

# 海洋立国日本とその鍵となる 国家基幹技術

海洋研究開発機構

理事

堀田 平

平成25年4月15日

海洋分野における国家基幹技術検討委員会(第3回)説明資料



# 科学技術に基礎をおいた海洋立国日本

## 海洋国家日本の目指すべき姿

(次期海洋基本計画(原案)より抜粋・要約)

### 海洋の開発・利用による富と繁栄

- 海洋環境保全との調和を図りつつ水産資源、エネルギー・鉱物資源等を開発
- 海洋産業の振興・創出と国際展開

### 「海に守られた国」から「海を守る国へ」

- 安全、効率的かつ安定的な海上輸送ルート確保
- 海洋由来の災害に対する備えを徹底
- 領海、排他的経済水域等を守り抜く
- 海洋を世界人類の公共財として保ち続けるために努力

### 未踏のフロンティアへの挑戦

- 深海底など海洋の未知なる領域の研究による人類の知的財産の創造
- 海洋環境や気候変動等の全地球的課題の解決

科学技術の面で  
国際的に連携・協力

海洋に基礎をおいた豊かな国家モデルの提示、  
恩恵を国民が享受し、世界における海洋立国の  
規範に

## 鍵となる技術基盤

次世代有人潜水船  
システム

ケーブル式海底  
プラットフォーム

多数編成AUV群

次世代超深海掘削船

次世代海洋観測  
システム

## (参考)JAMSTEC保有技術

- ・有人潜水調査船「しんかい6500」
- ・7000m級無人探査機「かいこう7000II」
- ・資源探査用ROV 等

- ・地震・津波観測監視システム(DONET)

- ・深海巡航探査機「うらしま」、深海探査機「ゆめいるか」、深海探査機「じんべい」、深海探査機「おとひめ」等

- ・地球深部探査船「ちきゅう」

- ・トライトンブイシステム
- ・超深海用自己浮上式地震計 等

# 次世代有人潜水船システム

## ○目的、必要性

- ▶ 我が国の領海には9,000mを超える極めて水深の深い海底を持ち、海溝型地震の発生帯や深海底などに生息する特異な機能を有する微生物群、海底に堆積する有用資源泥等、様々な調査すべき対象が存在する
- ▶ 海洋フロンティアを開拓し、国民生活・社会経済に還元する成果を創出する
- ▶ 深海および海底下のエンジニアリングでは、直接その現場を見ることで明らかになることが多い

## ○技術開発のポイント

- ▶ 高圧力（海洋最深部（11,000m）の水圧）に耐え、長距離、長期間潜航可能な潜水調査システムの開発
  - ・高強度耐圧殻
  - ・浮力材等の新規素材
  - ・長期間潜航システム（複数人乗船、燃料電池、居住システム）等
- ▶ 広視野型で機動的かつ実用的な潜水調査システム
  - ・新規アクリル等耐圧殻用素材
  - ・高機動力の付与 等
- ▶ 母船システムの開発
  - ・効率的な着水揚収装置 等



## ○活用例

- ▶ 極限環境条件に適応した生物の有する新奇な機能・生体分子・生物材料の開発（生物資源、遺伝子資源）
- ▶ ダイナミックな地質イベント、流体移動が観察される超深海海溝域における地球科学的な探査や体系的研究（海洋科学、地球科学） 等

