

地球温暖化対策における適応策の位置づけと課題

三村 信男

(茨城大学 地球変動適応科学研究機関)

摘 要

2005年2月に京都議定書が発効し、国連気候変動枠組み条約(UNFCCC)の下での国際的な温暖化対策が正式にスタートした。一方、2003年にヨーロッパを襲った熱波や2005年8月の米国ニューオーリンズにおけるハリケーン・カトリーナの被害によって、異常気象の頻発などへの懸念が広がり、温暖化影響への長期的対応策として適応策への関心が高まっている。とりわけ、GHG排出量が少なく、その一方で気候変動・異常気象の影響を受けやすい熱帯・亜熱帯の途上国や小島嶼国では、温暖化対策の中心は適応策であるという認識が広がっている。本論では、今後の温暖化対策における焦点の分野になりつつあることに対応して、適応策に関する認識の現状を整理するとともに、今後の課題の把握を試みた。特に、適応の意味合いとあり方、適応力の構成要素、適応をめぐる認識の現状を整理する。

キーワード：気候変動、脆弱性、適応策、適応力、サステナビリティ

1. はじめに

2005年2月に京都議定書が発効し、国連気候変動枠組み条約(UNFCCC)の下での国際的な温暖化対策が正式にスタートした。これによって、先進工業国と旧東欧圏の経済移行国は温室効果ガス(GHG)排出の削減義務を負い、2008～2012年の第一約束期間における削減目標達成を目指している。同時に、2003年にヨーロッパを襲った熱波や2005年8月の米国ニューオーリンズにおけるハリケーン・カトリーナの被害によって、国際的に、既に地球の気候システムに温暖化の影響が出始めたのではないかという不安が一挙に高まった。異常気象の頻発などへの懸念が広がるとともに、将来の温暖化影響にどう備えるかという長期的な課題も浮上している。これらへの対応措置が適応策である。とりわけ、GHG排出量が少なく、その一方で気候変動・異常気象の影響を受けやすい熱帯・亜熱帯の途上国や小島嶼国では、適応策への関心が急速に高まっている。

しかし、適応策の研究は理念的な域にとどまっているのが現状である。今後の温暖化対策における焦点の分野になりつつあることを考えると、適応策に関する認識の現状を把握し、今後の課題を整理することは意味があろう。本論では、それを試みるとともに、沿岸域を対象にして、若干の適応策の検討例を紹介する。

2. 適応策をめぐる国際的背景

2.1 温暖化対策における適応策

国連気候変動枠組み条約(UNFCCC)は、その第2条で温暖化対策の究極の目標を以下のように定めている。

「気候系に対して、危険な人為的干渉をおよ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することを究極的な目標とする。そのような水準は、生態系が気候変動に適応し、食料の生産が脅かされず、かつ、経済開発が持続可能な態様で進行できる期間内に達成されるべきである。」

この目標が掲げる「気候系に対して、危険な人為的干渉をおよぼすこととしない水準」での安定化とは、生態系や食糧生産、経済開発への影響が重大とならないように温暖化の進行を制御することを意味するが、そのような対策には2つの方向がある。1つは温暖化抑制のための排出削減策であり、もう1つは温暖化の悪影響への適応策である。

排出削減策(緩和策; Mitigation)は、温暖化抑制を目的とする対策である。国際的には、1992年の地球サミットで「国連気候変動枠組み条約」が署名され、1997年には具体的な排出削減目標と実施計画を定めた「京都議定書」が合意された。紆余曲折があったものの、京都議定書は2005年2月に発効した。2008～2012年までの第一約束期間には、離脱した米国を除く先進国・経済移行国

平均で、1990年比5%の温室効果ガス削減が目標になっており、各国は国内の省エネ対策と共同実施やクリーン開発メカニズム(CDM)といった多国間の協力措置を通じて目標達成を目指している。

一方、京都議定書が定めた削減目標の効果は限定的であり、さらに、2013年以降のポスト京都議定書の排出対策の枠組みは現時点では定まっていなものの、いずれにしても完全に温暖化を抑制する対策の実施は難しいため、温暖化した世界にどう対処するのかという対策が必要である。こうした対策は、適応策(Adaptation)と呼ばれる。適応策は、温暖化・気候変動の影響が現れる全ての分野で考えられるものであるため、対象分野は、農業・食糧生産、水資源、防災、健康、エネルギー・産業、さらに自然環境を含む広い範囲にわたることになる。

