

3.5 東海地域

3.5.1 ニーズのある品目・項目

東海地域のアンケートに基づき、ニーズのある品目・項目を別紙に記載しました。別紙に●印のない品目・項目は、ニーズはあるものの、影響評価事例がないため、将来展望に記載していない品目・項目となります。

3.5.2 対象とする品目・項目

将来展望では、ニーズのある品目・項目のうち、影響評価事例のあるものを対象としました。東海地域について対象とした品目・項目と、既存文献の活用手法について表 3.5-1 に整理しました。

表 3.5-1 本調査で対象とする品目・項目

No	分野	品目	項目	回答 自治体数	活用手法 ¹⁸⁸	備考 ¹⁸⁹
1	水稻	水稻	収量	10	既存文献引用	
			品質 ¹⁹⁰	11	既存文献引用	
			病害虫	3	新規影響評価	
2	果樹	ブドウ	着色不良	5	新規影響評価	
		リンゴ	栽培適地	2	新規影響評価	
			日焼け 多発生年	1	既存文献引用	他地域情報
		ウンシュウ ミカン	浮皮多発生年	1	既存文献引用	他地域情報
		モモ	凍害多発生年	1	既存文献引用	
		オウトウ	高温影響 ¹⁹¹	1	既存文献引用	※ ¹⁹² §4 参照
3	野菜	ブロッコリー	異常花蕾 (ブラウンビーズ)	1	既存文献引用	他地域情報
		トマト	成長速度	1	既存文献引用	§4 参照
		全般	病害虫	1 (トマト、 キュウリ、 ホウレンソウ、 エダマメ)	新規影響評価	

¹⁸⁸ 新規影響評価：既存文献の情報をもとに、新規に影響評価を実施しました。既存文献引用：既存文献の影響評価の結果を直接引用しました。

¹⁸⁹ 「他地域情報」と記載のある品目・項目については、当該地域の既存文献等がなかったため、その他の地域の情報を参考として掲載しています。

¹⁹⁰ 白未熟粒、不稔、登熟不良を含みます。

¹⁹¹ 高温により栽培ができなくなる可能性があります。

¹⁹² 定量的評価の際に、時間別気温データが必要となります。将来の時間別気候シナリオの作成が困難であるためレビューに留めました。

No	分野	品目	項目	回答 自治体数	活用手法 ¹⁸⁸	備考 ¹⁸⁹
4	麦・大豆・飼料作物等	麦類	強制登熟	1	既存文献引用	他地域情報
			生育期間	1	既存文献引用	
		大豆	発育期	1	既存文献引用	他地域情報
			栽培適地	2	既存文献引用	他地域情報
		飼料作物	栽培適地 ¹⁹³ (牧草)	1	既存文献引用	※ ¹⁹⁴
			収量 (寒地型牧草)	1	既存文献引用	他地域情報
			収量 (飼料用トウモロコシ)	1	既存文献引用	他地域情報
5	工芸作物	茶	栽培適域	1	新規影響評価	
			病害虫	3	新規影響評価	
6	畜産	肉用豚	増体量	3	新規影響評価	
		肉用鶏	増体量	1	新規影響評価	
		乳用牛	乳量、 乳生産量	6	既存文献引用	※ ¹⁹⁵ §4 参照
7	農業生産基盤	農業生産基盤	農業用水	5	既存文献引用	
			農業施設 (頭首工等)	1	既存文献引用	
			ため池 ¹⁹⁶	1	既存文献引用	
8	森林・林業	スギ林	生育適地	1	新規影響評価	
		マツ林	マツ枯れ危険域	1	新規影響評価	
		シカ	分布域	1	既存文献引用	
9	水産業 ¹⁹⁷ (増養殖等)	ノリ	養殖適期	2	既存文献引用	§4 参照
10	水産業 ¹⁹⁷ (回遊性魚介類)	カツオ	回遊経路	1	既存文献引用	§4 参照

¹⁹³ 耐暑性牧草の育種や暖地型牧草への転換等の対策を検討する必要があります。

¹⁹⁴ 定量的評価の際に必要なデータが入手が出来なかつたためレビューに留めました。

¹⁹⁵ 定量的評価の際に、時間別気温データが必要となります。将来の時間別気候シナリオの作成が困難であるためレビューに留めました。

¹⁹⁶ 豪雨の増加、降雨強度の高まりによる用排水路への影響。

¹⁹⁷ 水産業（増養殖等）、水産業（回遊性魚介類）への分類は、原則として、地域ニーズに関するアンケートに基づいて分類しました。

3.5.3 気候予測

3.5.3.1 気温

【全国】

図 3.5-1 に日本の 1981-2000 年および 2046-2055 年 (RCP8.5) の年平均気温を示します。1981-2000 年の年平均気温と比較して、2046-2055 年には全国的に上昇することが予測されています。

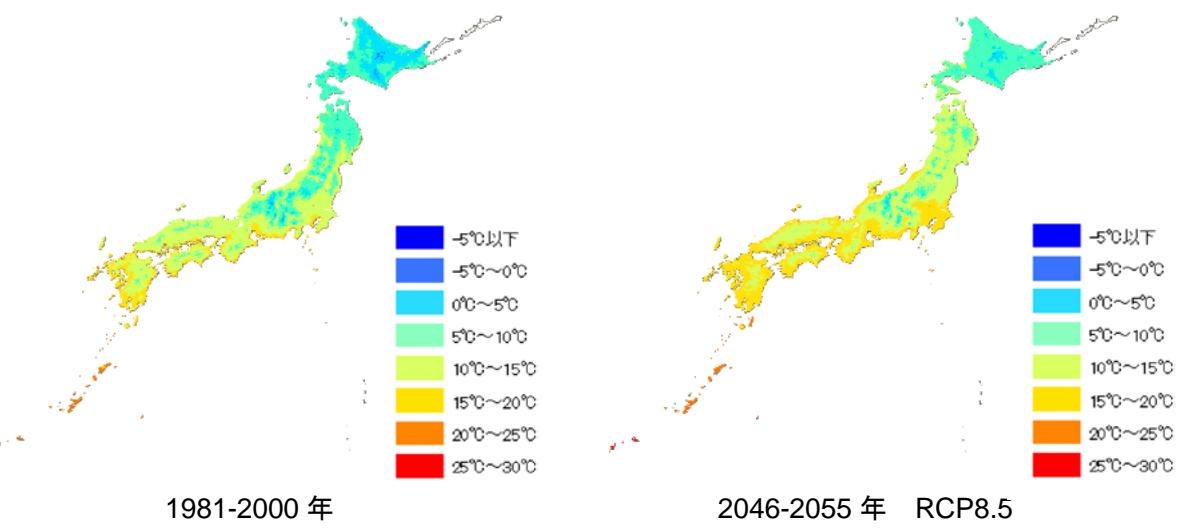


図 3.5-1 年平均気温

【東海】

図 3.5-2 に東海の 1981-2000 年および 2046-2055 年 (RCP8.5) の年平均気温を示します。1981-2000 年の年平均気温と比較して、2046-2055 年には上昇することが予測されています。

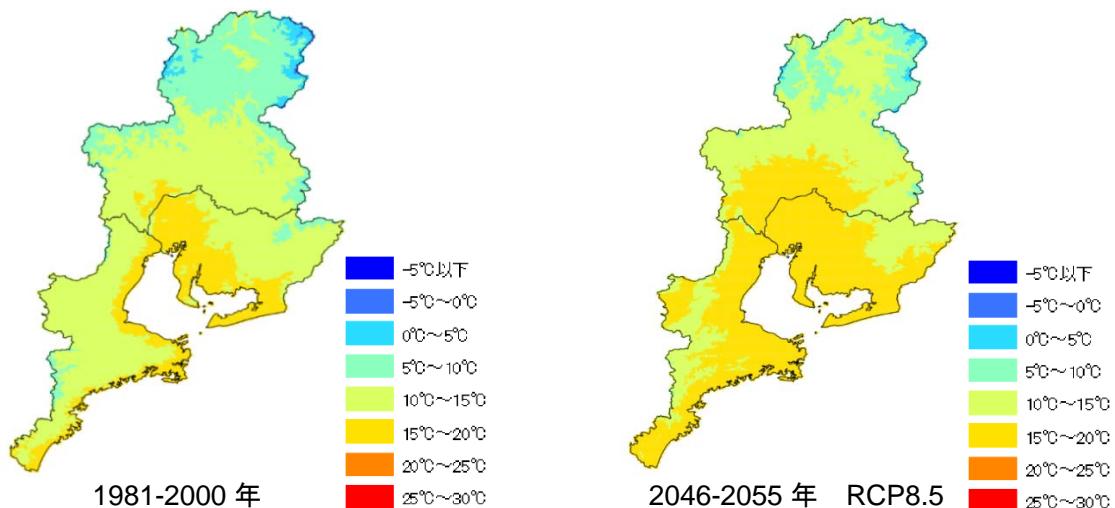


図 3.5-2 年平均気温（東海地域）

以下では、1981-2000 年および将来 3 期間（RCP 別）のそれぞれの 10 年における予測値を箱ひげで記載しています。箱ひげの見方については図 3.5-3 を参照下さい。

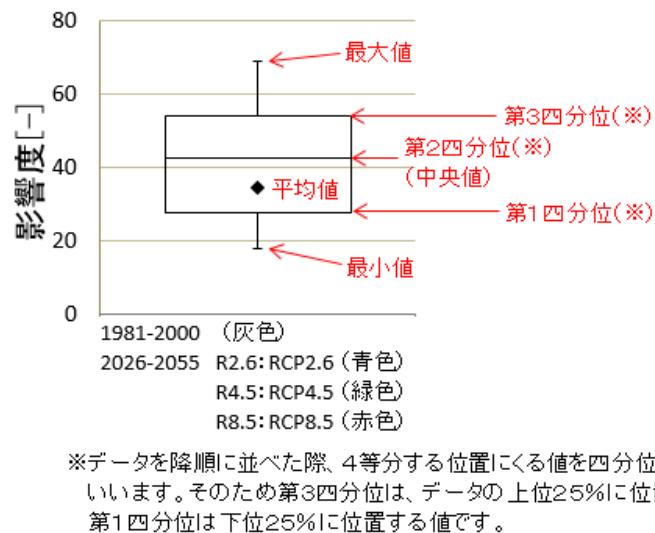
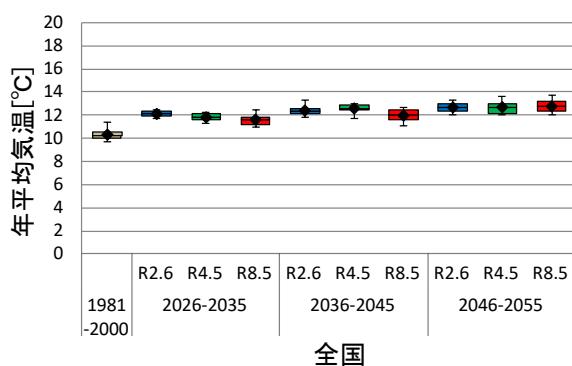


図 3.5-3 箱ひげの解説

図 3.5-4 に東海における年平均気温の推移を示します。

【全国】



【東海】

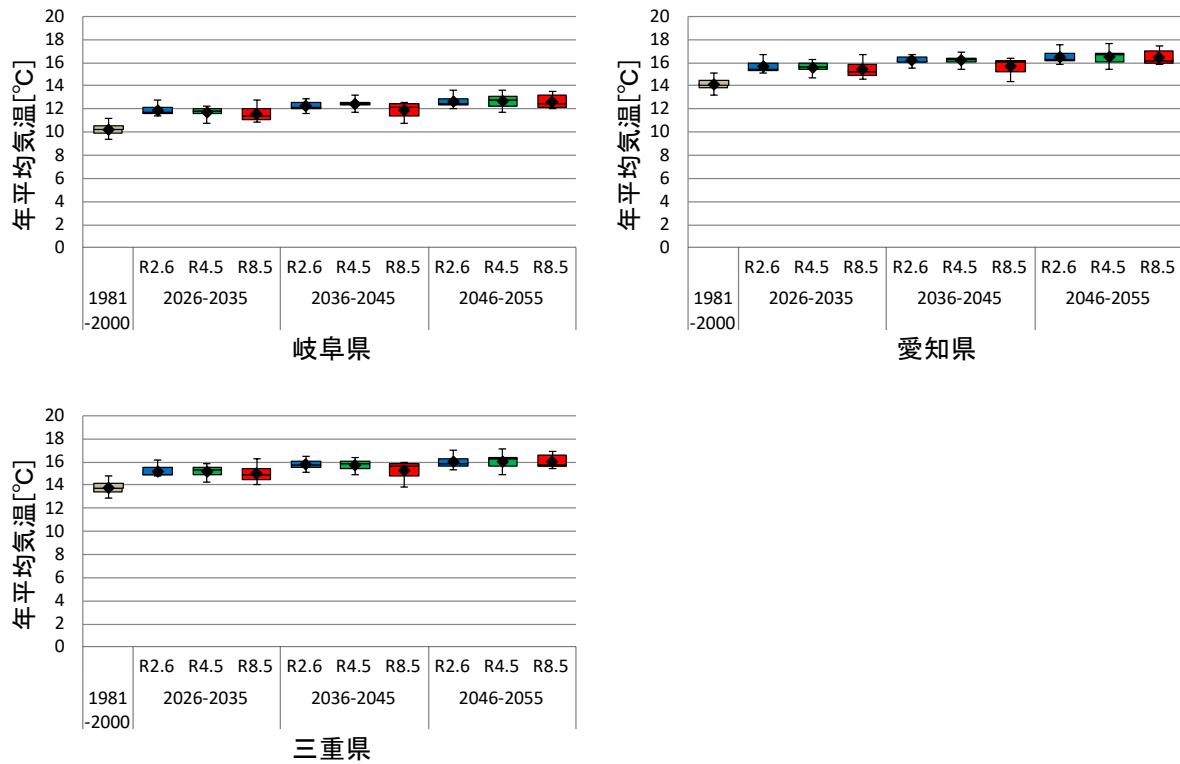


図 3.5-4 年平均気温の推移

3.5.3.2 降水量

【全国】

図 3.5-5 に日本の 1981-2000 年および 2046-2055 年 (RCP8.5) の年降水量を示します。1981-2000 年の年降水量と比較して、2046-2055 年は全国的に増加する場合と減少する場合があり、有意な差は見られません。

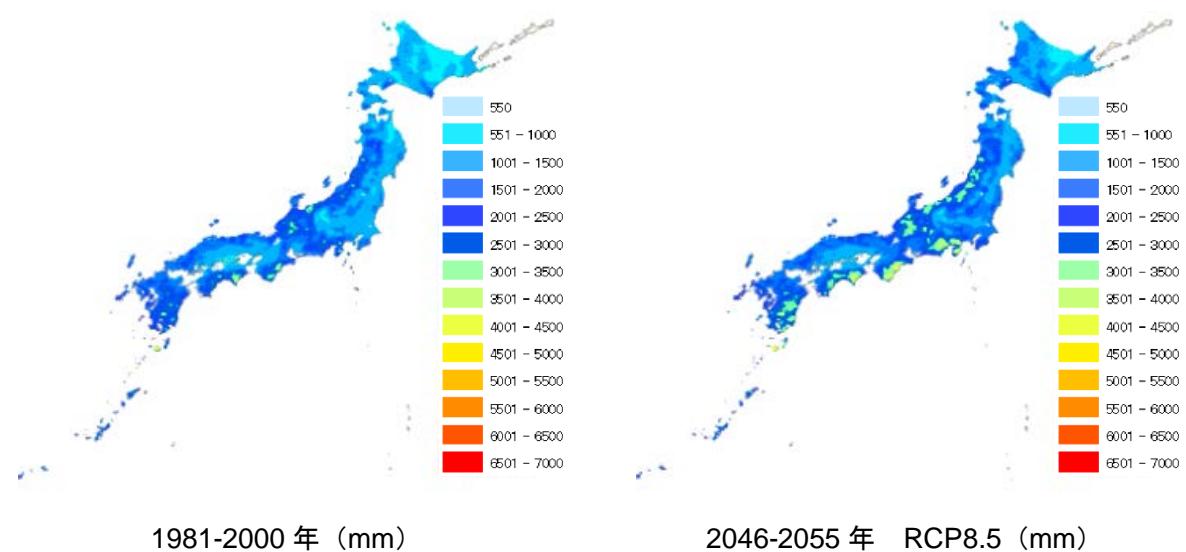


図 3.5-5 年降水量

【東海】

図 3.5-6 に東海の 1981-2000 年および 2046-2055 年 (RCP8.5) の年降水量を示します。1981-2000 年の年降水量と比較して、2046-2055 年には増加することが予測されています。

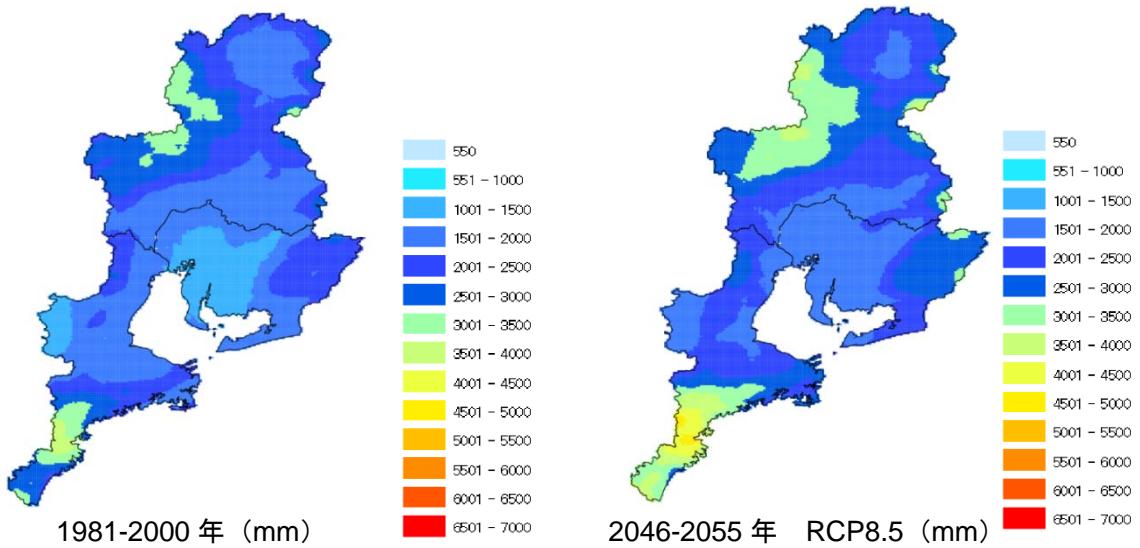
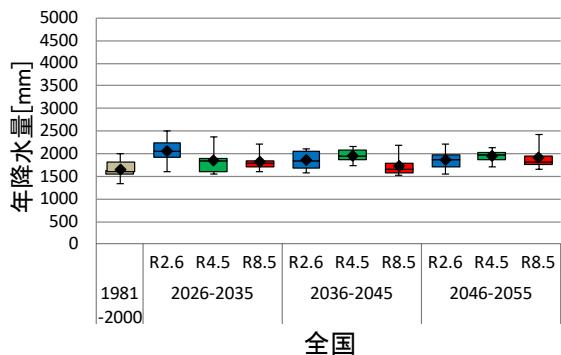


図 3.5-6 年降水量（東海地域）

図 3.5-7 に東海における年降水量の推移を示します。

【全国】



【東海】

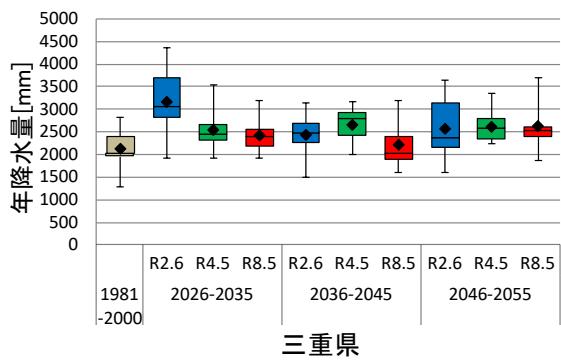
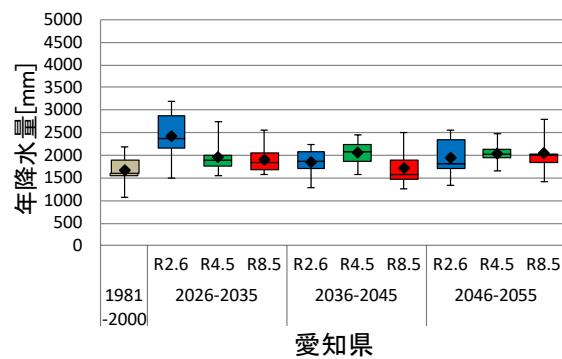
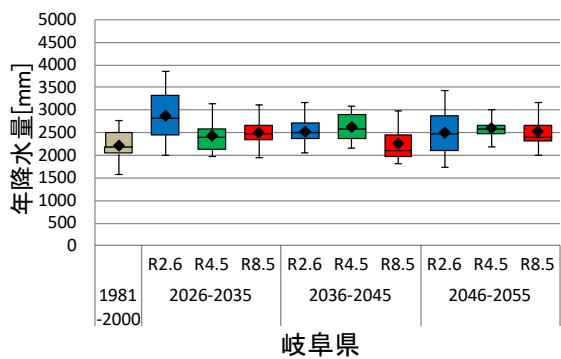


図 3.5-7 年降水量の推移

3.5.4 影響予測

3.5.4.1 農業

(1) 水稻

(ア) 現在の影響状況

本事業において実施した自治体へのアンケート結果によると、気候変動による水稻への影響として、白未熟粒や胴割粒の発生¹⁹⁸、病害虫の増加や種類の変化、水資源の減少といった影響が報告されています(図 3.5-8)。また、平成 30 年 10 月に公表された農林水産省「平成 29 年地球温暖化影響調査レポート」では、表 3.5-2 に示す水稻への影響が経年的に報告されています。

表 3.5-2 水稻への影響一覧

	全国 (47)	北日本 (7)	東日本 (17)	西日本 (23)	参考			
					H28	H27	H26	H25
白未熟粒の発生	23	0	5	18	27	20	17	27
虫害の多発	9	0	6	3	8	6	4	8
粒の充実不足	4	0	0	4	6	8	8	10
胴割粒の発生	4	1	1	2	5	3	5	8
登熟不良	3	1	1	1	2	3	—	—
生育不良	2	0	1	1	1	1	—	—
病害の多発	1	0	1	0	2	4	—	—
作期の前進	1	0	1	0	—	—	—	—
穂発芽	1	0	1	0	—	—	—	—

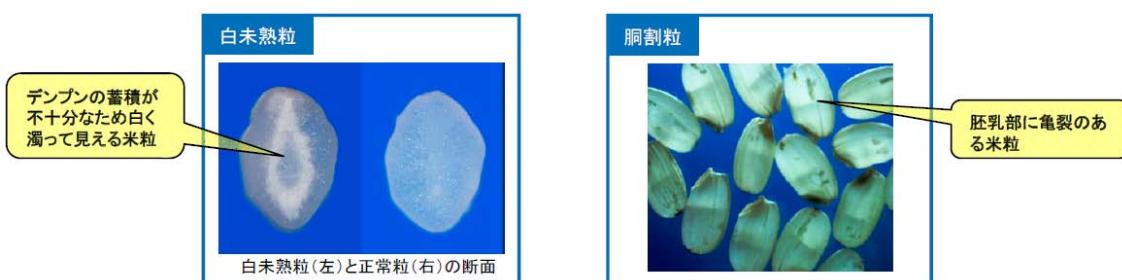


図 3.5-8 白未熟粒と胴割粒

出典：農林水産省「H27 地球温暖化影響調査レポート」

(イ) 将来予測される影響

本事業において実施した自治体へのアンケート結果によると、「収量」や「品質」¹⁹⁹の変化、「病害虫」の変化、「台風の多発」による影響に関する情報提供が求められています。現

¹⁹⁸ これまでの試験等から、出穂後約 20 日間の平均気温が 26~27°C 以上で白未熟粒の発生割合が増加し、出穂後 10 日間の最高気温が 32°C 以上で胴割粒の発生割合が増加するなどの影響を受けることが知られています(農林水産省「H27 地球温暖化影響調査レポート」より)。

¹⁹⁹ 形質、白未熟粒、不稔、登熟不良等。

状の研究状況に鑑みると、東海地域を含んで定量的に影響評価が実施されているのは水稻の「収量」や「品質」²⁰⁰、そして「病害虫」に留まります。ここでは、「収量」「品質」「病害虫」に関する将来の影響を示します。

■ 収量

水稻の「収量」については、農林水産省委託プロジェクト研究の平成29年度研究成果発表会（2018）²⁰¹や石郷岡ら（2014）²⁰²に報告されています。ここでは当該結果について記載します。ただし、ここで示される収量は、未熟米や屑米を含む粗玄米収量とします。

<農林水産省委託プロジェクト研究の平成29年度研究成果発表会（2018）>

【東北～近畿】

最新の気候シナリオ（1つのGCMモデル（MIROC5）、1つの排出シナリオ（RCP4.5））と最新の影響評価モデルを用いて、現在（1981-2000年）と近未来（2041-2060年）の玄米収量の変化率を予測しました（図3.5-9）。なお、移植日・品種は作柄表示地帯ごとに現在のもので固定しました。「CO₂濃度による增收効果は高温条件で抑制される」という新たな知見を組み込んだ最新のモデルによる予測の結果、従来の結果に比べて予測収量が低下する結果となりました。

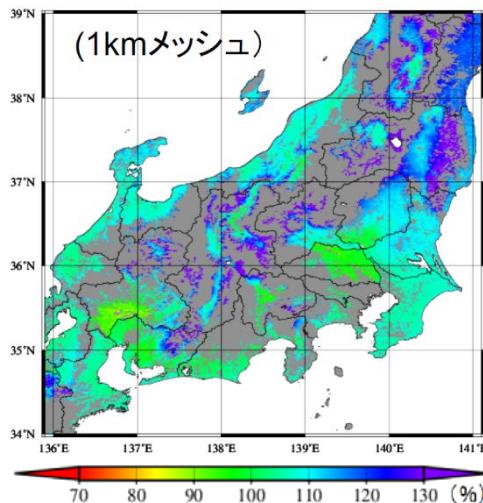


図3.5-9 近未来（2041-2060年）における相対玄米収量の予測結果の例

（排出シナリオ：RCP4.5、気候モデル：MIROC5）

²⁰⁰ 「品質」そのものの評価ではなく、品質低下リスクとしての評価であることに留意下さい。

²⁰¹ 桑形恒男（2018）：気候変動が水稻作に与える影響と適応技術の評価、農林水産省委託プロジェクト研究「農林水産分野における気候変動対応のための研究開発」平成29年度研究成果発表会 地球温暖化時代の日本の農業・水産業～その変化と適応策～、ポスターNo.26, (<http://ccaff.dc.affrc.go.jp/conference2018/pdf/026.pdf>)

²⁰² 石郷岡康史ら（2014）：S-8-1(6) 農業・食料生産における温暖化影響と適応策の広域評価. S-8 温暖化影響評価・適応政策に関する総合的研究 2014 報告書「日本への影響」－新たなシナリオに基づく総合的影响予測と適応策－、9-10。

<石郷岡ら (2014) >

【全国】

石郷岡ら (2014) では、現行の移植日、品種、栽培条件を想定した収量への影響評価を実施しています。図 3.5-10 に影響評価の対象期間が 21 世紀半ば (2031-2050 年)、気候モデルが MIROC5 の場合の、現在の収量からの変化率を示します (現在の収量 = 1)。

粗玄米収量は全般に増加傾向を示します。また、現在、低温が問題となっている中部地方の山間部、東日本や北海道の一部においては増加が予測されています。

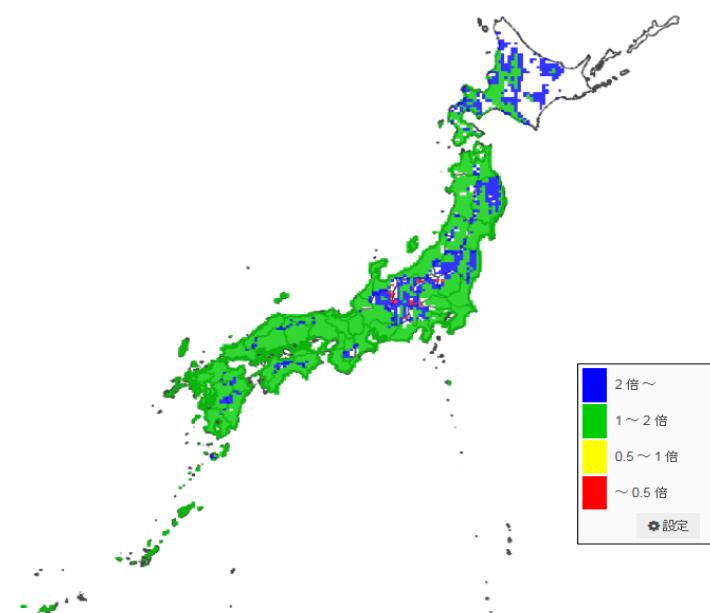


図 3.5-10 現行の移植日と栽培管理を想定した場合の水稻の収量の変化
(気候モデルが MIROC5,RCP2.6 の場合)

【東海】

石郷岡ら（2014）による影響評価結果について、図 3.5-11 に 21 世紀半ば（2031-2050 年）および 21 世紀末（2081-2100 年）における、複数の気候モデルを用いて予測した粗玄米収量の変化率（現在の収量=1）を示します。21 世紀半ば（2031-2050 年）では、いずれの県も現状維持もしくは増加が予測されています。なお、計算では、第 2 次地域区画（2 次メッシュ）で国土数値情報土地利用メッシュ 2006 年版における水田面積比率が 1 % 以上のメッシュを 計算対象としていますが、気象データはメッシュ全体の平均を用いているため、山間部ではメッシュ標高が実際の水田の標高よりも高く、基準期間（1981-2000）の平均収量がかなり過小評価される傾向にあります。このため、将来の予測収量の相対値が大きく見積もられる場合があります。

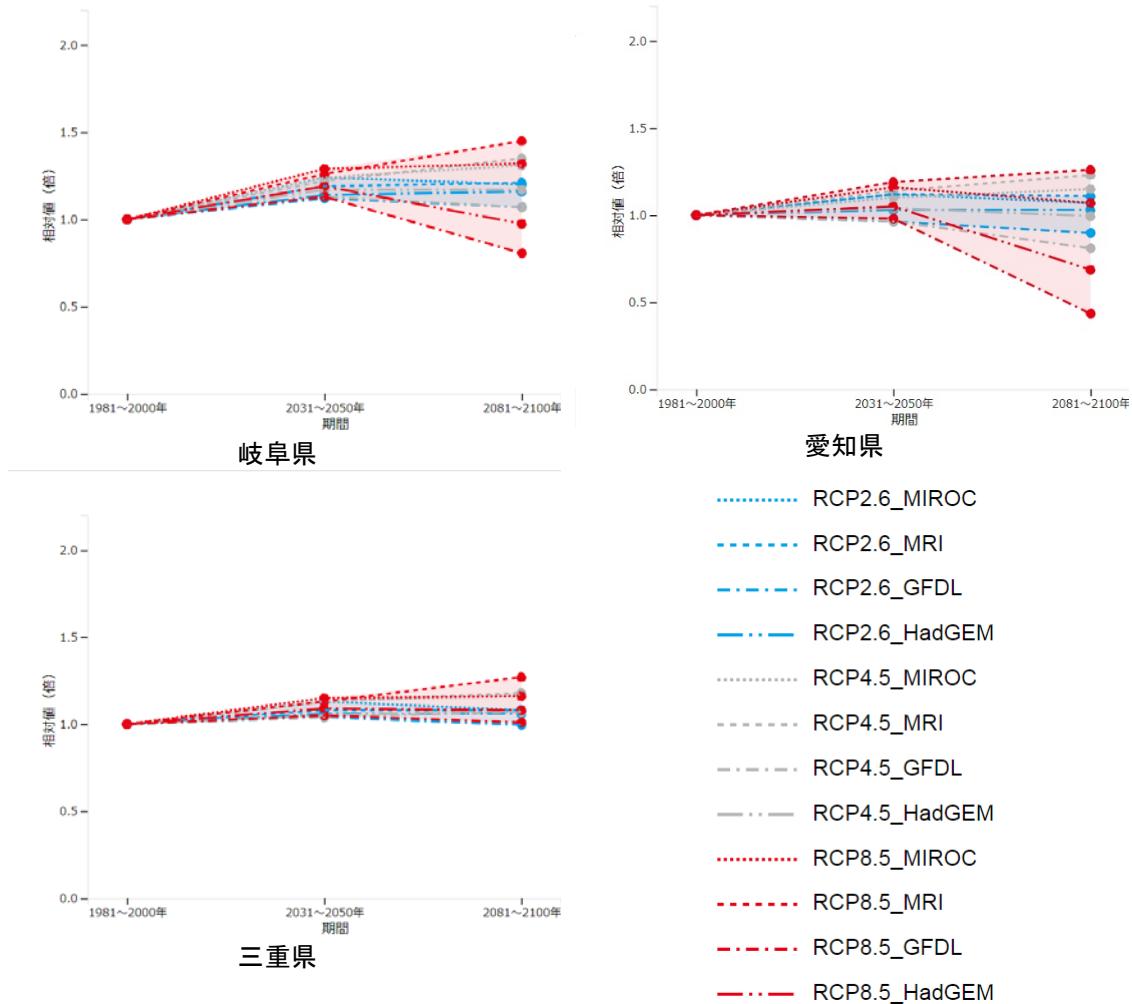


図 3.5-11 現行の移植日と栽培管理を想定した場合の水稻の収量の変化
(現在の収量 = 1, 4 つの気候モデルの結果)

■ 品質

水稻の「品質」に関連する品質低下リスク指標については、石郷岡ら（2014）²⁰³に報告されています。ここでは当該結果について記載します。ただし、ここでは、出穂後20日間における日平均気温26°C以上の積算気温（HDD²⁰⁴）を指標として、高温による品質低下リスクを分類し、HDDが20°C日未満の条件で得られる収量を品質低下リスクの低い（＝「リスク低」）コメとしました。

【全国】

石郷岡ら（2014）による影響評価結果について、対象期間（1981～2100年）における全生産量を100とした場合の、現行移植日を想定した予測結果を図3.5-12に示します。HDDの値が高い（すなわち高温による品質低下リスクが高い）生産物の割合が大きく増加することが予測されました。

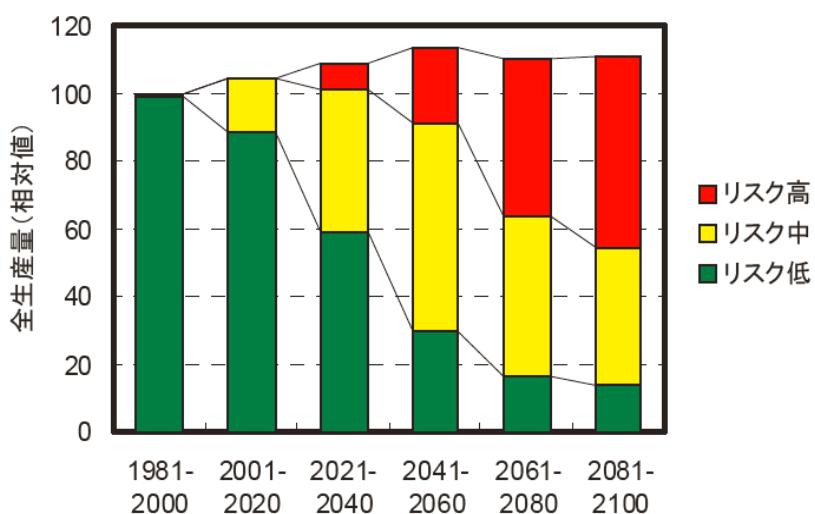


図3.5-12 全生産量の20年毎の推移（MIROC3.2-hires A1b；適応なし）²⁰⁵

図3.5-13に、21世紀半ば（2031-2050年）、気候モデルがMIROC5の場合の、品質低下リスクの低い区分の収量の変化率を示します（現在の収量=1）。リスク低区分のコメの収量は、西日本を中心に、減少が予測される地域が認められます。

²⁰³ 石郷岡康史ら（2014）：S-8-1(6) 農業・食料生産における温暖化影響と適応策の広域評価. S-8 温暖化影響評価・適応政策に関する総合的研究 2014 報告書「日本への影響」－新たなシナリオに基づく総合的影響予測と適応策－, 9-10.

