



次世代海洋資源調査技術

-海のジパング計画-

平成30年5月25日（金）
内閣府 プログラムディレクター
浦辺 徹郎

目次

1. 背景
2. 概要
3. これまでの成果
4. 出口戦略
5. まとめ

目次

1. 背景
2. 概要
3. これまでの成果
4. 出口戦略
5. まとめ

金属資源の将来図（石油資源との比較において）

伸び続けた 金属消費量

1990年以降、石油／天然ガスの年間生産量の伸びは平均**1.1%**に留まった。一方、同時期の銅生産量の伸びは**約4倍の4%**に達している。

今後も伸びる 金属消費

世界が「低炭素社会」へ舵を切らなくても、再生可能エネルギー発電が最も安価となり、それへの投資が2/3に達する。(IEA Energy Outlook, 2017)

一方、「電気エネルギー社会」を支える発電・送電施設建設には、銅などの金属が不可欠なため、「**低炭素社会**」は**金属資源の継続した供給を前提**としている。

鉱床発見率の 劇的低下

21世紀に入り、世界の探査費あたりの平均発見鉱床価値が約**1/5**に低下、銅鉱床品位の低下(72%)、発見確率の低下(3/1,000 à 3/10,000)

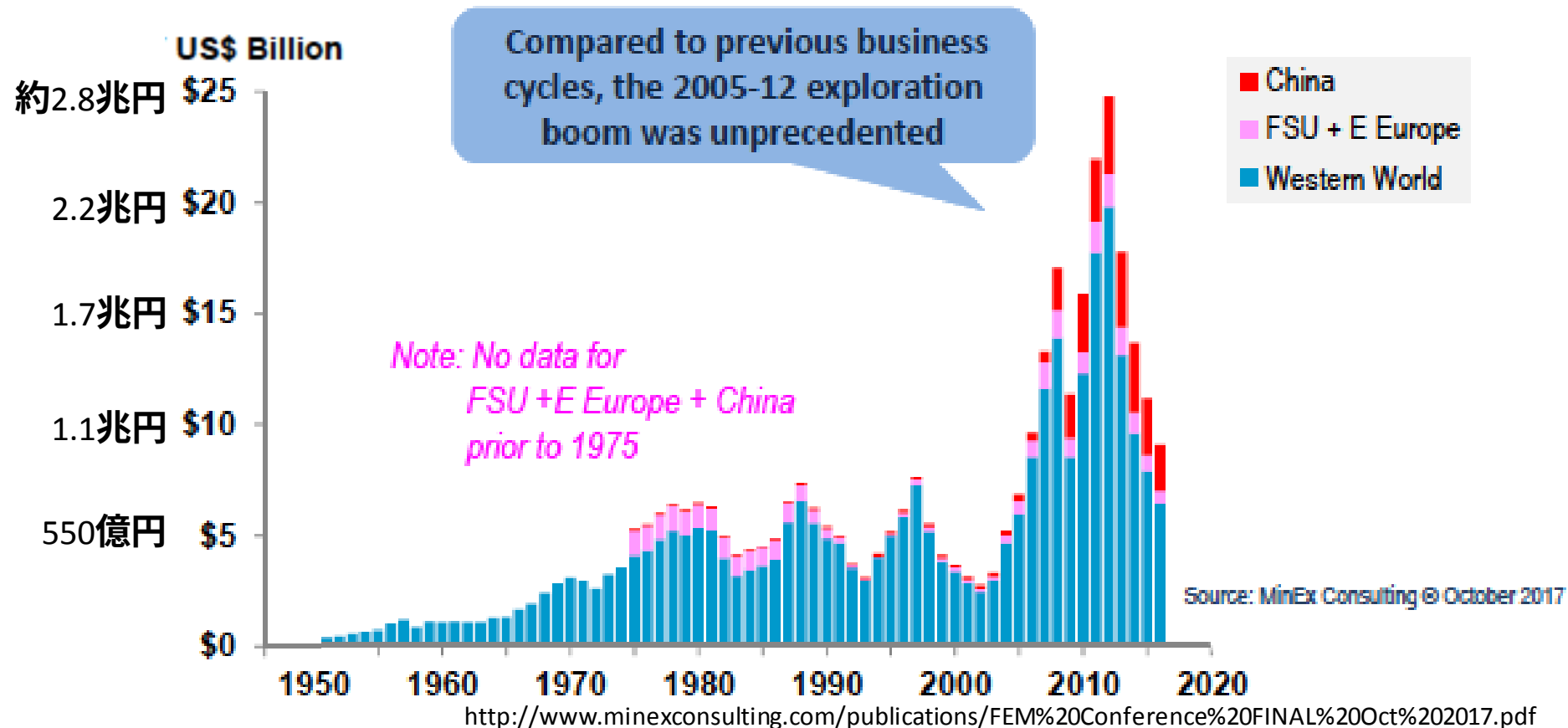
鉱山操業 コストの急増

1990年以降、銅1トン当たりの採掘コストは**2.9倍**に上昇

将来においては、石油資源よりも**金属資源の不足**が懸念される

陸上における非鉄金属鉱床探査費用の推移

世界における鉱物資源の探査費用総計 (石炭、ボーキサイト、鉄鉱石、リンなどを除く) 1950-2016年



世界の鉱物資源探査ビジネスの市場規模は**1兆円程度**あり
2018年現在その費用はまだ海底には向かっていない
⇒ これまで、海底資源に適用可能な探査法がなく
ビジネスモデルが成り立たなかったため

主要海底鉱物資源の比較 (Petersen et al. 2016を改編)

