 (東京)
 中図：2012/2013 冬の日最高気温の最低値 (札幌)
 下図：2013 年夏の日最高気温の最高値 (名古屋、
 9/6 発表分迄)

第 2.3.3.5 図 2 週目の日最高気温の RMSE(単位℃)

赤棒が予測値の RMSE、緑棒が平年値の RMSE を表す。
 上図：2012 年夏の日最高気温の最高値の RMSE (12 事例)
 中図：2012/2013 冬の日最高気温の最低値の RMSE (16 事例)
 下図：2013 年夏の日最高気温の最高値の RMSE (11 事例、9/6
 発表分迄)

2.3.4 気候リスク管理解説ページの公開¹

(1) 気候リスク管理解説ページの概要

2013年5月に公開した気候リスク管理に関する解説ページ（以下、解説ページ）では、様々な産業界において過去の観測統計データや1か月予報などの気象情報をより一層利活用してもらえるよう、これらの情報をうまく活用して気候リスクを管理していく方法について紹介している。本項では、解説ページの使い方を説明するとともに、気候リスクの評価に必要な気象データのダウンロードページや、気候リスクへの対応に利用できる確率予測資料について、それぞれの仕様や具体的な使い方などを示す。

気候リスク管理は第2.1.2図に示したように、「認識」・「評価」・「対応」の3つのプロセスから成り、解説ページでは取り組むステップに応じて解説や具体例を示しているため、各自の目的に合ったコンテンツを参照できるような構成となっている（第2.3.4.1表）。既に第2.1節にて気候リスク管理の方法について具体的に例を示しているが、ここでは気候リスク管理の3つのプロセスをより一般化して順に説明する。

まず一つ目のプロセスは気候リスクの「認識」である。私たちの身の周りにはさまざまな気候リスクが存在する。第2.1節で述べたような近年の夏季の高温リスクはその最たるもので、2010年や2013年の記録的な猛暑はその典型である。また、影響を与える気候というものはデータを利用する

当事者（以下、利用者）によって様々であり、例えば2010年夏の猛暑という同じ現象に対してもその影響は分野により大きく異なっていた（第2.3.4.1図）。このような気候リスクを認識し、どのようなことで気候の影響を受けているのか、その影響に対して何らかの対策はあるのか、対策のためにはどの程度の時間やコストが必要か、を考えることで気候リスクを軽減できる可能性が見えてくる。

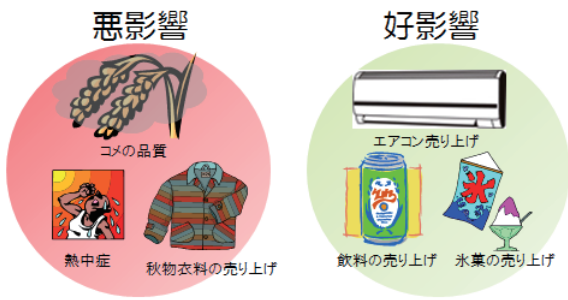
二つ目のプロセスは、認識したリスクを定量的に「評価」することである。このことにより気候リスクを把握し、よりはっきりと認識することができ、気候リスク軽減に向けた対応につなげていくことができる。気候リスクを定量的に評価するためには、各分野のデータと気象観測データを組み合わせて、どういう気候の時にどのような影響があるかを把握することが重要である。この時、利用者ごとに必要とする気象観測データは異なるかもしれないが、解説ページでは気象観測データの利便性の高いダウンロードページを用意しているので是非利用して欲しい（詳細は本項の(2)を参照）。気候リスク評価の一例を挙げると、農業研究機関では水稻の高（低）温障害が発生する基準となる気温を定量的に把握しており、影響を与える気温が予想されている場合に何らかの対策を行う判断にその情報を利用できる（第2.3.4.2表）。全ての事例においてこのような関係が成り立つとは限らないが、まずは簡単なグラフ等を作成して

第2.3.4.1表 気候リスク管理の解説ページの使い方

<http://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/index.html> (2013年9月30日現在)

目的	気候リスク管理の3つのプロセス	コンテンツ
気候の影響に気づいていない方はこちらから	気候リスクを 認識 してみましょう	気候リスク管理の解説
気候の影響を定量的に評価したい方はこちらから	気候リスクを 評価 してみましょう	気候リスク評価の解説 過去の気象データのダウンロードページ 気候リスク評価の実例（アパレル分野）
気候の影響を軽減（利用）したい方はこちらから	気候リスクへ 対応 してみましょう	気候リスクへの対応の解説 各種予測資料 気候リスクへの対応の実例（農業分野）

