

Environment Research and Technology Development Fund

環境研究総合推進費 終了研究成果報告書

2-1801 世界の気候変動影響が日本の社会・経済活動にもたらすリスクに
関する研究
(JPMEERF20182001)
平成30年度～令和2年度

Study on Risks due to Global Climate Change Impacts that could Affect Socio-economic activities
in Japan

〈研究代表機関〉

国立研究開発法人国立環境研究所

〈研究分担機関〉

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構
公益財団法人地球環境戦略研究機関

茨城大学

名古屋大学

東京大学

○図表番号の付番方法について

「Ⅰ. 成果の概要」の図表番号は「0. 通し番号」としております。なお、「Ⅱ. 成果の詳細」にて使用した図表を転用する場合には、転用元と同じ番号を付番しております。

「Ⅱ. 成果の詳細」の図表番号は「サブテーマ番号. 通し番号」としております。なお、異なるサブテーマから図表を転用する場合は、転用元と同じ図表番号としております。

令和3年5月

目次

I. 成果の概要	・・・・・・・・・・	1
1. はじめに（研究背景等）		
2. 研究開発目的		
3. 研究目標		
4. 研究開発内容		
5. 研究成果		
5-1. 成果の概要		
5-2. 環境政策等への貢献		
5-3. 研究目標の達成状況		
6. 研究成果の発表状況		
6-1. 査読付き論文		
6-2. 知的財産権		
6-3. その他発表件数		
7. 国際共同研究等の状況		
8. 研究者略歴		
II. 成果の詳細		
II-1 総括班：国外における気候変動影響及び関連リスクに関する情報分析	・・・・・・・・・・	16
（国立研究開発法人国立環境研究所）		
要旨		
1. 研究開発目的		
2. 研究目標		
3. 研究開発内容		
4. 結果及び考察		
5. 研究目標の達成状況		
6. 引用文献		
II-2 国際サプライチェーンを通じた気候変動の国内経済活動への影響に関する研究	・・・・・・・・・・	30
（国立研究開発法人国立環境研究所）		
要旨		
1. 研究開発目的		
2. 研究目標		
3. 研究開発内容		
4. 結果及び考察		
5. 研究目標の達成状況		
6. 引用文献		
II-3 国外の気候変動影響による食料生産変化が日本の食料輸入に及ぼす効果に関する研究	・・・・・・・・	45
（国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構）		
要旨		

1. 研究開発目的
2. 研究目標
3. 研究開発内容
4. 結果及び考察
5. 研究目標の達成状況
6. 引用文献

II-4 アジア地域における気候脆弱性リスクに関する研究 57
 (公益財団法人地球環境戦略研究機関)

要旨

1. 研究開発目的
2. 研究目標
3. 研究開発内容
4. 結果及び考察
5. 研究目標の達成状況
6. 引用文献

II-5 気候変動と安全保障概念の理論的側面に関する研究 64
 (茨城大学)

要旨

1. 研究開発目的
2. 研究目標
3. 研究開発内容
4. 結果及び考察
5. 研究目標の達成状況
6. 引用文献

II-6 国際制度における気候変動リスク対処方策に関する研究 79
 (名古屋大学／東京大学)

要旨

1. 研究開発目的
2. 研究目標
3. 研究開発内容
4. 結果及び考察
5. 研究目標の達成状況
6. 引用文献

III. 研究成果の発表状況の詳細 90

IV. 英文Abstract 102

I. 成果の概要

課題名 2-1801 世界の気候変動影響が日本の社会・経済活動にもたらすリスクに関する研究

課題代表者名 亀山 康子 (国立研究開発法人国立環境研究所社会環境システム研究センター センター長)

重点課題 主：【重点課題⑦】気候変動への適応策に係る研究・技術開発

副：【重点課題⑤】低炭素で気候変動に柔軟に対応する持続可能なシナリオづくり

行政要請研究テーマ (行政ニーズ) (2-3) 国外の気候変動影響が我が国の経済活動にもたらすリスクに関する研究

研究実施期間 平成30年度～令和2年度

研究経費 (千円)

	契約額	実績額 (前事業年度繰越分支出額含む)
平成30年度	36,000	33,944
令和元年度	40,000	36,185
令和2年度	40,000	40,065
合計額	116,000	110,194

本研究のキーワード： 気候変動影響、リスク、サプライチェーン、安全保障、国際制度

研究体制

(サブテーマ1) 総括班：国外における気候変動影響及び関連リスクに関する情報分析 (国立研究開発法人国立環境研究所)

(サブテーマ2) 国際サプライチェーンを通じた気候変動の国内経済活動への影響に関する研究 (国立研究開発法人国立環境研究所)

(サブテーマ3) 国外の気候変動影響による食料生産変化が日本の食料輸入に及ぼす効果に関する研究 (国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構)

(サブテーマ4) アジア地域における気候脆弱性リスクに関する研究 (公益財団法人地球環境戦略研究機関)

(サブテーマ5) 気候変動と安全保障概念の理論的側面に関する研究 (茨城大学)

(サブテーマ6) 国際制度における気候変動リスク対処方策に関する研究 (名古屋大学 (平成30年度) / 東京大学 (令和元年、2年度))

研究協力機関

研究協力機関はない。

1. はじめに（研究背景等）

我が国の気候変動の影響研究に関して、従来までは、特に国内を対象とした降水量の変化や熱波等の物理的影響に関する研究を中心に進展してきた。しかし、下記の2つの側面については、研究が遅れていた。第1には、国外で発生する気候変動影響が貿易やサプライチェーン等をつうじて間接的に日本国内経済・社会活動に及ぼす影響である。このことは、近年、企業が業種ごとに独自の適応策を検討する必要性が増していることとも関連し、世の中での関心が高まっている。第2として、降水量の変化や異常気象の増加といった物理的な悪影響をきっかけとした社会経済的な影響である。移民の発生や、集団と集団との間の紛争等の社会的不安定性も、物理的影響と同様に人々の生命や生活を脅かす。また、これらの社会的影響も、さまざまな経路を経て、国や企業の経済活動に間接的に影響を及ぼしうる。

このような問題意識を踏まえ、近年G7やIPCC等では、気候変動影響が国の安全保障や社会経済に及ぼす多様なリスクが注目されてきている。例えば、IPCC第5次評価報告書においても、第2作業部会で「人間の安全保障（Human Security）」という章を立て、人々の移動に伴う社会不安や、頻度が増えつつある異常気象による災害に対する人道支援の限界を指摘している。そして、これらの懸念を包摂した新たな安全保障概念が、欧米の研究者を中心に生まれつつある。我が国では上記のとおり、物理的損害以外の観点からの知見が乏しいため、戦略的な調査研究の実施が求められる。

2. 研究開発目的

上記に示した背景を踏まえ、本課題では、世界各地で発生した気候変動影響とその地域における社会的不安定性及び社会経済状況の変化が、わが国の社会・経済活動や我が国の安全保障に及ぼす影響と、そのメカニズムを明らかにした上で、今後の気候変動政策及び関連施策において、日本がとるべき対策を提言することを目的とする。

世界各地で発生したすべての気候変動影響が、わが国の社会経済に同水準で影響を及ぼすわけではない。まずは、わが国の社会経済が世界のいかなる地域といかなる関連性を持つのかについて、精査する必要がある。実際には、産業の中でも業種ごとに懸念すべきリスクの種類やつながりを持つ地域が異なることが想定される。また、気候変動影響といっても、異常気象の増加など既に起きているものから、海面上昇など今後100年以上かけて徐々に影響を及ぼしていくものまでであるため、時間軸に配慮し緊急性の程度を吟味する必要がある。社会経済活動は相対的に短期で意思決定が行われるため、短期的に生じる気候変動影響への対処が急務ではあるものの、設備の立地等長期的な視野が必要なものもある。

さらに、最終的には、わが国の状況のみならず、他国の状況も間接的にわが国に影響することから、アジア太平洋地域等、より広い領域にまで視野を拡大して検討する必要がある。日本として特に関係の深いアジア地域で生じる物理的・社会的リスクの同定と、それを軽減するための措置について検討する。さらには、パリ協定等、既存の国際枠組みの中での、本研究が対象とするリスクへの対応のあり方についても検討する。

3. 研究目標

全体目標	貿易やサプライチェーン、投資等海外と日本をつなぐ経済活動や、海面上昇、環境難民、自然災害時の人道支援、アジア地域の脆弱性等の社会不安要素を、日本に対するリスクとして捉えた時に、リスクを可能な限り具体的に同定するとともに、リスク軽減・管理に必要な対策や制度を提示する。
サブテーマ1	総括班：国外における気候変動影響及び関連リスクに関する情報分析
サブテーマリーダー /所属機関	亀山康子／国立研究開発法人国立環境研究所

目標	国外の気候変動影響が、日本の企業に及ぼしうる社会経済的なリスクを企業リスク認識の観点から明らかにする。また、「気候安全保障」という用語の使われ方から、日本の気候変動リスク認識の現状と課題を明らかにする。
サブテーマ2	国際サプライチェーンを通じた気候変動の国内経済活動への影響に関する研究
サブテーマリーダー/所属機関	南斉規介/国立研究開発法人国立環境研究所
目標	気候変動シナリオを考慮した国際貿易構造モデルを開発し、将来の気候変動による国際貿易への影響の定量化とそれに起因する国内産業のリスク評価を行う。
サブテーマ3	国外の気候変動影響による食料生産変化が日本の食料輸入に及ぼす効果に関する研究
サブテーマリーダー/所属機関	櫻井 玄/国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構
目標	日本が輸入している食料資源を対象とし、今後の気候変動影響が国外の食料生産量に及ぼす影響を分析し、日本が輸入に依存する食料供給に及ぼす影響を明らかにする。
サブテーマ4	アジア地域における気候脆弱性リスクに関する研究
サブテーマリーダー/所属機関	田村堅太郎/公益財団法人地球環境戦略研究機関
目標	アジア諸国の脆弱性と国際緊急支援への依存度の関係を把握するための気候脆弱性インデックスの開発や、国際緊急支援要請を発動するような気象災害レベルの閾値を把握するための「臨界閾値」の開発を通じて、気象災害への国際緊急支援がアジアの気候安全保障の強化に向けた協力のあり方についての検討・提案をおこなう。
サブテーマ5	気候変動と安全保障概念の理論的側面に関する研究
サブテーマリーダー/所属機関	蓮井誠一郎/茨城大学
目標	世界の気候変動と安全保障についての議論や動向を総括し、日本の気候変動政策について、日本の安全保障論との関連で検討した気候変動安全保障政策オプションを提示し、英文論文によって国際的に発信する。
サブテーマ6	国際制度における気候変動リスク対処方策に関する研究
サブテーマリーダー/所属機関	高村ゆかり/東京大学
目標	パリ協定やG7、G20など複数の国際組織や制度を活用した、気候変動リスクを抑制し最小化する国際ガバナンスのあり方の選択肢とその特徴を整理し、その成果を国内外に向けて発信する。

4. 研究開発内容

上記の研究開発目的を達成するため、本課題では2種類のグループに分けて研究を実施する（図1）。1つ目のグループ（サブテーマ2、3）は、国外での気候変動影響が貿易やサプライチェーンを介して間接的に日本の社会経済に及ぼす影響を対象とする。分析手法は貿易モデル等、定量的なものを中心とする。2つ目のグループ（サブテーマ4～6）は、日本のみならずアジア地域や国際社会を含め、社会経済的なリスクを安全保障の観点から分析する。こちらは主に、定性的、叙事的な政策分析や制度研究が中心となる。近年G7で取り上げられている「気候脆弱性リスク」に関するアジア地域を中心とした分析、「気候変動と安全保障」概念に関する諸外国での理論の動向調査、人間安全保障を中心に据えた日本の人道支援等の外交政策に及ぼす影響の検討等を実施する。また、サブテーマ1は総括班として、他サブテーマに必要な気候変動影響に関する情報を提供しつつ、サブテーマから得られた知見をとりまとめ、日本としての総合的な気候変動リスク対応を検討する。

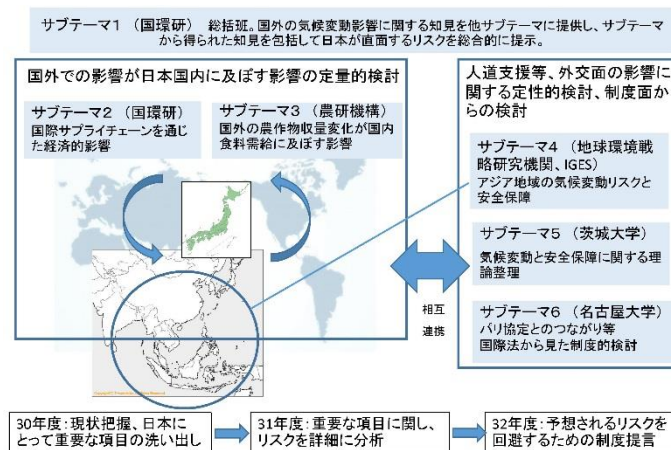


図1 本課題のサブテーマの構成（研究開始時）

（1）総括班：国外における気候変動影響及び関連リスクに関する情報分析

気候変動影響は国によって異なり、また、交易条件により日本にとって相対的に関連性の深い国とそうではない国がありうることから、本サブテーマでは、他サブテーマが必要とする気候変動影響に関する情報を提供しつつ、他サブテーマからのインプットを総括し、日本としての気候変動リスクの考え方を提示することを主な役割として設定した。また、サブテーマ1として特に我が国の企業にとってのリスクを分析対象とした。欧米の文献を中心に文献調査を行い、ありうるリスクの一覧を作成した上で、日本の主だった企業11社に対してインタビュー調査を実施し、特に日本の企業にとって重大となりうるリスクを調査するとともに、企業の適応策の現状についても調査した。また、企業を対象として毎年実施されているアンケート調査結果データを用いて、世界の企業および日本の企業について、業種ごとに、懸念される気候変動影響の種類の違いを示した。

（2）国際サプライチェーンを通じた気候変動の国内経済活動への影響に関する研究

世界の197の国と地域間の5022品目の貿易商品に関する輸出入量を重量ベース（t/y）で推計する国際貿易モデルを機械学習の技法を援用して構築した。モデルは世界各国の温室効果ガス（GHG）排出量、社会的脱炭素（一人当たりGHG排出量）、経済的脱炭素（単位GDP当たりGHG排出量）、気象災害発生回数を説明変数とし、気候変動による国際貿易への影響を組み込んだ。

モデルによる貿易量の実態値（過去データ）の再現性が良好であることを確認し、気象災害の発生回数を仮想的にそれぞれ2倍にした場合の1995年から2017年の貿易量の計算を行なった。そして、先のモデルによる過去再現値との災害が倍増した場合の貿易量との相違を分析した。また、産業連関モデルにより、日本の各産業部門や最終需要部門が国内サプライチェーンを通じて直接的間接的に輸入する輸入品を約5000品目の解像度で同定し、それらの輸入品がどの気象災害の発生回数の増大に影響を受ける傾向があるかを分析した。加えて、国際貿易モデルに、COVID-19によるGHG排出量への影響を考慮した3種

類の2050年までの各国のGHG排出シナリオと人口およびGDPデータを組み込み、貿易構造の将来シナリオ分析を行なった。

(3) 国外の気候変動影響による食料生産変化が日本の食料輸入に及ぼす効果に関する研究

本サブテーマの目的は、国外の気候変動影響による食糧変化が日本の食糧輸入に及ぼす影響について解析することである。そのため、主に日本が輸入に依存する普通作物及び飼料作物について、既存のプロセスベース作物モデルを改良するとともに、統計モデルも併用してモデル開発を行った。プロセスベース作物モデルの改良に関しては、全球作物収量予測モデル (PRYSBI2) のコアモジュールを改良した。また、統計モデルの併用に関しては、主食や飼料、食用油として重要な作物、果樹について、気象の変化が作物の生産性に与える影響を世界規模で調べるために加法モデルと分位点回帰を用いて解析した。また、気候変動が日本の食料輸入に及ぼす影響について、総合的に解析した。

(4) アジア地域における気候脆弱性リスクに関する研究

アジア地域全体で気象災害への即応能力を高めることで、気候安全保障の向上を図ることを目的に、アジア諸国の脆弱性と国際緊急支援への依存度の関係を把握するための気候脆弱性インデックスを開発するとともに、特定の国において国際緊急支援要請を発動するような災害レベルの閾値を把握するための「臨界閾値」を開発した。既往の指標を踏まえて気候脆弱性インデックス (CFRI) を独自に開発しつつ、緊急援助要請に関する臨界閾値の概念を導入し、これらを過去の事例にあてはめて気候変動リスクの大きさを評価した。

(5) 気候変動と安全保障概念の理論的側面に関する研究

英語圏における気候安全保障 (climate security) に関する近年の研究動向 (おおよそ20年間) を把握するため、学術データベースへの論文および著書の収録状況を調査し、気候安全保障関連論文の研究内容の分類と隣接分野を調査した。さらに、欧米諸国の政府文書への分析も加えることにより、気候安全保障が隣接する他の安全保障分野 (エネルギー安全保障等) の中核になりうることを示した。そのうえで、日本の非軍事的安全保障の系譜に気候安全保障を位置づけた。

(6) 国際制度における気候変動リスク対処方策に関する研究

本サブテーマは、気候変動リスクの抑制と最小化という観点から、パリ協定と他の関連する国際制度とその実効性について検討するものである。気候変動枠組条約、パリ協定とそれ以外の国際制度について、気候変動リスクの抑制と最小化という観点から、現行の制度とその実効性について検討した。その中で、国際的に重点的な対処が必要と認められる気候変動リスク、特に今後日本にとって重要となる可能性が高い気候変動リスクを同定し、それらを対象に気候変動リスクを抑制し、最小化する国際的なガバナンスのあり方を検討した。

5. 研究成果

5-1. 成果の概要

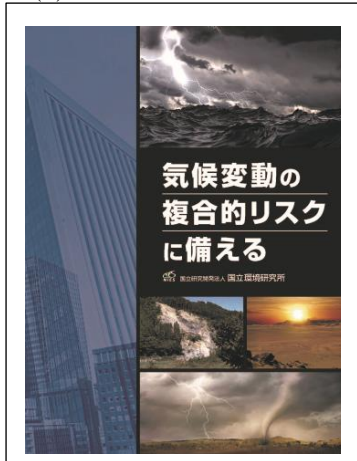
課題全体としては、1、2年度はサブテーマごとに研究を進め、3年度目には全サブテーマの成果を統合し、外部に周知する活動にエフォートを割いた。サブテーマごとの研究成果概要は、後述する。

最終年度であった2020年度、国際シンポジウムの開催等も予定していたが、コロナ禍により中止を余儀なくされた。その代替的な措置として、ウェビナーの開催と日英でのパンフレット作成を行った。ウェビナー「米国の気候変動政策最前線：大統領選挙後の気候変動政策と気候安全保障」は2020年11月18日に行い、2名の米国専門家に講演を依頼した。最終的に140名ほどの聴衆を得た。これらの聴衆の中にはマスメディア関係者が含まれており、気候変動を安全保障概念でとらえるアプローチへのメディアの関心を高めることができた。

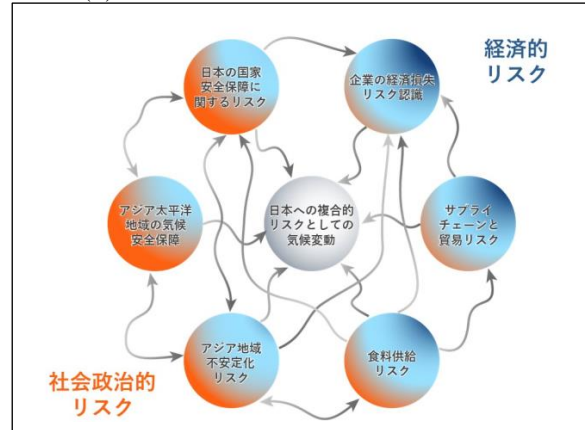
パンフレット「気候変動の複合的リスクに備える」(図(1)-8)は、上記ウェビナーに間に合わせるタイミングで、日本英語両バージョンを作成した。その中では、全サブテーマがそれぞれ対象とする気候変動リスクを6つのマルで表現(図(1)-9)し、これらが直接あるいは間接的に日本になんらかの悪影響を及ぼすリスクとして存在する。欧米諸国では、このような経済社会政治的リスクを含めた包括的な気

候変動リスクを「気候変動の複合的リスク(compound risk of climate change)」と呼んでいる。日本に被害をもたらすまでの因果関係は必ずしも明確ではなく、甚大な被害が生じる頻度が必ずしも高いとも限らないが、本課題では、ここで示した6種類の複合的リスクが日本にとって特に重要であることを示した。今後、それぞれのリスクごとに、関係者を含めた対話を進める必要がある。

図(1)-8 パンフレット表紙



図(1)-9 気候変動の複合的リスクの図



(1) 総括班：国外における気候変動影響及び関連リスクに関する情報分析

国外における気候変動影響がサプライチェーン等を介して日本の経済活動に及ぼす影響や、その他社会経済的リスクについて、以下の3種類の研究を実施した。

(1) 日本企業を対象としたインタビュー調査

海外の報告書を中心に、日本企業が直面する可能性がある気候変動影響をまとめて一覧表を作成した(表(1)-2)。そしてこの一覧表をベースに質問票を作成し、国際的に活動している日本の企業11社を対象にインタビュー調査を実施した。その結果、2011年に生じたタイでの洪水により日本企業が甚大な被害を受けて以降、集中豪雨や洪水等に対する日本企業のリスク認識は高まり、備えが十分にできていることが分かった。一方、海面上昇など長い年月をかけてゆっくりと生じるタイプのリスクや、高熱など未経験のリスクに対しては、十分な備えができていない場合があることが分かった。

(2) 企業アンケート調査回答データを用いた業種別分析

英国のNGOであるCDPによる企業アンケート調査回答データを活用し、世界中の主要企業による気候変動リスクについて業種ごとに分析した。結果、世界の企業と日本企業の回答結果には大きな差異はなく、日本企業の方が意識が高い業種があることが分かった。一方、評判リスクや投資リスク等、物理的リスク以外のリスクについては、日本企業が全般的に世界平均よりも低いことが分かった。

(3) 「気候安全保障」概念の分析と日本への意義

「気候安全保障」という用語の使い方について欧米を中心とした既往論文等を元に4種類(長期的かつ不可逆的な地球規模変化、個人への短期的かつ突発的なリスク、紛争や暴力の根源的要因としての気候変動、ハリケーン等による軍の施設への損害)に分類し、その中で日本の中で十分議論が進んでいるものと、議論ができていないものを指摘した。日本では、1つ目の概念は「気候危機」「緩和策」、2つ目の概念は「影響と適応」「防災」といった用語で議論が進んでいるが、3つ目と4つ目の議論はほとんど進んでいないことを明らかにした。

表(1)-2 国外と結びつきのある企業が直面しうる気候変動リスク

気候変動影響の種類	想定される企業活動へのリスク
短期的な降水量の増加による浸水等	短期的な集中豪雨、台風、ハリケーン、強風による資本（設備等）への物理的損害
	交通網遮断による物流停止
	交通網遮断による社員の出勤困難
	サプライチェーンを介した納期の遅れ
	工事期間の延長
	農作地の浸水による生産量減少
海面上昇や高潮	長期的なトレンドとしての海面上昇による土地や設備の喪失
	短期的な異常気象による高潮での資本（設備等）への損害
	港湾が使用困難となることによる船舶での輸送遅延
渇水	降水量の減少等による工場での水使用量減少
	降水量の減少等による穀物等食料品生産量の減少
	乾燥による森林火災、山火事
熱ストレス	社員（労働者）の熱中症、あるいはそれを防止するための休憩時間確保による労働生産性減少
	社員（労働者）や製品の品質管理のための空調利用による電力消費量増加
	高熱による農作物の生産量減少、長期的には栽培適地の変化
	道路アスファルト等の劣化による輸送遅延
	漁業資源の移動を含む気温上昇による生態系への影響や、気温変化によるウィルス増加の結果としての伝染病の増加
	消費者の好みの変化（機会ともなりうる）
上記を原因とする経済的コスト増、投資リスク	新たな事業を始める際の将来リスク増加によるコスト増
	保険料の増加
	価格の高騰に伴う投機の発生によるさらなる価格高騰
	信用の低下

(2) 国際サプライチェーンを通じた気候変動の国内経済活動への影響に関する研究

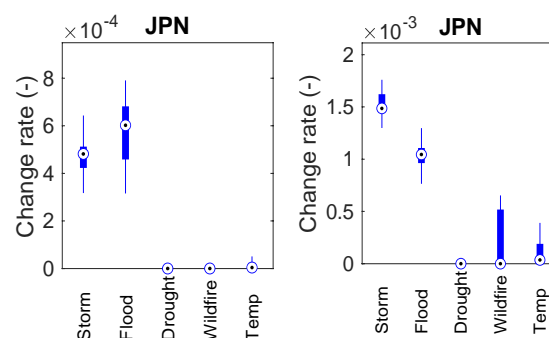
(1) 貿易モデルによる過去再現性

日本の主要な10の輸入品の世界総貿易量について、モデルによる推計値と実績値との比較した結果、全体的に単調増加の形状を示す貿易商品はモデルの実績値の再現性が高い。しかし、単調増加の形状を有する場合でも、近年の急激な上昇が見られる場合は、近年の値に差異が認められた。増加と減少を繰り返す形状では、概ね増減の傾向は反映できているが、各年の値の再現性は単調な形状よりも劣った。再現性の傾向は、各国の輸入総量、輸出総量に関する比較でも同様であった。

(2) 気象災害の発生回数の変化による貿易量の影響

仮想的に5つの気象災害(1)暴風、(2)洪水、(3)干ばつ、(4)森林火災、(5)異常気温)の発生回数をそれぞれ仮想的に過去の実績値の2倍をモデルに付与し、貿易量への影響を検証した。発生回数を2倍した場合のモデルから計算される各年の貿易量と実貿易量との差分の絶対値を取り、その絶対値の実貿易量に対する割合を求めた。日本の結果を図(2)-1に示す。縦軸の割合は貿易商品の種類によって明らかに違いがあった。中央値の値に注目すると、暴風の変化率が最も大きい貿易商品は3商品、洪水が最も大きいのは7商品あり、世界の洪水と暴風の発生回数に対して日本の主要輸入品は脆弱性を有する可能性を示唆した。同様の解析をG20の単独参加国の輸入品および輸出品総量に対して行なった。貿易商

図(2)-5, 6から抜粋 気象災害の発生回数が倍増した場合の日本の輸入量(左)と輸出品量(右)の変化率



品別の場合と同様に、変化率の幅に明確な相違が確認された。中央値の位置を見ると、日本はドイツと並んで他のG20国より高い値を示しており、輸入量の気象災害に対する脆弱性が存在した。一方、輸出総量については、サウジアラビアの原油が支配する輸出は影響を受けない構造であった。日本は輸入量と同様に暴風と洪水に対する気象災害の感度を有するが、輸出量においては暴風の方が洪水よりも高い影響を示した。

(3)国内サプライチェーンと気象災害による影響の高い貿易商品の関係

日本の家計消費が国内サプライチェーンを通じて直接間接的に必要とする輸入品の中で、誘発する輸入額（2015年値）が大きい上位10商品について、5つの気象災害に対する世界の総貿易量の変化率をまとめた。家計消費は、電力や自動車の燃料需要に起因して化石燃料の輸入需要が全体的に多いが、伝送装置、調理済み食品、医薬品や衣料品の輸入に対する依存が高いことがわかる。先述したように、日本の輸入量は全体として暴風と洪水による影響を受ける特性があるが、医薬品と調理済み食品は洪水に関して強い感度があった。

(4)温室効果ガス排出シナリオに応じた将来貿易量の商品別推計

三つの将来GHG排出シナリオ（A: 気温上昇は5°Cから6°C以内、B: 3°Cから4°C以内、C: 2°C以下）とGDPと人口をモデルに付与して推計した2018年から2050年までの貿易量（重量ベース）を推計した。日本の主要な輸入品の世界貿易総量はGHG排出シナリオによる方向性が明確に異なっており、いかなる気候目標を実現するかは貿易構造を大きく左右することが分かった。シナリオCでは、仮に途上国の経済成長や人口増大が貿易量の増加要因となるとすれば、先進国の日本は貿易量の削減が求められる。国内人口の減少は進むがそれ以上の速度で、資源、材料、製品の消費を低減する必要があり、経済および社会全体で物質利用効率の高度化が肝要となる。一方、シナリオAは、現状の経済活動から積極的なGHG削減を行わない。そのため、物質利用効率の高度化に注力する優先性は下がるであろう。しかし、気候変動の加速が気象災害の増加を招く可能性があれば、上述のように世界全体の貿易量に不安定性を生み、輸入に依存する産業活動は長期計画の立案が困難になることが示唆される。

(3) 国外の気候変動影響による食料生産変化が日本の食料輸入に及ぼす効果に関する研究

(1) プロセスベースモデルの作物モデルの改良と統計モデル作成

プロセスベースの作物モデルの改良として、具体的には、作物体構造決定に関するモジュールを、栽培試験のデータ（日本における過去の長期・広域栽培試験データである農林水産省グリーンエネルギー計画）を利用して最適化することで、頑健な将来予測が可能なモデルに改変した。統計モデルに関しては、主食や飼料、食用油として重要な作物（大麦・キャッサバ・落花生・トウモロコシ・オーツ麦・小麦・菜種・イネ・ソルガム・大豆・テンサイ・ヒマワリ・サツマイモ・ヤムイモ・ライ麦）について、気象の変化が作物の生産性に与える影響を世界規模で調べるために、過去の気象データと作物収量データを用いてモデル化した。気象データとして、CRU (Climatic Research Unit) の過去気象値を栽培面積データ (Monfreda *et al.* 2008)と栽培面積データ (Sacks *et al.* 2010)で修正したデータを用いた。収量データとして、FAOSTATの1980年から2015年の収量データを用いた。データに対し、平板スプラインを利用した加法モデルを適用してモデル化した。結果として、プロセスベースモデルにおいて、主要作物5作物、加法モデルで16作物のモデル化を行うことができた。

(2) 統計モデルによる解析

作成した統計モデルを利用して、気温と降水量と作物収量の関係性について解析した。春に作付けする麦類に関しては、気温上昇が起こると作物が減収するというシンプルな関係性が見られた。一方で、冬に作付けする作物については顕著な傾向は見られなかった。大豆・トウモロコシ・ソルガム・コメ・落花生については、気温についても降水量についても複雑な非線形な関係性が見られ、特に25度付近（トウモロコシについては25度付近と20度付近）に閾値が見られ、気温が増加すると急激に収量が減少する気温帯であった。イモ類については、テンサイが降水量の影響を強く受けることを除き、気象要因と作物収量の顕著な関係は見られなかった。

(3) プロセスベースモデルによる不確実性の評価

改良したモデルを利用して、複数のSSP・RCP・GCMについて解析を行い、それぞれの要素が気候変動下における作物の収量の予測に及ぼす不確実性を比較評価した。その結果、トウモロコシと大豆については、RCPの影響、つまり気候シナリオの違いが大きく影響する一方で、コメや小麦についてはその影響は比較的限定的であった。SSPの違いの影響は総じて低かった。

(4) 日本の主な輸入作物に対する分位点回帰

日本の主な輸入作物を対象として、分位点回帰で作成したモデルを用いて将来予測を行い、各国で作物の収量が減収する確率を計算した。上記(2)の結果も含め、各作物についてのリスクをまとめると以下のようなになる。

作物	リスク	対策
トウモロコシ	アメリカにおいて減収するリスクが高い。また、輸入についてもアメリカへの依存度が大きいいため、潜在的な輸入量の増減が将来大きくなる。	各国から輸入量を均等に配分することで、リスク分散を行う必要がある。
大豆	トウモロコシと同様の傾向が見られる。	各国からの輸入量のリスク分散が必要。また、国内生産の増強が必要。
小麦	トウモロコシと同様の傾向が見られる。	各国からの輸入量のリスク分散が必要。
キウイ	気候変動に関しては特段強い懸念材料はない。	
コーヒー	日本の主な輸入対象国では気候変動による大きな減収は予測されなかったが、世界全体では減収が予測される。	各国の収量変動と輸出入の動向について注視が必要。
バナナ	気候変動に関しては特段強い懸念材料はない。	
オレンジ	コーヒーと同様の傾向が見られる。	各国の収量変動と輸出入の動向について注視が必要。

引用文献：

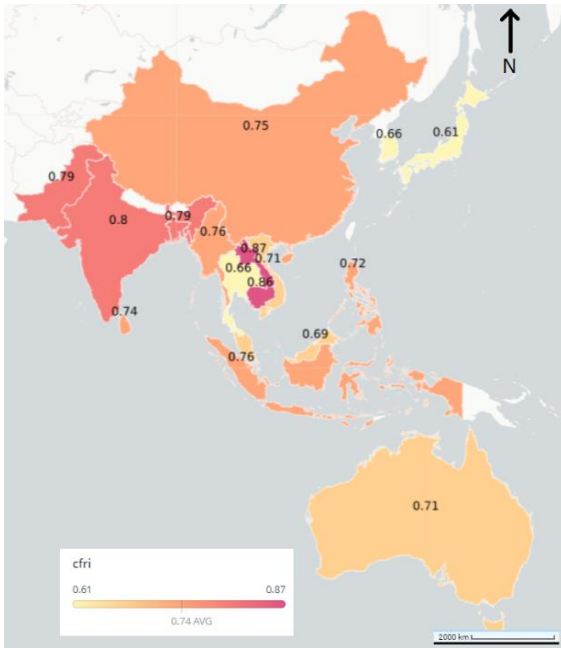
- Monfreda, C. et al. (2008) “Farming the planet: 2. Geographic distribution of crop areas, yields physiological types, and net primary production in the year 2000”, *Global Biogeochemical Cycles*, Vol. 22 GB1022
- Sacks, W. J. et al. (2010) “Crop planting dates: an analysis of global patterns”, *Global Ecology and Biogeography*, Vol. 19, 607-620.

(4) アジア地域における気候脆弱性リスクに関する研究

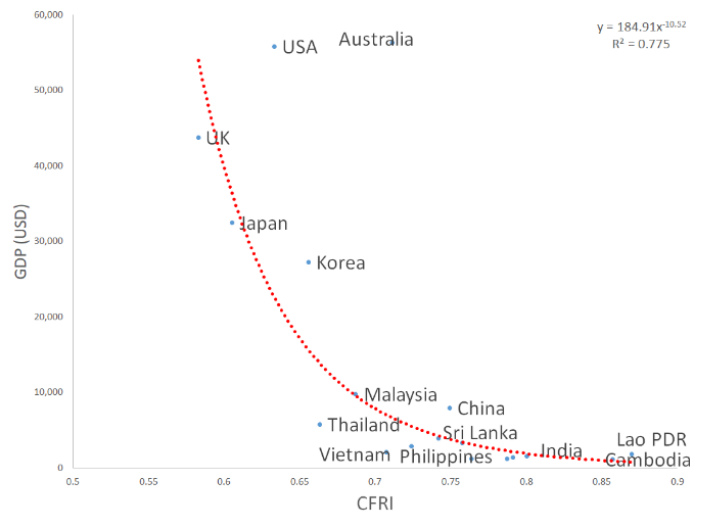
(1) 気候脆弱性インデックス (CFRI)

国家の脆弱性は、政府が国民の安全保障を提供できていない状態を示し、多くの要素により影響される。気候変動はそれらの脅威の増幅装置となる。気候変動に対する国家の脆弱性を指標で表すために、オンライン質問票に基づく専門家判断を行い、水資源競争、極端気象、移住と国内難民、食糧価格変動、海面上昇、政策の意図しない効果、損害補償表という7つの指標からなる気候脆弱性インデックス (CFRI) を開発した。図(4)-1はアジア15か国のCFRIのレベルを示す。また、経済発展レベルと気候脆弱性リスクと間に強い相関関係があることも確認された (図(4)-2)。

図(4)-1 アジアでの気候脆弱性インデックス



図(4)-2 気候脆弱性インデックスと経済発展レベルとの関係



(2) 緊急援助要請に関する臨界閾値

緊急援助要請に関する「臨界閾値」の概念は、ある国において気候変動の悪影響が一定の閾値を超えると、その国は国際緊急援助を要請する、という仮説に基づく。この臨界閾値を把握することで、支援ニーズの性質をよりよく理解でき、また、必要とされる支援の準備を事前に整えることが可能となる。

緊急援助要請に関する臨界閾値を特定するために、国際緊急支援額を従属変数とし、死亡者数、被災者数、損害額、GDP、ガバナンスの有効性、貧困人口比率を独立変数として、これらの変数を主成分分析によって評価した。同分析により得られた2つの主成分を用いて、国際緊急援助に対する依存度の回帰式を作成し、国際緊急援助の臨界閾値を設定した。表(4)-2に示すように、それぞれの主成分の構成は、国によって異なることが明らかになった。ほとんどの場合、主成分1ではGDPと貧困が、主成分2では被災者数と死者数が共通の要因となっている。このことは、ある国が国際緊急支援を必要とするかどうかを決定する最も重要な要因は、その国の経済的・社会的要因であることを示唆する。臨界閾値の概念は、各国に必要な支援を理解する一助となる。

表(4)-2 緊急支援要請に関する臨界閾値を決定する要因：主成分分析の結果

国	主成分 1	% σ ²	主成分 2	% σ ²
アフガニスタン	GDP, 貧困, 被災者数	42	死者数, ガバナンス	29
バングラディシュ	貧困, GDP, ガバナンス	50	被災者数, 死者数	23
中国	被害, 死者数, ガバナンス	47	貧困, GDP, 被災者数	26
インド	貧困, GDP, 被災者数, 死者数	39	被害, ガバナンス	21
インドネシア	GDP, 貧困, ガバナンス	59	被災者数, 死者数	28
パキスタン	貧困, ガバナンス, GDP, 被災者数	58	死者数	24
フィリピン	死者数, 被害, 被災者数	63	貧困, ガバナンス, GDP	32
スリランカ	GDP, 貧困	41	死者数, 被災者数, ガバナンス	26
ベトナム	ガバナンス, GDP, 被害, 貧困	58	被災者数, 死者数	25

(5) 気候変動と安全保障概念の理論的側面に関する研究

(1)気候安全保障理論の動向と特徴

Web of Science およびScienceDirect において、直近20年間でタイトルに「climate」と「security」を含む論文および著書の刊行数をグラフにしたものが【図(5)-1】である。ここからは「気候と安全保障」をテーマとする論文が2005年ごろから顕著に増加してきたことが確認できる。

また、上記の論稿がどのような安全保障の分野と関連させながら議論しているのかを、サマリーに含まれる安全保障分野のワードから分類した。ここからは、気候と安全保障に関する研究の多くは、食糧安全保障と関連して論じられ、食糧が今後の気候安全保障の鍵となりうる可能性が分かる。

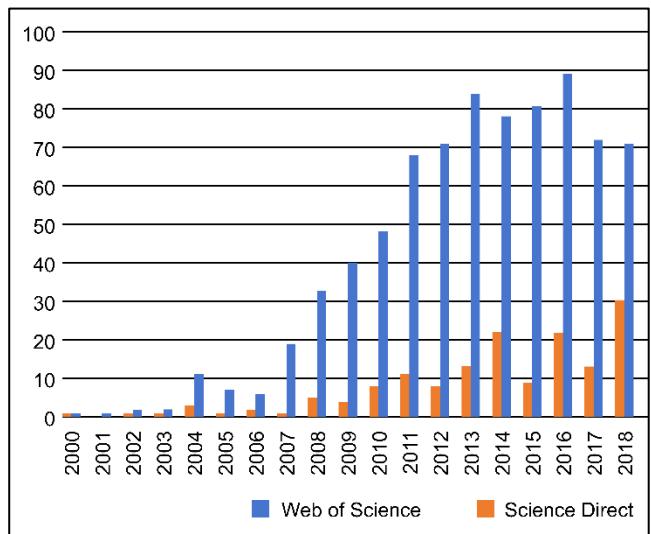
気候安全保障に関する研究および主要国における政策文書からは、気候安全保障という概念が、食糧以外にも、多様な安全保障領域を結びつけるハブのような位置づけで論じられていることがわかった。これは気候安全保障論の発展がより多くの安全保障政策を統合する可能性を示唆している【図(5)-2】。

(2)日本における気候変動と安全保障政策の変遷

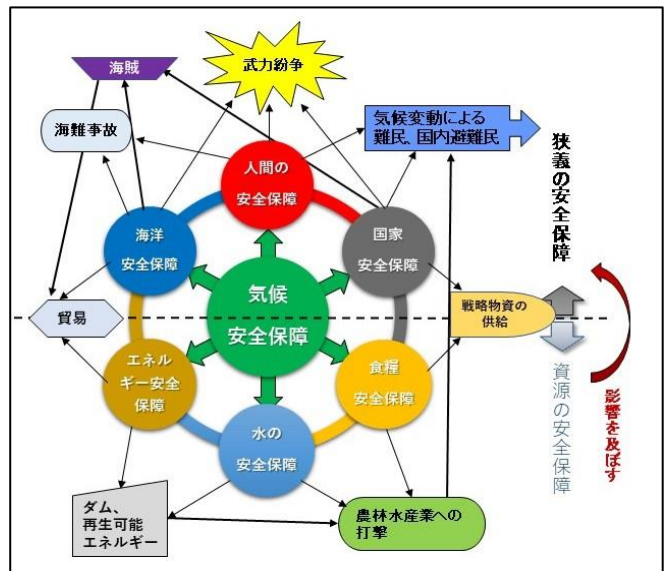
一方、日本政府の安全保障は1980年代より「総合安全保障」が提起され、軍事のみならず非軍事的な現象も安全保障上の脅威として捉えていた。90年代には「人間の安全保障」や「環境安全保障」といった概念を議論し、これは世界の潮流と比しても決して遅れをとってはいなかったし、気候変動外交による国際的な貢献も顕著であった。2007年には環境省の下で「気候安全保障（Climate Security）」に関する報告書」がまとめられた。これも当時としては先取的な成果であった。しかし、二度の政権交代や3.11を経て、今日の日本政府は気候変動対策を安全保障上の課題というよりも経済成長戦略として強く打ち出す傾向にある【図(5)-3】。

以上の調査および分析から、現代世界において気候安全保障への関心が高まり、学術および政策文

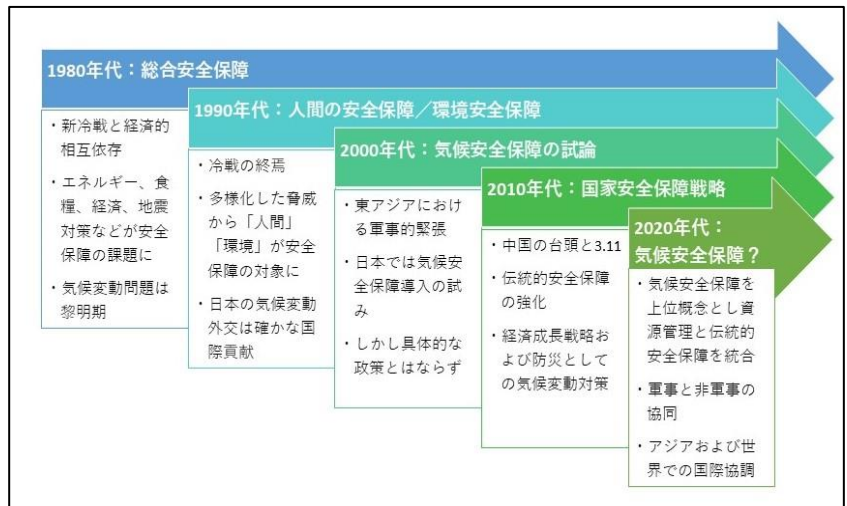
図(5)-1 タイトルにclimateとsecurityを含む刊行物の推移



図(5)-2 気候安全保障の概念図



図(5)-3 日本の気候変動と安全保障政策の変遷



書でもその存在感が高まっているにも関わらず、日本の気候変動対策は安全保障としての観点弱いことが明らかになった。したがって、気候安全保障のプライオリティを高めるとともに多様な安全保障分野との架橋と多元的アクターとの連携を検討する必要性を導き出した。

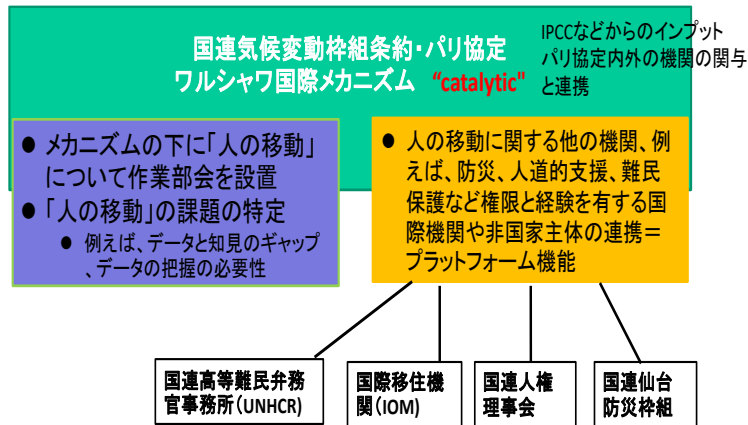
(6) 国際制度における気候変動リスク対処方策に関する研究

(1) 現行の気候レジームの下での気候変動リスクの抑制と最小化をめざす制度

国連気候変動枠組条約・パリ協定は、途上国の気候変動リスクに対応するためのワルシャワ国際メカニズムを設置している。ワルシャワ国際メカニズムの下で最も検討作業が進む戦略的柱の一つである人の移動は、特別作業部会を設置し、国連難民高等弁務官事務所（UNHCR）、国際移住機関（IOM）、国際労働機関（ILO）などの政府間組織、非政府間組織との連携が進む（図表）。

気候変動レジームは、優先すべき気候変動リスクや課題を設定するものの、具体的なリスク対応方策の実施は権限を有する他の国際機関などが担う。その結果、気候変動リスク対処の国際制度は多元化し、国連気候変動枠組条約・パリ協定は、関係する国際制度・機関を動員し、連携するプラットフォーム、指揮者（Orchestrator）としての役割を果たし、気候変動リスクの国際的ガバナンスは「多元的Orchestration」とでも呼びうる現象が生じている。

図(6)-2 気候変動リスク対処の多元的国際ガバナンス：「人の移動」の例



(2) 現行の気候変動レジーム以外の国際制度における気候変動リスクへの対処

国連の主要機関も気候変動リスクをその活動に組み入れつつある。国際の平和と安全の維持を任務とする国連安全保障理事会は、2017年以降、具体的な紛争事案に関する安全保障理事会決議で、地域の安定に影響を及ぼす要因の中でも特に気候変動、生態系の変化、自然災害の影響を認識した上で、これらの要因に関する政府及び国連によるリスク評価及びリスク管理戦略を実施することを含め、気候変動、の悪影響を政府と国連が考慮することを求めている。気候変動は、紛争を生じさせる/紛争リスクを増幅させる一要因として言及されており、気候変動が伝統的な安全保障の枠組に統合されている（気候変動の安全保障化）。国連人権理事会においても、従来の人権保障の枠組への統合（気候変動の人権化）も進む。日本では、海面上昇による領域や排他的経済水域の損失を含め、伝統的な安全保障の観点や人権保障の観点からの気候変動リスクの検討や関連政策への統合が十分になされておらず、今後の政策上、研究上の課題である。

(3) 企業の気候変動リスク対処に関連する国際制度

企業・金融の気候変動リスクについては、従来の気候変動の国際制度とは異なる国際制度（例えば、G20の金融安定理事会の下に設置された企業の気候変動関連財務情報開示に関する特別作業部会（TCFD））の下でルール形成を含む対処が急速に進む。企業による気候変動リスク情報開示が、投資家の投資行動と連結し、企業が自主的に気候変動リスク対処を事業戦略に統合することを促す特徴的なレジームが形成されつつある。気候変動リスク情報開示については、TCFDが基盤となっているものの、非

国家主体（事業者）によるフォーラムも交えて「基準をめぐる国際制度間の競争」が進行する。急速に展開する企業の気候変動リスクに関わる国際制度の動向を引き続き注視しながら、企業の気候変動リスクの効果的対処のための国際的ガバナンスのあり方をさらに検討していくことは、日本企業の気候変動リスク対応にとっても重要性が高い。

5-2. 環境政策等への貢献

<行政等が既に活用した成果>

官邸の下に設置されたパリ協定長期成長戦略懇談会、中央環境審議会（特に気候変動影響評価小委員会）（環境省）、社会資本整備審議会、交通政策審議会（国土交通省）、科学技術・学術審議会（文部科学省）等、政府の審議会等の委員として議論に参画し、本研究成果を基に、気候変動政策の立案に貢献した。特に2020年12月に環境省から公表された「気候変動影響評価報告書」では、前回の報告書にてほとんど記載がなかった社会経済的影響や安全保障との関連について、既往論文を引用しつつ影響について新たに項目をもうけて記載することができた。自治体においても、東京都、茨城県、鎌倉市等の環境審議会にて、本研究成果をふまえ委員として議論に参画した。同様に、自由民主党、自治体や業界団体・企業などにおいて、気候変動リスクをめぐる国際動向等について意見交換や講演等を行った。国際的には、国連環境計画（UNEP）の環境法に関するモンテビデオ計画策定交渉やアジア開発銀行 Advisory Group on Climate Change and Sustainable Development等において参加・貢献した。

<行政等が活用することが見込まれる成果>

G7外相会合に関連して、気候脆弱性リスクへの関心が外務省にて高まる中、本研究で構築しつつある「臨界閾値」概念は、当初、国際的な緊急救援活動を迅速かつ効率的に行うための手立てとなることを想定していたが、フィリピンやパキスタンでは国際災害救援への依存を削減することを打ち出しており、今後、国内の対応能力を向上させるための手立てとしても「臨界閾値」の開発・活用を検討する必要性が示唆された。実際、フィリピンでは、既に同様のアイデアに基づく取り組み動きがあり、我々が開発している「臨界閾値」に対する関心が大きく、今後、協力を進めることで、具体的な政策への貢献が期待される。フィリピン側の協力のもの、十分なデータが揃えられるかがカギとなる。

主要各国の政策文書の調査から、気候安全保障の観点から、気候変動影響が自国と他国の安全保障に与える重大な影響を理由にして、国防、対外援助などの政策に気候変動への対応を盛り込む例が多く見られることが明らかになった。防衛関係については、国防戦略の組み立てや安全保障環境を評価する場合の要素として、米国、英国、ニュージーランド等ではすでに気候変動影響が考慮されていることが明らかとなっていることを示した。近々、わが国の防衛省内でも検討が開始される可能性がある。

5-3. 研究目標の達成状況

上記3. 研究目標で示した、本課題全体の目標である「貿易やサプライチェーン、投資等海外と日本をつなぐ経済活動や、海面上昇、環境難民、自然災害時の人道支援、アジア地域の脆弱性等の社会不安要素を、日本に対するリスクとして捉えた時に、リスクを可能な限り具体的に同定するとともに、リスク軽減・管理に必要な対策や制度を提示する」について、前半の「リスクを可能な限り具体的に同定する」に関しては、サブテーマ1～3により計画どおり目標達成できた。サブ1で対象とした企業のリスク認識、サブ2で示された客観的リスク、そしてサブ3で示された食料供給リスクを有機的につなげることにより、日本企業が暴風と洪水を他の気象災害よりも恐れることが貿易モデル結果からも適切であるといえる、医薬品や調理済み食料関連の日本企業は、洪水に対してより高いリスク認識を持つべきである、といった新たな示唆を得ることができ、その意味では目標を上回る興味深い成果を出すことができたといえる。

また、後半の「リスク軽減・管理に必要な対策や制度を提示」については、サブ4で開発されたアジア地域の脆弱性指標が近々東南アジア諸国で実際に活用される可能性が高まっており、目標を超える成果となった。サブ5や6における日本の国際社会での対応についても、予定通り目標達成できたと自己評価

する。特にサブ6については、本課題の研究成果をメディア等で世の中に広める役割を果たした点で、目標を大幅に上回る成果を上げた。

研究資金の運用については、最終年度に新型コロナ感染対策の影響を受け、COP26が延期される等、想定外の事態となったが、代替案としてウェビナーを開催する等、効率的に資金を活用できた。

6. 研究成果の発表状況

6-1. 査読付き論文

<件数>

14件

<主な査読付き論文>

- 1) Kameyama, Y. and K. Ono (2020) “The Development of Climate Security Discourse in Japan”, *Sustainability Science*, 16 (1), 271-281. doi: 10.1007/s11625-020-00863-1 [IF=3.429]
- 2) 亀山康子、佐々木実紀 (2020) 「気候変動リスク認識に関する世界および日本の企業業種別分析」『環境科学会誌』 Vol.33, No.6, 159-171. DOI <https://doi.org/10.11353/sesj.33.159>
- 3) Nansai, K., J. Fry, A. Malik and N. Kondo (2020) “Carbon footprint of Japanese health care services from 2011 to 2015”, *Resources, Conservation & Recycling*, 152, 104525. [IF2019=8.086]
- 4) Watari, T., K. Nansai and K. Nakajima (2020) “Review of critical metal dynamics to 2050 for 48 elements”, *Resources, Conservation & Recycling*, 154, 104669. [IF 2019=8.086]
- 5) Watari, T., K. Nansai and K. Nakajima (2021) “Major metals demand, supply, and environmental impacts to 2100: A critical review”, *Resources, Conservation & Recycling*, 164, 105107. [IF 2019=8.086]
- 6) Fukuyama, R. and G. Sakurai (2019) “Comparison of the robustness of methods for estimating leaf development for crop growth models”, *Journal of Agricultural Meteorology*, DOI: 10.2480/agrmet.D-17-00034. [IF = 1.48]
- 7) Schewe, J. et al. (他50人) (2019) “State-of-the-art models underestimate impacts from climate extremes”, *Nature Communications*, 10, 1005 (多人数のため謝辞なし) [IF = 12.12]
- 8) Müller, C. et al. (他23人) (2019) “The Global Gridded Crop Model Intercomparison phase 1 simulation dataset”, *Scientific data*, 6, Article number: 50 (多人数のため謝辞なし) [IF = 5.54]
- 9) Prabhakar, S.V.R.K. (2019) “Policies and Institutions Shaping Human Security in an Era of Changing Climate and Increasing Disasters”, in J. Pulhin, M. Inoue, R. Shaw (eds), *Climate Change, Disaster Risks and Human Security: Asian Experience and Perspectives*. New York: Springer Publishing, pp. 280.
- 10) Prabhakar, S.V.R.K. and R. Shaw (2019) “State Fragility and Human Security in Asia in the Context of Climate and Disaster Risks”, in J. Pulhin, M. Inoue, R. Shaw (eds), *Climate Change, Disaster Risks and Human Security: Asian Experience and Perspectives*. New York: Springer Publishing, pp. 280.

