

# ROVから水中ドローンに至る道



大型ROV：海底鉱物資源コバルトリッチクラスト採掘試験機@テクノオーシャン2021

東京大学名誉教授 浦 環

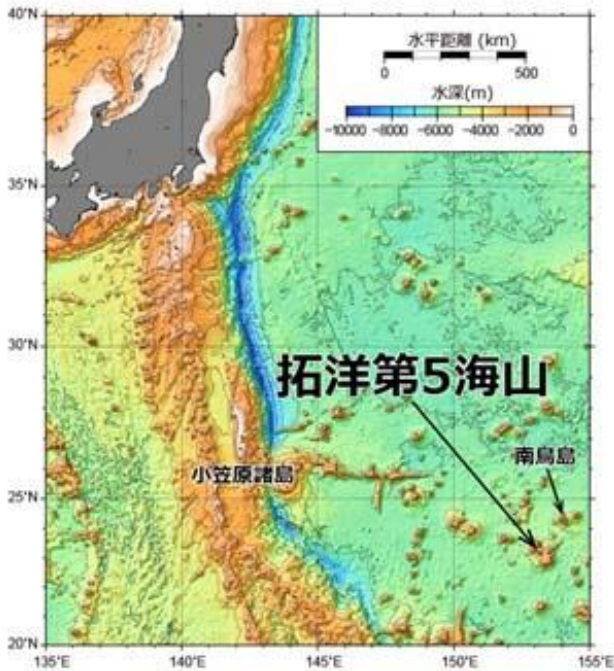
# ROVから水中ドローンに至る道

海域利用者のニーズとのマッチングにより、海の次世代モビリティの我が国沿岸・離島地域における新たな利活用を推進

- 第一部 ROVやAUVの活躍
- 第二部 誰でも使えるUSV・ROV・AUVなのか
- 第三部 誰も行けないところへ行くROV
- 第四部 電池内蔵型ROV
- 第五部 誰でも使える AUV
- 第六部 なぜ日本のAUVは普及しないか
- 第七部 本講演の総括

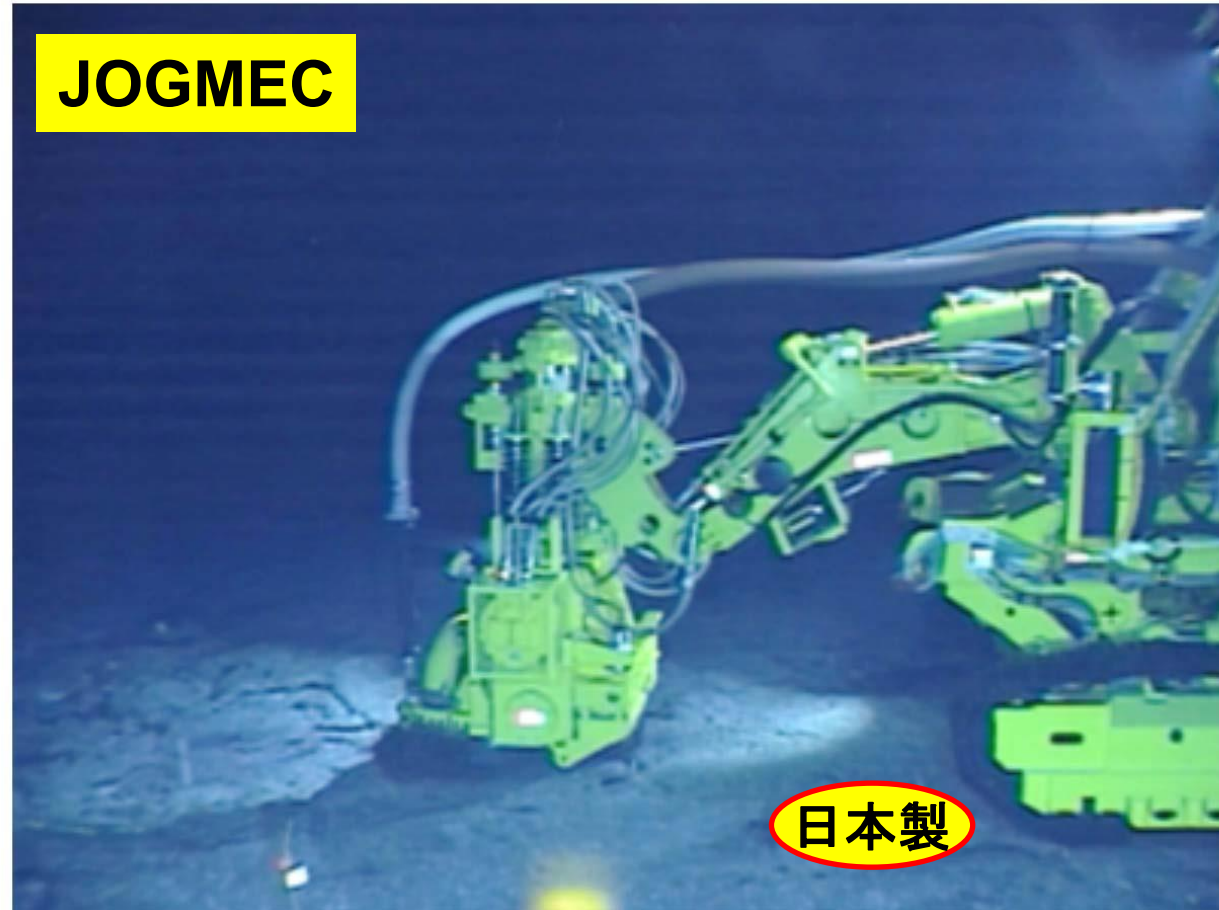
# 海底鉱物資源 コバルトリッチクラスト

2020年拓洋第5海山930m深度で  
採鉱・揚鉱試験に成功



## 第一部

# ROVやAUVの 活躍



遠隔操作無人探査機(ROV)から見た掘削の様子

[https://www.jogmec.go.jp/news/release/news\\_U1\\_U0U162.html](https://www.jogmec.go.jp/news/release/news_U1_U0U162.html)

