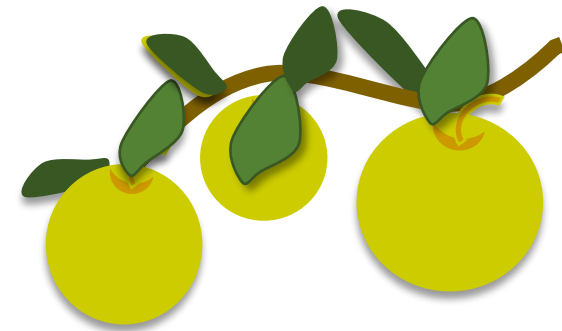
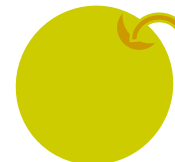
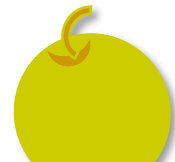
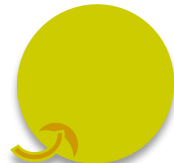
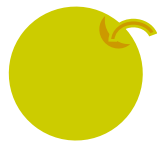
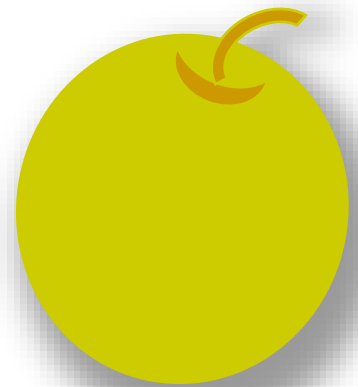


地域特性に着目した 日本なしの凍霜害リスクにかかる将来予測

富山県環境科学センター
(富山県気候変動適応センター)





目次

本取組みの実施経緯


取組みの推進体制

予測結果

普及啓発



目次



本取組みの実施経緯

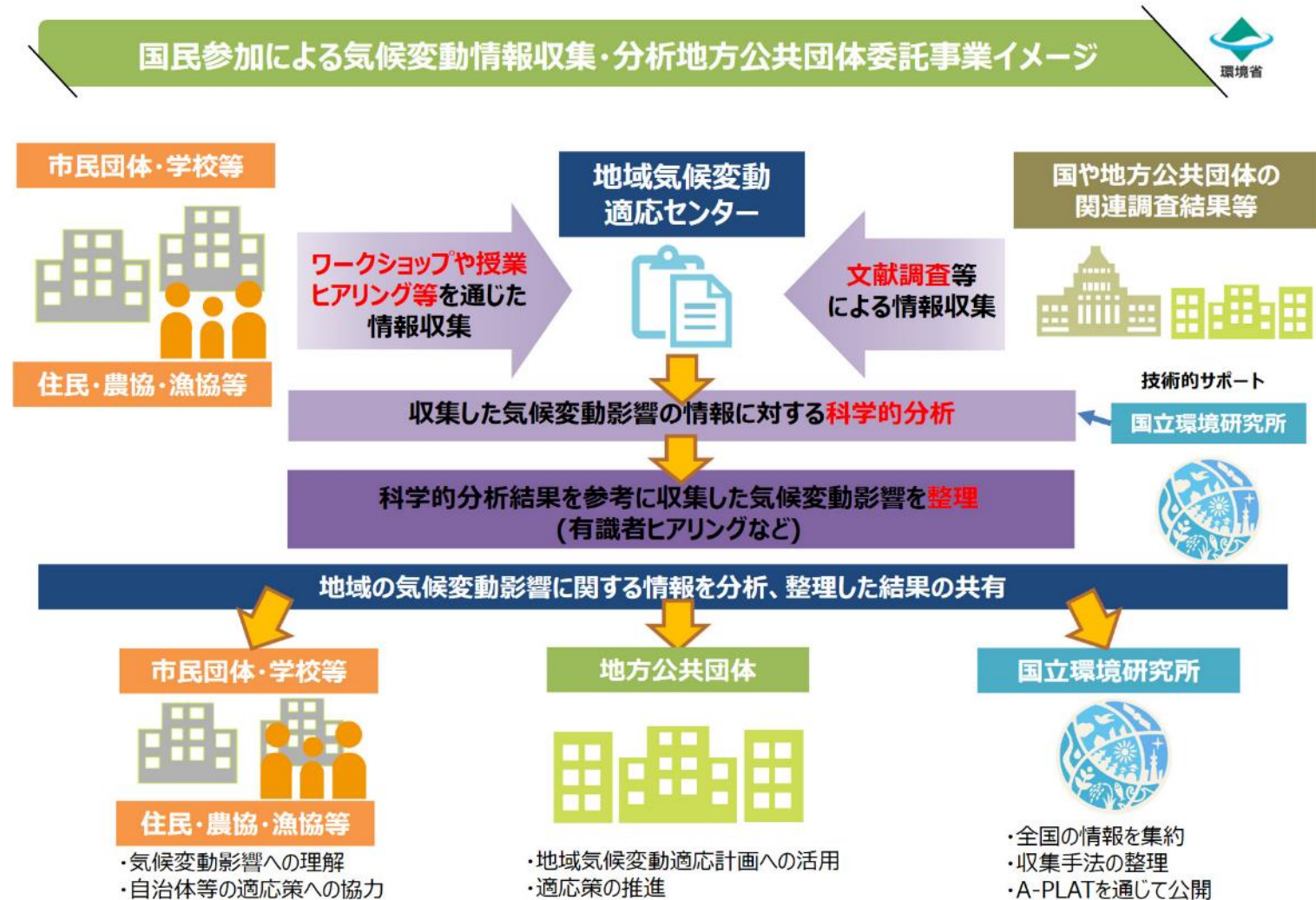
取組みの推進体制

予測結果

普及啓発

経緯

目的：地域気候変動適応センターが主体となって、農林水産業に従事する方や企業、学校等と連携した観測及び意見交換、地域に住む方向けのアンケートやワークショップ等を通じて、気候変動影響に関する情報を収集し、**地域特有**の気候変動影響を分析・抽出するとともに、その結果をホームページやリーフレット等を通じて情報提供することで、地域の気候変動影響に関する理解促進を図る



経緯

1年目：地域住民を巻き込んだ気候変動影響に関する情報の収集・分析

- 学校、農業・水産業団体との連携による情報収集を行い、気候変動影響が大きい分野を抽出
⇒日本なしの凍霜害、暑熱等の影響による乳用牛の生産性低下、水温上昇によるサケ漁獲量の低下

2年目：優先的に対応が求められる気候変動影響について詳細な情報収集・将来予測の準備

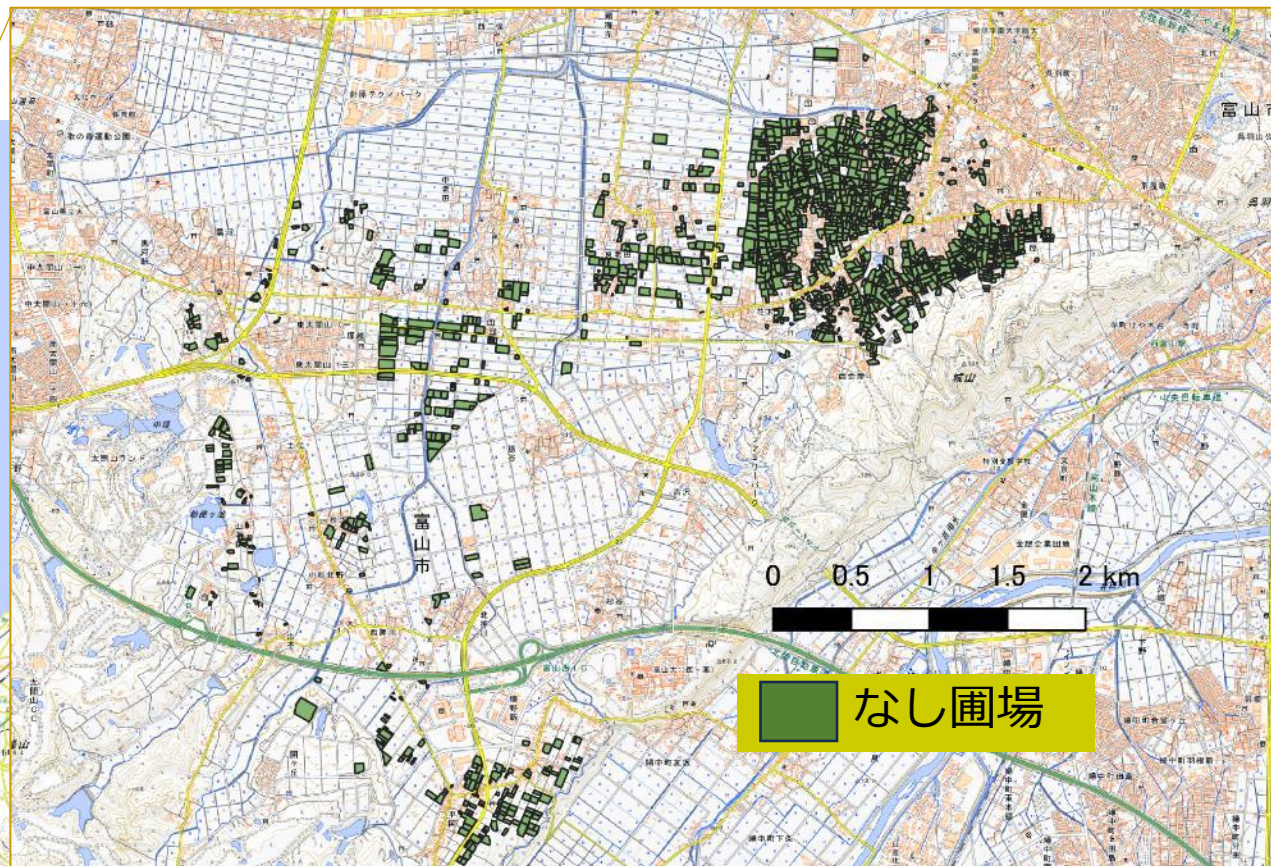
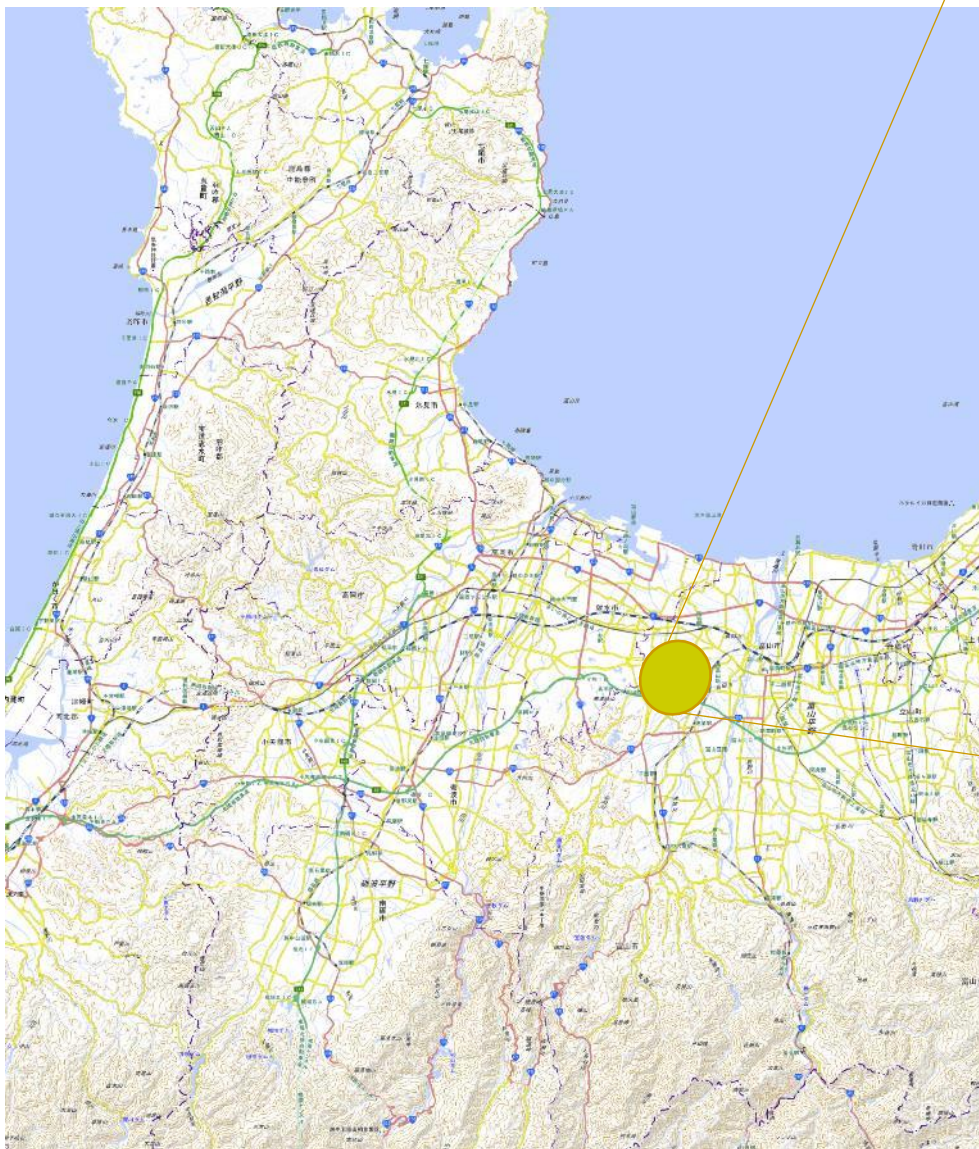
- 日本なし
⇒冬期の気温上昇による耐凍性の低下が示唆
- 乳用牛
⇒生産量以外の影響も見られ、今回の調査だけでは情報が不十分
- サケ
⇒海水温とサケの回帰率に相関がみられず、気候変動以外の影響を受けている

