

34. 気候変動に対する適応策をめぐる論点

POINTS OF DISCUSSION AROUND ADAPTATION TO CLIMATE CHANGE

三村信男*・横木裕宗*

Nobuo MIMURA, Hiromune YOKOKI

ABSTRACT; The COP3 Meeting held in 1997 adopted the Kyoto Protocol to set the target for reducing the emission of Green House Gases for the coming decade. However, it is still anticipated that the regulation of the emission is not sufficient, and that global warming would proceed. Therefore, adaptation is an important field as a response to global warming and climate change. In the present paper, the status of the international activities on the adaptation is first introduced. Since this subject is relatively new, the studies are at the beginning stage. Some discussions are also made to clarify the points to be studied in the future to develop appropriate adaptive strategies. These points include classification of adaptation options, who will adapt, relation between the adaptative policies to climate change and other threats, criteria for the adaptation assessment, and threshold of the climate change.

KEYWORDS; Global warming, Climate change, Impact assessment, Adaptation, Vulnerability, Resilience

1. はじめに

昨年12月に開かれた地球温暖化防止京都会議(CPO3)で、先進国からの温室効果ガスの排出削減目標を定めた京都議定書が採択された。この中では、温室効果ガスの排出を2008年～2012年の平均で5.2%削減することがうたわれている。この議定書の採択によって、法的な拘束力をもった温室効果ガスの削減目標が決まり、ともかく歴史的な第一歩が踏み出されたとして、評価する論調が多い。

他方、温暖化防止の有効性については不十分、不透明とする見方が圧倒的である。先進国の平均で5.2%という排出削減が、短期間に温暖化の進行を止めるには不十分であるためである。さらに、2010年頃には、経済成長と人口増加が著しいアジアをはじめ、途上国からの温室効果ガスの排出が先進国と並ぶ水準に達すると予想されているが、途上国の排出規制への参加はまだ見通しが立っていない。

IPCC(1996)は、第2次報告書で大気中の温室効果ガス濃度（等価二酸化炭素濃度）を安定化させるシナリオを描いた（図-1）。これによると、等価二酸化炭素濃度を550ppmに安定化させるという比較的緩いシナリオにおいても、温室効果ガスの排出を最終的には現在の半分以上にしなければならないという厳しい道筋になっている。このシナリオが達成されたとしても、二酸化炭素濃度550ppmというのは、18世紀の産業革命以前の濃度280ppmの2倍のレベルで、現在の360ppmよりもさらに190ppm高い濃度であり、この時どのような気候変動が生じるのかは、まだ十分解明されていない。

このようにみえてくると、今後なにがしかの温暖化の進行は避けられないと考えられ、その影響をどのように受け止めるかを検討しておく必要がある。温暖化対策におけるこうした方向は、温室効果ガス排出の「削減策」に対して、「適応策」と呼ばれる。

*茨城大学 広域水圏環境科学教育研究センター, Center for Water Environment Studies, Ibaraki University

近年、各国で実施されてきた「脆弱性評価」によって、気候変動の影響は東南アジアや太平洋の島嶼国をはじめ途上国に厳しく現れることが指摘されている。適応策を検討し、将来の脅威に対する脆弱性を低下させることは、「予防的な措置(Precautionary action)」の一つである。また、こうした国では、現状でも自然災害や開発に伴う環境破壊に直面しているが、気候変動によって状況が更に悪化することが懸念される。適応策として、「後悔のない政策(No regret policy)」あるいは「一石二鳥政策(Win win policy)」が実現できれば、現状の問題の解決にも有効なものになる。

適応策に関する検討は、実際には始まったばかりの状況にあるが、本論では国際的な議論も紹介しつつ、適応策をめぐる論点を検討したい。

2. 国際的動向の中での適応策

(1) 国連気候変動枠組み条約

国連気候変動枠組み条約は、その目的を以下のように規定している。

(第2条 目的)

気候系に対して、危険な人為的干渉を及ぼすこととしない水準において、大気中の温室効果ガスの濃度を安定化することを究極的な目的とする。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。

「気候系に対して、危険な人為的干渉を及ぼすこととしない水準」という目標の規定には適応の概念が内包されている。生態系にせよ、食料生産、経済開発にせよ、何らかの気候変動が生じれば、生物が生息場所を移し、農民が作物の品種を変えることなどを通して、自ずと新しい事態に対応しようとする。したがって、気候変動の「正味の」影響には、こうした適応による影響緩和効果が含まれている。このように考えると、「気候系に対して、危険な人為的干渉を及ぼすこととしない(温室効果ガス濃度)の水準」を見定めるためには、自然の生態系や人間社会の適応力を評価しておく必要があることになる。

