

306：407（気候変動；影響評価；適応策）

1. 影響評価に関する最近の成果と温暖化の危険な水準

三 村 信 男*

1. はじめに

地球温暖化問題では、2013年以降の国際的枠組みを決める2009年12月の気候変動第15回締約国会議(COP15)が大きな焦点になっている。それに向けて、2008年7月に開かれた北海道洞爺湖サミットでは、G8首脳が、2050年までに温室効果ガス排出を半減することを呼びかけた。それと平行して、気候変動に関連するいくつかの研究成果が発表されているが、影響予測の分野では、環境省地球環境研究総合推進費による「温暖化影響総合予測プロジェクト」がその一

つである。このプロジェクトでは、温暖化の影響を県レベル以下の空間スケールで定量的に予測し、気候変動の進行と影響出現の関係を示そうとしている。これらは、温暖化の危険な水準の判断や気候安定化目標の設定に必要な情報となっている。以下では、このプロジェクトを中心に、最近の温暖化影響研究の成果を報告する。

2. 研究の概要

本研究の名称は、「環境省地球環境研究総合推進費戦略的研究開発プロジェクト 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』」で、短くは「温暖化影響総合予測プロジェクト」と呼ばれる。このプロ

* 茨城大学地球変動適応科学研究機関。

mimura@mx.ibaraki.ac.jp

© 2012 日本気象学会

ジェクトは、以下に示すような枠組みで進められている。

研究体制：プロジェクトリーダーは三村信男（茨城大学）。14機関、44名の研究者が参画（ともに平成19年度）

研究期間：第Ⅰ期（平成17～19年度）、第Ⅱ期（平成20～21年度）

対象分野：水資源、森林、農業、沿岸域、健康、影響の経済評価および統合モデルによる総合評価

本プロジェクトの研究目的は、2つである。第1は、2050年と2100年までを対象として、わが国およびアジア地域の水資源、森林、農業、沿岸域、健康といった主要な分野における温暖化影響について定量的な知見を得ることである。そのため、分野ごとに定量的評価手法を開発して、影響の地域分布を示す。

第2の目的は、温暖化の進行と影響量の増大との関係を求めることである。そのために、温暖化影響関数を開発して、特定の気候シナリオに沿って温暖化が進行した場合、全国的な影響がどのように推移するかを総合的に検討するものである。

3. 気候シナリオ

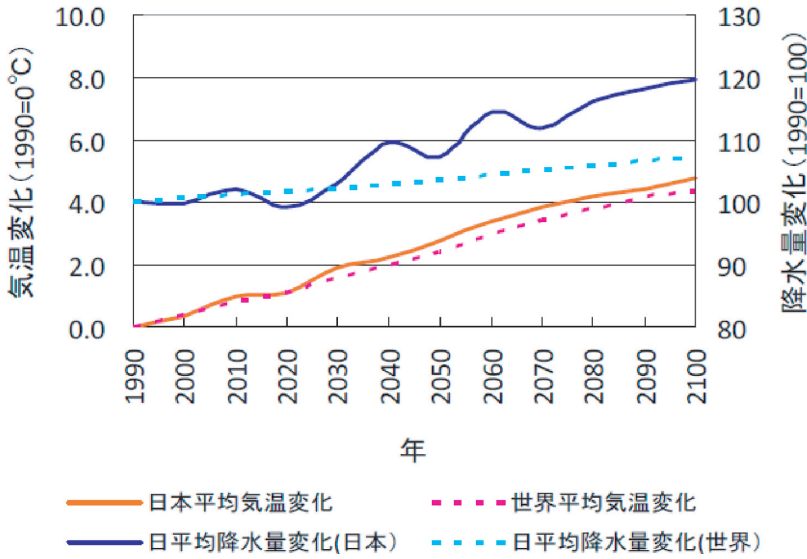
本研究では、2つの気候シナリオを用いている。1つは、東大気候システム研究センター（現・大気海洋研究所）、国立環境研究所、海洋研究開発機構地球環境フロンティア研究センター（現・地球環境変動領域）の合同研究チームが開発した大気海洋結合気候モデルMIROC3.2高解像度版（平均分解能約100km）である。なお、温室効果ガスの排出シナリオとしては、IPCC（2000）によって設定されたシナリオ群（SRESシナリオ）のA1Bシナリオを用いた。2番目は、気象庁・気象研究所が開発した水平分解能20kmの地域気候モデルRCM20で、排出シナリオとしてはSRESのA2シナリオを想定している。報告書ではMIROCを標準版としているが、1990年～2100年の気温上昇および降水量変化を第1図に示す。この気候シナリオに基づいて、以下のような影響が予測されている。さらに、IPCC第4次報告書で用いた多くの気候モデルの出力のダウンスケーリングや最新の高分解能モデルの結果など複数のシナリオの利用が検討されている。

