

環境研究総合推進費 終了研究成果報告書

研究区分:	戦略的研究開発プロジェクト
研究実施期間:	2020(令和2)年度～2024(令和6)年度
テーマ番号:	S-18-5
体系的番号:	JPMEERF20S11850
テーマ名:	気候変動影響及び適応策に関する経済評価手法の開発
Project Title:	Development of Economic Assessment Methods for Impact of Climate Change and Adaptation Options
テーマリーダー:	日引 聡
テーマ代表機関:	東北大学
テーマ分担機関:	立教大学、名古屋市立大学、東北学院大学、東京大学
キーワード:	気候変動、気温上昇、水害、経済影響、適応策

令和7(2025)年11月

目次

環境研究総合推進費 終了研究成果報告書	1
テーマ情報	3
＜基本情報＞	3
＜研究体制＞	3
＜研究経費＞	4
＜研究の全体概要図＞	5
1. 研究成果	6
1. 1. 研究背景	6
1. 2. 研究目的	7
1. 3. 研究目標	8
1. 4. 研究内容・研究結果	9
1. 4. 1. 研究内容	9
1. 4. 2. 研究結果及び考察	12
1. 5. 研究成果及び自己評価	36
1. 5. 1. 研究成果の学術的意義と環境政策等への貢献	36
1. 5. 2. 研究成果に基づく研究目標の達成状況及び自己評価	38
1. 6. 研究成果発表状況の概要	40
1. 6. 1. 研究成果発表の件数	40
1. 6. 2. 主要な研究成果発表	40
1. 6. 3. 主要な研究成果普及活動	41
1. 7. 国際共同研究等の状況	41
1. 8. 研究者略歴	41
2. 研究成果発表の一覧	42
(1) 研究成果発表の件数	42
(2) 産業財産権	42
(3) 論文	42
(4) 著書	44
(5) 口頭発表・ポスター発表	44
(6) 「国民との科学・技術対話」の実施	53
(7) マスメディア等への公表・報道等	54
(8) 研究成果による受賞	54
(9) その他の成果発表	55
権利表示・義務記載	55

Abstract

テーマ情報

＜基本情報＞

研究区分:	戦略的研究開発プロジェクト
研究実施期間:	2020(令和2)年度～2024(令和6)年度
テーマ番号:	S-18-5
体系的番号:	JPMEERF20S11850
テーマ名:	気候変動影響及び適応策に関する経済評価手法の開発
テーマリーダー:	日引 聡
テーマ代表機関:	東北大学
テーマ分担機関:	立教大学、名古屋市立大学、東北学院大学、東京大学
テーマ協力機関:	関西大学、上智大学、関西学院大学、岡山大学、アジア成長研究所

注： 研究協力機関は公開の了承があった機関名のみ記載されます。

＜研究体制＞

サブテーマ1「気候変動による農業部門と健康への影響及び適応策に関する経済評価手法の開発」

＜サブテーマリーダー(STL)、研究分担者、及び研究協力者＞

役割	機関名	部署名	役職名	氏名	一時参画期間
リーダー	東北大学	大学院経済学研究科	教授	日引 聡	
分担者	東北大学	大学院経済学研究科	教授	鈴木 賢一	
分担者	東北大学	大学院経済学研究科	教授	松田 安昌	
分担者	東北大学	大学院経済学研究科	教授	若林 緑	
分担者	東北大学	大学院経済学研究科	准教授	湯田 道生	
協力者	名古屋市立大学	経済学研究科	教授	内田 真輔	
協力者	上智大学	経済学部	教授	釜賀 浩平	
協力者	関西大学	経済学部	教授	新熊 隆嘉	
協力者	関西学院大学	経済学部	准教授	宮脇 幸治	
協力者	アジア成長研究所	第一研究グループ	上級研究員	柯 宜均	

サブテーマ2「気候変動による自然災害がもたらす影響及び適応策に関する経済評価手法の開発」

＜サブテーマリーダー(STL)、研究分担者、及び研究協力者＞

役割	機関名	部署名	役職名	氏名	一時参画期間
リーダー	立教大学	観光学部	教授	野原 克仁	
分担者	名古屋市立大学	経済学研究科	教授	内田 真輔	
分担者	名古屋市立大学	経済学研究科	教授	板倉 健	
分担者	東北学院大学	経済学部	准教授	吉田 惇	
分担者	東京大学	総合文化研究科	准教授	岡地 迪尚	
協力者	東北大学	経済学研究科	教授	日引 聡	
協力者	岡山大学	社会文化科学研究科	准教授	生川 雅紀	

注： 研究協力者は公開の了承があった協力者名のみ記載されます。

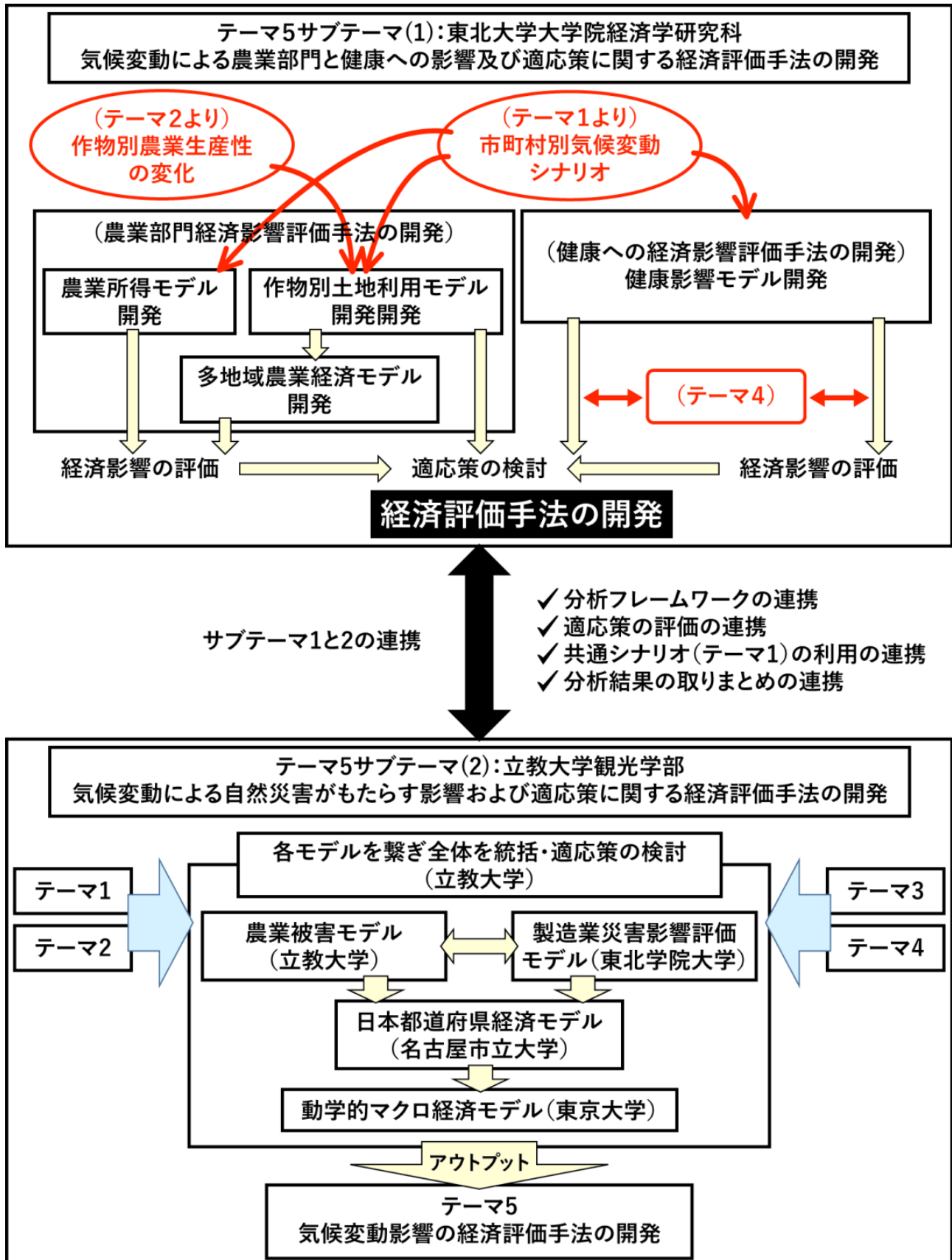
＜研究経費＞

＜研究課題全体の研究経費(円)＞

年度	直接経費	間接経費	経費合計	契約上限額
2020	28,593,076	8,577,923	37,170,999	37,171,000
2021	27,600,000	8,280,000	35,880,000	35,880,000
2022	26,470,000	7,941,000	34,411,000	34,411,000
2023	26,020,000	7,806,000	33,826,000	33,826,000
2024	21,405,385	6,421,615	27,827,000	27,827,000
全期間	130,088,461	39,026,538	169,114,999	169,115,000

注： 環境研究総合推進費の規定する研究経費の支援規模を超えた額は自己充当等によるものです。

<研究の全体概要図>



1. 研究成果

1.1. 研究背景

近年、異常気象により様々な被害が生じるようになってきている。夏の異常気温は、高温障害により農作物の品質や収量に悪影響を及ぼし、農家の収入を減少させるだけでなく、農作物の価格上昇を通じて、家計にも大きな影響を与える。高気温は、熱中症など人々の健康に悪影響を及ぼす。気象庁の全国51地点における日降水量100mm以上の年間日数に関するデータによると、1日の降水量が100mmを超える日数は、過去100年間に於いて増加傾向にある。将来、気候変動を起因とするさらなる降水量の増加、台風の威力や頻度の増加などが予測されており、水害によって、さまざまな人的被害、経済的被害がもたらされると予想される。気候変動に対処するためには、温室効果ガスの削減が重要であるが、様々な災害に備え、その影響を軽減するための適応策を検討しておくことが重要な政策課題となっている。

気温上昇による農業への影響については、これまでの農学分野、経済学分野で盛んに研究が行われてきた。しかし、いくつか限定的な農作物について、気温の収量への影響に関する先行研究は多く存在するが、分析されていない作物が多く、気温上昇が農業全体に与える影響を考えるうえで、取り組むべき課題の一つになっている。

気温上昇が予想される場合、スマート技術を活用したり、高気温に強い品種を利用したり、肥料管理や水管理などによって、気温の影響を軽減できるかもしれない。しかし、いくら良い適応策があったとしても、それが利用されなければ役に立たない。農家がどのような適応策を導入するかは、農家のタイプによって異なるだろう。たとえば、大型の投資を必要とするような適応策だと、経営規模の小さい農家では、規模の経済性を享受できないために、その投資に躊躇するだろう。農家が高齢であり、様々な技術に対する理解力(認知能力)が低ければ、積極的に技術導入をしようとはしないだろう。このように、適応策を実施する能力は、農家のタイプ(たとえば、高齢かどうか、規模が大きいかどうか、資金力があるかどうか、後継者がいるかどうかなど)によって異なる。しかし、どのような要因が農家の適応能力に影響を及ぼし、気温の収量への影響を悪化(あるいは、軽減)するかについて明らかにした研究はない。

また、農家は複数の作物を生産している。気温や降水量などの気象条件が収量に与える影響は作物によって異なるため、気候変動(気温上昇や降水量の変化)による農業所得への影響は、各作物への影響とは異なった反応となる。たとえば、異なる適温の作物を栽培していれば、気温上昇により、低気温が適温の作物の収量は減るが、高気温が適温の作物の収量は増えるため、お互いの影響が相殺しあうことで、気温上昇による所得の変動を抑制することができる。このように考えると、気温の収量への影響だけを分析するのではなく、農業所得への影響を分析することも重要な意味を持つ。

さらには、気象条件が変化しても作物選択(土地利用)を変えることで、農業への影響を抑制できる。また、ある地域での気象条件の変化による生産量へのショックは、作物価格の上昇を通じて、全国の生産に伝播する。気候変動による長期的な農業への影響を包括的に評価するためには、特定地域の生産量への影響が市場取引(サプライチェーン)を通じて空間的(全国)に広がる影響を分析することが重要となる。しかし、これまでこのような研究は実施されてこなかった。

気温上昇が健康に与える影響については、疫学の分野で多くの知見がある。しかし、社会経済的要因を考慮した研究は十分に行われていない。夏季の気温が上昇すると、高齢者が電気代節約のためにエアコンを使わないために、熱中症で救急搬送されたり、亡くなったりするケースが報告されている。北海道のように、エアコンを所有しない家計が多い地域では、気温上昇への対応が困難なため、熱中症リスクが高くなる。エアコンのように、高気温に適応する手段があったとしても、社会経済的要因のために使用されないことがあり、高気温の影響を軽減できない場合もある。このように、実際の気温と健康との関係を考える上で、社会経済的要因を考慮することは重要である。

降水量の増加による水害や、浸水による被害面積などについての研究は、これまで水文学や土木工学の分野において十分な蓄積がある。また、水害リスクが経済に及ぼす影響については、ハザードマップの情報を利用して、地価へ及ぼす影響(地価の低下)を分析することで、間接的に水害の期待被害額を推計する研究が経済学分野で盛んに行われている。一方、製造業における災害による被害は、工場での物理的な被害(機械の故障など)だけではなく、経済活動が一定期間停止することで生産額が減少するという経済的被害が生じたり、被災地域に立地していなくても、取引先が被災することによりサプライチェーンを通じて生産活動が影響を受けたりするという経済的被害もある。しかし、集中豪雨や台風等による水害が個別の経済活動(特に、農業被害や製造業における生産)に与える影響を分析した研究は見られない。過去のデータを用いて、水害が被災地での農作物被害や製造業における生産量の減少に与える影響、また、サプライチェーンを通じた非被災地における生産への影響を明らかにすることで、将来の気候変動による被害を経済評価するための手法の開発が求められている。

1. 2. 研究目的

本研究は、日本を対象に、これまで行われてこなかった研究課題に取り組み、気候変動による経済影響を包括的に分析しようとするものである。本研究課題では、気候変動による農業部門と健康への影響及び適応策に関する経済評価手法の開発に関する研究(サブテーマ1)と気候変動による自然災害がもたらす影響及び適応策に関する経済評価手法の開発に関する研究(サブテーマ2)を実施する。

サブテーマ1においては、農業部門の経済影響を詳細に分析するために、農業所得に与える影響を分析する農業所得モデル、気象条件が土地利用(作物選択)に与える影響を分析する作物別土地利用モデル、サプライチェーンの影響を分析に組み込んだ多地域農業経済モデルを開発する。また、気温上昇による健康影響を分析するために、健康影響モデルを開発する。さらには、これらのモデルを用いて、気温上昇の影響をシミュレーションし、望ましい適応策を明らかにする。なお、中間評価においていただいたコメントを参考に、作物別収量モデルと適応行動モデルの開発を追加することにした(当初は、土地利用モデルの開発の補完的な分析として、いくつかの作物に限定して行っていたが、それをより多くの作物に拡張することにした)。作物別収量モデルは、気候変動の農家への影響を検討する際に、土地利用の変化(土地利用モデル)や農業所得への影響(農業所得モデル)だけで理解するのではなく、作物収量といった異なる指標を用いることも、総合的に農家への影響を分析する際に意義があるからである。適応行動モデルについては、いくら効果的な適応策があったとしても、農家が実際に導入しなければ、効果を発揮できないため、農家の適応策実施の障害になる要因を明らかにすることが重要だと考えられたからである。

サブテーマ2においては、自然災害による農業への影響を評価する農業被害モデル、被災地における製造業の生産への影響を分析する製造業災害影響評価モデル、サプライチェーンの効果を考慮した経済影響を分析するための日本都道府県経済モデルを開発し、気候変動による自然災害によって引き起こされる経済影響のシミュレーション分析を行う。なお、中間評価においていただいたコメントを参考に、経営リスクモデルの開発を追加することにした。これは、気候変動に起因する経営リスクは、農家の適応策実施に影響を与えるため重要だと考えたからである。また、関連研究として、災害時の停電により失われる便益の評価(停電回避便益モデルの開発)も追加することにした。停電を回避するような電源システム(たとえば、自律分散型の蓄電池システムの導入など)が望ましいかどうか判断するためには、停電回避の便益を明らかにする必要があるからである。

サブテーマ1が開発する適応行動モデルとサブテーマ2が開発する経営リスクモデルについては、お互いに研究内容に重なる部分があるため、サブテーマ間で連携して(共同でアンケート調査、分析の議論を行う)研究を行った。なお、適応行動モデルでは、農家の年齢、農家の規模、後継者の有無などの増加の属性と適応行動の関係を分析し、経営リスクモデルでは、農家の経営リスクと適応行動の関係を分析するという違いがある。

本テーマのユニークな点として、モデル開発においては、年齢、企業規模などの経済的・社会的要因を考慮したモデルを構築することがあげられる。気候変動によって実際に生じる様々影響は、物理現象や生物現象だけで決定されるのではなく、人間の行動や社会の仕組みも関わっている。このため、実際に起こったデータを対象に統計的な手法を用いて分析を行う場合、正確に分析(推計)するためには、人間の行動や社会の仕組みを考慮した分析にすることが重要となる。同様のテーマで、農学や疫学、工学分野の研究者が研究を行っているが、社会科学によるアプローチとこれらの分野のアプローチの違いの一つは、社会経済的要因を制御するかどうかという点にある。S-18の全体のプロジェクトを通じて、異なるテーマ間において、同様のテーマを異なったアプローチで分析するケースがある。異なる分野によって異なるアプローチが存在するが、それぞれのアプローチに利点と課題が存在するため、異なるアプローチによる分析結果を比較することによって、より適切な予測が可能となることを強調しておきたい。

最後に、多地域農業経済モデルの開発(サブテーマ1)と日本都道府県経済モデルの開発(サブテーマ2)は、同じ理論構造をもったモデルである方が整合的であり、また、効率的であると判断し、サブテーマ1とサブテーマ2が連携協力して、統一したモデルを開発することとした。以降では、これらのモデル名を統一して、「47都道府県動学的マクロ経済モデル」と呼ぶことにする。

1. 3. 研究目標

<全体の研究目標>

研究課題名	気候変動影響及び適応策に関する経済評価手法の開発
全体目標	気候変動やそれに起因する自然災害による農業、製造業における被害、健康被害及びマクロ経済への影響と適応策に関する経済評価手法を開発し、様々な気候シナリオ下で台風や水害の増加などのシナリオにおいて、地域別(市町村別あるいは都道府県別)に気候変動及び自然災害による経済影響を評価するとともに適応策を評価する。

<サブテーマ1の研究目標>

サブテーマ1名	気候変動による農業部門と健康への影響及び適応策に関する経済評価手法の開発
サブテーマ1実施機関	東北大学
サブテーマ1目標	気温上昇などの気候変動が農業に及ぼす経済影響や健康影響とその適応策の経済評価手法を開発し(作物別土地利用モデル、農業所得モデル、健康影響モデルの開発、多地域農業経済モデル(以下では、47都道府県動学的マクロ経済モデルと呼ぶ)の開発)し、将来の気候変動による地域別の影響をシミュレーション分析により明らかにし、適応策を評価する。

<サブテーマ2の研究目標>

サブテーマ2名	気候変動による自然災害がもたらす影響及び適応策に関する経済評価手法の開発
サブテーマ2実施機関	立教大学、名古屋市立大学、東北学院大学、東京大学
サブテーマ2目標	気候変動によって生じる自然災害がもたらす農業や製造業に及ぼす被害やマクロ経済影響とその適応策の経済評価手法を開発(農業被害モデル、製造業災害影響評価モデル、日本都道府県経済モデル(以下では、47都道府県動学的マクロ経済モデルと呼ぶ)を開発し、サプライチェーンを通じた非被災地の生産への影響を含め、将来の気候変動による地域別及びマクロ影響をシミュレーション分析により明らかにし、適応策を評価する。

1. 4. 研究内容・研究結果

1. 4. 1. 研究内容

サブテーマ1においては、作物別収量モデル、農業所得モデル、作物別土地利用モデル、適応行動モデル、47都道府県動学的マクロ経済モデル、健康影響モデルを開発する。その後、開発したモデルを用いて、将来の気温上昇による農業部門や健康への影響をシミュレーションし、適応策のあり方を明らかにする。サブテーマ2においては、農業被害モデル、製造業災害影響評価モデル、経営リスクモデル、47都道府県動学的マクロ経済モデルを開発し、水害による経済影響のシミュレーション分析を行う。また、関連研究として、停電回避便益モデルの開発を行なう。

なお、適応行動モデルと経営リスクモデルの開発、及び、47都道府県動学的マクロ経済モデルの開発については、サブテーマ1とサブテーマ2が連携してモデル開発する。各モデルの分析の内容は、下記の通りである。

(サブテーマ1)

1) 作物別収量モデルの開発 (ベースモデルの開発)

これまで、気温の作物への影響を分析する統計モデルにおいては、主に、栽培期間の気温の平均値と収量との関係をモデル化する手法がとられてきた。しかし、平均気温が同じであっても、栽培期間中の日気温の変動が大きい地域とそうでない地域とでは、作物の収量への影響は異なる。日気温の変動が大きい地域では、高気温の日や低気温の日が存在するが、日気温の変動の小さい地域では、同じような気温が継続するからである。このため、日気温の分布を考慮したモデル化が重要となる。経済学分野では、近年、日気温の分布を考慮した農業経済モデルの構築が盛んにおこなわれるようになってきた。具体的には、対象期間の日平均気温をいくつかの気温グループに分割し、それぞれのグループ毎に、そのグループに属する日数をカウントすることで、気温の分布を表す変数を作成する(これをビン変数と呼ぶ)。このような新しい手法は、気温の高い日が収量に与える影響と気温の低い日が収量に与える影響を個別に推計できるというメリットがある。本研究では、過去の市町村別の気象変数のデータと市町村別の作物別収量のデータを用いて、日気温の情報からビン変数を作成することで、各年の気温の分布を変数化し、収量と気温分布との関係を推計する。本モデル開発では、米や野菜など32作物(小麦、ピーマン、スイートコーン、枝豆、さやいんげん、なす、トマト、きゅうり、かぼちゃ、さやえんどう、水稻、栗、梅、柿、里芋、かぶ、大根、ごぼう、かんしょ、人参、馬鈴薯、ほうれん草、玉ねぎ、キャベツ、ブロッコリー、ねぎ、白菜、レタス、大豆、小豆、いちご、すいか)を対象に、作物別収量モデルを開発し、開発したモデルを用いて、仮想的に、各市町村で、日気温が2℃上昇した場合に、収量が受ける影響についてシミュレーション分析を行う。

(地域要因(高齢化と社会的資本)を考慮したモデルの開発)

気温をはじめとする気象変数が収量に与える影響は、農家のタイプによって異なる。たとえば、高齢農家の場合、体力の低下の問題や認知能力の低下の問題が、適応策の実施に悪影響を与える可能性がある。たとえば、スマート農業を実施することで、気温の影響を低減させる可能性がある。しかし、スマート農業を実施するためには、技術に対する理解力が重要となるが、高齢になるとそのような能力(認知能力)が低下することで、スマート技術の導入に躊躇するかもしれない。また、体力が低下することで、細やかな作物の管理がしにくくなり、高気温の作物への影響の低減が難しくなることも考えられる。

このため、米を事例に、ベースモデルを拡張し、農家の年齢が、気温上昇による収量の変化に与える影響を考慮できるモデルに拡張し、気温だけでなく、高齢化の影響を同時に分析する。さらには、農家同士の助け合いのある地域とそうでない地域とでは、同じ気温上昇を体験しても、収量への影響は異なるかもしれない。たとえば、スマート農業を例に考えると、新しい技術の理解力の高い農家では、新しい技術の導入が進むが、そうでない農家では、新しい技術の導入は進まない可能性がある。また、高齢のために十分に体力がない農家とそうでない農家との間では、気象の変化に対応する適応策の実施の度合いが異なる可能性がある。このような場合、農家同士の助け合いが行われている地域では、脆弱な農家に対して、適応能力の高い農家が助けることで、脆弱な農家の影響を低減させることができる。このように、「助け合い」という地域の社会的資本が果たす役割を明らかにすることは、地域のレジリエンスを高めることの意義を明らかにするうえで重要な意味を持つ。この研究では、地域の助け合いを表す変数を導入し、モデルを拡張することで、「助け合い」がどの程度、高気温の悪影響を軽減する効果を持つのかについても分析をする。

さらに、開発したモデルを用いて、気温上昇による収量への影響が、高齢化によって、どの程度悪化するのか、また、「助け合い」という社会的資本の整備(地域における「助け合い」の推進)が、どの程度、気温の影響を緩和し、さらには、高齢化の悪影響を緩和するかについてシミュレーション分析をする。

2) 作物別土地利用モデル

作物別土地利用モデルの開発では、作物別収量モデルと同様に、作物別に、気温が土地利用に与える影響をモデル化した。気温の変化は、作物の収量への影響を通じて、土地利用に影響を与える。すなわち、収量が増加し収益性が増加すると、より収益の機会を求めて土地利用が増加する一方、収量が減少し収益性が減少すると、土地利用は減少する。このため、低気温の地域では、気温上昇は収量の増加を通じて、その作物の土地利用を増加させる

が、高気温の地域では、収量の低下を通じて、作物の土地利用を減少させる可能性がある。また、このような影響は、それぞれの作物が、どの程度の気温で高温障害が発生するかにも依存して決まる。

このようなメカニズムから発生する気温と土地利用の関係をモデル化し、気温や降水量などの気象変数と土地利用面積のデータを用いて、統計的手法を用いてモデルのパラメータを推計し、モデルを開発する。なお、推計において、過去20年程度(分析対象の違いによるデータの利用可能性によって年数は変動する)の市町村レベルのデータを用いる。

開発したモデルを用いて、仮想的に、各市町村で、毎日の日気温が2℃上昇した場合に、土地利用が受ける影響についてシミュレーション分析を行い、各市町村別に、気温上昇による土地利用への影響を明らかにする。

3) 農業所得モデル

農業所得モデルの開発では、気温が農家所得に与える影響をモデル化する。農家は、通常、複数の作物を栽培している。多くの作物の数を栽培する農家もあれば、少ない数の品目しか栽培しない農家もある。このため、気温の上昇は、栽培するすべての作物の収量への影響を通じて、農家所得に影響を及ぼす。このとき、農家が異なる適温を持つ作物を多様に栽培していれば、気温の影響のリスクを軽減することができる可能性がある。このため、本研究では、気温の影響を考慮する際に、農家が栽培している作物の品目数をモデルに組み込むことで、栽培品目数がどの程度、気温の収量へ所得への影響に対して、緩和効果をもつか(作物の多様化の適応策としての有効性)を明らかにする。他のモデルと同様に、気温や降水量などの気象変数と農業所得のデータを用いて、モデルのパラメータを推計し、モデルを開発する。なお、推計において、過去20年程度(分析対象の違いによるデータの利用可能性によって年数は変動する)の市町村レベルのデータを用いる。

また、開発したモデルを用いて、仮想的に2℃の気温上昇が農家の所得に与える影響についてシミュレーションし、市町村別に影響の違いを明らかにする。

4) 適応行動モデル

下記の16の各適応策に関して、気温上昇や災害に対する農家の詳細な適応策の実施の実態を分析するために、アンケート調査を実施し、収集したデータを用いて、モデルのパラメータを推計し、適応行動モデルを開発する。

- ① 耐性品種の導入
- ② 水不足に備えるためのため池活用
- ③ 水害に備えてのため池活用
- ④ 作付け時期の変更
- ⑤ かけ流しによる水温調整
- ⑥ 肥料の調節
- ⑦ 高温に強い作物への転換
- ⑧ 低気温に強い作物への転換
- ⑨ 適温の異なる複数の作物栽培によるリスク低減
- ⑩ 気象条件の異なる場所での栽培
- ⑪ 保険の活用
- ⑫ 冷暖房機器を使った気温調整
- ⑬ 水害の少ない場所への移動
- ⑭ 水害被害を回避するための取り組み
- ⑮ 農薬・防除薬の工夫
- ⑯ スマート農業の導入

5) 健康被害モデル

健康影響モデルの開発では、年齢別(0～19歳、20～64歳、65歳以上の3つの年齢グループ)に、気温が死亡率に与える影響をモデル化する。その際、適応策として、太陽光発電に着目し、太陽光発電の導入が高気温による死亡率の増加に対してどのような軽減効果があるかを分析する。近年、高齢者の熱中症の原因の一つとして、電気代の負担を避けるためにエアコンの利用を控えることで熱中症を引き起こすことが指摘されている。エアコンが適応策として役に立つにもかかわらず、経済的負担の問題が適応策としてのエアコンの利用を妨げるため、太陽光発電をすることで、電気代の負担を懸念しなくてもよくなれば、エアコンの利用控えを気にせずに済む。この結果、熱中症による死亡を減らせる可能性がある。

上記のようなメカニズムをモデル化し、気温や健康被害(死亡率)のデータを用いて、モデルのパラメータを推計し、モデルを開発する。また、開発したモデルを用いて、仮想的に2℃の気温上昇が死亡率に与える影響についてシミュレーションし、地域別の影響の違いを明らかにする。

6) 47都道府県動学的マクロ経済モデル

本モデルは、47都道府県の産業連関表をベースに、39業種(農業、鉱業、製造業(機械工業、化学製品など)、建

設、運輸、サービス業など)から構成される動学的一般均衡モデルを開発する。都道府県間の経済取引を表す経済取引行列は、サプライチェーンを見るうえで重要なパラメータであり、本プロジェクトで独自に推計する。また、このモデルは、他国との経済取引(輸出入)を考慮するために、他国・他地域モデルを含む世界モデルとして開発する。世界モデルの構築にあたっては、この分野で国際的に認知され、使用されているGTAPをベースに構成する。