3年目：気候変動影響に関する将来予測計算の実施と適応オプションの整理

- 1 日本なしの凍霜害に係る将来予測
日本なしについて、気候変動による発育ステージの早期化が予想されることから、将来の気候変動に伴う凍霜害リスクの変化を予測
- 2 日本なしの凍霜害リスクに対する気候変動適応オプションの整理・集約
日本なしの凍霜害対策に係る適応オプションを整理



経緯



○呉羽梨産地

- ・富山市西部の呉羽地区と射水市東・南部にまたがる広域産地
- ・明治30年代から約120年続く県を代表する果樹産地

○産地規模 (R5)

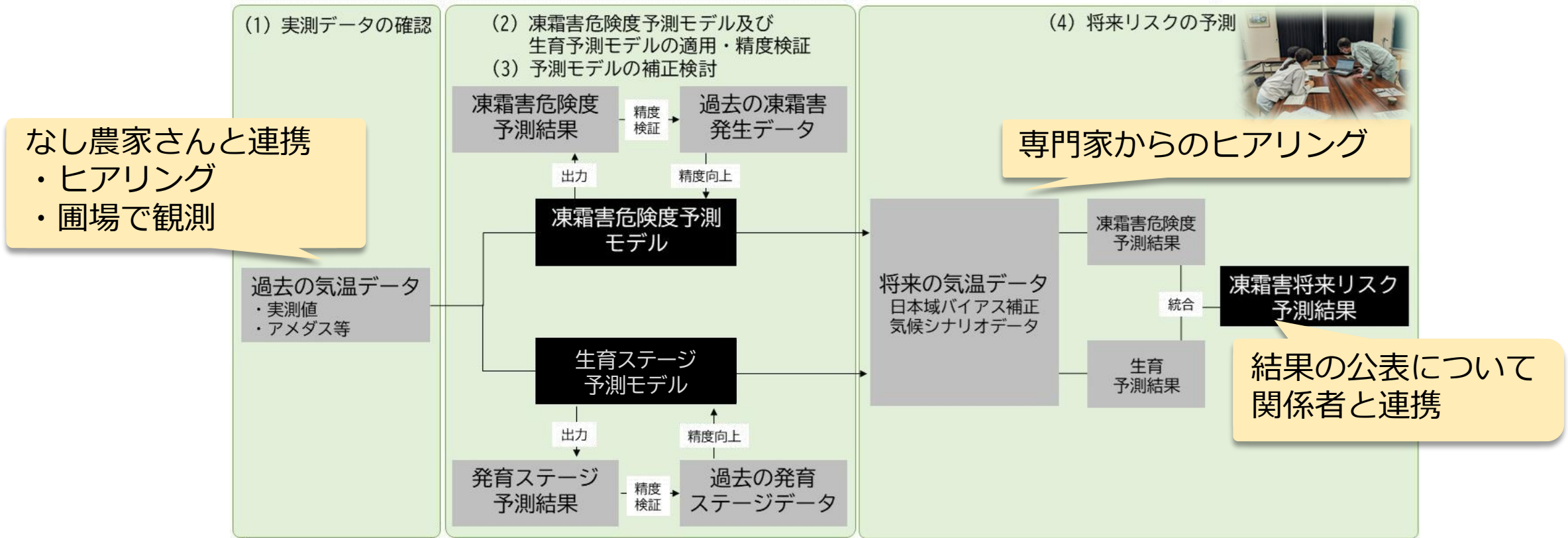
- ・生産者数：250戸、栽培面積：125ha

○品種

- ・「幸水」が中心
- ・「豊水」、「あきづき」、「新高」、「新興」等



取組みの推進体制



全体イメージ図

🍊 取組みの推進体制

気象台から距離がある

【ヒアリング結果】

- 気象台の霜注意報の発令に合わせて防霜対策を実施しているが、次のような課題がある
 - ・霜注意報が発令されても、実際には霜が降りなかったり、降霜する場所としない場所があったりするなど、対策が空振りになる場合がある
 - ・防霜対策は事前準備もあるほか、実際の作業を深夜から早朝にかけて行う必要があるため、空振りに終わると、コスト的、精神的、体力的にも大変負担が大きい
- 山から冷気が下りてきて溜まりやすい圃場がある（冷気の通り道）

伝聞や経験的なものが多い

【参考】 燃烧法（ペール缶、キッチンペーパーを利用）

課題：①準備に時間を要する。

②灯油を使うが、消防法の規定により大量に保管できない。

③燃烧時間が短い

（予報を受けてから準備するため、予報が外れた場合の徒労感が大きい）





目次

本取組みの実施経緯

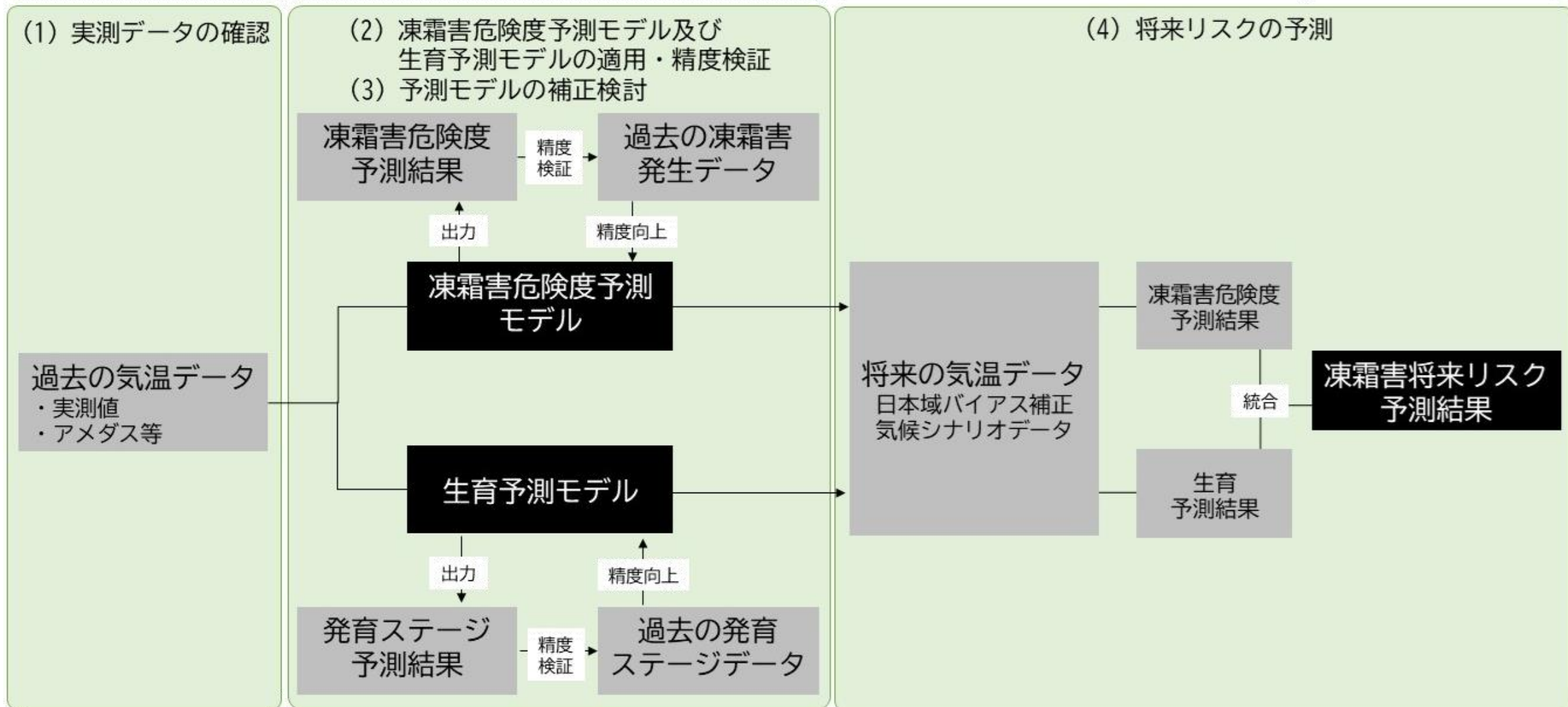
取組みの推進体制



予測結果

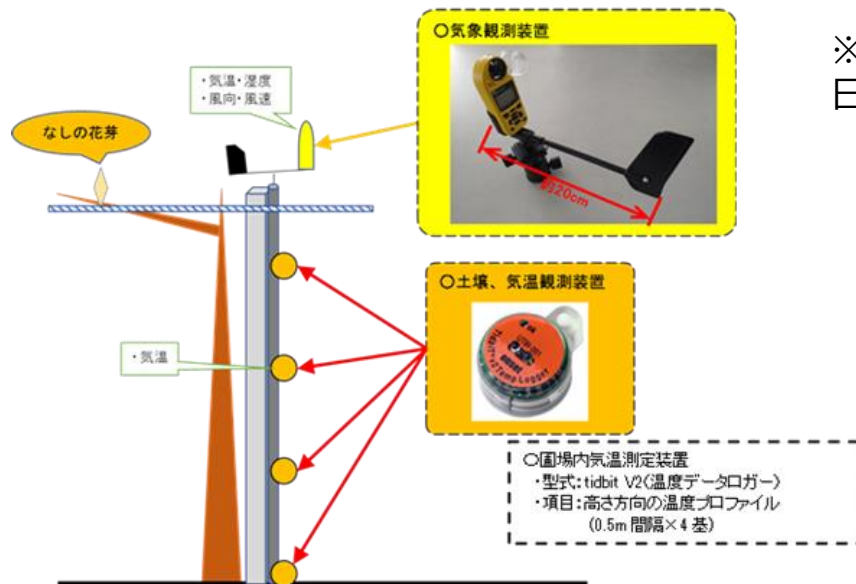
普及啓発

🍊 予測結果



🍊 使用したデータ

気温データ	期間	場所	入手先
実測データ	2023年3月～5月 夜間～早朝（1時間毎）		富山市呉羽地内圃場にて測定
アメダス	少なくとも2000年以降は あることを確認	気温データが取得できる 場所は 10 箇所	気象庁（過去の気象データ・ダウンロード） https://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/
メッシュ農業気象データ （データ補正のため）	(時別値) 1990年～ (予報値) 26日先 (平年値) 2011年～	1km x 1km メッシュ	農研機構メッシュ農業気象データ https://amu.rd.naro.go.jp/wiki_open/doku.php?id=start