緩和策と適応策は、温暖化対策の車の両輪であり、温暖化対策としては、それらの最適な組み合わせが必要という認識が広がっている。これを背景に、2004年に開かれた第10回条約締約国会議(COP10)では「適応と対応措置に関するブエノスアイレス作業計画」が合意され、5年計画で適応策の検討が開始されている¹⁾。途上国の側からすると、適応策は、温暖化の影響への予防的な対策であるとともに、防災施設や水資源、農業などの社会基盤施設の整備・レベルアップを図る手段となるため、先進国からの資金援助を期待する声が高い。一方、温暖化への適応策の内容に関する一致した認識はなく、また一般のインフラ整備との区別も明確ではないため、適応策をどう扱うかは今後の大きな論点となると予想される。そのため、「ブエノスアイレス作業計画」は各国が影響・脆弱性・適応への理解を深めるという研究的で理解の共有を目的とする活動からスタートするものになった²⁾。

2.2 温暖化の危険な水準と適応策

気候変動に関する政府間パネル(IPCC)は、2001年に発表した第三次報告書で将来の気候予測を示している³⁾。温暖化の進展は、CO₂をはじめとする温室効果ガス(GHG)の排出状況によって決まるので、それをもたらす人間の社会・経済システムの将来像によって左右される。そのため、IPCCはSRESシナリオという複数の将来社会シナリオを作成し⁴⁾、その情報を境界条件にした気候モデルの予測結果をまとめた。シナリオ間の差もあればモデル間の差もあるため、結果は散らばるが、1990年から2100年までの間に、1.4~5.8℃の気温上昇が予測されている。また、海面上昇に対

しては、2100年までに0.09~0.88 mの上昇が予測されている。また、降水量は今世紀を通じて増加し、年々変動も大きくなるとされている。

社会的に大きな関心事である台風の変化については、理論的には海洋の表面水温が上昇すると台風のエネルギー源となる蒸発が増大し、より勢力の強い台風が発生するという理論的予測がなされた⁵⁾。Walsh⁶⁾は、温暖化の台風への影響として、2050年までに中心気圧は5%~10%低下し、その結果ピーク降雨量は25%増加するとしている。さらに最近の気候モデルによる予測では、温暖化の下では、台風の発生数は約30%減少するものの、継続時間の長い強度の大きな台風が発生するという傾向が得られている⁷⁾。

ポスト京都議定書の枠組みをはじめ、今後の温暖化対策の議論は、国連気候変動枠組み条約第2条のいう温暖化の危険な水準をどう認識するかがベースになる。温暖化の危険な水準を決めようとする議論の中で、温暖化の影響には、温暖化に比例して連続的に増加する影響(タイプ1の影響)と、非可逆的で不連続的に発生する影響(タイプ2の影響)があることが指摘されてきた^{8),9)}。タイプ2の影響は、温暖化がある閾値を超えると非連続的に地球環境の激変をもたらす影響が発生するというもので、これには西南極氷床の崩壊による数メートル以上の海面上昇¹⁰⁾や海洋大循環(熱塩循環)の停止などがあげられる。こうした変化への適応は不可能であり、タイプ2の影響は必ず避けなければならない影響である。

一方、タイプ1の影響は、温暖化の進行によって徐々に影響の程度を増していく性質のものである。この種の影響は、適応策によってある程度影響を軽減できるので、いかなる適応策がとられるのかによって、実際に出現する影響が大きく異なる事になる。したがって、これ以降の議論では、タイプ1の影響を対象とすることになる。

3. 温暖化に対する脆弱性のとらえ方—感受性・抵抗力・脆弱性

温暖化の影響の形態には、直接的影響(1次影響)と間接的影響(2次、高次影響)が考えられる。直接的影響とは、渇水や海面上昇による水没など、気候変動がもたらす直接的物理的影響である。間接的影響とは、水没による住民の移住、作物減収や農業からの転換などの産業影響、インフラ施設の機能不全など、影響が社会経済システムあるいは自然環境に波及することを指す。