2016年2月9日 CRC PRESS発表

コバルトリッチクラストの写真

約2mの高さから

AUVは詳細な調査を既に行っている

AUV「BOSS-A」撮影



東京大学

日本製

# AUV搭載の音響装置によるコバルトリッチクラストの厚さ計測 厚さ約100mm

AUV「BOSS-A」計測

開発したパラメトリックソナーにより  
非接触で厚さ計測ができる

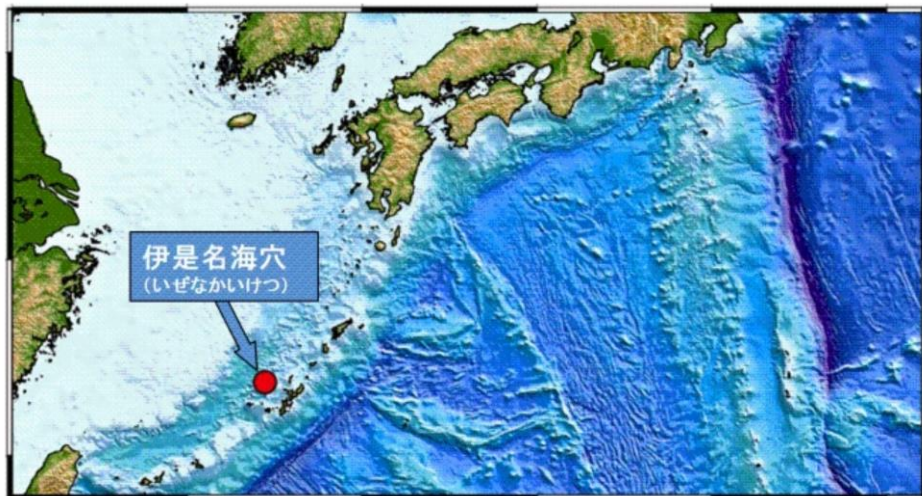


日本製

東京大学

# 海底鉱物資源 熱水鉱床

2017年伊是名海穴1600m深度で  
採鉱・揚鉱試験に成功



採鉱・揚鉱パイロット試験の概念図

熱水鉱床の揚鉱は  
さらに4年前に成功している

# 2008年東京大学生産技術研究所は JOGMECと共同で伊是名海穴熱水地帯の 詳細調査をAUV「r2D4」を用いておこなった 潜航計画図

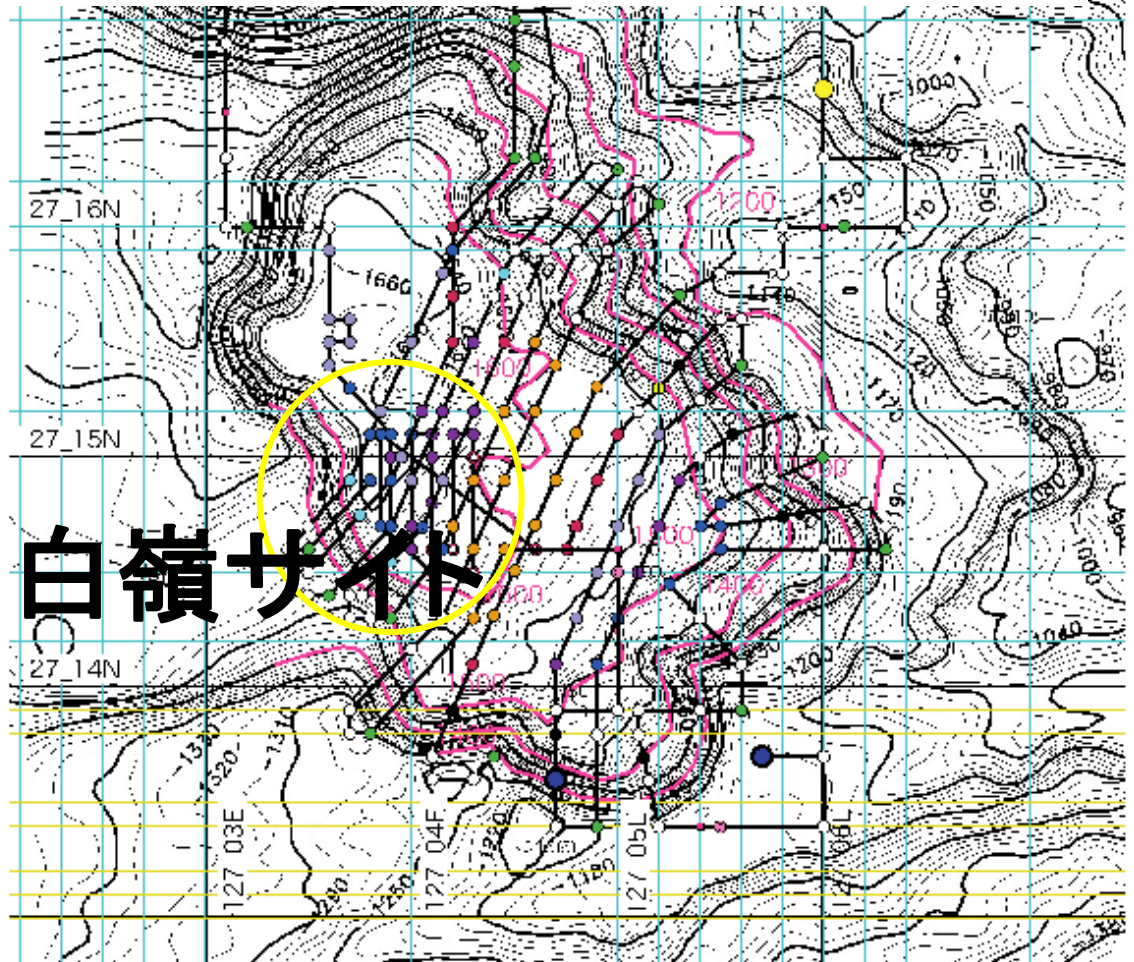
途中で中止した潜航については潜航した地点まで記述



日本製

AUV「r2D4」

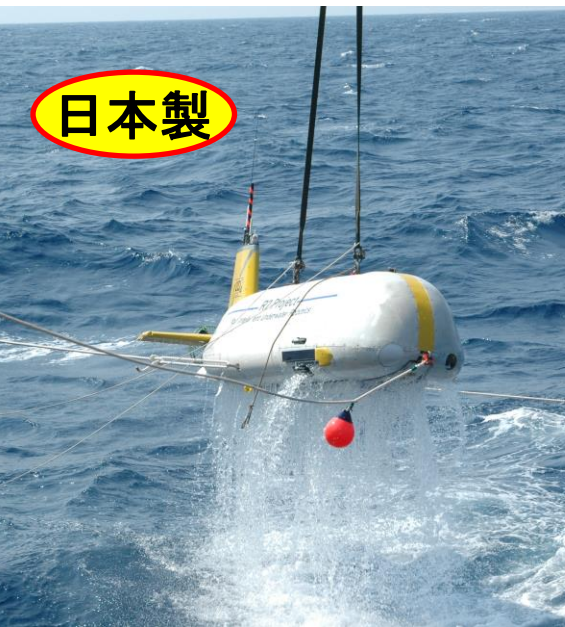
東京大学



白嶺サイト

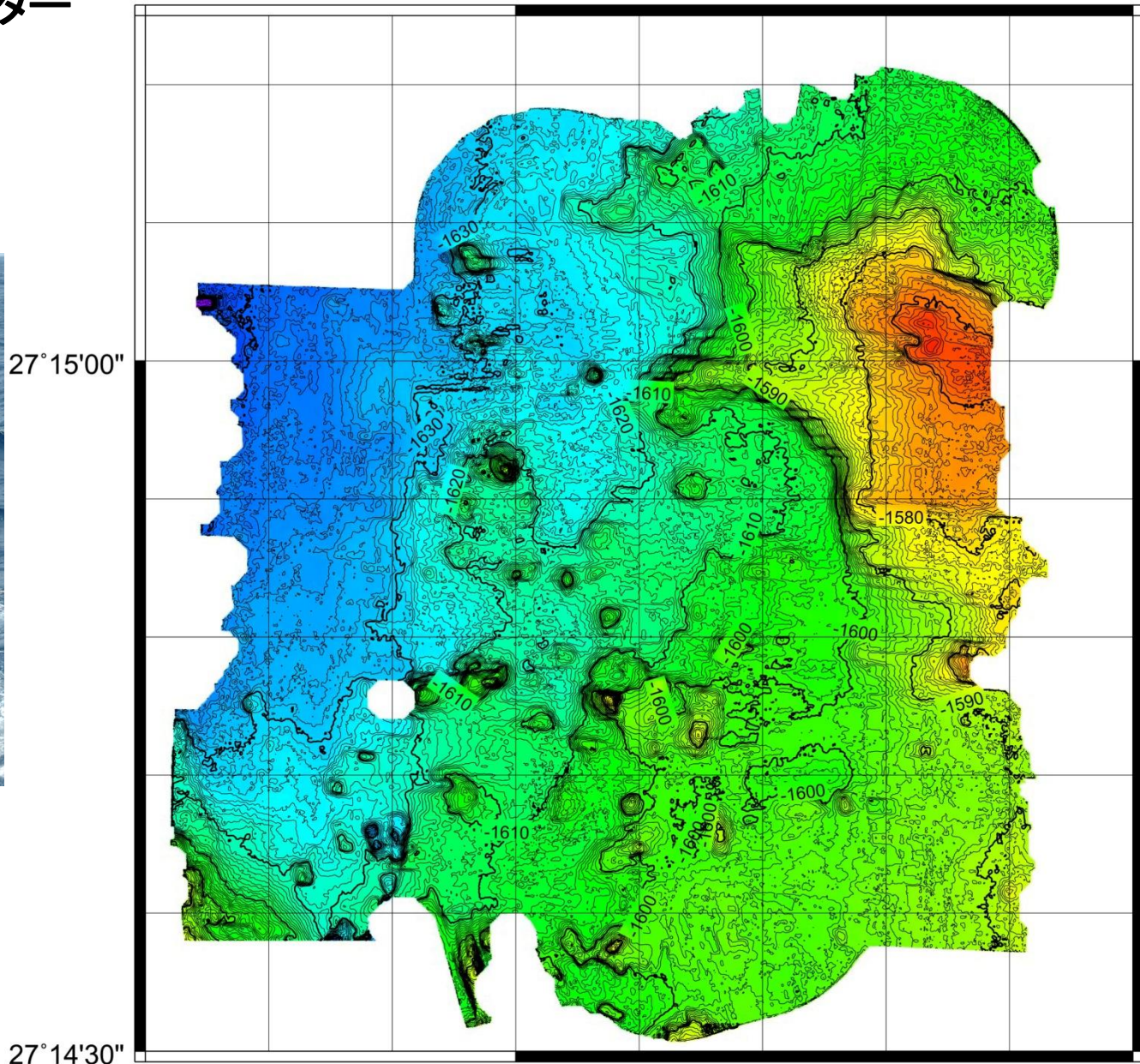
# AUVが計測した白嶺サイトの詳細な地形図

IFSによる1mコンター



日本製

AUV「r2D4」



27°14'30"

