

Blue Earth

海と地球の情報誌

ISSN 1346-0811
2010年6月発行
隔月年6回発行
第22巻 第3号
(通巻107号)

2010 5-6 107

Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

コンピュータのなかに見えてきた 温暖化した 地球の姿

海溝型巨大地震への挑戦

ウミガメを保護したい

中学生と浜太郎の願い

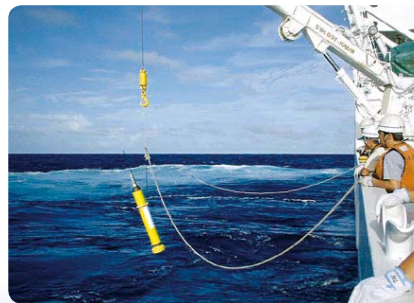
新連載 理科からつながる研究最前線

磁石 → 地球の磁場 → 生命・宇宙

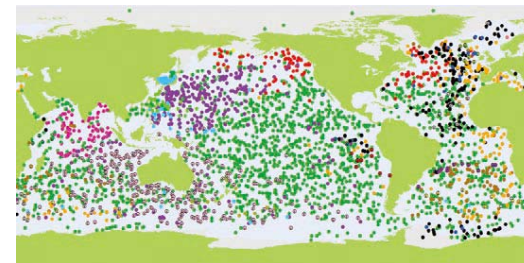
海洋の顕著な温暖化を確認

なぜ地球にだけ
大陸があるのだろうか？

投下式水温水深計(XBT)の投下。投下されたフロートは沈みながら水温を測定し、信号線を通してデータを船上記録器に伝える。航行中の船上から投下できるので手軽だが、フロートは深度を測定せず着水後の経過時間から換算して深度を求めるため、誤差が出てしまう。今回、XBTの誤差を評価できたことで、過去の観測データも利用することが可能になった



アルゴフロートの投下。水深2,000mから海面の間を自動的に浮き沈みして水温や塩分などを測定。データは通信衛星を使って送信する



アルゴフロートの分布図(2010年2月現在)

2010年2月末現在で3,255本のアルゴフロートが世界中の海で観測中である。北太平洋やインド洋にある紫色の点が、日本が投入した312本のフロート。国別の投入本数1位はアメリカの1,833本

- 1 **Close Up**
最近16年間の海洋の
顕著な温暖化を確認

- 2 **特集**
コンピュータのなかに見えてきた
温暖化した地球の姿

- 18 **Aquarium Gallery**
日和佐うみがめ博物館カレッタ
ウミガメを保護したい
中学生と浜太郎の願い

- 20 **私が海を目指す理由**
なぜ地球にだけ大陸があるのだろうか？
谷 健一郎
地球内部ダイナミクス領域 地球内部ダイナミクス基礎研究プログラム
地殻進化研究チーム 技術研究副主任

- 24 **【新連載】理科からつながる研究最前線**
磁石→地球の磁場→生命・宇宙

- 28 **Marine Science Seminar**
海溝型巨大地震への挑戦
最新の地震研究と防災研究

- 32 **BE Room**
編集後記
『Blue Earth』定期購読のご案内
JAMSTECメールマガジンのご案内

Close Up

最近16年間の海洋の顕著な温暖化を確認

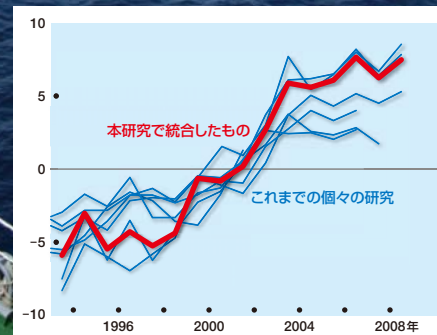
1993～2008年に得られた観測データの解析から、全球球表面を1m²あたり0.64ワットで16年間加熱したことと同量の熱量を、海洋が蓄えてきたことが明らかになった。海洋が蓄えてきた熱量(貯熱量)は、全人類67億人がそれぞれ100ワットの電球500個を16年間点灯し続けるエネルギーに相当する。これにより、海洋が最近16年間で明らかに温暖化したことが確認された。日本、アメリカ、イギリス、ドイツが参加する国際的な研究グループによる成果で、科学雑誌『Nature』2010年5月20日号に発表した。

海洋貯熱量は、投下式水温水深計(XBT)やアルゴフロートによって測定された水温などから求められる。しかし、個々の研究によって求められた海洋貯熱量の値にはばらつきがあった。その原因は観測データの誤差にあると指摘されていた。今回、研究グループの石井正好氏は、観測データから誤差を取り除いた上で厳密な解析を行うことで、海面から水深700mまでの海洋貯熱量の変化を正確に求めることに成功し、研究に大きく貢献した。

地球温暖化によって地球が新たに蓄える熱量の80～90%は海洋に吸収されているといわれている。海洋貯熱量の増加は、海水膨張による海面上昇の直接的な原因になるだけでなく、大気との熱の交換を通じて気候変動に大きな影響をもたらす。そのため、海洋貯熱量とその変化を正確に見積もることは、地球温暖化を正しく理解するためにも重要である。正確な海洋貯熱量のデータを使うことで、地球温暖化の予測精度も向上すると期待されている。

(取材協力: 石井正好 気象庁 気象研究所 気候研究部 主任研究官/海洋研究開発機構 地球環境変動領域 主任研究員)

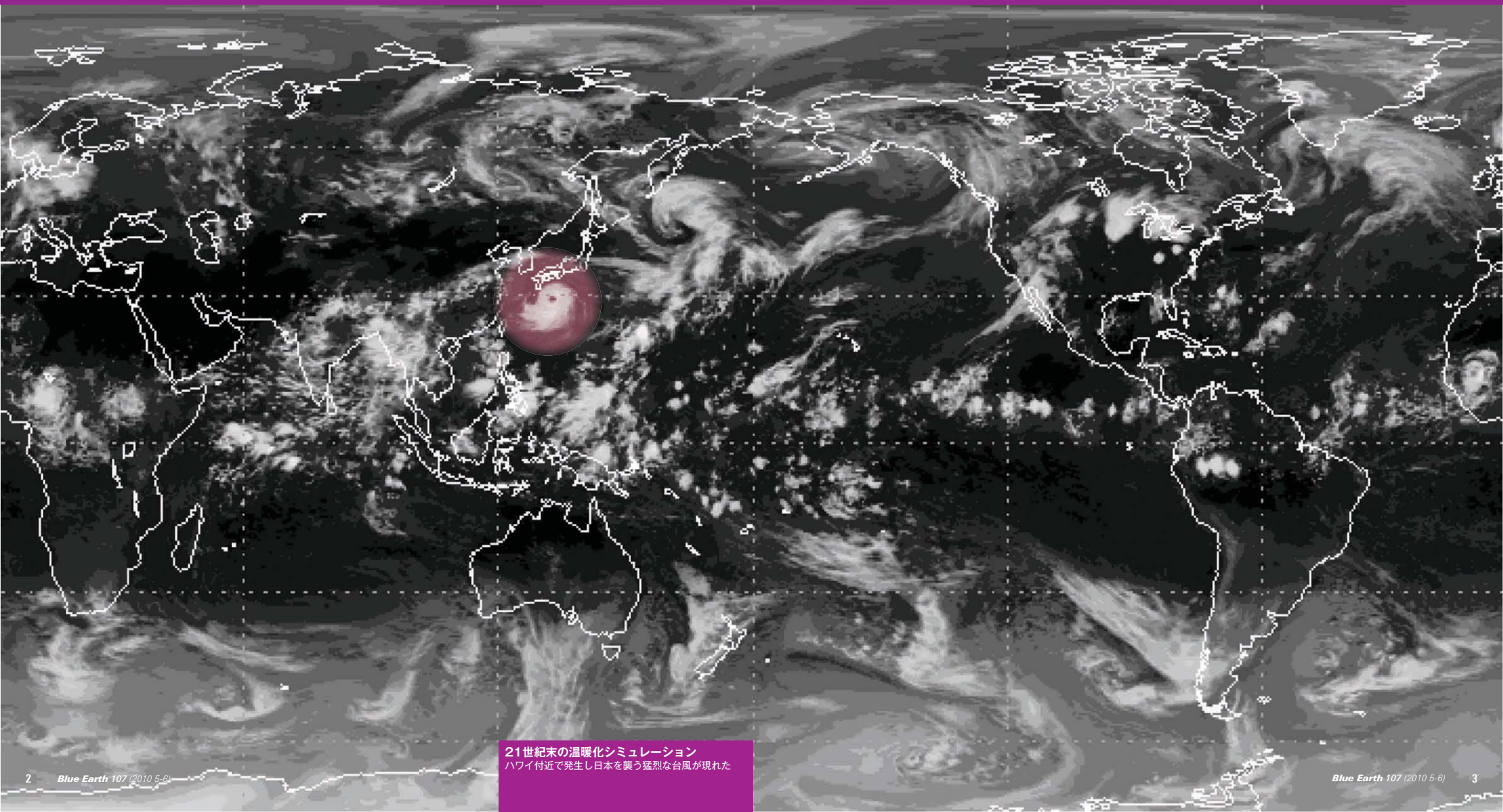
海洋表層(水深0～700m)における貯熱量の偏差の年変化
縦軸は、この期間内の平均貯熱量からの差(単位は10²¹ジュール)を示す。これまでに求められた貯熱量は、研究ごとにばらつきが大きかった(青)。今回、XBTやアルゴフロートの観測データの誤差を取り除き、厳密な解析を行った結果、海洋貯熱量の変化を精密に求めることに成功(赤)。水深700m以下の海洋貯熱量の解析が今後の課題である



コンピュータのなかに見えてきた 温暖化した地球の姿

21世紀末、ハワイ近海で発生した台風が発達しながら西へ進み、猛烈な勢力となって日本列島を襲う——温暖化した地球で何が起き得るのか。コンピュータのなかで温暖化した地球の姿が詳細に描かれ始めている。詳細な予測は、温暖化に立ち向かうために欠かせない情報だ。海洋研究開発機構（JAMSTEC）で進められている温暖化研究の最新成果と、2013年に発表が予定されているIPCC（気候変動に関する政府間パネル）「第5次評価報告書」へ向けた取り組みを紹介しよう。

取材協力 IPCC貢献地球環境予測プロジェクト / 地球環境変動領域 地球温暖化予測研究プログラム / 地球環境変動領域 次世代モデル研究プログラム



21世紀末の温暖化シミュレーション
ハワイ付近で発生し日本を襲う猛烈な台風が現れた

温暖化は人類の活動が原因——IPCC第4次 評価報告書

取材協力：
時岡達志
IPCC貢献地球環境予測プロジェクト
プロジェクトリーダー

2007年、世界中の温暖化研究の最新成果をまとめた報告書が発表された。国連のIPCC（気候変動に関する政府間パネル）「第4次評価報告書（AR4）」だ。そこでは、地球の平均気温が1906～2005年に0.74℃上昇、20世紀後半の北半球の平均気温は過去1300年のなかで最も高いと指摘された。

このような温暖化の原因は何か。地球の気温に影響を与えるものには、火山噴火や太陽活動の変動などの自然要因と、温室効果ガス排出などの人為的な要因がある。温室効果ガスとは、熱を閉じ込める効果がある二酸化炭素（CO₂）やメタンなどのこ

とだ。

「AR4の最大のポイントは、“人為起源の温室効果ガスの増加が温暖化の原因だった可能性がかなり高い”という結論を出したことです」と時岡達志プロジェクトリーダー（PL）は指摘する。その結論の根拠となったのが、コンピュータのなかで地球の気候を再現する「気候モデル」による研究だ。

世界のさまざまな研究グループが気候モデルを開発し、過去100年間の地球の気候変動を再現する実験を行った。地球の平均気温は1940年代～60年代には低下傾向を示したが、それは自然の要因だけ

でほぼ再現することができる。しかし、20世紀後半の気温上昇は、自然要因だけでは再現できない。人為的な要因を加えることによって初めて再現できるのだ。

「IPCCの第1次の評価報告書が発表されたのは1990年です。第1次では、“20世紀後半の気温上昇は人為的な影響なのか自然の変動なのか分からない。両方の可能性がある”という記述でした。それが第2次では“人為的影響が示唆される”、第3次では“ほとんどは人為的影響”となり、そして第4次では上に述べたように結論付けられたのです」

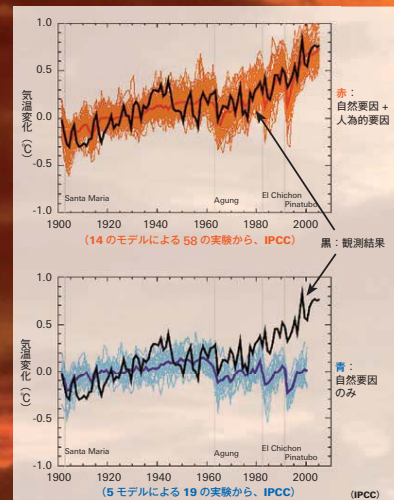
それでは、21世紀にはどのくらい温暖化が進むのか。AR4では、環境重視か経済重視か、世界志向か地域志向かによって、大きく4つの社会シナリオ群（ファミリー）を想定し、それぞれの温室効果ガス排出量や温暖化の推移を、さまざまな気候モデルによって予測している。そして社会シナリオにより、1.8～4.0℃の気温上昇が起きると予測している。

