

**気候変動に伴うアジア・太平洋地域における
自然災害の分析と脆弱性への影響を踏まえた外交政策の分析・立案**

2017 年 9 月
外務省

はじめに

気候変動は、地球規模の安全保障及び経済の繁栄に脅威をもたらす最も深刻な課題の一つと捉えられている。2013年、G7議長国であった英国の主導によりG7各国政府の専門家会合が開催され、その後もG7外相会合や作業部会において継続的に議論が行われてきている。2015年にG7外相が各国のシンクタンクに作成を委託した独立報告書「平和のための新たな気候」(A New Climate for Peace)においては、国家及び社会の安定に対して深刻な脅威を引き起こす可能性がある7つの気候脆弱性リスクを以下のとおり特定し、G7各国はこれらの諸点の外交政策上の影響について検討することとなった。

- (1) 地域資源争奪
- (2) 生活の不安定性と移住
- (3) 異常気象と災害
- (4) 変わりやすい食糧価格と食糧供給
- (5) 国境を越えた水管理
- (6) 海面上昇と沿岸地帯の浸食
- (7) 気候変動政策の意図しない影響

2016年4月に広島で開催されたG7外相会合では、気候変動の脆弱性リスクに対して緊急に対処する必要性があることを認識するとともに、気候変動に対する地球規模の回復力を高めるために、脆弱性リスクを低減するという共通の目的に向けて行動することの重要性が強調された。

2017年1月に東京において開催された「気候変動と脆弱性の国際安全保障への影響」に関する円卓セミナーでは、難民、感染症、海上安全保障、防災、食料、海洋や水資源、金融やビジネスといった幅広い分野の専門家が約50名参加し、気候変動が及ぼす分野横断的な影響について活発な意見交換を行った。多くの参加者は、様々な当事者による連携が重要であることを確認し、さらに掘り下げた検討をする必要があることを指摘した。この指摘を踏まえ、2017年2月及び3月にかけて外務省にて、エネルギー・資源、金融、防災、人の移動(感染症、移住)、安全保障等の分野における気候変動の影響を外交政策に反映させる方途につき研究者、シンクタンク、NGO 関係者等の参加を得て議論を行なった。

この成果物は、2017年1月の円卓セミナー、2月及び3月のフォローアップ検討会で得られた具体的な提案を踏まえて検討・作業したものである。G7気候変動及び脆弱性に関する作業部会において進められている気候変動問題と外交政策の企画立案の連関性の強化に資する観点から、日本が提起するものであり、2017年のG7気候変動及び脆弱性に関する作業部会における具体的な検討を経た上で、今後もさらに内容を改善・拡充することを期待している。

本成果物の要旨

G7 気候変動と脆弱性作業部会においては、気候変動と安全保障の関連性、特に地域における脆弱性の問題に焦点を当てるために、特定の地域に着目し、ケーススタディやパイロットプログラムの実践の可能性を探求することの意義が提起されている。この報告書は、そのような議論を踏まえ、世界の人口の多数が集住し、今後も人口増加が見込まれ、自然災害に対して脆弱なアジア・太平洋地域に注目し、気候変動が自然災害にもたらす影響と、地域の社会経済的な脆弱性の関連性についての分析を日本の取り組みとして作業部会に提出するものである。

報告書の中では、アジア・太平洋地域において、気候変動によりもたらされる災害に対し脆弱な地域を特定するとともに、同じくアジア・太平洋地域において観察される治安・政治・社会状況の不安定性について定性的に分析し、自然科学と社会科学の分析を重なり合わせることで示唆を得る構成としている。

分析にあたっては、まず全球的に人間安全保障上のリスクを分析した上で、①台風の頻度・強度の変化、②高潮や高波の変化、③波浪の波高の変化、④農業生産の推移変化について行った。その結果、例えば、北太平洋中央部において台風の数が増加する、北太平洋中央部や南緯 40 度付近では 2100 年に気温が上昇するほど波高が減少する、収量予測において 2080 年頃にはトウモロコシの収量減少が多く地域で観察される一方で、コメについては発展途上国での収量増加が予測される、といった結果を抽出することができた。

続いて、アジア・太平洋地域における気候変動の影響を分析したところ、それぞれ置いている仮定や用いたモデルは異なるものの、主な成果として以下のような分析結果が得られた。

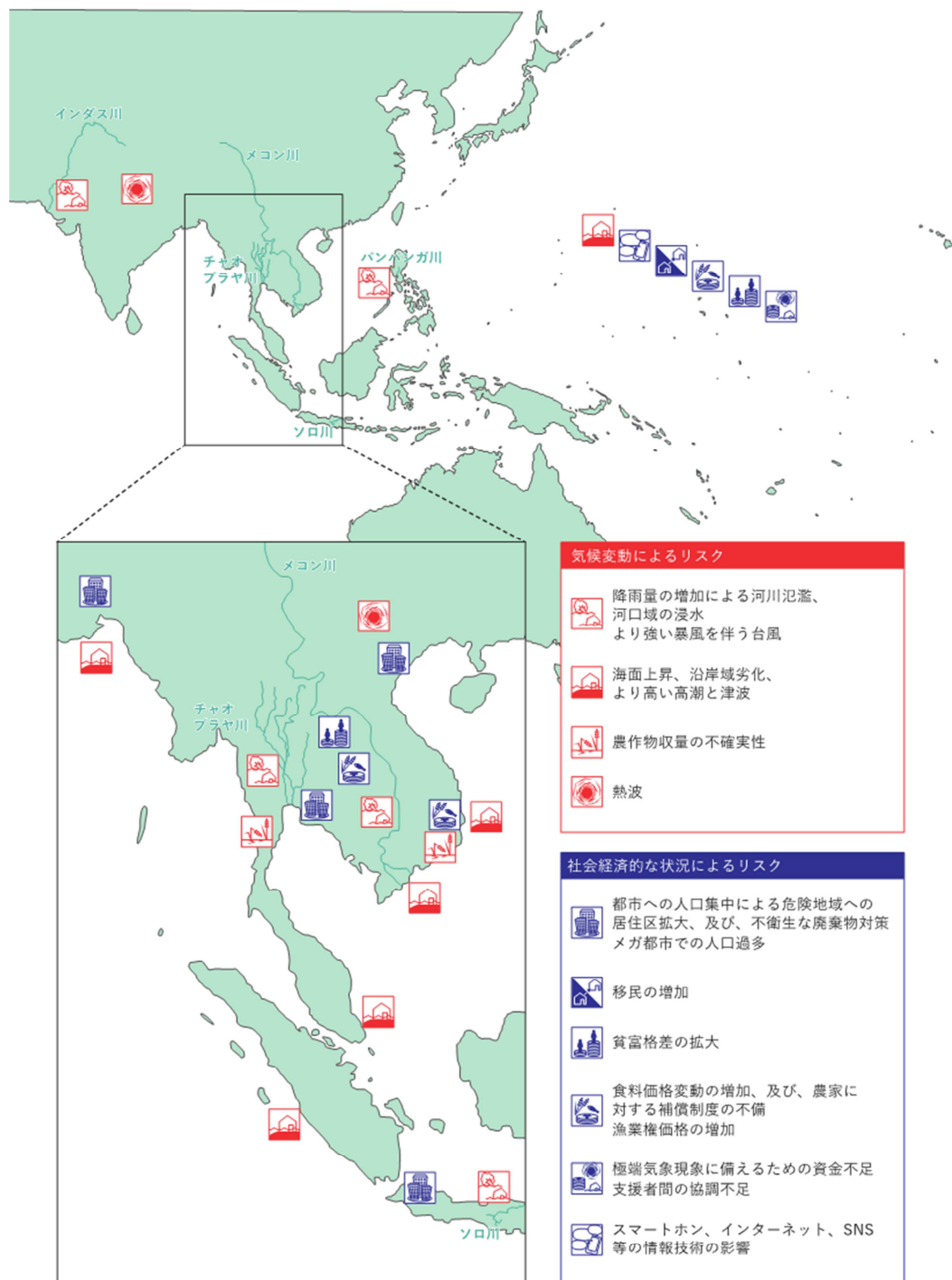
1. ほとんどの地域で高確率で 2℃以上月平均気温が上昇する。
2. インダス川、チャオプラヤ川、メコン川、パンパンガ川、ソロ川の 5 流域において、将来気候における年降水量は増加傾向となる。
3. パンパンガ川流域やメコン川下流域においては浸水面積が拡大する。メコン川流域では浸水による被害額も増大する。ソロ川流域では同一の生起確率の降水量に対してより大規模な氾濫が発生する他、チャオプラヤ川流域での浸水頻度が増加する。
4. インドシナ半島東部・南東部、タイ南部における洪水の強度がより高まる。
5. メコンデルタにおける洪水の水位と浸水面積が大幅に増大する。バングラデシュにおいても現在より多くの土地が洪水リスクに直面する他、浸水期間も現在より長期間に及ぶ。

アジア・太平洋地域における社会経済的な分析についても、以下のような諸論点が各地域の専門家の知見を通じて示された。

1. 都市化に対してインフラ整備等の社会基盤が追いつかないことによって社会不安が増大する。都市内部での若年層と高所得層の格差が深刻化する。
2. 開発の進展は、経済成長を促す一方で、海外資本依存の開発は、資本国の経済成長鈍化による投資の停滞といったリスクを内在するほか、地方における農業等の産業の衰退をもたらすリスクを伴う。
3. 各国において経済成長に伴う少子高齢化を今後迎えるリスクがある一方で、その変化に対して十分な社会保障、社会インフラの整備が提供されない場合、気候変動リスクに対してより脆弱となる。
4. 東南アジアでは国境を越えた人口移動と移動先での定着が観察されるが、経済成長や都市化の進展の鈍化によって、どのような影響が出るか未知数。また、気候変動リスクによって、国境を越える人口移動の流動性は増加し、付随して安全保障のリスクも増大する可能性がある。
5. 海面上昇をはじめとする気候変動による影響によって、インフラ整備にかかる財政的負担が増大する可能性がある。
6. 特に太平洋の環礁国家は海面上昇の影響を受けやすいが、首都のある島において現在発生している問題は、主に社会経済的なグローバル化に伴う人口増加によるものであることに注目する必要がある。国土保全のためには、工学的な管理・対策に加え、生態系を考慮した管理・対策を考慮する必要がある。

この作業を通じ、自然科学と社会科学の分析を照らし合わせた結果、それぞれの分析によって浮かび上がるリスクについて、それらの連関性も踏まえながら評価をすることが重要であるとの示唆を得ることができた。また、気候変動リスクに対応する上での技術革新の重要性を再認識する一方で、革新がもたらす社会的変化について十分に考慮する必要があるとの視点も得られた。さらに、各地域において気候変動のもたらす長期的な影響を減少させる上で、気候変動の側面だけではなく、都市化との社会経済的な課題や生態系の維持・回復といった側面も十分考慮に入れた政策（適応策）を検討することが不可欠であるとの示唆を得ることができた。

今回の作業がまだアジア太平洋地域における分析を行う上では、初期段階のものであり、さらなる検討・分析が必要であり、より精緻な作業が必要であることも明らかとなった。例えば、今回の検討が、既存の研究成果や地域情勢の現状分析に基づいて行われたものであることから、外交政策に気候変動の影響をより効果的に反映させるためには、自然科学分野及び社会経済学分野の研究の相互関係により着目し、政策担当者との対話を通じ、研究の対象や視点をより明確にすることが課題となる。



アジア・太平洋地域における気候変動と脆弱性の関係

報告書の中で紹介する、既存の研究及びインタビューから得られた気候変動によるリスク及び社会経済的な状況によるリスクをマッピングしたものが上図である。気候変動と社会経済的脆弱性の連関をより深く理解していくためには、これらのリスクの関係性を研究していく必要がある。

目次

I.	気候変動と脆弱性リスクの検討について	1
1.	G7における議論の背景	1
2.	この作業のねらい	1
3.	作業の検討範囲及び手法	2
4.	本成果物の構成	3
II.	具体的な検討1：気候変動の長期予測関連	4
1.	全球的な要素	4
(1)	気候変動の人間の安全保障上のリスク	4
(2)	台風の頻度・強度の変化	5
(3)	高潮や高波の変化	6
(4)	波浪の波高の変化	7
(5)	農業生産の推移等	8
2.	アジアにおける気候変動の影響	9
(1)	アジア地域における気候変動の影響例	9
(2)	気温の変化	10
(3)	降水量の変化（中国南部）	11
(4)	降水量の変化（東南アジア）	12
(5)	水災害評価：メコン川，チャオプラヤ川，ソロ川，パンパンガ川	12
(6)	海面上昇の農業への影響：メコンデルタにおける稲作と水環境	15
(7)	波高の変化	16
(8)	沿岸域の脆弱性	16
3.	太平洋地域における気候変動の影響	18
(1)	太平洋地域島嶼国（特に環礁国家）における気候変動がもたらす影響	18
III.	具体的な検討2：地域情勢に関する考慮要素	20
1.	アジア・東南アジア	20
(1)	社会経済的側面	20
(2)	人口動態	23
(3)	政治的側面	23
(4)	気候変動・地政学的影响	24
2.	太平洋地域	24
(1)	社会経済的側面	25
(2)	人口動態	28
(3)	海外からの支援，国外経済の影響	29

(4) 政治的側面	30
(5) 気候変動・地政学的影響.....	30
3. 紛争予防・平和構築の視点（JICA における取組）	30
(1) 平和構築アセスメントの背景・必要性.....	31
(2) 国・地域レベルの PNA.....	31
(3) プロジェクトレベルの PNA.....	31
IV. 得られる示唆	33
1. 今後の検討に資するアイデア	35
2. 具体的な対応策の例	37
V. さらなる検討の課題	39
VI. 付録	40
成果物の作成に当たり協力・支援を受けた機関・研究者	44
参考文献	45

図表

表 1: 自然災害に対するリスクランキング上位 20 か国（世界リスクレポート 2016） 2	2
表 2 アジア・太平洋地域 1998-2009 年間の台風による被害（IPCC, 2014）5	5
表 3 環礁の数（茅根, 2008）19	19
図 1 人間の安全保障に対する気候変動リスク, 及び生計, 紛争, 文化, 移住の間に おける相互関係（IPCC, 2014）5	5
図 2: 台風の出現頻度の将来変化。上段: 台風全体（最大風速 17m/s 以上）の変化, 下 段: 強い台風（最大風速 50m/s 以上）の変化（Sugi et al., 2016）6	6
図 3 100 年確率風速と高潮の将来変化率（森ら, 2016）6	6
図 4 平均波高の将来変化 (a)RCP4.5 シナリオ, (b)RCP8.5 シナリオ(Kishimoto et al., 2017).....7	7
図 5 全球収量予測の平均値（ICA-RUS REPORT, 2017）8	8
図 6 2080 年頃の収量予測マップ（ICA-RUS REPORT, 2017）9	9
図 7 2007 年に公表された第 4 次評価報告書以降の研究に基づいて, ここ数十年の気 候変動が原因として特定された影響のアジアにおける分布（IPCC, 2014）10	10
図 8 東アジアにおける 21 世紀後半の気温上昇の確率地図（VI. 付録 8. 参照）（大 楽, 2016）11	11
図 9 中国南部で平均した「年最大日降水量」の頻度分布（NIES, 2017）11	11
図 10 インダス川, チャオプラヤ川, メコン川, パンパンガ川, ソロ川における流 域平均年降水量の現在と RCP8.5 将来（ICHARM, SOUSEI Program, 2017）12	12
図 11 d4PDF を用いたインドシナ半島における年最大河川流量の過去実験と 4℃上 昇実験の変化（SST 将来変化パターンは MRI-GCM3(MR)）(Tachikawa et al., 2017)13	13
図 12 パンパンガ川流域における 100 年確率降雨量による浸水深, 浸水面積, 浸水 期間, 農業被害量及び農業被害額（ICHARM, 2017）13	13
図 13 メコン川流域における 100 年確率降雨量による浸水深, 浸水面積, 浸水期間, 農業被害量及び農業被害額（ICHARM, 2017）14	14
図 14 ソロ川流域の 1/100 確率降雨量における 10 パターンの降雨波形のうちの最悪 ケースの比較（ICHARM, SOUSEI Program, 2017）14	14
図 15 チャオプラヤ川流域における氾濫解析浸水頻度の将来変化予測（ICHARM, SOUSEI Program, 2017）15	15
図 16 メコンデルタの塩水遡上と洪水に対応してコメの作付けが可能な地域（Khang et al., 2010）15	15
図 17 10 年最大波高の将来変化のアンサンブル予測結果（平均値, (b) 標準偏差（単 位 m））(Shimura et al., 2015).....16	16

図 18	ベトナム沿岸域の脆弱性および海岸浸食（左図：南部メコンデルタ，右図：北部ハイハウ海岸）（田村ら，2013，Yasuhara et al., 2016, Duc et al. 2012）	17
図 19	タイ・チャオプラヤの海面上昇と地盤沈下（Yasuhara et al., 2015）	18
図 20	バングラデシュにおける海面上昇と高潮（Karim and Mimura, 2008）	18
図 21	全球平均海面上昇の予測（IPCC, 2014）	19
図 22	世界の環礁の分布（茅根，2008）	19
図 23	東南アジア諸国の人口推移（国際連合 World Population Prospects, 2017）	23
図 24	太平洋の小島嶼国とその排他的経済水域（茅根・加々美，2015）	25
図 25	人間活動による島の形成・維持過程の喪失（Kayanne, H. et al., 2014）	27
図 26	環礁国を取り巻く問題群（Kayanne, H. et al., 2014）	27
図 27	人口推移（上：メラネシア，中：ミクロネシア，下：ポリネシア）（国際連合 World Population Prospect, 2017）	29
図 28	アジア・太平洋地域における気候変動と社会経済的脆弱性	34
図 29	ツバル国フォンガファレ島における礫養浜。養浜前（左），養浜後（右）（写真提供：日本工営）	37
図 30	生態工学的対策の時間スケールと技術開発レベル（Kayanne, H. et al., 2014）	38
図 31	CMIP5 の複数のモデルによりシミュレーションされた時系列（1950 年から 2100 年）における 1986～2005 年平均に対する世界平均地上気温の変化（IPCC, 2014）	40
図 32	今後の社会経済動向に関する想定から算出した温室効果ガスの排出シナリオ（IPCC, 2007）	41

用語集

AHA センター（ASEAN 防災人道支援調整センター）

ジャカルタ（インドネシア）に設置された、ASEAN 域内の災害リスクの評価、モニタリング、情報共有、緊急対応時の調整などを行う地域防災拠点。

ASEAN 即応調整・標準作業手順（SASOP）

災害発生時、緊急支援を要請・実施する際に、域内各国・各機関（AHA センターを含む）間での調整業務を円滑化するため、予め手続きを標準化（共通化）し、そのフォーム、登録連絡窓口、対応能力、情報フロー等を示した手順書。

緩和（Mitigation）

温室効果ガス排出の抑制・削減等を行い、気候変動の影響を緩和すること。

気候リスク（Climate risk）

気候によって影響を受ける可能性のこと。「異常気象などの影響を与える気候が起る可能性」と「その影響の大きさ」の掛け算と考えるとイメージしやすい。（気象庁）

グリーン・テクノロジー

生態系や自然の地形の機能を利用・創成する対策工（サンゴ礁、マングローブ、湿地による海岸保全）。

グローバルバリューチェーン

生産工程を複数国に分散させ、最適化を図る体制。

脆弱性（Fragility）

基本的なサービスを提供する、または国民を守るための法律や公的機関の機能が欠けており、国の全体または一部が機能しておらず、国が責任を全うできない状態。（A New Climate for Peace）

適応（Adaptation）

気候変動の影響が避けられない場合にその影響に対し適応すること。

人間の安全保障（Human security）

人間一人ひとりに着目し、生存・生活・尊厳に対する広範かつ深刻な脅威から人々を守り、それぞれの持つ豊かな可能性を実現するために、保護と能力強化を通じて持続可能な個人の自立と社会づくりを促す考え方。（外務省）

C3 植物

光合成において二酸化炭素を取り込む際、最初に炭素原子を 3 つ含む化合物を作る植物（例：コメ）。

C4 植物

光合成において二酸化炭素を取り込む際、最初に炭素原子を 4 つ含む化合物を作る植物（例：トウモロコシ）。

CMIP5 (Coupled Model Intercomparison Project Phase 5)

第 5 期結合モデル相互比較実験。

d4PDF (database for Policy Decision making for Future climate change)

地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース。これまでになく多数（最大 100 メンバ）のアンサンブル実験を行うことによって、確率密

度分布の裾野にあたる極端気象の再現と変化について、十分な議論が可能となった。(文部科学省)

GIS (Geographic Information System)

地理情報システム。地理的位置を手がかりに、位置に関する情報を持ったデータ（空間データ）を総合的に管理・加工し、視覚的に表示し、高度な分析や迅速な判断を可能にする技術。(国土地理院)

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)

