

気候変動適応センターの取り組み

前田 卓磨, 船越 章裕, 横田 哲朗

Efforts of Local Climate Change Adaptation Center in Nagasaki Prefecture(2024)

Takuma MAEDA, Akihiro FUNAGOSHI, Tetsurou YOKOTA

キーワード: 気候変動適応、地球温暖化、ビワ、凍霜害モデル

Key words: Climate change adaptation, global warming, loquat, frost damage model

はじめに

地球温暖化がもたらす気候変動については、世界各国が「2100年の世界平均気温の上昇を産業革命前に比べて1.5℃以内に抑える」ことを努力目標として合意(パリ協定¹⁾)しており、我が国では2030年までに2013年比で46%の温室効果ガスを削減し、2050年にはカーボンニュートラルを達成すると宣言している。一方で、気候変動に関する政府間パネル(IPCC)の報告書²⁾は、将来的な気温上昇を1.5℃以内に抑えることができるのは、最も温暖化対策が成功した場合(C1:2050年頃にはCO₂排出が正味ゼロ)であり、気候変動に起因する様々な悪影響は、地球温暖化が進行するにつれて増大すると報告されている。

こうした中、CO₂削減対策を継続しても回避できない気候変動に対して適応していくことが重要視されており、本県では2021年に「第2次長崎県地球温暖化(気候変動)対策実行計画」を策定し、温室効果ガス排出抑制策である緩和策とともに、気候変動の影響による被害を予防・軽減するための対策である適応策を推進している。また、気候変動適応法第13条に基づき、地域における気候変動適応を推進するために必要な気候変動影響及び適応に関する情報の収集、整理、分析及び提供並びに技術的助言を行う拠点として、2021(令和3)年10月1日、長崎県気候変動適応センター(以下、センターという。)を長崎県環境保健研究センター内に設置した。

本稿では、本県の気候変動の現状とセンターの取組内容等について報告する。

長 崎 県 の 現 状

本県の気候の特徴として、6～7月の梅雨の頃は、梅雨前線がしばしば活性化し、全県的な大雨または局地的豪雨に、8～9月にかけては、台風の接近または上陸により暴風雨、豪雨に見舞われることがある。また、7月～10月は台風、11月～3月は冬の強い季節風による高波が発生しやすく、船舶の航行に影響がでることも多い。

年平均気温は長期的に上昇傾向にある。長崎では100年あたり1.5℃の割合で昇温しており、日本の年平均気温の上昇割合(1.4℃/100年)³⁾よりも大きい(図1)。

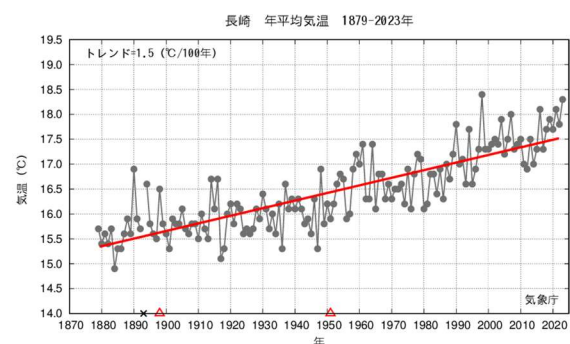
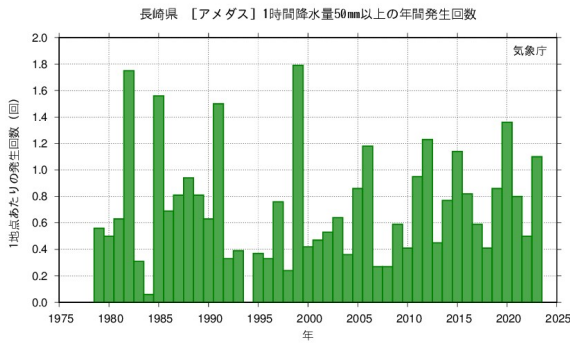
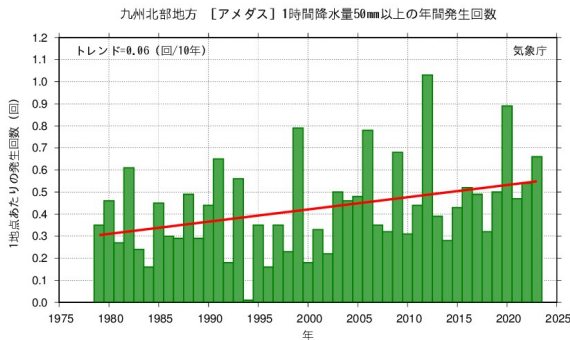


