

日本における地球温暖化研究の意義と課題

～科学的知見と社会のかかわり～

—2010年度藤原賞受賞記念講演—

近藤 洋輝*

1. はじめに

この度は、日本気象学会藤原賞を賜り、深く感謝いたします。受賞の対象は、「わが国における地球温暖化研究の推進への貢献」ということで、これまで私が行ってきたような活動の意義をお認めいただいたことに対し、大変ありがたく、また名誉に感じています。

今では気候変動の研究が、地球温暖化研究と一般に称するようにもなり、国際的に社会やその政策とかかわるようになってきました。私自身がそれを実感したのは、世界気象機関 (WMO) が呼びかけ、1990年ジュネーブで開催された、第2回世界気候会議 (SWCC) に出席した際でした。この会議は結果的に、「気候変動に関する国際連合枠組条約 (UNFCCC, 以下、国際連合は国連と略記)」を成立に導きました。詳細は後で述べますが、20年前のことです。私は、1989年より気象研究所から WMO へ派遣され、大気研究・環境計画部の上級科学官として、熱帯気象研究計画 (TMRP) を担当していました (近藤 1995)。その後、1990年代が、国連による「国際防災の十年 (IDNDR)」の実施期間となったことから、国際学術連合会議 (現在の国際科学会議、略語はいずれも ICSU) の担当者と連携して、「熱帯低気圧災害」に関するプロジェクトを立ち上げました。特に1993年

には、気候変動が熱帯低気圧の頻度や強度へどう影響するかという、当時としては斬新なテーマでシンポジウムを組織しました。さらに、1994年に帰国後、2年ほどで、気象研究所の気候研究部に戻ることになりました。以来、気候変動の分野に一貫してかかわってきました。この20年ほどは、純学術的な観点から興味ある (Interesting な) 対象として取り組まれていた気候変動の研究が、社会からのニーズに応える、重要な (Important な) 政策的意義を帯びた地球温暖化の研究へと大きな遷移を遂げてきた時期だったと感じています (近藤 2007)。

この貴重な機会に、受賞講演に基づいて、モデル開発の分野を中心に地球温暖化研究の国際的な背景と日本におけるこれまでの状況について、私自身のかかわりや私見も若干交えながら振り返ると共に、現在直面している課題と展望について述べたいと思います。

2. 近年の気候変動研究を巡る状況

2.1 世界気候研究計画 (WCRP) の成立と意義

初めての全球的な地球観測プロジェクトであった、国際地球観測年 (IGY, 1957-1958) 以来、南極点やハワイ・マウナロアではほぼ連続的に二酸化炭素 (CO₂) の大気中濃度が観測されるようになり、季節変化を除くと、その値は年々0.4~0.5%程度増加する傾向が一貫しています。それ以前に関しては、氷床コアからの推定ですが、気候変動に関する政府間パネル (IPCC) で人類の工業化 (産業革命) 以前の基準年としている1750年頃の大気中濃度は、約280 ppmであったと見られます。それに比べ、最新の解析結果では、

* 独立行政法人 海洋研究開発機構 IPCC 貢献地球環境予測プロジェクト。hkondo@jamstec.go.jp

—2010年9月13日受領—

—2010年11月18日受理—

2008年の年平均値で385.2 ppm と38%も増加しています(気象庁 2010)。学術的な興味は、このような年々の変化傾向が続いたら、いったい気候はどうかという点でした。米国の地球流体力学研究所(GFDL)の真鍋淑郎氏らのグループは、数値モデルの開発を進める中で、早くからこの問題に取り組み、CO₂の大気中濃度が倍増したら数度の温暖化を生じる可能性を簡単な気候モデルで出していました(Manabe and Wetherald 1975)。1970年代はまた、サヘル(サハラ砂漠の南辺の地域)での激しい干ばつが続くなど、気候に対する関心が高まりました。

WMOの呼びかけで、1979年、多くの国際機関が連携して、大臣級レベルのセッションにまで至る会議として第1回世界気候会議(FWCC)が開催され、気候に関する研究・観測・その他の関連情報提供の世界的な協力関係を強化する必要性が確認されました。その結果、世界気候計画(WCP)が構想され、4つのサブ計画が策定されました。その中で、気候データの収集、品質管理・改善や気候データの散逸救済に関しては、世界気候データ計画(WCDP)が、また気候情報の利用・応用に関しては、世界気候利用計画(WCAP)がそれぞれ策定され、当初からWMOのプログラムとして実施されてきました。WMOには、気候に関する助言をする専門委員会として、気候委員会(CCI)が設置されており、個々の計画に対して活動の方針を勧告しています。私自身も、後にCCIの諮問作業部会のメンバーとして関与しました(1997-2001)。そのほか、気候の影響に関する調査(影響評価)に関しては、世界気候影響調査計画(WCIP)が策定され、国連環境計画(UNEP)が中心となり、WMOや食糧農業機関(FAO)の支援協力の下で実施となりました。

さらに、研究面に関しては、世界気候研究計画(WCRP)が策定されましたが、学術的な基盤に基づいて推進する必要から、他の3つのサブ計画とは別に、WMOとICSUの連携のもとに、「どの程度まで気候を予測することができるか、また人為起源の要因がどの程度気候に影響を与えるかを究明する」という2つの主要な目的の下に、1980年に正式に発足・実施に至りました。1993年には、海洋に関しての連携として、ユネスコ/政府間海洋委員会(UNESCO/IOC)も母体に加わりました。WCRPは現在、「気候変動及び気候変化研究における知見の空白域を明らかにし、研究ニーズを重点化して、この分野に関する世界最先

端の研究の先導的役割を果たすことにより、エンド・ユーザーの要望と政策ニーズに応えること」を目指し、「リスク管理改善に向けた気候の解析と予測のために」というスローガンで活動しています(WCRP 2005)。WCRPの発足後の発展や果たして来た役割は極めて大きいものがあると思います。

WCRPは、合同科学委員会(JSC)の下に活動をしています。初期の主要な活動では、世界海洋循環実験計画(WOCE, 1982-1992)で、世界の海洋の観測からデータを収集し、観測技術の向上と海洋物理過程の解明を進めました。また、熱帯海洋大気変動研究計画(TOGA, 1985-1994)により、エルニーニョによる海面水温変動やそれによる全球的な気候への影響の解明・予測を進める物理的基礎を構築し、季節予報でのブレイクスルーをもたらしました。これらの発展として、気候の変動性と予測可能性に関する研究計画(CLIVAR)が1995年に立ち上がりました。数値モデルの分野では、WMOの専門委員会である大気科学委員会(CAS)との連携により、数値実験に関する作業部会(WGNE)を立ち上げ、数値予報モデルと気候モデルに共通するモデルの開発についての連携を進めています。その活動からは特に、大気・海洋結合モデルを対象とする結合モデルに関する作業部会(WGCM)がWCRP/CLIVARの下に設置され、気候モデルの比較実験を実現させています。

第1表は、これまで、WCRPが上記の活動の中でIPCCに協力し、世界の大気・海洋結合モデルの参加で実現させてきている相互比較実験のプロジェクトです。現在はIPCC第5次評価報告書(AR5)に向けた第5期結合モデル相互比較実験プロジェクト(CMIP5)が、IPCCの「触媒的」役割を受けながらWCRP独自の実験プロジェクトとして進行中です。

後述するIPCCの評価報告書の主要な要素は、WCRPの下での研究活動の成果にほかなりません。ところが、2007年までは、国内的には、日本語による情報の提供・発信・交換などの機能、とくに、WCRPに関連する国内活動を全般的・系統的に発信する場がありませんでした。さらに、省庁や関連研究機関においても、科学分野の政策・企画担当者にとって、WCRPに関する情報は十分提供されていないため、WCRPに関連した色々なプロジェクトの策定や提案などを円滑に進めるためにも、日ごろから情報が提供される必要性が指摘されていました。そこで2006年に、上記のような機能を果たすホームページを海洋

第1表 大気・海洋結合モデル比較実験 (CMIP).

