

プレート収斂型境界と日本の地質

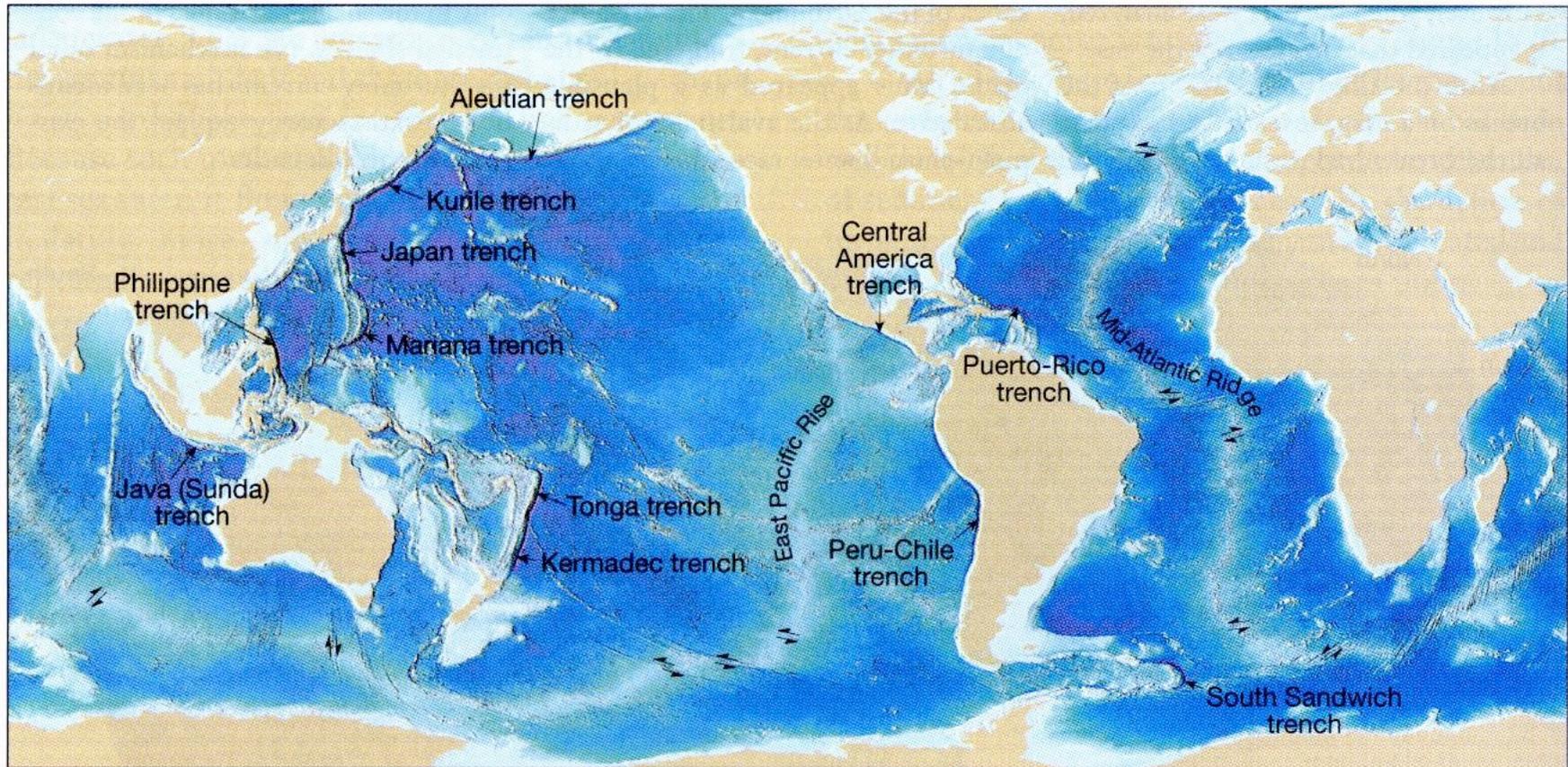
