

Blue Earth

海と地球の情報誌

vol.175



Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

ISSN 1346-0811
2025年2月発行 (通巻175号)

106日の挑戦を振り返る



航海レポート!

JTRACK



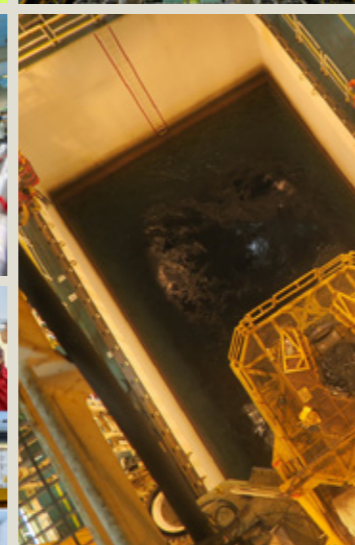
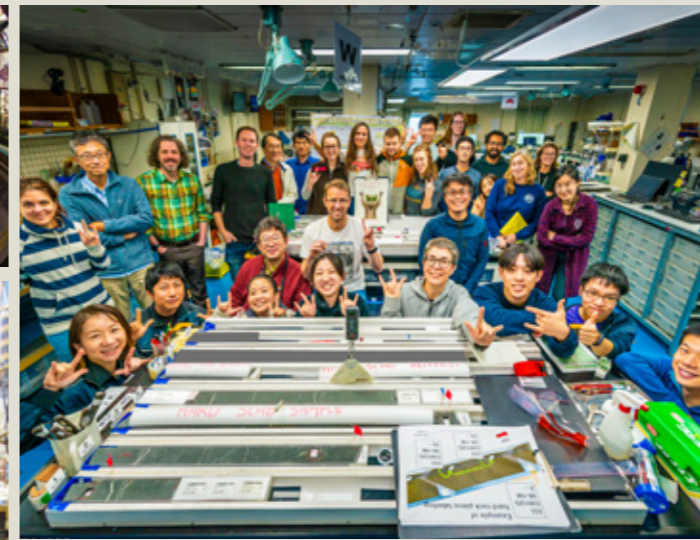
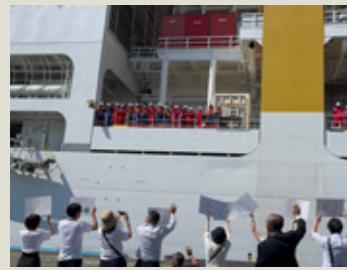
特集! 「みらいII」

▶▶▶ 【第2特集】 北極域研究船「みらいII」建造中!

2024.
09.06
>>>



©Doriana Letexier/JAMSTEC/IODP



>>>
2024.
12.20

I N D E X

第1特集

P00 激動の研究航海を振り返る
JTRACKが挑んだ106日
のミッション

P02 JFASTの“残された課題”を
解明する、
JTRACKのオペレーション
小平 秀一/JAMSTEC 理事
JTRACK 共同首席研究者

P04 JTRACKがもたらした、
巨大地震の解明への大きな成果
小平 秀一/JAMSTEC 理事
JTRACK 共同首席研究者

P06 高度な掘削プロジェクトを
実現させる、“技術”への挑戦
江口 暢久/JAMSTEC
研究プラットフォーム運用部門 部門長

P08 共同首席研究者が106日を振り返る
JTRACKが切り開く、
新たな海洋研究の未来とは？

P10 JAMSTEC “mini” BASE

第2特集

P12 北極域研究船の
建造の最前線とは？
監修/JAMSTEC北極域研究船推進部

P14 国内初となる北極点付近の海水域へ
観測データの“空白域”に挑む
赤根 英介/JAMSTEC 北極域研究船推進部 部長

P16 「みらいII」の建造工程に迫る
監修/JAMSTEC北極域研究船推進部

対談/JMU x JAMSTEC
P18 「みらいII」建造における、
「未知なる課題」とは？
赤根 英介/JAMSTEC 北極域研究船推進部 部長
根津 和彦/ジャパン マリンユナイテッド株式会社
横浜事業所 北極域研究船建造プロジェクトグループ

連載
P20 教えて!! 海の先生
赤根 英介/JAMSTEC 北極域研究船推進部 部長
根津 和彦/ジャパン マリンユナイテッド株式会社
横浜事業所 北極域研究船建造プロジェクトグループ

連載
P21 だから、研究者になった！ vol.2
奥田 花也/JAMSTEC 超先鋭研究開発部門
高知コア研究所 物質科学研究グループ

画像提供：JAMSTEC/IODP

制作/Concent, Inc.
クリエイティブディレクター/渡邊 徹 (Concent, Inc.)
プロデューサー/橋本 良 (Concent, Inc.)
編集、ライター/柴崎 卓郎 (butterflytoys)
アートディレクター/小谷 圭史
デザイナー/坂本 理絵 (Concent, Inc.)
イラスト/SUPER POP



激動の研究航海を振り返る

JTRACKが挑んだ 106日のミッション

2024.09.06 >>> 2024.12.20

2024年12月20日——IODP (国際深海科学掘削計画) 第405次研究航海「JTRACK」がついに終了した。2012年の「JFAST」以来2度目となる今回の科学掘削調査では、黒潮の影響などさまざまな課題が懸念されていたものの、研究者たちの予想を覆すほどの成果を上げることができたという。この特集では、そんなJTRACKの106日間を振り返りながら、実際の研究航海の様子をレポートしていこう。

