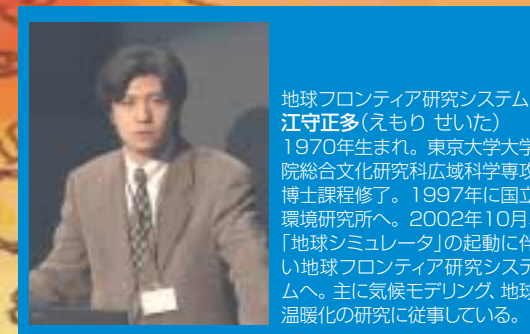


Marine Science Seminar

マリンサイエンスへの招待

地球温暖化実験 —100年後の未来をどう探るか— 「地球温暖化とその予測」

(2003年2月15日 海洋科学技術センター横浜研究所
地球情報館公開セミナーより)



地球温暖化の影響によって、気温や海水面の上昇、気候分布の変化、さらには農作物や人間の健康にまで影響が出るといわれています。そうした予測は、いったいどのような根拠に基づいて行われているのでしょうか。「100年後の世界」を予測する、気候変動予測研究の先端技術とはどのようなものなのでしょうか。

本日は前回の講座に引き続き「地球シミュレータ」による気候変動予測についてのお話です。特に私の専門分野、地球温暖化を予測する方法について、またそれがどの程度確かなのか、より確かな予測のためにどのような努力をしているのか、というような話をしたいと思います。

●地球温暖化の仕組みと現状

まず、地球温暖化について簡単にお話しします。「高温の物体ほど、たくさんの赤外線を出して早く冷めようとする」というステファン・ボルツマンの法則に従って、地球の地面は太陽からもらうエネルギーと釣り合うだけのエネルギーを赤外線で放出してバランスを保っています。正確には地面から出た赤外線は一部大気に吸収され、大気もその温度に応じて地面と宇宙に赤外線を放出しています。地面は太陽と大気の方からのエネルギーに釣り合うだけのエネルギーを出す必要がありますから、大気があると余計に温度が上がるのです。これが、大気の温室効果です。温室効果自体は人間が出現する前からあり、地球の表面温度を15℃程度に保ってきました。この温室効果を人間が強めたことで地表の温度がさらに上がる、これが地球温暖化現象です。

温室効果をもたらす代表的な物質には二酸化炭素、メタン、亜酸化窒素があります。いずれも、大昔から安定していた濃度が産業革命以降、急激に上昇してい

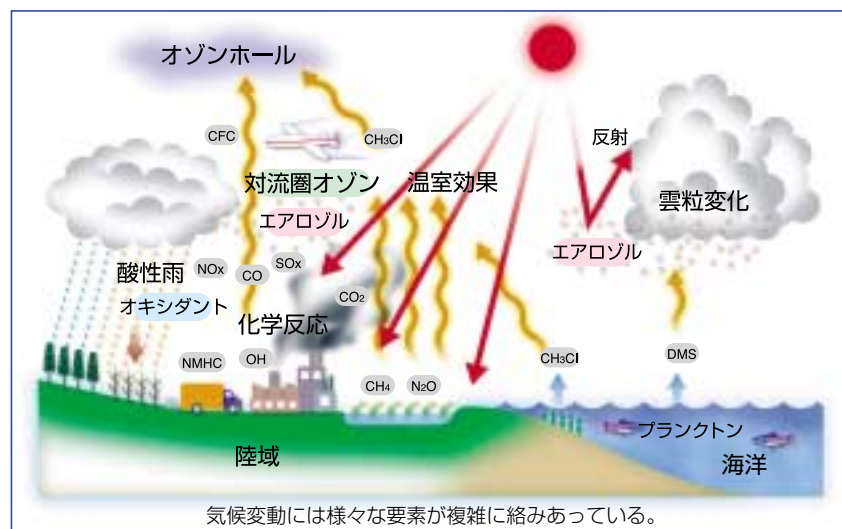
ます。気温は内部的要因でも上下しますが、少なくともこの現象に人間活動の影響があることは間違いありません。