国連気候変動枠組み条約では、さらに、第4条(約束)で温暖化に対して取るべき対策をあげているが、この中でも、「気候変動の影響に対する適応のための準備について協力すること。沿岸地域の管理、水資源及び農業について、並びに干ばつ及び砂漠化により影響を受けた地域(特にアフリカにおける地域)並びに洪水により影響を受けた地域の保護及び回復について、適当かつ総合的な計画を作成すること。」として適応策を含めている。

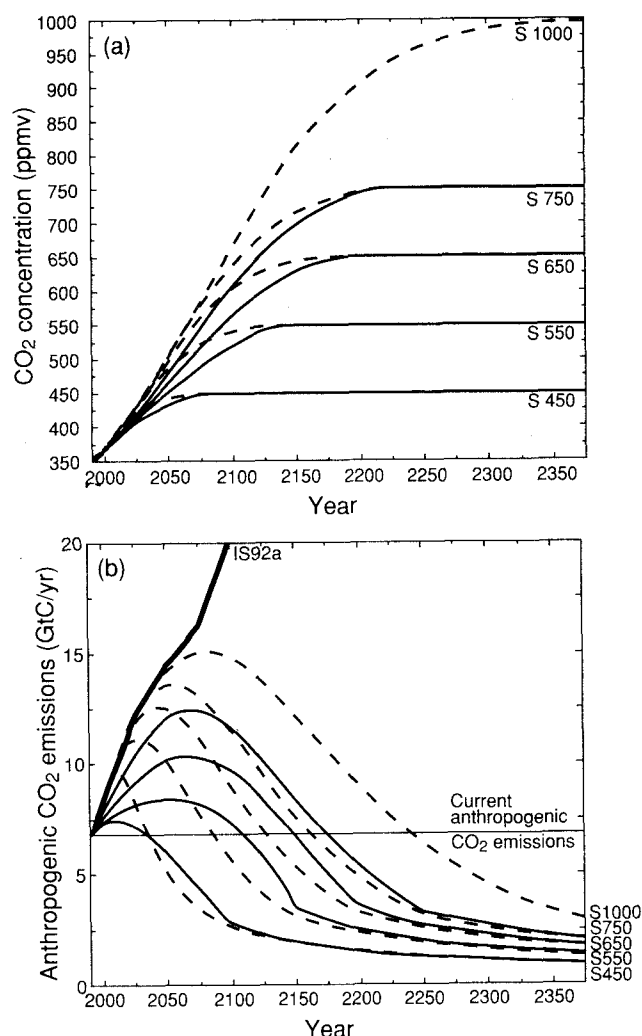


図-1 温室効果気体の排出経路と大気中濃度 (IPCC, 1996)
(a) 温室効果気体の大気中濃度
(b) 排出経路

(2) 京都議定書（気候変動に関する国際連合枠組条約京都議定書（私訳）、1998）

COP3の目的は、温暖化の防止に向けて温室効果ガスの削減目標を定めることであった。しかし、採択された京都議定書の中にも、締約国の行動を定めた第10条に、適応策に関する規定が含まれている。

（第10条）

- (b) 気候変動を緩和するための措置及び気候変動に対する適切な適応を容易にするための措置を含む自国の及び適当な場合には地域の計画を作成、実施、公表及び定期的に更新すること。
- (i) この計画は、特に、エネルギー、運輸及び産業の分野並びに農業、森林及び廃棄物の管理に関連する。更に、適応技術及び空間計画の改善方法が気候変動に対する適応を改善する。

(3) 気候変動への適応に関するIPCCワークショップ

国際交渉での適応策の位置づけに対応して、これに関する検討が始まっている。「気候変動に関する政府間パネル(IPCC)」は、1998年3月末、コスタリカで適応策に関するワークショップを開いた。この会合には、10国際機関、55カ国以上から約200人が参加した。会合での検討項目を紹介する意味で、分科会のテーマを、表-1に示す。