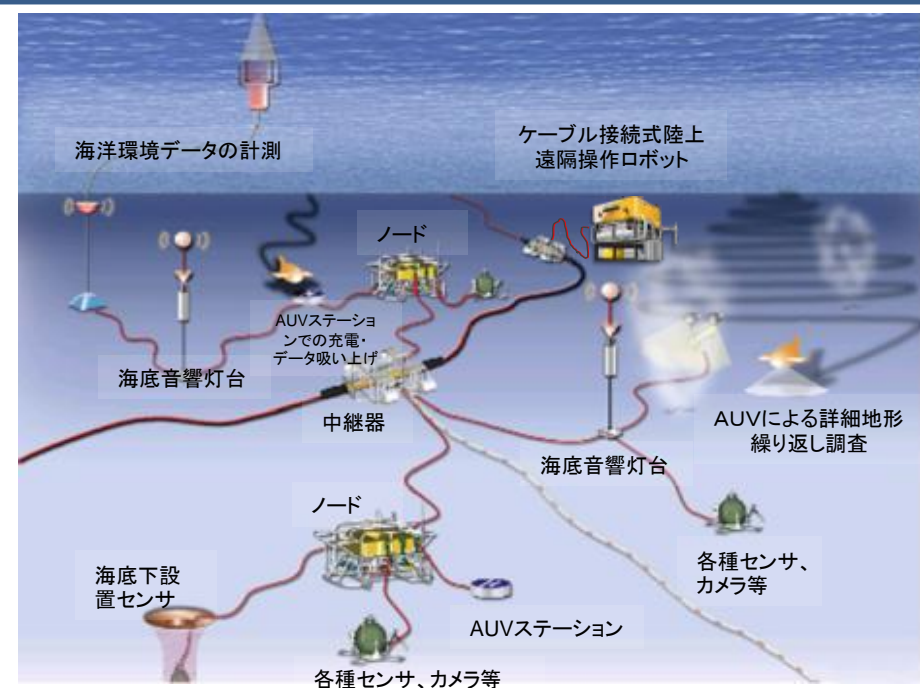
# ケーブル式海底プラットフォーム

## ○目的、必要性

- 海底ケーブル式観測システムは、長期間、リアルタイムで信頼性の高い海洋情報を得るために必要となる電力供給やデータ伝送に大きな強みがある。これを活かし、ロボット(AUVやROV等)やセンサ技術等と組み合わせることで、海洋観測や地震・津波防災だけでなく、海底資源探査、海域モニタリング等多様な課題への解決策が提案可能。従来、シフトタイムに制約されていた海中ロボットの運用等も本システムにより大幅な効率化が見込まれる。
- 海中の音響技術を駆使し海底探査することは、国家の安全保障上極めて重要。

## ○技術開発のポイント

- 長期で信頼できるデータを取得する技術
  - ・ロボットやセンサの長期メンテナンスフリー化
  - ・センサ検定手法 等
- 水中のAUV用灯台(位置把握)及びステーション技術
  - ・給電方法
  - ・メンテナンス方法
  - ・データ伝送、コマンド送信 等
- プラットフォームを活用した現場実験・解析等作業システム
  - ・ケーブル接続式ロボット・クローラーシステム
  - ・現場実験・解析システム 等



## ○活用例

- 対象海域における24時間365日のAUV群による海底繰り返し探査の実施 (海域の機動的モニタリング)
- 固定観測点とそれを補完するロボット観測による超高密度観測網の構築 (地震防災、海洋環境調査)
- メタンハイドレート開発、海底下二酸化炭素貯留(CCS)のモニタリングシステムの構築 (資源開発)
- ケーブル接続式陸上遠隔操作ロボットによる、海底でのレアアース成分抽出作業 (資源開発) 等

