

海と地球の情報誌

# Blue Earth

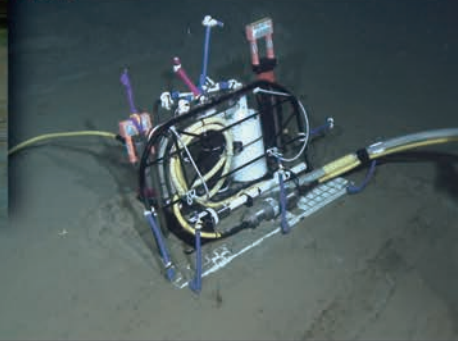
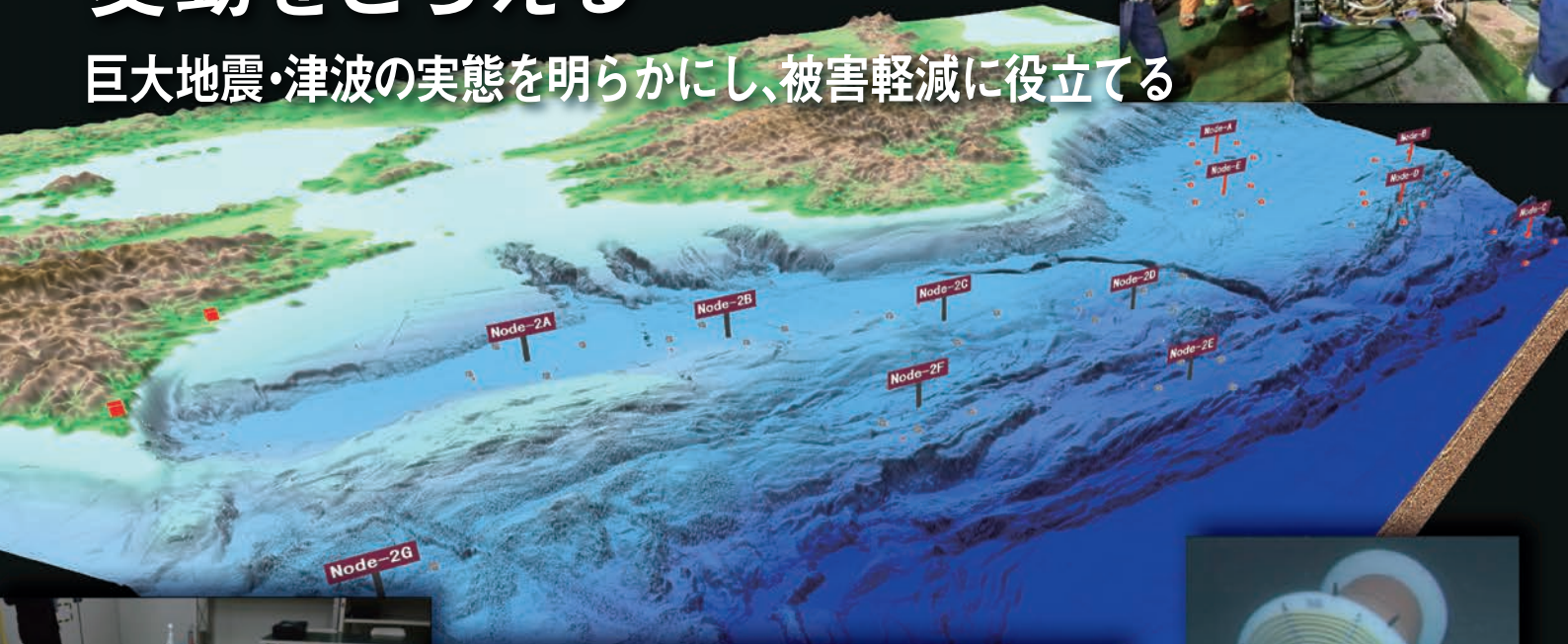
137



Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

## DONETで 南海トラフ地震発生域の 変動をとらえる

巨大地震・津波の実態を明らかにし、被害軽減に役立てる



- 世界の仲間と出会い、共に学び競い合う「国際地学オリンピック」
- JAMSTECの潜水研修事業を振り返る
- 海洋コアの科学



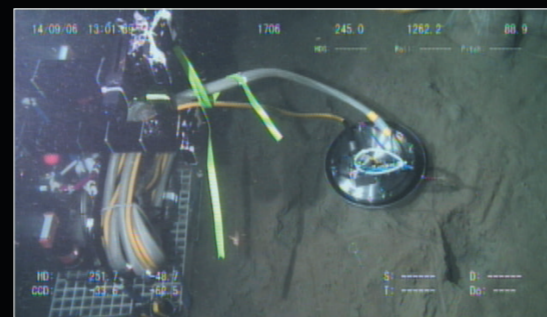
# 南海トラフ地震発生域の変動をとらえる

巨大地震・津波の実態を明らかにし、被害軽減に役立てる

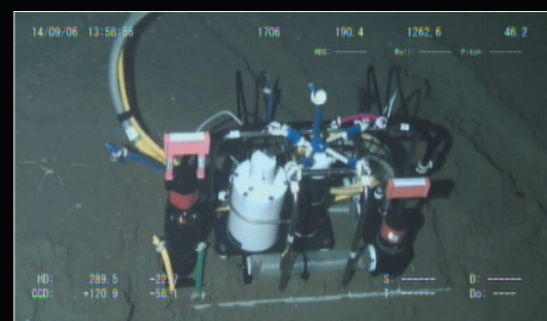
取材協力／地震津波海域観測研究開発センター

100年から150年の間隔で、繰り返し巨大地震を起こしてきた南海トラフ。最後の昭和地震（1944・46年）が発生してから約70年が経過しており、近い将来の発生が心配されている。東海地震、東南海地震、南海地震に加えて日向灘の地震が連動して発生すると、地震・津波によって、最悪の場合、犠牲者は33万人に達すると予測されている。

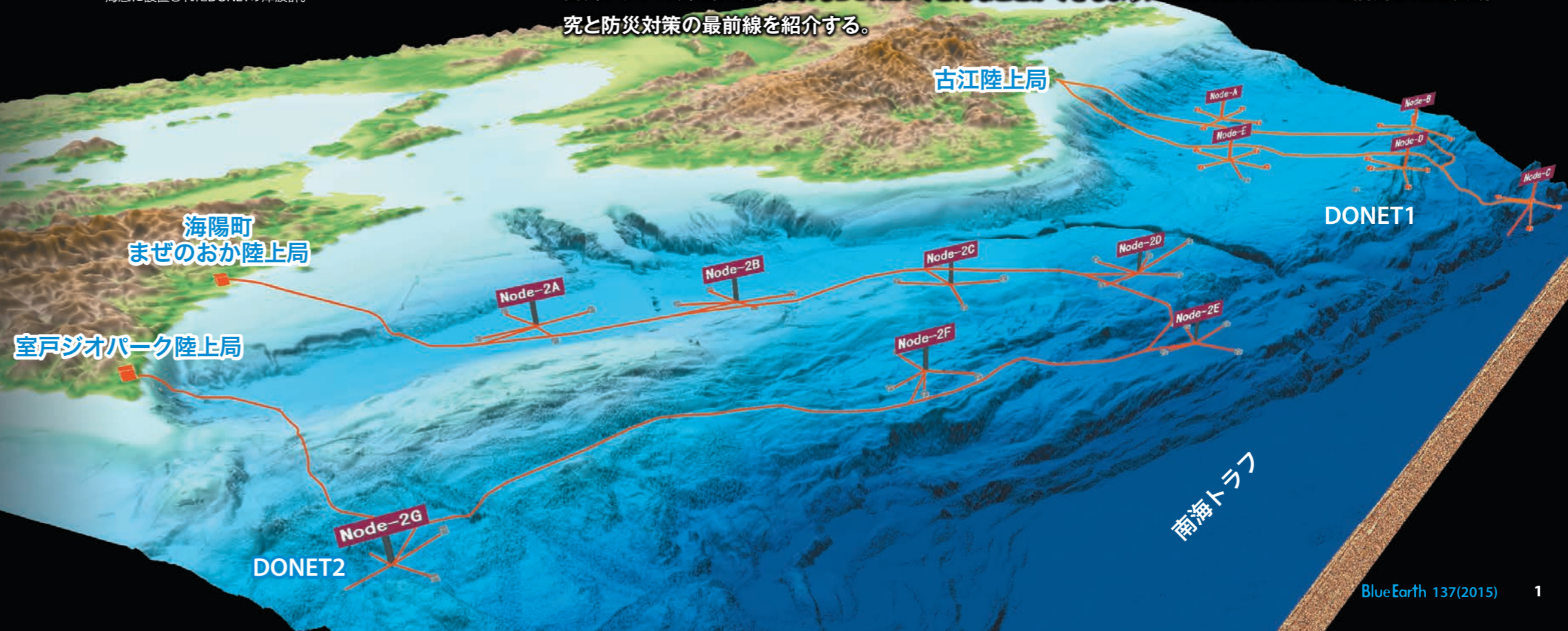
海洋研究開発機構（JAMSTEC）は、南海トラフ地震の被害軽減を目的に、地震・津波の早期検知を可能にする「地震・津波観測監視システム（DONET）」の整備を進めている。すでに東南海地震の震源域にDONET1が構築されており、現在、南海地震の震源域の一部をカバーするDONET2の構築が進行中だ。南海トラフの海底に展開されるDONETでどんなことができるようになるのか。DONETを活用した地震研究と防災対策の最前線を紹介する。



海底を掘って設置されたDONETの地震計(右)。



海底に設置されたDONETの津波計。



1 特集  
**DONETで南海トラフ地震発生域の変動をとらえる**

巨大地震・津波の実態を明らかにし、被害軽減に役立てる

18 AQUARIUM GALLERY  
 すみだ水族館  
**世界初 チンアナゴの産卵映像!**

20 社会とつながるJAMSTEC  
 Part1  
 地球科学の未来を担う若者たちを応援したい！  
**世界の仲間と出会い、共に学び競い合う「国際地学オリンピック」**

Part2  
 高度潜水技術の研究開発に支えられた潜水研修  
**JAMSTECの潜水研修事業を振り返る**

28 Marine Science Seminar  
**海洋コアの科学**  
 阿波根 直一  
 高知コア研究所科学支援グループリーダー

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

裏表紙 PICK UP JAMSTEC  
**JAMSTECの船舶・探査機を利用した研究成果発表会「ブルーアース2015」開催**

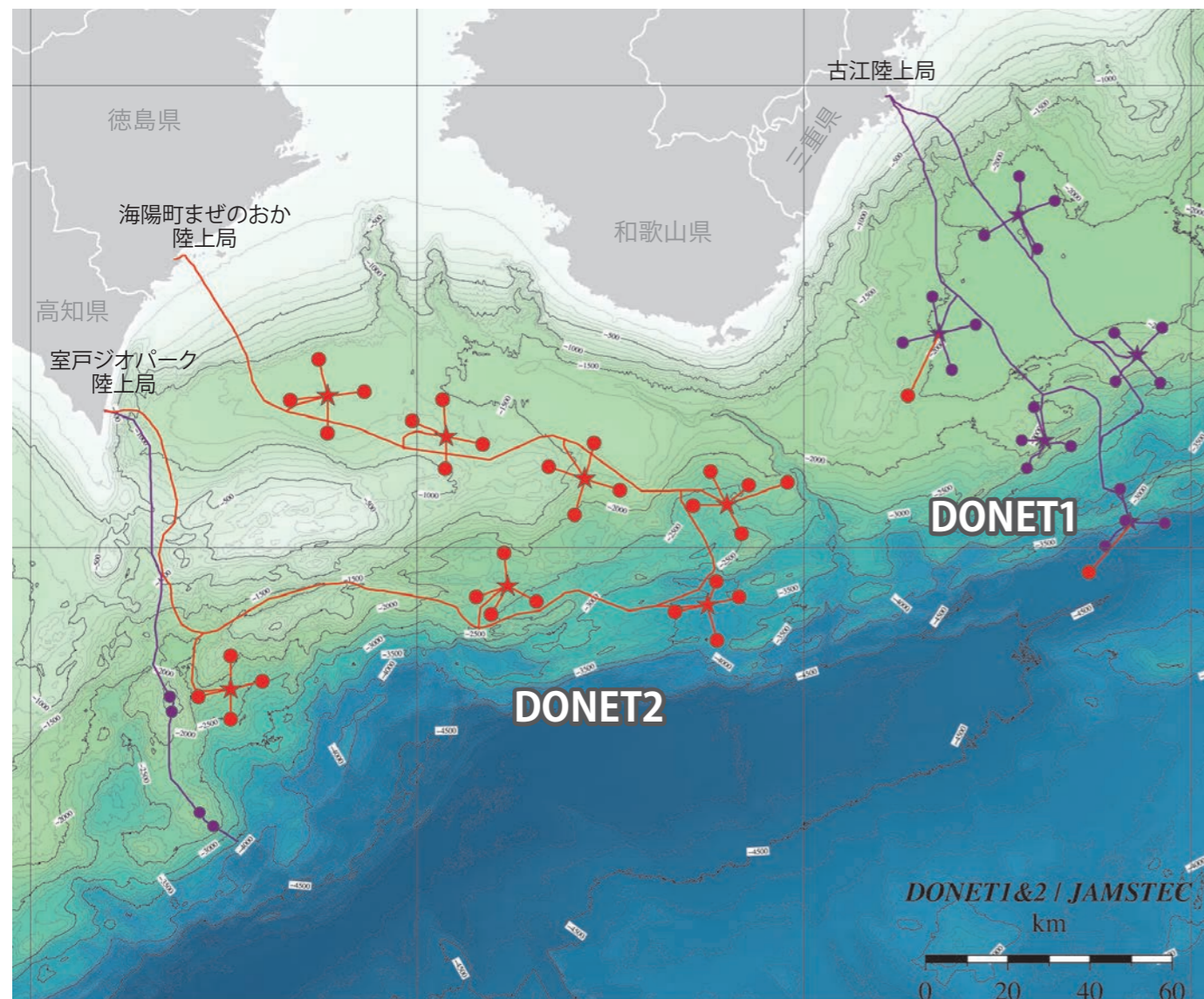


## 南海地震の震源域で地震・津波を監視するDONET2

日本列島の周辺は、4つのプレートがひしめき合い、太平洋プレートは北米プレートの下に、フィリピン海プレートはユーラシアプレートの下に沈み込んでいる。海洋プレートの沈み込みに伴い、陸側のプレートが引きずられて、プレート沈み込み帯にひずみが蓄積する。このひずみを解放するために、陸側のプレートが大きく動いて巨大地震が発生する。これが海溝型地震だ。2011年に発生した東北地方太平洋沖地震は、太平洋プレートと北米プレートの境界である日本海溝で発生したが、同様にフィリピン海プレートとユーラシアプレートの境界である南海トラフでも、およそ100年から200

年間隔で、巨大地震が繰り返し起きている。

南海トラフの震源域は、東海・東南海・南海に分かれている。それぞれが個別に動くこともあるが、隣り合っているため、いずれかで地震が起きれば、連動して隣の震源域でも地震が発生する可能性が高い。たとえば、1854年の安政地震では、東海・東南海地震が同時に発生し、30時間後に南海地震が発生したとされる。また、昭和地震では1944年に東南海で発生し、2年後に南海地震が起きている。南海トラフでは、それ以降約70年間にわたって大規模な地震は起きておらず、この先再び地震が起こると危惧されている。

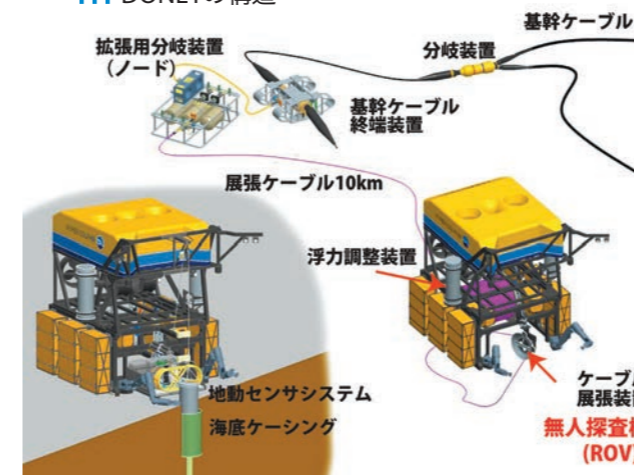


JAMSTECは、2006年から東南海地震の震源域となる熊野灘に「地震・津波観測監視システム (DONET1)」の構築を進めてきた (着工は2010年から)。地震計や津波計を広い範囲に設置し、地震や津波の発生をリアルタイムで検知する仕組みだ。さらに2010年からは、南海地震の震源域にも同様のシステムを展開するため、新たにDONET2の構築が進められている。

DONET2は、基幹ケーブルが高知県室戸市と徳島県海陽町に設置された陸上局から和歌山県の潮岬沖にまで伸びているため、送電ケーブルの総延長は500kmを上回る。約320km程度のDONET1よりも大幅に長いため、DONET2の開発には大きな課題があった。DONETの開発に携わる海底観測技術開発グループの川口勝義グループリーダー (GL) は、「送電ケーブルが長くなると抵抗が大きくなるため、電流を一定にして、電圧を上げて送電しなければなりません。DONET1では電圧を3kV程度に抑えられたのですが、DONET2の距離だと3kVを上回る高電圧にする必要がありました」と説明する。ところが電圧が高くなると、自由放電が起これ、つながっていない配線にも電気が流れてしまう。基幹ケーブルは、日本とハワイ、米国本土を結ぶ海底ケーブルに使われている1万Vに対応した送電ケーブルが使われているが、問題は分岐装置よりも先だ。

分岐装置よりも先にDONET1と同じノード (拡張用分岐装置) や展張ケーブル、観測装置を使おうとすれば、高電圧のまま電気を流すわけにはいかない。そのためDONET2では、分岐装置よりも先に高電圧に耐えられるものに変更するか、分岐装置に電圧を下げる装置を加えるか、どちらかを選ぶ必要があった。2つの選択肢を検討した結果、分岐装置の先の基幹ケーブル終端装置に、電圧を下げるダウンコンバーターを組み込むことにした。

### III DONETの構造



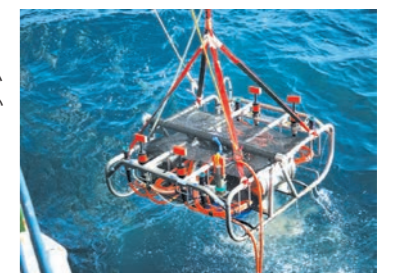
基幹ケーブルから分岐装置を経て各ノードが設置され、そこから観測装置が展開される。

その理由は、DONETが持つ冗長性・置換性を生かすためだ。基幹ケーブルはループ状になっており、万一どこかで断線しても、逆方向から電力を供給して観測データを送れるようになっている。また、ノードの先の観測装置も、一般家庭のコンセントに家電製品をつなぐように、水中で取り外し可能なコネクタでつながっているため、1つ故障しても、他の装置は問題なく観測を続けながら、壊れた装置を交換することができる。こうした利点を確保するためにも、DONET1とDONET2で共通のシステム・装置類を使用することが望ましいと判断し、基幹ケーブル終端装置で電圧を下げることで、DONET1と同じ観測装置を展開することに決まった。DONET2の構築は、現在、紀伊水道沖で進められており、2015年度内の完成が予定されている。完成時には、31の観測点で地震・津波、地殻変動の観測が行われる。

2014年5月、DONET2の開発でも重視された冗長性・置換性が生かされる出来事があった。「5月30日に、DONET1のノードEに障害が発生したのです。一時的に他のノードでの観測も停止しましたが、遠隔作業でノードEを切り分けすることで、すぐに観測を再開することができました。そして、2015年3月には、無人探査機『ハイパードルフィン』でノードEを回収し、原因を明らかにして新しいノードを設置し、無事に観測データの送信を再開することができました」と川口GLは話す。

回収したコネクタを詳しく調べると、海水が浸入していることが明らかになった。通常、海水が浸入しても障害が発生しないようにコネクタには対策が施され、線材も絶縁素材で被覆されているが、構築前の点検では見つからなかった微細な穴 (絶縁被覆破壊) があったため、そこから送電線に海水が触れ、障害が発生してしまったのだ。このようなことは起こらないにこしたことはないが、図らずもDONETの冗長性・置換性の有効性が証明されたともいえる。