このモデルでは、一つの都道府県で生じた経済ショック(気温上昇による農業生産量の減少、水害による製造業の生産量の減少、海面上昇による土地面積の減少など)が都道府県間の経済取引を通じて、被害の生じなかった都道府県の経済活動に及ぼす影響を分析することのできる経済モデル、すなわち、サプライチェーンの影響を考慮して直接効果(直接の被害額)と間接効果(サプライチェーンを通じた経済影響)を分析できる経済モデルである。この影響は、国全体に集計されて、世界モデルを通じて、他国との輸出入に与える影響も考慮される特徴を持つ。

気候変動によって生じる被害は、各都道府県の経済ショックとしてモデルに与えることで、さまざまなシミュレーションを行う。経済ショックについては、農業所得モデルなど、他のモデルで計算される各地域の経済ショック、たとえば、気温上昇による農業所得の変化を都道府県レベルに集計することによって計算し、それを47都道府県動学的マクロ経済モデルに初期条件として与えることで、気候変動による直接影響が、サプライチェーンを通じて、どのように他地域に影響を及ぼすかをシミュレーションする。本研究では、シミュレーション結果から、気候変動による地域経済に与える影響を、直接影響と間接影響に分解することで、サプライチェーンの効果を明らかにする。

(サブテーマ2)

1) 農業被害モデル

市町村レベルのデータを用いて、年間の異常な日降水量が各市町村の被害に与える影響を表現するモデルを構築し、異常日降水量や個別地域の特徴を表す変数を用いて、それらの変数と分析対象となる変数(水害区域面積、被災家屋棟数、一般資産額、農業被害額)との関係を表すモデルのパラメータを、統計的手法を用いて推計し、モデルを開発する。耕地存在は、降水を貯めることで水害を抑制する役割を果たす一方、それが、貯水できる容量(一定の閾値)を超えるとその機能をはたせなくなる可能性がある。このため、モデル化において、地域に存在する耕地面積が果たす役割を考慮したモデル化を行う。なお、推計において、過去12年の市町村レベル(1682市町村)のデータを用いる。また、開発したモデルを用いて、仮想的に異常降水量が1.5倍に増加した場合に、水害区域面積、被災家屋棟数、一般資産額、農業被害額に与える影響についてシミュレーションし、市町村別に影響の違いを明らかにする。

2) 製造業災害影響評価モデル

年間の異常な日降水量が各市町村の製造出荷額、雇用、事業所数に与える影響を分析するために、過去20年間にわたる市町村レベルのデータを用いて、異常日降水量と地域の経済変数(製造出荷額、雇用数、事業所数、事業所当たりの製造出荷額)との関係を表すモデルのパラメータを推計し、モデルを開発する。モデル化において、短期の影響と長期の影響を考慮できるモデル化を行う。また、開発したモデルを用いて、仮想的に異常降水量が増加した場合に、製造出荷額、雇用、事業所数、事業所当たりの製造出荷額に与える影響についてシミュレーションし、市町村別に影響の違いを明らかにする。

3) 47都道府県動学的マクロ経済モデル

サブテーマ1と共同開発したモデルを用いて、水害による生産量の減少や海面上昇によって生じる土地面積の喪失がもたらす経済影響を分析する。水害や海面上昇による土地の喪失は、当該地域の生産量を減少させる。この生産量の減少は、製品の供給の減少を通じて、製品価格を上昇させ、他地域での生産を増やす効果を持つ一方、その製品が部品として他の地域で使用されている場合、その地域への部品供給を減らし、サプライチェーンを通じて、他地域の生産を減少させる効果を持つ。このように、被災は、生産に関して競合する他地域の生産を増やす効果を持つ一方、サプライチェーンを通じて、他地域の生産を減らす効果ももつ。本モデル開発では、**製造業災害影響評価モデルの成果を活用し、気候変動による降水量(水害)の増加によって製造業に生じる直接被害(生産量の減少)の増加をシミュレーションし、その成果を用いて、サプライチェーンを通じて、各都道府県の経済に及ぼす影響をシミュレーション分析する**。また、テーマ2と連携して、海面上昇の経済影響をシミュレーション分析する。テーマ2は、海面上昇による土地喪失の評価を行い、都道府県別に失われる土地面積の予測を行っている。その情報を、経済ショックとして定義し、本経済モデルに取り込んで、シミュレーションを行う。

4) 経営リスクモデル

気候変動によって農家に生じる経営リスクと適応策の実施の関係を分析することで、**経営リスクがどの程度適応策の実施に影響を与えるかを分析する**。

5) 停電回避便益モデル

「停電回避に対する支払意思額」を分析することで、**水害などの災害によって生じる停電がもたらす家計への経済影響を明らかにするとともに、停電を回避するための電力システムのあり方を検討する**。

1. 4. 2. 研究結果及び考察

得られた研究結果及び考察を開発モデル別にとりまとめた。

1) 作物別収量モデルの開発(成果8、11、18、27)

(ベースモデルの開発)

作物別収量モデルに関しては、作物栽培期間における市町村別の毎日の日平均気温のデータを、気温グループに分けて、各グループに入る日数を説明変数(以下ではビン変数と呼ぶ)として作成し、市町村レベルのパネルデータ(市町村数×年数)を用いて、次式のモデルのパラメータを推計し、収量モデルを開発した。ベースモデルのモデル式は、式(1)に示すとおりである。

$$Y_{i,t}^c = \sum_h \alpha_h^c \text{Temp}_{i,t}^h + \sum_j \beta_j^c \text{Rain}_{i,t}^j + \sum_l \gamma_l^c \text{Solar}_{i,t}^l + \sum_k \delta_k X_{i,t}^k + \eta_i^c + \theta_t^c + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

ただし、 $Y_{i,t}^c$ は市町村iのt年における作物cの収量(ha当たりの収穫量)の対数値、 $\text{Temp}_{i,t}^h$ は気温に関するビン変数であり、hの気温グループに入る日数、 $\text{Rain}_{i,t}^j$ は、降水量に関するビン変数であり、jの降水量グループに入る日数を表し、 $\text{Solar}_{i,t}^l$ は日射量に関するビン変数であり、lの日射量グループに入る日数を表している。米の収量モデルを例に、気温のビン変数($\text{Temp}_{i,t}^h$)の作成の仕方を説明すると、毎年の栽培期間における毎日の日平均気温を年ごとに7つのグループ(12℃以下、12～15℃、15～18℃、18～21℃、21～24℃、24～27℃、27℃以上、の各グループ)に分類し、それぞれのグループに入る日数を変数として作成する(気温グループの作り方は作物によって異なる)。このようなビン変数を用いることで、日気温の分布の影響を考慮したモデル化が可能となる。 Rain や Solar についても、同様の考え方で変数を作成している。この他、 $X_{i,t}^k$ は農家の特徴を表す変数(年齢、農家規模など)であり、 η_i^c は、作物cを栽培する市町村iの地域特性を制御する変数、 θ_t^c は作物cを栽培対するt年の時間の効果(技術変化など)を捉える変数であり、 $\varepsilon_{i,t}$ は誤差項を表している。

このモデルの特徴は、複数の気象変数の影響を考慮するだけでなく、農家の属性や地域の特性を制御したうえで、気象変数と収量との関係を分析している点にある。農学分野の研究では、実験室において、気温と収量との関係を分析するタイプの研究が多いが、実際の農家は、必ずしも実験室で設定されている条件を満たす状況下で農業を行っていない。高齢化農家もあれば、若い農家も農業を営んでおり、また、地域によって土地の肥沃度なども異なる。このため、地域によって異なる社会的要因や地理的要因を制御しなければ、気象変数と収量の間の関係を統計的に正確に推計することはできない。私たちの分析手法は、完全ではないが、これらの要因をある程度制御することで、歪みのないパラメータを推計しようとするものである。

(米モデル)(成果27)

コメの収量について、(1)を推計するにあたり、コメの収量については、農林水産省の作物統計(<https://www.maff.go.jp/>)のデータを、気象変数については、農研機構が提供するメッシュ農業データシステム(https://amu.rd.naro.go.jp/wiki_open/doku.php?id=start2)のデータを、農家の年齢など、農家の属性変数に関するデータについては、農業センサス(<https://www.maff.go.jp/j/tokei/census/afc/index.html>)のデータを利用した。使用したデータは、2001～2018年の市町村別(二期作を実施する市町村と米栽培を実施していない市町村を除く、1398市町村)のパネルデータを用いて推計した。

推計結果をグラフにすると、図1のようになる。推計される気温グループ別のビン変数のパラメータは、基準となる気温グループ(21～24℃のグループ)との気温の影響の差を表している。このため、基準となる気温グループのパラメータは0に設定され(これは、推計上のテクニックである)ている。グラフにおいて、点が推計値であり、点を通る直線は、推計値のばらつき範囲(95%の信頼区間)を表している。推計結果から、基準となる気温グループより高い気温グループでは、気温の収量への影響はマイナスになっており、15～21℃の気温グループの収量への影響は、基準となる気温グループとほぼ同じであることを表している。また、気温が15℃以下のグループは、基準となる気温と比べて、気温が収量へ与える効果がマイナスであり、低気温が収量を低める効果があることを示している。

このように、推計結果は、気温と収量との関係が逆U字型となることを明らかにしている。なお、ここで推計されているパラメータの意味は、各気温グループの日数が1日増加した場合に生じる収量への影響(%の変化)を表している。このため、気温上昇の結果、27℃以上のグループの日数が5日増えると、その影響は、5日×推計パラメータと計算される。また、この分析では、日平均気温のデータを用いていることに注意する必要がある。仮に気温が24℃であっても、夜間の気温が低くなるため、日中の気温は、24℃を超えている。

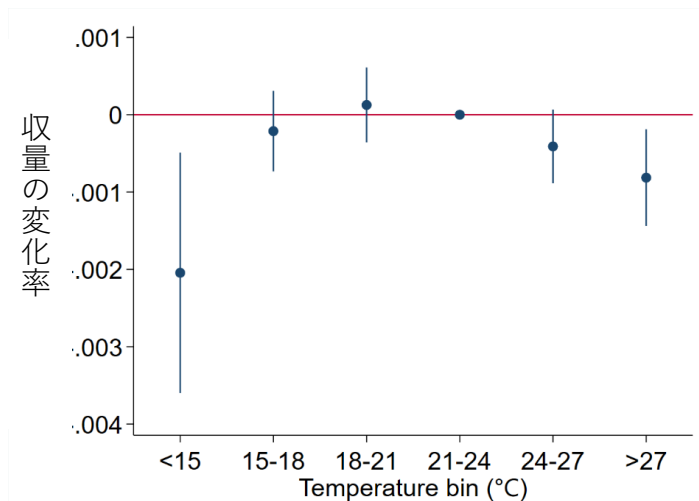


図1 気温グループ別の気温の収量への影響の推計結果(米のケース)

この推計結果を用いて、各市町村の日平均気温が2℃上昇した場合のコメの収量への影響をシミュレーションした。毎日の平均気温が2℃上昇することで、各気温グループの日数の分布が変化する(低気温グループの日数が減少し、高気温グループの日数が増加する)。市町村別に、それぞれの気温グループの日数の変化と各気温グループのパラメータをかけて合計することで、気温上昇の影響を計算した。計算をする際に、低気温グループ(21℃以下のグループ)の日数の減少によって生じるマイナスの影響の減少の効果(低気温日数減少による収量増加効果)と高気温グループ(24℃以上のグループ)の日数の増加によって生じるマイナス影響の増加の効果(高気温日数増加による収量減少効果)に分解した。図2の左側の地図は低気温日数減少による収量増加効果、中央の地図は高気温日数増加による収量減少効果を表している。また、収量増加効果と収量減少効果を合計した全効果は、右側の図となる。

この分析からわかるように、高温日数の増加による収量減少効果は、首都圏及び西日本で大きい一方、低気温日数減少による収量増加効果は、中部及び東北、北海道地方で大きいことがわかる。全体の効果としては、九州や首都圏で収量減少効果が収量増加効果を上回る結果、気温上昇のマイナス影響が生じるのに対して、それ以外の地域では、収量減少効果が収量増加効果を下回るため、気温上昇によって収量が増加する地域が多いことがわかった。(成果27)

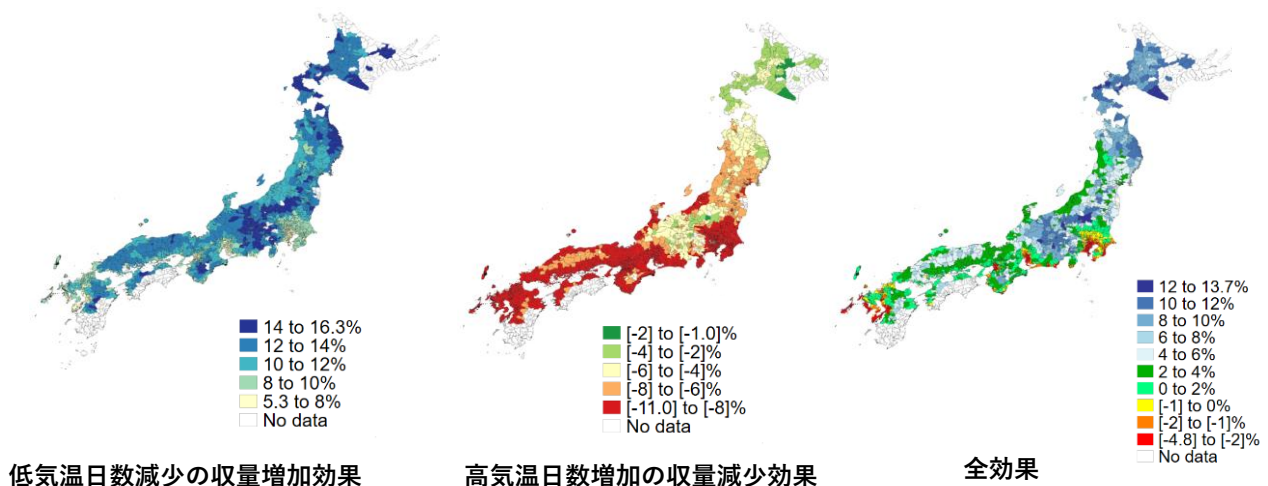


図2 2℃上昇による米収量への影響

(その他作物モデル:大豆、玉ねぎ、キャベツ)

米の収量モデルの分析と同様の分析を他の作物でも行った。以下では、一例として、大豆、玉ねぎ、キャベツのケースについて分析結果を紹介する。

図3は、米と同様の分析手法を大豆に適用して推計した結果をグラフ化したものである。この分析では、米と異なる気温グループを作成し分析していることに注意する必要がある。また、分析において、基準となる気温グループを21～23℃に設定している。このため、各気温グループのパラメータの推計値は、基準となる気温グループとの差を表すものとなっている。この図からわかるように、大豆においても、17～23℃の気温をピークに、それ以上気温が上がると大豆の収量が低下し(高温障害の効果)、それより気温が低下すると収量が低下(低温障害の効果)することが分かった。

すなわち、米と同様、大豆も、気温と収量の間に逆U字の関係が存在することが示された。

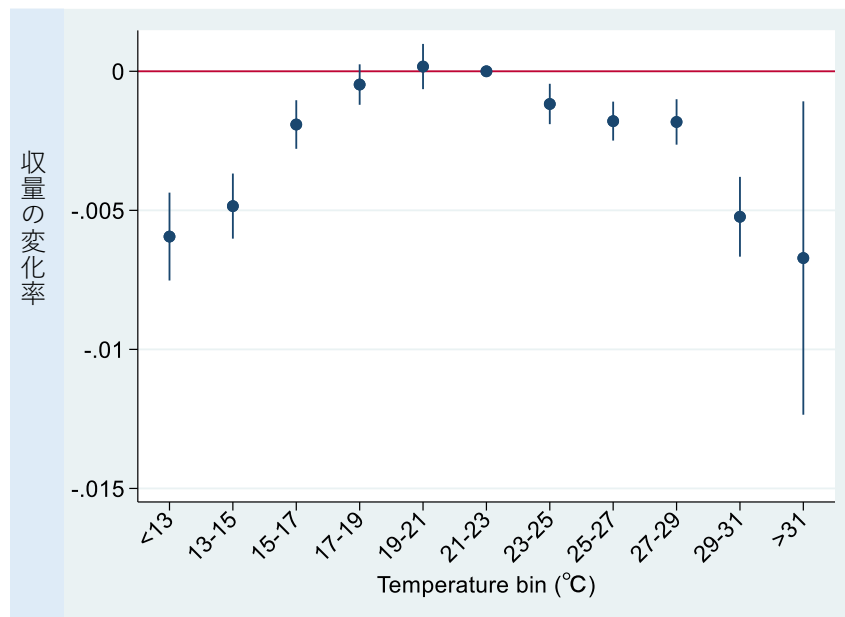


図3 気温グループ別の気温の収量への影響の推計結果(大豆のケース)

パラメータの推計値を用いて、米と同様、各市町村の毎日の気温が2℃上昇した場合の収量への影響を計算し、地図化すると、図4のようになる。この地図から、北信越、東北、北海道において収量は増加(0～7.1%)する一方、首都圏一部、東海、関西から西において、収量が減少(0～-5.3%)することがわかる。

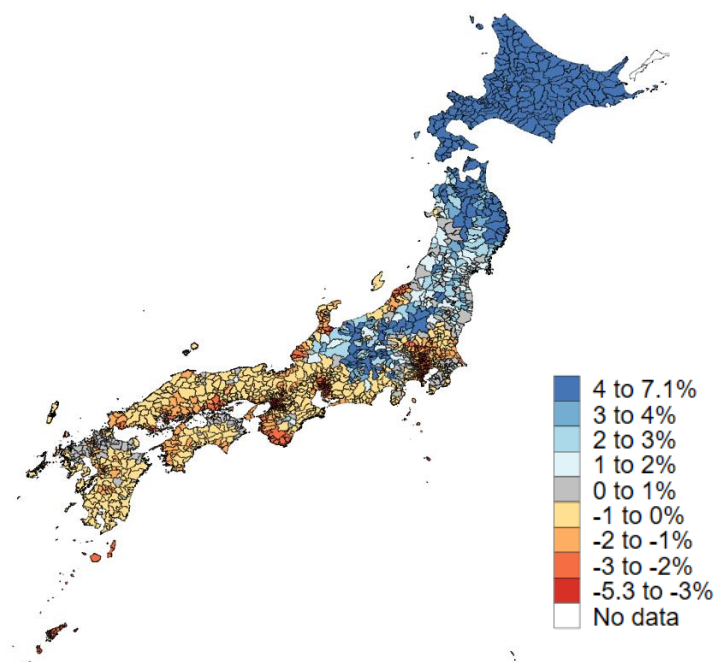


図4 2℃気温上昇と市町村別大豆収量の変化

玉ねぎについても同様の分析を行った結果、0℃以下になると、収量が若干低下し、28℃以上になると急激に収量が低下する一方、それ以外の気温では、基準となる気温(14～16℃)との影響の差がほとんどないことがわかった。玉ねぎの特徴は、寒さに極めて強く、氷点下でも凍害を受けにくい一方、暑さには弱く、25℃以上になると生育障害を受けるといわれており、この推計結果は、このことと合致している。

パラメータの推計値を用いて、米や大豆と同様、各市町村の毎日の気温が2℃上昇した場合の収量への影響を計算したところ、マイナス影響となるのは、関東(東京、埼玉、千葉、神奈川)、愛知、静岡、大阪、瀬戸内海、四国、九州、特に、マイナスの影響が2%を超えるのは、主に、熊本、鹿児島、沖縄(一部)となることがわかった。プラスの市町村があるのは、気温上昇によって0℃以下の気温の日数が少なくなるからである。

キャベツについても同様の分析を行った結果、24℃以上の日数が増えると、収量が低下し、特に、28℃を超える日

数の増加による収量低下の効果は、より大きくなることがわかった。キャベツの生育適温は20℃程度で、30℃以上の気温では生育の停滞やしおれ症状などが発生しやすくなるという。また、キャベツ萎黄病の発病適温は26～30℃といわれている。

パラメータの推計値を用いて、他の作物と同様、各市町村の毎日の気温が2℃上昇した場合の収量への影響を計算したところ、マイナス影響となる地域は、主に、関東、九州、沖縄を含む西日本に広がることがわかった。一方、信越、東北、北海道では、気温が相対的に低いため、気温上昇によって、むしろ収量が増加する可能性があることもわかった。

(地域要因(高齢化と社会的資本)を考慮したモデルの開発)(成果27)

(1) 年齢効果

農家の年齢や社会的資本が、気温の収量への影響にどのような影響を与えるかを分析した。この分析のために、ベースモデルを農家の年齢の影響を考慮したモデルに拡張し、式(1)を次式のように修正した。

$$Y_{i,t}^c = \sum_h \alpha_h^c \text{Temp}_{i,t}^h + \sum_h \lambda_h^c \{ \text{Temp}_{i,t}^h * \text{Age}_{i,t} \} + \sum_h \tau_h^c \{ \text{Temp}_{i,t}^h * (\text{Age}_{i,t})^2 \} + \sum_j \beta_j^c \text{Rain}_{i,t}^j + \sum_l \gamma_l^c \text{Solar}_{i,t}^l + \sum_k \delta_k X_{i,t}^k + \eta_i^c + \theta_t^c + \varepsilon_{i,t} \quad (2)$$

ただし、 $\text{Age}_{i,t}$ は市町村*i*の*t*年における農家の平均年齢を表している。式(1)と(2)式の違いは、式(1)に、 $\text{Temp}_{i,t}^h$ と $\text{Age}_{i,t}$ の交差項及び $\text{Temp}_{i,t}^h$ と $\text{Age}_{i,t}$ の2乗の項との交差項を加えている点である。このモデルでは、農家の平均年齢と気温の収量へのマイナス影響の関係が逆U字型であることを想定している。農家の平均年齢と気温の収量へのマイナス影響の関係が逆U字型であるとは、農家の年齢が若いとき、年齢の上昇に伴って、気温の収量へのマイナス影響が小さくなり、ある年齢に達すると、それ以上に年齢が上昇すると、むしろ気温の収量へのマイナス影響が大きくなる関係を意味している。このような想定をするのは次のような理由による。農家の年齢が若いと、農家としての経験が不十分で、気象条件の変動に対する対処・適応の知識が十分でないために、気温の収量への悪影響がより大きくなる可能性がある。この場合、年齢の上昇は、経験の蓄積を通じて、気温の収量への悪影響を軽減させる効果を持つ。しかし、高齢になると(ある一定の年齢(閾値)に達すると)、体力の低下、認知能力の低下によって適切な適応策(たとえば、新しい技術導入が困難になる)を実施できなくなり、気温の悪影響が大きくなる可能性がある。この場合、経験の蓄積によるプラスの効果より、認知能力や体力の低下によるマイナス効果が大きくなるため、ある年齢の閾値を超えた高齢化は、気温の収量への悪影響を大きくする。 $\text{Temp}_{i,t}^h$ と $\text{Age}_{i,t}$ の交差項及び $\text{Temp}_{i,t}^h$ と $\text{Age}_{i,t}$ の2乗の項との交差項を加えることで、このような現象をモデル化することができる。

このモデル式のパラメータを推計し、 λ_h^c と τ_h^c の値を用いることで、年齢の閾値を計算することができる。推計の結果、約60歳が閾値であることがわかった。このことから、農家の平均年齢が60歳を超える農家では、高齢化によって気温の収量への悪影響が大きくなり、60歳を下回る農家では、高齢化によって気温の収量への悪影響が小さくなることが分かった。図5は、農家の年齢が50歳、60歳、70歳のときの各気温の収量への影響を推計したものをグラフ化したものである。図からわかるように、60歳のとき、高気温や低気温による収量への影響は最も小さく、70歳になると、60歳と比較して、高気温や低気温の収量へのマイナスの影響が大きくなることがわかる。同様に、50歳の場合、60歳と比較して高気温や低気温の収量へのマイナスの影響が大きくなっている。70歳の場合には、主に、体力や認知能力の低下によって、適応能力が低下したことを表していると考えられ、50歳の場合には、体力や認知能力は十分なものの、経験不足によって60歳と比較して適応能力が低くなっていると考えられる。

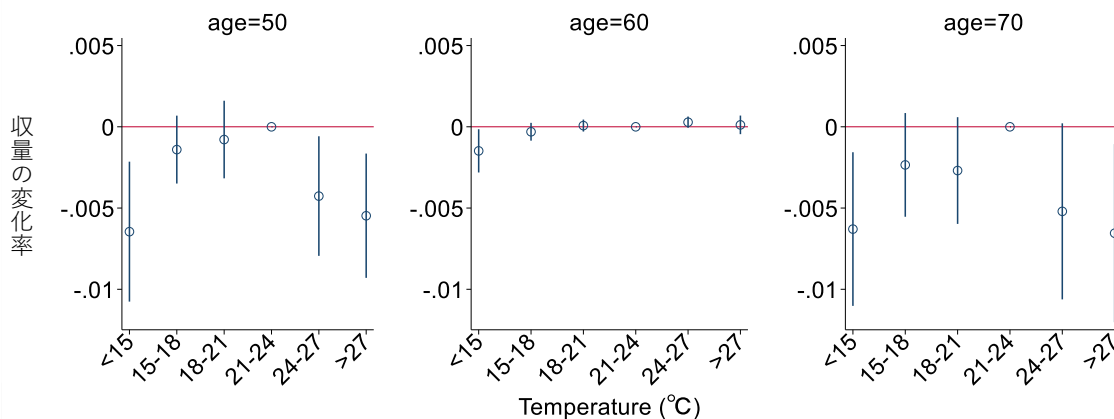


図5 年齢別の気温の収量への影響

推計結果を用いて、下記の各シナリオについて、収量への影響を、高気温における気温上昇が収量に与える影響(収量減収効果)と低気温における気温上昇が収量に与える影響(収量増収効果)に分解し、シミュレーションした。

- (i) 現在の農家年齢の下で、気温が1℃上昇したケース
- (ii) 現在の農家年齢の下で、気温が2℃上昇したケース
- (iii) 現在の農家年齢の下で、気温が4℃上昇したケース
- (iv) 気温は不変で、農家年齢が5歳上昇したケース
- (v) 農家の年齢が5歳上昇し、気温が1℃上昇したケース
- (vi) 農家の年齢が5歳上昇し、気温が2℃上昇したケース
- (vii) 農家の年齢が5歳上昇し、気温が4℃上昇したケース

図6は、上記の7つのシナリオのシミュレーション結果を図に示したものである。これは、上記の各シナリオがすべての市町村で生じた場合、それによって生じる収量の変化率の全国平均を計算したものである。ただし、気温上昇の影響を高気温帯の気温上昇による収量減収効果の変化率と低気温帯の気温上昇による収量増加効果に分解している。この図において、0%の同心円は、シナリオ前と収量が変化しない(変化率0%)ことを意味しており、中心から放射状に出ている直線は、-20%を下限值(原点)に、10%を上限值に(一番外側の同心円)、シナリオ前と比較した収量の変化率を表している。したがって、0%の同心円より内側にあることは、シナリオ後に、収量がシナリオ前に比べて減少することを意味している。なお、(i)～(vii)は、上記のシナリオに対応している。

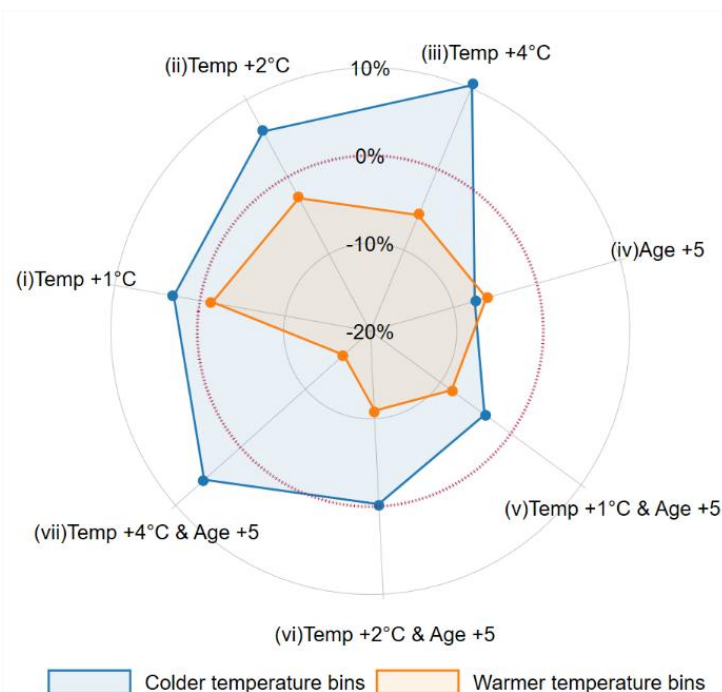


図6 7つのシナリオと収量への影響

図からわかるように、高齢化は、低気温における気温の増収効果を小さくし、高気温における減収効果を大きくすることがわかる。特に、シナリオ(iv)のケースのように、5年の高齢化と2℃の気温上昇が生じた場合、低気温帯の気温上昇による収量増加効果はほぼ0%になり、高気温帯の気温上昇による収量減少効果が大きくなるため、気温上昇のマイナス影響(減収効果と増収効果の合計)は大きなものになることがわかる。このことから、高齢化問題の解消は、温暖化の適応策として重要な意味を持つことがわかる。

(2) 社会的資本の効果

この分析では、地域の灌漑システムの共有財産管理に関する定期的な会合への農家の参加率を「助け合い」という社会的資本を表す変数と考え、各自治体の参加率を用いて、参加率上位50%の自治体(「助け合い」という社会的資本の多いグループ)と下位50%の自治体(社会的資本の少ないグループ)に分け、それぞれのグループのデータを用いて、(1)式を推計し、グループ間の違いを比較した。図7からわかるように、「助け合い」の度合いが高いグループほど、気温の収量への影響が小さいことがわかる。特に、70歳のグループで見ると、「助け合い」の度合いが高いグループでは、気温による収量への影響は非常に小さくなっている。このことから、社会的資本の整備(「助け合い」社会の構築)は、高齢化によるマイナス要因を相殺する効果があると考えられる。

