

深海探査研究と技術開発

2024年7月24日 第1回AUV官民PF全体会議

国立研究開発法人海洋研究開発機構 (JAMSTEC)

理事 河野 健

目 次

1. JAMSTECの沿革
2. 深海は研究テーマの宝庫
3. 深海探査機器の変遷
4. 超深海を目指して
5. 研究から産業へ
6. 産業化を見据えた新たな取り組み

JAMSTECフリートと主な水中機器

地球深部探査船 **ちきゅう**

南海トラフ地震発生帯の掘削調査、海底資源調査等を実施

56,752トン

2005年引渡し・全長210m・喫水9.2m
定員200名

北極域研究船 **みらいII**

ICE CLASS: PC4
砕氷：1.2m@3kt

13,000トン

2026年度引渡し予定 全長128m・喫水8m
定員97名

海洋地球研究船 **みらい**

高精度多項目の海洋・大気の観測が可能。北極海、熱帯域やインド洋等の調査を実施

8,706トン

1997年引渡し・全長128.5m
原子力船「むつ」進水から54年
喫水6.9m、定員（研究者46名、船員34名）

海底広域研究船 **かいめい**

高性能の調査機器を装備し、海底資源研究や地震研究のための海底広域調査等を実施

5,747トン

2016年引渡し・全長100.5m・喫水6.3m
定員（研究者38名、船員27名）

深海潜水調査船支援母船 **よこすか**

「しんかい6500」の母船として海底地形調査や生態系調査を実施

4,439トン

2019年度から
共同利用公募にも利用

1990年引渡し・全長105.2m・喫水4.7m
定員（研究者15名、船員45名）

HOV 有人潜水調査船 **しんかい6500**

