静岡県地質調査業協会
GEOFORUM 2026　特別講演
2026年11月６日

プレート沈み込み帯の地質学
―陸上から深海そして未来へ―



東海大学海洋研究所長
JAMSTECフェロー
東京大学名誉教授
日本学士院会員
平　朝彦

©JAMSTEC

平　朝彦　略歴

専攻：海洋地質学・地球史・人新世・掘削科学技術

１９４６　**仙台市生まれ**
宮城教育大学附属小学校・中学校（化石少年）
仙台第二高等学校（ヨット部）
東北大学理学部地学科卒

１９７６　**テキサス大学ダラス校地球科学科博士課程修了、Ph.D.**

１９７７−１９８５　**高知大学理学部地質学教室・助手・助教授**

１９８５−２００２　**東京大学海洋研究所・教授**

２００２−２０１９　**国立研究開発法人・海洋研究開発機構 (JAMSTEC)**
地球深部探査センター長、理事、理事長

２０２０−現在　**東海大学海洋研究所長**

２０２４−現在　**日本学士院会員**



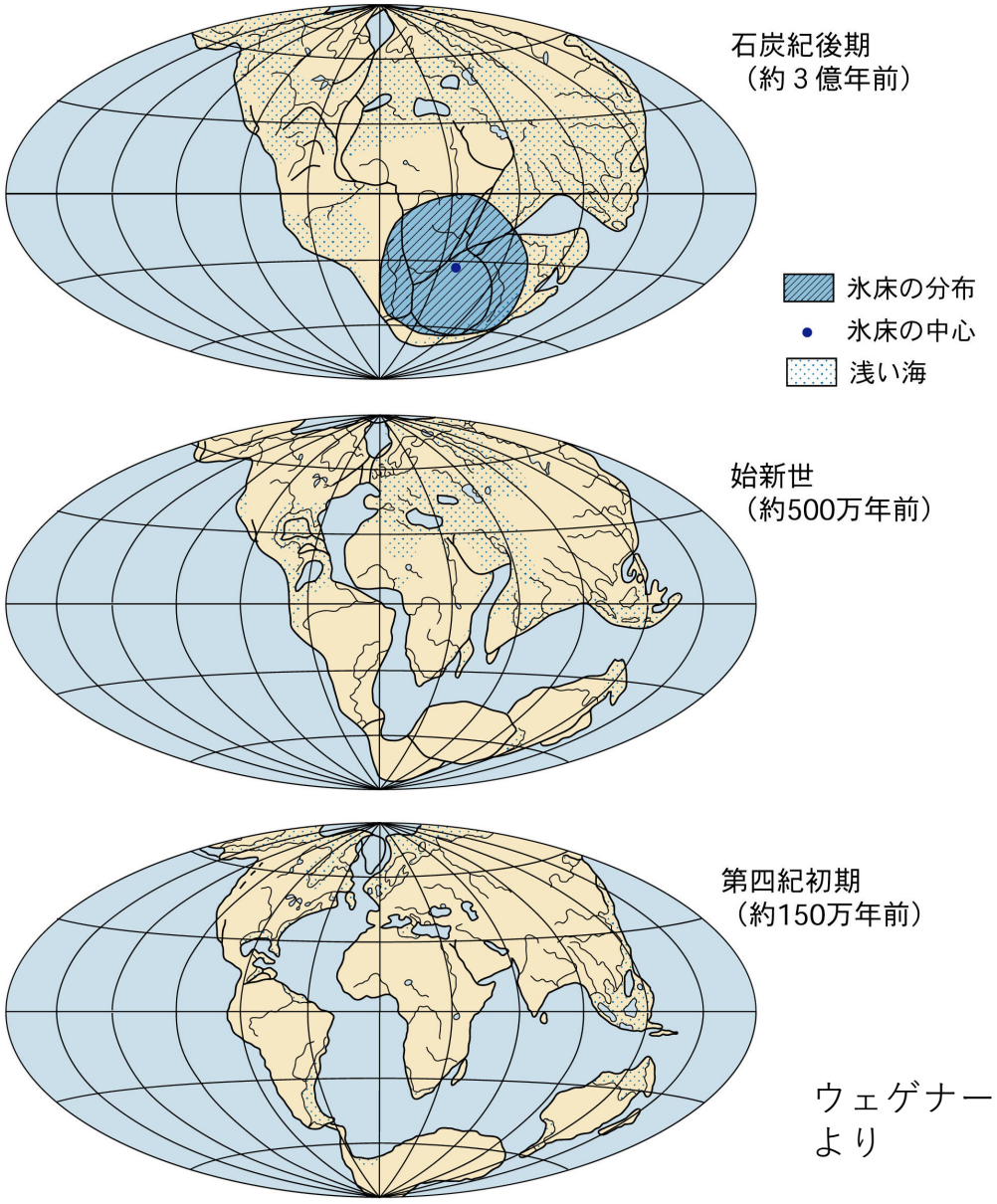
第1章

大陸移動説から
プレートテクトニクスへ

アルフレッド・ウェゲナーと大陸移動説



２０世紀初頭に、
古生代（約３億年前)
には超大陸が存在し、
それが分裂して現在の形
になったとの仮説(大陸移動説)
を提案した。



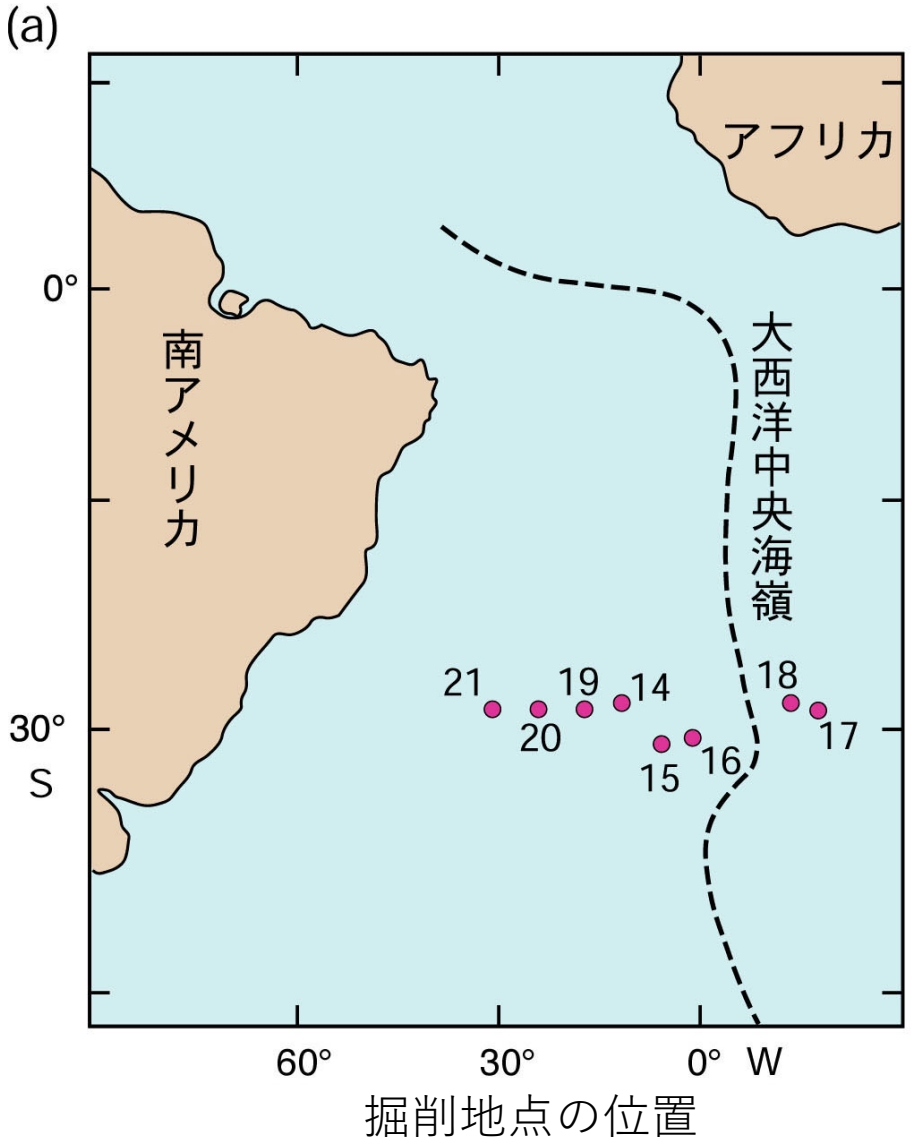
ウェゲナー「大陸と海の起源」より

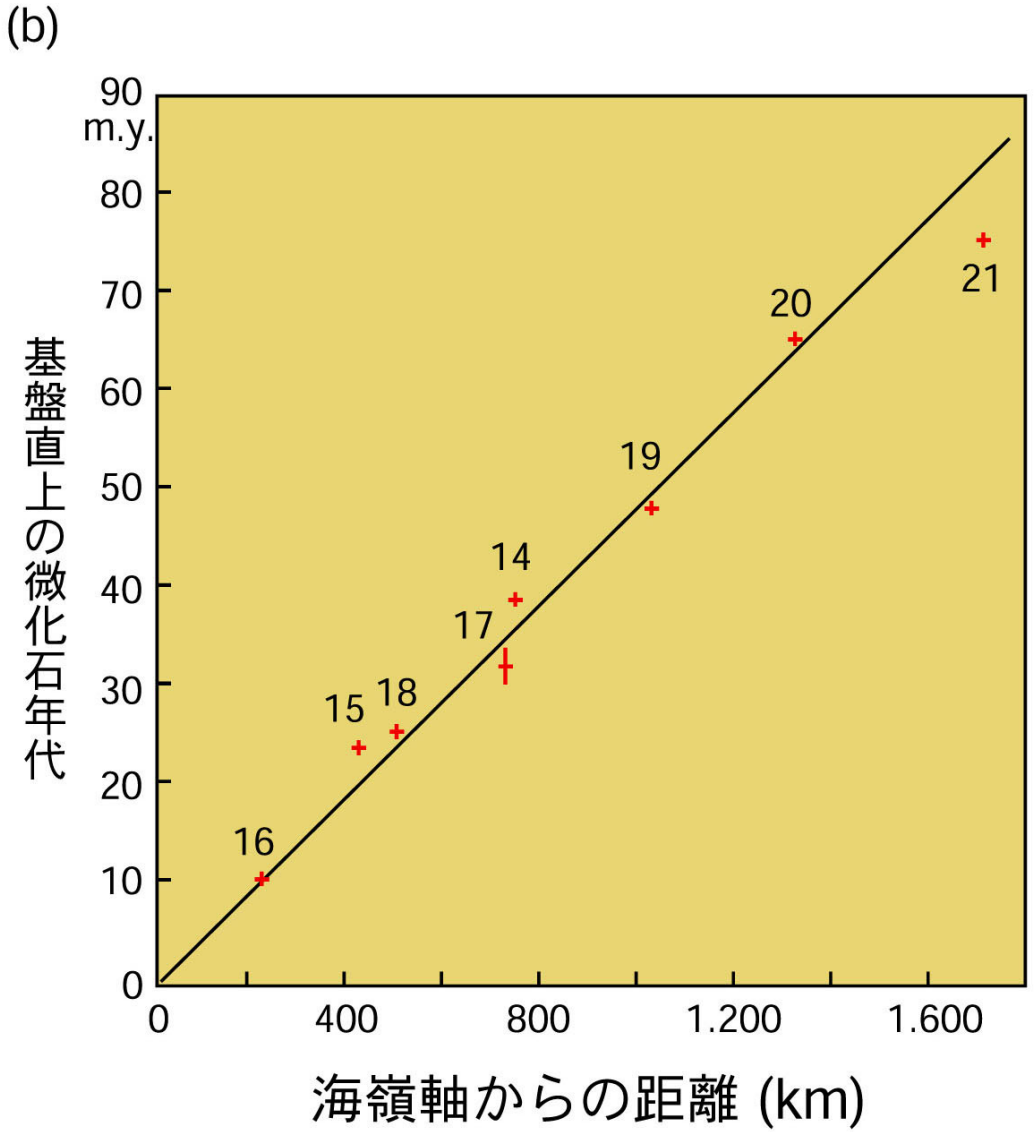
深海掘削：地球科学における革命の始まり
（掘削研究船グローマー・チャレンジャー）



海洋底拡大説の証明（DSDP Leg３）

–海洋底の年代は海嶺からの距離に比例して古くなる！–



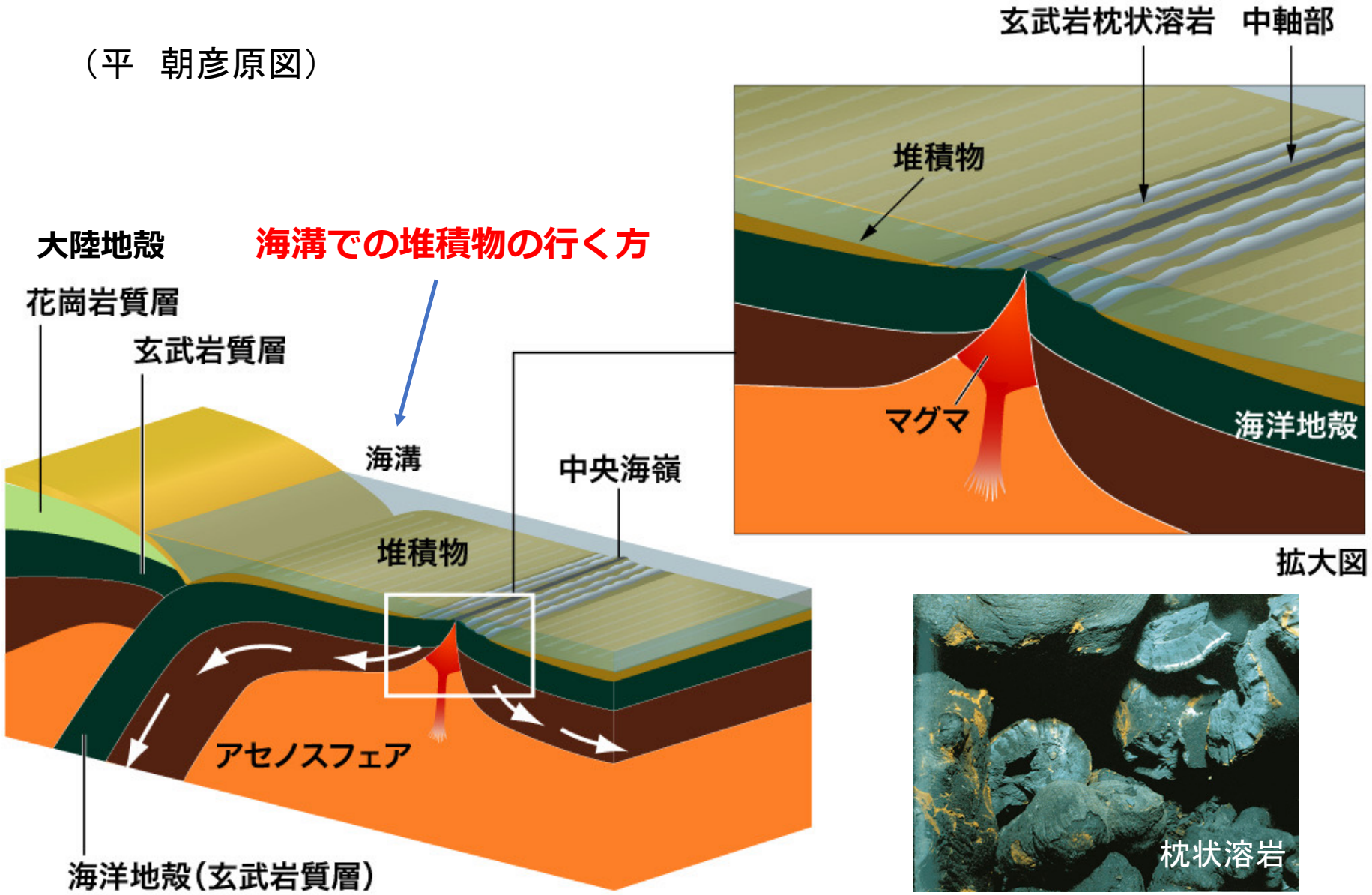


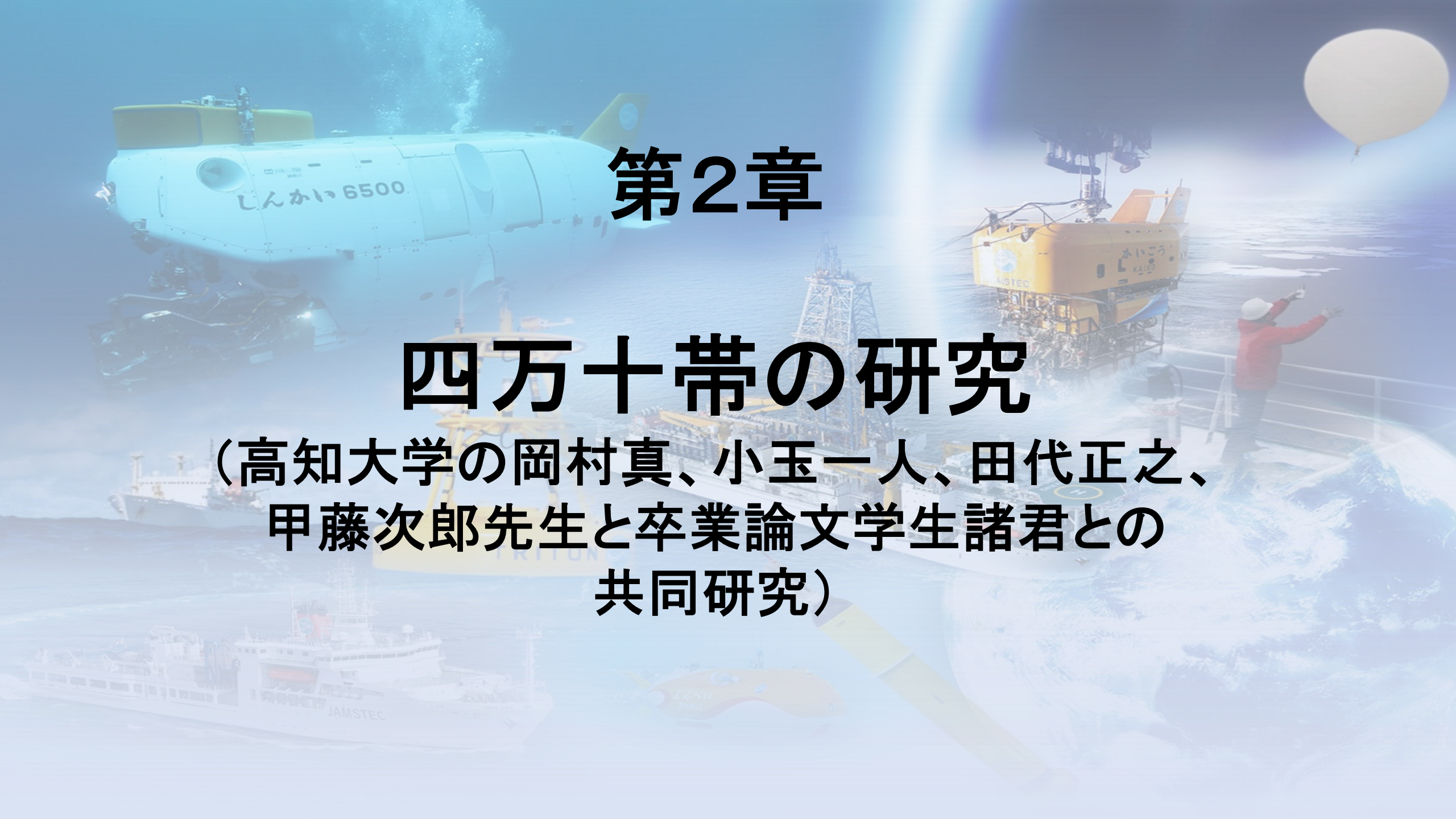
微化石とは、有孔虫、珪藻、放散虫などのプランクトン殻の化石

Maxwellら、1970より

プレートテクトニクスは中央海嶺の研究から始まった
海溝では何が起っているのか？（1970年代後半）

（平　朝彦原図）





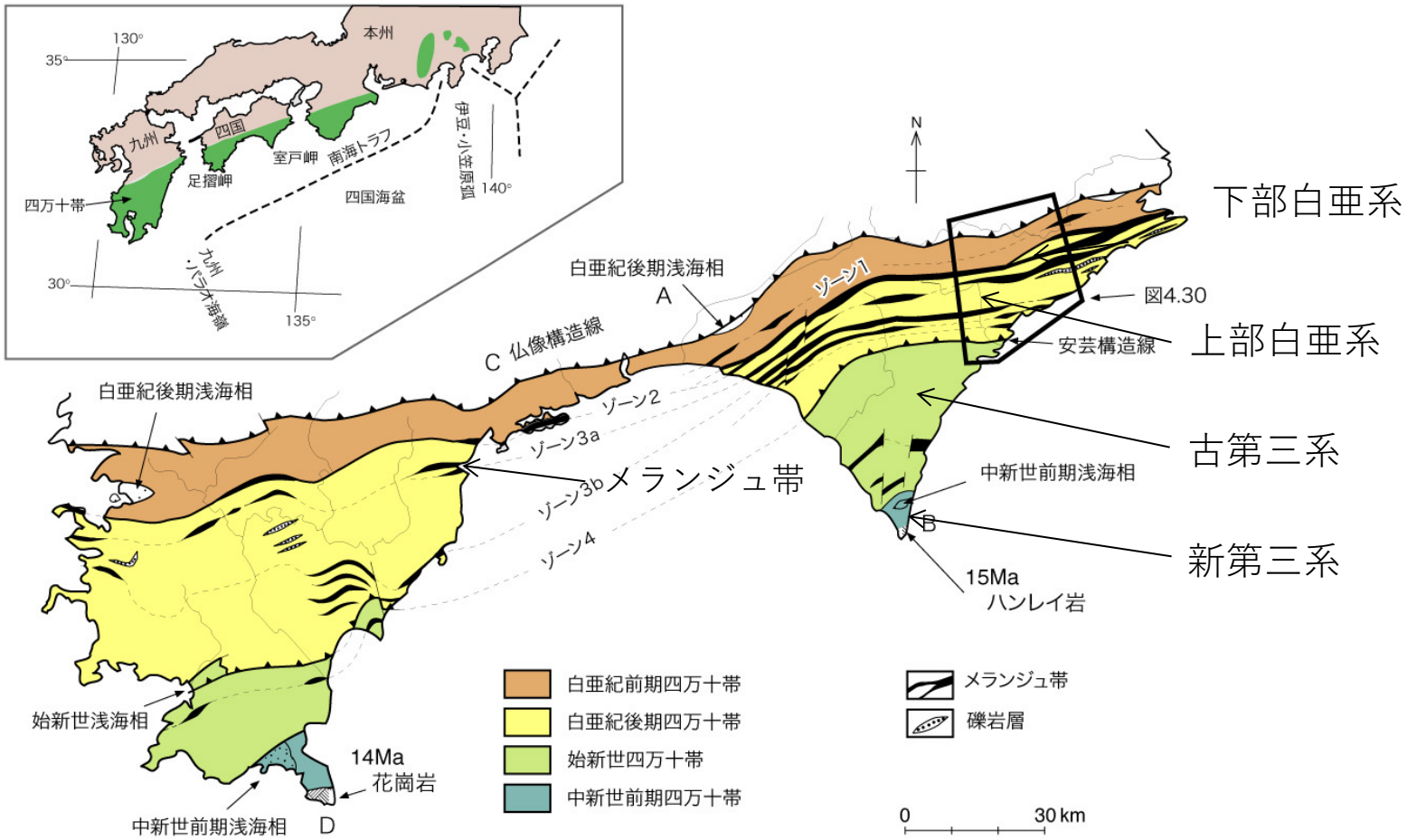
第2章

四万十帯の研究

（高知大学の岡村真、小玉一人、田代正之、
甲藤次郎先生と卒業論文学生諸君との
共同研究）

四万十帯: The Shimanto Belt

沖縄から関東地方まで連続する日本最大級の地層群



長大な分布と化石が乏しいことから起源がわからず謎の地層と呼ばれていた！

Taira et al. (1988) より

タービダイト単層の堆積構造

下底面のソールマーク（渦列による侵食痕）

四万十帯　宮崎県日南市　（古第三系日南層群）



3-1-2: Flute casts on a basal surface of a turbidite bed. Such sole marks are important for identifying turbidite deposits and for determining the direction of paleocurrents. Axial, or trench-parallel paleocurrent directions dominate the flysch sequences in the Shimanto Belt but complex transverse paleocurrents, including both seaward and landward directions, have also been observed. The hammer shows the scale. Eocene Nichinan Group, Ohdotsu, Nichinan City, Miyazaki Prefecture, Kyushu (1-Figure 4).

四万十帯の古流向は走行方向が多い！

上面のおけるリップルマーク（流れによる砂の流動）

四万十帯　高知県東洋町　（古第三系室戸層群）　23

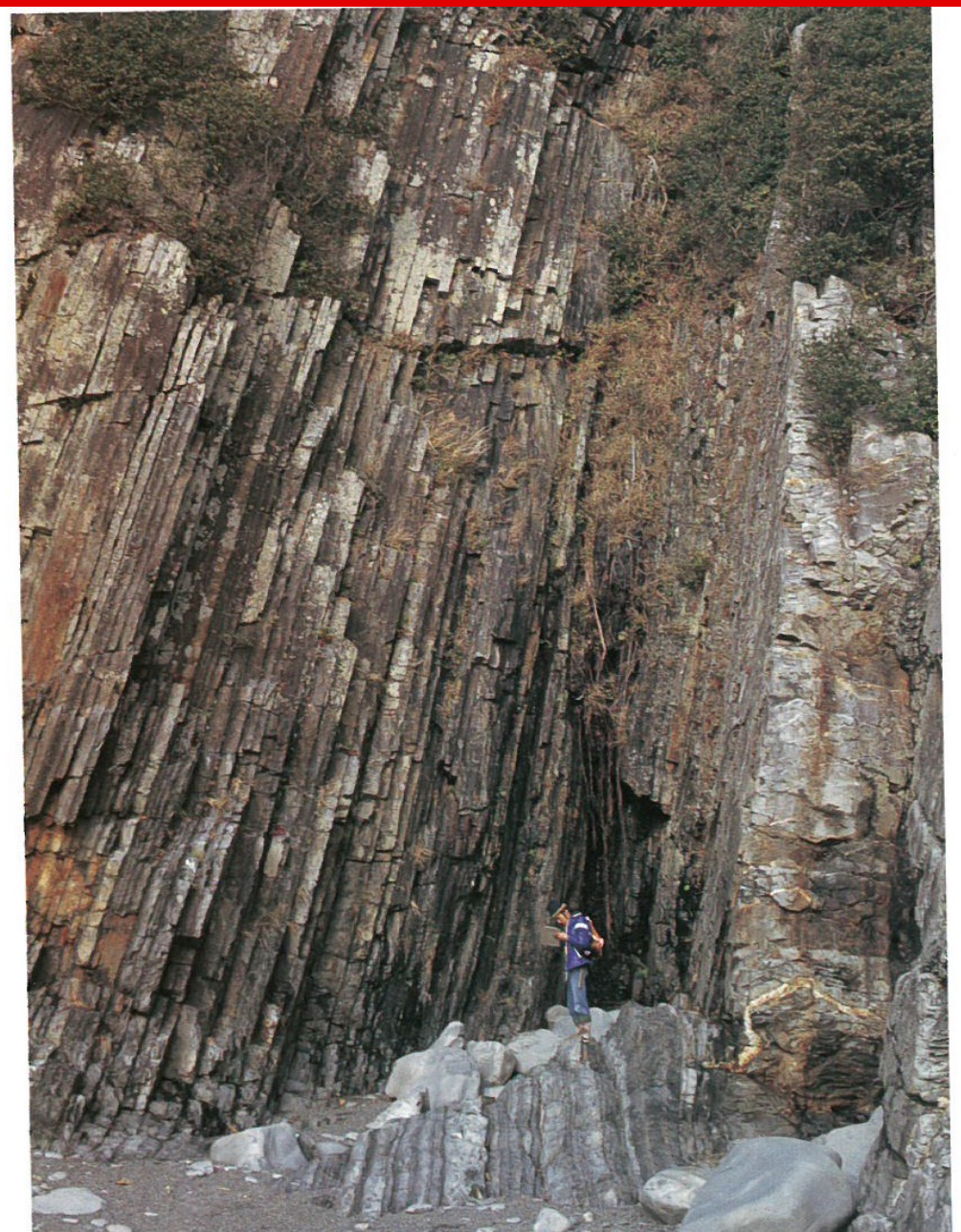


3-1-3: Current ripples on an upper surface of a turbidite bed. Current laminations are an important indicator for stratigraphic topping, or old → young, direction and for determining the paleocurrent direction. The hammer indicates the scale. Eocene Naharigawa Formation, Shishikui Town, Tokushima Prefecture, Shikoku (20-Figure 7).