4. 分野ごとの影響予測

以下では、この研究で得られた分野ごとの影響予測

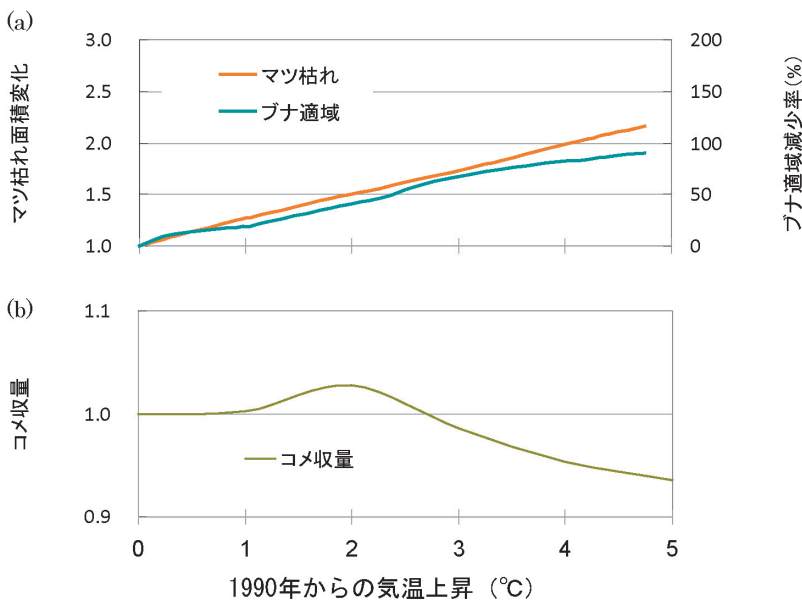
の結果を示す（三村・脇岡 2008；温暖化影響総合予測プロジェクトチーム 2008a, b）。

- （1）水資源への影響：温暖化によって雨の降り方が変わり、集中豪雨と干ばつという両極端の現象が同時に増加する。たとえば、現在50年に1回降るような豪雨が2030年頃には30年に1回の頻度が増加すると予想されている。集中豪雨が増えると、洪水や土砂崩れの頻度と規模も大きくなる。温暖化による豪雨の増加に伴う洪水期待被害額は年間約1兆円と見込まれており、また、斜面崩壊の危険地域は都市周辺にまで迫ることになる。一方、日本海側や東北では積雪が減るので、春の農業用水の不足が生じ、九州・四国や沖縄では、降水量の減少によって渇水のリスクが高まる傾向にある。
- （2）沿岸域への影響：本研究では、初めて既存の海岸堤防や護岸を考慮に入れて浸水予測が行われている。海面上昇と高潮の増大の結果、沿岸部の浸水被害が拡大する。九州や瀬戸内海などの西日本では、2°Cの気温上昇レベルで高潮浸水面積は現在の1.4倍、3°Cの気温上昇で1.7倍、4°Cでは2倍以上になると予想されている。また、砂浜の経済価値は1m²あたり約12,000円と推定され、30cmの海面上昇によって失われる砂浜の価値は1兆3000億円に達する。干潟の経済価値は1m²あたり約10,000円であり、海面上昇によって全国の干潟に影響が及ぶとするとその経済的損害は最大約5兆円に達する。また、海面上昇と異常降雨が地下水位を上昇させ、地震時の液状化による地盤災害を受ける地域の面積を大きくするといった影響もある。わが国は長く海岸防災の努力を払ってきたが、強大化する災害を防ぐためには、堤防を強化したり危なくなった海岸から転居したりする対策が必要になる。
- （3）森林への影響：温暖化に伴う気温上昇・降雨量変化によって、日本の自然林を代表するブナ林をはじめ、ハイマツ、シラベ（シラビソ）などの分布適域が激減する。第2図aに示すように、ブナの生息適地は、1.5°Cの平均気温の上昇で約30%減少し、2.5°Cで約50%、4.0°Cを超えると80%以上も減少することになる。その一方で、マツ枯れの原因となる病害虫の生息域の北上によって、マツ枯れ危険域は拡大する。今世紀の中頃以降、自然遺産に指定されている白神山地もブナの適地ではなくなるおそれがある。もちろん、その後にはカシなど暖帯性の種が生えてくるので森林がなくなることはないが、山の



