

影響・適応に関する基本的考え方

第 1, 2 回委員会及び各ワーキンググループでの 議論をふまえた事務局作成のたたき台

1. 検討の背景・目的	1
1.1 背景	1
1.2 目的	3
1.3 検討の方法	4
2. 影響について	6
2.1 影響の把握・予測・評価のあり方	6
2.2 これまでに観測された影響	12
2.3 将来予測される影響	13
2.4 影響評価に関する今後の研究課題	14
3. 適応について	17
3.1 適応とは	17
3.2 「賢い適応」とは	18
3.3 適応を阻む障壁	26
3.4 適応に関する今後の研究課題	30
4. 今後に向けての提言	31

1. 検討の背景・目的

1.1 背景

● 「気候システムの温暖化は疑う余地がない。」

2007年に発表されたIPCC（気候変動に関する政府間パネル）の第4次評価報告書は、冒頭に、**気候システムの温暖化は疑う余地がない**と述べている。世界平均の気温や海洋の温度の上昇、雪氷の広範囲の融解、世界平均海面水位の上昇等の観測により、今や温暖化が生じていることは明らかであるとされている。

● 気候変化の更なる影響は回避することができない。

また、温暖化に対処する適応については、第二作業部会報告書において、「もっとも厳しい削減努力であっても、今後数十年間は、気候変化の更なる影響を回避することができないため、適応は、特に短期的な影響への対処において不可欠となる。」と記述された¹。

● 適応能力の高い社会においても影響が顕在化。

世界各地から気候変化との関連があるとされる熱波、ハリケーン、洪水、干ばつ等の災害が報告されており、我が国においても、気候変化が原因ではないかと考えられるさまざまな影響が顕在化している。温暖化の影響は、平均的な気温上昇として徐々に顕在化するだけでなく、異常気象の増加という形で突然その刃を人間社会に突きつける場合のあることに留意すべきである。

従来、適応策は、主として小島嶼国やアフリカなど脆弱性の高い途上国について論じられることが多かった。しかし、我が国のように適応能力の高い先進国においても、気候変化の影響に対し、喫緊の課題として、予防的に対処する適応策を検討する必要性が生じている。

● 多くの適応策は既に存在するが、気候変化を踏まえた見直しが必要。

水資源管理、海岸保護、災害計画、感染症予防等、適応策としても有効な多くの対策は、気候変化に関係なく、国民の健康で文化的な生活を確保するための必要な対策として、既に関係諸機関により策定・実施されてきた。しかし、気候変化とその影響は、これらの対策の前提条件となる自然的要因を大きく変化させる。そのため、どの地域でどのような問題がこれまで以上に重要となるのかを見極め、それに合わせて対策の内容がより適切なものとなる

¹ 気候変動枠組条約では、「気候系に対して危険な人為的干渉を及ぼすこととしない水準において、大気中の温室効果ガスの濃度を安定化させること」を究極の目的としている(第2条)。この究極の目的の達成に向けて、まず最大限の緩和努力を行うことが重要である。IPCC 第4次評価報告書においても示されたとおり、適応と緩和、いずれも単独ではすべての気候変化の影響を避けることはできず、両者を用いて相互補完的に取り組むことにより、気候変化のリスクを大きく減少させることができる（統合報告書、政策決定者向け要約、p.20）。

－未定稿・引用不可－

よう見直す必要がある。このような状況を踏まえ、近年、関係諸機関において気候変化に対する適応策の検討が積極的に進められている。

● 「賢い適応（効果的・効率的な適応）」のあり方を示すことが重要。

国民生活に多大な影響を与える気候変化に適切に対処していくためには、多岐の分野にわたる数多くの適応策を、個別分野ごとに切り離された形でなく分野横断的な観点から検討し、できるだけ効果的・効率的に実施していく必要がある。従って、そのような「賢い適応（効果的・効率的な適応）」のあり方（目指す姿、理念、主要な方法論、主要な適応策オプション、留意事項等）を示すことが重要になる。また、緩和策に比べてまだ適応策の普及が十分でない中、いかに適応策の重要性を訴えかけ、国民の理解を得ていくか、多様な主体の参加をどのように求めて適応策を推進していくか等の点にも留意が必要となる。

● 最新の科学的知見の整理とともに、適応のあり方、研究課題、さらに途上国の適応支援のあり方等の提示が求められている。

今後、上記のような「賢い適応」を推進していくためには、まず、わが国に既に生じている影響、将来予測される影響についての知見・評価の状況を、主要な分野ごとに、及び分野横断的に整理する必要がある。その上で、これらの影響に対する望ましい適応のあり方を提示し、さらにそのような適応を可能にするために必要となる研究の課題を提示することが求められる。さらには、国際社会の一員として、対外的にも発信し得る適応のあり方・ノウハウ等を整理するとともに、特に温暖化の影響に対して脆弱性の高い途上国についての適応支援のあり方、研究支援の方向性等を提示していくことも求められている。

このような背景を踏まえ、環境省は、12名の専門家からなる地球温暖化影響・適応研究委員会及び、個々の分野についてさらに専門的観点から検討するための支援組織として、分野別ワーキンググループ（7分野、38名）を設置し、検討を行うこととした。

1.2 目的

● 最新の科学的知見と適応のあり方を提示し、今後の研究の方向性を示す。

本検討は、

- (1) 気候変化の影響・適応に関して現在までの科学的知見を明らかにし、
 - (2) 賢い適応（効果的・効率的な適応）のあり方を提示し、
 - (3) (1)(2)の検討を通じて、影響・適応に関する今後の研究の方向性を提示すること、
- の三点を目的として実施する。

● 「賢い適応（効果的・効率的な適応）」のあり方を示す。

効果的・効率的な「賢い適応」の推進に資するため、特に(2)(3)の検討においては、個別分野ごとの検討に加え、分野横断的な観点からの適応の考え方、研究の方向性（分野横断的な手法・方法論、ツール等）等を検討する。また、個人やコミュニティ、地方自治体、一次産業従事者を含む中小規模事業者等、地域レベルでのきめ細かな取組が期待できる主体について、それらの主体により実施されるべき効果的な適応策やその普及方策、研究の方向性等を検討する。

● 我が国が主な対象であるが、途上国への貢献も視野に入れる。

脆弱性の高い途上国における気候変化の影響はより深刻である。特に、アジア・太平洋地域はわが国と密接な関係を有する国・地域であり、かつ脆弱性の高い国・地域が多い。我が国は、こうした途上国に対して、国際社会の一員として、かつ、科学的知見、先進技術等を有する先進国として、気候変化の影響と適応策を踏まえた支援を行うことが求められている。さらに、途上国への影響の中には、食料輸入先国を通じた影響や海外渡航を通じた健康影響拡大等、間接的に日本にも影響が及ぶ場合がある。これらは日本が途上国の適応強化を支援することで我が国自身の脆弱性の低減にも資するものであり、積極的に取り組む意義がある。

したがって、本報告書では、基本的に我が国を対象としているが、併せて、アジア太平洋地域の途上国についても検討を加える。具体的には、途上国における影響・適応に関する科学的知見の整理、途上国の適応策のあり方、わが国の支援のあり方、途上国の研究課題、わが国が実施し得る支援に関する研究課題等を検討する。

なお、本委員会報告書は、上記の目的をふまえ、以下の構成としている。

第1部 影響・適応に関する基本的考え方

第2部 影響・適応に関する分野別の科学的知見

1.3 検討の方法

(1) 対象とした分野

本委員会では、個々の分野について専門的観点から検討するための支援組織として、分野別ワーキンググループを設置した。以下に各分野の検討事項を示す。

表1 分野別ワーキンググループとその検討事項

	分野	検討事項
1	食料分野	農業（水稲、水稲以外の穀類、果樹、茶・野菜）、畜産業（畜肉・乳製品）、水産業（回遊魚、栽培・放流魚、養殖）、食料安全保障
2	水環境・水資源分野	水供給、水需要、水環境、治水 ※影響については、河川水、ダム湖、地下水、下水処理水などの再生水別に検討。
3	自然生態系分野	陸上生態系（高山、森林、自然草原・湿原等） 沿岸生態系（干潟・藻場、砂浜等）、 淡水生態系（河川、湖沼）、海洋生態系（サンゴ礁等）、 都市河川、里山、生物多様性
4	防災・沿岸大都市分野	沿岸域（高潮、越波、海岸浸食、砂浜消失等） 河川（豪雨、土砂災害、内水氾濫等）、台風
5	健康分野	暑熱、感染症、大気汚染との複合影響、 自然災害、衛生害虫、花粉症
6	国民生活・都市生活分野	国民・地域の対策（感染症・熱中症予防、外断熱、緑化、熱波－ヒートアイランド複合影響対策、温水対策としての水の有効利用等）、 市町村レベルの自治体施策（まちづくり、猛暑時における高齢者のケア、住民への啓発、地場産業・伝統産業等） ※他章とも関係があり特に国民に身近な影響・適応や、他章で扱わないが国民には身近な影響・適応を対象とする。
7	途上国分野	アジア太平洋地域の途上国における影響・適応、日本の支援策（科学的データ提供、キャパシティビルディング、ODA等）、環境難民問題