Taira et al(1992)
Photographic Atlas of an Accretionary Prism Geologic Structures of the Shimanto Belt,Japan

四万十帯の砂泥互層　高知県土佐清水市叶岬

(3-2-1)



ほぼ垂直に傾斜した
タービダイト層
（古第三系栗栖野層）

Taira etal(1992)
Photographic Atlas of an Accretionary Prism
Geologic Structures of the Shimanto Belt,Japanより

四万十帯 砂岩層の褶曲（フェニックス褶曲）

和歌山県周参見海岸：古第三系牟婁層群
地層が逆転している



Taira et al., (1992)より

室戸市行当岬付近の砂岩岩脈（古第三系室戸層群）

砂岩岩脈が
後の地層の
固結（スレート劈開）
圧縮方向に短縮
していることに注目



t al.(1992)より

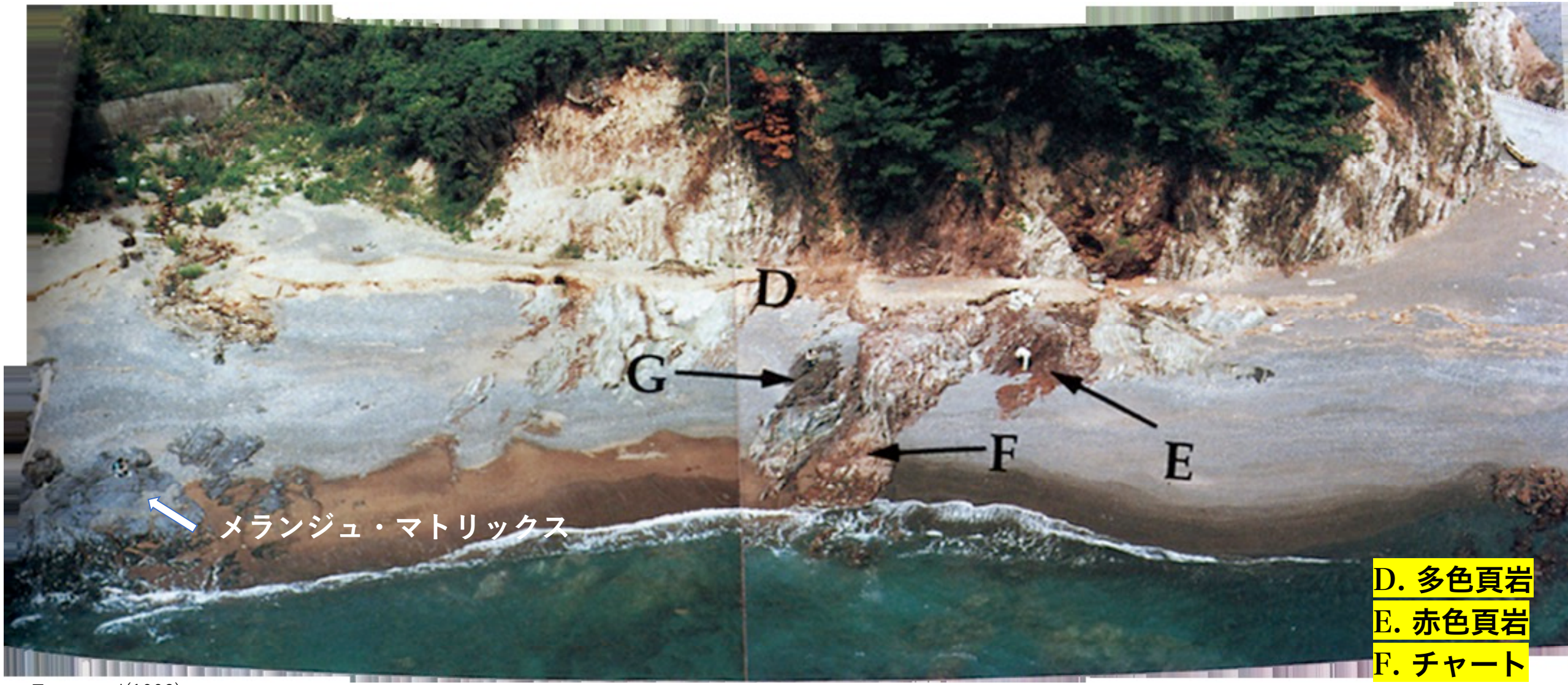
海底すべり堆積物（室戸市黒耳：古第三系室戸層群）

砂混じり泥岩の
マトリックスに
砂泥互層の
断片が混在



Taira et al. (1992) より

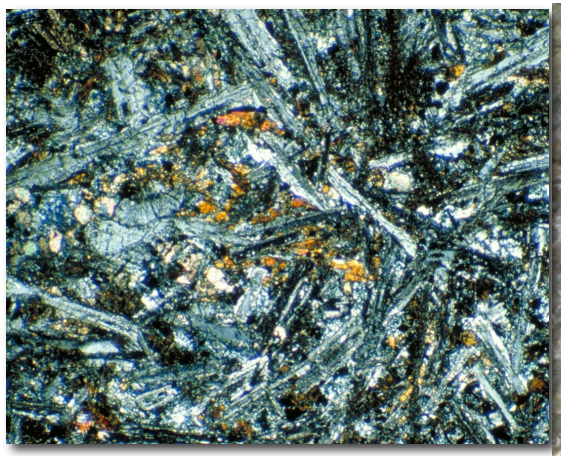
四万十帯白亜系・手結メランジュを構成する岩石
（高知県芸西村住吉海岸）



D. 多色頁岩
E. 赤色頁岩
F. チャート
G. 枕状溶岩

Taira et al(1992)
Photographic Atlas of an Accretionary Prism
Geologic Structures of the Shimanto Belt,Japan