推計結果を用いて、年齢効果の分析で行った7つのシナリオについて、収量への影響を、高気温における気温上昇が収量に与える影響(収量減収効果)と低気温における気温上昇が収量に与える影響(収量増収効果)に分解して、

シミュレーションした。その結果、高社会的資本グループは、低社会的資本グループと比較して、気温上昇や高齢化の影響を軽減していることがわかる。特に、高社会的資本グループ（「助け合い」の活発なグループ）では、高齢化が進展した場合（シナリオ(iv)～(vii)において)、高気温帯における気温上昇による収量減少効果を大きく軽減する効果を持っていることがわかる。このことから、高齢化対策を行うことに加え、地域の「助け合い」を推進する施策が、温暖化対策として有効であることがわかる。

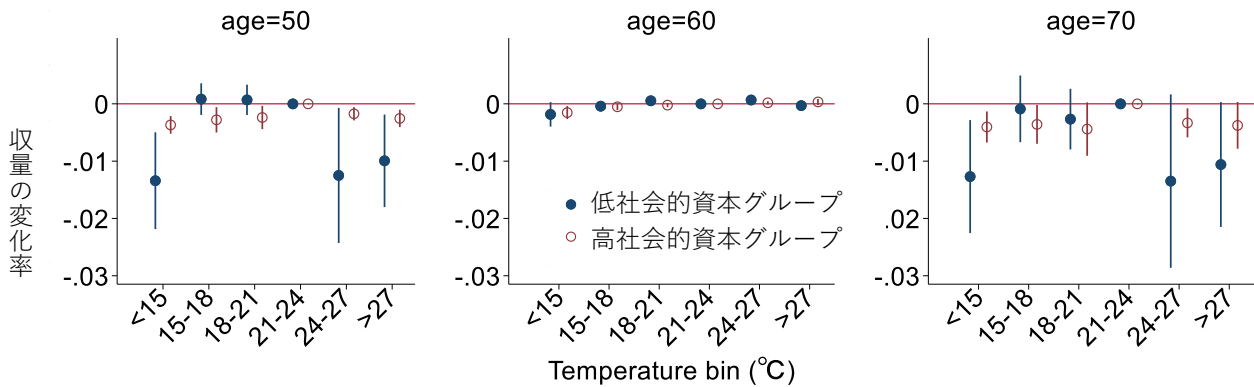


図7 社会的資本に関するグループ別年齢別気温の収量への影響

2) 作物別土地利用モデルの開発

気温上昇は、作物の収量に影響を与える。収量が増加することで土地の収益率が高くなると、作付面積が増加し、収益率が減少すると作付面積は減少すると考えられる。このように、気温は、収量を通じて、土地面積に影響を及ぼす。一方、作物の栽培には経験や栽培のための器具や施設などが必要なため、農家は、毎年の収益性(収量)の変化に応じて栽培面積を変更するというよりは、長期的な収益の見通しによって、栽培面積を変更すると考えられる。すなわち、長期的な気象条件の見通しが、長期的な収量の影響の見通しに影響を与え、土地利用に影響を与えると考えられる。

以下では、長期的な見通しは、過去3年間の年間の平均的な気象条件の経験をベースに構築されると想定して、モデルを構築する。具体的には、過去3年間の気象条件を変数として構築し、以下のように定式化する。

$$L_{i,t}^c = \sum_{\tau=0}^3 \alpha_{\tau}^c \text{Temp}_{i,t-\tau} + \sum_{\tau=0}^3 \beta_{\tau}^c (\text{Temp}_{i,t-\tau})^2 + \sum_{\tau=0}^3 \gamma_{\tau}^c \text{Rain}_{i,t} + \sum_{\tau=0}^3 \delta_{\tau}^c (\text{Rain}_{i,t})^2 + \eta_i^c + \theta_t^c + \varepsilon_{i,t} \quad (3)$$

ただし、 $L_{i,t}^c$ は市町村*i*の*t*年における作物*c*の耕地面積の対数値、 $\text{Temp}_{i,t-\tau}$ は、 τ 年前($\tau=1\sim5$)の日平均気温の年間平均値、 $\text{Rain}_{i,t-\tau}$ は、 τ 年前($\tau=0\sim3$)の年間日平均降水量の年間平均値を表し、 η_i^c は、作物*c*の土地利用に関して、市町村*i*の地域特性を制御する変数、 θ_t^c は作物*c*を栽培対する*t*年の時間の効果(トレンドの制御)を捉える変数であり、 $\varepsilon_{i,t}$ は誤差項を表している。なお、本分析では、収量モデルと異なり、年間の平均気温を用いていることに注意する必要がある。これは、収量は生産年の詳細な毎日の気温の分布に影響を受けるのに対し、土地利用の意思決定において、農家は、毎日の詳細な気温の分布というよりも、毎年の気温のトレンド(年平均気温で表す)を認知しながら意思決定をしていると考えられるからである。

気温及び降水量については、それぞれ2乗の項も追加している。これは、気温と収量の間に逆U字の関係が想定されるからである。低気温の自治体では、気温上昇が収量の増加を通じて、土地の収益の増加させるため、土地面積を増加させる。しかし、作物の最適気温(収量を最大にする気温)を超えると、気温上昇は収量の減少を通じて、土地の収益を減少させるため、土地面積を減少させる。このような関係から、気温と土地面積の間に逆U字型の関係が想定される。降水量についても同様の考え方で2乗の項を追加している。

なお、農家は、過去3年よりもより長期に遡って、将来の見通しを立てているかもしれない。このため、代替的なモデルとして、過去5年間の気象条件を変数としたモデルの定式化についても、推計を行ったが、有意な結果が得られず、また、パラメータの符号も、不自然であり、モデルとして説明できるものではなかった。このため、この分析では、過去3年間の気象変数と土地面積との関係で定式化することにした。

以下では、キャベツの土地利用についての分析結果を紹介する。分析に利用したデータは収量モデルと同じデータを用いている。推計結果から、各年の平均気温がキャベツの土地利用面積に与える影響の推計値をグラフ化すると図8に示すとおりである。このグラフからわかるように、キャベツの場合、年平均気温が15℃を超える市町村では、気温の上昇に伴って土地利用面積が減少する一方、年平均気温が15℃を下回る市町村では、気温の上昇は土地利用面積を増加させる関係にあることがわかる。

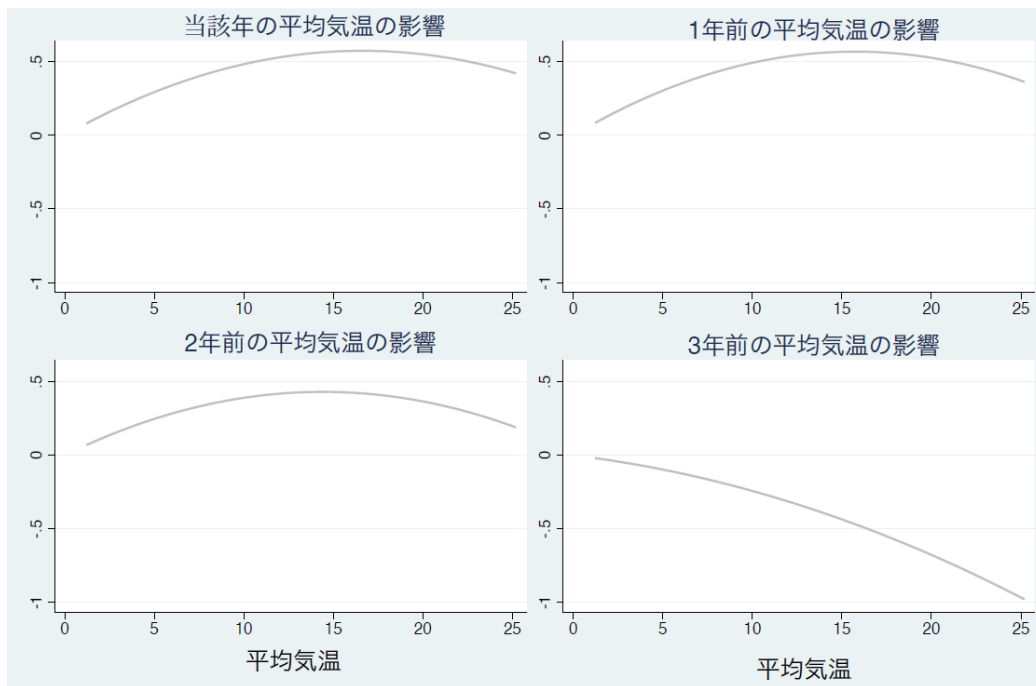


図8 年平均気温と土地利用の関係(キャベツ)

この推計結果を用いて、各市町村の平均気温が2℃上昇した場合の土地利用への影響を変化率で地図化すると、図9の通りになる。図からわかるように、寒冷地域では、キャベツの土地利用が増加するが、気温の高い地域では、キャベツの土地利用が減少している、気温の高い地域、特に、九州、沖縄を含む西日本や関東地方でその影響が大きい。逆に、信越、東北、北海道のように、気温の低い地域では、土地利用は増加する。これは、作物モデルにおけるキャベツの分析結果と整合的である。すなわち、全体の傾向として、収量が低下している地域において、土地面積が減少し、収量が増加している地域では、土地面積が増加している。このことから、土地利用の変化は、収量の変化に対応して起こっており、土地の収益性が低下する地域では、土地利用を減らし、他の用途に転換する一方、土地の収益性が上昇する地域では、積極的にキャベツを生産するために、キャベツの土地面積が増加することがわかる。

モデルによっては、気温上昇の影響を適切に表していない作物も多く、また、収量モデルと整合的な結果となっていないケースが多かった。今後のさらなる改良を必要としている。

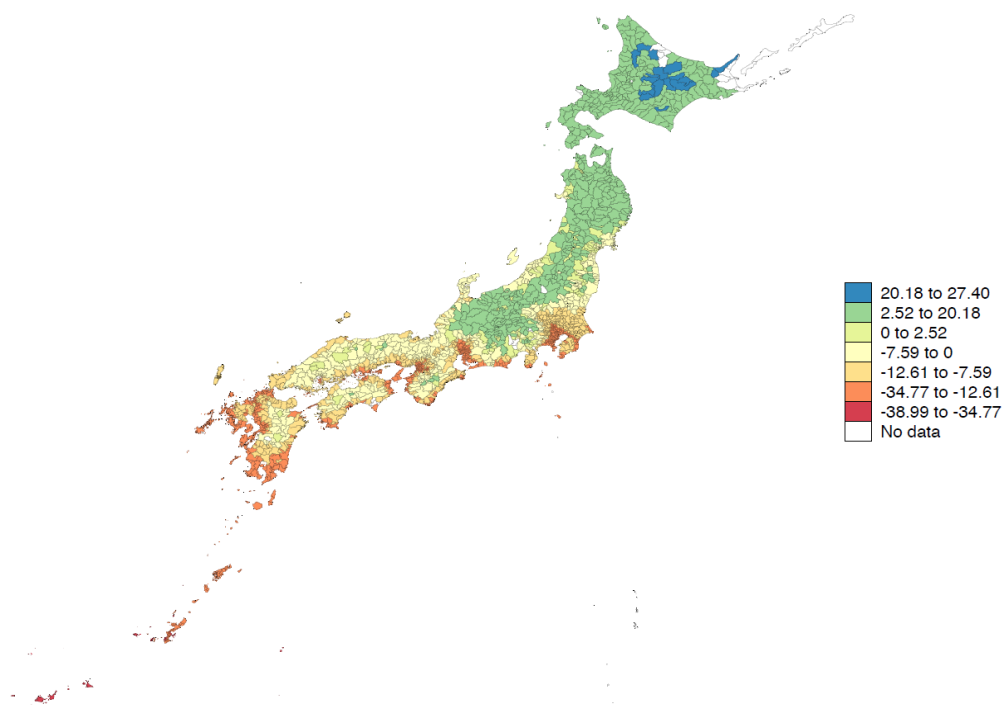


図9 2℃気温上昇とキャベツの土地利用の変化率

3) 農業所得モデルの開発

通常、農家は複数の作物を同時に生産している。このため、適温の異なる作物を組み合わせることで、農業所得への影響を緩和することができる。すなわち、気温上昇によってある作物の収量が低下したとしても、別の作物の収量が増加すれば、所得全体への影響は小さくなる。その際に、作物数が多いことで、気温のリスクを分散させることができれば、気温の所得への影響は緩和される可能性がある。このため、以下では、農業所得を対象に、気温や降水量といった気象条件の変化が農業所得に与える影響を分析する。

1993～2006年の間の各市町村で栽培されている平均作物数は、少ない地域では、5作物以下の市町村がある一方、多い地域では40を超える作物を生産しており、地域間の散らばりが大きい(ただし、多くの市町村は、37.8～44.7の作物数を栽培している)。以下では、気温、降水量などの気象条件や栽培する作物数と農業所得との関係を明らかにするために、作物モデルと同様の考え方で、以下のように農業所得モデルを定式化する。

$$Y_{i,t} = \sum_h \alpha_h Temp_{i,t}^h + \sum_h \lambda_h \{Temp_{i,t}^h * Number_{i,t}\} + \tau Number_{i,t} + \sum_j \beta_j Rain_{i,t}^j + \eta_i + \theta_t + \varepsilon_{i,t} \quad (4)$$

ただし、 $Y_{i,t}$ は市町村*i*の*t*年における農業所得の対数値、 $Temp_{i,t}^h$ は気温に関するビン変数であり、*h*の気温グループに入る日数、 $Rain_{i,t}^j$ は、降水量に関するビン変数であり、*j*の降水量グループに入る日数を表している。農家は年間を通じて何らかの作物を栽培するため、気象変数のビンを作成する際には、1月から12月までの毎日の気象変数からビン変数を作成する。以下では、毎年の栽培期間における毎日の日平均気温を年ごとに15つのグループ(0℃以下、0～2℃、2～4℃、4～6℃、6～8℃、8～10℃、10～12℃、12～14℃、14～16℃、16～18℃、18～20℃、20～22℃、22～24℃、24～26℃、26～28℃、28℃以上の各グループ)に分類し、それぞれのグループに入る日数を変数として用いる。ただし、本分析では、22～24℃のグループをベースの気温グループとして推計するため、推計においては、このグループの変数を式から除去して推計する。それにより、各気温グループのパラメータの推計値は、ベースとなる気温グループとの変化率の差を表すことになる。すなわち、マイナスの値で推計されれば、22～24℃のグループと比較して、その気温グループは、農業所得を減らすことを意味する。Rainについても、同様の考え方で変数を作成している。また、 $Number_{i,t}$ は、市町村*i*で栽培される作物の数である。なお、作物数は、気温の影響を緩和する可能性があることをモデル化するために、気温のビン変数と作物数の変数の交差項を加えている((4)式右辺の第2項)。

推計結果を用いて、作物数が14のケース(全国分布の5%の分位点)、33のケース(全国分布の50%の分位点)、44のケース(全国分布の95%の分位点)について、各気温グループの収量への影響の推計値を図に表すと、図10の通りになる。なお、点は推計値であり、点を通る直線は、95%の信頼区間を表している。

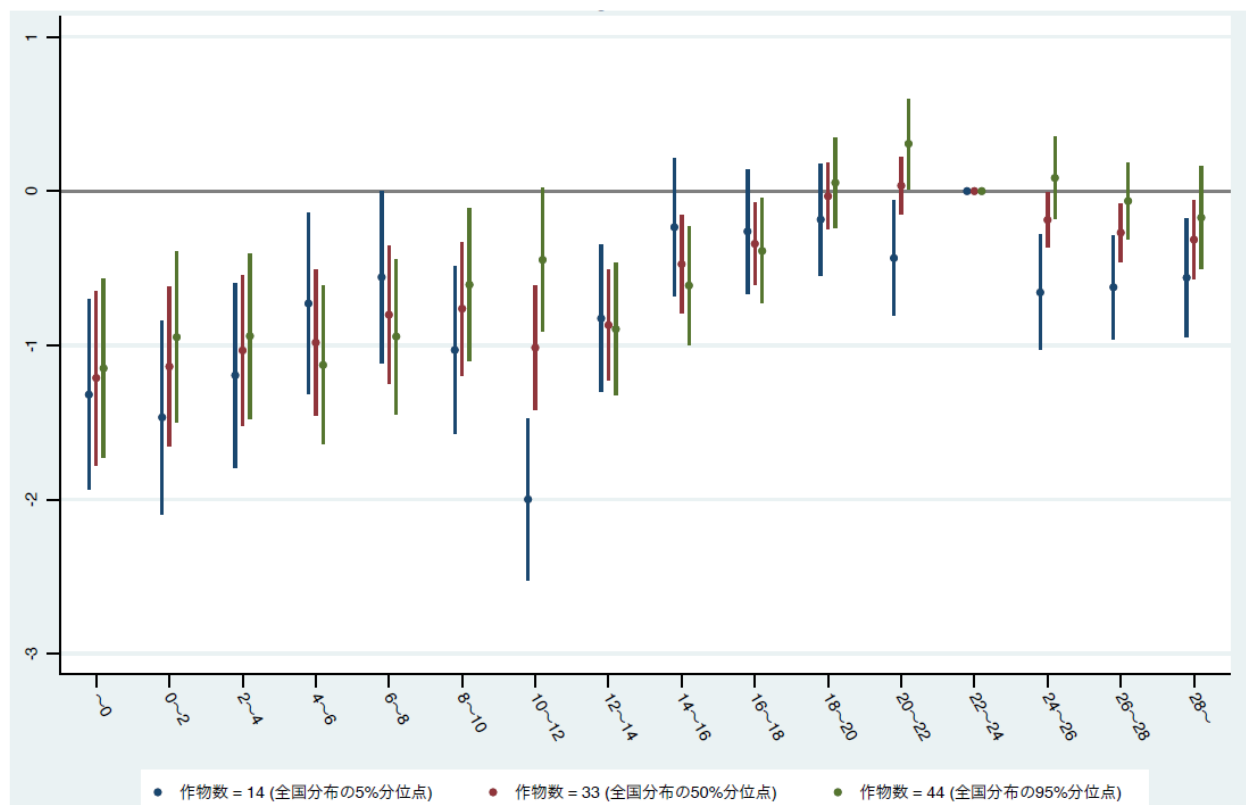


図10 気温の農業所得への影響(作物数別:14、33、44のケース)

この図から、以下のことが読み取れる。

- (1) 気温が24℃を超えると、農業所得を低下させる効果がある一方、18℃以下になると、農業所得を低下させる効果があり、その効果は気温が低いほど大きくなる。
- (2) 作物数が多いほど、高気温や低気温のマイナスの効果が小さくなり、多様な作物を生産することは、農業所得のリスク分散に役立っていることがわかる。

このことから、**多様な適温を持つ作物を栽培することは、農業所得の安定化の観点から重要な適応策となる**ことがわかる。ただし、地域の耕作面積が大きいなかで、品目数だけを増やしてしまうと、農業に規模の経済性が失われてしまう可能性がある。このため、**農家当たりの規模を引き上げることで、多くの品目を栽培できる環境整備が重要**となる。

得られた推計結果を用いて、日気温が2℃上昇した場合の農業所得への影響をシミュレーションすると図11(再掲)のようになる。図からわかるように、東京、神奈川、大阪周辺地域、四国、九州の一部の市町村と沖縄では、気温上昇によって農業所得が低下するが、それ以外の地域では、農業所得が上昇している。これは、次のような理由による。

- (1) 気温上昇によって低気温の日数が減少し、農業所得を増やす効果があり、気温上昇による高気温の日数の増加による農業所得へのマイナス効果を上回る自治体が多い。
- (2) 気温の上昇によって農業所得が減少している自治体では、作物数が少ないことが、農業所得へのマイナス影響を大きくしている要因となっている。
- (3) この分析では、収量モデルと違い、金額への影響を分析している。農作物の収量が減少すると、農作物の価格が上昇するため、一部、収量減少の効果を軽減する効果を持つ。このことが農業所得への影響を小さくする要因となっている。しかし、農作物を需要する家計にとっては、消費量が減るうえに、価格が上昇しているの、気温上昇の影響は、消費者により大きな影響を及ぼす可能性がある。

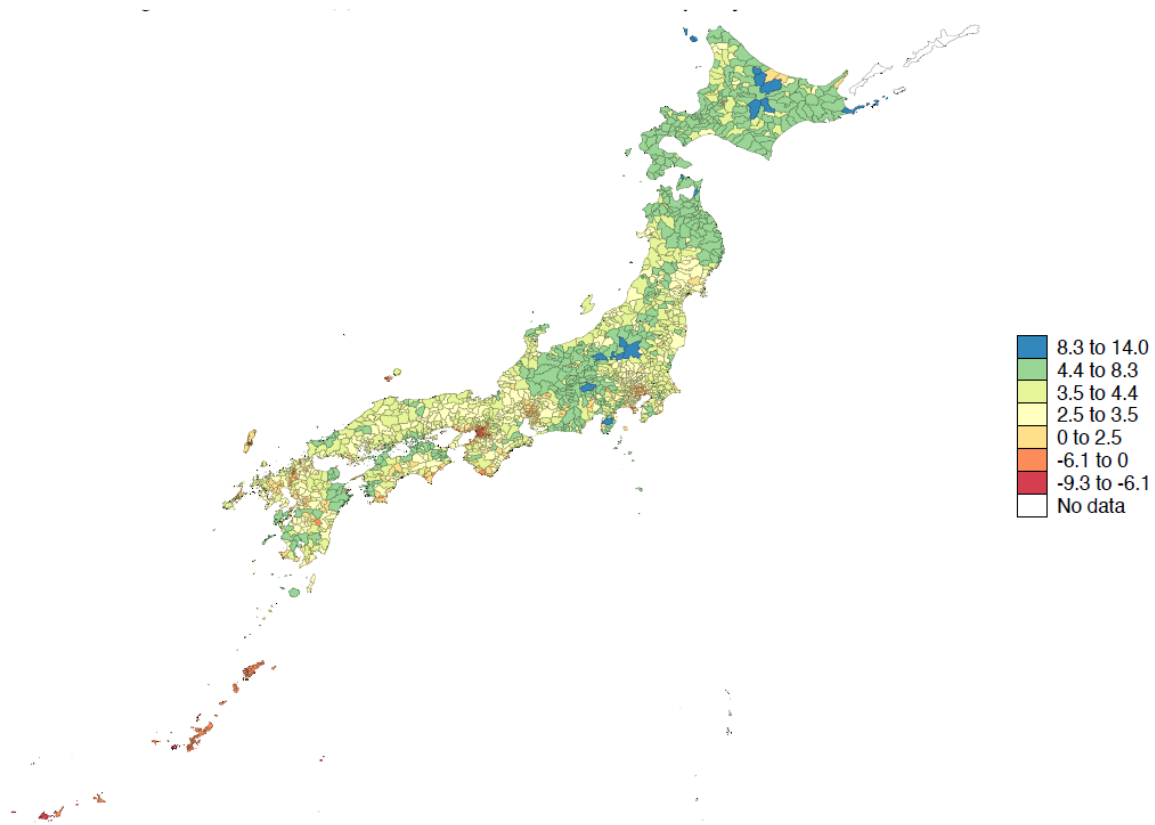


図11 気温上昇の農業所得への影響

4) 適応行動モデルの開発(成果78)

2022年3月に楽天インサイト株式会社に依頼し、農家を対象にインターネット全国調査を実施し、農家が栽培している農産物の種類や、後継者の有無、経営体の販売規模、リスク認知の違い、年齢、最終学歴などの情報を収集した。さらに、気候変動による気温上昇や、災害に関する16種類の適応策を対象に、現在実施している適応策や今後実施を検討している適応策について尋ねた。その結果、1,568の農家からの回答が得られた。回答農家の現状は、下記のようなものであった。

農業経営における後継者の有無について尋ねたところ、「後継者を探している」と回答したのは全体の10%程度であり、「自分の代で農業をやめようと思う」と回答した人の割合が40%であった。回答者の中に、「後継者を考える立場にない」人が20%程度存在するため、これらの回答数を除いて考えると、農業の継続などの意思決定ができる人の

中では、63％程度の人が、農業の継続が困難な状況にあることがわかる。後に議論するように、後継者がいなかったり、農業を将来辞める可能性がある場合、新しい投資的な行動(新しい品種の作物を栽培するとか、機械を導入するなど)は抑制される。短期間で、投資の利益を回収できないからである。このため、若い世代の農業への参入を促進し、容易に後継者を見つけることのできる体制を作ることが重要となる。

各農家が16の適応策を実施しているか、実施を検討しているか、実施していないかについて尋ねた結果、農家が導入している適応策は、「肥料の調節」、「農薬や防除薬の工夫」といった現状の営農で導入されているために実施が容易なものの実施比率が高いことがわかった(60％以上の農家で実施)。それ以外の適応策については、実施の割合が10～20％程度となっており、十分な取り組みがなされていない。また、将来の取り組みの検討状況について見ても、5～10％の農家しか検討していない。いくら効果的な適応策が存在したとしても、農家が実際にそれを活用しなければ、十分な適応ができなくなってしまう。どのような要因が適応策の実施を促進し、どのような要因が適応策の実施を抑制しているかについて、分析することが重要な課題となる。

後継者がいる農家(278農家)と自分の代で農業をやめる計画の農家(634農家)において、それぞれのグループについて、適応策の導入状況について比較したところ、いずれの農家でも、相対的に導入の進んでいる適応策とそうでない適応策の傾向は同じであることがわかった。ただし、各農家に占める導入の比率で比較すると、後継者のいる農家の方が、いずれの適応策についても、導入比率が高かった。導入の初期費用が高い、または導入されてからその効果を発揮するまでに時間がかかる適応策(たとえば、新しい品種の導入、作物の転換、スマート農業の実施など)の場合、長期的な観点から、適応策導入のメリットを考える必要がある。農業を近い将来辞めることを検討している農家では、このような適応策を実施するメリットがないために、適応策の実施に消極的になっている可能性がある。このため、後継者対策に加え、若い世代の農業分野への参入の促進を通じて、長期的な観点から適応策を推進する方策を考えることが重要となる。

図12は、16の適応策のそれぞれについて取り組んでいると回答した農家の数を、農家の回答者の年齢別に、取りまとめたものとなっている。図からわかるように、費用や時間がかかり技術や知識を要する「耐性品種の導入(①)」、「作物転換(⑦、⑧)」、「適温の異なる複数の作物の栽培によるリスク低減(⑨)」、「気象条件の異なる(⑩)もしくは水害の少ない土地での栽培(⑬)」、「冷暖房を使う気温調節(⑫)」、「スマート農業(⑯)」などは、20代から50代の農家は導入する傾向にあるが、60代以上の高齢農家は導入に意欲的ではなかった。これは、20代から50代の農家では、今後、20年以上農業を継続する可能性が高いために、長期的な観点から実施を検討する必要がある適応策についてより積極的に実施しようとするのに対して、高齢農家では(特に、後継者がいない場合)、長期的な観点から適応策の実施を考えることができないために、このような適応策の実施に消極的になるものと推察できる。また、新しい品種の導入や作物転換、スマート農業のように、新しい技術や知識の取得が必要な適応策の場合、高齢になるほど、認知能力の低下がその導入の大きな障壁になる可能性があり(年齢による適応能力の違い)、このような農家をどのように支援するか(地域内での助け合いなど)が重要な政策課題となる。

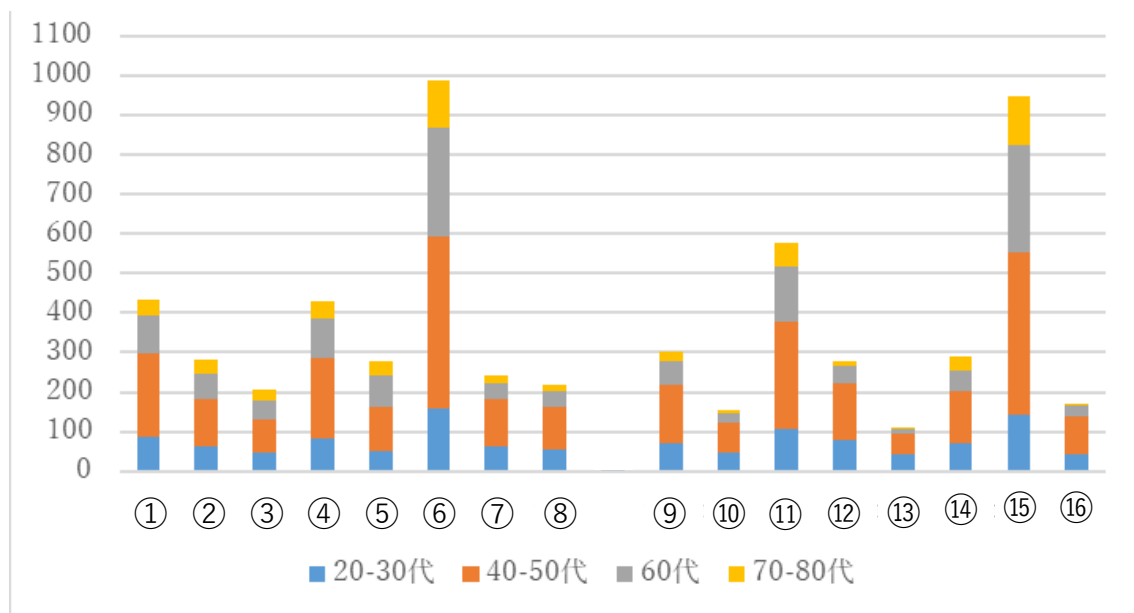


図12 年代別適応策(①～⑯)は、上記の適応策の番号と対応している)の導入状況

上記では、収集したデータから読み取れる傾向について議論したが、どのような要因が各適応策の実施に影響を与えるかについての因果関係を明らかにするためには、重回帰分析の手法を用いて、①～⑯までの各適応策に関して、個別に適応意思決定モデルを開発する必要がある。以下では、次式で表される適応行動モデルを検討した。

$$Y_i^k = \alpha_0 \text{FarmAge}_i + \alpha_1 \text{FarmAge}_i \& \text{Successor}_i + \alpha_2 \text{University}_i + \alpha_3 \text{JA}_i + \alpha_4 \text{Sales300} - 3000_i \\ + \alpha_5 \text{Sales_above3000}_i + \alpha_6 X_i + \alpha_7 + \varepsilon_i$$