<ul style="list-style-type: none"> — WCRP が IPCC に協力して行う国際的な比較実験 — 同一条件下で数値実験を行う比較研究 <p>第1期 (CMIP 1, 1995～) : 現在気候の再現実験など</p> <p>第2期 (CMIP 2, 1997～) : 温室効果ガス濃度の増加を CO₂換算で年率1%増での漸増実験 ⇒ IPCC 第3次評価報告書 (TAR, 2001) に直接反映</p> <p>第3期 (CMIP 3, 2004～) : 20世紀気候変化再現実験及び, SRES シナリオでの気候変化予測実験 ⇒ IPCC 第4次評価報告書 (AR 4, 2007) に直接反映</p> <p>第4期 (CMIP 4, 2007～) : 近未来と長期などの予測が計画されたが実際には下記 CMIP 5 に移行</p> <p>第5期 (CMIP 5, 2009～) : IPCC 第5次評価報告書 (AR 5, 2013予定) に向けた IPCC 新シナリオ (4つの RCPs) での気候変化予測実験 (IPCC は「触媒」的役割を果たす) : 近未来予測, 長期予測, 大気予測 (SST で駆動) など</p>
--

研究開発機構で開設することが提言されました。これは、WCRP の国内的対応を公式に担当していた時岡達志氏 (当時、海洋研究開発機構地球環境フロンティア研究センター・センター長) により提言されました。時岡氏は、日本学術会議の WCRP と IGBP (地球圏・生物圏国際協同研究計画) の合同分科会メンバーで、CLIVAR の科学推進委員会 (SSG) の委員でもありました。私は、その企画実施を実際に担当することになり、かなり複雑になっている WCRP の解説と最新活動の情報を提供するホームページを2007年に開設し、WCRP の各種委員を担当している国内の研究者の方々のご協力で現在も進めています。現在の詳しい WCRP の状況は、WCRP 国内版情報ホームページ (<http://www.jamstec.go.jp/wcrp/>) をご覧ください。

2.2 IPCC の設立

WCRP の成果が出る中で、1985年には、オーストリアのフィラハで気候関連の科学者の参加により、WMO, UNEP, ICSU 共催の国際会議が開かれました。地球温暖化の警告を発すると共に、政策決定者に対応を呼びかけました。さらに、北米が熱波と干ばつにみまわれた1988年6月には、カナダのトロントでの先進7カ国首脳会議 (G7) の直後、政策担当者や科学者などによりトロント会議が開かれ、温暖化防止のためには、温室効果ガスの排出を1988年レベルから20%削減すべきであるという具体的な数値目標 (トロント目標) を示した声明が採択されました。

このような背景から同年11月、WMO と UNEP の連携により、IPCC が設立されるに至りました。これ

は直接的には、WCRP による気候研究の世界的推進の成果によるといえますが、さかのぼれば、第1回世界気候会議 (FWCC) がもたらしたともいえます。

IPCC には、気候変動の (自然) 科学的知見をまとめる第1作業部会 (WG 1) のほか、環境・社会・経済への影響などを対象にする第2作業部会 (WG 2)、対応戦略などを扱う

第3作業部会 (WG 3) が設置されました。WCRP の下での研究活動の成果は WG 1 にとって非常に重要な役割を果たすことになりました。

IPCC の目的は、気候変動に関する、科学的、技術的、社会・経済的な知見を、政策を規定するのではなく (not policy prescriptive)、政策に関連した (policy relevant) 情報として提供することとされています。すなわち、科学的にはどのようなことがどこまでわかっているか、また対応政策上どのような選択の道がありうるか、などまでが IPCC の役割であり、何をどうすべきであるか、という判断は政策決定者にゆだねるというのが IPCC の立場です。また、IPCC の評価は、学術的な立場や中立性を保つため、原則として、専門家による査読制度のある学術誌に掲載された論文で示された知見のみに基づくこととしています。

IPCC は発足以来直ちに活動を開始し、1990年には、第1次評価報告書 (FAR) を発表し (IPCC 1990)、その後、1995年、2001年、2007年とこれまで計4回、それぞれの時点での最先端の知見をまとめ、評価報告書としました。その都度、政策決定者や社会に対し、気候変動の実態や将来予測や原因特定に関し、次第に信頼度の高い、より明確なメッセージを発信してきました。

実際、FAR では将来の気候変化の可能性とその原因に関して「人為起源の温室効果ガスがこのまま大気中に排出され続けると、生態系や人類に重大な影響を及ぼす気候変化を生じさせるおそれがある」とまだかなり慎重な表現でしたが、人為起源による温暖化の可能性を指摘し大きなインパクトをもたらしました。

2.3 第2回世界気候会議の成果

IPCCのFARが公表される中で、再びWMOの呼びかけで、UNEP、UNESCO/IOC、FAO、ICSUなどとの連携により、同じ1990年に、SWCCが組織され、第1節で述べたように私も出席しました。国王や首相など元首もかなり参加した会議の重要な成果として、大臣級高官セッションによる宣言(閣僚宣言)が出され、各国の協力により地球温暖化防止に取り組むべきであると指摘しました。気候の分野で、科学の成果が国際政策・政治の決定に基礎の根拠として大きく影響を与えることにつながる場面であり、一種の緊張感を覚えました。それに沿って、同年末の国連総会では、上記の実現のための条約策定に向けた政府間交渉会議の開始が決議されました。

1992年5月、政府間交渉会議は、「気候系に対して、危険な人為的干渉を及ぼすことにならないレベルにおいて、大気中の温室効果ガス濃度を安定化させること」(第2条)を究極の目的とする一般的な対応を示した、UNFCCCを採択しました。同条約は、同年6月にブラジル・リオデジャネイロで開かれた国連環境開発会議(UNCED、リオサミット)で各国による署名が開始され、批准を経て締結が進み、1994年に発効となりました。

SWCCのもう1つの重要な成果は、1992年にWMO、UNESCO/IOC、UNEP、ICSUが連携して、全球気候観測システム(GCOS)を設立したことです。GCOSは、気候変動問題への対応に必要な観測を推進し、想定されるユーザー全てにその観測情報が提供されるようにすることを目的としています。その活動は、WMO加盟国の気象機関による日常的な観測業務による大気観測分野、全球海洋観測システム(GOOS)との協力で推進する海洋観測分野、全球陸域観測システム(GTOS)との協力で推進する陸域観測分野にわたります。GCOSは、成立の経緯からUNFCCCとは連携しており、UNFCCCからの要請で適宜報告がなされています。また、SWCCの結果、WCPの見直しが行なわれ、実施面や対応策にも踏み込むようになりました。

WCAPは、FAOなどの支援協力を得て、情報を業務としてエンド・ユーザーに提供するところまで進める世界気候利用・サービス計画(WCASP)となりました。その後、この計画の下には、気候情報・予測サービス(CLIPS)の活動が途上国に対する対応において大きな役割を果たしています。WCDPは、

データのもたらす解析結果による気候監視の重要性に鑑み、UNEP、UNESCO/IOC、ICSUの支援協力の下に、WMOが実施する世界気候資料・監視計画(WCDMP)となりました。WCIPは、引き続きUNEPの下で、WMOの支援協力により、影響評価と共にそれに基づく対応政策の問題も対象にした世界気候影響・対応戦略計画(WCIRP)となりました。

さらに、WCP全体のフォローアップとして、1993年には世界気候計画に関する政府間会合(IGM-WCP)が、多くの関係国際機関により開かれ、WCPの活動促進に向けた、「気候アジェンダ」が策定されました。主な点は、

- ①気候の科学及び予測の未開拓分野
- ②持続可能な開発への気候サービス
- ③気候システムの観測強化
- ④影響評価と脆弱性軽減の対応戦略

が挙げられます。

UNFCCCでは、究極的・一般的な目標を掲げていて、具体的な実際の対応方策については気候変動枠組条約の締約国会議(COP)で決めてゆくことになっていました。それを京都議定書として採択したのが1997年12月京都で開催された第3回の会議(COP3、京都会議)です。私も初めてCOPの会議に出ると共に、会期中の休日には、WMOのオバシ(G.O.P. Obasi)事務局長(当時)とジャロー(Michel Jarraud)事務局長(現在の事務局長)の2人に伴って京都見学する機会があり、親密度を大いに深めました。

2.4 IPCCの発展

IPCCは1995年に、第2次評価報告書(SAR)を発表し(IPCC 1996)、「識別可能な人為的影響が地球全体の気候に現れていることが示唆される」とのメッセージを出しました。日本からは気象研究所の予測実験結果が「政策決定者向けの要約」で中心的に反映されました。

2000年には、排出シナリオに関するIPCC特別報告書(SRES)が発表され(IPCC 2000)、想定される将来の社会・経済の道筋が考慮されました。ただ、政策的に排出削減をする場合は含まれていません。このSRESの排出シナリオに基づいて気候変化予測を示したのが、2001年の第3次評価報告書(TAR)です(IPCC 2001)。その解説には、Kondo(2001)や近藤(2003, 2009)があります。私は、役員団(ビュー

ロー) など, TAR に向けた IPCC の新体制を決めた, 1997年の総会 (モルディブ) 以後現在に至るまで, ほぼ連続して総会や WG1 全体会合に出席することができました。モルディブはインド洋の環礁群とサンゴ礁が集まったいわゆる小島嶼国で, 大統領による開会での挨拶からは, 温暖化による海面水位上昇に対する強い危機意識が感じられました。