しかも、地球の温度に影響を与える大気中物質はそれだけではありません。やはり地球を温める物質にハロカーボン類があります。代替フロンも含まれます。フロンガスはオゾン層破壊の原因とされ世界中で規制されましたが、人間はオゾン層を破壊しない代替フロンを発明し代用しています。つまり、フロン規制でオゾンホールは回復に向かっても、代替フロンによる温暖化への影響は未解決なのです。また、硫酸塩エアロゾルは、大気中に漂う微粒子の一種で大気を冷やす効果を持ちますが、酸性雨の原因にもなります。硫酸塩エアロゾルを規制して酸性雨問題を解決すると地球は温くなるかもしれない。このように気候は大気中の様々な物質と密接

に関係し、その影響の度合いには解明できない部分も多いのです。

●気候変動予測の手順

そうした諸問題解明のために気候変動予測が行われるわけですが、予測にも様々な段階があります。まず、世の中が向かう方向性を考えなくてはなりません。将来人間が二酸化炭素を出す量は、経済や技術の発展、対策の進み具合など様々なことに関係します。そうした現象は合理的に予測できませんから、ドラマなどと同様にいくつかのシナリオを書いて予測をたてます。気候変動予測については「気候変動に関する政府間パネル(IPCC)」という国際会議が、地球温暖化に関する研究をとりまとめ世界の共通認識となる報告書を出しています。将来予測におけるシナリオも、IPCCが各国の研究を調べて分類し、「経済重視」か



「環境重視」か、「国際化」か「地域主義」かというふたつの軸によって世界の発展のパターンを大きく4つに分類し、それに沿って作成しています(図1)。例えば「『経済重視』で『国際化』が進めば、高度な技術開発によって途上国も急成長し、環境を制御する方向で発展する」といった具合です。次に、そのシナリオに沿って、人間が二酸化炭素を排出する量と大気に残留する量を計算します。排出された二酸化炭素の約半分は大気に残り、残りの半分は海と陸上の植物が吸収します。

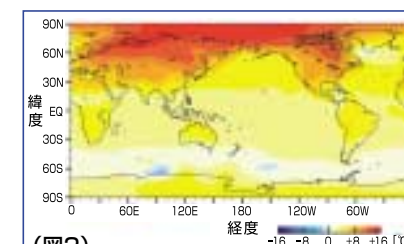
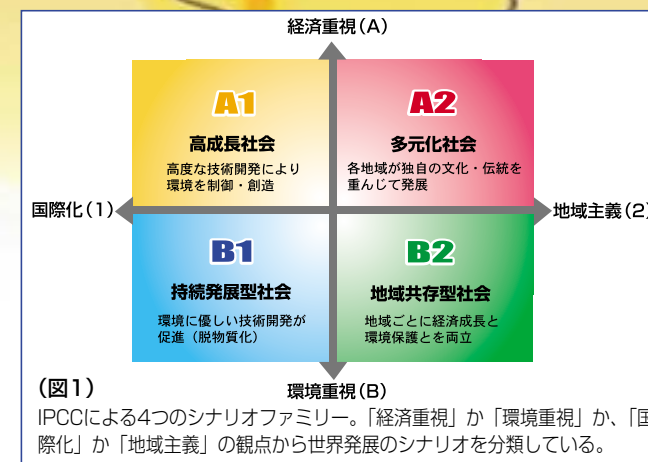
次に、これが私たちの分野ですが、残った大気中の二酸化炭素濃度に応じて気温の上昇や気候の変化を計算します。気候モデルを使って、コンピュータ上の仮想地球の上で二酸化炭素や温室効果気体の量を変化させ、環境の変化を調べます。これを気候モデルと呼びます。大気、海洋、陸面のそれぞれのモデルを組み合わせ使います。たとえば大気なら、コンピュータ上で大気を三次元の格子に切り、それぞれの格子に風や気圧、温度などのデータを与え、物理方程式で計算していくのです。しかし、実際には物理法則を使ってもうまく表せない部分がでてきます。そこに関しては、仕方がないので経験的に取り扱う。これをパラメタ化といいます。これは覚えておいてください。気候モデルのしくみは天気予報で使っている物とほぼ同じですが、気候モデルは100年後の何月何日にどこで雨が降っているか、ということは気にしません。つまり、天気予報で1、2週間先の正確な予報をするのは難しくても、100年後の日本は現在よりどのくらい温度が高いか、という傾向は予測できるのです。

