

海底熱水鉱床の探査に係る現状と課題

科学技術・学術審議会 海洋開発分科会
海洋資源の有効活用に向けた検討委員会

平成20年12月18日

独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構

1. 海洋鉱物資源の概要
 2. 海底鉱物資源の賦存状況(マンガン団塊、クラスト)
 3. 海底鉱物資源の賦存状況(海底熱水鉱床)
 4. JOGMEC海洋鉱物資源探査事業の概要
5. 海底熱水鉱床調査
 6. 民間企業の海底熱水鉱床探査活動
 7. Nautilus 社の海底熱水鉱床調査(PNG, Solwara 1)
8. 陸上の資源開発の流れ(探査～開発)
9. 第2白嶺丸と探査機器
10. 探査機器・技術の導入
 11. 海底熱水鉱床の探査フロー
 12. 白嶺鉱床の発見
13. 鉱量評価と探査技術の課題

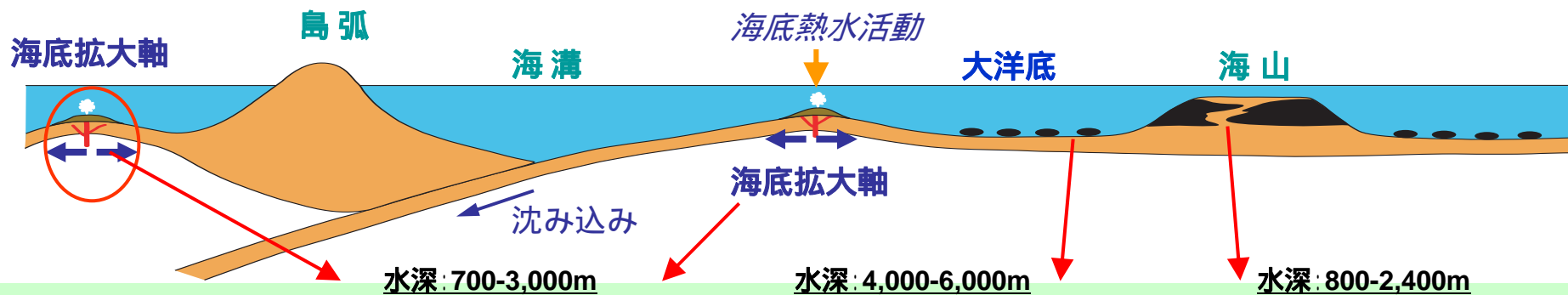
(参考)

深海用ボーリングマシン(BMS)
 海底熱水鉱床開発に向けて



深海底鉱物資源探査専用船「第2白嶺丸」

1. 海洋鉱物資源の概要



鉱床名	海底熱水鉱床	マンガン団塊	コバルト・リッチ・クラスト鉱床
産状	海底面から噴出する熱水から金属成分が沈澱してできた多金属硫化物鉱床。チムニー、マウンドを形成。	直径2～15cmの球形～楕円形の酸化物。海底面上に分布し、堆積物中に半埋没。	基盤岩を皮殻状に覆うアスファルト状の酸化物。厚さは数mm～10数cm。
含有する有用金属とおよその品位例 ()は陸上資源の品位、熱水鉱床は黒鉱鉱床の品位例	銅 1～3% (1～2%) 鉛 0.1～0.3% (1～2%) 亜鉛 30～55% (3～7%) 金, 銀, レアメタル	マンガン 28.8% (40～50%) 銅 1.0% (0.5～1.0%) ニッケル 1.3% (0.4～1.0%) コバルト 0.3% (0.1%) 30種類以上の有用金属含有	マンガン 24.7% (40～50%) 銅 0.1% (0.5～1.0%) ニッケル 0.5% (0.4～1.0%) コバルト 0.9% (0.1%) 白金 0.5ppm
分布海域 (代表的海域)	海底拡大軸, 背弧海盆 (東太平洋海膨, 沖縄諸島, 伊豆・小笠原諸島など)	大洋の深海底 (ハワイ南東方海域など)	大洋の海山・海台 (南鳥島, ウェーク島, マーシャル諸島, ハワイ諸島等周辺)
分布域の地形・地質	著しく凹凸に富む。	比較的平坦。遠洋性堆積物分布。	斜面部及び平頂部, 比較的凹凸に富む。
賦存状況写真			

2. 海底鉱物資源の賦存状況 (マンガン団塊、クラスト)



分布状況



断面

マンガン団塊



分布状況



断面

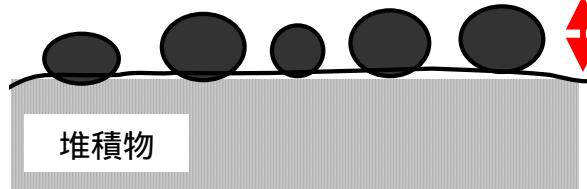
コバルト・リッチ・クラスト

ハワイ南東方沖

水平規模: 750万km²

(NS: 1,000 ~ 1,500km, EW: 約6,000km)