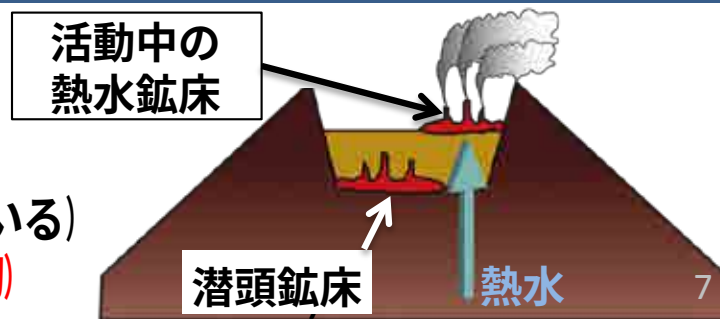
	マンガン団塊	コバルトリッチ・クラスト	海底熱水鉱床
地質産状	深海底の堆積物上	古い海山の表面	海底火山上の熱水系
形状	ボール状の団塊	アスファルト状の被覆	径300 m未満のマウンド
水深 (m)	3500 – 6500	800 – 2500	700 – 3500
分布面積 (百万平方km)	38	1.7	3.2
分布域 (公海, 大陸棚, 延長大陸棚)	81%, 14%, 5%	46%, 44%, 10%	58%, 36%, 6% (西太平洋では大陸棚)
分布形状	広範囲かつ平面的	広範囲かつ平面的	小規模かつ3次元的
主要金属	ニッケル、銅、マンガン、コバルト Cu, Ni 2.4%, Co 0.2%,	コバルト、ニッケル、マンガン、銅、レアアース Cu, Ni 0.5%, Co 0.7%	銅、亜鉛、鉛、金、銀 Cu 3%, Zn 9%, Au 2 ppm Ag 100 ppm
その他の金属	モリブデン、リチウム、チタン	白金、チタン、モリブデン、ビスマス、リン	カドミウム、ガリウム、ゲルマニウム、インジウム
推定資源量 (百万トン)	21,100 (ハワイ南東部クラリオン帯のみ)	7,533 (西太平洋のPrime Crust Zoneのみ)	600 (中央海嶺のみ、島弧のものは含めず)
採鉱により環境に影響を及ぼす面積 (平方km)	150	25	0.2

海底鉱物資源の比較から得られる結論

- もっとも資源量が大きいのは**マンガン団塊**
 - 究極的にはその開発が必要となる可能性があるが、その8割以上が公海(国家管轄権外の深海底)にあり、「**人類共通の資産**」。
 - 国際海底機構(ISA)は2020年までに採鉱規則を提案すると宣言しているが、富の配分と大きな環境負荷を巡って今後、締約国間で困難な協議が予想されている。
- 海底熱水鉱床— **EU報告書ECORYS(2013)で開発に最も近いとされた**
 - 貴金属(金、銀)、銅、鉛、亜鉛など多種の金属を含み、高品位で**高い鉱石価値**
 - 他の資源に比して**水深が浅く**、機器開発が容易。我が国の**排他的経済水域(EEZ)内**に数多く知られ、水深も2000メートル以浅。
 - 沖縄トラフにおいて、(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構(JOGMEC)が採鉱・選鉱・製錬技術に取り組んでおり、最も困難とされた採鉱・揚鉱技術のパイロットテストが成功
 - 上記の利点がある一方、合計既知鉱量が事業者が参入の判断ができるレベルとされる5000万トンに達していない。

本プログラムでは**海底熱水鉱床**に集中的に取り組む

- 海底熱水鉱床はより多く海底面下に存在する
(Hannington et al, 2011)
- 資源開発を経済的に可能にするには？
 - **潜頭鉱床**の発見がカギ(熱水系が停止している)
 - **潜頭鉱床**調査法の技術開発が必要(**世界初**)

