

IPCC 第 4 次報告と地球温暖化に関する
国際研究プログラム

茨城大学 広域水圏環境科学教育研究センター 教授

三村 信男

土木学会
水工学委員会・海岸工学委員会

2008 年 8 月

IPCC 第4次報告と地球温暖化に関する国際研究プログラム

IPCC Fourth Assessment Report and International Programs for Global Warming Research

三村 信男
Nobuo Mimura

1. はじめに

近年、地球温暖化問題がクローズアップされている。昨年は、6月のハイリゲンダム・サミット、12月のCOP13（第13回気候変動枠組み条約締約国会議）と温暖化対策を検討する大きなイベントが続き、議論は7月の洞爺湖サミットに引き継がれた。その中ではどのようなポスト京都議定書の対策枠組みを作るかが焦点になっている。

このように国際的議論が加速した背景には、2007年に「気候変動に関する政府間パネル」(PCC ; Intergovernmental Panel on Climate Change)が第4次報告書を発表したことがある。IPCCは、温暖化に関する最新の科学的知見をまとめて示すことを任務とする国際組織で、1988年に世界気象機関(WMO)と国連環境計画(UNEP)という2つの国連機関によって共同で設立された。それ以降、1990年、1995年、2001年、2007年と4回発表された報告書は、気候政策立案の科学的土台になっている。しかし、IPCC自体は研究組織ではなく、あくまでも最新の科学的知識を評価する機関である。実際の膨大な観測・調査・研究は各国の大学・研究機関で行われており、それらの中には国際研究プログラムに含まれるものもある。

科学と政治の距離が縮まり、世界や各国の気候政策は科学的な知識に基づいて立案されるが、では、それに貢献する国際研究プログラムはどのように組織されているのであろうか。また、研究者がそれに参加するにはどうしたらいいのだろうか。海岸災害や環境管理をテーマにしている研究者の中にはこうしたプログラムに興味のある人もいるだろうし、日本の研究成果がどのように生かされているのか疑問を持っている人もおられると思う。そこで、ここでは、IPCC第4次報告書の主な結論を整理すると共に、気候変動研究を中心に、国際的な地球環境研究プログラムの現状について紹介する。ただし、国際研究プログラムの数は極めて多いので、筆者の経験の範囲に限られることをお許し頂きたい。

2. IPCC 第4次報告書

IPCC第4次報告書は、3つの作業部会報告書と全体をまとめた統合報告書から構成されている。本編は、第1作業部会「気候変動の科学的知見」、第2作業部会「影響、適応、脆弱性」、第3作業部会「気候変動の緩和策」という3つの作業部会の報告である(IPCC WGI, 2007; IPCC WGII, 2007; IPCC WGIII, 2007)。その作成には5百数十名の科学者が参加し、3000人以上の研究者と各国政府による査読を経て、2003年から4年をかけて2007年に完成した。これらの報告書の主要メッセージを政策担当者に伝えるために、短い統合報告書(IPCC, 2007)が作成された。社会に広く紹介されるのはこの統合報告書や各部会報告書の政策担当者向け要約(SPM)だが、それは膨大な情報をまとめた報告書本編によって裏付けられている。

2.1 温暖化の進行とその原因 (IPCC WGI, 2007)

第1作業部会の報告書でもっとも重要なメッセージは、気候システムの温暖化は疑う余地がなく、その原因は人為起源の温室効果ガスの増加だとほぼ断定したことである。観測結果によると、過去100年間で世界平均気温は0.74℃上昇し、過去50年では上昇速度がほぼ倍に加速している(図1)。その下になるCO₂等の温室効果ガス(GHG)の濃度は著しく上昇した。そして、そうした人為的なGHGの上昇と自然の要因を

含めると、過去 100 年の気温上昇の傾向をうまく再現できることを示した。

地球の平均気温の上下を左右するのは大気中の GHG の蓄積だけではない。太陽放射の変化や火山の噴火によるエアロゾルの放出、地表面の状態変化に伴う地表反射率の変化など多くの要因が関係する。これらの要因の気温の変化に対する寄与を表す放射強制力の差を見ると（1750 年と 2005 年の比較）、たとえば太陽放射の増加の寄与は CO_2 のそれに比べて 1/10 以下である。現在、主要な GHG である CO_2 の人為的排出量は年間 70 億トン（炭素換算）に達するのに対して、自然の CO_2 吸収能力は約 30 億トンに過ぎず、排出量の半分以上が大気中にたまることになる。

過去 100 年間の海面上昇は 17cm であり、最近数年間の上昇速度は 3.2mm/年になっている。これは 100 年で 32cm に相当する速度である。その他に、寒い日の減少や暑い日の増加、熱波の頻度増加がおきており、北大西洋では熱帯低気圧の強度の増加、北半球での積雪面積の減少などの変化が観測されている（図 1）。

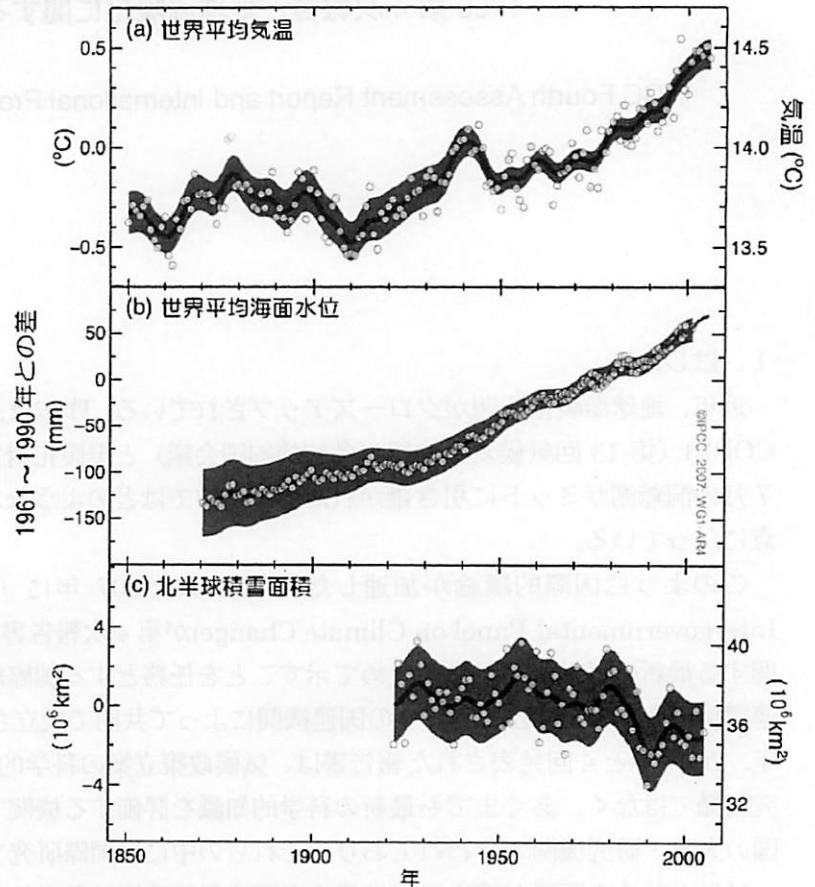


図 1 (a)世界平均地上気温、(b)世界平均海面水位、(c) 3～4 月における北半球の積雪面積、それぞれの観測値の経年変化

2.2 気候の将来予測 (IPCC WGI, 2007)

(1) 社会経済・排出シナリオ

気候予測のためには、将来の温室効果ガス排出シナリオが必要である。IPCC は、社会経済・排出シナリオとして、2000 年に発表された SRES (Special Report on Emissions Scenarios) シナリオを用いた。SRES シナリオでは、まず将来発展像に関する 4 つの異なる筋書きを描き、これらに対応する社会経済要素（人口・経済・技術等）と GHG 排出量の将来シナリオを示した。この想定には、経済成長 vs 環境保全、グローバル化 vs 地域ブロック化という 2 つの軸が設定されており、その組み合わせで 4 つのシナリオ（A1、A2、B1、B2）がある。これらのシナリオには、排出削減策（緩和策）をとるケースは含まれていない。