こうした予測結果から、気候変化による農作物の収量や洪水など社会への影響や、それに対する具体的な対策、必要経費や技術などの社会的対応も考えます。地球温暖化予測は、このように段階を追って行われているんです。

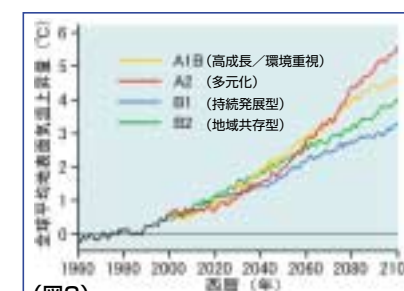
●予測はどのくらい正しいのか

では、この予測はどのくらい正しいのか。まず、かなり確かな部分。先ほどの温度上昇の2100年頃の分布(図2)を見ると、どのシナリオでも海よりは陸で、低緯度より高緯度の地域でより温度が上がる、という傾向が見られます。陸は熱容量が小さいですが、海は深さもあり熱容量が大きいですから、当然、陸の方が温度が上がる。また、北極の氷が温暖化で溶けると、海水は0℃より下がりませんから凍っていて氷点下だったときに比べ温度が上がる。科学的にも明快です。

では何度上がるのか、これはシナリオによっても違いますが(図3)、モデルによっても差が出ます(P38 図4)。温暖化予測をやっている研究機関は世界中にあり、各機関ごとにモデルが違います。その結果を、特に地域レベルで比較すると、似ている部分があれば、かなり異なる部分もある。計算が間違っているわけではありません。実は、ここで先ほどのパラメタ化の問題が出てくるんです。例えば、雲ひとつとっても、高さ、面積などあら