図1 長崎の年平均気温の推移⁴⁾

短時間強雨(1時間降水量50 mm以上)の年間発生回数は、県単独で有意な長期変化傾向は見られないものの、九州・山口県エリアにおける短時間強雨の年間発生回数は、増加傾向が見られる(図2, 3)。今後も気温の上昇が続くとともに、降水現象の極端化が予想される。

図2 長崎県の短時間強雨年間発生回数²⁾図3 九州・山口県の短時間強雨年間発生回数²⁾

取組内容

1 気候変動影響将来予測計算等(環境省委託)

当センターは、地域特有の気候変動影響を把握し、本県の気象・地理的条件等や地域の実情に応じた適応策を推進するため、環境省の「国民参加による気候変動情報収集・分析委託業務」を2022(令和4)年度から受託し、情報収集を実施している(既報を参照⁵⁾⁶⁾)。今回、2024(令和6)年度に実施した「びわ凍霜害における気候変動影響の将来予測計算」の概要を報告する。

(1) ビワの凍霜害

ビワは11～12月に開花し1～2月に結実して幼果となるが、幼果の状態は最も耐寒性が備わっておらず、一時的な低温(−3℃程度)に遭遇すると、寒害をうけてしまう。⁷⁾近年、地球温暖化や異常気象の影響で春先の新梢発生が早く、例年よりも開花が前進化する傾向がみられている。このため、極寒期と幼果になる時期が重なり、一時的な低温が発生した際に凍死することで、その年のビワ出荷量に大きな被害が生じる。

気候変動による将来的な影響を予測するため、平均気温とビワの生育段階の推移との関係を表す「生育モデル」と、最低気温と凍霜害被害の大きさの関係を表す「凍霜害モデル」を作成した。また、本県の主要品種で露地栽培の割合が大きい「茂木」と

「なつたより」を予測対象とした。

(2) ビワの生育モデルと凍霜害モデル

(a) 生育モデルの作成

生育モデルは、県農林部局による品種別栽培記録と県農林部局の気象観測結果及びアメダス観測データ(長崎)を用いて、出蕾、開花、幼果の各生育段階の推移と日平均気温積算値の関係を示したモデル式を作成した。解析に使用したデータの期間は、「茂木」が15年間(2008～2022年産)、「なつたより」は12年間(2010～2014年産、2016～2022年産)とした。果房進度は、10段階(1から6までを「蕾」、6から8までを「花」、8から10までを「幼果」とし、ロジスティクス回帰の基本式(式①)を用いて、日平均気温積算値から花房進度を計算する生育モデル式②を作成した。

$$\textcircled{1} \quad \cdots \log \left(\frac{p}{1-p} \right) = ax + b$$

(p : 従属変数 ($0 \leq p \leq 1$)、x : 独立変数 (日平均気温積算値、a : 回帰係数、b : 切片)

$$\textcircled{2} \quad \cdots p = \frac{10 \cdot \exp(ax+b)}{1 + \exp(ax+b)} = \frac{10}{1 + \exp(-(ax+b))}$$

日平均気温積算値の起算日を決定するため、クロスバリデーション法を用いて、1日単位で起算日を変更して生育モデルを作成し、各生育段階(蕾:花房進度1、花:花房進度6、幼果:花房進度8)に達した日付の推計値と実測値の合致性をクロスバリデーション法で確認して、最も誤差が小さくなった7月4日を起算日と設定した。推計値と実測値を比較した結果、幼果の開始日の推計値の誤差として、「茂木」は平均27日間(最小1日間、最大67日間)、「なつたより」は平均28日間(最小4日間、最大71日間)であった。誤差の要因として、日平均気温積算値以外の気象条件を考慮していないこと、気象測定地点と栽培地点が離れていること、年毎の生育進捗実測値のばらつきが大きいことなどが考えられた。

(b) 凍霜害モデルの作成

凍霜害モデルは、県農林部局や農協などで調査した現地凍霜害調査結果(2023年)と栽培地域における気象観測データを用いて、凍死率と日最低気温の関係を示したモデル式を作成した。

凍霜害発生気温を−3℃として閾値を設定し、式③で示すミカエリス・メルテン型計算式を用いて、最低気温が閾値を下回った超過分((最低気温が閾値を下回った時間(分)の積算)から凍死率を計算する凍霜害モデルを作成した。なお、係数KはExcelのソルバー機能を活用し、各地域の凍死率について実測

値と推計値のMSE(平方誤差)の合計値が最小になる値を導出した。

$$\textcircled{3} \cdots y = \left(\frac{x}{x+K} \right)$$

(y:凍死率、x:超過分(時間)、K:定数)

