

愛媛県の柑橘農業における 気候変動影響と将来予測について

宇野克之 横溝秀明 山内正信*1 泉喜子*2 服部智子 望月美菜子

Keywords : climate change impacts, adaptation, agriculture, citrus fruits, future projections

気候変動適応策の推進のため、環境省の「令和2年度国民参加による気候変動情報収集・分析委託業務(愛媛県)」の調査により明らかにされた県内の状況から、優先的に対応が求められる課題として「農業分野(柑橘類)」を選定し、農業従事者等から柑橘類に対する気候変動影響等について詳細な情報収集を行うとともに、将来の栽培適地の予測計算を行った。

情報収集の結果、温州みかんの浮皮や伊予柑の果皮障害等の悪影響が報告される一方、成長がよくなるといった好影響も報告されたが、メリットよりもデメリットの方が大きいとの報告が多かった。

これらの結果を踏まえ、県内の基幹品種である柑橘類5品目・品種について、統計的ダウンスケーリングデータ(農研機構地域気候シナリオ2017)と栽培条件を比較することにより将来の栽培適地を予測した結果、温州みかんについて、RCP8.5の21世紀末の場合では、気温以外の他の環境条件・社会条件は考慮していないものの、気温上昇により現在の栽培場所である海岸付近が栽培適地の範囲から外れる傾向が見られた。

はじめに

深刻化する地球温暖化の影響に対処するため、愛媛県では令和2年度に気候変動適応策の推進拠点として、当研究所内に「愛媛県気候変動適応センター」を設置し、気候変動適応等に関する情報の収集・分析・提供や研究等に取り組んでいる。

当センターでは、活動を開始するにあたり「環境省 令和2年度国民参加による気候変動情報収集・分析委託業務(愛媛県)」により、農林水産団体や県民からの情報収集を通じて現に生じている県内の気候変動影響等を把握するとともに、今後県として取り組むべき課題を表1のとおり整理した^{1),2)}。

令和3年度及び4年度の同委託業務では、これら課題のうち特に優先的に対応が求められる「農業分野(柑橘類)」について、効果的な適応策の推進に資するため、更に詳細な情報収集・分析等を行う³⁾とともに、柑橘類の将来の栽培適地の予測計算を実施した⁴⁾ので報告する。

表1 愛媛県内の気候変動影響と取り組むべき課題

分野	影響	課題
農業	柑橘類の果皮障害	適切な栽培管理
	米の白未熟粒	高温耐性品種の導入
	家畜の生産性低下	飼育環境の改善
林業	豪雨による林道等の崩壊	排水対策・治山事業
	水産	項目に対して要因が多岐に亘っており 引き続き調査研究が必要
自然災害	大雨災害の増加	インフラ整備 ハザードマップ把握、避難経路確認、普及啓発
健康	熱中症の増加	こまめな水分補給、適切なエアコン使用、暑さ指数(WBGT)の活用、普及啓発

来の栽培適地の予測計算を実施した⁴⁾ので報告する。

方法

1 県内柑橘農業に関する情報収集

(1) 農業協同組合及び生産者からの情報収集

日々の生産活動の中で実感している気候変動の影響や課題、栽培品目・品種、場所、適応策の実施状況等を把握するため、県内の5つの農業協同組合及び生産者(100人(各農業協同組合から20名))を対象に、令和3年8月～9月、表2に示した設問のとおりアンケート調査を実施

愛媛県立衛生環境研究所 東温市見奈良1545番地4
(愛媛県気候変動適応センター)

*1 愛媛県県民環境部防災局原子力安全対策課

*2 愛媛県南予地方局健康福祉環境部企画課

表 2 農業協同組合と生産者への主な設問

設問の内容
<ul style="list-style-type: none"> ・日常感じる影響/最も深刻な影響 ・影響(被害)の考えられる要因 ・現在実施している適応策と課題 ・気候変動に関する生産者からの相談状況 ・組合員への情報提供や指導・支援 ・生産基盤に対する影響・対策 等