では、このような温暖化した地球では何が起きるのか。そもそも気候モデルによる予測は、どこまで確かなのだろうか。

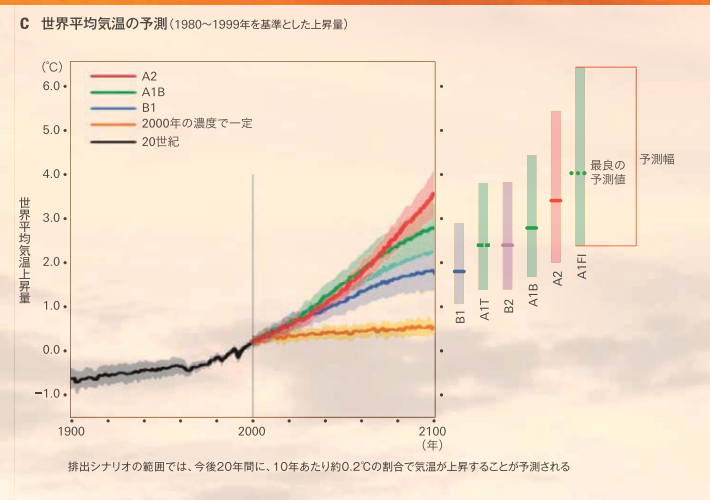
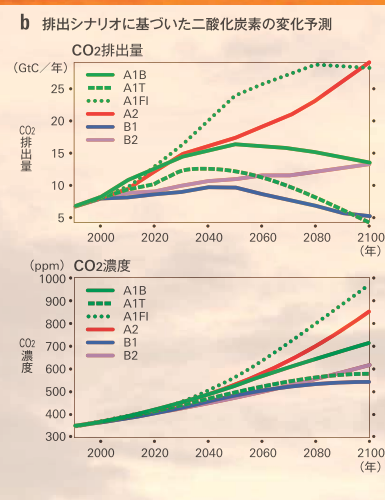
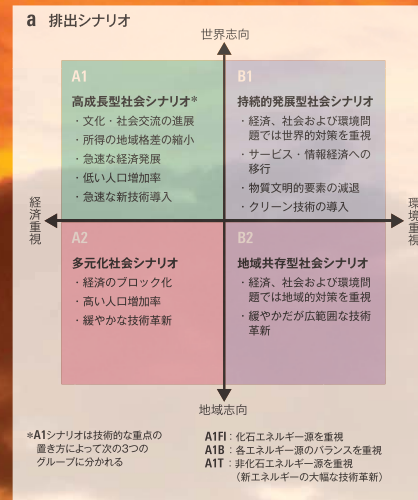
IPCC：世界気象機関（WMO）と国連環境計画（UNEP）の協力のもと、1988年に設立された。その任務は、CO₂などの温室効果ガスの増加に伴う地球温暖化の科学的・技術的および社会・経済的評価を行い、得られた知見を、政策決定者をはじめ広く一般に利用してもらうことにある。

温暖化の原因を特定した気候モデル実験

近年の気温上昇は自然の要因だけでは再現できず（下）、人為的な要因を加えて初めてうまく再現できる（上）



IPCC第4次評価報告書における21世紀の温暖化予測



21世紀初頭、温暖化は止まったのか？——太平洋十年規模振動の近未来予測に成功

取材協力：

望月 崇

IPCC貢献地球環境予測プロジェクト

近未来気候変動予測研究グループ

特任研究員

IPCC第4次評価報告書（AR4）では、いずれの社会シナリオでも、2030年ぐらいまで地球の平均気温は10年あたり約0.2℃上昇すると予測している。ところがここ数年、地球の平均気温の観測値は横ばい傾向を示している。地球の温暖化は止まったのだろうか。

望月 崇 研究員たちは、近年の横ばい傾向が、「太平洋十年規模振動（PDO）」によることを突き止めた。「PDOとは、太平洋において、日本の東方海域と、アラスカからカリフォルニア沿岸・赤道太平洋域の海面水温が、一方が高いとき他方は低いパターンを示し、それが10～20年くらいの周期で入れ替わる海洋の変動のことです。この変動は海と大気の相互作用によって起きると考えられています。変動のメカニズムはまだ完全には解明されていません」

日本の東方海域よりも、アラスカから赤道太平洋域にかけての面積は広い。「このため、アラスカ～赤道太平洋域の海水温が高いとき、地球の平均気温を約0.2℃上昇させます。この状態をPDOが正、逆に日本の東方海域の海水温が高いときをPDOが負と呼びます。PDOが負のときには、地球の平均気温を引き下げます。2006年ごろPDOが正から負へ入れ替わったため温暖化を抑え、現在、地球の平均気温は横ばいになっているのだと考えられます」

再びPDOのパターンが正へ入れ替わることで、地球の平均気温は上昇傾向に戻ると予測される。それはいつごろ起きるのか。望月研究員たちは、東京大学と国立環境研究所、JAMSTECが共同開発した「MIROC」という気候モデルを応用してPDOを再現するシステムを開発した。

「PDOという現象があることが初めて指摘されたのは1990年ごろ。そして1997年に過去の変動パターンが明らかになりました。しかし、気候モデルで過去に起きたPDOの変動を再現することはできませんでした。十年規模の長期変動の再現には、膨大な計算時間が必要なので、従来のコンピュータでは実現困難だったのです。それが2002年、スーパーコンピュータ“地球シミュレータ”の登場で可能になりました。私たちは、天気予報に用いられている手法を応用して、海水温や塩分などの観測データをモデルに教え込んでPDOを再現するための新しいシステムを開発、地球シミュレータを使って数カ月間かけて計算することで、過去のPDOの変動を再現することに成功しました」

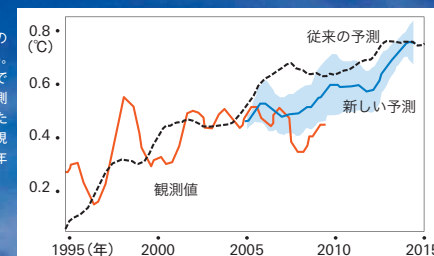
さらに望月研究員たちは、開発したシステムに1945年から2005年までの観測データを入力して、2005年7月1日における地球全体の気候状態をモデル上で現実的に表し、PDOの将来予測を行った。すると、2006年にPDOが正から負へ入れ替わることが再現され、2012～13年ごろまで負のパターンが続くという予測結果となった。「少なくとも2012～13年ごろまでPDOが負になる影響で、地球の平

均気温は横ばい傾向が続くと考えられます。一方、日本近海の海水温は高い状態が続くので、猛暑の年が増えるはずですよ」

ただし、現在のモデルで確かな予測ができるのは6～7年先までだ。「私たちは長期の予測精度を高めるとともに、海水温や気温、降水量の詳細な予測を行う研究を進めています」。気候モデルでは、大気や海洋をメッシュに区切って計算を行う。「従来のMIROCでは海を100km四方ごとに区切って計算します。私たちはそれを20km四方ごとに細かく区切り、1年がかりで計算を進めているところです。2010年の秋には新しい計算結果が得られます」。その計算には、計算速度が3倍以上に更新され2009年3月から稼働を始めた“2代目”の地球シミュレータが用いられている。

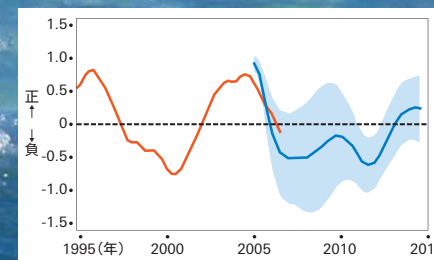
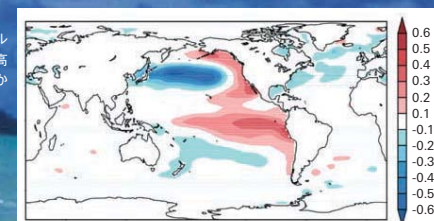
近年の地球の平均気温

従来の予測とは異なり、地球の平均気温の観測値は近年、横ばい傾向を示している。この傾向はPDOを取り入れた予測（青）で説明することができる。青いラインは観測データの入力した方をわずかに変化した10通りの再現実験の平均値。青帯は再現実験の予測の幅。縦軸は1961～1990年の平均値からの差を示している



PDOが正のときの典型的な海面水温

太平洋において、アラスカからカリフォルニア沿岸・赤道太平洋域の海面水温が高く、日本の東方海域が低い状態。平均値からの差を示している



PDOの観測値（赤）と予測値（青）

2012～13年までPDOが負である可能性が高い。縦軸は海面から水深300mまでの平均水温の、長期的温暖化傾向からのずれを示している

メッシュをより細かく区切って計算することで、温暖化した地球で、PDOが負になり日本近海が高温となったとき、集中豪雨などをもたらす梅雨前線の活動がどうなるか、といった詳細な予測が可能となる。「私たちの予測データを水問題の研究者に提供して洪水対策を検討したり、水産資源の研究者に送って海水温の変化が漁業に与える影響を探ったりする共同研究を始めています」

2070年代、北海道以外の日本の平野部では積雪がゼロに——ダウンスケールによる温暖化対策が始まった

取材協力：
木村富士男
地球環境変動領域
次世代モデル研究プログラム
プログラムディレクター

温暖化による影響は、私たちの暮らしや経済などあらゆる面に及ぶ。私たちは、いまから温暖化への備えを始めなければならない。ただし、IPCC第4次評価報告書（AR4）までのほとんどの気候モデルは、地球全体を300～100km四方ごとに区切って計算をしている。

「たとえば農家の人ならば、究極的には自分の田畑がある場所の気候が、どう変わるかを知りたいわけです。しかし地球全体を細かく区切って予測するには膨大な計算時間が必要です。そこで、特定の地域だけを細かく区切って計算し直す“ダウンスケール”という次善の方法を用いた研究を進めています」と木村富士男プログラムディレクター（PD）は語る。

木村PDたちは、地球全体をおよそ300km四方ごとに区切って計算した気候モデル（GCM）をもとに、日本列島だけを5km四方に細かく区切って計算し直し、2070年代の降雪量を予測した。「MIROC3.2と呼ばれるGCMでは、2070年代に地球全体の平均気温は、いまより2.5℃上昇すると予測しています。そのとき日本列島の2月の平均気温は3℃上昇します。現在、日本海側の多くの地域では、気温が2～3℃以下になると雪が降ります。そこで3℃の上昇が起きると、雪から雨へ変わるケースが増えます。ただし積雪量を予測するには、気温だけでなく降り積もった雪が日射などで融ける効果なども考慮しなければなりません。私たちは、日々何cm雪が積もり、どれくらい融けるかを計算して

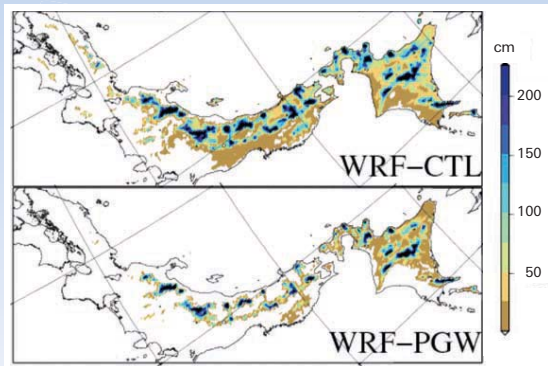
積雪量を予測しました」

すると、大きく様変わりする日本の冬の姿が見えてきた。「北海道以外の標高が500m以下の平野部では、雪がほとんど積もらなくなります。全体の積雪量も大幅に減少します」

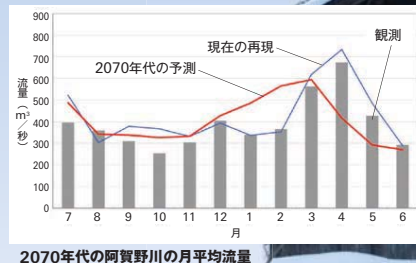
積もった雪を融かしたときの積雪水量という値で見ると、その量は日本全体で7～5割も減少する。積雪は水を貯蔵するダムとしての役割を持つ。積雪量の変化は河川の月ごとの流量を変動させ、農業などに大きな影響を及ぼす可能性がある。木村PDたちは、水田地帯の広がる新潟平野に注ぐ阿賀野川の月平均流量の予測を行った。「現在と2070年代の流量を比較すると、1～2月が増えて、田植えを行う4～5月の流量が大きく減少することが分かりました」

農業には、水だけでなく、日射量や最低気温などの情報が重要だ。「近年、ダウンスケールによって詳細な予測が発表され始め、農業だけでなく、さまざまな分野の人たちが温暖化研究の成果に関心を持ち始めています。それぞれの分野の人たちが温暖化対策を進めるには、私たちはどのような項目に焦点を当てて将来予測を行えばよいのか、各分野の専門家との対話が必要です」

2010年度から、文部科学省や環境省による温暖化対策の3つの研究プロジェクトがスタートした。それらの研究プロジェクトは所管府省の枠を超えて連携して進められている。「2010年、温暖化に立ち向かうための研究が本格的に始まったのです」



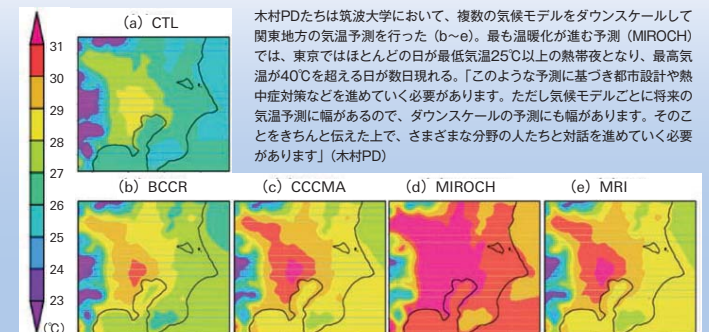
ダウンスケールで再現した現在（上）と2070年代（下）の大みそかにおける積雪量



2070年代の阿賀野川の月平均流量

岐阜県の白川郷。2070年代、この地域にも雪がほとんど積もらなくなる可能性がある

関東地方の2007年8月の平均気温（a）と2070年代、8月の平均気温の予測（b～e）



木村PDたちは筑波大学において、複数の気候モデルをダウンスケールして関東地方の気温予測を行った（b～e）。最も温暖化が進む予測（MIROC）では、東京ではほとんどの日が最低気温25℃以上の熱帯夜となり、最高気温が40℃を超える日が数日現れる。「このような予測に基づき都市設計や熱中症対策などを進めていく必要があります。ただし気候モデルごとに将来の気温予測に幅があるので、ダウンスケールの予測にも幅があります。そのことをきちんと伝えた上で、さまざまな分野の人たちと対話を進めていく必要があります」（木村PD）

21世紀末、猛烈な台風が日本列島をたびたび襲う——台風の発生を直接計算できるモデルを開発

取材協力：
大内和良
IPCC貢献地球環境予測プロジェクト
全球雲解像モデル温暖化研究グループ
特任技術研究副主任

1959年に発生した伊勢湾台風は、5,000人を超える死者・行方不明者を出した。IPCC第4次評価報告書（AR4）では、「温暖化が進むと台風やハリケーンなど熱帯低気圧の発生数は減るが、強度が増す」と予測した。ただし、地域別の発生数や具体的な強度については不明だった。温暖化した地球では、伊勢湾台風のような猛烈な台風が日本列島をたびたび襲うようになるのだろうか。

気象庁気象研究所などの研究グループは、熱帯低気圧の構造を精度よく再現する気候モデルをつくり上げた。その開発を中心的に進めたのが、大内和良 副主任だ。「従来の気候モデルのように100km四方の解像度では、中心に目があり、その周りに渦を巻いた雲ができる台風の構造を再現できません。私たちは解像度を20km四方にして、地球シミュレータで計算することで、台風の構造を再現することに初めて成功したのです。ただし、たくさん積乱雲が集まって塊となり台風が発達していく過程については、経験に基づく仮定を含んだ式で計算したものでした」