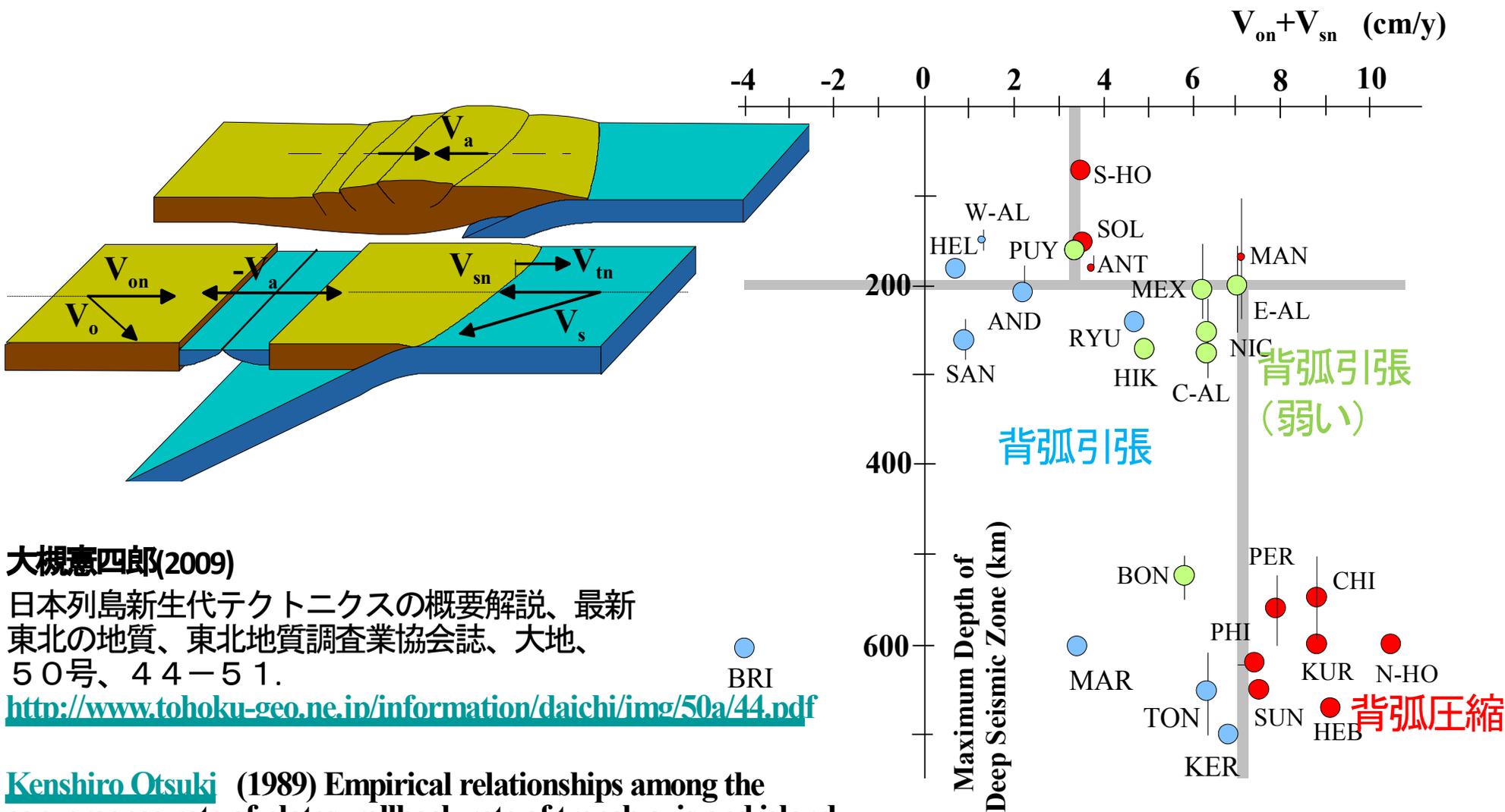