¹ 伊藤 明、荒井 宏明、野津原 昭二



第 2.3.4.1 図 2010 年夏の猛暑の影響

第 2.3.4.2 表 水稻の警戒気温（東北農業研究センター提供）

時期	警戒気温 (7日間平均)	懸念される症状
7月中旬から8月上旬 (幼穂形成期～出穂期前)	20℃以下	障害不稔発生
8月上旬(出穂期)	20℃以下	開花不稔発生
8月上旬から8月下旬 (出穂期～登熟初期)	27℃以上	高温登熟障害

大まかな関係を調べるだけでも有用といえる。

どのような気候の時に影響が出るのかが具体的にわかったら、続いてその気候自体が発生する頻度を気象観測データにより見積もる必要がある。これにより、気候の影響とその気候が起こる可能性の積で表される気候リスクの大きさ（第 2.1.1 図）を見積もることができ、そのリスクに対応すべきか否かの判断を行うことができる。気候リスク評価の実例としてアパレル（衣料品販売）分野との共同調査（詳細は、第 2.3.1 節を参照）の報告書を掲載しているので参考にして欲しい。

三つ目は、気候リスクの評価から得られた結果を用いて、気候の影響を軽減（または利用）するという気候リスクへの「対応」である。もしも、将来起こる気候を見通せたならば、適切な対策を適切な時期に行うことで気候の影響を軽減することができる。ただし、将来を完全に予測することは不可能である。したがって、気候リスク軽減のために何らかの意思決定を迫られる場面では、現状における最善の情報を選択する必要がある。解説ページでは見通しを立てるために用いる情報として、過去の気象観測データによる統計的予測と1か月予報ガイダンスなどの数値予報モデルに基づく予測（数値的予測）を紹介している。

統計的予測とは、過去の観測値や過去数年から数十年の平均値などを用いて今年の傾向を予測するものである。特に、過去の気象観測データにより対象とする時期における気候の変動の大きさも知ることができるので、複数のシナリオを考慮しつつ対策の有無を判断することができる。

一方、数値的予測は数値予報モデルによる予測結果を客観的に翻訳したもの（ガイダンス）で、確率密度関数の形で解説ページ上に公開している。このガイダンスについては過去 30 年間の予報実験による精度評価を行っており、2 週目の気温や1か月平均気温については平年値よりも精度が高いことが実証されている（伊藤 2013）。さらに、ガイダンスの精度評価資料の一部は解説ページでも公開しているので、確率予報の利用者は予測精度を確認しながら対策の有無に関する意思決定を行うことができる。

なお、予測情報の利用者は最も起こりそうな気温だけを必要とする場合や、ある閾値以上になる可能性を知りたいなど利用者ごとに必要とする予測情報は異なる。したがって、任意の閾値毎の確率を得ることができる確率密度関数が多くの利用者のニーズに適した形と考えられる。

（2）気象観測データのダウンロードページ

前述の通り、気象庁ホームページ上に気候リスク管理に役立つ過去の気象観測データのダウンロードページ（以下、ダウンロードページ）を公開した。ダウンロードページでは、地点、気温や降水量等の項目、期間を選択することにより、全国の気象官署およびアメダスの気象観測データの表示をはじめ、表計算ソフトなどで編集可能な CSV（コンマ区切りテキスト）形式のデータをダウンロードすることができる。また、任意の期間の値を計算し、その値や平年値との差などを出力する機能も備えている。ここでは、ダウンロードページで利用可能なデータや機能、CSV データの仕様について解説する。

第 2.3.4.3 表 気象観測データのダウンロードページで取得可能な観測地点数（平成 24 年 4 月 1 日現在）

気象官署（特別地域気象観測所を含む）	156
四要素観測所（降水量・気温・風・日照時間）	686
三要素観測所（降水量・気温・風）	87
雨量観測所	361
積雪深観測所	312

