



気候変動の 複合的リスク に備える



国立研究開発法人 国立環境研究所





このパンフレットは、環境研究総合推進費 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」(実施期間 2018 ～ 2020 年度) の成果をまとめたものです。
より詳しい内容につきましては、各サブテーマ担当者に直接お問い合わせください。

全体テーマ「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」
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
- (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
- (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
- (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
- (5) 気候変動と安全保障概念の理論的側面に関する研究
... 茨城大学人文学部／気候変動適応科学研究機関
- (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
... 東京大学未来ビジョン研究センター



要 旨

気候変動を主原因とする悪影響の一つとして集中豪雨や超大型台風等が増えていることが、ここ数年で知られるようになりました。これらの自然災害のうち、日本国内で起きるものや、それによる物理的な被害は、多くの研究で示されるようになりました。しかし、海外の研究では、世界各地で起きた気候変動影響がさまざまな経路を経て経済的／社会政治的な影響ともなりえることが指摘されています。気候変動影響は、これらの国内外での多様な影響も含んだ複合的リスクとして認識される必要があります。このような認識は、今まで日本国内ではほとんどなされてきませんでした。

そこで、この研究プロジェクトでは、特に日本のリスク管理にとって重要であるにもかかわらず今まで国内で議論が進んでいない6種類の気候リスクを取り上げ、それぞれの観点から知見を深めていくことにしました。図にあるように、これらのリスクは、それ自体が日本にとっての複合的リスクの構成要素となるだけでなく、他の種類のリスクにも波及していきます。

研究はまだ継続中ですが、現段階で得られた知見や成果は次のとおりです。

①企業活動は、さまざまな経路をつうじて気候変動の影響を受けます。全般的に、集中豪雨や洪水といった短期的な降雨の影響に関する企業の意識は高まっていますが、高温に関する影響や、海面上昇など次第に時間をかけて生じる影響に対する意識は、必ずしも高くない場合があることが分かりました。

②商品ごとに貿易の輸出入を表現する国際貿易モデルを作成中です。過去の実績値が再現できるようになりました。今後、このモデルを使用して、将来、ある地域で災害発生が増えると、日本のどの商品の貿易に影響を及ぼすかが示されるようになります。

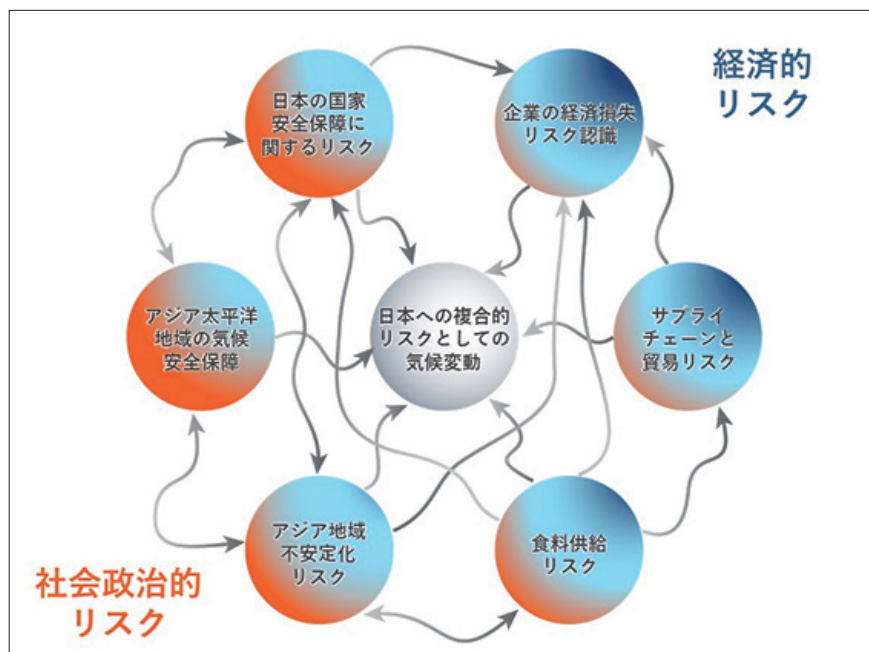
③干ばつや高温の影響を受け、今後、何も対策をとらなければ世界の食料生産量が減少すると予想されます。世界人口の増加が今後も見込まれることから、食料輸入量の多い日本としては、穀物の調達元となる地域や、自給の可能性など食料補給方法を検討していく必要があります。

④日本と強い結びつきを持つアジアの国を対象として、複数の指標をベースとして、気候脆弱指標を独自に開発しました。この指標を用いて、気候変動影響に対する各国の脆弱性や海外からの緊急人道支援への依存度を示すことができます。

⑤気候安全保障の概念は、他の安全保障分野と関連しています。食糧安全保障やエネルギー安全保障との結びつきが強いことはすでに論文等で明らかになっていますが、その他、海洋安全保障や人間安全保障とも関連します。つまり、気候変動対策は、これらの各種安全保障の強化につながるということです。

⑥気候変動に関する国際条約である国連気候変動枠組条約の下、気候変動リスクによる損害について対処するための協議と取り組みが進んでいます。特に、自然災害や海面上昇で難民や国内避難民となった人々の支援は、難民や国内避難民の支援を目的とする他の国際組織と協力しながら進められています。

図 研究プロジェクトの構成



気候変動の複合的リスクとはなにか？

—プロジェクトの概要—

集中豪雨や超大型台風、夏の猛暑、これらはいずれも近年増加傾向にあり、気候変動が原因と考えられています。人々の関心が高まるのは、これらの自然災害が日本国内で起き、日本国内の家屋や人命に被害が生じる場合です。確かにこのような状況は、異常気象と損害との間の因果関係が理解しやすく、身近であるがゆえに自分事として受け止めやすいのではないのでしょうか。

しかし、気候変動影響に関連するリスクは、このような日本国内で起きる自然災害に留まりません。例えば、2011年にタイで起きた洪水により、いくつもの工場が浸水しましたが、その結果、それらの工場から部品を調達できなかった先進国の自動車やコンピュータ関連産業の製造ラインが数か月にわたって止まることになりました。また、欧米では、気候変動影響による干ばつが食糧難を悪化させ、アフリカや中東の紛争の原因になっていると指摘する論文が多数出ています。海面上昇は太平洋の島国に居住する人々を難民化させ、すでにオーストラリアやニュージーランドへの移住が増えています。食料品の中でも特にコーヒーやカカオ、バナラビーンズといった農産品は、今後地球全体が温暖化していくと、現在とは異なる場所が栽培適地になると言われています。

このような、多様なリスクが相互に複雑に関連し合う状態を「複合的リスク」と呼びますが、気候変動はまさに複合的リスクをもたらすと言えます。日本国内では残念ながら気候変動による複合的リスクの議論が今までほとんどなされてきませんでした。

そこで、この研究プロジェクトでは、特に日本国内で議論が進んでいない6種類のリスクを取り上げ、それぞれの観点から知見を深めていくことにしました。図1にあるように、これらのリスクは、それ自体が日本にとっての複合的リスクの構成要素となるだけでなく、他の種類のリスクにも波及していきます。冒頭で紹介したような国内で生じる自然災害による損失ももちろん気候変動リスクの一つですが、すでに国内で研究が進んでいることから本研究の対象外としました。図の右上の青い色は経済的リスク、左下の赤い色は社会政治的リスクを表し、6つの○は、今回取り上げた6つの種類のリスクを示しています。それぞれの○の中に2色が混じっていること、混じる配分が少しずつ違うことにも注目してください。

