

深海探査研究による成果紹介とそこから見える 「有人潜水船＝長嶋茂雄説」

国立研究開発法人海洋研究開発機構

深海・地殻内生物圏研究分野

今日の肩書きは「ミスター－深海探査＝高井研」

なぜ高井研 = ミスター深海探査と嘯くのか

現役日本人研究者最強の経験

- 有人潜水船を使った個人潜航記録30回以上 (2K x 5, 6K x 25)
- 有人潜水船を使った乗船研究チーム潜航記録150回以上 (2K&6K)
- ROVを使った乗船研究チーム潜航記録150回以上 (HD, Victor6000)
- AUV+有人潜水船やHROV+有人潜水船ほぼ同時共同調査3回
- 海洋観測、海底物理探査、深海掘削航海の首席研究者歴任

他の追隨を許さない深海探査による科学業績

- 深海探査による査読付き科学論文発表176報
- 深海探査による査読付き科学論文の引用回数8470回
- 深海探査にまつわる特許を4件取得・申請

なぜ高井研 = ミスター深海探査と嘯くのか

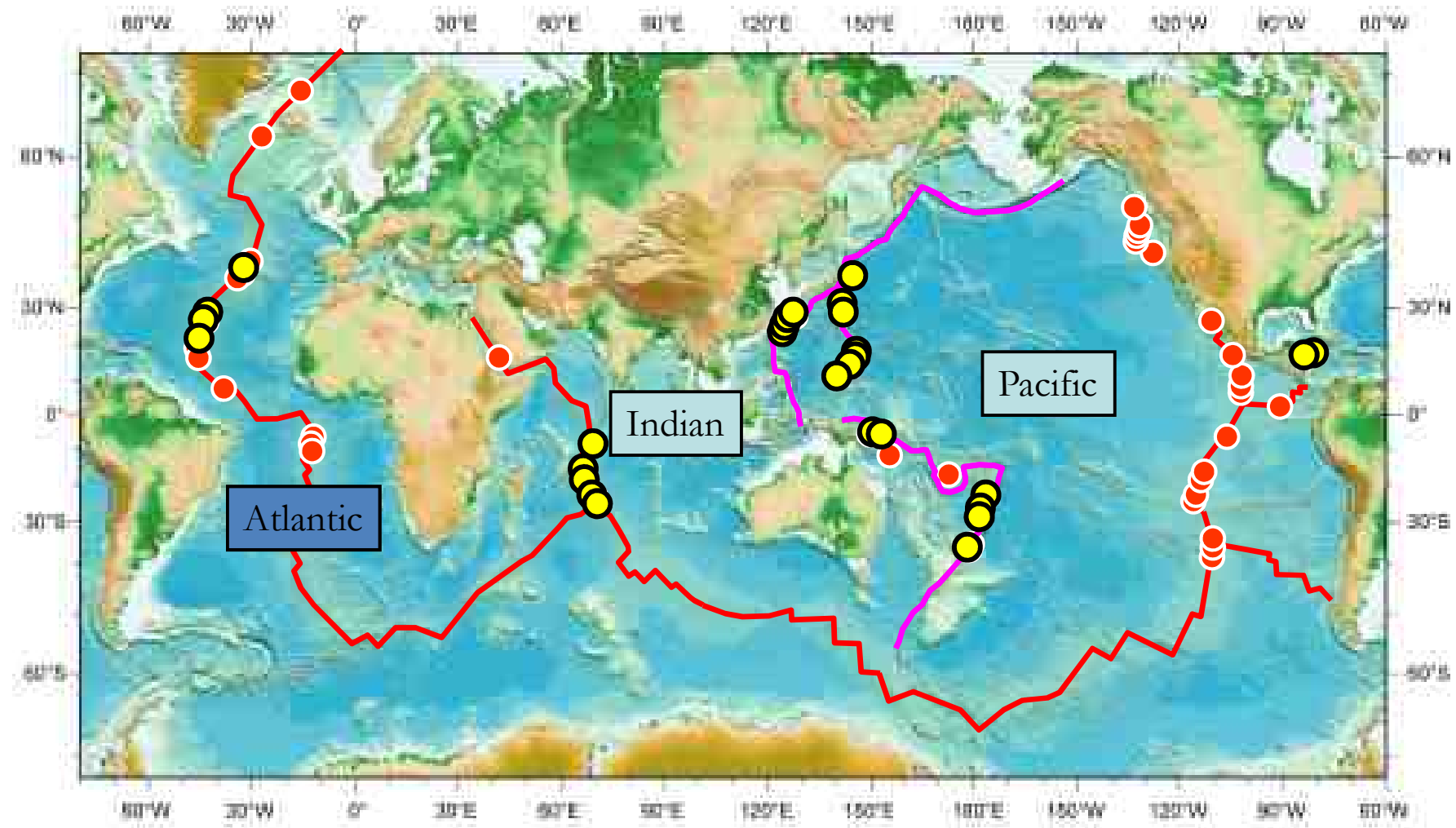
深海探査のアウトリーチ番長

- 世界初の有人潜水船科学調査の生中継の企画・首席（計50万人以上視聴）
- 科博の深海展を初めとする全国科学・博物展示への協力
- しんかい6500の20周年・25周年シンポジウム招待講演者
1000回潜航記念調査・25周年記念調査
- 深海探査科学調査のアイコンとしてマスコミ露出
5/14にはNHKEテレでテラフォーマーズ原作者と対談（スイッチ）
- コンテンツ産業への協力
小説・ドラマ（海に降る）・漫画・ゲーム・深海生物のブランディング

人生の1/15を深海探査の現場 = 船上で過ごした真実

深海探査の特筆すべき成果トピック

1977年の初めての発見以降、世界中で500箇所以上の深海熱水域が知られる



深海探査の特筆すべき成果トピック

高井研の有人潜水船潜航調査回数ランキング

- 1位 沖縄トラフ伊平屋北オリジナル熱水フィールド（5回）
- 2位 インド洋かいいい熱水フィールド（4回）
- 3位 インド洋エドモンド熱水フィールド（3回）

高井研の深海探査調査回数ランキング

- 1位 沖縄トラフ伊平屋北オリジナル熱水フィールド（7ヶ月）
- 2位 インド洋かいいい熱水フィールド（4ヶ月）
- 3位 マリアナ前弧南チャモロ海山（3ヶ月）