ア. 利用可能な気象観測データの概要

(a) 地点

ダウンロードページでは全国約 1500 か所（現在観測を行っていない約 200 地点を含む）の気象官署やアメダスの気象観測データを取得できる（第 2.3.4.3 表）。現在観測を行っている観測所の詳細については気象庁ホームページで地上気象観測地点一覧や地域気象観測所一覧を掲載しているので参照されたい。

(b) 項目（第 2.3.4.4 表）

取得できる項目は、アメダスでは気温、降水量、日照時間、風、積雪・降雪量である。気象官署ではこれに加えて、気圧、全天日射量、相対湿度、日平均雲量、天気概況等も取得できる。ただし、観測されている項目は観測所ごとに、また年代によっても異なることに注意されたい。これらの項目は、日ごと、旬ごと、月ごと、3ヶ月ごと（気象官署のみ）の値が選択できる。このほか、7日平均など任意の日数での集計値も出力できる。また、選択した実況値のほか、対応する平年値や過去の任意の年数の平均値およびそれらとの差（比）を並べて表示することもできる。

(c) 期間

最近 1 年間など連続した期間のデータを取得できるほか、選択した特定の期間の値を必要な年数分（例えば 3 月の値を過去 10 年分など）取得する機能もある。データの掲載期間は気象官署については観測開始以降、アメダスは 1976 年以降である。ただし、気象官署の日、旬、1 時間値は地点や項目により観測開始以降であっても収録されていない

第 2.3.4.4 表 統計項目一覧

項目分類	統計方法	項目名
気温	平均	平均気温
		日最高気温の平均
		日最低気温の平均
	極値	最高気温
		最低気温
		日最高気温の最低
		日最低気温の最高
度数	日最高気温 N °C 以上日数	
降水量	合計	合計降水量
	極値	10 分間降水量の最大
		1 時間降水量の最大
		日降水量の最大
度数	日降水量 N mm 以上日数	
日照/日射	合計	日照時間
		日合計全天日射量
	平均	平均全天日射量
	百分率	日照率
度数	日照率 40 % 以上日数	
積雪/降雪	合計	降雪量合計
	極値	日最深積雪
		降雪量日合計最大
度数	最深積雪 N cm 以上日数 降雪量日合計 N cm 以上日数	
風	平均	平均風速
	極値	最大風速
		最大瞬間風速
度数	日最大風速 N m/s 以上日数 日最多風向	
湿度/気圧	平均	平均蒸気圧
		平均相対湿度
		平均現地気圧
		平均海面気圧
	極値	最小相対湿度 最低海面気圧
雲量/天気	平均	平均雲量
		日平均雲量 N 以上日数
	度数	雪日数
		雷日数
		霧日数
		天気概況(昼)
	天気概況(夜)	

※N は統計項目となっている一定の閾値を示す

い期間がある。

イ. ダウンロードページの機能

ダウンロードページは、これまで気象庁ホームページ上ではできなかった月をまたいでの日別値や旬別値などの表示・ダウンロードや、複数地点のデータの表示・ダウンロードが可能となっている。それだけでなく、以下のように任意期間での統計値や過去 10 年平均といった値を出力することができる。

(a) 任意の日数の値の集計

「項目を選ぶ」の「データの種類」のところで N 日別値を選ぶと、日ごとの値から集計した任意の日数の平均や合計値を出力できる。集計期間 N は 2 日から 28 日となっている。

(b) 平年値や過去の任意の年平均との比較

「過去の平均値との比較オプション」を適切に選択することで、実況値と並べて平年値や過去 N 年間の平均を出力できる (N は 2~30 の任意の年数)。さらに、実況値と平年値や過去 N 年平均との差(気温や風速など)や比(降水量や日照時間など)を出力することもできる。

ウ. データの形式

ダウンロードしたデータは、表計算ソフトで表示すると第 2.3.4.2 図に示すような CSV 形式になっている。それぞれのデータには観測された値の

他に、品質情報や現象の有無に関する情報(気象官署で現象の有無を記録している要素のみ)、均質番号といった値が付加される。ただし、後述するようにオプションの選択肢によっては付加されない場合もある。

(a) 利用上注意が必要なデータの扱い

統計値の元となる資料に欠損がある場合、求められた統計値は利用に際して注意が必要である(資料不足値や欠測など)。利用上注意が必要なデータをダウンロードする際は観測された値の他に品質情報もデータに付加する。品質情報の値と意味は第 2.3.4.5 表のようにになっている。なお、表示オプションで「利用上注意が必要なデータをダウンロードしない」を選択すれば、正常値と準正常値のみ表示することができ、その場合、品質情報は付加されない。