6-2. 知的財産権

特に記載すべき事項はない。

6-3. その他発表件数

査読付き論文に準ずる成果発表	5件
その他誌上発表（査読なし）	22件
口頭発表（学会等）	44件
「国民との科学・技術対話」の実施	71件

マスコミ等への公表・報道等	81件
本研究に関連する受賞	1件

7. 国際共同研究等の状況

特に記載すべき事項はない。

8. 研究者略歴

研究代表者

亀山 康子

東京大学教養学部卒業、博士（学術）、現在、国立研究開発法人国立環境研究所社会環境システム研究センター センター長

研究分担者

1) 南斉 規介

京都大学大学院エネルギー科学研究科 博士課程修了、博士(エネルギー科学)。国立環境研究所 NIESポスドクフェロー、現在、国立環境研究所 資源循環・廃棄物研究センター 国際資源循環研究室長

2) 櫻井 玄

九州大学理学部卒業、九州大学理学研究院博士課程修了、農業環境技術研究所特別研究員、現在、農研機構上級研究員

3) 田村 堅太郎

London School of Economics大学院（国際関係学博士）、横浜国立大学講師を経て、現在、公益財団法人地球環境戦略研究機関 気候変動とエネルギー領域 ディレクター

4) 蓮井 誠一郎

筑波大学大学院社会科学研究科法学専攻単位取得退学、現在、茨城大学学長特別補佐（SDGs推進）兼茨城大学地球・地域環境共創機構・機構長 人文社会科学部・教授

5) 高村ゆかり

京都大学法学部卒業、一橋大学大学院法学研究科博士後期課程単位修得退学、現在、東京大学未来ビジョン研究センター教授

II. 成果の詳細

II-1 総括班：国外における気候変動影響及び関連リスクに関する情報分析

国立研究開発法人国立環境研究所

社会環境システム研究センター

亀山 康子・高橋 潔

社会環境システム研究センター地域環境影響評価研究室

肱岡 靖明・岡田 将誌

[要旨]

国外における気候変動影響がサプライチェーン等を介して日本の経済活動に及ぼす影響や、その他社会経済的リスクについて、以下の3種類の研究を実施した。

第1に、日本企業を対象としたインタビュー調査を行った結果、2011年に生じたタイでの洪水により日本企業が甚大な被害を受けて以降、集中豪雨や洪水等に対する日本企業のリスク認識は高まり、備えが十分にできていることが分かった。一方、海面上昇など長い年月をかけてゆっくりと生じるタイプのリスクや、高熱など未経験のリスクについては、十分な備えができていない場合があることが分かった。

第2として、英国のNGOであるCDPによる企業アンケート調査回答データを活用し、世界中の主要企業による気候変動リスクについて業種ごとに分析した。結果、世界の企業と日本企業の回答結果には大きな差異はなく、日本企業の方が意識が高い業種があることが分かった。一方、評判リスクや投資リスク等、物理的リスク以外のリスクについては、日本企業が全般的に世界平均よりも低いことが分かった。

第3として、「気候安全保障」概念について欧米を中心とした既往論文等を元に4種類（長期的かつ不可逆的な地球規模変化、個人への短期的かつ突発的なリスク、紛争や暴力の根源的要因としての気候変動、ハリケーン等による軍の施設への損害）に分類し、その中で日本の中で十分議論が進んでいるものと、議論ができていないものを指摘した。日本では、1つ目の概念は「気候危機」「緩和策」、2つ目の概念は「影響と適応」「防災」等の用語で議論が進んでいるが、第3と4の議論はほとんど進んでいないことを明らかにした。

また、最終年度にはウェビナー開催やパンフレット作成等を行い、全サブテーマによる成果のとりまとめ、公表と周知に努めた。

1. 研究開発目的

我が国における気候変動の影響研究に関して、従来までは、特に自国内を対象とした、降水量の変化や熱波等の物理的影響に関する研究を中心に進展してきた。しかし、自国外で発生する気候変動影響が貿易やサプライチェーン等をつうじて間接的に自国内経済・社会活動に及ぼす影響、及び、降水量の変化や異常気象の増加といった物理的な悪影響をきっかけとした社会的な影響については、日本国内ではほとんど議論がなされてこなかった。このような背景を踏まえ、本課題では、世界各地で発生した気候変動影響とその地域における社会的不安定性及び社会経済状況の変化が、わが国の社会・経済活動やわが国の安全保障に及ぼす影響と、そのメカニズムを明らかにした上で、今後の気候変動政策及び関連施策において、日本がとるべき対策を提言することを目的とした。本サブテーマは、課題全体の総括班として全体をとりまとめる役割を担った。

世界各地で発生したすべての気候変動影響が、即座にわが国の社会経済に影響を及ぼすわけではない。まずは、わが国の社会経済が、世界のいかなる地域といかなる関連性を持つのかについて、精査する必要がある。実際には、産業の中でも業種ごとに懸念すべきリスクの種類やつながりを持つ地域が大きく異なることが想定される。また、気候変動影響といっても、異常気象の増加など既に起きているものから、海面上昇など今後100年以上かけて徐々に影響を及ぼしていくものまでであるため、時間軸に配慮し緊急性の程度を吟味する必要がある。社会経済活動は相対的に短期で意思決定が行われるため、まずは短期的に生じる気候変動影響への対処が急務ではあるものの、設備の立地等長期的な視野が必要なものもある。そこで、本サブテーマでは、特に日本の企業に対するリスクについて、業種ごと並びにリスクの種類ごとに分析し、日本企業が適応策を検討すべきリスクを明らかにすることを目的とした。

2. 研究目標

国外の気候変動影響が、日本の企業に及ぼしうる社会経済的なリスクを企業リスク認識の観点から明らかにする。また、「気候安全保障」という用語の使われ方から、日本の気候変動リスク認識の現状と課題を明らかにする。

3. 研究開発内容

3年間の研究期間において、以下の（1）から（3）の研究を実施した。また、最終年度に本課題全体をまとめ外部に向けて発信した（4）。

- （1）日本企業へのヒアリング調査。企業への気候変動リスクに関する文献調査の後、その知見に基づいた質問票を作成し、企業ヒアリングを行った。結果は別途報告書としてまとめ、国立環境研究所のウェブサイト公開した（<http://www.nies.go.jp/social/index.html>）。
- （2）企業向けアンケート調査結果データを活用した企業の気候変動影響リスク認知分析。世界すべての企業の回答と、日本の企業の回答だけを取り出したもので同じ分析を行い、類似点や日本企業に特有の点を明らかにした。
- （3）「気候安全保障」の用語の意味を分類し、日本の気候変動リスクの現状と課題を明らかにした。
- （4）気候変動リスクに関するウェビナーを開催した。また本推進費課題全体の成果を要約して日英でパンフレットを作成し公表した。

4. 結果及び考察

（1）日本企業へのヒアリング調査

まず、既往文献を収集し文献調査を行った。まず、企業が直面するすべての気候変動関連リスクについて大きく分類すると、表(1)-1 で示したように、国内と国際（国外）、そして緩和か気候変動影響か、によって分類できた。本研究課題で対象としているのは、その中でも「国際」「気候変動影響」の組み合わせの部分（表右下）に相当する。

次に、本報告書の対象となる国外の気候変動影響リスクに関して、さらに網羅的に文献レビューを行った。既往文献に挙げられていた企業に対する気候変動影響リスクを整理し、表(1)-2 にまとめた。多くは短期的かつ単発的な損失であるが、一部は海面上昇のようにゆっくりとした長期的トレンドであり、企業が実際に適応策を講じる場合には、このような時間軸も意識する必要がある。日本企業を対象としたインタビュー調査においては、表(1)-2 にまとめたリスクをベースに質問票を作成し、これらのリスクの認知度合いと、認知していた場合はどれくらい備えているかを尋ねた。

表(1)-1 企業に対する気候変動リスクの種類

	国内	国際
緩和策によるリスク	温室効果ガス排出削減を目指した国内の対策や規制が企業活動に及ぼす影響。炭素税など。	脱炭素社会を目指した国際動向が企業活動に及ぼす影響。エネルギー価格や石炭火力発電所に対する国際世論など。
気候変動影響によるリスク	自社の設備等が日本国内の気候変動の影響を受けるリスク。国内拠点とされている地域における洪水など。	国外の投資先等、自社がかかわる設備等が同地域での気候変動影響を受けるリスク。→本研究のスコープ

注1：上記の分類にさらに、3つ目の軸としてサプライチェーンがある。すなわち、自社のみならず、取引先や調達元など、自社にかかわる他社も同表に示した4種類のリスクに直面していることを意識すべきということ。

注2：ここに示されたリスクの対になる概念として、機会（opportunity）がある。緩和策や適応策を新たなビジネスチャンスととらえる考え方である。

表(1)-2 国外と結びつきのある企業が直面しうる気候変動リスク

気候変動影響の種類	想定される企業活動へのリスク
短期的な降水量の増加による浸水等	短期的な集中豪雨、台風、ハリケーン、強風による資本（設備等）への物理的損害
	交通網遮断による物流停止
	交通網遮断による社員の出勤困難
	サプライチェーンを介した納期の遅れ
	工事期間の延長
	農作地の浸水による生産量減少
海面上昇や高潮	長期的なトレンドとしての海面上昇による土地や設備の喪失
	短期的な異常気象による高潮での資本（設備等）への損害
	港湾が使用困難となることによる船舶での輸送遅延
渇水	降水量の減少等による工場での水使用量減少
	降水量の減少等による穀物等食料品生産量の減少
	乾燥による森林火災、山火事
熱ストレス	社員（労働者）の熱中症、あるいはそれを防止するための休憩時間確保による労働生産性減少
	社員（労働者）や製品の品質管理のための空調利用による電力消費量増加
	高熱による農作物の生産量減少、長期的には栽培適地の変化
	道路アスファルト等の劣化による輸送遅延
	漁業資源の移動を含む気温上昇による生態系への影響や、気温変化によるウィルス増加の結果としての伝染病の増加
	消費者の好みの変化（機会ともなりうる）
上記を原因とする経済的コスト増、投資リスク	新たな事業を始める際の将来リスク増加によるコスト増
	保険料の増加
	価格の高騰に伴う投機の発生によるさらなる価格高騰
	信用の低下

日本企業へのヒアリング調査は、2018年9月から2019年3月までの間に実施した。ヒアリング対象企業の選定にあたっては、海外とのつながりが深い、過去に異常気象等の被害を受けた経験がある、ウェブサイト等ですでに気候変動影響への対応が実施されている等の基準をもうけ、できるだけ多様な業種となるよう配慮しつつ調査受け入れの可能性を打診した。11社が調査に応じた。

海外で事業を展開している地域としては、多くが東南アジアや中国など、アジア地域の国々との関連性を述べた。原材料や中間財、部品の調達元として、あるいは現地に工場を有する場合、さらには、海外に顧客がいる場合、東南アジアや中国が想定されていることが多かった。例外として、一部の企業からは北米、南米、豪州、欧州が挙げられた。

海外で経験した気候変動リスク、及び、今後想定されうるリスクに対する備え（適応策）に関して、気候変動を原因とするかどうかはさておき、地震やその他さまざまなリスクに備えることの重要性が語られることが多かった。ヒアリングしたすべての企業が、企業のリスクマネジメント体制を整えており、気候変動影響を含め、多様なリスクに柔軟に対処できる制度を内部に構築していた。企業によって、「気候変動を原因とするかはさておき」の前置きが強調される場合（異常気象等を気候変動リスクと認識することに消極的）と、気候変動が新たなリスクであることを積極的に受け入れている場合とがあった。

短期的な降水量の増加による浸水等：ヒアリング対象企業の大半が、2011年のタイ洪水において、なんらかの経済的な損失を被っていた。具体的な被害は、工場での浸水による建物の損害、電気系統の故障、建物内に保管していた製品や材料の物損、交通網の寸断による製品配送不能、数ヶ月間通勤できない社員への賃金支払い、被害に遭った他社の支援や被害状況の確認のために割いた追加的人件費、日本国内での製造過程における一部部品が到着しないことによる生産遅延等である。被害金額は、有価証券報告書等で公表されているものが多く、40～1000億円の経済的損害が生じていた。

今後のありうる洪水に対する企業の意識は高く、タイの洪水があった地域では翌年、タイ政府と協力

して堤防を構築する、自社の敷地を巡る塀を高くする、1階に置いてあった製品を2階に移す、等の措置が取られた。また、インドネシアをはじめとする東南アジア諸国でも、河川に近い地域に工場等を有する企業は同様の措置を講じている。サプライチェーン関連に関しては、今まで調達を1箇所から行っていたものを、複数に増やす（マルチソース化）することで対応し始めたところが多かった。

海面上昇や高潮：今回ヒアリング対象となった企業の中で、このリスクについての意見はほとんどなかった。いずれも、沿岸地域に生産拠点や主要サプライヤー等を有していないために、問題とならないという意見だった。1社のみ、船舶で輸送する際の港湾整備について指摘があった。また、別の1社は、リスク分散のために、原材料を船積みする港が一カ所に集中したり偏ったりすることがないように、買い付けの段階で輸送に使用する港を振り分けていると回答した。

渇水がヒアリング対象企業に損害を与えた事例はなかった。今回はヒアリング対象とはならなかったが、飲料メーカー等水供給に依存する業種であれば、最も関連するリスクとなりうる。国内外含め関連会社や他社に見られた事例としては、南米、インド、タイ、シンガポール、豪州、トルコがあった。南米の事例では、工場を運営している現地スタッフによる発案で、水源の渇水リスクが想定されるため、雨水タンクを設置し、散水やトイレ用の水として使用していた。

熱ストレスについては、製品を保管しておく際の温度管理の重要性が複数の企業から指摘された。温度管理は、気候変動リスク対策としてというより、品質管理全般の中で考慮されていた。製品を保管する設備の壁面の遮熱性能を増強し、今後のさらなる高温化に備えている企業があった。労働者の労働環境整備は、気候変動というより児童就労等を含む人権のスコープで検討されていた。今後、空調設備の設置や労働者のローテーションの頻度増加等による経費の増加については今後の課題としている企業が多かった。

経済的コスト増、投資リスクに関連して、企業の買収や合併、関連会社化の際には、その企業がサプライチェーンマネジメントにしっかり取り組んでいることが重要という意見が多数出た。「CSRに関する自己診断アンケートをサプライヤーに対して実施している」「サプライヤーに対して、CSR活動を強要することはできないため、アンケートによって現状を把握してもらい、自ら行動することを促すことを目的としている」など、アンケートを活用してサプライヤーに対しても協力を要請する姿勢が目立った。

その他、北米で大きく取り上げられている山火事や、昆虫の食害による針葉林の立ち枯れは、本調査で対象となった企業からは話が聞かれなかった。業種（林業が関連する企業）次第では、なんらかの示唆があったかもしれない。同様に、海水の温度上昇による漁獲量の変化については、Garrettら（2015）がイギリスの漁業に関して分析を行っているが、本調査では、魚類を原料とする企業が1社しかなかったために、十分な示唆が得られなかった。

（2）企業の業種別での気候変動影響リスク認知分析

上記(1)のヒアリングは、国際展開している日本の主要企業のリアルタイムでの認識を把握するためには有用だった。しかし、対象企業数が11社と限られていたことや、日本企業だけが対象となっていたことから、より広範囲での企業を対象とした別の角度からの検討が必要となった。そこで、気候変動に関して毎年アンケート調査を実施している英国をベースとする非政府組織CDPのデータを活用することにした。この回答データの強みは、日本だけでなく世界中多くの国の企業が回答していること、そして、さまざまな業種の企業が回答していることである。本研究の関心事は、一言で気候変動影響といっても本業に及ぼす気候変動影響の種類は業種ごとに異なるのではないかとという点であった。そこで、CDPデータを用いることで、業種ごとの違いや、世界平均と日本の違い、またそのような認識の違いが生じる背景について、単純集計及びトピックモデルを用いて分析することにした。

CDP回答データに含まれる企業数は2011～2017年の7年間で増加傾向にあり、毎年回答している企業も含まれる。当初、経年的な変遷がありうると予想したため、まずはそれを確認するために年ごとの集計を行ったが、年ごとの回答結果には大きな変動が見られなかったこと、また、同一企業であっても、ある年に起きたイベントによって、あるいは担当者や企業経営層が替わるタイミングで回答に変化が生じ

ている場合も考えられるため、同一企業の回答であっても違う年の回答は別企業として扱い、7年分の全企業回答をのべ数で集計することで十分なサンプル数を確保することを優先した。7年間で、同アンケートに回答した企業数は、世界全体ではのべ22,795社、うち日本企業は1,554社である。ちなみに「世界全体」は121か国及び地域の企業で構成されている。そのうち英国企業が全体の約4割、米国企業が約3割を占めているが、残りの3割はその他先進国、新興国等で構成されており、欧米を中心とする大企業の多くは回答しているといえる。

CDPの質問票では、回答企業の業種を55業種の中から選択するように設定されている。しかし、この分類では数社しか分類されない業種が多数生じるため、総務省の産業分類を参考に、一方で企業数ができるだけ均等となるよう配慮しつつ、他方で明らかに異なる種類の気候変動影響が懸念されるだろうと予想される業種が同一グループとならないよう上記55業種をまとめ、最終的に14分類とした。

もともとのCDPアンケート質問票では、企業に対する気候変動リスクを(1)規制リスク（排出削減を目的とした国の政策が企業に及ぼす影響）、(2)物理的リスク（異常気象などによる損失）、(3)その他（企業ブランドの低下等）に分けている。本研究では研究目的に合致する(2)(3)のデータを活用した。上記企業総数のうち、(2)(3)への懸念を示した企業は世界全体で(2)13,585社、(3)12,066社（(2)と(3)で重複あり）、そのうち日本企業は(2)1,191社、(3)1,091社である。本質問項目では一つの企業が複数の気候変動影響を選択可能なため、企業がリスクであると選択した気候変動影響の総数は、上記企業数よりも多くなっている。また、このうち、自由記述回答欄にも記入した回答数は選択式回答数の9割以上（世界合計）ないし9割近く（日本企業のみ）を占めており、回答した企業に業種間の偏りは見られなかった。

CDPアンケートでは、(2)物理的リスクとして、1. 平均的な降雨量の変化、2. 平均的な気温変化、3. 急激かつ集中的な降雨や干ばつ、4. 降雨パターンの変化、5. 短期的な異常気温、6. 自然資源における誘発された変化、7. 海面上昇、8. 降雪や氷、9. サイクロン（ハリケーンや台風）、10. 物理的リスクの不確実性、11. その他物理的リスク、12. 物理的リスクを選択しているが未回答、の12種類に分け、回答する企業は、自社にとってリスクとなりうると認識するすべての気候変動影響を複数選択できる。同様に、(3)その他リスクとしては、1. 消費者行動の変化、2. 社会経済的情勢の変動、3. 人道支援要請の増加、4. 人間文化的環境の変化、5. 企業の評判、6. 市場シグナルの不確実性、7. 社会的要因の不確実性、8. その他の影響、9. その他リスクを選択しているが未回答、の9種類に分けていた。これらすべての種類について、自社にとってリスクであると企業が選択した数を全回答企業数で割った割合を、世界と日本で比較した。

まず、企業がいかなる物理的リスクを気候変動影響として懸念しているのかという点について、選択式回答の単純集計（図(1)-1）から、以下の点が明らかとなった。

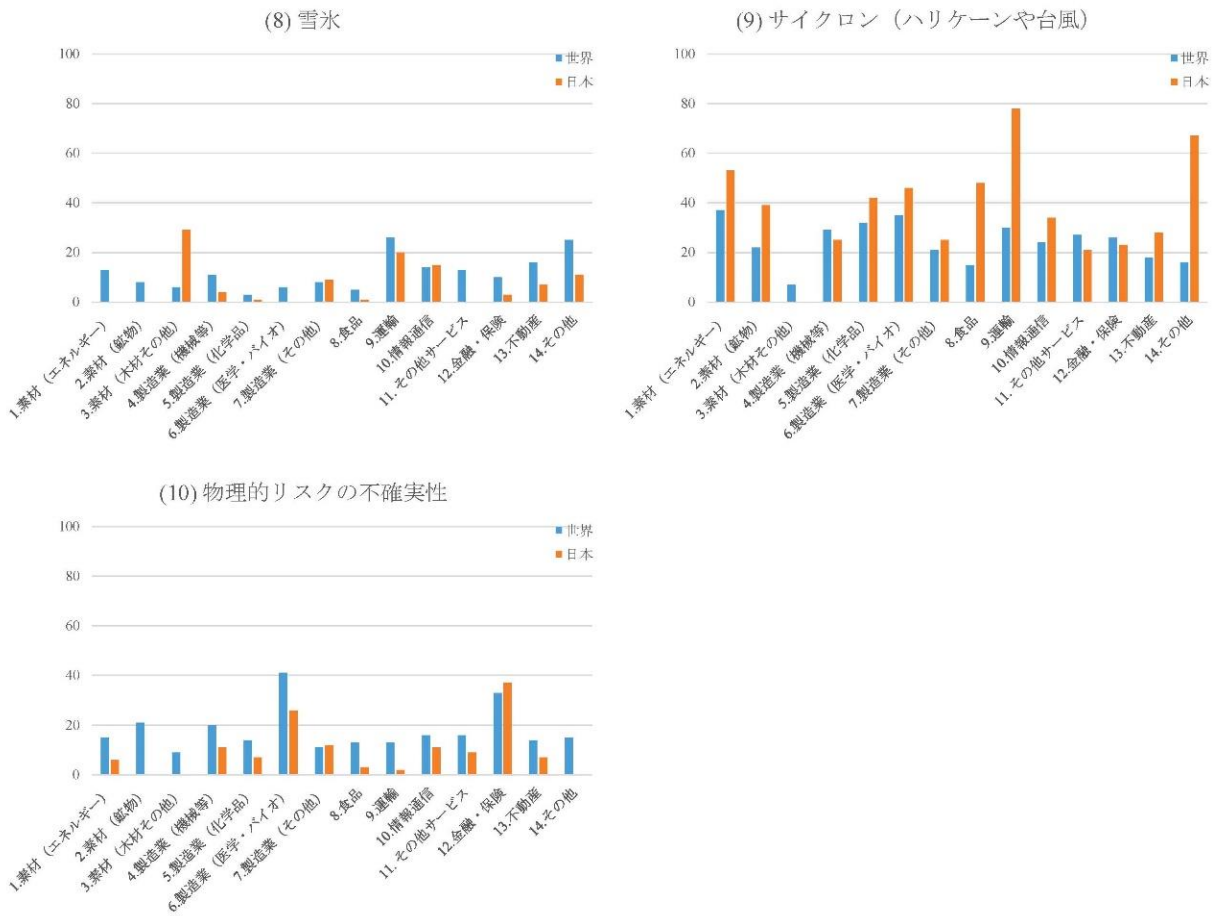
世界で最も多くの企業が懸念していたのは急激かつ集中的な降雨や干ばつだった。素材業の中でもエネルギーや鉱物関連は、集中豪雨により採掘が困難になる事例が多発しているためか多くの企業が懸念を示した（図(1)-1(3)）。不動産も洪水等で大きな被害を受ける。食品産業は主に干ばつによる損失を懸念する。日本企業がこの種の気候変動影響を懸念する割合は世界と比べ相対的に少なかったが、他国からの輸入割合が多いためか、素材（木材その他）および製造業（化学品）業界の割合は相対的に高かった。日本企業全体で高い割合の企業が懸念を示したのは、サイクロン（ハリケーンや台風含む）であり、世界全体よりも多かった（図(1)-1(9)）。金融・保険業界の割合は相対的には高くなく、台風で運行に影響を受ける運輸や、供給が不安定となる食品業界が最も多くの割合を示した。

図(1)-1 気候変動リスクに関する業種ごとの認識（物理的リスク）



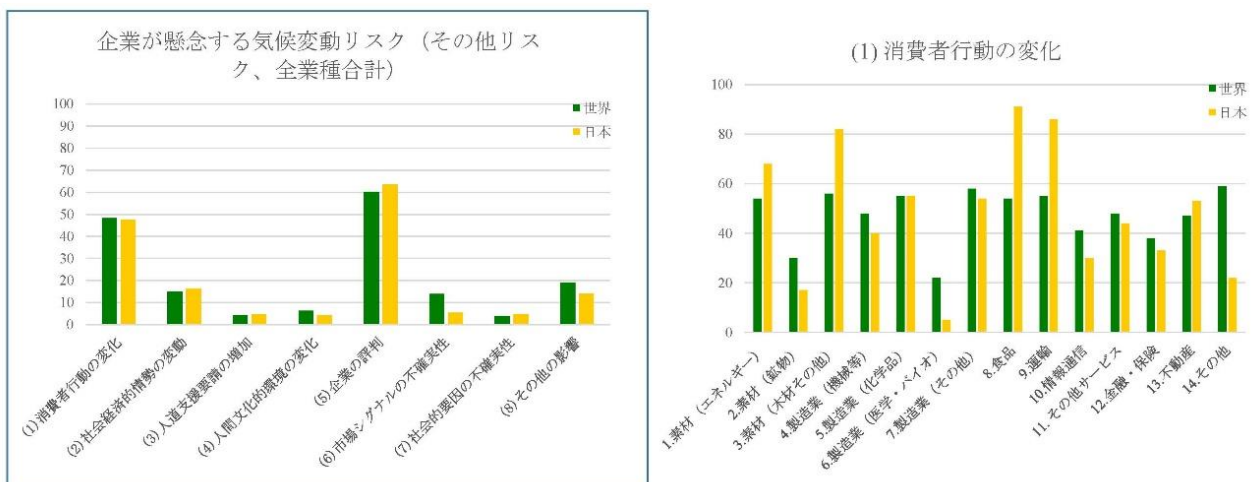
注：業種ごとに企業の絶対数が異なるため、縦軸には企業数ではなく、CDPIに回答したすべての企業を業種に分類したのち、その数の中で当該リスクへの懸念を示した企業の割合を用いた。単位はパーセント。次図も同様。

図(1)-1 (前ページからの続き) 気候変動リスクに関する業種ごとの認識 (物理的リスク)



次に、同様の分析を、「その他リスク」についても行った。図(1)-2に結果を示した。

図(1)-2 気候変動リスクに関する業種ごとの認識 (その他リスク)



図(1)-2 (前ページからの続き) 気候変動リスクに関する業種ごとの認識 (その他リスク)

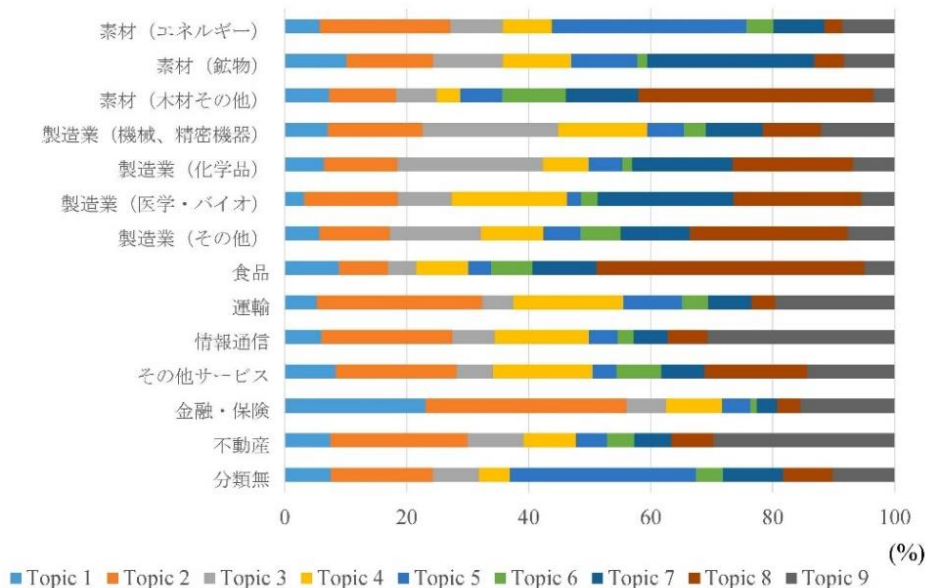


「その他リスク」の中で高い割合が示されたのは、企業の評判と消費者行動の変化だった(図(1)-2(1))。前者を業種別にみると、世界では金融・保険業が最も高い割合で回答しており、企業の投資行動に対する気候変動影響が指摘されるようになった近年の傾向と一致する。日本では情報通信や素材(木材その他)がより多く懸念を示しており、自然災害時にも事業継続できるかという点からリスク認識が進んでいる可能性がある。消費者行動の変化については、世界・日本ともに大半の業種が共通して懸念を表明しているが、製造業(医学、バイオ)の割合は世界・日本ともに低く、同業種にとっては気候変動はリスクではなく新たな機会となる可能性が高いと捉えられている可能性がある。日本では気温変化で消費者の嗜好が変わるため、食品業が大きな懸念を示している点が顕著である。

以上の結果により、業種間の違いや日本の特徴を示すことはできたが、これだけでは結果の違いが生じる理由を十分説明しきれない。そこで、企業の自由記述回答で用いられた用語を用いてリスク認識の背景を分析した。自由記述回答で用いられた単語をトピックモデルを用いて分析したところ、業種ごとに異なる気候変動影響をリスクとして懸念している背景にある考え方を抽出することができた。

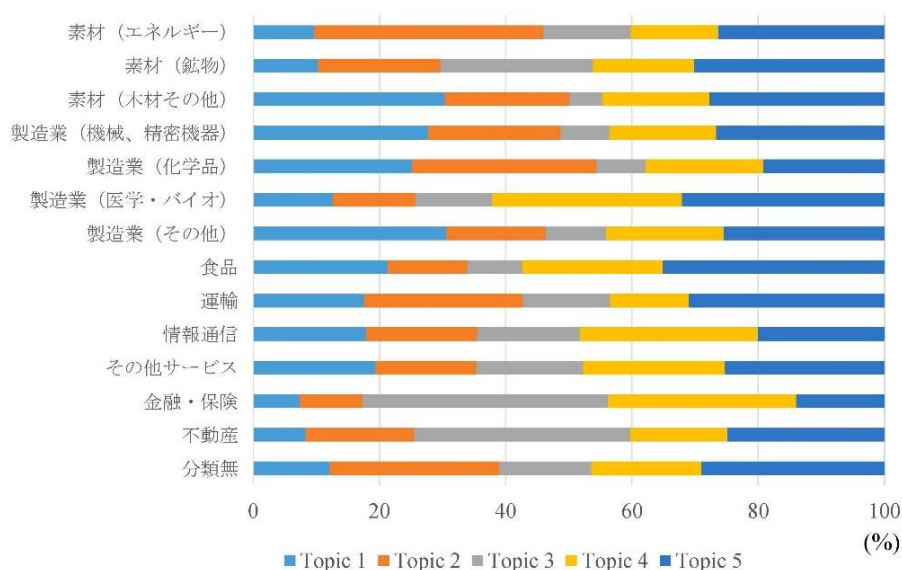
世界の企業を対象に分析した結果を、物理的リスクに関しては図(1)-3に、その他リスクに関しては図(1)-4に示した。素材（エネルギー）関連企業は、他の製造業が操業時や工場の稼働に使用するエネルギーや水の需要の減少、自社の売り物であるエネルギー資源が有する排出リスクを自企業に対する主要リスクとして認識している。素材（鉱物）関連企業は、製造・操業時に使用する水不足やコスト上昇、それによる自社製品の価格増、事業投資に関するリスクを懸念している。素材（木材その他）関連企業は、原材料の供給コストの増加や、季節変化による販売期間や在庫への影響、製品や顧客の環境配慮による需要の変化をリスクとして認識している。

図(1)-3 業種ごとのトピック分布（物理的リスク）



番号	トピック名
1	操業や業務を行っている地域やその顧客のいる地域への影響
2	極端な現象や大災害による操業や業務への損害や混乱
3	製造工場地帯への台風や洪水等による損害
4	消費者サービスや操業の混乱、設備への影響等
5	操業や工場の稼働に使用するエネルギー・水への影響
6	季節の変化による販売期間や在庫への影響
7	製造・操業に使用する水の不足やコスト上昇
8	原材料の供給コストの増加
9	建物の冷暖房等に使用するエネルギーコストの増加

図1(4)-4 業種ごとのトピック分布（その他リスク）

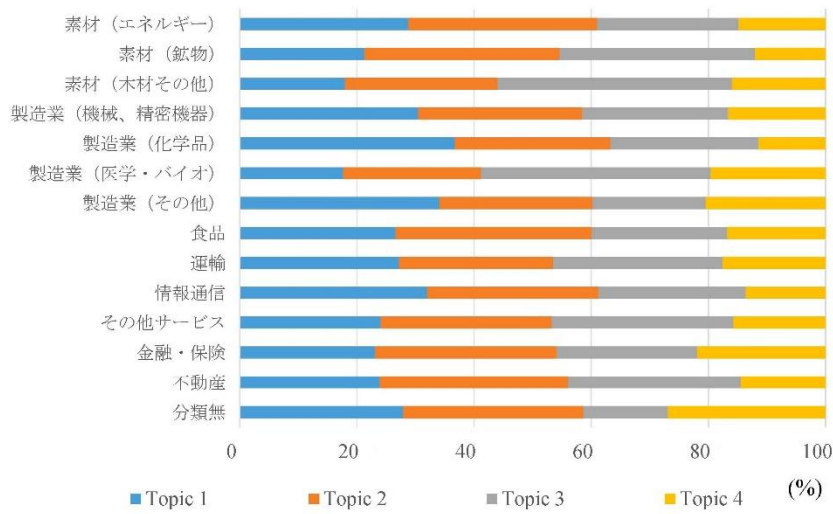


番号	トピック名
1	製品や顧客の環境配慮による影響
2	製品製造時のエネルギー使用による温室効果ガス排出リスク
3	事業投資に関するリスク
4	企業の環境影響リスクに関するステークホルダーからの評価
5	原料やエネルギー等のコスト増及び製品の価格上昇リスク

製造業は、全般的に、製造工場地帯への台風や洪水等による損害や、製品や顧客の環境配慮による需要の変化を懸念しているが、特に製造業（医学、バイオ）関連企業は、製造・操業に使用する水不足やコスト上昇をリスクとする一方で、製品や顧客の環境配慮による需要変化についてはさほど気にしていない。食品関連企業は、圧倒的に原材料の供給コストの増加につながる種類の気候変動影響と、自社製品の価格上昇を心配し、運輸業は、極端な現象や大災害による操業や業務への損害や混乱を懸念している。情報通信機器は、建物の冷暖房等に使用するエネルギーコストの増加、企業の環境影響リスクに関する外部からの評価を気にしている。金融・保険は操業や業務を行っている地域やその顧客のいる地域への影響、極端な現象や大災害による操業や業務への損害や混乱、事業投資に関するリスクを懸念している。不動産業は、建物の冷暖房等に使用するエネルギーコストの増加や事業投資に関するリスクを懸念している、といったことが明らかとなった。

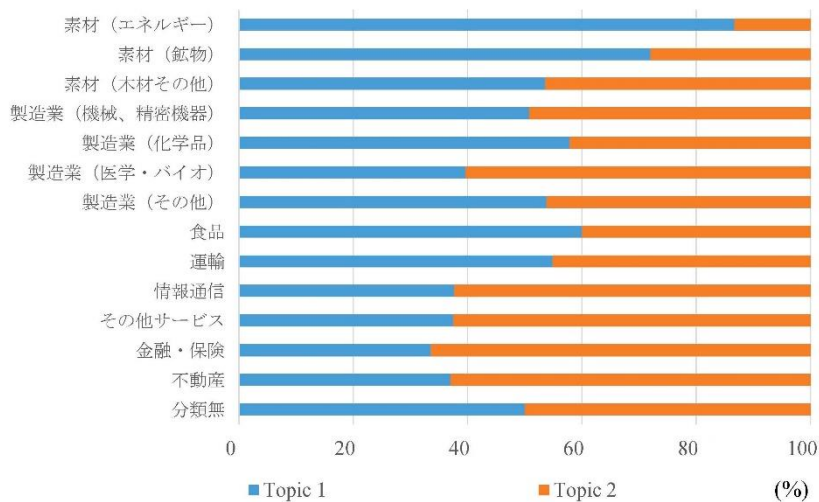
次に日本企業だけ抜粋して同様の分析を行った。物理的リスクに関して図(1)-5に、その他リスクに関して図(1)-6に示した。日本での素材（エネルギー）関連企業は、海外から輸入することが前提であるためか、資源採掘現場での自然災害よりも自社の売り物であるエネルギー資源が有する排出リスクを自社の主要リスクとして認識している。素材（木材その他）関連企業は、プラントや工場への物理的影響や操業停止を最も懸念している。製造業は、製造工場地帯への台風や洪水等による損失を懸念しているが、製品や顧客の環境配慮による需要の変化はさほど気にしていない。サービス産業（情報通信、金融・保険、不動産）は、「企業の環境配慮行動が消費者の製品購入に及ぼす影響」を最も意識していた。台風等の短期集中的な物理的損失や消費者等からの評判に関しては、世界も日本企業も同様にトピックとして抽出できた。しかし、世界ではトピックとして抽出されたが日本企業では抽出されなかったものとして、「操業や業務を行っている地域やその顧客のいる地域への影響」「季節変化による販売期間や在庫への影響」「事業投資リスク」があった。これらはいずれも目に見えづらい中長期的なリスクだが、企業の本業に関係するものであり、これらの観点から自社の戦略を再検討すべきといえる。

図(1)-5 日本企業の業種ごとのトピック分布（物理的リスク）



番号	トピック名
1	台風や洪水等による原料の減少やコストの上昇
2	洪水による操業停止に伴う原材料や部品供給停止
3	プラントや工場への直接的ダメージや操業停止
4	空調等によるエネルギーコストの増加

図(1)-6 日本企業の業種ごとのトピック分布（その他リスク）



番号	トピック名
1	製品や顧客に対する温室効果ガス排出リスク
2	製品の環境配慮による影響

(3) 「気候安全保障」の用語に関する分析

気候変動の社会経済的なリスクは欧米では以前から指摘されており、「気候安全保障」(Climate Security)という概念の下で議論されてきた。国外では議論されている気候安全保障が、なぜ日本では取り上げられないのか。気候安全保障という言葉を使わなくても、日本ではすでに気候変動のリスクに適切に対応できているなら、敢えて新たな概念を持ち込む必要はない。しかし、新たな用語や概念を導入することで今まで気づけていなかったリスクに気づくことができるのであれば、重要な示唆を得られることになる。日本では聞きなれない気候安全保障という概念が、欧米ではどのような意味で用いられているのかを分析し、その意味が日本ではいかなる用語を用いて表現されているかを確認することで、日本の気候変動リスクに関する備えの十分性を検証することを目的とした。

安全保障という概念は、一般的には、想定している脅威、脅威から守るべき主体、守るための手段、の3要素で構成される。この3要素で、気候安全保障に関する公表済論文や政府の報告書を分類したところ、表(1)-3に示す4種類に分けられた。

第一の定義は、長期的かつ不可逆的な地球規模変化を表現するものである。この定義は、気候変動問題を正しく理解できれば伝わるべきメッセージだが、地球温暖化や気候変動を他の国際政治課題と同レベルで重視してもらうことを意図して「気候安全保障」という言葉を用い始めた経緯があった。つまり、日本では、気候変動の危機を正しく伝えることができれば、敢えて「気候安全保障」という用語を使う必要はないが、それが十分にできているかは検討の余地がある。

第二の定義は、個人への短期的かつ突発的なリスクである。台風や洪水、熱波といった個人に直接損害を与える物理的な影響に加え、干ばつによる食料不足やダム水の枯渇による水力発電の電力供給不足といったベーシックニーズの供給が不安定になる可能性を指摘している。また、途上国でハリケーン等の被害が起きると先進国は人道支援要員を派遣するが、派遣頻度が増えて負担が増えていることを米国政府の報告書は指摘している。日本ではこれらのリスクを、気候変動影響の他、人間安全保障や食料安全保障といった用語で表現してきたが、後者では気候変動影響との関連性が含まれないため、メッセージが伝わりづらい。

第三の定義は、紛争や暴力の根源的要因としての気候変動である。海面上昇や異常気象が原因で、今まで住んでいた土地に住めなくなった人の移動が増えている。移動先で、元から住んでいる住民との間で紛争が起きたり、治安が悪化することが指摘されている。世界では現在、本定義での議論が精力的に行われているが、日本ではほとんどみられていない。

第四の定義は、軍の施設がハリケーンや海面上昇で被害を受けると防衛力に影響が出るという意図で、主に米国の国防省関連の報告書で用いられている。つまり、防衛の分野においても今後は適応策を取り込む必要があるということになる。

海外で使われている「気候安全保障」概念を日本の気候変動に関する議論と重ね合わせることで、日本で十分検討できていない気候変動リスクが複数あることが示された。実際に「気候安全保障」という用語を使うかどうかはさておき、上記に示したタイプのリスクが海外ではすでに指摘されていることを念頭に、日本でも、国内外での社会経済的なリスクを含めた気候変動の議論が進むことが期待される。日本特有の問題として、海面上昇による排他的経済水域(EEZ)の消失、今後増えていくと予想される環境難民の受け入れ可否、海水温度の上昇による魚類生態系の生息域の変化と近隣国との漁業問題、アジア地域での自然災害発生時の人道支援のあり方等が想定され、検討を始める必要がある。

表(1)-3 気候安全保障の4種類の定義

定義の分類	何を脅威として いるか	何を脅威から守ろうとし ているか	安全保障のための 手段
長期的かつ不可逆的な 地球規模変化	温暖化や気候変動等の 地球規模の変化	地球、人類、生態系	温室効果ガス排出量の 削減（緩和策）
個人への短期的かつ突 発的なリスク	地域あるいは個人レベ ルでの異常気象やそれ に付随する様々な損 失・損害	人々の日常生活や、その 前提となる食料やエネ ルギー等基本的な物資の安 定供給	適応策、レジリエンス 構築
紛争や暴力の根源的要 因	人々の移住等、人の対 立の原因となるもの	民族等、人の基本的まと まり	社会不安につながる諸 要素の除外
軍事力や防衛力への影 響	海面上昇等の長期的変 化、および、異常気象 等突発的事象	国土、軍事施設、防衛施 設	防衛その他軍事的体制 分野での適応策

（４）成果の公表

3年度目であった2020年度には国際シンポジウムの開催等も予定していたが、コロナ禍により中止を余儀なくされた。その代替的な措置として、ウェビナーの開催と日英でのパンフレット作成を行った。

ウェビナー「米国の気候変動政策最前線：大統領選挙後の気候変動政策と気候安全保障」は2020年11月18日に行った。ちょうど米国大統領選の時期と重なったため、バイデン大統領候補が踏まえる気候変動と安全保障の観点から、2名の米国専門家に講演を依頼した。140名ほどの聴衆を得ることができた（図(1)-7）。テキサス大学オースチン校 Joshua Busby准教授から、「大統領選挙後の米国の気候変動政策」というタイトルで講演があった。バイデン氏が選挙公約として掲げた気候変動対策を分析し、今後の米国の対応について説明があった。次に、気候変動と安全保障センター Shiloh Fetzekシニア・フェローにより、気候変動と安全保障の考え方について講演があった。特に米国においては、気候変動が国の防衛能力を損ない、また国際的にはアフリカや中東等で紛争を引き起こす原因となっている点が指摘された。それぞれの講演の後、参加者から数多くの質問を受けた。また、

