

## 第8章 途上国分野

### 《目次》

|                                                  |           |
|--------------------------------------------------|-----------|
| はじめに .....                                       | 2         |
| <b>8.1 影響のメカニズム .....</b>                        | <b>3</b>  |
| (1) 途上国の温暖化影響に特に関連する要素等 .....                    | 3         |
| (2) 途上国の重要分野における温暖化影響のメカニズム .....                | 4         |
| <b>8.2 現在把握されている影響 .....</b>                     | <b>6</b>  |
| (1) 途上国において把握されている温暖化影響 .....                    | 6         |
| (2) 特に重要な小地域・分野別の温暖化影響 .....                     | 9         |
| <b>8.3 将来予測される影響 .....</b>                       | <b>10</b> |
| (1) 途上国において予測される温暖化影響 .....                      | 10        |
| (2) 特に重要と予測される小地域・分野別の温暖化影響 .....                | 13        |
| <b>8.4 社会的要素を考慮した脆弱性の評価（方法論・ツールの検討を含む） ....</b>  | <b>14</b> |
| (1) 温暖化影響分野に関わる途上国の社会的要素 .....                   | 14        |
| (2) 途上国の脆弱性評価の事例 .....                           | 16        |
| (3) 分野横断的に見て極めて脆弱性が高く、<br>適応が必要と評価される地域・国等 ..... | 18        |
| (4) 脆弱性評価における課題 .....                            | 18        |
| <b>8.5 適応策 .....</b>                             | <b>19</b> |
| (1) 途上国における適応策の考え方 .....                         | 19        |
| (2) 適応策に係る我が国及び国際機関等の取組 .....                    | 21        |
| (3) 適応策メニューとその体系 .....                           | 25        |
| (4) 適応策の選択・実施にあたっての考え方 .....                     | 28        |
| (5) 適応策を実施する上でのバリア .....                         | 29        |
| (6) 適応策として参考にできる既存の事例・政策 .....                   | 31        |
| (7) 適応策の評価手法に関する研究動向 .....                       | 32        |
| <b>8.6 今後の課題 .....</b>                           | <b>34</b> |
| (1) 影響・適応に関する研究課題 .....                          | 34        |
| (2) 我が国の貢献すべき課題と取組 .....                         | 35        |
| 引用文献 .....                                       | 38        |

※図表・写真等の使用に際しては、出典を必ず明記いただけますようお願いいたします。

※ **要通知！** 印のある図表・写真は使用にあたり執筆者等への連絡が必要のため環境省に問合せ願います。

※ **要許諾！** 印のある図表・写真は使用にあたり学会等、引用元の使用許諾等が別途必要ですのでご注意ください。

## はじめに

途上国分野ワーキンググループでは、アジア太平洋地域の途上国における温暖化の影響および適応を検討するにあたり、下記のような途上国の現状および国際的な状況を共通の認識として、議論を進め、報告を取りまとめた。

### ○温暖化は先進国・途上国の差なく影響をもたらすが、アジア太平洋地域の途上国は、現在の気候変化や異常気象に対して既に脆弱であり、温暖化が進行すると深刻な影響を被る

アジア太平洋地域は、乾燥・半乾燥地、小島嶼、海岸デルタ、高山などがあるように自然的条件が多様であり、様々な温暖化の影響を受けやすい。また、途上国は人的、科学的、技術的、財政的、制度的に温暖化へ対処する能力が不足しているとともに、貧困・低開発は、温暖化への抵抗力が不足する最大の要因となっている。

### ○途上国の適応は、開発上の課題への対策と統合して進める必要がある

温暖化影響への適応は、現在の脆弱性を低減する開発上の課題と多くは重複していることから、開発と連携・統合することにより、より効果的かつ効率的な適応が可能になる。適応策の実施は、他の分野においても、また、将来の気候変動に対してのみならず現状においても便益（コベネフィット）をもたらす場合がある。

### ○途上国の温暖化影響は、国際的な食料、水資源、生態系の問題と緊密に関連する

途上国の被害は、グローバリゼーションにより、食料問題をはじめとする国際的な問題に影響を及ぼす。たとえば、途上国の有する豊かな森林や沿岸域など、生態系への温暖化影響は、地球規模の生物多様性保全や食料生産等にも関わる重要な課題である。また、途上国の被害が、自然資源の争奪、国土の減少等による環境難民の発生などにつながれば、国際的な安全保障上の問題にもなる。

### ○経済力が乏しく、技術や知見が不足している途上国が深刻化する温暖化影響に適応するためには、国際的な協力が不可欠である

途上国が温暖化影響に適応するためには、気候変動枠組条約等の国際的な枠組み等の多国間、二国間の協力、援助を強化することが必要である。特に、温暖化影響が懸念されるアジア太平洋地域、中でも低開発・最貧困国など脆弱性の高い地域への支援が必要である。

### ○アジア太平洋地域における先進国として、我が国が積極的に貢献すべき課題は多い

我が国では、2005年に「政府開発援助に関する中期政策」を策定し、「気候変動への悪影響への適応」に取り組むことを示しており、気候変動対策の国際貢献は、我が国の重要な方針である。温暖化影響への適応を国際的に進めるにあたっては、自然災害・都市災害などの防災分野、気象や将来気候の予測などの気候分野など、我が国の経験、技術を活用した貢献が可能である。

## 8.1 影響のメカニズム

ここでは、途上国分野における温暖化影響のメカニズム全体像を整理する。

### (1) 途上国の温暖化影響に特に関連する要素等

ここ 100 年で地球の平均気温が 0.74℃ 上昇したことが観測されている。また、世界各地で気温上昇や降水パターン変化による影響、熱波や干ばつなどの異常気象の頻度・規模の変化による影響が顕在化している。とくに熱帯・亜熱帯地域の途上国、中国やインドなどの人口・経済活動密集地等において影響が顕在化しており、今後温暖化がさらに進むと影響が深刻化すると予測されている。

アジア太平洋地域諸国は、多様な自然要素と社会経済的な要素を有しており、また対象地域が広大なことから、関連する気候要素も種々にわたる（図 8-1 参照）。世界人口の 60% が居住し、沿岸域にある多くのメガシティに人口や資産が集中していることから、被害を受ける人口や資産が多いことも特徴である。また、中国、インドのように 10% 前後の経済成長率を示す新興国もある一方、ブータン、ミャンマー、ラオスなど後発開発途上国に分類されている国もあり、温暖化に対する脆弱性は様々である。しかし、現状でも多くの国で食料や水などの問題が生じており、その上に温暖化の影響が加わることで、持続可能な開発が阻害されることが懸念される。

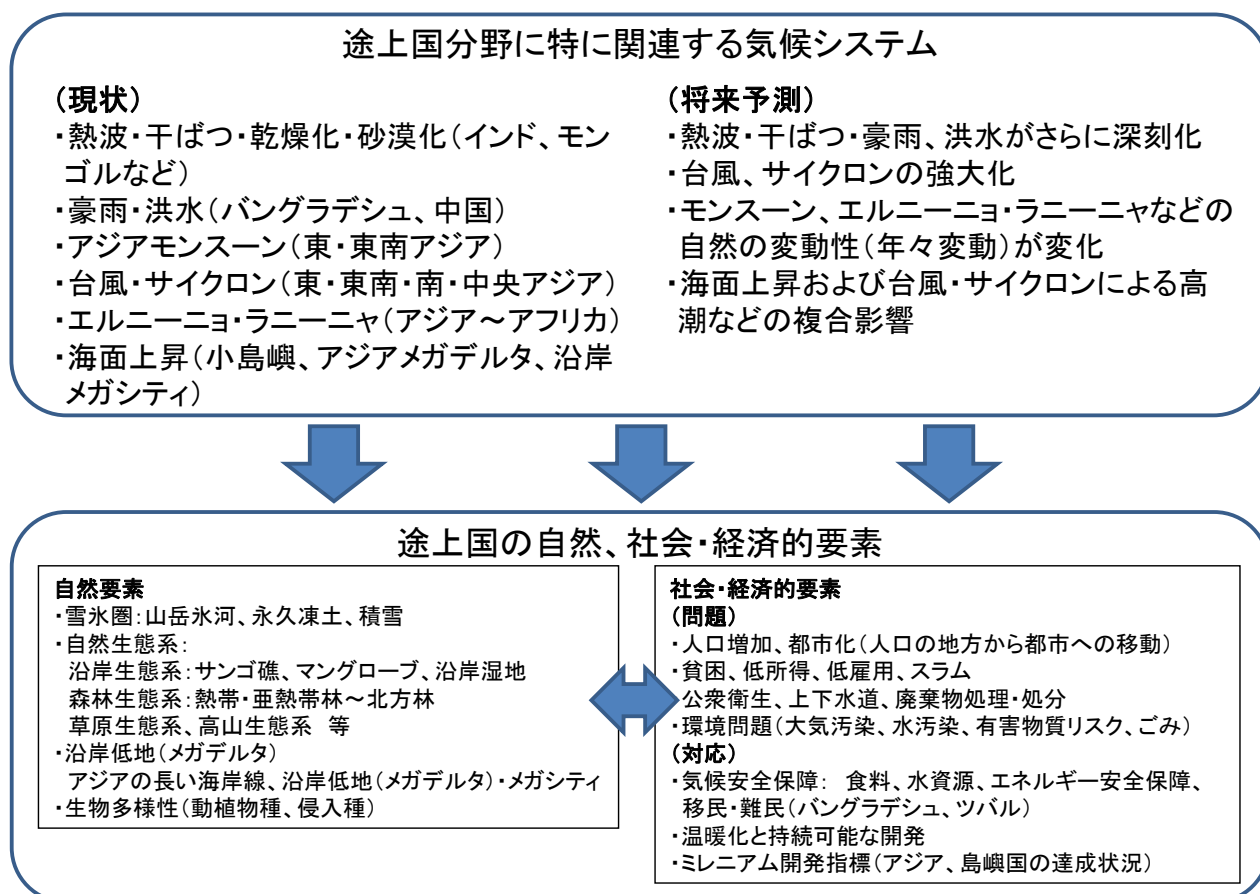


図 8-1 途上国の自然、社会・経済的要素と気候要素

## (2) 途上国の重要分野における温暖化影響のメカニズム

アジア太平洋地域における重要分野の温暖化影響のメカニズムについて、図 8-2 に示す。温暖化、気候変動性、極端気象現象などの気候変化が、海面上昇や、雪氷、水災害、沿岸域、生態系などに直接的な影響を及ぼし、さらに影響が様々な分野に波及することを示している。一方、影響を受ける途上国においては、現在でも多くの脆弱性要因があると同時に、適応力が低いという特徴がある。気候変化による直接的な影響や各分野の影響と、影響を受ける途上国の脆弱性があいまって、影響が波及・拡大することにより、結果として食料安全保障、水安全保障、さらに人間の生存や健康などの人間安全保障に影響を及ぼすことになる。

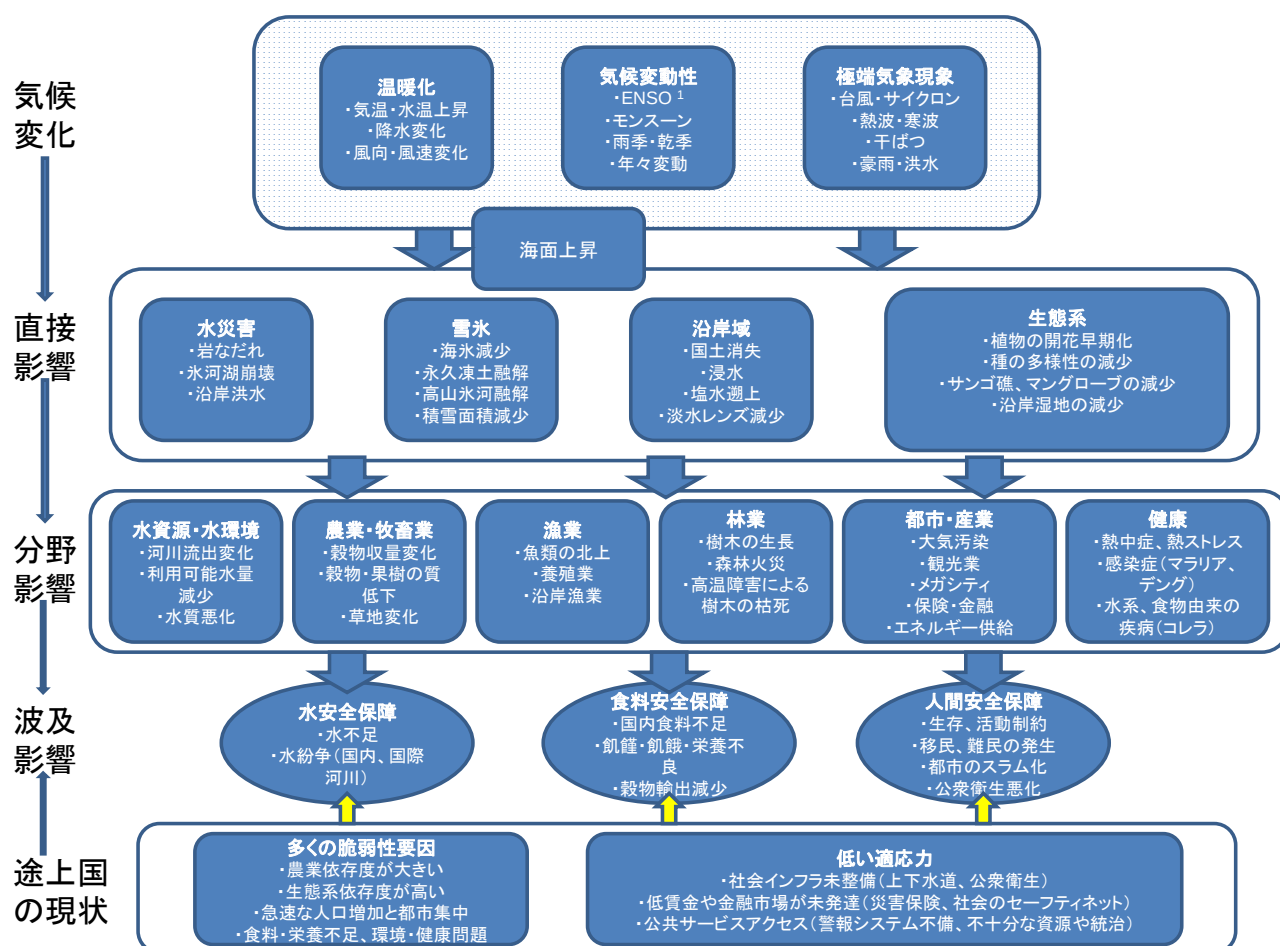


図 8-2 アジア太平洋地域における重要分野と温暖化影響のメカニズム

温暖化により、農林水産業、水資源、都市・産業、健康など種々の分野における影響が現状および将来に発生すると考えられる。また、直接的、物理的な影響に加えて、間接的、波及的な影響も考えられる。たとえば、水不足や気温の変化などによる穀物生産量の減少により、国内の食料需要に対して十分な供給がなされない場合、輸入による食料調達が不十分であれば、極端な食料不足が生じ、さらには飢饉などにつながる可能性もある。

また小島嶼国においては、食料供給のための農業・漁業、外貨獲得のための観光業など、産業が特化・限定されている場合が多い。海面上昇による影響とサイクロンなどの極端現象が重複すると、

<sup>1</sup> エルニーニョ・南方振動。太平洋全域の大気と海洋の大規模な経年変動である。エルニーニョ現象はその海洋側の現象であり、南米沿岸において、通常は季節的な変動である南向きの海流と海水温上昇の発生、それに伴う乾燥地での降雨が、半年から1年半程度継続する現象である。一方、大気側の数年周期の変動は、海面気圧の東西間の振動として、南方振動と呼ばれている。これらは大気と海洋が密接に結びついた同一の現象のそれぞれ、海洋側、大気側の側面として認識されているため、両者をあわせてエルニーニョ・南方振動（ENSO）と呼ばれている。

これらの産業に甚大な被害をもたらす。また、サンゴ礁を基礎とする島々では、淡水レンズ<sup>2</sup>に貯水された淡水資源が降水量変化や海面上昇などの影響により減少する。

### ・途上国への影響を通じた日本への影響

アジア太平洋地域の途上国への温暖化影響は、以下のような分野において、間接的に日本へも影響する。

#### 一食料安全保障

アジアモンスーン地域は代表的な米生産地域である。米は、小麦に比較して、流通範囲が比較的限定されているが、アジア地域では食料として重要な位置を占めている。一方、アジア地域の途上国では、人口増加や肉食の増加の影響もあり、これまで穀物の輸出国が輸入国に転じるなどのケースもでてきた。温暖化により食料生産や輸出入が影響を受ければ、日本を含めたアジア地域の食料安全保障に深刻な影響が生じる可能性がある。