深海探査の特筆すべき成果トピック

伊平屋北熱水フィールドの深海探査

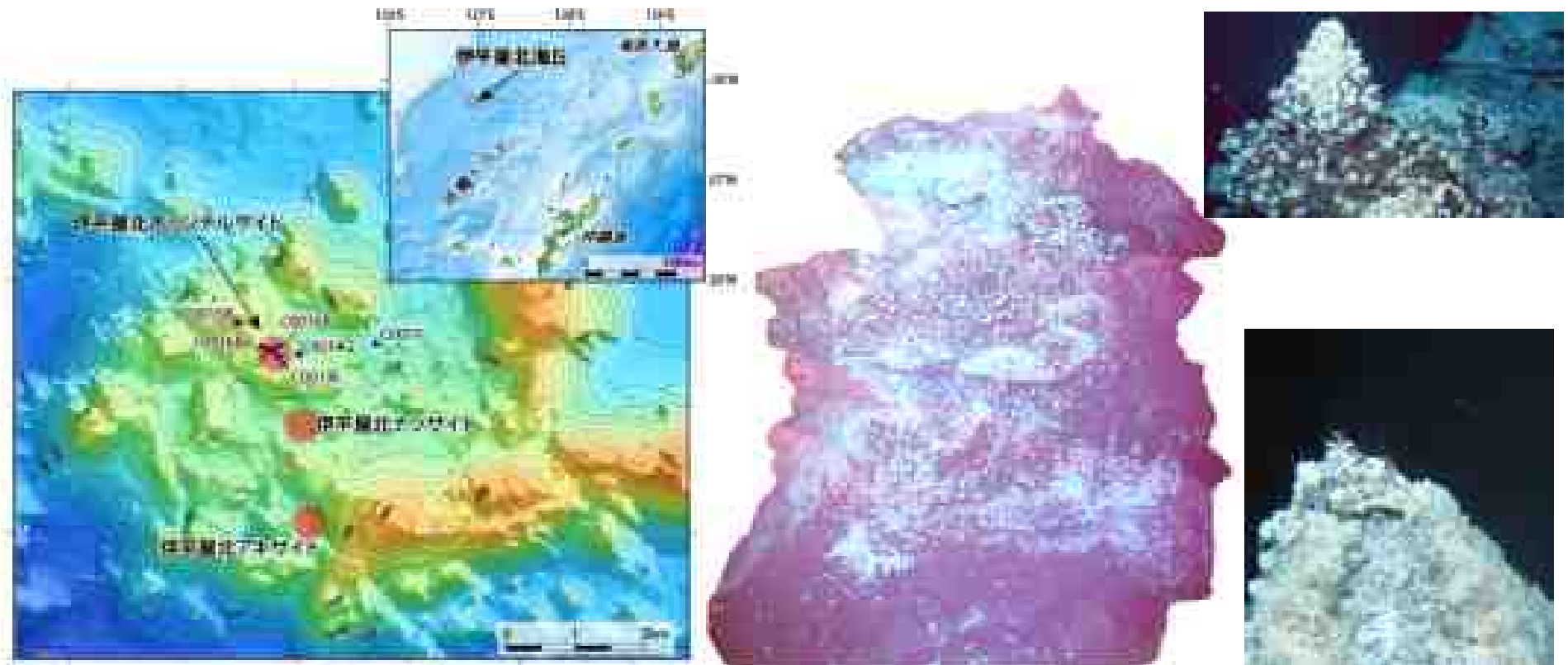
1995年以降：有人潜水船による潜航20回以上

2000年以降：ROVによる潜航50回以上

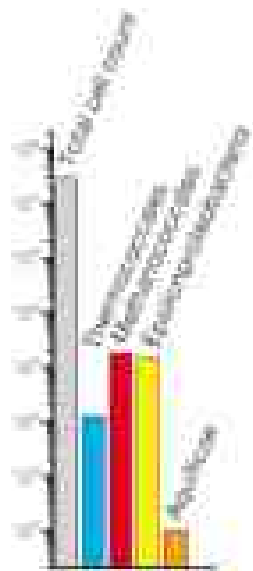
2001年以降：物理探査・ピストンコア調査2ヶ月以上

2005年以降：AUVによる調査10日以上

2010年以降：「ちきゅう」・「第三白嶺丸」による掘削調査5ヶ月以



世深海熱水の相分離によって周辺微生物相が変わること証明 (陸上で言えば地形によって日照量が変わり植物相が変わる感じ)



CO₂ 436 mM
CH₄ 216 mM
 $\delta^{13}\text{C}(\text{CO}_2) -8.1\text{‰}$
 $\delta^{13}\text{C}(\text{CH}_4) -53.8\text{‰}$

Cl 221 mM

ガスリッチ

ガス喰いメタン菌が富国増産



CO₂ 74 mM
CH₄ 71 mM
 $\delta^{13}\text{C}(\text{CO}_2) -10.2\text{‰}$
 $\delta^{13}\text{C}(\text{CH}_4) -55.4\text{‰}$

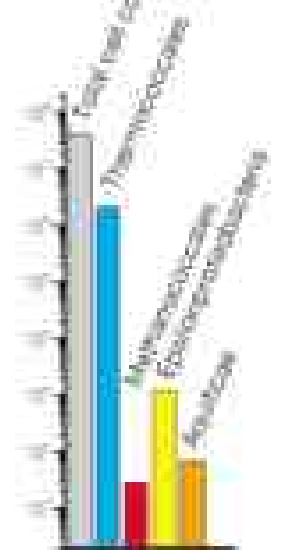
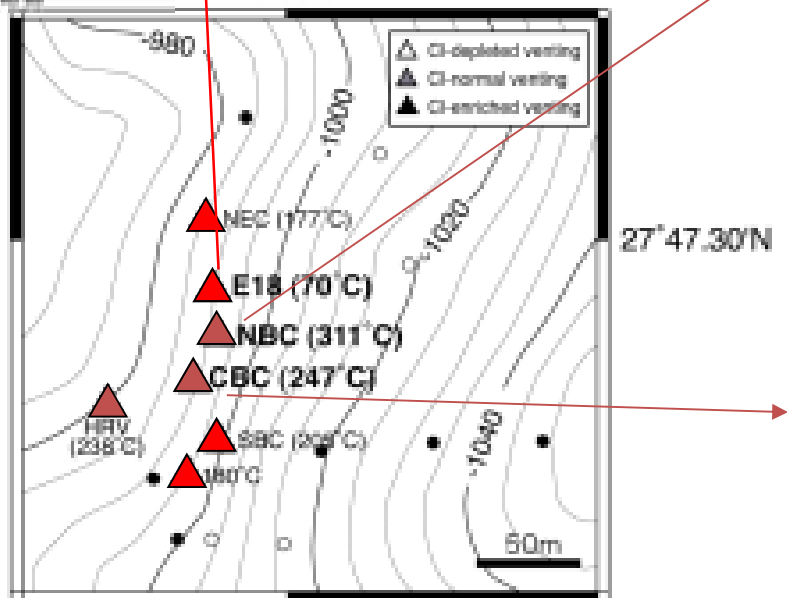
Cl 538 mM

バランスの良い食生活

多様な微生物群集

E18 vent
ISCS

NBC chimney



CO₂ 173 mM
CH₄ 96 mM
 $\delta^{13}\text{C}(\text{CO}_2) -9.2\text{‰}$
 $\delta^{13}\text{C}(\text{CH}_4) -55.1\text{‰}$