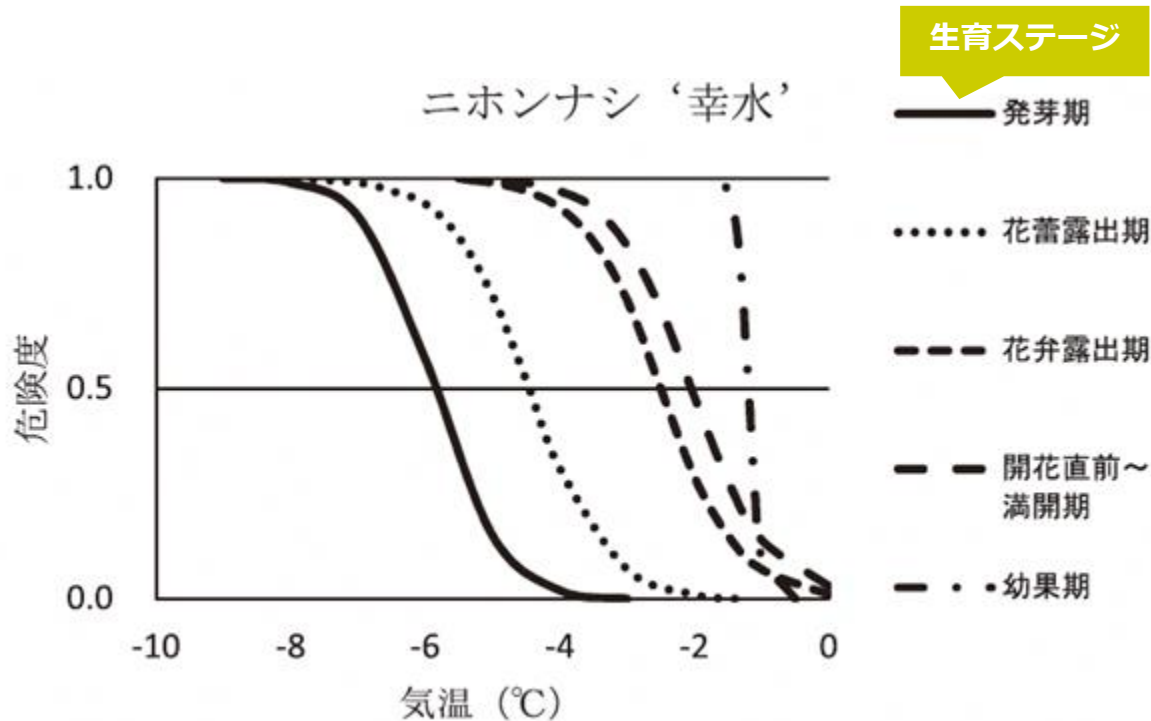
※直射日光を浴びるため、
日中の観測データは参考値

現地測定の状況と観測機器一式

凍霜害危険度予測モデル

凍霜害危険度予測モデル（福島モデルを活用）

- $y = \frac{1}{1+e^{-(ax+b)}}$ （生育ステージ毎に a, b を算出）
- 入力 x : 気温
- 出力 y : 危険度（被害率が30%以上となる確率）



生育ステージ (生育ステージ 予測モデル)	生育ステージ (凍霜害危険度 予測モデル)	a	b
発芽期	発芽期	-2.04	-11.97
花蕾露出期	花蕾露出期	-1.75	-7.80
花弁露出始期	花弁露出期	-1.77	-4.43
花弁白色期			
開花直前	開花直前～満開期	-1.74	-3.55
開花始期			
満開期			
落花期	幼果期	-11.04	-13.66
幼果期			



生育ステージ予測モデル

□ 生育ステージ予測モデル

- $DVR_{1/2}$ を積算した DVI 値を指標として各ステージに閾値を設定
- 入力：(A) X 日までの観測気温
(B) X 日以降の二週間予想気温
(C) X 日から二週間以上先の平均気温
- 出力：各生育ステージへの到達日
(初めて対応する閾値を超えた日)

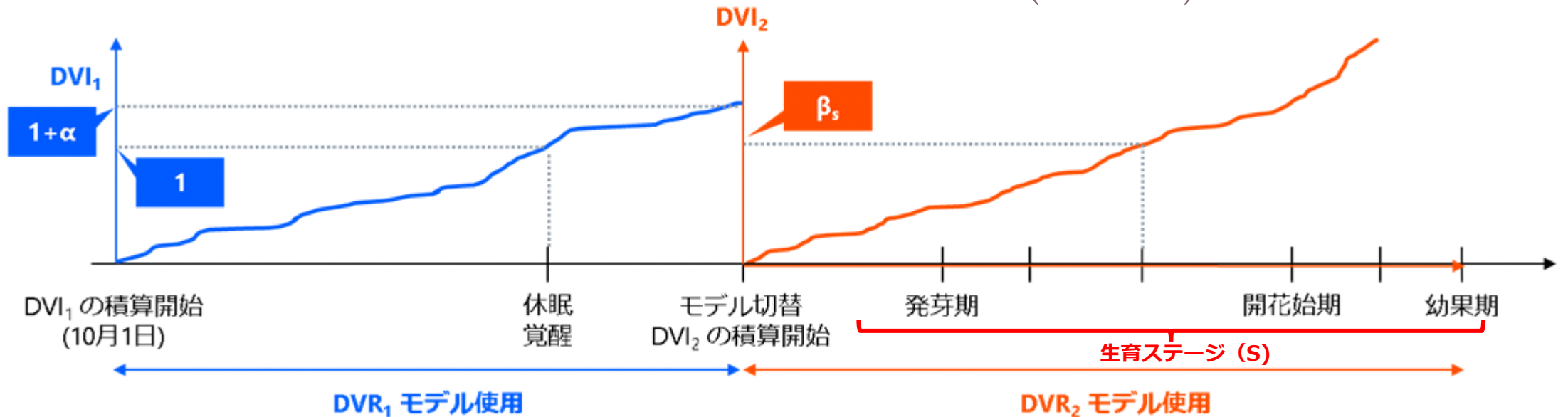
$$DVI = \sum_{h=0}^N \underset{\text{发育速度}}{DVR}$$

发育指数

富山県の生育ステージ情報をもとにA、B、 α 、 β の値を決定

$$DVR_1 = \begin{cases} 0 & (t \leq -6) \\ 1.333 \cdot 10^{-3} + 2.222 \cdot 10^{-4}t & (-6 < t \leq 0) \\ 1.333 \cdot 10^{-3} & (0 < t \leq 6) \\ 2.276 \cdot 10^{-3} - 1.571 \cdot 10^{-4}t & (6 < t \leq 9) \\ 3.448 \cdot 10^{-3} - 2.874 \cdot 10^{-4}t & (9 < t \leq 12) \\ 0 & (t > 12) \end{cases}$$

$$DVR_2 = A \cdot \exp\left(-\frac{B}{t + 273}\right) \quad t: \text{温度}$$





将来リスクの予測

□ 日本域バイアス補正気候シナリオデータ (NIES2020)

➤ 1シナリオ × 1 全球気候モデル × 予測期間 20 年分 (2030~2050年) の日最低気温データ

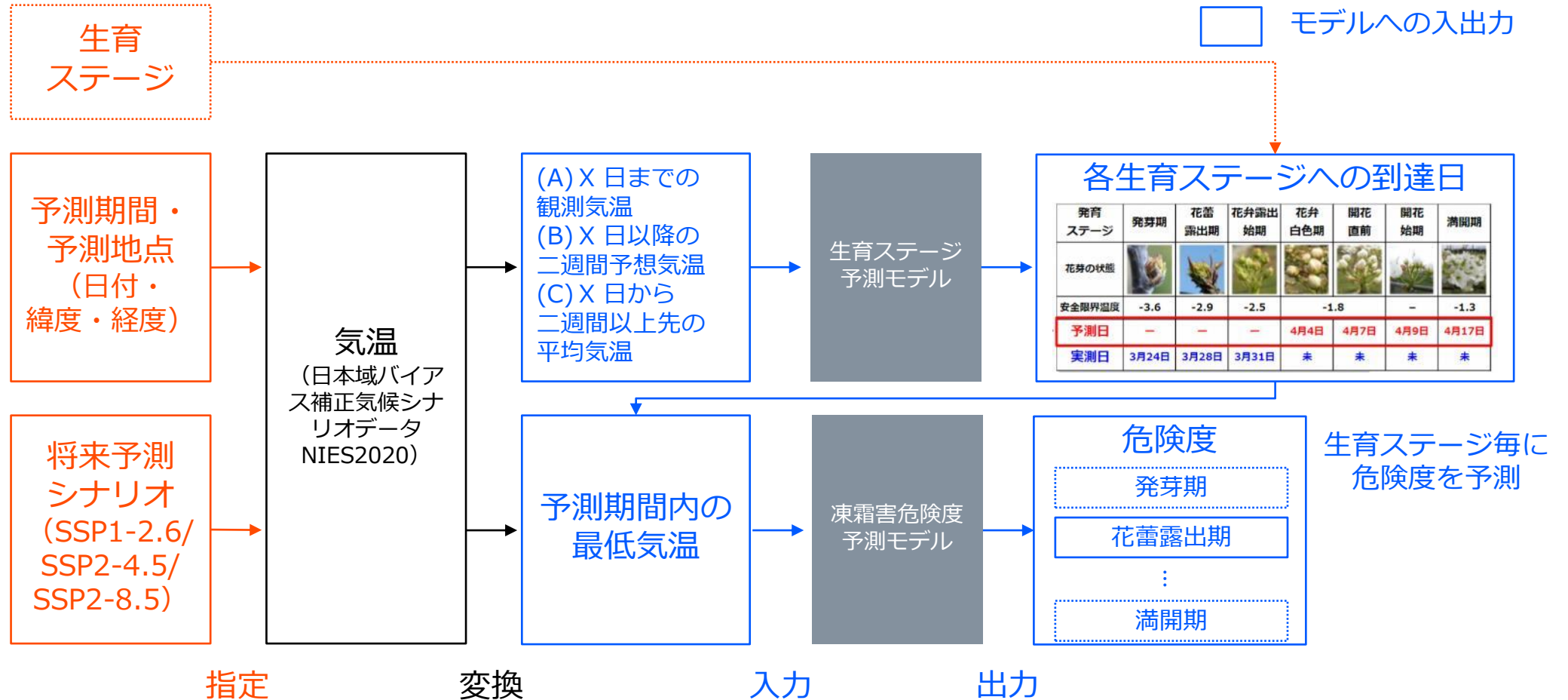
ファイル形式	netCDF
ファイルサイズ	約 120 MB (1シナリオ × 1 全球気候モデル × 1項目 × 1 年分あたり)
ドメイン	日本 (東経122-146度、北緯24-46度、陸上のみ)
時間分解能	1 日
空間分解能	1 × 1 km
シナリオ	historical/SSP1-2.6/SSP2-4.5/SSP5-8.5
全球気候モデル (GCM)	<ul style="list-style-type: none"> • ACCESS-CM2 (CSIRO・ARCCES・BoM、オーストラリア) • IPSL-CM6A-LR (ピエール・シモン・ラプラス研究所気候モデルセンター) • MIROC6 (海洋研究開発機構・東京大学・国立環境研究所、日本) • MPI-ESM1-2-HR (マックスプランク研究所、ドイツ) • MRI-ESM2.0 (気象庁気象研究所、日本)
項目	<ol style="list-style-type: none"> 1. 日最低気温 (度) 2. 日最高気温 (度) 3. 日平均気温 (度) 4. 降水量 (mm/day) 5. 全天日射量 (MJ/m²/day) 6. 風速 (m/s) 7. 相対湿度 (%) 8. 下向き長波放射量 (MJ/m²/day)