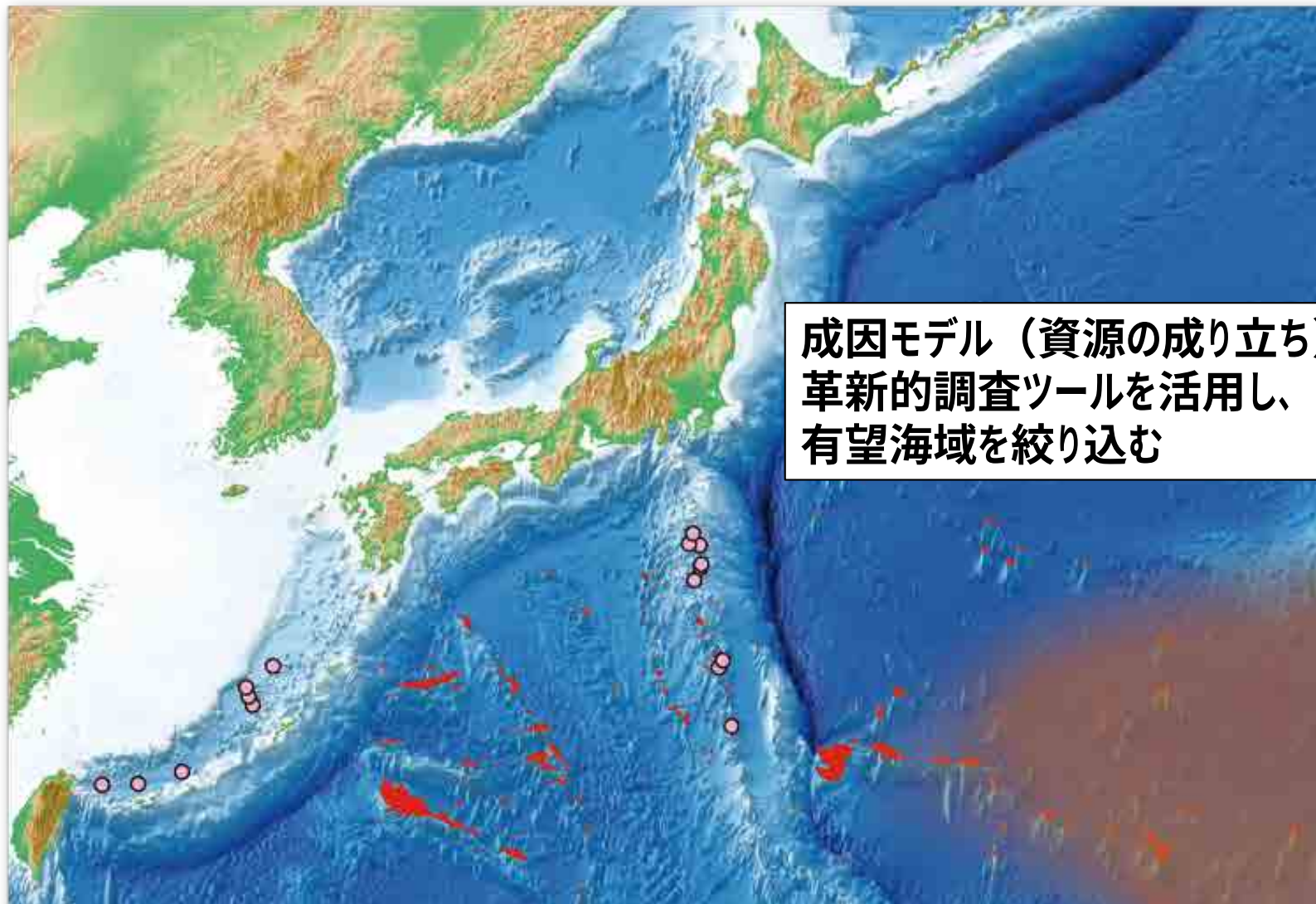


目次

1. 背景
- 2. 概要**
3. これまでの成果
4. 出口戦略
5. まとめ

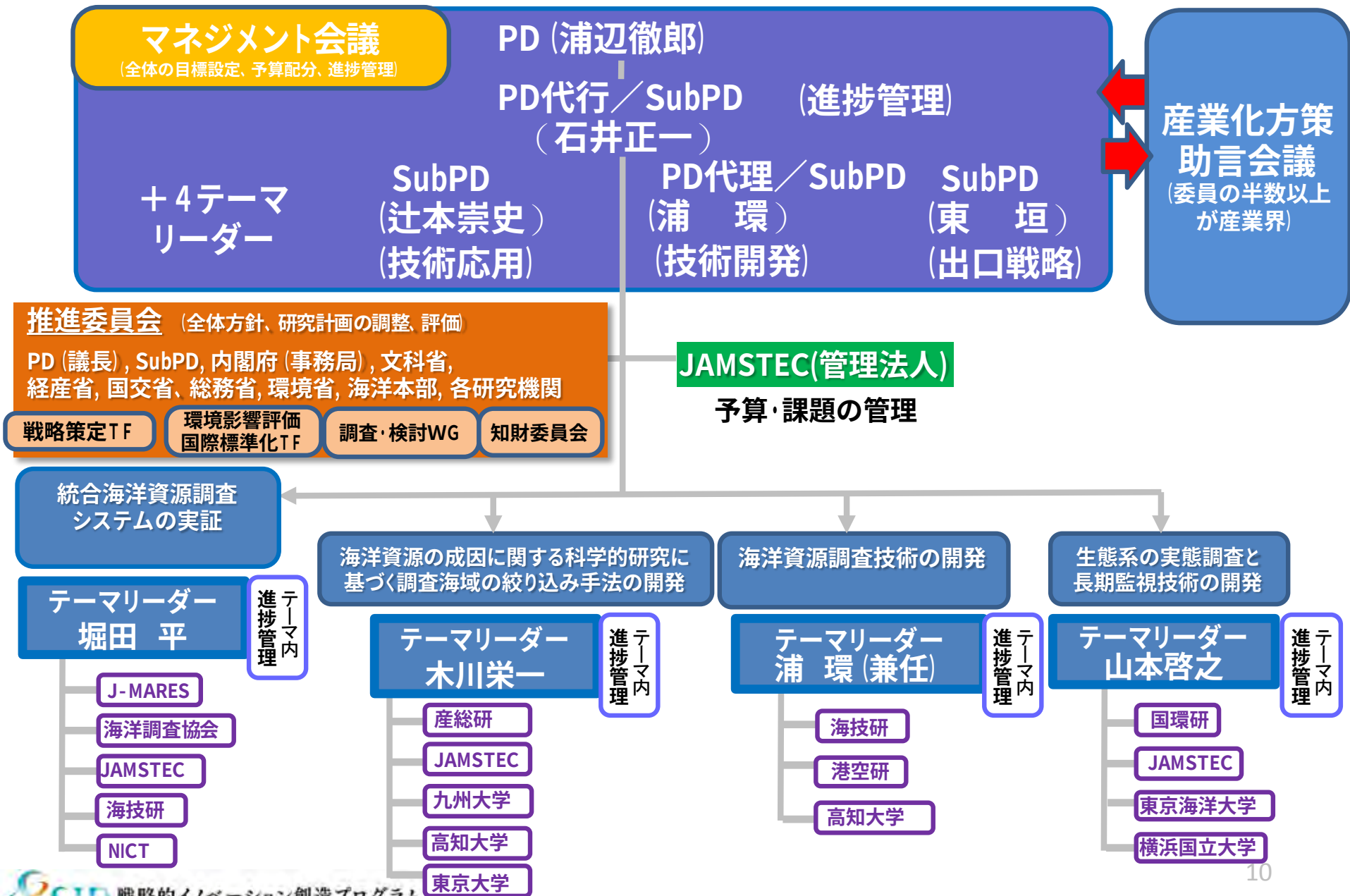
「次世代海洋資源調査技術」の目標

広大な海域から有望海域を高効率・低コストで絞りこむ技術の開発



成因モデル（資源の成り立ち）や
革新的調査ツールを活用し、
有望海域を絞り込む

体制構築及びマネジメント、産学連携及び府省連携の効果



「次世代海洋資源調査技術」の目標

開発確立

統合海洋 資源調査 システム

- 高効率
- 低コスト
- 段階的
絞り込み
- 成因研究
- 物理探査
- 環境評価

技術移転

民間への 技術移転

- SIP期間
中に完了
- 調査プロ
トコルの
提供
- 国際標準
化(ISO)