Cl 864 mM

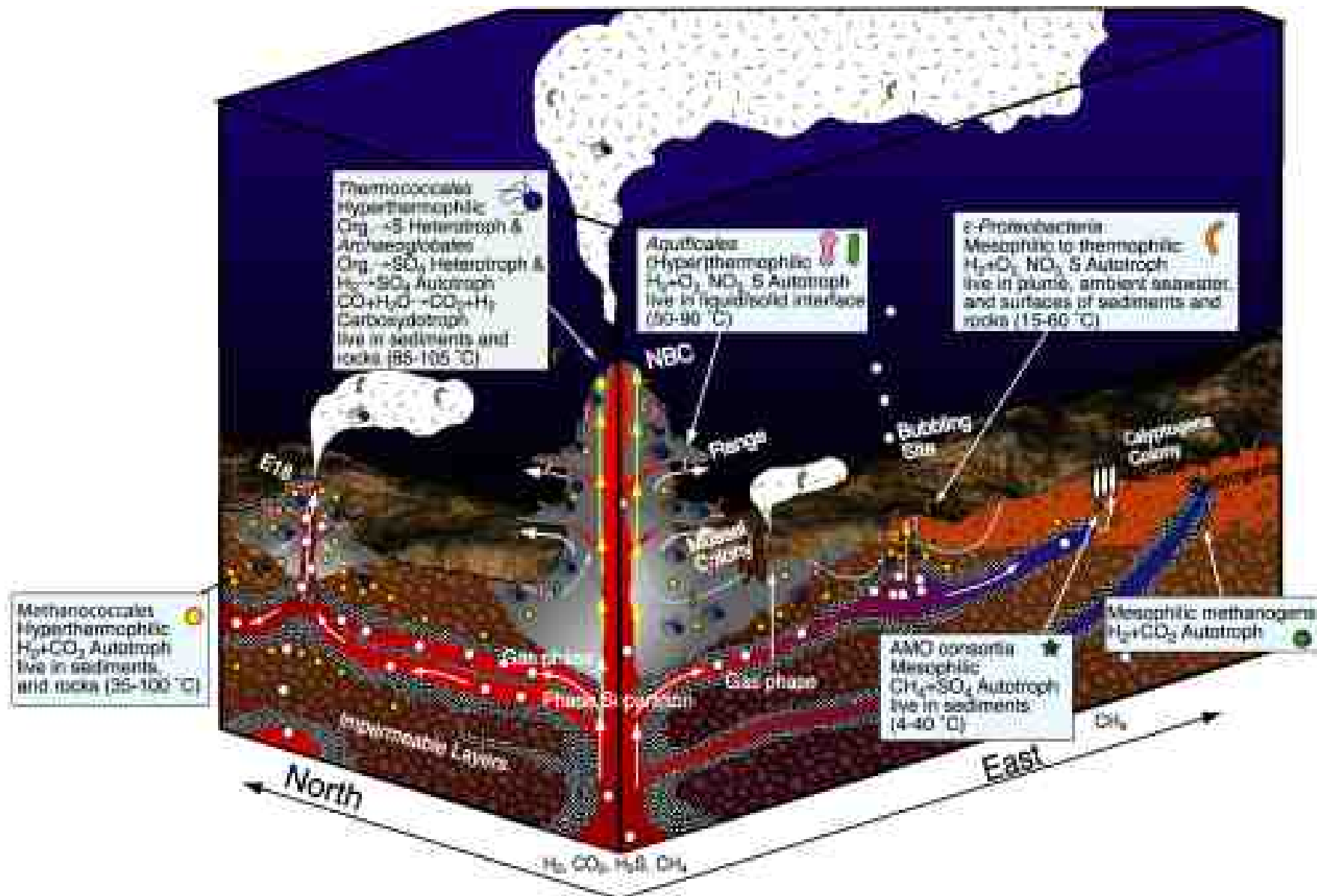
塩分取り過ぎ

やや成人病での死亡率高め

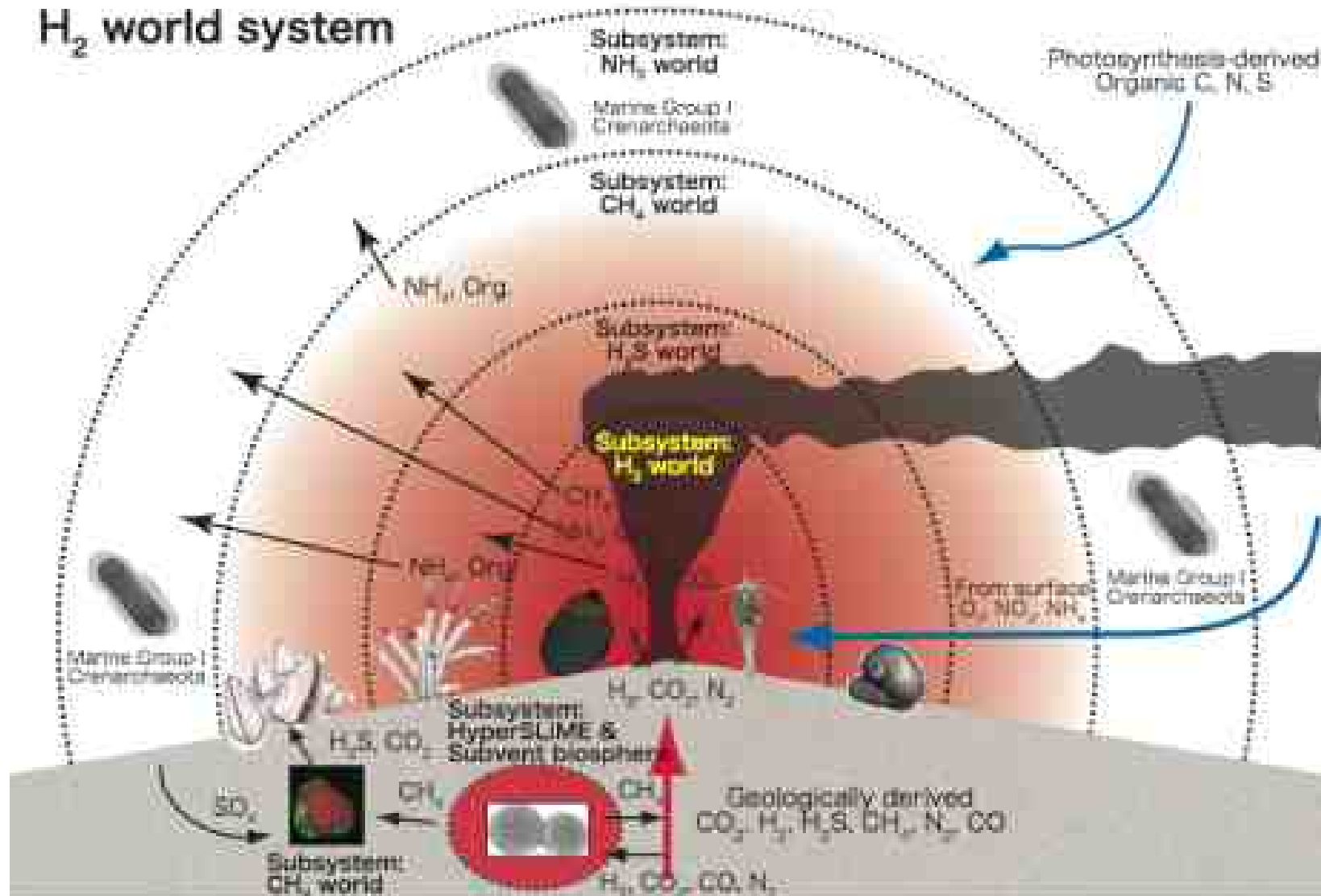
Nakagawa et al., 2005; Kawagucci et al.

