

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*

気象学会地球環境問題委員会**

IPCC WG1国内支援事務局***

IPCC へのノーベル平和賞受賞は、地球温暖化現象の理解を科学的に評価し、それが高い確率で起ることを証明できたことに対する貢献に対して与えられた。このような地球規模の現象の科学的評価は非常に困難で、IPCC では20年にわたり多くの研究者の貢献を基礎に、その評価に大きな努力をしてきた。この意味では、その基礎にある膨大な研究成果を生み出す土壌を醸成してきた気象学会等の研究コミュニティの貢献が大きい。ここでは、近年の温暖化研究の情勢をまとめる意味で、IPCC WG1国内支援事務局の近藤洋輝氏（第1節～3節および第5節）と、東北大学の中澤高清氏（第4節）に IPCC 第4次報告書に関わる日本コミュニティの貢献についてまとめて頂いた。

(地球環境問題委員会 林田佐智子)

1. はじめに

2007年12月10日、ノルウェー・オスロ市において、気候変動に関する政府間パネル (IPCC) と米国元副大統領アル・ゴア氏 (Albert Arnold Gore Jr.) がノーベル平和賞を受賞した。受賞の対象は「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」とされている。

ここでは、IPCC という国際的な枠組みの受賞とそのインパクト、およびそれに至る経緯を振り返ると共に、

日本気象学会の下での気候変化研究の成果の IPCC への貢献について、特に、最近の先端的な地球温暖化予測研究などの成果が、第4次評価報告書でまとめられた知見の源として、どれほどの役割を果たしたかを述べる。

2. 受賞のインパクト

IPCC では、2007年に入ってから各作業部会で IPCC 第4次評価報告書 (AR4) を5月までに次々に作成した。さらに、それらを横断する内容で、AR4の最後の部分である「統合報告書」を完成させるための総会が11月にスペイン・バレンシアで開催された。すでにその前に、ノーベル平和賞受賞者の発表があったため、会議への関心も高まり、国連の事務総長が最終日に出席し、完成した統合報告書をパチャウリ (Rajendra Pachauri) 議長から受領するという、IPCC の会議では全く異例な事態となった (第1図)。温暖化問題は、もはや国連での主要なテーマの一つといえる、重大な国際問題になっていることの象徴ともいえる。国連事務総長は、演説の中で、直前に視察した南極などの状況を述べた上で、温暖化の「脅威は現実である」として、IPCC の意義を強調した。

ノーベル平和賞の授与式には、IPCC を代表してパチャウリ議長が臨んだ。同議長はその直前には、インドネシア・バリ島で開会中の温暖化会議 (国連気候変動枠組み条約<UNFCCC>の第13回締約国会議<COP13>、及び第3回京都議定書締約国会合<CMP3>、12月3～15日) で、AR4の統合報告書を全体会議で講演しており、授賞後には、アル・ゴアとともにバリ島に戻ってきた。その際のアル・ゴア氏の講演は、会場が超満員という盛況であった。パチャウリ議長は高官級会合で各国環境大臣に向け再度 AR4の

* The Nobel Peace Prize awarded to the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) : Contribution of Japanese Meteorological Society to IPCC.

** Committee of Global Environmental Problems.

*** Japanese secretariat for IPCC WG1.

© 2008 日本気象学会



第1図 IPCC総会で潘基文・国連事務総長(左)にAR4統合報告書を手渡すパチャウリ議長(中央)。2007年11月17日、バレンシアにて。

解説を行った。温暖化会議ではいたるところで、AR4が引用され、科学の成果が政策決定者に向けて反映される状況が目の前で展開した。今回バリ・ロードマップとして、2009年までに、米国を含む先進国も、中国・インドを含む途上国も対象とするポスト京都の将来枠組みを策定することが1日会期を延長する困難な交渉の中でようやく合意されたのは一定の成果といえる。受賞だけでなく、関連する上記のIPCC総会や温暖化会議に関し、メディアの取り上げ方も国際的に際立っており、温暖化問題の重大さは社会の大きな関心の的となっている。

3. IPCCの活動経緯と第4次評価報告書

地球温暖化問題は、1980年前後から気候モデルでの実験結果から次第に大きな懸念として浮上し始め、1988年に世界気象機関(WMO)と国連環境計画(UNEP)の連携の下にIPCCが結成された。その後、1990年には第1次評価報告書(FAR)、1995年には第2次評価報告書(SAR)がいずれも、数値予報の専門家であるスウェーデンの気象学者ボリン(Bert Bolin)を議長としてまとめられた。京都議定書にはこれらが反映されている。なお、ボリンはIPCCのノーベル平和賞受賞を見とどけてまもなく2007年12月30日に死去した。第3次評価報告書(TAR)は、影響評価に関わっていた、大気化学の専門家である世界銀行のワトソン(Robert Watson)を議長として、2001年にまとめられた。IPCCはそのほかにも、独自であるいはUNFCCCからの要請により多くの特別報告書