このウェビナーを契機に、日本のマスメディア関係者の中で気候安全保障という概念に関して関心が高まり、翌年2021年4月の朝日新聞GLOBE特集にも至った（ウェブ版<https://globe.asahi.com/article/14325182>）。

図(1)-7 ウェビナー画面撮影

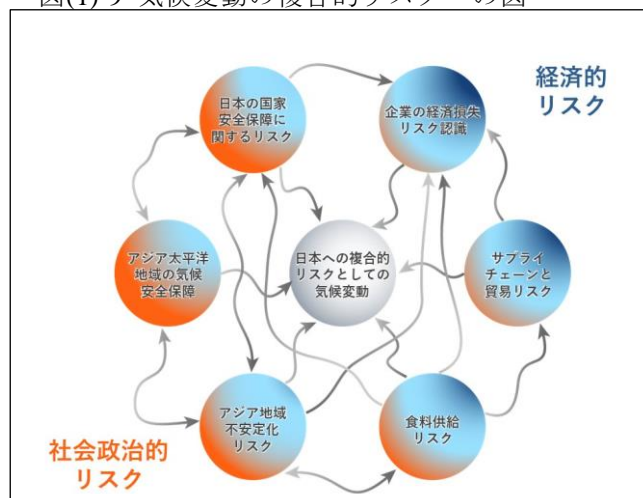


パンフレット「気候変動の複合的リスクに備える」は、上記ウェビナーに間に合わせるタイミングで、日本英語両バージョンを作成した（図(1)-8）。その中では、全サブテーマがそれぞれ対象とする気候変動リスクを6つのマルで表現（図(1)-9）し、これらが直接あるいは間接的に日本になんらかの悪影響を及ぼすリスクとして存在する。欧米諸国では、このような経済社会政治的リスクを含めた包括的な気候変動リスクを「気候変動の複合的リスク(compound risk of climate change)」と呼んでいる。日本に被害をもたらすまでの因果関係は必ずしも明確ではなく、甚大な被害が生じる頻度が必ずしも高いとも限らないが、本課題では、ここで示した6種類の複合的リスクが日本にとって特に重要であることを示した。今後、それぞれのリスクごとに、関係者を含めた対話を進める必要がある。

図(1)-8 パンフレット表紙



図(1)-9 気候変動の複合的リスクの図



パンフレット「気候変動の複合的リスクに備える」は以下のURLからダウンロード可。

日本語：<http://www.nies.go.jp/social/jqjm1000000prman-att/jqjm1000000prq5p.pdf>

英語：http://www.nies.go.jp/social/en/Compound_Risks_of_Climate_Change.html

その他、英国の科学系雑誌IMPACTに、本プロジェクトを紹介する記事の掲載の打診があり、出版社と協力して本プロジェクトの概要を掲載した。（図(1)-10）

図(1)-10 IMPACT誌の掲載紙面

5. 研究目標の達成状況

当初設定した目標を達成し、また、「気候安全保障」という概念に関してメディア等での関心を高められたという点、及び、2020年12月に環境省から公表された気候変動影響評価報告書に、本研究活動で得られた知見を入れられたという点で、目標を上回る成果を達成できた。

6. 引用文献

特に記載すべき事項はない。



II-2 国際サプライチェーンを通じた気候変動の国内経済活動への影響に関する研究

国立研究開発法人国立環境研究所 資源循環・廃棄物研究センター 国際資源循環研究室 南斉規介
 国立研究開発法人国立環境研究所 資源循環・廃棄物研究センター 国際資源循環研究室 中島謙一
 国立研究開発法人国立環境研究所 資源循環・廃棄物研究センター 国際資源循環研究室 森岡涼子
 (平成31年度から令和1年度9月まで所属)

【要旨】

本研究の目的は、各国の自然災害の発生と国際貿易の構造変化との関係に着目し、将来の気候変動に起因する国外の自然災害が国内の経済活動に与える影響を解析するための、気候変動シナリオと自然災害に応答する国際貿易モデルの開発である。また、将来の気候変動による国際貿易への影響の定量化とそれに起因する国内産業のリスク評価を目指す。国際貿易モデルは、197の国と地域間の5022品目の貿易商品に関する輸出入量を重量ベース (t/y) で推計するモデルであり、機械学習の技法を援用して構築した。世界各国の温室効果ガス (GHG: Greenhouse gases) 排出量、社会的脱炭素 (一人当たりGHG排出量)、経済的脱炭素 (単位GDP当たりGHG排出量)、気象災害発生回数を説明変数とし、気候変動による国際貿易への影響を組み込んだ。学習データには、1995年から2017年までの重量ベース (トン/年) の貿易データの異常値修正を独自に行なったデータを用いた。また、気象災害は暴風、洪水、干ばつ、森林火災、異常気温を対象とした。

モデルによる貿易量の実態値 (過去データ) の再現性が良好であることを確認し、気象災害の発生回数を仮想的にそれぞれ2倍にした場合の1995年から2017年の貿易量の計算を行なった。そして、先のモデルによる過去再現値との災害が倍増した場合の貿易量との相違を分析した。その結果、2017年において、日本の輸入額が大きい上位10の貿易商品に注目すると、5つの気象災害の中でも、洪水と暴風の発生によって貿易量が不安定化する傾向が確認された。一方、最新の2015年産業連関表を用いた産業連関モデルにより、日本の各産業部門や最終需要部門が国内サプライチェーンを通じて直接的間接的に輸入する輸入品を約5000品目の解像度で同定した。さらに、それらの輸入品がどの気象災害の発生回数の増大に影響を受ける傾向があるかを分析し、その結果、例えば、最終需要部門の家計消費は、石炭、調理済み食料品、医薬品などが洪水に影響を受ける特性が判明した。

また、国際貿易モデルに、COVID-19によるGHG排出量への影響を考慮した3種類 (シナリオA (5から6°Cの気温上昇)、シナリオB (3から4°Cの気温上昇)、シナリオC (2°C以下の気温上昇)) の2050年までの各国のGHG排出シナリオと人口およびGDPデータを組み込み、貿易構造の将来シナリオ分析を行なった。気候2°C目標に沿う場合、日本の輸入額が大きい貿易商品の多くは、世界貿易量の減少または現状維持に向かうと推計され、シナリオAによる貿易量と比較し、相当な資源や材料の削減と高度な物質利用が求められると結論付けた。しかしその一方で、気象災害の発生回数が増加しなければ、上述した災害による貿易量の不安定化の影響を回避すること可能であり、これは、多くの輸入資源・材料に頼る国内産業にとっては、より安定的な経営計画を立案できる機会となることを示唆する。上記の研究開発内容と得られた成果を鑑み、概ね目標の達成に至ったと自己評価する。

1. 研究開発目的

各国の自然災害の発生と国際貿易の構造変化との関係に着目し、将来の気候変動に起因する国外の自然災害が国内の経済活動に与える影響を解析するため、気候変動シナリオと自然災害に応答する国際貿易モデルの開発を行うこと。

2. 研究目標

気候変動シナリオを考慮した国際貿易構造モデルを開発し、将来の気候変動による国際貿易への影響

の定量化とそれに起因する国内産業のリスク評価を行う。

3. 研究開発内容

(1) 機械学習に基づく国際貿易構造のモデル化

本研究では、機械学習の技法を用いて、輸出国×輸入国×貿易商品の3次元構造で定義される国際貿易構造モデルを開発し、社会経済および温室効果ガス排出に関する将来シナリオデータをモデルに付与することで将来の国際貿易構造の変化を推計した。機械学習の学習データには、国連が提供する国際貿易データ (UN COMTRADE) ¹⁾ を修正したデータベース (BACI: International Trade Database at the Product-Level) ²⁾ を用いた。BACIはUN COMTRADEに存在するミラーリング問題 (輸出国が報告する貿易量と輸入国の報告するその値に関する不整合) を輸出国と輸入国の統計情報の信頼度を利用し機械的に修正したデータベースである。BACIには貨幣単位と重量単位 (トン) の貿易量データが掲載されているが、現在とシナリオに基づく貿易量の変化を観測する目的から本研究では重量単位のデータを採用した。BACIは2020年1月に更新された最新版のデータベースを利用し、学習データが整備可能であった197の国と地域間におけるHS92(Harmonized system code 92)で定義される5022品目の貿易を対象とした。学習の対象年は、1995年から2017年までの23年間とした。以下にモデルの開発手順を記す。

貿易データの3次元構造 (197×197×5022) を全て同時に変数として定義してモデル化する場合、大規模なメモリを搭載した計算機が必要となり、研究実施者が利用できる汎用のコンピュータでは計算が不可能となる。そのため本研究では、独自に3次元構造を貿易量 (フロー) と貿易確率 (構造) に一旦分解し、それぞれを独立に定式化を行う方法を開発した。そして、フローと構造を独立にシナリオ分析を行い、得られた結果を3次元に再合成することで3次元貿易構造のシナリオ分析を汎用的なコンピュータを用いて実現した。3次元貿易構造のフローと構造に分割してモデル化する上で最も重要なことは、両者の独立性を保証することである。本研究では、情報幾何に基づく行列分解手法³⁾を適用し、行列を列和、行和を要素とする2つのベクトルと、これらのベクトルの大きさとRAS不偏である行列に分解した。具体的には、対数空間において行列Zの要素からZの行平均、列平均を減じ、さらにZ要素全体の平均を加えて算出されるカーネル行列³⁾を意味する。得られたベクトルが貿易量に対応し、RAS不偏の行列は貿易構造に対応する。なお、この RAS不偏の行列に対して、要素が全て1の列ベクトルと行ベクトルを付与して、RAS法を用いて行列を変換することで、貿易構造を示す行列を行和と列和が共に全て1の貿易構造を得ることで、RAS不偏の行列を貿易確率 (貿易商品の輸入確率と輸出確率を同時に表現したもの) として理解することができる。

(2) 国際貿易データの異常値修正 (学習データの前処理)

BACIはUN COMTRADEのミラーリング問題に対処しているが、各国の貿易商品別輸入量と貿易商品別輸出量を時系列で個々に観察すると、重量ベースの貿易量の変化として非現実的な増減を示すデータが存在する。本研究では、こうした貿易量の極めて不安定な挙動を示すデータを異常値として扱い、学習データから削除して補間することで学習データの異常値修正を行なった。具体的には、まず、最初に各国の貿易商品別輸入量の移動平均値 (過去3年分と次年の貿易量の平均) を求めた。次に、移動平均値と元々の貿易量との差分に関して23年間 (1995年から2017年) の平均値と標準偏差を計算し、差分の絶対値が標準偏差の2倍以上である年次のデータを異常値と判定し、学習データから除外した。

除外した年次のデータは、正常値とした他の年次データに基づき線形補間を行なった。ただし、線形補間により負の貿易量となる年次については、除外したデータに最も近い過去の正常値で補間した。なお、過去に正常値が存在しない除外データについては、次年以降で最も近い正常値を充当した。上記の異常値処理を197の国と地域の5022の貿易商品に関する輸出量についても行なった。

(3) 貿易量 (フロー) のモデル化

本研究では、将来の世界的な脱炭素社会の進展を背景としたシナリオ分析を行うため、貿易量 (フロ

一) のモデル化を各国の温室効果ガス排出総量、人口一人当たり温室効果ガス排出量、単位GDP当たりの温室効果ガス排出量を説明変数に用いて行なった。なお、温室効果ガス排出は、CO₂、CH₄、N₂O、フロンガスを含み、CO₂排出量は石炭起源、石油起源、天然ガス起源、バイオマス燃料起源、フロンガス起別の5つに区分した。

貿易商品kの年間総量貿易量をTradeCommodity_k (t/y) とし、次式により定義した。

$$TradeCommodity_k = \sum_{i=1}^{197} \sum_{type=1}^5 \beta_{k,i,type} GHG_{type,i} + \sum_{i=1}^{197} \gamma_{k,i} \frac{GHG_i}{POP_i} + \sum_{i=1}^{197} \delta_{k,i} \frac{GHG_i}{GDP_i} + c_k$$

ここで、 $GHG_{type,i}$ は各国の5種別温室効果ガス排出量 (t-CO₂eq/年)、 GHG_i/POP_i は社会全体の炭素強度 (t-CO₂eq/人)、 GHG_i/GDP_i (t-CO₂eq/thousand US dollar) は経済活動の炭素強度を示す説明変数である。

また、 $\beta_{k,i,type}$ 、 $\gamma_{k,i}$ 、 $\delta_{k,i}$ は回帰係数、 c_k は定数項であり、機械学習の手法として利用されるRidge回帰によりそれぞれ決定した。このとき、正則化パラメータWは貿易商品kに応じて10⁻³、10⁻²、10⁻¹、1、10、10²の中から選択し、交差検定によって決定した。交差検定は23年のデータの中から、7つのデータをランダムに30回除外し、Ridge回帰による除外した7カ年に対する推計値と現状値との差分の絶対値が最小となる正則化パラメータWを選択した。

説明変数に入力するデータはZ変換 (データ群を平均0、標準偏差1のデータに基準化) を行なった。 $GHG_{type,i}$ はtype別にデータ群とし、 GHG_i/POP_i と GHG_i/GDP_i は全てのデータを含めてそれぞれデータ群と定義した。一方、輸入国iの総輸入量をTradeImport_i(t/y)とし、次式により定義した。

$$TradeImport_i = \sum_{type=1}^5 \beta_{k,i,type} GHG_{type,i} + \gamma_{k,i} \frac{GHG_i}{POP_i} + \delta_{k,i} \frac{GHG_i}{GDP_i} + \sum_{i=1, i \neq i}^{197} \sum_{type=1}^5 \beta_{k,i,type} GHG_{type,i} + \sum_{i=1, i \neq i}^{197} \gamma_{k,i} \frac{GHG_i}{POP_i} + \sum_{i=1, i \neq i}^{197} \delta_{k,i} \frac{GHG_i}{GDP_i} + c_k$$

説明変数は貿易商品kの定式化と同様であるが、輸入国iに関する入力データのみを一つのデータ群として設定し、Z変換を行なってRidge回帰を行うことで輸入国iの特徴を他国と区別した。

なお、輸出国iの総輸出量をTradeExport_i(t/y)とし、次式により定義し、同様の手法により回帰係数を決定し、定式化を行なった。

$$TradeExport_i = \sum_{type=1}^5 \beta_{k,i,type} GHG_{type,i} + \gamma_{k,i} \frac{GHG_i}{POP_i} + \delta_{k,i} \frac{GHG_i}{GDP_i} + \sum_{i=1, i \neq i}^{197} \sum_{type=1}^5 \beta_{k,i,type} GHG_{type,i} + \sum_{i=1, i \neq i}^{197} \gamma_{k,i} \frac{GHG_i}{POP_i} + \sum_{i=1, i \neq i}^{197} \delta_{k,i} \frac{GHG_i}{GDP_i} + c_k$$

(4) 貿易確率 (構造) のモデル化

3次元貿易データを2次元行列としてデータを分割抽出し、カーネル行列を導出し、全ての要素が1の行ベクトル、列ベクトルを行和列和の条件としてRAS法による変換を行なって貿易の1995年から2017年までの各年の2重確率行列を得た。3次元貿易データの分割は、(1) 貿易商品k別の分割 (輸出国、輸入国間の商品kの貿易量を示す行列)、(2) 国別総輸入量の分割 (商品k別の国別総輸入量を示す行列)、(3) 国別総輸出量の分割 (商品k別の国別総輸出量を示す行列) に関してそれぞれ行なった。

次に、導出した2重確率行列の列要素を列方向に結合して作成したベクトルに対し、正則化項付きの1次の自己回帰モデルを適用し、その遷移行列を推定した。

(5) 気象災害情報の基本貿易モデルへの組み込み

上述の手法により定式化を行なった国際貿易のフローと構造を基本モデルと称する。本研究では、この基本モデルに、気候変動の加速に伴い発生が増加が予想される自然災害（気象災害）に関する説明変数を追加してモデルの拡張を行なった。自然災害に関する国別の発生回数や死傷者数などに関する時系列データは、ルーヴァン・カトリック大学のCentre for Research on the Epidemiology of Disastersが開発したEMDAT(The international disasters database)を採用した。EMDATは1900年からの災害情報（発生回数、総死亡者、死傷者、被害額など）が得られるが、発生回数以外はデータが欠落している年があり、197国別災害種類別の発生回数のみを説明変数として採用した。なお、気候変動の関係を踏まえ、(1) Flood、(2) Storm、(3) Drought、(4) Wildfire、(5) Extreme temperatureの5つの災害を対象とし、単発的な災害影響ではなく、長期的傾向として影響を観察する目的を鑑み、当該年を含め直近10年間の累積発生回数を説明変数に入力した。入力データは災害種別にZ変換を行い、国別輸出入量については対象国のみを一つのデータ群とした。商品別貿易総量(TradeCommodityWithDisaster)、国別輸出入量(TradeImportWithDisaster、TradeExportWithDisaster)を以下の様に説明変数を追加した後、基本モデルの開発と同様にRidge回帰により関数形を規定した。

TradeCommodityWithDisaster, k

$$= \text{basic model} + \sum_{i=1}^{197} \varepsilon_{k,i}^{(1)} \text{Flood}_{k,i} + \sum_{i=1}^{197} \varepsilon_{k,i}^{(2)} \text{Storm}_{k,i} + \sum_{i=1}^{197} \varepsilon_{k,i}^{(3)} \text{Drought}_{k,i} + \sum_{i=1}^{197} \varepsilon_{k,i}^{(4)} \text{Wildfire}_{k,i} \\ + \sum_{i=1}^{197} \varepsilon_{k,i}^{(5)} \text{Extreme_temperture}_{k,i}$$

TradeImportWithDisaster, i

$$= \text{basic model} + \varepsilon_{k,i}^{(1)} \text{Flood}_{k,i} + \varepsilon_{k,i}^{(2)} \text{Storm}_{k,i} + \varepsilon_{k,i}^{(3)} \text{Drought}_{k,i} + \text{Wildfire}_{k,i} \\ + \varepsilon_{k,i}^{(5)} \text{Extreme_temperture}_{k,i} + \sum_{i=1, i \neq i}^{197} \varepsilon_{k,i}^{(1)} \text{Flood}_{k,i} + \sum_{i=1, i \neq i}^{197} \varepsilon_{k,i}^{(2)} \text{Storm}_{k,i} + \sum_{i=1, i \neq i}^{197} \varepsilon_{k,i}^{(3)} \text{Drought}_{k,i} \\ + \sum_{i=1, i \neq i}^{197} \varepsilon_{k,i}^{(4)} \text{Wildfire}_{k,i} + \sum_{i=1, i \neq i}^{197} \varepsilon_{k,i}^{(5)} \text{Extreme_temperture}_{k,i}$$

TradeExportWithDisaster, i

$$= \text{basic model} + \varepsilon_{k,i}^{(1)} \text{Flood}_{k,i} + \varepsilon_{k,i}^{(2)} \text{Storm}_{k,i} + \varepsilon_{k,i}^{(3)} \text{Drought}_{k,i} + \text{Wildfire}_{k,i} \\ + \varepsilon_{k,i}^{(5)} \text{Extreme_temperture}_{k,i} + \sum_{i=1, i \neq i}^{197} \varepsilon_{k,i}^{(1)} \text{Flood}_{k,i} + \sum_{i=1, i \neq i}^{197} \varepsilon_{k,i}^{(2)} \text{Storm}_{k,i} + \sum_{i=1, i \neq i}^{197} \varepsilon_{k,i}^{(3)} \text{Drought}_{k,i} \\ + \sum_{i=1, i \neq i}^{197} \varepsilon_{k,i}^{(4)} \text{Wildfire}_{k,i} + \sum_{i=1, i \neq i}^{197} \varepsilon_{k,i}^{(5)} \text{Extreme_temperture}_{k,i}$$

(6) 将来シナリオデータ整備

国際貿易構造を上述の方法で定式化し、説明変数である温室効果ガス排出量、人口、GDP、災害発生回数に関する将来シナリオ値を入力することで、温室効果ガス排出量の将来変化に規定された国際貿易構造を観察した。将来の各国や地域の温室効果ガス排出量の推計には、Enerdata⁴⁾が提供する現在のCOVID-19パンデミックによる影響を反映した3つの排出シナリオデータを用いた。3つのシナリオは、Enerbase（気温上昇は5°Cから6°C以内）、Enerblue（気温上昇は3°Cから4°C以内）、Energreen（気温上昇は2°C以下）に区分され、2010年から2050年までの一年ごとに45カ国と24地域のシナリオ排出量が利用

できる。本研究では、197カ国をEnerdataの国と地域区分のいずれかに対応させ、2017年の排出量を1として、2050年までの排出量の変化率を計算し、これを上記の学習に用いた197の国と地域の2017年排出量に乗じて、2050年までの排出量を整備した。Enerdataでは、石油、石炭、天然ガス別のCO₂排出量が得られるため、それぞれの排出変化率を算出して各燃料別のGHG排出に乗じた。また、Enerdataのバイオエネルギー消費量を用いて、バイオ燃料起源のGHG排出量の将来排出量を推計した。Fガスについては、直接的なデータが得られないことから、各国のGHG排出総量（石油、石炭、天然ガス、バイオ燃料からの排出合計）に関する排出変化率を充当した。

一方、人口およびGDPはEnerdataからは得られないため、2018年12月にIIASAより公開された最新のSSP Database (Shared Socioeconomic Pathways) のVersion 2.0から引用した。このデータベースから2020年から2050年までの10年ごとに、SSPとRCP (Representative Concentration Pathways) の組み合わせたGDPと人口が得られる。本研究では、Enerbaseに「SSP5-RCP85」を、Enerblue に「SSP4-60」をEnergreenに「SSP1-RCP26」を対応させ、それぞれのGDPと人口データを採用した。なお、2018年から2050年までの値は、スプライン補間により推計した。

(7) 国内サプライチェーンと国際貿易との接続

国際貿易と日本国内のサプライチェーンの接続は最新の2015年産業連関表⁵⁾ を利用し、次のように行なった。まず、2015年産業連関表から390部門分類で定義された国内生産活動に対する最終需要が国内サプライチェーンを通じて他部門に直接的間接的に及ぼす国内生産額を推計した。推計された部門別国内生産額に輸入率を乗じてサプライチェーンを通じて必要となる390部門別の輸入額を計算した。更に、産業連関表の付帯表である産業連関表の部門分類と貿易統計コード (HS) との対応を取り、部門の輸入額をBACIの5022の商品分類に按分した。按分は各商品の2015年の日本の輸入額に比例して行なった。

4. 結果及び考察

(1) 国際貿易データの異常値判定と修正

197カ国別の5022品目別の輸出量と輸入量の23年分の時系列データを解析し、約2447万のデータポイントを異常値と判定し修正を行なった。移動平均からの差分に基づく異常値判定のため、単年のみ突出した値を示す場合は、異常値として判定された。この異常値検出は、貿易量がほぼ毎年0となっているが、ある年だけ計上されている場合に有効に作用し貿易量を0に修正する。一方、貿易量が単調増加、単調減少している場合は、異常値として検出されるデータポイントは少ない。また、貿易量が増減を繰り返すような時系列変化を示す場合、異常値検出の機会が多くなる傾向がある。注意すべきことは、単年のみ出現する貿易量を0と補正するため、全体的に貿易総量が元データよりも小さくなっている。

(2) 貿易モデルによる過去再現性

開発した貿易モデルを用いて1995年から2017年の商品別貿易総量を推計し、異常値修正済みの実績値と比較とし、モデルの過去再現性を確認した。過学習を防ぐ正則化項のあるRidge回帰によるモデルの定式化のため、必ずしも過去の再現性を高めることに最適化されていない。そのため、実績値と推計値の散布図による45度線を基準とした比較ではなく、時系列にデータを示すことで時系列変化の特徴（増減）の再現性を確認した。

表(2)-1に示す日本の輸入額の大きい10品目の世界総貿易量について、モデルによる推計値と実績値との比較を図(2)-1に示す。全体的に単調増加の形状を示す貿易商品（例えば、商品番号811、1358、776など）はモデルの実績値の再現性が高い。しかし、単調増加の形状を有する場合でも、近年の急激な上昇が見られる場合は（例えば、商品番号832）、近年の値に差異が認められる。増加と減少を繰り返す形状では、概ね増減の傾向は反映できているが、各年の値の再現性は単調な形状よりも劣る（例えば、商品番号4474、4386など）。

国別の輸入総量と輸出量についても、同様の検証を行なった。主要貿易国として、G20の単独参加国

である19カ国に注目し、貿易総量の時系列変化の再現性を確認した。図(2)-2は輸入総量の比較を示しており、商品別の検証と同じように、変化形状による再現性の相違が見られる。中国(CHN)、インド(IND)、インドネシア(IND)のような単調増加はモデル値と実態値の差異は小さいが、メキシコ(MEX)のような急激な変化がある場合は、その変化が大きい年次で差異が広がる。日本(JPN)については、貿易量が増減する傾向を示しており、特に減少を示す年次でモデルとの乖離が認められるが、概ね特徴は反映されていると判断できる。

G20各国の輸出货量に関する比較を図(2)-3に示す。オーストラリア(AUS)やトルコ(TUR)増加傾向を示す国だけでなく、ドイツ(DEU)のように貿易重量が減少傾向にある国についてもモデルが表現できている。日本の輸出重量は、近年の飽和状態とそれ以前の増加傾向はモデルで再現されている。G20の中では、サウジアラビア(SAU)の輸出が増減の頻度が高くモデルによる推計値と実態値のずれが各年で生じている。

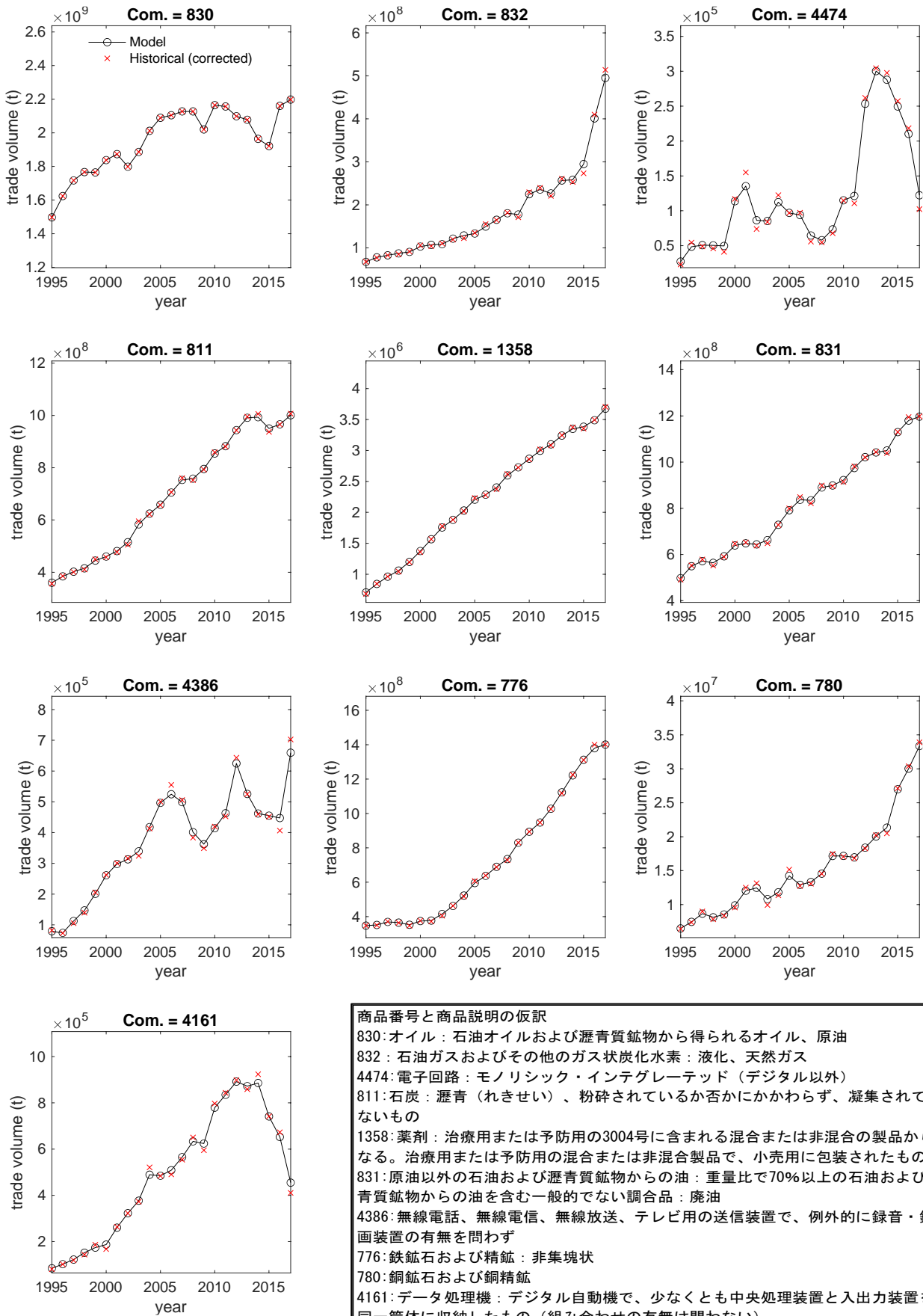
表(2)-1 日本の輸入額が大きい上位10の貿易商品 (2017年値)

Rank	Commodity number	HS92 code	Commodity description	Total import to Japan in 2017 (1000 JPY)
1	830	270900	Oils: petroleum oils and oils obtained from bituminous minerals, crude	8,153,524,700
2	832	271111	Petroleum gases and other gaseous hydrocarbons: liquefied, natural gas	5,514,120,576
3	4474	854219	Electronic circuits: monolithic integrated, other than digital	2,038,879,007
4	811	270112	Coal: bituminous, whether or not pulverised, but not agglomerated	1,808,432,506
5	1358	300490	Medicaments: consisting of mixed or unmixed products n.e.s. in heading no. 3004, for therapeutic or prophylactic uses, packaged for retail sale	1,807,264,296
6	831	271000	Petroleum oils and oils from bituminous minerals, not crude: preparations n.e.c. containing by weight 70% or more of petroleum oils or oils from bituminous minerals: these being the basic constituents of the preparations: waste oils	1,751,982,808
7	4386	852520	Transmission apparatus: for radio-telephony, radio-telegraphy, radio-broadcasting or television, with reception apparatus, with or without sound recording or reproducing apparatus	1,741,448,723
8	776	260111	Iron ores and concentrates: non-agglomerated	969,136,479
9	780	260300	Copper ores and concentrates	945,992,920
10	4161	847120	Data processing machines: digital automatic, containing in the same housing at least a central processing unit and input and output unit, whether or not combined	829,482,985

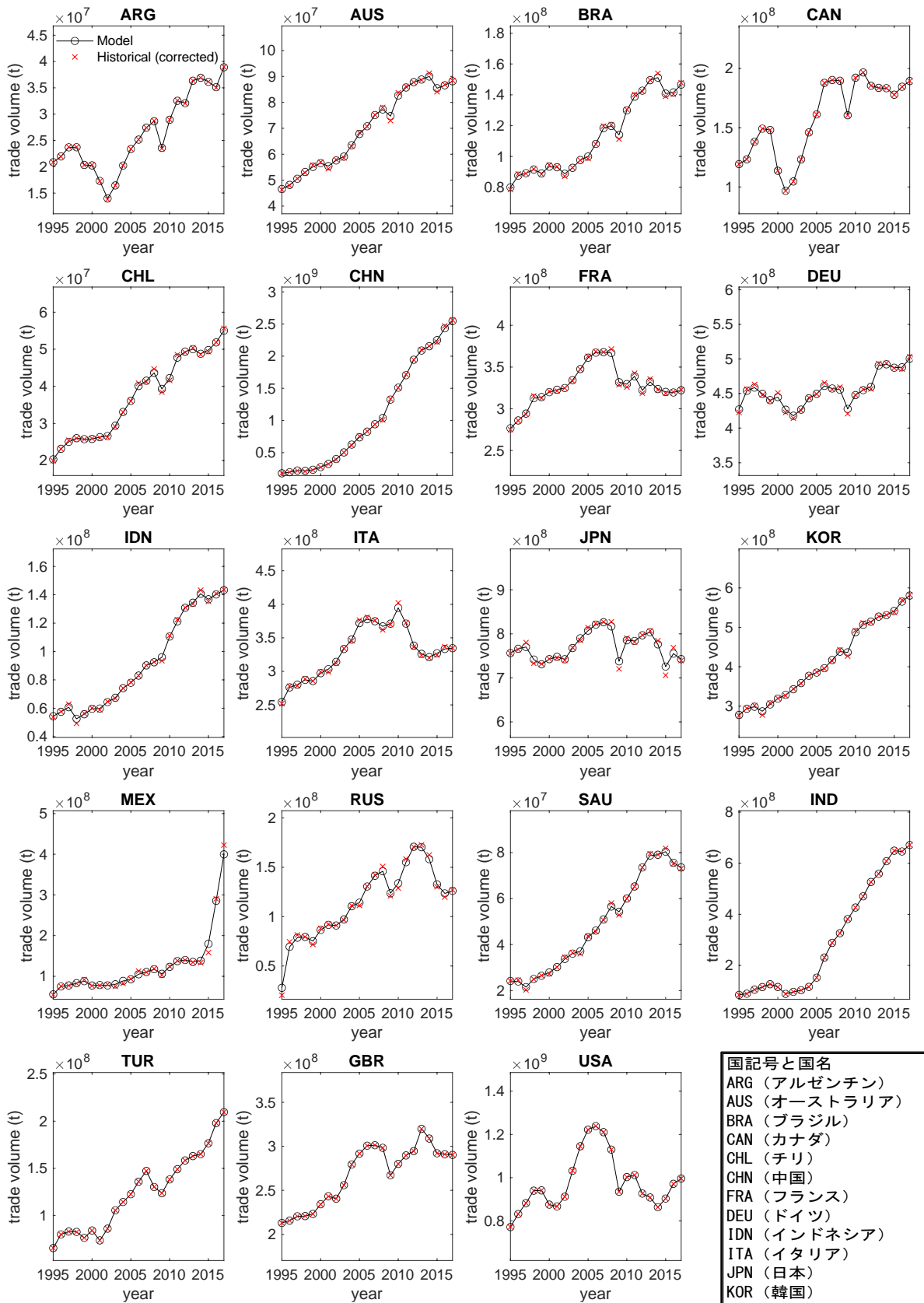
* 商品番号と商品説明の仮訳；

830: オイル：石油オイルおよび瀝青質鉱物から得られるオイル、原油、832: 石油ガスおよびその他のガス状炭化水素：液化、天然ガス 4474: 電子回路：モノリシック・インテグレートッド（デジタル以外）811: 石炭：瀝青（れきせい）、粉碎されているか否かにかかわらず、凝集されていないもの、1358: 薬剤：治療用または予防用の3004号に含まれる混合または非混合の製品からなる。治療用または予防用の混合または非混合製品で、小売用に包装されたもの 831: 原油以外の石油および瀝青質鉱物からの油：重量比で70%以上の石油および瀝青質鉱物からの油を含む一般的でない調合品：廃油 4386: 無線電話、無線電信、無線放送、テレビ用の送信装置で、例外的に録音・録画装置の有無を問わず、776. 鉄鉱石および精鉱：非集塊状、780: 銅鉱石および銅精鉱、4161: データ処理機：デジタル自動機で、少なくとも中央処理装置と入出力装置を同一筐体に収納したもの（組み合わせの有無は問わない）。

図(2)-1 日本の主要な輸入品に関する世界の総貿易量データのモデル推計値と実績値の比較

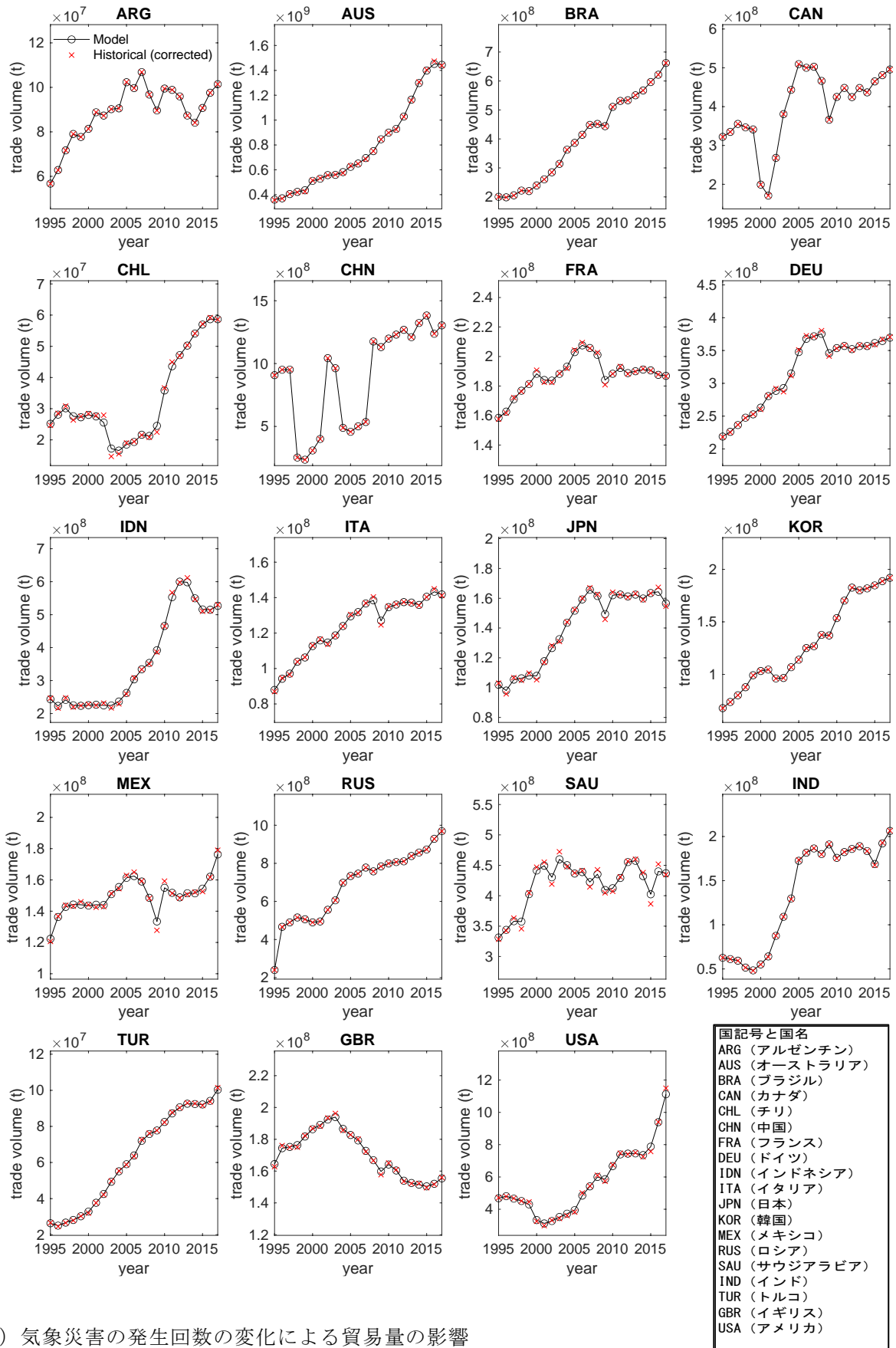


図(2)-2 G20単独加盟国の総輸入量に関するモデル推計値と実績値の比較



国記号と国名	
ARG	(アルゼンチン)
AUS	(オーストラリア)
BRA	(ブラジル)
CAN	(カナダ)
CHL	(チリ)
CHN	(中国)
FRA	(フランス)
DEU	(ドイツ)
IDN	(インドネシア)
ITA	(イタリア)
JPN	(日本)
KOR	(韓国)
MEX	(メキシコ)
RUS	(ロシア)
SAU	(サウジアラビア)
IND	(インド)
TUR	(トルコ)
GBR	(イギリス)
USA	(アメリカ)

図(2)-3 G20単独加盟国の総輸出货量に関するモデル推計値と実績値の比較

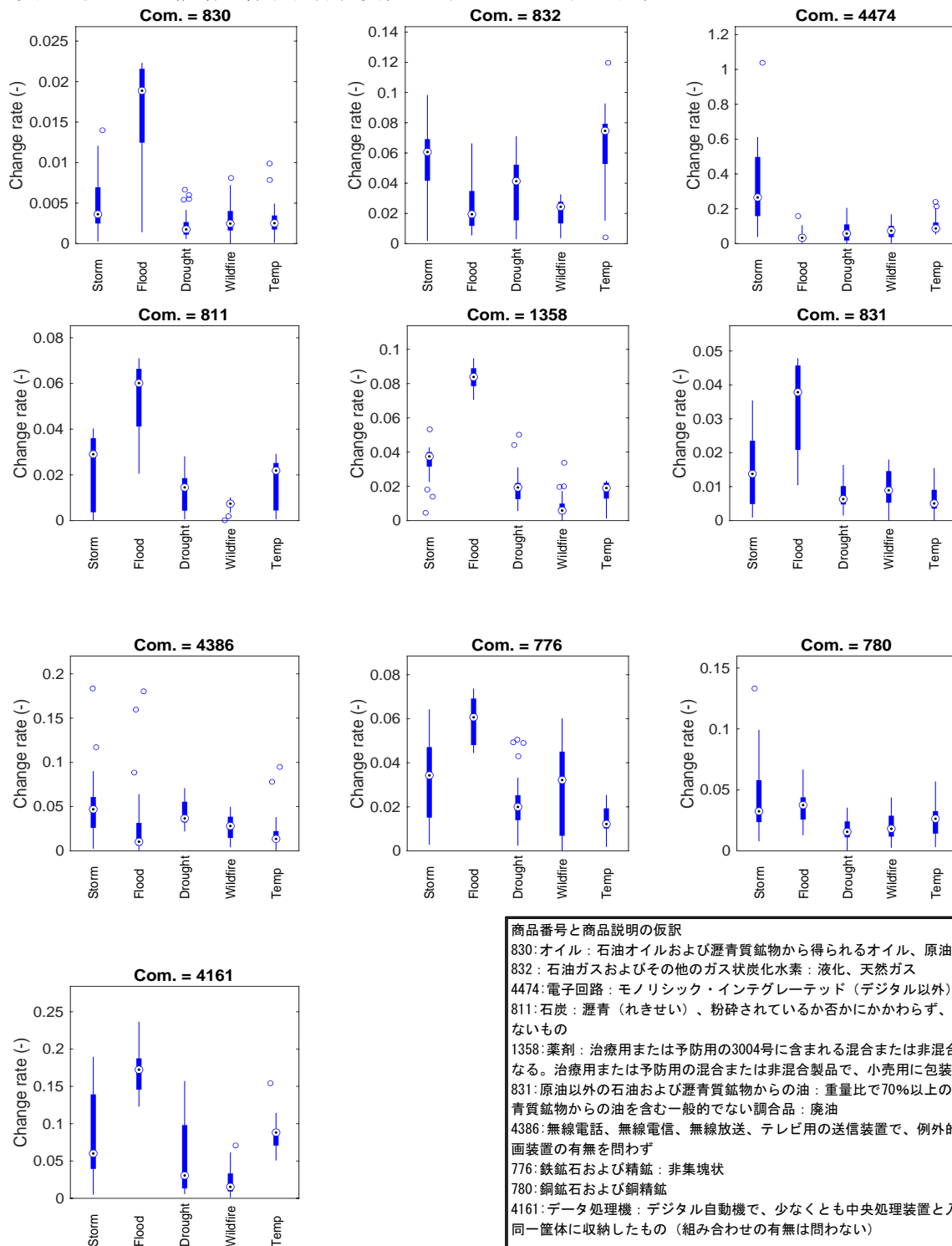


(3) 気象災害の発生回数の変化による貿易量の影響

本研究では、5つの気象災害の発生回数をそれぞれ仮想的に過去の実績値の2倍をモデルに付与し、貿易量への影響を検証した。発生回数を2倍した場合の各年の貿易量と実際の貿易量との差分の絶対値を

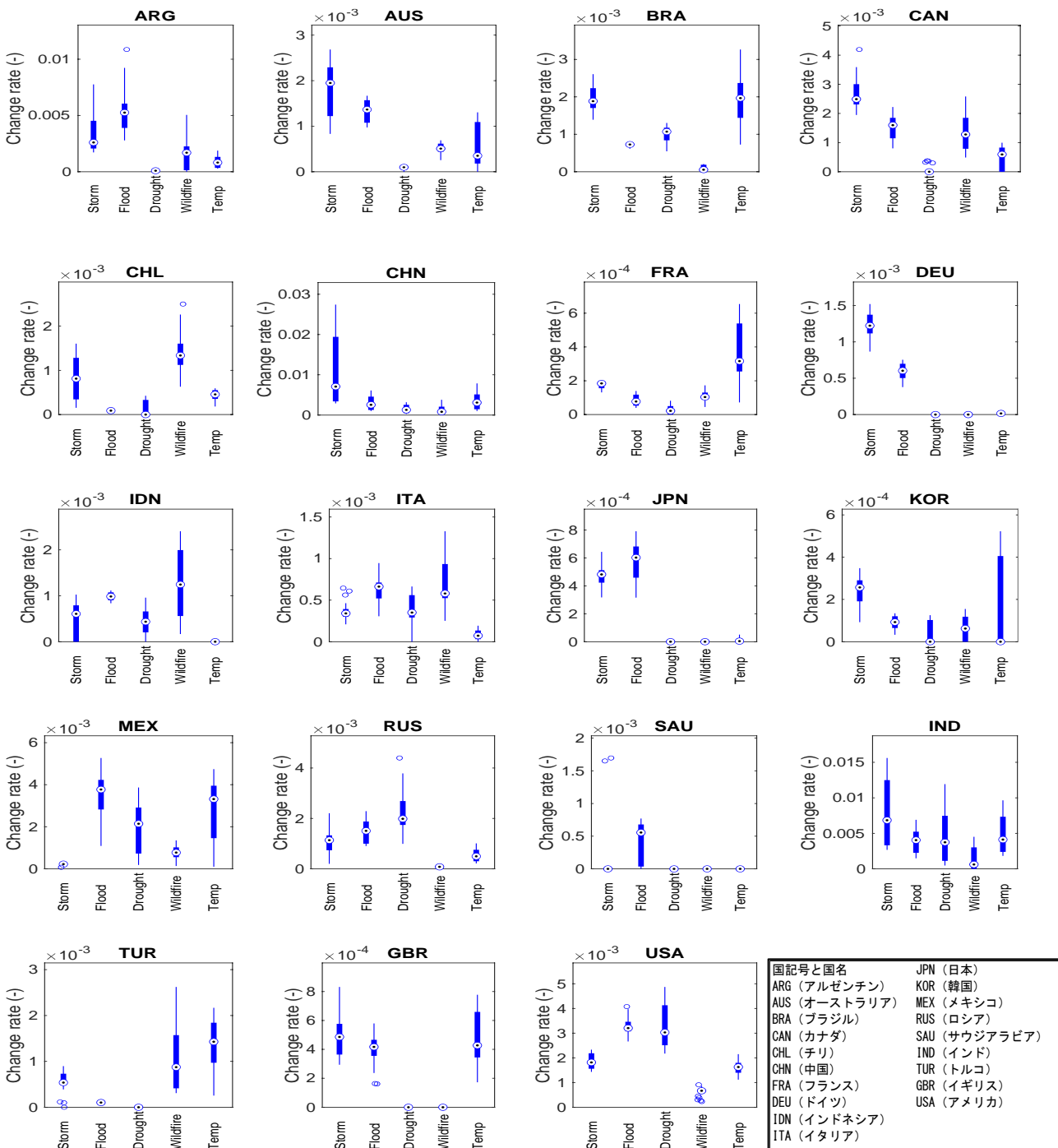
取り、その絶対値の実貿易量に対する割合（変化率）を計算した。図(2)-4は日本の主要な10の輸入品に関して各年の割合とその中央値（Median）を(1)暴風（Storm）、(2)洪水（Flood）、(3)干ばつ（Drought）、(4)森林火災（Wildfire）、(5)異常気温（Extreme temperature）の気象災害別に示している。縦軸の変化率は貿易商品の種類によって明らかに違いがあり、気象災害発生回数に対する貿易量変化の感度は貿易商品によって明確な差異が存在することと言える。中央値の値に注目すると、Stormの変化率が最も大きい貿易商品は3商品、Floodが最も大きいのは7商品あり、世界の洪水と暴風の発生回数に対して日本の主要輸入品は脆弱性を有する可能性を示唆する。世界の平均気温の上昇と共に、これらの気象災害の発生頻度の増加を仮定すると、輸入品の供給の不安化が見込まれ、輸入価格の上昇につながる可能性もある。