枕状溶岩　（高知県・手結メランジュ）

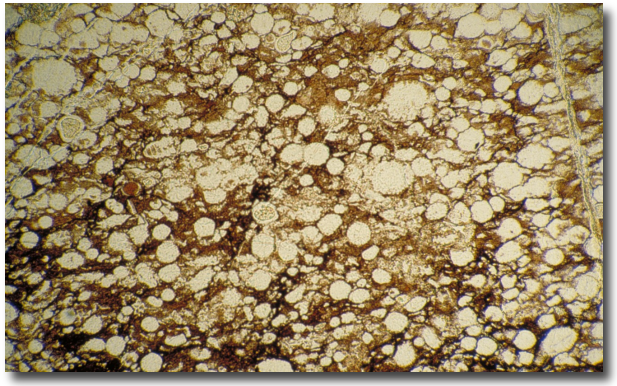


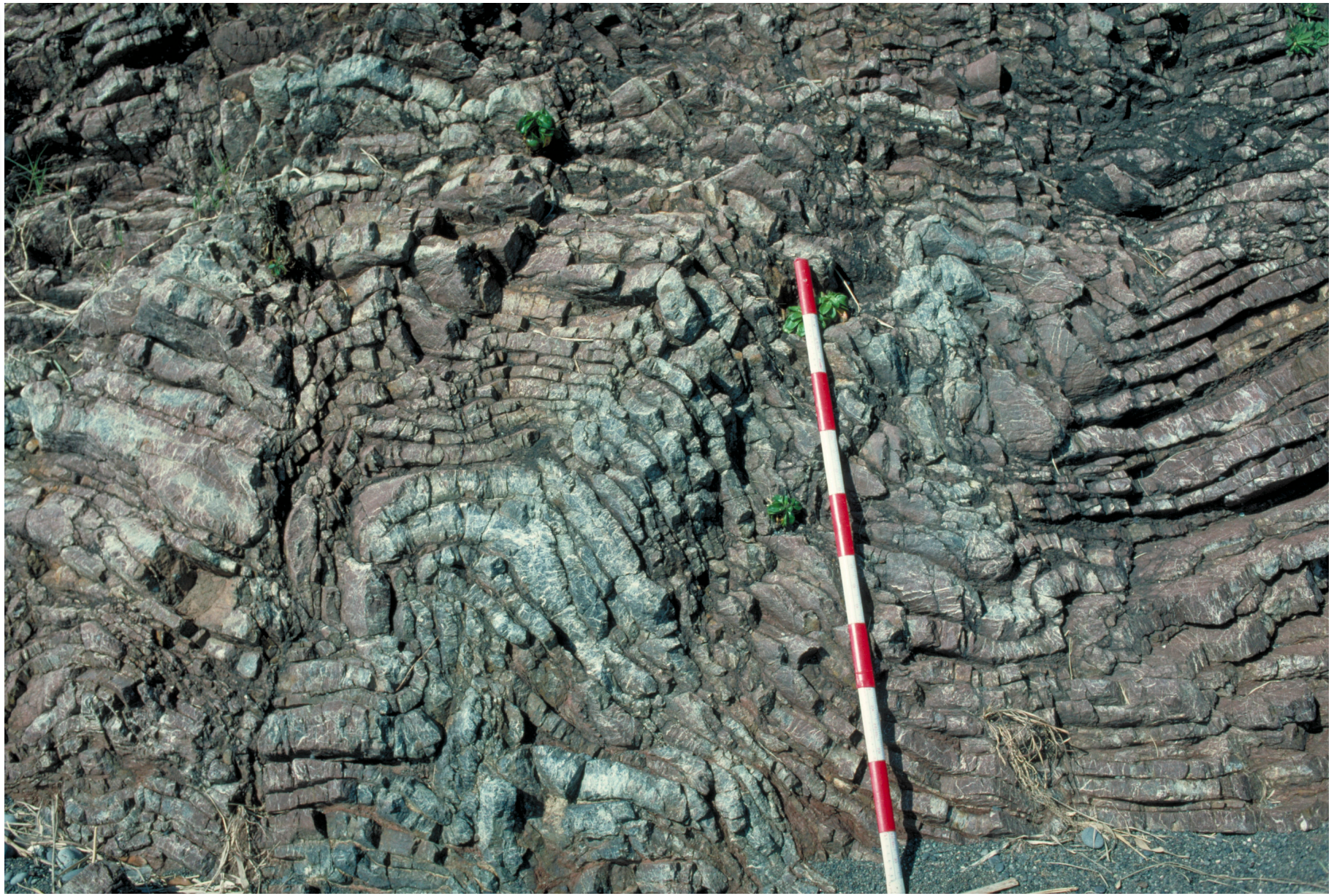


左上は薄片写真：
斜長石の急冷構造、
写真幅2mm

Taira et al. (1992) より

層状放散虫チャート（高知県・手結メランジュ）

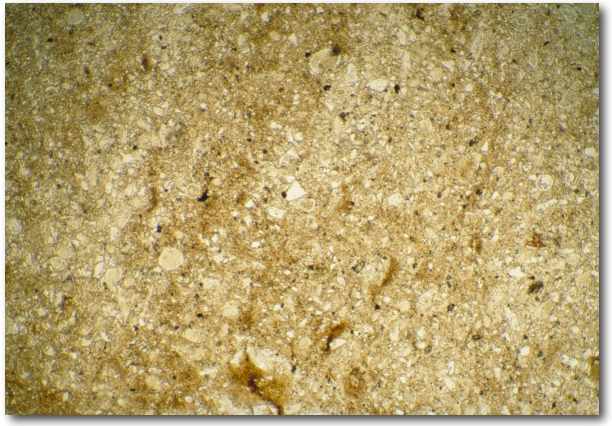




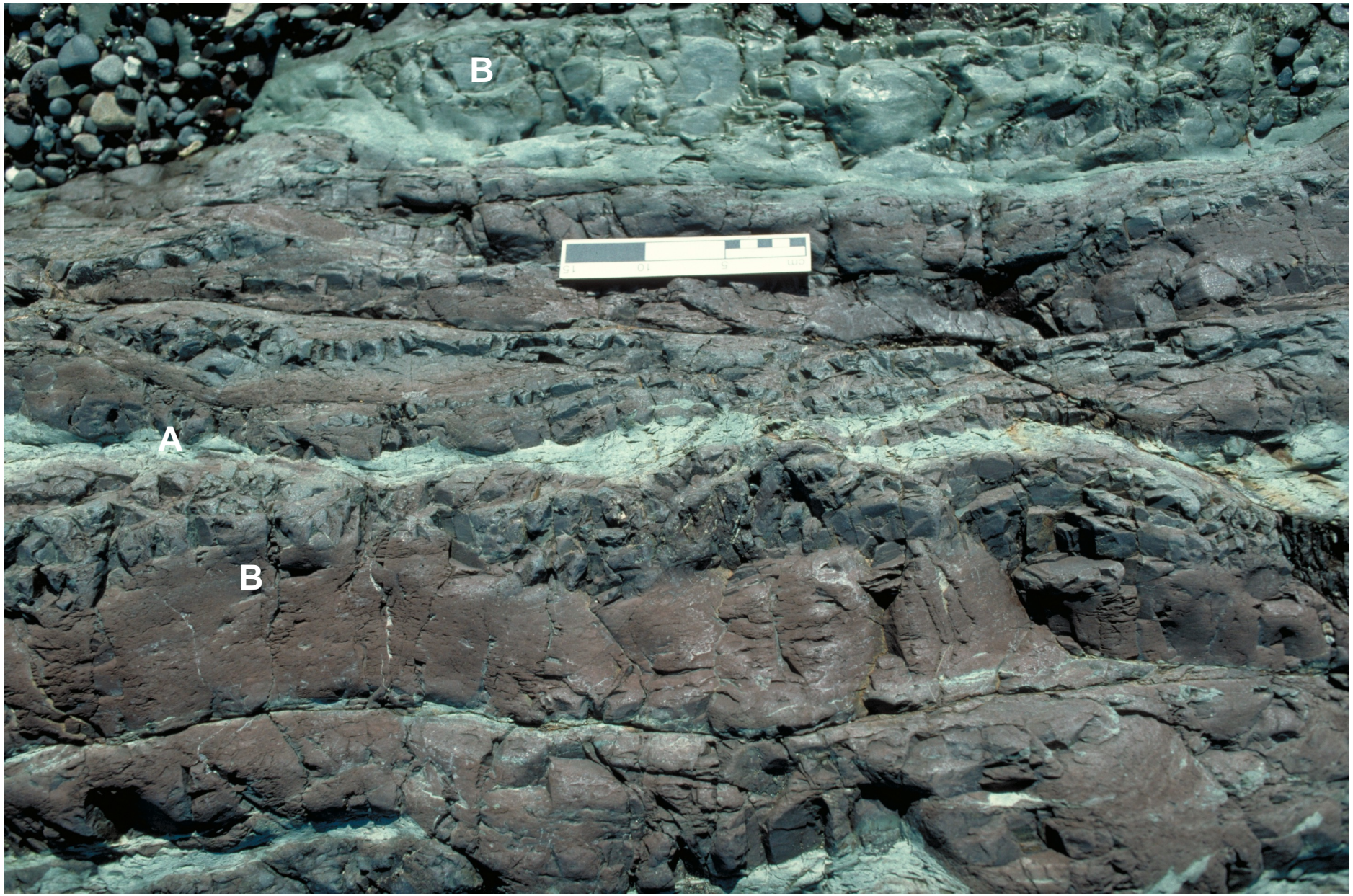
左上はオープンニコル
薄片写真：丸いのは
放散虫化石２㎜

Taira et al. (1992) より

多色頁岩（高知県・手結メランジュ）



左上は薄片写真
（横幅２㎜）：
Aは火山灰層、
Bは多色頁岩



Taira et al. (1992) より

四万十帯白亜系の メランジュ（混在岩）

Taira et al. (1992) より

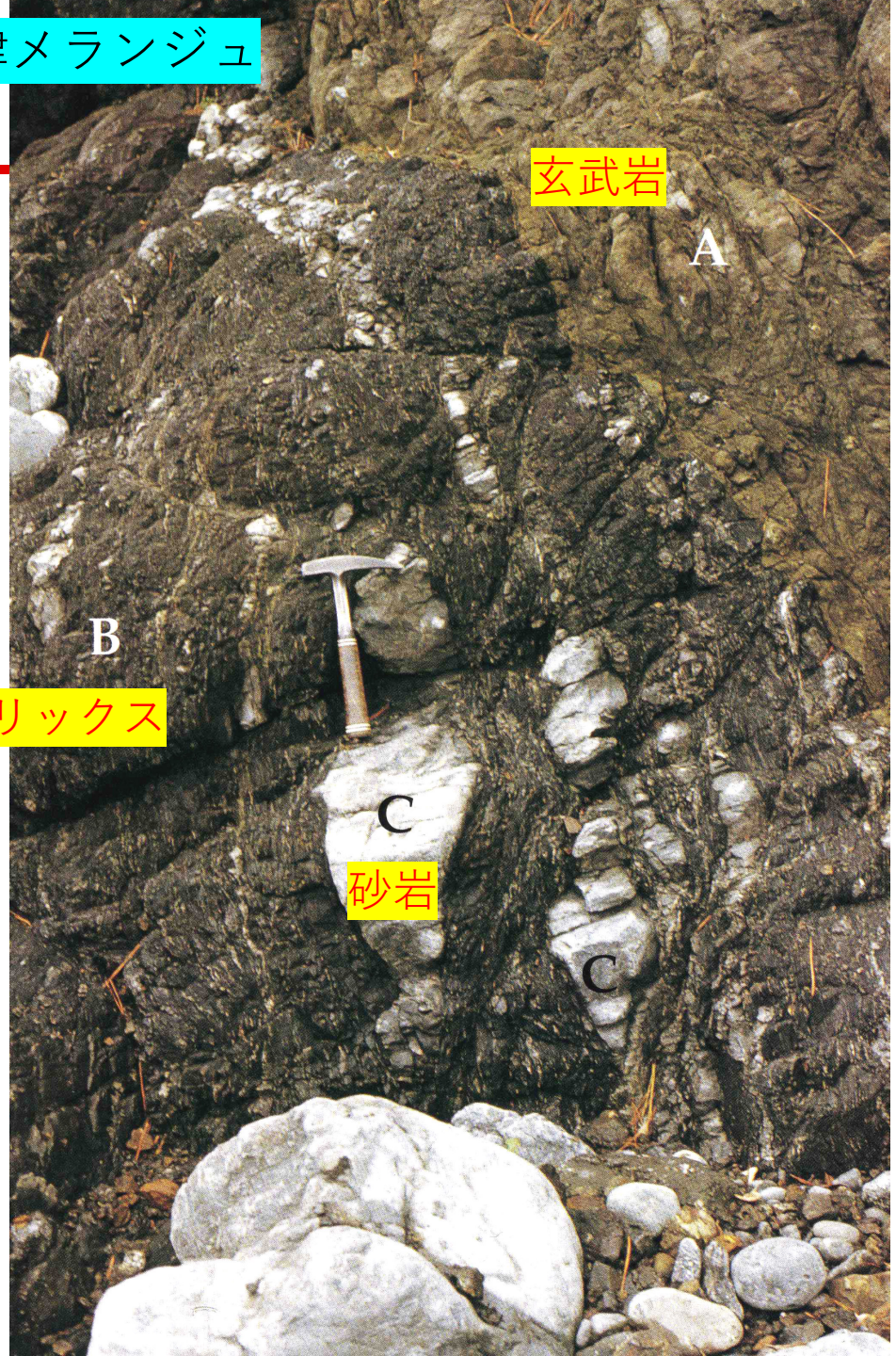
C－Sせん断構造



久礼メランジュ

マトリックス
リーデルせん断構造

興津メランジュ



玄武岩

マトリックス

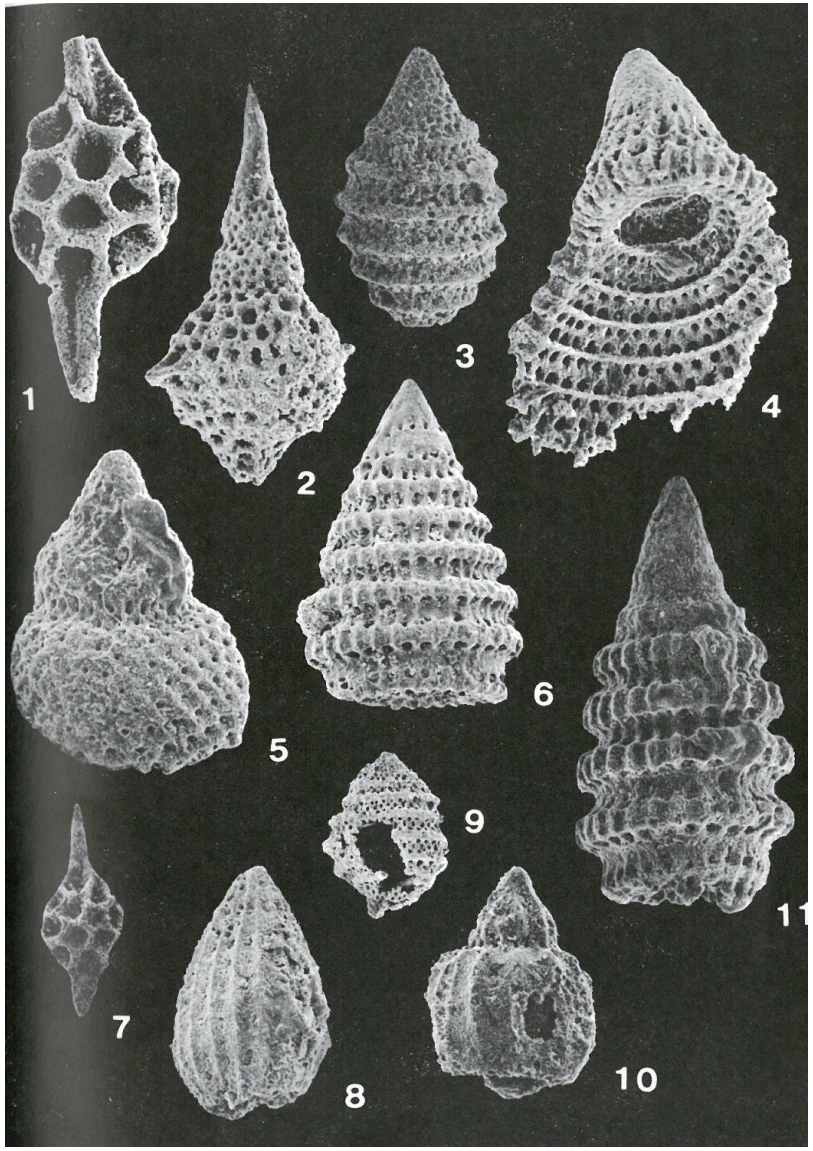
砂岩

放散虫化石（走査電子顕微鏡写真）

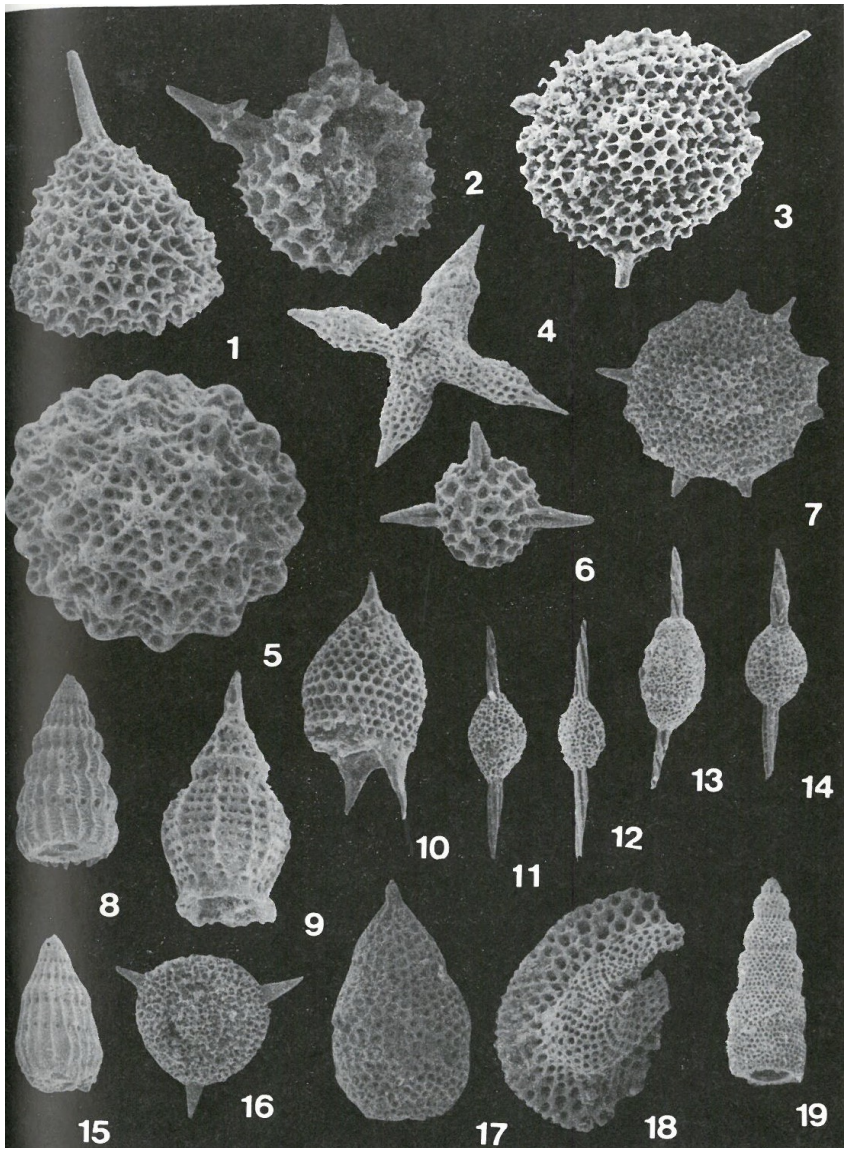
岡村（1980）より

硬い岩石から微化石（0.1㎜程度）の抽出に成功

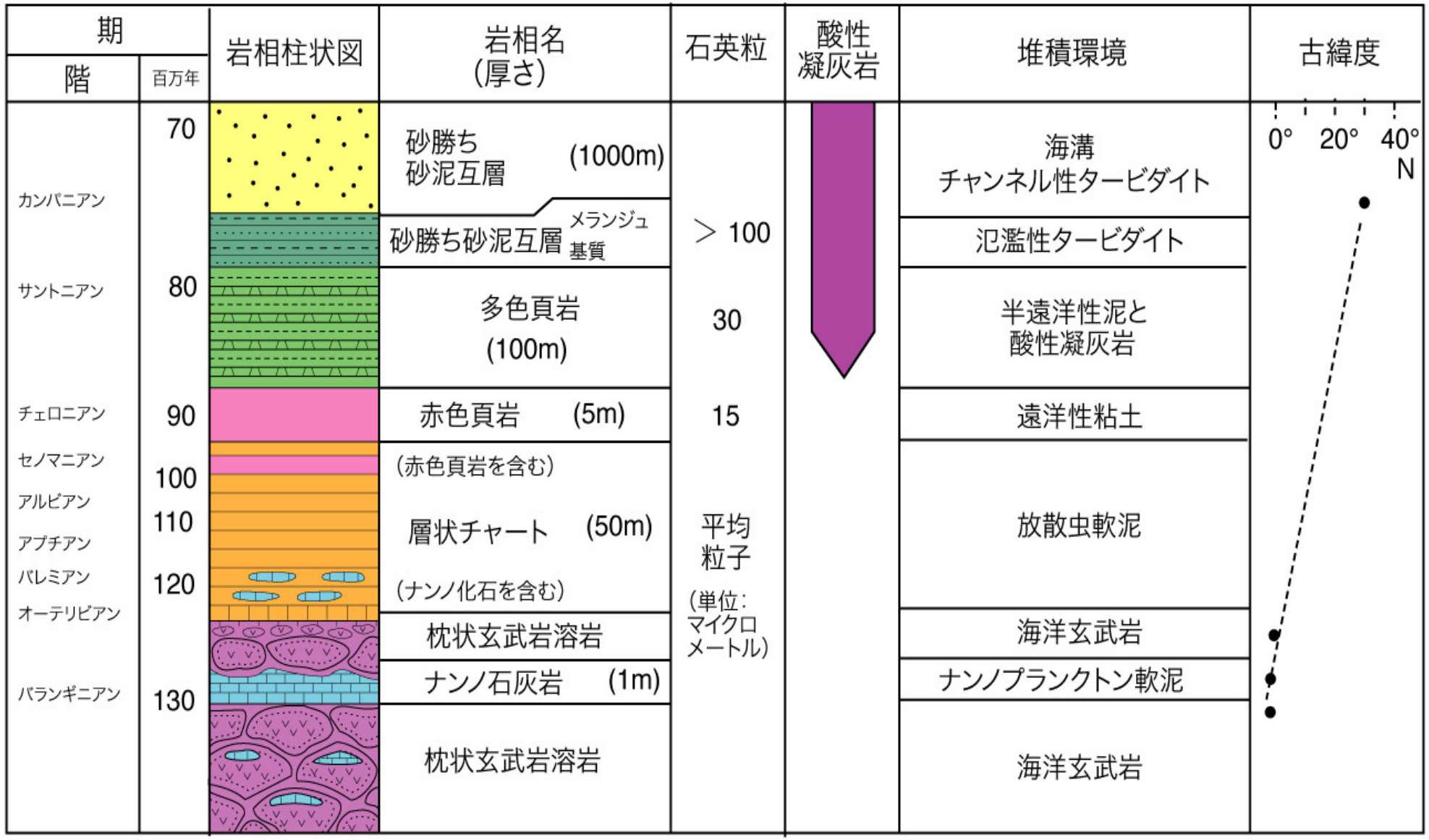
赤色チャート・赤色頁岩層
1億2000年前



タービダイト層に挟まれる緑灰色頁岩
7000万年前



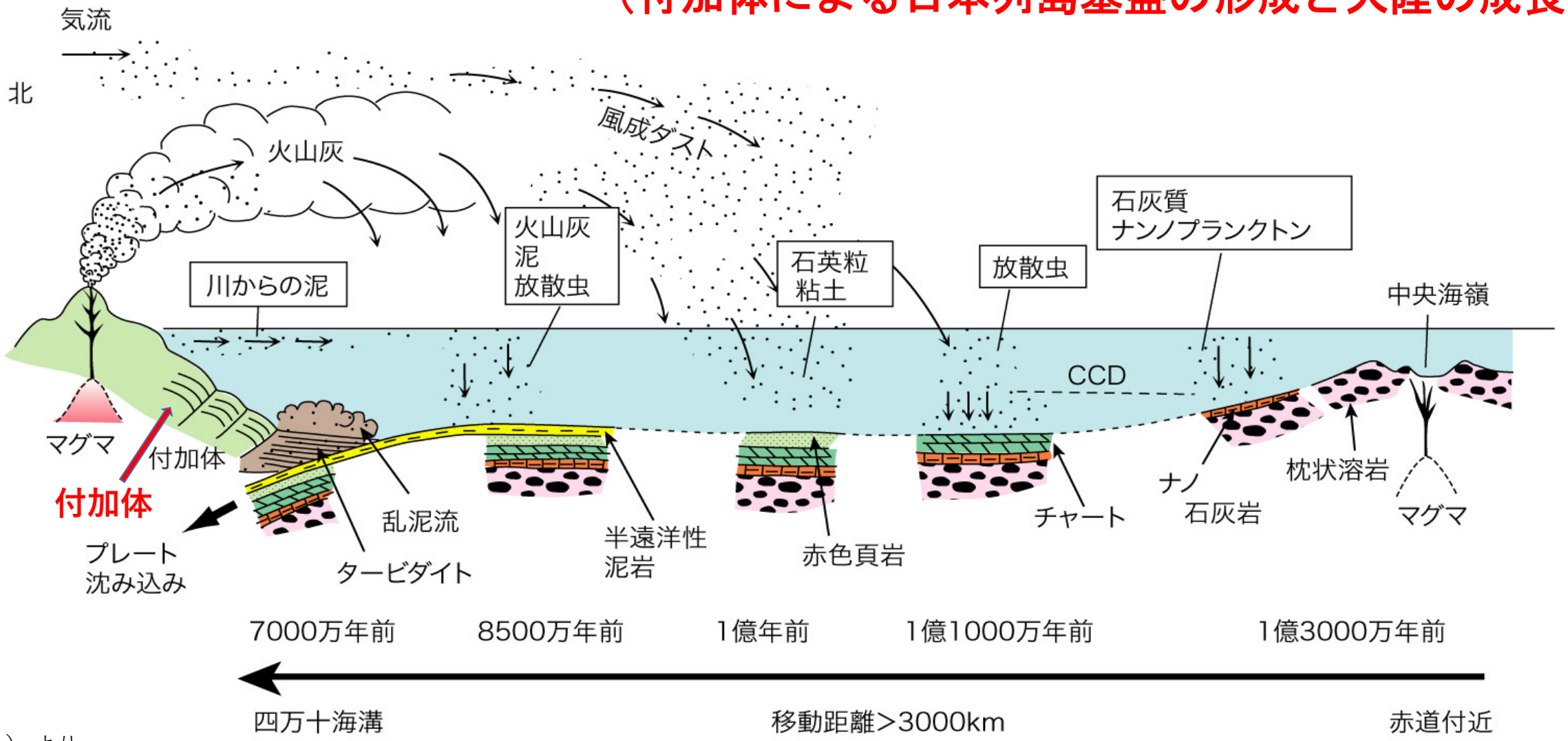
白亜紀四万十帯におけるメランジュ帯の海洋プレートの層序復元（プレート移動・沈み込みの証明）



Taira et al. (1988) より

3000km移動してきた枕状溶岩、チャートなどが海溝にてタービダイトと混合、四万十帯を作った

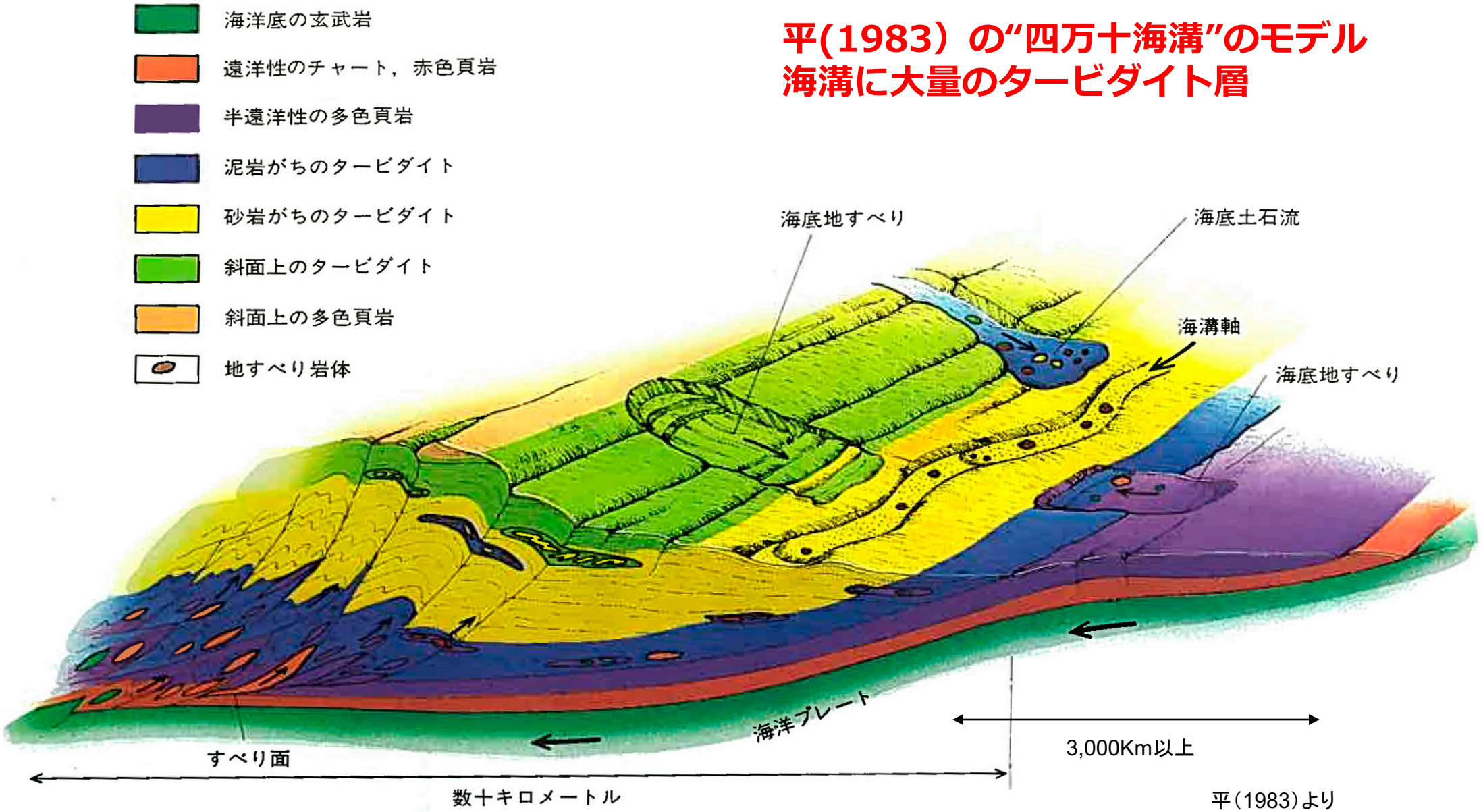
（付加体による日本列島基盤の形成と大陸の成長）



平（1991） より

1980年代始めの海溝付加体モデル図

平(1983）の“四万十海溝”のモデル
海溝に大量のタービダイト層



平(1983)より

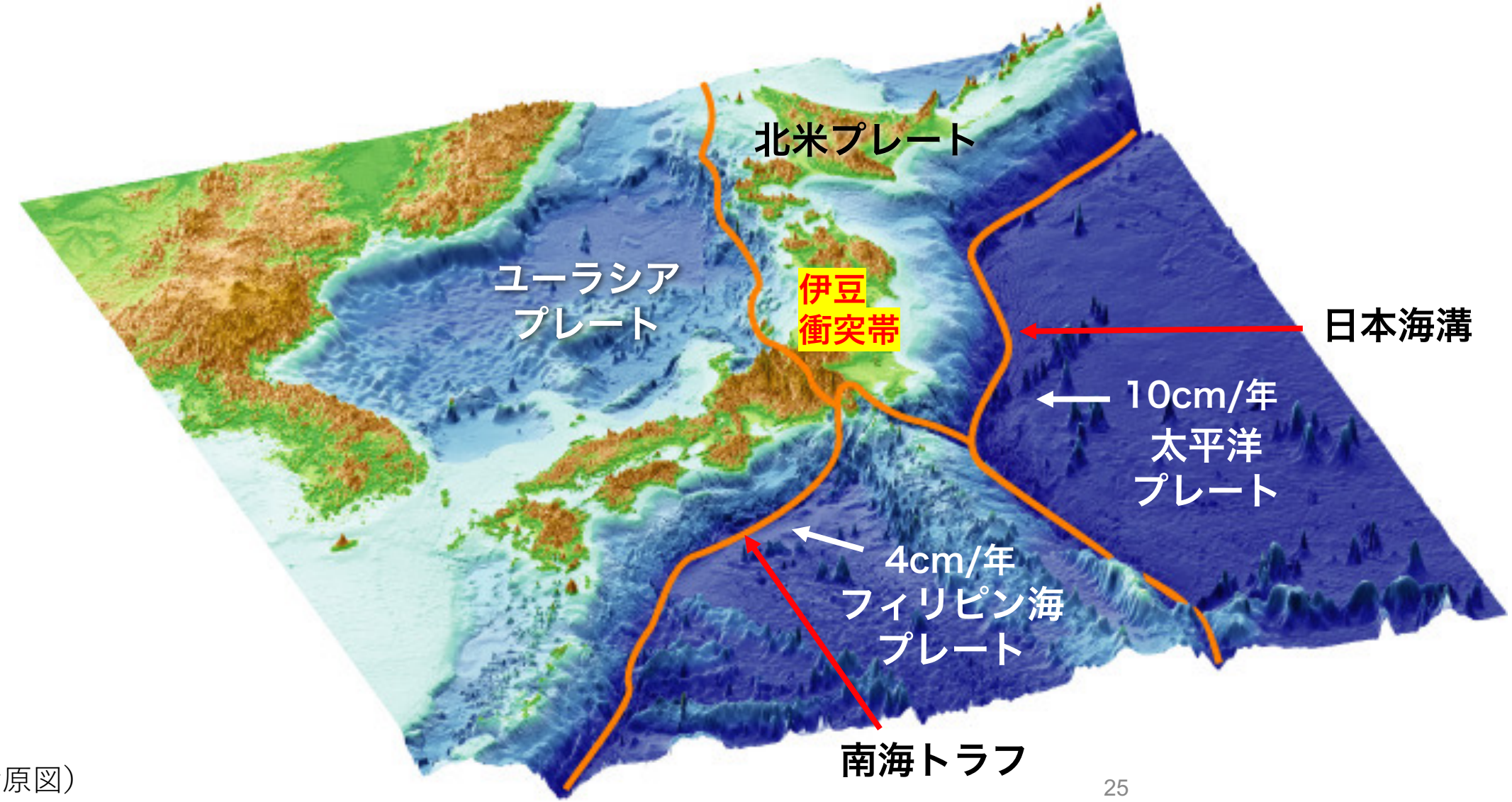
第３章

南海トラフの深海掘削
（進行中の付加体の形成過程と活動的なプロセスの観測）

東大･海洋研時代の研究

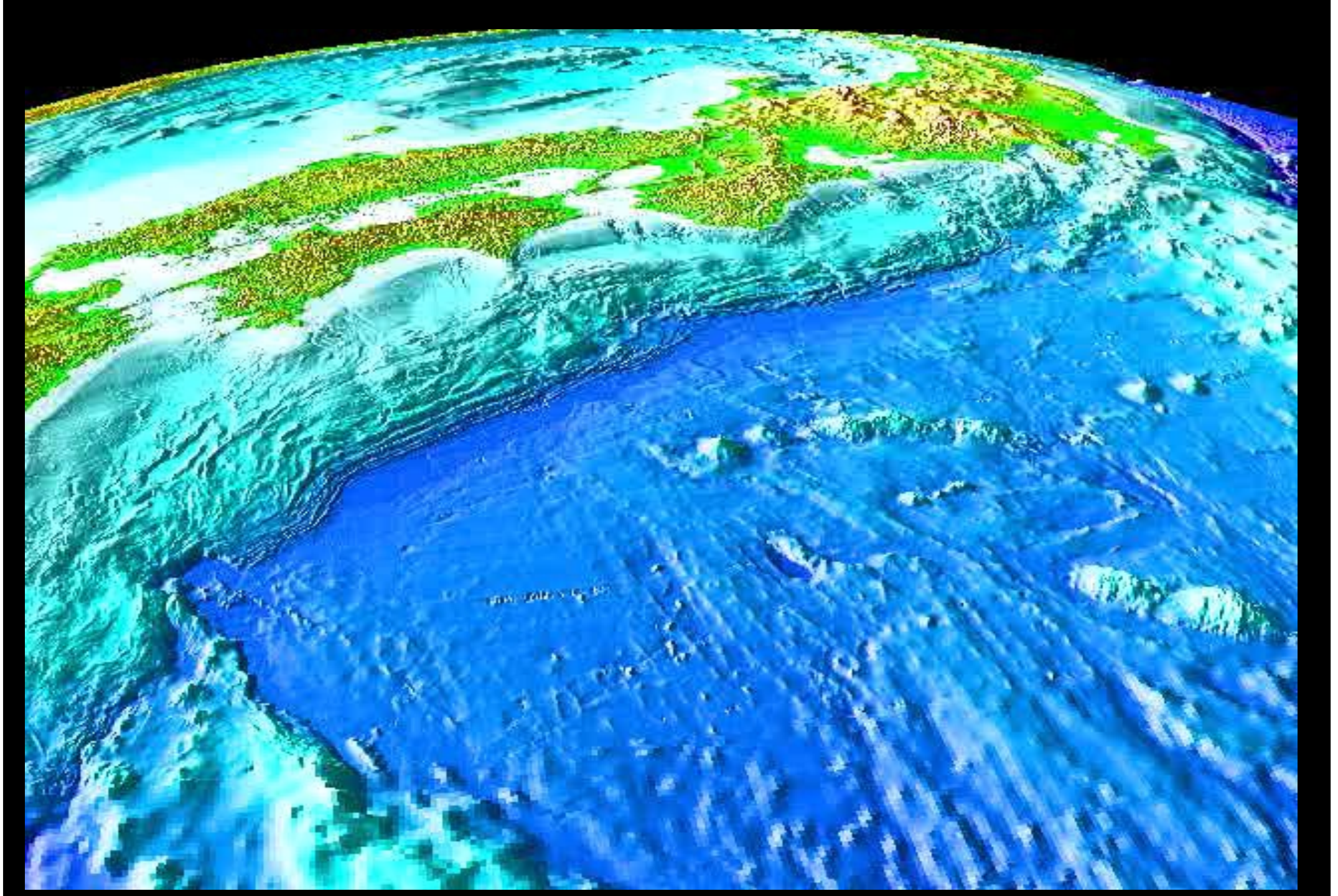
日本列島の地形とプレート境界

４つのプレートが相互作用する世界で最も地球活動が活発な所



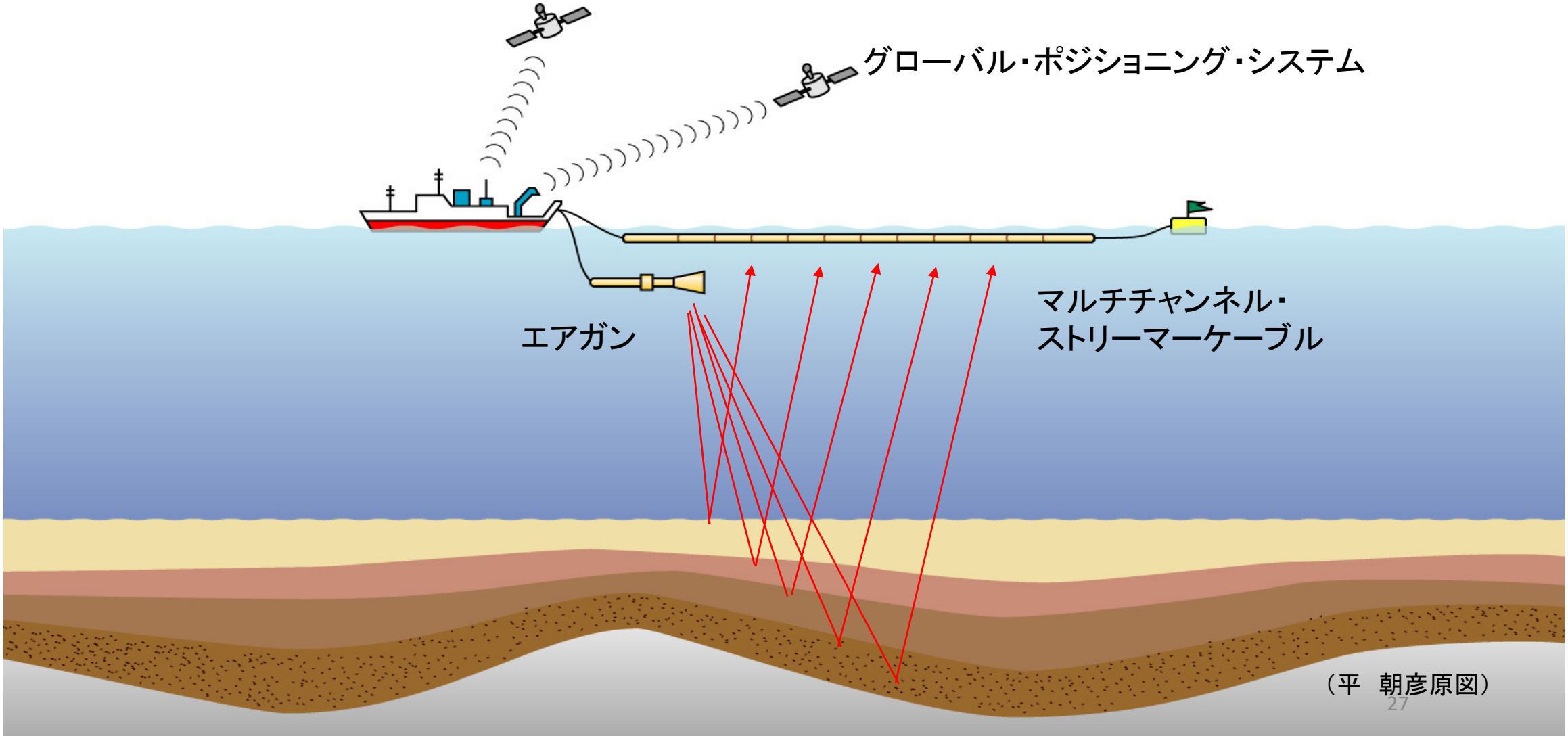
（平朝彦原図）

南海トラフ
海底地形
海上保安庁
海洋情報部
作成



反射法地震波探査

船から大きな音（地震波）を出すエアガンを曳航、ハイドロフォン・アレイを仕込んだケーブルで受信し、海底下の地質構造を調査



（平　朝彦原図）

淡青丸とフレッド・ムーア号による日米共同２船式反射法探査
July、1987 (東大・テキサス大・ハワイ大)



R/V
Fred Moore
&
R/V
Tanseimaru





Prof. Greg Moore & Dr. A. Nishizawa

A.Taira on R/V *Tanseimaru*

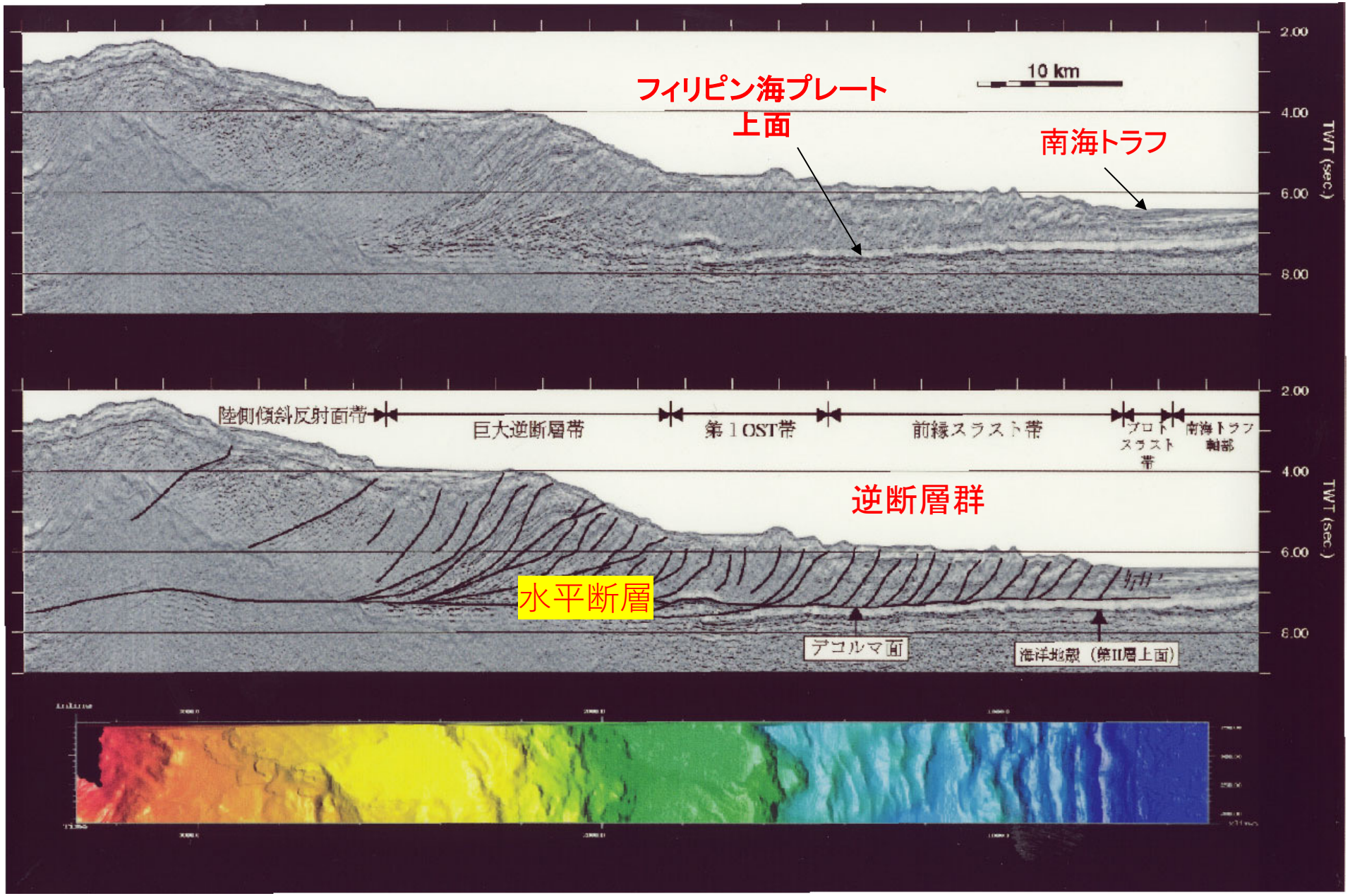
By A. Taira

四国室戸沖・南海トラフの反射法地震波探査記録

断面図

解釈

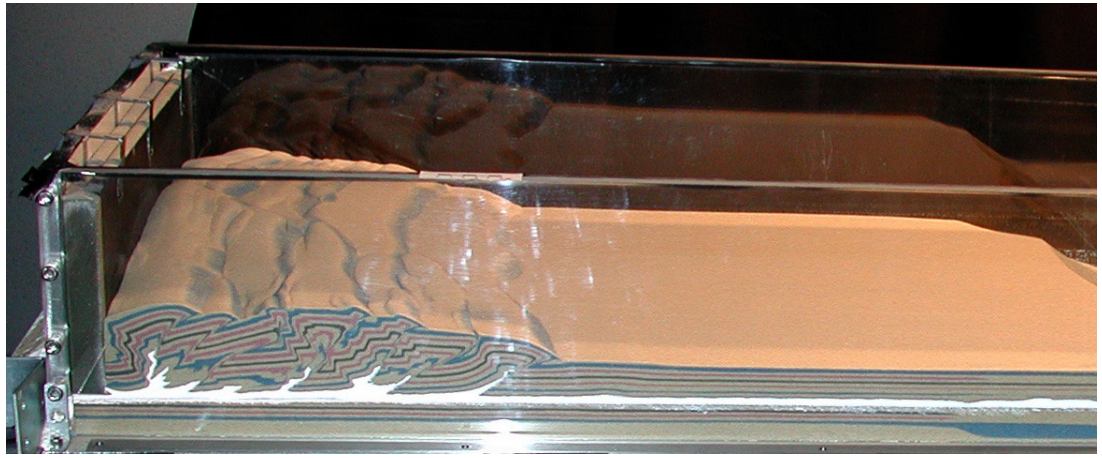
海底地形



Moore et al. (1990)など
による

付加体形成の砂箱モデル実験

九大・山田泰広氏による







逆断層

水平断層
（デコルマ）



ジョイデス・レゾリューションと国際深海掘削計(ODP)