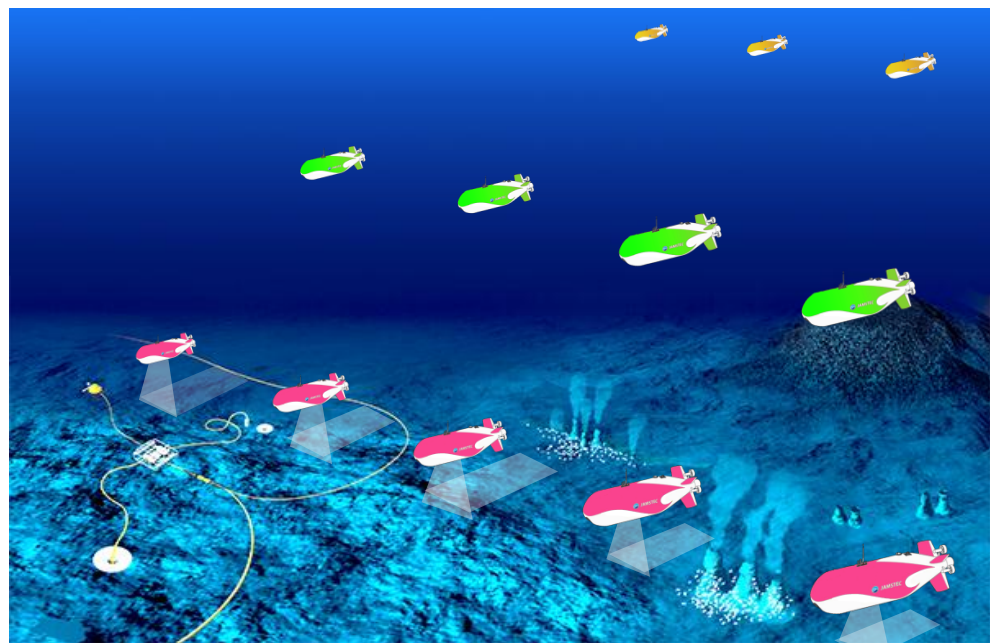


## ○目的、必要性

- 多数機のAUVを同時展開し、観測範囲を飛躍的に拡大することのできる観測網の基盤を構築する。
- 多数のAUVから得られたデータを統合的に解析することで、観測海域を広く面的、あるいは3次元的に捉えることが可能になり、そこから様々な社会的課題の解決に貢献する。
- グライダー型のAUV等も含めて役割の異なる複数のAUVを複合的に運用することで、1機のAUVでは実現できない高度な観測を実現する。

## ○技術開発のポイント

- 稼働信頼性の向上
  - ・船舶レス完全自律航行の実現
- 多数機展開に向けた小型化、長稼働時間化
- 観測範囲を飛躍的に拡大
  - ・多数のAUVから得られたデータを統合的に解析
  - ・複数のAUVの協調運動制御技術
  - ・航行の高速化
- 機体間のマルチ通信システムの確立
  - ・役割の異なる複数のAUVを複合的に運用
- 海底ケーブル等他のプラットフォームとの連携
- センサー類の高度化



## ○活用例

- 海底資源の賦存海域の面的・空間的調査による、探査の高効率化・高精度化（海底資源）
- 局所的に発生する極端現象へのAUV群集中投入による追跡観測と短期予測への応用（防災研究）
- 海底ケーブル網、海底設置観測ステーション、グライダー型AUV等との連携による、EEZ内の機動的モニタリングネットワークの構築（海域管理） 等

# 次世代超深海掘削船

## ○概要、必要性

- ▶ 海底下は依然として未知の部分が多い。しかし、実際に掘削したサンプルから、これまでわからなかった事実や試験の成功が得られた。
  - ・南海トラフにおける津波断層の活動痕発見
  - ・東北地方太平洋沖地震震源域における断層を含む地質資料の採取
  - ・沖縄トラフにおける海底熱水鉱床の発見と巨大熱水帯構造の解明
  - ・東海沖でのメタンハイドレートからの天然ガスの海上生産試験の成功
- ▶ 我が国において海洋掘削技術は未成熟分野であるが、今後のポテンシャルは非常に大きい。国家基幹技術として国産の技術を保有し、若手技術者人材育成を含めたドリルシップ運営のソフト面での日本化推進は不可欠である。

我が国のエネルギー問題や地震津波防災に対して極めて高い貢献

## ○技術開発のポイント

- ▶ 超深海・超深部掘削システムを搭載した掘削船の建造  
(5,000m級ライザー掘削、13,000m級ドリルパイプ: 第9世代型掘削船の能力)
  - ・水平掘を可能とする掘削方向制御システム
  - ・超高精度船位保持能力
- ▶ 人工ダイヤモンドを使った新たなドリルビットの開発
- ▶ 軽量炭素繊維材等を使用した高強度新規掘削資機材の開発
- ▶ 次世代孔内計測システム等付帯技術開発  
保圧、非コンタミのコア試料採取装置
- ▶ メタハイ、レアアース等採取システム
- ▶ 長期孔内リアルタイム観測網の開発推進
- ▶ 超大水深での運用技術の確立

13,000mクラス高強度ドリルパイプ



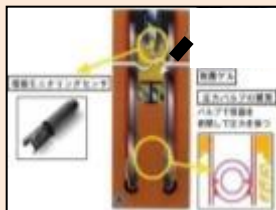
超高精度船位保持能力



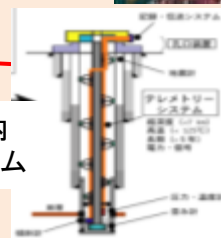
5,000mクラス軽量ライザーパイプ



極限環境保持生物採取技術



次世代孔内計測システム



## ○活用例

- ▶ 前人未到のマントル掘削 (地球科学)
- ▶ 超深部限界地下生命圏の探索 (地球生命科学、環境エネルギー)
- ▶ 地球創生史解明といった科学 (地球科学)
- ▶ レアアース、メタハイ等様々な資源開発など、海洋資源開発プラットフォームとしての活用 (資源エネルギー)