1990年完成・最大潜航深度 6,500m
搭乗可能人員3名 全長9.7m・幅2.7m
速度 2.7ノット

学術研究船 **白鳳丸**

東京大学大気海洋研究所が行う研究船共同利用公募に利用
多目的な研究航海が可能

4,073トン

2019年度から2021年度に
船体及び観測装置・設備を改造

1989年引渡し・全長100m・喫水6.3m
定員（研究者35名、船員54名）

東北海洋生態系調査研究船 **新青丸**

東京大学大気海洋研究所が行う研究船共同利用公募に利用
近海域での総合的な調査が可能

1,635トン

2013年引渡し・全長66m・喫水5.0m
定員（研究者15名、船員26名）

AUV 自律型無人探査機 **じんべい**

2012年完成・最大潜航深度 3,000m
全長4.0m・幅1.1m
速度2.5ノット

AUV 自律型無人探査機 **うらしま**

2000年完成・最大使用深度 3,500m
全長10.0m・幅1.3m
速度 2.5ノット

無人探査機 **ハイパードルフィン**

2000年完成・最大潜航深度 4,500m
全長3.0m・幅2.0m・4.3トン

無人探査機 「かいこう」システム

2013年完成・最大使用深度 4,500m
全長3.0m・幅2.0m・5.2トン

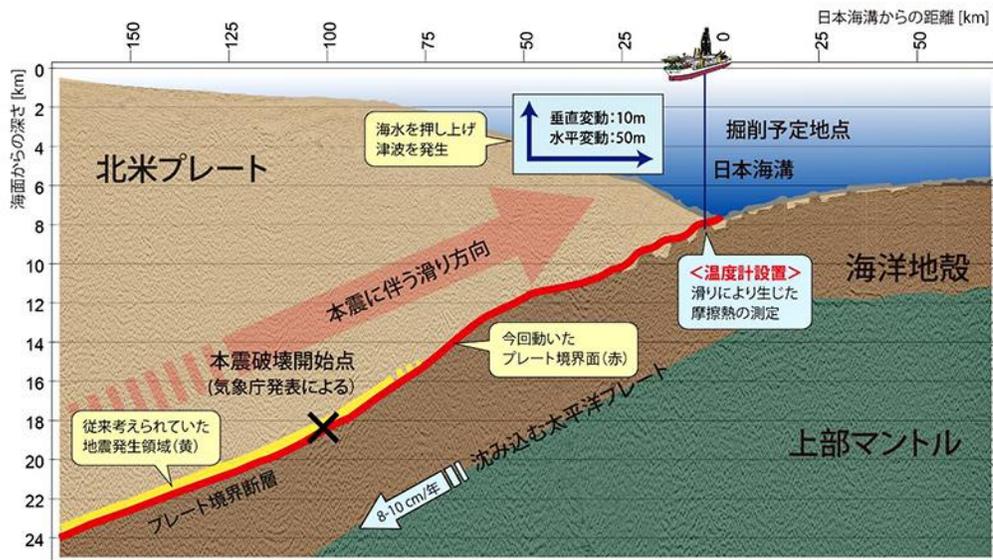
無人探査機 **KM-ROV**

2016年完成・最大潜航深度 3,000m
全長2.9m・幅約1.7m・3.9トン

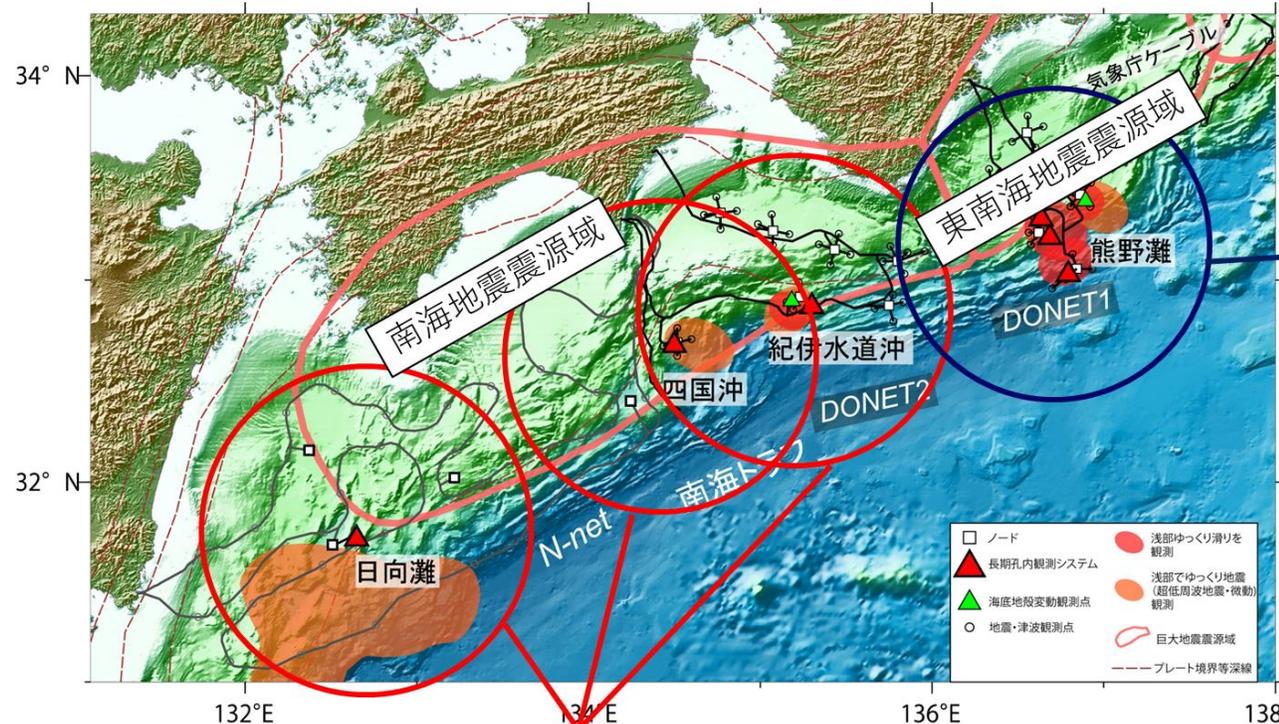
Japan Trench Fast Drilling Project (JFAST)

