

短報(Short Report)

神奈川県におけるニホンナシの開花不良に関する気候変動影響予測

田澤慧*, 新井聡, 米山翔太
 (*現在脱炭素戦略本部室, 環境情報部)

Prediction of climate change effects on flowering disorder of Japanese Pears in Kanagawa Prefecture

Satoshi TAZAWA*, Satoshi ARAI, Shota YONEYAMA

(*Decarbonization Strategy Headquarters Office, Environmental Information Division)

キーワード: ニホンナシ, 開花不良, 気候変動, 将来予測, 神奈川県

1 はじめに

人間の影響が大気, 海洋及び陸域を温暖化させてきたことには, 疑う余地はなく, 2011年~2020年の世界の平均気温は, 産業革命以降, 既に1.09℃高くなったと推定されており¹⁾, 様々な影響が顕在化し始めている。

特に, 農作物の中でも樹木である果樹は, 人為的な作期・作型の調節が困難であることや, 品種更新の速度が緩慢であることから, 気候の変化に対して脆弱である。すでに, 果実の日焼け, 浮皮, 着色不良といった影響のほか, 果樹の発育に対する影響も明確となっており, ニホンナシでは開花期や収穫期の有意な前進が報告されている²⁾。

ニホンナシは, 自発休眠(気温などの環境条件が生育に適していようがまいが, 芽が動かない状態)から, 一定量の低温に遭遇すると覚醒し, 他発休眠(生理的には生長可能な体制にあるが, 気温が低いことにより成長が停止させられている状態)へと移行して, 開花を迎える。そのため, 気候変動がもたらす冬春期の温暖化は, ニホンナシにおける自発休眠覚醒の遅延や他発休眠の短縮を引き起こし, 発芽・開花期の早晩に影響する。したがって, この影響を定量的に予測・評価することは, ニホンナシの栽培に関する適応策を検討するために重要である。

ニホンナシの開花期を予測するモデル(開花予測モデル)としては, 自発休眠期と他発休眠期の生育モデルを統合した発育速度モデルが作成され, 広く用いられてきた³⁻⁶⁾。一方で, 温暖化による開花期への定量的な影響予測としては, 低温遭

遇時間を指標とした中国・四国地方におけるニホンナシの発芽不良リスクの評価⁷⁾や, 神奈川県(以下「本県」と記す。)に適合した開花予測モデルの開発及び気温上昇が開花日に及ぼす影響の検討⁸⁾などがなされているものの, 本県全域を対象とした検討はなされていない。

そこで本研究では, ニホンナシ2品種(幸水, 豊水)を対象とし, 本県に適合した開花予測モデルに気候シナリオデータを適用することで, 本県全域における気候変動による開花期への影響を予測した。

2 方法

2.1 気候シナリオデータ

将来気候における開花日の予測には, 国立研究開発法人国立環境研究所が提供している「CMIP6をベースにしたCDFDM手法による日本域バイアス補正気候シナリオデータ⁹⁾(NIES2020)」を用いた。特定地点の気候予測値は, 当該地点に近接する4格子点の気候シナリオデータを逆距離荷重平均した値を用いた。

表1 NISE2020の概要

気候モデル (計5モデル)	ACCESS-CM2, IPSL-CM6A-LR, MIROC6, MPI-ESM1-2-HR, MRI-ESM2-0
気候シナリオ	SSP585, SSP245, SSP126
データ期間	2015年~2100年(過去再現データ: 1900年~2014年)
気象要素	日平均気温, 日最高気温, 日最低気温
空間解像度	1kmメッシュ

2. 2 開花予測モデル

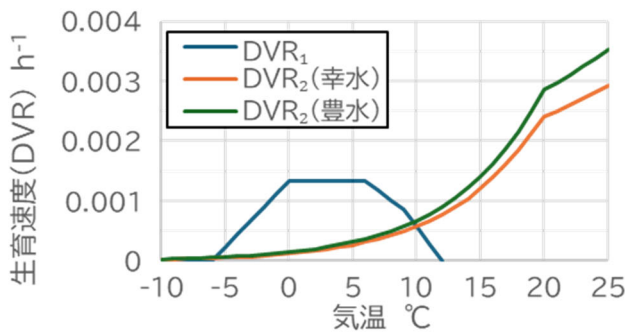
ニホンナシの開花日の予測には、本県に適合した開花予測モデルとして、神奈川県農業技術センター本所（平塚市上吉沢、以下「農業技術センター」と記す。）が作成した自発休眠期と他発休眠期の生育モデルを統合したモデル⁸⁾を用いた。

