

3.3 東北地域

3.3.1 ニーズのある品目・項目

東北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。

3.3.2 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。東北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 3.3-1 に整理しました。

表 3.3-1 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 ⁵⁴	備考 ⁵⁵
1	水稲	水稲	収量	2	既存文献引用	
			品質 ⁵⁶	4	既存文献引用	
			病虫害	2	新規影響評価	
			冠水被害量	1	既存文献引用	
2	果樹	リンゴ	栽培適地	2	新規影響評価	
			発芽期	1	既存文献引用	※ ⁵⁷ §4 参照
			日焼け 多発生年	1	既存文献引用	他地域情報
3	野菜	トマト	果実糖度	1	既存文献引用	§4 参照
		全般	病虫害	1 (キュウリ、 イチゴ、トマト、 エダマメ) 2 (ネギ)	新規影響評価	
4	麦・大豆・飼料 作物等	麦類	収量	1	既存文献引用	他地域情報
		大豆	収量	1	既存文献引用	
			品質	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

⁵⁴ 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。

⁵⁵ 「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ました。

⁵⁶ 白未熟粒、不稔、登熟不良を含みます。

⁵⁷ 回帰式を作成の上、影響評価を実施している文献を引用しました。§4 を参照下さい。

No	分野	品目	項目	回答 自治体数	活用手法 ⁵⁴	備考 ⁵⁵
		バレイシ ヨ（生食 用、でん 粉用、加 工食品用 等）	収量	1	既存文献引用	他地域情報
			品質	1	既存文献引用	他地域情報
		飼料作物	栽培適地 ⁵⁸ （牧草）	3	既存文献引用	※ ⁵⁹
			収量 （寒地型牧草）	1	既存文献引用	
			栽培適地 （飼料用トウ モロコシ）	1	既存文献引用	
			収量 （飼料用トウ モロコシ）	1	既存文献引用	他地域情報
5	畜産	肉用豚	増体量	1	新規影響評価	
		肉用鶏	生産性へ の影響	1	新規影響評価	
		乳用牛	乳量	1	既存文献引用	※ ⁶⁰ § 4 参照
6	農業生産 基盤	農業生産 基盤	農業用水	2	既存文献引用	
			農業施設 （排水路等）	1	既存文献引用	
7	水産業 ⁶¹ （回遊性 魚介類）	スルメイ カ	回遊経路	1	既存文献引用	§ 4 参照
			漁場、漁獲量	1	既存文献引用	§ 4 参照

⁵⁸ 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。

⁵⁹ 定量的評価の際に必要なデータの入手が出来なかったためレビューに留めました。

⁶⁰ 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。

⁶¹ 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。

3.3.3 気候予測

3.3.3.1 気温

【全国】

図 3.3-1 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ました。

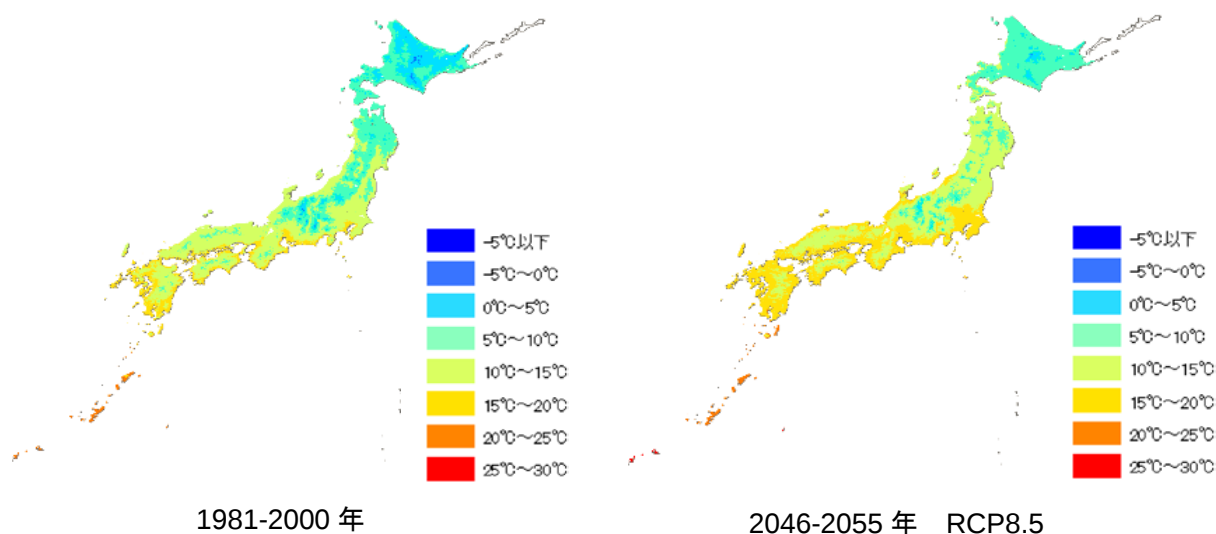


図 3.3-1 年平均気温

【東北】

図 3.3-2 に東北地域の 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ました。

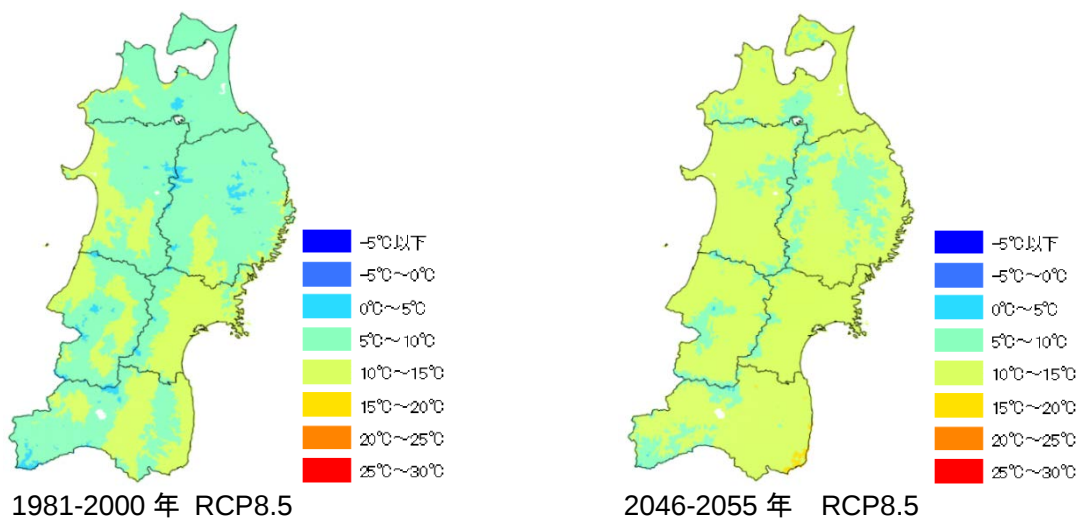


図 3.3-2 年平均気温（東北地域）

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 3.3-3 を参照下さい。

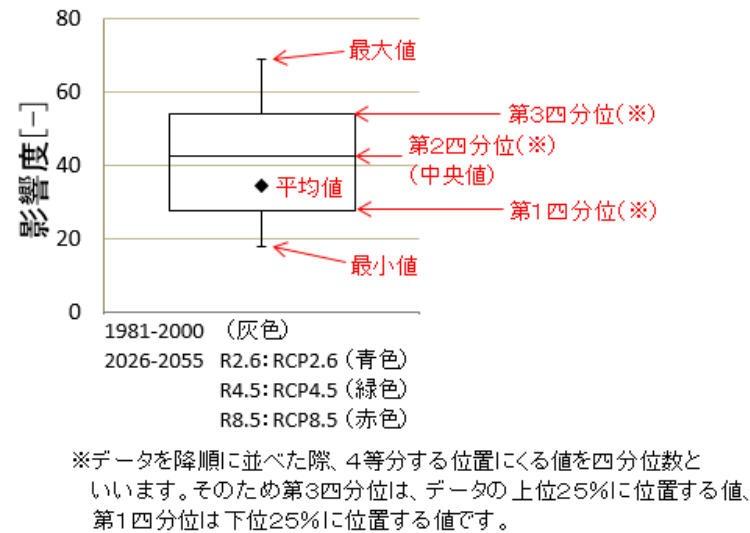
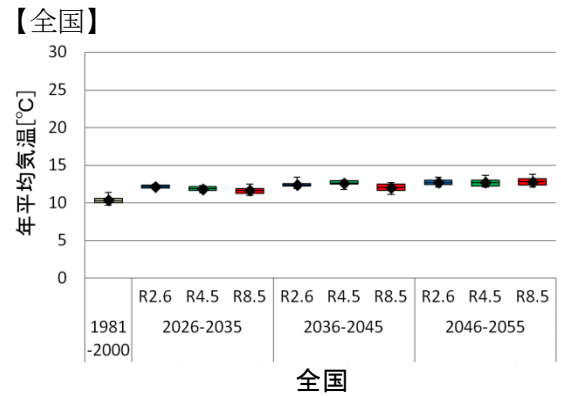
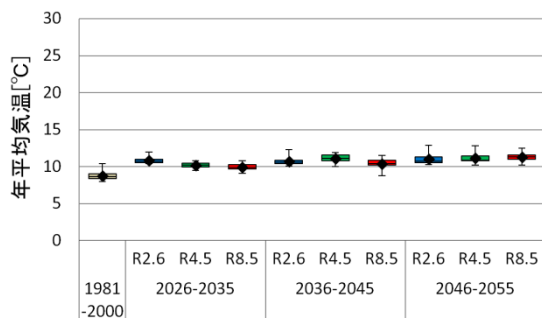


図 3.3-3 箱ひげの解説

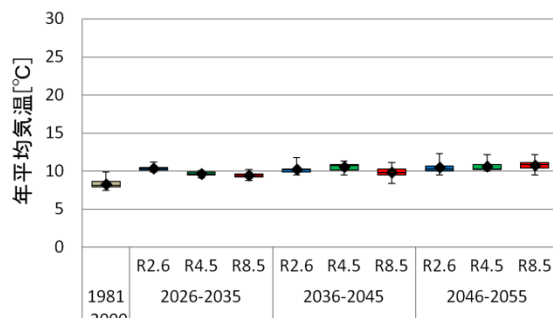
図 3.3-4 に東北地域における年平均気温の推移を示します。



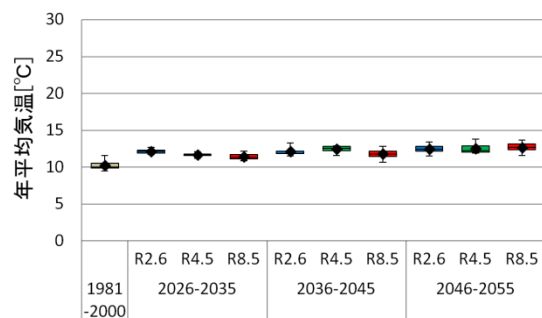
【東北】



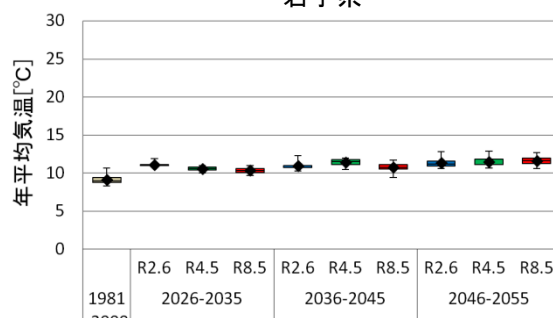
青森県



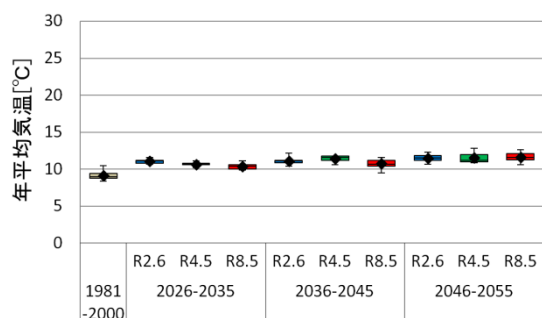
岩手県



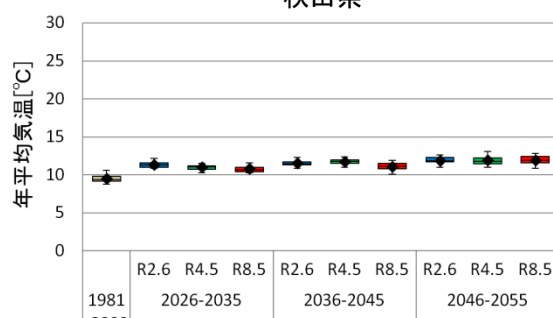
宮城県



秋田県



山形県



福島県

図 3.3-4 年平均気温の推移

3.3.3.2 降水量

【全国】

図 3.3-5 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ます、有意な差は見られません。

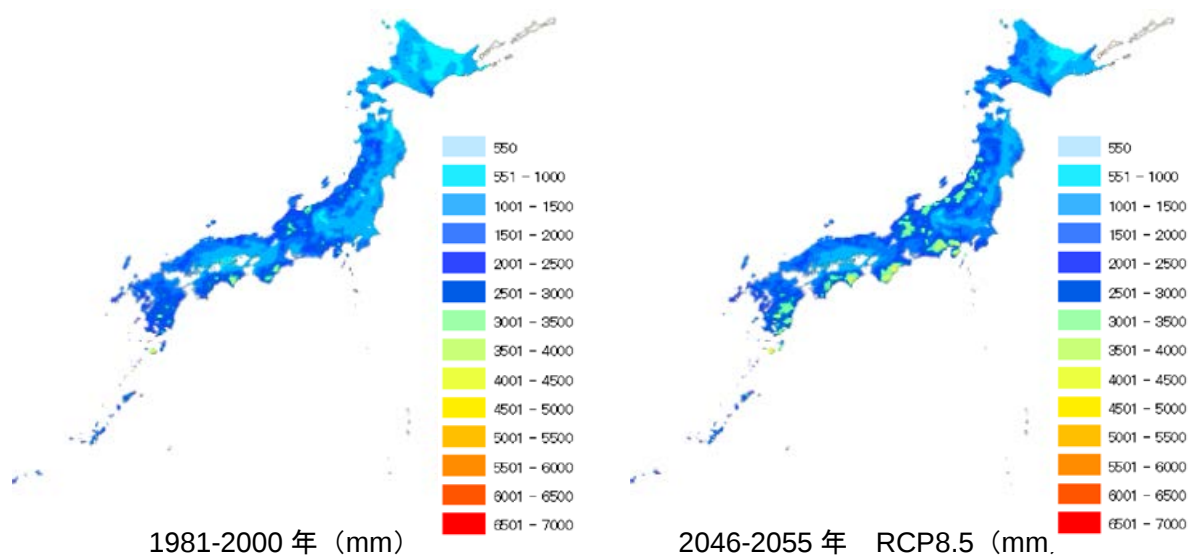


図 3.3-5 年降水量

【東北】

図 3.3-6 に東北地域の 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ました。

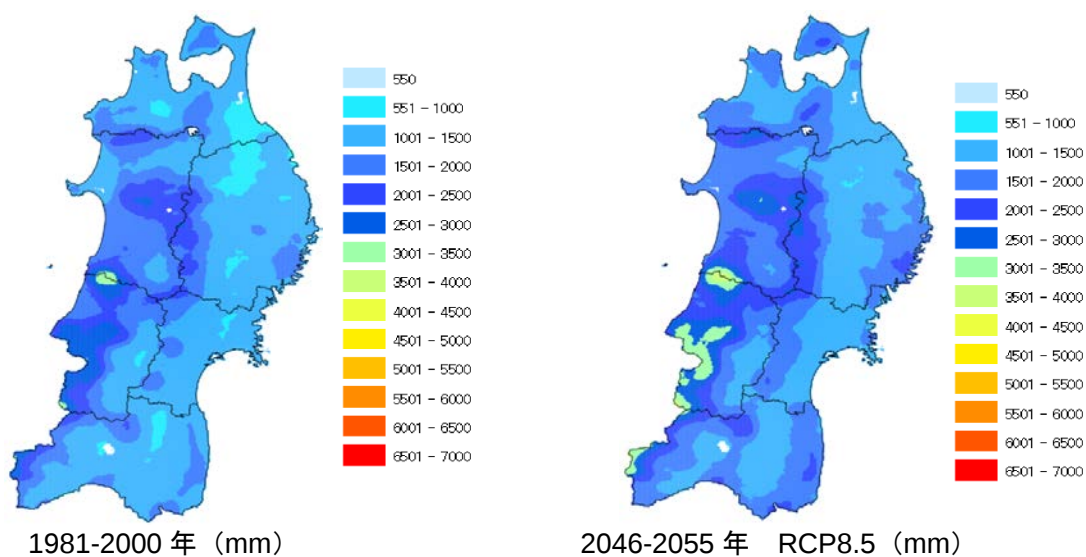


図 3.3-6 年降水量（東北地域）

図 3.3-7 に東北地域における年降水量の推移を示します。

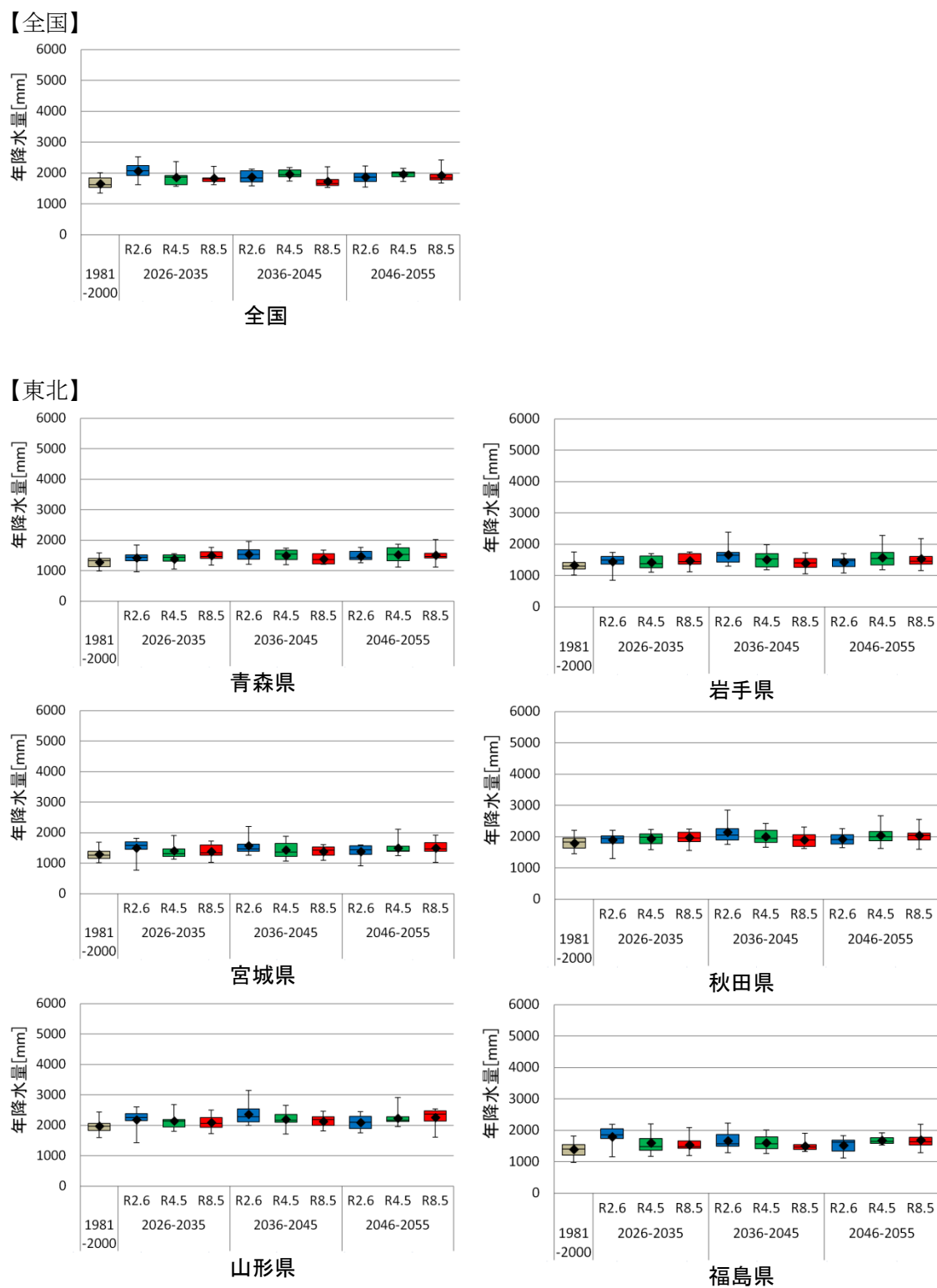


図 3.3-7 年降水量の推移

3.3.4 影響予測

3.3.4.1 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⁶²、出穂期の早期化、病虫害の増加や粒の充実不足といった影響が報告されています（図 3.3-8）。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 3.3-2 に示す水稻への影響が経年的に報告されています。

表 3.3-2 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	—	—	—	—

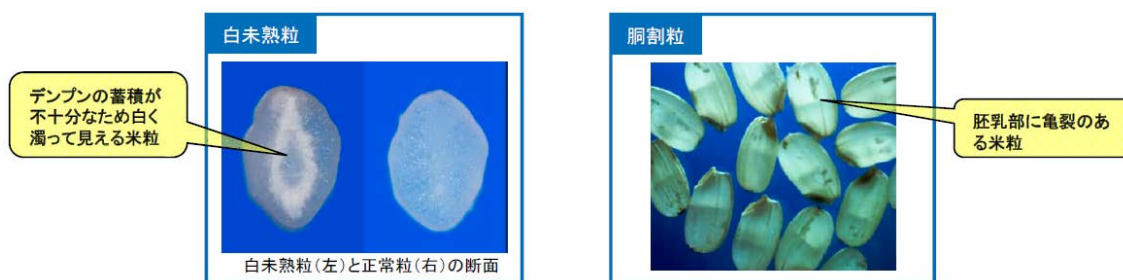


図 3.3-8 白未熟粒と胴割粒

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、「品質」⁶³や「収量」の変化、「病虫害」の変化、「雑草発生生態」の変化、「気象災害リスクの大きさ」に関する情報

⁶² 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℃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℃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）。

⁶³ 形質、白未熟粒、不稔、登熟不良等。

提供が求められています。現状の研究状況に鑑みると、東北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」⁶⁴、「病虫害」そして豪雨の強大化が与えるリスク評価として「水稻被害量」があります。ここでは、「収量」「品質」「病虫害」「水稻被害量」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）⁶⁵や石郷岡ら（2014）⁶⁶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なります。

＜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 3.3-9）。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ています。「CO₂ 濃度による増収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。

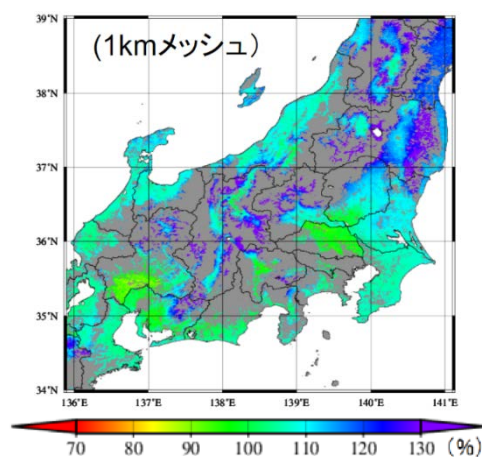


図 3.3-9 近未来（2041-2060 年）における相対玄米収量の予測結果の例
（排出シナリオ：RCP4.5、気候モデル：MIROC5）

⁶⁴ 「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ご留意下さい。

⁶⁵ 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://caaff.dc.affrc.go.jp/conference2018/pdf/026.pdf>)

⁶⁶ 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.