マンガン酸化物

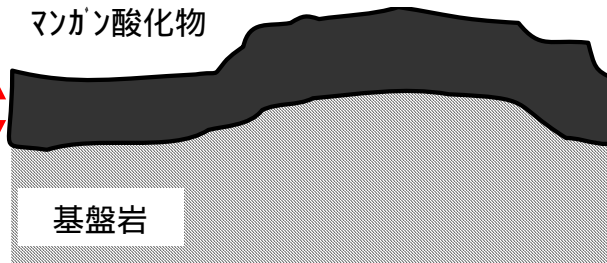


2-15cm

南鳥島周辺一海山

水平規模: >1,000km²

マンガン酸化物



賦存状況模式断面図

3. 海底鉱物資源の賦存状況 (海底熱水鉱床)



分布状況

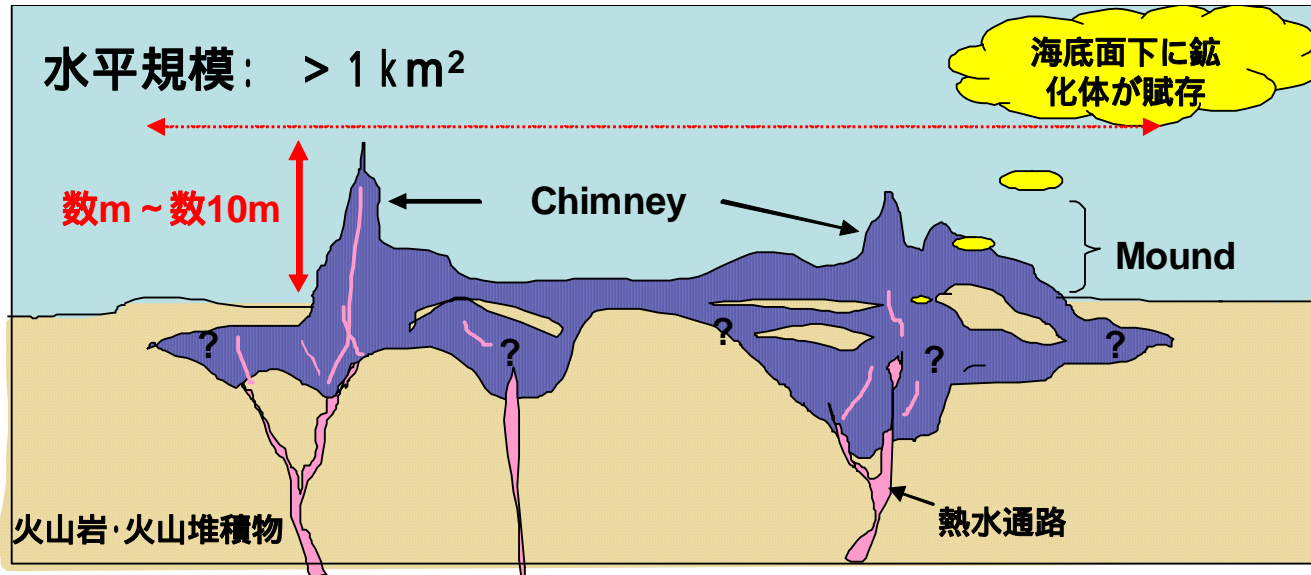


白嶺鉱床で採取したチムニー(1.3t)

サンプリング機器



パワーグラブ



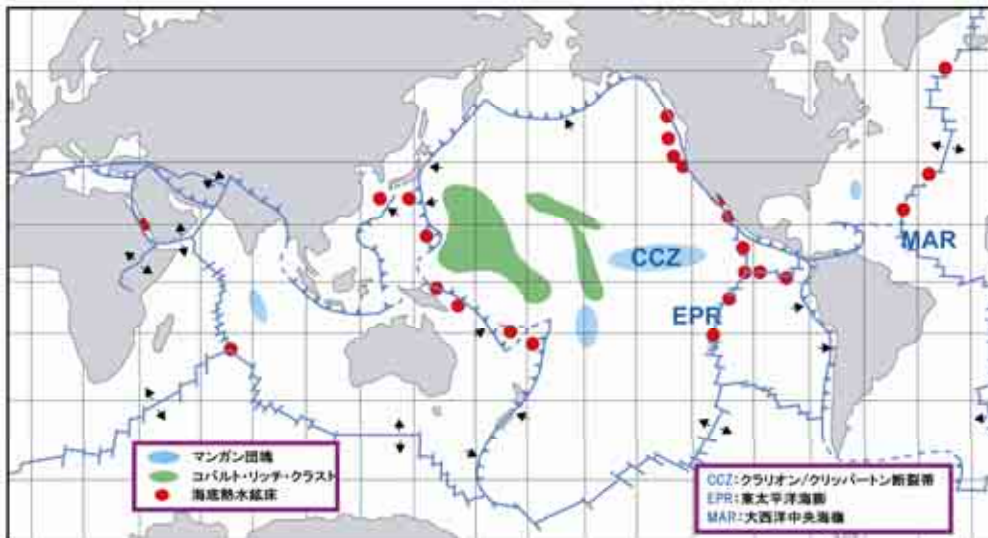
賦存状況模式断面図



ボーリングマシン(BMS)