(2) 対象とした地域

本検討では、原則として日本を主要な検討対象としつつ、分野によっては関連国・地域も必要に応じ考慮した（例：食料分野では食料輸入先の国・地域、自然生態系分野では日本近海の国・地域等）。途上国分野では、わが国と密接な関係を有するアジア太平洋地域諸国における影響・適応を対象とし、さらに研究の具体的方向性や適応策の検討においてはわが国が支援すべき事項も対象とした。

(3) 対象とした時期

本検討では、2050年、2100年という長期的な将来を見通しつつも、適応策を考える上での中間時点として2020～2030年という比較的短期の年次に焦点をあて、各分野の影響・適応に関する既存の研究知見を整理した。また、今後の研究の方向性については、約3年先までに実施すべき研究内容を想定して検討した。

コラム 条約と議定書における適応問題の動向

1992年に採択された気候変動枠組条約において、排出削減等の緩和策とともに適応は重要な概念として、表に示すように、いくつかの条項において言及されている。

表 気候変動枠組条約における適応関連の規定

条文	概要
第2条 目的	安定化レベルについて、生態系が気候変動に自然に「適応」できるような期間内に達成されるべきとの説明がある。
第4条 約束	すべての締約国のなすべきこと
1項(b)	気候変動に対する適応を容易にするための措置
1項(e)	適応のための準備について協力(沿岸地域、水資源、農業について、並びに、干ばつ、砂漠化、洪水により影響を受けた地域の保護・回復のための計画作成)
1項(f)	適応のための事業・措置による悪影響を最小化するための適切な方法(例えば影響評価)を用いる等
4項	附属書IIの締約国は、悪影響を受けやすい途上国の適応するための費用について支援する。
8項	資金供与、保険、技術移転を含む措置について考慮(「a. 島嶼国」等、a~hまで具体的に脆弱な国についてのリストがある)
9項	資金供与、技術移転については、後発開発途上国について特に考慮(注: COP7においてNAPAの概念に発展・参照p○NAPA ²)

表の他、適応の問題は、条約の第12条に規定されている国別報告書(ナショナルコミュニケーション)(注: 議定書の用語)、地球環境ファシリティ(GEF)に対するガイダンス、技術移転、教育・訓練及び啓発(条約第6条)や、研究・組織的観測の文脈においても議論されている。

また、京都議定書の下では適応基金が重要なテーマであり、第12条8項には、議定書の締約国会議が、「認証された事業活動からの収益の一部」が適応の費用について支援するために用いられることを確保するとの規定がある。

第7回締約国会議(COP7)(2001年)では、途上国支援のために、条約にもとづく「特別気候変動基金」と「後発開発途上国基金」、そして京都議定書にもとづく「適応基金」の3つの基金が新たに設立された。しかし、先進国による資金の拠出は自主的なものにとどまり、これらに対する拠出には一貫性がなく不十分であったといえる(IGES, アンチャ・スリニヴァサン, 2005)。

COP10(2004年)では、途上国への資金支援や人材育成支援に加え、「5カ年行動計画」の策定について決議され、これは次の内容を含み、「適応策と対応措置に関するプエノスアイレス作業計画」と呼ばれている。

- ① 途上国の適応策に関する地域ワークショップや島嶼国のための専門家会合の開催³
- ② 対応措置の実施による産油国への影響に関する専門家会合の開催
- ③ 適応の科学技術的、社会経済的側面に関する5カ年作業計画の策定
- ④ 実施状況のCOP14でのレビュー

COP11(2005年)において、「気候変動の影響、気候変動に対する脆弱性及び適応の科学的、技術的及び社会的側面に関する5カ年計画」が採択された。

COP12(2006年)では計画の前半期(2007年まで)の具体的な活動内容「ナイロビ作業計画」につき合意された。本計画は、各国が気候変動の影響、気候変動への脆弱性、適応について理解を深め、評価を改善し、科学的及び社会経済学的知見に基づいた適応活動に関する意志決定を可能にすることを目的としている。

COP/MOP2(2006年)では、CDMプロジェクトからの収益の2%を原資とする、適応基金の運営についての原則・形態についての合意がなされた。同基金は、国家、地方、コミュニティーレベルでの適応活動支援に利用できることとなった。

COP13(2007年)において、「適応基金」については、適応基金理事会を設置することが決定され、事務局としては地球環境ファシリティ(GEF)、被信託者としては世界銀行が暫定的に指名された。プロジェクトの実施については、一定の条件を満たせば途上国が直接行うことも認めることとなった。

² NAPA: National Adaptation Plan of Action

³ UNFCCCが2007年に作成した報告書“Impacts, vulnerabilities and adaptation in developing countries”では、その成果が紹介されている。

2. 影響について

2.1 影響の把握・予測・評価のあり方

ここでは、(1) 影響のメカニズムの把握、(2) 着目すべき重要な影響事象、(3) 影響の将来予測の方法、(4) 影響の指標・評価の方法、(5) 脆弱性評価の方法、に分けて、影響の把握・予測・評価のあり方を述べる。

(1) 影響のメカニズムの把握

● 各分野、あるいは分野間の影響のメカニズムを明らかにする必要がある。

本検討では、第2部の分野別章の冒頭で、各分野における影響のメカニズムの全体像を、最新の知見をもとに整理している。具体的には、影響のメカニズムを構成する要素として、①当該分野に特に関連する気候要素、②当該分野の影響に関連するその他の自然的要素（①の要素を除く）、③当該分野の影響に関連する社会的要素、④当該分野において生じる影響を整理し、これらの複合的な関係をフロー図などで示している。

- ① 気候要素の例：気温、降雨量、降雪量、海面上昇、異常気象、湿度(乾燥) 等
- ② 自然的要素の例：河川流量、植生面積・分布、海面水位、害虫分布、感染症媒介生物分布 等
- ③ 社会的要素の例：水使用量、自然保護区面積、農作物別従事者数、護岸整備率、高齢者割合 等
- ④ 影響の例：渇水頻度変化、高山植物分布変化、農作物収量変化、水害頻度変化、熱中症患者数変化 等

このような影響のメカニズムに関して、未解明の部分については引き続きその把握に努めるとともに、さらに、分野間のより複雑な相互関係等についても整理していく必要がある。

● 短期的な変動の多くは自然変動に支配されている点に注意が必要である。

IPCC 第4次評価報告書では、人為的な温室効果ガスの排出により温暖化が生じている可能性が非常に高いと結論づけられたが、一方で、影響を示す各種指標の短期的な変動の多くは、自然変動に支配されている。したがって、長期的な気候変化と、年々変動 (inter-annual variability) の識別に留意する必要がある。

● 気候変化以外の要因（人間活動や他の環境問題等）による影響との識別が課題となる。

気候変化による影響は、それ単独で顕在化する場合ばかりでなく、人間活動や他の環境問題等による影響と重なり、複合的に現れる場合がある。

例えば、自然生態系分野では、ミレニアムアセスメントにおいて、淡水生態系の劣化要因に①生息地の改変、②富栄養化、③外来種、④気候変動、⑤乱獲が挙げられており、気候変化は必ずしも上位の要因ではないが、他の要因によって淡水生態系が虚弱化した後、気候変化が最終要因となって、劣化する可能性がある。見方を変えれば、①～③への対応の仕方が気候変化への適応という意味においても重要となるといえる。また、大都市域では、気温上昇の要因として、気候変化だけでなくヒートアイランド現象も関与している場合があり、効果的な対策実施のためには、両者が要因としてどれだけ寄与しているかの識別が不可欠となる。