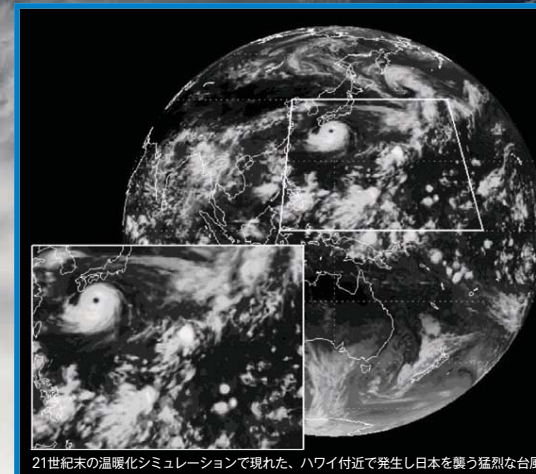
大内副主任たちは2010年、東京大学とJAMSTECが開発を進めてきた全球雲解像モデル「NICAM」により、台風の発生から消滅までを再現した。「解像度が十数km以下となるよう正20面体をメッシュで区切り、雲が集まり塊となる過程を物理法則に基づき直接計算して、熱帯低気圧を再現することに世界で初めて成功したのです」

大内副主任たちは、現在の気候と21世紀末の気候において、6～10月に発生する熱帯低気圧の再現実験を行い、地域別の発生数や強度を比較した。「地球全体で見ると熱帯低気圧の数は減少します。そして21世紀末の温暖化した地球で発生する台風の3割は、現在はまれにしか発達しないような猛烈な強さとなります」

21世紀末の台風の進路は現在とあまり変わらない。現在、日本列島には年平均で2～3個の台風が上陸する。21世紀末はそのうちの1個が猛烈な台風となる可能性がある。そしてコンピュータのなかに再現された21世紀末の地球では、現在にはない進路で発達する台風も現れた。「ハワイ近海で発生した台風が西へ進み、勢力を拡大しながら日本列島にやって来る猛烈な台風が現れました。21世紀末はこの海域の海水温が上昇するため、台風は発達し

続けることができるのです」

防災体制を整備するには長い時間がかかる。「伊勢湾台風では高潮により大きな被害が出ました。将来の猛烈な台風により、日本各地でどのくらいの高さの波が発生する可能性があるかなど、防災予測に役立つ基礎データも提供できるような研究も進めていくつもりです」



21世紀末の温暖化シミュレーションで現れた、ハワイ付近で発生し日本を襲う猛烈な台風

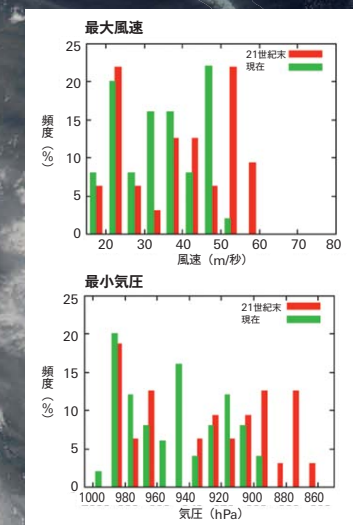
海域	インド洋	西太平洋	東太平洋	大西洋	全球
領域	30E-100E	100E-180	180-90W	90W-0	---
観測	5	20	12	14	51
現在	10	20	7	13	50
将来	3	21	7	1	32

熱帯低気圧の発生数（6～10月）

観測値と、気候モデルで現在と21世紀末の再現実験により発生した熱帯低気圧の数を地域別に示した（21世紀末の気候はAR4のA1B社会シナリオ、4～5ページ参照）

再現実験による現在と21世紀末の台風の強度比較

観測史上最強の1979年台風20号（870hPa）に匹敵する猛烈な台風が、21世紀末にはたびたび発生する



写真：NASA

数千年後、グリーンランド氷床は消滅する?——“速い流れ”を再現できる氷床モデルを開発

取材協力：
齋藤冬樹
地球環境変動領域
地球温暖化予測研究プログラム
古気候研究チーム
研究員

グリーンランド西岸中部に
位置する町イルリサット付近
から海へ流れ出た氷山
(撮影：齋藤冬樹 研究員)

温暖化により、グリーンランドや南極大陸の氷床、ヒマラヤの氷河など陸上の氷が融けて海に流れ込むと、海面水位の上昇が起きる。また海水の熱膨張によっても海面水位は上がる。

IPCC第4次評価報告書（AR4）によると、すでに20世紀中に17cmの海面上昇が起きたと推定されている。そして1980～1999年を基準として比べた21世紀末の海面上昇は、社会シナリオA1FIでは26～59cmと予測している。海面上昇により、海拔の低い島々や沿岸地域、河口のデルタ地帯で洪水の被害が拡大しやすくなる。AR4は、2080年代までに、毎年の洪水の被害人口が数百万人増えるおそれがあると警告している。

「ただし、21世紀の海面上昇は、AR4の推定よりもスピードアップする可能性があります。これまで、温暖化による氷床の変化を予測する氷床モデルでは、グリーンランド氷床が海へ流れ込む“速い流れ（アイスストリーム）”を再現できていなかったからです」と、齋藤冬樹 研究員は指摘する。「北極は南極に比べて平均約20℃も気温が高く、

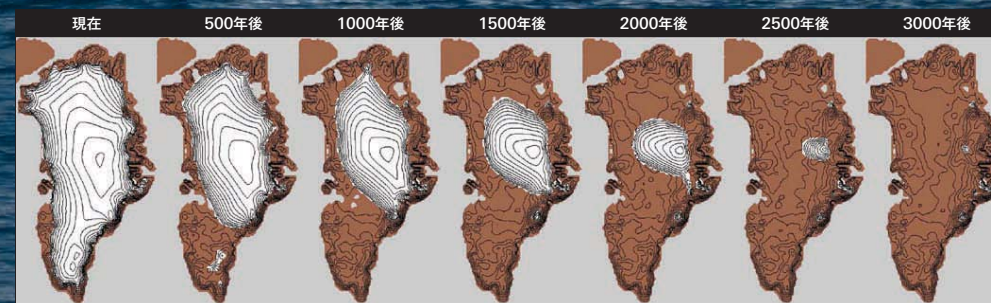
グリーンランドの氷床はすでに融け始めています。その半分は沿岸部で融け、半分は海に流れ込んで融けています。これまでの氷床モデルでは、氷床全体のゆっくりとした流れは再現できていましたが、局所的な速い流れは再現できていなかったのです。AR4でもこの問題点が指摘されていました」

氷床の速い流れは幅が最も広いものでも10km程度。AR4までの氷床モデルは解像度が10～20kmだったが、速い流れを再現するには5km以下の解像度が必要だ。「ゆっくりとした流れは、氷床が地表面を引きずるとき2つの応力で計算できますが、速い流れは後ろから押される力など5つの力を計算する必要があります。私たちは、解像度を5kmにしてその5つの力を計算する氷床モデルの開発を進めています。世界のほかのグループも同様の開発を進めているので、第5次評価報告書（AR5）には速い流れをある程度再現した氷床モデルによる予測が盛り込まれるでしょう」

グリーンランド氷床がすべて融け切ると、海面

は6～7m上昇する。「100～200年後に氷床の大部分が融けてしまうことはなさそうですが、温暖化の進み方によっては、数千年後にはグリーンランド氷床は消滅してしまう可能性があります。従来の氷床モデルでシミュレーションを行うと、グリーンランド氷床の大部分が残るか消滅するかの境目は、2～4℃の気温上昇だからです」

地球全体の平均に比べて、グリーンランドの気温上昇は約1.5倍高くなる傾向がある。AR4が21世紀末に予想している1.8～4℃という気温上昇が続くと、グリーンランド氷床はすべて融け切ってしまうおそれが高いのだ。「そして速い流れの効果を考えると、従来モデルの予測よりも速いスピードで融けていく可能性があるのです」



従来モデルによる、グリーンランドの気温が現在よりも7℃上昇したときの氷床の変動予測

より確かな温暖化予測に向けて ——温暖化の行方を左右する雲を再現する

取材協力：
佐藤正樹
IPCC貢献地球環境予測プロジェクト
全球雲解像モデル温暖化研究グループ
グループリーダー

温暖化に備えるために、より確かな温暖化予測が求められている。大気中のCO₂濃度が倍になったとき、地球の平均気温が何℃上昇するのかを「気候感度」という。現在のさまざまな気候モデルで気候感度を求めると1.5～4.5℃という大きな幅が出る。なぜ、これほどの幅が生じるのか。

「この幅をもたらす最大の要因は、雲です。温暖化した地球でどのような雲が発生して温暖化に影響を与えるのかが不明なのです」と佐藤正樹グループリーダー（GL）は解説する。

雲には、太陽光を遮り温暖化を抑える「日傘効果」と、地表の熱を閉じ込めて温暖化を進める「温室効果」がある。その効果の現れ方は雲の高度によって異なる。「高度1kmくらいの高さにある下層雲は日傘効果が大きく、高度10km付近に雲頂を持つ上層雲は2つの効果が同じくらい、と大まかに理解されています」

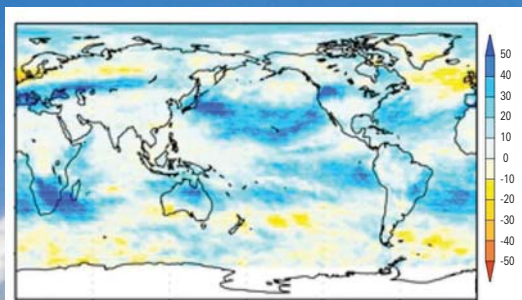
では、温暖化した地球で雲の分布はどうなるのか。それを再現するために佐藤GLたちが開発を進めてきたのが、全球雲解像モデル「NICAM」だ。「開発のポイントは2つです。1つは雲を再現するための高い解像度と地球を区切るメッシュのかたちです。従来の気候モデルは解像度が100km四方でしたが、NICAMでは正20面体を細分化した5角形や6角形のメッシュで区切ることによって10km程度に分割します。従来の立方体のメッシュでは、赤道付近では大きな区切り、両極では小さな区切りになってしまい、計算上不都合がありました。正20面体を分割したメッシュならば全球をほぼ均等に区切ることができるのです」

もう1つのポイントは、雲を物理法則に基づいて再現したことだ。「これまでの気候モデルでは、気温、水蒸気、気圧などがこういう条件ならばこういう雲ができるものだ、という経験に基づく仮定を含んだ計算式で雲を再現していました。それが気候感度に大きな幅をもたらしていたのです。NICAMでは、上層雲については物理法則に基づき直接計算して再現します」

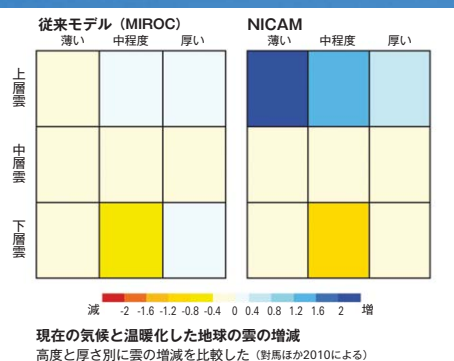
NICAMにより、温暖化した地球での雲の分布を再現すると、従来モデルとは異なる結果となった。「従来モデルでは上層雲は減ると予測していましたが、NICAMでは逆に増えるという結果になったのです。雲が厚いと日傘効果が強くなります。上層雲の厚さを詳しく再現して、日傘効果と温室効果のどちらが強く働くかの検討を進めたいと思います」

一方、温暖化を抑える日傘効果の強い下層雲については、NICAMでも従来モデルと同様に将来減少するという予測結果になった。「下層雲はサイズが小さいため、従来モデルと同様に仮定を含んだ計算式で計算しています。しかし解像度を高めたことで再現性がよくなりました。2012年、神戸市に次世代スーパーコンピュータが完成する予定です。これを使えば、水平方向に1km以下の解像度でNICAMを動かして、下層雲についても物理法則に基づいた予測が可能になると期待しています」

NICAMによる研究は、気候感度の精度を高めることに役立つとともに、先に紹介したように台風など熱帯低気圧の予測に大きな成果を挙げ始めている。さらに解像度の高い計算を行うことで、世界各地の詳細な気候予測に威力を発揮すると期待されている。



温暖化した地球での上層雲の増減分布
従来モデルとは逆に、NICAMでは上層雲が増えるという予測結果が得られた



地球環境にかかわる相互作用を 気候モデルに組み込む

取材協力：
河宮未知生
IPCC貢献地球環境予測プロジェクト
長期気候変動予測研究グループ
グループリーダー

より確かな温暖化予測を行うには、人類の活動により排出されたCO₂がどれくらい大気中のCO₂濃度を上昇させるのかを、正確に予測することも重要だ。

IPCC第4次評価報告書（AR4）によると、2000～2005年の年平均で、人類の活動により炭素換算で72億トンのCO₂が排出されている。このうち31億トンは、植物が光合成に使ったり海に吸収されたりするが、41億トンが大気中に蓄積していると推計されている。ただしAR4では、「CO₂の自然の吸収力が、温暖化によって弱まる」という新見解が発表された。こうした知見が得られるのには、河宮未知生グループリーダー（GL）たちが開発した「地球システム統合モデル」による研究が大きな貢献をしている。

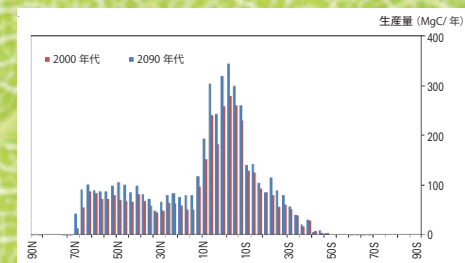
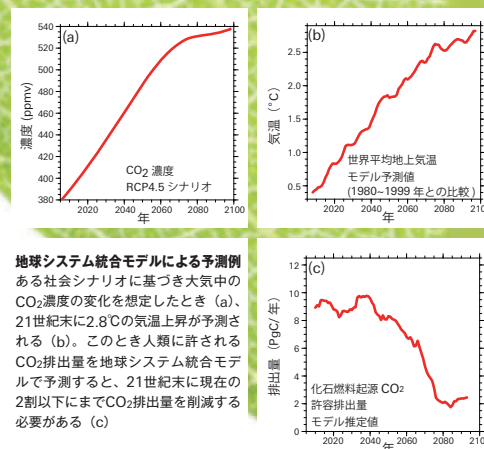
「CO₂濃度が高まれば、植物の光合成が盛んになってCO₂をたくさん吸収するようになります。しかし気温が上がると食べ物腐りやすくなるように、落ち葉など土壌中の有機物の分解が盛んになりCO₂の放出量が増えます。また海水温が高くなるとCO₂は溶けにくくなります。トータルで見ると、温暖化によりCO₂の自然の吸収力が弱まる可能性があるのです」