4. JOGMEC海洋鉱物資源探査事業の概要

- マンガン団塊調査**(昭和50～平成8年度)：ハワイ南東方海域(公海)で調査。
昭和62年、深海資源開発(株) (DORD) は国際海底機構(国連)から鉱区7.5万km²を取得済み。
- 海底熱水鉱床調査**(昭和60～平成15年度、平成20年度～)：東太平洋中央海嶺(公海)、沖縄トラフ海域(EEZ内)、伊豆・小笠原海域(EEZ内)で調査。
- コバルト・リッチ・クラスト鉱床調査**(昭和62年度～)：中～西部太平洋の公海上で調査継続中。
鉱区取得申請の対象として優先順位の高い海域(海山)を選定。国際海底機構は、公海での鉱業規則(マイニングコード)制定を準備中。
- 大陸棚調査(大水深基礎調査)**(平成10～20年度)：日本近海における大陸棚延長の可能性のある海域で、資源地質調査等を実施。平成15年度以降は、大陸棚延長申請に必要な基盤岩採取を実施。



海洋鉱物資源の分布図



JOGMEC調査海域図

5. 海底熱水鉱床調査

背景・経緯

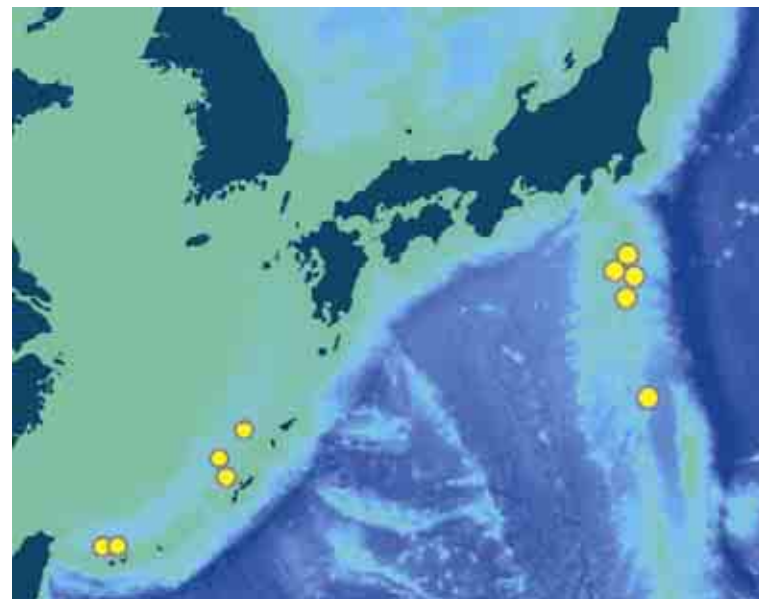
- 海底熱水鉱床は、1978年ガラパゴスで最初に発見。その後、大西洋中央海嶺や東太平洋でも発見。現在、世界中の海底で約340カ所が知られている。
- 日本周辺海域では1988年沖縄トラフで、その後、伊豆・小笠原海域でも発見。
- JOGMECは、1997年に伊是名海穴(沖縄)で、2003年にベヨネーズ海丘(伊豆・小笠原)で熱水鉱床を発見。日本周辺海域の海底熱水鉱床は、中央海嶺の同鉱床に比べて、水深が浅く、規模が大きく、有用金属(Au, Ag, Sb, In, Geなど)の含有品位が高いとされている。

最近の動向

- 海外民間企業が海底熱水鉱床の開発を準備中、英国ネプチューン社は日本EEZに海底熱水鉱床の鉱区を申請(2007年2月HPで公表)。
- 国際海底機構は公海における海底熱水鉱床を対象に鉱業規則(マイニングコード)策定中。
- 2007年7月、海洋基本法施行。

課題

- 海底熱水鉱床の海底面下への連続性、分布状況が十分確認できず、資源量が不明確。また、開発による海洋環境への影響評価等に関する情報不十分。
- 採鉱・製錬技術も未確立。

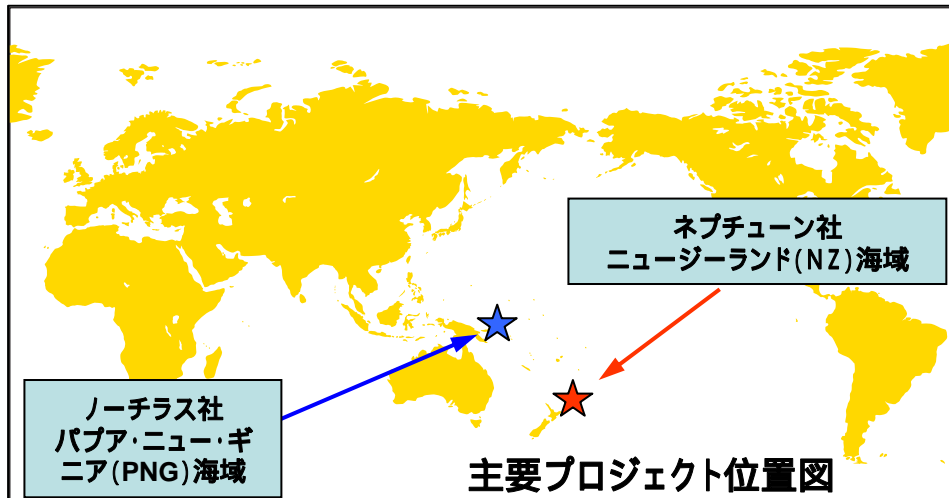


● : 日本周辺海域で発見されている主な海底熱水鉱床

6. 民間企業の海底熱水鉱床探査活動

近年、**ノーチラス社**はPNG(マヌス海盆)、**ネプチューン社**はNZ海域(ケルマディック海盆)において、掘削船を用いて大規模な海底熱水鉱床探査を実施し、開発(商業生産)を予定。