専門家からのヒアリングによりACCESS-CM2、MRI-ESM2-0、MPI-ESM1-2-HRを利用
 凍霜害の影響を受けやすい
 3月～5月の気温の傾向が低いもの～高いものまで含められるよう選定

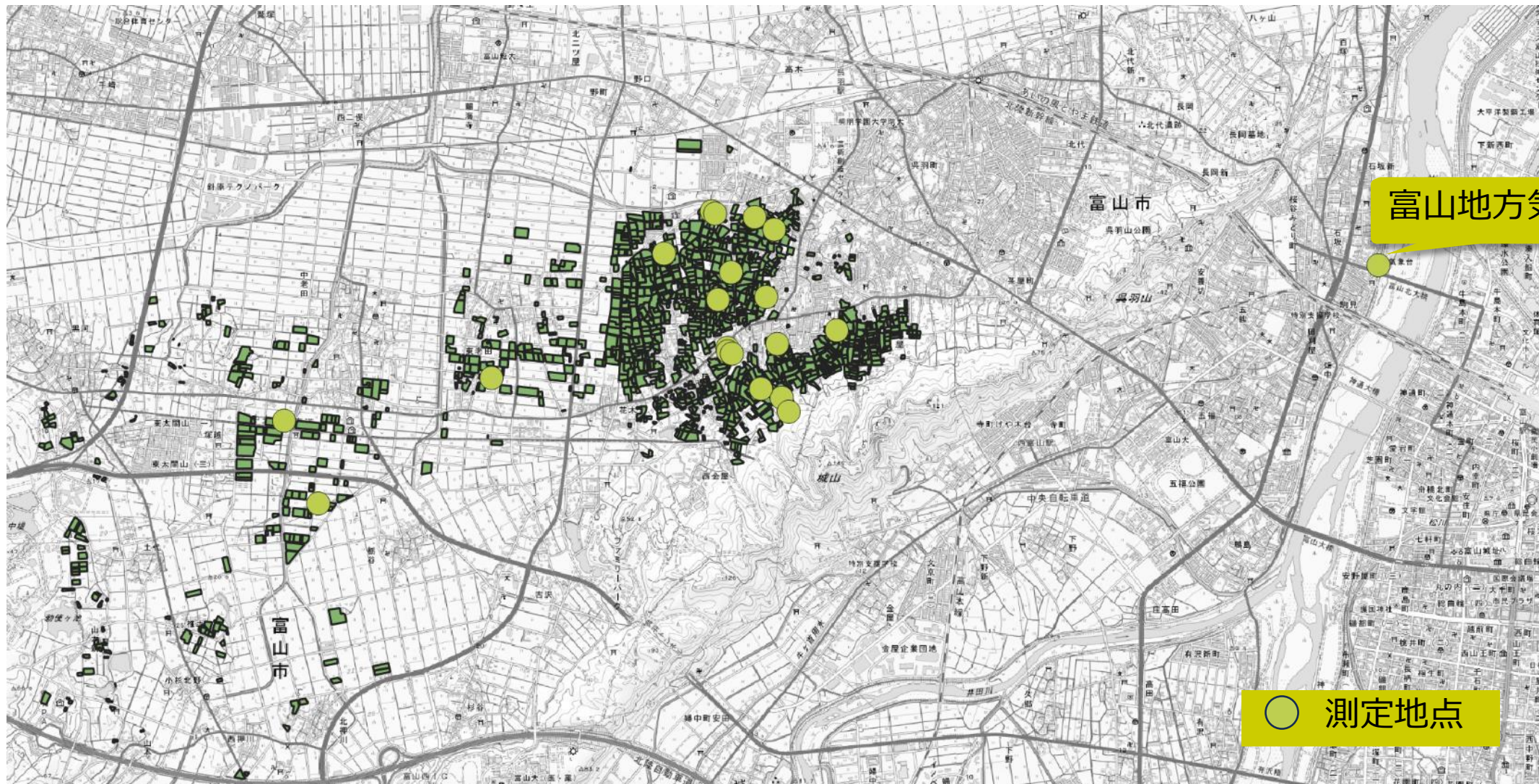


将来リスクの予測





圃場間の気温差について

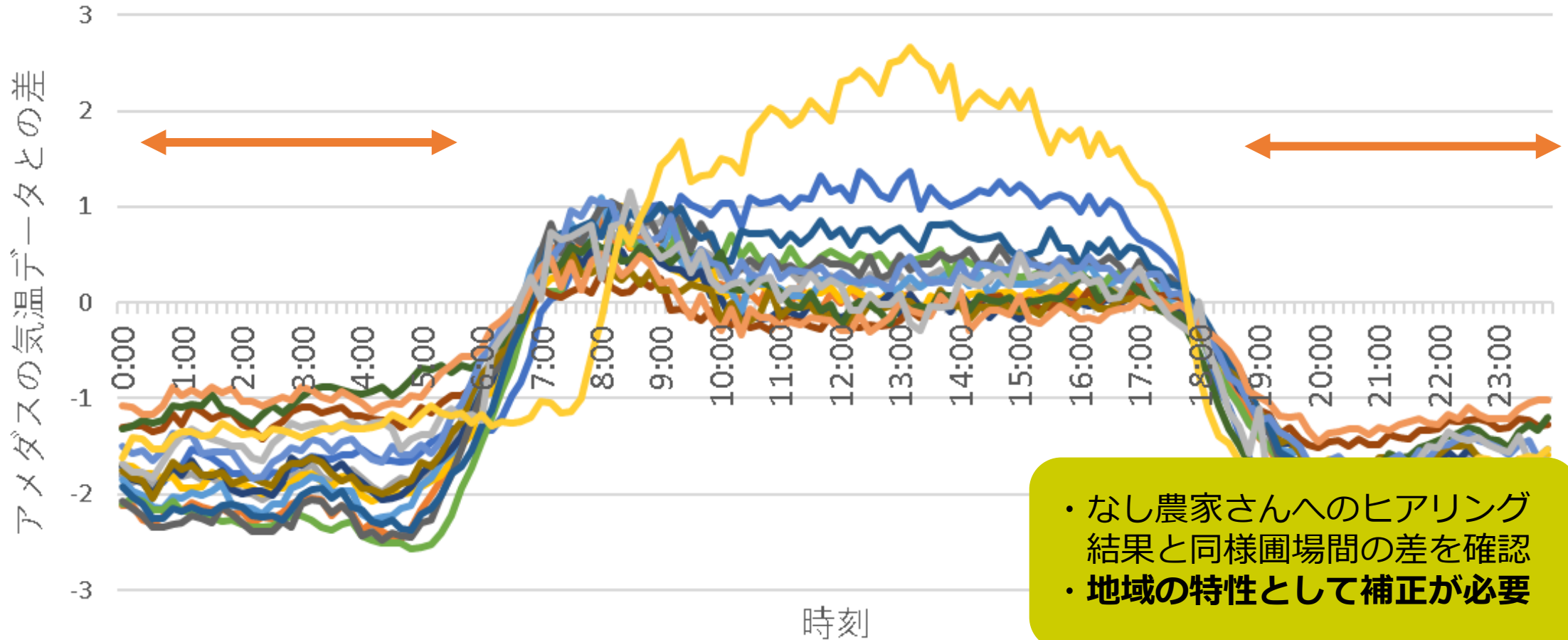


富山地方気象台

○ 測定地点



圃場間の気温差について



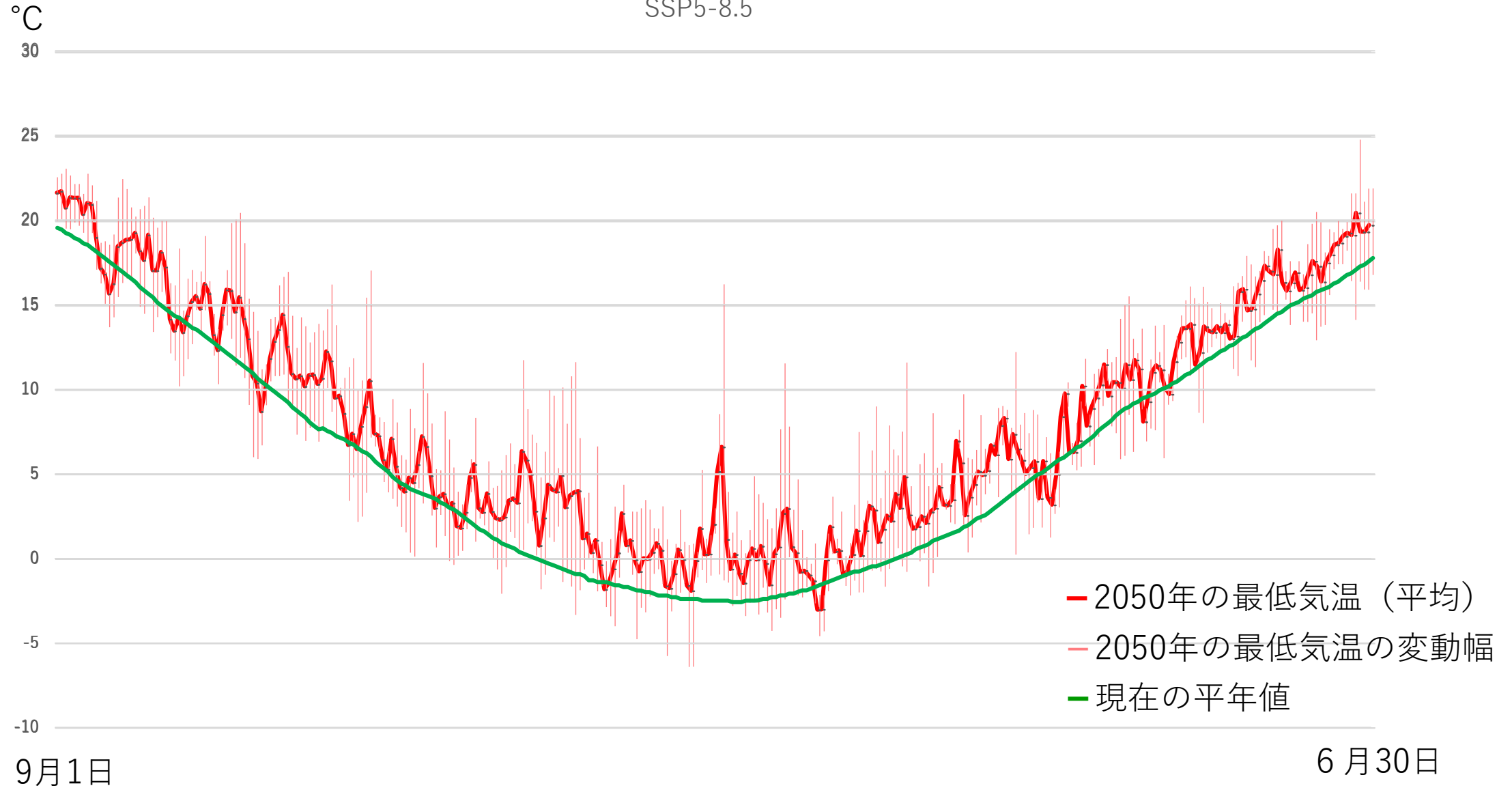
アメダスとの気温差は $-1.2 \pm 0.2^{\circ}\text{C} \sim -2.0 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$
⇒ 予測モデルの補正（標準偏差）に活用