# 次世代海洋観測システム

## ○目的、必要性

- ▶ 特に地球環境の問題は、科学的研究としての課題にはとどまらず政策ニーズ
- ▶ 政策ニーズに対応した研究開発のため、広大な海洋空間の総合的な理解に必要な技術など世界をリードする基盤的な技術開発を実施
- ▶ 我が国周辺の環境を我が国の技術で観測することは、安全保障上の観点や海洋開発を進める上で極めて重要

## ○技術開発のポイント

観測システムの多重・同時運用や、小型化しシステムとして洗練化。質の高い海洋情報(1.高解像度 2.多様な項目 3.長期間 4.広範囲)を得ることを目指した技術開発。

### ▶ スーパーサイト観測システム

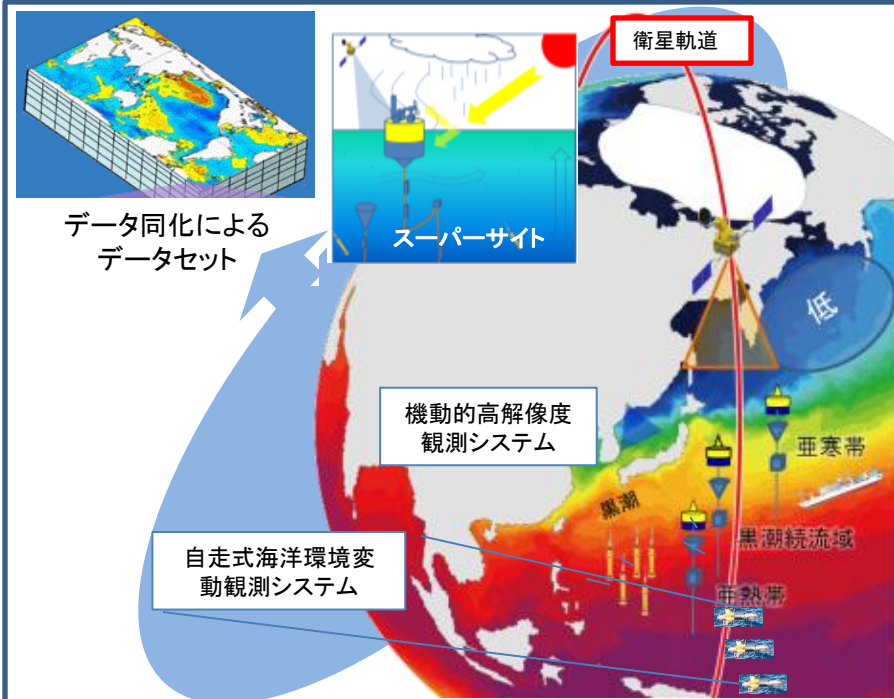
海上～海面～海中と鉛直方向に得られた多項目のデータと衛星データとデータ同化を組み合わせた観測システム

### ▶ 自走式海洋環境変動観測システム

小型で編隊を組んで長距離走行。海水温や酸性化状況、生物生産等をモニタリング

### ▶ 機動的高解像度観測システム

沿岸域観測や海洋由来の極端現象の高解像度観測に対応する超小型自動プロファイリングフロート観測網。船舶のみならず航空機からも投下可能であり、緊急時に機動的に観測が可能。