<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 3.3-10 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。

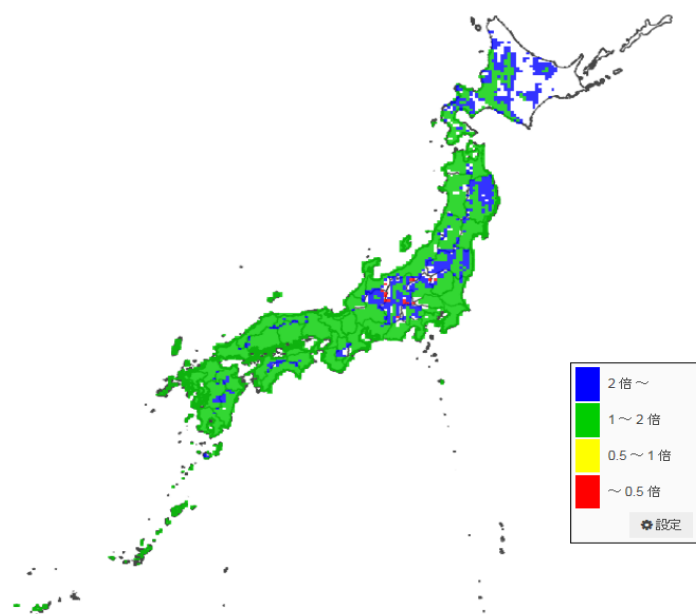
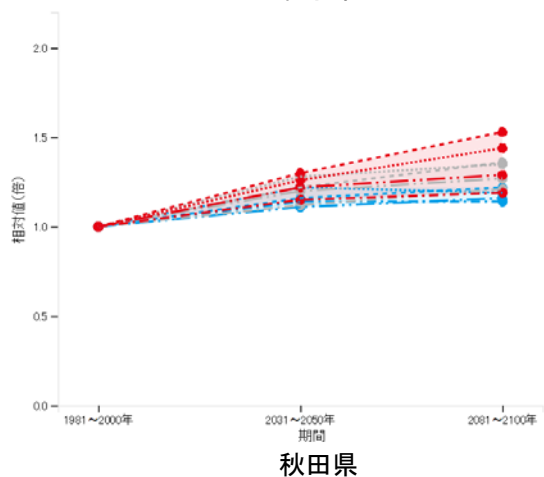
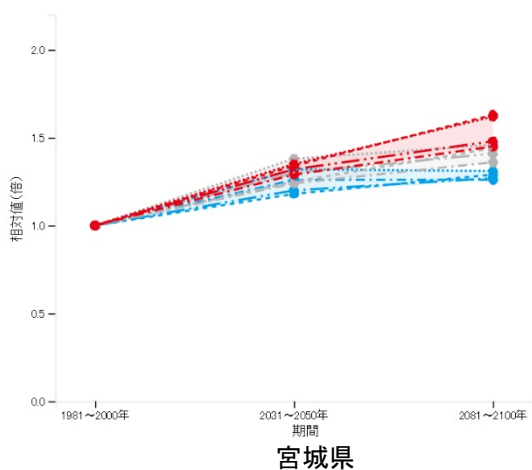
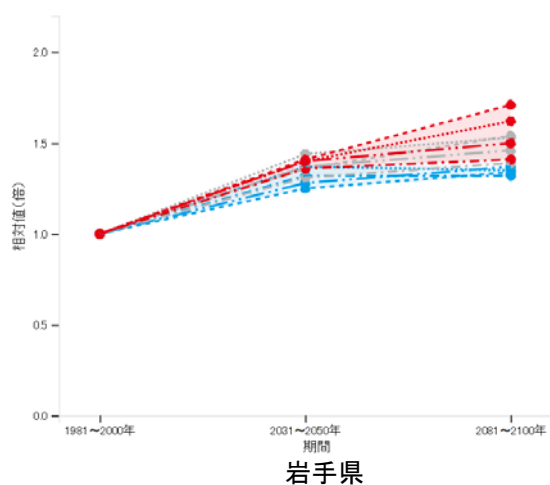
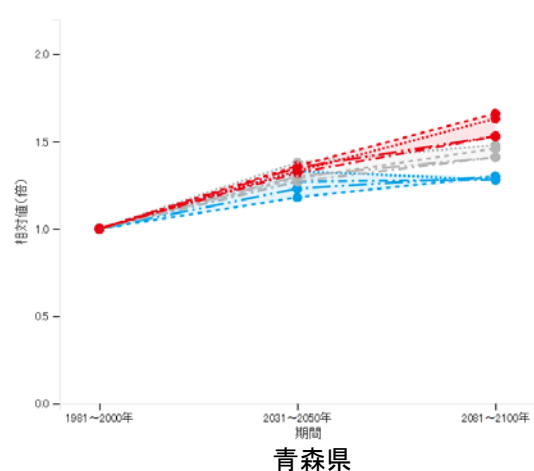


図 3.3-10 現行の移植日と栽培管理を想定した場合の水稲の収量の変化
（気候モデルが MIROC5,RCP2.6 の場合）

【東北】

石郷岡ら（2014）の影響評価結果について、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）を図 3.3-11 に示します。21 世紀半ば（2031-2050 年）では、増収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。



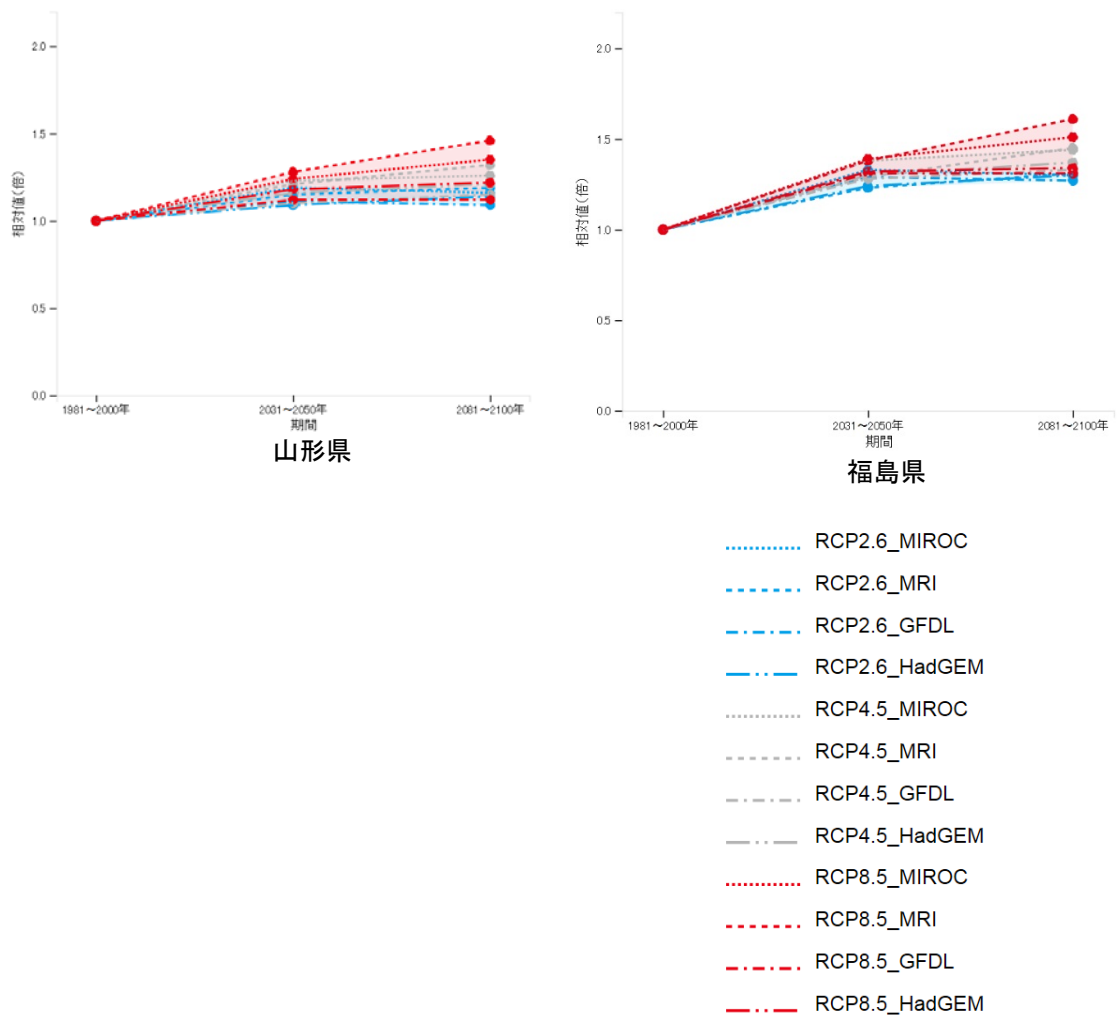


図 3.3-11 現行の移植日と栽培管理を想定した場合の水稲の収量の変化
(現在の収量=1, 4つの気候モデルの結果)

■ 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）⁶⁷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℃以上の積算気温（HDD⁶⁸）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℃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 1 とした場合の、現行移植日を想定した予測結果を図 3.3-12 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。

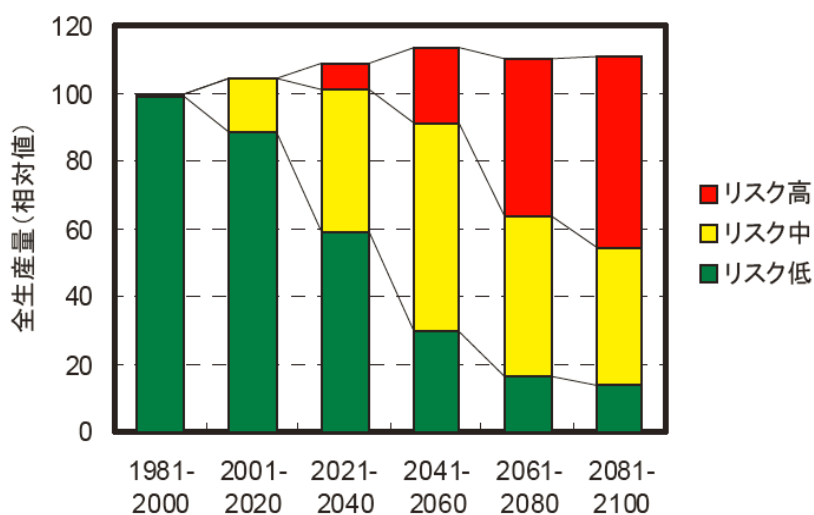


図 3.3-12 全生産量の 20 年毎の推移（MIROC3.2-hires A1b；適応なし）⁶⁹

図 3.3-13 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。

⁶⁷ 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.

⁶⁸ HDD：出穂後 20 日間の日平均気温 26℃以上の積算値。

⁶⁹ 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。高温に因る品質低下のリスク：低（HDD<20）、中（20<HDD<40）、高（40<HDD）。

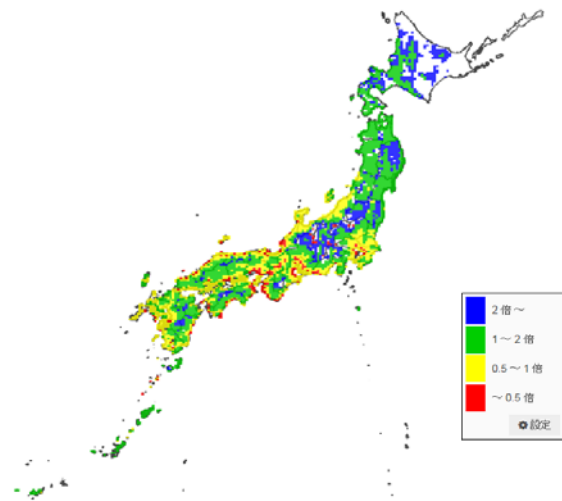
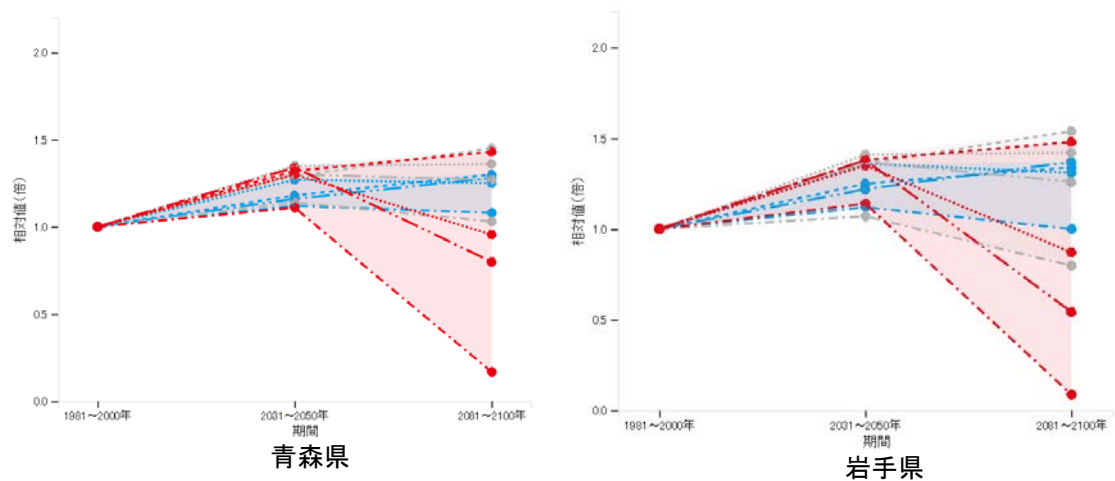


図 3.3-13 現行の移植日と栽培管理を想定した場合の品質低下リスクが低い区分の収量の変化
(気候モデルが MIROC5,RCP2.6 の場合)

【東北】

石郷岡ら（2014）による影響評価結果について、図 3.3-14 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）における品質低下リスクの低い区分の収量について、ある地域では、増加あるいは現状を維持している一方で、減少を予測しているケースが見られる地域もあります。



■ 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。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す。「世代数」の計算式は定式化されているため（Yamamura et al. (1998)⁷⁰）、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】

■ 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です（図 3.3-15）。

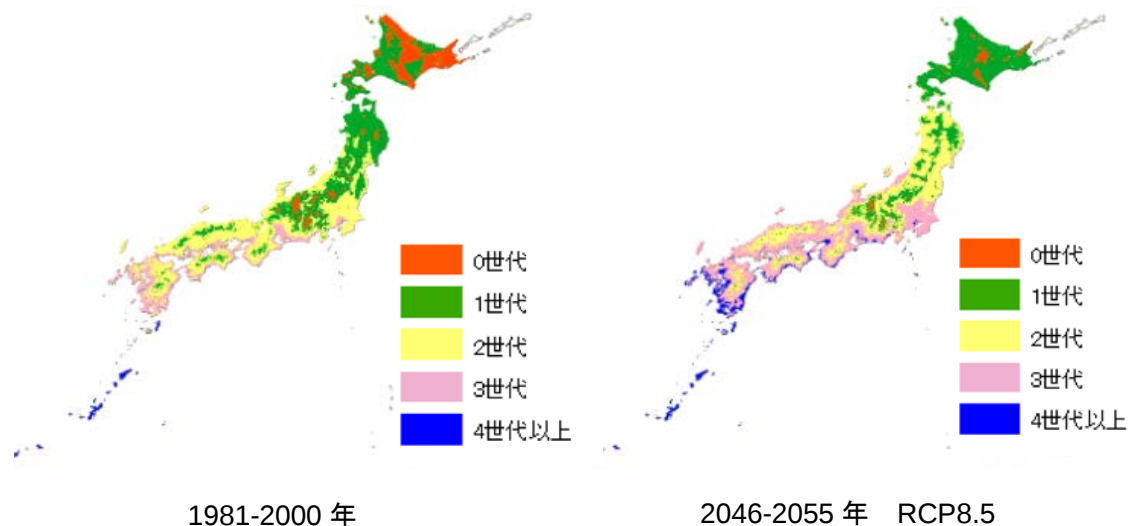


図 3.3-15 ニカメイガの世代数

⁷⁰ 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

■ ヒメトビウンカ

世代数が増加することが分かります（図 3.3-16）。

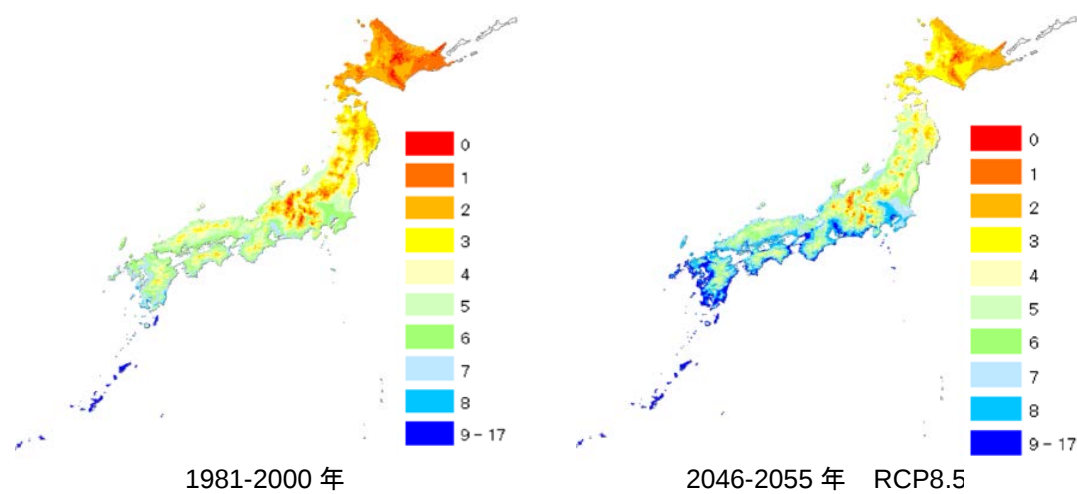


図 3.3-16 ヒメトビウンカの世代数

【東北】

■ ニカメイガ

世代数が増加することが分かります（図 3.3-17）。

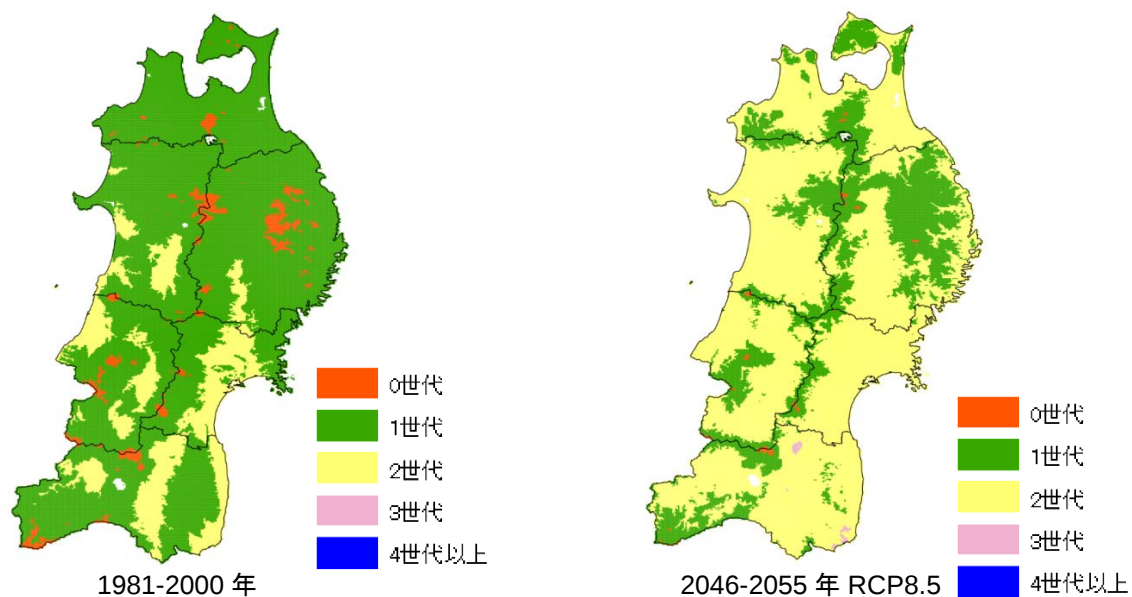


図 3.3-17 ニカメイガの世代数（東北地域）

■ ヒメトビウンカ

世代数が増加することが分かります（図 3.3-18）。

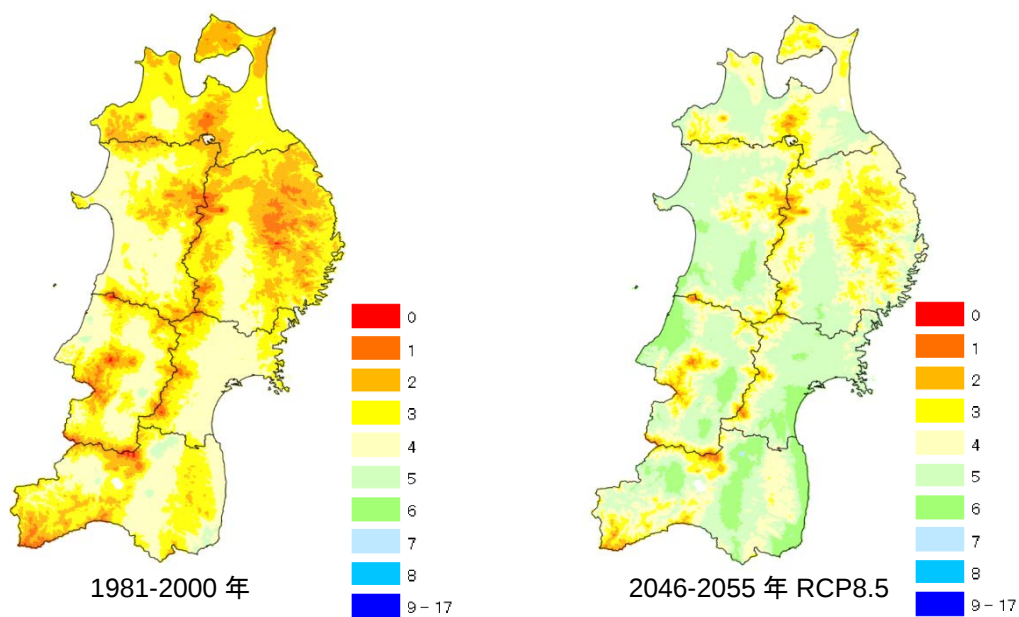


図 3.3-18 ヒメトビウンカの世代数（東北地域）

■ 冠水被害量

水稻の豪雨による「冠水被害量」に対する影響については、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）⁷¹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。

【全国】

対象期間（1981～2005 年、2026～2050 年、2076～2100 年）における冠水被害量と冠水被害の発生頻度に関する評価結果を図 3.3-19 に示します。

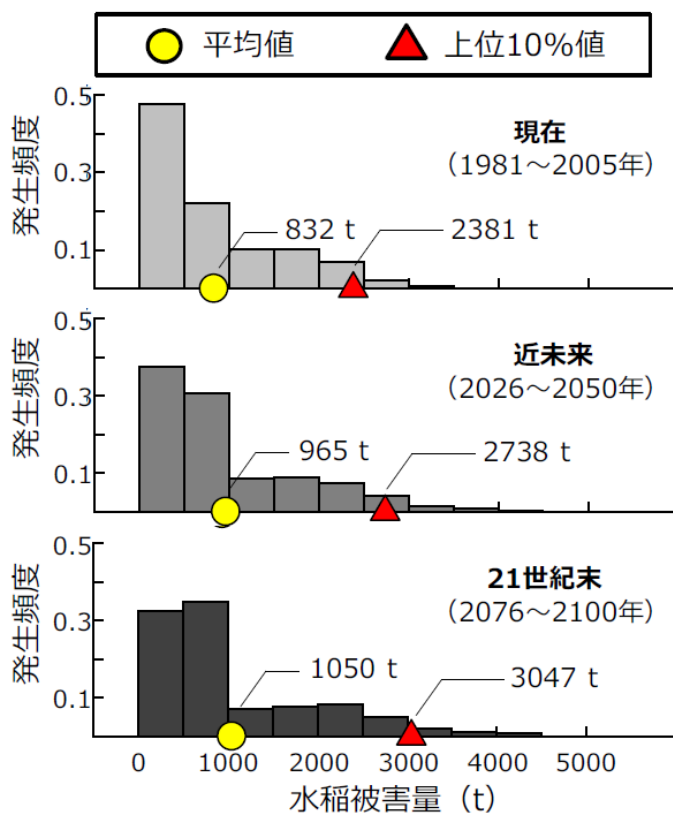


図 3.3-19 水稻の冠水被害量の発生頻度とその将来変化の予測

(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。

⁷¹ 皆川裕樹、池山和美（2018）：将来豪雨に対応した水利施設計画・管理のための水稻被害リスクの評価法，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.41，(<http://ccaff.dc.affrc.go.jp/conference2018/pdf/041.pdf>)