予測結果について

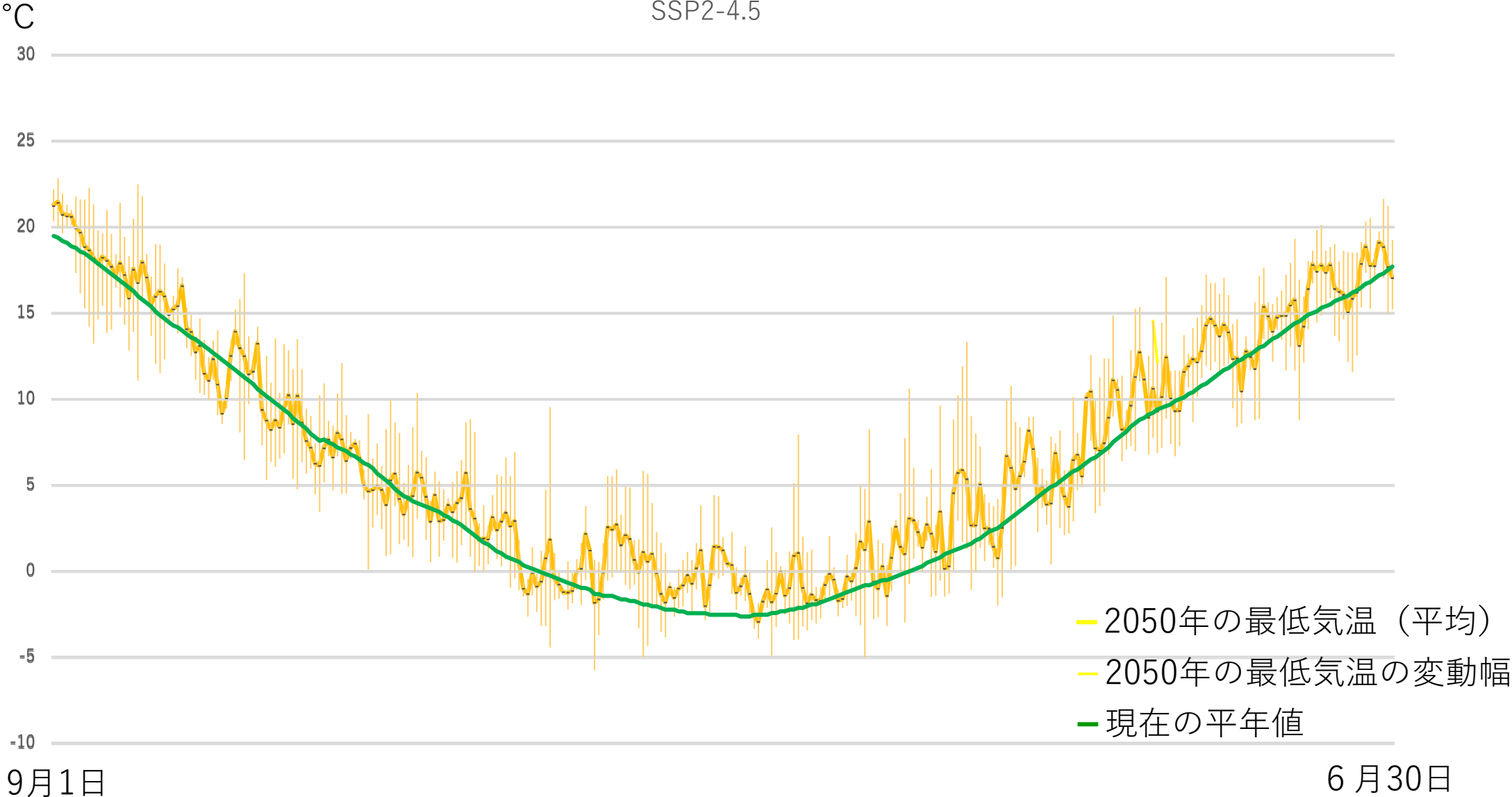
2050年の最低気温（9月－6月）

SSP5-8.5



2050年の最低気温（9月－6月）

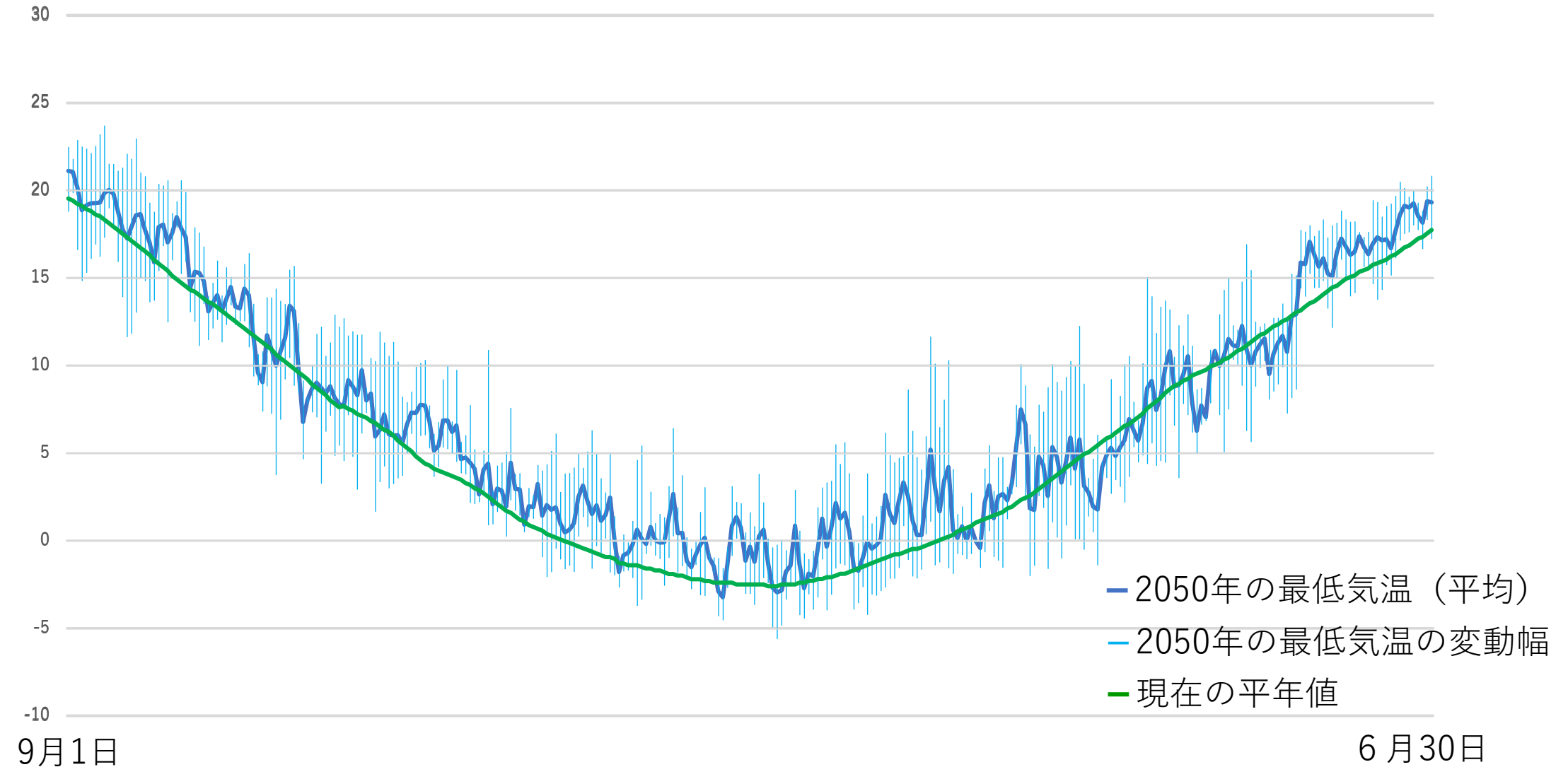
SSP2-4.5



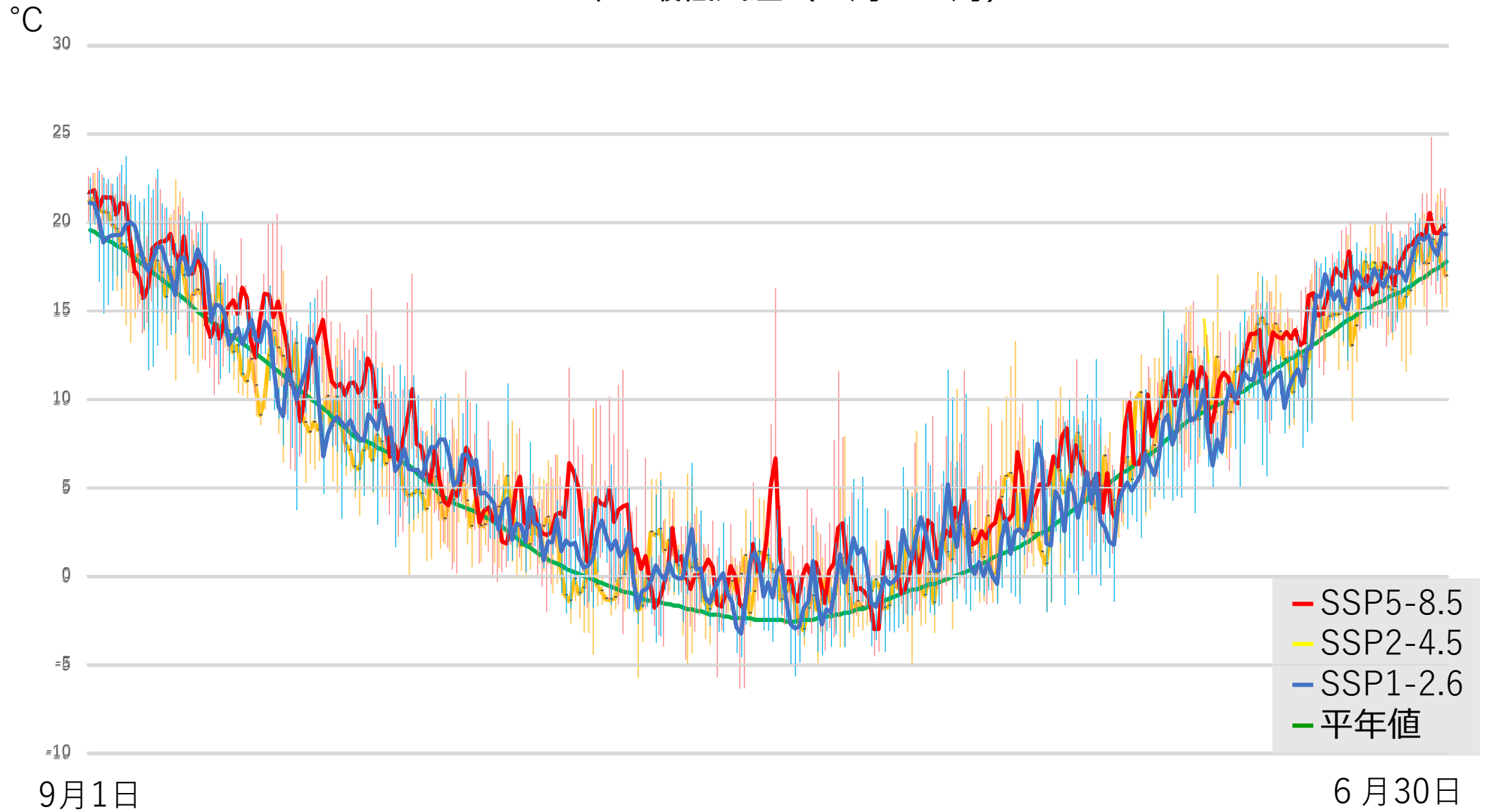
2050年の最低気温（9月－6月）