1つ目の○、「企業の経済損失リスク認識」では、企業がどのような気候変動影響を自社のリスクとして認識しているか、という観点から研究を進めます。企業、と一言と言っても、業種ごとに直面する気候変動リスクの種類は異なることが想定されます。すべての業種に共通するリスクは何か。業種ごとの違いはどこにあるか。業種がまだ認識していないが今後認識すべきリスクはあるか。また、特に日本企業は海外から多くの物資を輸入・調達していることから、世界のどの地域でどのような影響が生じることが最も心配されるのかという観点からも検討を進めます。

2つ目、「サプライチェーンと貿易リスク」では、日本と海外との間の輸出入データを用いて、過去の海外での様々な自然災害が、日本の貿易量に及ぼす影響を分析します。冒頭にも紹介した、タイで洪水が起きた結果、日本企業が経済的損失を被るという事例も、このモデルを用いることで説明できるようになります。また日本の貿易構造を理解することで、今後、世界のどの場所で異常気象が起きると日本のどの業種に影響が及ぶか推測できるようになります。

3つ目、「食料供給リスク」では、日本の食料安全保障を取り上げます。日本の食料自給率は4割以下(カロリーベース)となっています。一方、世界各地で異常気象が増加し、小麦などの国際価格を変動させています。今後、世界人口がさらに増え、食料需要が増加し続けた時に、異常気象による世界全体での食料供給量の変動は、日本の食料輸入にいかなる影響を及ぼすのでしょうか。この問いに答えるためには、将来の世界各地での、主要な穀物別の生産量変化を推計できなくてはなりませんが、品種改良や灌漑等、人々も変化する気候に対応していきますので、簡単ではありません。一定の条件を踏まえた推計をしていきます。

4つ目、「アジア地域不安定化リスク」では、アジア地域を対象とします。日本はアジア地域にあり、周辺国との良好な

プロジェクト代表

亀山 康子(国立研究開発法人 国立環境研究所)

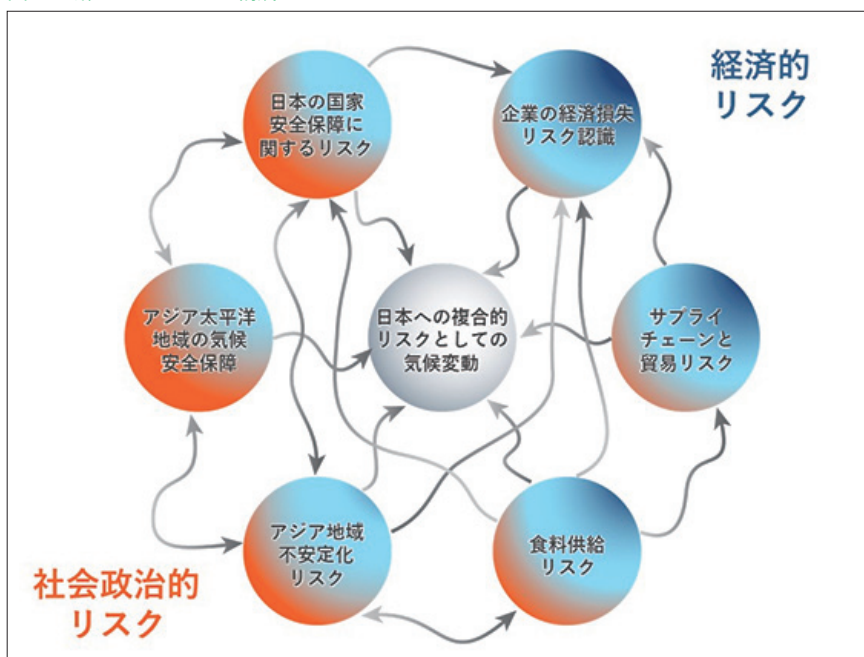
関係が重要です。途上国では、日本政府は政府開発支援を行い、インフラ整備を進めますが、最近では異常気象の増加により、橋や道路を建設するにも以前とは異なる前提条件が必要となっています。さらに、これらの国では、災害後、暴動や窃盗等治安の悪化が生じ、これがさらなる社会政治的なリスクとなります。そこで、ここでは、アジア諸国の気候変動に対する脆弱性をさまざまな観点から計測する指標を開発し、他国の支援を必要とするか否かの判断基準とすることを目指します。また、いくつかの国の専門家と対話を実施し、脆弱性を低下させるためにできる対策を提示します。

5つ目、「アジア太平洋地域の気候安全保障」では、欧米で20年以上前から進んでいる気候安全保障研究の蓄積をアジア太平洋地域に展開しようとするものです。そもそも日本ではあまり耳慣れない言葉ですが、環境破壊・環境劣化が水不足や食料不足を生じさせ、近隣の人々の紛争の原因となるという因果関係に焦点をあてた研究が海外では進んでいます。この因果関係を認めるなら、環境保全に努めることが紛争回避にも役立つこととなります。また、日本では人間安全保障という言葉が用いられますが、人間が尊厳をもって生きていくために必要な物資や社会的安定が気候変動によって損なわれるという考え方もあります。このような概念や理念を整理し、日本やアジア太平洋地域に適用します。

6つ目、「日本の国家安全保障に関するリスク」では、従来型の国家安全保障に対して気候変動が及ぼす影響を検討します。第1として、気候変動枠組条約（UNFCCC）の下で近年議論されている気候難民の問題があります。自然災害や海面上昇で居住不能となった地域からの移動人口が増える中、国際機関としていかなる制度を構築すべきかが問題となります。この問題は、国連難民高等弁務官事務所（UNHCR）や国連安全保障理事会（UNSC）でも議論され始めており、国際機関間の連携も求められるようになります。また、別の観点からは、日本の排他的経済水域（EEZ）が海面上昇により縮小するという問題も国家安全保障上の問題です。これらの問題は日本国内でもほとんど検討されていませんが、近い将来、対応が迫られる課題です。

次のページから、上記に示した6つの課題について、研究の今までの進展を説明していきます。これらの成果を踏まえて、日本国内でも、気候変動の複合的リスクへの備えについて議論が進展することが期待されます。

図1 研究プロジェクトの構成



企業の気候変動リスク認識は？

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

研究背景

気候変動は、さまざまな個人や組織にさまざまな影響を及ぼします。企業も例外ではありません。G20 財務大臣・中央銀行総裁会議からの要請を受け、金融安定理事会(FSB)により 2015 年に設立された「気候関連財務情報開示タスクフォース (TCFD)」では、金融業界が気候関連課題にどう対処していくべきかについて議論し 2017 年に報告書を公表しました。そこでは、企業に対する投資判断の目安とするために、従来の財務情報に加えて気候関連情報も開示することを企業に求め、情報開示のためのガイダンスを示しています。気候関連リスクを大きく2種類に分け、温室効果ガス排出削減政策（炭素税等）が企業に及ぼすリスクを移行リスク、集中豪雨や超大型台風等の気候変動影響が企業に及ぼすリスクを物理リスク、と呼び、それぞれのリスクに企業が十分対処できていることが、企業の持続的な経営につながると考えられています。毎年スイスのダボスで世界の経済界・政治界リーダーを集めたダボス会議を主催している世界経済フォーラム (WEF) が実施しているアンケート調査でも、ここ数年、企業経営にとって最大のリスクが気候変動であると回答する企業数が最多となっており、企業活動と気候変動が密接に関連していることがうかがわれます。

このように、企業は、自社に対する気候関連リスクを自力で判断し備えることが、投資家から求められる時代になりました。しかし、実際にどの気候変動影響がどれほどの影響を及ぼすのか、正確に求めるのは困難です。どの研究成果がいかなる企業にとって関係があるのか、いかなる業種に対して情報発信すべきなのか、研究者たちも迷うことがあります。

表1 企業に対する気候変動リスクの種類

	原因が国内で生じる	原因が国外で生じる
緩和策によるリスク (移行リスク)	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。炭素税等。	脱炭素社会を目指した国際的な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 (物理リスク)	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。国内拠点としている地域での洪水等。	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。