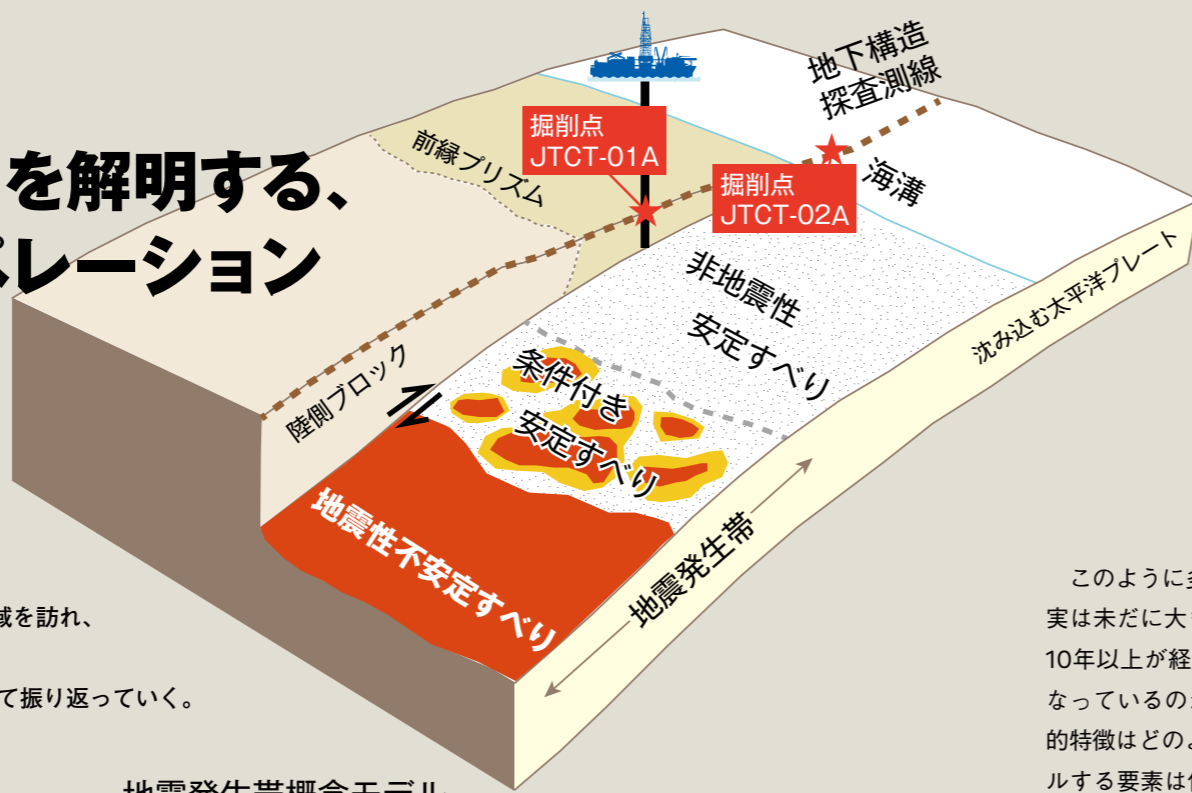
JFASTの “残された課題”を解明する、 JTRACKのオペレーション

東北地方太平洋沖地震の直後に実施されたIODP（国際深海科学掘削計画）第343次研究航海「JFAST」では、地震発生の原因に迫るさまざまな研究成果を得ることができた。とはいえ、依然として謎も残されている。そこでJTRACKでは、再びJFAST調査海域を訪れ、4つのフェーズのオペレーションを実施。ここでは、実際に行われたフェーズについて振り返っていく。

監修 / JAMSTEC 理事
JTRACK 共同首席研究者 小平秀一

画像提供：JAMSTEC/IODP

地震発生帯概念モデル
Bilek and Lay (2002) に加筆



未だ解明されていない、 3つの大きな謎

2012年に実施したJFASTの調査では、2011年に発生した東北地方太平洋沖地震を引き起こしたプレート境界断層の一部からコア試料を採取することに成功した。そして分析の結果、断層部分はすべりやすく、含んだ水分を逃しにくい粘土鉱物「スメクタイト」を多く含むことがわかった。また、コア試料や孔壁の観測データを分析した結果、地震前に蓄積されていた応力

が地震発生時にほぼすべて解放されたことも判明。これらのことから、大規模なプレート境界断層のすべりにより大きく海底が隆起し、津波が巨大化したと考えられる。

一方JFASTでは、掘削孔内の温度計測も実施し、地震発生時の断層のすべりによって生じた摩擦熱も捉えた。この計測の結果から、地震により生じた断層のすべりが浅い部分まで伝わり、さらにこの摩擦熱によって断層内の粘土に含まれる水分が膨張したことにより、大きなすべりを引き起こしたということがわかった。

Mission 1
両サイトで掘削同時検層を行い、コア試料の分析データと合わせて応力状態の時間変化を明らかにする

Mission 3
海洋プレート (JTCT-02A) からコア試料を採取し、沈み込む前の化学的・物理的情報を得る

Mission 2
巨大地震を引き起こしたプレート境界域で連続的にコア試料を採取し、断層帯の構造の全貌を明らかにする

Mission 4
巨大地震を引き起こしたプレート境界域に長期孔内計測装置を設置し、断層帯のより詳細な水理構造を明らかにする



このように多大な研究成果を得ることになったJFASTだが、実は未だに大きな3つの謎が残されている。①「地震発生から10年以上が経過した現在の断層周辺の応力の蓄積状態はどうなっているのか」、②「地震を引き起こした断層の構造、物性的特徴はどのようなものか。また、すべりの挙動をコントロールする要素は何か」、③「地層内の流体は断層周辺の応力状態にどのように影響するのか」である。

そこで、JTRACKでは、プレートが沈み込む前と後の2つのサイトで、断層の上から下までのコア試料の採取、掘削同時検層 (LWD)、長期孔内計測装置の設置を実施。今回は解き明かせなかった地震断層の全貌と、時を経たその様子を調査し、残された謎に迫ることになった。

106日間に実施された、4つのフェーズ

今回のJTRACKが目指すことになったのは、4つのミッション (上記を参照) である。その実現に向け、4つのフェーズ (下図を参照) を実施することになった。

最初のフェーズでは、JFASTで掘削を行った掘削孔内に、再び

長期孔内計測装置を設置した。フェーズ2では掘削同時検層で掘削を行いながら、掘削孔壁の物理的な状態を計測。この工程を巨大すべりが発生したプレート境界浅部 (左図のJTCT-01A) と沈み込む太平洋プレート上 (左図のJTCT-02A) で実施することになった。

フェーズ3のコアリングは、5段階に分けて行われた。まず、プレート境界の表層から80mほどの深さからプレート境界までコア試料を採取。その後、同様の工程を沈み込む太平洋プレート上でも行った。次に、両サイトで表層80mのコア試料採取を実施。最後のコアリングではプレート境界域を貫き、チャート層下の太平洋プレート玄武岩層からコア試料を採取した。

最後のフェーズ4ではプレート境界浅部で掘削を実施し、その孔内に長期孔内計測装置を設置。地層内の割れ目に沿った流体の移動を長期にわたって観測する準備を進めた。

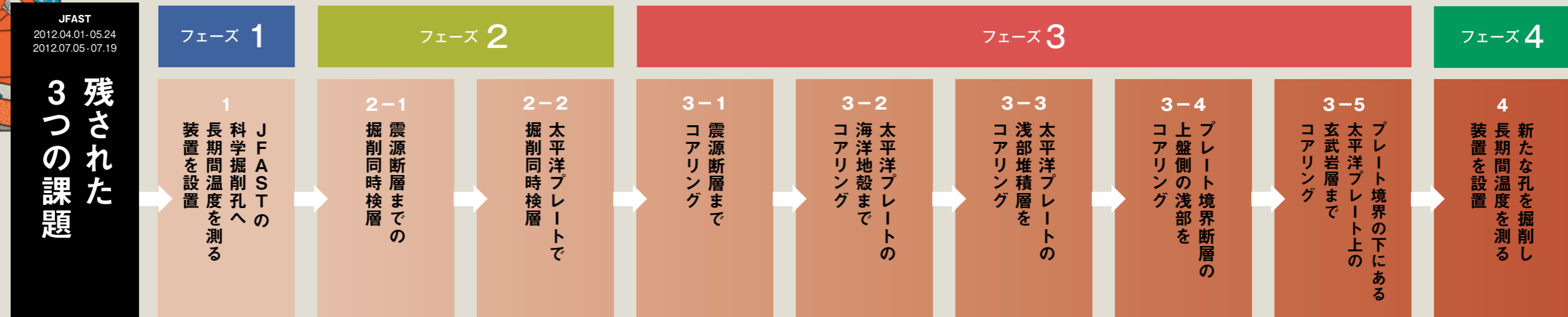
12月16日、無事に全フェーズが完了。JTRACKの長い航海がようやく幕を閉じることになったのだ。



12月20日朝9時半頃「ちきゅう」が清水港に着岸し、106日間のJTRACK航海が無事に終了した。

2024.12.20無事帰港

JTRACKのオペレーション 2024.09.06



JFAST
2012.04.01-05.24
2012.07.05-07.19

残された
3つの課題

巨大地震
発生メカニズムの
理解に大きく前進

JTRACK がもたらした、 巨大地震の解明への 大きな成果

画像提供：JAMSTEC/IODP



JAMSTEC 理事
小平 秀一

専門は海域地球物理学。海域地球物理観測によりプレート境界での地震、火山など変動現象とそれらに起因するハザードに関する研究を進めている。JTRACKでは、共同首席研究者を務める。

科学的疑問を解き明かす ほぼすべての材料が揃った

JTRACKのプロジェクトでは、「解き明かすべき科学的疑問」として、①「巨大断層すべりに関連する主要な地質学的特性」、②「巨大断層すべり域での主要な水理学的特性」、③「断層帯の物理特性、流体特性の時間変化」という3つのテーマを挙げ、調査航海を進めてきた。