ただし、 Y_i^k は、農家 i の適応策 $k(k=1\sim 16(\text{①}\sim\text{⑯の適応策}))$ の適応策実施の有無(0あるいは1)、 FarmAge は農家年齢が50歳以上かどうかを表すダミー変数(50歳以上なら1、そうでなければ0を取る)、 $\text{FarmAge}\&\text{Successor}$ は農家の年齢が50歳以上かつ後継者がいることを表すダミー変数、 University は学歴が大学以上か、高卒以下かを表すダミー変数、 JA は、JAの会員かどうかを表すダミー変数、 $\text{Sales300} - 3000$ は農家の売り上げが300万円～3,000万円であるかどうかをあらわすダミー変数、 Sales_above3000 は農家の売り上げが3000万円以上であるかどうかを表すダミー変数、 X はその他のコントロール変数(気象災害の経験の有無、リスクに対する態度(リスク愛好的か回避的か)など)を表している。

α_0 は農家の年齢が50歳以上である場合に適応策の実施に与える影響を表し、 α_1 は農家年齢が50歳以上のとき、後継者の存在が適応策の実施に与える影響を表し、 α_2 は学歴が大学卒以上の場合に(高校以下と比べて)適応策の実施に与える影響を表している。さらに、 α_3 は農家がJAの会員であることによって適応策の実施に与える影響を表し、 α_4 は年間の売り上げが300～3,000万円である農家が300万円以下の農家と比べて、適応策の実施に与える影響を表し、 α_5 は年間の売り上げが3,000万円である農家が300万円以下の農家と比べて、適応策の実施に与える影響を表している。

収集したデータを用いて、個々の適応策について、上記の式のパラメータを推計し、農家の属性と適応策との関係を分析した。推計結果(表1と表2)から、以下のことが明らかとなった(ただし、保険の活用、冷暖房機器を使った気温調整、水害被害を回避するための取り組みについては割愛した)。

- (1) 農家の年齢が高齢化すると(50歳を超えると)、上記の「耐性品種の導入」、「水不足に備えるためのため池活用」、「水害に備えてのため池活用」、「農薬・防除薬の工夫」、「スマート農業」に関する取り組みが弱くなる。
- (2) 後継者が存在しない高齢農家では、「保険の活用」や「農薬・防除薬の工夫」に関する取り組みが弱くなる。
- (3) 売り上げが大きい農家ほど(規模が大きい農家)、「耐性品種の導入」、「スマート農業の導入」、「水害の少ない場所への移動」、「作付け時期の変更」、「農薬・防除薬の工夫」に関する取り組みが強くなる。これは、適応策をする際に、規模の経済性が働いたためだと考えられる。
- (4) 大学卒以上の学歴を持つ農家(高学歴の農家)は、高卒以下の農家と比較して、「適温の異なる複数の作物栽培によるリスク低減」、「気象条件の異なる場所での栽培」といった適応策の実施に積極的であることが分かった。

表1 農家の属性と適応策の実施(その1)

	耐性品種 の導入	高温に強い作物へ の転換	低気温に強い作物 へ転換	複数作物 栽培によるリスク 低減	気象条件 の異なる 場所での 栽培	水害の少ない場所 への移動	スマート 農業
学歴：大学卒	0.0325	0.0079	0.016	0.0509**	0.0389**	0.0222	0.0135
50歳以上	0.1277**	0.1029**	0.0358	0.0431	0.0710**	0.0645**	0.0688**
50歳以上農家で後継者がいる	0.0506	0.0028	0.0498*	0.0379	0.0148	0.0012	0.0281
JAのメンバーではない	0.056	0.0182	0.0253	0.0635	0.0012	0.0101	0.0648**
年間販売額が300～3000万円	0.0940***	0.0249	0.0372	0.0105	0.0223	0.0305*	0.0442**
年間販売額が3000万円以上	0.0935	0.0133	0.0538	0.0682	0.0003	0.0107	0.1659***

(注)***、**、*はそれぞれ1%、5%、10%の有意水準で統計的に有意であることを表している。

表2 農家の属性と適応策の実施(その2)

	(水不足に備えて)ため池の活用	(水害に備えて)ため池の活用	作付け時期の変更	かけ流しによる水温調整	肥料の調節	農薬・防除薬の工夫
学歴：大学卒	0.0195	0.0143	0.0344	0.0092	0.0074	0.0453
50歳以上	0.0978**	0.0323	0.0764	0.0072	0.0786	0.1400**
50歳以上農家で後継者がいる	0.0231	0.0127	0.0109	0.0265	0.0487	0.0938**
JAのメンバーではない	0.0285	0.0057	0.0826*	0.0168	0.0159	0.0579
年間販売額が300～3000万円	0.0105	0.0052	0.0750**	0.0196	0.05	0.1148***
年間販売額が3000万円以上	0.0294	0.0418	0.0621	0.0428	0.0265	0.0325

(注)***、**、*はそれぞれ1%、5%、10%の有意水準で統計的に有意であることを表している。

5) 健康影響モデルの開発

健康影響モデルでは、太陽光発電設備の設置が、熱中症などによる死亡率に影響を与える可能性を考慮したモデルを開発する。人々は、気温が上昇すると、エアコンを利用するなどの適応策を取ろうとする。エアコンの利用は高温による死亡率の増加を低下させる効果を持つ。一方、人々は電気代を節約するインセンティブをもつために、電気代の負担を減らすために、エアコンの利用を減らす行動をとれば、高温による健康への影響は大きなものとなる。たとえば、高齢者が熱中症の症状を引き起こす原因の一つとして、夏の暑い時期に、電気代を節約するためにエアコンの利用を控えたために、熱中症になり救急車で搬送させるケースがよく報道される。しかし、太陽光発電施設を設置していれば、電気代を気にすることなくエアコンが使うことができ、高温の影響をより緩和できるようになるかもしれない。本分析では、このような人々の適応行動を考慮したモデル開発を行う。モデル化において、収量モデルと同様に、気温に関するビン変数を作成して、次式の通りにモデル化している。

$$Y_{itm} = \sum_h \alpha_h Temp_{itm}^h + \sum_h \beta_h Temp_{itm}^h \times SolarPV_{itm} + \gamma_1 SolarPV_{itm} + \sum_k \delta_k z_{itm}^k + \theta_{im} + \lambda_{it} + v_i + \varepsilon_{itm}$$

ただし、 $Y_{i,t,m}$ は都道府県iのt年m月の10,000人当たりの死亡者数、 $Temp_{i,t}^h$ は都道府県iにおけるt年m月のhの気温グループに入る日数(ビン変数)、 $SolarPV_{i,t,m}$ は都道府県iのt年m月に設置されている太陽光発電施設の設置容量、 $z_{i,t,m}^h$ は都道府県iに関する他のコントロール変数である。 θ_{im} 、 λ_{it} は、それぞれ各都道府県の年及び月のトレンドをコントロールする変数であり、 v_i は、 $z_{i,t,m}^h$ で制御できない都道府県の特徴を制御する変数となっている。

本分析では、2009年4月～2014年12月の都道府県(ただし、津波災害の影響を受けた岩手県、宮城県、福島県を分析の対象から外している)レベルの月データ(44都道府県×69カ月＝3,036)を用いて分析している。また、気温のビン変数については、気温グループを、15℃以下のグループ、15～30℃のグループ、30℃以上のグループの3つのビン変数を使っている。他の分析と同様、推計の際には、基準となるグループのビン(ここでは、15～30℃のグループのビン)を除いたビン変数を使用している。上記のモデルの推計は、0～19歳、20～64歳、65歳以上の3つの年齢グループに分けて、それぞれの年齢グループ別に推計している。推計結果は、表3の通りである。ここでは、気温に関する推計結果のみを掲載している。(1)～(3)の推計結果は、一般の死亡率(10,000人当たり)を分析対象(被説明変数)とした場合の推計結果で、(4)の推計結果は、心臓血管系の死因による死亡率を分析対象(被説明変数)とした場合の推計結果である。心臓血管系の死因による死亡率については、65歳以上のグループのみの推計結果を示している。これは、一般の死亡率を対象にした分析では、他の年齢グループでは、推計結果が有意ではなく、65歳以上の場合に有意であったことから、65歳以上のグループのみにについてのみ推計することにした。

65歳以上のグループについては、30℃以上の気温グループのビン変数(>30℃の変数)はプラスで有意であり、30℃以上の気温グループのビン変数と太陽光パネルの設置容量との交差項(>30℃ × solar PVの変数)は、マイナスで有意であった。30℃以上の気温グループのビン変数の推計値は、太陽光パネルの設置容量が0のときに、30℃以上の気温が死亡率に与える影響を表しており、5%の有意水準でプラスに有意であった。すなわち、高温は死亡率を上昇させることを意味している。一方、交差項の推計値は、10%の有意水準でマイナスに有意であり、これは、30℃以上の気温の効果が太陽光パネルの設置容量を増加させること死亡率を低下させる効果があることを意味している。

15℃以下の気温グループのビン変数(<15℃の変数)及び15℃以下の気温グループのビン変数と太陽光パネルの設置容量との交差項(<15℃ × solar PVの変数)は、統計的に有意ではなかった。このため、気温及び太陽光パネルの設置は、低気温による死亡率(ヒートショックなど)に対して有意な影響を与えていないという結果になった。

同様に、他の年齢グループについて見てみると、気温のビン変数及び交差項はいずれのケースでも統計的に有意ではなかった。このことから、これらのグループについては、気温や太陽光パネルの設置は有意な影響を与えていないという結果になった。

さらに、65歳以上の年齢グループに対して、頑健性テストとして、分析対象を心臓血管系の死因による死亡率を分析対象にして同様の推計を行ったところ、一般的な死亡率を対象にした分析結果((3)の分析結果)と同様の結果を得た。

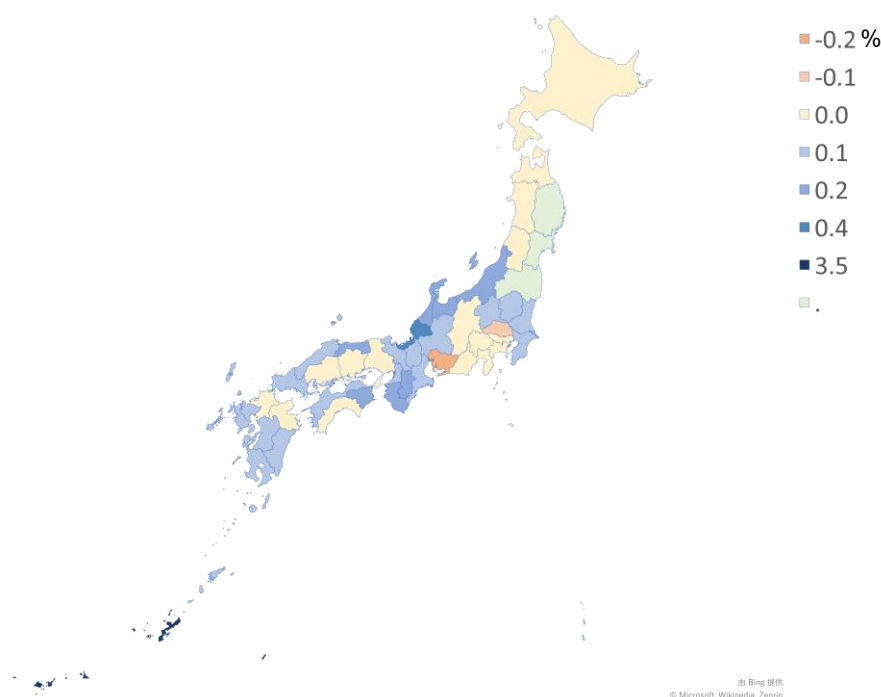
以上から、65歳以上の年齢グループについては、30℃を超える気温は死亡率を増加させ、太陽光パネルの設置は、その効果を軽減させることがわかった。高齢者は、認知能力の低下と体温の調整能力の低下から高温に対する感度が低く、さらに、高温になっても我慢して熱中症でなくなるケースが生じている。パナソニックが2022年に実施した夏のエアコン利用に関する調査(https://panasonic.jp/aircon/air_letter/news/heatstroke_02.html)によると60歳以上の回答者の60%以上が、エアコンを控える理由として「電気代がかかる」を挙げ、高齢者は若い世代に比べて、より電気代を気にする傾向があることを明らかにしている。加えて、先行研究において、2011年から2013年にかけて実施された節電キャンペーンにより、高齢者および低所得者の多い都道府県では夏場の死亡リスクが有意に高まったことが報告されている。我々の分析結果は、これらの調査結果とも符合しており、**太陽光発電の推進がこうした死亡リスクを抑制する有力な適応策一つであることを示唆**している。

表3 主要な推計結果

	(1) 0-19歳の グループ	(2) 20-64 歳 のグループ	(3) 65歳以上の グループ	(4)65歳以上のグループ (心臓血管系死因により死亡率を被説明変数にした場合)
<15℃	-0.0107	0.0063	-0.0001	-0.0054
<15℃ × solar PV	0.0007	-0.0006	0.0002	0.0010
>30℃	-0.0880	-0.0072	0.0375**	0.0707**
>30℃ × solar PV	0.0087	0.0013	-0.0034*	-0.0068**
Obs.	2,985	3,036	3,036	3,036
Num. of prefectures	44	44	44	44

(注) ***, **, * はそれぞれ、1%、5%、10%の有意水準で有意であることを表している。

最後に、推計結果を用いて、2℃気温が上昇した場合、65歳以上の年齢グループの各都道府県の死亡率への影響をシミュレーションした。その結果は、図13に示すとおりである。北海道、青森、秋田、山形の各県において死亡率の上昇率が低いのは30℃以上の日数が少ないためであり、神奈川、長野、静岡、兵庫、岡山、広島、福岡、大分の各県において死亡率の上昇率が低いのは、他の県と比べて太陽光パネルの設置容量が大きいからである。



(注) 岩手、宮城、福島県については、2011年の東日本大震災及び津波による被害が大きい県であったために、この分析対象から外している。この理由からシミュレーションにおいても、推計していない。

図13 気温上昇による死亡率への影響

6) 47都道府県動学的マクロ経済モデルの開発(成果37、102)

このモデル開発は、サブテーマ2と連携して行った。本モデルは、地域間のサプライチェーンを通じた影響を分析するために、都道府県間の経済取引をモデルに組み込んだモデルの構造を有している。このモデルでは、国内モデルだけでなく、海外との貿易を通じた影響を考慮するために、他国・他地域をモデル化し、世界モデルにしている。気候変動の影響は、日本だけでなく海外にも及ぶため、気候変動によって日本の貿易相手国がどのような影響を受けるかについても考慮したモデルにしなければ、正しい分析ができないからである。たとえば、日本で気温上昇によって農業生産性が低下した場合、農作物価格の上昇の結果、農作物の輸出が減少し輸入が増えることで、国内の農業生産は影響を受け日本のGDPも影響を受ける。また、海外で水害や海面上昇によって生産能力が低下した場合、日本の製品に対する需要が増加するプラスの面もあれば、日本の部品の海外での販売が減少する場合もある。このように、海外とのサプライチェーンを考慮することが、グローバルな環境問題を考える上で重要になる。

本研究において開発するモデルは、応用一般均衡モデル(あるいは、CGEモデル)と言われる理論構造をもつモデルを採用し、各都道府県の経済活動を、相対取引行列を活用して連結した。このような構造をもつモデルのフレームワークを選択することで、ある都道府県に生じた経済ショック(たとえば、農業生産のショックや水害による製造業生

産へのショック)が都道府県内の同業種及び異業種間の取引や他都道府県との取引(サプライチェーンの効果)に与える影響を考慮できる。

本研究では、47都道府県の産業連関表をベースに、39業種(農業、鉱業、製造業(機械工業、化学製品など)、建設、運輸、サービス業など)から構成される各都道府県の経済モデルを構築した。モデルを構築するにあたり、各都道府県の産業連関表がベースのデータとして重要になる。このため、すべての都道府県の産業連関表を収集し、それらを接続する作業を行った。各都道府県の産業連関表は、各都道府県が独自に作成しているもので、産業の定義が異なったり、接続する際に数値が整合的に一致しなかったりなどいくつかの技術上の難しい問題がある。また、本モデルを開発するにあたり、重要なポイントは、都道府県間のサプライチェーンの情報をどのようにモデル化するかという点にある。各都道府県の産業連関表が存在しても、j各業種に関する都道府県間の相対取引の情報が存在しない。しかし、サプライチェーンの問題を考慮したモデルにするためには、都道府県間の業種別の相対取引の行列を作成する必要がある。このため、他の統計データを用いて、相対取引行列を推計した。

世界モデルにおける国の間の相対取引(貿易)については、この分野で標準的に使われているGTAPデータベースが活用できるため、そのデータを47都道府県モデルに接続する作業を行った。

上記の作業を通じて開発したモデルを利用し、以下の2つのシミュレーション分析を行った。

(1) Roson and Sartori 被害関数を用いたシミュレーション分析

本研究では、まず、ベースモデルとして、気温上昇による労働生産性への影響、健康影響(すなわち、死亡率の上昇による労働供給の変化と消費への影響)、農業生産性への影響、海面上昇(土地の喪失)及び台風・水害の影響、家計のエネルギー消費への影響(すなわち、夏の冷房需要増と冬の暖房需要減のトレードオフ)、海外旅行需要の変化の6つの項目に関する被害関数を組み込んだモデルを構築した。具体的な被害関数は、Roson and Sartoriの被害関数を活用して設定した。

開発したモデルを使って、気温が3℃上昇した場合のシミュレーションを行った。6つの被害項目のすべてが生じた場合について、気候変動の影響がなかった場合の、2100年までの実質GDPを基準に、そこからの減少率を計算した。その結果、2050年において、実質GDPが0.75%程度減少し、2100年では、3%程度減少することがわかった。被害の項目別でみると、最も影響が大きいのは海面上昇・台風・水害影響で、次いで労働生産性および農業生産性の影響となっている。一方、健康影響を通じた経済影響は小さい。このことは、実質GDPへの影響の観点からは、健康影響は小さいことを意味するが、人命が失われるという価値はここでは含まれていないので、それを考慮すると、その影響は、より大きなものになる。また、気温上昇における農業生産性(収量などへの影響)が経済に及ぼす影響は、海面上昇・台風・水害影響や労働生産性(気温上昇による労働生産性の低下)への影響と比べて、半分程度であることがわかった。これは、GDPに占める農業の割合が非常に小さいことに起因する。

農業生産性への影響が、各都道府県への2100年のGRP(地域総生産)に及ぼす影響は図14に示すとおりである。最も影響が大きい県(1.0～1.4%の減少)は、鹿児島、岩手、北海道宮崎、静岡、栃木、山形、茨城の各県であり、農業依存度の高い県となっている。

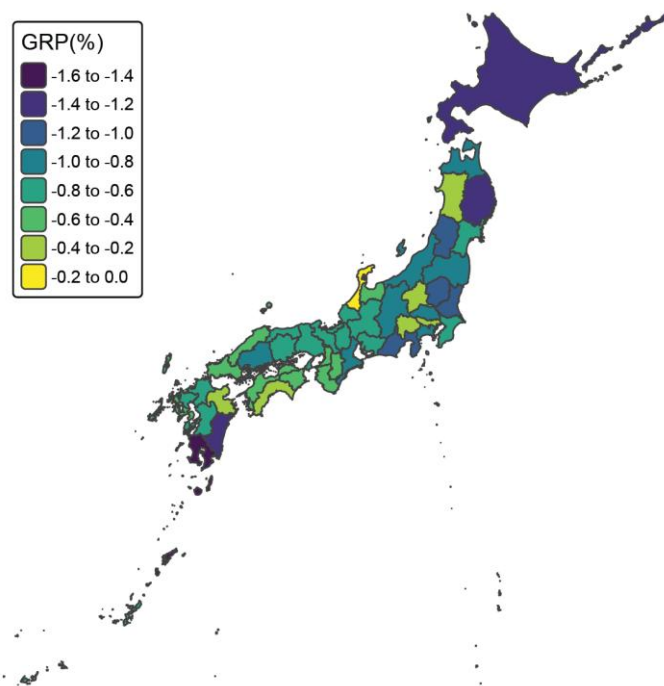


図14 実質GRP(地域総生産)への影響(2100):3℃上昇のケース

(2) 農業所得モデルと連携した農業被害評価

Roson and Sartori被害関数のうち農業に関する被害関数を、農業所得モデルの成果から得られる被害額に置き換えることで、シミュレーション分析を行った。具体的には、気温が2℃上昇した場合に生じる所得の減少のシミュレーション結果(図11に掲載)を各都道府県の農業生産に対する外生ショックとして与えた場合の各都道府県への経済影響をシミュレーションした。図11の結果からわかるように、気温上昇は、一部の地域を除いて、農業所得を増加させている。これは、農業生産が減少することによって、作物価格が上昇するために、農業所得で見た農家への影響は、作物収量に比較して小さくなることを意味している。このため、所得モデルの推計結果から、価格上昇の効果を除去した農業生産への影響を各県別に計算したうえで、それを各都道府県の外生ショックとして都道府県動学的マクロ経済モデルに与え、各都道府県GRPへの影響をシミュレーションした。このとき、直接経済影響とサプライチェーンを通じた間接経済影響を明らかにした。

図11の結果から、価格上昇の影響を除去して農業生産への影響を計算した結果は、図15に示すとおりである。ただし、価格の影響を除去するために、農作物の需要の価格弾力性を0.8と仮定して計算している。ここで、農業生産とは、さまざまな農作物の生産を集計した農業生産指標(さまざまな作物の合成財のようなもの)を意味している。図からわかるように、2℃上昇したとき、総合的な農業生産指標で見た場合、13～24%程度の生産の減少が予測される。

ここで得られた生産量のショックをモデルに与えて各都道府県のGRPへの影響をシミュレーションした結果、図16のような結果が得られた。多くの都道府県で、農業生産の減少によるマイナスの直接影響が生じる一方で、栃木県や京都府などの一部の都道府県を除き、多くの都道府県で、プラスの間接影響が生じることで、農業生産によるマイナス影響を緩和する効果が生じており、いくつかの都道府県では、むしろGRPを増加させることがわかった。これは、農業生産の減少のために、農業従事者が減少し、他の産業で労働者として雇用されることによって、他の産業での生産を増やす効果が生じているからである。全体的にGRPへの影響が軽微なのは、農業が日本全体のGDPに占める割合が1%程度であることから、気候変動の経済影響としては、大きな影響にならないことを示唆している。

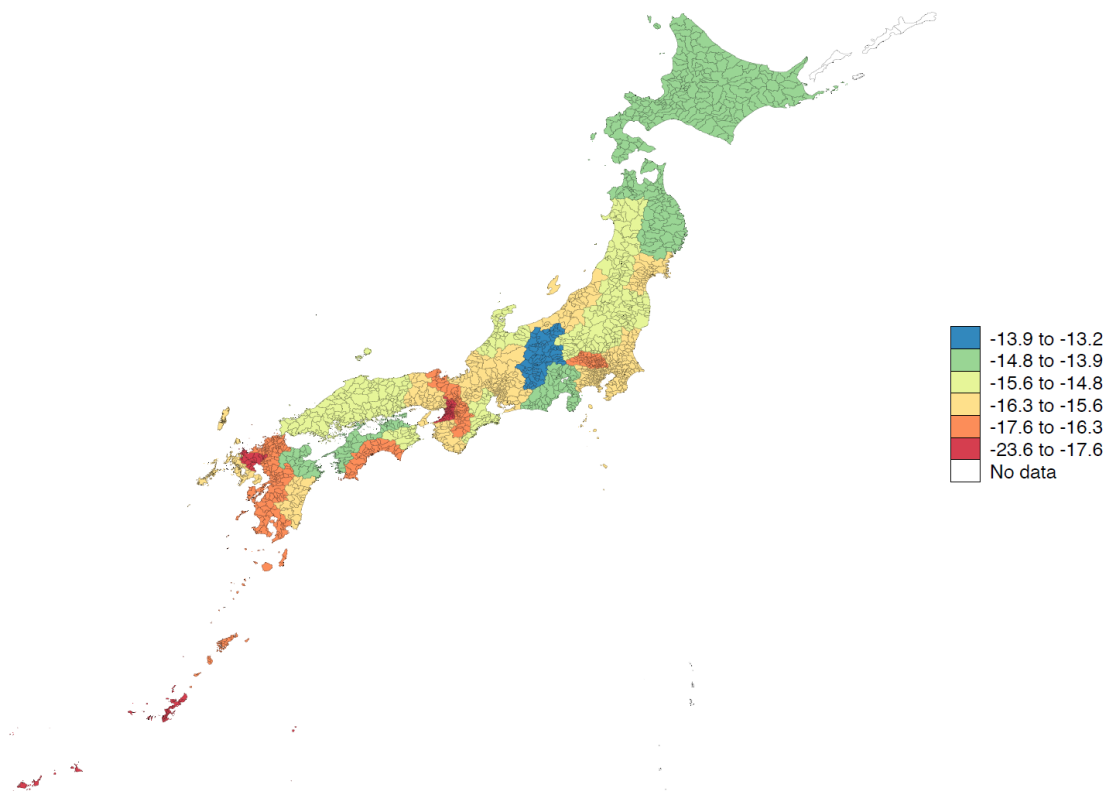


図15 気温2℃上昇による各都道府県の農業生産への影響

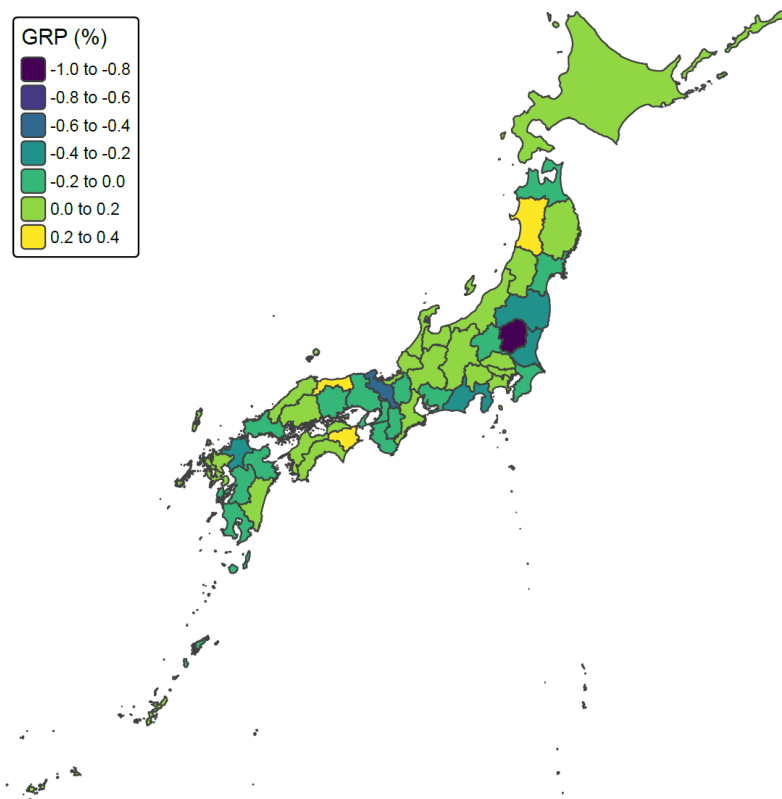


図16 気温2℃上昇による農業生産への影響が各都道府県の経済(GRP)に与える影響

(サブテーマ2)

1) 農業被害モデルの開発(成果109、121)

日最大降水量や水害区域面積、被災家屋棟数、一般資産額、農業被害額に及ぼす影響を分析し、降水量による被害モデルを開発する。その際に、耕地面積が水害に与える影響を考慮したモデル化を行う。耕地は、大雨が降った場合でも、耕地が水を貯える機能を持つために、水害の被害を軽減する働きを持っていると考えられるからである。ただし、耕地が蓄えることのできる水の量を超えるほどの多量の降水量が生じた場合、耕地は軽減機能を発揮できないかもしれない。モデル化においては、この可能性も考慮してモデル化を行う。

ベースモデルは式(5)のように定式化される。このモデルは、水害区域面積、被災家屋棟数、一般資産額、農業被害額の4つの変数を分析対象としており、日最大降水量がこれらの変数に与える影響をモデル化したものである。一方、式(6)は、耕地がもつ水害軽減機能を考慮したモデルになっており(右辺の第3項がこの効果を捉える項となっている)、降水量に規模によって、その機能は非線形に変化するために、日最大降水量と耕地面積の非線形な関係を表す定式化となっている。

$$f(Y) = \alpha_1 g(R_{it}) + \alpha_2 h(Z_{it}) + X_{it} \alpha + \theta_i + \delta_{jt} + e_{it} \quad (5)$$

$$f(Y) = \beta_1 g(R_{it}) + \beta_2 h(Z_{it}) + \beta_3 h(Z_{it}) \times g(R_{it}) + X_{it} \beta + \theta_i + \delta_{jt} + u_{it} \quad (6)$$

