

第2回次世代深海探査システム委員会

「各分野における深海への取組み等のヒアリング」

深海底で地殻変動を調べる

富山大学

竹内 章

- ・ 今後の深海探査ではどのような研究が重要であるのか。
- ・ また、今後どのような研究が新たに生まれてくるのか。
- ・ それらの研究を達成するためには、どのような深海探査システムが必要となるのか

これまでの探査事例を紹介しながらお話しいたします。

海洋最後のフロンティア：海溝域

深海底からさらに5km以上の深さにまで広がる海溝域は、調査手段が限られた海洋最後のフロンティアである。海溝の地球科学、生物相、物質循環どれをとっても未知である。日本周辺海域を含む太平洋西部には水深が10kmを超える海溝が分布しており、JAMSTECはそれを調査する手段を持っている。

冷湧水、熱水環境は、メタン、硫化水素という無酸素環境特有の微生物過程が存在し、化学合成真核生物群集が特異的に発達する。冷湧水、熱水環境は、なにより海底から海中に向かって多量に地殻構成物質が供給される場であることから、海洋-海底物質循環を理解することが可能な重要な場となっている。さらに、地殻内部に広く分布する地殻内生物圏の地表への窓としての意味も大きい。

- (i) 地球環境変動の統合的理解とその予測
- (ii) **地球内部ダイナミクスの統一像の構築と地震・津波の防災研究**
 - 1) **海底下歪集中帯の地殻変動・イベント等のモニタリングと予測**
 - 2) **極限的あるいは特異的環境の理解**
- (iii) 生命の進化と海洋地球生命史
- (iv) 資源研究・海洋地球生命工学の新たな展開

今後どのような研究が新たに生まれてくるのか。

1) 海底下歪集中帯の地殻変動・イベント等のモニタリングと予測

掘削・海底ケーブルプロジェクトとの緊密な連携を行うフェーズにある日本近海の沈み込み帯や歪集中域での観測研究をさらに高密度・高精度で行うことに重点のひとつを置く。

地震発生帯の更なる理解のために、世界の他の巨大地震発生帯(スマトラ、太平洋東海岸など)における調査も実施することが必要である。

沈み込み帯の物理モデルの高度化をはかり、観測研究とシミュレーション研究の統合により歪集中域の変動予測を目指す。

2) 極限的あるいは特異的環境の理解

海洋には、海溝域、閉鎖海域、熱水・冷湧水、無酸素環境、低緯度結氷海域、北極域などの極限的かつ特徴的な海洋環境が数多く分布している。

これらの極限的な海洋環境における諸現象の解明が重要である。

JAMSTEC 海と地球の研究5ヶ年指針 (平成 25 年度改訂)より

hadal geology

“超深海地質学” = 沈み込み帯における地質学的諸事象の解明

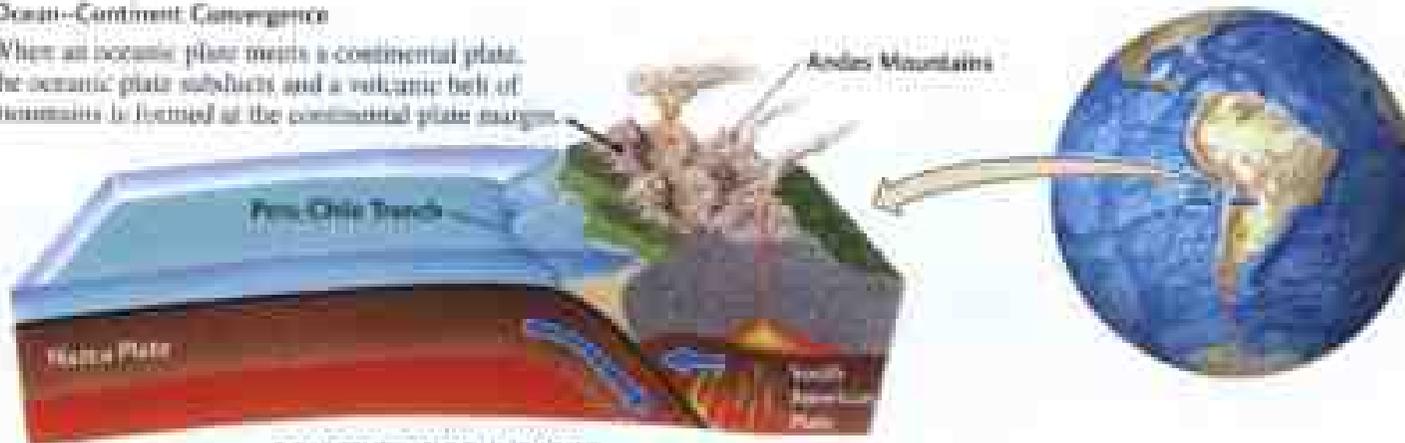
ex1. 津波波源の実体、海底地震断層の活動性

ex2. 蛇紋岩ダイヤピルの動態研究と生物地球科学

プレート沈み込み帯(海溝)の多様性

(d) Ocean-Continent Convergence

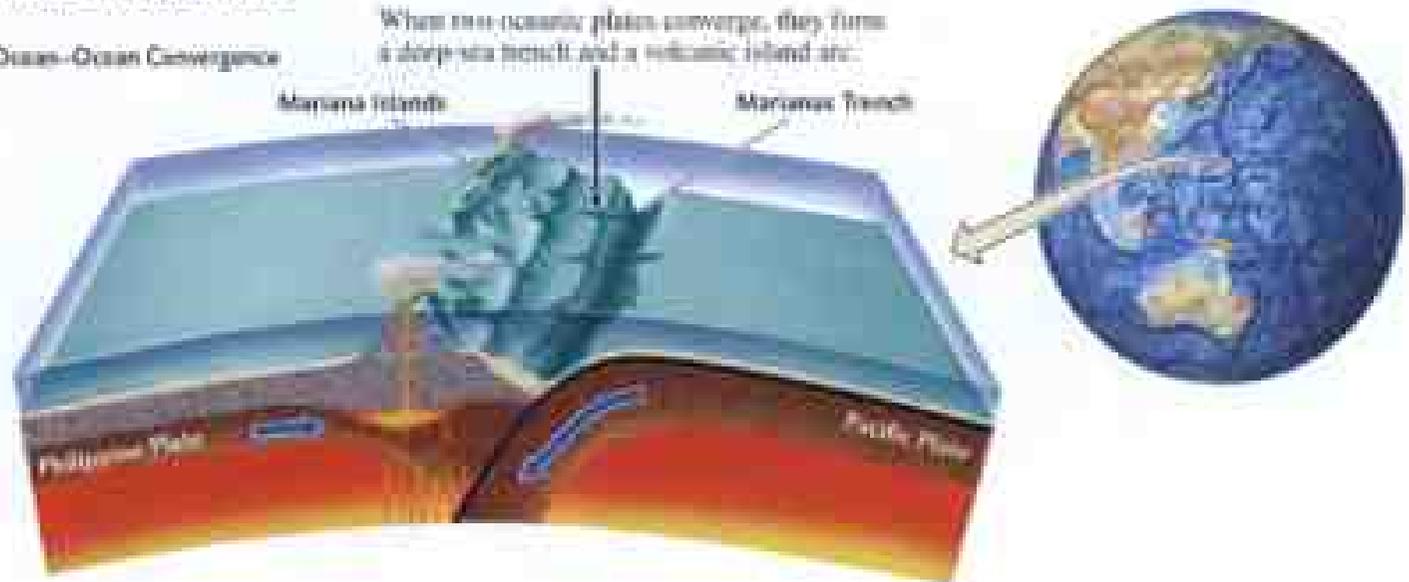
When an oceanic plate meets a continental plate, the oceanic plate subducts and a volcanic belt of mountains is formed at the continental plate margin.



CONVERGENT BOUNDARIES

(i) Ocean-Ocean Convergence

When two oceanic plates converge, they form a deep-sea trench and a volcanic island arc.



