

Blue Earth

海と地球の情報誌

113

Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

ISSN 1346-0811
2011年7月発行
隔月年6回発行
第23巻 第3号
(通巻113号)

M9

超巨大地震の謎



新連載 Blue Earth Time Travel

**約45億年前
地球最初の海水がつけられた**

気候変動予測に挑む

**生命は40万Gの重力下でも
生存できる**

生命は40万Gの 重力下でも生存できる

地球外生命は存在するのか？それは宇宙のどこに存在しているのか——地球外生命を探る上で、生命はどのくらいの極限環境で生存できるのかを知ることが重要だ。近年、地球の極限環境における生命探査が進展し、高温・高圧の深海底や地下深部など、生命の生存は難しいと考えられていた場所にも、多くの微生物が生息していることが分かってきた。地球外の環境を考える上では、重力も重要な要因だ。微小な重力が生物に与える影響については、スペースシャトルや国際宇宙ステーションなどで実験が進められてきた。しかし大きな重力による影響についての研究例は限られていた。

出口 茂チームリーダー（TL）たちは、遠心力により大きな重力がかかったのと同等の状況を実験装置でつくり出し、そのなかで大腸菌や酵母、乳酸菌など5種類の単細胞の微生物を生育した。いずれの微生物も地球重力の1万倍、1万G程度の重力までは生育に影響が出なかった。重力をさらに大きくしていくと、生育速度は徐々に遅くなり、微生物の数は減っていった。ただし、パラコッカス・デニトリフィカンスと大腸菌は、実験装置がつくり出せる最大値、40万Gを超える重力下でも増殖できることを発見した。

パラコッカス・デニトリフィカンスは主に土壌に生息し、大腸菌は私たちの腸などにすむ微生物である。いずれも細胞核を持たない原核生物だ。酵母など細胞核を持つ真核生物の細胞は、原核生物の細胞よりもサイズが大きく、細胞核のほかにもミトコンドリアや小胞体などの細胞小器官があり内部構造が複雑である。

「大きな重力が微生物に与える物理的な影響を詳細に検討したところ、サイズが小さく構造が単純という原核生物の特徴が、大きな重力環境での生育に有利に働くことが分かりました」と出口TLは語る。

さらに出口TLは、「今回の実験により、天体の重力が生命の生存を難しくする要因にはならないことが明確になりました」と指摘する。質量が地球の300倍以上ある木星でも表面の重力は約2.4G、地球の30万倍以上の質量を持つ太陽でさえ約28Gである。40万Gという重力がいかに大きな値かが分かる。

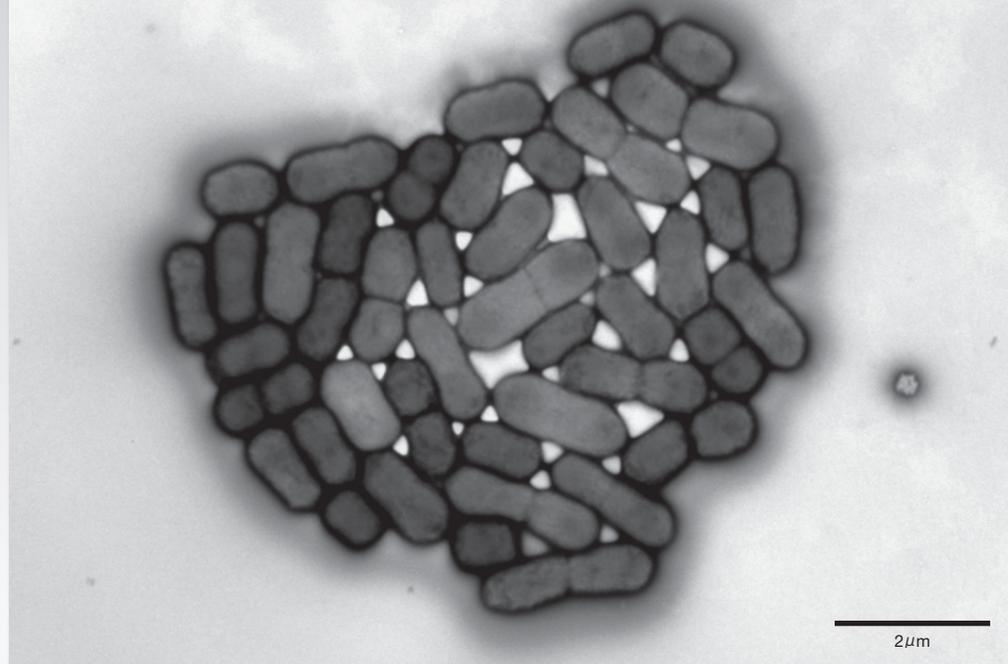
1995年以降、太陽系外の惑星が次々と発見されている。その多くは木星のような巨大ガス惑星だが、最近では地球の数倍の質量を持つ岩石惑星も見つかり始めている。また、太陽のように自ら輝くことができない褐色矮星の観測も進んでいる。褐色矮星は木星の数十倍の質量を持つが、その重力の大きさが生命の生存を難しくさせることはないだろう。生命は小惑星や彗星に乗って惑星間を移動しているのかもしれない。小惑星や彗星が地球サイズの惑星に衝突するとき、数十万Gという大きな加速度が瞬間的に働くが、生命はそれにも耐えられる可能性がある。

出口TLたちの今回の研究成果は、地球外生命を探る範囲を広げるように促すきっかけとなるだろう。

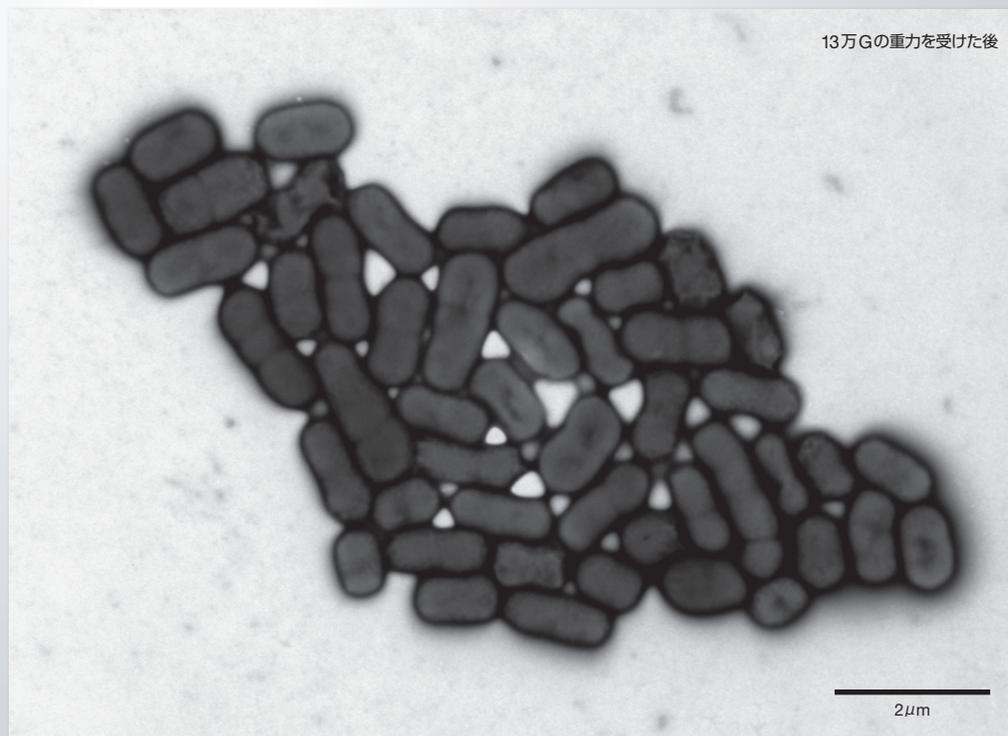
*この研究成果は、JAMSTEC海洋・極限環境生物圏領域、九州大学、界面化学研究所（スウェーデン）、琉球大学の共同研究による（取材協力：出口 茂 海洋・極限環境生物圏領域 深海・地殻内生物圏研究プログラム チームリーダー）

パラコッカス・デニトリフィカンス (*Paracoccus denitrificans*)

通常の1Gの重力



13万Gの重力を受けた後



1 **Close Up**
生命は40万Gの重力下でも
生存できる

2 **特集**
M9
超巨大地震の謎

18 **Aquarium Gallery**
アクアマリンふくしま
蒼緑色の大きな眼
——マルアオメエン

20 **私が海を目指す理由**
気候変動予測に挑む
羅 京佳
地球環境変動領域 短期気候変動応用予測研究プログラム
低緯度域気候変動予測研究チーム 主任研究員

24 **新連載 Blue Earth Time Travel**
約45億年前
火山の山頂に雨が降り注ぎ
地球最初の海水がつくられた
渋谷岳造
システム地球ラボ プレカンブリアンエコシステムラボラトリー 研究員

28 **Marine Science Seminar**
2010年の記録的猛暑と今夏の最新予測
升本順夫
地球環境変動領域 短期気候変動応用予測研究プログラム
プログラムディレクター

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

表紙紙 **新連載 JAMSTEC History 1971-2011**
1971年 シートピア計画

表紙 巨大津波の発生現場
宮城県沖～日本海溝付近の地下構造。東北地方太平洋沖地震の発生後に行われた深海調査研究船「かいりけい」による地下構造探査画像（暫定処理版）
画像作製：地球内部ダイナミクス領域
野 徹雄 技術研究副主任
小平秀一プログラムディレクター

M9

超巨大地震の謎

■取材協力

地球内部ダイナミクス領域

小平秀一 プログラムディレクター (PD)

藤江 剛 技術研究副主任

地震津波・防災研究プロジェクト

高橋成実 グループリーター (GL)

堀 高峰 サブリーダー (SL)

2011年3月11日、

日本でこれまで観測されたことのないマグニチュード (M) 9.0の超巨大地震が発生、激しい揺れと巨大津波が多くの人命を奪った。海洋研究開発機構 (JAMSTEC) ではこれまでに、東北地方太平洋沖地震が発生した日本海溝において、地下構造探査や有人潜水調査船「しんかい6500」などを用いた海底探査を進めてきた。それらの探査や研究によって何が分かっていたのか。そして何が未解明だったのか。M9の巨大地震と巨大津波は、どのようなメカニズムで発生したのか。

同規模の地震は、日本のほかの場所でも起き得るのか。

次の巨大地震・巨大津波から命を守るには、どのような取り組みが必要か。地震研究の最前線に立つJAMSTECの研究者たち取材した。

巨大津波の発生現場

宮城県沖～日本海溝付近の地下構造。東北地方太平洋沖地震の発生後に行われた深海調査研究船「かいりけい」による地下構造探査画像 (暫定処理版)

画像作製：地球内部ダイナミクス領域

野 徹雄 技術研究副主任・小平秀一プログラムディレクター

M9 海溝軸まで北米プレートが50mも動いた

東北地方太平洋沖地震は、プレートの境界で起きた地震だ。地球の表面は、プレートと呼ばれる十数枚のかたい岩板で覆われている。日本海溝では、東日本を載せた北米プレートの下に太平洋プレートが年間約10cmの速さで沈み込んでいる。その沈み込みに伴い北米プレートが引きずり込まれて、ひずみがたまる。そのひずみに耐え切れなくなって、北米プレートがもとに戻るようにして跳ね上がり、プレート境界の断層が一気に滑ってM9の超巨大地震が発生したのだ。

断層が滑り始めたのは、2011年3月11日14時46分、宮城県牡鹿半島沖約130km、深さ24kmの地点。その断層の滑りは、北は三陸沖中部へ、南は茨城県沖へ広がり、震源域は500km×200km

の範囲に及んだと推定されている。断層はどのくらい滑ったのか。陸に伝わった地震波や津波のデータから、滑り量の分布が推定されている。「しかし陸上の地震計や沿岸付近の津波のデータでは、遠く離れた震源域の日本海溝付近では、何が起きたのか、よく分かりません。現場に行って、調べる必要があります」と小平秀一PDIは語る。

JAMSTECでは、地震直後に深海調査研究船「かいらい」を派遣。1999年の調査と同じ場所を走り、海底地形を探索した。そして地震の前後を比較することにより、震源付近から日本海溝に至る領域の北米プレートが、南東～東南東方向に海溝軸まで約50m移動し、上方に約10m隆起した可能性のあることが判明

した。逆に陸に近い領域は沈降した。北米プレートが跳ね上がり、南東～東南東方向に引き伸ばされることで、海底が沈降・隆起したと考えられる。それに伴い海水が上下に変動して巨大津波が発生したのだ。

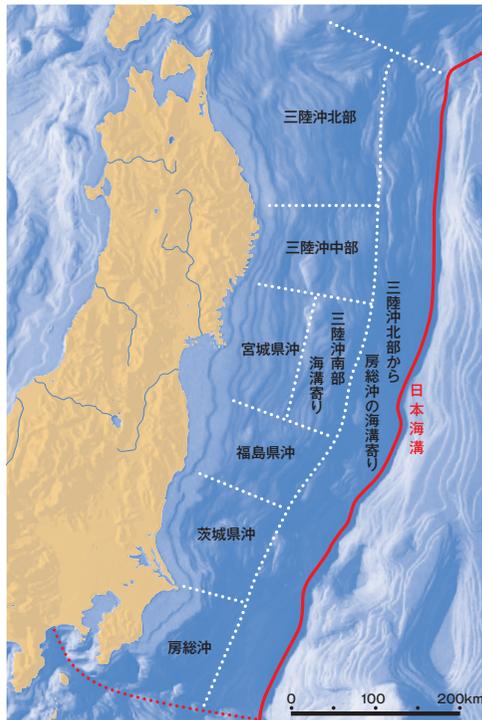
日本海溝の帯では、M7～M8の地震が繰り返し起きてきた。たとえば、1978年にはM7.4の宮城県沖地震、1968年にはM7.9の十勝沖地震が発生した。さらに日本海溝の海溝軸付近では、1896年に明治三陸地震（M8.5）、1933年に昭和三陸地震（M8.1）が起きている。この2つの地震は巨大津波を伴い、大きな被害をもたらした。

文部科学省の地震調査研究推進本部では、過去の地震活動に基づき、今後起き

得る地震の規模や確率を算出していた。それによると、宮城県沖では、30年以内に99%の確率でM7.5の地震が起きると予測されていた。しかし、地震の規模や震源域の広さは、予想を大きく上回った。