表-1 適応に関するIPCCワークショップの分科会テーマ

適応に関する科学	適応の管理
(1)データ・情報の必要性 (2)過去の経験からの教訓 (3)気候変動問題の現在の政策への反映 (4)不適切な適応 (5)適応における伝統的な知識の役割 (6)適応の費用と便益 (7)リスクと不確実性－分析と評価 (8)適応技術 (9)社会的な脆弱性と対応能力 (10)災害の影響緩和手法	(1)生物多様性 (2)農業と食料安全保障 (3)林業 (4)漁業と海洋 (5)人間居住 (6)水資源 (7)湿地帯・沿岸域・島嶼 (8)人口と健康 (9)産業・エネルギー・交通 (10)社会基盤施設

「適応の管理」分科会であげられている分野は、気候変動の影響に関する主要な暴露系であり、これらが適応においても対象分野になる。この会合は、前年オランダで開かれたワークショップに次ぐ2回目の適応に関する国際会議であり、「何に対する適応か」「適応策とは何か」「適応の主体は誰か」などといった基本的な問題から議論が始まった。暴露系各分野における適応可能性と適応策の検討は、2001年に予定されているIPCC第3次報告書における主要な課題の1つになると考えられている。

3. 脆弱性評価と適応策

これまで、地球温暖化の影響に対しては様々なレベルで影響評価が行われてきた。米国は、U.S. Country Studies Program の下で1992年以来55カ国で影響評価に協力している（例えば、Erda et al., 1996; Ramos-Mane(ed.), 1997）。また、オランダ、UNEP、アジア開発銀行（Asian Development Bank, 1994）等もそれぞれ数カ国から10数カ国に対して影響評価を援助している。わが国も、インドネシア、トンガ、

フィジー、サモア、ツバル等の国々と共同研究を実施した（例えば、山田他, 1997）。

これらの研究を通して脆弱性(Vulnerability)の構造が明らかになってきている。個々の暴露系、すなわち、自然生態系や沿岸域、あるいは農業・エネルギー等の経済セクター、人間の生活・文化等は、気候変動現象に対して固有の感受性(Sensitivity)を持っている。一方、そのような影響に対抗する抵抗力(Resilience)も存在するため、系の安定性や健全性を維持する能力によって、影響の程度に差が現れる。脆弱性は、こうした系の感受性と抵抗力との拮抗関係で決まることになる。図-2に、沿岸域を対象にして提案された脆弱性評価の模式図を示すが（Kay et al., 1993）、最終的な脆弱性は上で述べたように、感受性と抵抗力との関係で決まることを示している。

脆弱性評価の経験を通して、適応には2つの異なった種類があることが認識された。

第1は、自動的（自然の）適応(Autonomous adaptation)である。自然生態系にせよ、人間活動にせよ、政策的な影響緩和策がなくても気候変動に対して何らかの対応を示す。影響評価では、こうした自動的適応を含めて将来を予想しなければ、現実的な影響評価にはならない。過去の影響評価研究では、多くの場合この点は無視されてきたが、適応の予測に関する科学的能力が不足していたため、今後の大きな課題である。

第2の適応の種類は、計画的な適応(Planned adaptation)である。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。この種の適応策は、系の抵抗力を増加させ、脆弱性を小さくするための措置を講じるもので、今後検討するのはこの種の適応策である。

4. 適応策に関する検討課題

では、計画的な適応策をめぐってどのような問題があるのでしょうか。以下では、いくつかの論点を整理する（例えば、Smit, 1998）。

(1) 適応策の分類

適応策といっても内容は明らかではない。様々なものが考えられるが、議論を具体的にするために、沿岸域を例にとろう。IPCC(1990, 1996)は、海面上昇への対応策として「計画的撤退(Planned retreat)」「順応(Accommodation)」「防護(Protection)」の3つ分類を示した（表-2）。撤退策には、沿岸の低地の開発制限や政府投資の引き上げ等が含まれ、順応策には、影響回避のための予見的計画、土地利用・設計基準の変更等がある。防護策には、さらに、堤防、護岸、水門などのハードな構造物による防護と養浜、湿地帯の造成などのソフトな防護策とが含まれる。

運輸省の調査委員会（沿岸開発技術研究センター、1993）は、表-3の分類を示した。この中では、適応策は、制度・計画上の対応から技術的対策まで幅広いレンジで考えられている。大きな制度・計画上の対応策としては、住民への情報提供や経済的誘導（補助金、税金、保険）等があげられており、技術的な対応のレベルになって構造物による対応策が位置づけられている。