Japan Initiative

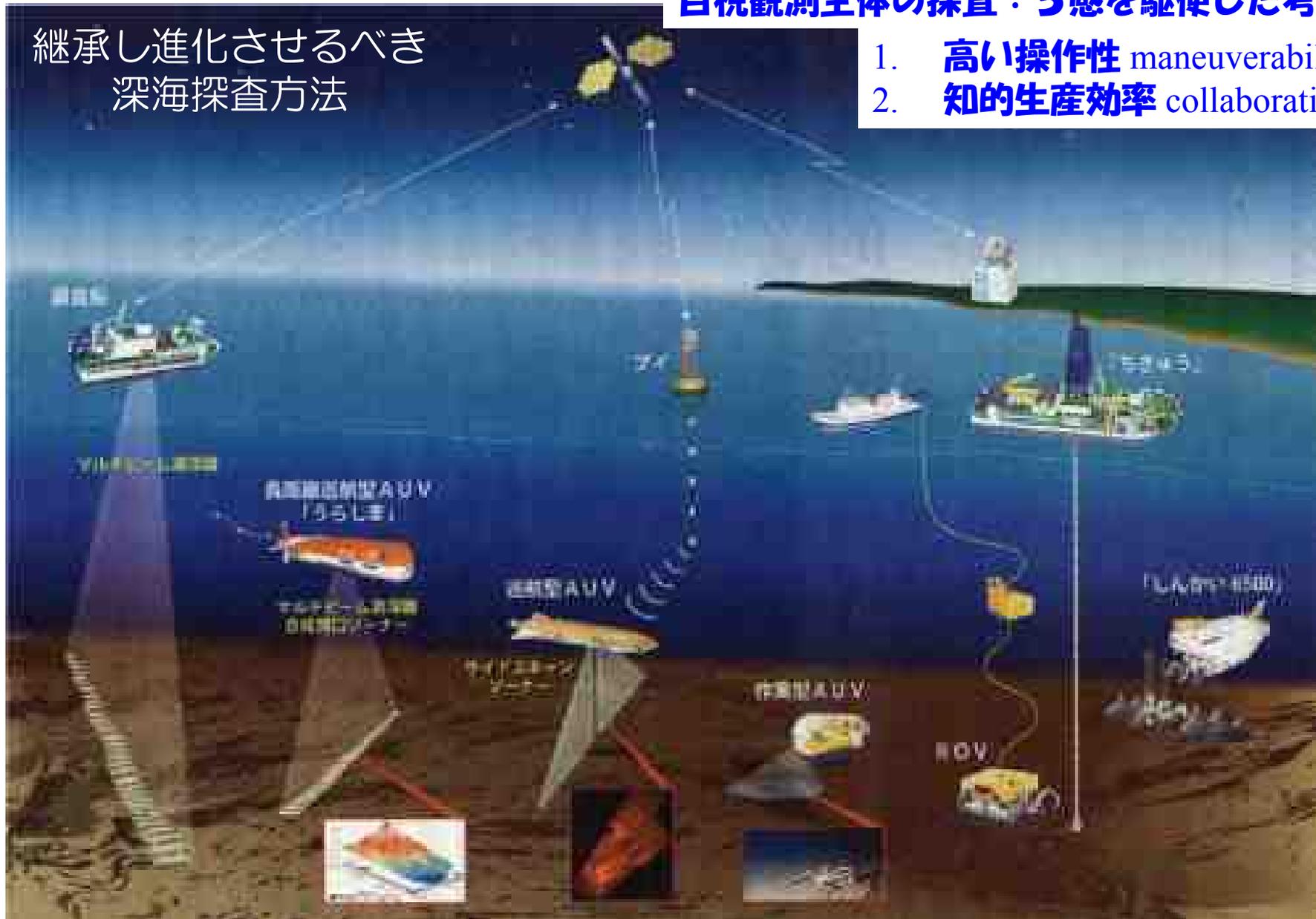
北西太平洋日本近辺の特異性：4枚のプレートが会合・収束
多様な性状の海溝が集まる場 ⇒ 比較論から一般化が可能

ユニークな存在：しんかい6500

目視観測主体の探査：5感を駆使した考究

継承し進化させるべき
深海探査方法

1. 高い操作性 maneuverability
2. 知的生産効率 collaboration

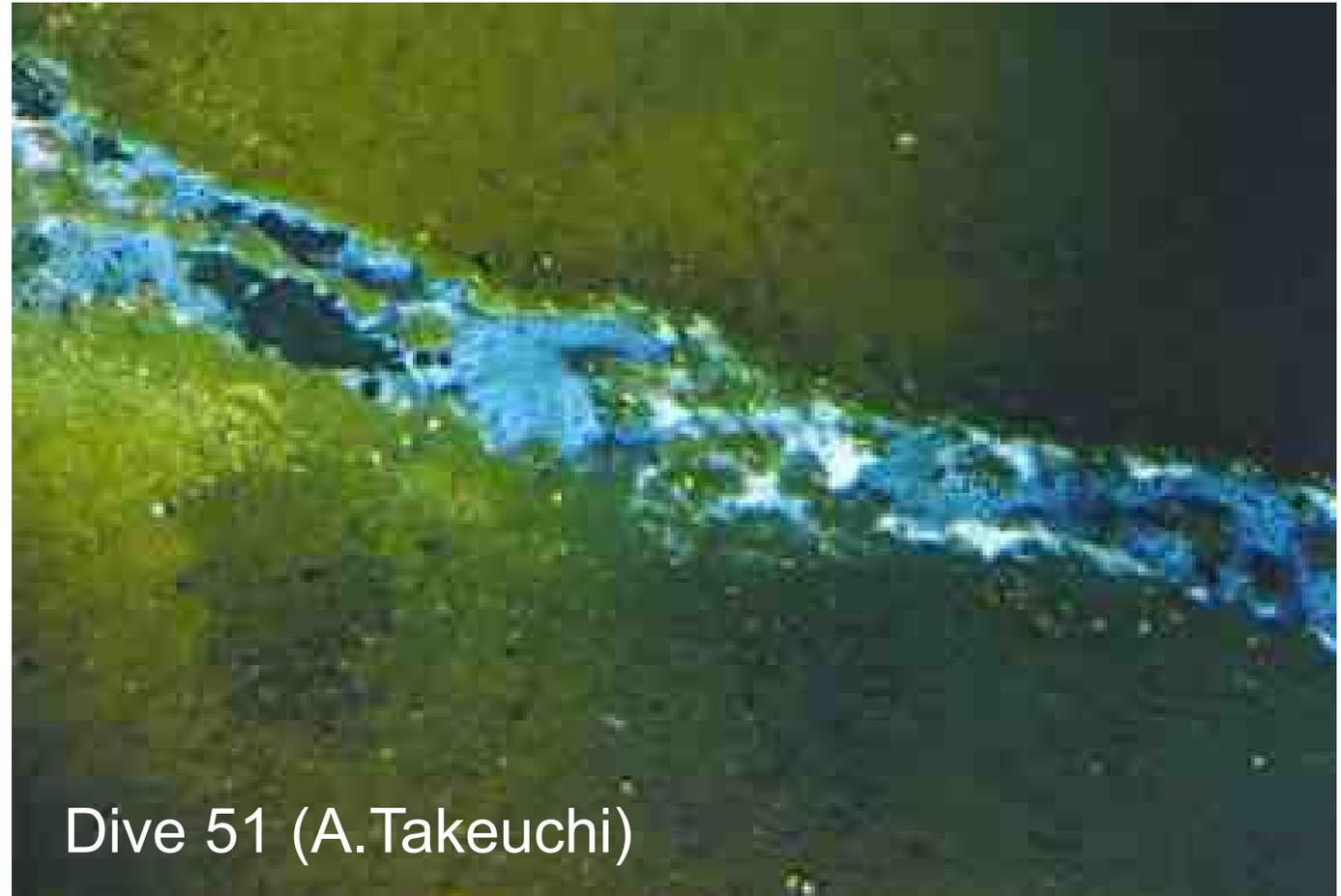


科学新聞2011.1.1.号より「海底資源探査システムの全体イメージより」

海底地震地質学の発祥: YK91-01

日本海奥尻海嶺の水
深3100mでは、海底の
割れ目に沿って、バク
テリアマットとハイカブ
リニナ科腹足類
Provannidaeからなる
冷湧水生態系が形成
されている。この群集
は、1940年の積丹沖
地震(M7.5)をきっか
けに形成された可能
性がある。