2. 3 開花日の予測方法

ニホンナシの開花予測モデルは、時間あたりの生育速度を気温の1時間値の関数で構成されているため、気温の特別値が必要となる。一方で、NIES2020は日別値のため、和田の提案する日平均

気温、日最高気温及び日最低気温から1日の気温変化をSin曲線によって近似する方法¹⁰⁾を用いて、1℃刻みの階層別温度出現時間を算出し、開花予測モデルに適用した。

なお、農業技術センターにおける気温の実測値により、特別値から計算した開花予測日と、日平均気温、日最高気温、1℃刻みの階層別温度出現時間から計算した開花予測日を比較したところ、両者の違いは±1日以内であった。



①自発休眠覚醒モデル

$$\text{发育指数 } DVI_1 = \sum DVR_1$$

自発休眠覚醒：(幸水) $DVI_1 > 1.9$, (豊水) $DVI_1 > 1.7$

②他発休眠发育モデル

$$\text{发育指数 } DVI_2 = \sum DVR_2$$

開花始め：(幸水) $DVI_2 = 0.866$, (豊水) $DVI_2 = 1.008$

図1 開花予測モデルの概要

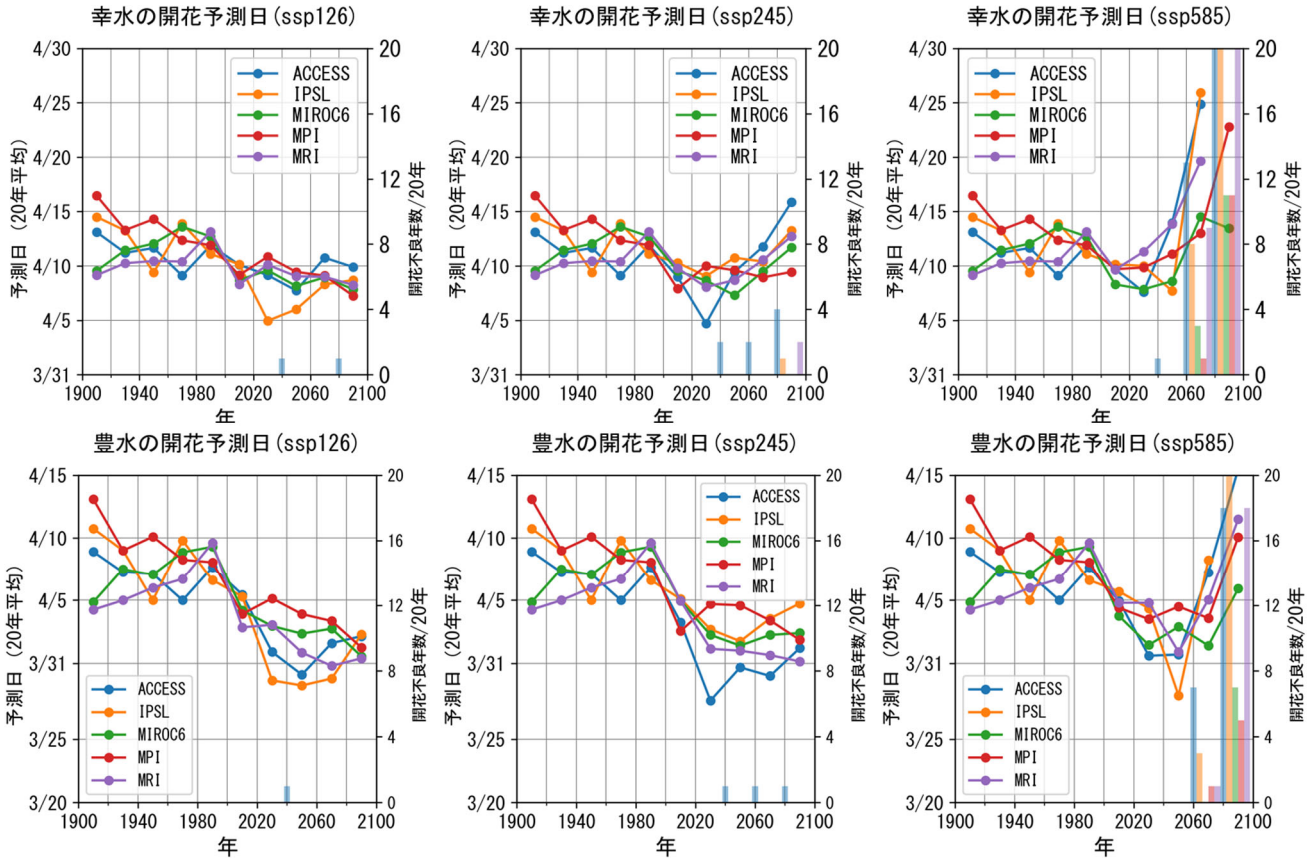


図2 平均開花予測日及び開花不良発生年数の経年変化

3 結果

3.1 開花予測日の経年変化

気候シナリオデータを用いて、農業技術センターにおける幸水及び豊水の開花予測日を求めた。20年ごとの平均開花予測日と20年間の開花不良年数(開花日が5/31以降又は開花に至らない年数)の経年変化を図2に示す。

<幸水>

過去再現期間では、4/10~4/15の間に開花したが、2000年以降は開花が早まる傾向がみられた。

SSP126では、開花予測日は4/5~4/10で概ね一定であり、開花不良はほとんど発生しない一方で、SSP245では、21世紀後半から開花が遅延してい

くとともに、開花不良がまれに発生し、SSP585ではさらに開花不良の割合が増加、21世紀末頃には開花不良が常態化することが予測された。

<豊水>

過去再現期間では、4/5~4/10の間に開花していたが、2000年以降は開花が早まる傾向がみられた。

SSP126では、開花予測日は3/28~4/5で概ね一定であり、開花不良はほとんど発生せず、SSP245でも同様の傾向であった一方、SSP585では、21世紀後半から開花が遅延し、開花不良が発生するようになり、21世紀末頃には開花不良が常態化することが予測された。