Figure 18.7 Distribution of the world's major oceanic trenches.

プレート収斂型境界の構造と東北日本の地質構造発達史を学ぶ

なぜ、ある島弧は圧縮され、他の島弧の背後は拡大するのか？



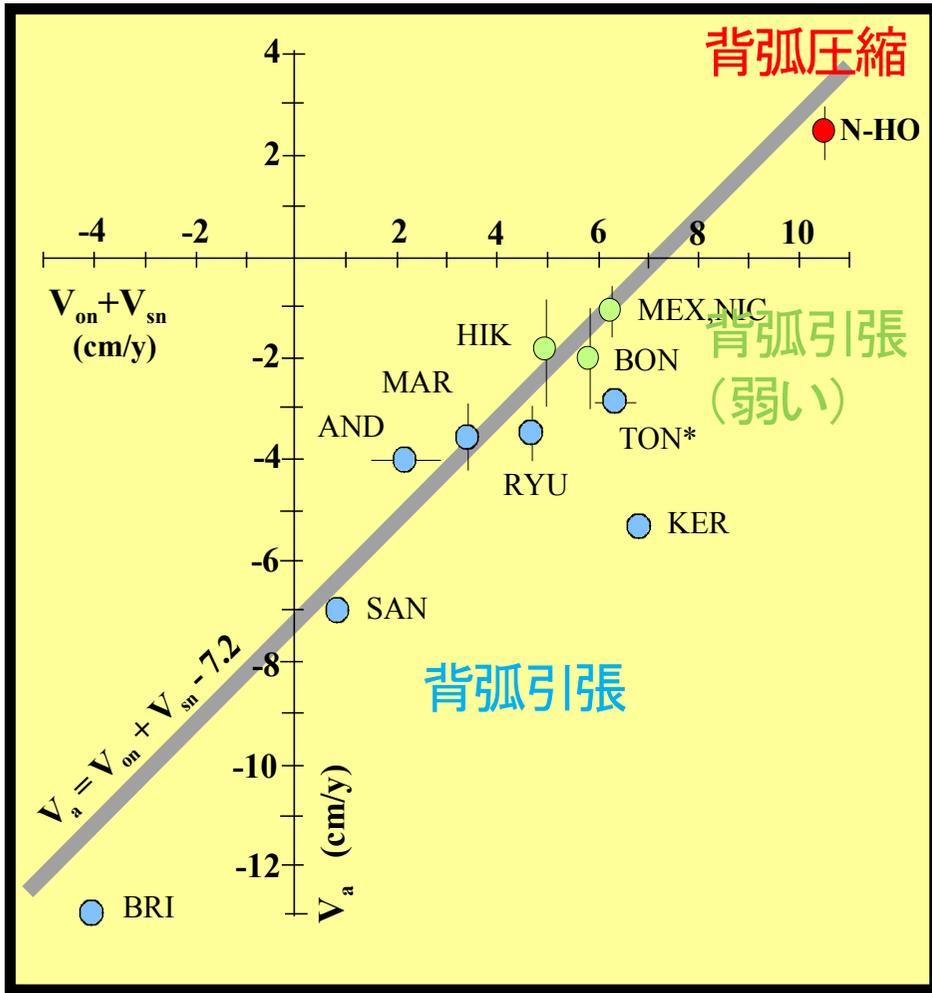
大槻憲四郎(2009)

日本列島新生代テクトニクス of 概要解説、最新
東北の地質、東北地質調査業協会誌、大地、
50号、44-51.

<http://www.tohoku-geo.ne.jp/information/daichi/img/50a/44.pdf>

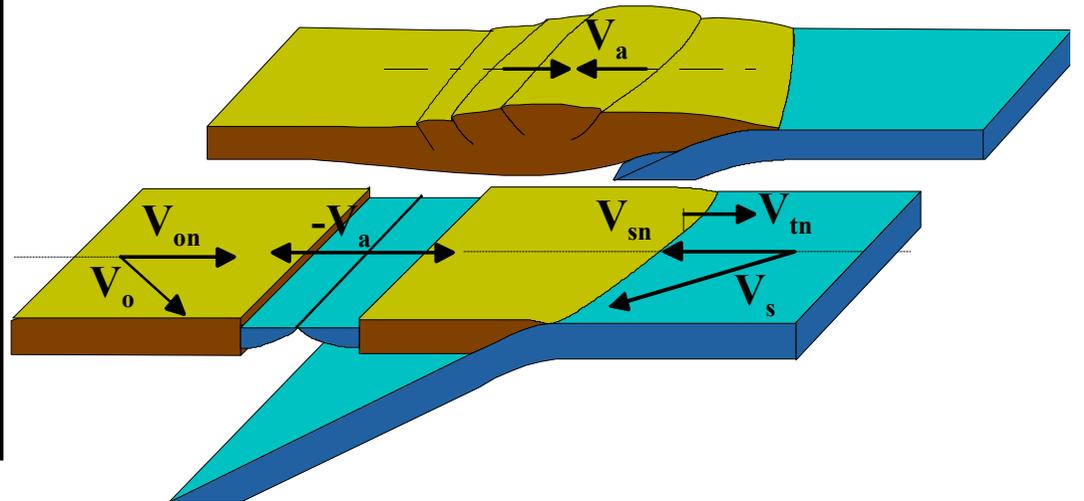
Kenshiro Otsuki (1989) Empirical relationships among the convergence rate of plates, rollback rate of trench axis and island-arc tectonics: "laws of convergence rate of plates". Tectonophysics, Volume 159, Issues 1-2, Pages 73-94.