(JAMSTEC HPより)



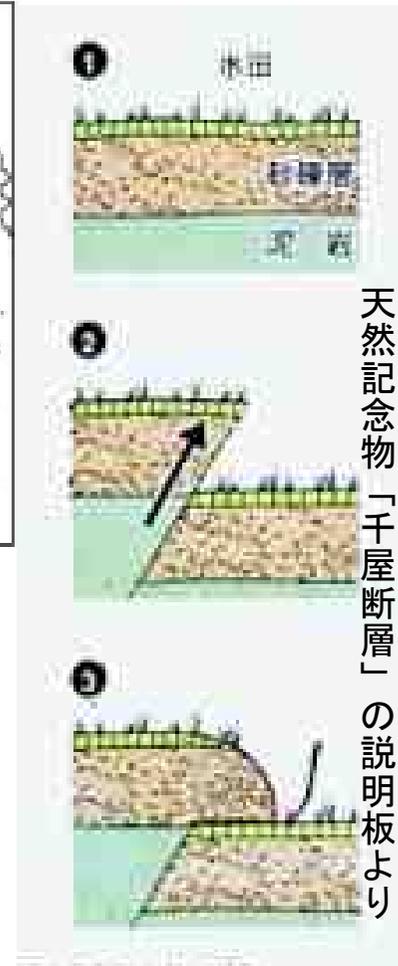
Dive 51 (A. Takeuchi)

**日本海奥尻海嶺にある冷湧水生態系：
バクテリアマットと腹足類からなる**

陸域の地震断層調査の識見を深海底に適用



地表地震断層(千屋断層)のスケッチ 山崎直方(やまさき なおまさ)1896より



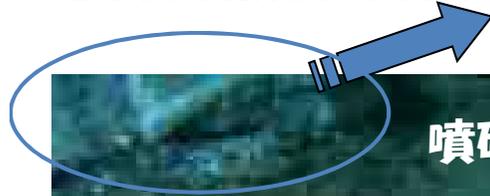
台湾集集地震 (M 7.6)

1999年9月21日01:47 (現地時間)

死者2415人、不明29人、倒壊家屋1万戸以上

1993年北海道南西沖地震による噴砂と土石流 (奥尻島南西沖)

自破碎した軟泥
Brecciated ooze



噴砂痕と冷湧水堆積物



土石流堆積物

Chemical deposits due to cold seepage
NT93-07 Shinkai 2000 Dive #698
1993-08-16, Obs. A. Takeuchi

NT93-07 Dolphin Dive #142
1993-08-14 1604m

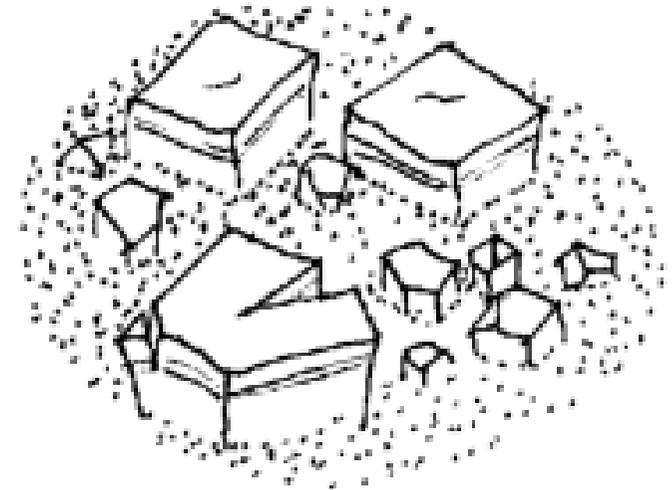
破碎したフリン状の未固結堆積物



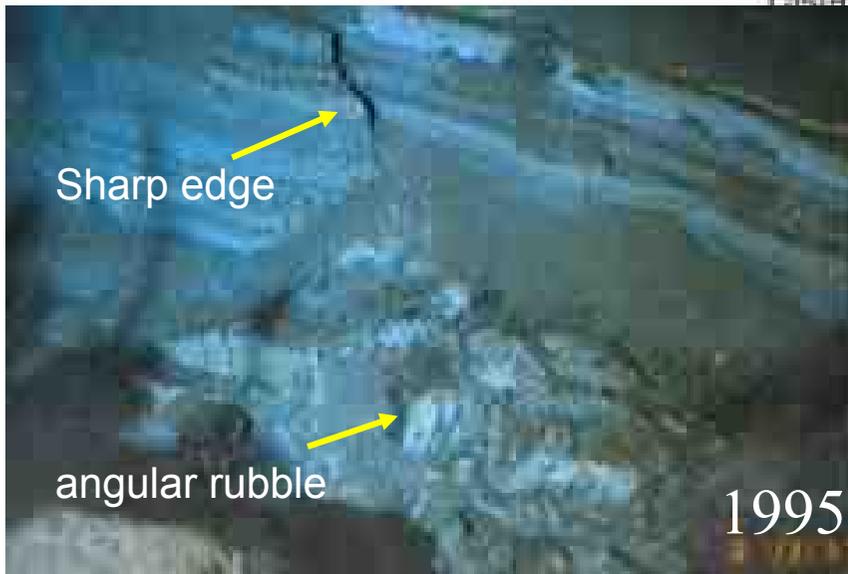
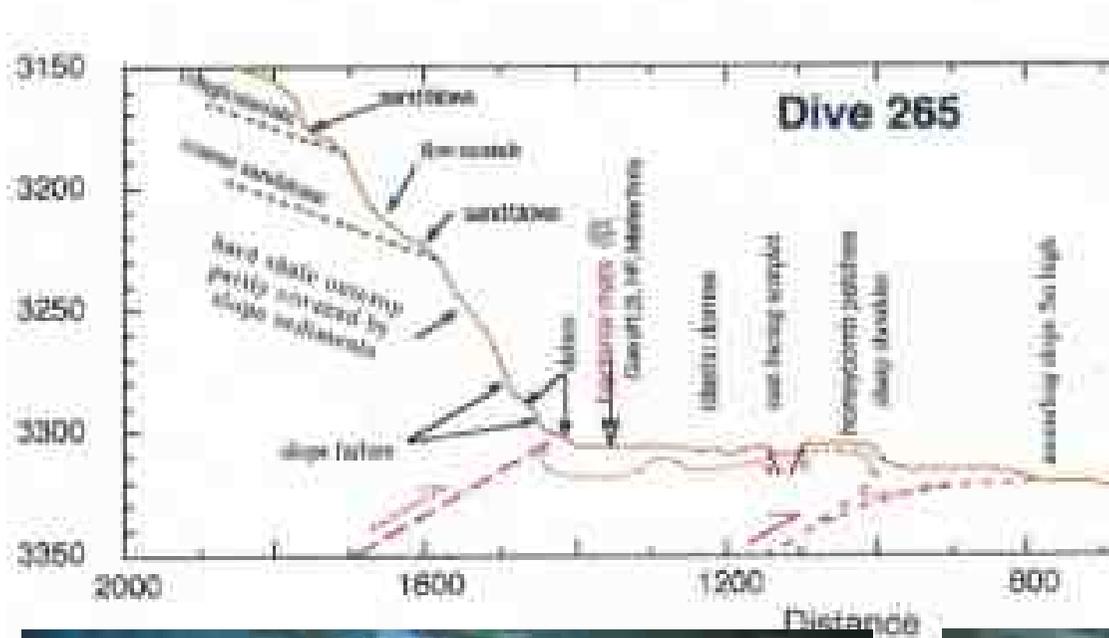
Quick fracturing in several seconds up to minutes