CBC chimney

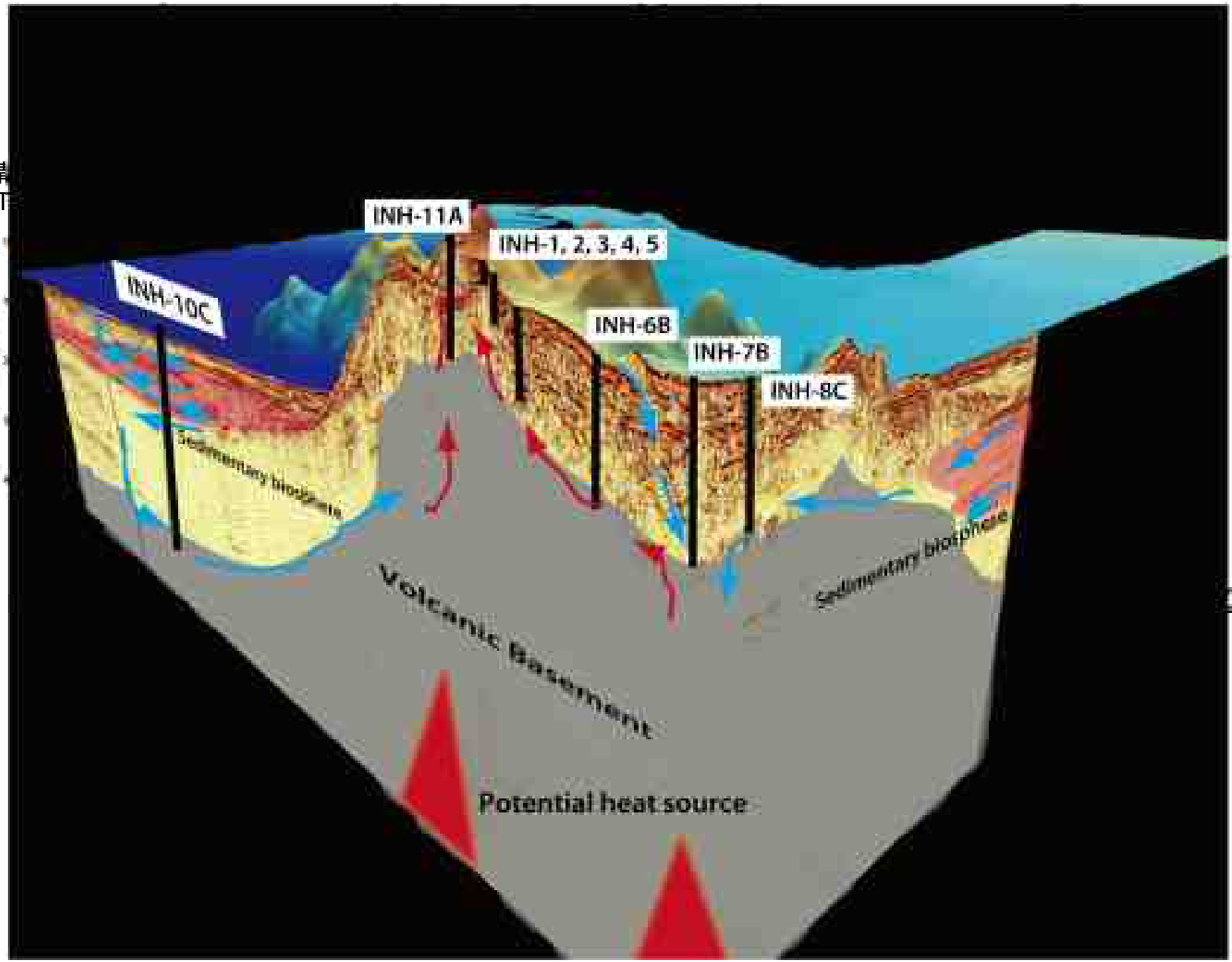
伊平屋北熱水フィールドの主要な 化学合成(微)生態系の解読



深海の暗黒の生態系の駆動原理を提唱するきっかけ 環境 & 共生菌相互作用による棲み分け説



精
(T



20

「ちきゅう」によるIODP331次掘削航海

2010年9月

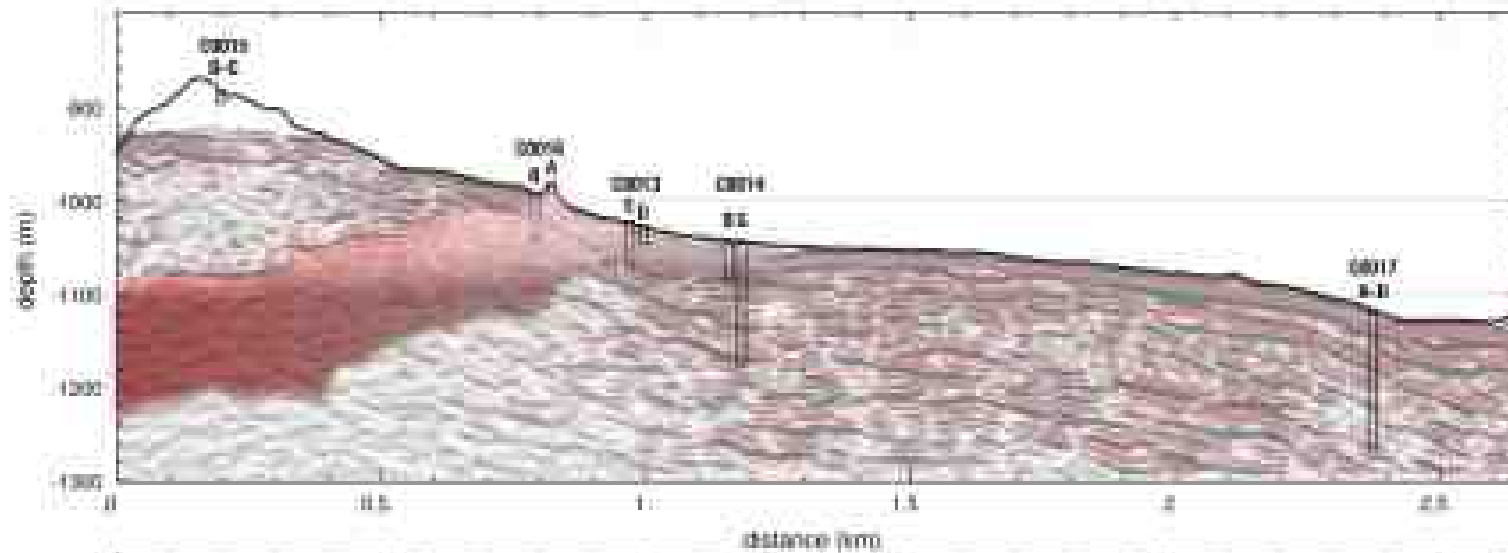
「海底下熱水循環に関係した熱水直下微生物圏の実証」



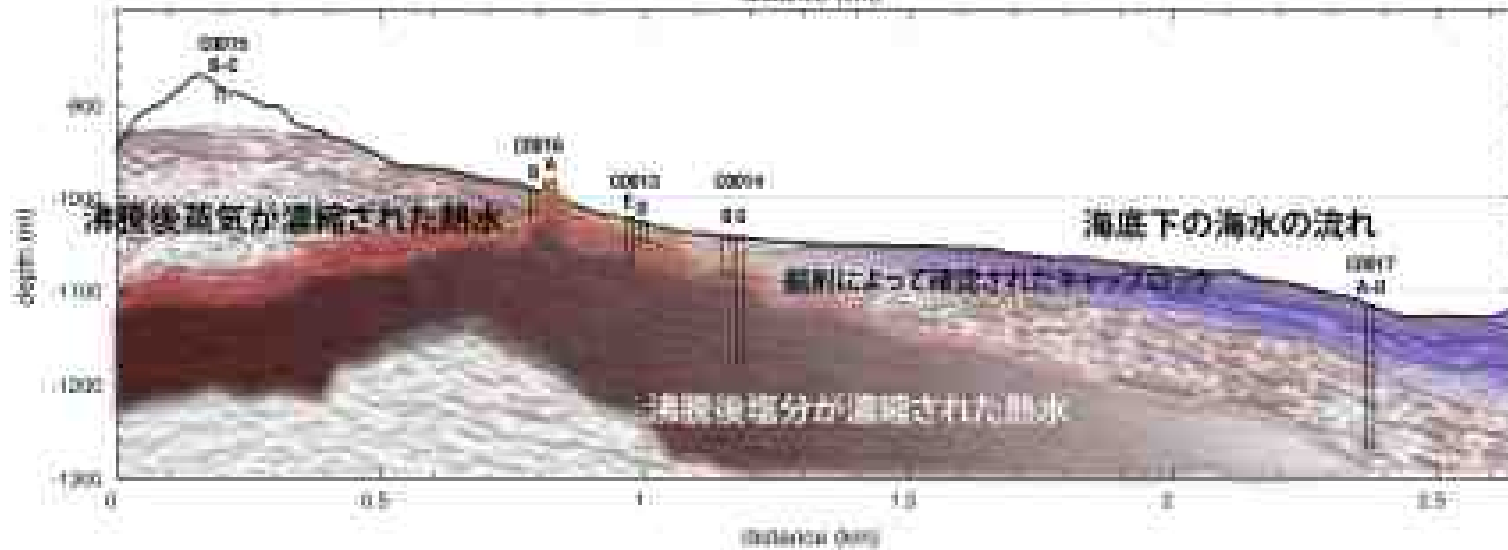
掘削直後の成果

沖縄熱水海底下に巨大な熱水湖を発見

劇的ビフォー