Y は、水害区域面積、被災家屋棟数、一般資産被害額、農作物被害額を表し、 R_{it} は年最大日降水量(もしくは降水量ビン)、 Z_{it} は耕地面積比率、 X_{it} はコントロール変数のベクトル(気温、人口密度、一人当たり課税所得)、 θ_i は市町村固定効果、 δ_{it} は都道府県×年の固定効果、 α_i および β_i は推計されるパラメータ、 e_{it} と u_{it} は誤差項をそれぞれ表している。なお、 $f(Y)$ および $g(R_{it})$ は逆双曲線関数を表し、 $h(Z_{it})$ は加法的対数比変換を行なっている。

農業被害モデルでは、①日最大降水量と耕地面積比率が水害被害に及ぼす影響(式(5))と、②日最大降水量および土地利用ごとの耕地面積比率と水害被害の非線形な関係について分析するモデル(式(6))を用いたパネルデータ分析を行なった。具体的には、2006年から2017年の12年間において、水害統計調査を参考に1682市町村を対象として、年最大日降水量と耕地面積比率(耕地面積を総面積から耕地面積を引いた値で除したもの)の変化が水害区域面積、被災家屋棟数、一般資産被害額、農業被害額に与える影響を推計した。

①のモデルでは、年最大日降水量と耕地面積比率の増加が水害区域面積、被災家屋棟数、一般資産被害額、農業被害額を有意に増大させることが明らかとなり、さらに、年日最大降水量がある閾値(50mm)を超えると影響が有意に増大し、200mmを超えると被害が大幅(非線形的)に増加することが明らかになった。また、水稻作付面積が多い地域においては、農作物被害額が有意に増大することが明らかとなり、さらに耕地の多くが低地に位置していると水害

被害が増大することも明らかとなった。加えて、上流域において耕地面積比率が高まると、一般資産被害額が有意に減少することが明らかとなった。これは、耕地面積比率の水害被害への影響は上流域と下流域で分けて考える必要があることを示唆しており、上流域での耕地の管理が水害被害の軽減にはより重要であることが明らかとなった。また、分析の結果、上流域における年最大日降水量の増加が、農作物被害額を有意に増大させる可能性があることが分かり、耕地管理は上流域以外で実施することが好ましいことも明らかとなった。

このモデルを用い、日平均降水量が1.5倍になった場合を想定し、水害区域面積(図17左)および水害被害額(図17右)がどれほど増加するかについてシミュレーションを行なった。その結果、関東から九州にかけて広範にわたり水害区域面積、水害被害総額(一般資産被害額の合計)ともに増加することが明らかとなった。特に、耕地面積比率が高い地域は、日最大降水量がある閾値を超えると水害被害を助長する可能性があり、想定される降水量により柔軟な土地利用政策を実施する必要がある。また、図17から分かる通り、水害被害および水害による被害額には市町村により差があるため、各市町村が予想される降水量と水害を引き起こす閾値を適切に把握し、地域に応じ耕地の場所、耕地比率などに配慮した土地利用政策を実施することが水害被害軽減の適応策となるといえる。

次に、②のモデルを推計した結果、水田の面積比率が高い地域では、年最大日降水量が100mmを超えると、水害区域面積、被災家屋棟数、被害額合計、一般資産被害額、農作物被害額全ての影響を有意に増大させる結果となり、さらに200mmを超えると特に農作物被害額が増大することが明らかとなった(図18)。一方で、畑作地の面積比率が高い地域では被害は増えないことも明らかとなった。このことから、将来の気候変動による災害(特に水害)の激甚化により、非線形的に被害が増大する可能性が示唆された。今後、少子高齢化や離農の増加により耕作放棄地が増えることが想定されており、気候的要因のみならず社会経済的要因により水害被害を増大させる可能性があることから、耕地の作付け(水稲かそれ以外か)、耕地の位置(上流域か下流域か)を考慮した適応策を実施することが望ましい。

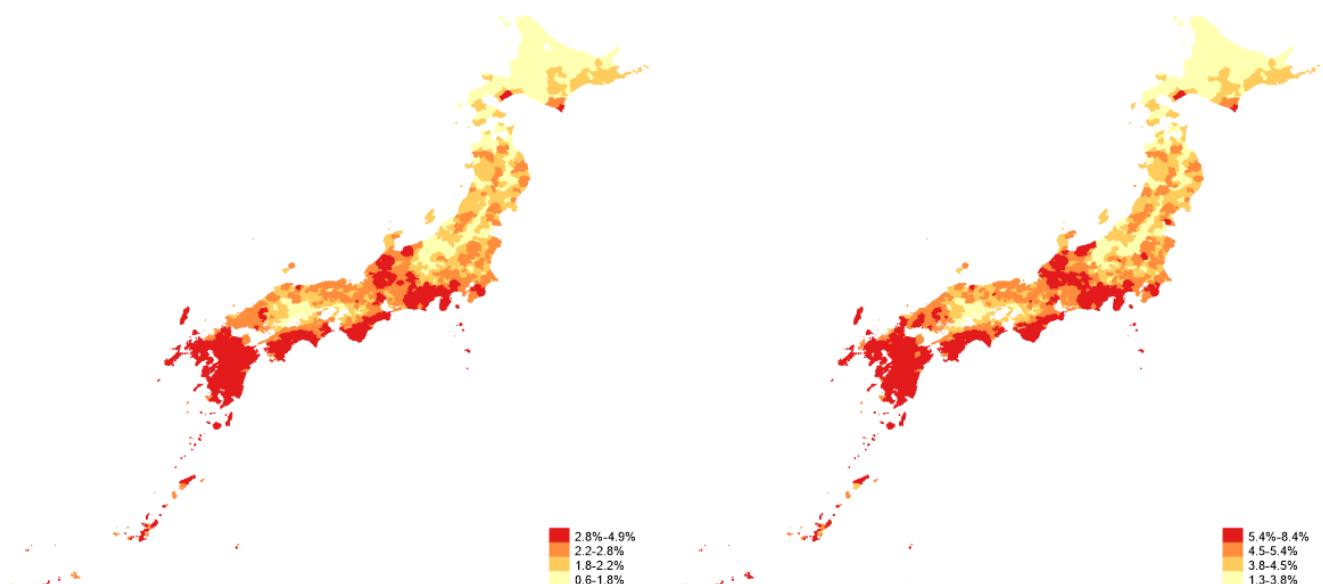


図17 降水量1.5倍の場合のシミュレーション結果

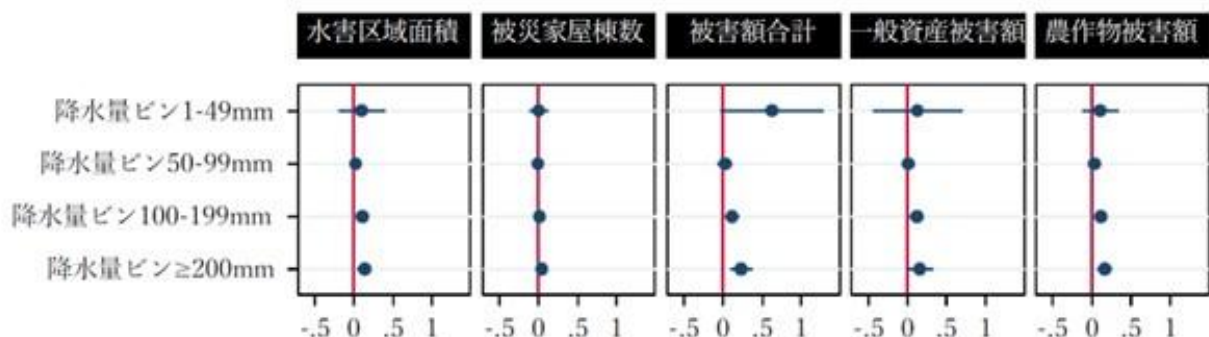


図18 降水量×耕地面積比率と水害被害の推計値のプロット図(被害項目別)

2) 製造業災害影響評価モデルの開発(成果4、8)

製造業においては、洪水発生のタイミングを考慮し、製造業にどのような影響を及ぼすかを検証するため、以下のモデルの開発を行なった(式(7))。これは、分析対象期間以前に既に災害の経験がある地域はその被害が続いている可能性があり、このような地域をベースとして当該地域における分析対象期間に起きた災害の影響を分析するとバイ

アスが生じるためである。さらに、過去の豪雨経験が多い地域と少ない地域における被害の違いを分析するモデルを開発した(式(8))。

$$\ln(Y_{itk}) = \sum_{s=-25}^{20} \beta_{1s} flood_{i,t+s} + city_i + industry_k + year_t + e_{itk} \quad (7)$$

$$\ln(Y_{itk}) = \sum_{s=-25}^{20} \beta_{1s} flood_{i,t+s} \times experience_i + \sum_{s=-25}^{20} \beta_{2s} flood_{i,t+s} + experience_i + city_i + industry_k + year_t + e_{itk} \quad (8)$$

Y は、製造品出荷額、従業員数、総事業所数、事業所あたりの製造品出荷額、小・中・大規模事業所数(それぞれ従業員数が10名未満、10人から299人、300人以上)を表し、 $flood_{i,t+s}$ は市区町村 i の $t+s$ 年の水害発生ダミー、 t はカテゴリ1.5(超大規模事象であり再現確率が20年から100年未満の水害)の水害がデータ取得可能な1985年以降から2010年まででどのタイミングで水害が発生したか、 $s(-25 \sim 20)$ は水害が起きたタイミングからの前後の年数をそれぞれ表しており、 $experience_i$ は1985年から2010年までに水害前の日降水量が100mm以上の日数が51日以上あった都市を1とするダミー変数、 $city_i$ は市町村、 $industry_k$ は業種、 $year_t$ は年の固定効果をそれぞれ表している。

製造業影響評価モデルでは、製造品出荷額、事業所あたりの製造品出荷額、事業所の総数、雇用者数、事業所の規模と水害被害の関係に加え、過去の豪雨経験がある地域とほとんど経験がない地域では、豪雨の経験の多寡が製造品出荷額、事業所ごとの出荷額、雇用者数、規模の異なる事業所にどのような影響を及ぼすのかを明らかにする分析を行なった。その結果、長期的にみると製造品出荷額、事業所あたりの出荷額、事業所数、雇用は、水害が起らなかった場合の水準に戻ることができず、長期的に減少していく傾向にあることがわかった。ただし、事業所数への影響については、大規模事業所と小中規模の事業所では影響が異なり、小中規模の事業所への影響がより大きいことが分かった(図19が小中規模の事業所の結果、図20が大規模事業所の結果。なお、縦軸は変化率を表している。)。このことは、水害対策が不十分な小中規模の事業所は、大規模事業所に比べて水害に脆弱であることを示している。

次に、過去の豪雨の経験の有無が製造品出荷額、雇用者数、規模の異なる事業所の数にどのような影響を及ぼすのかについて分析を行なった。その結果、豪雨の経験がほとんどない地域の方が、豪雨経験のある地域に比べて製造品出荷額、雇用者数について被害が大きいことが明らかとなった。特に、小規模の事業所数は、豪雨を経験した地域よりほとんど豪雨経験がない地域の方が被害が大きい傾向にあり、その一方で、大規模事業所においては豪雨を経験した地域とほとんど経験していない地域では、水害被害に違いがないことが明らかとなった。つまり、過去の豪雨経験が少ない地域に立地している小規模の事業所は特に水害に対して脆弱であることが明らかとなり、大規模事業所は豪雨の経験がほとんどなくとも事前の対策により水害被害に適応している可能性があることが示唆された。

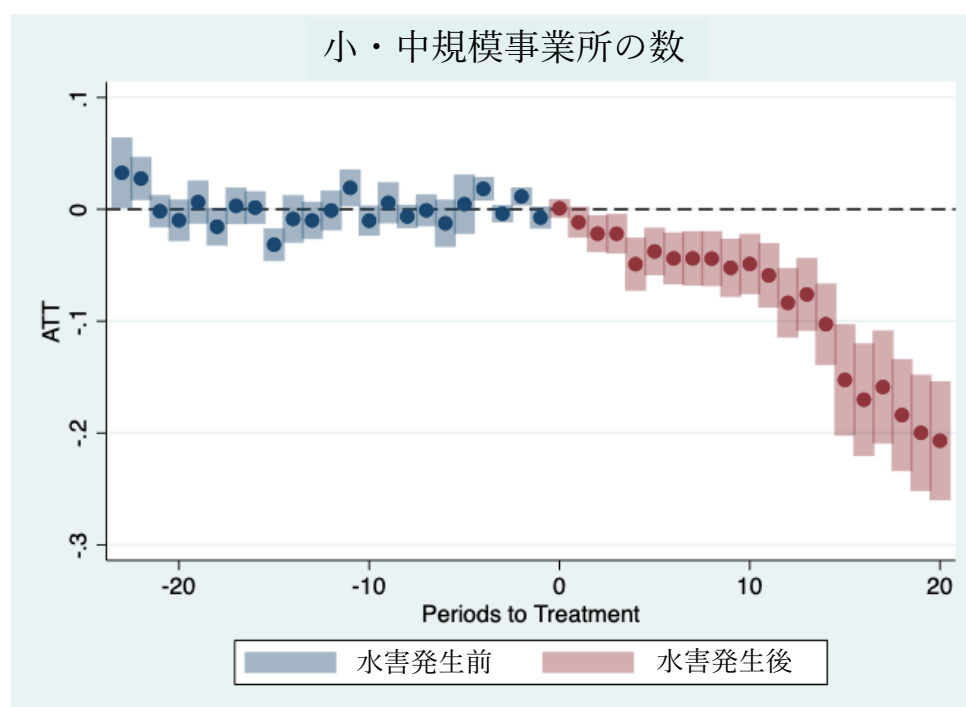


図19 水害が小中規模事業所の数に与える影響

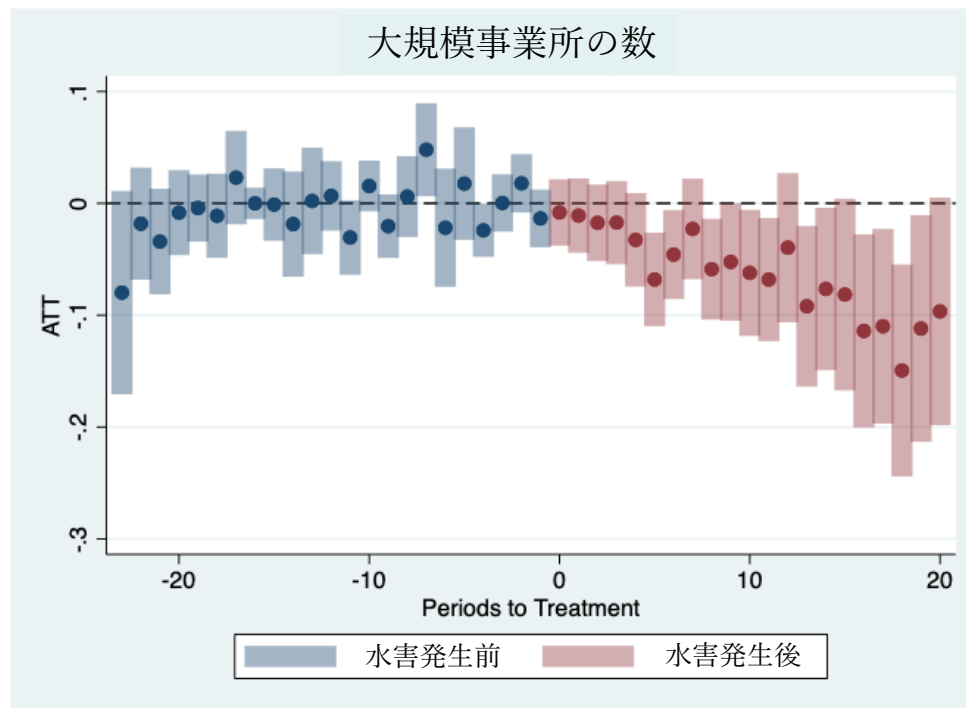


図20 水害が大規模事業所の数に与える影響

3) 47都道府県動学的マクロ経済モデルの開発(成果3、22、26)

経済影響を総合評価するために47都道府県動学的マクロ経済モデルを開発し、水害や海面上昇による直接的な経済影響及びサプライチェーンを通じた経済影響を総合的に評価し、各都道府県への影響を明らかにした。企業が被災地に立地していなくても、取引先(供給先)が水害や海面上昇による被害を受けると部品の供給が滞り、生産量が減少する。また、取引先が部品の調達先の場合も、部品の納入が滞ることで生産が困難になるため、サプライチェーンを通じ生産に悪影響が生じる。その一方、被災地での生産量が減少することで、被災地で分担していた生産が、被災地外に移動することによるプラスの効果をもたらすため、サプライチェーンの効果はマイナスの影響を受ける県とプラスの影響を受ける県に分かれる。したがって、水害や海面上昇が地域経済に与える総合的な経済的影響を理解するためには、直接的影響だけでなく、サプライチェーン変化による間接的影響も分析する必要がある。

以下では、水害の深刻化(降水量の増加)による地域経済への影響及び海面上昇による地域経済への影響を分析する。

(1) 水害被害の深刻化による経済影響

以下では、2018年に起こった西日本豪雨を事例に、将来気候変動によって降水量が30%増加した場合の経済影響について、シミュレーション分析を行った。図21の(a)の図は、開発した製造業災害影響評価モデルと2018年の西日本豪雨が起こった期間の市町村別日降水量のデータを用いて、市町村別に製造出荷額の減少を推計した後、都道府県別に集計したものを地図化したものである。出荷額の減少の最も大きな影響を受けた県は愛媛県(10.31%の減少)であり、次いで、広島県(9.22%)、山口県(8.65%)、長崎県(7.89%)となっている。(b)の図は、西日本豪雨の期間の各市町村の日降水量を1.3倍にすることによって生じる被害(豪雨がなかった場合と比較した製造出荷額の減少率)を推計した後、都道府県別に集計したものである。30%降水量が増加することで、愛媛県、広島県、山口県、長崎県における出荷額の減少率は、それぞれ、12.29%(+1.97%ポイント)、9.33%(+0.10%)、9.63%(+0.99%)、7.95%(+0.05%)となっている。一方、30%降水量が増えることによって、被害が大きく増える都道府県は、大分県(+11.26%(4.55%→15.81%))、大阪府(+10.83%(4.41%→15.24%))、岡山県(+8.66%(2.87%→11.53%))となっている。このように、降水量が比例的に増加したとしても、都道府県によって被害が比例的に増加しないのは、次のような理由による。たとえば、大分県では、西日本豪雨における降水量は、他の都道府県(例えば、長崎)と比べて少なかったために、大きな被害が出なかったが、30%降水量が増加することで、水害の被害をもたらす降水量の閾値(日降水量150mm)を超える市町村が増えるために、被害の増加が顕著であった。一方、長崎県では、関西豪雨における降水量が他の県と比較して多いため、すでに被害を受けている市町村が多く、このような状況下で、追加的に降水量が増えたとしても、出荷額への影響があまり生じなかった。

なお、西日本豪雨の際には、北海道でも記録的な豪雨が生じていた。このため、降水量が30%増加することで、北海道でも被害が増加している。

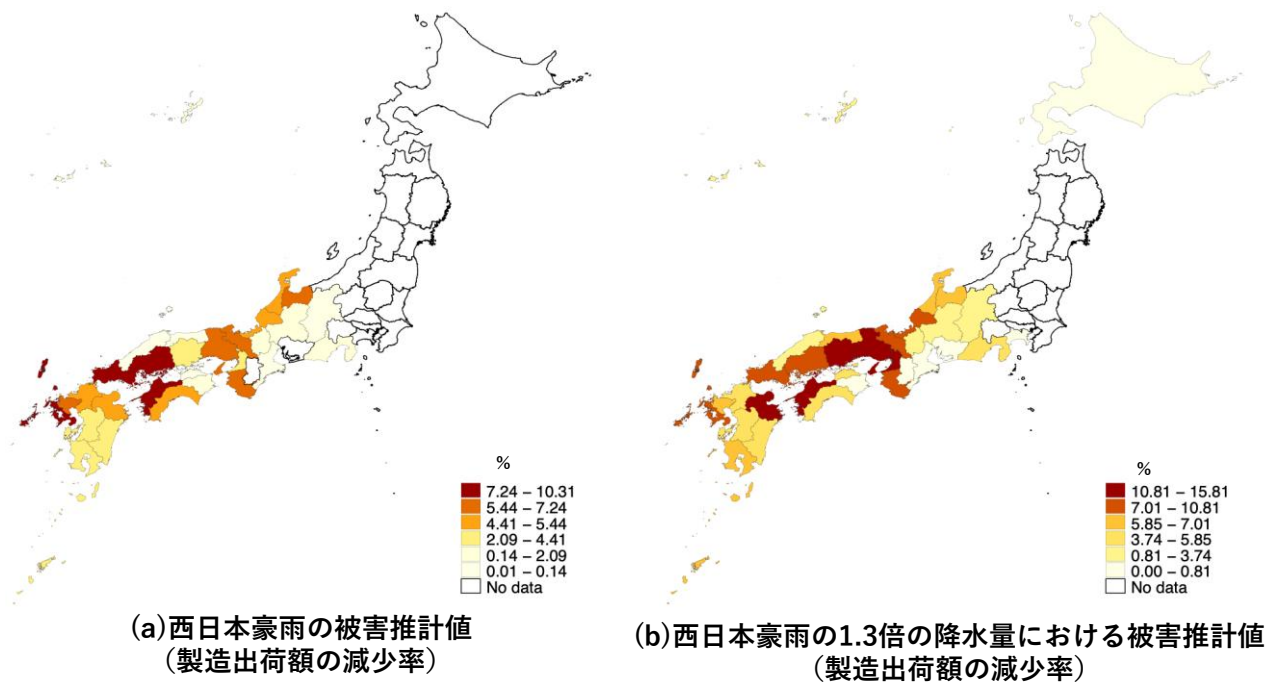


図21 2018年西日本豪雨による都道府県別被害推計（製造出荷額減少）と西日本豪雨1.3倍の降水量における被害推計

上記の直接被害を各都道府県の経済ショックとして、モデルに与えて、各都道府県の実質GRPに与える影響をシミュレーションした。その結果は、図22に示すとおりである。(a)は、西日本豪雨による各都道府県経済への影響をシミュレーションしたものであり、(b)は、西日本豪雨の降水量が1.3倍になった場合の各都道府県経済への影響をシミュレーションしたものである。西日本豪雨による愛媛県、広島県、山口県、長崎県の実質GRPへの影響は、それぞれ、5.5%減、15.6%減、15.1%減、3.1%減である。一方、秋田県、島根県、徳島県では、それぞれ、1.7%増、2.0%増、2.2%増となっている。これは、サプライチェーンを通じて、生産を増加させる効果があったからである。西日本豪雨の降水量が1.3倍になると、豪雨がなかった場合と比較して、愛媛県、広島県、山口県、長崎県の実質GRPへの影響は、それぞれ、9.7%減、19.6%減、23.7%減、4.4%減となる。一方、秋田県、島根県、徳島県では、それぞれ、3.9%増、5.0%増、2.8%増となっている。このように、降水量の増加は、被災県の経済への影響を大きくする一方で、その地域で生産できなくなった製品を他の都道府県でカバーすることで、プラスの影響を受ける都道府県も存在している。

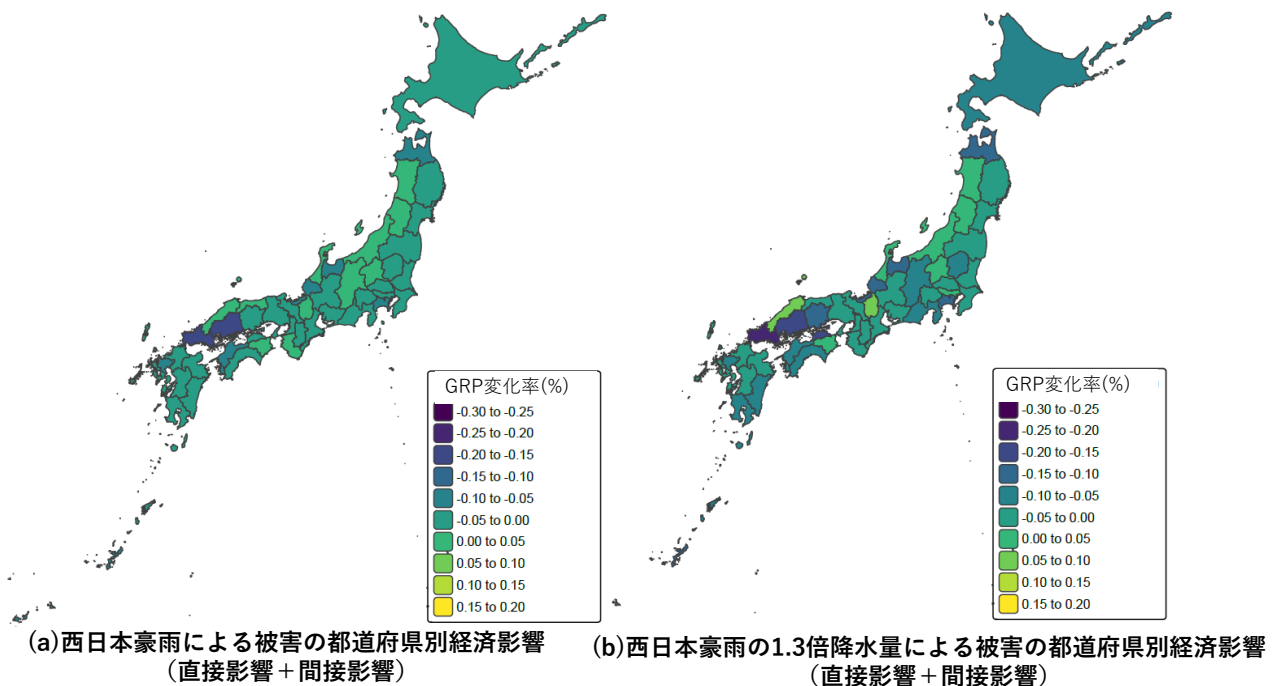
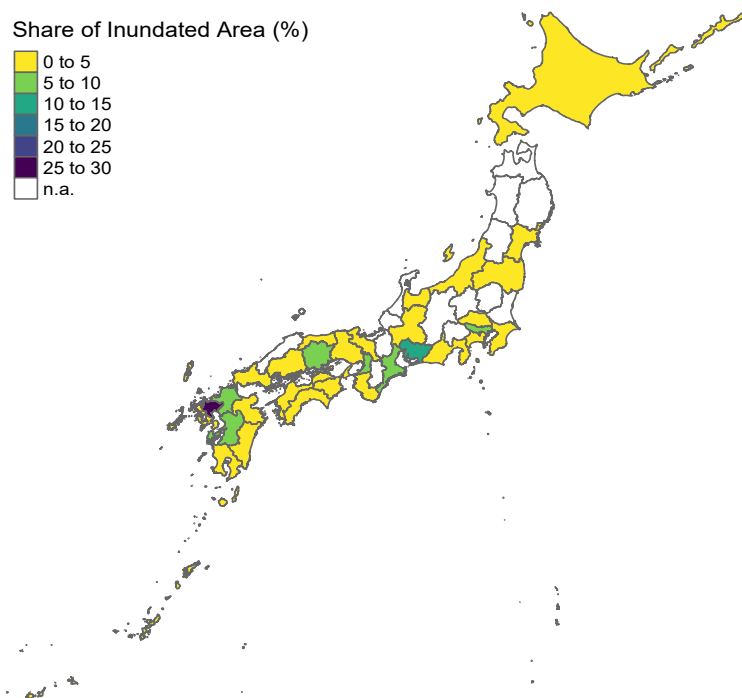


図22 2018年西日本豪雨による都道府県別経済影響と西日本豪雨1.3倍降水量による都道府県別経済影響

(2) 海面上昇による経済影響(成果26)

このシミュレーションにおいては、気候変動シナリオSSP5-8.5の下で、将来的な海面上昇によって引き起こされる農地と市街地の土地の喪失を想定し、直接的な経済影響と間接的な経済影響について47都道府県ごとにシミュレーション分析を実施した。ここで、土地の喪失は現在の防災インフラ(例えば防潮堤など)が存在せず、将来的にも新たな対策が講じられないという仮定のもとで計算されている点には注意を要する。したがって、海面上昇シナリオと非海面上昇シナリオとの間での実質地域総生産(GRP)の差として捉えられる経済的損失は、防災対策の潜在的な経済的価値として解釈される。

分析の結果、テーマ3の成果(全体報告書の成果番号3-161)の推計結果を用いると、2100年における、SSP5-8.5下での都道府県別の土地の喪失の割合は、図23に示す通りとなった。また、2100年における各都道府県の実質GRPへの影響及び直接効果と間接効果を分解すると、最も大きな陸地喪失による被害は佐賀県で、35%の実質GRPの減少(うち直接効果が21%、間接効果が14%)が見られる。これは、図23に示した通り、佐賀県が農地および市街地の土地損失率が26%と最も高かったことが原因であり、これが実質GRPの大幅な減少につながった。また、佐賀県では、サプライチェーンを通じたマイナスの間接効果が大きいことも、全効果が大きくなる要因となっている。土地損失率が次に高い愛知県や東京都においても、実質GRPの減少が顕著である(愛知県は11%減、東京都は8%減)。海面上昇により土地が失われると予想されている地域は西日本に多いため、実質GRPのマイナスの影響はそのエリアで大きくなる傾向がある。一方、海面上昇による土地の損失が相対的に小さい地域では、サプライチェーンを通じプラスの効果が生じる結果、実質GRPが増加する都道府県も存在する(北海道、青森県、岩手県など)。