気候変動に関する政府間パネル。人為起源による気候変化、影響、適応及び緩和方策に関し、科学的、技術的、社会経済学的な見地から包括的な評価を行うことを目的として、1988年に世界気象機関（WMO）と国連環境計画（UNEP）により設立された組織。(気象庁)

MRI-AGCM (Meteorological Research Institute - Atmospheric Global Climate Model)

超高解像度気象庁大気全球モデル。

RRI モデル

降雨（Rainfall）－流出（Runoff）－氾濫（Inundation）解析モデル。

SST (Sea Surface Temperature)

海面水温。

Threat Multiplier

既に存在する脅威を増大させるもの。

I. 気候変動と脆弱性リスクの検討について

本報告書は G7 における議論を出発点としているが、その背景、本報告書作成のねらい、作業の検討範囲及び手法、そして本成果物の構成について解説する。

1. G7 における議論の背景

2013 年に英国の主導の下で専門家会合が開催された際には、気候変動が世界的な経済的リスクと安全保障リスクを増大させる要因であるとの声明が発表された。2014 年に開催された G7 外相会議では、気候変動と安全保障に関する研究機関とシンクタンクのコンソーシアムの協力を得て、リスクと脆弱性に関する報告書の作成が決定され、2015 年に「平和のための新たな気候 (A New Climate for Peace)」が発表された。また、当該報告書における提案内容を評価するための作業部会が設立された。

2016 年 4 月に広島で開催された G7 外相会合において、気候変動の脆弱性リスクにつき G7 で 2 年間作業することとなった。その具体的な作業として、G7 作業部会において具体的な事例における気候変動のリスクの検証を取り上げることが検討されている。

2017 年 5 月のイタリア・ルッカにおける外相会合では、G7「気候変動と脆弱性」作業部会及び同作業部会の作業要領の継続的努力を歓迎し、2018 年に予定される進捗報告書に期待する旨が述べられ、同作業部会が、脆弱な諸国における強靱性を高めるための行動に係る提言を特定することが奨励された。

2. この作業のねらい

G7 においては、各国の外交当局が気候変動問題を外交政策全般により関連づけ、政策立案・意思決定により反映させる観点から、様々な取り組みを行うことを重視している。その中で、気候変動と安全保障の関連性、特に地域における脆弱性の問題に焦点を当てるために、国際社会における様々な課題との関連を見出すだけでなく、特定の地域に着目し、ケーススタディやパイロットプログラムの実践の可能性を探究することの意義も提起されている。

こうした議論の背景の中で、我が国は、知見があり、関心も高いアジア・太平洋地域における気候変動が自然災害にもたらす影響と、地域の社会経済的な脆弱性の関連性についての分析を、日本の取り組みとして G7 作業部会に提案することとした。今回得られたアジア・太平洋地域における気候変動と脆弱性に関する検討の内容を今後の同作業部会において議論することを想定している。日本を含むアジア・太平洋地域については、世界人口の多数が集住し、今後も人口増加が見込まれるとともに、自然災害に対するリスクを負っていることから、気候変動がその社会経済に大きな影響を及ぼすことが予見される。具体的に同地域は、自然災害に対するリスクランキングの上位 20 か国中 12 か国を占めるなど、気候変動の脆弱性リスクも高いと見込まれ、日本国内だけでなく、地域諸国・域外各国の関心も高く、具体的に焦点を当てて検討するに十分値すると考えられる。

Rank	Country	WorldRiskIndex	Exposure	Vulnerability	Susceptibility	Lack of coping capacities	Lack of adaptive capacities
1.	Vanuatu	36.28 %	63.66 %	56.99 %	34.90 %	81.16 %	54.90 %
2.	Tonga	29.33 %	55.27 %	53.08 %	28.66 %	81.80 %	48.76 %
3.	Philippines	26.70 %	52.46 %	50.90 %	31.83 %	80.92 %	39.96 %
4.	Guatemala	19.88 %	36.30 %	54.76 %	35.82 %	81.00 %	47.46 %
5.	Bangladesh	19.17 %	31.70 %	60.48 %	38.23 %	86.36 %	56.84 %
6.	Solomon Islands	19.14 %	29.98 %	63.83 %	44.01 %	85.56 %	61.90 %
7.	Brunei Darussalam	17.00 %	41.10 %	41.36 %	17.40 %	63.17 %	43.53 %
8.	Costa Rica	17.00 %	42.61 %	39.89 %	21.32 %	63.78 %	34.57 %
9.	Cambodia	16.58 %	27.65 %	59.96 %	37.55 %	86.84 %	55.49 %
10.	Papua New Guinea	16.43 %	24.94 %	65.90 %	54.81 %	83.94 %	58.95 %
11.	El Salvador	16.05 %	32.60 %	49.25 %	27.84 %	74.78 %	45.14 %
12.	Timor-Leste	15.69 %	25.73 %	60.98 %	49.93 %	81.39 %	51.61 %
13.	Mauritius	15.53 %	37.35 %	41.58 %	18.02 %	61.59 %	45.14 %
14.	Nicaragua	14.62 %	27.23 %	53.69 %	33.67 %	80.70 %	46.71 %
15.	Guinea-Bissau	13.56 %	19.65 %	68.99 %	52.64 %	89.93 %	64.38 %
16.	Fiji	13.15 %	27.71 %	47.47 %	24.18 %	74.69 %	43.55 %
17.	Japan	12.99 %	45.91 %	28.29 %	17.82 %	38.04 %	29.00 %
18.	Viet Nam	12.53 %	25.35 %	49.43 %	24.95 %	76.67 %	46.67 %
19.	Gambia	12.07 %	19.29 %	62.58 %	44.77 %	83.87 %	59.11 %
20.	Jamaica	11.83 %	25.82 %	45.81 %	25.43 %	71.30 %	40.70 %

表 1：自然災害に対するリスクランキング上位 20 か国（世界リスクレポート 2016）

アジア・太平洋地域の気候変動の脆弱性リスクについては、既に気候変動に関する政府間パネル（IPCC）第 5 次評価報告書においても一定の研究がなされているほか、日本国内でも各種の研究が行われている。例えば、アジア・太平洋地域における気候変動の長期シナリオについては、日本の文部科学省が主導して 2012 年から 2016 年にかけて実施してきた「気候変動リスク情報創生プログラム」で研究成果が出ているものもある。このような研究成果を我が国による気候変動と脆弱性に関する政策分析・立案のための成果物に活用することは、最新の研究成果の国際的な貢献の観点からも有益である。気候変動による長期的な影響と地域情勢（不安定要因となり得る政治・社会経済的な諸要素）の考慮を結びつけることで、起こりうるリスクを事前に検討することが可能となり、当該地域における政策決定に資することができる。

3. 作業の検討範囲及び手法

アジア・太平洋域において、気候変動によりもたらされる災害（水災害、海面上昇等）に対し脆弱な地域をマッピングしたものと、治安、政治・社会状況が不安定な地域について定性的に記述した地域情勢を照らし合わせ、気候変動と安全保障に脆弱と考えられる地域を提示することを目的としている。焦点を当てている分野は水災害及び農業への影響であり、今回の検討からは保健（熱中症及び感染症）及び生態系への影響は除外されている。

今回の作業は、現時点で得られている知見やデータを最大限活用し、一定の成果を可能な限り速やかに示すことを重視しており、追加的な調査・データ分析等は行わず、既存の研究成果を用いた成果物の構築を行った。科学的側面については、IPCC 第 5 次評価報告書及び文部科学省が 2012～2016 年に推進した「気候変動リスク情報創生プログラム」の研究成果を用いると共に、関連する日本国内での専門的な研究成果も活用した。また、政治・社会経済的側面については、地域情勢の概観及び主要な論点の提起については、日本国内における各地域研究の専門家のインタビューを実施することを通じ、とりまとめた。同時に紛争予防・平和構築の観点から既に実践的な取り組みが行われている JICA のプロジェクト（平和構築アセスメント）についても、国レベル・プロジェクトレベルで実施しているリスク評価・検討のその手法についても紹介し、こうした評価手法が地域における政治・社会経済

情勢の分析に今後どのように活用できるかについても一定の考察を行った。

なお、アジア・太平洋地域（特に東南アジア、太平洋地域）の情勢に関する分析内容については、インタビューで得られた内容を再構成する形で記述しているところ、一部が不統一・断片的な内容であっても整合性を確保する観点からの編集等は最小限にとどめている。これは、様々な視点からの地域情勢の把握に努めることに主眼を置き、科学的分析と重ね合わせることで得られる示唆をまずは抽出することを優先したためである。今回の検討は、地域情勢に関する確定的な、または、一貫した説明や分析を得ることを目的とはしていない。したがって、地域情勢の分析に関する内容については、必ずしも外務省又は日本国政府の見解や評価と一致するとは限らない。

4. 本成果物の構成

気候変動と脆弱性の問題や相互の関連性を議論するにあたっては、これまでの科学及び地域情勢の知見を得た上で、その両者を重ね合わせることが有効と考えられる。しかしながら、現段階では、科学的知見については数キロ単位まで詳細な推計値が提供可能であるのに対し、地域情勢で同レベルの解像度での情報整理は困難である。また、科学的知見を元に、現在起こっている地域情勢を説明することを試みる、あるいは将来発生し得る各地域の政治的・経済的・社会的な変動または不安定要因を予測したりすることは、気候変動が地域情勢に及ぼす要因や因果関係を確定的に説明することが困難であることから、有効な手法であるとは考えられない。

したがって、今回の取り組みではまず、II. において、長期的な変動シナリオを概観した上で、各地域における気候変動が与え得る自然災害等の脆弱性のリスクに関する最新の研究成果を紹介する。続く、III. における各地域情勢に関する検討については、政治・社会経済情勢に関し、現在各地域で発生している様々な政治的・経済的・社会的な変化を定性的に概観する。そして、IV. において、長期的な気候変動が与える影響が、各地域にどのような変化をもたらしうるか、そのようなリスクを最小限にとどめるためにはどのような備えがあり得るのか検討する。こうした脆弱性の評価手法及び脆弱性への対応策を共有することを通じ、アジア・太平洋地域以外における脆弱性の評価等の参考にもなると考えられる。

また、V. において、今回の概観的な検討では十分掘り下げて調査・分析することができなかった課題や、今後さらに検討を進めていくべき諸点について抽出し、さらなる研究や政策企画立案・実施の際の参考とすべき要素を提起する。

II. 具体的な検討 1：気候変動の長期予測関連

この章においては気候変動の長期的な予測を紹介する。II. 1. では全球的な気候変動の影響をみていく。その後、II. 2. アジアにおける気候変動の影響及び 3. 太平洋地域における気候変動の影響において、全球的な予測では詳細に現れない、各地域における気候変動の影響を探るため、地形の影響等を考慮した、地域特性に沿ったより解像度の高い予測をみていく。気候変動の予測を行うためには、放射強制力（地球温暖化を引き起こす効果）をもたらす大気中の温室効果ガス濃度やエアロゾルの量がどのように変化するか仮定（シナリオ）を用意する必要があり、そのシナリオによって将来変化の予測は異なるため注意が必要である。本章で用いるシナリオは特筆がない限り RCP8.5（2100 年に 4℃上昇に相当）を用いている（詳細は VI. 付録 1. 参照）。

1. 全球的な要素

アジア・太平洋地域は海洋が占める割合が多く、台風やサイクロン、海面上昇の影響が注目されている地域である。ここでは、IPCC 評価報告書に示された、気候変動をもたらす人間の安全保障上のリスク等を前提として紹介した上で、①台風の頻度・強度の変化、②高潮や高波の変化、③波浪の波高の変化、④農業生産の推移について行った。その結果、例えば、北太平洋中部において台風の数が増加する、北太平洋中央部や南緯 40 度付近では 2100 年に気温が上昇するほど波高が減少する、収量予測において 2080 年頃にはトウモロコシの収量減少が多くの地域で観察される一方で、コメについては発展途上国での収量増加が予測される等の結果が得られた。

（1）気候変動の人間の安全保障上のリスク

IPCC 第 5 次評価報告書第 2 作業部会報告書（影響・適応・脆弱性）（IPCC, 2014）では、気候変動が人間の安全保障にもたらすリスク（気候ストレス）と生計、紛争、文化、移住に関する危険度の相互関係について、全球的な傾向として図 1 のとおり評価している。

- ・ 21 世紀中の気候変動によって、人々の強制移転が増加すると予測されている（証拠が中程度、見解一致度が高い）
- ・ 気候変動は、貧困や経済的打撃といった十分に裏付けられている紛争の駆動要因を増幅させることによって、内戦や民族紛争という形の暴力的紛争のリスクを間接的に増大させうる（確信度が中程度）
- ・ 多くの国々の重要なインフラや領土保全に及ぼす気候変動の影響は、国家安全保障政策に影響を及ぼす¹と予想される（証拠が中程度、見解一致度が中程度）

¹ 海面水位上昇による土地浸水は、小島嶼国や広範な海岸線を持つ国の領域保全にとってのリスクをもたらす

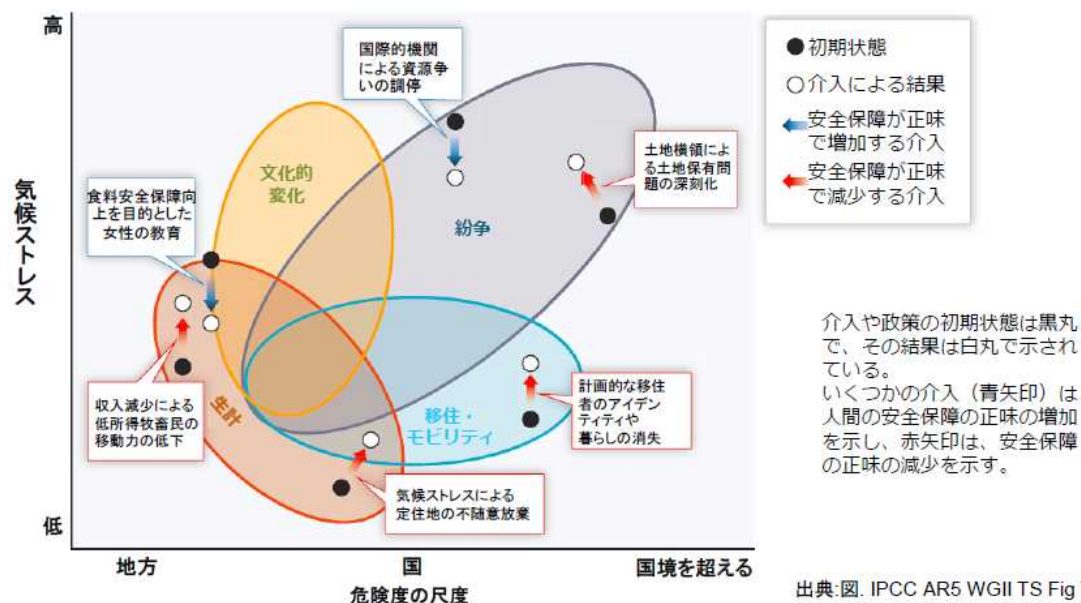


図 1 人間の安全保障に対する気候変動リスク、及び生計、紛争、文化、移住の間における相互関係 (IPCC, 2014)

また、島嶼諸国については一つ一つのサイズが小さいため、気候変動の影響による損害が他国と比べて相対的に小さく見えてしまうことに注意が必要である。例えば、表 2 のように 1998-2009 年の間で発生した台風による被害をみてみると、被害者の数に関し、島嶼諸国は上位に現れないが、国の中での割合で見ると甚大な被害であることが分かる。

順位	被害者の数	人口の割合	GDP ロス	GDP の割合
1	日本	北マリアナ諸島	日本	北マリアナ諸島
2	フィリピン	ニウエ	韓国	バヌアツ
3	中国	日本	中国	ニウエ
4	インド	フィリピン	フィリピン	フィジー
5	バングラデシュ	フィジー	香港	日本
6	韓国	サモア	インド	フィリピン
7	ミャンマー	ニューカレドニア	バングラデシュ	ニューカレドニア
8	ベトナム	バヌアツ	北マリアナ諸島	サモア
9	香港	トンガ	オーストラリア	トンガ
10	パキスタン	クック諸島	ニューカレドニア	バングラデシュ

表 2 アジア・太平洋地域 1998-2009 年の間の台風による被害 (IPCC, 2014)

(2) 台風の頻度・強度の変化

アジア・太平洋地域においては、台風やサイクロンがもたらす社会経済的な被害の大きさからも、気候変動による影響が特に注目されている。

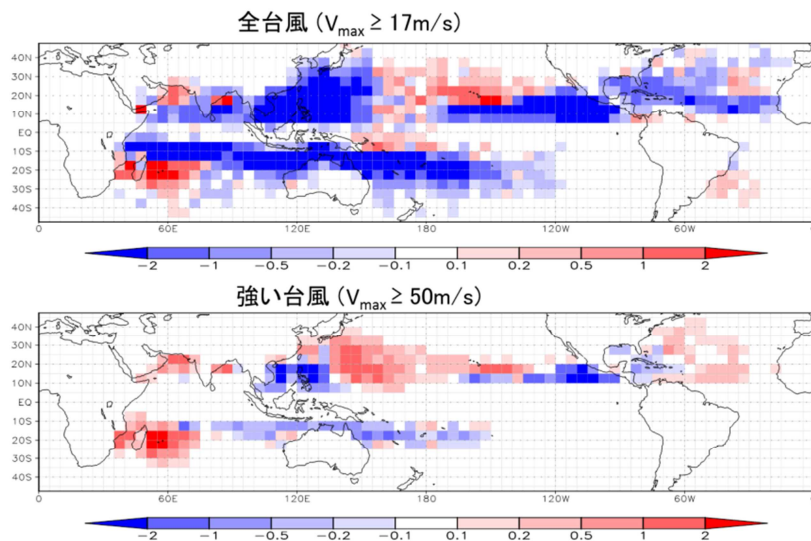


図 2：台風の出現頻度の将来変化。上段：台風全体（最大風速 17m/s 以上）の変化，下段：強い台風（最大風速 50m/s 以上）の変化 (Sugi et al., 2016)

図 2 は現在気候（1979-2003）及び将来気候（2075-2099）の多数のシミュレーション結果を用いて計算した台風全体（最大風速 17 m/s 以上，上段）及び強い台風（最大風速 50 m/s 以上，下段）の数の増減を示す（VI. 付録 4. 参照）。赤い色ほど増加し，青い色ほど減少すると予測される。地域的にみると台風全体の数は減るところが多いが，北太平洋中部など増えると予測されているところもある。一方，強い台風の数，増えるところが多いが，北西太平洋の南西部，北太平洋東部，オーストラリア付近などでは減ることが予測されている。（Sugi et al., 2016）

（3）高潮や高波の変化

アジア・太平洋地域は太平洋に面している国が多く，沿岸部では高潮や高波の変化についても注目が高い（VI. 付録 5. 参照）。d4PDF の気圧と風速を用いて高潮偏差の長期評価を行った結果は，図 3 のとおりである。

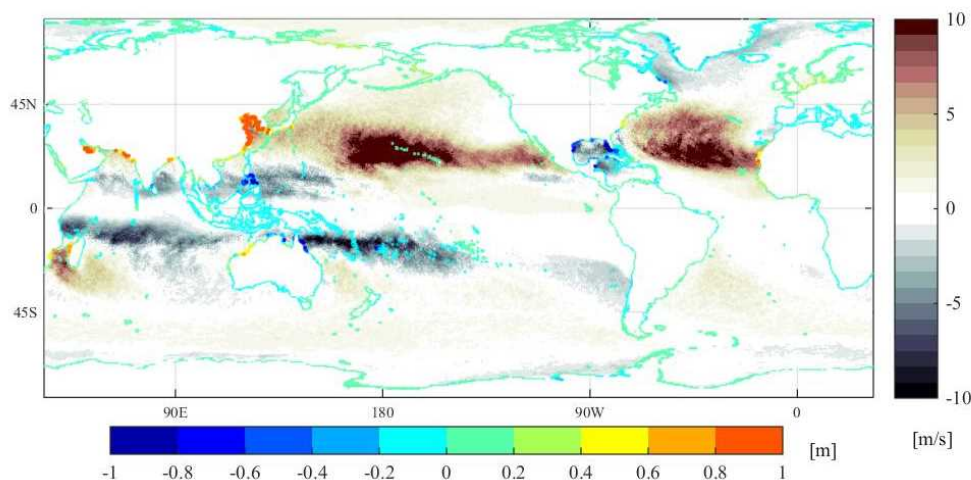


図 3 100 年確率風速と高潮の将来変化率 (森ら, 2016)