した。さらに、アンケートを実施した5農業協同組合及び生産者(10人(各農業協同組合から2名))を対象として、令和3年10月～11月の間、追加ヒアリング調査を実施した。

(2) 柑橘類の栽培状況に関する情報収集

国や県関係機関の資料等を基に、生産量の推移や果樹振興の方針に関する情報を収集・整理した。

2 栽培適地の将来予測計算

1(1)の情報収集の結果、気温上昇による様々な悪影響とともに、山間部で品質が向上したとの意見もあり、既

に栽培適地が変化している可能性を示唆していると考えられたため、先行事例^{5),6),7)}を参考に、将来の柑橘類の栽培適地を予測した。

予測は、統計的ダウンスケーリングデータ(農研気候地域気候シナリオ2017⁸⁾)による将来気温と柑橘類の栽培に適した自然条件を比較することで行い、結果は地理情報システム(GIS)により1kmメッシュで栽培適地等の分布を示した。

予測に使用したデータを表3に示す。なお、現在の気候は「農研機構メッシュ農業気候データ⁹⁾」の再現性を確認し、専門家の意見を参考にバイアス補正を行った。

予測品目・品種は、愛媛果樹農業振興計画¹⁰⁾における「基幹品種」への指定状況や生産量等を考慮し、表4のとおり選定した。

また、栽培に適した自然条件については、農林水産省の「果樹農業の振興を図るための基本方針」(農林水産省 令和2年)¹¹⁾に定められた「栽培に適する自然的条件

表 3 予測に使用したデータ

区分	対象
使用するデータ	「農研気候地域気候シナリオ 2017」(3次メッシュ 約1kmメッシュ)
計算内容	・年平均気温の期間平均値 ・年最低気温が基準値を超過する回数 ・年最低気温の期間平均値 ・最高気温(参考値)
期間	・現在(2002～2021年) ^{※1} ・21世紀中頃(2040～2060年) ・21世紀末(2080年～2100年)
シナリオ	RCP2.6(厳しい温室効果ガス排出削減対策を行う社会) RCP8.5(温室効果ガス排出が続く社会)
全球気候モデル	MIROC5 ^{※2}

※1 「農研機構メッシュ農業気候データ」と比較し、ずれが小さい平均期間 20年(2002～2021)を現在の気温の対象時期とした。

※2 全球気候モデルはMIROC5とMRI-CGCM3を比較し、より気温が上昇するモデルであるMIROC5を採用。

表 4 予測対象品目・品種一覧

予測対象 品目・品種	栽培に適する自然的条件に関する基準			選定理由
	分類	年平均気温	冬期最低極温 (最低気温)	
温州みかん	栽培適地	15.0℃以上 18.0℃以下	-5.0℃以上	収穫量県内 1位
	準栽培適地	14.4℃以上 15.0℃未満		
伊予柑	栽培適地	15.5℃以上	-5.0℃以上	収穫量県内 2位
	準栽培適地	14.4℃以上 15.0℃未満		
甘平	栽培適地	16.0℃以上	-5.0℃以上	本県オリジナル品種
	準栽培適地	14.4℃以上 16.0℃未満		
愛媛果試第28号	栽培適地	15.0℃以上	-5.0℃以上	本県オリジナル品種 (紅まどんな)
	準栽培適地	14.4℃以上 15.0℃未満		
河内晩柑	栽培適地	16.5℃以上	-3.0℃以上	収穫量県内 4位
	準栽培適地	15.6℃以上 16.5℃未満		

に関する基準」を用い、このうち年平均気温及び最低気温を満たす範囲を「栽培適地」と定義し、本県のオリジナル品種等で同基準がない甘平、愛媛果試第28号(紅まどんな)及び河内晩柑は、親品種の区分であるポンカン、温州みかん(有識者ヒアリングを踏まえ年平均気温は下限のみ適用)及びブンタン類にそれぞれ当てはめた。また、愛媛県農業協同組合中央会及び主要産地を管轄する各農業協同組合に確認し、栽培適地には該当しないが現在の主要産地の地域を含むように気温条件を拡大した範囲を「準栽培適地」と定義して将来予測を行った。