- 地震動による高速破碎 Auto-brecciation directly by strong ground motion
- 誘発地すべり等による二次的破碎
Secondary brecciation due to induced landslide

YK95-04 6K Dive#265 Obs. A. Takeuchi



地震時破断面の経年変化



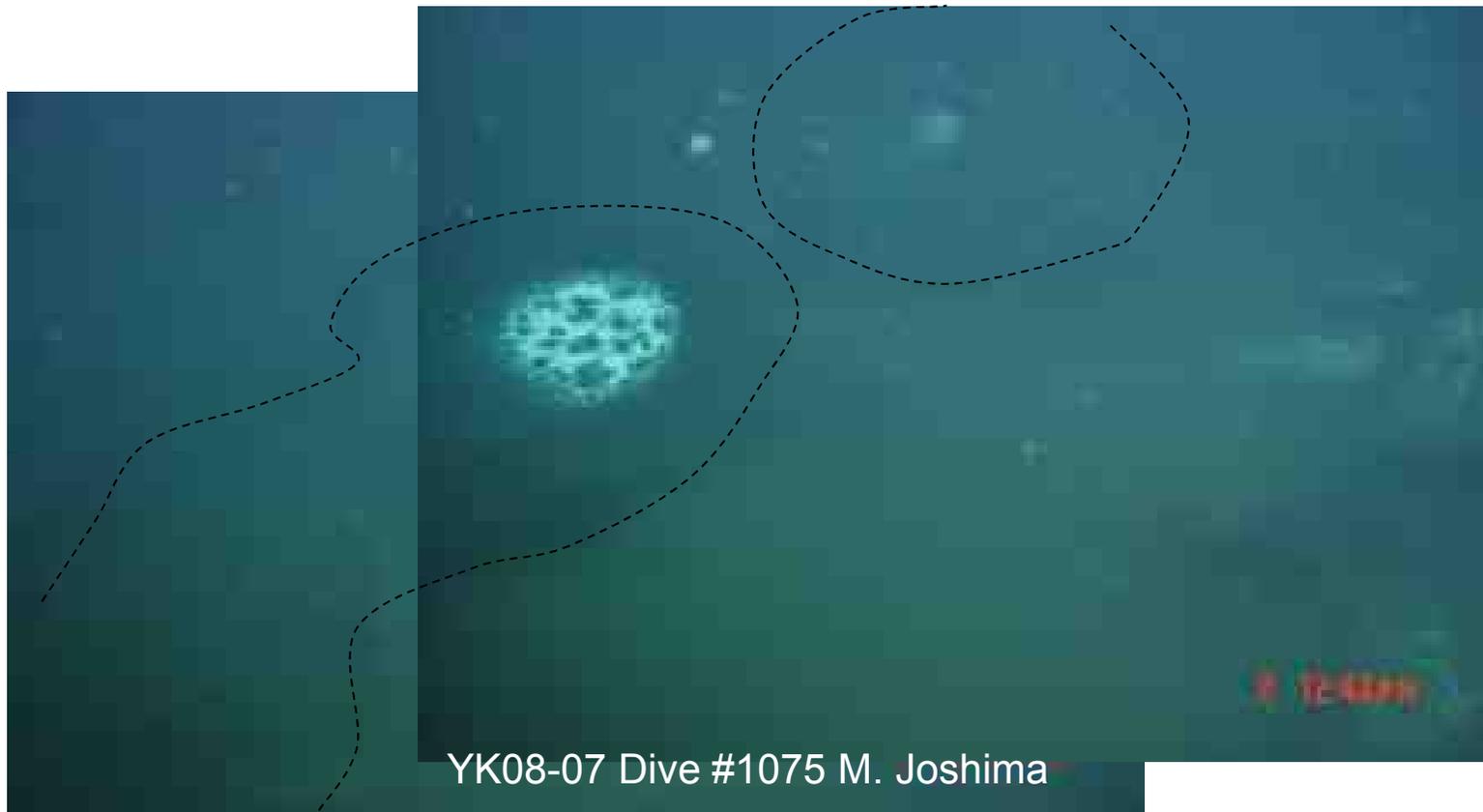
YK95-04 Dive#266 (Y. Kato)



YK08-07 Dive#1078 (H. Chiba)

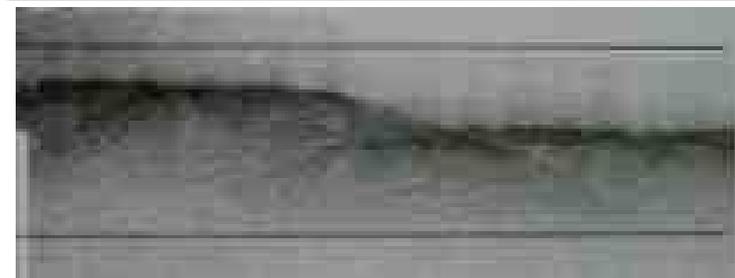
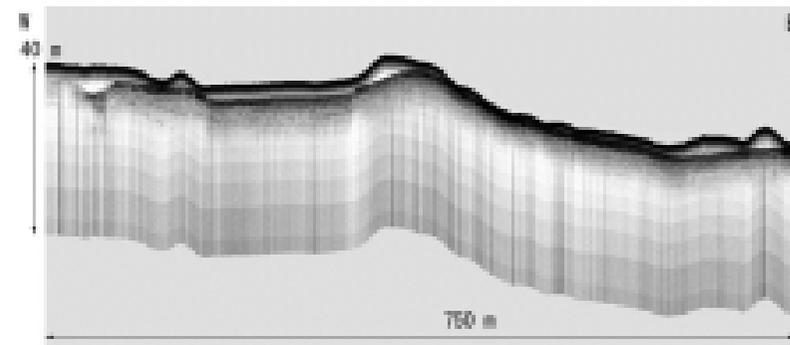
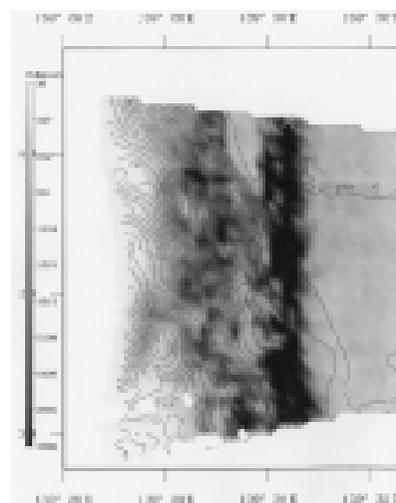
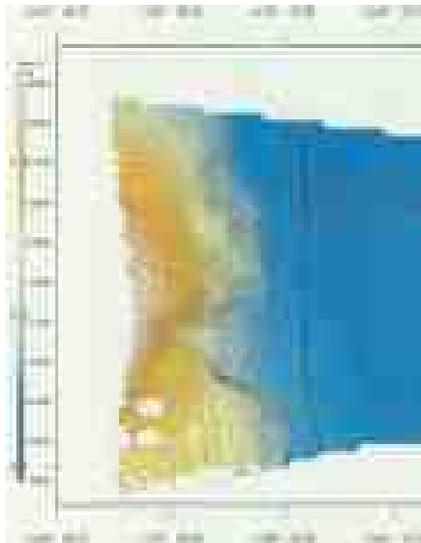
13年の経時変化 (消長)