プレート収斂速度の法則：第1法則

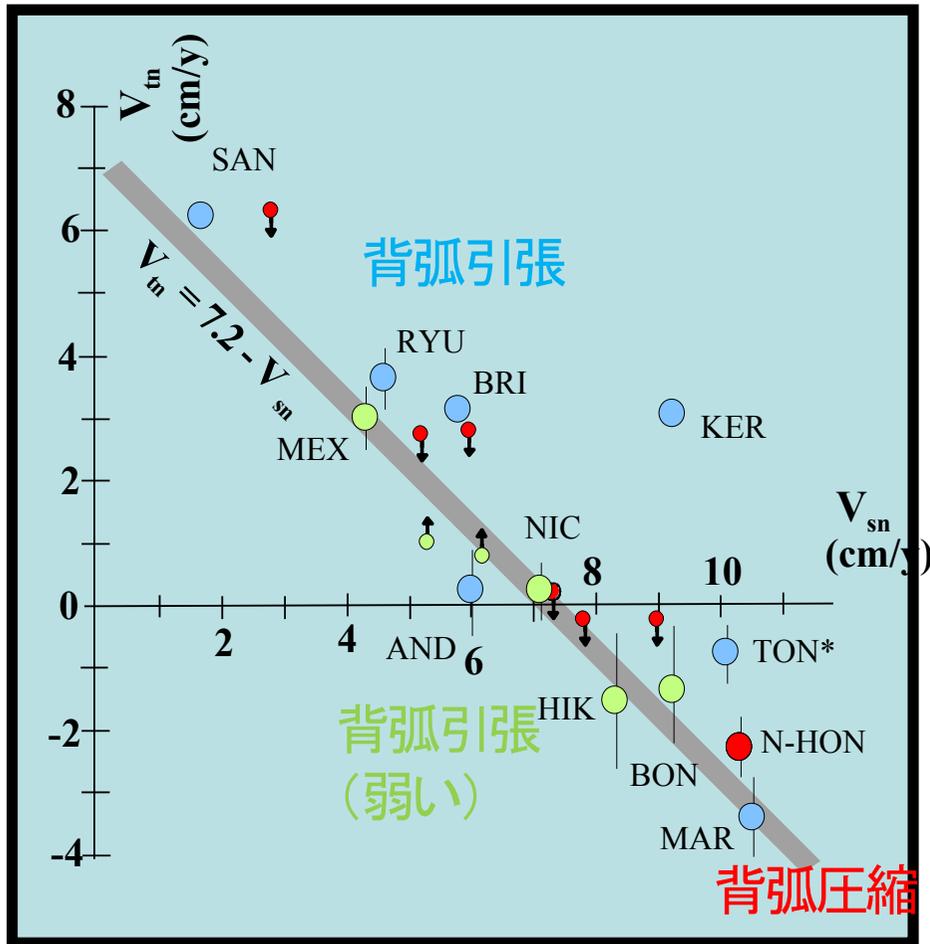


$$V_a = V_{on} + V_{sn} - 7.2 \quad (\text{cm/年})$$

収斂速度 $V_{on} + V_{sn}$ が 7.2 cm/yr より
 大きければ、圧縮境界 ($V_a > 0$)
 小さければ、引張境界 ($V_a < 0$)

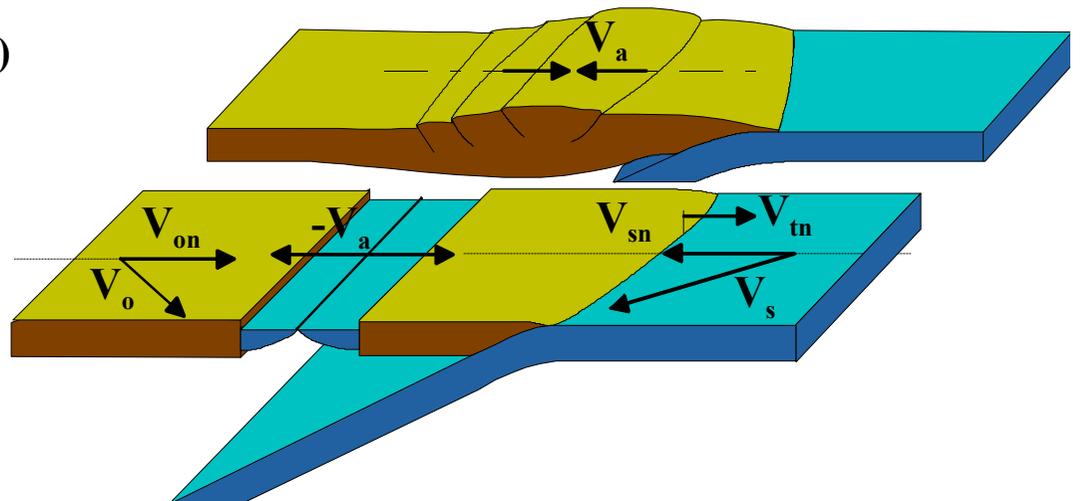


プレート収斂速度の法則：第2法則



$$V_{tn} = 7.2 - V_{sn} \quad (\text{cm/年})$$

下盤側のプレート移動速度 V_{sn} が 7.2 cm/yr より大きければ、海溝軸は陸側に移動 ($V_{tn} < 0$)
 小さければ、海溝軸は海側に移動 ($V_{tn} > 0$)



