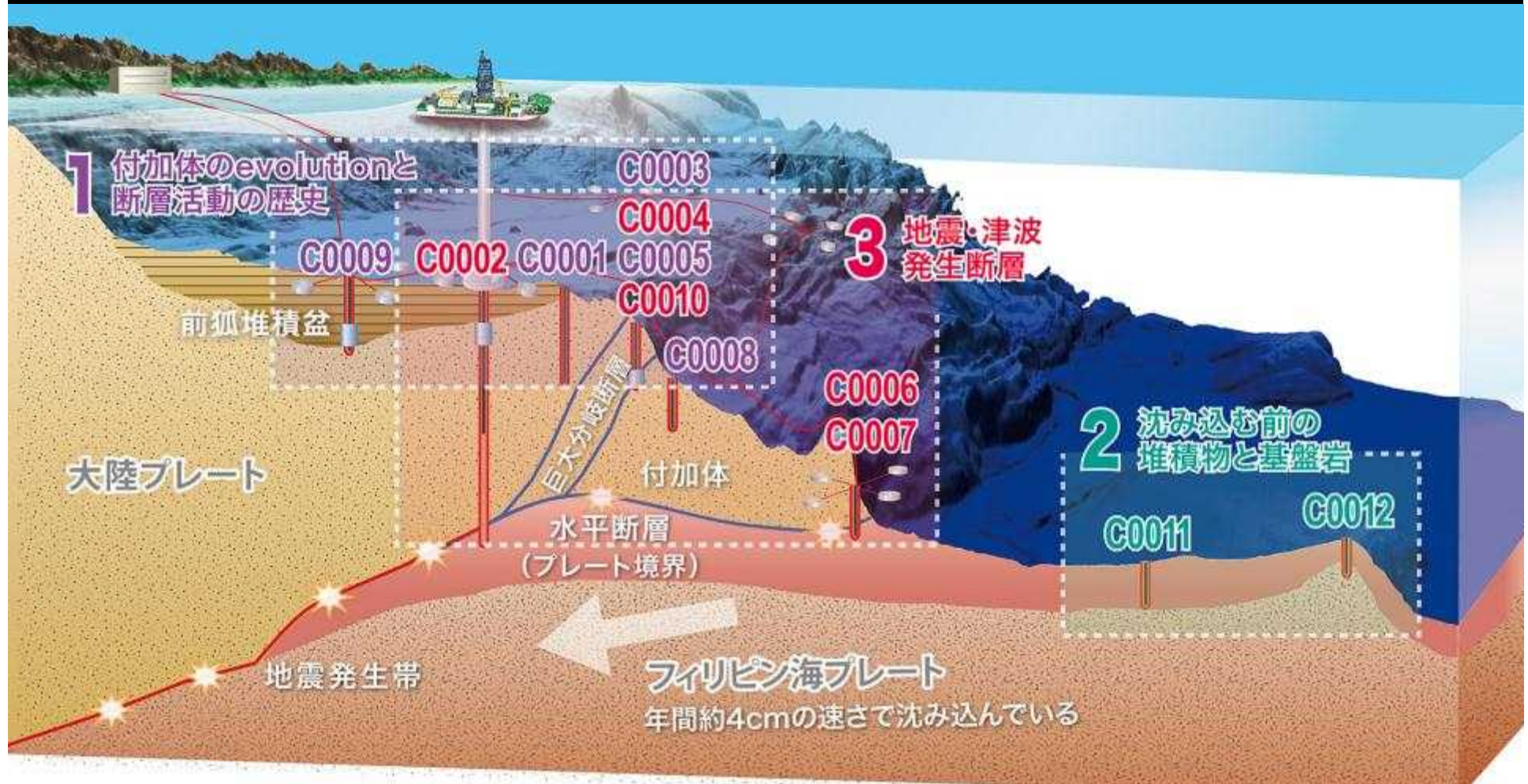
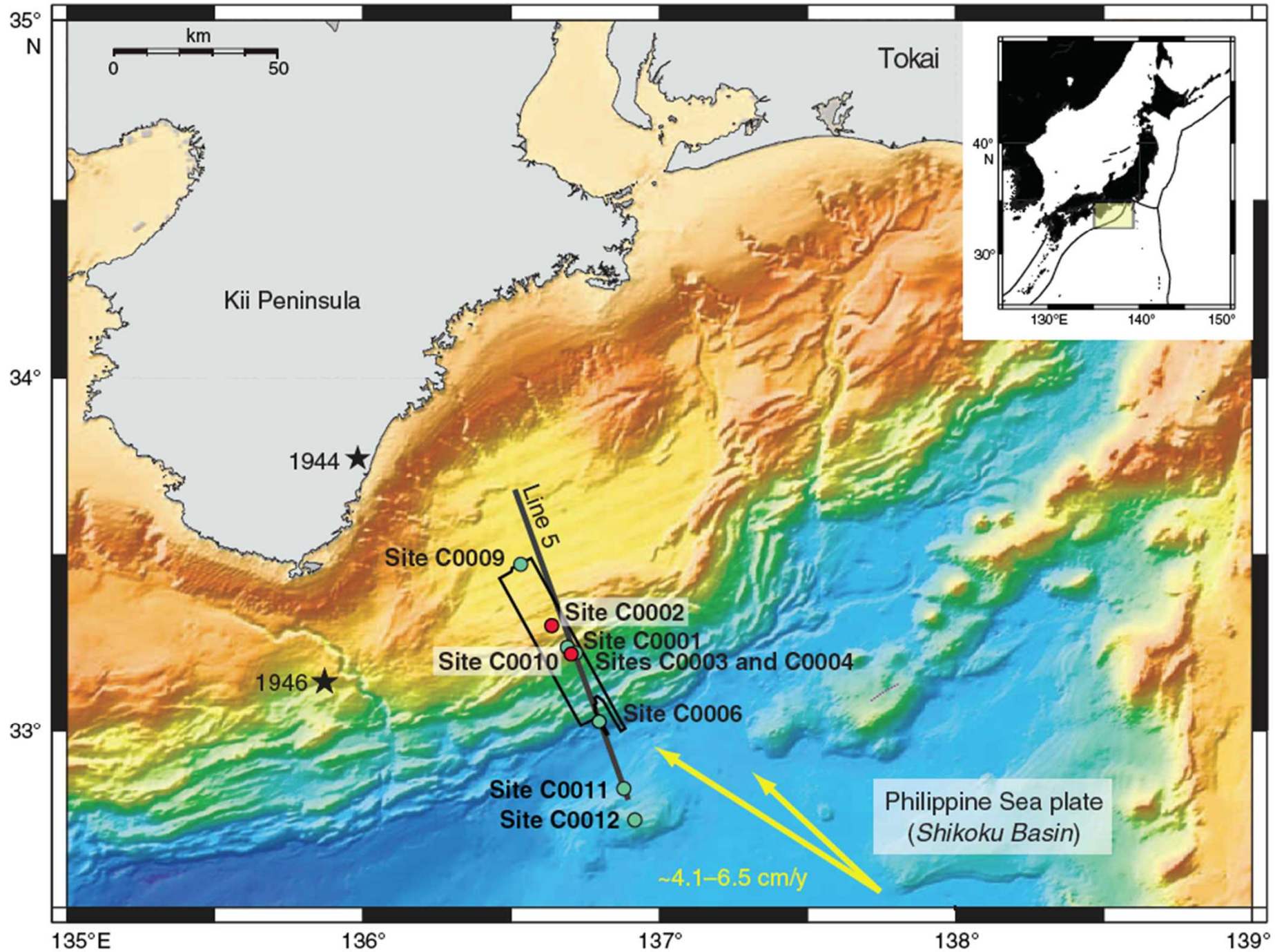
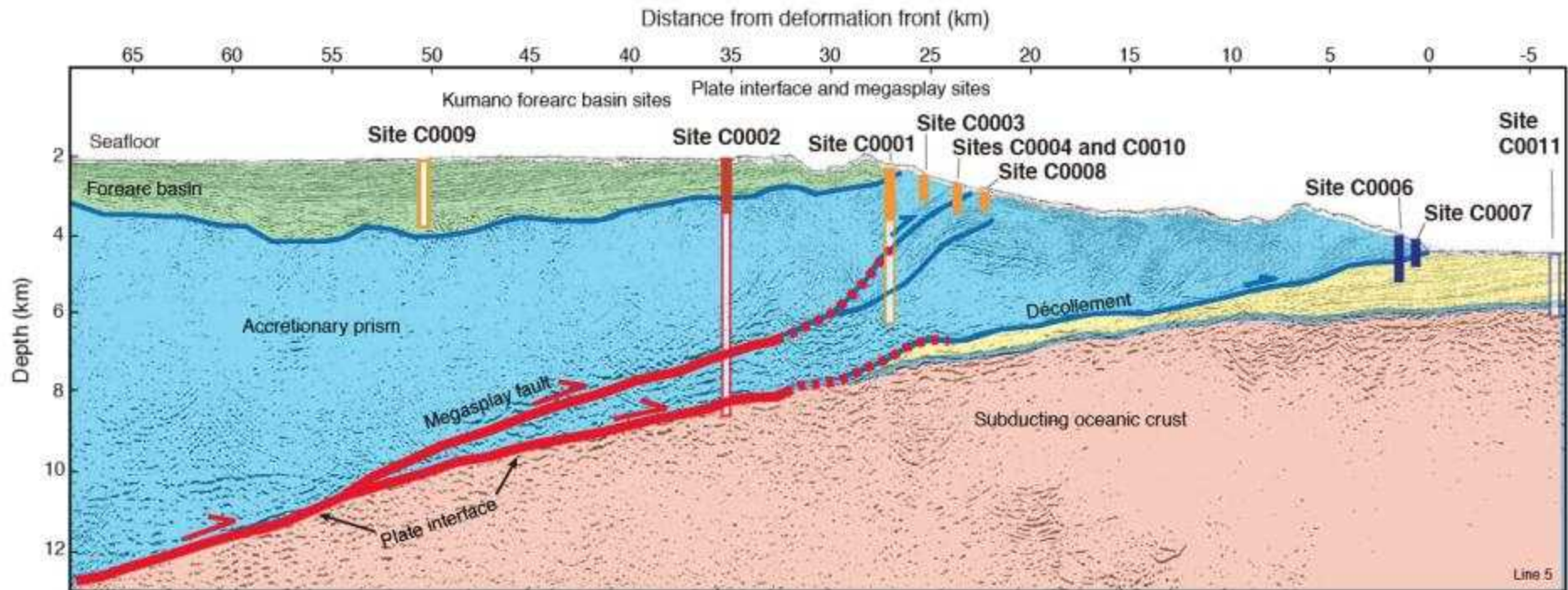


1. 付加体の進化と断層活動の歴史
2. 沈み込む堆積物と基盤岩
3. 地震・津波発生断層
4. 地震観測の現状と展望



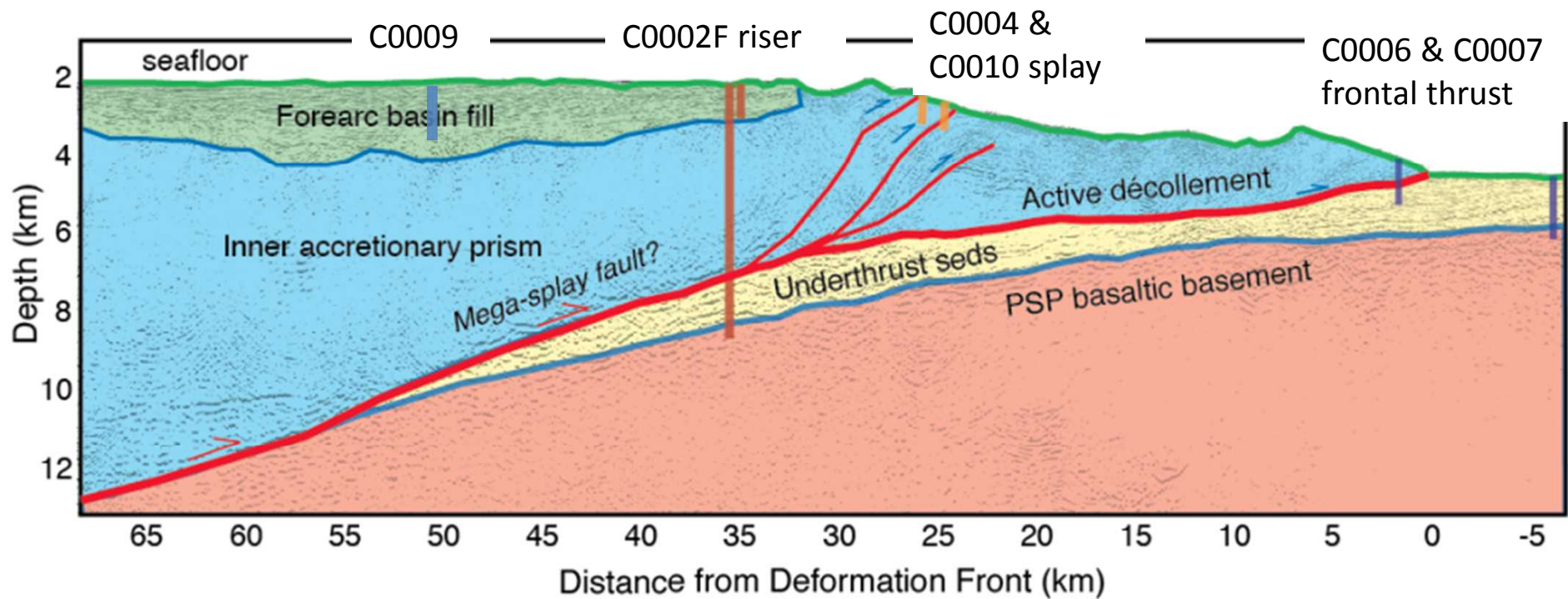


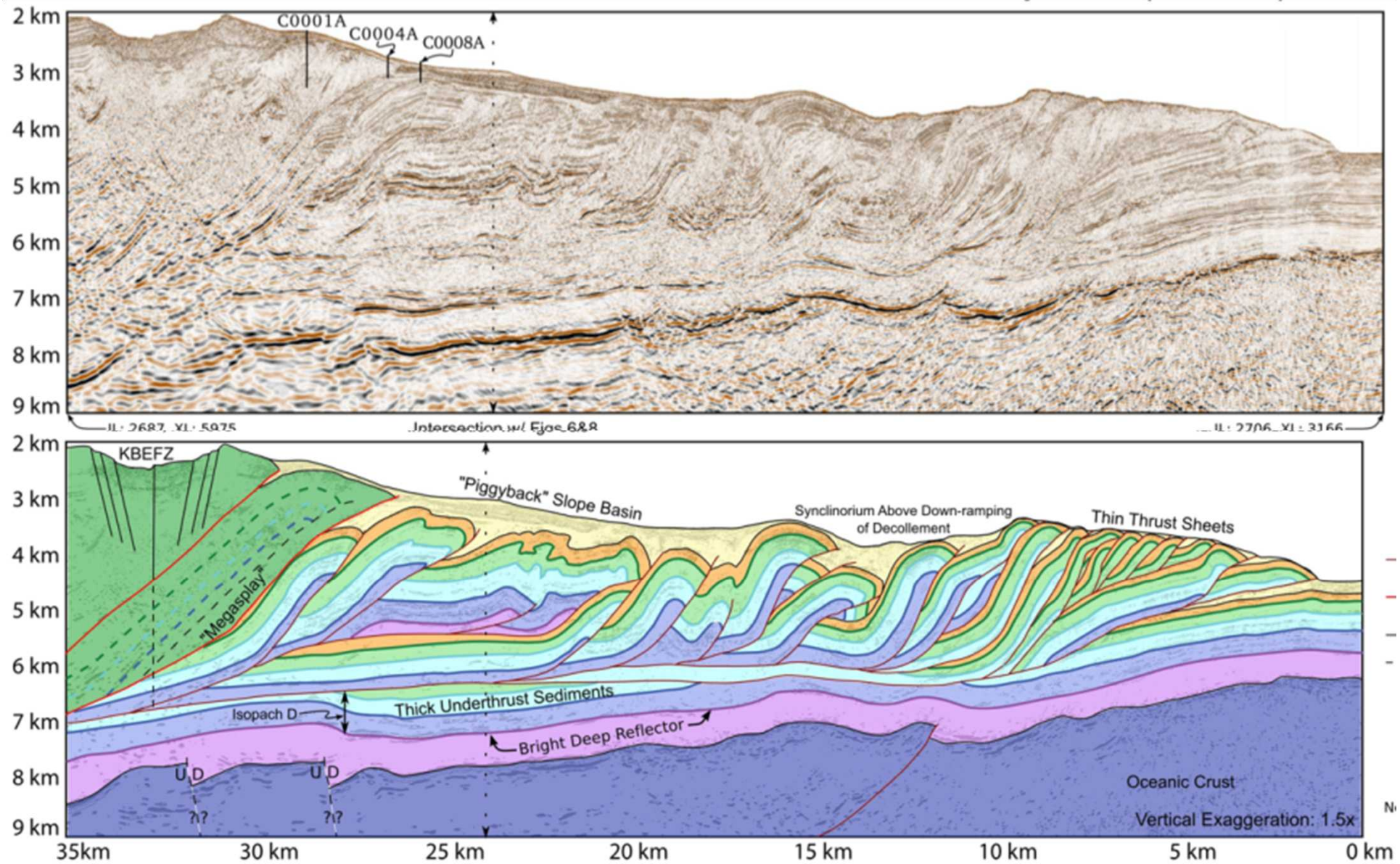
# Some things that have changed along the way...