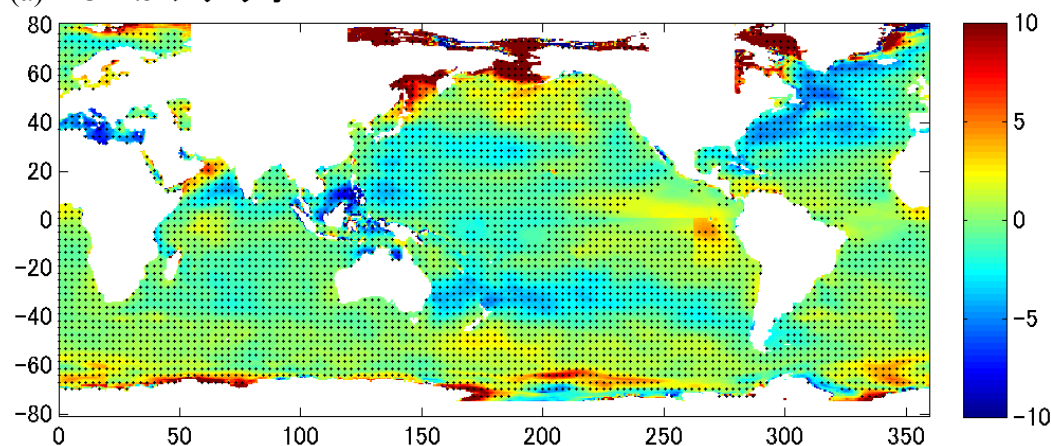
図 3 は全球の高潮偏差について，再現年数 100 年確率の高潮偏差の将来変化を現在気候からの変化率で表したものであり，海上の濃淡が風速，海岸線の濃淡が高潮偏差の変化率である。全球で台風の将来変化率が大きい海域は北半球の中緯度帯で

ある。高潮偏差の将来変化は、概ね 100 年確率風速の将来変化に対応しているが、中国から西日本にかけての東アジアでは 10%程度の風速の将来変化に対して、20%以上の高潮偏差の将来変化率を示しており、風速よりもより大きな将来変化が見込まれる。一方、南半球では概ね負の将来変化率が得られている。これは d4PDF で予測された台風の将来変化特性が、南半球における将来台風の中心気圧の低下傾向が弱い一方で、個数の減少が顕著であるためである。(森ら, 2016)

(4) 波浪の波高の変化

気候変動は、長期的な波浪と波高にも影響を及ぼし得ることが、最新の調査を通じて明らかになっている。図 4 は、統計的波浪モデルで推定した全球での平均波高の将来変化を示したものである。

(a) RCP4.5 シナリオ



(b) RCP8.5 シナリオ

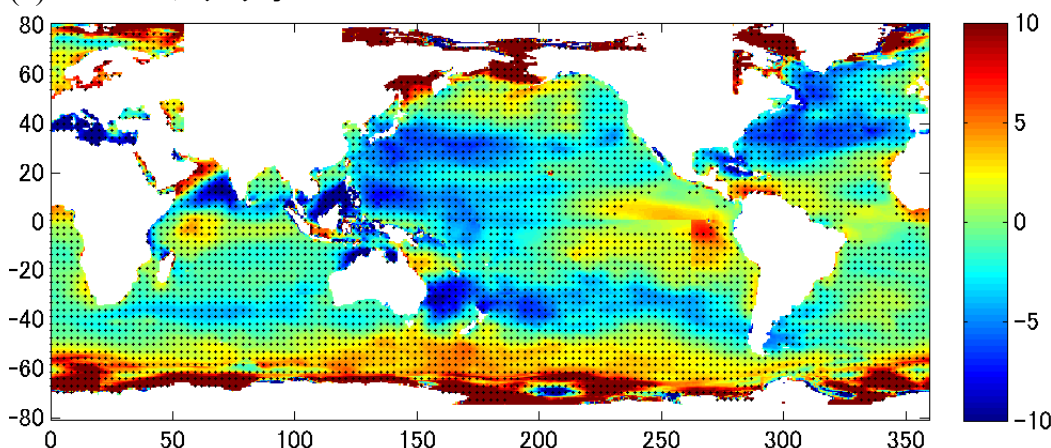


図 4 平均波高の将来変化 (a)RCP4.5 シナリオ, (b)RCP8.5 シナリオ(Kishimoto et al., 2017)

(a)が RCP4.5 シナリオ (2100 年以降に化石燃料起源の排出が安定化する中位安定化シナリオ), (b)が RCP8.5 シナリオ (2100 年以降も放射強制力の上昇が続く高位参照シナリオ) の場合である。北太平洋の北部では両方のシナリオでも波高増加が見られる。これは冬季の波高増加が夏季の波高減少より卓越しているためである。北大西洋や北太平洋中央部、南緯 40 度付近は RCP8.5 のほうが、波高減少量が大きくなる。なお、平均波高の減少は、砂浜の前進後退に大きな影響を与えることが予想される。(Kishimoto et al., 2017)

(5) 農業生産の推移等

気候変動の食糧生産への影響も、安全保障の観点からは重要な検討項目のひとつである。例として、主食となるトウモロコシの収穫量に関する将来予測をみることにする。

図5は、トウモロコシとコメについての将来の収量の全球平均予測を示したものである（気温の上昇予測が低い RCP2.6 シナリオと気温の上昇予測が高い RCP8.5 の結果である。詳細は VI. 付録 6. 参照）。

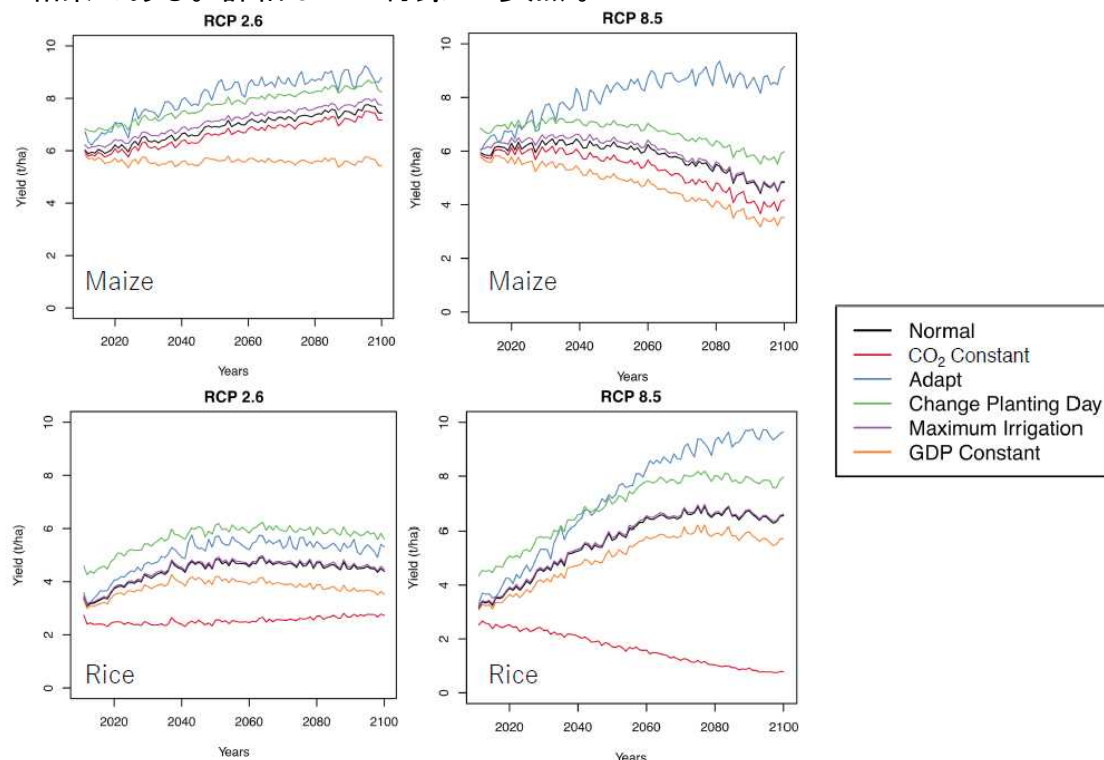


図5 全球収量予測の平均値（ICA-RUS REPORT, 2017）

経済シナリオは中道的な予測である SSP2（VI. 付録 2. 参照）を用いた。トウモロコシは C4 植物であり、二酸化炭素の施肥効果が低く、収量の将来的な増産はあまり見込まれない。しかしながら、適切な品種を栽培することによって、気温上昇の影響を最小限に抑え、増産させることができる可能性がある。C3 植物であるコメでは二酸化炭素の施肥効果による増産が見込まれる。しかしながら、2050 年までに必要とされる 2 倍の収量増のためには、適切な品種による栽培などが促進されなければならない。（ICA-RUS REPORT, 2017）

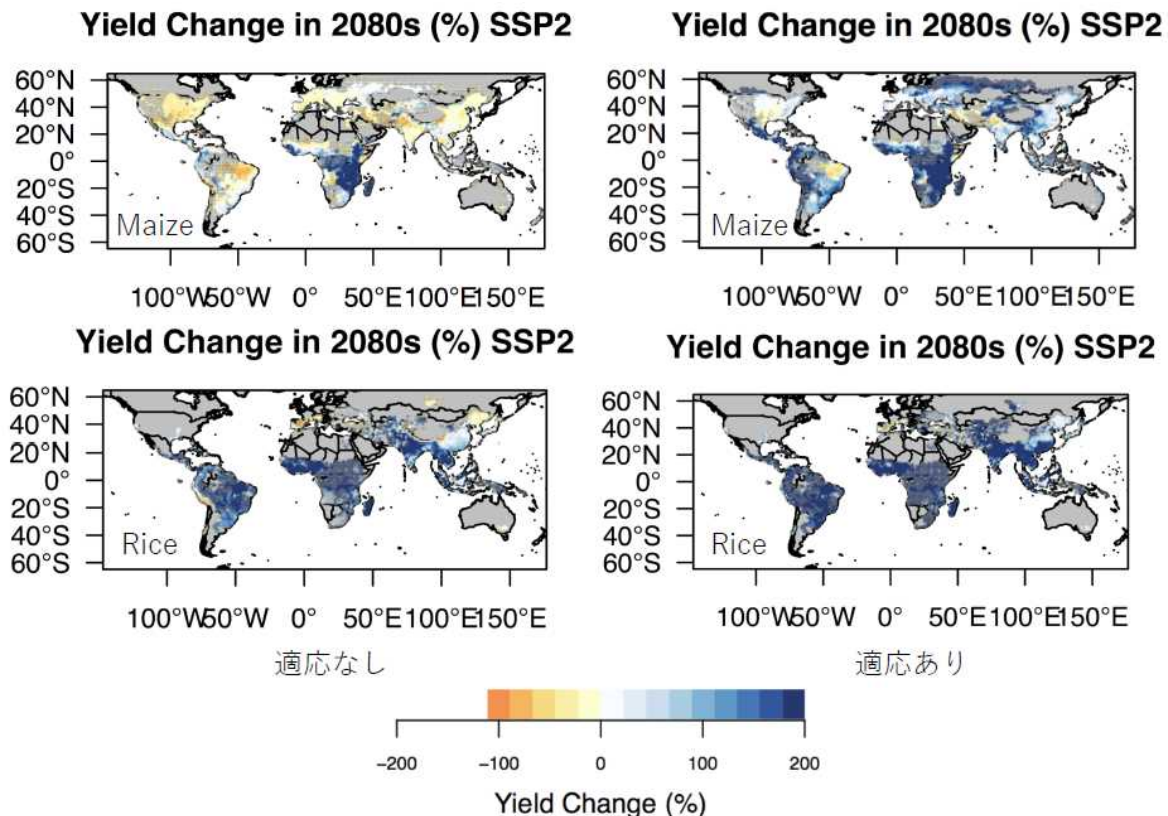


図 6 2080 年頃の収量予測マップ (ICA-RUS REPORT, 2017)

図 6 は、2080 年頃のトウモロコシとコメの収量予測マップを示したものである（詳細は VI. 付録 7. 参照）。適応なしの場合、トウモロコシは多くの地域で収量減少が見込まれるが、コメは、特に発展途上国での収量増加が予測される。これは、二酸化炭素の施肥効果と GDP の増加に伴う農業技術の向上の効果が大きい。トウモロコシも、気温上昇に対する栽培期間の減少を抑制する（適応あり）と多くの地域で収量が増加する。発展途上国への適切な技術供与が重要となると考えられる。（ICA-RUS REPORT, 2017）

2. アジアにおける気候変動の影響

アジア地域については、IPCC 第 5 次評価報告書においていくつかの河川の流量が増加することが高い水準の確信をもって評価されている。気温、降水量、水災害に関する予測では、一部地域を除き、ほとんどの地域において高確率で 2℃以上月平均気温が上昇するとされ、また、東南アジアの 5 河川の流域において予測を行った結果、将来気候における年降水量は増加傾向となるとの結果が得られた。また、当該 5 河川においては、浸水面積の拡大や浸水による被害額の増大、浸水頻度が増加することが予想され、頻度は少ないが強度が高まる洪水が見込まれる等の結果が得られた。さらに、水害地域のほとんどが基本的なインフラ整備のための資金不足が課題の一つであり、気温上昇や、海面上昇に起因する塩水遡上がコメやトウモロコシ等の農産物の生産に一定の影響を与えるだけでなく、適切な対応策（適応策）が講じられない場合には、被害の拡大と回復が遅延するリスクが示唆された。

（1）アジア地域における気候変動の影響例

アジア地域における気候変動による水災害及び農業への影響については、IPCC

第5次評価報告書において図7のとおり評価されている。

(a) 雪・氷, 河川・湖, 洪水・干ばつ

- ・ ヒマラヤ・中央アジアでの氷河の縮小により, いくつかの河川の流量が増加(確信度が高い, 気候変動が大きく寄与)
- ・ シベリア, 中央アジア, チベット高原における永久凍土の劣化(確信度が高い, 気候変動が大きく寄与)

(b) 食料生産

技術向上による収量増加以上に, 中国でのコムギ・トウモロコシの総収量に負の影響(確信度が低い, 気候変動からの寄与は小さい)

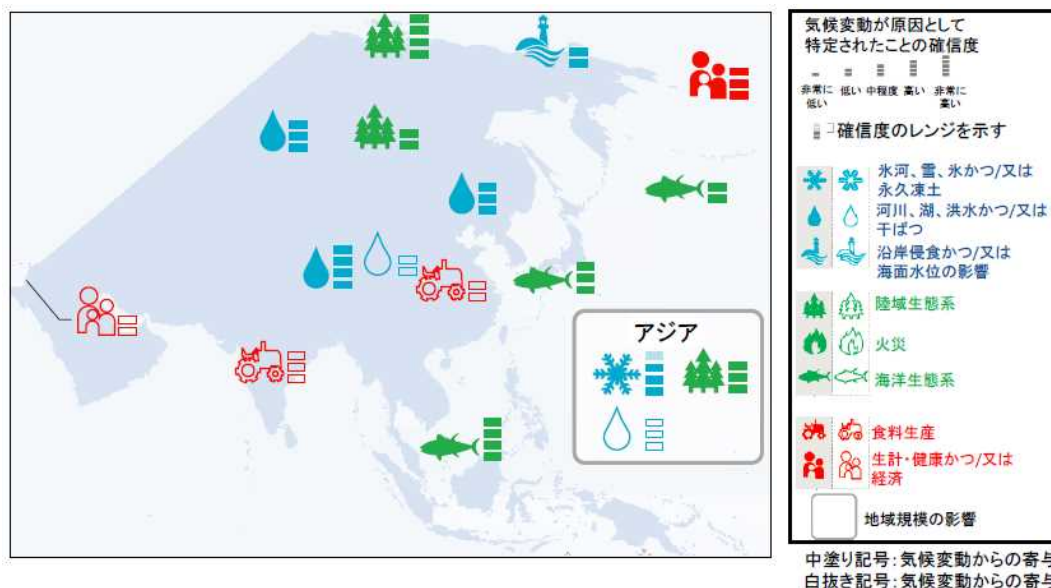


図7 2007年に公表された第4次評価報告書以降の研究に基づいて, ここ数十年の気候変動が原因として特定された影響のアジアにおける分布 (IPCC, 2014)

(2) 気温の変化

第5次評価報告書は, 全球的な気温上昇の将来予測を示している。これに関し, どの程度の気温上昇が見込まれるのかについて, 確率的に評価した東アジアにおける将来予測の例を以下に示す。

図8は, 20世紀後半(1969-1998年)と低い人口増加のもとでの高度経済成長シナリオ(SRES-A1b 排出シナリオ, 2069-2098年。詳細はVI. 付録3. 参照)を用い, 日本を含む東アジアにおける気温の将来変化の確率地図を示したものである。

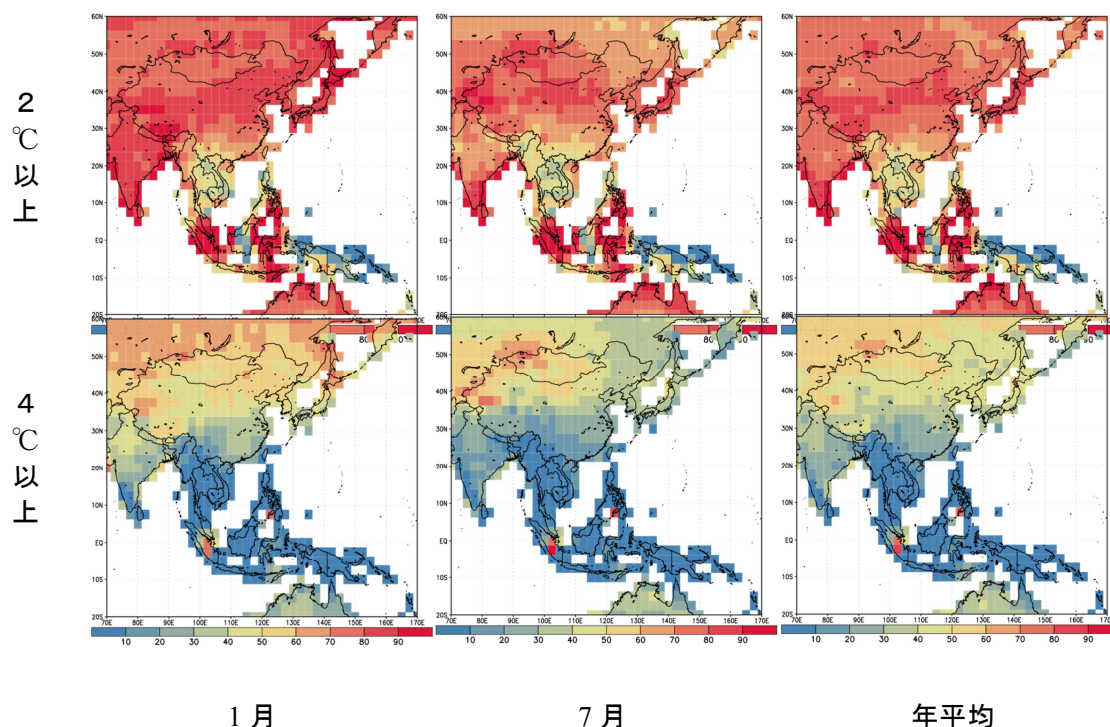


図 8 東アジアにおける 21 世紀後半の気温上昇の確率地図(VI. 付録 8. 参照) (大楽, 2016)

(上図：2℃以上昇温する確率(%)，下図：4℃以上昇温する確率(%)，
左図：1 月，中図：7 月，右図：年平均)

タイやベトナム、パプアニューギニアなど一部地域を除き、ほとんどの地域で 2℃以上月平均気温が上昇する確率が 70～80%以上との結果が得られ、夏季より冬期の方が、2℃以上上昇する確率が高くなった。一方、4℃以上月平均気温が上昇する確率は、熱帯地域ではほぼ 10%以下であった。中緯度地域では、30～60%であり、冬期には、60～70%の確率を示す地域が広がっている(図 8 下)。(NIED, 2017)

(3) 降水量の変化(中国南部)

21 世紀末に気候変動の影響により、降水の形態はどのように変化すると予測されるのか、既存の研究例として中国南部に着目する。図 9 は、d4PDF の過去実験(60 年間、青色)と RCP8.5 シナリオの 2100 年時点に相当する 4℃上昇実験(赤色)における中国南部で領域平均した年最大日降水量の頻度分布を示したものである。

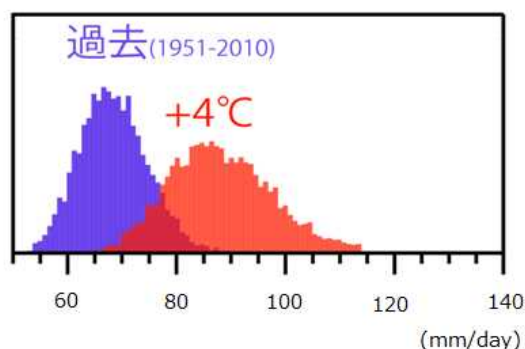


図 9 中国南部で平均した「年最大日降水量」の頻度分布 (NIES, 2017)

過去実験に比べて、4℃昇温実験では極端な雨の強度が大きく増加している。過去実験において 60 年間×100 メンバーに数回しか発生しないような強い雨が、4℃

昇温した世界では平均的な雨になっている。また過去に発生しなかったような強い雨が、4℃昇温した世界では頻繁に発生するようになると予測されている（VI. 付録 9. 参照）。(NIES, 2017)