障害が発生したため、システムから切り離され、海洋調査船「かいよう」に回収されたノードE。



海底に設置された観測装置。左が地震計 (地動センサパッケージ)、右が水圧計 (水圧センサパッケージ)。



トラブルが発生した高電圧コネクタ (左) と見つかった線材の小さな傷。



# 地震・津波の早期検知だけでなく、 地震の予兆となる地殻変動の観測も目指す

前ページで紹介した通り、DONETの第一の目的は、南海トラフで発生する地震や津波をいち早く捉えることだ。そのため、DONETには地震の揺れを検知する地震計（地震動システム）と、津波を検知する水圧計（圧力センサシステム）が組

み込まれている。地震計は、文字通り海底の揺れを検知する。一方の水圧計は、津波が発生すれば海面が盛り上がり、海底に設置した水圧計に加わる水圧が大きくなるため、津波を検知することができる。これらの観測装置が南海トラフ地震の



海底に設置するノードを下部に搭載した「ハイバードルフィン」。

DONET観測点に設置されている地震計（地動センサパッケージ）と水圧計（水圧センサパッケージ）。地震計では大地震から微小地震、長周期地震動まで、水圧計では津波だけでなく地震動や地殻変動まで、さまざまなシグナルを観測できるように複数のセンサが組み込まれている。



「ハイバードルフィン」に展張ケーブル（ボビン）を取り付ける作業の様子。



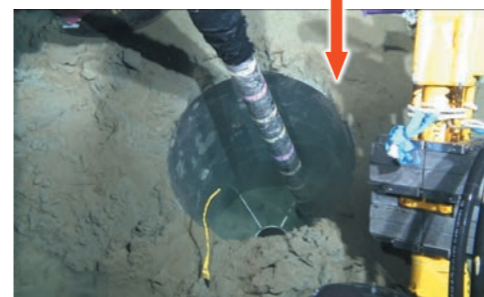
震源域に設置されたことで、陸上の地震計より5~10秒早く地震を検知できるようになり、津波も従来より15分ほど早く警報を発令できるようになった。東北地方太平洋沖地震では、逃げ遅れたために多くの尊い命が失われたことを考えると、少しでも早く正確に地震・津波を検知し、情報発信に役立てることができるDONETが構築されたことで、南海トラフ地震・津波の被害軽減が期待できる。

ただ、こうした地震・津波の観測網を実現するためには、さまざまな課題があった。「海底は泥が堆積しており、まるで田んぼのようにやわらかい状態です。そこに地震計を置いただけでは、海底下を伝わってくる地震の揺れを正確に検知することはできません」と川口GL。そこで、海底にケーシングパイプを設置し、泥を吸い出した上で、耐圧容器に入った地震計を設置した。これで海底に泥が積もっていても、海底下で発生した地震の揺れをより正確に検知することができる。

地震計には強い揺れに適した強震計と、ゆっくりとした揺れに適した広帯域地震計が、水圧計には水晶水圧計・微差圧計・ハイドロフォンが用いられている。これらはすべて川口GLらの研究グループで、1つ1つ精度を確かめた上で採用されている。精度を確かめるといっても、地震計の場合、周囲で人工的な揺れが発生しては、詳細に精度を調べることは難しい。そこで、日本で最も静かな環境とされる、長野県にある気象庁の精密地震観測室（現・松代地震観測所）を利用して精度の検証が行われた。用意したすべての地震計を持ち込み、その精度を調べたという。また、水圧を人工的に制御して水圧計の精度を調べるため、新たに海底環境を再現できる「海底孔内温度圧力シミュレータ」を設置し、その精度を検証した。こうした入念な検査を経て、高精度で信頼性の高い地震計・水圧計が選ばれた。



地震計を海底下に設置するため、油圧ハンマーでケーシングパイプを埋め込む。下は埋め込んだケーシング内の堆積物を除去する様子。



気象庁・松代地震観測所で地震計の精度の検証を実施。



震源域の海底に設置された地震計や水圧計は、大きな被害をもたらす大規模な地震活動や津波だけでなく、その予兆となる小さな地震や、プレートの沈み込みによってわずかに生じる地殻変動を捉えることもできるはずだ。そのための課題となるのは水圧計だという。

沈み込むフィリピン海プレートに引きずられながら、徐々にユーラシアプレートにひずみが蓄積して、地殻は変動していく。だが、その規模は1年間に数cm程度であるため、水圧計に加わる変化もごくわずかだ。これを捉えるためには非常に精度の高い水圧計が求められる。現在、DONETには高精度の水晶水圧計が組み込まれているものの、水晶水圧計の観測データをそのまま信用することはできないと川口GLは話す。「水晶水圧計に組み込まれている水晶発振子の発振は、圧力の変化に応じて変わるため、発振の変化を計測することで、わずかな水圧の変化を観測できます。ただし、この水晶発振子は『ドリフト』と呼ばれる経年劣化（緩やかで継続的なズレ）が起こることが知られています。短時間に大きな水圧の変化を起こす津波を検知するだけなら問題ありませんが、1年間に数cm程度、ゆっくり動く地殻変動による水圧の変化を検知しようとする、ドリフトの影響は無視できません」。

川口GLらは、前述の「海底孔内温度圧力シミュレータ」を用いて、水晶水圧計に生じるドリフトを事前に評価しておき、観測データの補正に役立てようとしている。あらかじめ変化量を把握しておけば、ドリフトが生じても高精度に水圧の変化を把握し、わずかな地殻変動も観測することができる。

近い将来、DONETの観測装置を活用し、大地震の予兆となる地殻変動をより正確に捉え、予測に役立てることも可能になるはずだ。



# 海底下で地震や地殻変動を観測する 長期孔内観測システム

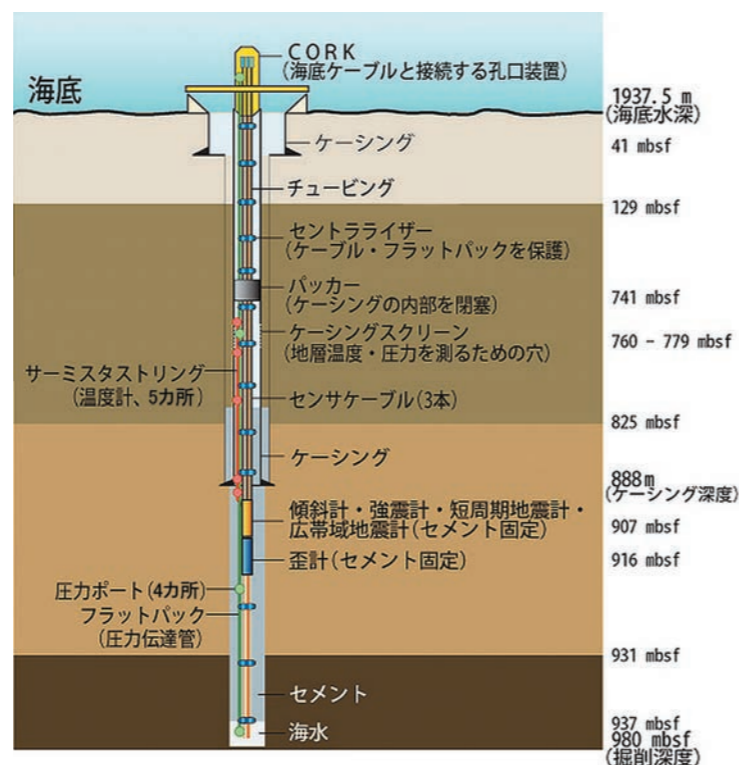
震源域の直上に位置する海底で、より正確に地震を検知するため、DONETでは海底に孔を掘り、地震計を海底下に埋設している。それでも、「まるで田んぼのようにやわらかい状態」と川口勝義GLが表現するように、海底堆積物中での観測には限界がある。また地震の早期検知だけでなく、微小な地震動や地殻のずれや歪みといった地殻変動を詳しく観測する

ためには、より震源に近い、海底下の深い地層中で観測することが望ましい。

そのために以前から着目されていたのが、海底掘削の掘削孔を活用し、孔のなかに観測機器を設置する長期孔内観測だ。そして2010年12月、地球深部探査船「ちきゅう」によって推進されている統合国際深海掘削計画（IODP、2013年より国際深海科学掘削計画）の南海トラフ地震発生帯掘削計画（南海掘削）において、海底下約1,000mまで掘削された孔内に長期孔内観測システムが設置された。場所は、熊野灘の東南海地震震源域直上の海溝寄りC0002地点。水深1,937mの海底から掘削した孔内にケーシングパイプを入れ、海底下約750～980mにさまざまなセンサを設置して、孔内の観測データを収集する仕組みだ。海底観測技術開発グループの荒木英一郎GL代理は、「長期孔内観測システムには、地殻変動を測定するひずみ計や傾斜計、地震の揺れを観測する強震計、広帯域地震計、さらに温度計や圧力センサなどが組み込まれています。地殻変動や地震をはじめ、水圧センサと温度計を用いて海底下の水の流れも観測しています」と説明する。



長期孔内観測システムが設置された掘削孔の孔口部に置かれるプラットフォーム（直径約5m）とDONETに接続するためのコネクタ部を「ちきゅう」船上で準備の様子。



C0002に設置された長期孔内観測システムの観測装置。mbsfは、海底からの深さを表す。

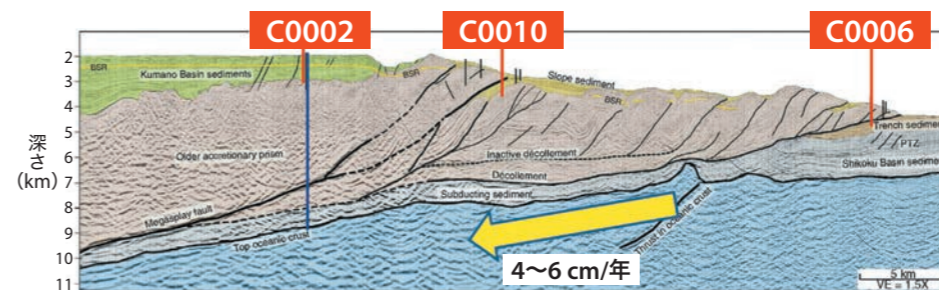
地震の発生にはさまざまな現象が複雑に絡み合っているが、それを知るためには、間隙水の移動に伴う圧力変化や温度変化も重要といわれている。たとえば、大気中で気圧が高いところから低いところに風が吹くように、間隙水圧を測定することで、水圧の高いところや、低いところの動き、その移動の様子を推測することができる。また、水が流れると岩石の熱も移動するため、温度計の観測データに変化が生じれば、水の流れにも変化があると推測できる。こうしたデータも、断層の動きなどを知る重要な手がかりになるのだ。実際に、2011年に東北地方太平洋沖地震が発生したときに熊野灘でも小さな地震が多発したが、長期孔内観測システムでは、地震動だけでなく水圧の変化も観測されていたという。

この時点では、長期孔内観測システムはまだDONETに接続されておらず、後に回収した観測データから、東北地方太平洋沖地震の地震波をはじめ、この海域での地震動や地殻変動が非常に高精度に観測できていたことが明らかになった。そして、2013年1月に同海域に展開されていたDONETに接続され、長期孔内観測システムの連続観測が開始された。

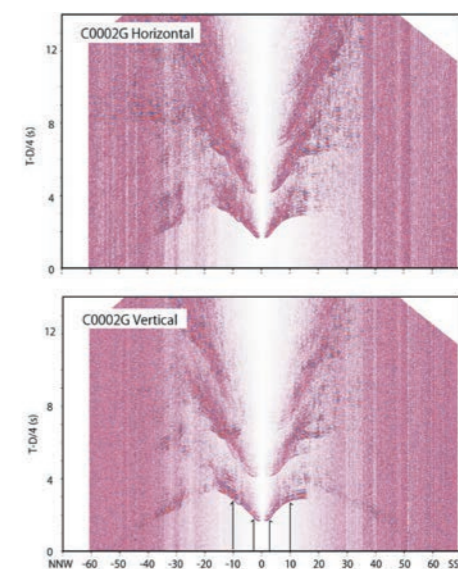
現在、観測データはリアルタイムで陸上に送信されており、地震動の検知のみならず、地殻変動の詳細な観測により、予測研究などに貢献する知見が得られると期待されている。

さらに、この長期孔内観測システムとDONETを有効に活用した、新たな観測研究も始まっている。船舶からエアガンによって強い音波（人工地震波）を発振することで、地殻構造の時系列観測を行うという取り組みだ。従来、人工地震波を用いた海底下の地殻構造探査は、海底下の地層で反射・屈折した地震波を、船舶から海面に展開したストリーマーカーケーブル（集音装置）や、一時的に海底に投入した海底地震計で観測することで行われてきた。しかし、この方法では地震波を発する船や、集音装置の位置が毎回異なるため、同じ海域の地殻構造を時系列で詳細に調べることは難しかった。その点、DONETの観測点や長期孔内観測システムは常に同じ場所にあるため、船の位置を決めて発した地震波を観測すれば、同条件で観測し続けることが可能となる。それらのデータを比較すれば、地殻構造の時間変化を捉えられるはずだ。

地震の震源により近い海底下で、地震や地殻変動だけでな



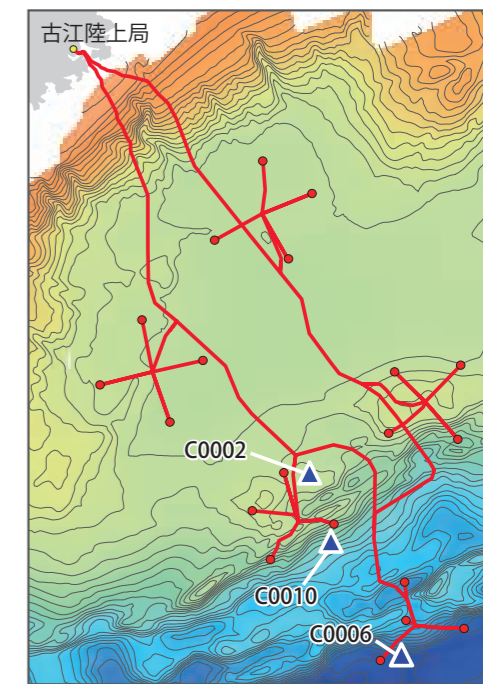
南海トラフにおける長期孔内観測システムの今後の展開計画。



C0002点で人工地震波を用いて得られた地殻構造探査のデータ例。上は孔内地震計の水平動記録、下は孔内地震計の上下動記録。付加体およびプレート境界面についての良好なデータが得られた。横軸は孔内観測点からの距離 (km)、縦軸は時間 (秒: 4km/sでリダクション) を示す。

く、地殻構造も調べられる長期孔内観測システムを、いくつも設置すれば、より多面的な観測が可能になる。現在、荒木GL代理らは、C0002に加えて、C0006、C0010という2カ所の掘削孔への設置を検討しているという。「C0010は、プレート境界断層から枝分かれした分岐断層が浅いところにまで達している掘削点です。C0006はプレートの先端部、海洋プレートが沈み込む境界のすぐ手前の掘削点です。これらの場所で長期孔内観測を行いたいと考えています」と話す。

特徴の異なる複数の地点で長期孔内観測が実施されれば、それぞれで得られた観測データの比較検討によって、海底下で何が起きているのかを理解するための重要な手がかりが得られるとともに、巨大地震・津波の予測研究にも役立つ貴重な情報が提供されるはずだ。





# DONET観測データから 海底下で起きている未知の変化に迫る

DONET1は2011年7月にすべての観測装置の設置が完了し、同年8月から紀伊半島沖熊野灘海域における地震・津波などのリアルタイム観測が本格的に開始された。現在は潮岬沖から室戸岬沖の海域を中心にDONET2の設置が進行中で、2015年度中に終える見込みだ。DONETの構築により、南海トラフで発生する地震・津波の早期検知が可能となり、観測データを被害の軽減に役立てることが期待されている。その一方で、高精度な地震計や水圧計を用いて常時モニタリングされている観測データを有効に活用し、その変化を捉え、海底下で何が起きているのか、今後何が起きようとしているのかを理解しようとする研究も始まっている。地震津波海域観測研究

開発センターの高橋成実研究開発センター長代理らの研究グループが注目しているのが、DONETで詳細に記録されているプレート境界周辺で発生する微小地震だ。

プレート境界で生じる地震は、主に海洋プレートが大陸プレートの下に沈み込むことで蓄積したひずみが解放されて発生する。2つのプレートを固着させていた摩擦より、ひずみのエネルギーが上回り、大陸プレートがもとに戻ろうとする力が働くわけだ。近年のシミュレーション研究から、固着域がはがれ始めると、陸上の地震計では検出できないような、ごく小さな低周波地震が多発することが知られている。そのため、高橋研究開発センター長代理らは、DONETが捉えた

データから、南海トラフの海溝軸付近で起きている微小地震の常時モニタリングを行っている。

「もちろん、微小地震の震源や発生頻度を捉えることが、直ちに大きな地震の予測につながるわけではありません」と高橋研究開発センター長代理。「南海トラフでは、フィリピン海プレートが陸側のユーラシアプレートの下に年間約4cmずつ沈み込んでいますが、この沈み込み帯の地下で、どれだけの力がどのように加わっているか、まだ十分に明らかになっていません。しかし、将来的には、微小地震の解析データをシミュレーション研究と結び付けることで、地震の予測に役立てることができるのではないかと考えています。そのためにも、DONETで得られる微小地震の震源などの情報から地下で何が起きているのかを解明していきたいのです」と話す。

これまでの微小地震の分析から、いろいろなことが見え始めている。たとえば、2011年に発生した東北地方太平洋沖地震の影響で、熊野灘海域でも微小地震が活発化した。だが、半年ほどで地震の活発化は収束に向かい、2012年からは微小地震が比較的少ない、静かな状態が続いているという。だが、現在の静かな状態が何を意味するのかはわかっていない。JAMSTECは、長年にわたって南海トラフで地下構造探査を進めてきたこともあり、プレート構造や地下を走る断層の構造などについて、多くの情報を保有している。高橋研究開発センター長代理らは、そうした断層構造の情報とDONETが捉えたデータを照らし合わせながら、海洋プレートの沈み込みで生じる力の影響や変化を明らかにしようとしている。研究が進めば、南海トラフで発生する微小地震が、どのような意味を持つかわかるに違いない。

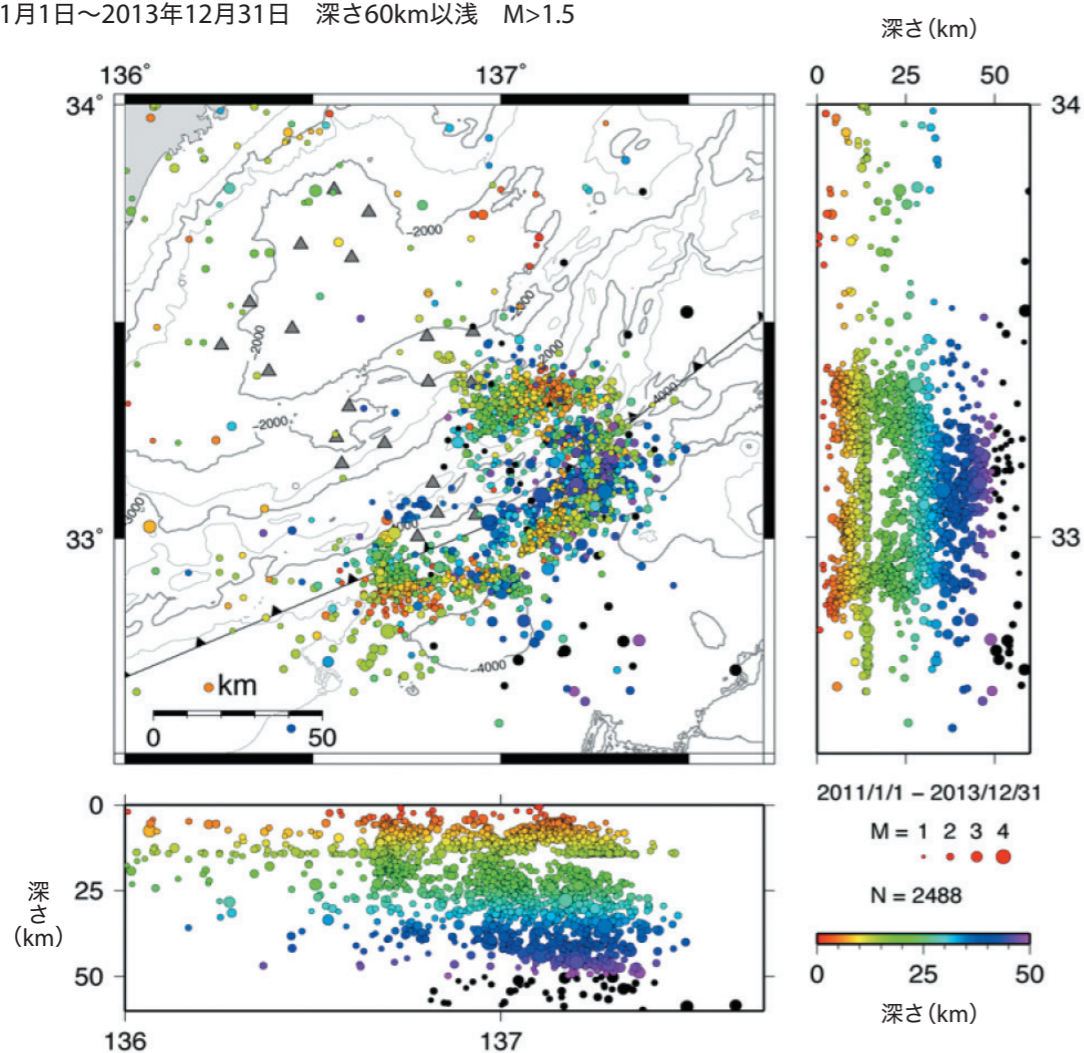
地殻変動をはじめ、海底下で起こるさまざまな現象を推測する上でも、DONETの高精度センサ網は、重要なデータを提供している。現在進んでいるDONET2の敷設が完成すれば、熊野灘と紀伊水道沖で発生する微小地震や地殻変動の情報を連動させて、より理解が深まることが期待される。