表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
海面上昇や高潮	農作地の浸水による生産量減少
	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
渇水	港湾が使用困難となることによる船舶での輸送遅延
	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
熱ストレス	乾燥による森林火災、山火事
	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
	漁業資源の移動等、気温上昇の生態系への影響や、ウィルス増加の結果としての感染症の増加
上記を原因とする経済的コスト増、投資リスク	消費者の好みの変化（機会ともなりうる）
	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

プロジェクトメンバー

亀山 康子、高橋 潔、脇岡 靖明、岡田 将誌（国立研究開発法人 国立環境研究所）

研究概要

本研究では、日本の企業が有する気候関連リスクに関する認識を把握するため、ヒアリング調査を実施しました。企業に対する気候変動リスクは、表1に示したように4種類に分けられますが、本プロジェクトの対象は、国外の気候変動影響をもたらすリスクであるため、右下の枠が対象となります。

欧米を中心に気候変動適応の議論が進んでいる国の研究機関から発表されている論文や報告書から、企業が直面するリスクを網羅的に抽出し、表2にまとめました。そして、この表で記載されているリスクについて、日本企業の認識を尋ねるという方法をとりました。できるだけ異なる業種の企業11社にご協力いただくことができました。

短期的な降水量の増加による浸水等については、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ことが分かりました。具体的には、工場での浸水による建物の損害、電気システムの故障、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した。このような経験を一度すると、それに対する意識が高まり、備えもできるようになります。建物を高い塀で囲む、複数の場所から調達する、といった工夫がなされるようになっていました。

渇水そのものが過去に、ヒアリング対象企業に対して損害を与えた事例は見られませんでした。しかし、懸念される事象は例として複数挙げられました。特に、南米、インド、タイ、シンガポール、豪州、トルコ等で操業している、あるいはこれらの地域から物資を輸入している企業は、渇水を心配していました。南米で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、事前の備えとして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るという事例が挙げられました。

熱ストレスは、他と比べると、調査対象企業から話題として出てくることが少なかった気候変動影響でした。製品を保管しておく際の温度管理や、建物内で働く従業員の健康維持のために、空調を今後より多く使用するためのエネルギーコスト増大、あるいは、戸外で働く従業員が日中暑すぎて働けなくなるためにより多くの日数がかかるようになる、といったケースが想定されます。気候変動対策としてではなく、従業員の健康管理を担当する部署の役割という企業内役割分担もあるようでした。

さらに、海外の企業の事例では、気候変動影響に十分備えていない企業ほど、経営リスクが高いと受け止められ、投資家や消費者から敬遠されるようになる、いわゆる評判リスクが指摘されています。日本企業も、海外での事業においては評判リスクに注意を払っていましたが、国内では消費者側の意識が、評判リスクを懸念するほどに育っていないようでした。

今後の予定

この調査では11社に協力いただき、日本企業がいくつかの気候変動リスクに対しては高い意識をもって備えていることや、対応を検討できていることが分かりました。他方で、海面上昇や平均気温の上昇など、突発的ではなく徐々に生じていく変化に対しては、備えるところまで検討できていない場合もあることが分かりました。

本調査の後、CDPという英国NPOが毎年企業を対象にアンケート調査を実施している結果を活用して、世界の企業の気候変動影響へのリスク認識を分析しました（下論文参照）。サンプル数を増やすことで、業種ごとの特徴を明らかにできつつあります。例えば、海外から物資を輸入して製品を作る製造業と、金融や保険業界では、心配すべきリスクの種類に違いがあることを示せるようになります。また、国ごとに産業構造や国外との貿易構造が違うことを踏まえると、日本とそれ以外の国との間でも意識の違いがありそうです。

関連情報

- ・ 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」 2019年4月 国立環境研究所ウェブサイト、https://www.nies.go.jp/social/jqjm1000000gjz69-att/2-1801_hearing_201904.pdf
- ・ 亀山康子、佐々木美紀 (2020forthcoming) 「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』

海外の異常気象は日本のリスク

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

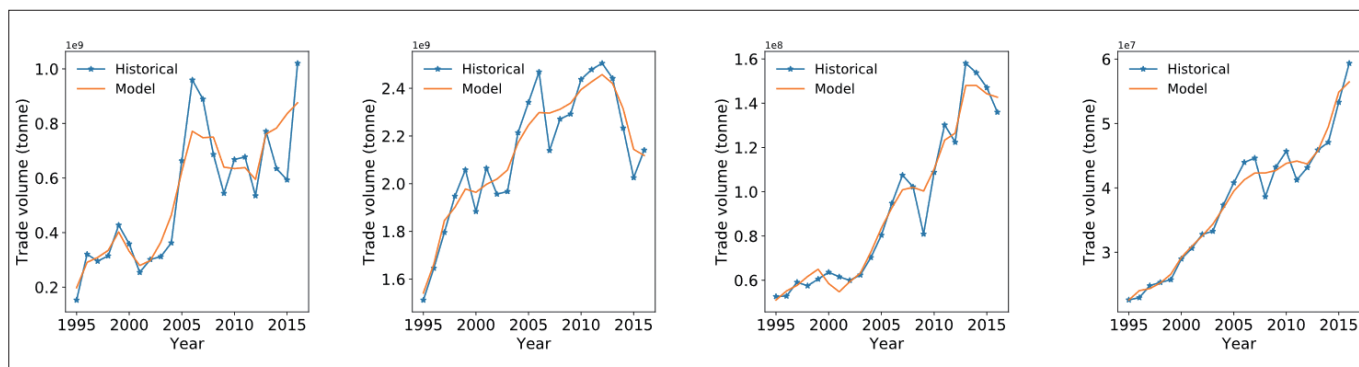
研究背景

2019年の日本の輸入額は約78.6兆円。1990年の33.9兆円から倍以上に増加しており、日本経済の輸入資源、輸入材料、輸入製品に対する依存は高まり続けています。このような状況を背景に、日本の生産や消費と国際サプライチェーンとの関係に注目し、全球的な持続可能性課題と日本の消費者責任論を考察する「フットプリント」研究が進展してきました。具体的には、日本の最終需要が国際サプライチェーンを通じて世界各国で間接的に排出する温室効果ガス量を示すカーボンフットプリント、大気汚染物質である微小粒子(PM_{2.5})の排出に起因する早期死亡者のフットプリント、金属採掘による土地改変量のフットプリント等が解明されています。いずれも日本経済がもたらす国外影響は世界的にも顕著であり、消費者責任の履行が全球的な持続可能性の強化に不可欠と示唆されています。

また、フットプリント概念を応用し、国外の社会的リスクに対する日本経済の関与を定量化した事例もあります。レアメタルと称される希少金属について、採掘国の偏在性と政治的不安定性を加味した採掘国のリスクを定義し、日本の最終需要がサプライチェーンを通じて暗黙的に晒される直接的間接的な採掘リスクの算定により、資本形成と輸出需要に採掘リスクが集中する実状が示されました。現在のCOVID19パンデミックも、各国の生産制約によるグローバル経済の連鎖的影響が観察されています。こうした事実は、世界各国の生産活動に関するリスクとサプライチェーンを通じた日本の関与を見極め、リスクに対する頑健性と柔軟性のある経済構造の確立を要請するものといえます。

昨今危惧が強まる生産制約要因として、気候変動に起因する自然災害の増加があります。顕著な例として、2011年に発生したタイの洪水により受けた生産設備の被害が、現実的に日本の製造業の生産制約となりましたが、いわゆる気候安定化を目指す「2°C目標」に到達できない場合は、洪水や干ばつのような自然災害の発生頻度の世界的な上昇が懸念されています。同時に、日本の生産と消費が依存する国際サプライチェーンの脆弱性が高まり、日本経済に重大なリスクをもたらすことが予見されます。しかしながら、自然災害の発生頻度の変化による国際サプライチェーンへの影響に関する研究は少なく、日本に着目した解析は行われていないのが現状であり、気候変動に対する日本経済のリスク回避策の検討を妨げています。