(2) 果樹

① 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、みつ症、凍害、果肉の軟化といった影響が報告されています（図 3.3-20, 図 3.3-21）。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 3.3-3 に示すリンゴへの影響が経年的に報告されています。

表 3.3-3 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 3.3-20 リンゴ（ふじ）の日焼け果



図 3.3-21 着色不良（成熟期の高温によって増加）

出典：農林水産省「H27 地球温暖化影響調査レポート」

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、「栽培適地」の変化への影響や、「発芽・開花期の前進化」への影響、「果実品質」や「栽培管理」への影響、「病虫害」の発生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、東北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、東北地域ではないものの、長野県を対象に「日焼けの多発発生年」に関連する研究事例があります。ここでは「栽培適地」「日焼けの多発発生年」に関する将来の影響を示します。

■ 栽培適地 ⁷²

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℃～14℃としています。杉浦ら（2004）⁷³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3.3-22）。

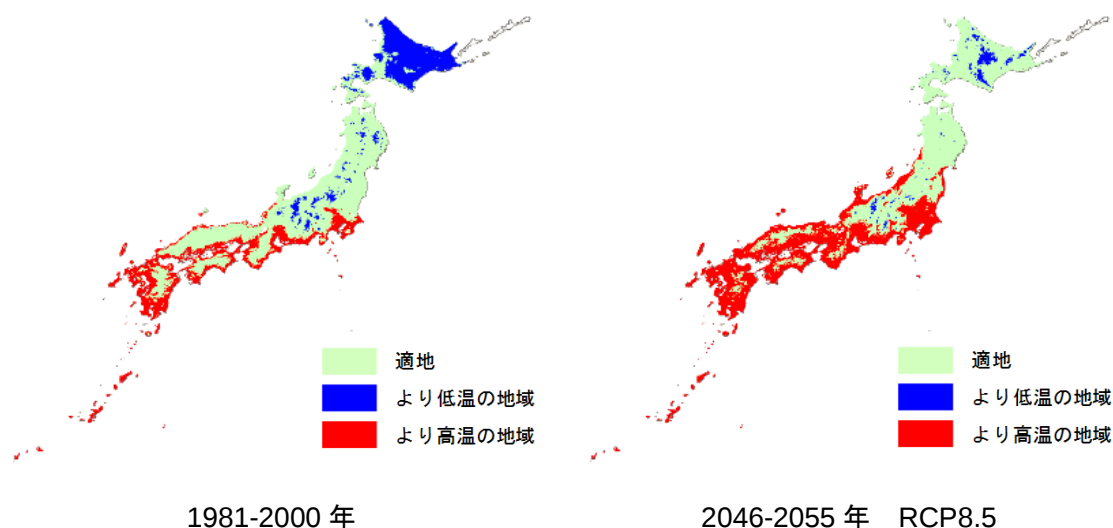


図 3.3-22 リンゴの栽培適地

⁷² 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、排水性などの土壌条件、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。

⁷³ 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

【東北】

2050 年になると沿岸域に、より高温の地域が現れてきます（図 3.3-23）。

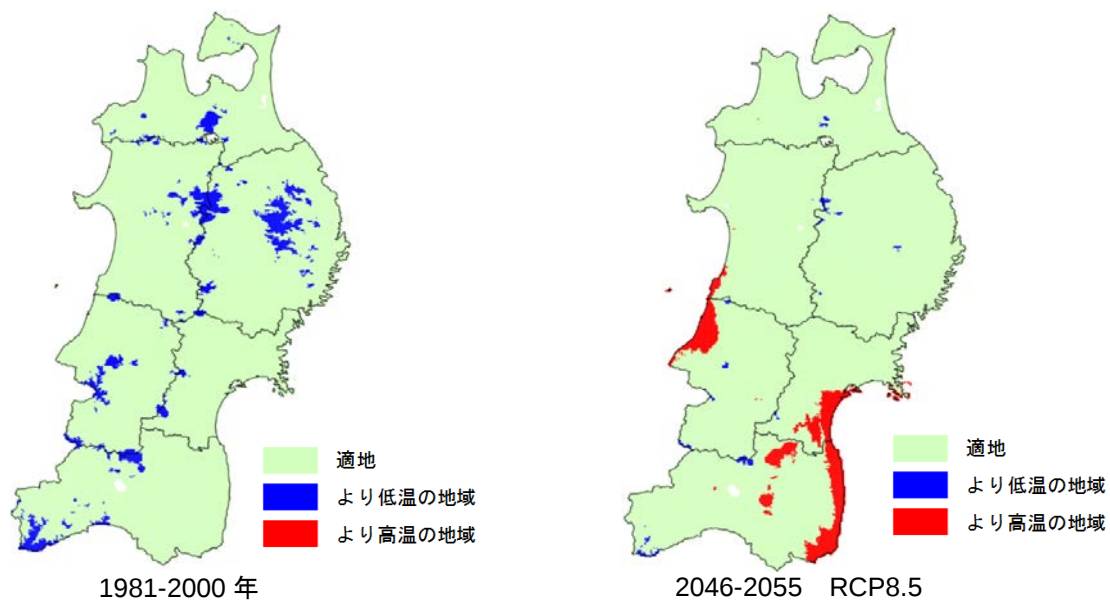


図 3.3-23 リンゴの栽培適地（東北地域）

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。ほとんどの地域において現状維持が予測される一方で、微減が予測される地域も存在します（図 3.3-24）。箱ひげの見方については図 3.3-3 を参照下さい。

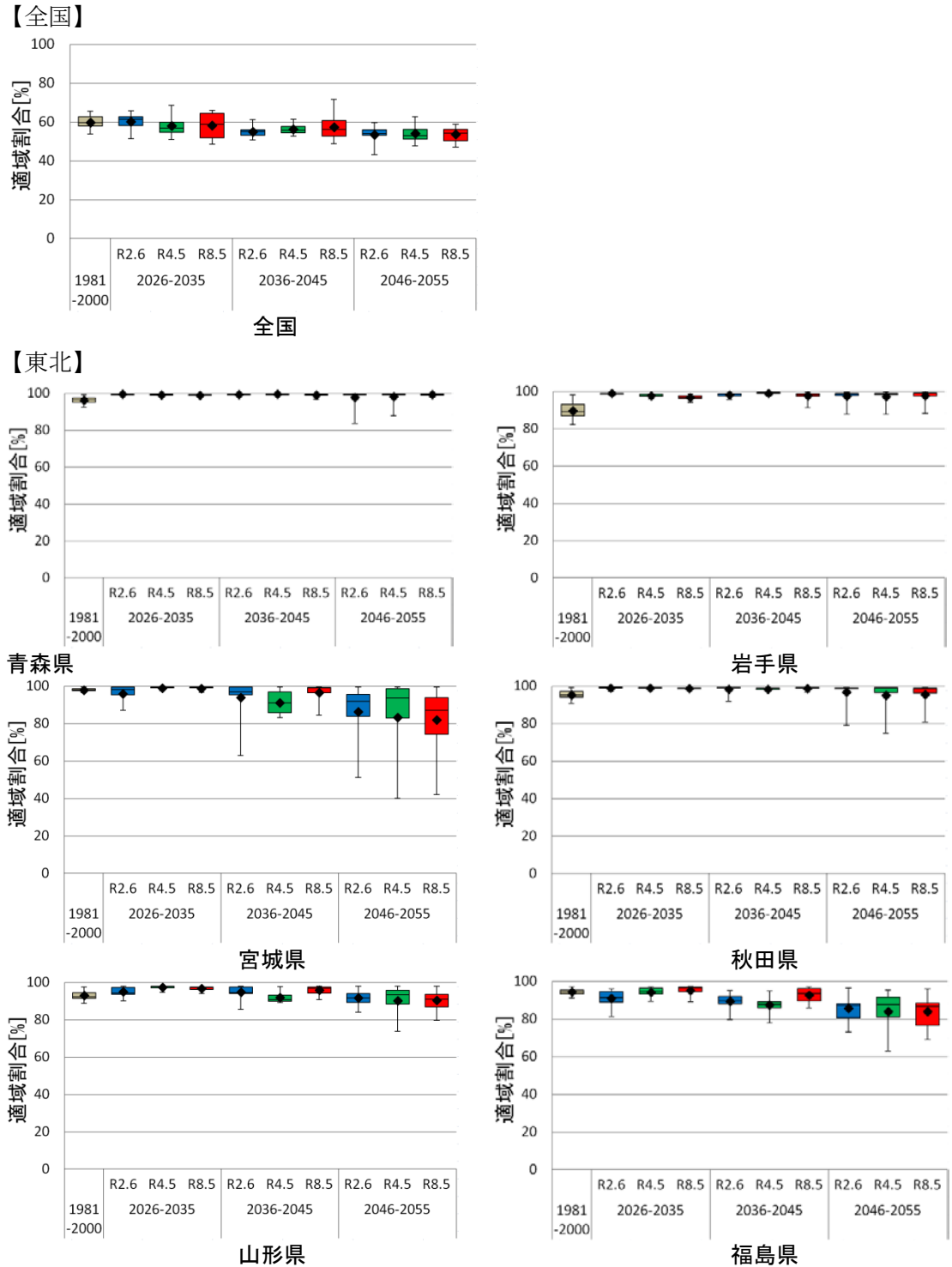
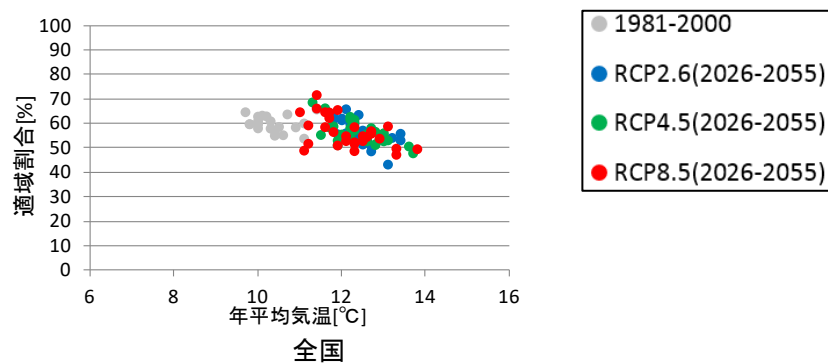


図 3.3-24 栽培適域割合（栽培適域面積／都道府県面積）の推移

図 3.3-25 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】



【東北】

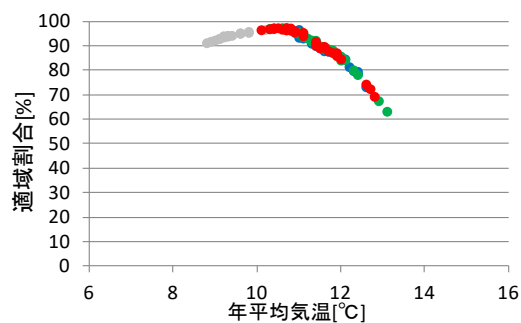
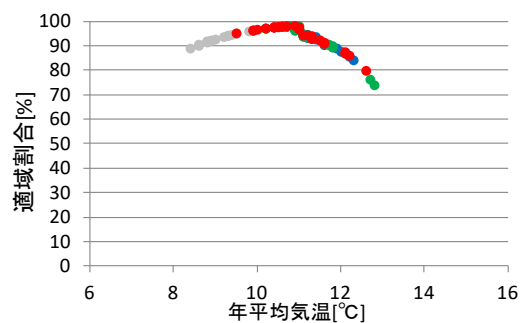
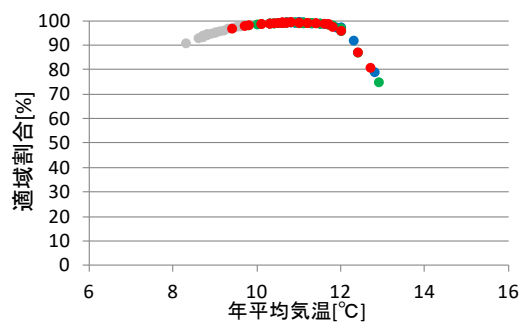
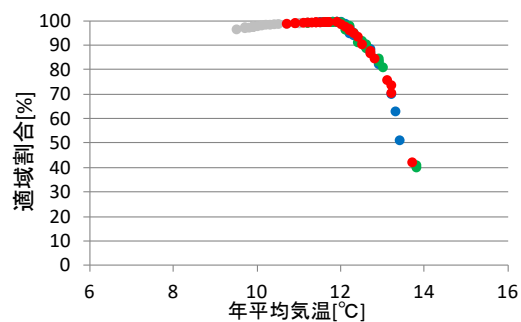
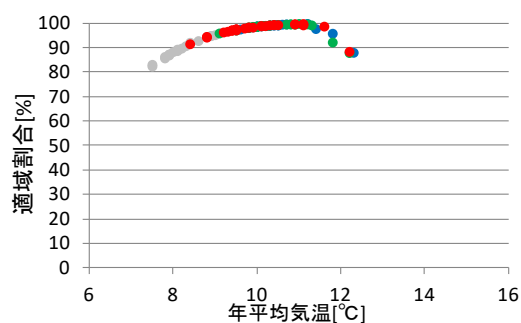
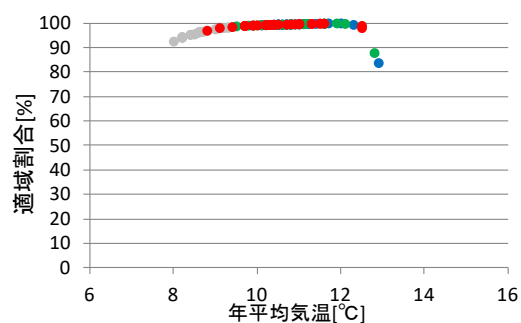


図 3.3-25 栽培適域割合（栽培適域面積／都道府県面積）と年平均気温の関係

■ 日焼け多発生年

長野県を対象としたリンゴ「ふじ」の「日焼け多発生年」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）⁷⁴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年代の日焼け多発生年の出現頻度に関する予測が行われています（図3.3-26）。日焼けは、リンゴの表面温度が51℃以上で発生すると、日最高気温が36.1℃以上のとき表面温度が51℃以上の日焼け多発と判定しています。

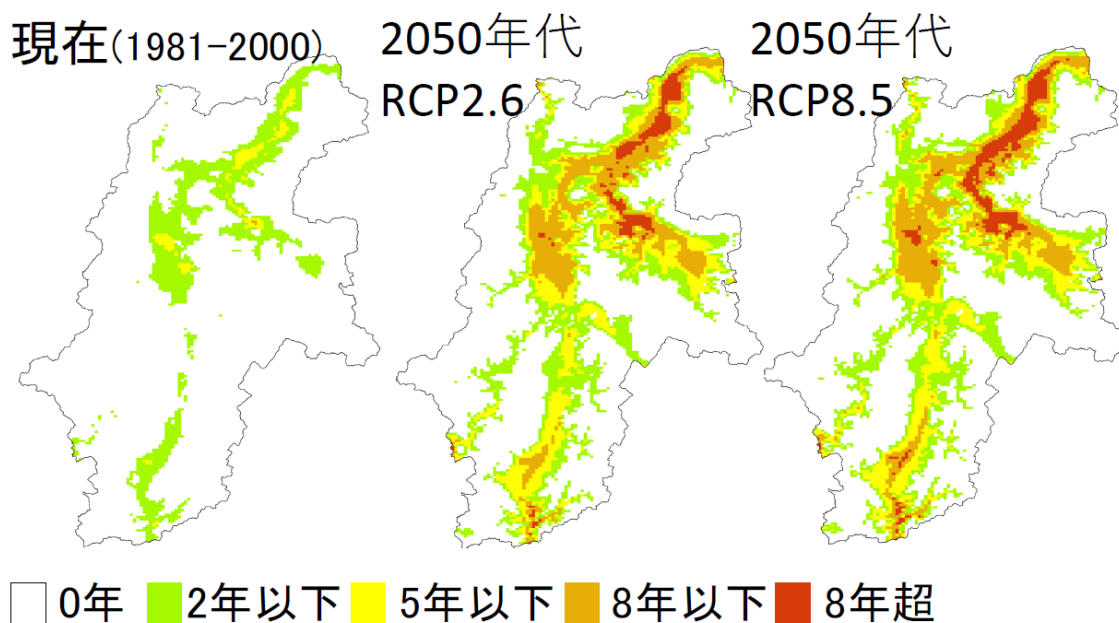


図 3.3-26 リンゴ「ふじ」日焼けが多発生年の出現頻度（10年あたり、長野県、MIROC5）

(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。

⁷⁴ 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://ccaaff.dc.affrc.go.jp/conference2018/pdf/031.pdf>)

(3) 野菜

(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、トマトの日焼け果や草勢の低下による収量減、ホウレンソウの発芽不良や生育不良、キャベツ、レタス、ピーマン等への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 3.3-4 に示す野菜等への影響が経年的に報告されています。

表 3.3-4 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（萎ちょう病）	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	—	—	—	—
レタス	生育不良	3	0	1	2	—	—	—	—
	病害の多発	2	0	1	1	—	—	—	—
	不良果	1	0	0	1	—	—	—	—
	生理障害	1	0	1	0	—	—	—	—
	生育の前進	1	0	0	1	—	—	—	—



図 3.3-27 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」



図 3.3-28 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、トマトやイチゴ、キュウリ等の「栽培適地」や、イチゴの「品質低下」、野菜全般への「病虫害」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、東北地域を含んで定量的に影響評価が実施されているのは、「病虫害」に留まります。

■ 病虫害（害虫）

病虫害について、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った野菜に影響を及ぼす関連する病虫害を対象とした「世代数」の計算式は定式化されているため（Yamamura et al. (1998)⁷⁵）、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。

対象とする病虫害は、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」⁷⁶より、トマト、キュウリ、イチゴ、ネギに影響を及ぼすリスクの高いものを対象としました（表 3.3-5）。

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。

⁷⁵ 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

⁷⁶ http://www.maff.go.jp/j/syouan/syokubo/gaicyu/g_yosatsu/sitei_minaosi.html

表 3.3-5 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、ピーマン	4.6℃	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」
ハスモンヨトウ	トマト、キュウリ、ネギ、イチゴ、ピーマン	11.6℃	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
ワタアブラムシ	イチゴ、キュウリ、トマト、ネギ、ピーマン	3.5℃	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」」
マルカメムシ	エダマメ	13.2℃	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 3.3-29）。