アジア・太平洋地域の途上国では、これらの影

響があらわな形で現れる可能性が高い。一方、我が国をはじめ先進工業国の場合には、影響が確実視されれば、それを回避し、低減するための対応がとられるに違いない。たとえば、海面上昇に対して堤防の嵩上げをはかったり、水資源管理の高度化をはかるなどがその例である。多くの場合、個々の企業、事業者もリスク回避の措置をとるだろう。そのためには、公的あるいは私的な費用負担が発生するが、これは、社会が影響回避の費用を負担したことを意味する。また、実体的被害が生じた場合でも、保険によってその費用の一部がまかなわれることが多い。このように、先進工業国では、実体的被害が生じて、それを転嫁する余力があり、また、分散する制度が発達している。

しかし、先進工業国でも、すべての物理的影響が回避され、転嫁・分散されるわけではない。気候変動の予測に不確実性があり、集中豪雨や極端な渇水といった外力が想定範囲以上で、インフラ施設の設計条件を超える場合が考えられる。また、防災施設が被災すると、他の社会経済システムに思わぬ大規模な影響を及ぼすこともあり得る。たとえば、2000年東海水害¹¹⁾や2005年東京の集中豪雨、2005年ハリケーン・カトリーナによる災害では、いったん都市中心部で氾濫が発生すると影響は極めて莫大になることを示した。都市には地下街や地下施設(変電所、情報ネットワークなど)が多く建設されているが、これらが水没すれば、影響は極めて広範囲に及ぶことになる。

以上のように考えると、温暖化・気候変動の影響(被害)の発現にはいくつかの要素が関連していることが分かる。これらは、1)気候変動に伴う外力の大きさ(Climate stimuli)、2)影響を受けるシステムの感受性(Susceptibility)、3)システムの抵抗力(Resilience)に分類できる。システムの抵抗力は、適応力と呼ばれることもある。気候変化に対する総合的な影響の程度は脆弱性と呼ばれる。脆弱性は地球全体、あるいは地域や国、さらに農業や水資源などの影響を受けるシステムなど、様々なレベルで考えることができる。

脆弱性にはいくつかの定義があるが、共通的には以下の様に定義できる¹²⁾。

「あるシステムの外力に対する影響の受けやすさの程度、および影響を転換し、それに順応し、あるいは利用する能力」

この定義には、脆弱性を単に受動的な被害の大きさとしてとらえるのではなく、被害と各システムの持つ対応力との関係で把握しようという考え方が込められている。この関係を模式的に表現する

と、脆弱性と上の3要素とは次のような関係に表せる。

$$\text{脆弱性} \approx \frac{\text{外力の大きさ}}{\text{抵抗力}-\text{感受性}}$$

この関係式は、外力が強く、また、感受性が大きくて抵抗力が小さいほど脆弱性が大きくなることを示している。そのため、外力の大きさ(気候変動・異常気象・海面上昇)が一定だとすると、脆弱性を小さくするには抵抗力を大きくすることが必要であり、これが適応の基本的な役割となっている。

4. 適応策の特性と現状認識

4.1 適応策の種類と特性

適応は、「気候変動の影響を変更し、それに順応し、あるいは利用するための戦略・政策を、開発、立案、実行するプロセス」と定義される。適応策の基本的な内容は以下の4点にまとめられる¹³⁾。

- 1) リスクの回避・悪影響の発生可能性の低減。これは、予想される影響の出現に対して予防的な対策を取るもので、危険な地域の開発の抑制や防災システムの整備などがこの例である。
- 2) 悪影響の緩和。これは、生じてしまった影響をなるべく低く抑えようとする対策で、防災分野では減災対策や復旧への支援がこれに当たる。
- 3) リスクの分散。これは、発生する影響を多くの住民の間で分散して負担したり、時間的に分散させることで影響の集中を抑える対策であり、保険の導入が端的な例である。
- 4) リスクの受容・無対策。現時点では何もせず、悪影響が発生する可能性を受容するものである。

適応策の分類軸は、部門・影響を受けるシステム、意図性、適応策の実施時期などがある^{14),15)}。適応策は影響を受ける全てのシステムで考えられるため、上でも述べたとおり、農業・食糧生産、水資源、防災、健康、エネルギー・産業、さらに自然環境を含む広い範囲にわたる。個々の分野における適応策の例は、原沢ほか¹⁶⁾にまとめられている。