図(2)-4 日本の主要な10の輸入品に関する気象災害（暴風、洪水、干ばつ、森林火災、異常気温）の発生頻度の仮想的に倍増に伴う世界総貿易量（重量ベース）の変化率



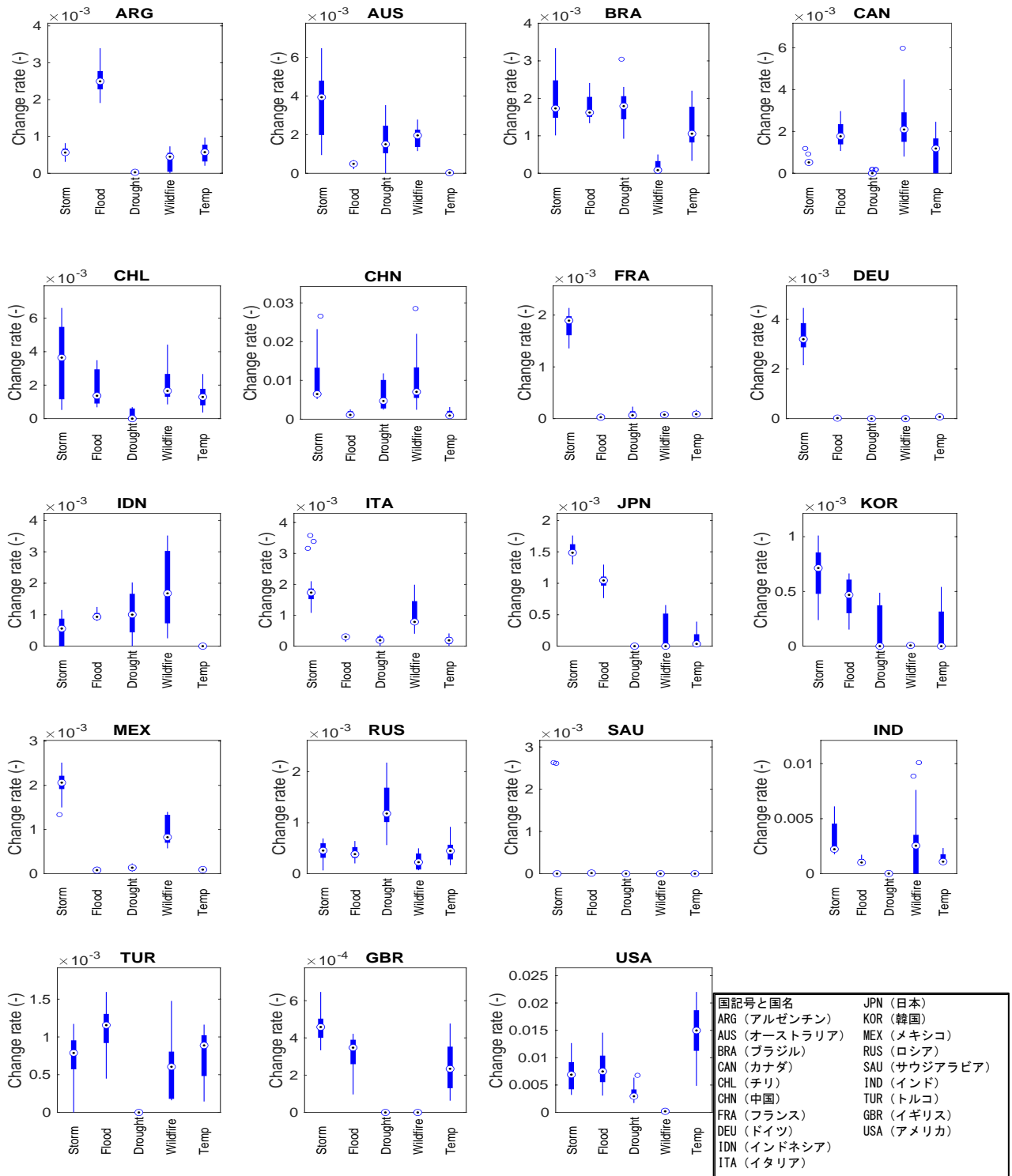
同様の解析をG20の単独参加国の輸入品および輸出品総量に対して行なった。図(2)-5に各国の総輸入量の変化率を示す。貿易商品別の場合と同様に、縦軸の変化率の幅に明確な相違が確認された。中央値の位置を見ると、日本はドイツと並んで他のG20国より高い値を示しており、輸入量の気象災害に対する脆弱性を示唆する。また、国によって変化率の高い気象災害の種類が異なっており、気温上昇に伴う異常気象の発生頻度に対して優先的に注視すべき気象災害として理解することができる。日本の場合、洪水と暴風に対して影響があり、上述した日本の主要な輸入品に対する影響と整合する。日本は干ばつ、森林火災、異常気温による影響には比較的強い輸入構造を有すると推察できる。一方、米国、ロシアやメキシコの輸入は干ばつに対する感度が高く、森林火災はインドネシア、イタリア、チリ、異常気温に対してはブラジル、フランス、メキシコ、トルコ、イギリスが影響を受けやすい輸入構造を持つ。

図(2)-5 G20単独参加国の総輸入量に関する気象災害（暴風、洪水、干ばつ、森林火災、異常気温）の発生頻度の仮想的に倍増に伴う世界総貿易量（重量ベース）の変化率



図(2)-6にG20各国の輸出総量の場合を示す。サウジアラビアは輸入総量については洪水に対する影響の可能性を示したが、原油が支配する輸出品については影響を受けない構造を示す。日本は輸入量と同様に暴風と洪水に対する感度を有するが、輸出品においては暴風の方が洪水よりも変化率が高い。暴風に高い感度を示す国としてオーストラリア、チリその他、欧州のフランス、ドイツ、イタリアが含まれる。森林火災に対する影響はインドネシアが輸入量と同じく顕著であり、カナダやインドも感度が高い。

図(2)-6 G20単独参加国の総輸出品に関する気象災害（暴風、洪水、干ばつ、森林火災、異常気温）の発生頻度の仮想的に倍増に伴う世界総貿易量（重量ベース）の変化率



(4) 国内サプライチェーンと気象災害による影響の高い貿易商品の関係

日本の最終需要部門（家計消費、固定資本形成、輸出）が国内サプライチェーンを通じて直接間接的に必要とする輸入品の中で、誘発する輸入額（2015年値）が大きい上位10商品に注目する。家計消費を例として、5つの気象災害に対する世界の総貿易量の変化率を表(2)-2に示す。

家計消費は、電力や自動車の燃料需要に起因して化石燃料の輸入需要が全体的に多いが、伝送装置、調理済み食品、医薬品や衣料品のような製品輸入に対する依存も高い。先述したように日本の輸入量は全体として暴風と洪水による影響を受けやすい特性があるが、医薬品と調理済み食品は洪水に関して高感度を示す。伝送装置のように暴風、干ばつ、森林火災について脆弱性を示す商品もあり、広範な気象災害が輸入の不安定化につながる可能性がある。

表(2)-2 日本の家計消費需要が国内サプライチェーンを通じて誘引する輸入額の大きい貿易商品に関する5つの気象災害の影響（世界総貿易量の変化率）

Rank	Induced import to Japan in 2015 (Million JPY)	Commodity number	HS92 code	Commodity description	Median of change rate of trade volume by climate disasters				
					Storm	Flood	Drought	Wildfire	Extream temperature
1	4,434,576	830	270900	Oils: petroleum oils and oils obtained from bituminous minerals, crude	0.004	0.019	0.002	0.002	0.003
2	2,999,045	832	271111	Petroleum gases and other gaseous hydrocarbons: liquefied, natural gas	0.061	0.019	0.041	0.024	0.075
3	2,119,772	831	271000	Petroleum oils and oils from bituminous minerals, not crude: preparations n.e.c. containing by weight 70% or more of petroleum oils or oils from bituminous minerals: these being the basic constituents of the preparations:	0.014	0.038	0.006	0.009	0.005
4	1,739,545	4386	852520	Transmission apparatus: for radio-telephony, radio-telegraphy, radio-broadcasting or television, with reception apparatus, with or without sound recording or	0.047	0.010	0.037	0.028	0.013
5	1,245,987	694	240220	Cigarettes: containing tobacco	0.020	0.023	0.010	0.006	0.007
6	983,578	811	270112	Coal: bituminous, whether or not pulverised, but not agglomerated	0.029	0.060	0.015	0.007	0.022
7	397,744	644	210690	Food preparations: n.e.s. in item no. 2106.10	0.019	0.065	0.016	0.013	0.014
8	347,156	1358	300490	Medicaments: consisting of mixed or unmixed products n.e.s. in heading no. 3004, for therapeutic or prophylactic uses, packaged for retail sale	0.037	0.084	0.019	0.006	0.019
9	331,420	833	271112	Petroleum gases and other gaseous hydrocarbons: liquefied, propane	0.066	0.008	0.005	0.020	0.045
10	309,440	2697	611030	Jerseys, pullovers, cardigans, waistcoats and similar articles: of man-made fibres, knitted or crocheted	0.012	0.019	0.026	0.010	0.018

* 商品番号と商品説明の仮訳；

830: 原油、832: 液化天然ガス、831: 原油以外の石油及び瀝青質鉱物から得られる油、4386: 送信装置、694: たばこ、811: 石炭、644: 食品調製品、1358: 薬剤：治療用又は予防用の、見出し番号 3004 の他に分類されない混合物又は非混合物からなるもの、833: 液化プロパン、2697: ジャージ

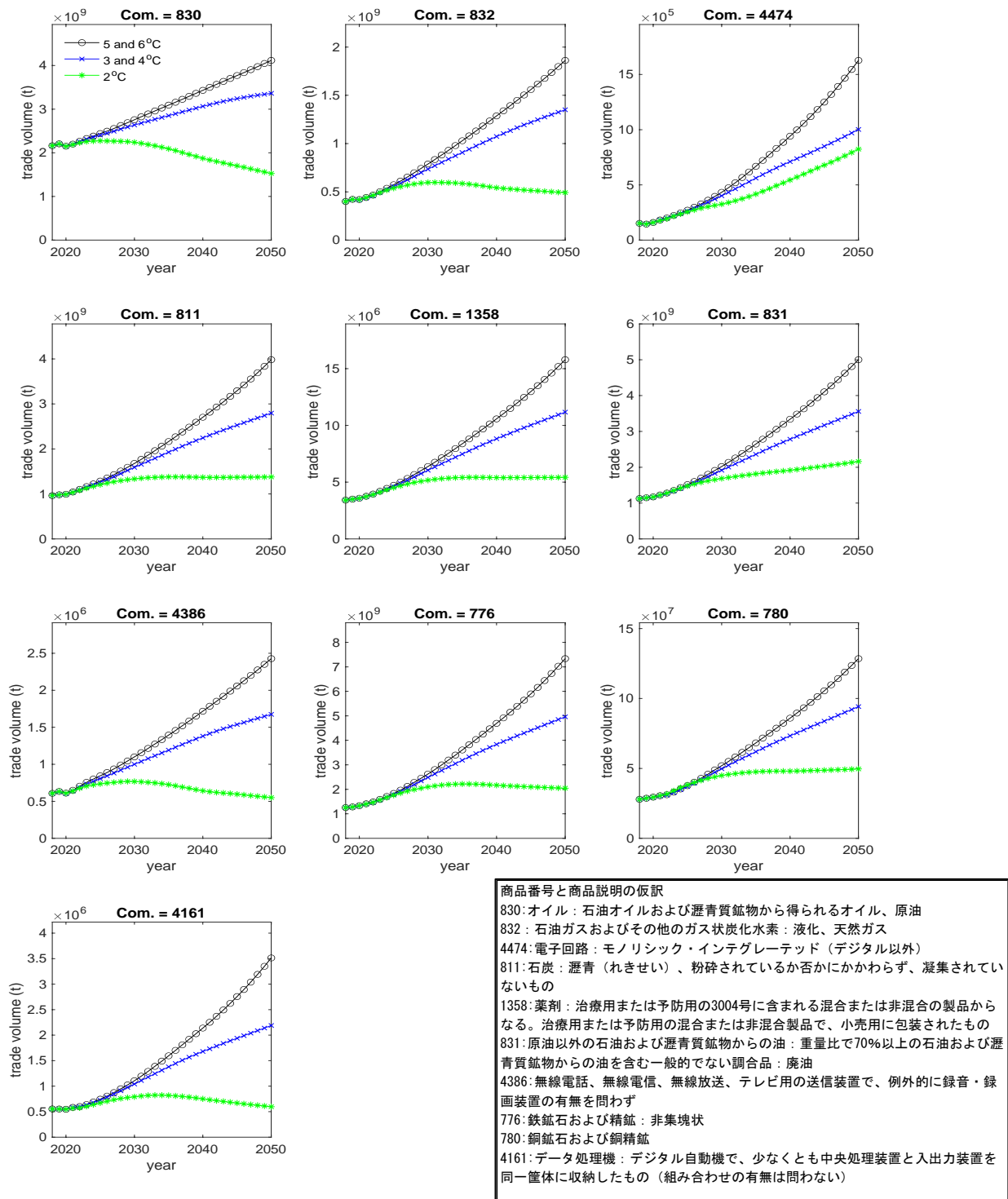
(5) 温室効果ガス排出シナリオに応じた将来貿易量の商品別推計

三つの将来GHG排出シナリオ（シナリオA：気温上昇は5°Cから6°C以内、シナリオB：気温上昇は3°Cから4°C以内、シナリオC：気温上昇は2°C以下）とGDPと人口をモデルに付与して推計した2018年から2050年までの貿易量（重量ベース）を図(2)-7に示す。日本の主要な20個の輸入品の世界貿易総量はGHG排出シナリオによる方向性が明確に異なっており、いかなる気候目標を実現するかは貿易構造を大きく左右することが示唆される。気候2°C目標の排出シナリオCでは、ほとんどの貿易商品は現状の貿易量を維持するか、微増があってもそこからの減少か維持の経路を描く。一方、積極的な対策を取らないシナリオAでは、これまでの延長として貿易量は増加の一途を辿る傾向がある。シナリオBはその中庸の傾向が見えるが、増加傾向はまだ強い。

シナリオCの気候2°C目標の経路では、仮に途上国の経済成長や人口増大が貿易量の増加要因となる場合、先進国日本は貿易量の削減に貢献する必要があるであろう。国内人口の減少は進むがそれ以上の速度で、資源、材料、製品の消費を下げる必要があり、経済および社会全体で物質利用効率の高度化が肝

要となる。一方、シナリオAは、現状の経済活動を積極的なGHG削減を行わないため、物質利用効率の高度化に注力する優先性は低下する。しかし、気候変動が気象災害の増加を招く可能性があれば、上述したように世界の貿易量に不安定性をもたらす。これは、輸入に依存する国内産業は長期事業展開や生産計画において輸入品の安定供給は前提としないことが要求される。気候2°C目標では物質利用の削減は非常に難しい課題である一方で、気象災害による突発的な輸入品の供給不安がなく、技術開発や生産効率の改善を含めて長期的な展望を持って取り組むことができる。端的言えば、気候2°C目標への邁進は脱炭素化と脱物質化の困難な課題に着実に取り組む経路であり、気候2°C目標ではなく気候変動に適応する選択は天然資源のほぼ100%依存する国内産業にとっては気象災害に起因する不安定な輸入リスクと共存する経路となると推察する。

図(2-7) 日本の主要な10の輸入品の温室効果ガス排出シナリオに応じた2050年までの将来貿易量



5. 研究目標の達成状況

本研究課題の目標であった「気候変動シナリオを考慮した国際貿易構造モデルを開発し、将来の気候変動による国際貿易への影響の定量化とそれに起因する国内産業のリスク評価」に対し、各国のGHG排出量と社会的脱炭素、経済的脱炭素の指標の進展に呼応する国際貿易モデルを197の国と地域と5022品目の解像度を有して開発を行なった。気候変動に伴う国際貿易の影響を観察するため、開発したモデルに仮想的な気象災害の頻発を付与することで、全球レベルでの貿易量の不安定化を定量化した。さらに、日本の産業部門が国内サプライチェーンを通じて必要とする主要な輸入品を同定する産業連関モデルを構築し、例として家計消費、固定資本形成、輸出需要の重要輸入品の検出とその気象災害に対する国際貿易の不安定性を明らかにした。また、国際貿易モデルにCOVID-19パンデミックによるGHG排出量への影響を考慮した最新の排出シナリオデータを入力し、2050までの貿易量の変動を推計した。上記の分析を通じ、気候変動への対応は脱炭素化と脱物質化の着実な取り組みへの経路と気象災害による輸入リスクの不安定性と共存する経路の選択を迫ると結論づけたことから、概ね目標の達成に至ったと自己評価する。

6. 引用文献

- 1) United Nations UN Comtrade Database. <https://comtrade.un.org/> (Feb. 18th).
- 2) CEPII, BACI (Base pour l'Analyse du Commerce International): A CEPII World Database of International Trade at the Product Level. In 2011.
- 3) Morioka, R.; Nansai, K.; Tsuda, K. (2018) Role of linkage structures in supply chain for managing greenhouse gas emissions. *Journal of Economic Structures*, 7, (1).
- 4) Enerdata Global Energy Forecasts: EnerFuture. <https://www.enerdata.net/research/forecast-enerfuture.html>
- 5) Japanese Ministry of Internal Affairs and Communications (2015) Input-Output Tables; Tokyo.

II-3 国外の気候変動影響による食料生産変化が日本の食料輸入に及ぼす効果に関する研究

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

農業環境研究部門 土壌環境管理研究領域 櫻井 玄

農業情報研究センター 研究推進室 森岡 涼子（令和1年度～令和2年度）

[要旨]

気候変動が世界の作物の生産性に与える影響を解析し、輸入の変動などを通して日本に与えるリスクを議論した。トウモロコシや大豆、コメ、ソルガムなどは他の作物に比べて、気温と降水量と収量の関係がやや複雑になっており、国によっては気候変動によって大きな減収が予測された。特に、トウモロコシと大豆は、気温上昇によって収量が減少する可能性が高く、また日本の輸入に関してもアメリカに集中しているため、輸入対象国を分散することで、潜在的な輸入量の変動リスクを抑えることができる。イモ類全般については、気温上昇の影響は小さかった。また、冬の作付けの麦類についても、他の作物に比べて気温上昇の影響は小さかった。一方で、春の作付けの麦類については気温の増加による減収というシンプルな関係性が見られた。従って、小麦も同様に気温上昇によって輸入対象国の同時不作の程度が拡大する懸念があり、輸入国を分散することの重要性が示唆された。果樹については、オレンジとコーヒーについて気温上昇の影響が懸念される結果が得られたが、日本が現在主に輸入している対象国については、その影響が顕著ではないため、気候変動に関しては、他国間の輸出入の動向を注視するに留めて良いと考えられる。本研究は、20作物もの作物について、統一的な手法で世界を対象として精緻に統計解析をした初めての研究であり、日本の輸出入に関する食料安全保障を議論する上で重要な資料となると考える。

1. 研究開発目的

今までの気候変動影響研究では対象とされてこなかった国外での気候変動影響が、貿易などを介在して間接的に日本の社会経済に及ぼす影響を評価する。

2. 研究目標

日本が輸入している食料資源を対象とし、今後の気候変動影響が国外の食料生産量に及ぼす影響を分析し、日本が輸入に依存する食料供給に及ぼす影響を明らかにする。

3. 研究開発内容

平成30年度計画：主に日本が輸入に依存する普通作物及び家畜類の飼料作物について、気候変動と生産性との関係を数理モデル化する。モデルとしては、プロセスベースの作物モデルを開発・修正することを基本としつつも、適宜統計モデルも併用してモデル化する。

平成30年度実施内容：農環研でこれまで開発してきたプロセスベースの作物モデルPRYSBI2を改良し、より精度を高めた上で、本研究に適用できるようにした。また、主食や飼料、食用油として利用される作物など、カロリーベースにおいて世界で重要な16作物について加法モデル（※1）による解析を行った。加法モデルの解析では気象データのCRU (Climatic Research Unit) の過去気象値を、栽培面積データ (Monfreda et al. 2008) と栽培面積データ (Sacks et al. 2010) で修正したデータを用いた。世界を対象として10種を超える複数の作物について、統一的な手法で気候変動のリスクを評価した研究はこれまでにないものであり、本研究では統計的なモデルを主軸としつつ、プロセスベースのモデルを不確定性の評価に用いるという関係性で解析を行うこととした。

(※1) 加法モデルとは、統計的な解析手法の一つの手法であるが、よく使われる直線による回帰分析とは異なり、説明変数と被説明変数の関係性に非線形な関数（スプラインなど）を許すより汎用的な手法である。

令和元年度計画：平成30年度にモデル化した数理モデルを用いて、将来気候シナリオ・経済シナリオにおける生産性を定量的に予測し、サブテーマ(2)など他のサブテーマと共有する。また、果樹などの園芸作物などにも対象を広げ統計モデル化を行うとともに、定量的な予測を行う。

令和元年度実施内容：プロセスベースの作物モデルと加法モデルによる統計モデルそれぞれについて、複数のRCPシナリオ・SSPシナリオを用いて将来予測を行い、サブテーマ(2)に予測値を提供した。また、プロセスベースの出力を用いて、気候シナリオであるRCPシナリオと経済シナリオであるSSPのどちらの不確実性が大きいのか、比較検討を行った。

令和2年度計画：特に将来的な気候変動下におけるリスクが大きかった農作物について、日本が貢献しうる適応オプションを調査するとともにその効果を検討する。

令和2年度実施内容：前年度に実施することができなかった果樹についての統計モデル化を行った。手法としては、アドバイザー一合会で推奨された分位点回帰(※2)を行い、複数のRCPにおける将来予測を行った。また、特に影響が大きいことが予測される小麦・大豆・トウモロコシについて同時不作という観点で日本の輸入におけるリスクを算定した。さらに、食料安全保障という観点から日本としてどのような対策が可能なのか、定性的な調査・解析を行った。

(※2) 分位点回帰とは、統計的な解析手法の一つの手法であるが、一般的な回帰(上記の加法モデルも含む)が、対象の平均値について議論をする手法である一方で、分位点回帰は分位点(例えば95%信頼区間)そのものを回帰することによって、不確実性そのものをモデル化する手法である。

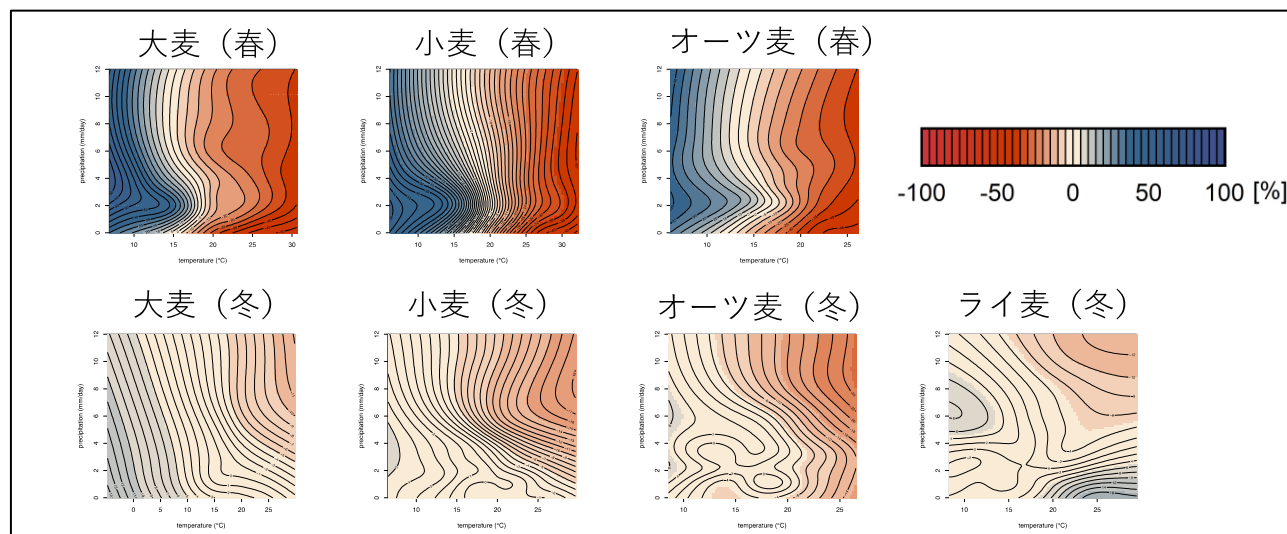
4. 結果及び考察

(1) 世界のカロリーベースにおいて重要な作物：世界の作物の気象と作物収量の関係

主食や飼料、食用油として利用される作物など、カロリーベースにおいて世界で重要な作物(大麦・キャッサバ・落花生・トウモロコシ・オーツ麦・小麦・菜種・コメ・ソルガム・大豆・テンサイ・ヒマワリ・サツマイモ・ジャガイモ・ヤムイモ・ライ麦)について、気象の変化が作物の生産性に与える影響を世界規模で調べるために、過去の気象データと作物収量データを用いて、加法モデルでモデル化し、気象と作物収量の関係性を解析した。解析対象の作物には、日本であまり消費されない、または、輸入に依存していない作物も含まれるが、本解析対象の作物は世界の人々のカロリーベースにおける重要度が極めて高く、これらの作物の収量の増減は、日本への輸入量の増減という観点のみならず、世界の食糧事情の緊張化につながるものであり、日本に間接的に影響を及ぼし得るものである。従って、気候変動に対する安全保障という観点からも、それぞれの作物について、気候変動の影響を解析する必要がある。統計解析の結果を図(3)-1から図(3)-3に示す。

まず、麦類に関しては、気温と作物の収量の関係性にシンプルな関係性が見られ、気温の増加とともに作物の収量が減少する傾向が見られた。この傾向は大麦(春)・小麦(春)・オーツ麦(春)の3つの麦類で共通であった。栽培期間の平均降水量が2 mm/day 付近の地域では、収量の減少傾向が僅かに緩和される傾向にあるものの、概してどの地域でも気温の増加によって収量が減少する傾向にあることが分かった。ただし、冬の栽培に関しては気象と収量の関係性について顕著な傾向は見られなかった(図(3)-1)。麦類の生産は世界では冬の作付けが多く見られるものの、アメリカやカナダでは春小麦なども一定の割合を保つため、温暖化によって潜在的な収量が減少することのリスクについては注視する必要がある。ただ、一方で、生産の多くを冬の作付けが占めるため、温暖化という枠組みでは、他の作物よりも注視が必要な優先度は低い。

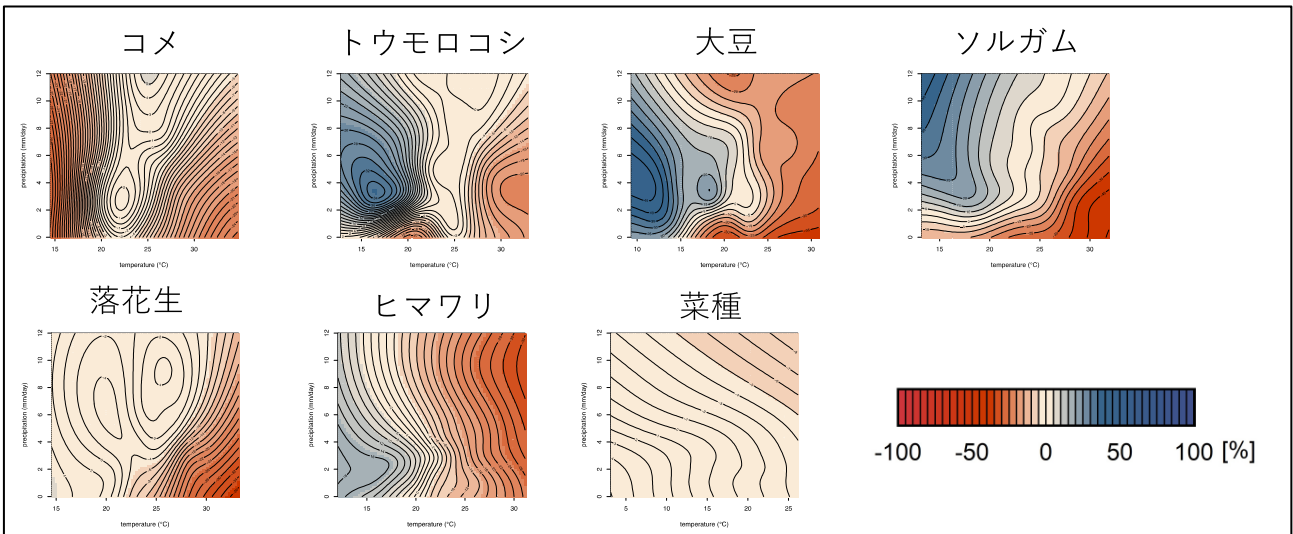
図(3)-1 気温と降水の収量（麦類）への影響。横軸が栽培期間の平均気温（℃）、縦軸が平均降水量（mm/day）を示す。ただし、オーツ麦と菜種、ライ麦、小麦に関しては収穫日から2ヶ月前までの値で平均している。赤色ほど収量が減少し、青色ほど収量が増加する。



コメやトウモロコシなどの主要作物と菜種などの植物油の原料として主要な作物の結果を図(3)-2に示す。まず、麦類とは異なり、気温と降水量と収量の関係に強い交互作用が見られることが分かった。つまり、例えば大豆・トウモロコシ・ソルガムなどは、栽培期間の平均気温が25度を超える地域では、気温の増加による収量の減少がシンプルな関係になるものの、それ以下の温度ではむしろ降水量の方が大きな影響を持つことが分かった（図(3)-2）。また、コメに関しては、他の作物とは異なる傾向がみられ、平均気温22度付近が収量にとっては最適であることが明らかになった。ヒマワリは麦類と同じく気温増加による収量の減少のシンプルな関係性が見られた。落花生については25度付近までは気温の影響をあまり受けないものの、25度を超えると気温と収量の関係が強く見られるようになった。

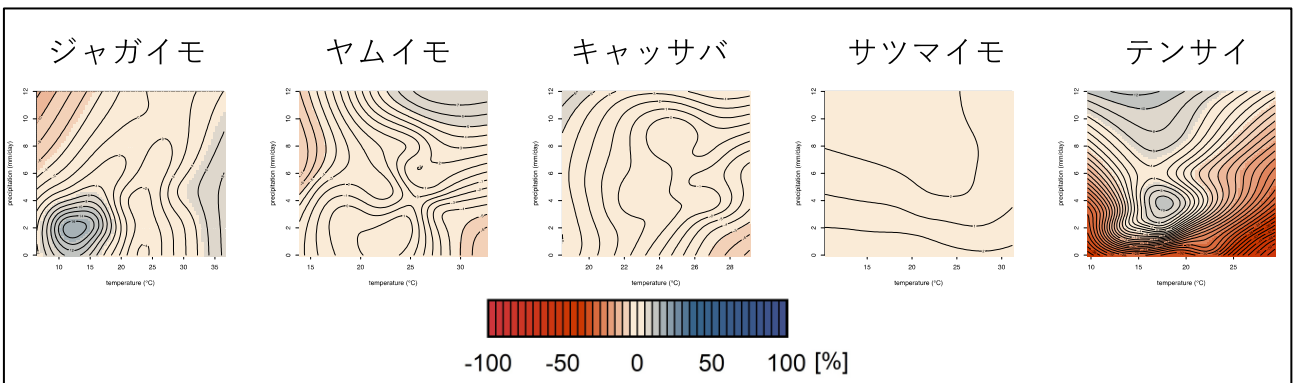
コメ・トウモロコシ・大豆・ソルガムにおいて、重要な温度帯は25度付近という特徴が見られた。これらは熱帯・亜熱帯でもよく栽培され、比較的気温の上昇に強い作物であると言われているが、栽培期間の平均気温が25度付近を超える場合には、収量の減少が起こり得ることが示された。落花生も同様の傾向であり、25度付近に閾値が見られた。上記で麦類における気温増加と収量減少の関係性を報告したが、それらは単調な傾向であった一方で、コメ・トウモロコシ・大豆・ソルガム・落花生については、閾値が存在することは、温暖化の観点からは非常に注視すべきポイントである。

図(3-2) 気温と降水の収量（主要作物）への影響。横軸が栽培期間の平均気温（℃）、縦軸が平均降水量（mm / day）を示す。赤色ほど収量が減少し、青色ほど収量が増加する。



イモ類に関する結果を図(3-3)に示す。イモ類に関しては、テンサイを除き、気象要因と収量に関しては顕著な関係性が見られなかった。テンサイでは、降水量との顕著な関係性が見られ、降水量が減少するほど収量が大きく減少した。テンサイは、例えば日本では、湿害などが問題となっているが、降水量が少ない地域では、逆に早魃の影響を強く受けることを示している。ここでも注意すべき点は、テンサイも降水量が比較的多い地域では25度付近に閾値がみられ、25度以上では気温の増加と収量の減少の関係が強くなるようになる。興味深いのは、トウモロコシにおいては、20度付近にも閾値が見られる点であり、平均気温が20度付近にある地域も温暖化により大きな影響を受けることが予測される。他のイモ類については、温暖化の影響はあまり見られず、温暖化という観点からは特段注意が必要な作物とは言えない。

図(3-3) 気温と降水の収量への影響。横軸が栽培期間の年平均気温（℃）、縦軸が降水量（mm / day）を示す。赤色ほど収量が減少し、青色ほど収量が増加する。



(2) 世界のカロリーベースにおいて重要な作物：将来の収量ポテンシャルの変化

全項目で作成した加法モデルによる統計モデルのうち特徴的な作物について、将来予測を行った結果を図(3)-4と図(3)-5に示す。図に示しているのは、5つのGCM (GFDL-ESM2M・HadGEM2-ES・IPSL-CM5A-LR・MIROC-ESM-CHEM・noresm1-m) のRCP8.5の将来シナリオを用いた作物収量の将来予測であり、2050年頃の潜在的な作物収量が降水量と気温の変換によってどのように変化し得るか、2015年の値との比較で示している。

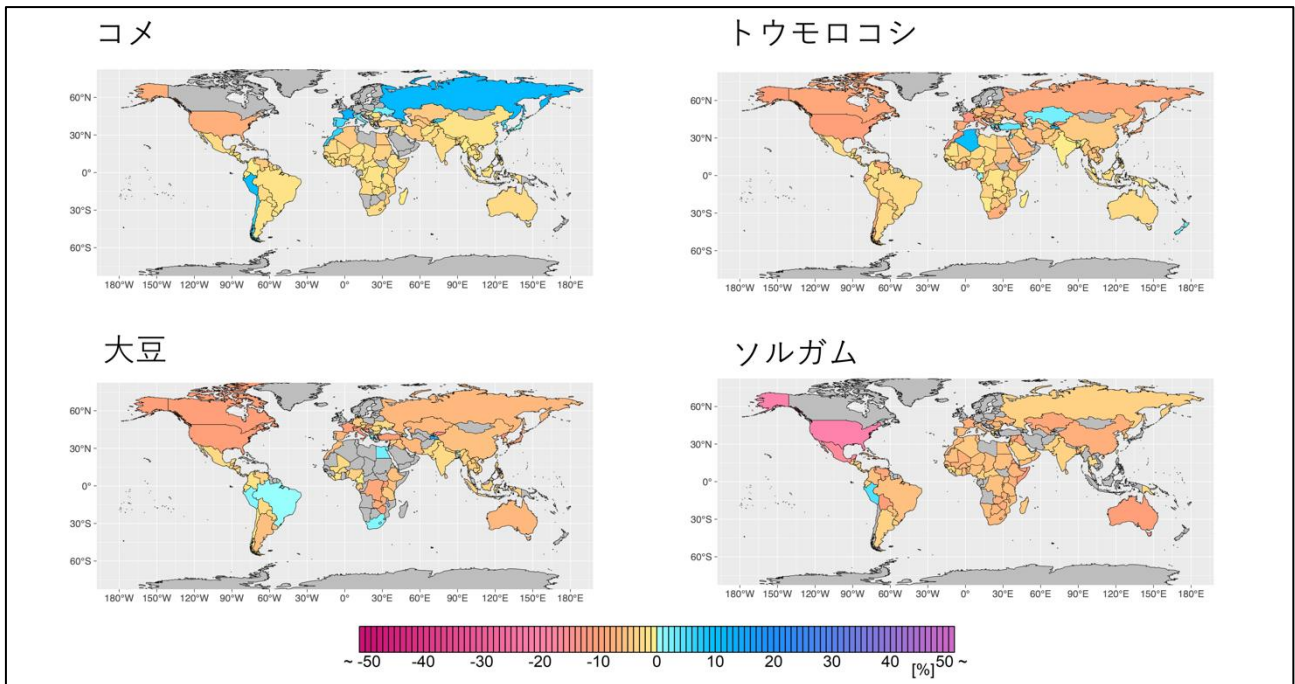
RCP8.5のシナリオでは、すべての地域で気温の増加が見られるが、気温と降水量の交互作用が大きく、気温との関係も非線形性が高い作物（コム・トウモロコシ・大豆・ソルガム）では、作物収量の増減の程度が地域によって異なった。例えば、コムでは、高緯度の地域や標高が高く平均気温が低い地域では、温暖化によって増収の可能性もある（チリ・ロシアなど）。また興味深いことに、トウモロコシなどでは、減収が穏やかな地域と激しい地域に分かれるが、減収が激しい地域（アメリカ・カナダ・ロシアなど）は、現在の栽培期間の平均気温が20度弱の地域であり、全項目で示した閾値付近に存在する国々である。それらの地域は温暖化によって他の地域より大きな影響を受けることが予測される。同様の傾向はソルガムにも見られ、ソルガムの栽培期間の平均気温が25度付近にある国（アメリカなど）は降水量の減少と相まって、大きな減収が予測された（図(3)-4）。一方で、気温の増加と作物収量の関係のシンプルな関係が見られた麦類（小麦（春）・オーツ麦（春）・大麦（春）・ヒマワリ）では、気温の増加による収量の減少がどの地域でも予測された。また、キャッサバなどのイモ類や小麦（冬）などの冬に作付けする麦類では、前項目で解析された結果の通り、温暖化の影響はあまり受けにくいようである（図(3)-5）。今回、他のRCP（RCP2.6・RCP4.5・RCP6.0）の結果は図示していないが、概ね傾向はRCP8.5と同様であり、その程度がRCPの気温の増加の程度に従って変化する。

要約すると、将来における温暖化によって影響を受ける作物のうち、特に注視が必要な作物はトウモロコシ・ソルガム・大豆の3つであると考えられる。図に示すように麦類の減収予測も注視する必要があるが、気温増加と収量の関係がシンプルであり、その意味で現在においても高温による減収のリスクにさらされている。一方で、トウモロコシ・ソルガム・大豆は、気温との関係が非線形であり、また降水量との交互作用も大きい。将来において収量の不安定性が急激に顕在化する危険性がある。特に、C4植物であるトウモロコシとソルガムは二酸化炭素の施肥効果による増収が期待できないためリスクが大きい。二酸化炭素の施肥効果とは、大気中の二酸化炭素が増加することによって、植物の光合成の速度が増加することであり、これまでの様々な研究結果から0%～30%ほどの収量の増加が期待される（550 ppmの二酸化炭素の場合）。作物や品種によってその増収効果が大きく異なるため、予測に組み込むことは非常に難しいが、大豆はC3植物であり、C4に比べて二酸化炭素の施肥効果が大きく期待される。一方でC4植物であるトウモロコシとソルガムは二酸化炭素の施肥効果による増収を期待できない。

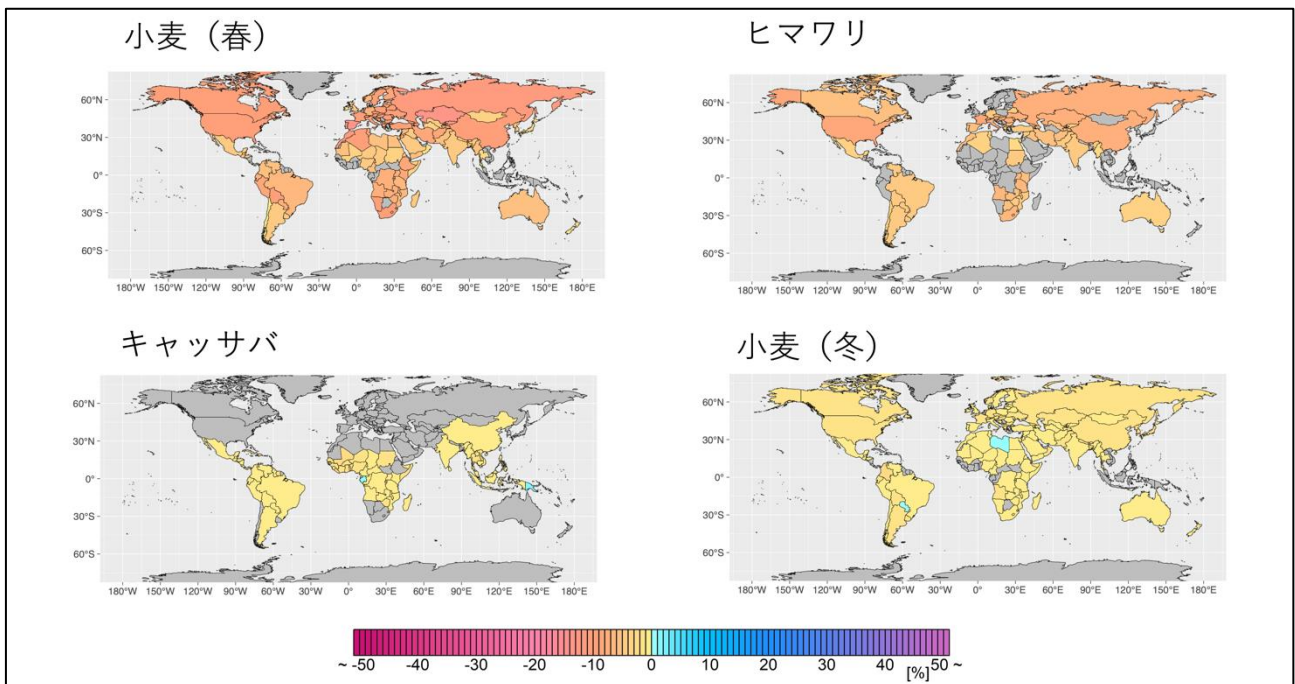
今回のどの予測でも、非気象的な要因は加味されていないことは注意しなければならない。ほとんどの国で、ほぼすべての作物について、作物の収量はその農業技術の発達により増収傾向にある。しかしながら、将来における非気象的な要因による作物収量の増減を予測することは極めて難しい上に、予測を試みる場合は、複数要因のシナリオのもとでの予測になってしまうため、気候要因と分けた議論が難しくなる。その意味で、今回の解析では気象要因のみを考慮している。

ただし、これまで世界を対象として、10を超える複数の作物について、その気象の影響を統一的な手法を用いて検証した研究は存在しない。さらに、気温と降水量の非線形の交互作用を考慮することができる手法で検証した研究は皆無である。その意味で、日本の食料安全保障を検討する上で、世界の作物収量に対する気候変動の影響を広く議論することができる唯一の資料である。

図(3)-4 RCP8.5のシナリオにおける5つのGCMの将来シナリオを用いた作物収量の将来予測。前項目の解析において、非線形性が強く現れた作物を示す。5GCMの平均を示す。



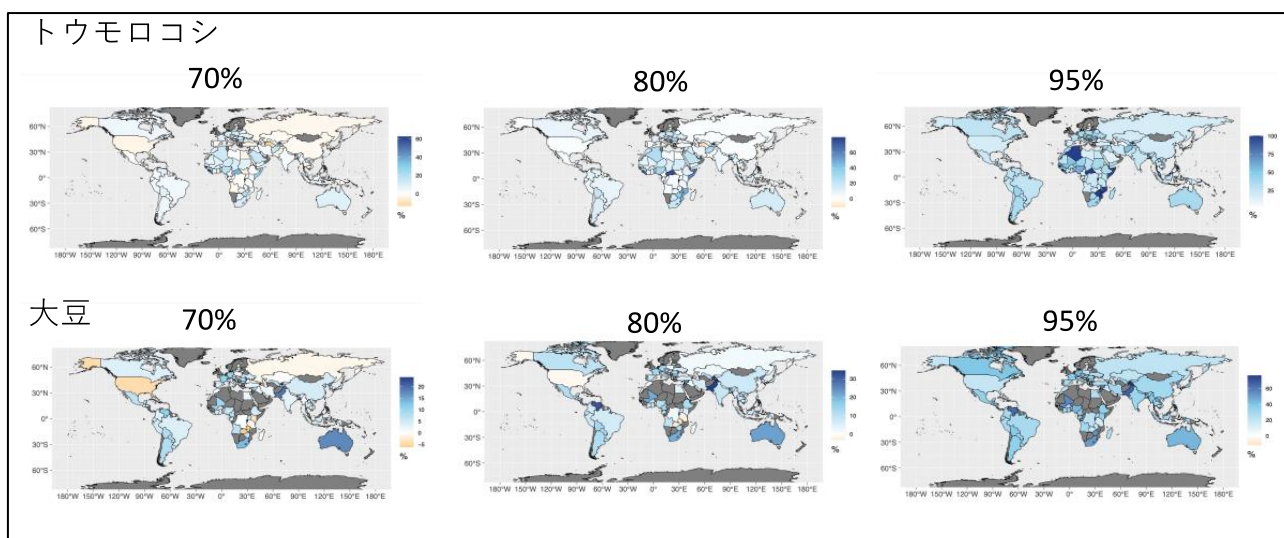
図(3)-5 RCP8.5のシナリオにおける5つのGCMの将来シナリオを用いた作物収量の将来予測。前項目の解析において、非線形性が低かった作物を示す。5GCMの平均を示す。



(3) 世界のカロリーベースにおいて重要な作物：変化の不確実性の解析

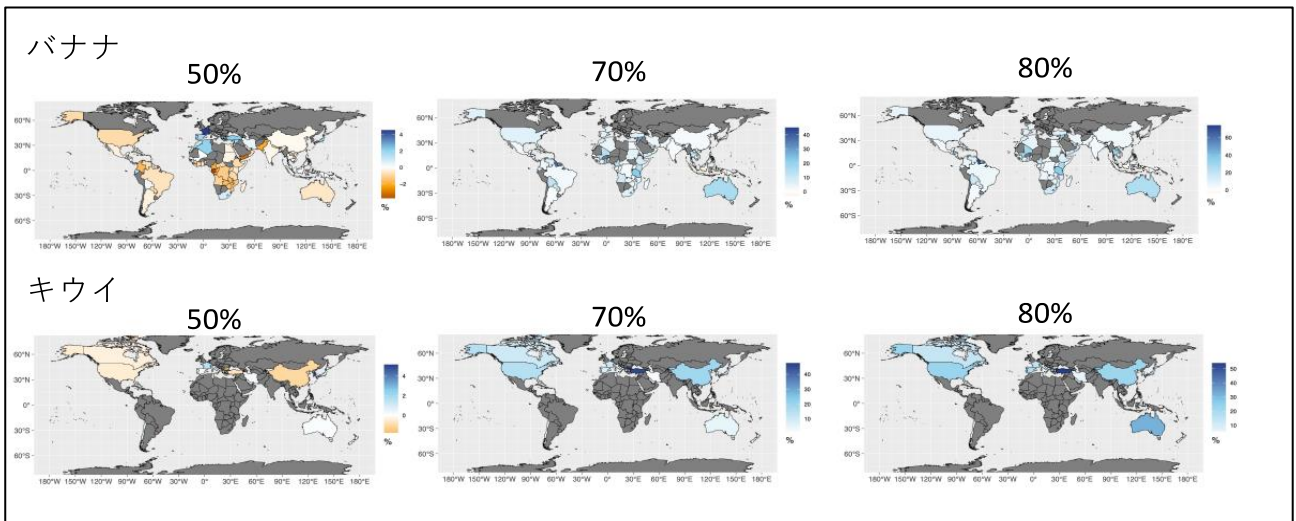
前項目で示した将来の変化率について、その不確実性を評価するために、分位点回帰を行った。図(3)-6に示すのは70%・80%・95%の確率についての分位点回帰の解析結果を用いた将来予測である。前項目で特徴的な結果が得られたトウモロコシと大豆について、その結果を示している。例えば、80%と示してある図の意味は、上側80%区間の将来予測値である。従って、80%の図において、暖色系の色が示されている地域は80%以上の高い確率で収量の減少が予測される地域と解釈することができる。図(3)-6の結果を見ると、アメリカやロシアで作物のトウモロコシと大豆の収量がRCP8.5のシナリオにおいて2050年頃に減少すると見込まれる確率は70%~80%であると解釈できる。95%という高い確率で、将来の収量が減少する地域はトウモロコシと大豆ともに存在しなかった。

図(3)-6 分位点回帰のモデルをRCP8.5のシナリオに適用した場合の2050年頃の収量の増減値。現在の収量に対する変化率として表す。



図(3)-7に示すのは、日本の主な輸入果物であるバナナとキウイについての分位点回帰についての結果である。前項目の標準の加法モデルの解析を行っていないため、ここでは50%分位点の結果とともに表示する。50%分位点の結果を見ると、RCP8.5のシナリオ下において、ある程度の増加と減少が見込まれる地域が見られるものの、70%分位点と80%分位点の結果を見ると、暖色系の色が示された地域は存在しない。このことは、高い確率で収量が減少することを言及することができる地域がバナナとキウイには存在しないことを示している。