図2 国際貿易モデルによる商品別総貿易量の実績値再現性の検証例(左から、天然ガスと液化天然ガス、原油、アルミニウム、銅)



研究概要

本研究では、国際サプライチェーンの中でも国際貿易に焦点を当て、自然災害の頻度変化に伴う国際貿易構造の変化を推計し、日本の生産消費システムへの影響を分析することを目的としています。その遂行のため、まず、国際貿易のモデル化を機械学習の手法論を用いて実施しました。国際貿易を輸出国×輸入国×貿易商品の三次元構造として定義し、こ

プロジェクトメンバー

南齊 規介 (国立研究開発法人 国立環境研究所)

森岡 涼子 (国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構) (2018年度)

中島 謙一 (国立研究開発法人 国立環境研究所)

の影響に関する研究

の構造を貿易量を示すベクトルと輸出入の確率を示す貿易構造行列に分解する手法を開発しました。この分解により計算機でのメモリ使用量が削減され、計算負荷を大幅に軽減することができるため、汎用コンピュータでの計算が可能となりました。学習する国際貿易データには、国連統計局が発行する UNComtrade を改良した国際貿易データベースである BACI (International Trade Database at the Product-Level) を用いました。本研究では、輸出国と輸入国をそれぞれ 216 か国、貿易商品を 5041 品目として、1995 年から 2017 年までの各年の国際貿易データを整備しました。なお、貿易量の単位は重量ベース(トン)を採用しました。

国際貿易データの分解は次のように行いました。まず、三次次元データの側面に定義される各行列に注目しました。三側面とは、(A) 品目別に国間の輸出入量を示した輸出国×輸入国からなる表、(B) 各国の品目別輸出総量を示した輸出国×品目の行列、(C) 各国の品目別輸入総量を示した輸入国×品目の行列のことで、(A) は 5041 個の行列、(B) と (C) は 1 つずつの行列を定義しました。次に、上記の各行列を貿易量に相当するベクトル(行和を要素とするベクトル、列和を要素とするベクトル)と行列要素の貿易確率に相当する二重確率行列に分解しました。上記の分解で得られるベクトルの要素(各品目の貿易総量、各国の総輸入量、各国の総輸出量)と貿易確率をそれぞれリッジ回帰により学習してモデル(関数形)を構築しました。なお、温室効果ガス(GHG)排出量に呼応することを意図して、説明変数に社会経済指標の他に GHG 排出量を含めました。求めた関数形に将来の GHG 排出量と社会経済指標値を付与し、将来のベクトル要素と貿易確率の予測を行い、各結果を再合成することで将来の三次元の国際貿易データを構築し、モデルによる実績値の再現性を確認しました(図 2)。

さらに、国際貿易と日本の生産消費システムとの接続するため、最新の 2015 年版の産業連関表の部門と国際貿易の 5041 の商品コードとの対応を取り、日本の最終需要の部門別に直接間接的な国際貿易商品との関係を同定できるデータベースを構築しました。加えて、日本の地域別需要と貿易との関係を分析するための地域産業連関表の整備にも着手しました(下記発表論文参照)。

今後の予定

国際貿易のモデルの説明変数に自然災害頻度を国別災害種別に追加し、国際貿易構造の推計に自然災害の影響を組み入れ、自然災害に対して脆弱な貿易構造の同定を行います。国別災害種別の発生頻度は災害に関するデータベースである EM-DAT (International disaster database) から引用します。具体的には、洪水、暴風、干ばつ、野火、異常気温を対象にこれらの頻度を国際貿易モデルの説明変数に追加します。将来の国別 GHG 排出量と社会経済指標は SSP (Shared Socioeconomic Pathways) ver.2 を参照し、気候変動の緩和と適応の経路と仮定する 2 つのシナリオ別 (SSP1-RCP26, SSP5-RCP85) に貿易構造を推計します。しかしながら、災害頻度の将来値については引用可能なデータベース等が存在しないことから、頻度増加のシナリオを多数設定することで貿易構造に顕著な影響が出るシナリオを同定していきます。さらに、影響を受ける貿易構造が日本のいかなる最終需要と密接に関係するかを先に構築したデータベースを用いて解析する予定です。

農産物系貿易商品のモデル改善に向けて、主要 10 作物の収量データを説明変数に加えることも考えています。学習する過去データは世界食糧機構から取得し、将来の収量データはサブテーマ 3 から提供を受けることを想定しています。RCP-SSP・災害頻度・作物収量の組み合わせ別に作成する将来の三次元貿易データを解析します。この解析を通じて、気候変動の深刻化を契機とする災害や作物収量に変動が生じる中、農産物系貿易商品の将来構造の変化がもたらす日本の食料需要に対するリスクを考察します。

関連情報

- Takako Wakiyama, Manfred Lenzen, Ryosuke Bamba, Keisuke Nansai (2020) "Flexible multiregional input-output database for city-level sustainability analysis in Japan," Resources, Conservation & Recycling, 154, 104588.
- Takako Wakiyama, Manfred Lenzen, Futu Faturay, Arne Geschke, Arunima Maliki, Jacob Fry, Keisuke Nansai (2019) "Responsibility for food loss from a regional supply-chain perspective," Resources, Conservation & Recycling, 146, 373-383.

気候変動が日本の食料安全保障に及ぼす影響は？

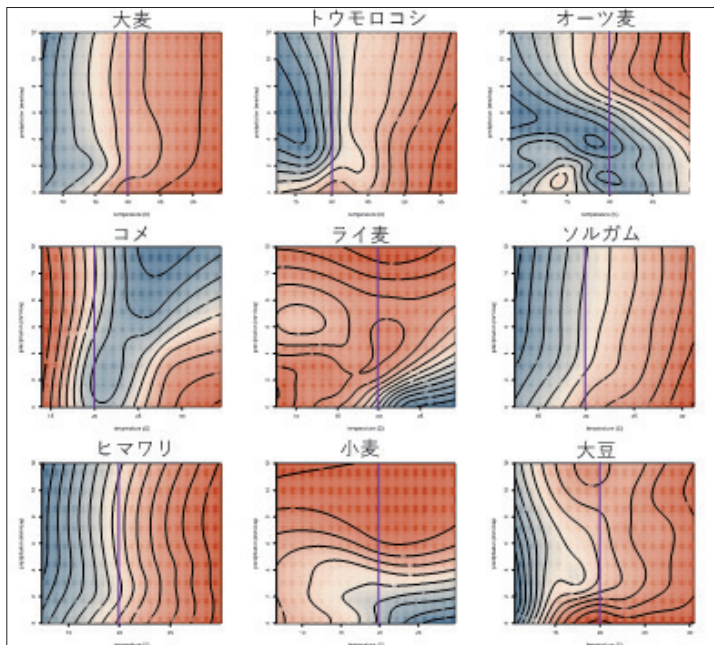
サブテーマ 3：国外の気候変動影響による食料生産変化が日本の食料輸入

研究背景

気候変動の問題が顕在化する一方で、世界の人口は増加し続けており、将来の作物生産性は重要な問題となっています。2050年までの人口増加を考慮すると現在の2倍程度の作物生産量が必要との試算があるにも関わらず、作物生産性の増加速度は鈍化しつつあります。日本は、コメについてはその多くを日本国内で生産できている一方で、穀物全体で見ると70%以上を輸入に頼っている状況です。また、肉類に関しては約50%を輸入に頼っています。その結果、カロリーベースとしては60%以上を輸入に頼っており、将来の世界の作物生産性は国民の生活に直結する状況となっています。これまで多くの研究が、気候変動が各国の作物の生産性に及ぼす影響を解析してきました。日本のコメでは作物の収量(単位面積当たりの収穫量)そのものよりも品質の低下が懸念されている一方で、数多くの気候変動に関する研究において、世界全体においては、将来における作物の収量そのものが減少する可能性が高いことが示唆されています。従って、日本の将来における食料安全保障を考える場合、日本国内の作物収量の変化を解析するだけでなく、世界における作物収量の変化を予測する必要があります。