#### 一感染症など人の健康問題

大規模な熱波や洪水による直接被害とともに、温暖化によりマラリア、デング熱などの蚊媒介性感染症の拡大や、コレラなどの水系感染症の拡大が予測されている。公衆衛生が劣悪な途上国においては、洪水後の衛生状態が悪化することにより、被害が増大すると予想される。日本では、温暖化によるマラリア、デング熱などの感染症の発生や拡大は予測されていない。しかし、デング熱を媒介するヒトスジシマカは北上を続けており、1950年には関東が北限であったが、最近では青森県まで達している。また、旅行など日本人の海外への渡航人数が1,750万人（2006年）に及ぶことから、渡航者がアジア地域の途上国において感染症に感染し、日本に帰国する確率も増加する（エアポート感染症）。空港などの水際で食い止められない場合には、国内での感染症の発生リスクが増加する可能性もある。

#### 一環境難民など人々の移動

バングラデシュでは、過去にサイクロンなどの暴風雨により低地で多くの被害が発生するとともに、被災した人々が国内で移動するだけでなく、近隣の国々へ国境を越えて移動した例がある。また、ツバル、キリバスなどの島嶼国では、海面上昇に伴う国土の減少によりニュージーランドへの移住が始められている。温暖化に起因する環境変化がこうした環境難民を引き起こす可能性も指摘されており、アジア太平洋地域において発生した環境難民の日本への受け入れなどが問題となる可能性もある。

---

<sup>2</sup> 透水性の岩石や環状サンゴ等で地盤が形成される地域の地下においては、海水と淡水の比重差から、淡水が海水の上にレンズ状の形で蓄えられている。温暖化による降水量の減少や海面上昇により淡水貯水量が減少し、水不足などの影響をもたらす。

## 8.2 現在把握されている影響

アジア太平洋地域の途上国において現在把握されている影響を、以下に整理する。

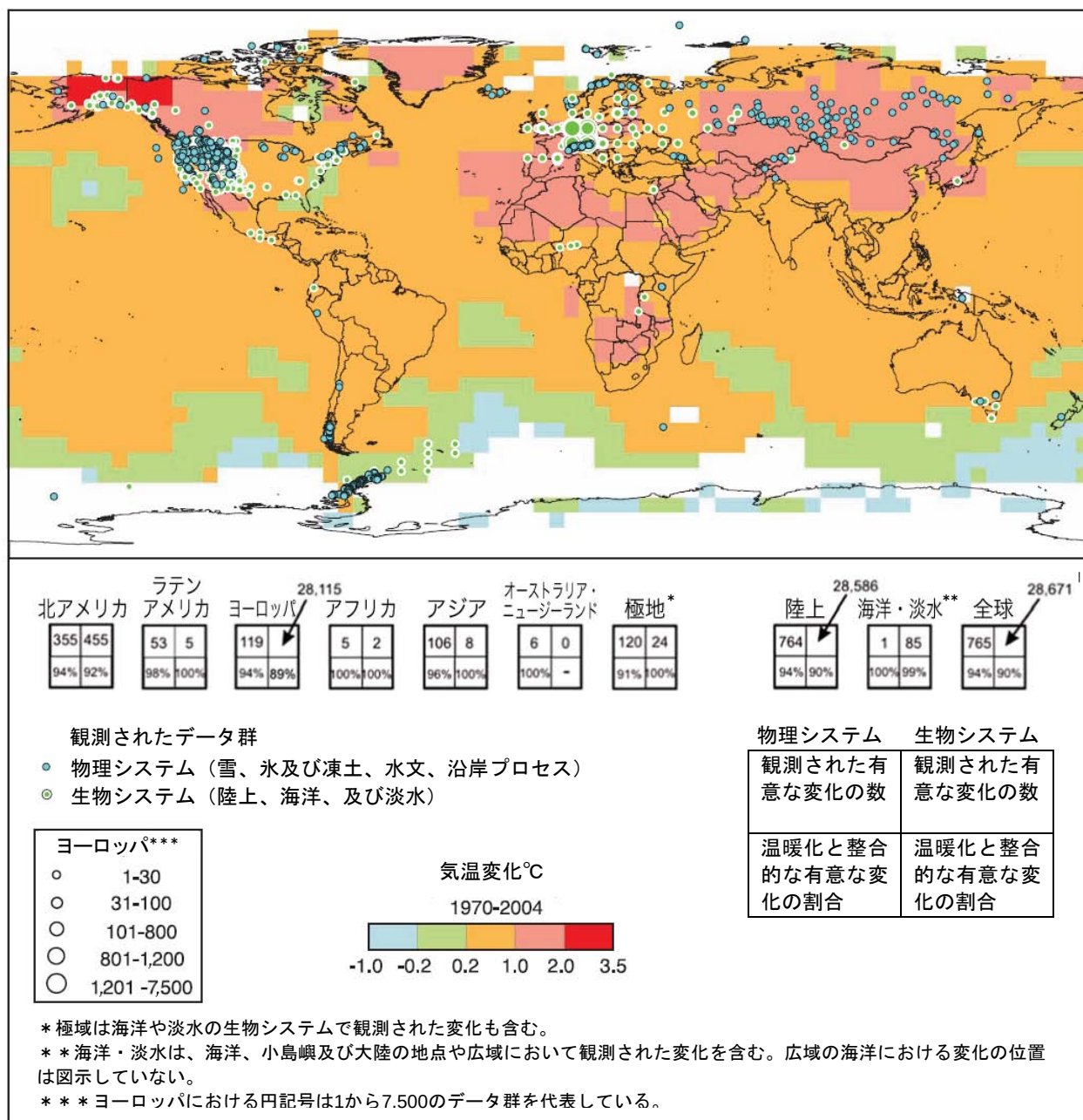
### (1) 途上国において把握されている温暖化影響

IPCC 第4次評価報告書（IPCC, 2007）は、観測された温暖化影響について、「すべての大陸及びほとんどの海洋で観測された証拠は、多くの自然システムが、地域的な気候変化、とりわけ気温上昇によって、今まさに影響を受けていることを示している」と、前回報告書に比べてさらに踏み込んだ結論を示している。同報告書が「2001年の第3次評価報告書以来、物理・生物環境において観測されたトレンド、並びにそれらの地域的な気候変化との関係に関する研究の数は大きく増加した」と述べていることから分かるように、この結論は、影響の観測・検出に関する科学的知見の進展に裏付けられたものである。

一方で、報告書は「しかしながら、観測された変化に関わるデータ及び文献の地理的バランスが著しく欠如しており、特に途上国においてそれらの不足が目立つ。」とも述べている。図 8-3 から明らかなように、欧米に比してアジア太平洋を含む途上国での観測事例は少なく、さらにその途上国の中でも大きな地理的偏りが見られる。これは、長期にわたる継続的観測が、これまで途上国においてシステムティックに行われてこなかったことによるものであり、今後は、途上国における観測・モニタリング体制の拡充が望まれる。

このような状況のため数は少ないが、近年、観測された影響が報告されつつある。また、20世紀後半の極端な気象事象の強度と頻度の増加傾向について、新たな証拠が報告されている。以下では、観測された影響について整理する。





この図は、物理システム（雪氷、凍土、水文及び沿岸プロセス）及び生物システム（陸域、海洋及び淡水の生物システム）のデータ群における有意な変化があった地点を、1970年から2004年の間における地上気温の変化とともに示している。577の研究による約80,000件のデータ群から約29,000件のデータ群が選ばれた。これらは、以下の基準に合致するものである：(1) 1990年かそれ以降まで続く；(2) 少なくとも20年間は継続している；(3) 各研究における評価で、いずれかの方向に有意な変化を示している。（以下、省略）

**図 8-3 物理・生物システム及び地上気温の変化 1970-2004 年（IPCC, 2007 を和訳）**

### 1) 自然システム（雪氷圏・水資源への影響）

多くの都市及び居住地が、主として気温上昇に起因する永久凍土層の急速な融解及び凍土厚の減少により脅かされ、地すべりの頻度が増加し、永久凍土地域の湖で水位が上昇した。

アジアのより乾燥した地域では、通常、氷河の融解による水が淡水供給量全体に占める割合は10%を超えている。中央アジア、西モンゴル、中国北西部のゼラフシャン氷河、アブラモフ氷河、チベット高原の氷河などは、近年その融解速度が増した。氷河の急速な融解の結果、氷河流出量及び泥流と岩なだれを招く氷河湖決壊の頻度が増大した。ただし、最近の北パキスタンでの研究では、過去40年間で西ヒマラヤでの冬季降水量増加により、インダス渓谷の氷河が拡大している可能性

が示唆されている。

中国の一部地域では、水利用増加とともに気温上昇及び降水量減少によって水不足が生じ、結果的に湖及び河川が干上がるに至った。

## 2) 自然システム（生態系への影響）

過去 20 年間にアジアにおける森林火災の強度増大と拡大が観測された。その原因は主として気温上昇及び降水量減少が土地利用強度の増加と組み合わせられたものである。最近の研究によると、シベリアの泥炭地における火災の急増は、人間活動の増加と気候条件の変化、特に気温上昇と関係がある。また、過去 60 年間に春季降水量が 17%減少、地表温度が 1.5℃上昇したため、モンゴルの森林及び草原火災の頻度及び範囲は 50 年間にわたって著しく増大した。

草地の成長期における降雨が次第に減少しているため、近年中央・西アジアでの乾燥が強まり、草原の成長が遅れ、地表の露出が増した。露出が進むとさらに土壌水分が蒸発することになり、地面はますます乾燥するため、草原の劣化が加速した。

アジアの湿地帯は近年の温暖化した気候により次第に脅かされつつある。パキスタン、バングラデシュ、インド、中国のほとんどのデルタ地域において降水量の減少及び干ばつが生じ、その結果、湿地帯が干上がり、深刻な生態系劣化がもたらされた。

アジアにおける気候変動に関連した生物多様性喪失の証拠は依然として限られているが、近年アジアの多くの場所において、気候変動の結果、多くの動植物種がより高い緯度や高度へ移動していると報告されている。

## 3) 社会システム（人間健康）

アジアにおける地球温暖化の健康への影響に関しては、第 4 次評価報告書では、長期データに基づき、気温・降水等の変化と結びつけて説明された健康影響の顕在化についての報告はなかった。ただし、近年の熱波によりインドのいくつかの州において多数の死亡があったことが報告されており、また、シベリアの都市においても、極端に高い夏季気温に伴う熱中症等深刻な健康リスクが報告されている。南アジアでは、下痢を伴う風土性の疾病が、高温に関連して増加することが報告されている。

## 4) 社会システム（沿岸域への影響）

温暖化による海面上昇については、モニタリング期間は短いものの、1993 年から海面上昇の測定に衛星（TOPEX/POSEIDON）も利用されはじめた。全球平均で海面が  $3.1 \pm 0.7 \text{ mm/年}$  上昇していることが示され、上昇量に地域差があることも分かってきている。ツバル（Hall, 2006）やモルディブなどアジア太平洋の標高が極めて低い島嶼国でも、海面上昇が進行してきていることは事実との認識が広がっており、海面上昇による影響は今後より明確になると考えられる。

海岸侵食、海水温、塩分濃度をはじめとした水質や生態系の変化も報告されている。気候変化によるマングローブへの大規模な影響が、インダスデルタとバングラデシュで確認されている。しかし、水質や生態系の変化には開発行為の影響も含まれていることから、温暖化との関係を示すには継続した観測が必要である。

温暖化により台風の強度の増加が予測されている中、ここ数 10 年、太平洋で発生する台風の頻度と強度に増加傾向が見られる。ベンガル湾やアラビア海では、発生数は減少傾向にあるが、強度は増している。これらの台風やサイクロンが引き起こす災害は、インド、中国、フィリピン、ベトナム、カンボジア、イランやチベット高原などの国・地域をはじめとして、各地で増加している。2007 年 11 月にバングラデシュで被災者 870 万人以上の被害をもたらしたサイクロン・シドル（OCHA, 2007）は記憶に新しい。2008 年 5 月 2 日には、サイクロン「ナルギス」が、人口密度の高いイラワジ川デルタ地帯に襲撃した。同 16 日時点での被災者数は、死者が 77,738 人、行方不明



者が 55,917 人とされている（OCHA, 2008）。死者・行方不明者に加えて、被災者は数十万～百万人以上に上ると言われている。存在する記録の中で、このデルタ地帯にサイクロンが上陸したのは初めてで、この 100 年間のミャンマーで最悪の自然災害となるとみられている。

## **(2) 特に重要な小地域・分野別の温暖化影響**

IPCC 第 4 次評価報告書（IPCC, 2007）によると、これまでに大気中に排出・蓄積された温室効果ガスの効果が継続するため、温室効果ガスの排出削減の大きさに関わらず、今後 20 年間は全球平均  $0.2^{\circ}\text{C}/10$  年程度の気温上昇が生ずることは避けられない。それゆえ、これまでに観測された影響は、今後さらに広範に拡大するとともに深刻化するものと予想できる。

そのような状況をふまえると、特に注目が必要な地域・分野として、まず、緊急の適応策の実施が必要かつ可能な分野を挙げることができる。具体的には、山岳氷河の融解加速に伴う氷河湖の決壊リスクの高まりは深刻な問題の 1 つである。そのため、リスクの軽減を目的として、湖から徐々に排水し水位を低くするプロジェクトが既に実施されている。ツバルやモルディブなどの低標高な島嶼国における海面上昇影響についても、他の要因とあいまって問題が顕在化しつつあり、緊急対策を要するという側面から、重要な影響と考える必要がある。

一方、既に影響が顕在化しつつあるが、それに対する適応策が限定的であるものについては、影響被害が甚大なものとなるおそれがあるという観点で注目が必要である。具体的には、自然生態系や生物多様性への影響がある。これらは適応策の実施が困難であり、今後継続する気温上昇に伴い被害がさらに拡大・深刻化することが予想されるため、継続的なモニタリングが必要である。

### 8.3 将来予測される影響

途上国分野において将来予測される自然的・社会的要素への影響について、以下に整理する。

#### (1) 途上国において予測される温暖化影響

アジア太平洋地域の途上国においては、山岳氷河など雪氷や生態系、水資源・水環境、食料、沿岸域、人の健康、産業などほぼすべての分野における影響が予想されている。

これらの分野別影響のうち代表的なものを、表 8-1 に整理する。

表 8-1 アジア太平洋地域の途上国における分野別の影響（IPCC, 2007 より作成）

|             | アジア地域                                                                                                                                                                                                 | 小島嶼                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 雪氷圏         | <ul style="list-style-type: none"> <li>ヒマラヤ山脈の氷河の融解により、洪水や不安定化した斜面からの岩なだれの増加、及び今後 20～30 年間に於ける水資源への影響が予測される。また氷河が後退することに伴う河川流量の減少が生じる。</li> </ul>                                                     |                                                                                                                                                                                                                                   |
| 水資源         | <ul style="list-style-type: none"> <li>中央アジア、南アジア、東アジア及び東南アジアにおける淡水の利用可能性が、特に大河川の集水域において減少する可能性が高い。人口増加と生活水準の向上とあいまって、2050 年代までに 10 億人以上の人々に悪影響を与える。</li> </ul>                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>小島嶼の大半は水供給が制限されており、降水量や分布の変化に特に脆弱である。太平洋の小島嶼では、2050 年に平均降水量が 10% 減少すると淡水レンズが 20% 減少する（タラワ環礁、キリバスなど）。</li> </ul>                                                                            |
| 生態系         | <ul style="list-style-type: none"> <li>陸域生態系や海洋生態系の変化が観測されている。気候変化によりさらに生態系や種の多様性へ悪影響を与える。</li> </ul>                                                                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>一部の島嶼（特に中から高緯度）では従来気温が制約になっていたが、気温上昇などにより非固有の侵入種に固有種がとって変わられる可能性がある。</li> <li>海水温上昇や海面上昇、濁度、栄養分や化学物質の流入など人為的な要因も複合して、サンゴ礁などの海洋生態系に影響を与える。</li> </ul>                                       |
| 食料          | <ul style="list-style-type: none"> <li>21 世紀半ばまでに、穀物生産量は、東アジア及び東南アジアにおいて最大 20% 増加し得るが、中央アジア及び南アジアにおいては最大 30% 減少すると予測される。</li> <li>急激な人口成長と都市化をあわせて考慮すると、一部の途上国において、非常に高い飢餓のリスクが継続すると予測される。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>海面上昇、浸水、淡水レンズへの塩水浸入、土壌の塩類化、水供給量の低下により沿岸農業に悪影響を与える。</li> <li>内陸部では洪水や干ばつなど極端現象の変化により農業生産が低下する可能性が高い。</li> <li>漁業は多くの島嶼で経済上重要な分野である。エルニーニョ・南方振動（ENSO）の発生頻度と強度の変化は、商業漁業に深刻な影響を与える。</li> </ul> |
| 沿岸域・島嶼国     | <ul style="list-style-type: none"> <li>沿岸地域、とくに南アジア、東アジア及び東南アジアの人口が密集しているメガデルタ地帯は、海からの洪水（いくつかのメガデルタでは河川からの洪水）の増加に起因して、最も高いリスクに直面すると予測される。</li> </ul>                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>海面上昇により国土面積の減少や、浸水、高潮、侵食面積の増大などにより、コミュニティや人々の生計や福祉を支えるインフラ、住居や施設を脅威にさらす。</li> </ul>                                                                                                        |
| 人の健康・産業への影響 | <ul style="list-style-type: none"> <li>主として洪水と干ばつに伴う下痢性疾患に起因する地方の罹患率と死亡率は、気候変化に伴う水循環の変化によって、東アジア、南アジア、及び東南アジアで増加すると推定される。</li> <li>沿岸の海水温度が上昇すると、コレラ菌の存在量が増加し、また毒性が増加する。</li> </ul>                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>観光業は主要な産業で、GDP、雇用の面で重要である。海面上昇、海水温上昇により海浜の侵食、サンゴ礁の劣化や白化を招き、観光業の衰退をもたらす。</li> <li>熱帯・亜熱帯に位置する島嶼では、マラリア、デング熱、フィラリア、充血吸虫病、食物・水媒介性疾病に現在、将来影響を受ける。</li> </ul>                                   |

|     | アジア地域                                                                                             | 小島嶼                                                          |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
|     |                                                                                                   | ・公衆衛生施設や制度、廃棄物管理が十分でないことから観光のグローバル化、気候変化とあいまって人々の健康へ悪影響を与える。 |
| 適応力 | ・アジア途上国では、急速な都市化、工業化、経済発展により大気汚染、土地劣化など環境問題を引き起こしている。気候変化は環境劣化をさらに促進し、適応力を弱体化するとともに、持続可能な発展を阻害する。 | ・気候変化、海面上昇、極端現象の影響に対して脆弱であり、多くの島嶼の適応力は低く、適応の費用は GDP に比べて高い。  |