（４） 降水量の変化（東南アジア）

気候変動に伴う降水量の変化は河川の流量の変化にも関係する。ここでは国際河川の多い東南アジアに注目し、RCP8.5 シナリオでの降水量の将来変化を示す。

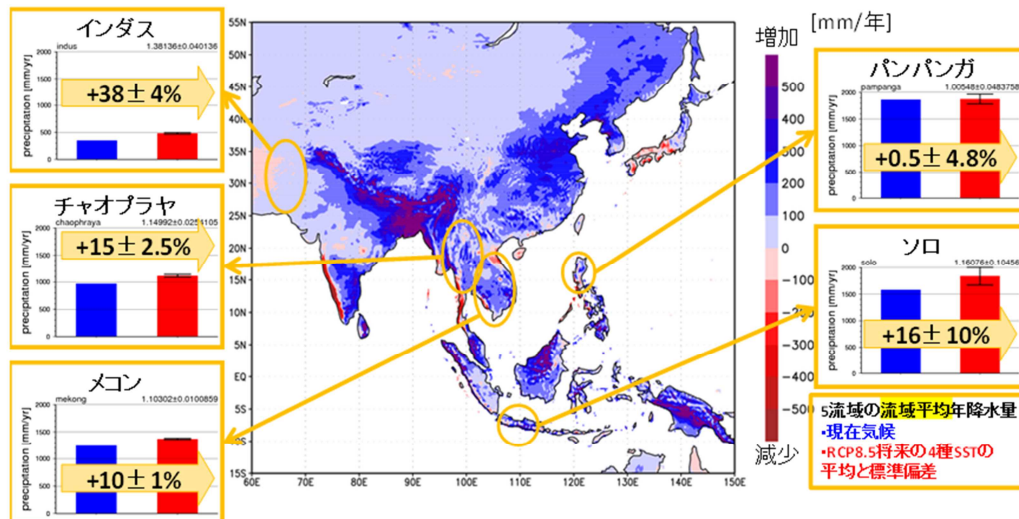


図 10 インダス川、チャオプラヤ川、メコン川、パンパンガ川、ソロ川における流域平均年降水量の現在と RCP8.5 将来 (ICHARM, SOUSEI Program, 2017)

図 10 の中央は 21 世紀末の将来予測実験の海面水温アンサンブル平均値と現在気候実験の年降水量の差を示したものであり、地球温暖化に伴う大気中の水蒸気量の増加から、アジアでも広い地域で年降水量の増加（濃い青色から紫色）が予想される（VI. 付録 10. 参照）。また、周囲の棒グラフは、対象 5 流域それぞれについて、面積平均した年降水量の現在気候から将来気候実験への変化率を示した。その結果、予測の不確実性はあるものの、将来気候の海面水温アンサンブル平均の年降水量は対象 5 流域で 0.5% から 38% の増加傾向となっている。(ICHARM, SOUSEI Program, 2017)

（５） 水災害評価：メコン川、チャオプラヤ川、ソロ川、パンパンガ川

RCP8.5 シナリオにおいて降水量の増加が見込まれる東南アジアにおいては、洪水の強度の変化に着目した上で検討した結果が図 11～15 の通りである。検討に当たっては、洪水による農業への被害予測にも着目した。

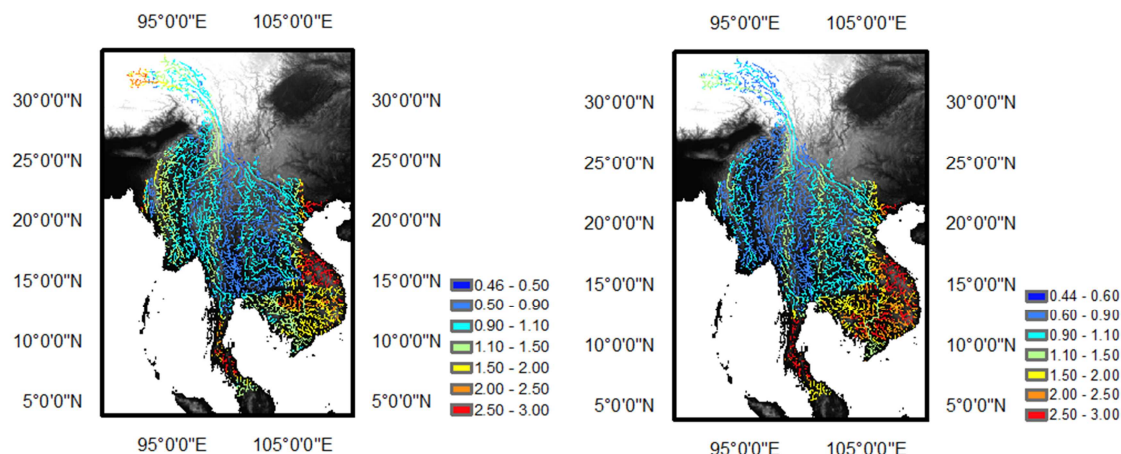


図 11 d4PDFを用いたインドシナ半島における年最大河川流量の過去実験と4℃上昇実験の変化（SST 将来変化パターンはMRI-GCM3(MR)）(Tachikawa et al., 2017)

（左図：年最大河川流量の平均値の将来変化比率。

右図：年最大河川流量の標準偏差の将来変化比率）

d4PDF で計算された流出発生量を入力とし、インドシナ半島を対象に構築した河川流量計算モデルを用いて過去実験と 4℃上昇実験での連続流量計算を実施した。次に、得られた連続流量データから年最大流量の変化を分析した（VI. 付録 11. 参照）。図 11 は過去実験と RCP8.5 シナリオの 2100 年時点に相当する 4℃上昇実験を用いて得られた年最大日流量の平均値（左）と標準偏差（右）の変化比率の空間分布を示したものである。特にインドシナ半島東部・南東部、タイ南部で増加傾向が見られた。これは、頻度が小さい稀な洪水の強度がより大きくなる可能性があることを示している。（立川ら，2017）

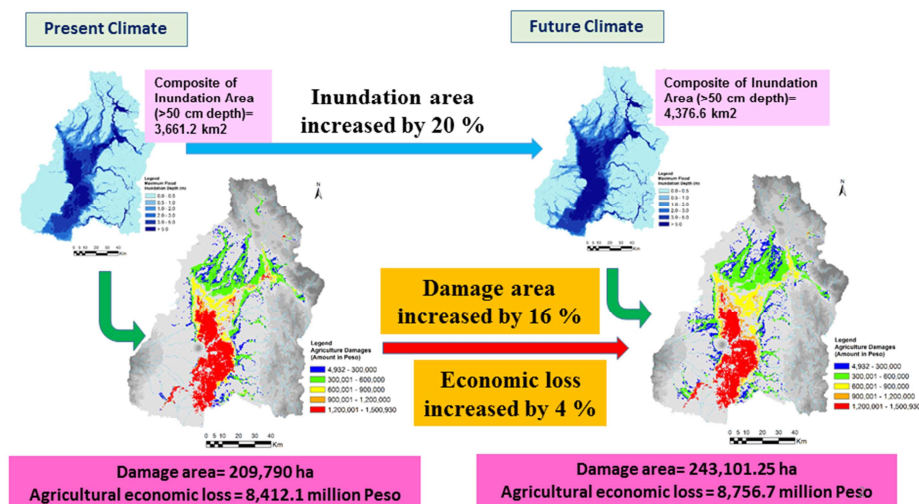


図 12 パンパンガ川流域における 100 年確率降雨量による浸水深，浸水面積，浸水期間，農業被害量及び農業被害額 (ICHARM, 2017)

パンパンガ川流域について，RRI（Rainfall Runoff Inundation）モデルを用いて現在気候および将来気候（RCP8.5 シナリオ）それぞれにおける 100 年確率降雨量による浸水深，浸水面積および浸水期間を算出した。その算出結果に，ICHARM が作成した農業（コメ）被害曲線を適用して被害量を算出し，さらに現地の米の出荷額単価を用いて農業（コメ）被害額を算出した。この結果，図 12 のとおり，将来気候下では浸水面積は約 2 割増となるが，被害額は数%の増加にとどまることが分

かった。(ICHARM, 2017)

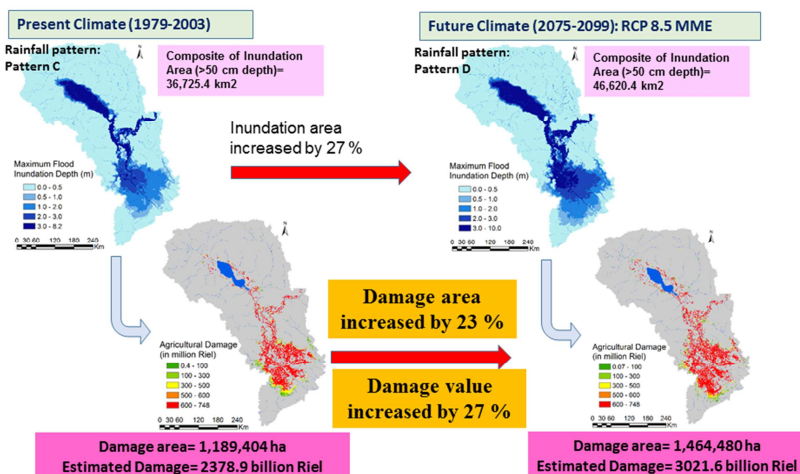


図 13 メコン川流域における 100 年確率降雨量による浸水深，浸水面積，浸水期間，農業被害量及び農業被害額 (ICHARM, 2017)

メコン川下流域について，RRI モデルを用いて現在気候および将来気候（RCP8.5 シナリオ）それぞれにおける 100 年確率降雨量による浸水深，浸水面積および浸水期間を算出した。その算出結果に，ICHARM が作成した農業（コメ）被害曲線を適用して被害量を算出し，さらに現地の米の出荷額単価を用いて農業（コメ）被害額を算出した。この結果，図 13 のとおり，将来気候下では浸水面積・被害額ともに約 3 割増となることが分かった。(ICHARM, 2017)

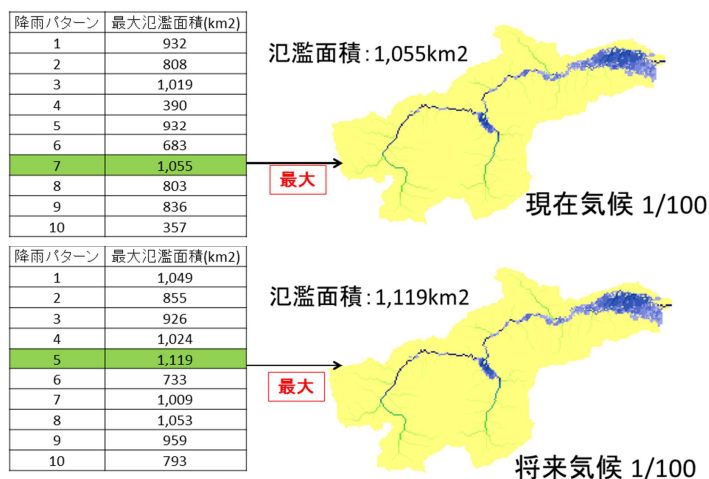


図 14 ソロ川流域の 1/100 確率降雨量における 10 パターンの降雨波形のうちの最悪ケースの比較 (ICHARM, SOUSEI Program, 2017)

ソロ川流域について，MRI-AGCM3.2S から出力された現在気候および将来気候（RCP8.5 シナリオ）の降水量データに対して，統計解析を用いて 100 年確率の降水量データを作成した。これらを降雨流出氾濫モデルに入力して計算した結果，図 14 のとおり，将来気候では最悪ケースにおける氾濫面積が増加する結果が得られた。このことは，当該流域において，同一の生起確率の降水量に対してより大規模な氾濫が発生する可能性を示唆するものである。(ICHARM, SOUSEI Program, 2017)

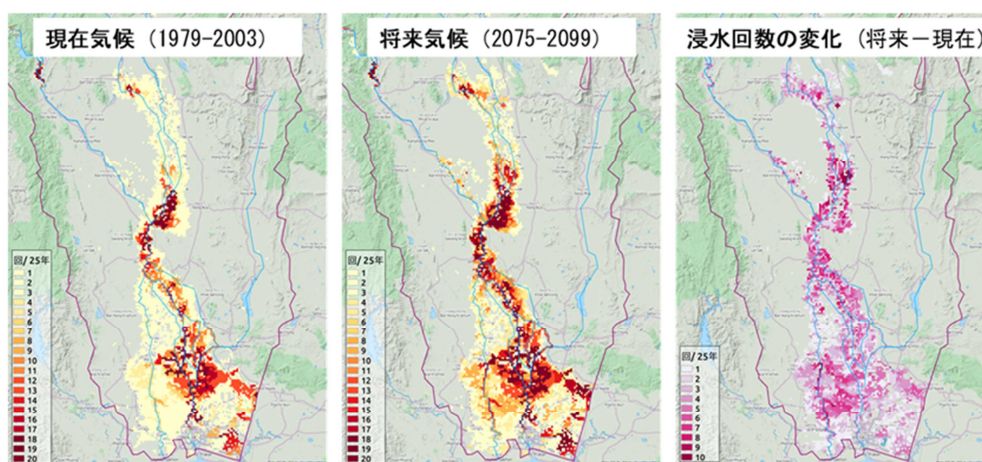


図 15 チャオプラヤ川流域における氾濫解析浸水頻度の将来変化予測 (ICHARM, SOUSEI Program, 2017)

チャオプラヤ川流域について、現在気候と将来気候の浸水頻度（水深 0.5m 以上）を比較した。図 15 では、RRI モデルにより計算した各 25 年間の年最大浸水深を用いて現在気候（左）と将来気候（中央、RCP8.5 シナリオ）の浸水回数およびその差分（右）の空間分布を示した。この結果、氾濫領域には大きな違いは見られなかったが、浸水頻度は将来気候において増加していることが確認された。特にチャオプラヤ川本川沿いでは約 1 割程度、バンコク北西部では約 2 割程度、浸水頻度が増加することが分かった。(ICHARM, SOUSEI Program, 2017)

（６）海面上昇の農業への影響：メコンデルタにおける稲作と水環境

河口域では海面上昇による農業へも影響も考える必要がある。気候変化による海面上昇が引き起こす塩水遡上がベトナム・メコンデルタのコメ生産へ及ぼす影響を明らかにするため、メコン川の流量変化が引き起こす塩水遡上ならびに洪水の影響を同時に評価する水理モデルが開発された。そのモデルによって示された検討結果は、図 16 のとおりである。

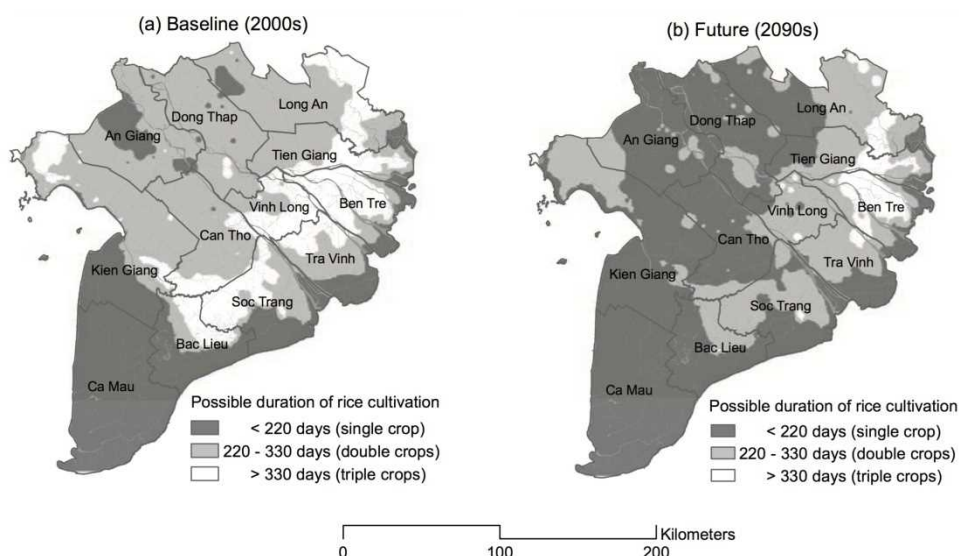


図 16 メコンデルタの塩水遡上と洪水に対応してコメの作付けが可能な地域 (Khang et al., 2010)

将来（2090 年代）の気候変化シナリオとして SRES-B2 シナリオ（地域共存型社会シナリオ。詳細は VI. 付録 3. 参照）に基づく気候変化を想定し、デルタ内の気温、降水量、日射量、海面の上昇度、およびデルタ上流部におけるメコン川の流量変化を与え、2090 年代半ばにおける 12 月から翌年 6 月までの期間の流量と海水侵入の程度を推定した。その結果、図 16 のとおり、基準年（左、1998～2006 年）よりも将来（右、2090 年代）の方が、洪水の水位と浸水面積がはるかに大きいことがわかった。将来のコメ栽培期間の大幅な変化は、主として上流の流量増加にともなう洪水期間の長期化によるものであり、三期作が可能な地域の面積が 31% から 5% に減少する一方で、一期のみ作付け可能な地域の面積は 21% から 62% へ増加すると推定された。（Khang et al., 2010, 農業環境技術研究叢書, 2011）

（7）波高の変化

沿岸部においては、気候変動がもたらす波高等の変化についても着目する必要がある。IPCC 第 5 次評価報告書では平均波高の将来変化についてのみ評価されているが、その後、高波等の将来変化についても研究が進みつつある。その成果の一つが以下の図 17 である。

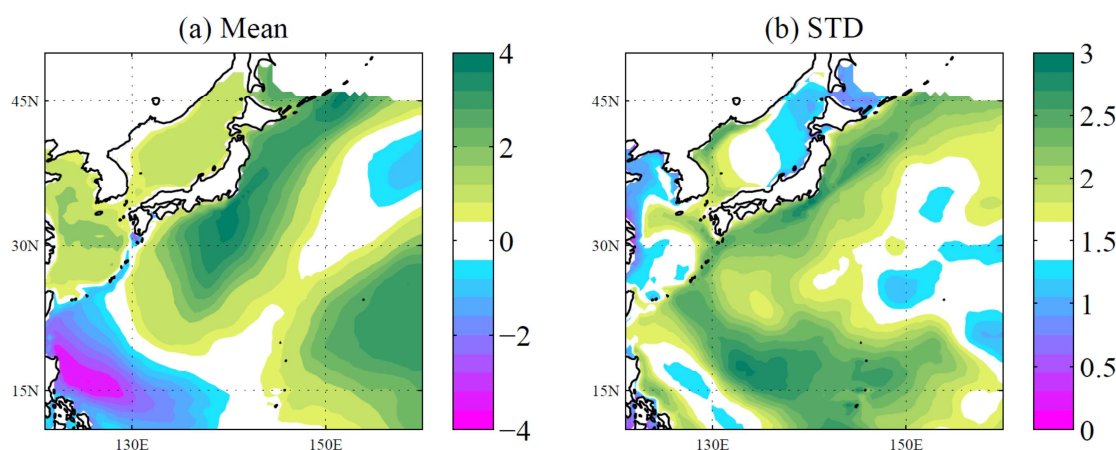


図 17 10 年最大波高の将来変化のアンサンブル予測結果（平均値 (a) 標準偏差 (単位 m)）(Shimura et al., 2015)

AGCM とスペクトル型波浪モデルを有する波浪の将来変化予測の結果（図 17）では、年最大波高の南半球の高緯度および北太平洋の中央部における波高の増大（～1m）、中緯度および北大西洋の広い範囲での波高の減少（～-1m）が予測されている。一方、10 年再現確率波高の将来変化は、太平洋側での顕著な増加という特徴を持つ。この 10 年再現確率波高の変化は、台風経路の東へのシフト（台風の発生位置の将来変化は、予測の不確実性を無視すると、北西太平洋では東向きにシフトすると予測されている）が最も大きな影響を与えている。日本沿岸における高波の将来変化は、台風発生個数の減少や台風強度の増加とともに、先に示した経路の変化による複合的なものによることが分かってきた。（Shimura et al., 2015）

