

2020 年度 S-18 プロジェクト研究成果報告

テーマ番号	S-18-2
研究課題名	農林水産業分野を対象とした気候変動影響予測と適応策の評価
研究代表者氏名	白戸康人

1. 成果の概要

サブテーマ 2(1) 水稲、畑作物、野菜、果樹を対象とした気候変動影響予測と適応策の評価（研究代表者：白戸康人）

水稲では、既存の水稲生育収量予測モデルに、CO₂増収効果の温度依存性や高CO₂による外観品質低下の助長を組み込んだ。また同モデルと群落熱収支モデルを結合し、つくばみらいFACE サイトにおける群落熱収支・イネ生育を対象としたシミュレーションを試験的に実施した。害虫では、水戸市と須坂市の水田におけるニカメイガとツマグロヨコバイの個体数データを約 50 年にわたって解析したところ、害虫種による変動パターンの違いは両地点で共通していたが、気温の影響は両種とも須坂市で非常に小さく推定された。小麦については、秋播性の高い品種で茎立期追肥が4週遅れることにより収量が低下すること、踏圧の効果にエチレンが関与していることを明らかにした。また乾物の葉への分配比率の式を改良することにより、モデルの収量予測精度が向上することを確認した（図1）。ダイズでは、広域に適用可能なダイズ生育モデルを作成するために、東北から九州まで5地点で栽培連絡試験を実施し、葉面積増加の基礎となる主茎節数の温度応答関数（地域によらず30℃まで直線的に増加）を確立した。野菜では、はじめに施設栽培で現在までに報告されている障害事例について地球温暖化影響調査レポート（H30年、農水省）を参照し事例調査を行った。気候変動による野菜生産への影響は、全報告例の約2割であり、トマトの事例は14例であった。次に、共通気候シナリオに基づくデータを用い将来気候下での生育や収量への影響を定量化するために施設園芸作物の乾物生産モデルを整備した。トマトおよびパプリカについて入力項目を含め整理した（図2）。また、トマト冬春作において、養液の組成を変更することにより葉先枯れ症の発症程度が抑えられることを確認した。発症予測式についてこれまでに試作していたモデルに改良を行い、予測精度が高まった。影響評価に向け、過去の栽培データの集計・確認作業を実施した。夏作ハウレンソウでは、遮光資材展張下の雨よけハウス内温度の日変化と生育データ（圃場区）を収集した。さらに、ハウス内温度の日変化（日変化区）とその平均温度（定温区）で制御した人工気象室でハウレンソウを発芽率と生育を調査した。その結果、平均温度30℃以上では定温区より日変化区の発芽率が低下し、日変化のデータが圃場区のデータに近似する傾向を示した。過去40年間におけるハクサイ軟腐病の発生被害面積および主産地の気象データ調査、軟腐病菌の研究動向調査および国内菌株の特性評価を行った。果樹では、リンゴ適応品種「紅みのり」の温度処理試験により、3℃の温暖化に対応できることを示した。高温条件下のブドウ「巨峰」は植調剤処理により着色が改善した（図3）。放射冷却でアボカド「バーコン」の温度は、気温より葉は2～3℃、花芽は1～2℃低下し、-5.1で枯死した（表1）。