FAR 及び SAR の作成過程における IPCC の議長は, 数値予報の大家であるボリン (Bert Bolin) 氏でした。彼は, モルディブの総会では, その前の総会で既に選出されていたワトソン (Robert Watson) 新議長と共に他の役員を選出により新体制が確定するまで共同議長のような形で議事を進めました。自国の経済的, 地理的背景による利害から, 研究者による原案文の表現に異議をとねえ, 議論が紛糾した場合など, ボリン議長が, その学術的な識見に基づいて, “Scientific Integrity” (科学の立場を損ねないこと) を重要な判断基準として諄々と説いて, 適切な結論に導く場面を経験しました。

私は, 同年末の京都会議の期間中に気象庁が国際シンポジウムを企画しており, その司会を依頼されました。新しく議長に就任したばかりのワトソン氏に講演を依頼するため, モルディブで話をしたところ, 彼は, 会議壇上での強力な迫力とは全く異なり, 個人的にはソフトな学者風の人物という印象で, 快く引き受けてくれました。その結果, 上記シンポジウムでは, 既に承諾していた WMO のオバシ事務局長なども参加する充実したものになりました。

ワトソン新議長の下で作成が進められ, 2001年完成した TAR では, まず, SAR より明確に「観測結果から, 識別可能な人為的影響が全球の気候に現れている」と評価しました。また, 初めて, 不確実性にかかわる表現の定量化がなされ, 原因特定に関しては, 「過去50年間に観測された温暖化の大部分は, 温室効果ガス濃度の増加によるものであった可能性が高い (66~90%の確からしさ)」と評価しました。

その後の, 観測, 解析,

モデルにおける進展は着実に進み, 2007年初頭には, それらの成果に基づき, 第4次評価報告書 (AR4) のうち WG1 の報告書 (IPCC 2007 a) が公表されました。その解説には近藤 (2009, 2010) があります。第2表は, WG1 によるこれまでの代表的なメッセージを示しています。AR4 では, 上記 WG1 報告書の「政策決定者向け要約 (SPM)」の中で, 第1に, 「気候システムの温暖化には疑う余地がない。」と明記され (気象庁 2007), もはや温暖化は現実化していることを初めて断定するにいたりました。第2に, 温暖化の原因特定に関しては「20世紀半ば以降に観測された世界平均気温の上昇のほとんどは, 人為起源の温室効果ガスの増加によってもたらされた可能性が非常に高い (90%以上の確からしさ)」とより確実性の高い評価をしています。第3に, 将来予測に関しては, 1つの排出シナリオに対する予測値に関し, 最良の見積もり (Best estimate) や, 可能性が高い範囲 (予測幅, Likely range) も出せるようになりました。これらのことは, 主要な SRES 排出シナリオなどの下で, 多数の大気・海洋結合モデル等の気候モデルで実施された予測実験の成果によります。そのほか, 極端現象の予測もより詳しくなっています。日本が予測などの成果で先端的・中心的に貢献した点や, 残された課題などは後に述べます。

こうした IPCC の活動により, 気候変動に関する科学の成果が, 国際政策にますます大きな影響を与えるようになりました。国連も気候変動問題を重要課題として扱うようになり, 2007年11月のスペイン・バレンシアの IPCC 総会には, バン・ギムン (潘基文) 国連

第2表 温暖化に関する IPCC メッセージの進展。

◆1990年：第1次評価報告書 (FAR) “人為起源の温室効果ガスは気候変化を生じさせるおそれがある”
◆1995年：第2次評価報告書 (SAR) “識別可能な人為的影響が全球の気候に現れている”
◆2001年：第3次評価報告書 (TAR) “過去50年間に観測された温暖化の大部分は, 温室効果ガス濃度の増加によるものであった可能性が高い (66~90%の確からしさ)”
◆2007年：第4次評価報告書 (AR4) “気候システムの温暖化には疑う余地がない” “20世紀半ば以降に観測された世界平均気温の上昇のほとんどは, 人為起源の温室効果ガスの観測された増加によってもたらされた可能性が非常に高い (90%以上の確からしさ)”

事務総長が出席して、各作業部会の報告書を横断する総合的な内容の統合報告書（SYR）が決着し（IPCC 2007 b）、AR 4 全体が完成したことを祝いました。SYR の SPM の翻訳版としては、文部科学省・経済産業省・気象庁・環境省（2007）があります。また、同年12月には、IPCC はノルウェーのオスロで、「不都合な真実」や旺盛な講演活動で知られる米国のアル・ゴア（Albert A. Gore Jr.）元副大統領とともに、「人為起源の気候変化に関する広範な知見を集積・普及させ、またそのような変化に対応するために必要な政策をとっての基盤を構築した努力」に対して、ノーベル平和賞を受賞しました。「天気」には、「IPCC のノーベル平和賞受賞と日本の気象学コミュニティからの貢献」と題して日本からの貢献に焦点を当てた記事が掲載されています（気象学会地球環境問題委員会・IPCC WG 1 国内支援事務局 2008）。

2.5 WMO 気候委員会

WMO には、メンバー国の代表で討議される、各分野の専門委員会があります。そのひとつである、CCI は4年に1度開かれます。私は1997年に、それまでしばらく欠席していた日本からの代表で出席し、以後4年の活動に関する議論の中で、CCI の全般的な活動実施方針に関する助言作業部会の委員となりました。CCI では、WCDMP にかかわる、気候の観測・モニタリングのほか、WCASP にかかわる気候情報の活用・応用などを主な対象としており、とくに後者の下にある CLIPS の活動に大きな重点が置かれていました。

一方、1995年の第12回 WMO 総会（世界気象会議）で“Climate of the 20th Century”（仮題）の出版が決まり、オーストラリアのボイス（Mary Voice）氏を委員長とするタスクチームが結成されていました。主目的は、20世紀における気候やその影響の実態について、また20世紀にどれだけ気候に関する知見が進んだかについて、IPCC の次の報告書である TAR の背景情報として、政策決定者を始め、広く社会に提供することにあります。ボイス氏が委員長である上記作業部会でも早速その出版プロジェクトの今後の取り組みについて議論があり、私も結局第4章「よりよい社会と気候」の共同執筆者として、プロジェクトに参加することになりました。気候の知見が社会の進歩にどれだけ貢献しているかが主題で、観測による成果と並んで、コンピュータの急速な進歩と共に発展した数値モ

デルなど力学的手法による成果もバランスよく取り入れられるよう努めました。その後数年間は、他の章に関しても、南極観測、歴史的な海上気象データ「神戸コレクション」のデジタル化、東北地方の冷害、トルネードに F スケールを導入した藤田哲也氏の紹介などを始め、日本に関する記述や日本の業務・研究にかかわる資料はできるだけ多く収集する活動を気象庁の関係者などのご協力により進めると共に、多くの記事案を作成しました。世界各地での日本の活動に関する膨大な資料が集まってきてその整理と選択などが大変で、当初予定していた、TAR 公表前の2000年に間に合わなくなったため、題も“Climate: into the 21st century”として、むしろ TAR の要点も入れ込んでまとめ、2003年にケンブリッジ大学出版から出しました（WMO 2003）。これは、後でも触れる、科学的知見の重要なアウトリーチ活動の一例と理解しています。また、アウトリーチという意味で、日本語版が是非必要であると考え、訳注をできるだけ入れるようにして、2004年に翻訳版を出したところ、英語からの他言語翻訳としては第1号となりました（WMO 2004）。

さらに、CCI では、1997年の会合での議論により、気候の予測データその他の情報を、地域内の各国気象・水文機関に提供する機能を持つ地域気候センター（RCC、ネットワーク・センターなどバーチャルなセンターも含む）を設置しようということになりました。その役割や設置の基準・手続きを検討する委員会が立ち上がり、委員として気象研究所在職中活動しました。現在、気象庁は WMO の日本周辺地域の RCC として活動しています。RCC の今後の強化にとって、後述する、第3回世界気候会議（WCC-3）の結果は大きな役割を果たしてゆくと考えられます。RCC も予測などの成果情報を地域に発信する機能という意味で、最終的にエンド・ユーザーに対して果たす役割は、気候情報のアウトリーチ活動という面があるように思います。

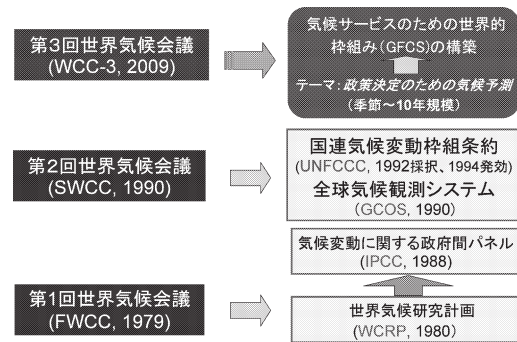
2.6 第3回世界気候会議の実現

地球温暖化が現実に行進中であることを AR 4 は「疑う余地がない」としています。同時に、極端現象の頻度あるいは強度が強まりつつあり、将来はさらに激化するという傾向を示しています。したがって、平均的な気温の上昇を感じるには時間がかかりますが、まずは極端現象の激化といういわば火の粉が飛んでくるようになるわけです。近年頻発する世界的な異常気