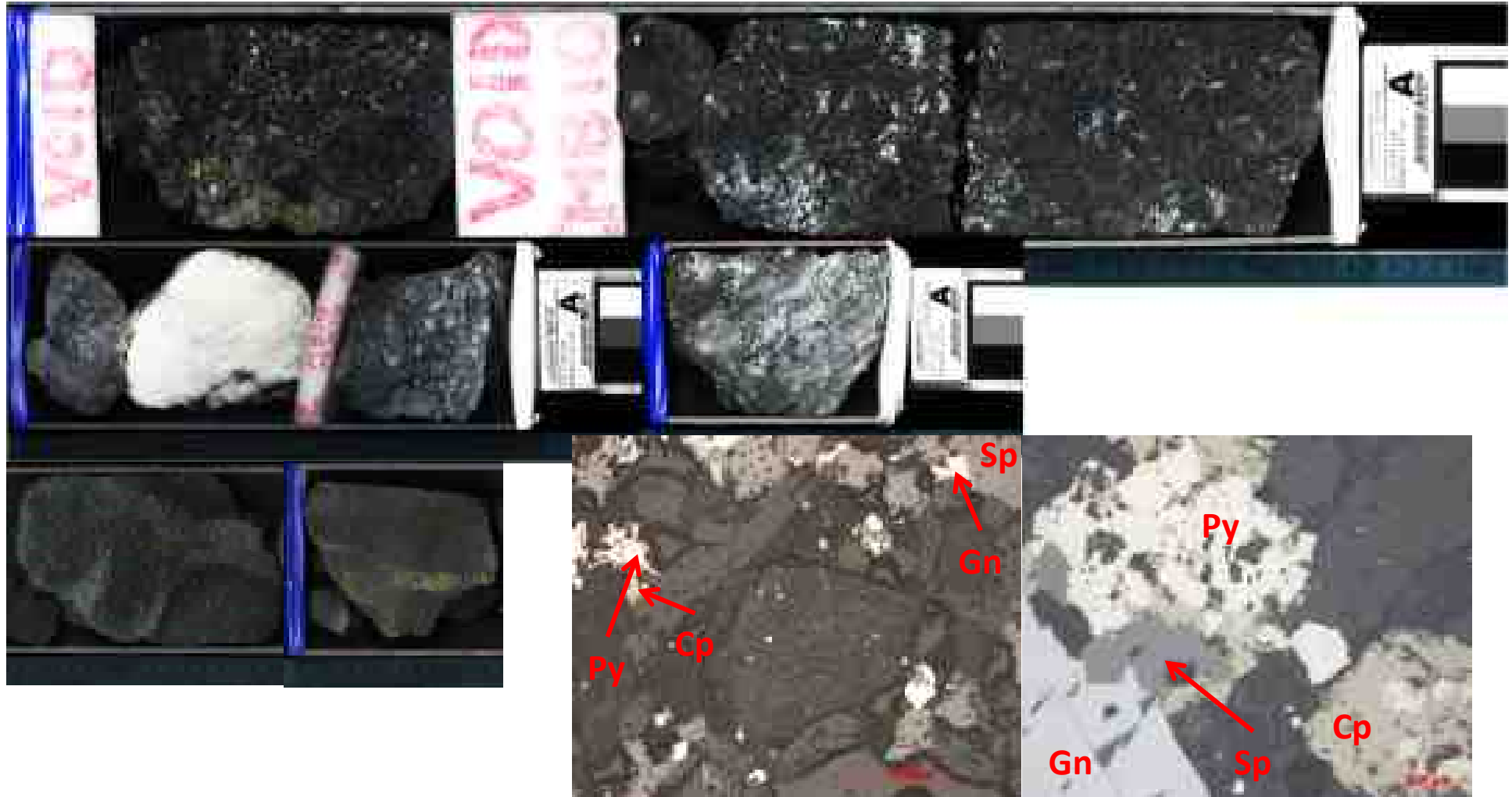


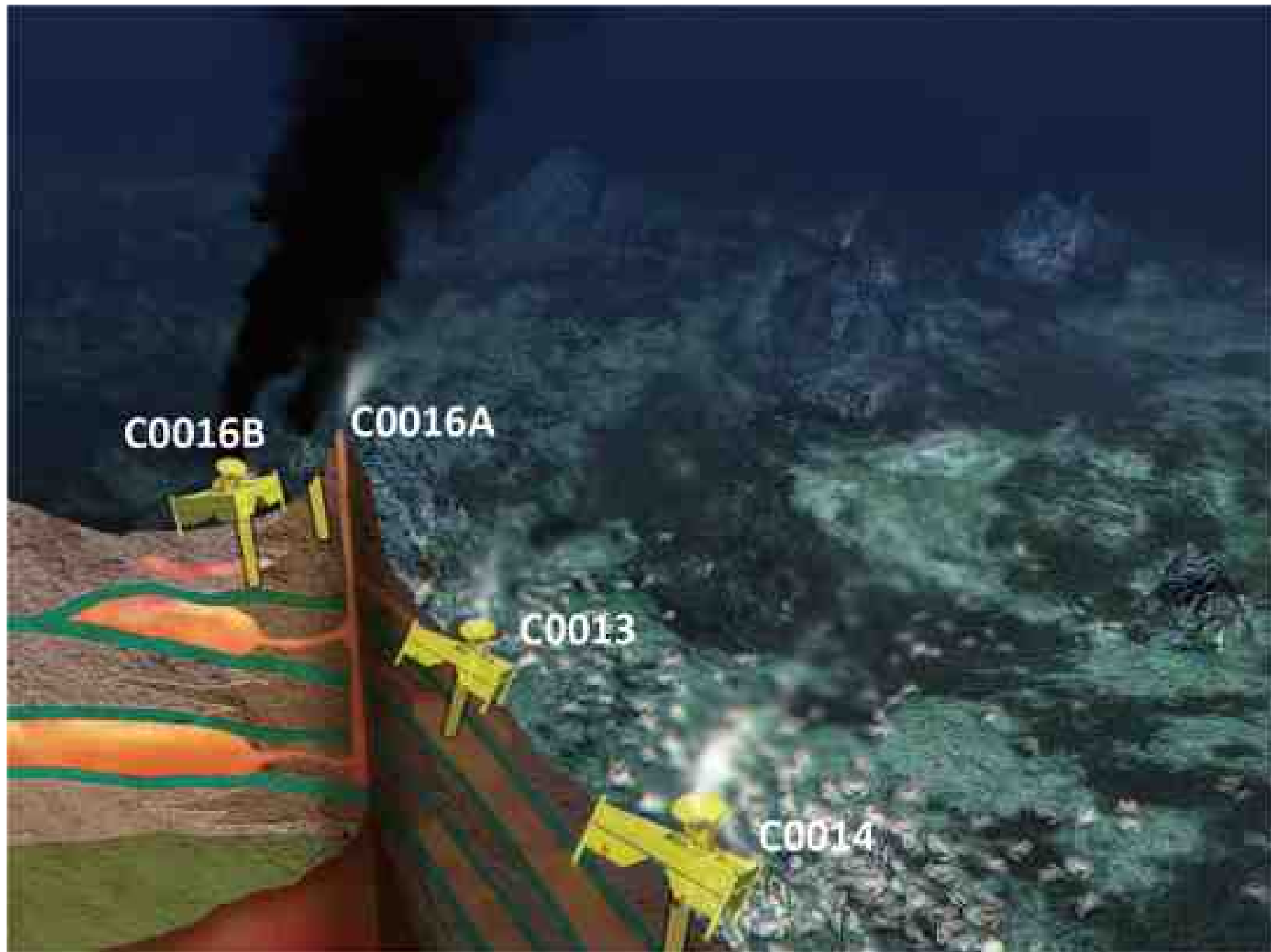
アフター



掘削直後の成果

世界初、海底下で今生成されている'黒鉱'の採取に成功

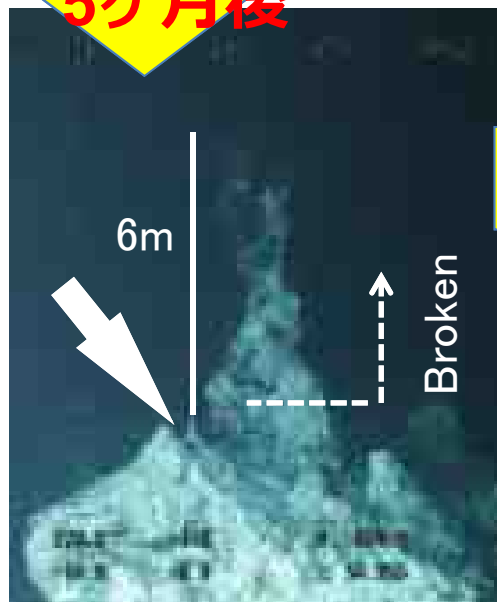




掘削後深海探査という新しい方向性



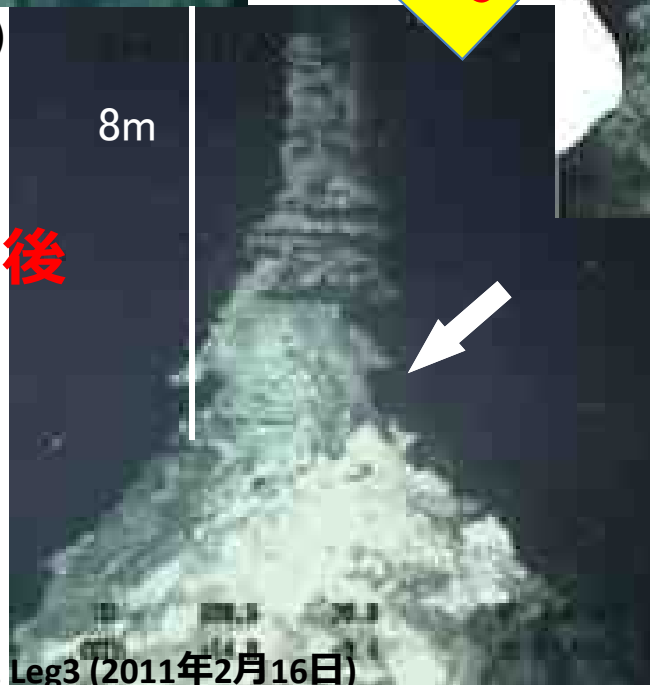
NT10-17 (2011年9月20日)



5ヶ月後

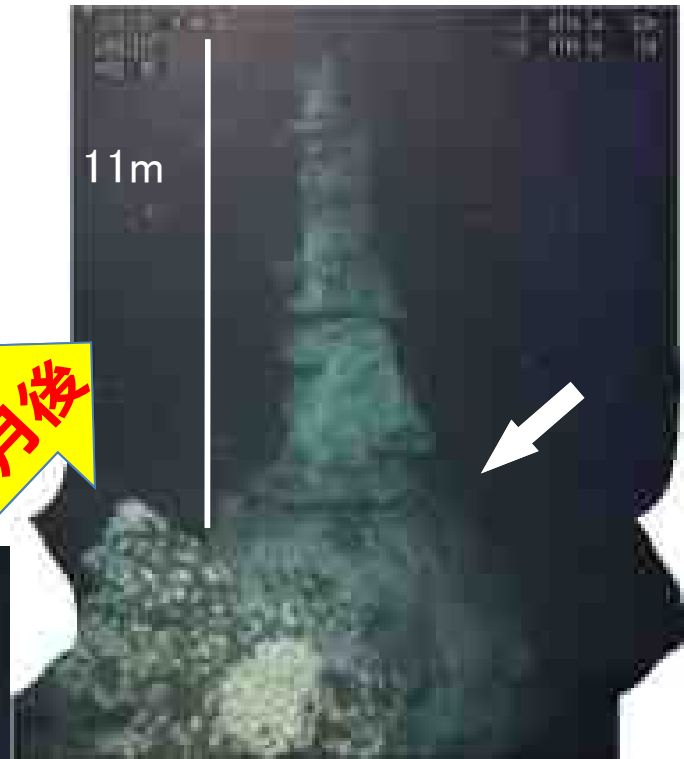
6ヶ月後

KY11-02 Leg3 (2011年2月16日)



NT11-16 (2011年8月31日)