や、技術報告書もまとめてきている。これらを通して、第1作業部会(科学的評価)をリードしたのは、大学教授の後に、英国気象局長官を務めてサーの称号を得た、共同座長のホートン(John Houghton)で、やはり科学的立場を第一に正面から問題に対応した。AR4では、第1作業部会は、ソロモン(Susan Solomon)共同議長の科学的な説得力によるリードでしばしば紛糾から合意に導いた。いずれも、大変なタフな役割をやりきっている。

パチャウリ現議長は、オスロでの受賞講演において、上記歴代の議長の功績をたたえている。特に、ボリンは、IPCCにとって、科学の立場を損ねないこと(scientific integrity)の重要性をしばしば説き、自身の学者としての権威が紛糾をしばしば決着させた。また、ワトソンも、IPCCは政策に適切な(policy relevant)情報を提供すべきで、政策を規定するような(policy prescriptive)情報を発するべきではないというIPCCの立場を強調して科学の立場と政策決定の立場を区別し、真摯な熱意と明快な論理で議事をリードした。パチャウリは、インドの経済学の専門家である。アウトリーチの重要性を早くから唱えると共に、途上国の立場を十分理解しつつ、全体としてバランスのとれた議事運営をしてきた。

それぞれ貢献度の大きいこれらどの個人でもなくIPCCという枠組みにノーベル平和賞が与えられたということは、上記の優れたリーダーや、そのほかのビューローと呼ばれる幹事団だけでなく、数千人の研究者も含め、IPCCに関わってきた全ての人々が受けた榮譽でもある。近年、第1作業部会の分野では特に、人工衛星など観測手段の発達とともに、大気・海洋結合モデルとしての気候モデルを高度化した努力と巨大計算資源に基づく気候変化研究の成果も目覚しく、AR4で断定された「気候システムの温暖化は疑う余地がない」や、「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かなり高い」などの主要メッセージをはじめ、AR4の新知見が生み出された。10年間にわたるこれまでの成果とその国際社会への影響力に加え、今回のめざましい成果にいたる活動が今回の受賞につながったのではないかと思われる。

4. 日本からの貢献：観測とプロセス研究

我が国における気候変化に関わる要素についての研

究の多くは、気象学会に所属する会員によって進められてきた。AR4に直接・間接的に貢献するとともに、日本の温暖化予測研究を促進させる要因となった観測とプロセス研究の概要を以下で簡単に紹介する。

温室効果ガスの大気観測は、東北大学によって1970年代に開始され、その後国立極地研究所、気象庁、気象研究所、国立環境研究所などによっても行われるようになった。例えば、東北大学によって1979年に開始された日本上空での航空機観測は今日まで継続実施されており、それが元になり、2005年からは外国航路に就航している日本航空の5機による系統的観測が、日航財団の協力の下に国立環境研究所や気象研究所などによって進められている。また、東北大学や国立極地研究所が極域氷床コアの精密分析を行い、過去の温室効果ガスの詳細な変動を復元することに成功している。温室効果ガスの収支をモデル解析によって求めることも、地球環境フロンティア研究センター（海洋研究開発機構）や国立環境研究所、東北大学によって行われている。これらの研究から得られた成果はAR4にも引用されている。

海洋のCO₂フラックスについては、気象庁や気象研究所、国立環境研究所、国立極地研究所、海洋研究開発機構、北海道大学、東北大学などが、観測船や商船を利用して広域にわたって観測を展開している。これらの観測からのデータも含め、世界の多くの研究機関が取得したデータを集積し、それを基に全球にわたる大気-海洋間のCO₂フラックスが求められ、作成されたフラックス分布はAR4にも示されている。

陸域におけるCO₂フラックス観測は、産業技術総合研究所や国立環境研究所、農業環境技術研究所、森林総合研究所などによって、国内のみならず、シベリアや東南アジアでも行われ、アジアの森林フラックス観測ネットワークを構築している。これらの地上観測と衛星観測を基に、陸域生態系の炭素循環のプロセス研究は日本においても近年大きく進展しており、その成果は地球システムモデルの高度化に反映されている。

放射強制力を評価する上で、エアロゾルと雲の放射効果が最大の不確定要因となっている。雲に関しては、特に日射が雲によってどれだけ吸収されるかという点について、観測と放射モデルによる計算が整合せず、日射の「異常吸収」問題として激しい論争が続いてきた。しかし、日米における実験観測などを経て、2000年代に入って「異常吸収」の証拠はないという結