象に対する早期警戒のための、季節から年々規模さらには十年規模の予測の重要性・必要性が明らかになってきました。

WMOではWCC-3の企画を検討することになり、2005年に「WCC-3の臨時検討委員会」が立ち上がり、私は委員として参加しました。その結論として、「季節から年々の、場合により十年規模の予測における科学的進歩」に焦点をあてることや、「広範なユーザー層への新たな業務の開発」に関する大きなニーズが生じることで、政策的に高いレベルの焦点を当て、新たな枠組み構築につなげることなどの構想がWMOの執行理事会に報告されました。その結果、WMOとしては、より具体的に、WCC-3の対象範囲、科学セッションの構成、高官級会合の内容、開催時期、予算規模などに関し、関係国際機関との連携をとりつつ検討を進めるため、新たに、暫定組織委員会(POC)が設置され、私は引き続き委員として議論に加わることになりました。POCは3回開かれ、その結果をWMOの執行理事会に報告しました。議論で困難が予想されて多くの時間を費やしたのは、WCC-3が単なる研究会合ではなく、大臣級の代表が参加する必要があるような会議にどうしたらできるか、開催の経費の見積もりと資金をどうするか、他の国際機関の協力・連携をどう進めるか、会議の具体的成果をどうするかでした。特に最後の点では、それまでの気候会議が世界的枠組みを次々に立ち上げただけに、それに匹敵するようになければ開く意義が薄れるというわけです。POCは回を追って議論が進展し第3回のPOC会合では、多くの関連する国際機関の代表も出席して協力が示され、「高官級会合に期待するもの」もまとめました。資金に関しては、結局、日本を含む15カ国が出資を申し出るようになりました。その後、主要国からの代表メンバーも参加する国際組織委員会が結成され、実施に向けた組織活動が進められました。

予定通り、2009年秋に開かれたWCC-3の成果は、http://www.jma.go.jp/jma/press/0909/03a/wcc3_090903.htmlにまとめられていますが、ハイレベル宣言が採択され、新たに、「気候サービスのための世界的枠組み(GFCS)」の構築とその実現に向けたタスクフォースが設置されることになりました。今後、季節から十年規模の予測に関して、気候情報業務を行う利用者へ提供が強化されることが期待されています。第1図は、これまでの世界気候会議の成果をまとめた



第1図 過去3回の世界気候会議とそれらの成果。

ものです。

3. 日本における気候変動研究状況

3.1 温暖化イニシャティブ

日本では、ちょうど21世紀初頭から、第2期科学技術基本計画(2001～2005年度)が閣議決定されました。オゾン層破壊や地球温暖化など、地球環境の問題への関心が国内外でますます高まるようになり、「環境」は、ライフサイエンス、情報通信、ナノテクノロジー・材料と並んで、政策上の観点から科学技術重点4分野と位置づけられました。それらに、基盤的に重要なという観点からエネルギー、製造技術、社会基盤、フロンティア(宇宙、海洋)の4分野も加え、新たに設置された総合科学技術会議(議長:首相, 構成議員:関係閣僚6人, 専門議員8人)の下に、それぞれ分野別推進戦略が策定されました。

環境分野では、その複雑・多様な性格から省庁間の連携の下に研究を進める必要があることから、次のような階層構造で推進体制を組織しました。まず、地球温暖化のほか、ゴミゼロ型・資源循環型技術、自然共生型流域圏・都市再生技術、化学物質リスク総合管理技術の5つの主要な研究の推進が、それぞれ「(研究)イニシャティブ」の名称で設定されました。各イニシャティブはさらに詳細分野の推進に分けられ、それぞれ「プログラム」と称しました。実際の個々の課題研究は「プロジェクト」と称し、プログラムごとにまとめられました。このような体制で、各イニシャティブでは、イニシャティブ研究会合などを通して推進活動を図るという仕組みが作られました。

地球温暖化研究イニシャティブ(以下、「温暖化イニシャティブ」と略称)は、気候変動分野と対策技術

分野とからなりますが、後者は産業界がかかわる巨大なファンドで活動が進み、前者とはかなり性格が異なる技術研究ということから分離して活動がなされました。

温暖化イニシャティブ（気候変動分野）では、早くから研究イニシャティブの活動が進展しました。それは以下の4つのプログラムで構成されました。

- ①温暖化統合モニタリングプログラム
- ②温暖化将来予測・気候変化研究プログラム
- ③温暖化影響・リスク評価研究プログラム
- ④温暖化抑制政策研究プログラム

IPCCのWG1のカバーする分野は、上から2つのプログラムが対応します。私は、温暖化イニシャティブの活動が開始されてから少し経過した、2002年末から、海洋研究開発機構（JAMSTEC）に加わり、上記2プログラムに関する活動の、事務局機能の担当を引き受けることになりました。

各分野のイニシャティブでの活動や検討結果は、環境担当の総合科学技術会議の専門議員が座長を務める、環境研究開発推進プロジェクトチームを通して、総合科学技術会議に反映される仕組みがあるのが特徴です（第2図参照）。総合科学技術会議は、各省庁からの研究にかかわる一定額を超える予算要求に評価をつけてから、財務省の査定にまわします。したがって、研究者レベルの議論が政策決定に繋がる可能性をもつ上記のしくみは実際に機能するようになりました。温暖化イニシャティブでは、総合科学技術会議事務局担当者、省庁関係者、関係分野研究者の参加する研究会合が開かれました。さらに、気候変動分野の温暖化イニシャティブでは、より日常的な活動として、

各分野の研究者、総合科学技術会議担当者から構成され、都合がつけば、担当専門議員も参加する運営会議をほぼ定期的に開催して研究推進のための情報交換と今後の取り組みに関する議論を行いました。ここでは、活動の成果を報告書として3度にわたって発行しました。最初の報告（総合科学技術会議環境担当議員・内閣府政策統括官（科学技術政策担当）2003）は印刷局からの出版で、一般向けに販売されました。また対外的にその英語翻訳版（Ichikawa *et al.* 2004）を作成し、外国の出版社から出しました。3度目（小池ほか 2006）は、民間出版社から出しました。

3.2 共生プロジェクトと地球シミュレータ

第2期科学技術基本計画のもとで、文部科学省により実施された、人・自然・地球共生プロジェクト（2002～2006年度、以下「共生プロジェクト」と略称）は、

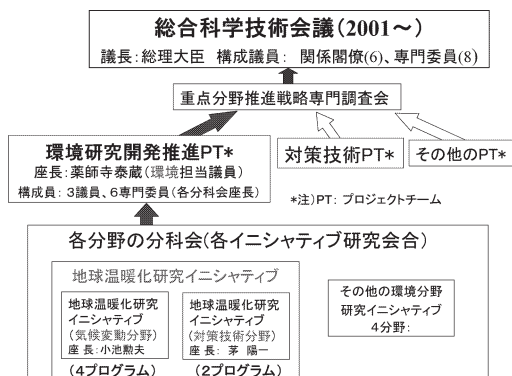
- ①温暖化予測「日本モデル」ミッション
- ②水循環変動予測ミッション
- ③共通基盤技術

から構成され、予測研究のための計算資源として、以下述べる地球シミュレータが活用されました。

地球シミュレータは、2002年3月から運用が開始され、理論ピーク性能が40テラ・フロップス（40兆回/秒）で、実効値でも2004年11月まで、世界最高性能を維持しました。地球科学分野で利用可能なものとしては、その後2009年の更新を経て現在に至るまで、世界最高級の計算資源であり、共生プロジェクトは、それによる恩恵を受けることができました。

また、2009年には温室効果ガス観測衛星（GOSAT）の打ち上げに至るなど、近年人工衛星による地球観測が進展しており、海洋でもアルゴ計画（中層フロートによる海洋監視システム）が2000年より立ち上がり充実してきました。日本における民間航空機の協力による定期航路での観測も大きな貢献をしています。さらに、地球観測の強化が2003年のG8サミット（フランス・エビアン）により提唱され、3回の地球観測サミットを経て、2005年に、気候を含む9分野の利用に向け、包括的な、調整された、持続的な地球観測を目指す、全地球観測システム（GEOSS）確立への10年実施計画が採択されました。これらの観測体制の進展はモデル開発にとって、重要な背景です。