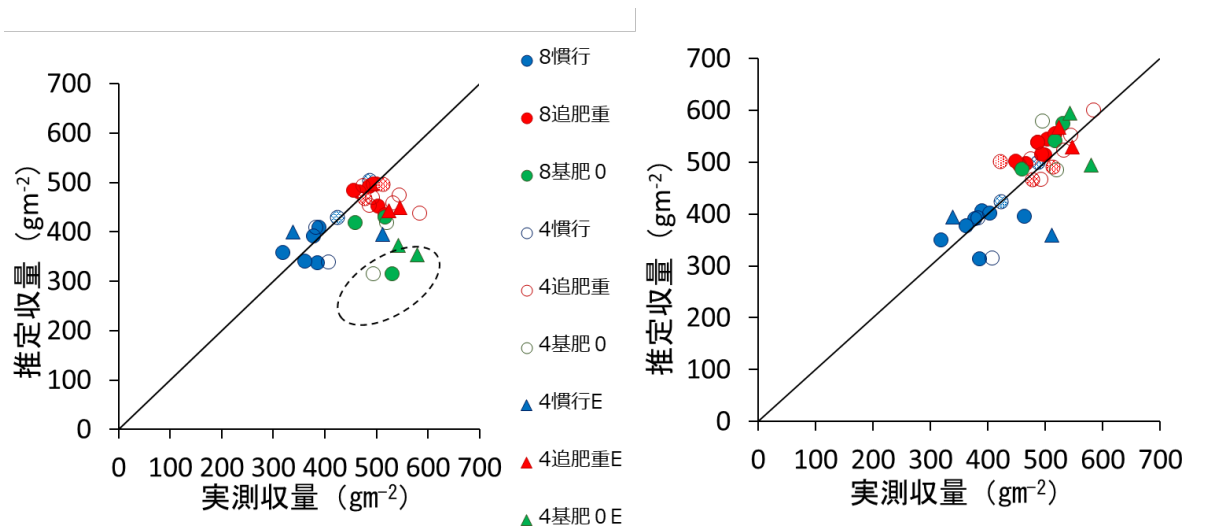


図1. 施肥方法等の異なる栽培試験区を対象とした収量の推定(左、モデル改良前、右改良後) 2013-2019年播種(津、岩城圃場)の施肥試験のデータを使用。
 慣行: 慣行施肥区 (基肥 7kgN/10a, 分けつ期追肥 0kg, 茎立期追肥 3kg, 止葉抽出期追肥 3 kg)
 追肥重: 追肥重点施肥区 (基肥 2kg/10a, 分けつ期追肥 5kg, 茎立期追肥 6-9kg, 止葉抽出期追肥 0-3 kg)
 基肥0: 基肥 0kg 区 (基肥 0kg/10a, 分けつ期追肥 7kg, 茎立期追肥 6kg, 止葉抽出期追肥 3 kg)
 塗りつぶしのプロットは品種「さとのそら」、網掛けは「あやひかり」を示す。
 凡例の数値は播種量 (kg/10a)、Eは早播きを示す。

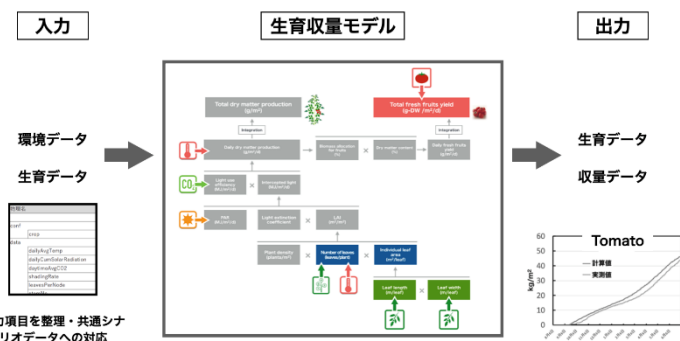


図2. 本年度整備したトマト・パプリカの生育収量モデルおよび入出力



図3: 高温 (30°C処理) 条件下で、植調剤散布処理したブドウ「巨峰」と対照 (上側)

表1：アボカド「ベーコン」における最低気温を記録した放射冷却時の樹体温度及び寒害の状況

調査地点	部位	最低温度 (°C)	平均温度 (°C)	気温との 差の平均 値(°C)	氷点下時 の気温差 の平均値 (°C)	2020/12/25		2021/2/22	
						被害葉率 (%)	落葉率 (%)	樹の状況	
伊佐大口山		(2020/12/17 18:00~12/18 9:00)							
野	葉	-8.7	-5.9	-2.7	-2.6				
	花芽	-7.0	-4.7	-1.5	-1.5	100	48.3	枯死	
	気温	-5.1	-3.2	—	—				
薩摩川内東		(2020/12/19 18:00~12/20 9:00)							
郷	葉	-6.2	-3.2	-2.7	-2.4				
	花芽	-5.3	-2.2	-1.6	-1.5	96.2	4.1	生存	
	気温	-3.1	-0.5	—	—				

注1) 供試樹数2

2) ポット樹の現地設置期間：2020年12月11日~12月25日

3) 伊佐大口山野：北緯 32.0866562 東経 130.5760277

薩摩川内東郷：北緯 31.8631104 東経 130.3457283

サブテーマ2(2) 畜産を対象とした気候変動影響予測と適応策の評価（研究代表者：樋口浩二）

＜泌乳牛＞ホルスタイン種泌乳牛4頭を環境調節室に収容し、温度3水準（18, 23, 28°C）、相対湿度は60%一定の条件に2週間ずつ順次暴露した。その結果、23°Cより乳量体重は減少した。環境温度の上昇に従って体温、呼吸数は上昇し、乾物摂取量、乳量および3.5%脂肪補正（FCM）乳量は減少した。18°CでのFCM乳量を100とした時の環境温度とFCM乳量との関係をプロットすると図4の乳量減少モデルが得られた。

