

温暖化影響研究の最前線

原沢英夫

(国立環境研究所)

1. IPCCの第三次評価報告書の作成始まる

1998年の地球の年間平均気温は観測史上最高値を記録し、1970年代末より連続して高温が続いている。気候変動の最新の科学的知見を評価しているIPCC（気候変動に関する政府間パネル）が1995年12月に公表した第二次評価報告書の主要の結論のひとつは、既に人為的な原因、すなわち人間活動から大量に排出された二酸化炭素などの温室効果ガスにより温暖化がすでに始まっていることを指摘したことである。

IPCCではその後、1997年12月に日本で開催された温暖化防止京都会議（COP3）に先立って機構改革を行い、2001年2月頃を目処に、次の気候変動に関する報告書（第三次評価報告書）の作成を開始した。1998年は約1年をかけて、第三次評価報告書で取り扱うべき章立てと執筆者を検討して、9月に開催された全体会で章立てと執筆者を決定し、以降報告書の原稿作成が進んでいる。第三次評価報告書の章立てを表-1に示したが、第一作業部会は気候変動の現象解明、第二作業部会は気候変動の影響を行うことになっている。

世界各国から選考された執筆者は第一作業部会約120名、第二作業部会約200名、第三作業部会約120名の合計440名を越える規模となっている。日本からも各作業部会ごとに5名、7名、12名の執筆者や、今回から新たに設けられたレビューエディターが報告書作りに参画している。温暖化影響については、第二作業部会が担当しているが、温暖化の影響、適応、脆弱性を中心に扱うこと、さらに分野ごと、地域ごとに最新の知見をまとめたり、温暖化影響の検出や地球規模の総合的な評価など、今後重要性が増すと考えられる課題にも取り組んでいる。また従来のように気候変動に関する最新の知見を評価することに加えて、気候変動枠組条約の補助機関から要請された政策関連の問題についても積極的に答えを出していく方針であり、COP3以降IPCCの活動が拡大してきた。

2. 国内における温暖化の影響研究の状況

日本においても温暖化の影響研究はこの10年間に大いに進展し、その成果は政策決定に貢献してきた。昨年実施された「温暖化影響研究の展望」（国立環境研究所、1998）によれば、温暖化影響研究の意義としては、①影響に関する実験、現地調査、モデル化により基礎的知見を得たり、その信頼性を向上すること、②温暖化の検出や影響予測を通じて、温暖化対策の重要性を平易な言葉で意思決定者や国民に伝えること、③気候変化に脆弱な分野や地域を特定して、適応策などの対応を検討すること、④異常気象なども含めて限界的な影響（閾値）を特定すること、が挙げられている。①や②を中心に温暖化の影響研究は対策決定のために大いに貢献してきたと評価されている。今後はさらに空間的に細かなレベルの影響予測や評価が期待されるとともに、③や④の課題も今後は重要性が増していくことが指摘されており、これらの課題はまさにIPCCの第二作業部会の報告書で取り上げようとしている問題である。

3. 気候シナリオ

一方では現在の影響研究を進める上での課題も抽出されている。共通して挙げられる問題点として、気候シナリオと温暖化影響の検出が挙げられる。

影響研究において大前提となるのが気候シナリオである。気候シナリオは、将来の社会・経済や人口・エネルギーの成長を仮定した上で、温室効果ガスや硫酸エアロゾルの排出量を見積もり、その条件のもとで気温や降水量、海面上昇などの将来の気候を予測する大気大循環モデル（GCM）の計算結果を用いる。この将来予測を一般に気候シナリオと呼んでいる。GCMの進歩はスーパーコンピュータの開発とも連動して大きく進んでおり、GCMも大気を中心にモデル化したGCMを用いて二酸化炭素が現在或いは産業革命前の二倍になった時を条件として、気温や降水量が安定するまで計算する平衡実験、続いて海洋と大気をモデル化したGCM（AOGCM）を用いて、大気中の温室効果ガスを1年あたり1%程度増加させて計算する漸増実験が行われてきた。漸増実験では、冷却効果をもつ硫酸エアロゾルを考慮した場合と、しない場合がある。これらのGCMの空間的な精度は、その複雑さとコンピュータの能力に制約され200～400kmと粗く、日本のように細長く狭い国土の国については将来気候としては不十分であった。しかし最近20～

50kmといった比較的小さい空間単位で将来気候を予測するモデルの開発が進んでいる。

環境研究で用いる気候シナリオについては、GCMの最新の研究成果をすぐには利用できないといった問題があった。こうしたギャップを埋めるためにIPCCでは、最新のGCMの研究成果を気候シナリオとして影響研究者が利用できるようにデータ配付センターを設置して、ネットワークによりデータを引き出せるようにした（IPCC Data Distribution Center, 1999）。今後影響研究にはこうした気候シナリオを利用し、結果を相互に比較できることが期待される。また地域気候シナリオについては多くは現在開発中であるが、こうした地域気候のシナリオを用いた影響研究も開始されようとしている。