温暖化予測「日本モデル」ミッションは、温暖化イニシャティブでは、温暖化将来予測・気候変化研究プ



第2図 地球温暖化研究イニシャティブ推進体制。

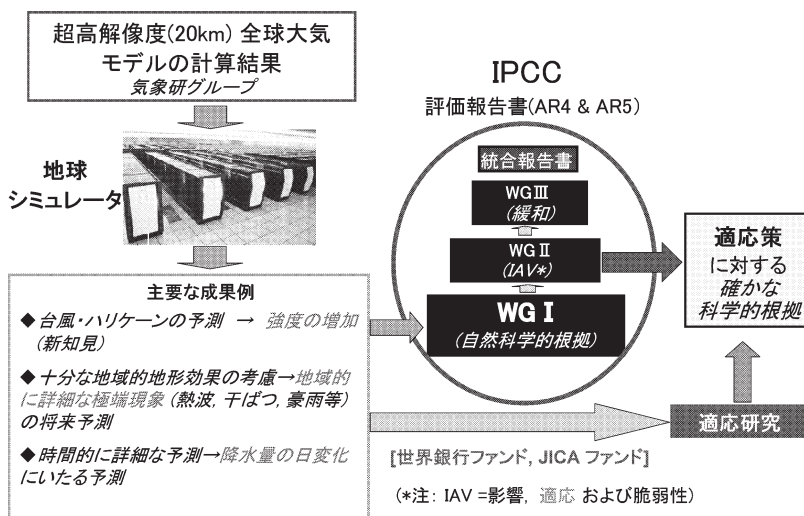
ログラムに位置づけられ、その活動の状況や成果は、第3.1節で述べた報告書でも示されています。このミッションの主要な成果はAR4で示された科学的知見に先端的・中心的に反映されたといえます。予測に関して4つのグループがそれぞれ独自の課題に取り組みました。

東京大学気候システム研究センター（CCSR、2010年4月より大気海洋研究所）などのグループは、世界最高の解像度（大気：110 km、海洋：20 km）を有する大気・海洋結合モデルを開発し、AR4における、原因特定や、21世紀末の全球平均気温の変化予測への中心的成果のほか、黒潮の将来変化として流速強化を予測するなど海洋に関する研究成果も出しました。電力中央研究所（CRIEPI）などのグループは、米国大気研究センター（NCAR）が開発した大気・海洋結合モデルにより、北大西洋深層循環の将来における沈み込みの減少傾向を予測するなど、長期気候予測に取り組みました。JAMSTECのグループは、炭素循環などを統合した地球システムモデルにより、炭素循環のフィードバックが温暖化に対して正に働くというAR4の知見で中心的な貢献をしました。気象研究所（MRI）などのグループは、20 kmの超高解像度の全球大気モデルを開発して、タイムスライス法により、温暖化した将来の気候の下で、台風の強度が増大するという、AR4の知見に先端的な実験成果として貢献しました。

私は、2004年以来文部科学省参与として政府代表団の一員で参加するようになった、UNFCCCのCOP会合や、その分科会である、科学上及び技術上の助言に関する補助機関会合（SBSTA）などにおいて、上記のような研究成果に関し、早くから共生プロジェクトの成果として発信に努めました。特に、COP10（アルゼンチン・ブエノスアイレス、2004年12月）の際には、文部科学省により、日本政府枠でサイド・イベントが開かれ、私は電力中央研究所の専門家も交えて共生プロ

ジェクトによる予測成果を示しました。他の国の研究機関ではまだ出ていないさまざまな先端的な成果は参加者に大きなインパクトを与え、多くの質問とコメントが出ました。特に、途上国は、上記の全球大気モデルの成果が彼らの地域に関して詳細な再現・予測の結果を出していることに大きな関心を示しました。終わってから、世界銀行の代表、カリブ共同体（CARICOM、カリブ地域の国々で構成されるグループ）、及びコロンビアの代表から、世界銀行のファンドで実施されている、カリブ海沿岸域の適応研究及びコロンビア高山地帯の生態系の適応研究にモデル計算結果提供などの協力を要請されました。これが契機となって、その後、世界銀行ファンドで関係途上国の専門家が気象研に滞在し、計算結果の数値解析習熟の研修を受け、研究成果が出ています。

近年は、国際協力機構（JICA）の下でもアルゼンチンなど南米諸国や、アジアの諸国に対して同様の協力が進行中です。第3図は、モデル成果の適応策への協力を示しています。また、2005年北京で開催のWMO第14回気候委員会では、科学講演（H. Landsberg 記念講演）に日本から初めて招かれ、共生プロジェクトの成果を話す貴重な機会に恵まれました。さらに、COP11（カナダ・モントリオール、2005年）の際には、気象研究所の専門家にも参加いただき、共生プロジェクトの成果をディスプレイ装置により画像で表示して展示を行いました。上記のような活動も一助となり、地球シミュレータやそれによる共生プロ



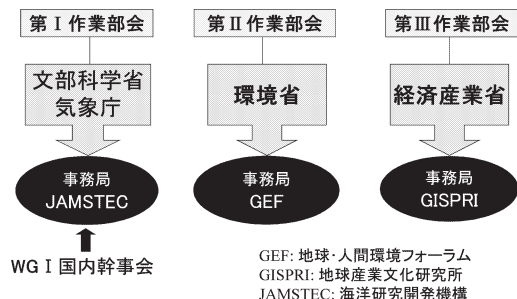
第3図 気候モデル成果の適応研究への協力。

ジェクトの成果は、その後国際的にかなりよく知られたるようになりました。

3.3 IPCC WG1 国内支援事務局

IPCC では、評価報告書や、特別報告書の作成で、執筆陣を構成して会議を開くほか、専門家会議やワークショップなどを開きます。国内においては、関係省庁によって、IPCC の国内選出の執筆陣をメンバーとする IPCC 国内連絡会があり、上記の IPCC 活動に対し必要に応じて年数回会合が開かれています。さらに、WG2 や、WG3 の分野では、以前からそれらの会議に出席を求められている専門家の出張や、国内的な関連の諸活動に対する支援や、情報発信・共有などの活動として、支援事務局の役割を果たしている機関が早くから存在していました。私が JAMSTEC に来た2002年には、WG1 にはまだそのような機能を持つ組織は存在していませんでした。実際、その頃私は、TAR に向けた、執筆陣の会議に出張する専門家の中には、自分の研究費で負担せざるを得ない場合があったことを耳にしました。IPCC 活動は基本的にボランティア活動であるとはいえ、WG1 の国内活動を強化するとともに、AR4 に向けた執筆陣の活動支援を何とかしなければならぬと考え、温暖化イニシアティブの運営会議での討論の際や、文部科学省の関係官に話す機会に何らかの支援組織の必要性を強く訴えました。

幸いにも、文部科学省は、IPCC AR4 に向けた WG1 に関連する気候変動研究を行っている我が国の研究機関及び研究者間の連携・協力を促進するためのファンドを確保して、2003年からその国内支援体制を JAMSTEC に委託するに至りました。私はそれまでの経緯から、それを「IPCC WG1国内支援事務局」の名称の下で担当することになりました。第4図は、



第4図 IPCC に向けた国内体制。

IPCC の各 WG に対する国内活動の支援体制を示したものです。

また、AR4 に向けた支援事務局の活動に対する助言・勧告を受けるため、国内選出の執筆陣全員と関係専門家のご参加をいただいて、IPCC WG1 国内幹事会を立ち上げました。幹事会では、単に IPCC 活動だけではなく、それに関連した問題にも取り組み、科学的な立場から、関係省庁に提言する諮問機関的な役割も果たしています。この幹事会は今のところ、国内では WG1 分野だけの独自の組織です。

3.4 第3期科学技術基本計画と革新プログラム

温暖化イニシアティブでは、発足以来、共生プロジェクトを始め、進行中の関連プロジェクトに関する情報交換や今後の課題を議論しながら、2006年度から立ち上がる第3期の科学技術基本計画（2006～2010年度）に向けた討論も始めていました。そこでの、ボトムアップ的な議論の中から、気候変動分野の、次期基本計画への展望が次第に具体的に浮かびあがってきました。

2005年度には、総合科学技術会議の議論に基づいた閣議決定により、第3期科学技術基本計画が決定し、第2期と同じ、環境を含む4分野を「重点推進分野」として特定し、それに加えて、第2期と同じ4分野を「推進4分野」と特定しました。