さらにJAMSTECでは、東北大学やJAXAと共同で、DONETに加えて、新たな観測システムの実現に向けた研究開発も進

めている。DONETで使用されている水圧計（圧力センサシステム）を単独で海底に設置し、観測データをリアルタイム送信する新システムだ。「場合によっては、DONET観測網から離れた海域でのモニタリングが必要になることもあるでしょう。そこで、JAMSTECの海洋工学センターなどとともに、ブイシステムの開発を進めています」と高橋研究開発センター長代理。海底に設置した水圧計が計測した津波データは、音響通信を使ってリアルタイムで係留ブイに送信される。海面の係留ブイからは、通信衛星を介して陸上局にデータを送信する仕組みだ。津波情報だけでなく、水圧データから地殻変動を観測することも可能だ。地殻変動を観測するため、海底に音響トランスポンダを複数設置してブイシステムと連動させ、地殻の変位をより詳しくモニタリングすることも計画している。課題は、設置を想定している南海トラフ海域を流れる黒潮だ。通常の係留ブイでは、黒潮の速い流れに耐えられないため、安定して海面に浮かせるための技術開発が進められている。この「ブイシステム」が本格稼働すれば、DONETとの連携によって、南海トラフの海底下で何が起きているのかを理解する大きな原動力になるはずだ。

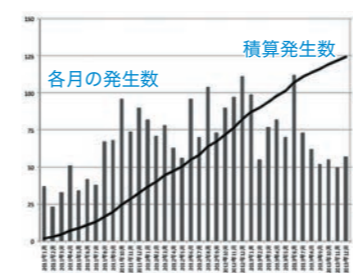


III 2011年1月1日～2013年12月31日 深さ60km以浅 M>1.5



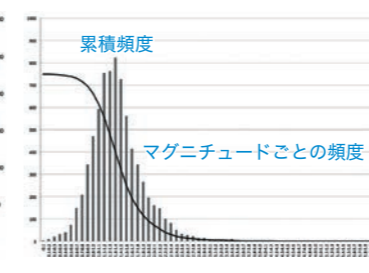
DONETデータの解析によって得られた南海トラフ海溝軸付近の微小地震活動。

III 月別地震発生数

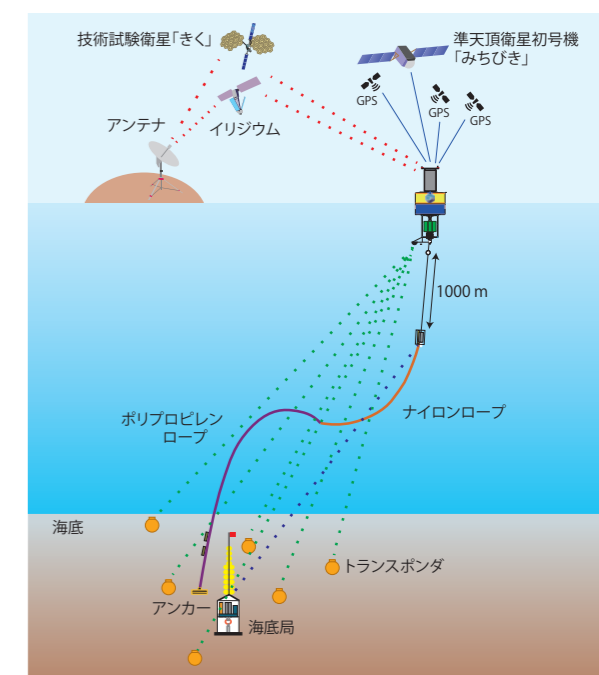


2011年1月～2013年12月までの各月の地震発生数と積算発生数。

III マグニチュード・頻度分布



0.1～6.0までのマグニチュードごとの頻度と累積頻度。



現在開発中の係留ブイを用いた新しいブイシステム。黒潮海域での使用に耐えられるように、係留ロープを水深よりも長くしたスラック係留方式を採用。海底局（水圧計）のデータは音響通信によって吊下局を経由して係留ブイに送られ、通信衛星を利用して陸上局にリアルタイムで送信される。さらに海底ユニットと連動して、津波だけでなく地殻変動も検知する。



## DONETの津波観測データから 浸水域を予測し、減災に役立てる

地震が発生した際、気象庁は地震の規模や震源をすぐに推定し、津波の襲来が予想される沿岸域への津波警報や注意報などを発表するが、その詳細な内容は限定的だ。各地でどこまで浸水するかは報じられない。どこまで避難すればよいのか、どこが安全な場所なのかは、発表された津波の高さから自分たちで判断しなければならない。2011年の東北地方太平洋沖地震に伴って発生した津波では、津波の襲来はわかっていても、避難先で被災された人たちも少なくなかった。たとえば、事前に内閣府のM9モデルを用いた逐次的な津波浸水域の表示を用いた実態に近い避難訓練ができれば、いざという時に適切な避難の在り方を考えることができたかもしれない。

地震津波海域観測研究開発センターの高橋成実研究開発センター長代理らの研究グループは、津波の早期検知を可能に

するDONETのリアルタイム観測データを活用して、津波による各地の浸水エリアをシミュレーションする「津波即時予測システム」の開発に取り組んでいる。「DONETには高精度の水圧計が組み込まれており、津波が発生した場合、水圧の変化から津波の大きさを早期に検知することができます。私たちは、DONETデータから津波が押し寄せる時刻、津波の高さに加え、各沿岸地域でどこまで浸水するかを直ちに予測することを目指しています」と説明する。

津波の速さは、水深で決まる。水深が深いと津波は速く伝わり、浅いと遅くなる。そのため、沿岸に近づいて水深が浅くなると津波は遅くなり、場合によっては後から来る波が追い付いて津波が増幅され、より高い波高になることもある。海底の地形によって津波の増幅率はさまざまに変化する。ま

た、湾内では波が集中して波高が高まりやすいなど、沿岸の地形によっても津波の高さは大きく変化する。

高橋研究開発センター長代理らは、地形データを用意し、地震の規模を変えながら1,500以上の震源モデルを用いてあらかじめ津波の理論波形を計算しておき、実際に津波が発生したときには、DONETが検知した地震計や水圧計のリアルタイムデータに応じて、瞬時に津波予測モデルを選択し、地域ごとに津波到達時刻、最大津波高、浸水エリアを表示できるようにした。さらに、津波の被害を予測する上で無視できないのが地殻の変動だ。たとえば、南海トラフで大規模な地震が発生した場合、室戸岬や潮岬など半島先端部では隆起するのに対して、高知市の沿岸部は沈降すると考えられている。そのため、高知市では津波による被災が長引く可能性がある。各所による被害想定では、沈降は考慮するものの、隆起については考慮しないこともあるという。高橋研究開発センター長代理は、「安全上の観点から、隆起は考慮しないこともありますが、JAMSTECではこれらの地殻変動も考慮して津波を予測するモデルの開発に取り組んでいます」と話す。

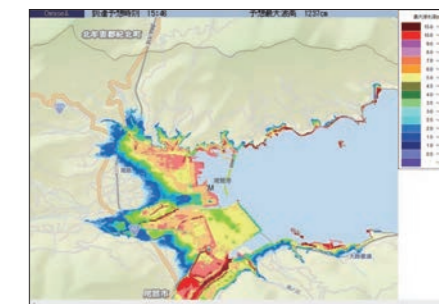
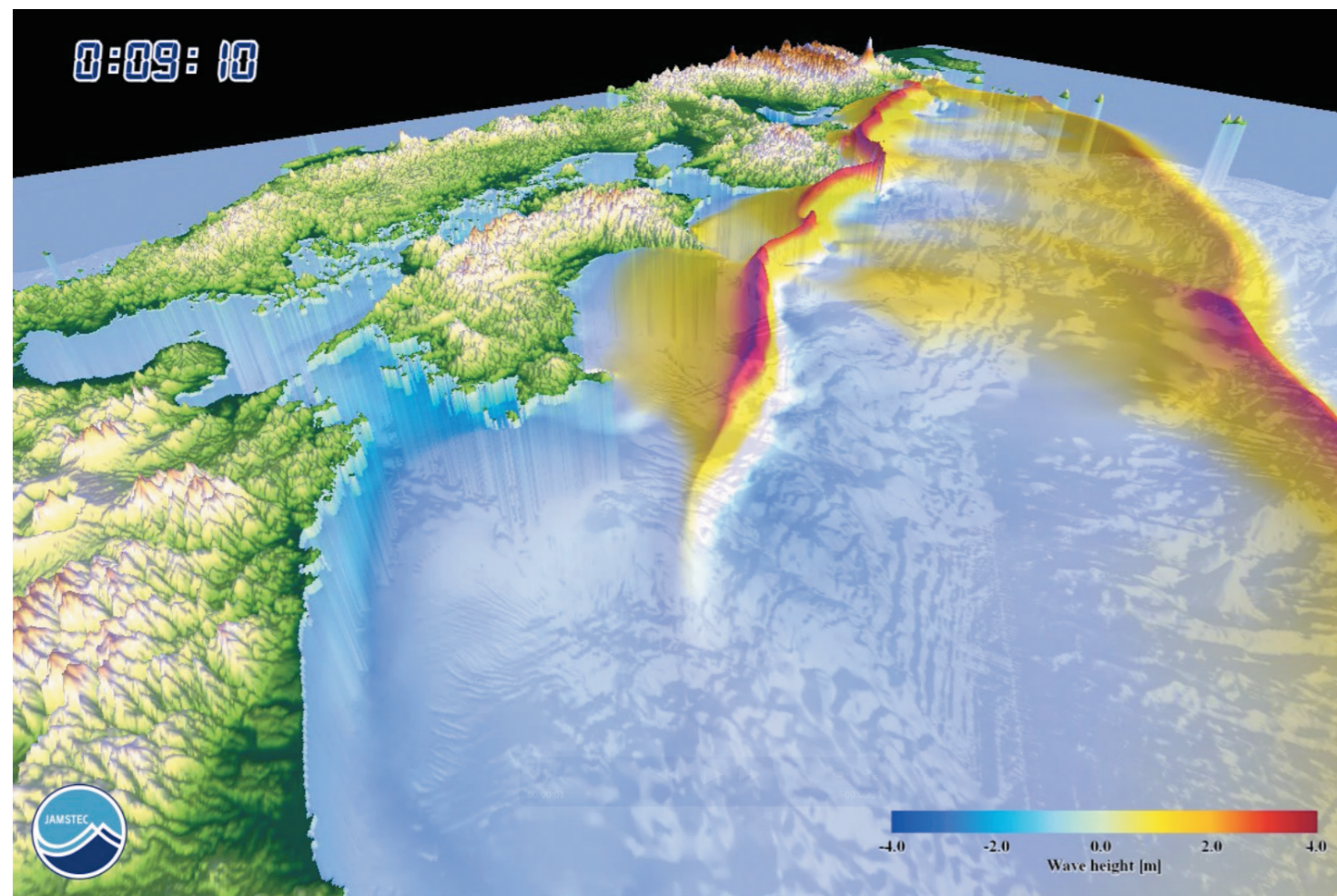
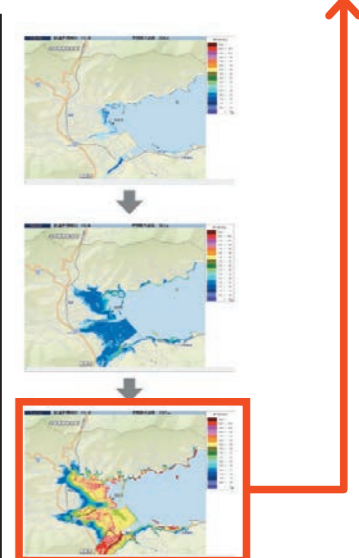
津波即時予測システムは、単に正確な津波情報を提供したり予測したりするだけでなく、このシステムを用いた避難訓練を通じて、実際に沿岸地域に生活する人々が、どこへ避難すればよいのかを判断するためのツールにすることも目指している。「実際に地震・津波が発生した場合、若く元気な人たちは、すぐに海岸線から避難することができるでしょう。しかし場合によっては学校の屋上や高いビルに逃げ込むといった判断が求められることもあるはず。また、夜間に地震・

津波が発生した場合の被害把握にも使えるはず。私たちが開発を進めている浸水域の予測は、こうした場合にも役立てられるのではないかと考えています」と高橋研究開発センター長代理はいう。

日本では地震・津波を含む気象予報を業務として提供するには、気象業務法に基づく許可を得る必要がある。現在、DONETの情報は、気象庁や防災科学技術研究所や大学をはじめ広く伝送されているが、この津波即時予測システムの実装と検証が行われているのは、和歌山県、尾鷲市（三重県）、中部電力である。

JAMSTECと共同で津波即時予測システムの研究開発を推進している和歌山県では、2015年3月に独自にDONETの観測データをもとにした津波予測の気象業務法の許可を取得し、甚大となる津波かどうかを即座に判断するとともに、緊急速報メール等で「大きな津波が来ること」を呼びかけ、避難につなげる取り組みを進めている。DONETで得られた観測情報の社会実装に関する実証実験はまだ動き出したばかりだが、観測情報を防災・減災に役立てるための研究開発に、大きな期待が寄せられている。

III 南海トラフ巨大地震によって発生する津波シミュレーション例

津波即時予測システムによって予測された三重県尾鷲市の津波による浸水域。DONET観測データをもとに、1秒ごとに表示が更新される。右の3図は時間とともに浸水域が広がっていく様子。



# DONET観測データを活用して 巨大地震発生への推移予測の高精度化に挑む

海溝型の大地震は、数十年から数百年の間隔で繰り返し発生する。南海トラフの場合も、100年から200年の間隔で大規模な海溝型地震を何度も繰り返していることが、過去の地震に関する歴史資料の研究や、湖沼堆積物などの地質調査によって明らかになっている。こうした地震の繰り返しは「地震発生サイクル」と呼ばれ、将来発生する地震を予測する上で重要な手がかりとなる。地震津波海域観測研究開発センターの地震津波予測研究グループは、大型コンピュータを活用した力学的な計算によって、この地震発生サイクルを再現する「地震発生サイクルシミュレーション」の研究を推進し、南海トラフを中心にプレート境界域における巨大地震の発生予測を高精度化していこうとしている。

プレート境界域で発生する巨大地震は、陸側・海側の2つのプレートが固着し、長い年月をかけてひずみをためていた場所がすべりを生じ、ひずみを解消することで発生する。南海トラフでも、これまで何度も巨大地震が繰り返されてきたが、その起こり方にはさまざまなパターンが見られる。たとえば1707年の宝永地震では、東海沖から四国沖さらには日向灘まで震源域が広がったのではないかと考えられている。一方、1854年の安政地震は東海沖から熊野灘までの地震が発生した後、およそ30時間後に紀伊水道から四国沖にかけて地震が起きたとされる。さらに昭和地震では、1944年に熊野灘で

東南海地震が発生し、その2年後の1946年に紀伊水道から四国沖にかけて南海地震が起きた。研究グループでは、こうした過去の巨大地震を再現するため、プレート境界面の形状や摩擦特性などをさまざまな条件のもとで設定した地震発生サイクルシミュレーションを数多く行いながら、どこが固着し、どこがどのようにすべるのか（どのような地震が起きるのか）といったプレート境界の固着・すべりのシナリオについての研究に取り組んでいる。

研究グループの堀高峰グループリーダー（GL）らが注目しているのは、大きな地震波の放出を伴わないプレート境界でのゆっくりとしたすべりだ。「たとえば、地震後に震源域の周囲に発生する余効すべり（地震発生後に続く断層のゆっくりとしたすべり）や、自発的に発生するスロースリップ（ゆっくりすべり）イベントです。以前は、こうしたゆっくりとしたすべりは、地震性のすべりを起こさないところで生じると考えられてきましたが、東北地方太平洋沖地震の震源域内では、直前に起きたマグニチュード7クラスの地震後に余効すべりが起きていたことや、本震の破壊開始点（震源）の近くでスロースリップイベントが数年前から複数発生していたことがわかっています。また、地震発生サイクルシミュレーションからも、こうしたゆっくりとしたすべりが、巨大地震の発生に至る必然的なプロセスの一環として発生することが推察

されています。ゆっくりすべりの起こり方から、巨大地震発生の予測に結び付く情報が引き出せる可能性があるのです」と話す。

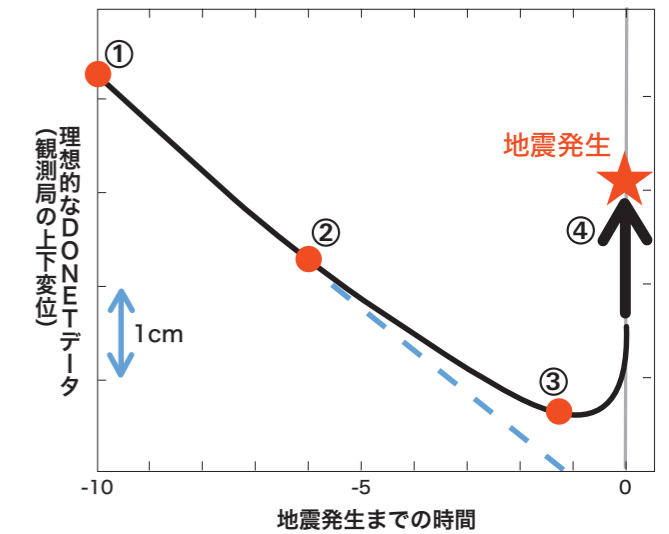
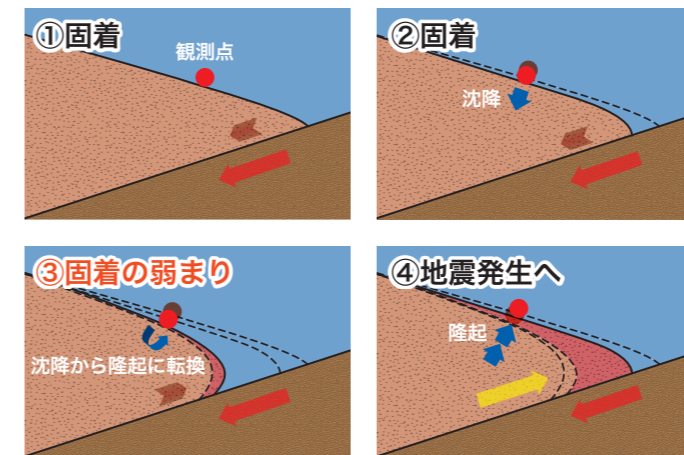
東北地方太平洋沖地震では、地震の前兆現象ともいえるプレート境界でのゆっくりとしたすべりが、地震後に、海底水圧計等の地殻変動データの解析から明らかにされた。もしこうした地殻変動を、リアルタイム観測によって事前に捉えることができれば、あらかじめ用意しておいた地震発生サイクルシナリオと比較検討することによって、地震の予測に役立てられるのではないかと堀GLらは考えている。