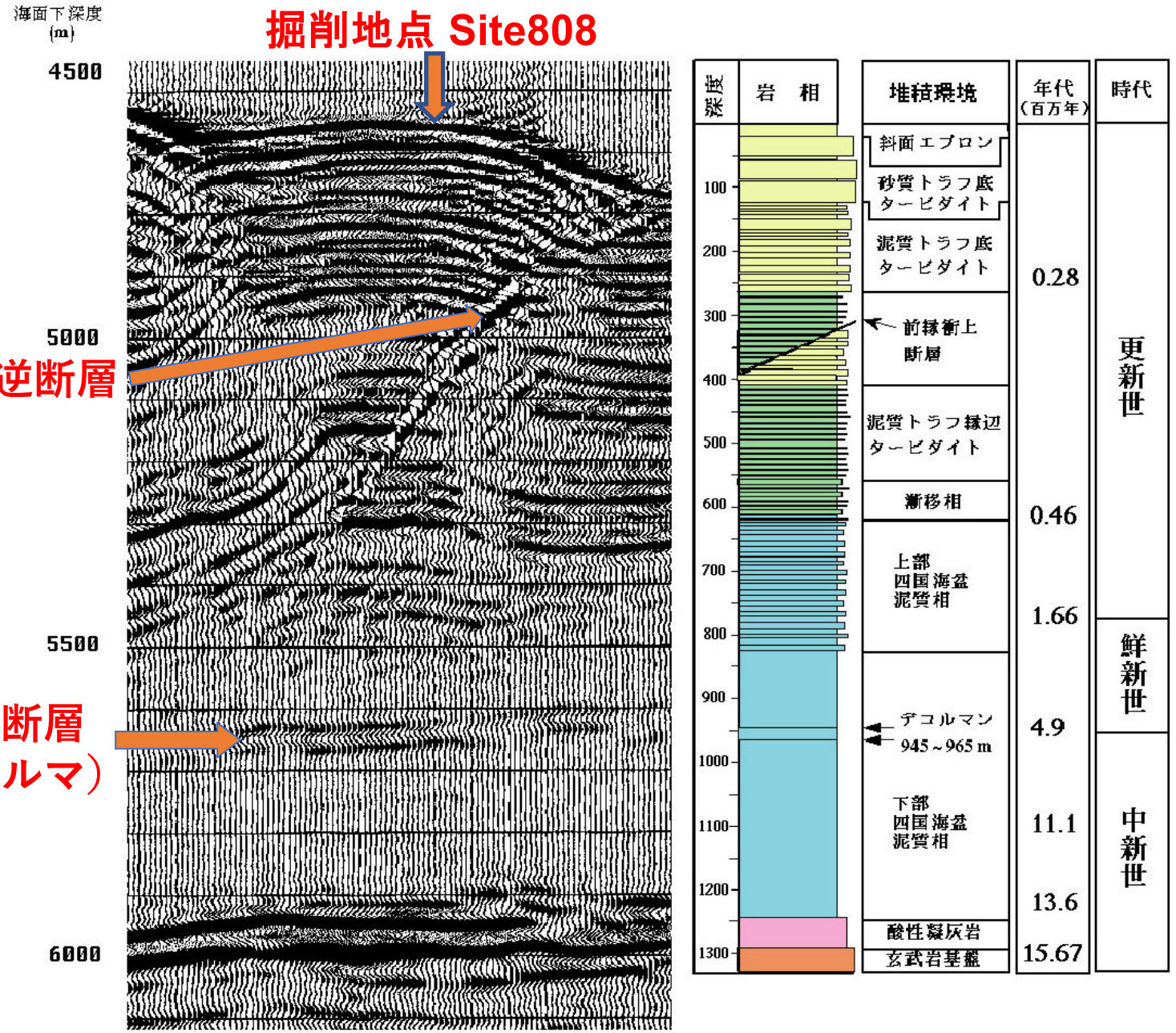
オアフ島
ダイアモンド・
ヘッド沖にて



グローマー・チャレンジャーの後継船

From ODP, Texas A&M Univ.

南海トラフ付加体掘削（Leg131)の成果



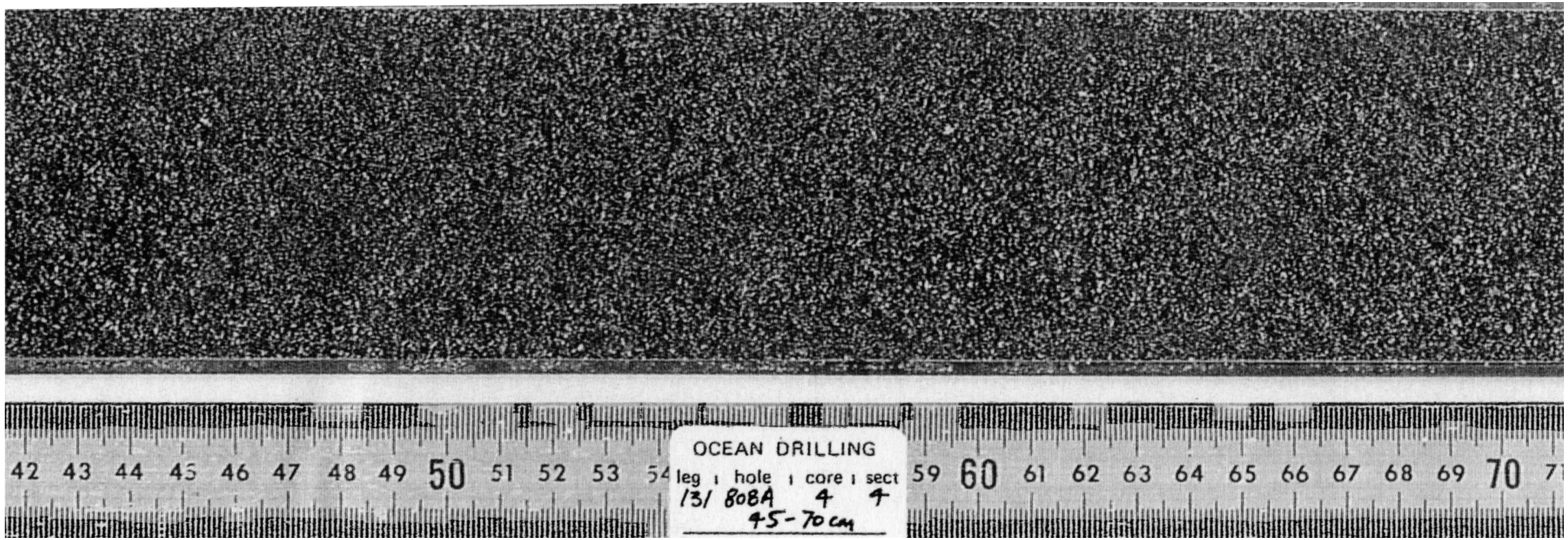
50万年間で500m
のタービダイト層

水深4,600mの
海底下1,300m掘削
逆断層と水平断層を掘り抜き、
枕状溶岩まで到達。
世界初の付加体貫通！

From Taira et al. (1990)

南海トラフ 砂層（タービダイト）柱状試料

Site 808, Leg 131　Nankai Trough

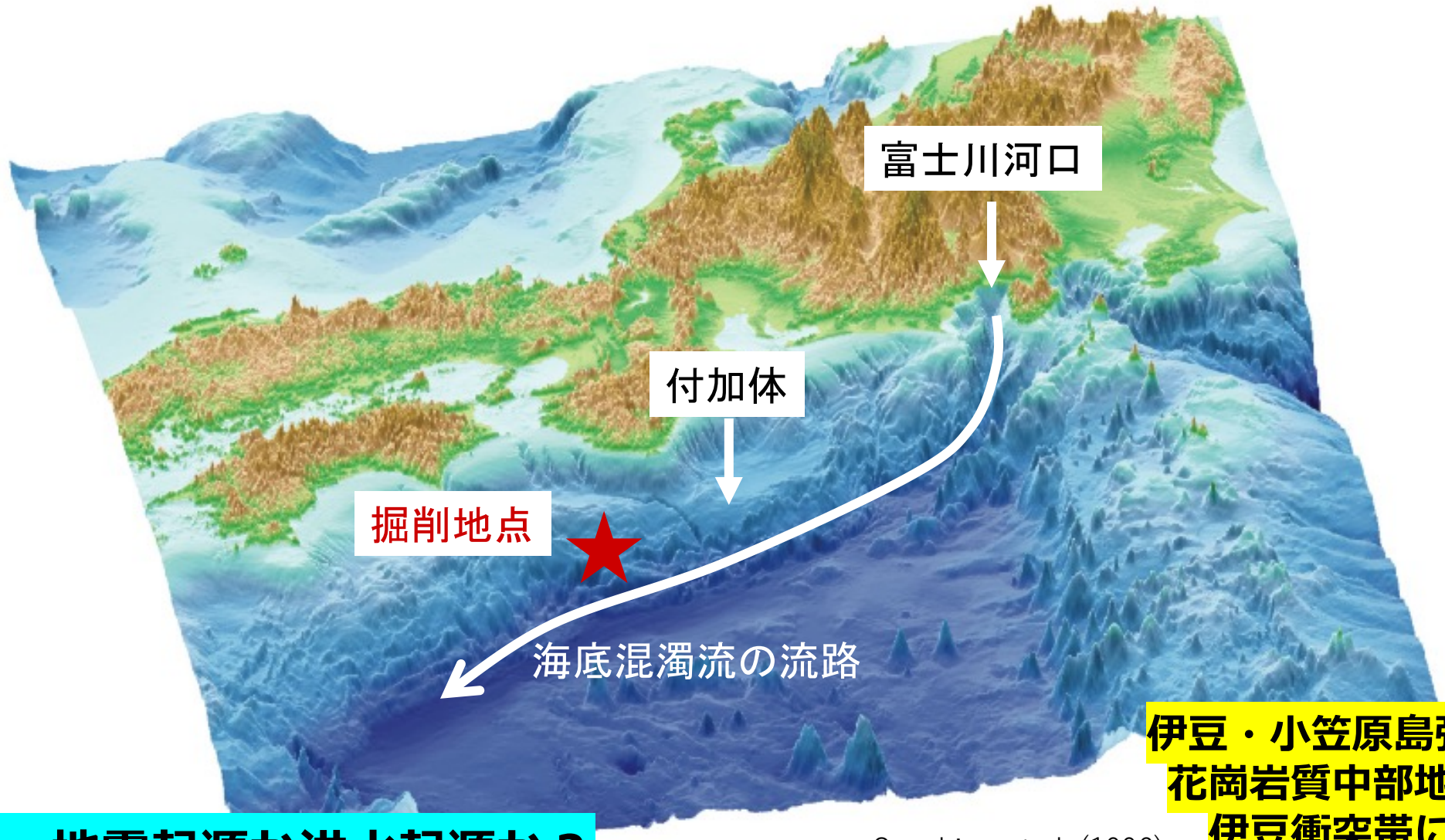


淡水産の珪藻化石、木片を含む。 河川からほぼ直接運ばれてきた！どの河川から？

Taira et al.(1992)による

富士川河口から700kmの混濁流による砂質堆積物（タービダイト）の運搬と付加体形成

（Taira et al. 1990による）



混濁流は、地震起源か洪水起源か？

Suyehiro, et al. (1996)
Taira et al., (1998)

伊豆・小笠原島弧における花崗岩質中部地殻の存在伊豆衝突帯における大陸地殻の形成

2018年9/30-10/1 海底地震計(OBS)浮上事件

清水興津川～伊豆戸田沖
にかけてOBS18台設置

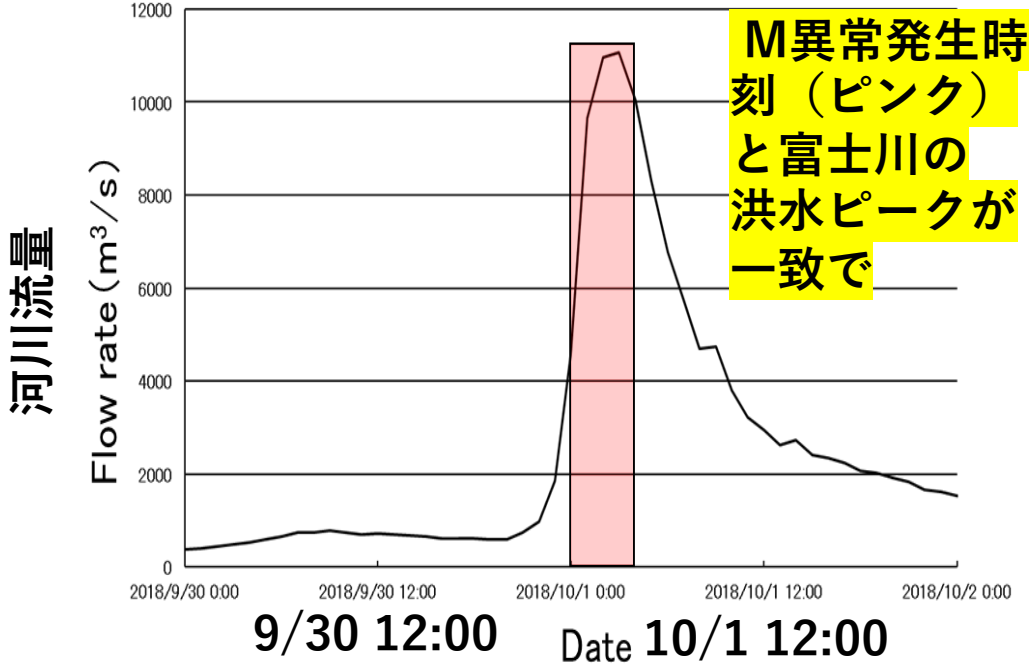
↓

台風24号が静岡直撃

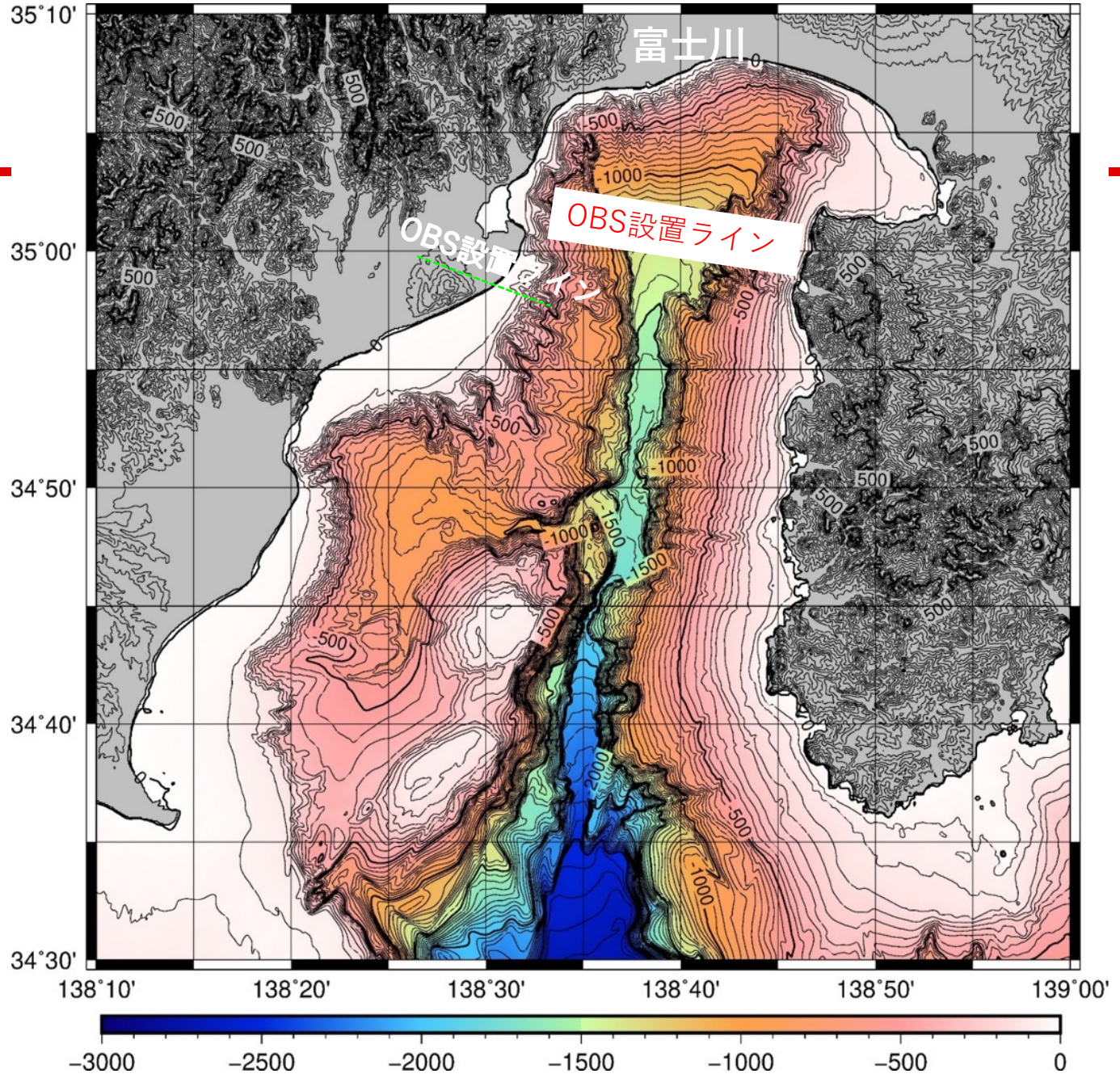
↓

8台が異常（浮上・移動・喪失）

松岡観測所水位観測 Matuoka

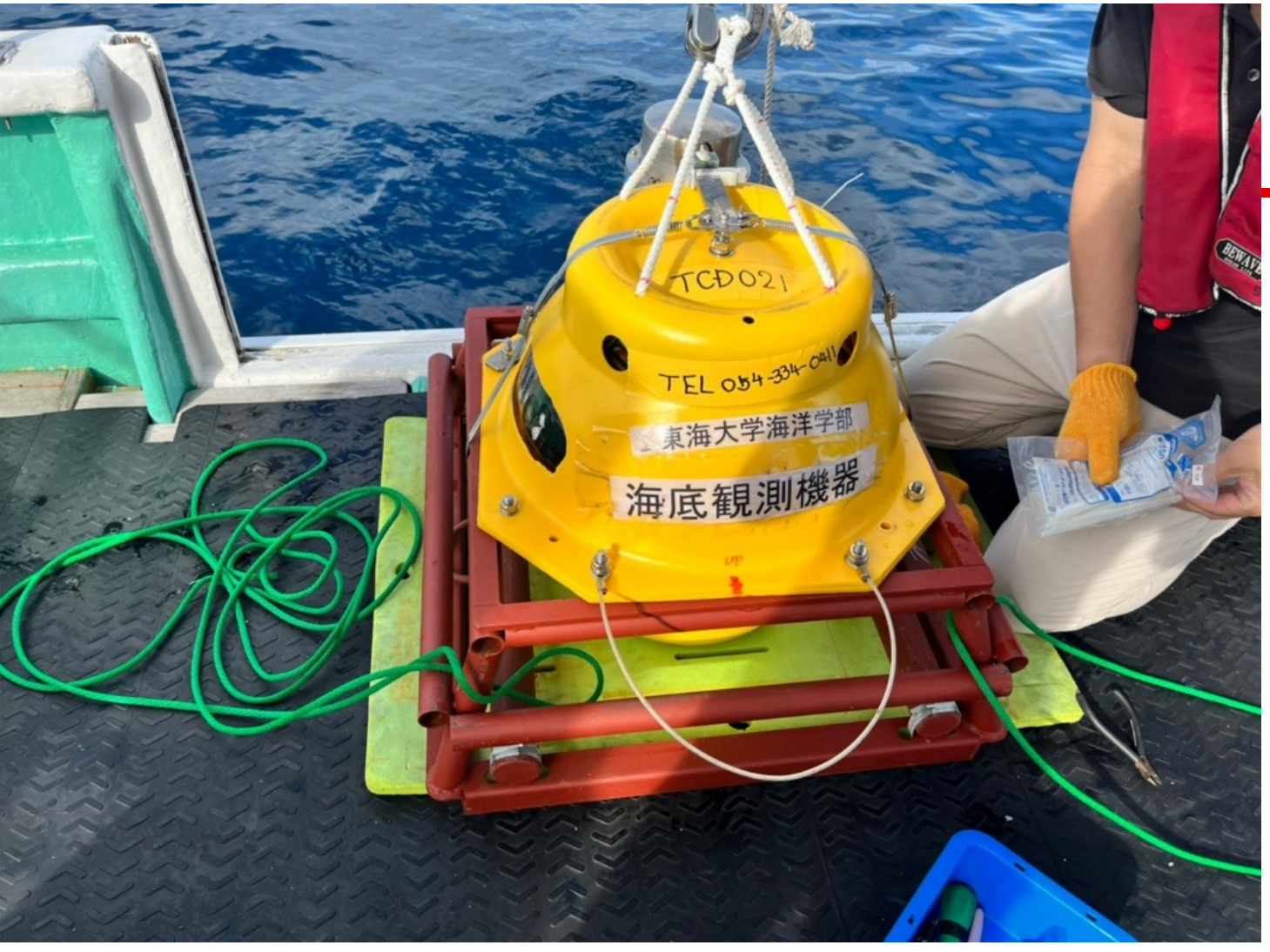


M異常発生時刻（ピンク）と富士川の洪水ピークが一致で



馬場ら(2021)による

混濁流の海底観測



東海大学で開発した
海底設置型混濁流観測装置（TCD）
モーションセンサー
２台のカメラ内蔵

馬場・中尾らによる

2022年8月11日
TCD投入作業の様子
その後、大変なことに！





発見時の海底
TCD周囲には、泥・草・礫などが付着・散乱

１０月１５日に回収コマンドを発信.
位置は３km移動、かつ、浮上せず
１２月２５日　第一開洋丸搭載のROVにて探索・発見・回収する

富士川洪水起源混濁流

「静岡豪雨」時に
強烈な混濁流が
発生したものと
推定される。

TCD内部に砂が付着
ガラス球内部の機器は
破損・データ回収できず



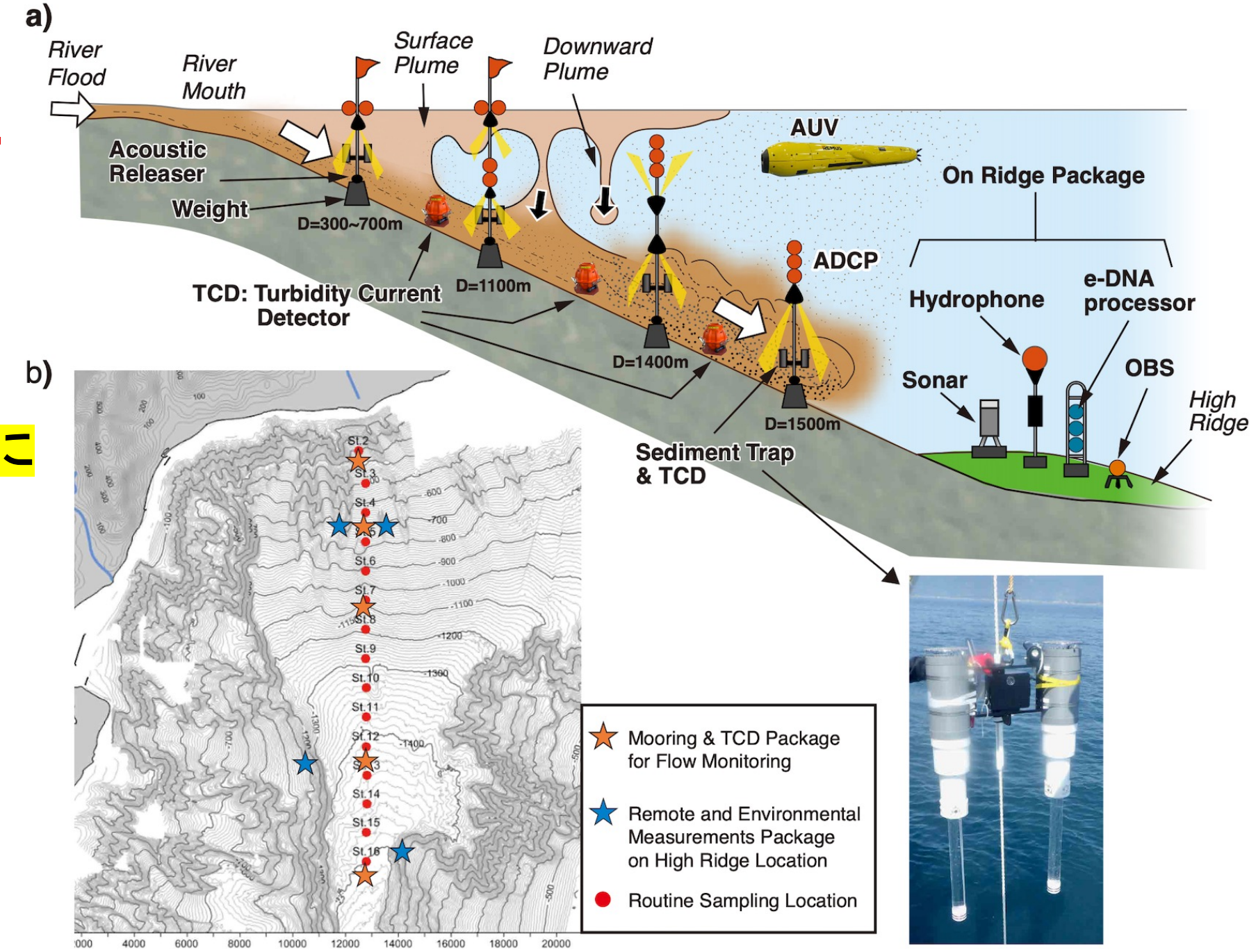
海底混濁流の観測システム

ADCP=音響ドップラー流速プロファイラ

洪水混濁流は、
炭素循環・深海環境
海底ケーブルリスクに
大きは役割

3回観測したら
世界的な業績
予算がつかない！

横山他、2026
地学雑誌　掲載予定



第4章

「ちきゅう」プロジェクトの推進
―巨大地震発生帯の掘削―

JAMSTEC時代の取り組み

地球深部探査船「ちきゅう」

海洋研究開発機構(JAMSTEC)所有

主に国際科学掘削計画（IODP）および
内閣府SIPにおいてレアアース泥の
開発プロジェクトに利用

- 全長：210 m
- 幅：38.0 m
- 総トン数（容積）：56,752トン
- 最大速力：12ノット（時速22 km）
- 定員：200名
- 推進装置：アジマススラスタ
  4,200 kw（5,720 PS）× 6
  外径最大 4.6 m
  サイドスラスタ 2,550 kW
  （3,470 PS）×船首部1
- 科学掘削能力：海底下 7,000 m
  （水深 2,500 m）