上記の計8分野ごとに、プロジェクトチームが構成され、それぞれ分野別推進戦略を、「選択と集中」の観点から検討することになりました。私は環境に関するプロジェクトチームに加わり、検討が始まりました。チームはさらに、分野ごとにワーキンググループが設置され、私は地球温暖化ワーキンググループに加わりました。まず、環境分野で優先される研究領域、その下の優先されるプログラム、その下の重要課題と各レベルにブレイクダウンして特定します。次に、それらの重要課題からさらに選定されたものと、重要課題の横断的なテーマとしての国家基幹技術とを戦略重点科学技術として位置づけることになりました。その検討策定中においては、それまで温暖化イニシアティブでボトムアップ的なさまざまな議論がなされていたおかげで、気候変動分野に関し、それらを適切に反映するよう努めることで、何とか方向性を失わずにすんだと感じています。

詳細は省きますが、環境分野で選定された7つの研究領域には、「気候変動研究領域（気候変動）」や、

「気候変動研究領域（対策技術）」が、ほかと並んで挙げられました（総合科学技術会議 2006）。前者は、第3期での温暖化イニシアティブ（気候変動分野）の分野に、地球規模水循環の分野が加わった形です。「気候変動研究領域（気候変動）」はさらに、6プログラムの下、13課題が特定されました。それら13課題のうち、戦略重点科学技術の観点で、

「戦略1：地球温暖化に立ち向かう」として最重点化されたのが、以下の3つです。

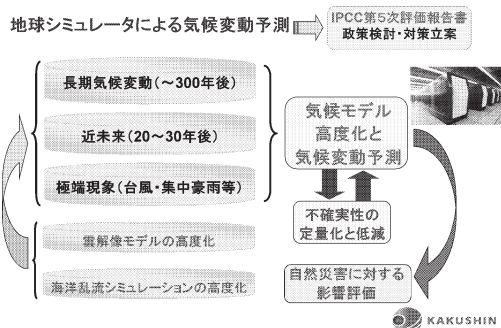
- ①衛星による温室効果ガスと地球表層環境の観測
- ②気候モデルを用いた21世紀の気候変動予測
- ③気候変動リスクの予測・管理と脱温暖化社会設計

上記の②は、後述するように、共生プロジェクトの発展につながりました。①は、その後2009年に打ち上げられたGOSAT関連のプロジェクトなどに具体化されています。

このほか、環境分野の推進戦略では、国家基幹技術として、「次世代スーパーコンピュータ」や、「海洋地球観測探査システム」などがあります。後者には、急激に増大する観測データや、モデル計算結果などの膨大なデータの管理と解析についての「データ統合・解析システム（DIAS）」が含まれます。

共生プロジェクトの後継的なプロジェクトは、上記の推進戦略に沿って、2007年度の予算要求で実現が目指されました。AR4の作成が進みつつある段階でした。科学的知見はTARより、一段と進んでいることは明らかでした。公式・非公式場での議論がなされました。それでも、より信頼性の高い予測にむけて、不確実性を明らかにすることや、単に将来の予測にとどまらず、台風・集中豪雨などを初めとする自然災害が将来どうなるかという影響評価も今後は同じプロジェクトでやることが求められるという方向性が出てきました。また、AR4において指摘された今後の科学的課題も検討されました。文部科学省ではそのような議論の経過を踏まえながら次年度のプロジェクト立ち上げが進められました。実際に2006年度末に具体的に策定されたプロジェクトは、「21世紀気候変動予測革新プログラム（2007～2011年度）」（以下、「革新プログラム」と略称）と命名されました。私などが何度も強調したのは、既に共生プロジェクトに参加しているポストドク等の若手研究者が、不安定な立場のまま、空白期間に遭遇しないよう、新年度の4月1日に立ち上げることでしたが、文部科学省の担当官の御努力で実現できました。

2011年2月



第5図 21世紀気候変動予測革新プログラム。

第5図は、革新プログラムの全体的な構造を示しています。更新された地球シミュレータを引き続き活用するモデル主体の研究プロジェクトであり、AR5に向けた科学的課題に基づく、主要な予測の柱は3つあります。「長期気候変動予測」は、炭素循環のフィードバックなどを取り込める地球システムモデルの高度化による、300年先までの予測です。CO₂削減を含む新たなIPCCシナリオでの実験を行うものであり、安定化の政策に対する知見が期待されます。「近未来予測」では、最も高解像度の大気・海洋結合モデルによる、今後20～30年後の予測です。シナリオの別に関係なく同じように温室効果ガスの濃度は変化する期間であることや、初期値に依存する短期的な気候変動についても予測するという点で新たなチャレンジを含みます。「極端現象予測」は、20 kmの超高解像度の全球大気モデル及び、数 kmの解像度を持つ領域モデルにより、近未来や、21世紀末における台風・集中豪雨・熱波などの極端現象の頻度や強度を詳細に予測しようというものです。いずれのモデルに関しても、不確実性を定量化し低減することを目指し、さらに自然災害に対する影響評価も行います。そのほか、気候モデルの中に現れる物理過程の扱いについての部分モデルを高度化する課題もあります。

4. 当面する課題と展望

4.1 最近の国際状況とIPCCの引用

IPCCでまとめられた知見は、AR4では特に国際政策の交渉の場や会議で多く引用されるようになりました。第2.4節で示した、WG1による知見のほか、以下のようなものがその代表例です。

◆WG2によるAR4では、生態系への影響評価で、工業化以前に比べて、平均気温の上昇量が2～3℃

におよぶと、生態系の2～3割に絶滅のリスクが増大することを示しています。これは、上昇量を2°Cに止めるという政策の場合に対応する例です。

◆WG3によるAR4では、将来の安定化への6つのカテゴリーのオプションに関する知見を示していますが、その最も厳しい「カテゴリーI」の場合は、将来的に温室効果ガスやエアロゾルなどによる外力をCO₂濃度換算で、445～490 ppmに安定化し、平衡温度（最終的な平衡状態に達した場合の温度）上昇量で、工業化以前から2～2.4°Cに止めることにあたります。その実現のためには、今後CO₂の排出量を2000～2015年でピークとし、2050年における排出量を2000年比で50～80%削減させる必要があることを示しています。

◆さらに、重要な引用として出てくるのは、WG3によるAR4の13章のボックス（囲み記事）7で示されている研究成果です。それは、京都議定書のように先進国のみが排出制限を負うのではなく、途上国もそれなりの対応をする場合の安定化のオプションを3つ挙げており、その1つが、温室効果ガスなどの外力をCO₂濃度換算で450 ppmとする場合（上記のカテゴリーIのうちのかなり厳しい削減の場合）で、先進国・経済移行国（旧ソ連圏の国）は全体として、2020年（中期目標）において、1990年比で25～40%の削減、2050年（長期目標）には80～95%の削減をし、同時に、途上国もベースライン（現状通りで進行した場合）に比べてかなりの対応を行うというものです。

2007年ドイツ・ハイリゲンダムの主要8カ国首脳会議（G8）サミットでは、議長による総括として、「IPCCの最近の報告と研究成果に懸念をもって留意した。（中略）欧州連合（EU）、カナダ、及び日本により下された、2050年までに世界の排出を少なくとも半減するなどの決定を真剣に検討するつもりである。」と記されました。それまで、気候変動対応に消極的であった国も、上記の総括に合意しました。

2007年末のインドネシア・バリの国連気候変動会議（COP13等一連の会議）では、「AR4が『最も低い濃度水準を達成するためには、付属書I国全体として、2020年までに1990年比25～40%削減が必要』と指摘していることを認識する」とAR4（WG3/囲み記事：Box 13.7）を引用しました。さらに、京都議定書（2008-2012）の後継の枠組み（ポスト京都）を

2009年の国連気候変動会議（COP15等）までに策定する交渉を行うことなど（パリ・ロードマップ）に合意しました。

2008年には日本の洞爺湖でG8サミットが開かれましたが、それに向けては、前年のサミットから一歩進んで、福田首相の議長の下で、「2050年までに少なくとも全世界の排出を50%削減するという目標の達成に関し、G8国の首脳は、UNFCCCの全締約国とともに採択することを求めることに合意」しました。

ところが、2009年7月のイタリア・ラクイラでのG8サミットでは、「工業化以前の水準からの世界全体の平均気温上昇が2°Cを超えないようにすべきとする広範な科学的見地を認識し、「洞爺湖において合意した50%削減の目標を再認識」し、「先進国全体で、（1990年比またはその後のいくつかの基準年比で）2050年までに80%以上の削減する」目標を支持し、主要新興経済国がベースラインから「相当程度下回る排出量」となるよう、対策する必要性を述べ、低炭素社会への移行の重要性などを強調しました。

ここで、IPCCの見地とは明記してはいたのですが、「広範な科学的見地」として、工業化以前からの昇温が「2°Cを超えないようにすべき」と指摘している点は、注意する必要があります。IPCCは、政策に関連した（Policy Relevant）オプションの研究成果を対応政策に向けた知見として示していますが、政策を規定する（Policy Prescriptive）ような、「どうすべきか」は政策決定者の判断の問題であるとして、政策決定者の役割であると、厳しく一線を画しています。そうでないと、価値判断が入ってくるため、科学的な立場がとれなくなるということです。さらに、AR4の影響評価では、工業化以前から2°Cの昇温は、第4.1節で述べたように、生態系へ影響で2～3°Cの昇温の場合が関係しているだけで、そのほかには特定していません。