SSP1-2.6

°C

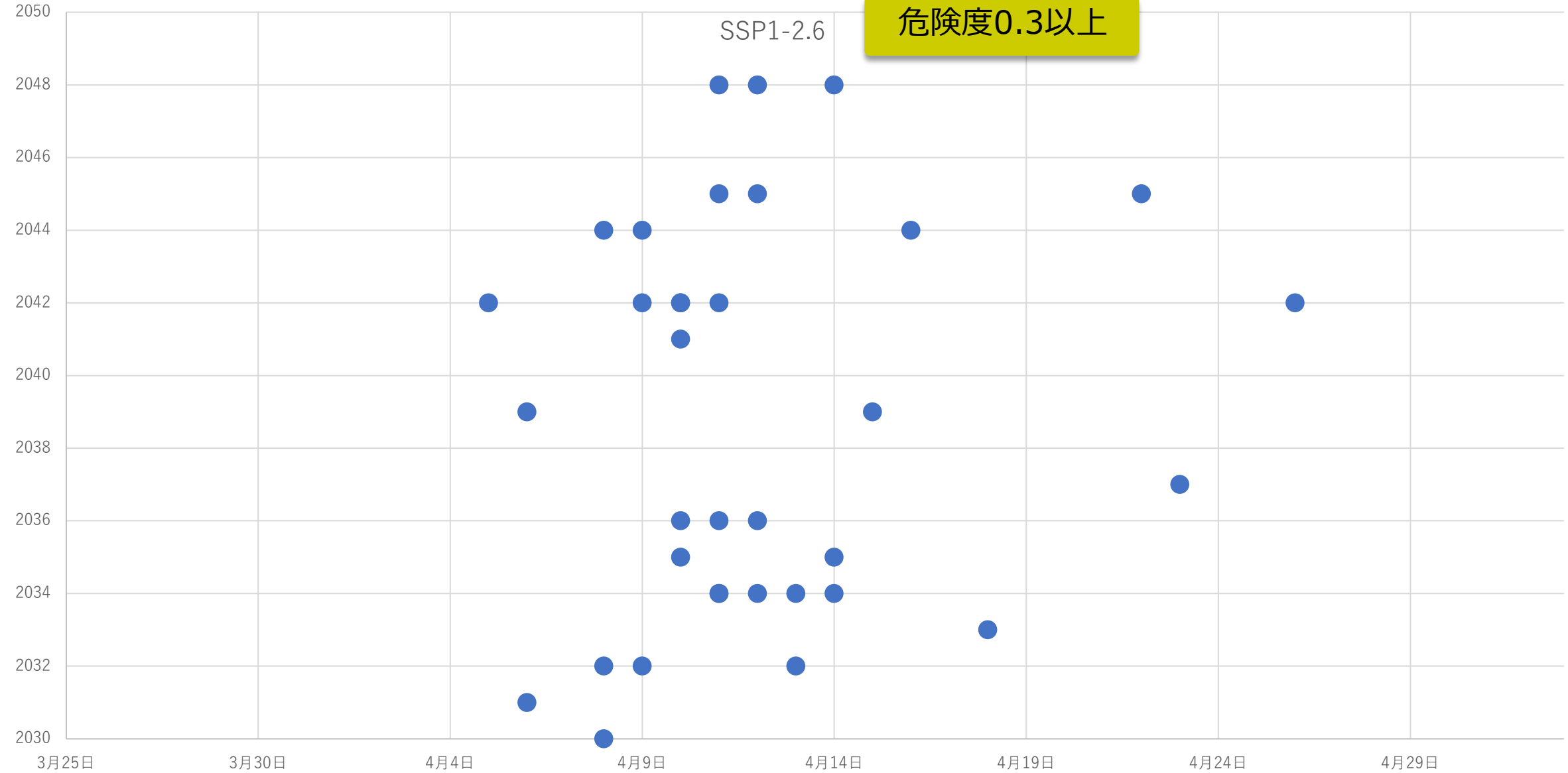


2050年の最低気温（9月－6月）



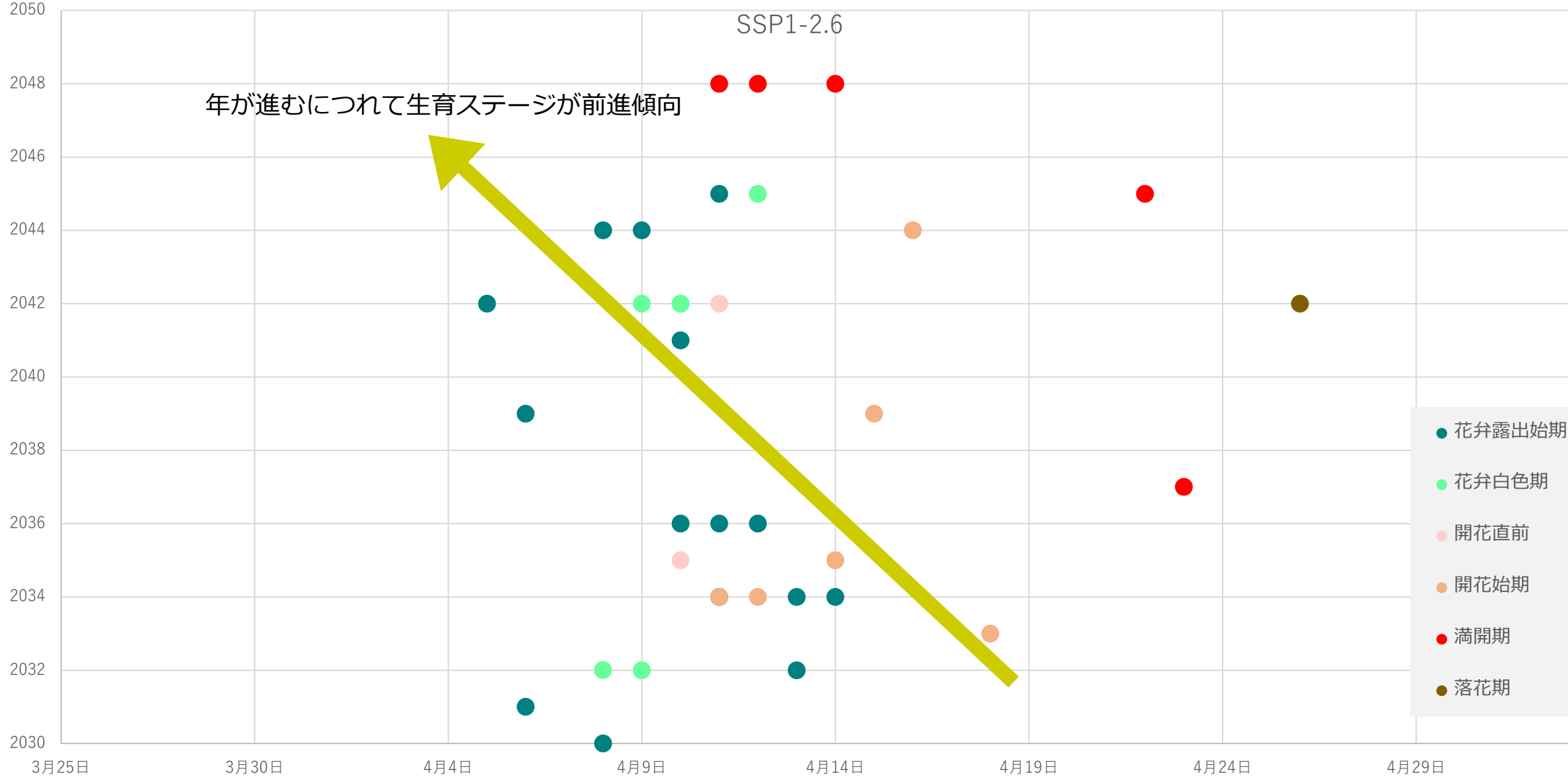
SSP1-2.6シナリオでの凍霜害リスクの高い日（2030–2050年）

(年)



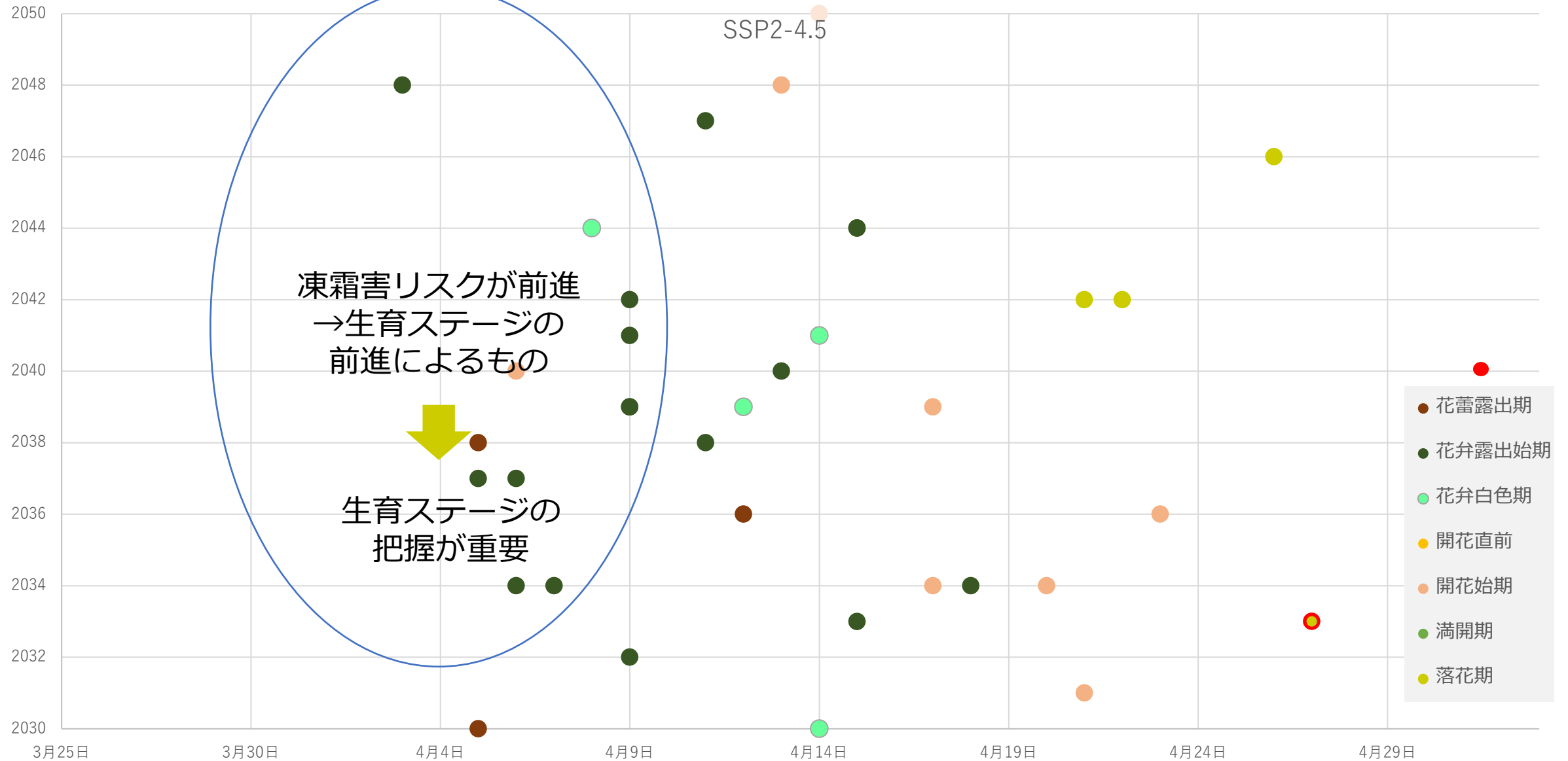
(年)