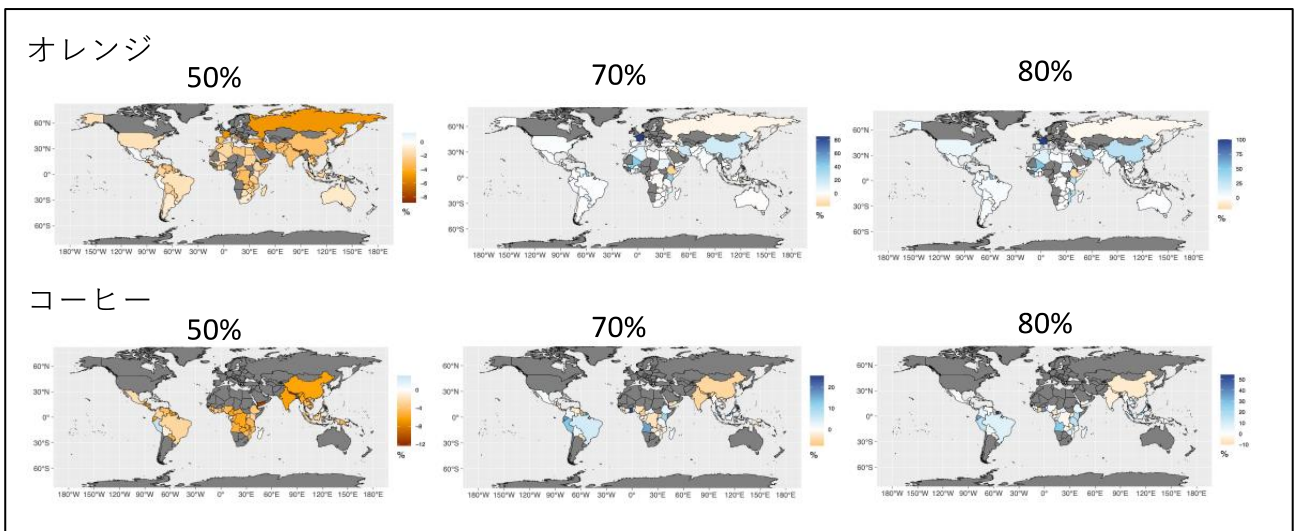
図(3)-7 分位点回帰のモデルをRCP8.5のシナリオに適用した場合の2050年頃の収量の増減値。現在の収量に対する変化率として表す。図(3)-6とは違い、50%と70%、80%の値を図示していることに注意。



一方で、図(3)-8に示すのは、オレンジとコーヒーの結果である。50%分位点の結果を見ると、どの地域においても減少の傾向が見られる。オレンジの70%分位点と80%分位点の結果を見ると、アフリカの東武とロシアにおいて、暖色系の色が見られ、これらの地域では70%～80%確率で収量の減少が起こることが予測されると解釈できる。また、コーヒーの70%分位点と80%分位点の結果を見ると、中国とインドにおいて、暖色系の色が見られ、これらの地域では70%～80%の確率で収量の減少が起こることが予測されると解釈できる。オレンジではブラジル・中国インド・アメリカが、コーヒーではブラジル・ベトナム・コロンビア世界の生産の主要国を占めるため、収量の減少が高い確率で示唆された地域は世界の生産量に与える影響は少ない国であるが、オレンジとコーヒーともに世界全体で地球温暖化によって収量が減少傾向になるということには注視が必要である。

本解析は、分位点回帰を用いて、世界の作物の収量の気候変動の影響の不確実性を検証した初めての研究である。これまでの研究では、作物の収量の将来予測値について、その平均的な挙動を示す研究がほとんどであったが、分位点回帰を用いることによって、それがどの程度の確率で起こり得ることなのかを議論することができる。その意味で、不確実性を考慮した上で日本の食料安全保障を議論することができる唯一の資料であると言える。

図(3)-8 分位点回帰のモデルをRCP8.5のシナリオに適用した場合の2050年頃の収量の増減値。現在の収量に対する変化率として表す。図(3)-6とは違い、50%と70%、80%の値を図示していることに注意。

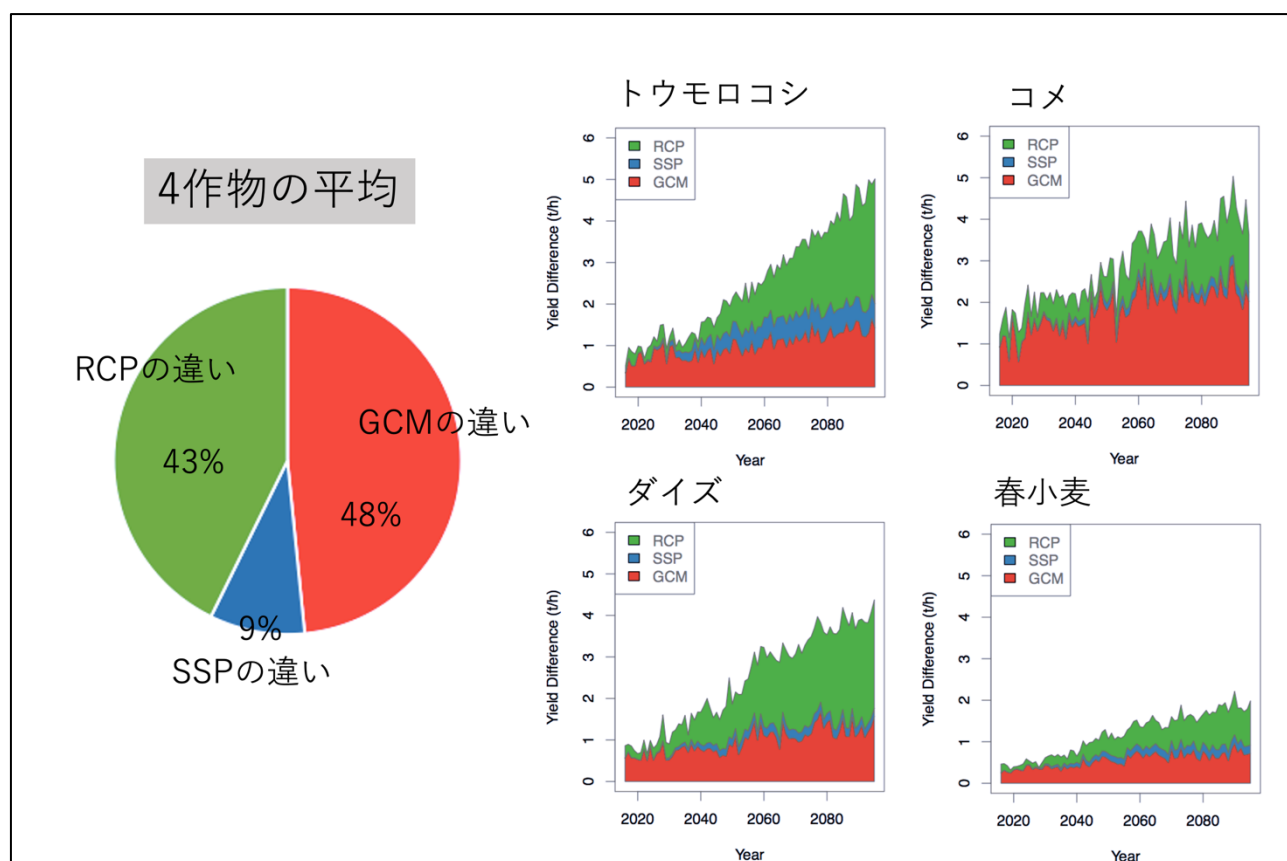


(4) プロセスベースモデルを用いた不確実性解析

本研究では、プロセスベースモデルを用いて、将来予測の不確実性の解析も行った。プロセスベースモデルを用いて4つのRCPと5つのGCM、3つのSSPを用いて、それぞれの要素が将来予測におけるそれぞれの年の世界平均の収量の違いにどの程度影響を及ぼすのかどうかを検討した。どの要素が最も大きな影響を持つのかは作物によって異なり、トウモロコシと大豆では、RCPの違いが収量の将来予測において大きな違いをもたらした。一方で、コメと小麦の場合、GCMの違いが大きな影響を及ぼすことが示された(図(3)-9)。

今回の解析で興味深い結果は、SSPの違いが将来予測における収量にあまり大きな影響を与えなかったことである。プロセスベースモデルにおいては、GDPの増加率と作物栽培の技術的な進歩が関連付けられている。別の言い方をすると、GDPの変化で説明できない部分は作物栽培の技術的な進歩に今回のモデルでは反映できていない。その意味で、将来の作物栽培の技術的な進歩については、今回解析に用いたモデルはやや過小評価をしている可能性もある。しかしながら、SSPの将来シナリオにおいて、その核となる予測変数は人口とGDPの変化であり、それ以外の要素は、原理的に不確実性が極めて高い。その意味では、SSPの違いにおける作物収量の予測値の違いは過小評価である可能性もあり、その評価は難しい。

図(3)-9 プロセスベースモデルを用いた不確実性の解析。主要作物について、世界平均の作物収量の将来予測を複数のRCP、GCM、SSPで行い、それぞれの要素が各年の収量予測に与える影響の大きさを比較している。



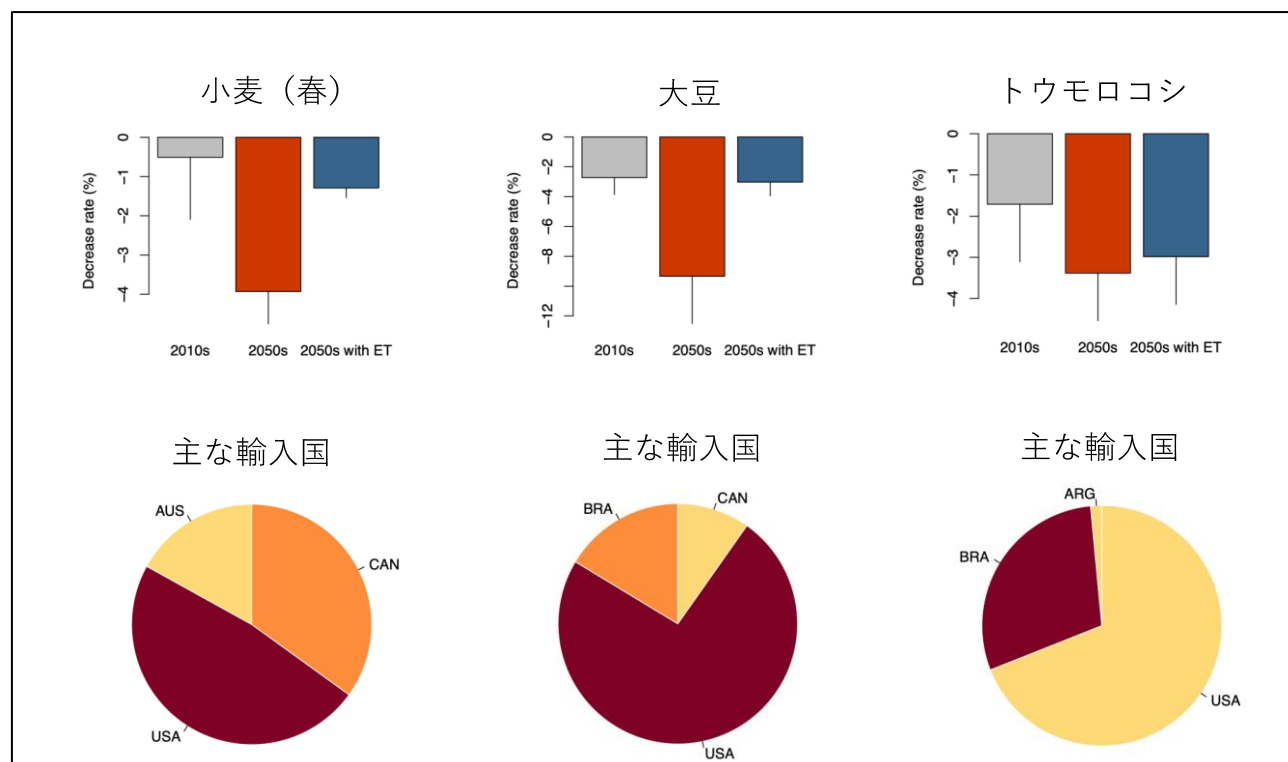
(5) 同時不作が輸入量の潜在的な減少に与える影響

日本が主に輸入に頼る主要作物である、麦・大豆・トウモロコシについて、その輸入の不安定性の解析を行った。2050年代を対象に、各RCPの将来予測において、主な日本への輸出国の平均収量（輸出割合で重み付けしたもの）の最低値が、現在と将来においてどのように変化するかを解析した。

図(3)-10に示すのは、主な日本への輸出国の平均収量の10年間における最低値をそれぞれ2010年代・2050年代（RCP8.5）について示したものである。どの作物においても、近年では最大でも平均で2%程度であった減少幅が、2050年代にはトウモロコシで4%、大豆で8%、トウモロコシで3%の減少幅に転じていることがわかる。前項目の解析では、作物収量の平均的なポテンシャルが気候変動によってどのように変化するか、ということに対する解析であった一方、今回の解析は気候変動が作物の収量の安定性と、結果としての輸入量の安定性にどのような影響を及ぼすかということを見ていることに注意する必要がある。不安定性というポイントに目を向けた場合、日本が大きく輸入に依存している作物についてその減少のリスクが数倍に増加する可能性が示唆された。

平均の作物収量が数%の減少という値は決して少ない値ではない。例えば、2007年に世界の作物価格に大きな影響を与えた小麦の大不作について言えば、オーストラリアの小麦収量は例年の-30%以上であったものの、その他の国々はおおよそ5%前後の値であった。つまり、普段であれば相殺しあっていた各国の作物収量の増減が一致して、その平均値が数%減少するだけでも、インパクトは大きい。その意味で、気候変動が進んだ2050年代の気象条件では、5%前後の減少幅のイベントが10年の間に平均1回の頻度で起こり得るということは、注視が必要なリスクである。図(3)-10において、青色で示すバーは日本の輸入量を各国均等にした場合の減少幅である。主にアメリカで予測された大きな減少を他国が吸収する形となり、現代と同程度の安定性を保つことができることが分かる。

図(3)-10 日本の主要輸入国の平均収量の最低値の比較。2010年代（灰色）とRCP8.5における2050年代（赤色）の比較を行っている。棒線は標準偏差を示す。青色のバーは輸入割合を主要3カ国で均等にした場合の平均収量の最低値である。下図は、現在の貿易割合を示し、円グラフ内の色は同時不作イベントにおける影響の度合いを示す（濃い色ほど高い影響）。



(6) 各作物についての議論

・トウモロコシ

トウモロコシは日本において、コメの国内生産量の倍の量を輸入しており、そのうち約65%を飼料用

として利用しており（財務省貿易統計）、日本の畜産業への多大な影響を与える作物である。世界の生産量ではアメリカ・ブラジル・中国がその生産量の6割～7割を占めるが（FAOSTAT）、日本においてはその輸入をほぼアメリカに依存している。ただ、近年、ブラジル産のトウモロコシの輸入量も徐々に増加している（財務省貿易統計）。要因としては、バイオエタノール用のトウモロコシの生産などのアメリカにおける増加なども一因として考えられる。本研究では、気候変動によって、特にアメリカのトウモロコシ収量のポテンシャルが減少すること、またその変動も大きくなることも予測された。南半球のブラジルやより寒冷なカナダなどからの輸入量をさらに増加させ、リスクを分散化させることが重要な対応策として考えられる。

・大豆

大豆は日本においても多く生産されているが、全体の6割は輸入に頼っている。世界の生産量ではアメリカ・ブラジル・アルゼンチンが主な生産国であり、日本は主にアメリカ、ついでブラジルとカナダから輸入している（財務省貿易統計）。トウモロコシと同様、ブラジルとカナダからの輸入量を増加させ、リスクを分散させることで、安定的な輸入量の確保を行うべきである。

・小麦

トウモロコシ同様、そのほとんどを輸入に依存している作物である（財務省貿易統計）。ただし、トウモロコシとは異なり、飼料用ではなく直接国民が消費する。その意味で、小麦の輸入量の安定化は国民生活に直結する。現在は、政府主導の輸入により、主にアメリカ・カナダ・オーストラリアから輸入されている。本研究の解析の結果、気候変動下ではアメリカの小麦収量についての変動が大きく、他の作物と同様、アメリカへの依存度を下げ、輸入の均等化を行うなどの対策が必要がある。

・キウイ

主にニュージーランドから輸入をしているが、日本でも3割程度は生産を行っている。本解析の結果、気候変動のリスクはそれほど高くない作物であった。特に対象国であるニュージーランドへの気候変動の影響は無視できる程度であった。ニュージーランドと日本の分散生産を推進するなど、輸入企業が主体で生産の安定化に務めるなどしており、総合的に気候変動のリスクは低い。

・コーヒー

日本は主にブラジル・ベトナム・コロンビアなどから輸入をしている（財務省貿易統計）。既に輸入国の分散を実施できている品目であるが、一方で小麦などと同様、気候変動の影響が世界全体でマイナスに働くことが今回の解析では明らかになっている。コーヒーは、フェアトレードなどが問題となっており、日本の国民にとっての安定的な確保という観点よりも、主に発展途上国である生産国に対して、気候変動がより貧富の格差を拡大する要因にならないかどうか、注視するとともに国際援助などを通して実質的なサポートが必要である。

・バナナ

大半はフィリピンより輸入しており、一部はエクアドルからとなっている。元々、国産は極めて困難な作物であり、ほぼ全てを輸入で賄っている。インドや中国のほうが生産は大きいが生産は自給自足的であり貿易量は少ない。バナナは果実の中に種を作ることが難しいため、株分けによって増やす。つまりクローンで増やすため遺伝的多様性がない。そのため、病気の蔓延によって産地が潰滅する可能性が懸念されている。今回の解析では気候変動のリスクはそれほど高くない作物であったが、病気などの蔓延により、日本では入手しづらくなる可能性があるため、インドや中国などの消費量の動向を見ながら、気候変動とは異なる観点で注視する必要がある。

・オレンジ

生果での輸入は国内産（温州みかん）の1割程度と少量だが、オレンジ果汁として輸入はその関係性が逆転する（財務省貿易統計）。生果は主にアメリカやオーストラリアが輸入対象国だが、オレンジ果汁はブラジルがその大半を占める。本解析の結果、オレンジについて世界全体として収量が減少するリスクがあることが分かった。しかしながら、主な輸入対象国であるブラジルでは大きな減少は予測されなかった。ただし、世界全体としては気候変動の影響を受けると考えられ、各国の輸出入状況についての注視は必要である。

(7) 本サブテーマにおける問題点と議論

前項目でも述べたとおり、本解析では主に二点について解析を行っていない。一つは二酸化炭素の施肥効果の影響であり、この効果によって主にC3植物は作物の収量が増加することが期待される。ただし、作物種だけではなく、品種によってもその効果が大きくことなることがこれまでの研究で分かってきており、不確実性も大きい。しかしながら、トウモロコシやソルガム以外のC3植物では、二酸化炭素濃度の増加そのものによって、収量が正の影響を受け、気温増加の負の影響を相殺する可能性もあることは注意が必要である。ただし、小麦や大豆、トウモロコシの同時不作に関する解析では、収量変動が大きくなることが予測された。このことは二酸化炭素の施肥効果で相殺させるものとは考えにくく、やはり貿易の分散化などで対応すべきだと考えられる。

もう一点の問題は農業技術の発展について、統計モデルでは解析できていないことである。ただし、農業技術の発展の程度の将来予測は極めて困難な問題であり、不確実性が大きい。本サブテーマでは、気象要因のその解析を特化することで、純粋に気候変動の影響だけを議論することができ、そのことによって、将来における気候変動の影響の問題を純粋に議論することができたと考えている。農業技術の発展の程度をモデル化し、本サブテーマの解析と混合して提示することは、不確実性が増すだけであり、議論が収束しないと考えられる。

また、本研究では、統計的なモデル化において日射量を考慮していない。アドバイザー合会において日射量も含めて解析をすべきというアドバイスをいただき、日射量も考慮した加法モデルを試みたが、降水量との相関が高いため、ロバストなモデルとはならなかったため、気温と降水量のみのモデルを採用した。ただし、気候変動の将来予測において、日射量はそもそもあまり変化しないことが予測されているので、その意味でも気温と降水量のみの解析を行った。ただし、日射量それ自体は作物の生育に極めて重要であり、プロセスベースのモデルではもちろん考慮をしている。

最後に、本研究では、地下水灌漑についての解析を行っていない。アドバイザー合会のアドバイスをを受け、プロセスベースモデルに地下水灌漑を組み込む方法を模索したが、3年の短い期間では残念ながら達成できなかった。地下水灌漑は、アメリカなどでも多く利用されている形態であり、その枯渇は大きな問題となっている。世界を対象とした作物の解析に地下水灌漑の枯渇の影響を組み込むことは、重要な課題である。

5. 研究目標の達成状況

本サブテーマでは、当初目標に掲げた研究計画はすべて実行することができた。ただし、当初の予定ではプロセスベースの作物モデルを中心の解析を行う予定であったが、統計モデルを中心とした解析を中心になることになった。このことによって、すべての作物について統一的な解析をすることができ、より広範な作物種について解析することができたことから、研究目標を一部超過達成できたと判断する。

また、当初計画にはなかったが、アドバイザー合会におけるアドバイスに従い分位点回帰を行うことにより、予測の妥当性について確率的に言及することができ、より深い解析をすることができた。一方で、同合会において地下水灌漑の枯渇についての調査も行うようにアドバイスを受けたが、期間内には達成することができなかった。しかしながら、地下水灌漑の枯渇の問題は非常に重要な問題でありつつも、研究がまだまだ進んでいない分野であるため、今後本プロジェクトの延長として継続して解析したい。

6. 引用文献

- 1) Sakurai et al.(2014) “How much has the increase in atmospheric CO₂ directly affected past soybean production?”, *Scientific Reports* 4, No.4978.
- 2) Monfreda, C. et al. (2008) “Farming the planet: 2. Geographic distribution of crop areas, yields physiological types, and net primary production in the year 2000”, *Global Biogeochemical Cycles*, Vol. 22 GB1022
- 3) Sacks, W. J. et al. (2010) “Crop planting dates: an analysis of global patterns”, *Global Ecology and Biogeography*, Vol. 19, 607-620.

II-4 アジア地域における気候脆弱性リスクに関する研究

公益財団法人地球環境戦略研究機関

気候変動とエネルギー領域

田村堅太郎・池田まりこ

自然資源・生態系サービス領域

シヴァプラム=プラバカール・ショウ=ラジブ

【要旨】

本サブテーマでは、アジア地域全体で気象災害への即応能力を高めることで、気候安全保障の向上を図ることを目的に、アジア諸国の脆弱性と国際緊急支援への依存度の関係を把握するための気候脆弱性インデックスを開発するとともに、特定の国において国際緊急支援要請を発動するような災害レベルの閾値を把握するための「臨界閾値」を開発した。

気候脆弱性リスク指標（CFRI）が高い国は、外部からの国際緊急援助に依存する傾向がある。同様に、低開発地域の国は高いCFRIを示した。CFRIを用いれば、このような国の行動を説明することができる。本研究で開発した臨界閾値の概念を適用することで、国際緊急支援を要請する災害レベル（強度）のみならず、国際緊急支援を必要とするかどうかを決定する最も重要な要因を把握することが可能となり、各国における支援ニーズの性質、適切な支援（量、種類、期間など）やその準備状況の理解を深めることができる。しかし、これらの閾値は過去の災害の経験に基づいて開発されたものであり、将来の気候や災害の影響に対しても開発する必要があると考えられる。

1. 研究開発目的

本サブテーマでは、アジア地域全体で気象災害への即応能力を高めることで、気候安全保障の向上を図ることを目的に、アジア諸国の脆弱性と国際緊急支援への依存度の関係を把握するための気候脆弱性インデックスを開発するとともに、特定の国において国際緊急支援要請を発動するような災害レベルの閾値を把握するための「臨界閾値」を開発する。

2. 研究目標

アジア諸国の脆弱性と国際緊急支援への依存度の関係を把握するための気候脆弱性インデックスの開発や、国際緊急支援要請を発動するような気象災害レベルの閾値を把握するための「臨界閾値」の開発を通じて、気象災害への国際緊急支援がアジアの気候安全保障の強化に向けた協力のあり方についての検討・提案をおこなう。

3. 研究開発内容

本サブテーマでは、アジア地域全体の気象災害への対応能力を高めることで気候安全保障を向上させることを目的とし、アジア諸国の脆弱性と国際緊急援助への依存度の関係を明らかにするため、「気候脆弱性リスク指標（CFRI）」を開発した。また、特定の国で国際緊急援助を要請するきっかけとなる災害レベルの閾値を特定するために、「臨界閾値」を開発した。気候脆弱性リスク指標と臨界閾値の概念は、いずれも公開されているデータソースを用いて作成した。これらの概念を構築するにあたり、研究チームはフィリピンやパキスタンなどのケーススタディ国で専門家や政策担当者との協議会を開催し、外部からの緊急援助に関連する問題点や、被援助国と援助国の両方の気候安全保障を考慮して援助を改善するための方法を検討した。これらの協議により、研究チームは、極端気象後の外部からの緊急支援の実践における問題点、および限界閾値の概念を、より明確にすることができた。

4. 結果及び考察

国家の脆弱性とは、政府が市民に安全を提供できない状態を示し、多くの脅威の影響を受けている状態を指す。気候変動は、そのような脅威を増幅させるものである。気候変動に対する国家の脆弱性を示

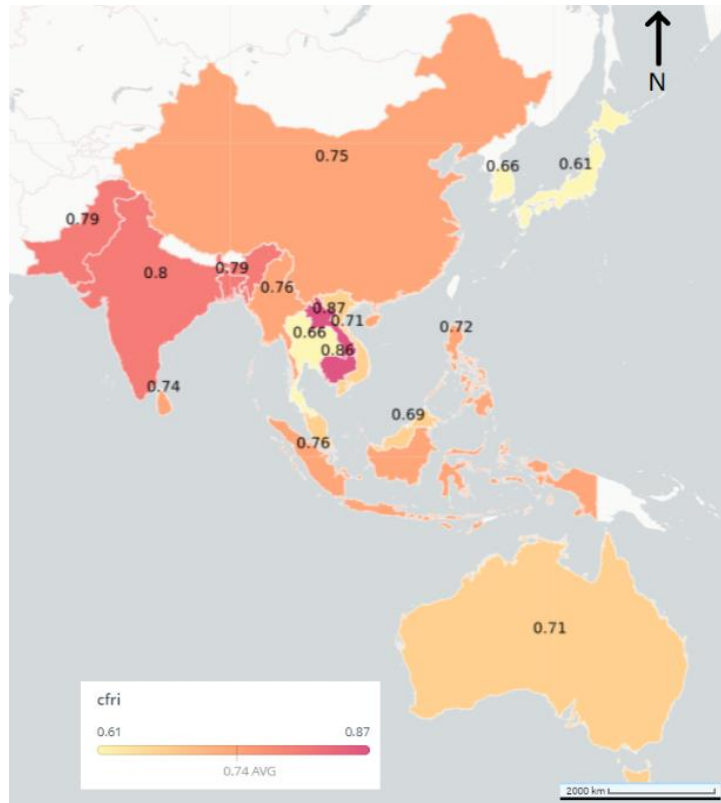
す指標として、オンラインアンケートに基づく専門家の判断により、表(4)-1の指標で構成される気候脆弱性リスク指標（CFRI）を作成した¹⁾。CFRIが高い国は、物理的な気候変動の悪影響にさらされていることに加えて、気候関連の災害に対する国内の救援能力が低く、海外からの緊急支援への依存度が高いことが予想される。

表(4)-1 気候脆弱性リスクインデックス（CFRI）の開発に用いたサブ指標

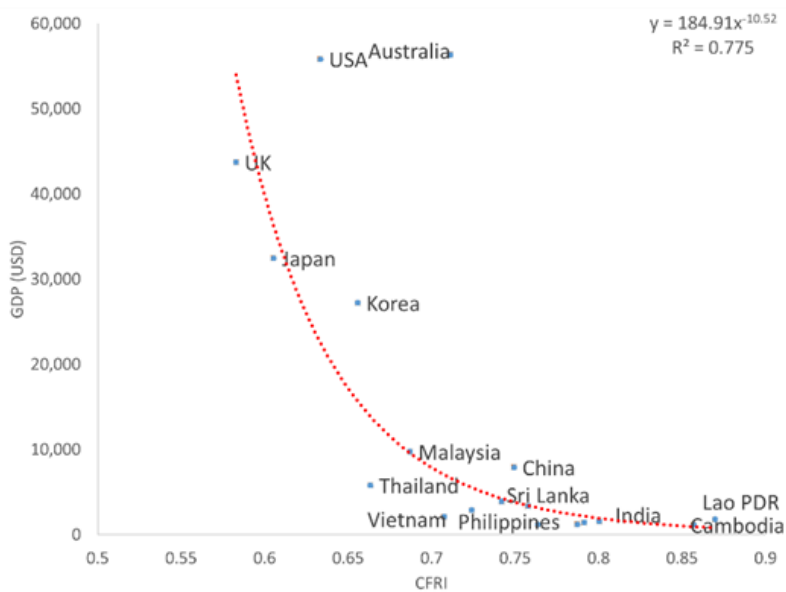
指標	代理指標	根拠と限界	情報源
地元の水競争	水ストレス指標	より高い水ストレスは、より激しい水競争をもたらす。しかし、水ストレスが常に緊張や衝突を引き起こすとは限らず、世界銀行のガバナンス指標に代表される地方政府や社会システムに依存する。	(WRI,2018)
極端気象	気候リスク指標	気候リスク指標は気候災害に関する最も包括的な指標であり、多くの国で定期的に作成されている	(Germanwatch, 2017)
移住と国内難民		国内難民監視センターは、国内難民や移住者の数を一定の正確性をもって提供している。人口に対する割合で表される。	(IDMC, 2018)
食料価格変動		食料変動価格は、過去10年間の現地通貨での主要な穀物価格の標準偏差として計算される。	(FAO, 2018)
海面上昇	海面上昇によって影響を受けた人口の割合	海面上昇によって影響を受けた人口の割合は、海面上昇の変化そのものよりも社会経済的なインパクトを反映する。	(Climate Central,2015)
政策の意図しない効果	世界銀行規制質指標 (WRQI)	政策の意図しない効果を検証できる方法はまだない；しかし、WRQIは、政策効果に近い評価を提供する。つまり、政策・規制の質が高いほど、意図しない効果は最も少ないと仮定される。	(The World Bank,2018)
損害補填	保険の請求	損害保険は、災害を含む多様なリスクのために損失に直面する企業の傾向を示す。しかし、政治的・社会的不安は保険商品によって、十分に示されない可能性もある。	多様な情報源

図(4)-1は、アジア15カ国のCFRIのレベルを示したものである。途上国（バングラデシュ、カンボジア、中国、インド、インドネシア、ラオス、マレーシア、ミャンマー、パキスタン、スリランカ、タイ、ベトナム）の平均は0.76なのに対し、先進国（豪州、日本、韓国）は平均0.66となっている。また、図(4)-1には表されていないが、CFRIの要素となっている指標により、リスクの質の違いも確認できる。例えば、フィリピンは水資源へのアクセス、パキスタンは食糧価格の変動、ベトナムとタイは海面上昇へのリスクに対する曝露レベルが高いことが明らかになった。他方、国内難民や国の統治システムの質に関する指標に大きな違いは見られなかった。先進国の中では、豪州が比較的高いCFRIを示しているが、これは主に水ストレスと高い食料価格の変動によるものである。このような異なる性質の気候脆弱性リスクを示すことは、日本政府が国際災害援助の効率的かつ即応的な支援計画を策定することに資するのに加え、民間企業が進出する際の国別ビジネス戦略を策定する際の参考情報となる。さらに、先行研究で示されているように、経済発展の度合いと気候変動の脆弱性のリスクには、強い相関関係があることが確認された（図(4)-2）。

図(4)-1 アジアでの気候脆弱性インデックス



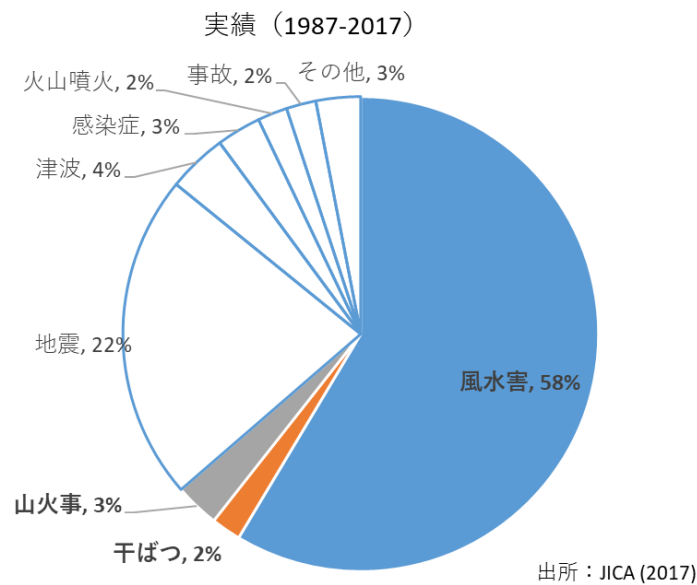
図(4)-2気候脆弱性インデックスと経済発展レベルとの関係



CFRIで表されるように、アジアの途上国は気候変動の悪影響への脆弱性は相対的に高いと言える。

このことは、既に海外における気候関連災害への緊急援助・支援をおこなってきている日本にとっても大きな意味を持つ。図(4)-3は、国際緊急援助隊の派遣に関する法律が施行された1987年以降の国際緊急援助隊の派遣及び緊急援助物資の提供の実績について、分野別の割合を示したものである。風水害、干ばつ、山火事と気候関連の災害が6割以上を占めている。さらに、このような気候関連の災害は、温暖化の進行とともに、今後も増加するとみられている。気候変動に関する政府間パネル（IPCC）『気候変動への適応推進に向けた極端現象及び災害のリスク管理に関する特別報告書』（2012年）でも、温帯サイクロンによる全体的な損失は増加するが、一部の地域では減少または変化がない可能性がある（中程度の信頼度）、熱帯サイクロンの最大風速の平均値が増加する可能性が高い、将来、多くの地域で洪水による損失が増加する（高一致）、などと評価されている。こうした状況を踏まえ、日本にとっても気候関連の災害に対する緊急援助や支援をより効率的に行い、アジア全体での気候安全保障を向上させていくことが必要となる。

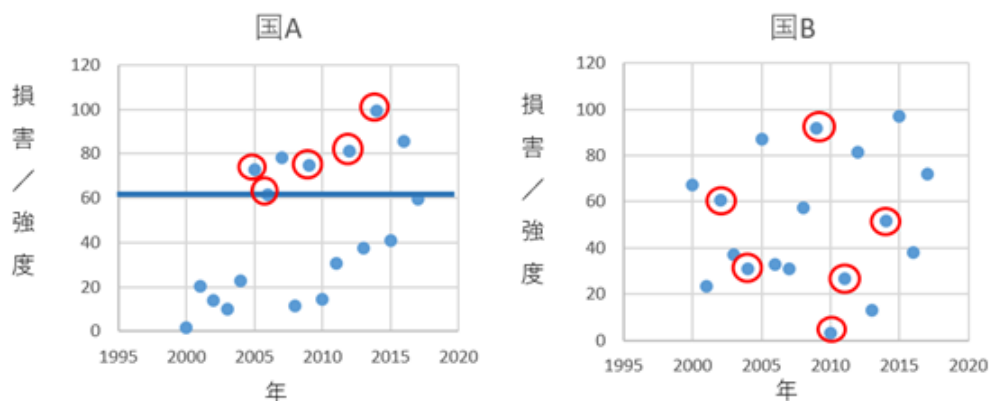
図(4)-3 日本の国際緊急援助隊の派遣及び緊急援助物資の提供



緊急支援を要請するための「臨界閾値」という概念は、「気候変動の悪影響がある国で一定の閾値を超えた際、その国は国際的な緊急支援を要請する」という仮説に基づいている。この仮説が成立し、また、この臨界閾値を把握することで、支援ニーズの性質をよりよく理解でき、適切な支援の提供や必要とされる支援の準備状況の理解を深めることも可能となる。臨界閾値は、気候変動の悪影響の物理的強度と対象国の対応能力（経済的、組織的）によって決定づけられる。

図(4)-4は、緊急支援要請に関する臨界閾値のイメージを示したものである。A国では、緊急支援要請のきっかけとなった災害（赤丸印）の被害が一定レベル以上であり、国レベルでの臨界閾値（青線）が確認できる。一方、B国では、さまざまなレベルの災害に対して援助要請がなされており、国レベルでの臨界閾値が確認できない。つまり、地域内の各国で対応能力が大きく異なる可能性があるため、地域レベルでの臨界閾値の特定が必要であるといえる。サブナショナル・レベルでの臨界閾値の策定には、サブナショナル・レベルのデータ収集が必要である。国レベルにおいては、災害による損失や損害、外部からの緊急援助に関するデータは不正確で、国ごとに差がある。一方、サブナショナル・レベルのデータは、Emergency Events Database (EM-DAT) や 国際連合人道問題調整事務所 (UNOCHA) のようなオープンなデータベースからは取得することができなかった。したがって、本研究では、国レベルの臨界閾値のみを対象とした。

図(4)-4 臨界閾値のイメージ（注：青の線が災害、赤丸が国際救援要請をしたことを意味する）



緊急国際支援に関する臨界閾値を設定するための従属変数は、外部からの緊急支援額（米ドル）とした。独立変数は、死亡者数、被災者数、損害額（米ドル）、GDP（米ドル）、ガバナンスの有効性（指標）、貧困人口比率（貧困基準値以下で生活する人口の割合）とした。極端気象による経済的影響は、外部からの緊急支援の必要性を決定するにあたり、重要な考慮事項である。そこで、マクロ経済指標であるGDPと、国民の所得を示すもう一つの経済指標である貧困人口比率を用いた。GDPが、極端気象による経済的打撃に耐えるための国全体の経済力を示すのに対し、貧困人口比率は、緊急の経済的救済を必要とする可能性のある人々の割合を示す。これらの変数は、オブリミン回転を用いた主成分分析（principal component analysis：PCA）によって評価され（仮定：主成分／因子は相関している）、固有値<1のルールに基づいて因子数を削減した。その結果、2つの主成分（PC1及びPC2）を合成した。PCA分析結果得られた2つの主成分を用いて、外部からの緊急援助に対する依存度の回帰式を作成した。外部からの緊急援助の臨界閾値は、以下の通りである。

$$\text{アフガニスタン} = -0.007*PC1 - 25555*PC2 + 38020265$$

$$\text{バングラディッシュ} = 0.000*PC1 + 7.058*PC2 + 19520455$$

$$\text{中国} = 0.008*PC1 - 2.50*PC2 + 20740127$$

$$\text{インド} = -8.55*PC1 + 0.000*PC2 + 38072756$$

$$\text{インドネシア} = 4.48*PC1 + 50.46*PC2 - 9700875$$

$$\text{パキスタン} = 0.04*PC1 + 112*PC2 - 1305814894$$

$$\text{フィリピン} = 0.948*PC1 - 0.002*PC2 + 58522475$$

$$\text{スリランカ} = 0.001*PC1 + 57.2*PC2 - 19513408$$

$$\text{ベトナム} = 0.000*PC1 + 3.421*PC2 - 2977399$$

フィリピンを例にとると、主成分1（PC1）の値が58522475になると、外部からの緊急支援を要請する傾向があることを示している。フィリピンの例では、主成分1（PC1）は死者数、被害、被災者数という災害影響に関する指標から構成され、主成分2（PC2）は貧困、ガバナンス、GDPというマクロ経済・能

力という指標から構成されている。しかしながら、それぞれの主成分の構成は、表(4)-2に示すように、国によって異なることが明らかになった。表中の % σ^2 は、各主成分で説明される分散の割合を示している。ほとんどの場合、PC1ではGDPと貧困が、PC2では被災者数と死者数が共通の要因となっている。これは、ある国が外部からの緊急支援を必要とするかどうかを決定する最も重要な要因は、その国の経済的・社会的なものであることを示している。

表(4)-2 緊急支援要請に関する臨界閾値を決定する要因：主成分分析の結果

国	主成分 1	% σ^2	主成分 2	% σ^2
アフガニスタン	GDP, 貧困 , 被災者数	42	死者数, ガバナンス	29
バングラディシュ	貧困, GDP , ガバナンス	50	被災者数, 死者数	23
中国	被害, 死者数, ガバナンス	47	貧困, GDP, 被災者数	26
インド	貧困, GDP , 被災者数, 死者数	39	被害, ガバナンス	21
インドネシア	GDP, 貧困 , ガバナンス	59	被災者数, 死者数	28
パキスタン	貧困 , ガバナンス, GDP , 被災者数	58	死者数	24
フィリピン	死者数, 被害, 被災者数	63	貧困, ガバナンス, GDP	32
スリランカ	GDP, 貧困	41	死者数, 被災者数, ガバナンス	26
ベトナム	ガバナンス, GDP , 被害, 貧困	58	被災者数, 死者数	25

国内の防災能力や経済力は一様ではないため、外部からの緊急支援を必要とするかどうかは、事象が発生した場所によって異なることを理解しておく必要がある。例えば、比較的発展した国であっても、遠隔地の低開発地域で発生した極端災害が大きな被害をもたらし、外部からの緊急支援を必要とする場合がある。

本研究で検討した「臨界閾値」と同様のアプローチとして、国際災害調整システム（GDACS）が被害予測システムや調整機能として既に開発され、JICAも支援の事前準備に活用している。本研究で開発した「臨界閾値」は、国際緊急支援を要請する災害レベル（強度）のみならず、国際緊急支援を必要とするかどうかを決定する最も重要な要因を把握することが可能となり、各国における差し迫った支援ニーズの性質をよりよく理解することや、適切な支援（量、種類、期間など）の提供に役立ち、また、必要とされる支援の準備状況の理解も深めることができる。こうした情報は、GDACSの被害予測システムと補完的に活用することで、より一層、効果的な支援の準備・提供が可能となる。

また、「臨界閾値」は、応急措置的な緊急災害支援のみならず、平時のPreparednessの強化、防災・社会基盤の整備など、中長期的に各国の気候耐性を高めていく上でも活用することができる。つまり、アジア域内の国々の「臨界閾値」を把握し、支援要請の主要因を明らかになることで、域内での気候安全保障を最大限に高めるための緊急および長期のニーズを考慮した支援を設計することの一助となる。

以上の研究を通じ以下のことが明らかとなった。

- 気候脆弱性リスク指標（CFRI）が高い国は、外部からの国際緊急援助に依存する傾向がある。同様に、低開発地域の国は高いCFRIを示した。CFRIを用いれば、このような国の行動を説明することができる。
- 臨界閾値の概念を適用することで、国際緊急支援を要請する災害レベル（強度）のみならず、

国際緊急支援を必要とするかどうかを決定する最も重要な要因を把握することが可能となり、各国における支援ニーズの性質、適切な支援（量、種類、期間など）やその準備状況の理解を深めることができる。しかし、これらの閾値は過去の災害の経験に基づいて開発されたものであり、将来の気候や災害の影響に対しても開発する必要があると考えられる。

- 臨界閾値やCFRIの開発には膨大なデータを必要とする。しかし、アジア諸国で利用可能なデータは限られているため、これらの概念の開発に使用できる指標は限られている。指標の数を増やすことで、これらの概念をより強固なものにすることが可能となる。しかし、データの制限は、ここでの重要な考慮事項となる。
- 意思決定を強化し、緊急支援のためのより良い意思決定支援システムを構築するために、災害データベースを改善する余地は十分にある。

5. 研究目標の達成状況

本サブテーマのチームは、本研究で意図したすべての目的を達成することができた。データの入手可能性とデータの質に関する制限のため、臨界閾値に関する研究をサブナショナル・レベルで展開することはできなかったが、当初の目的は達成できた。

6. 引用文献

1) Prabhakar, S.V.R.K. and R. Shaw (2019) Globalization of local risks through international investments and businesses: A case for risk communication and climate fragility reduction, Contributing paper to the Global Assessment Report. Geneva: UNISDR.