論に達し、一応の決着をみたが、この過程において名古屋大学、北海道大学、東北大学、および気象研究所による航空機観測は大きな貢献をした。TAR以降のエアロゾルの研究観測に関しても、日本の研究者による大きな貢献があった。特にアジア域のエアロゾルの影響解明のために、APEX や ADEC と名付けられた大規模な実験観測が実施され、それにともなって広範な地上観測ネットワークの整備が進んだ。また、宇宙航空研究開発機構や国立環境研究所などによって衛星リモートセンシング技術の改良が行われ、エアロゾル種毎の広域分布が観測できるようになった。これらの観測を基にエアロゾルと雲の数値モデル化の精密化が進み、その成果はAR4における気候モデルによる温暖化予測実験に反映された。

5. 日本からの貢献：地球シミュレータによる温暖化予測研究

気候モデルの実験には多大の計算資源と重点化した研究体制が必要である。2001年度からの第2期科学技術基本計画の下で、環境分野が、バイオ、通信、ナノテクノロジー・材料と共に重点分野と特定され、その結果、2002年度から文科省ファンドによる環境プロジェクト「人・自然・地球共生プロジェクト」（略称：共生プロジェクト）が立ち上がり、さらにその中で温暖化予測分野は「日本モデルミッション」として、4つの研究グループが温暖化予測の研究を進めた。ここでは、2003年3月から運用を開始した、当時世界最速で演算速度の理論ピーク値が40 teraflops（兆回/秒）の地球シミュレータの活用が図られた。日本の温暖化予測研究にとって絶好の条件が整った。それぞれのグループはモデルの開発・高度化を進め、いずれも2004年夏までに本実験を行ない、世界の研究グループの成果とのモデル比較実験を成立させた。それらの成果は、気象学会でも発表されてきたが、以下に主要な例を示すように、いずれもAR4にそれぞれ独自の先端的・中心的な貢献を果たした。その結果AR4がより強固な知見や重要な新知見をうち立てたことは、IPCCがノーベル平和賞を受賞する上で重要なきっかけとなった可能性があるといえよう。

5.1 東京大学気候システム研究センター（CCSR）グループ

東大気候システム研究センター（CCSR）を中心としたグループ（国立環境研究所（NIES）および地球環境フロンティア研究センター（FRCGC）を含む）

は、世界で最も高解像度である、大気 (110 km)・海洋 (20 km) 結合モデルを開発した。これにより、梅雨前線を含む日本付近の天候変化を論ずることが可能になった。また海洋では黒潮や大西洋の湾流の蛇行が再現されるモデルであり、黒潮が将来日本付近で30%程流速を増大することも予測している。解像度を上げているだけでなく、従来よりも進んだ、物理過程や、生物・地球化学過程の扱いをしていることから、より説得力のある実験結果をもたらした。

主な貢献例としては、第3次評価報告書では、ハドレーセンターのモデルのみの研究結果であった、温暖化の原因特定の実験に関し、他の多くのモデルグループの中で、中心的な成果を示し、第3節で述べた、AR4の主要なメッセージの一つをもたらしている。

また、大気・海洋結合モデルによる予測のモデル間の比較実験として、いくつかの指定された排出シナリオに関する予測結果を出し、可能な予測幅をもたらす主要なモデルとなった。

5.2 電力中央研究所 (CRIEPI) グループ

電力中央研究所 (CRIEPI) を中心としたグループは、米国大気研究センター (NCAR) 開発の、大気 (160 km)・海洋 (110 km) 結合モデルに基づき、長期的な安定化に関する実験を行なった。海洋のコンベアベルトとも称される熱塩循環の北大西洋北部での沈み込みの流量が、温暖化の進行につれて21世紀末までに2、3割減少するけれども、停止には至らないことを示し、AR4の知見を形成する実験となった。22世紀以後温室効果ガス濃度一定を仮定したさらなる実験では、回復に向かうことを明らかにしている。

また、このグループは2100年以後のある時点で、あるシナリオ (A1B) から他のより低排出のシナリオ (B1) に移行することが仮想的に生じる場合 (オーバーシュート) についてのユニークな実験も行ない、参考になる結果をもたらした。

5.3 地球環境フロンティア研究センター (FRCGC) グループ

CCSR グループ開発の、中程度の解像度である大気 (280 km)・海洋 (140 km) 結合モデルに、陸域生態系や海洋の生物・地球化学過程を含む炭素循環などを取り込んだ地球システムモデルを開発して、21世紀の予測実験を行なった。炭素循環のフィードバックを考慮すると、しない場合に比べ、CO₂濃度がより増大し、あるシナリオ (A2) の下では21世紀末に1°C程さらに気温上昇が追加されるという結果が出始めた。