ここで、適応策の検討例を沿岸域を対象にして簡単に紹介する。海面上昇や台風の強大化によって大きな影響を受けると考えられるため、沿岸域における適応策は当初から議論が行われてきた。IPCCは第一次報告書の段階から、既に沿岸域の対策を撤退、順応、防護の3つに分類して提

案している¹⁷⁾。その内容は、表1に示すとおりである。当初の議論では、西欧先進国を中心に撤退策が推奨されたが、2004年のインド洋大津波や2006年ハリケーン・カトリーナによるニューオリンズの被害を目の当たりにして、防護策の重要性が再認識されている。

一方、我が国でも海岸管理政策の中に海面上昇などへの長期的対応策を組み込もうとする検討が行われてきた^{例えば18)}。さらに、近年、既往最大値を超えるような潮位や波浪によって甚大な被害が生じる事例が発生したこと、また、少子化・人口の減少が予想されることを背景にして、人口・財政制約下でより高い安全性を確保するための海岸防護対策のあり方を再検討する研究も行われている¹⁹⁾。その中では広範で具体的な対応策が検討されているが(表2)、とりわけ、今後は、堤防や護岸などのハードな防護対策のみならず、土地利用

表1 沿岸域の適応オプション。(原沢ほか¹⁶⁾を修正)

適応分類	適応オプション
撤退	海岸に近い地域における開発の回避 都市計画・土地利用計画による開発抑制 危険の高い海岸からの移住 移住のための公的補助金の提供
順応	最悪の影響を避けるための先進的な計画 土地利用形態の変更 マングロープなどの沿岸生態系の防護 危険地域での厳しい規制 災害保険
防護	ハード技術による対策 防災：堤防、防潮堤、護岸、防潮門 侵食対策：突堤、離岸堤 水資源対策：堰、塩水防壁 ソフト技術による対策 侵食対策：定期的な養浜、砂丘の保護 沿岸生態系の保全：湿地の保護、植林 早期警戒システム・避難体制

表2 対策メニューの例¹⁹⁾。

目的	対策メニュー	実施内容
土地利用変更等に関する対策		
防災を考慮した土地利用の変更	緩衝帯(バッファ)の整備	砂丘保全・整備, 防風, 防砂林の保全・整備, 洪水対策としての空間確保
	遊水池等の整備	集落等への浸水被害を低減するための遊水池・貯水池等の整備
土地利用変更・規制	住居等の移転	危険区域(浸水予想区域)内の住居等の移転, 移転支援
	危険区域内の建築禁止・制限	危険区域(浸水予想区域)内の新規の建築禁止
	沿岸域特定区域の開発規制	沿岸域保全を主目的とした建築行為等の制限
建築様式等の変更	建築物の強化・嵩上げ等	高床式化(ピロティ), 鉄筋コンクリート化, 地盤の嵩上げ等
	セットバック	危険区域(浸水予想区域)内の新規建築の際にセットバックを義務付け
総合的沿岸域管理	管理制度の整備, 法律の制定・変更	沿岸域管理を主目的とした法律に基づき, 関連計画を策定・実施(ICZM)
無対策	特段の対策を採らない	自然特性の保全を最優先とし, 短期的な侵食対策を行わない
防災体制の充実等に関する対策		
迅速な避難支援	避難路・避難地の整備	高台等の避難地及び安全な避難路を整備
情報提供, 啓発・教育, 地域防災力強化	ハザードマップの作成・配布	浸水想定区域, 避難地, 避難経路等を図示した防災地図を作成し住民等へ配布(必要に応じて住民参加ワークショップを開催)
	情報提供(施設の整備, Webの活用)	観測情報, 予測情報等の収集・提供施設の整備(防災センター等)
	防災訓練の実施	地域住民等が参加する防災訓練を定期的実施
	防災教育の実施	専門家等による地域住民や児童に対する防災教育の実施
	自主防災組織の設置	町内会単位の自主防災組織の設置や高齢者等の避難支援を行う防災ボランティア組織の設置
災害時の支援	災害復旧基金, 補助金の創設	行政からの出資金, 寄付等により基金を創設
経済的誘導	浸水保険制度の創設	住民等が加入する保険制度を創設
施設整備等による対策		
浸水等の防止	海岸保全施設等の整備・改良	堤防・護岸の整備, 沖合消波施設の整備, 水門・陸ごうの自動化・遠隔化, 老朽化施設の改良など
浸水被害の軽減	排水システムの強化	ある程度の浸水・越流を許容した上で浸水被害を最小限とするための排水ポンプ等の整備