(b) 値が不均質となったデータの扱い

観測所の移転や観測環境の変化などによって、前後の期間でデータの均質性が保たれなくなっている場合がある。このような値を前後で比較することがないように、画面に表示させるときは前後のセルの間に赤線を表示している。CSV ファイルでは均質番号と呼ばれる値を付加している。均質番号はデータの均質性をあらわす番号であり、異なる均質番号を持つ値同士を単純に比較することはできない。なお、表示オプションで「観測環境などの変化前の値を表示(格納)しない」を選択す

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	ダウンロードした時刻:YYYY/MM/DD hh:mm:ss																
2																	
3	集計開始			集計終了			東京	東京	東京	東京	東京	東京	東京	大阪	大阪	大阪	大阪
4	年	月	日	年	月	日	平均気温	平均気温	平均気温	降水量の合計	降水量の合計	降水量の合計	降水量の合計	平均気温	平均気温	平均気温	降水量の合計
5							品質情報	均質番号		現象なし情報	品質情報	均質番号	品質情報	均質番号	品質情報	均質番号	
6	2013	1	1	2013	1	10	5.7	8	1	0	1	8	1	4.8	8	1	
7	2013	1	11	2013	1	20	4.8	8	1	64	0	8	1	5.1	8	1	
8	2013	1	21	2013	1	31	6.1	8	1	6	0	8	1	5.7	8	1	
9	2013	2	1	2013	2	10	7.8	8	1	16	0	8	1	6.7	8	1	
10	2013	2	11	2013	2	20	5.1	8	1	12	0	8	1	4.6	8	1	
11	2013	2	21	2013	2	28	5.5	8	1	2	0	8	1	5.6	8	1	
12	2013	3	1	2013	3	10	11.6	8	1	17	0	8	1	10	8	1	
13	2013	3	11	2013	3	20	13.4	8	1	15.5	0	8	1	11.2	8	1	
14	2013	3	21	2013	3	31	11.3	8	1	12	0	8	1	10.9	8	1	
15	2013	4	1	2013	4	10	15.1	8	1	222.5	0	8	1	13.9	8	1	
16	2013	4	11	2013	4	20	14.8	8	1	8	0	8	1	14.3	8	1	
17	2013	4	21	2013	4	30	15.6	8	1	52.5	0	8	1	14.6	8	1	
18	2013	5	1	2013	5	10	17.3	8	1	9.5	0	8	1	15.7	8	1	
19	2013	5	11	2013	5	20	19.9	8	1	42.5	0	8	1	20.4	8	1	
20	2013	5	21	2013	5	31	21.9	8	1	4	0	8	1	23	8	1	
21	2013	6	1	2013	6	10	21.9	8	1	0.5	0	8	1	23.4	8	1	

第 2.3.4.2 図 CSV ファイルを表計算ソフトで表示した場合の例

第 2.3.4.5 表 品質情報の値と意味

値	記号	意味
8	値	統計のもととなるデータに欠損がない(正常値)
5	値)	統計のもととなるデータに 20%以下の欠損がある(準正常値)
4	値]	統計のもととなるデータに 20%を超える欠損がある(資料不足値)
2	#	値がかなり疑わしい(時別値のみが対象)(疑問値)
1	///	統計値がない(欠測)
0	空	観測・統計項目ではない

れば、環境変化前の値を格納せず、画面に表示させたときも赤線より前の値を表示しないようにすることができる。この場合、均質番号は付加されない。また、環境変化前の値と平年値を比べることは適切でないので、平年値や平年値との差(比)のオプションを選んだ場合もこれらの値は表示されない。