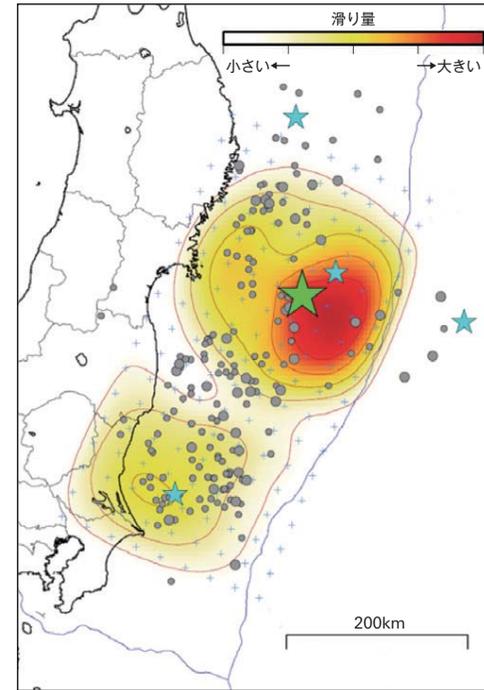
日本海溝の帯は、8つの震源域が想定されていた。このなかで、複数の震源域が連動して地震を起こすと予想されていたのは、「宮城県沖」と「三陸沖南部海溝寄り」のみで、その連動地震の規模

はM8.0前後と算出していた。ところが、東北地方太平洋沖地震では6つの想定震源域が連動して地震が発生、地震の規模はM9.0に達した。このような超巨大地震はなぜ発生したのだろうか。



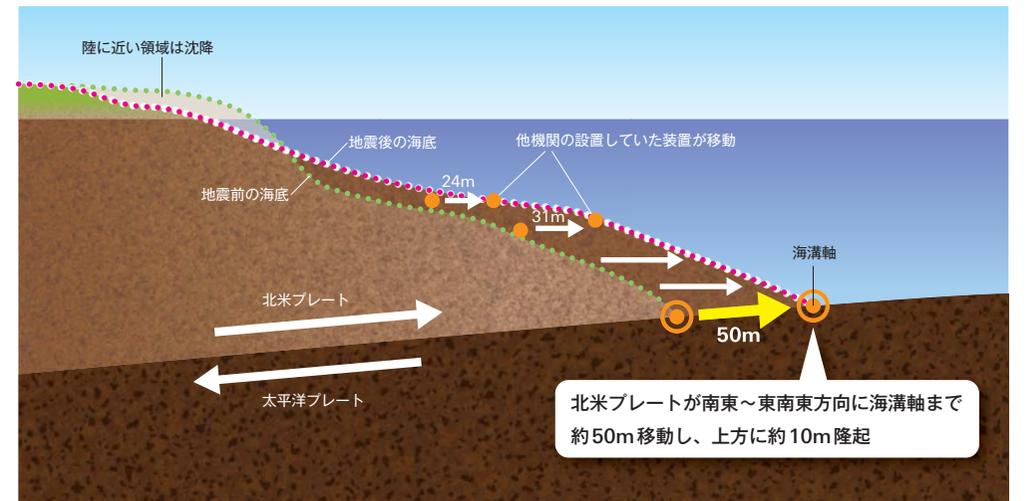
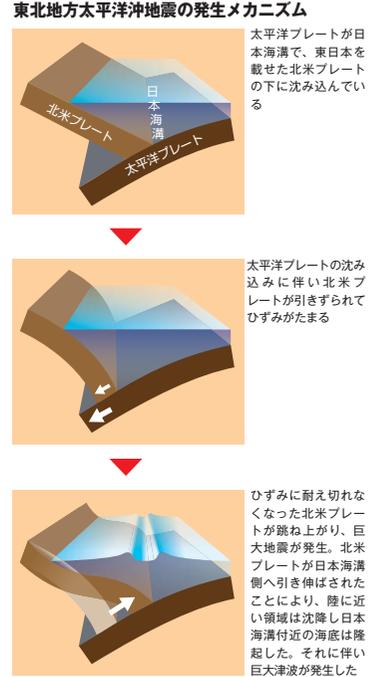
領域または地震名		長期評価で予想した地震規模(マグニチュード)	地震発生確率	平均発生間隔
三陸沖から房総沖の地震	津波地震	Mt8.2前後 (Mtは津波の高さから求める地震の規模)	20%程度 (6%程度) [※]	133.3年程度 (530年程度) [※]
	正断層型	8.2前後	4%～7% (1%～2%) [※]	400年～750年 (1600年～3000年) [※]
三陸沖から房総沖にかけての地震	三陸沖北部	8.0前後	0.5%～10%	約97.0年
	固有地震以外のプレート間地震	7.1～7.6	90%程度	11.3年程度
宮城県沖	7.5前後	99%	37.1年	
三陸沖南部海溝寄り	連動	8.0前後	80%～90%	105年程度
	7.7前後	80%～90%	105年程度	
福島県沖	7.4前後 (複数の地震が統発する)	7%程度以下	400年以上	
茨城県沖	6.7～7.2	90%程度以上	約21.2年	

東北地方太平洋沖地震が発生する前の想定震源域と地震の規模、30年以内の発生確率（地震調査研究推進本部）



東北地方太平洋沖地震の滑り量分布の推定
(気象庁 2011年3月25日発表)
宮城県沖から日本海溝に至る領域が大きく滑ったと推定されている

★：本震の破壊開始点
★：3月9日以降のM7.0以上の地震の震央
●：本震発生から1日間のM5.0以上の地震の震央
—：本震の滑り量分布 (滑り量5mごとの線)



「かいらい」による海底地形調査に基づく宮城県沖の海底地形の変化

M9 巨大地震・巨大津波の発生現場を探る

今回の地震で何が起きたのか。それを知るには、地震の発生現場である、海底下の地下構造を調べる必要がある。

JAMSTECでは日本海溝を含むこの海域で、地下構造探査を行ってきた。地震直後に行った「かいらい」による航海でも、1999年の調査と同じ場所を走り地下構造の探査を行った。

今回の地震では、日本海溝の海溝軸付近まで海底が大きく隆起することにより、海水が持ち上げられて巨大津波が発生している。ただし、海溝軸付近の地下構造は複雑で、多数の断層が存在していることが分かっている。深さ24km付近から始まった断層の滑りが、最終的に海溝軸付近でどのように滑ったのか。どの

断層が大きく滑り、巨大津波を引き起こしたのか、まだ突き止められていない。「今回の地震を理解するには、その断層を特定することが不可欠です」と藤江 剛 副主任は語る。「前回と今回の地下構造探査データを比較しましたが、断層の形状について顕著な違いは見つかりません。現在、データを詳細

に比較しているところです。また、私たちは10km間隔で調査船を航行させて、地下構造を三次元的に調べる探査を進めています」

さらに、地球深部探査船「ちきゅう」により海溝軸付近の海底を掘削して、断層が滑った跡を見つけ出す調査も提案されている。

日本海溝では、今回のような超巨大地震が過去に繰り返し発生してきたのだろうか。

「今回の震源域の海底は、沈降している場所であることが数多くの調査から分かっています」と藤江副主任は解説する。「中生代白亜紀（1億4550万年前～6550万年前）の堆積物が一度、海面より上に隆起して陸となり、その後水深約4,000mまで沈降したと推定されています。私たちJAMSTECによる地下構造探査でも、沈降の結果として生じる正断層をこの海域でたくさん確認しています」

正断層とは、プレートが両側に引っ張られることでできる断層だ。「実は今回の本震の後、正断層型の余震が数多く観測されています」

北米プレートが引き伸ばされる動きが本震の後も続き、正断層型の地震が起きていると考えられる。「この海域に数多く刻まれた正断層は、今回のような超巨大地震が繰り返されてきたことを示しているのかもしれませんが。今後、詳しく調査を進めていく必要があります」

日本海溝付近では、海溝軸の海側でも大きな津波を引き起こす地震が発生する。1933年の昭和三陸地震（M8.1）では、主に津波によって3,000人以上の命が奪われた。この地震は、太平洋プレートが日本海溝で沈み込むときに曲げられ、曲げによる引っ張り力が働いて起きる正断層型の地震だと考えられている。このような地震を「アウターライズ地震」と呼ぶ。その地震に伴い地壘・地溝と呼ばれる凹凸地形ができるらしい。日本海溝の海側には、地壘・地溝が数多く確認されている。

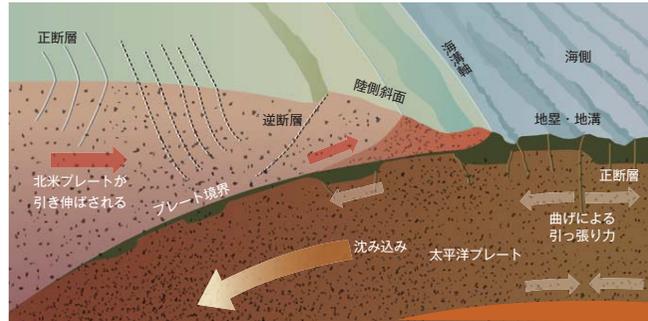
昭和三陸地震発生37年前、1896年に明治三陸地震（M8.5）が発生。この地震でも巨大津波が発生して、約2万2000人の死者・行方不明者を出した。この地震は、太平洋プレートが日本海溝で沈

み込んだ直後のプレート境界、海溝軸のすぐ陸側で起きたと推定されている。その地震により、太平洋プレートの沈み込みが加速され、引っ張り力が強く働いて昭和三陸地震が発生した可能性がある。

今回の地震の後、海溝軸の海側でM7.5の余震が起きている。今後、巨大津波を伴うアウターライズ地震が発生するのだろうか。「アウターライズ地震がどのように起きるのか、その詳細は不明です。今後、昭和三陸地震が起きた海域の地下構造を重点的に調査する必要があります」と藤江副主任は語る。

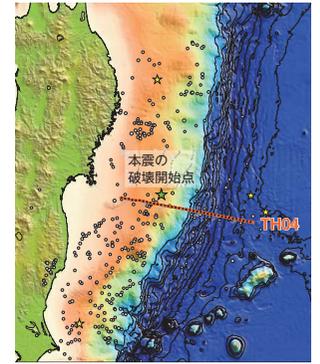
日本海溝の地下構造の模式図

東北地方太平洋沖地震の後も、北米プレートが引き伸ばされる動きが続き、陸側で正断層型の地震が起きていると考えられる。また海側では、太平洋プレートの沈み込みが加速され、引っ張り力が強く働いて正断層型のアウターライズ地震が起きる恐れがある

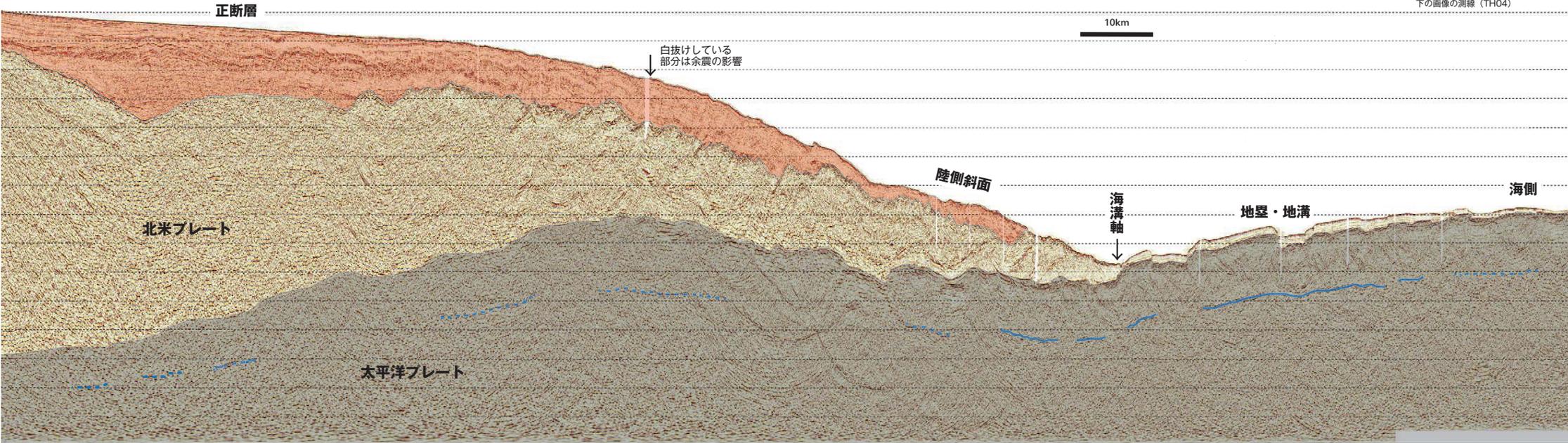


東北地方太平洋沖地震の発生後に行われた「かいらい」による地下構造探査画像（暫定処理版）

画像作製：地球内部ダイナミクス領域
野 徹雄 技術研究副主任・小平秀一プログラムディレクター



下の画像の測線（TH04）



「しんかい6500」が見た日本海溝

日本海溝の海側、水深約6,270mの海底に走る亀裂
(1991年撮影)

ここに見開きで示した写真は199年、有人潜水調査船「しんかい6500」により、昭和三陸地震の発生現場付近、水深約6,270mで撮影された海底の亀裂だ。この亀裂は、太平洋プレートに引っ張り力が強く働いてできた正断層の一部だと推定されている。

ただし、昭和三陸地震を発生させた断層かどうかは特定できていない。この海域では、正断層型の地震が過去に何度も繰り返されてきたと考えられているからだ。それを裏付けるように、「しんかい6500」は、この亀裂以外にも、日本海溝の海側で海溝とほぼ平行に走る亀裂をいくつも発見している。

海溝軸を隔てて反対側の陸側斜面では、ナギナタシロウリガイが同じ方向に配列している場所を、数多く発見している。そこでは海底の割れ目から冷水が染み出しており、冷水に含まれる成分を栄養源とする微生物とナギナタシロウリガイが共生している。ナギナタシロウリガイの分布は、プレート境界が枝分かれした分岐断層の指標となる。

そもそも「しんかい6500」の水深6,500mという潜航能力は、日本海溝などで地震に関連した深海底を探索することを大きな目的の一つとして設定された。

199年に本格的な潜航調査を開始した「しんかい6500」には、地震学だけでなく、生物学や海洋学などさまざまな分野の研究者が乗り込み、日本海溝を調査してきた。

今回の地震後、海洋・極限環境生物圏領域 (B ogeos) の藤倉克則チームリーダーたちは、以前調査を行った三陸沖の海域で、深海曳航調査システム「ディープ・トウ」による探査を行った。地震の前後を比較することで、新たにできた海底の亀裂やナギナタシロウリガイの分布の変化を調べている。そして今年の夏には「しんかい6500」による潜航調査を行う予定だ。