結果及び考察

1 県内柑橘農業関係者からの情報収集結果

農業関係者が最も深刻に捉えている影響を図1に示した。

(1) 農業協同組合からの情報収集

「果皮障害・腐敗果」や「浮皮」、「病虫害の発生」といった外観や品質低下に関する回答が多数を占めた。また、「生理落果(花)の増加」といった収量減に関する問題も発生していた。

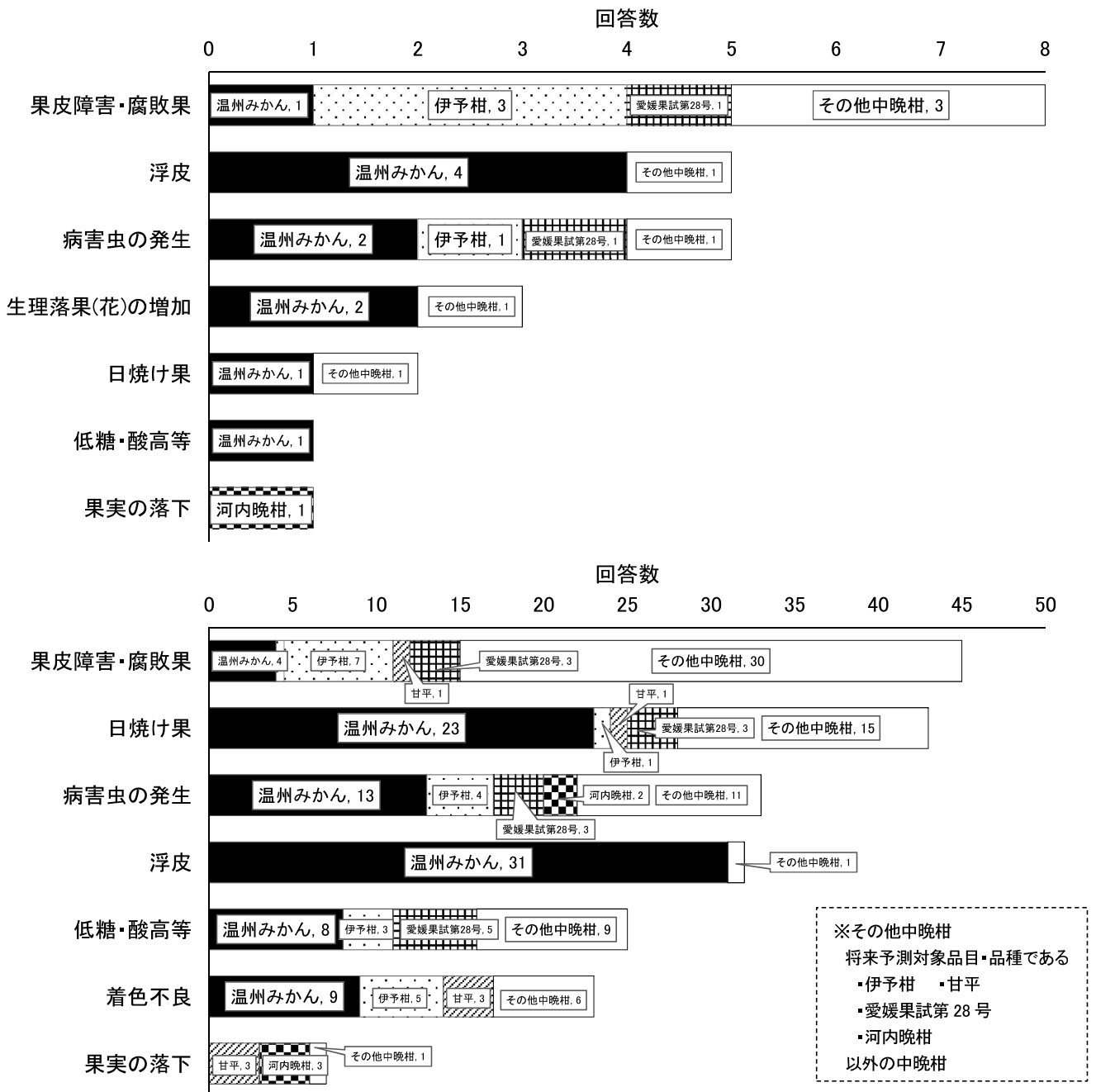


図1 農業関係者が最も深刻に捉えている影響
(上:農業協同組合, 下:生産者)

(2) 生産者からの情報収集

農業協同組合からの回答と同様に、「果皮障害・腐敗果」や「日焼け果」、「病虫害の発生」、「浮皮」といった外観や品質低下に関する回答が多数を占めた。また、夏季の作業中における熱中症発生の懸念も挙げられた。

一方、全体の2割程度から気候変動による好影響に関する回答があり、具体的には「成長がよくなる」(果実肥大等)、「品質が向上する」(減酸ができる、高糖になる)等のほか、一部の品目・品種で「山間部での栽培が可能となった」、「冷害等の被害の減少」等の声が挙げられたが、メットよりデメリットの方が確実に大きいとの意見も多かった。

2 将来予測結果

(1) 気温の将来予測

栽培適地の予測分布図を作成するにあたり、気温の将来予測分布図を作成した(添付略)。現在(2002~2021年平均)を基準にすると、将来の年平均気温と年最低気温は表5のように上昇することが予測された。