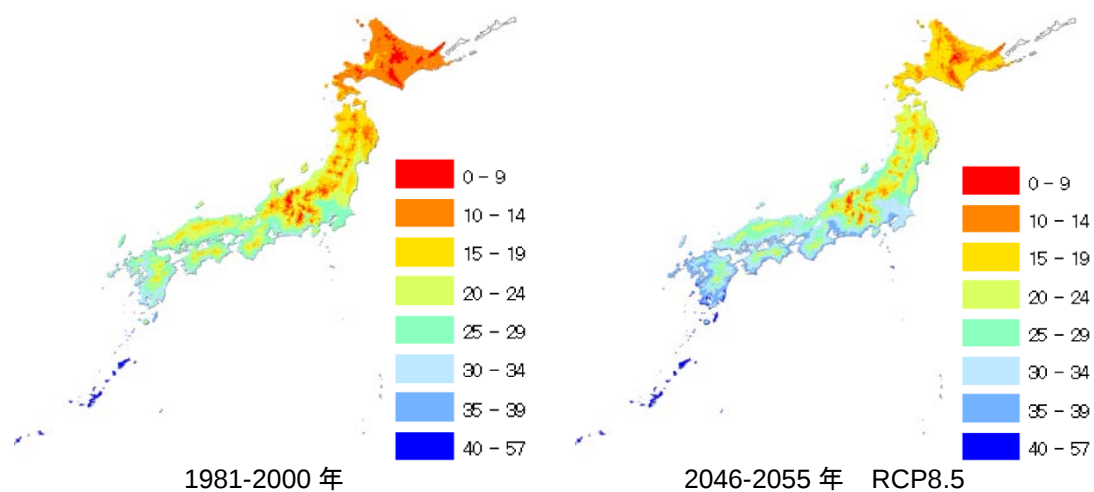


図 3.3-29 モモアカアブラムシの世代数

■ ワタアブラムシ

世代数が増加することが分かります（図 3.3-30）。

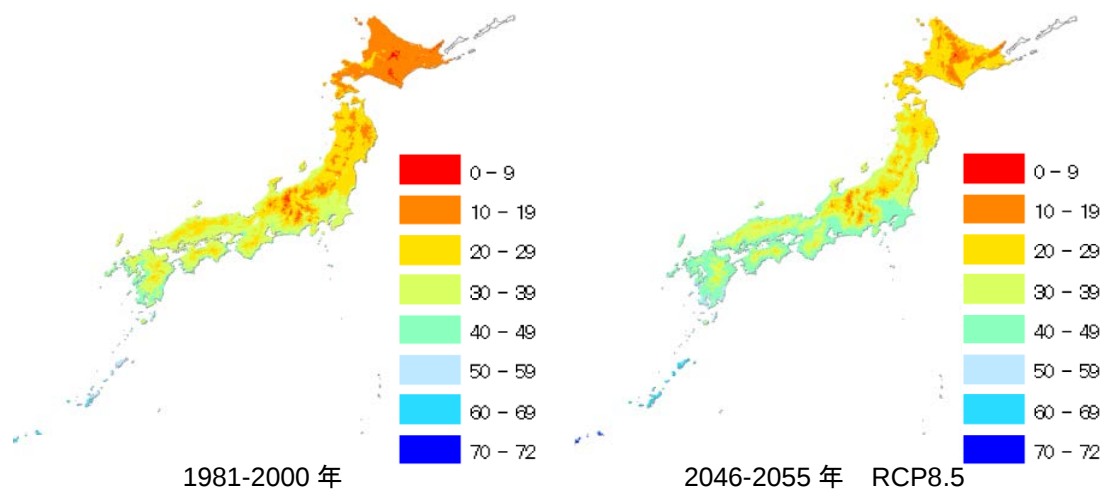


図 3.3-30 ワタアブラムシの世代数

■ ハスモンヨトウ

世代数が増加することが分かります（図 3.3-31）。

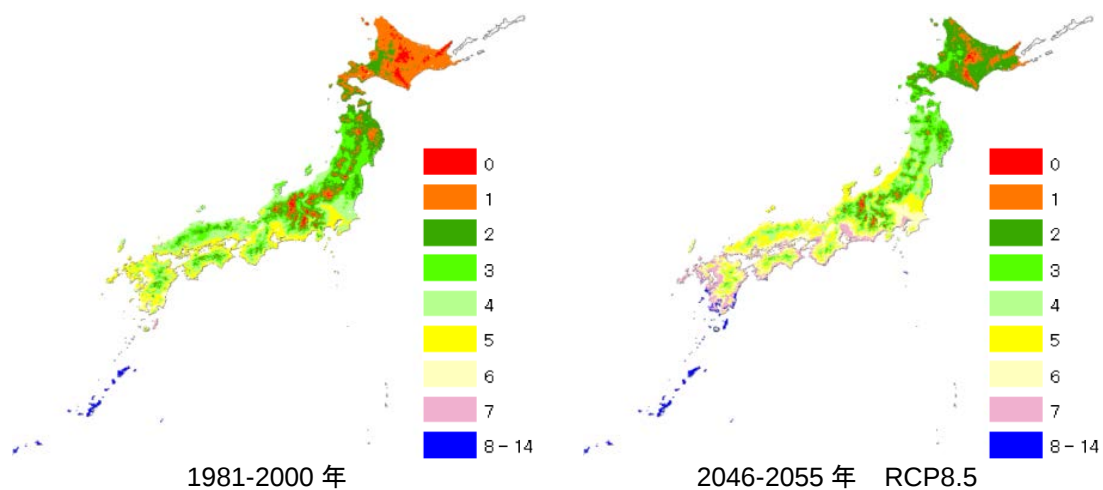


図 3.3-31 ハスモンヨトウの世代数

■ マルカメムシ

世代数が増加することが分かります（図 3.3-32）。

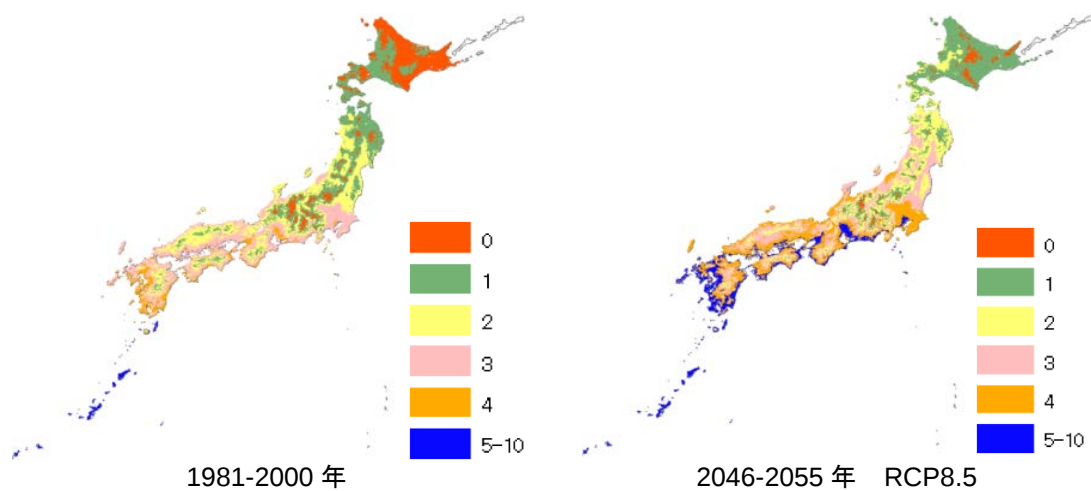


図 3.3-32 マルカメムシの世代数

【東北】

■ 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 3.3-33）。

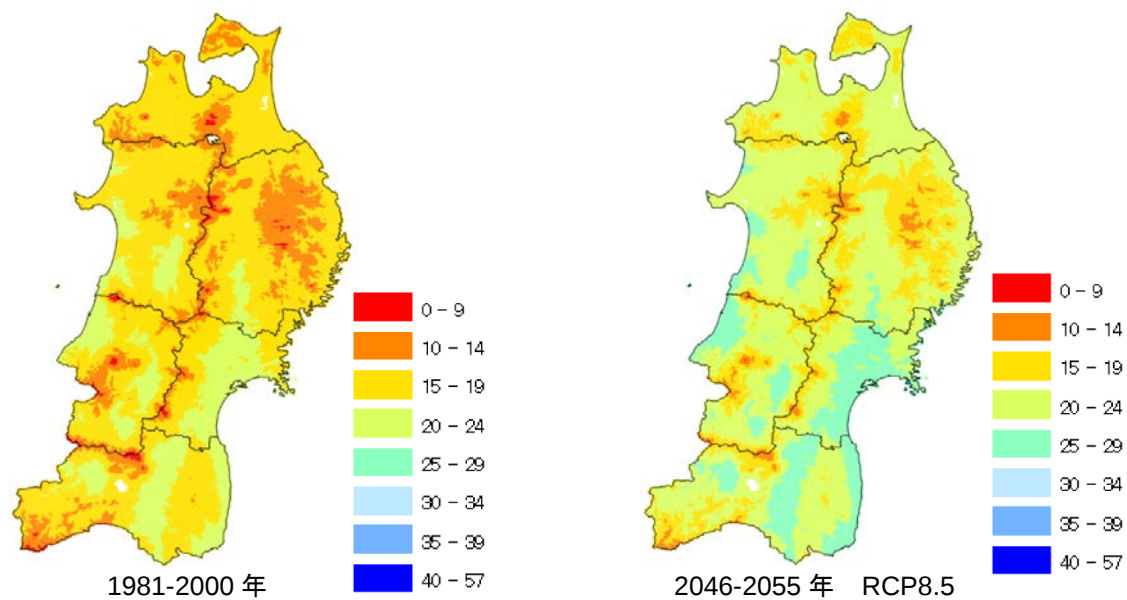


図 3.3-33 モモアカアブラムシの世代数（東北地域）

■ ワタアブラムシ

世代数が増加することが分かります（図 3.3-34）。

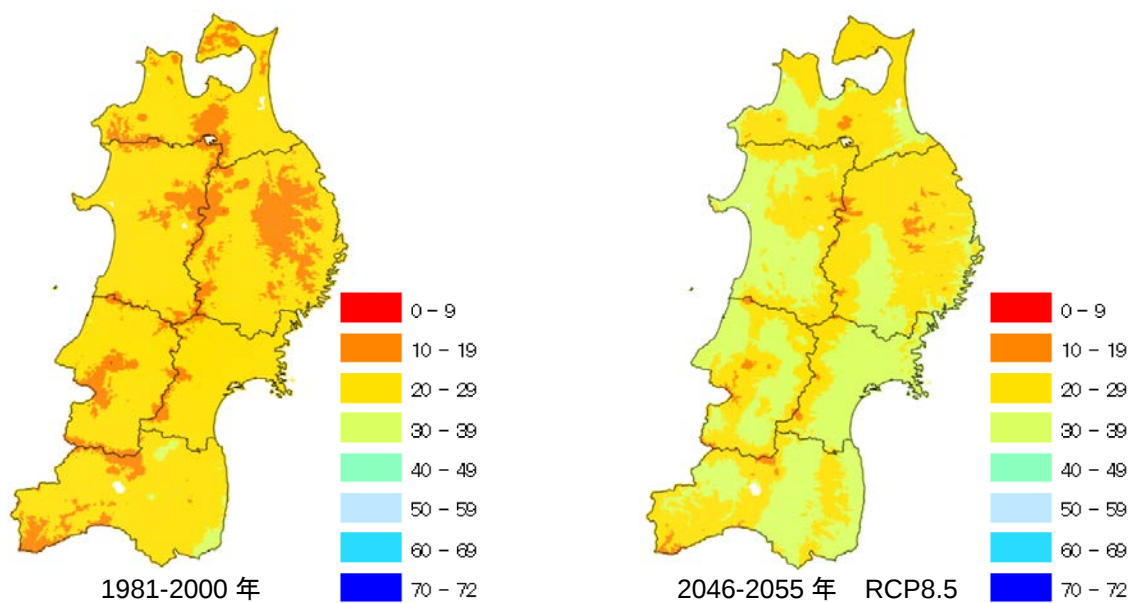


図 3.3-34 ワタアブラムシの世代数（東北地域）

■ ハスモンヨトウ

世代数が増加することが分かります（図 3.3-35）。

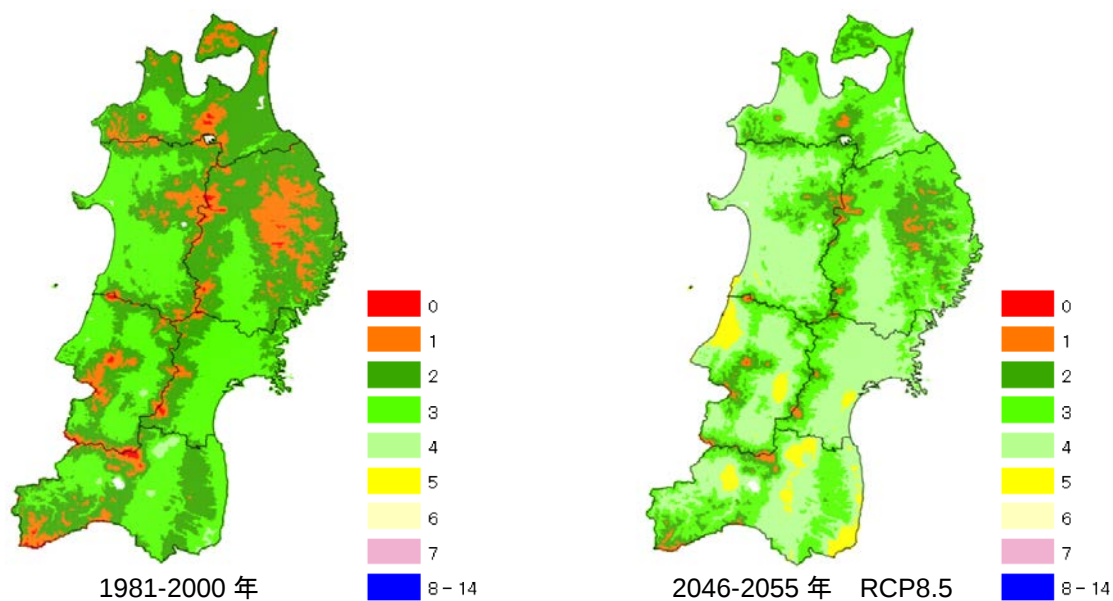


図 3.3-35 ハスモンヨトウの世代数（東北地域）

■ マルカメムシ

世代数が増加することが分かります（図 3.3-36）。

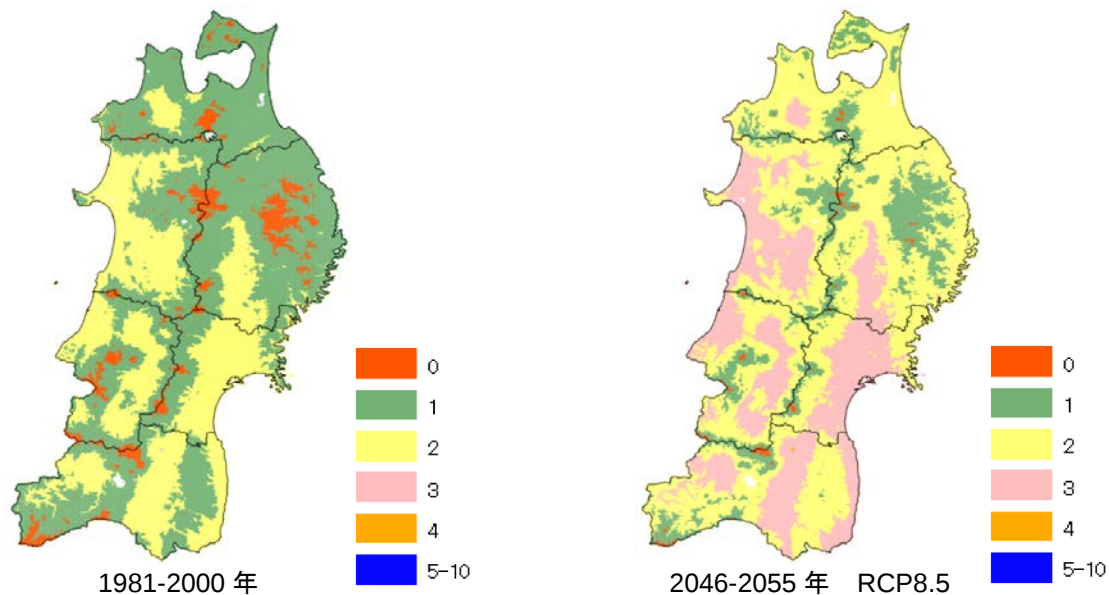


図 3.3-36 マルカメムシの世代数（東北地域）

(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

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 3.3-6 に示す麦類への影響が経年的に報告されています。

表 3.3-6 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、「栽培適地」の変化、畑地雑草の発生傾向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、東北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ないものの、北海道を対象とした小麦の「収量」に関連する研究事例があります。

■ 収量

北海道を対象とした小麦の「収量」については、北海道立総合研究機構農業研究本部(2011)⁷⁷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」を対象として、作物モデル「WOFOST」を用いて 2010 年と 2030 年代の子実重の予測を行っています。

【北海道】

本予測では、水分不足を考慮しないポテンシャル収量(PY1)と水分不足を考慮したポテンシャル収量の予測値を算出しており、2030 年代では、春季以降の気温上昇、降水量の増加及び日射量の低下により、水分不足を考慮しないポテンシャル収量(PY1)は全域において低下しました。一方、水分ストレスを土壌タイプごとに考慮したポテンシャル収量は、現

⁷⁷ 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

在において水分不足が比較的少ない地点においては減収となりましたが、干ばつ傾向が強
く、PY1 比で低収の地点においては、降水量の増加により増収と試算されました。以下で
は前者の例として十勝中部の芽室を、後者の例として上川北部の名寄を示します。

芽室は現在においても比較的降水量が多く、水分ストレスを考慮したシミュレーション
は、土壌によらず PY1 に近い高収傾向と算出された地域であります。2030 年代の PY1
低下（87～90％）に伴い、火山性土のみならず低地土でも現在比 84～89％程度の大幅な減
収と予測されました（図 3.3-37）。

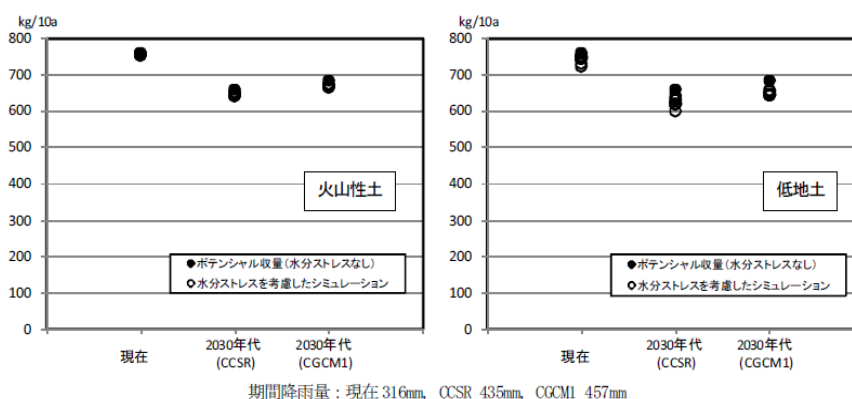


図 3.3-37 芽室における各年代の収量シミュレーション

名寄は、現在、特に水分ストレスの高い地域であり、2030 年代の期間降雨量は現在のほ
ぼ 1.5 倍であったことから、他地域と同様 PY1 は低下するものの、水分ストレスを考慮し
たシミュレーション結果は大幅な増収と予測されました（図 3.3-38）。

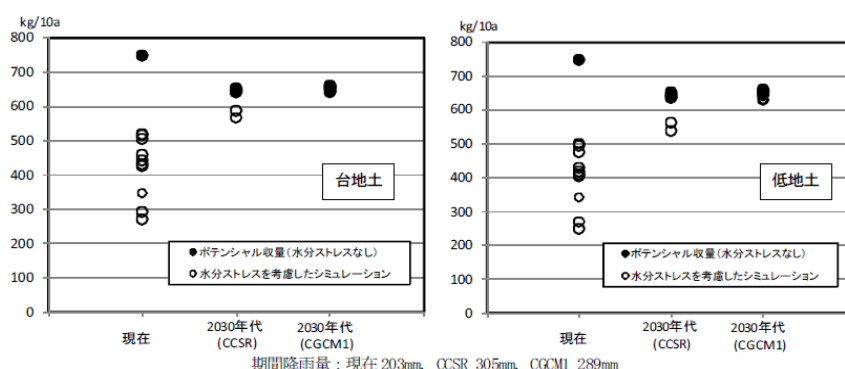


図 3.3-38 名寄における各年代の収量シミュレーション

(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、青立ち株の発生や出芽・苗立ち不良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 3.3-7 に示す豆類への影響が経年的に報告されています。

表 3.3-7 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（しわ粒・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、大豆の「栽培適域」や「収量」、「品質」への影響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、東北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「収量」のみに留まります。また、東北地域ではないものの、北海道を対象とした「栽培適地」、「品質」に関連する研究事例があります。

■ 収量

大豆の「収量」に対する影響については、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）⁷⁸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。

【東北】

中野（2018）によると、気温上昇が収量性に与える影響について、大豆「リュウホウ」を対象に評価が行われています。基準となる 1981～2000 年から気温が 3℃上昇した場合を想定して、収穫指数（子実量／全重）の将来変化が評価されており、東北の日本海側では 5%程度の減少が予測されています（図 3.3-39）。

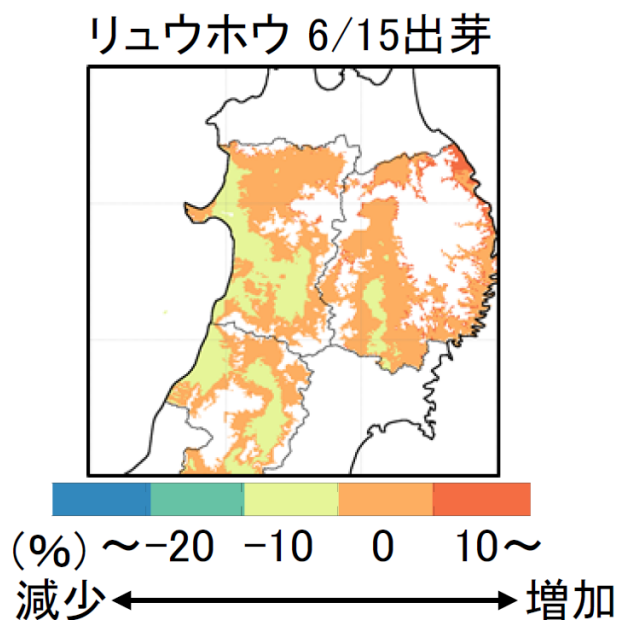


図 3.3-39 気温上昇による収穫指数の変化（「リュウホウ」）
1981～2000 年を基準として、気温+3℃を想定した場合

⁷⁸ 中野聡史（2018）：気候変動がダイズの発育と収量性に与える影響の広域評価，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.28，
(<http://ccaff.dc.affrc.go.jp/conference2018/pdf/028.pdf>)

■ 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）⁷⁹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」⁸⁰および「トヨムスメ」⁸¹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⁸²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 3.3-8 に示します。全ての地点で地帯区分が 1～2 ランク上がり、中標津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 3.3-8 温暖化に伴う地帯区分の変化

	現代(アメダス平年値)							CCSR2030年代							CGCM12030年代						
	地帯	6～9月	7月	晩霜	初霜	無霜	播種	区分	6～9月	7月	晩霜	初霜	無霜	播種	区分	6～9月	7月	晩霜	初霜	無霜	播種
	区分	積算	平均			期間	時期	予測	積算	平均			期間	時期	予測	積算	平均			期間	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
訓子府町	I	2014	17.9	5/24	10/01	130	5下	Ⅱ	2184	19.2	5/13	10/09	149	5上	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
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
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
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
倶知安町	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
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
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
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
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
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
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
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
苫小牧市		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
中標津		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。

⁷⁹ 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

⁸⁰ 熟期がやや早。

⁸¹ 熟期が中生。

⁸² I：早生～やや早生、II：やや早生～中生、III：中生、IV：中生～やや晩、V：やや晩～晩生、VI：晩生

■ 品質

北海道を対象とした大豆の「品質」については、北海道立総合研究機構農業研究本部(2011)⁸³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」⁸⁴および「トヨムスメ」⁸⁵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】

「トヨムスメ」では開花19～33日後の高温により裂皮が激発することが報告されており、裂皮のリスクが非常に高くなるとしています。

(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。

⁸³ 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

⁸⁴ 熟期がやや早。

⁸⁵ 熟期が中生。

③ バレイショ（生食用、でん粉用、加工食品用等）

（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、現状では気候変動によるバレイショへの影響は報告されませんでした。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」ではバレイショに関する影響の状況が記載されていないため不明です。

（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、気候変動によるバレイショの「栽培適域」や「収量」「品質」への影響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、北海道を対象としたバレイショの「収量」や「品質」への影響に関連する研究事例があります。

北海道を対象としたバレイショの「収量」や「品質」については、北海道立総合研究機構農業研究本部（2011）⁸⁶による研究があります。この研究では、現在と 2030 年代における気候変動がバレイショに及ぼす影響について解析しています。

【北海道】

■ 収量、品質（でん粉収量、でん粉価）

本研究では、まず「コナフブキ」と「農林 1 号」を対象に収量、でん粉収量、でん粉価と月平均気温の相関関係が検討されています。その結果、月平均気温と収量、でん粉価の相関関係はいずれも負でした（図 3.3-40）。そのため、気温が高まるとこれらの指標がいずれも低下すると予測されます。従って、温暖化はバレイショの収量・品質を低下させると推測されますが、相関係数が高くないため、低下の程度を予測することは困難としています。

また、WOFOST と呼ばれる生育シミュレーションを用いて収量等の予測が行われています。CCSR と呼ばれる気候シナリオを用いた場合の 2010 年および 2030 年代に対する予測結果を表 3.3-9 に示します。最大可能収量（以下、収量）は 2030 年代において、現在と比較し減少すると予測されました。気温のみを考慮した計算結果と気温と日射の両方を考慮した計算結果を比較した場合、2030 年代において後者の方が、収量の低下が大きくなりました。このことから 2030 年代の収量低下の主因は日射量の減少にあると推定されました。

⁸⁶ 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

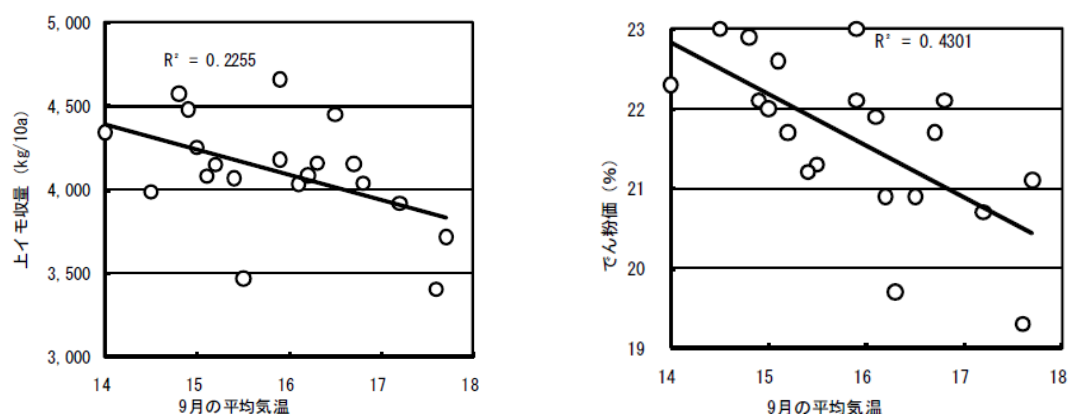


図 3.3-40 「コナフブキ」における上イモ収量、でん粉価と月平均気温の関係

表 3.3-9 WOFOST によるバレイショ生育予測結果

入力設定				計算結果				
地点	年代	気象要素	植付期	萌芽期	生育停止	生育 日数	収量 t/ha	収量 現在比
芽室	現在	平年値	5/9 (5/10)	5/30 (5/27)	9/29 (9/27)	122	65	100
	2010	気温	5/9	5/31	9/9	101	50	77
		気温・日射					50	77
	2030 CCSR	気温	5/9	5/27	9/18	114	61	94
		気温・日射					55	85
訓子府 (境野)	現在	平年値	5/13 (5/13)	6/4 (6/1)	10/12 (10/6)	130	70	100
	2010	気温	5/13	6/2	9/14	104	55	79
		気温・日射					53	76
	2030 CCSR	気温	5/13	5/31	9/27	119	65	93
		気温・日射					59	84
		気温	4/30	5/21	9/18	120	67	96
		気温・日射					60	86

植付日は各農試平年または2030年代の気温上昇に合わせて前進のいずれかを設定
 生育日数は萌芽期から生育停止まで
 平年値は2000年のもの、気象要素が「気温」のみの場合の日射量は平年値を仮定
 訓子府の気象データは、アメダス境野で代用
 収量(塊茎全重)は、乾物重での計算結果を乾物率20%と仮定して生重に換算
 カッコ内は、2001年における作況平年値(生育停止の欄には枯凋期を記載)

(ウ) 適応策

バレイショへの影響に対する適応策については § 5.2.4.4 を参照下さい。

④ 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、牧草の夏枯れやサイレージ調整後の品質低下、病虫害の多発、寒冷地牧草・オーチャードグラスの夏期の高温少雨による収量減少、飼料用トウモロコシの強風に伴う生育途中の倒伏の発生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 3.3-10 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 3.3-10 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、寒冷地牧草・ペレニアルライグラスの「栽培適地」の変化への影響、牧草の「収量」、飼料用トウモロコシの「栽培適地」、「収量」、「品質」への影響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、東北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」「収量」、飼料用トウモロコシの「栽培適地」に留まります。なお、東北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ないものの、北海道地域、関東地域における飼料用トウモロコシの「収量」に関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）⁸⁷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。

【全国】

現在と 100 年後における寒地型牧草⁸⁸と暖地型牧草⁸⁹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 3.3-41）。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）

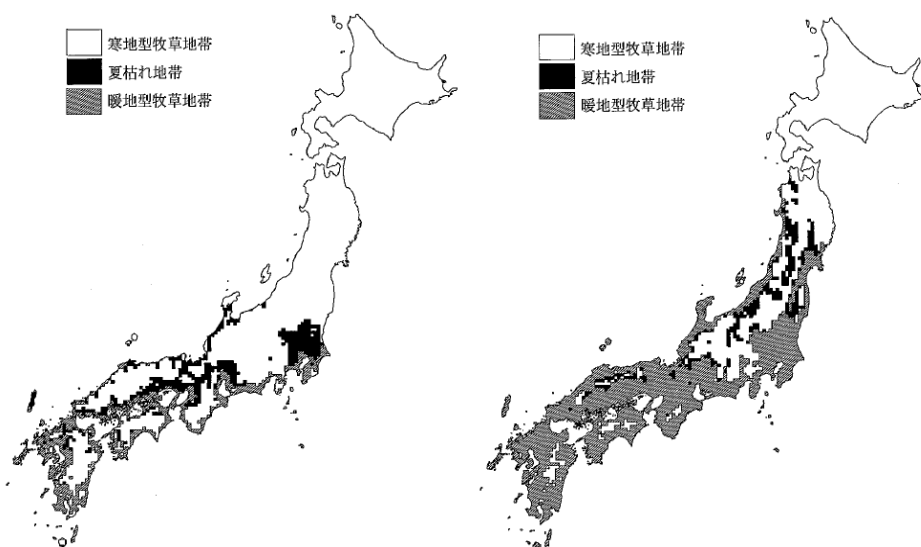


図 3.3-41 牧草生産区分：現在（左図）、100 年後（右図）
（屋久島以南は暖地型牧草地帯）

⁸⁷ 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.