13-years change:
Shrinking of seepage
and microbial activity



海底変状の探査法

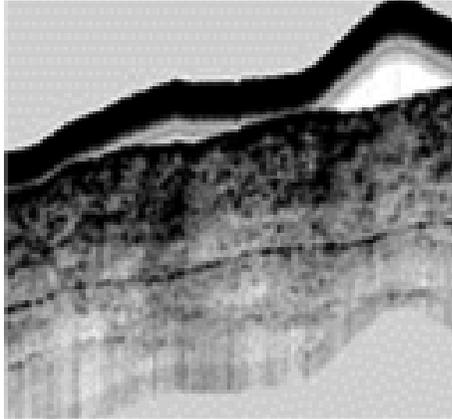
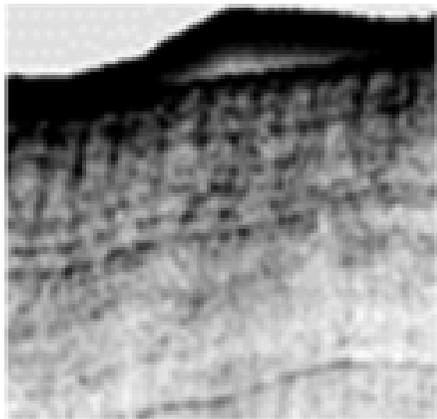
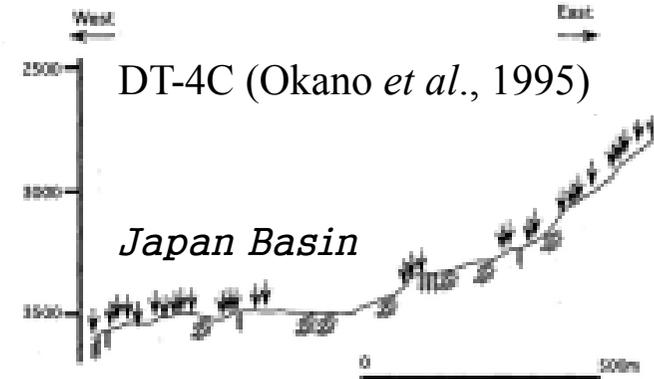
- Bathymetric mapping, side-scan sonar survey (SSS) and sub bottom profiling (SBP)
- Submersible visual observation, SBP, 3D-video/4K-photo camera recording
- Sampling of sediments, rocks, microbials, water, etc.



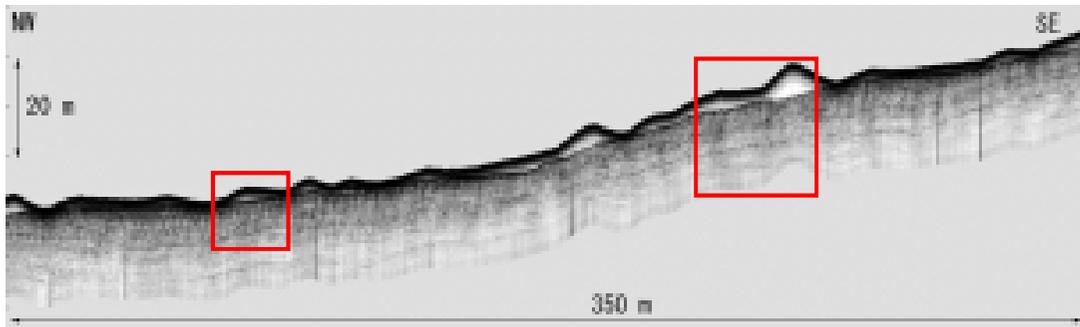
M 7.8震源地での現場検証

リモートセンシングの
ground truth

Shinkai 6500 Dive #1082, Obs. A. Takeuchi)



Coseismic ruptures and debris seemed to be covered by thicker blanket of dust than in the eastern flank where the earthquake fault exhumed. No microbial mat due to cold seepage was observed in the western slope.



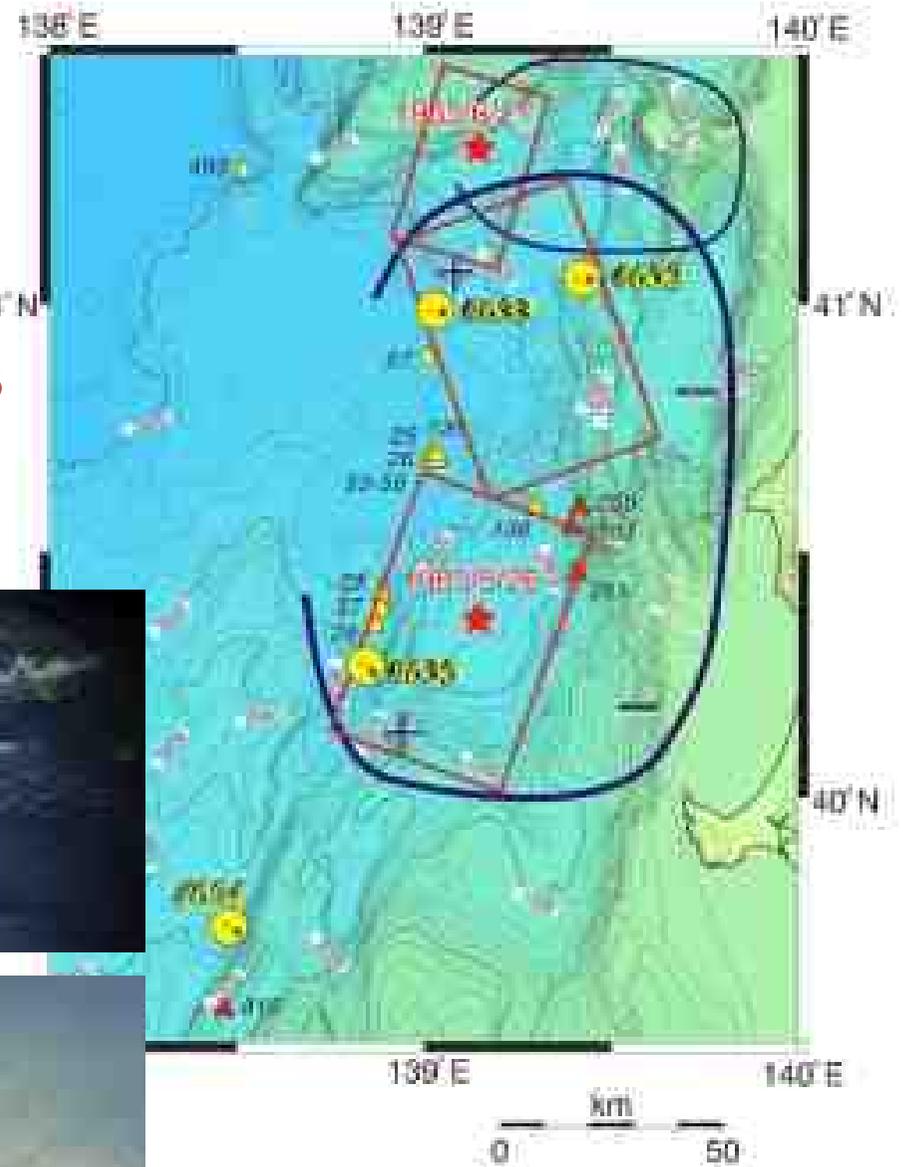
- Stratification is clearly visible.
- Gentle flat has thicker sediments.
- Seabed relief corresponds to the upperhalf, disturbed layer.

青森県西方沖

1983年日本海中部地震



25 years old
characteristics
of 1983 event

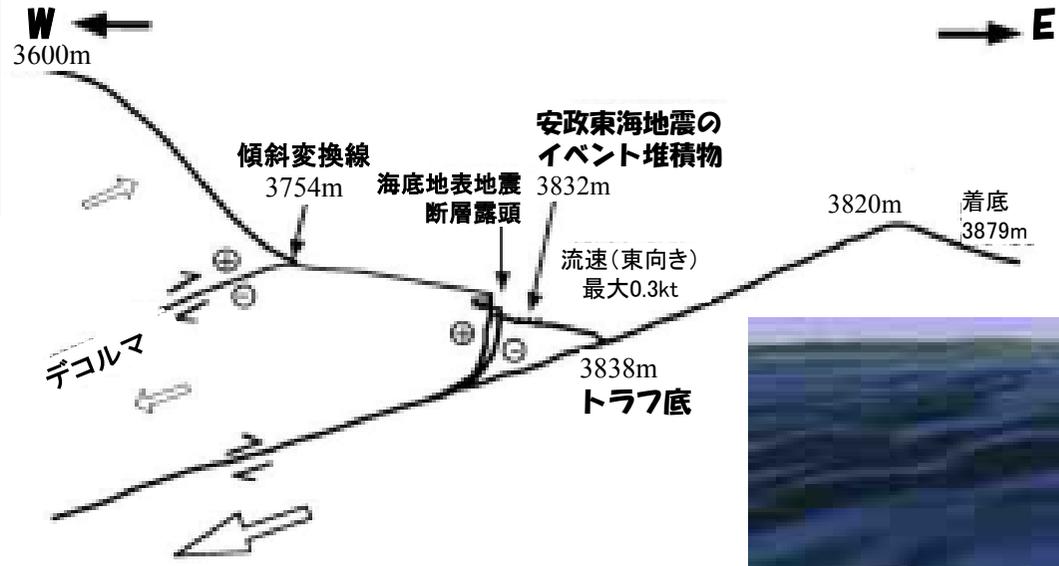


R/V YOKOSUKA YK01-06 Cruise with
SHINKAI 6500 Dive #0633 on 2001-07-14,
w.d. 3313m, obs. A. Takeuchi