	Nautilus Mineral Inc. 加国	Neptune Minerals Inc. 英国
保有鉱区	PNG、トンガ、ソロモン	NZ(3鉱区)、PNG(7鉱区)、ミクロネシア、バヌアツ
申請鉱区	PNG、NG	日本(沖縄、伊豆・小笠原)、イタリア
今後の活動	Solwara (PNG)プロジェクトで環境調査、2010年に生産操業開始予定。Barrick Gold, Anglo American, Teck Cominco各社が100億円+投資。	Kermadec 05(NZ)プロジェクトでROVや採掘船を用いた試料採取実施。2011年操業試験開始予定。投資会社や産金企業Newmont社が資本参加。

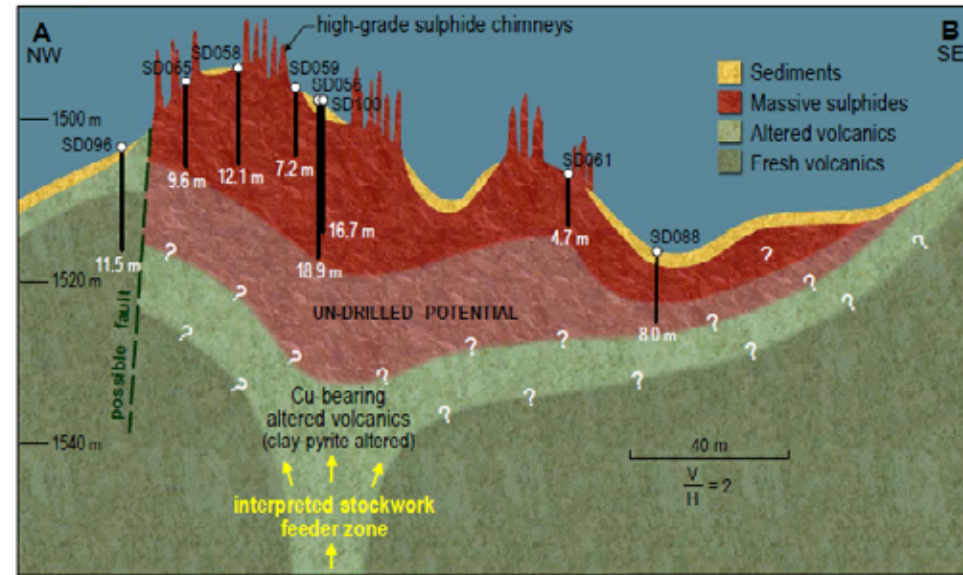
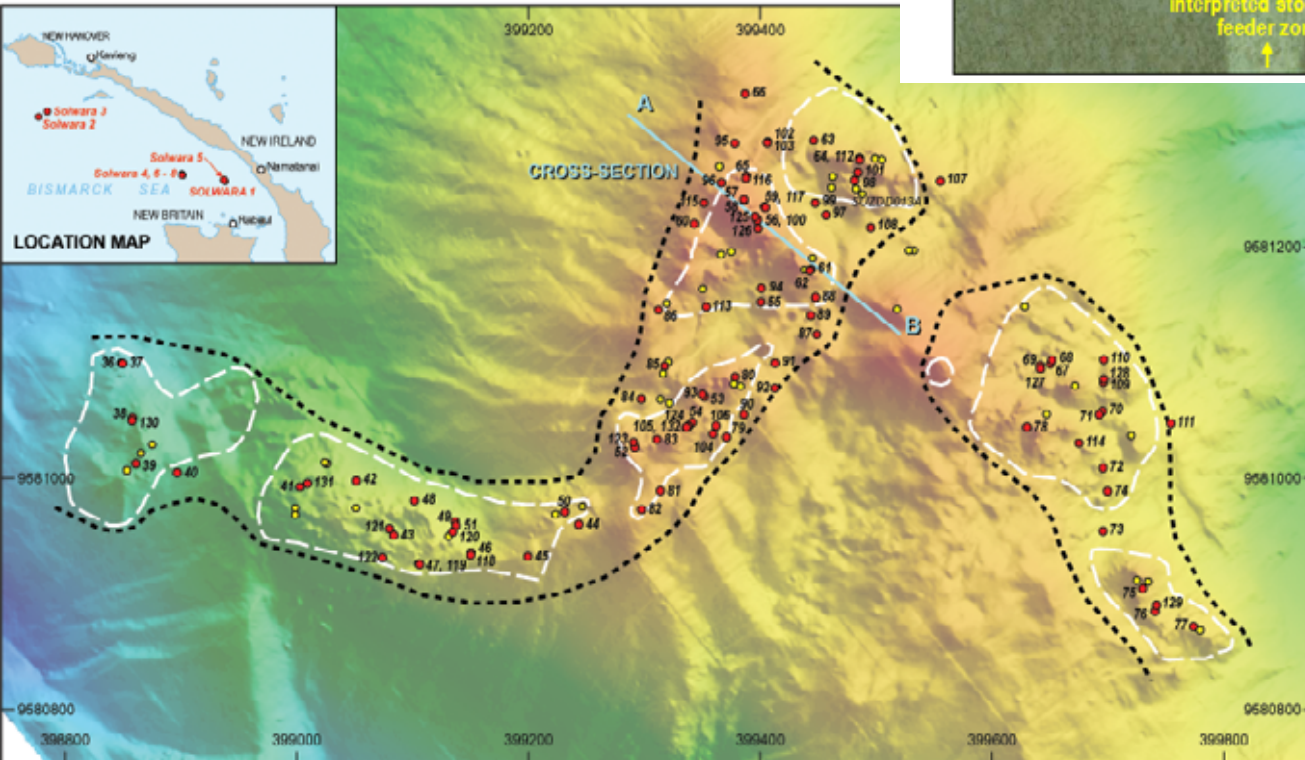