²⁰⁴ HDD：出穂後20日間の日平均気温26°C以上の積算値。

²⁰⁵ 各メッシュの算定収量に水田面積を乗じて全国集計したもので、1981～2000の現行移植日による値を100とした場合の相対値で表しました。高温による品質低下のリスク：低（HDD<20）、中（20<HDD<40）、高（40<HDD）。

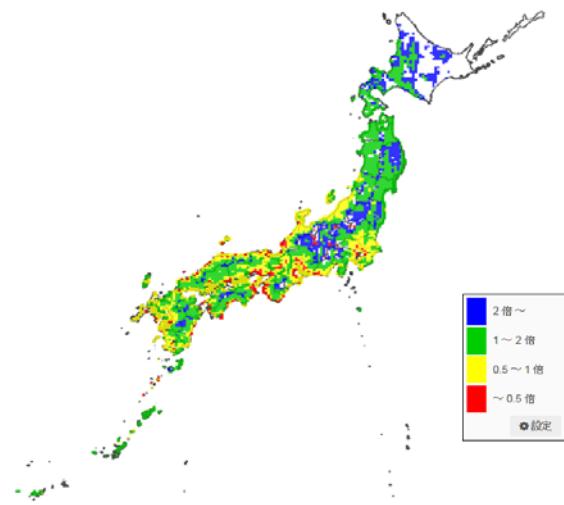
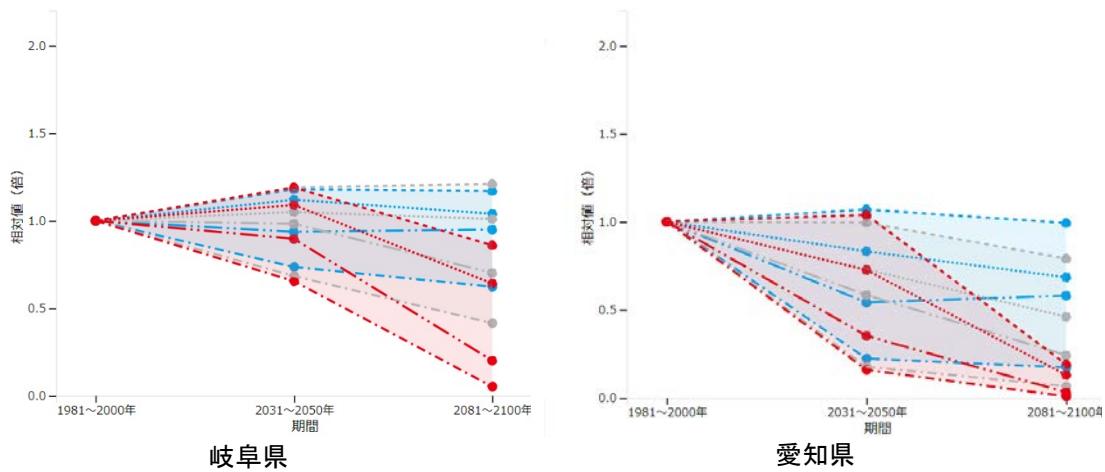


図 3.5-13 現行の移植日と栽培管理を想定した場合の品質低下リスクが低い区分の収量の変化
(気候モデルが MIROC5,RCP2.6 の場合)

【東海】

石郷岡ら (2014) による影響評価結果について、図 3.5-14 に品質低下リスクの低い区分の収量について影響評価結果を示します。対象期間は 21 世紀半ば (2031-2050 年) および 21 世紀末 (2081-2100 年) で、複数の気候モデルを用いた場合の変化率 (現在の収量を 1) が示されています。これによると、21 世紀半ば (2031-2050 年) において、品質低下リスクの低い区分の収量が、どの地域においても大幅に減少を予測しているケースも見られます。



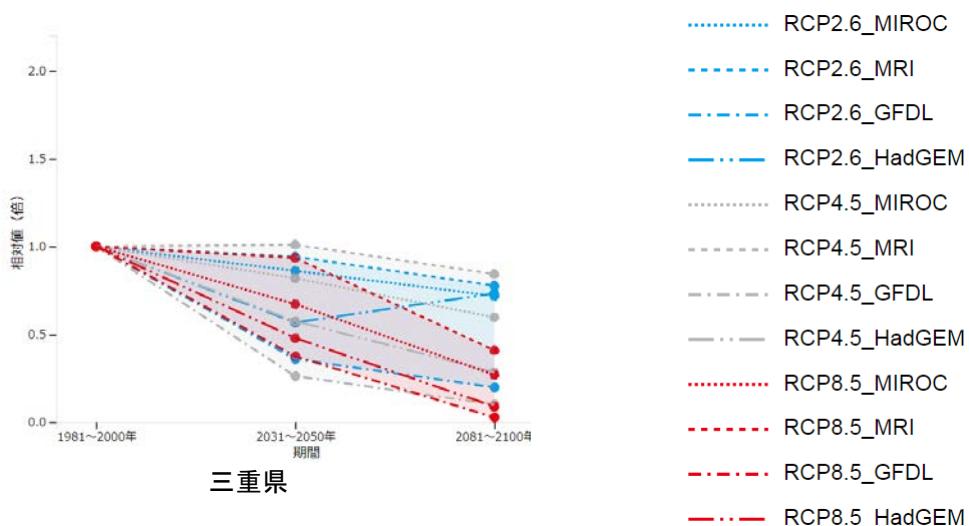


図 3.5-14 高温による品質低下リスクが低い区分の水稻の収量の変化
(現在の収量 = 1, 4つの気候モデルの結果)

■ 病害虫

病害虫について、ここでは「世代数」を評価対象としました。また、害虫として、ニカメイガとヒメトビウンカを対象としました。「世代数」の計算式は定式化されているため (Yamamura et al. (1998)²⁰⁶)、その手法にもとづき影響評価を実施しています。

なお、ある程度気温が上昇すると、害虫の発育が停止することが予測されています。本事業においては、このことを示す発育停止温度や発育阻害温度については考慮していないことに注意下さい。

世代数が増加したとしても、作物が害虫に抵抗力のあるステージに有れば、影響は生じないことが予想されます。したがって、世代数の増加が必ずしも作物への影響につながるわけではないことに留意下さい。

²⁰⁶ Kohji Yamamura and Keizi Kiritani (1998) : A simple method to estimate the potential increase in the number of generations under global warming in temperate zones., Appl. Entomol. Zool. , 33 (2) , 289-298

【全国】

■ ニカメイガ

世代数が増加することが分かります。特に北海道では、0世代から1世代への変化が顕著となります（図 3.5-15）。

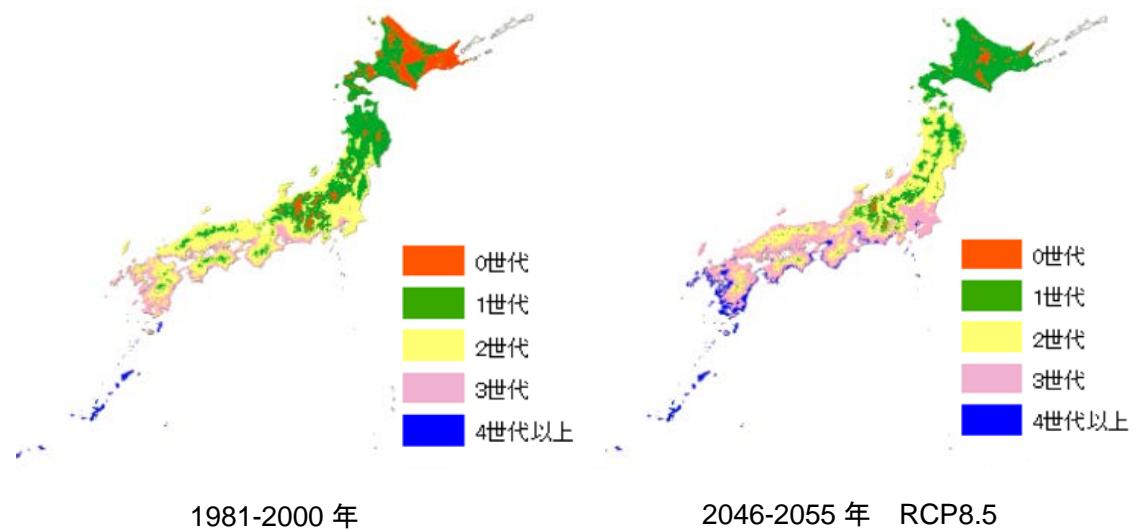


図 3.5-15 ニカメイガの世代数

■ ヒメトビウンカ

世代数が増加することが分かります（図 3.5-16）。

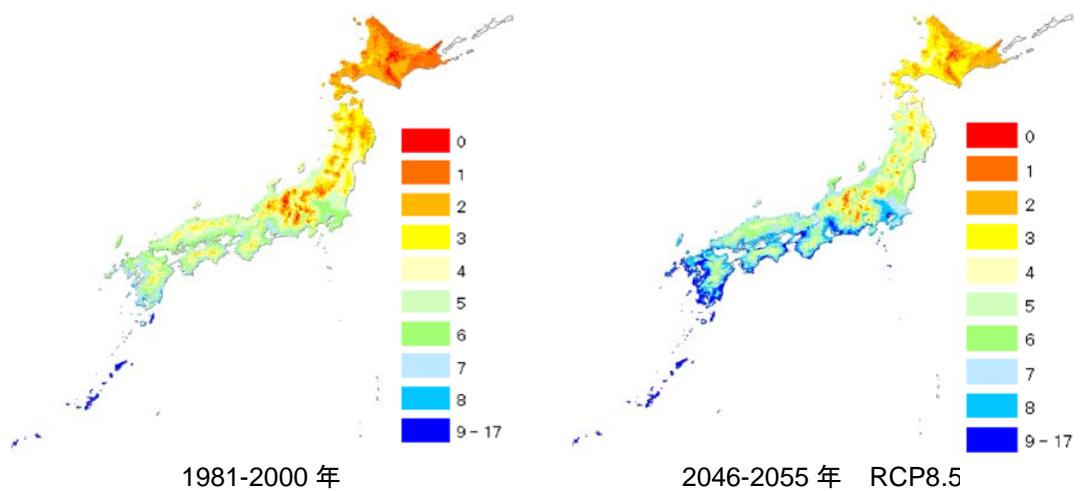


図 3.5-16 ヒメトビウンカの世代数

【東海】

■ ニカメイガ

世代数が増加することが分かります（図 3.5-17）。

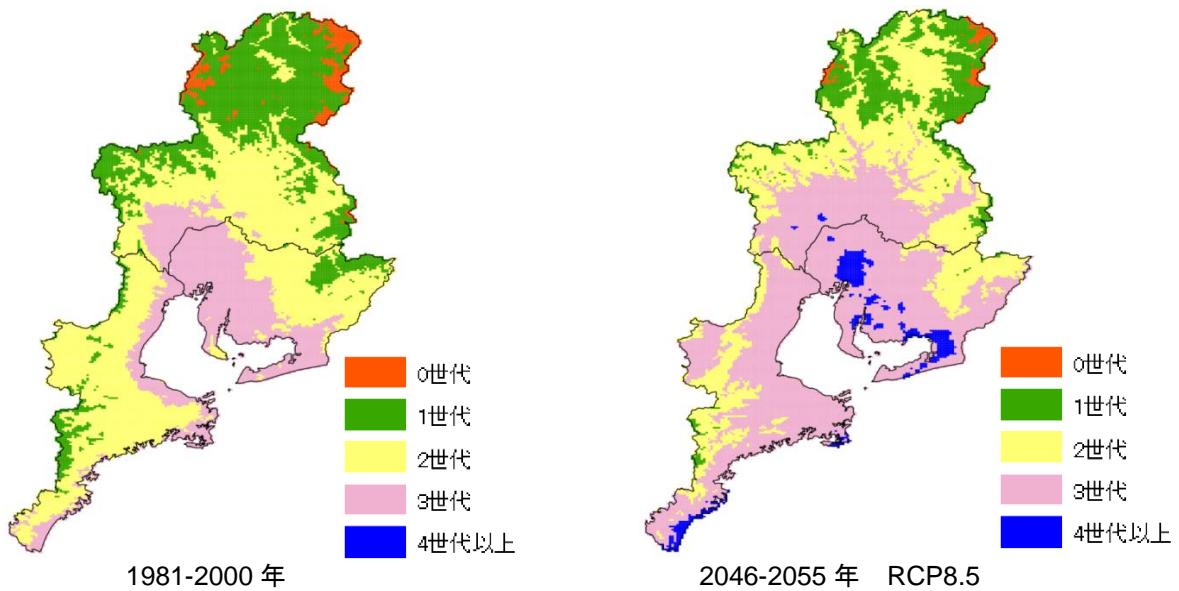


図 3.5-17 ニカメイガの世代数（東海地域）

■ ヒメトビウンカ

世代数が増加することが分かります（図 3.5-18）。

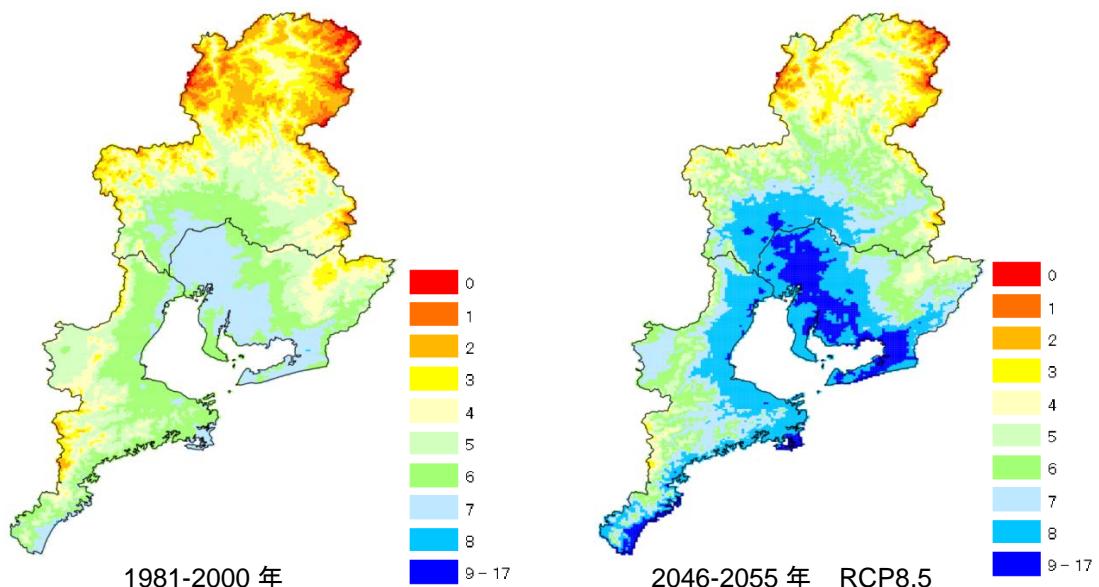


図 3.5-18 ヒメトビウンカの世代数（東海地域）

(ウ) 適応策

水稻への影響に対する適応策については § 5.2.1 を参照下さい。

(2) 果樹

① ブドウ

(ア) 現在の影響状況

本事業において実施した自治体へのアンケート結果によると、気候変動によるブドウへの影響として、着色不良や日焼け果、裂果、生育期間の前進化といった影響が報告されています（図 3.5-19）。また、平成 30 年 10 月に公表された農林水産省「平成 29 年地球温暖化影響調査レポート」では、表 3.5-3 に示すブドウへの影響が経年的に報告されています。

表 3.5-3 ブドウへの影響一覧

	全国 (47)	北日本 (7)	東日本 (17)	西日本 (23)	参考			
					H28	H27	H26	H25
着色不良・着色遅延	25	1	8	16	15	12	6	13
発芽不良	2	0	0	2	3	2	1	1
日焼け果	1	0	1	0	5	4	4	2
凍霜害	1	0	1	0	—	—	—	—
裂果	1	0	1	0	—	1	2	1
果実障害	1	0	1	0	—	—	—	—



図 3.5-19 ブドウ（ピオーネ）の着色不良

出典：農林水産省「H29 地球温暖化影響調査レポート」

(イ) 将来予測される影響

本事業において実施した自治体へのアンケート結果によると、「着色遅延」や「果実品質（着色不良）」への影響、そして「栽培適地」の変化といった影響に対する情報提供が求められています。現状の研究状況に鑑みると、東海地域を含んで影響評価が実施されているのは「着色不良」のみに留まります。

■ 着色不良

ブドウの「着色不良」については、Sugiura et al. (2018)²⁰⁷及びSugiura et al. (2019)²⁰⁸にて研究事例があります。ここでは、当該論文に記載されている内容に基づき、着色不良が多発する地域²⁰⁹（図 3.5-20、図 3.5-21）と果色指数（0：緑～12：黒）（図 3.5-22、図 3.5-23）の将来影響評価を実施しました。

【全国】

現在は近畿地域の都市部と沖縄県の一部を除き、ほとんどの地域で着色良好となっています。将来になるにつれて、近畿以西の沿岸域や関東の都心部、一部の日本海側の沿岸域において着色不良が多発することが予測されました（図 3.5-20）。

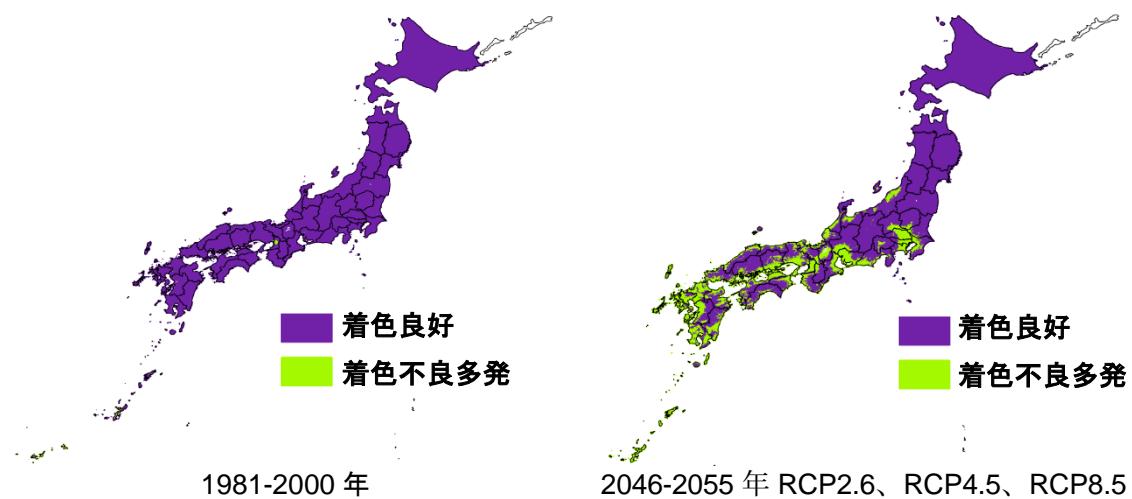


図 3.5-20 ブドウの着色不良が多発する地域

²⁰⁷ Toshihiko Sugiura, Mikio Shiraishi, Shohei Konno and Akihiko Sato(2018) : Prediction of Skin Coloration of Grape Berries from Air Temperature, The Horticulture Journal, Volume 87, Issue 2 Pages 18-25

²⁰⁸ Toshihiko Sugiura, Mikio Shiraishi, Shohei Konno and Akihiko Sato(2019) : Assessment of deterioration in skin color of table grape berries due to climate change and effects of two adaptation measures, Journal of Agricultural Meteorology75 (2) (早期公開 DOI: 10.2480/agrmet.D-18-00032)

²⁰⁹ 各排出シナリオ毎に「着色不良」を予測しました。着色不良と予測された割合が70%以上のメッシュを「着色不良多発」地域としました。

【東海】

2050 年になると沿岸域から内陸部にかけて着色不良が多発することが予測されました（図 3.5-21）。

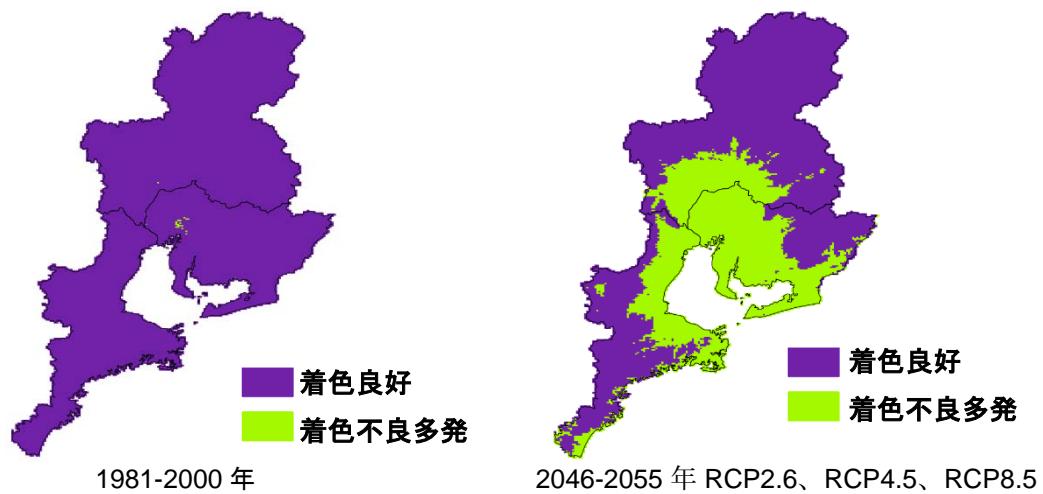
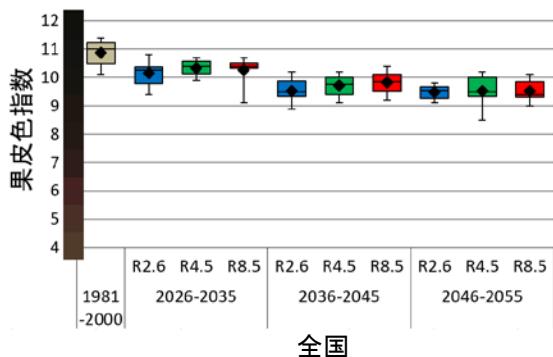


図 3.5-21 ブドウの着色不良が多発する地域（東海地域）

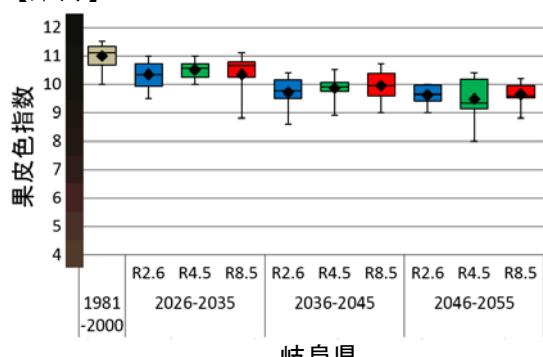
果皮色指数（0：緑～12：黒）の将来推移を示します。すべての地域で将来にかけて果皮色指数が将来低下することが予測されています（図 3.5-22）。箱ひげの見方については図 3.5-3 を参照下さい。なお、箱ひげ図の縦軸には、果皮色指数に対応する果皮色のカラーバーを参考に示しました。

【全国】

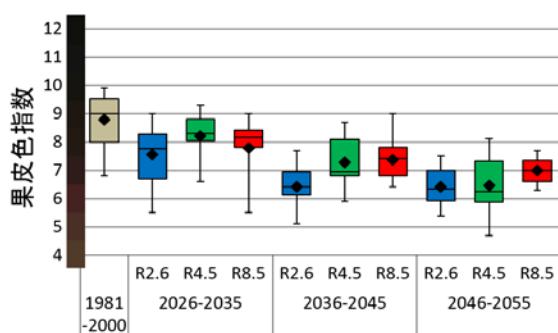


全国

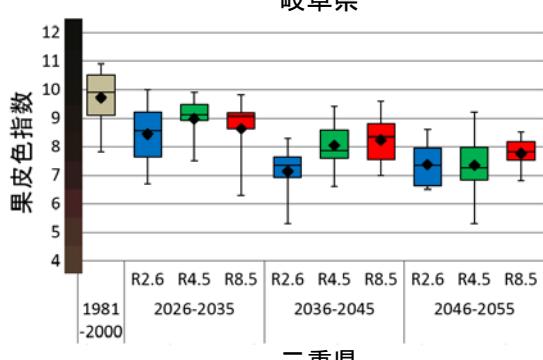
【東海】



岐阜県



愛知県

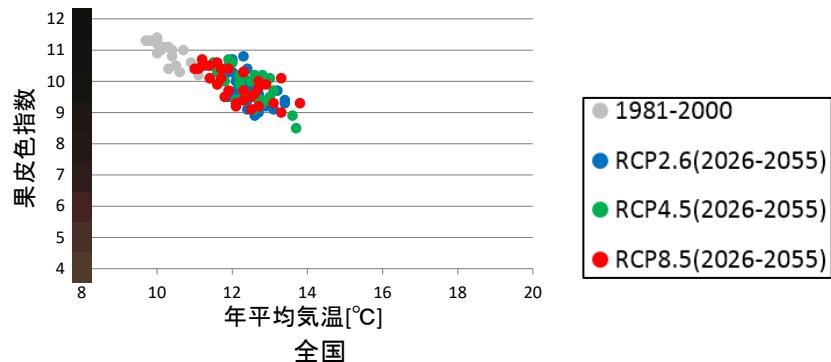


三重県

図 3.5-22 果皮色指数の推移

図 3.5-23 は全ての期間および RCP の結果を対象に、横軸に気温、縦軸に果皮色指数（0：緑～12：黒）とした際の相関を示します。なお、図の縦軸には、果皮色指数に対応する果皮色のカラーバーを参考に示しました。

【全国】



【東海】

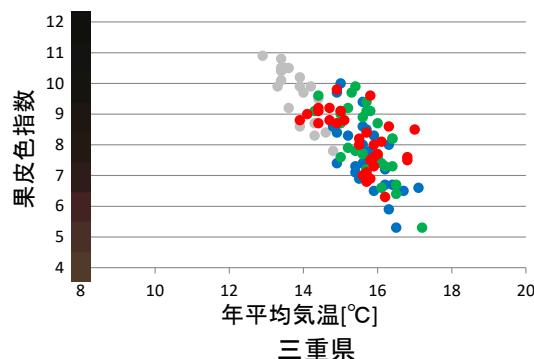
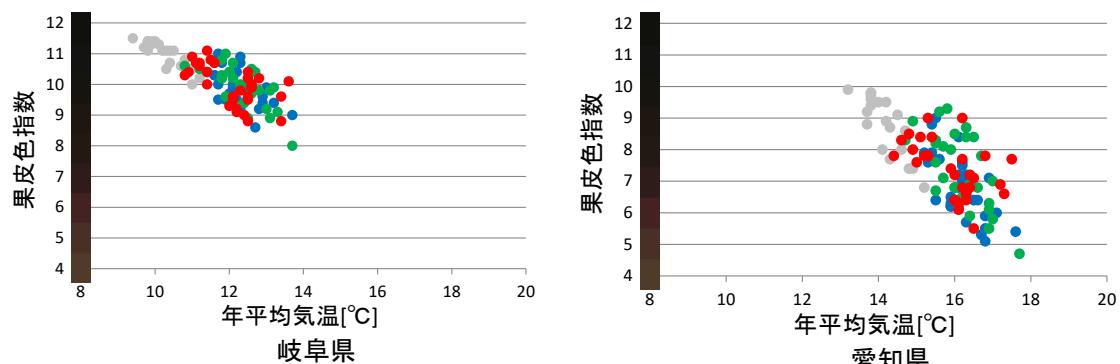


図 3.5-23 果皮色指数と年平均気温の関係

(ウ) 適応策

ブドウへの影響に対する適応策については § 5.2.2.3 を参照下さい。

② リンゴ

(ア) 現在の影響状況

本事業において実施した自治体へのアンケート結果によると、気候変動によるリンゴへの影響として、着色不良や日焼け果、果肉の軟化といった影響が報告されています（図3.5-24,図3.5-25）。また、平成30年10月に公表された農林水産省「平成29年地球温暖化影響調査レポート」では、表3.5-4に示すリンゴへの影響が経年的に報告されています。

表 3.5-4 リンゴへの影響一覧

	全国 (47)	北日本 (7)	東日本 (17)	西日本 (23)	参考			
					H28	H27	H26	H25
着色不良・着色遅延	8	2	6	0	8	4	4	8
日焼け果	5	3	2	0	6	6	6	6
虫害の多発（ハダニ類等）	2	1	1	0	2	1	1	1
発芽・開花期の前進	2	2	0	0	—	—	—	—
凍霜害	1	1	0	0	2	2	—	—
生育不良・肥大の遅れ	1	1	0	0	—	—	—	—



図 3.5-24 りんご（ふじ）の日焼け果

出典：農林水産省「H27 地球温暖化影響調査レポート」



図 3.5-25 着色不良（成熟期の高温によって増加）

出典：農林水産省「H25 地球温暖化影響調査レポート」

(イ) 将来予測される影響

本事業において実施した自治体へのアンケート結果によると、「花芽形成」や「果実品質」への影響、そして「栽培適地」の変化といった影響に対する情報提供が求められています。現状の研究状況に鑑みると、東海地域を含んで影響評価が実施されているのは「栽培適地」のみに留まります。また、東海地域ではないものの、長野県を対象に「日焼けの多発年」に関する研究事例があります。ここでは、「栽培適地」「日焼けの多発年」に関する将来の影響を示します。

■ 栽培適地²¹⁰

リンゴ栽培に適する地域として「果樹農業振興基本方針」に示されている温度域は年平均6°C～14°Cとしています。杉浦ら（2004）²¹¹はこの温度域にもとづき、リンゴの栽培適地の評価を行っています。ここでは、当該文献に記載されている内容をもとに影響評価を実施しました。