さらにB ogeosの高井 研PDたちは、東北地方太平洋沖地震の震源域の海底で海水を採取し、断層から染み出してきた成分の化学組成と微生物の群集構造を分析している。

「いま、JAMSTECがなすべきことは、地震の現場である深海や海底で何が起きているのか、さまざまなデータを集めることです。そして超巨大地震が起きたメカニズムとその後には起きている現象を统一的に説明するモデルをつくり上げることが目指しています」と小平PDは展望を語る。



日本海溝の陸側斜面、水深約6,400mの海底に配列するナギナタシロウリガイの群集

M9 なぜ日本海溝でM9が起きたのか

日本海溝で起きた超巨大地震のメカニズムを説明するモデルとして、どのようなものが考えられているのか。

太平洋プレートが、北米プレートを引きずり込みながら地球内部へ沈み込むことで、ひずみがたまる。やがて、ひずみに耐え切れなくなったとき、北米プレートが跳ね上がり、地震が起きる。ただし、日本海溝の海域でも、福島県沖のようにほとんど地震が起きない場所と、宮城県沖や三陸沖のようにM7~M8の地震が繰り返し起きてきた場所がある。また、同じ場所でも規模の異なる地震が起きる。

過去に起きた三陸沖の地震を解析することで、「アスペリティ・モデル」が発展した。太平洋プレートが北米プレートを引きずり込みひずみをためるには、プレート境界がピン留めされたようにぴったりとくっついている必要がある。そのようにしっかりと接着（固着）した場所を「アスペリティ」と呼ぶ。

三陸沖には、大小さまざまなアスペリティがある。そこでは北米プレートを引きずることによってひずみがたまる。そのひずみに耐え切れなくなったとき、アスペリティが一気に滑って地震が起きる。同じ場所でも、たくさんのアスペリティが連動して滑る場合には地震の規模が大きくなり、少数のアスペリティしか滑らない場合には地震の規模は小さくなる、とアスペリティ・モデルでは考える。

それでは、M7~M8の地震が繰り返されてきた日本海溝で、なぜ今回は、三陸沖中部から茨城県沖に至る広い領域のプレート境界が一気に滑り、超巨大地震に発展したのか。大小のアスペリティが、たまたま同時に連動して地震を起こしたのだろうか。

「その問題設定とは逆に“数百年~1,000年に一度、M9が起きるような場所の一部で、なぜM7~M8の地震が比較的短い間隔で繰り返し起きるのか”という問題を解明する研究を、3年ほど前から進めていました」と堀 高峰SLは語る。「たとえば、2004年にM9の地震が起きたスマト

ラ島沖~アンダマン諸島沖の震源域内では、やはりその一部でM7~M8の地震が起きていました」

それを説明するために堀SLは、「階層アスペリティ・モデル」を提唱した。従来のアスペリティ・モデルでは、アスペリティの周囲は、プレート境界が固着していない状態で太平洋プレートがずると滑り込んでいる場所だと考えていた。そのようなプレート境界では北米プレートを引きずり込まないので、ひずみがたまらず地震がほとんど起きない。たとえば福島県沖も、そのような場所だと考えられていた。

「一方、階層アスペリティ・モデルでは、従来型のアスペリティの周囲は、ずるずる滑りながらも、ゆっくりとひずみをためることのできる場所だと考えます」

ここでは、従来型のアスペリティを“レッドゾーン”、その周囲を“グレーゾーン”と呼ぶことにしよう。レッドゾーンはプレート境界がピン留めされたような場所で、ひずみをためやすい。一方、グレーゾーンは弱い両面テープで留めたような場所でプレート同士がずれながら、ゆっくりとひずみをためていく。そのような広いグレーゾーンのなかに、レッドゾーンが点在しているという階層構造を考える。

レッドゾーンはひずみをためやすいので、比較的短い間隔でM7~M8の地震を起こす。一方、グレーゾーンはつるつる滑る面ではなく両面テープで留めたような場所なので、レッドゾーンで地震が起きても、それに対しては抵抗してほとんど滑らず、「余効滑り」と呼ばれるゆっ

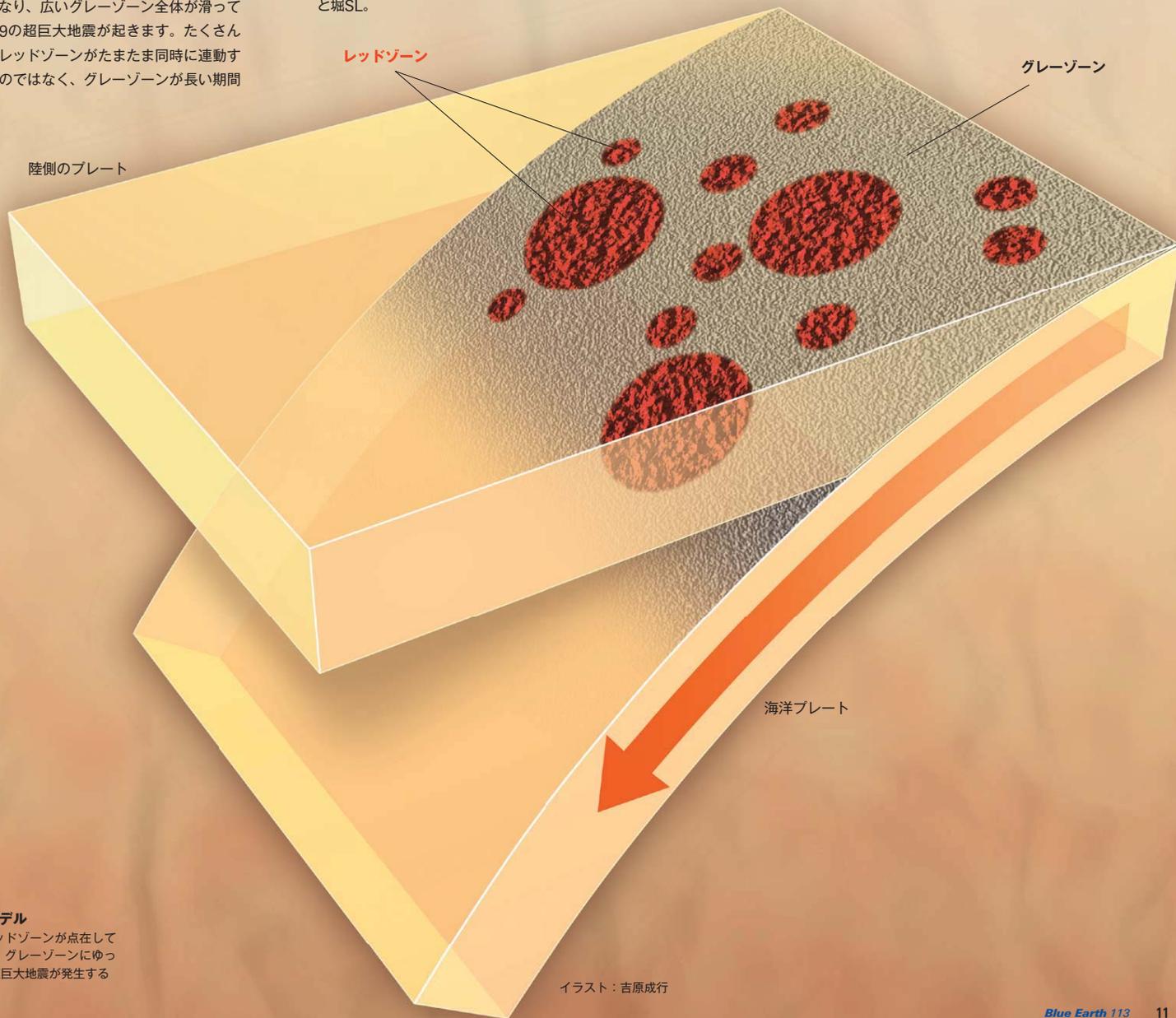
くりした滑りを起こすだけの場合がある。そして広いグレーゾーンは、ゆっくりとひずみをためていく。

「あるとき、そのひずみに耐え切れなくなり、広いグレーゾーン全体が滑ってM9の超巨大地震が起きます。たくさんレッドゾーンがたまたま同時に連動するのではなく、グレーゾーンが長い期間

かけてためたひずみを、レッドゾーンのひずみもろとも解消するように地震を起こすのです。階層アスペリティ・モデルによる地震の繰り返しのシミュレーションを行ったところ、1,000年に1回、M9の地震が発生する震源域の一部で、M7~M8の地震が比較的短い間隔で繰り返される様子を再現することができました」と堀SL。

日本海溝で起きたM9の地震も、この階層アスペリティ・モデルで説明できるのだろうか。JAMSTECでは、地球深部探査船「ちきゅう」により、今回の震源域の海底を掘削することを検討し始めている。「グレーゾーンの海底を掘削してプ

レート境界の試料を手に入れることができれば、そこが本当に階層アスペリティ・モデルが想定しているような物理的性質を持つのかどうか、検証することができるでしょう」と小平PDは語る。



イラスト：吉原成行

M9 命を救うために何が必要か

東北地方太平洋沖地震では、巨大津波により多くの人々の命が奪われた。「今回の地震では、最初の津波警報による情報を受けて避難した方々に、その後、より高い大津波が来るという情報が伝わらず、被害を抑えられなかった可能性があります。命を救うためには、どれくらいの高さの津波が来るのか、最初の段階で正確に予測し、警報をいち早く出す必

要があります」と高橋成実GLは指摘する。現在の津波警報で最初に発表される津波の高さは、実際に発生した津波の観測に基づく予測値ではない。さまざまな規模や震源で地震が起きたときに、どのような津波が発生するのか、あらかじめ10万通りのシミュレーションを行った結果がデータベースに蓄積されている。地震が起きたとき、陸上で捉えた地震波の分析

から地震の規模や震源を推定し、データベースから地震の規模や震源が最も似ているシミュレーションを探し出す。こうして最初に発表する津波の高さの予測値が導き出されている。その後、沖合約20kmにある潮位計で観測した津波のデータから、担当者が経験に基づき沿岸に到達したときの津波の高さを予測している。「より正確な津波予測を行うには、地震

や津波の発生現場である海域で観測を行う必要があります」。そう語る高橋GLたちは、東南海地震の震源域である紀伊半島沖の熊野灘に、地震・津波観測監視システム（DONET）の構築を進めてきた。DONETでは、20カ所の観測点の海底に高精度の地震計や、津波を捉える水圧計を設置する。最も陸から速い観測点は、約120km沖合にある。それぞれの観測点は海底ケーブルでつなされ、観測データはリアルタイムでJAMSTECや気象庁、防災科学技術研究所へ送られる。

DONETは2011年3月から11の観測点で運用を始め、8月までには20カ所の観測点の設置が完了する予定だ。DONETにより何が可能となるのか。「東南海地震が発生した場合、震源に近い紀伊半島南部の沿岸域では、現在よりも地震波で最大8秒、津波で最大10～15分程度、早く検知して情報発信することができます」

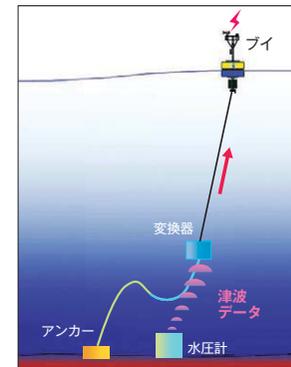
津波は水深が浅くなるほど、高さが増幅する。DONETの各観測点での津波の高さが沿岸でどのくらいまで増幅されるのか、DONETの観測データをもとにあらかじめ増幅率を計算しておくことにより、より正確な津波予測が可能となる。

DONETは、地震の発生予測にも威力を発揮する。「東北地方太平洋沖地震の本震の前に、プレート境界の固着が剥がれ

るときのゆっくりとした変動を、東北大学が震源域の海底に設置した装置が捉えていました。ただし、その装置はケーブルにつながれていないため、海から装置を回収して観測データが得られたのは地震後です。もし、次の東南海地震が発生する前にも、ゆっくりとした変動が起きるのなら、DONETでそれをリアルタイムで知ることができるはずです」

東南海地震と南海地震が別々に起きる場合、その時間差を予測することも可能かもしれない。昭和に起きた南海トラフの地震は、東南海地震の2年後に南海地震が発生したが、1854年には1日半後に発生した。東南海地震の震源域から西側へ、プレート境界の固着が剥がれるときのゆっくりとした変動を起こす場所が移動していき、南海地震が発生すると考えられている。DONETは東南海と南海地震の震源域の境界にも、観測点を設置している。ゆっくりとした変動を起こす場所が移動する速度をDONETで捉えることにより、東南海地震後の南海地震の発生を予測できる可能性がある。

ただし、南海地震の地震や津波をいち早く検知するためには、南海地震の震源域にも観測点を設ける必要がある。「私たちは、南海地震の震源域である潮岬から室戸岬にかけての海域に、DONET第