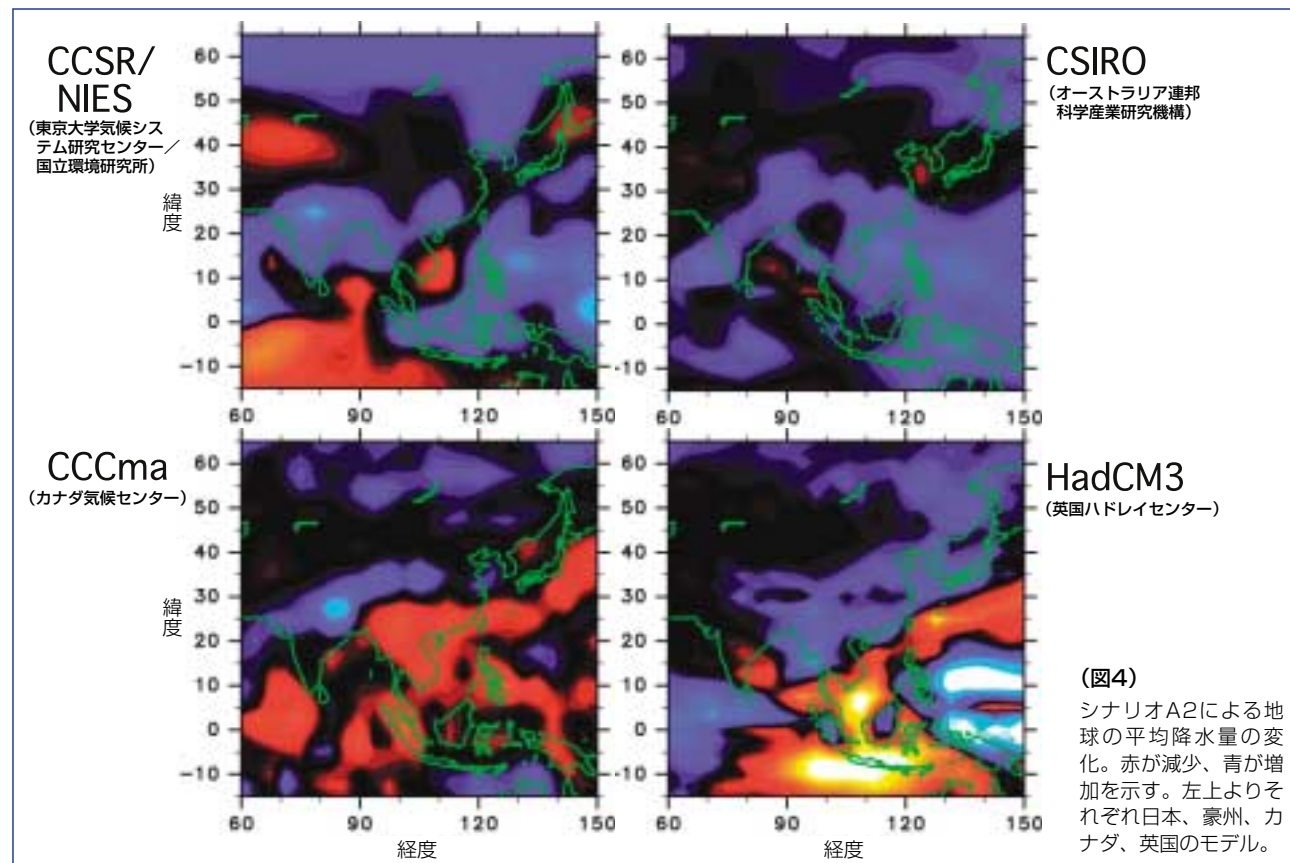


(図2) 東京大学気候システム研究センターと国立環境研究所が予測した、2100年における気温上昇の分布図。海よりは陸、低緯度よりは高緯度で気温が上がっている。



(図3) 東京大学気候システム研究センターと国立環境研究所が予測した、シナリオA1～B2の気温上昇グラフ。地球の平均温度は最低3℃、最高で5℃上昇する。

ゆる条件があります。ところが、ある地域、モデルのひとつの格子にあたる数百km四方の中に、数km程度の幅の雲が多数存在します。複雑な要素をこの中で表現するのは至難の業です。いろんな人がいろんな仮定、パラメタ化をして、それ



ごとに結果が変わる。加えて、気候の動きをさらに複雑にしている物にフィードバックがあります。フィードバックとは、原因があって結果があり、その結果がさらに原因に影響を及ぼす、その繰り返しで元の原因が拡大されたり縮小されたりすることです。同じく雲でいうと、温度、湿度、風、どれが変わっても雲は増減します。雲は日中は太陽を遮って地面を冷やし、夜は地面からの赤外線放射を妨げ保温する。こうした作用も雲の高さや厚さによって、どちらが効くかが変わります。

このように、モデルにはパラメタ化という不確実な部分があり、複雑なフィードバックによってさらに不確実になる。ですから、気候予測モデルの結果はなかなかひとつに決まらないんです。もちろん、少しでも現実に近くなるように、観測データと照合してモデルを検証し改良したり、日々努力しています。モデル間の相違の原因解明も私たちの研究なのです。

●高解像度化する予測モデル

幸運にも私たちは世界最速のスーパーコンピュータ「地球シミュレータ」を使

って地球温暖化予測を行うことができます。独占はできませんから、コンピュータ全体の13%くらいを使って将来100年の予測を継続的に行っていきます。現在、それに合わせた実験をデザインしてモデルの準備をしているところです。国立環境研究所、東京大学気候システム研究センター、地球フロンティア研究システムによる共同研究です。大気、陸面、河川、海洋・海氷というモデルを組み合わせて同時に走らせます。大気と陸面と河川は80個、海洋は608個の領域に切ってそれぞれの領域をひとつのCPUが計算します。「地球シミュレータ」のひとつのノード(=8CPU)は従来のスーパーコンピュータ並みの能力がありますから、それを80個ほど並べて計算するのと同じですね。モデルを産業革命前の気候条件にして温暖化以前の気候を表現できるか確かめたり、過去140年の気候変化がちゃんと表現できるかも調べます。その後、将来予測のシナリオをいくつか行う予定です。現在開発中の大気モデルは従来のモデルより約5倍も格子が細かいので、梅雨前線なども従来に比べてうまく表現