【全国】

現在の栽培適地は道北、道東および西南暖地から関東・東海にかけての平野部を除く広い地域に広がっています。将来になるにつれて、東北以南の沿岸域から内陸部にかけてより高温の地域が増加しています。一方、北海道においては、栽培適地が拡大しています（図3.5-26）。

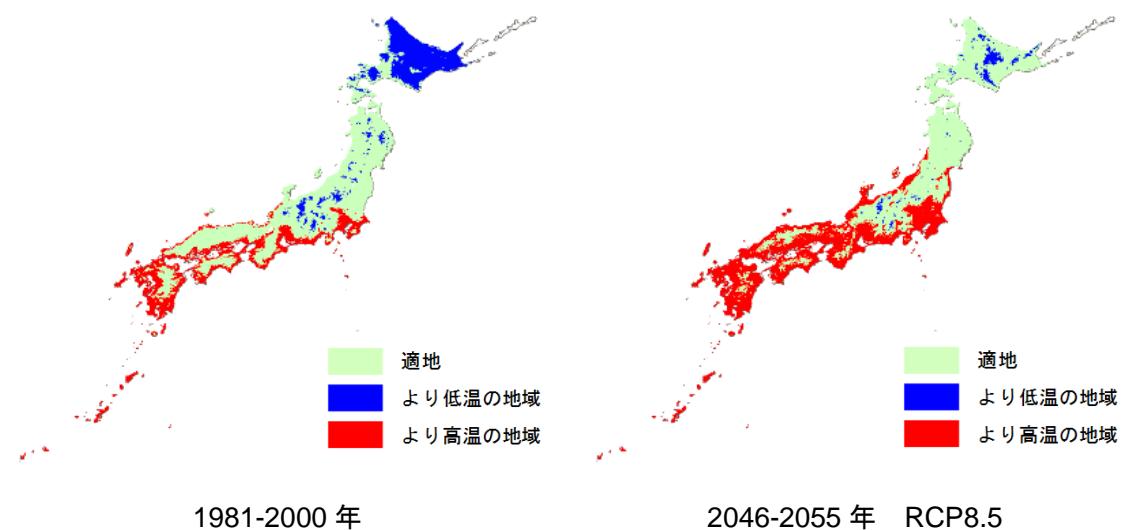


図 3.5-26 リンゴの栽培適地

²¹⁰ 栽培適地は年平均気温に基づき評価したものです。園地毎に評価するためには、排水性などの土壤条件、風通し、日照量などの特殊な気候条件等を考慮する必要があります。

²¹¹ 杉浦俊彦・横沢正幸（2004）：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環境に対する地球温暖化の影響、園学雑、73（1），72 - 78

【東海】

2050年になると沿岸域から内陸部にかけて高温不適地が拡大しています（図 3.5-27）。

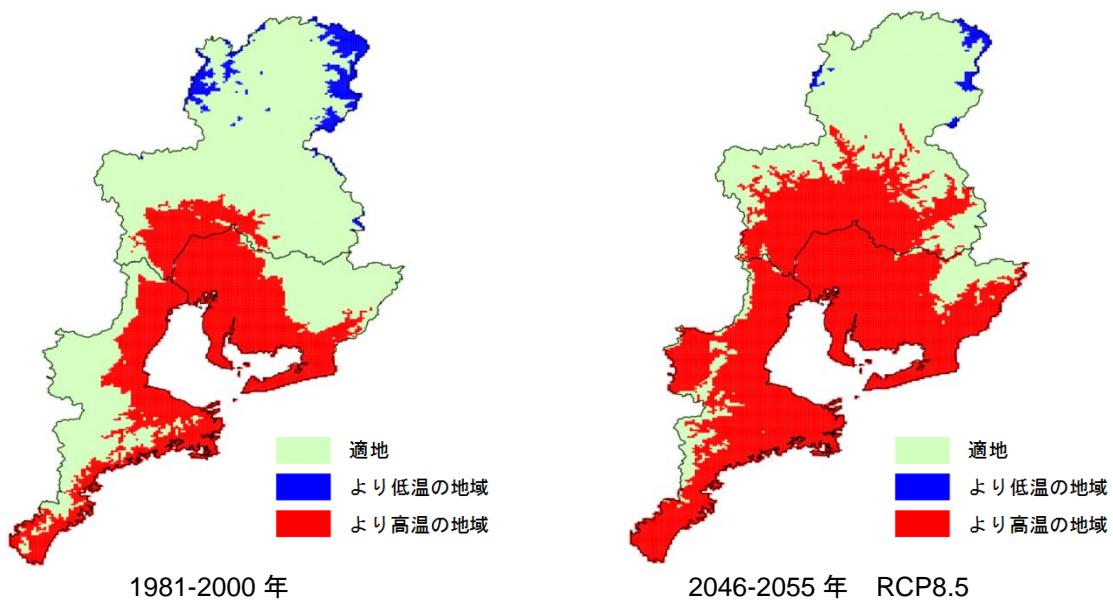
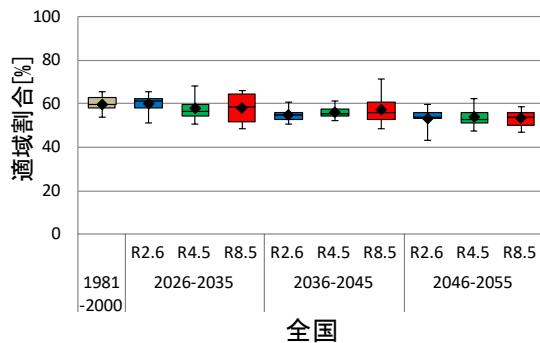


図 3.5-27 リンゴの栽培適地（東海地域）

栽培適域割合（栽培適域面積／都道府県面積）の推移を示します。どの地域においても、栽培適域が将来減少することが予測されています（図 3.5-28）。箱ひげの見方については図 3.5-3 を参照下さい。

【全国】



【東海】

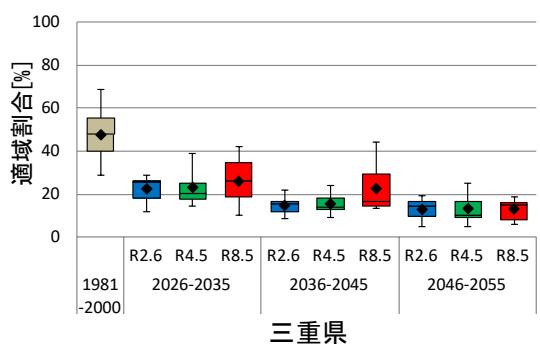
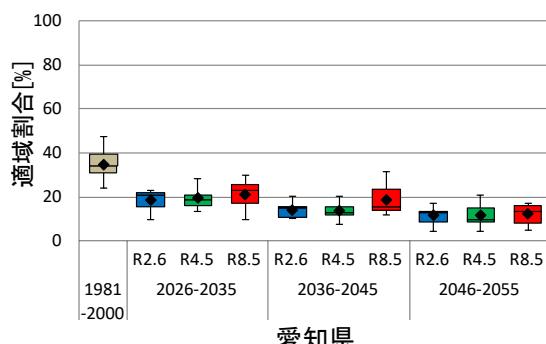
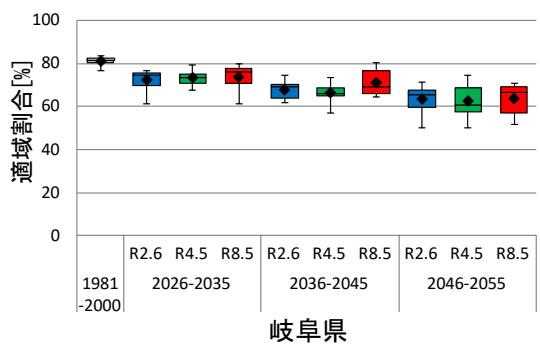
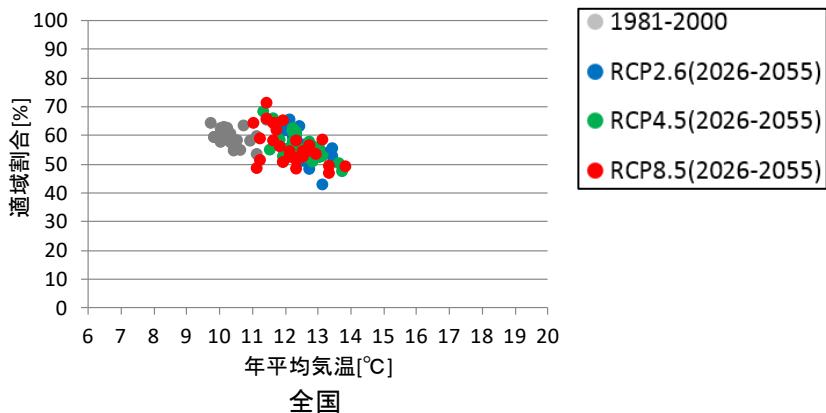


図 3.5-28 栽培適域割合（栽培適域面積／都道府県面積）の推移

図 3.5-29 に全ての期間および RCP の結果を対象に、横軸に気温、縦軸に栽培適域割合（栽培適域面積／都道府県面積）とした際の相関を示します。

【全国】



【東海】

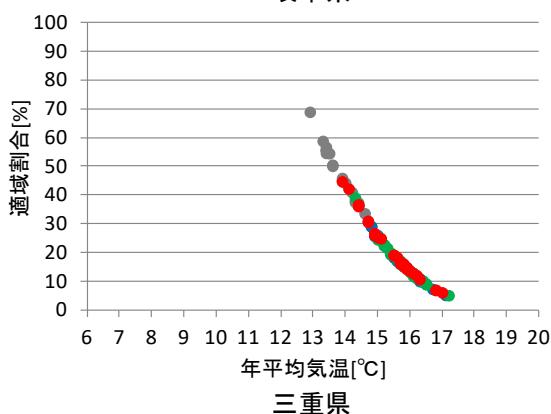
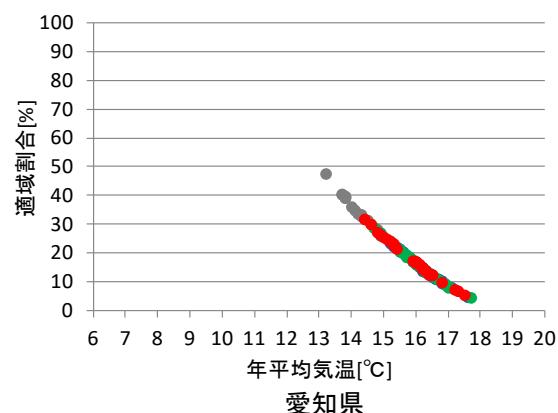
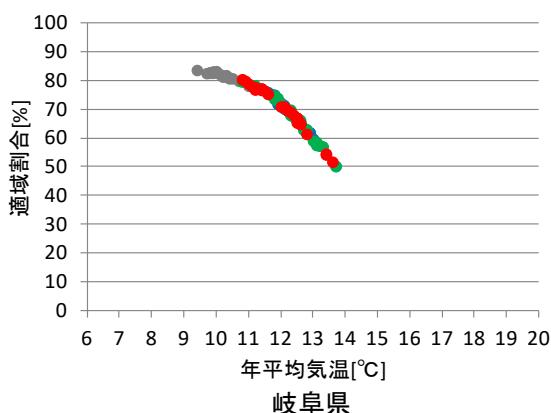


図 3.5-29 栽培適域割合（栽培適域面積／都道府県面積）と年平均気温の関係

■ 日焼け多発年

長野県を対象としたリンゴ「ふじ」の「日焼け多発年」については、農林水産省委託プロジェクト研究の平成29年度研究成果発表会（2018）²¹²にて研究成果が報告されています。ここでは当該結果について記載します。

【長野県】

1つのGCMモデル(MIROC5)、2つの排出シナリオ(RCP2.6、RCP8.5)を用いて、リンゴ「ふじ」を対象に、現在(1981-2000年)と2050年代の日焼け多発年の出現頻度に関する予測が行われています(図3.5-50)。日焼けは、リンゴの表面温度が51°C以上で発生するとし、日最高気温が36.1°C以上のとき表面温度が51°C以上の日焼け多発と判定しています。

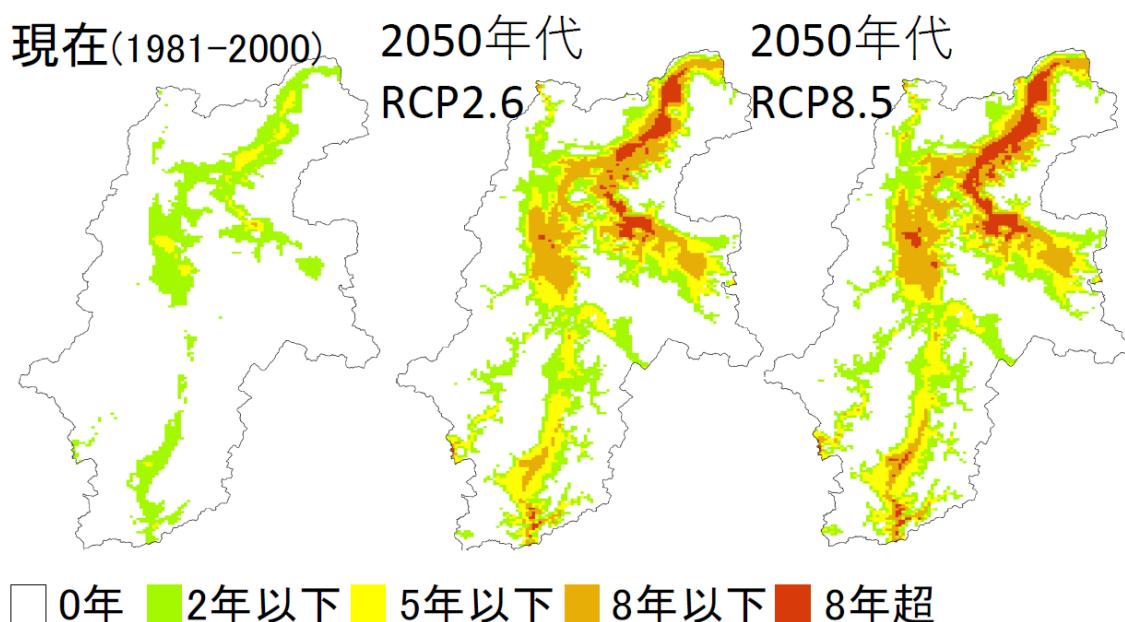


図3.5-30 リンゴ「ふじ」日焼けが多発年の出現頻度(10年あたり、長野県、MIROC5)

(ウ)適応策

リンゴへの影響に対する適応策については§5.2.2.1を参照下さい。

²¹² 杉浦俊彦 (2018) : リンゴ、ミカンなど果樹への温暖化影響の現状と将来予測、農林水産省委託プロジェクト研究「農林水産分野における気候変動対応のための研究開発」平成29年度研究成果発表会 地球温暖化時代の日本の農業・水産業～その変化と適応策～, ポスターNo.31, (<http://ccaff.dc.affrc.go.jp/conference2018/pdf/031.pdf>)

③ ウンシュウミカン

(ア) 現在の影響状況

平成 30 年 9 月に公表された農林水産省「平成 29 年地球温暖化影響調査レポート」では、表 3.5-5 に示すウンシュウミカンへの影響が経年的に報告されています（図 3.5-31）。

表 3.5-5 ウンシュウミカンへの影響一覧

	全国 (47)	北日本 (7)	東日本 (17)	西日本 (23)	参考			
					H28	H27	H26	H25
浮皮	13	0	3	10	14	11	8	5
着色不良・着色遅延	7	0	1	6	6	2	1	7
日焼け果	5	0	0	5	5	2	4	6
生理落花の増加	1	0	0	1	—	—	—	—
発芽・開花期の前進	1	0	0	1	1	1	—	—
発芽不良	1	0	0	1	—	—	—	—
生育不良・肥大の遅れ	1	0	0	1	—	—	—	—

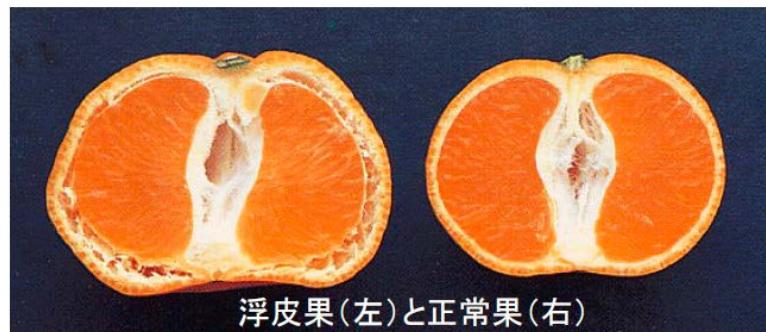


図 3.5-31 ウンシュウミカンの浮皮果

出典：農林水産省「H29 地球温暖化影響調査レポート」

(イ) 将来予測される影響

本事業において実施した自治体へのアンケート結果によると、「浮皮の発生」や「着色不良」への影響に対する情報提供が求められています。現状の研究状況に鑑みると、東海地域を含んで影響評価が実施されている事例はないものの、静岡県を対象とした「浮皮発生年」に関する研究事例があります。

■ 浮皮多発生年

静岡県を対象としたウンシュウミカン「青島」の「浮皮多発生年」については、農林水産省委託プロジェクト研究の平成29年度研究成果発表会(2018)²¹³にて研究成果が報告されています。ここでは当該結果について記載します。

【静岡県】

1つのGCMモデル(MIROC5)、1つの排出シナリオ(RCP4.5)を用いて、ウンシュウミカン「青島」を対象に、現在(1981-2000年)、2030年代、2050年代の浮皮多発生年の出現頻度に関する予測が行われています(図3.5-32)。

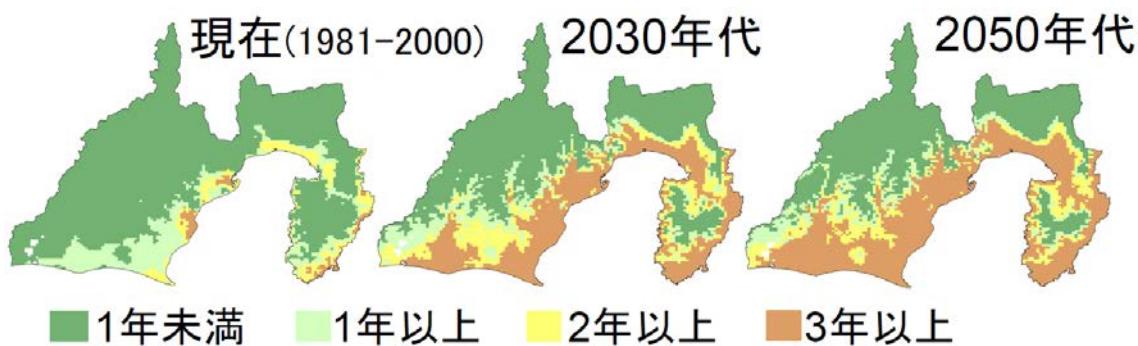


図3.5-32 ウンシュウミカン「青島」の浮皮多発生年の出現頻度
(10年あたり、静岡県、MIROC5、RCP4.5)

(ウ) 適応策

ウンシュウミカンへの影響に対する適応策については§5.2.2.5を参照下さい。

²¹³ 杉浦俊彦(2018)：リンゴ、ミカンなど果樹への温暖化影響の現状と将来予測、農林水産省委託プロジェクト研究「農林水産分野における気候変動対応のための研究開発」平成29年度研究成果発表会 地球温暖化時代の日本の農業・水産業～その変化と適応策～、ポスターNo.31, (<http://ccaff dc.affrc.go.jp/conference2018/pdf/031.pdf>)

④ モモ

(ア) 現在の影響状況

本事業において実施した自治体へのアンケート結果によると、気候変動によるモモへの影響として、生育期間の前進化、若木の枯死、虫害の増加といった影響が報告されています。また、平成30年10月に公表された農林水産省「平成29年地球温暖化影響調査レポート」では、表3.5-6に示すモモへの影響が経年的に報告されています（図3.5-33）。

表3.5-6 モモへの影響一覧

	全国 (47)	北日本 (7)	東日本 (17)	西日本 (23)	参考			
					H28	H27	H26	H25
果肉障害	2	0	1	1	2	2	4	4
凍霜害	2	0	1	1	1	1	3	2
着色不良・着色遅延	1	0	1	0	1	2	—	—
発芽、開花期の前進	1	1	0	0	1	1	—	—
発芽不良	1	0	0	1	1	—	—	1
生育不良・肥大の遅れ	1	0	1	0	—	—	—	—

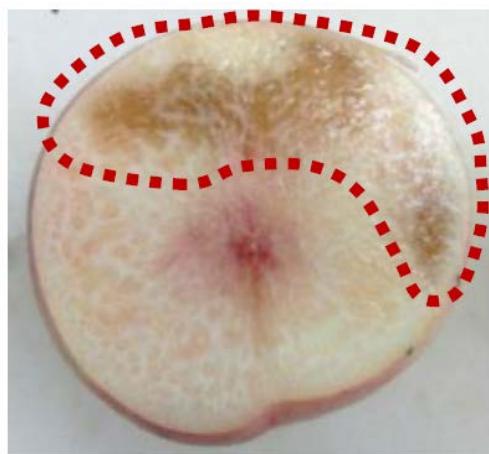


図3.5-33 モモの果肉障害（ニエ症）

出典：農林水産省「H29 地球温暖化影響調査レポート」

(イ) 将来予測される影響

本事業において実施した自治体へのアンケート結果によると、「凍害発生を含む栽培適地」への影響に対する情報提供が求められています。現状の研究状況に鑑みると、岐阜県を対象とした「凍害多発年」に関連する事例があります。

■ 凍害多発生年

岐阜県を対象としたモモ「白鳳」の「凍害多発生年」については、農林水産省委託プロジェクト研究の平成29年度研究成果発表会(2018)²¹⁴にて研究成果が報告されています。ここでは当該結果について記載します。

【岐阜県】

1つのGCMモデル(MIROC5)、2つの排出シナリオ(RCP2.6、RCP8.5)を用いて、モモ「白鳳」を対象に、現在(1981-2000年)、2050年代の凍害発生年の出現頻度に関する予測が行われています(図3.5-34)。

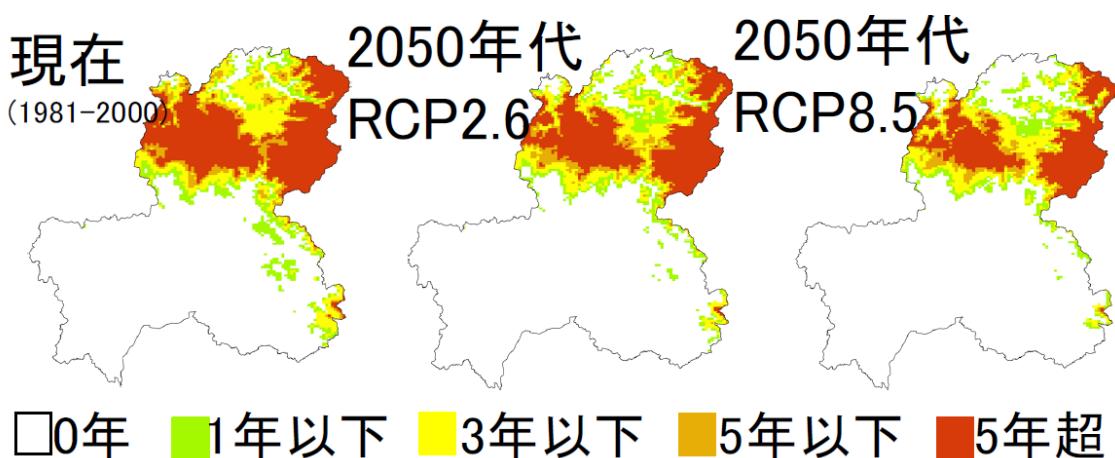


図3.5-34 モモ「白鳳」の凍害多発生年の出現頻度

(10年あたり、岐阜県、MIROC5)

(ウ) 適応策

モモへの影響に対する適応策については§5.2.2.2を参照下さい。

²¹⁴ 杉浦俊彦(2018)：リンゴ、ミカンなど果樹への温暖化影響の現状と将来予測、農林水産省委託プロジェクト研究「農林水産分野における気候変動対応のための研究開発」平成29年度研究成果発表会 地球温暖化時代の日本の農業・水産業～その変化と適応策～、ポスターNo.31, (<http://ccaff.dc.affrc.go.jp/conference2018/pdf/031.pdf>)

(3) 野菜

① ブロッコリー

(ア) 現在の影響状況

本事業において実施した自治体へのアンケート結果によると、気候変動によるブロッコリーへの影響として、苗の不揃い、苗の品質低下、収穫期の異常な前進といった影響が報告されています。

(イ) 将来予測される影響

本事業において実施した自治体へのアンケート結果によると、ブロッコリーの「異常花蕾」の発生への影響に対する情報提供が求められています。ブロッコリーの異常花蕾であるブラウンビーズ（死花）は、気温のみならず、様々な要因（温度、降水（乾湿）、日照、土壤等）によって発生します。現状の研究状況に鑑みると、様々な要因を考慮した影響評価事例はないものの、将来の気温予測から「ブラウンビーズ（死花）発生リスク」を評価した研究事例があります。当該事例は、東海地域を含んではおらず長野県近辺を対象とした事例ではありますが、参考情報として本項にて紹介します。

■ 異常花蕾（ブラウンビーズ）

長野県近辺を対象とした「ブラウンビーズ（死花）発生リスク」については、農林水産省委託プロジェクト研究の平成29年度研究成果発表会（2018）²¹⁵にて研究成果が報告されています。

【長野県近辺】

1981～2000年、2041～2060年を対象に、「花芽分化開始日～出蕾日」の有効積算温度（基準温度は品種「ピクセル」で18°C、「おはよう」で9°C）を用いて開発したブラウンビーズ発生推定式を用いて温暖化が進行した場合のブラウンビーズ発生リスク推定マップを作成しました（図3.5-35）²¹⁶。なお、温暖化が進行した場合の花芽分化開始日と出蕾日は発育ステージ推定モデルにより推定しました。

- ・ブラウンビーズ発生推定式（「ピクセル」の例）：

$$\text{収穫時のブラウンビーズ評点} = 0.0125 \times 18^{\circ}\text{C} \text{以上積算温度} (\text{°C} \cdot \text{日}) - 0.2096$$

²¹⁵ 岡田邦彦（2018）：ブロッコリー異常花蕾”ブラウンビーズ”発生リスク推定、農林水産省委託プロジェクト研究「農林水産分野における気候変動対応のための研究開発」平成29年度研究成果発表会 地球温暖化時代の日本の農業・水産業～その変化と適応策～、ポスターNo.32, (<http://ccaff dc.affrc.go.jp/conference2018/pdf/032.pdf>)

²¹⁶ 引用文献には、使用した気候シナリオの条件等の記載は見当たりませんでした。

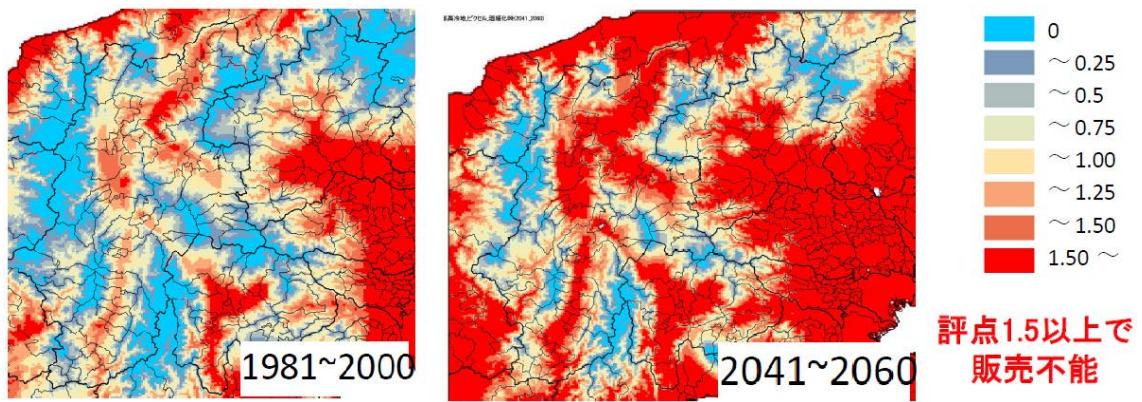


図 3.5-35 7月中旬定植、品種ピクセルのブラウンビーズ評点推定値の分布
(使用した気候シナリオの記載は見当たらず)

(ウ) 適応策

ブロッコリーへの影響に対する適応策については § 5.2.3.8 を参照下さい。

② 全般

(ア) 現在の影響状況

本事業において実施した自治体へのアンケート結果によると、気候変動による野菜への影響として、トマトの着色・着果不良や、ホウレンソウの発芽不良や生育不良、品質低下、キャベツ、ブロッコリー等への影響が報告されています（図 3.5-36、図 3.5-37）。また、平成 30 年 10 月に公表された農林水産省「平成 29 年地球温暖化影響調査レポート」では、表 3.5-7 に示す野菜等への影響が経年的に報告されています。

表 3.5-7 野菜への影響一覧

		全国 (47)	北日本 (7)	東日本 (17)	西日本 (23)	参考			
						H28	H27	H26	H25
トマト	着果不良（受精障害等）	12	3	6	3	18	16	13	21
	生育不良	8	0	3	5	5	3	—	—
	不良果（裂果・着色不良等）	5	0	1	4	3	4	4	10
	病害の多発（青枯病、輪紋病等）	2	1	1	0	4	4	2	1
	生理障害	2	0	2	0	2	1	—	—
	尻腐れ果	2	0	1	1	1	—	3	6
ホウレンソウ	生育不良	4	0	1	3	4	5	7	6
	発芽不良	2	0	1	1	3	2	2	5
	病害の多発（萎ちよう病）	1	0	1	0	4	2	—	4
キャベツ	生育不良	5	0	1	4	—	—	—	—
	病害の多発	2	0	1	1	—	—	—	—
	虫害の多発	2	0	0	2	—	—	—	—
	生理障害	2	0	1	1	—	—	—	—



図 3.5-36 トマトの裂果

出典：農林水産省「H29 地球温暖化影響調査レポート」



炭疽病により褐変したクラウン

図 3.5-37 イチゴの炭疽病

出典：農林水産省「H29 地球温暖化影響調査レポート」

(イ) 将来予測される影響

本事業において実施した自治体へのアンケート結果によると、トマトやレタス、ホウレンソウ等の「生育期」や「品質」、「病害虫」、「栽培適地」等に関する影響についての情報提供が求められています。現状の研究状況に鑑みると、東海地域を含んで定量的に影響評価が実施されているのは、「病害虫」に留まります。

■ 病害虫

病害虫について、ここでは「世代数」を評価対象としました。自治体からのニーズがあつたトマト、キュウリ、ホウレンソウ、エダマメに影響を及ぼす関連する病害虫を対象とした「世代数」の計算式は定式化されているため (Yamamura et al. (1998)²¹⁷⁾、その手法にもとづき影響評価を実施しています。

なお、ある程度気温が上昇すると、害虫の発育が停止することが予測されています。本事業においては、このことを示す発育停止温度や発育阻害温度については考慮していないことに注意下さい。

対象とする病害虫は、農林水産省「指定有害動植物の見直し検討会（別紙3）指定有害動植物の見直しに係るリスク評価」²¹⁸より、トマト、キュウリ、ホウレンソウ、エダマメに影響を及ぼすリスクの高いものを対象としました（表 3.5-8）。

世代数が増加したとしても、作物が害虫に抵抗力のあるステージに有れば、影響は生じないことが予想されます。したがって、世代数の増加が必ずしも作物への影響につながるわけではないことに留意下さい。

²¹⁷ Kohji Yamamura and Keizi Kiritani (1998) : A simple method to estimate the potential increase in the number of generations under global warming in temperate zones., Appl. Entomol. Zool. , 33 (2) , 289-298

²¹⁸ http://www.maff.go.jp/j/syouan/syokubo/gaicyu/g_yosatsu/sitei_minaosi.html

表 3.5-8 対象とする病害虫と影響を受ける野菜

害虫名	影響を受ける野菜	発育零点	有効積算 温度定数	出典
モモアカアブラムシ	トマト、キュウリ、ホウレンソウ	4.6 °C	137 日度	農業・生物系特定産業技術研究機構(2004) 近畿中国四国農業研究センター「美山町で見られるアブラナ科野菜の害虫」
ワタアブラムシ	トマト、キュウリ、ホウレンソウ	3.5 °C	114 日度	兵庫県立農林水産技術総合センターHP「今年は遅く感じた「春の訪れ」」
ハスモンヨトウ	トマト、キュウリ、ホウレンソウ	11.6 °C	375.2 日度	桐谷(2012) 日本産昆虫、ダニの発育零点と有効積算温度定数:第2版, 農環研報31, 1-74
マルカメムシ	エダマメ	13.2 °C	447 日度	桐谷・湯川編(2010)「地球温暖化と昆虫」 全国農村教育協会, 347p, (カメムシ類の値を利用)