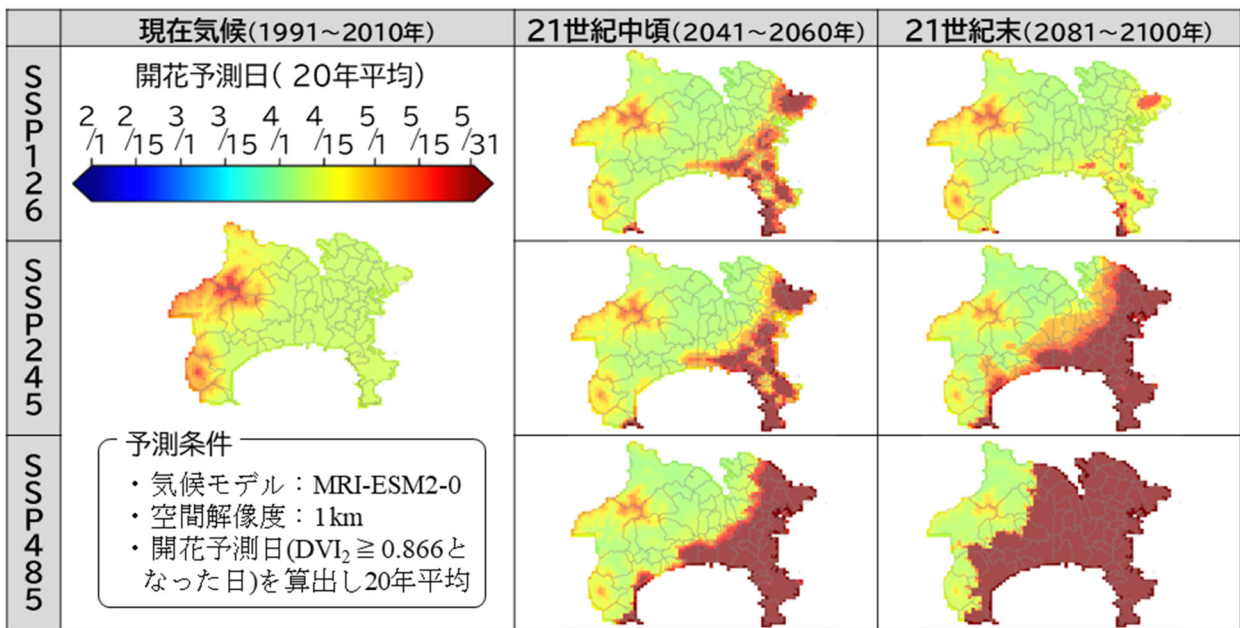


図3 幸水の開花予測日の地域的变化

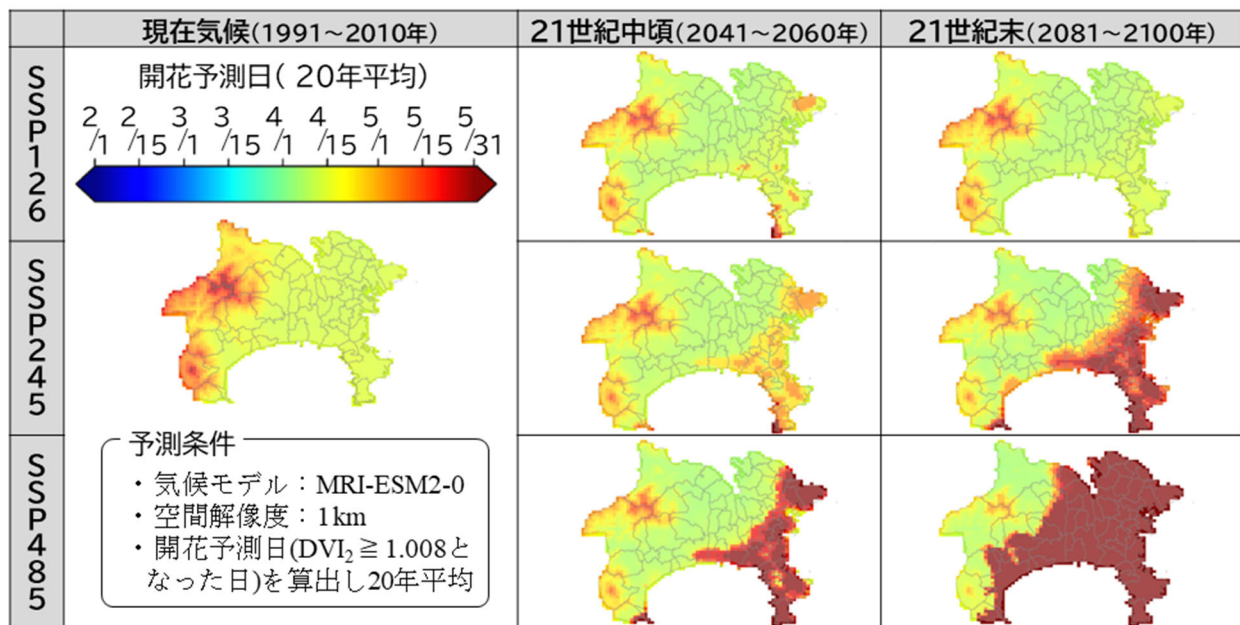


図4 豊水の開花予測日の地域的变化

3. 2 開花予測日の地域的な変化

幸水・豊水において、格子点ごとに開花予測日を算出し、県全域での気候変動による影響を視覚的に表した(図3及び4)。幸水・豊水ともに、比較的温暖な沿岸部から、温暖化の進行とともに開花遅延・開花不良の発生範囲が拡大化する傾向を示した。幸水と豊水を比較すると、幸水の方が開花遅延・開花不良の発生範囲が早期に拡大した。

4 考察

気候シナリオデータを用いて開花予測日の将来予測を行った結果、いずれの気候シナリオにおいても、21世紀半ばまでは開花期の前進が予測された。これは、低温遭遇の減少に起因する自発休眠覚醒の遅延効果よりも、自発休眠覚醒後の温暖化に起因する他発休眠期の短縮効果によって、開花期が前進したためと考えられ、すでに起きている開花期の前進を再現できていると言える²⁾。