古地磁気学の原理

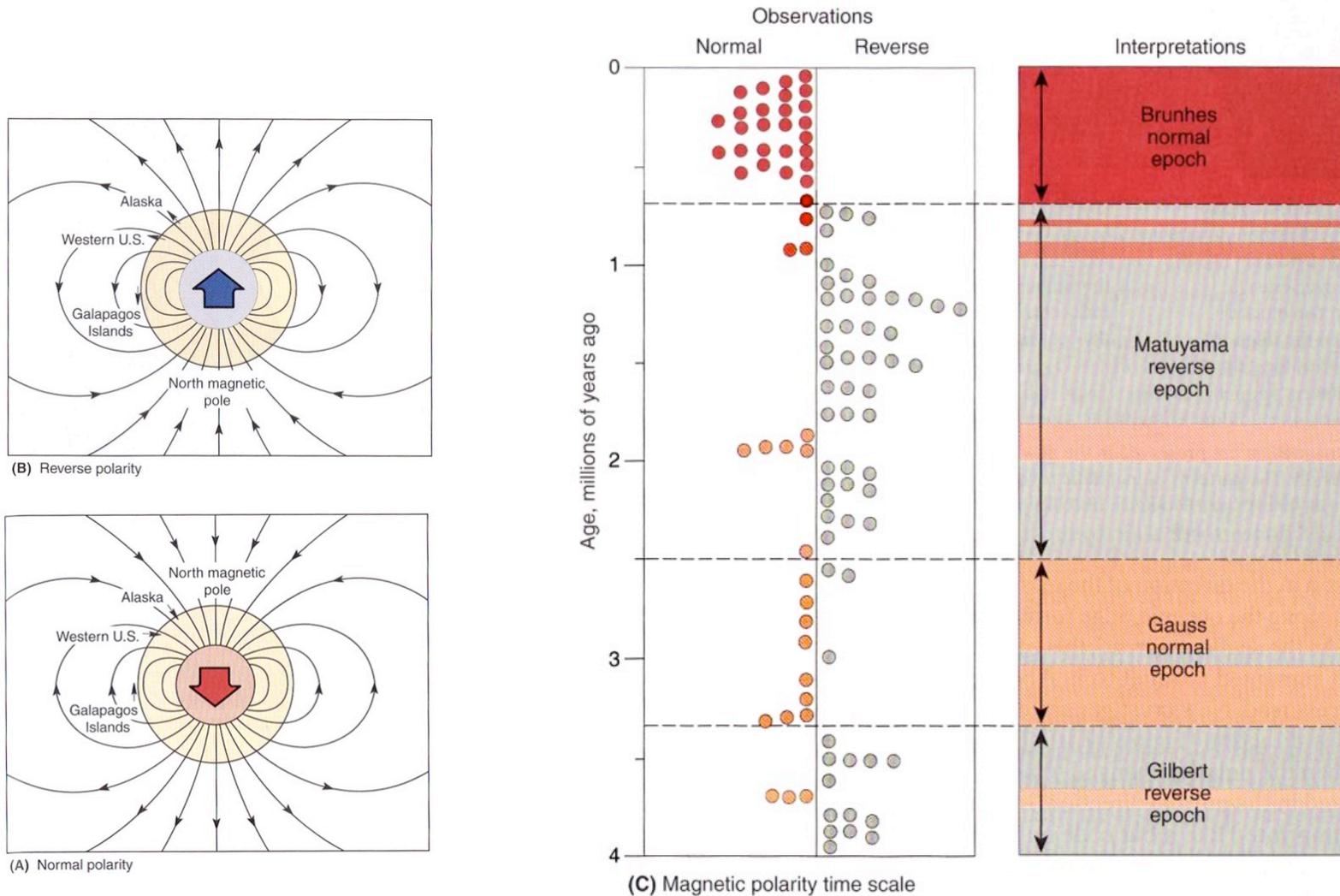