⁸⁸ 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

⁸⁹ バヒアグラスが栽培可能な地域

■ 収量（寒地型牧草）

岩手県を対象とした牧草の「収量」については、樽見ら（2018）⁹⁰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。

【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℃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 3.3-42）。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。

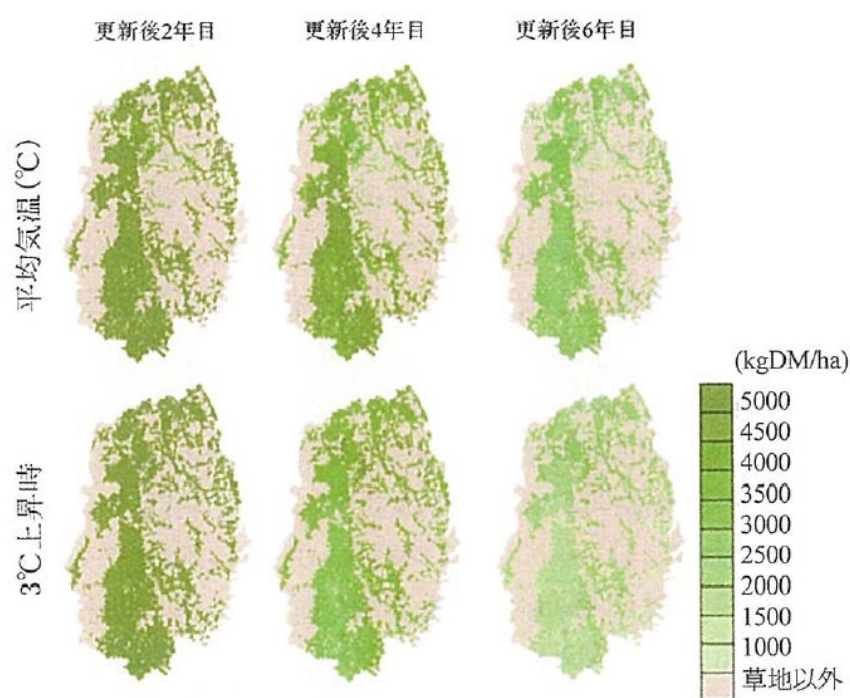


図 3.3-42 岩手県における温暖化後の乾物収量の予測結果（kgDM/ha）
（窒素施肥量 150kgN/ha）

⁹⁰ 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（1），7～15

■ 栽培適地（飼料用トウモロコシ）

飼料用トウモロコシの「栽培適地」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）⁹¹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。

【全国】

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（1981-2000 年）と 2090 年（2081-2100 年）における飼料用トウモロコシ（二期作栽培）の適地拡大予測を行いました。栽培可能地等の適地区分は 10℃基準有効積算温度⁹²を用いて、図 3.3-43 のように設定しました。評価の結果、2090 年頃には九州～関東地域の広い地域が二期作栽培可能地になることが予測されました（図 3.3-43）。

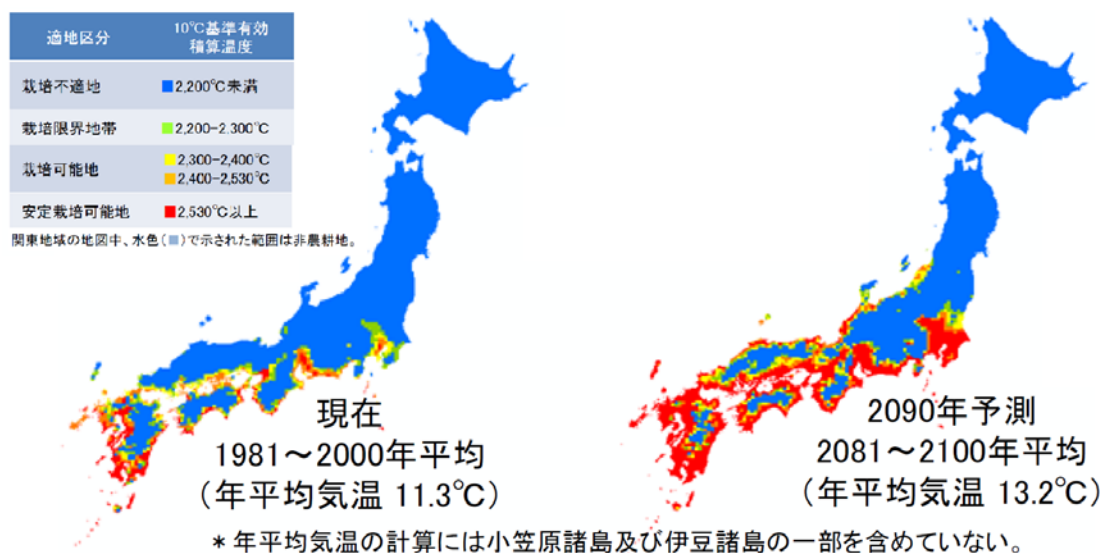


図 3.3-43 現在から 2090 年までのトウモロコシ二期作栽培適地の変化予測
現在は 1981～2000 年の平年値。2090 年の予測値は 2081～2100 年の予測値の平均。

■ 収量（飼料用トウモロコシ）

北海道を対象とした飼料用トウモロコシの「収量」については、北海道立総合研究機構農業研究本部（2011）⁹³による研究があります。また、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

⁹¹ 菅野勉，佐々木寛幸，加藤直樹（2018）：飼料用トウモロコシ二期作栽培適地の変化予測－特に関東地域を対象として－，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.35，（<http://ccaff.dc.affrc.go.jp/conference2018/pdf/035.pdf>）

⁹² 日平均気温から 10℃を引いた値を 1 日の有効温度とし、計算対象とする期間の有効温度を合計した値

⁹³ 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

ト 18 号 (2017 年) ⁹⁴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。

【北海道】

現在および 2030 年代における気候変動が、飼料用トウモロコシ（ホールクroppサイレージ用）に及ぼす影響を分析しています。生産期間中の平均気温と乾物生産量との一次回帰式を求め、2030 年代の飼料用トウモロコシの収量を推定しています。また、生産期間や積算気温の変動に対応した品種変更に伴う収量予測も検討しています。

2 つの気候シナリオ（CCSR、CGCM1）を用いた場合の 2030 年代の飼料用トウモロコシの収量は、現在の道内向けの品種では限界があると考えられた道南・道央地域を除き、北海道全体で 10～14%の増加が予測されました。また、品種変更による収量予測においても 14～23%の増収が推定されています（表 3.3-11）。

表 3.3-11 2030 年代における飼料用トウモロコシの収量予測：
一次回帰式（左）、品種置換（右）

地域 区分	予測 方法	平均 気温 (℃)	2030年代の予測乾物収量			地域 区分	現代		2030年代		増加量 (kg/10a)
			1日当	期間 合計	増加量 (kg/10a)		熟期	品種	熟期	品種	
道央・道南	(CCSR)	19.4	—	—	0 ^{※1}	道央・道南	中中	3845	本州型	セシリア	503
	(CGCM1)	19.7	—	—	—		以上	DK475		G4742	196
十勝中部	(CCSR)	17.0	9.5	1280	48	十勝中部	中早	TH9861	中中	おおぞら	142
	(CGCM1)	17.5	9.7	1319	87				中晩	36B08	377
十勝山麓・沿海	(CCSR)	17.5	9.0	1176	113	十勝山麓・沿海	早中	チベリウス	中早	TH9861	94
	(CGCM1)	18.1	9.5	1251	188				中中	おおぞら	236
オホーツク網走	(CCSR)	16.8	10.2	1337	274	オホーツク網走	早晩	ネオ85	中中	おおぞら	289
	(CGCM1)	17.5	10.8	1413	350				中晩	36B08	524
根釧・天北	(CCSR)	15.7	9.2	1226	33	根釧・天北	早早	エマ	早晩	ネオ85	356
	(CGCM1)	16.5	9.9	1319	126				中早	TH9861	503
全道 ^{※2}	(CCSR)予測における増加率				+10%	全道	(CCSR)予測における増加率				+14%
	(CGCM1)予測における増加率				+14%		(CGCM1)予測における増加率				+23%

※1 現行の北海道向け品種では増収しないと仮定。

※2 地域の作付面積割合を考慮して算出。

【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 3.3-44）。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。

⁹⁴ 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

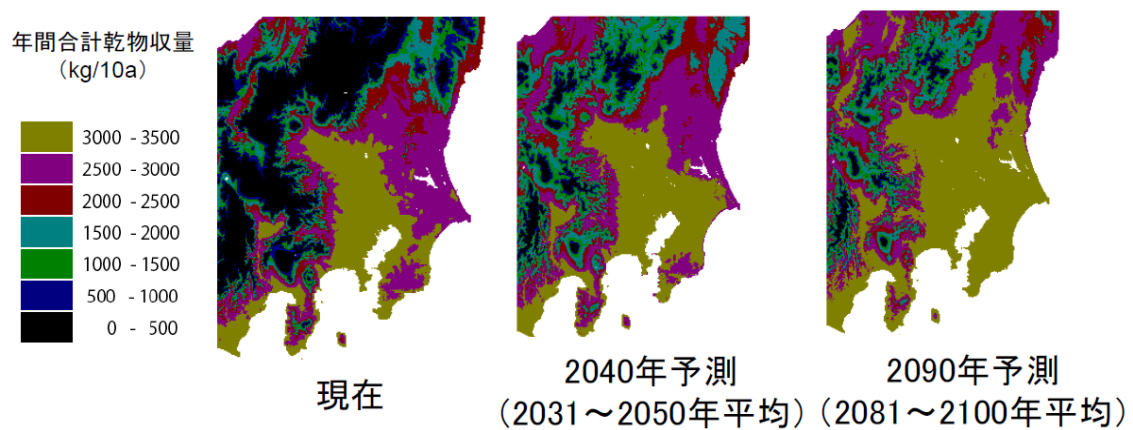


図 3.3-44 トウモロコシ二期作の年間合計乾物収量の変化予測（関東地域）
1 作目を品種「KD500」、2 作目を品種「なつむすめ」とする 3 次メッシュ予測データを用いました。気候モデルは MRI-CGCM3、排出シナリオは RCP4.5。

(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。

(5) 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、熱中症の発生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 3.3-12 に示す肉用豚への影響が経年的に報告されています。

表 3.3-12 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」の低下、「繁殖成績」への影響、「熱中症」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、東北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

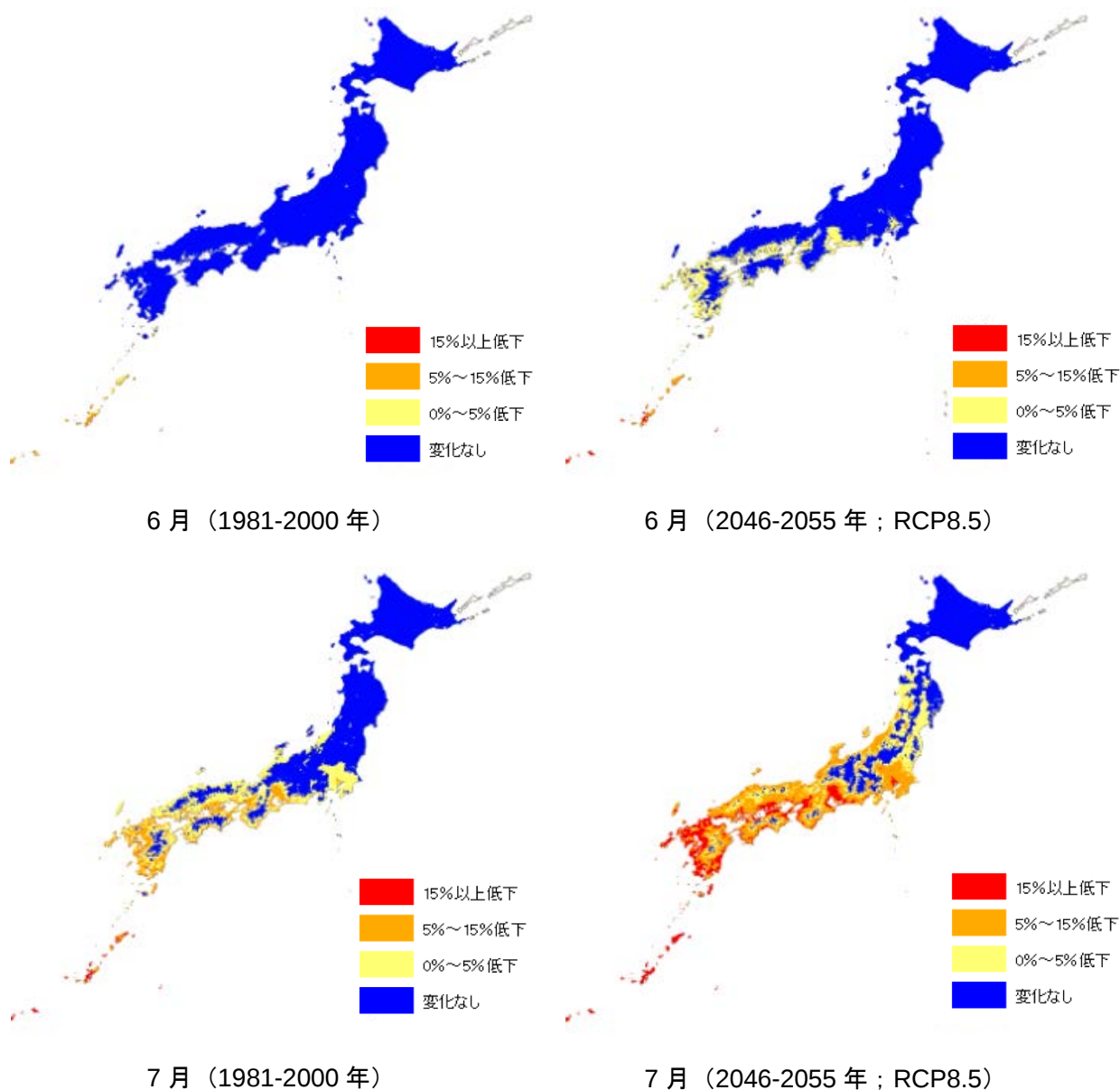
肉用豚の増体量については高田ら（2007）⁹⁵による研究があります。この研究では、月平均気温情報をもとに日増体量の評価を行っています。ここでは、当該文献に記載されている影響評価手法をもとに日増体量の影響評価を実施しました。なお、当該文献においては、23℃区、28℃区、33℃区において複数の肉用豚を対象に、気温と日増体量の計測より作成した回帰式をもとに影響評価を実施しています。33℃区以降においても当該回帰式を用いることが可能かについては検討の必要があります。

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。

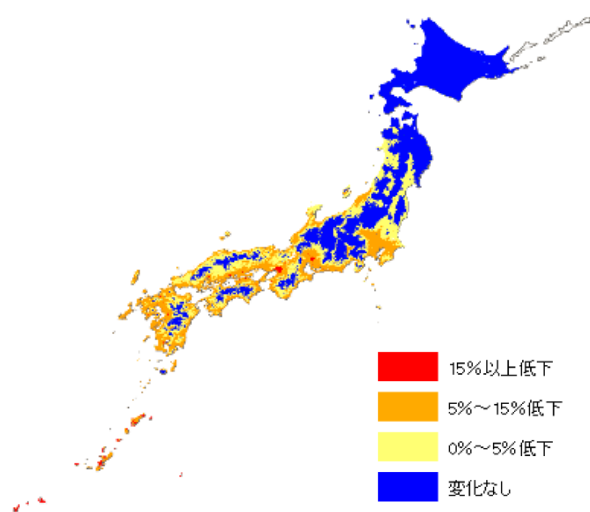
⁹⁵ 高田良三・山崎信・杉浦俊彦・横沢正幸・大塚誠・村上斉（2008）：地球温暖化が肥育豚の飼養成績に及ぼす影響 ―「気候温暖化メッシュデータ（日本）」によるその将来予測―，日本畜産学会報，79(1)，59-65

【全国】

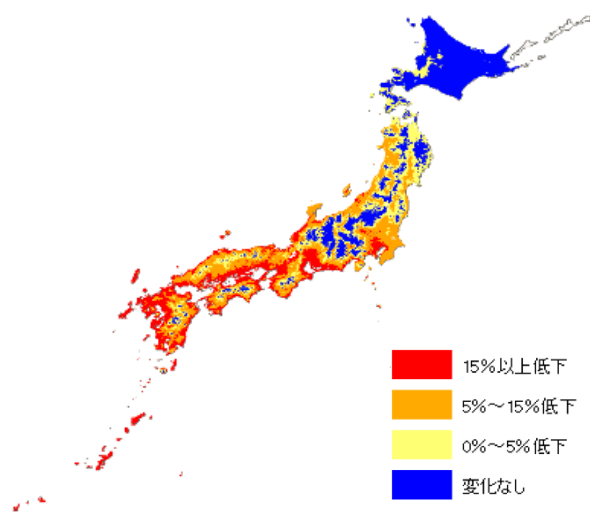
肉用豚の日増体量の変化⁹⁶⁾について、2046-2055 年における RCP8.5 の場合の 6 月、7 月、8 月、9 月の結果を示します（図 3.3-45）。現在についてみると、7 月及び 8 月において西日本の沿岸部を中心に日増体量の低下が見られます。将来になるにつれて、日増体量の低下は、内陸部でも拡大するとともに、沿岸域では更なる日増体量の低下が予測されています。



⁹⁶⁾ 23℃を 100 とした場合の日増体量の減少率を示します。



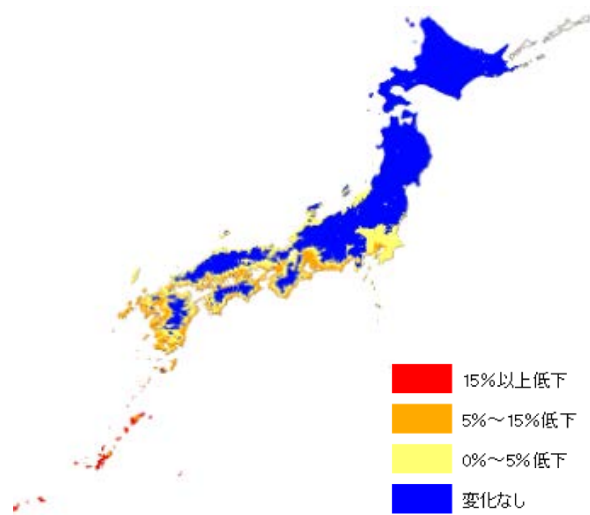
8 月 (1981-2000 年)



8 月 (2046-2055 年 ; RCP8.5)



9 月 (1981-2000 年)

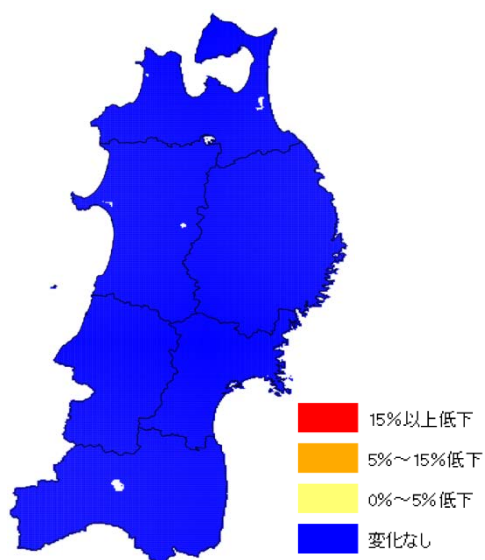


9 月 (2046-2055 年 ; RCP8.5)

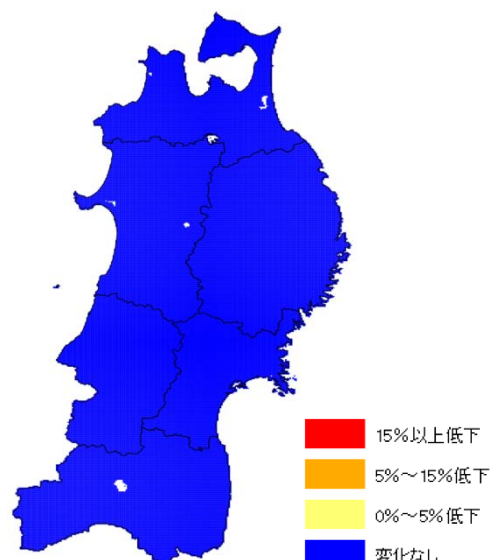
図 3.3-45 肉用豚の日増体量

【東北】

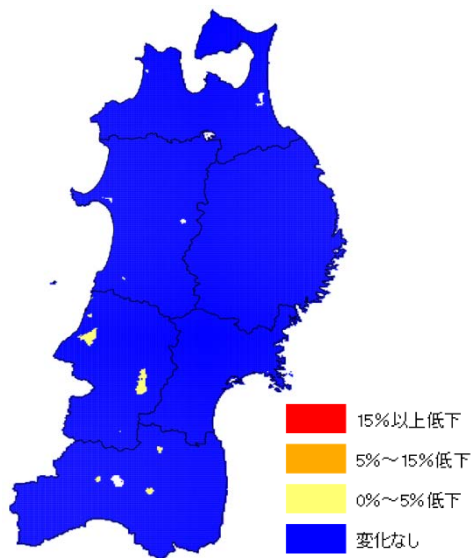
肉用豚の日増体量の変化⁹⁷⁾について、2046-2055 年における RCP8.5 の場合の 6 月、7 月、8 月、9 月の結果を示します（図 3.3-46）。現在についてみると、特に 8 月において日増体量の低下が見られます。将来になるにつれて、日増体量の低下の発生地域は拡大します。