各分野への影響の詳細は、以下のとおりである。

## 1) 雪氷圏・水資源への影響

永久凍土劣化によって著しい地表沈下及び建築物損傷がもたらされるであろう。ロシア及びモンゴルの水はけの良い丘陵地及び高地では、永久凍土融解によりさらに水はけが良くなり、地下水量が減少すると予測される。チベット高原では、今世紀末までに全般的に永久凍土地帯の規模が縮小し、高標高へ移動し、劣化に直面すると予測されている。地表気温が 3℃ 上昇し降水量が変化しないとすると、長さ 4km 未満のほとんどのチベット高原の氷河は消滅すると予測されており、長江の氷河地帯の面積は 60% 以上減少する可能性がある。

河川の流量の季節性および水量にも、変化が生ずると予想される。中央アジア、南アジア、東アジア、東南アジアにおける淡水の利用可能性は、とくに大河川の集水域において減少する可能性が高い。このことは、人口増加と生活水準の向上とあいまって、2050 年代までに 10 億人以上の人々に悪影響を与えうる。メコン川流域では、最大月流量が増加する一方で、最小月流量が減少する。即ち、雨季の洪水リスクの増加と乾季の水不足の増加が同時に起こりうることを示している。

ヒマラヤ山脈の氷河の融解により、洪水や不安定化した斜面からの岩なだれの増加、および今後 20～30 年間にわたる水資源への影響が予測される。これに続いて、氷河が後退することに伴う河川流量の減少が生じる。

中国北西部およびモンゴル西部では、今世紀末までに、春季の積雪の融解量が大きくなるとともに、融雪時期が早期化する。結果的に春季の水資源量が増加し洪水のリスクも高まる一方、冬季の畜産用の水資源が大幅に減少すると見込まれている。

水質に関しては、海面上昇に伴い、沿岸域において地下水及び表層水の塩分濃度が増加する。特にインド、中国、バングラデシュがその影響を受けやすい。

## 2) 生態系への影響

アジアの生物多様性の最大 50% が、気候変化によるリスクに曝されている。北アジアの北方林はさらに北に移動する。タイガがツンドラに入れ替わり大幅に増加し、さらにツンドラが北に移動することにより極砂漠が減少する。気候変化と生息域の断片化の相乗効果により、生物種の数が大幅に減少すると見込まれる。二酸化炭素濃度倍増を仮定した二つの気候モデルによる予測によると、中国においては 105～1,522 の植物種と 5～77 の脊椎動物種が、インドシナ半島及びビルマでは 133～2,855 種の植物と 10～213 種の脊椎動物が、絶滅する可能性がある。

北アジア・東南アジアでは降水も増加する中で、予期される気温上昇によって森林火災の頻度・強度が増すかどうかは不確実である。1℃ の平均気温上昇によって、北アジアでは、森林火災が起こりうる乾燥した期間が 30% 増加するとの研究もある。もしそうなるならば、森林生態系の機能に様々な変化が生じることになる。気温上昇及び蒸散量の増加に伴い、アジアにおいては自然草地の面積及び成長量は一般的には減少すると予測されている。南アジアでは、草地・サバンナの自然資本が大きく減少すると予想される。モンゴルのステップでは、高地山岳地帯とゴビを除くと、気温上昇と降水量減少に伴い、牧草の生産性が約 10～30% 低下すると見込まれている。

チベット高原の自然植生帯は大きく変化すると予測されている。温帯草地及び冷温帯針葉樹林は拡大するが、温帯砂漠及び氷縁砂漠は減少するかもしれない。気候変動により遊牧の移動域の境界が北東中国南部に移り、それにより草原面積が増加し、家畜生産の好条件をもたらす。しかしながら、遊牧の移動域は同時に潜在的な砂漠化地域であるため、新たな移動域で何ら保全対策がとられなければ、砂漠化が起こるであろう。気候変動及びその他の人為的要素との影響によって起こる、さらに頻繁で長期にわたる干ばつは、結果としてアジアにおける砂漠化傾向を増幅させるであろう。

### 3) 農業や食料への影響

農業に関しては、今世紀末までにアジアにおける穀物の潜在生産量が大きく減少すると見込まれているが、その地域差は大きい。21 世紀半ばまでに、穀物生産量は、二酸化炭素の施肥効果を考慮したとしても、東アジアおよび東南アジアにおいて最大 20%増加しうる反面、中央アジアおよび南アジアにおいては最大 30%減少しうる。これらと人口増加と都市化を考慮すると、いくつかの途上国において、非常に高い飢餓のリスクが継続すると予測される。

より地域的な研究の結果としては、例えばバングラデシュでは、同時期までに、イネとコムギの生産量がそれぞれ 8%および 32%減少すると予測されている。インドでは、冬季の気温が 0.5℃上昇するだけで、コムギの収量が 0.45t/ha 減少すると予測されている。また、0.5～1.5℃の気温上昇で、コムギ及びトウモロコシの潜在収量が 2～5%減少するとの予測もある。中国では、2℃の平均気温上昇で、天水栽培のイネの収量が 5～12%減少すると見込まれている。

一方、農業適域は北にシフトする。例えば中国北部では、今世紀半ばまでに、三期作の境界が長江溪谷から黄河流域まで 500km 移動し、二期作地域は現状の一期作地域まで移動する。その一方で、一期作の地域は 23%減少すると見込まれている。

気温上昇・成長期間の伸長は、アジア温帯地域において害虫の数を増加させうると見積もる研究もある。また、大気中の CO<sub>2</sub> 濃度の増加と気温上昇により、光合成経路の異なる雑草間の競合関係が変化すると考えられている。

### 4) 沿岸域・島嶼国への影響

海面上昇は海岸侵食に直結する。発生数については未だはっきりしないが、温暖化によって熱帯低気圧の勢力が増す可能性が高い。したがって、海岸の低平地、特に人口が集中するデルタでは、海面上昇と高潮の強度の増加によって、現在よりも危険度が高くなる可能性が高い。気候変化と海面上昇により最も人々が影響を受けやすいのは、次の地域である。

- ・アジアのメガデルタ（バングラデシュと西ベンガルのガンジス-ブラマプトラ川デルタなど）
- ・自然現象および人為的な活動による地盤沈下と熱帯低気圧の上陸点が重なる沿岸地帯
- ・モルディブなど環礁に代表される標高の低い小島嶼

海面上昇によって 2050 年に 100 万人以上の人々が影響を受ける地域は、バングラデシュのガンジス・ブラマプトラ川デルタ、ベトナムのメコン川デルタ、エジプトのナイルデルタである。紅河とメコン川の河口デルタでは、1m の海面上昇により、それぞれ 5,000 km<sup>2</sup>、15,000～20,000 km<sup>2</sup> の土地が洪水に見舞われ、400 万人、350～500 万人の被災者が発生することや、約 1,000 km<sup>2</sup> が塩分を帯びた干潟になり、耕地や養殖場の喪失、2,500 km<sup>2</sup> のマングローブ消失が予想されている。

海水温の上昇による、海洋生態系のさまざまな変化も懸念されている。アジアのサンゴ礁は今後 10 年以内に 24%、30 年以内に 30%が、気候変化と人為的活動などの複合ストレスを受けて失われると予想されている。

サンゴ礁からなる島々には、ツバルやモルディブなど標高が数 m 未満の国が少なくなく、海面上昇のみでも水没する面積が相対的に大きい。島嶼国における波浪の防御には、砂浜、サンゴ礁やマ

ングローブなど自然のものを活用している場合が多いため、海面上昇や海水温上昇でこれらが失われると、防御機能が低下する。2100年に海面が88cm上昇した場合、サモアでは50%、15の太平洋の島々で12%のマングローブ地帯が消失すると予測されている。

島嶼国では、飲み水として、雨水の貯留以外に、海水との濃度差による淡水レンズ効果で溜まる地下水が重要である。降雨の減少と海面上昇が重なると淡水レンズが縮小し、水不足を引き起こす。例えばキリバスのTarawa環礁では、2050年で降雨が平均10%減少すると、淡水レンズの大きさが20%減少すると予測されている。

これらの島嶼国は熱帯もしくは亜熱帯地域にあることが多く、気象や気候が伝染病の拡大に関係しているが、温暖化がさらにそれを加速させる可能性が高い。海水温の上昇は重要な食料、観光資源である海洋生態系へも大きく影響する。

## **(2) 特に重要と予測される小地域・分野別の温暖化影響**

温暖化影響の「重要度」の判断には、科学的知見に基づく客観的要素と、評価者の価値観に基づく主観的要素がともに関係する。客観的要素としては、有害な影響の規模、生起確率、生起時期、持続性・可逆性などがある。一方、主観的要素としては、影響を受けるシステムの特異性、影響の分布を考慮した公平性の観点、リスク回避性向、適応策の実行可能性・有効性といったものが関係する。IPCC第4次評価報告書（IPCC, 2007）では、主要な脆弱性の判断基準として、影響の大きさ、タイミング、持続性および可逆性、生起の可能性とその確度、適応可能性、影響と脆弱性の分布の特徴、リスクに直面するシステムの重要性、の7つを挙げている。

上述の、アジア太平洋地域の途上国で予期される温暖化影響にこれらの基準を当てはめた場合、例えば適応可能性ならびに不可逆性の観点からは、生物種の絶滅をはじめとした自然生態系への影響は重要度が高いといえる。また、沿岸域・島嶼国における海面上昇に関連した影響については、影響の偏在化に伴う公平性の損失の観点から、やはり重要度の高い影響として、その対策・支援を重点的に行う必要があるだろう。影響の大きさの側面からは、大規模なデルタを複数抱えるアジアでは、そこに居住する人々への沿岸洪水のリスクの増大に注目が必要である。

## 8.4 社会的要素を考慮した脆弱性の評価（方法論・ツールの検討を含む）

途上国における温暖化影響に対する脆弱性の評価について、以下に示す。

自然生態系を例にとれば、同じ強度の外力（ここでは、温暖化や異常気象、加えて人間活動との複合的な外力）であれば、自然生態系の感受性（影響の受けやすさ）が高いほど、また適応能力が低いほど、脆弱である。外力としては長期平均的な気温上昇や降水量変化、及び短期的、周期的に発生する異常気象などが考えられる。また自然生態系に対しては、人間活動なども直接的、間接的に影響を与えている。自然生態系や社会、経済システムが脆弱かどうかは、外力、感受性、適応能力によって決まる。予測される気候変化に対して脆弱性が高いと判断された場合には、適応策を実施することが必要となる。

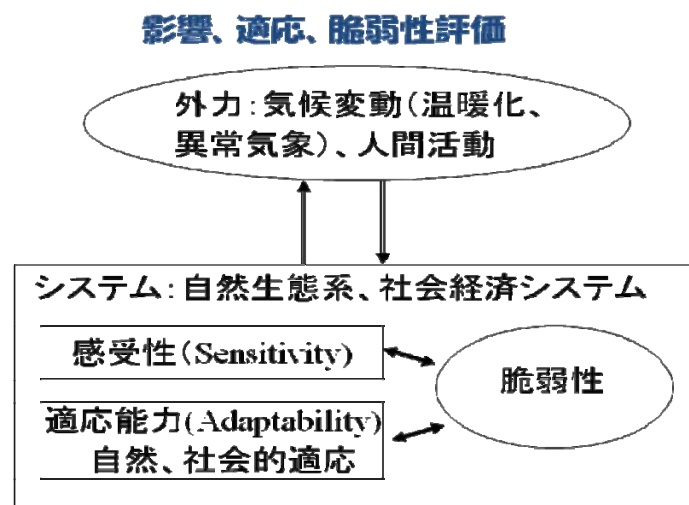


図 8-4 温暖化の影響、適応能力、脆弱性の関係

### (1) 温暖化影響分野に関わる途上国の社会的要素

アジア太平洋地域における途上国の社会的要素について、国単位で整理した。ここでは、社会的要素として、経済指標（人口、国民総所得 GNI）、人間開発指数（HDI）、回収された水の割合、沿岸域人口、気象関連災害（件数と死者数）、環境持続性指標（ESI）を取り上げた（表 8-2）。

ここで、人間開発指数（HDI）は、各国の人々の生活の質や発展度合いを示す指標であり、成人識字率（15 歳以上）、総就学率、一人当たりの GDP、平均寿命から算出される。日本、オーストラリア、ニュージーランドの先進国では 0.9 以上であるのに対し、後発開発途上国であるブータン、ミャンマー、ラオスでは 0.536、0.578、0.545 である。島嶼国の値は計算されていない。

環境持続性指標（ESI）は、各国の環境保全能力を示す指標であり、環境システム、環境ストレス、環境ストレスに対する人間脆弱性、環境に対する社会容量、地球規模の環境保全をもとに計算される。日本など先進国で 60 前後である一方、中国、インド、フィリピンはそれぞれ 38.6、45.2、42.3 と低く、環境問題への対応が遅れていることを表している。

気象関連災害では、件数と 100 万人あたりの平均年間死者数が指標となる。国によって気象災害の影響は様々であるが、概して中国、インド、インドネシア、フィリピン、ベトナムで発生件数が多く、死者数も多い。死者数では、バングラデシュ、北朝鮮が多い。とくにバングラデシュは国土の相当部分が低地であり、海面上昇とサイクロンによる暴風雨や高潮により、被害が頻繁に発生しており、地域の経済や人々の生活や活動を阻害しているだけでなく、国の発展を脅かしている。バングラデシュでは 45cm の海面上昇によって 10.9% の国土が消失し、550 万人が国内へ移動あるいは