（8）沿岸域の脆弱性

気候変動が東南アジアにおける沿岸域の脆弱性にどのような影響を及ぼし得るかにについて得られた具体的な評価を紹介する。

（a）ベトナム

海面上昇などの物理的影響とダウンスケーリングした人口シナリオ、貧困などの社会経済影響を加味した脆弱性評価によって北部の紅河デルタや南部のメコンデ

ルタにおいて特に脆弱な地域を特定したのが図 18 である。

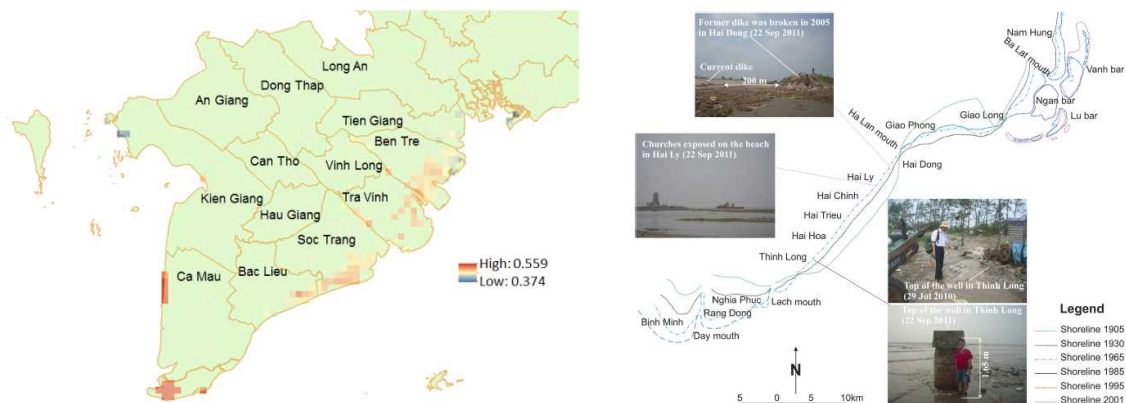
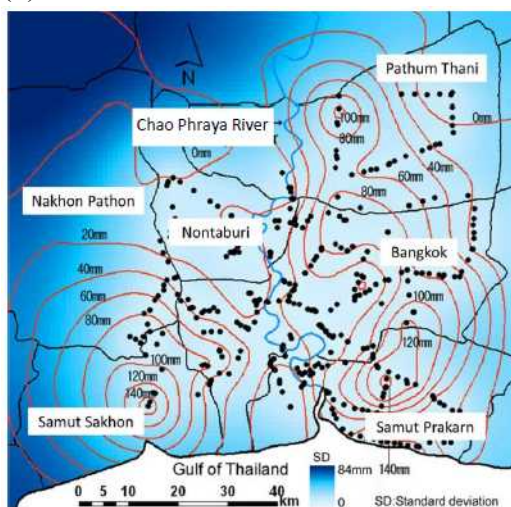


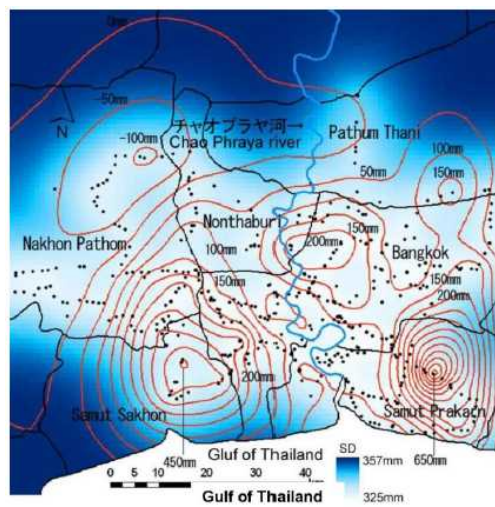
図 18 ベトナム沿岸域の脆弱性および海岸浸食（左図：南部メコンデルタ，右図：北部ハイハウ海岸）（田村ら，2013，Yasuhara et al., 2016, Duc et al. 2012）

ベトナムでは年間数十 m 単位での海岸浸食が起きている地域があるが，これは，気候変動影響としての海面上昇のみならず，上流からの土砂供給の減少，マングローブからエビ養殖場等への改変といった人間の手による土地改変等も影響しており，複数要因が指摘される。（田村ら，2013，Yasuhara et al., 2016, Duc et al. 2012）

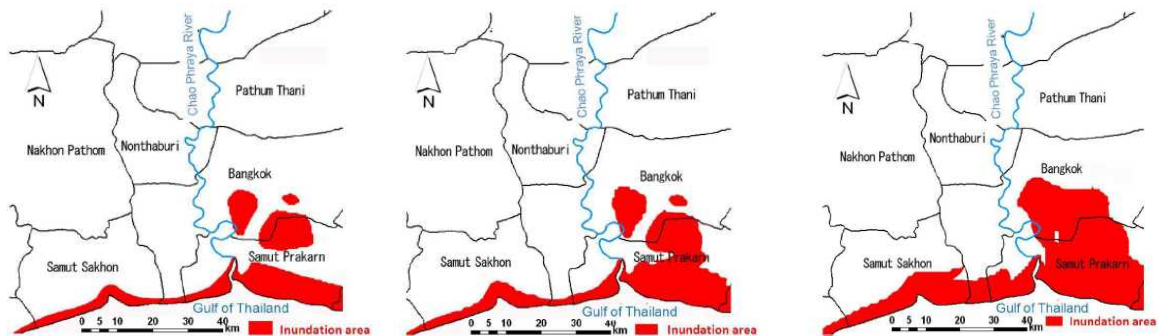
(b) タイ



(a) 1996-2003 年における地盤沈下



(b) 2001-2100 年における地盤沈下（予測）



(c) 浸水域（左：海面上昇の影響のみ，中央：海面上昇及び地盤沈下の影響，右：誤差を含んだ海面上昇及び地盤沈下の影響）

図 19 タイ・チャオプラヤの海面上昇と地盤沈下 (Yasuhara et al., 2015)

チャオプラヤ川下流部のデルタ地域は、地下水のくみ上げにより地盤沈下が起きているが、将来これに気候変動影響として海面上昇が加わることで、同地帯一体の浸水リスクがさらに高まることが衛星データと海面上昇モデルを組み合わせることで示された（図 19）。（Yasuhara et al., 2015）

(c) バングラデシュ

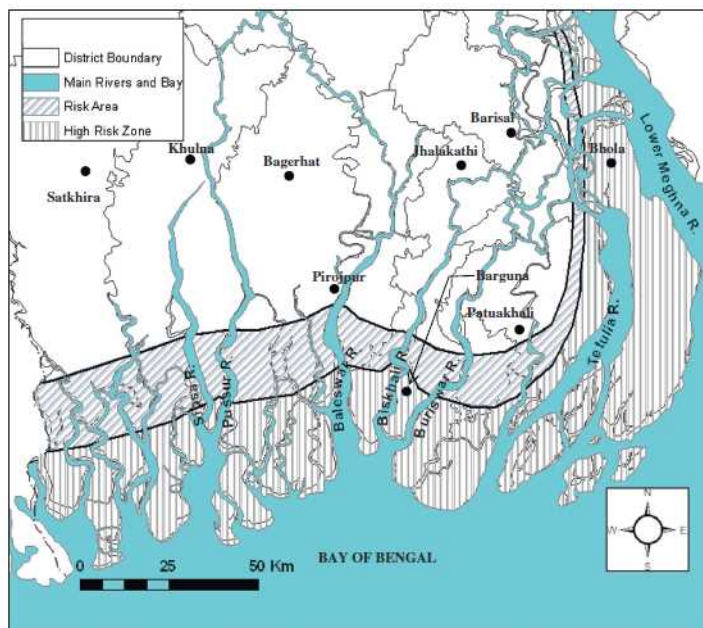


図 20 バングラデシュにおける海面上昇と高潮 (Karim and Mimura, 2008)

西バングラデシュを対象に、海面水温が 2°C 上昇し、海面が 30cm 上昇したうえにサイクロン等の暴風雨が生じた場合を流体力学モデルによってシミュレーションしたところ、図 20 に示すとおり洪水リスクに直面する土地が現在よりも 15.3% 増加すると推定された。また、浸水期間も現在より長期間に及ぶことが示された。（Karim and Mimura, 2008）

3. 太平洋地域における気候変動の影響

島嶼諸国（特に環礁国家）に関し、海面上昇に伴う将来的な水没のリスクについては多く指摘されている。しかしながら、海面上昇のみに着目するのではなく、現在起こっている首都における脆弱な土地への居住域の拡大や埋め立て、生活排水、廃棄物等によるサンゴ礁生態系の劣化等の都市化や人口移動による社会経済的側面に関わる問題が、国土の脆弱性の増大に影響を及ぼしている点にも注目する必要がある。

（1）太平洋地域島嶼国（特に環礁国家）における気候変動がもたらす影響

気候変動による今世紀の海面上昇量は、IPCC 第 5 次評価報告書では 0.3-1m と予想されている。その後の研究では、南極氷床が融解する可能性が指摘され、上昇量は 0.5-1.2m に達するという予想もある。海面上昇は、 CO_2 濃度上昇と温暖化が頭打ちになった後も、氷河の融解と海水の熱膨張によって続き、数世紀後には 1-6m になると予測されている（図 21）。

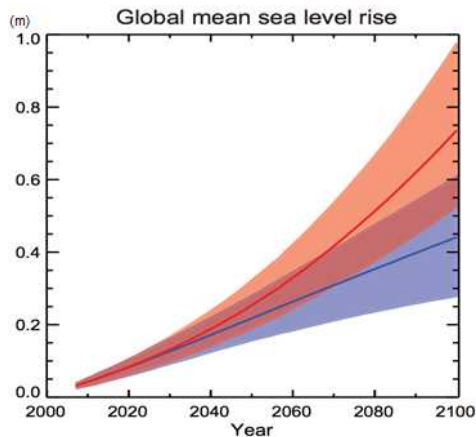


図 21 全球平均海面上昇の予測 (IPCC, 2014)

太平洋の小島嶼は、海面上昇によって水没するリスクがあるとされている。サンゴ礁がリング状につながる環礁では、島（環礁州島）は、標高 1-2m の低平な細長い陸地だけであることから、こうした環礁国家は、高潮や台風による被害や地下水の塩害が進むとともに、海岸侵食が進み、国土が水没するリスクが存在する。

環礁の数			
太平洋	392		
ミクロネシア	88	ポリネシア	107
東南アジア	114	オーストラリア	54
インド洋	67		
中央インド洋	41	西インド洋	25
大西洋	23	中東	1
北カリブ海	4	西カリブ海	15
東カリブ海			4
計	482		

環礁の数	人口 (万人)
太平洋	
ミクロネシア連邦	30
マーシャル諸島共和国	28
ツバル	6
キリバス	26
クック諸島	8
仏領ポリネシア	79
インド洋	
モルジブ共和国	22
計	177

表 3 環礁の数（茅根，2008）

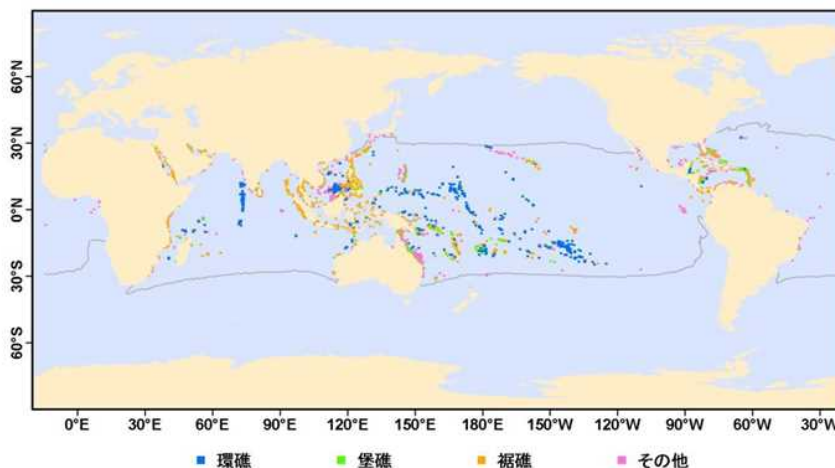


図 22 世界の環礁の分布（茅根，2008）

世界にはおよそ 500 の環礁があり、うち 400 が太平洋に分布する（表 3、図 21）。太平洋のマーシャル諸島共和国、キリバス共和国、ツバル、インド洋のモルジブのように、国土のすべてが環礁からなる国もある。これらの島々は、すでに海面上昇によって水没が始まっていると科学誌を含めたメディアで報じられている（図 22）。しかしながら、こうした現象は海面上昇だけでなく、環礁国家における都市化や経済活動の活発化に伴う問題も大きく、気候変動が各国の社会経済に及ぼす影響を検討する上では、海面上昇の影響のみに注目するのではなく、このような側面も十分

検討する必要がある。

III. 具体的な検討 2：地域情勢に関する考慮要素

1. アジア・東南アジア

東南アジアでは、経済成長、都市化等が起因した経済的・社会的格差の問題がその大部分に広がりつつある。それらの問題に気候変動の影響が顕在化した形で加わると、同地域において、経済成長の恩恵を十分享受できない住民は、更に厳しい生活環境に直面するおそれがある。また、東南アジアにおいては、経済的事情を主な理由とした人口移動が見られ、こうした人口流入に適切に対応できている地域と十分対応できていない地域が生じつつある。気候変動の影響は、政治的不安定性を抱えている地域において、経済的、社会的な不安定要素を増幅させる可能性がある。また、気候変動の影響は、地域紛争の原因となる漁場の変化や資源枯渇を風発するリスクを内在する面でも、域内の脆弱性を高めている。

(1) 社会経済的側面

(a) 経済情勢の変化

- ・ 国際通貨基金（IMF）の World Economic Database のデータを元に、過去 20 年間にみる経済格差を整理した結果によると、欧米とアジアでは 96～05 年と 06～15 年で 1 人あたり実質国内所得の伸び方が異なり、それは注目すべき点である。
- ・ 欧米では最初の 10 年（96～05 年）は、1 人あたり実質国内所得が順調に伸び（100→120, 130）、人々の生活水準が向上し、将来に対する期待も膨らんだ。ところが 2006 年から 2015 年の成長は、人々のそうした期待に反し、鈍化した（100→102, 103）。
- ・ 一方で、アジア諸国の 1 人あたり実質国民所得は 96～05 年よりも 06～15 年の方が伸びた。中国は 4 倍以上に伸び、インドネシア、フィリピン等でも 100→120, 135 といった成長が見られている。その結果、人々の生活水準は一世代で大いに向上した。しかしこれから次の 10 年も、同じようにアジア諸国の経済が成長するという保証はない。今後も今までと同様に、順調に経済成長が達成されなければ、治安は不安定になるおそれがある。
- ・ なお、東南アジア諸国の中には「中所得国の罠」を抜け出せないまま「少子高齢化社会」を迎えるおそれがある国がある。これらの国々では、社会保障や社会インフラの整備が未だ不十分であり、将来の気候変動リスクに対して脆弱であると考えられる。

(b) 地域間格差

- ・ 所得格差の問題は、地方と都市の格差の深刻化にとどまらない。都市に集積された富の再分配が地方に対してのみならず、都市の中でも発生しないことも格差の増大に寄与する。そうした状況では、大都市のみが恩恵を受ける状況となり、またその都市内でも一定層しか裨益しない状態に対する社会不満の高まりが観察される。
- ・ 都市化は、サービス産業の成長を促す一方で、適切な社会政策が施されない場合、インフォーマルセクターの増大を誘発する。特に基盤が脆弱な地域（スラムやスクオッター）では、気候変動リスクと相まって、ガバナンスが低下し、

例えば感染症の発生源や国際テロ・犯罪集団の発生要因となるおそれがある。

- ・ 地域格差だけでなく、世代間格差も問題であるが、これは東南アジアに限らず世界各国で発生している深刻な問題である。

(c) 地方部（農村、漁業）

- ・ アジア地域において、農業人口は今でも多数を占めているが、農業生産性をいかに高めるかについては引き続き東南アジアが抱える課題である。20年前の経済危機の時には都市から農業へ帰還する労働者がいたが、今後不況に見舞われた時には、農業は以前のように受け皿となるかどうかは定かではない。
- ・ 生産性が低下した農家に対する所得補償等のセーフティーネットがこうした地域においては重要である。ただし、そうしたセーフティーネットの効果については限定的な側面があることに留意が必要である。
- ・ 農業生産を巡るセーフティーネットよりも現実的に深刻なのは、森林火災(haze)の影響である。森林管理の能力が十分でなければ、より深刻な影響が及ぶことになる。
- ・ 食料不足が発生した際、他の地域と比べて価格が安く設定されたコメが国外から密輸されるといった、国境を越えた格差が食料等の流通に大きな影響を与えることがある。
- ・ 東南アジアの多くの国々は、国土が海に囲まれているため、水産業は重要な資源である。長期的に十分な利益を確保するためには、漁業資源や海洋環境を保護しつつ、水産業全体をグローバルバリューチェーンに乗せる必要がある。

(d) 自然災害とサプライチェーンのリスク管理

- ・ 低地であるメコン川流域では、頻繁に洪水被害を受けるリスクが高いため、企業の中には、洪水の被害を受けにくいと考える場所に工場を移す等対策をとっているところもある。
- ・ 例えば、タイで2011年に発生した洪水で日本企業の工場の多くが被災したことは、グローバルなサプライチェーンの脆弱性を再認識させることとなった。ただし、高度に集積された工場団地の各施設を分散させることは容易ではなく、多くの場合、さらなる洪水対策のための対策を強化する対応が取られた。また、移転先において、工場の運営に必要な水等の資源が不足する等、他の課題に直面するリスクもある。2013年にフィリピン中部を襲った台風（ハイアン、フィリピン名ヨランダ）に関しても同様のことが言える。
- ・ 重要なのは、IoT (Internet of Things)を活用した「見える化」である。この「見える化」については、IoTがこの数年で大きな進化を遂げる中、リアルタイムで個々の部品・資材等の物流を把握できるようになりつつある。こうした物流の把握を通じて、サプライチェーンをより正確に把握し、リスクを管理することが最も現実的な対応方法であると言える。IoTにより、工場の効率化とサプライチェーンの効率化に加えて、リスクに関する情報も盛り込むことができるようになった。実際、洪水等の災害が発生した際、情報を収集しながらモノを補充することが可能となってきている。

(e) 開発

- ・ 各国とも基本的には工業化を通じて経済開発を進めることを優先している。そ

の結果、現在の基幹産業である農業が最優先の開発対象分野と考えている国は多くない。

- ・ 元は農業国である国が工業化を前提とした開発を進めた場合、それらの国において土地の利用や人手不足が発生する結果、農業が衰退していくことが懸念される。実際に、若い労働力が農業を離れ都市へ流れており、この傾向が続いた場合、過去農場であった場所がその後どのように使われるかによって、環境破壊が進むおそれがある。
- ・ 土地の買い占めや権益の譲渡を通じて、広汎な土地が海外資本にコンセッション契約で長期使用権が譲渡されることが、複数の国内で問題視されてきている。政府として無防備な土地コンセッションを規制しようとする動きが出ている。
- ・ 海外資本による開発への過度な依存は、資本国の経済成長の鈍化に伴う投資意欲の停滞というリスクを生む可能性がある。仮に投資が減少した場合、地域経済への打撃が社会的な不安定要素になるおそれはある。
- ・ 環境アセスメントやガバナンスが十分でない海外資本による開発投資がもたらす、環境への悪影響や地元住民の文化、伝統との摩擦を引き起こすリスクについて、事業の実現可能性という観点から、十分に考慮する必要がある。
- ・ 開発に伴う、国境を越えた大量の労働者の流入は、各地域において紛争・争議の原因となりうると懸念されている。
- ・ 乱開発といった問題の背後に政治・経済的利権が絡むのではとの指摘がある。ジャーナリズムの形成や軍のプロフェッショナル化など間接的・規範的なアプローチも重要となる。
- ・ 流域環境・水資源の管理に関する課題は、気候変動リスクによって焦点化するおそれがある。特に地域の国際河川管理（メコン川委員会等）の調整やアセスメントにおいて、気候変動リスクは考慮する必要がある。

(f) 技術革新の影響

- ・ 大都市においては都市内部での若年層と高所得層の格差が指摘されている。また、今後、SNS等のネットワークの構築に強い若年層の出現することによって、相対的にデジタル化に弱い高年齢層との摩擦が増えるとも考えられる。
- ・ 2016年より技術革新に関し、各国における局面が変化したとの指摘がある。デジタル化が一層進展した中において、東南アジア各国ではスマホの普及率が高いため、政治情勢についても即時に動画で共有される時代となった。こうしたデジタル化は政治情勢をリアルタイムに知る手段としてだけでなく、各国における働き方も変えらる。と考えられる。
- ・ 先進国では気象予報・災害情報等にSNSは積極的に利用されており、最新の情報技術との融合なども含め、きめ細かな情報の収集・分析・伝達は気候変動リスクに対する適応技術として期待される。