「ちきゅう」プロジェクトは、なぜ可能だったのか

流れに乗り、かつ、流れを作る

①世界の科学の流れ
⇨ 海洋のどんな所でも掘削可能な計画（IODP）・地下生命圏・巨大地震（国際的な競争が発生していた）

②日本の科学の政策的な流れ
⇨ 科学技術庁が探していた大きな政策玉として一致、役所が元気だった（宇宙は米国、海洋は日本！）

③世情・世論の流れ
⇨ バブル崩壊・阪神淡路大震災：元気の出る計画の必要性、科学技術創造立国！

技術のクリティカル・ポイントに遭遇

①深海石油掘削の開始時期
⇨ あまりに未開発ではダメ、成熟でもダメ

②日本造船業界にまだ技術力があった
⇨ 掘削リグを5隻程度作っていた

研究者・技術者・マネージャー・役所・産業界の連携

①稀有なことに全部の分野にリーダーが存在し、かつ人材が育った
⇨ 奈須紀幸、木下肇、末廣潔、高川真一、平野拓也、広瀬研吉、林廣一、さらに次世代が次々と育つ

②日本の研究体制が組織化された
⇨ J-DESC（科学コミュニティと運用の両輪）、研究機関と大学の協力

③起点から30年間一貫してリーダーとなった人が存在
⇨ それは私です！

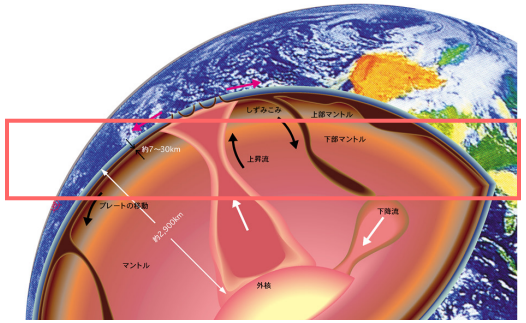
「ちきゅう」がねらう科学的成果 統合国際深海掘削計画(IODP)

（CDEX/JAMSTEC）

上部マントルの試料採取

マントルの組成、物性を調べることにより、**地球の起源やマントルの対流現象などに対する画期的発見**が期待できる。

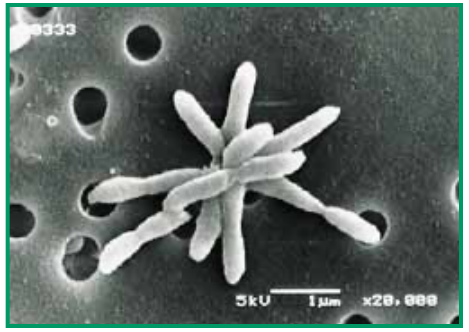
マントル対流は大陸移動、火山活動などの原動力



地下生物圏の探査

原始地球に酷似した環境に生息する生物を調査し、**地球生命誕生と進化の謎**に迫る。

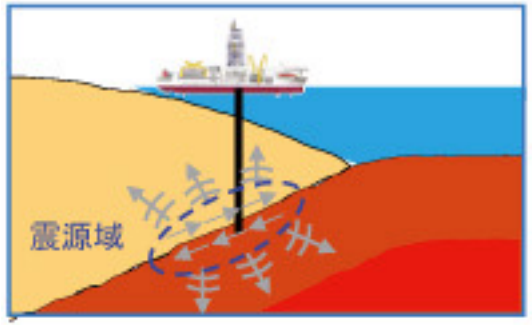
深海底から採取された未知の耐圧性微生物



巨大地震の震源域の直接観測

プレート境界面を直接調べることにより、**震源領域の破壊のしくみを解明**し、地震予測の高度化に貢献する。

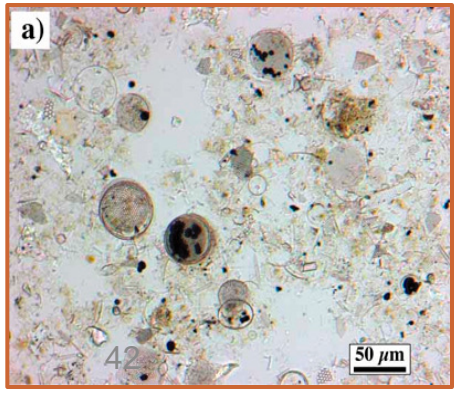
プレート境界面から直接試料採取直接観測



地球環境の変動

過去の異なった地球の姿を知り、未来の環境を予測する。

コア試料に含まれるプランクトン化石



JAMSTEC高知コア研究所
高知大学海洋コア国際研究所

from JAMSTEC/KOCHI UNIV.

共同施設としての先端分析機能

IODPの保管及び1次分析機能

コア・サンプルの 長期保管と配布

（4℃& 及び -170℃）

深海掘削コア総延長200km以上を保管

コアの分析・解析

「ちきゅう」上の研究設備と同等の設備を含む





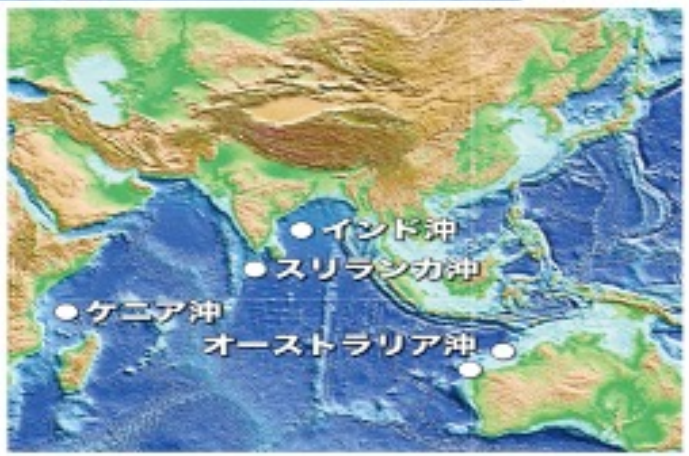


高知大学と
海洋研究開発機構の運用協力

3ヶ所の国際共同利用拠点：
他に、テキサスA&M大学、
ブレーメン大学

「ちきゅう」掘削地点(2007-2019): Drilling Sites by the *Chikyu*



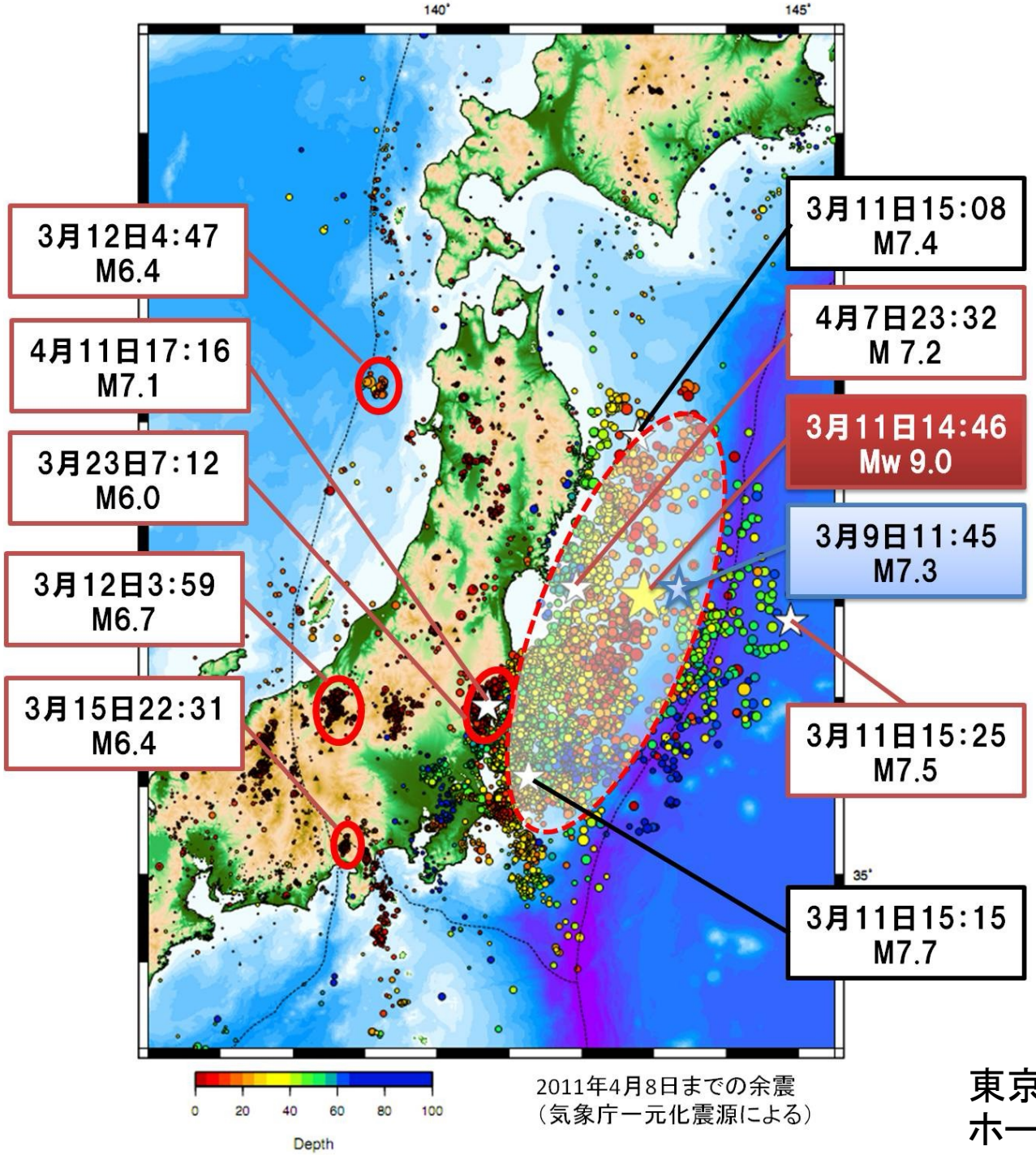


海外資源受託掘削

CDEX/JAMSTECによる

東北地方太平洋沖地震と関連した地震の分布

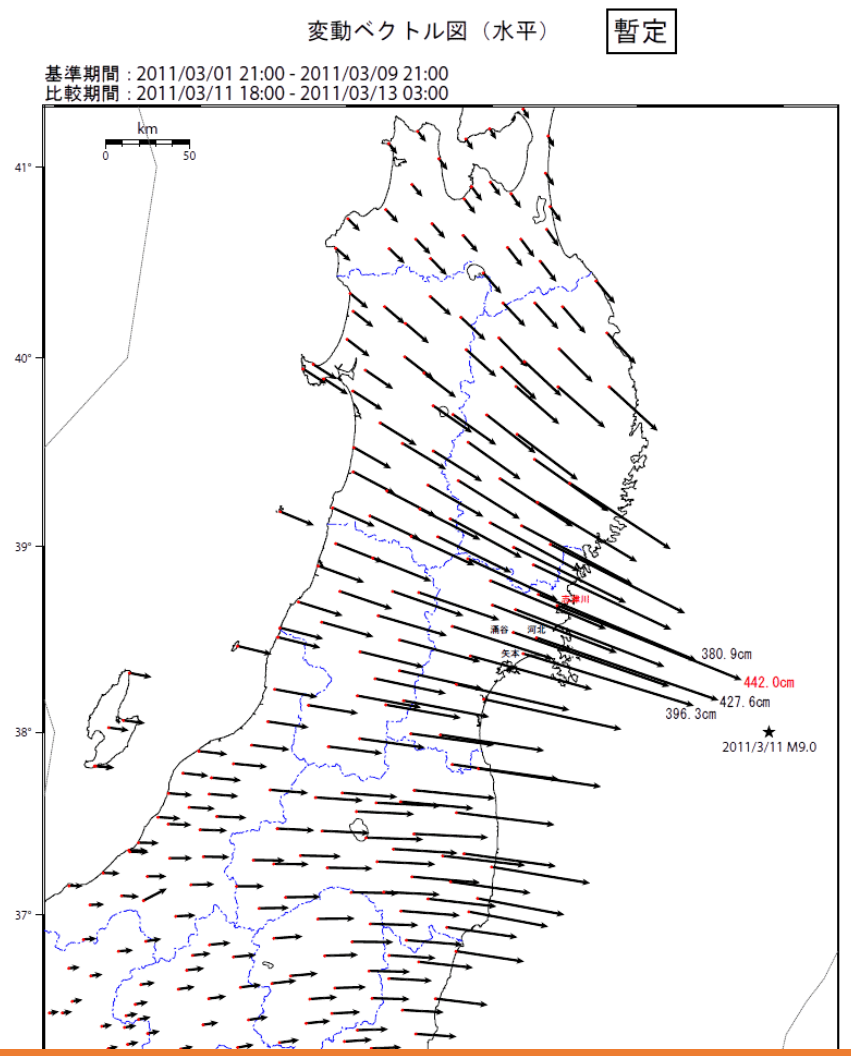
すべり面が海溝まで届いた！

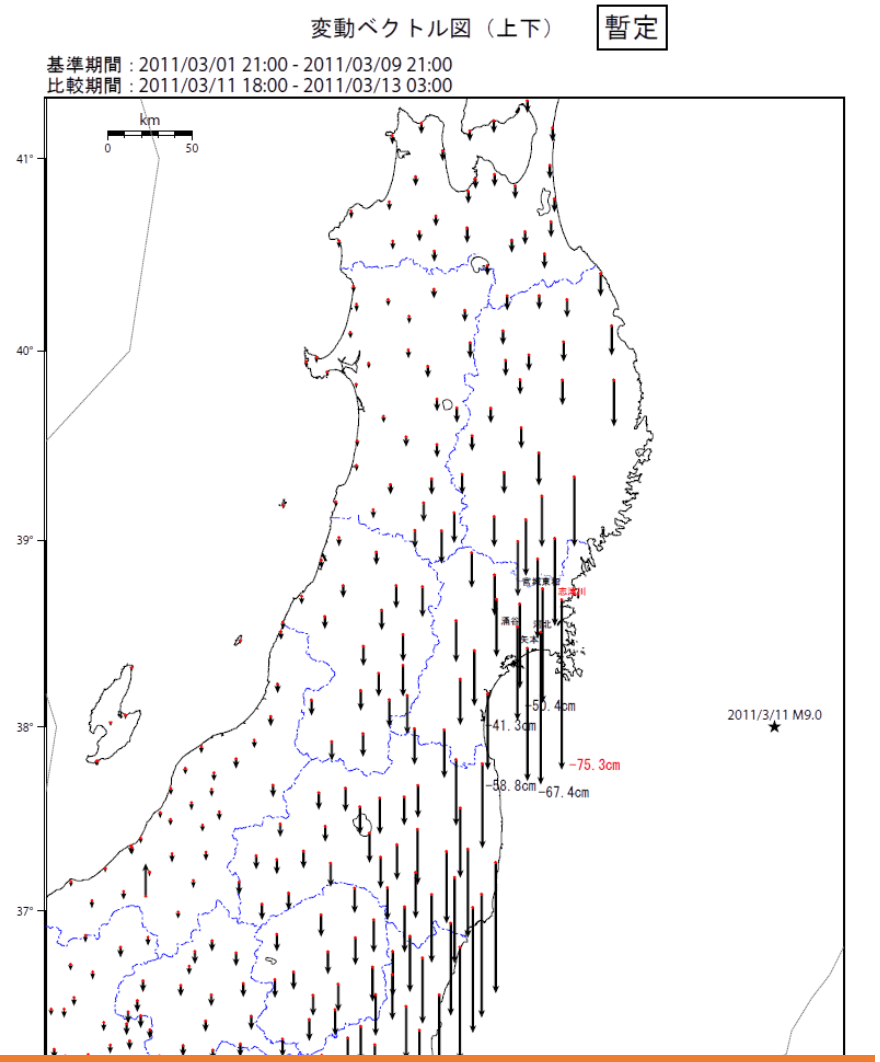


東京大学地震研究所ホームページより

地震に伴う超巨大地殻変動

国土地理院による





宮城県北部志津川では　東南東に4m42cm移動し、75cm沈降した。GPSによる計測

地盤液状化

浦安市
舞浜３丁目

街路を挟んで
両側へ家が
傾いた

大量の噴砂



平ら、2012
地質学雑誌
より

2011年3月11日: 八戸沖石炭生命圏掘削の準備中であった八戸港停泊中の「ちきゅう」を津波が襲った

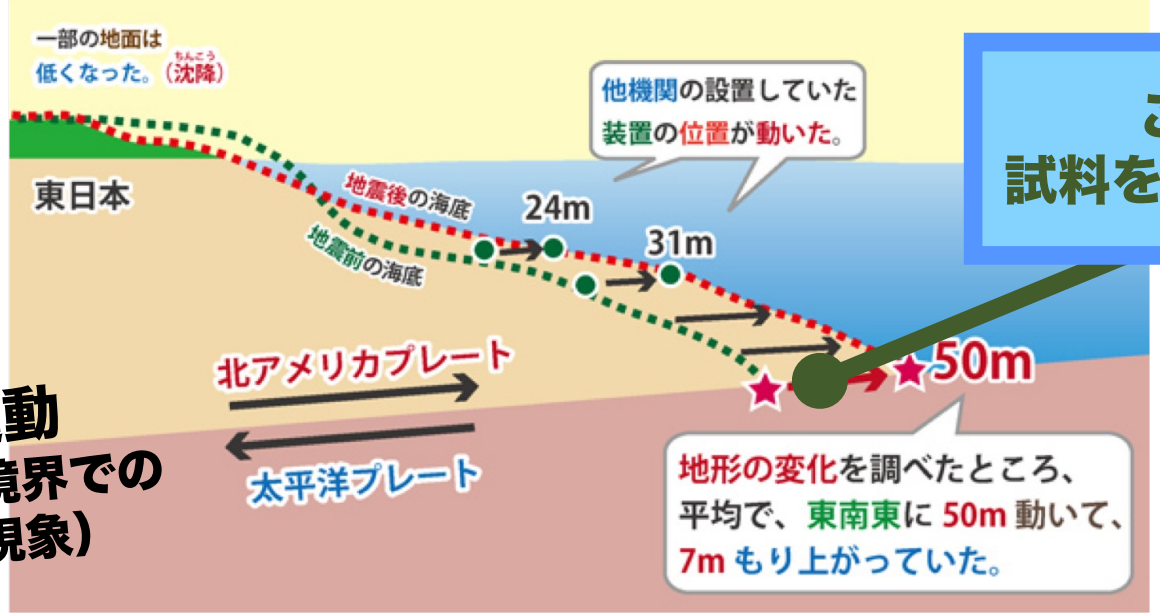
CDEX/JAMSTEC

波高予報が１ｍから８ｍに変わった

スラスタを破損

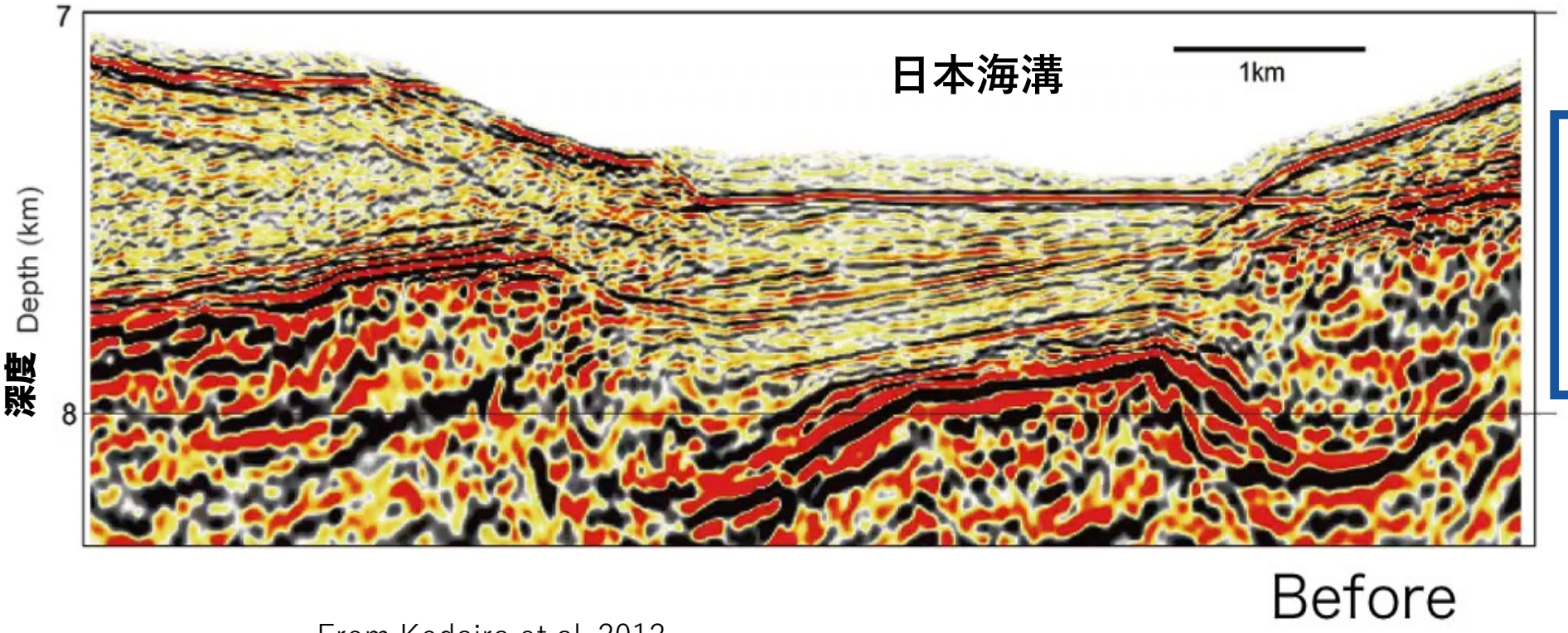


日本海溝における プレート断層の動き



ここから
試料を取り出した！

断層運動
(プレート境界での
岩石破壊現象)



From Kodaira et al.,2012

海の深さは、
約7,000m！
摩擦熱の発生を
立証するため温度計測
を実施

日本海溝温度計設置・回収 Movie



巨大地震・津波総合海洋調査：未曾有のプロジェクト
（科学雑誌Scienceの2013年12月6日号に４本の論文掲載）

◎「ちきゅう」掘削によってプレート境界断層を特定、サンプル回収に成功。摩擦係数の極端に小さい粘土層（スメクタイト層）が発見された。

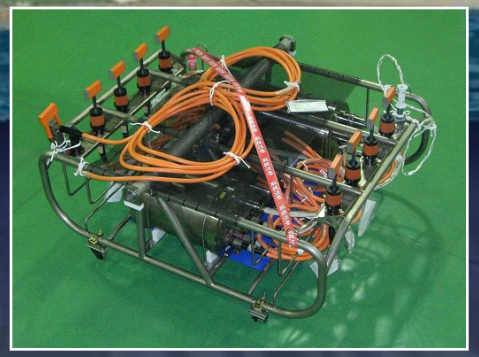
◎2012年8月、掘削孔に温度計群を設置。９ヶ月後に回収し、0.2℃の温度異常を観測。これにより海溝に達するプレート境界断層が高速すべり（摩擦熱を発生）を起こし巨大津波が発生したことを立証。

◎この仕事は、国際研究チーム、「ちきゅう」の能力、JAMSTECの探査技術、関係会社の努力、八戸市・自衛隊などの地方自治体・国、そして市民の皆様の協力によって、危機を乗り越え達成された未曾有のプロジェクトであった！

DONET 南海トラフ海底地震・津波観測網



Connector Joint



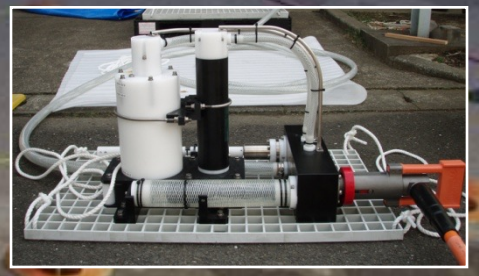
Node for Extension



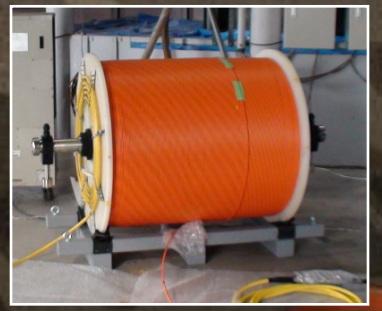
Termination Device



Seismometer



Pressure Gage (Tsunami Sensor)