ノーチラス社 採鉱システム概念図

7. Nautilus 社の海底熱水鉱床調査 (PNG , Solwara 1)

ノーチラス社は、多数の国々の調査グループや民間企業の調査結果を引き継ぎ、2006年に権益取得。

2007年にボーリング111孔(1,084m、コア回収率59%、硫化物部分72%)を実施し、概略的な資源量(推定・予想鉱量) 217万t(Cut-off: 4%Cu)を推計。

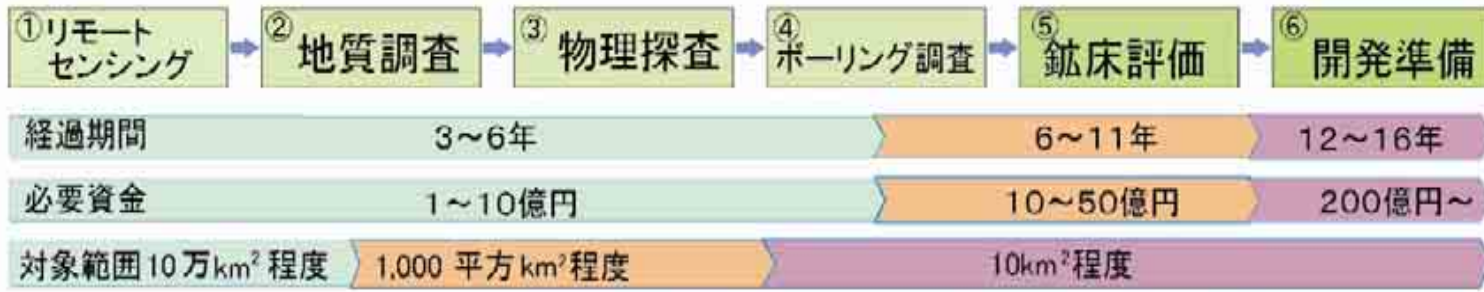


A-B側線 断面図
(水深: 約1,500m
マウンド・チムニーの比高:150 ~ 200m)



ボーリング調査風景

8. 陸上の資源開発の流れ(探査～開発)



海洋資源探査の制約要因 (陸上資源の探査と比較において)
 探査活動はすべて調査船からの遠隔操作に頼らなければならないこと、
 海中では電磁波が使えず、電磁波による探査やデータ送信、機器制御を行なうことができないこと、など。

9. 第2白嶺丸と探査機器



搭載している探査機器

- GPS : Global Positioning System (グローバルポジショニングシステム)
- MBES : Multi narrow-Beam Echo Sounder (マルチナロービーム音響測深器)
- NBS : Narrow Beam Sounder (ナロービーム音響測深器)
- PDR : Precision Depth Recorder (精密音響測深器)
- n-SBP: narrow-beam Sub Bottom Profiler (ナロービーム表層断面探査器)
- BMS : Benthic Multi-coring System (Drilling System) (ボーリングマシンシステム)
- LC : Large-gravity Corer (大口径コアラー)
- MC : Multiple Corer (マルチプルコアラー)
- FDC: Finder installed Deep-sea Camera (テレビ付深海カメラ)
- FG : Free fall Grab (フリーフォールグラブ)
- FPG: Finder-mounted Power Grab (テレビカメラ付パワーグラブ)