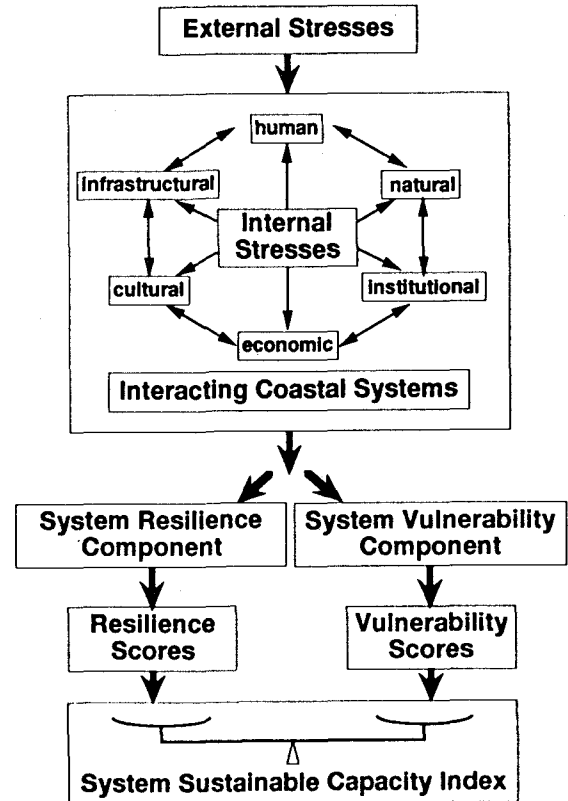


図-2 沿岸域における脆弱性評価の枠組み
(Kay et al., 1993)

表-2 沿岸域における3つの対応策(IPCC, 1990,1996)

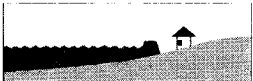
		Present Situation	
(Planned) Retreat			
Emphasis on abandonment of land and structures in highly vulnerable areas and resettlement of inhabitants			
• Preventing development in areas near the coast • Conditional phased-out development • Withdrawal of government subsidies			
Accommodate			
Emphasis on conservation of ecosystems harmonized with the continued occupancy and use of vulnerable areas and adaptive management responses			
• Advanced planning to avoid worst impacts • Modification of land use, building codes • Protection of threatened ecosystems • Strict regulation of hazard zones • Hazard insurance			
Protect			
Emphasis on defense of vulnerable areas, population centers, economic activities, and natural resources			
• Hard structural options – Dikes, levees, and floodwalls – Sea walls, revetments, and bulkheads – Groins – Detached breakwaters – Floodgates and tidal barriers – Saltwater intrusion barriers • Soft structural options – Periodic beach nourishment (beach fill) – Dune restoration – Wetland creation – Littoral drift replenishment – Afforestation			

表-3 対応策の体系（沿岸開発技術研究センター、1993）

対 応 策			防護	順応	撤退	その他		
戦略レベルの制度・ 計画上の対応	↑	情報の収集・提供（住民への広報等）					○	
		経済的誘導（補助金、税金、保険）			○	○		
		都市計画（住居・土地利用の制度・誘導）の再検討・策定			○	○		
		防災計画（施設計画・警報・避難計画）の再検討・策定		○	○	○	○	
		設計基準・条件の見直し		○			○	
戦術レベルの 技術的対応	↓	面的・複合的対応		○	○			
		局 部 的 対 応	周辺 海岸 ・ 良	外郭施設の新設・改良	○			
			その他の港湾施設の新設・改良	○	○	○		
			で港 の湾 対 良	海岸保全施設の新設改良	○	○		
			背後地での対応	○	○	○		
			（河川堤防、盛土の新設改良等）	（排水ポンプ、人工地盤の新設・改良等）	（移転）			

このように、適応策は極めて広い範囲に及ぶ。適応策を検討するとき、ややもすれば技術的な対策に目がいきがちであるが、どのような体系（枠組み）で考えるかが非常に重要である。

(2) 適応の主体

直感的には政府、行政機関が適応策の計画・実施の主体になると考えられる。しかし、農業での適応には、具体的には個々の農民が年毎の気象条件を予想して作物や農作業を変える形がもっとも基本的な形態であろう。つまり、適応には、個人や企業、ある地方自治体、国といった多くの異なったレベルの主体が関係している。各主体毎に、どうすればもっとも有効な適応が可能なのかを予測し、そのために必要な支援策を検討することが大きな課題である。