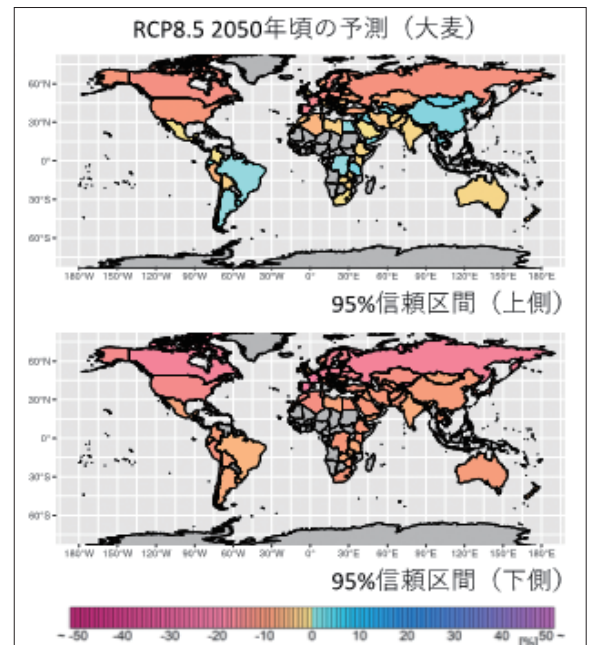
将来の気候変動下において、将来の作物の収量がどうなるのかという研究はこれまで膨大な数がなされています。しかしながら、これまでの気候変動の作物に対する影響研究については、食料安全保障の観点から見た場合、二つの問題点があります。一つは、主要な研究がプロセスベースモデル(作物の成長の生理的な諸過程を考慮した物理モデルに近い数理モデル)を用いた研究であり、予測における不確実性があまり考慮されていないことです。また、その対象がコムギやトウモロコシなどの主要作物に限られているという問題があります。この点は、統計的な手法(回帰分析など)を用いた研究でも同様です。日本の作物の輸入品目が多種に及ぶことから、複数の作物を網羅した影響予測研究が必要です。また、政策決定の観点から、予測の不確実性もきちんと考慮すべきであり、これまでの研究のレビューではなく、将来の作物の収量の変化について統一的な手法で多様な作物について解析する必要があります。

図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(°C)、縦軸が降水量(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。基準として20°Cのところ紫色の線を引いた。

図4 気候変動下における作物収量の変化率(%)



例として大麦のRCP8.5のシナリオにおける2050年頃の収量変化率を示す。

プロジェクトメンバー

櫻井 玄、森岡 涼子(国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構)

に及ぼす効果に関する研究

研究概要

本研究では、主食や飼料、食用油として重要な作物（大麦・キャッサバ・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統計モデル化して解析しました。気象データとして、CRU (Climatic Research Unit) の過去気象値を、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ました。CRU は 0.5 度グリッドのデータあり、FAOSTAT は国ごとの収量データですが、栽培面積データと栽培暦データ、標高データで補正し、国ごとに過去の栽培期間の平均気温と平均降水量のデータを作成しました。このデータに対して、パネル分析的に、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ました。

統計解析の結果、多種多様な作物に関して栽培期間の平均気温と降水量に対する作物の潜在収量に関する影響評価関数を得ることができました。いくつかの作物についての結果を図 3 に示しています。このように、加法モデルを使った解析では、気温・降水量と収量の非線形な関係をモデル化することができます。降水量との相互作用が複雑ではありますが、概してほとんどの作物について、気温の上昇は収量に負の影響を及ぼしていることが分かりました。さらに、本研究では得られた影響評価関数を元に、複数の大気海洋結合モデル (GFDL-ESM2M, HadGEM2-ES, IPSL-CM5A-LR, MIROC-ESM-CHEM, noresm1-m) による将来の気象条件下における作物の収量の増減を予測しました。解析の対象とした将来の気候シナリオは RCP2.6 と RCP4.5、RCP6.0、RCP8.5 の 4 つです。大麦について、RCP8.5 の結果を図 4 に示しています (2050 年頃の収量変化)。図 4 の上図は上側の 95% 信頼区間になります。上側信頼区間の範囲でさえ作物の収量の減少が予測される国は高い確率で収量が減少することを示しています。表 3 には、主な作物について、2050 年頃の RCP8.5 における収量の増減の全球平均 (栽培面積で重み付けしたもの) 程度を 95% 信頼区間とともに示しています。大麦やソルガム、トウモロコシにおいて、収量の大きな減少が予測されました。トウモロコシは特に C4 作物であり、二酸化炭素の増加そのものの植物への正の効果 (二酸化炭素の施肥効果) がほとんど見込めないため、温暖化による収量の減少に注視が必要です。

今後の予定

本研究では、プロセスベースモデルによる作物収量の将来予測も行っております。プロジェクトの最終年度までには、プロセスベースモデルによる予測の両方の結果を比較します。また、将来予測される収量が日本に貿易量の変化に応じてどのように影響を与えるのかについてサブテーマ 2 と連携しながら解析します。さらに、世界の各国でどのような適応策があり得るのか、また二酸化炭素の施肥効果はどの程度なのかについてのレビュー調査も進め、気候変動が日本の食料安全保障に及ぼす影響を総合的に解析します。

表 3 RCP8.5 の気候シナリオにおける 2050 年頃の作物収量変化率 (%) の全球平均 (5 GCMs の平均)

作物	平均	上側 95% 信頼区間	下側 95% 信頼区間
大麦	-10.83	-7.73	-13.83
トウモロコシ	-4.97	-1.86	-7.97
オーツ麦 (冬)	-0.60	2.59	-3.69
米	-1.77	0.59	-4.07
ライ麦 (冬)	0.33	3.69	-2.92
ソルガム	-6.98	-3.04	-10.76
大豆	-4.96	-1.86	-7.94
テンサイ	-5.68	-2.82	-8.44
ヒマワリ	-6.77	-2.64	-10.72
小麦 (冬)	-1.14	1.93	-4.12

関連情報

- ・ 櫻井玄、深見一磨 (2019) 「気候変動と作物生産性 : 14 作物についての解析」 『日本地域学会 第 56 回年次大会 学術発表論文集』
- ・ Christoph Müller et al. (incl. Gen Sakurai) (2019) "The Global Gridded Crop Model Intercomparison phase 1 simulation dataset," Scientific Data 6(50), 1-22.
- ・ Jacob Schewe et al.(incl. Gen Sakurai) (2019) "State-of-the-art global models underestimate impacts from climate extremes," Nature Communications 10(1005), 1-14.
- ・ Ryosuke Fukuyama, Gen Sakurai (2019) "Comparison of the robustness of methods for estimating leaf development for crop growth models," Journal of Agricultural Meteorology 75(2), 76-83.