127°04'00"

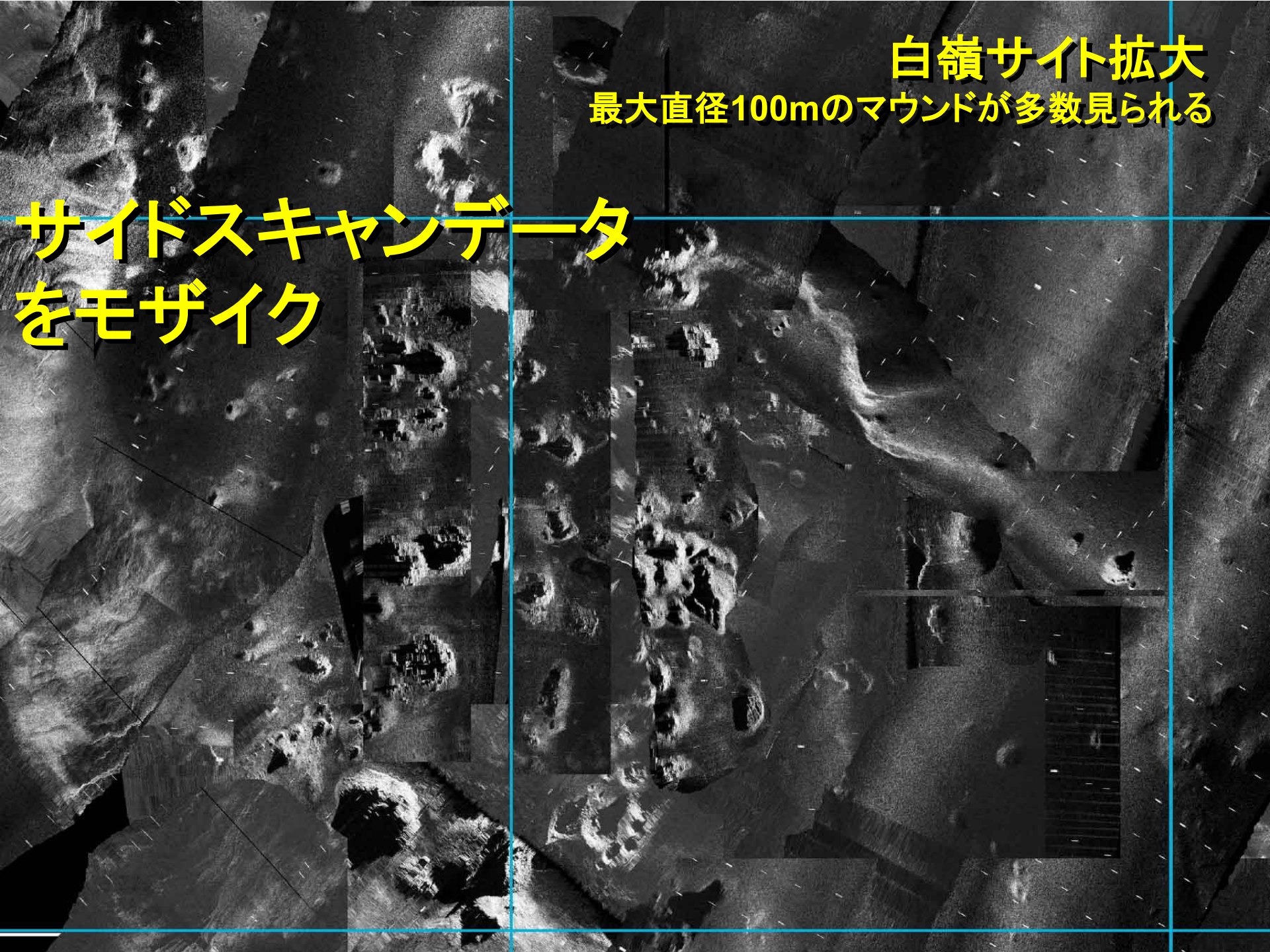
127°04'30"



# 白嶺サイト拡大

最大直径100mのマウンドが多数見られる

# サイドスキャンデータ をモザイク



AUV “r2D4”のサイドスキャンソナーによって  
高度60mから撮影された  
伊是名海穴白嶺サイトの熱水マウンド群  
2008年11月、水深1,600m



700m x 300m

本データをベースにJOGMECは伊是名海穴を調査し、揚鉞した。



第二部

誰でも使える  
USV・ROV・AUV  
なのか

マルチコプターは誰でも使える

誰でも使える USV  
誰でも作れる USV

USV: Unmanned Surface Vehicle  
小型無人船 (ASV)

無線やGPSが使えるのでAutonomousで  
ある必要はない

日本製

XPRIZE (Team Kuroshio)