これまで、地殻変動をリアルタイムで詳細に捉える観測データは、GNSS連続観測システム「GEONET」（国土地理院）など陸上にしかなかった。だが、南海トラフにDONET観測網が構築されたことによって、状況は大きく変わりつつある。震源域直上の海底地殻変動をリアルタイムで詳しく観測できる環境が整うことになるのだ。これにより、観測で捉えられ

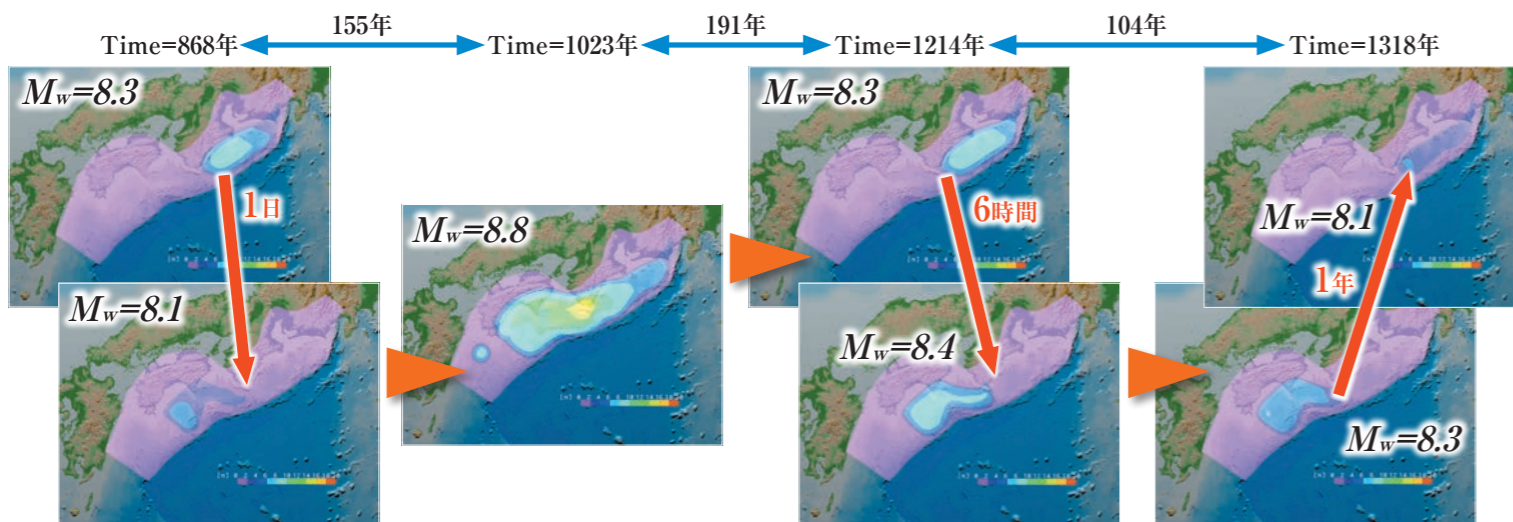
たプレート境界のすべりなどの変動に対し、直ちにその後の推移（時空間変化）を予測するシステムの開発が求められている。

堀GLは「プレート境界地震やその準備過程のすべり現象などは、すでに近似的にモデル化されており、すべりの時空間変化と地殻変動の観測データを結び付けた数値シミュレーションによって、その後の発展を予測することも、原理的には可能です。今後は、シミュレーションと観測データのずれを修正することで、事前に用意したシナリオで扱いきれない現象を追えるようにするなど、推移予測の精度の向上を目指して研究開発を進めていきたい」という。

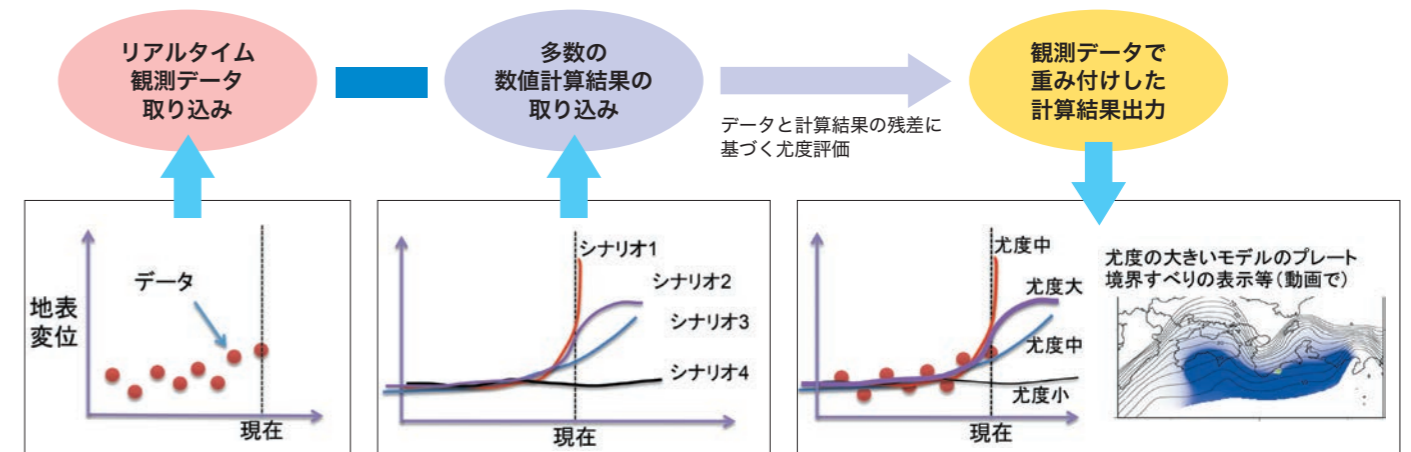
次の巨大地震がいつどのように起きるのかを正確に予測することは難しい。しかし、DONETの構築によって得られる詳細かつ高精度な観測データの活用やその蓄積は、今後の地震発生予測研究にとって重要な役割を果たすに違いない。



プレート境界の地殻変動推移と地震発生の関係。海洋プレートの沈み込みに伴って、陸側プレートはひずみをため、DONET観測点（赤丸）も沈降する（②）。ひずみが大きくなると、陸側プレートがもとに戻ろうとしてゆっくりすべり、DONET観測点は沈降から隆起に転換する（③）。やがてプレート境界が一気にすべって地震が発生。DONET観測点は陸側プレートとともに一気に隆起し、このとき津波が発生する（④）。



地震発生サイクルシミュレーションで計算された南海トラフで発生する巨大地震の結果例。過去の地震に似たパターンや、これまで知られていないパターンなどさまざまなシナリオが結果として得られている。左は東海から熊野灘の地震と紀伊水道から四国沖の地震が1日間で発生する例。続いて、東海から四国沖・日向灘まで同時に発生する例。3つ目は、1つ目と類似しているが2つの地震の時間差が6時間の例。右は、四国沖の地震が先に発生する例（歴史的には知られていない）。矢印の上の年数は発生間隔を示している。



リアルタイム観測データを活用したプレート境界の固着・すべり推移予測のイメージ。観測で得られた地殻変動（左）と数値計算によって得られるさまざまな地殻変動（シナリオ、中）を比較し、その差の小ささ＝尤度（ゆうど）の評価によって、より可能性の高いシナリオを選び出すことで、その後の推移を予測する。



## DONETを最大限生かすため、地域の災害対応力の向上に取り組む

DONETの構築によって、南海トラフで発生した地震・津波を早期に検知して、リアルタイム観測データを被災が予想される地域に提供することも可能になりつつある。さらにDONET観測データを活用した地震・津波の予測精度の高度化に関する研究も進んでいる。だが、地域の災害対応力が向上しなければ、DONETの機能を最大限生かすことは難しい。

JAMSTECで長年にわたってDONETの構築を推進し、現在は名古屋大学減災連携研究センター特任教授も務める金田義行招聘上席技術研究員は、2013年に始まった「南海トラフ広域地震防災研究プロジェクト」の代表として、JAMSTECだけでなく大学や研究機関、地方自治体・企業などとの連携のもとで、地域の災害対応力の向上に取り組んでいる。金田招聘上席技術研究員は、「南海トラフで発生が危惧されている海溝型

巨大地震は、地震の後に津波が押し寄せるだけでなく、同時に液状化や火災なども発生する“複合災害”です。これらすべてに備えるための防災・減災対策を進めることは決して簡単ではありません。しかも、地域ごとの特性を考慮して対策を進めなければ、災害対応力の向上は難しい」と話す。

たとえば、南海地震震源域にほど近い高知県は、地震が発生して間もなく津波が押し寄せることが予想されるため、何よりもまず沿岸部の住民を海から遠ざけることが求められる。一方で大阪府の場合は、津波が押し寄せるまでには多少の時間的余裕があるものの、その前に長周期地震動による高層ビルの破損や、埋め立て地の液状化などの問題が発生する可能性がある。そのため、地震発生直後取るべき対策は、高知県と大阪府では大きく異なる。また、住民の避難を考える場

合、地域住民の年齢構成も考慮する必要がある。都市部は比較的若い人が多いため、モバイル機器による情報収集や自力で避難する行動力などを住民に期待できるかもしれないが、過疎化が進む地域では高齢者の割合が高いところも多く、避難においてもさまざまなサポートが欠かせない。

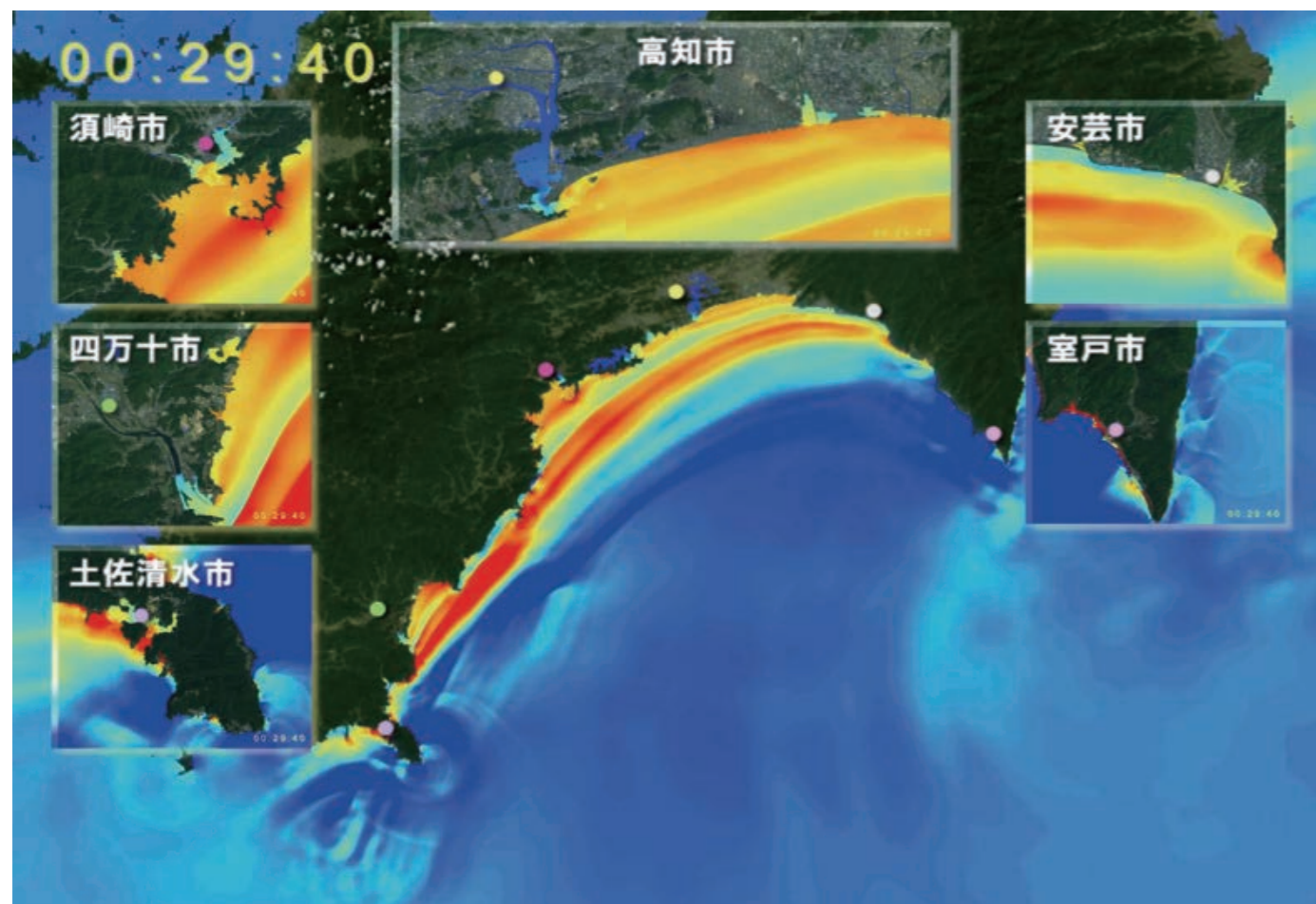
地域防災力の強化によって防災・減災を目指す「南海トラフ広域地震防災研究プロジェクト」では、地震・津波研究の専門家に加えて、都市計画などの工学分野の研究者や社会科学の専門家も参加し、建物の補強や建て替えを考慮した建物モデルや将来の人口の推移を考慮した人口モデルの構築を進めている。こうしたシミュレーションができれば、地震が発生する時期や発生の仕方などの条件を変えて、さまざまなパターンで南海トラフ地震・津波および複合災害のリスクを評価できる。「津波から避難しようとしても、その前に地震でビルが倒壊して道路が封鎖されたり、橋が落ちてしまったりしては、避難もままなりません。これでは、いくらDONETで地震・津波を早期検知しても、せっかくの情報が生かせません。想定されるいろいろな災害シナリオでシミュレーションを行い、避難経路の確保などを事前に準備しておかなければなり

ません。巨大地震発生域の調査・観測や予測研究と合わせて、こうした取り組みを進めることで、防災・減災のために欠かせない地域の災害対応力を向上させることが必要です」と金田招聘上席技術研究員は説明する。

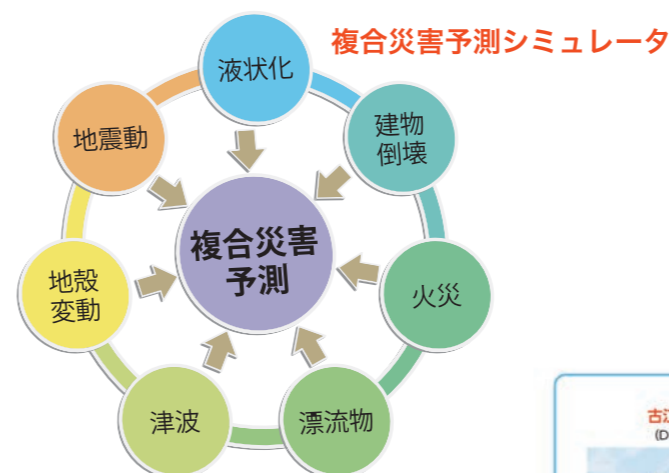
たとえば、避難路を確保するための橋の耐震化にしても、すべての橋を一律に強化することは難しいが、事前のシミュレーションによって、必要最低限の避難路を確保するために橋を選別すれば、より効率的に対策が進められるはずだ。こうして地域の災害対応力が高まれば、実際に地震が発生した際にも、DONETの早期検知能力を最大限に生かして、被害を最小限に食い止めることが期待される。

現在、DONETシステムで本格稼働しているのは熊野灘に構築されたDONET1のみで、紀伊水道沖のDONET2は、2015年度内の完成を目指して構築が進められている。近い将来には紀伊半島沖から四国東部沖で観測体制が整うことになるが、「DONET1、DONET2だけでは不十分です」と金田招聘上席技術研究員。「南海トラフは駿河湾から日向灘まで伸びているため、DONET1とDONET2が本格稼働しても、地震・津波の観測網が完成したとはいえません。九州東部沖の日向灘海域のDONET構築を進めていくべきでしょう」。

もし日向灘で最初の地震が発生して、南海・東南海へと地震が連動するようなことになれば、九州東岸にも地震、津波による大きな被害が予想される。九州の自治体などからも、こうした事態を心配する声が上がっているという。地域の災害対応力の向上をより広域で生かすには、DONETの日向灘への拡充が欠かせない。



津波シミュレーションの例。DONETのリアルタイム観測によって得られたデータを用いて、地震の震源や規模、断層運動のメカニズムを瞬時に解析し、大型コンピュータによる高速津波計算でリアルタイム津波予測を行い、各地の防災・減災に生かすための研究が進められている。



複合災害予測シミュレータのイメージ。地震・津波による複合的な影響を考慮した災害予測に基づく効果的な避難を促すための複合災害予測シミュレータを構築し、新たな次世代型のハザードマップ（下：避難経路予測）の開発が求められている。



(東京大学地震研究所 堀宗朗教授)



DONETのリアルタイム観測によって得られたデータは、気象庁の緊急地震速報や津波警報に生かされるとともに、自治体や企業などに配信されることにより、地域の防災・減災にも活用されつつある。



## DONETの高度利用と さらなる技術開発を実現するために

南海トラフにおける地震・津波の早期検知システムとして整備が進むDONETは、すでに紀伊半島沖熊野灘のDONET1が順調に稼働しており、紀伊水道沖に構築が進むDONET2も2015年度内に完成する予定だ。そして、日向灘海域での新たなシステムの構築も論議され始めている。

DONET観測網を利用して、近い将来に発生が危惧されている巨大地震・津波を検知するための体制は着々と整いつつある。だが、DONET観測システムをさらに有効に活用するためには、さらなる課題がある。それは、DONETで海底に設置された観測機器から得られるデータを用いて海底下の地殻変動を捉え、地震発生予測に生かしていくための研究開発だ。巨大地震の予兆を捉えるためには、何が求められるのだろうか。地震津波海域観測研究開発センターの小平秀一研究開発センター長は、「地殻変動の観測は、陸域では全国各地に設置されたGNSS連続観測網（GEONET）を用いることによって高精度で行われています。2011年の東北地方太平洋沖地震で日本列島が動いたことも、この観測データから明らかになりましたが、海底下の地殻変動をリアルタイムに高精度で捉える観測システムはこれまでありませんでした。しかし、DONETに用いられている高精度な水圧計は、津波だけでなく地殻変動を捉えるためにも有効です。そのためのデータ解析技術を高度化することで、これまで見えなかった海底下の動きを探ることができるはず」と話す。

海底下で起きている1年間に数センチといったわずかな動きについては、水圧計の精度の問題から観測することは難し

い。前述したように（4～5ページ）、水圧計に組み込まれている水晶発振子は「ドリフト」と呼ばれる経年劣化が起るため、徐々に誤差が生じてしまうのだ。ドリフトによる誤差を補正する研究開発が進められている。さらに小平研究開発センター長は、「DONETが持つ拡張性や置換機能を生かして、さらに正確なデータを得られる可能性がある」と説明する。「DONETは基幹ケーブルから分岐したケーブルの先に拡張用分岐装置（ノード）があり、水中で取り外しが可能なコネクタによって地震計と水圧計が接続されています。万一センサが壊れるようなことがあれば、取り換えることもできますし、新たにセンサを加えることもできます。現在の水圧計でもドリフトを補正することで、微細な地殻変動を捉えられますが、水圧計に加えて傾斜計やひずみ計を接続することによって、上下動だけではなく水平方向の動きを正確に捉えることも、将来的には可能になると考えています」。