2009年9月には、国連で鳩山首相が鳩山イニシャティブ、すなわち主要な排出国のポスト京都への参加を前提として、日本が2020年までに、1990年比で25%削減を実現するなどを提唱しました。

2009年12月デンマークのコペンハーゲンで開かれた国連気候変動会議（COP15等）では、パリ・ロードマップの合意にもかかわらず、ポスト京都の策定はまともならず、2010年メキシコ・カンクンでの次回会合（COP16等）に先送りになっています。国土消滅の危惧から、低い気温上昇での安定化を望む小島嶼国、今

は経済成長最優先の新興途上国、石油の消費による収入が当面最重要な産油国、ぜい弱ゆえに適応資金を望む後発開発途上国 (LDC)、2°Cの上昇で安定化を目指す主要先進国など、各国の異なる立場が合意を非常に困難にしています。1997年の京都会議でよく合意できたものだというのが、会議を通じての感慨です。

コペンハーゲンでは、出席した世界の首脳により主に以下の内容のコペンハーゲン合意をまとめました：

- ①工業化以来の気温上昇を2°C以下にする。
- ②先進国は2020年の削減目標を明示する。
- ③途上国も削減行動を明示する。
- ④先進国は途上国の適応に向け資金提供する。

これに対し、COP15は、上記は限られた国のみで策定されたことや、内容が不十分だなどの理由で異議が相次ぎました。徹夜の審議の末に「COP15はコペンハーゲン合意に留意することに決する(…decides to take note of the Copenhagen Accord.)」という内容で妥協しました。今後も国際交渉は続けられる予定ですが、まだ極めて困難な状況にあるのが現状です。

4.2 IPCC を巡る課題

既述の、AR5に向けた科学的課題とは別に、AR4公表後、IPCCに関して、以前にはなかった問題がいろいろ生じました。主な問題のうちの1つは、かつて米国で生じた政治スキャンダルであるウォーターゲート事件をもじって、「クライメート・ゲート」と呼ばれた疑惑です。英国イースト・アングリア大学の研究者とその関係の研究者との間のメール記録がハッカーの侵入により、ネット上に流失しました。それを根拠に、ホッケー・スティックと呼ばれる、過去1000年間の気温変化図の作成過程で、「研究者がデータに恣意的な操作を行った」という説が外国のメディアに浮上しました。また、データに対する公開要求が一部の人々からなされたのに対し研究者が無制限な対応を拒否したこともからみました。英国では重大視されて、下院科学技術委員会が調査に乗り出しましたが、その結果、科学的には問題はなく、「恣意的操作はなかった」という結論になりました。ただ、同時に同国で存在する、情報の開示法の原則から、「要求された場合、生データは開示すべきであった」と指摘しました。

また、もう1つの主要な問題は、WG2のAR4作成過程に生じた件です。その本文第10.6.2節の第2パラグラフで、「ヒマラヤの氷河は、……地球の温暖化

が現在の速度で続くと、2035年までに、しかもおそらくそれ以前に、消失する可能性は非常に高い」と記述していますが、その根拠となる、(査読制度つきの)学術誌掲載の論文が存在してなかったことが判明した点です。IPCCでは、これに関し、AR4の示す基本的な知見は揺るがないが、一部の記述をまとめる上で手続きに問題があったことを認める声明を発表しました。IPCC議長は国連事務総長と共に、信頼性にかかわる問題として、評価報告書などIPCCの報告書の作成手続きや、組織の管理運営体制等について、インター・アカデミー・カウンスル(IAC)に、IPCCレビューを依頼し、8月末までにその報告書(<http://reviewipcc.interacademycouncil.net/>)をまとめて、10月開催予定のIPCC総会で正式な報告を受け、対応を議論することになっています。

4.3 何が求められているか：あとがきにかえて

地球温暖化研究の知見は、IPCCの評価報告書を通して、国際政策を策定する国際交渉の場でますます頻繁に引用されるようになっていきます。そこで感じるのは、数値などで示される定量的な知見、特に予測に関する知見は、研究者が把握している通りに、不確実性も含めて正確に伝わっていないのではないかと懸念です。

また、政策決定者による知見の引用の仕方が適切かどうかにもなります。その例が、既に指摘したように、2009年のラクイラのG8サミットでの首脳宣言の中に、「…すべきとする広範な科学的見地を認識」とある点です。「…すべき」という温暖化への特定の対応必要性は、政策を規定する(Policy Prescriptive)のものであり、科学的見地でも、IPCCの見地でもなく、科学的知見に基づいてなされた政策決定者の判断というのが正確な実態ではないかと思えます。

IPCCは、TAR、AR4では知見の不確実性も定量的評価した表現で、その時点での最新の科学的知見を示しています。しかし、書店に並ぶ温暖化懐疑論に関する出版物(単行本や雑誌の記事)をみると、学術的にはほぼ確立した温暖化の原因特定などの最新の知見について、社会一般により広範に正しく伝えることが必要であることを痛感します。

このような状況の下では、地球温暖化の研究界は社会とのかかわりにおいて、既に紹介した、IPCCのボリン初代議長が繰り返し強調したモットー“Scientific Integrity”がますます重要ではないかと思いま

す。

さらに、気候科学は、観測システムや計算資源を始め巨大な資金を要する総合科学であって、納税者の理解を得なければ成立し得なくなっています。したがって、社会から理解を得るために、正確なことと、分かりやすいことは必ずしも両立しませんが、地球温暖化の正しい知見とその意味や意義を社会に向かってわかりやすく発信するアウトリーチ活動が特に重要です。WCRPは、気候研究の分野における研究枠組みとして、大きな役割を果たしてきましたが、ICSUでは、WMO、IOC、地球変動研究に関する資金供給機関国際グループ(IGFA)と協力して、WCRPのレビュー・パネルを立ち上げ、2009年に報告書をまとめました。私は、WMO/CCIへのかかわりなどから、このパネルのメンバーとして参加することになり、約2年にわたり、かなりの時間をかけて、会議や書面で作業をしました。その結論の勧告の中に、特に私自身の見解などから主張し、他のメンバーの同意を得てまとめたものに、以下の「アウトリーチと認知度(Visibility)」(勧告8)があります：

「WCRPは、その成果に対する、気候研究界、政界、民間部門、そしてより広く、社会一般の、より大きな認知度と理解と利用を目標とする戦略的なアウトリーチ活動を進展させるべきである。」

日本は、地球温暖化研究の予測などの分野においては、世界の第一線でリーダーシップを発揮しつつありますが、上記のような課題に対しても、今後十分考慮する必要があるのではないかと考えています。

謝 辞

私は幸いにも偉大な方々の御教示を得てきました。小倉義光、柳井迪雄、岸保勘三郎、松野太郎の諸先生には、気象力学を学びました。原稿修正中に柳井先生の訃報に接し、深い哀悼の意を記します。海洋研究所では輪講で木村龍治さんと地球流体力学の可能性を興味深く議論させてもらいました。その後も気象庁、気象大学校、気象研究所でさまざまな先輩のご指導の下、数値予報にむけた数値モデルの意義を味わいました。1989年WMO事務局に参加し、翌年の世界気候会議以来、気候変動研究の成果が社会と次第に密接につながる様を実感することができました。中でも、気候変動の分野に導いて下さった、山岸米二郎元気象研

究所長に感謝します。

私は、優れた同僚や後輩にも恵まれました。特に気象研究所気候研究部の当時の室長の方々にはその後もお世話になっています。

さらに、JAMSTECでは、地球フロンティア(当時)の松野太郎先生には、不肖の私がお手伝いする機会をいただき、温暖化イニシアティブに参加し、共生プロジェクト、革新プログラムにかかわることができ、IPCC WG1国内活動を支援する有意義な機会に恵まれることになった次第で、深く謝意を表します。最後に、適切なコメントに関し査読者に感謝します。