このような地球環境にかかわるあらゆる要素の相互作用を取り入れた気候モデルが「地球システム統合モデル」だ。河宮GLたちは、人類がCO₂排出量を大きく削減したケースやあまり削減しないケースを想定して、人類のCO₂排出量と大気中のCO₂濃度・気温上昇との関係を、地球システム統合モデル

で予測している。「このような予測に基づき、社会科学などさまざまな分野の研究者が、CO₂排出削減に伴う経済への影響や温暖化による被害の予測を行い、その成果を第5次評価報告書に盛り込むことになっています」

数百年のタイムスケールで見ると、温暖化により熱帯植物の分布が高緯度域へ広がったり、寒冷地の草原が森林になるといった植生分布の変化が起きる可能性がある。このような植生分布の変化は、自然のCO₂吸収力や気候へ影響を与える。河宮GLたちは300年先までの長期予測にも取り組んでいる。「大気中のCO₂濃度がある一定の値になったとき、植生分布がどのように変化し、地球の気候がどのレベルで安定化するかを知るには、300年程度のタイムスケールで検討する必要があります」

研究を進める過程で、これまで考慮されてこなかった相互作用が重要であることが明らかになってきた。「たとえば、植物の成長には窒素が欠かせません。温暖化が進んだとき、植物に対する窒素の供給がどうなるかで光合成の効率が変化する可能性があります。また、光化学スモッグの原因物質となる対流圏のオゾンが、温暖化によって増加する可能性があります。オゾンは植物の成長を妨げます。これまで気候モデルに組み込まれていなかったこれらの要素の相互作用も考慮に入れて、温暖化研究を進めていく必要があります」



21世紀における樹木の正味の炭素生産量の予測
植物の光合成によって生産される炭素量から、植物の呼吸によって消費される炭素量を差し引いた正味の炭素生産量の変化を緯度別に示している。2090年代、温暖化により地球全体の正味の炭素生産量が増加する

社会と対話する温暖化研究へ

IPCC第5次評価報告書へ向けた3つのポイント

IPCCは3つの作業部会から成る。第1作業部会は自然科学的根拠の評価、第2作業部会は温暖化がもたらす社会への影響評価、第3作業部会は気候変動の緩和策の評価を行う。

「世界各国の温暖化研究はいま、2013年に発表されるIPCC第1作業部会の第5次評価報告書（AR5）に向けて、3つのポイントに力を入れて取り組みを進めています」と時岡達志プロジェクトリーダー（PL）は解説する。「2030年ごろまでの近未来予測、300年後までの長期予測、そして温暖化による台風や集中豪雨などの極端な気象現象の予測の3つです」

この特集で紹介した太平洋十年規模振動（PDO）の研究は、近未来予測における最初の研究成果の1つだ。「今後のCO₂濃度上昇の違いは100年後の気候に大きな違いをもたらしますが、30年先の近未来には、まだ大きな違いは現れません。近未来予測には、それ以外の自然変動を正確に詳しく予測することが重要です。PDOの研究は、海水温や気温などの自然変動を十年規模で予測できることを世界で初めて実証した大きな成果です」

2つ目のポイントである300年後までの長期予測には、植生の変化など地球環境にかかわるあらゆる要素と気候との相互作用を考慮する必要がある。「私たちは、気候と環境の相互作用を取り入れた“地球システム統合モデル”の開発を、欧米各国と競って進めてきました。現在では、中国も新しい地球システム統合モデルを開発するための新組織を立ち上げつつあります。中国も自国のモデルに基づき、今後の政策を決めていこうとしているのだと思います」

3つ目のポイントである温暖化による極端な気象現象の増加の可能性を世界に先駆けて指摘したのは、時岡PLと野田 彰プログラムディレクターだ。「温暖化により地球全体の降水量は増えるが、雨が降る面積が減るこ

と、すなわち平均的な降水強度が強くなることを、私たちは1989年に発表しました。しかし当時は、どの地域でどうなるかを明確にすることはできませんでした。やがて気象庁の気象研究所が、格子サイズ20kmという高解像度の気候モデルを開発して、温暖化により勢力の強い熱帯低気圧が増えることを明らかにしました。その成果が第4次評価報告書（AR4）に盛り込まれたのです。さらに私たちは東京大学と共同で、NICAMという雲システムを物理法則に基づき直接再現するモデルを開発して、21世紀末に日本を襲う台風や集中豪雨などを詳細に予測し始めているのです」

精度の高い予測へ向けて

現在、世界各国は温暖化に立ち向かうための取り組みを本格的に進めようとしている。「将来の地球環境が自然の生態系や人類の生存に悪影響を及ぼさないようにするために、今後のCO₂などの排出量をどのようにすべきか議論がなされています。しかし、それぞれの国の事情の違いもあって難航しています。そもそも温暖化問題は、科学的な予測に基づいて議論し、解決すべきものです。長年、温暖化研究に携わってきた私としては、より詳細で精度の高い的確な予測情報を、温暖化問題の解決のために一刻も早く提供したいという思いです」

大気中のCO₂濃度が2倍になったとき、地球の平均気温はどのくらい上昇するかという「気候感度」は、気候モデルによって約1.5～4.5℃の幅がある。「この幅は、IPCCが第1次評価報告書を発表した1990年から現在までほとんど縮まっていないのです。その最大の要因が雲の取り扱いにあることが分かり、私たちはNICAMによって、温暖化したときの雲の取り扱いを正確に再現する研究を進めてきました。また、人類のCO₂排出により大気中のCO₂濃度がどのくらい上昇し、どの程度の気候変動が生じるかを正確に予測するために、地球システム統合モデルの開発を進めてきたのです」

気候モデルの正しさを検証するには、詳細な観測データも必要だ。日本の環境省、国立環境研究所、宇宙航空研究開発機構は2009年、温室効果ガス観測技術衛星「いぶき」を打ち上げた。従来、CO₂濃度の地上の観測点は限られており地域的な偏りがあったが、「いぶき」は宇宙から地球全体のCO₂濃度を詳細に観測している。今後、「いぶき」のデータは、気候モデルの検証に大いに貢献すると期待されている。

「温暖化研究を進展させるには、より高速のスーパーコンピュータの開発も欠かせません」と時岡PLは強調する。「日本の研究グループはAR4に飛躍的に大きな貢献を果たしました。それは何と云っても、JAMSTECで2002年から稼働を始めた地球シミュレータのおかげです」

さらに2009年3月、計算速度が3倍以上に更新された“2代目”の地球シミュレータが稼働を始めた。この特集で紹介した研究成果は、AR5へ向けてのJAMSTECの新しい取り組みの最初の成果であり、“2代目”地球シミュレータのなかでは、温暖化した地球の詳細な姿が次々と描かれている。

さらに日本では、理化学研究所が中心となり、2012年の完成を目指して神戸市に次世代スーパーコンピュータを建設中だ。「次世代スーパーコンピュータは、“2代目”地球シミュレータの約70倍の計算速度を目指しています。次世代スーパーコンピュータは、温暖化研究を大

きく加速させる力を秘めています」

さまざまなユーザーの要望に応える温暖化研究へ

「これまでの温暖化研究では、ユーザーとの対話が不足していて、個々の要望に十分に 대응することができていませんでした」と時岡PLは指摘する。ユーザーとは、温暖化の影響を受けるさまざまな分野の人たちのことだ。「私たちはダウンスケーリングの技術により地域ごとの詳細な予測データを提供して、農業関係の人たちなどに提供する取り組みを始めていますが、さらに対話の輪を広げていく必要があります」

たとえば、温暖化により勢力を増す台風に備えて建造物や防波堤を増強する必要がある。また温暖化によりヒトや家畜の新たな感染症が広がることも懸念されている。「温暖化研究は今後、農業や建築、防災、医学などさまざまな分野のユーザーと対話し、個別分野の要望に応えるデータを提供できるように進めていく必要があるのです。それはまさに、政府が目指す所管府省の枠を超えた課題解決型の研究です」

さらに政府は、温室効果ガスの排出削減や温暖化に立ち向かうための技術革新を「グリーン・イノベーション」と名付け、新成長戦略の大きな柱に据えている。「温暖化研究はグリーン・イノベーションの基盤となるものです。今後、さまざまな分野の人たちと対話を進めることで、新しい温暖化研究が始まろうとしています」 **BE**

取材協力：
時岡達志

IPCC貢献地球環境予測プロジェクト
プロジェクトリーダー

2009年3月から稼働を始めた“2代目”地球シミュレータ
1秒間に約131兆回の計算を行うことができる

ウミガメを保護したい

中学生と浜太郎の願い

日和佐中学校科学クラブのメンバーと、若き日の浜太郎（いすれか）。科学クラブでの研究の最初の年、11匹がふ化した。そのなかの3頭を中学に残し、11年間にわたって観察、飼育続けた。科学クラブの記録は本になっている



ふ化したウミガメ。子ウミガメは基本的には夜にふ化する。日和佐うみがめ博物館では、ウミガメへの理解を深める啓発活動のほかに、上陸頭数や生態、形態の調査、大浜海岸の保全や卵の流出の防止などを通じ、ウミガメの保護や研究活動にも力を注いでいる



浜太郎という名の、60歳になるアカウミガメがこの博物館の主だ。おっとりした顔つきで、アカウミガメには珍しく甲羅につやがあり、まるでべっ甲のように見える。甲羅の長さには88.5cm。亀は万年というけれど、浜太郎はこのまま万年も生き、成長を続けるのだろうか。

実はアカウミガメの寿命がどのくらいなのか、よく分かってはいないのだ。年齢が分かっているアカウミガメのなかで、浜太郎は世界最高齢記録を更新中である。中学校で生まれてからというもの、ずっと飼育記録が残っているのだ。ある少年の見た光景が、浜太郎の飼われるきっかけをつくった。

海岸に1頭のウミガメの残骸が散らばっていた。食べられて、一度は埋められた遺骸が野良犬に引っ張り出されたのだ。戦後間もない時期、日本中がまだ飢えていた。もちろん日本では、地方によってウミガメを食べる文化もある。しかし、ここ日和佐では、ウミガメはむしろ神の使いだとあがめられた。日和佐中学校科学クラブの少年は、凄惨な光景にショックを受け、学校で話し合うことにした。

「ウミガメを保護するために、ウミガメを知りたい」。科学クラブのメンバーは、その年、ウミガメの卵をふ化させた。そのときの1頭が浜太郎だ。1950年に中学校で生まれ、1961年にはウミガメのために新設されたいまの博物館へと住まいを変えた。科学クラブの保護活動はいつしか中学校全体に広がり、それが町にまで影響を与えて博物館が新設された。

日和佐中学校科学クラブ時代から続けられているウミガメの上陸頭数調査は、世界で最も古いウミガメの調査記録となっている。毎年、上陸数は減りつつある。多くの人々が保護のために立ち上がっているが、それ以上に人的影響がウミガメたちの安息地を侵しているのだ。ウミガメをどうしたら保護できるのか？ その答えを知る協力者としてやって来た浜太郎。毎年、世界中のウミガメファンが彼に会いにこの博物館にやって来る。ウミガメとしては押しの弱い性格の浜太郎は、プールの底の方からそんな私たち人間の様子を、今日もじっと見つめている。

(取材協力：田中宇輝／日和佐うみがめ博物館カレッタ 学芸員)

■ Information: 日和佐うみがめ博物館カレッタ

〒779-2304 徳島県海部郡美波町大浜海岸

TEL 0884-77-1110

URL <http://www.town.minami.tokushima.jp/umigame/caretta.html>

飼育プールで泳ぐ浜太郎。日本のアカウミガメは成熟するまでに、最低でも20年以上、平均的には30～40年かかることが最近分かってきた。ウミガメの年齢は外見からは分からない

私が海を目指す理由

伊豆諸島青ヶ島のサンプリング風景。よい露頭（石が露出している場所）を求めて、必要とあれば命綱を付け、垂直ののけを下って石を採取する

なぜ地球にだけ大陸があるのだろうか？

谷 健一郎

地球内部ダイナミクス領域
地球内部ダイナミクス地殻研究プログラム 地殻進化研究チーム
技術研究副主任

「私はずっと山を目指してきました。だから“私が海を目指す理由”という記事の趣旨に合うことを話せるかどうか……」と笑う谷 健一郎さん。南極点に初めて到達したアムンゼンにあこがれて探検家を夢みた少年時代。山に魅せられ、登り続けた高校・大学時代。そしていまは、「大陸はどのようにできたか」という難題に挑むため、山へ、そして海へも行く。最近では、丹沢山地の花崗岩の年代測定に成功し、大陸成長のメカニズムに新展開をもたらした。「大陸があるのは、太陽系の惑星で地球だけ。なぜ地球は地球なのかを、大陸という視点から解き明かしたい」と語る。

谷 健一郎（たに・けんいちろう）

1977年、東京都生まれ。東京大学大学院理学系研究科修士課程修了。2002年、海洋科学技術センター（現・海洋研究開発機構）固体地球統合フロンティア研究システム技術研究員。2009年より現職。専門は岩石学、年代学、火山地質学

国立極地研究所の高感度高分解能イオンマイクロプローブ（SHRIMP-II）の前で、共同研究者のダニエル・ダンクリーさんと

大陸が生まれる場所

——岩石学、年代学が専門ですが、どのような研究をしているのですか。

谷：大陸がどのようにできたかに興味があります。大陸地殻は主に花崗岩からできています。花崗岩は御影石とも呼ばれ、墓石や表札などにも使われるので、皆さんも見たことがあるでしょう。花崗岩は古くから研究されてきましたが、花崗岩がいつ、どこで、どのようにつくられ、大陸に成長したのか、その謎はまだ解けていないのです。