第1図 1990年から2100年までの気温と降雨量の変化 (MIROC 高解像度版によるシナリオ) (温暖化影響総合予測プロジェクトチーム 2008a).

は増収, 近畿以西の南・西日本では現在とほぼ同じかやや減少すると予測されている. 日本全体で見ると, 気温上昇がおおよそ2°Cに達するまではCO₂の肥料効果によって生産性が向上し, その後低下して, 2.6°Cを超えると, 収量が現状レベルから低下する (第2図b). その上に, 高温障害によってコメの品質が低下するし, 果樹などの生産適地の北上によって農業に大きな影響が及ぶ. さらに, わが国は食料の多くを輸入に依存しているが, 他の国々で気候変動による減収と人口の増加による需要増, バイオ燃料への転用などが重なれば, 日本への食料供給にも影響が出るといった事態も想定される.



第2図 わが国の平均気温上昇に伴う影響の変化. (a) プナの生息適地の減少とマツ枯れ面積の増加, (b) 米の平均収量 (温暖化影響総合予測プロジェクトチーム 2008a).

(5) 健康への影響: 温暖化は健康への脅威を大きくする. 日最高気温が上昇すると, 熱ストレスによる死亡リスクや熱中症患者発生数が急激に増加し, とりわけ高齢者へのリスクが大きくなる. また, 感染症 (デング熱・マラリア・日本脳炎) を媒介する蚊の分布可能域も拡大するため, そうした感染症の拡大のリスクが大きくなる.

木の種類が変わり, 秋の紅葉の様子も変わってくることになる.

(4) 農業への影響: 本研究で, 県別にコメ収量を予測するモデルが開発された. それによると, 北日本で

さらに, 2009年には, 各分野の被害額を算定した経済的影響予測の結果も発表した (温暖化影響総合予測プロジェクトチーム 2009a, b).

第1表 長期的な安定化シナリオとその効果 (IPCC 2007を改変).

カテゴリー	CO ₂ 安定化濃度 (2005年=379ppm)	温室効果ガス安定化濃度 (CO ₂ 換算値) (2005年=375ppm)	CO ₂ 排出のピーク年	2050年におけるCO ₂ 排出量の変化 (2000年比)	産業革命以降の全球平均気温の上昇	産業革命以降の熱膨張だけを考えた全球海面水位の上昇	モデルの数
	ppm	ppm	年	%	°C	m	
I	350~400	445~490	2000~2015	-85~-50	2.0~2.4	0.4~1.4	6
II	400~440	490~535	2000~2020	-60~-30	2.4~2.8	0.5~1.7	18
III	440~485	535~590	2010~2030	-30~+5	2.8~3.2	0.6~1.9	21
IV	485~570	590~710	2020~2060	+10~+60	3.2~4.0	0.6~2.4	118
V	570~660	710~855	2050~2080	+25~+85	4.0~4.9	0.8~2.9	9
VI	660~790	855~1130	2060~2090	+90~+140	4.9~6.1	1.0~3.7	5