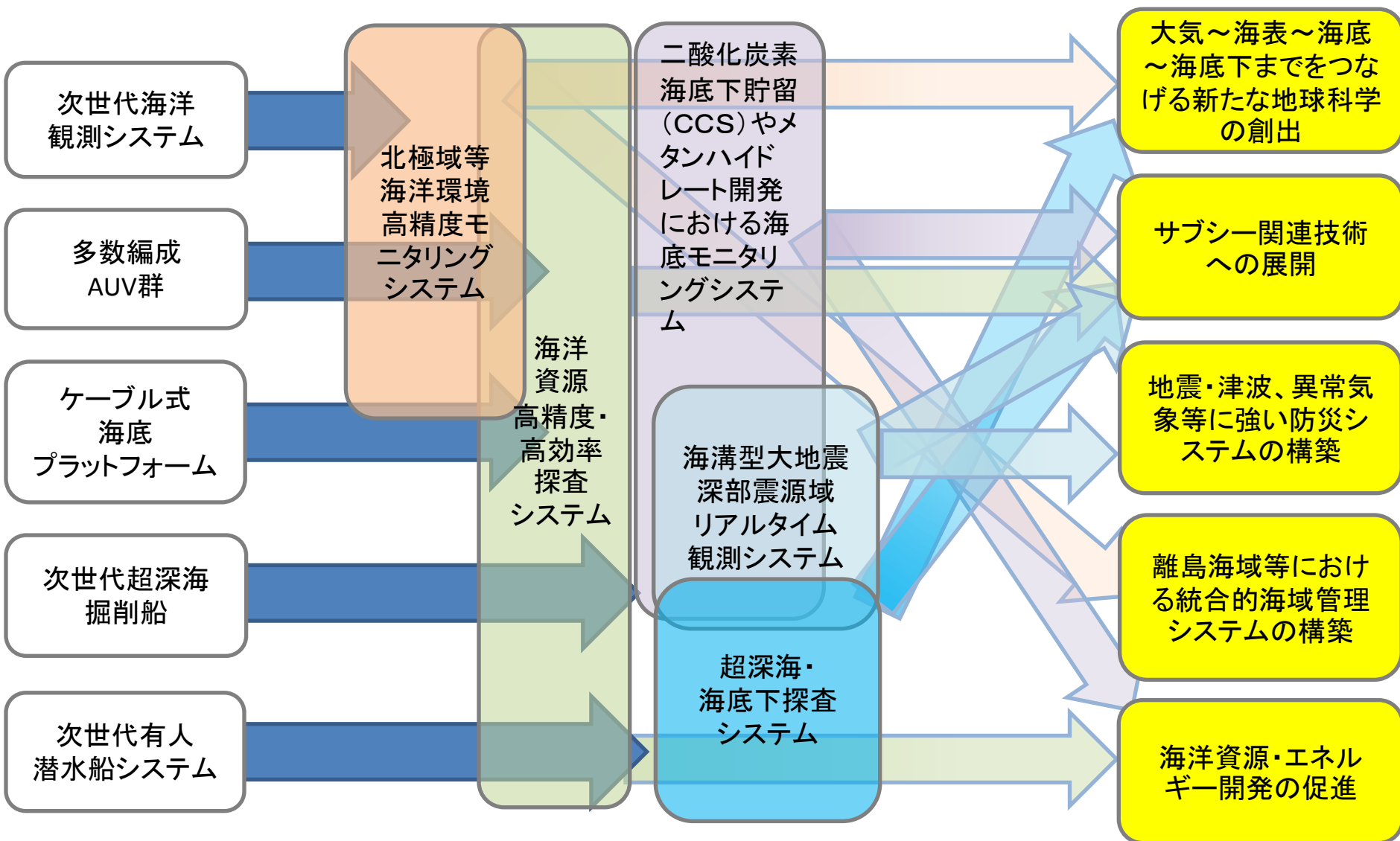
## ○活用例

- ▶ 我が国の海洋マネジメントならびに海洋保護区設定にあたって基盤となる仮想海洋の構築
- ▶ 季節レベル(3～6ヶ月程度)で確率を示す高精度季節予測や気候変動リスク監視に係わる国際分担 (気象・気候)
- ▶ 遠洋においても高解像度な漁場分布予測システムの構築 (水産)
- ▶ 漂着物など自治体レベルで把握可能な沿岸管理システムへの応用 (環境・沿岸管理)
- ▶ 離島周辺等における統合的・海域管理システムの構築 (海域管理)