A1 シナリオ：高度経済成長が続き、世界人口が 21 世紀半ばにピークに達した後に減少し、効率の高い技術が急速に導入される未来社会である。このシナリオ群の基礎にあるのは、一人あたり所得格差などの地域間格差の縮小、人的能力の向上及び文化的社会的交流の進展である。A1 シナリオ群は、さらに、化石エネルギー源重視（A1FI）、非化石エネルギー源重視（A1T）、全てのエネルギー源のバランス重視（A1B）という 3 つのシナリオに分かれている。

A2 シナリオ：非常に不均一な世界である。基礎にあるのは、独立独行と地域の独自性の保持である。地域間の出生パターンの違いによって世界の人口増加が続く。経済開発は主として地域主導で、一人あたりの経済成長や技術変化は、他の筋書きに比べて遅い。

B1 シナリオ：A1 と同様の、世界人口は 21 世紀半ばにピークに達した後減少に転じ、地域間格差が縮小する世界である。ただし、地球規模の問題解決に重点をおいて、クリーンで省資源の技術が導入され、サービス及び情報経済に向かった経済構造の急速な変化が起こる。

B2 シナリオ：地域の問題解決に重点を置いて経済、社会及び環境の持続性を追求する世界である。世界の人口増加は A2 よりも緩やかで、中程度の経済発展と多様な技術変化を伴う世界である。

(2) 気候変動の予測

将来予測では、今世紀末までに世界の平均気温が上昇し、その長期的傾向は社会経済の発展経路によって大きく異なることが示された(図 2)。SRES シナリオ毎に予測された 21 世紀末の全球平均気温と海面上昇の予測値を表 1 に示すが、全球平均気温は、1980 年から 1999 年の平均値に比べて、1.1～6.4℃ 上昇する。気温上昇量はシナリオによって異なり、B1 (持続発展型社会シナリオ) で 1.8℃ (1.1℃～2.9℃)、A1FI (化石エネルギー重視の高経済成長シナリオ) で 4.0℃ (同じく 2.4℃～6.4℃) と予測されている。モデルによって将来予測に散らばりがあるため、最大 6.4℃ の上昇をもたらす危険性があることに注目が集まった。世界の平均気温がこれほど上昇すれば、上昇率の大きい北極圏や大陸内部では 10℃ に迫る年平均気温の上昇が生じ、その影響はまさに破壊的であろう。一方、2030 年頃までは、社会シナリオによらず 0.2℃/10 年の昇温が予測されている。温暖化の進行によって、積雪面積や海水面積が縮小し、夏の北極海では、21 世紀後半までに海水がほぼ完全に消滅するとの予測もある。

一方、海面水位は今世紀末までに 18～59cm 上昇する。B1 シナリオで 18～38cm であり、A1FI シナリオでは 26～59cm である。この値は、第 3 次報告書で示した 9～88cm という予測範囲と異なるが、不確実性のレンジを狭めたこととグリーンランド・極域の氷床が不安定になる効果を含めていないことがきいている。

さらに、温暖化によって熱帯低気圧の強度は強まると予測されている。わが国では台風が気象災害の大きな要因であるため、どの程度強大化するのかが注意が必要である。その他に、大気中の二酸化炭素濃度上昇により、海洋の酸性化が進むといった海洋環境の変化に関する予測も示された。

図 2 気候モデルによる気温上昇の予測 (IPCC WGI, 2007)。2000 年以降の予測の中の一番下の線は、2000 年における濃度が今世紀を通じて不変という場合の算定結果である。これは、仮に 2000 年時点で大気中の濃度が安定化しても、なお気温の上昇が起こるという地球大気システムの「慣性」を示すために計算されたもので、SRES シナリオには含まれていない。

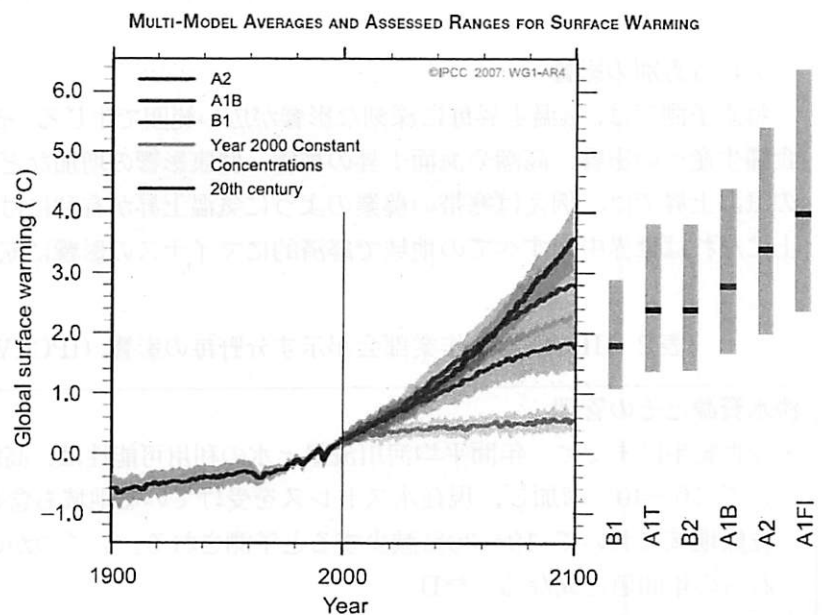


表1 SRES シナリオ毎の気温上昇と海面上昇の予測値

シナリオ	気温変化 (1980～1999年を基準とした2090～ 2099年の差 (°C)) ^a		海面水位上昇 (1980～1999年を基準とし た2090～2099年の差 (m))
	最良の推定値	可能性が高い 予測幅	モデルによる予測幅 (急速な氷の流れの力学的 な変化を除く)
2000年の濃度 で一定 ^b	0.6	0.3-0.9	資料なし
B1シナリオ	1.8	1.1-2.9	0.18-0.38
A1Tシナリオ	2.4	1.4-3.8	0.20-0.45
B2シナリオ	2.4	1.4-3.8	0.20-0.43
A1Bシナリオ	2.8	1.7-4.4	0.21-0.48
A2シナリオ	3.4	2.0-5.4	0.23-0.51
A1FIシナリオ	4.0	2.4-6.4	0.26-0.59

注釈：

a：これらの推定は、簡易気候モデル、いくつかの EMIC（中程度に複雑な気候モデル）、多数の AOGCM（大気海洋結合モデル）によって評価される。

b：2000年の一定の構成は、AOGCMのみから得られたものである。

2.2 影響予測（IPCCWGII, 2007）

（1）現れつつある影響

第2作業部会報告の第1の特徴は、既に温暖化の影響が北極域や世界の生態系に現れていることを膨大な実測データで示したことである。北極圏では、海氷や永久凍土が融けて海岸の侵食や湿地帯の拡大が起こっている。固い凍土を土台とした建物や石油のパイプラインが沈下し、ついには倒壊する被害も出ている。永久凍土が融けると閉じこめられていたメタンガスが放出されてさらに温暖化に拍車がかかるというフィードバック効果もある。また、生物は温度や気候の変化に敏感に反応し、北極の方向へ（北半球）、また山では標高の高い方へと移動をはじめている。これらの傾向を、世界各地の長期的な観測結果によって確認した。

（2）分野別の影響

将来予測では、気温上昇毎に深刻な影響が広い範囲で生じる。それらは、淡水資源の減少や生物種の絶滅、食糧生産への影響、高潮や海面上昇の被害、健康影響の増加などである（表2）。世界的に見ると、1～3℃の気温上昇では、例えば寒帯の農業のように気温上昇が有利には働く分野もあるが、気温上昇が2～3℃以上になれば世界中のすべての地域で経済的にマイナスの影響に転じるとしている。