より

誰でも使える USV  
誰でも作れる USV

## USVの特徴

法律の規制がある

USVは

漁船に代われるか？

日本製

使う頻度は十分にあるか？  
使い勝手は良いか？  
初期投資は莫大なの？


誰でも使える ROV

海外製

現在日本で使われている  
大型ROV①

JAMSTECのハイパードルフィン

ROV: Remotely Operated Vehicle



誰でも使える ROV

海外製

1980年代に  
海底石油開発の進展にともない  
技術が確立

Work Class ROV



現在日本で使われている  
大型ROV②

海外製

日本サルヴェージのQuaser 8



# KCSのROV「MARCAS-V」

長さ4.5m × 幅3.1m × 高さ2.7m  
重量: 8.7ton、最大深度3,000m

現在日本で使われている  
大型ROV③



海外製

海外製

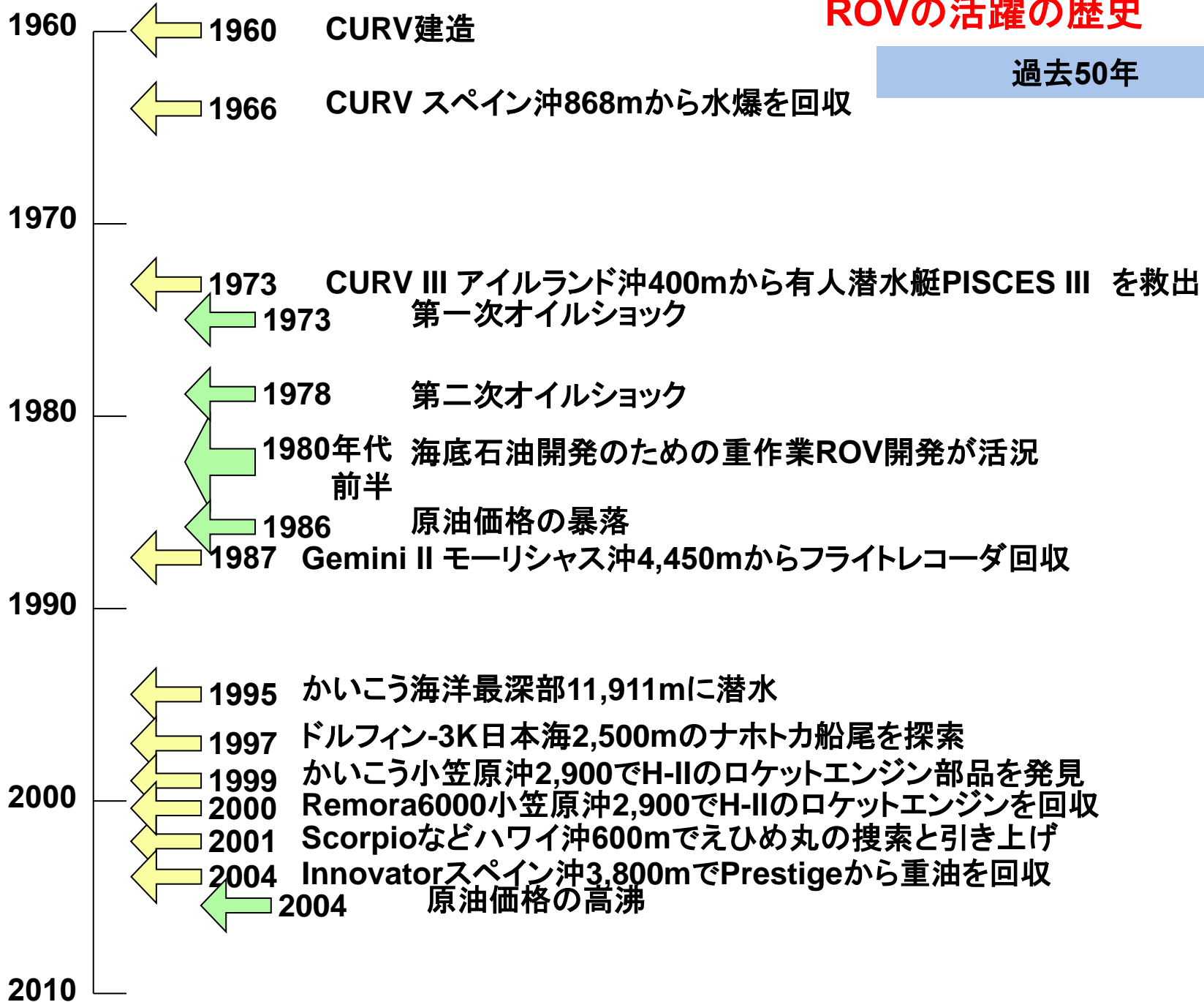
こんなに大きい

大きさをご覧ください

深海で作業するには、流れや波に対抗するために小型ROVは使いにくい

# ROVの活躍の歴史

過去50年



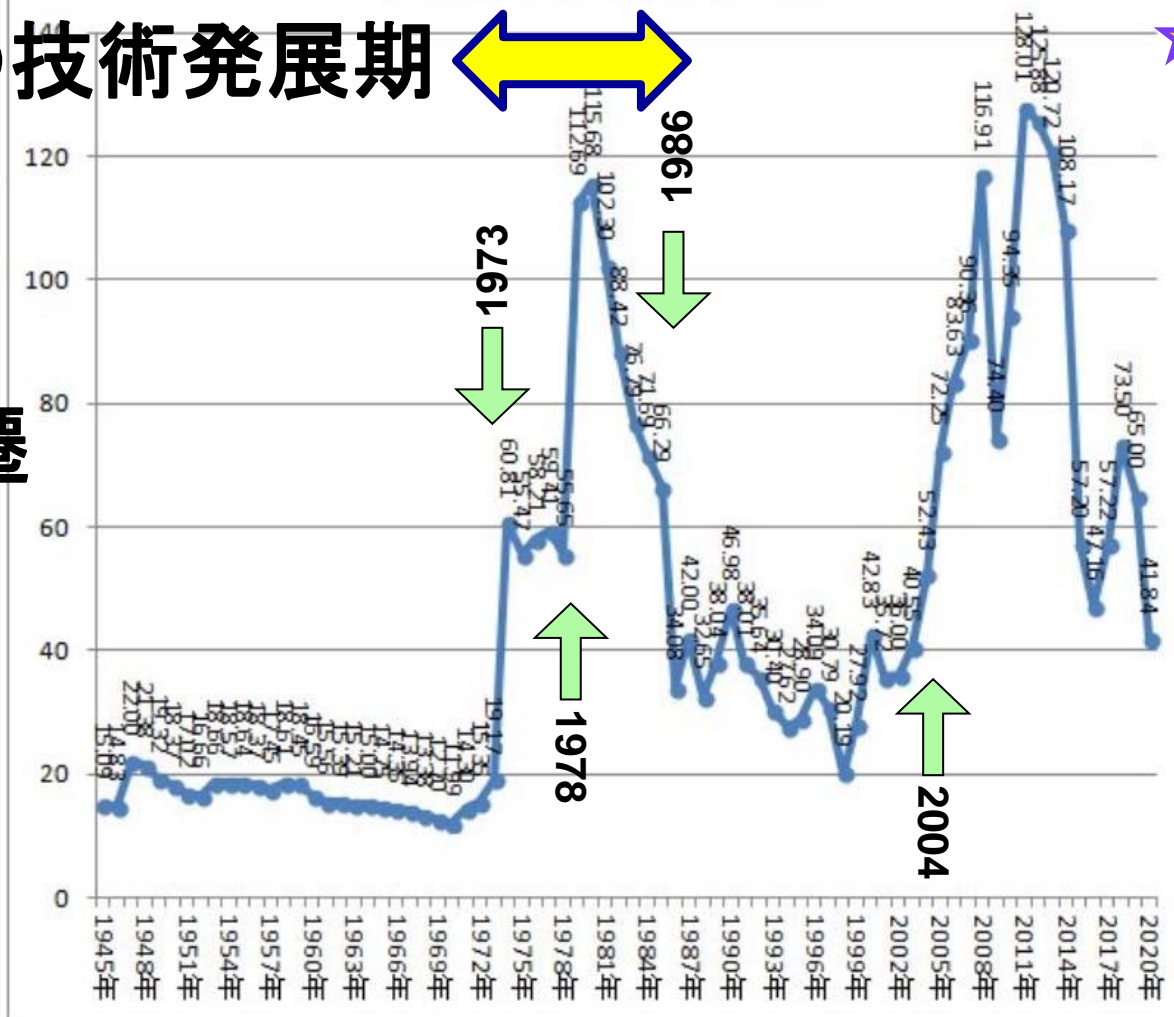
# 海洋開発投資は油価に依存する



(1945～1983年はRas Tanura(サウジアラビアの最大の原油積出港)の価格・1984年以降はブレント(Brent)原油価格、直近年物価調整価格、米ドル)

大型ROVの技術発展期

原油価格の変遷



↑ 原油価格(1945～1983年はRas Tanura(サウジアラビアの最大の原油積出港)の価格・1984年以降はブレント(Brent)原油価格、直近年物価調整価格、米ドル)

1960 ← 1960 CURV建造

1973年から1986年までの高い油価のおかげで  
ROV技術が成熟し、その後の発展に繋がる

1970  
1973 ← CURV III アイルランド沖400mから有人潜水艇PISCES III を救出  
1973 ← 第一次オイルショック

1980  
1978 ← 第二次オイルショック

1980年代前半  
1980年代 ← 海底石油開発のための重作業ROV開発が活況

1986 ← 原油価格の暴落

1987 ← Gemini II モーリシャス沖4,450mからフライトレコーダ回収

1990  
← 商用2,000m級ROV

1995 ← かいこう海洋最深部11,911mに潜水

1997 ← ドルフィン-3K日本海2,500mのナホトカ船尾を探索

1999 ← かいこう小笠原沖2,900でH-IIのロケットエンジン部品を発見

2000 ← Remora6000小笠原沖2,900でH-IIのロケットエンジンを回収  
2001 ← Scorpioなどハワイ沖600mでえびの搜索と引き上げ  
← 商用3,000m級ROV

2004 ← Innovatorスペイン沖3,800mでPrestigeから重油を回収

2004 ← 原油価格の高沸

2010

# 日本における大型ROVのニーズ

日本近海には海底油田がほとんどないために  
高額な大型ROVのニーズは限られている

海底ケーブル敷設

深海に関わる科学的調査

今後は

沖合洋上風力発電施設

に関係するニーズが期待できる

シンポジウム:海の次世代モビリティで取り組む海の課題解決

## 誰でも使える 小型・中型ROV

海域利用者のニーズとのマッチングにより、  
海の次世代モビリティの  
我が国沿岸・離島地域における  
新たな利活用を推進



# 誰でも使える 小型・中型ROV

## 小型ROV(カメラロボ)の歴史

1984年  
MiniRover 20kg

Christopher Nicolson  
が開発

Deep Sea Systems  
International, Inc.