はインド、パキスタンへの移動などにより避難せざるをえないと予測されている。

**表 8-2 アジア太平洋地域の国々の社会的要素の概要**  
(近藤, 2007 ; Yale University and CIESIN, 2005 などより作成)

|           | 人口(千人, 2004) | 国民総所得(GNI、一人当たり米ドル、2004) | 人間開発指数(HDI、2003) | 回収された水(水資源賦存量に対する比、2002年あるいはそれ以降) | 沿岸域人口(対総人口百分率、1995) | 気象関連災害        |                             |                   |
|-----------|--------------|--------------------------|------------------|-----------------------------------|---------------------|---------------|-----------------------------|-------------------|
|           |              |                          |                  |                                   |                     | 件数(2000～2005) | 100万人当たりの平均年間死者数(1980～2000) | 環境持続性指標(ESI、2004) |
| オーストラリア   | 20,120       | 26900                    | 0.955            | 3                                 | 90                  | 39            | 1                           | 61.0              |
| バングラデシュ   | 140,494      | 440                      | 0.520            | 1                                 | 55                  | 49            | 68                          | 44.1              |
| ブータン      | 896          | 760                      | 0.536            | 0                                 | 0                   | 2             | 5                           | 53.5              |
| ブルネイ      | 361          | -                        | 0.866            | -                                 | 100                 | -             | -                           | -                 |
| カンボディア    | 13,630       | 320                      | 0.571            | 0                                 | 24                  | 8             | 4                           | 50.1              |
| 中国        | 1,296,500    | 1290                     | 0.755            | 19                                | 24                  | 135           | 2                           | 38.6              |
| フィジー      | 848          | 2690                     | 0.752            | 0                                 | 100                 | 6             | 10                          | -                 |
| インド       | 1,079,721    | 620                      | 0.602            | 36                                | 26                  | 85            | 3                           | 45.2              |
| インドネシア    | 217,588      | 1140                     | 0.697            | 3                                 | 96                  | 51            | 1                           | 48.8              |
| 日本        | 127,764      | 37180                    | 0.943            | 21                                | 96                  | 31            | 1                           | 57.3              |
| 韓国        | 48,142       | 13980                    | 0.901            | 34                                | 100                 | 22            | 3                           | -                 |
| 北朝鮮       | 22,745       | -                        | 0.571            | 18                                | 93                  | 10            | 581                         | 29.2              |
| キリバス      | 98           | 970                      | -                | -                                 | 99                  | -             | -                           | 43.0              |
| ラオス       | 5,792        | 390                      | 0.545            | 0                                 | 6                   | 4             | 1                           | 52.4              |
| マレーシア     | 25,209       | 4650                     | 0.796            | 2                                 | 98                  | 19            | 1                           | 54.0              |
| モルディブ     | 300          | 2510                     | 0.745            | -                                 | 81                  | -             | -                           | -                 |
| モーリシャス    | 1,234        | 4640                     | 0.791            | -                                 | 100                 | 1             | -                           | 42.6              |
| モンゴル      | 2,515        | 590                      | 0.679            | 1                                 | 0                   | 9             | -                           | 50.0              |
| ミクロネシア    | 127          | 1990                     | -                | -                                 | 98                  | 4             | -                           | -                 |
| ミャンマー     | 49,910       | -                        | 0.578            | 0                                 | 49                  | 4             | 0                           | 52.8              |
| ニューカレドニア  | 219          | 15000                    | -                | -                                 | 100                 | 1             | -                           | -                 |
| ニュージーランド  | 4061         | 20310                    | 0.933            | 1                                 | 100                 | 9             | -                           | 61.0              |
| ネパール      | 25910        | 260                      | 0.526            | 14                                | 0                   | 9             | 11                          | 47.7              |
| パプアニューギニア | 5,625        | 580                      | 0.523            | 0                                 | 61                  | 5             | 2                           | 55.2              |
| フィリピン     | 82,987       | 1170                     | 0.758            | 12                                | 100                 | 45            | 16                          | 42.3              |
| サモア       | 179          | 1860                     | 0.776            | -                                 | 100                 | 3             | -                           | -                 |
| シンガポール    | 4,335        | 24220                    | 0.907            | -                                 | 100                 | -             | -                           | -                 |
| ソロモン諸島    | 471          | 550                      | 0.594            | -                                 | 100                 | 3             | 17.0                        | -                 |
| スリランカ     | 19,444       | 1010                     | 0.751            | 20                                | 100                 | 11            | 2                           | 48.5              |
| タイ        | 62,387       | 2540                     | 0.778            | 8                                 | 39                  | 33            | 2                           | 49.8              |
| ツバル       | 11           | 1100                     | -                | -                                 | -                   | -             | -                           | -                 |
| バヌアツ      | 215          | 1340                     | 0.659            | -                                 | 100                 | 4             | 30                          | -                 |
| ベトナム      | 82,162       | 550                      | 0.704            | 6                                 | 83                  | 43            | 8                           | 42.3              |

## (2) 途上国の脆弱性評価の事例

気候変動をもたらす各分野の影響・適応評価に加えて、気候変化以外の要因も考慮した脆弱性評価の研究が進んでいる。

### 例 1： 気候変動に対する適応力を考慮した脆弱性指標

気候変動の影響に対する適応力も含めて、地域や国の脆弱性を評価する指標が提案されている。将来進行する温暖化に対してどの地域がより脆弱か、適応力も考慮しながら作成された指標により、今後温暖化の適応策を進めるうえでの指針をあたえることができる。図 8-5 は、インドにおける気候変動および農業産品の貿易自由化の両方を考慮した脆弱性を県レベルで定量的に表示したものである（IPCC, 2007）。

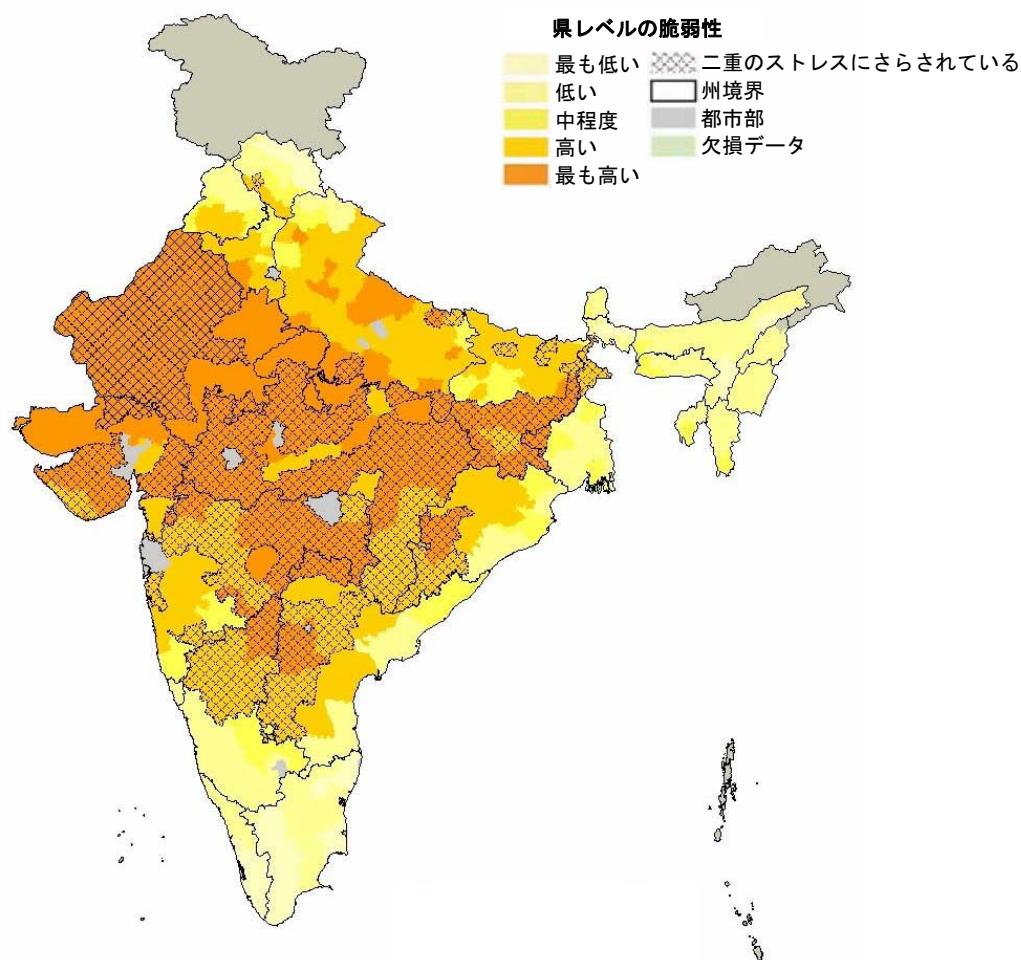


図8-5 気候変化、貿易自由化を考慮したインドの脆弱性評価指標（IPCC, 2007を和訳）

### 例 2： 国別の脆弱性評価指標

温暖化の緩和策と適応策を相互補完してポートフォリオを作成することの必要性が強調されている。温暖化に対する途上国の対応能力は、社会経済、技術開発などの要因によって決まるが、Yohe et al. (2006a, 2006b) は、緩和策と適応策は相互に関連しあい、経済的にも密接な関連があると指摘している。2050 年及び 2100 年の緩和策の有／無を気温上昇量 1.5℃及び 5.5℃に代表させ、適応策の有／無と組み合わせ、国別の脆弱性評価指標を算定し、地理的分布を図示している。図 8-6 は

その一例を示したものである。国ごとの脆弱性は、適応力の国別推定値と全球気候モデルのアンサンブルから推定された気温上昇の地理的分布から計算されている（Brenkert and Malone, 2005）。

図 8-6(a)は、SRES A2 シナリオ、気温上昇 5.5℃で、適応策が現状のままの場合の 2050 年における推定値である。2050 年では、アフリカのほとんどの国や中国の脆弱性が非常に大きい。

図 8-6(b)は、適応力が特に途上国で改善された場合である。適応策が現状のままの場合（a）と比べて顕著な改善がみられるが、適応策のみでは脆弱性をなくすことはできないことがわかる。

(a)

### 気候変動への脆弱性の全球分布 曝露と感度の合成国別指標



シナリオ A2、2050 年、気候感度を 5.5℃と仮定  
集計された影響で補正した年間平均気温

<http://ciesin.columbia.edu/data/climate/>

©2006 Wesleyan University and Columbia University

(b)

### 気候変動への脆弱性の全球分布 曝露と感度の合成国別指標



シナリオ A2、2050 年、気候感度を 5.5℃と仮定  
集計された影響で補正し、且つ適応能力の向上を考慮した年間平均気温

<http://ciesin.columbia.edu/data/climate/>

©2006 Wesleyan University and Columbia University

図 8-6 適応策、緩和策を考慮した脆弱性指標の分布（IPCC, 2007 を和訳）

### (3) 分野横断的に見て極めて脆弱性が高く、適応が必要と評価される地域・国等

#### ・途上国分野において生じる影響

IPCC 第4次評価報告書（IPCC, 2007）のアジアの章では、小地域別の脆弱性を定性的に評価している。これに、島嶼国の評価を加えて作成したのが表 8-3 である。脆弱性は、非常に脆弱（-2）から、非常に回復力あり（+2）、信頼度は、非常に高い信頼度（VH）から非常に低い信頼度（VL）で評価している。北アジアの食料、繊維作物、水資源、チベット高原の食料と繊維作物で中程度の回復力ありと評価されているが、その他の小地域と分野では脆弱性が高い。

表8-3 アジア太平洋地域の主要セクターの気候変動に対する脆弱性  
(IPCC, 2007より作成)

| 小地域     | 食料と繊維作物 | 生物多様性  | 水資源     | 沿岸生態系  | 人の健康    | 集落     | 土地劣化   |
|---------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|--------|
| 北アジア    | +1 / H  | -2 / M | +1 / M  | -1 / M | -1 / M  | -1 / M | -1 / M |
| 中央・西アジア | -2 / H  | -1 / M | -2 / VH | -1 / L | -2 / M  | -1 / M | -2 / H |
| チベット高原  | +1 / L  | -2 / M | -1 / M  | 該当なし   | 該当なし    | 該当なし   | -1 / L |
| 東アジア    | -2 / VH | -2 / H | -2 / H  | -2 / H | -1 / H  | -1 / H | -2 / H |
| 南アジア    | -2 / H  | -2 / H | -2 / H  | -2 / H | -2 / M  | -1 / M | -2 / H |
| 東南アジア   | -2 / H  | -2 / H | -1 / H  | -2 / H | -2 / H  | -1 / M | -2 / H |
| 小島嶼     | -2 / VH | -2 / H | -2 / VH | -2 / H | -2 / VH | -2 / H | -2 / H |

脆弱性： -2 ー非常に脆弱  
 -1 ー中程度に脆弱  
 0 ー僅かに脆弱又は脆弱でない  
 +1 ー中程度に回復力あり  
 +2 ー非常に回復力あり

信頼度： VH ー 非常に高い  
 H ー 高い  
 M ー 中程度  
 L ー 低い  
 VL ー 非常に低い

### (4) 脆弱性評価における課題

アジア太平洋地域における脆弱性評価に関する課題を整理すると、以下のとおりである。

#### ・脆弱性評価のための基礎的な観測データや社会・経済データ等が不足している

- ー気候モデル予測データや各国の社会・経済・環境データの収集とデータベース化
- ーデータの質管理や分析手法の標準化
- ーデータの利用を促進するための仕組みの構築（データセンターの開設、研修の実施など）

#### ・脆弱性評価の方法や適用にあたってのノウハウが不足している

- ー気候リスク評価アプローチと脆弱性評価アプローチの統合化
- ー脆弱性評価のガイドライン、例えば IPCC 影響・適応評価ガイドライン（Carter et al., 1994）のアジア版の作成
- ー脆弱性評価の事例の蓄積と共有化

#### ・脆弱性評価手法やモデルの開発と提供

- ー分野毎の影響、適応評価モデルの開発、標準化、適用方法の確立
- ーデータやマニュアルの活用方法のガイドラインの作成
- ー途上国研究者向けのトレーニングや現地実習などの人材育成の推進

## 8.5 適応策

### (1) 途上国における適応策の考え方

#### 1) 途上国における開発と気候変動への適応の密接な関係

McGray et al. (2007) が、適応策に係る 135 件に上るこれまでの開発援助事例を基に、次のような分析を行っている。

気候変動への適応は、大きくは、①開発を目的に行った取組が副次的に適応の目的にも資するケース、②気候変動への適応の視点を開発行為の設計・実施に組み入れられるケース (Climate-Proofing)、③気候変動への適応そのものが目的であったケースの 3 つに分けられる。

適応と開発との間には多くの重複がある。適応のための行動の多くが、開発協力の分野で取られるアプローチと共通している。何をもって気候変動への適応というのか、あるいは持続可能な開発と何が異なるのかといったことが、これまでも問われてきたが、実際には、気候変動への脆弱性を軽減する行動と、持続可能な開発を促進する行動とを分けて考えることは困難である。McGray et al.

(2007) が挙げる①の場合においても、持続可能な開発を促進する取組が、適応の成果を挙げている例が多く見られ、気候変動への適応が事前に意識されていたかどうかにかかわらず、適応としての価値を有している。

適応と開発の関係を考える上では、2 つの視点が考えられる。一方は、気候変動に伴う特定の影響に対応するアプローチであり、他方は、気候変動を含む多くの課題に対処する能力を向上することを通じて、気候変動に対する脆弱性を軽減するアプローチである。前者は「気候リスクに基づくアプローチ」、後者は「脆弱性に基づくアプローチ」(より正確に言えば「社会やコミュニティがいま既に有する脆弱性に主眼を置いたアプローチ」) ということができる。

脆弱性に基づくアプローチは、伝統的な開発手法とほぼ重複し、気候変動に伴う特定の影響を特に意識することは少ない。一方、気候リスクに基づくアプローチの要素が強くなればなるほど、従来の開発手法にはなかった手法が必要となる。しかしながら、実際の取組は両者の中間に位置することが多く、適応と開発との境界を明確に線引きすることは難しい。

図 8-7 に示す通り、ODA を通じた適応支援では、社会やコミュニティの脆弱性に着目したアプローチがこれまで中心であったが、「適応の主流化」に取り組む中で、気候リスクに基づく手法も取りつつある。一方、京都議定書のもとで設置される適応基金などを通じた取り組みは、気候リスクに基づくアプローチが主体となる。両者が支援の対象とする領域には重複があるものの、基本となるアプローチには上のような違いがある。

アジアにおける国別報告書等での検討の結果をみると、気候リスクに基づくアプローチは、物理的な影響や、いくつかの動的な関係の解析には有効であるが、人間活動との関係や地域の適応能力をみるには十分ではない。一方、脆弱性評価に基づくアプローチは、検討プロセスに様々なステークホルダーを巻き込むことで、地域の状況を反映できることが示されている (UNFCCC, 2007a)。

これら 2 つのアプローチは、統合して用いることにより、将来の影響及び地域の状況を踏まえた適応策の検討が可能となる。地方レベルやコミュニティレベルでは、地域スケールの気候リスク予測が現段階では困難なため、脆弱性評価に基づくアプローチの活用が効果的と考えられる。

持続可能な開発の促進を通じた適応能力の向上と、気候変動に伴う特定の影響に対する対処とでは、有効なアプローチが異なることに留意しつつ、適応基金など多国間の取組と ODA を通じた適応支援との効果的な連携が望まれる。