表2 IPCC 第2作業部会が示す分野毎の影響（IPCCWGII SPM 仮訳(2007) から作成)

淡水資源とその管理

- ・今世紀半ばまでに、年間平均河川流量と水の利用可能性は、高緯度地域及びいくつかの熱帯湿潤地域において10～40%増加し、現在水ストレスを受けている地域も含む中緯度域のいくつかの乾燥地域及び熱帯乾燥地域において10～30%減少すると予測される。いくつかの場所の特定の季節においては、変化はこれらの年間値と異なる。**D
- ・干ばつの影響を受ける地域の面積が増加する可能性が高い。強い降雨現象の頻度が増す可能性は非常に高

く、洪水リスクを増加させる。 **N

- ・今世紀の間に、氷河及び積雪に蓄えられている水供給が減少し、主要な山岳地帯から融氷水の供給を受ける地域（現在の世界人口の6分の1以上が居住している）における水の利用可能性を減少させると予測される。 **N
- ・水セクターにおける適応手順やリスク管理の実践は、予測される水文の変化とその不確実性を認識してきたいくつかの国や地域において、発展しつつある。 ***N

生態系

- ・多くの生態系の回復力は、気候変化、それに伴う攪乱（例えば、洪水、早ばつ、森林火災、害虫、海洋酸性化）、及びその他の全球的変動の原因（例えば、土地利用変化、汚染、資源の過剰搾取）のかつてない併発によって、今世紀中に追いつかなくなる可能性が高い。 **N
- ・今世紀の間に、陸域生態系による正味の炭素吸収は、世紀半ばよりも前にピークに達した後弱まり、あるいは、さらに排出に逆転し、これによって、気候変化を増幅する可能性が高い。 **D
- ・これまで評価された植物及び動物種の約20～30%は、全球平均気温の上昇が1.5～2.5℃を超えた場合、増加する絶滅のリスクに直面する可能性が高い。 *N
- ・全球平均気温の1.5～2.5℃を超える上昇及びそれに伴うCO₂の大気中濃度の上昇に対して、生態系の構造と機能、生物種間の生態学的相互作用、及び種の生息範囲の重大な変化が生じ、その上、生物多様性と生態系からの財とサービス；例えば水や食料の供給に、顕著な悪影響が生じることが予測される。 **N
- ・大気中のCO₂の増加に起因して進行しつつある海洋の酸性化は、海洋性殻形成生物（例えばサンゴなど）とそれに依存する生物種に対して悪影響を与えることが推測される。 *N

食糧、繊維、林産物

- ・中緯度から高緯度地域における作物生産性は、作物に応じて、地域の平均気温の最大1～3℃の上昇に対してわずかに増加し、それを超えて上昇すると、ある地域では減少に転じると予測される。 *D
- ・より低緯度にある地域、特に乾季のある熱帯地域では、作物生産性は、地域平均気温の小幅な上昇（1～2℃）の場合でさえ減少し、飢餓リスクを増加させると予測される。 *D
- ・世界的には、地域平均気温が1～3℃の幅で上昇すると、食糧生産の潜在量が増加すると予測されるが、これを超えれば減少すると予測される。 *D
- ・干ばつと洪水の頻度の増加は、地域の作物生産、特に低緯度地域の自給自足部門に悪影響を与えると予測される。 **D
- ・品種や播種時期の変更のような適応は、低緯度及び中から高緯度地域における穀物収穫量を、低度の温暖化におけるベースラインの収穫量に維持、またはそれ以上に維持することを可能にする。 *N
- ・世界では、商業用木材の生産性は、全球的な傾向に対して大きな地域変動性があるものの、短中期の気候変化に伴い幾分増加する。 *D
- ・継続する温暖化に起因して、ある種の魚種の分布及び生産量に地域的な変化が生じ、養殖及び淡水漁業に悪影響があると推測される。 **D

沿岸システム及び低平地

- ・沿岸は、気候変化及び海面上昇により、沿岸浸食を含むリスクの増大にさらされると予測される。その影響は、沿岸地域に対する人為起源の圧力の増大により悪化する。 ***D
- ・サンゴは熱ストレスに対して脆弱であり適応力が低い。約1～3℃の海面温度の上昇は、熱に対するサンゴの適応や順応が生じない限り、サンゴのより頻繁な白化現象と広範な死滅をもたらすと予測される。 ***D

- ・塩性湿地やマングローブを含む沿岸の湿地は、特に、堆積が不足している場合や陸側の縁辺部に制約がある場合、海面上昇によって悪影響を受けると予測される。***D
- ・2080年代までに、何百万人ものより多くの人々が海面上昇により毎年洪水に見舞われると予測される。人口密度の高い低平地は適応力が相対的に低く、既に熱帯低気圧や沿岸の局所的な地盤沈下その他の困難に直面しているが、これらの地域は特にリスクにさらされている。影響を受ける人数は、アジアとアフリカのメガデルタで最大であり、一方、小島嶼は特に脆弱である。***D
- ・沿岸での適応は、適応力の制約のため、先進国よりも途上国において一層困難となる。**D

産業、居住及び社会

- ・産業、居住及び社会にとっての気候変化のコストと便益は、場所と規模に応じて大幅に異なる。しかし、合算すれば、気候変化が大きいほど正味の影響はより悪影響となる傾向がある。**N
- ・気候変化の影響に対し最も脆弱な産業、居住及び社会は、一般に、沿岸・河川氾濫原に存在するもの、その経済が気候感受性の高い資源に密接に関連しているもの、及び極端な気象現象の発生しやすい地域、特に、急速に都市化が進行している地域に存在するものである。**D
- ・貧困なコミュニティ、とりわけ高リスクの地域に集中しているコミュニティは、特に脆弱な可能性がある。このようなコミュニティは適応力がさらに限定されており、当該地方の水や食糧など気候感受性の高い資源に一層依存する傾向がある。**N
- ・極端な気象現象がより強力に、かつ／または、より頻繁になった場合、それらの社会経済的コストは増加し、その増加は最も直接的に影響を受ける地域において重大となる。気候変化の影響は、直接に影響を受ける場所やセクターから、広範かつ複雑な連鎖を経て、他の場所やセクターに及ぶ。**N