*Seismic interpretation after Park et al., 2002*

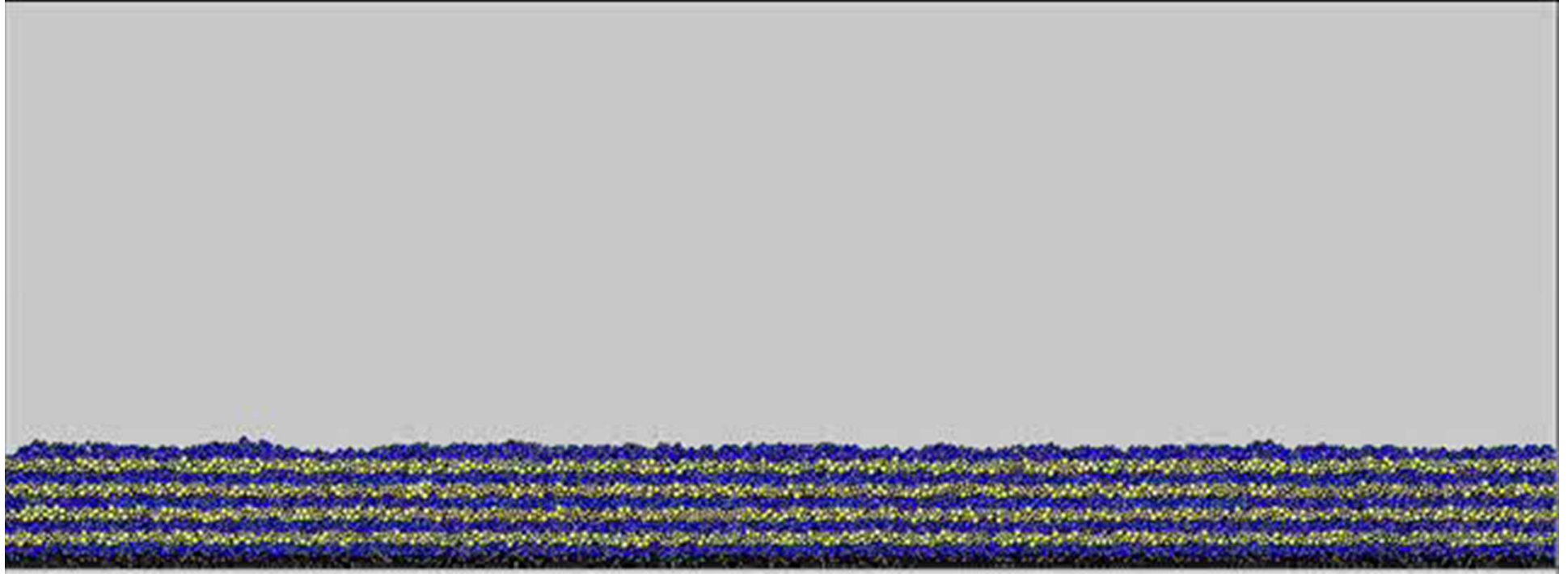
# Shallow outer wedge décollement connection to “mega-splay” ... which is simply the plate boundary fault



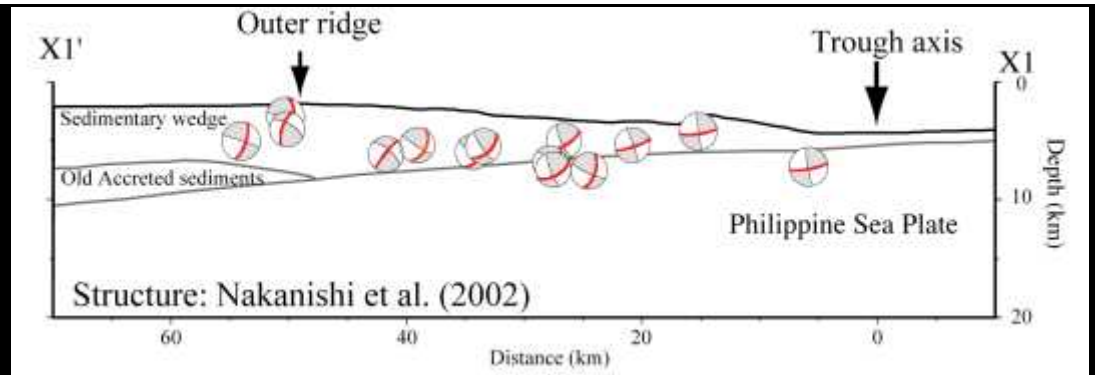
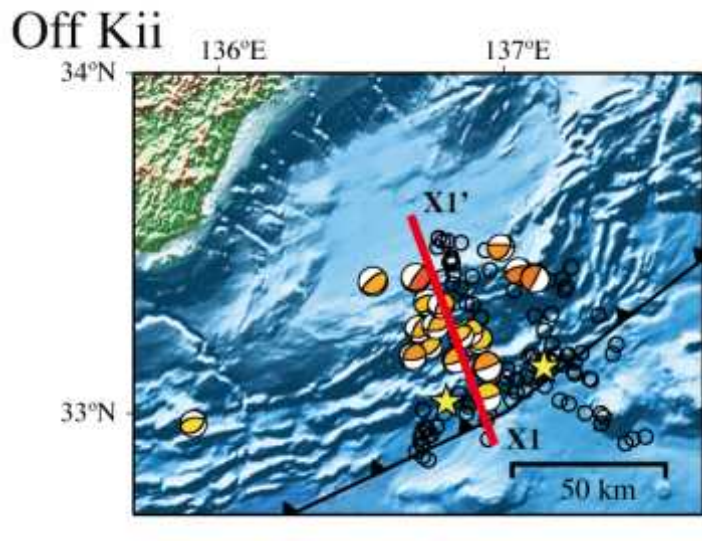


*Kington et al., in prep*  
*Also consistent with Bangs et al., 2009 EPSL*

Miyakawa et al., 2009

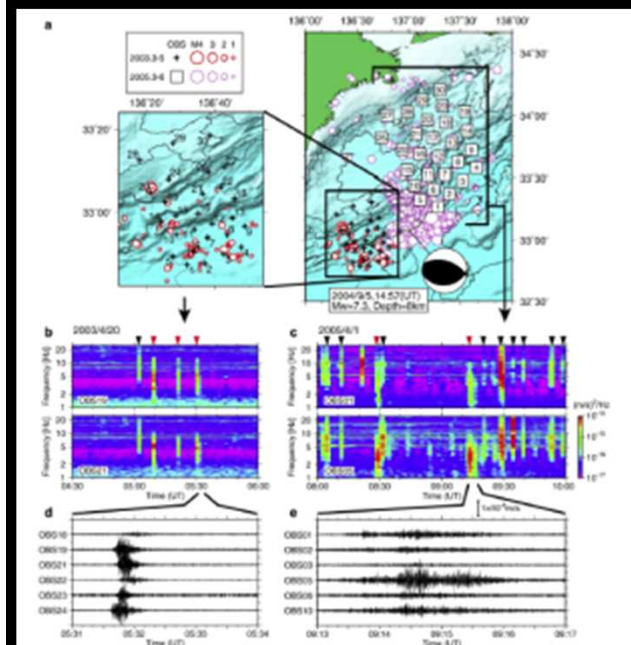


Philippine Sea Plate ~4cm/year

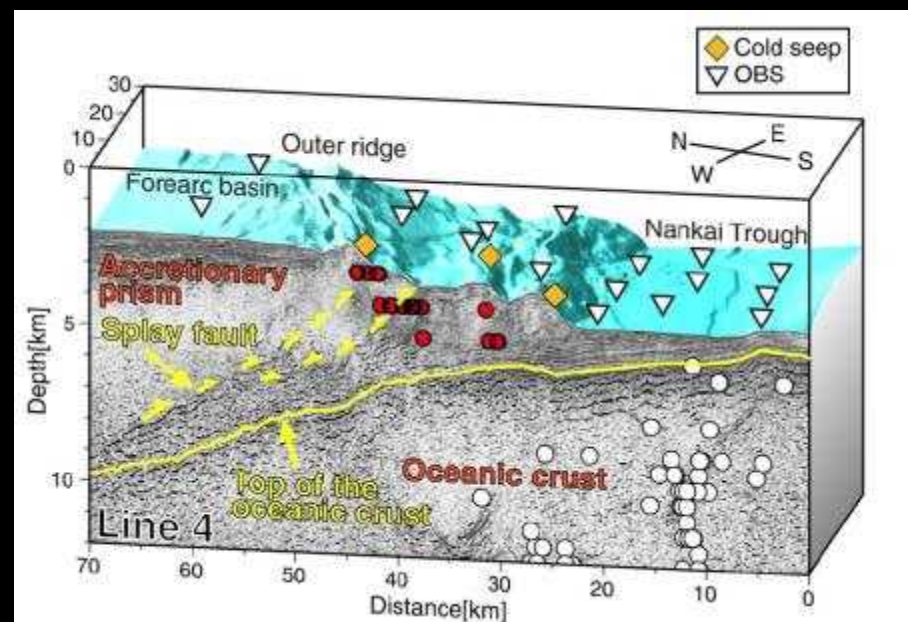


Very-low frequency earthquakes up to M4.5 in outer wedge area with thrust mechanisms (Ito and Obara, GRL, 2006)

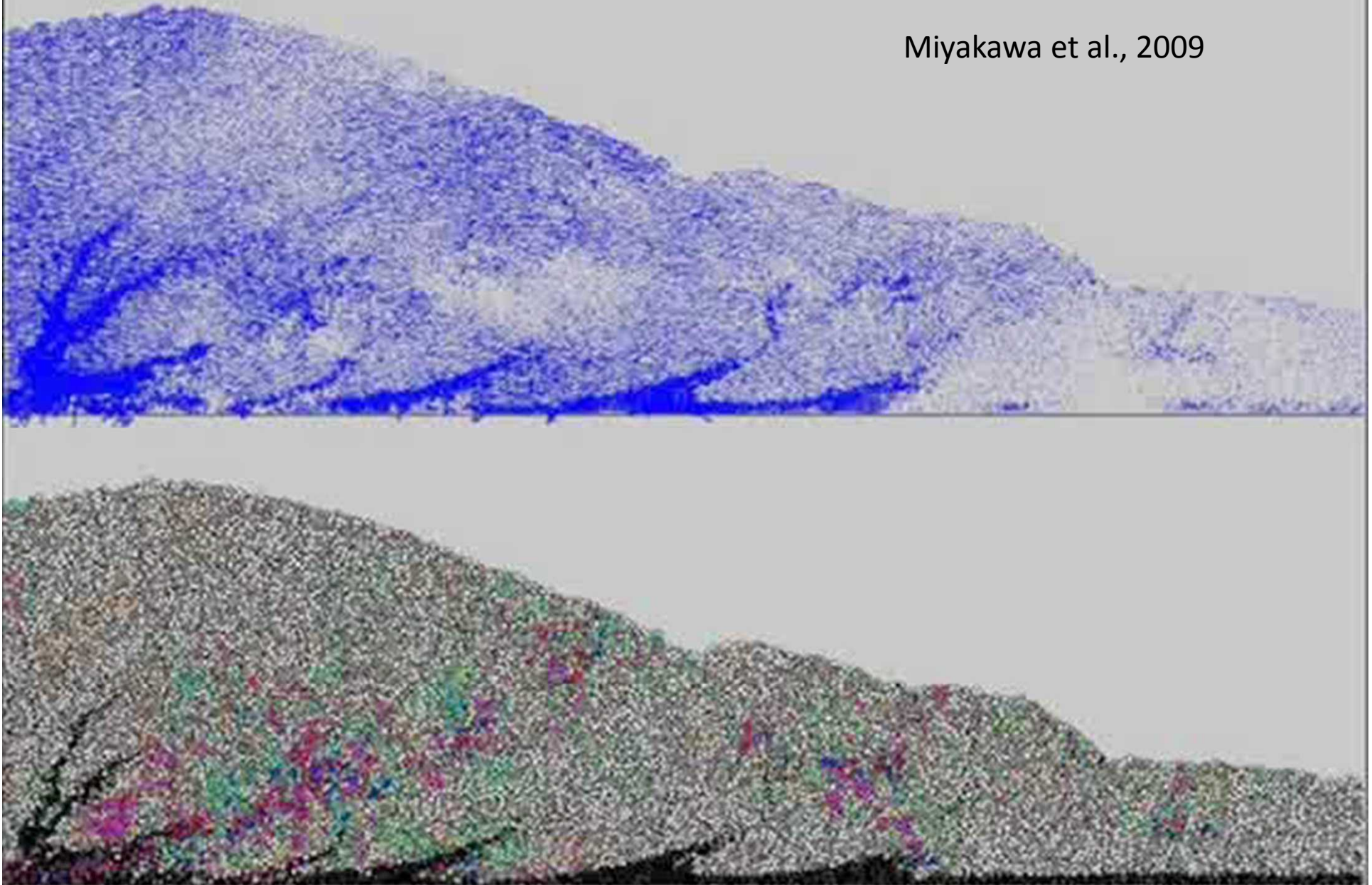
## VLF earthquakes and tremor in outer accretionary prism



First report of tremor-like activity in an accretionary prism up-dip of locked megathrust (Obara and Kodaira, EPSL, 2009)