(c) 現象の有無に関する情報

気象官署の一部の要素(降水量など)では、量だけでなく現象の有無そのものを記録している。このような項目には、現象ありで0、現象なしで1になる値を付加している。

(d) その他の表示オプション

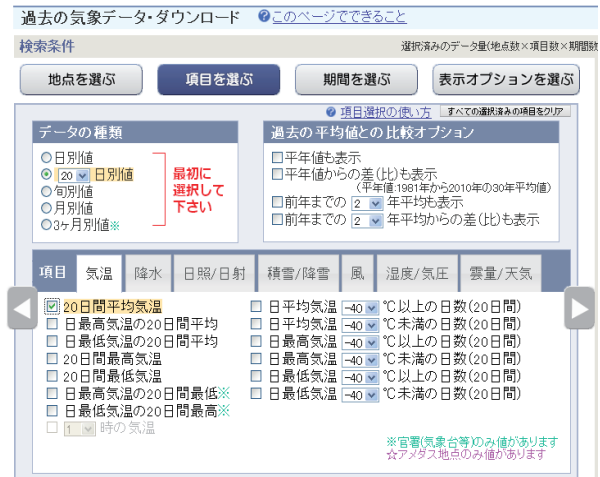
上記の品質情報や現象の有無に関する情報を数値として別個に格納するか、記号として値と一緒に表示するか(格納されるデータは文字列になる)もオプションによって選択できる。また、最高気温や最大風速などが記録された時間、最大風速や最大瞬間風速の風向なども表示できる。また日ごとの値に関しては期間とともに曜日も表示できる。

エ. 利用例

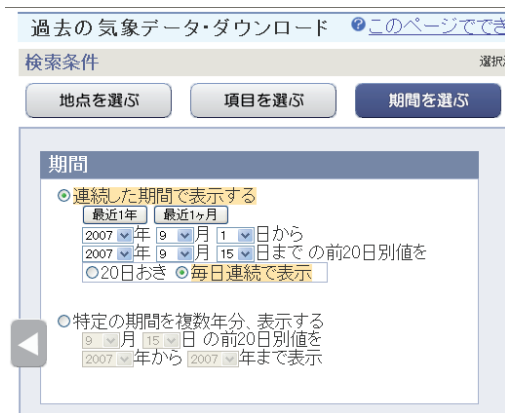
(a) 農業分野

農業分野における利用例として、第 2.3.1 項で示した水稻の出穂後 20 日間の平均気温と基白粒

発生率との関係を表す散布図(第 2.3.1.11 図)に用いられている気象データをダウンロードすることを挙げる。はじめに地点の選択を行い、次に「項目を選ぶ」ではデータの種類の「20 日別値」を選択して「20 日間平均気温」にチェックを入れる(第 2.3.4.3 図)。さらに「期間を選ぶ」で「連続した期間で表示する」の年月日を選択して(第 2.3.4.4



第 2.3.4.3 図 利用例—項目の選択



第 2.3.4.4 図 利用例—期間の選択

2	集計開始			集計終了			菊池	水俣
3	年	月	日	年	月	日	平均気温(°C)	平均気温(°C)
4	2007	8	13	2007	9	1	28	28.3
5	2007	8	14	2007	9	2	27.9	28.2
6	2007	8	15	2007	9	3	27.8	28.1
7	2007	8	16	2007	9	4	27.6	28
8	2007	8	17	2007	9	5	27.5	27.9
9	2007	8	18	2007	9	6	27.3	27.8
10	2007	8	19	2007	9	7	27.2	27.7
11	2007	8	20	2007	9	8	27	27.6
12	2007	8	21	2007	9	9	26.9	27.4
13	2007	8	22	2007	9	10	26.8	27.3
14	2007	8	23	2007	9	11	26.5	27
15	2007	8	24	2007	9	12	26.5	26.8
16	2007	8	25	2007	9	13	26.3	26.5
17	2007	8	26	2007	9	14	26.2	26.4
18	2007	8	27	2007	9	15	26.2	26.4
19	2007	8		2007	9			
20								