海外製





Sylvia Earle



Phantom ROV

Deep Ocean Engineering (DOE)  
Founded by Graham Hawkes with Sylvia

1988年

BergenでのROV Sympo.

海軍が数多く購入する

# 日本の誰でも使える LC-ROV (Low Cost ROV)

東京大学生産技術研究所が、水中ロボットを使って東日本大震災の津波による行方不明者の捜索を進めている。岩手県大槌町の沖合で海を探索し、遺体2体を発見した。浦環教授(海中ロボット学)

## 東大生産研チーム

らのチームは、4月29日から3日間、三井造船の協力を得て、同社の水中ロボット「RTV」2台を投入した。ロボットは長さ80センチ、幅55センチ、600メートルのケーブルで船上と

### 岩手の津波不明者捜索

## ロボットが2遺体発見



日本製

つながり、遠隔操作でプロペラを動かして海中を約8センチ移動、カメラで海底を探

た。

その結果、大槌町の約500メートル沖合で水深23メートルの海底から、同約500メートル沖合で同21メートルの海底にそれぞれ遺体を発見。海防庁によって引き揚げられた。浦環教授は「水深10メートルを超えるとダイバーによる捜索が難しくなる。国内に水中ロボットは数百台あるのだから、その活用をもっと考えるべきだ」と話している。



## 2011年震災後の大槌湾や志津川湾などの海底調査

三井造船・東京久栄にお世話になりました

# 誰でも使える 小型ROV

## 1980年代よりLC-ROVとして世に出る

東大生産研チーム

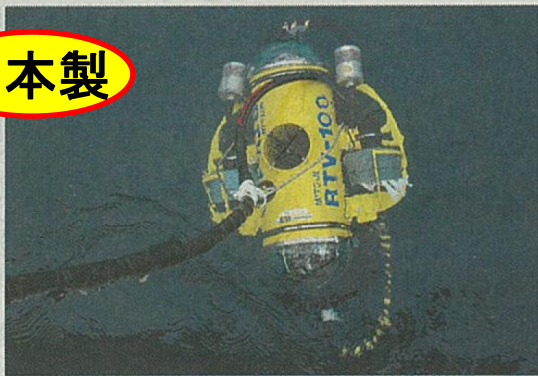
東京大学生産研研究所が、水中ロボットを使って東日本震災の津波で沈没した行方不明者の捜索を進めている。岩手県大槌町の沖合に海を探索し、遺体2体を発見した。浦環教授(海中ロボット学)

らのチームは、4月29日から3日間、三井造船の協力を得て、同社の水中ロボット「RTV」2台を投入した。ロボットは長さ80センチ、幅55センチ、600斤のケーブルで船上と

岩手の津波不明者捜索

### ロボットが2遺体発見

日本製



ロボット(浦教授提供)

つながらり、遠隔操作でプロペラを動かして海中を約8センチ移動、カメラで海底を探つた。

その結果、大槌町の沖合約100斤沖合で水深23斤の海底から、同約700斤沖合の海底から、同約700斤沖合の海底からそれぞれ遺体を発見。海上保安庁により引き揚げられた。

日米のロボット研究員が水中ロボットを使って不明者を捜索してきたが、遺体の発見は初めて。浦教授は水深10斤を超えるダイブによる捜索が厳しくなる。同チームに水中ロボットは数百台ある中で、その活用をもっと広げたいべきだ」と話している。

## 2010年代になると廉価版が多数世にでる



2010年代になると廉価版が多数世にでる

# ROV「SeaROVER」

L75 × W60 × H57(cm)

W: 72(kg)

海外製

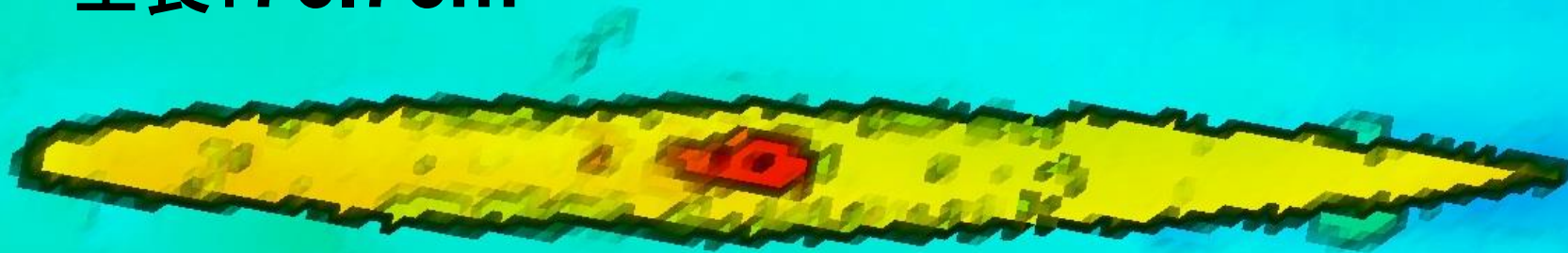


# ROV「SeaROVER」が調査した呂500潜水艦

Survey Matrix = Average

呂500マルチビームソナー映像)