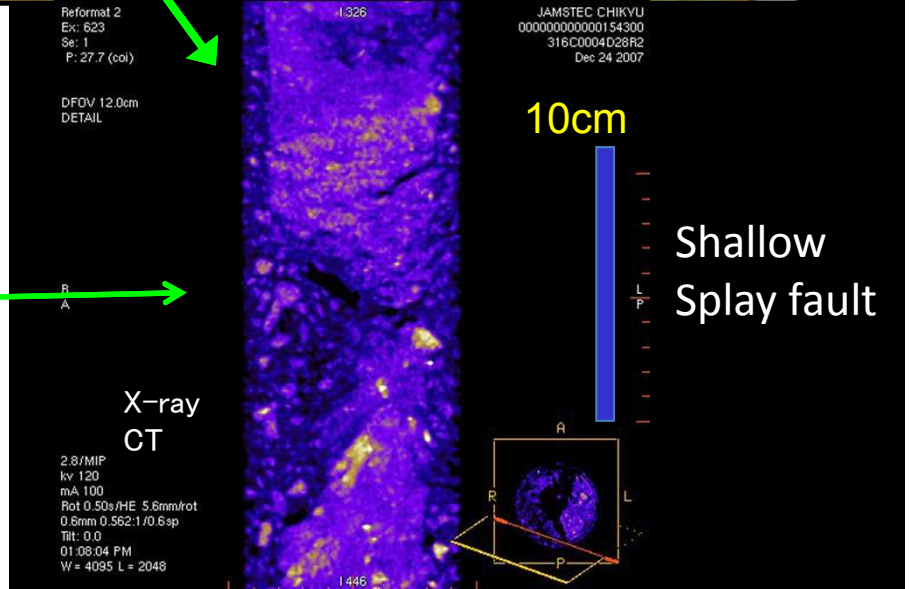
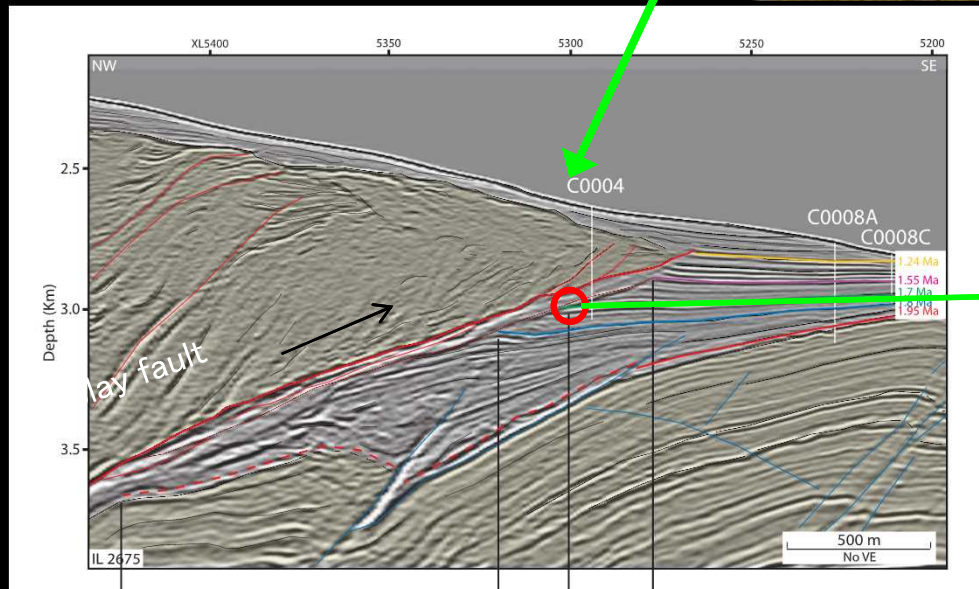
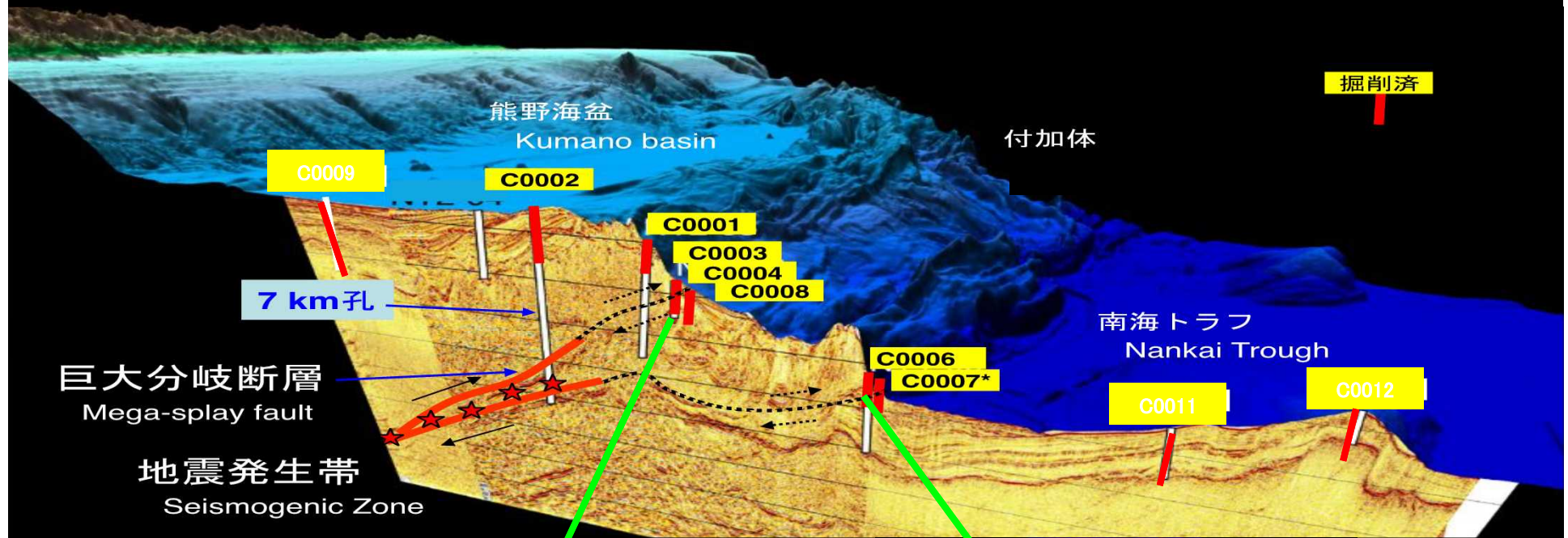


Miyakawa et al., 2009





So Far: 1.4 km deep Drilling array by NantroSEIZE (2007-2010)  
 since this year: ~7km deep riser drilling into seismogenic faults by NantroSEIZE (~2014)

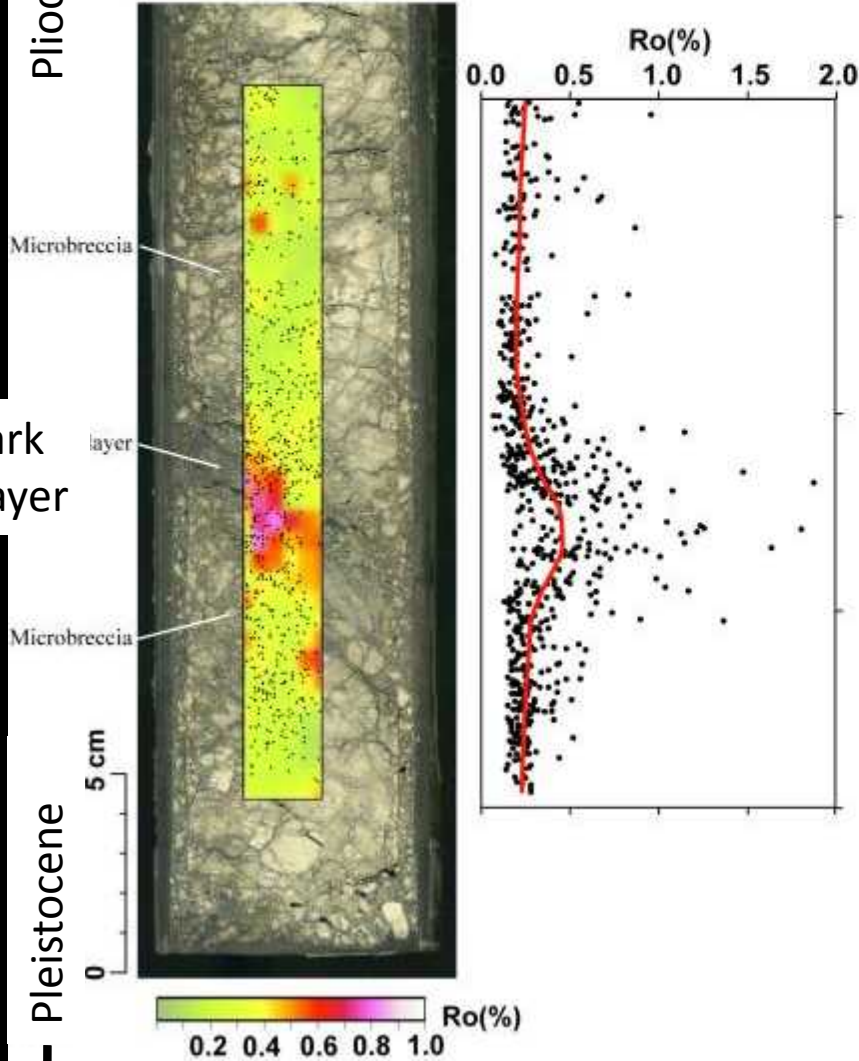




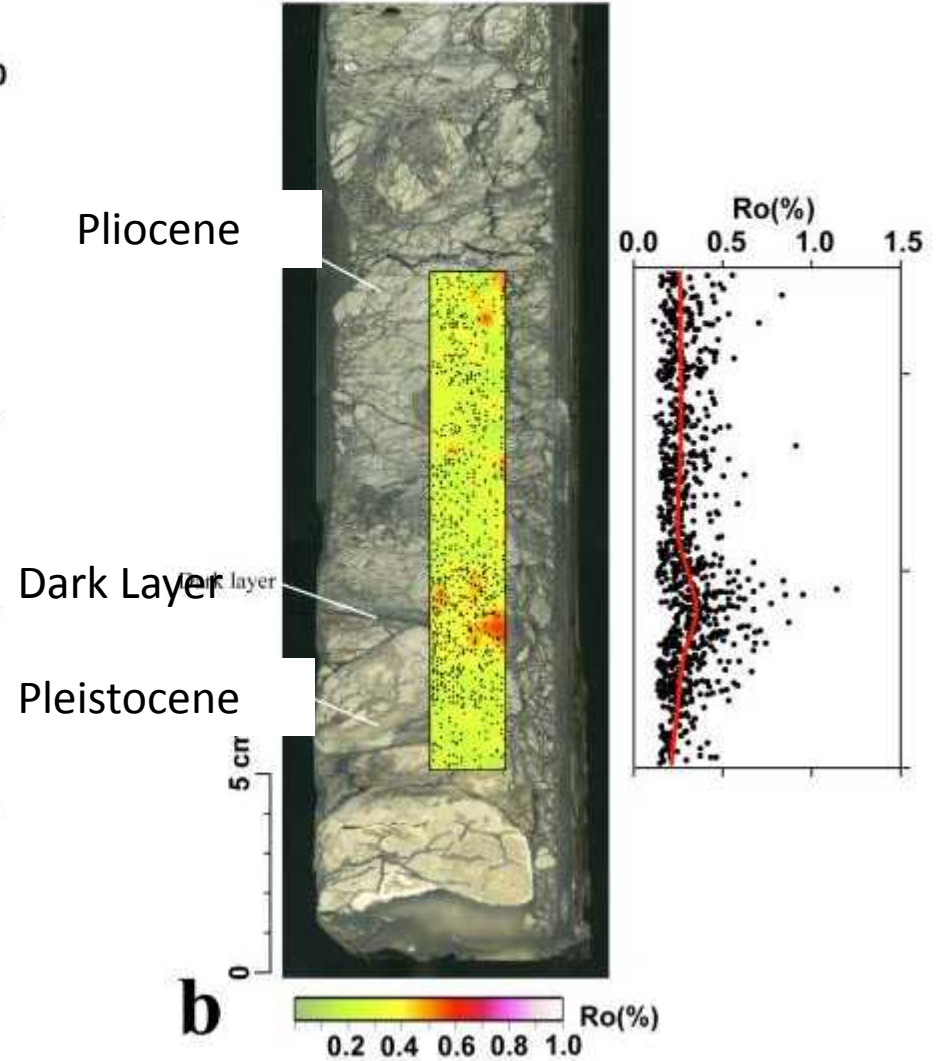
Vitrinite Reflectance (thermal) anomaly associated with mm-thick fault zones  
Suggests high velocity or seismic slip

Pliocene

C0004: Megasplay fault  
(271 m CSF)



C0007: Plate boundary frontal thrust  
(438 mCSF)



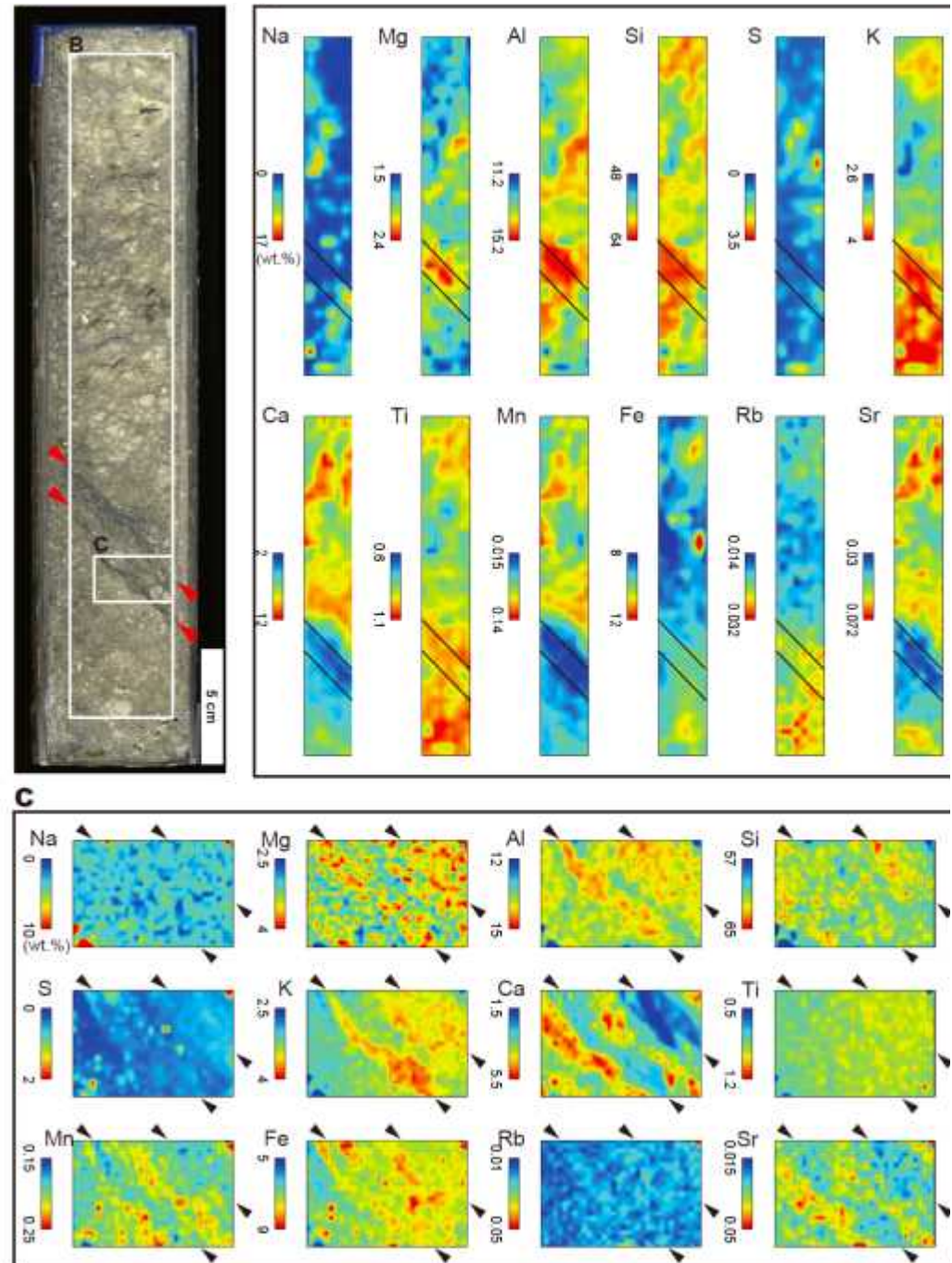
## XRF scanner analysis of C0004 (splay fault) microbreccia fault zone