健康

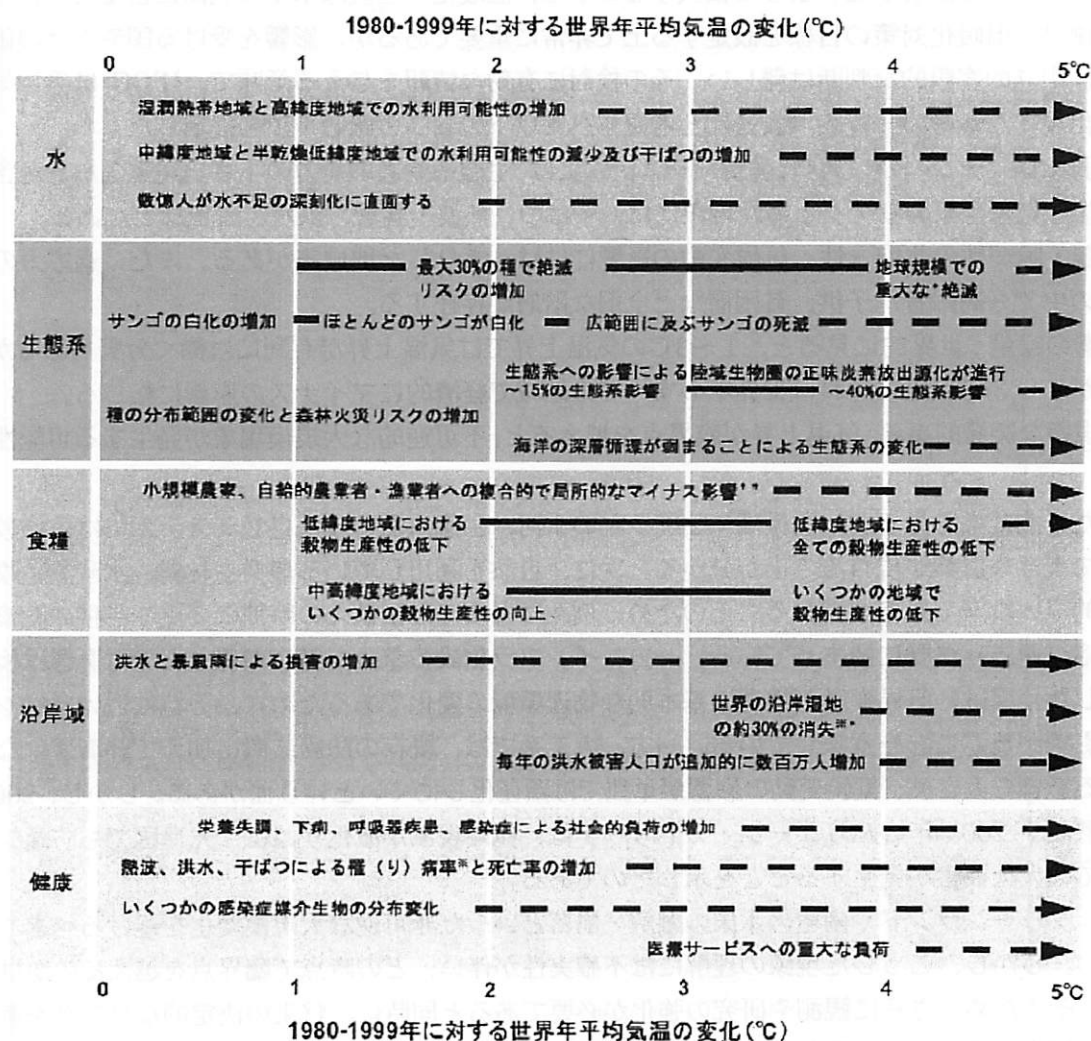
- ・予測される気候変化に関連した暴露は、以下を通じて数百万もの人々、とりわけ適応能力の低い人々の健康状態に影響を与える可能性が高い。即ち：
 - ・栄養不良とその結果としての疾患の増加、これはこどもの成長と発育にも影響する。
 - ・熱波、洪水、暴風雨、火災や干ばつによる死亡、疾病、負傷の増加
 - ・下痢性疾患による負担の増加
 - ・気候変化に関連した地表面オゾン濃度の上昇による心臓・呼吸器系疾患の発生率の増加
 - ・いくつかの感染症媒介生物の空間的分布の変化**D
- ・気候変化は、アフリカにおけるマラリアの発生範囲及び感染可能性の増加又は減少のような、いくつかの混在した影響をもたらすと推測される。**D
- ・温帯地域における調査では、気候変化は、寒冷な条件への暴露による死亡の減少などいくつかの便益をもたらすと予測されることを示した。全般的に言えば、世界全体で、特に途上国において、これらの便益よりも、気温上昇によるマイナスの健康影響が上回ると推測される。**D
- ・プラスとマイナスの健康影響のバランスは、場所によって異なり、気温が継続的に上昇するにつれて変化する。教育、医療、公共医療制度、インフラ、及び経済発展など、人々の健康を直接形作る要素が極めて重要になる。***N

各項目の末尾についている記号は以下のような意味を示す。第3次報告書との関係では、

D:第3次報告書の結論をさらに発展させたもの、N:第3次報告書にはなかった新たな結論
記述の確信度では

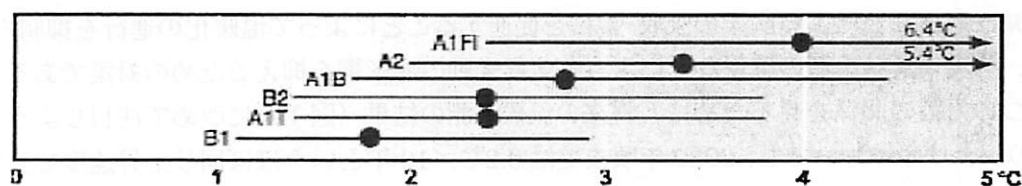
***:非常に高い、**高い、*中位

表3 平均気温の上昇に対して予測される影響の例(IPCC, 2007)



* 「重大な」とは、ここでは40%以上と定義する。 ** 2000~2080年の平均海面上昇率4.2mm/年に基づく

緩和策を講じていないシナリオにおける1980-1999年に対する2090-2099年の期間の温暖化予測



(3) 特に脆弱な地域と温暖化の危険な水準

第4次報告書の特徴は、地域レベルの影響をこれまでになく定量的に予測したことである。それに基づいて、特に脆弱な4つの地域を指摘している。

- ・ 北極地域：予想される昇温の速度が自然システム及び人間社会に与える影響
- ・ アフリカ：適応能力の低さと予測される気候変化の厳しい影響
- ・ 小島嶼国：予測される気候変化に対する住民及びインフラの高い脆弱性

・ アジア及びアフリカのメガデルタ地域：人口増加、海面水位上昇・高潮・河川洪水の高いリスク

気温上昇につれて影響がどのように拡大するのかは、温暖化の危険な水準の判断に密接に関係している。危険な水準は、温暖化対策の目標を設定する上で非常に重要であるが、影響を受ける国や人々の価値判断によるため、中立的客観的な判断は難しい。その検討に有効な情報を与える意味で、IPCC は平均気温の変化に沿って出現する影響の一覧表（表 3）と考慮すべき以下の 5 つの懸念事項を提示した。

- 1) 脆弱なシステムへのリスク：脆弱なシステムには、生態系や適応能力の小さい途上国などが含まれる。
- 2) 極端な気象現象のリスク：極端現象には、干ばつ、熱波・猛暑、洪水、台風などがある。
- 3) 影響・脆弱性の非均一性：気候変動の影響にははっきりした地域差がある。また、適応力のある先進国の中でも高齢者、子供、貧困層など全弱な階層が存在する。
- 4) 影響の総量：世界的に見ると、1～3℃の気温上昇では気温上昇が有利には働く分野もあるが、気温上昇が2～3℃以上になれば世界中のすべての地域で経済的にマイナスの影響に転じる。
- 5) 大規模な突発的事象：気温上昇が臨界点を越えると、不可逆的な大規模現象が発生する可能性が高い。

こうした予測結果を見ると、北極圏やヒマラヤの氷河、生態系といった自然システムには、比較的小さな気温上昇で大きな影響が現れることが分かる。次に、自然を利用している農業や林業、水産業、牧畜業などには比較的早い段階で影響が現れる。そのため、例えば九州では田植えの時期の変更や品種の転換といった稲作の対応（適応）が既に始まっている。一方、インフラ施設の整った都市環境などでは影響は検出しにくい。こうした差異は、気候変動が地球の基本的な物理環境の変化であるために、それに近い自然システムにはすぐに影響が及ぶことを意味している。一方、人工系では、既存の防護装置に加えて経済変化などの別の要因による影響も大きく、気候変動の影響が単独では顕在化しにくいという面がある。しかし、2003 年のフランスの熱波や 2005 年のハリケーン・カトリーナは、極端現象が激化すれば、先進国でも防護システムが破壊されて甚大な被害が発生することを示したのである。

さらに、グリーンランドや南極の氷床の融解・崩落といった非可逆な大規模変化を避けるべきことは言うまでもない。しかし、こうした現象の理解には不確実性が伴い、どの時点で臨界点を越えるのかは確定できていない。そのため、さらに観測や研究の強化が必要であると同時に、将来の決定的なリスクを避けるために予防的政策をとることが必要とされている。