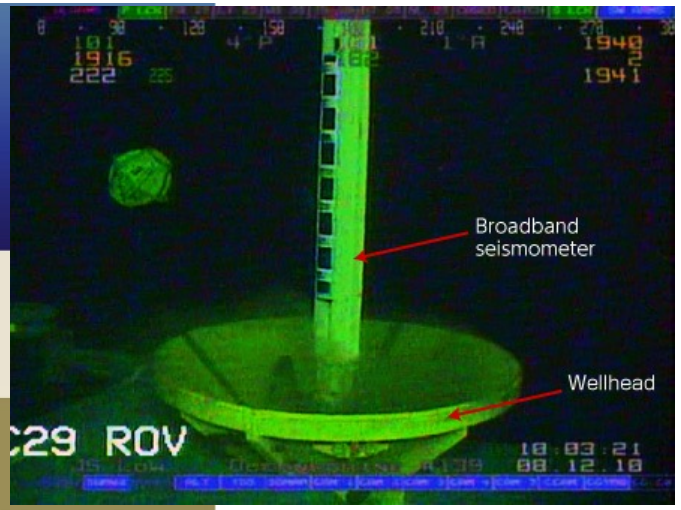


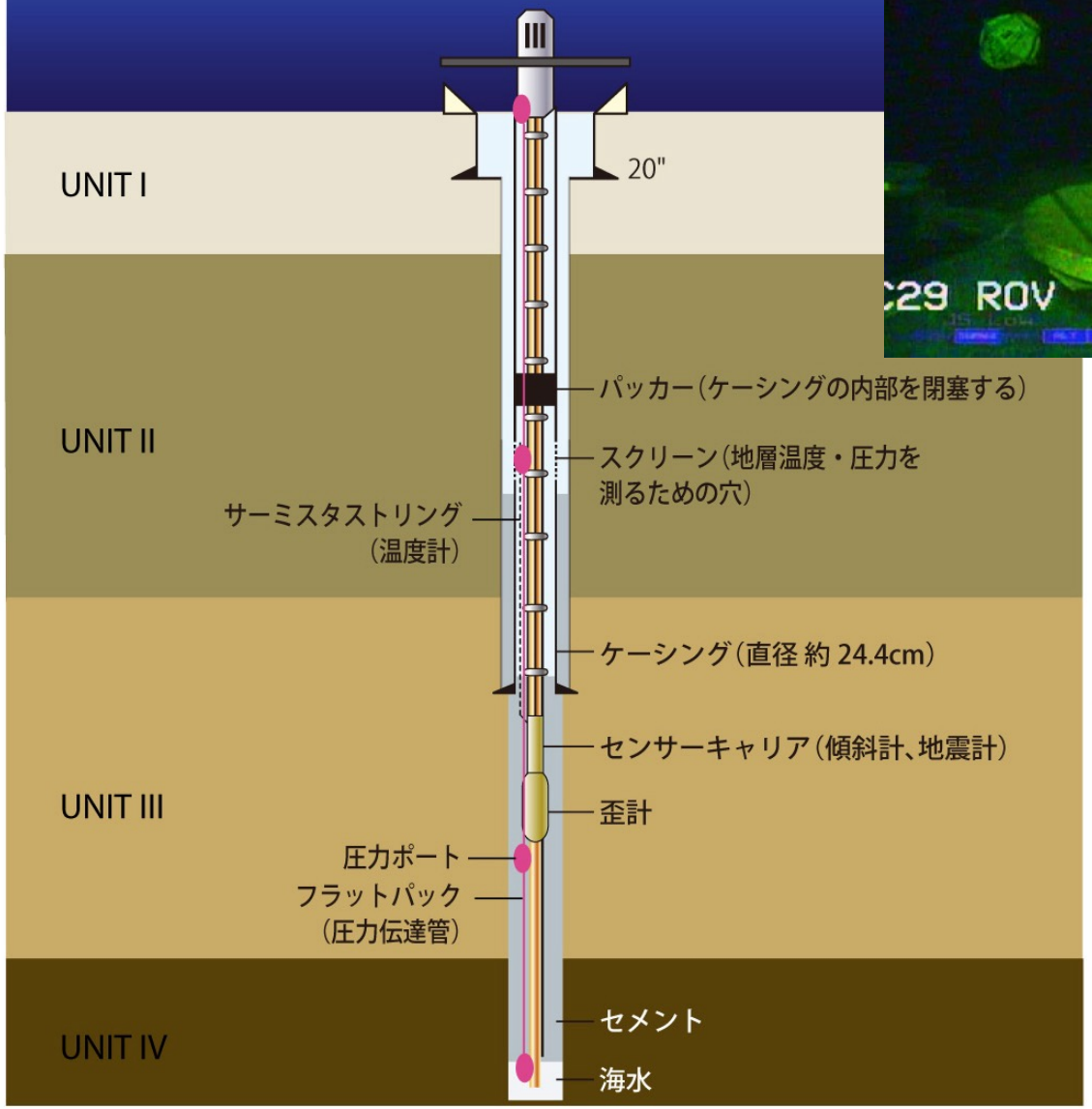
Extension Cable

JAMSTEC

南海トラフに設置した孔内長期観測装置

JAMSTEC/CDEXより





746 mbsf

757 - 780 mbsf

827 mbsf

888 m（ケーシング深度）

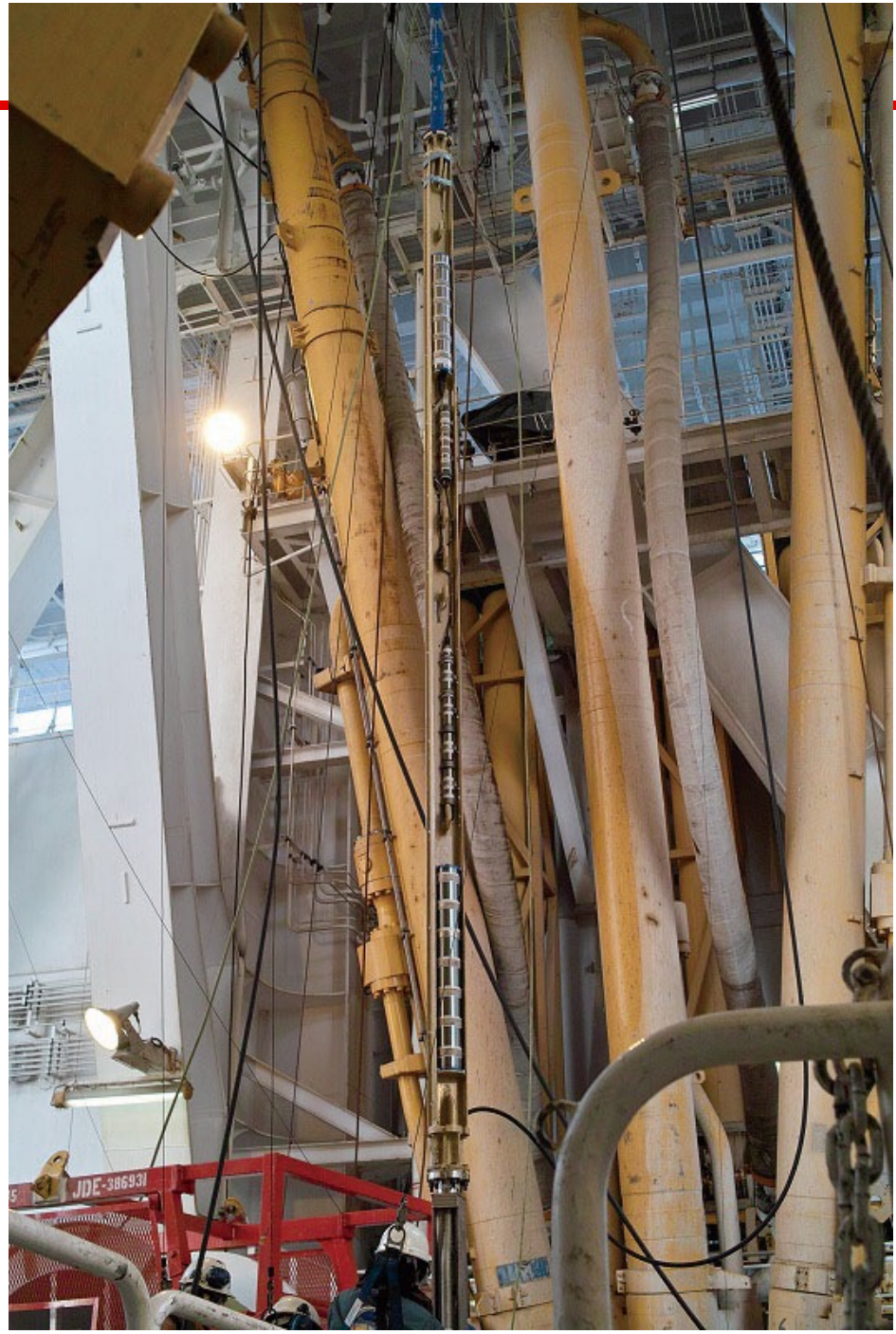
908 mbsf

917 mbsf

931 mbsf

937 mbsf

980 m（掘削深度）



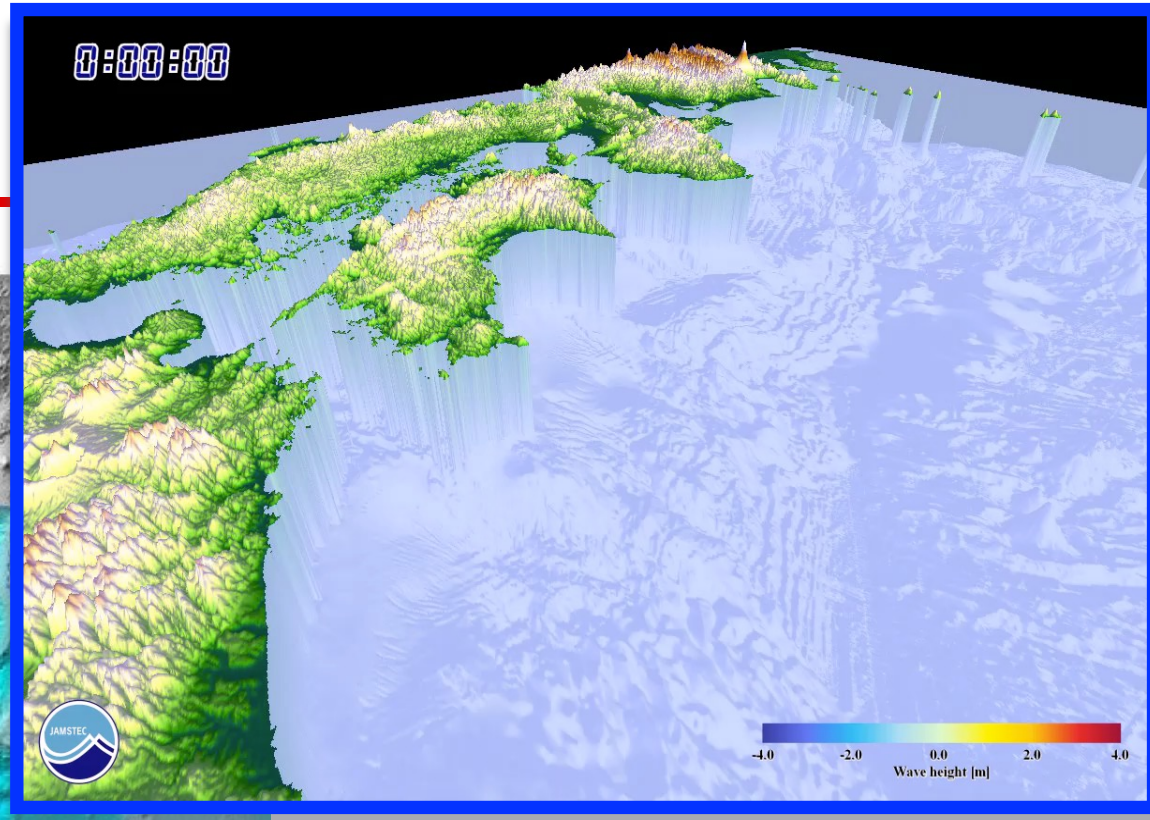
南海掘削で明らかになった巨大地震時の付加体先端部のすべり領域

図４「最大クラスの地震・津波」の震源域

黒潮町：1946 南海地震　T.H.=6m
最大クラスの地震・津波　T.H.=34m
(T.H.= Tsunami Height)

南海トラフ

津波地震を検討する領域



前縁部付加体のすべりを考慮した
津波シミュレーション

潮岬までほぼ5分

by Japan Cabinet Office (2012)

第５章

「ちきゅう」によって開く
地球と人類の未来
―海洋プレートの利用―

① レアアース泥の開発

② 玄武岩へのCO_2貯留

③ 放射性廃棄物の海山地中処分

④ 海底かんらん岩からの水素回収

人間の地質時代

平　朝彦著
人新世
－科学技術史で読み解く
人間の地質時代
東海大学出版部　2022年

ちなみに表紙の台風は、
2013年11月7日の
台風ハイエン
中心最低気圧870hPa
瞬間最大風速105m/sec



人新世の地球と社会-現在そしてこれから

2022年に「人新世ー科学技術史で読み解く人間の地質時代」を刊行、
その頃にウクライナ戦争が勃発、世界の「地球」への興味が喪失
2025年、トランプ政権によって倫理なき私利欲望世界が増長、
現在、AIバブルによって、莫大なエネルギーが浪費され、
アース・ソサエティー3.0（平、2022)の地球との共生ビジョンは終焉し、
人新世前期は終末期を迎えた（2030-35年頃に転換期）。

この先、ディストピア化した世界（人新世後期）しか思い浮かばない。

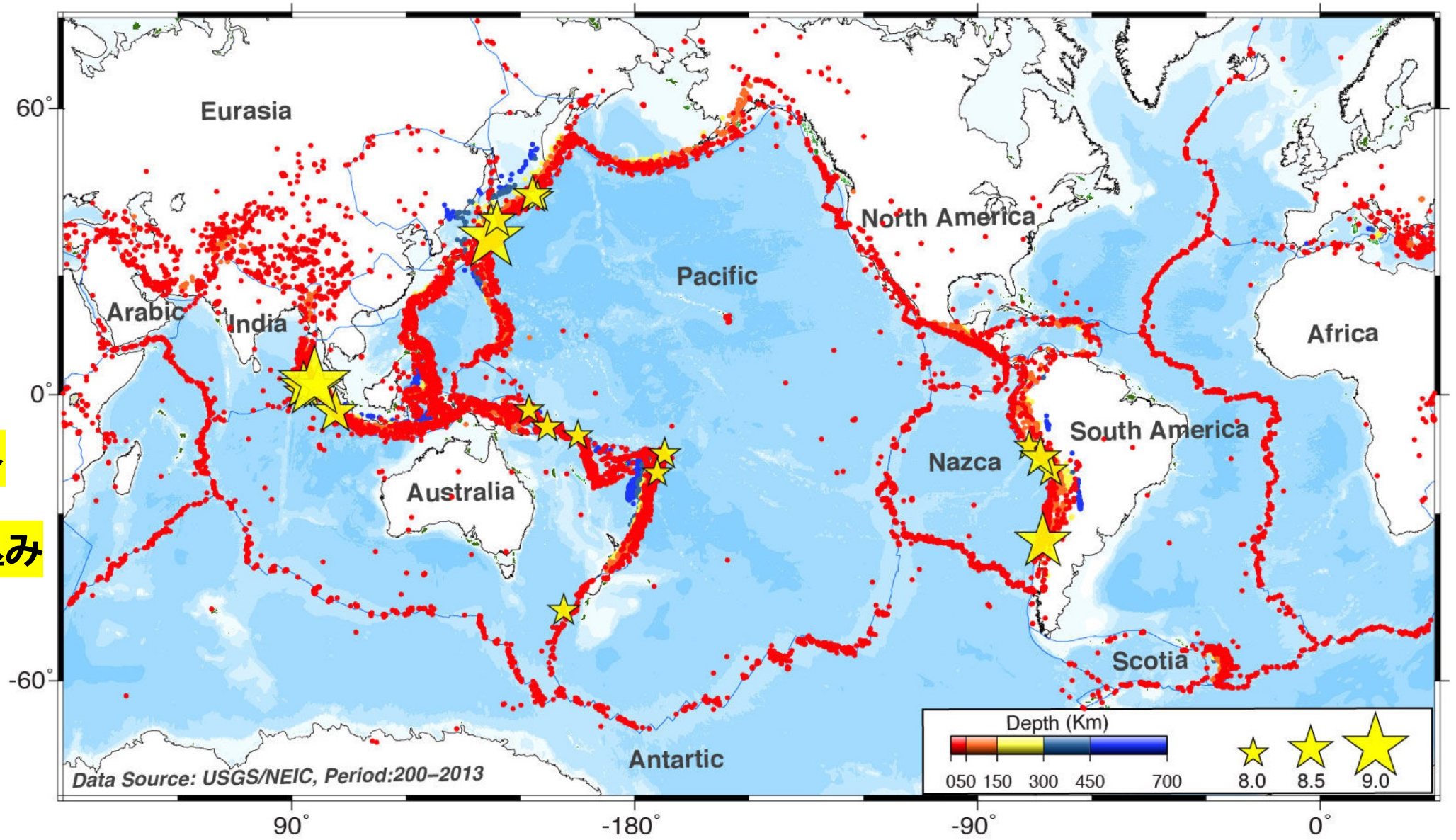
これからの未来、特に地球環境危機、特に
西南極氷床・グリーンランド氷床の崩壊と海面急上昇
に対応する手立てはあるのか？

海洋プレートの利用！

世界の地震分布　2000-2013年間　マグニチュード５以上

海洋プレート安定している

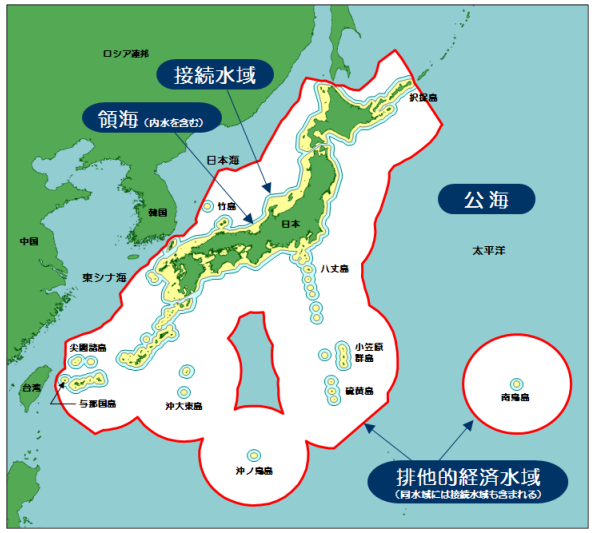
変動は：
①中央海嶺での火山・地震
②ホットスポットの火山
③プレート沈み込み帯付近での地震・火山



https://theses.hal.science/tel-01249564/file/2014NICE4087.pdf

日本の国土と排他的経済水域（EEZ）

排他的経済水域（Exclusive Economic Zone）
国連海洋法条約に基づき、天然資源および自然エネルギーに関する「主権的権利」、並びに人工島・施設の設置、環境保護・保全、海洋科学調査に関する「管轄権」がおよぶ水域のことを指す。

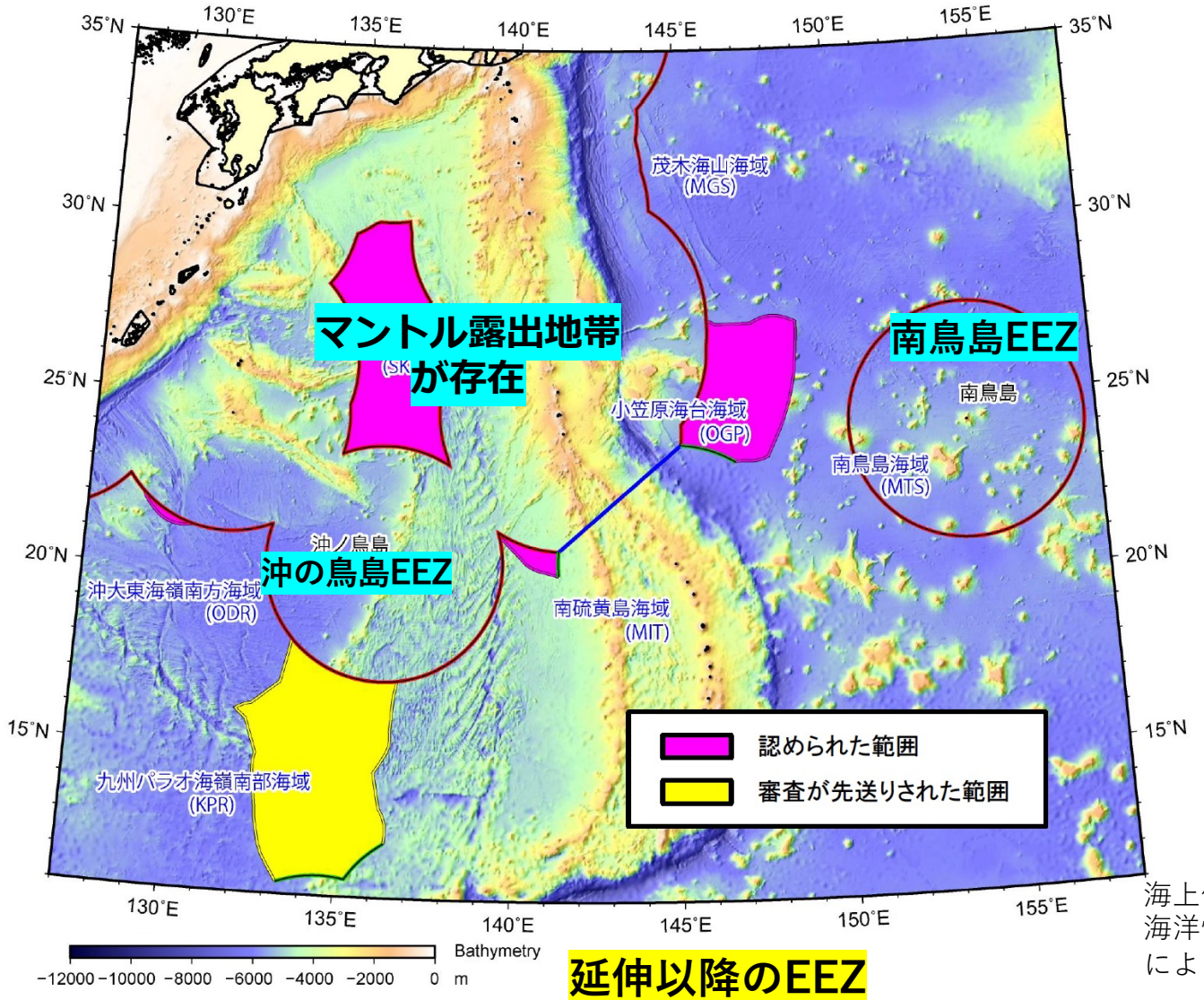


海上保安庁海洋情報部HPより

延伸以前のEEZ

**大陸棚の延伸に関して
わが国のEEZの地形調査が、
国土交通省、文部科学省、
経済産業省の協力で
実施された。**

**①南鳥島周辺海洋底にレアアース泥
②CCS・廃棄物地層処分場としての巨大海山のポテンシャル
③四国海盆にはマントル露出地帯が多数存在！**



延伸以降のEEZ

海上保安庁
海洋情報部
による

南鳥島の地質学的特性と安定性

◎古いプレート（ジュラ紀後期＝約1.5億年前）の上に存在する白亜紀から新生代初期（１億年前から数１０００万年前）に火山として誕生。マグマ活動は終焉しており、安定した海洋プレート上にある国土。

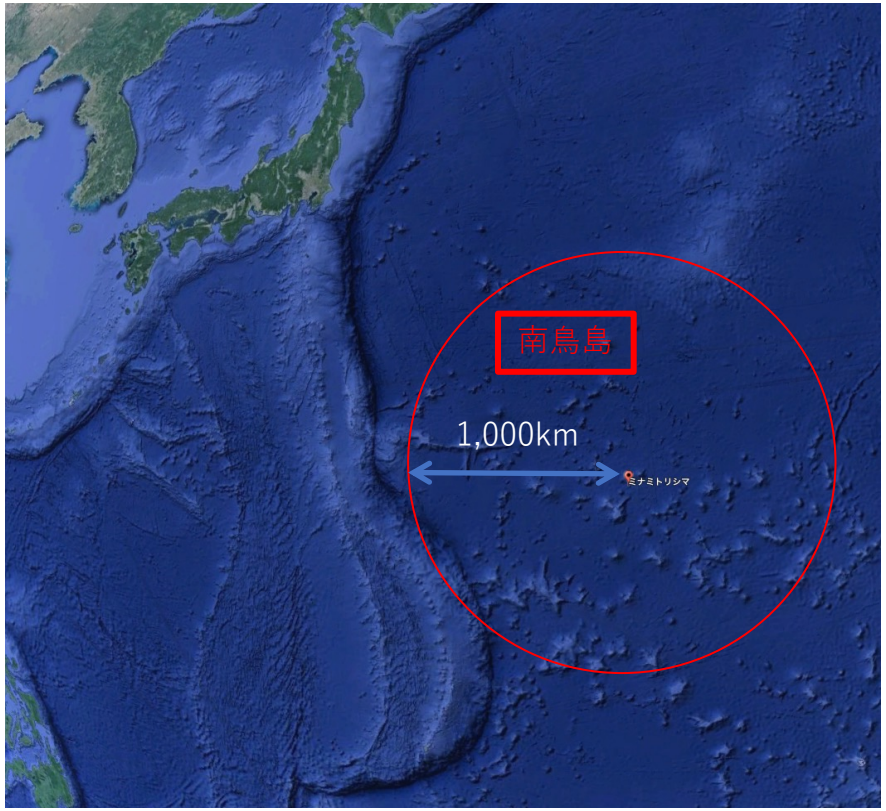
◎海溝まで１０００km離れており、今後数100万年間は安定している。

◎地形は比高５km、裾野直径５０kmの大きな海山。

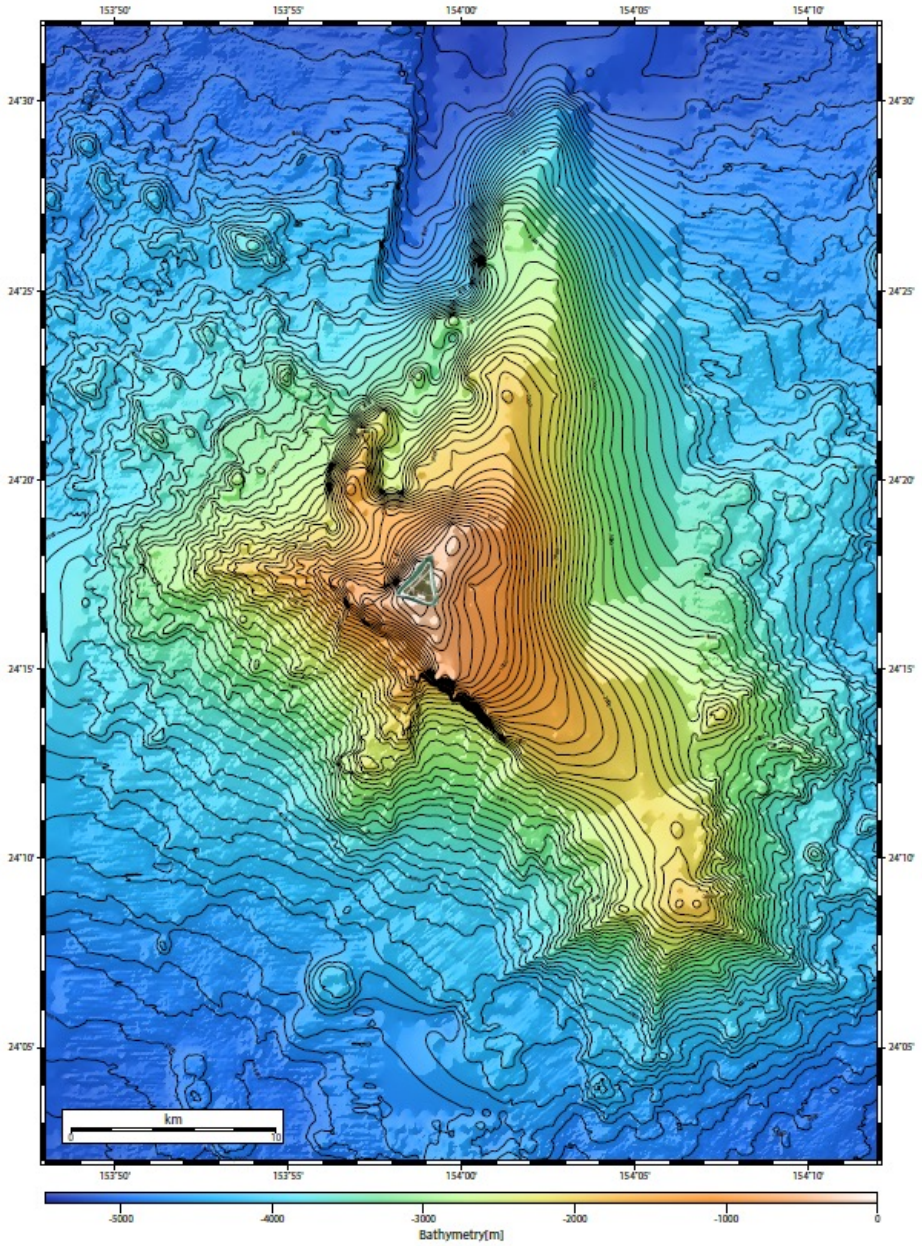
◎地質は単純で、玄武岩山体の上に古いサンゴ礁石灰岩

◎活断層、異常高圧層などの不安定要素は、ほぼ存在しない。

◎地温勾配は非常に低い（周囲の海水と同じ？）

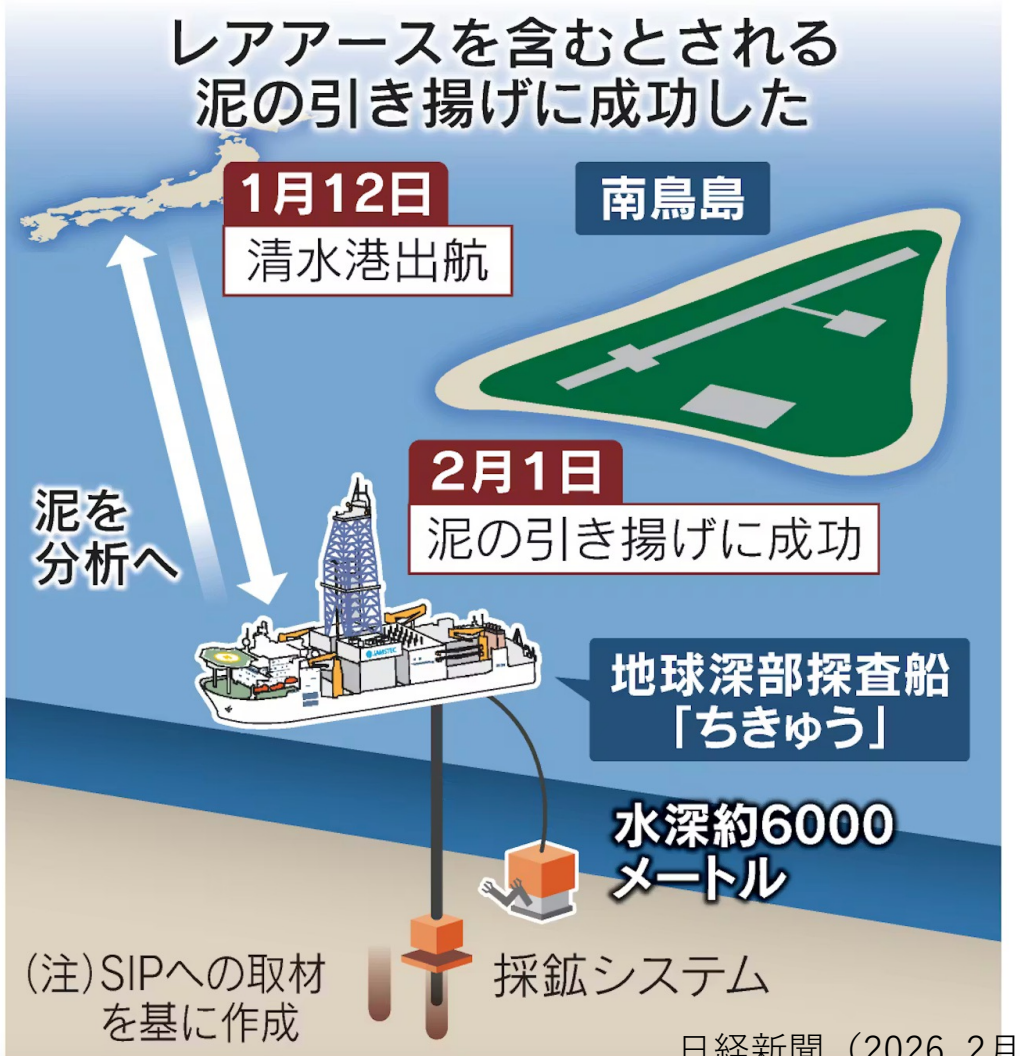


南鳥島海山と首都圏の面積比較(右図の赤枠と左図が同じ縮尺)