5ヶ月後



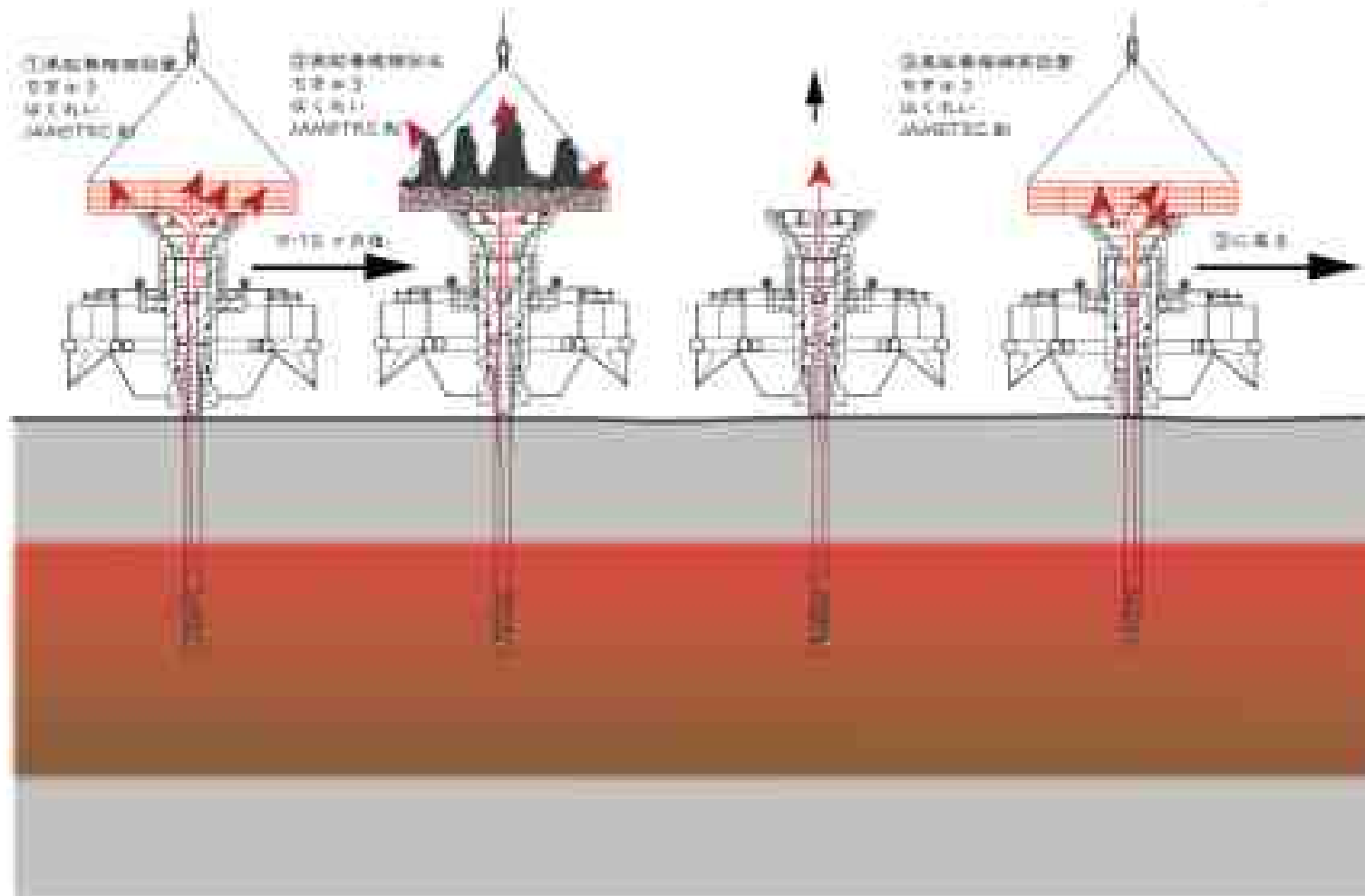
KR12-02 (2012年1月27日)

「探す海底資源から創る海底資源へ」

革新的黒鉱養殖 & 回収革新的技術の発明 (特許出願済み)

採鉱コスト + 環境負荷 = 激減

世界中に展開 = 可能



海底熱水発電の発見

Nakamura et al., 2010; Yamamoto et al., 2013



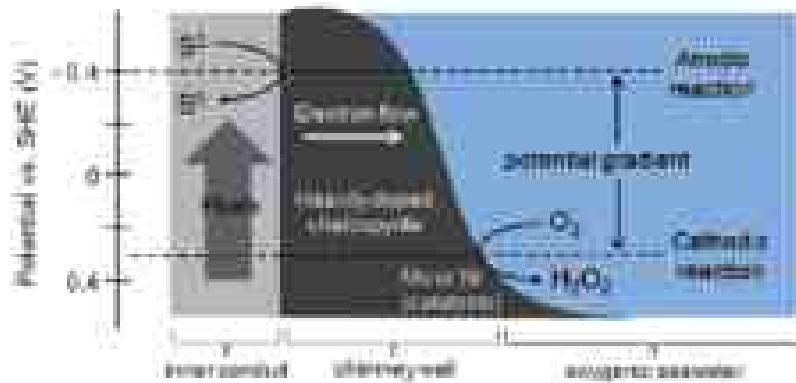
深海・地殻内生命圏システム研究チーム
と東京大学工学研究科応用化学専攻
の共同研究