- Fault zone enriched in Al, K, Fe, depleted in Ca, Sr
- Increased illitization relative to surrounding host rock

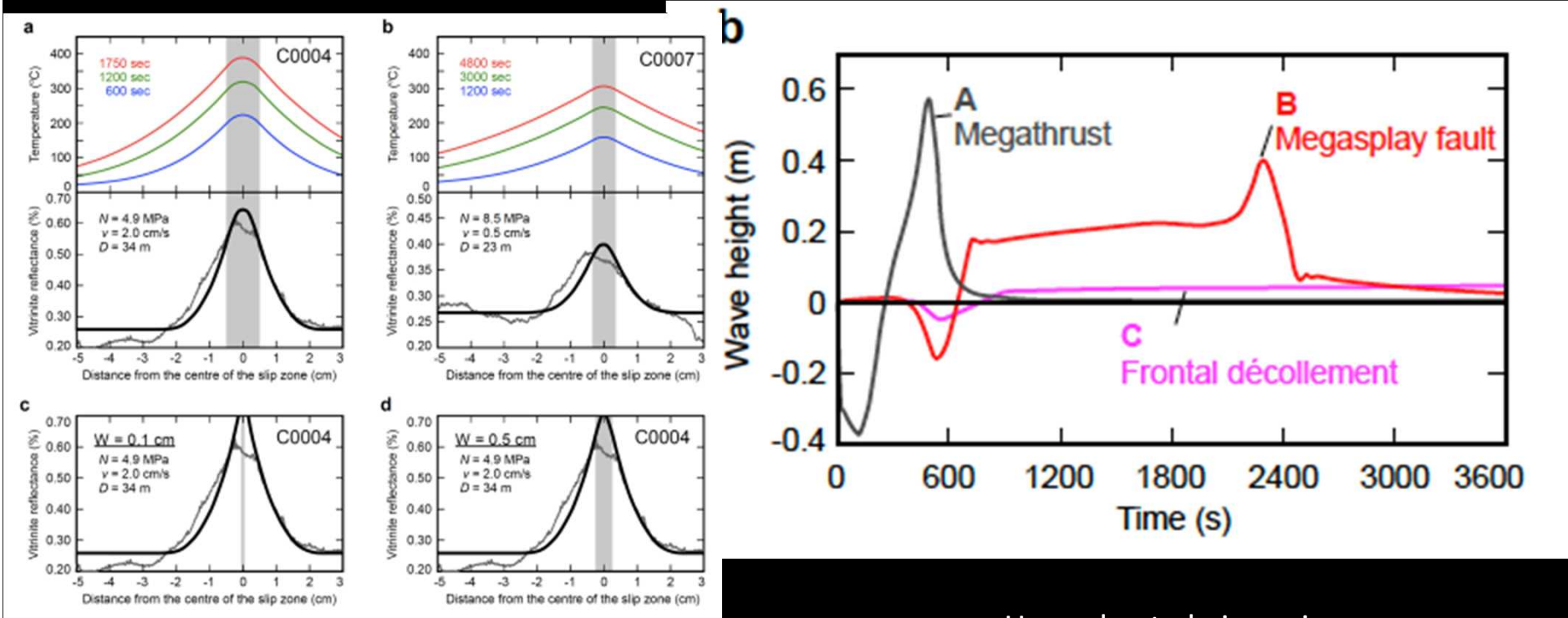
Represents additional evidence of possible frictional heating and mechano-chemical clay mineral alteration even in shallow (~ 400 m) fault.