——46億年前に地球が誕生したとき、大陸はなかったのですか。

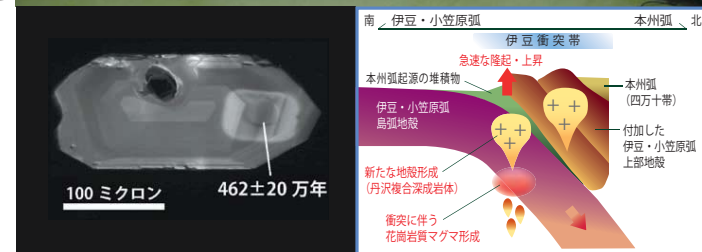
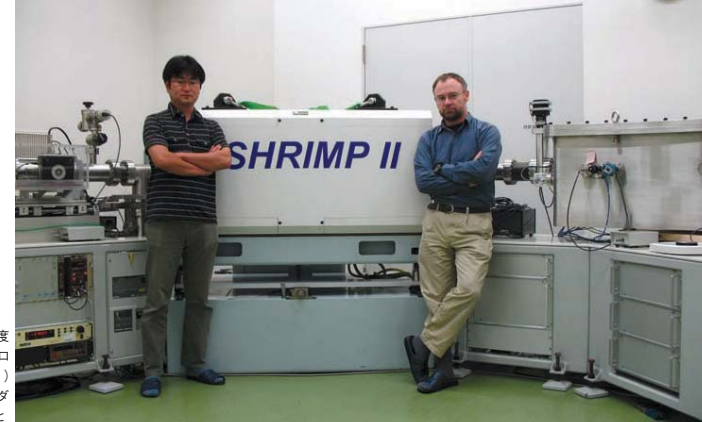
谷：地球の表面はプレートと呼ばれる複数のかたい岩板に覆われ、その上に地殻が載っています。現在は、主に花崗岩から成る大陸地殻と、主に玄武岩から成る海洋地殻がありますが、最初は海洋地殻だけでした。プレートはそれぞれ異なる方向に移動しています。プレートが別のプレートの下に沈み込むとき、花崗岩質のマグマができて大陸地殻が形成されるのではないかと考えられています。

最初の大陸は約40億年前にできたと考えられていますが、その時代の岩石は残っていません。そこで私たちは、いま花崗岩がみついている場所を探し、そこを研究することで、大陸地殻がどのようにつくられ成長してきたかを知ろうとしています。

丹沢の花崗岩はいつできた？

——花崗岩はどのような場所で作られているのですか。

谷：最もよく知られているのが、伊豆・小笠原弧です。太平洋プレートがフィリピン海プレ



ウラン—鉛年代測定法に用いた丹沢の花崗岩から分離したジルコン結晶。花崗岩を砕いてジルコンだけを取り出し、酸素のイオンビームを照射してジルコンを削り、ウランと鉛の量を精密に測定する。測定の結果、このジルコンは462±20万年前につくられたことが分かった

島弧の衝突と丹沢山地の形成。伊豆・小笠原弧の衝突によって、島弧の一部が本州弧にくっつくだけでなく、衝突に伴って花崗岩質のマグマが形成され、急速に隆起・上昇して花崗岩ができることで大陸地殻が成長した

ートの下に沈み込み、それに伴って火山島が弧状に連なった「島弧」が形成されています。地下構造探査によって、伊豆・小笠原弧の下に花崗岩の層ができていることが分かりました。いまさらに、大陸地殻が生まれているのです。

伊豆・小笠原弧はフィリピン海プレートに載って北上し、1500万年ほど前から次々と本州弧に衝突しています。プレートは本州弧の下に沈み込み、地殻の表層は削り取られるように本州弧にくっつきます。伊豆半島は100万年前に衝突した大きな島々が付加したものです。島弧と島弧が衝突して合体することで、大陸が成長していくのです。

私は、伊豆・小笠原弧の衝突帯のなかでも、花崗岩が広く露出している丹沢山地に注目しています。丹沢は700万年前の衝突によって形成されました。丹沢の花崗岩は伊豆・小笠原弧の下で衝突以前につくられていたものが付加したという説が有力ですが、衝突した後につくられたという説もあり、議論が続いていました。そこで私は、丹沢の花崗岩の年代を詳しく調べることになりました。

——岩石の年代は、どのように調べるのですか。

谷：「ジルコン—ウラン—鉛年代測定法」を使います。花崗岩を構成するジルコンという鉱物にはウランが含まれています。ウランは放射性元素といて、時間とともに壊れて鉛に変わっていきます。ジルコンに含まれるウランと鉛の量を測定することで、その岩石ができてからどのくらい時間がたったかを知ることができます。

ジルコン—ウラン—鉛年代測定法は、できてから数十億年たっている古い岩石の年代決定にはよく使われますが、数百万年くらいの若い岩石の年代決定はとても難しく、ほとんど行われていませんでした。

——若い花崗岩の年代測定を可能にしたポイントは？

谷：これは国立極地研究所のダニエル・ダンクリーさんたちとの共同研究で、極地研にあるイオンマイクロプローブ（SHRIMP-II）で計測しました。世界に数十台、日本には2台しかない高感度高分解能の質量分析計です。若い岩石ではウランからできた鉛がとても少ないため、非常に精密な測定が必要です。さらに鉛は自然界にたくさん存在し、たとえば汗にも入っているため、混入を徹底的に防ぐ必要があります。1年ほどは試行錯誤の連続でした。

計測の結果、丹沢の花崗岩は500万から400万年前にできたことが分かりました。丹沢が衝突したのは700万年前ですから、花崗岩は衝突の後にできたことになります。これまでの説を覆す大発見です。

——計測結果が出たときの気持ちは？

谷：装置を止めた状態が変ってしまうので連続して計測しなければならず、しかも30分ごとに手動で調整が必要なんです。30分ずつの睡眠しか取れない状態で5日間、計測を続けました。最初に出た計測結果を見て、「おれたち、何か間違いをやってしまったか？」とダンクリーさんと顔を見合わせました。いろいろ確認をして間違っていないと確信を持てたときは、うれしかったですね。でも、眠かった。4年前のゴールデンウィークのことです。

生まれたての花崗岩を手にした ——丹沢の花崗岩はどのようにして 形成されたのでしょうか。

谷：花崗岩は深成岩で、地下深くでゆっくり冷やされてできます。丹沢の花崗岩を調べてみると、500万から400万年前に形成されたときの温度は800℃で、300万年前には200℃になっていることが分かりました。100万年で600

℃も低下しています。普通の深成岩の冷却速度は数千万年で数百℃ですから、20～30倍もの急冷です。これまでに知られている花崗岩の冷却速度としては世界最速です。

地球は深くなるほど温度が高くなるので、岩石が冷えるには上昇する必要があります。丹沢の花崗岩が世界最速で冷却したということは、世界最速で隆起・上昇したことを意味します。丹沢には劇的な歴史があったのです。

今回の成果によって、大陸の成長には、島弧の衝突による合体だけでなく、地下で花崗岩質のマagmaができて急速に隆起・上昇して固まることが大きく寄与していることが分かってきました。

——今後の研究計画は？

谷：これまでは、丹沢を調べれば伊豆・小笠原弧のことが分かるといわれていました。しかし今回、丹沢の花崗岩は衝突後にできたこと、またその成分は本州弧の影響を受けていることも明らかになりました。丹沢の花崗岩を調べるだけでは、伊豆・小笠原弧のことは分かりません。そこで、地球深部探査船「ちきゅう」を使って伊豆・小笠原弧を掘削し、生まれたばかりの花崗岩を手にとろうという計画が進んでいます。

原点は北海道で暮らした日々

——子どものころの夢は？

谷：探検家です。東京生まれですが、父が鉱山の仕事をしていた関係で、2歳のとき北海道の札幌へ引越しました。定山溪の上流にある鉱山近くの小さな町で過ごした日々が、私の原点です。「ヒグマの足跡が見つかったので外出を控えてください」と町の広報車が回ってくるような山のなかでした。小学校と中学校が一緒に、それでも生徒は数十人しかいません。体育の授業ともなれば、夏は川で泳ぎ、冬は山でスキー。本当に楽しかった。

しかし、小学1年生のとき、父の転勤で東京都心のマンモス校へ。同級生は、流行り始めたファミコンに夢中でした。放課後は山に入ってクワガタなどを捕まえていた日々が懐かしく、北海道に戻りたいとずっと思っていました。

そのころ、南極点に初めて到達した探検家ロアルド・アムンゼンの伝記を読みました。『南極物語』という映画を見たのも同じころです。南極を探検したり、岩石を調べたりする職業があると知り、ワクワクしました。探検家になれば北海道時代のような暮らしができる、と思ったのです。

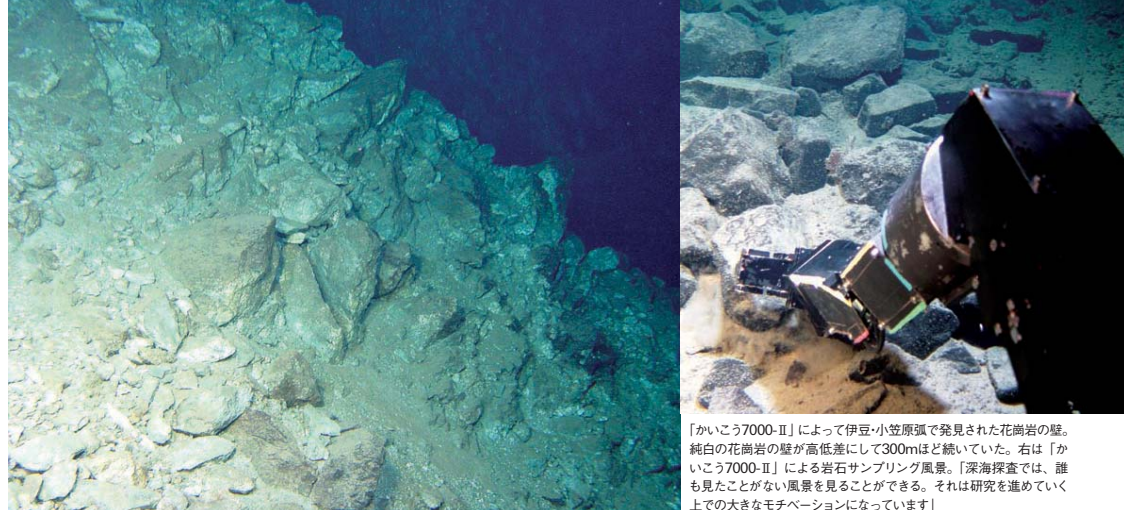
私は小学校6年間で6回も転校しています。小学4年生から中学1年生までは、アメリカのネバダ州で過ごしました。願ひ通りの田舎。近くにシエラネバダ山脈があって、スキーやキャンプに出掛けたりして、面白かったですよ。

中学1年生で帰国して、高校では山岳部に入りました。休眠状態だった部を同級生と一緒に立て直し、日本アルプスを縦走したり、冬山に登ったりもしました。

——印象に残っている山は？

谷：丹沢なんです。高校1年の12月、丹沢にしては珍しく雪が積もるなか、大倉尾根をひたすら登りました。山頂で TENT を張ったものの、あまりの寒さに眠れず、なぜこんなにつらい思いをしなければいけないのかと、山にきたことを後悔していました。ところが、朝 TENT を出るとすっきり晴れていて、房総半島から東京湾、三浦半島、江ノ島、相模湾、伊豆半島、そして富士山までの大パノラマが広がっていたのです。その景色を見た瞬間、登山にはまりました。

大学時代は富士山の登山ガイドをやっていました。山頂でご来光を見て、感動のあまり涙を流す人や、人生観が変わったという人もいます。山に登っているときは苦しいですが、その先に特別な景色を見ることができる。それが登山の魅力です。



「かいこう7000-II」によって伊豆・小笠原弧で発見された花崗岩の壁。純白の花崗岩の壁が高低差にして300mほど続いていた。右は「かいこう7000-II」による岩石サンプリング風景。「深海探査では、誰も見たことがない風景を見ることができる。それは研究を進めていく上での大きなモチベーションになっています」

——大学で地学を選んだ理由は？

谷：理系でしたが、数式も化学式も苦手で、どの学科に進もうか迷っていました。学科案内を読むと、地学はフィールドワークがあると書いてある。地学に進めば山に行ける。そんな単純な動機です。

卒業論文と修士論文のテーマはシエラネバダ山脈の花崗岩です。それが現在の研究につながっているのですが、当時は大陸形成には興味がなく、指導教官に「山に行けるテーマをやりたい」とお願いしたのです。「裏山で怪しいアジア人が石をたたいている」と通報されて警察官が来たこともありましたが、何週間も山を歩き回るのは本当に楽しかった。

——研究者を目指していたのですか。

谷：いいえ、修士課程が終わったら就職するつもりでした。就職活動をしていたとき、海洋

研究開発機構（JAMSTEC）が、伊豆・小笠原弧における大陸形成を調べるので花崗岩の研究者を募集していると知ったのです。シエラネバダ山脈の花崗岩は白亜紀につくられたものです。できてから1億年以上たっているの、得られる情報には限界があります。伊豆・小笠原弧で生まれたばかりの花崗岩を調べれば、シエラネバダでは分からなかったことが分かるに違いありません。そう思い、JAMSTECにきました。

海底にそびえ立つ花崗岩の純白の壁 ——海で印象に残っている風景は？

谷：花崗岩の壁です。無人探査機「かいこう7000-II」で伊豆・小笠原弧を調査中、カメラが突如、純白の壁を映し出しました。海底の岩石はマンガンの黒い膜に覆われていることが多いので、まず、その白さに驚きました。マニピ

ュレーターで岩石を採取すると、かたい。石灰岩や泥岩も白いのですが、マニピュレーターでつかむと崩れてしまいます。「花崗岩だ。やった！」と歓声を上げたかったのですが、船に上げると色が変わることもあります。恥をかきたくない、と、ぐっと我慢しました。そして、探査機を回収し、船上で採取した岩石を確かめると、間違いなく花崗岩。今度は歓声を上げました。

——南極へのあこがれはいまもありますか。

谷：極地研と共同研究をしていることにも縁を感じます。南極には古い岩石が露出しているので、初期の大陸の成長過程が見つかるかもしれません。伊豆・小笠原弧と比較すると面白いでしょう。そういう研究で南極に行くことができたいですね。

——最終的に知りたいことは？

谷：地球はなぜ地球なのかを、大陸という視点から解き明かしたい。もし地球に大陸がなければ、人類につながる生命の進化はなかったでしょう。生命の進化にとっても、大陸は重要な鍵なのです。

——中高生へメッセージを。

谷：研究をしていると、もう嫌だ、もう駄目だと思う瞬間はたくさんあります。それでも研究を続けているのは、私の場合、「ほかの人が見たことがない風景を見たい」というモチベーションがあるからです。皆さんも、「これを見たい」という強い思いを持ち続けられれば、好きな道へつながっていくのではないのでしょうか。

——一番見たい風景は？

谷：エベレストの山頂からの景色です。いつの日か、絶対に見ます。

BE

高校山岳部の仲間たちと丹沢・塔の岳山頂にて（左端、高校3年生）。「丹沢は、神奈川県民にとって身近な裏山ですが、世界最速で隆起・上昇した劇的な歴史を持つことが分かってきました」