(2) 着目すべき重要な影響事象

● 平均値の変化よりも、ばらつきが広がることの影響に注意が必要である

予測される気候変化は、平均値の変化とばらつきの拡大である。例えば、平均気温の上昇に伴い、ばらつき全体が高温側にずれるだけでなく、ばらつきが拡大し、より極端な高温が生じる頻度が上昇する点に着目する必要がある。慢性的な平均気温の上昇に伴う影響も重要であるが、突発的な異常気象の発生頻度の上昇に伴う影響への対処は、喫緊の課題となる。

平均値は、年間平均のように時間的に平均されるだけでなく、地域的な分散まで平均化されるという弱点がある。平均値に埋没してしまう地域特性や季節変動の方が平均値の変化そのものよりも重要な意味を持つ場合が多いことに留意すべきである。

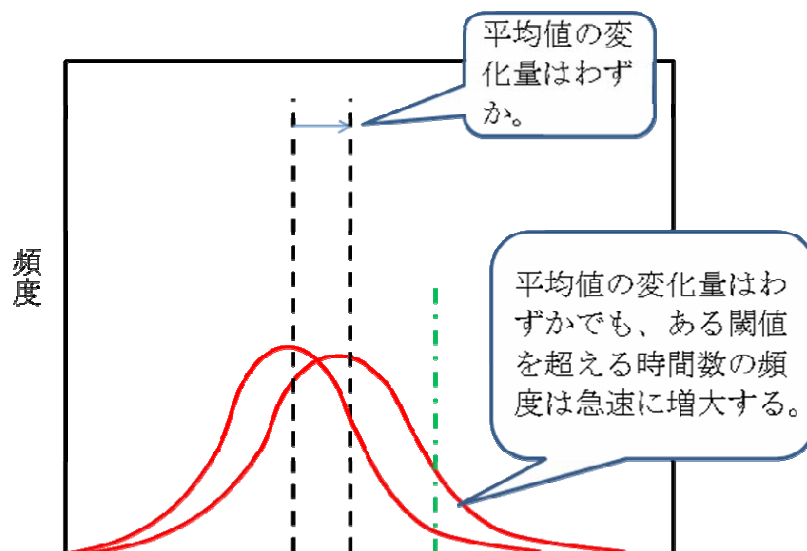


図1 頻度分布の変化は何をもたらすか？

● **二次的、三次的な影響をもたらす事象、分野間の影響のつながりに着目する必要がある。**

気候変化による影響の中には、二次的、三次的な影響をもたらす事象がある。例えば、猛暑の日に電気の需要量が供給量を上回ると停電が生じかねないが、その停電による国民生活への影響は計りしれない。その場合は、熱中症の増加をはじめ、様々な影響が突発的に現れる。このように、二次的、三次的に影響が広く伝播するような事象に着目する必要がある。

また、分野間の影響のつながりにも着目する必要がある。例えば、気候変化の影響を受けて水域生態系のメカニズムが変わるなどの長期的な影響が生じる可能性や、台風などの異常気象災害が頻発することで、農業、健康など多くの分野において短期的・突発的な影響が生じる可能性がある。このような、分野間の影響のつながりにも着目する必要がある。

● **不可逆的な影響（回復不可能な影響）に着目する必要がある。**

気候変化による影響の中には、一旦生じてしまうと回復することができない不可逆的な影響がある。例えば、自然生態系分野では、高山帯など孤立した環境における固有種の絶滅が危惧されている。高山植物の中でも特に脆弱な周北極要素とされる種は、数が少なく、近い将来に絶滅してしまう可能性があるとして指摘されている。このような不可逆的な影響にも着目する必要がある。

(3) 影響の将来予測の方法

● **適応の現場では、限られた知見と不確実性の幅の下で、適切な判断を下すことが必要。**

科学的な知見の充実は、効果的・効率的な適応を実施する上での重要な基盤を提供する。その一方で、対策を講じる側にとっては、科学的な証明を待ってでは手遅れとなる場合がほとんどである。既存の科学的知見と予測の不確実性の幅の中で総合的な判断を行い、効果的・効率的な適応を実施するための方法論の検討が急務である。

影響の将来予測についても、平均値的な事態に加え、最悪・最良の事態も予測することで、ある幅を持って柔軟に対処することを可能にするような予測結果の提示の仕方が必要となる。

● **引き続き不確実性の低減に向けた努力が必要。**

気候や影響の将来予測には不確実性が伴う。特に、降水量や異常気象等については予測が困難であり、不確実性を伴いやすい。これらに対して引き続き不確実性低減のための検討が必要である。

● **シミュレーションモデルのダウンスケーリングが必要。**

シミュレーションモデルを、全球レベルから領域レベル、領域レベルからさらに小さいレ

－未定稿・引用不可－

ベルにまでダウンスケーリングし、種々の気象要素についてのデータを各都道府県、あるいは各途上国等に提供できれば、それらのレベルにおける適応策等の検討の参考になる。このようなシミュレーションモデルのダウンスケーリングの手法についても引き続き検討が必要である。

(4) 影響の指標・評価の方法

気候変化が原因とされる影響は、気温上昇や降水パターンの変化による影響だけではなく、むしろ様々な要因が複合的に関与して生ずる場合が多い。

● 影響を説明する適切な指標群の選定が重要。

平均気温の上昇は、気候変化の程度を示す代表的な指標であるが、例えば、冬の寒い日の日数、夏の最高気温等、最大や最小に関わる指標の変化が、生物の生存や人間社会等に対して決定的な影響を持つ場合も多い。例えば、水環境・水資源分野では、水需要を左右する指標の一つに最高気温があり、最高気温の変化によって水供給のキャパシティを検討する必要が生ずる。また、平均気温の上昇に伴う、海水や湖水の温度の上昇により水の流れに変化が生じ、それが生態学的な影響となって現れるように、二次的、三次的な影響もある。影響について考える際には、単に平均気温との関係だけでなく、どのような指標が重要であるか常に留意する必要がある。

● 気温を基準として各指標を統合化することが可能な場合もある。

このような個々の指標が、気温上昇と一定の関係を持つ場合には、気温上昇を基本的な指標として統合化することが可能となる場合もある。例えば、平均気温上昇を基本的な指標とし、1℃、2℃、3℃上昇時に冬の10℃以下の日数、海面水位など関連する様々な指標がどのように変化するか、わかりやすく整理することができる。

他方、異常気象頻度の増加のように、平均気温の上昇を基本的な指標とすることが、あまり有効ではない場合も多々あることに留意すべきである。

● 危険な水準（閾値）が存在するかどうか知ることが重要。

地球全体のシステムにおいて気温上昇幅に閾値があるかどうかという点に加え、個別の影響ごとにどのような閾値が存在するか明らかにするための研究が必要である。例えば、「〇度の温度上昇でサンゴが白化する」「気温△度になると熱中症患者が顕著に増える」等が想定される。また、閾値のない影響事象についても、連続的な影響関数の研究・開発が求められる。

● コスト評価手法は、異なる分野の影響の比較を可能にする有効なツールとなる。ただし、貨幣価値に換算できない価値もあり、コスト評価は常に過小評価となるおそれが高い。

－未定稿・引用不可－

異なる分野における影響を比較評価し、どの影響が特に深刻か、何が優先課題であるかを検討する上で、影響の程度を貨幣価値に換算するコスト評価は有効な手法の一つである。

しかし、人の健康や命、野生生物種の絶滅等の不可逆的変化や、文化的な価値は、貨幣換算することが、社会的コンセンサスの観点も含め技術的に難しい。そもそも貨幣換算することが適切かという問題もある。また、コスト評価の結果は、IPCC 第4次評価報告書でも報告されているように、過小評価となってしまう可能性が高い。

(5) 脆弱性評価の方法

● 脆弱性とはシステムの影響の受けやすさである。

脆弱性 (Vulnerability) に関して、IPCC第3次評価報告書では、「脆弱性とは、気候変化に対するシステムの感受性、適応能力及び気候の危機にシステムが曝される程度の関数である。」と記述している⁴。脆弱性が高ければ、気候変化により受ける影響の度合いも大きくなる。抵抗力 (Resilience) を高め、適応能力 (Adaptive capacity)⁵の向上を図ることにより、脆弱性を小さくすることができる。