*Co-seismic slip?*

*Yamaguchi et al., Geology, 2011*



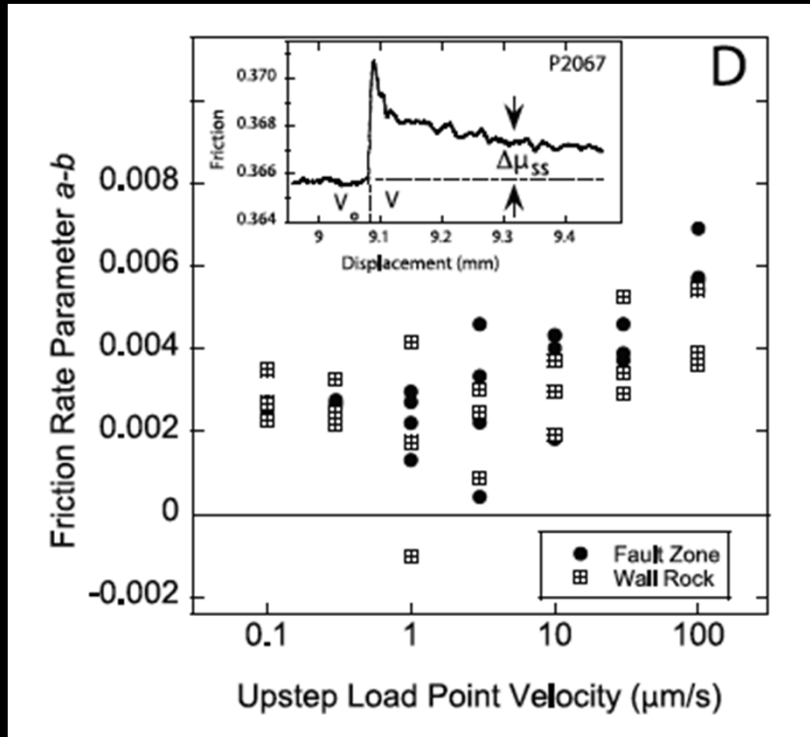
# Verification for tsunamigenesis



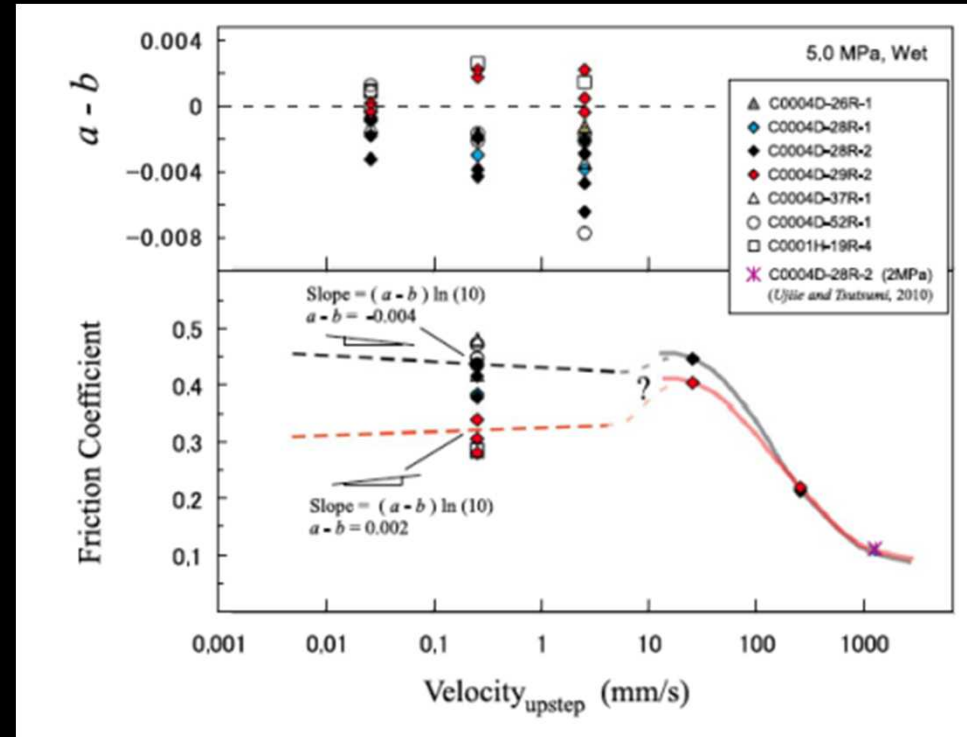
; Hamada et al., in review

Heating evidence  
and slip calculation

# Low-velocity friction studies confirm shallow faults are velocity strengthening, but ...



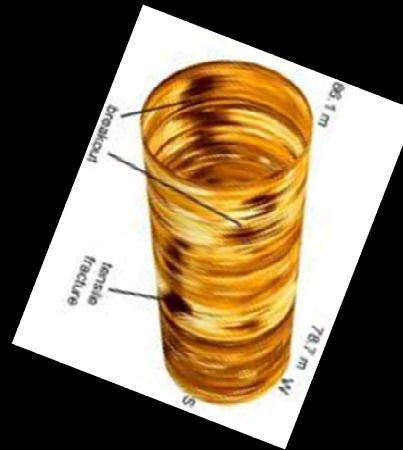
*Ikari et al., 2009*



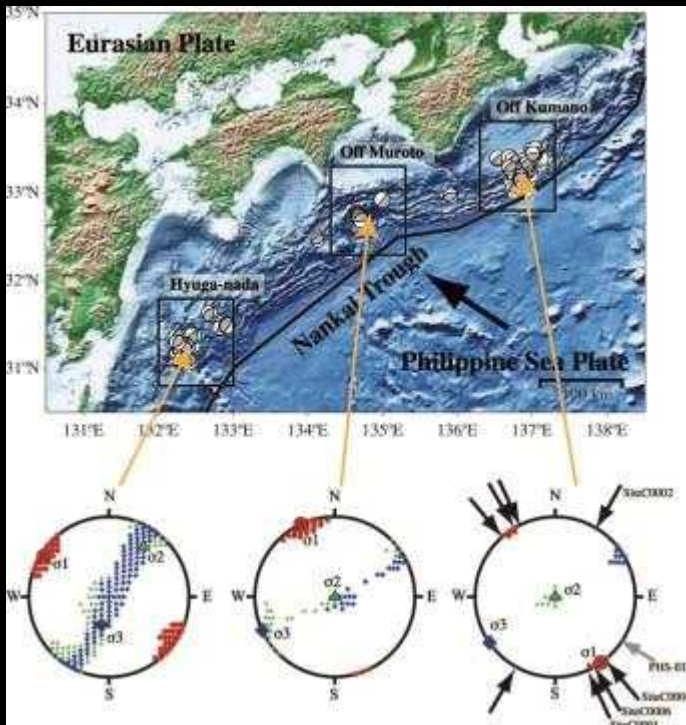
*Tsutsumi et al., 2011*

# VLF EQs and stress field in shallow subduction zone

Borehole resistivity image



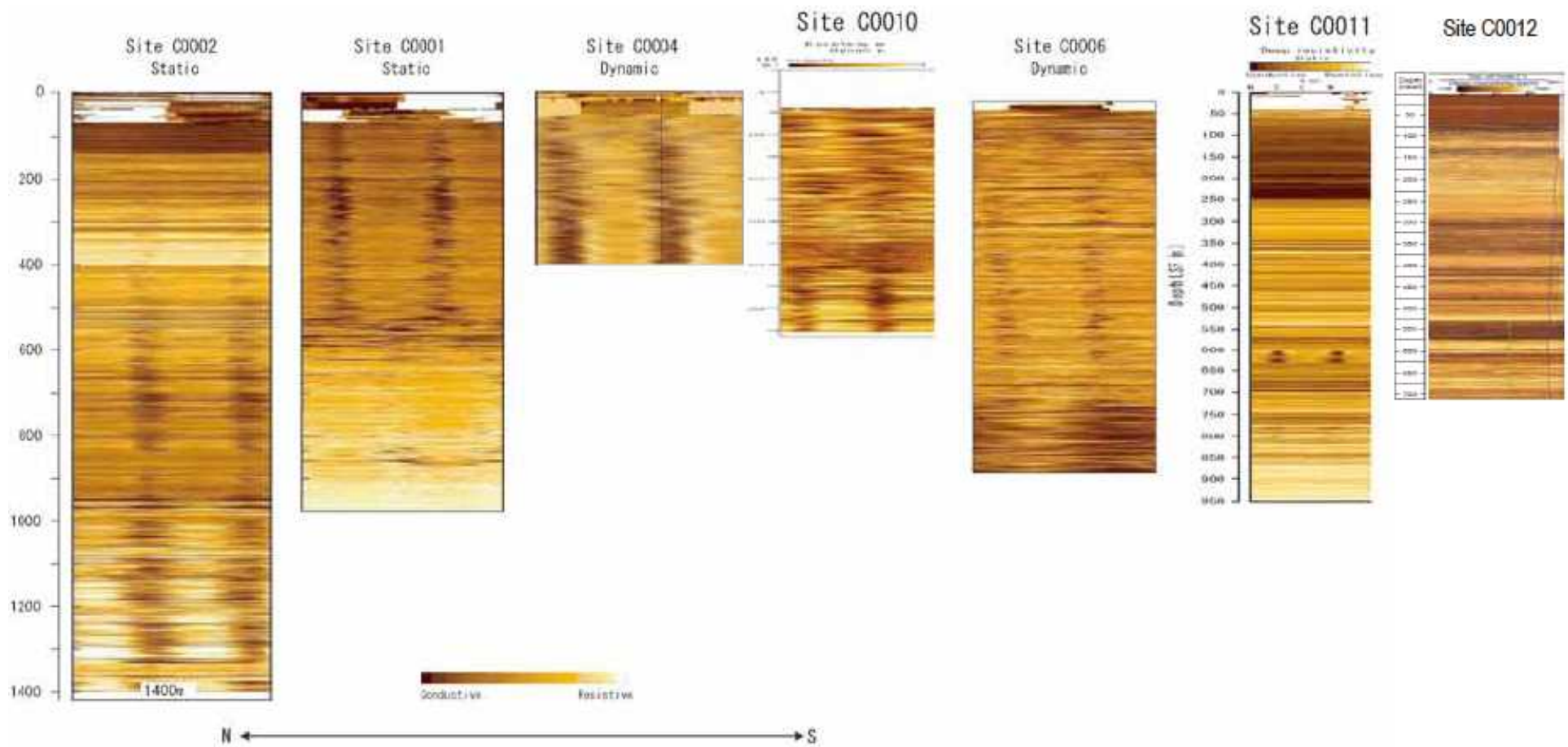
Stress tensor estimation

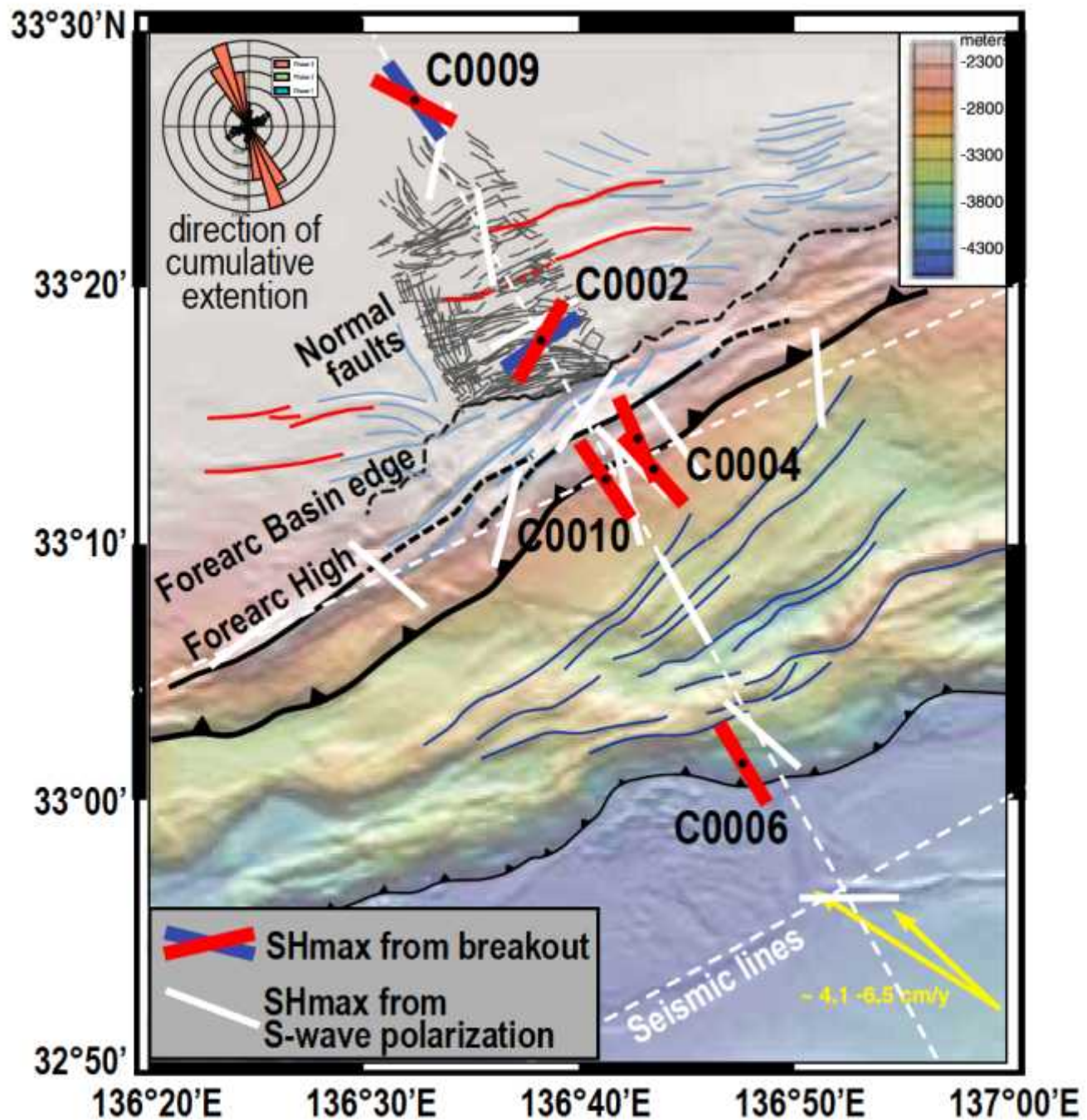


Ito et al. (GRL, 2009)

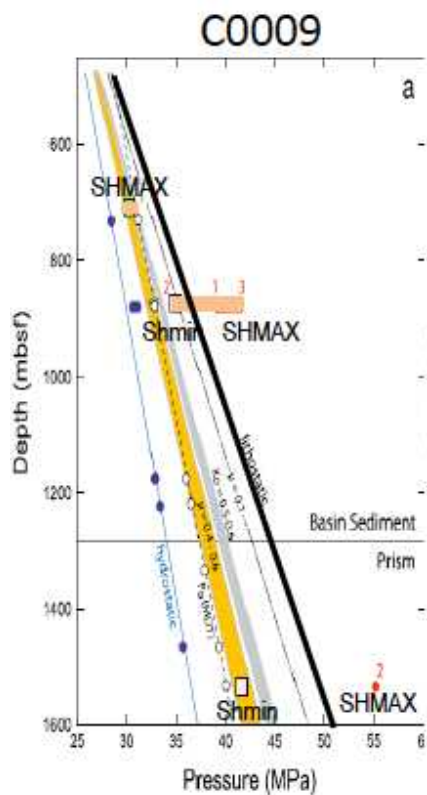


Chang et al.  
(G-cubed, 2010)

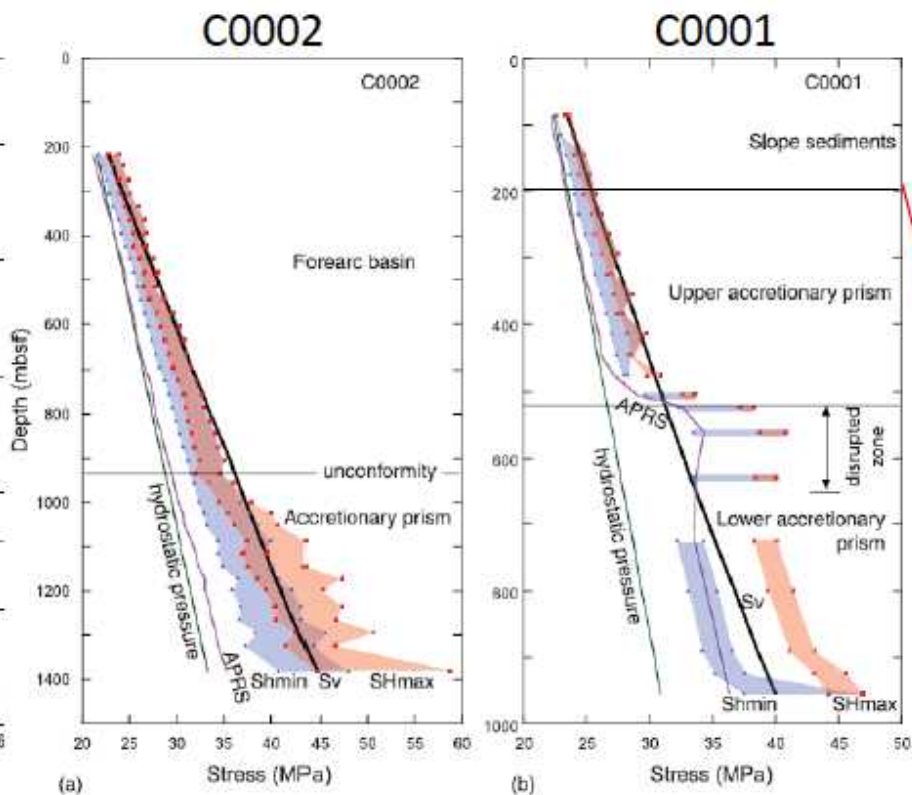




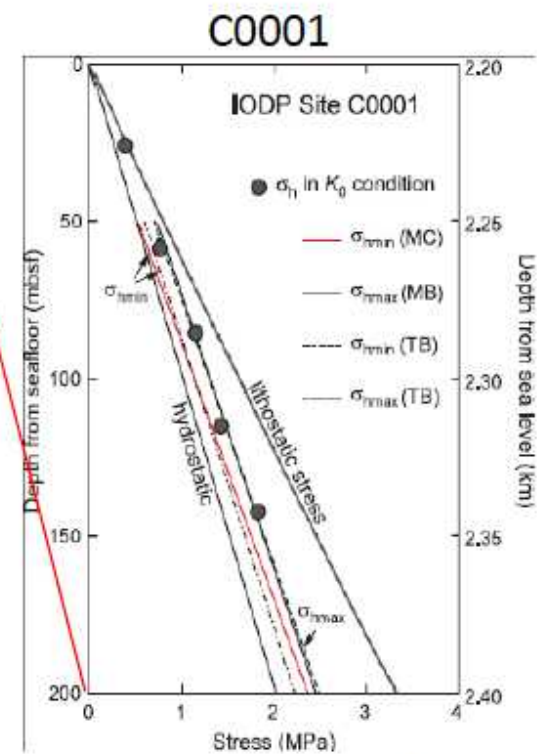




(Saffer et al., 2013)

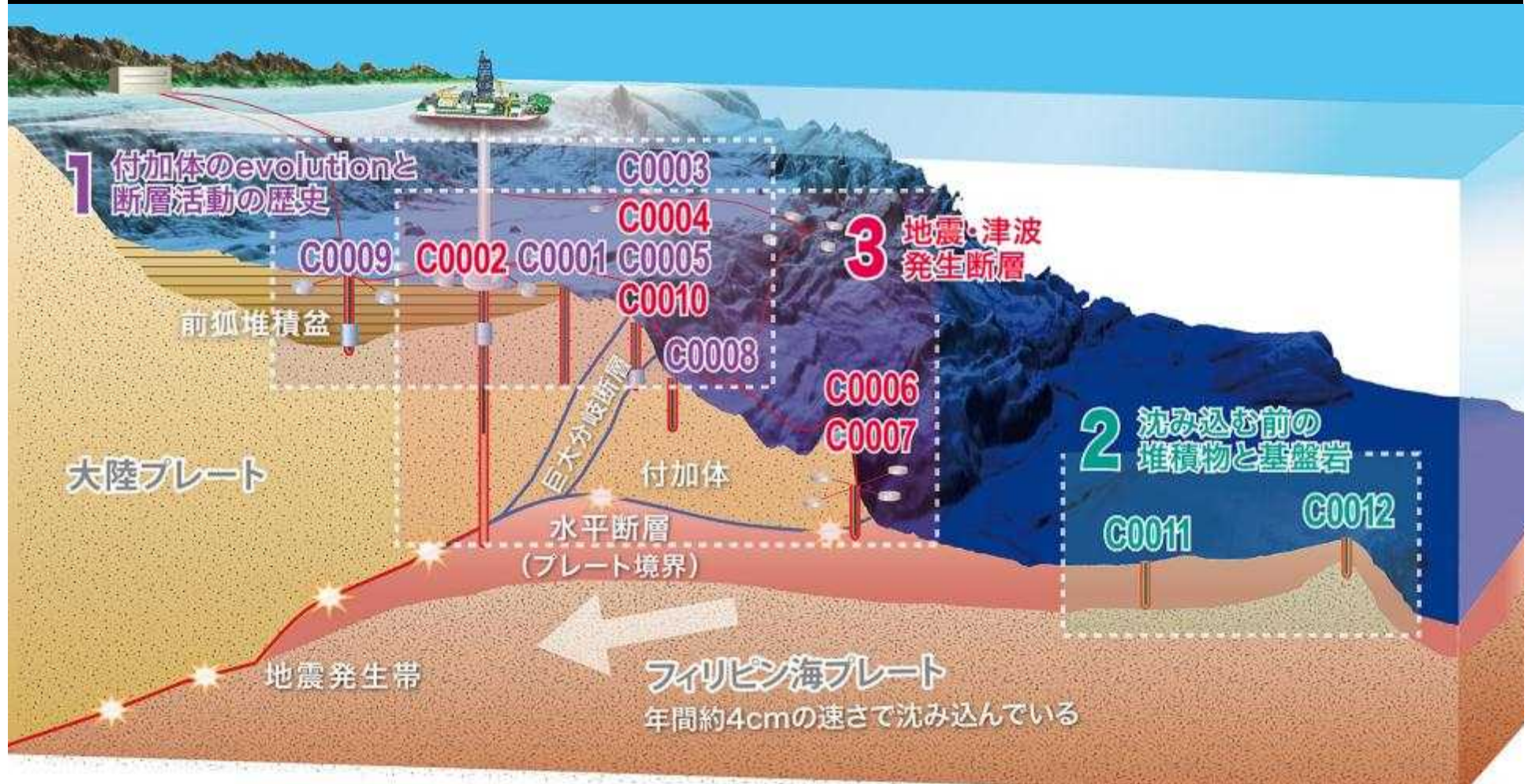


(Chang et al., 2010)



(Song et al., 2011)

1. 付加体の進化と断層活動の歴史
2. 沈み込む堆積物と基盤岩
3. 地震・津波発生断層
4. 地震観測の現状と展望



# 南海トラフ沿いの大規模地震の 予測可能性に関する調査部会

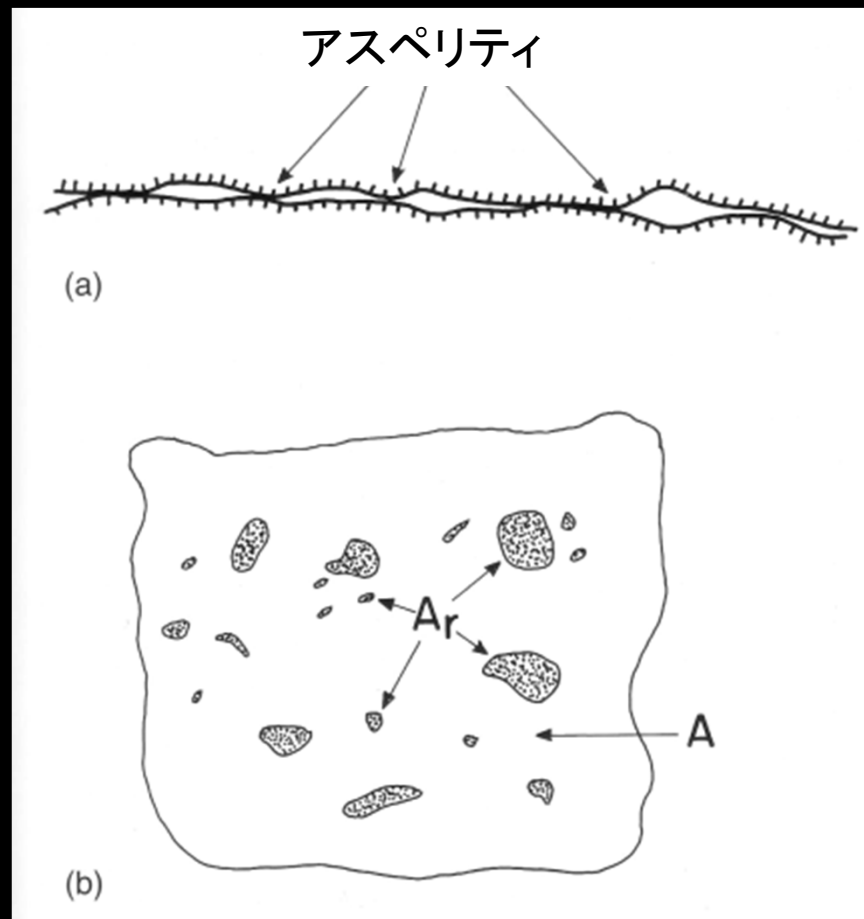
報告（平成25年5月28日公表）

- ①地震の発生時期等を確度高く予測することは、一般的に困難である
- ②南海トラフ域は、日本海溝域と比べると・・・前駆すべりが生じる可能性が相対的に高い
- ③不確実ではあるが、地震が発生する危険性が普段より高まっている状態、はある