全長:76.76m

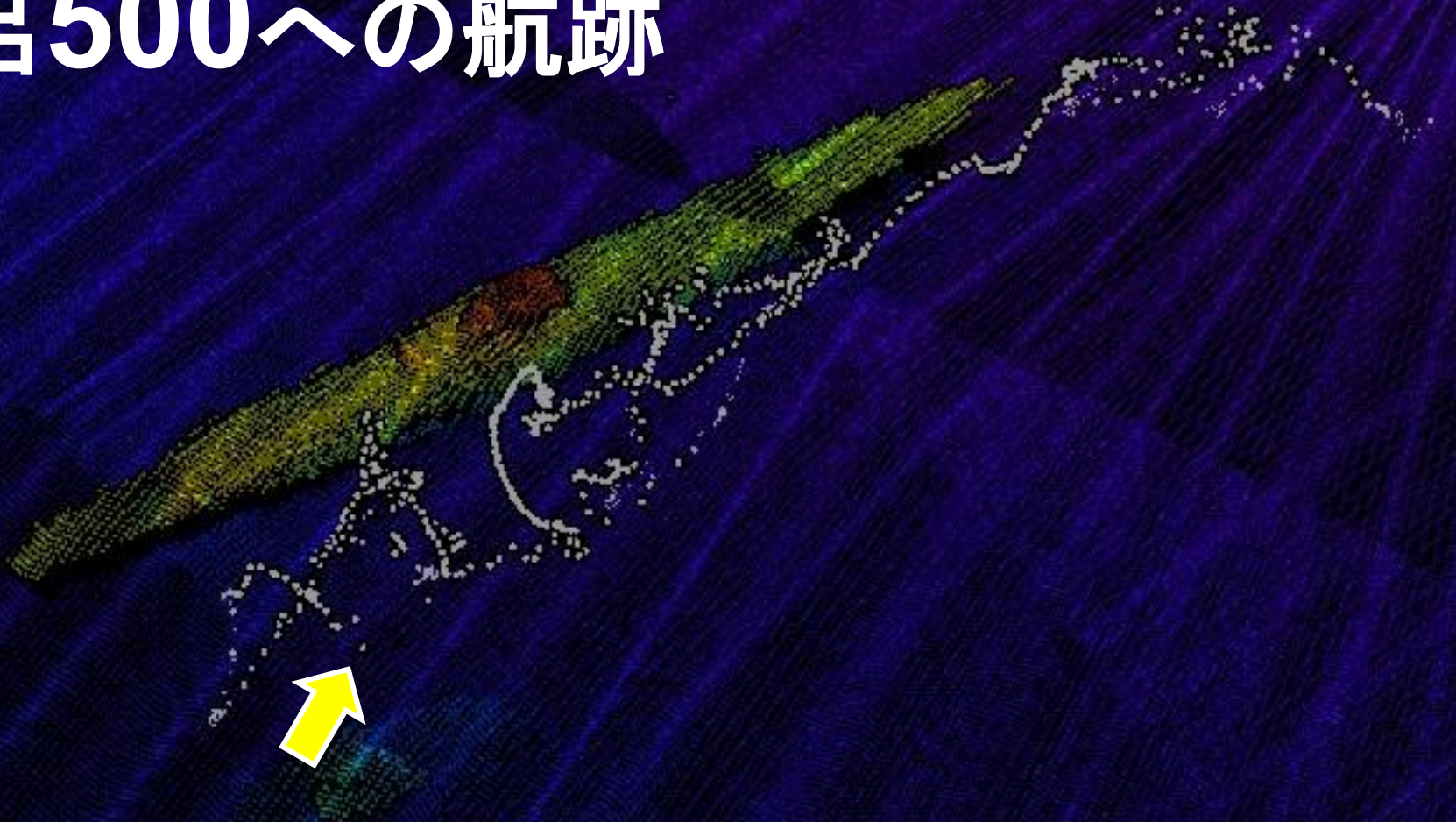


北緯	東経	水深
35度43.4184分	135度22.2559分	88m

潮の流れがきついたために  
思うように前進できない

水深 88m

呂500への航跡



ROVの位置はSSBLにて計測

水深 88m

小型ROVは、  
ケーブルに作用する流体力が  
馬鹿にならないので  
流れがあるところ  
深いところ  
で思うように動かすのは難しい



ROVの位置はSSBLにて計測

# 1984年に始まる 小型ROVの歴史

## 日本の主要Makers

三井造船

広和

キュー・アイ

Full Depth

なぜ小型ROVは広く普及していないのか

ROVがすべき仕事は、ROVでなければできないか

漁師さんが潜ってやっている仕事をROVに置き換えられるか  
ROVならではの新しい仕事が**増養殖業**にあるのか

ROVの操縦は簡単ではない

ラジコン自動車を動かすのとは訳がちがう

ROVはどこにいるのだ  
ケーブルはどこをはっているのだ  
何かに引っかかる  
流される  
泥を巻き上げる  
よく見えない



たまに使って苦勞するなら  
自分で潜ろう



# 福島第一原子力発電所1号炉調査用のROV

(参考) 調査装置概要

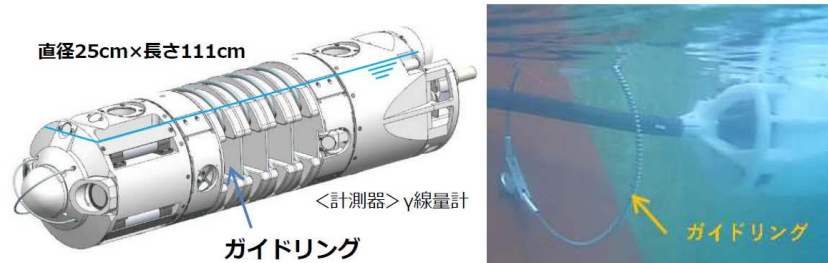
2022年2月8日最初の展開



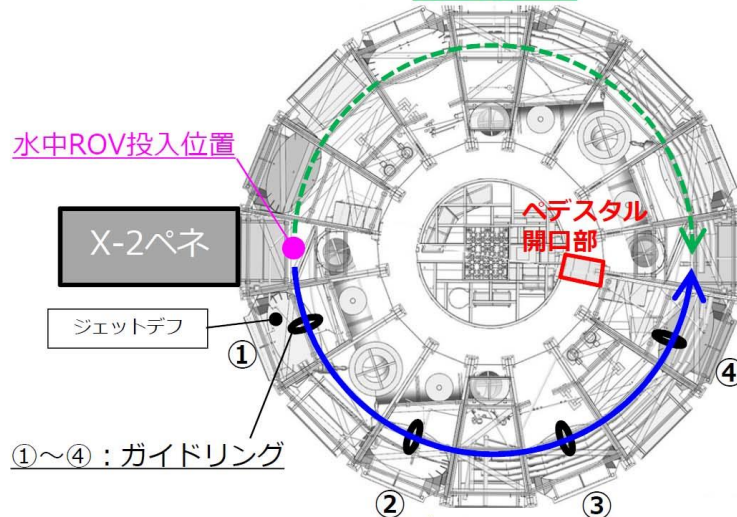
水中ROVは6種類 (A/A2/B/C/D/E) を準備し、調査を行う5種類(A2/B/C/D/E)とケーブル引掛りの事前対策用のROV-Aがある

## ①ROV-A (ガイドリング取付用)

- ・有線型水中ロボットの遊泳機能 (スラスタによる推進/旋回/潜航) を阻害する要因は自身の動力・通信ケーブルの構造物等への引掛りが支配的である。
- ・ケーブルがPCV地下階で自由に動いて構造物などに引っ掛からないように、ガイドリング (輪っか) をROVが通過することでケーブルの自由度を制限する。
- ・ROV-Aはガイドリングをジェットデフに取付ける水中ROVである。



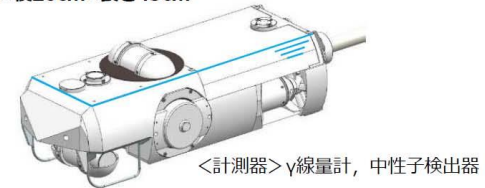
北回りルート



## ②ROV-A2 (詳細目視調査用)

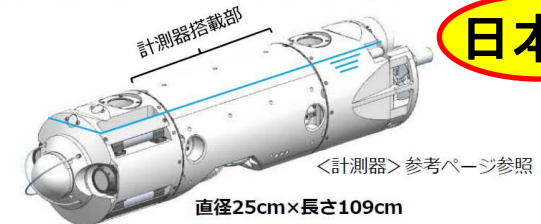
- ・カメラにより映像を取得
- ・6種類のROVの中で唯一ペDESTAL内部に侵入するROV
- ・ペDESTAL開口部の侵入スペースが不明であるため、極力小型化した設計としている

縦17.5cm×横20cm×長さ45cm



## ③ROV-B/C/D/E (各調査用)

- ・ROV腹部に各調査用センサ類を搭載したROV



日本製

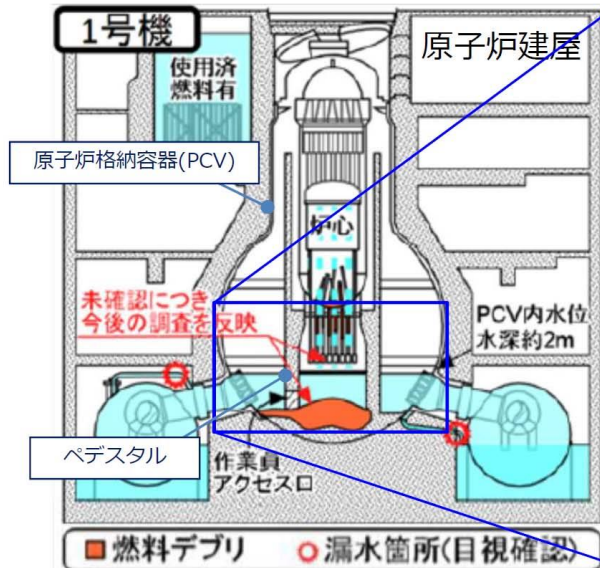
ROV	項目	計測方法
B	堆積物3Dマッピング	走査型超音波距離計
C	堆積物厚さ計測	高出力超音波
D	堆積物成分分析	核種分析/中性子束測定
E	堆積物サンプリング	吸引式サンプリング