大学の卒業研究の調査風景。「シエラネバダ山脈の風景は見渡す限り花崗岩からできていて、衝撃を受けました」



大学から大学院時代は富士山で登山ガイドをして山登りの資金を稼いでいた。「お客さんを連れて登り、山頂でご来光を見せます。高山病に苦しみながら登り切ったお客さんが、ご来光や日本最高峰からの景色を見て喜んでくれるのがうれしかった」



岐阜県白川村でのサンプリング風景。岩石をハンマーで割れないような場所では、エンジンドリルを使って石を振り抜いて採取する。「山に入って調査をするのが好き。露頭を見て考え、サンプルを持ち帰って分析して、また考える。そして再び山に行き、露頭を見て確かめる。その繰り返しです」

磁石→地球の 磁場→生命・宇宙

1 ポイント 棒磁石が磁場をつくる

磁石をクリップに近づけていくと、クリップはくっついてきます。これは、磁石の力「磁力」が働き、クリップを引き寄せたためです。

磁力が働いている様子は、鉄粉を使うとよく分かります。棒磁石の周りに鉄粉をまくと、模様ができます。鉄粉に磁力が働いたため、磁力が働く空間を「磁場（磁界）」といいます。

棒磁石の周りに磁針を置いてみましょう。磁針のN極が指す向きを「磁場の向き」、棒磁石のN極からS極まで磁場の向きに沿って引いた線を「磁力線」と呼びます。



3 疑問 地球のなかに棒磁石がある！？

地球は、深くなるほど温度が高くなっていきます。磁石は、ある温度（キュリー温度）以上になると磁石としての性質を失ってしまいます。地球の内部は数千℃もあります。これほどの高温では、どんな磁石も、磁石としての性質を失ってしまいます。そのため、地球のなかに棒磁石があるとは考えられません。では、なぜ地球の周りに磁場があるのでしょうか？

2 ポイント 磁石は北を向く

磁針は方角を知るために使われています。近くにほかの磁石がなければ、磁針のN極は必ず北の方角を指すからです。磁針のN極は、なぜ北を指すのでしょうか？

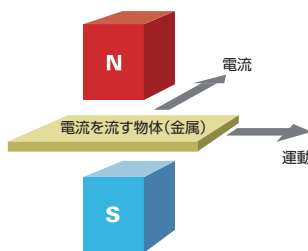
棒磁石の周りがあるような磁場が、地球の周りにもあるからです。では、地球のなかに棒磁石があるのでしょうか？



5 ポイント 磁場をつくるもうひとつの方法

磁場をつくる方法は、棒磁石のほかにもうひとつあります。電流です。金属の導線に電流を流すと、磁場が発生します。電流によって磁場を発生させるものを「電磁石」といいます。では、地球のなかに電流が流れているのでしょうか？ その電流はどのようにつくられるのでしょうか？

磁場のなかで金属を動かす、という実験を覚えていますか？ 磁場のなかで金属を動かすと、金属に電気が流れます。これは「電磁誘導」と呼ばれる原理です。地球の磁場も、電磁誘導によってつくられていると考えられています。



理科は好きですか？

嫌いという人は、「日常生活で役に立たないから」と思っているかもしれません。

理科が好きで将来は研究者になりたいと思っている人のなかにも、

「最前線の研究とかけ離れていてつまらない」と感じている人がいるかもしれません。

どちらも誤解です。理科で学ぶ内容は、私たちの生活、そして最前線の研究とも

つながっているのです。新連載「理科からつながる研究最前線」では、その実例を

海洋研究開発機構（JAMSTEC）の研究者が紹介します。第1回は「磁石」。

小学校の理科にも登場する磁石が、壮大な世界へとつながっていきます。

取材協力 宮腰剛広 地球内部ダイナミクス領域 マントル・コア活動研究チーム 研究員

6 応用 磁場のなかで液体の鉄が動く……

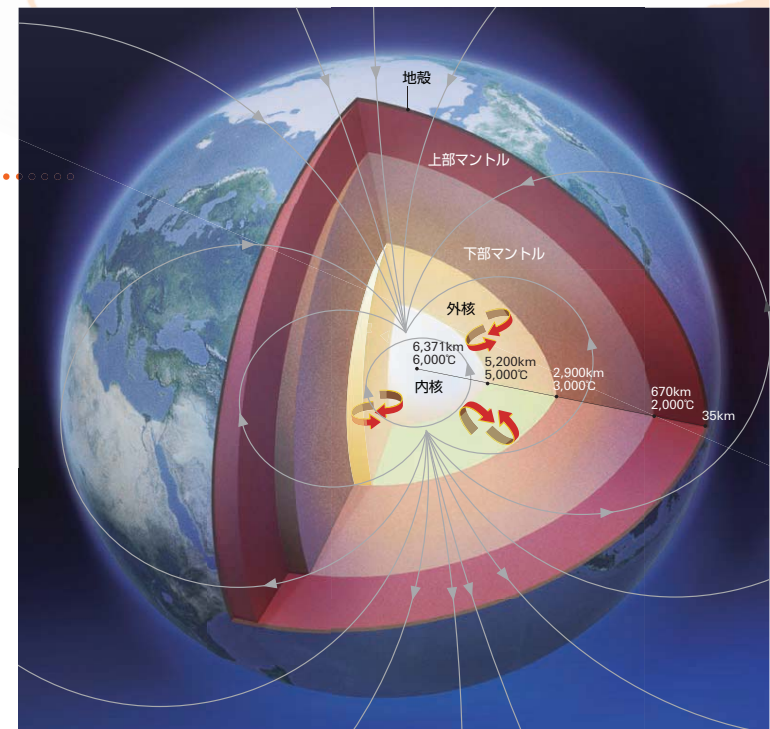
地球の中心には核があります。核の成分は主に鉄で、内核は固体、外核は液体になっています。地球は中心に近いほど温度が高いため、外核の内側と外側の温度差によって液体鉄は対流しています。もともと地球が持っていた磁場のなかで液体鉄が動くことで、電磁誘導によって電流が流れ、磁場が発生します。この仕組みを「地球ダイナモ」といいます。ダイナモとは発電機のこと、これこそが、地球に磁場が存在し続ける理由です。

7 まとめ

地球の内部構造と磁場

地球の内部構造を見ておきましょう。地球は層構造になっています。外側から地殻、マントル、核です。地殻とマントルは主に岩石、核は主に鉄から成ります。外核は液体、内核は固体です。地球は中心ほど温度が高くなっています。

外核の液体鉄は対流しています。内核近くで温められた液体鉄が上昇し、マントル近くで冷やされ下降するのです。磁場のなかで鉄が動くことによって電磁誘導の原理で電流が発生し、電磁石の仕組みで磁場が新たにつくられます。液体鉄が動き続けることで、地球の磁場は維持されているのです。



地球内部をスーパーコンピュータで見る

地球の磁場の生成は、電磁誘導の原理に基づくダイナモ機構で説明できると考えられています。しかし、外核で液体鉄が対流し、電流が流れ、磁場が発生している様子を、直接観察することはできません。そこで、JAMSTEC ではスーパーコンピュータ「地球シミュレータ」を使って、外核でどのような対流が起きているのか、どのように磁場が発生しているのかを調べています。

さらさらだから難しい

外核における液体鉄の対流計算は、簡単ではありません。外核は球形をしている上に、地球が自転している効果も加わります。さらに、外核の液体鉄は粘性率が低く、さらさらと流れていることが、計算をより難しくしています。それは、はちみつと水をこぼした場合を考えると分かりやすいでしょう。粘性率が高いはちみつは、ゆっくり、少ししか広がりません。一方、粘性率の低い水は、素早く、いろいろな方向に、そして遠くまで広がっていきます。粘性率が低いほど、その動きの計算は難しくなるのです。

コンピュータでは、空間を格子で区切って、各点の密度や温度、速度、磁場などの変化を計算します。格子の数が多いほど高精度な計算ができます。しかし、計算量が多くなるため、より高性能なコンピュータが必要になります。そこで、「地球シミュレータ」の出番です。「地球シミュレータ」は、普通のパソコンでは約6年かかる計算を1日で終わらせることができます。

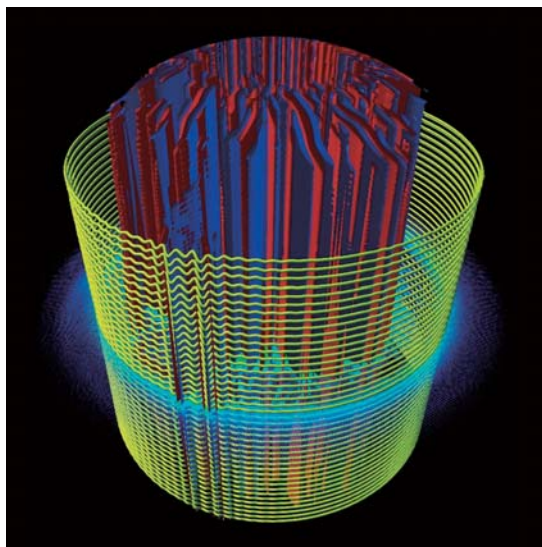
対流は二重構造をしていた

「地球シミュレータ」を使って約8億点という世界一の解像度で、外核における液体鉄の対流を計算した結果、外核の内側に自転軸方向に一樣なシート状の流れがあることが、2008年に分かりました。これまで外核の対流は、円柱状の渦の集まりだと考えられていました。シート状の流れは、予想外でした。

さらに詳しく計算すると、外核の外側には、西向きに一周する帯状の流れがあることが分かりました。外核における液体鉄の対流は、二重構造をしているのです。これは、2010年2月に発表したばかりの最新の研究です。

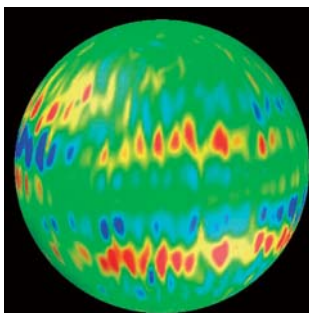
電流はパンチパーマのよう

液体鉄がどのように対流しているかが分かれば、どのように電流、そして磁場が発生するかを計算することができます。その結果、液体鉄の対流によって発生した電流はコイルのかたちをしていること、そして磁場が確かに発生することが分かりました。たくさんのコイルが外核内を覆っている様子は、まるでパンチパーマのようです。

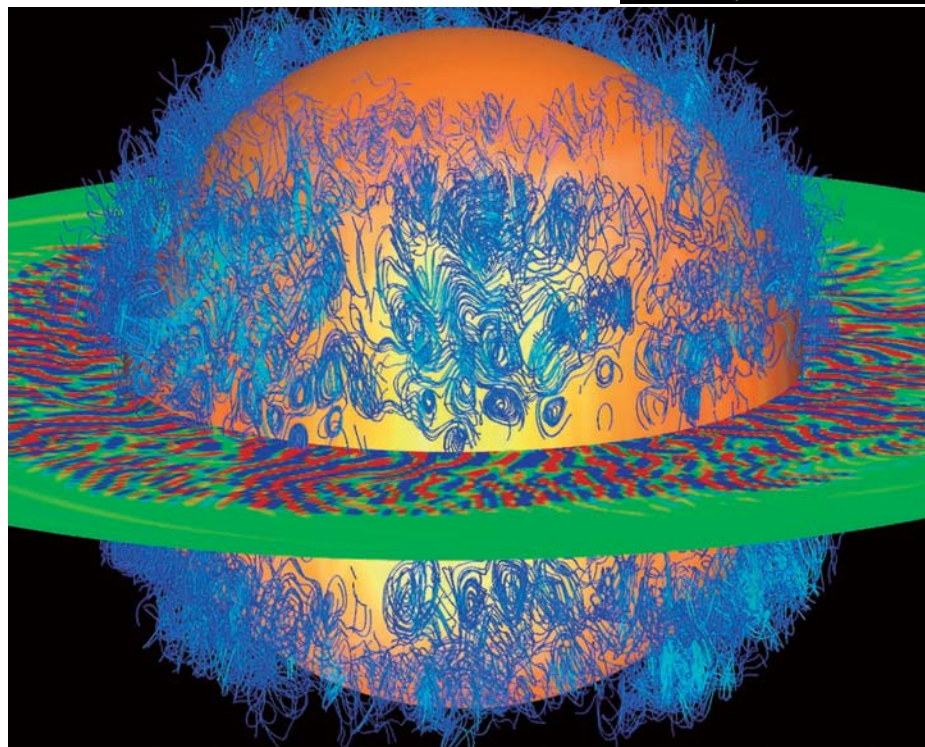
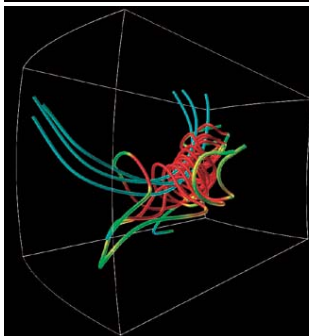


▲外核における液体鉄の対流。外核の内側には自転軸方向に一樣なシート状の流れ（赤と青）、外側には西向きに一周する帯状の流れ（黄）がある

▶コイル状電流によって発生した磁場の強さ。赤や青が磁場強度の強いところ



▶下図のコイル状電流の一部を拡大したもの。赤は比較的電流の強いところで、黄、緑の順に電流が弱くなる。水色はコイル状電流を貫く磁力線



▶シート状の液体鉄の流れによって発生した電流。球は内核近くの表面に対応する

現実の地球に近づける

しかし、研究はこれで終わりではありません。まだ現実の地球の状態を再現できていないからです。

たとえば、外核とマントルの境界はきれいな球面で温度は均一として計算していますが、実際はマントルからの影響を受け、でこぼこで温度にもむらがあるでしょう。また、肝心の粘性率も、外核とまったく同じささら具合をまだ再現できていません。

現実の地球に近づくと、また新しい対流の構造が見つかるかもしれません。

磁場がなくなったら……

磁場は、太陽風や宇宙線などの高エネルギー粒子から地球を守るバールの役割をしています。磁場がなくなったら、高エネルギー粒子が地表に降り注ぎ、大気を吹き飛ばしてしまうとともに、遺伝子を傷付け生命の存在を脅かす可能性もあります。体内に磁石を持ち、磁場を目印に渡りしている鳥たちは、行き先を見失ってしまうでしょう。

実は、地球が冷えるにつれて、内核が少しずつ成長しています。核がすべて固体になったら、対流はなくなり、磁場は消滅します。かつて火星にも磁場がありましたが、何らかの理由で消滅しました。その結果、火星の大気や水は、太陽風によって吹き飛ばされてしまいました。火星は、地球の未来の姿なのでしょうか。