一方で、温暖化が更に進む気候シナリオ(SSP245及びSSP485)では、21世紀後半以降には、それまでとは逆に、開花期の後退が見られる結果となった。これは、低温遭遇がさらに減少するために、自発休眠覚醒の遅延が、他発休眠期の短縮効果で補えなくなった結果と考えられる。ここからさらに温暖化が進むと、自発休眠覚醒に必要な低温遭遇が得られなくなり、いわゆる眠り病として、開花不良が発生すると考えられる。

なお、本研究で用いた開花予測モデルのパラメーターは、過去の開花日と気温の関係から得たものであるため、過去に発生したことのない温暖な条件での開花日を適切に予測できない可能性が考えられる。例えば、一定程度の高温に遭遇することは、自発休眠覚醒の進行に無効であるだけでなく、それまで蓄積した低温の効果を打消し、自発休眠覚醒を遅延させることが知られている⁵⁾が、そのような効果は加味されていない。また、ニホンナシの開花不良は、低温遭遇の不足だけでなく、花芽の生育前進に伴う耐凍性低下に起因する遅霜被害によるものも想定される¹¹⁾が、本研究では考慮していない。これらの影響も加味した予測モデルの検討は、今後の課題である。

5 まとめ

① 気候シナリオデータによる予測

農業技術センターにおけるニホンナシ(幸水及び豊水)の開花予測日の将来予測を行ったところ、

これまでの温暖化の進行により、自発休眠覚醒日は後退するものの、他発休眠期の短縮効果により、開花日が前進していることが再現できた。

現在気候から温暖化が進行した場合、他発休眠期の短縮効果で補えないほど、自発休眠覚醒日がさらに後退するため、開花予測日が後退していくことが予測された。さらに温暖化が進行するシナリオ(SSP585)では、2060年代以降、他発休眠へ移行しないほど暖冬化が進み、開花不良が発生する年が現れることが示唆された。

② 地理的な差異

温暖化の進行とともに、比較的温暖な沿岸部から、開花遅延・開花不良の発生範囲が拡大することが明らかとなった。幸水と豊水を比較すると、幸水の方が開花遅延・開花不良の発生範囲が早期に拡大した。

謝辞

本研究では、農業技術センターから提供いただいた気温の実測データ及び国立環境研究所の提供する気候シナリオデータを利用した。ここに深甚なる謝意を記す。

参考文献

- 1) 気象庁: IPCC 第6次評価報告書第1作業部会報告書 政策決定者向け要約 暫定訳(文部科学省及び気象庁), 4-7, 気象庁(2021)
- 2) 杉浦俊彦ほか: 果樹の生育変化と異常, 地球環境, Vol.17 No.1, 75-81(2012)
- 3) 杉浦俊彦ほか: ニホンナシの自発休眠覚醒期から開花期までの発育速度モデルについて, 農業気象, 46(4), 197-203(1991)
- 4) 杉浦俊彦: ニホンナシの気象生態反応の解析と生育予測モデルの開発, 京都大学学位論文(1997)
- 5) 杉浦俊彦ほか: ニホンナシ混合芽の自発休眠覚醒を抑制する温度条件について, 農業気象, 59(1), 43-49(2003)
- 6) 大谷義夫: 気象生体反応に基づくニホンナシの開花予測, 栃木県農業試験場研究報告, 第58号, 7-16(2006)
- 7) 株式会社地域計画建築研究所, 鳥取大学: 地域適応コンソーシアム事業 暖冬によるナシ栽培への影響調査
- 8) 曾根田友暁: 神奈川県におけるニホンナシ生育予測システムの開発と気温上昇がナシ開

花日に及ぼす影響, 神奈川県農業技術センター研究報告, 第 166 号 (2022)

- 9) 国立環境研究所: CMIP6 をベースにした CDFDM 手法による日本域バイアス補正気候シナリオデータ (NIES2020) Ver.1.0 , <https://www.nies.go.jp/doi/10.17595/20210501.001.html> (参照 ; 2021.11)
- 10) 和田道宏: 気温の日変化に関する研究 I . 日変化のモデル, 農業気象, 36(1), 19-24 (1980)
- 11) 近内翔ほか, 福島盆地の大規模凍霜害事例における果樹の発育ステージ・凍霜害危険度のモデル予測. 天気, 70(10), 487-500(2023)