深海底鉱物資源探査専用船

「第2白嶺丸」 昭和55年就航

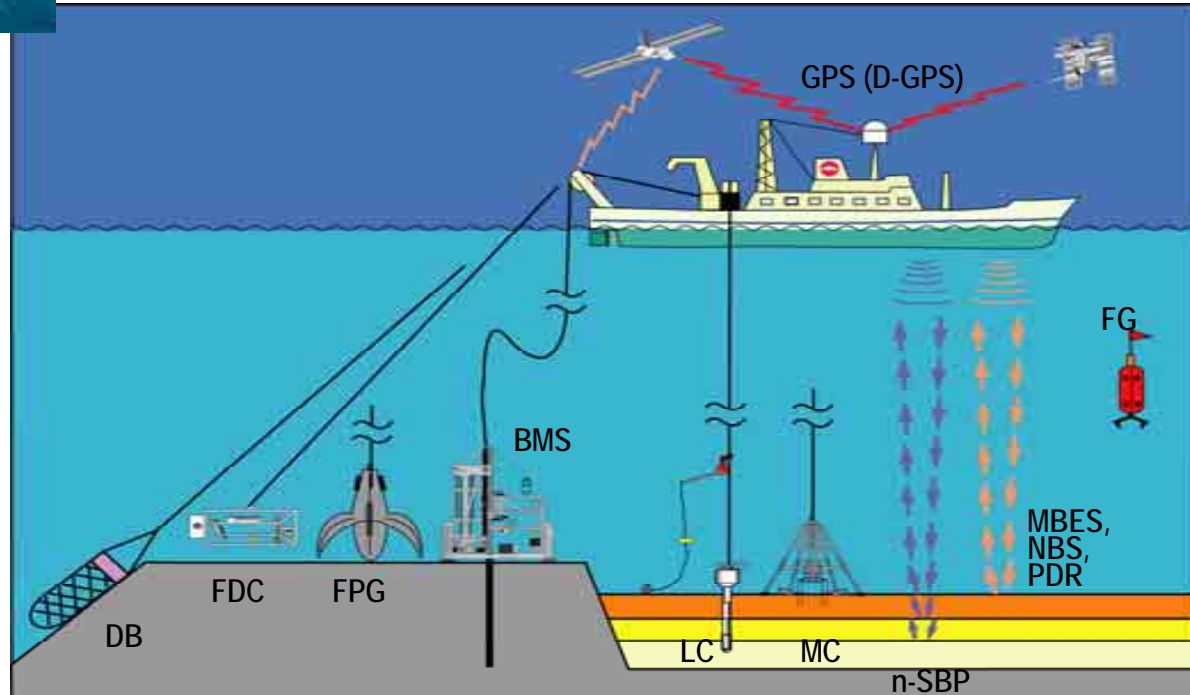
全長 : 88.8m 幅 : 13.8m 総トン数 : 2,145t

航海速力 : 15kt 航続距離 : 12,500s.m

定員 : 61名

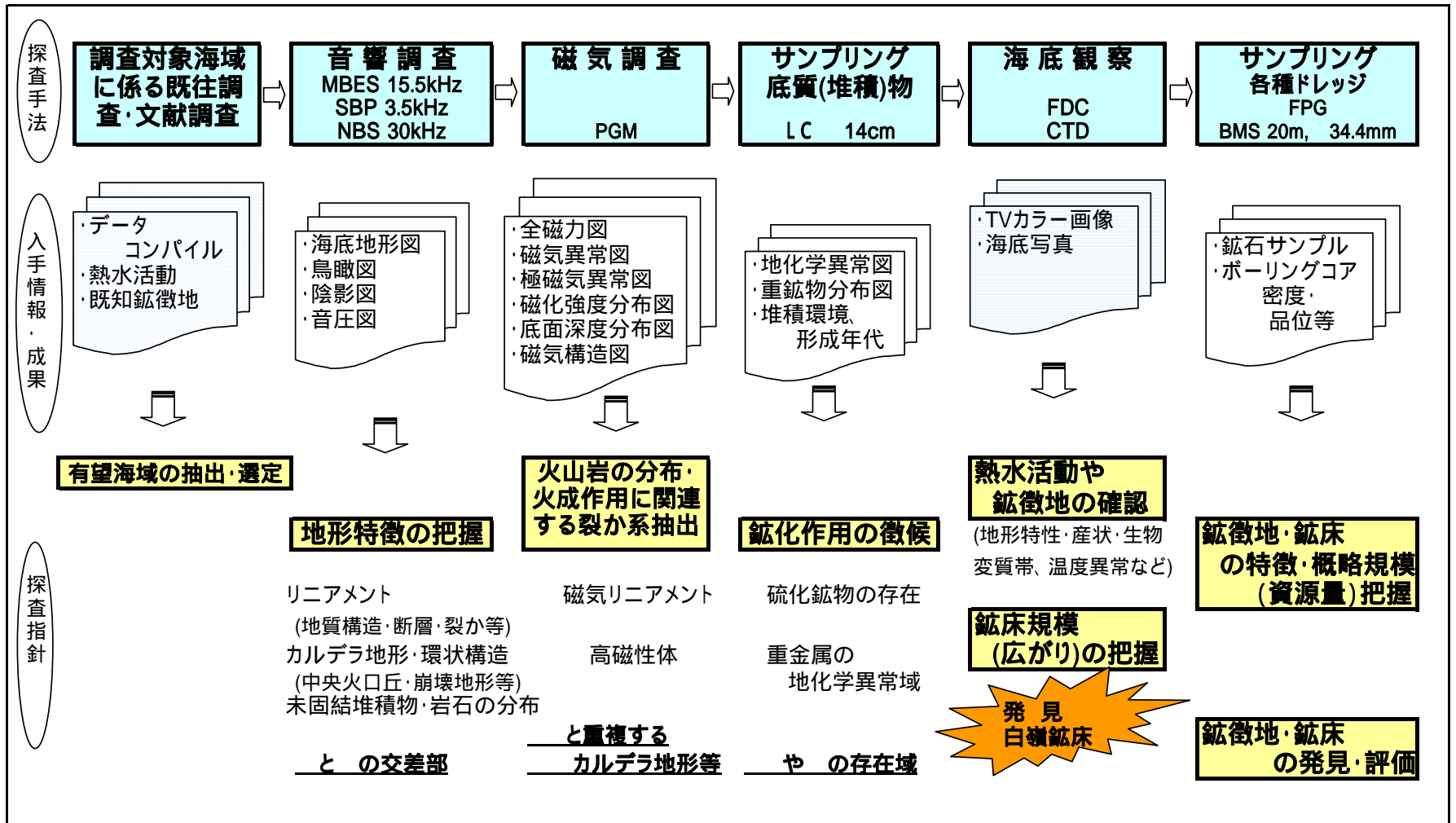
特徴 サンプル採取に秀でた調査船

- ・ 定点保持や超微速航行機能を有し、機動性良好
- ・ 大型ウィンチ、Aフレーム、光・動力複合ケーブル、様々なサンプリング機器を装備



11. 海底熱水鉱床の探査フロー

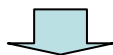
平成15年度時点で、第2白嶺丸搭載の探査機器による探査フローを構築したが、海底観察やサンプリングを実施する区域を絞り込むための探査手法・機器の確保が課題。



12. 白嶺鉱床の発見

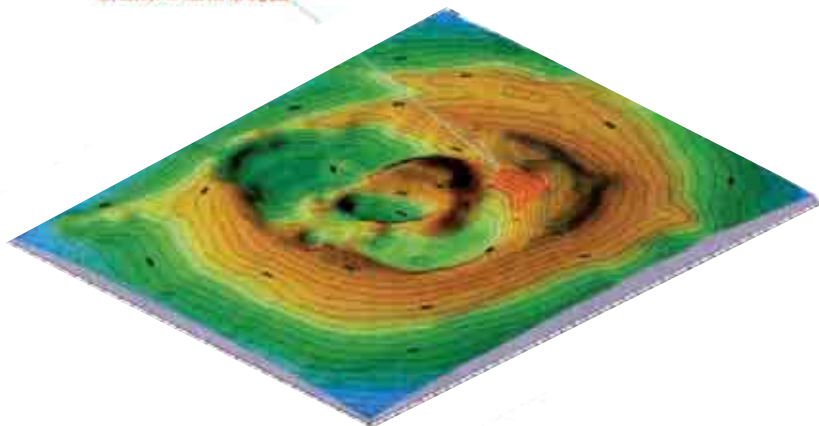