＜採卵鶏＞市販の白色レグホーン種72羽を供試した。相対湿度は60%、環境温度が24, 28および33°Cの部屋に24羽ずつ収容し、4週間の産卵試験を実施した。その結果、日産卵量は各週とも24°C区が最も多く、次いで28°C区、33°C区であったが、3週目以降は33°C区が低下した。卵殻強度は33°C区が他区よりも低く推移した。

＜肥育後期豚＞LWD 交雑種去勢雄豚を環境調節室の単飼豚房に収容し、温度2水準（20, 30°C、各区n=6）、相対湿度は60%一定の条件で4週間飼養した。その結果、30°Cでは20°Cと比較して、呼吸数および直腸温が上昇、飼料摂取量は約27%減少し、日増体量は約23%減少した。飼料効率に変化はみられなかった。

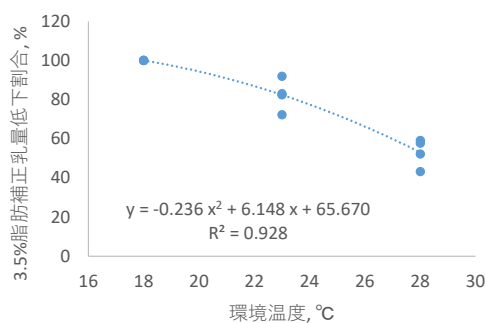


図4. 環境温度と3.5%脂肪補正乳量低下割合との関係

サブテーマ2(3) 林業を対象とした気候変動影響予測と適応策の評価 (研究代表者：平田泰雅)

人工林への気候変動影響予測モデルの高度化及び環境適応幅の評価のため、将来気候下でのスギ人工林の成長量予測モデル、山地災害リスク予測モデル、適地推定モデルの高度化に必要なデータを収集・整備した。

まず、スギ人工林の成長量を予測する全国モデルの高度化を図るため、スギ固定試験地における長期観測データを用いてモデルの出力値の妥当性を検討した。また、地域モデル(統計モデル)を開発するため、対象地域に必要なデータを収集して整備し、モデルのプロトタイプを構築して試算した(図5)。

次に、現状の山地災害リスクの予測モデルの課題を整理するため、2018年7月豪雨や2017年九州北部豪雨に起因する山地災害の文献を収集し、山地災害リスクの予測で使用すべき降雨閾値が地域ごとに異なることを明らかにした。これらの課題の解決に向けた新たな予測モデルを開発するため、対象地域の航空レーザー測量データおよびレーダー雨量データを収集・整備した。

最後に、適地推定モデルを高度化する上で重要な遺伝的変異と成長形質との関連を調べるためにスギの地域系統について樹高および胸高直径を測定した結果、宮城県鳴子試験地では、他地域より太平洋側に由来する系統で成長量が大きく、環境変化に対して系統により成長がばらつくことが明らかになった。また、植物の環境ストレス応答に関連する約5000遺伝子について、スギで対応する遺伝子の遺伝的変異がどの程度収集されているかを精査し、約6割については遺伝的変異データが取得済みで、残りの4割の遺伝子についても遺伝的変異データ収集を進めた。

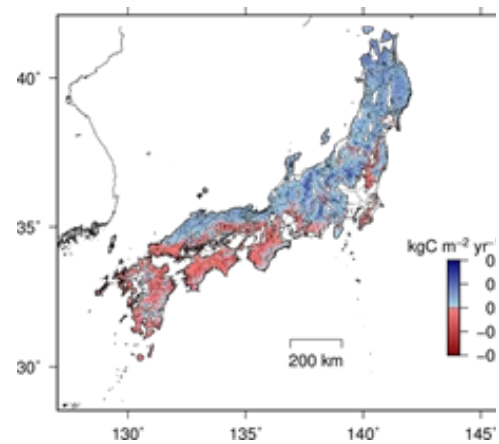


図5 全国モデルによる80年生スギ林における現在(2015)と将来(2090)の純生

サブテーマ2(4) 水産業を対象とした気候変動影響予測と適応策の評価 (研究代表者：木所英昭)

沖合底びき網漁業で漁獲される底魚類(東北と日本海で各約20種)の分布重心の経年変化を算出し(図6)、主成分分析で主要な変動成分を抽出した。その結果、気候変動に関連した変動成分が抽出され、多くの底魚類の分布域の北上が示唆された。次年度の影響評価試行に向けたデータセットとしてSiCATの成果として公開されているデータセットをDIAS経由で入手するとともに、底魚類の分布と水温の解析に利用できるように各漁区(緯度経度1/6度精度)における月別データセットを整備した。