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

研究背景

気候変動は、洪水、台風、干ばつなどの極端な気象現象を悪化させる可能性があります。結果として生じる社会経済への影響は、開発の段階に関係なく、すべての国々に及ぶ可能性があります。しかし、そうした影響へ対応するための能力や専門知識が不足する国々は、大規模な国際緊急援助のニーズを必要とします。国際緊急援助への取り組みは、これまでの大規模な災害後の経験に基づき、継続的に改善されてきました。国々は災害支援と対応において自立する能力を向上させています。とはいえ、特に将来、さらに甚大なる極端現象を念頭に、緊急援助に関する調整メカニズムを改善する余地があることは明らかです。国際的な支援をいつ要請するのか、要請にいつ対応するのか、どのような支援を提供できるのかなどは回答を要する重要な問いです。

研究概要

本研究は、日本と強い結びつきを持つアジアの国々に影響を及ぼす極端気象現象の観点から外部要因を検証し、日本の気候安全保障への示唆を得ることを目的としています。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、という仮説を検証します。この仮説が成立すれば、このような閾値を事前に把握することで、対外人道支援・災害救助活動の即応能力を向上させることが可能となり、日本のように緊急援助を提供する国々は、受益国と援助国の双方の気候安全保障を最大化できるような対外援助を設計することが可能になります。本研究は、どのように緊急援助が機能するか、臨界閾値の概念が機能するかどうか、そのような概念が対外援助の効率性を最大化することができるかどうかについて、理解を深めることを意図しています。

また、気候変動に対する各国の脆弱性を指標で相対的に示すために、表4に示す指標から構成される気候脆弱性リスク・インデックス (CFRI) を開発しました。国家の脆弱性は、政府が国民に対して安全保障を提供できていない状態を示し、気候変動は脆弱性を高める脅威の増幅装置となります。

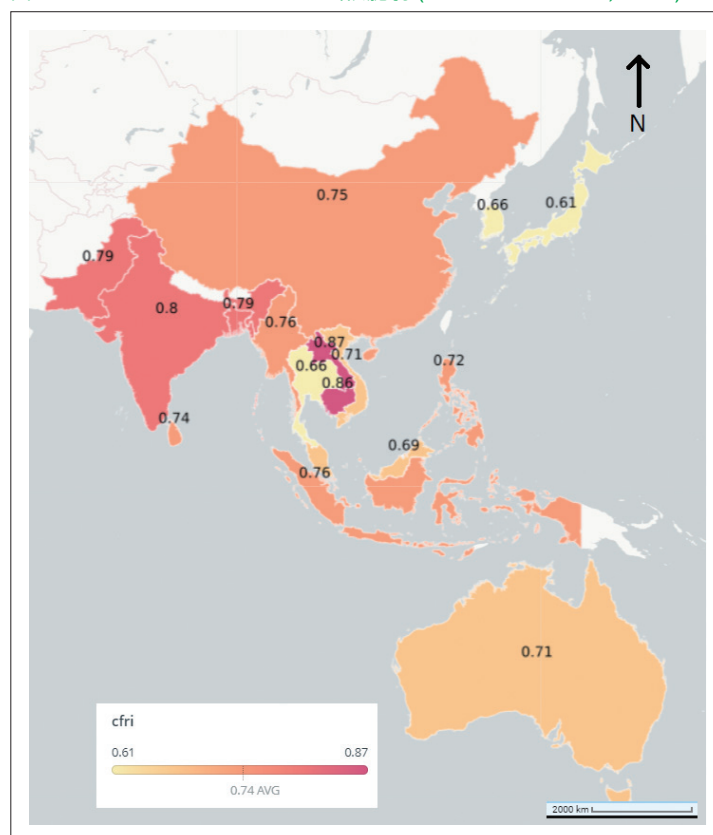
表4 気候脆弱性リスク・インデックス (CFRI) の開発に用いた指標

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

プロジェクトメンバー

田村 堅太郎、シヴァプラム・ブラバカル、池田 まりこ (公益財団法人 地球環境戦略研究機関)
ラジブ・ショウ (慶應義塾大学)

図5 アジア・オセアニアにおける気候脆弱 (Prabhakar & Shaw, 2019)



CFRIの高い国は、物理的な気候変動の悪影響にさらされるのに加え、災害に対する国内の救援活動能力が低く、海外からの緊急支援への依存度が高くなることが想定されます。図5は、アジアの国々における異なるCFRIのレベルを示します。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となっています。また、図1には表されていませんが、CFRIを構成する指標により、各国がさらされるリスクの質の違いも確認できます。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りました。先進国の中では、豪州が比較的高いCFRIを示していますが、これは主に水ストレスと高い食糧価格の変動によるものです。

このCFRIの枠組みは、資源の競争、極端気象現象、移住、食糧価格の変動、国家の脆弱性を悪化させる意図せざる効果などの気候脆弱性リスクの根本的な要素を特定することに役立ちます。今後、各国の気候脆弱性の状態と国際援助への依存の間にある関係性を検証します。

今後の予定

本研究は、インドとインドネシアから入手可能なデータを使用し、臨界閾値概念の開発の可能性を実証することを計画しています。さらに、専門家ヒアリングを通じ、受益国と援助国の気候安全保障を最大化するための、海外緊急援助を強化する重要な対策を明らかにする予定です。

関連情報

- Prabhakar, S.V.R.K., Rajib Shaw (2019) Globalization of local risks through international investments and businesses: A case for risk communication and climate fragility reduction. UNISDR Global Assessment Report 19 Contributing Paper.
- Prabhakar, S.V.R.K. (2020) "State Fragility and Human Security in Asia in the Context of Climate and Disaster Risks," In: Climate Change, Disaster Risks, and Human Security - Asian Experience and Perspectives. Springer, [In Print].

異常気象が安全保障の脅威になる

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

研究背景

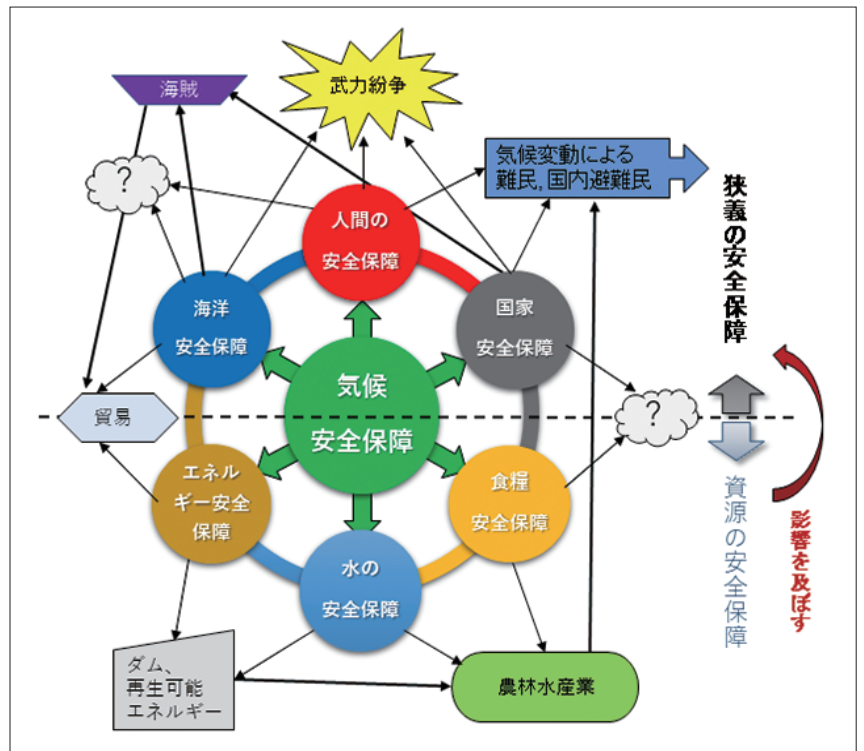
気候変動とそれに起因する異常気象が世界的な課題であるという認識はもはや一般的になりました。この気候変動による脅威について、欧米では従来の環境問題という捉え方ではなく、安全保障の枠組みで議論されるようになってきました。それが生み出したのが「気候安全保障 (Climate Security)」という考え方です。この傾向はこの10～15年の間で特に顕著となっており、比較的新しい研究・政策領域といえます。