(2) 将来の栽培適地の変化

ア 温州みかん

温州みかんの将来の栽培適地の変化を図2に示す。RCP(Representative Concentration Pathways: 代表的濃度経路)8.5の21世紀末の場合では、気温上昇により現在の栽培場所である海岸付近が適地の範囲から外れる傾向が見られる。この栽培適地は気温条件のみで予測したものであり、斜面勾配や土地利用のしやすさなど、他の環境条件・社会条件は考慮していないが、今後の生産を持続していくためには、長期的な対策を検討する必要があると考えられる。

イ その他の柑橘類(伊予柑, 甘平, 愛媛果試第28号(紅まどんな), 河内晩柑)

その他の柑橘類について、図3~4に将来の栽培適地変化を示す。これらの品種には、栽培に適する温度条件の上限に関する情報がないため、栽培適地が拡大する結果となったが、令和3年度調査³⁾では、気温上昇に伴う様

表 5 現在を基準とした将来の年平均気温と年最低気温の上昇幅

	RCP2.6		RCP8.5	
	21世紀中頃 (2040~2060年)	21世紀末 (2080~2100年)	21世紀中頃 (2040~2060年)	21世紀末 (2080~2100年)
年平均気温	1.0~1.5℃程度	1.0~1.5℃程度	1.5~2.0℃程度	3.0~4.0℃程度
年最低気温	0.0~1.0℃程度	0.5~1.5℃程度	1.0~2.0℃程度	2.5~4.0℃程度