これらのテーマに対する成果について、JTRACKの共同首席研究者を務めた小平秀一氏はこのように語る。

予定していた4つのフェーズのオペレーションを、無事に終了することができた、JTRACK。すべての工程が順調に進み、前回のJFASTをはるかにしのぐ良質な地層に関するデータとコア試料を採取することができたという。このパートでは、共同首席研究者の小平秀一氏にJTRACKで得られた科学的成果について、詳細を語ってもらった。

「JTRACKでは、想定していた掘削同時検層(LWD)のデータやコア試料の多くを回収できました。これはつまり、航海前に掲げていた疑問に答えを出せるほぼすべての材料が揃ったことを意味します」ただ、唯一答えることができていないのが、③に関する「近傍で発生する地震にプレート境界断層の水理特性はどのように反応するか」という問いだ。しかしこの問題も「今後長期孔内計測装置でデータを取得し、その情報の回収・解析を行うことで、答えを導くことができるだろう」と説明する。



1

掘削同時検層の実施

掘削同時検層は、ドリルパイプの先に取り付けたセンサーを通じて、掘削しながら掘削孔壁のさまざまな物理的な状態を測定することができる。今回もリアルタイムに届くデータを見ながらサイトについて議論が行われた。

JTRACKで取得されたデータは、JFASTのときのものと比べて非常にクオリティーが向上していることがわかっている。そのため、今後、より高精度な分析を行えることが期待できる。

また、陸側の掘削点で行った掘削同時検層では、水深6897.5mで海底下980mまでを掘削したことを計測。「総ドリルパイプ長7906m(※)」という海洋科学掘削の世界最長記録を打ち立てることになった。

※ドリルフロアのロータリーテーブルから船底までの28.5mを含んだパイプ長。



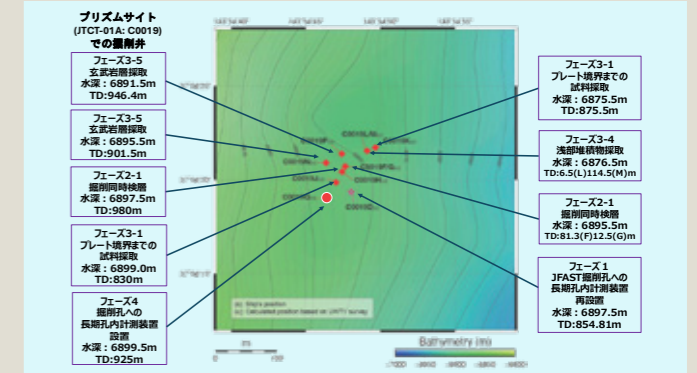
2

コア試料の採取

コアリングでは、まず待望のプレート境界断層のコア試料を採取することができた。さらに、異なる掘削孔でプレート境界域を貫通することに2度成功。これにより、断層構造や摩擦・強度回復の時空間変化を明らかにするためのデータを取得することができた。

続いて、沈み込む前の海洋プレート上の掘削を実施。こちらでも連続して良質な未変形のコア試料を採取できた。このコア試料を採取したことにより、将来の断層形成過程の検討が可能となった。

最後の段階では、陸側のプレート境界で断層を貫き、チャート層・玄武岩層を含む質の良いコア試料を採取。プレート境界断層帯を構成する上盤側(陸側プレート)と下盤側(太平洋プレート)のコア試料が採取されたことで、断層帯全体の構造を検討できるようになった。



画像は、プリズムサイト(陸側のプレート境界浅部のサイト)の掘削孔の分布図。半径100m程度に8点の掘削孔(四角と星印のポイント)が開けられているのがわかる。最終的には、温度計測装置を設置するために9点目(赤丸のポイント)の掘削が行われた。

3

長期孔内計測装置の設置

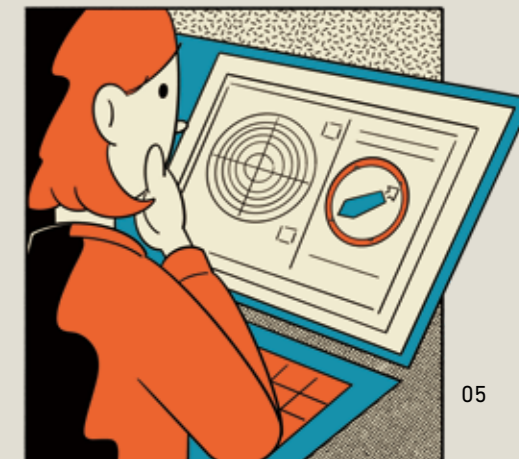
JTRACKの最初のフェーズとして、JFASTの掘削孔を発見し、その中に地層内で長期間、温度を計測する装置を設置するというオペレーションを行った。その際、前回と比べて水中テレビカメラシステム(UWTV)の解像度が飛躍的に向上していたこともあり、正確な水深情報を含む海底の状況と掘削孔の位置の把握が可能となり、無事に12年前の掘削孔を水深約7000mで発見することができた。

また、JTRACKの最後の工程では、新たな掘削孔でも長期孔内計測装置を設置。回収のときまで、今後数年にわたり観測を続ける予定だ。

これらから得られるデータにより、プレート境界断層およびその周辺で起こる地震の活動によって、流体が地層の中の割れ目に沿いながらどのように流れるかということを観測することが可能となった。



写真上は、長期孔内計測装置がついたロープの長さを調整している様子。下は、約900mのロープにつなげた128個の測定装置。



高度な掘削プロジェクトを 実現させる、 “技術”への挑戦

画像提供：JAMSTEC/IODP



JAMSTEC 研究プラットフォーム運用部門
部門長

江口 暢久

東京大学大学院理学系博士課程修了（理学）。2007年、JAMSTECに着任し、地球深部探査船「ちきゅう」の科学運用に携わる。2023年度より現職。JTRACKではプロジェクト統括を務める。

JTRACK 成功の要因は、 JFAST から得た学び

巨大地震発生直後に断層の掘削調査を行い、さまざまな研究成果をもたらした前回のJFAST。とはいえ、緊急で実施されたプロジェクトということもあり、「多くの困難に見舞われた」と当時EPM（研究支援統括）として「ちきゅう」に乗船していた江口暢久氏は言う。

「一方今回のJTRACKでは、JFASTから得た学びを生かし、掘削調査のための十分な準備を行うことができました。今回

データやコア試料など、数々の実りを手にすることができた、今回のJTRACK。これらの科学的成果を生み出すことができた背景には、オペレーションを向上させるための挑戦があったという。

ここでは、JTRACKのプロジェクト統括として活躍した江口暢久氏に、高度なミッションを成功に導いた“技術”について話を聞いた。

の成功の要因は、まさにその部分が大きかったと思います」

中でも重要だったのは、オペレーションを実現させるための掘削システムの運用だ。ただ、新たに機器の開発が行われたものの、黒潮が強く、大水深の現場でどのような効果を発揮するのかわからなかったという。

「とはいえ、改めて振り返ると、ほぼすべてのミッションをコンプリートできた素晴らしい航海になりました。IODP（国際深海科学掘削計画）の最後の航海がこのような成功で終わられたことに、今は心からほっとしています」



2 困難を極めた、 大水深でのリエントリー

JTRACKで特に活躍したのが、水中カメラシステム（UWTV）の存在だ。

「JFASTでは、作業中にケーブルが切れてしまうなどトラブルが続きましたが、JTRACKではそのような問題は一切起こりませんでした。当時とは違って、海底のカラー映像を撮影できるようになりましたし、さまざまな角度も映せる（写真下）ので、非常に心強い存在でした」

とはいえ、水中カメラシステムでJFASTの掘削孔を探索するというフェーズでは、12時間を要することになった。水深約7000mまでパイプを下ろすと海流の影響でズレてしまうのだ。その後、「ちきゅう」の位置を微調整することで、ようやく掘削孔を発見。水中カメラシステムの映像を通じて、直径わずか50cmの孔口装置に温度計を再入孔することに成功した。