ベヨネーズ海丘での探査フロー

- ・カルデラ地形、環状構造を呈し、リニアメントが交差する位置に存在 [音響調査]
- ・地下浅部に高磁性帯が存在し、これに関連する火成活動が存在 [磁気調査]
- ・カルデラ底の堆積物中から閃亜鉛鉱、黄銅鉱など抽出 [サンプリング]

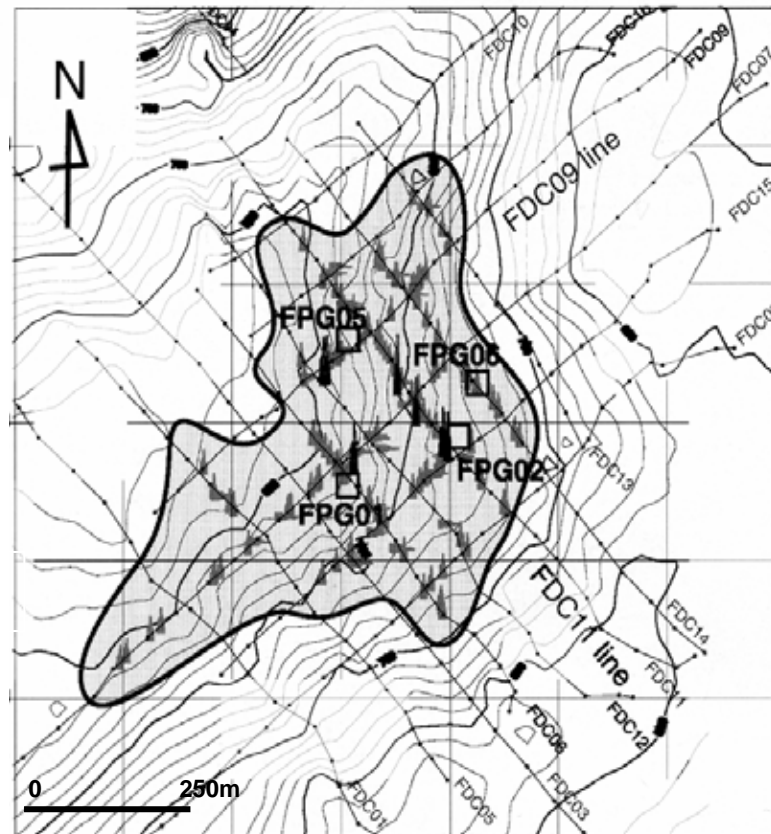


- ・[海底観察(FDC)] 16測線 延べ21.8km
 - ・[サンプリング] ドレッジ 8点、FPG 8点
- ⇒ 発見 : 白嶺鉱床

新鉱床の鉱化帯範囲



ベヨネーズ海丘鳥瞰図



白嶺鉱床平面図

type of chimneys

- active
- standing
- collapsed



Hakurei sulfide deposit

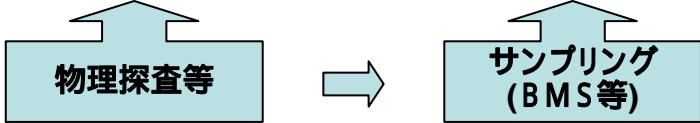
FPG01-06 sampling point by FPG

FDC01 line of bottom obs.