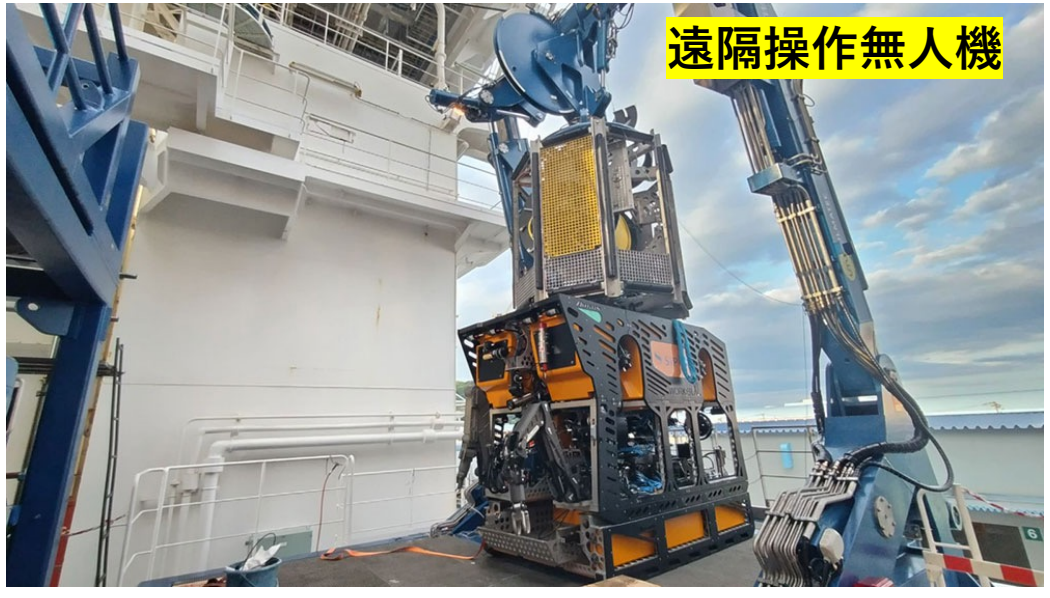


内閣府SIPプロジェクト
レアアース泥の引き上げ成功
2026年2月1日：開発の第一歩



日経新聞（2026, 2月3日）





南鳥島

水深1000m

拓洋第５海山

100km

○ 山頂の水深：810～1,000 m
○ 山頂面積： 2,220 km^2(東京都とほぼ同程度)
○ 山体体積： 21兆 m^3（富士山の約15倍）

地形図は海上保安庁海洋情報部による

拓洋第５海山



3,000m級無人探査機
「ハイパードルフィン」

コバルトリッチクラスト



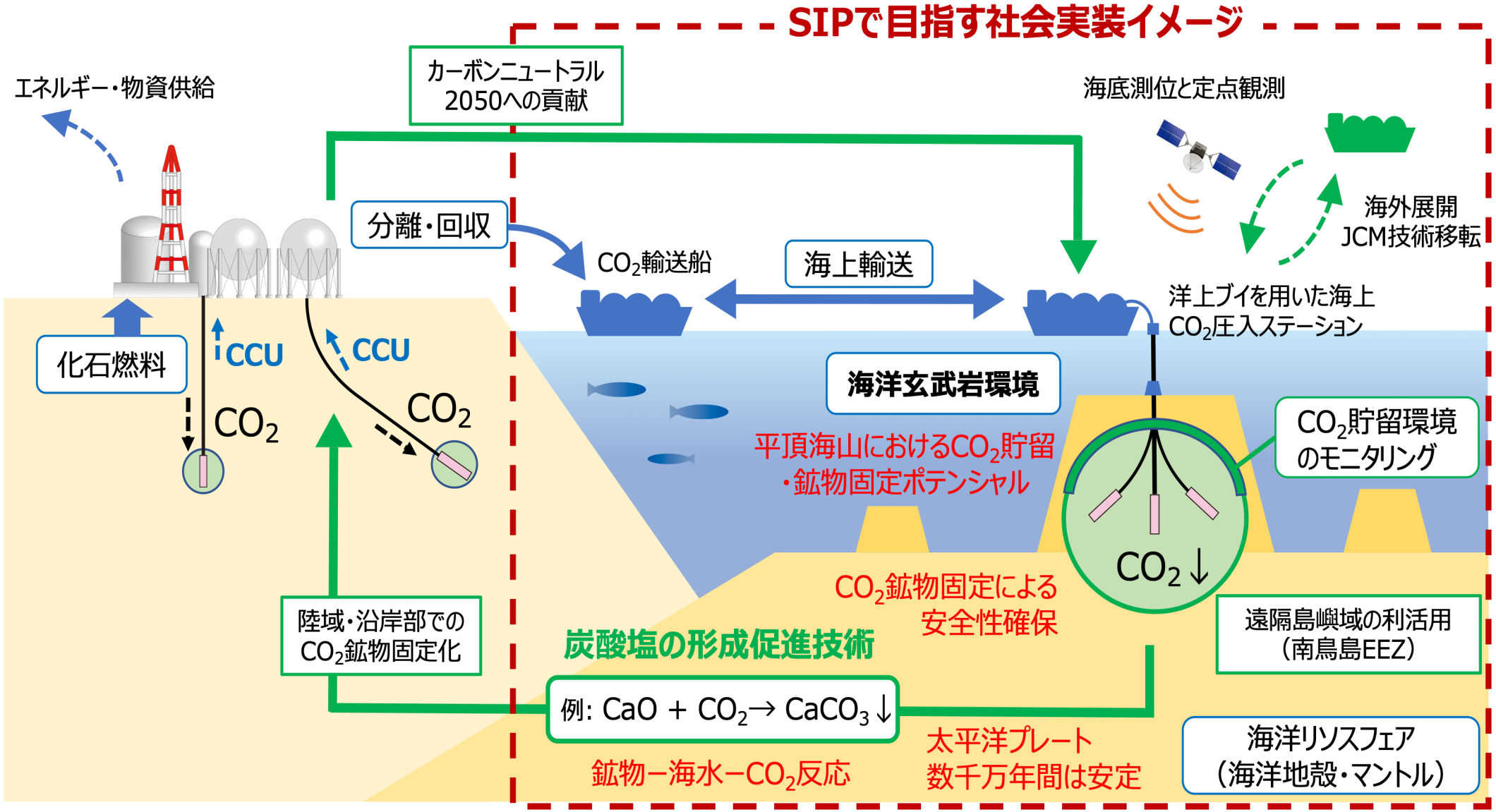
玄武岩はCO_2と反応して炭酸塩鉱物を生成

炭酸塩鉱物(方解石、ドロマイト、シダライトなど)は主に玄武岩の空孔・空隙を埋める



アイスランドCarbFixプロジェクトのコアサンプル

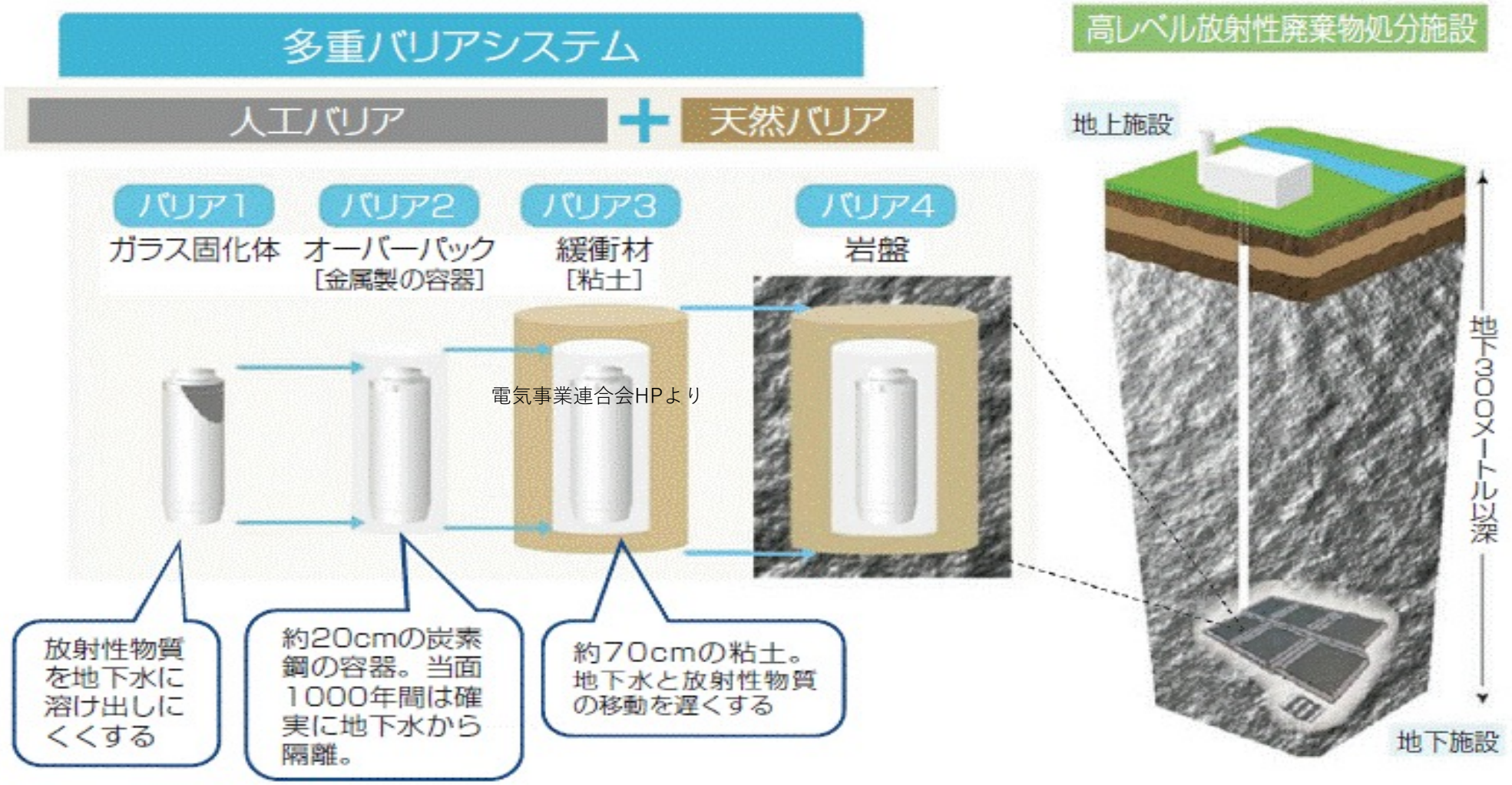
内閣府SIP：海洋玄武岩層を活用した大規模CO_2貯留・鉱物化技術に関する基礎調査研究



30億トンCO_2封入可能（日本の３年分）

高レベル放射性廃棄物の地層処分（地下施設処分）

【第213-2-8】高レベル放射性廃棄物の地層処分の概要



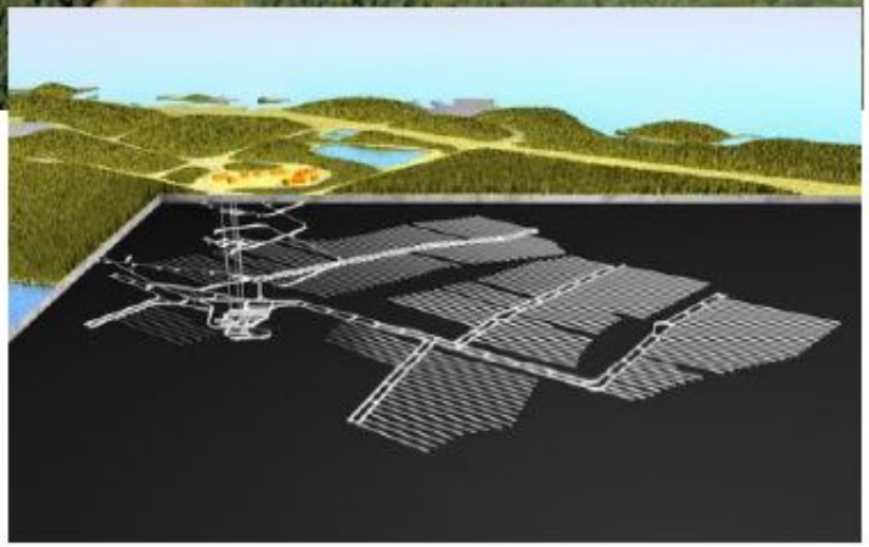
（出所） 資源エネルギー庁

フィンランドの地層処分



オルキルオト遠景

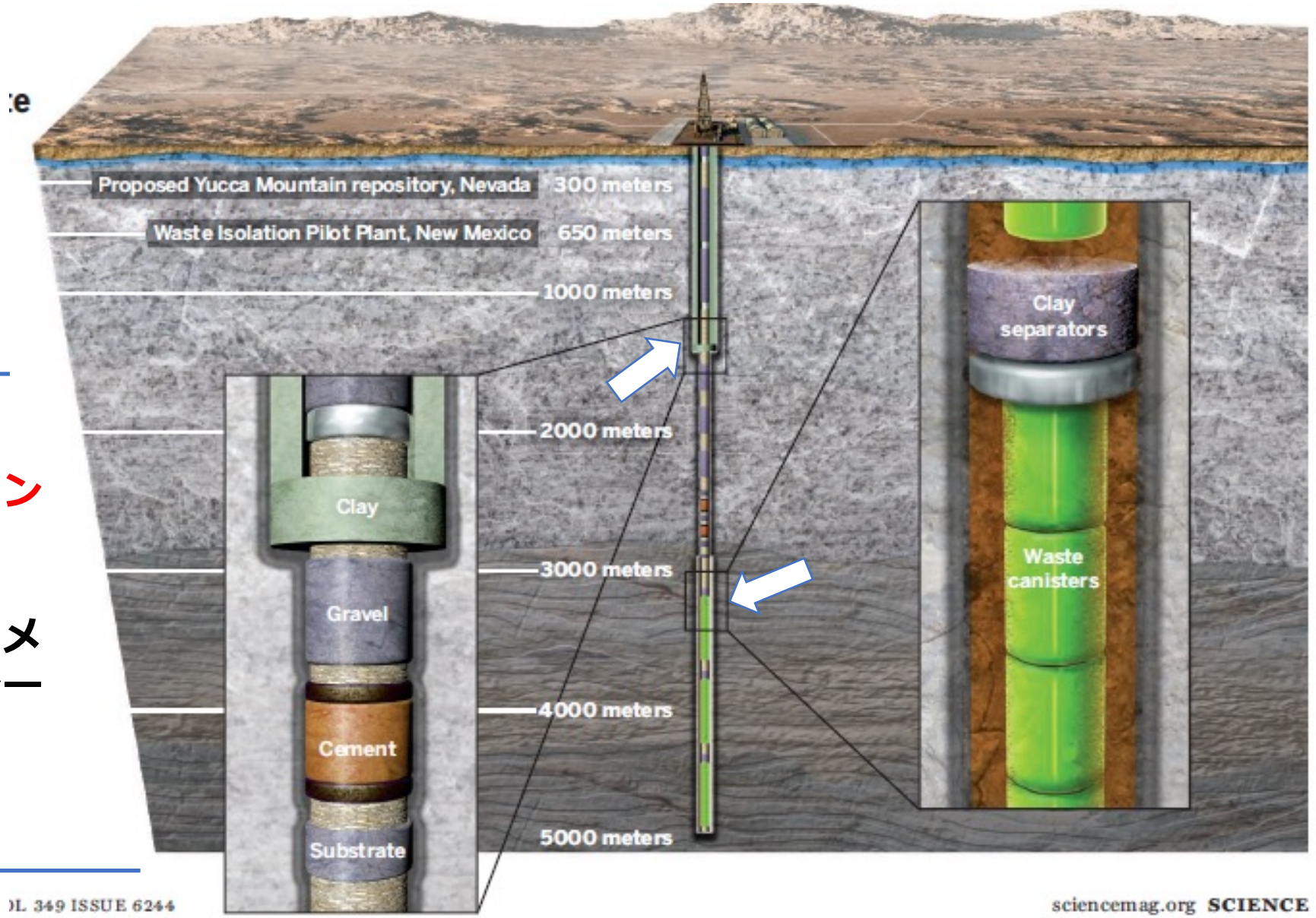




最終処分施設（建設中）
イメージ図

https://www2.rwmc.or.jp/nf/?p=34601

深層ボーリング孔処分の概念図：海山で実施可能！



処分ゾーン

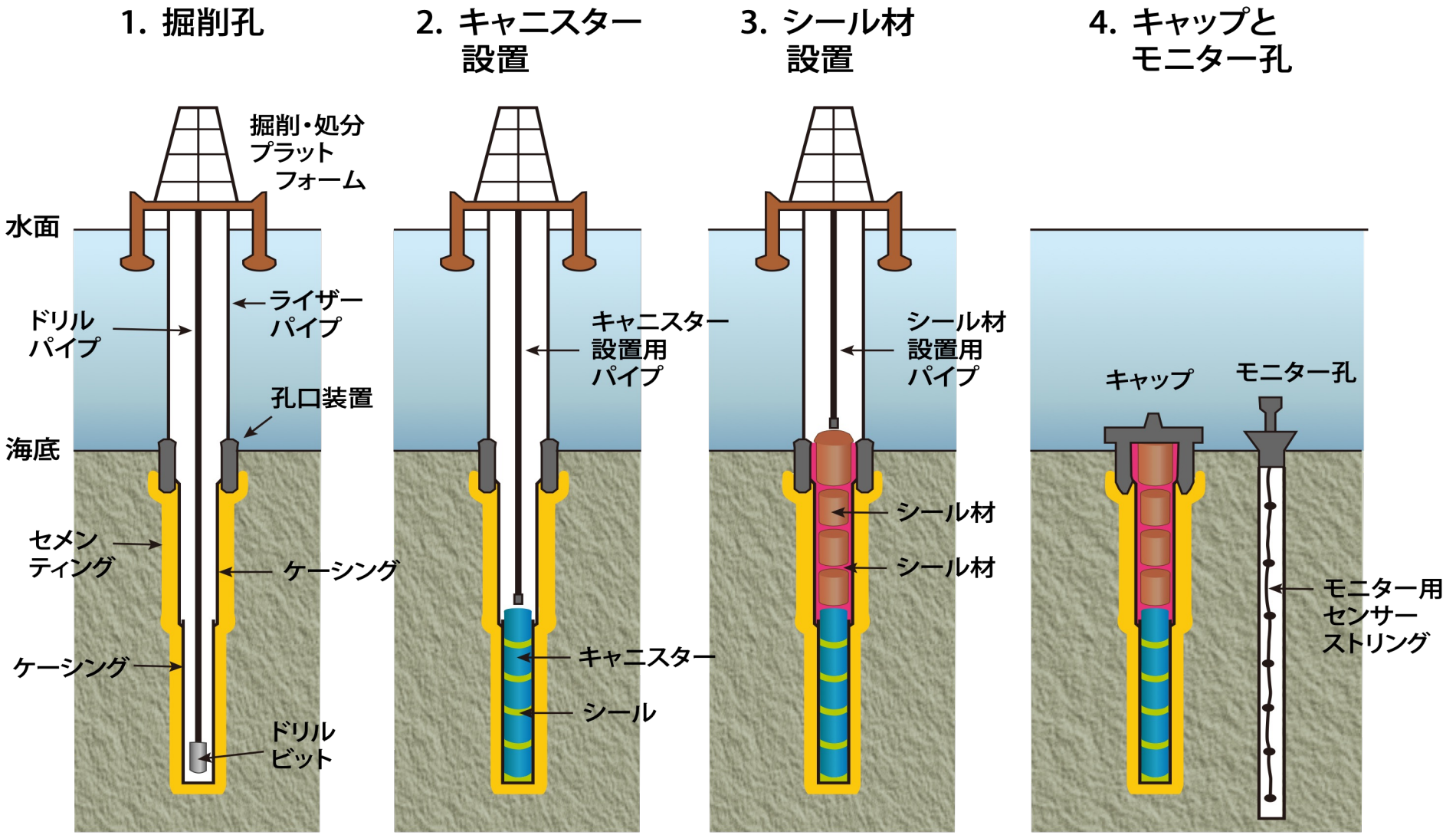
容器を粘土層などで含入する

シールゾーン

粘土層やセメント層でシールする

 Cornwell (2015) より

平頂海山を想定した海底下核廃棄物地層処分模式図



アイデア・原図　平　朝彦

かんらん岩（マントルを構成する岩石）と水が反応して水素が発生

低温（250℃）でピーク反応が起こる

$$3(Mg_{0.9}Fe_{0.1})_2SiO_4 + 4.1H_2O =$$

かんらん岩　　水

$$1.5Mg_3Si_2O_5(OH)_4 + 0.9Mg(OH)_2 + 0.2Fe_3O_4 + 0.2H_2(aq)$$

蛇紋石　　ブルーサイト　　磁鉄鉱　　水素

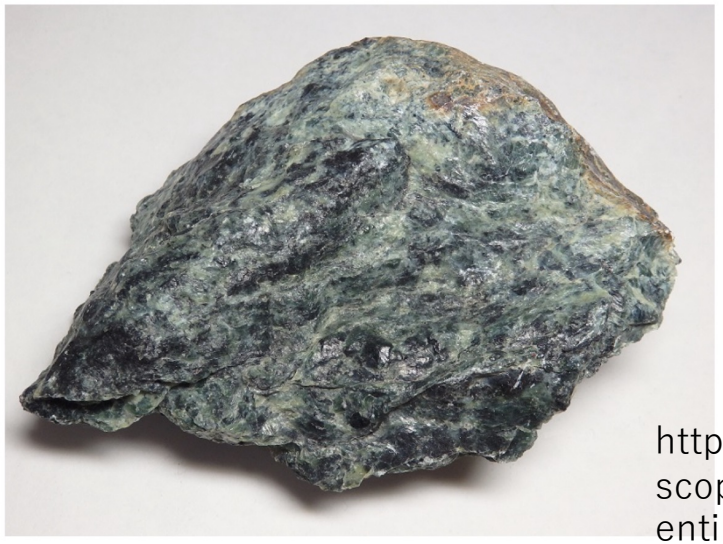
https://hitokageblog.com/make_serpentinite/

かんらん岩



https://planet-scope.info/rocks/wherite.html

蛇紋岩



蛇紋岩(高知県横倉山 画像幅約15cm)

https://planet-scope.info/rocks/serpentinite.html#google_vignette

かんらん岩体への水注入と水素生産概念図（米国Berkely Lab、2024）

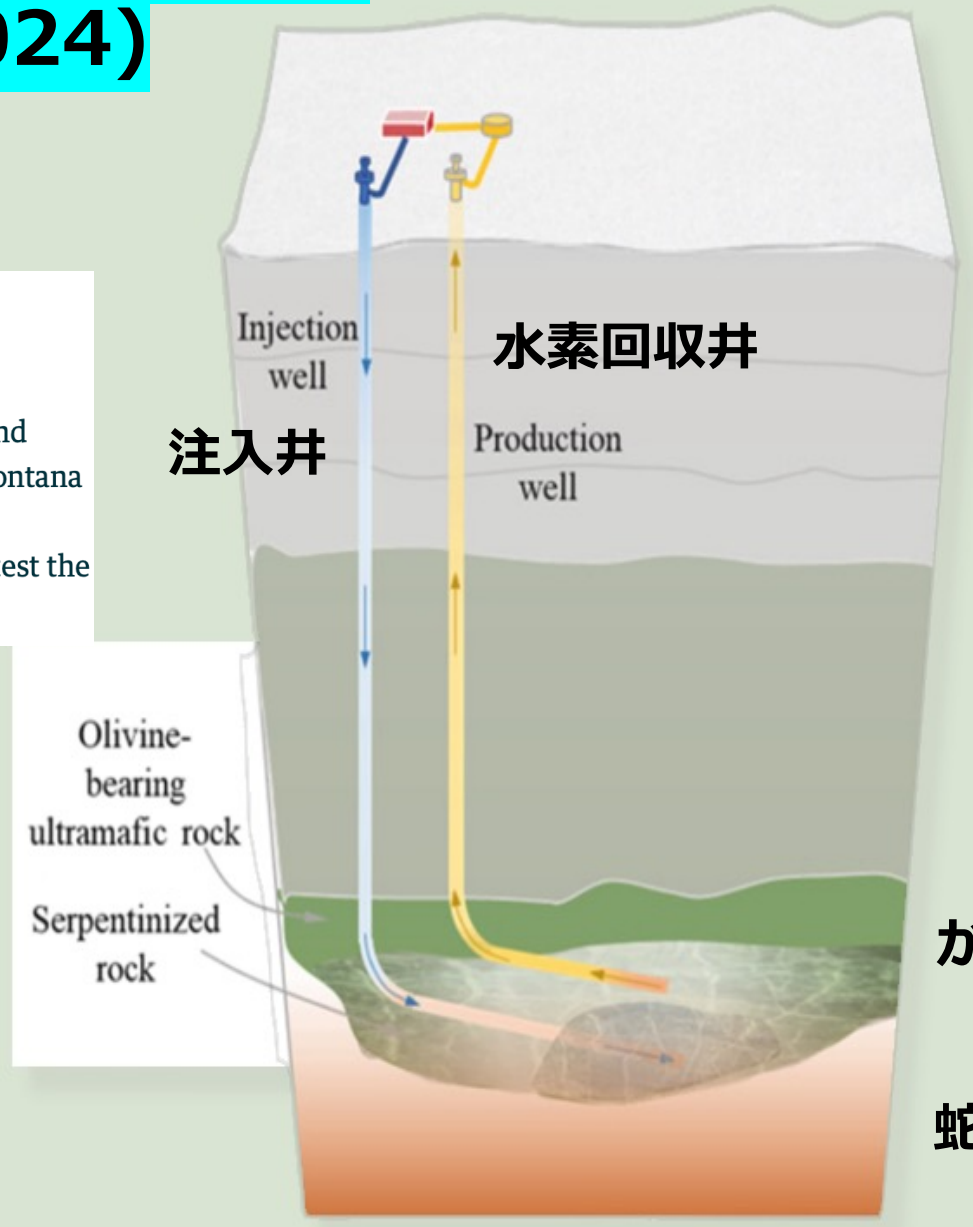
Press Release from Berkely Lab (2024)

The technology is based on cyclic injection of fluids at different pressures, temperatures, and pH to control the extraction of H2 without inducing harmful seismicity. Their approach involves adaptive controls of fracture creation, serpentinization and associated volumetric expansion and induced seismicity, and extraction of hydrogen to the wellhead. Using rock samples from field sites in Montana and elsewhere, the team will apply an integrated approach including multiscale numerical modeling, laboratory tests, and field characterization to develop and test the novel technology.