2012年4月1日～5月25日・7月5～19日

なぜ海溝付近で大規模なすべりが起こったのかを理解する。



南海トラフゆっくり滑り断層観測監視計画

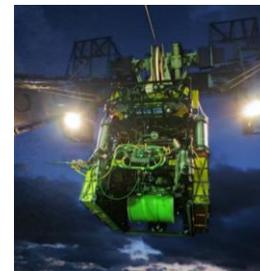
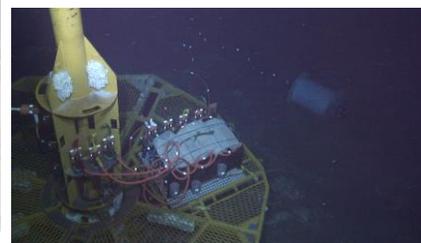


南海地震～日向灘震源域：紀伊水道沖・四国沖・日向灘へ長期孔内観測システムを新設、リアルタイムの観測・監視を行う。

プレート境界断層の特徴

今年9月に再訪!
(JTRACK)

- 断層帯の厚さは約 4 m (1mの回収)
- 断層運動によって著しく変形したもろい岩石
- 赤茶色/黒茶色の遠洋性粘土を起源
- 断層物質の約 8 割は「スメクタイト」という水分を含む滑りやすい粘土実験により、摩擦熱によって粘土中の水が膨張し、さらに滑りやすくなることが判明した。



海底探査機器を使ったコバルトリッチクラスト調査の例

従来：

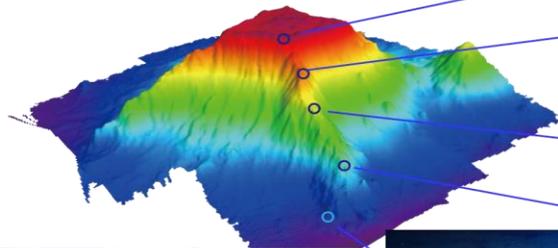
クラストは長時間かけて海山の上で成長する。従って、古い海山で見つかる蓋然性が高い。日本近海は古いプレート上にあるが、大陸に近く、堆積物が増え成長を阻害する上、従来の調査で日本近海からは採取されず。そこで拓洋第5海山が有望とされた。（確かにクラストは存在）