# 技術基盤を活用したシステム構築例

○開発した技術基盤を組み合わせ、我が国が海洋国家として必要な様々なシステムを実現





## 世界の大深度有人潜水調査船

船名 (国)	アルビン(米)	ノチール (仏)	ミール 1 & 2 (露 ※フィンランド)	しんかい6500 (日)	コンスル (露)	蛟竜(中)	(参考) ディープシー・チャレンジャー(豪)	(参考) TRITON 3300/3(米)
完成年	1964 (2013)	1984	1987	1989	2011	2012	2012	-
最大潜航 深度	4,500m (耐圧殻は 6,500m)	6,000m	6,000m	6,500m	6,270m	7,000m	11,000m	1,000m
空中重量	20.4 t	19.5 t	18.6 t	26.7 t	26.0 t	24.0 t	11.8 t	8 t
全長	7.0m	8.0m	7.8m	9.7 m	8.4 m	8.2 m	7.3m	4.0m
耐圧殻 (加工)	チタン合金 (溶接)	チタン合金 (O-ring+ボルト)	マルエージング鋼 (O-ring+ボルト)	チタン合金 (溶接)	チタン合金 (溶接)	チタン合金 (溶接)	鋼鉄	アクリル
電池	鉛	鉛	ニッカド	リチウムイオン	銀&鉛	銀	リチウムイオン	鉛
特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>・浮力材にシタックフォームを採用し現代の潜水船の基礎となる</li> <li>・完成以来、幾度かの改造を経て40年以上も深海調査の第一線で活躍。</li> <li>・現在大規模改造中(視窓、耐圧殻内径等改良)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・半球の接合面は溶接ではなくボルトとベルトで合わせる形式を採用。その他、自然注水とショットバラストを使って浮量調整を行うなど、独特の技術を用いている。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・建造はフィンランド。</li> <li>・1隻の母船に2機同時に搭載、2機同時潜航も可能。</li> <li>・鉄板やショットなどの投機バラストを使わず、タンクに海水を注排水して潜航する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・1989年に世界最深を記録(6,527m)。</li> <li>・油漬均圧型リチウムイオン電池を世界で最初に開発、搭載。</li> <li>・2012年に建造以来初となる大規模改造工事を実施、スラスタ一等を換装</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・軍が所管しており、情報がない</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・2012年に7,020mまで潜航し、世界最深記録を更新</li> <li>・部品の約60%が国産(耐圧殻はロシア製)</li> <li>・2013年より調査潜航開始</li> <li>・2隻目として4,000m級を建造する計画あり</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・民間開発の1人乗り有人潜水機。</li> <li>・2012年にマリアナ海溝最深部に潜航。</li> <li>・潜航中は縦型、上昇下降速度が速い。</li> <li>・2013年にウッズホール海洋研究所に寄贈。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・視界は340度(フルビジョン)。</li> <li>・小型軽量でシステム全体がコンパクト</li> <li>・購入者の用途に応じてアレンジ可能。</li> <li>・11,000m級TRITON 36000/3を開発中(ガラス製耐圧殻)。</li> </ul>
外観								



# ケーブル式海底プラットフォームの技術状況

世界の主な海底ケーブル式観測プラットフォームと計画

名称	Martha's Vineyard Coastal Observatory	ALOHA	MARS	Regional Scale Node	Neptune Canada	EMSO	地震・津波観測監視システム (DONET)
設置国	米	米	米	米	カナダ	EU各国	日本
運用開始年	2001	2011	2006	開発中	2007	開発中	2011
目的	沿岸域の大気と海洋の相互作用	汎用海洋観測ステーション	汎用海洋観測ステーション	汎用海洋観測ステーション	汎用海洋観測ステーション	汎用&特定(ニュートリノ研究等)観測	東南海地震発生域での地震・津波観測
設置機関	ウッズホール海洋研究所	ハワイ大学	モンレー湾水族館研究所	Ocean observatories Initiative	Ocean Network Canada	各国大学、研究機関	海洋研究開発機構
特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>・浅海域のみのシステム</li> <li>・気象タワーも併設(大気観測用)</li> <li>・ノードは1基</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ノードは1基</li> <li>・温度-電気伝導度、水圧等のセンサー類を設置した中層ブイも併設</li> <li>・最大水深4,800m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・全長52km、水深891mにノードが1基</li> <li>・様々なセンサーやツールを設置可能</li> <li>・Regional Scale Nodeのテストベッド</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・7基のノード</li> <li>・米国研究機関、大学が参加する大型プロジェクト</li> <li>・ワシントン大学が主導</li> <li>・現在整備中</li> <li>・Neptune Canadaと連携する計画</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・カナダ研究機関、大学が参加する大型プロジェクト</li> <li>・大規模観測システムとして世界で初めてインターネットに直接接続</li> <li>・全長800km近い大規模システム</li> <li>・5基のノード</li> <li>・ケーブル接続式小型探査車も設置</li> <li>・ファン・デ・フカプレートの手動をモニタリング</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・EU圏各国が自国の水域に展開するケーブル式観測網等を統合するプロジェクト</li> <li>・一部の国については展開に着手</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・<u>世界で初めて実用化されたシステム</u></li> <li>・<u>緊急地震速報、津波警報にも活用</u></li> <li>・5基のノードに20点の観測点</li> <li>・<u>微細な海底の動きから大型地震動までを捉える高精度センサ</u>を搭載</li> <li>・「ちきゅう」による<u>掘削孔内に設置した観測装置とも接続</u>し、リアルタイムでデータ取得に成功</li> <li>・全長約250km、最大水深4,300m</li> <li>・DONET2システムについても展開中</li> </ul>