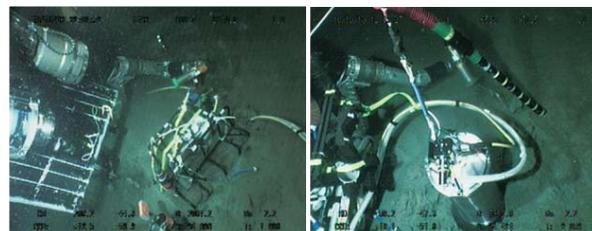
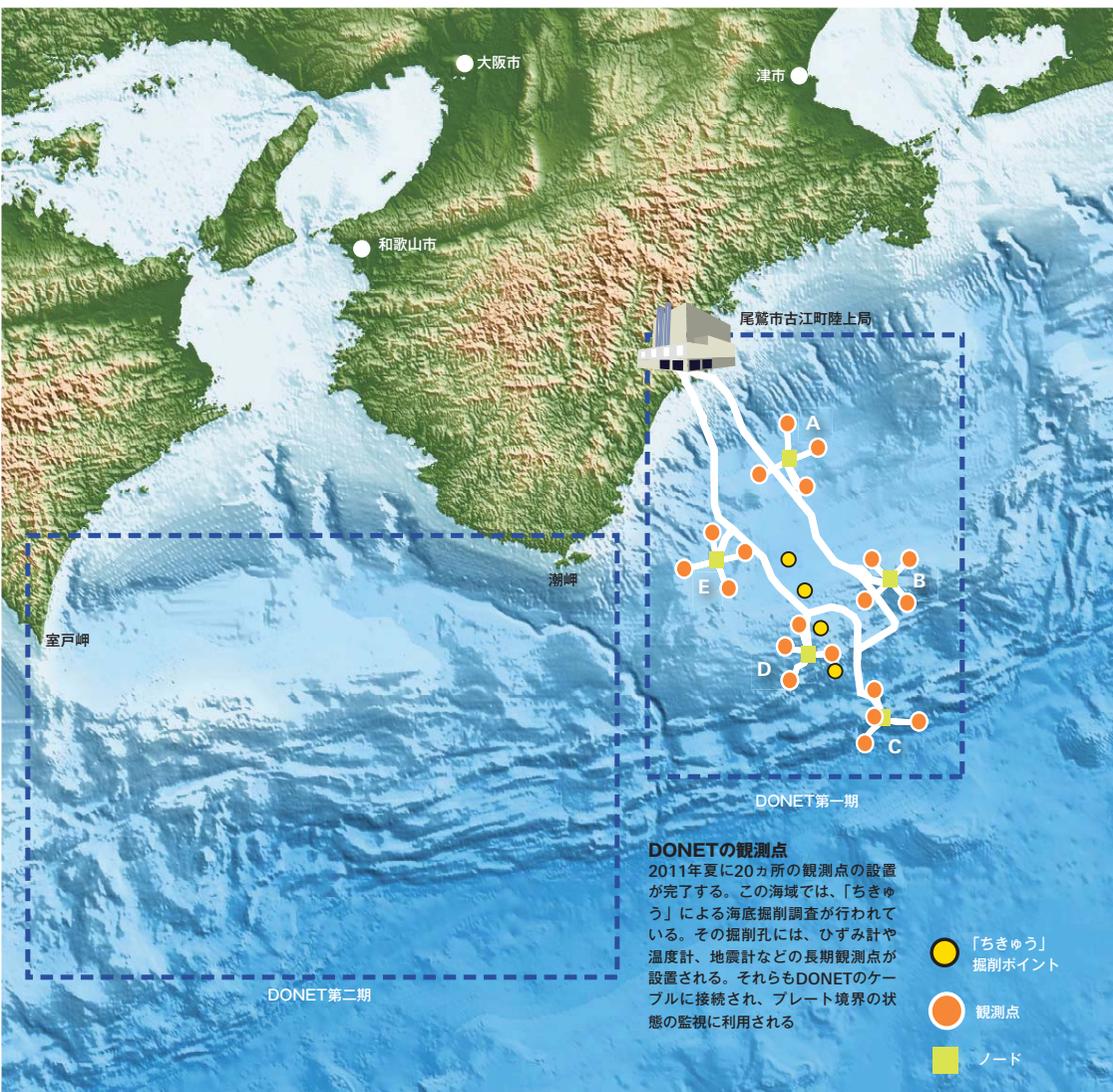


ブイ形式の津波警戒システム
水圧計で捉えた津波データを変換器に音波で送信。ケーブルを経由してブイから電波で陸上へ津波データを送る。5基1組で設置することで、津波が流れる方向や増幅率を調べることができる

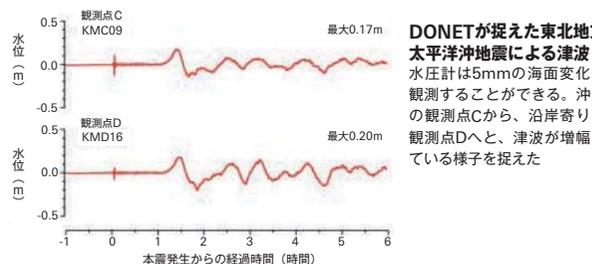
二期を展開する計画です。ただし、南海トラフの地震が日向灘から始まる場合は、現在のDONETでは地震や津波を早期に検知できません。第三期のDONETは、日向灘に設置することを構想しています」

DONETの観測データを実際の防災に生かして命を救うには、地方自治体との協議が欠かせない。「地域によって津波の高さや地震の揺れの大きさなど、防災に必要な情報は異なります。私たちは名古屋市や大阪市、高知市の方々と、DONETで得た情報をどのようなかたちで提供すればそれぞれの地域の防災に役立つのか、協議を進めています」

高橋GLは、「もし、DONETのようなシステムが三陸から宮城県沖にあれば、今回の震災の被害を軽減できたかもしれないと考え、やりきれない思いになります」と悔やむ。東日本の太平洋沿岸は、東北地方太平洋沖地震に伴う巨大津波により防波堤の多くが破壊され、無防備な状態だ。再び巨大津波が発生すれば、さらに大きな被害が出る恐れがある。ただし、DONETのようなシステムを設置するには時間とコストがかかる。「私たちは、JAMSTECの既存の技術を用いたブイ形式の津波警戒システムを提案しています。水圧計で津波だけを早期に検知するシステムです。このシステムならば、1年以内に展開することが可能です」



無人探査機「ハイバードルフィン」によって設置されるDONETの水圧計(左)と地震計(右) 地震計は海底に埋められ、M9で発生する強い揺れから微弱な揺れまでを観測する



M9 これからの地震研究のあるべき姿

—小平秀一PD・堀 高峰SLに聞く

M9は“想定外”だったのか？

—日本周辺で観測されたことのないM9の東北地方太平洋沖地震は、想定外だったといわれています。

小平：決してまったくの想定外ではなく、いろいろなことが分りつつありました。たとえば、陸上の掘削による津波堆積物の研究から、869年の貞観地震では、宮城県や福島県を中心とする広い範囲が巨大津波に襲われたことが指摘されていました。これまでの地震研究を否定する必要はありません。M9を含む日本海溝で起きる地震の全体像を理解するためのパズルのピースが集まり始めていました。しかし、ピースを組み合わせて全体像を描く前に、今回の地震が起きてしまったのです。この特集で紹介した階層アスペリティ・モデルを堀氏が提唱したのも、今回の地震の前です。

堀：ただし、日本海溝でM9が発生するとは考えていませんでした。

—それはなぜですか。

堀：日本海溝のプレート運動から予想されるプレートのひずみのうち、過去に起きたM7~M8の地震では4分の1しか解消されていないことも、今回の地震の前

に指摘されていました。しかし、蓄えられたひずみが解消される際、今回のような地震や津波を引き起こす速い滑りが起きるとは限りません。ゆっくりした滑りが起きる可能性もあります。日本海溝では、過去にM8後半~M9が知られていなかったことから、福島県沖などではゆっくりした滑りが起きていると思込んでいたわけです。さらに地下構造探査の結果から、福島県沖のプレート境界には、周囲よりもやわらかい物質が挟まっていると考えられていました。それにより、太平洋プレートは福島県沖などでたまにゆっくりした滑りを起こすことで、残り4分の3のひずみを解消しているのだと考えていました。そのような先入観のために、福島県沖などでは本当にゆっくりした滑りしか起きないのか数値計算と観測データで詳細に検証せず、分かったつもりになっていました。

小平：今回の地震の前に、福島県沖にもひずみがたまっているかもしれないという報告もありました。しかし多くの研究者は福島県沖ではひずみはたまっていないと思込んでいたのです。

—M9のメカニズムを理解し、日本海

溝で起きる地震の全体像を描くには、何をすべきですか。

小平：まず、地震後に起きているさまざまな現象のデータを集めること。そして、その新しいデータと地震前の古いデータを、先入観を捨てて見直すことです。M9が起き得る場所だという視点で見直す、いままで見落としていたデータがたくさんあるはず。そして最終的には、コンピュータのなかで、今回の東北地方太平洋沖地震とその後起きた現象を再現して、そのメカニズムを理解することを目指します。

次の巨大地震に備える

—次の巨大地震に備えるには、どのような取り組みが必要ですか。

小平：1995年の兵庫県南部地震（阪神・淡路大震災）の後、地震計やGPSが全国に展開されました。そのような観測網は、陸上の地殻変動を捉え、兵庫県南部地震のような内陸型の地震に備える上で、とても強力な武器となっています。しかし、海の観測網の整備は遅れています。DONETのようなシステムを、オールジャパンの体制で整備していく必要が

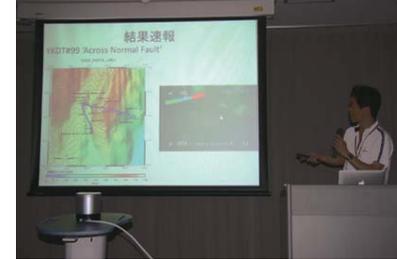
あります。

堀：遅くとも5年以内に、DONETの観測データを用いて、DONETを設置した海域のプレート境界が滑っているのか固着しているのか、その状態をリアルタイムで把握できるようにしたいと思います。そしてDONETの観測データと整合するシミュレーション・モデルにより、予測される津波を計算し、それで津波堆積物など過去のデータを説明できるのかどうかを検証します。過去のデータでモデルを検証し、将来に起こり得る被害予測を行い、防災に役立てる計画です。

小平：南海トラフや日本海溝など、海底下のプレート境界で起きた過去の地震については、陸上の津波堆積物や古文書などで調べています。一方、内陸の活断層で起きる地震については、活断層を掘削して分析することで、どのくらいの間隔で地震を起こしてきたかの、履歴を調べています。海底下のプレート境界で起きる地震はそのような調査ができていません。津波堆積物や古文書だけでは、過去の地震で何が起きたのか、実体を把握するにはデータが不十分です。「ちきゅう」などにより海溝付近のプレート境界を掘



2011年7月14日に横須賀本部で開かれた、支援母船「よこすか」による緊急調査の所内報告会。JAMSTECでは今回の地震後、「東日本大震災海洋科学調査研究検討委員会」（委員長：小平秀一PD）を設置。各種の緊急調査を実施するとともに定期的に報告会を開催し、さまざまな分野の研究者が情報を共有して、超巨大地震の謎を解明するための議論を繰り広げている



削して、地震の履歴を調べる研究が必要

です。
堀：また、日本海溝で警戒されているアウターライズ地震の研究は特に遅れています。日本海溝の海側にある地壘・地溝とアウターライズ地震の関係が指摘されていますが、実は、太平洋プレートがフィリピン海プレートの下に沈み込む伊豆・小笠原・マリアナ海溝にも地壘・地溝があります。しかし、そこで津波を伴う地震が発生してきたのかどうか分かっていません。今回の本震の後、海溝軸の海側でアウターライズ地震と思われる余震が起きています。その余震を観測し、地下構造と対応づけることで、アウターライズ地震の理解を深めることができるはず

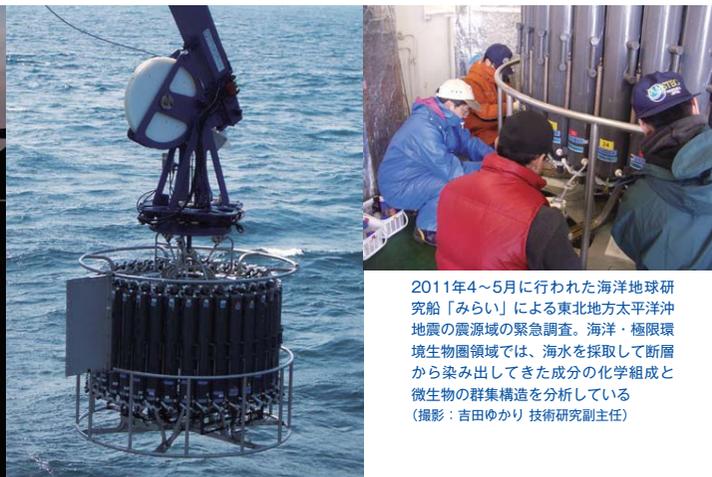
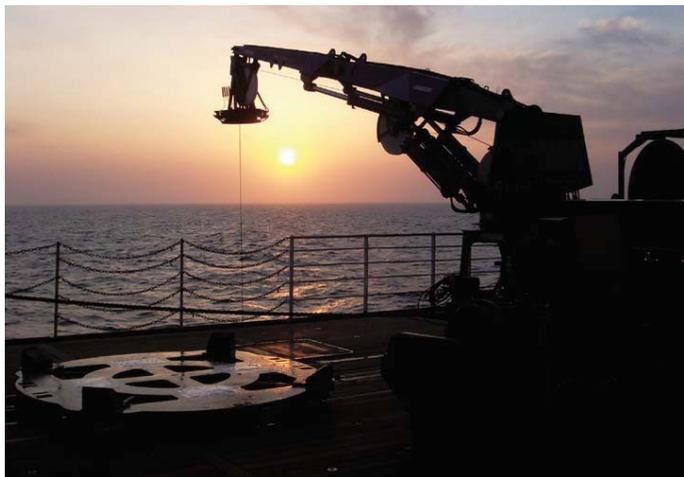
分野を超えた連携、社会との連携

—今後の地震研究はどうあるべきでしょうか。

小平：進展する地震研究の成果を、分かりやすく社会に説明して、防災につなげる取り組みが求められます。JAMSTECも社会との連携をさらに深めていくべきです。DONETの観測データを防災に生かすために地方自治体の方々と協議しているような取り組みを、さらに拡大していく必要があります。

地震研究では、分野を超えた連携が必要です。地震研究には、地震学や地質学、情報科学、地球物理学、地球化学、生物学など、さまざまな分野の専門家が携わっています。純粋な研究ならば、それぞれの分野が独自に研究を進めていけばよいでしょう。しかし、地震研究を防災に役立てるには、それぞれの分野から出てきたデータやアイデアを、分野を超えて検証する必要があります。私たちが反省すべきは、そのような取り組みが不十分だったことです。日本海溝の研究でも、それぞれの分野でパズルのピースを持っていましたが、分野を超えてそれらをきちんと検証していなかったため、全体像を描くに時間がかかってしまったのです。
堀：JAMSTECには、さまざまな分野の専門家がいます。まずJAMSTECにおいて、分野を超えた連携を推進し、地震研究のあるべき姿を実践してみせることが大切だと思います。

小平：分野を超えた連携は容易なことではありません。自分の専門外の分野についてもきちんと理解しなければならないからです。しかし、分野を超えて地震研究を進め、社会との連携を深めてその研究成果を防災に役立てていかなければ、次の巨大地震で再び多くの命が奪われてしまいます。そのような地震研究の体制をオールジャパンで築き上げていく必要があります。