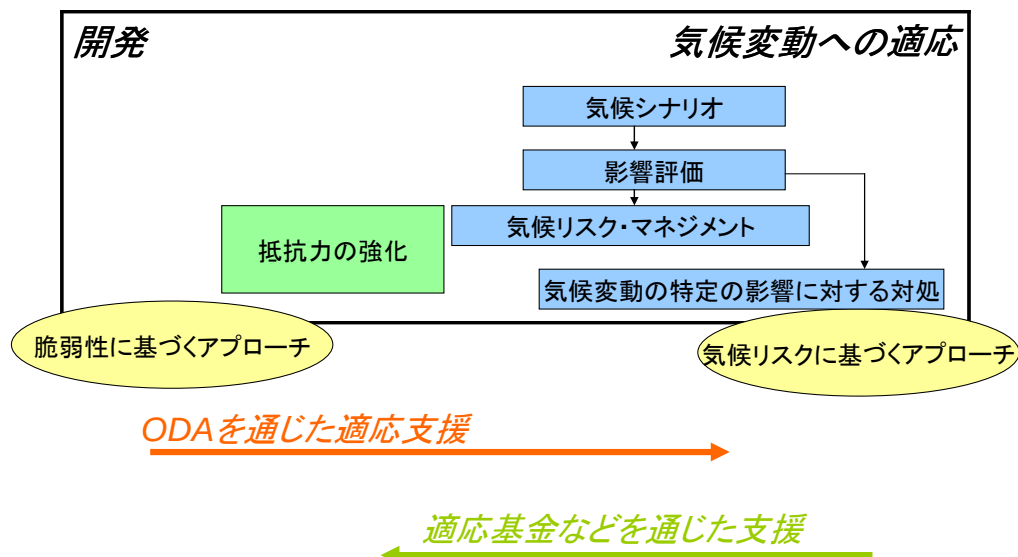


図 8-7 気候変動への適応と開発 (McGray et al., 2007 より作成)

## 2) 途上国における適応策の計画・実施に必要な取組

途上国においては、気候変動への認識、科学的な情報、人材、技術、制度、資金等が不足している (UNFCCC, 2007b)。また、1) でみたように、貧困低減、持続可能な開発のための取組と密接に連携して取組を進める必要がある。開発支援や既存の適応策を踏まえた効果的な戦略づくりを行うとともに、意識啓発、能力育成、資金確保など、実施を担保するための取組を伴う必要がある。

### ① 開発、貧困低減との統合

気候変動は、途上国の開発に大きな影響を及ぼす。特に、最も貧しいコミュニティへの影響が深刻である (UNFCCC, 2007a)。一方、多くのアジアの途上国では、気候変動は、貧困、飢餓、水供給、廃棄物、環境汚染、エネルギーなど多数の問題のひとつに過ぎず、むしろ優先順位は低い。しかし、衛生状態の改善など、開発・貧困低減は、気候変動に対する抵抗力を強化することにつながる。小島嶼国では、個別分野の適応策よりも、島全体の社会経済システムの抵抗力を強化することがより適切との指摘もある。適応のために投入できる資源は限られていることと、適応と開発の緊密な関係から、適応策の検討は、開発計画に照らして行われる必要がある (UNFCCC, 2007a)。また、長期的かつ分野横断的な視点が必要となる総合的な開発戦略に適応策を組み込んでいくことも必要である (外務省国際協力局, 2007a)。

### ② 既存の適応策の評価、活用

アジア太平洋地域は、これまでも気候の年々変化、異常気象にさらされてきたため、以前から、伝統的な知識や経験に基づき、気候の自然変動に対する様々な適応が行われている。更に、途上国においては、これらの適応を強化するための援助事業が行われている。このような既存の適応策は、気候変動への対応を目的としたものではないが、将来の気候変動の進行に対する適応の基盤となるものである。適応策の計画に当たっては、このような既存の適応策の状況を踏まえ、その強化の方策、その限界の評価、既存の適応策と新たな技術や手法の統合的な活用が検討される必要がある (UNFCCC, 2007a)。

### ③ 関連分野における適応の主流化

気候変動の具体的な影響は、水資源、農業、災害、保健衛生などの分野に生じるため、これらの分野の戦略や計画を、将来の気候変動リスクを考慮して立案、実施するという適応策の主流化が重

要である（UNFCCC, 2007a）。各分野のプロジェクトにおいても、気候変動への適応能力を強化するための取組をプロジェクトに組み込むことにより、気候変動がプロジェクトの実施や持続可能性に及ぼすリスクを軽減できる（独立行政法人 国際協力機構 国際協力総合研修所, 2007）。

#### ④ コベネフィットの追求、マルアダプテーションの回避

適応の推進に当たっては、まず、制度、開発事業などが、適応の妨げにならないよう配慮することが必要である。将来の海面上昇や異常気象の影響のおそれのある沿岸地域における開発規制の緩和などは適当ではない。また、十分な検討や配慮がなされないため、適応策が十分な効果を発揮できなかったり、他の持続可能な開発に負の影響を生じる（マルアダプテーション）などの事態は避けるべきである。

適応策の実施が他の分野にも便益をもたらす場合や、将来の気候変動への対処だけでなく現状においても便益をもたらす場合（コベネフィット）には、より大きな効果がもたらされ、これら事業の受容性も高まる。例えば、沿岸でのマングローブ林の造成が、将来の気候変動とともに現在の災害にも効果があり、また、生物多様性の保全や漁業等の生活手段にもなる場合が挙げられる。

#### ⑤ ステークホルダーの参加

適応の検討に当たっては、幅広いステークホルダー（行政、関係分野、地方、コミュニティ）の参加が重要である。ステークホルダーの参加は、関係者の情報・意見を集め、効果的かつ実施可能な適応策を計画することや、優先順位の設定を可能とする。また、意識向上、オーナーシップの形成、関係分野における主流化など、適応策の実施を確保する上でも重要である（UNFCCC, 2007a）。たとえば、バングラデシュにおける国別適応行動計画（NAPA）の作成に当たっては、政府、地方自治体、科学者、NGO などの幅広いステークホルダーが参加して行われ、国や各分野の開発計画における適応の主流化に効果を発揮したとされている。地方レベルでは、地方自治体、地方 NGO、農民、女性などが参加して検討会議が開催され、問題の把握、既存対策の把握や強化方法、将来の影響に対応する新しい方策について議論が行われ、計画の作成に反映された（UNFCCC, 2007a）。

#### ⑥ 意識啓発、能力育成

開発途上国においては、人的、技術的な能力の不足が、適応のみならず開発一般の推進の妨げとなっている。気候変動の影響は地域により異なるため、適応策はそれぞれの地域の自然的条件や経済・社会条件を的確に反映して行われる必要があり、また、他の様々な開発の課題と一体となって取り組まれる必要がある。このため、現地において主体的な取組ができるよう、関係者の対処能力向上が重要となる。温暖化の影響に関する政策決定者から市民までの理解向上、影響監視、適応の計画、実施に関する技術の移転、人材の育成を進めることが必要である。

### (2) 適応策に係る我が国及び国際機関等の取組

我が国及び主要な国際機関等が実施している途上国の適応策に係る取組等について、以下に整理する。

#### 1) 開発途上国への支援に関するガイドライン

開発途上国への支援に係るガイドラインについて、独立行政法人 国際協力機構 国際協力総合研修所（2007）に記述があるほか、UNFCCC（2004）が各種方法論を概観している。

それによれば、気候変動の影響及び脆弱性評価には、大きく分けて、トップ・ダウン型とボトム・



アップ型がある。前者は「気候リスクに基づくアプローチ」に、後者は「脆弱性に基づくアプローチ」に相当する。

トップ・ダウン型は、大気循環モデル（GCM）などを活用した気候変動シナリオの分析から始まる。ここで得られた気候変動シナリオを、今度は対象セクターにおける影響分析のためのモデルに当てはめ、当該セクターにおける気候変動の影響を定量的に導き出し、その上で、これに必要な適応策の検討が行われる。具体的な手順は、IPCC のガイドラインや UNEP が取りまとめた「気候変動の影響評価と適応戦略の方法に関するハンドブック」に詳しい。

一方、ボトム・アップ型のアプローチは、まず現在直面するリスクと脆弱性を分析することから始まる。ここでは、気候の変化や極端な気象現象といった気候要因のみならず、貧困状況や関係機関の対処能力など気候以外の要因も分析の対象となる。その上で、将来の気候変動への脆弱性と、適応策として必要な取り組みが検討される。UNDP が取りまとめた「気候変動への適応政策フレームワーク（APF）」は、ボトム・アップ型のアプローチの一例である。

上記の2つのアプローチは、互いに相反するものではなく、それぞれの特性を理解した上で、目的に応じて使い分けることが必要である。

この他、開発援助機関による気候リスク管理のため、世銀及び米国国際開発庁（USAID）で用いられるツールを紹介する。

#### (a) 世銀 ADAPT

世銀でプロジェクトを実施する際に、当該プロジェクトが気候変動の影響を受けやすいかどうか、世銀担当者がスクリーニングするためのツール。影響を受けやすいと判断されたプロジェクトについては、プロジェクト設計の段階で適応に配慮することを促す。World Bank（2005）参照。

#### (b) USAID ガイダンス・マニュアル（USAID, 2007）

USAID 担当者向けのマニュアルで、気候変動への適応の視点を開発プロジェクトに組み入れていくことを意図したもの。

## 2) 我が国及び国際機関等の適応に係る取組の概要

気候変動に対する計画的適応は、限定的ではあるが既に実施されている。適応は特に、セクター毎のイニシアティブの中で実施される場合、脆弱性を低減し得る。低コストないし高い費用対便益で実施可能な、実用的な適応オプションが存在しているが、地球規模での適応にかかる費用と便益の包括的な算定は限定されている（IPCC, 2007）。

適応分野における開発途上国支援は、気候変動枠組条約のもとで設置された後発開発途上国基金（LDCF）及び特別気候変動基金（SCCF）を運営する地球環境ファシリティ（GEF）、ならびにその主要実施機関である UNDP、UNEP、世銀などが先駆的な役割を果たしてきた。また、二国間援助では、GTZ、USAID などが適応支援に関わっている。

我が国は、政府開発援助政策の中で、適応策支援を重要項目のひとつとして位置づけている（独立行政法人 国際協力機構 国際協力総合研修所, 2007）。2005 年 2 月の ODA 中期政策においても、「地球温暖化による悪影響への適応」を重点分野のひとつにしている。気候変動枠組条約第 10 回締約国会議（COP10）（2004 年 12 月、於：ブエノスアイレス）において、日本政府は、「日本の適応支援策：能力と自立の育成」（①開発プロジェクトによる支援、②開発途上国の担当者を中心としたキャパシティ・ビルディング、③モデリングなどにかかる気候変動研究・人材育成の推進）を紹介した。

現在の日本政府の支援策としては、「適応に関連する分野での開発途上国支援」（表 8-4）、環境省による「気候変動研究・人材育成の推進」（表 8-5）が挙げられる。なお、我が国の取組については、外務省国際協力局（2007b）、ならびに独立行政法人 国際協力機構 国際協力総合研修所（2007）を参照。また、今後の取組方針を外務省（2008）が取りまとめている。

**要通知！****表 8-4 適応に関連する分野での開発途上国支援****(外務省国際協力局, 2007b を改編)**

| 取り組み名称                              | 概 要                                                                                                                    |
|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 水と衛生に関する拡大パートナーシップ・イニシアティブ (WASABI) | 2006 年に世界水フォーラムに際し発表。基本方針として、水利用の持続可能性の追求や、現地の状況と適正技術への配慮を明記。                                                          |
| 「保健と開発」に関するイニシアティブ (HDI)            | 2005 年発表。持続的な保健分野の能力強化や、基礎教育、水と衛生、感染症対策等の関連分野における支援との効果的連携を明記。                                                         |
| 防災協力イニシアティブ                         | 2005 年 1 月、神戸での国連防災世界会議開催にあたり、ODA による国際防災協力に関する基本方針および具体的取り組みを発表。災害に強い社会づくりへの積極的支援を表明。                                 |
| 持続可能な開発のための環境保全イニシアティブ (EcoISD)     | 2002 年の WSSD に際し発表。気候変動以外の重点分野として、「水」問題への取り組みや自然保護区などの保全管理、森林、砂漠化防止および自然資源管理に対する支援を行っていくことを表明。                         |
| アジア森林パートナーシップ (AFP)                 | アジアの持続可能な森林経営の促進を目的に、アジア諸国（主に ASEAN）、ドナー国・国際機関および NGO などが違法伐採対策、森林火災予防、荒廃地の復旧（植林）などの活動を通じて協力していくためのパートナーシップ。2002 年に開始。 |
| クールアース・パートナーシップ：適応策、クリーンエネルギーアクセス支援 | 途上国における温暖化への適応策およびクリーンエネルギーへのアクセスを支援し、持続可能な開発を促進。                                                                      |

**要通知！****表 8-5 モデリングなどにかかる気候変動研究・人材育成の推進（環境省）****(外務省国際協力局, 2007b)**

| 取り組み名称                   | 概 要                                                                                                                                                                                                        |
|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 地球温暖化アジア太平洋地域セミナー        | アジア太平洋地域における地球温暖化問題への認識の向上、経験の交流、取り組みの促進に貢献することを目的として、1991 年から毎年開催。また、本セミナーの成果物として、AP-NET（アジア太平洋）ホームページが設けられており、地球温暖化に関するさまざまな情報を提供している。                                                                   |
| アジア太平洋地球変動研究ネットワーク (APN) | わが国のイニシアティブのもと、アジア太平洋地域における地球環境変化の研究を支援する目的で 1996 年にスタートした政府間ネットワーク。地球変動研究の推進と、その研究への開発途上国からの参加の促進、また、科学者・研究者と政策決定者との連携強化に貢献している。気候変動をはじめとするさまざまな地球変動研究の支援を行っている。                                          |
| 南太平洋地域各国との共同研究           | 「南太平洋島嶼国における気候変動と海面上昇に関するリソースブック」は、SPREP（南太平洋地域環境計画）の協力により取りまとめられた報告書。南太平洋地域において深刻な影響をもたらす気候変動および海面上昇についての知見、住民の意識のギャップ、対策のニーズなどを明確にし、これを克服するための望ましい方向性などを提示する目的で作成され、気候変動と海面上昇について、適応対策など、さまざまな知見を提供している。 |

また、国際協力銀行において、気候変動による悪影響への適応（気象災害対策を含む）が支援対象として位置づけられている。これまで円借款で実施されてきた案件は、必ずしも気候変動による悪影響への適応策自体を目的とするものではないが、都市排水機能改善や河川護岸整備等の洪水対策、砂漠化対策、海岸保全対策等、頻発する気象災害への対策プロジェクトが含まれており、これらは適応に資するものである。

アジア太平洋地域における国際機関による適応に係る取組は、開発プロジェクト、とりわけ気象災害対策の一環として行われているものが多い。関連する事例は以下の通りである（表 8-6）。

表 8-6 アジア太平洋地域における国際機関・多国間環境条約の下での適応に係る取組の例  
(UNFCCC, 2007c より作成)

| セクター                     | 関連国際機関     | 取り組み／プロジェクト（対象国／地域名）                                                                                                                                                |
|--------------------------|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 農業                       | 生物多様性条約事務局 | Cambodia National Adaptation Programme of Action to Climate Change（カンボジア）                                                                                           |
|                          | FAO        | Increased resilience of land management systems to better withstand drought, untimely water supply, excessive rainfall, high temperatures, strong winds（アフリカ、アジア諸国） |
| インフラストラクチャー／居住（沿岸域管理を含む） | 生物多様性条約事務局 | Samoa National Adaptation Programme of Action to Climate Change（サモア）                                                                                                |
|                          | 生物多様性条約事務局 | Maldives National Adaptation Programme of Action to Climate Change（モルディブ）                                                                                           |
|                          | ISDR       | Masons with a Disaster Risk Reduction Mission（インド）                                                                                                                  |
| 人の健康                     | FAO        | GIS poverty mapping, with environmental, climatic and socioeconomic integration and analysis（南米、アジア）                                                                |
| 能力構築                     | FAO        | Global Land Cover Network（アフリカ、アジア、南米）                                                                                                                              |
|                          | FAO        | Promoting community resilience against impacts of climate variability and change on productive sectors（アジア諸国、カリブ地域）                                                 |
|                          | FAO        | Climate risk and vulnerability assessments & mapping（アジア諸国、カリブ地域）                                                                                                   |
|                          | ISDR       | Voluntary Formation of Community Organizations to Implement Disaster Risk Reduction（バングラデシュ）                                                                        |
|                          | ISDR       | Disaster Micro-Insurance Scheme for Low-income Groups（インド）                                                                                                          |
|                          | ISDR       | Flood and Typhoon-resilient Homes through Cost-effective Retrofitting（ベトナム）                                                                                         |
| 早期警報システム                 | FAO        | Improved local early warning systems and linked with national and global EWS（アジア諸国、カリブ地域）                                                                           |
|                          | ISDR       | Combining Science and Indigenous Knowledge to Build a Community Early Warning System（インドネシア）                                                                        |

### (3) 適応策メニューとその体系

途上国における適応策の具体的なメニュー及びその体系を以下に示す。なお、この表は、温暖化影響に対する適応策として考え得るオプションを参考情報として示したものであり、必ずしもこれらの施策の導入を推奨するものではない。実際の選択に際しては、地域の様々な状況や制約等を考慮して検討される必要がある。