第三部

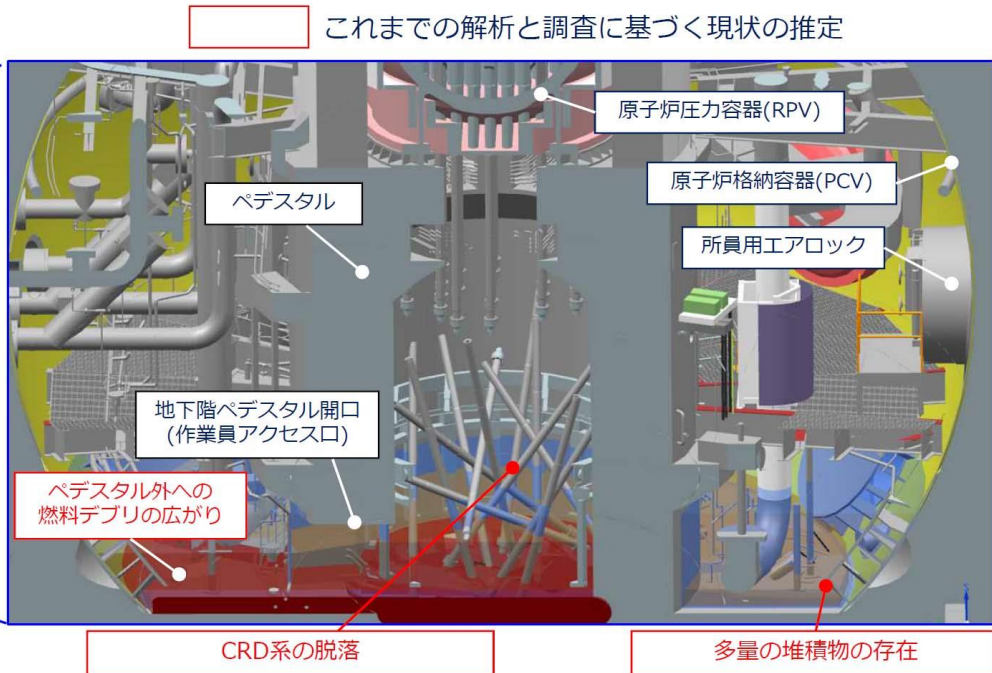
誰も行けないところへ行くROV

## (参考) PCV内部調査の背景

### 1号機の炉内の状況※1



※1 出典：「東京電力ホールディングス(株)福島第一原子力発電所の廃炉のための技術戦略プラン2018」、NDF、2018年10月2日

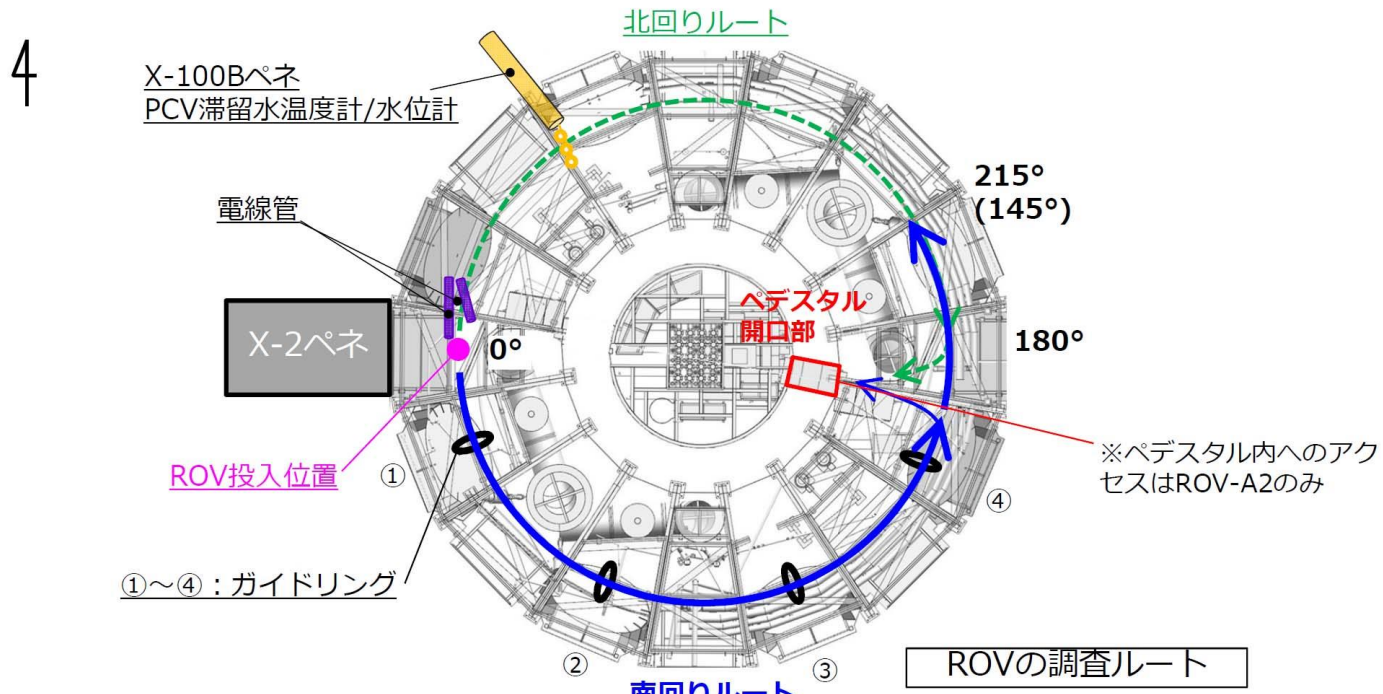


### 1号機PCV内部調査の背景

これまでの調査（2017年3月時のペDESTAL外調査）によりPCV地下階には堆積物が存在していることが分かっており、今後の燃料デブリ取り出しに向けて、堆積物を含む地下階の詳細な状況の確認が必要となっている。

## (参考) PCV内部調査の方針

- 北回りルートでのROVケーブル挟まれリスクを回避するため、南回りルート主案とした調査方針とする
- 南回りルートの調査範囲は約0°~215°を目標とし、情報が全て取得できた場合、北回りルートの情報は類推できると判断している
- 南回りルートでペDESTALの侵入ができなかった場合は、北回りルートでペDESTAL内調査 (ROV-A2)を実施したいと考えている
- 北回りルートの調査成立性については南回りルート調査に併せて早期に判断する

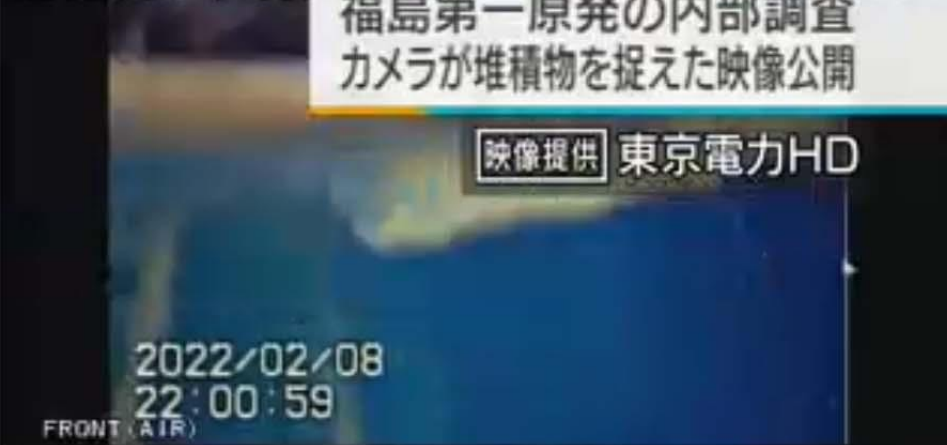


ケーブルの挙動に神経を尖らせている

サイドカメラ



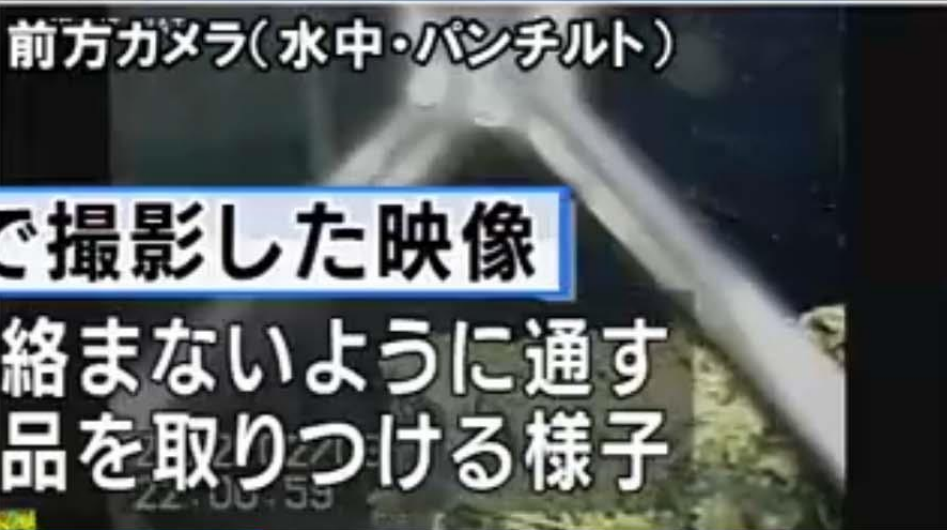
前方カメラ(気中)