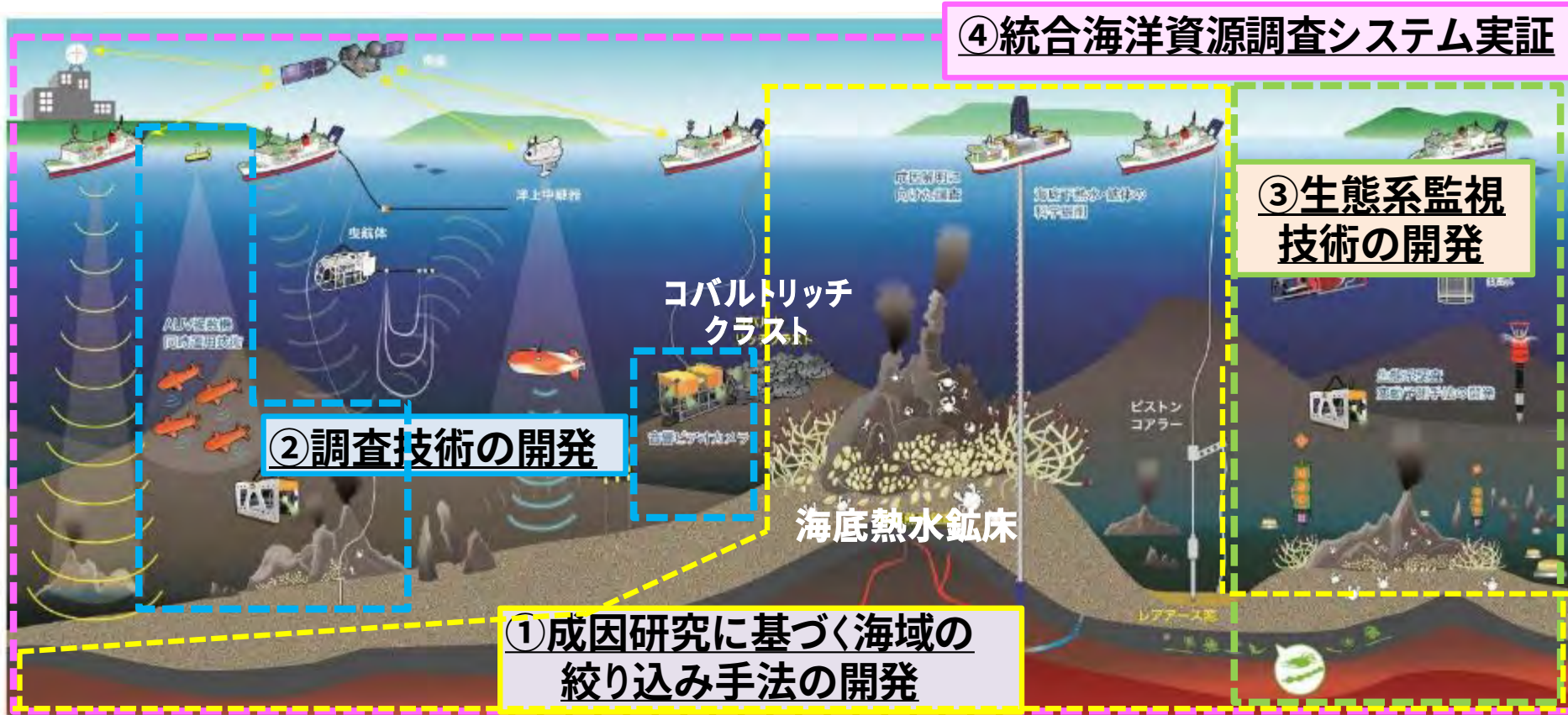
SIP
終了後

出口戦略

海洋資源 調査産業 の創出

- 官民あげ
自国EEZ
内の資源
量探査
- 太平洋島
嶼諸国へ
のODA

「次世代海洋資源調査技術」の研究内容



- ① 海洋資源の成因に関する科学研究に基づく調査海域の絞り込み手法の開発
- ② 海洋資源調査技術の開発
- ③ 生態系の実態調査と長期監視技術の開発

統合

④「統合海洋資源調査システム」の実証

統合海洋資源調査システム

広大な海域

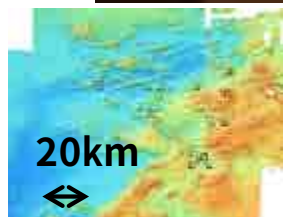
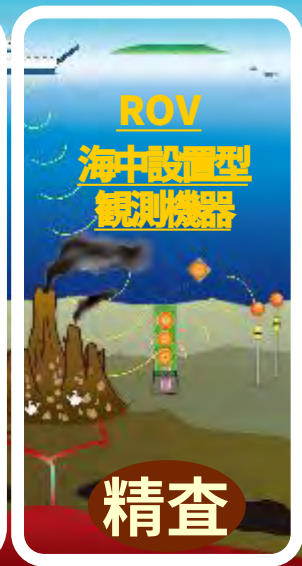
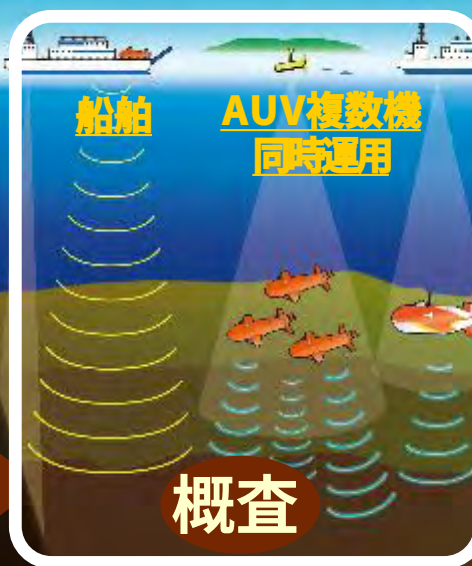
統合解釈・評価

有望海域

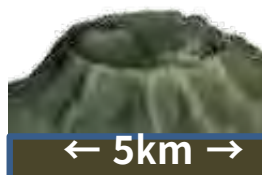


3億6千万km²

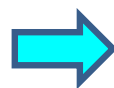
成因モデルに基づく
海域の絞り込み



→ 1万km²



→ 100km²



→ 10km²



鉱床の発見

- 特徴**
- 3段階に分け、それぞれ探査技術と成因モデルを組合わせ、海域を絞り込む
 - (コストの高い)海底ボーリングをせずに、高効率で有望海域を絞り込む手法を確立
 - 世界初の海底における資源調査技術システム