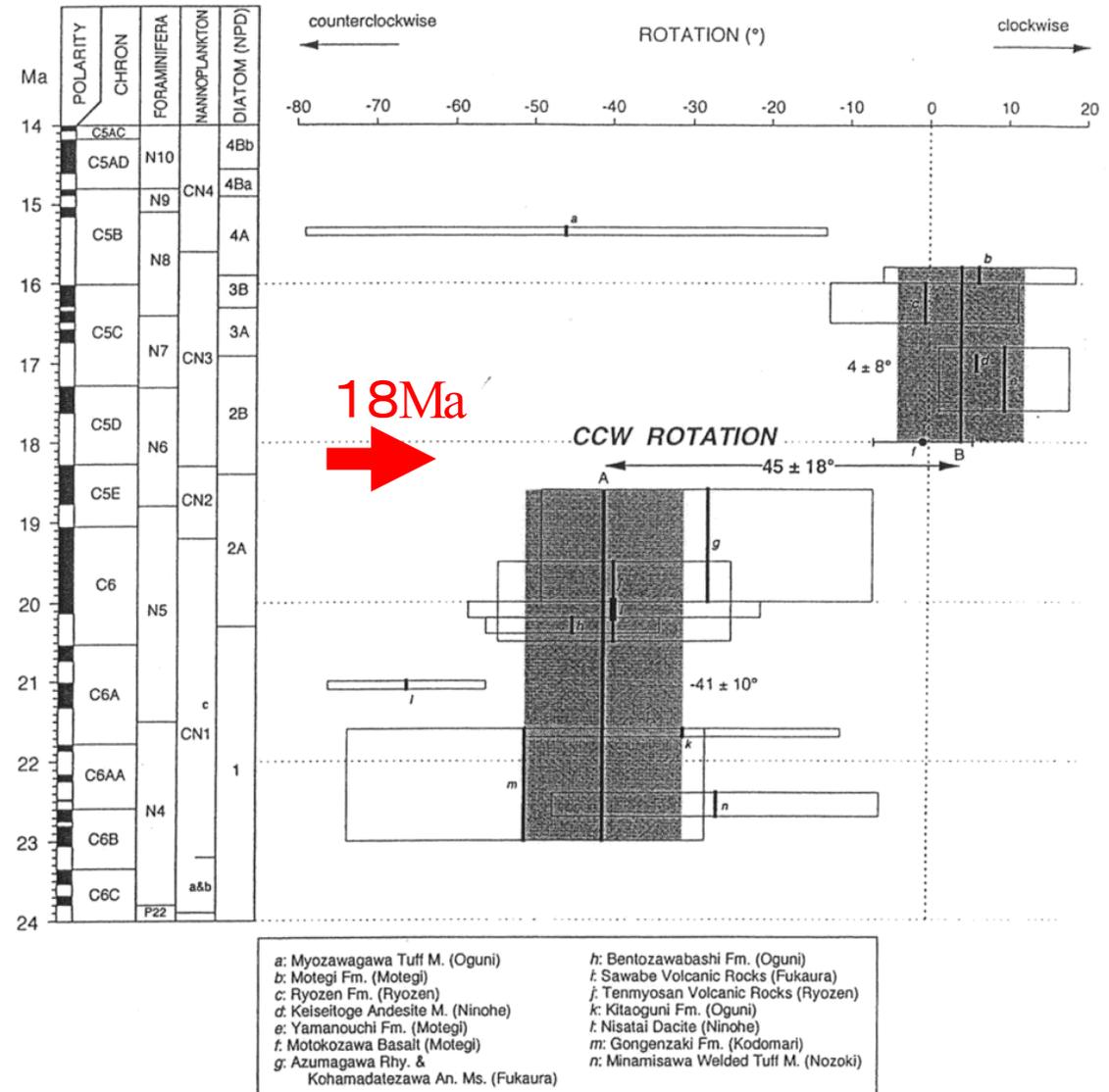
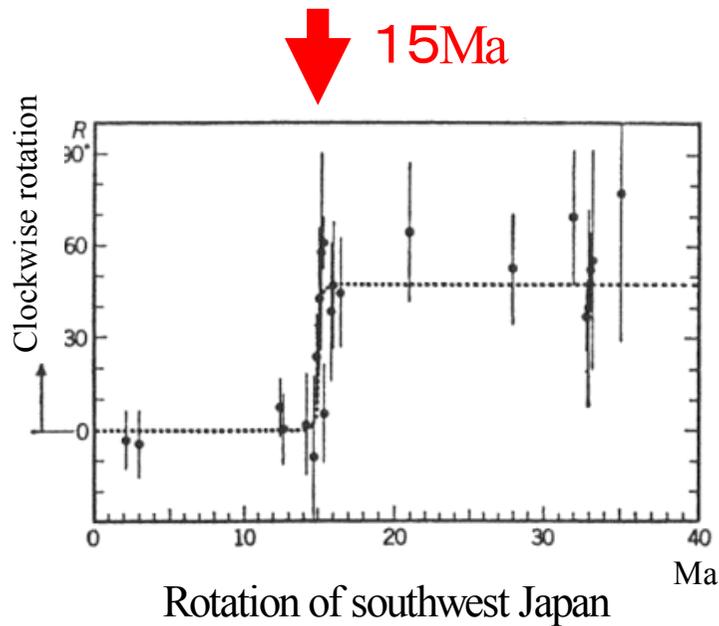