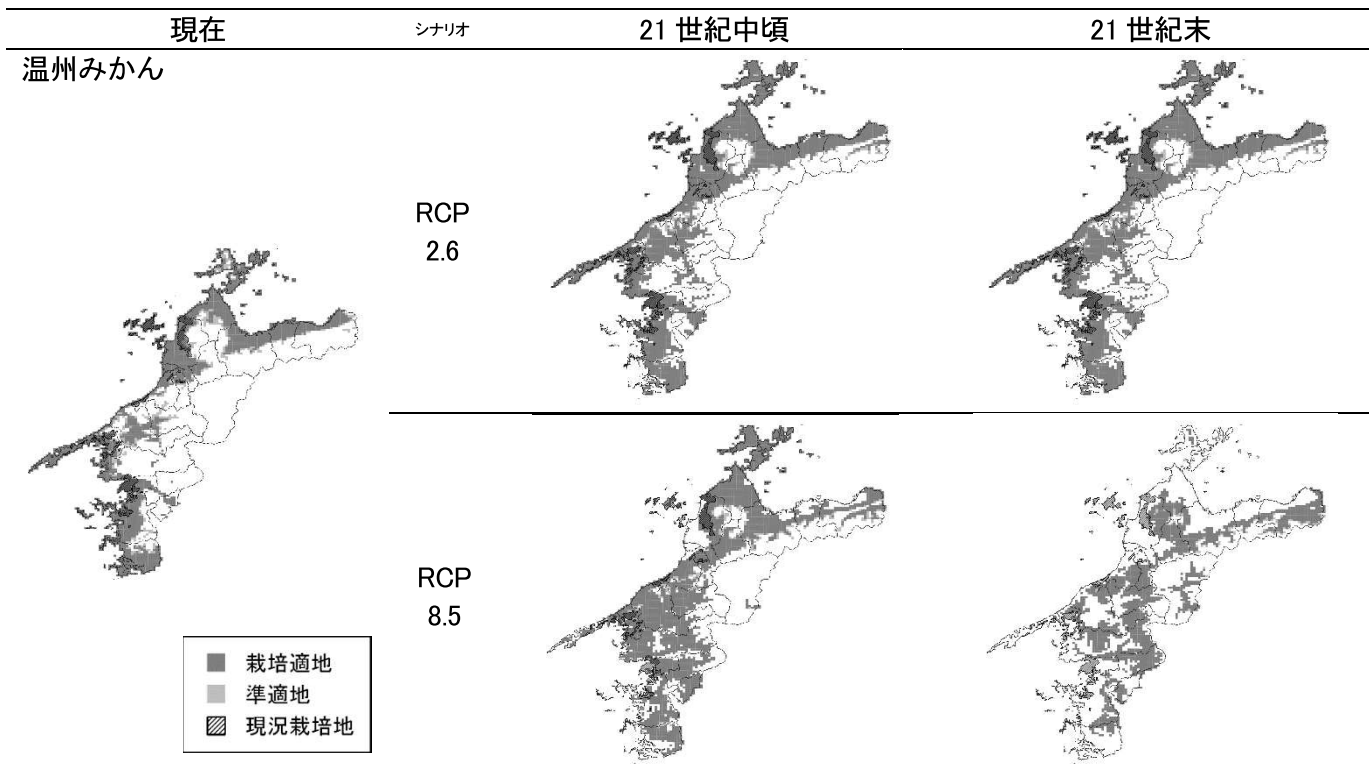


図 2 温州みかんの将来の栽培適地の変化

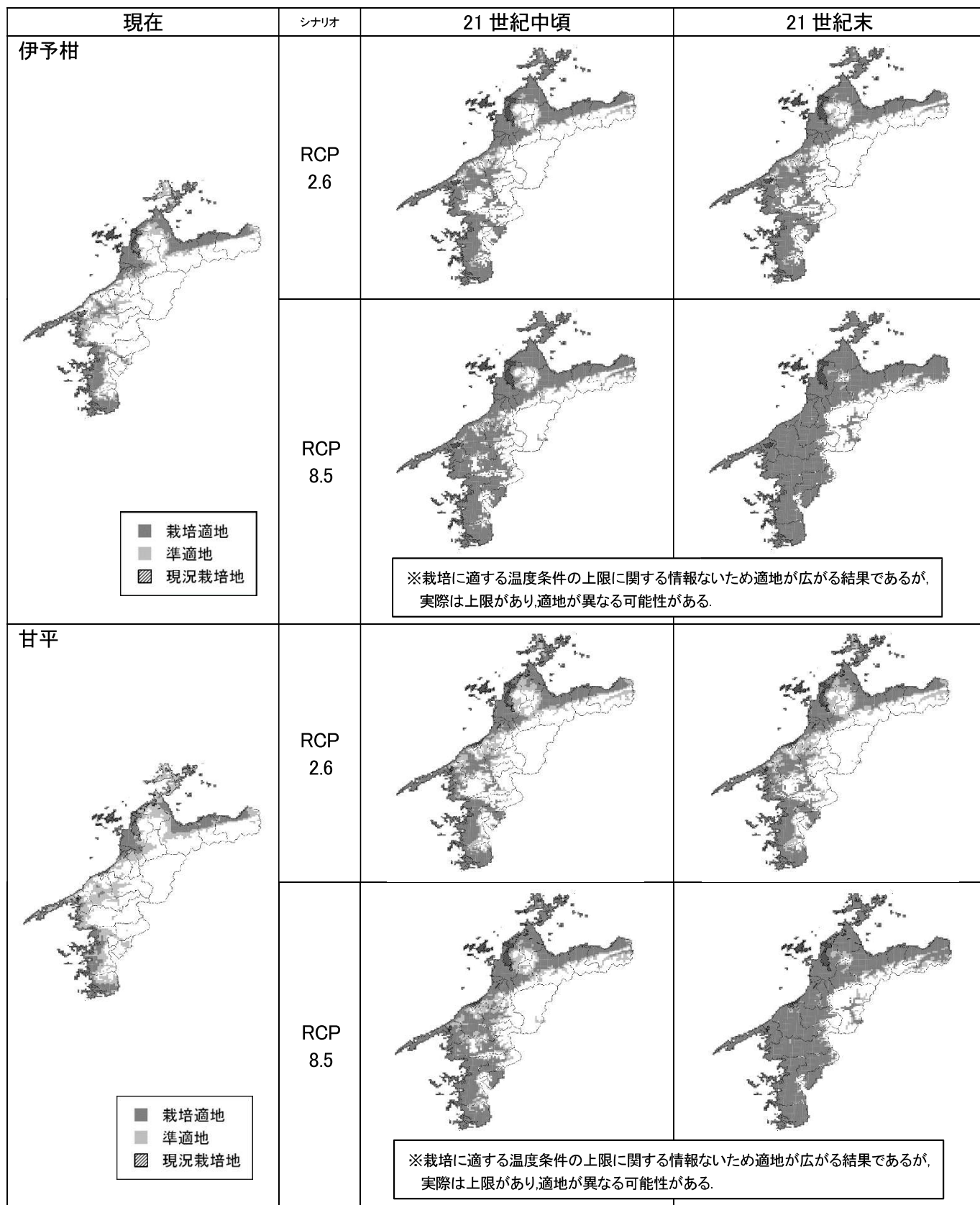


図 3 伊予柑・甘平の将来の栽培適地の変化

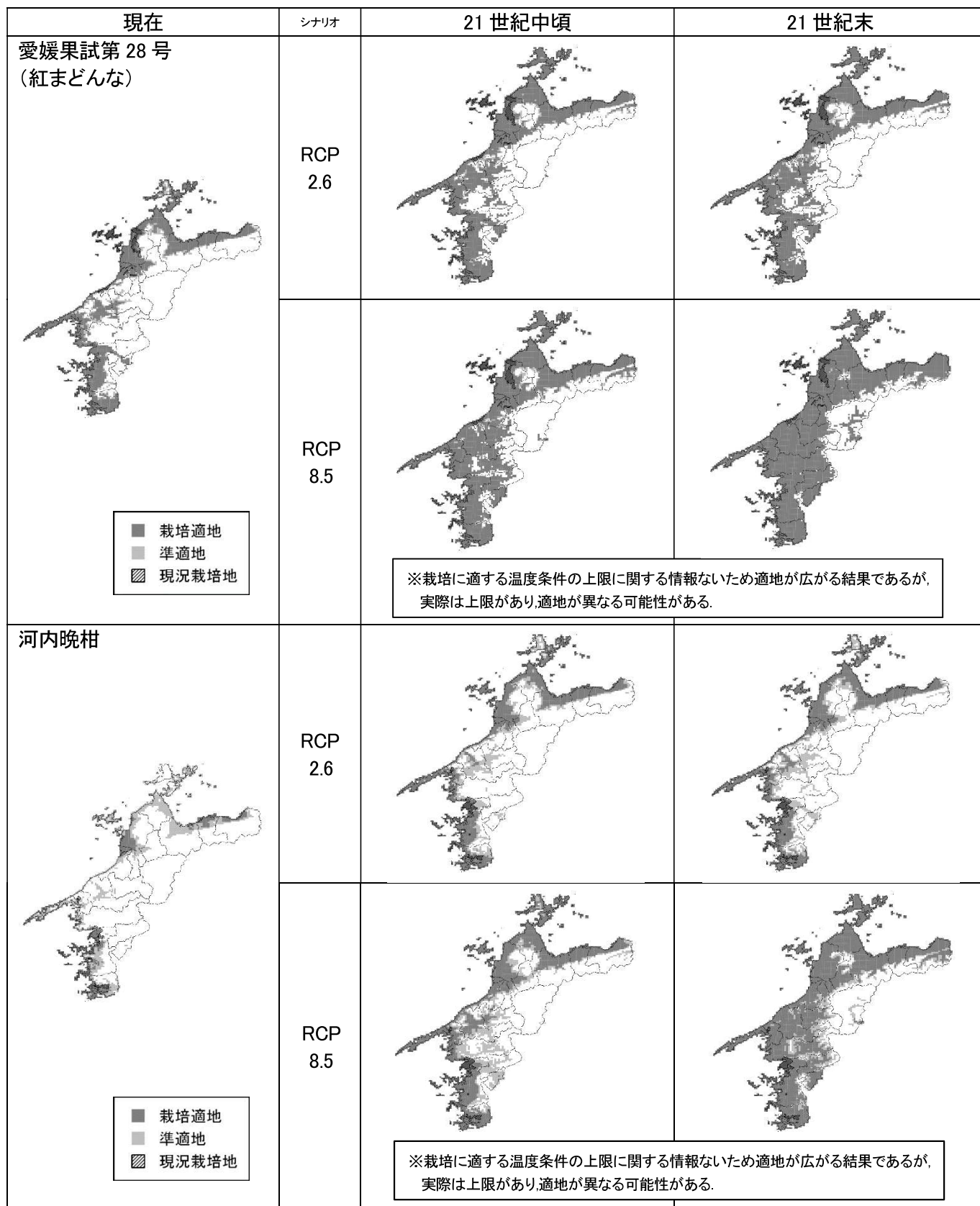


図 4 愛媛県試第 28 号(紅まどんな)・河内晩柑の将来の栽培適地の変化

々な影響が報告されている等、本予測結果のとおり適地が拡大する可能性は低いと考えられることから、より実情に即した予測を行うためには、栽培気温の上限に関する調査等が必要である。

公表・普及啓発

令和3年度に農林水産関係者や県民等を対象として「えひめ気候変動適応セミナー」を開催し、本稿の中間報

告を行った。また、愛媛県気候変動適応協議会を年2～3回程度開催し、情報収集や将来予測の結果等を適宜情報共有したほか、普及啓発用のリーフレットを作成し、農林水産団体をはじめ市町、企業等へ送付するとともに、県ホームページでの公表を行った。

まとめ

1 農業協同組合や生産者は、気候変動による「果皮障害・腐敗果」や「浮皮」、「病虫害の発生」等を深刻な影響と捉えていた。一方で、成長がよくなったことや、山間部での品質向上、適地が広がった等の好影響に関する意見もあったが、メリットよりもデメリットの方が確実に大きいとの意見が多かった。