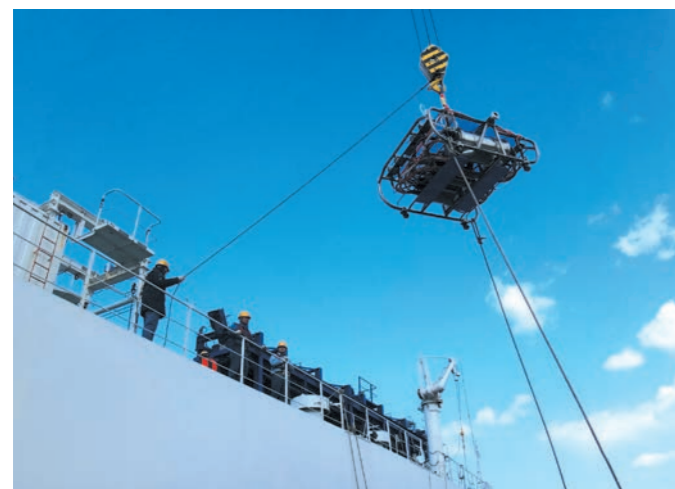
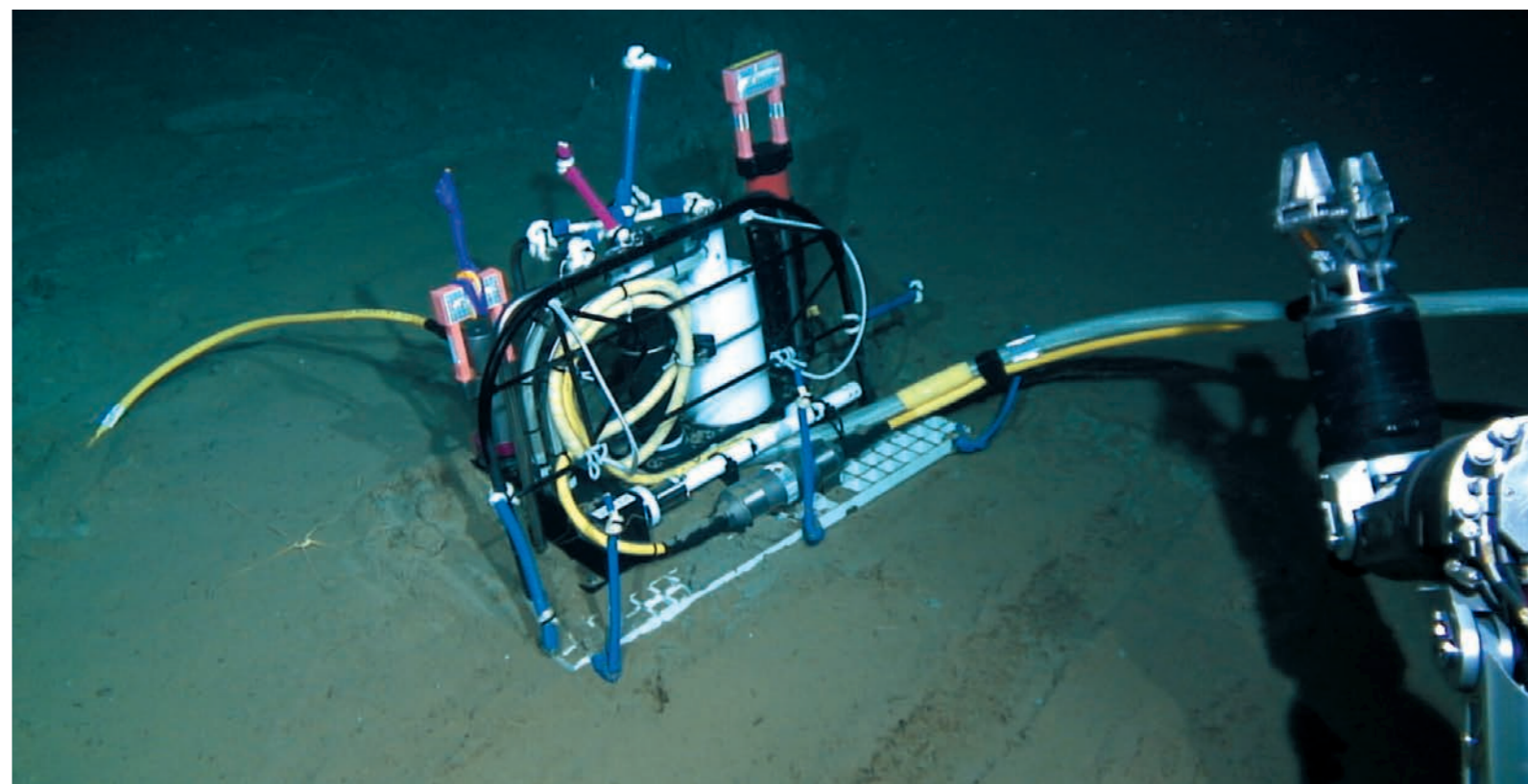
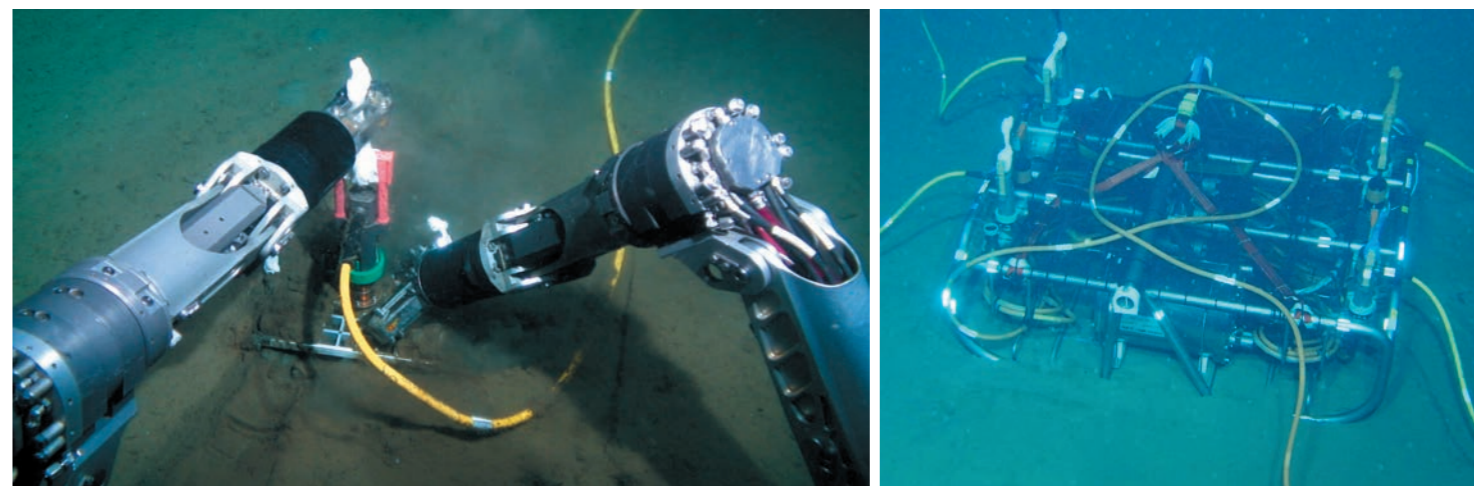
海底には泥状の堆積物があるため、傾斜計やひずみ計を海底に置くだけでは微細な地殻変動を捉えることはできない。そのため、遠隔で操作できる無人探査機「ハイパードルフィン」などで海底を掘り、観測機器を埋設することなどが検討されている。観測機能をさらに高度化していけることが、DONETの最大の強みだ。JAMSTECが有する海底での作業能力と、DONETの置換機能を生かせば、より高性能な観測システムにアップグレードしていくことは決して難しいことではない。

技術開発は日々進化している。DONETも完成したシステム

ではなく、より高度で効果的な観測を行うための機器開発をはじめ、さまざまに発展を続けている。DONET観測の空白域である日向灘で新たにセンサ網を構築する際には、そうした新技術が活用される可能性も大きい。「単にセンサ網の空間的な広がり求めて、これまでのDONETと同じシステムを導入するのではなく、新しい“次世代ケーブル観測システム”が敷設されることになるだろう」と小平研究開発センター長は話す。こうしたことを踏まえて、JAMSTECは、DONETのポテンシャルを引き出し、システムと観測データを最大限に生かすことを目指して、『リアルタイム海底地殻変動モニタリング計画』を提案している。

DONETは、今年度末のDONET2の完成を待って、その後は防災科学技術研究所に移管されることが決まっている。観測データは陸域の観測データなどと統合して運用されるという。地震に関する観測データを一体的に運用したほうが、防災対策にも生かしやすいという判断だが、海底に敷設されたケーブルやセンサのメンテナンス、センサ網を高度化する研究開発は、海を熟知したJAMSTEC以外に担い手になることは不可能だ。そのため、観測データの利活用については移管されるものの、今後もDONETを支え、生かしていくためにJAMSTECがやるべき仕事はまだ残されている。

BE



海洋調査船「かいよう」へノードを搭載。



分岐装置の設置作業。

観測装置とノードを接続する展張ケーブルの回収作業（左上）。設置が完了したノード（右上）。圧力センサシステムの設置、接続作業（下）。





すみだ水族館

# 世界初 チンアナゴの産卵 映像!

**Information**  
**すみだ水族館**  
 〒131-0045 東京都墨田区押上1-1-2  
 東京スカイツリータウン・ソラマチ5F・6F  
 TEL 03-5619-1821  
 URL <http://www.sumida-aquarium.com/>

取材協力：展示飼育部 小林圭介さん 広報室 近藤早紀子さん

すみだ水族館は、東京スカイツリータウン®にある都市型水族館だ。吹き抜けを利用したペンギンプールや、小笠原諸島の自然をテーマにした東京大水槽など、商業施設内にながらも変化に富んだ展示を楽しめる。ここで最近、人気急上昇なのがチンアナゴだ。海底の巣穴から一斉に体を出して、ゆらゆらと水に身を任せる姿には誰もが心癒やされること間違いなしだ。

チンアナゴはサンゴ礁の砂地に生息し、日本では小笠原諸島や沖縄などで見ることができるウナギ目アナゴ科の一種。館でもチンアナゴ専用のお水槽を準備して展示に力を入れてきた。現在、ニシキアナゴ、ホワイトスポットドガーデニールを含めた約600個体が一緒に飼育されている。研究にも力を入れており、昨年夏には世界で初めてチンアナゴ類の産卵行動を動画に収めることに成功した。

チンアナゴのお水槽に卵が浮いているのを最初に見つけたのは、閉館後に館内を見回っていた飼育員だ。「チンアナゴの卵かもしれないと考えて、消灯後の水槽の観察を始めまし

た」と語るのは展示飼育部主任の小林圭介さん。それから数週間後の2014年春、産卵行動を目の前で確認し動画に記録した。「チンアナゴ類の繁殖行動については、今から45年ほど前の文献に、砂の中でオスとメスが絡み合って産卵するという仮説が残るだけでしたから、興奮して思わず大声を出してしまったほどです」。

残念ながら稚魚は10日ほどで死んでしまったが、今回の観察によってニシキアナゴとチンアナゴでは産卵の様子が異なることもわかった。ニシキアナゴは、メスが巣からカクカクと体を動かしながら出てきて放卵し、それを見定めてオスが放精するが、チンアナゴはメスとオスが別々の場所で放卵、放精する。今後は、チンアナゴはどうやって相手の放卵行動のタイミングを見ているのか、精子は水中でどのくらいの距離まで拡散するのかといったことも解明できればという。

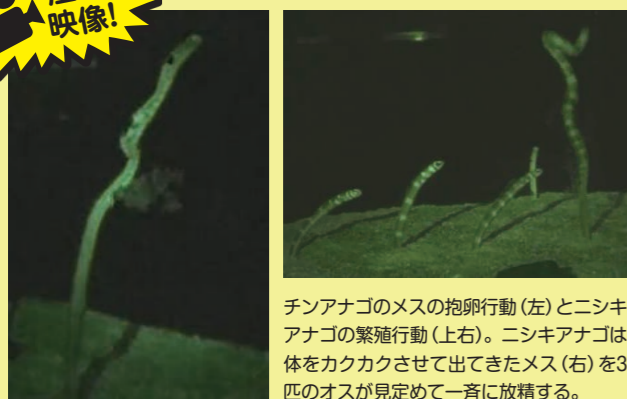
人気者となったチンアナゴだが、本来は警戒心の強い魚だ。砂地に尾びれを突き立てて左右にゆすりながら体を洗めると、体表から粘液を出して周囲を固めて巣穴をつくり、そ

の中にすっぽりと隠れてしまう。開館当初は、人の気配を察すると餌も食べなかった。そこで、どうすれば来館者にチンアナゴを見てもらえるかと工夫した結果が食事時間のプログラム「さあ、ゴハン！」だ。「飼育員が水槽の上から餌を振り入れると、チンアナゴたちは一瞬、驚いて隠れますが、やがて巣穴から体を伸ばして餌を追い始めます。夢中になって隣のチンアナゴと絡まったり、思わず穴から飛び出してしまう食いしん坊もいます。そんな様子を来館者に見ていただきながら、チンアナゴに関する話をするようにしたんです」と小林さん。やがてチンアナゴたちも人の気配に慣れ、日中は姿を見せてくれるようになったそうだ。

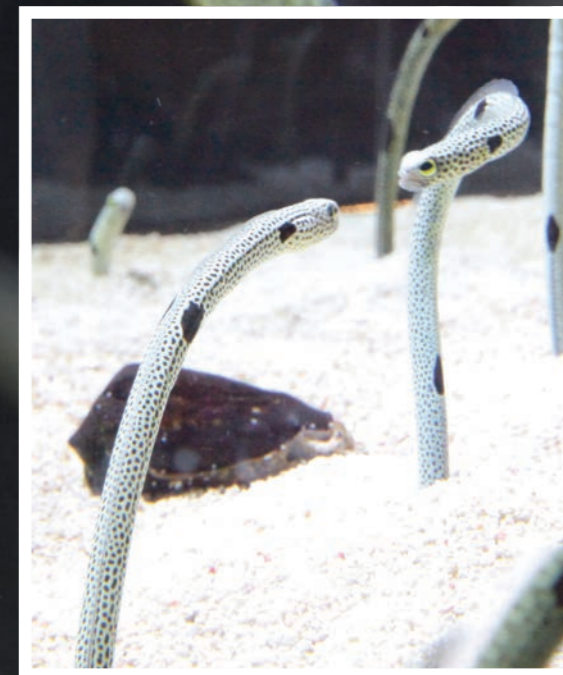
こうした工夫は、もちろん展示のためだけではない。水槽内の水流も最初は一方向に循環させていたが、絶えず変化する自然界の環境に少しでも近づけようと昼と夜とで流れを変えるようにした。「その方が生き物にとっても快適だし、それが結果として産卵を促すことに繋がったのかもしれない。水族館は娯楽要素の強い施設ですが、そこで小さくても学術的な1歩を踏み出せたのは意義深いと思います」と小林さん。もし、チンアナゴの繁殖方法が解明できれば、近縁種であるウナギの生態の解明にも繋がるかもしれない。今後もウナギ研究の第一人者、日本大学の塚本勝己教授らと連携しながら、さらに研究を進めていくそうだ。

BE

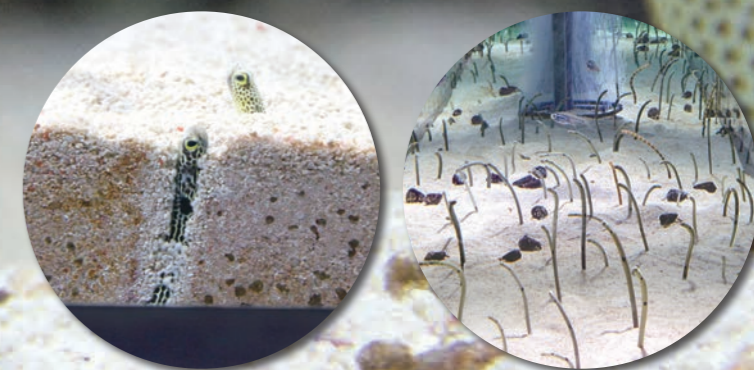
**チンアナゴ**  
 (写真左の2匹、3匹目はニシキアナゴ)  
 ウナギ目アナゴ科。インド洋、西太平洋の熱帯域のサンゴ礁の浅い砂地に生息し、日本では伊豆から沖縄にかけて分布する。全長約40cmの細長い体には背びれと胸びれがある。灰色の体にある大きな黒い斑点はすべての個体に共通して体側に2つ、腹の側に1つあり、肛門と胸びれの周りも黒い。自然界ではコロニーを形成するが、その密度や成り立ちの詳細は不明。



チンアナゴのメスの抱卵行動(左)とニシキアナゴの繁殖行動(上右)。ニシキアナゴは体をカクカクさせて出てきたメス(右)を3匹のオスが見定めて一斉に放精する。



コロニーをつくる一方で、近くにいる仲間を口を大きく開けて威嚇したりかみついたりすることもある。



(左) ふだんは巣穴にすっぽりと入って隠れている。  
(右) チンアナゴのお水槽。最近は人にも慣れ、水中に体を出している時間も多くなった。





JAMSTECは、海洋・地球・生命分野の幅広い研究開発を推進するだけでなく、研究から得られた成果などを、さまざまなかたちで活用し、社会に貢献していくことにも力を注いでいる。今回は、そのなかから2016年度の日本大会開催に向けて支援する「国際地学オリンピック」、そして42年間にわたって継続してきた「潜水研修事業」を紹介する。

Part 1  
国際地学オリンピック



Part 2  
潜水研修事業



Part 1 地球科学の未来を担う若者たちを応援したい！

# 世界の仲間と出会い、共に学び 競い合う「国際地学オリンピック」

地球科学をはじめとする幅広い地学の知識や思考力を、世界の高校生と競い合う「国際地学オリンピック」は、国際科学技術コンテストの1つとして毎年実施されており、2016年度はいよいよ日本（三重県）で開催される。組織委員会委員長にJAMSTECの平朝彦理事長が就任し、JAMSTECもさまざまな面で第10回国際地学オリンピック日本大会を応援していく考えだ。日本開催を1年後に控え、あらためて「地学オリンピック」がどのようなものかを紹介する。

【取材協力】NPO法人地学オリンピック日本委員会

中・高校生の地学の精鋭たちが集う  
地学オリンピック

茨城県つくば市には、科学技術関連の研究施設が数多い。産業技術総合研究所の研究拠点、つくばセンターもその1つだ。この施設内に、日本の地質や地下資源、火山などに関する地質調査総合センター（旧地質調査所）の調査・研究成果を展示する「地質標本館」がある。

2015年3月15日、地質標本館の映像室で「第7回日本地学オリンピック本選（グランプリ地球にわくわく2015）」の開会式が行われた。集まったのは、全国1,868名が参加して2014年12月21日に実施された予選の難関を突破した中・高校生64名だ。この日から3日間にわたって行われた本選は、2015年9月にブラジルで開催される「第9回国際地学オリンピック」の2次予選を兼ねており、本選で優秀賞に選ばれたトップ10名が、続いて行われる「日本代表選手選考会」（3月17～18日）に臨み、そのなかから4名の「第9回国際地学オリンピック」日本代表選手が決まる。「国際地学オリンピック」は高校生によって競われるため、前年度

に実施される代表選手選考会に参加できるのは、中学3年生から高校2年生まで。そのため、本選には7名の中学3年生と54名の高校1～2年生たちが選ばれたが、加えて国際大会には参加できないものの、予選で優れた成績を挙げた中学2年生3名も「チャレンジ受験者」として本選に参加した。

開会式に続いて、参加者たちは日本列島の大型地質模型や岩石・鉱物・化石などが展示される「地質標本館」を、研究者らによる詳しい説明を聞きながら見学した。これまで6年にわたって地学オリンピックに協力している地質標本館の利光誠一館長は、「地学は、私たちが暮らす自然環境や地球について理解する



第8回スペイン大会では日本選手団4名全員がメダルを獲得。



富士山をバックにした「ちきゅう」



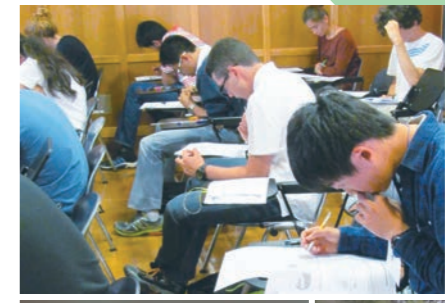
地質標本館の富士山地質模型の前で研究者の解説を聞く受験者たち。

ために欠かせない、まさに私たちの生活に密着した科学です。ここにある展示で地学に親しんでいただくとともに、地学に関する広い視野を持ってもらい、皆さんの今後の活動に役立ててもらいたい」と話す。