(2) 人口動態

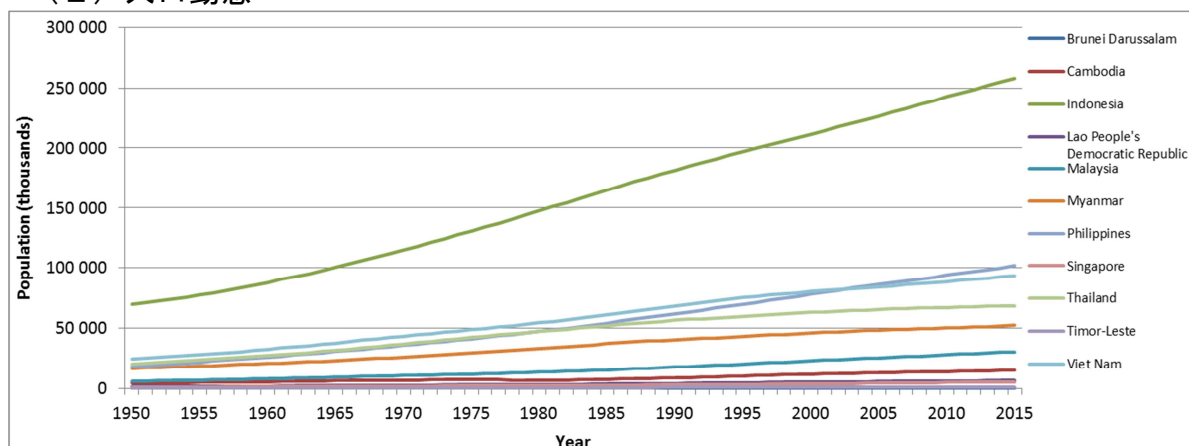


図 23 東南アジア諸国の人口推移（国際連合 World Population Prospects, 2017）

- ・ 少子高齢化が始まっている東南アジアの国では、深刻な労働力不足が観察される。その代替を担う存在として域内からの労働者が挙げられるのが東南アジアの特徴である。一部地域においてはそうした域内からの外国人労働者の存在なくして地域経済が成り立たないケースや、それとは逆に、在外労働者からの所得移転が国民経済を支えているケースもみられる。
- ・ 人口（労働力）流入から恩恵を受けているケースにおいては、自国民との間での衝突は可視化されていない場合があるが、移民の多くは不法滞在していると指摘もあり、今後問題になる可能性がある。これらの労働者が短期的にしか滞在しないのか、そのまま定着するかの見通しは不明である。
- ・ アジア各国の経済成長が鈍化したり、大都市の発展にブレーキがかかったりした結果、仕事がなくなった場合、海外や農村部からの移住労働者が帰国するのか、その土地で同化するのか、反発するのか、これらについては国の事情や国民性により反応が違いうだろう。
- ・ 東南アジア域内や南アジアとの間での人口移動は、気候変動リスクによって、より流動性を増し、付随して安全保障リスクが増大する可能性がある。

(3) 政治的側面

(a) エスニシティ

- ・ アジアにおけるエスニシティの政治への反映に関しては、地方政治に取り込まれ、地方分権が進む過程で、一定程度民意に反映されることとなった。そのためコミュニティレベルでの制度設計がうまくいったとも言える。

(b) ASEAN の関係

- ・ ASEAN は災害支援を掲げ、域内の支援に取り組んでいる。そうした点において、AHA センター（ASEAN 防災人道支援調整センター）への支援は有効なツールであり、また、気候変動リスク評価などに関する能力構築支援も域内の強靱性を高めると考える。
- ・ ASEAN 各国の間においてパートナーシップを強化することにつき、政治的な抵抗感はないと考える。実際、海賊対策や誘拐について、マレーシア・フィリピン・インドネシアで協力が始まる動きもあり、各国が利害を共有する分野における協力は、地域内でも今後進展していくと見込まれる。また、海洋安全保

障としてマレーシア・インドネシア（マラッカ海峡／海賊対策）での協調警備の実績がある。

- ・ また、ASEAN の一部の国は Coral Triangle Initiative など、太平洋地域など域外の国々と、地域レベルで海洋環境保護に向けた協力枠組みを構築している。
- ・ 域外国による開発投資や経済援助が ASEAN の一体性に影響を与える危険性が指摘されている。気候変動への取組も含め ASEAN 経済共同体・ASEAN 政治・安全保障共同体の進展による一体性や中心性の向上を図ることも、地域の強靱性を高める観点からも有益と考える。
- ・ ASEAN 即応調整・標準作業手順（SASOP）への貢献など、安全保障のソフト面における貢献も、ASEAN の強靱性を強化する。

（４）気候変動・地政学的影響

- ・ 近年の台風や突発的な降雨は、気候変動との因果関係は明確でないものの、洪水に弱い地域は甚大な被害を受ける。基本的には、経済的に貧しい人々が気候変動の影響による被害リスクの高い場所に居住しており、それが脆弱性をより高める要因となっている。また、海面上昇によるインフラ整備への負担が増加している。
- ・ 東南アジア島嶼部・内海の境界線未確定地域は外国船による違法操業が問題となっている。気候変動は、漁場の変化、資源の枯渇などを誘発することで、紛争を激化させるリスクを有している。一方で、漁村経済の疲弊は、地元漁民らに違法なサイドビジネスへの誘因を高め、違法取引・越境犯罪を助長することにつながる。
- ・ 災害リスクの増加を踏まえ、サプライチェーン・リスク管理の重要性が高まることから、気候変動リスクとそれに伴う、災害・安全保障リスクを加味した包括的な評価を行いえる情報や同基盤の提供が期待される。

2. 太平洋地域

国の経済規模や都市の人口規模によって事情は異なるが、グローバル化に伴う社会経済システムの変化が脆弱性を高める一因になっている場合が多い。現在起こっている都市への人口の集中は、気候変動による自然災害の発生等に限られたものではないが、島嶼国の脆弱性を高めている。

太平洋地域の島嶼国の中には、日本より大きな国土面積を有するパプアニューギニアから環礁のみからなる極小国であるツバル等、国によって状況が大きく異なる。そのため、それぞれの国々や地域が抱える課題については、一括するのではなく、個別具体的に検討する必要がある。

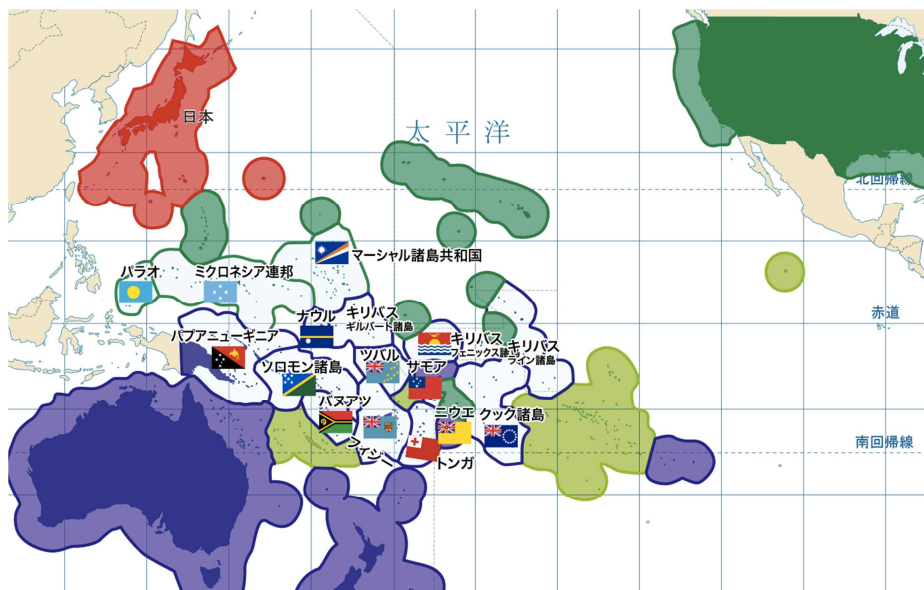


図 24 太平洋の小島嶼国とその排他的経済水域（茅根・加々美，2015）

（１）社会経済的側面

(a) 経済情勢の傾向

- ・ 都市部を中心に、収入の差による社会的な格差の拡大が観察される。
- ・ 島嶼国においては一般的に優秀な人材が国外に流出する傾向が見られる。そのような人口移動のもたらす経済への負の影響を指摘する声もある。
- ・ 島嶼国の多くは各種の基礎物資を輸入に頼っており、自給率の課題を有している。自給率に関しては、離島と都市部では問題の所在が異なる。離島においては自給自足体制を維持することが可能な地域も多い。都市部においてはその人口の急激な増加と国内における生産・流通体制の未整備のため、十分な自給体制が確保できず、豪州や米国からの輸入に依存する国も少なくない。その結果、貿易収支に対して負の影響が発生する。

(b) 都市部

- ・ 島嶼国においては都市部に人口が新たに流入するケースがみられる（ツバルのフナフティを例にとると、かつては人口が数百人程度だった場所に、現在は5000人以上が生活している）。こうした都市化や集中の進展により、当初は自給自足が可能であった生活環境が大幅に変化し、それに伴って都市部における廃棄物の発生、水等の生活物資の需要の急増等が観察される。こうした人口流入による環境変化は環境負荷を伴い、国家の脆弱性に寄与している。
- ・ 都市化によって住宅等の建設手法が変化したことにより、都市の脆弱性が増加する例もある。例えば、都市化以前の茅葺きの家はサイクロンの被害を受けても早期の復旧が可能であったが、都市化以後のコンクリートブロック等を用いた建設手法の場合、サイクロンの被害からの復旧には、物資の調達等も含め時間を要する。
- ・ 都市化に伴う社会システムの変容も脆弱性を増加させる一因となっている場合がある。島嶼国においては20世紀から都市形成が開始された。都市化以前は土地をベースとした村落での相互扶助システムが存在したが、都市形成に伴い、従来の相互扶助システムから切り離された都市住民が増加した。こうした社会

システムの変容は、島嶼国の社会安定性への不安要因のひとつとなっている向きもある。

- ・ 気候変動によって脆弱性が増大したとされる事象については、地球温暖化や海面上昇といった気候変動を直接的な要因とする問題のみならず、社会経済的な側面からも考える必要がある。例えばツバルのフナフティにおいては、海水の吹き出しが問題となっており、気候変動に伴う海面上昇がその要因と考えられていた。しかし、都市化による環境変化も同時に考慮に入れる必要がある。フナフティは元々低湿地帯であり、従来人が居住しない地域も存在したが、都市化の進展によって人口流入が生じ、そうした地域にも定住する層が現れた。こうした都市化による環境変化も海水の吹き出しの被害の一面となっている点は考慮に値する。

(c) 農業・漁業

- ・ 島嶼国の農業は、干ばつや洪水等の被害に脆弱であるとされている。例えば、フィジーではビチレブ島でさとうきび栽培及び製糖業が盛んであるが、実際に干ばつや洪水による生産量の減少が生じており、特に西側で過去5年被害が継続している。
- ・ 漁業については気候変動による海洋パターンの変化に伴う漁獲量の変化等が生じる可能性も考えられる。
- ・ すでに、島嶼国周辺においては漁業資源の減少が叫ばれており、マグロについては規制がかけられている。こうした漁業資源の減少については漁業に携わる島嶼国の人々も認識している。

(d) 環礁国家の国土保全

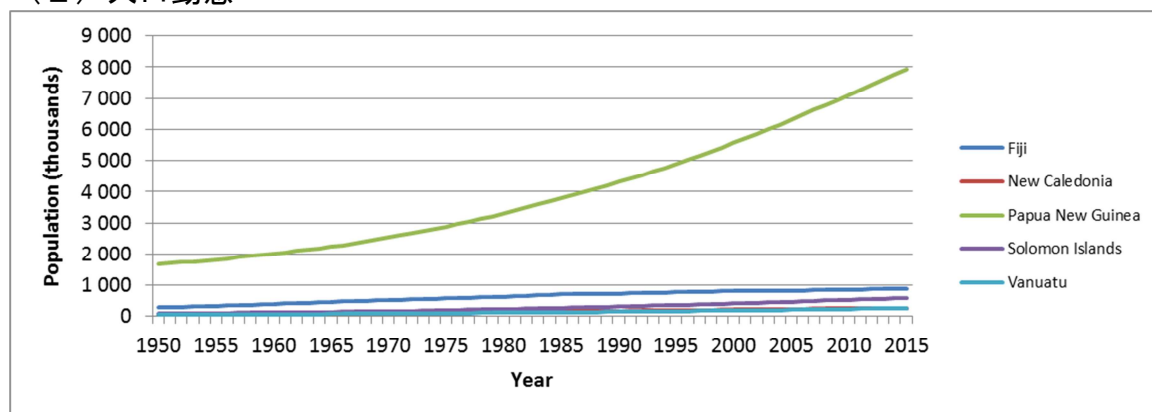
- ・ 島嶼国の環礁は、常に浸食が起こり、形が変わっていくものであり、気候変動の影響による変化は複合的なものである。
- ・ 現在環礁国で起こっている問題は、首都における脆弱な土地への居住域の拡大や、生活排水や廃棄物によるサンゴ礁生態系の劣化、コースウェイや棧橋などによる砂の移動経路の遮断、直立護岸による砂の堆積阻害、海浜植生の喪失による海岸の安定化機構の喪失などがある（図 25）。こうした問題が、将来さらに進む海面上昇に対する島の復元力を弱めている。小島嶼国を取り巻く問題群を、海面上昇による水没に単純化してしまうことは、問題の本質を見失い、長期的に正しい対策をとることができなくなることにつながる（図 26）。

- (護岸, 養浜, 離岸堤による海岸保全)による護岸などを行うことが望ましい。
- こうしたプロジェクトの設計や実施に当たっては, 世界各国からの支援を適切に管理し, 相互の調整を行うことも重要である。珊瑚や有孔虫の管理だけではなく, 護岸や海岸の養浜についても, 各国の支援を単発で実施するのではなく, 相互に連携させる必要がある。この点について, 島嶼国の実施能力が限られていることも課題である。
 - 一方で生態系に優しい対応策は, 海面上昇対策と直接結びつけることが難しく, また短期的な効果を見込めるものでもないため, 護岸工事が選択されることが多いことが実態である。
 - 人口密度が高く, 近代的な整備をしたほうがよいと判断するような場合には, 護岸工事等を行い衛生的で産業活動をしやすい生活基盤を構築するのが望ましいとの考え方もある。

(f) 情報技術革新

- インターネットの普及を通じた情報の流通は島嶼国に大きな影響を与えている。気候変動問題について島嶼国のプレゼンスが高まったのは, 島嶼国の現状が世界各地に知られるようになっただけでなく, 島嶼国の関係者がネットを通じて自ら発信する術を持ったことも大きな要因となっている。
- 高速通信網の発達・整備などにより, 島嶼国においても今後新たな産業の創生につながる可能性を有している。ただし, 単に情報技術に関する教育を身に付けた人材の育成をするのみでは, 技術を身に付けた人材が先進国へ移住してしまう可能性が高い。通信網のインフラ整備と人材育成をともに進めていくことが望ましい。
- 一方で, 情報技術革新に関しては, 一般的に, 情報を入手し, 活用できる人々と, そうでない人々との格差の広がりが見られ, 結果的に社会的な不安定性を生み出すとされている。こうした状況下においては, 情報を入手し活用できる者は, 域外における動きに敏感になり, より良い経済的・社会的な環境を求めて外部環境への移動を選択する。これは島嶼国も例外ではない。

(2) 人口動態



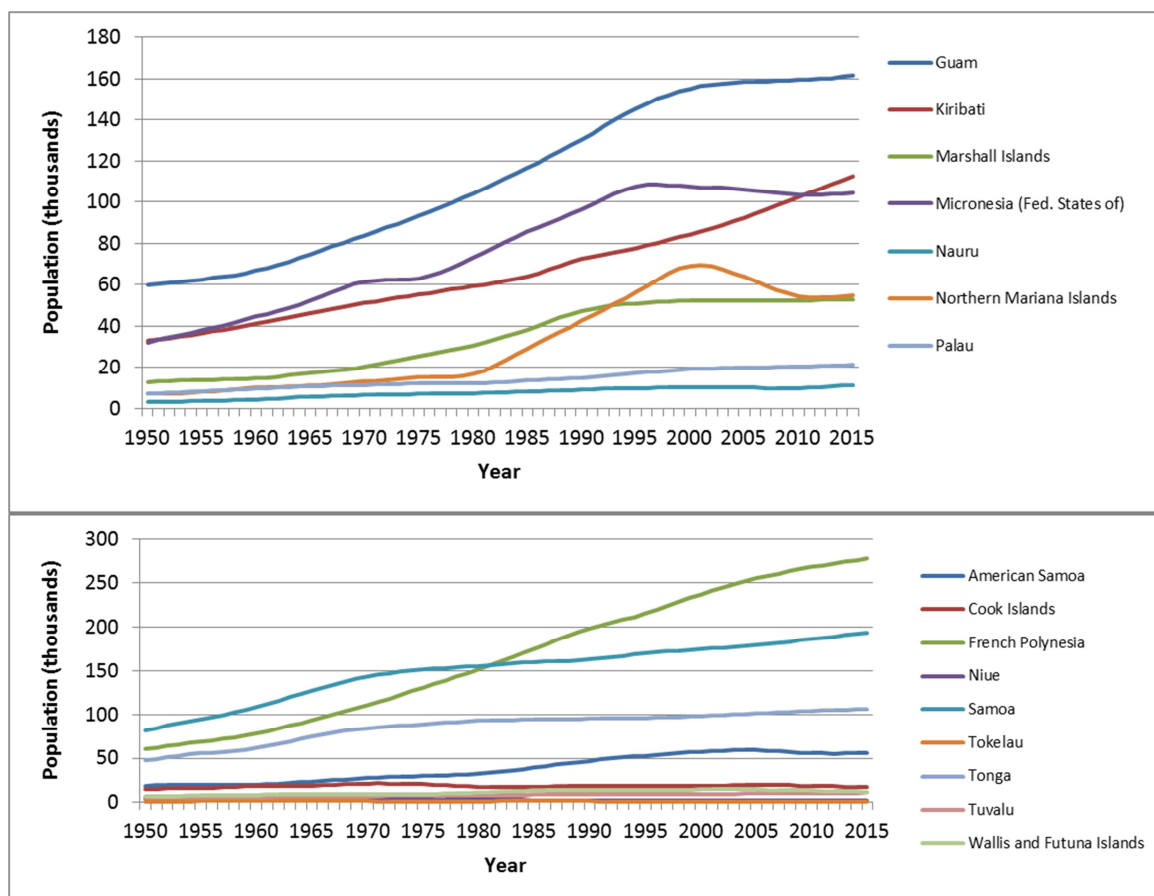


図 27 人口推移（上：メラネシア，中：ミクロネシア，下：ポリネシア）（国際連合 World Population Prospect, 2017）

- ・ 多くの島嶼国において、地方から都市への人口流出が観察される。
- ・ 地方から都市への人口流出は、環境の変化を伴うため、都市による不安定性を増大する要因となる。
- ・ 人口の移動については経済的な誘因のみではない。例えばフィジーでは、2016年にサイクロンのウィンストンによる大きな被害を受けた教訓を踏まえ、住民の高台への移転を行っている。
- ・ 人口の他国への移動は、国際的に観察される現象であるが、そうした人口の移動は島嶼国においても観察される。また、島嶼諸国間での移動も存在する。大きな内政問題となったことは留意が必要であるが、キリバスが、将来の国土消滅に備えてフィジーに移住用地を確保したことはこの観点から注目に値する。

（3）海外からの支援，国外経済の影響

- ・ 国際機関，援助国，NGO等による島嶼諸国への援助については、設備を導入した後のメンテナンスを考慮した援助が重要である。
- ・ 島嶼国においては、一次産品または原材料を生産している国であっても、機械類や電気器具などは先進国からの輸入に依存している。
- ・ 他国からの石油輸入に頼っている国が多く存在する。輸入費用を節約するため、援助による再生可能エネルギーの設置に高い関心を寄せている国が多い。エネルギー供給網が十分整備されていないため、安定的なエネルギー供給は多くの国で依然として課題となっている。

（４）政治的側面

- ・ 強い政治的リーダーが存在する場合、政治情勢が安定するのは島嶼国も例外ではない。例えばサモアではトゥイラエパ首相が1998年から20年間にわたり首相の地位を維持するなど、安定した政権運営がなされている。
- ・ 先進的な政治システムを導入することにより安定した政治を行っている国もある。フィジーでは2013年に成立した新憲法で導入された制度による、民族区分を廃止した選挙人名簿による初めての選挙が実現された。現在は、国民の支持率も高く、社会的な問題は顕在化していない。
- ・ 一方で、外国人の流入が続き国に定着した場合、それらの人々が社会的な不安定要素となるとの見方も島嶼国に当てはまる。
- ・ 民族対立や外国人との対立、歴史的に異なるアイデンティティを有する者の対立は、島嶼国の政治的安定性をみる上で考慮すべき事項である。

（５）気候変動・地政学的影響

- ・ パリ協定締結の際に、アフリカ、カリブ海諸国、EU、アメリカ合衆国、メキシコ、ブラジルと「高い野心連合」（ハイ・アンビション・コアリション）を結成するなど、島嶼国の気候変動に対する意識は高く、国際社会に中で積極的に発言を行っている。
- ・ 海面上昇や海岸の浸食は島嶼国において重要な問題として広く認識されている。島嶼国の人々はサイクロンの大型化の傾向が強まっていると感じている。
- ・ 干ばつや洪水は、気候変動との関連の有無にかかわらず、島嶼国にとっても大きな問題である。環礁国家においては、地下水として利用できる淡水が少ないことから、ほとんどを雨水に頼らざるを得ないという現実がある。淡水化装置の供与といった方法での国際的な協力はなされているが、引き続き社会問題となっている。