実験的研究の重要性を強調
DOEより５億円の予算支援

EARTH & ENVIRONMENTAL SCIENCES

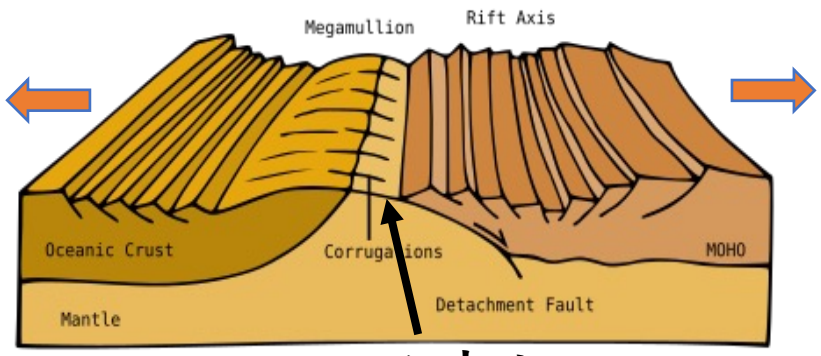
https://eesa.lbl.gov/2024/02/12/two-egd-project-teams-selected-to-receive-funding-to-explore-potential-of-geologic-hydrogen-energy/



四国・パレセベラ海盆の下部地殻・マントル海底露出地帯a～h(水深約3500m)

水素資源開発の有力候補地点

海洋底拡大でマントルが露出するメカニズム
メガムリオン構造の発達



マントル

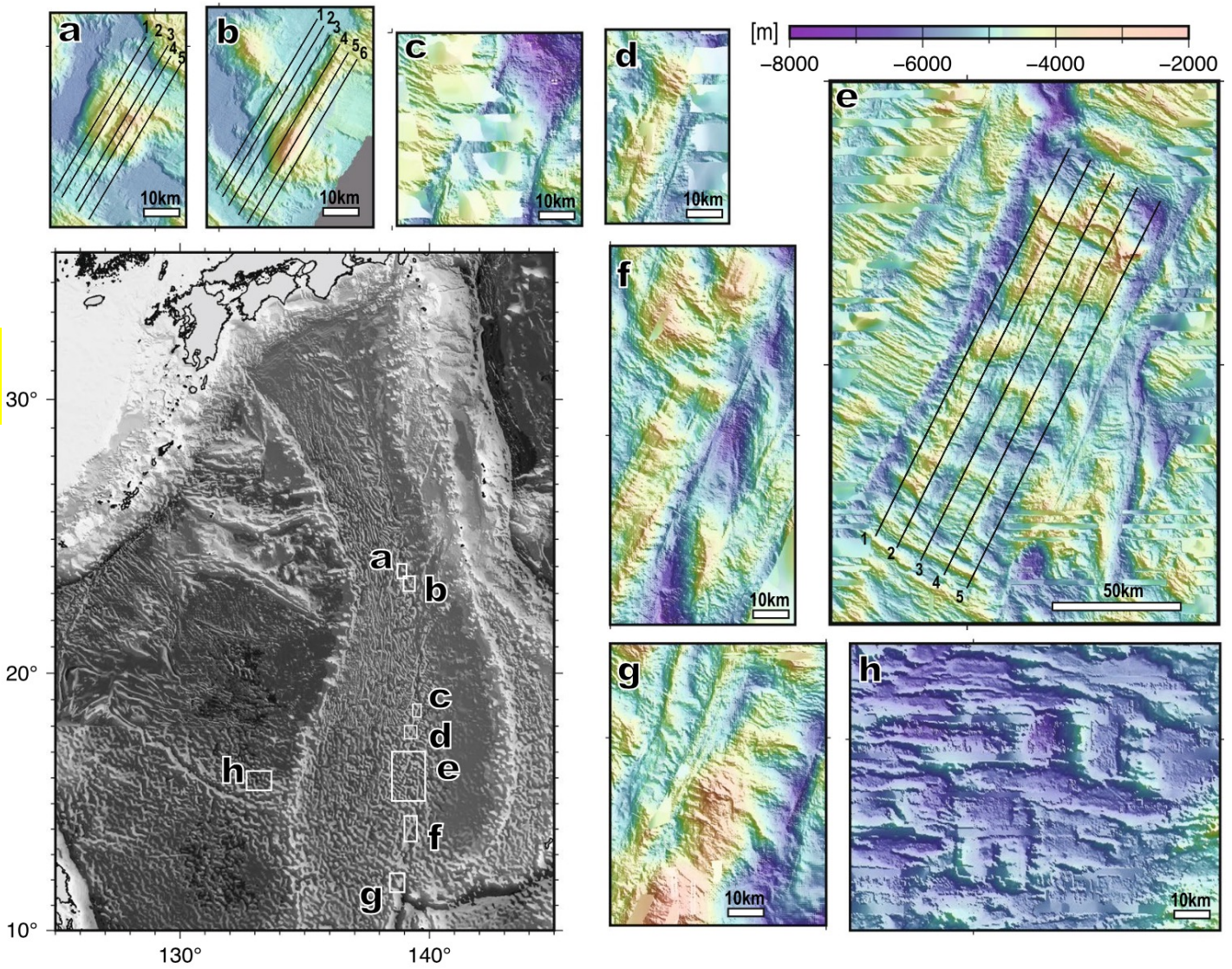
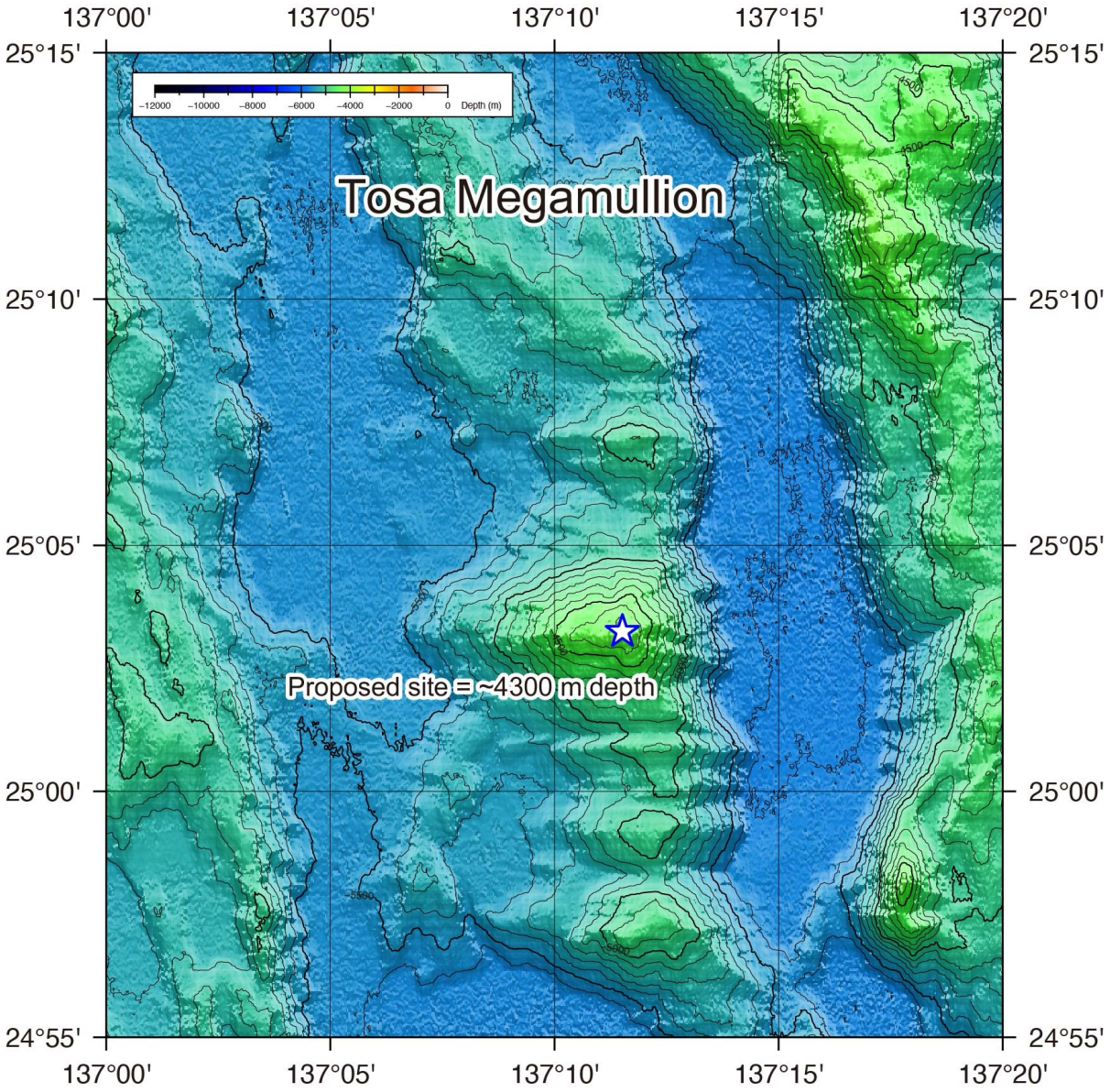


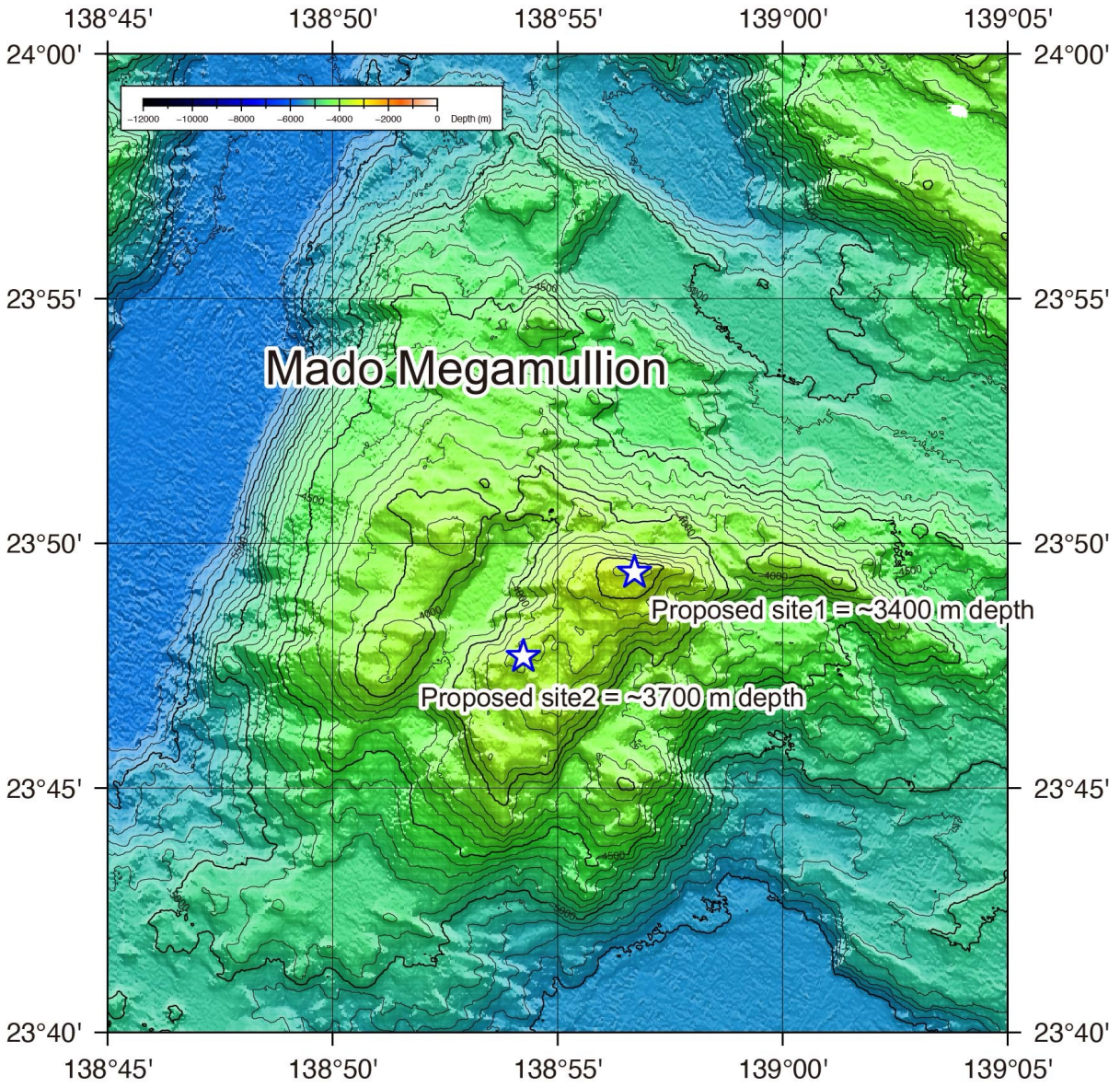
Fig. 11 Wide-spread OCC-like structures along remnant spreading centers in the Philippine Sea. **a** Mado MM OCC, **b** 23° 20′ N OCC, **c** Parece Vela Rift S1, **d** Parece Vera Rift S2, **e** Godzilla MM, **f** Southern Parece Vela Rift, **g** Southernmost Parece Vela Rift, **h** eastern CBF Rift. The Godzilla MM (Fig. 11e) is shown on a different scale

Okino, K. et al.(2022)による
https://progearthplanetsci.springeropen.com/articles/10.1186/s40645-023-00570-2

上記a,b地帯は、日本のEEZの中：a=20x40km, b=20kmx80km

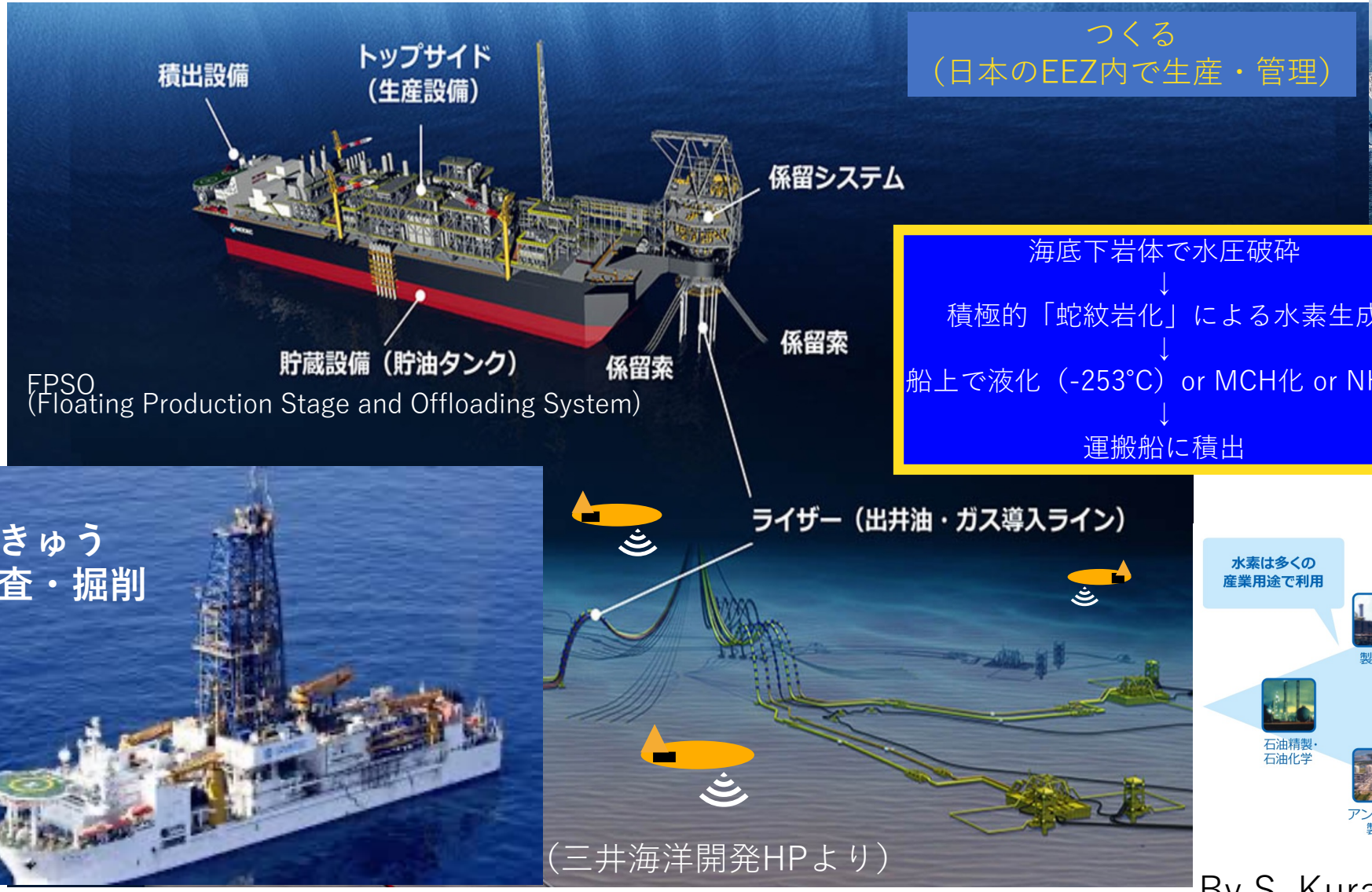
四国海盆のメガムリオン地帯（かんらん岩とはんれい岩が露出）





海底かんらん岩からの水素生産による水素社会の実現

深海油田生産システムを、水素生産システムへ応用



つくる
（日本のEEZ内で生産・管理）

海底下岩体で水圧破砕
↓
積極的「蛇紋岩化」による水素生成
↓
船上で液化（-253°C）or MCH化 or NH_3化
↓
運搬船に積出



（川崎重工HPより）



（三井海洋開発HPより）



（岩谷産業HPより）

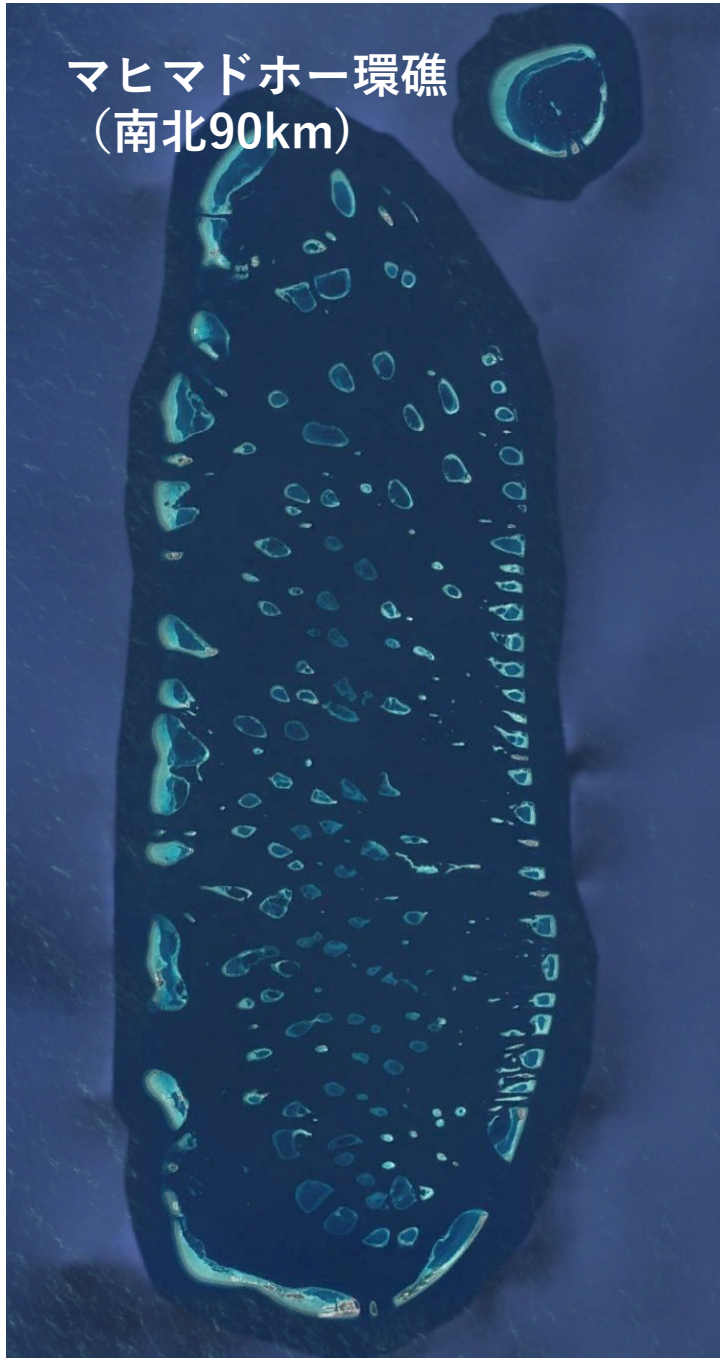
By S. Kuramoto

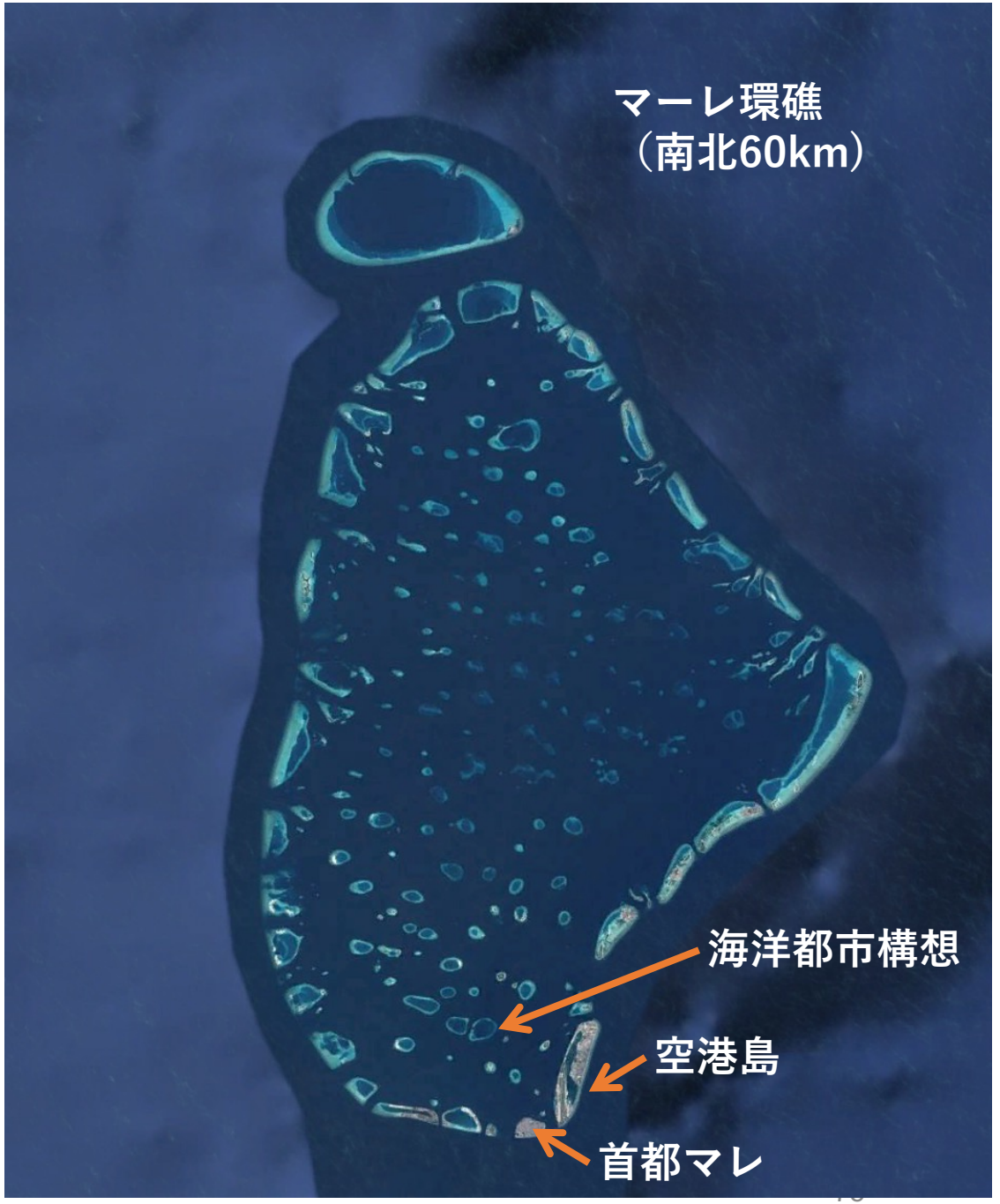
インド洋の
モルディブ環礁群



上図の南北は900km

Google Earthに平作図





モルディブの海上都市構想



https://chizaizukan.com/property/441/

浮体式海上都市　DOGEN CITY

浜松のベンチャーN-Park社HPによる



https://www.n-ark.jp/en/dogen-city

災害対応都市・居住地としても使える

海洋プレートの利用

南鳥島周辺や島嶼諸国において

①海洋底資源開発を実施
② 海山・海台におけるCCS
③海山における放射性廃棄物地層処分
④海洋底マントルからの水素生成
⑤浮体式海上都市を建設し、新たな海洋社会を作る

これは、地質学的に安定した海洋プレート内
だからこそ可能であり、深海掘削の
科学・技術が大いに役に立つ。



人類の未来創成

人類は海を目指すべきである。

安定した海洋プレートには広大な未来がある。

海洋プレートを人類共有財産として
利用することにより、民族・文化・国境
を超えた、新たな人類社会を作ることが可能。

海洋国家日本が、そのリーダーになるべきである。

今回のプレゼンについて、日頃から議論頂いている東海大学海洋研究所の坂本泉、荒井晃作、
馬場久紀、横山由香、内田晴久、倉本真一、小原泰彦らの皆様に感謝申し上げます。