これは、世界のいくつかのモデルグループの結果とともに、AR4が、気候-炭素循環のフィードバック効果は正であるとする、重大な新知見を発する上で中心的役割を果たした。この知見はまだモデル間の差があり、今後より定量的に確実なものにすることが重要な課題とされている。

5.4 気象研究所 (MRI) グループ

気象研究所 (MRI) を中心とするグループは、台風やハリケーンなど、熱帯低気圧の眼、眼の壁雲、スパイラルバンドなどの構造や発達メカニズムを再現できる、20 km の超高解像度全球 (地球全体を覆う) 大気モデルを開発して、既存の気候モデルにより再現・予測される気候に適用 (タイムスライス法による) した。その結果、観測されている熱帯低気圧の発生位置、進路などをかなりの程度再現し、強度が増大するという結果をもたらした。この知見は、AR4の「…将来の熱帯低気圧 (台風及びハリケーン) の強度は増大し、最大風速や降水強度は増加する可能性が高い」という評価の主要な根拠となった。

6. 今後の課題と展望

2006年度から実施されている、第3期の科学技術基本計画では、引き続き気候変動分野を含む環境研究が重点研究分野とされ、気候変動分野における推進戦略が打ち出された。観測における最近の状況を見ると、気候も含む9つの利用分野に関わる、全球地球観測システム (GEOSS) の10年実施計画が2005年の策定以来進展しており、温暖化の観測・モニタリングにとっても重要な役割を担いつつある。また日本では、今年温室効果ガスの観測衛星 (GOSAT) の打ち上げが予定されている。これらの状況に基づいて、文部科学省では、共生プロジェクトを進展させた、新たな「21世紀気候変動予測革新プログラム!」(略称:革新プログラム) を2007年度からスタートさせた。

AR4では、今後の課題として、主要な不確実性 (key uncertainties) が指摘されている。エアロゾルの間接効果や、対流・雲をめぐる諸過程とそれに関連する熱帯低気圧発生頻度など、まだ不確実性が残っている課題や、地域的に詳細な情報など、従来から政策決定者側から要望されている課題がある。熱帯の雲に関しては、正20面体を基本とするグリッド系による全

† 詳細は: <http://www.kakushin21.jp/jp/index.html> を参照。

球雲解像モデルが進展しており、気候モデルに適用するには次世代以降のスパコンを待たなければならないが、クラウド・クラスターをはじめ、マッデン・ジュリアン振動 (MJO) を再現するなどの成果を出しつつある。一方、今回新たに得られ始めた知見に関し、今後さらに研究を求められている課題もある。たとえば、炭素循環のフィードバックの問題、氷床からの氷の流出・融解と海面水位の問題などである。

これらのプロセス解明、将来予測精度の向上に向けて、今後も引き続き気象学会会員諸氏の活発な研究が展開されることを願ってやまない。

参 考 文 献

参考文献としては、日本からの貢献を主題とした次の書籍がある：

小池勲夫編，2006：地球温暖化はどこまで解明されたかー日本の科学者の貢献と今後の展望2006。丸善，247 pp.

また、アクセス可能な第2次以後のIPCC評価報告書及びそこで参照されるその他の文献は、次のWebページより参照されたい：

SPM of the Science of Climate Change 1995 (WG1の Second Assessment Report は SPM のみアクセス可能)：

<http://www.ipcc.ch/pdf/climate-changes-1995/spm-science-of-climate-changes.pdf>

Climate Change 2001 : The Scientific Basis (IPCC

Third Assessment Report : WG1 Report including Summary for Policy Makers <SPM>, TS and all Chapters)：

<http://www.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg1/index.htm>

Climate Change 2001 : The Synthesis Report (Summary for Policy Makers and Longer Part)：

<http://www.ipcc.ch/ipccreports/tar/vol4/english/index.htm>

IPCC Fourth Assessment Report : WG1 Report “Physical Science Basis” (including SPM, Technical Summary <TS> and all Chapters)：

<http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg1.htm>

IPCC Fourth Assessment Report : Synthesis Report (Summary for Policy Makers <SPM> and Longer Report <all Topics>)：

<http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-syr.htm>

IPCC 第3次評価報告書第1作業部会報告書政策決定者向け要約 (2001, 気象庁翻訳)：

<http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpinfo/ipcc/tar/TARWG1SPMJJP.pdf>

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 (2007, 気象庁翻訳)：

http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpinfo/ipcc/ar4/ipcc_ar4_wg1_spm_jpn_rev2.pdf

IPCC 第4次評価報告書統合報告書政策決定者向け要約 (仮訳) (2007, 仮訳, 文部科学省・経済産業省・気象庁・環境省)：

<http://www.env.go.jp/earth/ipcc/4th/interim-j.pdf>