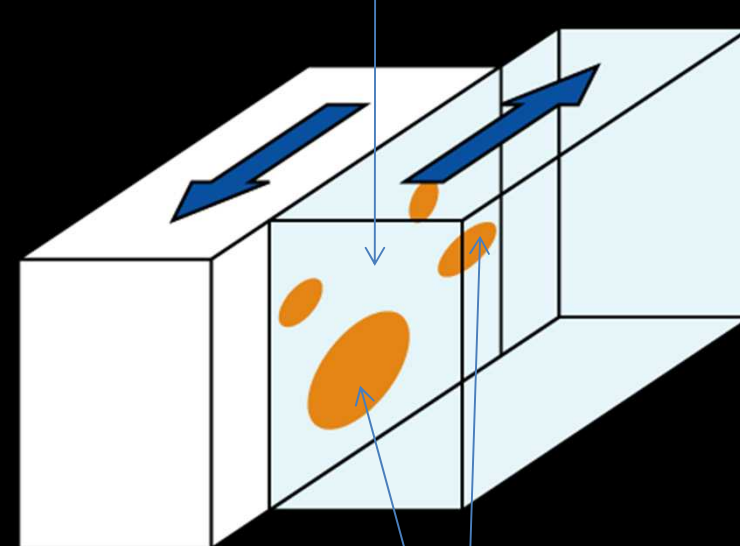
<http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/yosoku/index.html>

# 「固有性」地震の繰り返し

## 摩擦の考え方



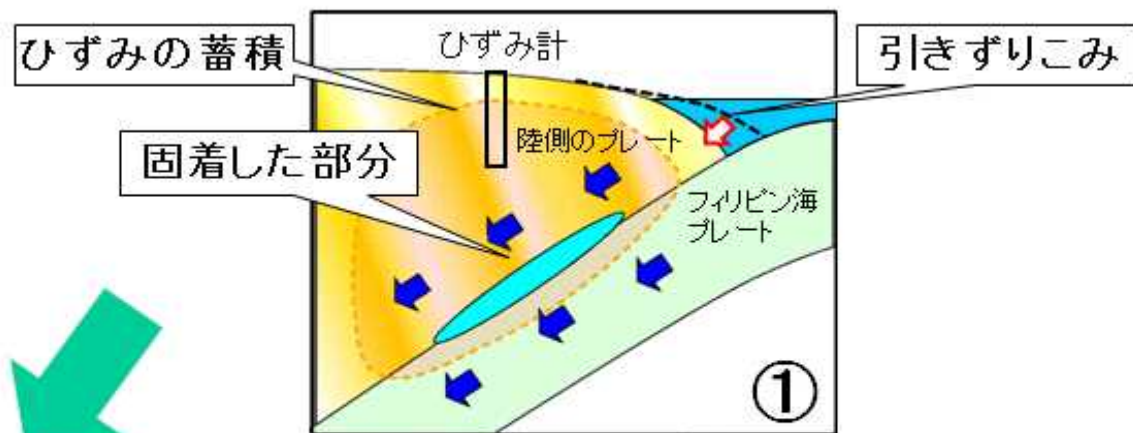
周囲はゆっくりすべる



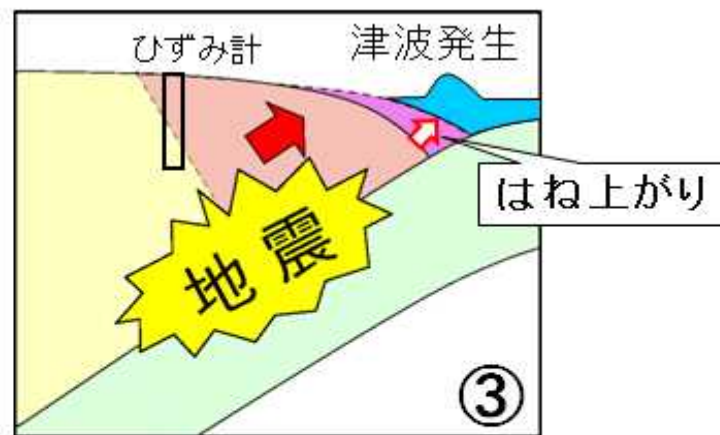
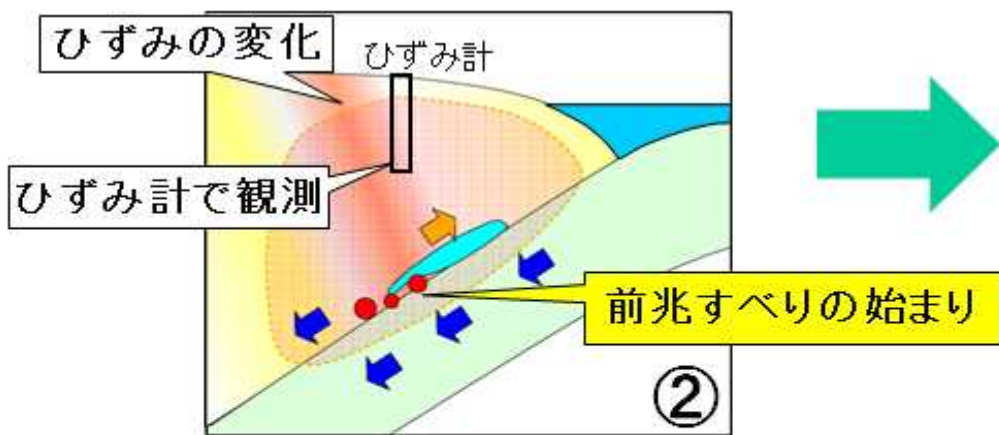
大小さまざまな  
固着領域

# 「プレスリップ」

気象庁webより



フィリピン海プレートの沈み込みにより、陸側のプレートが引きずられ、地下ではひずみが蓄積する。

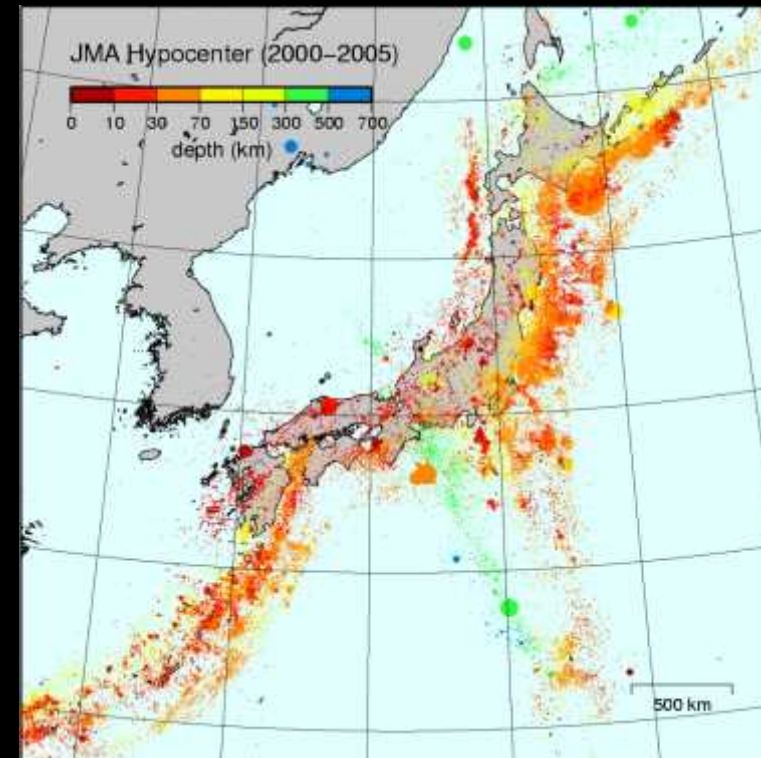


地震発生。

東海地震の前には、この固着していた領域の一部でゆっくりとした「前兆すべり(プレスリップ)」が始まる。

# 固有な地震は予測できる？

- 長期確率はもちろん直前予測だって！
- 大きな固着域が壊れるときには大きな前兆あり
- 大地震は、破壊すべりの始まり方が違うのだから...



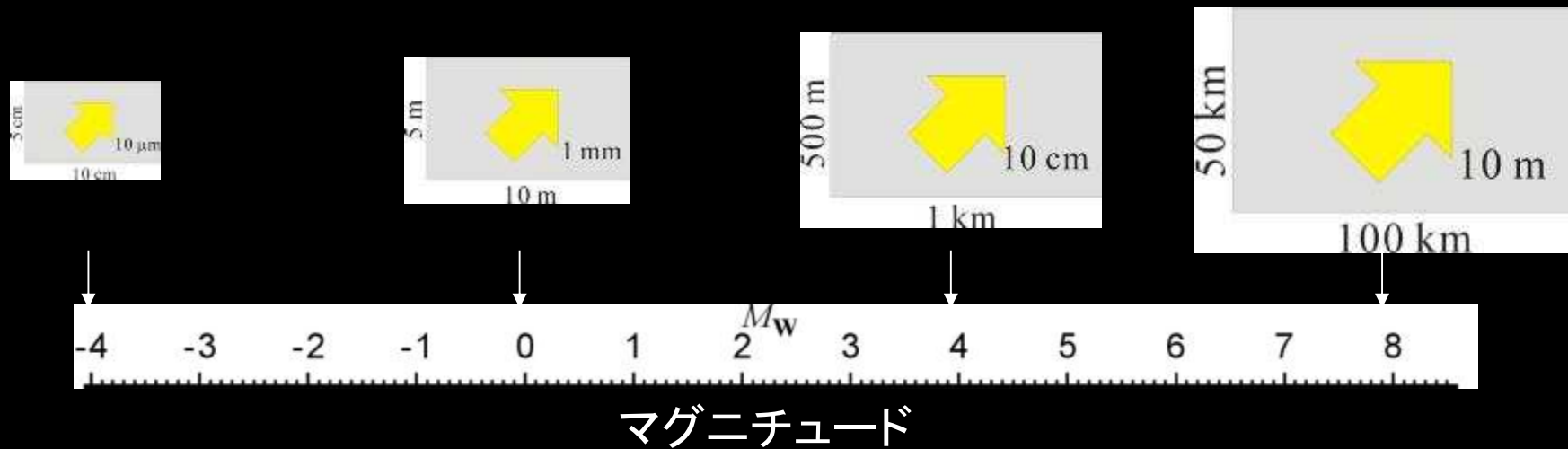
# 破壊すべりは「相似」

長さ  
幅  
すべり量  
継続時間

すべて比例するなら相似形

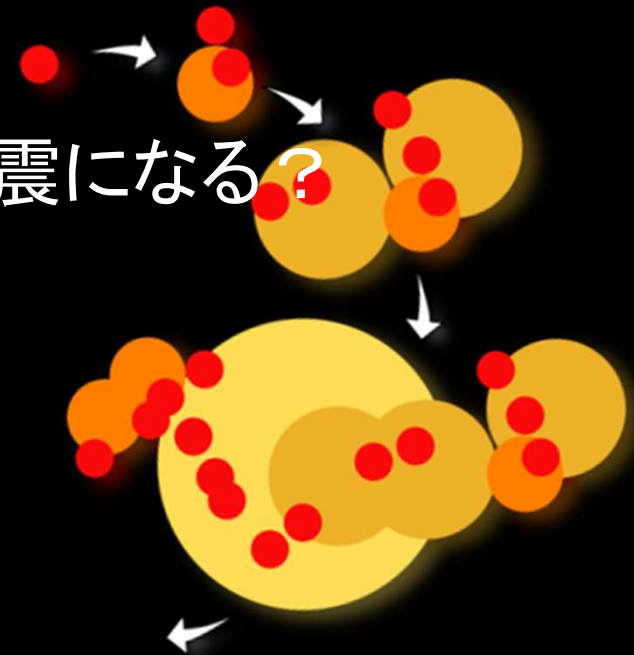
長さ  $\propto$  幅  $\propto$  すべり量  $\propto$  継続時間

地震に特別なサイズはない



# 地震は「階層的」連鎖プロセス

- 地震は相似的、連鎖的に大きくなる
  - 日本の地震は5分に1回おきる
  - どれが大地震になるかはわからない
  - 特徴的なサイズはない
  - どんな地震も有限確率で超巨大地震になる？