(出典) 成果26から転載

図23 SSP5における海面上昇による農地と建物用地の土地喪失割合の想定、2100年 (%)

4) 経営リスクモデルの開発(成果25、125)

農業従事者にとって経営上のリスクは直接、過去の実害を受けた気象災害や後継者の有無、営農年数により規定されていると考えられる。各種農業関連の保険への加入、認定農業者への登録、適応策の導入などが行われる背後には、共通して経営上のリスクという構成概念があると考えられるため、その構造を構造方程式モデリング(SEM)のMIMICモデル(multiple indicator multiple cause model)を用いてモデル化した。本研究で設定した仮説は、以下の5つである。

仮説1: 農業従事者に後継者がいるかいないかは、経営リスクに影響を与える

仮説2: 実害のあった過去の災害経験は、経営リスクに影響を与える

仮説3: 営農年数(農業経験年数の代理変数)は、経営リスクに影響を与える

仮説4: 保険の加入数や認定農家、適応策の導入の背景には経営リスク因子がある

仮説5: 実害のあった災害経験は経営リスクに影響し、農家の適応策の導入に間接的に影響する

2023年2月20日から27日の1週間、楽天インサイト株式会社が保有する仕事パネルを通じ、農業従事者1479名（うち耕種農業1227名）にインターネット調査を実施した。農業従事者の中には、畜産業（7.6%）を選択した回答者が113名いたが、後の主な栽培作物を尋ねる設問から、職業選択をミスしたと判断されるサンプル以外は、今回の分析の対象から除外した。また、農業サービス業（2.1%）、園芸サービス業（2.7%）を選択した回答者でも、米や野菜等を栽培している農家は分析に含めた。Torres et al. (2019) を参考に4つの適応策（①水量・温度の調整、②作付時期の変更、③高温耐性品種の導入、④高温耐性のある別の作物への転換）を取り上げ、得られたデータを用い、以下の手順で分析した。

アンケート調査では、まずそれぞれ自身の営農に各適応策が関係するかどうかを回答してもらった結果ごとにデータを分類し、次に米の収入割合が最も高い農家と、野菜の収入割合が最も高い農家に分けて分析した。ここで米の収入割合が最も高い農家とは、農林水産省が定義する水田作経営（稲、麦類、雑穀、いも類、豆類、工芸農作物の販売収入のうち、水田で作付けした農業生産物の販売収入が他の営農類型の農業生産物販売収入と比べて最も多い経営）とは異なっている点に注意する必要がある。一方、野菜の収入割合が最も高い農家については、同省が定義する野菜作経営（野菜の販売収入が他の営農類型の農業生産物販売収入と比べて最も多い経営）とは同義となっている。

調査の結果、回答した農家の80%近くが個人経営の農家であり、そのうちの60%が専業農家だった。約76%の農家が農協に加入しており、個人経営の農家の加入率は81.7%だった。認定農業者は33.7%であり、個人経営の農家で認定農業者となっている農家は31.7%と、個人経営、法人経営に大きな差は見られず、日本全体の認定農業者の割合（22.1%）と比べるとやや高い結果となった。企業と契約を結ぶ契約農家については、個人より法人の方が多く、保険の加入については、半数以上の農家が共済保険に加入していたが、どの保険にも加入していないと回答した割合は個人経営の農家の方が高かった（24.9%）。

約50%の回答者が、農業経営歴20年以上であり、豊富な営農経験を有していた。年間の販売額に関しては、個人経営の農家の半数以上が500万円以下だった。主に栽培している農作物は、野菜が47.6%と最多であり、次いで米が43.9%となった。過去に農作物への実害があった災害の経験については、台風の被害が最多であり、次いで高温障害、豪雨の順となった。高温障害以外全ての災害において、個人経営の農家の割合が全体の割合より高く、いずれも経験したことがないと回答した割合は個人経営の農家の方が全体に比べて低かった。個人経営の農家は、災害に備える資金の規模が法人に比べ小さいため、災害に対して脆弱であると考えられる。また、将来予想される被害について尋ねたところ、60%を超える農家が高温障害、豪雨、台風や水害が増加すると予想していることが分かる。その一方で、被害があるか分からないと回答した割合も20～30%ほどあり、気象災害の不確実性を感じている農家が一定数いることが分かる。

以上のデータを使って、農家の適応策導入と経営上のリスクの関係を分析した。図24はコメの収入割合が最も高い農家についての分析結果である。*Look for*は後継者を探している場合に1をとりそれ以外は0となるダミー変数、*Water*は過去の水不足の経験の有無を示すダミー変数、*Heat*は過去の高湿障害の経験の有無を示すダミー変数、*Rain & Typh*は過去に豪雨もしくは台風被害の経験の有無を示すダミー変数、*Pest*は過去の病虫害の経験の有無を示すダミー変数、*Cold & Sun*は過去の冷害もしくは日照不足の経験の有無を示すダミー変数、*Farm year*は営農年数を示す変数であり、*Insurance*は農業に関連する保険（共済保険、農業保険、その他民間の保険）への加入数、*Certified*は認定農業者への登録を表すダミー変数、*Adapt1~4*は上記の各適応策を導入しているもしくは導入する予定がある場合1をとり、それ以外は0となるダミー変数を表している。なお、図中の長方形で囲われた変数は観測変数を、楕円で囲われた変数は潜在変数を意味しており、左上から時計回りに適応策①から④の結果と対応している。

図24から、全ての適応策で後継者を探している状況が経営リスクに対し与える影響は正で有意となり、後継者を探している農家は、より高い経営リスクを持つことが分かった。次に、過去の災害経験が必ずしも経営リスクを規定する大きな要因となっているわけではなかったが、適応策①、②、④では共通して高温障害の経験が経営リスクに有意に正の影響を及ぼしていた。

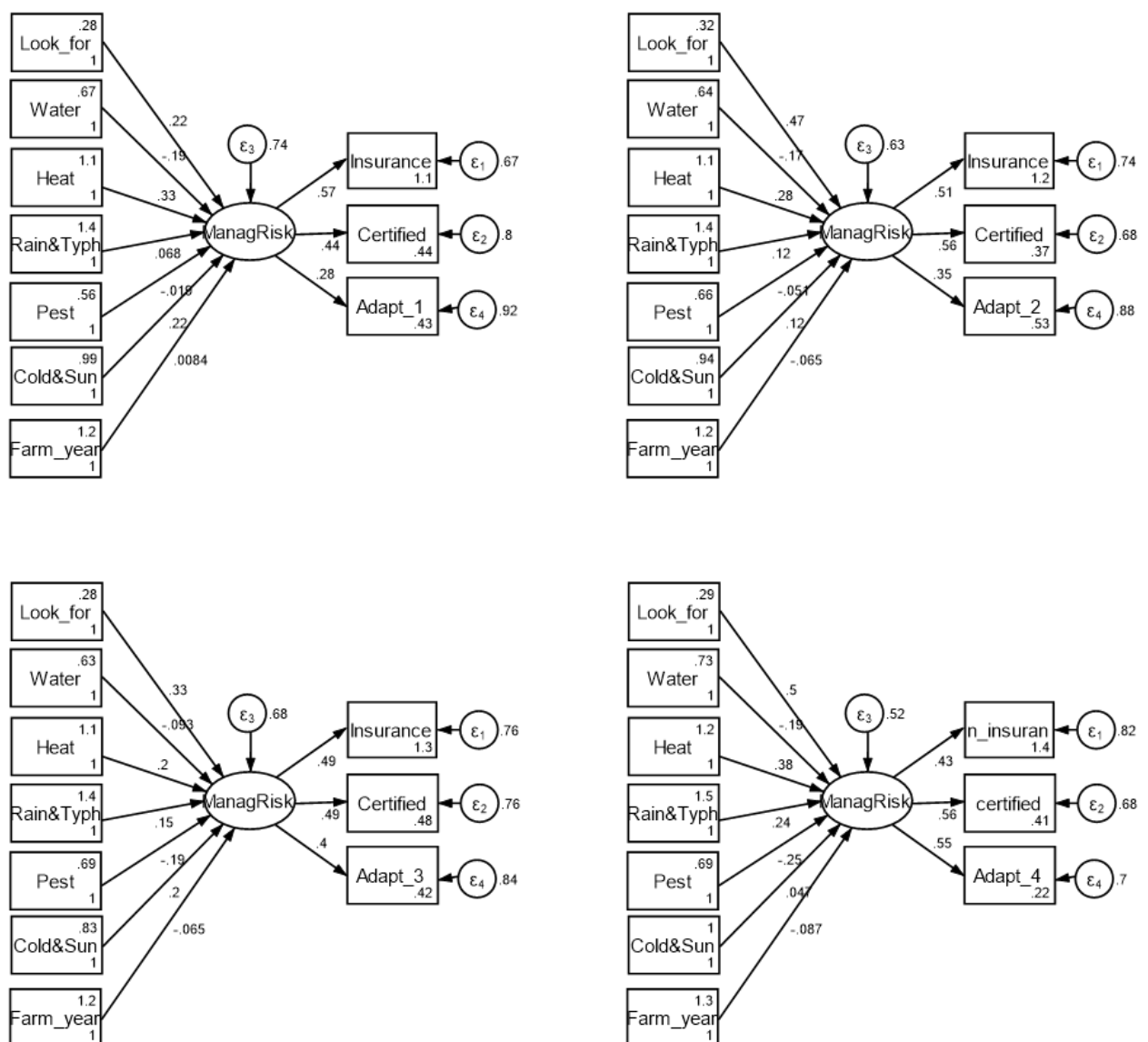
以上から、米を収入の主とする農家にとって、後継者不足や高温障害の経験は経営リスクを高め、その結果、認定農業者に登録したり高温に強い他の作物への転換という適応策を導入したりする傾向にあることが分かった。適応策①と③では日照不足・冷害の経験が、経営リスクに強い影響を及ぼしていることがわかり、日照不足や冷害といった気象災害は、水量や水の温度調整で適応可能という点と、米の生産量が多い東北地方で過去にやませや冷水による冷害が米の収穫量を減少させた経験があるという点が挙げられる。過去に冷害を経験し冷温耐性のある稲を導入した農家は、高温耐性品種の導入も意思決定が比較的容易である可能性が高い。実際、米の収入が最も高い農家で適応策③を導入済み、もしくは今後導入が決定していると回答した63名のうち38名が東北地方在住だった（60.3%）。また、適応策③と④においては、病虫害の経験が、経営リスクに有意に負の影響があった。米を主とする農家にとっては、カメムシなどの害虫による米の被害や、いもち病のような稲作特有の病気が古くからあり、現在では農薬や殺菌剤で簡単に防除できるようになったため、病虫害の被害経験はむしろ経営リスクを感じさせない要因となっている可能性がある。加えて、適応策①以外のケースにおいて、経営リスクは認定農家に最も強い影響を与えており、経営上のリスクをヘッジするには認定農家となる傾向があることが明らかとなった。

野菜の収入割合が高い農家についても同様の分析を行った。その結果、適応策①から④全てにおいて豪雨・台風の経験は、経営リスクに有意に正の影響があり、特に、適応策④に関連する農家は、過去の豪雨や台風の経験が経

営リスクに最も強い影響を与えていることが分かった。さらに、経営リスクは適応策（高温に強い別の作物への転換）に最も大きな影響を与えていることが分かった。適応策①と②においては営農年数が経営リスクに有意に正の影響を与えており、営農経験年数が長い農家ほど経営リスクを感じている可能性が示唆された。適応策②において経営リスクは保険に最も強く影響していたことから、営農年数が長い野菜を主とする農家は作付時期の変更をするよりは、保険への加入数を増やすことでリスクヘッジしている傾向があることが明らかとなった。同様に、適応策②については、過去の高温障害の経験も経営リスクに強い影響を与えているが、作付時期の変更よりは経営リスクを保険でカバーしていることが分かった。

以上から、野菜を主とする農家にとって、豪雨や台風の経験は経営リスクを高め、その結果、水量や温度の調整、高温耐性品種の導入や高温に強い他の作物への転換という適応策を導入する傾向にあると言える。

上記の分析から、今後の気候変動による気象災害が増加する可能性を考慮すると、各農家別に何を主な収入源としているかや、後継者の状況、これまで経験した災害、営農年数などの要因を背景に抱える経営リスクが異なることが分かり、適応策の導入の意思決定にも影響していることが明らかとなった。農薬や化学肥料を使用することで気象災害の影響を一定程度軽減することはできるが、有機栽培や完全な無農薬栽培の野菜は社会的にも価値が高いことが明らかとなっていることから（成果16）、農薬や化学肥料に頼らず水量や温度の調整、高温耐性品種の導入や高温に強い他の作物への転換といった適応策の積極的な導入を検討していくことが重要になる。



出典: 成果25から転載

図24 SEMによる推計結果（米を主な収入源とする農家の場合）

5) 停電回避便益モデルの開発（成果133）

過去、日本で台風や豪雨、地震といった災害が発生した際に、平均の停電時間（分）は突出して高くなることが分か

っている。例えば、2000年代に入ってから、停電時間の全国平均は14.75分/年だったが、発生した29個の台風のうち10個が上陸した2004年は88分、東日本大震災が発生した2011年は514分、非常に強い勢力のまま台風21号が上陸した2018年は225分であった。将来的に気候変動により台風や降水量の増加が起こると想定した場合、より長い停電を引き起こす可能性が高いため、自律分散型の蓄電池システムを構築し、停電時に電力を安定供給することは、レジリエントな社会の構築に必要な不可欠であると考えられる。そこで、アンケート調査により停電時に利用可能な蓄電池サービスへの支払意思額(Willingness to Pay; WTP)を尋ねることで、蓄電池サービスの経済的な便益を評価した。これは、停電による経済的な損失の評価(いわゆるVoLL(The Value of Lost Load))を推計していることにほかならない。

アンケート調査において想定した停電のシナリオは、夏、冬の両季節を対象に、それぞれの季節について3つの停電期間(1日、3日、1週間)を設定し、それぞれに対して、3つの蓄電池容量のシナリオを設定(全部で18シナリオ)した。これらすべてのシナリオを提示し、それぞれについてWTPを尋ねた。具体的には、1日の停電の場合は各回答者の1日の電気使用量に対し25%、50%、75%の電力をカバーする3種類の蓄電池、3日の停電の場合は1日、1日半、2日の電力をカバーする蓄電池、1週間の停電の場合は1日、3日、5日の電力をカバーする蓄電池をそれぞれ想定し、合計18通りの質問を繰り返した。本分析では、推計にはDouble-Hurdle Modelを用いて推計の第一段階ではパネルロジットモデルによりゼロの発生メカニズムを明らかにし、第二段階においてleft-censored panel Tobit modelを用いてパラメータの推計を行なった。

推計は、夏のシナリオと冬のシナリオに分けて、ベースモデルと気温を考慮したモデルの2つを推計した。まず夏のベースモデルの結果では、過去経験した停電期間が長い人ほどWTPが低い傾向があり、非常時の備えや非常電源を所持している人ほどWTPが高い傾向があることが分かった。過去に長い停電を経験していると、WTPが低くなるのは既存研究の結果と一致している。これはより長い時間の停電経験は、停電時に少ない電力でも対処できるようなプラスの効果として作用している可能性がある。また、非常時の備えができていない人はリスク回避型であるために、停電時にも蓄電池サービスに対し高いWTPを示すことが分かった。停電時に使用できる電力量に対するWTPは、停電期間が長くなるほど低くなる傾向があった。また、所得が高い人、あるいは、年齢が高い人ほどWTPが高くなり、持ち家の人がマンションの人よりWTPが低くなる傾向があった。気温を考慮したモデルでは、過去3年の88月の平均気温が全国平均の約27℃を超える地域に住む人ほど、WTPが高くなることが分かった。

次に冬において、ベースモデルの結果では過去の停電経験、非常時の備えとWTPの関係は夏の場合と同じ傾向があることが分かった。停電時に使用できる電力量に対するWTPは、停電期間が長くなるほど低くなる傾向があった。さらに、所得が高い人、また、年齢が高い人ほどWTPが高くなった。これらも全て、夏の場合と同様の結果となった。気温を考慮したモデルでは、過去3年の1月の平均気温が全国平均の約4℃を下回る地域に住む人ほど、WTPが低くなる傾向があり、これは断熱性能が高い寒冷地の住居と関連が深いと推察される。なお、所得や年齢などの個人属性においては、夏と同様の傾向があることが分かった。

以上から、過去に経験した停電の長さに応じて蓄電池サービスへのWTPは下がるものの、過去の停電の経験が蓄電池サービスへのWTPにプラスに影響していることや、非常時の備えがあるリスク回避型の人や普段の電力使用量が多い人ほどWTPへの影響が大きいことがわかった。このことから、停電の経験や使用電力量が少ない人や非常時の備えがない人に対し停電時の蓄電池サービスの利用を促す必要があることが分かった。特に今後気候変動により夏の暑い時期が長くなることを考慮すると、停電時の蓄電池サービスの利用は冷房の電力需要を可能にし、熱中症の有効な適応策にもなると考えられる。一方で冬は、寒冷地に住む人ほどWTPが低くなる傾向がある。将来的な気候変動による冬の気温の上昇や、戸建て住宅の断熱性能の向上、ソーラーパネルの設置件数の増加などにより、冬の寒い時期に蓄電池サービスに対する需要は小さくなるため、WTPはより低くなる可能性がある。そのため、将来の気温上昇の影響が重大な問題になるのは夏であるため、気候変動による災害の激甚化により停電が増加しその期間も長くなる可能性を考慮すると、夏の暑熱対策として、地域において自律分散型の蓄電池サービスの実現が重要となると言える。

最後に、夏と冬における1日、3日、1週間の停電時に普段使用している電力量の全てをカバーする場合のWTPが、1ヶ月の平均電力料金の何%を占めるのかを推計した。その結果、夏の1日、3日、1週間の停電のそれぞれにおいて順に39.0%、49.8%、80.5%(冬は順に23.3%、42.6%、70.2%)となった。同様に、アンケート調査から1日、3日、1週間の停電経験者のおおよその割合を用いて、調査当時の2020年の世帯数約4885万戸について、夏および冬の1日、3日、1週間のWTPをそれぞれ推計すると、夏は約2,065億円、約2,637億円、約4,262億円となり、冬は約1,357億円、約2,481億円、約4,088億円となった。特に停電が1週間といった長期に及ぶ場合、夏冬ともにVoLL(停電による経済的な損失の評価)は4,000億円を超え経済的な損失が非常に大きいため、適応策として蓄電池サービスなどの自律分散型の電力整備を進めることが重要となる。

1. 5. 研究成果及び自己評価

1. 5. 1. 研究成果の学術的意義と環境政策等への貢献

＜得られた研究成果の学術的意義＞

(サブテーマ1)

1) 作物別収量モデルの開発

・米をはじめとする32の各作物について収量モデルを開発し、気温や降水量などの気象条件が各作物の収量の与える影響を定量的に明らかにし、気温上昇が収量にどのような影響を与えるかをシミュレーションし、市町村別に影響の違いを明らかにし、脆弱な地域とそうでない地域を明らかにしたことは社会的意義が大きい成果である。

・米を対象にしたデータ解析の結果、生物的に気象条件と収量との関係を考えるだけでなく、高齢化や社会的資本という農家の適応能力(適応策を実施できる能力)に影響を与える要因とその効果を明らかにした。従来このような議論はなく、独創性のある研究成果である。

2) 農業所得モデルの開発

・農家にとって、栽培作物数を増やすことは、高気温の影響を軽減する効果があることを明らかにした。これは、異なる作物は異なる適温を持つため、気温上昇によるマイナスの影響のリスクを分散させる機能を持つためであり、栽培作物数の多様化が適応策として役立つことを示したことは、従来の先行研究にない視点であり、独創性がある。

3) 適応行動モデルの開発

・適応策導入に関する農家の実態を把握するとともに、適応策の導入を妨げる要因として、農家の高齢化、後継者が存在しないこと、農業経営規模が小さいことなどが重要であることを明らかにし、高齢化対策や後継者対策、農家の規模の対策が適応策として重要であることを示した。

4) 47都道府県動学的マクロ経済モデルの開発

・サプライチェーンを通じた影響を考慮した経済影響を評価できるモデルを開発し、直接効果(気温上昇による直接被害)と間接効果(サプライチェーンを通じた効果)を分解することで、総合的な経済評価が可能となった。

5) 健康影響モデルの開発

・太陽光発電が、高齢者の熱中症対策(適応策)として有効である可能性があることを示した。従来このような議論はなく、オリジナリティのある研究成果である。

(サブテーマ2)

1) 農業被害モデルの開発

・耕地面積比率が大きい場合、一定以上の降水量が降ると、水害の被害を拡大することを明らかにし、耕地面積比率が大きい場合、一定以上の降水量が降ると、水害の被害を拡大することを明らかにした。特に、耕地面積比率の水害被害への影響は上流域と下流域で分けて考える必要があり、上流域での耕地の管理が水害被害の軽減により重要であることを示唆しており、政策的意義のある独創性の高い成果である。

2) 製造業災害影響評価モデルの開発

・災害による、製造品出荷額、事業所総数、雇用への長期的影響を分析し、水害が起これなかった場合の成長経路に戻ることができず、その差が拡大する傾向にあることを明らかにした。これらの知見は、災害が起これば長期的に経済成長経路以上の発展がみられるというBuild back betterのメカニズムは働かないことを意味しており、長期的に影響が残り続けることを明らかにしたという点において学術的な意義は大きい。

・過去の豪雨の経験の差や、事業所の規模の差が製造業に与える影響の違いに着目した点においても、既存研究とは異なり学術的な意義が大きい点であり、適応策の支援をする際に、ターゲットを絞った戦略的な政策が必要であることを明らかにしたことの意義が大きい。

3) 47都道府県動学的マクロ経済モデルの開発

・47都道府県別の経済モデルを開発し、水害や海面上昇による直接的な経済影響及び特にサプライチェーンを通じた間接的な影響も加味し、経済影響を総合的に評価できるモデルを開発し、各県への総合的な経済影響を明らかにした。

4) 経営リスクモデルの開発

・農業従事者が抱く経営リスクに最も影響する要因について米を収入の主とする農家と野菜を収入の主とする農家に分けて分析した結果、それぞれにおいて経営リスクを高める要因やそのリスクをヘッジする方法が異なることを明らかにしており、政策に寄与する先導的な成果である。

5) 停電回避便益モデルの開発

・夏の災害による停電回避のWTP（便益）を推計し、停電のリスクを軽減できる自律分散型電源の蓄電システムの導入によっての有用性を示したことは、政策的意義の高い成果である。

＜環境政策等へ既に貢献した研究成果＞
特に記載する事項はない

＜環境政策等へ貢献することが見込まれる研究成果＞

（サブテーマ1）

1) 作物別収量モデルの開発

・気温上昇に対して、脆弱な地域（市町村）とそうでない地域を明らかにすることで、今後どのような地域において、作物別に適応策を実施していけばよいかという指針を与えることができる。また、気温上昇の影響を分析する際に、生物学的に気象条件と収量との関係を考えるだけでなく、高齢化や社会的資本という農家の適応能力（適応策を実施できる能力）に影響を与える要因に着目することの重要性を指摘した。農家の高齢化対策や地域の「助け合い」を推進することは、適応策としても重要であることを明らかにした。

2) 農業所得モデルの開発

・農家が様々な適温を持つ多様な作物を栽培することで所得に関するリスク分散をするためには、農家の経営規模が大きくなければならない。このため、農家の収益性を向上させ、大規模農家の実現を推進する政策が重要となる。

3) 適応行動モデルの開発

・農家の高齢化対策、後継者対策、農業経営規模の拡大対策が、適応策を推進する上でも重要な政策となることを明らかにした。

4) 47都道府県動学的マクロ経済モデルの開発

・サプライチェーンを通じて、被害の大きい地域から直接被害のない地域へ被害が伝播するため、どのようにサプライチェーン対策をすればよいかを評価できる。

5) 健康影響モデルの開発

・太陽光発電設備の設置が、高齢者に対する適応策のオプションとして有効であることを示した。

（サブテーマ2）

1) 農業被害モデルの開発

・地域ごとに耕地の場所、耕地比率などに配慮した土地利用政策の実施が必要となることが明らかとなった。

2) 製造業災害影響評価モデルの開発

・水害対策が不十分な小中規模の事業所は、大規模事業所に比べて水害に脆弱であることが明らかとなり、今後、事業継続力強化計画や事業継続計画（BCP）などに関する認証制度を整備していくことで、災害経験のない地域や企業が災害に備えることのできる体制を作っていくことが、豪雨や洪水など水害の被害を抑制していくために重要な適応策となり得ることを示唆している。また、中小規模事業所の水害影響が大規模事業所に比べて大きい（中小規模事業所の水害に対する適応能力が低い）、中小規模事業所に焦点を当てた政策が必要である。

3) 47都道府県動学的マクロ経済モデルの開発

サプライチェーンを通じて、被害の大きい地域から直接被害のない地域へ被害が伝播するため、どのようにサプライチェーン対策をすればよいかを評価できる。

4) 停電回避便益モデルの開発

今後、気候変動により夏の期間が長くなることを考慮すると、冷房使用が重要な適応策となる。しかし、災害の激甚化により長期間にわたる停電の発生は、冷房使用を困難にし、生命に関わる問題となりうる。夏のVoLL（停電による経済的な損失の評価）は約4,262億円と最大になることから、災害時に安定した電力供給を実現する自律分散型の蓄電池システムの導入は重要であると考えられる。

1. 5. 2. 研究成果に基づく研究目標の達成状況及び自己評価

<全体達成状況の自己評価>……

2. 目標を上回る成果をあげた

「気候変動影響及び適応策に関する経済評価手法の開発」(東北大学、日引 聡)

全体目標	全体達成状況
気候変動やそれに起因する自然災害による農業、製造業における被害、健康被害及びマクロ経済への影響と適応策に関する経済評価手法を開発し、様々な気候シナリオ下で台風や水害の増加などのシナリオにおいて、地域別(市町村別あるいは都道府県別)に気候変動及び自然災害による経済影響を評価するとともに適応策を評価する。	計画で予定していたモデル開発及び分析を完了した。さらに、中間評価でいただいたコメントに基づいて、サブテーマ1では、 <u>作物別収量モデルと適応行動モデルの開発</u> 、サブテーマ2では、 <u>経営リスクモデルと停電回避便益モデルの開発</u> を追加した。適応行動モデル及び経営リスクモデルについては、サブテーマ1と2が連携してこれらのモデル開発を行った。このため、目標を上回る成果をあげた。

<サブテーマ1達成状況の自己評価>……

2. 目標を上回る成果をあげた

「気候変動による農業部門と健康への影響及び適応策に関する経済評価手法の開発」(東北大学、日引 聡)

サブテーマ1目標	サブテーマ1達成状況
気温上昇などの気候変動が農業に及ぼす経済影響や健康影響とその適応策の経済評価手法を開発し(農業所得モデル、土地利用モデル、47都道府県動学的マクロ経済モデル、健康影響モデルの開発)し、将来の気候変動による地域別の影響をシミュレーション分析により明らかにし、適応策を評価する。	<p>1. <u>作物別収量モデル</u>については、<u>当初予定していなかったが、米をはじめとする32の各作物について収量モデルを開発</u>し、気温や降水量などの気象条件が各作物の収量の与える影響を市町村別に定量的に明らかにした。また、気候変動の影響を分析する際に、生物的に気象条件と収量との関係を考えるだけでなく、高齢化や社会的資本という農家の適応能力(適応策を実施できる能力)に影響を与える要因とその効果を明らかにしたことは、これまでの学術論文にない大きな貢献であると考えられる。以上は、<u>当初計画を上回る成果</u>である。</p> <p>2. <u>作物別土地利用モデル</u>については、<u>当初の予定通り</u>、モデルを開発し、気温上昇による土地利用への影響を明らかにした。</p> <p>3. <u>農業所得モデル</u>については、農家が栽培する農作物の数が農業所得の安定化につながる可能性があることに気づき、栽培作物数をモデルに組み込んだモデル開発を行った。この結果、栽培作物数の増加は、高気温の影響を軽減する効果があることを明らかにした。この成果は、当初計画に想定しない成果であり、<u>計画を上回る成果</u>であると考えられる。</p> <p>4. <u>適応行動モデルの開発</u>において、適応行動に影響を与える農家の属性の関係を分析し、適応策実施の障害となっている要因を明らかにしたこれは、中間評価におけるコメントに対応したもので、<u>当初計画に想定されていない成果</u>であり、<u>計画を上回る成果</u>である。</p> <p>5. <u>47都道府県動学的マクロ経済モデル</u>については、<u>当初の予定通り</u>、気候変動によって生じる被害がサプライチェーンを通じてどのように各地域に伝播するかを明らかにできる分析モデルを開発した。</p> <p>6. <u>健康影響モデル</u>については、プロジェクトの途中で、</p>

	太陽光発電施設の設置が、高気温による死亡率への効果を弱める適応策としての役割に気づき、予定していたモデルを、太陽光発電の設置を組み込んだモデル開発に変更した。この結果、太陽光発電の導入が、高気温による死亡率の上昇の影響を緩和できる可能性があることを明らかにし、太陽光発電の適応策としての可能性を明らかにした。これは 当初の計画を上回る 成果であると考えられる。
--	---

＜サブテーマ2達成状況の自己評価＞……………

2. 目標を上回る成果をあげた

「気候変動による自然災害がもたらす影響及び適応策に関する経済評価手法の開発」(立教大学、野原 克仁)

