

(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 3.4-9 に示す麦類への影響が経年的に報告されています。

表 3.4-9 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、関東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、三重県津市を対象とした小麦の「発育相」や北海道を対象とした小麦の「強制登熟」に関連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小麦の「強制登熟」については、西尾ら（2011）¹⁴²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。

¹⁴² 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 3.4-46）。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 3.4-47）。

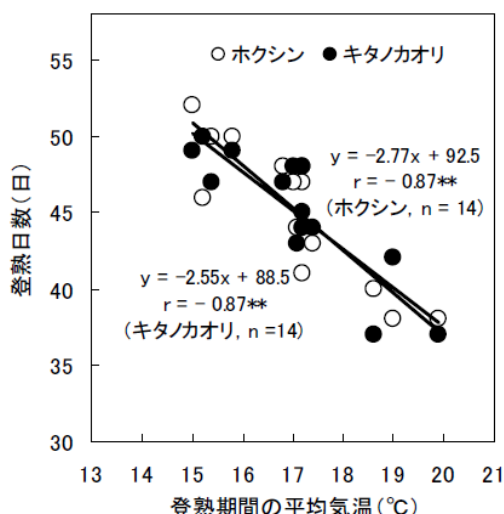


図 3.4-46 秋まき小麦品種「ホクシン」と「キタノカオリ」の登熟期間の平均気温と登熟日数の関係（1997～2010 年）

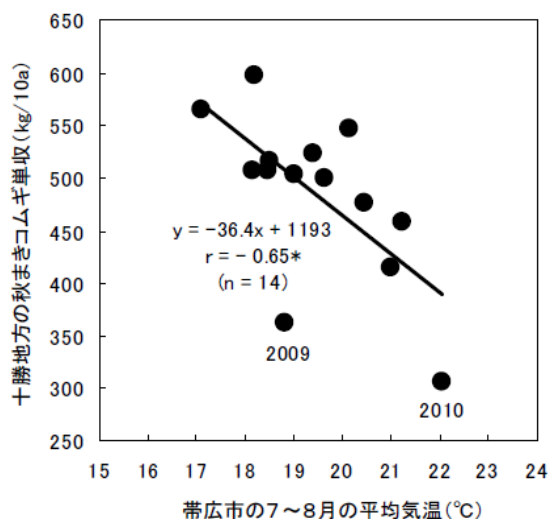


図 3.4-47 帯広市の 7～8 月の平均気温と十勝地方の秋まき小麦の製品単収の関係（1997～2010 年）

■ 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）¹⁴³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¹⁴⁴、「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 3.4-48）。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。

¹⁴³ 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>)