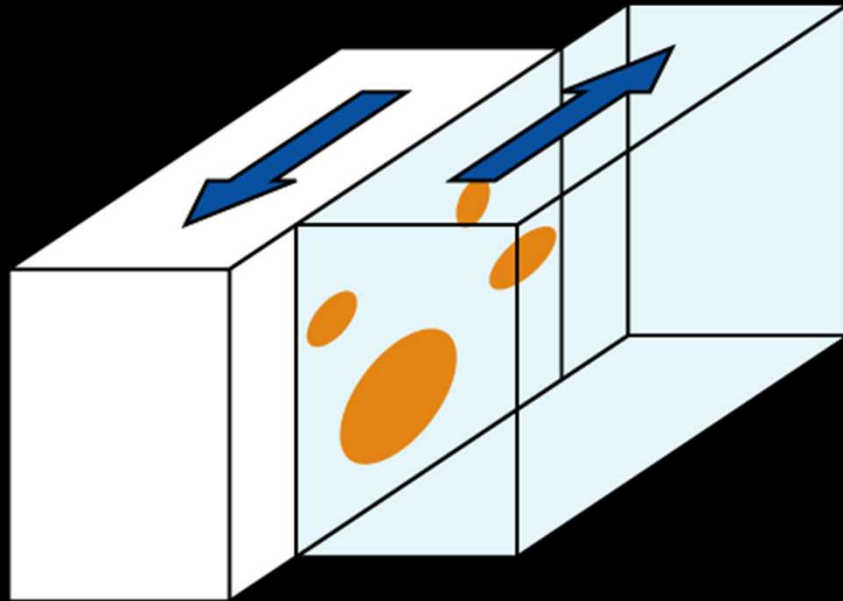


地震の予測可能性はほぼなし  
頻度予測のみ

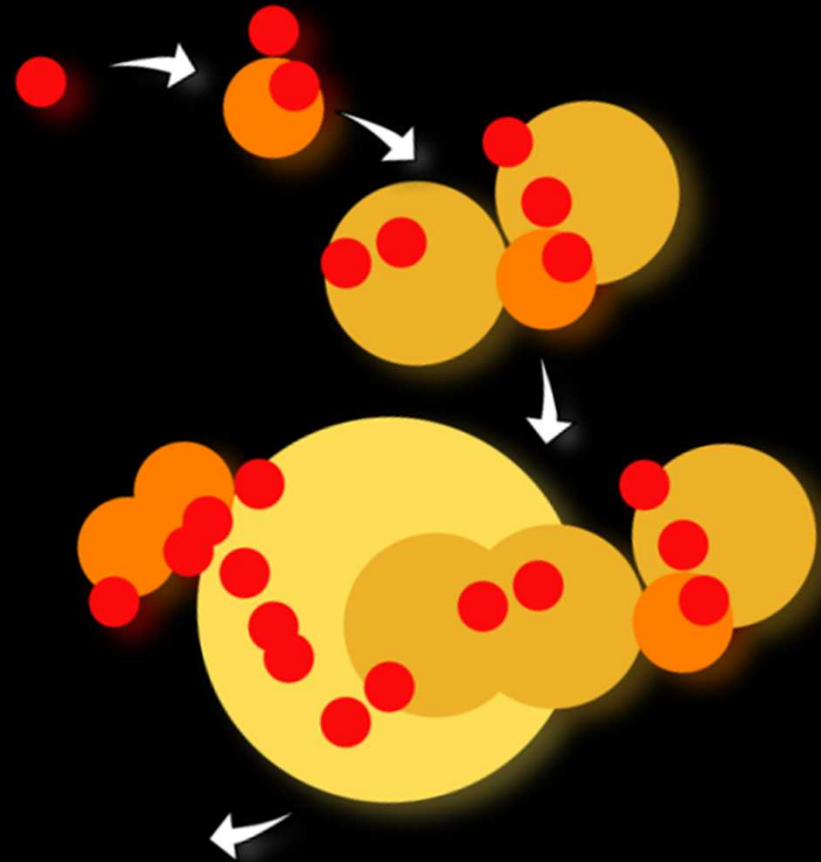
①地震の発生時期等を確度高く予測することは、一般的に困難である



# 地震の固有性と階層性



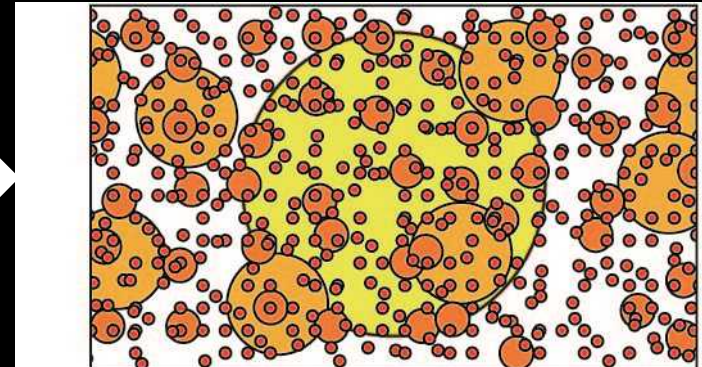
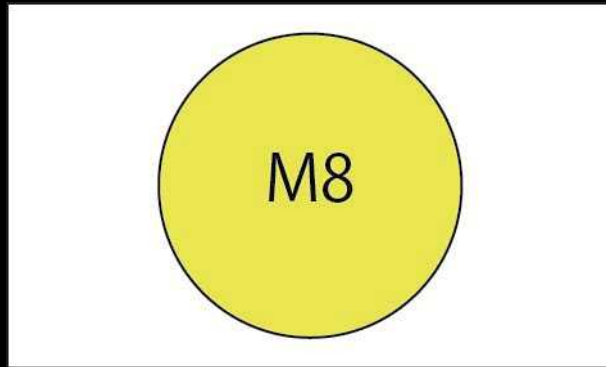
地震はくりかえす



地震はランダム

# 地震発生場の特徴づけ

(Ide, 2013, Nature Geoscience等)



M8 M7 M6 M5

固有的

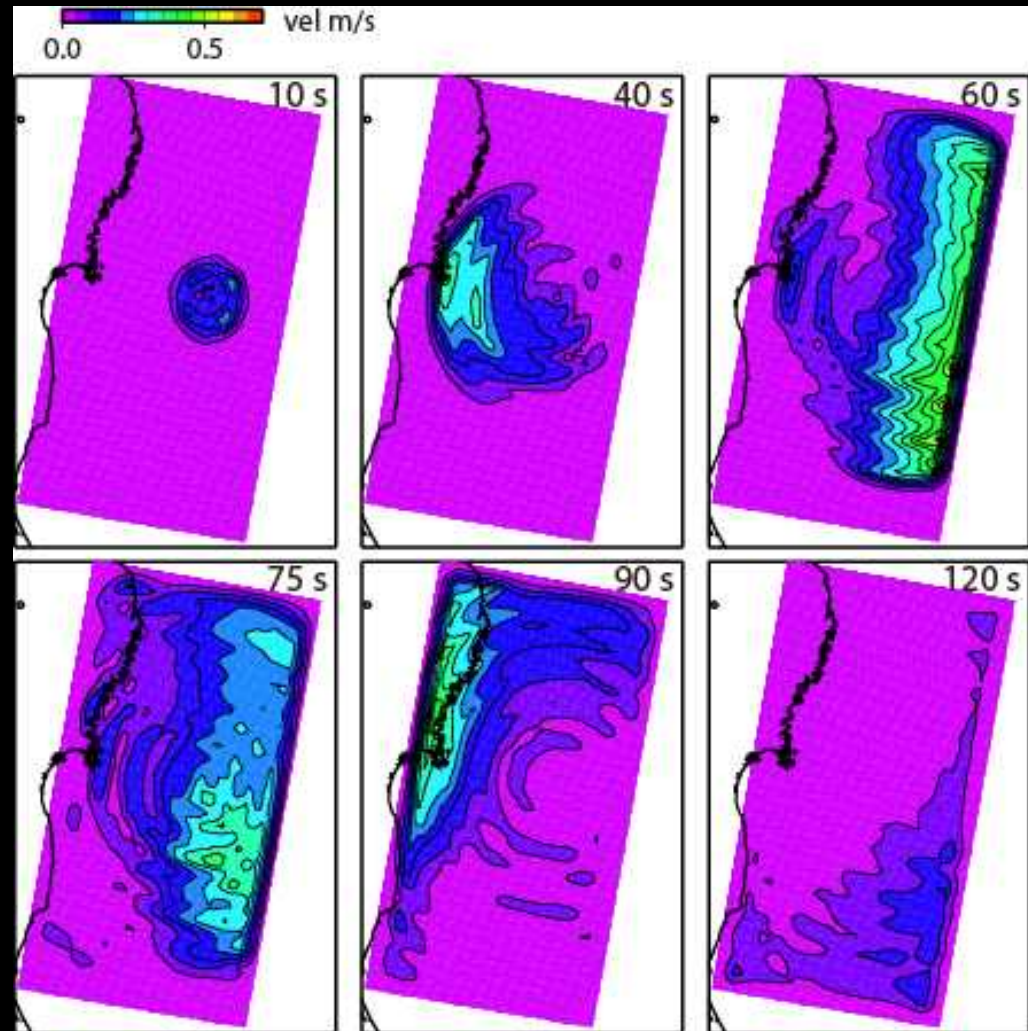
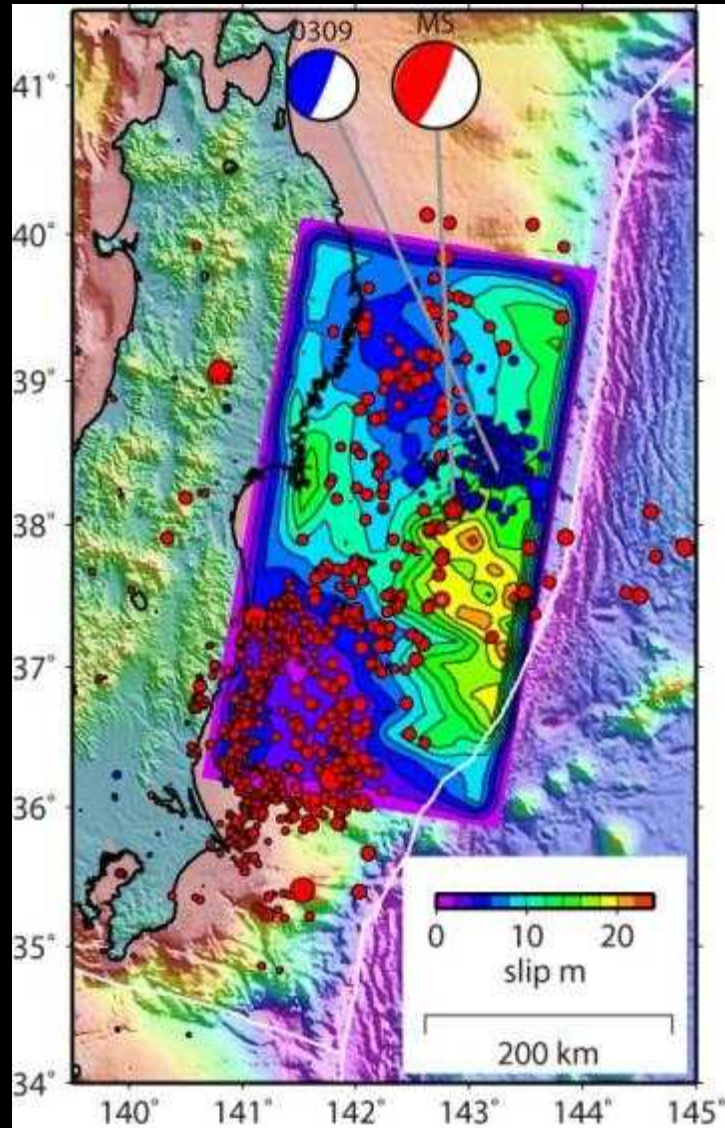
階層的

出現しやすい	←	プレスリップ	→	出現しない
低い	←	地震活動	→	高い
ある?	←	ゆっくり地震?	→	ない?

	南海	東北	伊豆	
米国北西部	チリ	スマトラ	千島	マリアナ

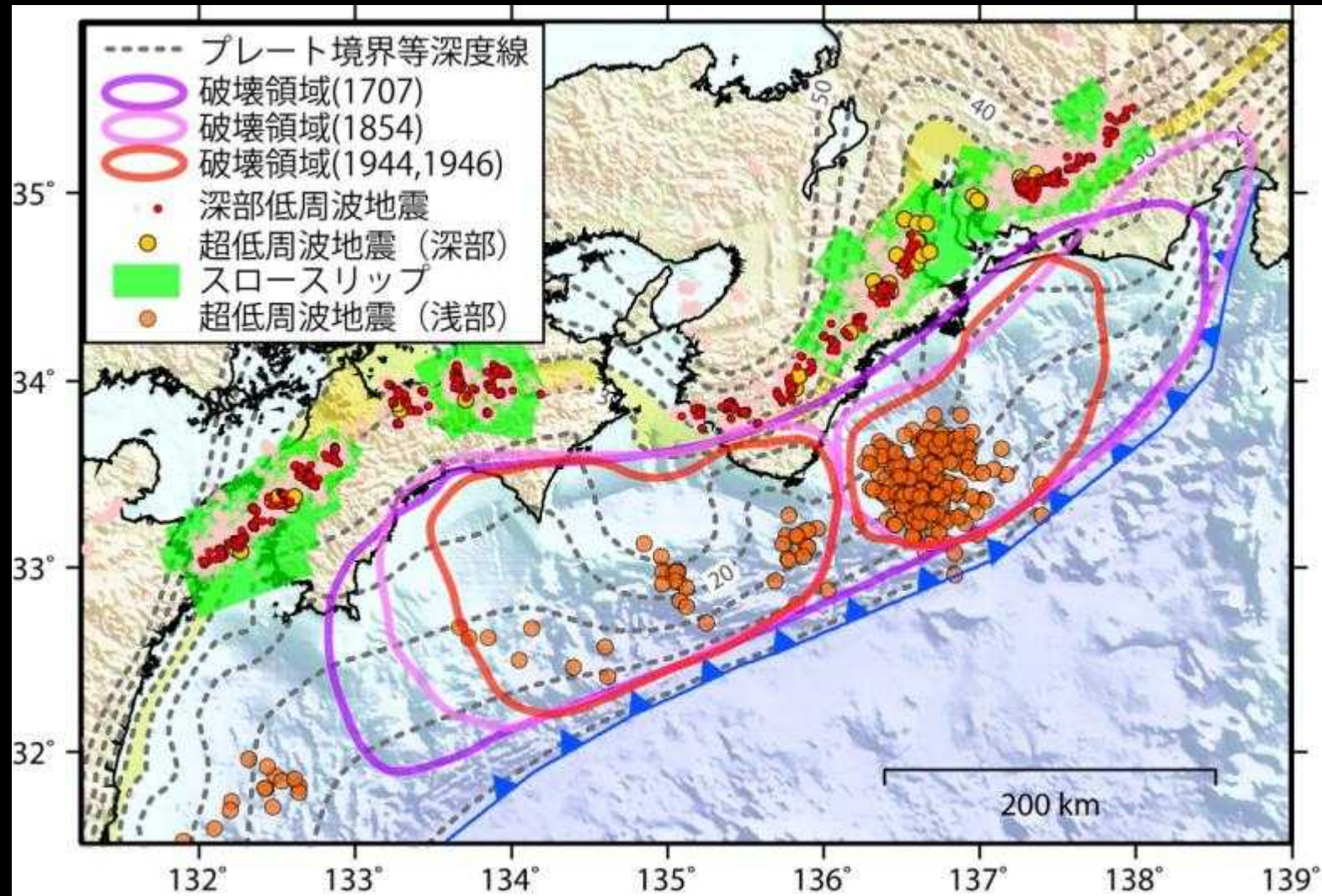
②南海トラフ域は、日本海溝域と比べると・・・  
前駆すべりが生じる可能性が相対的に高い

# 東北沖の「階層性」破壊すべり

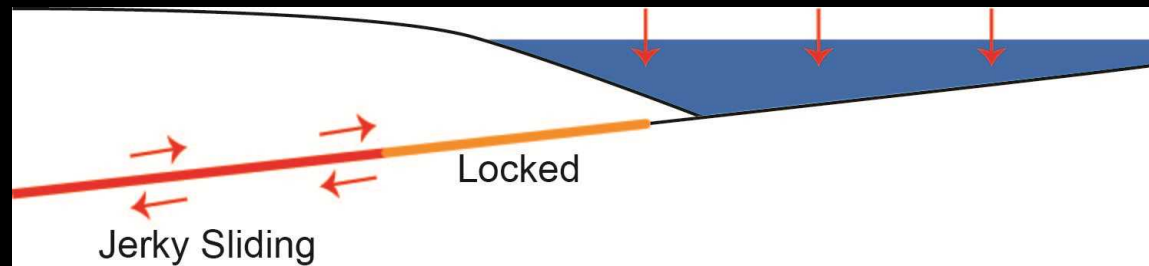
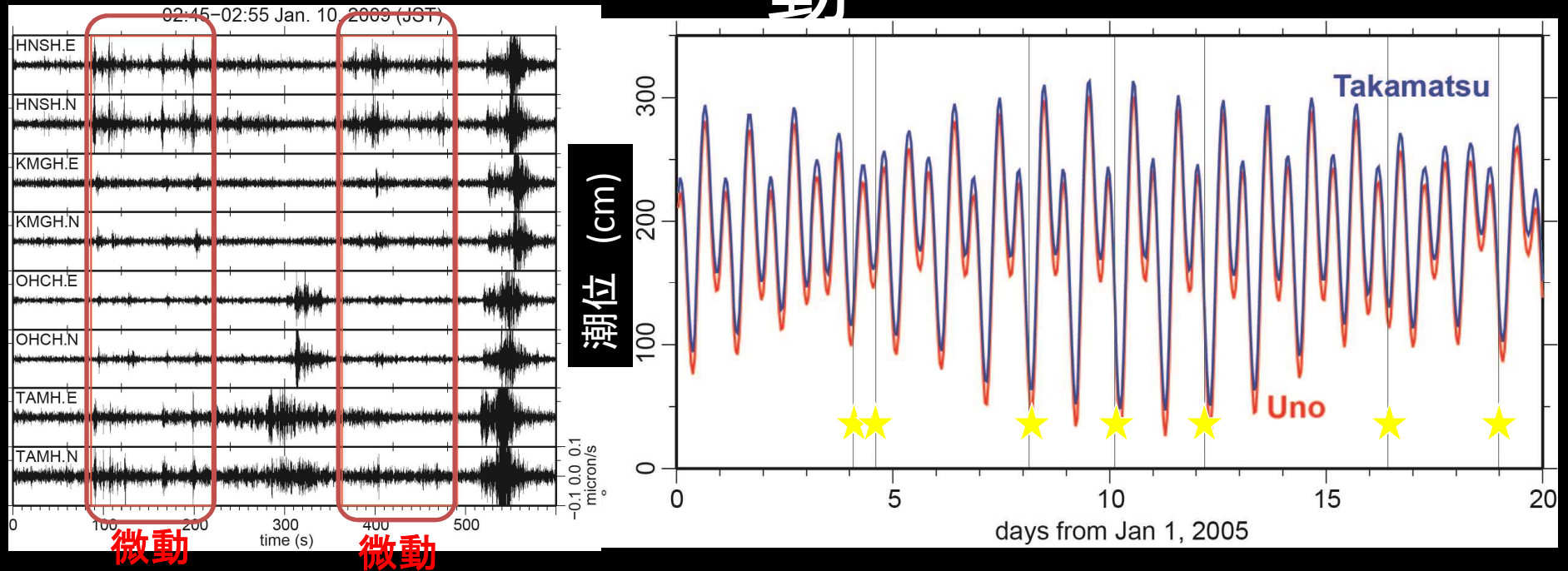