SSP1-2.6シナリオでの凍霜害リスクの高い日（2030－2050年） ※生育ステージ別



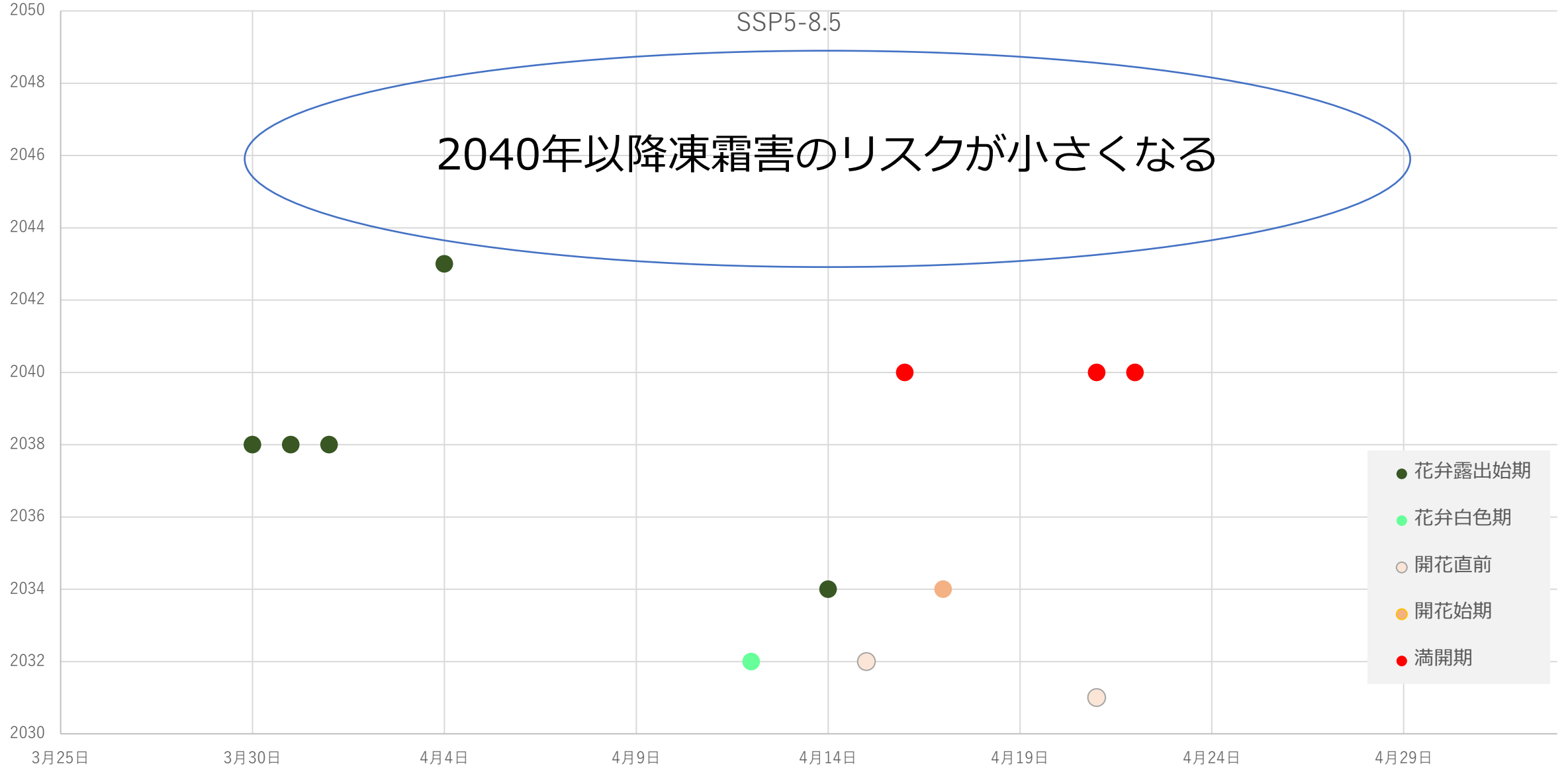
(年)

SSP2-4.5シナリオでの凍霜害リスクの高い日（2030-2050年）※生育ステージ別

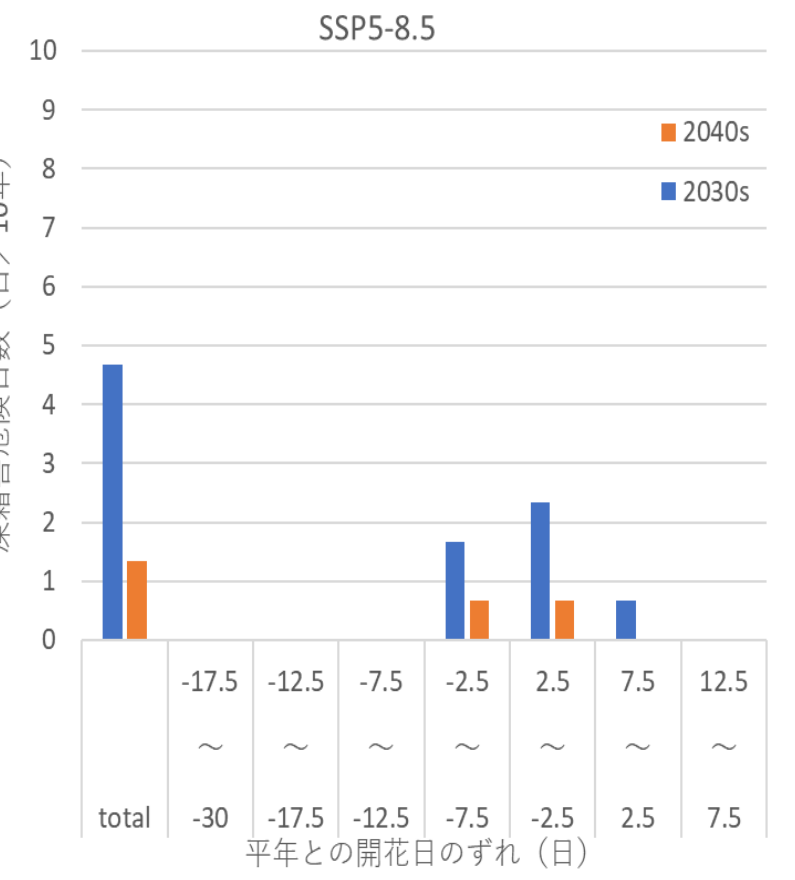
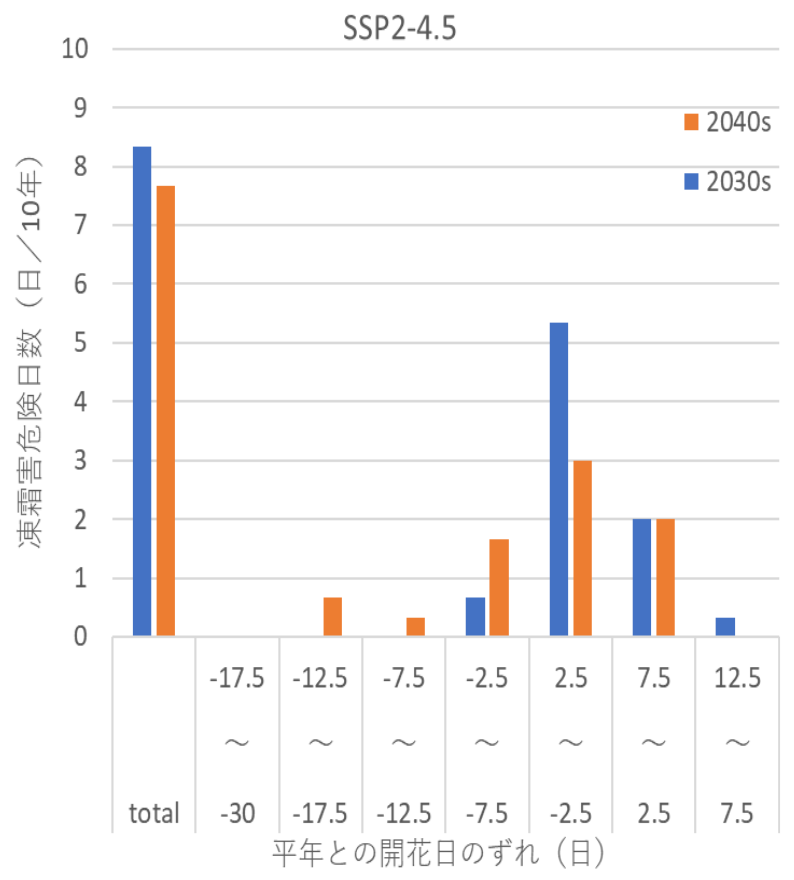
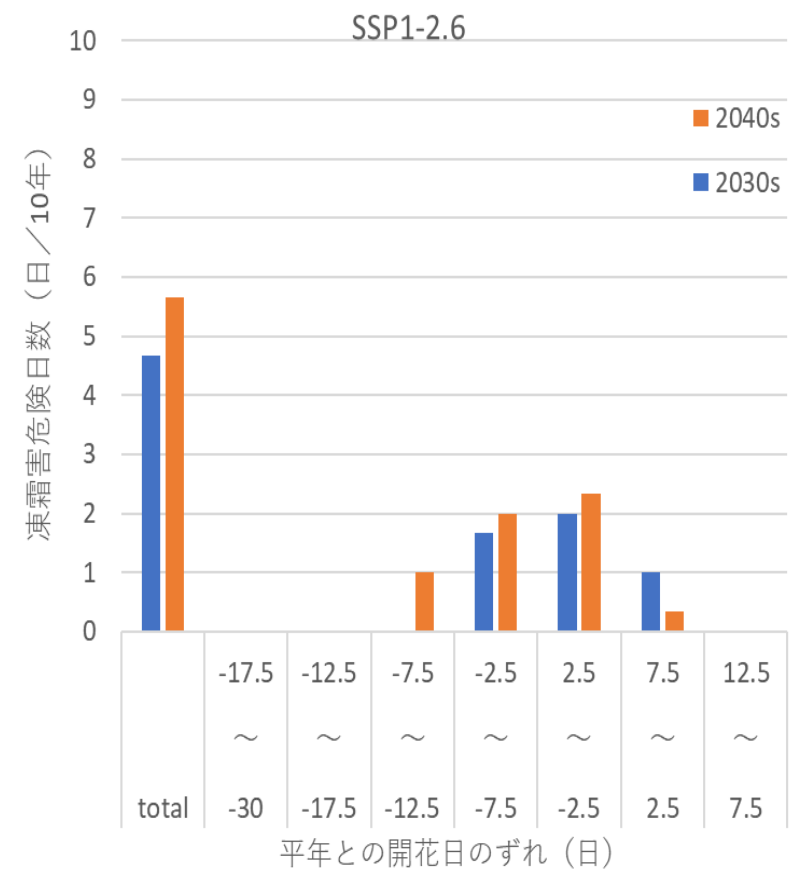


(年)

SSP5-8.5シナリオでの凍霜害リスクの高い日（2030–2050年）※生育ステージ別



シナリオ別開花日の平年値とのずれと凍霜害リスクの高い日（2030–2050年）※生育ステージ別



※-の方が平年より早い

- SSP1-2.6、2-4.5の場合、生育ステージの前進に伴い、2030年代より2040年代の方が凍霜害リスクの高い日が増加
- SSP5-8.5の場合、生育ステージが前進するものの2040年以降は凍霜害リスクの高い日が減少

妥当性評価について

予測実施前

【国立環境研究所 石崎主任研究員】

- 全球気候モデルは季節、位置（東日本、西日本）によって昇温状況が異なる。
予測のばらつきをみる場合、昇温の低いもの、中程度のもの、高いものを選ぶとよいだろう。

【富山県園芸研究所果樹研究センター】

- 全球気候モデルは日最高、最低気温しかないと思うので、生育モデルを構築する際は、時間値を利用できるように補正するとよい。
- 農家の方は生育ステージを気にするので、開花時期など生育時期の変化や確率分布の差などを表すようにするとよいだろう。