II-5 気候変動と安全保障概念の理論的側面に関する研究

国立大学法人 茨城大学 人文社会科学部 教授 蓮井誠一郎
 <研究協力者>

国立大学法人 茨城大学 人文社会科学部 研究員 小松 寛

〔要旨〕

本研究の目的は、近年主要国の間で関心が高まっている気候安全保障を、日本の安全保障政策の文脈に位置づけ、日本からの発信を行うことである。そこで本研究は世界の気候変動と安全保障についての議論や動向を総括し、日本の安全保障論との関連で検討する。その上で気候変動安全保障政策オプションを提示した発信を行う。本課題を達成するため、学術論文、政府およびシンクタンクによる文書への分析を通して、気候安全保障の概念が多様な安全保障概念の中核となりうることを示す。さらに欧米各国の気候安全保障政策を①軍事オペレーションにおける気候変動対策、②国内および国際ガバナンスの課題としての気候変動対策に分類し、その上で日本の安全保障政策の変遷と今日の気候変動政策をふまえて、現在の気候安全保障に対する政策再編案を提案する。

調査の結果、「気候と安全保障」をテーマとする研究論文は2005年ごろから顕著に増加していること、食糧安全保障を中心にエネルギー安全保障、水の安全保障など、多様な安全保障分野と関連しながら論じられていることも分かった。また、気候安全保障に関する理論研究からは、気候変動が環境問題から安全保障の課題とされたことによって、関与するアクターや領域などが従来よりも拡大し多元化している。それに伴い、コミットする権限も多様化し、ガバナンスのあり方も複雑化している。世界各地のシンクタンクでも気候安全保障に関する政策提言がなされ、その重要性が喚起されている。アメリカやイギリス政府の報告書によれば、気候変動は安全保障上の脅威として認識されており、その対応が必要であることが明記されていた。

一方、日本政府の安全保障政策では1980年代より「総合安全保障」が提起され、軍事のみならず非軍事的な大地震といった現象も安全保障上の脅威として捉える素地は早くから存在した。90年代には「人間の安全保障」や「環境安全保障」といった概念が登場し、これは世界での議論の潮流と比しても決して遅れをとってはならず、気候変動外交による国際的な貢献も顕著であった。世紀が変わり、2007年には環境省の下で「気候安全保障（Climate Security）に関する報告書」がまとめられた。これも当時としては先取的な成果であったといえるが、その後の政策として具現化するには至らなかった。以後、二度の政権交代や3.11を経て、今日の日本政府は気候変動対策を安全保障上の課題というよりも経済成長戦略として強く打ち出している。

以上の調査、分析からは世界的に気候安全保障への関心が高まり、学術および政策文書でもその存在感が高まっているにも関わらず、日本の気候変動対策は安全保障としての観点がまだ弱いことが明らかになった。したがって、気候安全保障のプライオリティを高めるとともに多様な安全保障分野との架橋と多面的アクターとの連携を検討する必要性を導き出した。

1. 研究開発目的

本研究の目的は、近年関心が高まっている気候安全保障を日本の安全保障政策の文脈に位置づけることである。この議論は学術研究のみならず、欧米諸国の政策文書からも確認できる。そこから看取されるのは、気候変動に起因する脅威への適切な対応には、軍事的組織が必要になる前に、非軍事的組織の協同が不可欠という点である。この新しい議論は、武力行使に強い制限のある日本の安全保障の議論の蓄積と重なる部分も多い。1980年代の総合的安全保障、90年代の人間の安全保障および環境安全保障と連なる日本の安全保障の系譜に、気候安全保障を日本なりにローカライズして位置づけることが可能ではなかろうか。

いまだ日本においては気候変動を安全保障問題として捉える観点は一般的ではない。しかし、日本独自の気候安全保障の政策概念を導入することは、国内の安全と国土の保全へと繋がる。さらに気候変動

への対応に近隣諸国と共同で取り組むことは、関係各国の信頼醸成と地域の安定への貢献も期待できよう。

2. 研究目標

世界の気候変動と安全保障についての議論や動向を総括し、日本の気候変動政策について、日本の安全保障論との関連で検討した気候変動安全保障政策オプションを提示し、英文論文によって国際的に発信する。

3. 研究開発内容

本研究ではまず、気候変動と安全保障に関する既往論文や著作などの文献資料を最近のものを中心に収集し、概念整理を行う。また、日本で気候変動と安全保障概念を適用するにあたって、人間安全保障を含む国内でのこれまでの議論をふまえて、有用なロジックを抽出する。これに役立つ海外の事例についても調査を行う。次に気候変動と安全保障に関する既往論文を踏まえ、日本の安全保障政策と気候変動対策を結びつける新たな総合安全保障概念を検討し、その実現に必要な対策パッケージを海外での事例調査も踏まえて検討する。最後に欧米において安全保障戦略に気候変動を含めている事例をふまえ、日本で同様の新たな総合安全保障概念を政策として運用するための対策パッケージとその実施策を含めた方策を検討する。

上記の課題を達成するため、本研究は学術論文、政府およびシンクタンクによる文書への言説分析を通して、まず気候安全保障が多様な安全保障の中核となることを示す。次に欧米各国の気候安全保障政策を比較し、①軍事オペレーションにおける気候変動対策、②国内および国際ガバナンスの課題としての気候変動対策に分類する。その上で日本の安全保障政策の変遷と今日の気候変動政策をふまえて、現在の気候安全保障に対する政策再編案を提案する。

4. 結果及び考察

(1) 気候安全保障理論の動向と特徴

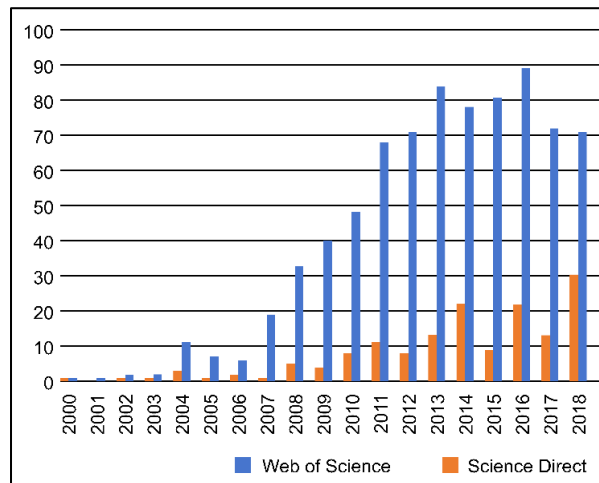
1) 気候と安全保障に関連する研究の動向

近年、気候と安全保障に関する研究は顕著な存在感を示しつつある。Web of Science及びScience Direct において、直近20年間でタイトルに

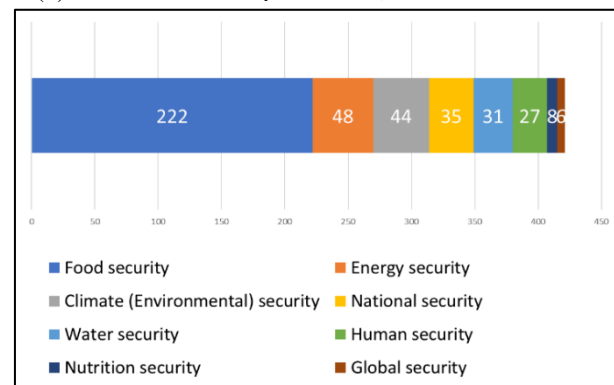
「climate」と「security」を含む論文および著書の刊行数をグラフにしたものが図(5)-1である。ここからは「気候と安全保障」をテーマとする論文が2005年ごろから顕著に増加していることも確認できる。

また、「気候」と「安全保障」をタイトルに含む論稿がどのような安全保障の分野と関連させながら議論しているのかを、サマリーに含まれる安全保障分野のワードから分類した。対象はWeb of Science所収論文のうち、タイトルに「climate」「security」が含まれており、かつサマリーが確認できた論文および著書、507本とした(図(5)-2)。ここからは、気候と安全保障に関する研究の多くは、食糧安全保障と関連させて論じられていることがわかる。それ以外にも、エネルギー安全保障や水の安全保障など、多様な安全保障分野と接続している。これらは気候（環境）安全保障という

図(5)-1 タイトルにclimateとsecurityを含む刊行物の推移



図(5)-2 climateとsecurityの研究で言及される安全保障



分野が、他の安全保障分野と結びつき、統合する分野となる可能性を示唆するものである。

加えて、研究分野の重要度を測るため、各分野の論文の被引用回数についても分析した。タイトルに含まれる検索ワード別に被引用数の合計、平均引用数（論文ごと）、h-indexをまとめた(表(5)-1)。

表(5)-1 : Climateと検索ワード別の被引用

検索ワード	被引用数の合計	平均引用数（論文ごと）	h-index*
climate and migration	12,695	22.59	58
climate and security	14,487	17.62	48
climate and conflict	6,865	19.9	44
climate and violence	1,044	13.56	17
climate and refugee	1,026	14.05	13
climate security	189	4.85	7

*出版数と引用回数の両者から研究者（分野）の生産性を測る指数。N 回以上引用されている N 本の論文を発表している場合、h-index は N となる。

引用状況からも気候と安全保障に関する研究は気候と移民に次ぐ存在感を示していることがわかる。ただし、安全保障に関する論文は移民に関するそれと比較した場合、刊行数は多いが一本当たりの平均引用回数が

少ない。ここからは、安全保障研究は多様な分野にわたるが、相互連携さらにはその融合がまだまだ十分になされていない可能性が看取される。

「気候変動と平和」に関する研究論文への統計学的研究でも、同様の傾向が確認できる。Sharifi らは Web of Science に所収されている論文から気候変動と物理的暴力の不在を意味する消極的平和に関する論文を選出し、その傾向を分析している。その結果として、気候変動と平和に関する研究論文は2007年の国連気候変動に関する政府間パネル（Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC）第4次評価報告書と、2015年の持続可能な開発目標（Sustainable Development Goals : SDGs）を契機に急増していると結論付けている。また、研究論文群は4つのクラスターに分けられるとしており、それは①制度的メカニズム、②アフリカにおける武力紛争と災害と紛争の関係性、③移民と適応、④資源管理と環境安全保障であるという。テーマ領域としては最も優勢なのは「戦争（内戦）」であり、次に「移民と紛争」、「リスク」と続く¹⁾。

本研究は広義のsecurityに着目し、climate securityとその関連性を考察していくが、negative peace、すなわち狭義のsecurityに着目した文献調査研究からも、気候変動と安全保障の関連性への関心が高まり、多様な論点と関連付けられながら論じられていることがわかる。

2) 気候安全保障理論の特徴

そもそも、気候変動が安全保障上の課題となるのか、とりわけ気温上昇が軍事紛争の原因となるのかについては議論が分かれる。気候変動が紛争の要因となっていることに懐疑的な研究は、1800年から現代までの気温上昇と国家間紛争の頻度の相関性を分析し、気温上昇はむしろ国家間紛争の回数を減らしていると指摘する²⁾。Gleditschもまた、気候変動と紛争の因果関係を証明している研究はほとんどないと主張する。そして、気候変動を安全保障の課題として認識することは、却って自己実現的予言となり、軍事力よる対応を引き起こしてしまうのではないかと批判している³⁾。

気候変動と紛争の因果関係について、十分な立証がなされていないという指摘は重要である。しかし、批判的安全保障論が安全保障化という概念で論じてきたように、安全保障政策は客観的な事実のみに立脚するのではなく、政策決定者や利害関係者、世論などの認識にも大きく依拠している。統計や事例研究による気候変動と紛争の因果関係の立証のみならず、政治家や官僚など政策決定者による言説もまた重要であり、社会構成主義的なアプローチが有効であることが分かる。

気候変動における安全保障化の言説分析を行った研究は、EUと米国の気候変動における政策の相違が生まれる要因を明らかにしている。この研究は気候安全保障政策で米国が脅威を強調するのに対して、欧州は経済的メリットを重視していることを指摘している。また、伝統的な安全保障アクターが気候変動へ対応することにより、その正当性が上がっていることも指摘されている。すなわち、軍事力が気候

変動へ重要な役割を担うようになってきているのである⁴⁾。

気候安全保障のレジリエンスに関する言説分析を行った研究では、その多元性が確認できる。本研究はレジリエンスを「戦略的」「新自由主義的」「社会的」「エコロジカル」の4つに分類している。そして各レジリエンスを安全保障化するアクターとして「戦略的」では軍事組織やシンクタンク、「ネオリベラル」では国際組織、「社会的」では市民、NGOsや研究者、「エコロジカル」は市民や研究者の他、IPCCを加えている。それぞれのガバナンスの形態にも着目しており、「戦略的」はヒエラルキカルで行政的、「新自由主義」は市場とネットワークに基づく経済的、「社会的」は個々の参加で構成されるネットワークで熟議的、生態系は市民参加とヒエラルキーなグローバル・ガバナンスが並立していると論じる⁵⁾。

気候変動が環境問題から安全保障の課題とされたことによって、関与するアクターや領域などが従来よりも拡大および多元化したと言えよう。それに伴い、コミットする権限も多様化しガバナンスのあり方も複雑化しているのが今日の気候安全保障の特徴と整理できる。

他方で、研究上の課題もある。気候変動はその対象の大きさ故に、どのレベルからが安全保障問題で、どこまでを安全保障の対象と捉えるかが曖昧になる傾向がある。近年ではその対象を惑星にまで拡大する惑星安全保障(Planetary Security)論の登場がその一例である。さらに量的研究では気候変動と紛争の「ロバストな」因果関係が立証困難な中、途上国中心の質的研究への傾倒がみられる。

アカデミアにおける関心の高まりとともに、各国のシンクタンクにおいても気候安全保障政策への提言も活発になされている。近年ではアメリカのThe Center for Climate & Securityが、日本経済は気候変動の脅威に対して準備不足であるため、日本政府に対し包括的な気候安全保障リスクを管理するよう提言している⁶⁾。ドイツのClimate Security Expert Networkは欧州における気候安全保障は多様性が強みであり、EU内で気候安全保障を政治的アジェンダとして上位に保ち続け、中核的業務へと転換することなどを提言している。その具体化の一例として、欧州連合外務・安全保障政策上級代表(いわゆるEU外相)のキャビネットに気候安全保障担当の上級顧問もしくは特使の任命を提言している⁷⁾。The Planetary Security Initiative(オランダ)は、気候安全保障と軍事に関する論考で、気候安全保障上のリスクを減らすために軍隊が関与する必要性は指摘した上で、軍隊の関与自体が無条件で許されるべきではないとする。そして気候による天然資源の不足やそれに伴う抗議運動が、軍事介入の口実となってはならず、気候変動に起因する不安定が悪用された事例を明確化し、将来に向けた教訓を構築すべきとしている⁸⁾。

3) 各国政府の気候安全保障政策

(ア) 軍事オペレーションにおける気候変動対策

このようにアカデミアおよびシンクタンクにおいて気候安全保障への関心が高まっている状況において、各国はどのような方針で気候安全保障を捉えているのであろうか。アメリカ国防総省は、気候変動を国家安全保障への脅威として捉え、その適応が米軍にとって必要であると認識している。2015年に国防総省から上院委員会に提出された報告書によれば、国防総省は気候変動を安全保障上の脅威とし、もはや遠い将来のリスクではないと認識している。さらに、紛争のダイナミクスと気候変動の関連性および相互作用も提示された⁹⁾。気候変動による5つの災害「洪水、干ばつ、砂漠化、山火事、永久凍土の融解」が軍事施設に与える影響の調査も行い、その結果、軍事施設の大半が災害に脆弱であり、20年以内に影響を被ると評価している¹⁰⁾。

イギリス国防省も異常気象など環境の悪化した場合、コミュニティの移動をもたらし、社会が不安定化する可能性を認めている。結果、国内外の武装治安部隊は、人道支援と災害救援(Humanitarian Assistance/Disaster Relief: HA/DR)任務、例えば現地組織(救急・消防・警察など)へ支援する可能性がより高くなると述べている¹¹⁾。さらに、最新の報告書では、気候に起因する水の供給の混乱や農業への影響が、テロリストや反体制派に勧誘するためのツールとして利用される可能性を指摘している¹²⁾。

(イ) ガバナンスの課題としての気候変動対策

気候変動と紛争の関係性を認識しているのは国防を担当している省庁だけではない。アメリカ合衆国

国際開発庁（USAID）は紛争予防と平和構築において気候変動のリスクが存在していると認識している。事例としては、気候変動の緩和と適応のために提供されるリソースが紛争当事者によって戦術的もしくは政治目的のために悪用される場合がある。また、Environmental Peace Building（環境的平和構築）として、平和構築において紛争緩和のみならず気候変動へ適応することが紛争後の復興を促進するとし、紛争後のコミュニティ形成に気候変動の目標を組み込むことの有用性が謳われている。これらのことから、紛争解決および脆弱国家への支援として、制度改革と気候変動対策の包括的アプローチが掲げられている¹³⁾。

さらに2019年の報告書では脆弱国家、紛争、気候変動の関連性を認めている。そして脆弱な国の気候リスクに対処することは、回復力を高め、脆弱性を減らすことができること、紛争の影響を継続的に受けている国家では、国家全体の弱さを軽減し、気候リスクに対応する政府の能力を強化するために、政治分野の制度改革が重要であることなどが述べられている¹⁴⁾。

最後にニュージーランド国防省を取り上げる。南半球ではあるが、日本と同じ太平洋の島国であること、南極に近く氷の溶解による水面上昇の影響を強く受ける島嶼国が周りに多い。そのため、気候安全保障についても先進的な取り組みをしていると考えられる。

2018年の報告書によれば、気候変動は今後数十年間でニュージーランド国防省にとって最大の安全保障上の課題の1つになると重要視されている。また、太平洋島嶼国は世界の温室効果ガス排出量の約0.04%しか占めていないにもかかわらず、不均衡に影響を受けていると指摘する。その上で「気候変動の影響の激化はコミュニティの強靭性を試すものであり、文化的に多様な太平洋地域全体で安全保障の課題を増大」させると述べている¹⁵⁾。気候変動が自国のみならず、地域全体の安全保障にとっての脅威であること、気候変動の悪影響が文化の喪失にまで及ぶという認識は特徴的である。

また、気候変動が安全保障へとシームレスにつながっていること、「弱いガバナンス」が影響を悪化させることも明記している。従来の安全保障が人間の安全保障、環境安全保障と重複、拡大していることがわかる。さらにニュージーランド（ナショナル）—太平洋（リージョナル）—全世界（グローバル）と気候変動政策がマルチ・レベル・ガバナンスで構成されていると解している¹⁶⁾。以上の内容からニュージーランドは気候変動対策への国際協調が国防に資するという、先進的な見解を有していると約言できる。

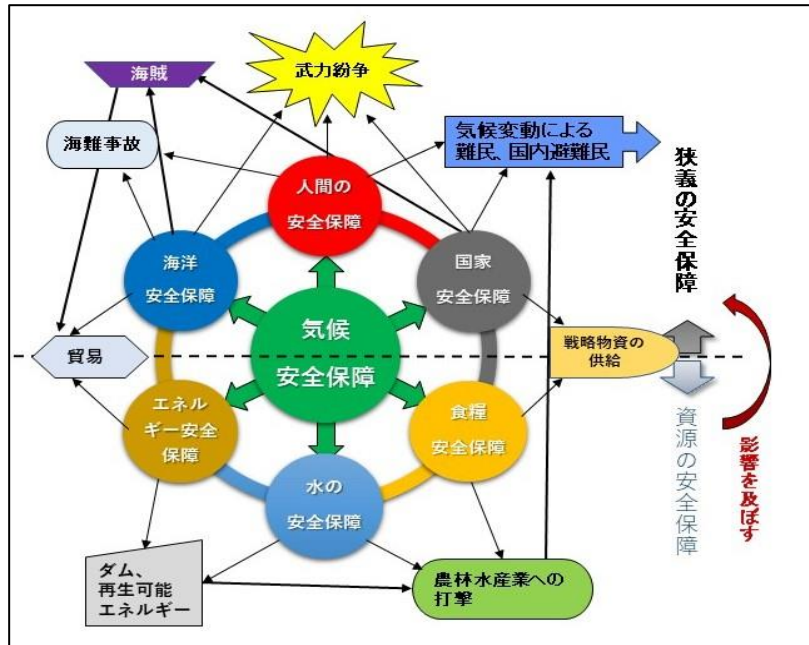
気候安全保障に関する研究および主要国における政策文書からは、気候安全保障という概念が多様な安全保障領域を結びつける役割を持つことがわかった。これは気候安全保障分野の発展がより多くの安全保障概念を統合する可能性を示唆している（図(5)-3）。

（2）日本における気候変動と安全保障政策の変遷

1) 80年代：総合安全保障

80年代の日本の安全保障の基調は、パックス・アメリカナの終焉と新冷戦による東西対立の深刻化を背景にした。一方では、それまで通りに憲法によって行動に強い制約を受ける自衛隊（JSDF）と日米同盟（日米安全保障条約）とに基づく抑止に国防を依存していた。他方で大平内閣の下での「総合安全保障」が検討され、それは安全保障の概念を拡張する試みであった。

図(5)-3 気候安全保障の概念図



この検討の経緯について中西寛は、日本で60年代から日本で軍事力を国家の生存のための手段として位置づける議論が高まり、70年代の変動相場制への移行と第一次石油危機を念頭に総合安全保障論が論じられた。その概念は「相互依存がもたらす社会経済的変動を管理可能なものにしたという問題意識と、権力政治の変容に応じた国家安全保障政策を日本に根付かせたいという意識との結合によって生み出された」と主張した¹⁷⁾。

その概念が最も体系的に整理されたのが『大平総理の政策研究会報告書』である。本研究会は、大平総理の「地球社会の時代」の到来という認識の下で安全保障問題は総合的性格をもつものにとらえ、安全保障を「国民生活をさまざまな脅威から守ること」と定義した¹⁸⁾。そして本研究会は、安全保障のために政府が行う努力を①脅威に対処する自助努力、②理念や利益を同じくする国々と連帯して安全を守り、国際環境を部分的に好ましいものにする努力、③脅威そのものをなくすための、国際環境を全体的に好ましいものにする努力の3つに分けた。その上で、日米関係と自衛力の強化と対中・対ソ関係といった伝統的軍事安全保障を論じつつ、エネルギー安全保障、食糧安全保障という経済安全保障、そして大規模地震対策という、いわば自然災害からの安全保障についても安全保障の範疇に収めた。これにより、日本人は自らの安全保障について軍事のみならず非軍事と自然環境からの脅威という認識を確認した。

一方で当時、気候変動の議論は黎明期であった。国連環境計画（United Nations Environment Programme: UNEP）等が主催した85年のフィラハでの専門家会議が初めて国際社会に温暖化の危機を訴えた。その後、急ピッチで80年代末までにベラジオ会議（87年11月）、トロント会議（88年6月）、ハーグ環境首脳会議（89年3月）、アルシュ・サミット（89年7月）等が開催された。日本ではトロント会議をきっかけにして88年5月に環境庁大気保全局に「地球温暖化問題に関する検討会」が設けられ、政策検討が公式に始まった。88年11月のIPCC第1回の会合には、日本から環境庁、外務省、農林水産省、通産省、気象庁等から参加国中最多の11名の代表が参加した¹⁹⁾。日本の代表団は、地球温暖化に関して①既存の監視システムを強化および拡張し、国際的な研究を促進すること、②地球温暖化を防止し、被害を最小限に抑えるためのさまざまな種類の技術開発を促進すること、③同時に段階的な対策を講じること、という方向性を示した²⁰⁾。

このように、気候変動に関わる国際的・国内的な議論の場は80年代後半に急速に確立されていった。地震という自然現象をも対象にした日本の総合安全保障の議論を前提にすれば、気候変動を安全保障上の脅威とする受け皿はこの時には存在していたとみることができる。

2) 1990年代：人間の安全保障と環境安全保障

冷戦の終結に伴い、日本周辺ではソ連の脅威が低下した。他方で湾岸戦争後の海上自衛隊のペルシャ湾派遣（1991年）、国際平和協力法の制定（92年）によるPKOへの自衛隊の参加など、自衛隊は能動的な活動を活発化させた。日本政府は、最初の防衛計画の大綱で唱えられた、「いわば平和時の防衛力」としての基盤的防衛力を維持するとしながらも²¹⁾、冷戦後をふまえた新しい95年の防衛大綱では、「多様な事態に対して有効に対応し得る防衛力を整備し、同時に事態の推移にも円滑に対応できるよう適切な弾力性を確保し得るものとする」と表明した²²⁾。これと同時に進行した日米同盟の再定義により、「日米安全保障共同宣言」（96年）と「日米防衛協力のためのガイドライン」（97年）が定められ、日米同盟はさらに深まった。この頃から中国や北朝鮮の軍事力の脅威が高まり、伝統的な軍事的国家安全保障観の影響力は増大していた。

このような動きに並行して、参議院外交・総合安全保障に関する調査会（1986～92年）は報告書「90年代日本の役割—環境と安全保障のあり方」をまとめた。調査会は総合安全保障に地球環境問題を取り込み、環境安全保障論の構築を目指そうとした。報告書が扱った課題は新しい環境保全型文明から積極的平和の秩序づくり、アジア・太平洋の平和・軍縮、国連の強化など多岐にわたる。しかし、提言においては、冒頭にある「環境安全保障をめざして」という新しい方向性ははっきりしなかった²³⁾。

国際社会では、冷戦後の必ずしも軍事的とは限らない人びとの生存への新しい危機に直面していた発展途上国の現状などから、国連開発計画（United Nations Development Programme: UNDP）は『人間開発報告書』で1993年に初めて「人間開発」と「人間の安全保障」という概念セットを提示した。UNDPは続

く94年の報告書では、それまでの安全保障概念が「あまりにも長い間狭く解釈されてきた」と批判しその拡張を訴えた²⁴⁾。UNDPの人間の安全保障はEconomic security, Food security, Health security, Environmental security, Personal security, Community security, Political securityをその構成要素(components)とした²⁵⁾。持続可能な開発概念を打ち出したThe World Commission on Environment and Development (WCED)の報告書“*Our Common Future*”も環境安全保障に言及している²⁶⁾。また当時の欧米ではこれら環境安全保障も盛んに論じられた²⁷⁾。これが後の気候安全保障論の基礎を形成していった。

日本では98年にアジア経済危機に対する日本政府からの支援のコンセプトを決める検討がきっかけとして、小渕恵三外相(後に総理大臣)の下で人間の安全保障が日本の政策概念として用いられるようになった²⁸⁾。日本政府が人間の安全保障を採用した理由は、小渕外相のブレインの影響であるが、80年代の総合安全保障の議論もその理由のひとつであろう。2000年のミレニアムサミットで日本政府は緒方貞子とアマルティア・センを共同議長とする人間の安全保障委員会(Commission on Human Security)を設置するなど、積極的な人間の安全保障外交を展開した。報告書では保護protectionと能力強化empowermentを打ち出したが²⁹⁾、このとき、日本は非軍事的な安全保障として人間の安全保障をとらえ、「欠乏からの自由」を重視した外交政策を選択した。他方で「保護する責任」を打ち出していたカナダは干渉と国家主権に関する国際委員会(International Commission on Intervention and State Sovereignty)にて介入の必要性を唱えた³⁰⁾。そしてPKO重視など「恐怖からの自由」を柱にした外交政策を展開し、バルカン半島での活動などに積極的に参加した。このような柔軟性と可鍛性のある概念(a flexible and malleable concept)であることが人間の安全保障概念にとって重要であり³¹⁾、だからこそ概念のローカリゼーションと政策への組み込みが可能になるのである。これは気候安全保障についても同様であると推測できる。

気候変動の分野では、90年7月に環境庁企画調整局に「地球環境部」が設置され、同年10月には「地球温暖化防止行動計画」が公布された。これによって、日本政府の気候変動対策が実行段階に入った。しかしながら、71年の環境庁設置と72年の国際課の設置から20年以上たった93年の環境基本法の成立まで、法制度上で環境政策が統合されることはなかった。それまでの環境外交は、とくに70年代のUNEP創設やその後の国連環境基金への積極的な拠出、IPCCや国連気候変動枠組条約(United Nations Framework Convention on Climate Change: UNFCCC)等の交渉に積極的に関与し成果を上げた。しかし、90年代初期まで日本の気候変動外交は、脆弱な制度基盤しか持たなかった。それでも、97年の第3回気候変動枠組条約締約国会議(Third Session of the Conference of the Parties: COP3)では、通産省と環境庁が内部で対立しながらも³²⁾、激しい交渉の末に京都議定書の採択に成功した。COP3は日本で開催された当時過去最大の国際会議であり、日本は国際的な気候変動の議論の進展に極めて重要な貢献を行った。

3) 00年代：有事法制と気候安全保障の試論

1998年8月の北朝鮮によるテポドン発射事件は、日本の軍事的安全保障に大きな脅威があることを国民に印象づけた。非軍事的な人間の安全保障を外交政策に採用した小渕内閣も「周辺事態法」(当時)を成立させ日米同盟を強化した。そして2003年には有事法制として「武力攻撃事態対処関連三法」が成立し、年末にはイラクへ自衛隊が派遣された。また政府は04年に防衛計画の大綱を改定した。この大綱で政府は、80年代の総合安全保障と同様に、日本自身の努力、日米同盟、国際社会との協力の三つのレベルで安全保障を追求することを目指した。日本政府はこの大綱に基づいて自衛隊の即応性や多機能性を高めた。05年の日米安全保障協議委員会で日米での役割分担等を協議し、国際社会との協力においてはODAの戦略的活用を表明した。ここで議論された枠組みは、基本的には今日も維持されている。この間に防衛庁は防衛省に昇格し、自衛隊の海外活動の位置付けが「付随的任務」から「本来任務」に変更されると、自衛隊の活動はさらに拡大し、ネパール、スーダン、ソマリア沖などへ部隊が派遣された。

この時期の日本政府は「我が国に対する本格的な侵略事態生起の可能性は低下」³³⁾としつつも、安全保障環境においては不確実性・不透明性が高いとして自衛隊の能力と活動における範囲を拡大させることを目指していた。

京都議定書は2005年に発効したが、この頃から気候変動が安全保障と関連して政治の場で論じられ

るようになってきた。英国ベケット外相の2005年7月のグレンイーグルズ・サミットでの演説と、2006年9月22日の国連総会での演説が国際社会での気候安全保障の議論が本格化した契機であったといえよう。

日本の環境省は気候安全保障の概念については迅速に対応した。気候安全保障についての議論が政策決定者レベルで本格的に始まったのは、2007年2月の環境省中央環境審議会地球環境部会の気候変動に関する国際戦略専門委員会の議論からだといえる³⁴⁾。委員会での議論でも指摘されているが、2006年10月のグレンイーグルズ対話（気候変動、クリーンエネルギー及び持続可能な開発に関する閣僚級対話）における英国ベケット外相の演説や、同年11月のCOP12におけるアナン国連事務総長やウガンダ代表、そして日本の若林環境大臣の演説で、次々と気候安全保障が指摘されたことによって、国内でもこの概念を政策レベルで用いる必要性が認識されるようになった。また、委員会で環境省側からは、米国もすでに検討を開始しているということで、温暖化交渉には消極的だったアメリカでさえもが議論し始めていることへの担当官の焦りが「検討を本当に急いでいただきたい」という発言に表れている³⁵⁾。これらの国際的背景があり、気候安全保障の可能性について3回にわたって議論が行われたのである。

その結果、2007年5月に報告書「気候安全保障(Climate Security)に関する報告」が作成された³⁶⁾。その論旨は、下記の通りである。

- ① 国連気候変動枠組み条約の交渉が進んでいない中で、気候安全保障というとらえ方が主要国や国連で広がっている。
- ② 加速する気候変動とそれへの科学的理解の進展がみられる。
- ③ 安全保障概念が拡大し、気候変動を脅威としてとらえられる。
- ④ 日本の総合安全保障の概念は、気候安全保障を包摂できる。
- ⑤ 地球公共財としての気候を守るための世界の一致協力した対応が必須。
- ⑥ 気候安全保障概念を用いることで、政策の優先度を上げ、途上国や主要排出国を巻き込んだ削減行動の義務化への圧力を高められる。
- ⑦ 政策としては、他国との連携、気候安全保障を中心にした人間の安全保障への貢献、現在の交渉の膠着状態を打開、途上国の「低炭素で成長する経済社会」への転換促進、脆弱な途上国への早めの適応策、などが求められる。
- ⑧ 総合安全保障の理念を、気候変動問題に臨む姿勢として用いる。

報告書は、上記のような観点から、気候安全保障という概念を国内・国際社会で位置づけ、効果的に用いることを提言している。しかしながら、報告書では、具体的な位置づけや、用い方については踏み込んでおらず、「地球公共財としての気候」という日本の洞爺湖サミットを見据えた外交上の位置づけ方を提唱しているのみである。その後の環境省内部では、記者会見や中央環境審議会地球環境部会などの議論で言及されることは何度かあったものの、米国の2007年の気候安全保障法、あるいは2009年の米エネルギー・安全保障法のような形を取った政策としては打ち出されなかった³⁷⁾。この時期の政策にみられる唯一の言及は、2009年7月に自民党が提出した「低炭素社会づくり推進基本法案」の前文において、わずかに「地球温暖化は、人類の存続の基盤を揺るがす安全保障の問題であり、その防止は人類共通の課題である。」という指摘のみである。

なぜ日本では気候安全保障論は政治の主題になりにくいのか。学術研究の立場から考えられる理由としては、欧米と日本における環境安全保障論への姿勢の違いである。環境安全保障論の文脈で、すでに1980年代から気候変動と安全保障は関連づけて議論されていた。欧米では、21世紀に入ってからでも、継続的に研究成果が発表されていた。しかし、日本国内においては環境安全保障論についての研究は、その概念設定に慎重な見解も多く³⁸⁾、研究全体があまり活発化していなかった。現在に至るも、気候変動と安全保障に関する国内の社会科学分野での学術研究は少ない。

4) 2010年代：国家安全保障戦略と攻めの地球温暖化外交戦略

2009年、自民党から民主党へ政権交代したにもかかわらず、日本で気候安全保障論は政治的には進展しなかった。鳩山由紀夫内閣は「2020年までに温室効果ガスを1990年比で25%減」を目標に掲げた。その達成を目指して環境省も2010年10月からロードマップづくりを担当する「低炭素社会推進室」を総務課内に、地球環境局に国際連携課を新設し、気候変動の国際交渉や国際協力の機能を統合した。だがそのときまでに鳩山内閣は米軍基地移設問題での公約反故や金銭スキャンダルなどで退陣していた。

後継者の菅直人総理の下で10年12月には初めての民主党政権による「防衛計画の大綱2010」が策定された。その特徴は、「基盤的防衛力」というそれまで長く維持されてきた日本の防衛力のあり方を「動的防衛力」に変更した点にあった。大綱では、その理由を「防衛力を単に保持することではなく、平素から情報収集・警戒監視・偵察活動を含む適時・適切な運用を行い、我が国の意思と高い防衛能力を明示しておくことが、我が国周辺の安定に寄与するとともに、抑止力の信頼性を高める重要な要素となってきた」と説明した³⁹⁾。

このような大きな変更には、ふたつの要素が影響した。ひとつは、当時のアメリカの「Quadrennial Defense Review: QDR (4年に1度の国防計画見直し)」における「地域的世界的な経済問題および安全保障問題における中国の存在感と影響力の高まりは、アジア太平洋さらには地球規模での戦略展開の見通しにおいて最も重要な側面のひとつである」という中国認識の変化だった⁴⁰⁾。もうひとつは、2010年9月に発生した尖閣諸島近くで中国漁船と海上保安庁の巡視船が衝突事件であった。これにより、中国との対立への危機感が高まった。

さらに、2011年3月には東日本大震災が発生した。未曾有の地震により、日本の原発は全て停止状態になった。加納によれば、大震災により原子力政策の大幅な見直しの必要性が明白となり、それと表裏一体となっていた日本の気候変動対策は取扱いが困難な課題となった。また、震災対策と原発事故対策のため気候変動政策への人的資源の割り当てが難しくなったため、気候変動交渉にも大きな影響があった⁴¹⁾。原子力発電が日本の一次エネルギー供給に占める割合は2010年で11.3%であり⁴²⁾、これを火力ではなく省エネや再生エネルギーで埋め合わせられるかは不透明だった⁴³⁾。結果的に、日本政府は2011年11月29日に日本は京都議定書の延長には不参加を決定した。米国と中国を巻き込む新たな体勢を模索しながら、日本は気候変動交渉における優位性を失ったと思われた。しかし当時の外交担当者のひとりの加納は同年12月にダーバンで開催されたCOP17は日本にとってはひとつの成功だったと書いている。というのも、カンクン合意が着実に実施されること、ダーバン・プラットフォームの特別作業部会において将来枠組みの設定に向けた道筋が議論されること、各国の切れ目ない排出削減の実施が合意されたからである⁴⁴⁾。

2012年、自民党は民主党から政権を奪還した。日米同盟と伝統的安全保障を重視する安倍晋三内閣は「積極的平和主義」を掲げ、2013年に日本で初めて「国家安全保障戦略」を策定した。この文書は「III 我が国を取り巻く安全保障環境と国家安全保障上の課題」の「(5)『人間の安全保障』に関する課題」において、気候変動その他の地球規模の問題が重要かつ緊急な課題となっており、「我が国としても、人間の安全保障の理念に立脚した施策等を推進する必要がある」と主張している⁴⁵⁾。さらに、「(6)リスクを抱えるグローバル経済」において、「食料や水についても、気候変動に伴う地球環境問題の深刻化もあり、世界的な需給の逼迫や一時的な供給問題発生リスクが存在する」とした⁴⁶⁾。

これらの問題に対応すべく、この戦略は積極的な施策として「ACE: Actions for Cool Earth (美しい星への行動) 攻めの地球温暖化外交戦略」を展開するとした⁴⁷⁾。当時この施策を所管した外務省によれば、「Cool Earth (美しい星)」への行動は、「イノベーション、アプリケーション、パートナーシップの三本柱におけるアクションをもって、『技術で世界に貢献していく、攻めの地球温暖化外交』を実行する」とされた⁴⁸⁾。

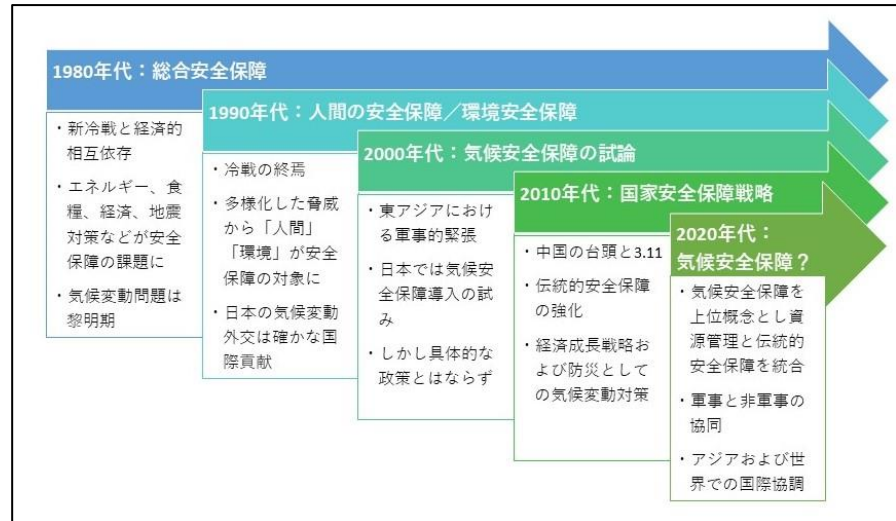
2015年には、ふたつの大きな影響力をもつ国際合意としてパリ協定とSDGsが成立した。双方ともが、均衡をとりながらも世界の根本的な変化と再編を目指していた。パリ協定は「安全保障」という用語は用いていない。だが第2条で次のように安全保障への脅威を認めている。「持続可能な開発及び貧困を撲滅するための努力の文脈において、気候変動の脅威に対する世界全体での対応を、次のことによるもの

を含め、強化することを目的とする」。日本は2016年11月8日に受諾した。

これらの政治的な動きは、2010年代の日本政府と安倍政権が日本の安全保障概念と安全保障政策をより伝統的なものに再調整しようとした試みだったと言える。しかしながら、政権末期に至るまで、安倍総理は総合安全保障のいくつかの視点を維持していた。国家安全保障会議は環境大臣を常任の議員とはしていない

が、環境省では2018年設置の気候変動適応推進会議に2019年11月から防衛省幹部を構成員として出席させる改正を行い、安全保障問題と環境問題との接続を試みている。

図(5)-4：日本の気候変動と安全保障政策の変遷



(3) 今日の日本政府による気候安全保障政策

1) 政策文書にみる気候変動への対応策と欧米諸国との比較

今日の日本政府の気候変動問題に対する政策の特徴は、温室効果ガスの削減を経済成長の契機として位置づけている点にある。2019年に策定された「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」では、パリ協定の目標である産業革命前からの世界平均気温上昇を1.5°C以下への抑制に貢献するために、最終到達点としての「脱炭素社会」を掲げ、2050年までに温室効果ガスの80%削減に取り組むことを明記した。その目標を実現させるために、ビジネス主導のイノベーションを通じた「環境と成長の好循環」の実現を謳っている。そこでは、水素、二酸化炭素回収貯蔵（Carbon dioxide Capture and Storage：CCS）と二酸化炭素回収利用（Carbon dioxide Capture and Utilization: CCU）、再生可能エネルギー、蓄電池、原子力などの脱炭素化のカギとなる分野を列挙し、経営資源を投資する方針が打ち出されている⁴⁹⁾。加えて、2020年9月に首相に就任した菅義偉は、10月の所信表明演説にて「我が国は、2050年までに、温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする、すなわち2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指す」と宣言した⁵⁰⁾。経済産業省は本戦略の実施に向け、「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」を策定した。ビジネス主導による「経済と環境の好循環」を実現のために、民間企業の挑戦を支援することを打ち出している。

外務省は気候変動問題を、一刻を争う国際社会の重要な課題として位置づけている。外務省は気候変動に関する国際的な枠組みをめぐる交渉の他、開発途上国支援に関する取組や二国間クレジット制度にも取り組んでいる。他方で気候変動問題とエネルギー問題は表裏一体の重要な課題と認識され、エネルギー外交も積極的に推進するという姿勢をとっている⁵¹⁾。

これらから分かることは、今日の日本政府は気候変動を安全保障問題ではなく経済問題として認識していることである。そして日本政府は脱炭素社会の実現のための施策を経済成長と結びつけ、そこへ国家資源を優先的に投資することを企図している。ここには、例えばニュージーランドが掲げたような、気候安全保障を通しての近隣諸国との協調やマルチ・レベル・ガバナンスといった地域秩序観は見られない。

他方で環境省は、最新版の白書にて「気候変動時代における私たちの役割」をテーマして掲げ、気候変動問題を主題として扱っている。白書によれば国内では豪雨、台風や猛暑、国外でも熱波やハリケーン、山火事および洪水など気象災害が多発しており、地球温暖化によって今後気象災害のリスクが更に高まると予測する。その上で、現在の気候変動問題は人類のみならず、すべての生物の生存基盤を揺る

がすという意味で単なる「気候変動」から「気候危機」へシフトしていると警鐘を鳴らす⁵²⁾。

このようなリスクに対して、環境省は防災を目的とした社会変革を図る政策を実施している。具体的には、災害廃棄物のマニュアル化や遊水地など生態系の持つ防災・減災機能の活用を図っている。また、IoTを利用した二酸化炭素排出状況の精緻な把握、脱炭素社会実現のために地方自治体や企業への支援を行っている⁵³⁾。国際的な政策に関しては、途上国支援や「アジア太平洋適応情報プラットフォーム(AP-PLAT)」といった取り組みがあげられている⁵⁴⁾。

一方、途上国支援を任務とする国際協力機構は、「気候変動対策分野ポジションペーパー」にてその方針を示している。ここで気候変動は「世界のあらゆる国々の安定と繁栄、人間の安全保障にとって脅威である」と明確に定義されている。その上で4つの重点課題として「低炭素、気候変動に対応する強靱な都市開発・インフラ投資推進」、「総合的な気候リスク管理の強化」、「途上国の気候変動政策・制度改善」、「森林・自然生態系の保管理強化」をあげている。ここでは低炭素を実現する発電所や交通システム、気象に関する早期予警報システム、災害復興支援、気候変動対策計画作成支援などが言及されている⁵⁵⁾。アメリカの政策と比較した場合、これらは人間の安全保障に基づくものではあるが、防災の範疇に収まるものであり、紛争予防あるいは平和構築までは射程に入っていない。

また他方で軍事的安全保障を中心的任務とする防衛省において、気候変動対策の扱いは大きくはない。自衛隊で消費する電力の調達について、再生可能エネルギーの利用に努めている程度である⁵⁶⁾。しかしながら、気候変動と関連付けられてはいないが、人命救助や応急復旧、生活支援などの災害派遣については、積極的に活動内容を提案するなどしている⁵⁷⁾。また、国際的には南アジア諸国やASEAN諸国を中心にHA/DRの協力関係の強化を図っている⁵⁸⁾。実際にオーストラリアでの森林火災では、国際緊急援助活動として2機のC-130Hを派遣している⁵⁹⁾。

このように日本の気候変動政策は多様ではあるが、「気候安全保障」という理念に基づくものではない。しかしながら、「気候安全保障」への関心も登場している。2020年に作成された「気候変動影響評価報告書(総説)」で「気候安全保障」について「気候安全保障は比較的新しい観点であり、研究・調査の数は限定的であるが、国際的な気候変動対策を講じる上でも非常に重要であり、知見の充実が求められる」と言及した点は特筆に値する⁶⁰⁾。また近年、小泉進次郎環境大臣は気候変動が国家安全保障上の脅威であり、このような認識はアメリカをはじめとして国際社会でのコンセンサスになっていると記者会見で繰り返し述べている⁶¹⁾。

今日の日本政府による気候変動への対策は、安全保障ではなく経済成長戦略として実施され、とりわけ緩和策では脱炭素社会の実現に向けたイノベーションへの投資が重視されている。外交においても、国際的な気候変動対策枠組みの交渉のみならず、エネルギー外交とのリンケージが確認できる。これに対して環境省は気候変動を主要テーマに据えた上で、二酸化炭素排出量の削減のみならず、防災を通じた適応策として気候変動へ対処している。途上国支援においても、平和構築や紛争予防、ガバナンスの正統性よりも、インフラ整備や防災という観点から実施されている。防衛省では気候変動への対策は決して重視されていないが、災害援助については自衛隊の役割が認められている。また、アジア地域においてHA/DRを通じた関係強化もなされている。総じて、日本の気候変動対策は「経済成長」と「防災」であり、安全保障という観点は弱い。しかし、最新の報告書では「気候安全保障」にも言及されている点は、気候安全保障を政策概念に位置づける流れができつつあると評価できる。

2) 政策提言

気候安全保障に関する各国の政府政策文書から得られたインプリケーションは以下のようにまとめられよう。

第一に、気候を遠因とする紛争への対応、紛争後の平和構築にも気候変動影響への対応が考慮されることが必要である。気候安全保障論の国際的な隆盛は既存の紛争抑止策だけでは不十分かつコストが高くなるという各国の認識を示している。したがって気候安全保障では抑止に代わって緩和策と適応策による紛争の予防と緩和が重要となる。

第二に、気候変動による様々な異常気象は、経済社会の不安定、紛争ヘシームレスに繋がると認識さ

れていることがわかった。政治的紛争と気候災害、それによる資源不足や経済低迷や難民などの問題は同時に起こっている可能性が高いため、対応が複雑化することが予想できる。

第三に、よって気候安全保障問題は水や食料、エネルギーの確保を目的とした従来の「資源管理」という枠内だけでは捉えきれず、さらに、軍事力に大きく依存する「伝統的安全保障」という枠内だけでも捉えきれない。したがって気候安全保障問題への適切な対応には軍事的組織と非軍事的組織の緊密な連携が不可欠である。そのためには、資源管理や伝統的安全保障の認識を気候安全保障の観点から統合しつつ、両方を専門とする組織間の調整機能を併せ持つ組織が必要となる。例えば国連や諸国家は気候変動の影響を緩和し、該当国はそれに適応しつつ、発災時には厳しい環境でも活動可能な組織である軍事組織は人道支援・災害救助へ対応する。国際機関やNGOなどがそれらの強みを活かした気候変動による経済社会問題に対応する。それでも影響が政治問題化して紛争が勃発した場合には国連憲章に沿って軍事組織が平和維持活動を展開し、前述の関係する諸主体が協働して紛争後の平和構築活動を展開することになる。

この点には日本の自衛隊についても、台風・豪雨に対する救援活動とPKOという観点から関与する可能性が見いだせる。しかし未だ他機関との連携では経験不足であり、制度上の課題もある。気候変動適応法に基づき2018年に閣議決定された「気候変動適応計画」には「基本戦略1 あらゆる関連政策に気候変動適応を組み込む」とあり⁶²⁾、安全保障政策と気候変動政策の接合は政策的には妨げられていない。しかしながら日本は、気候変動が世界でもたらす諸問題とその悪化を監視し、識別し、対応策を統合的な政策として立案する組織をまだもたないのである。

第四に、気候変動による災害を減らす適応政策の実現のためには、統治能力の向上が重要であることも確認された。そのためにはガバナンスの向上に寄与する国内政策と対外支援が求められる。これもまた「気候変動適応計画」の「基本戦略4 地域での適応の推進」と「基本戦略6 開発途上国の適応能力の向上に貢献する」と関連するため⁶³⁾、それらを目的とした政策の強力な推進が急がれる状況にある。

第五に、総合安全保障が安全保障の非軍事的な側面を認識し、大規模地震を脅威としたことに鑑みれば、人為的な環境問題としての気候変動はなおさら、安全保障上の脅威として位置づけやすいはずである。というのは、前述のように80年代の総合安全保障論は、政府の安全保障のための努力を①脅威に対処する自助努力、②理念や利益を同じくする国々と連帯して安全を守り、国際環境を部分的に好ましいものにする努力、③脅威そのものをなくすための、国際環境を全体的に好ましいものにする努力、の3つに分けた。このアイデアは2013年の国家安全保障戦略にまで引き継がれているからである⁶⁴⁾。さらに気候安全保障が人間の安全保障と同様に多様性および包括性をもつことは理論研究および各国の政策を分析すれば看取できる。

しかし、今日の日本においては気候変動を安全保障として捉える観点は希薄と言わざるを得ない。例えば、現在の「国家安全保障戦略」を見ると、安全保障上の課題としての気候変動は、III-1-(5)「人間の安全保障」の中で、格差や感染症とならび「気候変動その他の環境問題」としか認識されていない。また、戦略的アプローチとしてはIV-5-(5)「エネルギー・環境問題への対応」の中で「気候変動分野に関しては、攻めの地球温暖化外交戦略を展開する」と曖昧な表現で言及されるのみである。

欧米では気候安全保障が海洋やエネルギーや食糧の安全保障の上位概念として政策に統合することを目指し議論されている。それを反映して日本でも中核となる国家戦略のひとつとして位置づけた方が欧米との政策上の共通性が向上し、連携可能性も高まるのではないか。具体的には、「国家安全保障戦略」IV-1-(4)では「海洋安全保障の確保」を掲げているが、少なくとも「気候安全保障」も同程度、もしくはそれ以上のレベルにて掲げるべき戦略ではないか。また、気候安全保障問題を統合的に扱う組織をつくるためには、国家安全保障会議に問題の根源と対応策を知悉する環境省が参加するべきではないだろうか。

第六に、気候変動の影響は国境を越え、その対応には国際的な協調が不可欠であり、安全保障の側面への積極的な関与、新しい国際秩序形成に寄与しうる。そこで日本政府が主導的役割を果たすことができれば、世界レベルでの信頼醸成につながる。しかし、現在の気候変動政策には、上記の努力①と③は強く前面に出ているが、日中・日韓関係の冷え込みも影響して②の努力にあたる東アジア地域での努力

が弱い。その解決のためには、日本のみならず東アジアの気候変動に起因する安全保障に向かうリスクを俯瞰し対応できる組織や機関の共同での設立か緊密な連携が必要になる。現在でも日本政府はアジア太平洋気候変動適応情報プラットフォーム（AP-PLAT）を立ち上げ、適応に関する基盤的施策「情報の収集、整理、分析及び提供を行う体制の確保」を謳っている⁶⁵。その積極的な強化はこの問題の解決に大きく貢献するであろう。

日本の安全保障政策は日米安保を基調としながらも、80年代の総合安全保障や90年代の人間の安全保障と言った非軍事的安全保障政策があった。気候安全保障を国際的な動きに遅れず、環境省内で論じたことには重要な意義がある。この潮流が今後、人間の安全保障に次いで、気候安全保障を日本の新しい総合安全保障に接ぎ木できる可能性はあるのではないだろうか。

このように、気候安全保障に関しては、8年前に策定された日本の国家安全保障戦略はもはや更新されるべきである。近年は気候安全保障への関心が全世界的に高まっているにも関わらず、2018年12月の「現時点での評価」にも気候変動も人間の安全保障も記述がない。国家安全保障戦略は10年後に行われる見直しも近づいており、ここで気候安全保障を国家戦略の中に位置づけなければ、主要国の趨勢に取り残されることが危惧される。日本独自の非軍事的安全保障政策に気候安全保障の概念を導入することは、政策的に人間の安全保障を政策に取り込んだ経験を活かせるだけでなく、日本国民の安全、国土の保全を図ることができる。さらには近隣諸国との信頼醸成へとつながり、地域の安定へも貢献できる。また世界的には、日本国憲法前文にも謳われる「日本国民は、国家の名誉にかけ、全力をあげてこの崇高な理想と目的を達成すること」にも近づくのではないだろうか。

5. 研究目標の達成状況

上述の通り、世界の気候変動と安全保障についての議論や動向を総括し、日本の気候変動政策について、日本の安全保障政策との関連で検討したことで、当初設定した研究目標は達成できた。さらに気候安全保障の政策オプションを提示するところまでは十分に至った。本成果を英文論文として国際的に発信するため、現在英字学術誌に投稿中である。

6. 引用文献

- 1) Sharifi, A., Simangan, D., & Kaneko, S. (2020) “Three decades of research on climate change and peace: a bibliometrics analysis”. *Sustainability Science*
- 2) Gartzke, Erik. (2012) “Could climate change precipitate peace?”. *Journal of Peace Research* 49(1).
- 3) Gleditsch, N, P. (2012) “Whither the weather? Climate change and conflict” *Journal of Peace Research* 49(1).
- 4) Hayes, J., & Knox-Hayes, J. (2014) “Security in Climate Change Discourse: Analyzing the Divergence between US and EU Approaches to Policy”. *Global Environmental Politics* 14(2).
- 5) Ferguson, P. (2019) “Discourses of Resilience in the Climate Security Debate”. *Global Environmental Politics* 19(2).
- 6) Conger, J., Fetzek, S., & Fleishman, R. (2019) *Climate Change Lessons from the US Military: What Japanese Industry Can Learn from Another Global Enterprise*. The Center for the Climate and Security; Fetzek, S., Fleishman, R., & Conger, J. (2019) *Japanese Industry in an Unstable Climate: Reducing Exposure to the Security Implications of Climate Change*. The Center for the Climate and Security.
- 7) Brown, O., More, L. A., & Raasteen, J. (2020) *Europe and Climate Security: Is Europe delivering on its rhetoric?* The Climate Security Expert Network.
- 8) Schaik, L, v., Lossow, Tobias, v., Yassin, Maha., & Schrijver, A. (2020) *Fears for militarisation of climate change: Should we be concerned?* The Planetary Security Initiative.
- 9) Department of Defense (2015) *National Security Implications of Climate-related Risks and a Changing climate*.
- 10) Department of Defense (2019) *Report on Effects of a Changing Climate to the Department of Defense*.