● 気候変化がなくても脆弱な地域がある。気候変化により脆弱性が高まる場合がある。

特に途上国においては、気候変化のない状態でも既に脆弱である場合がある。例えば、現水不足の問題を抱えている地域は、既に気候変化によらなくとも脆弱であるといえる。

また、気候変化により社会システム等が弱体化し、それにより脆弱性が高まって、さらに気候変化の影響を受けやすくなる場合がある。例えば、農業被害により経済的に貧しくなれば、洪水等のリスクに対する適応能力が低くなると考えられる。

このような、もともとの (気候変化がない中での) 脆弱性と、気候変化を受けることによる脆弱性があること、気候変化による脆弱性の高まりの連鎖がありうることに留意する必要がある。

● 気象要素だけでなく脆弱性や適応策も影響の大きさを左右する。

途上国では、技術・経済システム等が脆弱なために影響が大きくなる場合があり、脆弱性もまた影響の大きさを決める要因となることに留意する必要がある。

また、気候変化が生じて、適応策を実施することで影響が現れない、または防止される場合がある。例えば、2007年にバングラデシュを襲ったサイクロン・シドルは、1970年の高潮で30万人を超える死者を出したサイクロンに匹敵する勢力であったが、サイクロンシ

⁴ Vulnerability is a function of the sensitivity of a system to changes in climate (the degree to which a system will respond to a given change in climate, including beneficial and harmful effects), adaptive capacity (the degree to which adjustments in practices, processes, or structures can moderate or offset the potential for damage or take advantage of opportunities created by a given change in climate), and the degree of exposure of the system to climatic hazards (TAR, WG2, 1.4.1)

⁵ 3.1を参照。

－未定稿・引用不可－

エルターを整備したことで死者数が 1970 年と比べると大きく減少している。適応策が介在することにより、気候変化の程度のみによって一義的に影響の大きさが決まる訳ではないことに注意が必要である。

● 脆弱性は各種条件の重ね合わせで評価できる。

ある地域における脆弱性は、予測される気候要素の変化とそれを受ける側の自然的・社会的・経済的・技術的な条件を重ね合わせることによって、評価を行うことができる。こうした重ね合わせは、脆弱性マップとして地図上に整理することにより、関係者間で共有し活用することが容易となる。

地域レベルでの詳細な将来予測が行われていない場合であっても、地域の現状に基づく脆弱性マップを作成し、気候のおおよその将来傾向を加味することにより脆弱性を評価することが可能である。地域の情報が限られておりマップ化が難しい場合には、地域の脆弱性を評価するための手法として、チェックリストを利用する方式がある。

ただし、脆弱性の評価においては、脆弱性軽減のために何らかの適応策を実施した場合の効果を加味して評価するのか、あるいは全く適応策を行わない（考慮しない）場合を評価するのかなど、前提を明らかとする必要がある。

● 現場からの情報収集が重要。

地域の脆弱性を把握するためには、地域の現場からの情報収集が有益となる。地域に長年居住している人々は、気象や周りの自然環境の変化に対して経験に基づく知見を有している。地域特有の影響や脆弱性については、これらの地域住民へのアンケート調査が有効な場合もある。また、近年では、NPO、地方自治体等が地域の自然環境の指標となる生物種のモニタリングや河川水質・大気質等の簡易モニタリングを実施する活動が活発化しており、これらと気候変化の地域モニタリングとを連動させることが有効である。地域の住民、コミュニティ、NPO、地方自治体等の協力を得て、統一的かつ簡易な手法によりデータ取得、解析、評価を行う枠組みについて研究を進めることが望まれる。

途上国についても同様であり、後発開発途上国に対して立案が推奨されている国家適応行動計画（NAPA）においても、地域コミュニティレベルの対応が重視されていることなどをふまえ、現場での情報収集を効果的・効率的に実施する手法開発が急務である。

2.2 これまでに観測された影響

ここでは、各分野でこれまでに観測されている影響の概要と主要な影響例を示す。

**【今後、各WGよりリストアップされる
主要な影響事象をもとに作成予定。】**

- (1) 食料
- (2) 水環境・水資源
- (3) 自然生態系
- (4) 防災・沿岸大都市
- (5) 健康
- (6) 国民生活・都市生活
- (7) 途上国

2.3 将来予測される影響

ここでは、各分野で将来予測される影響の概要と主要な影響例を示す。

**【今後、各WGよりリストアップされる
主要な影響事象をもとに作成予定。】**

- (1) 食料
- (2) 水環境・水資源
- (3) 自然生態系
- (4) 防災・沿岸大都市
- (5) 健康
- (6) 国民生活・都市生活
- (7) 途上国

2.4 影響評価に関する今後の研究課題

ここでは、影響評価に関する今後の研究課題を示す。「2.1 影響の把握・予測・評価のあり方」の各項目と対応させ、(1) 影響のメカニズムの把握、(2) 着目すべき重要な影響事象、(3) 影響の将来予測の方法、(4) 影響の指標・評価の方法、(5) 脆弱性評価の方法、及び (6) その他に分類して示す。

【今後、各WGにおいてリストアップされる研究課題から作成予定。】

- (1) 影響のメカニズムの把握に係る研究課題
- (2) 着目すべき重要な影響事象に係る研究課題
- (3) 影響の将来予測の方法に係る研究課題
- (4) 影響の指標・評価の方法に係る研究課題
- (5) 脆弱性評価の方法に係る研究課題
- (6) その他の研究課題

コラム 開発途上国、後発開発途上国(LDC)における脆弱性と適応

● 後発開発途上国と小島嶼開発途上国

国連は開発途上国のうちで、開発が遅れている国々をとくに後発開発途上国(LDC: Least Developed Countries)として次の3つの基準で認定している。1) 所得水準が低いこと(一人当たりの国民総所得GNIが750米ドル以下)、2) 人的資源が乏しいこと(HAI指標が一定値以下)、3) 経済が脆弱であること(EVIが一定値以下であること)。2005年現在50カ国が認定されている。一方、太平洋・西インド諸島・インド洋・カリブ海などに位置する島国は、国土が狭く標高も低いために温暖化による海面上昇の影響を受けやすく、また島国固有の問題や経済状態が脆弱であることから持続可能な開発が困難な小島嶼開発途上国(SIDS: Small Island Developing States)として国連により51国・地域が認定されている。小島嶼国連合(AOSIS: Alliance of Small Island States)は、太平洋・インド洋・大西洋上の43の島嶼国からなる国家連合で、小島嶼が、気候変動に対する脆弱性と開発に関して共通の問題意識を有し、国連のSIDSと国際交渉などを協力して進めている。図は後発開発途上国と小島嶼開発途上国を示したものである。

● ミレニアム開発目標(MDGs)

2000年9月ニューヨークで開催された国連ミレニアム・サミットにおいて21世紀の国際社会の目標として国連ミレニアム宣言が採択された。ミレニアム宣言は、平和と安全、開発と貧困、環境、人権と統治、アフリカの特別なニーズなどを課題として、21世紀の国連の役割に関する方向性を示した。この国連ミレニアム宣言と1990年代に開催された主要な国際会議やサミットで採択された国際開発目標を統合し、一つの共通の枠組みとしたのが、ミレニアム開発目標(Millennium Development Goals: MDGs)であり、2015年までに達成すべき8つの具体的な目標を掲げている。

2007年に発表されたMDGsに関する中間報告では、極度に貧困な人の割合が、1990年の約3分の1から2004年の5分の1未満にまで低減したが、一方、サハラ以南のアフリカでは、極度の貧困の人数が増加傾向から横ばいへと変化し、貧困率は改善しているが、このままでは「2015年までに貧困な人の割合を半減させる」というミレニアム開発目標を達成することができないと評価している。アジア地域では、1日1ドル未満で生活する人口の割合を半減させ、極度の貧困と飢餓の撲滅に向かって飛躍的に前進しており、とくに東アジアでは大きな成果があったとされている。たとえば、1990年時点で33%であった極度の貧困な人の比率が2004年には9.9%まで削減され、東南アジアでも1990年までに既に20.8%まで削減されたが2004年に更に6.8%まで減少した。しかし、その一方で、インド、バングラデッシュなど南アジアでは経済成長の恩恵を享受できていないところがあることが指摘されている。

● 開発途上国は現在の気候変化に対しても脆弱である。温暖化は脆弱性を拡大する。

開発途上国、とくに後発開発途上国や小島嶼開発途上国は、現在でも自然災害など気候変化に非常に脆弱であり、経済構造が気候変化に極度に影響されやすい農林水産業に依存していること、そして経済力が弱いことから適応力が低いことなど、現在および将来の気候変動に対して極度に脆弱である。開発途上国に共通した主要な脆弱性要因は以下のとおりである。