FIGURE 17.9 Reversals of lines of force in Earth's magnetic field are documented by paleomagnetic studies of numerous rock samples from throughout the world. Lines of force with normal polarity are shown in (A). With reverse polarity (B), the lines of force are oriented in the opposite direction. (C) shows the patterns of changing polarity with time. The pattern of change during a period of 1 or 2 million years is distinctive, and it can be used to help establish the age of a rock sequence. (After A. Cox, G. B. Dalrymple, and R. R. Doell)

古地磁気学による西日本と東日本の回転の復元



Rotation of northeast Japan

日本海の拡大: 拡大以前の日本列島の位置は？

現在

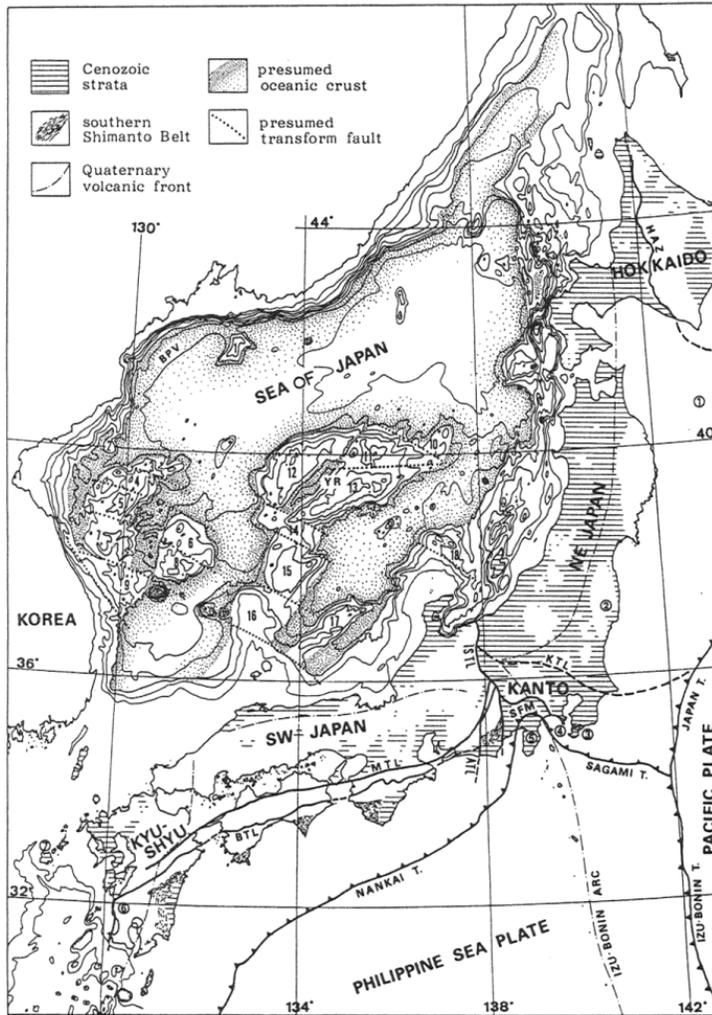


Fig. 1. Tectonic sketch of the Japanese Islands and bathymetric chart of the Sea of Japan. The numbers in circles denote: 1 = DSDP Site 439, 2 = Abukuma mountainland, 3 = Boso Peninsula, 4 = Miura Peninsula, 5 = Izu Peninsula, 6 = Hokusatsu Bend, 7 = Goto Island. HAZ = Hokkaido Axial Zone, KTL = Kanto Tectonic Line, ISTL = Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line, SFM = southern Fossa Magna region, ATL = Akaishi Tectonic Line, MTL = Median Tectonic Line, BTL = Butsuzo Tectonic Line, YR = Yamato Ridge, BPV = Bay of Petra Velikogo.

拡大前

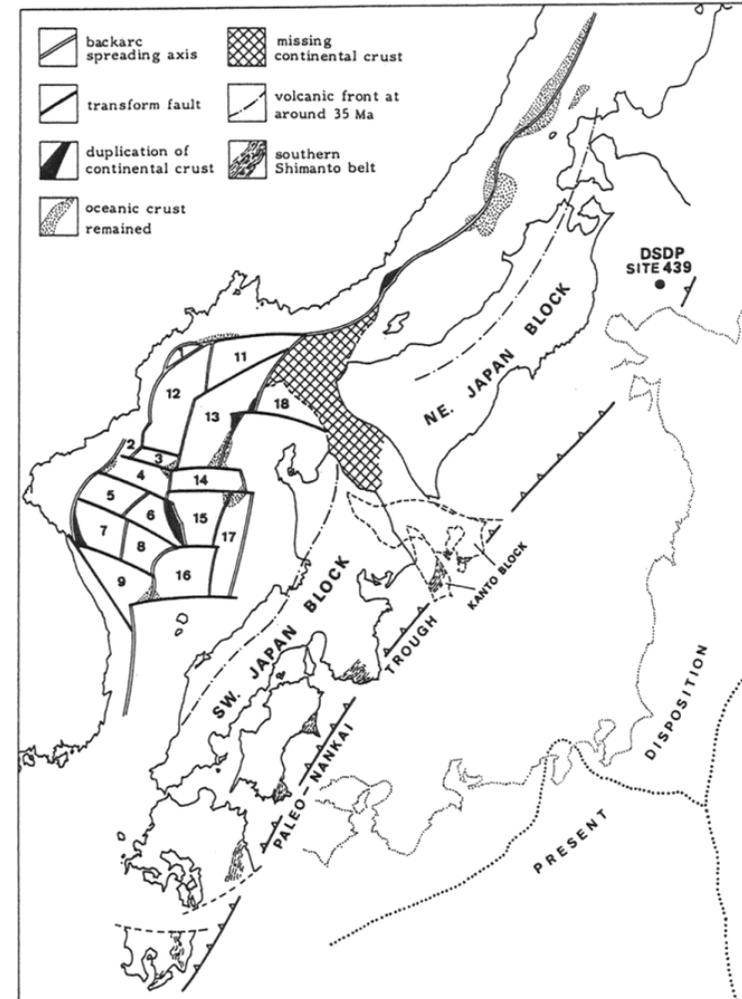


Fig. 2. Reconstruction map of the Japanese Islands before the opening of the Sea of Japan. The numerals on the small continental blocks in the Sea of Japan region correspond to those in Fig. 1.