- 11) Ministry of Defence, United Kingdom (2014) *Strategic Trends Programme Global Strategic Trends - Out to 2045*. pp.31-39.
- 12) Ministry of Defence, United Kingdom (2018) *Global Strategic Trends: The future starts today*. p.34
- 13) United States Agency for International Development (2015) *Climate Change and Conflict*. p.12.
- 14) United States Agency for International Development (2019) *Policy Summary: The Nexus of Fragility and Climate Risks*. pp.7-8.
- 15) Ministry of Defence, New Zealand (2018) *The Climate Crisis: Defence Readiness and Responsibilities*. p.3
- 16) Ibid, p.8.
- 17) 中西寛 (1998) 「日本の安全保障経験—国民生存圏から総合安全保障へ」『国際政治』第117号、152頁。
- 18) 総合安全保障研究グループ (1980) 『総合安全保障戦略—大平総理の政策研究会報告書5』大蔵省印刷局、7頁。
- 19) 環境庁「地球温暖化問題研究会」編 (1990) 『地球温暖化を防ぐ』NHKブックス599、182頁。
- 20) WMO/UNEP Intergovernmental Panel on Climate Change. (1988). *Report of the First Session of the WMO/UNEP Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*. ANNEX III, p. 4.
- 21) 防衛庁 (1976) 『防衛白書』第2章第2節。
- 22) 防衛庁 (1994) 『防衛白書』第2章第4節。
- 23) 参議院外交・総合安全保障に関する調査会 (1992) 「90年代の日本の役割—環境と安全保障のあり方」参議院第一特別調査室。
- 24) United Nations Development Programme (1994) *Human development report 1994*. Oxford University Press, p.22.
- 25) Ibid, p.23-24
- 26) The World Commission on Environment and Development. (1987). *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*. III-1.
- 27) Dalby, S. (1992) “Security, modernity, ecology: The dilemmas of post-Cold War security discourse”. *Alternatives: Global, Local, Political*, 17(1), pp.95-134; Homer-Dixon, T. F. (1994) “Environmental scarcities and violent conflict: Evidence from cases”. *International Security*, 19(1), pp.5-40; Homer-Dixon, T. F. (1999) *Environment, scarcity, and violence*. Princeton University Press; Dabelko, G., & Simmons, G. (1997) “Environment and Security: Core Ideas and US Government Initiatives”, *SAIS Review*, 17(1), pp.127-146.
- 28) 栗栖薫子 (2011) 「現段階の「人間の安全保障」」『国際問題』603号、7頁。
- 29) Commission on Human Security. (2003). *Human security now*. Communications Development Incorporated. pp. 10-12.
- 30) International Commission on Intervention and State Sovereignty (2001) *The responsibility to protect: Report of the International Commission on Intervention and State Sovereignty*. International Development Research Centre.
- 31) Huliaras, A., & Tzifakis, N. (2007) “Contextual approaches to human security: Canada and Japan in the Balkans”. *International Journal*, 62(3), p.575.
- 32) 竹内敬二 (1998) 『地球温暖化の政治学』朝日選書604、151-173頁。
- 33) 安全保障会議 (2004) 「防衛計画の大綱2004」。
- 34) 環境省 (2007) 「中央環境審議会地球環境部会第15回気候変動に関する国際戦略専門委員会議事録」。
- 35) 同上。
- 36) 中央環境審議会地球環境部会気候変動に関する国際戦略専門委員会 (2007) 「気候安全保障 (Climate Security)に関する報告」環境省。
- 37) Hasui, Seiichiro (2011) “Climate Security and its implications for integrating paradigms of development

- and security”. in Susumu Iai, Sawa Takamitsu, Seiji Ikkatai eds. *Achieving Global Sustainability: Policy Recommendations*. United Nations University Press, pp.293-294.
- 38) 山田高敏（1999）「環境安全保障と国際統治」竹田いさみ・納家政嗣編『新安全保障論の構図』勁草書房、落合浩太郎（2001年）「環境安全保障—拡散する概念」赤根谷達雄・落合浩太郎編『新しい安全保障論の視座—人間・環境・経済・情報』亜紀書房；太田宏（2002）「環境問題をめぐる危機管理と予防」木村汎編『国際危機学—危機管理と予防外交』世界思想社。
- 39) 安全保障会議（2010）「防衛計画の大綱2010」6頁。
- 40) Department of Defense (2010) *Quadrennial Defense Review Report*. p.60.
- 41) 加納雄大（2013）『環境外交—気候変動交渉とグローバル・ガバナンス』信山社、68-69頁。
- 42) 資源エネルギー庁（2012）『平成23年度エネルギーに関する年次報告（エネルギー白書2012）』。
- 43) 加納、前掲、69頁。
- 44) 加納、前掲、89頁。
- 45) 国家安全保障会議（2013）「国家安全保障戦略」、9頁。
- 46) 同上、9頁。
- 47) 同上、30頁。
- 48) 外務省・経済産業省・環境省（2013）「ACE: Actions for Cool Earth（美しい星への行動）（攻めの地球温暖化外交戦略）」。
- 49) 日本政府（2019）『パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略』、5-6頁。
- 50) 首相官邸「第二十三回国会における菅内閣総理大臣所信表明演説」
- 51) 外務省「気候変動」<https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/kankyo/kiko/index.html>
- 52) 環境省（2020）『環境・循環型社会・生物多様性白書』6-8、18-20頁。
- 53) 同上、37-46頁。
- 54) 同上、162頁。
- 55) 国際協力機構（2016）「気候変動対策 分野ポジションペーパー」、1頁。
- 56) 防衛省（2020）『防衛白書』、462頁。
- 57) 同上、282-290頁。
- 58) 同上、349-358, 372, 374-376頁。
- 59) 同上、401頁。
- 60) 環境省（2020）『気候変動影響評価報告書総説』、70頁。
- 61) 環境省「大臣記者会見要旨」2020年6月12日、2021年2月2日。
- 62) 環境省（2018）『気候変動適応計画』、7頁。
- 63) 同上、10-11頁。
- 64) 国家安全保障会議、前掲、5頁。
- 65) 環境省、前掲（2018）、9頁。

II-6 国際制度における気候変動リスク対処方策に関する研究

国立大学法人 東京大学 未来ビジョン研究センター 教授 高村ゆかり

【要旨】

国連気候変動枠組条約・パリ協定は、途上国の気候変動リスクに対応するためのワルシャワ国際メカニズムを設置している。優先すべき気候変動リスクや課題を設定するものの、具体的なリスク対応方策の実施は権限を有する他の国際機関などが担う。気候変動リスク対処の国際制度は多元化し、国連気候変動枠組条約・パリ協定は、関係する国際制度・機関を動員し、連携するプラットフォーム、指揮者（Orchestrator）としての役割を果たし、気候変動リスクの国際的ガバナンスは「多元的Orchestration」とでも呼びうる現象が生じている。

国連の主要機関も気候変動リスクをその活動に組み入れつつある。国際の平和と安全の維持を任務とする国連安全保障理事会は、2017年以降、具体的な紛争事案に関する決議において、紛争を生じさせる/紛争リスクを増幅させる一要因として気候変動に言及しており、気候変動が伝統的な安全保障の枠組に統合されている（気候変動の安全保障化）。国連人権理事会においても、従来の人権保障の枠組への統合（気候変動の人権化）も進む。日本では、海面上昇による領域や排他的経済水域の損失を含め、伝統的な安全保障の観点や人権保障の観点からの気候変動リスクの検討や関連政策への統合が十分になされていない。

企業・金融の気候変動リスクについては、従来気候変動の国際制度とは異なる国際制度（例えば、G20-TCFD）の下でルール形成を含む対処が急速に進む。気候変動リスク情報開示については、TCFDが基盤となっているものの、非国家主体（事業者）によるフォーラムも交えて「基準化をめぐる国際制度間の競争」が生じている。この分野の国際制度の動態と国際制度間の相互関係を解明し、効果的な気候変動リスクに資する国際ガバナンスのあり方をさらに検討することは、日本企業の気候変動リスク対応にとっても重要性が高い。

1. 研究開発目的

サブテーマ6は、気候変動リスクの抑制と最小化という観点から、パリ協定と他の関連する国際制度とその実効性について検討するものである。その中で、国際的に重点的な対処が必要と認められる気候変動リスク、特に今後日本にとって重要となる可能性が高い気候変動リスクを同定した上で、パリ協定をはじめ関連する国際制度を活用して気候変動リスクを抑制し、最小化する国際的なガバナンスのあり方を検討する。

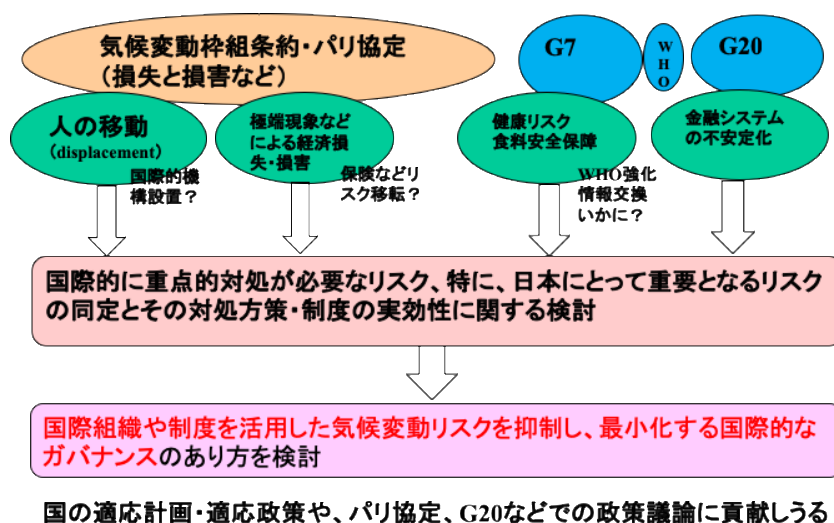
2. 研究目標

パリ協定やG7、G20など複数の国際組織や制度を活用した、気候変動リスクを抑制し最小化する国際ガバナンスのあり方の選択肢とその特徴を整理し、その成果を国内外に向けて発信する。

3. 研究開発方法

サブテーマ6は、気候変動リスクの抑制と最小化という観点から、パリ協定の損失と損害の規定等を中心に現行の制度と、他の関連する国際制度とその実効性について検討するものである。この検討を通じて、国際的に重点的な対処が必要と認められる気候変動リスク、特に今後日本にとって重要となる可能性が高い気候変動リスクを同定した。これらの気候変動リスクへの対処が国際制度によっていかになされているかを実証的に分析し、その結果をふまえて、パリ協定をはじめ関連する国際制度を活用して気候変動リスクを抑制し、最小化する国際的なガバナンスのあり方を検討した(図(6)-1)。

図(6)-1 サブテーマ6の研究開発目的と研究開発方法



4. 結果及び考察

(1) 現行の気候レジームの下での気候変動リスクの抑制と最小化をめざす制度

1) 損失と損害のためのワルシャワ国際メカニズムの下での気候変動リスクに対処する制度

気候変動枠組条約は、各締約国が自ら気候変動リスクに対処することを前提に、途上国がリスクに対処するのを支援する先進国の一般的義務を定めるにとどまる（4条1 (b)、4条4など）。2013年に開催されたCOP19の決定で、適応策推進の一環として、途上国における気候変動リスクへの対処を目的とした「損失と損害のためのワルシャワ国際メカニズム (Warsaw International Mechanism for Loss and Damage associated with Climate Change Impacts)」(ワルシャワ国際メカニズム)が設置された。ワルシャワ国際メカニズムには執行委員会が設置され、執行委員会はCOPの指導の下で、かつCOPに対して説明責任を負って機能する。暫定的に、執行委員会は、条約の5つの機関(適応委員会、LDC専門家グループ、資金の常設委員会、技術執行委員会、非附属書I国の国別報告書の専門家諮問グループ)からのそれぞれ2人の代表からなる。①包括的なリスク管理への理解と知見の強化、②関係機関との対話、連携、相乗効果の促進、③資金、技術、能力開発などの支援と行動の強化をその任務とする。損失と損害についての「補償」はその検討事項には含まれていない。

パリ協定は、適応能力の促進、レジリアンスの強化、気候変動への脆弱性の低減を適応に関する世界目標(7条1)と定め、締約国による適応計画プロセスと適応行動の実施を促しつつ(9項)、適応行動強化に協力する締約国の責務(7項)も定める。その上で、ワルシャワ国際メカニズムをパリ協定の締約国会議のガイダンスの下に置く(8条2項)。ワルシャワ国際メカニズムを含め、理解、行動及び支援を促進する締約国の責務(3項)と協定内外の他の機関や専門家とのワルシャワ国際メカニズムの協働義務(4項)を定める。

2016年のCOP22で合意された作業計画(2017-2021年)では、協力・対策促進を強化する5つの戦略的柱として、①緩やかに進行する現象 (slow onset events; SOEs)(砂漠化、氷河の後退、生物多様性の損失、海洋酸性化、気温上昇、海面上昇など)、②非経済的損失 (non economic losses)(人の生命、健康、人の移動、領域、文化遺産、固有の知識、社会・文化のアイデンティティ、生物多様性、生態系サービスなど)、③包括的なリスク管理のアプローチ (Comprehensive Risk Management; CRM)(リスクの評価、削減、移転を含む)(緊急事態への準備(早期警報を含む)、復旧・回復を促進する措置、社会保護の手法 (social safety netsを含む)などによる)、④人の移動、⑤行動と支援を定めている。すべての柱に専門家グループが、加えて、③の下に、保険などリスク移転に関するフィジークリアリングハウスが設置されている。

①②④の戦略的柱は、気候レジームの下で合意された当面の重点的な気候変動リスク、③はリスクへ

の重点的な対処方策ということが出来る。しかし、実際の取り組み状況は、後述する④の人の移動を除くと具体的な取り組みは見られない。③CRMの専門家グループは、(i) CRMに関する知見と理解の促進、(ii) 損失と損害の文脈における観測とリスク評価のための能力構築、(iii) 利用者に使いやすいCRMのツールに関するガイダンスの開発と普及を行うこととしている。(i)では、CRMの事例収集 <https://unfccc.int/documents/200759> を行い、(ii)では、2019年10月に能力構築のワークショップ開催している。フィジークリアリングハウスも散発的な情報交換の場にとどまり、CRMの具体的な実施は、気候レジームの外での取り組みが先行する。例えば、2017年のG20を契機に設置された、政府、国際機関、市民団体、保険会社など民間企業からなるThe InsuResilience Global Partnership for Climate and Disaster Risk Finance and Insurance Solutionsが気候変動リスク対処のための保険の利用の促進などを進めている。

上記の5つの戦略的柱に加えて、沿岸地域の損失と損害の回避・低減、回復についての専門家会合を気候変動枠組条約の技術執行委員会とともに開催し、このリスク対処の課題と課題克服の条件を検討している。データ不足、能力不足、One-size fits all approachの限界、資金不足などが課題として確認され、ビジネスや民間を含む、多様なステークホルダーとのパートナーシップ、地域社会の関与、先住民の、現地の解決方法を考慮、アプローチの費用対効果の情報、気候技術とその他の技術（デジタル技術）の結合などが課題克服の条件として確認された。

2019年12月に開催されたCOP25において、①～⑤の専門家グループに各専門家グループに「テクニカルガイド」の作成を要請された。ガイドには、少なくとも、リスク評価、損失と損害を回避・最少化するアプローチ、このアプローチを支援する資源、アプローチの実効性を評価するモニタリングシステムの記載を盛りこむこととなっている。また、関係機関との連携を進めることも要請され、国の担当機関を支援する資料の作成・普及、研究の促進、成功例の普及促進、資金の動員（資金に関する常設委員会、緑の気候基金（GCF）などとの連携）などを行うとともに、技術的支援を行う機関のネットワークとして、サンチアゴネットワークが設置された（2/CMA.2）。ワルシャワ国際メカニズムのガバナンスについては、COP26（2021年）で継続審議する。ワルシャワ国際メカニズムの活動については、2024年に再検討し、その後5年ごとに再検討することも合意された。

2) 気候変動リスクの多元的国際ガバナンス：「人の移動」の例

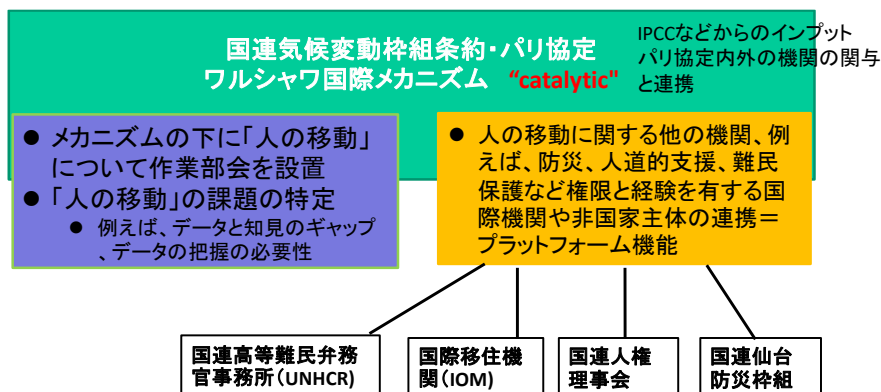
ワルシャワ国際メカニズムの下で最も検討作業が進む④の人の移動は、特別作業部会を設置し、国連難民高等弁務官事務所（UNHCR）、国際移住機関（IOM）、国際労働機関（ILO）などの政府間組織、非政府間組織との連携が進む。「人の移動」に関するデータの把握が進展することで、人の移動についての実態の理解も進んだ。世界で年平均約1400万人が移動、アジア・太平洋地域で全体の3分の2を占める。世界の移動者数の約4分の3（＝約1000万人）が洪水に起因しており、早期警報システムをはじめ、防災・減災とのリンケージの重要性も明らかになった。

特別作業部会が2018年に公表した報告書では、①データ、知見のギャップが、人の移動の問題の規模と重大性への認識形成と対策進捗を阻害していること、②ワルシャワ国際メカニズムの活動と人の移動に関する他の機関の活動との連携と統合的アプローチが必要であること、③国際的な人権保護義務と合致するよう取り組みを進めること、そのために、④気候変動に影響を被るおそれのある人と地域社会との広範な協議が重要であることなどを指摘している。①については、災害による人の移動を体系的に勘定する方法の確立。人の移動のリアルタイムデータ、時系列のデータが、復興計画や移動の防止、リスク低減の措置に必要であり、移動のデータとリスク評価に関する各国の主導性と資源の動員が必要としている。②の人の移動に関する他の機関との連携と統合的アプローチについては、防災、人道的支援、難民保護など権限と経験を有する国際機関や非国家主体の連携が鍵で、国連高等難民弁務官事務所（UNHCR）、国際移住機関（IOM）、国連人権理事会、仙台防災枠組等との連携が具体的な対策の進捗を支えるとしている。

前述のように、世界の人の移動の大半がアジア・太平洋地域で生じていることをふまえ、日本、アジア地域の人の移動に関する研究とリスク評価を進める必要がある。日本における人の国内外での移動は相対的に少ないかもしれないが、日本の（特にアジア地域における）対外支援策のあり方を検討する必

要がある(図(6)-2)。

図(6)-2 気候変動リスク対処の多元的国際ガバナンス：「人の移動」の例



3) 気候変動リスクの多元的国際ガバナンス：小括

気候変動（とそのリスク）は、あらゆる局面に関わり、国際制度がすでに存在する場合も多い。他方、ワルシャワ国際メカニズムを軸とした現行の気候変動レジームがあらゆる気候変動リスクへの対処を実施するには能力（人材、財源など）の点で限界・制約がある。それゆえ、能力や仕組みを有する関連する国際制度との連携は必須であり、関連国際制度との連携により気候変動リスクへの対処を促進し、実効性を高める統合的アプローチがとられている。現行の気候変動レジームは、あらゆる気候変動リスクを検討の対象としつつ、多様なリスクの中から重点リスクを同定にし、リスク対処の課題を明確化する、アジェンダ（優先課題）の設定、共通認識の醸成、連携の促進といった「catalytic」なプラットフォームとしての機能を果たす。

気候変動リスクは多様であり、それゆえ、リスクごとに関係する国際制度も、国際ガバナンス構造も異なりうる。前述の人の移動に対比して、保険などのリスク移転は重点課題の一つだが、専門的知見を含むリソースの欠如などを理由に、現行の気候変動レジームでは対策は進んでおらず、レジーム外部の国際制度、リソースと連携する必要がある。例えば、民間保険会社も参加する InsuResilience Global Partnership との連携して、保険の手法の検討や拡大普及がなされている。

このように、気候変動枠組条約・パリ協定という現行のレジームは、あらゆる気候変動リスクを検討の対象としつつ、多様なリスクの中から重点リスクを同定にし、リスク対処の課題を明確化するプラットフォームとなり、気候変動リスクごとに関係する国際制度が異なる「多元的な国際制度のOrchestration」(Abbott, Genschel, Snidal, 2015)とでも呼びうる形で気候変動リスク対処の国際的ガバナンスが構築されつつある。人の移動への対処を例にとった国際的ガバナンスの態様のイメージは図(6)-2を参照いただきたい。また、人の移動が紛争発生の要因の一つとなり得るように、気候変動リスクが相互に関連し、その結果、国際制度間も相互に作用しあう。したがって、国際的に重点リスクと同定されたリスク、日本にとって重要なリスクについて、それぞれのリスクに対処する多元的な国際的ガバナンスの実態と課題について、相互の関係性を含めてさらに検討することが必要である。

（2）現行の気候変動レジーム以外の国際制度における気候変動リスクへの対処

気候変動リスクは多様であるため、関係しうる国際制度も多岐にわたる。サブテーマ6では国連の主要機関、専門機関、国連外の国際制度を幅広く対象とし、気候変動リスクを討議し、対処する国際制度の取り組みについて検討を行った。

国連の主要機関の中では、従来、その任務と権限から、経済社会理事会が気候変動リスクを取り扱ってきたが、伝統的には気候変動リスクとは直接の関係性は小さいと考えられてきた安全保障理事会、国連人権理事会において気候変動リスクへの対処が進んでいる。国連の主要機関以外の国連機関でも、前

述の人の移動で見られるように、国連難民高等弁務官事務所（UNHCR）や国連国際防災戦略事務局（UNISDR）、国際移住機関（IOM）なども関連する取り組みを行っている。国連の専門機関では伝統的に世界気象機関（WMO）が気候変動リスク関連の情報の提供、国家間の協力・連携を進めてきたが、例えば、健康や公衆衛生に関わる気候変動リスクについては世界保健機関（WHO）が検討し、また、世界銀行が気候変動リスクを考慮して途上国支援を行うといったように、気候変動リスクがその権限と活動に組み込まれ始めている。

ここでは、主として、国連の主要機関である安全保障理事会と国連人権理事会における気候変動リスクへの対処についてとりあげる。

A) 国連安全保障理事会における気候変動リスクへの対処

米国バイデン大統領は、就任1週間後に署名した大統領令において、「気候変動は米国の外交政策と国家の安全保障の不可欠の要素である」とした。米国では、2007年頃から、気候変動が伝統的な意味での国家安全保障に影響を及ぼすとの見解が示されており、2010年の米国統合戦略軍の報告書は、世界の安全保障を脅かす10のトレンドの一つに「気候変動と自然災害」をあげる。破滅的な気象災害が米国内で生じる場合、とりわけ、国家経済が脆弱な時や、軍基地や主要な民間インフラが広範に影響を受ける場合には、米国の安全保障への影響は相当なものになり得るとする。トランプ政権下の2019年にも国防省は報告書を公表し、洪水や干ばつ、森林火災や凍土の融解などによって国防能力に決定的に重要な軍事施設のうち3分の2以上の施設を脅かすとする。

国連安全保障理事会においても、英国が議長国を務めた2007年にエネルギー、気候変動、安全保障に関する審議を行い、2011年には、議長国ドイツ主導で気候変動と安全保障に関する審議を行った。2017年4月、チャド湖周辺地域に関する安全保障理事会決議2349 (2017) において、紛争地域の安定に及ぼしている気候変動や生態系の変化の悪影響を認めた上で、政府と国連による適当なリスク評価と、こうした要因へのリスク管理戦略の必要性を強調した（チャド湖周辺地域に関する安全保障理事会決議2349 (2017) S/RES/2349 (2017)）。この決議以降、安全保障理事会は、ソマリア、西アフリカ、マリ、スーダン（ダルフール）といった具体的な紛争事案に関する決議において気候変動影響に関して言及する決議を採択している。2018年1月30日の西アフリカにおける平和構築に関する安全保障理事会議長声明（S/PRST/2018/3）は、西アフリカ・サヘル地域の安定性に関する要因の中でも特に気候変動と生態系の変化の影響を認識し、気候変動の悪影響は、武力紛争や貧困などとともに、この地域の人道的状況全体に対する懸念を特徴付けるものとしている。2018年3月27日のソマリアに関する安全保障理事会決議2408 (2018) (S/RES/2408 (2018)) では、ソマリアの安定性に影響を及ぼす要因の中でも特に気候変動、生態系の変化、自然災害の影響を認識し、これらの要因に関する政府及び国連による十分なリスク評価及びリスク管理戦略の必要性を強調している。2018年6月29日のマリに関する安全保障理事会決議2423 (2018) (S/RES/2423 (2018)) は、前述のソマリアに関する安全保障理事会決議2408 (2018)同様、マリの安定性に関する要因の中でも特に気候変動、生態系の変化、自然災害の影響を認識した上で、マリにおけるマリ政府及び国連の活動において、適当な場合には、特に気候変動、生態系の変化及び自然災害の悪影響が有する安全保障上の影響を考慮する重要性に留意するとしている。2018年7月13日のスーダン（ダルフール）に関する安全保障理事会決議2429 (2018) (S/RES/2429 (2018)) もダルフールにおける状況の安定性に関する要因の中でも特に気候変動、生態系の変化、自然災害の影響を認識した上で、ダルフールにおけるスーダン政府及び国連のプログラムにおいて、これらの要因に関する政府及び国連によるリスク評価及びリスク管理戦略を実施することを含め、特に気候変動、他の生態系の変化及び自然災害の悪影響をスーダン政府と国連が考慮すること、並びに適当な場合には義務づけられている報告においてかかるリスク評価の情報を示すことを国連事務総長に求めている。この後も、上記の地域、そしてコンゴ民主共和国、キプロスなどに関する決議でも前述の決議の趣旨を反映している。

このように、特定の紛争に関する安全保障理事会決議で、地域の安定に対する気候変動の影響が言及され、国連と紛争発生国において気候変動の影響について考慮が要請されている。2018年11月、サヘル地域に焦点を置いた、気候変動と平和構築の課題の相互関連について経済社会理事会と平和構築委員会

(Peace Building Commission) の合同会合が開催された。

2019年1月2日付けの当時の議長国ドミニカ共和国から国連事務総長への書簡では、気候変動は、紛争の発生頻度、強度、長期化のリスクを増幅するもの（“risk multipliers”）であり、「国際の平和と安全」への脅威であるとして伝統的な安全保障（国際の平和と安全の維持）という枠組に位置づけられるようになった。そして、国連の人道支援、食糧支援や難民支援、平和構築活動や紛争発生国による対応などに、“risk multiplier”である気候変動要因への対処を織り込むようになっている（気候変動の安全保障化）。

B) 国連人権理事会における気候変動リスクへの対処

近年気候レジーム外の国際制度において気候変動リスクへの対処が進む一例が、2006年国連総会決議により設置された国連人権理事会である。2008年の人権理事会決議7/23は、気候変動が「世界中の人々及び共同体に、差し迫った、広範に及ぶ脅威をあたえている」ことの懸念を表明し、国連人権高等弁務官事務所に対して、気候変動と人権の関係性についての研究を行うことを要請した。この2008年の人権理事会決議以降、国連人権理事会は気候変動と人権に関わる決議を積み重ねてきた（図表(6)-3）。2009年人権理事会10/4において、気候変動の影響が、人権の効果的な享受に対して影響を及ぼすことを確認し、2015年以降は、健康に対する権利、子どもの権利、移民の人権、ジェンダー対応アプローチ、障害者の権利、高齢者の権利とそれぞれ関係のある諸権利についての研究やパネルディスカッションを国連人権高等弁務官事務所に要請してきた。

図表(6)-3 国連人権理事会における気候変動と人権に関する決議

人権理事会決議	決議のポイント
2008年人権理事会決議7/23	<ul style="list-style-type: none"> ・気候変動が「世界中の人々及び共同体に差し迫った、広範に及ぶ脅威をあたえている」ことの懸念を表明 ・国連人権高等弁務官事務所に対して、気候変動と人権の関係性についての研究を行うことを要請
2009年人権理事会決議10/4	<ul style="list-style-type: none"> ・「気候変動関連の影響は、人権の効果的な享受に対して、直接または間接の一連の影響を及ぼす」
2011年人権理事会決議18/22	<ul style="list-style-type: none"> ・人権の義務、基準及び原則は、気候変動分野における国際的及び国内の政策決定を方向付け、強化する可能性を有していることを確認
2014年人権理事会決議26/27	<ul style="list-style-type: none"> ・開発に対する権利を含む人権の享受に対する気候変動の悪影響に対処するため、すべての国が国際的対話と国際協力を促進する必要性を強調
2015年人権理事会決議29/15 (人権と気候変動)	<ul style="list-style-type: none"> ・気候変動の影響と健康に対する権利に関する詳細な研究を要請
2016年人権理事会決議32/33 (人権と気候変動)	<ul style="list-style-type: none"> ・気候変動の影響と子どもの権利に関するパネルディスカッション開催を要請
2017年人権理事会決議35/20 (人権と気候変動)	<ul style="list-style-type: none"> ・緩やかに進行する気候変動の影響及び国境を越える移民の人権の保護に関する報告書作成 (A/HRC/38/21) を国連人権高等弁務官事務所に要請
2018年人権理事会決議38/4	<ul style="list-style-type: none"> ・ジェンダー対応アプローチを気候変動政策に統合すると、排出削減策と適応策の実効性を増すことになる。これについて研究を国連人権高等弁務官事務所に要請
2019年人権理事会決議42/21	<ul style="list-style-type: none"> ・障害者の権利が気候変動の悪影響によって不相応に影響を受けている。これについて研究を国連人権高等弁務官事務所に要請
2020年人権理事会決議44/7	<ul style="list-style-type: none"> ・高齢者の権利が気候変動の悪影響によって不相応に影響を受けている。これについて研究を国連人権高等弁務官事務所に要請

その傍らで、国連人権高等弁務官は、「人権と気候変動に関する重要なメッセージ」という形で気候変動の文脈で鍵となる人権保護義務を明確にし（図表(6)-4）、関連する国際的、国内の政策形成への人権考慮の統合を強調している。2018年12月6日には、人権理事会の特別報告者もまた人権と気候変動に関する共同声明を発表している。特に、気候変動の影響が人権の享受を困難にすることへの懸念と、国際的に確立した人権保護義務にしたがった気候変動対策が行われる必要性を重視している。

図表(6)-4 「人権と気候変動に関する重要なメッセージ」（2015年）

1. 気候変動を緩和し（気候変動対策をとり）、人権への悪影響を未然防止する
2. あらゆる人が気候変動に適応するのに必要な能力を有することを確保する
3. 気候変動により生ずる人権侵害への説明責任と効果的な救済を確保する
4. 持続可能で人権を基礎とした発展のために最大限利用可能な資源を動員する
5. 国際協力
6. 気候変動対策における衡平性を確保する
7. すべての人が科学とその利用の恩恵を享受することを保証する
8. ビジネスによる侵害から人権を保護する
9. 平等および無差別を保証する
10. 事前に情報を得た上での意味のある参加を確保する

前述の人の移動で見たように、ワルシャワ国際メカニズムの特別作業部会は、統合的アプローチの採用、確立した人権（保護義務）を反映させる人権アプローチの採用も課題として示している。国連人権高等弁務官事務所は、2017年に国連人権理事会から要請された緩やかに進行する気候変動の影響及び国境を越える移民の人権の保護に関する報告書（A/HRC/38/21）を作成し、また、国連人権高等弁務官は、2018年に、特に気候変動の文脈における移民の人権保護義務について「人権、気候変動及び移民に関する重要なメッセージ（OHCHR's Key Messages on Human Rights, Climate Change and Migration）」を発出している（図表(6)-5）。

図表(6)-5 「人権、気候変動及び移民に関する重要なメッセージ」（2018年）

- ・ 尊厳、安全及び人権の確保
 - 食料と清浄な水、ヘルスケア・社会保障、教育、ディーセント・ワーク、ノンルフールマン（non-refoulement）の原則、身体の自由、家族の一体性など
- ・ 気候変動対策を通じた強制的移動のリスク低減
- ・ 適応策を通じた気候変動リスクの低減
- ・ 特に脆弱な状況にある人の人権の保護、無差別原則
- ・ すべての人の自由と移動の自由の尊重
- ・ 移動を強いられる者の持続的な法的地位と、帰還の文脈での安全の確保
- ・ 情報を得た上での意味のある参加の確保
- ・ 移住における人権の保障
- ・ 気候変動に影響を受けるおそれのある者への司法へのアクセスの確保
- ・ 国際的協力

こうした国連人権理事会の取り組みは、人権分野への気候変動の考慮が統合されていることを示す（気候変動の人権化）とともに、前述の人の移動について、多元的なorchestrationという国際ガバナンスの実相の一面を示すものでもある。

C 世界気象機関（WMO）の気候変動リスク対処

世界気象機関（World Meteorological Organization: WMO）は、すべての国の社会の福利のために、質の高い気象、気候、水循環などに関するサービスの提供と利用について国際協力を推進する国連の専門機関である。元来、質の高い気候変動関連情報の提供などの国際協力を進めてきたが、近年、気候変動リスクへの対処のための国際協力を強化している。

まず、包括的リスク管理（Comprehensive risk management）のプラットフォームたることをめざして、Global Framework for Climate Services (GFCS)を立ち上げ、農業、水資源管理、健康、エネルギー、災害リスク低減などの分野での適応を支援するために、気候サービスのための国家枠組を構築することを支援している。また、西アフリカでの早期通報制度であるClimate Risk and Early Warning System (CREWS)イニシアティブや、欧州での高影響の気象現象とそれに伴う損失と損害のカタログ化などを推進している。

同時に、包括的リスク管理に必要なインフラとその支援の基礎を提供することをめざして、ステークホルダーとの協働による優先情報の特定と創出、社会的・経済的便益の明確化、国家、地域、地球規模のシステムの統合、体系的な資金確保などの分野で包括的リスク管理のための基盤を提供している。

WMOのこうした取り組みは、前述の人の移動に関する多元的なorchestrationという国際ガバナンスの実相の一面を示すとともに、各国の気候変動影響リスクの包括的管理のために必要なインフラ、情報サービスの改善・国際協力を進めるという点で、人の移動にとどまらず他のあらゆる気候変動リスク対処の国際ガバナンスの基盤となる国際制度であることを示している。

D) 小括：日本の課題

国際的に重点が置かれている人の移動、人権などの非経済的損失については、日本にとって海面上昇による島（国土）の消失のように経済的利益や安全保障の観点からも重要性が高いリスクもある。他方、こうした気候変動リスクについては、複合的な要因と経路（チャンネル）で生じることから研究も多くなり、定量化も容易ではないため、国の気候変動影響評価の中で必ずしも十分に検討されてこなかった。こうしたリスクについて研究を進めるとともに、国の気候変動影響評価の中に位置づける必要がある。また、必要に応じて、こうしたリスクへの対処が、政府の中で、さらには適切な国際制度の下での対処が進むよう留意されるべきである。

(3) 企業の気候変動リスク対処に関連する国際制度

パリ協定後の大きな変化の一つは、国以外の非国家主体—自治体や企業などが脱炭素社会に向かう取り組みを先導していることである。例えば、CDP、国連グローバル・コンパクト、米国のシンクタンクWRI、国際環境NGOのWWFによる共同イニシアチブで、パリ協定の長期目標と整合的な目標を掲げる企業を認定する「Science Based Targets」（SBT＝科学に基づく目標設定）には2021年5月26日時点で、世界で1465の企業が参加し、729社が認定を受けた。うち570社が、パリ協定の1.5度の努力目標＝2050年排出実質ゼロに相当する目標を掲げる。日本企業も102社が認定を受け、28社が策定を約束する。

企業が自らカーボンニュートラルをめざす動機は、企業の社会的責任、深刻になる気候変動の影響とそのリスクが及ぼす事業活動への影響など様々だが、企業経営に気候変動への考慮を統合し、気候変動リスクへの対応を強化し、スムーズな移行によって金融市場の安定化をめざす金融機関・投資家の取り組みが、カーボンニュートラルをめざす企業の取り組みを促進している。

このような企業の気候変動リスクへの対処を促す様々な国際制度が現在多数並存している。後述のように、企業の気候変動リスク対処については、G20などの政府間のフォーラムに加えて、民間主体からなる/民間主体も参加するフォーラムが重要な役割を果たしている。同じ業態の企業間で作るフォーラムもある。これらの制度はなお展開の途上にあり、現時点では、網羅的に列挙したり、評価することが難しい。したがって、現状において、企業の気候変動リスクへの対処に相対的に影響力が大きいと評価されている国際制度を紹介する。

A) G20-TCFD（2016年～）

G20の金融安定理事会（FSB）の下に設置された企業の気候変動関連財務情報開示に関する特別作業部

会（Task force on Climate related Financial Disclosures; TCFD）から、2017年6月、気候変動の影響や脱炭素社会への移行が企業の財務に与えるリスクと機会を企業が分析し、戦略を立て、それらを自主的に情報開示する原則について勧告が発表された。こうした企業の気候変動関連リスクの情報開示は、国連責任投資原則（UNPRI）に代表される、投資家が環境、社会、ガバナンスの考慮を統合した投資（ESG投資）を促進する動きとも関連している。企業に気候変動リスクに対する特定の行動を求めるものではなく、情報開示もあくまで自主的なものにとどまるが、投資家の投資行動を活用して、企業が自主的に気候変動リスク対処を事業戦略に統合することを促す特徴的なレジームの一形態として注目に値する。世界有数の1900社を超える企業・機関が提言を支持しており、300を超える日本企業、金融機関、年金積立金管理運用独立行政法人（GPIF）、経産省、環境省、金融庁も署名している。

2017年6月の勧告発表の後には、進捗評価報告書、部門ごとの指針作成も進めている。企業の気候変動に関わる情報を収集し、公開してきたCDPもTCFDの勧告に準拠する形での情報収集に変更した。Bank of America、ゴールドマンサックスなどもTCFDの勧告にしたがった形での情報開示を始めるなど、気候変動関連財務リスク情報開示の分野では、TCFDを軸にルールが統一化とまでいかないにしても、収斂するかなのような動きがある。

他方、国際会計基準を設定するIFRS財団が国際的な企業のサステナビリティ報告の統一基準を策定する方向で協議を進めている。企業のサステナビリティに関する報告基準を策定している既存の団体と連携し、既存の報告基準を活用する方針で、当面は気候関連情報について作業する予定である。

なお、気候変動リスクに特化していないが、気候変動問題を含めサステナビリティ（ESG等）に係る課題が企業財務にもたらす影響を、投資家等に報告するための枠組みもある。米国の民間非営利組織であるSASBが2018年に公表したSASBスタンダードがその一例である。なお、SASBは、2021年半ばまでに、英国の民間非営利組織である国際統合報告フレームワーク（IIRC）と統合をめざす予定である。

B) UNEP FIとUNEP FI-TCFD pilot WG

国連環境計画金融イニシアティブ（UNEP FI）は、1992年に設立されたUNEPと200以上の世界各国の銀行・保険など金融機関・投資家とのパートナーシップで、ESGに配慮し、持続可能な発展のために民間の取り組みを強化することを目的としている。UNEP FIは、2006年には国連グローバルコンパクトとともに、「責任ある投資原則（Principles for Responsible Investment (PRI))」を、2012年には「持続可能な保険原則（Principles for Sustainable Insurance (PSI))」、2019年には「責任ある銀行原則（Principles for Responsible Banking (PRB))」を立ち上げた。

このUNEP FIの下に、①のTCFDに基づくリスク評価の方法論などを検討する場が設けられている。現在、銀行（約30行）、投資家、保険の3つのWGが設置されている。なお、前述のPRIも独自の予測政策シナリオを作成している。

C) NGFS（The Central Banks and Supervisors Network for Greening the Financial System, 気候変動リスク等に係る金融当局ネットワーク）

2017年12月に発足した気候関連・環境リスクに関する監督上の対応検討に向けた中央銀行や金融監督当局の国際的ネットワークである。78の当局・国際機関が参加しており、金融庁は、2018年6月、日銀は2019年11月に参加した。

2019年4月には、次の6つの提言を報告書で発表している。

- (i) 金融監督モニタリングにおける気候変動リスクの組み込み
- (ii) 中央銀行の運用ポートフォリオにおけるESG考慮
- (iii) 気候リスク関連データ収集に関わる枠組の整備
- (iv) 中央銀行・金融監督当局、金融機関内部の知見向上
- (v) TCFD提言に基づく開示の促進
- (vi) 政策当局によるタクソノミー作成を支持

さらに、2020年5月には、気候変動関連リスクに関する監督当局向けガイドを公表し、監督当局向けガ

イドでは、今後監督当局が対応すべき5つの推奨事項（(i) リスクの特定、(ii) 明確な戦略の策定、(iii) 金融機関の脆弱なエクスポージャーの特定及び潜在的な損失の評価、(iv) 監督上の期待事項の設定、(v) 金融機関によるリスク管理・低減策の導入）を提示している。

2020年5月には、グリーンな金融資産、ブラウンな金融資産に関する金融機関の取り組みをまとめた報告書を公表し、同年6月には、気候変動リスクに関わる参照シナリオと、シナリオ分析に関する監督当局向けガイドなどを公表している。

国際機関ではなく、あくまで中央銀行や金融監督当局の国際的ネットワークであるが、この間の取り組みを見てもわかるように、各国の金融監督当局が集まる重要な政策協調の場となっている。なお、ここでも情報開示については、TCFD提言に基づく開示が促進されている。

D) バーゼル銀行監督委員会 (BCBS)

日本を含む28の国と地域の中央銀行、銀行監督当局からなるバーゼル銀行監督委員会は、金融機関を対象とした国際的なルールを協議・決定する委員会である。自己資本比率や流動性比率の国際基準として1988年にバーゼル1を策定、2004年にバーゼル2として見直しの後、2010年に新たな規制としてバーゼル3を公表した（2027年に完全実施）。

2020年2月、気候関連金融リスクに関するハイレベル・タスクフォースを設置し、(i) 気候関連金融リスクの伝播経路や計測方法に関する分析と報告書の作成、(ii) 気候関連金融リスクの削減に向けた効果的な監督手法の開発を行っている。

E) International Platform on Sustainable Finance (IPSF)

2019年10月、サステナブルファイナンスに関する公的機関の連携・協調を強化する国際的ネットワークとして、International Platform on Sustainable Finance (IPSF)が発足した。環境関連のサステナブルファイナンスにおいて、民間資金の流通拡大と統合的な市場の促進をめざして、ベストプラクティスを促進するための情報交換・発信、既存の取組みの比較や障壁の特定、サステナブルファイナンスに関する国際協力の促進を行う。

EUなど中心に、「グリーン」な経済活動を分類する基準（「タクソノミー」）を策定し、投資先の活動のタクソノミーとの整合性に基づいた開示を求めようとする動きが進んでいるが、2021年半ばに既存のタクソノミー間の共通点を示す”Common Ground Taxonomy”を公表する方向で作業している。

なお、国際標準化機構（ISO）でも、タクソノミーを含むグリーンボンドに関する国際規格策定作業が進んでいる。

F) 持続可能な保険フォーラム Sustainable Insurance Forum (SIF)

持続可能な保険フォーラム（Sustainable Insurance Forum：SIF）は、2016年に発足した、保険に関する公的機関・規制官庁の政策協調ネットワークである。

G) その他

- ・国際標準化機構（ISO）（前述）
- ・国際資本市場協会（ICMA）

グリーンボンド原則やトランジションファイナンスの原則・ガイダンス等を策定する民間団体である。

H) 小括

以上のように、企業の気候変動リスクは、伝統的な気候変動の国際制度と異なる多くの並存する国際制度の下で、近年、急速にルール形成が進んでいる。企業による気候変動リスク情報開示が、投資家の投資行動と連結し、企業が自主的に気候変動リスク対処を事業戦略に統合することを促す特徴的なレジームが形成されつつある。企業の気候変動リスクであるがゆえに、非国家主体からなる/非国家主体も関与した国際制度も含め、実に様々な国際制度がそれぞれ独自に基準化の検討を進めている。気候変動財

務リスク情報開示については、TCFDを基礎としているが、複数の民間団体が開示の基準化をめぐって競争している。信頼性のあるリスク情報を生み出すためのリスク評価の方法論にいたっては、NGFSも含め多くの団体・フォーラムで方法論の検討がなされている。こうした動向は、サステイナブル、グリーンな活動を定義する分類（タクソノミ）策定の取り組みについても同様である。現時点では、規則や基準はなお策定の途上にあり、企業の気候変動リスクの対処をめぐる国際制度間で「基準をめぐる競争」が進行する。急速に展開する企業の気候変動リスクに関わる国際制度の動向を引き続き注視しながら、企業の気候変動リスクの効果的対処のための国際的ガバナンスのあり方をさらに検討していく必要がある。

5. 研究目標の達成状況

研究目標について、国連気候変動枠組条約・パリ協定という現行の気候レジームでの気候変動リスク対処の現状と課題を明らかにし、気候変動リスク対処の国際制度は多元化し、国連気候変動枠組条約・パリ協定は、関係する国際制度・機関を動員し、連携するプラットフォーム、指揮者（Orchestrator）としての役割を果たし、気候変動リスクの国際的ガバナンスは「多元的Orchestration」とでも呼ぶ現象が生じていることを明らかにした。以上より、研究目標は予定どおり達成できたと自己評価する。

また、国連の主要機関をはじめ現行の気候レジーム以外の国際制度における気候変動リスク対処の現状と課題を明らかにし、国連安全保障理事会において気候変動が伝統的な安全保障の枠組に統合されている（気候変動の安全保障化）や、国連人権理事会において従来の人権保障の枠組への統合（気候変動の人権化）が進んでいることを明らかにした。日本では、伝統的な安全保障の観点や人権保障の観点からの気候変動リスクの検討や関連政策への統合が十分になされていないという政策上、研究上の課題も明らかにした。この点で、2020年12月に公表された国の気候変動影響評価報告書 <https://www.env.go.jp/press/108790.html> において、他のサブテーマを含め、本研究課題の研究の結果明らかにしたこれらの課題について記載されている。

企業・金融の気候変動リスクについては、従来の気候変動の国際制度とは異なる国際制度（例えば、G20-TCFD）の下でルール形成を含む対処が急速に進む。非国家主体（事業者）によるフォーラムも交えて「基準化をめぐり国際制度間の競争」が生じている。なおルール形成の途上でもあり、この分野の国際制度の展開をつぶさに把握しつつ、効果的な気候変動リスクに資する国際ガバナンスのあり方をさらに検討することは、日本企業の気候変動リスク対応にとっても重要性が高い。今後の研究課題である。

（参考）気候変動影響評価報告書（2020年12月）より抜粋

3 章 日本における気候変動による影響の概要

3.3 各分野における気候変動による影響の概要 (6) 産業・経済活動

「欧米等の研究事例では気候変動が安全保障等に影響を及ぼす可能性を示唆しているものの、我が国ではこれらに関する研究が限定的である。」

「今回の影響評価より新たに評価を実施した小項目『その他』については、主に気候変動が我が国の安全保障に及ぼす影響について示した。我が国への影響を論じた文献は限定的であることから重大性・緊急性・確信度ともに現状では評価できないとされたものの、我が国にも該当する可能性があるリスクが欧米等の文献から数多く示唆された。」

3.5 気候変動影響の評価手法に関する課題と展望

「特に、海外での気候変動影響により間接的に日本にもたらされる影響や、本報告書で新規に扱っている気候安全保障などに関しては、比較的新しい観点であることから、研究・調査の数が特に限定的であるが、国際的な気候変動対策を講じる上でも非常に重要であり、知見の充実が求められる。」

4 章 気候変動影響の評価に関する現在の取組と今後の展望

「環境省では、平成30年度より『世界の気候変動影響が日本の社会・経済活動にもたらすリスクに関する研究』を実施し、国外の食料生産やサプライチェーン、安全保障等に対する気候変動影響について調査研究を進めている（環境研究推進費2-1801）。」

Ⅲ. 研究成果の発表状況の詳細

(1) 誌上発表

<査読付き論文>

【サブテーマ1】

- 1) Kameyama, Y. and K. Ono (2020) “The Development of Climate Security Discourse in Japan”, *Sustainability Science*, 16 (1), 271-281. doi: 10.1007/s11625-020-00863-1 [IF=3.429]
- 2) 亀山康子、佐々木実紀 (2020) 「気候変動リスク認識に関する世界および日本の企業業種別分析」『環境科学会誌』 Vol.33, No.6, 159-171. DOI <https://doi.org/10.11353/sesj.33.159>

【サブテーマ2】

- 1) Wakiyama, T., M. Lenzen, F. Faturay, A. Geschke, A. Maliki, J. Fry and K. Nansai (2019) “Responsibility for food loss from a regional supply-chain perspective”, *Resources, Conservation and Recycling*, 146, 373-383. [IF 2019= 8.086]
- 2) Nansai, K., J. Fry, A. Malik and N. Kondo (2020) “Carbon footprint of Japanese health care services from 2011 to 2015”, *Resources, Conservation & Recycling*, 152, 104525. [IF2019=8.086]
- 3) Watari, T., K. Nansai and K. Nakajima (2020) “Review of critical metal dynamics to 2050 for 48 elements”, *Resources, Conservation & Recycling*, 154, 104669. [IF 2019=8.086]
- 4) Watari, T., K. Nansai, D. Giurco, K. Nakajima, B. McLellan and C. Helbig (2020) “Global metal use targets in line with climate goals”, *Environmental Science & Technology*, 54, 19, 12476-12483. [IF 2019=7.864]
- 5) Watari, T., K. Nansai and K. Nakajima (2021) “Major metals demand, supply, and environmental impacts to 2100: A critical review”, *Resources, Conservation & Recycling*, 164, 105107. [IF 2019=8.086]

【サブテーマ3】

- 1) Fukuyama, R. and G. Sakurai (2019) “Comparison of the robustness of methods for estimating leaf development for crop growth models”, *Journal of Agricultural Meteorology*, DOI: 10.2480/agrmet.D-17-00034. [IF = 1.48]
- 2) Schewe, J. et al. (他 50 人) (2019) “State-of-the-art models underestimate impacts from climate extremes”, *Nature Communications*, 10, 1005 (多人数のため謝辞なし) [IF = 12.12]
- 3) Müller, C. et al. (他 23 人) (2019) “The Global Gridded Crop Model Intercomparison phase 1 simulation dataset”, *Scientific data*, 6, Article number: 50 (多人数のため謝辞なし) [IF = 5.54]
- 4) Ruane, AC et al. (他 23 人) (2021) “Strong regional influence of climatic forcing datasets on global crop model ensembles”, *Agricultural and Forest Meteorology* 300 108313 – 108313. (多人数のため謝辞なし) [IF = 4.65]

【サブテーマ4】

- 1) Prabhakar, S.V.R.K. and R. Shaw (2019) Globalization of local risks through international investments and businesses: A case for risk communication and climate fragility reduction, Contributing paper to the Global Assessment Report. Geneva: UNISDR.
- 2) Prabhakar, S.V.R.K. (2019) “Policies and Institutions Shaping Human Security in an Era of Changing Climate and Increasing Disasters”, in J. Pulhin, M. Inoue, R. Shaw (eds), *Climate Change, Disaster Risks and Human Security: Asian Experience and Perspectives*. New York: Springer Publishing, pp. 280.
- 3) Prabhakar, S.V.R.K. and R. Shaw (2019) “State Fragility and Human Security in Asia in the Context of Climate and Disaster Risks”, in J. Pulhin, M. Inoue, R. Shaw (eds), *Climate Change, Disaster Risks and Human Security: Asian Experience and Perspectives*. New York: Springer Publishing, pp. 280.