(Ide et al., 2011, Science) 56

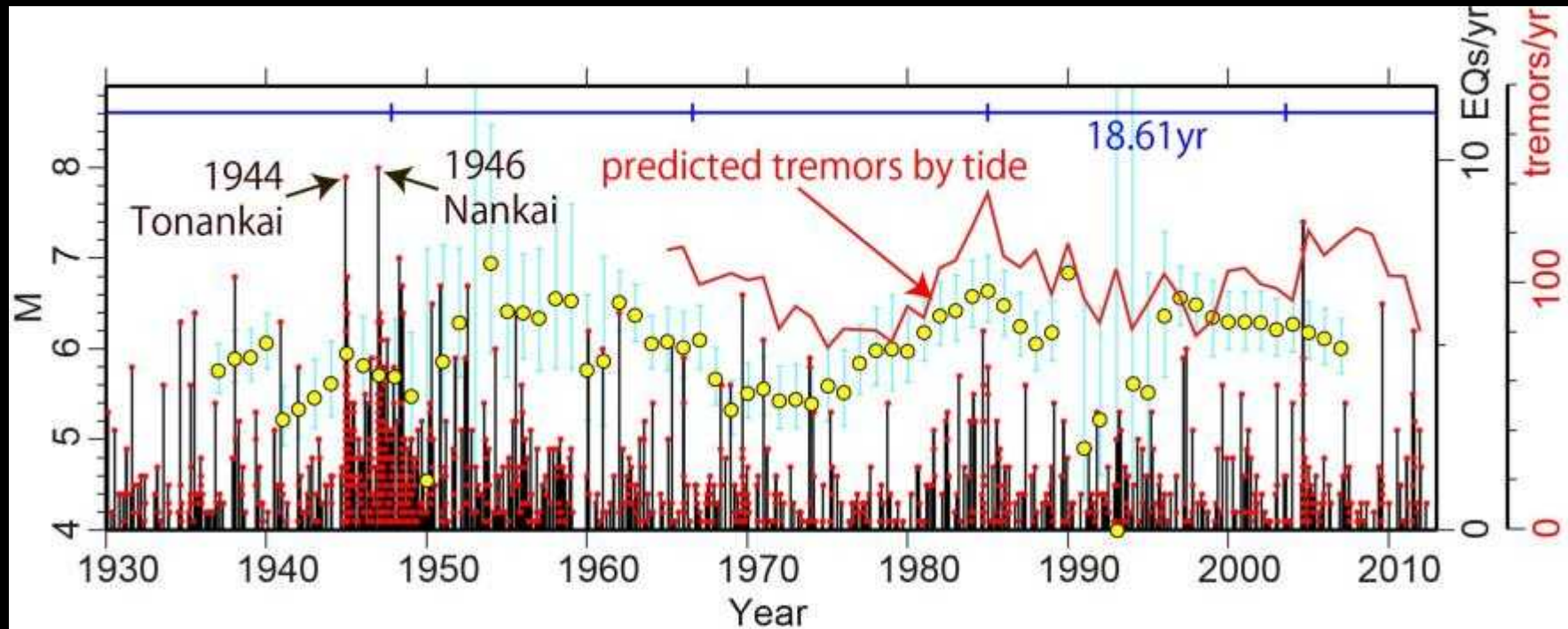
# 南海の「固有性」と「ゆっくり地震」



# 潮汐によって引き起こされるプレート運動



# 地震活動と潮汐によるプレート運動予測

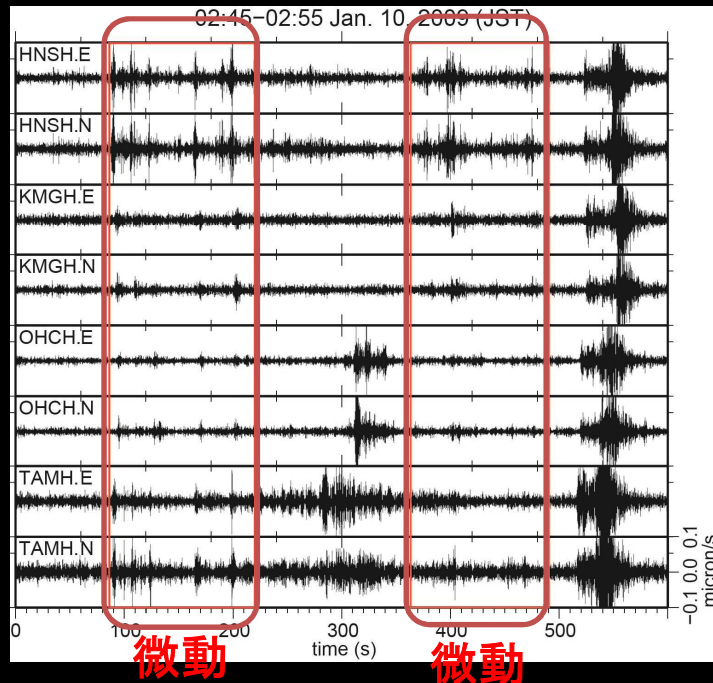


③不確実ではあるが、地震が発生する危険性が普段より高まっている状態

# 地震物理学と地震の予測可能性

- わかってきたこと
  - ①地震の発生時期等を確度高く予測することは、一般的に困難である
  - ②南海トラフ域は、日本海溝域と比べると・・・前駆すべりが生じる可能性が相対的に高い
  - ③不確実ではあるが、地震が発生する危険性が普段より高まっている状態、はある
- 地震の固有性、階層性の基礎メカニズムの理解
- 「ゆっくり地震」の観測は有力な情報源

# 日本の地震観測研究体制の問題点



- 公開データ

- 高感度地震観測網Hi-net @NIED
- 広帯域地震観測網F-net @NIED
- GNSS連続観測網Geo-net @地理院
- 一部海底地震計データ @JAMSTEC

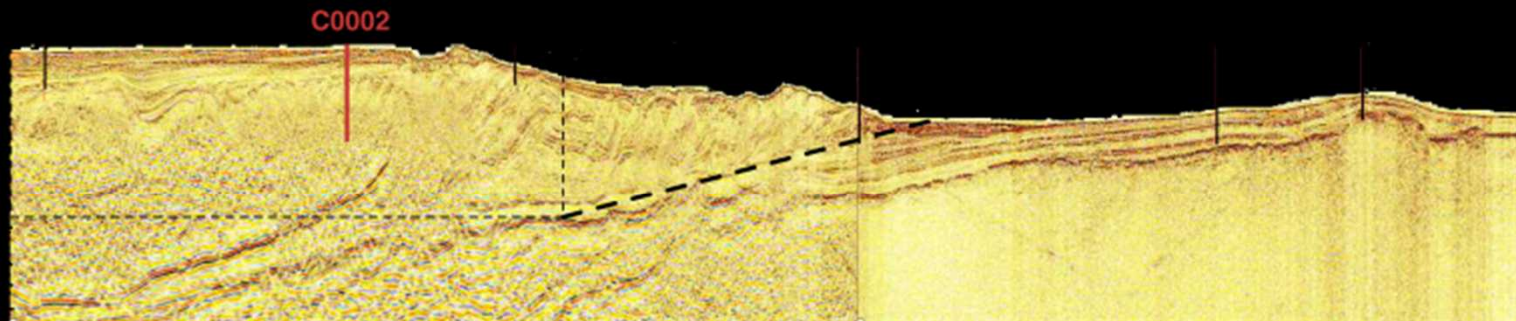
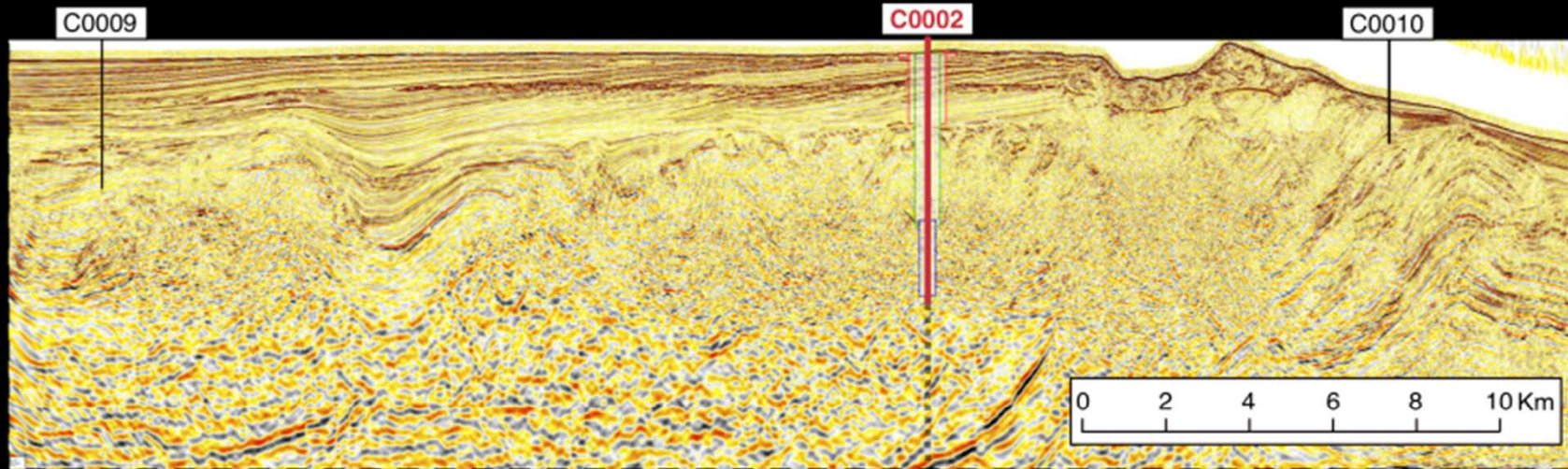
- 非公開データ

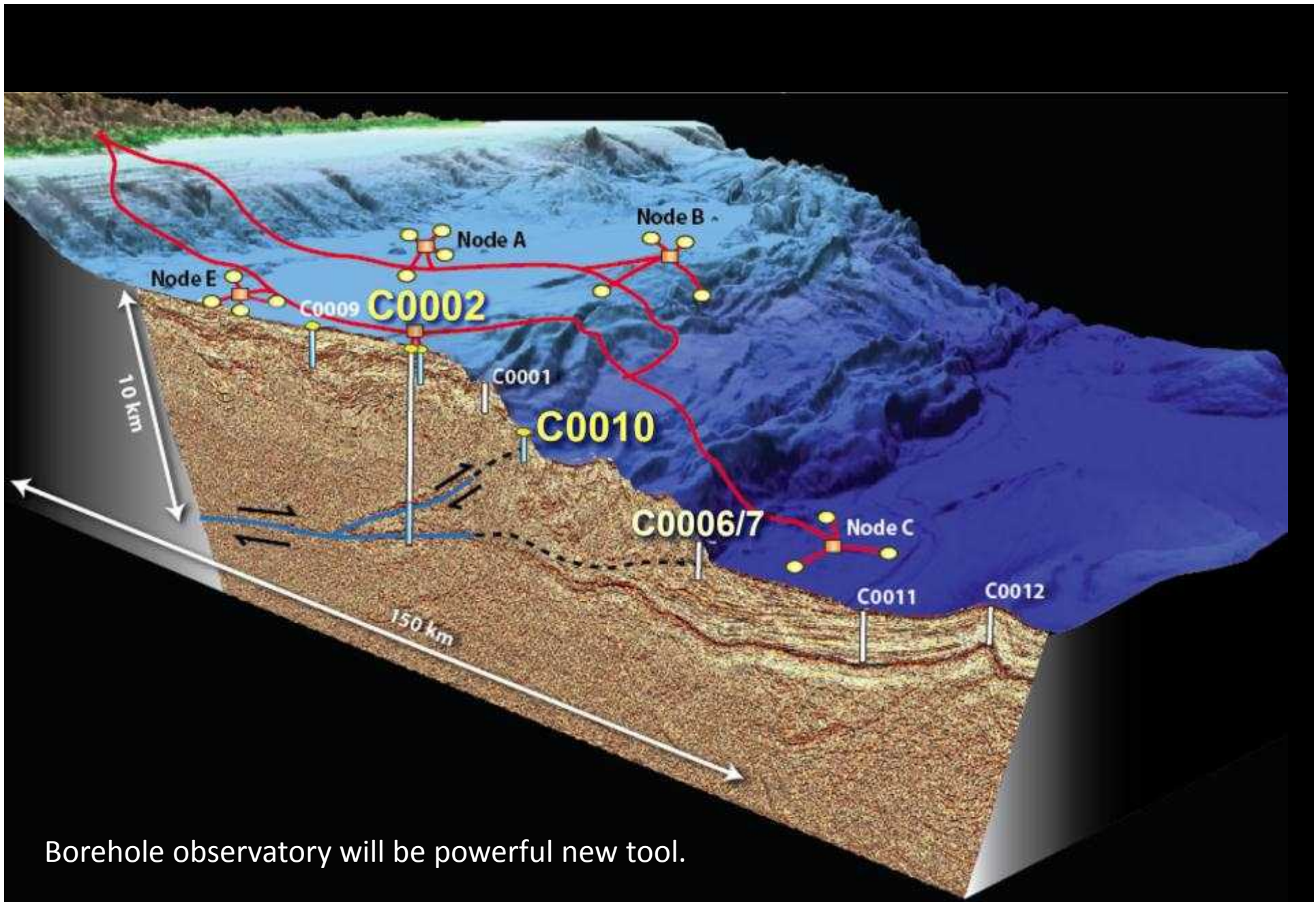
- 全国傾斜計ネットワーク @NIED
- 地震津波観測システムDONET @JAMSTEC
- ほぼすべてのプロジェクト取得データ

貴重なデータは一部研究者に消費され(消費もされず)失われる  
データ公開ポリシーの不明確な研究を推進してはいけない



# A final target of the NantroSEIZE





Borehole observatory will be powerful new tool.