¹⁴⁴ 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でした。

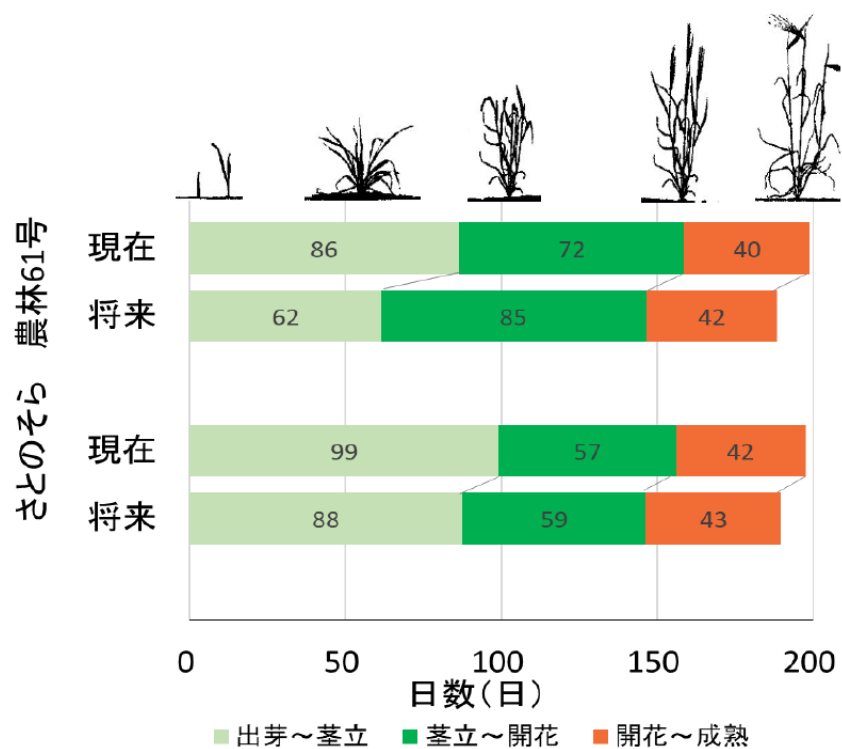


図 3.4-48 コムギの発育相の変化予測

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、早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 3.4-10 に示す豆類への影響が経年的に報告されています。

表 3.4-10 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、豆類の「早魃」の強度や時期の変化、「栽培適域」や「生育」への影響、「病虫害」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、関東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「リュウホウ」「エンレイ」の「発育期」（生育）があります。また、関東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

関東地域を対象とした大豆の「発育期」については、中野ら（2015）¹⁴⁵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。

¹⁴⁵中野聡史、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

【関東】

「リュウホウ」「エンレイ」を対象に、現在（1980-2013年）と現在の平均気温より+3℃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 3.4-49）。気温の変化による発育速度の変化は、「リュウホウ」「エンレイ」では大きくなりました。また、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。

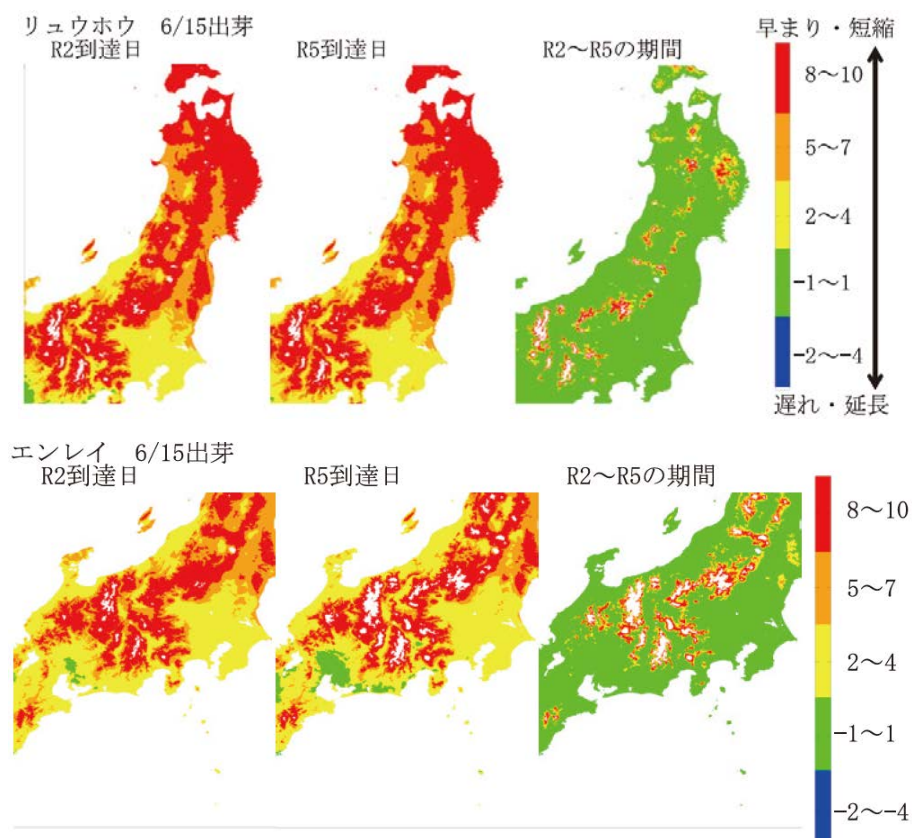


図 3.4-49 気温+3℃を想定した場合の開花期（R2）、子実肥大始期（R5）までの現在からの早まり日数および R2～R5 の期間短縮日数の推定結果。
現在は 1980～2013 年の 34 年分の平均値