表 8-7 適応策メニューとその体系（UNFCCC, 2007a、2007b、2007i；IPCC, 2007；独立行政法人 国際協力機構 国際協力総合研修所, 2007 等を参考に作成）

| 機能<br>セクター | 技術オプション                                                                                                                                                                          |                                                                                               | 政策オプション                                                                                                                                            |                                                                              | 社会経済オプション                                                         |                                                                                                         |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|            | 技術                                                                                                                                                                               | 情報・知識                                                                                         | 法制度                                                                                                                                                | 人材                                                                           | 社会システム                                                            | 経済システム                                                                                                  |
| 農業         | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 作付時期等の調整</li> <li>・ 品種開発・適用</li> <li>・ 灌漑地域やシステムの変更</li> <li>・ 作付場所の移動</li> </ul>                                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 気候変動の予測から想定される結果等の周知</li> <li>・ 気象予測情報の提供</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 穀物銀行の設置</li> </ul>                                                                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 土と水の保全及び管理に関する教育と実践プログラム</li> </ul> |                                                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 作物種保険</li> <li>・ 税制上の優遇措置/補助金</li> </ul>                       |
| 水資源        | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 家庭利用のための雨水収集</li> <li>・ 貯水及び保全技術</li> <li>・ 水の節約・再利用</li> <li>・ 土壌侵食対策の適用</li> <li>・ 土壌侵食を防ぐ植生の設置・保護</li> </ul>                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 国家計画等の再調整のための水資源のモニタリング</li> </ul>                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 水資源/洪水/干ばつ管理システムの開発</li> <li>・ 氾濫原における開発の低減</li> <li>・ 河川の緩衝地帯の設置</li> <li>・ 雨水貯留の増加のための建築基準改定</li> </ul> |                                                                              |                                                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 節水機器利用を促進するインセンティブの導入</li> <li>・ 雨水貯蔵タンク購入のための銀行ローン</li> </ul> |
| 生態系・生物多様性  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 生育/生息地分断化の低減とコリドーや緩衝地帯の設置</li> <li>・ シードバンクでの遺伝子保存</li> <li>・ 絶滅危惧種を同様の生育/生息地に導入</li> <li>・ 植林による森林面積拡大と保護</li> <li>・ 森林災害防止</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 脆弱な生態系のモニタリング</li> </ul>                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 統合的な生態系計画・管理の導入</li> <li>・ 森林管理の強化</li> <li>・ 自然林保護政策の実行</li> <li>・ コミュニティベースの森林火災管理・防止の促進</li> </ul>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 土地利用規制を行う組織の能力強化</li> </ul>         | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 社会的な要因を含む管理政策</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 経済的な要因を含む管理政策</li> </ul>                                       |
| 防災・沿岸      | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 湿地の保護</li> <li>・ 土壌・水保全技術の導入</li> </ul>                                                                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 気象及び水文関連サービスにおける早期警戒</li> </ul>                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 海面上昇に対応する危機管理計画の準備</li> </ul>                                                                             |                                                                              |                                                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 気象災害に対応する保険等のオプションの検討</li> </ul>                               |

| 機能<br>セクター | 技術オプション                                                                                                            |                                                                                        | 政策オプション                                                                                                                   |    | 社会経済オプション                                                     |                                                                  |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
|            | 技術                                                                                                                 | 情報・知識                                                                                  | 法制度                                                                                                                       | 人材 | 社会システム                                                        | 経済システム                                                           |
|            | <ul style="list-style-type: none"> <li>・塩類化土壌の改善・再耕作</li> <li>・氷河湖の人工的な水位低下</li> <li>・既存の自然の障壁の保護</li> </ul>       | <ul style="list-style-type: none"> <li>・システムの強化</li> <li>・野火リスク地帯の評価実施と意識向上</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・極端な気象事象のための緊急時への備えの改善</li> <li>・土地利用政策</li> <li>・気候変動の考慮を設計に統合する基準及び規制</li> </ul> |    |                                                               | 討                                                                |
| 人間の健康      | <ul style="list-style-type: none"> <li>・衛生設備の改善</li> <li>・生物媒介性疾病予防のための技術的解決策の適用</li> <li>・廃棄物処分インフラの増加</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・伝染病予測プログラム</li> </ul>                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ヘルスケアシステムの改善</li> <li>・気候リスクを認識する公衆衛生政策</li> </ul>                                |    | <ul style="list-style-type: none"> <li>・公教育と識字率の改善</li> </ul> |                                                                  |
| 産業         |                                                                                                                    |                                                                                        |                                                                                                                           |    |                                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>・観光資源及び収入源の多元化</li> </ul> |

※「機能」で挙げた整理軸の説明

「技術」： 技術の適用や変更を含む。

「情報・知識」： 科学的知見の蓄積・発信、一般向けの情報発信、普及啓発などを含む。

「法制度」： 法制度のみならず、社会的なシステムの変更なども含む。

「人材」： 行政担当者や専門家等の人材を対象とする。

「社会システム」： 慣習、文化に関連した取組、その他社会の仕組みの構築・見直し等の推進を含む。

「経済システム」： 影響に対する経済的な補填のほか、適応策を実施するための経済的インセンティブを含む。

アジア太平洋地域の途上国において既に実施されている適応策を、以下に整理する。これらには、開発目的の対策で副次的に適応に資するものも多く含む。様々なアクターにより、多様なタイプの適応策が実施されてきている。これらは、制度上の対応と行動の変化、技術の利用、気候に対して回復力を持つインフラの設計等を組み合わせたものであり、複合リスクへの対応として典型的に実施されている。生計手段の多様化、水資源管理、干ばつ軽減に関する既存のプログラム等で実施されているものの一部であることも多い。

## 既に実施されている適応策

### 1) 総論

アジア地域では、ローカルレベルで、気候の変動や異常気象による現象（洪水、干ばつ、サイクロン／台風）への対応に多くの知識経験を有している。大規模灌漑、海岸保護、洪水防止、サイクロンセンターや警戒システムに係るインフラによる対応についても経験が豊富である。(107)

伝統的に、農業者は、気候の変化への対策を講じている。例えば、間作（intercropping）、混合栽培、アグロフォレストリー、家畜飼養である。洪水や沿岸浸水への制度的、非制度的対応、干ばつのための地表水及び地下水の灌漑や水源の多様化などの農業対策を講じている。(108)

コミュニティレベルでも、主に、農業、水資源、自然災害について小規模な適応策が実施されている。コミュニティ

イベースの適応プロジェクトには、生計の維持、農業の多様化、水の節約、行動を変えるための意識向上が多い。(110)

小島嶼国においては、伝統的知識の活用（制度、技術、土地や沿岸の所有制度、自給自足経済、慣習的な意思決定）が気候変動への抵抗力を形成している。しかし、これらの抵抗力は、小島嶼国がグローバル経済に組み込まれるにつれて弱体化している。(70)

他の地域と比較して、小島嶼国では気候変動の影響と適応の必要性についての認識が高く、政策フレームや開発努力へのメインストーリーミングはより進んでいる。多くの適応プロジェクトが実施されており、また更に多くのものが計画中であるが、なお、適応へのバリアが大きい。地域的な協力と伝統的知識、プロジェクトの成果、技術データの共有が、バリアの発見と克服のために必要である。(124)

出典：UNFCCC（2007a、2007i）

## 2) 適応策の例

- ・中国では、水資源管理の保護と標準化のための水資源法を公布した。南水北調の事業が開始されている。226 の灌漑地域の節水と 200 の節水灌漑のデモンストレーションプロジェクトが開始されている。(39)
- ・斜面の terracing が、アゼルバイジャン、ネパール、インドネシア、ブータン等で、従来から行われている。(40)
- ・イランでは、地下の灌漑水路の効率向上のための、ライニング、パイプの利用、排水再利用などが行われている。(41)
- ・サウジアラビアでは、地表水及び地下水の利用可能性についての長期的な調査、農業省の監督の下での多数の井戸掘削が行われている。(42)
- ・サウジアラビアでは、既に、215 のダム建設、30 の脱塩プラント、水の保護と節約の規制、漏水の検出と管理、灌漑用水の節約、水のくみ上げの改良などを行っている。(111)
- ・インドでは、干ばつ対策として伝統的及び技術的な対応がなされている。モデルに基づく中長期予測により、早期警戒を行い、適切な防止策を講じている。(112)
- ・スリランカでは、伝統的に、不耕起稲作農業が行われている。使用水量が相当少ない。平均的収量は近代的技術より 20-30%少ないが、収益は比較的高く、作業が楽である。(113)
- ・フィリピンでは、1987 年の Sisang 台風の後、社会福祉開発省が、台風に対する耐久性のある住宅を供給することとした。(114)

出典：UNFCCC（2007a、2007i）

- ・ネパール：農民の脆弱性を減らすために、大雨にも強い多年生の果樹栽培を導入し、栽培方法、マーケティングなどの能力開発を行っている。果実による収入増だけでなく、木材、燃料としての需要もある。
- ・ネパール：農民学校：専門家が週に一回農作業の現場を巡回しフィールドでの問題を農民から聞き解決するための能力開発を行う。問題解決に必要な知識を得た農民は自信を得、生産高は伸びている。
- ・ハイチ：住民自身による災害情報普及活動のデザインと実施。住民による住民保護委員会を設置し、自分たちのコミュニティに適した防災情報とその普及の仕方を計画、実施した。計画段階で必要な技術支援と活動実施のためのファンド支援が行われた。現地のノウハウを使うという点で移転可能性が高いと思われる。

出典：UNFCCC：Adaptation Planning & Practice Database

- ・バングラデシュ：海面上昇；塩水浸入：国家水資源管理計画（the National Water Management Plan）における気候変動への考慮、沿岸における流量調整設備の設置、代替作物及びフィルターの利用
- ・フィリピン：干ばつ；洪水：気候変化に適合するよう造林のスケジュールの調整、干ばつに強い作物への転換、浅い掘り抜き井戸の利用、水不足の際の灌漑方法の転換、貯水池の設置、防火帯の設置及び野焼き、高地における農業のための土壌及び水保全措置の採用
- ・フィリピン：海面上昇：海岸線防御システム設計のための能力構築、参加型リスク評価の導入、沿岸域のレジリエンス強化とインフラ再建に対する助成、サイクロンに強い家屋の設置、改善された被害基準に適合するよう建造物を改良、建築基準のレビュー、マングローブの再植林
- ・フィリピン：干ばつ；塩水浸入：雨水の取水拡大、漏出の削減、水耕栽培、雨水貯蔵タンク購入のための銀行ローン

出典：IPCC（2007）



### 3) NAPA の例

国別適応行動プログラム（NAPA）は、ナイロビ作業計画に基づくもので、後発開発途上国（LDCs）が適応に関する行動計画を作成する枠組みである。後発開発途上国は、対処能力に乏しいため、まず現在の気候変化への適応能力を強化することが、気候変動への対処にも貢献するとの考え方に基づいている。このため、予測モデルを用いて将来影響への対処を計画するのではなく、草の根レベルの既存の適応戦略を勘案して、適応に関する緊急のニーズに対応する優先的な活動を選定する手法となっている。新たな調査研究を行うのではなく既存の情報を用いること、コミュニティを主要な関係者と位置づけてコミュニティの情報や意見を重視し、参加型の評価を行うことなどが特徴である。（UNFCCC ホームページ）

2008 年 3 月現在、31 ヶ国が NAPA を提出している。バングラデシュでは、海岸植林、農業開発、水資源管理、インフラの抵抗力の強化とコミュニティでの適応、保険が重点項目である。ブータンでは、災害管理、地滑りの復旧、氷河湖の人為的な水位低下、危険地域のゾーニングが重要項目である。脆弱性の高いコミュニティ、プランナー及び政策決定者に対する意識啓発及び能力強化は共通の項目となっている。（103）（UNFCCC、2007a）

※文末の数字は、出典における段落番号を示す。

## (4) 適応策の選択・実施にあたっての考え方

### 1) 予見的な適応策の評価基準（Smith, 1997）

適応策には事後的なものと予見的なものがあるが、予見的な適応策の実施に際しては、その選定方法・優先順位の付け方が問題になる。Smith（1997）は、予見的な適応策の要件として、まず柔軟性と費用便益性を挙げている。柔軟性のある適応策は、幅広い様々な条件下においてもシステムが継続して機能するように働く。特に、将来の地域的な気候変化の予測にまだまだ大きな不確実性があることを考慮した場合、適応策に柔軟性があることの重要度は大きい。例えば、降雨強度の増加が懸念される地域での排水を考えた場合、雨水管敷設時にその管径をなるべく大きめにとっておくことは、将来的に降雨強度が急増してもしなくても機能するという点で柔軟性を持った対策といえる。今後数十年のうちに大規模な社会インフラを整備することが予想される途上国では、柔軟性を持った対策の重要性は特に大きいといえるだろう。

また、費用便益性については、その適応策を実施することによって得られる便益（回避できる影響費用）が、適応策の実施にかかる費用に比べて大きいことが望まれる。逆の場合には、その適応策の実施は経済的観点から正当化されない。ただし、適応策の効果は長期にわたり現れるため、費用便益の計算の際には割引率を用いて重み付けして時間積分されるが、割引率のとり方にその推定結果は大きく左右される。現状における気候の変動性によるリスクを減少させる異常気象対策など、現状もしくは近い将来から便益を生ずる場合、近未来の便益は時間積分時に大きく重み付けられるため、その種の対策の優先度は高くなりがちである。特に途上国の場合、財政的な制約により防災水準がまだまだ不十分な場合も多く、費用便益性の高い対策・政策が多くあると考えられる。

Smith（1997）は上記の柔軟性・費用便益性の 2 つの要件を満たす適応策の中で、さらに早期の実施を必要とするものとして、(1)不可逆・破滅的な影響に対する適応、(2)現在のトレンドが将来影響を拡大する場合にそれを抑制する適応、(3)長期的視野の元に実施される、ライフタイムの長い適応、を挙げている。不可逆な影響としては、例えば種の絶滅や人命の損失などが挙げられるが、それらを回避するための適応策は優先度が高い。(2)に関しては、例えば沿岸域や低地デルタに人口・資産が集中するトレンドが現在ある場合、今後の海面上昇を考慮して、その集中を抑制する法整備等の優先度は高い。(3)については例えば、治水インフラなどは、一旦建設すれば長期にわたりその更新は行われないため、気候の将来変化を見通した対応が早期から求められる。

### 2) 適応策の評価基準に関する新たな考え方（Adger et al., 2005）

ここ数年、適応策の検討・実施が重ねられる中で、適応に対する理解がより深まり、適応策の評

価値基準についても、既存の考え方をふまえ新たな考え方が示されるようになってきた。Adger et al. (2005) は、適応策は実施主体により特定の目的をもって実施されるが、その目的達成の可否のみをもって良い適応策と判断すべきでないと述べている。適応策の良し悪しの判断に際しては、その直接の目的だけを見るべきではなく、より広い視野での持続可能性と調和した、効果、効率性、公平性、正当性を評価基準とする必要があると述べている。

適応の効果については、効果の大きさは他の主体の行為や将来の気候・社会・経済環境に左右される場合があること、適応主体にとって便益があっても、外部（後の世代を含む）に悪影響を及ぼしうるものもあること、特定の目先の目的が達成できたとしても、異なる時間・空間スケールで見ただけでは実施主体の便益を損ねる場合もあることなどに留意が必要である。例えば、降雨減少が生じた場合に農業を継続するためには灌漑は有効な手段であるが、下流域の流量減少などへの配慮が必要となる。

効率性については、その評価に際して、取引費用や間違った予見のコストについても考慮が必要であること、市場価値のみでの評価には問題があること、費用・便益とも多様な主体の間で分配されること、などを示している。例えば、森林保全を考える場合、商品として売却できる木材としての価値のみで評価することは適切ではなく、保水・浄水機能、生態系の維持機能、炭素吸収機能、レクリエーション価値などの様々な機能・価値を考慮する必要がある。

公平性については、集団的行動の決定権は集団の中の弱者には無いことが多く、そのため公平性をさらに悪化させる対策が選ばれやすいことに注意が必要である。また正当性については、他の主体の権利を著しく損なうようなことはしないか注意する必要がある。例えば、洪水リスクに対して、資産の集中する裕福な地域とその逆の貧しい地域の防護の優先順位を検討する際、資産集中する地域を重点的・優先的に防護することが効率的と判断しうるし、また特に裕福な地域の住人の発言力の方が大きい場合が多い。しかしながら、その対策の結果、貧富の差が増大することへの配慮も重要である。途上国においては、政治的不安定が、公平性・正当性を逸した対策の選択を許してしまう懸念もあり、特に注意が必要である。

## **(5) 適応策を実施する上でのバリア**

適応には、それ自体の限界と、適応策を立案・実施する上での障壁とが存在している。適応は必ずしも、気候変動の影響をほぼゼロに軽減したり、あるいは有益なものに転換したりできる訳ではなく、また、すべての適応オプションが実際に採用される訳でもない（IPCC, 2007）。様々な適応オプションへの注目が高まっているものの、それらの実現可能性、コスト、効果についての理解は十分とは言えない。