また、将来気候データは日最低気温であるため、観測期間中の日最低気温と閾値超過時間(分)の関係性を調査した結果、負の相関が得られ、これらの線形回帰式の R^2 は0.747と良好であったため、日最低気温から超過分を推計して凍死率の計算に用いた。

(c) 気候モデルとバイアス補正の検討

気候モデルは日本域CMIP6データ(NIES2020)を用いた。また、バイアス補正の必要性を調査するため、日平均気温と日最低気温について過去再現実験(1900年から2014年)を行い、計算値と実測値を比較した。実測値は県農林部局が実施した圃場内観測結果を用いた。日平均・日最低気温について、どの気候モデルも観測結果と値が大きく異なる傾向は確認されず、バイアス補正は不要と判断した。

(3) 予測の対象範囲・期間

ビワ栽培地域に関して県農林部局にヒアリングしたところ、県内のビワ栽培地は、概ね標高200 m以下であることがわかったため、標高200 m以下を予測対象範囲として設定した。標高データは国土数値情報「標高・傾斜度3次メッシュデータ」(2011(平成23)年度版)を活用し、長崎県内の平均標高200 m以下の領域と、将来予測計算において活用する1 km × 1 kmの空間解像度である日本域CMIP6データ(NIES2020)が重なるかどうか判定し、評価対象地域を抽出した。対象範囲の面積は3,058 km²(3,058格子)で、長崎県全体の面積約4,130 km²の約74%となった。

ビワの凍霜害は年次別で平均的に発生するものではなく、突発的な寒波と幼果の状態が重なる特定の年に発生するものである。凍霜害リスク計算結果の整理にあたっては、期間が短くなれば短くなるほど凍霜害の発生事例が少なくなることが予想されたため、本調査においては将来期間(2020年～2100年)の20年毎に結果を整理した。

(4) 将来予測計算結果

(a) 日平均、日最低気温の将来変化

気候モデルMIROC6のSSP1-RCP2.6シナリオ(温暖化対策が実施されたシナリオ)における日平均気

温について、予測対象範囲におけるマップを図4に示す。現代の気候状況として2000年から2019年の平均値を設定し、将来気候の変化は、20年間毎に現代との差分で評価した。次に、20年間別の日最低気温-3℃以下日数について、図5に示す。SSP1-RCP2.6シナリオでは-3℃以下の日数が全県的に発生しており、温暖化が進行した場合でも凍霜害が発生する可能性があることが示唆された。

(b) ビワの生育段階・生育期間の将来変化

構築した生育モデル及び気候モデルの日平均気温を用いて、生育段階の進展を推計した。生育モデルの起算日である7月4日から日平均気温の累積和を各年で計算し、累積和を「茂木」及び「なつたより」の生育モデルに投入することで日ごとに花房進度を計算した。格子別・年別に算出した各花房進度に初めて達した日付について、20年間ごとに合計し、ピンを5日に設定した頻度分布図を図6、図7に示す。予測結果として、MIROC6のSSP1-RCP2.6シナリオでも、日平均気温が現代(2000年から2019年)と比較して上昇する影響で、「茂木」と「なつたより」のどちらも幼果の開始日が今世紀末(2080年から2099年)には約1か月間前進化すると予測された(図7)。

(c) 凍霜害の発生頻度・強度の将来変化の推計

予測した幼果の生育期間及び構築した凍霜害モデル並びに気候モデルの日最低気温を用いて、1格子ごとに凍死率を推計した。日最低気温-3℃以下の日が連続している場合は1回の寒波としての-3℃以下超過分×超過時間(℃・分)の積算値の合計を計算した。その後、各年の各寒波について、-3℃以下超過分×超過時間(℃・分)の積算値を凍霜害モデルに投入し、幼果の凍死率を計算した。

図8にMIROC6のSSP1-RCP2.6における地区ごとの年代平均凍死率を示す。地区は、気象庁の気象警報・注意報や天気予報の発表区域を参考に7つの地区を設定した。地区別では緯度の高い対馬・壱岐の凍死率が高く、全体的に今世紀末(2080年～2099年)においても凍死率は横ばいの傾向を示した。このことから、温暖化対策が実施されるシナリオにおいては、凍霜害被害が将来的に継続することが示唆された。このため、花房進度前進化抑制のための栽培技術活用⁵⁾や寒害耐性品種への転換、保険加入などの適応策を今後も実施していく必要があると考えられる。