後方カメラ



前方カメラ(水中・パンチルト)



ロボットのカメラで撮影した映像

ケーブルが構造物に絡まないように通す  
輪っか状の部品を取りつける様子

はまなか  
あいづ

TODAY

2022/02/08  
22:00:59

# NHK NEWS WEB より

2022年2月9日

サイドカメラ



前方カメラ(気中)



NHK  
福島第一原発の内部調査  
カメラが堆積物を捉えた映像公開

映像提供 東京電力HD

後方カメラ



はまなか  
あいづ

TODAY

前方カメラ(水中・パンチルト)



## 第四部

# 電池内蔵型ROVの夜明け



「げんたつ500」

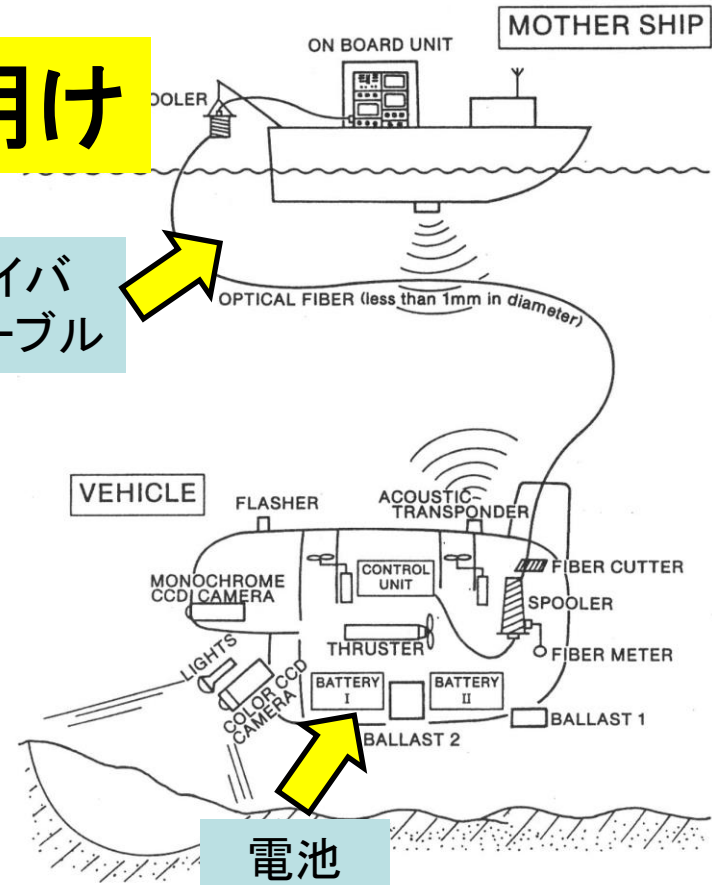
1992年

JAMSTEC-福井県

日本製

ケーブルは細いが、  
やはりその扱いに困難を極めた

光ファイバ  
通信ケーブル



電池

図1 UROV システムの概要

Fig. 1 Outline of UROV500 system

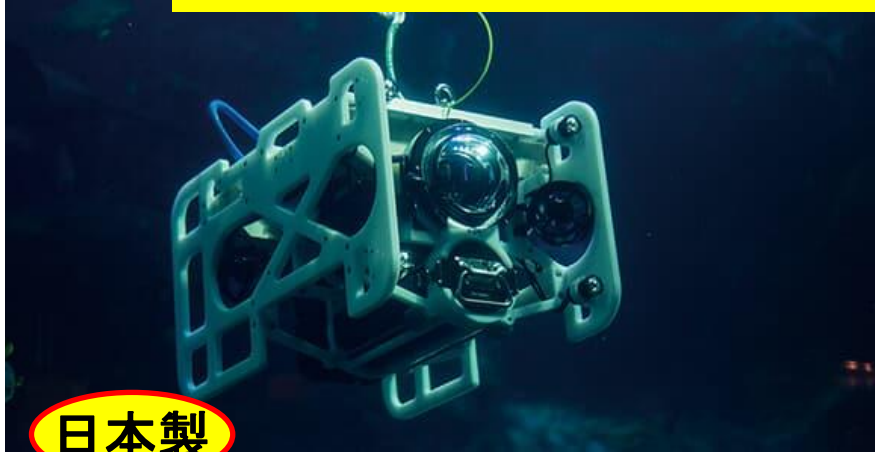
重量: 約500kg、潜航深度: 500m

電池: NiCd、2時間潜航

海洋科学技術センター試験研究報告 1993年3月

電池は重く大きく、潜航時間も短い

# 電池・磁石・光ファイバ技術の進歩



日本製

Full Depth



海外製

Qysea Fifish



海外製

Oceanbotics



海外製

Chasing

## 近年の電池内蔵型ROV

ASV(USV)

ROV

AUV(UUV)

## 使えるモビリティ

こんなことに使いたい  
こんなことはできないか

海域利用者のニーズとのマッチングにより、海の次世代モビリティの我が国沿岸・離島地域における新たな利活用を推進：国交省の標語

人の作業を置き換えるの？  
それって、勝てるの？

仕事はいつもあるの？

- 1) 人にはできなかったこととする
- 2) 人には面倒くさいことをする
- 3) 人には危険なことをする

新しい  
モビリティ  
の利点を  
発揮できるか





## 第五部

# 誰でも使える AUV

海域利用者のニーズとのマッチングにより、  
海の次世代モビリティの  
我が国沿岸・離島地域における  
新たな利活用を推進

- 1) 人にはできなかったこととする
- 2) 人には面倒くさいことをする
- 3) 人には危険なことをする

直江津沖合い水深1000mに棲息する  
ベニズワイガニ

2010年7月22日  
AUV「Tuna-Sand」撮影

網走沖合い水深700mに棲息する  
イバラガニモドキ

AUVは深海においてニッチを得ている

1m



2014年6月5日  
AUV「Tuna-Sand」撮影

AUVを複数機同時運用することで  
船の利用率を上げることができる

係員以外  
立入禁止  
OFF LIMIT

ほぼりん

日本製

日本製

日本製



NMRI 海上技術安全研究所

# 複数機同時運用のために開発されたAUVsとASVs



# 複数機同時運用のために開発されたAUVsとASVs



ASV(USV)

ROV

AUV(UUV)

海域利用者のニーズとのマッチングにより、海の次世代モビリティの我が国沿岸・離島地域における新たな利活用を推進：国交省の標語

「**できる**」と「使える」とは違う

➡ 国交省の視点

水中機器は**高い**

数を作らなければ安くならない

➡ 国交省にない視点

# なぜ日本のAUVは普及しないか

## 第六部

HOME > Motor-Fan > ニュース・トピック > ニュース

海上自衛隊：UUVで機雷を掃討する「掃海艦『えたじま』」就役、FRP製ボディに鉄の心に乗せる

公開日 2021/11/07 10:10 更新日 2021/11/11 15:04 ニュース



貝方士英樹



「えたじま」が搭載するUUV「リーマス600」。機雷を探知するサイドスキャンソナー等を装備する。海洋調査でも使われる高性能ロボットだ。米ハイドロイド社製で、開発などにはウッズホール海洋研究所も関連する。写真／ハイドロイド社

<https://motor-fan.jp/mf/article/22602/>

国が海外製品を購入することで国産モビリティの  
開発意欲を消している



## 第七部

# 本講演の総括

今回の国交省プログラムはうまくいきそうだが  
継続した仕事ができる工夫が必要

Operation会社の育成  
経費削減の工夫  
モビリティの購入費を  
国交省が補助しますが不可欠

モビリティ開発製造会社の育成  
国が国産モビリティを購入しますが不可欠