動機：

古い海山が良いのはシンプルで魅力的。太平洋プレート上(北西隅)で改めて新たな手法（ROV調査）で調査する価値があるのでは？

拓洋第3海山

どの水深にもクラストが一面に広がる



1400-1700m付近



2500-2700m付近



4300m付近



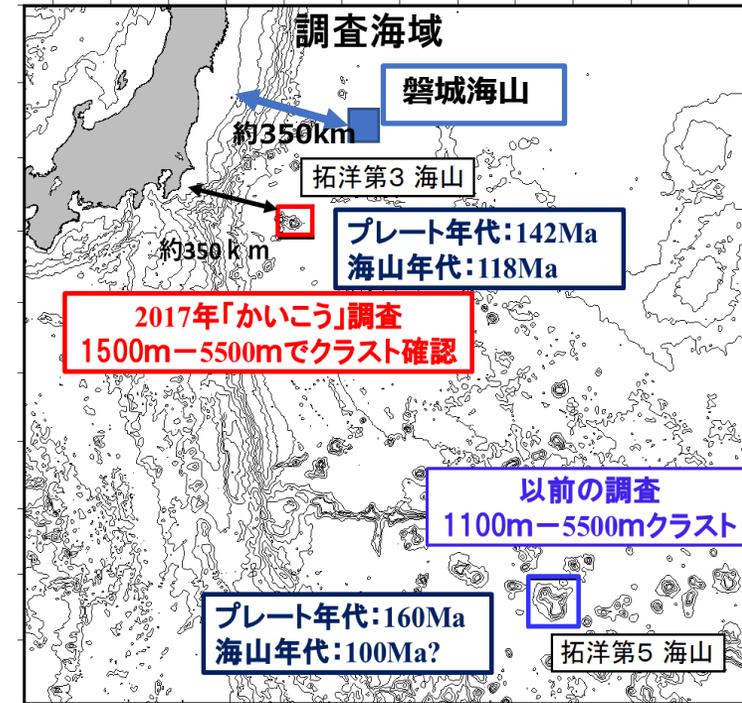
3200m付近



5500m付近



西太平洋海域最大級の厚み（13cm）のクラストを確認



結果：

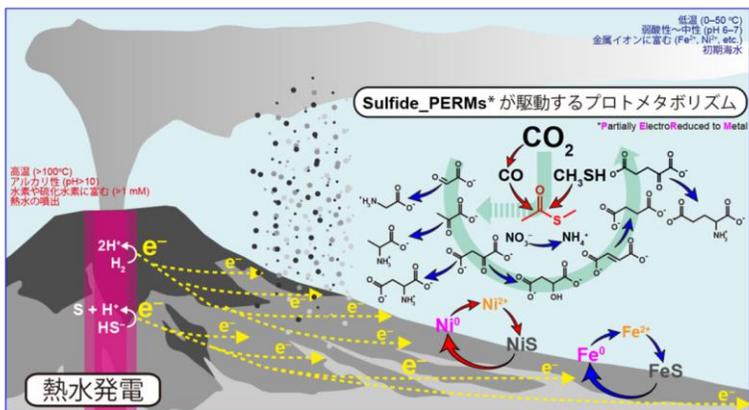
日本に近い拓洋第3海山でも分厚いコバルトリッチクラスト層を発見。また、より日本に近い磐城海山でも発見された。

深海は研究テーマの宝庫（生命研究）



アスガルド属のアーキア培養に成功。古細菌がミトコンドリアの祖先を取り込み真核生物に進化したという説を強力に支持

「生命誕生の場 = 深海熱水」説を支える
深海熱水電気化学金属原始代謝モデル最新版提示



Kitadai et al., Commun. Chem. 4, 37, 2021

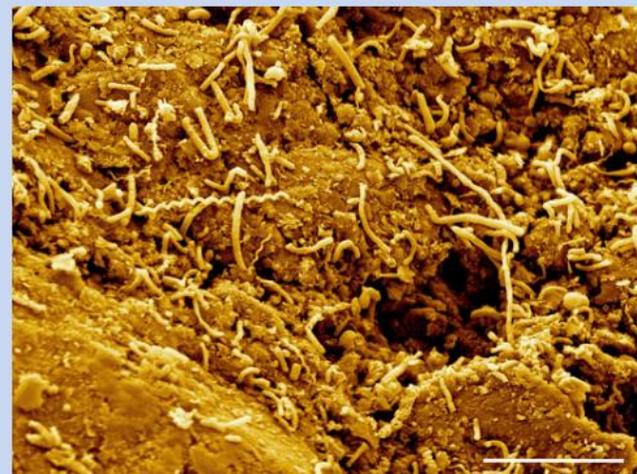


原始深海熱水における電気化学的条件を再現した実験によりチオエステル合成に成功。
無機物から「エネルギー通貨、タンパク質前駆体・脂質前駆体の原始的代謝」成立が実証。
「深海熱水電気化学メタボリズムファースト仮説」実証がほぼ確実

世界最深の海底下微生物群集と生命圏の限界を発見 2015.7.24.
—石炭・天然ガスの形成プロセスを支える「海底下の森」が存在—

地球深部探査船「ちきゅう」による統合国際深海掘削計画 (IODP) 第337次研究航海「下北八戸沖石炭層生命圏掘削」により青森県八戸市沖の約80kmの地点 (水深1,180m) から採取された海底下2,466mまでの堆積物コアサンプルを分析した結果、海底下に埋没した約2000万年以上前の地層に、陸性の微生物生態系 (石炭の起源である森林土壌の微生物群集) に類似する固有の微生物群集が存在することを発見しました。それらの微生物群集は、堆積物1cm³あたり100細胞以下と極めて微量であり、海洋科学掘削により、世界で初めて海底下深部の生命圏の限界域に到達したことを示唆しています。