こうしてみると、わが国でも、1.5~2.5°Cといった比較的低い気温上昇でも、自然環境の変化や生活環境さらには健康にまで幅広い影響が現れると予想される。

第2図に示すような分野ごとの温暖化影響関数が得られたことによって分野ごとの影響量がより明確に把握されると期待される。

5. 温暖化の危険な水準と対応策

以上見てきたように、気候変動は世界規模でも、また日本においても極めて広範な影響をもたらす。さらに、リスクという観点からは、大規模現象への注意が必要である。詳しくは述べないが、百年から千年といった超長期的なスケールでは、グリーンランドや南極の氷床の融解・崩落による7m以上の海面上昇や海洋の深層大循環の停止といった非可逆な大規模変化がおり、人間社会に極めて大きな影響を与えると懸念される。

そのため、世界規模で温暖化対策の取り組みが必要であるが、その目標は、長期的に気温上昇を一定のレベルに抑制し、気候システムの安定化を図ることに置かれることになる。そして、ここでいう一定のレベルとは、気候変動の影響が危険な水準を超えないような大気中の温室効果ガス (GHG) 濃度、ひいては、気温上昇レベルを意味する。

1992年に締結された国連気候変動枠組み条約は、第2条においてこのことを以下のように規定している。

「気候系に対して危険な人為的干渉を及ぼすこととならない水準において大気中の温室効果ガスの濃度を安定化させることを究極的な目的とする。そのような水準は、生態系が気候変動に自然に適応し、

食糧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することができるような期間内に達成されるべきである。」

気候変動の進行を危険な水準以下に抑えるためには、緩和策と適応策という2つの対策が考えられている。緩和策は、GHGの排出削減と森林などによる炭素の吸収・蓄積を促進することによって温暖化の進行を抑制する対策であり、適応策は、防災や食料生産の確保などによって気候変動の悪影響を抑えるための対策である。

緩和策をめぐる現在の議論の焦点は、中長期的な安定化目標をどのように設定するかにある。IPCC第4次報告書は、GHGの安定化レベル (平衡濃度) と気温上昇・海面上昇との関係を示した (第1表)。この中では、400数十ppmから約1,000ppm程度までの6段階の安定化レベル (カテゴリー) が示されており、同時に、この6つのカテゴリーに対応するGHG排出経路も検討された。

これまでの影響評価の結果を考えると、世界平均気温の上昇が3~4°C以上になるカテゴリーでは、危険なレベル以下とは言えない。したがって、検討対象になるのは、第1表のカテゴリーIからIIIまでであろう。

一方、温室効果ガスの平衡濃度を約445~490ppm (CO₂換算) に安定化するカテゴリーIを実現するためには、2050年において世界からのGHG排出を50%以上削減し、先進国では70%以上の削減が必要といわれている。この目標は、現在のEUの主張に近いが、温暖化のリスクを相当程度限定化する一方、これまでの対策の延長線上では達成できない高い目標である。すなわち、この達成のためには、世界のエネルギーシ

システムや生産・流通・消費活動を低炭素化するという社会経済システムの根本的な転換が必要とされる。また、そのような社会では、ライフスタイル自体を省エネ、省資源、自然調和型に変更していくことも必要になる。そのため、こうした目標の実現可能性をめぐって様々な議論が行われている。

同時に、緩和策をとっても一定の温暖化の進行はあられるため、適応策も重要である。今世紀に入って、ハリケーン・カトリーナの被害やヨーロッパの熱波、オーストラリアの大干ばつなど世界各地で被害が激しく現れている。温暖化がこのような影響の顕在化をもたらしている面があり、今後一層厳しい影響が各地に現れると懸念される。とりわけ、インフラ施設が未整備で、適応能力の低い途上国での影響は厳しく、これらの国では適応策の計画と実施が必要である。