2.3 適応策

地球温暖化に対して 2 つの対策が考えられる。それは、緩和策と適応策である。緩和策は、温室効果ガス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。

この 2 つの対策の関係を見るために、将来の気候予測の結果（図 1）に改めて注目しよう。この図の注目点は、どのシナリオにおいても、2030 年頃までは $0.2^{\circ}\text{C}/10$ 年というほぼ同じ上昇速度で気温上昇が生じるということである。このことは、既に大気中には十分な温暖化の推進力が与えられていて、想定されたどのような排出経路をたどろうとも今後 20～30 年間は同程度の温暖化が進行することを示している。同時に、いったん大気中に蓄積した CO_2 は数十年といった長い滞在時間を持つため、現在からの努力の結果が長期的な温暖化の進展を左右することになる。

以上のことから、第 1 に、今後 20 年程度は適応策が重要ということであり、第 2 に、適応策だけで悪影響を長期的に解消することは不可能なため CO_2 の排出を削減する緩和策と適応策のポートフォリオが必要といえる。

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異常気象の被害が激しく現れている。その全てが温暖化に起因するとはいえないが、これまでの温

暖化がこのような影響の顕在化をもたらしているのは確かであり、今後 30 年間で 0.6℃という温暖化の加速によって、一層厳しい影響が各地に現れると想定される。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。

2.4 緩和策のポテンシャル (IPCCWGIII, 2007)

緩和策については、世界の温室効果ガスの排出量の緩和ではかなり大きな削減ポテンシャルがあり、排出量を現在のレベル以下に削減する可能性がある」と指摘した。そのために、現在あるいは将来利用可能となる技術や政策について広範囲に評価している。図 4 は部門別の削減ポテンシャルの推定である。これを見ると建設部門で大きな削減ポテンシャルがある。また、負の緩和コスト（採用すれば経済的メリットがある）で 2030 年までに CO₂ 換算 60 億 t の削減が可能であるとしている。

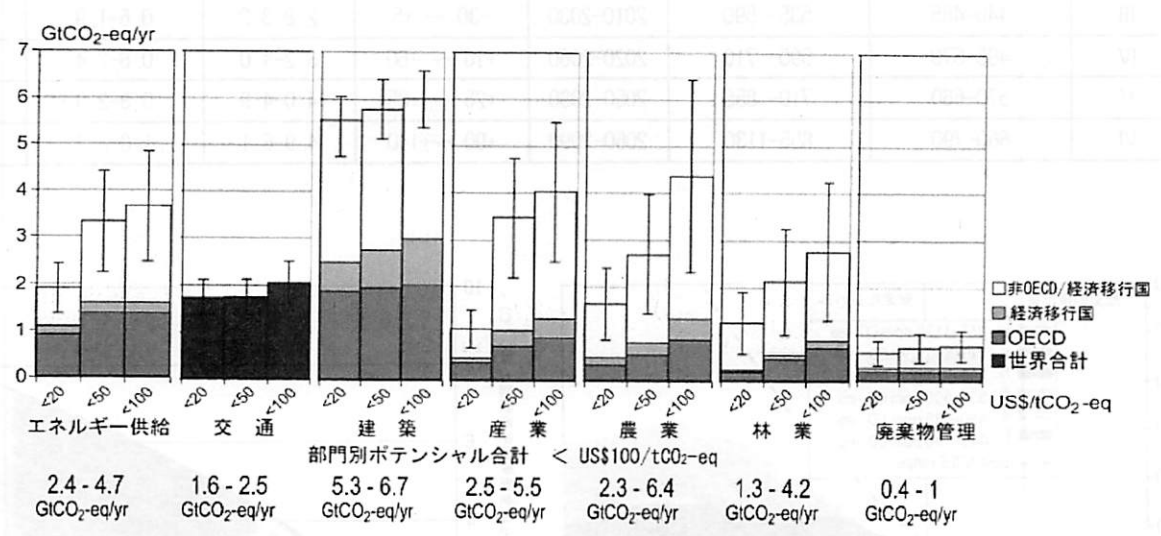


図 4 2030 年時点の部門別削減ポテンシャル

2.5 安定化レベルと気候変動の関係 (IPCC, 2007)

IPCC 第 4 次報告書の大きな意義は、温室効果ガス (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ことにある。温暖化問題は、社会経済活動からの GHG 排出、炭素循環・大気中への蓄積、温暖化・気候変動、影響、適応策、緩和策、社会システムの変更といった複雑な要素から成り立っている (住・三村, 2007)。第 4 次報告書では、こうした要素の知識をつないで、1 つの閉じた認識を提示した点に今までにない進展がある。

表 3 と図 5 がその結果である。IPCC(2007)は、平衡濃度が 400 数十 ppm から約 1000ppm 程度までの 6 段階の安定化レベル (カテゴリー) を示した。図 5 に異なる濃淡で示されているものが表 3 の 6 つのカテゴリーに対応する。平衡濃度が約 1000ppm にもなるカテゴリー VI では、世界平均気温の上昇が 5℃以上になり、到底、危険なレベル以下とは言えない。そうしたことも含めて、どのレベルの安定化を図るのかの見取り図を与えるのが表 3 と図 5 であり、これらの図表を参照しながら国際的な交渉が進んでいる。

表3 第3次報告書以降に検討された安定化シナリオと世界平均の平衡気温と海面上昇（海水の熱膨張のみ）

カテゴリー	CO ₂ 平衡濃度(b) (2000年=379ppm)	温室効果ガス平衡濃度(CO ₂ 換算)(エーロゾル含む)(b) (2000年=375ppm)	CO ₂ 排出がピークを迎える年(a, c)	2050年におけるCO ₂ 排出量(2000年比)(a, c)	気候感度の“最良の推定値”を用いた産業革命からの世界平均気温上昇(d, e)	熱膨張のみに由来する産業革命前の値と比較した世界平均海面上昇(f)	研究されたシナリオの数
	ppm	ppm	西暦	%	°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

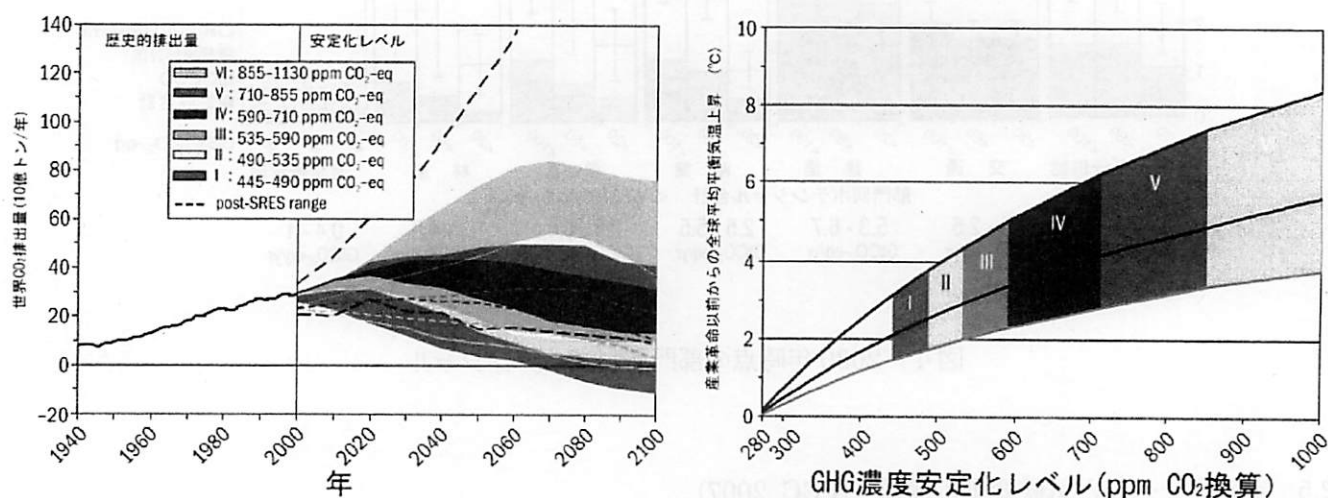


図5 CO₂排出量と温室効果ガス(GHG)平衡濃度、平衡気温の関係

3. 国際研究プログラム

最初にも述べたとおり、気候変動対策では、科学的な情報の比重が非常に大きく、それを提供する IPCC の国際的な地位は非常に大きくなっている。気候変動問題を中心に世界の研究プログラムがどのような配置になっているのかを簡単に紹介する。