3. 紛争予防・平和構築の視点（JICAにおける取組）

G7の独立報告書「平和のための新たな気候」（A New Climate for Peace）の中で挙げられている、気候変動と脆弱性という観点に基づいたリスク評価の要素（資源の配分や人の移動を巡る対立要素）は、紛争予防・平和構築という観点に基づいたリスク評価における要素と共通するところが多い。これは、アプローチの仕方に違いはあるものの、達成しようとしている目的は、対象となる国や地域における平和と安定の確保という点で共通しているとみることができる。

各地域・国・コミュニティにおける脆弱性のリスクを検討する上では、それぞれの紛争影響国・地域（紛争当事国・地域及び周辺国・地域）における様々な政治・社会経済上の対立要因となり得る要素を十分理解し、把握することが不可欠である。こうした各地域のリスク評価は、すでに開発分野において実施されており、特に社会経済開発支援を行う上でも重要な視点となっている。この評価は、紛争影響国の特性、紛争の背景や様態、紛争終結の形態、終結後のガバナンス体制、国際社会による支援体制等といった紛争の要因が地域によって異なることを念頭に置いて行われている。例えば、日本の国際協力機構（JICA）においては、以下のような問題意識と手法に基づき、紛争影響の程度に応じて PNA（平和構築アセスメント）を国・地域レベル及びプロジェクトレベルにおいて実践し、活用している。

(1) 平和構築アセスメントの背景・必要性

紛争影響国・地域においては、共通した課題があることが確認されている。

- ・ 治安、政治・社会状況が流動的・不安定
- ・ 紛争当事者間、コミュニティレベルに対立感情・憎悪が存在
- ・ 行政の機能不全、政府に対する住民の信頼喪失
- ・ 紛争再発要因が残存・新たな不安定要因の発生

これらの課題を踏まえ、JICA においては紛争影響国・地域で事業を実施する際に以下の点を念頭におく必要があるとしている。

- ・ 協力実施のタイミング、対象地域、カウンターパートによって協力の意義や難易度が異なる
- ・ 開発援助は意図せずして不安定要因・紛争要因を助長することにより、紛争再発可能性を拡大する可能性がある
- ・ 政治・治安が不安定であることによる負の影響をコントロールする必要がある
- ・ 開発援助の実施を通じて不安定要因・紛争要因の縮小を図ることも可能
- ・ 安定要因（平和構築及び地域の安定化に貢献し得る要因）を活用する

(2) 国・地域レベルの PNA

(a)目的

国・地域レベル PNA の分析結果は、紛争影響国・地域において新たに協力を開始・再開する際、また、紛争状況が悪化して協力を見直す際に、状況把握の一環として実施し、協力展開の意義の見極め、協力展開の順序や投入計画等の見極め、協力プログラムの内容検討（支援課題、協力対象地域）に活用されている。また、国別援助実施方針、事業展開計画、プログラム戦略の策定・更新においても活用されている。

(b)対象国・地域

特に紛争再発の可能性が高い国・地域等において、下記の目安に基づいて決定される。

- ・ 政治・社会・治安分野で不安定要因や紛争に起因する課題を多く抱えており、紛争再発のポテンシャルが高い
- ・ 国家建設の途上であり、国家の枠組みを構築中
- ・ 国民の間の和解が進んでいない状況
- ・ 目安として紛争締結後約 10 年以内

(3) プロジェクトレベルの PNA

プロジェクトレベル PNA の実施目的は、個々のプロジェクトが不安定要因を助長することなく、且つ平和を促進する案件の形成・実施に役立てることである。プロジェクトレベル PNA は、プロジェクトがより平和構築に貢献するための手段・プロセスである。プロジェクトレベル PNA の分析結果は、プロジェクト開始のタイミングの適切さの見極め、対象地域・ターゲットグループの選定、活動内容の検討・見直し、実施体制の検討、実施プロセスの検討に活用されている。

こうしたリスク評価及び対策の実施のプロセスにおいては、持続的な平和を構築するという観点から、より長期的なリスク要素を考慮することも有益と考えられる。その際に、例えば、気候変動によりどのような影響（自然災害の激化による住居の移転、農業変化、生計の変化、貧困層の増加、経済格差の拡大、居住可能な地域の変化、水資源の分配、天然資源の減少等）があるかという側面についても取り入れることを検討することも検討の余地がある。とくに各ドナー、パートナーが行っている社会経済開発支援の中で、気候変動要素を考慮に入れることは、日本の JICA においてもすでに取り組まれているが、この気候変動に関する要素を紛争予防・平和構築の長期的な持続可能性の維持や能力開発に資する方向で、各国が検討することも考えられよう。

IV. 得られる示唆

今回の検討は、長期的な気候変動がアジア・太平洋地域の政治的・経済的・社会的に脆弱な側面にいかなる影響を与えうるかといった因果関係を予測することは目的としてない。一方、将来の気候変動影響に関する最新の学術的知見と、現在の社会的不安定性を定性的に重ね合わせることで、今後、社会的な不安定性を増幅させないための備えとしての方策を提示することについては、一定の示唆が得られた。それらについて挙げれば以下のとおりである。

ただし、気候変動が各地域における脆弱性の帰属要因としてどれだけの位置を占めるかを判断するためには、より詳細かつ包括的な検討が必要である。今回の検討を通じて得られた示唆が確定的なものでも、あるいは特定の政策の実施を提言するものではないことは言うまでもない。

また、今回の検討を通じて、以下の示唆にも示されているとおり、各地域における気候変動の影響と社会経済的な課題の双方をバランス良く検討する具体的な事例も複数挙げられた。これらについては、日本による取り組みだけでなく、各国においても展開する余地のあるものである。今後も、気候変動の長期的な影響と社会経済開発によって生じる課題の双方を考慮した形での気候変動対策を進める上で、このようなアプローチや事例を特定し、共有することは重要な意義を有する。

さらに、気候変動の長期的な影響と今後の各地域社会の変化を見据えた分析を行う際に、気候変動に限らない示唆を得られた。これは、技術革新等の影響が各地域社会、ひいては国際社会全体における社会に対する検討を促す要素も提起された。

今後はこのようにして得られた個別具体的な示唆について、これらをどのようにして各国、地域毎の外交政策の検討、企画、立案に反映していくかが課題となる。このような検討を進めるに当たっては、二国間協力、開発援助、地域協力といった様々な政策ツールのいずれ（または複数）を活用するのか、短期的な課題と（気候変動のような）中長期的な課題をどのように関連づけていくかを政策担当者として考えなければならない。その際には以下に掲げた複数の示唆は検討に際して端緒となろう。

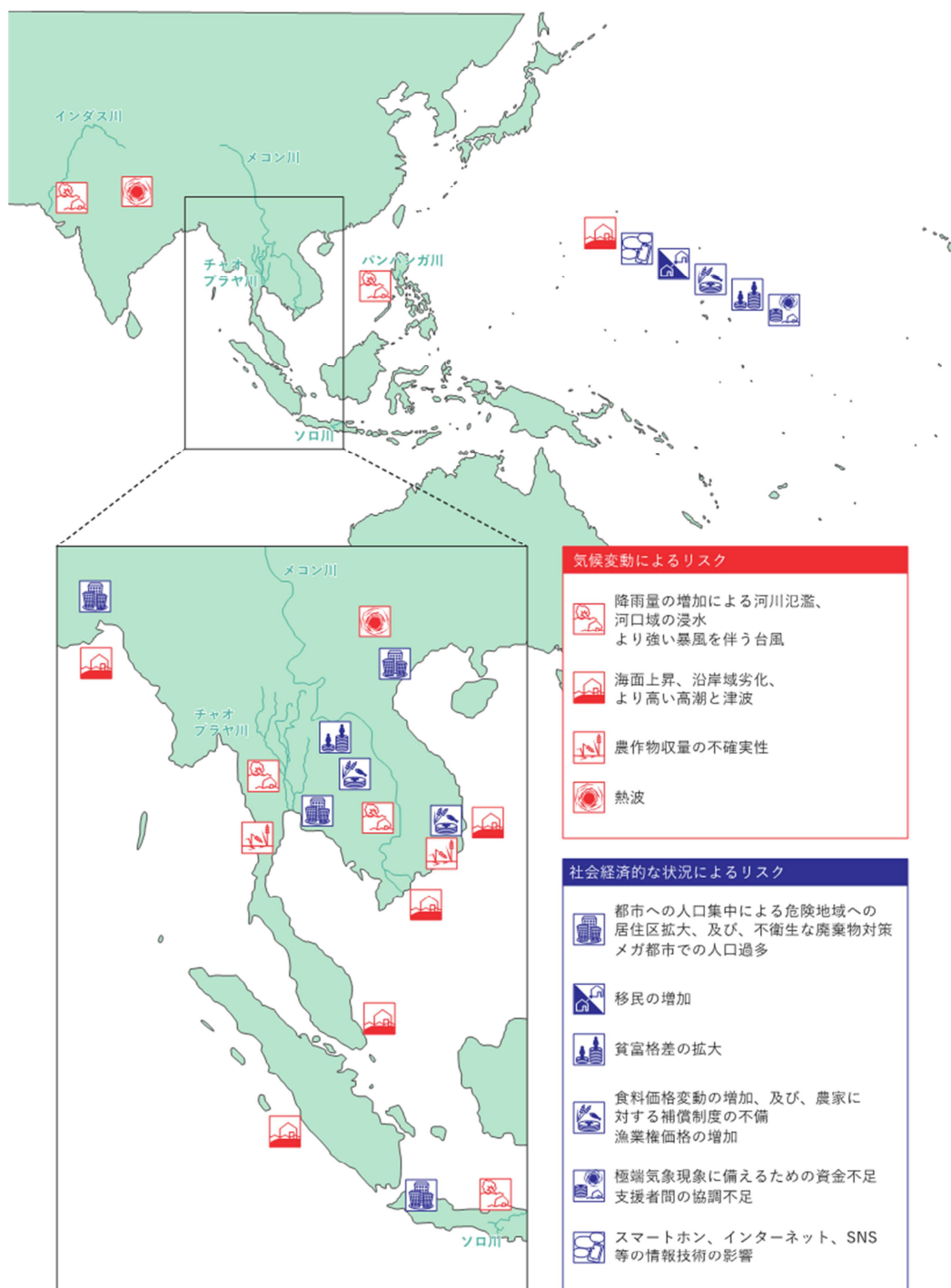


図 28 アジア・太平洋地域における気候変動と社会経済的脆弱性

この成果物において紹介した、既存の研究及びインタビューから得られた気候変動によるリスク及び社会経済的な状況によるリスクをマッピングしたものが図 28 である。気候変動と社会経済的脆弱性の連関をより深く理解していくためには、これらのリスクの関係性を研究していく必要がある。

1. 今後の検討に資するアイデア

(全般的事項)

- ・ 気候変動が及ぼす影響は、単発及び直接的で可視化されやすいものから、長期的及び間接的で未だ表面化されないものがある。可視化されにくい長期的な影響について、現在保有する様々な政策手段を通じていかに対処するかが、気候変動と外交政策の企画立案を関連づける上での最大の課題である。その際に長期的なシナリオと現在の地域情勢を関連付けることで、現在の政策の有効性や課題をある程度特定することが可能であり、その検討をさらに精緻化することで、より有効な施策に結びつけることも可能と考えられる。
- ・ 以下に示されている個別の要素は、各国・各地域における社会経済情勢の変化の要因が直接に気候変動に起因するのではなくても、中長期的な気候変動の影響がそれらの変化を増幅させる threat multiplier の効果を持つことを示すものである。また、都市化の進行や経済的な格差の拡大、自然災害の被害の拡大といった諸要素は、経済的な手段を持たない者の回復や適応能力をより損なうことにつながる。こうした、社会的な脆弱性をいかして二国間あるいは地域毎の協力により補完するかが外交政策上の課題となる。気候変動も重要な柱として位置づけられている持続可能な開発目標（SDGs）の17の目標は、気候変動問題（目標13）と他の政策目標との関連を理解し、具体的な政策に結びつける上でも有益である。

(地域毎の評価)

- ・ 気温上昇に関して、アジア地域では、今後も十分な緩和策がとられない場合には、さらなる気温上昇が予想される。一部の国では人口増加の伸びは止まりつつあるものの、都市部への人口流入、人口集中は今後も続くことが予想される。そのため、今後、これらの国で都市インフラを整備する際、緩和策の観点から低炭素都市を目指すと同時に、蓄熱の回避等、適応の観点も含めた都市デザインを検討する必要がある。
- ・ 集中豪雨、台風等による水害に関して、アジア地域では、多くの河川流域で今後、増水、洪水等の高まることが予想された。他方で、同地域の多くの国では、基本的なインフラ整備のための資金不足が指摘されている。増水時を想定したインフラ整備への支援が求められる他、河川が氾濫する可能性が高い地域は非居住地域とするといった土地利用計画のノウハウの普及が必要である。
- ・ アジア地域において、農作物の収量への気候変動の影響には不確実性がある。灌漑設備や変動しつつある気候に対応した品種改良、作物が自然災害を受けた場合の補償制度は備えとして重要である。アジア地域においては経済発展のためにさらなる工業化を重視している国が少なからず見られるが、中長期的な気候変動の影響も視野に入れた農業政策は、気候変動の適応策としてだけでなく、社会経済的な安定の確保の観点からも重要である。
- ・ 島嶼諸国では、気候変動影響を考慮する以前より、急激な人口増加及び都市への人口集中により、居住に適していない土地まで居住区としたことが、将来へのリスクを増幅させている。そのため、気候変動に適応するためには、都市開発計画等、国の総合的な国土計画の中で検討していくべきである。

(地域横断的な側面)

- ・ 東南アジア・太平洋地域においても、気候変動がもたらす中長期的なリスクだけでなく、都市化や人口動態の変化といった、経済的・社会的変化がもたら

す影響についても十分検討する必要がある。それぞれの経済的・社会的要因がどのように政治・社会経済の安定性に影響を及ぼすか、また、気候変動がこうした安定性にどのような影響を及ぼすかについて、両者を区別し、また、気候変動がその影響を増加する（multiplier）としてどのような影響を与えるかについて検討することが重要である。

- ・ 気候変動の長期的なモデルから直接的に地域の政治・社会経済的要素、例えば経済成長や、人口動態、現在の海外からの様々な支援、に与える影響を予測するに当たっては、様々なシナリオを想定して検討しなければならない。特に人口動態、労働者の移動をはじめとする人の流れは、地域にかかわらず、大きな要因となると考えられる。
- ・ 都市部においては、集中豪雨や高潮時に雨水・海水を可能な限り排水するための設備（下水施設等）のハード面での対応のほか、洪水後に懸念されるような衛生環境の悪化等へのソフト面での対応も、気候変動に伴う長期予測も踏まえて検討する必要がある。
- ・ 現在世界各地域で生じている経済格差は、気候変動の影響が顕在化する状況において、急激に発生する変動に対応できない社会層により大きな影響を及ぼす。この対応の困難が脆弱性のリスクであり、社会全体への安定性にもつながり得る。経済成長の恩恵を十分享受できない住民に対する適切な社会資本整備は、政治社会の安定に寄与するだけでなく、気候変動対策における適応策としても有効である。
- ・ 気候変動と脆弱性に関するリスク評価と紛争予防・平和構築におけるリスク評価の共通部分につき注目することが有意義である。二つのリスク評価を関連付けることで、各地域における不安定要因をより具体的に理解・把握できるようになる。永続的な平和を構築するという観点から、例えば、気候変動によりどのような影響（農業変化、居住可能な地域の変化、水資源の分配等）があるかという側面についても取り入れることを検討する、あるいは気候変動対策が地域の住民・社会経済にどのような影響を及ぼすかについて、所得の再配分・雇用・人の移動といった観点からも検討し、リスク要因となり得る可能性について考慮することも有益と考えられる。
- ・ 気候変動が自然災害にもたらす影響に対処する具体的な方策として、災害対応と国際協力は一つの具体的な分野としての潜在性が高い。東南アジア地域においては、例えば災害対応として ARDEX（ASEAN 地域災害・緊急事態対応シミュレーション演習等）や ADMM+-MM/HADR EWG（拡大アセアン国防相会議 軍事医学・HADR 専門家会合）合同演習などを実施。気候変動に伴うリスクを反映させたシナリオを検討することで、より現実的な装備計画の作成等の貢献が可能と考えられる。

（技術革新・価値観の変化がもたらす影響）

- ・ インターネットやSNS、スマートフォン等の情報技術の発展は、アジア太平洋地域に居住する人々の認識に大きな変化をもたらした。一般市民が気候変動の影響をより正確に理解することで、自らその影響に備える能力を身につけることが期待できる。
- ・ 技術の進歩・革新によって、これまでの価値観やとらえ方を超えた形での将来の社会の姿が実現する可能性にも留意すべきと考える。すなわち、現在の延長上に描かれる社会像を前提に議論することが意味を持たない可能性がある。例

例えば、現在の 40、50 代の世代は旅行と言え自分の足で行くものだったが、若い年代は 3D 技術の発展等で実際に行かなくても、治安や安全を気にせずに十分旅行を追体験でき、かつ、バーチャルな世界を通じた体験のほうが省エネルギーである可能性もある。このように現在の延長線上に想像する未来の姿は、将来の視点から検討し直した場合、現在の技術や当然視していた前提を根本から見直す必要も出てくる可能性もある。

- ・ 技術革新は一度進めば戻ることはない。気候変動対策を主たる目的としていなくても、様々な分野で進む新技術の導入は、結果的に温室効果ガスの削減や適応策に役立つと考えられる。例えば、自動車についても、自動運転やカーシェアリングなどは利便性や安全性を目的としているものの、その導入が拡大すれば、温室効果ガスの削減に貢献すると考えられる。こうした点からも、技術革新そのものが気候変動対策において重要である。技術革新により、太陽電池などはコストが下がり、さらに導入に向けた閾値が下がることになる。

2. 具体的な対応策の例

各地域において、気候変動のもたらす長期的な影響を縮減する上では、気候変動の側面だけではなく、都市化等の社会経済的な課題や生態系の維持・回復といった側面も十分考慮に入れた、適応策を検討することが不可欠である。すでに取り組まれている例として、今回の検討を通じて紹介されたものとして以下のものが挙げられる。

海面上昇のリスクに直面する小島嶼国に、先進国と国際機関から様々な支援が提案され、対策として護岸が実施されやすい。しかし、直立護岸は島の自然の堆積を阻害し、侵食をもたらす。工学的な対策は、島の形成・維持過程を阻害しないもの、できれば促進するものであるのが望ましい。そうした視点から、ツバルのフォンガファレ島では、JICA の技術協力によって礫養浜が実施された（図 29）。



図 29 ツバル国フォンガファレ島における礫養浜。養浜前（左）、養浜後（右）（写真提供：日本工営）

さらに、劣化したサンゴ礁生態系を修復して、砂の生産-運搬-堆積過程を阻害する要因を取り除き、生態的な過程を再生することが重要である。護岸、栈橋、コーズウェイなどの人工構造物は、生態過程を阻害しない設計にするとともに、地形・生態系モニタリングに基づく海岸管理計画を策定することが望ましい。

現在太平洋島嶼国の多くで起こっている問題は、社会経済のグローバル化の中で、首都に人口が集中することなどによって起こっている。そうした状況を理解した上で、生態系の保全・修復は国土の保全・修復につながるという視点に基づいて、また、土地利用計画や排水・廃棄物処理などの環境管理、伝統的な生態系管理の智慧も取り入れて総合的な国土政策を立案する必要がある（図 30）。

生態系再生 = 国土再生



図 30 生態工学的対策の時間スケールと技術開発レベル (Kayanne, H. et al., 2014)

V. さらなる検討の課題

今回の検討に際しては、最新の科学的な成果を使用するとともに、現時点における各地域の政治・社会経済情勢が気候変動によってどのような影響を与え得るかについて理解するために、現在の地域情勢に着目した分析を行った。この過程では、気候変動がどのような形で各地域の政治・社会経済情勢に影響を与えるかについて、具体的な検討をするには至っておらず、また、各地域における気候変動の長期的なモデルの検討において、洪水被害や農業への影響等を除けば、その地域の脆弱性を与える要素について、将来の人口動態や経済成長の見通し等と関連づける検討は行われていない。