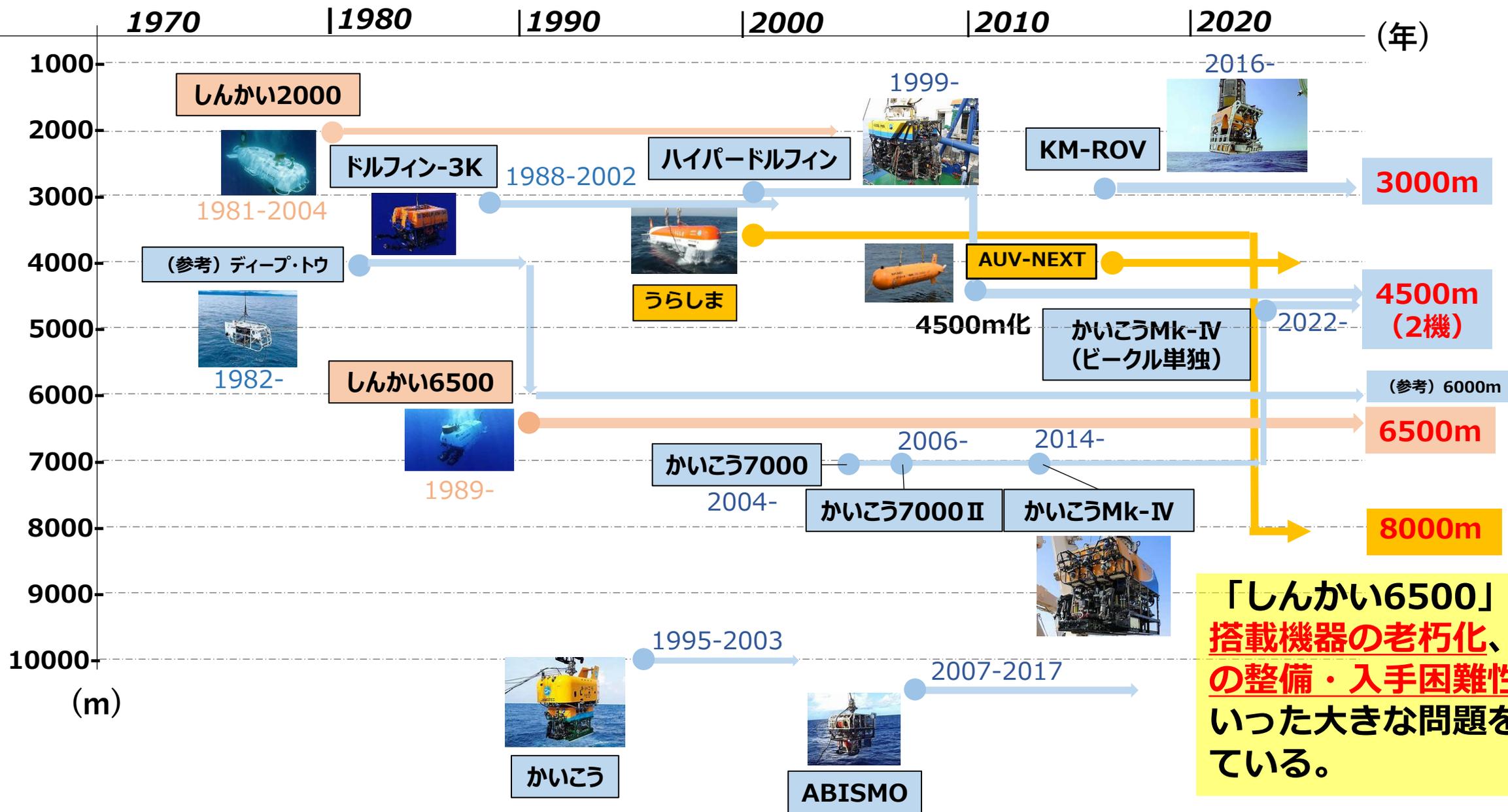
一方、栄養源に富む海底下約2kmの石炭層では細胞数が100倍以上増加する傾向が認められました。石炭層から採取されたサンプルを用いて、下降流懸垂型スポンジリアクターによる培養を試みたところ、天然ガス (メタン) を生産する世界最深の嫌気性微生物群集の培養に成功しました。