の変更・規制や情報提供による防災体制の充実などのソフト対策との組合せといった総合的な海岸保全対策を導入する必要があることが強調されている。

次に意図性についていえば、自動的(自律的)適応(Autonomous adaptation)と計画的適応(Planned adaptation)がある。自然生態系にせよ、人間活動にせよ、政策的な介入がなくても気候変動の悪影響が出れば、それに対して何らかの対応を示す。これが自動的適応である。一方、計画的な適応は、気候変動の影響を予測し、悪影響を緩和する方向で意識的な政策をとろうというものである。適応の時期については、影響が現れた後でそれに適応する事後的(Reactive)なものとする予見的(Proactive)なものがある。

このような分類軸に従って適応策を分類したものを表3に示す。影響を受けるシステムは、大きく自然システムと人間の社会システムに分けて示した。自然システムの適応は全て自動的、事後的な形で生じる。それは自然システムへの影響の低減が不可能であることを意味するものではない。例えば、海面上昇に対するマングローブ林の適応として陸側への移動が考えられるが、それを見越して、マングローブ林背後に待避回廊と呼ばれる緩衝地帯を残しておくといった人間側の措置に

よって、自然システムの自動的な適応を援護するといった方策があり得る。

4.2 適応能力を左右する要因

上で述べたとおり、気候変動への適応は、国、地域、コミュニティ、企業、さらに個人・家族までさまざまなレベルで実行される。そのため、それぞれの主体が持つべき適応能力には、相互に関連する極めて多くの要素が存在する。国や地域を対象に適応力の要素を整理してみると表4に示すように、財政力、人的資源、科学技術の知識レベル、情報能力、技術、社会制度・インフラなどが含まれる²¹⁾⁻²³⁾。これらは、資源の豊かさや社会の構成員の知識レベル・受容性、さらに社会制度・防災施設などの社会インフラの整備レベルに大別できる。その総合力によって、一国あるいはある地域の適応力が決まるため、適応能力の向上は容易な事業ではないといえる。仮に、一時的な財政援助によって防災施設などの基盤施設を建設しても、それを維持する資金や住民の認識、さらに社会システムがなければ施設の十分な機能を維持することはできない。その意味で、適応力の形成は長期的な社会的能力の形成の課題であることがわかる。

さらに、注意すべき論点は、影響と適応策には地域性があるということである。水資源の賦存状

表3 適応策の分類—事後的および予見的対策。(Klein²⁰⁾; 原沢ほか¹⁶⁾に加筆)

対象システム		事後的対策	予見的対策
自然環境		<ul style="list-style-type: none"> 成長期間の変化 生態系を構成する種の変化 植物の移動 生息地域の移動 	
社会システム	個人	<ul style="list-style-type: none"> 耕作法の変更 空調設備の設置 	<ul style="list-style-type: none"> 保険 家屋の嵩上げ 安全な地域への移住
	自治体・政府	<ul style="list-style-type: none"> 水管理システムの補強 堤防の補修 海岸侵食対策, 養浜 補助金 損害の補償 	<ul style="list-style-type: none"> 情報の提供 早期警戒システム 建築基準, 施設の設計基準の変更 都市・地域計画

表4 適応能力の支配要因^{21), 22)}.