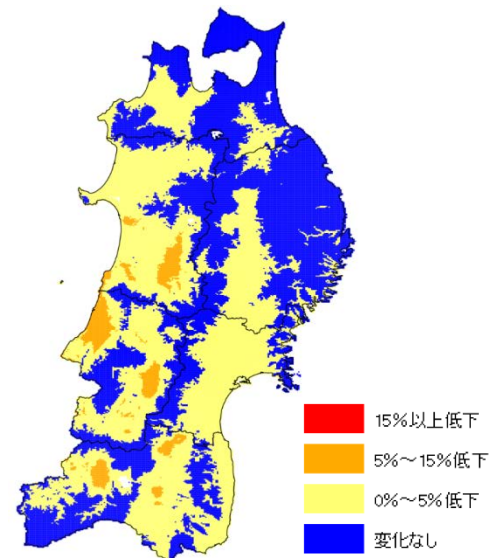
6 月（1981-2000 年）



6 月（2046-2055 年；RCP8.5）



7 月（1981-2000 年）



7 月（2046-2055 年；RCP8.5）

⁹⁷⁾ 23℃を 100 とした場合の日増体量の減少率を示します。

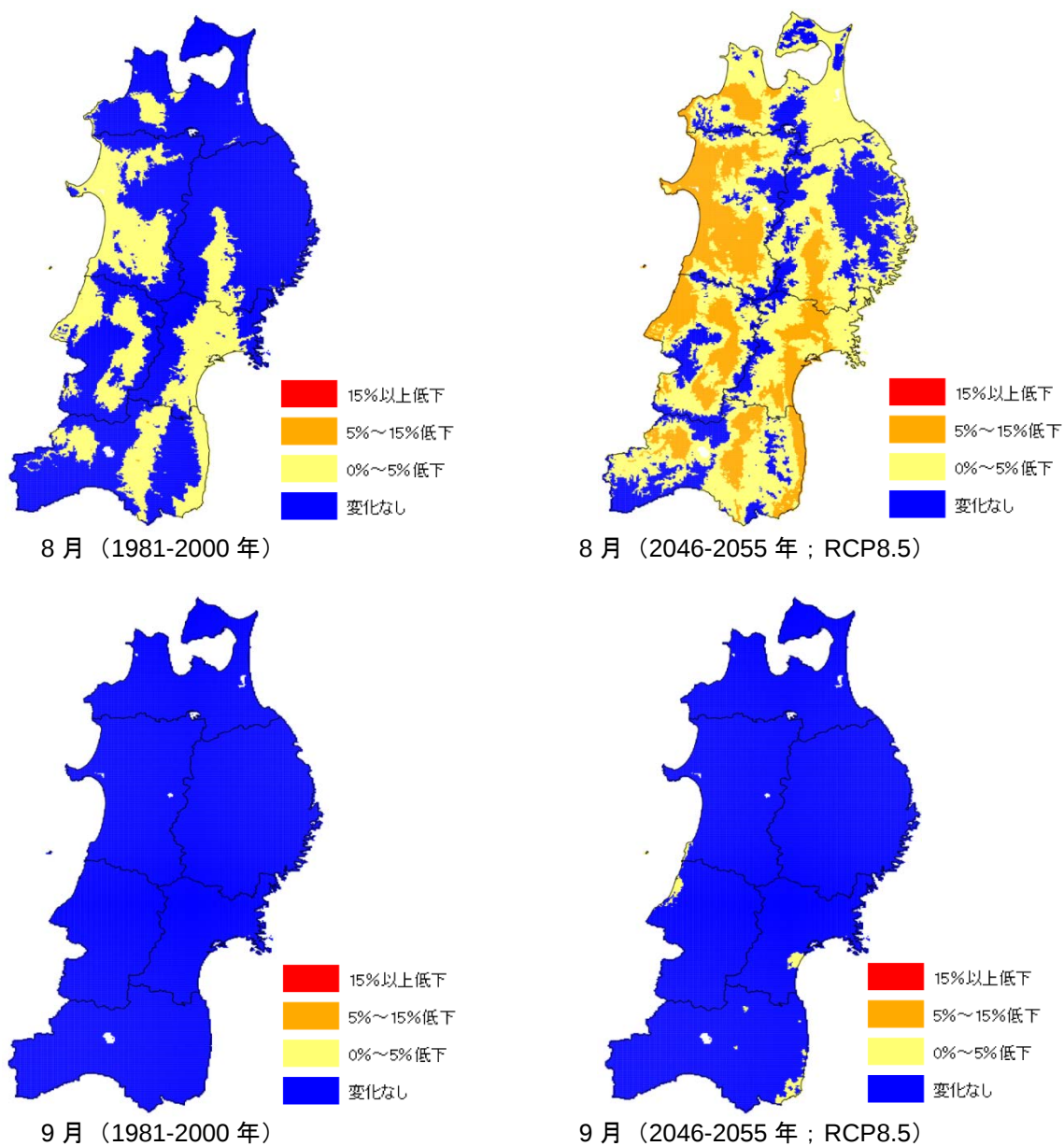


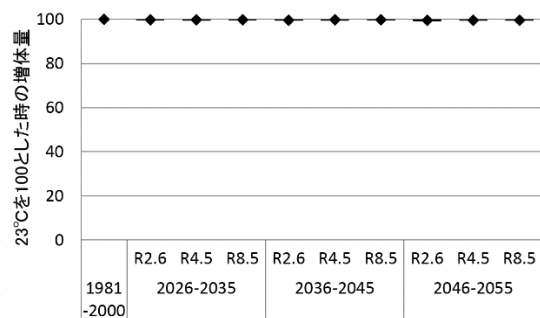
図 3.3-46 肉用豚の日増体量（東北地域）

図 3.3-47～図 3.3-50 に 23℃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 3.3-3 を参照下さい。

・6月

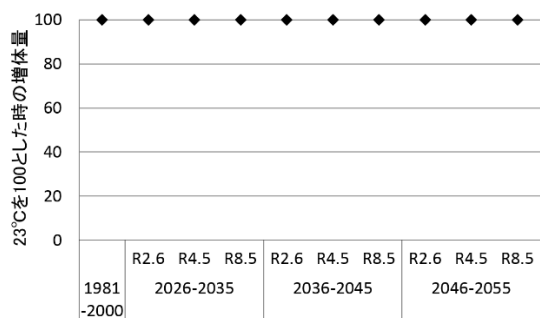
6月においては日増体量の変化はほとんど見られません。

【全国】

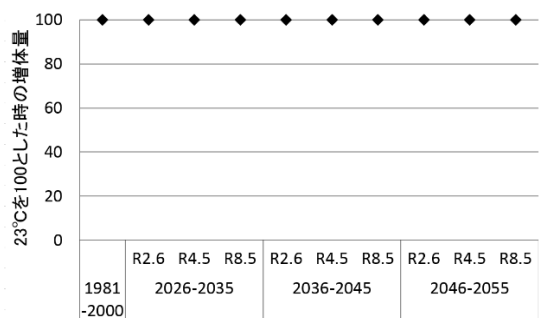


全国

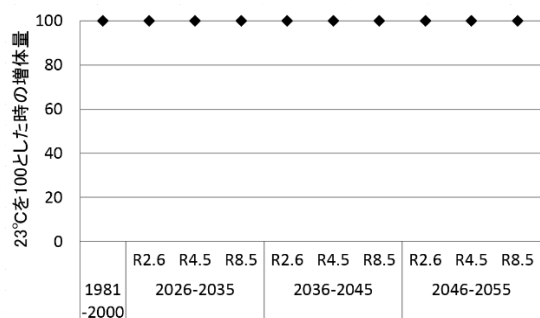
【東北】



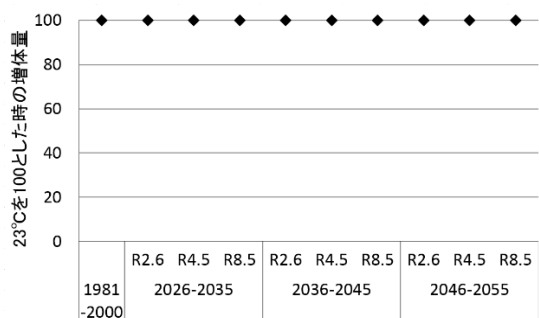
青森県



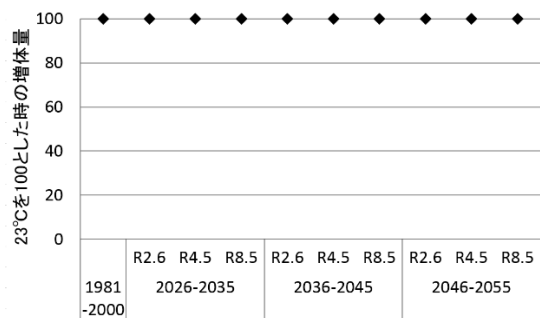
岩手県



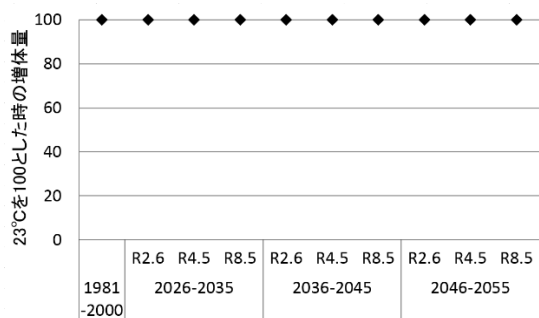
宮城県



秋田県



山形県



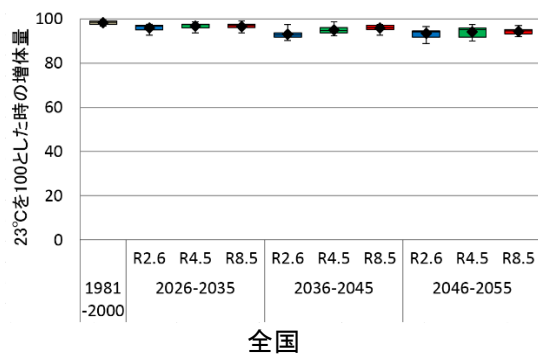
福島県

図 3.3-47 23°Cを100とした場合の日増体量（6月）の推移

・7月

7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】



【東北】

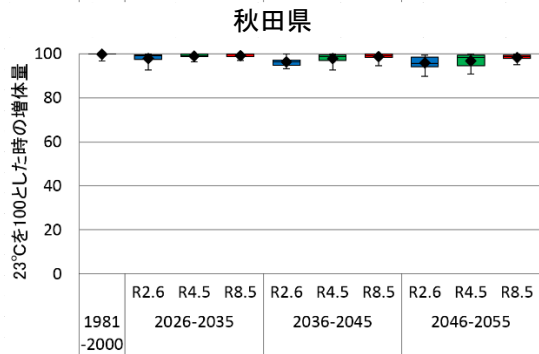
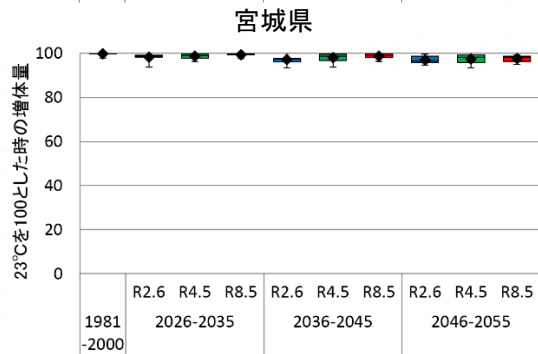
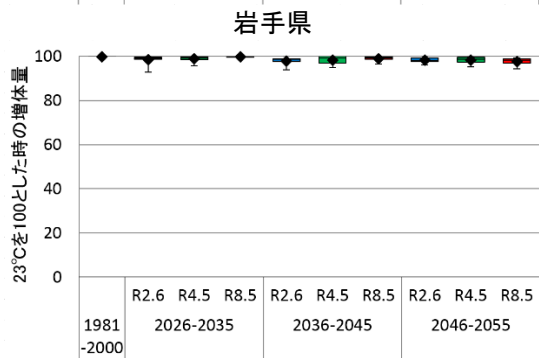
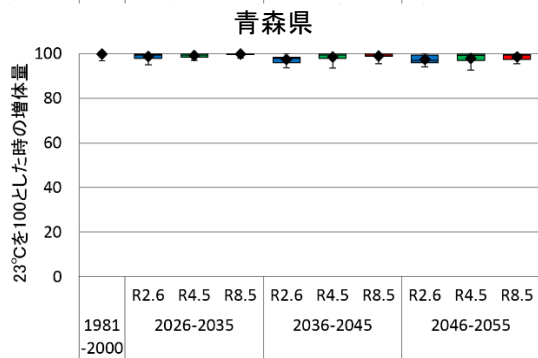
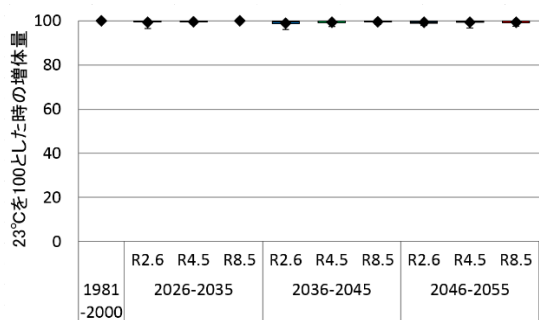
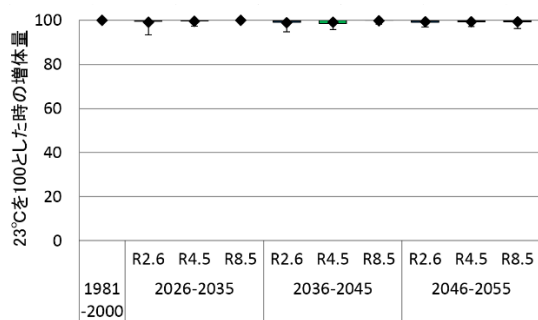
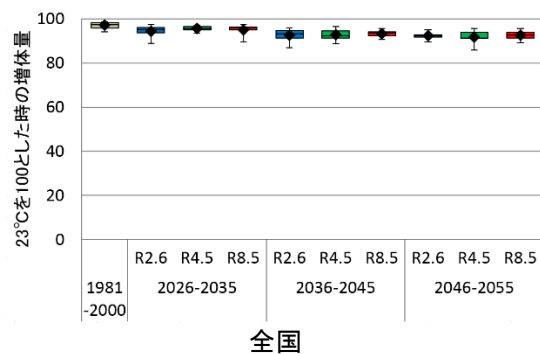


図 3.3-48 23°Cを100とした場合の日増体量（7月）の推移

・8月

多くの県で日増体量の変化はほとんど見られませんが、微減が見られる県も存在します。

【全国】



【東北】

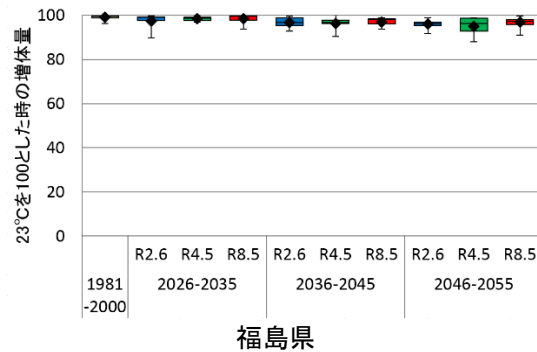
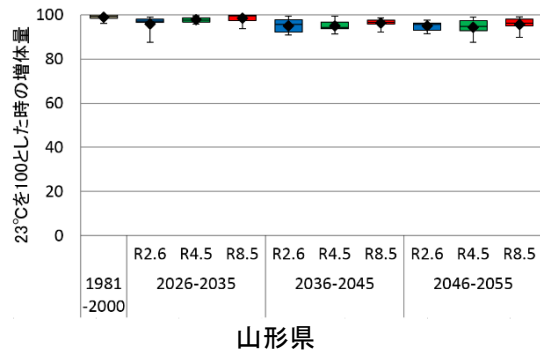
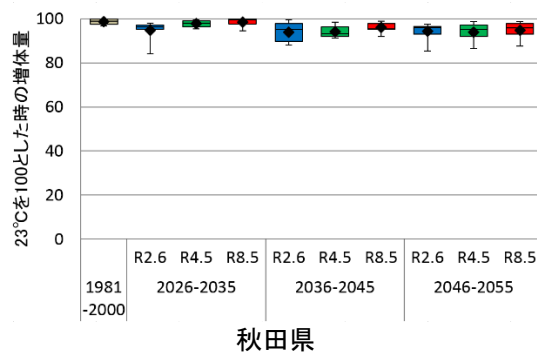
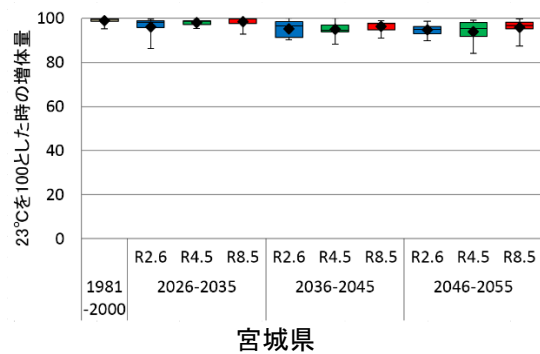
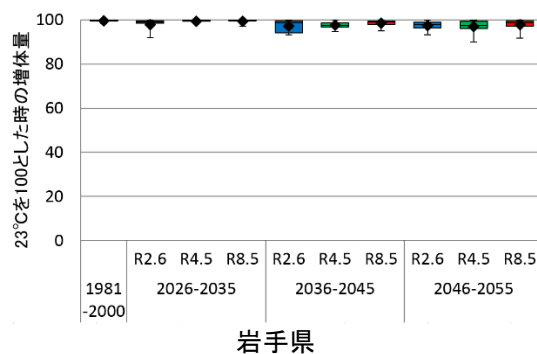
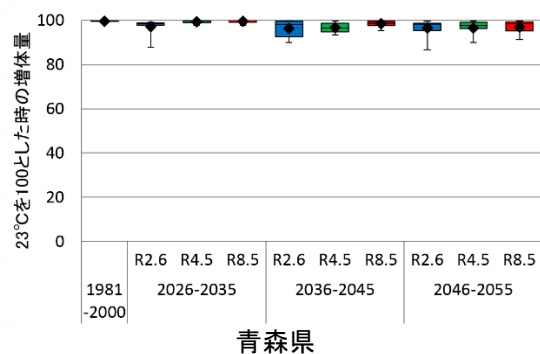
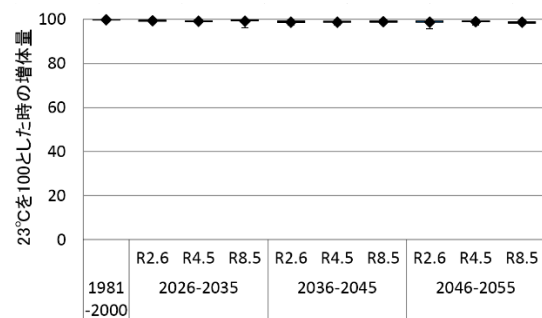


図 3.3-49 23°Cを100とした場合の日増体量（8月）の推移

・9月

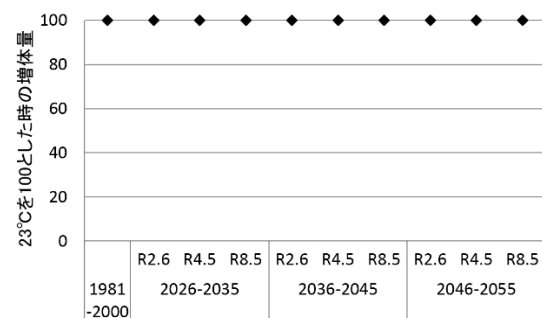
9月においては日増体量の変化はほとんど見られません。

【全国】

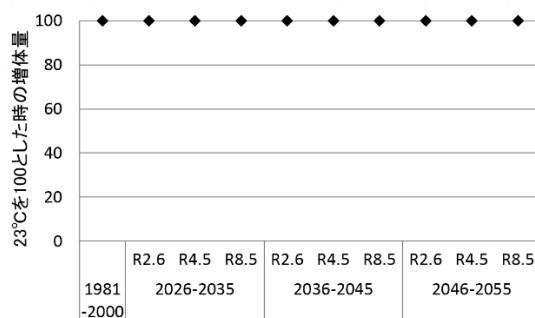


全国

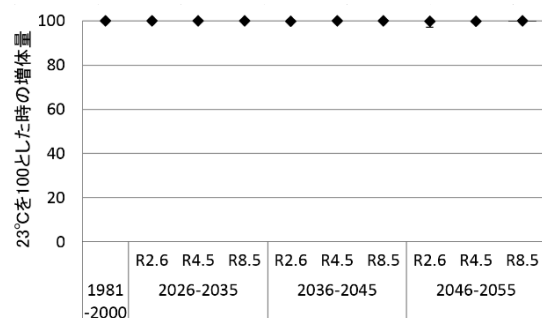
【東北】



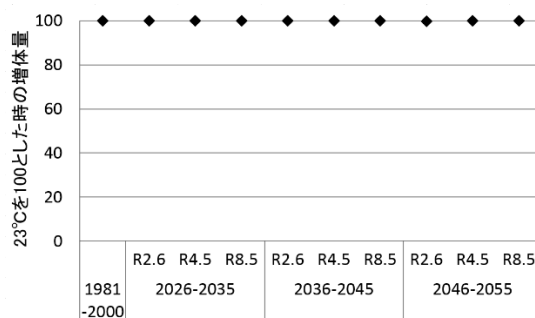
青森県



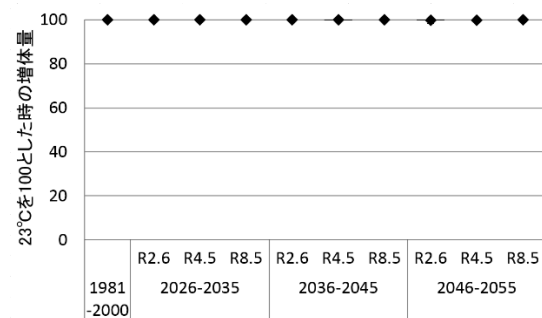
岩手県



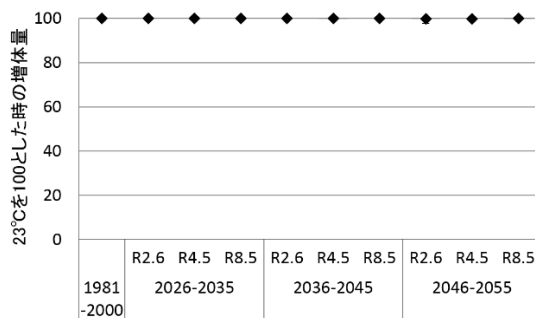
宮城県



秋田県



山形県

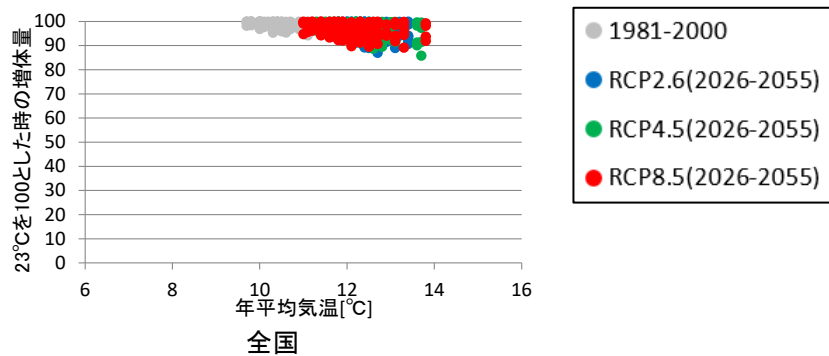


福島県

図 3.3-50 23°Cを100とした場合の日増体量（9月）の推移

図 3.3-51 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】



【東北】

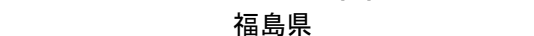
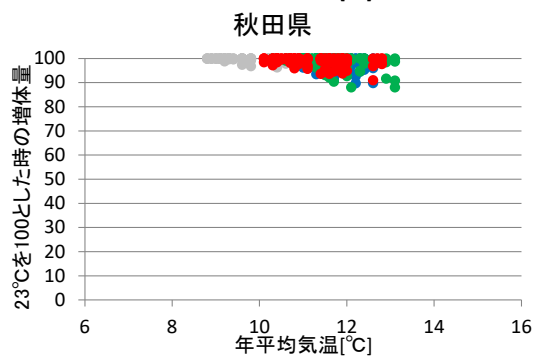
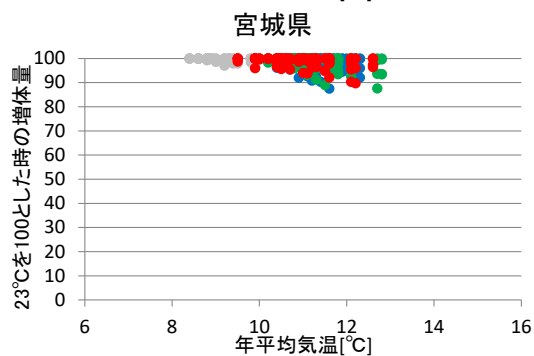
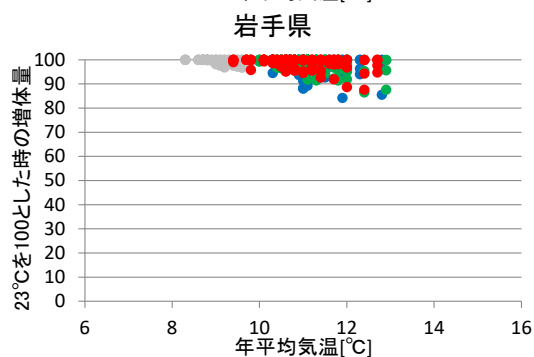
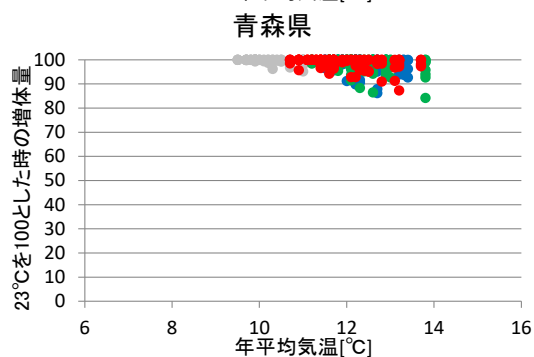
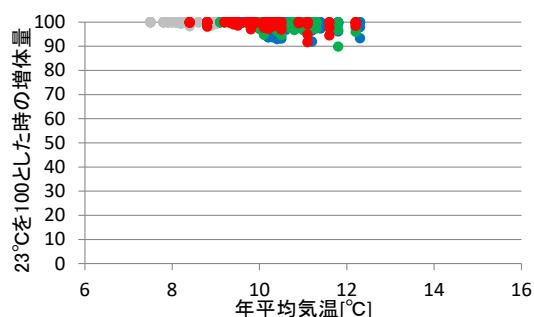
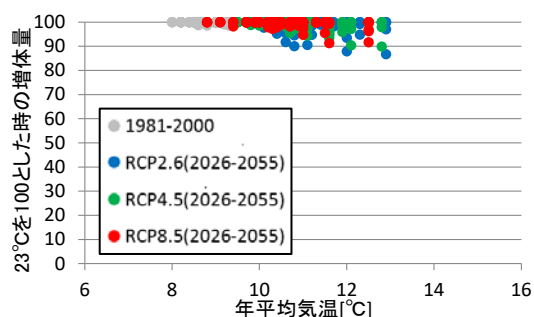