4. 温暖化影響の検出

温暖化がすでに始まっているとするならば、すでにその影響がいろいろな分野で現れているはずである。温暖化がすでに始まっているかどうかについては、IPCCの第二次評価報告書でも主要な問題として取り上げられている。すなわち、自然の変動に比べて人為的な影響が、例えば平均気温の上昇に現れているか、現れているとする、その原因は人間活動による温室効果ガスの排出に起因するのかどうか、温暖化現象の検出には、検出とその原因の特定が必要となっている。影響の検出についても同様であるが、IPCCでも第三次評価報告書（第二作業部会）の2章で非気候変数による気候変動の検出（温暖化影響の検出）について知見をまとめようとしている。また、多くの研究、とくに自然生態系についての研究は、温暖化が原因と考えられる現象があらわれていることを報告している（Palevits, 1999）。また温暖化について研究を進めている英国では、36項目をとり、ここ20～30年の変化を定量化して各分野における影響の検出を具体化しようとしている（State for the Environment, UK, 1999）。

こうした影響の検出については、国内外の知見を収集し、専門家による判断が必要であるが、その一つとして、環境庁により平成10年度に設置された温暖化影響予測・監視方法に関する検討グループが多くの情報、とくに自然生態系について収録し、整理している。科学的な視点からはいまだ温暖化の影響が現れていると断言できるまでの知見はそろっていないが、世界各地で観察され、研究報告されている多くの事例を総合的に考慮すると温暖化の影響が現れていると考えられ、今後とも監視と調査研究が必要である。

5. 温暖化予測の最前線

日本における温暖化影響研究についての最新の成果については、環境庁地球温暖化問題検討会影響評価ワーキンググループがまとめた、「温暖化の日本への影響1996」（環境庁、1996；西岡・原沢編、1997）がある。それ以降すでに数年を経過しており、また環境庁所管の地球環境研究総合推進費による研究成果も多く蓄積されてきた。とくに温暖化に対して敏感に反応するであろう植生への影響は今後とも重要な研究課題であり、平成11年度から従来の影響研究成果を踏まえて、分野横断的な研究が開始された。

上記のような温暖化影響研究の進展に伴い、また対策実施の基礎情報としての影響研究の重要性を念頭に、本特集では温暖化影響に関する最新の話題について取り上げた。電力中央研究所の加藤央之氏による地域気候モデル研究の最近の動向、吉野正敏氏による温暖化影響予測・監視方法に関する検討グループの成果について、さらに具体的事例として、長年生物季節と気候変化の関連を調査研究している増田啓子氏らによる生物季節による温暖化の影響と検出、そして植生への影響について地理情報システムを活用して予測評価した研究事例について、大政謙次氏らの研究報告を取り上げた。

参考文献

IPCC Data Distribution Center, 1998：ホームページ <http://ipcc-ddc.cru.uea.ac.uk>

環境庁、1997：温暖化の日本の影響1996。

国立環境研究所、1998：地球環境研究展望 地球の温暖化（影響）。

西岡秀三編、1999：地球環境展望、古今書院。

西岡秀三・原沢英夫編、1998：地球温暖化と日本：自然・人への影響予測、古今書院。

Palevitz, B. A., 1990：Global warming has a strong effect on butterfly population, *The Scientist*, 13 (14)。

State for the Environment, UK, 1999：Indicators of climate change in UK. ホームページ：<http://www.nbu.ac.uk/iccuk/>

表1 IPCC第三次評価報告書の章立て

第一作業部会 (現象)	第二作業部会 (影響、適応、脆弱性)	第三作業部会 (対応策)
<ol style="list-style-type: none"> 1. 概論 2. 気候変動性／変化の観測値 3. 炭素循環と大気中のCO₂ 4. 大気化学と温室効果ガス 5. エアロゾルと雲の間接効果 6. 放射強制力 7. 物理的気候システムとフィードバック 8. 全球気候モデル－評価 9. 全球気候モデル－予測 10. 地域の情報－予測と評価 11. 海面水位の変化 12. 気候変化検出と原因の特定 13. 気候変化のシナリオ開発 14. 理解の促進 	<ol style="list-style-type: none"> 1部 (1～3章) 概要 <ul style="list-style-type: none"> ・概要、方法とツール、気候変化シナリオの開発と応用 2部 (4～9章) 部門／システム別の影響評価 <ul style="list-style-type: none"> ・水文・水資源、自然・管理された生態系、沿岸ゾーン・海洋生態系、エネルギー・産業・居住、金融サービス、人間健康 3部 (10～17章) 地域影響評価 <ul style="list-style-type: none"> ・アフリカ、アジア、南洋州、欧州、中南米、北米、極地域、小島嶼国 4部 (18～19章) <ul style="list-style-type: none"> ・地球規模の適応と総合化 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 報告書の範囲 2. 温室効果ガスの緩和シナリオと意味 3. GHG排出削減の技術・経済的ポテンシャル 4. 生物学的炭素貯蔵庫の拡大、維持、管理の技術・経済的ポテンシャル 5. 技術と実用化の障害、機会、市場のポテンシャル 6. 政策、措置、手段 7. 緩和策のコスト方法論 8. 緩和策の全球、地域、国のコスト、便益 9. 緩和策の部門別コスト、便益 10. 意志決定フレームワーク