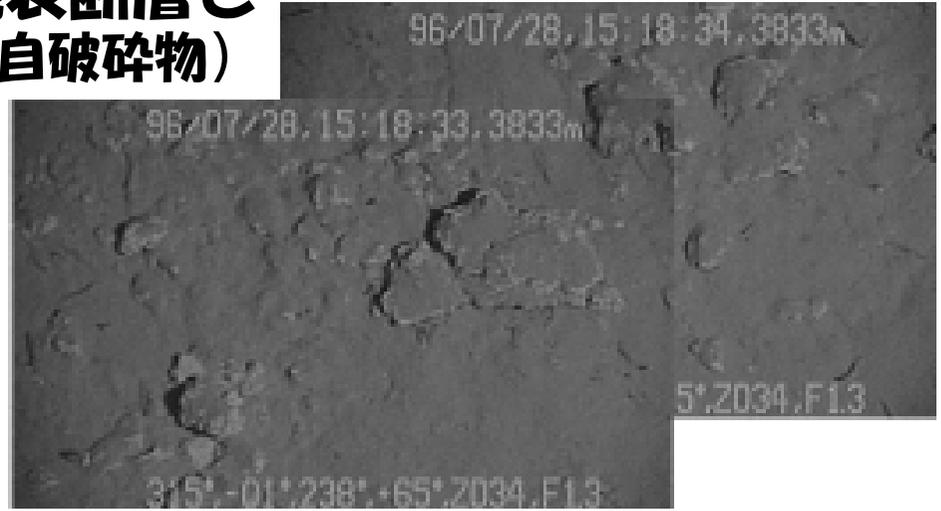
Guess the age of bottom disturbance.

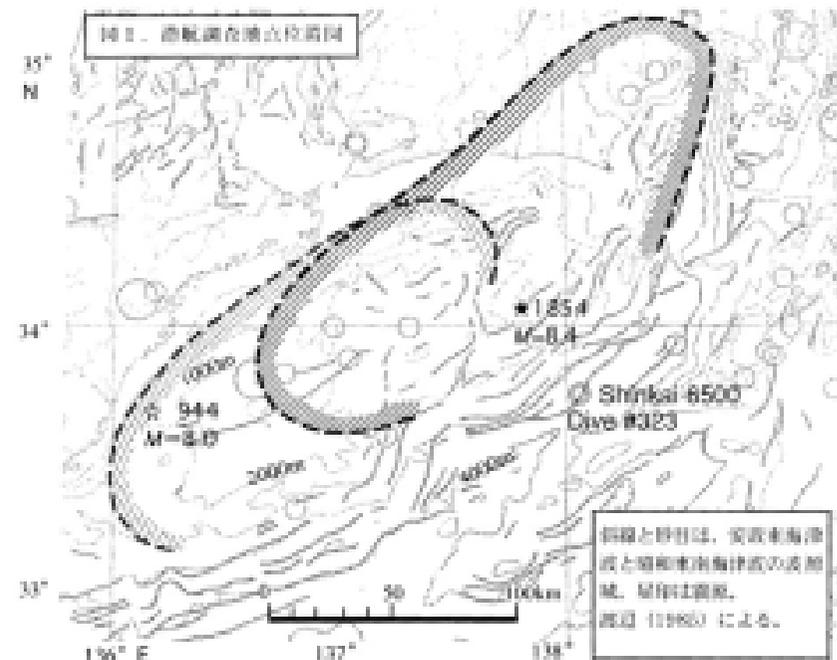
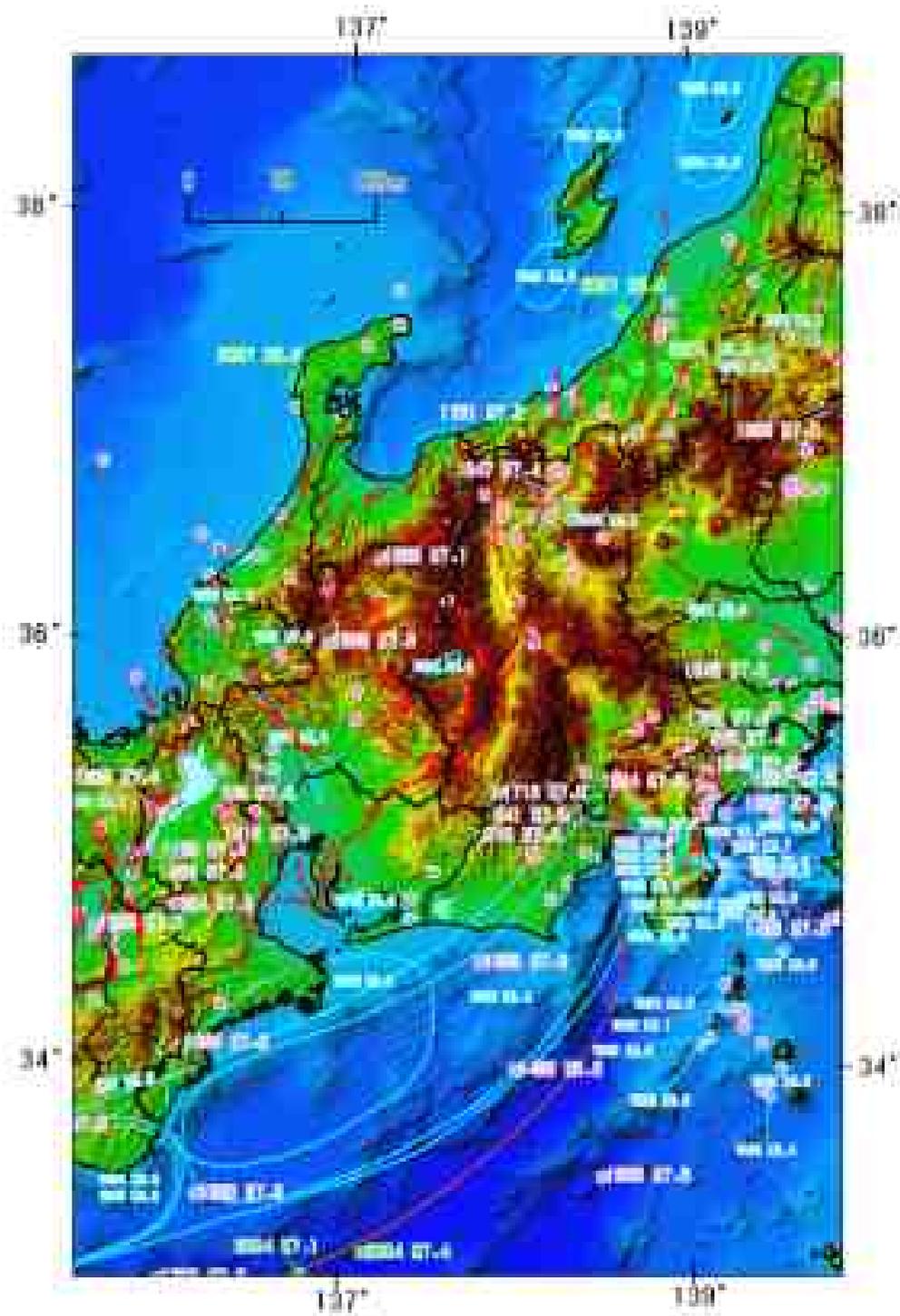