図 3.3-51 23℃を 100 とした場合の日増体量（6～9 月）と年平均気温の関係

(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、産卵数の低下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 3.3-13 に示す鶏への影響が経年的に報告されています。

表 3.3-13 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、「生産性」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、東北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。

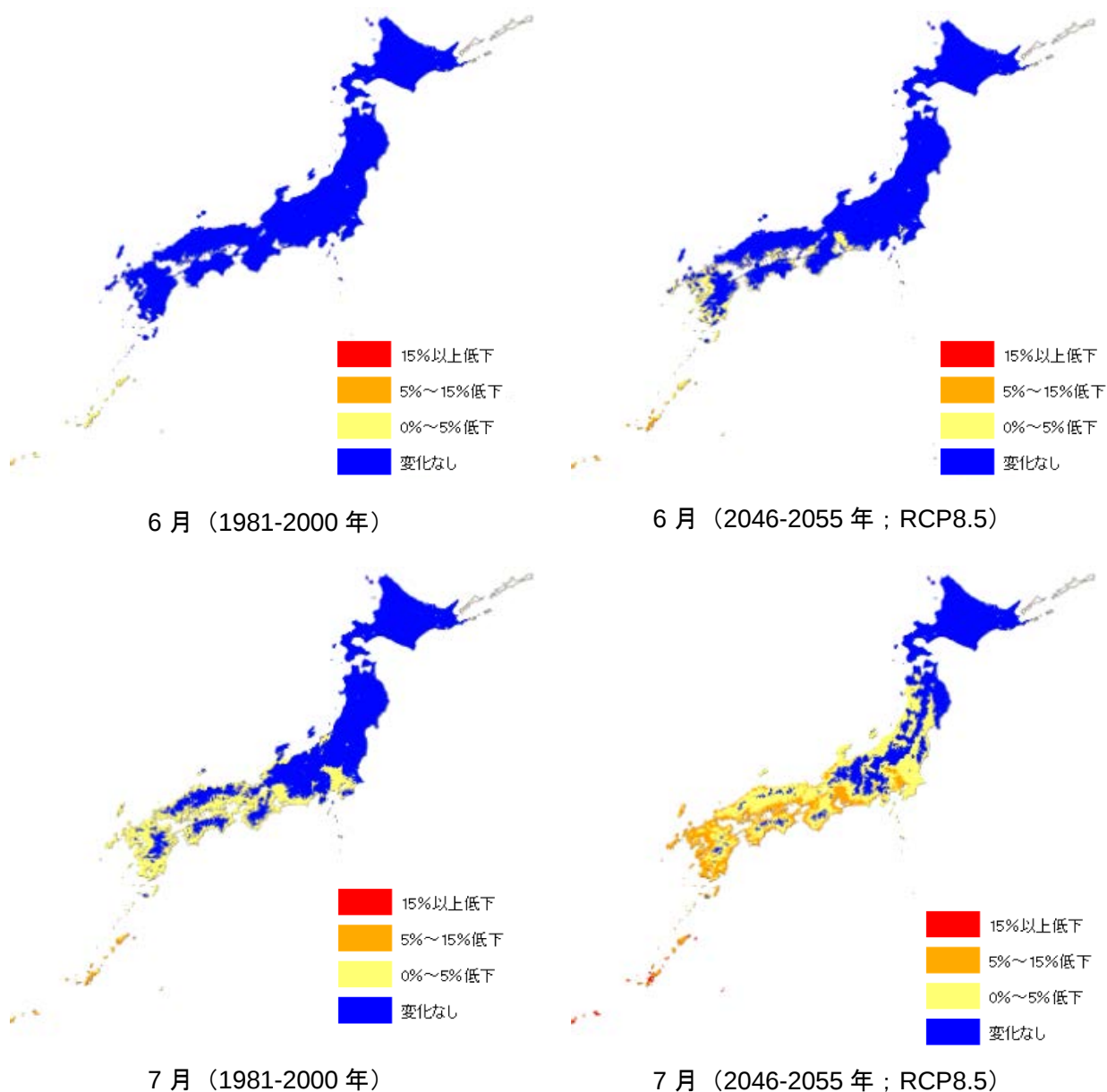
■ 日増体量

肉用鶏の増体量については山崎ら（2005）⁹⁸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℃区、28℃区、33℃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℃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。

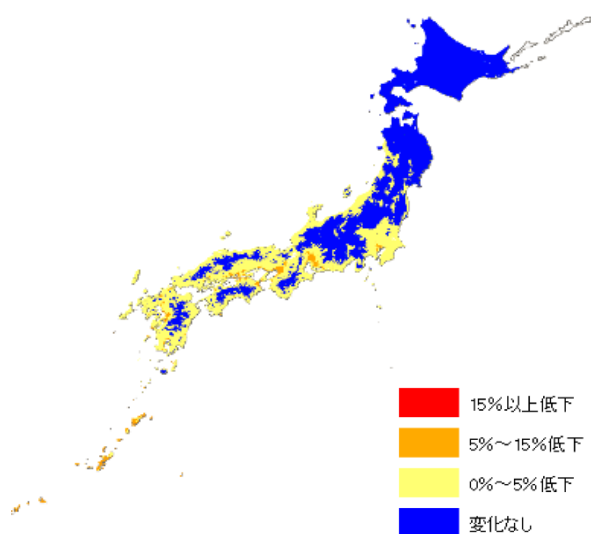
⁹⁸ 山崎信・村上斉・中島一喜・阿部啓之・杉浦俊彦・横沢正幸・栗原光規（2005）：平均気温の変動から推定したわが国の鶏肉生産に対する地球温暖化の影響，日本畜産学会報，77（2），231-235

【全国】

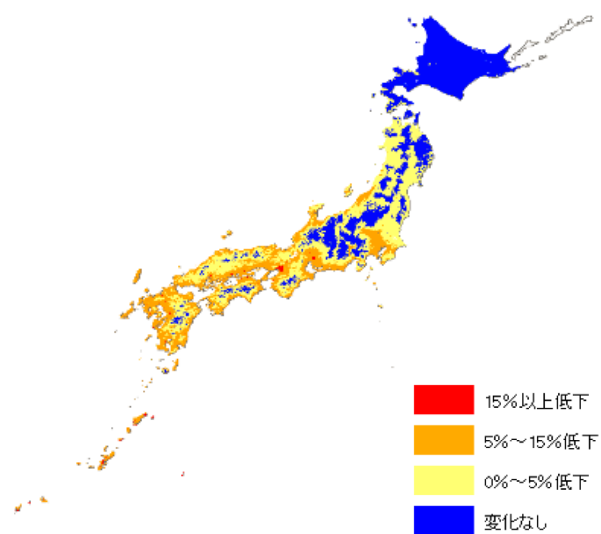
肉用鶏の日増体量の変化⁹⁹⁾について、2046-2055 年における RCP8.5 の場合の 6 月、7 月、8 月、9 月の結果を示します（図 3.3-52）。現在についてみると、7 月及び 8 月において西日本の沿岸部を中心に日増体量の低下が見られます。将来になるにつれて、日増体量の低下は、内陸部でも拡大するとともに、沿岸域では更なる日増体量の低下が予測されています。



⁹⁹⁾ 23℃を 100 とした場合の日増体量の減少率を示します。



8 月 (1981-2000 年)



8 月 (2046-2055 年 ; RCP8.5)



9 月 (1981-2000 年)

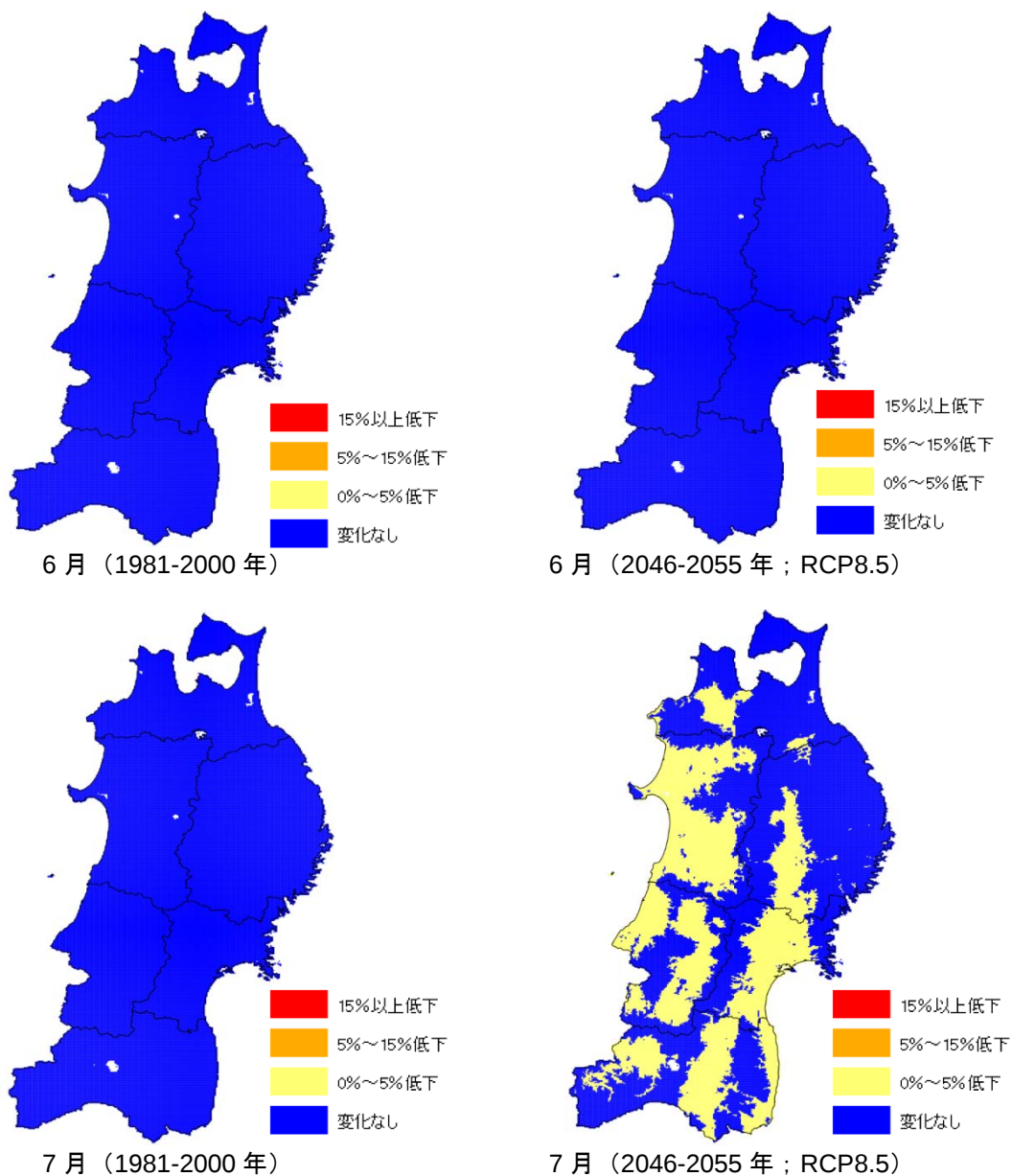


9 月 (2046-2055 年 ; RCP8.5)

図 3.3-52 肉用鶏の日増体量

【東北】

肉用鶏の日増体量への変化¹⁰⁰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 3.3-53）。現在についてみると、日増体量の低下が見られる地域は少ないですが、将来になるにつれて、低下が見られます。



¹⁰⁰ 23℃を 100 とした場合の日増体量の減少率を示します。

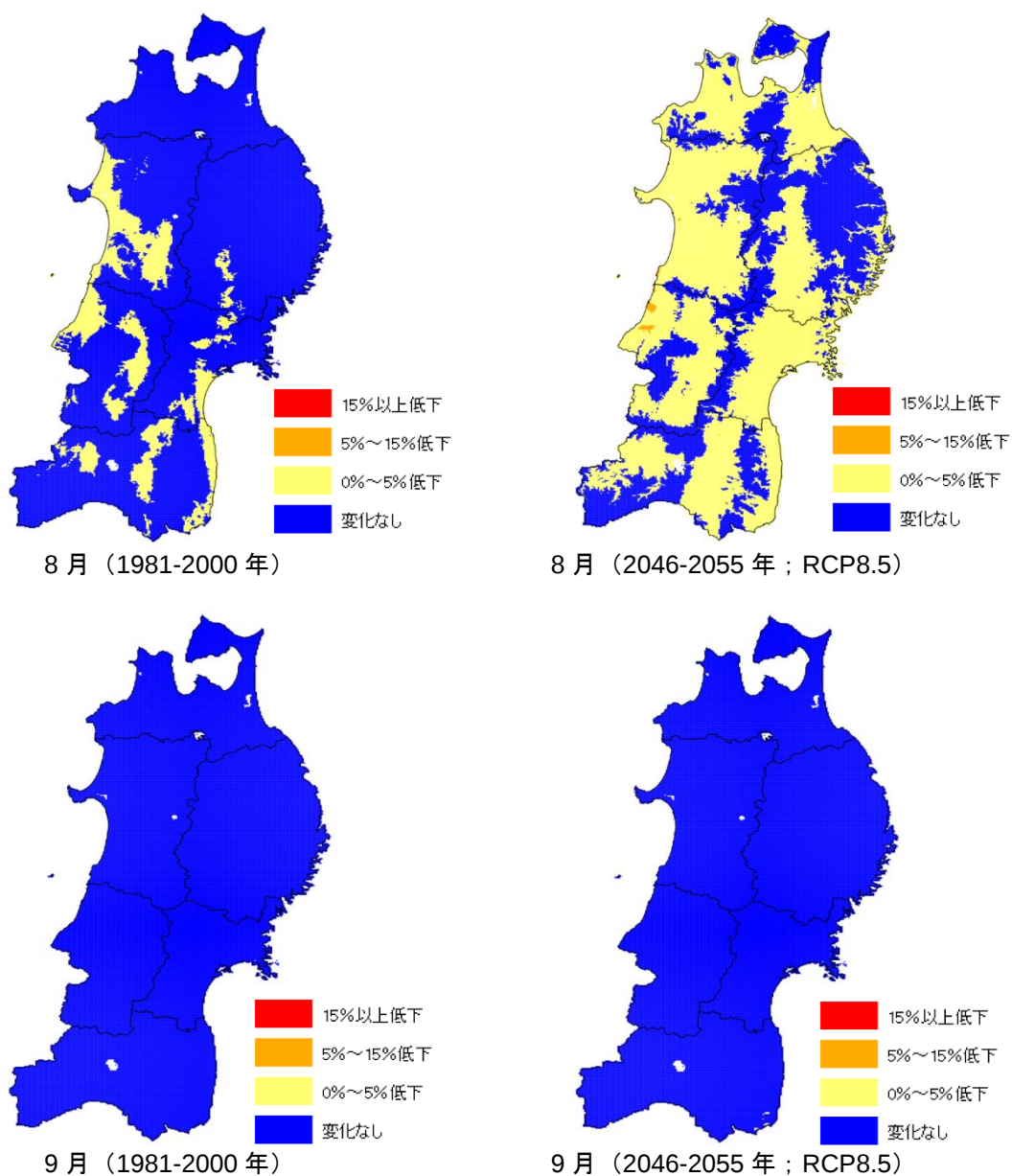


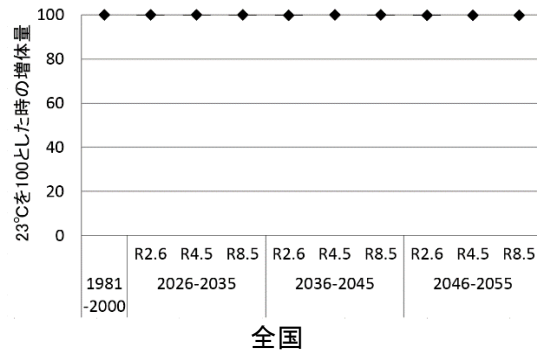
図 3.3-53 肉用鶏の日増体量 (東北地域)

図 3.3-54～図 3.3-57 に 23℃を 100 とした場合 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 3.3-3 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】



【東北】

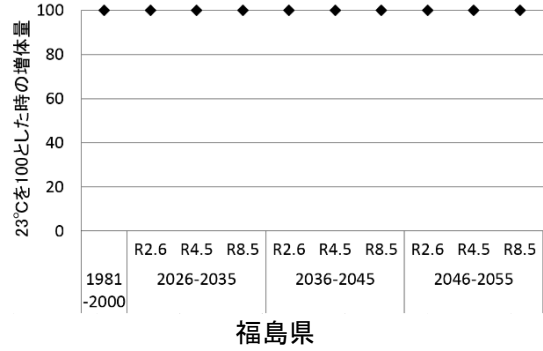
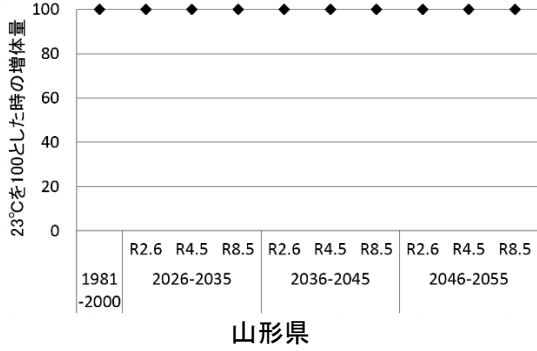
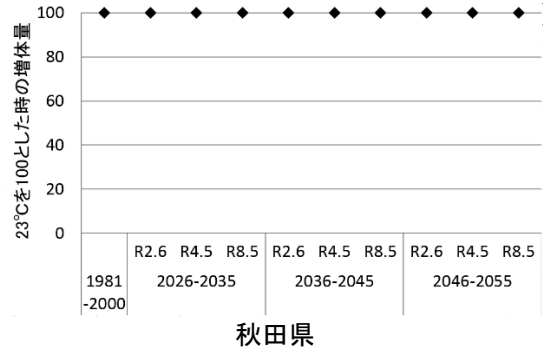
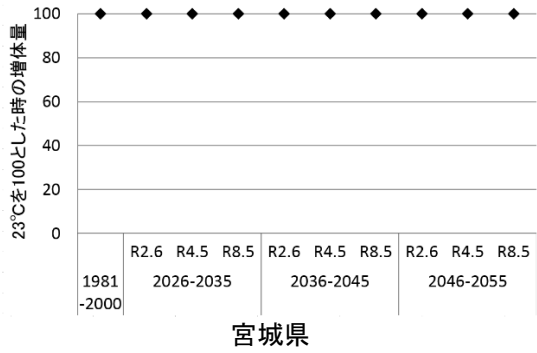
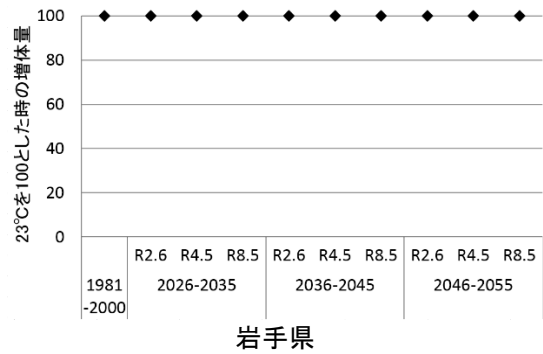
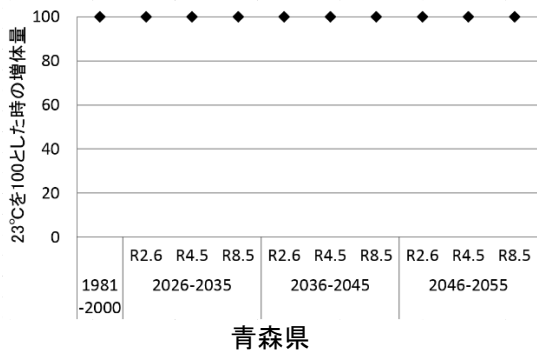
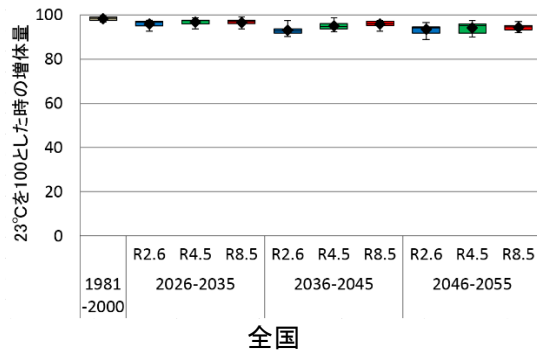