(d) 将来予測計算結果等の報告

びわ凍霜害の将来予測結果については、令和7年2月のJAや自治体で構成される協議会(びわ品種

研究会)で説明し、将来的な気候変動影響に対する認識を促した。

2 啓発活動

(1) 気候変動適応セミナー開催やイベント出展

県民の方々へ気候変動の影響と適応について啓発するため、「高齢者の熱中症予防」をテーマに気候変動適応セミナー(7月11日・Web開催・参加者数90人)を開催した。また、センター一般公開や各種環境イベントへ出展、啓発した。

(2) 県教育センターと連携した教職員研修

県教育センターと連携し、環境教育研修講座の一環として、県内の教職員19人を対象に研修を行った。研修では、教育現場を通じた学生たちへの気候変動問題の啓発のため、簡単かつ低予算で授業の実施が可能であることをコンセプトとし、気候変動に関する世界情勢や県内への影響に関する座学、県内の気候変動影響を含めたクイズ形式の教材の紹介を行った。

(3) その他

ニュースレターを4回発行し、関係先にお知らせした。ホームページでは、ニュースレターや県内の熱中症救急搬送者数と暑さ指数(WBGT)の関係などについて、気候変動影響や適応に関するページを随時更新した。

今後の取組

1 気候変動影響等の情報収集

2024年(令和6年)度を実施した、ビワの凍霜害の将来予測計算の手法を活かし、今後は、熱中症による救急搬送者数の将来予測についても検討を行っていく。

2 啓発活動について

気候変動問題や適応に関してより県民の方々に理解し、適応策を実行していただくために、下記に

ついて取り組む。

- ・気候変動適応セミナー(テーマ:気候変動と災害(知っておきたい対策と備え))
- ・気候変動に関する情報発信(HP、SNS、ニュースレター)
- ・県教育センターと連携した教職員研修
- ・環境イベントへの出展 等

参考文献

- 1)環境省:パリ協定に関する基礎資料,<https://www.env.go.jp/earth/ondanka/cop/shiryo.html>(2025.7.15アクセス)
- 2)環境省:気候変動に関する政府間パネル(IPCC)第6次評価報告書の概要-統合報告書-, <https://www.env.go.jp/earth/ipcc/6th/index.html>, (2024.6.12アクセス)
- 3)気象庁:日本の年平均気温, https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/temp/an_jpn.html, (2025.7.15アクセス)
- 4)福岡管区気象台:九州・山口県の気候変動の現状と予測, <https://www.data.jma.go.jp/fukuoka/kaiyo/chikyu/report/report.html> (2025.6.12アクセス)
- 5)福田祥一他, 気候変動適応センターの取り組みについて(長崎県環境保健研究センター), 長崎県環境保健研究センター所報第68号, 60-64, (2022)
- 6)前田卓磨他, 気候変動適応センターの取り組みについて(長崎県環境保健研究センター), 長崎県環境保健研究センター所報第69号, 45-49, (2023)
- 7)古賀敬一他, ビワ「なつたより」の結果枝の春季切り返しと摘らいによる寒害回避技術(長崎県農林技術開発センター), 長崎農林技セ研報第13号, 119-130, (2023)