【全国】

■ モモアカアブラムシ

世代数が増加することが分かります（図 3.5-38）。

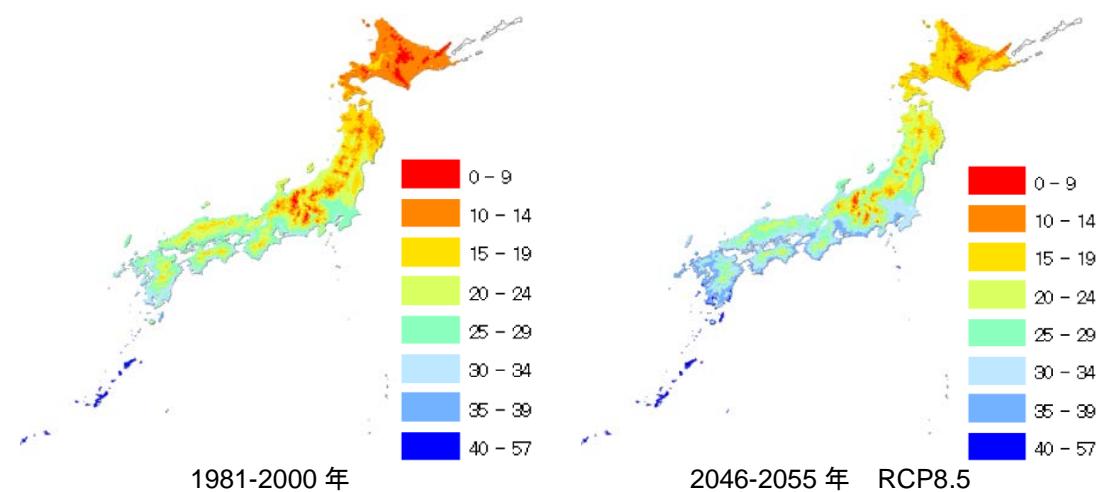


図 3.5-38 モモアカアブラムシの世代数

■ ワタアブラムシ

世代数が増加することが分かります（図 3.5-39）。

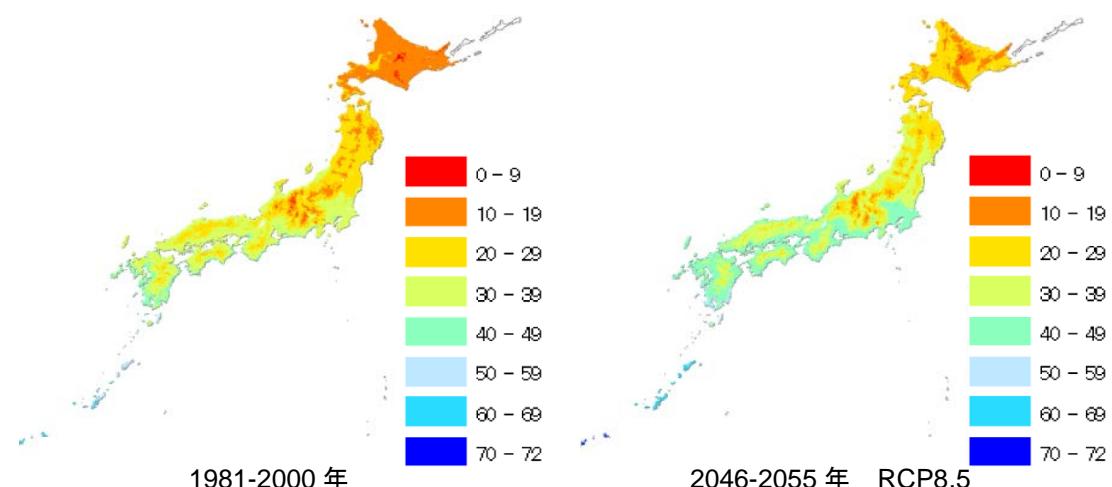


図 3.5-39 ワタアブラムシの世代数

■ ハスモンヨトウ

世代数が増加することが分かります（図 3.5-40）。

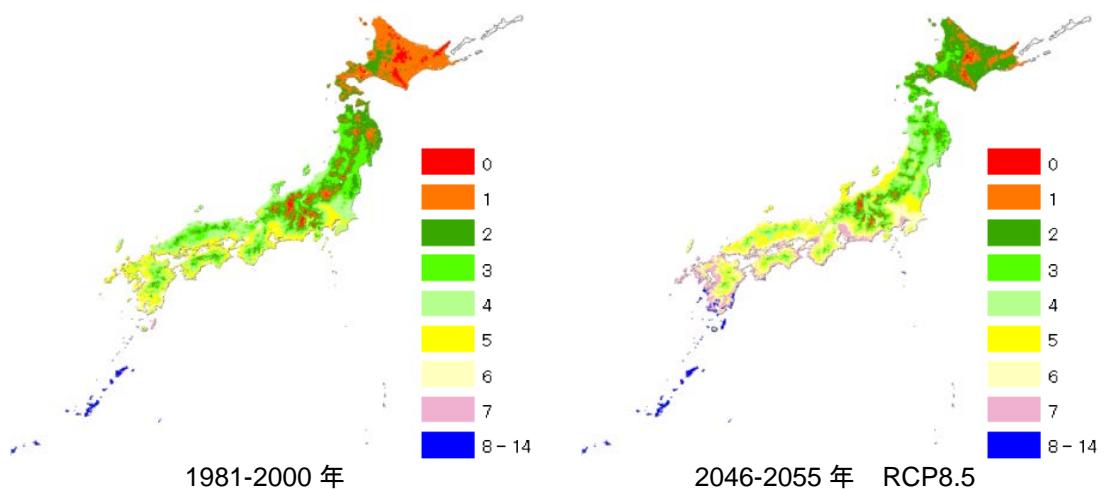


図 3.5-40 ハスモンヨトウの世代数

■ マルカメムシ

世代数が増加することが分かります（図 3.5-41）。

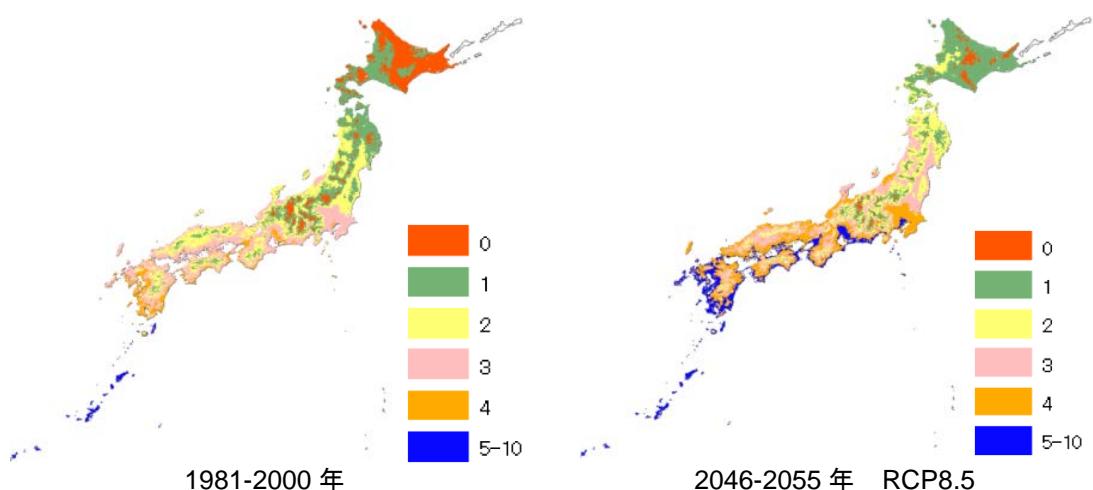


図 3.5-41 マルカメムシの世代数

【東海】

■ モモアカアブラムシ

世代数が増加することが分かります（図 3.5-42）。

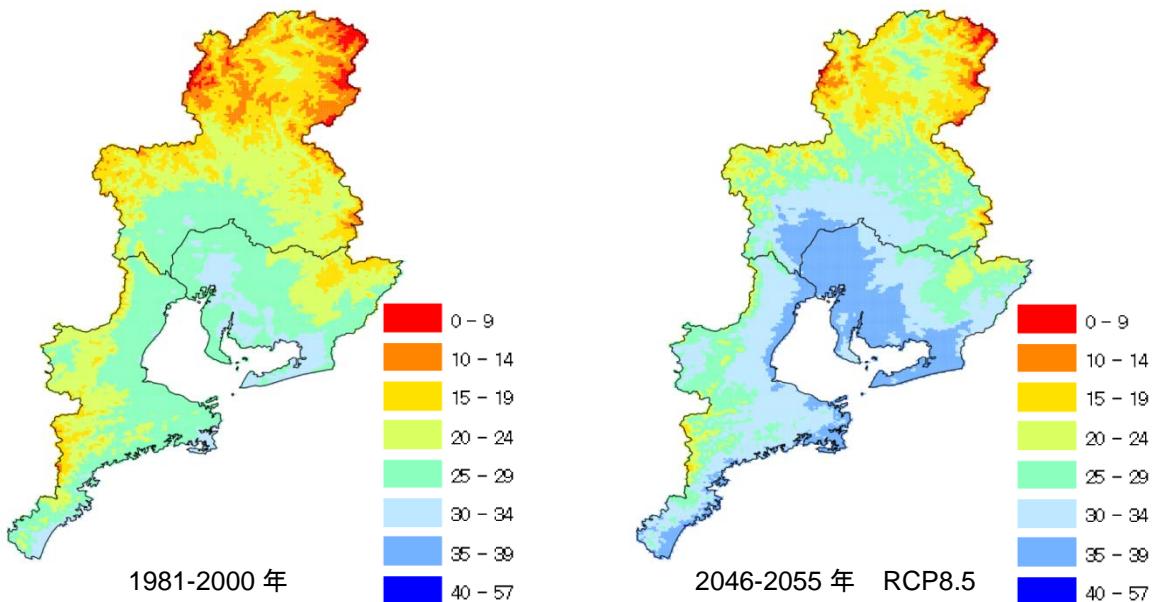


図 3.5-42 モモアカアブラムシの世代数（東海地域）

■ ワタアブラムシ

世代数が増加することが分かります（図 3.5-43）。

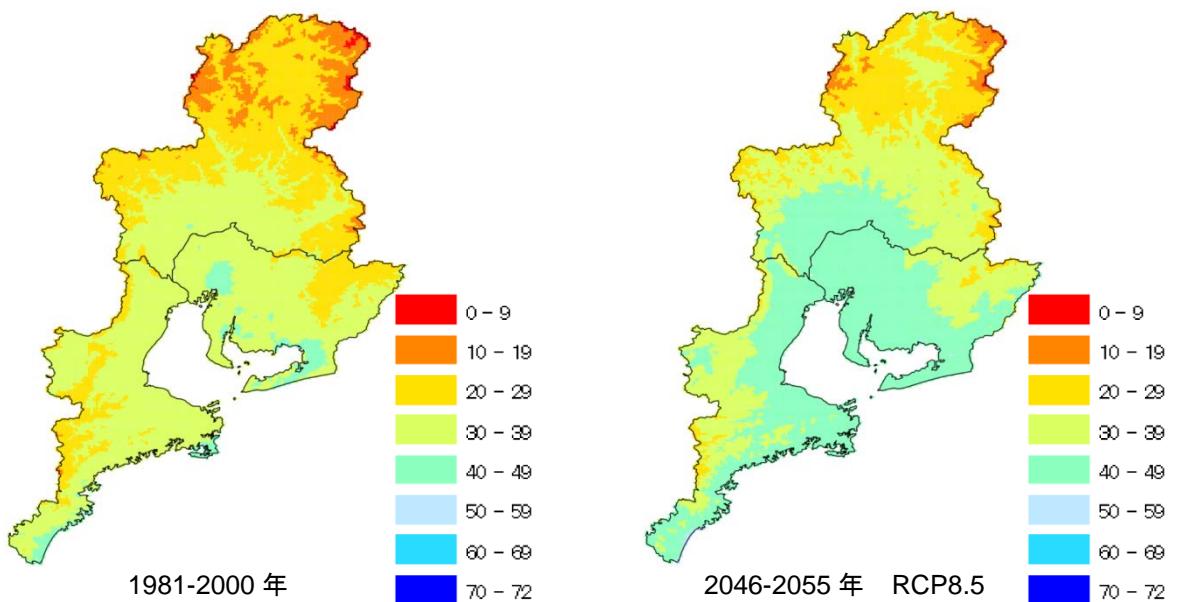


図 3.5-43 ワタアブラムシの世代数（東海地域）

■ ハスモンヨトウ

世代数が増加することが分かります（図 3.5-44）。

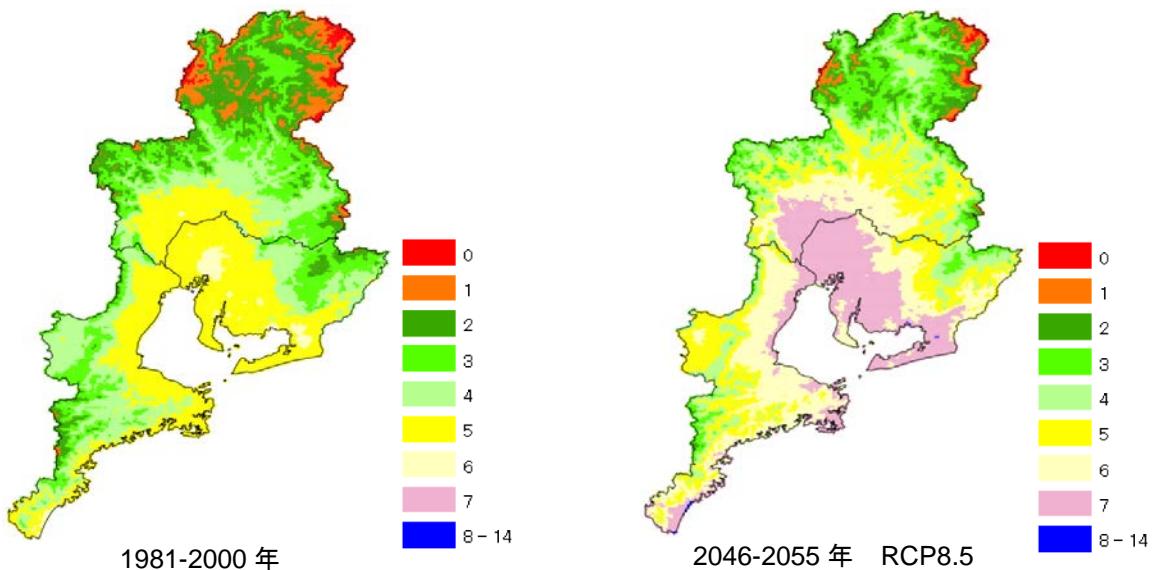


図 3.5-44 ハスモンヨトウの世代数（東海地域）

■ マルカメムシ

世代数が増加することが分かります（図 3.5-45）。

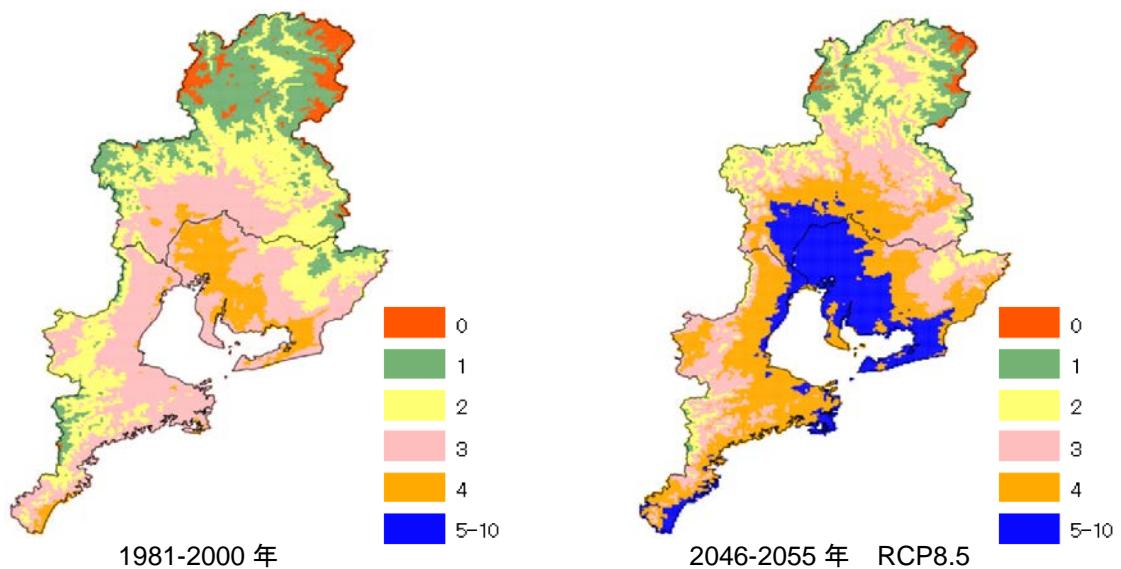


図 3.5-45 マルカメムシの世代数（東海地域）

(ウ) 適応策

野菜への影響に対する適応策については § 5.2.3 を参照下さい。

(4) 麦・大豆・飼料作物等

① 麦類

(ア) 現在の影響状況

本事業において実施した自治体へのアンケート結果によると、気候変動による麦類への影響として、生育期間の短縮や凍霜害の発生、湿害、強制登熟や収量の低下、品質の低下、病害虫の発生、倒伏の増加、等が報告されています。また、平成30年10月に公表された農林水産省「平成29年地球温暖化影響調査レポート」では、表3.5-9に示す麦類への影響が経年的に報告されています。

表3.5-9 麦類への影響一覧

	全国 (47)	北日本 (7)	東日本 (17)	西日本 (23)	参考			
					H28	H27	H26	H25
粒の充足不足	3	0	3	0	2	2	—	—
湿害	3	0	1	2	2	1	2	4
生育不良	2	0	0	2	2	1	—	—
作期の前進	2	0	2	0	—	—	—	—
凍霜害	1	0	1	0	5	4	2	4
枯れ熟れ	1	0	1	0	1	1	1	1
病害の多発	1	0	0	1	3	1	—	—
作期の後退	1	0	0	1	—	—	—	—

(イ) 将来予測される影響

本事業において実施した自治体へのアンケート結果によると、麦類の「収量」や「品質」の変化、「生育期間」の短縮、「強制登熟」、「凍霜害」の発生、「病害虫」の発生、「倒伏」の増加等に関する情報提供が求められています。現状の研究状況に鑑みると、東海地域を含んで定量的に影響評価が実施されている事例は、三重県津市を対象とした小麦の「発育相」があります。また、東海地域ではないものの、北海道を対象とした小麦の「強制登熟」に関する研究事例があります。

■ 強制登熟（小麦）

北海道を対象とした「強制登熟」については、西尾ら（2011）²¹⁹による研究があります。この研究では、北海道の秋まき小麦品種「ホクシン」および「キタノカオリ」を対象として、1997～2010年までの14年間の生産力検定試験結果について、生育温度が秋まき小麦の収量構成要素に与える影響を解析しています。

²¹⁹ 西尾善太・伊藤美環子・田引正・中司啓二・長澤幸一・山内宏昭・広田知良（2011）：高温による小麦の減収要因、「北海道における2010年猛暑による農作物の被害解析」報告書、北海道農業研究センター研究資料、69、15-21

【北海道】

小麦の出穂から成熟までの登熟期間の平均気温と、登熟日数の間には、強い負の相関関係が見られました（図 3.5-46）。また、1997～2010 年の十勝地方の秋まき小麦の 10aあたりの収量（製品単収）は、十勝地方中央部に位置する帯広市の 7～8 月の平均気温と有意な負の相関関係が見られました（図 3.5-47）。

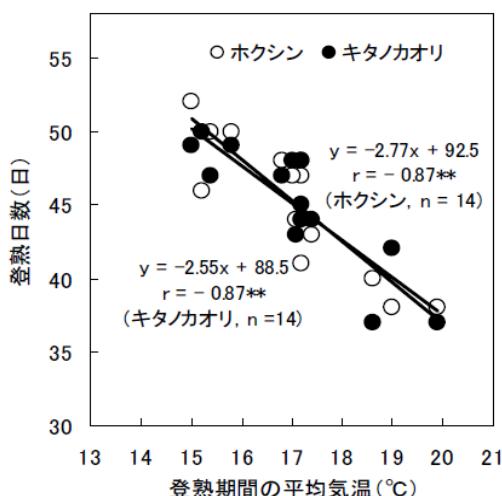


図 3.5-46 秋まき小麦品種「ホクシン」と「キタノカオリ」の登熟期間の平均気温と登熟日数の関係（1997～2010 年）

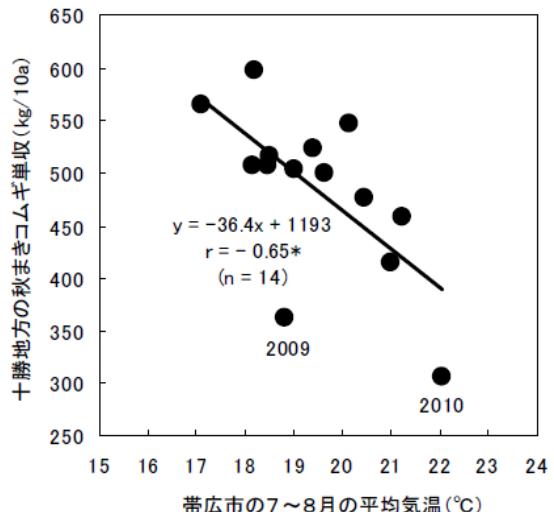


図 3.5-47 帯広市の 7～8 月の平均気温と十勝地方の秋まき小麦の製品単収の関係（1997～2010 年）

■ 発育相（小麦）

三重県津市を対象とした小麦「農林 61 号」「さとのそら」の「発育相」については、農林水産省委託プロジェクト研究の平成 29 年度研究成果発表会（2018）²²⁰にて研究成果が報告されています。ここでは当該結果について記載します。

【三重県津市】

1 つの排出シナリオ（RCP4.5）を用いて²²¹、「さとのそら」「農林 61 号」を対象に、現在（1981-2000 年）、将来（2021-2060 年）の発育相の予測が行われています（図 3.5-48）。気温の上昇により生育期間が短縮し、収穫期は前進します。秋播性の高い品種は出芽～茎立の短縮が抑えられ、生育は安定します。なお、本知見は「農林 61 号」「さとのそら」が栽培されている関東以西で適用可能です。

²²⁰ 中園江（2018）：温暖化で変わるコムギの生育と収量、農林水産省委託プロジェクト研究「農林水産分野における気候変動対応のための研究開発」平成 29 年度研究成果発表会 地球温暖化時代の日本の農業・水産業～その変化と適応策～、ポスター No.27,

（<http://ccaff dc.affrc.go.jp/conference2018/pdf/027.pdf>）

²²¹ 引用文献内には、使用した気候モデルに関する記載は見当たりません。

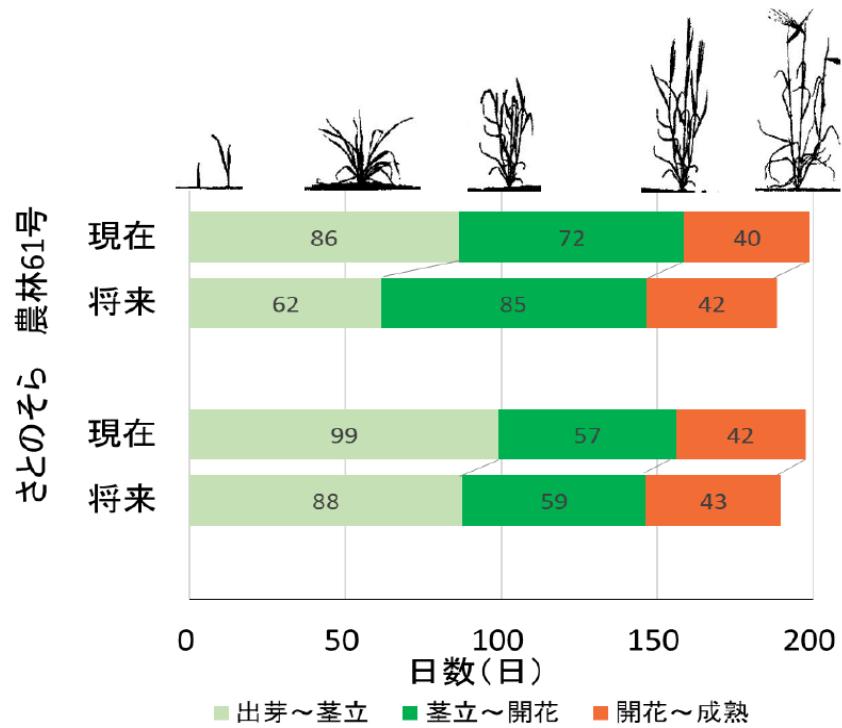


図 3.5-48 コムギの発育相の変化予測
 グラフ内の数字は各相の日数
 津（三重県）、11月10日播種、現在（1981-2000年）、将来
 （2021-2060年）、気候シナリオはRCP4.5

(ウ)適応策

麦類への影響に対する適応策については§5.2.4.1を参照下さい。

② 大豆

(ア) 現在の影響状況

本事業において実施した自治体へのアンケート結果によると、気候変動による大豆への影響として、湿害の発生や登熟期間の高温における青立ち株の発生、高温による莢実害虫の多発、吸汁カメムシの多発、旱魃の強度や時期の変化、等が報告されています。また、平成30年10月に公表された農林水産省「平成29年地球温暖化影響調査レポート」では、表3.5-10に示す豆類への影響が経年的に報告されています。

表 3.5-10 豆類への影響一覧

	全国 (47)	北日本 (7)	東日本 (17)	西日本 (23)	参考			
					H28	H27	H26	H25
着莢数の低下	5	0	1	4	7	4	3	11
生育不良	3	0	1	2	2	3	—	—
作期の後退	3	0	2	1	3	1	—	—
虫害の多発（ハスモンヨトウ、カメムシ類）	2	0	1	1	3	3	2	4
病害の多発（紫斑病、べと病等）	2	0	1	1	1	2	—	—
粒の充実不足	2	0	2	0	2	2	—	1
湿害	2	0	1	1	2	1	—	—
青立ちの発生	2	0	0	2	2	1	2	5
品質の低下（しづ粒・裂皮等）	1	0	1	0	—	—	—	—

(イ) 将来予測される影響

本事業において実施した自治体へのアンケート結果によると、豆類の「旱魃」の強度や時期の変化、「栽培適域」や「生育」への影響、「病害虫」に関する情報提供が求められています。現状の研究状況に鑑みると、東海地域を含んで定量的に影響評価が実施されている事例は大豆「エンレイ」の「発育期」（生育）があります。また、東海地域ではないものの、北海道を対象とした「栽培適地」への影響に関連する研究事例があります。

■ 発育期

東海地域を対象とした大豆の「発育期」については、中野聰史ら（2015）²²²にて研究成果が報告されています。ここでは当該結果について記載します。

²²²中野聰史、熊谷悦史、島田信二、鮫島良次、大野宏之、本間香貴、白岩立彦（2015）：ダイズ品種の発育モデルの作成と気温上昇が発育速度に及ぼす影響の広域推定、日本作物学会紀事（Jpn.J.Crop Sci.）84(4): 408-417

【東海】

「エンレイ」を対象に、現在（1980-2013年）と現在の平均気温より+3°C上昇した場合の発育に及ぼす影響を、発育モデルにより推定しました（図 3.5-49）。気温の変化による発育速度の変化は、「エンレイ」では大きくなりました。発育への影響は、播種期が早く気温が低い東日本で大きくなる結果となりました。

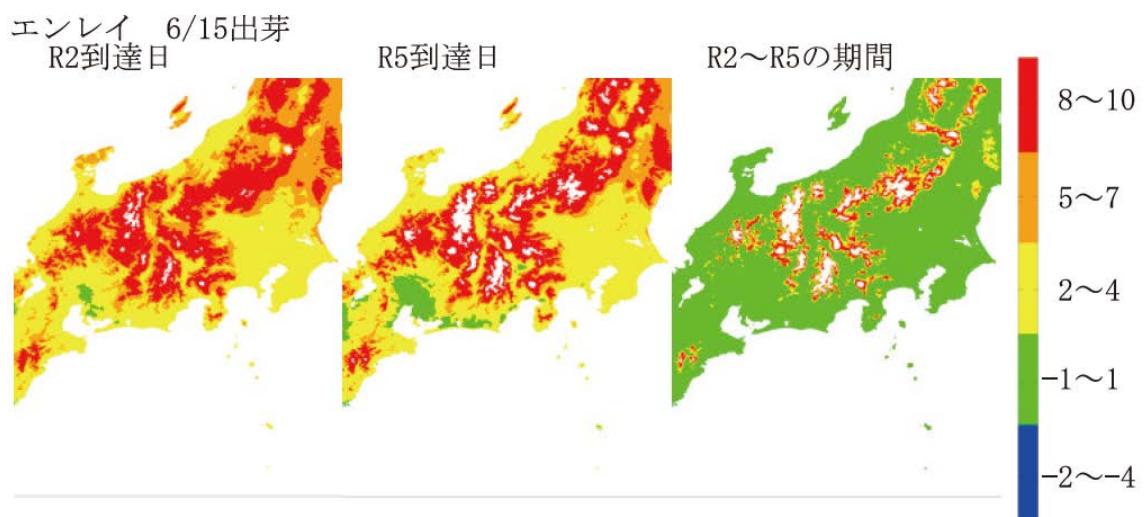


図 3.5-49 気温+3°Cを想定した場合の開花期（R2）、子実肥大始期（R5）までの現在からの早まり日数およびR2～R5の期間短縮日数の推定結果。
現在は 1980～2013 年の 34 年分の平均値

■ 栽培適地（栽培適地区分）

北海道を対象とした大豆の「栽培適地」については、北海道立総合研究機構農業研究本部（2011）²²³による研究があります。この研究では、北海道の代表的な大豆品種「ユキホマレ」²²⁴および「トヨムスメ」²²⁵を対象として、現在と2030年代における気候変動が大豆に及ぼす影響について解析しています。

【北海道】

現在の大豆栽培地帯区分は、6月から9月の積算平均気温及び無霜期間をもとに、開花期前後の低温による障害、登熟期の霜害及び収穫時期の降水確率を考慮して6つの地帯区分²²⁶で分類されています。

2つの気候シナリオ（CCSR、CGCM1）を用いた場合の2030年代における地帯区分の変化の予測結果を表3.5-11に示します。全ての地点で地帯区分が1～2ランク上がり、中標準町でも大豆栽培が可能と考えられます。また、道南地域では東北地方の品種が栽培できる可能性が示唆されました。

表 3.5-11 溫暖化に伴う地帯区分の変化

地帯 区分	現代(アメダス平年値)					CCSR2030年代					CGCM12030年代				
	6～9月 積算 平均	7月 晚霜 初霜 期間	無霜 期間	播種 時期	区分 予測	6～9月 積算 平均	7月 晚霜 初霜 期間	無霜 期間	播種 時期	区分 予測	6～9月 積算 平均	7月 晚霜 初霜 期間	無霜 期間	播種 時期	
網走市	I 1993 17.1	5/12 10/26	167 5下	II 2118 18.0	5/01 11/10	193 5中	II 2216 19.0	4/28 11/10	196 5上	II 2014 17.9	5/24 10/01	130 5下	II 2184 19.2	5/13 10/09	149 5上
訓子府町	II 2100 19.1	5/24 10/06	130 5下	IV 2282 20.4	5/12 10/20	156 5中	IV 2366 21.2	5/10 10/20	158 5中	II 2014 17.9	5/24 10/01	130 5下	III 2276 20.1	5/11 10/09	151 5上
名寄市	II 2100 19.1	5/24 10/06	130 5下	IV 2282 20.4	5/12 10/20	156 5中	IV 2366 21.2	5/10 10/20	158 5中	II 2100 19.1	5/24 10/06	130 5下	IV 2345 20.4	4/28 11/18	204 5中
留萌市	II 2180 19.2	5/08 11/03	179 5中	IV 2345 20.4	4/28 11/18	204 5中	IV 2413 21.0	4/28 11/18	204 5上	II 1940 16.7	5/24 10/06	135 5下	IV 2191 18.9	5/12 10/21	162 5上
大樹町	II 1940 16.7	5/24 10/06	135 5下	IV 2191 18.9	5/12 10/21	162 5上	IV 2271 19.6	5/11 10/21	163 5上	II 1959 17.2	5/22 10/05	136 6上	IV 2197 19.1	5/12 10/15	156 5下
上士幌町	II 1959 17.2	5/22 10/05	136 6上	IV 2197 19.1	5/12 10/15	156 5下	IV 2276 19.8	5/09 10/16	160 5下	II 2150 19.3	5/21 10/05	137 5下	IV 2304 20.4	5/07 10/19	165 5上
俱知安町	II 2150 19.3	5/21 10/05	137 5下	IV 2304 20.4	5/07 10/19	165 5上	IV 2351 20.8	5/09 10/19	163 5中	II 2150 19.3	5/21 10/05	137 5下	V 2415 21.6	5/04 10/22	171 5上
旭川市	III 2231 20.2	5/16 10/07	144 5中	V 2415 21.6	5/04 10/22	171 5上	V 2497 22.4	5/03 10/22	172 5上	III 2215 20.0	5/14 10/06	145 5中	V 2363 20.9	5/03 10/20	170 5上
富良野市	III 2215 20.0	5/14 10/06	145 5中	V 2363 20.9	5/03 10/20	170 5上	V 2440 21.7	5/02 10/20	171 5上	III 2066 18.0	5/18 10/06	141 5中	V 2217 19.1	5/08 10/16	161 5上
芽室町	III 2066 18.0	5/18 10/06	141 5中	V 2217 19.1	5/08 10/16	161 5上	V 2289 19.8	5/07 10/16	162 5上	IV 2244 19.9	5/05 10/17	165 5中	VI 2451 21.6	4/24 11/01	191 5上
岩見沢市	IV 2244 19.9	5/05 10/17	165 5中	VI 2451 21.6	4/24 11/01	191 5上	VI 2526 22.4	4/23 11/01	192 5上	IV 2186 19.5	5/14 10/09	148 5中	VI 2379 21.1	5/06 10/19	166 5上
滝川市	IV 2186 19.5	5/14 10/09	148 5中	VI 2379 21.1	5/06 10/19	166 5上	VI 2456 21.8	5/06 10/19	166 5上	V 2233 19.1	4/30 10/23	176 5下	? 2445 20.9	4/18 11/11	207 5上
北斗市	V 2233 19.1	4/30 10/23	176 5下	? 2445 20.9	4/18 11/11	207 5上	? 2488 21.3	4/20 11/11	205 5上	VI 2352 20.0	5/16 10/07	144 5中	? 2504 20.9	5/04 10/22	171 5上
江差	VI 2352 20.0	5/16 10/07	144 5中	? 2504 20.9	5/04 10/22	171 5上	? 2547 21.4	5/03 10/22	172 5上	II 2091 17.7	4/27 10/16	172 5下	III 2273 19.2	4/17 10/28	194 5上
苦小牧市	II 2091 17.7	4/27 10/16	172 5下	III 2273 19.2	4/17 10/28	194 5上	III 2331 19.8	4/18 10/28	193 5上	II 1845 15.6	5/30 10/06	129 6上	I 2061 17.4	5/19 10/16	150 5中
中標準	II 1845 15.6	5/30 10/06	129 6上	I 2061 17.4	5/19 10/16	150 5中	I 2168 18.4	5/14 10/15	154 5中						