気候安全保障の考え方には3つの過程があります。

- ①気候変動による異常気象が、洪水や干ばつ、台風の大型化、海面上昇による国土侵食などを引き起こす。
- ②もともと脆弱な生態系への悪影響から農作物の不作や水産業の不漁、災害による経済活動の停滞を招く。ここから水や食糧の不足、人の強制移動（いわゆる環境難民）が発生する。
- ③それらの問題が複合し、これに対して脆弱な政府が適切に対応できないと、社会を不安定化させ、政治情勢も悪化、最悪の場合には武力紛争へとエスカレートする。

現代世界においては、たとえ遠い地域の紛争であっても、先進国や国際機関などが対応せざるを得ません。また、軍隊そのものも異常気象に対応できる体制・装備を整える必要が指摘されています。

図6 気候変動安全保障の概念整理



このように、気候変動は既存の脅威を増幅させる「脅威乗数」として欧米では認識されています。すなわち、気候変動は直接的または間接的に世界各国への安全保障上の脅威となっているのです。そこで気候変動へ安全保障上の対応を行う領域として「気候安全保障」という概念が確立されようとしています。しかし、日本での研究は深まっておらず、国際的な発信もほとんど見られません。国際的な軍事的安全保障政策は日本の得意とするところではありませんが、気候変動が安全保障上の脅威であるという認識は、日本が比較的得意とする気候変動関連の技術や経済の分野で、世界の安全保障政策に貢献できる可能性を秘めています。それを明らかにすることに本研究の価値があります。

研究概要

本サブテーマの研究目的は、気候変動に続く様々な経済・社会的変化が、日本の広義の「安全保障」にどのような影響やリスクをもたらすと認識され得るのかを、科学と政治の世界における言説を中心に整理・分析し明らかにすることにあります。

現在の日本の気候安全保障に関する議論は、国内と国外に分けて整理することができます。国内では、経済的あるいは

プロジェクトメンバー

蓮井 誠一郎 (茨城大学)

小松 寛 (研究協力者：茨城大学研究員)

社会的変化については災害や公衆衛生といった人間の安全保障分野の議論や、農林水産業や観光業などへの悪影響といった経済的損失の議論が中心に行われる傾向があります。これに対して国外については、現地の農林水産業への悪影響、現地政府が適切に対応できないことによる政治的不安定、既存の政治対立の悪化などが、日本企業の活動や貿易への阻害要因となるほか、人の移動や北極海における海洋航路の変化や漁場の変化、エネルギー問題が主な議題になると考えられます。

一方、欧米を中心とする気候安全保障に関する研究をサーベイすると、気候安全保障論は狭義の安全保障と資源の安全保障をふくむ、多様な安全保障分野をつなぎ統合する議論であることが裏付けられました。これを表すのが図6です。各安全保障分野の間のつながりには強弱があり、たとえば食糧安全保障やエネルギー安全保障は他分野よりも強い連関が論文数やその議論内容から導かれます。

他方で、資源の安全保障が狭義の安全保障に影響していることは明らかです。図上では直接つながってはいなくとも、例えば食糧安全保障を考える際には、その輸送路である海洋の安全保障を検討することも重要になります。また海洋安全保障とエネルギー安全保障は資源小国である日本の国家安全保障の重要な要素です。さらに、人間の安全保障上の問題を考える際には、水の安全保障も重要でしょう。

このように気候安全保障に関する議論は、多様で広範な安全保障上の課題に結びついており、多様な安全保障の原点や結節点として位置づけられます。我が国の安全保障に対して気候変動がいかなる影響を与えるかの知見を収集して、日本の安全保障体制の基盤である日米同盟も視野に入れつつ、先進国と途上国との関係を考慮した、気候変動リスク低減を目指す「気候安全保障政策」の考え方、理論的側面を提示することが本研究の最終的な課題です。

今後の予定

今後は科学研究論文のみならず、各国の政策文書を分析し、科学研究と政策研究の知見を融合することで日本独自の「気候安全保障」政策の選択肢を提言する予定です。

欧米諸国の政策文書では、気候変動による様々な異常気象が経済社会の不安定から紛争へシームレスに繋がると認識されています。また、気象を遠因とする紛争への対応や紛争後の平和構築にも、気候変動の影響への対応が考慮されています。問題の現場では政治的紛争と気候災害による影響が同時に起こっている可能性が高く、対応が複雑化しています。

これらのことから、気候安全保障リスクへの対応には軍事的組織だけでなく非軍事的組織の協力も必要であることがわかります。軍事組織についても、活動に必要なあらゆる装備や物資を備えているという特性から、紛争地のみならず被災地などの厳しい環境での役割が大きいと言えます。日本の自衛隊においても、国民が最も期待する分野は災害派遣です（内閣府「平成30年自衛隊・防衛問題に関する世論調査」）。

気候変動の影響は国境を越えるため、その安全保障上への対応は、新しい国際秩序の形成につながります。東アジアの気候安全保障リスクの一例としては大型台風があります。たとえ日本列島へ上陸しない場合でも、東アジア地域の気候安全保障という意味では重要な課題です。その対策へ日本が主導的な役割を果たすことは、周辺国との信頼醸成につながります。そのためには、東アジアの気候変動による安全保障リスクを俯瞰し、対応できる組織や機関が必要です。また、災害を減らす適応政策実現には統治能力の向上が重要で、そのための連動した国内政策と対外支援が求められます。

このように、気候安全保障は「資源管理」や「伝統的安全保障」といった既存の枠では捉えきれません。日本における気候安全保障の受け皿としては、冷戦後期からポスト冷戦期にかけて議論されてきた総合安全保障、環境安全保障、人間の安全保障などをバージョンアップした考え方として提示する方が現実的ではないでしょうか。以上の研究から、広義の適応策としての気候安全保障を、既存の日本の政策経験に組み込んで活用する方策までを提言していきます。

関連情報

- ・蓮井誠一郎(2020)「開発・安全保障パラダイムから脱『安全保障』へ」平井朗編著『平和学のいま—地球・自分・未来をつなぐ見取図—』法律文化社、80-94.
- ・蓮井誠一郎、前田幸男(2020 近刊)「第6章:地球環境/エネルギー問題と気候安全保障」南山淳、前田幸男編著『批判的安全保障』法律文化社。

世界と日本の安全保障

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

研究背景

気候変動の影響が世界各地で深刻化するようになり、様々な国際制度においても気候変動リスクへの対処が進み始めています。気候変動問題への対処を目的とする国連気候変動枠組条約とパリ協定は、温室効果ガス排出量の削減に加え、削減策、適応策をとっても生じる気候変動の影響で被害を受ける途上国への支援の制度を設置し、取り組みを進めています。さらに、これまで気候変動とは関連性の薄かった他の国際制度も、気候変動リスクを考慮・統合して活動せざるを得なくなってきました。近年では、国連安全保障理事会も、紛争に対処するために気候変動リスクの分析と戦略的管理を行うことを要請するようになりました。もはや、気候変動リスクは、社会の不安定さを助長し、国際の平和と安全を脅かすものと考えられています。同様に、気候変動は、日本の安全保障にも影響を与えるおそれがあります。

研究概要

(1) 国連気候変動枠組条約とパリ協定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、途上国を支援する先進国の一般的義務を定めています。2013年に、適応策（気候変動影響に備えるための政策のこと）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）という制度が設置されました。このメカニズムでは、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、の3つをその任務としています。

パリ協定は、適応能力の促進、レジリエンスの強化、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）と定めていて、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）も定めています。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下に置いています（8条2項）。2016年の第22回締約国会議（COP22）で合意された作業計画（2017-2021年）では、5つの戦略的柱として、①緩やかに進行する現象（海面上昇、砂漠化、海洋酸性化など）、②非経済的損失（人の生命、健康、人の移動、領域など）、③包括的なリスク管理のアプローチ、④人の移動、⑤行動と支援を定めています。①～④については専門家グループが、③の下には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ました。