3.1 IPCC

(1) IPCC の運営

「気候変動に関する政府間パネル (IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change)」は、気候変動に関して科学的な評価を行うことを目的として、1988 年に世界気象機関 (WMO) と国連環境計画 (UNEP) によって共同で設立された。IPCC は、三つの作業部会と温室効果ガス目録に関するタスクフ

ォースにより構成され、総会と議長・副議長を中心にしたビューローによって運営されている。3つの作業部会は、それぞれ、気候システム及び気候変動の自然科学的根拠（第1）、気候変動の影響と適応策、脆弱性（第2）、温室効果ガスの排出削減など気候変動の緩和策（第3）を担当している。

報告書の作成は、執筆責任者(LA)が当たる。LAは各国政府の推薦によって作られた候補者リストの中から、各章のテーマ、地域分布、先進国と途上国のバランスなどを考慮してビューローが選定する。ビューローは同時に各章のまとめ役となる総括執筆責任者(CLA)も決める。

(2) 第4次報告書の準備過程

第4次報告書の実質的な準備は、2003年4月（モロッコ、マラケシュ）と9月（ドイツ、ポツダム）の2つの Scoping 会合から始まった。その後、2004年にはCLA、LAが決まり、文献をレビューして原稿を執筆する作業が始まった。第2作業部会では、4回原稿を作成した。原稿が出来る度に、各国政府と専門家に送ってレビューを受ける。1回のレビューで返ってくるコメントは500～1000以上あり、元の文献に当たり修正記録を残しながら、原稿を修正する。そのため、毎年1～2回作業部会毎のLA会合を開き、1週間程度ホテルに缶詰で、内容の議論と作業工程の確認を行った。LA会合の2ヶ月後程度に次の原稿締め切りが設定された。

用いる文献は、基本的には査読付きの論文である。しかし、英語以外の論文を丁寧に拾うことや、grey literature と呼ばれる国際機関や政府の報告書を一部利用した。アジアや島嶼に対する影響評価の章では、査読付きの論文として発表された成果が少ないため、これらの文献を利用することになる。また、特定の話題は分担執筆者(CA)を指名して書いてもらうこともある。したがって、IPCCに引用されるためには、論文を英語で発表すること、LAやCAとして参加すること、関係するLAに成果を提示すること等が大切となる。

(3) 報告書の採択と第5次報告書

こうして完成した報告書は、各作業部会総会とIPCC総会で採択される。採択するのは、数十ページの「政策決定者向け要約(SPM)」である。これは、1文ずつ採択するため、激しく長い議論が必要となる。2007年4月の第2作業部会総会の様子は、下のBox1を読んでほしい。議論に長い時間がかかるのは、「政府間パネル」の正式メンバーは政府代表であるためである。つまり、政府代表によって採択された報告書は政府自身の文書になるため、政府代表は科学的記述の根拠を徹底的に質問し、政治的判断との整合性を考えるのである。長く大変なプロセスだが、それ故にIPCC報告書は、国際交渉や気候政策の土台として耐えるものになると言える。

次の第5次報告書は、2013年2014年にかけて発表する予定で、既に体制づくりと準備作業が始まっている。

3.2 観測系の国際プログラム

地球観測の中心的な国際プログラムは、GEOSSである。GEOSSとは、Global Earth Observation System of Systemsの略で、既に構築されている多くのシステムを統合する世界規模のシステムを構築することを指している。2003年のエビアンG8サミットで地球観測の必要性が認識された。それに基づいて、閣僚級会合として地球観測サミットが開かれ、2005年2月に全球地球観測システム(GEOSS)の構築をめざす「10年実施計画」が採択された。気候、防災、水、生物多様性など9つの分野において、利用ニーズ主導の統合された地球観測システムを構築することを目指している。地球観測としては、GCOS(Global Climate Observing System; 全球気候観測システム)やIGOS(Integrated Global Observing Strategy; 統合地球観測戦略)等も走っている。

我が国では、2004年12月に総合科学技術会議が「地球観測の推進戦略」を決め、文部科学省科学技術・学術審議会のもとに、地球観測の推進に関する「地球観測推進部会」が設置されて、GEOSSを始め地球

観測を推進する態勢が作られている。

3.3 総合研究系の国際プログラム（国立環境研究所，2008 など）

地球環境を総合的に解明しようという機運は相当古くから継続しており、以下のようなものがある。

- ・WCRP(世界気候研究計画)は、世界気候計画(WCP)のサブプログラムの1つで、世界気象機関(WMO)、各国学術会議の連合体である国際科学会議(ICSU)、政府間海洋学委員会(UNESCO/IOC)がスポンサーとなって1980年から実施されている。
- ・IGBP(地球圏生物圏国際協同研究計画)は、1986年に設立された学際的な国際研究計画である。ICSUが主催し、地球環境変化の中で、人間活動による影響の現れ方を支配する物理学的、化学的および生物学的プロセスの相互作用を理解することを目的にしている。現在第2期に入っており、海岸・沿岸域を対象にしてLOICZ(沿岸域における陸域－海域相互作用研究計画)が走っている。
- ・IHDP(地球環境変化の人間社会側面に関する国際研究計画)は、1990年に国際社会科学評議会(ISSC)によってHDPの名称で開始され、1996年2月に名称をIHDPに変更した。IHDPは、土地利用・被覆変化や人口、食料問題など地球環境変化の人間社会側面に関する国際研究を行うことを目的としている。
- ・DIVERSITAS(生物多様性科学国際協同プログラム)は、2001年に、ICSU、国際生物科学連合(IUBS)、国際微生物学会連合(IUMS)、環境問題に関する科学委員会(SCOPE)、国連教育科学文化機関(UNESCO)5つの団体が、生物多様性に関する新たな統合的研究プログラムを構築するよう呼びかけて検討が始まり、2002年に正式なDIVERSITAS科学委員会が設立された。その名の通り、生物多様性の現状把握や影響評価を目的にしている。
- ・ESSP(地球システム科学パートナーシップ)は、上の4つのプログラムの協調を図るために設立された統合プログラムである。21世紀に入って、それぞれのプログラムが当初の計画期間を終え、また、気候変動など自然システムと人間システムの相互作用を統合的に理解する必要があることから、国際プログラムは大きな統合が図られた。2001年に第1回(アムステルダム)、2006年に第2回(北京)の地球変化オープンサイエンス会議が開かれた。現在、ESSPの下で、水、食料、炭素、健康に関する協力プロジェクトが走っている。

我が国では、日本学術会議の中に、WCRPとIGBPを担当する委員会があるが、ESSP傘下の全ての国際研究プログラムを担当する体制にはなっていない。近年では、中国や国連アジア本部のあるタイ、マレーシアなどの研究参加意欲が大きく、それに比して、日本からの組織だった参加は弱い。

3.4 途上国支援系の国際プログラム

地球環境研究における大きな課題は、途上国の科学的能力をどのように発展させるかである。そのため、地球規模の研究プログラムが構想された時から、途上国を対象にしたプログラムが同時に構想、実施されてきた。

- ・START(地球変動に関する分析・研究・研修システム)は、ESSPの支援を受けて、WCRP、IGBP、IHDP、DIVERSITASとの密接な協力の下で、極めて多くのプロジェクトを実施している。STARTの目的は、地域レベルの研究者や機関の地域ネットワークシステムの構築、政策決定者や政府機関に対する地域的重要性の高い情報の提供、開発途上国における科学的能力の向上、科学研究のインフラ整備等である。