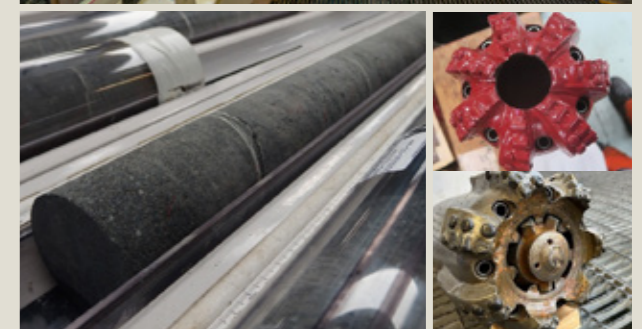


3 クオリティーの高い コア試料を採取

JTRACKの大きな成果のひとつになったのが、さまざまな地層のある海底から、質の高いコア試料を断層の上から下まで、そしてJFASTに比べてはるかに高い回収率で採取できたことだ。それを可能にしたのが、SD-RCBコアビットの存在だ。

「JFASTで使用したRCBコアビットは、コア径2.34インチ（約6cm）、ビット径10.63インチ（約27cm）というサイズ。一方今回開発されたSD-RCBコアビットは、コア径は変わらずにビット径が8.5インチ（約21.6cm）と全体的に小さくなっています。それにより抵抗が少なくなり、より速く安定した掘削が可能になりました」

とはいえ、チャート層下部は非常に硬い。実際、最初に行った掘削ではコアビットが摩耗してしまった（写真右下）。そこで、チャート層を掘削用のビットで掘削し、その後コアビットに変更して、チャート層、JFASTでは採取できなかった玄武岩層を含む非常に質のよいコア試料を採取することができた。



1 飛躍的に効率を上げた、 掘削システム

掘削効率が大幅に向上した、今回のJTRACK。それを可能にしたのが、掘削システムの進化である。

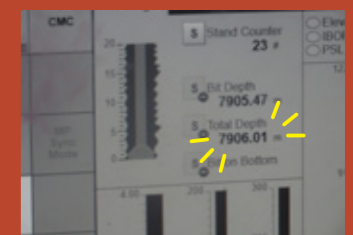
「例えばドリルパイプでは、材質や厚さが異なる7種類を用意して、これまでのものよりも軽量化を行い、スムーズに昇降できるように最適化していきました。また、今回は、ドリルパイプをつなぐ際、海中に伸びるパイプを支えるロングスリップ（写真中）も新たに開発。これらを使用することで、昇降のスピードを格段に上げることができました」

一方、ドリルパイプをサポートするガイドローラー（写真下）のシステムも改善を行った。ドリルパイプに影響を与える船体の揺れによるストレスをより低く抑え、稼働率の向上を図ったという。



総ドリルパイプ長7906mの 海洋科学掘削の世界記録を樹立！

9月に行われた陸側の掘削同時検層では、水深6897.5mの海底から、さらに980mまでを掘削した。掘削作業は海面から28.5mにある船上から始まるため、その高さを加えると、総ドリルパイプ長は7906m。これが、海洋科学掘削における世界最長記録となった。パイプは1本あたり約9.5mあるため、それを830本ほどつないだ長さになるという。



共同首席研究者が106日を振り返る JTRACK が切り開く、 新たな海洋研究の未来とは？

画像提供：JAMSTEC/IODP

12年という月日が、 ミッションを成功に導いた



小平 秀一 JAMSTEC | 日本

ついに実現した、念願のJTRACK。前回のJFAST直後から、「巨大地震後の時空間変化を捉えたい」という想いを抱えていましたが、さまざまな課題や要因があり、航海に出発するまでに12年という月日が必要になりました。

しかし、その長い時間の中で、研究者たちは大きく成長し、航海に必要な機器の技術革新も起こりました。そして何よりも、新たな航海を行うための準備や検討を十二分に行うことができたのです。今回、目的としていたミッションを無事に達成できたのは、まさにこのような奇跡的なタイミングで、JTRACKを実施できたからだと感じています。

「ちきゅう」チームのみなさん、本当にありがとうございました！

「ちきゅう」チームの効率性に感銘を受けました。非常に困難な環境で野心的な計画を持って臨みましたが、その目標を無事に達成できました。

JTRACKの結果は、マグニチュード9の地震後に断層周辺にどうやって応力が蓄積されるかを理解する上で、間違いなく重要となります。それらはまた、これらの沈み込み帯縁辺がどのように進化し、内部をどのように流体が循環しているかについても、重要なことを明らかにします。

研究者、プロジェクトマネージャー、そして「ちきゅう」チーム全員の尽力に、心から感謝したいと思います。素晴らしい航海でした！

Marianne Conin
University of Lorraine | フランス



**JTRACKは、
地震後の断層周辺の理解を
大きく前進させた**

掘るまで、わからない。 JTRACKの106日間は 興奮と驚きの連続だった



氏家 恒太郎 筑波大学 | 日本

プレート境界浅部での巨大地震すべりは、深部からスメクタイトに富むプレート境界への破壊の連動によるのか。それとも、浅部が固着していたことによるのか。地震時の断層強度低下メカニズムは何なのか——。JTRACKにより、これらの疑問を解決するために必要なデータとサンプルを取得することができました。

「掘ってみなければわからない」。JTRACKは興奮と驚きの連続でした。これほどまでに航海が上手くいったのは、オペレーションチーム、研究支援統括、研究者が互いに協力しながら目的達成に向けて尽力したおかげです。みなさん、ありがとうございました！

106日間の挑戦を無事に終了した、JTRACKのメンバーたち。長い研究航海を振り返り、今何を思っているのだろうか。ここでは、帰港したばかりの共同首席研究者たちに、JTRACKへの想いを語ってもらった。

JTRACKは非常に刺激的でした。そして、研究者、ドリラーたち、エンジニアのチームがお互いに協力し、目標を達成する瞬間に立ち会えたことは、とても素晴らしい体験だったと思います。

私たちは今回のJTRACKを通じて、日本海における沈み込みに伴う変形、地震、流体の流れをまったく新しい方法で理解するのに役立つ、非常に多くの新しいデータを得ることができました。この研究航海後、何年もかけて研究を進めていく中で、どのような知見を得ることができるのか。そのことを想像すると、楽しみで待ちきれません。

Christine Regalla
Northern Arizona University | アメリカ



**JTRACKを通じて、
新たな発見が生まれる。
そこに心から期待したい**

困難なミッションから 結果が得られたのは奇跡



Jamie Kirkpatrick
University of Nevada, Reno | アメリカ

今回の研究航海を可能にするために尽力して下さったJAMSTECとMQJ（日本マントルクエスト株式会社）のスタッフと乗組員、そして3か月以上にわたりデータとコア試料の処理という素晴らしい仕事をしてくれた研究者チームに深く感謝しています。深海での作業の難しさを考えると、これほど素晴らしい結果が得られたのは奇跡のように思えます。

JTRACKで採取されたコア試料には、これまで見たことのない物質や構造が含まれています。これらの研究で、なぜ日本海溝の沈み込み帯で巨大地震が発生するのか、また地質学的な時間スケールでこの海域を制御するプロセスについての理解において、新たな進展につながると確信しています。

地球深部探査船「ちきゅう」のチーム全体とIODP（国際深海科学掘削計画）の研究者チームに大変感謝しています。彼らの努力と献身が、このようなすばらしい運用面と科学面の成功を可能にしました。

今、研究者チームには、JTRACKのデータとサンプルを分析することに対する大きな熱意が生まれつつあります。すでにJTRACKの結果は、沈み込み帯断層と津波を起こす巨大地震のメカニズムの理解を深めていますが、私は特に水理学が何を教えてくれるのかに興味があります。今後、地質学者、地球化学者、地球物理学者の間の共同研究が継続し、多種多様な観測データに出会えることを楽しみにしています。