適応の限界となる要素、及び、適応策実施の上での障壁は以下の通りである。

### **1) 適応の限界となる要素**

適応の限界とは、「適応策の効力をなくし、ほぼ克服することのできない条件または要因」である（IPCC, 2007）。適応には、下記の限界が存在する。

#### **① 物理的／生態学的限界**

気候変動に対する回復力は、気候変動の程度に依存する。ある生態系がその機能や十全性を根本的に変更しなければ、変化する気候に適応することができなくなるような、危険な閾値が存在する。劇的な気候変動は、地域の物理的環境の変質をもたらし、適応の可能性を制限することとなる（IPCC, 2007）。

## ② 技術的限界

技術による適応は、気候変化及び気候変動への適応の重要な手段のひとつであるが、限界も存在する。まず、急激な気候変化に対処するには、技術的に不可能な場合がある。また、技術は社会的状況の中でその必要性が認識され、開発・適用されるため、不確実性の下での意思決定が、適応に関する技術的解決の妨げとなる可能性がある。

## 2) 適応策実施の障壁となる要素

適応策実施の上で障壁となる要素には、以下のようなものが挙げられる。

### ① 財政的障壁

気候変動の影響への適応のために、多くの社会が負担できないような大規模かつ包括的な費用が発生する可能性もある。地球規模での適応費用の見積もりは困難であるが、適応措置は多岐にわたっており、様々な分野に内在しているためである。2030年時点で、各セクターにおいて適応のために必要と見積もられる追加的投資及び資金フローは、数100億ドル規模であるとの試算もある（UNFCCC, 2007d）。適応策の実施にとって、財政的障壁は最大の問題である。また、絶対額の不足のみならず、資金の性質が適応策支援に適合しないケースがあることも指摘されている（Möhner and Klein, 2007）。

さらに、保険等のリスク分散メカニズムが整備されていないことも問題である。上述の資金不足の問題と相俟って、低所得者層が気候リスク保険のような適応策を受けられない可能性もある（IPCC, 2007）。

### ② 情報及び認知上の障壁

コミュニティレベル等の適応策が成功裡に行われるためには、地方のニーズをくみとったものにするのが重要である（UNFCCC, 2007g）。気候予測情報に不確実性が存在すること、特に地方（local）レベルにおける、気象関連情報へのアクセスの困難さが適応策立案・実施への障壁となっている（IPCC, 2007）。地方の状況に応じた、気象関連情報の伝達方法を考えることも重要である（UNFCCC, 2007g）。例えばインドの気象情報サービスは、携帯電話のショートメッセージ（SMS）を通じて漁師に情報を伝えたり、漁師のミーティングポイントに情報提供したりしている。

また、気候変動に伴う危険及びリスクの解釈が特定の状況に左右されるなど、人の認知によって適応も制約を受けることが明らかになりつつある。具体的には、気候変動の原因、影響、解決策を知っていることが必ずしも適応行動には結びつかないこと、適応行動には様々なタイプの認知上の障壁が存在すること、適応行動は、客観的に評価される適応能力だけではなく、住民自身がどの程度脆弱あるいは適応能力があると認識しているかによっても決まること、恐怖心や罪の意識に働きかけることが必ずしも適切な適応行動に結びつかないことが挙げられている。

### ③ 社会的・文化的障壁

人々が気候変動を経験し、解釈し、対応する方法が異なるため、適応策実施に対する社会的・文化的障壁が存在する。世界観・価値観・信念の差異により、個人やコミュニティの脆弱性の認知のあり方やリスク許容度が異なるため、どのような適応策をとるかについての選好も異なる。人類学分野の研究事例によれば、社会が環境を変容させ、それによって、気候変動に対する脆弱性も変化させることになる（IPCC, 2007）。

### ④ 制度上の制約

セクター間、政府の各レベル（中央政府 - 地方政府間、担当部署間）、研究者 - 実務家間等、各種調整が存在していない／未成熟であること、また、急激な変化への対応や不確実性の管理に必要

な制度の柔軟性の不足、政治的意思の欠如などが適応策実施の障壁となりうる (UNFCCC, 2007g)。また、技術移転の際、途上国における知的財産権保護の制度が未成熟であることが障壁となることも指摘されている。

## **(6) 適応策として参考のできる既存の事例・政策**

途上国分野において、適応策として参考のできる既存の事例・政策を以下に示す。

### **1) 我が国の開発援助における適応策**

開発途上国の適応に資する開発協力の事例を以下に挙げる。その他の事例については、独立行政法人 国際協力機構 国際協力総合研修所 (2007)、独立行政法人 国際協力機構 (2007) 及び Japan Bank for International Cooperation (JBIC) The Overseas Economic Cooperation Operations (OECOs) (2007) に紹介されている。

#### **① 「気候変動への適応にかかる能力強化プロジェクト」**

JICA の新規プロジェクトとして、アルゼンチン「気候変動への適応にかかる能力強化プロジェクト」がある。

本協力は、気候変動への適応に係る一連のプロセス（気候変動の予測→影響評価→適応策の立案・実施）の第 1 ステップとして、地域的に詳細な気候変動の予測に係るキャパシティー・デベロプメント支援を行う。これは、農業、水資源、沿岸、生態系その他の分野での影響評価から適応までの行動を進めるには、まず信頼できる将来予測が必要との認識に基づいている。

プロジェクトの実施にあたっては、気象研究所等の協力を得て、我が国の地球シミュレータ、及び「人・自然・地球共生プロジェクト」（文部科学省、2002-2006 年度）を通じ開発された 20km の水平解像度を有する高解像度全球気候モデルを活用する。アルゼンチンの気候は、南北に長く壁のように続くアンデス山脈の山岳地形の影響を受けており、従来の数 100km の解像度を持つ気候モデルでは、その影響を適切に再現することは困難であった。この点で、本プロジェクトは、我が国にしかできない貢献のあり方を示すものといえる。

また、本プロジェクトでは、上記の活動に加え、アルゼンチン政府気候変動局担当官の適応策促進に係るキャパシティー・デベロプメント支援を、研修等を通じて行う予定である。

#### **② 適応にかかる能力強化のための研修**

JICA では、気候変動への適応にかかる能力強化を目的に、全世界の国々を対象とした集団研修と、アジア向けの地域別研修の 2 コースを 2008 年度に立ち上げる予定である。前者では、アフリカや小島嶼国などで適応に関わる行政担当官を主な対象に、気候予測、影響評価、適応政策の立案・実施に至るプロセスの全体像を学ぶ。後者では、アジアの特定の国々を対象に、気候予測に続いて影響評価を取り上げるなど、政策プロセスに沿ってテーマを設定して、一連の研修を実施し、その成果を、対象国における具体的な適応支援事業につなげることを狙いとしている。

### **2) アジア太平洋地域における適応事例**

#### **① バングラデシュ：サイクロンシェルター**

メガデルタの代表とされるガンジス・デルタがあるバングラデシュを襲った 2007 年のサイクロン・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、レーダーによる早期警戒・早期警報システムの整備とその後の適切なフォローアップと併せて、サイクロンシェルターの建設を進めていたことで、死者・行方不明者を 4,200 人ほどに抑えること

ができた（OCHA, 2007：12月6日時点で把握された人数）。注目すべき点は、多くのサイクロンシェルターが日常は小学校をはじめとする学校として利用されていたことが、避難の知識を飛躍的に向上させた可能性が高く、技術を提供するだけでなく、知識定着の役割も担った点である。

## ② バングラデシュ：Cyclone Preparedness Program

1970年のサイクロン被災を教訓にCyclone Preparedness Program(早期警報システム)が作られた。政府から県、軍、村の行政に伝達され、最後はボランティアなどがバイクや自転車を使って国民すべてに伝える方法を取っている。サイクロン・シドルの際は、最初の警報が3日後に上陸する内容であったことが国民には正しく理解されなかったため一部に混乱を招いたが、死者・行方不明者数が少なかったことから上で述べたシェルターへの避難にこの警報が大きく貢献したと考えられる。途上国の大規模災害に対して、早期警報システムが十分に機能した最初の実例である。

## ③ ネパールのツオ・ロパ（Tsho Rolpa）氷河湖におけるリスク低減プロジェクト

観測されている中長期の気候変動のトレンドに対応するための対策も増えてきている。アジア太平洋地域での例としては、ネパールのツオ・ロパ氷河湖におけるリスク低減プロジェクトが挙げられる。同プロジェクトは、気温上昇による氷河湖氾濫のリスクに対応するため実施されている適応策の例である。気温上昇により氷河湖の堤防部分が融け、決壊すると、水が下流に溢れ出て、下流域にある発電所をリスクにさらすことになる。このため、1998年、ネパール政府は国際的な資金援助も得て、放水によってツオ・ロパ氷河湖の水位を下げるプロジェクトを開始した。専門家グループは、氷河湖氾濫のリスクを低減するため、モレーンに水路を設置することにより氷河湖の水位を3メートル下げるよう勧告した。放水をコントロールするために、水門が設置された。同時に、氷河湖氾濫が起こった場合に備えて、下流の19の村落において、早期警戒システムが設置された。2002年、期間4年、総費用320万USドルのプロジェクトが完了した。

## ④ モルディブの護岸施設

モルディブは1,200ほどの環礁の島々からなり、標高は最高でも1.8m程度である。首都のマレ島は全周約6kmでモルディブの人口の1/5以上の約7万人が生活している。1987年に大規模な高潮浸水を受けたのを契機に、日本の政府開発援助により、島全体を護る護岸堤防を建設した。2004年のインド洋スマトラ沖地震大津波により、東部の離島では多大な被害を受けたが、マレ島は当該護岸堤防の効果により、浸水深が最大で1/2程度に低減されたと考えられている（国土交通省国土技術政策総合研究所ホームページ）。現在、モルディブ政府は、マレ島と同じような他の島にも護岸施設を建設するなど、‘Safe islands Programme’を進めている。

## (7) 適応策の評価手法に関する研究動向

途上国分野における適応策のコスト、効果（被害軽減効果）、効率（費用対効果）等を評価する手法について、その研究動向を以下に示す。

適応の費用便益に関する文献は、分野・地域ともに非常に限られている（IPCC, 2007）。適応の費用便益に関する既存文献の多くは、海面上昇もしくは農業に関するものであり、他にエネルギー需要、水資源管理、輸送インフラに関して若干の文献がある。地域的には、欧米先進国に関するものが多いが、最近になり途上国を対象とした分析も現れつつある。

海面上昇への適応に関しては、沿岸防護にかかる費用とそれによって海面上昇による損失が回避される土地の価値を比較し、最適な沿岸防護の水準を推定する研究が複数行われてきた。最適な水準は、リスクに曝される土地の価値により異なるが、定性的には資産の集中する先進国の沿岸域の

都市については防護が適切であり、一方で島嶼国については撤退が重要な適応策となる。ただし、沿岸防護水準の推定に関しては、経済発展や沿岸部への集中に関する将来想定に大きく依存し、不確実性が大きいことに注意が必要である。また、金銭的には取り扱えない地域の事情にも考慮が必要である。

農業分野の適応策に関しては、農家レベルの自発的な適応（品種変更や植え付け日の変更）や、市場・貿易を通じて行われる需給調整の分析が行われてきた。初期の研究では、適応にかかる費用は一般的に考慮されず、その効果だけが評価されてきたが、最近の研究では費用も考慮されつつある。熱帯地域の途上国においては、植え付け日変更のように低費用で実施可能な適応策のみでは、予期される深刻な収量減を相殺できないことが懸念されている。

途上国を対象地域とした適応評価研究は限定的であったが、近年は国際プロジェクト AIACC（Assessments of Impacts and Adaptations to Climate Change in Multiple Regions and Sectors）をはじめ、途上国における脆弱性把握と適応策評価の促進を目的とした事業により、研究の進展が目覚ましい。AIACC プロジェクトには、費用便益分析を行った研究事例も存在する。例えば Njie et al. (2006) は、ガンビアにおける気候変動の影響、穀物生産のための適応費用および便益を調査した。IPCC SRES A2 シナリオを前提として、ミレット（キビ・アワ・ヒエなどの雑穀類の総称）の収量を評価し、2010 年から 2039 年の 30 年間には 2～13%増、2070～2099 年の 30 年間には降水量予測に大きく依存して 43%増～78%減、という予測結果となっている。改良品種の導入、灌漑、および肥料の改良のような適応策が、人口増加や水需給の将来予測を考慮しつつ評価され、これらの対策の実施により、2010～2039 年については、ミレット収量の 13～43%増およびその経年変動の 84～200%減が期待できると示した。気候変動条件の下で作物生産性を高めるには灌漑がより有効であるが、費用効率が高いのは改良肥料の利用であると結論している。また長期的には、降水量が減少するならば、灌漑が必要不可欠な対策となるとしている。

You et al. (2001) は、厚生最適化モデルを用いて、中国における洪水被害を軽減するための適応について評価した。気候変化による洪水が深刻化する場合としない場合について、最適な治水インフラ投資額を推計した。その結果、気候変化が生じないと想定して治水インフラ投資を行ったにも関わらず、実際には気候変化による洪水の深刻化が生じた場合には大規模な厚生損失となる。しかし、気候変化を想定した投資が行われた場合にはその厚生損失は低減され、さらに万一気候変化が実際には生じなかったとしても、その見通しの誤りによる損失は小さいことが示された。将来の気候変化を想定して行われる投資が、現状の洪水災害の軽減の効果も持つことが、そのような結果をもたらす。不確実な事象に対処するために複数の政策選択肢から政策を選ぶ際、各政策を選んだ場合に生じる最悪の結果（不確実性の下で生じる最小の厚生量）をそれぞれ推定し、政策間でその最小厚生量を比較して、一番大きな最小厚生量を期待できる政策を選択するマキシミン原則に基づく意思決定を行う場合、気候変化の生起に関して不確実性があっても、気候変化を想定した治水投資を行っておくことが適切であることが示された。

以上のように、地域的な適応策の費用便益評価の先進的事例は現れつつあるが、依然評価研究が不足している状況である。先行事例に習い、より多くの地域・分野に関して研究が進むことが望まれる。

## 8.6 今後の課題

### (1) 影響・適応に関する研究課題

8.1～8.5 の内容をもとに、今後、アジア太平洋地域において影響・適応に関して進めるべき研究課題を示す。我が国は、これらの研究の推進に積極的に取り組んでいく必要がある。

#### 1) 影響に係る気候観測・監視

- ・気候予測や影響評価の基礎情報となる観測データが不十分である。様々な空間的・時間的スケールで、変化と影響の速度及び大きさの継続的な観測が必要
- ・地方及び地域スケールにおいて相対的な海面水位変化を観測するために、現地の海面水位の観測の強化が必要（とくに沿岸域と小島嶼国）

#### 2) 全球・地域気候予測

- ・全球気候モデルや地域気候モデルの予測精度の向上： アジアモンスーン、台風・サイクロン（高潮）、豪雨、干ばつの地域レベルの詳細予測や気候予測の不確実性評価、とくに島嶼国では小地域を扱える可変ズームングなどダウンスケーリング手法の開発
- ・現状気候下の気象災害リスクの評価と、脆弱性の要因特定や短期予報・季節予報への応用

#### 3) 影響評価研究

- ・人口及び社会経済のシナリオの開発（とくに小島嶼国）
- ・適応戦略検討に資する、より小地域レベルの温暖化影響の予測（極端現象、影響コストを含む）
- ・様々な地域及び分野についての危険な温度閾値の特定
- ・気候変動と食料－水資源－沿岸域－健康の主要分野における影響間の相互作用

#### 4) 影響の監視

- ・地球観測の一環として温暖化影響のモニタリングと影響検出・評価手法の開発  
例：森林火災（衛星や航空機）、洪水氾濫域、植生変化、土地や地形の変化（氷河湖など）
- ・沿岸大都市の熱環境や沿岸海域の水温モニタリングなどによる環境変化の監視
- ・希少種・固有種のモニタリングと絶滅リスクの推定

#### 5) 適応に関する基礎的課題

- ・適応と持続可能な開発の統合、相互強化の推進方策
- ・気候変化への対応を、社会経済開発政策及び環境保全と調整し、統合させるための方策
- ・適応のための国際的及び途上国の国内的な資金メカニズム
- ・個別の適応策のコスト情報（及び実施のための要件）の整備
- ・適応策のコスト、効果、費用便益の評価手法の開発
- ・気候変動保険など新たな仕組みのあり方や構築に向けた研究

#### 6) 適応研究－計画実施手法

- ・脆弱性に基づくアプローチと気候リスクにもとづくアプローチの計画手法の開発、活用方策の検討
- ・国内の地域やコミュニティレベルでの適応戦略策定、実施方策、政策への反映方策等の検討。特に、脆弱性に基づくアプローチ、ボトム・アップアプローチの活用、地域密着型の影響・適応評価（マイクロアダプテーション）
- ・現在の自然変動への対応として地域で既に行われている取組（伝統的な知識や組織等を生かした取組など）の事例収集、その効果と一層の温暖化への対応限界の評価、強化方策、移転可能性検討。