支配要因	内 容
資源	資金や設備など利用可能な資源の量
人的資源	技能, 経験, 教育レベルなどを含む人的能力
知識・認識	環境変化・影響の出現を感知し, その意味合いを理解するための基礎的知識
情報管理	影響と適応に関する情報へのアクセス, その処理・解釈のための個人及び集団的能力
技術	適応技術の利用能力および必要な技術情報にアクセスする能力
社会制度	情報アクセスや適応のための環境整備, 意志決定を援護するための社会的な制度の整備状況
共同体	所属する社会集団において, 共同で悪影響を克服するためのコミュニティ・ネットワーク
リスク管理	関係者の間でリスクを共有し分散する仕組み・能力

況、自然災害の発生、農業の形態などは、ある地域の地理的、社会的条件によって大きく左右されるため、適応対策もそれへの十分な配慮を欠いてはあり得ない。そのため、地域の伝統的な技術や知恵、社会制度を活用し、地域コミュニティの抵抗力を強化することの重要性が指摘されている²⁴⁾。

4.3 適応策に関する現状認識

以上見てきたように、適応策について活発な検討が行われるようになってきている^{例えば12), 13), 25), 28)}。それらを通じて得られてきた認識は以下のようにまとめることができる。

4.3.1 適応策のあり方

全般的に適応策は、気候変動の悪影響を減少し、好影響を利用する潜在能力を持っている。現在の異常気象や気象災害(干ばつ、洪水など)への対応策は、将来の気候変動に対する適応策に基本的に一致するものであり、気候変動への適応策としても有効である。異常気象現象の予測に不確実性が大きい現状では、そのような対策は「後悔しない(No Regret)対策」となっており、推奨すべきものであるという意見が多い。また、適応の費用は、往々にして既存の開発・管理の費用に比べて少ないために、予見的・計画的な適応策の実施は、事後的・対処的対応より有効で効率的な効果を発揮する。

さらに、適応策の主流化(Mainstreaming adaptation)にもっと力を注ぐべきである。適応策の主流化とは、適応策を特出しするのではなく、既存の政策群、例えば、防災対策、水資源計画、農業・食料政策、環境管理などの中に位置付けるということである。そうすることによって、気候変動への適応が保証される。

気候変動への適応は持続可能な開発と同じベクトルを持っている。適応力の開発・強化のために必要な活動は、資源への圧力の低減、環境リスクの管理、社会的適応能力の強化といった持続可能な開発のために必要とされる政策の方向と本質的には同一である。そのため、適応策は持続可能な開発の観点からも検討されるべきである。

緩和策との組み合わせの視点から、GHGの排出削減を図る緩和策の実施には相当なリード時間が必要であり、適応策には「即効性」が期待できるという議論がある。しかし、我が国の海岸防災を例に取れば、1959年に伊勢湾台風、1960年にはチリ地震津波の来襲を受けて海岸保全施設の整備が加速されたが、全国レベルで安全性を高めるのに30~40年を要している。今後異常気象の影響が懸念される多くの途上国において、十分な安全性の確保を短期間で可能にするのは困難である

う。施設整備や社会制度の導入などを伴う適応策の実施には相当なリード時間がかかる分野があることに注意すべきである。

4.3.2 適応能力

地域や国、影響を受けるセクター等の適応の程度は、それぞれが有する適応力に左右されるが、明らかに適応力は地域および国毎に大きく異なる。これは、気候変動に対する適応力が、様々な要素によって決まるため、適応力には、上で見たように財政力、人的資源、科学技術の知識レベル、情報能力、技術、社会制度・インフラなどが含まれる。さらに、共同体・コミュニティレベルでの適応力開発が重要である。

4.3.3 先進国と途上国の脆弱性と適応能力の差異

最後に、先進国と途上国の脆弱性と適応能力の差異について考える。先工業進国の社会はすでに何重ものインフラ施設で守られており、脆弱性は相対的に小さい。これらの国では、悪影響に直面したとしても、対応をとるための技術力や財政力が高いと考えられる。一方、アジア・太平洋の途上国では、デルタ地帯や低いサンゴ礁、サイクロンの常襲地帯といった地理的な条件のために気候変化に対する感受性が極めて大きい。さらに、アジア・太平洋地域では、将来急速な人口の増加や経済成長が予想されるが、経済成長に合わせて、今でも感受性の大きなデルタ、沿岸域などの開発が進めば、一層脆弱性が高まる懸念される。経済成長の結果獲得される技術力や経済力、社会的なセーフティネットがどこまで脆弱性を低下させるのに有効かが問題である。