- ・ 気候変化の影響を受けやすい農林水産業に依存しており、また脆弱な生態系に生活や活動を依存している。
- ・ 人口の急激な増加や、地方から都市への人口流入による都市化が急速に進んでいる。
- ・ 食料需給へ気候変化が影響する可能性が高く、食料安全保障面で脆弱であり、食料不足などによる栄養不良や健康への影響の可能性が高い。
- ・ 適応力が極度に限定されている。適応力を強化するための社会基盤が弱い。たとえば水供給や管理のためのインフラが不備、低所得や社会のセーフティネットとしての金融市場が未発達、そして公共サービスなどへのアクセスが不十分であることが挙げられる。

こうした開発途上国においては、貧困の撲滅や雇用の確保、食料や水などの確保などが持続可能な開発を進めるための必須要件になっている。従来の途上国支援においては、地域やコミュニティの脆弱性を低下させ、自然災害等への対応を十分かつ適切にできるようにしてきたが、今後は温暖化による将来の影響リスクを、開発に統合化する適応策の主流化が重要になってきている。

表 後発開発途上国と小島嶼開発途上国

後発開発途上国(2005)	小島嶼開発途上国
<p>アジア(10) アフガニスタン、イエメン、カンボジア、ネパール、パ ングラデシュ、東ティモール、ブータン、ミャンマー、 モルディブ、ラオス</p> <p>オセアニア(5) キリバス、サモア、ソロモン諸島、ツバル、バヌアツ</p> <p>アフリカ(34) アンゴラ、ウガンダ、エチオピア、エリトリア、カーボ ベルデ、ガンビア、ギニア、ギニアビサウ、コモロ、 コンゴ民主共和国、サントメ・プリンシペ、ザンビア、 シエラレオネ、ジブチ、スーダン、赤道ギニア、セネ ガル、ソマリア、タンザニア、チャド、中央アフリカ、 トーゴ、ニジェール、ブルキナファソ、ブルンジ、ベナ ン、マダガスカル、マラウイ、マリ、モザンビーク、 モーリタニア、リベリア、ルワンダ、レソト</p> <p>中央アメリカ(1) ハイチ</p>	<p>アジア(2): モルディブ、東チモール</p> <p>オセアニア(20): キリバス、サモア、ソロモン諸島、ツバル、バヌアツ、トンガ、 ナウル、バブアニューギニア、パラオ、フィジー、マーシャル 諸島、ニウエ、クック諸島、ミクロネシア連邦、フランス領ポ リネシア、アメリカ領サモア、北マリアナ諸島、グアム、 ニューカレドニア</p> <p>西インド諸島(23): アンティグア・バーブーダ、ガイアナ、キューバ、ジャマイカ、 セントクリストファー・ネイビス、セントビンセントおよびグレ ナディーン諸島、セントルシア、ドミニカ国、ドミニカ共和国、 トリニダード・トバゴ、ハイチ、バハマ、バルバドス、ベリーズ、 グレナダ、スリナム、アメリカ領ヴァージン諸島、イギリス領 ヴァージン諸島、アンギラ、アルバ、モントセラト、オランダ 領アンティル、プエルトリコ</p> <p>アフリカ(6): ギニアビサウ、コモロ、サントメ・プリンシペ、セーシェル、 モーリシャス、カーボヴェルデ</p>

3. 適応策について

3.1 適応とは

● **適応とは、自己調整する(adjust)ことを助ける行為である。**

「適応 (adaptation)」に関して、IPCC第3次評価報告書では、「適応とは、現実の、もしくは予期される気候変化・気候変動とその効果・影響に対して生態的・社会的・経済的システムを調整すること、また、気候変化による潜在的被害を軽減し、あるいはその機会を活用するためのプロセス、プラクティス、ストラクチャーの変化をいう。」と記述している(WG2, 18章, Executive Summary)⁶。

また、「適応能力 (adaptive capacity)」に関して、IPCC第4次評価報告書では、「適応能力とは、気候変化(気候変動と異常気象を含む)に対して、潜在的な被害を緩和し、機会を利用し、または、結果に対処するために調整するシステムの能力である。」と記述している(WG2, SPM, Endbox 1)⁷。

● **本検討では、人間が意思的に実施する適応に主眼を置く。**

科学的見地からは、「適応」「適応能力」に関して上述のような定義がなされているが、本検討においては、社会の安全や人命、健康、利便性や快適さ等を守るために、人間が意思的に実施する適応に主眼を置くこととした。すなわち、政府や地方自治体の政策決定者による意思決定の下で実施される適応、あるいは、個人やコミュニティ等が意思的に実施する適応を、主な検討対象としている。また、本検討において、具体的な個々の政策・施策レベルの適応に言及する場合は、「適応策」との表現を用いることとした。

● **生物学的な適応は検討の対象ではないが、考慮することは必要。**

生物学や生態学の分野では、生物個体が環境の変化に対して自発的に対応すること、あるいは、進化を通じて対応することが「適応」と呼ばれる。本検討では、このような対応は原則として検討の対象には含めないこととした。ただし、自然生態系分野において適応策を考える際には、生物が自ら調整する生物学的適応や順応⁸等も無視できない。したがって、自然生態系分野では、このような生物学的な意味での適応も考慮することとし、誤解を生じないように用語を使い分ける点に留意した。

⁶ Adaptation refers to adjustments in ecological, social, or economic systems in response to actual or expected climatic stimuli and their effects or impacts. It refers to changes in processes, practices, and structures to moderate potential damages or to benefit from opportunities associated with climate change.

⁷ Adaptive capacity is the ability of a system to adjust to climate change (including climate variability and extremes) to moderate potential damages, to take advantage of opportunities, or to cope with the consequences.

⁸ 生物体の機能・性質・状態が、与えられた外部条件の持続的な変化に応じて変化すること。

3.2 「賢い適応」とは

(1) 賢い適応の目指す姿

● 脆弱性の低い「タフなシステム」を効果的・効率的に実現する。

「賢い適応」が最終的に目指すものは、気候変化に対する対症療法的な適応ではなく、長期的視点と短期的視点の双方から、気候変化の影響を受け得る様々なシステムの脆弱性が低減され、体質改善の図られた、気候変化に対して「タフなシステム」の構築である。

例えば、水資源は、生活や農業等、様々な分野で利用されるが、危急の場合に柔軟に水を融通しあえるよう現状の利水構造を改善することによって、より適応能力の高いシステムへと改善することができる。ヒートアイランド対策と兼ねた都市構造そのものの見直しも、脆弱性の低いタフなシステム構築の一つとなりうる。さらに、自然生態系分野においては、人工林から自然林への転換、生物の避難場所（リフュージア）や生態的回廊（コリドー）の確保等が、気候変化による影響に耐えうる生態系のシステムを守ることにつながり、かつ生物多様性の保全そのものにも資することになる。

このような「タフなシステム」を、時間・労力・費用を過大にかけることなく、現状の自然変動に対して既に実施されてきた対策や各分野での経験・実例を踏まえ、分野横断的観点から共通して活用できるノウハウを共有化することで、効果的・効率的に実現していくことが、「賢い適応」の目指す姿である。

(2) 賢い適応の方向性

● 現場でのきめ細かな取組が可能な主体による自発的取組の促進

気候変化により生ずる影響の内容・規模等は、受ける側の地理的特性によって大きく異なるため、その影響に対してとられる適応策は、排出削減の場合以上に、地域等の現場での主体的な検討・取組が重要となる。したがって、中央政府や大規模企業だけでなく、個人、コミュニティ、地方自治体、一次産業従事者を含む中小規模事業者等が、自ら気候変化による影響や適応についてよく理解し、地域レベルでのきめ細かな取組に自発的に取り組むことができるよう促進する必要がある。

このような主体への影響・適応に関する効果的な普及啓発方策や、各主体によって実施されるべき適応策の具体的内容、さらにそれらに関して現状で不足している知見に関する研究課題などを明らかにしていく必要がある。

● 多様なオプションの活用

適応策には、通常様々なオプションがある。インフラ整備等のハード対策もあれば、ソフト対策もある。適応策のアプローチに着目すると、技術的対策、法制度整備、保険等の経済的手法、情報整備、人材育成などに分けることができる。また、影響を受ける時点と適応策実施の時点の関係でいえば、被害を最小限にするため事前に予防的に実施される適応策と、被害が生じた後の事後的な対応を準備する適応策がある。さらに、リスク管理の視点では、根本的なリスク回避策から、リスク低減策、リスクの移転等に分けて捉えることもできる。