注) 播種時期は旬の平均気温が10℃を上回ったときとした。

(ウ) 適応策

大豆への影響に対する適応策については§5.2.4.2を参照下さい。

²²³ 地方独立行政法人北海道立総合研究機構農業研究本部中央農業試験場編（2011）：戦略研究「地球温暖化と生産構造の変化に対応できる北海道農林業の構築－気象変動が道内主要作物に及ぼす影響の予測－」成果集、北海道立総合研究機構農業試験場資料 第39号

²²⁴ 熟期がやや早。

²²⁵ 熟期が中生。

²²⁶ I : 早生～やや早生、II : やや早生～中生、III : 中生、IV : 中生～やや晚、V : やや晚～晚生、VI : 晚生

③ 飼料作物

(ア) 現在の影響状況

本事業において実施した自治体へのアンケート結果によると、気候変動による飼料作物への影響として、生育不良や雑草の繁殖、食害や豪雨による倒木等が報告されています。また、平成30年10月に公表された農林水産省「平成29年地球温暖化影響調査レポート」では、表3.5-12に示す飼料作物への影響が経年的に報告されています。

表3.5-12 飼料作物への影響一覧

		全国 (47)	北日本 (7)	東日本 (17)	西日本 (23)	参考			
						H28	H27	H26	H25
牧草	雑草の侵入	1	0	0	1	—	—	—	—
	播種時期の前進・後退	1	0	1	0	—	—	—	—
	収量増加	1	0	1	0	—	—	—	—
	サイレージ品質低下	1	0	1	0	—	—	—	—
	夏枯れ	1	0	1	0	—	—	—	—
	生育不良	1	0	1	0	—	—	—	—
飼料用トウモロコシ	サイレージ品質低下	2	0	1	1	—	—	—	—
	発芽不良	1	0	1	0	—	—	—	—
	生育不良	1	0	1	0	—	—	—	—
	病害の多発	1	0	1	0	—	—	—	—
ソルガム	生育不良	2	0	2	0	—	—	—	—
	発芽不良	1	0	1	0	—	—	—	—

(イ) 将来予測される影響

本事業において実施した自治体へのアンケート結果によると、飼料作物の「生育」や「収量」、「品質」の変化や、「雑草」や「病害虫」の変化、「栽培適地」の変化等に関する情報提供が求められています。現状の研究状況に鑑みると、東海地域を含んで定量的に影響評価が実施されているのは牧草の「栽培適地」のみに留まります。また、東海地域ではないものの、北海道、岩手県を対象に牧草の「収量」、関東を対象に飼料用トウモロコシの「収量」に関連する研究事例があります。

■ 栽培適地（牧草）

牧草の「栽培適地」については、佐々木ら（2003）²²⁷による研究があります。この研究では、気温情報をもとに牧草の「栽培適地」の評価を行っています。ここでは当該結果について記載します。

²²⁷ 佐々木寛幸・神山和則・須山哲男・福山正隆（2003）：地球温暖化が牧草の地域区分と生産量に及ぼす影響、畜産草地研究所研究報告4, 39-47.

【全国】

現在と 100 年後における寒地型牧草²²⁸と暖地型牧草²²⁹の栽培適地区分図から、寒地型牧草地帯、暖地型牧草地帯、両者とも栽培困難な夏枯れ地帯の 3 分類による地帯区分図を作成し、地帯区分の変化及び生産量の変化を予測しました。

・ 地帯区分

各地帯区分間の境界が北上すると予測されています（図 3.5-50）。二次メッシュ数の割合の変化は以下の通りです。

現在 : 寒地型 66%、夏枯れ 10%、暖地型 24%

100 年後 : 寒地型 41%（現在の 0.61 倍）、夏枯れ 6%（現在の 0.62 倍）、
暖地型 53%（現在の 2.21 倍）

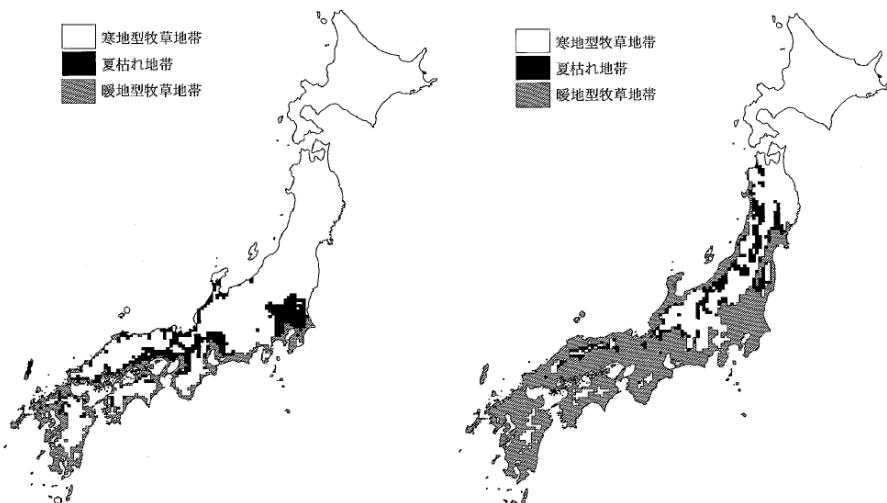


図 3.5-50 牧草生産区分：現在（左図）、100 年後（右図）
(屋久島以南は暖地型牧草地帯)

■ 収量（牧草）

北海道を対象とした牧草の「収量」については、北海道立総合研究機構農業研究本部（2011）²³⁰による研究があります。また、岩手県を対象とした牧草の「収量」については、樽見ら（2018）²³¹にて研究成果が報告されています。ここでは当該結果について記載します。

²²⁸ 寒地型牧草の中で比較的耐暑性の高いトールフェスクが栽培可能な地域
²²⁹ バヒアグラスが栽培可能な地域

²³⁰ 地方独立行政法人北海道立総合研究機構農業研究本部中央農業試験場編（2011）：戦略研究「地球温暖化と生産構造の変化に対応できる北海道農林業の構築－気象変動が道内主要作物に及ぼす影響の予測－」成果集、北海道立総合研究機構農業試験場資料 第 39 号

²³¹ 樽見恵梨奈、築城幹典、森昭憲（2018）：温暖化が寒地型牧草生産におよぼす影響のモデルによる評価、システム農学（J.JASS）, 34 (I), 7~15

【北海道】

北海道の代表的な牧草品種「チモシー草地（早生）」を対象として、現在と 2030 年代における気候変動が牧草に及ぼす影響を解析しています。気象要素の総合的指標として蒸発散量を用い、これに牧草の水利用効率を乗じることで収量を予測しています。また、チモシー草地の刈取り回数は年 2 回の地域が多いため、1 番草と 2 番草の収量をそれぞれ推定しています。

2 つの気候シナリオ（CCSR、CGCM1）を用いた場合の 2030 年代のチモシー1 番草および 2 番草の収量は、気温上昇にも関わらず生育期間の日射量の減少によって、全ての地点で減少することが推定されています。具体的には、現在からそれぞれ 4~26%、8~22% 低下すると予測されています（図 3.5-51）。気温情報の影響のみを考慮した場合は、現在と同等かわずかに増収することが示されています（図 3.5-52）。

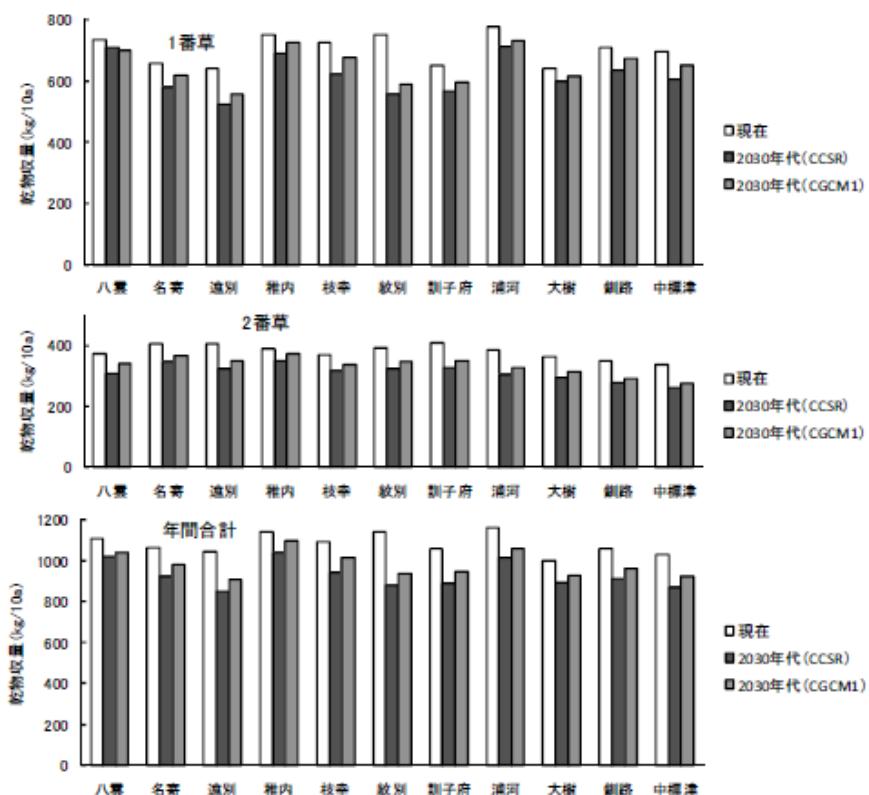


図 3.5-51 チモシー草の収量（気温と日射量を考慮）

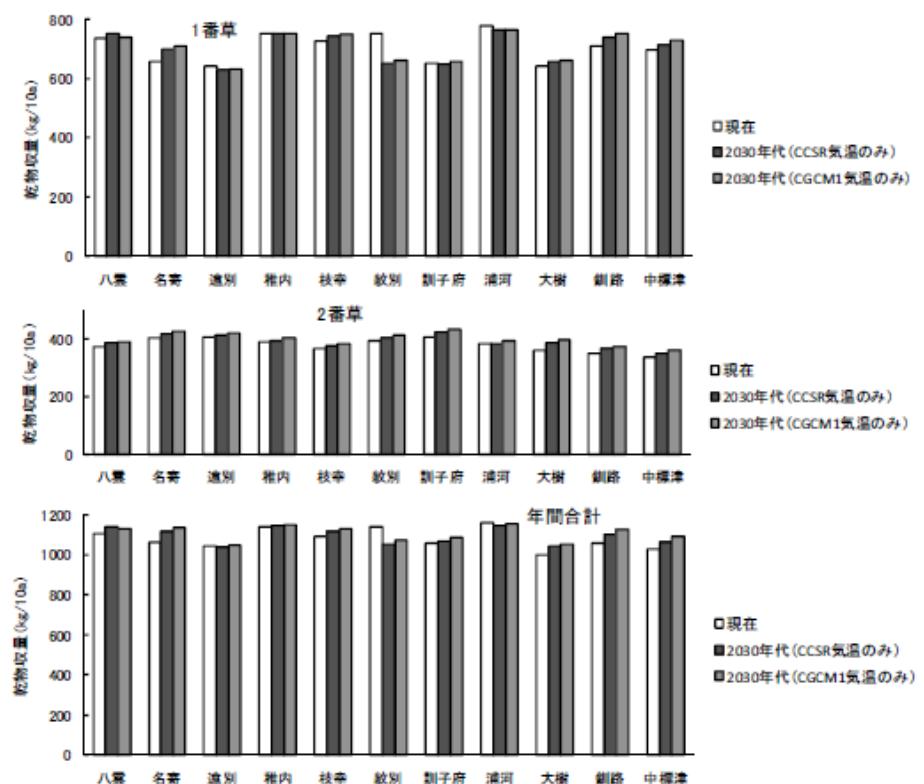


図 3.5-52 チモシー草の収量（気温のみ考慮）

【岩手県】

樽見ら（2018）では、オーチャードグラスについて、温暖化により平均気温が上昇した際の生産性および草地更新の効果を牧草乾物収量推定モデルにより評価しました。岩手県における生育期間平均気温（4~11月の平均気温）と気温が3°C上昇した場合の更新後の乾物収量を3次メッシュごとに示します（図3.5-53）。結果として、気温が高くなると収量の高い地帯の分布が北上しました。なお、本研究では、草地の更新は生産性が低下した収量を回復させる有効な適応策になると考えられており、草地更新後の収量を評価することで草地の更新サイクルを検討するための情報となります。

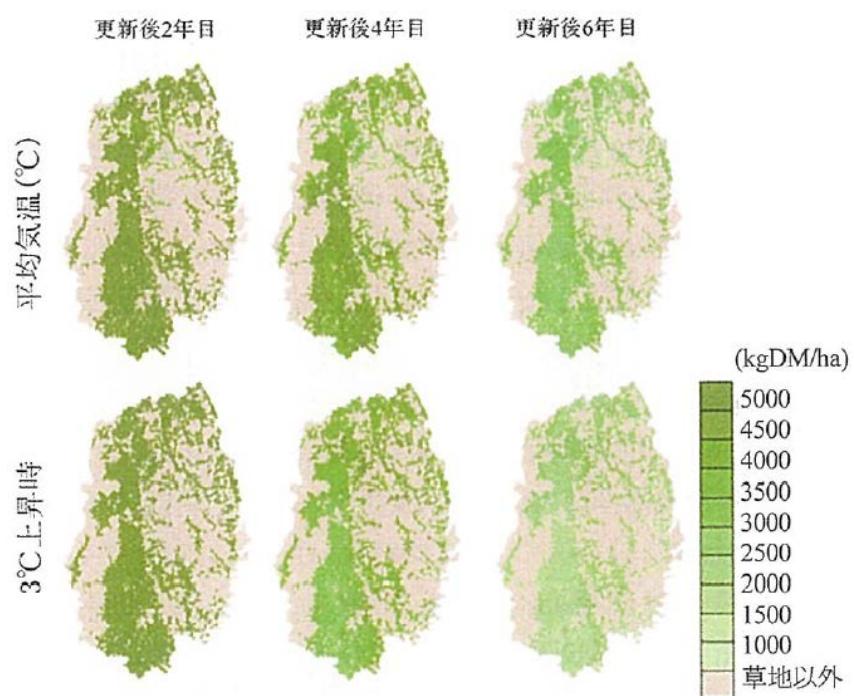


図 3.5-53 岩手県における温暖化後の乾物収量の予測結果 (kgDM/ha)
(窒素施肥量 150kgN/ha)

■ 収量（飼料用トウモロコシ）

関東地域周辺を対象とした飼料用トウモロコシの「収量」については、農研機構畜産研究部門の農研機構畜産研究部門技術リポート18号（2017年）²³²にて研究成果が報告されています。ここでは当該結果について記載します。

【関東】

1つのGCMモデル（MRI-CGCM3）、1つの排出シナリオ（RCP4.5）を用いて、現在と2040年（2031-2050年平均）、2090年（2081-2100年平均）における飼料用トウモロコシ二期作（1作目を品種「KD500」（極早生）、2作目を品種「なつむすめ」（晩生品種））の収量予測を行いました（図3.5-54）。2090年頃には二期作による年間合計乾物収量が増加し、3t/10a以上を期待できる地域が関東北部まで拡大することが予測されました。

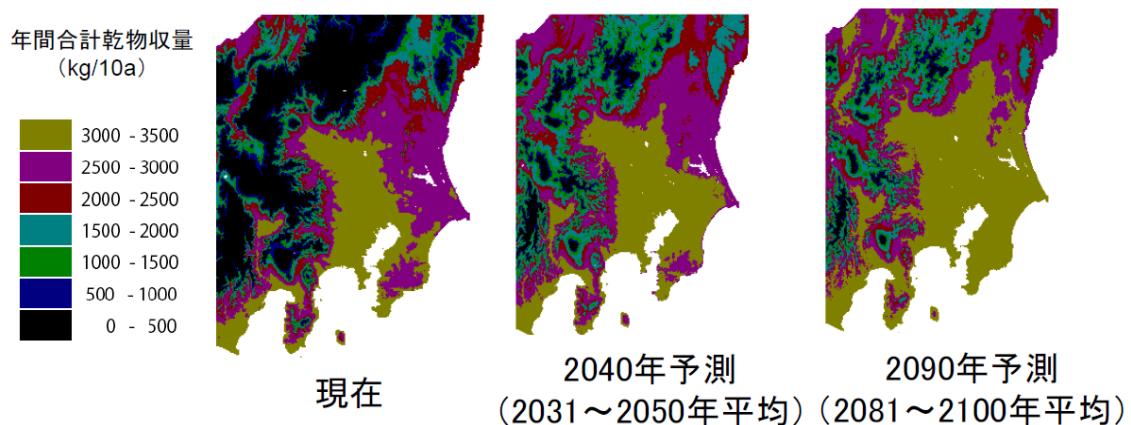


図3.5-54 トウモロコシ二期作の年間合計乾物収量の変化予測（関東地域）
1作目を品種「KD500」、2作目を品種「なつむすめ」とする3次メッシュ予測データを用いました。気候モデルはMRI-CGCM3、排出シナリオはRCP4.5。

（ウ）適応策

飼料作物への影響に対する適応策については§5.2.4.5を参照下さい。

²³² 農研機構畜産研究部門（2017）：気候変動に対応したサイレージ用トウモロコシの二期作栽培技術<関東地域版>、農研機構畜産研究部門技術リポート18号

(5) 工芸作物

① 茶

(ア) 現在の影響状況

本事業において実施した自治体へのアンケート結果によると、気候変動による茶への影響として、生育障害の発生や病害虫の発生、凍霜害の発生といった影響が報告されています。また、平成30年10月に公表された農林水産省「平成29年地球温暖化影響調査レポート」では、表3.5-13に示す茶への影響が経年的に報告されています。

表 3.5-13 茶への影響一覧

	全国 (47)	北日本 (7)	東日本 (17)	西日本 (23)	参考			
					H28	H27	H26	H25
生育障害の発生	7	0	1	6	8	6	9	11
凍霜害の発生	3	0	0	3	4	4	6	6
生育早期化・摘取集中	2	0	0	2	—	—	—	—
病害虫の発生（アザミウマ類、ハダニ類等）	1	0	0	1	3	4	4	4

(イ) 将来予測される影響

本事業において実施した自治体へのアンケート結果によると、茶の「生育期」の変化や「病害虫」の発生、そして「栽培適地」の変化といった影響に対する情報提供が求められています。現状の研究状況に鑑みると、東海地域を含んで定量的に影響評価が実施されているのは、「栽培適域」及び「病害虫」に留まります。ここでは、「栽培適域」及び「病害虫の発生」に関する将来の影響を示します。

■ 栽培適域（栽培地帯）

茶の栽培適域については水野（2002）²³³による研究があります。この研究では、気温情報をもとに茶の栽培地帯区分の検討を行っています。具体的には、枯死域、限界地、冷涼地、温暖地、暖地、亜熱帶の判定を実施しています。なお、暖地、温暖地が栽培適地、亜熱帶は高温問題が発生する地域、冷涼地や限界地は栽培が確認される地域、枯死域は栽培が確認されない地域です。特に亜熱帶について、現在でも栽培の問題があるため、その拡大が危惧されています。ここでは、当該文献に記載されている影響評価手法をもとに影響評価を実施しました。

²³³ 水野直美（2002）：茶の精密栽培地帯区分図の作成と温暖化シミュレーション、茶研報、93, 62-69

【全国】

現在の亜熱帯は、奄美諸島、沖縄諸島に見られます。2050年頃までは亜熱帯の著しい拡大は予測されませんでした（図 3.5-55）。

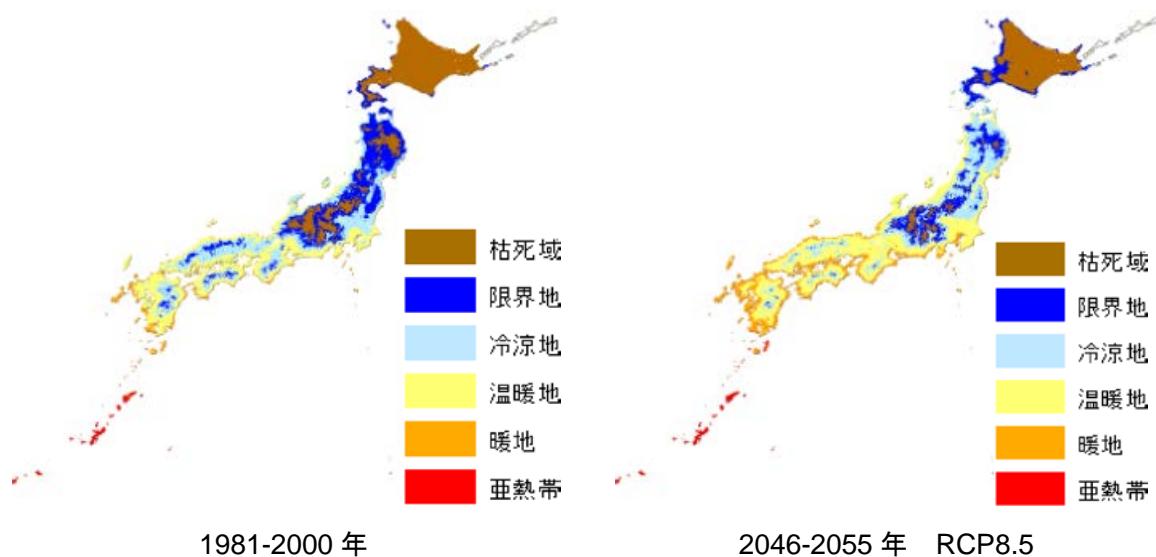


図 3.5-55 茶の栽培地帯区

【東海】

2050年頃（RCP8.5）までは亜熱帯の著しい拡大は予測されませんでした（図 3.5-56）。

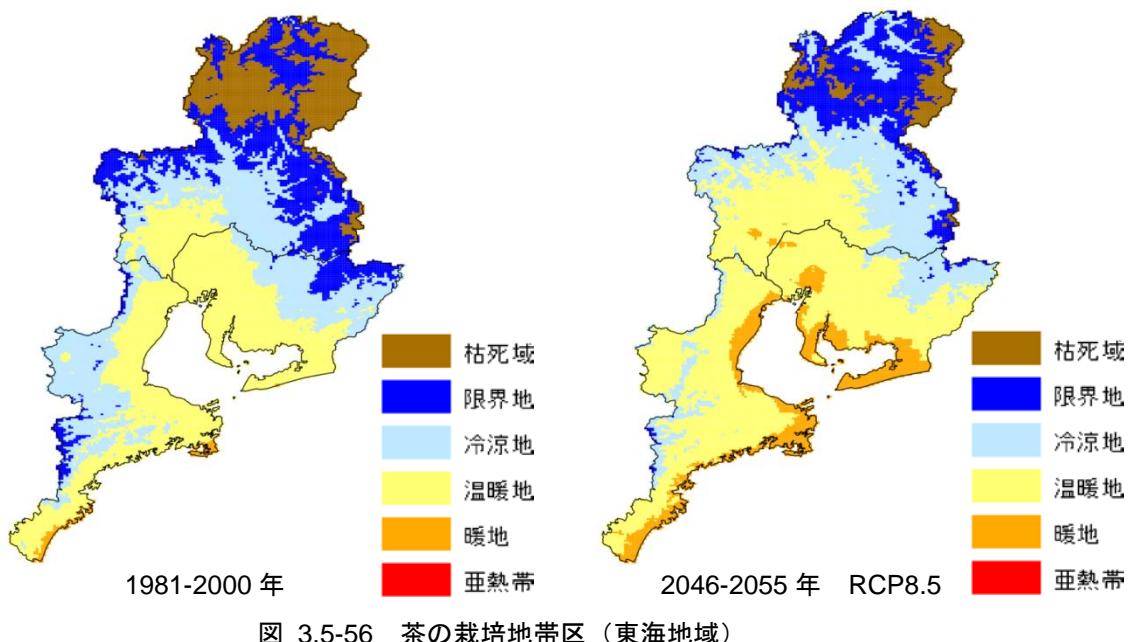


図 3.5-56 茶の栽培地帯区（東海地域）

■ 病害虫（チャノホソガ）

病害虫について、ここでは「世代数」を評価対象としました。また、害虫として、チャノホソガを対象としました。「世代数」の計算式は定式化されているため（Yamamura et al. (1998)²³⁴⁾、その手法にもとづき影響評価を実施しています。

なお、ある程度気温が上昇すると、害虫の発育が停止することが予測されています。本事業においては、このことを示す発育停止温度や発育阻害温度については考慮していないことに注意下さい。

世代数が増加したとしても、作物が害虫に抵抗力のあるステージに有れば、影響は生じないことが予想されます。したがって、世代数の増加が必ずしも作物への影響につながるわけではないことに留意下さい。

【全国】

世代数が増加することが分かります（図 3.5-57）。

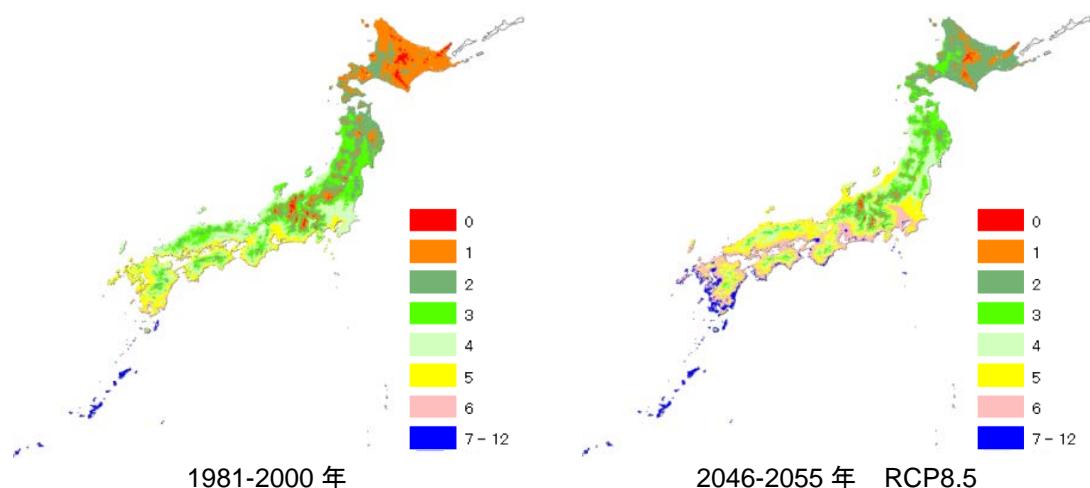


図 3.5-57 チャノホソガの世代数

²³⁴ Kohji Yamamura and Keizi Kiritani (1998) : A simple method to estimate the potential increase in the number of generations under global warming in temperate zones., Appl. Entomol. Zool., 33 (2) , 289-298

【東海】

世代数が増加することが分かります（図 3.5-58）。

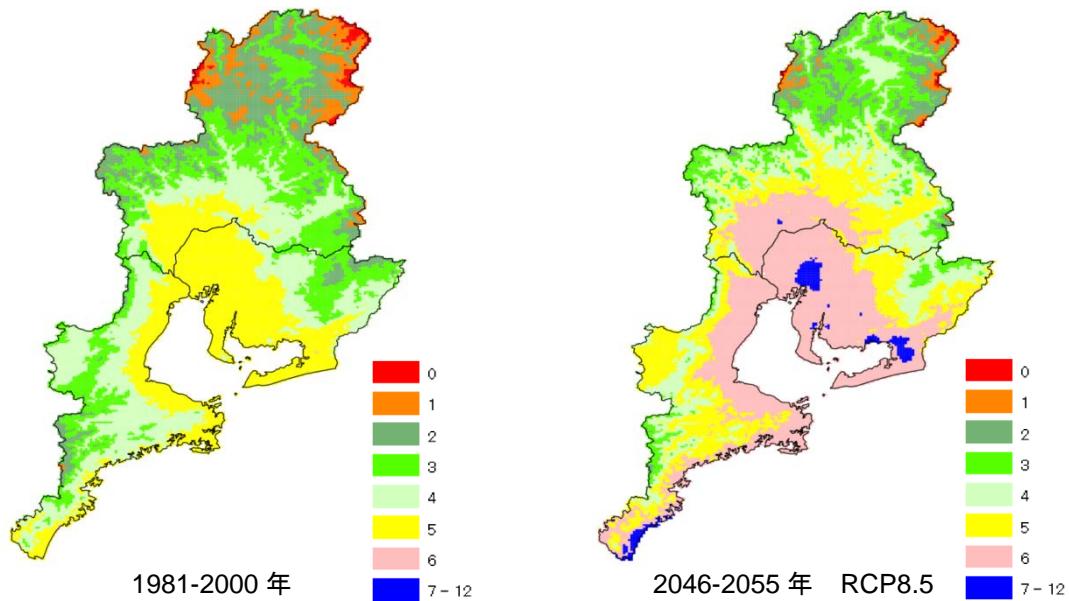


図 3.5-58 チャノホソガの世代数（東海地域）

（ウ）適応策

茶への影響に対する適応策については § 5.2.5.1 を参照下さい。

(6) 畜産

① 肉用豚

(ア) 現在の影響状況

本事業において実施した自治体へのアンケート結果によると、気候変動による肉用豚への影響として、繁殖成績の低下、肉質・増体の低下、斃死といった影響が報告されています。また、平成30年10月に公表された農林水産省「平成29年地球温暖化影響調査レポート」では、表3.5-14に示す肉用豚への影響が経年的に報告されています。

表 3.5-14 肉用豚への影響一覧

	全国 (47)	北日本 (7)	東日本 (17)	西日本 (23)	参考			
					H28	H27	H26	H25
繁殖成績の低下	9	0	5	4	8	10	9	8
斃死	9	1	5	3	10	5	5	6
増体・肉質の低下	6	0	2	4	7	8	5	8

(イ) 将来予測される影響

本事業において実施した自治体へのアンケート結果によると、「増体」や「肉質」の低下、「繁殖成績」や「肥育成績」への影響、「斃死」についての定量的な情報提供が求められています。現状の研究状況に鑑みると、東海地域を含んで定量的な影響評価が実施されているのは肉用豚の「増体量」のみに留まります。ここでは、「増体量」に関する将来の影響を示します。