このように先進工業国と途上国の脆弱性に違いがあるという事実は、影響が顕在化する閾値に差があることを意味する。すなわち、脆弱性の小さい国の影響閾値は大きく、外力変化が相当大きくならなければ、具体的な被害が顕在化しない。一方、脆弱性の大きい途上国では弱い外力でも影響は発生する。こうした見方は、温暖化防止の国際的交渉における「公平性(Equity)」に関わる論点である。

5. まとめ—適応策研究に関する今後の課題

以上では、適応策に関する知見を整理してきた。適応策は緩和策と並ぶ温暖化対策の両輪であるが、現状では、特に途上国での適応力の強化、適応策の具体化の方針は明確になっていない。研究面で、こうした状況を打破するために、以下のような課題があると考えられる。

5.1 適応策・適応技術

適応策は政策群であり、それらの政策を支えるためには要素となる技術やシステムが必要とされる。そのため、適応政策の指針や適応技術のメニューなどが、分野毎に整備されなければならない。特に適応策は、上で述べたように、それぞれの国や場所の地理的、環境的、歴史的、社会・文化的背景に大きく依存する。つまり、それぞれの場所の特性にぴったり合致したものでなければならない。

このような適応策を開発するためには、それぞれの地域の抵抗力の要素を把握すること、さらに伝統的な土着の技術を正しく評価することが必要となる。現在、国連機関や各国の研究機関で適応策に関する研究が急速に展開され始めている状況にあり、一層力を注ぐべき課題である。

5.2 適応能力の形成

適応の成否は、それぞれの地域・国の適応力にかかっている。そのため、上に書いたように、財政力、人的資源、科学技術の知識レベル、情報能力、技術、社会制度・インフラなど適応力を構成する要素の強化に関する研究が必要である。とりわけ、途上国の多くでは、中央政府や地方政府の政策が町や村落レベルでは実効性を持たないケースが多い。それよりも、現場で問題に直面するコミュニティレベルで、いかに対応力を形成するかが問題になるため、国際的にもコミュニティレベルの適応力形成に注目が集まっている。コミュニティレベルの抵抗力では、伝統的な相互扶助の仕組みや血縁的・宗教的ネットワークが重要であったりする。こうした伝統的な力と近代的な科学技術をどう結びつけるかが課題であろう。

5.3 多重ストレスの世界と持続可能な開発

現在の我われの社会が直面する問題は地球温暖化だけではない。地球・地域環境には、その他にも、生物資源の劣化、環境汚染、開発に伴う土地利用の改変、人口増加、経済のグローバル化など様々な圧力がかかっている。気候変動への対応を考えながら、同時にこうした他の圧力の緩和にも役立つ方策を検討すべきである。そうした方策こそ、持続可能な開発という大きな将来の目標に近づくものであろう。

謝辞

本論をまとめるにあたり、国立環境研究所久保田泉氏とパシフィックコンソツタツツの藤森眞理子氏には貴重な資料を提供して頂いた。心から感謝したい。また、本研究は環境省地球環境研究総合推進費(S-4)「温暖化の危険な水準及び温室効

果ガス安定化レベル検討のための温暖化影響の総合的評価に関する研究」による成果の一部である。

参考文献

- 1) 久保田泉(2006a)SBSTA適応5カ年作業計画に関する私信。
- 2) UNFCCC(2005)Decision-/CP.11, Five-year programme of work of the Subsidiary Body for scientific and Technological Advice on impacts, vulnerability and adaptation to climate change.
- 3) IPCC WGI(2001)Climate Change 2001, Scientific Basis, Cambridge Univ. Press, 944p.
- 4) IPCC(2000)Emissions Scenarios 2000 *In*: Nebojsa Nakicenovic and Rob Swart, eds., Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, 570p.
- 5) Emanuel, K. A.(1987) The dependence of hurricane intensity. *Nature*, 329, 483-485.
- 6) Walsh, K.(2004) Tropical cyclones and climate change: unresolved issues. *Climate Research*, 27, 77-83.
- 7) Oouchi, K., J. Yoshimura, H. Yoshimura, R. Mizuta, S. Kusunoki and A. Noda(2005) Tropical cyclone climatology in a global-warming climate as simulated in a 20 km-mesh global atmospheric model. *J. Meteor. Soc.*, Japan.
- 8) Schneider, S. H.(2004) Abrupt non-linear climate change, irreversibility and surprise. *Global Environmental Change*, 14, 245-258.
- 9) 原沢英夫(2006)温暖化の危険なレベル. 地球環境, 第11巻 第1号, 121-128.
- 10) Nicholls, R. J., R. S. T. Tol and A. T. Vafeidis (2005) Global estimate of the impact of a collapse of the West Antarctic ice sheet: An application of FUND, Working Paper FNU78. (<http://www.uni-hamburg.de/Wiss/FB/15/Sustainability/waisglobalwp.pdf#search='Nicholls%20Climate%20Change%20Global%20estimate%20of%20the%20impact%20of%20a%20collapse%20of%20the%20West%20Antarctic%20Ice%20Sheet%3A%20An%20application%20of%20FUND'>)
- 11) 土木学会(2000)東海豪雨災害. 土木学会調査団第一回視察(平成12年10月3日)報告. (<http://www.jsce.or.jp/report/frameset.htm>)
- 12) IPCC WGII(2001)Climate Change 2001, Impacts, Adaptation and Vulnerability, Cambridge University