核がすべて固体になるのは数十億年後と考えられているので、取りあえず心配は要りませんが、磁場の反転は過去に何度も起き、今後も起きると考えられています。磁場の反転中には磁場が弱くなるので、生物にも何らかの影響があるかもしれません。しかし、磁場の反転がなぜ、どのようにして起きるのか、よく分かっていません。今後明らかにしたいことのひとつです。

宇宙へ

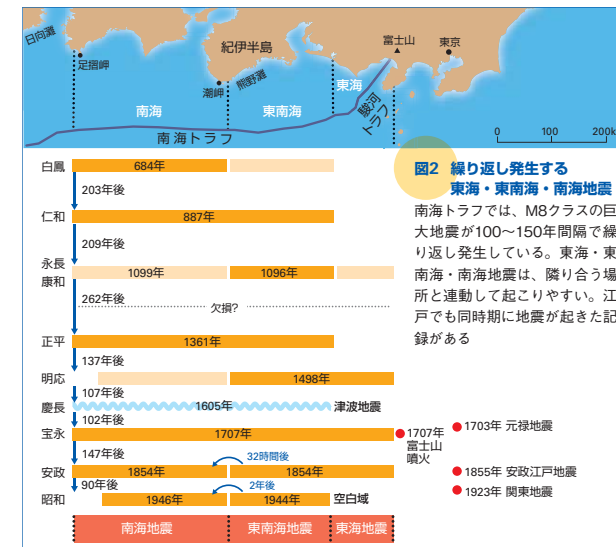
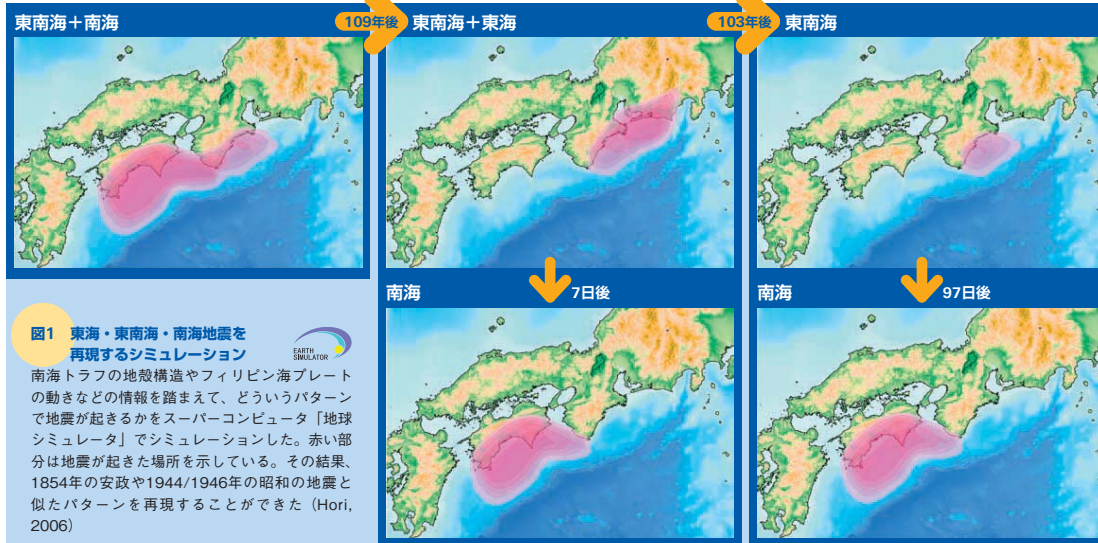
私たち生命が地球上で暮らしているのは、磁場のおかげです。その磁場をつくり出しているのは、地下3,000～5,000kmもの奥深くで起きている外核の対流です。地球内部の活動は、私たちと無関係ではないのです。また、磁場は地球だけでなく、水星や木星、土星、天王星、海王星、そして太陽にもあります。

理科で学習する磁石や電磁誘導は、地球の磁場をめぐる最先端の研究へつながっているだけでなく、宇宙へと広がっていきます。

最近の理科の教科書は、写真や図がたくさん載っているのですね。地学の教科書は見ているだけでも楽しい。地学を履修していない人も、すでに学校を卒業した人も、ぜひ地学の教科書を読んで、地球への興味をかき立ててほしいと思います。



宮腰剛広 研究員



海溝型巨大地震への挑戦 最新の地震研究と防災研究

2010年1月16日 第107回地球情報館公開セミナーより



地震津波・防災研究
プロジェクト
プロジェクトリーダー
金田義行

かねだ・よしゆき。1953年、東京都生まれ。理学博士。1979年、東京大学大学院理学系研究科地球物理学専攻修了。石油公団石油開発技術センターなどを経て、海洋科学技術センター（現在の海洋研究開発機構）に入所。海底深部構造フロンティア領域長などを経て、2009年より現職。地震予知連絡会などの委員を務め、地震防災研究に尽力してきた。専門は構造地震学。著書に『先端巨大科学で探る地球』（東京大学出版会）がある

日本の足元は地震の巣

日本周辺の海底には、千島海溝、日本海溝、南海トラフという深くくぼみがあります。そこは、太平洋プレートやフィリピン海プレートが陸側のプレートの下に沈み込んでいる場所です。太平洋プレートが沈み込むスピードは年間10cmぐらい、フィリピン海プレートは4～5cmです。ずいぶんゆっくりに思えますが、日本列島が載っている陸側のプレートを引きずりながら、確実に沈み込んでいきます。その結果、海溝型地震や内陸のいろいろな地震が発生します。

私たちが注目しているのは、海溝型巨大地震です。海洋プレートに引きずり込まれる陸側のプレートには、ひずみがたまっていきます。ひずみが限界に達すると、プレート境界が壊れて一気にずれ、地震が発生します。そのような海溝型地震は、マグニチュード(M)8クラスと規模が大きく、また、はね返った陸側のプレートが海水を押し

し上げるために津波が発生するという特徴があります。

繰り返し発生する巨大地震

JAMSTECでは、特に南海トラフで発生する海溝型地震について研究をしています。フィリピン海プレートが沈み込んでいる南海トラフには、東海・東南海・南海という3つの震源域があり、100～150年間隔で巨大地震が発生しています(図2)。詳細な記録がある程度残っているのは、1707年の宝永地震(M8.6)、1854年の安政地震(M8.4)、そして1944年の昭和東南海地震(M7.9)と1946年の昭和南海地震(M8.0)です。

1707年の宝永地震は、日本最大級の地震といわれています。東海・東南海・南海地震がほぼ同時に起きて、西南日本がほぼ壊滅しました。その4年前の1703年には元禄地震(M7.9～8.2)が起きて江戸が被災し、宝永地震の49日後には富士山が噴火しています。映画のシナリオのようです

東海・東南海・南海の巨大地震は、大津波を伴って大災害を引き起こし、西南日本を壊滅させる可能性があります。

そのような大地震に備えるため、海洋研究開発機構(JAMSTEC)では、東南海地震の震源域の活動をとらえる「地震・津波観測監視システム(DONET)」の構築を始めました。海溝型巨大地震研究の最前線と、地震・津波の防災研究についてお話しします。

が、現実に起きたできごとです。

安政地震は、まず東南海地震と東海地震が一緒に発生し、その32時間後に南海地震が起きて、やはり非常に大きな被害をもたらしました。安政地震の1年後には、江戸でも地震(M7.0～7.1)が起きています。

1944年には昭和東南海地震、そして2年後には昭和南海地震が起きましたが、その前後には内陸の地震もありました。1943年には鳥取地震(M7.2)、1945年には三河地震(M6.8)、さらに1948年には福井地震(M7.1)が起きています。時間スケールをさらに広げると、1923年には関東地震(M7.9)が発生しています。

過去に巨大地震が繰り返し起きて大きな被害が出ていることが分かっているわけですから、地震に対する研究的・防災的な備えは不可欠です。次の地震はいつ発生し、それは南海トラフのどこなのか。東海か、東南海か、南海か。それとも2つあるいは3つが連動するのか。その間隔はどのくらい

か。それらについて、より精度を上げて評価する必要があります。

地震の巣の構造を探る

東海・東南海・南海地震を研究するために、私たちが行っていることを簡単にご紹介します。皆さんは具合が悪いときにはお医者さんに行って、まず聴診器を当てたり、CTスキャンを撮ったりして、体の状態を調べてもらいましょう。地震の研究も同じです。まず相手の素性を知るために、エアガンと呼ばれる音波探査システムなどを使って、地震が多発している「地震の巣」の地殻構造を探ります。これはCTスキャンを撮るようなものです。

その結果、たとえば東海地震の震源域では山脈のような構造が沈み込み、南海地震の震源域では海山が沈み込んでいることが分かりました。そして東南海地震の震源域では、プレートの境界から浅いところに行くにつれて分岐する「分岐断層」という

構造が発見されました。東南海地震の際、プレート境界の破壊は、この分岐断層にも伝わった可能性が高いと考えられています。

さらに東南海地震の震源域と南海地震の震源域の境界にあたる、紀伊半島の潮岬の沖に、非常に重くてかたい岩盤(石臼構造)があることが分かりました。この岩盤は、東南海地震と南海地震がどう連動するかをコントロールしている要因の1つのようです。

そういう地殻構造の特徴などを踏まえて、私たちの研究グループの堀高峰研究員らが、どういうパターンで海溝型巨大地震が発生するかをシミュレーションしました(図1)。その結果、ある地震が発生してから109年たつと、東南海地震と東海地震がほぼ同時に発生し、7日後に南海地震が発生しました。さらに103年後に東南海地震が起きて、その97日後に南海地震が発生しました。まだ初期のモデルですが、1854年の安政、1944/1946年の昭和の地震と似たパターンが見えてきました。

このシミュレーションの結果でもう1つ重要なのは、東南海地震が先に起きていることです。過去2回の地震でもシミュレーションでもうだとすると、東南海地震、あるいは紀伊半島の周辺が、南海トラフの巨大地震の始まりなのかもしれません。もちろん、ほかのパターンを想定しておくことも重要です。

地震・津波 観測監視システム

JAMSTECでは、文部科学省の委託研究として2つの大きなプロジェクトを推進しています。1つは、東南海地震の震源域に聴診器を当てて地震の巣の症状をリアルタイムでモニタリングする「地震・津波観測監視システム(DONET)」です(図3、図4)。三重県尾鷲市の古江町に陸上局を設けて、海底にループ式のケーブルを敷設します。そこから枝分かれするように、いろいろなセンサーを付けた観測装置を面的に20カ所設置していきます。

M8クラスの地震でも振り切れない強震計や、ゆっくりした揺れをとらえることができる長周期地震計も設置します。さらに、津波を検知するための非常に高精度な水圧計も設置します。観測データは、気象

庁などいろいろな研究機関にリアルタイムで発信していきます。

将来、東南海地震が起きた場合、いち早く地震の揺れを感知することが防災的に重要です。海底に設置してあるDONETは、陸上の観測点より早く地震の発生を検知することができます。津波も同じで、沖に設置した20カ所の水圧計によって、津波の規模をより正確に検出できるようになります。

さらに研究的な観点から、DONETでは非常にゆっくりした地殻変動をとらえようとしています。海洋プレートと一緒に陸側のプレートが引きずり込まれるので、非常に少しずつですが水深が深くなり、水圧が高くなります。DONETの水圧計は、水深が1cm変われば検出できる精度を持っています。水圧の変化を面的に観測したデータを使って地殻変動をシミュレーションすることで、地震発生予測の精度向上を図ります。また、地震発生直前に地殻変動などの変化がある場合、その検知を目指します。

DONETは、2010年3月に全体の基幹ケーブルと観測点1点が構築され、試験運用が開始されました。2011年3月末までには全体が完成し、本格運用開始の予定です。

しかし、南海トラフの地震への備えはこれで万全かという、そんなことはありません。南海地震の震源域、つまり紀伊半島の西側から四国の沖でも、リアルタイムのモニタリングが必要です。東海沖は気象庁がケーブルを設置しているので、それと併せて南海トラフ全体をモニタリングしようと考えています。

そして東南海地震の震源域では、地球深部探査船「ちきゅう」が掘削調査を行っています。地震の巣はどうなっているのか、分岐断層でどういう破壊が生じたかを調べています。そして掘削後の孔に地震計などのセンサーを設置して、DONETと結び付けます。表面的に聴診器を当てるプロジェクトに内視鏡的なセンサーを加えることで、全体として三次元的にモニタリングするシステムを構築しようと考えているのです。

東海・東南海・南海地震の 総合対策

JAMSTECが取り組んでいるもう1つのプロジェクトは、次の東海・東南海・南海地震の規模やパターンを予測し、被害を想定して必要な対策を総合的に評価する

図5 南海地震の地殻破壊と津波被害

JAMSTECの調査の結果、九州パラオ海嶺の東側に海洋地殻が薄い場所があることが明らかになった(仲西他、日本地震学会2009年度秋季大会発表)。大分県の龍神池で行われた堆積物の調査やシミュレーションの結果も併せて考えると、宝永地震のように東海・東南海・南海地震が同時に起きた場合、この薄い海洋地殻まで壊れて、龍神池まで到達するような巨大な津波が発生したのではないかと考えられている

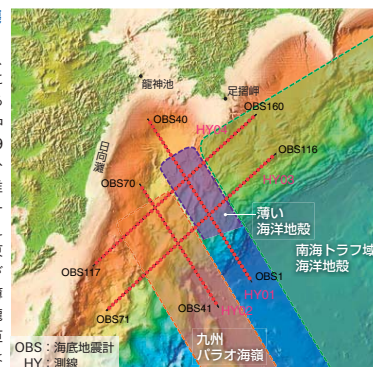
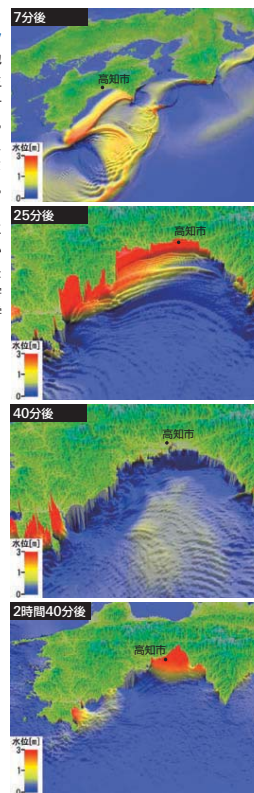