2011年4~5月に行われた海洋地球研究船「みらい」による東北地方太平洋沖地震の震源域の緊急調査。海洋・極限環境生物圏領域では、海水を採取して断層から染み出してきた成分の化学組成と微生物の群集構造を分析している（撮影：吉田ゆかり 技術研究副主任）

蒼緑色の大きな眼 ——マルアオメエソ

アクアマリンふくしまにいるメヒカリの
大きさは、およそ15cmほど。すべ
て未成熟の個体と考えられている
(撮影：STUDIO CAC)



メヒカリは胸びれと尾びれで身体を支え、砂地の上でほとんど動かない。肛門の周りに発光器がある。とても弱い光のため、通常は確認できない。発光器はおそらく繁殖などのために利用しているのではないかと考えられている (撮影：STUDIO CAC)

水晶体のような蒼緑色の美しい眼をもつ魚。メヒカリ——水揚げされたときに、その眼が緑色に輝くことから、日本の水産関係者はそう呼んでいる。英名はグリーンアイズ。正式には世界に20種類ほどいるアオメエソ属の一種で、マルアオメエソという。水深200m前後に生息し、底引き網で捕獲される。蒼緑色の大きな眼は、深海魚によく見られる特徴のひとつ。大きな眼は、光の届かない深海で、生きもの同士が放つわずかな光を受け止めるためだといわれている。

生態はあまりよく分かっていないが、アクアマリンふくしまの10年ほどの飼育によって、少しずつ明らかになってきたこともある。飼育しているメヒカリは、精巣と卵巣の両方

を持つ。魚類では、性はかなりバラエティーに富んでいる。性転換するものや、雌雄同体のものもある。メヒカリは、まだ繁殖に成功していないため、どのタイプなのか、明らかになっていない。成熟した個体は水揚げされたことがなく、これまで捕獲されたのは大きいものでも18cm程度。それ以上に成長した個体は、生息する水深や海域を変えられられている。群れはつならず、海底でじっとしているようだ。水槽でも、ほとんど動かない。

アクアマリンふくしまでメヒカリを飼い始めたのは、2002年のことだった。いわき市の魚に認定されたため、生態調査の依頼が入り、飼育が始まった。最長飼育個体は7年目に突入している。しかし、最初から順調だったわけではない。飼い始めから1年もの間、餌をまったく受け付けず、少しずつやせていった。口元まで餌を持って行って、棒で無理矢理口へ入れると、やっと食べた。それからは餌と認識できたのだろうか、自力で食べられるようになった。深海の環境に合わせ水槽はなるべく暗くしているものの、それでもメヒカリにとっては明る過ぎて、よく見えていないのかもしれない。

あの日、3月11日、アクアマリンふくしまの1階部分は津波で浸水、電気や水道などのインフラはすべて破壊された。バックヤードにあたる水生生物保存センターも浸水し、利用できる水槽は普段の3分の2以下になった。そんな状況でも、メヒカリのほとんどは元気だった。しかし、水族館の整備をする間もなく、一部を除き職員は、同月12日の時点で自宅待機を命じられた。17日には海獣類をほかの水族館に移動させるためにクレーンを駆動、ここで自家発電を行っていた重油が底をついた。それから2週間あまり、水族館の生きものたちの多くは、そのまま放置せざるを得なかった。この間、9割ほどの動物たちの命がたった。しかし、まだ寒い時期だったことがメヒカリには幸いしたのだろう。水温が比較的低温で保たれた。メヒカリは相変わらず、水槽でじっとしていた。さらに復興まで新潟の水族館で預かってもらえることになった。

復興は急ピッチで進み、ついに7月15日再開にこぎ着けた。メヒカリが帰ってきたのは6月14日。少しよせたようだ。それでもメヒカリは恵まれていた方だ。ほかの水族館や動物園に避難できた動物はほんの一部だったからだ。蒼緑色のその大きな眼で、メヒカリたちは何かを見ていただろうか。

取材協力：山内信弥／アクアマリンふくしま・飼育管理課主任

■ Information: アクアマリンふくしま
〒971-8101
福島県いわき市小名浜字辰巳町50小名浜2号埠頭
財団法人 ふくしま海洋科学館
TEL 0246-73-2525 FAX 0246-73-2526
URL <http://www.marine.fks.ed.jp/>

気候変動予測に挑む

「なぜ、年によって雨がたくさん降ったり、ほとんど降らなかったりするのだろうか……。子どものころから気象に興味がありました」。そう語る羅京佳主任研究員が中国から日本に来たのは1997年。それ以降、エルニーニョやインド洋ダイポールモードなど熱帯域で発生する気候変動のメカニズム解明や、それらの予測に取り組んできた。「2年先までエルニーニョの発生を予測できるのは、世界で私たちだけ」と胸を張る。

羅京佳

地球環境変動領域 短期気候変動応用予測研究プログラム
低緯度域気候変動予測研究チーム
アプリケーションラボ 気候変動応用ラボユニット
主任研究員

JAMSTEC横浜研究所の地球情報館の半球スクリーンの前にて。奥は、先端的大気海洋結合モデル「SINTEX-F」による気候変動予測の例
(撮影：STUDIO CAC)

羅京佳(ら・きょうけい/Luo Jingjia)
1972年、中国浙江省生まれ。博士(理学)。
中国・南京気象学院天気動力学科修士課程修了。東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻博士課程修了。2001年より海洋研究開発機構地球環境フロンティア研究センターポストドク研究員、2004年より研究員、2008年より現職。専門は熱帯域の大気海洋相互作用と気候変動予測

洪水を経験し、気象に興味を
——中国のご出身ですね。

羅：上海の南、浙江省杭州市臨安県の出身です。山に囲まれた小さな村で育ちました。

——子どものころのことを教えてください。

羅：私は6人兄弟の末っ子で、とてもにぎやかな家で育ちました。一番上の兄には両親からの大きな期待がかかっていたのですが、末っ子の私は気楽なもので、好きなことを自由にやらせてもらえました。私がまだ小さかったころ、台風の大雨で川があふれて洪水が起きたことがありました。とても怖かった。それがきっかけで気象に興味を持つようになりました。なぜ、年によって雨がたくさん降ったり、ほとんど降らなかったりするのだろうか。そんな疑問が、いまの仕事につながっているのかもしれない。

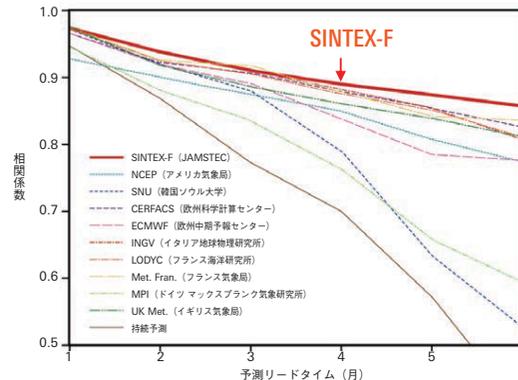
——中国では理科教育が盛んですか。

羅：残念ながら、私の時代はあまり盛んとはいえませんでした。先生が教科書を読み、生徒はそれを覚え、テストをして終わり。実験や野外観察はほとんどなく、理科の授業は面白くなかったですね。好きだったのは数学、苦手だったのは政治学です。

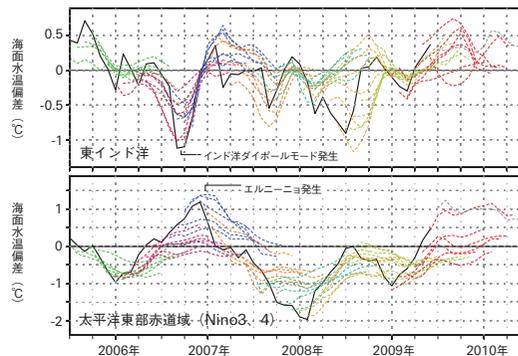
中国から日本へ。初めて海を見た

——どのような職業に就きたいと思っていましたか。

羅：子どものころは、将来の職業について具体的に考えることはありませんでした。当時、中国では、大学に入ったら安定した職業に就きました。だから、まずは大学に入ることを目指して必死に勉強していました。そして南京気象学院という大学に進みました。



さまざまな結合モデルによるエルニーニョの予測成績。縦軸は予測と実際に起きた現象との相関係数。どのモデルも予測期間が長いほど相関係数が低くなり、予測精度は低下する。SINTEX-Fは、世界最高の予測精度を示している(Climatic Dynamics 2008に掲載されたJin, et al.の論文より)



SINTEX-Fによるインド洋ダイポールモードとエルニーニョのリアルタイム季節予報。黒線は実際の海面水温の平年からの偏差。色の点線は1ヵ月ごとに行った12ヵ月先までの予測。2006年秋のインド洋ダイポールモードの発生は、2005年11月の時点で予測することに成功している。エルニーニョは2年先の発生予測に成功している

大学ではモンスーンの勉強をしていましたが、エルニーニョという現象があることを知り、興味を持ち始めました。でも勉強を進めて分かってきたのは、エルニーニョは大気の現象ではなく海洋の現象であり、大気と海洋の相互作用が重要であるということ。当時の中国では気象の研究は盛んですが、海洋、ましてや大気と海洋の相互作用を専門に研究している人はほとんどいませんでした。そこで、海外留学したいと思うようになりました。

——留学先に日本を選んだ理由は？

羅：アメリカやヨーロッパ、日本など、いろいろな国の研究者に電子メールを送りました。留学生として受け入れてください、と。個人のパソコンを持っていなかったの、大学のパソコン室に通って電子メールを送り返事を待つ、という日々が続きました。そして、唯一OKの返事をくださったのが、東京大学大学院教授で、現在は海洋研究開発機構(JAMSTEC)アプリケーションラボのラ

ポヘッドでもある山形俊男先生です。山形先生と面識はありませんでしたが、先生の論文をたくさん読んでいましたし、その分野でとても有名な方です。しかも、あの東大で学べる。とてもうれしかったですね。

そして1997年10月、東大大学院の留学生として日本に来ました。飛行機に乗るのは初めてでした。そして、その飛行機から初めて海を見ました。エルニーニョを研究したいといっているながら、実は、海を見たことがなかったのです。「おお、これが海か!」と、身を乗り出して見入ってしまいました。

——日本の印象は？

羅：中国とはまったく違う世界だろうと、緊張して成田空港に降り立ちました。ところが、駅にも店にも漢字ばかり。外国という感じがせず、拍子抜けしました。勉強はつらかったですね。東大の学生はみんな優秀です。私も頑張らなければと、大きなプレッシャーを感じていました。——羅主任研究員は日本語が堪能で、こ

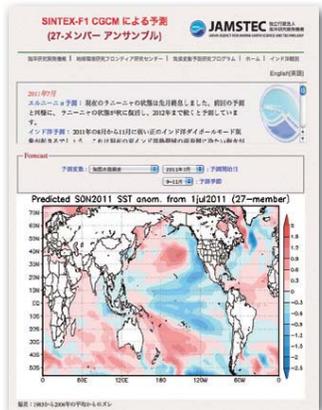
のインタビューも日本語で行っています。言葉で苦勞はされませんでしたか。

羅：日本に来る前、山形先生に「日本語は話せませんが……」と伝えたところ、「英語が話せば問題ない」といわれてはいましたが、心配でしたね。しかし実際は、東大でもJAMSTECでも、研究の話やセミナー、連絡には英語を使うので、不便はまったく感じませんでした。その分、日本語を使う機会がなく、なかなか上達しませんでした。

こうして日本語を話せるようになったのは、娘のおかげです。中国人の妻との間に9歳の娘と2歳の息子がいます。子どもたちは日本語のネイティブスピーカーですからね。

エルニーニョやIODの種を探して ——現在、どのような研究をされているのですか。

羅：熱帯の気候変動の解析や予測、そのための数値モデルの開発を行っています。熱帯の気候変動で最も有名なのが、エルニーニョです。エルニーニョとは、東太平洋赤道域の海面水温が平均より高くなる現象です。山形先生が発見したインド洋ダイポールモード (IOD) にも注目しています。インド洋の東側と西側で海面水温の高低がシーソーのように変動する現象です。



SINTEX-Fを用いた「季節予報」(<http://www.jamstec.go.jp/frcgc/research/d1/iod/>)。エルニーニョやインド洋ダイポールモードなどの気候変動の予測を毎月更新。そのような変動によって予想される暖冬・冷夏などの情報も公開している

人は海の上に住んでいるわけでもないし、赤道域の太平洋やインド洋は日本からとても離れています。なぜエルニーニョやIODを研究するのか、と疑問に思われるかもしれませんね。熱帯の海面水温の変動は、その上にある大気の運動を変えます。その情報は大気のなかを波となって遠くまで伝わり、日本だけでなく、地球全体の気候に大きな影響を及ぼすのです。

——具体的には、どのように研究を進めているのですか。

羅：人工衛星の観測によって全海洋の海面水温がリアルタイムに届くので、いまエルニーニョが発生しているのかどうかは分かります。しかし、エルニーニョにしてもIODにしても、なぜ発生するのかはまだ分かっていません。それを明らかにしていくことが、私の研究の1つです。

そのためには、海面水温の情報だけでは不十分です。海のなかの塩分や水温、流速、流向などを観測できるトライトンブイやアルゴフロートのデータを解析しています。海のなかで何が起きているのかを知り、エルニーニョやIODの“種”を見つけようとしています。種が見つければ、発生メカニズムの解明だけでなく、予測にも役立ちます。

エルニーニョやIODが引き起こす気候変動は、経済や産業、人々の健康にも大きな影響を及ぼします。その発生が事前に分かれば、対策を取ることができるでしょう。気候変動の予測は、社会にとっても重要なのです。

2年先のエルニーニョの発生予測に成功 ——気候変動の予測は、どのように行っているのでしょうか。

羅：天気予報と比べると分かりやすいでしょう。大気の変動にはルールがあります。まず、そのルールを方程式に表した数値モデルをつくります。数値モデルに観測データを初期値として入れ、その後の変動を計算します。

天気予報は大気の変動だけを計算すればよく、期間も1週間ほどです。一方、エルニーニョやIODの予測では大気と海洋の変動を同時に、しかも互いの影響も加えて、数ヶ月から数年先まで計算する必要があります。それを可能にするのが、先端的な大気海洋結合モデル「SINTEX-F」