START全体の事務局は米国ワシントンDCにあるが、東アジア温帯域(TEA)、東南アジア(SEA)、南アジア(SAS)、オセアニア(OCE)、地中海(MED)、汎アフリカ(Pan-Africa)、中央アジア(CAA)、中央・東ヨーロッパ(CEE)の地域委員会がある。また、次に述べるAPNや北米および中南米地球変動研究機構(IAI)、欧州委員会(EC)などと強いつながりを持っている。

- ・APN(アジア太平洋地球変動研究ネットワーク)は、1990年に開かれた地球変動に関する科学研究

と経済学研究に関するホワイトハウス会議でのブッシュ米大統領（当時）の提唱によって設立されることになった。目的は、先進国と途上国の科学研究コミュニティを結びつけようというものだった。同様な組織には、南北アメリカを対象とする IAI とヨーロッパ・アフリカ対象の地域組織 ENRICH（現在は休止中）がある。APN は設立以降、毎年研究プロジェクトを公募し、通常の研究と能力形成を主眼とするプロジェクト（CAPaBLE）を合わせて 30 数件の援助を行っている。

APN は政府間機関で、アジア太平洋の 21 カ国が加盟している。加盟国は、オーストラリア、バングラデシュ、カンボジア、中国、フィジー、インド、インドネシア、日本、ラオス、マレーシア、モンゴル、ネパール、ニュージーランド、パキスタン、フィリピン、韓国、ロシア、スリランカ、タイ、アメリカ合衆国、ベトナムである。APN の活動は、毎年開催される政府間会合で決定され、研究方針やプロジェクト審査は科学企画グループを中心に企画立案している。

APN の事務局は神戸におかれており、拠出金が多いこともあって、我が国は APN の活動推進に大きく貢献している。最近では、APN に対する国際的評価も高まっている。

4. おわりに

本論では、IPCC 第 4 次報告書の概要を紹介した。温暖化対策の緩和策・適応策には、海岸工学や環境管理に強く関係する内容が含まれていることが理解されたであろう。それだけに、日本のこの分野の研究コミュニティから、研究成果の面でも第 5 次報告書作成やプロジェクト運営などの面でも、一層大きな参加が期待される。そうしたことを期待して、国際研究プログラムの状況も紹介した。この小論が、多くの方々の関心を高め、アジア・太平洋地域における国際研究プロジェクトの推進のきっかけになれば幸いである。

Box 1 （サステナ 4 号 (2007) から一部改訂）

IPCC 第 2 部会ブリュッセル総会の 4 日間 —温暖化影響報告書はどのように承認されたか—

茨城大学地球変動適応科学研究機関長
三村信男

1. ブリュッセル総会まで

ブリュッセルで開かれた IPCC 第 2 部会総会に出席した。今回の総会は、2007 年 4 月 2 日から 5 日まで 4 日間の予定だったものが、最終日は徹夜で議論が続き、6 日午後になってやっと第 4 次報告書の「政策担当者向要約」を承認するという異例の展開になった。そのため、紛糾したなどと報道されたが、この会議では実際に何が話し合われたのか、その様子を紹介したい。

IPCC（気候変動に関する政府間パネル）は名前の通り国連が設立した政府間組織で、2003 年から、3 つの作業部会に分かれて気候変動第 4 次報告書の作成を進めてきた。その中の第 2 部会は、温暖化の影響予測と対応策に関する研究成果のまとめを担当しており、約 200 名の科学者が参加して、今年 2 月までに、20 章からなる 1000 ページの報告書案と 20 ページの政策向要約草案の作成しおえていた。ブリュッセルで開かれた第 2 部会総会は、この長いプロセスの最後の山場で、110 カ国 300 人の政府代表に対して、エッセンスをまとめた政策向要約の承認を求めるのが目的だった。そのために、40 名の執筆責任者が参加し、4 日間にわたって要約草案に対する質問や修正の要求に答える予定だった（写真 1）。日本から参加した執筆責任者は、国立環境研究所の原沢英夫領域長（10 章アジア担当）と私（16 章小島嶼担当）である。

2. 意見を聞き続けた承認プロセス

会議のルールは、政策向要約の内容を1文ずつ承認するというものである。しかも、政府代表の全員一致を原則としており、一国でも反対するとその文章は承認されないという厳しいものであった。実際の会議では、担当部分の執筆責任者が順番に壇上に上がり、その部分が承認されるまで質問に答え続けた。その質問も、気候変動の影響予測の正確さや確信度、元になる報告書との照合など、あらゆる角度から飛んできた。

当然だが、立場によって各国の意見は異なる。議場で目立ったのは、石油資源の大量生産国のサウジアラビアやロシア、今後CO₂排出の大幅な伸びが予想される中国やインドである。これらの国は、影響に関する数量的な表現や排出抑制の文言を避けるために何度も発言を求め、時にそれに同調するアメリカが、科学的な根拠や細かい表現について発言を続けた。その一方で、ドイツ、スイス、オーストリアなど環境派のEU諸国が、一層明確な表現で影響を記述するように求めて対立し、最初から厳しい状況になった。たとえば、既に温暖化の影響が観測されているという結論を「非常に高い確信度」とするか「高い確信度」とするかについて、何時間も議論が続いた。これをまとめた執筆責任者は膨大な研究成果に基づいて「非常に高い確信度」と書いていたが、その点にまで意見が出たのは驚きだった。こうした中で、日本政府代表は、EUと並んで報告書を援護することが多く、執筆責任者としては大変心強かった。

4月2日（1日目）に承認されたのはわずか20行だった。1日かけて20行承認という事実が、この会議の厳しさとその裏返しである報告書の重要性を示していた。

4月3日（2日目）は、夜9時まで延長してやっと1.5ページが承認された。夕方6時30分には、サンドイッチとジュースなどの簡単な夕食がロビーに準備され、300人がそれを食べて、議事が再開された。ぱさぱさのサンドイッチをかじって、誰も不満を言わず議場に戻ったのが印象的だった。

4月4日（3日目）は深夜2時まで議論を続け、5ページが承認された。

しかし、4月5日（最終日）には、まだ後半の10数ページと表とグラフが残されていた。表は、21世紀中の気温上昇の予測値と共に、水資源、食料、海岸など5分野とアジア、アフリカなど8地域に分けて具体的な影響予測の数値を入れたもので、総会の会議とは別に関係者グループを作って議論を続けたが、それでも合意に達していなかった（写真2）。総会でも、一部の国が具体的な表現に反対し続け、最終的に表の一部だけを残して削除という結果になった。その他に、もっとも厳しい影響を受ける分野・地域や温暖化防止条約に触れた部分などは承認されず、文言を修正あるいは削除した。

夜中の3時になっても議事は進まず、第2部会共同議長のマーチン・パリー博士（英国）は、これらの国の主張に対する執筆責任者の意見を求めた。それ応えて、私も、この報告書はIPCC総会が求めたものに対して科学者が4年間努力した答であり、科学の成果を受け入れてほしいといった発言をした。さらに、何人かの執筆責任者が報告書を支持して発言し、真夜中に拍手がわいた。しかし、反対と決めてきた国の意志は変わらず、長い議論の末、多くの部分を修正して翌朝10時に実質承認に達した。その後休会したので会議場を出ると、沢山のテレビカメラや記者が待っていてびっくりした。

3. 第4次報告書のメッセージ

その後、同じ会議場を公開して、パチャウリ IPCC 議長とパリー、カンジアー二両第2部会共同議長の記者会見が開かれた。パリー博士は、4日間65時間に及ぶ議論を主導し、ついに合意に導いた立役者だ。彼は、一部の内容を失ったが意味のある報告書ができたと報告した。