【サブテーマ5、6】

特に記載すべき事項はない。

<査読付論文に準ずる成果発表>

【サブテーマ1、2、3、4】

特に記載すべき事項はない。

【サブテーマ5】

- 1) Hasui, S. and H. Komatsu (2021 forthcoming) “Climate security and policy options in Japan”, *Politics and Governance*, 9(4)

【サブテーマ6】

- 1) 高村ゆかり(2018)「パリ協定—その特質と課題」環境法政策学会編『転機を迎える温暖化対策と環境法—課題と展望』（環境法政策学会誌第21号）37-49.
- 2) 高村ゆかり(2019)「気候変動対策のパラダイム転換とビジネス」『環境管理』2019年4月号.
- 3) 高村ゆかり(2019予定)「科学技術と環境レジームの相互作用—地球の限界、パリ協定、エネルギー転換—」『第32回環境工学連合講演会講演論文集』
- 4) 高村ゆかり(2019予定)「環境規制と持続可能な発展」大久保規子・高村ゆかり・赤渕芳宏・久保田泉編『環境規制の現代的展開—大塚直先生還暦記念論文集』法律文化社、66-80.

<その他誌上発表（査読なし）>

【サブテーマ1】

- 1) 亀山康子(2018)「ステークホルダー」環境経済・政策学会編『環境経済政策学事典』丸善出版社、538-539.
- 2) 亀山康子(2018)「低炭素社会実現に向けたロードマップ開発—パリ協定の下での社会変革」『化学と工業』71(5)(May 2018), 394-396.
- 3) 亀山康子(2018)「地球温暖化と世界の動き」『地理・地図資料』帝国書院、4-7.
- 4) Kameyama, Y. (2018) “Climate change policy in Asia”, *East Asia Forum*, 16 June 2018.
<http://www.eastasiaforum.org/2018/06/16/changing-climate-policy-in-asia/#comments>
- 5) 亀山康子(2018)「気候変動対処に向けた国際的取り組みの経緯とパリ協定について」『環境年表2019-2020』丸善出版、496-497.
- 6) 亀山康子(2018)「国際政治に重要性を増す「気候変動」の射程」『外交』Vol.52, Nov.Dec. 2018, 114-119.
- 8) 亀山康子(2019)「パリ協定実効化へ COP24の成果」『外交』Vol.53, Jan.Feb. 2019, 66-67.
- 9) 亀山康子(2019)「国外で生じた気候変動が企業の活動に及ぼすリスクに関する基礎調査 報告書」国立研究開発法人国立環境研究所ウェブサイト <http://www.nies.go.jp/social/index.html>
- 10) Kameyama, Y., K. Nansai, G. Sakurai, K. Tamura, S. Hasui and Y. Takamura (2020) Socio-economic impact of climate change, *IMPACT-Global Research Supports Local Action*, 23-25. www.impact.pub

【サブテーマ2】

特に記載すべき事項はない。

【サブテーマ3】

- 1) 櫻井玄(2019)「作物収量の統計解析：収量の時系列をどう扱うか？」『統計数理研究共同研究リポート416 環境・生態データと統計解析(6)』

【サブテーマ4】

- 1) 田村聖太郎 (2020) 「COP24で見えてきたもの」『環境と文明』28巻1号 (2020年1月)。
- 2) 田村 聖太郎、シヴァプラム・プラバカル、池田 まりこ、ラジブ・ショウ (2020) 「極端現象のための国際緊急支援ニーズ：サブテーマ4 アジア地域における気候脆弱性リスクに関する研究」国立環境研究所『気候変動の複合的リスクに備える』(2020年9月)

【サブテーマ5】

- 1) 蓮井誠一郎「開発・安全保障パラダイムから脱『安全保障』へ」(2020) 平井 朗・横山 正樹・小山 英之編著『平和学のいま：地球・自分・未来をつなぐ見取図』(法律文化社、2020) pp. 80-94.

【サブテーマ6】

- 1) 高村ゆかり(2018)「パリ協定とそのインパクト」『TAKUMA TECHNICAL REVIEW (タクマ技術報)』26(1), 1-9.
- 2) 高村ゆかり(2019)「温暖化対策のパラダイム転換」『科学』Mar. 2019, 89(3), 195.
- 3) 高村ゆかり (2020) 「日本の再生可能エネルギーの未来」『生活協同組合研究』2020.4 Vol.531、15-23.
- 4) 高村ゆかり (2020) 「3章 予防原則・予防的アプローチ」28-41頁、「7章 気候変動(地球温暖化)」西井正弘・鶴田順編『国際環境法講義』(有信堂、2020年4月24日) 28-41頁、84-99.
- 5) 高村ゆかり (2020) 「環境分野の国際立法—その特質と課題」寺谷広司編『国際法の現在—変化する現代社会で法の可能性を問い直す』(日本評論社、2020年9月30日) 122-135.
- 6) 高村ゆかり (2020) 「環境条約の国内実施—国際法の観点から」環境法政策学会編『日本における環境条約の国内実施—課題と展望(環境法政策学会誌第23号)』(商事法務、2020年10月25日) 7-24.
- 7) 高村ゆかり「COP25の結果とCOP26に向けた課題」『環境と公害』49巻4号、70-71.
- 8) 高村ゆかり「2030年は人類の分岐点になるのか」『季刊 社会運動』No. 439、2020・7、36-47.

(2) 口頭発表(学会等)

【サブテーマ1】

- 1) 高橋潔：第20回記念環境フェアつるおか(鶴岡、2018年9月)
「地球温暖化 ～世界・日本への影響～」
- 2) 高橋潔：日本地域学会第55回年次大会(札幌、2018年10月)
「影響感度関数：政策検討支援を企図した気候変化影響の簡易分析の工夫」
- 3) 岡田将誌：統合的陸域圏研究連絡会(仙台、2018年10月)
「気候変動に伴う水資源変動が作物生産に及ぼす影響の広域モデリングに関する研究」
- 4) Yoshida, R., M. Okada, M. Yokozawa: AGU Fall Meeting 2018 (Washington DC, 2018年12月)
“Assessment of future global crop failure for maize and soybeans based on the DSSAT simulation”
- 5) Okada, M., Y. Hijioka: AGU Fall Meeting 2018 (Washington DC, 2018年12月)
“Impact of irrigation on crop yield gain under future change in water resources”
- 6) Takahashi K.: International Workshop on Climate Change Adaptation Decision Support (Seoul, 2019年1月)
“Introduction to research projects conducted by the NIES/AIM impact modeling team”
- 7) 岡田将誌、飯泉仁之直、肱岡靖明：日本農業気象学会2019年全国大会(静岡、2019年3月)
「灌漑による穀物生産の適応効果は気候変動が進行すると有効性が低下する」
- 8) 岡田将誌、肱岡靖明：日本農業気象学会2021年全国大会(online, 2021年3月)
「気候変動による穀物生産の水リスク分布の変化」

【サブテーマ2】

- 1) 森岡涼子、津田宏治、中島謙一、南齋規介：第13回日本LCA学会研究発表会，第13回日本LCA学会研究発表会講演要旨集，58-59，（2018年3月、東京）
「温室効果ガス削減目標に準じた金属資源の国際貿易推計」
- 2) Morioka, R., K. Tsuda, K. Nakajima and K. Nansai : The 13th International Conference of EcoBalance, (東京、2018年10月)
“Mining and trade of metals until 2100 associated with greenhouse gas concentration scenarios”
- 3) 森岡涼子、津田宏治、中島謙一、南齋規介：第14回日本LCA学会研究発表会，講演要旨集，268-269, (福岡、2019年3月)
「代表濃度経路シナリオを考慮した資源投入量および移動量の地域別推計」
- 4) 南齋規介、森岡涼子、中島謙一：第16回日本LCA学会研究発表会，同講演要旨集(online, 2021年3月)
「気候変動と気象災害の変化が資源貿易に与える影響」

【サブテーマ 3】

- 1) Sakurai, G., T. Doi, M. Okada, M. Nishimori, M. Yokozawa: EGU General Assembly 2018 (Vienna, 2018年4月)
“Potential benefits of changing the planting date to account for seasonal weather forecasts”
- 2) 櫻井玄：日本農業気象学会2019年全国大会（静岡、2019年3月）
「アンサンブルカルマンフィルターを用いた作物収量時系列解析による気象の効果の年変動の考察」
- 3) 櫻井玄、深見一磨：日本地域学会2019年大会（久留米、2019年9月）
「気候変動と作物生産性: 14 作物についての解析」

【サブテーマ 4】

- 1) Prabhakar, S.V.R.K., K. Tamura, and M. Ikeda : Workshop on Maximizing the Climate Security in Asia through a Coordinated Emergency Assistance Framework. (Metro Manila, 2019年2月)
“Maximizing the Climate Security Benefits of External Emergency Assistance”
- 2) Prabhakar, S.V.R.K., K. Tamura, and M. Ikeda : Workshop on Maximizing the Climate Security in Asia through a Coordinated Emergency Assistance Framework. (Dubai, 2019年3月)
“Maximizing the Climate Security Benefits of External Emergency Assistance”
- 3) Prabhakar, S.V.R.K., K. Tamura and M. Ikeda. Workshop on Maximizing the Climate Security of Donor Countries of the External Emergency Assistance in a Changing World: Issues and Solutions. (2020. Japan)
Policies and institutions shaping human security: Climate security implications of external emergency assistance.
- 4) Ikeda, M. Workshop on Maximizing the Climate Security of Donor Countries of the External Emergency Assistance in a Changing World: Issues and Solutions (2020. Japan) Lessons learned from Japanese contribution for emergent assistance.

【サブテーマ 5】

- 1) 蓮井誠一郎：河村一先生退職記念研究会（釧路、2018年9月）
「気候変動と安全保障：学術界での第二の波と日本の環境外交の動向」
- 2) 蓮井誠一郎：「政治経済法学会研究会（和光大学、2019/8/29）
「気候変動と安全保障のつながり—世界の研究動向から見えてきたもの—」

【サブテーマ 6】

- 1) 高村ゆかり：名古屋大学未来材料・システム研究所主催第1回エネルギーシステムシンポジウム「電力システムと再生可能エネルギーの融合に向けて」（名古屋、2018年6月）

「パリ協定と変わるパリ協定後の世界」

- 2) 高村ゆかり：日本学術会議フューチャー・アースの推進と連携に関する委員会（東京，2018年8月）
「パリ協定に基づく長期戦略の策定：現状と課題、政策ニーズと研究課題」
- 3) Takamura, Y.：廃棄物資源循環学会第29回研究発表会 International Symposium “SDGs and Material Cycles and Waste Management: Current Status and Movements” (Nagoya, 2018年9月)
“Nexus between Waste Management and Climate Change: Towards the Achievement of SDGs”
- 4) Takamura, Y.：Implementing Solutions for the SDGs: The Role of Sustainability Research, organized by Springer Nature and UNU-IAS (Tokyo, 2018年9月)
“Role and Challenges of Sustainability Science In the Context of Climate Change”
- 5) Takamura, Y.：World Social Science Forum 2018 (Fukuoka, 2018年9月)
“New Angles for Effective Climate Regime: Paris Agreement and Recent Developments in Climate Regime”
- 6) 高村ゆかり：エネルギー・資源学会平成30年度第5回エネルギー政策懇話会（東京，2019年1月）
「COP24の結果と今後の課題」
- 7) 高村ゆかり：京都大学再生可能エネルギー経済学講座研究会（京都，2019年2月）
「気候変動レジームをめぐる最近の動向」
- 8) 高村ゆかり：第35回日本環境会議40周年記念神戸大会（神戸，2019年3月）
「パリ協定後の世界の変化、日本の課題」
- 9) 高村ゆかり：日本学術会議都市と自然と環境分科会（東京，2019年4月）
「グリーンインフラをめぐる最近の動向」
- 10) 高村ゆかり：農村計画学会2019年度春期大会（東京，2019年4月）
「環境政策の国際的動向－気候変動政策に焦点をおいて」
- 11) 高村ゆかり：「日本工学アカデミー科学技術イノベーション2050年委員会ワークショップ（online、国内、2020年8月）
「持続可能な格差のない水・食料・エネルギーアクセスの実現に向けて」
- 12) Takamura, Y.：ASEAN Sustainable Energy Week, ASE Webinar Series #5:“Environmental Opportunities in the Post COVID-19 World” (online, 国外、August 2020)
「Changing businesses and ESG investing: Challenges and opportunities for "Building Back Better"」
- 13) 高村ゆかり：ミニシンポ 藻類バイオとCO₂削減のポストコロナとグローバル展開（online、国内、2020年9月）
「パリ協定後の世界——脱炭素化に向かう社会とビジネス」第9回「機能性バイオ」
- 14) 高村ゆかり：Bio Japan 2020（パシフィコ横浜、国内、2020年10月15日）
「脱炭素化に向かう世界のビジネスとESG投資」
- 15) Takamura, Y.：Japan’s 2050 Net zero target – Is it a big deal?, organized by Crawford School of Public Policy, Centre for Climate Economics and Policy, Australian National University (online, 国外、November, 2020)
「Japan’s 2050 net zero goal: Its context and implications」
- 16) Takamura, Y.：Regional Workshop on Circular Economy, organized by CSEAS Indonesia (online, 国外、November 2020)
「Current status of Japan’s policy towards realizing circular economy: Focus on plastics」
- 17) 高村ゆかり：日本風力エネルギー学会主催第42回風力エネルギー利用シンポジウム（online、国内、2020年11月）
「2050年ゼロエミッションに向かう世界と洋上風力の政策課題」
- 18) Takamura, Y.：TMG Online Workshop by the Tokyo Metropolitan Government（online、国外、2020年12月）
「Circular Economy in the COVID-19 Era: Current status of Japan’s policy focusing on plastics」

- 19) 高村ゆかり：国際問題研究所地球規模課題研究会（オンライン、国内、2020年12月）
「持続可能な復興と気候変動対策」
- 20) 高村ゆかり：第9回公益事業学会政策研究会（電力）シンポジウム「電力自由化20年の検証と2050年への展望」（online、国内、2021年1月）
「2050年に向けた課題」
- 21) 高村ゆかり：金融庁・サステイナブルファイナンス有識者会議（online、国内、2021年1月）
「気候変動と金融——気候変動問題から見たサステイナブルファイナンスの課題」
- 22) Takamura, Y.: 日仏会館セミナー「環境損害の賠償, 国家責任, 気候変動訴訟, 環境法」
（online、国外、2021年1月）
「Commentaires et questions」
- 23) 高村ゆかり：石油学会新エネルギー部会講演会「ポストコロナ時代のエネルギー・環境政策とカーボンリサイクル革新技術」（online、国内、2021年1月）
「よりよい未来に向かう復興——コロナ後の持続可能な社会に向けて」

（3）「国民との科学・技術対話」の実施

【サブテーマ1】

- 1) 亀山康子：「家庭でできる地球温暖化対策」第44回茨城県消費者大会いばらきエコスタイルセミナー（2018年7月19日、参加者約200名）にて講演。
- 2) 亀山康子：国立環境研究所一般公開（2018年7月21日、来場者約5000名）にて成果紹介。
- 3) 亀山康子：「パリ協定：トップダウンからボトムアップへ」日本学術会議地球環境変化の人的側面（HD）分科会主催『公開シンポジウム 地球システムと私たちの生活 人新世時代の想像力』（東京大学、2018年12月16日、観客約20名）。
- 4) 亀山康子：「持続可能な社会の実現に向けて～わたしたちにできること」武庫川女子大学附属中学校・高等学校SSH講演会（武庫川、2019年2月2日、観客約200名）。
- 5) 岡田将誌：平成30年度郡山市農業委員会勉強会「第2回気候変動適応に関するセミナー（農業編）」（主催：郡山市農業委員会、平成31年2月19日、郡山市役所本庁舎、参加者約100名）。
- 6) 亀山康子(2020) ウェビナー「米国の気候変動政策最前線：大統領選挙後の気候変動政策と気候安全保障」主催。（2020年11月18日、参加者約140名）

【サブテーマ2、3】

特に記載すべき事項はない。

【サブテーマ4】

- 1) 田村堅太郎：IPCC特別報告書『気候変動と土地』『海洋・雪氷圏』（中部地方環境事務所主催、第14回中部カンファレンス、名古屋、2018年1月10日、300名出席）
- 2) 田村堅太郎：パリ協定とその前後の企業活動等（兵庫県地球温暖化防止活動推進員研修会、神戸、2018年10月30日、出席者100名）
- 3) Tamura, K.: Current Situation of GHG Mitigation in the Power Generation Sector in Japan (Climate Change Center, Korea主催、Katowice, COP24 Korean Pavilion、2018年12月10日、出席者60名)
- 4) 田村堅太郎：世界はIPCC1.5°C特別報告書をどのように受けとめたか？（IGES主催、COP24報告セミナー、東京、2018年12月10日、500名出席）
- 5) 田村堅太郎：世界の動向～COP24で視えたもの（中部地方環境事務所主催、第18回地球温暖化に関する中部カンファレンス～COP24交渉結果と我が国の将来を考える～、名古屋、2019年1月10日、出席者300名）
- 6) Prabhakar, S.V.R.K., K. Tamura, and M. Ikeda : Workshop on Maximizing the Climate Security in Asia through a Coordinated Emergency Assistance Frameworkを開催。（Dubai, 2019年3月25日、出席者15名）

- 7) 田村堅太郎：IPCC1.5°C特別報告書を踏まえた世界の動き（京都市主催、IPCC第49回総会京都市開催記念シンポジウム 脱炭素社会の実現に向けて～世界の動向と京都の挑戦～）、京都、2019年5月11日、出席者250名）
- 8) 田村堅太郎：COP25結果報告 各国の野心引き上げ及び非国家主体の動向（IGES主催、COP25報告セミナー 新たなベンチマーク —1.5°C・2050・ネットゼロ、東京、2019年12月23日、500名出席）
- 9) 田村堅太郎：イントロダクション COP25の位置づけ（地球環境戦略研究機関・地球産業文化研究所共催、「COP25報告シンポジウム」2020年1月10日、300名出席）
- 10) 田村堅太郎 脱炭素化に向けた国際情勢と日本の「自ら定める貢献（NDC）」改定について（兵庫県主催、兵庫県環境審議会大気環境部会勉強会、神戸、2020年3月23日、30名出席）
- 11) 田村堅太郎：温暖化問題の国際的取り組み（東北大学大学院 環境科学科集中講義「地球温暖化論」2020年8月、20名視聴）
- 12) 田村堅太郎：「SDG13 気候変動」（明治大学公共政策大学院「SDGsとガバナンス」2020年10月29日、30名視聴）
- 13) 田村堅太郎：日本の気候外交：脱炭素社会宣言への道のり（早稲田大学地域・地域間関係研究機構（ORIS）・グローバル・ガバナンス研究所主催『バーチャル・セミナー 日本とEUの気候外交と世界の脱炭素化の行方』2020年12月4日、80名視聴）
- 14) Tamura, K.: Climate Diplomacy of Japan. Climate Change Across the Asia/Pacific (A Multi-University, Inter-disciplinary Seminar. 4 December 2020)
- 15) Tamura, K. Mitigation Actions in Japan and Across Asia Virtual Regional Multi-stakeholder Dialogue Series 100名視聴）
- 16) 田村堅太郎：パリ協定と北東アジアのエネルギー安全保障「2021北東アジア経済発展国際会議（NICE）イン新潟 第12回日露・エネルギー環境対話イン新潟」2021年2月4日、300名視聴）

【サブテーマ5】

- 1) 蓮井誠一郎：第24回イマジニカフェ（茨城、東海村産業・情報プラザ、2020/2/22）
「気候変動がもたらす安全保障への脅威～戦争とは異なる性質～」
- 2) 蓮井誠一郎：日立製作所総合技術研修センター日工専研修「国際関係学」（茨城、勝田システムプラザ、2019/7/25、8/1）
「気候変動と安全保障気候変動と紛争リスク、日本への影響の可能性」

【サブテーマ6】

- 1) 高村ゆかり：シンポジウム「『気候変動』をテーマにSDGsへの次の一步を考える」（主催：MS & ADインシュアランスグループホールディングス株式会社、2018年5月16日、イイノホール、観客約500名）にて「パリ協定が変える世界：ゼロエミッションに向かうエネルギー転換とビジネス」について講演
- 2) 高村ゆかり：地球環境行動会議（GEA）勉強会における講演「パリ協定後の世界の動き」（2018年7月11日、国会議員を含む参加者約40名）
- 3) 高村ゆかり：自由民主党環境・温暖化対策調査会における講演「パリ協定に基づく長期戦略の策定：その意義と視点」（2018年7月19日、参加者約50名）
- 4) 高村ゆかり：ISAP2018（主催：地球環境戦略研究機関、2018年7月19日、パシフィコ横浜、観客約200名）にて「Operationalization of the Paris Agreement Proposals for the Paris Rulebook」について講演
- 7) 高村ゆかり：あいち環境塾における講演「国際的な環境問題にどう対処するか」（2018年8月4日、観客約30名）。
- 8) 高村ゆかり：EcoLeadプレミアムサマースクール2018における講演「パリ協定と変わるパリ協定後の『世界』」（2018年9月11日、観客約30名）。
- 9) 高村ゆかり：United Nations Universityにおける講演「International Environmental Governance and

- Climate Change」(2018年9月18日、観客約30名)。
- 10) 高村ゆかり：福岡大学主催気候変動を考えるワークショップにおける講演「パリ協定と変わるパリ協定後の『世界』」(2018年9月25日、観客約100名)。
 - 11) 高村ゆかり：「気候市民サミットin京都」(主催：気候ネットワーク、龍谷大学、2018年10月20日、観客約150名)にて「長期戦略と日本の課題」について講演。
 - 12) 高村ゆかり：日越大学における講義「Global Governance for Sustainability in the Context of Climate Change」(2018年11月5日、観客約80名)。
 - 13) 高村ゆかり：日本電機工業会環境政策委員会における講演「長期戦略と関連する国内政策の動向」(2018年11月7日、観客約40名)。
 - 14) 高村ゆかり：第35回太陽光発電シンポジウム(主催：太陽光発電協会、浅草橋ヒューリックホール、2018年11月14日、観客約300名)にて「パリ協定後の世界—気候変動とエネルギーをめぐる最近の動向」について講演。
 - 15) 高村ゆかり：第3回資源・エネルギーフォーラム(主催：国際資源エネルギー学生会議、東京大学、2018年12月1日、観客約70名)にて「パリ協定後の世界の動き—日本の課題」について講演。
 - 17) 高村ゆかり：「世界首長誓約/日本」セミナー in 関東における講演「パリ協定とパリ協定後の世界の動き」(2018年12月21日、観客約80名)。
 - 18) 高村ゆかり：農林水産省SDGs勉強会における講演「SDGsとパリ協定—世界の動きと日本の課題」(2018年12月25日、観客約50名)。
 - 19) 高村ゆかり：「大阪カーボンカンファレンス2018」(主催：大阪JCMネットワーク、国民會館住友生命ビル武藤記念ホール大会議室、2019年1月8日、観客約200名)にて「COP24の結果と今後の課題—脱炭素化をめざす世界の最新動向」について講演。
 - 20) 高村ゆかり：「第14回地球温暖化に関する中部カンファレンス」(主催：中部地方環境事務所、名古屋国際センター別棟ホール、2019年1月10日、観客約150名)にて「COP24の結果と今後の課題」について講演。
 - 21) 高村ゆかり：「第5回地球温暖化に関する九州カンファレンス～COP24交渉結果と我が国の将来を考える～」(主催：九州地方環境事務所、TKPガーデンシティ博多新幹線口、2019年1月18日、観客約100名)にて「COP24の結果と今後の課題」について講演。
 - 22) 高村ゆかり：「COP24報告会～1.5°C特別報告書とパリ協定～」(主催：地球環境市民会議(CASA)、自然エネルギー市民の会(PARE)、マイドームおおさか、2019年1月19日、観客約100名)にて「COP24の結果と今後の課題—脱炭素社会に向けた世界の動き」について講演。
 - 23) 高村ゆかり：久留米市環境ビジネスセミナーにおける講演「気候変動がもたらすリスクとチャンス」(2019年1月23日、観客約80名)。
 - 24) 高村ゆかり：調布未来のエネルギー協議会における講演「温暖化をめぐる世界の動き—パリ協定とその後の変化」(2019年1月27日、観客約70名)。
 - 25) 高村ゆかり：関東農林水産関連企業環境対策協議会2018年度第2回環境セミナーにおける講演「気候変動がもたらすリスクとチャンス—企業の取り組みと課題」(2019年1月28日、観客約60名)。
 - 26) 高村ゆかり：“Resource Recycling” Seminar organized by the Tokyo Metropolitan Governmentにおける講演「Plastics and Circular Economy: Current status and Changes after the Paris Agreement」(2019年2月1日、観客約50名)。
 - 29) 高村ゆかり：シンポジウム「日本の気候変動対策を世界の最前線へ」(主催：気候変動イニシアティブ(Japan Climate Initiative: JCI)、虎ノ門ヒルズフォーラムホールB、2019年2月12日、観客約300名)にて「長期戦略をとりまく世界の動き」について講演。
 - 30) Prabhakar, S.V.R.K., K. Tamura, and M. Ikeda : Workshop on Maximizing the Climate Security in Asia through a Coordinated Emergency Assistance Frameworkを開催。(Metro Manila, 2019年2月22日、出席者25名)。
 - 31) 高村ゆかり：市町村アカデミー平成30年度環境保全研修における講演「環境問題の動向」(2019

年2月28日、観客約50名)。

- 33) 高村ゆかり：シンポジウム「動き出すパリ協定、選ばれる企業」（主催：朝日新聞社、東京大学国際高等研究所サステイナビリティ学研究連携機構、朝日新聞社浜離宮ホール、2019年3月26日、観客約200名）にて「気候変動をめぐる最近の動向」について講演。
- 34) 高村ゆかり：「気候変動をめぐる国際動向」気候変動イニシアティブ（Japan Climate Initiative: JCI）（online、2020年5月28日）
- 35) 高村ゆかり：「よりよい未来に向かう復興企業経営とSDGs」第6回SDGs学生小論文アワード by 住友理工 表彰式講演（online、2020年8月20日）
- 36) 高村ゆかり：「気候変動に関する最近の動向と金融業界への期待」全国銀行協会環境関連トップ・マネジメントセミナー（朝日生命大手町ビル、2020年10月19日）
- 37) 高村ゆかり：朝日新聞社主催朝日地球会議2020を特別共催。特に2つのパネルセッションを企画
—「パネル討論 :コロナと気候危機 (1) 世界と日本はどこに向かうのか」(2020年10月12日)
<https://digital.asahi.com/articles/ASNBF3J2PNB6PLBJ00K.html>
—「パネル討論 :コロナと気候危機 (2) 復興へ向け企業はどう取り組むのか」(2020年10月12日)
<https://digital.asahi.com/articles/ASNBF3J94NB6PLBJ00J.html>
- 38) 高村ゆかり：「気候変動政策とエネルギー転換——パリ協定後の世界の変化」立憲民主党環境エネルギー調査会（衆議院第一議員会館、2020年11月18日）
- 39) 高村ゆかり：「ポストコロナの世界を創造するグリーンリカバリー」美しい森林づくり全国推進会議、林業復活・地域創生を推進する国民会議主催シンポジウム「ポストコロナ時代の新たな森林価値の創造に向けて」（online、2020年12月9日）
- 40) 高村ゆかり：「2050年カーボンニュートラルに向けて——日本の課題」公明党地球温暖化対策推進本部（衆議院第二議員会館、2020年12月10日）
- 41) 高村ゆかり：「よりよい未来に向かう復興——コロナ後の世界とグリーンリカバリー」中部経済産業局・中部環境事務所主催第16回中部エネルギー・温暖化対策推進会議（オンライン、2020年12月24日）
- 42) 高村ゆかり：朝日新聞社との共催による連続Webinar「カーボンニュートラルとビジネス」第一回「2021年、米中はどう動く」（2021年1月8日）
- 43) 高村ゆかり：「再生可能エネルギーをめぐる最近の動向とバイオマスへの期待」日本有機資源協会第96回バイオマスサロン（オンライン、2021年1月26日）
- 44) 高村ゆかり：「『プラスチック問題』から3Rを考える」第15回容器包装3R推進フォーラム「持続可能な容器包装のための3Rとライフスタイルをめざして」（online、2021年1月28日-2月1日）
- 45) 高村ゆかり：「2050年カーボンニュートラルに向けて——よりよい未来に向かう地域づくり」SDGフォーラム in 長野（online、2021年1月31日）
- 46) 高村ゆかり：「よりよい未来に向かう復興」第5回イオン未来の地球フォーラム「いま次世代と語りたい未来のことーポストコロナの持続可能な未来ー」（online、2021年2月6日）
- 47) 高村ゆかり：朝日新聞社との共催によるオンラインシンポジウム朝日地球会議2020プラス「カーボンニュートラルとビジネス」開催（2021年3月）

(4) マスコミ等への公表・報道等>

【サブテーマ1】

- 1) 亀山康子（2021）朝日新聞GLOBE（2021年4月、No.240、P.5）「気候安全保障って？意識薄い日本」

【サブテーマ2、3】

特に記載すべき事項はない。

【サブテーマ4】

- 1) 日本経済新聞 (2019/11/9)「経済教室 脱炭素化の時間軸至急示せ」
- 2) 公明新聞(2019/11/26)「COP25来月開催 気候変動対策は前進するか」
- 3) 読売新聞 (2019/12/15)「COP25 各国の思惑交錯 削減目標積み上げ 難航 会期延長し交渉」
- 4) 日本経済新聞 (2020/1/14)「CO2から資源、「厄介者」の変身 温暖化対策が進化」
- 5) 日経産業新聞 (2020/3/23)「パリ協定、日本の目標見直しは一過ぎた提出期限、問われる本気度」
- 6) The Strait Times (2020/3/30) Japan draws flak for keeping‘unambitious’carbon target
- 7) 朝日新聞 (7/17/2020)「アングル：既定路線の「脱石炭火力」、温暖化対応へ さらなる切り込み必要 (ロイター、ニューズウィーク日本版オンライン、Yahoo!ニュース オンライン等にも転載)」
- 8) 厚生福祉 (時事通信) (7/21/2020)【特集】コロナ不況経済対策=高まる「グリーン復興」の声—脱炭素移行推進を
- 9) 日経電子版 (10/9/2020)「中国の「脱炭素」は本物か その影響は、専門家に聞く—科学記者の目」
- 10) 読売新聞 (10/27/2020)「目標列挙「菅カラー」 所信表明演説」
- 11) 日刊工業新聞 (11/6/2020)「トランプ政権、環境でも激動の4年」
- 12) ニュースイッチ オンライン (11/7/2020)「トランプ敗北目前、「パリ協定」脱退はどうか？」
- 13) 報道ライブ インサイドOUT (11/9/2020)「菅政権の温暖化対策 炭素排出ゼロは可能？」
- 14) 日刊工業新聞 (11/11/2020)バイデン氏勝利宣言 新政権の針路(2) 環境・エネルギー政策
- 15) 読売新聞 (2/22/2021) [スキャナー] 脱炭素主導へ 米、内外に「壁」 パリ協定復帰
- 16) 毎日新聞 (4/17/2021)「日米首脳、「気候危機」共有 国内目標、引き上げ迫られる可能性も」
- 17) 朝日新聞 (4/22/2021)「温室効果ガス46%削減目標 首相が示す「野心的」水準」
- 18) 週刊東洋経済 (5/15/2021)「温暖化ガス46%削減を表明 目標達成へ険しい道のり」

【サブテーマ5】

- 1) しんぶん赤旗「シリーズ現代の視点：紛争や政治不安の元に気候変動—議論深め途上国援助できれば—」(2020/10/13) 10面。

【サブテーマ6】

- 1) 保険毎日新聞 (2018年6月20日、「MS & ADホールディングス 気候変動テーマにシンポジウム、SDGsへの次の一步を考える [2018年5月16日]」) *2018年5月16日のシンポジウムの採録
- 2) 電気新聞 (2018年7月20日、2頁、「自民環境調査会、高村・竹内氏ら専門家3氏からヒア／長期排出削減巡り」)
- 3) 佐賀新聞 (共同配信、2018年7月24日、9頁、「石炭火力拡大へ 国の削減目標ピンチ」)
- 4) 電気新聞 (2018年7月31日、2頁、「中環審・カーボンプライシング新小委が初会合／具体制度設計を視野に」)
- 5) 日経ESG 2018.9 (36-39頁、インタビュー「脱炭素へ、本気を示せ—エネルギー基本計画が改訂」)
- 6) The Japan Times (2018年10月2日、「Will Japan be a climate leader or a climate laggard?」)
<https://www.japantimes.co.jp/news/2018/10/09/national/will-japan-climate-leader-climate-laggard/#.XNIaZafANPM>
- 7) 日本経済新聞 (2018年11月22日、経済教室、「温暖化対策の難路(下) COP24『脱炭素』促す成果を」) <https://www.nikkei.com/article/DGXXKZO38027750R21C18A1KE8000/>
- 8) 読売新聞 (2018年11月27日、13頁、「COP24来月開幕 パリ協定に「魂」 正念場」)
- 9) 毎日新聞 (2018年11月28日、16頁、「適応の現場から／8 COP24 ルールの大枠合意焦点 高村ゆかり・東京大教授に聞く」) <https://mainichi.jp/articles/20181128/ddm/013/040/020000c>

- 10) NHKニュース（2018年12月2日、COP24での交渉の見通しについて2分ほど解説）
- 11) 京都新聞（共同通信配信、2018年12月3日、朝刊4頁、「パリ協定指針合意なるか」）
- 12) NHKニュース（2018年12月16日、COP24での交渉結果について2分ほど解説）
- 13) 産経新聞（2018年12月17日、2頁、「温暖化対策 パリ協定、ルール採択 COP24 途上国、先進国と同基準」）
- 14) FujiSankei Business（2018年12月24日、2頁、「【道標】パリ協定のルール採択 温暖化対策推進政策や制度見直し急務」）<https://www.sankeibiz.jp/compliance/news/181224/cpc1812240500001-n1.htm>
- 15) 電気新聞（2019年1月28日、5頁、「地球環境市民会議、大阪でCOP24報告会／G20控え具体策に焦点」）
- 16) 朝日新聞（2019年4月17日、「『脱炭素』でビジネス発展 シンポジウム『動き出すパリ協定、選ばれる企業』」）*2019年3月26日に開催したシンポジウムの採録
<https://digital.asahi.com/articles/DA3S13980687.html>
- 17) euronews.（Reuters配信、2019年4月29日、「Japanese utilities turn away from coal plans amid green energy boom」）<https://www.euronews.com/2019/04/29/japanese-utilities-turn-away-from-coal-plans-amid-green-energy-boom>
- 18) The Japan Times（2019年4月29日、「Forum on Marine Plastic Waste Addressing disposal and recycling systems in Japan」）<https://www.japantimes.co.jp/2019/04/29/special-supplements/addressing-disposal-recycling-systems-japan/#.XNIa4KfANPM>
- 19) 時事通信配信（2020年4月2日）「温暖化対策、停滞の恐れ＝COP26延期で－専門家ら」
- 20) 日刊工業新聞（2020年4月7日）「感染症からいのちと健康を守る」
- 21) 読売新聞（2020年5月11日）「新型コロナCO₂排出20年大幅減 国際機関予測 収束後「反動」懸念も」
- 22) 日刊工業新聞（2020年5月12日）「コロナ後の世界と『グリーンリカバリー』」
- 23) 東洋経済オンライン（2020年5月16日）「メガバンク、「脱炭素化」に大きく舵を切る理由／投融资方針を相次ぎ転換、抜け道の批判も」
- 24) 朝日新聞（2020年6月4日）「石炭火力、覆る輸出の『理由』 環境省の有識者検討会が報告書」
※石炭火力輸出に関するインタビュー
- 25) 日刊工業新聞（2020年6月16日）「エネルギー転換×パリ協定×SDGs」
- 26) NHKニュースおはよう日本（2020年6月23日）「Eyes on コロナ後の復興 『グリーン・リカバリー』とは？」
- 27) 読売新聞（2020年7月4日）「グリーン・リカバリー 経済復興CO₂抑えて コロナ後 企業支援に条件」
- 28) 時事通信（2020年7月9日）、「エネルギー政策に『風穴』＝脱炭素支援、実効性課題」
- 29) NHKニュース7、ニュースウォッチ9（2020年7月2日）「古い石炭火力 9割程度削減へ」
- 30) 東京新聞（2020年7月12日）「石炭火力衰退 現実を後追い」
- 31) 日刊工業新聞（2020年7月21日）「プラスチック問題とSDGs」
- 32) Financial Times (July 23, 2020), Coal retains its grip on Japan's energy mix
- 33) 北海道新聞（2020年8月24日）「地球が発熱 多くの影響」
- 34) 日刊工業新聞（2020年8月25日）「プラスチック問題にどう取り組むか」
- 35) 毎日新聞（2020年9月9日）「焦点：欧州『脱炭素』先手 コロナ後、経済反転図る」
- 36) 日刊工業新聞（2020年9月29日）「ESG投資がSDGs達成に貢献する企業を後押しする」
- 37) 朝日新聞（2020年10月13日）「コロナ時代を生きる 朝日地球会議2020」 ※朝日地球会議2020の2つのパネルの採録
- 38) 朝日新聞（2020年10月23日）「温室ガス実質ゼロ、問われる本気度 菅首相「2050年目標」表明へ」
- 39) 時事配信（2020年10月26日）神戸新聞（2020年10月27日）「首相所信表明演説 『温室ガスゼロ』

経済界も期待 方向性明確化『積極的に投資』」

- 40) 朝日新聞（2020年10月27日）「脱炭素、日本もようやく なぜ『ゼロ』・具体策は・世界では」
- 41) 共同通信配信、山陽新聞（2020年10月27日）「温室ガス50年にゼロ宣言 暮らし、経済 変革必須」
- 42) 北海道新聞（2020年10月27日）「脱炭素 見えぬ本気度」
- 43) 朝日新聞（2020年10月29日夕刊）「気温上昇『1.5度まで』、道筋は温室ガス『2050年に実質ゼロ』、菅首相が宣言」
- 44) 日刊工業新聞（2020年11月3日）「2050年温室効果ガス排出ネットゼロ」
- 45) NHK（2020年11月5日）「パリ協定・米が正式離脱 専門家『世界第2の排出国が背向けると実効性損なう可能性』」 ※米国パリ協定脱退に関する解説
- 46) 共同通信配信（2020年12月3日）、信濃毎日新聞（2020年12月3日夕刊）「『2050年脱炭素』多くの難題 高村ゆかり教授に聞く 社会と経済の根本的な変革を」
- 47) Fuji Sankei Business i （2020年12月7日）「CO₂回収・再エネ拡大など多難 「50年ネットゼロ」125カ国・地域表明」
- 48) NHKニュース7（2020年12月8日）「温室効果ガス過去最少 専門家 脱炭素社会実現へ『1人1人が行動を変える必要ある』」 ※2019年度温室効果ガス排出量速報値についての解説
- 49) 日刊工業新聞（2020年12月8日）「エネルギーの脱炭素化と企業の競争力」
- 50) 公明新聞（2020年12月11日）「脱炭素化 国民の命を守る／50年の実現へ法制化が必要／党推進本部に識者見解」
- 51) 佐賀新聞（2020年12月16日）「2050年脱炭素への道 125カ国・地域「ゼロ」表明」
- 52) 中国新聞（2021年1月5日）「50年脱炭素へ 120ヶ国超が宣言」
- 53) 日刊工業新聞（2021年1月12日）「多数国間協調の下での国際競争」
- 54) 朝日新聞（2021年1月14日夕刊）「米中の脱炭素、世界が注目 温暖化対策めぐる今年の動き、オンラインセミナー」 ※朝日新聞社との連続Webinarシリーズ第1回の採録
- 55) 京都新聞（2021年1月18日）「2050年脱炭素、いばらの道」
- 56) NHKニュース（2021年1月21日）「バイデン大統領就任式 社会の融和を呼びかけ」 ※バイデン新政権の気候変動政策の解説
- 57) 時事通信配信（2021年1月21日）「『50年ゼロ』目標一致＝気候変動対策で日米協調－政府」
- 58) 週刊エコノミスト（2021年2月2日号）インタビュー「『内燃機関』に固執すれば市場を失う。"脱炭素"は企業、国の総力戦だ」
- 59) 公明新聞（2021年2月2日）「（脱炭素化 企業の取り組み）東京大学未来ビジョン研究センター 高村ゆかり 教授の講演から（要旨）／再エネ促進が投資呼び込む」
- 60) 共同通信配信（2021年2月2日）、長崎新聞（2021年2月2日）「特集 50年脱炭素始動 ◎企業が稼げる支援を／東大の高村ゆかり教授（環境法）の話」、秋田魁新報（2021年2月3日）「＜脱炭素社会2050＞グリーン成長戦略 求められる社会変革 世界にらみ官民一体 ◎収益上昇への支援を 東大の高村ゆかり教授（環境法）の話」
- 61) 日刊産業新聞（2021年2月5日）「容器包装3R推進フォーラム／ウェブ開催／長期的ビジョン必要」

（5）本研究費の研究成果による受賞

【サブテーマ1】

- 1) 亀山康子、2021年環境科学会学術賞、公益社団法人環境科学会、授賞式は2021年9月。本推進費の成果である「亀山・佐々木（2020）」論文が受賞理由の一部となっている。

【サブテーマ2、3、4、5、6】

特に記載すべき事項はない。

IV. 英文Abstract

Study on Risks due to Global Climate Change Impacts that could Affect Socio-economic Activities in Japan

Principal Investigator: Yasuko Kameyama

Institution: National Institute for Environmental Study, Tsukuba City, Ibaraki, JAPAN

Tel: +81-29-850-2430 /E-mail: ykame@nies.go.jp

Cooperated by: National Agriculture and Food Research Organization, Institute for Global Environmental Strategies, Ibaraki University, and University of Tokyo

[Abstract]

Key Words: Climate change impacts, Risk, Supply chain, Security, International institution

The increasing frequency of heavy rainfalls and severe typhoons is said to be caused by the adverse effects of climate change. Among various climate change risks, physical damages by natural disasters in Japan are increasingly being acknowledged by the public and have been investigated in many studies. However, studies from overseas have pointed out that climate change impacts in various parts of the world can increase economic and sociopolitical risks through various routes. Climate change impacts therefore need to be recognized as a **compound risk** that includes diverse domestic and international impacts. To date, this approach has not yet been taken in Japan. The aim of this research project was to deepen our knowledge from the perspective of each of the following six types of climate risks.

- (1) Corporate activities are affected by climate change through various routes. It was found that companies have a greater awareness of the effects of short-term risks such as torrential rains and floods, but they may not necessarily be aware of risks resulting from high temperatures or slow-onset events that appear gradually over time.
- (2) We developed an international trade model that represented the import and export of 5041 products. We can now reproduce past performance values, and we plan to use the model to show the relationship between past disasters and changes in quantity of trade. It is expected that an increase in the number or severity of disasters in a region will affect trade between that region and Japan.
- (3) Because of the effects of drought and high temperatures, it is expected that world food production will decline if no countermeasures are taken in the future. This study examined impact of climate change onto food production by region. Japan, which imports a large amount of food, needs to consider the regions from which food (especially grain) is procured as well as its food supply methods.
- (4) Targeting Asian countries that have strong ties with Japan, we independently developed a climate vulnerability indicator based on multiple other indicators. This indicator can be used to show the vulnerability of countries to climate change impacts and their reliance on emergency humanitarian assistance from abroad, including from Japan.
- (5) The concept of climate security is related to other types of security concepts. Although studies have clarified the strong links between food and energy security and climate security, climate mitigation actions are likely to have positive effects in other areas of security, such as maritime and human security.
- (6) Island countries such as Japan are affected by sea level rise, which could lead to Japan's territory, territorial waters, and Exclusive Economic Zone shrinking in the long run. In addition, the number of refugees overseas is increasing as a result of climate change, and there is a growing demand for a response in the international community. It is important for the Japanese stakeholders to start discussing these issues.