です。SINTEX-Fは、JAMSTECとヨーロッパの共同プロジェクトとして2001年から開発が始まりました。私は、その開発に初めから携わり、現在も改良を重ねています。

——SINTEX-Fの特徴は？

羅：世界中の研究機関が競い合って気候変動の数値モデルを開発していますが、そのなかでもエルニーニョとIODの予測性能が最も高いのがSINTEX-Fです。エルニーニョの発生は2年先まで予測できます。欧米の数値モデルでは6~9ヵ月先までが限界です。

——なぜSINTEX-Fは2年先まで予測が可能なのか。

羅：いくつもの理由がありますが、1つはモデルの性能が高いこと。もう1つは、初期値の入れ方を工夫していること。初期値として入れる観測データは多ければいいというものではありません。観測データには誤差があるため、かえって予測性能が落ちてしまうこともあります。エルニーニョの発生や発達メカニズムを理解していれば、どの観測データが重要か、おのずと見えてきます。しかも私はSINTEX-Fの癖を知り尽くしていますから。

アンサンブル予測を採用していることも高性能の理由の1つです。27通りの初期値から計算を行い、その結果を平均化することで、観測データの誤差の影響を打ち消します。「地球シミュレータ」も忘れてはけません。大気海洋結合モデルの計算はとても複雑なので、スーパーコンピュータが必要です。

——IODの予測は？

羅：IODは難しいんですよ。インド洋は、モンスーンや太平洋からの影響を受けます。しかも、IODが発見されたのは1999年ですから、1980年代から研究されているエルニーニョに比べて歴史が浅く、観測データも不足しています。欧米の研究者は「IODの予測はできない」としていたほどです。そうしたなか、私たちは2006年秋のIODの発生を2005年11月の時点で予測することに成功し、世界を驚かせました。

——予測が合っていたか外れたか、はっきり分かってしまいます。外れると、がっかりするものですか。

羅：いいえ。私は研究者です。予測結果が合っていない、合っていないけれどもいい

手にしているのは、平成23年度科学技術分野の文部科学大臣表彰若手科学者賞の賞状 (撮影: STUDIO CAC)



のです。合っていないければ、その原因を調べていくことで、その現象をさらに深く理解することができます。

すべてのタイムスケールの気候変動予測へ ——「先端的気候モデルによる短期気候変動予測の研究」の業績によって、平成23年度科学技術分野の文部科学大臣表彰若手科学者賞を受賞されました。

羅：このような賞を頂くのは初めてなので、とてもうれしかったです。なにしろ、日本の文部科学省が私の研究を認めてくれたのですから。中国の両親に報告したらとても喜んでくれました。近所の人にも自慢したようです。

——今後、研究をどのように進めているとお考えですか。

羅：JAMSTECのホームページでは、SINTEX-Fを用いた「季節予報」を毎月公開しています。エルニーニョやIODの発生予測だけでなく、それらによって影響を受ける海面水温や陸地の気温も予測しています。しかし、私たちが提供できる情報と、皆さんが望んでいる情報との間には大きなギャップがあります。皆さんは、自分の町や農地について、今度の夏や冬の気温が高いのか低いのか、雨が多いのか少ないのかを知りたいでしょう。しかし、SINTEX-Fでは100km四方を1つの領域として計算するため、町や農地についてピンポイントで予測することはできません。このギャップを埋めたい。現在、10km四方での計算が可能なSINTEX-F2も開発中です。



羅主任研究員が生まれ育った中国浙江省杭州市臨安県。「山に囲まれた小さな村です。春には竹林に入ってタケノコを探ったり、一年中、山のなかを駆け回っていましたね。右の写真の山は、ライオンの頭に似ていることから「ライオン山」と呼ばれています。この風景を見て育ちました」

——その先は？

羅：気候変動には、数十日、数年、10年と、さまざまなタイムスケールのものがあります。いままでは別々に研究され、予測も別でした。しかし、それらの気候変動は互いに影響し合っています。異なるタイムスケールの気候変動と一緒に予測できれば、全体の予測性能も上がるでしょう。短期間から長期間までの変動を扱える予測システムの確立を目指しています。まだ誰も実現していません。難しいとは思いますが、自分の能力を最大限に注ぎ込んでやっていきます。

外に出ていこう

——趣味は？



東大時代、中国からの留学生たちでサッカーチームをつくっていた。「よい研究をするためにも、体を動かすことは大切。卓球も好きですね」

羅：サッカーです。東大では中国留学生でチームをつくっていましたが、JAMSTECでもフットサルチームに所属しています。サッカーが大好き、というのがありますが、研究のストレスを発散するためにも運動はやった方がいいですよ。

文化にも興味があります。初めての国や地域を訪れると、それぞれ特有な文化が育まれていることに驚かされます。その背景を考えるのは楽しいですね。日本に来て15年ほどたち、すっかり日本の文化になじんだつもりでしたが、今回の地震や原発事故で驚いたことがあります。もしほかの国で同じことが起きたら、人々はパニック状態になるでしょう。でも、日本人はパニックを起こしませんでした。これには何か文化的背景があるのだと思います。それを知りたいですね。——最後に、母国を離れて日本で活躍されている羅主任研究員から、日本の若い研究者や研究の道に進もうと思っている若い人へメッセージをお願いします。羅：私の大学のクラスメートは卒業後、半数が外国に留学しました。その多くが、私のように出ていったきりです。それは、中国にとってはよいことではないでしょう。最近、私の周りでは、外国の大学や研究機関に引き、数年後に日本に戻ってくる人がたくさんいます。若いときにどんどん外国へ出ていき、しばらくして日本に戻り、外国での経験とネットワークを生かして研究をする。そういうやり方はいいですね。



約45億年前

火山の山頂に雨が降り注ぎ 地球最初の海水がつくられた

海洋研究開発機構（JAMSTEC）では、地球の“いま”を観測するだけでなく、岩石や海底の堆積物から“過去”を読み解いたり、コンピュータ・シミュレーションを駆使して“未来”を描き出したりしている。

新連載「Blue Earth Time Travel」では、JAMSTECの最新研究に基づき、いままで誰も見たことのない地球の過去と未来の姿を紹介する。第1回目は、地球最初の海水がつくられた時代へタイムトラベルしよう――

45億年前の原始地球、地表は灼熱の世界だった。そこでは水は液体としては存在できず、水蒸気として大気の主成分となり、上空で分厚い雲をつくっていた。その雲に太陽光は遮られ、地表には暗闇が広がっていた。

雲のなかを稲妻が走り、周囲の光景が浮かび上がった。標高数千メートルの火山の山頂。そこへ1滴の水が落ちた。地表に降り注いだ地球最初の雨。それは熱い塩酸の雨。地表は真っ黒な高温の岩石に覆われ、ところどころに溶岩が顔をのぞかせる。高温の岩石に降り注いだ熱い塩酸の雨はすぐに蒸発してしまう。

やがて、降っては蒸発する雨が岩石を冷やし、塩酸の水たまりができた。ぐつぐつと煮え立つ塩酸の水たまりに、岩石に含まれていた元素が溶け出していった。こうして“地球最初の海水”がつくられた。

その後、地表全体が冷えていくに従って、雨は標高の低い場所へも降り注ぐようになり、海が形成された。こうして海の惑星、Blue Earthが誕生した。

地球最初の海水を再現して、生命誕生の条件を探る

取材協力：渋谷岳造

システム地球学ポ
アレカンブリアンエコシステムラボラトリー 研究員

地球最初の海水はどこでできたのか

約46億年前、微惑星が衝突・合体を繰り返し、原始地球がつくられた。その後、火星サイズの原始惑星が地球に衝突し、その破片が集まって月が形成された。そのときの衝突エネルギーによって地球は超高温状態になり、表面にはマグマの海（マグマオーシャン）が広がった。

やがて地球は冷え、マグマの海は次第に固まって薄い地殻が形成された。ただし、各地で火山噴火が起きて、地表はまだ数百℃という高温の世界だった。そこでは、水は液体としては存在できず、水蒸気の状態だった。現在の海水は、すべて水蒸気として原始大気となっていたのだ。原始大気の主成分は、水蒸気のほかに二酸化炭素や窒素だったと推定されている。大気量は現在よりもはるかに多く、地表は数百気圧という高圧の世界だった。水蒸気は上空で分厚い雲をつくった。その雲に太陽光は遮られたため、地表には光が届かなかったはずだ。

地表で最初に水が液体として存在できたのは、どこだったのか。上空で雨粒となって落下しても、気温の高い地表まで達することなく、ある高度で蒸発してしまう。やがて地表が冷えるに従って、その蒸発ラインは下がっていく。

「地球最初の雨が地表に降り注いだのは、温度の低い北極か南極域の火山の山頂だったはずだ」と渋谷研究員は語る。「当時は地殻を突き破って地球内部のマントルまでえぐるような隕石の衝突により、火山活動が活発で、比較的標高の高い大きな火山がいくつかできていたと考えられます」

地球最初の海水がつくられた場所

約45億年前、地球が冷えるに従って雨の蒸発ラインは下がっていき、極域の火山の山頂に雨が降るようになった。そこで塩酸の雨とコマチアイトが反応して地球最初の海水がつくられた



黒色の岩石に塩酸の雨が降る

現在の海洋底を覆う岩石は玄武岩である。それは1,300℃ほどのマグマが固まってできる。一方、原始地球のマントルは現在より高温だったため、地表の至る所で1,600℃以上の高温のマグマが噴出していた。このマグマが固まってできたのが、コマチアイトという黒色の岩石だ。火山の山頂を覆っていた岩石もこのコマチアイトだった。

そこに降り注いだ、地球で初めて地表へ達した雨は、どのようなものだっただろう。

1気圧では水が液体として存在できるのは100℃以下だが、気圧が高ければ100℃を超えても液体のまま。ただし、どんなに気圧が高くても、水が液体として存在できるのは374℃まで。最初の雨はそれに近い温度だった。

「雨には塩化水素（HCl）が含まれていたはずだ。つまり塩酸の雨です。現在の海水に含まれている塩（NaCl）のうち、蒸発しやすい塩素（Cl）は、塩化水素のかたちで原始大気に含まれていたと考えられるからです。さらに雨には原始大気の主成分である二酸化炭素も豊富に溶け込んでいたで、まろい熱い塩酸の雨が降り注ぎ、コマチアイトに含まれていた元素を溶かし出します。こうして“地球最初の海水”がつくられました」

生体に必須な元素は岩石から供給された？

やがて海が形成され、生命が誕生した。「地球最初の海水には、生体に必須な元素の一部が溶け込んでいたはずだ」と渋谷研究員は語る。

原始生命には、水素や酸素、炭素、窒素、リン、硫黄などの主要元素のほか、ニッケル、モリブデン、タングステンといった微量金属元素が必須の成分だ。

「生命の誕生に必要なそれらの元素は、岩石から溶け出して海水に供給されたと考えられます。ただし、すべての生体必須元素が、1種類の岩石から供給されたわけではありません。原始地球を覆っていたコマチアイトからどの元素が溶け出したのか。どの元素がコマチアイトからは供給されないのか。それを確かめるために、私たちは高温高圧下で塩酸とコマチアイトを反応させて地球最初の海水を再現する実験を計画しています」

生命誕生の現場を実験室で再現する

「高温高圧下で液体と岩石が反応するという条件は、深海底の熱水噴出域に似た環境です」

海のなかの水圧は水深が深くなるほど高くなり、

たとえば水深3,000mでは300気圧となる。そのような深海の海底の割れ目から染み込んだ海水が地下のマグマで熱せられ、高温の熱水となって海中へ噴き出している場所がある。その熱水の温度は350℃以上に達する場合がある。

そのような熱水噴出域が、生命が誕生した場所の最有力候補として注目されている。「私たちは生命誕生の条件を探るために、熱水噴出域の高温高圧環境を再現できる熱水実験装置をつくり上げました。600気圧・600℃までの実験が可能です」

実験には原始地球を覆っていた岩石であるコマチアイトも必要だ。コマチアイトのもととなる高温のマグマをつくるような火山活動は、現在の地球では起きていない。約25億年前よりも古い時代のコマチアイトを採取することはできるが、風化が進み組成が変わってしまっている。「岩石を人工的につくる装置も私たちは開発しました。白金製のつぼに岩石のもとになる粉末と試薬を入れ、1,600℃まで加熱します。それを冷やすことでコマチアイトを合成することができます」

アレカンブリアンエコシステムラボラトリーでは、現在の生命につながる共通祖先は、水素と二酸化炭素をエネルギーにしてメタンをつくるメタン生成菌だったと考え、その仮説を実証するために深海熱水域の探査や研究室での実験を進めてきた。

二酸化炭素は原始大気の主成分であり、原始の海洋にも豊富に溶け込んでいたと考えられる。ただし、水素が高濃度で溶け込んでいたかどうか、よく分かっていなかった。そこでラボでは、コマチアイトと水を高温高圧下で反応させる実験を行い、高濃度の水素が発生することを確かめた。

「熱水実験装置は、ここ以外にも世界の数カ所の大学や研究所にあります。ただし、それらは主に現在の熱水噴出域の研究に使われています。原始地球に詳しい研究者たちが集まり、生命誕生の謎を探る実験を行っているのは、アレカンブリアンエコシステムラボラトリーだけです。また、任意の組成の岩石を人工的に合成する技術を併せ持っているのも、私たちだけです」

2012年、地球最初の海水をつくり出す

渋谷研究員たちは、地球最初の海水を再現する実験を、来年までに実施する予定だ。「高温高圧下で二酸化炭素を豊富に含む塩酸と合成コマチアイトを反応させます。塩酸を使うので、容器が塩酸で溶けてしまわないようにちょっとした加工を施します。



熱水実験装置 金製の容器のなかに岩石粉末と水を入れ、高圧下で加熱する。600気圧・600℃までの実験が可能だ



35億年前のコマチアイト 南アフリカ・バーバトン地域で採取された。スピノフェックス組織と呼ばれる、放射状にかんらん石が成長した模様が見られる



合成コマチアイト スピノフェックス組織を再現することができた

その詳細は極秘です（笑）

「いままで誰もやったことのない実験なので、どのような反応が起きるのか予測がつきません。そもそも、このような実験のアイデアや技術は、JAMSTECにしかないと思います。さまざまな条件で実験を行い、どのような条件のときにコマチアイトから生体必須元素が効率よく溶け出すのか調べる計画です。私たちが共通祖先だと考えているメタン生成菌にとって、特にニッケルは必要不可欠な元素です。コマチアイトからニッケルが効率的に溶け出してくることを期待しています」