さらにこの日の午後には、つくばセンター内の共用講堂に場所を移し、宇宙航空研究開発機構、国土地理院、国立科学博物館、産業技術総合研究所、JAMSTECから研究者を迎え、地学に関連する幅広い分野の最先端研究について紹介する講演会「とつぷ・レクチャー」が開催された。JAMSTECからは、地球環境観測研究開発センターの木元克典主任技術研究員が登壇し、海洋に生息する有孔虫の化石を用いた古環境復元研究などについて講演した。中・高校生とはいえ、さすがに本選に選ばれた地学の精鋭たちだけあり、会場からはそれぞれの講演者に鋭い質問が寄せられただけでなく、講演後もさらに突っ込んだ話を聞きに講演者のもとへ行く生徒らの姿も見られた。

地学オリンピックで地学の認知度を高めたい

「国際地学オリンピック」は、2007年から毎年開催されている高校生のための国際的な地学コンテストだ。中等教育課程にある生徒（中学生・高校生）を対象とした国際的な科学オリンピックは、同年代の仲間たちと交流し、競い合いながら科学への興味や関心を深めることを目的に、地学のほかには、数学・物理学・化学・情報・生物学・地理などが実施されている。1959年に始まった数学、1960年代後半に始まった物理学・化学などに比べると、「国際地学オリンピック」は今年で9回目とその歴史は浅いが、参加国も年々増え続け、最近では20カ国を超えてい



第8回スペイン大会で筆記試験に挑む各国・地域の選手たち（左）。

地学オリンピック日本委員会の瀧上豊事務局長（左下）。

宿舎前の砂浜で行われたイベント「砂の造形」づくりの作品前で（第8回スペイン大会）（右下）。



る。また、代表選考を兼ねた国内大会でも、参加者が3,000名を超える数学・化学・生物には及ばないが、これらに次ぐ大きな大会に成長している。

「理科教育は物理・化学・生物・地学の4つに分けられていますが、高校で地学を学ぶ生徒はまだまだ少ない。高校に地学の教師がおらず、授業ができない高校も数多くあります。地学は、ほかの理科と違い、近年大きな問題になっている環境問題や、地震・台風・火山噴火といった自然災害などに関して学ぶことができる科目であり、一般教養として知っておいてほしいこともたくさん含まれています。地球について知るべき今の時代に欠かせない重要な科目です。そのことを多くの人たちに理解してもらうためにも、地学オリンピックの認知度を高めていきたい」と地学オリンピック日本委員会の瀧上豊事務局長（関東学園大学教授）はいう。

「国際地学オリンピック」は、第1回の韓国大会を皮切りに、アジア・ヨーロッパ・南米の国々で、これまで8回開催されてきた。日本は第2回フィリピン大会から正式に参加（第1回はオブザーバー参加）し、これまで毎回参加した4名全員がメダルを獲得している。だが、第7回インド大会まで金メダルを複数獲得したことはなく、常に日本を上回る成績を挙げたのは台湾と韓国だった。そんな2強チームに迫る好成績を挙げたのが、2014年9月に開催された第8回スペイン大会だった。スペイン・サンタデーで行われたこの大会で、日本チームは金メダル3個、銅メダル1個を獲得し、国別メダル獲得数で台湾に次ぐ2位に輝いた。だが、試験の個人得点順位で見ると、上位3位までを台湾が独占し、4位に韓国、日本のトップは5位に甘んじた。金メダルは、



第8回スペイン大会に参加した各国・地域の選手たち。

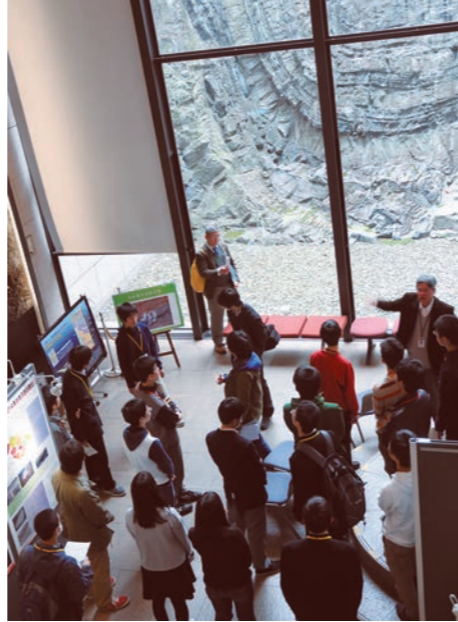




「グランプリ地球にわくわく2015(第7回日本地学オリンピック)」開会式。



「とっふ・レクチャー」で講演するJAMSTECの木元克典主任技術研究員(上)。



産業技術総合研究所(つくば市)の地質標本館を見学する参加者たち(右)。

全参加者の上位10%(今回は9位まで)に授与されるため、6位・9位に入った日本は、結果的に台湾と同数の3個の金メダルを獲得することができたのだ。「それでも、メダル獲得数で国別順が2位になったのは大きな成果です」と瀧上事務局長。強豪2チームに続いて、この大会で3位になったタイや、5位のルーマニアをはじめとするヨーロッパの国々も成績を上げており、今後はメダル獲得競争もますます烈になることが予想されるという。

### 日本人選手たちの課題は英語力

「国際地学オリンピック」では、筆記試験と実技試験で成績を競う。試験問題は、これまで開催国の実行委員会が準備し、大会の運営会議で内容の完成度や難易度の検討・修正を経て決定されてきたが、スペイン大会では、国際地学教育協会・国際地学オリンピック委員会が現地実行委員会と協力して試験問題を作成。今後もこうした国際的な枠組みで、試験問題が作成されることになった。また、その内容は、これまでは「地質・固体地球科学」「気象・海洋科学」「天文・惑星科学」の3部門の筆記試験と、標本鑑定などの実技試験だったが、スペイン大会では、「チャールズ・ダーウィンの地質航海」「オルドヴァイ渓谷と人類のゆりかご」「キュリオシティと火星探査」「繊細な海岸線」という4つの表題で、分野横断型の筆記試験(解答時間は各1時間30分)と、開催地マグダレナ半島を題材とした標本鑑定や地形判読の実技試験が行われた。今後の大会でも、こうした分野横断型の試験問題が定着していくだろうといわれている。

メダル授与のための試験はこれだけだが、ほかにも大会期間中には、参加した選手たちが国際混成チームに分かれて、チーム内で協力して地学的な課題に取り組み、データ解析などを行って導き出した成果をプレゼンテーションする「国際協力野外調査」も行われる。また、全員参加のパーティーや、試験以外の交流イベント、見学旅行なども数多く用意されている。

『国際地学オリンピック』の試験問題は、とにかく分野が多岐にわたっており、同じ『地学』のなかでも得手不得手の分野があるので、成績優秀な生徒でも、なかなかすべての分野に手が回らない傾向があります」と瀧上事務局長。そこをどうやって克服するかが、日本チームの課題の1つと話す。「それから、日本の代表選手たちの大きな課題は、何といっても英語力です。日本選手たちの英語力は、メダルに手が届かない国々の選手たちより劣っているといってもいい。また、コミュニケーション能力や自分の意見を主張する能力も、優れているとはいえません。『国際地学オリンピック』は、海外の同世代の仲間たちと交流し、

成長する絶好の機会でもあります。成績だけでなく、このチャンスが大いに生かしてもらいたいですね。」

### 地学オリンピックは貴重な経験

つくば市を会場に開催された「第7回日本地学オリンピック本選」の2日目は、宿舎からバスで筑波大学へ移動し、本選試験が行われた。試験は、「固体地球」「気象」「海洋」「天文」「地質」の筆記試験と「鑑定」。解答時間はそれぞれ30分ずつで、間に10分の休憩をはさみ、8時50分から12時40分まで、4時間近く続けられた。予選はマークシート式だったが、本選は記述式問題に挑戦した。

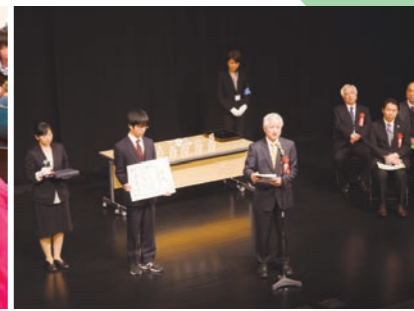
試験から解放されたこの日の午後は、市内にある国立環境研究所、国立科学博物館を見学。さらに夕食後は、今回の本選の運営をボランティアとしてサポートする地学オリンピックのOB・OGたちとの懇談会が開かれた。大学や大学院に進学したOB・OGたちが「国際地学オリンピック」での体験をはじめ、現在の大学生活について、さらに自分たちが大学で行っている地質学研究や巡検などについて後輩たちに語り、参加者たちは話に耳を傾げるだけでなく、今後の進路について質問するなど、有意義なひとときを過ごした。高校3年生のときに第6回アルゼンチン大会に参加し、金メダルを獲得した、地学オリンピックOBの中里徳彦さん(東京大学3年)は、懇親会で国際地学オリンピックでの体験談を語った。「いちばん苦労したのは英語。でも、ほかの国の参加者もみんながみんな上手いわけじゃない。積極的に話して、コミュニケーションを図ることが大事。地学オリンピックを目指す人には、義務感で勉強するのではなく、まずは好きな分野を伸ばし、こういう機会に、それ以外の分野が得意な人と交流して、その分野の魅力を発見し、自分の幅を広げて



第5回イタリア大会で金メダルを獲得した渡辺翠さん(右)。



第6回アルゼンチン大会で金メダルを獲得した中里徳彦さん。



いくのがいいと思います」とアドバイスする。大学での生活について話をした渡辺翠さん(東京大学2年)は、高校1年生のときに第5回イタリア大会に参加し、金メダルに輝いた。「地学オリンピックのおかげで、とても貴重な経験ができました。次に続く人たちのために、自分にできることは協力したいと思って、今回、ここに来ました。日本人は他国の参加者に比べて控えめになりがちですが、国際大会ではハッキリと自分の意見を主張することが必要だと実感しました。代表に選ばれた人には、後で悔いが残らないように、最後まであきらめずに頑張ってもらいたいです。また、国際大会は現地に行くだけでも大変。大会中もスケジュールがハードなので、体調管理に十分気をつけてほしいと思います」と話した。

### 2016年は日本で国際地学オリンピック開催

本選3日目は、午前中に国土地理院の「地図と測量の科学館」と高エネルギー加速器研究機構を見学し、午後からは表彰式が行われた。表彰式では、「日本代表選手選考会」にチャレンジする優秀賞の10名をはじめ、成績第1位の最優秀賞、女子生徒第1位、中学生第1位、標本鑑定最優秀者の各賞が発表された。主催者を代表してあいさつに立った地学オリンピック日本委員会の久田健一郎理事長(筑波大学教授)は、「この3日間を通して、皆さんに新しい仲間ができたはず。地学オリンピックが全国の人たちの仲間づくりの場として役立つことは、私たちにとってもうれしいことです。今日、地学が重要な科目であることは、いうまでもありません。そして、これから地学がますます大きく発展していくためには、皆さんの力が必要です。どうか、地域・学校に戻ってからも、地学の新しい仲間づくりに励んでください」と語った。また、日本地球惑星科学連合の木村学理事(東京大学教授)は、「地球温暖化、環境問題、自然災害、エネルギー問題などを根本から理解し、これらの問題を解決すること、それが地学の役割です。私たちは地球を救うために学問に取り組

んでいるのだという自負を持ち、大きな志を抱いて、これからも頑張ってください」と参加した生徒たち全員にエールを送った。

表彰式をもって「第7回日本地学オリンピック本選」はすべての日程を終えた。参加した生徒たちに今回の感想を聞くと、「試験は難しかったけれど、地学がますます好きになりました」、「日本の最先端の科学研究施設を見学できて、とても興味深かった」、「学校ではできないたくさんの体験ができました。周りの人たちもとても熱心で、こうした環境にいたることができたのは、自分にとっていい刺激になりました」といった声が数多く聞かれ、今回の体験が、生徒たちにとっても非常に有意義であったことが感じられた。瀧上事務局長は、「私たちが地学教育でいちばん伝えたいのは、時間と空間の広がりの中で私たちが生きているということです。地学を学び、地学オリンピックに参加することによって、地球サイズでものごとを考えるきっかけを手に入れてほしい」と話す。

2015年秋のブラジル大会に続き、2016年には「第10回国際地学オリンピック」が日本(三重県)で開催されることが決まっている。日本大会の組織委員会委員長を務めるJAMSTECの平朝彦理事長は、「日本列島は、地球の営みの最も活発な地域に位置しており、自然災害の常襲地帯でもあります。日本での地学オリンピックの開催は、東日本大震災の経験も含めて、世界の青少年に地球と人間の関係について感じ、考えてもらうよい機会となります。次世代の成長と育成のために、日本がなし得る極めて重要なイベントになると思っております(第10回国際地学オリンピック日本大会パンフレットより)」と語る。2016年に向けて、地学への関心がますます高まり、地学の面白さを実感する若者たちがさらに増えることに、大いに期待したい。

●地学オリンピックに参加したい中・高校生や、応援したい方は、NPO法人地学オリンピック日本委員会のホームページへ。  
URL : <http://jeso.jp/>



表彰式後、参加者全員そろっての記念撮影。

### 日本地学オリンピック 表彰式



日本地学オリンピックの本選試験を受ける参加者たち(左)。

筑波大学外国人留学生との英語による懇談会(中央)。

日本地学オリンピック表彰式の様子(右)。



高度潜水技術の研究開発に支えられた潜水研修

# JAMSTECの 潜水研修事業を 振り返る

水難救助や水中捜索で警察や消防のダイバーらが活躍する場面を、ニュースなどで見たことがある人も多いだろう。しかし、そうしたダイバーのなかに、JAMSTECとかかわりある人たちがいることを知っている人は少ないに違いない。JAMSTECでは設立間もないころから、潜水技術者の養成を目的とした潜水研修事業が行われてきた。近年では、警察や消防のほか、宇宙飛行士にも潜水研修を行ってきた。しかし、40年以上続けられたJAMSTECの潜水研修事業は、惜しまれながらも2014年度で終了した。かつて主要な研究の1つであった潜水技術開発とともに誕生し、社会への貢献としても大きな役割を果たしてきた潜水研修事業について振り返る。

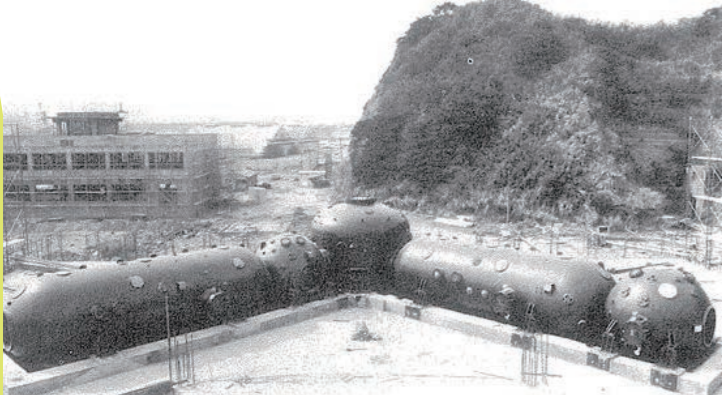


【取材協力】  
海洋工学センター

潜水訓練プールでのトラブル対処訓練、バディブリーディング(背景写真)。

「シートピア」支援ブイ(バージ)全景(左)。

支援ブイに搭載された水中エレベーター(右)。



横須賀本部に建造中の潜水シミュレータ装置(1973年)(上)。

潜水シミュレータのウエットチャンバーでのヘルメット潜水訓練(右)。



## 高度な潜水技術開発へのチャレンジ

JAMSTECは1971年に設立された。当時は、海洋資源や沿岸の開発をはじめ、先端的な科学技術を駆使した海洋開発が、欧米を中心に大きく進展した時期だった。そうした機運のなか、JAMSTECは日本の海洋開発における中核の研究機関として設立された。当時、潜水技術の研究・開発は海洋開発になくはならないものであり、設立当初のJAMSTECにとっては、大陸棚での資源開発を目指すための潜水技術や海中作業技術の確立は主な事業の1つだった。

そのころ潜水技術の研究開発計画として「シートピア計画」が進められていた。1972～1975年度まで行われたこの計画は、海底に設置したハビタット(海中作業基地)にダイバーが滞在するという海中居住実験で、飽和潜水による水深100mへの潜水技術開発を目指したものだ。

呼吸によって体内に取り込まれるガスは、体の組織にも溶け込む。気圧(水圧)によってガスが溶け込む量(飽和量)には限界があり、それ以上は溶け込まない状態(飽和状態)になる。私たちは普段1気圧の空気のなかで暮らしており、そこで飽和している状態だ。海に潜って水圧が高くなると、飽和量は増える。急激に加圧したり減圧したりすると、人体に障害をもたらすことがあるが、時間をかけて加圧・減圧し、いったん飽和状態にな

れば、その水圧環境に長時間いることが可能になる。これを利用するのが「飽和潜水」と呼ばれる潜水技術だ。作業していないときも高圧環境にすることで、飽和状態を保ったまま生活するのである。

「シートピア計画」では、海中模擬実験装置である潜水シミュレータを使った模擬実験や、実海域での30m、60mの海底にダイバーが滞在する海底居住実験を経て、最終的に水深100mでの実験が行われた。水深100mでは海底に滞在する方式ではなく、「シートピア」支援ブイの船内に設置された高圧タンクに居住しながら、水中エレベーターを使って海底に降りて水中作業を行う方式をとった。

「シートピア計画」によって、水深100mまでの飽和潜水技術が確立された後、大陸棚での資源開発を目指して水深300mまでの飽和潜水技術の開発計画がスタートした。まず潜水シミュレータによる水深300mでの圧力を模擬した実験「シードラゴン計画」が実施された。この計画で医学・生理学的な実験や、潜水器、装備品の安全確認などが行われた後、1982年度から実海域での実験計画「ニューシートピア計画」がスタートした。

「ニューシートピア計画」では、新たに建造された海中作業実験船「かいよう」(現在は海洋調査船として運用)に、ダイバーを加圧・減圧するための船上減圧室や水中エレベーターなどからなるシステムが搭載され、実験が進められた。減圧室でダイ

バーを加圧した後、その気圧を保ったまま水中エレベーターを使って海底まで降りて水中作業を行う実験などが行われた。1988年7月には300mでの飽和潜水実験に成功し、「ニューシートピア計画」は1990年度に終了した。

## 潜水技術の普及を目指し研修を開始

「シートピア計画」から「ニューシートピア計画」に至る研究開発で飽和潜水技術の確立を目指すなか、潜水に関するさまざまな知見や技術が得られた。そうした最先端の知見や潜水技術を、潜水技術者の養成に役立てようと進められたのが潜水研修事業だった。

海底の調査研究や橋脚などの建設、資源の開発利用など、海



水深300mでの飽和潜水による水中作業の様子。



潜水訓練プール(背景写真)。

潜水体験用に改造された潜水シミュレータ(左)。

潜水シミュレータを用いた潜水体験の様子(右)。



洋開発が進むに従って、より深い海底でより長時間の作業を行う必要性が増していった。しかし空気を呼吸ガスとする空気潜水では、40m程度以深になると、空気中の窒素が麻酔作用を起こし、いわゆる「窒素酔い」を起こすことがある。判断能力や運動能力も低下するため、長時間にわたる潜水は難しかった。また、減圧症を防ぐための減圧に長時間が必要で、作業効率も悪かった。そういった欠点を補うものとして開発されたのが、ヘリウムと酸素の混合ガスによる潜水方法だ。ただし、混合ガス潜水は専門的な技術習得が必要なことや、ヘリウムの入手が難しいなどの理由から、あまり普及していなかった。

そのような状況のなか、JAMSTECでは1973年に深海潜水技術の研究開発や安全基準の作成を進め、深海潜水技術者の訓練用に潜水シミュレータを設置。翌1974年から混合ガス研修を開始し、高度な潜水技術者の養成に取り組むことになった。混合ガス研修は1985年度まで12回にわたり実施され、潜水シミュレータでの混合ガス潜水の技法についての実習や、実際に海域に出て水中エレベーターを使った実習などが行われた。

### 潜水研修には多様な人材が参加

1974年に混合ガス潜水研修が始まって以降、空気潜水技術研修や、企業などの要望に応じた内容で行う特別研修などといった潜水研修も行われてきた。研修にはJAMSTECの研究者や技術者のほか、海洋開発関連の民間会社の作業ダイバー、水難救助にかかわる警察官や消防隊員など多数が参加し、42年間にわたり続けられてきた。研修生の総数は9,353名にもなった。