## 7) 適応研究一分野別

- ・ 影響と適応策の地域性を踏まえ、地域ごとに水資源、食料（農業）、人の健康、防災、インフラ、生態系等の特に緊急性の高い分野及び課題の選定
- ・ 適応技術に関する研究開発
  - － 農業：乾燥・高温・塩害に強い作物品種の開発・改良、灌漑と水資源、農地利用と自然生態系、水資源と作付け、水資源と畜産業、水資源と水産養殖
  - － 水資源：水資源と水力発電、海面水位上昇と土地利用、海水浸入と土地の劣化などのセクター間の相互作用、低廉な節水技術の開発・改良
  - － 防災：沿岸域防災、河川防災、土砂災害防災
- ・ 適応管理に関する研究開発
  - － 水資源管理、統合沿岸域管理、病理学と疾病監視・制御
  - － 影響リスク及び対策の伝達

## (2) 我が国の貢献すべき課題と取組

8.1～8.4 で見たように、アジア太平洋地域は自然条件が多様であり、様々な温暖化の影響を受けやすい。さらに途上国では、温暖化へ対処する能力が不足しているとともに、貧困・低開発は、温暖化への抵抗力が不足する最大の要因となっている。このため、途上国における適応の推進には国際的な協力が不可欠であり、気候変動枠組条約等の国際的な枠組み等の多国間、二国間の協力、援助を強化することが必要である。

我が国は、気候変動枠組条約の下や、関係国際機関等で行われている国際的な取組の形成や実施に、積極的に参加し、イニシアティブを発揮していくことが必要である。そして、このような国際的な協力の枠組みと連携して、我が国としての能力、経験を生かした取組を進めていくべきである。

ここでは、途上国の適応推進のための課題の中で、我が国が貢献できる課題と取組について整理する。

### 1) 我が国が特に貢献可能な優先課題

我が国は、アジア太平洋諸国と、官民を含め多様な交流を行ってきた。開発援助においては、アジア太平洋地域を重点地域として、幅広い分野において協力事業を展開してきた。当該地域諸国における適応策の推進についても、これまでの交流・協力で得られた経験や相手国との関係を基盤として、我が国としての優位のある分野を活かした協力を進めるべきである。なお、我が国としての優先課題は、今後の気候変動問題の推移を踏まえ、適切に見直していくことが必要である。

#### ① 国際的影響への対応

国際的な相互依存関係が深まる中、途上国においても気候変動の影響は一国にとどまらず、国境を越えて、さらに地域規模、地球規模で影響を及ぼすおそれがある。我が国への影響も含め、このような広域的な影響への適応策の推進に取り組むべきである。食料供給、感染症、国際的な観光地、国際河川、渡り鳥等の生物多様性保全等に関する適応策が含まれる。

#### ② 新たな問題、脆弱性の高い地域への対応

気候変動の進行は、氷河の融解による洪水や水資源の枯渇、永久凍土の融解による植生への影響、海面上昇による沿岸の浸食など、これまでの自然災害では見られなかった新たな問題を発生させる。また、気候変動の影響は、乾燥地、沿岸の低地、小島嶼など、現在でも気候変化や災害に脆弱な地域や最貧国などで特に顕著に現れる。このような、気候変動により特に影響を受けやすい地域にお

いて、率先して対応を進めるべきである。

### ③ 気候変動科学の普及

我が国は、気候変動の観測、予測、影響評価の科学について、高い能力と多くの蓄積を有している。途上国における適応策の計画、実施の基盤として、(1)に述べた課題について研究を進め、途上国で活用できる気候変動の科学的情報を提供すること、また、途上国における観測や予測の能力を向上させる取組を行うべきである。また、科学的情報を政策決定者や関係者にわかりやすく提供することにも取り組むべきである。

### ④ 途上国の能力育成

適応策は、地域により異なる影響に対して、地域の社会的・経済的条件に応じた形で進めることが有効であり、国レベル、地方レベル、更にコミュニティのレベルでそれぞれの機能に応じた取組が求められる。途上国自らが、各レベルで必要な気候変動の観測、影響予測、適応策の計画、実施が行えるよう、対処能力の向上を進めることが重要である。

## 2) 我が国の貢献のための取組

適応策支援に関する我が国の今後の大きな方向性としては、「クールアース 50」や「クールアース推進構想」、「クールアース・パートナーシップ」があるほか、外務省（2008）が取りまとめている。これらの中で、我が国は、温室効果ガスの排出削減と経済成長を両立させ、気候の安定化に貢献しようとする途上国を支援することを示している。その一つの方策として、100 億ドル規模の新たな資金メカニズム（クールアース・パートナーシップ）を構築することとし、これにより省エネ努力などの途上国の排出削減への取組に積極的に協力するとともに、気候変動により深刻な被害を受ける途上国に対して支援をすることを示している。

ここでは、1)に掲げた優先課題についての取組の例を以下に示す。

### ① 調査研究、情報整備

- ・国別・地域別の影響・適応評価研究の促進（短～中期）
- ・アジア太平洋地域における地域スケールの研究活動の強化（APN 等）
- ・影響・適応の評価のための統合評価モデル等の開発と移転。特に、地球シミュレータの成果を活用した支援、共同活用ネットワークの形成。
- ・気候データや気候予測情報（シナリオ）、社会経済情報・データの収集とデータベース化（短期）
- ・データ、モデル、研究者や研究機関・大学など情報源情報の整備、提供（短期）
- ・島嶼やメガデルタなど特に脆弱な地域における知識・情報の整備（短期）
- ・以上について、途上国研究機関と日本の研究機関の共同研究の推進、途上国の国別・地域別研究プロジェクト（USCSP、AIACC、APN CAPaBLE プログラムなど）の支援、ネットワーク（情報交換、定期的なシンポジウム等）形成による協力の推進

### ② 戦略、計画作成

- ・途上国における適応の戦略や計画の策定手法のガイドライン等の提供、実施の支援

特に、自然変動への対応の既存の取組の強化と、新たな技術・対策の導入を組み合わせる対応戦略手法、地方やコミュニティレベルで活用できる戦略手法、小島嶼等での自然システム及び人間システムにおいて、気候ストレスと非気候ストレス（人口増加、有限な資源のための競争、生態系の劣化、社会変化と経済改革の原動力）を同時に考慮した適応手法等が重要である。（短期）

- ・現地の本当のニーズ（特に脆弱性が大きく声の小さい貧困層）を把握するための、コミュニケーション・情報収集方法の検討（短期～中期）

### ③ 能力開発、技術移転

- ・影響・適応研究者、行政担当者、技術者、教育機関などの人材育成担当者などの能力育成への協力。
- ・定期的なワークショップ、トレーニング会合等の各種研修事業の実施（JICA の関連分野の研修、国立環境研の統合評価モデルのトレーニング等）
- ・共同研究、参加型協力を通じた人材の育成
- ・適応技術に関する情報の収集・提供。特に、我が国が比較優位を有する技術（外務省国際協力局（2007a）の例など）の整理と、それら技術の ODA 等を通じた活用（短期～中期）

### ④ 開発援助に関する対応

- ・温暖化への適応を援助方針の重点課題として位置づけ、適応に配慮した援助案件の優先度を高める。
- ・我が国が取り組むべき優先的な適応問題、地域を明確にし、重点的な対応を行う。
- ・長期的・分野横断的な視点に立った相手国の総合的な開発戦略に整合した適応策を支援していく。
- ・地域の特性や経験を生かし、個人やコミュニティレベルでの適応力が強化されるよう参加型の支援を進める。
- ・各分野の援助事業についてガイドライン等を作成し、適応の主流化を進める（外務省（2008））。
- ・地域の状況を踏まえた効果的な事業を実施できるよう直接現地に入り行う活動を重視していく。
- ・開発分野の担当者の適応に関する対応能力の向上、適応に関する対応が援助事業全体で整合的に取り組まれる仕組みづくりなど、適応に関する援助の人員・体制の強化を進める。
- ・援助事業がマルアダプテーションにならないよう、また、適応に関して積極的な効果を上げるよう、援助事業の計画及び実施に当たり、適応への影響についての評価を行う。
- ・適応基金、GEF、クールアース・パートナーシップ等の国際的資金の効果的な実施に取り組む。（短期）
- ・途上国における気候変動の影響と適応の重要性、開発問題との連携の必要性等に関する理解を深めるため、我が国における開発教育のあり方を検討する。（短期）

## 引用文献

- Adger W.N., Arnell N.W. and Tompkins E.L., 2005: Successful adaptation to climate change across scales, *Global Environmental Change*, 15, 77-86.
- Brenkert A.L. and Malone E.L., 2005: Modeling vulnerability and resilience to climate change: a case study of India and Indian States., *Climatic Change*, 72, 57-102.
- Carter T.R., Parry M.L., Harasawa H. and Nishioka, S., 1994: IPCC technical guidelines for assessing climate change impacts and adaptations, Department of Geography, University College London, UK and Center for Global Environmental Research, National Institute for Environmental Studies, Japan, 59.
- 独立行政法人 国際協力機構 国際協力総合研修所, 2007: 気候変動への適応策に関するJICAの協力のあり方, 独立行政法人 国際協力機構 国際協力総合研修所 調査研究グループ, 94.
- 独立行政法人 国際協力機構, 2007: JICAの協力と気候変動への適応策, 独立行政法人 国際協力機構 国際協力総合研修所 調査研究グループ, 16.
- 外務省, 2008: 気候変動分野における開発協力の基本的考え方―“Cool Earth”実現に向けた有識者パネルの提言―, 24. ([http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/bunya/environment/pdfs/cool\\_earth\\_j.pdf](http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/bunya/environment/pdfs/cool_earth_j.pdf))
- 外務省国際協力局, 2007a: 気候変動への適応の分野における開発途上国支援 (有識者会議による提言), 13. (<http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/bunya/environment/pdf/assist2007.pdf>)
- 外務省国際協力局, 2007b: 気候変動の悪影響への適応に係るODAに関する基礎調査 報告書, JP: 21257261.
- Hall P., 2006: What the South Pacific Sea Level and Climate Monitoring Project is Telling Us, PCC Seminar (AusAID), Canberra, November, 2006, 10.
- IPCC, 2007: Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 976.
- Japan Bank for International Cooperation (JBIC) The Overseas Economic Cooperation Operations (OECOs), 2007: To achieve compatibility between environmental conservation and economic growth - JBIC OECOs experiences, 16.
- 国土交通省国土技術政策総合研究所ホームページ ([http://www.nilim.go.jp/lab/fcg/labo/02\\_05.html](http://www.nilim.go.jp/lab/fcg/labo/02_05.html))
- 国際協力機構 気候変動対策室, 地球環境部, 国際協力銀行 気候変動対策室, 2008: JICAの気候変動に係る取組の方向性 ([http://www.jica.go.jp/kokusouken/enterprise/chosakenkyu/field/pdf/200806\\_env\\_04.pdf](http://www.jica.go.jp/kokusouken/enterprise/chosakenkyu/field/pdf/200806_env_04.pdf))
- 近藤洋輝 訳, Dow K. and Downing T.E. 著, 2007: 温暖化の世界地図, 丸善株式会社, 112.
- McGray H., Hammil A., and Bradley R., 2007: Weathering the Storm: Options for Framing Adaptation and Development, World Resource Institute, 57.
- Möhner A. and Klein R.J.T., 2007: The Global Environment Facility: Funding for Adaptation or Adapting to Funds? Stockholm Environment Institute, Working Paper, 18.
- Njie M., Gomez B.E., Hellmuth M.E., Callaway J.M., Jallow B.P. and Droogers P., 2006: Making Economic Sense of Adaptation in Upland Cereal Production Systems in The Gambia, AIACC Working Paper No. 37, The AIACC Project Office, International START Secretariat, ([http://www.aiaccproject.org/working\\_papers/Working%20Papers/AIACC\\_WP37\\_Njie.pdf](http://www.aiaccproject.org/working_papers/Working%20Papers/AIACC_WP37_Njie.pdf))
- OCHA, 2007: Cyclone SIDR Bangladesh, Situation Report No. 12, 3.
- OCHA, 2008: Cyclone Nargis Myanmar, OCHA Situation Report No. 20, 3.
- 首相官邸ホームページ, 2007: 地球温暖化対策に関する内閣総理大臣演説 美しい星へのいざない「Invitation to 『Cool Earth 50』」～3つの提案、3つの原則～ (<http://www.kantei.go.jp/jp/abespeech/2007/05/24speech.html>) .
- 首相官邸ホームページ, 2008: ダボス会議における福田内閣総理大臣特別講演 (<http://www.kantei.go.jp/jp/hukudaspeech/2008/01/26speech.html>) .
- Smith J.B., 1997: Setting priorities for adapting to climate change, *Global Environmental Change*, 7(3), 251-264.
- UNFCCC, 2004: Application of methods and tools for assessing impacts and vulnerability, and developing adaptation responses. Background paper (FCCC/SBSTA/2004/INF.13), 24.
- UNFCCC, 2006: Application of environmentally sound technologies for adaptation to climate change (FCCC/TP/2006/2), 107 .
- UNFCCC, 2007a: Background Paper Impacts, vulnerability and adaptation to climate change in Asia, 52. ([http://unfccc.int/files/adaptation/methodologies\\_for/vulnerability\\_and\\_adaptation/application/pdf/unfccc\\_asian\\_workshop\\_background\\_paper.pdf](http://unfccc.int/files/adaptation/methodologies_for/vulnerability_and_adaptation/application/pdf/unfccc_asian_workshop_background_paper.pdf))
- UNFCCC, 2007b: Climate Change: Impacts, vulnerabilities and adaptation in developing countries, 64. ([http://unfccc.int/files/essential\\_background/background\\_publications\\_htmlpdf/application/txt/pub\\_07\\_impacts.pdf](http://unfccc.int/files/essential_background/background_publications_htmlpdf/application/txt/pub_07_impacts.pdf))
- UNFCCC, 2007c: Compilation of submissions received from relevant organizations on Information on adaptation approaches, strategies, practices and technologies at the regional, national and local levels in different sectors, as well as on experiences, needs and concerns (FCCC/SBSTA/2007/MISC.11), 113.
- UNFCCC, 2007d: Investment and Financial Flows to Address Climate Change, 272. (<http://www.un.org/ga/president/62/ThematicDebates/gpicc/iffacc.pdf>)
- UNFCCC, 2007e: Report on the Asian regional workshop on adaptation (FCCC/SBI/2007/13), 16.
- UNFCCC, 2007f: Report on the expert meeting on adaptation for small island developing states (FCCC/SBI/2007/11), 17.
- UNFCCC, 2007g: Report on the workshop on adaptation planning and practices (FCCC/SBSTA/2007/15), 18.
- UNFCCC, 2007h: Synthesis of outcome of the regional workshops and expert meeting on adaptation under decision 1/CP.10

- (FCCC/SBI/2007/14), 14.
- UNFCCC, 2007i: Vulnerability and adaptation to climate change in small island developing states, 37.  
([http://unfccc.int/files/adaptation/adverse\\_effects\\_and\\_response\\_measures\\_art\\_48/application/pdf/200702\\_sids\\_adaptation\\_bg.pdf](http://unfccc.int/files/adaptation/adverse_effects_and_response_measures_art_48/application/pdf/200702_sids_adaptation_bg.pdf))
- UNFCCC: Adaptation Planning & Practice Database ([http://maindb.unfccc.int/public/adaptation\\_planning/](http://maindb.unfccc.int/public/adaptation_planning/))
- UNFCCC ホームページ (<http://unfccc.int/adaptation/napas/items/2679.php>)
- USAID, 2007: Adapting to climate variability and change; A guidance manual for development planning, Washington, D.C., 24.
- World Bank, 2005: Assessment and Design for Adaptation to Climate Change – A Prototype Tool (ADAPT), Draft Report, Washington, D.C., 26.
- Yale University and CIESIN, 2005: 2005 Environmental Sustainability Index, Summary for Policymakers, 8.  
([http://www.yale.edu/esi/ESI2005\\_policysummary.pdf](http://www.yale.edu/esi/ESI2005_policysummary.pdf))
- Yohe G., Malone E., Brenkert A., Schlesinger M.E., Meij H. and Xing X., 2006a: Global distributions of vulnerability to climate change. *Integrated Assessment Journal*, 6, 35-44.
- Yohe G., Malone, E. Brenkert, A. Schlesinger M.E., Meij H., Xing X. and Lee D., 2006b: A synthetic assessment of the global distribution of vulnerability to climate change from the IPCC perspective that reflects exposure and adaptive capacity, CIESIN (Center for International Earth Science Information Network), Columbia University, Palisades, New York, 17. [Accessed 11.06.07: <http://ciesin.columbia.edu/data/climate/>]
- You S.C., Takahashi K. and Matsuoka Y., 2001: Investment as an adaptation strategy to climate change: case study of flood damage in China, *Environmental Economics and Policy Studies*, 4, 45-65.