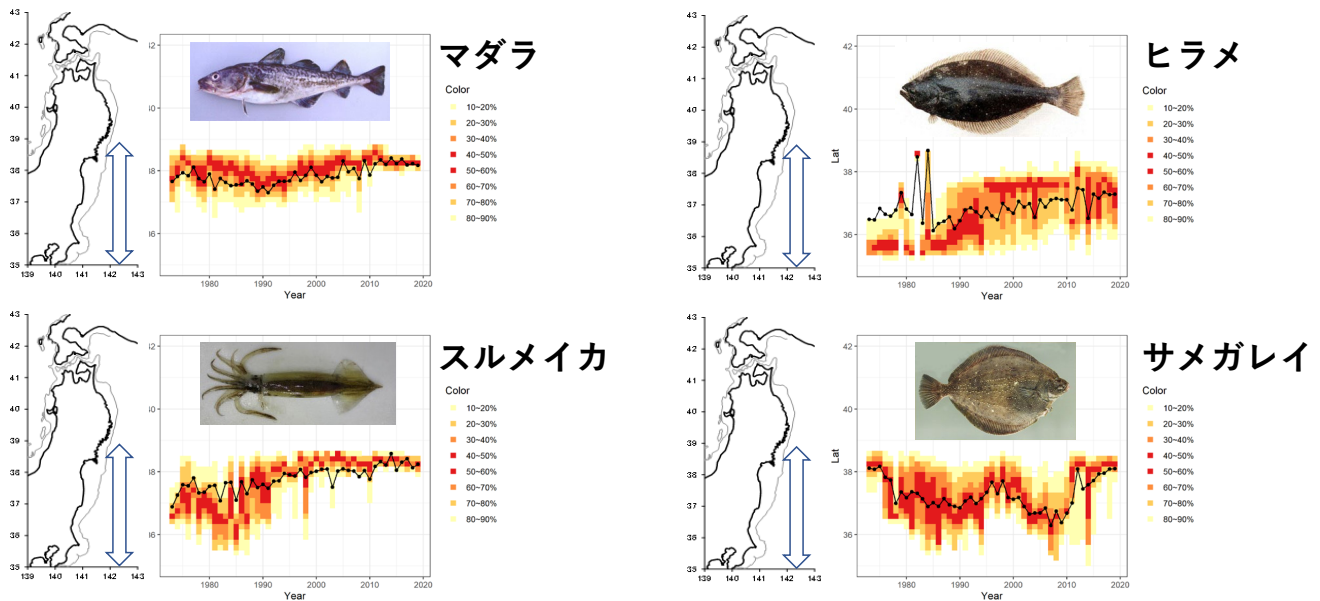


図6 東北太平洋側の沖合底びき網漁業（北緯 39 度以南のオッターロール漁業を対象）における主要魚種の漁獲量範囲（80%範囲：棒グラフ）、分布重心緯度（折れ線グラフ）の経年変化

2. 成果一覧（予定を含む）

○学術論文（国内誌4件、国際誌1件）

<査読あり>

1) Y. ISHIGOOKA, T. HASEGAWA, T. KUWAGATA, M. NISHIMORI, and H. WAKATSUKI: J. Agric. Meteorol, 139-149, 77(2) 2015, Revision of estimates of climate change impacts on rice yield and quality in Japan by considering the combined effects of temperature and CO₂ concentration.

2) 染谷信孝、澤田宏之、濱本 宏、諸星知広：土と微生物、74 巻 2 号、66-76（2020）軟腐病菌についての研究動向。

3) 山村光司：植物防疫、74(6)、338-342（2020）地球温暖化が我が国の病害虫発生にもたらす影響—因果関係を調べる方法について—。

<査読なし>

1) 木所英昭：JATAFF ジャーナル、8(7)（2020）海水温の変化が水産資源に与える影響と日本の水産業における適応策。

2) 木所英昭：アクアネット、23(7)（2020）日本における気候変動による水産業への影響評価。

○学会・シンポジウム等における発表（国内11件、国外5件）

<口頭発表>

1) Y. ISHIGOOKA, T. HASEGAWA, T. KUWAGATA, M. NISHIMORI, and H. WAKATSUKI, International Symposium on Agricultural Meteorology (ISAM2021), Revision of impact assessment of climate change on rice yield and quality by considering the combined effects of temperature and CO₂ concentration.

2) H. WAKATSUKI, T. HASEGAWA, Y. ISHIGOOKA, T. KUWAGATA, T. TAKIMOTO, H. IKAWA, H. YOSHIDA, M. YOSHIMOTO, M. KONDO and M. NISHIMORI, International Symposium on Agricultural Meteorology (ISAM2021),

Analysing meteorological factors associated with the occurrence of chalky rice grain using the nationwide Crop Survey database in Japan.