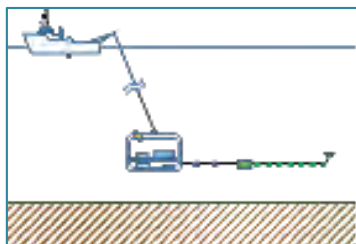
目次

1. 背景
2. 概要
- 3. これまでの成果**
4. 出口戦略
5. まとめ

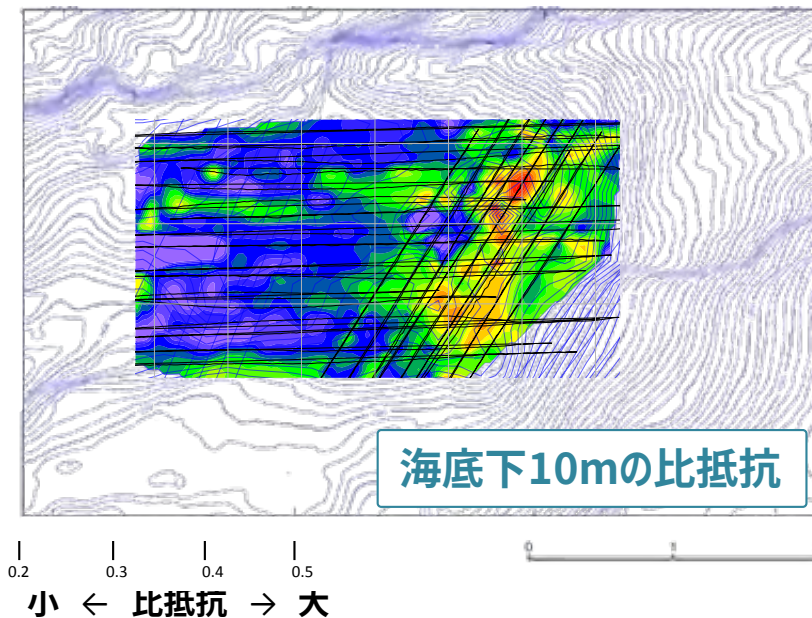
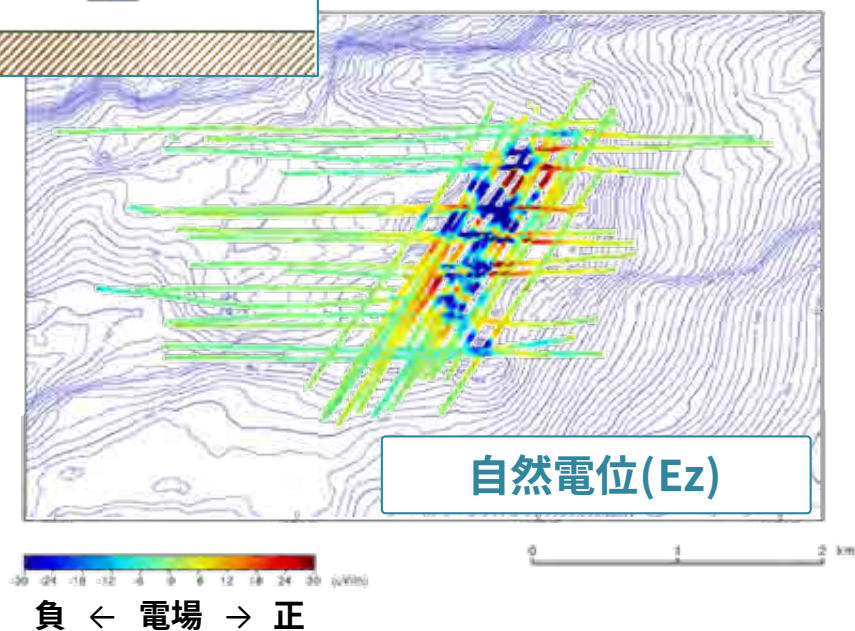
統合海洋資源調査システムの成果：準精査

世界初

電気探査により鉱体の面方向分布を把握



電気探査により、既存調査データが示す鉱体分布と整合的なデータを取得



負電位異常・低比抵抗($<0.3\Omega m$)域を精査域として抽出

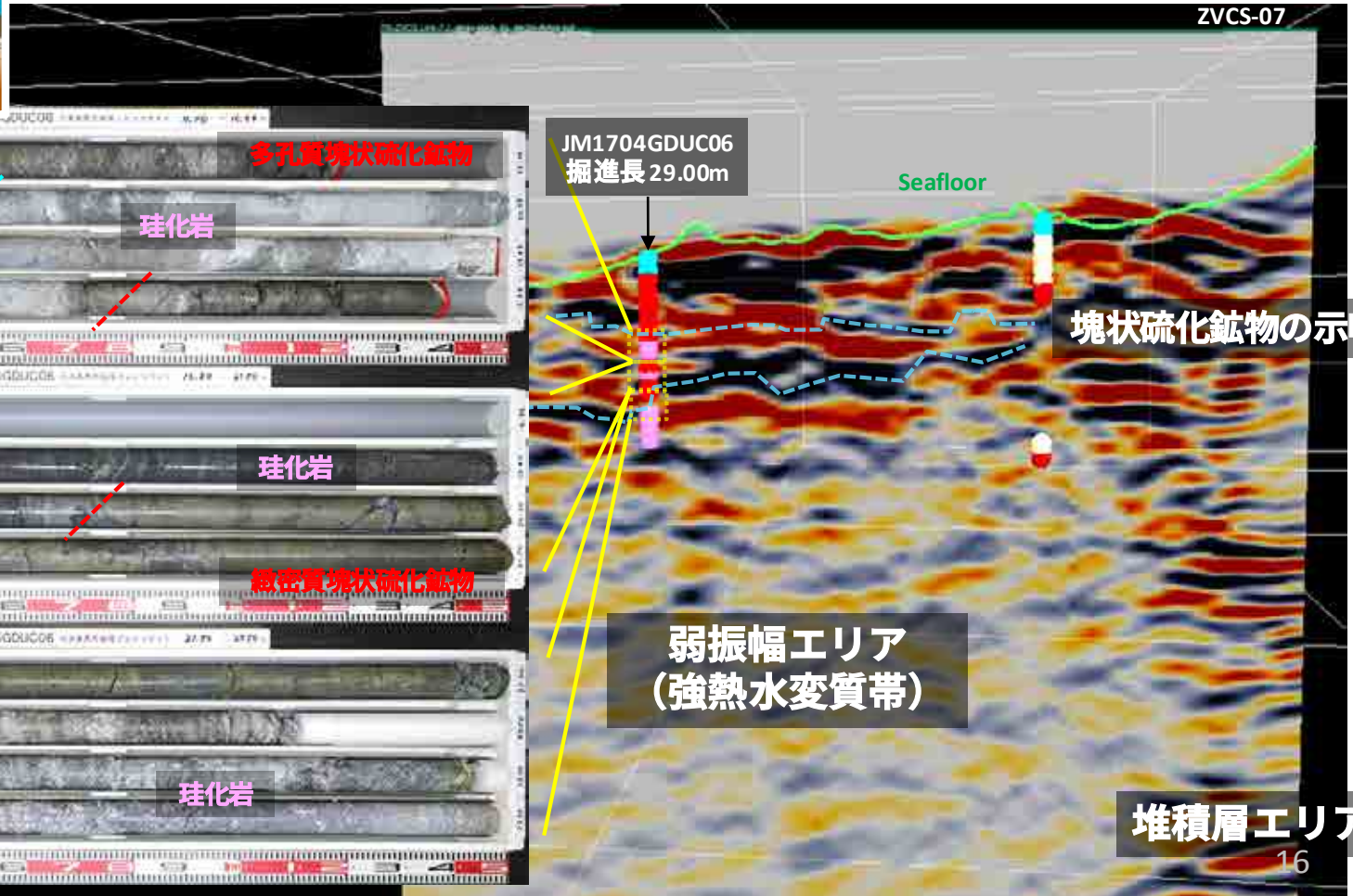
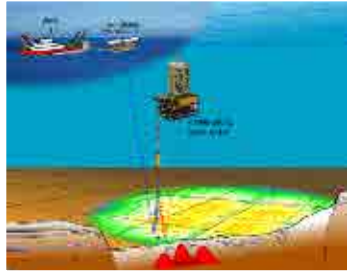
曳航式音波探査(ACS)断面と併せて掘削(BMS)点を決定