## 世界の主な自律型無人探査機 (AUV)

機体名称 (所有者or メーカー)	Bluefin-21 (Bluefin Robotics (米国))	Autosub6000 (英国サザンブ トン海洋研究所)	HUGIN4500 (Kongsberg Maritime AS (ノルウェー))	うらしま (JAMSTEC)	ゆめいるか (JAMSTEC)	じんべい (JAMSTEC)	おとひめ (JAMSTEC)	TUNASAND (東京大学生 産技術 研究所)
大きさ (L×B×D)	4.93×Φ0.53m	5.5×Φ0.9m	6×1×1m	10×13.×2.4m	5×1.4×1.4m	4×1.1×1.1m	2.6×1.3×1.3m	1.1×0.7×0.65m
空中重量	750kg	2000kg	1900kg	8000kg	2700kg	1700kg	900kg	240kg
深度クラス	4500m	6000m	4500m	3500m	3000m	3000m	3000m	1500m
稼働時間	25hrs	30hrs	60hrs	20hrs	16hrs	10hrs	8hrs	3hrs
主な 観測機器	サイドスキャン ソナー、サブ ボトムプロファイ ラー、マルチ ビーム測深機	マルチビーム音 響測深器、サブ ボトムプロファイ ラー、CTD計等	サイドスキャン ソナー、サブ ボトムプロファイ ラー、マルチ ビーム測深機、 CTD計、メタンセ ンサ	サイドスキャン ソナー、音響 画像装置、サブ ボトムプロファイ ラー、マルチ ビーム測深器、 CTDO、自動採 水器、カメラ	CTD計、蛍光濁 度計、pHセン サ、サブボトム プロファイラー、イ ンターフェロメト リソナー、 合成開口ソー ナー	CTD-DO計、 蛍光濁度計、 pH-CO2ハイブ リッドセンサ、 サイドスキャン ソナー、マルチ ビーム測深機	CTD計、 pH-CO2ハイブ リッドセンサ、サ イドスキャンソー ナー、HDTVカメラ、 NTSCカメラ、ステ レオモザイクカメ ラ	CCDカメラ、 プロファイリン グソナー
特徴	・市販品 (汎用)	・同形状で3号 機まで ・長距離、大水深での調査が可能	・世界で最も売 れている市販 品 (汎用) シ リーズ ・開発には海軍 なども携わっ ている	・ <b>世界で初めて 燃料電池を搭載</b> ・ <b>機器搭載能力 に優れるため、 センサー類の 試験も可能</b>	・ <b>世界初のX舵 前翼搭載により、 熱水鉱床 等複雑な地 形の調査が 可能</b>	・複数スラスト 搭載により、 <b>浅海、低速で の航行も可能 となり、化学 成分のデータ 等の取得も可 能</b>	・ <b>深海型のホバリ ング型AUVは 世界で2機のみ (2機とも日本)</b>	・ホバリング 型AUV ・超低速写真 撮影が可能
外観								

## これまでの「ちきゅう」運航技術蓄積成果

- 科学掘削としては世界最長の総ドリルパイプ長(7,740m:水深6889.5m、海底下850.5m)の掘削を実施(H24.4 東北地方太平洋沖地震調査掘削)。
- 科学掘削としては世界最深度(海底下2,466m)の掘削を実施(H24.9 下北八戸沖石炭層生命圏掘削)。
- 世界初となるメタンハイドレートの海洋産出試験を実施(H25.1～ 愛知県渥美半島沖)。