①②④の戦略的柱は当面の重点的な気候変動リスク、③は重点的なリスク対処方策ということが出来ます。しかし、実際の取り組み状況は、④の人の移動を除くと具体的な取り組みは見られていません。③の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、気候レジームの外での取り組みが先行しています。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ます。

最も検討作業が進む④の人の移動は、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、非政府間組織と連携して進められています。設置された特別作業部会が2018年に公表した報告書では、データに関する課題、知見のギャップが人の移動を監視し、評価し、管理する能力を損なっていること、ワルシャワ国際メカニズムの活動と人の移動に関する（例えば災害リスク低減、人道的支援と人の保護、人権、難民保護などの）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、国際的な人権保護義務と合致するように取り組みを進めること、そのために、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を指摘しています。ワルシャワ国際メカニズムは、気候変動リスクへの対処を実施する能力（人材、財源など）や仕組みが十分でなく、能力や

プロジェクトメンバー

高村ゆかり（東京大学）

仕組みを有する関連する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する統合的アプローチが採られています。

(2) その他の国際制度による気候変動リスクへの対処

前述の人の移動に関する連携の他にも、気候レジーム外の国際制度での気候変動リスクへの対処が進みます。国連人権理事会は、2015年の人権理事会決議 29/15（人権と気候変動）で、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、2017年の人権理事会決議 35/20（人権と気候変動）で、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しました。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示しています。

また、2017年以降、国連安全保障理事会は、その決議において、干ばつや食料の不足など気候変動の悪影響や環境の変化が、アフリカ地域の紛争の発生や悪化の要因となっていることを認め、紛争に対処するために気候変動リスクの分析と戦略的管理を行うことを要請しています。もはや、気候変動リスクは、紛争の発生頻度、強度、長期化のリスクを増幅する“risk multipliers”として、紛争地域の不安定さを助長し、国際の平和と安全を脅かすものと考えられています。

(3) 気候変動による日本の安全保障への影響

海面上昇の進行は、太平洋の島嶼諸国などでは、国の存続に関わる問題となっていますが、海洋国家である日本にとっても、基点となる島が消滅することで、広大な領海や排他的経済水域（EEZ）が失われるおそれや、近隣諸国との間の領土問題や漁業問題をさらに複雑にするおそれがあります（図7）。このように、日本にとって経済的利益や安全保障の観点から重要性が高い気候変動リスクについても留意して、気候変動影響評価を行う必要があります。

今後の予定

気候変動の国際制度に限らず、様々な国際制度がいかに関係するリスクをその活動に統合し、リスクの最小化のために相互に連携・協働して実効的な対処を目指しているか、その課題、あるべきガバナンスについて研究を進めていきます。国際的に重要で、連携の必要性の高いリスクを明らかにし、日本の外交における重点課題やとるべき施策について明確にすることをめざします。また、気候変動リスクが日本の安全保障に与える影響や日本企業への影響に焦点を置いて研究を進めます。

図7 日本の領海と排他的経済水域



日本の場合、島が広大な領海、排他的経済水域を定める基点の役割を果たしている。

出典：海上保安庁ホームページ

(https://www1.kaiho.mlit.go.jp/JODC/ryokai/ryokai_setsuzoku.html)

関連情報

- ・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 HP <https://ifi.u-tokyo.ac.jp/projects/acrr/>
- ・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
- ・高村ゆかり (2020) 「気候変動問題の内在化が企業価値を高める」『企業会計』January 2020, Vol. 72 No.1

まとめ いかに備えるか？

気候変動の複合的リスクを構成する6つのテーマを選んで進めた研究成果を踏まえ、日本が直面するさまざまなリスクが明らかになりつつあります。

わたしたちは、このリスクにどのように備えていくべきでしょうか。

まず、日本の企業は、さまざまなリスクに直面しながら企業活動を持続させることになります。関連するリスクは、企業の業種や取引相手国等により異なります。関連するリスクには、サプライチェーンのような物質的なリスクだけでなく、企業の評判といった非物質的なリスクも含まれます。自社の活動がいかなる気候変動リスクと関連するのかを検討し、多面的に備えていく必要があります。

日本経済は、国外からの物資の輸入に依存しています。今後、国外でも異常気象の発生頻度が高まると予想される中、日本の調達方法も再検討が必要です。例えば、いわゆるレアアースと呼ばれる希少鉱物は、国外からの輸入に依存し続けるよりも国内で再利用し続けられるシステムを構築した方が良いかも知れません。

国外からの輸入に頼っているという意味では、食料についても同様です。本研究プロジェクトでは小麦や大豆といった基本的な穀物を中心に扱っていますが、その他、コーヒーやカカオ豆、バニラビーンズ等の商品作物も、今後気候変動の影響を多分に受けると言われています。また、海水の温度上昇により魚類生態系への影響が心配されています。どこで何を栽培すべきか、保全すべきかについて関心を持つ必要があります。

日本にいと、日本国内の浸水や台風等に関する情報は多く得られますが、国外でも同様の状態であることまでは、あまり知られていないかも知れません。しかし、実際は、日本と同程度、あるいはそれより深刻な自然災害に毎年のように悩まされるようになった国が数多くあります。それが途上国である場合、浸水などの物理的な被害に留まらず、治安の悪化等の社会不安につながる場合があります。日本は、特にアジア地域の国々に人道支援や開発支援を実施していますが、効果的な支援を継続するためにも、これらの国の政治社会的状況を含めた気候変動リスクに注意する必要があります。

欧米の研究者の間では、気候変動の複合的リスクは「気候安全保障」という概念の下で扱われています。異常気象や海面上昇で今まで住んでいた場所に住めなくなった人たちが難民として移動していることや、干ばつで食料や水の奪い合いがきっかけで紛争が生じたりしていることが、国連安全保障理事会でも取り上げられるようになってきました。今までこのような問題は日本と無関係だったかもしれませんが、今後は、日本も当事国になる可能性があります。今から国内で理解を深めておく必要があります。

日本は海に囲まれた国です。海面上昇や海洋生態系の変化、北極圏の海氷融解は、日本にとってさまざまな影響を及ぼします。近隣諸国との関係も含めて気候変動リスクを検討する必要があります。

以上は、今後、気候変動の複合的リスクがさらに高まることが予見される中、個人や地域、国を守るための最終手段です。一方、リスクそのものを最小限に抑える最も効率的な手段は、温室効果ガス排出量の削減（緩和策）です。現在の地球はすでに、かつての状態から平均気温が1℃高い状態にあります。平均気温が1℃高いだけでも、地域ごとにはより高い気温や異常気象を生じます。パリ協定では、平均気温を2℃高い状態に至る前にとどめる、可能であれば1.5℃以内に抑えることを目的としています。そのためには、2050年頃までに、世界の温室効果ガス排出量を実質ゼロ近くにまで減らさなくてはなりません。

2020年春以降、新型コロナウイルスの感染により、世界は様変わりしました。人々の移動が制限され、生産活動が減退したため、温室効果ガス排出量も一時的には減少しています。しかし、このままでは、経済が復興した時に、排出量もまた増加してしまいます。欧米では、新型コロナウイルス対策で落ち込んだ経済を立て直すための投資を、再生可能エネルギーや情報関連技術等、排出量を減らすために効果的なものに集中させようとしています。気候変動リスクだけでなく、その他の多様なリスクと合わせて総合的にリスク管理していく体制、これが今、世界に求められています。



気候変動の複合的リスクに備える

発行 2020年9月

責任者 国立研究開発法人 国立環境研究所
亀山康子

連絡先 ykame@nies.go.jp



国立研究開発法人
国立環境研究所