Patrick Fulton
Cornell University | アメリカ



**今後、多様な研究結果が
生まれることを期待したい**



写真/「ちきゅう」の船上とつないだ中継授業では、吹上小学校の児童から質問が続々と飛び出した。

科学掘削を体感! 「ちきゅう」船上と海洋STEAM授業も

2024年12月に航海が終了したJTRACKでは、今まさに進む科学掘削の研究現場の様子を届ける発信が活発に行われた。

海洋STEAM教材を用いた実践授業とJTRACK研究航海の学校教育現場への社会実装を同時に実現させるため、教室と「ちきゅう」船上とをライブ中継でつなぎ、双方向性のある海洋STEAM授業を国内で初めて実施した。授業に参加したのは、青森県八戸市立吹上小学校の5~6年生を中心とした児童たち。授業では質問が相次ぎ、「地震が起きる仕組みがよくわかった」「海洋科学掘削の世界記録が生まれたことには驚いた」「私も『ちきゅう』に乗ってみたい!」とさまざまな声が上がった。

船上からの授業のほかにも、年齢も背景も幅広い層へ向けて発信。オンライン番組の配信や科学館と

のイベント、学会との中継などで、JTRACKの目的や船上での研究風景などを紹介した。

また、海洋科学掘削にまつわる多様な発信のため、国内外のアーティスト、教育関係者、ジャーナリスト、科学コミュニケーターら9名も「ちきゅう」へ乗船。マンガ・写真・動画・教材制作、Webラジオやブログなど、それぞれの視点・手法で航海終了後も情報発信を続けている。これらはアウトリーチ担当者個人の発信に加え、JTRACK特設ページやSNSでも紹介されている。

JTRACK 研究航海中の「ちきゅう」船上の様子を、特設ページ「ギャラリー」でチェック!



2026年に完成予定の北極域研究船
最新の建造状況や観測機器を3話に



キャラクターデザインはHAKURO氏が、CV(声)は井澤美香子氏が担当。このコンテンツでは、この2体のキャラクターを通じ、「未来II」の理解が深まっていく構成となっている。

「未来II」を楽しく学ぶ、YouTube番組がスタート!

JAMSTEC北極域研究船推進部では、北極域研究船「未来II」に関する広報の一環として、11月1日よりYouTube用コンテンツ「未来IIと行こう! 北極調査隊」を公開。このコンテンツでは、小中学生世代を対象に、2026年11月に竣工予定の「未来II」に関するさまざまな学びを情報発信している。

コンテンツに登場するのは、小学生の調査隊キッズ6名とMCの田中健太郎氏。そして、調査隊キッズと共にさまざまな勉強をしていく「みらいっちゃん(つーちゃん)」と先生役の「COMAI先生」という2体のオリジナルキャラクター。全3話を予定しているこのコンテンツの第1話では、「未来II」の基本的なスペックや観測機器、研究設備に注目し、現在の北極域を取り巻く状況などと合わせて紹介していく。また、「未来II」の建造を行うジャパン

マリユニテッド横浜事業所磯子工場で撮影された最新VTRなども登場する。

YouTubeコンテンツの公開に合わせて、「未来II」を身近に感じることができるARアプリ「どこでもみらいっちゃん」も公開。スマートフォンのカメラを通じて画面上の風景の中に「未来II」を浮かべることができ、ラジコンのように操作して遊ぶことができる。

詳しくは、YouTubeチャンネル「未来IIと行こう! 北極調査隊」で!



北極域研究船の 建造の最前線とは？

数字で見る「みらいⅡ」

全長 128m

総トン数 13000トン

幅 23m

砕氷能力 厚さ約1.2mの平坦な一年氷(*)を連続砕氷できる速度 3ノット (時速約5.6km)

※板状軟氷から発達し、一冬より長くは経過しない海水で、厚さ30cm～2m。それ以降は「古い氷」と呼ばれ、「二年氷」と2年以上経過した「多年氷」とに分けられる。

耐氷能力 ポーラークラス4

ポーラークラス	
等級	定義
PC 1	すべての極地氷水域を通航する極地氷海船
PC 2	中程度の厳しさの多年氷が存在する氷水域を通航する極地氷海船
PC 3	多年氷が一部混在する二年氷の中を通航する極地氷海船
PC 4	多年氷が一部混在する厚い一年氷の中を通航する極地氷海船
PC 5	多年氷が一部混在する中程度の厚さの一年氷の中を通航する極地氷海船
PC 6	多年氷が一部混在する中程度の厚さの一年氷の中を夏季または秋季に航行する極地氷海船
PC 7	多年氷が一部混在する薄い一年氷の中を夏季または秋季に航行する極地氷海船

↑
通航
↓

ポーラークラスとは、国際船級協会連合 (IACS) が定める、極地氷海船の耐氷性能を示す階級のこと。すべての極地氷水域で航行できるPC 1から、薄い氷の中を航行するPC 7まで7段階に分類されている。「みらいⅡ」では、北極海における十分な研究活動と通常海域での研究観測が行えるバランスを重視し、PC 4を選択している。

近年、海氷の減少などの急激な環境変化が進んでいる北極海。地球全体の気候・気象に対する影響が懸念される一方で、海氷下に眠る有用資源の可能性や新たな航路の利活用などにも注目が集まっている。また、これらの活動から北極の環境を守るために、国際的な枠組みやルール形成なども議論されている。このような状況を踏まえ、北極の国際的な研究プラットフォームとして活用可能な、十分な砕氷機能と世界レベルの観測機能を備える北極域研究船「みらいⅡ」の建造が進んでいる。そこで、この特集では「みらいⅡ」を建造する目的を始め、海洋研究で担う役割、その運用方法などに注目。さらに、現在の建造の様子も紹介し、「みらいⅡ」の今に迫っていく。

監修/JAMSTEC 北極域研究船推進部

「みらいⅡ」の詳細は
YouTubeでチェック！



「みらいⅡ」の
建造目的

国内初となる北極点付近の海水域へ 観測データの“空白域”に挑む

海水減少など地球温暖化の影響が顕著に表れている北極海。気候変動などの地球規模課題を解明するためにも、そのカギとなる北極海でのさらなる観測や研究が待望されている。そのような背景の中、2021年から日本で初めて砕氷機能を有する研究船「みらいⅡ」の建造がスタートした。北極海の観測研究を加速するため、今後「みらいⅡ」はどのような役割を担っていくのか。北極域研究船推進部の赤根英介氏に話を聞いた。

到達手段が限られるという、 北極海観測の課題

近年、温暖化の影響によって、北極海の海水減少が進んでいる。北極海の海水面積に関する変化を見てみると、観測が本格化した1979年から長期的に減少傾向にあり、2000年代からはその状況が著しくなっている。北極海は環境変化は、地球規模の環境問題や社会経済活動の変化などの国際的な多くの課題を生じさせる。このような背景を受け、2015年、日本として初となる包括的な北極政策である「我が国の北極政策」が策定された。

一方北極海は、観測という視点でも大きな課題が存在している。それが、北極海が時間的にも空間的にも観測データの空白域になっているという事実だ。赤根氏は次のように説明する。

「右の図は、世界の海洋観測の現状を示したものの。図上の点や線は観測機器や観測船からデータが得られた場所を表しています。これを見ると、太平洋やインド洋、大西洋などでは比較的データを得られているものの、北極海は非常に疎な状況となっていることがわかります。というのも、北極海で観測を行う場合、海水や低気温といった厳しい環境下で観測を実施しなければならないこと、そもそも北極海への到達手段が限られ、他の海域のような観測フロートの展開が困難といった課題があるのです」