統合海洋資源調査システムの成果：準精査・精査

世界初

音波探査により鉱体の輪郭を把握

音波探査とBMSサンプリング結果の整合性を確認



データ統合解析 (DHF; Digital Hydrothermal Field構築)

潜頭性熱水鉱床に関する様々なデータを統合

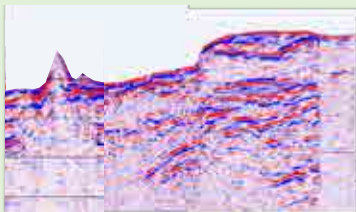
音波探査の処理/解析

- 詳細地形データ
- ACS/Z-VCS/3D VCS

Velocity model



Seismic section



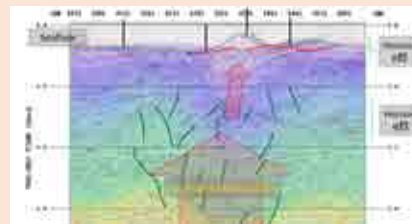
J-MARES/JGI



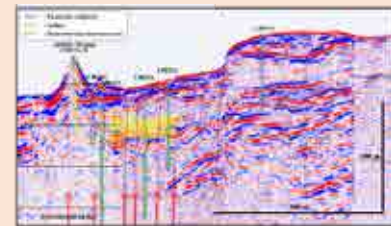
反射法記録

アトリビュート解析

- ジオメトリカルアトリビュート解析
- コヒーレンシー解析→断裂



サンライズ鉱床



Hakurei Site J-MARES/JGI



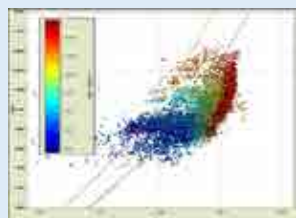
断裂構造モデル

地質境界面、速度構造モデル

異種物理探査データ逆解析

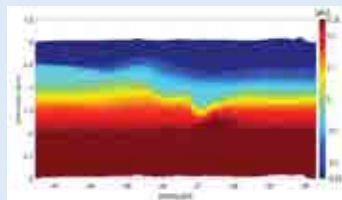
- 電磁、電気、重力、磁力探査
- 音波探査情報に基づく初期モデル作成
- 3D Guided Inversion

密度-速度クロスプロット



J-MARES/JGI

初期モデル(密度)



JAMSTEC/成因論T



物性値モデル

統合解析

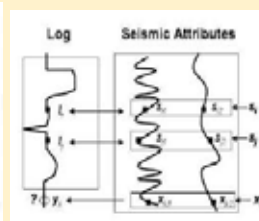
- 地球統計学
- マルチアトリビュート解析(擬似物性)
- クロスプロット解析(物性、化学分析)
- 岩相推定/岩石物理モデル

岩相区分

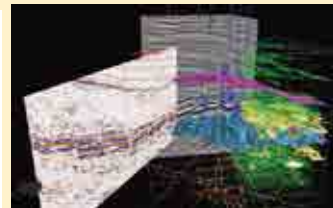


JAMSTEC/成因論T&京大

Pseudo-well-log estimation



Digital Geological Model



J-MARES/MMTEC&JGI

データ統合解析 3 D可視化システムの構築

Virtual Reality技術を使って効率的な情報共有を可能に

可視化用データの作成

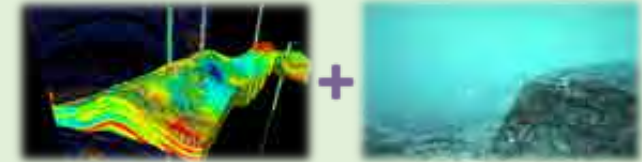
(データプレパレーション)

- ・ 可視化用フォーマット定義
- ・ VR可視化用データ形式へ変換



表示系：VRデータ表示エンジン開発

- ・ 可視化データの360度表示機能
- ・ 没入感向上のための効果処理
(例：人間にとって自然な3次元空間上に入り込む → 海中にいるイメージ等)



プログラム結合 (α版)

- ・ プログラム+データ結合
(表示系+操作系+可視化データ)
- ・ システム検証・課題検討
- ・ αデモ版としてリリース

操作系：ユーザインターフェイス機能開発

- ・ コントローラ制御機能
基本操作系 (拡大・縮小・移動等)
- ・ 分析補助、没入感向上機能
(例：可視化空間内で、手持ちのコントローラがライトとして運動表示 (あたかもライトを持っているように見える)、向けた方向が見やすくなる等)



共有系：可視化空間共有機能開発

- ・ イーサネットを介し可視化空間内に複数人が参加し共有表示する機能(最大4人迄対応)
(どこにいても空間内共有)