■ 増体量

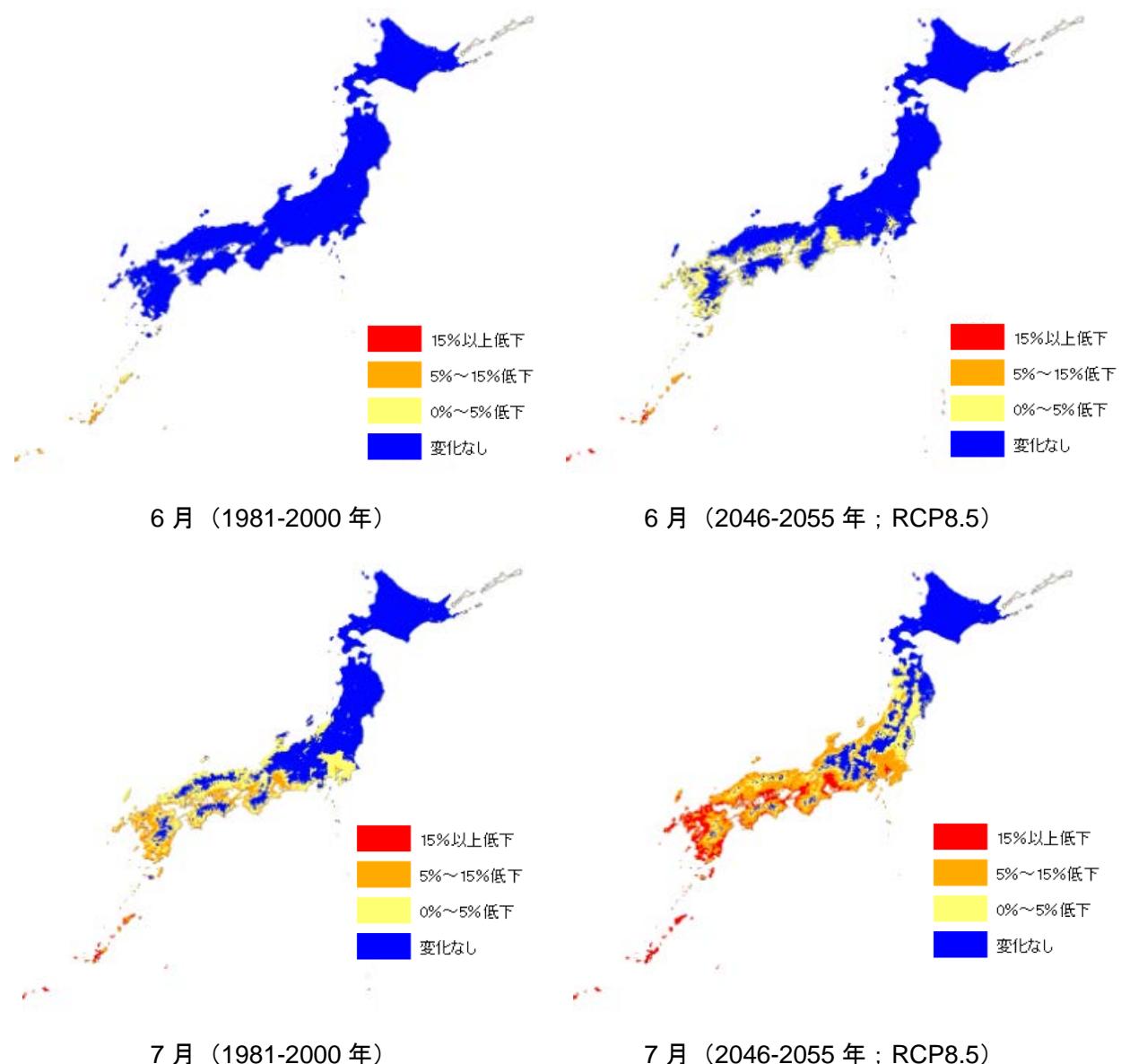
肉用豚の増体量については高田ら(2007)²³⁵による研究があります。この研究では、月平均気温情報をもとに日増体量の評価を行っています。ここでは、当該文献に記載されている影響評価手法をもとに日増体量の影響評価を実施しました。なお、当該文献においては、23°C区、28°C区、33°C区において複数の肉用豚を対象に、気温と日増体量の計測より作成した回帰式をもとに影響評価を実施しています。33°C区以降においても当該回帰式を用いることが可能かについて検討の必要があります。

また、気候モデルには予測の不確実性が存在します。言い換えると、同じ期間、同じRCPの条件の下でも、気候モデルにより気温や降水量等の予測値は異なります。このため、以下で示す結果は、あくまでも今回採用したMIROC5による予測であることに留意下さい。

²³⁵ 高田良三・山崎信・杉浦俊彦・横沢正幸・大塚誠・村上斎(2008)：地球温暖化が肥育豚の飼養成績に及ぼす影響－「気候温暖化メッシュデータ(日本)」によるその将来予測－、日本畜産学会報, 79(1), 59-65

【全国】

肉用豚の日増体量への変化²³⁶について、2046-2055年におけるRCP8.5の場合の6月、7月、8月、9月の結果を示します（図3.5-59）。現在についてみると、7月及び8月において西日本の沿岸部を中心に日増体量の低下が見られます。将来になるにつれて、日増体量の低下は、内陸部でも拡大するとともに、沿岸域では更なる日増体量の低下が予測されました。



²³⁶ 23°Cを100とした場合の日増体量の減少率を示します。

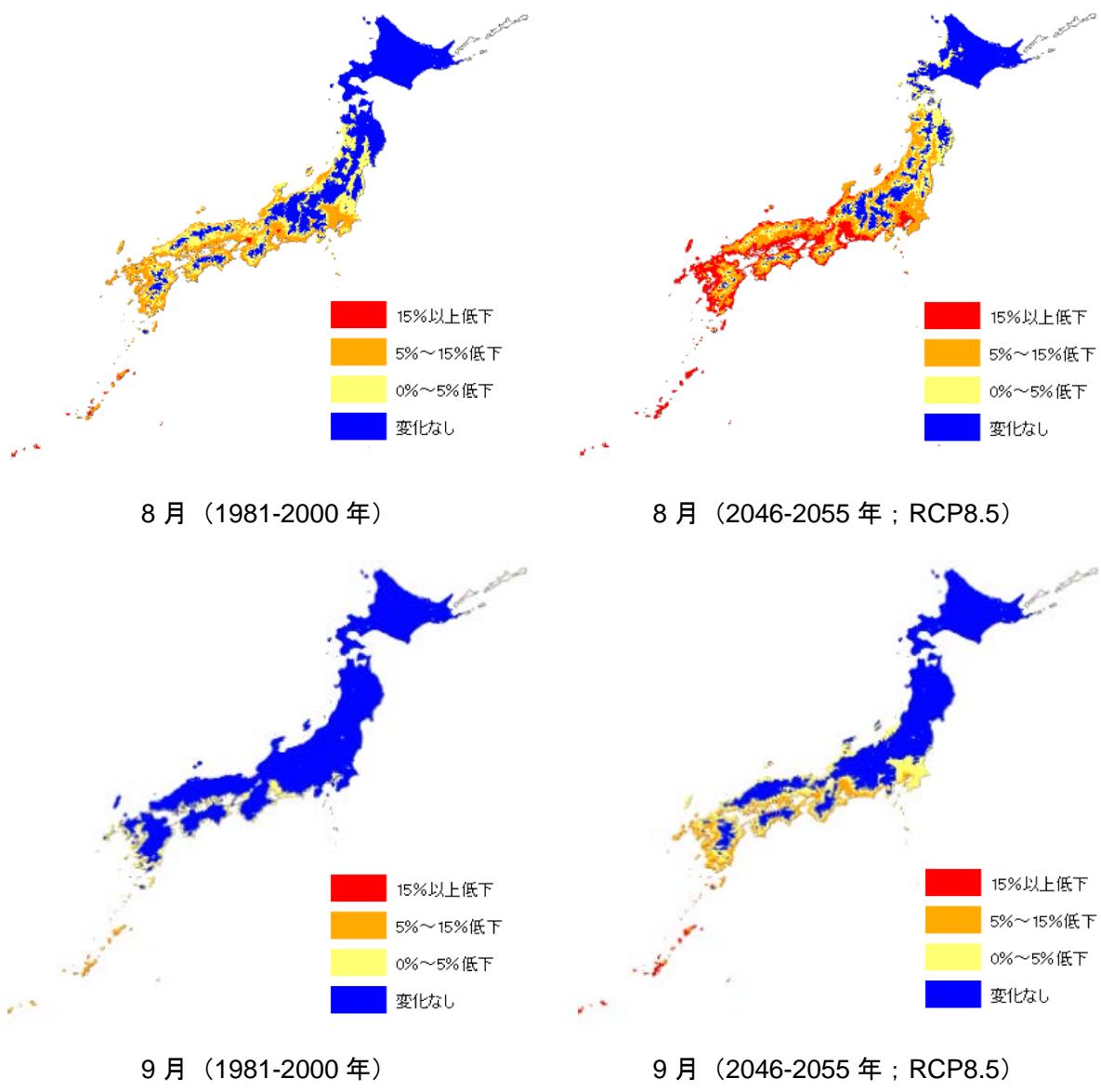
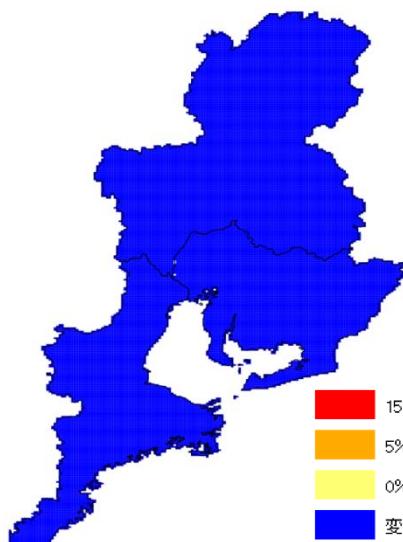


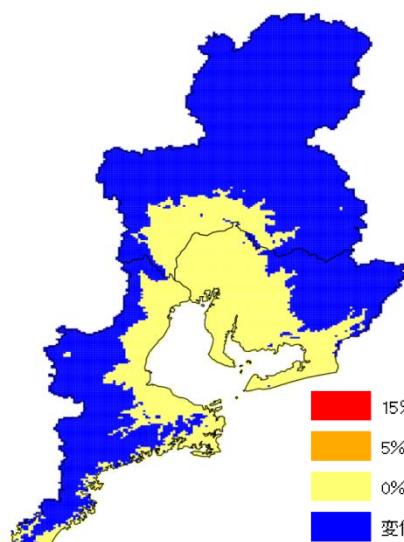
図 3.5-59 肉用豚の日増体量

【東海】

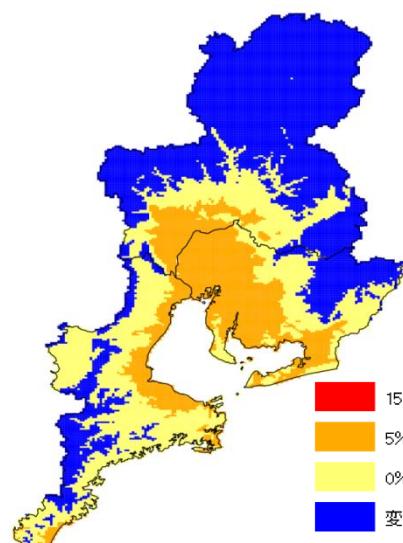
肉用豚の日増体量への変化について、2046-2055年におけるRCP8.5の場合の6月、7月、8月、9月の結果を示します（図3.5-60）。現在についてみると、特に7月及び8月において沿岸部を中心に日増体量の低下が見られます。将来になるにつれて、日増体量の低下は、内陸部でも拡大します。沿岸部では日増体量の低下が15%以上になります。



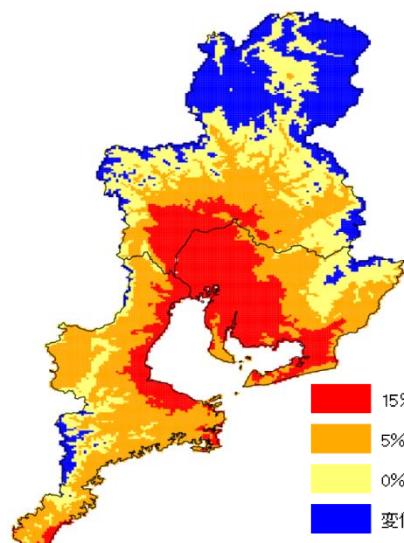
6月（1981-2000年）



6月（2046-2055年；RCP8.5）



7月（1981-2000年）



7月（2046-2055年；RCP8.5）

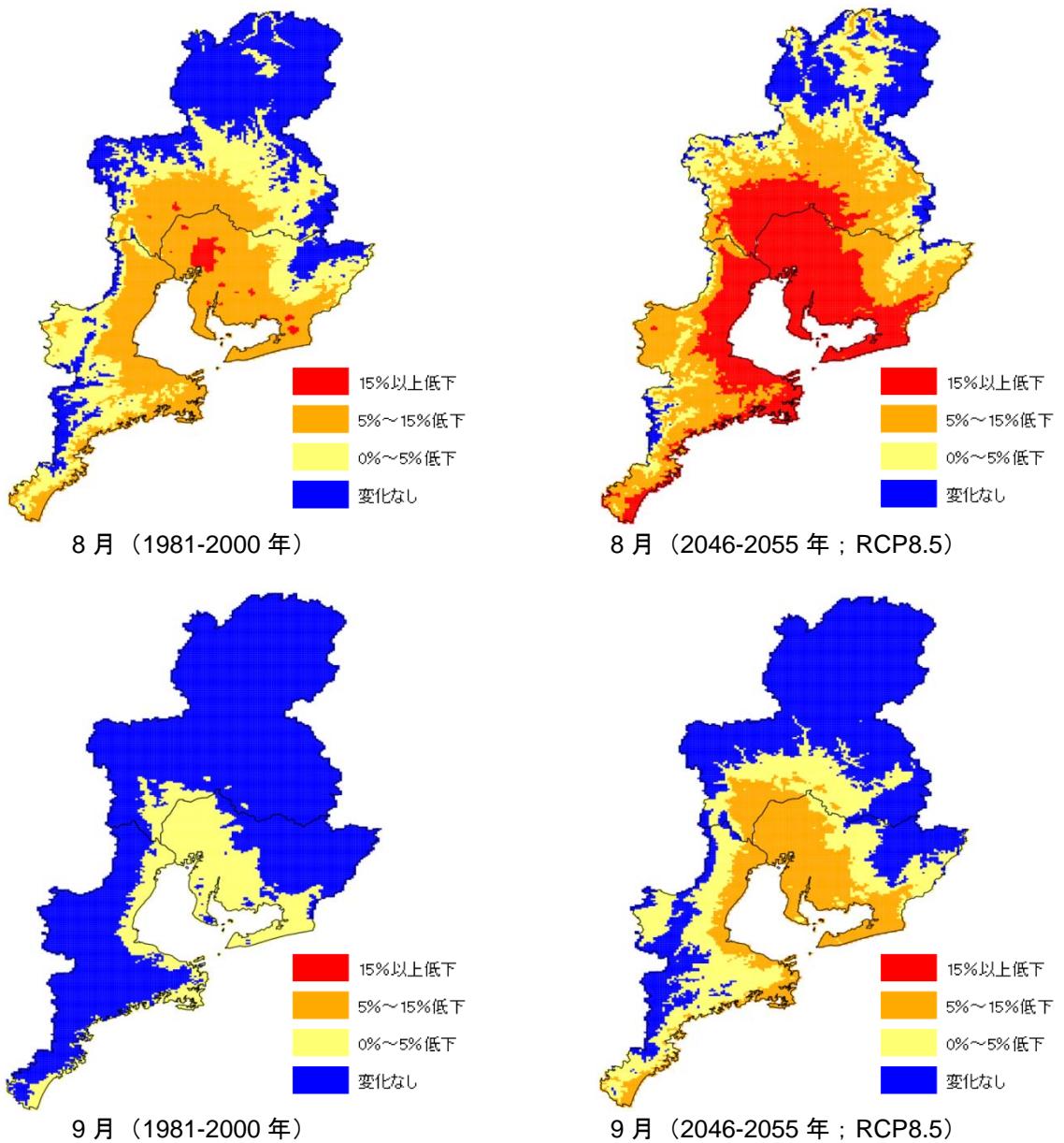


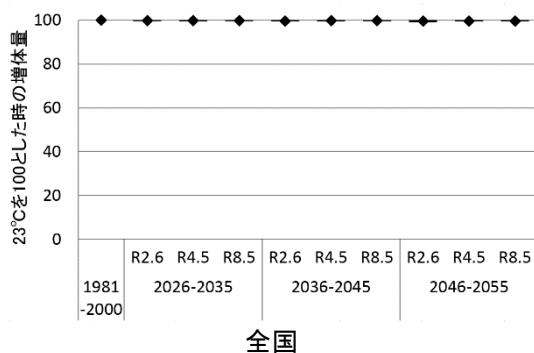
図 3.5-60 肉用豚の日増体量 (東海地域)

図 3.5-61～図 3.5-64 に 23°C を 100 とした場合の 6 月から 9 月の日増体量の推移を示します。箱ひげの見方については図 3.5-3 を参照下さい。

・ 6 月

6 月においては日増体量の変化はほとんど見られません。

【全国】



【東海】

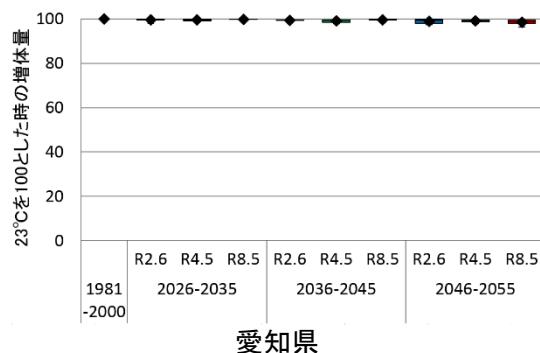
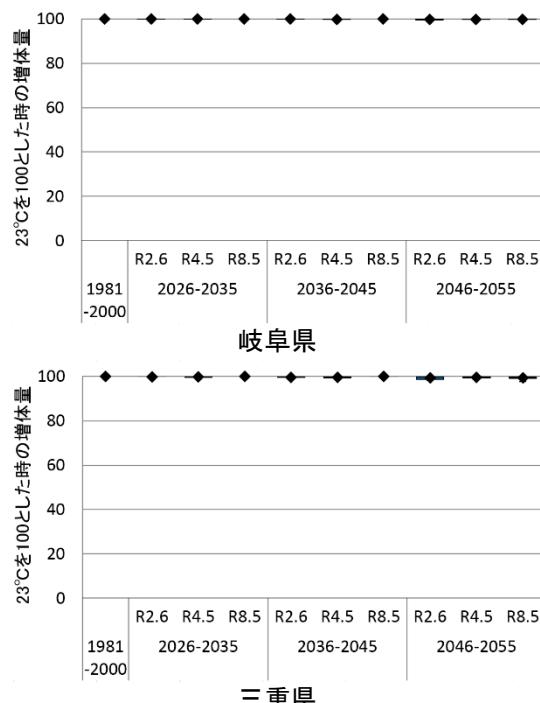
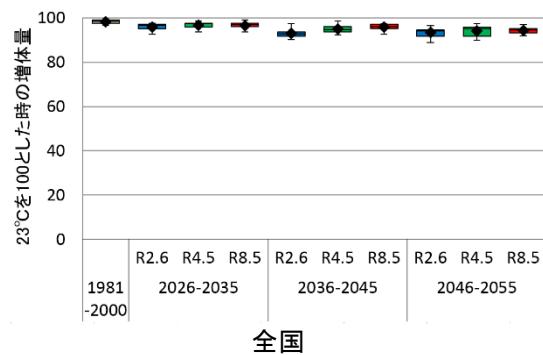


図 3.5-61 23°C を 100 とした場合の日増体量（6 月）の推移

・7月

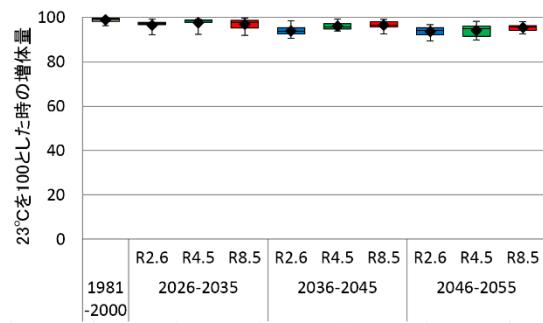
いずれの地域においても日増体量の現状維持あるいは低下が見られます。

【全国】

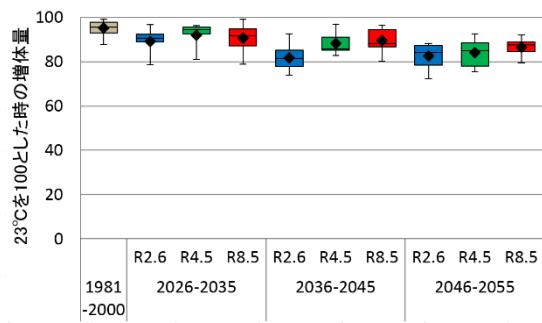


全国

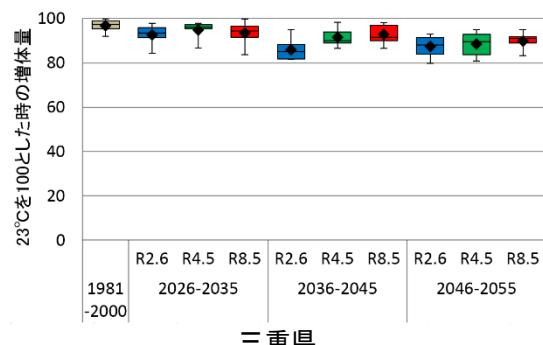
【東海】



岐阜県



愛知県



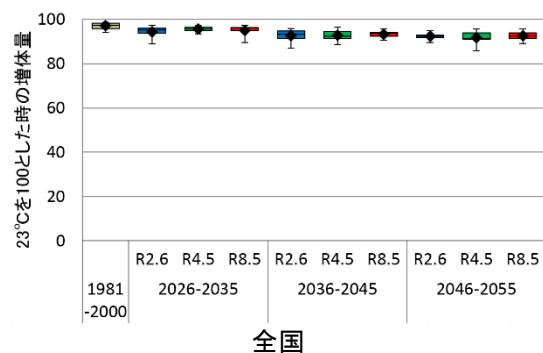
三重県

図 3.5-62 23°Cを100とした場合の日増体量（7月）の推移

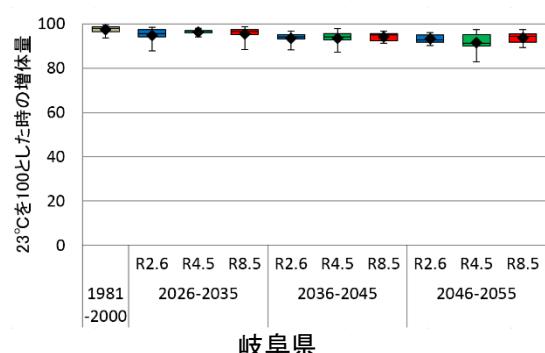
・8月

いずれの地域においても日増体量の現状維持あるいは低下が見られます。

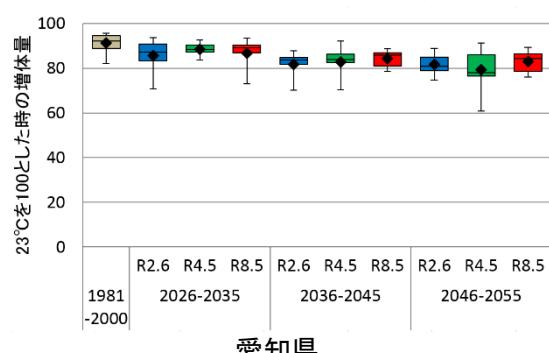
【全国】



【東海】



岐阜県



愛知県

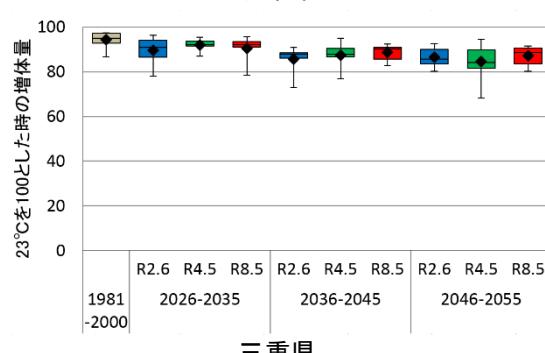
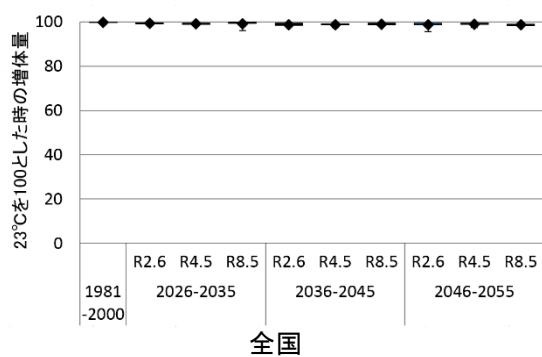


図 3.5-63 23°Cを100とした場合の日増体量（8月）の推移

・9月

9月においては日増体量の変化はほとんど見られません。

【全国】



【東海】

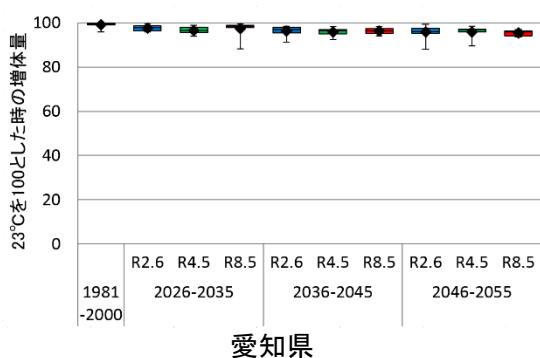
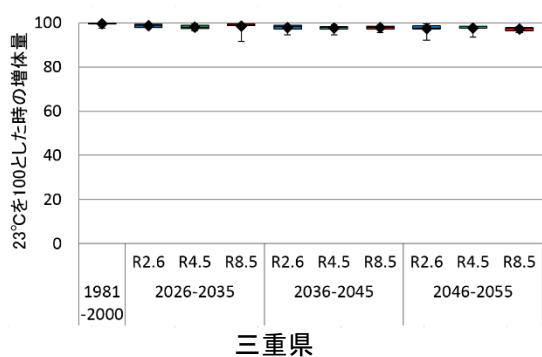
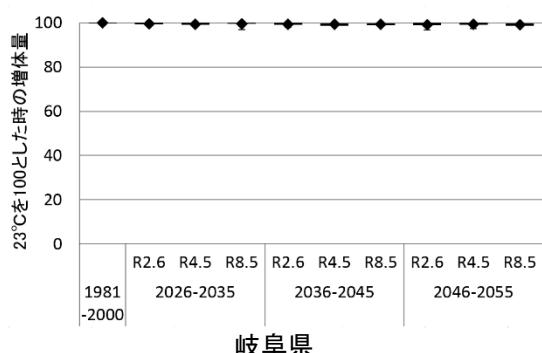
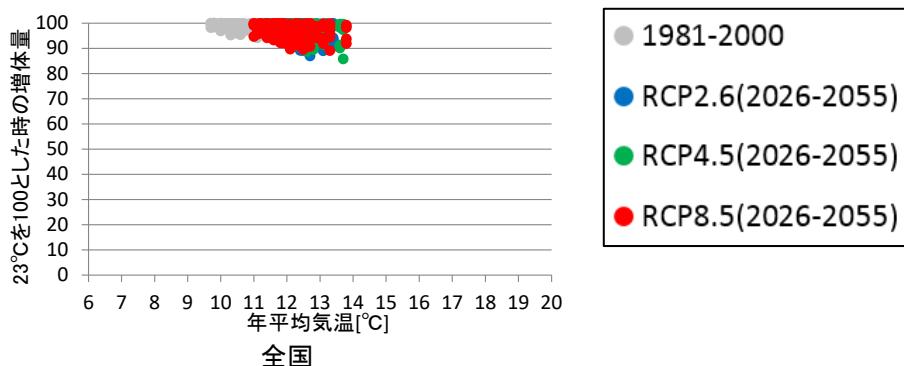


図 3.5-64 23°Cを100とした場合の日増体量（9月）の推移

図 3.5-65 は全ての期間および RCP の結果を対象に、横軸に気温、縦軸に 23℃を 100 とした際の日増体量との相関を示します。

【全国】



【東海】

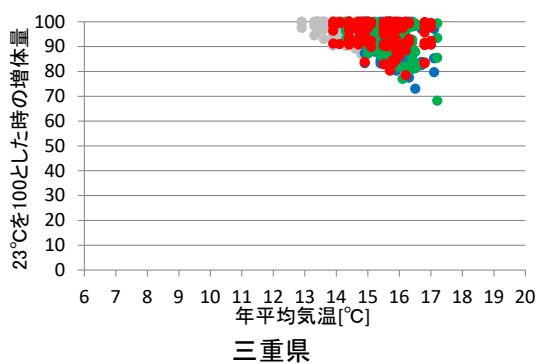
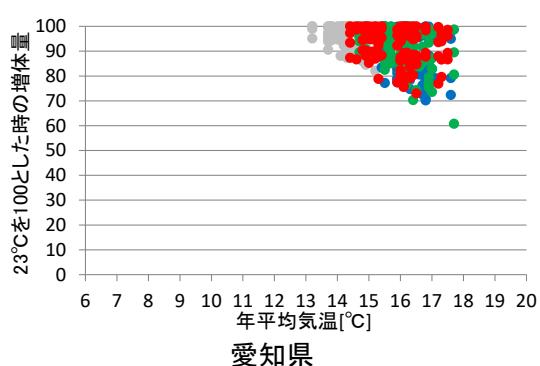
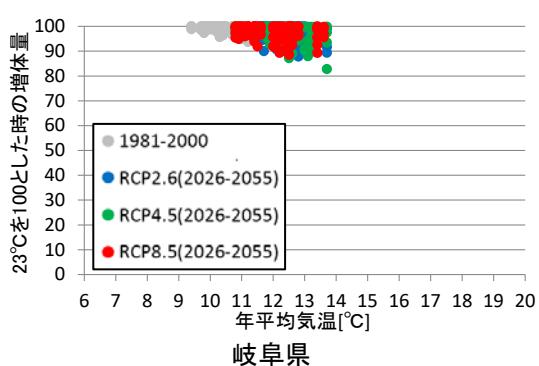


図 3.5-65 23℃を 100 とした場合の日増体量（6~9 月）と年平均気温の関係

(ウ) 適応策

肉用豚への影響に対する適応策については § 5.2.6.1 を参照下さい。

② 肉用鶏

(ア) 現在の影響状況

本事業において実施した自治体へのアンケート結果によると、気候変動による鶏への影響として、採卵鶏については、産卵率・卵重の低下、斃死、肉用鶏については増体の低下、発育成績の低下、斃死、増体量に関する影響が報告されています。また、平成30年10月に公表された農林水産省「平成29年地球温暖化影響調査レポート」では、表3.5-15に示す鶏への影響が経年的に報告されています。

表 3.5-15 鶏への影響一覧

		全国 (47)	北日本 (7)	東日本 (17)	西日本 (23)	参考			
						H28	H27	H26	H25
採卵鶏	斃死	13	1	6	6	12	9	12	12
	産卵率・卵重の低下	11	0	7	4	13	14	11	10
肉用鶏	斃死	12	1	4	7	9	8	11	9
	増体・肉質の低下	4	0	3	1	6	9	10	10

(イ) 将来予測される影響

本事業において実施した自治体へのアンケート結果によると、採卵鶏については、「産卵成績」、「斃死」、「産卵率」、肉用鶏については「発育成績」、「斃死」、「増体量」に関する影響についての情報提供が求められています。現状の研究状況に鑑みると、東海地域を含んで定量的に影響評価が実施されているのは肉用鶏の「増体量」のみに留まります。ここでは、「増体量」に関する将来の影響を示します。