サブテーマ2目標	サブテーマ2達成状況
気候変動によって生じる自然災害がもたらす農業や製造業に及ぼす被害やマクロ経済影響とその適応策の経済評価手法を開発(農業被害モデル、製造業災害影響評価モデル、47都道府県動学的マクロ経済モデルを開発し、サプライチェーンを通じた非被災地の生産への影響を含め、将来の気候変動による地域別及びマクロ影響をシミュレーション分析により明らかにし、適応策を評価する。	<p>1. 農業被害モデルの開発と適応策の評価について、目標以上の成果を上げた。水害被害が農業に与える影響を分析するモデルを開発し、耕地面積比率と降水量の関係を明らかにすることは目標通り達成できた。加えて、耕地面積を管理する適応策は、一律に実施するのではなく、各地域の耕地面積比率や日最大降水量などの諸条件に応じて導入することが重要であることを明らかにした点において、当初の目標以上の成果を得た。</p> <p>2. 製造業被害モデルの開発について、目標以上の成果を上げた。水害の経済影響についての影響を明らかにするだけでなく、水害の経験の差による知識の差や事業所の規模が被害に差を生み出していることを明らかにし、目標を上回る成果を得た。</p> <p>3. 47都道府県動学的マクロ経済モデルの開発とサプライチェーンを通じた非被災地への影響評価について、当初の目標通りの成果を得た。水害や海面上昇による土地喪失によって生じる直接的な経済影響(直接影響)及びサプライチェーンを通じた間接的な経済影響(間接影響)を総合的に評価し、各県への影響を明らかにした。</p> <p>4. 中間評価でいただいたコメントにより、追加的に経営リスクモデルを開発し、気候変動による経営リスクが農業従事者の適応策の導入に与える影響の分析を行なった。この点については、当初想定していなかった研究であり、当初の目標を超える成果を得られた。</p> <p>5. 停電回避便益モデルでは、停電回避の便益を明らかにし、自律分散型の蓄電池サービスの重要性が検討した。これは、当初予定していなかったモデル開発であり、当初の目標を超える成果を上げた。</p>

1. 6. 研究成果発表状況の概要

1. 6. 1. 研究成果発表の件数

成果発表の種別	件数
産業財産権	0
査読付き論文	8
査読無し論文	20
著書	1
「国民との科学・技術対話」の実施	23
口頭発表・ポスター発表	117
マスコミ等への公表・報道等	9
成果による受賞	11
その他の成果発表	1

1. 6. 2. 主要な研究成果発表

成果番号	主要な研究成果発表 (「研究成果発表の一覧」の査読付き論文又は著書から10件まで抜粋)
3	板倉 健, 岩本朋大. 愛知県産業連関表の GTAP データベースへの応用. 国際地域経済研究, 2021, 第20号, p.21-32.
4	Yoshida, J., Uchida, S., Nohara, K., Hibiki, A. (2021). Natural Disasters and Firm Selection: Heterogeneous Effects of Flooding Events on Manufacturing Sectors in Japan. Tohoku University Policy Design Lab Discussion Paper, TUPD-2021-007, 1-23.
8	内田 真輔. 気候変動適応策の現状と課題:適応格差の是正に向けた政策視点. 環境経済・政策研究, 2022, 第15巻1号, p.21-28.
16	Nohara, K. (2024). Willingness to pay for pesticide-free vegetables in Hokkaido, Japan: the relationship between appearance and pesticide use. Humanities and Social Sciences Communications, 11(12), 1-12. https://doi.org/10.1057/s41599-023-02515-y
18	Hibiki, A. and Miyawaki, K. (2024). A Bayesian Analysis of Vegetable Production in Japan. Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics. 1-29. https://doi.org/10.1007/s13253-024-00633-x
24	柳原 駿太, 岡本 彩果, 風間 聡, 平賀 優介, 吉田 惇. 差分の差分法を用いた近年の洪水による浸水被害が人口に与える影響の定量評価. 土木学会論文集, 2025, 81巻16号. https://doi.org/10.2208/jscej.24-16071
25	Nohara, K., Hibiki, A., Uchida, S., Yoshida, J. (2025). Determinants of Farmers' Strategies for Adapting to Climate Change in Japan. Climate Change Impacts and Adaptation Strategies in Japan - Integrated Research toward Climate Resilient Society [Mimura, N., Takewaka, S. (Eds.)], Springer Singapore, 22. 315-326. https://doi.org/10.1007/978-981-96-2436-2_22
26	Itakura, K., Hibiki, A., Yoshida, J., Tamura, M., Yokoki, H. (2025). Direct and Indirect Economic Impacts of Sea Level Rise. Climate Change Impacts and Adaptation Strategies in Japan - Integrated Research toward Climate Resilient Society [Mimura, N., Takewaka, S. (Eds.)], Springer Singapore, 23. 327-341. https://doi.org/10.1007/978-981-96-2436-2
27	Ko, Y.C., Uchida, S., Hibiki, A. (2025). Aging farmers and the role of community in adaptation to extreme temperature effects on crop yields, Tohoku University Research Center for Policy Discussion Paper, TUPD-2025-006, 1-36

注:この欄の成果番号は「研究成果発表の一覧」と共通です。

1. 6. 3. 主要な研究成果普及活動

本研究課題での成果普及活動は、合計で32件(「国民との科学・技術対話」の実施23件、マスメディア等への公表・報道等 9件)行った。そのうち、特に重要なものは、下記の通りである。

- (1) 気候変動適応東北広域協議会との連携による自治体へのアドバイスや講演
- (2) 国際学会でのセッション企画(1件)及び研究ワークショップの企画(7件)
- (3) 一般向けのシンポジウムの開催

2022年3月11日に東北大学政策デザイン研究センター等と協力して、シンポジウムを開催。90名の参加があった。

- (4) 高校生への講演や模擬事業を通じた教育貢献(9件)

1. 7. 国際共同研究等の状況

<国際共同研究の概要>

- (1) 東北大学による海外卓越研究者招聘プログラムによって、アメリカ合衆国・Arizona State University Eric Welch教授を招聘し、「ベトナムにおける農家の気候変動適応策に関する共同研究」(当課題の関連研究)を行った。この共同研究は、日引が指導する博士学生が行う博士研究の一部であり、当該学生は、研究指導を受けながら(指導教員日引との共同指導体制)博士論文を完成させ、2024年12月に経済学博士を取得した。また、共同研究の成果は、学会で発表した。
- (2) 東北大学経済学研究科内のプロジェクト経費を用いて、台湾・国立政治大学のLee Huey Lin准教授と「気温上昇の農業影響の一般均衡理論の構築に関する共同研究」(当該課題の関連研究)を行った。共同研究の成果は、学会で発表した。
- (3) 東北大学経済学研究科内のプロジェクト経費を用いて、スウェーデンUniversity of Gothenburg Peter Martinsson教授と「災害による停電回避の便益の推計と蓄電技術の費用便益評価に関する共同研究」(当課題の関連研究)を行っている。(担当者:東北大 日引聡、立教大 野原克仁)

<相手機関・国・地域名>

機関名(正式名称)	(本部所在地等の)国・地域名
University of Gothenburg	スウェーデン王国、ヨーテボリ
国立政治大学	中華民国(台湾)、台北
Arizona State University	アメリカ合衆国、フェニックス

1. 8. 研究者略歴

<研究者(テーマリーダー及びサブテーマリーダー)略歴>

研究者氏名	略歴(学歴、学位、経歴、現職、研究テーマ等)
日引 聡	テーマリーダー及びサブテーマ1リーダー 東京大学大学院経済学研究科第2種博士課程単位取得退学 博士(経済学) 国立環境研究所研究員、室長、上智大学経済学部教授、環境経済・政策学会会長を経て、現在、東北大学大学院経済学研究科教授及び政策デザイン研究センター センター長 専門は環境経済学 研究テーマは気候変動の経済分析
野原 克仁	サブテーマ2リーダー 東北大学大学院経済学研究科博士課程修了 博士(経済学) 北星学園大学教授を経て、現在、立教大学観光学部教授 専門は環境経済学、政策評価 研究テーマは気候変動の経済分析

2. 研究成果発表の一覧

(1) 研究成果発表の件数

成果発表の種別	件数
産業財産権	0
査読付き論文	8
査読無し論文	20
著書	1
「国民との科学・技術対話」の実施	23
口頭発表・ポスター発表	117
マスコミ等への公表・報道等	9
成果による受賞	11
その他の成果発表	1

(2) 産業財産権

成果番号	出願年月日	発明者	出願者	名称	出願以降の番号
	特に記載する事項はない。				

(3) 論文

<論文>

成果番号	発表年度	成果情報	主たるサブテーマ	査読の有無
1	2020	野村 魁, 日引 聡. 気候変動による病害虫被害への影響と水稻の収量/品質への影響に関する実証研究. DSSR ディスカッションペーパー, 2020, No.J-9, p.1-29.	1	無
2	2021	野原 克仁. AHPおよびハフモデルを用いた北海道観光の分析. 観光研究, 2021, 33巻1号, p.19-30	1	有
3	2021	板倉 健, 岩本朋大. 愛知県産業連関表の GTAP データベースへの応用. 国際地域経済研究, 2021, 第20号, p.21-32.	2	無
4	2021	Yoshida, J., Uchida, S., Nohara, K., Hibiki, A. (2021). Natural Disasters and Firm Selection: Heterogeneous Effects of Flooding Events on Manufacturing Sectors in Japan. Tohoku University Policy Design Lab Discussion Paper, TUPD-2021-007, 1-23.	2	無

5	2021	Kakimoto, T., Uchida, S. (2021). Natural Disasters, Social Isolation and Alcohol Consumption in the Long Run: Evidence from the Great East Japan Earthquake. Tohoku University Policy Design Lab Discussion Paper, TUPD-2021-011, 1-29.	2	無
6	2021	大竹英仁, 内田 真輔. 自然災害と健康格差—東日本大震災が要介護認定者数に及ぼす長期的影響についての計量分析. 名古屋市立大学経済学会ディスカッションペーパーシリーズ, 2021, No.660.	2	無
7	2021	Sawada, E., Shinkuma, T., Hibiki, A. (2022). Non-point source pollution control policy for stochastic but constant environmental damage. Tohoku University Research Center for Policy Discussion Paper, TUPD-2022-005, 1-21.	1	無
8	2022	内田 真輔. 気候変動適応策の現状と課題: 適応格差の是正に向けた政策視点. 環境経済・政策研究, 2022, 第15巻1号, p.21-28.	2	有
9	2022	Yoshida, J., Kono, T. (2022). Optimal Land Use Regulation for Human-Coyote Conflicts in the Denver Metropolitan Area. Sustainability 2022, 14(3), 1210. https://doi.org/10.3390/su14031210	2	有
10	2022	Yoshida, J., Kono, T. (2022). Cities and biodiversity: Spatial efficiency of land use. Journal of Economic Behavior & Organization, 197, 685-705. https://doi.org/10.1016/j.jebo.2022.03.019	2	有
11	2022	内田 真輔. 気候変動と農家の適応能力: 適応行動の阻害要因を考える. 第86回日本オペレーションズ・リサーチ学会大会発表論文集, 2022.	2	無
12	2023	Chavez Espinosa, A. L., Hibiki, A. (2023). The Impacts of Climate Change on Farmers and Indigenous Peoples' Consumption: Evidence from Panama. Tohoku University Research Center for Policy Discussion Paper, TUPD-2023-006, 1-27.	1	無
13	2023*	Mai, T.T.C., Hibiki, A. (2023). How Does Flood Affect Children Differently? The Impact of Flood on Children's Education, Labor, Food Consumption, and Cognitive Development. Tohoku University Research Center for Policy Discussion Paper, TUPD-2023-005, 1-105.	1	無
14	2023	大竹英仁, 内田 真輔. 自然災害と健康格差: 東日本大震災が要介護認定者数に及ぼす長期的影響. 国際地域経済研究, 2023, 第22号, p.5-23.	2	無
15	2023	Shinkuma, T., Hibiki, A., Sawada, E. (2023). Optimal Inspection under Moral Hazard and Limited Liability of Polluter. Tohoku University Research Center for Policy Discussion Paper, TUPD-2023-001, 1-36.	1	無
16	2024	Nohara, K. (2024). Willingness to pay for pesticide-free vegetables in Hokkaido, Japan: the relationship between appearance and pesticide use. Humanities and Social Sciences Communications, 11(12), 1-12. https://doi.org/10.1057/s41599-023-02515-y	2	有
17	2024	Ko, Y.C., Uchida, S., Hibiki, A. (2024). Substitution of Human and Physical Capitals in Farm Adaptation to Extreme Temperatures: Evidence from Corn Yields in US. Tohoku University Research Center for Policy Discussion Paper, TUPD-2024-004, 1-22.	1	無
18	2024	Hibiki, A. and Miyawaki, K. (2024). A Bayesian Analysis of Vegetable Production in Japan. Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics. 1-29. https://doi.org/10.1007/s13253-024-00633-x	1	有
19	2024	Nohara, K., Narukawa, M., Hibiki, A. (2024). Using contingent behaviour analysis to estimate benefits from coral reefs in Kume	2	有

		Island, Japan: A Poisson-inverse Gaussian approach with on-site correction. Australian Journal of Agricultural and Resource Economics, 68(4), 752-768. https://doi.org/10.1111/1467-8489.12585		
20	2024	Chavez Espinosa, A. L., Hibiki, A. (2024). Health and Environmental Risks: An Empirical Study on the Household Solid Waste Management in Panama. Tohoku University Research Center for Policy Discussion Paper, TUPD-2024-014, 1-30.	1	無
21	2024	Chavez Espinosa, A. L., Hibiki, A. (2024). The Effects of Tap Water Outages on Household Income, Unemployment, and Women's Labor in Panama. Tohoku University Research Center for Policy Discussion Paper, TUPD-2024-015, 1-26.	1	無
22	2024	Itakura, K., Iwamoto, T. (2024). Regional Computable General Equilibrium Model of Japan and the Global Economy. Tohoku University Research Center for Policy Discussion Paper, TUPD-2024-016, 1-26.	2	無
23	2024	浅井 惇志, 高木 伸也, 松田 美奈, 内田 真輔. 東日本大震災後の避難生活と健康影響. オイコノミカ, 2024, 第58巻2号, p.81-93.	2	無
24	2024	柳原 駿太, 岡本 彩果, 風間 聡, 平賀 優介, 吉田 惇. 差分の差分法を用いた近年の洪水による浸水被害が人口に与える影響の定量評価. 土木学会論文集, 2025, 81巻16号. https://doi.org/10.2208/jscej.24-16071	2	有
25	2025	Nohara, K., Hibiki, A., Uchida, S., Yoshida, J. (2025). Determinants of Farmers' Strategies for Adapting to Climate Change in Japan. Climate Change Impacts and Adaptation Strategies in Japan - Integrated Research toward Climate Resilient Society [Mimura, N., Takewaka, S. (Eds.)], Springer Singapore, 22. 315-326. https://doi.org/10.1007/978-981-96-2436-2_22	2	無
26	2025	Itakura, K., Hibiki, A., Yoshida, J., Tamura, M., Yokoki, H. (2025). Direct and Indirect Economic Impacts of Sea Level Rise. Climate Change Impacts and Adaptation Strategies in Japan - Integrated Research toward Climate Resilient Society [Mimura, N., Takewaka, S. (Eds.)], Springer Singapore, 23. 327-341. https://doi.org/10.1007/978-981-96-2436-2_23	2	無
27	2025	Ko, Y.C., Uchida, S., Hibiki, A. (2025). Aging farmers and the role of community in adaptation to extreme temperature effects on crop yields, Tohoku University Research Center for Policy Discussion Paper, TUPD-2025-006, 1-36	1	無
28	2025	Yoshida, J., Imoto, T. Kono, T. (2025). Agricultural and urban land use policies to manage human-wildlife conflicts. Tohoku University Research Center for Policy Discussion Paper, TUPD-2025-007, 1-37.	2	無

(4) 著書

<著書>

成果 番号	発表 年度	成果 情報	主たる サブテーマ
29	2024	Arimura, T., Hibiki, A. (2024). Introduction to Environmental Economics and Policy in Japan. Springer, Open Access. 1-145. https://doi.org/10.1007/978-981-97-2187-0	1

(5) 口頭発表・ポスター発表

<口頭発表・ポスター発表>

成果 番号	発表 年度	成果 情報	主たる サブテーマ	査読 の有無
30	2020	野村 魁, 日引 聡. 気候変動による病害虫被害への影響と水稻の収量/品質への影響に関する実証研究. 環境経済・政策学会 2020 年大会, 2020年9月27日.	1	無
31	2020	Ko, Y.C., Hibiki, A., Uchida, S. (2020). Long-term impact of temperature rise on rice crop yield in Japan. The Third Tohoku Conference on Global Japanese Studies, December 12, 2020, Online.	1	無
32	2020	板倉 健, 岩本朋大. 愛知県産業連関表のGTAPデータベースへの応用. 名古屋市立大学大学院経済学研究科火曜研究会: CGE・エネルギー ワークショップ, 2020年12月15日, 名古屋市立大学.	2	無
33	2020	Ko, Y.C., Hibiki, A., Uchida, S. (2020). Long-term impact of temperature rise on rice crop yield in Japan. Young Researchers Meeting on Environmental Risks, Environmental and Financial Risks in Market-oriented Societies, Tohoku Forum for Creativity, December 16, 2020, Online.	1	無
34	2020	Itakura, K., Iwamoto, T. (2021). Incorporating Aichi Prefecture into a Global CGE Model. IEFS Japan Annual Meeting 2020, March 25, 2021, Online.	2	無
35	2021	湯田道生. 屋外活動規制と未成年者の健康推移. 日本経済学会 2021年度春季大会, 2021年5月15日 オンライン(関西学院大学).	1	無
36	2021	Itakura, K., Iwamoto, T. (2021). Incorporating Aichi Prefecture into a Global CGE Model. 日本国際経済学会 第10回春季大会, 2021年6月5日, Online.	2	無
37	2021	Hibiki, A., Kamaga, K., Lee, H.L. (2021). Does temperature rise really reduce agricultural production and social welfare? Virtual 96th Annual Conference of the Western Economic Association International, June 27, 2021, Online.	1	無
38	2021	Ko, Y.C., Hibiki, A., Uchida, S. (2021). Long-term impact of temperature rise on rice yield in Japan. Virtual 96th Annual Conference of the Western Economic Association International, June 30, 2021, Online.	1	無
39	2021	Yoshida, J., Uchida, S., Nohara, K., Hibiki, A. (2021). How Extreme Weather Affects the Production in the Japanese Manufacturing Sectors: Analysis of Typhoon Strike. Virtual 96th Annual Conference of Western Economic Association International, July 1, 2021, Online.	2	無
40	2021	Uchida, S. (2021). Does Natural Disaster Affect Alcohol Consumption in the Long Run? Natural Experiment from the Great East Japan Earthquake. The 19th World Congress of the International Economic Association (IEA), July 2, 2021, Online.	2	無
41	2021	内田 真輔. 適応策の現状と課題: 適応格差の是正に向けた政策視点. 環境三学会合同シンポジウム「気候変動適応策: わが国で直面する課題を克服するための研究の最前線」, 2021年7月11日. オンライン(招待講演).	2	無
42	2021	Yuda, M. (2021). Short- and long-term effects of outdoor activity restriction on health: Evidence from the nuclear accident at Fukushima. 2021 World Congress of the International Health Economics Association, July 14, 2021, Online.	1	有
43	2021	Markovc, K., Hibiki, A. (2021). Impact of temperature rise on vegetable productivity in Japan. Young Researchers Meeting on Social Risks, Environmental and Financial Risks in Market-oriented Societies, Tohoku Forum for Creativity, August 5, 2021, Online.	1	無
44	2021	Itakura, K., Iwamoto, T., Hibiki, A. (2021). Developing a Regional CGE Model of Japan. 自然災害と適応ワークショップ, (共催) 名古屋	2	無

		屋市立大学大学院経済学研究科・東北大学大学院経済学研究科政策デザインラボ, 2021年8月25日, オンライン(名古屋市立大学).		
45	2021	Yoshida, J., Uchida, S., Nohara, K., Hibiki, A. (2021). Natural Disasters and Firm Selection: Heterogeneous Effects of Flooding Events on Manufacturing Sectors in Japan. 自然災害と適応ワークショップ, (共催)名古屋市立大学大学院経済学研究科・東北大学大学院経済学研究科政策デザインラボ, 2021年8月25日, オンライン(名古屋市立大学).	2	無
46	2021	Uchida, S., Hibiki, A., Maki, S., Nohara, K., Yoshida, J. (2021). Hidden Risk in Agriculture in the Floodplain: Evidence from Japan. 自然災害と適応ワークショップ, (共催)名古屋市立大学大学院経済学研究科・東北大学大学院経済学研究科政策デザインラボ, 2021年8月25日, オンライン(名古屋市立大学).	2	無
47	2021	Okachi, M. (2021). Quantifying Economic Costs of Adaptation and Prevention from Climate Change. 自然災害と適応ワークショップ, (共催)名古屋市立大学大学院経済学研究科・東北大学大学院経済学研究科政策デザインラボ, 2021年8月25日, オンライン(名古屋市立大学).	2	無
48	2021	Hibiki, A. (2021). Impact of temperature rise on rice production in Japan. Researchers Meeting on Environmental Risks, Environmental and Financial Risks in Market-oriented Societies, Tohoku Forum for Creativity, September 2, 2021, Online.	1	無
49	2021	Yoshida, J. (2021). Does Disclosure of Success Rates Induce Patients to Move to a Better Clinic? Evidence from In Vitro Fertilization. 24th Labor Economics Conference, September 14, 2021, Online.	2	無
50	2021	Shinkuma, T., Hibiki, A., Sawada, A. Optimal Inspection under Moral Hazard and Limited Liability of Polluter. 環境経済・政策学会 2021年大会, 2021年9月25日, オンライン.	1	無
51	2021	Mai, T.T.C., Hibiki, A. (2021). Determinants of household decisions on insecticide-treated mosquito nets in Vietnam. 環境経済・政策学会 2021年大会, 2021年9月25日, オンライン.	1	無
52	2021	Chavez Espinosa, A. L., Hibiki, A. (2021). Does climate change have more impact on the poor?. 環境経済・政策学会 2021年大会, 2021年9月26日, オンライン.	1	無
53	2021	Ko, Y.C., Hibiki, A., Uchida, S. (2021). Capacity to adapt to temperature effects on crop yields: Evidence from rice production in Japan. 環境経済・政策学会 2021年大会, 2021年9月26日 オンライン.	1	無
54	2021	Itakura, K., Iwamoto, T. (2021). Regional Computable General Equilibrium Model of Japan and the Global Economy. The 80th Annual Meeting of the Japan Society of International Economics, October 24, 2021, Online.	2	無
55	2021	Uchida, S. (2021). Long-Term Health Impacts of Natural Disasters. Researchers Meeting on Environmental and Social Risks, Environmental and Financial Risks in Market-Oriented Societies, Tohoku Forum for Creativity, November 2, 2021, Online.	2	無
56	2021	Hibiki, A., Nohara, K. (2021). How much do households pay to avoid prolonged outages? ICMASS2021 (International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2021), November 5, 2021, Online (招待講演).	1	無
57	2021	日引 聡. 気候変動の農業影響と適応策. 日本応用経済学会, 2021年11月13日, オンライン(招待講演).	1	無
58	2021	Yoshida, J., Uchida, S., Nohara, K., Hibiki, A. (2021). Natural Disasters and Firm Selection: Heterogeneous Effects of Flooding Events on Manufacturing Sectors in Japan. Applied Regional	2	無

		Economics Society, November 20, 2021, Online.		
59	2021	Yoshida J., Uchida S., Nohara K., Hibiki A. (2022). Natural disasters and firm selection: Heterogeneous effects of flooding events on manufacturing sectors in Japan. 東北学院大学経済学研究会, 2022年1月20日, オンライン.	2	無
60	2021	Yoshida, J., Uchida, S., Nohara, K., Hibiki, A. (2022). Natural Disasters and Firm Selection: Heterogeneous Effects of Flooding Events on Manufacturing Sectors in Japan. Hiroshima International Conference on Peace and Sustainability, March 1, 2022, Online.	2	無
61	2021	Chavez Espinosa, A.L., Hibiki, A. (2022). Impact of climate change on minorities and farmer's consumption: Evidence from Panama. Hiroshima International Conference on Peace and Sustainability 2022, March 2, 2022, Online.	1	無
62	2021	Mai, T.T.C., Hibiki, A. (2022). Determinants of household decisions on insecticide-treated bed nets in Vietnam. Hiroshima International Conference on Peace and Sustainability 2022, March 3, 2022, Online.	1	無
63	2021	Ko, Y.C., Hibiki, A., Uchida, S. (2022). Capacity to adapt to temperature effects on crop yields: Evidence from rice production in Japan. Organized Session "Climate Change, Natural Disaster, and Impact on Society," Hiroshima International Conference on Peace and Sustainability 2022, March 3, 2022, Online.	1	無
54	2021	Otake, H., Uchida, S. (2022). Long-Term Health Effects of Natural Disasters. Organized Session "Climate Change, Natural Disaster, and Impact on Society," Hiroshima International Conference on Peace and Sustainability, March 3, 2022, Online.	2	無
65	2021	Nohara, K., Hibiki, A. (2022). How Much Do Households Value the Avoidance of Prolonged Outages Due to Natural Disasters?. Organized Session "Climate Change, Natural Disaster, and Impact on Society," Hiroshima International Conference on Peace and Sustainability, March 3, 2022, Online.	2	無
66	2021	Ko, Y.C. (2022). Capacity to adapt to temperature effects on crop yields: Evidence from rice production in Japan. 13th HOPE Meeting, March 7, 2022, Online (ポスター発表).	1	無
67	2021	Itakura, K., Iwamoto, T. (2021). Incorporating a Sub-Region into a Global CGE Model: Case of Aichi Prefecture in Japan. The 5th International Conference on Economic Structures, March 21, 2021.	2	無
68	2021	清水大輔, 吉田 惇, 塚原健一. 大規模地震による道路網途絶が被災地域の製造業に与える影響. 令和3年度土木学会西部支部研究発表会, 2022年3月5日, オンライン.	2	無
69	2021	津留広直, 塚原健一, 吉田 惇. 浸水想定区域における全戸移転・個別移転に関する研究. 令和3年度土木学会西部支部研究発表会, 2022年3月5日, オンライン.	2	無
70	2021	佐藤由菜, 吉田 惇, 塚原健一. 交通混雑・大気汚染を考慮した最適な駐車場料金と駐車場容量. 令和3年度土木学会西部支部研究発表会, 2022年3月5日, オンライン.	2	無
71	2022	Yoshida J., Uchida S., Nohara K., Hibiki A. (2022). Natural disasters and firm selection: Heterogeneous effects of flooding events on manufacturing sectors in Japan. J-tree環境経済学セミナー.	2	無
72	2022	Itakura K., Iwamoto T., Hibiki A. (2022). Developing a long-term baseline for a global CGE model with 47 prefectures in Japan. 第11回国際経済学会春季大会, 2022年6月4日.	2	無
73	2022	Uchida S., Hibiki A., Maki S., Nohara K., Yoshida J. (2022). Rainfall intensity and flood damages: Hidden risk of agricultural land in	2	無

		floodplains. 神戸大学六甲フォーラム Rokko Environmental Economics and Policy Seminar, 2022年6月24日.		
74	2022	内田 真輔 (2022). 気候変動と農家の適応能力: 適応行動の阻害要因を考える. 第86回日本オペレーションズ・リサーチ学会秋季シンポジウム, 2022年9月12日.	1	無
75	2022	Ko Y.C., Uchida S., Hibiki A. (2022). Adaptation capacity to the effects of extreme temperatures on crop yields: Evidence from corn production in the US. 環境経済・政策学会2022年大会, 2022年10月1日, オンライン.	1	無
76	2022	Sun S., Hibiki A. (2022). Effects of long-term exposure to PM2.5 on cognitive performance. 環境経済・政策学会2022年大会, 2022年10月1日, オンライン.	1	無
77	2022	Mai, T.T.C., Hibiki A. (2022). Flood effects on children's cognitive development: Panel estimates at secondary school ages. 環境経済・政策学会2022年大会, 2022年10月2日, オンライン.	2	無
78	2022	Ding L., Hibiki A., Higuchi Y., Nohara K., Uchida S., Yoshida J. (2022). Determinants of farmers' practices to adapt to risk of abnormal weather and natural disaster. 環境経済・政策学会2022年大会, 2022年10月2日, オンライン.	1	無
79	2022	耿 馨怡, 日引 聡. 中国冬ヒーティングとクリーンヒーティング政策が大気汚染に与える影響. 環境経済・政策学会2022年大会, 2022年10月2日, オンライン.	1	無
80	2022	Chavez Espinosa A.L., Hibiki A. (2022). Impact of climate change on minorities and farmer's consumption: Evidence from Panama. 環境経済・政策学会2022年大会, 2022年10月2日, オンライン.	1	無
81	2022	Ko Y.-C., Uchida S., Hibiki A. (2022). Adaptation capacity to the effects of extreme temperatures on crop yields: Evidence from rice production in Japan. 日本経済学会 2022年秋季大会, オンライン (ポスター発表).	1	無
82	2022	Hibiki, A. (2022). Capacity to adapt to temperature effects on crop yields: Evidence from rice production in Japan. ASBU CID Webinar Series 2022-2023 Academic Year Fall Semester, November 16 2022, Online (招待講演).	1	無
83	2022	Yoshida J., Uchida S., Nohara K., Hibiki A. (2022). Natural disasters and firm selection: Heterogeneous effects of flooding events on manufacturing sectors in Japan. 神戸大学 気候変動研究のフロンティアセミナー, 2022年11月25日.	2	無
84	2022	Wakabayashi, M. (2022). The quantity-quality trade-off of Japanese children: Focusing on the selectivity of high schools. AASLE Tokyo 2022, December 2022.	1	無
85	2022	Itakura K. (2022). Agricultural productivity shocks in the regional CGE model of Japan. 環境経済・政策学会ワークショップ2022年大会, 2022年12月20日, 九州大学.	2	無
86	2022	Yoshida J., Imoto T., Kono T. (2022). Agricultural and urban land use policies to manage human-wildlife conflicts. 環境経済・政策学会ワークショップ2022年大会, 2022年12月20日, 九州大学.	2	無
87	2022	Uchida S. (2022). Long-term health effects of natural disasters: Evidence from the Great East Japan Earthquake and Japanese long-term care insurance system. 環境経済・政策学会ワークショップ2022年大会, 2022年12月20日, 九州大学.	2	無
88	2022	Geng X., Hibiki A. (2022). The impact of Huai policy and clean heating policy on air pollution in China. 環境経済・政策学会ワークショップ2022年大会, 2022年12月20日, 九州大学.	1	無
89	2022	Sun S., Hibiki A. (2022). Effects of short and long-term exposure to PM2.5 on cognitive performance. 環境経済・政策学会ワークショップ	1	無