できます。海洋はさらに高解像度ですから、海洋中の熱輸送に関しても非常に正確に表現できると思います。半経験的に取り扱うべき部分も残ってはいますが、あとは私たちの努力次第です。コンピュータ、観測、モデリング、これが三位一体となって、さらに予測の精度は上がっていくといえます。

「100年後の話なら予測が外れても責任をとらずにすむね」などと冷やかされますが、敢えて100年後を予測するのは、気温の上昇が自然変動なのか温暖化によるものなのかを判断するのに、50年では温暖化が発展段階で区別しにくいという科学的理由からです。そして、100年後の気候を決めるのは私たちを含めてそれまでに生きてきた人たちです。温暖化より経済の方が切迫しているという人もあるでしょうが、地球環境問題はやがて世界の最も深刻な関心事になるはず。自分が死んだあとのことを心配するかどうかは価値観の問題ですが、私の話がこの問題を一人ひとりの問題として考えるきっかけになれば幸いに思います。



Report

沖縄・名護漁港で「なつしま」一般公開を実施

海洋科学技術センターでは、より多くのみなさんに海洋科学技術への理解を深めていただくために、所有船舶などの一般公開を各地で実施している。2003年8月23日(土)には沖縄・名護漁港において、支援母船「なつしま」と無人探査機「ハイパードルフィン」の一般公開が行われた。この日の来場者総数は577名。

船舶の公開に加えて、会場では第5回全国児童「ハガキにかこう海洋の夢絵画コンテスト」の上位入賞作品の展示や、小型ROV(TVカメラを搭載した無人探査機)の操縦デモンストレーションも行われた。



Book

『地球温暖化予測がわかる本〜スーパーコンピュータの挑戦〜』近藤洋輝/編 成山堂書店/刊 2,600円(本体価格)

環境問題の筆頭課題ともいえる「地球温暖化」。本書はその温暖化現象の予測がどのようにしてなされてきたかをまとめたもの。世界気象機関(WMO)と国際環境計画(UNEP)の共催による「気候変動に関する政府間パネル」(IPCC)は、温暖化のメカニズム、環境や社会経済への影響や対策などを整理する国際会議。1988年以来、科学的知見から3つの報告書を発表し、そのつど国際社会の進む方

向性に大きな指針を与えてきた。その膨大な報告書の内容やポイントを、日本政府代表としてIPCCに関わってきた著者が整理してまとめている。細かいデータや数式はとりあえず、各章の冒頭1ページに設けられたまとめを読めば、どのようなシナリオをもとにその予測が進められてきたかを掴むことができる。環境問題に興味を持つ学生や、温暖化予測の数値的な裏付けの

詳細を知りたい人にはお薦めの一冊。先端知識と技術を使って、複雑な地球のシステムをどのように把握するのかわかるこ



『Blue Earth』定期購読のご案内



<http://www.jamstec.go.jp/jamstec-j/regular/index.html>

発行日にお手元に届く便利な年間定期購読をご利用ください。定期購読を申し込まれる方は、以下の内容をハガキかEメールにてお送りください。購読するためには、定価+送料+振込手数料がかかります。

郵便番号・住所・氏名・機関名・所属(学年)・TEL・FAX・E-mailアドレス・定期購読を希望する刊行物名(海と地球の情報誌「Blue Earth」)

支払方法

・年度一括: 4月から翌年3月までの1年分(5・6月号〜翌年3・4月号)を一括でお振り込みいただけます。
・一誌毎: 毎号送付する際に請求書を同封いたします。その都度振込手数料がかかります。

送り先

〒236-0001 神奈川県横浜市金沢区昭和町3173-25
海洋科学技術センター 横浜研究所 情報業務部 情報業務課
「Blue Earth」編集室

送信先

info@jamstec.go.jp

お問い合わせ

海洋科学技術センター 横浜研究所 情報業務部 情報業務課
TEL: 045-778-5350
FAX: 045-778-5424
E-mail: info@jamstec.go.jp