しかも日本の場合、これまで独自に海水域に到達するための手段がなかった、と赤根氏。そこで、北極政策が策定されたことを機に、新たな北極域研究船の必要性について議論されることになったという。そして、産学関係機関と連携してさまざまな評価や検討などを経て2021年、ついに「みらいⅡ」の建造がスタートしたのだ。

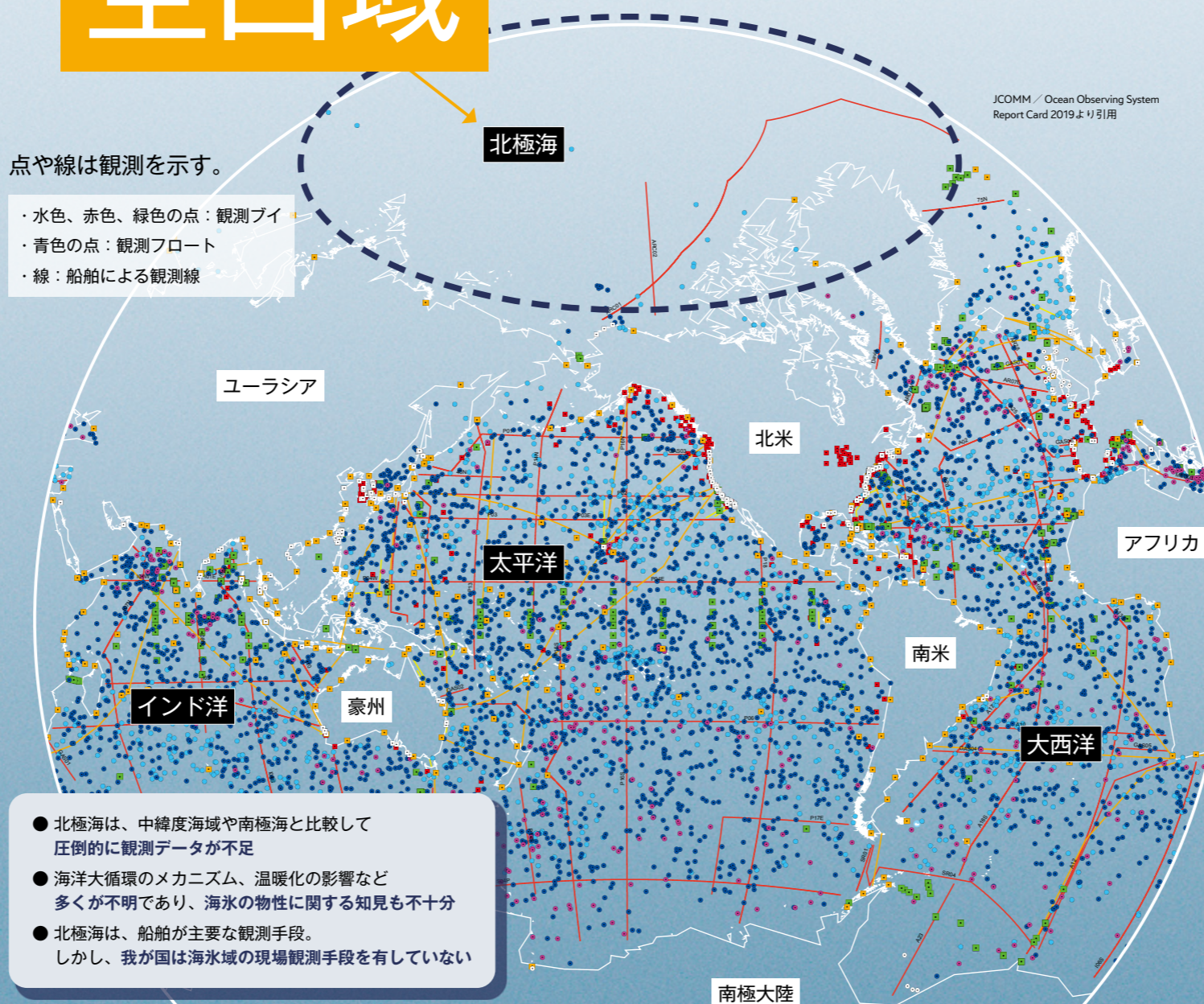
北極海だけでなく、 通常海域での観測も可能に

そもそも「みらいⅡ」はどのような特徴を持った研究船なのか。赤根氏はそのコンセプトについて、「海水域を

北極海は観測データの 空白域

点や線は観測を示す。

- ・水色、赤色、緑色の点：観測ブイ
- ・青色の点：観測フロート
- ・線：船舶による観測線

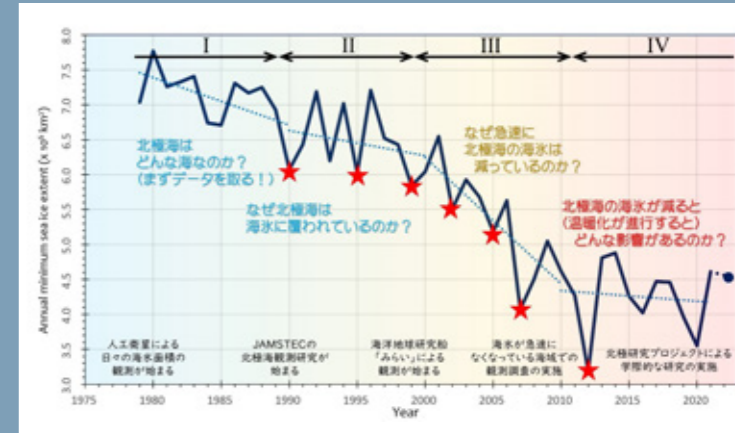


- 北極海は、中緯度海域や南極海と比較して圧倒的に観測データが不足
- 海洋大循環のメカニズム、温暖化の影響など多くが不明であり、海水の物性に関する知見も不十分
- 北極海は、船舶が主要な観測手段。しかし、我が国は海水域の現場観測手段を有していない

「みらいⅡ」で取り組むことができる課題

- ① 海洋内部（熱・水・物質循環）の実態解明
- ② 大気-海氷-海洋相互作用の解明
- ③ 生物生産・生態系の変化の理解
- ④ 気象・気候・大気物質輸送の観測研究
- ⑤ 海水観測のための先進的な技術開発
- ⑥ 北極域の古環境復元と構造史の理解
- ⑦ 氷海航行の安全性と経済性の向上

「みらいⅡ」に求められているのは、北極海における人為起源による変化の特定や定量化。その上で全球への影響を把握し、将来予測の精度を向上させることが重要だ。その実現のため、観測データを拡充し、科学的な知見を提供していく必要がある。また、運用に関する予算、人材の育成といったリソースの確保も不可欠になる。



北極海での観測研究のこれまでの概要。青太線は、人工衛星で得られた北極海で9月に観測される年最小海水面積の経年変化。赤星印は1990年以降のその段階で海水面積最小を記録した年の値。Ⅰ：夜明け前、Ⅱ：立ち上がり期、Ⅲ：自立期、Ⅳ：発展期、Ⅴ：拡大期（今後）

含む全海洋におけるオールラウンドな観測研究機能の実装」を挙げる。

「「みらいⅡ」は北極海だけでなく、通常海域での観測活動を実施することも期待されています。そのため砕氷・耐氷性能は、北極海で観測を行う上で必要十分な「ポーラークラス4」を計画。「ポーラークラス」とは、国際船級協会連合（IACS）が定める極地水海船の階級のことです。1～7までレベルがあり、数字が低くなるほど砕氷・耐氷性能が高くなります。4は『多年氷が一部混在する厚い一年氷がある海域を通年航行可能』とされています。この性能に加えて、通常海域の航行性能も両立させ、バランスを考慮した船型を目指しました」