		ブ2022年大会, 2022年12月20日, 九州大学.		
90	2022	Chen G., Hibiki A. (2022). The impact of extreme weather on agriculture in China. 環境経済・政策学会ワークショップ2022年大会, 2022年12月20日, 九州大学.	1	無
91	2022	Chavez Espinosa A.L., Hibiki A. (2022). Impact of climate change on minorities and farmer's consumption: Evidence from Panama. 環境経済・政策学会ワークショップ2022年大会, 2022年12月20日, 九州大学.	1	無
92	2022	Shinkuma T., Hibiki A., Sawada E. (2022). Optimal inspection under moral hazard and limited liability of polluter. 環境経済・政策学会ワークショップ2022年大会, 2022年12月20日, 九州大学.	1	無
93	2022	Ko, Y.C., Uchida S., Hibiki A. (2022). Capacity to adapt to temperature effects on crop yield: Evidence from rice production in Japan. 環境経済・政策学会ワークショップ2022年大会, 2022年12月20日, 九州大学.	1	無
94	2022	Hibiki A., Kamaga K., Lee H.-L. (2022). Does temperature rise really reduce agricultural production and social welfare of a country? 環境経済・政策学会ワークショップ2022年大会, 2022年12月20日, 九州大学.	1	無
95	2022	Nohara K., Hibiki A. (2022). Economic valuation of the preparedness for power outages in Japan: The willingness to pay for storage batteries. 環境経済・政策学会ワークショップ2022年大会, 2022年12月20日, 九州大学.	2	無
96	2022	Mai T.T.C., Hibiki A. (2022). Flood effects on children's cognitive development: Panel estimates at secondary school ages. 環境経済・政策学会ワークショップ2022年大会, 2022年12月20日, 九州大学.	1	無
97	2022	Itakura K., Hibiki A. (2023). Applying climate change impacts to a global CGE model with sub-national regions of Japan. International Conference on Economic Structures 2023, 2023年3月18日, Hosei University, Tokyo.	2	無
98	2022	Ko Y.C., Uchida S., Hibiki A. (2023). Human and physical capitals as farm adaptation capacity to climate change: Evidence from corn yields in the US. Seminar at the Department of Food and Resource Economics (IFRO), March 20, 2023, University of Copenhagen.	1	無
99	2023	Mai C.T.T., Hibiki A. (2023). How does flood affect children differently? The impact of flood on children's education, labor, food consumption, and cognitive development. 上智大学人間の安全保障研究所セミナー, 2023年4月13日, 上智大学.	1	無
100	2023	Ko, Y.C., Uchida, S., Hibiki, A. (2023). Human and physical capitals as farm adaptation capacity to climate change: Evidence from corn yields in US. Kyoto Environment and Development Seminar, June 1, 2023, Online (京都大学).	1	無
101	2023	Mai, T.T.C., Hibiki, A. (2023). How does flood affect children differently? The impact of flood on children's education, labor, food consumption, and cognitive development. AERE 2023 Summer Conference, June 2, 2023, Portland, Maine, USA.	1	有
102	2023	Itakura, K., Hibiki, A. (2023). Applying climate change functions to the sub-national regions in a global CGE model. 26th Annual Conference on Global Economic Analysis, June 28, 2023, Bordeaux, France.	2	無
103	2023	Mai, T.T.C., Hibiki, A. (2023). How does flood affect children differently? The impact of flood on children's education, labor, food consumption, and cognitive development. EAERE 2023 28th Annual Conference, June 28, 2023, Limassol, Cyprus.	1	有

104	2023	Ko, Y.C., Uchida, S., Hibiki, A. (2023). Farm characteristics and the impact of temperature rise: Evidence from corn yields in US. 第14回7アジア消費者と家庭経済学会 (ACFEA), 2023年7月11日, 北九州.	1	無
105	2023	Hibiki, A., Kamaga, K., Lee, H.L. (2023). Who gains benefits from the negative temperature shock? General equilibrium analysis on impact of temperature rise on agricultural production and social welfare. 2023 International Summit on Agricultural and Environmental Economics, September 3, 2023, Taipei.	1	無
106	2023	Hibiki, A., Ko, I.M., Ko, Y.C., Uchida, S. (2023). Unveiling the dynamics of climate change effects on US corn yields: A novel approach for measuring adaptation. 2023 International Summit on Agricultural and Environmental Economics, September 3, 2023, Taipei.	1	無
107	2023	Itakura, K., Hibiki, A. (2023). Applying climate change impacts to a global CGE model with sub-national regions of Japan. 2023 International Summit on Agricultural and Environmental Economics, September 3, 2023, Taipei.	2	無
108	2023	Mai, C.T., Hibiki, A. (2023). Farmers' adaptation to climate change: Evidence from Vietnamese rural households. 2023 International Summit on Agricultural and Environmental Economics, September 3, 2023, Taipei.	1	無
109	2023	Uchida, S., Maki, S., Hibiki, A., Nohara, K., Yoshida, J. (2023). Rainfall intensity and flood damages: Hidden risk of agricultural land in floodplains. 2023 International Summit on Agricultural and Environmental Economics, September 3, 2023, Taipei.	2	無
110	2023	Yoshida, J., Uchida, S., Nohara, K., Hibiki, A. (2023). Natural disasters and firm selection: Heterogeneous effects of extreme rainfall events on manufacturing sectors in Japan. 2023 International Summit on Agricultural and Environmental Economics, September 3, 2023, Taipei.	2	無
111	2023	Itakura, K., Hibiki, A. (2023). Applying climate change damage functions to the sub-national regions in a global CGE model. The 18th East Asian Economic Association International Conference, September 4, 2023, Seoul National University.	1	無
112	2023	Ko, Y.C., Uchida, S., Hibiki, A. (2023). Human and physical capitals as farm adaptation capacity to climate change: Evidence from corn yields in US. 日本経済学会 2023年秋季大会, September 17, 2023, 大阪.	1	無
113	2023	康傑鋒, 柘植隆宏, 日引 聡, 久保雄広 (2023). 日本の国立公園におけるレクリエーション価値の解明. 環境経済・政策学会 2023年大会, 2023年9月30日, 平塚.	1	無
114	2023	Mai, T.T.C., Hibiki, A. (2023). Farmers' adaptation to climate change: Evidence from Vietnamese rural households. 環境経済・政策学会 2023年大会, 2023年9月30日, 平塚.	1	無
115	2023	Chen, G., Hibiki, A. (2023). The impact of extreme weather on agriculture in China. 環境経済・政策学会 2023年大会, 2023年10月1日, 平塚.	1	無
116	2023	Tang, L., T., Hibiki, A. (2023). To what extent can GCP stimulate HPEs' green innovation? 環境経済・政策学会 2023年大会, 2023年10月1日, 平塚.	1	無
117	2023	日引 聡. 気候変動による災害リスクと蓄電池システムの便益: 停電回避の社会的便益はいくらか? 東北大学エネルギーシンポジウム, 2023年10月2日.	1	無
118	2023	日引 聡. 日本の社会課題を考慮した総合的な適応策. 気候変動	1	無

		国際シンポジウム「気候変動対策と未来ビジョンー適応・緩和研究の展望」, 2023年10月18日, 東京.		
119	2023	Itakura, K., Hibiki, A. (2023). Applying climate change damage functions to the sub-national regions in a global CGE model. 気候変動国際シンポジウム「気候変動対策と未来ビジョンー適応・緩和研究の展望」, 2023年10月18日, 東京(ポスター発表).	2	無
120	2023	Nohara, K., Hibiki, A., Uchida, S., Yoshida, J. (2023). Economic valuation of the preparedness for power outages in Japan: The willingness to pay for storage batteries. 気候変動国際シンポジウム「気候変動対策と未来ビジョンー適応・緩和研究の展望」, 2023年10月18日, 東京(ポスター発表).	2	無
121	2023	Uchida, S., Maki, S., Hibiki, A., Nohara, K., Yoshida, J. (2023). Rainfall intensity and flood damages: Hidden risk of agricultural land in floodplains. 気候変動国際シンポジウム「気候変動対策と未来ビジョンー適応・緩和研究の展望」, 2023年10月18日, 東京(ポスター発表).	2	無
122	2023	Rivas, C., Hibiki, A. (2023). Wildfires, PM2.5, and mortality. 気候変動国際シンポジウム「気候変動対策と未来ビジョンー適応・緩和研究の展望」, 2023年10月18日, 東京(ポスター発表).	1	無
123	2023	Ko, Y.C., Hibiki, A. (2023). Does age matter for adaptation to extreme temperature effects on crop yields?. 気候変動国際シンポジウム「気候変動対策と未来ビジョンー適応・緩和研究の展望」, 2023年10月18日, 東京(ポスター発表).	1	無
124	2023	Mai, C.T., Hibiki, A. (2023). Farmers' adaptation to climate change: Evidence from Vietnamese rural households. 気候変動国際シンポジウム「気候変動対策と未来ビジョンー適応・緩和研究の展望」, 2023年10月18日, 東京(ポスター発表).	1	無
125	2023	Nohara, K., Hibiki, A. (2023). Determinants of farmers' strategies for adapting to climate change in Japan. 2023年日本応用経済学会秋季大会, 2023年11月5日, 慶応義塾大学.	2	無
126	2023	Chen, G., Hibiki, A. (2023). The effect of cyclone on long-run economic growth. 環境経済・政策学会 ワークショップ 2023年大会, 2023年12月18日, 九州大学.	1	無
127	2023	Mai, T.T.C., Hibiki, A. (2023). Farmers' adaptation to climate change: Evidence from Vietnamese rural households. 環境経済・政策学会 ワークショップ 2023年大会, 2023年12月18日, 九州大学.	1	無
128	2023	Chavez, A.L., Hibiki, A. (2023). Assessing the influence of weather shocks and tap water access on school attendance, child labor, and unemployment. 環境経済・政策学会 ワークショップ 2023年大会, 2023年12月18日, 九州大学.	1	無
129	2023	Hibiki, A., Shinkuma, T., Yoshida, J. (2023). Can environmental tax induce optimal development of abatement technology? 環境経済・政策学会 ワークショップ 2023年大会, 2023年12月18日, 九州大学.	1	無
130	2023	Ko, Y.C., Uchida, S., Hibiki, A. (2023). Does age matter for adaptation to extreme temperature effects on crop yields? 環境経済・政策学会 ワークショップ 2023年大会, 2023年12月18日, 九州大学.	1	無
131	2023	Ko, Y.C., Uchida, S., Hibiki, A. (2024). Does age matter for adaptation to extreme temperature effects on crop yields? Australasian Agricultural & Resource Economics Society (AARES) 2024 Annual Conference, February 9, 2024 Canberra.	1	有
132	2024	Ko, Y.C., Uchida, S., Hibiki, A. (2024). Does age matter for adaptation to extreme temperature effects on crop yields? Association of Environmental and Resource Economists (AERE)	1	有

		2024 Summer Conference, May 31, 2024, Washington, D.C..		
133	2024	Nohara, K., Hibiki, A. (2024). Economic valuation of the preparedness for power outages in Japan: The willingness to pay for storage batteries. The 13th Congress of Asian Association of Environmental and Resource Economics, August 26, 2024, National Tsing Hua University.	2	無
134	2024	Sawada, E., Shinkuma, T., Hibiki, A. (2024). Damage-based non-point source pollution policies with a relative evaluation of self-reporting. The 13th Congress of Asian Association of Environmental and Resource Economics, August 27, 2024, National Tsing Hua University.	1	無
135	2024	日引 聡. 洪水は子どもたちにどのような影響を与えるのか?:洪水が子どもの教育、労働、食料消費、認知発達に与える影響. AGIセミナー, 2024年9月12日, 北九州.	2	無
136	2024	Lay, S., Hibiki, A. (2024). The impact of air pollution on child growth in Myanmar: Insights from the 2015-2016 DHS and satellite data. 環境経済・政策学会 2024年大会, 2024年9月14日, 関西大学.	1	無
137	2024	Chavez, A., Hibiki, A. (2024). Health and sustainability at risk: An empirical study on the household solid waste challenge in Panama. 環境経済・政策学会 2024年大会, 2024年9月14日, 関西大学.	1	無
138	2024	Mai, C.T.T., Hibiki, A., Welch, E. (2024). Farmer's adaptation to climate change: Evidence from Vietnamese rural households. 環境経済・政策学会 2024年大会, 2024年9月14日, 関西大学.	1	無
139	2024	Tang, L., Hibiki, A. (2024). Environmental policy and export dynamics: A firm-level analysis of China's five-year plans. 環境経済・政策学会 2024年大会, 2024年9月14日, 関西大学.	1	無
140	2024	Itakura, K., Hibiki, A., Yoshida, J., Tamura, M., & Yokoki, H. (2024). Direct and indirect economic impacts of sea level rise in Japan. Seminar at Academia Sinica, September 16, 2024, Taipei, Taiwan.	2	無
141	2024	Itakura, K., Hibiki, A., Yoshida, J., Tamura, M., & Yokoki, H. (2024). Assessing economic effect of sea level rise: Application of a global CGE model with sub-nationals in Japan. 19th East Asian Economic Association (EAEA) International Conference, November 1, Millennium Hilton Bangkok, Thailand.	2	無
142	2024	日引 聡. カーボンプライシングの制度設計～ブルーカーボンへの応用. 令和6年度日本水環境学会東北支部セミナー 宮城の水環境とカーボンフロー:伊豆沼と志津川湾, 2024年11月30日, 東北大学.	1	無
143	2024	Ko, Y.C., Uchida, S., Hibiki, A. (2024). Aging farmers and the role of community in adaptation to extreme temperature effects on crop yields. The 15th Fudan-AGI Development Forum, December 6, 2024, Fudan University.	1	無
144	2024	Itakura, K., Hibiki, A., Yoshida, J., Tamura, M., & Yokoki, H. (2024). Direct and indirect economic impacts of sea level rise in Japan. Seminar at Academia Sinica, December 14, Taipei, Taiwan.	2	無
145	2024	Ko, Y.C., Uchida, S., Hibiki, A. (2025). Aging farmers and the role of community in adaptation to extreme temperature effects on crop yields. International Symposium on Applied Economics (IMES), February 21, 2025, National Chengchi University.	1	無
146	2024	Itakura, K., Hibiki, A., Yoshida, J., Tamura, M., & Yokoki, H. (2025). Direct and indirect economic impacts of sea level rise in Japan. The 9th International Conference on Economic Structures (ICES2025), March 8, 2025, Chiba University of Commerce, Japan.	2	無

(6) 「国民との科学・技術対話」の実施

成果 番号	発表 年度	成果 情報	主たる サブテーマ
147	2020～ 2024	日引 聡. 国立環研究所気候変動適応センター、東北地方環境事務所、および気候変動適応東北広域協議会における気候変動影響の経済評価手法にかかる政策アドバイス	1
148	2020	ワークショップ Young Researchers Meeting on Environmental Risks, 講師 H.L. Lee氏(台湾国立政治大学), オーガナイザー日引聡, 東北大学政策デザインラボ・知の創出センター主催, 参加者36名, 2020年12月16日, オンライン.	1
149	2020	ワークショップ Young Researchers Meeting on Social Risks, 講師 E. Welch氏(米国アリゾナ州立大学), オーガナイザー日引聡, 東北大学政策デザインラボ・知の創出センター主催, 参加者28名, 2021年1月20日, オンライン.	1
150	2021	自然災害と適応ワークショップ開催. 2021年8月25日, オンライン(名古屋市立大学).	2
151	2021	ワークショップ Researchers Meeting on Environmental Risks, 講師 M. Veronesi氏(デンマーク工科大学・ペローナ大学), オーガナイザー 日引聡, 東北大学政策デザインラボ・知の創出センター主催, 参加者25名, 2021年9月2日, オンライン.	1
152	2021	Organized Session “Climate Change, Natural Disaster, and Impact on Society”, オーガナイザー日引聡, Hiroshima International Conference on Peace and Sustainability 2022, 東北大学政策デザインラボ共催, 2022年3月3日, オンライン.	2
153	2021	ワークショップ Researchers Meeting on Environmental and Social Risks, 講師 P. Martinsson氏(イェーテボリ大学・デンマーク工科大学), 内田真輔氏(名古屋市立大学), オーガナイザー日引聡, 東北大学政策デザインラボ・知の創出センター主催, 参加者31名, 2021年11月2日, オンライン.	2
154	2021	日引 聡. What will happen in our future? The Third Connect the World Project (Organized by OASIS Tohoku University), 2021年12月7日, オンライン(招待講演).	1
155	2021	日引 聡. 気候変動の影響と適応策. 気候変動適応東北広域協議会懇談会, 2022年3月10日, オンライン.	1
156	2021	一般向け講演会「新しい社会主義:コモンズのための制度設計」, 講師 松島 斉氏(東京大学), オーガナイザー日引聡, 東北大学政策デザインラボ・知の創出センター主催, 聴講者約90名, 2022年3月11日, 東北大学(ハイブリッド).	1
157	2022	日引 聡. 環境経済学模擬授業 経済学はどのように役に立つのだろう. 宮城県宮城第一高等学校秋桜探究学 研究室訪問, 生徒17名+引率教員2名, 2022年6月21日, 東北大学	1
158	2022	日引 聡. 経済学はどのように役に立つのだろう. 広島県立広島高等学校 東北修学旅行ワークショップ, 2022年11月9日, 仙台.(90名程度)	1
159	2022	Environmental Economics ワークショップ, 講師 K. Burnett氏(ハワイ大学), 東北大学政策デザイン研究センター主催, 2022年12月7日, 東北大学	1
160	2023	Environmental Economics ワークショップ, 講師 M. Baggio氏(米国コネチカット大学), 東北大学政策デザイン研究センター主催, 参加者25名, 2023年4月24日, 東北大学	1
161	2023	日引 聡. 経済学と政策設計. 宮城県宮城第一高等学校 国際探究科 探究講義テーマ「政策決定」, 2023年5月9日, 宮城県宮城第一高等学校.	1
162	2023	日引 聡. 経済学はどのように役に立つのだろう. 一気候変動の影響の経済分析. 東北大学出前講座, 2023年5月31日, 秋田県立秋田高等学校.	1
163	2023	日引 聡. 環境経済学模擬授業 経済学はどのように役に立つのだろう. 宮城県宮城第一高等学校研究室訪問・2023年6月20日, 東北大学.	1
164	2023	野原 克仁. 特別授業 ー今の地球、これからの地球ー. 立教新座高校.	2

165	2023	内田 真輔. 気候変動への適応と政策対応. 財務省財務総合政策研究所 外部有識者による研究所内講演会.	2
166	2024	日引 聡. 経済学はどのように役立つのだろう?～経済学と政策設計～. 東北大学出前講座. 2024年5月24日, 宮城県仙台第三高等学校.	1
167	2024	日引 聡. 模擬授業 経済学はどのように役立つのだろう?～経済学と政策設計～. 福島県立福島西高等学校学校見学・2024年7月3日, 東北大学.	1
168	2024	東北大学政策デザイン研究センター・名古屋市立大学経済学部 ジョイントワークショップ開催. 2024年8月1日, 東北大学(ハイブリッド).	2
169	2024	野原克仁. 地球沸騰化! ?その観光、本当に持続可能? 立教大学オープンキャンパス体験授業. 2024年8月7日. 立教大学.	2

(7) マスメディア等への公表・報道等

成果 番号	発表 年度	成果 情報	主たる サブテーマ
170	2021	内田 真輔. 中部経済新聞全国版 3頁. コロナ禍のエネルギー消費と健康リスク. 2021年2月16日掲載	1
171	2021	日引 聡. 東北放送・Nスタみやぎ. 再生可能エネルギーの課題分析について. 2021年9月14日掲載	1
172	2022	内田 真輔. 中部経済新聞全国版. 農家の高齢化と地球温暖化リスク: バリアフリー化が適応促進のカギ. 2022年8月10日掲載	1
173	2023	日引 聡. ダイヤモンドオンライン. 「レジ袋・ストロー削減」は抜本的な環境対策にならない! 経済学的にベストな方法とは?. 2023年10月25日	1
174	2023	日引 聡. 再生可能エネルギー等に関する規制等の総点検タスクフォース(内閣特命大臣傘下のタスクフォース)に、有識者として参加。カーボンプライシングに関する議論. 2023年12月25日 当日の動画は以下で配信中 https://www.youtube.com/watch?v=e5FICKhp_3o	1
175	2024	野原 克仁. 山陰経済ウィークリー. 中小企業がカーボンニュートラルに取り組む意味と、消費者に求められる姿勢. 2024年3月19日掲載	2
176	2024	内田 真輔. 『週刊東洋経済』経済学者が読み解く現代社会のリアル7「高齢農家ほど大打撃、気候変動にどう適応するか」. 2024年10月19日掲載.	1
177	2024	内田 真輔. 日本経済新聞「経済論壇から」. 2024年10月26日掲載.	2
178	2024	日引 聡. 長野県民新聞「合格への道:ゼミ・研究室探訪」2024年11月13日	1

(8) 研究成果による受賞

成果 番号	発表 年度	成果 情報	主たる サブテーマ
179	2021	佐藤達哉, 堀内一樹, 宮森 健(東北大学経済学部), 指導教員 日引 聡. 日本海物流のスマートネットワーク構想, 新潟県知事賞, 第2回フューチャーリーダーズプログラム, 2021年3月10日.	1
180	2021	高橋 大智, 原田 嵩弘, 菩提寺 浩己(東北大学・東北学院大学), 指導教員 日引 聡. ブルーカーボンが拓く北東アジアの未来像, 新潟県知事賞, 第3回フューチャーリーダーズプログラム, 北東アジア研究所, 2022年2月18日.	1
181	2021	Yi-Chun Ko. Best Presentation Award, Hiroshima International Conference on Peace and Sustainability 2022, March 4, 2022, オンライン.	1
182	2021	Yi-Chun Ko. JSPS HOPE Fellow, JSPS 13th HOPE Meeting, March 7-11, 2022, オンライン.	1
183	2022	Yi-Chun Ko. Adaptation capacity to the effects of extreme temperatures on crop yields: Evidence from corn production in US, ベストSpeed Talk賞, 環境経済・政策学会ワークショップ2022年大会, 2022年10月2日.	1

184	2022	吉田 惇. Land use policies considering a natural ecosystem, Regional Science and Urban Economics, 83, 103552, 2020. 奨励賞, 環境経済・政策学会, 2022年10月2日.	2
185	2022	浅井惇志, 高木伸也, 松田美奈 (名古屋市立大学経済学部), 指導教員 内田真輔. 東日本大震災後の避難生活と健康影響, 総務省統計データ分析コンペティション2022 審査員奨励賞, 総務省, 2022年10月18日.	2
186	2022	内田真輔. 令和4年度 名古屋市立大学国際共著論文プラス1運動 国際共著論文賞, 名古屋市立大学, 2022年10月28日.	2
187	2022	中尾 春貴, 大石 真士 (東北大学経済学部), 指導教員 日引 聡. 日中韓で目指す環境にやさしい太陽光発電, 新潟県知事賞, 第4回フューチャーリーダーズプログラム, 北東アジア研究所, 2022年12月16日.	1
188	2022	日引 聡. 令和4年度 総長教育賞, 東北大学, 2023年3月14日,	1
189	2024	Sophia Lay (博士課程学生). The Impact of Air Pollution on Child Growth in Myanmar: Insights from the 2015-2016 DHS and Satellite (日引聡との共著論文), ベストSpeed Talk賞, 環境経済・政策学会ワークショップ2024年大会, 2024年9月14日.	1

(9) その他の成果発表

成果 番号	発表 年度	成果 情報	主たる サブテーマ
190	2024	東北大学経済学部主催短期台湾研修における気候変動研修 (台湾・農業部農業試験所を訪問し、東北大学経済学部生を対象に、台湾における農業技術の適応策の研修を実施するとともに、そこで、農業試験所研究員を対象に、サブテーマ1の研究成果を発表)	1

権利表示・義務記載

特に記載する事項は無い。

この研究成果報告書の文責は、研究プロジェクトに参画した研究者にあります。
 この研究成果報告書の著作権は、引用部分及び独立行政法人環境再生保全機構(ERCA)のロゴマークを除いて、原則的に著作者に属します。
 ERCAは、この文書の複製及び公衆送信について許諾されています。

Abstract**[Project Information]**

Project Title : Development of Economic Assessment Methods for Impact of Climate Change and Adaptation Options

Project Number : JPMEERF20S11850

Project Period (FY) : 2020-2024

Principal Investigator : Hibiki Akira

(PI ORCID) : 0000-0001-5955-492X

Principal Institution : Tohoku University
27-1, Kawauchi, Aobaku, Sendai, Miyagi, JAPAN
Tel: +81-22-795-6320
E-mail: hibiki@tohoku.ac.jp

Cooperated by : Rikkyo University, Nagoya City University, Tohoku Gakuin University, University of Tokyo

Keywords : Climate Change, Temperature Rise, Flood Damage, Economic Impacts, Aaptation Policy

[Abstract]

This project conducts a comprehensive analysis of the economic impacts of climate change on Japan, which consists of two subprojects. The first subproject focuses on the impacts of rising temperatures on the agricultural sector and human health, while the second one focuses on the impact of flooding on the agricultural and manufacturing sectors.

In the first sub-project, we will conduct 6 studies to investigate

- (1) how daily temperature affects crop yield (by 32 crops) and how a 2°C rise in temperature changes crop yield (by 32 crops) in each city;
- (2) how the daily temperature affects the land use of crops (by crops) and how a 2°C rise in temperature changes the land use;
- (3) how the daily temperature affects the agricultural income and how a 2°C rise in temperature changes the agricultural income by city;
- (4) which farmer characteristics (age, farm size, etc.) affect farmers' adoption of adaptation measures, such as smart agricultural technology, use of heat-tolerant varieties, water management, etc.;
- (5) how the daily temperature affects the mortality rate and how a 2°C rise in temperature changes the mortality rate of each city;
- (6) how the negative economic shock in the agricultural sectors caused by the temperature rise is diffused to the non-damaged regions (prefecture) through the supply chain (economic transaction between the damaged prefectures and the non-damaged prefectures) by using the 47 prefectures computable equilibrium model.

In the second sub-project, we will conduct 6 studies to explore:

- (1) how flood/heavy rain damages the agricultural sector;
- (2) how flood/heavy rain damages production in the manufacturing sectors;
- (3) how the management risk caused by climate change affects the adaptation behavior of farmers;
- (4) the willingness of a household to pay to avoid outages caused by the natural disasters;
- (5) how the negative economic shock in the manufacturing sectors caused by the floods is diffused to the non-damaged regions (prefectures) through supply chain (economic transaction between the damaged prefectures and non-damaged prefectures) by using the 47 prefectural computable equilibrium model.

[References]

- Yoshida, J., Uchida, S., Nohara, K., Hibiki, A. (2021) "Natural Disasters and Firm Selection: Heterogeneous Effects of Flooding Events on Manufacturing Sectors in Japan", Tohoku University Policy Design Lab Discussion Paper, TUPD-2021-007, p.1-23.
<https://www2.econ.tohoku.ac.jp/~PDesign/007en.html>
- Itakura, K., Iwamoto, T. (2024) "Regional Computable General Equilibrium Model of Japan and the Global Economy", Tohoku University Research Center for Policy Discussion Paper, TUPD-2024-016, p.1-26.
<https://www2.econ.tohoku.ac.jp/~PDesign/4016en.html>
- Nohara, K., Hibiki, A., Uchida, S., Yoshida, J. (2025) "Determinants of Farmers' Strategies for Adapting to Climate Change in Japan", in **Climate Change Impacts and Adaptation Strategies in Japan - Integrated Research toward Climate Resilient Society**, Mimura, N., Takewaka, S. (Eds.), p.315-326, Springer Singapore
https://doi.org/10.1007/978-981-96-2436-2_22
- Itakura, K., Hibiki, A., Yoshida, J., Tamura, M., Yokoki, H. (2025) "Direct and Indirect Economic Impacts of Sea Level Rise", in **Climate Change Impacts and Adaptation Strategies in Japan - Integrated Research toward Climate Resilient Society**, Mimura, N., Takewaka, S. (Eds.), p. 327-341, Springer Singapore
https://doi.org/10.1007/978-981-96-2436-2_23
- Ko, Y.C., Uchida, S., Hibiki, A. (2025) "Aging farmers and the role of community in adaptation to extreme temperature effects on crop yields", Tohoku University Research Center for Policy Discussion Paper, TUPD-2025-006, p.1-36
<https://www2.econ.tohoku.ac.jp/~PDesign/5006en.html>

This study was supported by the Environment Research and Technology Development Fund of the ERCA(JPMEERF20S11850) funded by the Ministry of the Environment.