安政東海地震の海底地震断層-- 津波波源域南限はトラフ軸か



**142年前の海底地表断層と
イベント堆積物 (現場自破碎物)**





- 観測地震 (広域域・震源域)
- 観測地震 (1984年)
- 観測地震 (1979-2003年)
- 観測地震 (2004-2007年)
- 観測地震
- 相模沖海溝と相模湾海溝
- 海溝 (相模湾、S)
- 活火山

安政東海地震の 海底地震断層を 目視観測する

海底地震地質学のまとめ

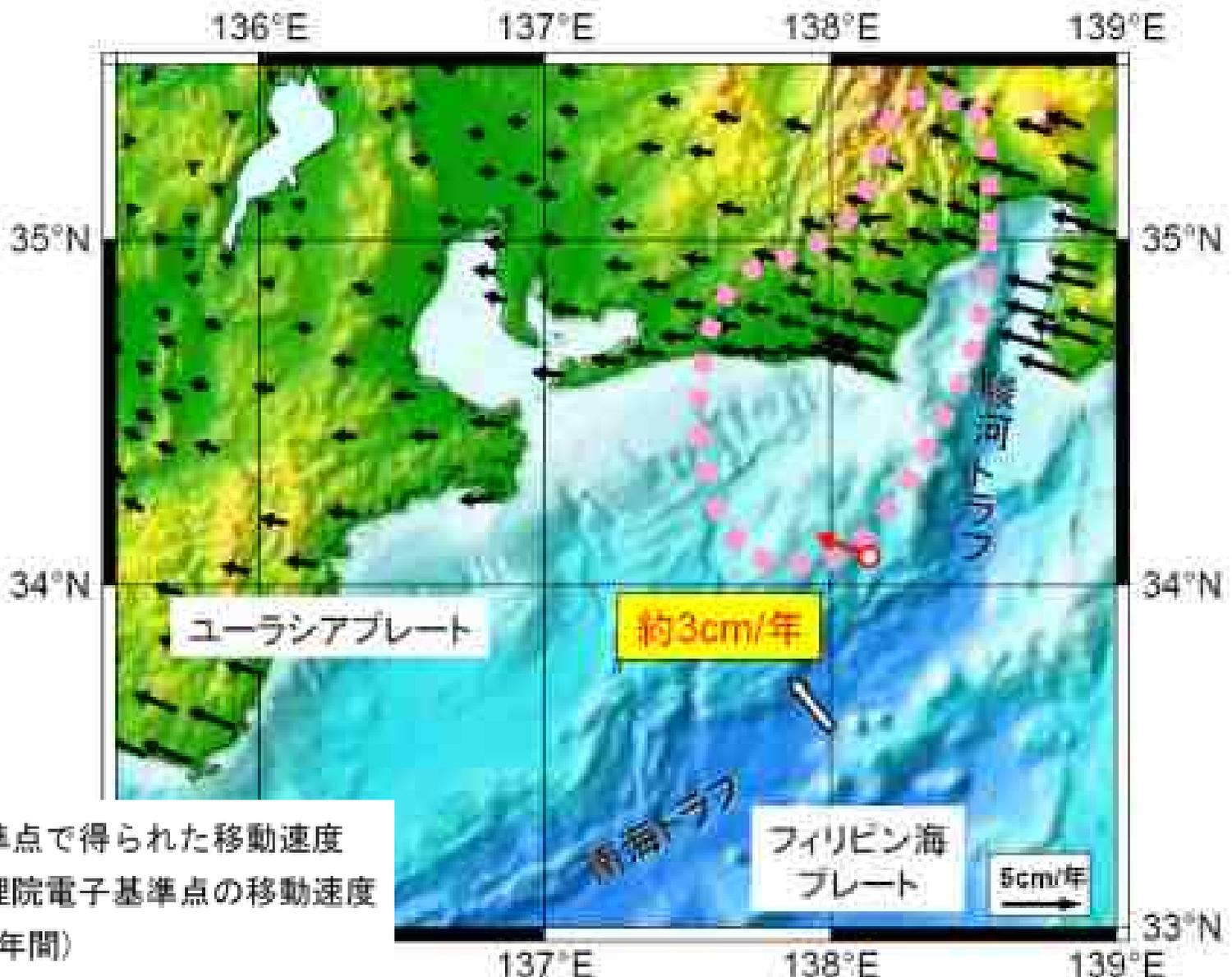
1. **地震時変動のエイジング**: 巨大地震発生時の海底地変を示す微地形については形状の経年変化が認められた。新鮮な変動跡は、より古いものと見分けられるので、新旧判定や編年が可能である。ただし、陸上と同精度で議論できるようになるためには、まだまだ観察事例の蓄積が必要である。
2. 3・11東北沖地震の震源海域（日本海溝）においては、海溝軸での地変が著しいと予想される。すでに深海掘削J-FASTなどさまざまな調査が行われており、それらと連携して海溝軸での地震地質学的調査を早急に行う必要がある。
3. **有人潜水船の魅力**: 有人潜水船による探検の特徴はその臨場感。それによって乗船研究者の感性が高まり、勘が研ぎ澄まされて、そこから新しい発見の成果につながる。
4. 今後は、この分野を陸上での地震地質学研究に比肩するレベルに高めるべく、従前の調査技術を各段に改良して海底での観測作業の精度を向上させる必要がある。

（泥濁排除・視界確保法、海底でのトレンチ発掘調査など）

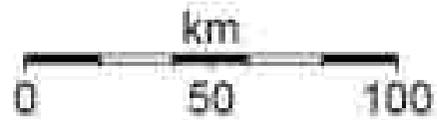
どのような深海探査システムが必要か

1. **共通の広い視野** around-view
 2. **高い操作性** maneuverability
 3. **知的生産効率** collaboration
 4. **母船とのリアルタイムICT（双方向情報通信）**
 5. **超深海では安全・安心な居住性が必要**（床下利用か、繭形など）
- } 無策・有人