例えば、防災分野では、既に堤防のかさ上げなど物理的な回避方策のみならず、冠水が生じた際の人命等の被害を最小限に抑えようとする「減災」の考え方に基づいて、街作りや地域住民の連携など各種の対応が実施されている例もある。物理的なハード対策は、国土の全てにおいて講ずることは現実的でなく、また、場所によっては砂浜等の自然環境に与える影響も無視できない。一方、「減災」の考え方に基づくソフト対策は、このようなハード対策が困難な地域において特に有効となる。防災分野では、「自助・共助・公助」という考え方があり、災害時等には公助への注目が高まるが、普段からの自助の重要性について注意を促すことも不可欠である。

賢い適応のためには、これらの多様な適応策のオプションを体系的に整理し、分野横断的観点から他分野の効果的なオプションの応用可能性も検討し、時と場所、場合に応じて効果的に組み合わせ、活用していくことが重要となる。

● 適応の主流化

開発援助計画においては、適応に関して新たな政策や計画を立てるのではなく、既存の政策や計画に配慮事項として適応を組み込む「適応の主流化（メインストリーミング）」との考え方がある。適応策は、気候変化への対応のみを目的として行われることはほとんどなく、例えば、水資源管理、海岸保護、災害計画、感染症予防計画等の中に組み込むことができる（IPCC, 2007）。実際に、これらの分野では既に自然変動に対する各種の対策の経験も豊富にある。

日本国内でも、土地利用計画、都市計画、農業政策、地方自治体の環境政策等に、気候変化に対する適応の視点を組み込むことが重要となる。

一方、特に、途上国の適応に関しては、最近、全く新しい活動や資金制度が必要となるかのような論調がある。しかし、同じく主流化の考え方に即して、既存の対策や資金に対して追加的に実施することで、全体の資源の有効活用を図る必要がある。

● 長期・短期の双方の視点の活用

近年、北極の海氷の融解等、温暖化の進行速度が過去に想定されていたよりかなり早いことを示す現象が明らかにされ、また、世界各地における異常気象の頻発等、温暖化が進めば増加すると予測される現象が数多く観測されるようになってきている。このような事態においては、完全に科学的な証明が得られるのを待つのでなく、数年程度先を見据える短期的視点の下、既存の科学的知見と不確実性の幅の中で総合的判断を行い、適応策を実施していくことが必要となる。

一方、温暖化への適応策は、国土や地域社会のあり方を総合的・長期的に作り変えていく要素も持っており、都市計画・社会インフラ整備等に関する長期的視点からの対応を重視することも必要となる。適応策の実施にあたっては、このような、長期的対応と短期的対応の双方の視点を持ち、それぞれの視点から必要な適応策を、全体として効果的・効率的となるように実施していくことが重要となる。

(3) 賢い適応の主要な方法論（政策オプション）

● 観測結果の活用と「許容幅」の考え方の導入

気候シナリオや各分野の影響予測は不確実性を伴う。適応計画を策定する一時点において、これらのシナリオや予測に基づき長期にわたる計画を立案すれば、新しい科学的知見に基づく予測により予測値が改訂された場合、結果的に無駄な投資が生じたり、計画の変更を余儀なくされる事態が生ずる。また、不確実性を前提とした予測に基づく適応計画は、関係者のコンセンサスを得る上で困難があり、さらに、予測以上に深刻な事態が生じた場合には、予算措置等が間に合わず対応が遅れる可能性もある。

このような諸点から、効果的・効率的な適応のためには、過度に予測に依拠するのではなく、実際に過去から現在までの間に観測された結果を最大限に活用し、観測された程度の変化分のみ上乗せして、常に一定の余裕を確保するような適応策を実施していくことが有効である。例えば、防災分野では、構造物の耐用年数がきて更新を行う際、まずは観測された海面上昇分だけ堤防をかさ上げし、海面上昇がより明確になった段階で次の更新時までの海面上昇分の外挿値も見込んでかさ上げする等の方式が考えられる。これは過大投資を防止し、関係者間の合意形成の円滑化に寄与する上、確実に、徐々に海岸構造物を“温暖化に慣らす”現実的な方法と捉えることができる。

このような観測結果の活用と「許容幅」の考え方の導入により、どのような分野・課題・場所で優先的に適応を強化する必要があるか検討することができる。さらに、このような「許容幅」を活用した適応策の検討は、防災分野のみならず他分野においても適用できる可能性がある。

● 地域における脆弱性評価の促進

温暖化に対する適応策の実施にあたっては、対症療法的に事業の追加や拡大を実施することは、効果的・効率的な賢い適応とはいえない。気候変化に伴う脆弱性評価に基づいて、科学的な合理性に立った事業の追加、見直しを計画的に実施することが求められる。地域の脆弱性評価の結果、事業分野間の優先順位や同一事業における地域の優先順位の見直しを必要とする場合があり得ることに留意すべきである。

地域に存在する情報を活用して、脆弱性やリスクの評価を行う手法の開発も重要と考えられる。特に、後発開発途上国のような地域においては、草の根レベルのコミュニティーこそ主要なステークホルダーとして、適切な脆弱性評価に基づく適応策を実施することで、人々の生活基盤を確保し、持続可能な開発を図ることが重要と考えられる。

● コベネフィット型適応の促進

適応策が、気候変化への適応を実現すると同時に、気候変化の緩和策になる、あるいは地域にとって何らかの便益（コベネフィット・相乗効果）をもたらすことができればより望ましい。コベネフィットがある場合には、適応策の必要コストを割り引いて考えることもできる。

例えば、緑化は、適応策としての意味をもつほか、緩和策（温室効果ガス排出の削減）、災害防止、水源の涵養、生物多様性の保全、アメニティの向上等の様々な便益を有する対策である。

逆に、例えば、大きな排出量を伴う、もしくは別の環境問題・社会問題を引き起こすような適応策は、推奨できない点に留意が必要である。

● 異常気象など突発的影響への適応の工夫

- **ある現象の原因が気候変化であるかどうかの判断は通常困難だが、将来の気候変化による異常気象の増加は確実で、これに備えることは不可欠である。**

「最近、異常波浪や高潮等の現象が増加している」という事実や、「気候変化によりそのような現象が増加する」ということまでは言えるが、「現在の現象が温暖化によるものであるかどうか」の判断は困難である場合が多い。しかし、「気候変化が進むと異常気象が増加する」ことは予測されており、今から予防的に、将来の気候変化による異常気象の頻発に備えておくことは不可欠である。

なお、このような異常気象等の影響に対して予測の不確実性を前提に対処しなければならない点は、どの分野にも共通の課題である。災害外力がどのように変化するのか、予期しない外力がおそってきたら何が起きるのか等の点への理解を深めつつ、既存の科学的知見と不確実性の幅の中で総合的な判断を行い、効果的・効率的な適応策

－未定稿・引用不可－

を検討していく必要がある。

➤ **被害が発生する前に、必要な時点で警報を発する等の対応が必要。**

上述のような異常気象等による影響に対する効果的な対処方法の一つに、被害発生前に警報を発する等の対応が挙げられる。事前に対応しなければ大きな被害が発生するような場合、災害予報システムのように、事前に警報を発することができればより望ましい。そのためには、特定の指標について被害の現れるレベルを明らかとする必要がある。

なお、脆弱性の高い生態系、自然条件などは、最初に被害が現れ、その後の大きな被害を予告する、いわば“炭鉱のカナリア”のような性質も有する。

➤ **保険その他の金融サービスを活用した適応能力の向上が必要。**

気候変化による洪水、台風による家屋や農産物被害等の災害について、リスク分散・移転の仕組みとしての保険のシステムが有効となる。天候デリバティブ等、既に活用されている仕組みが運用の参考となる。