このような再現実験により、それぞれの生体必須元素がどの岩石からどのような条件で供給されたのか、具体的に明らかになるだろう。

近年の火星探査により、原始の火星に海があったことを示す証拠が見つかり始めた。その火星の海水には、生体必須元素が溶け込んでいたのだろうか。渋谷研究員たちの実験は、地球外生命の可能性を探る上でも重要な知見となる。

BE



合成コマチアイトの作製 白金製のつぼのなかに岩石粉末と試薬を入れ、コマチアイトのもととなったマグマが生成されたのと同じ酸化還元状態にして1,600℃まで加熱し、合成コマチアイトをつくり出した



2010年の記録的猛暑と今夏の最新予測

2011年5月21日 第126回地球情報館公開セミナーより



地球環境変動領域
短期気候変動応用予測研究プログラム
プログラムディレクター

升本順夫

ますもと・ゆきお。1963年、東京都生まれ。理学博士。鹿児島大学工学部海洋土木開発学科卒業。九州大学大学院工学研究科水工土木専攻博士課程中途退学。東京大学理学部地球惑星物理学科助教を経て、2004年、海洋研究開発機構地球環境フロンティア研究センター。2007年、東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻准教授。2010年より現職。主な研究テーマは熱帯域の大気海洋相互作用

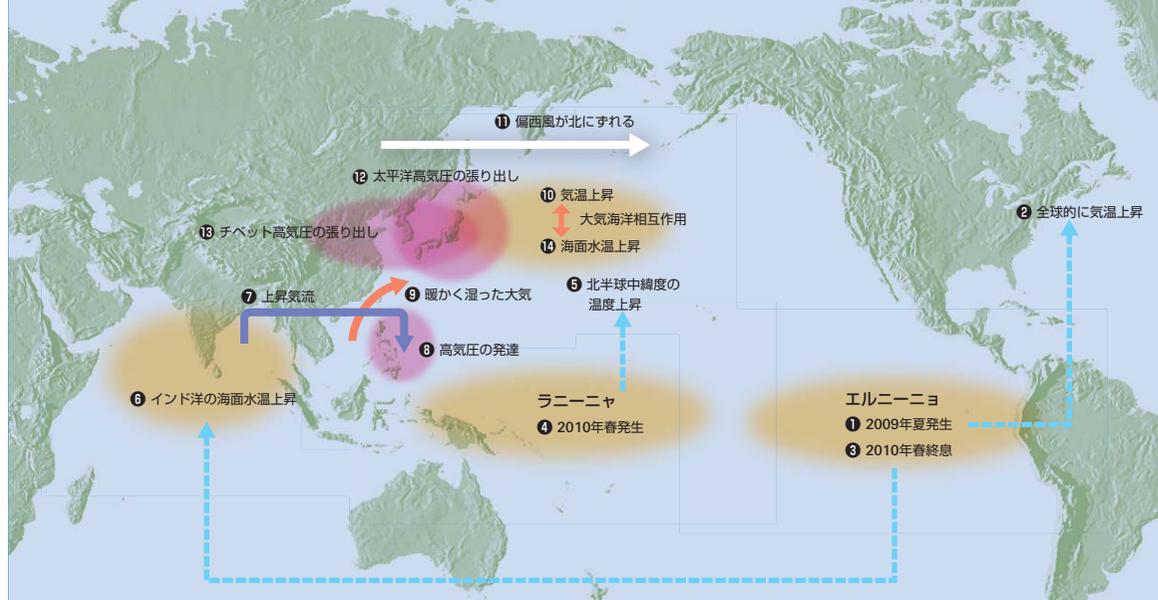
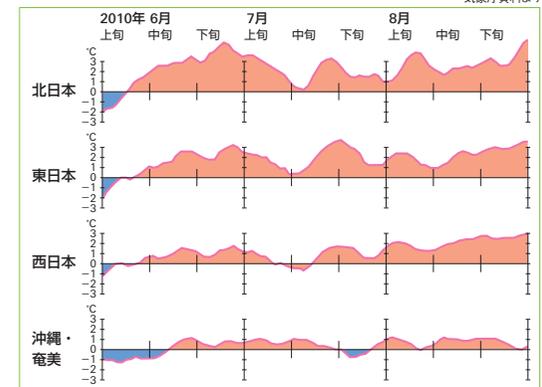


図1 2010年夏の猛暑をもたらした要因

図2 2010年夏の地域平均気温の年差(5日移動平均)

3ヵ月を通してほぼ連続して平年より気温が高いが、暑さのピークが前半(6月中旬~7月上旬)と後半(7月中旬~8月)の2回ある



2010年の日本の夏は、6月から8月の平均気温で観測史上最高記録を更新する猛暑となりました。日本の夏の天候には、さまざまな現象が影響を及ぼしていますが、2010年夏の猛暑には2つのピークがあり、それぞれ違う原因によることが分かってきました。日本近海での大気と海洋との相互作用と、遠く離れた熱帯インド洋の海面水温です。それらが日本の夏の天候に影響を与えるメカニズムとともに、最先端の大気海洋結合モデルを用いた2011年夏の気候予測を紹介します。

2010年夏の2つのピーク

2010年の夏がとて暑かったことは、記憶に新しいでしょう。気象庁の発表によると、6~8月の3ヵ月間の平均気温は平年に比べて1.64℃高く、統計を開始した1898年以降の113年間で最も暑い夏でした。最高気温が35℃以上になる猛暑日が前橋や名古屋で21日、東京で10日、最低気温が25℃以上の熱帯夜が東京都心で48日もありました。熱中症の多発、高温による野菜の品質低下や収穫量の減少など、猛暑によるさまざまな影響がありました。

2010年夏の気温を詳しく見てみましょう。図2は、地域ごとの平均気温の年差から偏差を、6月から8月まで時系列で表したものです。平年からの偏差とは、過去30年(1971~2000年)の平均値との差をいいます。北日本、東日本、西日本、沖縄・奄美のすべての地域で、3ヵ月間ほぼ連続して平年より気温が高くなってい

ます。よく見ると、6月中旬から7月上旬にかけて気温が高い日が続く、7月半ばに中休みがあって、その後再び気温が高い日が続いています。夏の前半と後半で暑さのピークが2回あったことが、2010年夏の特徴です。

2010年夏の前半と後半では暑くなった原因が違うかもしれないと考えています。前半はインド洋の海面水温の影響、後半は日本近海での大気と海洋との相互作用が重要な要素となっていることが、私たちの研究から分かってきました(図1)。それぞれがどのようなメカニズムで日本の夏の天候に影響を及ぼすのか、解説していきます。

偏西風が北にずれていた

まず、後半の暑さに影響を与えたと考えられている、日本近海での大気と海洋との相互作用についてです。

日本付近の夏の平均的な状況を確認しておきましょう。大気下層の温度が南北

方向で変化する度合いを南北温度勾配といい、夏には東北沖から東に伸びる帯状の領域でその値が大きくなります。温度勾配が大きいと、それだけ大気中の気圧の南北勾配も大きくなり、上空の風が強まります。北半球の中緯度の上空には西から東に向かう偏西風が吹いており、温度勾配が大きい領域の少し北、北海道の上空あたりを通過します。

温度勾配が大きい領域は、年によって南や北に移動します。それに伴って偏西風の通り道も移動するのです。この偏西風が北にずれた年としては、1994年が挙げられます。1994年は、2010年に記録が塗り替えられるまで観測史上最も暑い夏でした。実は、2010年夏も温度勾配が大きい領域が北に移動し、偏西風が北にずれていた。その結果、太平洋高気圧やアジア大陸の上空に発達するチベット高気圧が日本上空に張り出しやすくなり、気温が高くなったのです。

大気が海洋を暖める？ 海洋が大気を暖める？

では、温度勾配が大きい領域が北に移動しているとき、海洋はどのような状況になっているのでしょうか。北に移動しているとき(北偏)と南に移動しているとき(南偏)、両極端の場合を比べると特徴が分かります。図3の色で表したものは、8月の海面水温について、大気下層の温度勾配が大きい領域(前線)が北偏していた年の平均から南偏していた年の平均を引いた値の分布です。前線が北偏していた年は南偏していた年に比べて東北沖と日本海の海面水温が3℃も高い、ということが分かります。

なぜ、この海面水温が非常に高くなるのでしょうか。図3の等値線は、海上気温について同様に求めた値の分布を表しています。海面水温と同じく、東北沖と日本海の上昇気温も3℃以上高くなっています。このことから、海面水温と海上気温は密接

に関わっていることが分かるでしょう。では、大気が海洋を暖めたのでしょうか。それとも、海洋が大気を暖めたのでしょうか。

原因と結果を理解するために、7月と9月の状況も見てみましょう(図4)。7月には海面水温が高温の海域がすでに現れていて、その状態が9月まで継続しています。図4の等値線は、海面での大気海洋間の熱のやりとりである海面熱フラックスの分布を表しています。実線は海洋が大気を加熱し、点線は大気が海洋を加熱していることを意味します。7月は、点線の海域が多いことから、大気が海洋を加熱しています。8月も同様の傾向が見られますが、太平洋側の一部や日本海では海洋が大気を暖める傾向が現れています。9月になると、海面水温の高い領域全体で海洋が大気を暖めるようになっています。

ここまでの話をまとめましょう。夏の初めころから東北沖と日本海の大気下層の温度が高い場合、それに伴って前線が北に移動し、偏西風の通り道が北にずれます。すると、太平洋高気圧やチベット高気圧が日本上空に張り出しやすくなります。その結果、8月の気温がいつも高くなり、大気が海洋を暖めます。海面水温の上昇には、黒潮によって暖かい海水が運ばれてくることも影響している可能性が

あります。9月になると、逆に暖まった海洋が大気を暖めるようになり、その結果、気温が高い状態が継続するのです。これと同じことが、2010年夏に起きていたと考えられます。実際、2010年夏は、気温が高い状態が9月まで続いていました。

これまで、日本が位置する中緯度では、

大気が海洋に影響を与えることは多く指摘されてきましたが、逆に海洋が大気に影響を与えることはあまり考えられていませんでした。今回、私たちの研究から、大気が海洋を暖めるだけでなく、暖まった海洋が大気を暖め直していることが明らかになりました。大気と海洋は互いに影響を及ぼし合っているのです。その大気海洋相互作用が2010年夏、特に後半の暑さをもたらす原因の1つとなりました。

インド洋の海面水温が影響

では、夏の初めに気温が高くなった原因は何でしょうか。私たちの研究から、インド洋の海面水温が影響していることが分かってきました。しかし、インド洋の海面水温が、なぜ5,000kmも離れた日本の気候にまで影響を及ぼすのでしょうか。

太平洋赤道域では2009年夏からエルニーニョが発生していました。2010年春にエルニーニョが終息すると、代わってラニーニャが急激に発達しました。エルニーニョとは、太平洋赤道域の海面水温が平年よりも東側で高く、西側で低くなる現象です。ラニーニャは、エルニーニョとは逆に、太平洋赤道域の海面水温が平年よりも西側で高く、東側で低くなる現象です。太平洋のエルニーニョ現象が終わるころ、インド洋では広い範囲で海面水温が上昇する傾向が見られます。実際、2010年春のインド洋は、海面水温が平年より高くなっていました。

インド洋の海面水温が高いと、どのようなことが起きるのでしょうか。まず暖かい海水が大気を加熱し、上昇気流が起こります。海洋による大気の加熱はインド洋上空に限られていますが、その影響は大気の波動によって遠くまで伝わっていくのです。東へと伝わった影響は、フィリピン付近の西太平洋域で高気圧を発達させ、その西側の縁

に沿って、暖かく湿った空気が日本付近に流入してきます。このような一連の過程が、2010年夏の前半の暑さをもたらした要因の1つとなったと考えられます。

エルニーニョが発生するとその後しばらくして北半球の気温が上昇し、ラニーニャ現象が発生すると北半球中緯度の気温がさらに高くなる傾向があります。2010年夏が猛暑となった背景には、そうしたエルニーニョとラニーニャの影響も考慮する必要があります(図1)。

気候変動を予測する

海洋研究開発機構(JAMSTEC)地球環境変動領域の短期気候変動応用予測研究プログラムでは、主にエルニーニョやラニーニャ、インド洋ダイポールモードなど、熱帯域で発生する気候変動現象の予測精度の向上を目指した研究を行っています。インド洋ダイポールモードとは、インド洋の東側と西側で海面水温がシーソーのように交互に変動する現象です。

熱帯域では、大気と海洋が密接に関わり合いながら気候変動現象をかたちづけています。そこで私たちは、大気の変動と海洋の変動を同時に計算することができる大気海洋結合モデル「SINTEX-F」を開発しました。SINTEX-Fに観測値を取り込み、ある状態からどのように変化していくかをスーパーコンピュータ「地球シミュレータ」を使って計算することで、数か月から数年先の気候変動の予測実験を行うのです。このモデルによって、エルニーニョやラニーニャ、インド洋ダイポールモードを精度よく予測することに成功しています。

私たちの専門は熱帯域の気候変動ですが、それは中緯度の気候とも密接に結び付いています。そこで、最近では日本付近を含む中緯度域の気候変動予測にも取り組んでいます。

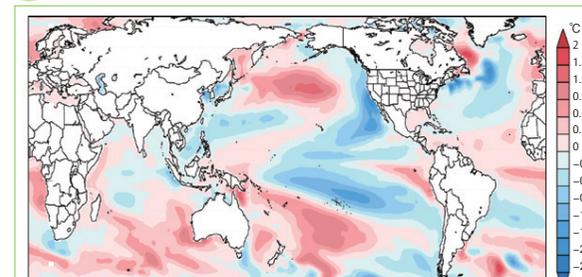
2011年の夏はどうなる?