第 2.3.4.5 図 利用例—ダウンロード後の CSV ファイル

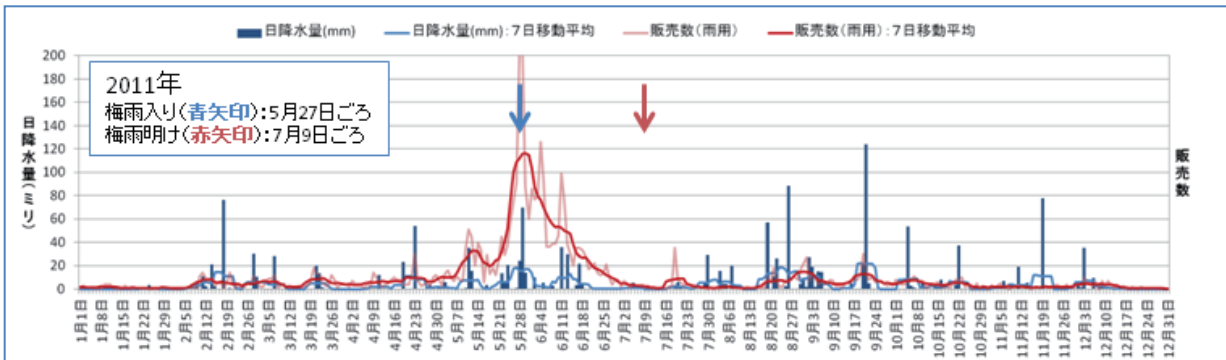
図)、「CSV ファイルをダウンロード」をクリックすることで第 2.3.4.5 図のようなファイルがダウンロードされる。ダウンロードした気象データと基臼粒発生率のデータから第 2.3.1.11 図のような散布図を作成することができる。

(b) アパレル分野

アパレル分野における利用例として、気候リスク評価の報告書にも掲載している雨用靴の販売数と降水量との関係を表すグラフ（第 2.3.4.6 図）に用いられている気象データのダウンロードを挙げる。はじめに地点の選択を行い、次に「項目を選ぶ」ではデータの種類の「日別値」にチェックを入れて、「降水量の日合計」にチェックを入れる（第 2.3.4.7 図）。さらに「期間を選ぶ」で「連続した期間で表示する」の年月日を選択して（第 2.3.4.8 図）、「CSV ファイルをダウンロード」をクリックすることで第 2.3.4.9 図のようなファイルをダウンロードすることができる。

(3) 確率予測資料のページ

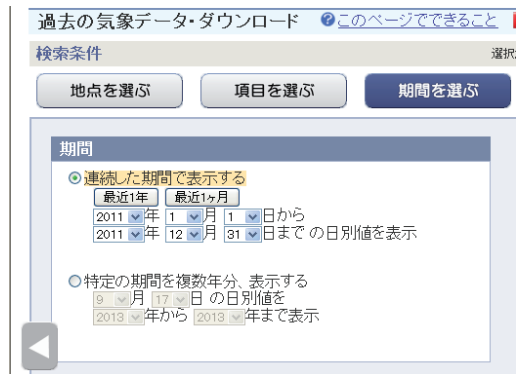
気候リスクの定量的な評価を踏まえ、気候の影響の軽減や利用に結び付けるには、1 か月予報や異常天候早期警戒情報などの予測データの利用が有効である。気象庁が発表している季節予報は3階級や5階級の確率予報であるが、影響を与える値は利用者ごとに異なる。例えば気温について、熱中症の搬送者数が急激に増える値は、関東地方では7日平均気温がおおよそ28℃であるが、東北地方や北海道地方ではそれよりも低い値で搬送者数が急増すると考えられる。このように、影響を与える気温は利用者ごとに異なることから、任意の閾値毎の確率が有用と考えられる。以上を考慮し、確率予測資料のページでは、数値予報ガイダンスの累積確率から任意の閾値毎の確率を表示することができ、利用者ごとに異なる気候リスクへの対応が可能となっている。