今後の検討を進める上では、自然科学的分野及び社会科学分野の双方において、例えば以下のような点に着目して、研究・分析を進めることも有益と考えられる。

- (1) 気候変動が短期的・中長期的に社会経済開発に与える影響についての具体的な検討。
- (2) 社会経済開発の中でも、特に人口動態の変化、産業別就業者人口の推移、労働者の海外への移動等の中長期的な傾向と、気候変動の中長期的な変化との相関関係。
- (3) 自然災害からの復旧・復興の能力と政治社会経済の安定との相関関係についての検討（その反対解釈としての脆弱性の発生要因）。
- (4) 島嶼国における気候変動（海面上昇）に対する総合的な国土政策の立案と、それを実現するための生態学的対策工・工学的対策工の取捨選択または適切な配合及びそのための国際支援の適切な計画。
- (5) 今回の検討では対象外であったものの、すでに1月の東京での国際円卓セミナー等でも重要性が指摘されている、気候変動が及ぼす健康被害（例：マラリア、デング熱）に関する検討と、関連し得る国際的な保健政策の把握、医療機関との連携強化の可能性についての考察。
- (6) 政治経済及び社会分野における各種の将来予測（いわゆる2050年シナリオ等）における気候変動予測の考慮の有無についての検証や、当該予測における気候変動予測の考慮の余地についての検討。
- (7) 政治経済及び社会分野におけるリスクのマッピングに必要な分析手法についての検討及び課題の特定。その際に使用できる既存のデータの選定やさらなるデータ収集・分析の必要性についての検討。
- (8) 安全保障問題に起因する国家・非国家アクターによる行動が環境に与える影響についての考察。

以上のようなより具体的な作業を進めることにより、気候変動分野に特化した自然科学分野の研究や、地域情勢に専ら関心を注ぐ研究について、より幅広い外交政策の企画に関連づけた形での検討を進めることが可能になると考える。具体的には、様々な気象条件の変化が各地域における社会経済情勢にどのような影響を及ぼし得るのか、そういった変化に未然に対応する、あるいは発生を見越した適応策を考えるには、どのような二国間、多数国間、地域的な協力が可能・必要であるかといった検討を進める余地が生まれることが期待できる。

VI. 付録

1. IPCC 第 5 次評価報告書における代表的濃度経路（RCP（Representative Concentration Pathways）シナリオ

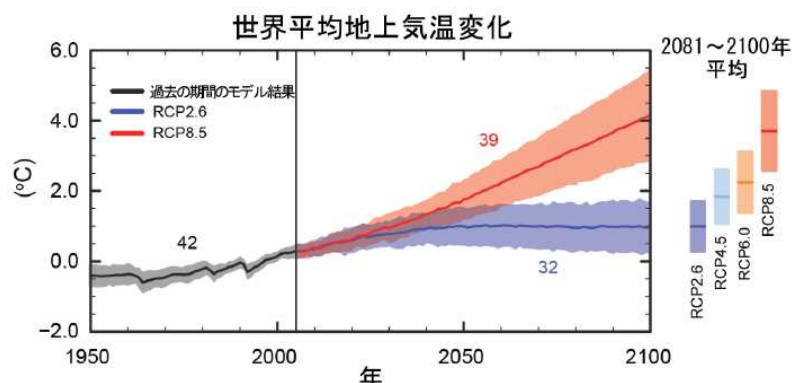


図 31 CMIP5 の複数のモデルによりシミュレーションされた時系列（1950 年から 2100 年）における 1986~2005 年平均に対する世界平均地上気温の変化（IPCC, 2014）

図 31 においては、予測と不確実性の幅（陰影）の時系列を、RCP2.6（青）と RCP8.5（赤）のシナリオについて示した。黒（と灰色の陰影）は、復元された過去の強制力を用いてモデルにより再現した過去の推移である。全ての RCP シナリオに対し、2081~2100 年の平均値と不確実性の幅を彩色した縦帯で示している。数値は、複数モデルの平均を算出するために使用した CMIP5 のモデルの数を示している。（IPCC, 2014）

RCP8.5 及び RCP2.6 のシナリオでは 2100 年までに 4°C 及び 1.5°C の気温上昇がそれぞれ予測されている。

2. SSP シナリオ（Shared Socio-economic Pathway）

緩和策と適応策の困難度を指標に SSP1~5 の 5 種類が検討されている。各シナリオの概要は以下のとおりである。SSP1（理想的な世界）：教育水準、ガバナンスともに高水準であり、国際的に協調し、その結果技術進歩も高い。SSP2（中庸的な世界）：SSP1 と SSP3 の間に位置する。SSP3（望ましくない世界）：教育水準、ガバナンスともに低く、世界は分断、技術は停滞。SSP4（分裂社会）：国際的、各国内で社会的格差が開く分断された世界。技術水準は高いが貧困層は脆弱。SSP5（化石燃料依存）：教育水準は高く技術進歩も高い。しかし、エネルギーは化石燃料に依存する。（気象庁）

3. IPCC 第 4 次評価報告書における温室効果ガス排出シナリオ（SRES: Special Report on Emissions Scenarios）

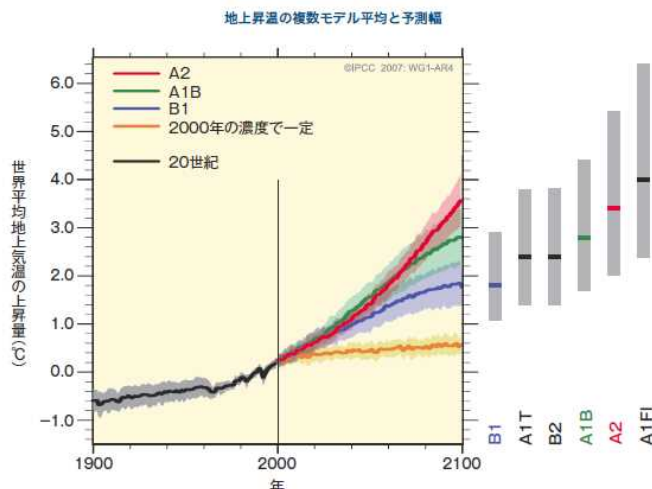


図 32 今後の社会経済動向に関する想定から算出した温室効果ガスの排出シナリオ（IPCC, 2007）

図 32 中の実線は、A2, A1B, B1 シナリオにおける複数のモデルによる（1980～1999 年と比較した）世界平均地上気温の昇温を 20 世紀の状態に引き続いて示したものである。陰影は、個々のモデルの年平均値の標準偏差の範囲。橙色の線は、2000 年の濃度を一定に保った実験のもの。右側の灰色の帯は、6 つの SRES シナリオにおける最良の推定値（各帯の横線）及び可能性が高い予測幅。灰色の帯で示された最良の推定値及び可能性が高い予測幅の推定には、図の左側に示した AOGCM モデル実験に加えて、一連の階層の独立したモデル及び観測結果からの制約から得られた結果を含む。（IPCC, 2007）

4. II. 1. （2）台風の頻度・強度の変化：図 2 詳細

気象研究所の解像度 20 km および 60 km の全球大気モデル(MRI-AGCM3)による、現在気候 25 年（1979-2003）11 メンバーおよび IPCC A1B シナリオにもとづく将来気候 25 年（2075-2099）29 メンバーのシミュレーション結果を用いて予測された、（上）台風全体（最大風速 17m/s 以上）の数の変化と、（下）強い台風（最大風速 50m/s 以上）の数の変化。図 2 では、緯度・経度 5 度の格子内に存在する台風の 10 年あたりの数の変化を示している。（Sugi et al., 2016）

5. II. 1. （3）高潮や高波の変化

高潮や高波の将来変化については、第 5 次評価報告書では WG1 第 13 章と WG2 第 5 章に別れてまとめられている。WG1 では、高潮と高波の将来変化について、Sea Level Extreme として海面上昇とともに議論がなされている。Sea Level Extreme としては、21 世紀末における増大は「可能性が非常に高い」(very likely)とされており、近未来における変化も「可能性が高い」(likely)とまとめられている。ただし、特定領域の高潮の増加については予測の確信度は低い。波浪については、北半球中緯度における平均波高の減少、南半球中高緯度における増加が中程度の確信度で予測されている。

6. II. 1. （5）農業生産の推移等：図 5 詳細

全球収量予測の平均値。現在の作物面積で重み付けした平均。将来の経済シナリオは SSP2 を利用。'Normal'は通常の予測。'CO₂ Constant'は二酸化炭素の濃度を 2000 年の値に固定した場合の予測。'Adapt'は品種を変更し、栽培期間を気候変化に合わせて変更できると仮定した場合の予測。'Change Planting Day'は前後 1 ヶ月の間で、最適な播種日を選んだ場合の予測。'Maximum Irrigation'は灌漑を十分に行った場合の予測。'GDP Constant'は GDP を 2000 年の値に固定し、経済の発展がなく農業技術の進歩がない仮定の下での予測。

※ 環境省推進費 S10「地球規模の気候リスクに対する人類の選択肢最終版」の図を改変

7. II. 1. (5) 農業生産の推移等：図 6 詳細

2080 年から 2090 年の収量平均の変化率の予測。気候シナリオは RCP8.5 を利用。複数の GCM の平均値を表示している。左側の予測は'適応なし'であり、気温上昇に伴い栽培期間は短くなってしまっている。一方で、右側の予測は'適応あり'であり、品種変更による栽培期間の短縮回避を仮定している。メッシュで覆っている箇所は栽培面積が少なく、推定精度が低いと考えられるグリッドである。

※ 環境省推進費 S10「地球規模の気候リスクに対する人類の選択肢最終版」の図を改変

8. II. 2. (2) 気温の変化：図 8 詳細

第 3 次結合モデル相互比較プロジェクト (CMIP3)²の 21 個の全球気候モデル³の 20 世紀後半 (1969-1998 年) と低い人口増加のもとでの高度経済成長シナリオ (SRES-A1b 排出シナリオ, 2069-2098 年) を用い、防災科学技術研究所と統計数理研究所が開発した回帰法に基づく確率モデル (Ishizaki et al., 2017) によって計算を行い、日本を含む東アジアにおける気温の将来変化の確率地図を図 8 のとおり作成した。

9. II. 2. (3) 降水量の変化 (中国南部)：図 9 詳細

d4PDF 実験の過去 (60 年間×100 メンバー) と 4℃昇温実験 (60 年間×90 メンバー) における中国南部平均年最大日降水量 (mm/day) の頻度分布を示す。両実験の総サンプル数で割って、正規化している。

10. II. 2. (4) 降水量の変化 (東南アジア)：図 10 詳細

気象研究所 20km 大気大循環モデルによる現在および 4 種の海面水温分布を用いた将来気候実験の日降水量をバイアス補正した後に平均年降水量として計算した。

なお、将来予測の棒グラフと変化率には、将来気候実験の境界条件に用いた海面水温等の違いによる予測の不確実性の幅も併せて示した。これによれば、インダス川・チャオプラヤ川・メコン川の流域ではアンサンブル平均に対する海面水温分布の違いによる差は比較的小さいものの、パンパンガ川やソロ川の流域では海面水温分布の違いによって将来の年降水量の変化率が大きく影響されることがわかる。特にパンパンガ川流域では、将来の年降水量が現在から 0.5%しか変化しないという

² 第 3 次結合モデル相互比較プロジェクト (CMIP3) 気候変動に関する政府間パネル (IPCC) の第 4 次報告書で用いられた現実的なシナリオ実験を含む、標準化された実験規約に基づく複数の全球気候モデルによる数値実験。

³ 全球気候モデル 物理法則に基づき、地球の気候の形成、維持、変動を数値計算により表現する手法、あるいはそれを実現する計算式またはコンピュータ・プログラム。

わけではなく、海面水温分布の違いによっては、年降水量が増加する可能性だけでなく減少する可能性もあり、予測の不確実性が非常に大きい地域となっている。

11. II. 2. (5) 水災害評価：メコン川，チャオプラヤ川，ソロ川，パンパンガ川：
図 11 詳細

過去実験については 6000 年の期間について行われた。また、4℃上昇実験については 900 年の期間について行われ、SST 将来変化パターンは気象研究所の気候モデル MRI-CGCM3 (MR) が用いられた。

成果物の作成に当たり協力・支援を受けた機関・研究者

<省庁（建制順）>

文部科学省 Ministry of Education, Culture, Sports, Science, and Technology

農林水産省 Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries

国土交通省 Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism

気象庁 Japan Meteorological Agency

環境省 Ministry of the Environment

<機関（50 音順）>

茨城大学地球変動適応科学研究機関 Institute for Global Change Adaptation

Science(ICAS), Ibaraki University

海洋研究開発機構 Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

京都大学工学研究科社会基盤工学専攻 Department of Civil and Earth Resources Engineering, Graduate School of Engineering, Kyoto University

京都大学防災研究所 Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

気象研究所 Meteorological Research Institute

国際協力機構 Japan International Cooperation Agency (JICA)

国立環境研究所 National Institute for Environmental Studies (NIES)

地球環境戦略研究機関 Institute for Global Environmental Strategies

土木研究所水災害・リスクマネジメント国際センター International Centre for Water Hazard and Risk Management (ICHARM)

日本国際問題研究所 Japan Institute of International Affairs

農業・食品産業技術総合研究機構 National Agriculture and Food Research Organization

防衛研究所 National Institute for Defense Studies

防災科学技術研究所 National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience (NIED)

<プログラム>

気候変動リスク情報創生プログラム Program for Risk Information on Climate Change (SOUSEI)（文部科学省事業）

<研究者（所属組織 50 音順）>

青山学院大学経済学部 藤村学教授

キヤノングローバル戦略研究所 杉山大志上席研究員

近畿大学国際学部 畝川憲之准教授

政策研究大学院大学 白石隆客員教授

太平洋協会 小林泉理事長

太平洋協会 小川和美太平洋諸島研究所所長

太平洋諸島センター 黒崎岳大副所長

東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻 茅根創教授

日本総合研究所 大泉啓一郎調査部上席主任研究員

日本大学法学部 東裕教授

参考文献

<科学分野>

- Ishizaki, Noriko N., K. Dairaku, and G. Ueno (2017) “Regional probabilistic climate projection for Japan with a regression model using multi-model ensemble experiments”, *Hydrological Research Letters*, **11(1)**, 44-50, DOI:10.3178/hrl.11.44 https://www.jstage.jst.go.jp/article/hrl/11/1/11_44/_pdf
- Karim, M.F. and Mimura, N. (2008) “Impacts of climate change and sea-level rise on cyclonic storm surge floods in Bangladesh,” *Global Environmental Change*, **18**, 490-500.
- Kayanne, H. et al. [Foram Sand Project] (2014) “Final Report of Eco-technological Management of Tuvalu against Sea Level Rise,” JICA technical report.
- Kayanne, H. et al. [Foram Sand Project] (2014) “The Coastal Ecosystem in Tuvalu and Geo-ecological Management against Sea Level Rise,” JICA.
- Khang et al. (2010) “Variations in water resources in the Vietnamese Mekong Delta in response to climate change and their impacts on rice production,” *J. Agric. Meteorol.* **66(1)**, 11–21.
- Kishimoto, R., T. Shimura, N. Mori and H. Mase (2017) “Statistical modeling of global mean wave height considering principal component analysis of sea level pressures and its application to future wave height,” *Hydrological Research Letters*, **Vol.11(1)**, pp.51-57.
- Shimura T., N. Mori and H. Mase (2015) “Future projections of extreme ocean wave climates and the relation to tropical cyclones -Ensemble experiments of MRI-AGCM3.2H, *Journal of Climate*,” American Meteorological Society, **Vol.28**, pp.9838–9856.
- Sugi, M., H. Murakami, K. Yoshida (2016) “Projections of future changes in the frequency of intense tropical cyclones,” *Clim. Dyn.*, doi:10.1007/s00382-016-3361-7.
- Yasuhara, K., S. Murakami and N. Mimura (2015) “Inundation Caused by Sea-Level Rise Combined with Land Subsidence,” *Geotechnical Engineering Journal of the SEAGS & AGSSEA*, **46(4)**, 102-109.
- Yasuhara, K., M.Tamura, V.C.Trinh, M.D.Do (2016) “Geotechnical Adaptation to the Vietnamese Coastal and Riverine Erosion in the Context of Climate Change,” *Geotechnical Engineering Journal of the SEAGS & AGSSEA*, **47(1)**, pp.7-14.
- 茅根 創 (2008) 「島嶼国における環礁州島の現状と課題」, *海岸*, **48 (1)**, 27-32.
- 茅根 創・加々美康彦 (2015) 「太平洋小島嶼アトラス」, 東京大学海洋アライアンス.
- 大楽 (2016) 気候変動リスク情報創生プログラム平成 27 年度研究成果報告会要旨集, p105
- 立川康人, パティンヤ・ハニタン, 萬和明, 市川温, キム・スンミン (2017) 「d4PDF を用いたインドシナ半島における河川流量予測」, 気候変動リスク情報創生プログラム, 課題対応型の精密な影響評価, 平成 28 年度報告書, pp. 72-73.
- 田村誠, 信岡尚道, 木下嗣基, 田林雄, Frank Hiroshi Ling, 安島清武 (2013) 「メコンデルタにおける気候変動への脆弱性と適応策」, 茨城大学人文学部紀要社会科学論集 No.56, pp.27-37.
- 森信人, 志村智也, 吉田康平, 水田亮, 岡田靖子, 石井正好, 木本 昌秀, 高薮出, 中北英一 (2016) 「全球 60kmAGCM を用いた大規模アンサンブル気候予測実験とこれを用いた高潮長期評価」, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), **72(2)**,

I_1471-I_1476.

- ・ 世界リスクレポート（2016）国際連合大学.
- ・ 農業環境技術研究叢書（2011） 第 18 号 60 項 農業環境研究 2001-2010 独立行政法人 農業環境技術研究所編.
- ・ ICA-RUS REPORT（2017）「地球規模の気候リスクに対する人類の選択肢詳細版 3 章 評価結果」, pp. 7-30, 環境省環境研究総合推進費戦略研究プロジェクト S-10 編.
- ・ ICHARM, SOUSEI Program (2017), 気候変動リスク情報創生プログラム平成 28 年度研究成果報告会要旨集 142, 204, 209, 213.
https://www.jamstec.go.jp/sousei/jp/event/seika/2016/images/170316_sousei_seika_H28.pdf
- ・ ICHARM (2017) “ICHARM Newsletter” Volume 12 No. 2, July 2017.
http://www.icharm.pwri.go.jp/publication/newsletter/pdf/icharm_newsletter_issue45.pdf
- ・ IPCC (2014) 「第 5 次評価報告書」
- ・ IPCC (2007) 「第 4 次評価報告書」
- ・ NIES, SOUSEI Program (2017) “気候変動リスク情報創生プログラム平成 28 年度研究成果報告会要旨集” 147.
https://www.jamstec.go.jp/sousei/jp/event/seika/2016/images/170316_sousei_seika_H28.pdf

<地域情勢分野>

- ・ Ishiwatari, M. (2017) “Climate and Fragility Risks in Japanese Development Cooperation: Implications of Adaptation and Peace-Building Experiences,” Climate Diplomacy, Climate Security in Japan Discussion Paper, January.
- ・ Joint IGES-adelphi Expert Workshops (2017) “Climate-Fragility Risks in Japan and the Asia-Pacific Region,” Climate Diplomacy, Climate Security in Japan Workshop Documentation.
- ・ Prabhakar, S., R. Shaw, L. Rüttinger, H. Mori (2017) “Climate-Fragility Risks in Asia: The Development Nexus,” Climate Security in Japan Discussion Paper.
- ・ Rüttinger, L. (2017) “Climate and Fragility Risks: The Global Perspective,” Climate Diplomacy, Climate Security in Japan Discussion Paper, January.
- ・ United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2017) “World Population Prospects: The 2017 Revision, DVD Edition.”
- ・ United Nations University (2016) “World Risk Report 2016.”
- ・ JICA（2009）課題別指針「平和構築」, 国際協力機構.
- ・ 小川和美（2016）太平洋島嶼地域における産業開発——経済自立への挑戦, アジ研ワールド・トレンド, 244, 24-27.
- ・ 黒崎岳大・今泉慎也（2016）「特集にあたってー太平洋島嶼国の持続可能な開発と国際関係の変容ー」, アジ研ワールド・トレンド, 244, 2-3.
- ・ 黒崎岳大（2016）「太平洋諸島フォーラムと『地域主義』構想」, アジ研ワールド・トレンド, 244, 4-7.
- ・ 小林泉（2016）「変容する島嶼諸国と国際関係」, アジ研ワールド・トレンド, 244, 1-1.
- ・ 白石隆（2017）「大転換に備えよ（2）アジアの経済減速, 火種に」, 日本経済新聞 2017 年 1 月 5 日.

- ・ 畝川憲之（2016）「岐路に立つオーストラリアの対島嶼国外交」，アジ研ワールド・トレンド，**244**, 20-23.
- ・ 杉山大志（2017）「フィジーの政治・外交と地球温暖化」，CIGS Working Paper Series No. 17-002J.
- ・ 杉山大志（2017）「キリバスの地球温暖化への適応について」，CIGS Working Paper Series No. 17-003J.
- ・ 藤村学（2015）「大メコン圏における経済回廊効果－地方レベルのパネルデータ分析－」，青山経済論集**第6巻**第1号，青山学院大学経済学会