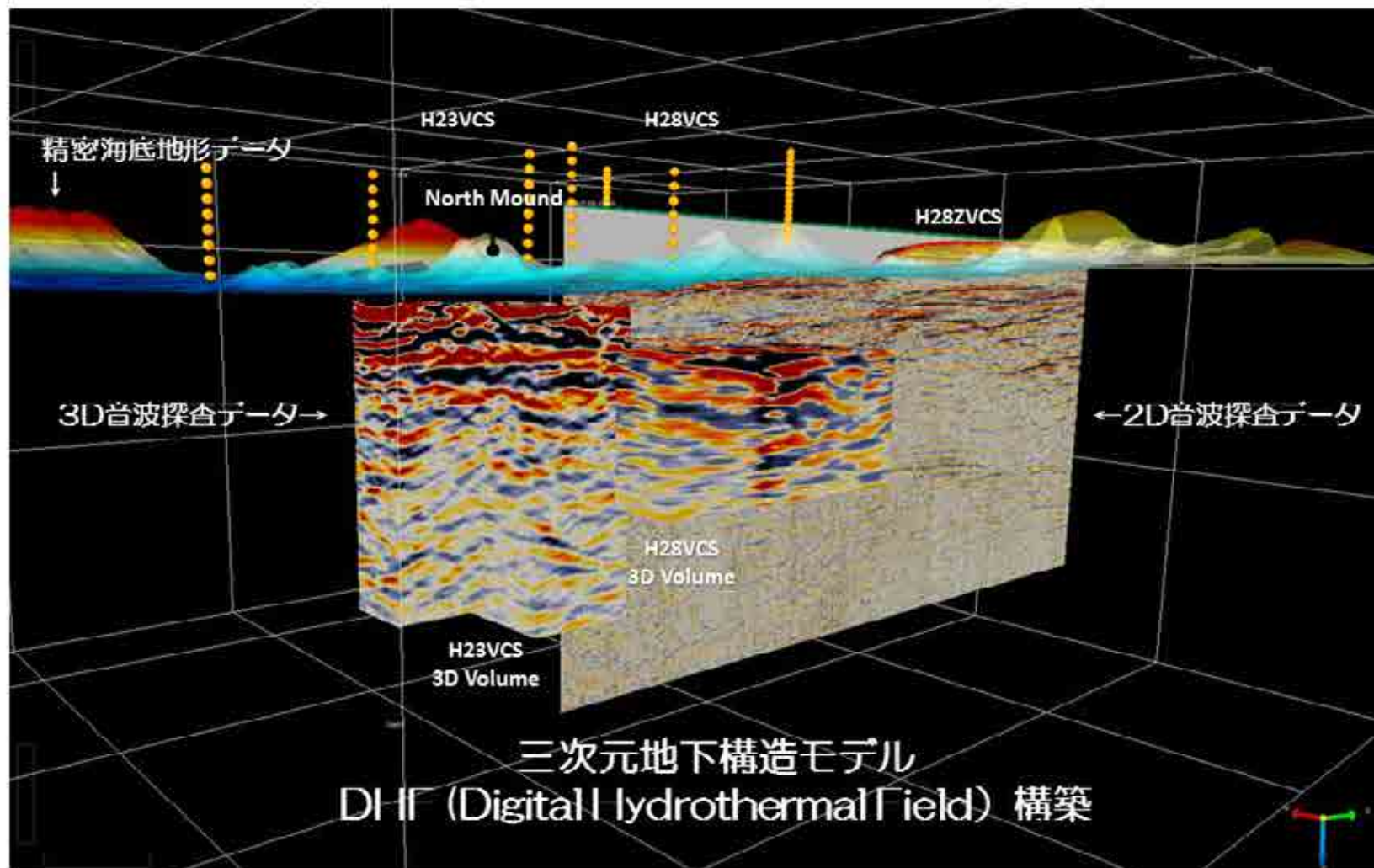


完成版プログラム開発

- ・ α版での課題対応
- ・ 共有系機能の組み込み
- ・ 全体システム検証
- ・ 完成版リリース

データ統合解析 3D可視化システムの構築

平成29年度に三次元可視化システムのα版を完成



目次

1. 背景
2. 概要
3. これまでの成果
- 4. 出口戦略**
5. まとめ

出口戦略（実用化・事業化）とその達成度合い

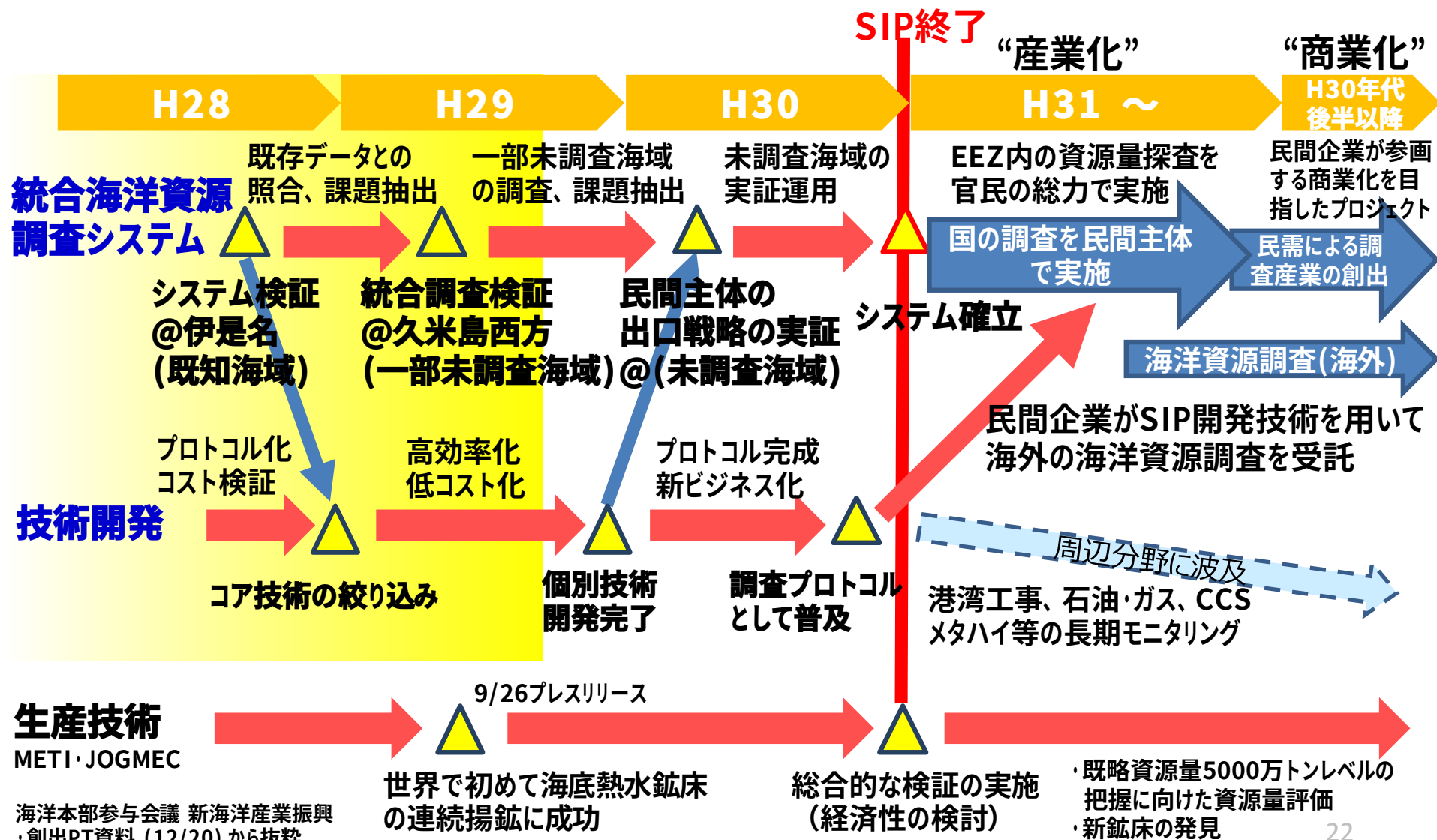
基本的 考え方

海洋資源調査への民間企業の参入障壁を
SIPにより解消し、海洋資源調査産業の創出を実現

民間企業の参入障壁	SIPの目標	SIPでの取り組み
①調査技術 十分な資源量の発見が可能な <u>調査技術が未確立</u>	これまで資源量として含まれなかった <u>海底下（潜頭性）の鉱床を効率的に発見</u> できる調査技術を開発	・海底下(潜頭性)の鉱床存在の可能性を示すエリアを絞り込み、海底下(潜頭性)の鉱床発見が可能な <u>世界初の統合海洋資源調査システムの構築</u>
②コスト 陸上に比較して海洋調査の <u>コストが1桁以上高い</u>	<u>陸上と比較して高コストでない調査費用</u> (陸上の鉱物資源調査：1調査あたり平均5億円)	・AUV複数同時運用、および最適な仕様の民間船の使用により <u>コストの大半を占める傭船費を大幅に削減</u> ・電気、音波探査を組み合わせ、 <u>海中からのセンシング技術により、海底下(潜頭性)の鉱床の三次元分布を高精度で把握可能にする技術の開発</u>
③民間利用 研究者により新規開発された技術がそのままでは <u>民間で使いにくい</u>	<u>民間調査企業が使用可能なツール、手法、調査プロトコル構築</u> と民間への技術移転	・ <u>民間企業主体</u> による統合海洋資源調査システムを構築 ・民間船利用による <u>調査オペレータ育成と着実な技術移転</u>

出口に向けたロードマップ

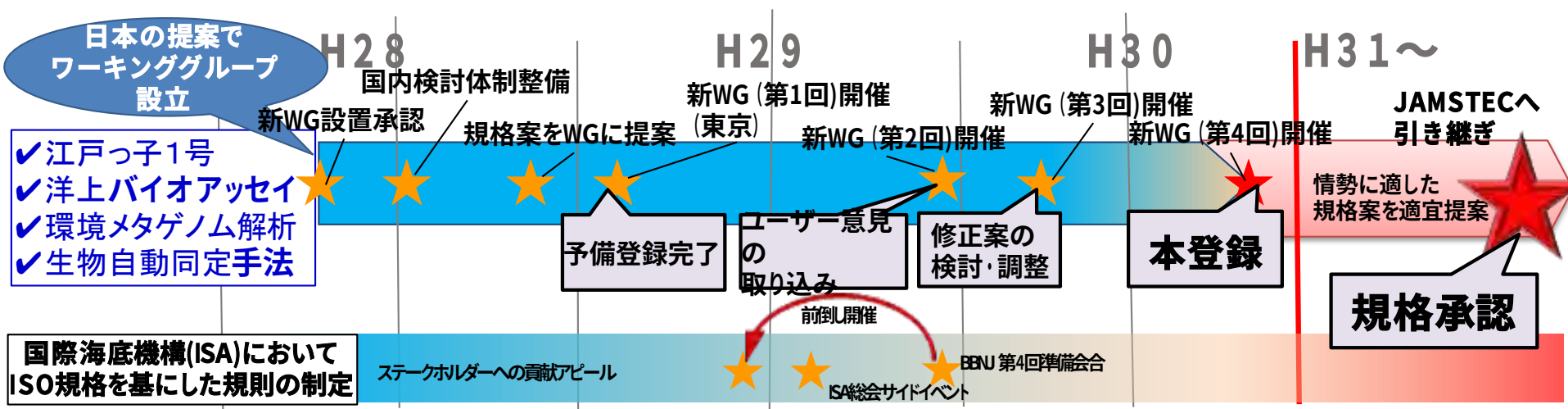
SIP期間中に民間への技術移転を完了し、SIP終了後に民間企業が、JOGMEC、新規事業参入者、海外案件などの資源探査を受託できる体制を構築



出口戦略（実用化・事業化）とその達成度合い

国際展開、国際標準化に向けた取り組み

■環境影響評価技術のISO標準化（計画通り）



■SIP開発技術の国際展開