第 2.3.4.6 図 雨用靴の販売数と降水量との関係
アパレル・ファッション産業分野における気候リスク評価調査報告書より抜粋



第 2.3.4.7 図 利用例—項目の選択

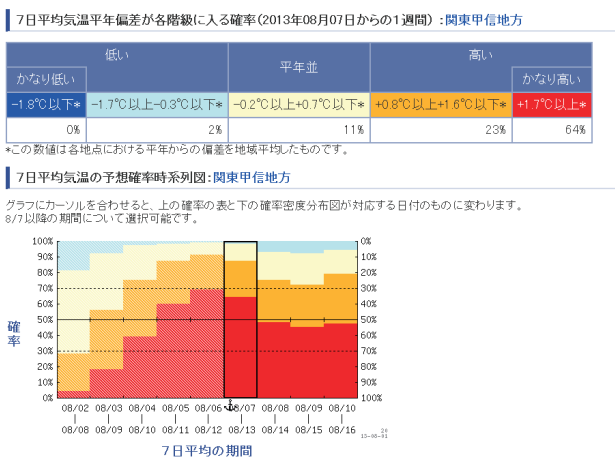


第 2.3.4.8 図 利用例—期間の選択

	A	B	C	D	E	F	G
1	ダウンロードした時刻:2013/08/26 13:22:02						
2							
3				東京	東京	東京	
4	年	月	日	降水量の	降水量の	降水量の	合計(mm)
5				現象なし	情報	均質	番号
6	2011	1	1	0	1	1	
7	2011	1	2	0	1	1	
8	2011	1	3	0	1	1	
9	2011	1	4	0	1	1	
10	2011	1	5	0	1	1	
11	2011	1	6	0	1	1	
12	2011	1	7	0	1	1	
13	2011	1	8	0	1	1	
14	2011	1	9	0	1	1	
15	2011	1	10	0	1	1	
16	2011	1	11	0	1	1	
17	2011	1	12	0	0	1	
18	2011	1	13	0	0	1	
19	2011	1	14	0	1	1	
20	2011	1	15	0	1	1	
21	2011	1	16	0	0	1	
22	2011	1	17	0	1	1	
23	2011	1	18	0	1	1	
24	2011	1	19	0	1	1	
25	2011	1	20	0	1	1	
26	2011	1	21	0	1	1	
27	2011	1	22	0	1	1	
28	2011	1	23	0	0	1	
29	2011	1	24	3.5	0	1	
30	2011	1	25	0	0	1	
31	2011	1	26	0	0	1	
32	2011	1	27	0	1	1	
33	2011	1	28	0	1	1	
34	2011	1	29	0	1	1	
35	2011	1	30	0	0	1	
36	2011	1	31	0	1	1	

第 2.3.4.9 図 利用例—ダウンロード後の CSV ファイル

次に確率予測資料の利用例について述べる。2013 年の夏（6～8 月）は熱中症の搬送者数が 2010 年以降で最大となるなど、西日本を中心に記録的な高温となった。この「異常気象」に対して、異常天候早期警戒情報の確率予測資料は「かなり高い気温」を高い確率で予測できていた。例えば、2013 年 8 月 2 日発表された関東甲信地方の異常天候早期警戒情報の予測資料（第 2.3.4.10 図）では、8 月 7 日からの 7 日平均気温が「かなり高い」確率が 64%と顕著な高温を予測していた。その時の東京における累積確率を見ると（第 2.3.4.11



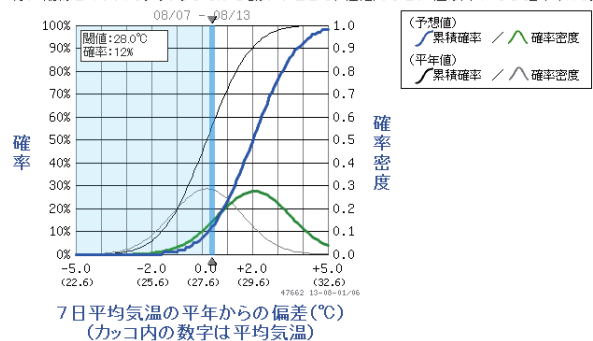
第 2.3.4.10 図 異常天候早期警戒情報の確率予測資料 2013 年 8 月 2 日発表の関東甲信地方

	A	B	C	D	E	F	G
157	2011	6	1	0	0	1	
158	2011	6	2	10	0	1	
159	2011	6	3	0	1	1	
160	2011	6	4	0	1	1	
161	2011	6	5	5.5	0	1	
162	2011	6	6	0	1	1	
163	2011	6	7	0	1	1	
164	2011	6	8	3	0	1	
165	2011	6	9	0	0	1	
166	2011	6	10	0	0	1	
167	2011	6	11	35.5	0	1	
168	2011	6	12	0	0	1	
169	2011	6	13	29.5	0	1	
170	2011	6	14	0	0	1	
171	2011	6	15	0	0	1	
172	2011	6	16	3.5	0	1	
173	2011	6	17	21.5	0	1	
174	2011	6	18	4.5	0	1	
175	2011	6	19	0	0	1	
176	2011	6	20	0	0	1	
177	2011	6	21	1	0	1	
178	2011	6	22	0	0	1	
179	2011	6	23	0	0	1	
180	2011	6	24	0	1	1	
181	2011	6	25	0	0	1	
182	2011	6	26	0	0	1	
183	2011	6	27	1.5	0	1	
184	2011	6	28	0	0	1	
185	2011	6	29	0	1	1	
186	2011	6	30	1	0	1	
187	2011	7	1	0	0	1	
188	2011	7	2	0	0	1	
189	2011	7	3	0	1	1	
190	2011	7	4	0	1	1	
191	2011	7	5	5.5	0	1	
192	2011	7	6	0	0	1	
193	2011	7	7	0	0	1	