予測実施後

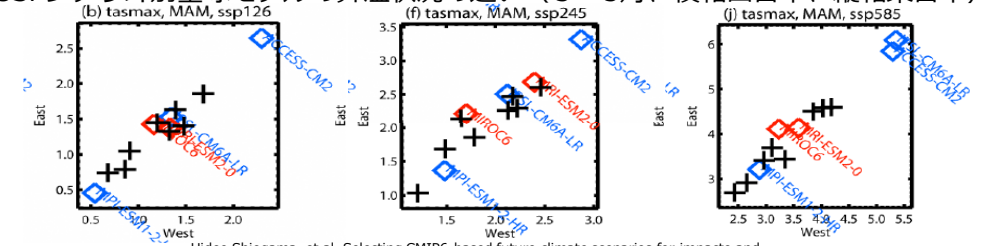
【国立環境研究所 石崎主任研究員】

- 生育ステージモデルが2023年しかないということでモデルを改善するうえで継続的にデータを取るとよい。
- 全球気候モデルは広い範囲の予測をダウンスケーリングしていることから不確実性が大きいので、将来の傾向を把握するものとして結果を公表するとよいだろう。

【富山県園芸研究所果樹研究センター】

- アメダスデータを補正した生育ステージモデルの構築は使いやすいので有効である。
- モデルは農家を使うには難しいと考えられるので指導者を中心に普及するとよい。
- 大規模な設備投資が必要な凍霜害対策は現実的ではないだろう。

SSPシナリオ別全球モデルの昇温状況の違い（3～5月、横軸西日本、縦軸東日本）



Hideo Shioyama, et al. Selecting CMIP6-based future climate scenarios for impact and adaptation studies. SOLA, 2021, Vol. 17, 57-62, doi: 10.2151/sola.2021-009



ヒアリングの様子

🍊 適応策について

富山県の現状：凍霜害の常襲地域ではない。生育ステージを細かく記録している農家が少ない。

将来予測の結果：気温上昇に伴い、生育ステージが前進することでリスクの高い日が出てくる傾向
 気温上昇が大きい場合、将来的に凍霜害のリスクが小さくなる（ゼロではない）

🍊 **生育ステージを記録**し、今回の成果である生育モデルの精度を向上することがリスク管理の面でも重要



令和6年度以降も記録と圃場温度計の設置を継続
 環境科学センターや果樹研究センターで生育ステージの情報収集・発信予定

【参考】日本なし「幸水」の生育ステージ別安全限界温度 (°C)

生育ステージ	発芽期	花蕾露出期	花弁露出始期	花弁白色期	開花直前	開花始期	満開期	落花期	幼果期
安全限界温度 (°C)	-3.6	-2.9	-2.5	-1.8	-1.8	-	-1.3	-	-1.3

令和4年度の防霜対策（福島県、2022年3月）より

日本なしの凍霜害調査に係る観察記録表

圃場の場所：
圃場管理者：

生育ステージ	状 態	月 日
1 萌芽期	鱗片生組織が見られる (写真1)	—
2 りんぼう脱落期直前	花蕾が少し確認できる (写真2)	—
3 りんぼう脱落期(前期)	鱗片が脱落し始めている (写真3)	—
4 りんぼう脱落期(後期)	鱗片が完全に脱落している (写真4)	—
5 花弁白色期	花蕾が膨らみ、花弁が白くなっている (写真5)	—
6 開花直前	圃地全体で1～2分咲きの時	—
7 満開期	圃地全体で8分咲きの時 (写真7)	—
8 受粉作業日	1回目の受粉作業をした日	—
9 落花期	ほぼすべての花弁が散った時 (写真9)	—
10 幼果期	果実の大きさが小豆大程度に達した時 (写真10)	—
11 第1回摘果作業日	1回目の摘果作業を開始した日	—

③生育ステージの観察方法
 ・圃場全体の「幸水」の花芽を観察する。
 ・定期的に圃場全体を観察し、概ね半分以上の花芽が該当する生育ステージに移行した日付を右欄に記入する。





【参考】防霜対策について

方法	必要資材	備考
燃烧法	灯油	10a当たり灯油220～280 ℓ / 8 時間
散水氷結法	スプリンクラー	井戸水等水源が必要
防霜ファン	防霜ファン	電気が必要
市販防霜資材	市販防霜資材	圃場前面に散布が必要 (種類によって散布のタイミングが異なる)

令和4年産果樹情報 凍霜害対策 (宮城県、2022年3月)

果樹凍霜害対策マニュアルの概要および今後の対策推進について (山形県、2022年2月) より



目次

本取組みの実施経緯

取組みの推進体制

予測結果



普及啓発

普及啓発について

○農家への普及啓発

将来予測結果をもとにタブレット等を用いながら農家の方へ将来の傾向を説明する。（令和6年2月28日）
その後、チラシを制作、配布予定。

○指導者への普及啓発

指導者対象の果樹研究会にて本成果を報告（令和6年2月22日）
次年度以降、本成果のモデルの勉強会を当センターで開催できるように調整中

気候変動の影響に関するアンケートを実施（R3の結果と比較予定）

○研究者や県の研究機関への普及啓発

富山県気候変動適応研究会にて本成果を報告（令和5年12月22日）

○県民への普及啓発

本成果を環境教育施設エコ・ラボとやまにて展示予定（令和6年3月）



指導者への普及啓発（果樹研究会）の様子



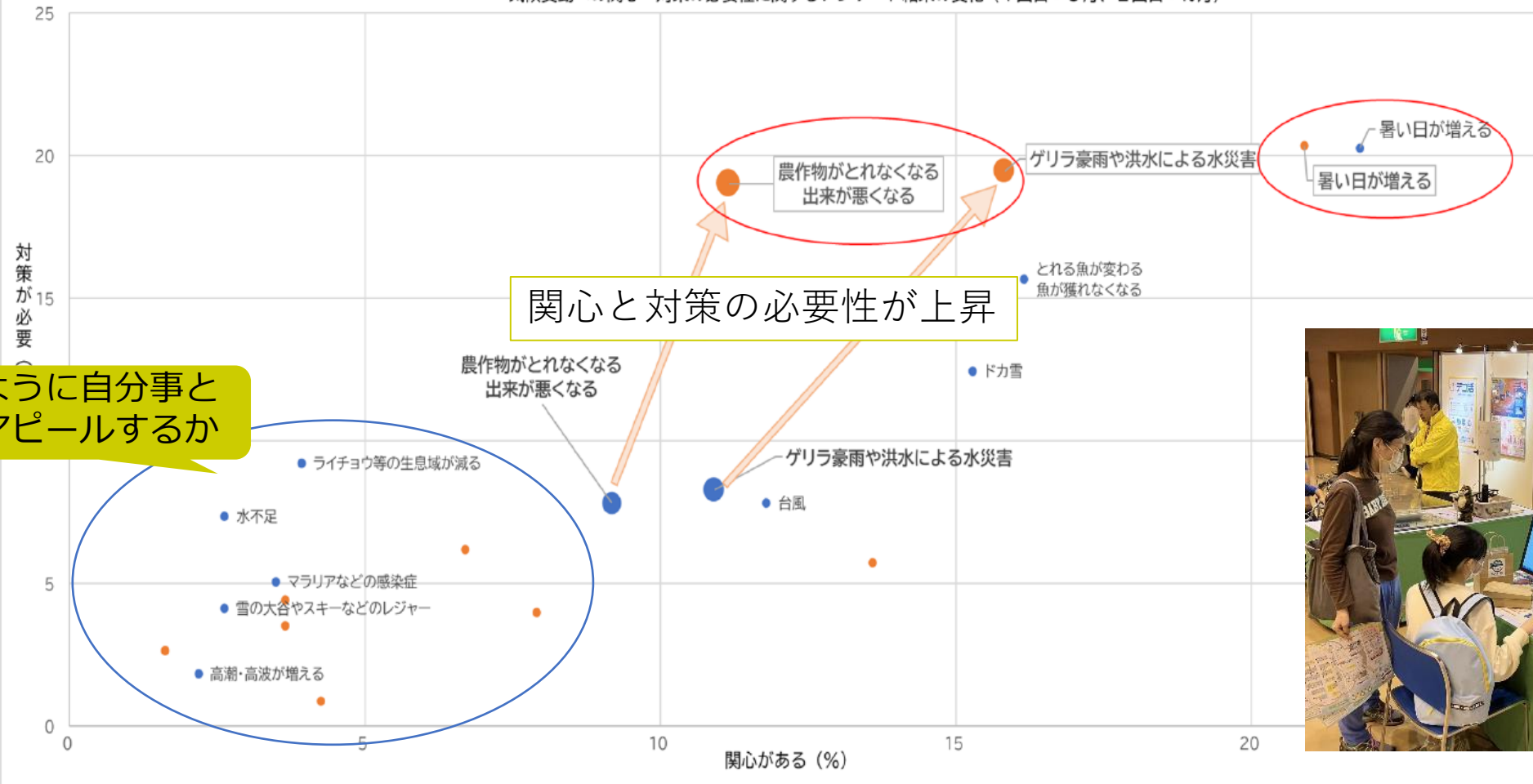
農家の方々との意見交換の様子



普及啓発について

5月と10月の環境関連イベントにて一般県民を対象に気候変動に関するアンケートを実施

気候変動への関心・対策の必要性に関するアンケート結果の変化（1回目：5月、2回目：10月）



どのように自分事としてアピールするか

関心と対策の必要性が上昇



○令和5年7月の豪雨や猛暑の影響で農作物や豪雨に関する関心と対策の必要性を強く認識
⇒身近に起こった出来事に関心が強くなる傾向



普及啓発について

令和3年に校内に熱中症指数計を設置。その結果を含め気候変動適応に関する授業を実施

○小学校敷地内での暑さ指数調査や普及啓発を実施した学校に対し、気候変動に関する意識や行動の変化についてヒアリング調査を実施



ヒアリングの様子

【主な意見、変化】

- ・ 令和3年度の事業実施後、**熱中症に対する意識が高くなり**、校内の熱中症に対する体制が整備できた。

養護教員と教頭先生が中心となり、熱中症アラート発令時の対応を決定するほか、教員間や保護者への情報共有、校内放送での呼びかけ、熱中症指数計の設置等を実施している。

- ・ 熱中症の影響を受ける時期が、これまで7月、9月が中心であったが、5月も増えてきている。
- ・ これまで4年生を中心にSDGsを学んでいたが、全学年に取り入れ、環境教育に取り組んでいる。
- ・ 「適応」という言葉は、意識的に使っていないので言葉と行動との結びつけ方が課題である。



設置した熱中症指数計（職員室前）



設置した熱中症指数計（体育館）



全校でのSDGsに関する取組紹介

🍊 成果の活用について

【得られた成果】

🍊 予測結果など

⇒普及啓発のほか、凍霜害の注意報や品種改良時の情報提供に活用予定。圃場管理にも？

🍊 ツール関係

○凍霜害危険度予測モデル、生育ステージ予測モデル

○気候モデルの切り出しツールなど

⇒今後、気候変動適応センターで予測や解析を行う上で活用

🍊 体制・仕組み

○国立環境研究所、果樹研究センター、気候変動適応研究会など助言が得られる体制





⇒その他の研究についても引き続き助言や連携が取れるように！

🍊 地域との連携

○なし農家さん、農協、振興センター等行政などとのネットワーク

⇒今回の調査だけでなく、将来的には凍霜害の予報モデルを構築できるよう引き続き調査を継続する予定

最後に

-  気候変動適応センターとして地域の方からの**生の声**をいかに聞き取るかが重要
-  一方で、地方環境研究所もマンパワー不足（異動もあり適応センターは兼務。。。）
-  国民参加による気候変動情報収集・分析事業で学んだスキームを活かして、**他の分野に応用**していくことが重要
-  国や大学等研究機関との**連携**が重要で、適応センターがハブとしての役割を担い地域の課題解決に貢献できるよう引き続き、ご指導、ご協力をお願いします。



ありがとうございました