3) H. IKAWA, T. KUWAGATA, T. WATANABE, C.P. CHEN, T. HASEGAWA, International Symposium on Agricultural Meteorology (ISAM2021), From the Tsukuba FACE experiment to the regional atmosphere.

4) T. HASEGAWA, AgMIP8 Virtual Webshop, Cross-nation evaluation of adaptation options in East Asia: Opportunities and Challenges. October 15, 2020.

5) 水本晃那, 大崎梨央奈, 谷尾昌彦, 中園江, 内野彰, 渡邊和洋, 東哲司, 日本作物学会第 251 回講演会(2021) 春播性小麦において麦踏みは幼穂分化遅延効果を持つエチレンを発生させる

6) 笥茂穂, 佐々木実紀, 西川史朗, 若松剛, 石川洋一, 内記公明, 瀬川叡, 環境研究機関連絡会交流セミナー (2020) 気候変動がワカメ養殖場の栄養塩濃度に及ぼす影響の将来予測

7) 木所英昭, 第 9 回アサリ研究会シンポジウム (2021) 気候変動による日本の水産業への影響

8) 木所英昭, 瀬藤聡, 令和 2 年度東北ブロック水産海洋連絡協議会 (2020) 水産分野の気候変動予測に用いる海洋データセットの整備・提供について.

9) 木所英昭, 鈴木勇人, 川内陽平, 八木佑太, 矢野寿和, 瀬藤聡, 令和 2 年度東北ブロック底魚研究連絡会議 (2021) 気候変動が与える日本周辺海域の底魚資源への影響 — 東北海域における分布域・漁場への影響 —

10) M. NISHIMORI, Gobeshona Global Conference, Agricultural adaptation researches in Japan to climate change impacts at multiple scales. January 22, 2021.

11) 山村光司, 日植防シンポジウム「病害虫被害の近未来を考える」資料集, 13-24 (2020) 気候変動が我が国の病害虫発生様相にどのような影響を及ぼすか — 統計処理による予測の問題点 —

<ポスター発表>

1) 西森基貴・石崎紀子・塩竈秀夫・花崎直太・高橋潔・遠藤伸彦・飯泉仁之直, 日本農業気象学会 2021 年全国大会, 日本における適応研究のための CMIP5 ベース 1km メッシュ気候シナリオ群.

2) 滝本貴弘・西森基貴・石郷岡康史・桑形恒男・若月ひとみ・長谷川利弘, 日本農業気象学会 2021 年全国大会, 胴割粒の発生に関わる気象・栽培条件の抽出.

3) 村上健二, 米田有希, 川嶋浩樹, 遠藤 (飛川) みのり, 園芸学会令和 3 年度春季大会(2021)夏作ハウレンソウの出芽に対する地温の日変化の影響

4) 染谷信孝, 澤田宏之, 濱本 宏, 諸星知広, 日本土壌微生物学会 2020 年度大会 (2020) 日本産野菜類軟腐病菌について

5) 森英樹・伊原徳子・津村義彦 (筑波大学生命環境系)・内山憲太郎, 林遺伝育種学会第 9 回大会 (国内, オンライン), 2020, スギ天然林 15 系統を用いた鳴子試験地における成長形質のアソシエーション解析

○「国民との科学・技術対話」の実施

1) 杉浦俊彦, 第 31 回八重洲塾 (オンライン), 2020, わが国の農業における温暖化影響の現状と適応策

2) 杉浦俊彦, 第 3 回バイオスティミュラント協議会講演会 (オンライン), 2020, わが国の果樹生産で顕在化している温暖化の影響と対策

3) 杉浦俊彦, 令和 2 年度地域における気候変動適応実践セミナー (福岡市), 2020, 果樹の気候変動適応策の研究成果

4) 杉浦俊彦, 横浜市立大学エクステンション講座 (オンライン), 2020, これからの農業を考える「温暖化による農業への影響」

- 5) 杉浦俊彦、まちデザイン市民講座（オンライン）2021、気温上昇が私たちの食べ物を変える？
- 6) 平田泰雅、千葉県立小金高校（オンライン）、2020、森林と気候変動との関係
- 7) 平田泰雅、公開講演会「水環境とSDGsの視点」（オンライン、日本液体清澄化技術工業会環境エネルギー委員会主催）、2021、気候変動と森林
- 8) 西森基貴、国立環境研究所令和2年度 気候変動適応研修（中級コース）、農業分野の気候変動影響と適応策の評価。2021年1月29日。

○新聞・雑誌記事等

特に記載すべき事項はない。

○知的財産権

特に記載すべき事項はない。

○受賞等

特に記載すべき事項はない。