では、2011年の夏はどうなるか、SINTEX-Fの予測結果を紹介しましょう。

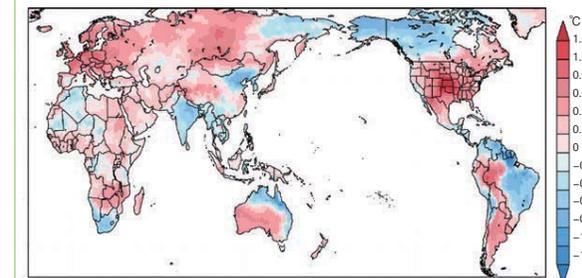
2011年4月までの観測データをSINTEX-Fに取り入れ、5月1日の状況から6~8月の海面水温の平均偏差を予測した結果が、図5上です。太平洋の中央部の広い範囲で海面水温が低くなっていることから、ラニーニャ現象が継続する傾向が現れています。インド洋や西太平洋の北半球

図5 2011年夏の平均海面水温偏差と気温の予測

2011年5月1日を初期値としてSINTEX-Fを用いて予測した6~8月における平均偏差



3か月平均の海面水温偏差 太平洋熱帯域では、中央部で平年より低くなりラニーニャに近い状況が継続するが、東部では平年より高い海域も見られる。インド洋から西太平洋域、また日本周辺海域では平年より低くなると予測されている



3か月平均の地上2m気温偏差 日本周辺は平年よりやや気温が高く、アメリカやヨーロッパでは高温、カナダやアラスカ、インドなどでは低温傾向と予測されている

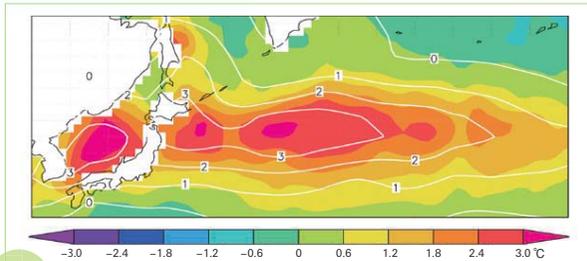


図3 前線が北偏している年の8月の海面水温と海上気温

海面水温(色)と海上気温(等値線)について、前線が北偏した年の平均から南偏した年の平均を引いた値の分布を表している。海面水温、海上気温ともに、東北沖と日本海で3℃以上高くなっている

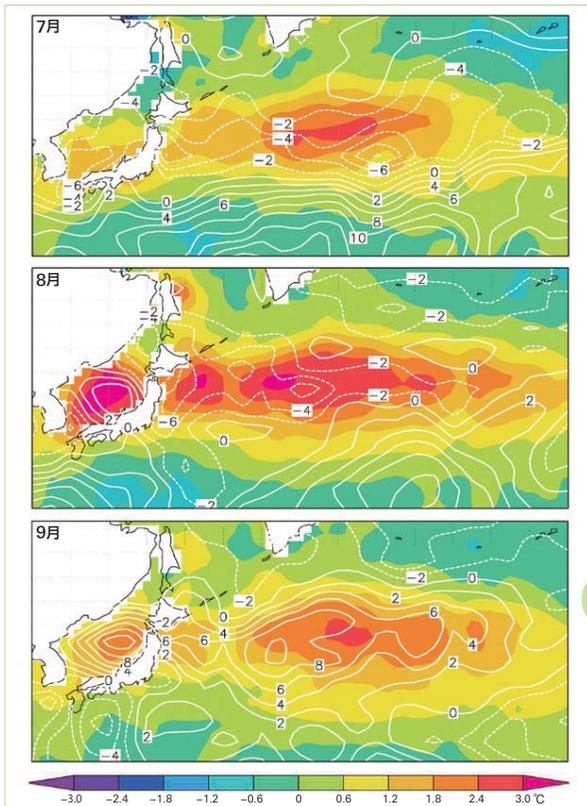


図4 前線が北偏している年の海面水温と海面熱フラックス

海面水温(色)と海面熱フラックス(等値線)について、前線が北偏した年の平均から南偏した年の平均を引いた値の分布を表している。7月には海面水温が高温の海域が現れており、9月まで継続している。海面熱フラックスとは海洋と大気の熱のやりとりで、実線は海洋が大気を加熱し、点線は大気が海洋を加熱していることを意味する。海面水温偏差が大きい海域では、7~8月は主に大気が海洋を加熱し、9月は海洋が大気を暖めている

側でも海面水温は低い傾向を示しており、日本周辺海域でも低くなっています。一方、北太平洋の日本東方海域に海面水温が高いところがあることから、局所的な大気海洋相互作用によって偏西風の通り道が北にずれ、太平洋高気圧が張り出しやすくなる傾向が日本上空にも影響を及ぼす可能性も考えられそうです。

図5下は、SINTEX-Fによって予測した2011年夏の気温の分布です。日本付近は平年より気温が若干高くなるという予測になっています。高いとはいっても0.2~0.3℃程度の偏差なので、2010年のような猛暑にはならないと考えられます。

JAMSTECではSINTEX-Fを用いた気候変動予測実験の結果をホームページで公開しています(<http://www.jamstec.go.jp/frcgc/research/d1/iod/>)。エルニーニョなどの発生予測だけでなく、その影響によってもたらされる暖冬や冷夏などの情報も合わせて公開しています。ぜひご覧ください。

しかし、気候変動予測結果を見るときに

注意していただきたいことがあります。気温や水温の分布図が示され、予測結果が文章になっていると、そのすべてが正しい予測であるかのように思えるかもしれませんが、それは1つのモデルの結果にすぎないことを忘れないでください。日本の夏の気候にはさまざまな要因が絡んでいます。ここで紹介した、日本付近の大気海洋相互作用やインド洋の海面水温、エルニーニョやラニーニャの影響は、そのうちの一部でしかありません。また、それらの相乗効果が影響が強くなることもあるし、互いに影響を打ち消し合うことも考えられます。日本の夏の気候を精度よく予測するには、関連する現象を理解し、正確に再現できるモデルをつくり、詳細な観測データを入れ、複雑で膨大な計算を行う必要があります。各国の現業機関や研究機関のなかにも気候変動予測結果を公開しているところがあります。同じ予測結果があれば、正反対となるものもあるでしょう。気候変動予測はまだ確実なものではないことを踏まえて見ていただければと思います。 [B]

今回の特集「M9 超巨大地震の謎」は時宜を得たテーマであり、興味を持って読んでいただけたのではないのでしょうか。

この文章を書いている2011年7月12日の新聞各紙に「三浦半島断層群地震確率が上昇。30年以内にM6.7程度11%」というニュースが飛び込んできました。私の住む家はまさにこれらの活断層の上にあり、他人事ではありません。しかし、いざ防災という観点からいろいろ調べてみると、断片的な情報しかないことになり不安を覚えました。

特集で取り上げているように、海洋研究開発機構(JAMSTEC)では、さまざまな分野で先進的な地震関連の研究を行っています。現在、東海・東南海地震発生域を直接観測する地震・津波観測監視システム(DONET)を構築中であり、また、有人潜水調査船「しんかい6500」をはじめとするさまざまな観測機器を使って震源域の海底や海底下の直接観測を行い、さらに、スーパーコンピュータ「地球シミュレータ」を使った地震波のシミュレーションも行っています。しかし、17ページで小平秀一プログラムディレクターたちは、「さまざまな地震研究を防災に役立てるために、まず、JAMSTECで分野を超えた連携を推進し、地震研究のあるべき姿を実践してみることが大切である」と述べています。分野を超えるためには専門外の分野についてきちんと理解する必要があり、それには多くの困難が伴いますが、JAMSTECの研究者の積極的な取り組みに期待したいと思います。

寺田寅彦は「天災は忘れぬころに来る」という名言を残しています。「Blue Earth」編集委員会では、「天災を忘れぬ」ために、今後も地震研究で得られた新しい知見を分かりやすくできるだけ多くの人たちに発信し続ける努力をしていくことが重要であると確信しています。(T. T.)

「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①～⑤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。

*定期購読は申込日より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案内

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



*お預かりした個人情報、「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。

賛助会(寄付)会員名簿

平成23年7月20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。(アルファ順)

株式会社IH	株式会社カイショー
株式会社アイ・エイチ・アイマリンユナイテッド	株式会社海洋総合研究所
あいおいニッセイ同和損害保険株式会社	海洋電子株式会社
株式会社アイケイエス	株式会社化学分析コンサルタント
株式会社アイフエンタープライズ	鹿島建設株式会社
株式会社アクト	川崎汽船株式会社
株式会社アサツディ・ケイ	川崎重工株式会社
朝日航洋株式会社	株式会社環境総合テクノス
アジア海洋株式会社	株式会社開電工
株式会社アルファ水工コンサルタント	株式会社キュービック・アイ
泉産業株式会社	共立インシュアランス・ブローカーズ株式会社
株式会社伊藤高圧瓦斯容器製造所	共立管財株式会社
株式会社工ス・イー・エイ	極東製業工業株式会社
株式会社SGKシステム技研	極東貿易株式会社
株式会社NTTデータ	株式会社きんでん
株式会社NTTデータCCS	株式会社熊倉組
株式会社NTTファシリティーズ	クローバテック株式会社
株式会社江ノ島マリコンポレーション	株式会社グローバルオーシャンテック
株式会社MTS雪氷研究所	KDDI株式会社
有限会社エルシャンテ追浜	京浜急行電鉄株式会社
株式会社OCC	株式会社ケンウッド
沖電気工業株式会社	株式会社構造計画研究所

神戸ベイント株式会社	セナーアンドバーンス株式会社
広和株式会社	株式会社損害保険ジャパン
国際気象海洋株式会社	第一設備工業株式会社
国際警備株式会社	大成建設株式会社
国際石油開発帝石株式会社	大日本土木株式会社
国際ビルサービス株式会社	ダイハツディーゼー株式会社
五洋建設株式会社	大陽日酸株式会社
相模運輸倉庫株式会社	有限会社田浦中央食品
佐世保重工業株式会社	高砂熱学工業株式会社
株式会社サノヤス・ヒシノ明昌	株式会社竹中工務店
三建設工業株式会社	株式会社竹中土木
株式会社ジーエス・ユアサテクノロジ	株式会社地球科学総合研究所
JFEアドバンテック株式会社	中国塗料株式会社
財団法人塩事業センター	株式会社鶴見精機
シナノン株式会社	株式会社テザック
清水建設株式会社	寺崎電気産業株式会社
シュルベルベルグ株式会社	電気事業連合会
株式会社商船三井	東亜建設工業株式会社
社団法人信託協会	東海交通株式会社
新日鉄エンジニアリング株式会社	洞海マリシステムズ株式会社
東京海上日動火災保険株式会社	新日本海事株式会社
須賀工業株式会社	東京製鋼繊維ロープ株式会社
鈴鹿建設株式会社	東北環境科学サービス株式会社
スプリングエイトサービス株式会社	東洋建設株式会社
住友電気工業株式会社	株式会社東陽テクノカ
清進電設株式会社	東洋熱工業株式会社
石油資源開発株式会社	株式会社中村鉄工所
セコム株式会社	西芝電機株式会社

西松建設株式会社	株式会社フジタ
日油技研工業株式会社	富士通株式会社
株式会社日産クリエイティブサービス	富士電機システムズ株式会社
ニッスイマリン工業株式会社	物産不動産株式会社
日本SGI株式会社	古河電気工業株式会社
日本海洋株式会社	古野電気株式会社
日本海洋掘削株式会社	松本徽章株式会社
日本海洋計画株式会社	マリメックス・ジャパン株式会社
日本海洋事業株式会社	マリンスポート株式会社
社団法人日本ガス協会	株式会社マリン・ワーク・ジャパン
日本興亜損害保険株式会社	株式会社丸川建築設計事務所
日本サルヴェージ株式会社	株式会社マルト
社団法人日本産業機械工業会	三鈴マシナリー株式会社
日本水産株式会社	三井住友海上火災保険株式会社
日本電気株式会社	三井造船株式会社
日本ビュレット・バックカード株式会社	三菱重工業株式会社
日本マントル・クエスト株式会社	株式会社三菱総合研究所
日本無線株式会社	株式会社森京介建築事務所
日本郵船株式会社	八洲電機株式会社
株式会社間組	郵船商事株式会社
清中製鋼工業株式会社	郵船ナテック株式会社
東日本タグポート株式会社	ユニバーサル造船株式会社
株式会社日立製作所	
日立造船株式会社	
株式会社日立プラントテクノロジ	
深田サルベージ建設株式会社	
株式会社フジクラ	
富士ゼロックス株式会社	

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23巻 第3号(通巻113号) 2011年7月発行

発行人 山西恒義 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 溝澤巨彦 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(p1-17, p24-27) / 鈴木志乃(p20-23, p28-31) / 坂元志歩(p18-19)
 デザイン 株式会社デザインコンピビア(AD 堀木一男/岡野祐三 / 飛鳥井平右ほか)

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	〒100-0011 東京都千代田区内幸町2丁目2番2号 富国生命ビル23階 TEL. 03-5157-3900 (代表)
国際海洋環境情報センター	〒905-2172 沖縄県名護市宇豊原224番地3 TEL. 0980-50-0111 (代表)



創立40周年
記念企画

JAMSTEC History
1971-2011



アクアノート（潜水士）が生活した海中居住実験基地。長さ約 11m、幅約 4.5m

1971年 シートピア計画

海底で暮らしてみたい——そう思ったことはありませんか？ 1971年10月、海洋開発に必要な先端的な科学技術の研究開発を目的に発足した海洋科学技術センター（現・海洋研究開発機構、JAMSTEC）が最初に取り組んだプロジェクトは、海底居住実験でした。その名は、シートピア計画。シートピアとは、sea（海）とutopia（理想郷）を組み合わせた造語です。

当時、大陸棚に眠る石油や天然ガスなどの海底資源が注目され始めていました。海底作業ができるロボットはまだなかったので、それを利用するには人が海底に行かなければなりません。シートピア計画は、安全かつ効率的に長時間の海中作業を行うための潜水技術の開発を目指して始まりました。

水深が10m深くなるごとに1気圧に相当する水圧が増加していきます。人は急激な圧力の変化に耐えることができません。そこで、船上の加減圧室で気圧を少しずつ高くしていき、体を慣らしてから海底に降りていく必要があります。戻るときは、さらにゆっくり気圧を下げ、体を慣らします。このような方法を飽和潜水といいます。シートピア計画では水深100mまで、1985年から始まったニューシートピア計画では大陸棚の資源開発も可能な水深300mまでの飽和潜水技術を確立しています。



海中居住実験基地の撮影をするアクアノート



手前は海底に降りるための水中工レペーター、奥は海中居住実験基地

シートピア計画の成果は、本州四国連絡橋の建設や、「しんかい2000」「しんかい6500」などによる有人深海探査にも生かされています。また、JAMSTECでは成果普及のため、全国の警察機動隊や消防レスキュー隊員などを対象に、1974年から潜水技術の研修を実施しています。国際宇宙ステーションに滞在中の古川聡宇宙飛行士も、船外活動の訓練の一環としてJAMSTECで潜水研修を受けました。