熱水内外で800 mV程度の起電力

チムニーの電気抵抗は $10\Omega/\text{cm}$ 以下

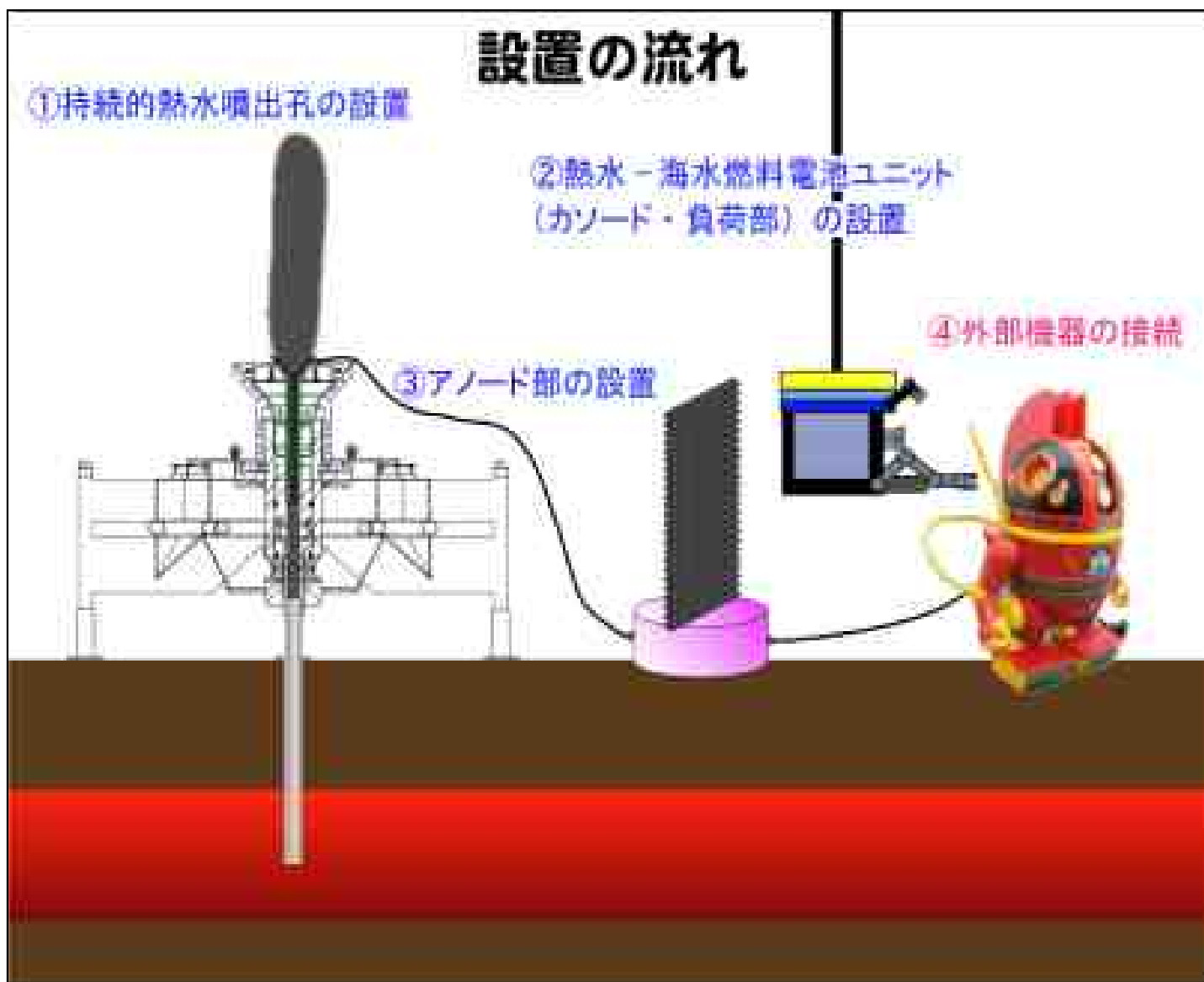
高さ1mのチムニー1本のナマの発電量 =
>100 W

ちゃんとした電池系を導入すればその
10-100倍の発電量が期待



世界初のチムニー発電
「深海熱水発電」の証明

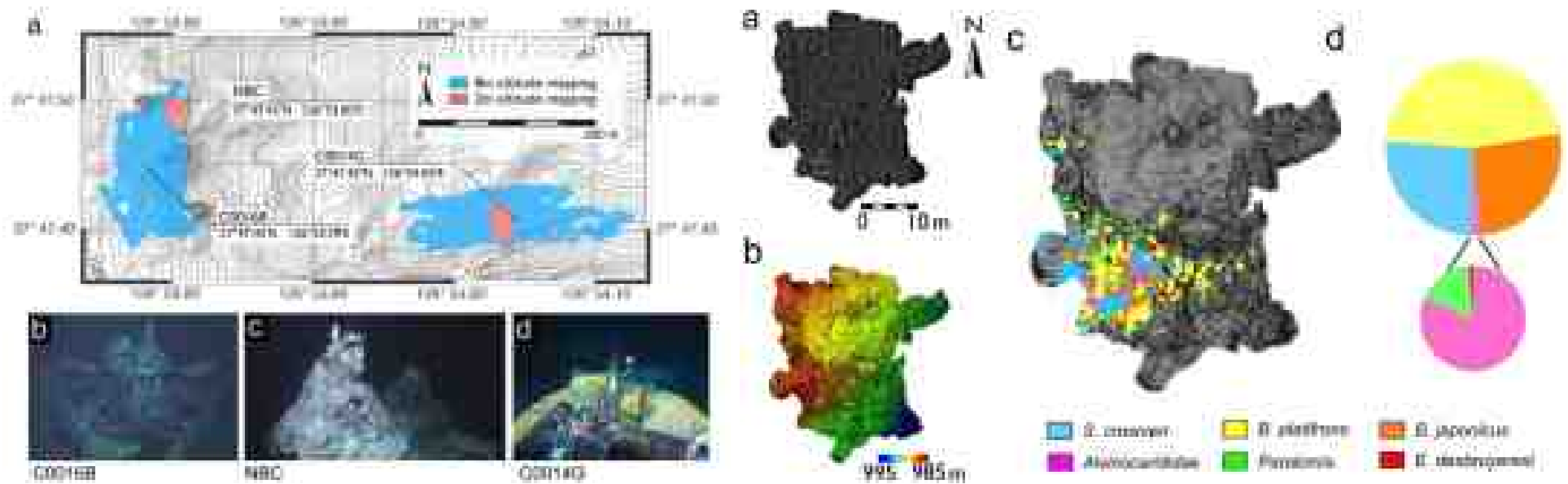
特許申請済み 人工熱水噴出孔発電



「翼よ、あれが深海の灯だ！」



掘削がランドスケープ・生態系に与えた影響のための深海探査研究



Species	C0014G _{2m}			NBC _{2m}			C0014G _{1m}			NBC _{1m}		
	ind.	%	max. ind./m ²	ind.	%	max. ind./m ²	ind.	%	max. ind./m ²	ind.	%	max. ind./m ²
<i>S. crossneri</i>	3,536	19.8	319	7,160	25.6	465	6,336	97.0	274	47,335	97.8	393
<i>B. platifron</i>	7,282	40.7	863	12,885	46.0	597	-	-	-	-	-	-
<i>B. japonicus</i>	6,780	37.9	498	7,339	26.2	494	-	-	-	-	-	-
<i>Alvinocarididae</i>	170	1.0	170	500	1.8	186	-	-	-	-	-	-
<i>Paralomis</i>	96	0.5	29	109	0.4	18	195	3.0	11	1,050	2.2	16
<i>E. desbriyeresi</i>	12	0.1	19	7	0.0	19	-	-	-	-	-	-
Total individuals	17,876	-	-	28,000	-	-	6,531	-	-	48,385	-	-

「ちきゅう」による海底資源掘削調査

2010年9月

IODP 331次航海

2014年7月

SIP 「海のジパング計画」 パスファインダー掘削航海

2016年2月

SIP 「海のジパング計画」 イクスプローラー掘削航海



全米が泣いた！20年の深海探査ストーリー

1998年

高井研が伊平屋北で研究者人生初めての有人潜水船調査。猛烈な感動と科学的インスピレーション

他の熱水との比較による「伊平屋北フィールドの凄さ」を直感

日本初の熱水博士＝石橋純一郎氏と潜航調査。桃園の誓い「ここに（深海研究の）未来がある！」

科学掘削計画を決意。他のあらゆるプラットフォーム&探査により総合調査

掘削。さらに後の研究を見据えた掘削後調査のための海底プラットフォーム構築

海底資源研究ブーム到来。さらに掘削後影響評価調査という新しい深海探査分野誕生

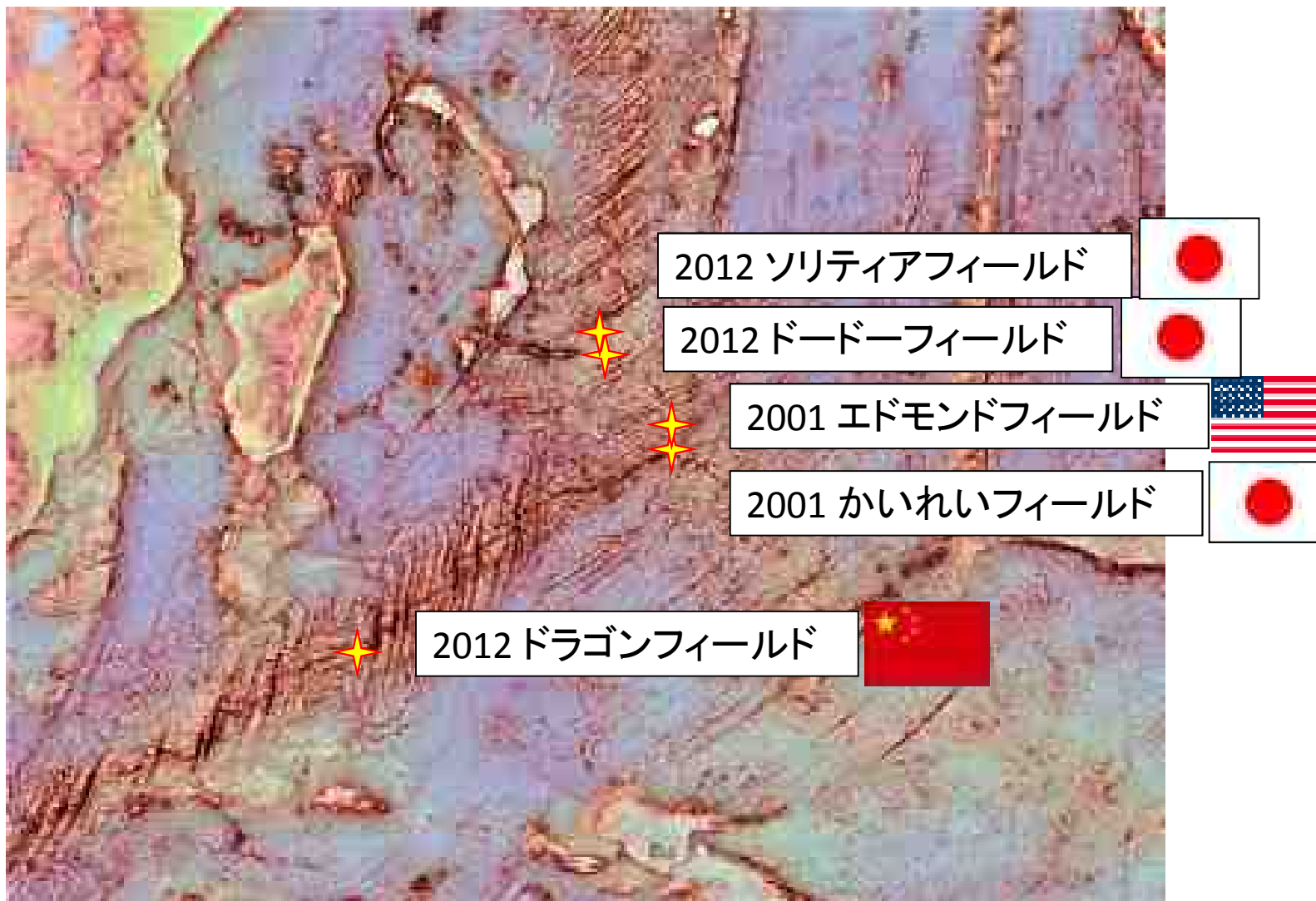
2016年現在

「ちきゅう」による掘削航海 x 2、最新鋭のROV、AUV、探査法、海洋観測が集結

最初の有人潜水船による感動と直感がすべてのはじまりである
本人がそう言っている以上、それは紛れもない真実である

深海探査の特筆すべき成果トピック

インド洋における熱水探査の先駆け



日本のインド洋深海探査の歴史

- 1993年 白鳳丸・CTD&ドレッジ&物理探査 熱水の兆候発見
- 1998年 よこすか・6K 最初の潜航調査。熱水見つからず
- 1999年 かいれい・かいこう かいれいフィールドの発見
- 2002年 よこすか・6K ハイパースライムの発見
- 2006年 よこすか・6K スケーリーフット&アルビンガイ大調査
- 2007年 白鳳丸・AUV&CTD&ドレッジ&物理探査 熱水とその兆候探査
- 2009年 よこすか・6K ドードー・ソリティアフィールド&白スケの発見
- 2010年 白鳳丸・AUV&CTD&ドレッジ&物理探査 熱水とその兆候探査
- 2013年 よこすか・6K インド洋熱水全調査。スケーリーフット飼育実験
- 2016年 白鳳丸・ドレッジ&物理探査 熱水とその兆候探査
- 2016年 よこすか・AUV・6K
AUVと6Kのほぼ同時探査&スケーリーフット現場実験

深海探査の特筆すべき成果トピック

かいいいフィールドで独自の熱水生態系を発見

地球最古の微生物生態系
ハイパースライム仮説

スケーリーフットの硫化鉄
バイオミネラリゼーション

有人潜水船による
感動と直感→解脱

有人潜水船による
感動と直感→解脱

暗黒生態系駆動原理
マツカラム・ショック
予想の証明

原始生態系駆動原理
UltraH³リンケージ
仮説

白スケの発見と
新しい化学合成共生
システムの発見

有人潜水船による
感動と直感→解脱

太陽系地球外
生命探査計画と
その実験的検証

地球生命誕生の場
としての深海熱水での
化学・代謝進化

スケーリーフットの硫化鉄
バイオミネラリゼーション
の太陽発電への応用

アストロバイオロジー
への拡張

トップダウンアプローチ
からの生命の起源研究

生物進化のゆらぎを利用した
生物模倣・工学応用研究

独創的科学的理論への拡張・昇華には多大な動機付けが必要

有人潜水船＝長嶋茂雄説とは何か？

2005年頃から議論＋日本学術会議マスタープラン2014

有人潜水船はこれからの深海探査に必要？

→必要に決まってるやろ！

じゃあ有人潜水船の科学における利点なに？

→機動力！技術の伝承！人間の視覚、感覚によるセレディピティなんや！国民の夢とロマンなんや！

有人潜水船でしか成し遂げられない科学成果ってあるの？

→. . . .