■ 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）¹⁴⁶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」¹⁴⁷および「トヨムスメ」¹⁴⁸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¹⁴⁹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3.4-11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 3.4-11 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。

(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。

¹⁴⁶ 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

¹⁴⁷ 熟期がやや早。

¹⁴⁸ 熟期が中生。

¹⁴⁹ 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

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 3.4-12 に示す飼料用への影響が経年的に報告されています。

表 3.4-12 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	—	—	—	—
	サイレージの品質低下	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	サイレージの品質低下	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「病虫害」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、関東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」、飼料用トウモロコシの「収量」のみに留まります。また、関東地域ではないものの、北海道、岩手県を対象に牧草の「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）¹⁵⁰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。

¹⁵⁰ 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¹⁵¹と暖地型牧草¹⁵²の栽培適地区区分図から、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 3.4-50）。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）

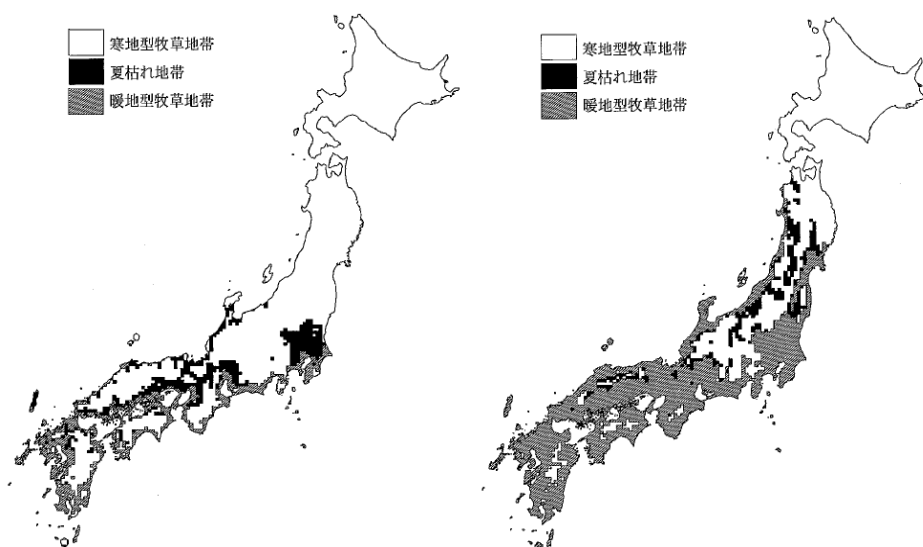


図 3.4-50 牧草生産区分：現在（左図）、100 年後（右図）
（屋久島以南は暖地型牧草地帯）

■ 収量（寒地型牧草）

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）¹⁵³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）¹⁵⁴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。

¹⁵¹ 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

¹⁵² バヒアグラスが栽培可能な地域

¹⁵³ 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

¹⁵⁴ 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

【北海道】

北海道立総合研究機構農業研究本部（2011）では、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 3.4-51）。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 3.4-52）。