実際、承認された政策向要約を見ると、重要なメッセージが詰まっている。つまり、既に温暖化の影響が世界の生態系や海岸に明確に現れている、2～3℃以上の気温上昇によって世界中のすべての地域で経済的にマイナスの影響が生じる、長期的なCO₂削減策の効果が出るまでは適応策の実施が必要だ、しかし適応には限界があるので適応策と温室効果ガスの削減対策を同時並行で行うことが必要である、将来の被害コスト

に比べれば対策のコストは小さい等々。長い総会だったが、承認されたこの報告書は、世界規模で温暖化対策に本腰を入れる必要があることを強く示唆するものになった。

このような報告書を生み出した IPCC は大変な知恵の組織だ。本来、IPCC 自体が特定の政策を推奨することではなく、政策決定者に適切な科学的情報を提供することを任務としている。しかし、このようなプロセスを経て承認された政策向要約に盛り込まれた知見は、各国の政府の間で共有され、政策選択の共通の土台になる。世界規模で気候政策の議論や交渉を加速する上で、こうした科学的土台が必要なことは明らかだ。IPCC のような組織は、多くの国が個別の利害を越えて地球益を考えるようになるための賢い仕掛けだと思う。

ところで、今年は、5月の IPCC 第3部会報告書の承認、6月ドイツでの G8 サミット、11月の IPCC 統合報告書（3部会のまとめ）の発表、12月バリ島での COP 会議と温暖化問題に関する大きなイベントが続いており、温暖化対策にとって正念場を迎えつつあることが分かる。今回の IPCC 報告書は、こうした国際的動きを促す上で大きな役割を果たすものになるに違いない。会議が終わった直後には、草案の一部が切りとられて残念な気持ちがあったが、大きな目で見ると、報告書の承認が今後の温暖化政策にとって極めて大きな意味を持つと感じている。

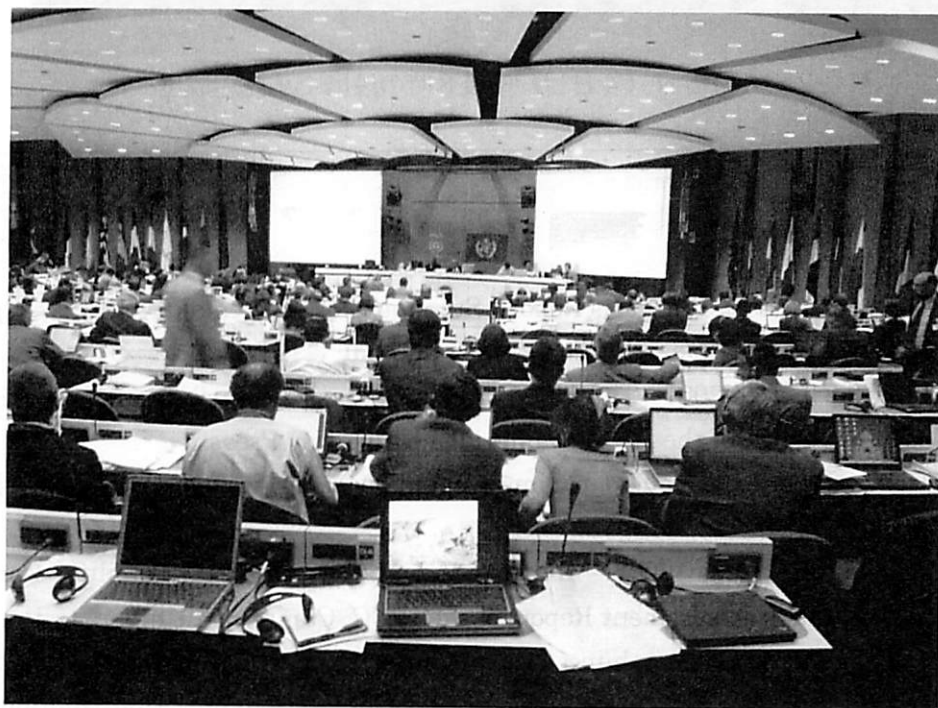


写真1 第2部会総会の会場

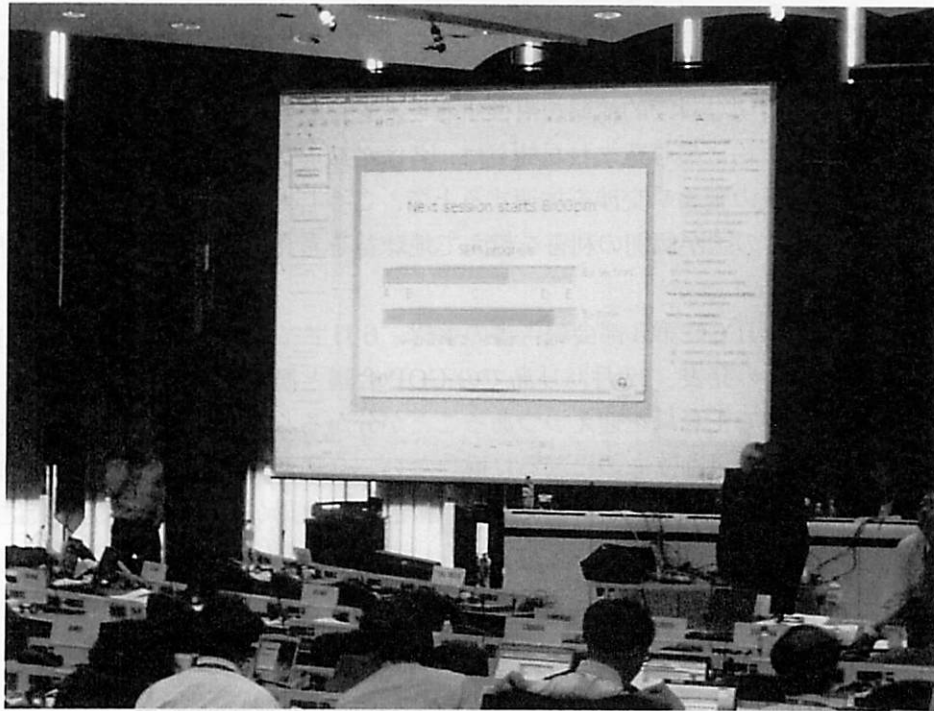


写真2 4月5日(4日目)午後8時の段階で承認達成度

参考文献

IPCC(2007): Climate Change 2007: Synthesis Report, Summary for Policymakers, IPCC, 22p.

—SPM の仮訳は <http://www.env.go.jp/earth/ipcc/4th/interim-j.pdf> に掲載されている。

IPCC WGI(2007): Climate Change 2007 - The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC, Cambridge University Press.

—SPM の仮訳は http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpinfo/ipcc/ar4/ipcc_ar4_wg1_spm_Jpn_rev3.pdf に掲載されている。

IPCC WGII(2007) : Climate Change 2007 - Impacts, Adaptation and Vulnerability, Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the IPCC, Cambridge University Press.

—SPM の仮訳は http://www.env.go.jp/earth/ipcc/4th/spm_interim-j.pdf に掲載されている。

IPCC WGIII(2007) : Climate Change 2007 - Mitigation of Climate Change, Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the IPCC, Cambridge University Press.

—SPM の仮訳は [http://www.gispri.or.jp/kankyo/ipcc/pdf/070515IPCCWG3-SPM\(GISPRI\).pdf](http://www.gispri.or.jp/kankyo/ipcc/pdf/070515IPCCWG3-SPM(GISPRI).pdf) に掲載されている。

国立環境研究所(2008) : 国際研究計画・機関情報データベース、

<http://www.cger.nies.go.jp/cger-j/db/info/index.html>

住 明正・三村信男(2007) : サステイナブルな温暖化対策を目指して—地球温暖化問題の構造化, 小宮山宏(編) : 岩波科学ライブラリー137, 岩波書店, pp.35-48.