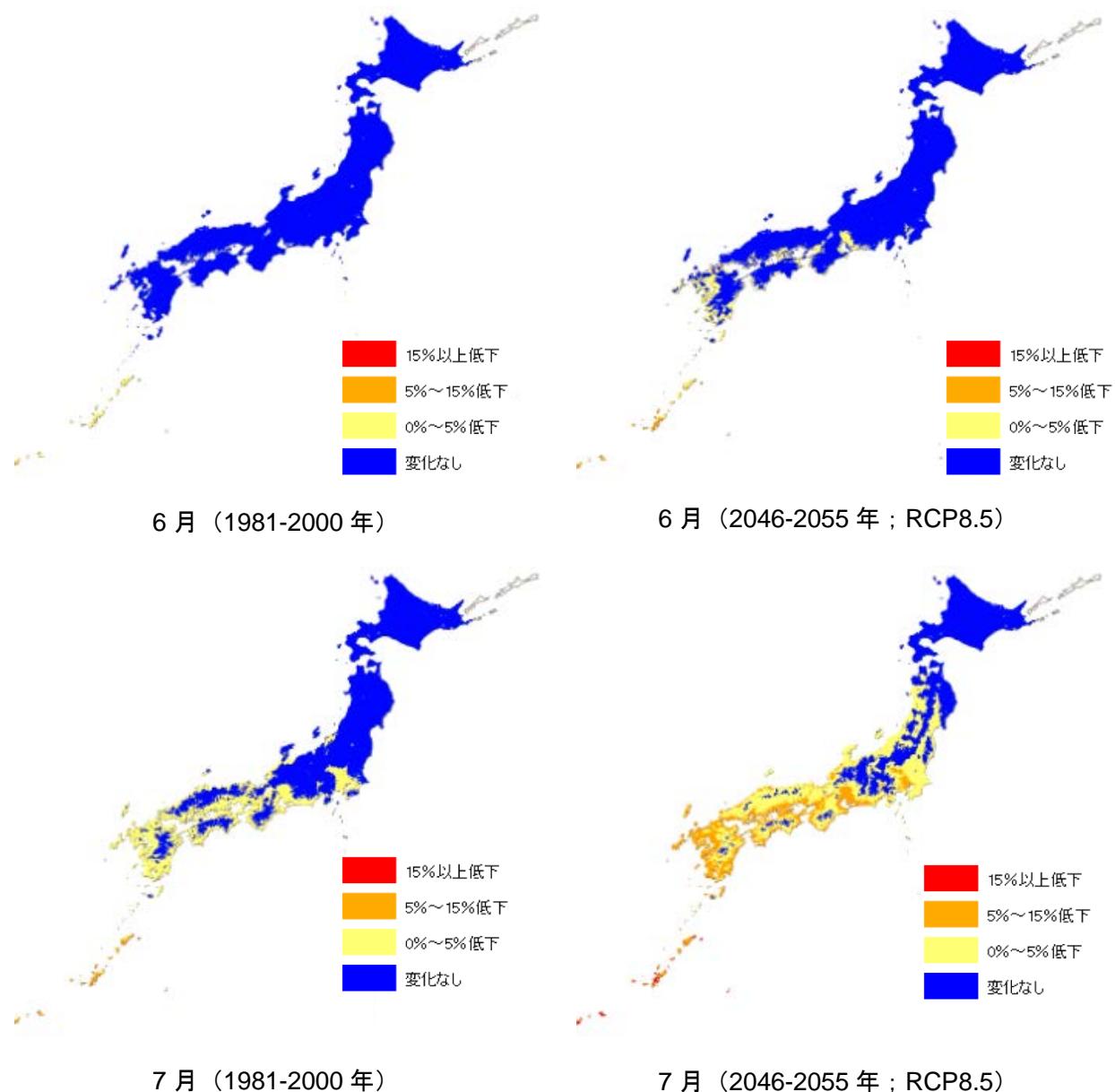
■ 日増体量

肉用鶏の増体量については山崎ら(2005)²³⁷による研究があります。この研究では、月平均気温情報をもとに日増体量の評価を行っています。ここでは、当該文献に記載されている影響評価手法をもとに日増体量の影響評価を実施しました。なお、当該文献においては、23°C区、28°C区、33°C区において複数の鶏を対象に、気温と日増体量の計測より作成した回帰式をもとに影響評価を実施しています。33°C区以降においても当該回帰式を用いることが可能かについては検討の必要があります。

²³⁷ 山崎信・村上斎・中島一喜・阿部啓之・杉浦俊彦・横沢正幸・栗原光規(2005)：平均気温の変動から推定したわが国の鶏肉生産に対する地球温暖化の影響、日本畜産学会報、77(2), 231-235

【全国】

肉用鶏の日増体量への変化²³⁸について、2046-2055年におけるRCP8.5の場合の6月、7月、8月、9月の結果を示します（図3.5-66）。現在についてみると、7月及び8月において西日本の沿岸部を中心に日増体量の低下が見られます。将来になるにつれて、日増体量の低下は、内陸部でも拡大するとともに、沿岸域では更なる日増体量の低下が予測されました。



²³⁸ 23°Cを100とした場合の日増体量の減少率を示します。

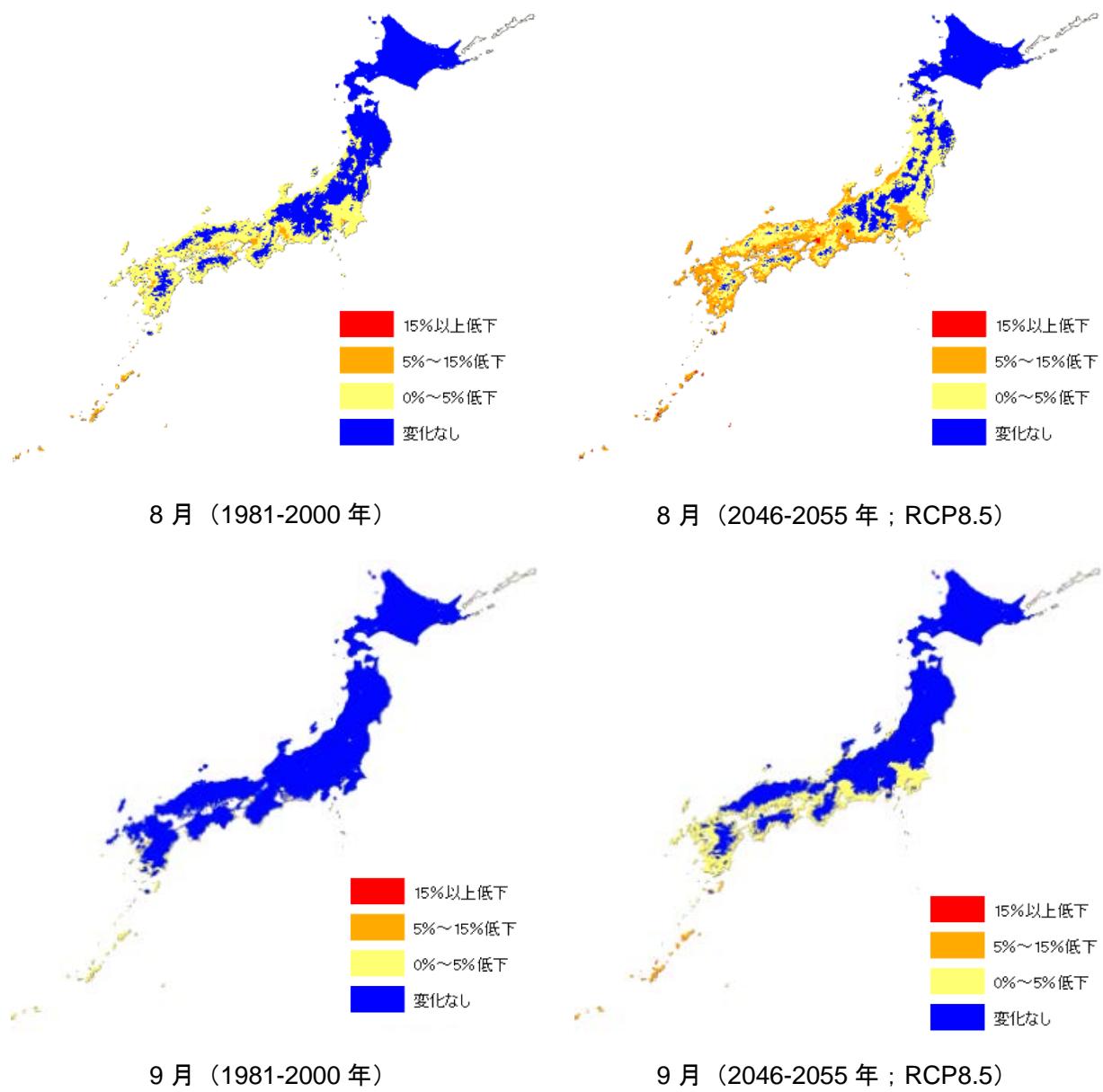
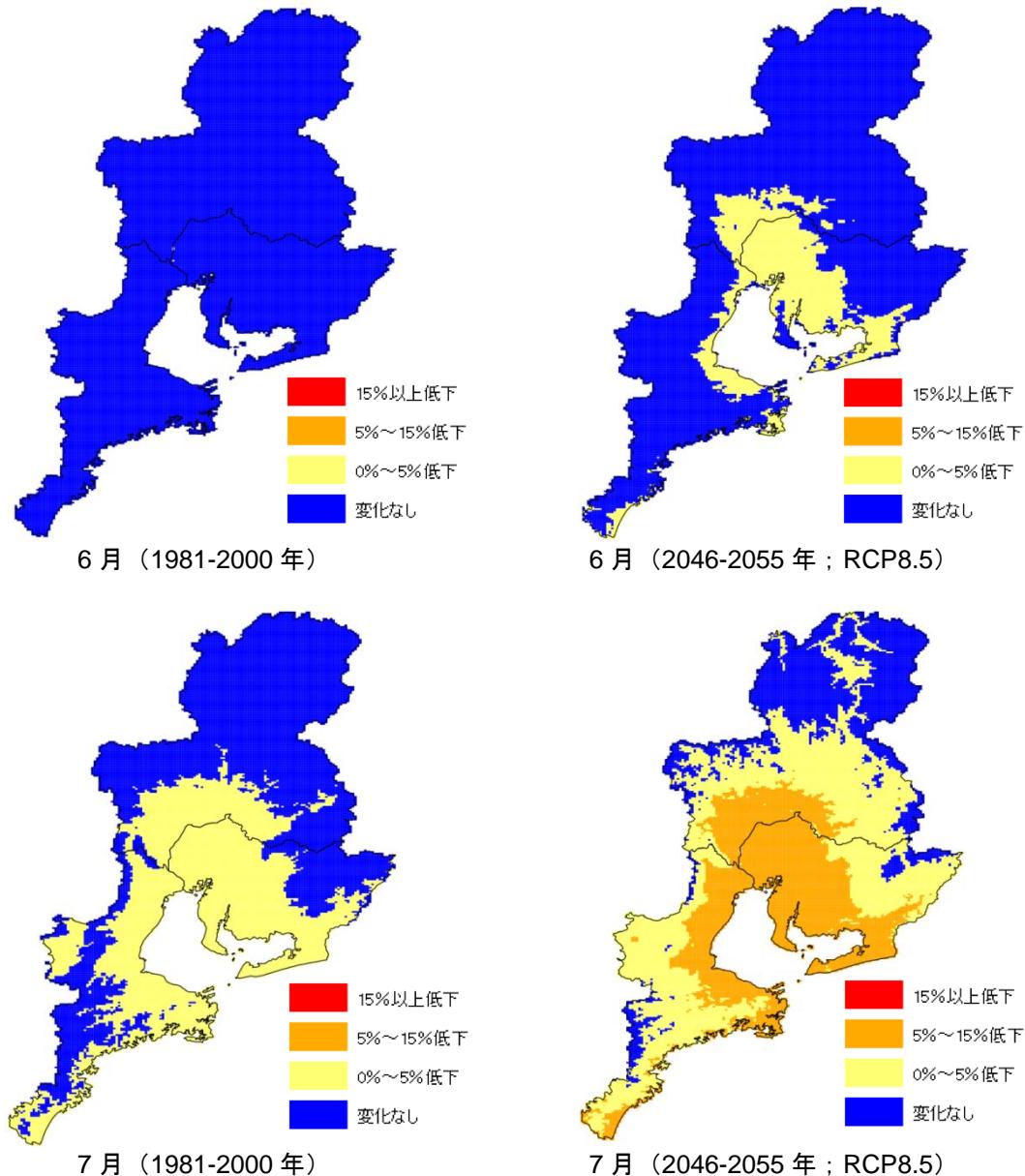


図 3.5-66 肉用鶏の日増体量

【東海】

肉用鶏の日増体量への変化²³⁹について、2046-2055年におけるRCP8.5の場合の6月、7月、8月、9月の結果を示します（図3.5-67）。現在についてみると、特に7月及び8月において沿岸部を中心に日増体量の低下が見られます。将来になるにつれて、日増体量の低下は、内陸部でも拡大します。沿岸部では日増体量の低下が5～15%の所もあります。



²³⁹ 23°Cを100とした場合の日増体量の減少率を示します。

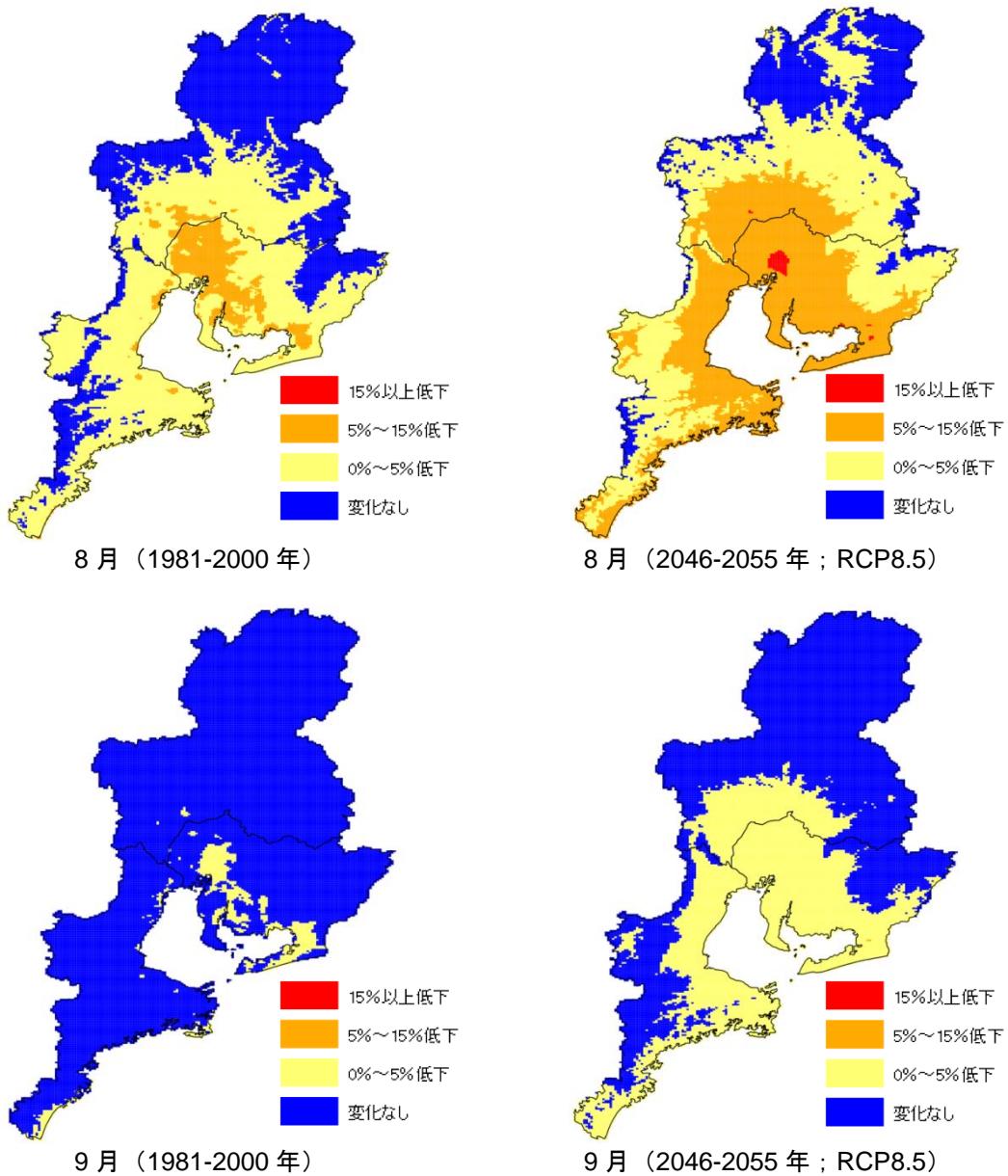


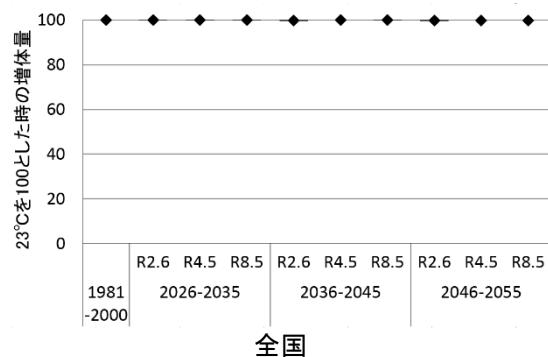
図 3.5-67 肉用鶏の日増体量（東海地域）

図 3.5-68～図 3.5-71 に 23°C を 100 とした場合の 6 月から 9 月の日増体量の推移を示します。箱ひげの見方については図 3.5-3 を参照下さい。

・ 6 月

6 月においては日増体量の変化はほとんど見られません。

【全国】



【東海】

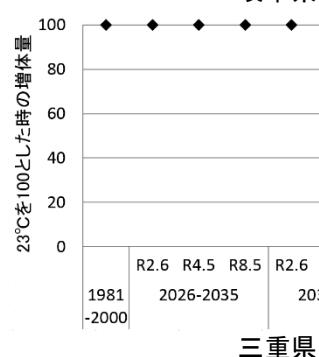
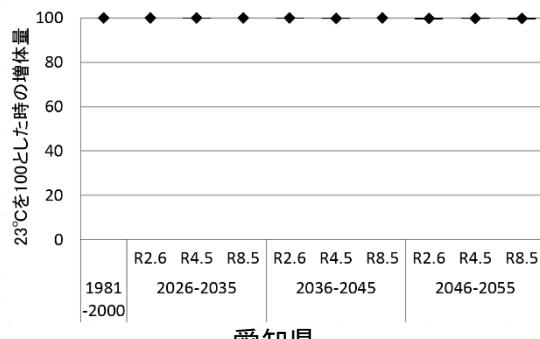
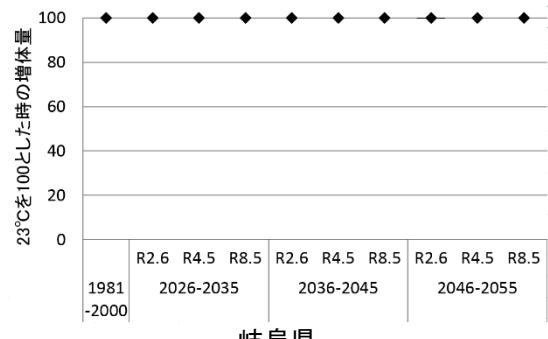
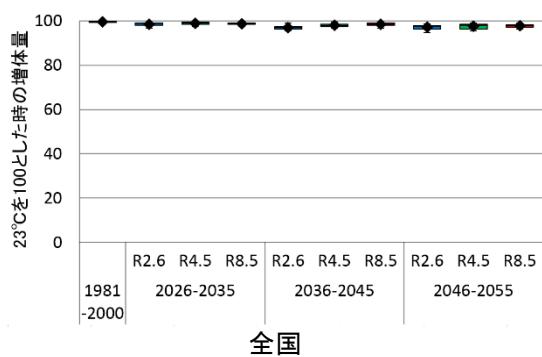


図 3.5-68 23°C を 100 とした場合の日増体量（6 月）の推移

・7月

日増体量が現状維持か、もしくは低下が見られます。

【全国】



【東海】

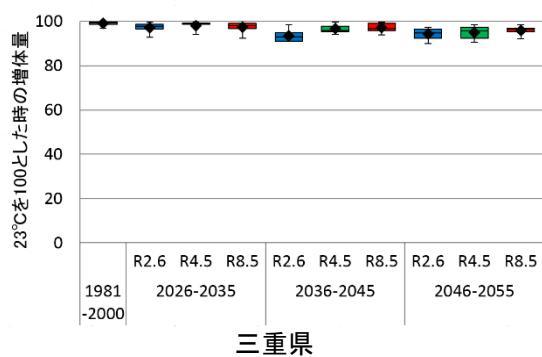
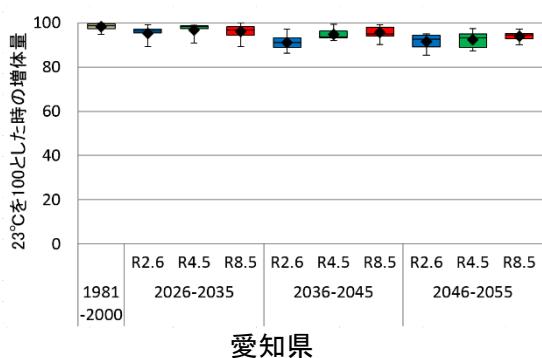
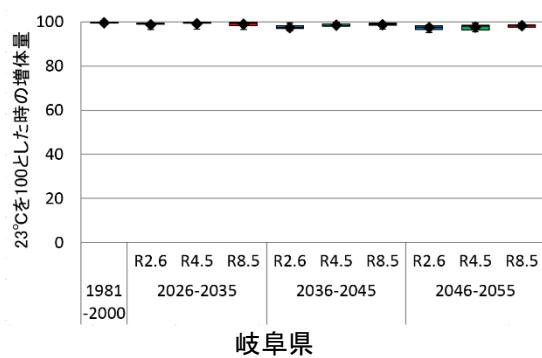
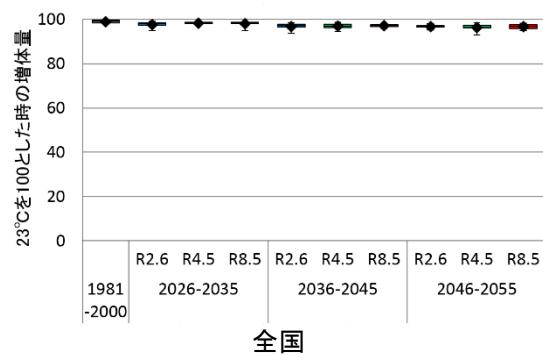


図 3.5-69 23°Cを100とした場合の日増体量（7月）の推移

・8月

日増体量が現状維持か、もしくは低下が見られます。

【全国】



【東海】

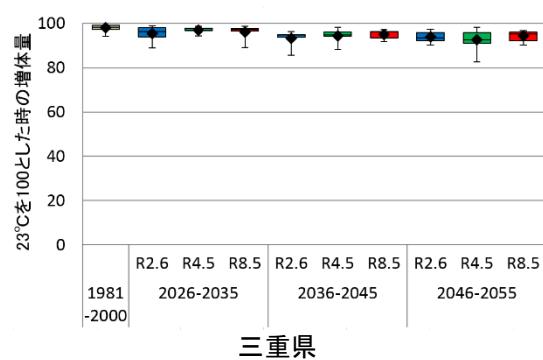
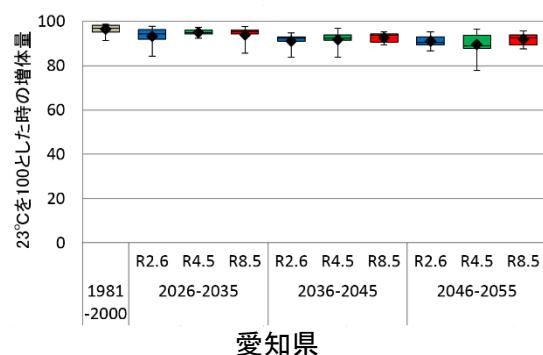
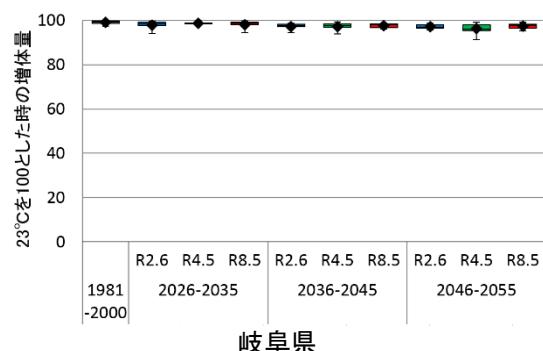
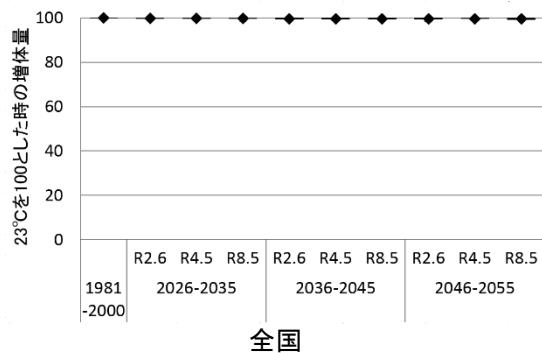


図 3.5-70 23°C を 100 とした場合の日増体量（8月）の推移

・9月

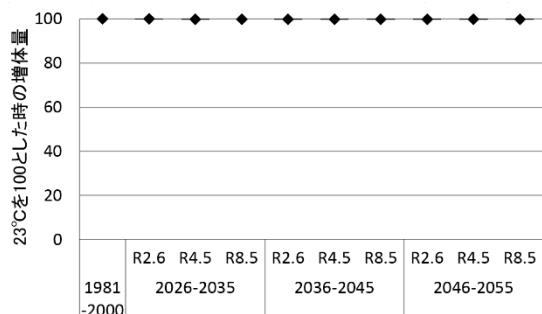
9月においては日増体量の変化はほとんど見られません。

【全国】

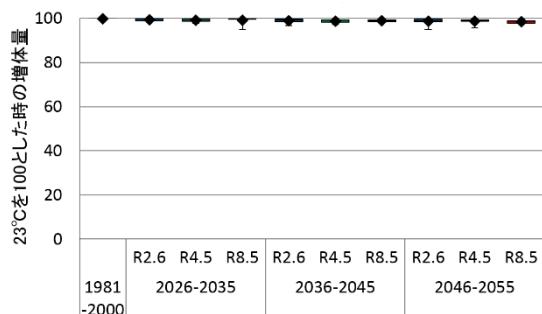


全国

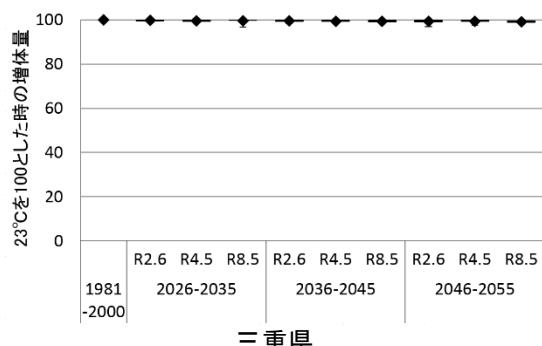
【東海】



岐阜県



愛知県



三重県

図 3.5-71 23°Cを100とした場合の日増体量（9月）の推移

図 3.5-72 は全ての期間および RCP の結果を対象に、横軸に気温、縦軸に 23°C を 100 とした際の日増体量との相関を示します。

【全国】



【東海】

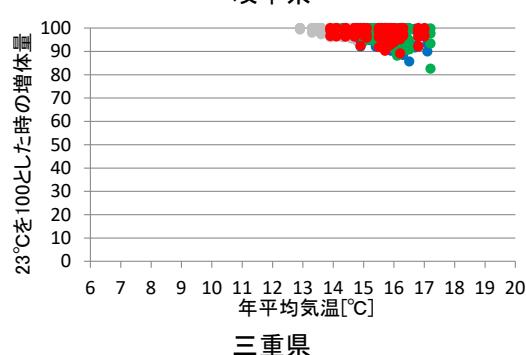
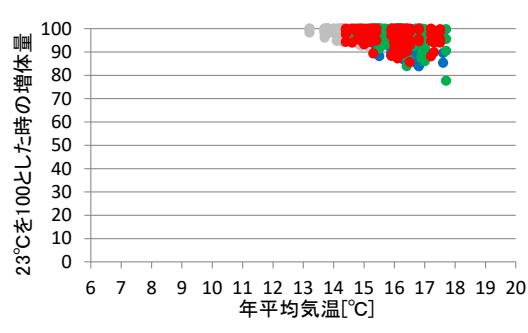
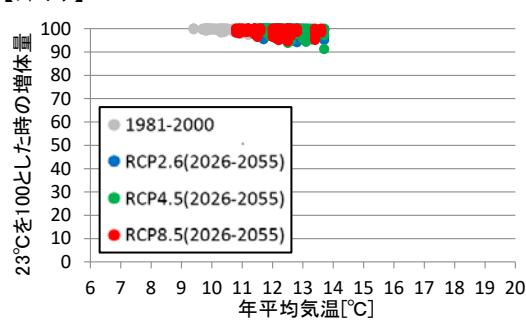


図 3.5-72 23°C を 100 とした場合の日増体量（6~9 月）と年平均気温の関係

(ウ) 適応策

肉用鶏への影響に対する適応策については § 5.2.6.2 を参照下さい。

3.5.4.2 農業生産基盤

(1) 農業生産基盤

(ア) 現在の影響状況

本事業において実施した自治体へのアンケート結果によると、気候変動による農業生産基盤への影響として、農地、農業施設への豪雨による影響や、渇水、冬期の積雪量の減少による農業用水の減少とそれに伴う取水制限等が報告されています。

(イ) 将来予測される影響

気候変動は農業生産基盤に影響を及ぼすことが危惧されています。本事業において実施した自治体へのアンケート結果によると、「農業用水」の減少や、「頭首工」等の「農業施設」への豪雨や渇水による影響の情報提供が求められています。ここでは、「農業用水」や頭首工等の「農業施設」に関する将来の影響を示します。

なお、将来の降雨の傾向としては、無降水日数が増加する一方で、大雨や短時間強雨の発生頻度が増加することが予測されています²⁴⁰。前者は農業用水の減少をもたらす一方で、後者は農業施設への豪雨による影響をもたらすことが予想されています。

■ 農業用水

「農業用水」に対する影響については、Kudo et al. (2017)²⁴¹による研究があります。ここでは当該結果について記載します。

²⁴⁰ 気象庁 (2017) : 地球温暖化予測情報 第9巻

²⁴¹ Kudo Ryoji, Takeo Yoshida and Takao Masumoto (2017) : Nationwide assessment of the impact of climate change on agricultural water resources in Japan using multiple emission scenarios in CMIP5, Hydrological Research Letters 11(1), 31–36

【全国】

この研究では、2081-2100年を対象に、5つのGCM²⁴²と3つのRCPシナリオ²⁴³を用いて、農業用水量（渇水指標）の変化に関する予測を行っており、渇水指標として、水稻の生育に影響が大きいと考えられる代かき期と出穂期を対象として（1）10年確率代かき期半旬平均流量²⁴⁴と（2）10年確率出穂期半旬平均流量²⁴⁵が評価されています（図3.5-73、図3.5-74）。（1）10年確率代かき期半旬平均流量と（2）10年確率出穂期半旬平均流量は同様に、放射強制力が高いほど（RCP8.5シナリオになるほど）減少することが予測されました。

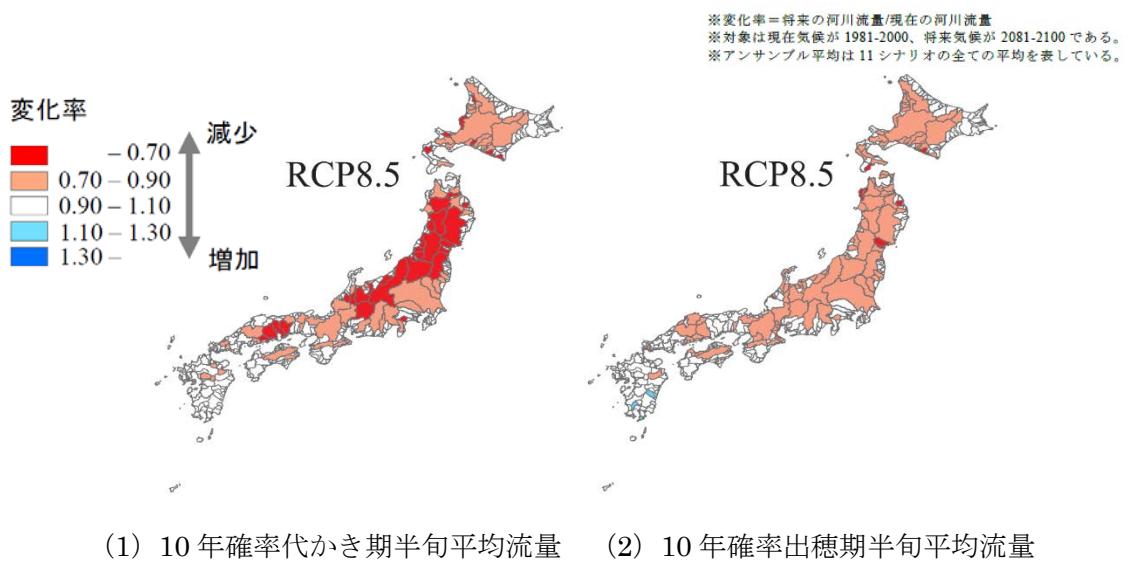


図3.5-73 農業水利用に対する全国影響評価マップ

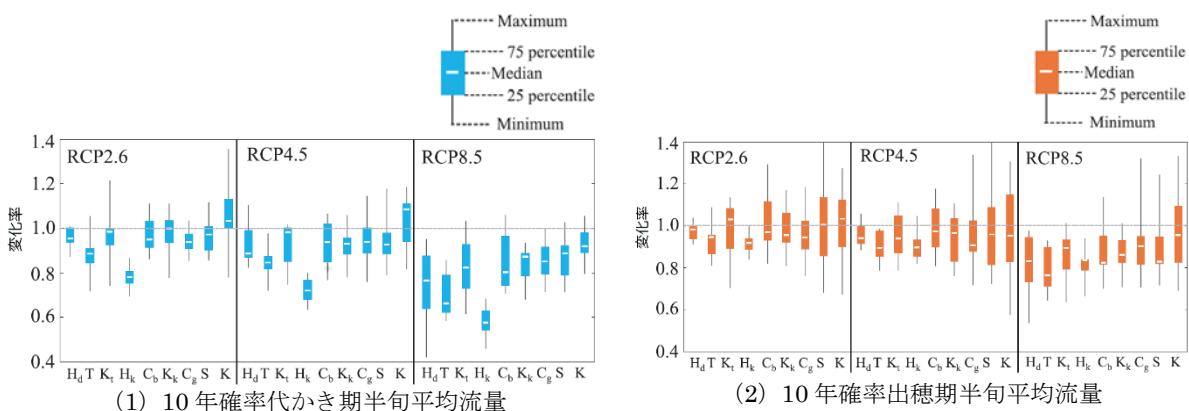


図3.5-74 評価指標による不確実性の差（11の気候シナリオの幅）

Hd : 北海道、T : 東北、Kt : 関東、Hk : 北陸、Cb : 中部、Kk : 近畿、Cg : 中国、S : 四国、K : 九州

²⁴² MIROC5、CSIRO-Mk3-6-0、HadGEM2-ES、CNRM-CM5、MRI-CGCM

²⁴³ RCP2.6、RCP4.5、RCP8.5

²⁴⁴ 代かき期の期間の半旬（5日）平均流量の10年確率値。

²⁴⁵ 出穂期の期間の半旬（5日）平均流量の10年確率値。

■ 農業施設（頭首工等）

頭首工等の「農業施設」に対する影響については、Kudo et al. (2017)²⁴⁶による研究があります。ここでは当該結果について記載します。

【全国】

この研究では、2081-2100年を対象に、5つのGCM²⁴⁷と3つのRCPシナリオ²⁴⁸を用いて、河川流量（洪水指標）の変化に関する予測を行っており、洪水指標として、施設設計等の基準となる10年確率を目安として、10年確率日流量²⁴⁹が評価されています（図3.5-75、図3.5-76）。すべての排出シナリオで将来の10年確率日流量は増加傾向にあることが予測されました。