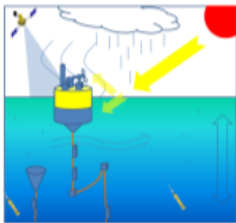
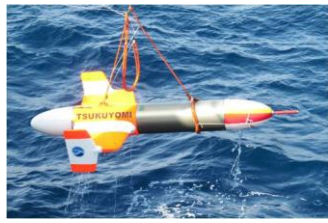

## 世界の主な掘削船

	JOIDES Resolution (米国)	地球深部探査船「ちきゅう」 (日本)	Deepwater Champion (米国)	West Vela (ノルウェー)
運用者	USIO(米国IODP実施機関)	(独)海洋研究開発機構	TRANS OCEAN CO.,LTD.	Seadrill Ltd.
目的	科学掘削	科学掘削	資源掘削	資源掘削
建造年	1978年(2008年改造)	2005年	2011年	建造中
外観				
全長	143m	210 m	229m	228m
全幅	21m	38 m	36m	42m
総トン数	10,282 t	56,752 t	51,320 t	60,000 t
定員	130人	200人	210人	200人
最大稼働水深	—	2,500 m	3,047 m	3,600 m
総ドリルパイプ長	9,144 m(掘削深度は約2,000 m)	10,000 m	12,191 m	11,400 m

- 「ちきゅう」建造時は世界で10隻ほどだった大水深掘削船は現在一種の建造ブーム(72隻が建造中、52隻が掘削活動中(すべて石油掘削))
- 建造中の掘削船のほとんどは「第7世代」(水深<ライザー掘削>3,600m、ドリルパイプ12,000m程度が基本性能)。第7世代のフェーズは10年ほど続く見込み



## 海洋の観測システムの状況

システム	海洋観測ブイ (TAO/TRITONブイ)	アルゴフロート	スーパーサイト	水中グライダー	海底地震計 (Ocean Bottom Seismograph)
外観					
特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>海洋観測ブイを赤道域を中心に設置を行い、熱帯域の暖水が世界中の気候におよぼす影響を調査。</li> <li>エルニーニョ・ラニーニャの発生予測などにも活用。1998年から熱帯赤道域で運用を継続中。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>世界各国で利用。20か国以上が国際研究計画に参加。最大深度2000mまで潜り、定期的に自己浮上し、衛星経由でデータを送信する。</li> <li>さらなる小型化、大水深化、低廉化が望まれる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>海上～海面～海中と鉛直方向に、海洋環境を把握するために必要となる多項目のデータのデータを長期・時系列で取得するための観測サイト。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>比較的長期間、長距離の運用が可能。回収し整備することで何度でも利用化。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>海底で地震観測を行う計測器。センサー・記録器・時計・電池などが耐圧容器に収納。</li> <li>自然地震の観測やエアガンと組み合わせて海底下の構造探査に利用。</li> </ul>
海外の状況	<p>米国は太平洋上に55基の観測ブイを展開。インド洋にも19基展開。 韓国、中国もブイをインド洋に展開。</p>	<p>衛星電話回線から深度変更等のコマンドにより、目的にあったデータを取得する機器、比較的小型の機器、水温・塩分以外を計測する機器等の開発が試みられている。</p>	<p>米国、EUが長期観測評価のための構築。一部のサイトでは他の観測システムと相互に結びつけた観測を実施。</p>	<p>米国では既に実用化が進んでいる。特に軍においても利用が進められ、ノウハウを蓄積。全球観測を補完するシステムとして活用。</p>	<p>海底下の構造探査や、地震観測に活用。</p>
国内の状況	<p>西太平洋(15基)、インド洋(3基)に計18基を展開。 <b>ブイの小型化</b>など開発。信頼性の高いデータを提供している。 また、この経験を活用し、<b>世界初となる南大洋での海洋観測プラットフォーム開発</b>を行っている。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>既存フロートでは、国産のものも存在するが、海外市場での存在感は薄い。</li> <li><b>世界で初めて最大深度4,000mのフロートを開発</b></li> </ul>	<p>生物生産や大気海洋相互作用など、個別目的を対象とした長期観測は実施されているが、海洋を汎用的に調べるための観測点はない。</p>	<p>国内に数基のみ。実験的な利用に限定されている。</p>	<p>JAMSTECで培ってきた深海技術を適用し、<b>水深11,000mでも使用可能な超深海地震計</b>や<b>小型且つ複数台の同時自動設定や非接触充電が可能な大規模展開型海底地震計</b>の開発に成功。</p>