(5) 賢い適応策の主要なオプション（適応策オプション）

賢い適応策のオプションとして、以下のような例が挙げられる。適応策は、技術・制度・経済システム・情報・人材の5つの観点で分類することができる。

表 適応策の主要なオプションの例

	技術	制度	経済システム	情報	人材
食料	<ul style="list-style-type: none"> ・品種育成 ・栽培手法の変更 ・養殖技術・手法の変更 ・畜舎の環境制御 	<ul style="list-style-type: none"> ・高齢農家に対する栽培方法改善指導等の仕組み 	<ul style="list-style-type: none"> ・保険 	<ul style="list-style-type: none"> ・異常気象・自然災害による影響の研究 	<ul style="list-style-type: none"> ・
水環境・水資源	<ul style="list-style-type: none"> ・雨水貯留・利用の普及 ・下水道の再生水利用 ・穀物作付け時期・品種・灌漑手法等変更による灌漑用水需要削減 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 	<ul style="list-style-type: none"> ・従量料金導入等、経済的インセンティブ拡大による水保全の奨励 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 	<ul style="list-style-type: none"> ・
自然生態系	<ul style="list-style-type: none"> ・生物の避難場所（リフュージア）の特定、保全 ・コリドールの確保・創出 ・マツ枯れに対する早期防除 ・自然林への転換 ・絶滅が危惧される種の遺伝子の保存 ・高山帯等におけるシカ柵導入 	<ul style="list-style-type: none"> ・保護区設定（禁止行為等） ・土地利用のあり方の検討（生態学的に有効な配置） 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 	<ul style="list-style-type: none"> ・適応策を検討するための予測研究 ・モニタリングデータの取得 	<ul style="list-style-type: none"> ・
<div style="border: 2px solid black; padding: 10px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> <p>【本表は、今後、各WG推薦の主要な適応策オプションから作表していく。抽出するオプションについては、各WGの主査の指導をいただく。】</p> </div>					
防災・沿岸大都市	<ul style="list-style-type: none"> ・建築様式等の変更 ・海岸保全施設の整備・改良 ・排水システムの強化 	<ul style="list-style-type: none"> ・防災を考慮した土地利用の変更・規制 ・総合的沿岸域管理 	<ul style="list-style-type: none"> ・住民などが加入する浸水保険制度の創設 ・災害復旧基金、補助金の創設 	<ul style="list-style-type: none"> ・ハザードマップの作成・配布 ・情報提供（webの活用など） 	<ul style="list-style-type: none"> ・防災訓練、防災教育の実施 ・自主防災組織の設置
健康	<ul style="list-style-type: none"> ・感染症の新治療薬開発 ・ 	<ul style="list-style-type: none"> ・熱中症予防等に関する制度制定 ・高齢者世帯等のケアの仕組み構築 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 	<ul style="list-style-type: none"> ・媒介生物の分布等把握 ・一般への普及啓発 	<ul style="list-style-type: none"> ・媒介生物に関する専門家育成
国民生活・都市生活	<ul style="list-style-type: none"> ・個人住宅の雨水浸透ますの設置 ・遮熱性・断熱性の塗料・建材等の活用 	<ul style="list-style-type: none"> ・高齢者などへのケア ・クールビズ ・サマータイム制導入 	<ul style="list-style-type: none"> ・災害保険の活用 	<ul style="list-style-type: none"> ・地域FM局など活用した緊急災害情報 ・携帯電話メールでの熱中症注意情報 	<ul style="list-style-type: none"> ・防災訓練実施
途上国	<p>(途上国の適応策)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・地下の灌漑水路の効率向上 <p>(日本の支援策)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・定期的なワークショップやトレーニング会合の開催による技術移転 	<p>(途上国の適応策)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水資源管理のための水資源法整備 <p>(日本の支援策)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・途上国における影響・適応評価のガイドライン作成 ・開発援助への影響・適応策の主流化の枠組みと具体的な組織と計画 	<p>(途上国の適応策)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・保険 <p>(日本の支援策)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 	<p>(途上国の適応策)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・干ばつに対しての早期警戒の実施 ・住民自身による災害情報普及活動 <p>(日本の支援策)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・観測・統計・測定の技術移転と、それに要する簡易化・マニュアル化に関する研究 	<p>(途上国の適応策)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・専門家による農業現場巡回型の問題解決・指導 <p>(日本の支援策)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・定期的なワークショップやトレーニング会合の開催による人材育成、トレーナーや行政担当者の育成

(6) 賢い適応を進める上での留意事項

● 適応と緩和の関係への留意

適応策は、これを講ずることにより、温室効果ガス排出量が増加する場合と減少する場合とがあることに留意する必要がある。

例えば、干ばつに適応するため、乾燥地域や小島嶼国等では、淡水化設備を建設する適応策が考えられるが、淡水化のために多大なエネルギーを消費し、温室効果ガス排出を増加させてしまう。他に、同様に温室効果ガス排出の増加を招く可能性のあるものとして、猛暑に適応するためのエアコンの過剰利用、冷水機を用いた養殖などがある。適応策の実施に際しては、このような温室効果ガス排出の増加を可能な限り避けるよう留意が必要である。

一方、夏の高温への適応策として断熱性能の高い家屋へのリフォーム等があるが、これは同時に冷房や暖房に要するエネルギーを削減することのできる優れた緩和策でもある。他に、同様に温室効果ガス排出の削減にも資する可能性のあるものとして、森林整備、雨水利用、クールビズなどがある。適応策でありかつ緩和策でもある対策は、一石二鳥の効果があり、特に推奨されるべき対策と言えるとともに、適応に要するコストから他の効果に要するコストをさし引くこともできる。

なお、脆弱な途上国における緩和と適応の関係については、①温暖化の主たる原因が、これまでの先進国の発展による温室効果ガス排出と今後の中国、インドを含む比較的経済力の強い国家からの温室効果ガスの排出にあること、②小島嶼国などの特に脆弱な途上国は一方的な被害者であり、自国からの温室効果ガスの排出量は相対的に見て微々たるものであることを鑑みれば、まず適応に力点が置かれるべきである。

● 関係組織の連携・協力体制の構築

温暖化の影響は、既に述べたとおり多岐にわたるものであり、国民生活の多様な側面において、影響が二次的、三次的に広がる場合もある。従って、適応策の実施に当たっても、多分野横断的な体制の構築が必要とされる。例えば、熱中症に関して、関係省庁連絡会議を組織している例に見られるように、関係組織の連携が重要な場合がある。

途上国支援に関しては、援助の実施に携わる JICA 等と、温暖化の知見を提供する研究者や環境行政、地元の政府機関、研究機関、NGO、地域コミュニティ、さらに国連等の国際機関や、ADB(アジア開発銀行)、SPREP(南太平洋地域環境計画)等の地域機関等との連携が重要と考えられる。

● グッドプラクティス事例の共有

既に、我が国においても、具体的な適応策が実施されつつある。例えば、熱中症予防のための体育館における温度計設置、施設整備における遮熱性素材の活用、感染症予防を目的とした地域住民自身による蚊の集まりやすい水たまりのチェック活動などが挙げられる。

－未定稿・引用不可－

このような先進事例・優良事例としてのグッドプラクティス事例を収集・蓄積し、広く情報発信していくことが、今後の取組促進の上で有効である。

3.3 適応を阻む障壁

一般に、適応は、相応の手順、費用、技術的困難等を伴うものであり、その実施は決して容易ではない。現時点で把握されている、適応を阻む具体的な障壁を整理するとともに、現場における適応策の現実的な適用可能性や障壁を打開する有効な方策についての調査・研究を推進する必要がある。

(1) 技術的な障壁

適応策に係る技術の不足、影響・脆弱性の把握・予測・評価等に係る技術の不足等が、適応を阻む障壁となっている。

例えば、農業分野における新しい品種・栽培方法の開発、防災分野における災害予報システムの開発・整備、健康分野におけるワクチン開発を含む感染症の新治療法の開発等、各分野の適応策そのものに係る技術開発研究が今後不可欠である。また、各分野の影響をきめ細かく把握するモニタリング技術の開発、脆弱性評価手法の開発等、影響・脆弱性の把握・予測・評価に資する技術の開発も重要となる。

なお、途上国の適応策支援においては、例えば、防災分野における災害予報システムの導入は、現在、情報システムが整備されていない途上国の貧しい地域では実質的な活用が困難である。我が国の最新の科学技術を用いて対応可能な場合と、地域特性等に応じてより最適な技術を用いる必要のある場合とを峻別しつつ、必要な技術に係る研究を推進する必要がある。