図6 津波伝播シミュレーション

東海・東南海・南海地震によって津波が発生し、沿岸に伝わる様子のシミュレーション。赤い部分は3mを超える高い水位上昇、つまり津波を表している。四国の高知市付近で、巨大な津波が数時間にわたって何度も襲いかかる様子が再現された(写真提供: 東北大学災害制御研究センター津波工学研究室 今村文彦)



「東海・東南海・南海地震の連動性評価研究」というものです。大きく分けると、観測、シミュレーション、被害予測があります。観測はどちらかといえば理学的な研究、被害予測は工学的な研究です。それらを連携して予測モデルをつくり、地震や津波に対する「想定外のない」被害想定をして、復旧・復興の戦略を考えています。

このプロジェクトには、多くの大学や研究機関が参加しています。そのなかでJAMSTECは、日向灘沖から東海沖までの地殻構造の探査を行います。南海トラフは駿河湾の沖から日向灘の沖までを指しますが、南海地震の震源域は四国の足摺岬の沖までだろうと、私たちは考えていました。ところがよく調べてみると、日向灘の沖に海洋地殻が薄い場所があることが分かってきました(図5)。南海地震が起きた場合、この部分も壊れるかもしれないという仮説が出てきました。

また、宝永地震のように東海・東南海・南海地震が同時に起きた場合でも、津波は四国までしか到達しないと考えられていました。しかし高知大学の岡村眞教授らの研究で、大分県にある龍神池の堆積物が調査された結果、大きな津波の痕跡が見つかりました。さらに東京大学の古村孝志教授らのシミュレーション研究の結果、龍神池まで津波が到達するには、日向灘沖の薄い海洋地殻まで壊れなくてはならないことが分かりました。これは、最近の新しい研究成果です。

その結果、地震や津波の被害想定も見直す必要が出てきました。先ほどの東海・東南海・南海地震の発生シミュレーションでも、九州まで広げて調べてみると、日向

灘の沖まで壊れる地震のパターンも出てきました。しかしまだパターンだけなので、もっと具体的な数値で再現できれば実用化できません。そのためには、海底の地殻変動のデータなどを使いながら、予測と実際の観測を照らし合わせてモデルの精度を上げることが必要です。そうして過去に起きた地震のパターンを細部まで再現できたら、次は未来の予測に向かいます。

地震・津波の被害を実験で 予測する

実際に地震が発生した場合に、どういった現象や被害が起きるのかを知ることも重要です。たとえば中越沖地震で揺れが広がるシミュレーションを見ると、関東では長周期のゆっくりした揺れが長く続きます。超高層の建物は長周期で揺れやすいので、周期が一致してしまうと共振によって揺れが大きくなり、倒壊など甚大な被害が出る可能性があります。

具体的な津波被害予測のシミュレーションも重要です(図6)。津波は第1波が最も大きいとは限らず、第2波や第3波の方が大きいこともありますし、長ければ5~10時間も津波が襲い続けます。

地震被害の軽減を目指して

東海・東南海・南海地震は連動して起きる可能性が非常に高く、その場合には西南日本全域が被災地になります。こうした広域での地震動や津波といった複合災害というものを、私たちはほとんど経験したことがありません。1995年の兵庫県南部地震は甚大な被害をもたらしましたが、場所としては非常に限られていたので、日本全

国から支援が届けました。しかし東海・東南海・南海地震が起きた場合には、どこから支援が来るのでしょうか。こういうことを、行政的にも情報発信という観点からも、いまからきちんと議論をしてシミュレーションを行う必要があります。

もちろん、海溝型地震だけが地震防災における最大の課題ではありません。兵庫県南部地震やハイチ地震のような直下型の地震も、規模はそれほど大きくなくても足元で起きるために、非常に甚大な被害をもたらします。すぐに危ないという意味ではありませんが、日本には数多くの活断層が存在しています。

地震や津波の発生から逃れることはできません。しかし地震・津波研究の成果を効果的に活用することで、被害を軽減することはできます。そのために私たちは、地震や津波の迅速な検知や、高精度な被害予測の実現を目指し、研究・開発を進めています。

BE

図3 DONETの設置域

東南海地震の震源域に地震計や水圧計を設置し、地殻活動をリアルタイムでモニタリングすると同時に、地震や津波の早期検知を目指すDONETの構築が進んでいる。水深1,900~4,300mの海底に、ループ状の基幹ケーブルを敷設する。そして5つのエリアごとに4カ所、合計20カ所の観測点に各種センサーを設置する。2010年3月に1観測点が構築され、試験運用が始まっている

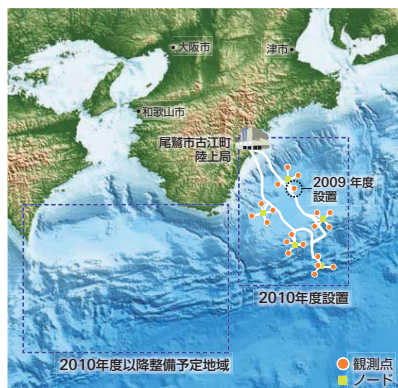
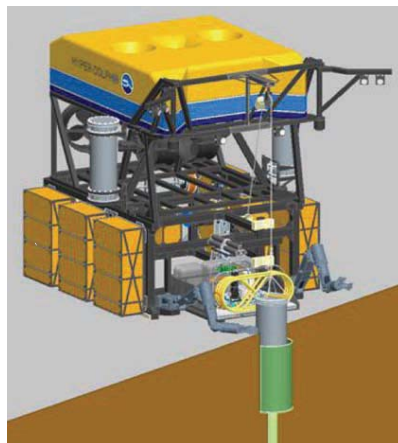


図4 無人探査機による地震計の設置

DONETの展張ケーブルやセンサーの設置には、無人探査機「ハイパードルフィン」が使われる。海底の底層流が地震計を揺らして環境雑音が発生させるので、その影響を軽減するために、地震計を海底に埋め込むようなかたちで設置する



特集「コンピュータのなかに見えてきた温暖化した地球の姿」は、いかがだったでしょうか？ 国際的な協力におけるJAMSTECの大きな貢献がご理解いただけたことと思います。

特集8～9ページの「2070年代、北海道以外の日本の平野部では積雪がゼロに」を読み、故郷の冬を思い出しました。私が子どものころは、新潟の平野部でも毎年相当な積雪があり、玄関先の雪かきが冬の朝の日課でした。特に1963年1月に発生した「38豪雪」では、雪中に閉じ込められ、日用品にも事欠きました。ところが近年、積雪量が減少し、スノータイヤすら必要ない年もあるそうです。しかし、このような感覚的なことで温暖化が進行していると判断するのは、危険です。もし大雪が数年続けば、「温暖化が止まっている」と言いだす人が増えることでしょう。

産経新聞（電子版）によれば、今春ギャラップ社が米国内で行った調査では、「温暖化は実際より誇張されている」と考えている人は48%で、今冬の米国の寒さのせいか、昨年の41%から増えたそうです。また、温暖化を認めるとしても、原因を「人為的」と答えた人は2008年の58%から50%に低下、逆に「自然的」と答えた人は36%から46%に上昇し、半数近くが「温室効果ガス悪玉論」を否定しています。しかし特集4～5ページのように、IPCCの第4次評価報告書では、科学的な検証の積み重ねによって「20世紀後半の北半球の平均気温は過去1300年のなかで最も高い」と指摘し、「人為起源の温室効果ガスの増加が温暖化の原因だった可能性がかなり高い」という結論を出しました。従って編集部は、政策に携わる人だけでなく一般の人も、短期的・感覚的なできごとに左右されず、この報告書を尊重し、継続的な温暖化対策に取り組むべきだと考えます。ぜひ、皆さまのご意見をお待ちしております。（T. T.）

賛助会（寄付）会員名簿 平成22年4月1日現在

独立行政法人海洋研究開発機構の研究開発につきましては、次の賛助会員の皆さまから会費、寄付を頂き、支援していただいております。（アイウエオ順）

株式会社IHI	株式会社化学分析コンサルタント
株式会社アイ・エイチ・アイマリンユナイテッド	鹿島建設株式会社
株式会社アイケイエス	株式会社川崎造船
アイワ印刷株式会社	株式会社環境総合テクノス
株式会社アクト	株式会社関電工
株式会社アサツディ・ケイ	株式会社キュービック・アイ
朝日航洋株式会社	共立インシュアランス・ブローカーズ株式会社
アジア海洋株式会社	共立管財株式会社
株式会社アルファ水工コンサルタンツ	極東貿易株式会社
泉産業株式会社	株式会社きんでん
株式会社伊藤高圧瓦斯容器製造所	株式会社熊谷組
株式会社エス・イー・エイ	クローバテック株式会社
株式会社NTTデータ	株式会社グローバルオーシャンディベロップメント
株式会社NTTデータCCS	京浜急行電鉄株式会社
株式会社NTTファシリティーズ	KDDI株式会社
株式会社江ノ島マリンコーポレーション	株式会社ケンウッド
株式会社MTS雪氷研究所	株式会社構造計画研究所
有限会社エルシャンテ追浜	神戸ペイント株式会社
株式会社OCC	広和株式会社
沖電気工業株式会社	国際気象海洋株式会社
株式会社海洋総合研究所	国際警備株式会社
海洋電子株式会社	国際石油開発帝石株式会社

『Blue Earth』定期購読のご案内

URL <http://www.jamstec.go.jp/j/pr/publication/index.html>

1年度あたり6号発行の『Blue Earth』を定期的にお届けします。

■ 申し込み方法

EメールかFAX、はがきに①～⑥を明記の上、下記までお申し込みください。

① 郵便番号・住所 ② 氏名 ③ 所属機関名（学生の方は学年）
④ TEL・FAX・Eメールアドレス ⑤ Blue Earthの定期購読申し込み
＊購読には、1冊300円＋送料が必要となります。

■ 支払い方法

お申し込み後、振込案内をお送り致しますので、案内に従って当機構指定の銀行口座に振り込みをお願いします（振込手数料をご負担いただけます）。ご入金を確認次第、商品をお送り致します。
平日10時～17時に限り、横浜研究所地球情報館受付にて、直接お支払いいただくこともできます。なお、年末年始などの休館日は受け付けておりません。詳細は下記までお問い合わせください。

■ お問い合わせ・申込先

〒236-0001 神奈川県横浜市金沢区昭和町3173-25
海洋研究開発機構 横浜研究所 事業推進部 広報課
TEL.045-778-5406 FAX.045-778-5498
Eメール info@jamstec.go.jp
ホームページにも定期購読のご案内があります。上記URLをご覧ください。
＊定期購読は申込日以降に発行される号から年度最終号（3-4月号）までとさせていただきます。
バックナンバーの購読をご希望の方も上記までお問い合わせください。

■ バックナンバーのご紹介

URL <http://www.jamstec.go.jp/j/pr/publication/index.html>



＊お預かりした個人情報は、『Blue Earth』の発送や確認のご連絡などに利用し、独立行政法人海洋研究開発機構個人情報保護管理規程に基づき安全かつ適正に取り扱います。

JAMSTEC メールマガジンのご案内

URL <http://www.jamstec.go.jp/j/pr/mailmagazine/>

JAMSTECでは、ご登録いただいた方を対象に「JAMSTECメールマガジン」を配信しております。イベント情報や最新情報などを毎月10日と25日（休日の場合はその次の平日）にお届けします。登録は無料です。登録方法など詳細については上記URLをご覧ください。

海と地球の情報誌 Blue Earth

第22巻 第3号（通巻107号）2010年6月発行

発行人 他谷 康 独立行政法人海洋研究開発機構 横浜研究所 事業推進部
編集人 他谷 康 独立行政法人海洋研究開発機構 横浜研究所 事業推進部 広報課
Blue Earth 編集委員会

制作・編集協力 有限会社フォトンクリエイト
取材・執筆・編集 立山 晃 (p2-17)／鈴木志乃 (p1、p20-27)／坂元志歩 (p18-19)／佐藤ひとみ (p28-31)
デザイン 株式会社デザインコンビビア (AD 堀木一男／岡野祐三／岩崎邦好／飛鳥井羊右ほか)

ホームページ <http://www.jamstec.go.jp/>

Eメールアドレス info@jamstec.go.jp

＊本誌掲載の文章・写真・イラストを無断で転載、複製することを禁じます。

独立行政法人 海洋研究開発機構の研究機関

横須賀本部 〒237-0061 神奈川県横須賀市夏島町2番地15 TEL. 046-866-3811 (代表) 横浜研究所 〒236-0001 神奈川県横浜市金沢区昭和町3173番25 TEL. 045-778-3811 (代表) むつ研究所 〒035-0022 青森県むつ市大字関根字北関根690番地 TEL. 0175-25-3811 (代表) 高知コア研究所 〒783-8502 高知県南国市物部乙200 TEL. 088-864-6705 (代表) 東京事務所 〒105-0003 東京都港区西新橋1丁目2番9号 日比谷セントラルビル6階 TEL. 03-5157-3900 (代表)	古河電気工業株式会社 古野電気株式会社 松本徹章株式会社 マリメックス・ジャパン株式会社 株式会社マリン・ワーク・ジャパン 株式会社丸川建築設計事務所 株式会社マルトー 三鈴マシナリー株式会社 三井住友海上火災保険株式会社 三井石油開発株式会社 三井造船株式会社 三菱重工株式会社 株式会社三菱総合研究所 株式会社森京介建築事務所 八洲電機株式会社 郵船商事株式会社 郵船ナブテック株式会社 ユニバーサル造船株式会社
---	--

国際海洋環境情報センター
〒905-2172 沖縄県名護市字豊原224番地3
TEL. 0980-50-0111 (代表)

Washington D.C. Office
1120 20th street, NW, Suite 700S,
Washington, D.C. 20036, USA
TEL. +1-202-872-0000 FAX. +1-202-872-8300

『ハガキにかこう 海洋の夢コンテスト』

海洋への関心が高まっている今日、未来を担う子どもたちが持つ海洋への夢やあこがれ、興味をさらに高めるために、海洋研究開発機構(JAMSTEC)では全国の児童を対象とした絵画コンテストを、文部科学省などの後援により開催しています。作品募集は、毎年11月下旬から1月末ごろです。

第12回コンテストには、全国から2万6709点の応募がありました。そのなかから入賞作品を紹介しします。

コンテストに関する詳しい情報は、JAMSTECのホームページをご覧ください。これまでの受賞作品もご覧いただけます。

<http://www.jamstec.go.jp/j/kids/hagaki/index.html>

最優秀賞



絵画
部門

文部科学大臣賞

海のブロードウェイ

神奈川県横浜市立金沢小学校5年
永橋七海架



優秀賞



絵画
部門

横須賀市長賞

ちょうちんあんこの
にじ色のトンネル

愛知県名古屋市長上社小学校6年
中神 舞