また、さまざまな観測が可能となる機器や設備を持つことも特徴だ。例えば「みらいⅡ」は、ドップラーレーダーを搭載。これにより、雲や降水粒子の落下速度や大気の動きを船上で観測することが可能になる。また船体の中央には、ムーンプールも設置。このプールでCTD観測を実施することで、海水域でも安全に海水の塩分、水温、圧力（深度）を計測することができるのだ。さらに、「みらいⅡ」は、海水域で安全・効率的な航行を行うための支援システムも搭載されるという。

すでに国際観測研究プロジェクトや、若手人材育成を推進するための準備も進められているという「みらいⅡ」。国際研究プラットフォームとして活躍していくことを目標に、2026年の竣工に向けて着実な建造と運用の準備検討が続いていく。

北極域を調べる理由を
YouTubeでチェック！



相反する2つの性能と、強度を兼ね備えた砕氷船

赤根英介（以下、赤根）「みらいⅡ」の大きな特徴は、砕氷船としての機能を持ちながらも、氷のない海でも高い航行性能が要求されていること。その実現に向けて、まずJMUさんには建造工程の初期の段階で「本船の最適な船型、設備はどうあるべきか」を検証していただきましたね。

根津和彦（以下、根津）弊社の強みは、氷海を再現できる「氷海水槽」を国内民間企業の中で唯一持っている点です。そこで本船の建造では、氷海水槽等でさまざまな水槽試験を実施し、「氷を割る」「氷のない海を航行する」という2つの性能を備えるための条件を確認しました。

赤根 また、本船は氷を砕き割りながら航行する必要があるため、船体の強度についても検討していただきました。

根津 例えば、**フォアフット**[※]（砕氷船首）ですね。砕氷船は氷に乗り上げて押し割っていくために、氷にぶつかる先頭の船底部分には外板に鋳物を取り付けて、最も強度が高くなるように設計しています（P19右下の写真を参照）。

赤根 船体外板の一部には、ステンレス鋼と炭素鋼を圧着させた「ステンレスクラッド鋼」という素材も使用しています。

根津 クラッド鋼というのは、接合を行う際に特殊な設備や加工技術が必要となります。しかし、船体と海水との接触による摩擦抵抗を低減するのに大きな効果を発揮するということもあり、本船でも適用することにしました。

今日も続く設計とさまざまな課題

赤根 このように本船がつくられていく様子を間近で拝見していると、JMUさんが設計のフェーズに多くの時間をかけられている印象があります。実際はどうだったのでしょうか。

根津 一般的な船の場合、設計は1年～1年半程度で行うのが通常です。一方、本船の設計には、すでに3年ほど時間をかけており、現在も建造と並行して設計が続けられている状況です。

赤根 残りの設計部分は、船内のラボ区画が中心ですね。

根津 船内の設計で難しいのは、電気の配線です。というのも、砕氷船である本船はプロペラのトルクを制御できる電気推進システムを使用していますし、研究に必要な観測装置にも電気が不可欠です。そのため、通常の船の場合は50km程度で済む電線も、本船の場

JMU
X
JAMSTEC

「みらいⅡ」建造における、「未知なる課題」とは？

2026年の完成に向けて、現在、着実に建造が進められている「みらいⅡ」。実は、その工程の先に「未知なる課題」が存在するという。その壁を乗り越えるためには、どのようなチャレンジが必要なのか。ここでは、北極域研究船推進部部長の赤根英介氏と、「みらいⅡ」の建造を行うジャパン マリンユナイテッド株式会社（JMU）の根津和彦氏が登場。建造に関する課題の背景について語っていただいた。

JMU横浜事業所磯子工場の建造ドックに設置された船体ブロックを船尾側から撮影。

JMU 横浜事業所
北極域研究船建造プロジェクトグループ
根津 和彦氏

JAMSTEC
北極域研究船推進部
部長 **赤根 英介氏**

合は400kmも必要になるのです。また今後は、実際の機器を動かしながら試験を行っていくという作業が残されています。そして最終的には、観測機器などのオペレーションマニュアルも制作していく。ブロック搭載は進んでいますが、まだまだ並行して取り組むべき課題が山積み状態ですね。

「LNG燃料」という未知なる挑戦へ

赤根 建造工程全体という見方をすれば、約4割程度の作業を終了した段階だと思えます。今後の工程で特に重要になるのは、どのような点でしょうか。

根津 本船はLNG燃料でも航行できるような仕様になっていますが、そのあたりのことには苦労がありそうだと感じています。LNG燃料は近年さまざまな船で採用されてきていますが、供給する設備などのインフラ面がまだ十分に整備されてないのが現状です。そのため、今後どのような段取りで行っていくのかを検討していく必要があります。ただ、弊社の別工場ではLNG燃料の取り扱い実績があるため、そのチームと連携を取りながら進めていければと考えています。

赤根 LNG燃料は悩ましい課題です。JAMSTECとしても、LNG燃料の調達先や補給場所などを一から考えていかなければいけません。

根津 建造期間中には、LNGを使った航行の試験をひと通り行う必要もあります。未知の挑戦が続きますが、JAMSTECさんにご協力を仰ぎながら取り組んでいければと思います。

赤根 最後に、根津さんは造る立場から「みらいⅡ」にどのような活躍を期待していますか。

根津 造船所の目線で言うと、まずは氷の海を走る最初の航海から無事帰ってきたいと思っています。また、近年の北極は海水が減少してきていて、さまざまな環境の変化に影響を及ぼしていると聞いています。個人の想いとしては、「みらいⅡ」にその問題解決の中心を担っていただいて、世界に向けて大きな成果をもたらしてほしいですね。



※「みらいⅡ」のフォアフット。先端の丸みに、鋳物を使用されている。砕氷船の船首は一般的に、氷の上に乗せやすく、船の重みで割れるように設計されている。反面、通常の海を航行する場合は燃費を悪くする傾向にある。そのため「みらいⅡ」では、どちらの海でも効率よく進めるようにバランスを考慮して設計されている。

今回教えてくれるのは

教えて!! 海の先生

海に関するいろいろな「?」。
そんな素朴な疑問・質問を
海の先生たちがレクチャー!



赤根 英介 先生

JAMSTEC 北極域研究船推進部
部長を務める先生。P12~P17
の特集やP18~P19の根津先生
との対談もチェック!



根津 和彦 先生

「みらいII」を建造している
JMU 横浜事業所の北極域研究
船建造プロジェクトグループに
所属している先生。



Q 「進水式」って、 どんなことを行うの?



船を建造する上で「進水する」という工程は、とても大きな意味を持ちます。というのも、船は水の上に浮かべることで、初めて「船」になるからです。「進水式」とは、そのような船の誕生をお祝いするイベント。これは、世界各国で古くから行われているもので、船ができあがる過程の中で最も華やかな行事です。

ただ、この進水式の段階では、まだ船は完成していません。お祝いを行った後、^{ぎそう}艤装（船体を進水させた後に、工場の岸壁で船に必要な装備を取り付ける作業）を実施し、「海上公試」といって、実際の海上でさまざまな試験・確認を行います。このような過程を経て、ようやく船としての活動がスタートしていくのです。（根津先生）

また、進水式では、新たに誕生した船に名前をつける「命名式」も同時に行います。建造中の「みらいII」の場合、すでに一般公募で名前が決定しています。しかしながら、このイベントを通じて初めて船体そのものに名前が与えられ、就航後「みらいII」として活躍していくことになります。

命名・進水式は、船にとって大きな節目になる瞬間です。船が初めて水に浮かぶ瞬間を、ぜひ楽しみにしててください。（赤根先生）

建造中の「みらいII」の様子
©JAMSTEC/JMU



vol.2

だから、
研究者に
なった!

