

## 地球温暖化予測の科学的基礎

野田 彰

独立行政法人海洋研究開発機構・地球環境変動領域・地球温暖化予測研究プログラム

### [アブストラクト]

2007年刊行の「気候変動に関する政府間パネル（IPCC）」第4次評価報告書では、観測事実として地球温暖化は疑う余地がないと結論づけている。現在、第5次評価報告書に向けて、地球の生態系の応答を考慮した、より包括的な地球システムモデルを用いた地球温暖化予測が進行中である。しかし、一方では、地球温暖化に懐疑的な議論がマスコミを賑わせていることを踏まえ、本講演では、地球温暖化の特徴的な予測結果について、その科学的根拠に重点をおいて解説する。

### [キーワード]

地球温暖化、IPCC、地球システムモデル、地球温暖化懐疑論、地球温暖化のメカニズム

### [講演要旨]

#### 1. 気候変動に関する政府間パネル（IPCC）

気候変動に関する政府間パネル（IPCC）は地球環境問題の一環として地球温暖化が問題と顕在してきた1988年に国際連合環境計画（UNEP）と国際連合の専門機関である世界気象機関（WMO）によって共同で設立された。IPCCは地球温暖化に関連した分野を専攻する専門家から構成され、「政策立案・決定には関連を持つが、政策判断や選択に踏み込まない（Policy relevant but not policy prescriptive）」の基本方針を堅持して、学術的な立場から評価報告書を作成し、政策決定者に対して重要な判断材料を提供してきた。こうした活動に対して、IPCCは2007年度のノーベル平和賞をゴア元米国副大統領と共に受賞した。また、次期の第5次報告書（2013年～2014年にかけて刊行予定）に向けて、新たな取り組みが開始されている。

#### 2. 温室効果のメカニズムと観測事実

地球の気候システムは、太陽放射エネルギーを得て、それに相当する赤外放射エネルギーを宇宙空間に放出することによって、（動的）平衡状態を維持している。地球の大気には、赤外放射を吸収する微量気体が存在するために温室効果が働き、地表面は、宇宙に放射される赤外放射エネルギーに対応する黒体放射温度よりも高い温度で平衡が保たれる。二酸化炭素などの温室効果気体が増加したとき、対流圏では地表面が暖まり、対流によるかき混ぜ効果によって対流圏全体の温度が上昇するが、成層圏ではかき混ぜ効果が弱いので、赤外放射による冷却効果が強まり温度が下がり、その結果、太陽放射加熱とバランスする温度分布になる。

温室効果気体の増加は紛れもない観測事実であり、それがどの程度の放射強制力を持つかは物理法則に則って計算できる。また、産業革命以来現在までの気温上昇、海面水位の上昇、雪氷面積の減少は、温室効果増大による地球温暖化と整合している。

#### 3. 気候モデルによる地球温暖化予測

地球温暖化予測では、温室効果気体排出シナリオの違いを考慮した多数例の数百年規模の数値積分が必要である。そのため、現在の計算資源の下では、気候モデルの解像度（格子間隔）として大気

100km 程度が限界である。しかし、気候システムには積雲対流のように格子で分解できない現象が卓越しているため、気候モデルではこれらを格子間隔で定義される物理量で表現する手法（パラメタリゼーション）が重要な役割を担っている。

人為的に排出された二酸化炭素などの温室効果気体は全球ほぼ一様に増加するが、その影響は、対流圏と成層圏で異なったように、地理的にも特徴的な分布を持っている。ここでは、南北半球の違い（北半球高緯度の方が大きな昇温）と大陸と海洋の違い（大陸の方が大きな昇温）、降水分布の緯度帯による違い（砂漠が分布する緯度帯では降水が減少する）について、そのメカニズムを考察する。

#### 4. 「地球シミュレータ」の貢献と新たな挑戦

2002 年当時、世界最速のスーパーコンピュータ「地球シミュレータ」の出現と、文部科学省の「人・自然・地球共生プロジェクト」（2002-2006 年度）の支援によって、日本から世界の地球温暖化予測研究に大きな貢献がなされた。気候モデルの解像度の向上により、日本スケールの影響評価や黒潮スケールの変動の評価が可能となった。また、それまで地域気候モデルでしか実現できなかった 20km の解像度で全球大気モデルを用いることにより、地球温暖化に伴う熱帯低気圧の気候値的な変化傾向についても評価が可能となった。さらに、陸域や海洋の生態系の効果や、大気成分の光化学輸送過程を結合させた包括的な地球システムモデルの開発が進展した。次期の IPCC 第 5 次報告書に向けて、地球シミュレータの更新、文部科学省の「21 世紀気候変動予測革新プログラム」（「革新プロ」；2007-2011 年度）によって、温暖化予測モデルの高度化および予測、不確実性の定量化・低減、自然災害に関する影響評価の研究が進展中である。

#### 5. 最近の地球温暖化傾向について

地球温暖化に懐疑的な人達から、「ここ 10 年で地球温暖化の傾向は止まり、これからは地球寒冷化に向かう」との主張がなされている。前節の「革新プロ」では、二、三十年先の近未来気候変動予測にも取り組んでいるので、そこでの最新の成果の中から、「今世紀に入ってから温暖化は止まったとは考えられない」との結果について紹介したい。近未来予測では、十年スケールの自然変動の位相の情報を初期条件として設定する必要があり、本質的に、日々の天気予報と同じ初期値問題である。従来の温室効果気体の増加による放射強制力の時間変化にたいする強制・応答問題とは異なる技術開発が必要とされている。

#### 参考文献

- ・ IPCC 報告書に関連する資料（及び一部の日本語訳）は Web からダウンロード出来る：

IPCC ; <http://www.ipcc.ch/>

気象庁 ; <http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/ipcc/ar4/index.html>

環境省 ; [http://www.env.go.jp/earth/ipcc/4th\\_rep.html](http://www.env.go.jp/earth/ipcc/4th_rep.html)

通産省 ; [http://www.meti.go.jp/policy/global\\_environment/Ipcc.html](http://www.meti.go.jp/policy/global_environment/Ipcc.html)

- ・ その他最近の温暖化予測研究の動向については下記文献参照：

江守正多, 2008 : 地球温暖化の予測は「正しい」か? DOJIN 選書 020, 化学同人

近藤洋輝, 2009 : 地球温暖化予測の最前線-科学的知見とその背景・意義. 成山堂書店

- ・ 最近の「地球温暖化懐疑論」とそれへの反論：

エネルギー・資源学会, 2009 : 新春 e-mail 討論「地球温暖化：その科学的真実を問う」

<http://www.jser.gr.jp/activity/e-mail/boutoul.pdf>

明日香壽川他, 2009 : 地球温暖化懐疑論批判. IR3S/TIGS 叢書 No. 1, サステイナビリティ学連携研究機構 ; <http://www.ir3s.u-tokyo.ac.jp/pages/236/all.pdf>