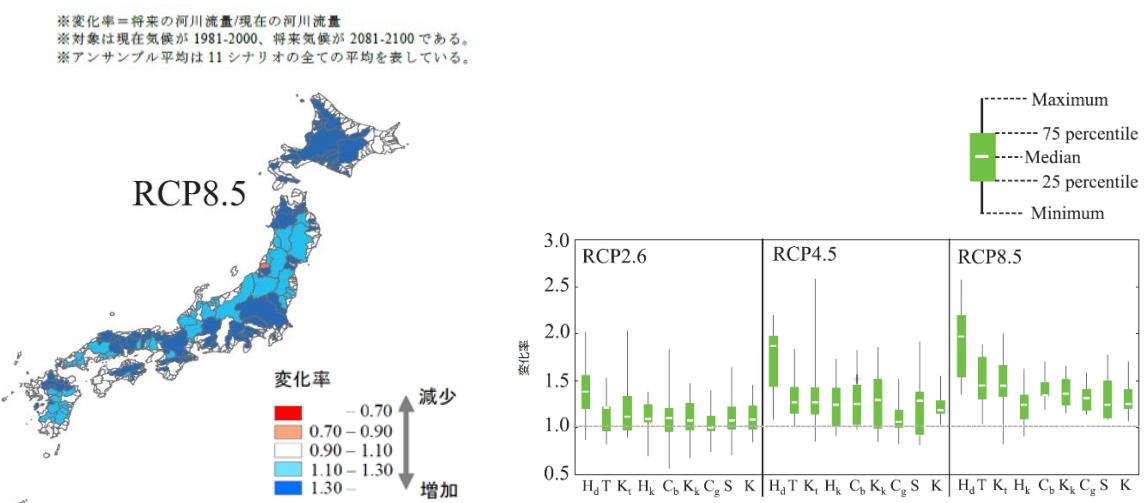


図3.5-75 河川流量に対する全国影響評価
マップ（10年確率日流量）

図3.5-76 評価指標による不確実性の差
Hd：北海道、T：東北、Kt：関東、Hk：北陸、Cb：中部、Kk：近畿、Cg：中国、S：四国、K：九州

²⁴⁶ Kudo Ryoji, Takeo Yoshida and Takao Masumoto (2017) : Nationwide assessment of the impact of climate change on agricultural water resources in Japan using multiple emission scenarios in CMIP5, Hydrological Research Letters 11(1), 31–36

²⁴⁷ MIROC5、CSIRO-Mk3-6-0、HadGEM2-ES、CNRM-CM5、MRI-CGCM

²⁴⁸ RCP2.6、RCP4.5、RCP8.5

²⁴⁹ 梅雨期や台風期等に発生する豪雨に伴う洪水に絞るため、10年確率日流量は通常ではなく、洪水期と考えられる6-10月の日流量から算出されています。

■ ため池

「ため池」に対する影響には、佐藤（2015）²⁵⁰による研究があります。ここでは当該結果について記載します。

【全国】

この研究では、2041-2060年、2081-2100年を対象に、2つのGCM²⁵¹と2つのRCPシナリオ²⁵²を用いて、ため池の災害や管理に関する3つの指標（被災指標値、管理指標値、被災率）が検討されています（図3.5-77）。

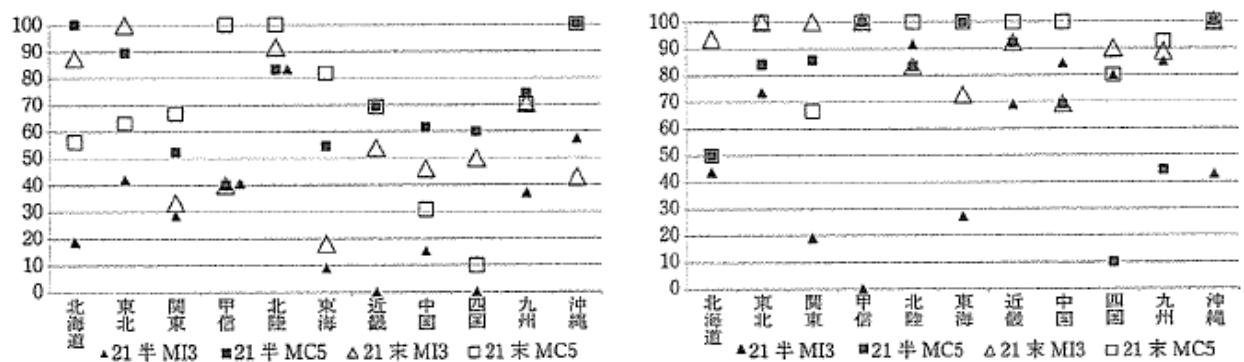


図3.5-77 被災率による将来リスクが高まる地域割合（%）

（左：50年降雨RCP2.6、右：50年降雨RCP8.5）²⁵³

（ウ）適応策

農業生産基盤への影響に対する適応策については§5.3.1を参照下さい。

²⁵⁰ 佐藤俊典（2015）：将来の気候変動がため池に及ぼす影響予測の事例報告、農業農村工学会誌（水土の知）, 83(9), 3-6

²⁵¹ MIROC5、MRI-CGCM3

²⁵² RCP2.6、RCP8.5

²⁵³ 21半：21世紀半ば、21末：21世紀末； MC5：MIROC5、MI3：MRI-CGCM3

3.5.4.3 森林・林業

(1) 人工林

①スギ林

(ア) 現在の影響状況

本事業において実施した自治体へのアンケート結果によると、気候変動によるスギ林への影響として、鳥獣害の増加、冠雪害の発生、結実時期の早期化、土砂災害の多発、スギ花粉症等といった影響が報告されています。

(イ) 将来予測される影響

本事業において実施した自治体へのアンケート結果によると、「生育適域」「鳥獣害」「病害虫」「土砂災害」等に関する影響の情報提供が求められています。現状の研究状況に鑑みると、東海地域を含んで定量的に影響評価が実施されているのはスギ林の「生育適域」のみに留まります。ここでは、スギ林の「生育適域」に関する将来の影響を示します。

■ 生育適域

気候変動に伴う乾燥化により、人工林であるスギ林の衰退が危惧されます。スギ林の「生育適域」については、松本ら（2001）²⁵⁴による研究があります。この研究では、気温及び降水量をもとに雨量係数（RI=降水量／気温）を計算し、生育適域の評価を行っています。ここでは、当該文献に記載されている影響評価手法をもとに生育適域の影響評価を実施しました。

【全国】

雨量係数（RI）が小さいほど乾燥化によりスギ林の衰退が危惧されます。RI が 110 を下回る地域は成長量の低下や衰退が発生する可能性が高くなります。RI が 80 を下回る地域はスギ林の衰退が顕著に発生する可能性が高くなります（図 3.5-78、図 3.5-79）。なお、スギの生育適地について、スギの植林の分布北限は道南地方までであるため、それ以北はスギの生育は存在しません。なお、図 3.5-78、図 3.5-79 では現在スギが生育している地点のみを対象としています²⁵⁵。

²⁵⁴ 松本洋介ら（2001），地球温暖化による生物圏の脆弱性の評価に関する研究（3）森林生態系の脆弱性評価に関する研究 ④人工林生態系の脆弱性評価，環境省地球環境研究総合推進費 平成 13 年度終了研究課題 Report (<https://www.env.go.jp/earth/suishinhi/wise/j/pdf/J01B1134.pdf>)

²⁵⁵ H28 年度検討委員会等でのご議論に基づき、環境省生物多様性センター

（<http://gis.biodic.go.jp/webgis/sc-025.html?kind=vg>）にて公開されている、現状における「スギ・ヒノキ・サワラ植林」が分布している箇所のみを評価の対象としています。

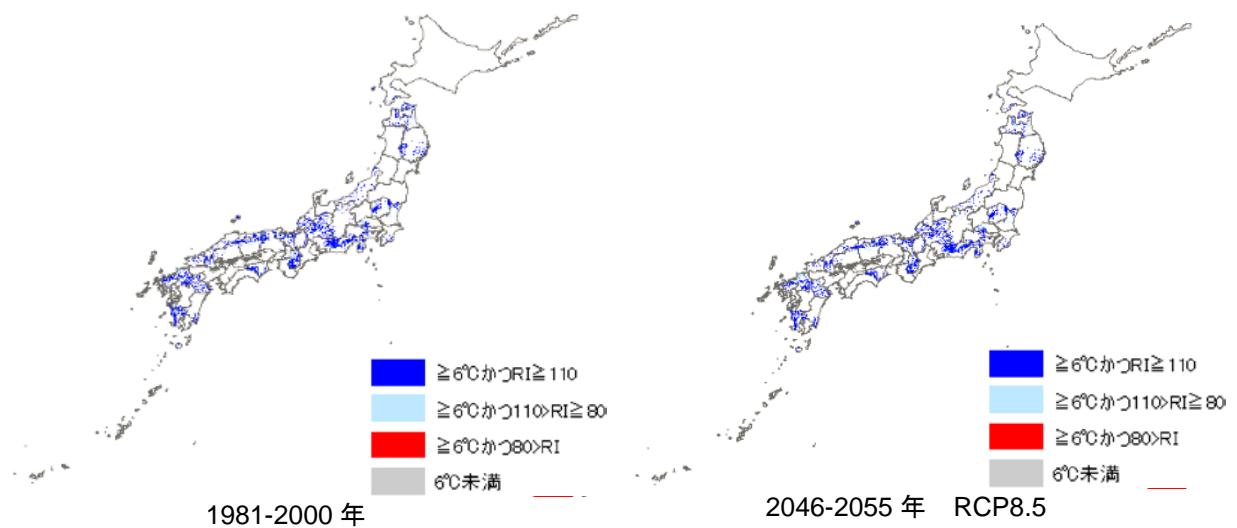


図 3.5-78 スギ林の生育適域

【東海】

現在と 2050 年を比較すると雨量係数 (RI) の顕著な変化は見られません (図 3.5-79)。

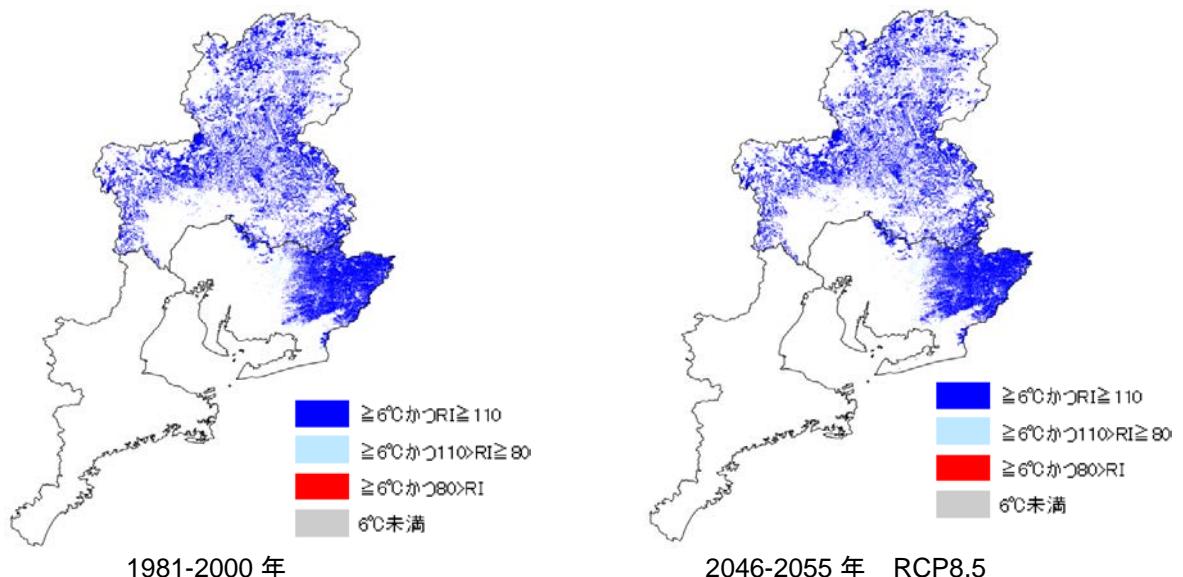


図 3.5-79 スギ林の生育適域 (東海地域)

(ウ) 適応策

スギ林の適応策を含み、人工林への影響に対する適応策については § 5.4.1 を参照下さい。

② マツ林

(ア) 現在の影響状況

本事業において実施した自治体へのアンケート結果によると、気候変動によるマツ林への影響として、病害虫の発生による影響が報告されています。

(イ) 将来予測される影響

本事業において実施した自治体へのアンケート結果によると、「マツ枯れ」に関する影響についての情報提供が求められています。ここでは、「マツ枯れ危険域」に関する将来の影響を示します。

■ マツ枯れ危険域

マツ枯れ（マツ材線虫病）については、温暖化影響総合予測プロジェクトチーム（2009）²⁵⁶による研究があります。この研究では、気温情報をもとに MB 指数²⁵⁷という指標を算定し、その値をもとにマツ枯れの危険度に関する影響評価を行っています。ここでは、当該文献に記載されている影響評価手法をもとにマツ枯れの危険度の影響評価を実施しました。

²⁵⁶ 温暖化影響総合予測プロジェクトチーム（2009）：S-4 温暖化の危険な水準及び温室効果ガス安定化レベル検討のための温暖化影響の総合的評価に関する研究 第2回報告書 地球温暖化「日本への影響」・長期的な気候安定化レベルと影響リスク評価-, 国立環境研究所 HP

²⁵⁷ MB 指数：1年間の中で月の平均気温が 15°C を超える月の平均気温から 15°C を差し引いた残差を累積して得た値。

【全国】

マツ枯れ危険地域が 2050 年 (RCP8.5) に内陸部に向けて拡大しています (図 3.5-80)。なお、マツ枯れ被害の発症リスクが高いとされるクロマツとアカマツの天然分布北限はそれぞれ青森県と北海道（函館周辺）であるため、北海道のそれ以外の部分についてはリスクは低くなっています。

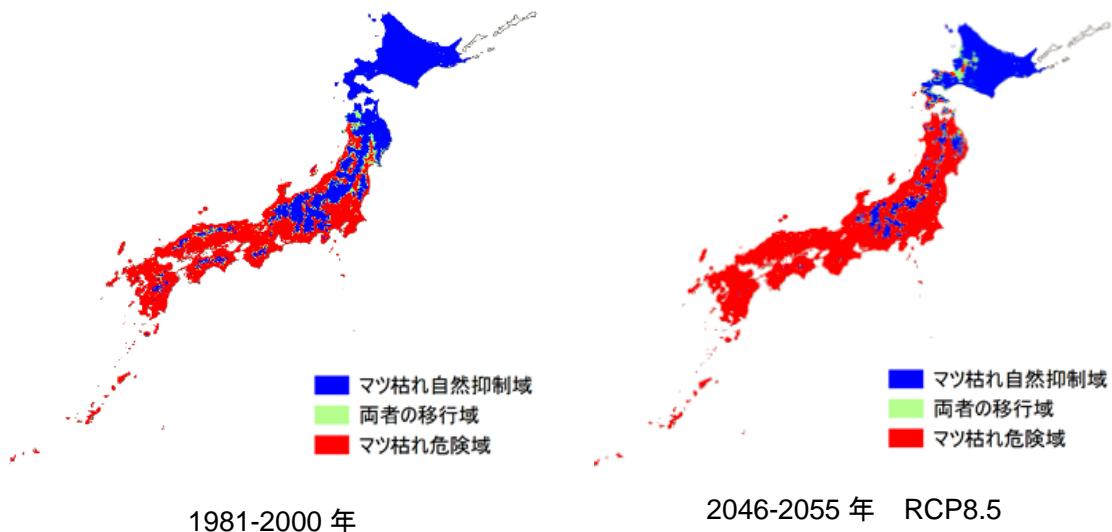


図 3.5-80 マツ枯れの危険域

【東海】

マツ枯れ危険地域が 2050 年 (RCP8.5) に内陸部に向けて拡大しています (図 3.5-81)。

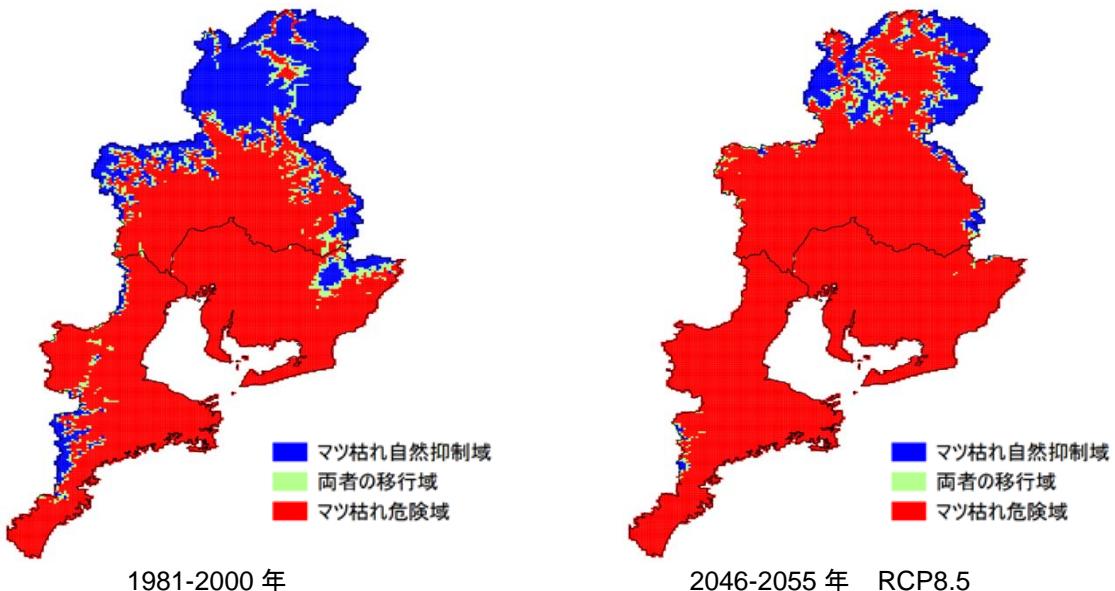
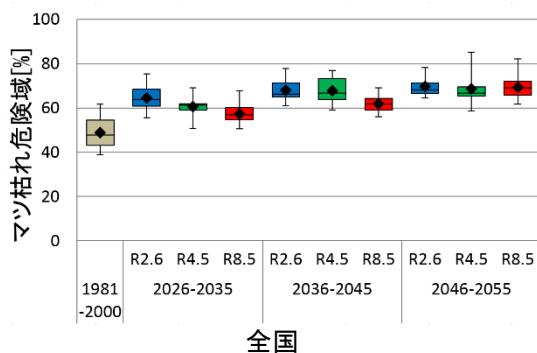


図 3.5-81 マツ枯れの危険域（東海地域）

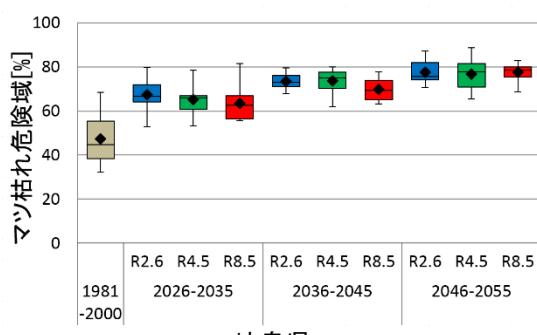
いずれの自治体においてもマツ枯れ危険域は増加傾向にあります（図 3.5-82）。箱ひげの見方については図 3.5-3 を参照下さい。

【全国】

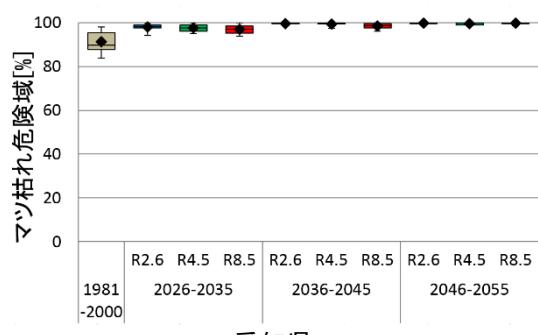


全国

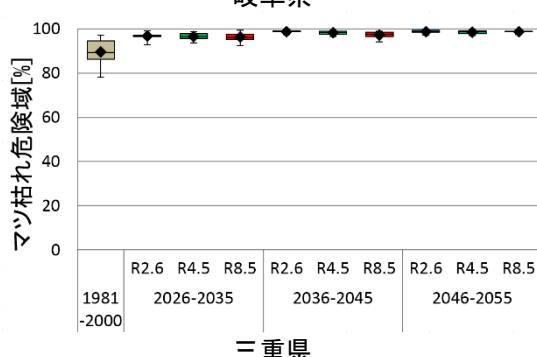
【東海】



岐阜県



愛知県

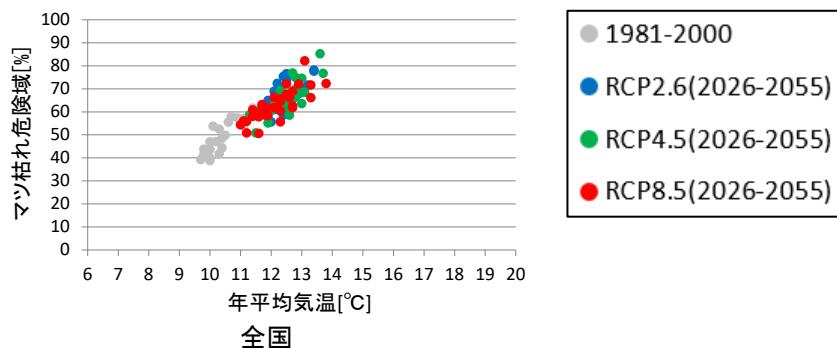


三重県

図 3.5-82 マツ枯れ危険域（マツ枯れ危険域／都道府県面積）の推移

図 3.5-83 は全ての期間および RCP の結果を対象に、横軸に気温、縦軸にマツ枯れ危険域（マツ枯れ危険域／都道府県面積）とした際の相関を示します。

【全国】



【東海】

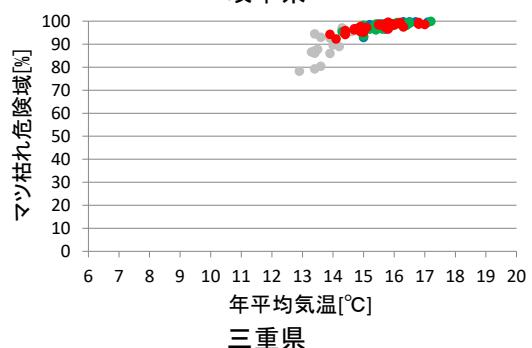
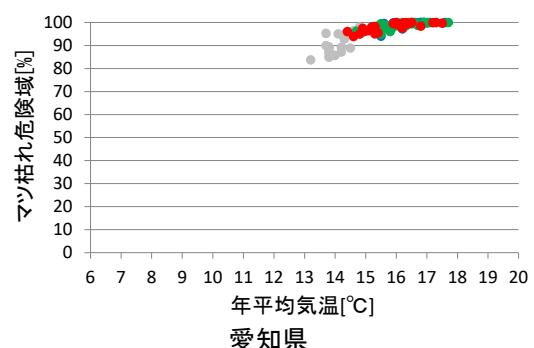
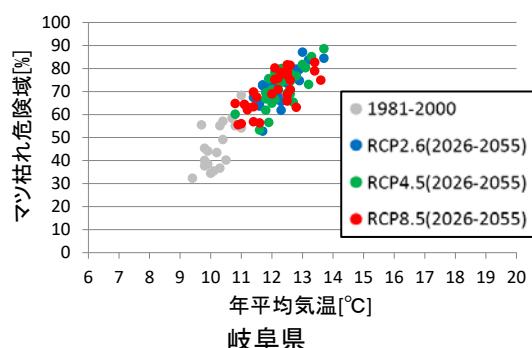


図 3.5-83 マツ枯れ危険域（マツ枯れ危険域／都道府県面積）と年平均気温の関係

(ウ) 適応策

マツ林の適応策を含み、人工林への影響に対する適応策については § 5.4.1 を参照下さい。

(2) 鳥獣害

① シカ

(ア)現在の影響状況

農林水産省「全国の野生鳥獣による農作物被害状況について（平成 29 年）」²⁵⁸では、表 3.5-16 に示す野生動物による食害が経年的に報告されています。

表 3.5-16 野生鳥獣による農作物被害状況の推移²⁵⁹

	年度別の被害面積（千 ha）								
	H29	H28	H27	H26	H25	H24	H23	H22	H21
シカ	35.4	42.8	51.2	50.7	48.3	62.3	62.2	63.7	57.1
サル	1.2	1.6	1.8	2.4	2.7	3.5	4.1	4.8	4.3
イノシシ	6.7	8.2	9.6	10.6	10.9	12.0	14.3	14.3	12.4
クマ	0.8	0.8	1.0	0.9	0.7	1.0	0.9	0.9	0.8

(イ)将来予測される影響

本事業において実施した自治体アンケート結果によると、「食害」に関する影響についての情報提供が求められています。ここでは、食害を生じさせる野生鳥獣害の一種、ニホンジカの「分布」に関する将来の予測結果について示します。

■ ニホンジカの平均分布確率

ニホンジカの「分布」に関する研究が、Ohashi et al. (2016)²⁶⁰に報告されています。ここでは当該結果について記載します。

【全国】

この研究では、シカの永続性コロニー形成モデルを用いて、ニホンジカの分布範囲の予測を行っています。1978 年から 2003 年において、ニホンジカの生息適域は日本の約 71.6% を占めるに至りました。

将来の分布範囲を予測する際に、気候（4 つの GCM²⁶¹と 1 つの排出シナリオ²⁶²）と土地利用（将来の土地利用変化）、さらに地形の 3 つの要素を用いています²⁶³。

²⁵⁸ http://www.maff.go.jp/j/seisan/tyozyu/higai/h_zyokyo2/h28/180119.html

²⁵⁹ (平成 29 年) 参考 3 野生鳥獣による農作物被害状況の推移

(http://www.maff.go.jp/j/seisan/tyozyu/higai/h_zyokyo2/h29/attach/pdf/181026-1.pdf) 一部抜粋

²⁶⁰ Haruka Ohashi, Yuji Kominami, Motoki Higa, Dai Koide, Katsuhiro Nakao, Ikutaro Tsuyama, Tetsuya Matsui and Nobuyuki Tanaka (2016) : Land abandonment and changes in snow cover period accelerate range expansions of sika deer, Ecology and Evolution; 6: 7763-7775.

²⁶¹ CSIRO-Mk3.0、MRI-CGCM2.3.2a、GFDL-CM2.1、MIROC3.2(high resolution)

²⁶² SRES-A1B シナリオ（およそ RCP6.0 シナリオに相当）

²⁶³ 計算には、気候変動と将来の土地利用変化を組み合わせ、過去のシカの分布変化のみを考慮したベースラインシナリオ、気候変動のみの変化を考慮した気候変動シナリオ、将来の土地利用変化のみを考慮した土地利用変化シナリオ、気候変動と土地利用変化の両方を考慮した気候・土地考慮シナリオの 4 つのシナリオをもとに行いました。

予測結果から、どのシナリオであってもニホンジカの広範囲の拡大が予測されました（図 3.5-84）。ベースラインシナリオであっても、2103 年に、 $304.2 \times 10^3 \text{ km}^2$ まで分布域が拡大します（図 3.5-84 (a)）。土地利用変化シナリオでは、ベースラインシナリオよりも分布域が 1.4%から 2.6%広く拡大します（図 3.5-84 (b)）。気候変動のみのシナリオはベースラインシナリオより 3.1%から 9.8%広く拡大します（図 3.5-84 (c)）。気候・土地考慮シナリオでは、ベースラインシナリオより 4.6%から 11.9%広くなりました（図 3.5-84 (d)）。

特にニホンジカの範囲拡大は、郊外周辺および本州北部で発生すると予測されました（図 3.5-84 (g)）。

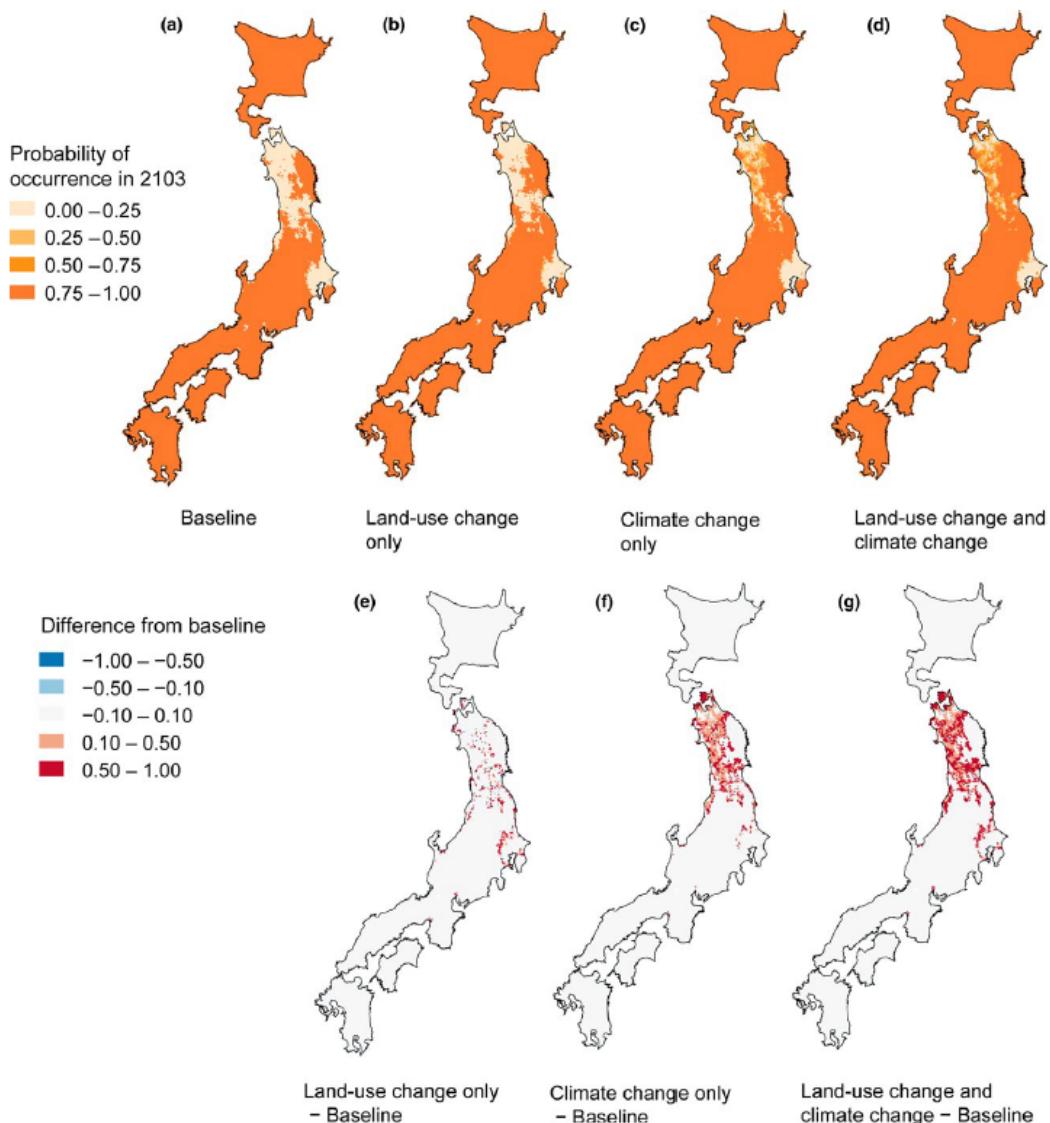


図 3.5-84 4 つのシナリオにおける 2103 年のニホンジカの平均分布確率

(ウ) 適応策

シカの食害に対する適応策については § 5.4.3.1 を参照下さい。