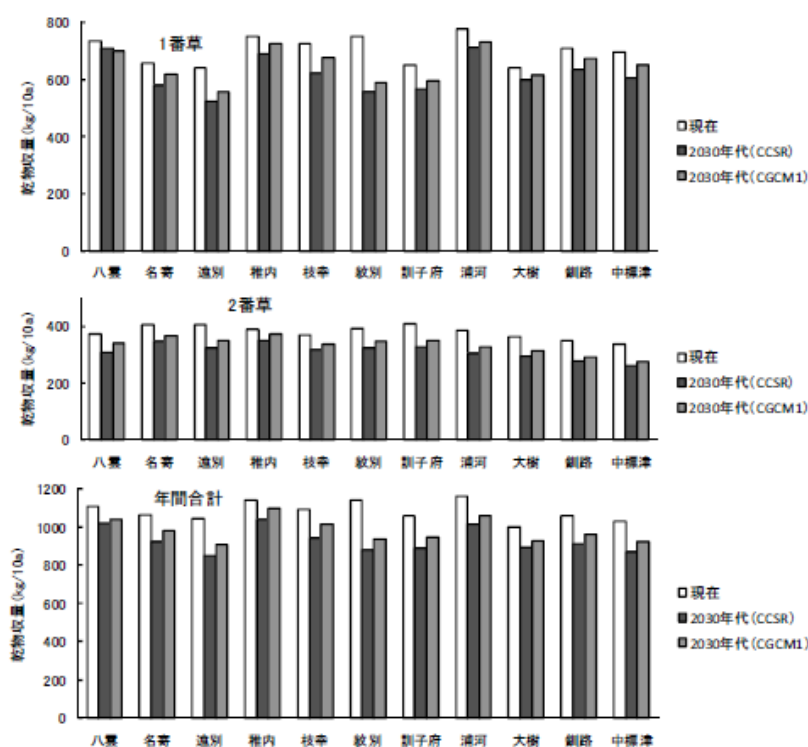


図 3.4-51 チモシー草の収量（気温と日射量を考慮）

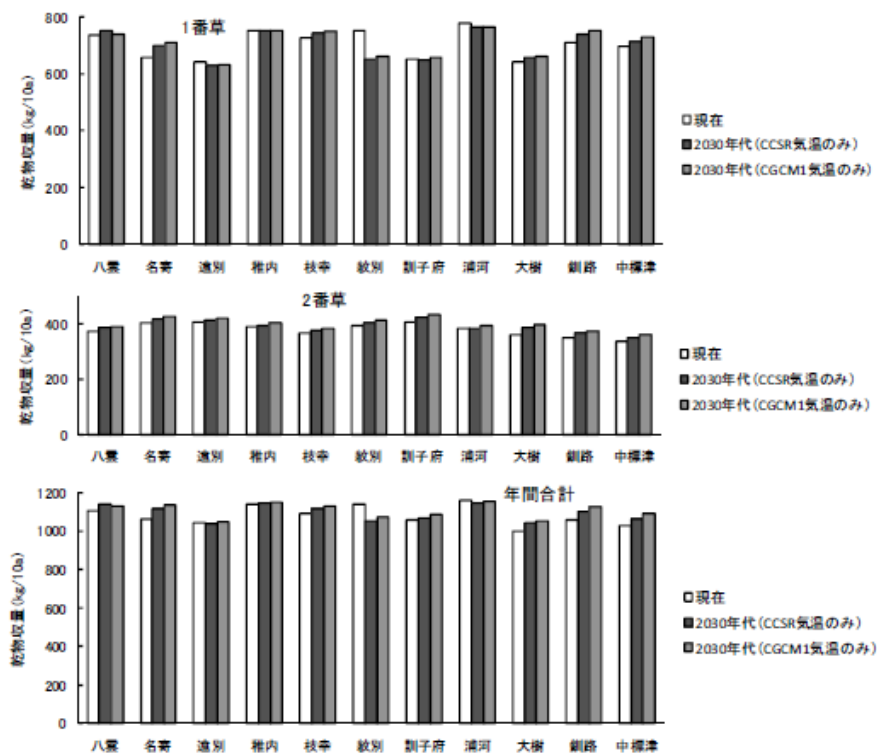


図 3.4-52 チモシー草の収量（気温のみ考慮）

【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℃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3.4-53）。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。