博物学的な偵察から個別科学的な観察・現場計測・現場実験への流れ、さらに海上観測との連携を含む系統的潜航計画が必要。



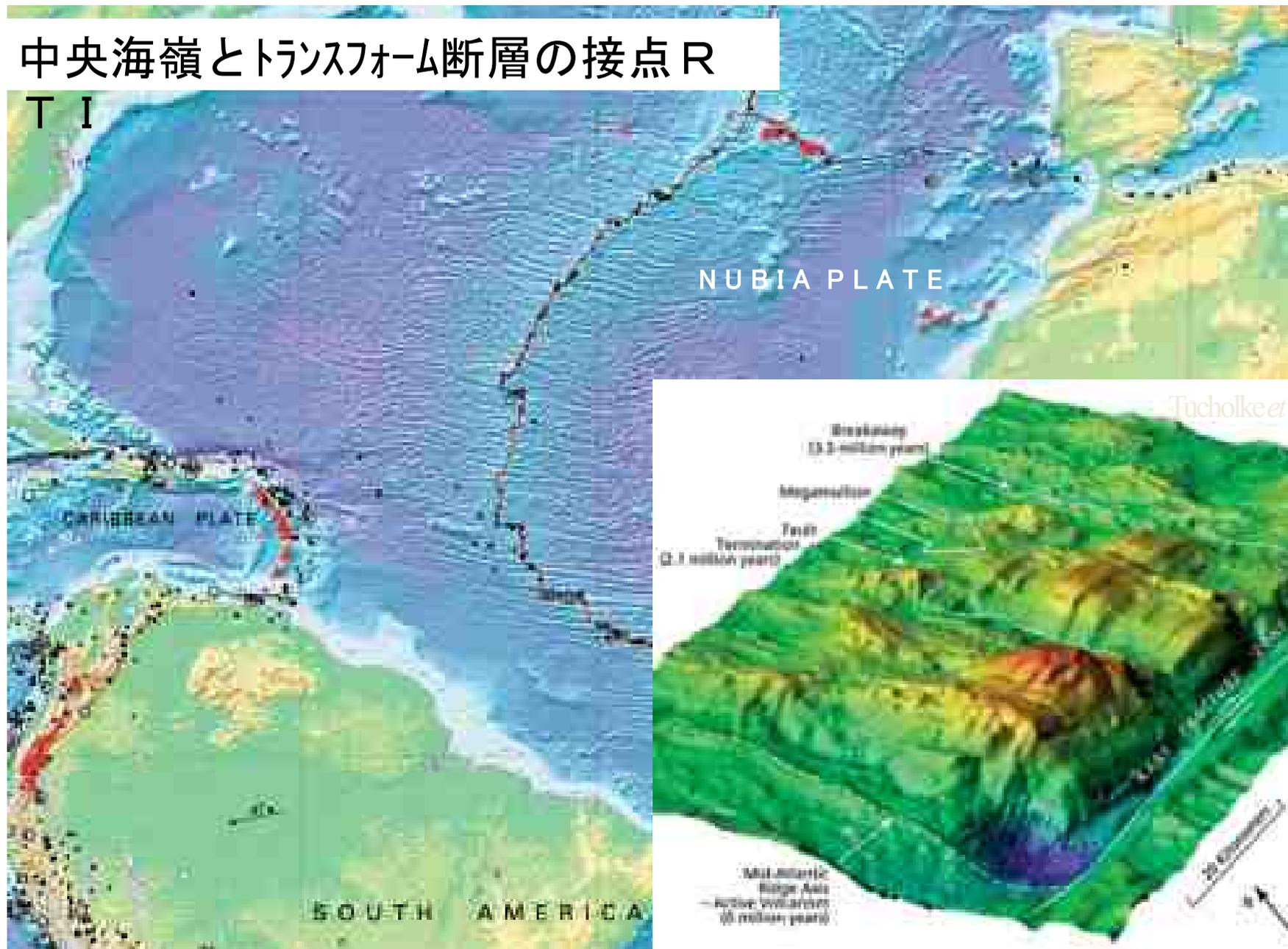
-  : 海底基準点で得られた移動速度
-  : 国土地理院電子基準点の移動速度
(最近5年間)
-  : フィリピン海プレートの移動速度
(モデル値)
-  : 東海地震の想定震源域



極限的あるいは特異的環境の事例

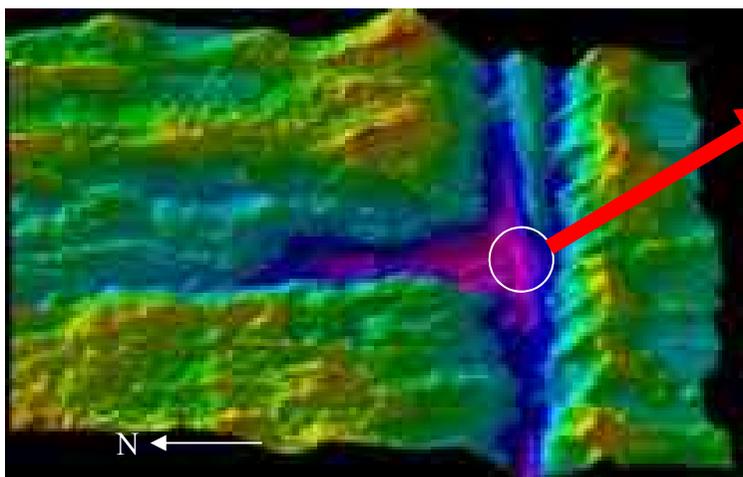
中央海嶺とトランスフォーム断層の接点 R

T I



北緯15°20' 断裂帯の西RTI

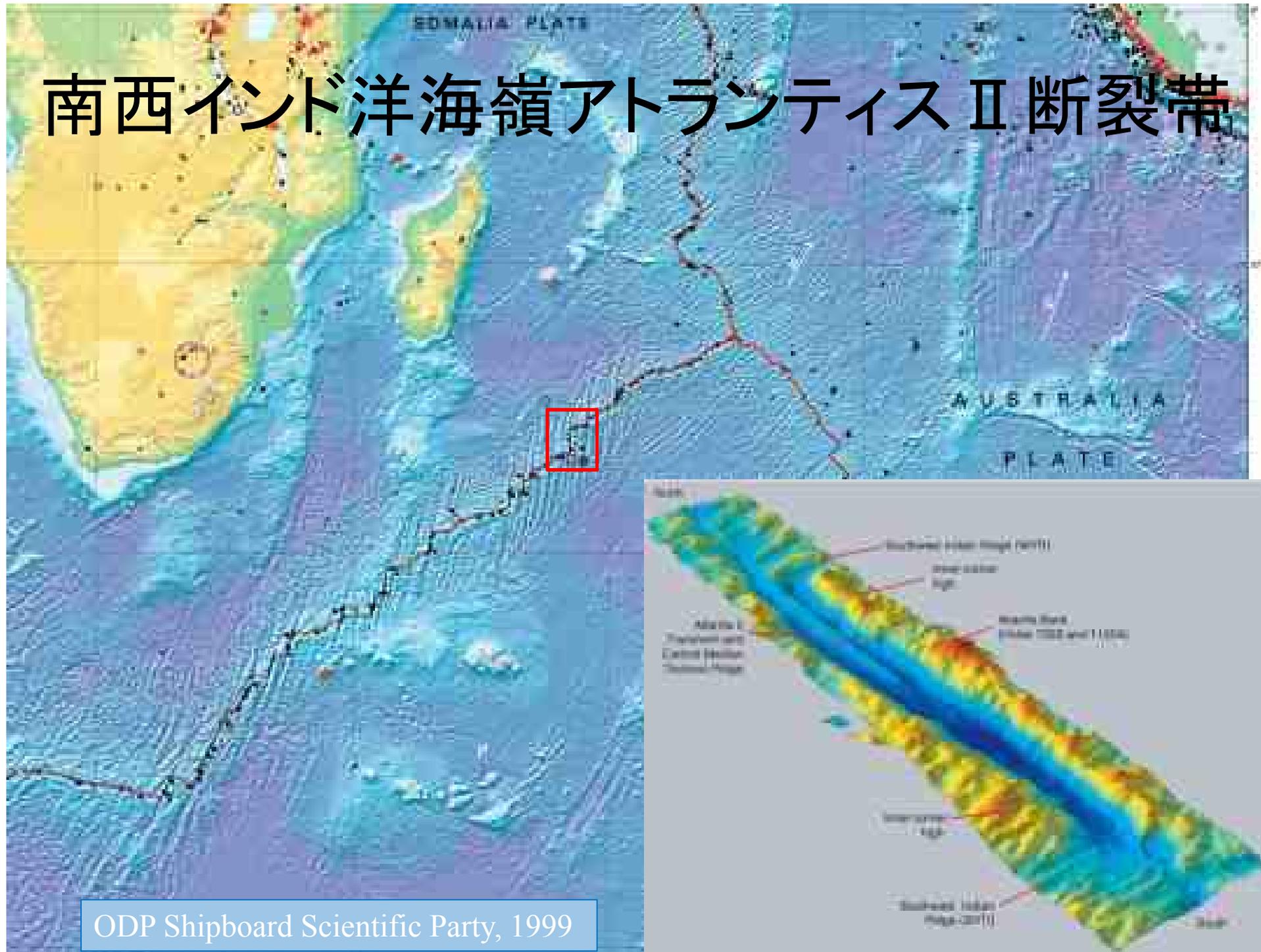
海嶺玄武岩噴出時の
右横すべり断層による剪断



1998/07/03
YK98-05
第0424潜航



南西インド洋海嶺アトランティスⅡ断裂帯



ODP Shipboard Scientific Party, 1999

Transform Volcanism, Atrantis II, SWIR