海底下約2kmの石炭層を含むコアサンプルから、バイオリアクターを用いて培養された世界最深部の海底下微生物群集の走査型電子顕微鏡写真。石炭を栄養源として有機物を分解しメタンを生産する。スケールは5 μm (1 μmは1/1000ミリ)。
写真提供: 井町真之 (JAMSTEC)

論文タイトル: Exploring deep microbial life in coal-bearing sediments down to ~2.5km below the ocean floor.

掲載誌: Science magazine, July 24th 2015,
doi:10.1126/science.aaa6882



**「しんかい6500」は、
搭載機器の老朽化、部品
の整備・入手困難性と
いった大きな問題を抱え
ている。**

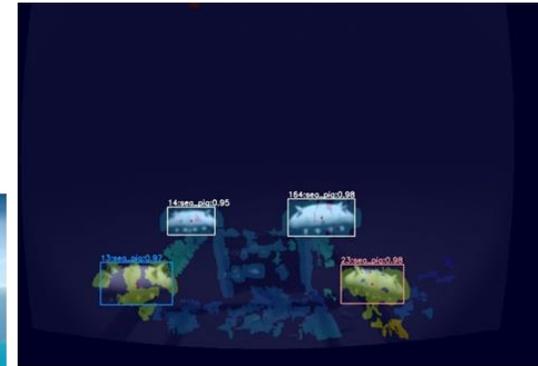
6,500m以深での試料採取機能を搭載した 非ケーブル依存の新コンセプト無人探査機