(3) 気候変動への適応と他の変化への適応の関係

自然や人間社会に影響を与えるのは気候変動だけでない。たとえば、沿岸のサンゴ礁や湿地帯は開発による人為的圧力を受けているし、途上国の都市域は人口や経済活動の集中によって一層脆弱性を増している。適応策の検討では、単に気候変動だけではなく、将来の人口や開発圧力の増加等の社会的変化も同時に視野に入れる必要がある。逆に、日々の環境管理を積み重ねれば自動的に気候変動への適応も可能になるという主張があるが、森林や都市のインフラ施設など変化（更新）の時定数の長い系では、短期的な管理の積み重ねでは対応しきれなくなる可能性が強い。つまり、有効な適応策の確立には、気候変動や暴露系の特性を適応の視点から再検討することが必要になっている。

(4) 適応策の評価基準

適応策の妥当性を確保するための評価基準として、適応の有効性、経済性、社会的な受容性、対策の柔軟性などがある。とくに、気候変動の将来予測に不確実性が大きい現在、社会的な受容性は重要である。また、気候変動や海面上昇のモニタリングと連動させながら、事態の推移に応じて累加的に対策を講じていけるように、柔軟性のある対策を選ぶ必要がある。さらに、他の政策、たとえば環境保全計画や持続可能な経済政策との調整を取り、副作用が生じないようにする注意も必要であろう。

(5) 影響の限界点

これらの検討の前提として、気候変動の危険性に関する限界点(Threshold)を明らかにすることが必要である。回復困難な影響の発生は、自然生態系と人間社会の適応能力にも大きく関わっている。例えば、現在予測されている温暖化の進行速度は $0.2^{\circ}\text{C}/10$ 年程度であり、最終氷期以降地球システムが経験したことのない昇温速度である。京都議定書の合意のペースで温室効果ガスの削減が2012年以降も続けば、この速度が $0.15^{\circ}\text{C}/10$ 年程度に低下すると指摘されている（森田、1998）。この昇温速度が、危険性の限界のどちらにあるのか、温暖化対策の前提として明らかにしていくことが必要である。

5. おわりに

温暖化対策は、始まったばかりである。途上国の多くは、温暖化への寄与が少ないことから、影響の予測と適応策に強い関心を持っている。事実、適当な適応策を計画的に採ることによって、将来の脅威の可能性を減じる可能性がある。気候変動は、世界が将来に負う大きなリスクであり、社会的なリスク回避・制御の1つとして適応策は重要な課題になっている。

参考文献

- Asian Development Bank(1994): Climate Change in Asia: Thematic Overview, 351p.
- Erda, L. et al.(1996): Climate Change Vulnerability and Adaptation in Asia and the Pacific, Kulwer Academic Publishers, 249p.
- IPCC(1990) : Climate Change-The IPCC Response Strategies, Island Press, 272p.
- IPCC(1996) : Climate Change 1995-Impacts, Adaptation, and Mitigation of Climate Change: Scientific-Technical Analyses, Cambridge University Press, 879p.
- Kay R. and J. Hay(1993): A decision support approach to coastal vulnerability and resilience assessment: A tool for integrated coastal zone management, in eds. Mclean and Mimura: Vulnerability Assessment to Sea-Level Rise and Coastal Zone Management, Proc. Eastern Hemisphere Workshop, pp-213-225.
- Ramos-Mane(ed.)(1997): Vulnerability and Adaptation to Climate Change in Latin America, Climate Research, Special Issue, Vol.9, Nos.1,2, 155p.
- Smit., B.(1998): The Science of Adaptation: A Framework for Assessment, IPCC Workshop on Adaptation to Climate Variability and Change, 16p.
- 沿岸開発技術研究センター(1993): 平成4年度海面水位の上昇等による臨海部の社会経済活動への影響とその対策に関する調査報告書.
- 気候変動に関する国際連合枠組条約京都議定書（私訳）(1998):ジュリスト, No.1130, pp.63-72.
- 森田恒幸(1998): 京都議定書の自然科学的含意とわが国の対応可能性, :ジュリスト, No.1130, pp.59-62.
- 山田和人・芹沢真澄・大野栄治・三村信男・西岡秀三(1997): 気候変動・海面上昇に対するツバルの脆弱性－南太平洋の極端に標高の低いサンゴ礁島嶼国の例として－, 第5回地球環境シンポジウム講演集, 土木学会, pp.127-132.