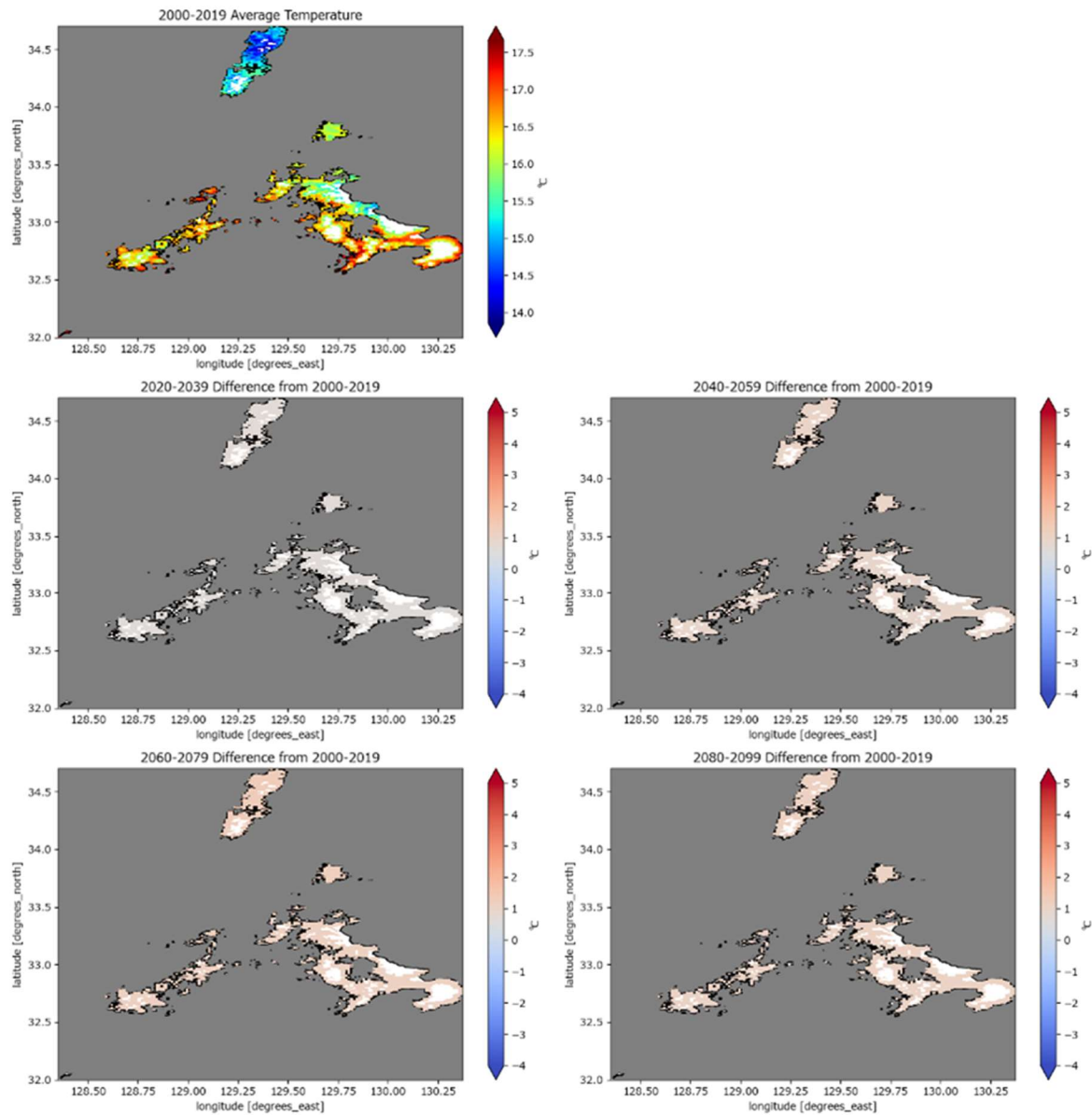


図4 MIROC6 SSP1-RCP2.6の日平均気温の将来変化

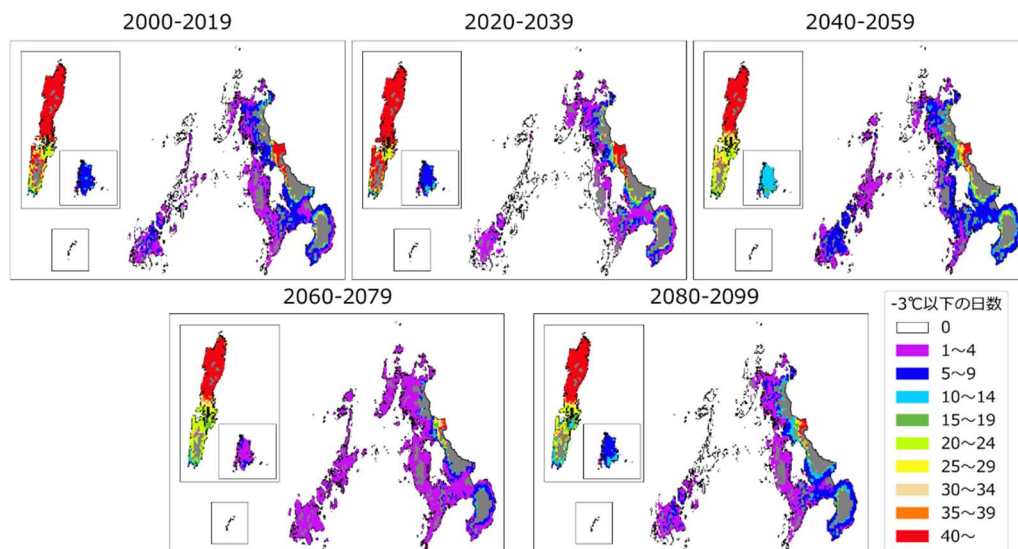