特長

- ・ 高速音響通信による遠隔制御 ※但し伝搬遅れあり
- ・ 小型ビークルによる調査範囲の拡大
- ・ 軽量の試料採取機能
- ・ AIによる自律機能の強化



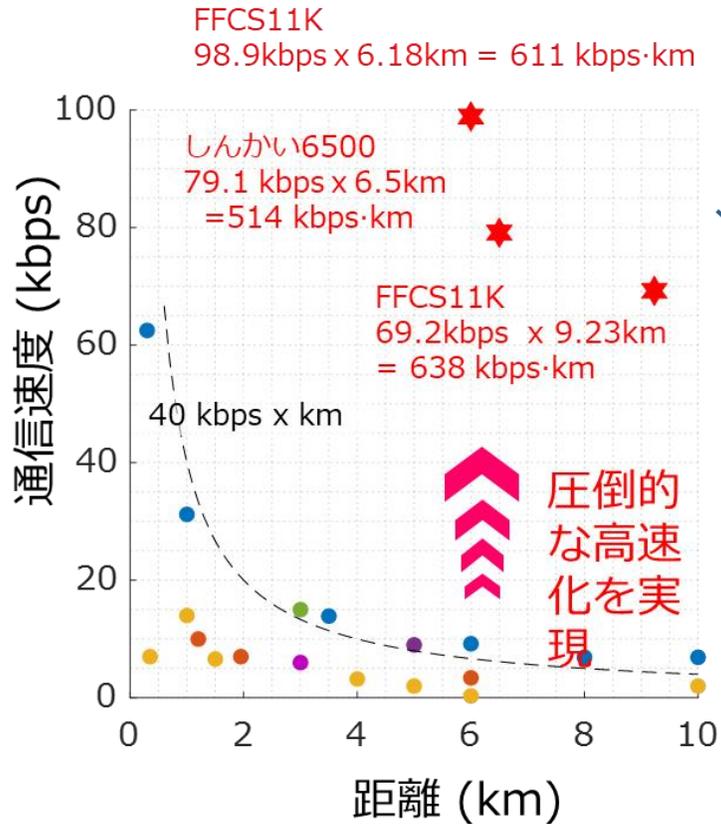
深海（9,200m）における実証試験 対象の自動識別とマニピュレータの位置制御



2023/7/4
12:08:28 (深度9211m)
画像処理結果画像
(1) カメラ映像
(2) ステレオ映像から
計算した視差の
カラーマップ
(3) 検出・追跡中の物体
の検出枠・名称・
個別番号



研究から産業へ (ただし、シーズベース)



★ 開発した通信装置
● 市販の通信装置



セルロースから一気にグルコースに分解する酵素の発見

深海生物がもつ有用機能を産業化する支援となすべく、バイオリソースを実費で提供

深海バイオリソース提供事業

事業の目的

- 深海バイオリソース: 日本領海及びEEZ内から採取したサンプルを提供
- 民間企業様 大学・研究機関様: 産業利用・学術利用の双方にご利用いただけます
- イノベーションの共創へ: 深海微生物の産業利用を促進

権利関係		費用(税込)	
オリジナル	複製物	改変物等	
所有者	共有	利用者	分譲
知財権	利用者*	利用者	微生物
			菌株
			1株あたり
			1,100円
			5,500円
			1株あたり
			2,750円
			2,750円

●問い合わせ
国立研究開発法人海洋研究開発機構 海洋機能利用部門 生命工学センター
〒237-0061 神奈川県横浜市長谷町2-15 海洋研究開発機構 経営本部 本館4F
TEL:046-867-9707 E-mail: bioresource@jamstec.go.jp 公式HP



内閣府 戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) 第1期課題「次世代海洋資源調査技術 (海のジバング計画)」研究成果

垂直方向への音響通信。市販品の10倍の速度を達成。水平方向の高速音響通信も開発中。

海洋鉱物資源開発時に必要な環境影響評価手法の規格 (ISO) 化

1 : 海底鉱物資源調査



目標：AUVの要素技術開発 (第4章参照)
 出来ること：ある程度妥当な期間とコストでの、AUVによる日本のEEZ全域の海底鉱物資源の調査

3 : 生物・深海調査



目標：7,000mを超える水深へアクセスできる捕獲機能を有するホバリング型AUVの開発
 出来ること：超深海生物の生態の把握や研究

2 : 海底地震観測への活用 (ゆっくりすべり地震の徹底観測)



目標：通信技術向上
 出来ること：AUVによる海底地震計のデータ回収を通じた「ゆっくりすべり」の徹底観測

4 : 環境モニタリング



目標：生物多様性条約第15回締約国会議において合意した、世界の陸と海の30%以上の保全を柱とする新たな目標「30 by 30」の達成。
 出来ること：環境ゲノム解析用航行型AUVによる海水のサンプリングや、ホバリング型AUVによる海底面の生物画像の取得など。

(画像出典：
https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/ocean_policy/content/001378597.pdf)