また、夏季の作業中の熱中症を懸念する声も多く、適切な休憩・飲水等の基本対策及び、暑さ指数計の活用等の啓発が必要と考えられる。

2 柑橘栽培関係者の実感から、栽培適地が変化している可能性が示唆されたことから、農研機構地域気候シナリオ2017を用いて、栽培適地（準栽培適地）の将来予測を行った。その結果、温州みかんは、RCP8.5の21世紀末の場合では、気温が上昇するため現在の栽培場所である海岸付近が適地の範囲から外れる傾向が見られた。一方、その他の柑橘類（伊予柑、甘平、愛媛果試第28号（紅まどんな）、河内晩柑）には、栽培に適する温度上限に関する情報がないため栽培適地が拡大する結果となったことから、より実情に即した将来予測を行うためには、これら不足している情報に関する調査等が必要である。

謝辞

本調査は令和3年度及び4年度の「環境省 国民参加による気候変動情報収集・分析委託業務（愛媛県）」により実施したものである。

収集した情報の分析や計算計画の立案、結果の妥当

性の検証等に御協力いただいた、国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構の西森 基貴氏、杉浦俊彦氏に深謝いたします。

文献

- 1) 愛媛県:令和2年度国民参加による気候変動情報収集・分析委託業務報告書, (2021)
- 2) 山内ほか:愛媛県立衛生環境研究所年報第23号, (2022)
- 3) 愛媛県:令和3年度国民参加による気候変動情報収集・分析委託業務報告書, (2022)
- 4) 愛媛県:令和4年度国民参加による気候変動情報収集・分析委託業務報告書, (2023)
- 5) 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構:気候変動が果樹生産適地に及ぼす影響に係る影響評価(平成31年度地域適応コンソーシアム全国運営・調査事業委託業務報告書)
- 6) 杉浦ほか:年平均気温の変動から推定したリンゴおよびウンシュウミカンの栽培影響に対する地球温暖化の影響(2004年1月, 園藝學會雑誌)
- 7) Sugiura *et al.*: J Japan.Soc.Hort.Sci 83(2): 117 - 121 (2014)
- 8) 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構:日本全国1km地域気候予測シナリオデータセット(農研機構地域気候シナリオ2017), http://metadata.diasjp.net/dmm/doc/SICAT_SDS_1kmJP_NARO2017_V2_7r-DIAS-ja.html
- 9) 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構:農研機構メッシュ農業気象データ, <https://amu.rd.naro.go.jp>
- 10) 愛媛県:愛媛県果樹農業振興計画, (2021)
- 11) 農林水産省:果樹農業の振興を図るための基本方針(果樹農業振興基本方針), (令和2年)

Climate Change Impacts and Future Projections for Citrus Agriculture in Ehime Prefecture

Katsuyuki UNO, Hideaki YOKOMIZO, Masanobu YAMAUCHI,
Yoshiko IZUMI, Tomoko HATTORI, Minako MOCHIZUKI

In order to promote climate change adaptation measures, the "agricultural sector (citrus)" was selected as an issue that requires priority action based on the situation in Ehime Prefecture identified through a survey conducted by the Ministry of the Environment's "FY2020 Citizen Participation in Climate Change Information Collection and Analysis Program (Ehime Prefecture)". The study team collected detailed information on the effects of climate change on citrus fruits from farmers and others, and calculated the suitable areas for citrus cultivation in the future.

The results of the information collection showed that while there were some negative effects such as peel puffing of Unshu mandarin oranges and rind disorders of Iyo tangor, there were also positive effects such as improved growth, but many reported that the disadvantages were greater than the advantages.

Based on these results, future suitable cultivation areas were predicted for five citrus varieties, which are the key citrus varieties in the prefecture, by comparing the cultivation conditions with statistical downscaling data (NARO Regional Climate Scenario 2017). In the case of RCP8.5 at the end of the 21st century, the current cultivation site near the coast tends to be removed from the range of suitable cultivation sites due to rising temperatures, although other environmental and social conditions other than temperature are not taken into account.