(棚橋ほか、2006)

13. 鉍量評価と探査技術の課題

鉍量評価 : 経済的、技術的に採掘可能な鉍量を計算して、その価値を見積もること

$$\text{鉍量} = \text{鉍石の体積} \times \text{比重} \times \text{品位}$$


鉍床の価値 = 鉍量 × 金属価格(単価) : 投資額を上回る価値が見込めれば商業化

探査技術の課題

・概査段階 (新鉍床発見のための広域調査)

物理探査技術 (磁気調査等)

: 熱水活動・鉍化作用域や潜頭鉍床賦存域の抽出

・精査段階 (既知の熱水活動域や鉍徴地での鉍量把握)

精密海底地形調査技術

: 海底面上の鉍化体の体積を把握

物理探査技術 (地震探査・電磁気探査等)

: 海底面下の鉍化体の連続性や地質構造等を把握

ボーリングマシンの機能向上 (サンプル機器等)

: 海底面下に賦存する鉍化体の品位、比重等を把握

上記を実施するための自律型無人探査機 (AUV)、遠隔操作無人探査機 (ROV)

深海用ボーリングマシン(BMS)



基本仕様

コア径：36.4mm / 47.2mm 最大コア長：20m
 外形寸法：幅4.42m，長さ3.6m，高さ5.48m
 重量：空中4.8t / 水中3.4t
 使用水深：500～6,000m

1996年、世界に先駆けて開発、導入された小型有索式ボーリングマシン。

2006年6月、小笠原父島東方(上田海嶺西部)水深5,815mの海底で、コア長4.4mの堆積物採取に成功。吊下げ型のボーリングシステムとしては世界最深記録。

大陸棚調査(基盤岩採取)では、このBMSを用いて243地点で470孔(延べ掘削長2,313m)を実施。採取した岩石コア試料の化学組成、形成年代、形成プロセスなどを明らかにする等、質の高い地質学的データを提供。74万km²におよぶ我が国大陸棚延伸申請に貢献。

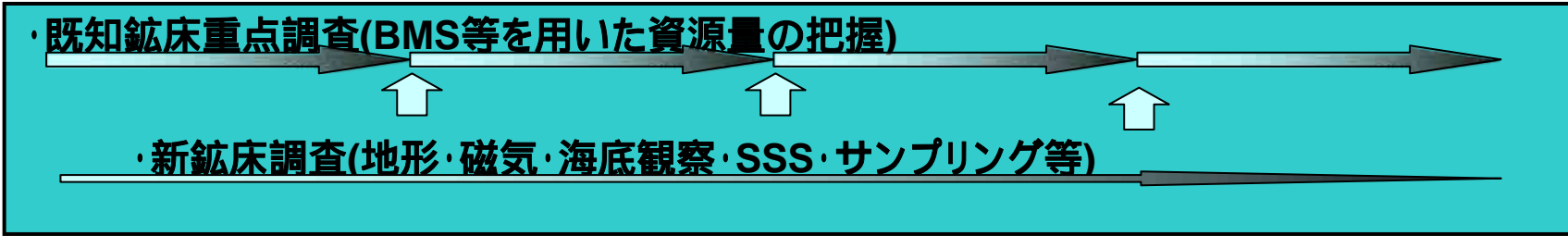
掘削能力、着底能力やコア回収率の向上等技術課題。



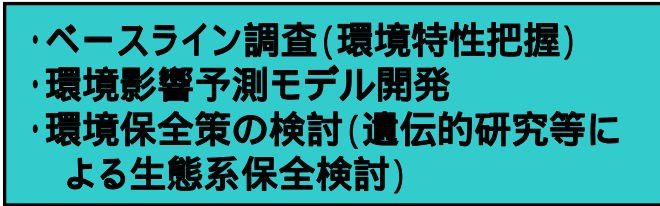
BMSによって採取したコアサンプル

海底熱水鉱床開発に向けて

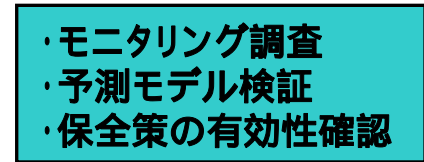
資源ポテンシャル調査



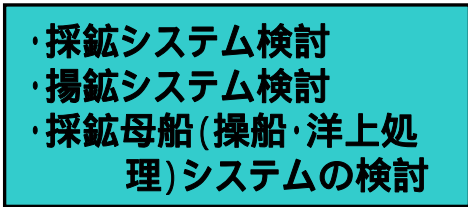
環境影響評価



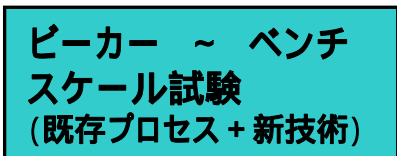
目標・課題がクリアできたことを確認の上、次のステップに移行



資源開発技術



製錬技術



コスト計算と経済性評価(F/S)