欧州の海洋産業の主な動向

欧州では既存のオイル・ガスや軍事産業に加え、2050年カーボンニュートラルを見据え、洋上風力発電事業を中心とした事業が拡大するなど、海洋産業も多様化

①特徴ある技術をもったスタートアップ企業設立

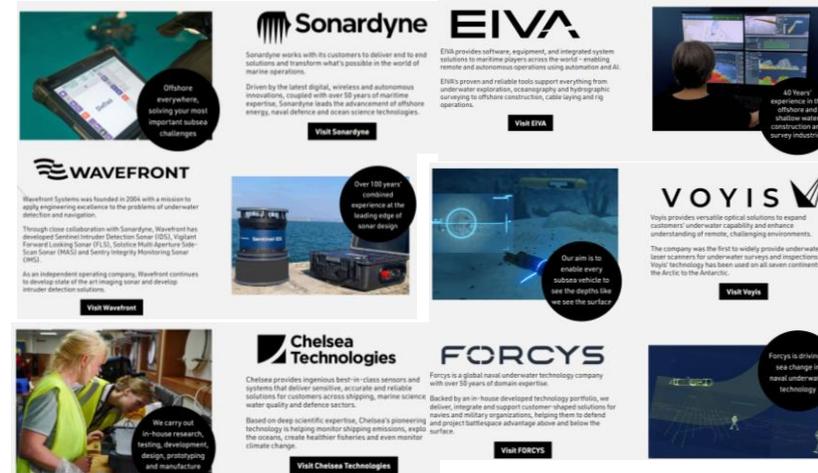


SEABER社

SEABER社が開発した小型AUV。
画像出典：Seaber ©

- 2020年設立
- 23,000ユーロから購入でき、一人でも簡単に運搬できる、空中重量8kg、全長1m程度の小型安価なAUV等を製造

②巨大資本によるグループ企業の拡大



Covelya Group

画像出典：Covelya Group
ホームページ

- 音響を中心とした水中機器メーカーのSonardyne社が2008年にWavefront Systems社を買収
- 以降、特にここ数年は毎年のようにグループ拡大
- 現在グループ企業は6社

③全体システムの無人化



Ocean Modules社 & ACC Innovation社

- とともにACC group傘下
- ACC Innovation社の無人航空機：UAVで、Ocean Modules社の小型のROVを吊り下げて運用する構想

【オランダ&ノルウェー SolarDuck社】 2024年5月

オランダとノルウェーを結ぶ水上太陽光発電会社であるソーラーダックは、東京にオフィスを開設し、日本市場およびより広いアジア太平洋地域へのコミットメントを強化していく。



(画像出典：
<https://www.oedigital.com/news/513598-japan-s-first-offshore-solar-demonstrator-hits-water-in-tokyo>)

【オランダFugro社】 2024年6月

日本の新館県村上市と胎内市の沖合で684MWの洋上風力発電所開発の用地特性評価契約を締結。



(画像出典：
<https://www.oedigital.com/news/514796-fugro-gets-offshore-wind-survey-job-in-japan>)

(画像出典：
<https://www.oedigital.com/news/513951-ocean-infinity-and-cyan-renewables-team-up-for-asia-pacific-s-offshore-wind>)



【イギリスOcean Infinity社】 2024年5月

Ocean InfinityとCyan Renewablesがアジア太平洋地域の洋上風力発電で提携。両社はアジア太平洋地域の洋上再生可能エネルギープロジェクトに包括的な海洋情報サービスを提供することを目指す。

(画像出典；
<https://www.oedigital.com/news/513957-uk-mooring-specialist-enters-japanese-floating-wind-market>)



【イギリス First Marine Solutions社】 2024年6月

係留のスペシャリストであるファーストマリンソリューションズは、三井物産と北拓の合併会社であるホライズン・オーシャン・マネジメント(HOM)と、日本の浮体式洋上風力発電分野向けの係留戦略関連サービスの開発に関する協業契約を締結。

まとめ

- JAMSTECは研究機関。研究を支える船舶、探査機の運用と技術開発を推進。そのため、「深海指向」「特殊な技術を開発する傾向」がある。産業界がやらないような挑戦的な開発こそ本分といえるかもしれない。
- 先端的な研究成果、挑戦的な技術開発によって生み出される知見や技術の一部に産業応用が可能なものはないか、というシーズ先行型の産業化を試みてきた。
- これだけでは不十分と認識。そこで、ニーズを発掘したり、技術の状況を踏まえた大きなビジョンを作るような部署を新設し、海外調査などを行っている。このような調査結果や、機器開発の経験、運用のノウハウで官民PFに貢献していきたいと考えている。
- 海外の海洋調査産業は発展中。日本にも進出しようとしている。この官民PFでそれらの動向を共有しつつ、日本の海洋産業をどのように構築していくか、知恵を出し合うことが必要。