図 3.3-54 23°Cを100とした場合の日増体量（6月）の推移

・7月

7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】



【東北】

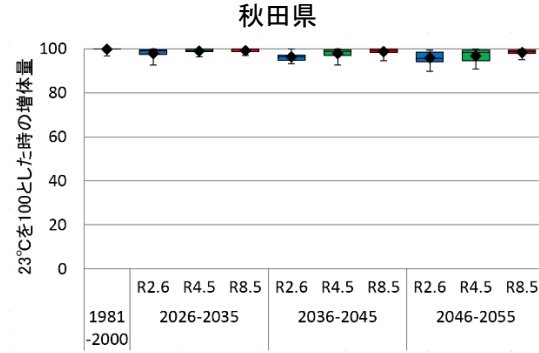
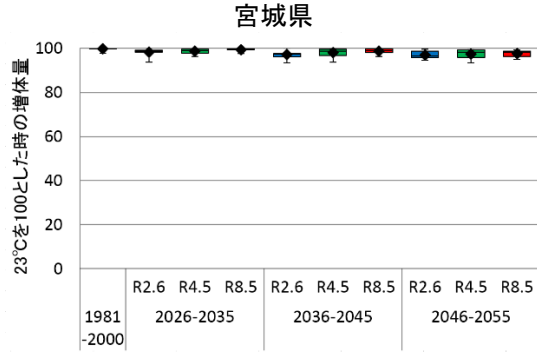
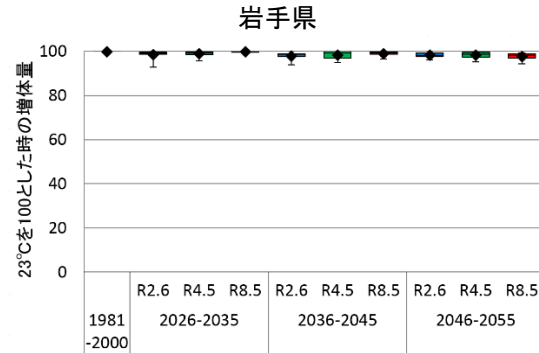
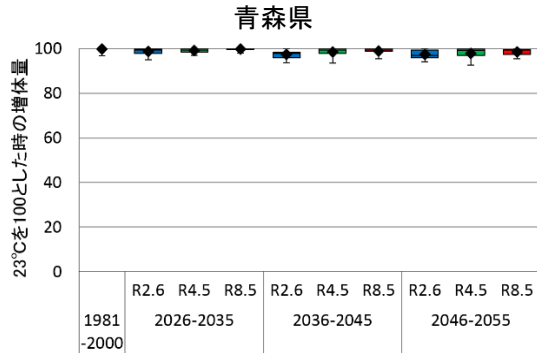
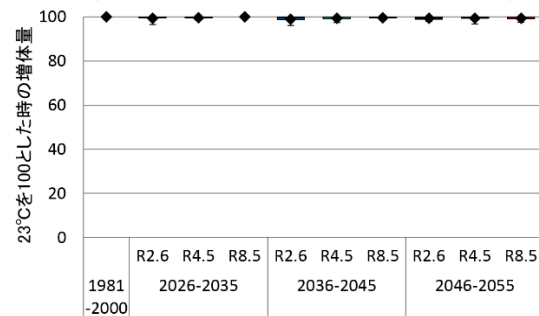
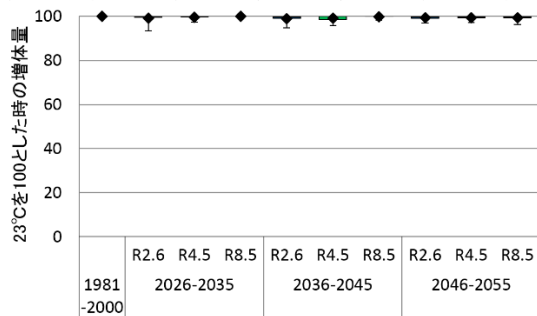
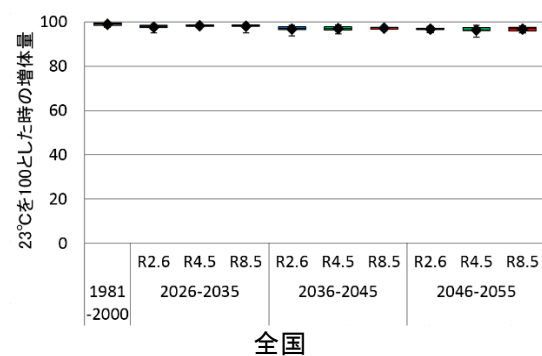


図 3.3-55 23°Cを100とした場合の日増体量（7月）の推移

・ 8 月

日増体量の変化はほとんど見られません。

【全国】



【東北】

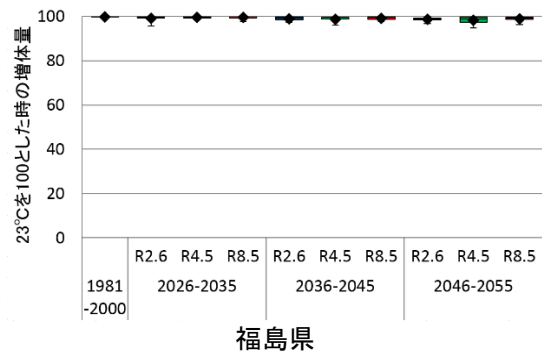
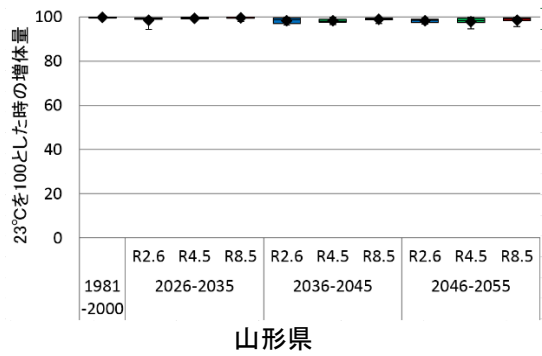
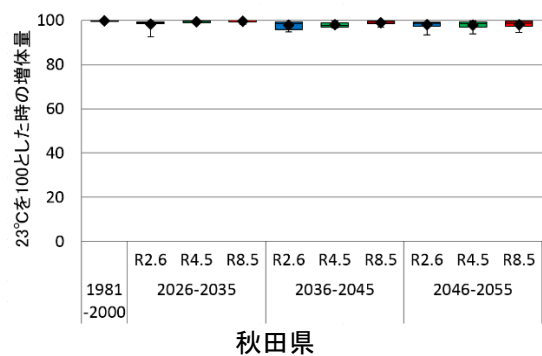
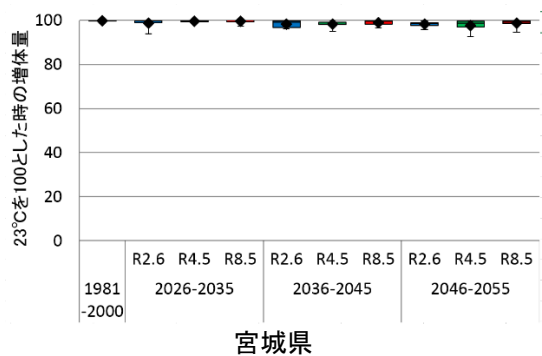
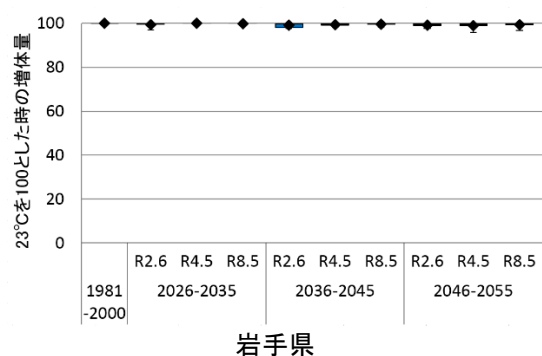
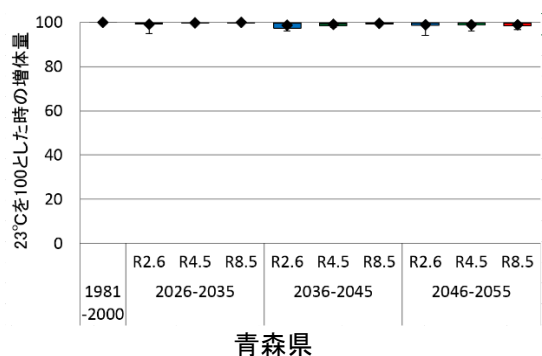
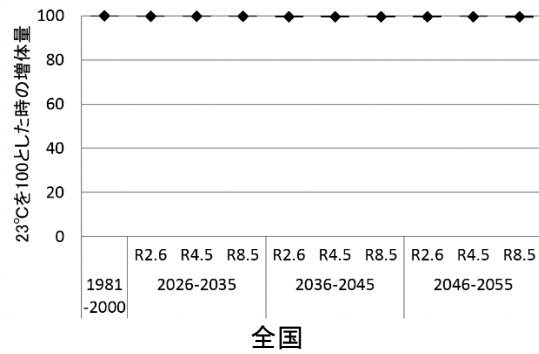


図 3.3-56 23°Cを100とした場合の日増体量（8月）の推移

・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】



【東北】

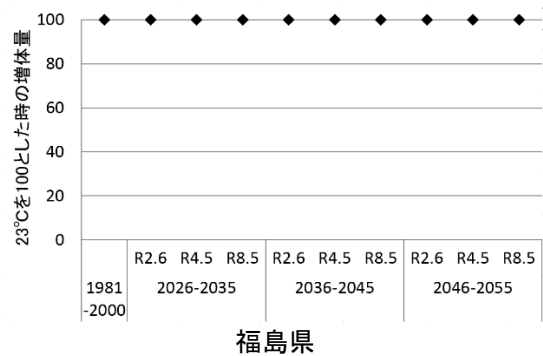
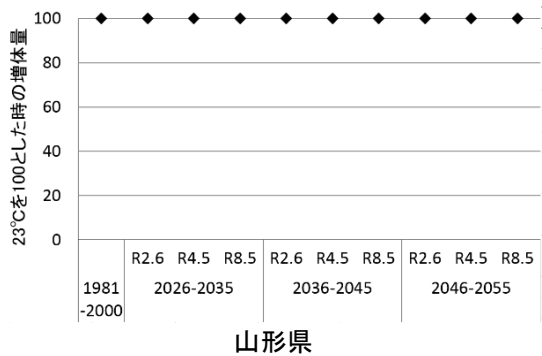
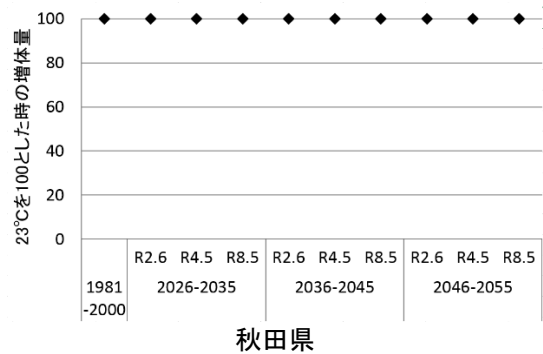
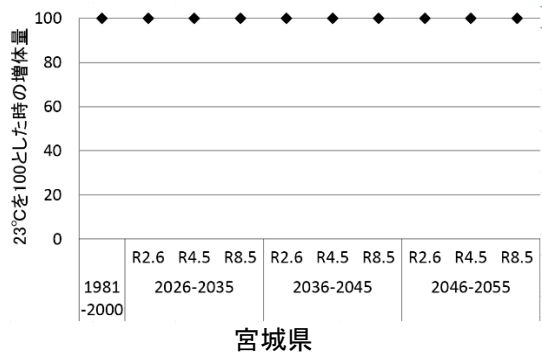
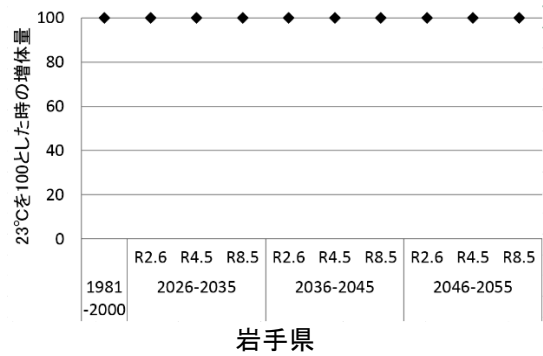
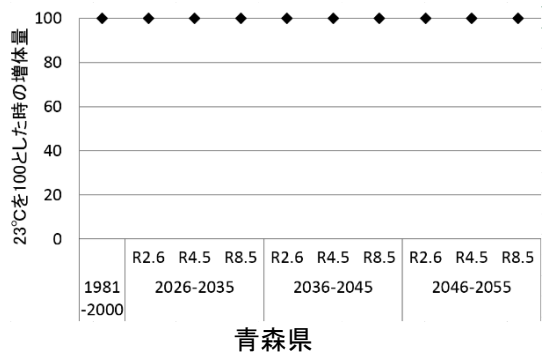
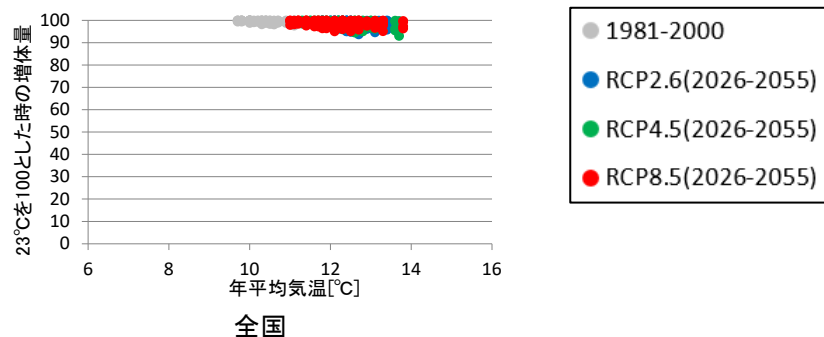


図 3.3-57 23°Cを100とした場合の日増体量（9月）の推移

図 3.3-58 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】



【東北】

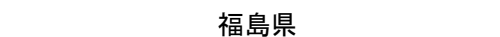
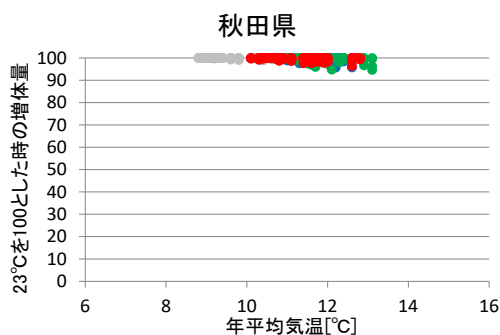
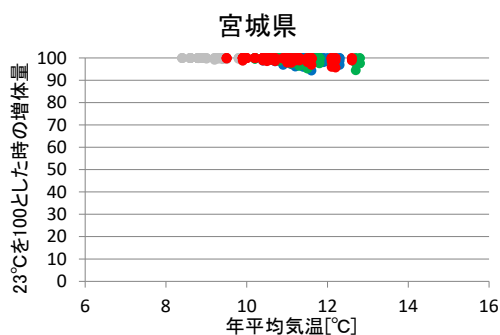
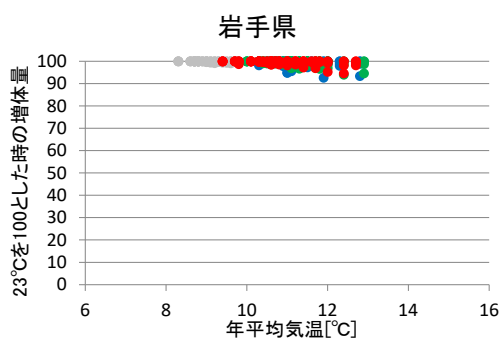
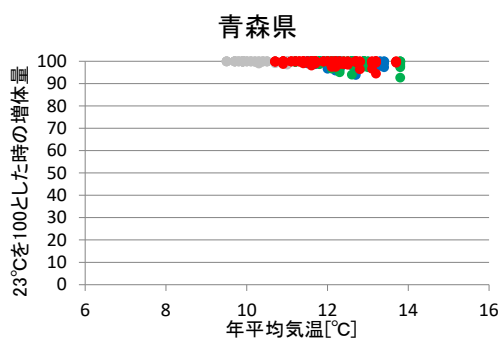
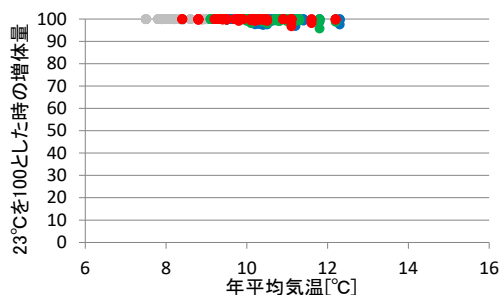
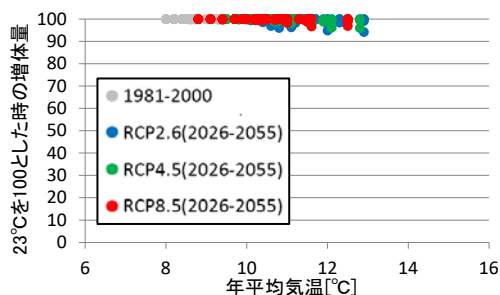


図 3.3-58 23℃を 100 とした場合の日増体量（6～9 月）と年平均気温の関係

(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。

3.3.4.2 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、用排水施設やため池への豪雨による影響、農業用ダムへの豪雨および渇水による影響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」の変化や、「排水路」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」や排水路等の「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¹⁰¹。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

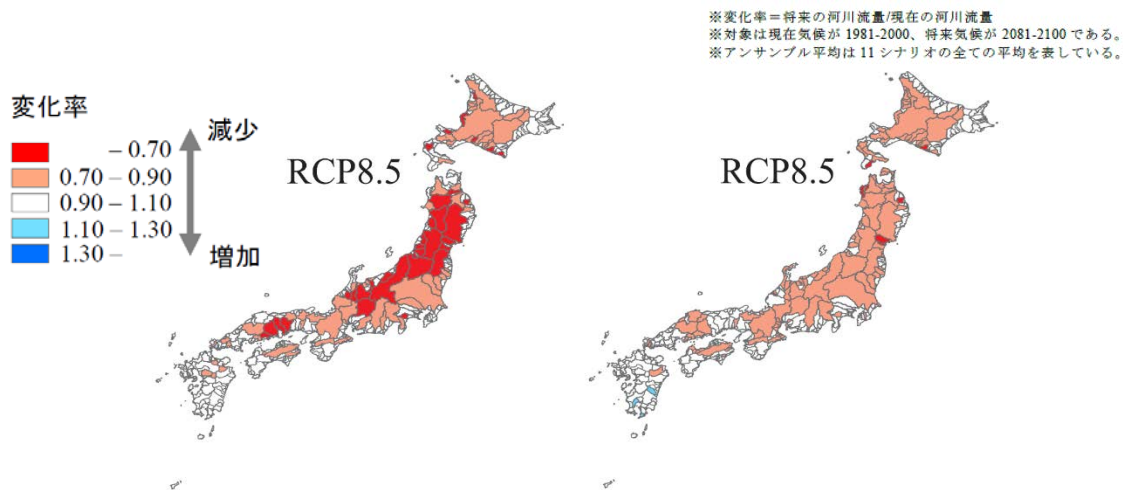
「農業用水」に対する影響については、Kudo et al. (2017)¹⁰²による研究があります。ここでは当該結果について記載します。

¹⁰¹ 気象庁 (2017) : 地球温暖化予測情報 第9巻

¹⁰² 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 GCM¹⁰³と 3 つの RCP シナリオ¹⁰⁴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¹⁰⁵と（2）10 年確率出穂期半旬平均流量¹⁰⁶が評価されています（図 3.3-59、図 3.3-60）。（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。



（1）10 年確率代かき期半旬平均流量 （2）10 年確率出穂期半旬平均流量

図 3.3-59 農業水利用に対する全国影響評価マップ

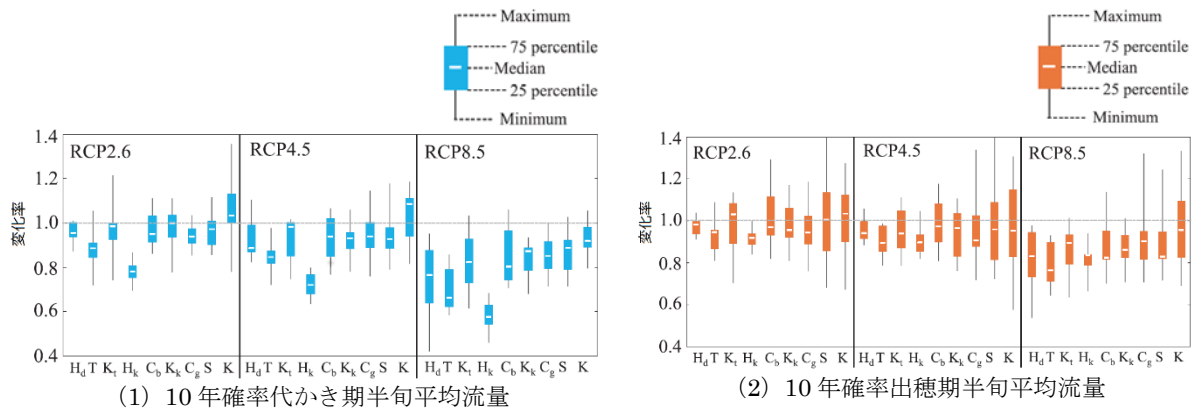


図 3.3-60 評価指標による不確実性の差（11 の気候シナリオの幅）

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

¹⁰³ MIROC5、CSIRO-Mk3-6-0、HadGEM2-ES、CNRM-CM5、MRI-CGCM

¹⁰⁴ RCP2.6、RCP4.5、RCP8.5

¹⁰⁵ 代かき期の期間の半旬（5 日）平均流量の 10 年確率値。

¹⁰⁶ 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（排水路等）

排水路等の「農業施設」に対する影響については、Kudo et al. (2017)¹⁰⁷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 GCM¹⁰⁸と 3 つの RCP シナリオ¹⁰⁹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¹¹⁰が評価されています(図 3.3-61、図 3.3-62)。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。

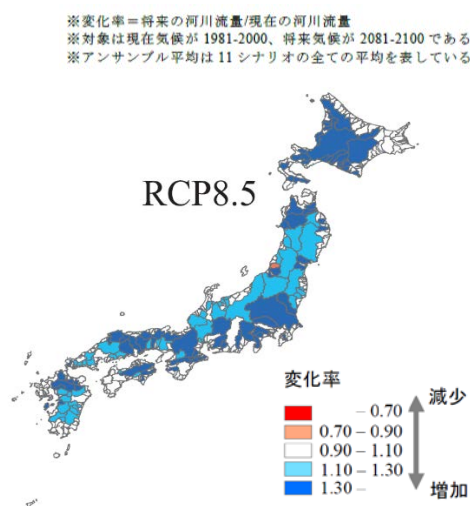


図 3.3-61 河川流量に対する全国影響評価マップ（10 年確率日流量）

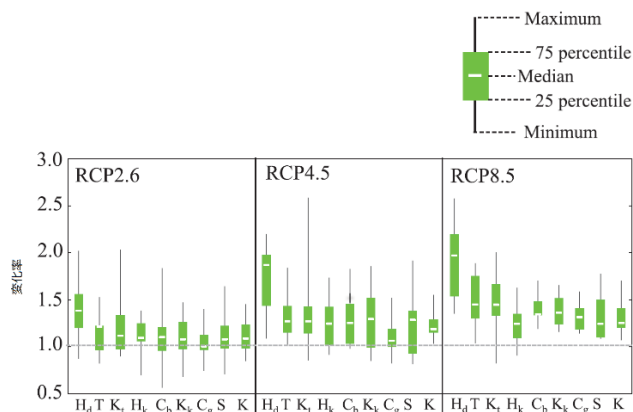


図 3.3-62 評価指標による不確実性の差
Hd：北海道、T：東北、Kt：関東、Hk：北陸、Cb：中部、Kk：近畿、Cg：中国、S：四国、K：九州

(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。

¹⁰⁷ 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

¹⁰⁸ MIROC5、CSIRO-Mk3-6-0、HadGEM2-ES、CNRM-CM5、MRI-CGCM

¹⁰⁹ RCP2.6、RCP4.5、RCP8.5

¹¹⁰ 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 年確率日流量は通年ではなく、洪水期と考えられる 6-10 月の日流量から算出しました。