- ✓ **EcoDeep-SIP Workshop** (日仏共同開催)
 - ➡ The Ocean Economy in 2030 (OECD発行)で引用
- ✓ **STAR2017** (太平洋科学技術資源ネットワーク会議)
 - ➡ コンファレンスレポートでSIP技術を活用した調査を太平洋島嶼国政府へ勧告
- ✓ **Asia-Pacific Deep-Sea-Mining Summit**
 - ➡ 相手国政府からのODA要請を狙ったSIP技術のアピール

外部有識者コメント
・世界での海外展開を見据えた取り組みが進展
・報告書にも度々引用される等、世界に影響力を及ぼしつつある。

技術移転に合わせた知財戦略の策定・実行



キラーパテント

統合海洋資源調査システム

特許出願
計29件

電磁探査

特願2016-046797

ZVCS

米国仮出願

自然電位探査

特願2016-176889 PCT/JP2016/081915

特許出願 3件
特許出願 14件

特許出願 6件

特許出願 6件

微生物画像取得装置

特願2016-232868 (PCT出願予定)

	特許	ノウハウ	データ・サンプル
5. 電気・電磁探査技術			
5-1. 概査技術			
5-1-1. MT法等による電磁探査			
5-2. 準精査技術			
5-2-1. AUV/曳航体による自然電位異常調査			
5-2-2. AUV/曳航体による電気・電磁探査			
5-3. 精査技術			
5-3-1. ROVによる電磁探査			

知財パッケージ



- ✓ 目標パテントポートフォリオを踏まえた知財管理方式を採用
- ✓ 「プロトコル」に基づき知財権 (特許、ノウハウ、データ) を群化する知財パッケージを作成
- ✓ SIP終了後に民間が活用できるオープン&クローズ戦略、かつ、出口戦略を構築

目次

1. 背景
2. 概要
3. これまでの成果
4. 出口戦略
- 5. まとめ**

海洋資源調査産業の創出に向けて

- 海洋資源調査は1,000億円規模の潜在的市場
(EU (2012) “Blue Growth” 予測より試算)
- SIPにおいて、商業開発に最も近い海底熱水鉱床に
的を絞り込み、海面下2,000m、海底面下30mの潜頭性
海底熱水鉱床を、高効率・低コストで調査可能な「統
合海洋資源調査システム」の確立に見通しを得た
- 海洋資源調査産業の創出に向けて、民間企業を主体
とした「統合海洋資源調査システム」の実運用試験を
実施中 (平成30年度)