研究者は、なぜ研究者になったのか。今回は、岩石力学と地震について研究している、超先鋭研究開発部門 高知コア研究所物質科学研究グループの奥田花也研究員です。

「研究は、自分ひとりの問題じゃない。
誰かの役に立ったり、
何かを理解する新しい視点になったり、
“研究する意味”がないといけません」

奥田氏が地質学に出会ったのは、大学の専門課程。地球惑星物理学科を志望していたが試験の点数が足りず、第二志望の地球惑星環境学科に入るようになったのがきっかけだった。
「ただ、面白かったのは、地質学が専門なのに、一緒に研究している周りの人たちがみな地震学の研究者だったこと。その影響もあって、テーマがだんだんと地震の方に寄っていったんです。今振り返っても、とてもユニークな研究環境だったと思います」



高知コア研究所にて、実験装置の前でコンクリートの円柱を手にする奥田氏。

そして修士2年のとき、転機が訪れる。
「論文を書き進めながら、『好きなことを研究するのと、好きなことを趣味としてやるのは何が違うのか』を考え続けていたんです。そもそも、私の専門は岩石の変形。その意味では、消しゴムを変形させるだけでも私は楽しさを感じます。でも、それと一緒に地震を研究する研究者たちは喜びません。そこで、『自分が研究する以上、他の人に喜んでもらえる内容にしていかなければ意味がないのではないか』と考えるようになったんです」

今、興味を持っているのは、「地震を起こすメカニズムを支配する岩石の変形の物理的なプロセスに対して、反応や溶解といった化学的なプロセスがどう影響を及ぼすか」。これまで培ってきた地質学と地震学を掛け合わせた視点を生かして、巨大地震のさらなる理解に挑戦していく。

奥田 花也

専門は岩石力学。東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻（大気海洋研究所 海洋底科学部門）で博士（理学）を取得。2023年度より現職。2024年、JTRACKに乗船し、沈み込み帯の物質特性がプレート境界断層に与える影響について調査を行った。



賛助会
HPはこちら

賛助会 (寄附) 会員名簿

2024年12月1日現在

国立研究開発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、寄附を頂き、支援していただいております。(五十音順)

株式会社 IHI
株式会社 IHI 原動機
株式会社 アイケイエス
株式会社 アクト
朝日航洋株式会社
アジア海洋株式会社
株式会社 天野回漕店
株式会社 アルファ水工コンサルタンツ
株式会社 安藤 問
株式会社 いてあ株式会社
株式会社 伊藤高圧瓦斯容器製造所
伊藤忠テクノソリューションズ
株式会社
一般社団法人 インダストリアル
推進センター
株式会社 INPEX
潮冷熱株式会社
株式会社 宇津木計器
海のみらい静岡友の会
株式会社 エス・イー・エイ
株式会社 SGK システム技研
NEC ネットワークエス株式会社
株式会社 エヌエルシー
株式会社 NTT データ CCS
株式会社 Jノ島 マリンコーポレーション
MHI マリテック株式会社
MOL マリン&エンジニアリング
株式会社
株式会社 OCC
岡本硝子株式会社
株式会社 OKI コムエコース
沖電気工業株式会社
株式会社 オアシア・オペレーション
海洋エンジニアリング株式会社
海洋電子株式会社

鹿島建設株式会社
カナデビア株式会社
株式会社 カネカ
川崎重工株式会社
川崎地質株式会社
株式会社 KANSO テクノス
株式会社 キュービック・アイ
京セラ株式会社
共立インシュアランス・ブローカーズ
株式会社
極東貿易株式会社
株式会社 きんでん
株式会社 熊谷組
株式会社 グローバルオーシャン
ティハロップメント
株式会社 KSP
KDDI 株式会社
興研株式会社
株式会社 構造計画研究所
神戸ペイント株式会社
広和株式会社
株式会社 COAST
コスモ商事株式会社
株式会社 コノエ
五洋建設株式会社
相模運輸倉庫株式会社
佐世保重工業株式会社
三洋テクノマリン株式会社
三和化成工業株式会社
株式会社 ジー・エス・ユアサテクノロジ
JX 石油開発株式会社
JFE アドバンテック株式会社
株式会社 紫光技研
静岡市
次世代海洋調査株式会社

シチズン時計株式会社
株式会社 SIX VOICE
シナネン株式会社
清水建設株式会社
清水港振興株式会社
シモダフランジ株式会社
ジャパンマリンユナイテッド株式会社
シュルンベルグ株式会社
株式会社 昌新
株式会社 商船三井
鈴与株式会社
株式会社 スペースワン
セイコーウツチ株式会社
株式会社 関ヶ原製作所
石油開発サービス株式会社
石油資源開発株式会社
セナーアンドバーンス株式会社
損害保険ジャパン株式会社
ダイキンMRエンジニアリング
株式会社
大成建設株式会社
ダイハツディーゼル株式会社
大陽日酸株式会社
有限会社 田浦中央食品
株式会社 地球科学総合研究所
中部電力株式会社
株式会社 鶴見精機
株式会社 帝国機械製作所
寺崎電気産業株式会社
株式会社 寺本鉄工所
東亜建設工業株式会社
東京海上日動火災保険株式会社
東京製綱繊維ロープ株式会社
株式会社 東京チタニウム
トーホーテック株式会社

東北環境科学サービス株式会社
東洋建設株式会社
株式会社 東陽テクニカ
株式会社 東和製作所
株式会社 トヨタコンポ研究
ナカシマプロペラ株式会社
株式会社 NAT
西芝電機株式会社
株式会社 ニシヤマ
日油技研工業株式会社
株式会社 ニッスイ
ニッスイマリン工業株式会社
日鉄エンジニアリング株式会社
株式会社 日放電子
株式会社 日本海洋科学
日本気象株式会社
日本軽金属株式会社
日本サルヴェージ株式会社
日本電気株式会社
日本ペイントマリン株式会社
日本郵船株式会社
株式会社 日本インテリジェントビジネス
日本エヌ・ユー・エス株式会社
日本海洋株式会社
日本海洋事業株式会社
一般社団法人 日本ガス協会
日本マントルクエスト株式会社
日本無線株式会社
野村建設株式会社
株式会社 ハイドロシステム開発
濱中製鋼工業株式会社
東日本タグポート株式会社
深田サルベージ建設株式会社
株式会社 フクロジャパン
富士ソフト株式会社

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
株式会社 FullDepth
古野電気株式会社
株式会社 HELLY HANSEN JAPAN
松本徹章株式会社
眞鍋造機株式会社
マリックス・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 マルトー
丸紅エレネクス株式会社
三鈴マシナリー株式会社
株式会社 三井 E&S
三井住友海上火災保険株式会社
三井住友トラストクラブ株式会社
三菱重工業株式会社
三菱重工マリタイムシステムズ
株式会社
三菱造船株式会社
三菱電機株式会社
三菱電機テクノロジーズ株式会社
三菱電機ソフトウェア株式会社
三菱電機ディフェンス &
スペーステクノロジーズ株式会社
株式会社 森京介建築事務所
守谷輸送機工業株式会社
ヤンマーパワーテクノロジーズ株式会社
株式会社 ユー・エス・イー
郵船商事株式会社
横河電機株式会社
横浜ベイサイドマリナー株式会社
株式会社 落雷抑制システムズ
株式会社 ラジアン
若築建設株式会社



地球最後の フロンティア

海への挑戦にご支援をお願いします!

一般寄附金

JAMSTEC の
研究開発活動全般を
ご支援いただく寄附金です。

使途特定寄附金

寄附者の方が
応援したい特定の活動等を指定して
ご支援いただく寄附金です。

募集特定寄附金

JAMSTEC が募集している
特定のテーマへ
ご支援いただく寄附金です。
※不定期募集のため募集していない期間もあります。




JAMSTEC への寄附金は「特定公益増進法人」への
寄附として税制上の優遇措置があります。

詳しくは HP をご覧ください。 <https://www.jamstec.go.jp/j/about/support/>

寄附金についてのお問合せ
海洋科学技術戦略部 対外戦略課
kifu-info@jamstec.go.jp