図5 MIROC6の20年間別・メッシュ別の日最低気温-3℃以下の日数

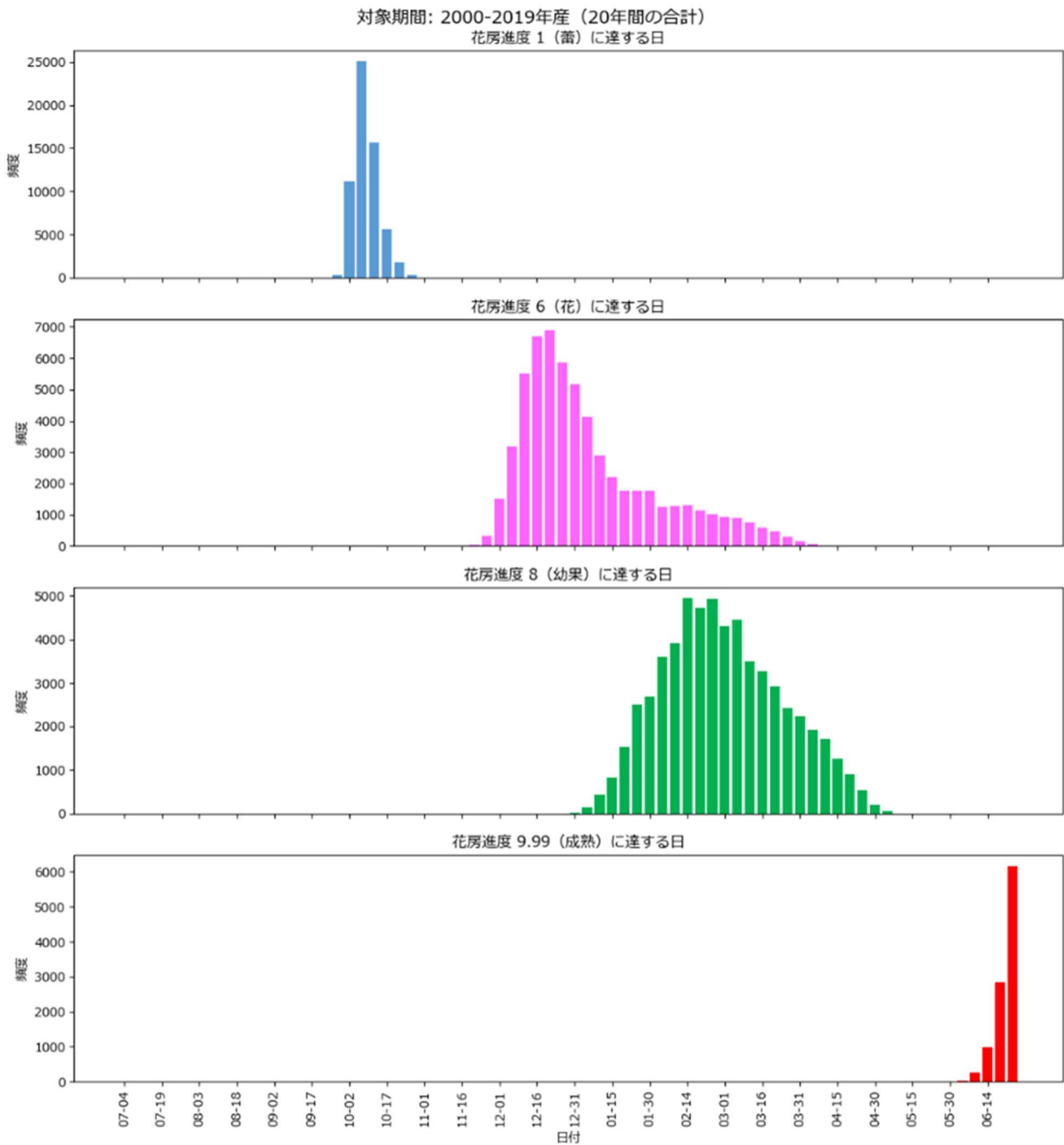


図6 MIROC6 SSP1-RCP2.6の茂木の各生育段階に達した日付 (2000-2019年産)