(2) 制度的な障壁

効果的・効率的な適応策の実施を促進する法・制度・仕組み等の未整備が、適応を阻む障壁となりうる。

例えば、農業においては、農業従事者の高齢化が進む中、耕作方法変更等の適応策がどこまで受け入れられるか未知数であることや、水産業においては、気候変化によりある地域である魚種が多く捕れるようになっても、近くに加工場がなく遠方まで運ばなければならない等の問題が指摘されている。水資源分野では、気候の変化による影響以上に、人口減少・食料自給率の低下等の社会状況・社会構造の変化による影響が大きく、これらの社会的側面を無視して適応策を検討することができない。このような問題に対しては、何らかの制度的な対応の検討が求められることから、技術的側面の研究だけでなく社会的側面の研究が不可欠となる。

(3) 経済的な障壁

適応にかかるコストに対する適正な評価の不足、適応に必要な資金の準備・調達に係る経済的手法・制度の不足、絶対的な資金の不足等の経済的な障壁が、適応を阻んでいる。

- **被害コストの算定が困難なため、適応策の必要性の説明が困難となり、適応策実施が進まない場合が多い。また、一見、膨大な資金が必要であるように見える場合が多い。**

理論的には、適応策を実施しなかった場合の気候変化の被害に関する累積的なコストを評価し、その被害を回避するための適応策のコストと比較することにより、適応策を実施すべきかどうかの判断がおおよそ可能となる。しかし、実際は、被害コストの算定が困難であり、特に、定量化困難な価値が算入されない場合には被害コストが過小評価され、結果的に適応策の必要性に説得力を持たせられず、適応策実施が進まない場合が多い。

また、被害が多大であると、適応策に要する資金も膨大であるかのような印象を与えてしまいやすいが、実際には、効果的・効率的な適応策のオプションを選択することにより、それほど膨大な資金を必要とせず適応が可能な場合もあると想定される。

したがって、適応にかかるコストの適正な評価（被害コストと適応にかかるコストの双方の評価）に係る研究を推進する必要がある。

- **適応に必要な資金の準備・調達に係る経済的手法・制度が未整備である。**

適応に必要な資金の準備・調達に関しては、保険などの予防的仕組みや所得補償等の事後的救済措置等、何らかの経済的手法・制度が不可欠となる。例えば、猛暑などの場合には、大規模な農産物被害が起き、農家の経営に大きな打撃を与える可能性があり、安定的な農業経営のために保険等の経済的手法を用いることが想定される。また、大規模な災害の発生時には、先進国・途上国を問わず、その災害からの復興に多大な資金が必要となり、所得補償等の措置を検討しておく必要がある。このような経済的手法・制度は現状ではまだ十分に整備されておらず、先行事例や効果的な手法・制度のあり方に関する研究を推進する必要がある。

- **最も適応策に必要な途上国が、十分な資金を有していない場合が多い。**

気候変化の影響を最も受けるのは、一般に、脆弱性の高い途上国である。しかし、その途上国において、適応策実施に必要な資金が不足している。そのために、気候変動枠組条約締約国会議においても、途上国における適応の資金問題が重要な話題としてとりあげられている。途上国における資金の不足に対する国際的支援のあり方、我が国がとりうる具体的な支援策等についての研究を推進する必要がある。

(4) 知識的な障壁

影響や適応策に関する知見の不足、専門的知見を国民等に分かりやすい形に読み替え、伝達するための情報の不足、それらの知見・情報を幅広く普及するための基盤の未整備等、知識・情報の不足が、適応を阻む障壁となっている。

我が国のような先進国においても、例えば、感染症、富栄養化、大気汚染への影響、積雪量と関連する河川流量変化等、気候変化による影響に関する知見の不足により、問題が見過ごされる可能性が考えられる。また、緩和策に比べると、適応策の必要性や具体的に実施すべき内容に関して、国民の理解度・浸透度はまだ低い状況にあり、さらなる知識の普及啓発が重要となる。

さらに、後発開発途上国等では、政策決定者のレベルにおいても気候変化の現象そのものが十分に理解されていない場合があり、適応策の推進のためには、まず、知識の普及が急務となっている。また、先進国の指導による高度なシミュレーションモデル等の使い方が、必ずしも十分理解されず、実際の政策決定に生かされないなどの例も考えられる。

(5) 人材面の障壁

各分野の影響や適応策に関する研究を担う専門家の不足、幅広い主体に適応策の意義と具体的な実施方策を分かりやすく伝えるアドバイザーの不足等、人材の不足も適応を阻む障壁の一つとなっている。

例えば、健康分野では、感染症の媒介生物に関する専門家の少ないことが問題として指摘されており、そのような専門家の育成が急務である。また、国民生活の分野では、個人やコミュニティ、事業所、地方自治体等に対して、緩和策における省エネ診断等のように、適応策に関するアドバイス（脆弱性の診断や適切な適応策の提案等）を行うことのできる人材を育成することが必要である。

コラム スターンレビュー

2006年10月に英国政府は「気候変動の経済学 (The Economics of Climate Change)」を公表した。この報告書は世界銀行の元チーフ・エコノミストで、現在は英国政府気候変動・開発における経済担当政府特別顧問ニコラス・スターン卿が英国政府の要請を受けてまとめたもので、スターン・レビューと呼ばれている。

報告書は、地球温暖化をこのまま放置すれば、経済的被害は1930年代の大恐慌や2度にわたる世界大戦に相当する規模になると警告している。このまま温暖化が進んだ場合(Business as Usual、なりゆきシナリオ)、世界のGDPの5%~最大20%に上る温暖化の被害が予測されている。温暖化防止にかかる費用は、世界のGDPの1%前後にとどまることから、早急に温暖化対策を進めることにより、経済成長と地球環境保全を両立させることは可能と結論づけている。

温暖化の影響面では、以下のように予測している。

- ①中程度の気温上昇であれば、先進国の中には利益を得る国もあるが、21世紀後半にさらに気温上昇するとそうした国々でも被害が深刻化する。
- ②異常気象(極端な気象現象、暴風雨、洪水、干ばつ、熱波など)は高い気温で急速に増加し、温暖化の当初の利益をすぐに相殺してしまう。異常気象の被害だけで21世紀半ばに、世界のGDPの0.5~1%に達し、その後気温が上昇するに従い増加し続ける。
- ③さらに高い気温上昇では、先進国経済への被害が増大し、異常気象の頻発などを通じて貿易と国際的な金融市場、さらに通信の破壊や保険や資本の一時的なコスト上昇に影響する。

温暖化防止に向けた国際的な取組みとして次の4つをあげ、早急に世界各国が対応を進めるべきであると呼びかけている。

- ・排出量取引： 世界・各国の排出量取引を拡大することにより、二酸化炭素の排出量削減を進めることは、開発途上国の対応を促す上でも説得力のある方法である。豊かな国が削減目標を設定することにより、年間何百億ドルという資金が流動する引き金となり、化石燃料に依存しない低炭素社会への発展の道を切り開く可能性がある。
- ・環境技術の協力体制： 環境技術について連携体制をとることは、世界各国による開発投資の効率性を高める。国際的な観点から、エネルギー研究開発への支援を少なくとも倍増させ、新開発の低炭素技術を普及させるための資金援助は5倍にしなければならない。また国際的な製品規準を作ることはエネルギー効率の改善を進める有効な方法である。
- ・森林伐採を防止対策： 世界中で自然森林が失われていき、それに起因する年間の温室効果ガス排出量は輸送部門よりも多い。森林伐採に歯止めをかけることは、温室効果ガス排出量を減らす非常に費用効率性の高い方法である。
- ・適応： 気候変動の影響を最も受けるのは貧しい国である。それらの国の開発計画には気候変動を考慮し、豊かな国は約束を守り、海外開発援助を通じて支援を増強することが肝要である。また、世界中から集めた資金は、気候変動が各地域に及ぼす影響に関する情報基盤を改善し、干ばつや洪水に強い新品種を作るための研究開発に使われることが望ましい。

参考文献

Stern, N., 2006: The Economics of Climate Change, Cambridge University Press.

要約(Executive Summary)の和訳が英国大使館ホームページから入手可能である。

3.4 適応策に関する今後の研究課題

ここでは、適応策に関する今後の研究課題を示す。技術、制度、経済システム、情報、人材、その他の研究課題に分類して示す。

【今後、各WGにおいてリストアップされる研究課題から作成予定。】

- (1) 技術に係る研究課題
- (2) 制度に係る研究課題
- (3) 経済システムに係る研究課題
- (4) 情報に係る研究課題
- (5) 人材に係る研究課題
- (6) その他の研究課題

4. 今後に向けての提言