図)、熱中症の搬送者数が急増する 28℃を上回る確率が 88%と非常に大きな確率を示していた。確率予測資料のページには確率予測資料の予測精度も掲載しており、予報 5 日目からの 7 日間平均気温の予測確率の信頼度曲線はほぼ対角線に沿っていることから、確率の信頼度は高いことがわかる。したがって、28℃を超える可能性は非常に高いといえるので、気候リスクの軽減のために十分な熱中症対策が必要と判断できる。

7日平均気温平年偏差の日別累積確率・確率密度分布図：東京

※横軸の目盛り幅を±4℃から±6℃へ変更しました。また、気候値のグラフの色を黒と灰色青い縦線をマウスでクリックしながら動かすことで、任意のしきい値以下になる確率(1%刻み



第 2.3.4.11 図 異常天候早期警戒情報の累積確率 図中の左上に、「閾値：28.0℃、確率：12%」と表示されている。これは 28.0℃までの累積確率が 12%であることを表しており、28.0℃を超える確率が 88%であることを示している。

参考文献

伊藤明，2013：1か月予報と異常天候早期警戒情報のためのガイドンス．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，182-195.

2.4 今後の展望

平成 25 年度は、前年度気象庁がアパレル・ファッション産業協会の協力を得て実施したアパレル・ファッション産業における気候リスク評価をさらに進めて、2 週間から 1 か月先の気温予測を用いた気候リスクへの対応について検討を行っている。平成 26 年度以降は、他の産業分野にも協力を得て調査を行い、気候リスク管理の成功事例の創出に向けた取り組みをさらに推進していく予定である。

農業分野においては、農研機構と実施している共同研究の成果をとりまとめるとともに、農研機構が開発している全国版の早期警戒・栽培支援システム (AMATERAS) に生かされるよう、引き続き協力を行うことを検討している。また、平成 25 年度は府県の農業研究機関でも気候情報が農業技術情報等へ一層活用されるよう、地方中枢官署でも対話を積極的に行っている。

こうした取り組みによって得られた成果は、気象庁ホームページの気候リスク管理解説ページへ掲載するとともに、様々な産業分野との対話の場で活用し、気候リスク管理技術の普及に役立てる予定である。また、気候情報の一層の利便性の向上のため、利用者の要望も取り入れつつダウンロードページを改良していく予定である。

山形県農業研究センターで調査された水稻の刈取適期予測は、過去の 1 か月予報等の予測データ (ハインドキャストのガイダンス) を利用して、その予測精度を確認したうえで、農業技術情報への利用を検討している。このように、1 か月予報や異常天候早期警戒情報の気温予測データの利用価値を実感してもらうためにも、気候リスク管理を行うユーザーが、その取得を容易にできるような環境を整備していく必要がある。

気候リスク管理技術を本格的に普及させるためには、民間気象事業者に取り組みを進めてもらうことが重要であり、それが本来の役割分担であると考えている。民間気象事業者が気候情報を利用して、ユーザーの個別のニーズにマッチした情報の作成や提供を促進するため、気象庁の取り組

みの成果を、民間気象事業者への講習会の開催などを通じて技術移転していく予定である。もちろん、民間気象事業者が具体的な気候リスク管理技術を習得しても、それが商業ベースに乗るような利用価値の高いものでなければ、その普及は進まない。普及のカギとなるのは、利用者のニーズに見合った利用しやすい情報の提供や季節予報の予測精度の向上である。前者は様々な産業分野での対話を通じてニーズを把握し、提供する情報に反映させていくことが大切である。後者は 2 週間先までの気温予測は現時点でも意思決定に十分利用できる予測精度を有していると考えますが、それ以上の期間や降水量等他の要素の利用も考えると、一層の予測精度の向上が不可欠であり、そのためには国内外の研究者とも協力しつつ着実に数値予報モデルの改良を図っていく必要がある。