略語一覧

- AR4 : Fourth Assessment Report 第4次評価報告書
- AR5 : Fifth Assessment Report 第5次評価報告書
- CARICOM : CARibbean COMmunity カリブ共同体、カリブ海域の国々で構成されるグループ
- CAS : Commission for Atmospheric Science 大気科学委員会
- CCI : Commission for Climatology 気候委員会
- CCSR : Center for Climate System Research 気候システム研究センター<東京大学>、2010年より大気海洋研究所(AORI)
- CLIPS : Climate Information and Prediction Services 気候情報・予測サービス
- CLIVAR : Climate Variability and Predictability Project, 1995- 気候の変動性と予測可能性に関する研究計画
- CMIP5 : Coupled Model Intercomparison Project Phase 5 第5期結合モデル相互比較実験プロジェクト
- COP : Conference of the Parties 締約国会議
- CRIEPI : Central Research Institute of Electric Power Industry 電力中央研究所
- DIAS : Data Integration & Analysis System データ統合・解析システム
- EU : European Union 欧州連合
- FAO : Food and Agriculture Organization 食糧農業機関
- FAR : First Assessment Report 第1次評価報告書
- FWCC : First World Climate Conference 第1回世界気候会議
- G7 : Group of Seven 先進7カ国首脳会議
- G8 : Group of Eight 主要8カ国首脳会議
- GCOS : Global Climate Observing System 全球気候観測システム
- GEOSS : Global Earth Observation System of Systems 全球観測システム

- GFCS : Global Framework for Climate Services 気候サービスのための世界的枠組み
- GFDL : Geophysical Fluid Dynamics Laboratory 地球流体力学研究所
- GOOS : Global Ocean Observing System 全球海洋観測システム
- GOSAT : Greenhouse gases Observing SATellite 温室効果ガス観測衛星
- GTOS : Global Terrestrial Observing System 全球陸域観測システム
- IAC : Inter-Academy Council インター・アカデミー・カウンシル
- ICSU : International Council of Scientific Unions 国際学術連合会議, 注: 1998年より同じ略語で, International Council for Science <国際科学会議>と改称
- IDNDR : International Decade for Natural Disaster Reduction 国際防災の十年
- IGBP : International Geosphere and Biosphere Programme 地球圏・生物圏国際協同研究計画
- IGFA : International Group of Funding Agencies 地球変動研究に関する資金供給機関国際グループ
- IGM-WCP : Intergovernmental Meeting on the WCP 世界気候計画に関する政府間会合
- IGY : International Geophysical Year 国際地球観測年
- IPCC : Intergovernmental Panel on Climate Change 気候変動に関する政府間パネル
- JAMSTEC : Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology 海洋研究開発機構
- JICA : Japan International Cooperation Agency 国際協力機構
- JSC : Joint Scientific Committee 合同科学委員会
- LDC : Least Developed Countries 後発開発途上国
- MRI : Meteorological Research Institute 気象研究所
- NCAR : National Center for Atmospheric Research 米国大気研究センター
- POC : Provisional Organizing Committee 暫定組織委員会
- RCC : Regional Climate Centre 地域気候センター
- SAR : Second Assessment Report 第2次評価報告書
- SBSTA : Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice UNFCCC における科学上及び技術上の助言に関する補助機関会合
- SPM : Summary for Policy Makers 政策決定者向け要約
- SRES : Special Report on Emissions Scenarios 排出シナリオに関する IPCC 特別報告書
- SSG : Scientific Steering Group 科学推進委員会
- SWCC : Second World Climate Conference 第2回世界気候会議
- SYR : Synthesis Report 統合報告書
- TAR : Third Assessment Report 第3次評価報告書
- TMRP : Tropical Meteorology Research Programme 熱帯気象研究計画
- TOGA : Tropical Ocean Global Atmosphere, 1985-1994 熱帯海洋大気変動研究計画
- UNCED : United Nations Conference on Environment and Development 国連環境開発会議, リオサミット
- UNEP : United Nations Environment Programme 国連環境計画
- UNESCO/IOC : United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization/Intergovernmental Oceanographic Commission ユネスコ/政府間海洋委員会
- UNFCCC : United Nations Framework Convention on Climate Change 気候変動に関する国際連合枠組条約
- WCAP : World Climate Application Programme 世界気候利用計画
- WCASP : World Climate Applications and Services Programme 世界気候利用・サービス計画
- WCC-3 : World Climate Conference-3 第3回世界気候会議
- WCDMP : World Climate Data and Monitoring Programme 世界気候資料・監視計画
- WCDP : World Climate Data Programme 世界気候データ計画
- WCIP : World Climate Influence Investigation Programme 世界気候影響調査計画
- WCIRP : World Climate Impacts and Response Programme 世界気候影響・対応戦略計画
- WCP : World Climate Programme 世界気候計画
- WCRP : World Climate Research Programme 世界気候研究計画
- WG1 : Working Group 1 第1作業部会
- WGCM : Working Group on Coupled Modelling 結合モデルに関する作業部会
- WGNE : Working Group on Numerical Experimentation 数値実験に関する作業部会
- WMO : World Meteorological Organization 世界気象機関
- WOCE : World Ocean Circulation Experiment, 1982-1992 世界海洋循環実験計画

参考文献

- Ichikawa, A., *et al.*, 2004 : Global Warming —the Research Challenges (A. Ichikawa, ed.). Springer, 161 pp.
- IPCC, 1990 : Climate Change : The Scientific Assessment. Cambridge Univ. Press, 200 pp.

- IPCC, 1996 : Climate Change 1995 : The Science of Climate Change. Cambridge Univ. Press, 572 pp.
- IPCC, 2000 : Emission Scenarios. Cambridge Univ. Press, 570 pp.
- IPCC, 2001 : Climate Change 2001 : The Scientific Basis, Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of IPCC. Cambridge Univ. Press, 881 pp.
- IPCC, 2007 a : Climate Change 2007 : The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Cambridge Univ. Press, 996 pp.
- IPCC, 2007 b : Climate Change 2007 : Synthesis Report, Contribution of WGs I, II, and III to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Cambridge Univ. Press, 103 pp.
- 気象庁, 2007 : IPCC 第4次評価報告書 第1作業部会報告書政策決定者向け要約 (IPCC (2007 a) のSPM 翻訳版). http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/ipcc/ar4/ipcc_ar4_wg1_spm_jpn.pdf (2010年9月30日閲覧)
- 気象庁, 2010 : 気候変動監視レポート2009. 90 pp.
- 気象学会地球環境問題委員会, IPCC WG1国内支援事務局, 2008 : IPCC のノーベル平和賞受賞と日本の気象学コミュニティからの貢献. 天気, 55, 189-193.
- 小池勲夫編, 2006 : 地球温暖化はどこまで解明されたか. 丸善株式会社, 277 pp.
- 近藤洋輝, 1995 : 熱帯気象研究計画の現状と展望—WMO事務局派遣に関して—. 測候時報, 63, 129-139.
- Kondo, H., 2001 : General description of the TAR by the WG1. Proceedings of the Eleventh Asia-Pacific Seminar on Climate Change, 71-78.
- 近藤洋輝, 2003 : 地球温暖化予測がわかる本. 成山堂, 174 pp.
- 近藤洋輝, 2007 : 気候研究とその成果 : 科学と社会の関わり. 気象研究ノート, (213), 117-124.
- 近藤洋輝, 2009 : 地球温暖化予測の最前線. 成山堂, 258 pp.
- 近藤洋輝, 2010 : IPCC 第4次評価報告書における気候変化の科学的知見. 水文・水資源学会誌, 23, 59-74
- Manabe, S. and R. T. Wetherald, 1975 : The effects of doubling the CO₂ concentration on the climate of a general circulation model. J. Atmos. Sci., 32, 3-15.
- 文部科学省, 経済産業省, 気象庁, 環境省, 2007 : IPCC 第4次評価報告書統合報告書政策決定者向け要約 (IPCC (2007 b) のSPM 翻訳版). http://www.env.go.jp/earth/ipcc/4th/syr_spm.pdf (2010年9月30日閲覧)
- 総合科学技術会議, 2006 : 第3期科学技術基本計画 : 分野別推進戦略—科学技術による世界・社会・国民への貢献—. 総合科学技術会議事務局, 401 pp.
- 総合科学技術会議環境担当議員, 内閣府政策統括官 (科学技術政策担当), 2003 : 総合科学技術会議地球温暖化研究イニシアティブ気候変動分野報告書 : 地球温暖化研究の最前線. 財務省印刷局, 141 pp.
- WCRP, 2005 : Coordinated Observation and Prediction of the Earth System (COPEs) —The World Climate Research Programme Strategic Framework 2005-2015. WCRP-123, WMO/TD-No.1291, 59 pp.
- WMO, 2003 : Climate : into the 21st Century. Cambridge Univ. Press, 240 pp.
- WMO (近藤洋輝訳), 2004 : WMO 気候の事典. 丸善株式会社, 243 pp.

Significance and Challenge of Global Warming Reserch in Japan : Focusing on the Implication of Scientific Findings in Society

Hiroki KONDO*

* *Global Warming Research Project for IPCC AR5, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 3173-25 Showa-machi, Kanazawa-ku, Yokohama, 236-0001, Japan.*

(Received 13 September 2010 ; Accepted 18 November 2010)