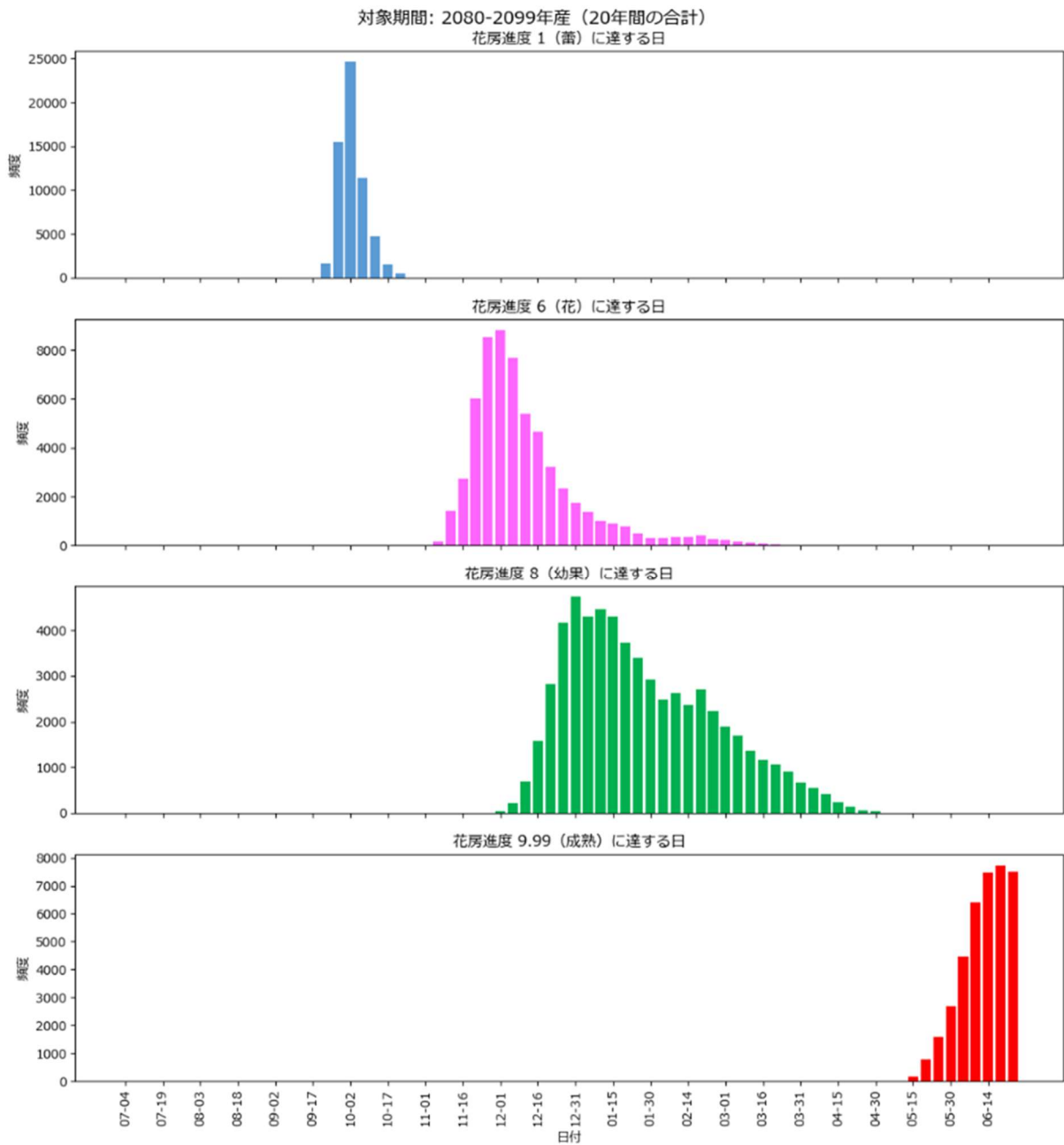


図7 MIROC6 SSP1-RCP2.6の茂木の各生育段階に達した日付 (2080-2099年産)