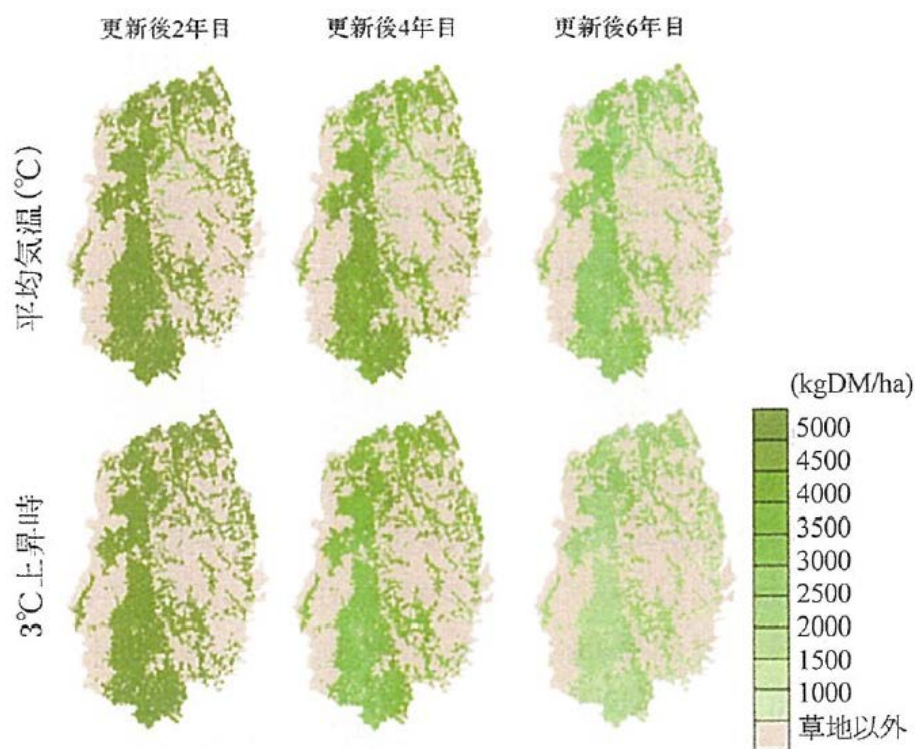


図 3.4-53 岩手県における温暖化後の乾物収量の予測結果 (kgDM/ha)
(窒素施肥量 150kgN/ha)

■ 収量（飼料用トウモロコシ）

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）¹⁵⁵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 3.4-54）。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。

¹⁵⁵ 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

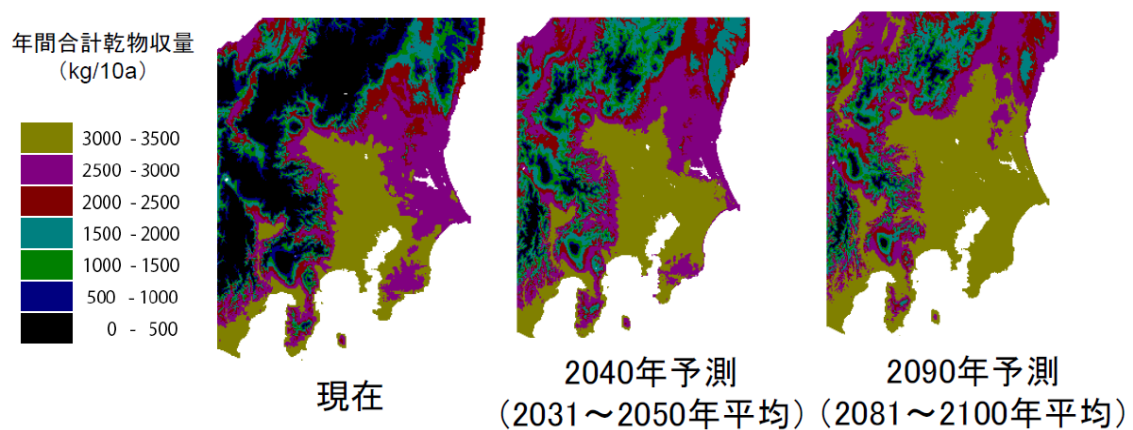


図 3.4-54 トウモロコシ二期作の年間合計乾物収量の変化予測（関東地域）
1 作目を品種「KD500」、2 作目を品種「なつむすめ」とする 3 次メッシュ予測データを用
いました。気候モデルは MRI-CGCM3、排出シナリオは RCP4.5。

(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。