1975年に着工した本州四国連絡橋では、JAMSTECが海中工事に関する支援も行っている。「シートピア計画」での船上減圧室や水中エレベーターなどのシステムが海中工事に導入されたほか、当時の本州四国連絡橋公団の技術者らへの潜水研修も行わ

れている。1981年3月～1983年5月に行われた、同連絡橋の児島～坂出ルートの下部工事では、国内の土木工事で初めて、ヘリウム・酸素混合ガスを使った潜水システムが採用されたが、工事に携わるダイバーには、JAMSTECでの8週間の混合ガス潜水研修を受けることが義務づけられていた。

1995～2000年にかけて、当時の宇宙開発事業団(NASDA、現在の宇宙航空研究開発機構)の宇宙飛行士やその候補者が、JAMSTECで潜水研修を受けた。宇宙飛行士の場合、大型プールでの訓練が行われる。浮力を利用して無重量環境を模擬し、船外活動の訓練などを行うのだ。宇宙飛行士の毛利衛さん、山崎直子さん、古川聡さん、星出彰彦さんたちは、訓練に先立ち、潜水の基礎をJAMSTECで学んだ。毛利さんが「宇宙への第一歩は潜水」と書いた色紙がJAMSTECに残されている。

近年では、警察、消防関係の受講者を数多く受け入れている。警察庁の研修は1981年度から、消防の研修は1991年度から始まった。また、1998年度からは、必ずしも潜水経験者ではない現場の指揮官を対象とした警察庁指揮官研修も開始された。こうした研修によって、水難救助や水中捜索にあたる警察や消防のダイバーを多数送り出してきたのだ。



潜水研修では、講義(座学)と実技が行われる。近年は、JAMSTECの施設・設備に見合った独自のカリキュラムに基づき、一般的な機材を使用して潜水の基礎をしっかりと訓練することが重視され、その上で水難救助を想定した訓練や、無視界潜水、障害物通過訓練なども実施された。さまざまなタイプの研修を考察し、必要に応じて潜水シミュレータや潜水訓練プール、海域での研修などが行われてきた。

講義では、一般的な潜水に関する講義のほか、潜水時の人間の生理的反応についての講義、水難事故を検証した講義、捜索法に関する講義などが行われ、使われるテキストは毎年のように更新された。さまざまな状況下で、実際に生かせる安全かつ効果的な潜水技術を習得してもらうためだ。JAMSTECの潜水研修での長年のノウハウが、そこには盛り込まれている。

### 充実した施設・設備による JAMSTEC にしかできない研修

長年にわたって潜水技術の研究開発や潜水研修事業を推進してきたJAMSTECには、非常に先進的かつ有用な施設や設備がそろっていた。すでに触れた潜水シミュレータや1974年に完成した潜水訓練プールなどだ。

潜水シミュレータは、本体と中央管制装置などで構成され、水深500mまでのシミュレーションが可能だった。本体は、水を入れて潜水訓練や水中作業を行うことができるウェットチェンバー、ダイバーの長期居住が可能な設備を備えた2つのドライチェンバー、予備的な2つのサブチェンバーという5つの耐圧チェンバーを連結したものだ。当初は、これを活用して潜水医学の研究や潜水機器の開発、試験などが行われたが、2004年度に高圧環境体験装置として仕様変更され、ウェットチェンバー、ドライチェンバー、サブチェンバーを1つずつ連結した構造と

なった。この装置は、圧縮空気を用いて水深70m相当までの環境をつくることができるもので、潜水体験や水中機器の性能試験などが行われてきた。

潜水訓練プールは1辺が21mの正方形に近い形をしており、受講者と指導員20名ほどが利用できる。深さは1.5m部分と3.3m部分があり、研修内容に応じて使い分けられた。3.3m部分のプールの周囲には観察窓が6カ所設けられており、水中の研修生を監視する水中カメラも装備するなど、安全が確保されていた。1975年度には海洋研修棟がつくられ、研修生が寝泊まりしながら研修に集中できるようになるなど、充実した施設・設備のもとで、JAMSTECにしかできない研修がこれまで行われてきた。

### これまでのノウハウを社会へ還元したい

時代とともに、海中作業や探査などに求められる深度がより深くなったこともあり、設立当初に目的としていた人による潜水技術の開発から、無人機による作業やその技術開発へと方向性がシフトしていった。そして、JAMSTECでの高度な潜水技術開発のプロジェクトは1995年度に終了した。

社会的な要請もあり、潜水技術開発プロジェクトが終わった後も潜水研修事業は続けられてきた。しかし、今日では潜水研修事業はJAMSTECの事業内容とそぐわなくなってきたことから、2014年度をもって事業を終了することになった。

長年にわたり多くの受講者があり、社会的貢献も果たしてきた本事業を終了することは、JAMSTECにとっても苦渋の決断だった。事業そのものは終わったが、これまで培ってきた研修のノウハウについては、有効活用する道を探り、社会に還元していきたいと考えている。

BE



# 海洋コアの科学

● 地球情報館公開セミナー第180回 2014年6月21日開催



図1 掘削されたコアの断面  
図版提供：ララン・ブラサド・グプタ グループリーダー代理（高知コア研究所）

今回は、コアとは何か、国際共同による掘削計画、海洋コアからわかること、コアの保管体制などをお話します。

地層を調べるには、陸上でも海洋でも、地面（海底面）から柱状に堆積物を抜き取って調べることが一般的です。その柱状に抜き取る試料のことをコアと呼んでいます（図1）。海の場合は採泥器や地球深部探査船「ちきゅう」などの掘削船に搭載されている掘削装置を使ってコアを採取します。

採泥器によるコアの採取（コアリング）では、一般にピストンコアラという装置を使います。自由落下を利用して海底面に装置を着底させ、刺さった堆積物を船に持ち帰るもので、海洋地球研究船「みらい」や深海調査研究船「かいらい」などに搭載されています。世界ではこの方式で長さ50mを超える泥を採取した例がありますが、ピストンコアラで採取できるのは、非常にやわらかい海底表層付近の地層に限ります。より時代が古い地層は一般にかたく、ピストンコアラでの採取は難しいので、掘削船の出番になります。掘削船では海底から数千メートルの深さまで採取することができます。

## 国際計画を支える掘削船

ピストンコアラが開発されたのは、1940年代の終わりです。それを使って積極的に海洋のコアリングをし始めたのが

米国コロンビア大学のラモント地質研究所でした。

深海科学掘削はモホール計画（1958～66年）に始まります。海底の地殻は薄いので、マントルに達するには海を掘ればよいという発想でしたが、当時は掘削技術が足りず、海底の岩盤を少し採取しただけで終わりました。しかしこの時のノウハウが役に立ち、深海掘削計画（DSDP、1968～75年）に発展します。この2つは米国の国内計画でした。

1975年には国際的な取り組みとして、国際共同深海掘削計画（IPOD、1975～83年）が立ち上がります。日本も参加し、コアを使った研究が国内でも活発になりました。その後、国際深海掘削計画（ODP、1985～2003年）を経て統合国際深海掘削計画（Integrated ODP、2003～2013年）が発足。Integrated ODPは、「ちきゅう」による日本発の深海地球ドリリング計画と米国のODPを統合させた、日米主導の計画です。現在はその第2期フェーズである国際深海科学掘削計画（IODP、2013年～）が始まっています。

IODPを支えるのは、日・米・欧州がそれぞれ運用する3隻の掘削船です（図2）。日本の掘削船はJAMSTECが運用する世界最大の科学掘削船「ちきゅう」で、ライザー掘削という方法を用いています。掘削管の周りにライザー管があり、間に比重を調整した流体を流して掘削屑をク

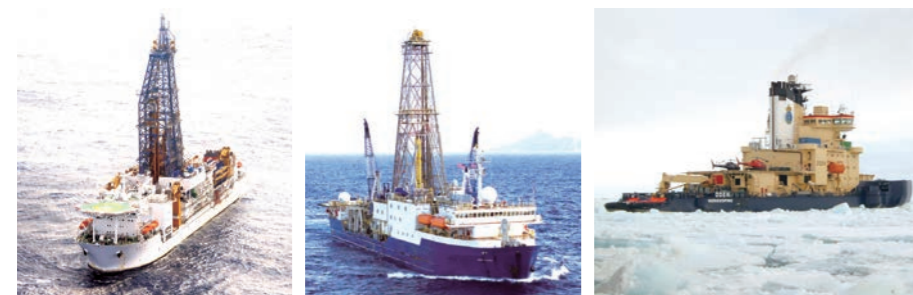


図2 IODPを支える3隻の掘削船  
日本の「ちきゅう」(左)、米国の「ジョイデス・レゾリューション」(中)、欧州の特定任務掘削船(右)。

リーニングしつつ掘り進み、併せてケーシングという強固な筒を入れていくので、非常にガッチリとした、長持ちする孔を深く掘ることができます。「ちきゅう」は水深2,500mの海底下を7,000mまで掘り進むことができます。米国の「ジョイデス・レゾリューション」は、ライザーを使用しない従来型の装置で掘削します。比較的成本は安く済みますが、海底下2,000mを超える掘削は困難で、浅い孔をたくさん掘るのに向いています（図3）。「ちきゅう」や「ジョイデス・レゾリューション」は船体が大きく、浅海域や極域の掘削には向いていません。そういう特殊な海域では欧州の特定任務掘削船が掘削を行います。

## コアから太古の地球を知る

掘削船は、重力式のピストンコアラよりも高度な装置を使います。船から非常に強力なポンプで水を送り、水圧でサンプラーを押し込む水圧式ピストンコアラ（HPCS）は、海底下200mくらいまで採取できます。それよりも硬い堆積岩などはXCB/ESCSという方式を使いますが、さらに固結した地層はRCBという方式で掘り進んでいきます。

「ちきゅう」ではHPCS、ESCS、RCB、特殊な用途としてメタンハイドレートなどを採取する際に圧力保持コアバーレルを使います。メタンハイドレートは海底の低温・高圧下で安定しているため、海底と同じ圧力を保ったままサンプルを持ち帰るためのものです。また、物理検層といって、センサを使って掘削孔の壁の様子をイメージ化し、試料を採取せずに地層の様子をとらえるシステムも備わっ

遠い地質時代の出来事を知る大きな手掛かりとなるのが地層です。現在、地球環境の変動や地球内部の変動を知るために、国際的な科学計画のもとで深海底の掘削が行われ、得られたコアの解析や保管が進められています。今回はこれらの海洋コアについてお話しします。

ています。海洋掘削にはさまざまな科学目的があり、これまでにたくさんの発見がありました。今回は私の専門分野でもある古海洋学に関連した話題を紹介したいと思います。

図4は物理現象や気候に対する変動因子とそれらを読み取る天然の記録媒体、時間スケールの関係を表しています。海洋コアの場合、数十年から100万年以上という非常に長い期間の出来事を記録しており、ここから何を読み取るかは研究者によってさまざまです。私たちの場合、昔のプランクトンの遺骸、微化石と呼ばれるものをよく使います（図5）。プランクトンは生きてるときは水中を漂い、死後は沈んで海底にたまり地層を形成します。それを丹念に調べることで、過去の環境を知ることができるのです。また、岩石の化学成分を丹念に分析して、海洋の環境を求める方法もあります。

## 地中海に眠る膨大な岩塩

地中海はジブラルタル海峡という幅15km、水深300m程の海峡で大西洋とつながっていて、海水はこの海峡を抜けて入ってきます。流入河川も少なく蒸発が盛んで、もしジブラルタル海峡を人工的にせき止めたら、千年程度で干上がってしまうという試算があります。

イタリアなどの地中海周辺の国々では岩塩のとれる地層が広がっているため、実際に地中海が干上がったことがあるのではないかと研究者が考え、1970年代にDSDPのもとで掘削が行われました。すると海底から岩塩・石膏などの地層が採取され、かつて地中海が干上がった証拠が次々と示されました。地中海ではアフリカプレートとユーラシアプレートがぶつかりあっていて、その影響でジブラルタル海峡付近の地形も大きく変動してき

## 阿波根 直一

高知コア研究所  
科学支援グループリーダー

●あはこん・なおかず。1967年生まれ。琉球大学海洋学卒業、東京大学大学院理学系研究科博士課程地質学専攻修了。東京大学海洋研究所COE研究員、旧海洋科学技術センター研究員、北海道大学大学院理学研究科・准教授を経て、2009年よりJAMSTEC地球深部探査センター。2011年よりJAMSTEC高知コア研究所に配属。専門は古海洋学。



## 「ちきゅう」ライザー掘削システム 従来のライザーレス掘削システム

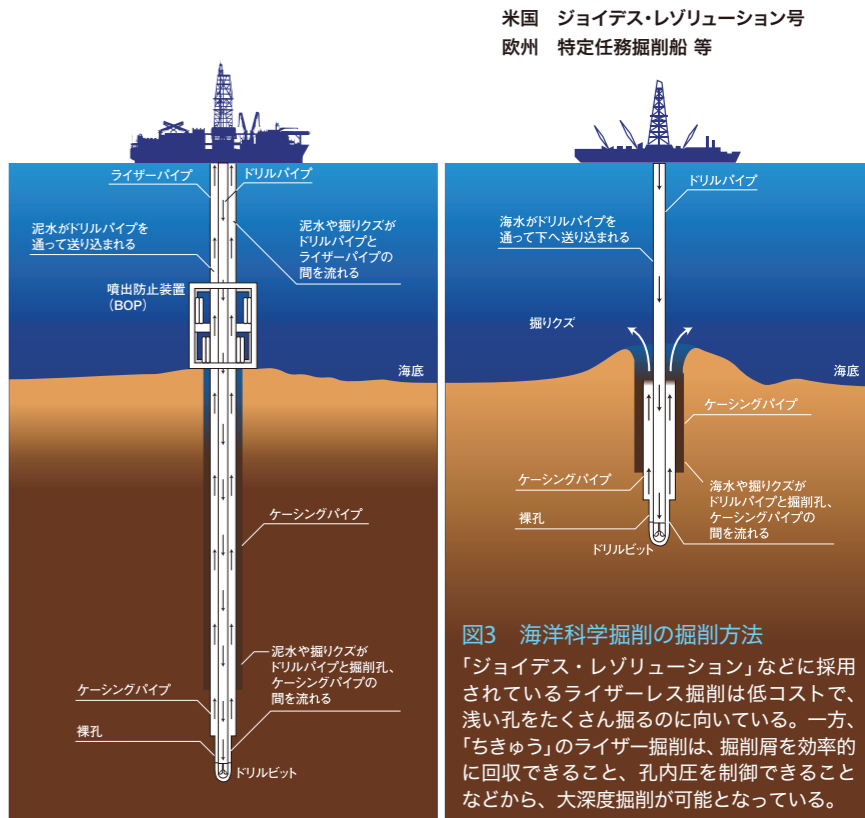


図3 海洋科学掘削の掘削方法  
「ジョイデス・レゾリューション」などに採用されているライザーレス掘削は低コストで、浅い孔をたくさん掘るのに向いている。一方、「ちきゅう」のライザー掘削は、掘削屑を効率的に回収できること、孔内圧を制御できることなどから、大深度掘削が可能となっている。

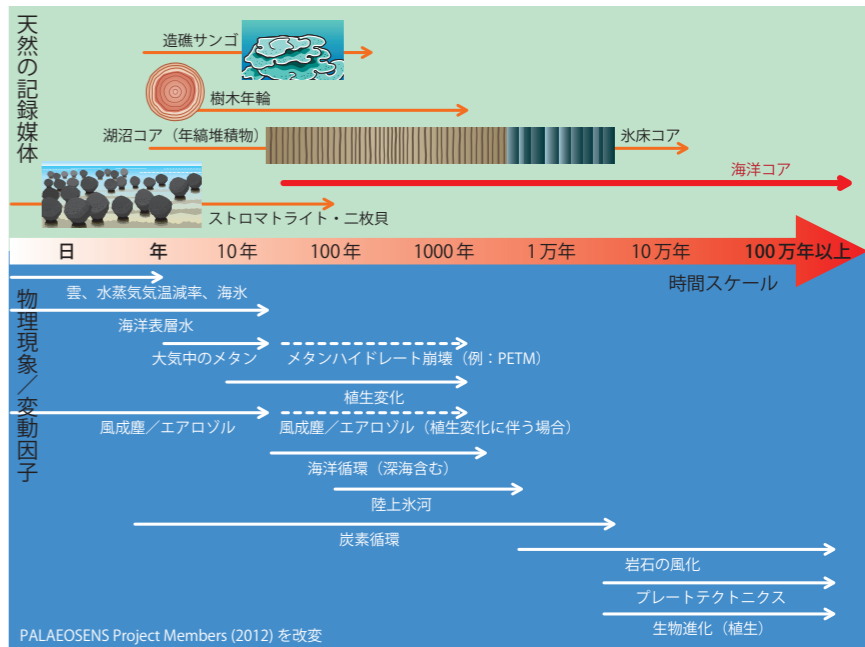


図4 物理現象・変動因子と天然の記録媒体、時間スケールの関係  
たとえば雲や水蒸気などは日単位で変化し、海の表層水は10年程度の時間スケールで世界中を循環する。樹木の年輪を調べれば1年単位のいろいろな変化がわかり、樹木の寿命から、およそ記録されているのは数百年～千年分くらいと考えられる。図はこのような関係を概念的に示している。



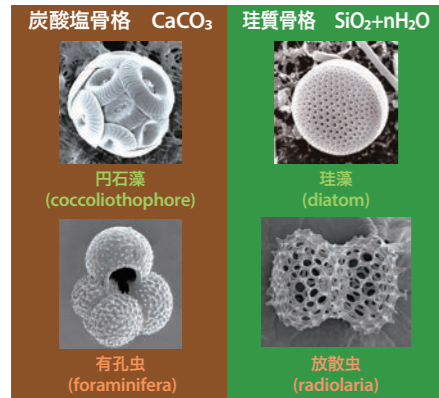


図5 海洋コアに含まれる微化石の種類  
炭酸塩の殻をもつ代表的な植物プランクトンは円石藻、動物プランクトンは有孔虫。ケイ酸塩(ガラス質)の殻をつくる代表的なものが植物プランクトンの珪藻で、大きさは数十マイクロメートルから数ミリ。同様にケイ酸塩の骨格をもつ動物プランクトンの代表が放射虫。

ました。およそ560万～600万年前にプレートが引き金となってジブラルタル海峡がせき止められたため、地中海が干上がったと考えられています。

この時に堆積した岩塩は、全海洋中の塩総量の6%にも相当し、当時の海洋循環や気候システムに大きな影響を与えたのではないかと考えられています。また、地中海の海底下の岩塩層の厚さは最大3,000mに及ぶと推定されていますが、海水が1回干上がっただけではたかだか数十メートルしかたまりません。地中海が干上がると落差1,000mに達する高い崖ができるのですが、この崖を滝のように海水が流れ落ち、また干上がって岩塩が形成され、ということは何度も繰り返していたのではないかとこの説もあります。これを確かめるには、最も厚い岩塩層を掘り抜いて、その成因を精密に解析することが必要となるでしょう。

余談ですが、日本のスーパーで見かけるシチリア産の岩塩は主にこの事件で生じたものです。これを使ってパスタでもつくったときには、「この岩塩は600万年前に地中海が干上がって～」とうんちくを傾けてみてください(笑)。

### 恐竜絶滅と隕石衝突

地質時代の白亜紀／第三紀の境界(K/T境界)では、恐竜を含め生物種の75%、属レベルでは陸上生物の19%、海の生物の70%が極めて短期間に絶滅していま

す。アルバレスという地質学者は親子でその原因を調べ、K/T境界に地球表層には極めて少ないイリジウムという元素の濃集層を発見し、隕石衝突説を提唱しました。K/T境界のイリジウム濃集層は地球上の広範囲に広がっていて、衝突した隕石の直径は10km程度と推定されています。直径10kmの天体だと、1億年に1回くらいの割合で落ちてきても統計的に不思議ではないとされています。

K/T境界の粘土層の化学成分は、世界各地でだいたい同一で、かつ通常の地殻の構成成分とは異なることが明らかにされています。また、隕石衝突の際の高圧下で生成される特殊な鉱物や、高温下で生成された煤のような堆積物も見つかっています。恐竜が絶滅した原因としては、巨大化しすぎたとか、進化の袋小路になったとか、いろいろ説がありますが、最終的にとどめを刺したのは隕石衝突だろうと考えられています。