- Press, 1000p.
- 13) Hay, J. E. and N. Mimura (2006) Supporting Climate Change Vulnerability and Adaptation Assessments in the Asia-Pacific Region-An Example of Sustainability Science, *Springer* (in press).
 - 14) 三村信男・横木裕宗(1998) 気候変動に対する適応策をめぐる論点. 第6回地球環境シンポジウム講演論文集, 土木学会, 243-249.
 - 15) 久保田泉(2006b) 6.4 気候変動への適応策. 小池勲夫(編): 地球温暖化はどこまで解明されたか, 日本の科学者の貢献と今後の展望 2006, 丸善, 202-209.
 - 16) 原沢英夫・一ノ瀬俊明・高橋 潔・中口毅博(2003) 適応、脆弱性評価(第10章). 原沢英夫・西岡秀三(編): 地球温暖化と日本-自然・人への影響予測第3次報告, 古今書院.
 - 17) IPCC WGIII (1990) Climate Change-The IPCC Response Strategies, Island Press, 272p.
 - 18) 地球温暖化に伴う海面上昇に対する国土保全研究会(2002) 地球温暖化に伴う海面上昇に対する国土保全研究会報告書, p.12 及び附属資料. (http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha02/05/050502/050502_02.pdf)
 - 19) 細見 寛・角湯克典・内田 智・藤森真理子・鈴木信夫・三村信男(2005) 地球温暖化による海面上昇に対応するための海岸保全対策のあり方. 海洋開発論文集, 21, 223-227.
 - 20) Klein, R. and R. Tol(1997) Technological Issues Adaptation Technologies, Technical paper of UNFCCC, 33p.
 - 21) Yohe G. and R. S. J. Tol(2002) Indicators for social and economic coping capacity-moving toward a working definition of adaptive capacity. *Global Environmental Change*, 12, pp.25-40.
 - 22) Smit B. and O. Pilifosova(2001) Adaptation to climate change in the context of sustainable development and equity, in IPCC WGII, Climate Change 2001, Impacts, Adaptation and Vulnerability, Cambridge University Press, pp.876-912.
 - 23) The World Bank(2006) Not If but When, Adapting to natural hazards in the Pacific Island Region, 46p.
 - 24) Barnett, J.(2001) Adapting to climate change in Pacific Island Countries: The problem of uncertainty. *World Development*, 29, 977-993.
 - 25) IPCC(2004) IPCC Expert Meeting on the science related to UNFCCC Article 2 including key vulnerabilities, 配布資料(非公開).
 - 26) Huq, S., A. Rahman, M. Konate, Y. Sokona and H. Reid(2003) Mainstreaming Adaptation to Climate Change in Least Developed Countries (LDCS), International Institute for Sustainable Development (IISD), 38p.
 - 27) Hay, J. E. and N. Mimura(2005) Sea-level rise: Implications for water resources management, Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, *Springer*, 10(4), 717-737.
 - 28) Parry, J-E, A. Hammill and J. Drexhage(2005) Climate Change and Adaptation, International Institute for Sustainable Development (IISD), 24p.
- (受付2006年5月15日、受理2006年5月19日)