以上をまとめれば、温暖化の悪影響を長期的に解消するためには、緩和策と適応策の最適なポートフォリオ（組み合わせ）が必要といえる。

6. まとめ

最後に、本論で述べたことから導かれるいくつかのポイントをまとめておきたい。

第1のポイントは、既に温暖化は影響を与えつつあり、温暖化・気候変動は社会にとって大きな脅威になるということである。将来予測では、分野ごとに差はあるものの、わが国にも1.5～2.5°C程度の比較的低い気温上昇で大きな影響が現れる。影響は多岐にわたり、地域差があるが、わが国全体として見ると厳しい影響となるものがある。

第2に、温暖化対策の目標は、国連気候変動枠組み条約にあるとおり、気候変動の進行を危険な水準以下に抑えることである。そのため、気候変動の影響を避けるための適応策とCO₂排出削減の緩和策の2つの対策の適切な組み合わせが必要である。

第3に、わが国でも、緩和策、適応策両方の長期的戦略が必要である。温暖化の影響が、あらゆる分野に及び、社会全体の行動が必要であることを考えると、温暖化対策を社会経済政策の主要な政策分野の中に組み込むことが必要である。

第4に、中国やインド、ブラジルなど新興国を含む途上国からのCO₂排出は、先進国のそれを上回り、今後大きな増加傾向にある。そのため、途上国における排出対策が極めて重要であり、新しい国際枠組みでは、途上国の参加が不可欠である。一方、影響から見

ても、より厳しい影響が現れるのはインフラ施設の整備が遅れている途上国である。大災害や食料危機、環境難民の発生は国際的に不安定化をもたらす要因にもなる。そのため、途上国では、経済開発政策の中に気候変動への適応策を組み込んで、気候変動への備えをはかるべきである。経済開発への融合は、適応策の主流化と呼ばれる。緩和策にせよ、適応策にせよ、途上国の対策を加速するためには、資金的・技術的な国際支援が必要とされている。

参考文献

- IPCC, 2000: Emissions Scenarios. Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Nakicenovic, N. and R. Swart (Eds.), Cambridge University Press, UK., 570pp.
- IPCC, 2007: Climate Change 2007: Synthesis Report, Summary for Policymakers. IPCC, 22pp.
- 三村信男, 脇岡靖明, 2008: 日本への温暖化の影響に関する新しい知見—温暖化影響総合予測プロジェクト報告^{†1}. 国立環境研究所地球環境研究センターニュース, 19(8), 2-4.
- 温暖化影響総合予測プロジェクトチーム, 2008a: 地球温暖化「日本への影響」—最新の科学的知見—^{†1}. <http://www.cger.nies.go.jp/climate/rrpj-impact-s4report/20080815report.pdf> (2009.7.14閲覧).
- 温暖化影響総合予測プロジェクトチーム, 2008b: 地球温暖化「日本への影響」—最新の科学的知見—概要^{†1}. 94 pp. <http://www.cger.nies.go.jp/climate/rrpj-impact-s4report/20080815outline.pdf> (2009.7.14閲覧).
- 温暖化影響総合予測プロジェクトチーム, 2009a: 地球温暖化「日本への影響」—長期的な気候安定化レベルと影響リスク評価—^{†1}. 38pp. http://www.env.go.jp/press/file_view.php?serial=13617&hou_id=11176 (2009.7.14閲覧).
- 温暖化影響総合予測プロジェクトチーム, 2009b: 地球温暖化「日本への影響」—長期的な気候安定化レベルと影響リスク評価—概要^{†1}. http://www.env.go.jp/press/file_view.php?serial=13616&hou_id=11176 (2009.7.14閲覧).

^{†1} 本論で示した温暖化影響総合予測プロジェクトの内容は、それぞれ参加メンバーによる研究成果である。報告書では項目に研究担当者とは典、参考文献を示している。引用する場合には必ず報告書本体に戻って参照されたい。