この隕石はメキシコのユカタン半島付近に落ちたと考えられていますが、そこから少し離れた場所をODP時代に「ジョイデス・レゾリューション」が掘り抜いた地層が図6です。隕石が衝突すると、舞い上がる大量の細かなちりで日射が遮られ、まず植物プランクトンが大打撃を受け、それを餌にしている動物プランクトンも死んでいきます。海の表層で生物がたくさん有機物をつくって海底に落ちていく、“生物ポンプ”といわれる機能が停止し、海が元の状態に戻るのに約100万年もかかったことが明らかにされています。生態系が壊滅的な打撃を受けると、元に戻るにはどれほど長い時間がかかるかを示す例になるでしょう。

### 地球の寒暖サイクルと二酸化炭素濃度

地質時代に地球は寒暖を繰り返してきましたが、寒冷な新生代のなかでも始新世という時代は現在より温暖だったことが知られています。その時代の北極を調べるために、Integrated ODPでは欧州の特定任務掘削船が北極海で掘削を行いました。当時、グリーンランド周辺の海水温は17～20℃ぐらい、南極周辺でも10℃前後と推定されています。始新世の

頃は火成活動が今より活発で、地球上では多量の玄武岩が形成されています。特に北大西洋で大きな火成活動がありました。この結果から、約5000万年前の北極海は淡水性シダ類のアカウキクサが繁茂していたことが明らかにされました。アカウキクサは現在の日本でも水田や湖沼に繁茂することがあります。当時の北極海が半閉鎖的な海だったことに加え、大陸から流れ込む河川水の影響により表面水が著しく低塩分化したのでしょう。

それでは、極域はいつから寒くなったのでしょうか？ それを調べるには、氷河の痕跡を探すことから始めます。寒冷化して極域に氷河・氷床が発達すると、氷が陸上の岩盤をかきとって氷山の形で海に流れ込みます。沿岸では周囲の砂泥を巻き込む場合があります。その結果、陸から遠く離れた海域にも粗粒な岩片や鉱物粒子をたくさん堆積させるようになります。こうした現象がいつ始まったかを調べると、氷床ができた時代を推定できるのです。私が学生の頃は南極大陸が先に冷え、北極の寒冷化はずっと後に生じたとされていました。この北極海掘削で、北極周辺でも約4800万年前に寒冷化が始まったことが示されました。また、過去の南極周辺での掘削結果も考慮すると、北極も南極もほぼ同時期に寒冷化していたことが明らかにされました。

一方、いろいろな地質試料から、5000万年前の大気中の二酸化炭素の濃度は約1,800ppm前後だったと推測されています。その後、急激に減少し、4800万年前

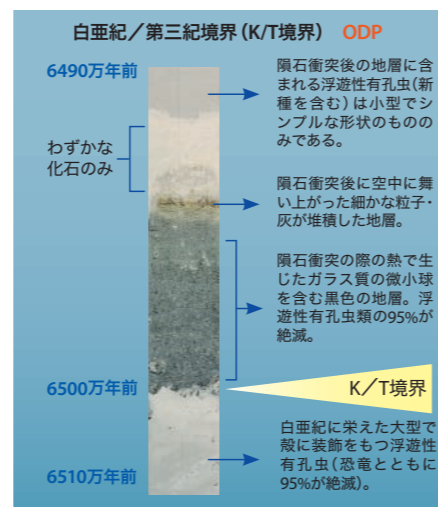


図6 白亜紀／第三紀境界(K/T境界)の地層

頃には寒冷化の兆しが北極・南極で認められるようになります。約3800万年前頃、800～1,000ppmを下回るようになると、南極氷床が一気に拡大したことがわかってきました。結果として、地球を大きなサイクルで暖かくしたり寒くしたりする主要因は、やはり大気中の二酸化炭素濃度だろうと考えられています。現在の濃度は400ppm程度ですが、今のペースで化石燃料を消費していくと、西暦2300～2400年頃には、5000万年前と同じ約1,800ppmに達するとの予測があります。地質時代の証拠は地球温暖化が極端に進行的な場合、どんな環境になるかを推測するうえで、一つの根拠となるでしょう。

### 温暖化とメタンハイドレート

現在の海でも海洋酸性化が問題になっていますが、始新世／暁新世境界に相当する約5500万年前にも海洋が酸性化していた証拠が見つっています。これは海底のメタンハイドレートの崩壊が原因だという説があります。メタンハイドレートは、特定の温度及び圧力下で海底にシャーベットのような状態で安定に存在していますが、海底が熱せられたり圧力(水圧)が減じると、水とメタンガスに分解します。現在の深海の水温は約2～3℃ですが、5500万年前には16℃程度に上昇したと推定されています。K/T境界を生き延びた、深海底にすむ底生有孔虫が絶滅しかけたことなどから、深海の水温上昇とともに、海底の酸素量が低下したこと、海洋の炭素同位体比にも異変があっ

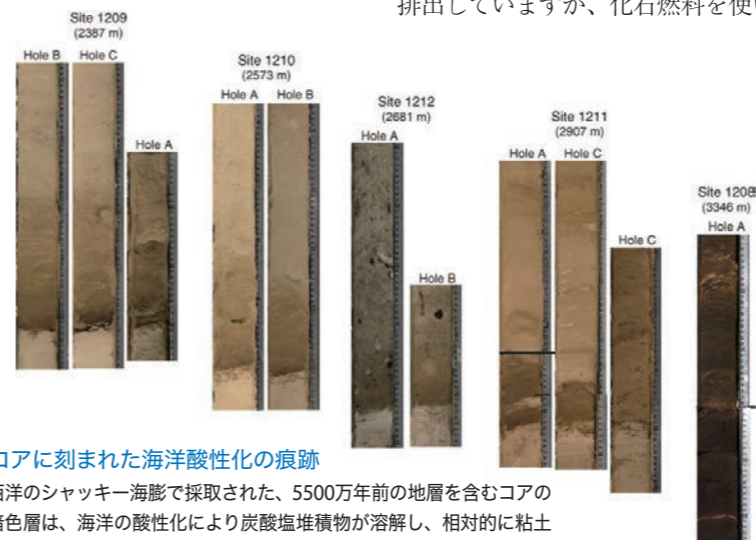


図7 コアに刻まれた海洋酸性化の痕跡

北西大西洋のジャッキー海嶺で採取された、5500万年前の地層を含むコアの断面。暗色層は、海洋の酸性化により炭酸塩堆積物が溶解し、相対的に粘土成分が濃縮したものと考えられている。

図版：Texas A & M University (Ocean Drilling Program)より引用

たことがわかっています。

この炭素同位体比の異変は、海底にあるメタンハイドレートが分解したと考えたと説明しやすくなります。前述のように、この時代は北大西洋で火成活動が活発だったことがわかっていますから、それがきっかけとなって深海も温暖化して、海底のメタンハイドレートが分解したのではないかとされています。

放出されたメタンやメタンが分解した二酸化炭素によって地球は温暖化します。また、海水は弱アルカリ性ですから放出された二酸化炭素を吸収します。結果として、海水が以前よりも酸性側にわずかに傾いてしまうので、炭酸塩の殻をもつ有孔虫などが溶けてしまいます。

図7はIntegrated ODPにより北西太平洋で採取されたコアで、5500万年前に暗色層が認められます。この暗色層は上述のプロセスで海底の炭酸塩堆積物が溶解したためにできたと考えられています。もし私たちが現在のペースで二酸化炭素を排出し続けられれば、将来に深海底の堆積物がこのように変化する可能性があります。既に現在でも、北太平洋の石灰質プランクトンの殻がもろくなっているのではないかとこの報告もあります。

始新世／暁新世境界のメタンハイドレート崩壊仮説では、海底からじわりじわりとメタンや二酸化炭素が放出され、大気中の二酸化炭素濃度が1,800ppmに達した時代が約5万年間続いたと推定されています。一方、現代の人類は当時の100倍ぐらいのスピードで二酸化炭素を排出していますが、化石燃料を使い果た

すとすれば放出期間は地質学的視点では一瞬と想定できます。西暦2300年くらいに1,800ppm前後に達した後は徐々に下降すると予測されていますが、20万年経過しても産業革命前の濃度には戻らず、元に戻るまで100万年くらいかかるとのシミュレーション結果も報告されています。このように、地質学的な記録からは、二酸化炭素の放出の仕方(放出速度や放出期間)によっても気候に与える影響はかなり異なると考えられています。

### 国際的なコアの管理体制

現在のIODPには世界26カ国が参加して、気候変動など地球・海洋環境の変遷、海底下の生命圏、固体地球の物質循環、地球のダイナミクスなどについて研究を進めています。この計画で採取されたコアは日米欧の3カ所で保管し、研究や教育活動に使用できるように管理しています。

高知コアセンター\*では、主に日本周辺海域とインド洋で採取されたコアを保管しています。東太平洋と南極周辺のコアは、米国テキサスA&M大学の保管庫に、大西洋と北極海域のコアはドイツのブレーメン大学に設置された保管庫に集められます。

現在、高知コアセンターのコアは67航海分で、18万セクション、全部つなげると約104km分の長さになります(平成26年4月時点)。また、海底下微生物の研究を促進させるための凍結サンプルの保管も始めています。高知コアセンターは保管庫だけではなく、世界有数の分析設備があり、世界中から研究者がやってきます。また、コアをX線CT装置で透視して可視化した「バーチャルコアライブラリー」を作成しています。一般の方でも<http://www.kochi-core.jp/VCL/> にアクセスすると、その一部を体験できますので、ぜひ試してみてください。

私たちは、過去は未来を解く鍵だと思っています。海洋コアはその鍵を提供してくれます。この鍵は個人で持っている意味がなく、いろいろな人にその鍵を渡すことで、より信頼性の高いデータを得ることができ、さまざまな謎が解明されていくのです。

BE



## 編集後記

「DONETで南海トラフ地震発生域の変動をとらえる」、いかがでしたか。探査機による調査とは違った、海底で監視を続ける定点観測型の調査手法についてご理解いただけたのではないのでしょうか？

さて、DONETでも使われている海底ケーブルの歴史は、1851年の英仏海峡での敷設まで遡ります。当時は電信でしたが、初めて海を越えた通信が可能となった画期的な出来事でした。1866年には大西洋横断海底ケーブルが完成し、世界の海底ケーブル網は徐々に発達していきましたが、その後のインターネットの普及によってアナログ用の海底同軸ケーブルは、大容量のデジタル光海底ケーブルに取って代わられました。

一方、この破棄された海底同軸ケーブル網に観測機器を接続すれば、地球規模のリアルタイム観測が可能となり、地球科学研究に大きく寄与できると考えた研究者が現れました。わが国では1995年から、使用を終えた海底ケーブルTPC-2を利用した「VENUS計画」がJAMSTECをはじめさまざまな研究機関によってスタート。沖縄本島から南東約50 kmの南西諸島海溝陸域、水深2,200 mの海底に試験用観測ステーションを構築し、「ディーブ・トウ」やROVによる海中での設置作業に関する研究などが行われました。しかし1999年8月から開始した試験運用は80日後に停止。その後の原因調査で、広域展開する長期連続観測システムでは、観測機器等のわずかな絶縁劣化に起因する微小電流が観測網全体の信頼性に悪影響を及ぼすことが再認識され、既設のケーブルを流用する難しさがわかってきました。

その後JAMSTECは、2006年から東南海地震の震源域にまったく新しい大容量光ファイバケーブルを敷設した「地震・津波観測監視システム(DONET1)」を、さらに2010年から南海地震の震源域にDONET2の構築を進めています。DONET計画は、DONET2の完成をもって防災科学技術研究所に移管されますが、海底ケーブルやセンサのメンテナンス、センサ網を高度化する研究開発は、深海作業を熟知した経験豊かなJAMSTECの力が必要とされるはず。BE編集部も移管後の計画についても引き続き注視していきたいと思っています。(T.T)

## 賛助会 (寄付) 会員名簿 平成27年6月15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。(アイエオ順)

株式会社IHI	海洋エンジニアリング株式会社
あいおいニッセイ同和損害保険株式会社	株式会社海洋総合研究所
株式会社アイケイエス	海洋電子株式会社
株式会社アイワエンタープライズ	株式会社化学分析コンサルタント
株式会社アクト	鹿島建設株式会社
株式会社アサツーディ・ケイ	川崎汽船株式会社
朝日航洋株式会社	川崎重工業株式会社
アジア海洋株式会社	川崎地質株式会社
株式会社アルファ水工コンサルタンツ	株式会社環境総合テクノス
株式会社安藤・間	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
株式会社エス・イー・エイ	極東製薬工業株式会社
株式会社エスイーシー	極東貿易株式会社
株式会社SGKシステム技研	株式会社きんでん
株式会社エヌエルシー	株式会社熊谷組
株式会社NTTデータ	クローバテック株式会社
株式会社NTTデータCCS	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ファシリティーズ	株式会社KSP
株式会社江ノ島マリンコーポレーション	京浜急行電鉄株式会社
株式会社MTS雪氷研究所	KDDI株式会社
株式会社OCC	鉱研工業株式会社
株式会社オキシテック	株式会社構造計画研究所
沖電気工業株式会社	神戸ペイント株式会社
オフショアエンジニアリング株式会社	広和株式会社

## 『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メールまたは電話でお申し込みください。  
Eメールの場合は、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(フリガナ) ③ 所属機関名(学生の方は学年)  
④ TEL・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冊本体286円+税+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。

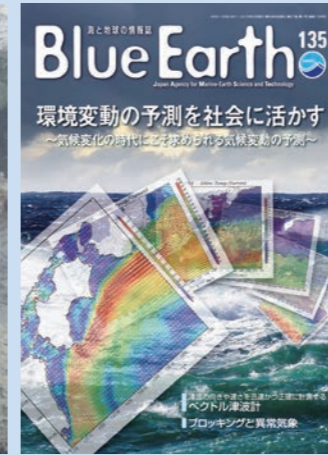
### ■ お問い合わせ・申込先

〒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 広報部 広報課  
TEL.045-778-5378 FAX.045-778-5498  
Eメール [info@jamstec.go.jp](mailto: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(142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、『Blue Earth』の発送や確認のご連絡などに利用し、国立研究開発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27巻 第3号 (通巻137号) 2015年6月発行

発行人 鷲尾幸久 国立研究開発法人海洋研究開発機構 広報部  
編集人 廣瀬重之 国立研究開発法人海洋研究開発機構 広報部 広報課  
Blue Earth 編集委員会

制作・編集協力 株式会社ミュール  
アートディレクション 前田和則  
取材・執筆 滝田よしひろ (p.1, p.20-23, 裏表紙)、斉藤勝司 (p.2-17)、山崎玲子 (p.18-19)、岡本典明 (p.24-27)、寺田千恵 (p.28-31)  
編集・制作 滝田よしひろ、柏原羽美  
デザイン 三橋理恵子、木元優介、高塩由香、山田浩之  
イラスト 大島千明 (p.9右下, p.15左中, p.29右下)  
撮影 滝田よしひろ (p.20上, p.21右上から2点目, p.22左上・右上、下, p.23右上・下, 裏表紙)

ホームページ <http://www.jamstec.go.jp/>

Eメールアドレス [info@jamstec.go.jp](mailto: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。

## 国立研究開発法人海洋研究開発機構の事業所

<b>横須賀本部</b>	〒237-0061 神奈川県横須賀市夏島町2番地15 TEL. 046-866-3811 (代表)
<b>横浜研究所</b>	〒236-0001 神奈川県横浜市金沢区昭和町3173番25 TEL. 045-778-3811 (代表)
<b>むつ研究所</b>	〒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)
<b>高知コア研究所</b>	〒783-8502 高知県南国市物部乙200 TEL. 088-864-6705 (代表)
<b>東京事務所</b>	〒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)
<b>国際海洋環境情報センター</b>	〒905-2172 沖縄県名護市宇豊原224番地3 TEL. 0980-50-0111 (代表)
株式会社フジクラ	株式会社フジタ
株式会社富士通株式会社	富士電機株式会社
古河機械金属株式会社	古河電気工業株式会社
古野電気株式会社	株式会社ベッツ
株式会社マックスラジアン	松本徽章株式会社
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
三井造船株式会社	三菱重工業株式会社
三菱スペース・ソフトウェア株式会社	三菱電機特機システム株式会社
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	ヨコハマゴム・マリン&エアロスペース株式会社
株式会社落雷抑制システムズ	
トビー工業株式会社	株式会社フジクラ
新潟原動機株式会社	株式会社フジタ
西芝電機株式会社	富士通株式会社
西松建設株式会社	富士電機株式会社
株式会社ニシヤマ	古河機械金属株式会社
日油技研工業株式会社	古野電気株式会社
株式会社日産クリエイティブサービス	株式会社ベッツ
株式会社日産電機製作所	株式会社マックスラジアン
ニッスイマリン工業株式会社	松本徽章株式会社
日本SGI株式会社	マリメックス・ジャパン株式会社
日本海工株式会社	株式会社マリン・ワーク・ジャパン
日本海洋株式会社	株式会社丸川建築設計事務所
日本海洋掘削株式会社	株式会社マルトー
日本海洋計画株式会社	三鈴マシナリー株式会社
日本海洋事業株式会社	三井住友海上火災保険株式会社
一般社団法人日本ガス協会	三井造船株式会社
日本サルヴェージ株式会社	三菱重工業株式会社
日本水産株式会社	三菱スペース・ソフトウェア株式会社
株式会社日本製鋼所	三菱電機特機システム株式会社
日本電気株式会社	株式会社三菱総合研究所
日本ヒューレット・パカード株式会社	株式会社森京介建築事務所
日本マントル・クエスト株式会社	八洲電機株式会社
日本無線株式会社	郵船商事株式会社
日本郵船株式会社	郵船ナブテック株式会社
濱中製鎖工業株式会社	ヨコハマゴム・マリン&エアロスペース株式会社
東日本タグボート株式会社	株式会社落雷抑制システムズ
株式会社日立製作所	
日立造船株式会社	
深田サルベージ建設株式会社	
株式会社フグロジャパン	



## JAMSTECの船舶・探査機を利用した研究成果発表会「ブルーアース2015」開催

JAMSTECが運航する研究船・探査機を活用して得られた研究成果を発表する「ブルーアース2015」が、2015年3月19～20日に東京海洋大学（品川キャンパス）で行われ、2日間の参加者は765名を数えた。

JAMSTECは、研究船や探査機を使用する研究課題を「研究船利用公募」として募集し、国内の大学・研究機関の多くの研究者らに活用されている。毎年実施されている研究成果発表会は、そうした研究者たちが、研究航海によって得られた成果を研究分野の枠を超えて発表し、研究船や探査機の有効な利活用推進のための情報交換の場とすることを目的にしている。今回は、口頭発表59件、ポスター発表82件が行われた。

2012、13年の発表会では、東北地方太平洋沖地震に関する研究の成果が大きな注目を集め、2014年は、有人潜水調査船「しんかい6500」、深海潜水調査船支援母船「よこすか」による15年ぶりの世界一周航海「QUELLE2013」の報告セッション会場がほぼ満席になる盛況ぶりだった。今年は、新たに地球深部探査船「ちきゅう」による研究成果も発表対象となり、これまで以上に幅広い参加者が集まった。

また、海洋研究推進委員会委員長・小池勲夫東京大学名誉教授ら6名による総合討論では、「研究船利用のあり方について」をテーマに、予算減少・燃料費高騰などの難題を抱える研究船をどのように利用していくかについて、さらに2015年度後半に海洋調査船「なつしま」・「かいよう」の運用停止が予定されていることや、同年度末に新たに「海底広域研究船」が加わることに伴う研究船の編成替えなどについて、意見交換が行われた。

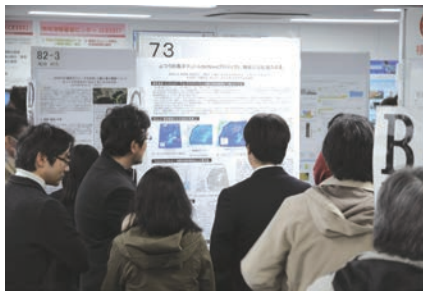
▶「ブルーアース2015」特設サイト <http://www.jamstec.go.jp/maritec/j/blueearth/2015/index.html>



59件の口頭発表が2日間にわたって行われた（A会場）。



口頭発表の様子（B会場）。



ポスター発表会場で研究者の話を聞く来場者。



「研究船利用のあり方について」をテーマに行われた総合討論。