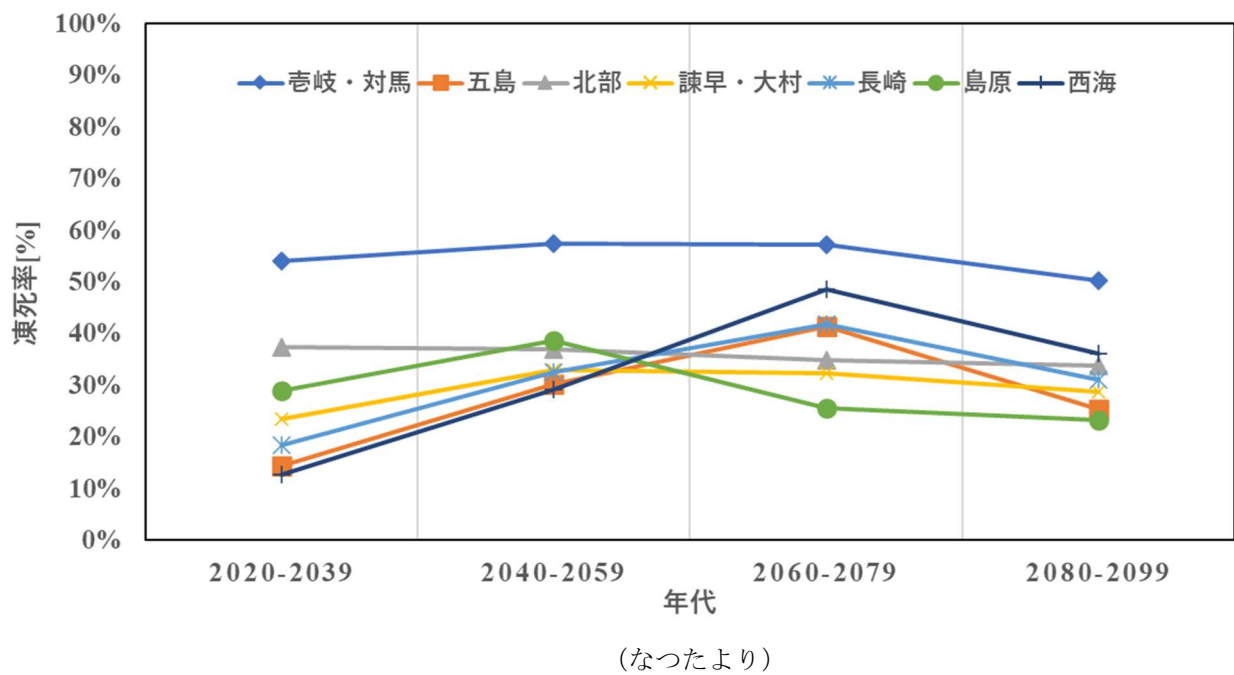
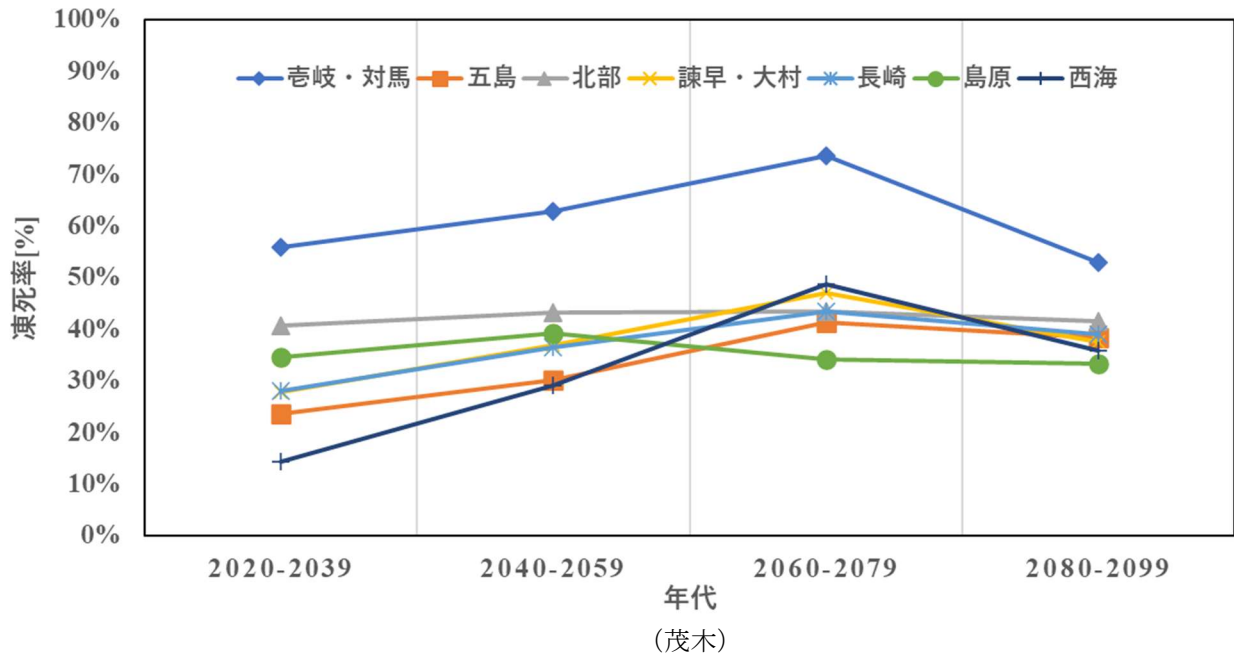


図8 MIROC6 SSP1-RCP2.6の年代別・地区別平均の凍死率（茂木となつたより）