そのわかりやすい例証・証拠見せて？

→. . . .

有人潜水船でしか成し遂げられないわかりやすい研究例などない。証拠もない
効率という観点では有人> ROVやROV> 有人という論点はあるが
アウトプットされる科学は表層的には全く変わらない

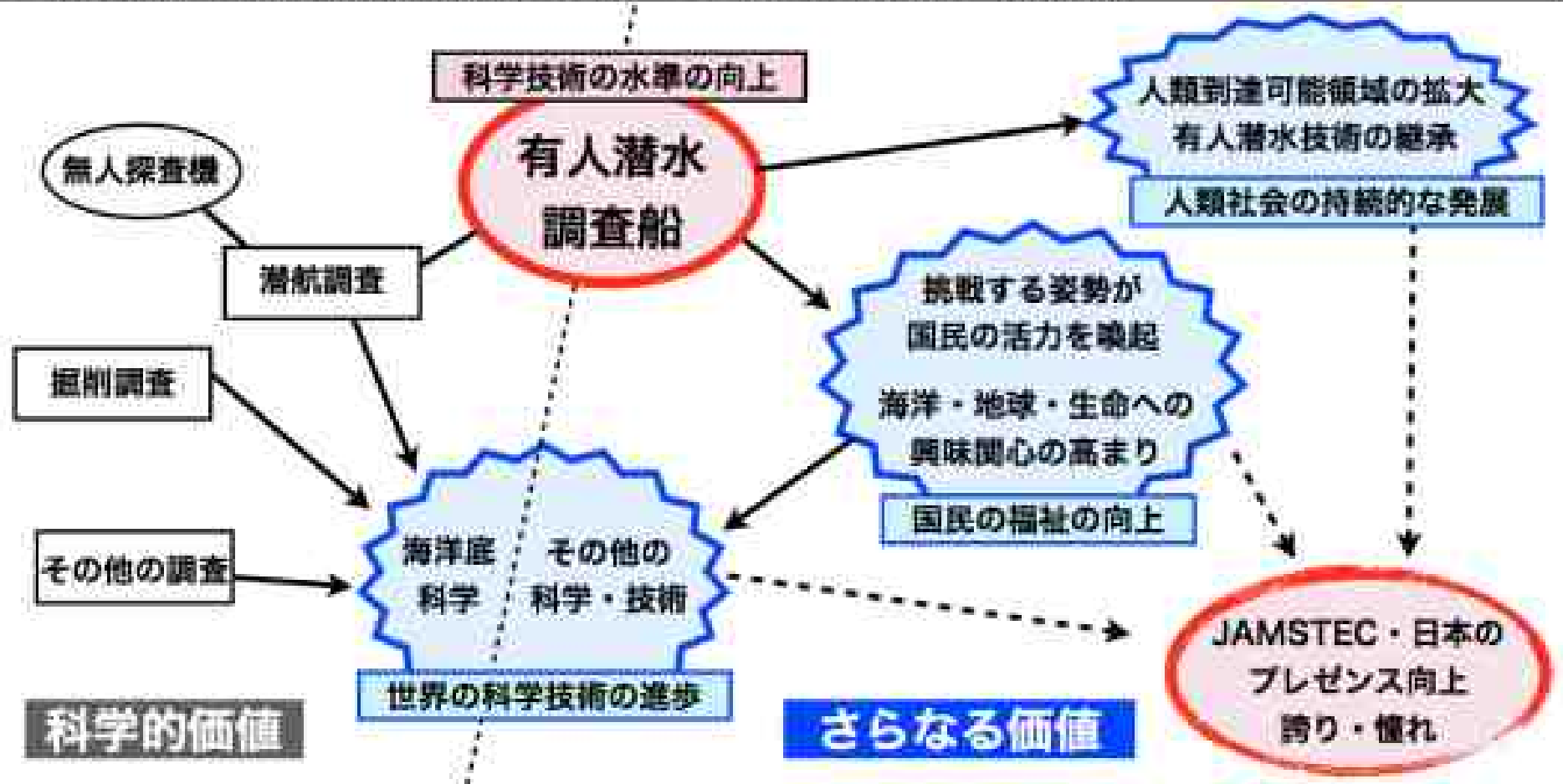
逆にROVでしか成し遂げられない科学も現実にはない

科学を表層的・短期的な観点だけで判断すれば有人必要性はない(ｷｯ)

深海探査に関わる次世代の研究者の意見

川口慎介JAMSTEC2016より

次世代有人潜水調査船を建造・運用する意義（私見）



科学技術基本法 第一条

「我が国における科学技術の水準の向上を図り、もって我が国の経済社会の発展と国民の福祉の向上に寄与するとともに世界の科学技術の進歩と人類社会の持続的な発展に貢献することを目的とする。」

有人潜水船＝長嶋茂雄説とは何か？

有人潜水船のイージーかつ分かりやすい科学的メリット探し
は決定力に欠けることは明白

逆に本委員会・文科省には

「有人潜水船がない（を失った）10年後、20年後、
あるいは50年後の日本の科学・教育・社会のデメリット」
を先見の明を持ったプロのプライドにかけて議論してほしい

その鍵となるコンセプトが
有人潜水船＝長嶋茂雄説である

長嶋茂雄というプロ野球選手

通算打率305(12位)、通算本塁打444(14位)、通算打点1522(7位)
という記録だけを見れば歴代ナンバーワン選手ではない

しかし彼は無二のヒーロー、アイドル、カリスマだった
(ムラはあるがここぞの場面では最高のパフォーマンス)

王貞治という特性が異なる偉大な選手とシナジー効果を発揮して、
その人間性(存在)とパフォーマンスがプロ野球ファンを拡大させ、
何十年にも渡るプロ野球の発展に寄与し、その結果として、
野茂、イチロー、松坂、ダルビッシュといった
後の優れたプロ野球選手を生んだと言える

長嶋茂雄を有人潜水船調査と読み替えればスッキリ!

次世代の深海探査ツールで打線を組んだw

1番	センター	広域探査系AUV
2番	ショート	マルチオペレーションAUV
3番	レフト	AUV艦隊
4番	ファースト	主力戦闘有人潜水船
5番	サード	主力戦闘ROV
6番	セカンド	フルビジョン機動有人潜水船
7番	キャッチャー	海底設置系プラットフォーム・コア・クラブ・CTD
8番	ライト	可搬型小型HROV
9番	ピッチャー	マルチオペレーション海洋調査船

代打の神様（川藤 粹）
監督

科学掘削船

リアルタイムIT陸上コントロール基地

トータルของทีม力
それが深海探査を勝ち抜く戦略
個々の選手の要・不要論はあまり重要ではない

**勝った方がリーグ優勝する大一番の試合
9回の裏、チームは0-3で負けている
2アウト満塁一打逆転サヨナラの場面**

誰、代打に出すの？

鈴木尚弘？

イチロー？

長島茂雄でしょ！

(ホントはランディ・バースと言いたいが我慢する)

本当にあったシチュエーション

1ヶ月近く探査してきた苦難の調査最終日
どうやら目的のソリティア熱水フィールドが見つかりそう
しかし海況不順、時間短縮、途中揚収の可能性の場面

サヨナラ調査成功か失敗か？の場面

誰を最後に潜航させる？故玉木賢策監督の決断

政治的配慮から外国人助っ人？
人間関係配慮から偉い先生？

ミスターしんかい6500乗船研究者 = 高井研でしょ

潜航大成功！

玉木監督「タカイ君、有り難う！サイエンスの本質は感動です！」

最後の問題提起

15年後の深海探査の現場

世界初の深海探査で海洋地殻—マントルの構造・時空間進化を明らかにしようとする「モウオール計画」がインド洋の超深海トランスフォーム断層で調査が行われていた

水深7200mのモホ境界にどうやら世界最深のエウロパ型蛇紋岩熱水があり、最古の生態系と黄金スケーリーフットが存在しているらしい

残されたチャンスは1回の潜航調査。失敗すれば日本の深海探査の予算は半減

マルチ海洋調査船「かいびやく」ではすべての深海探査機器が利用可能

アナタが最終意志決定者だったらどうする？

サンプルリターンよりは情報を得るためにAUV艦隊の絨毯爆撃？

機動力にかけるが、チーム全員で見守ることができるROV？

リスク承知で、ここその時には劇的な成果と感動を生み出す長嶋茂雄＋高井研？

この答えが、次世代深海探査システムの議論に役立つことを！！