日本海が拡大したとき、 伊豆-マリアナ海溝はどこに在ったか？

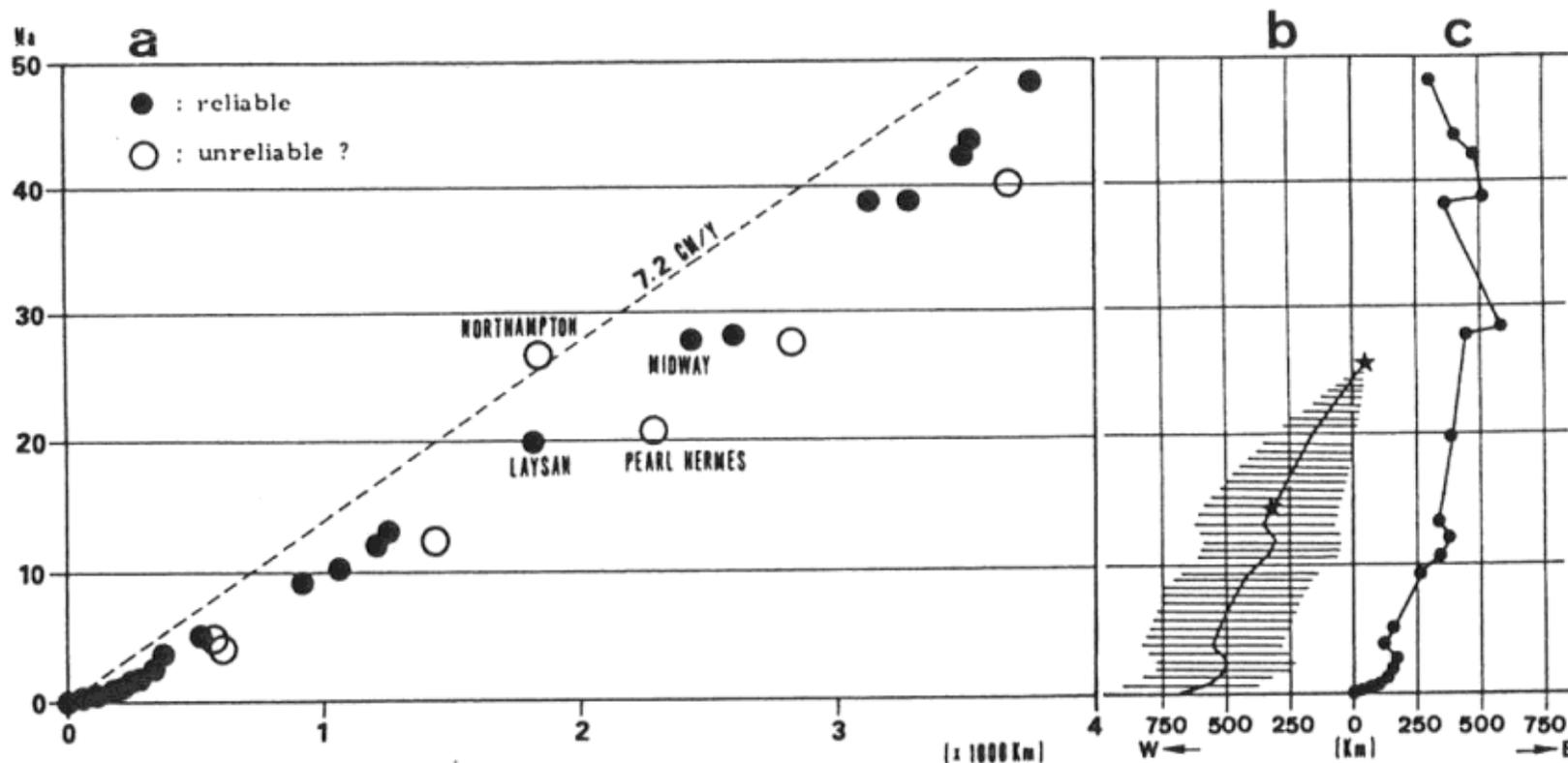


Fig. 3. (a) Age-distance relationship of the Hawaiian hotspot track after Clague and Dalrymple (1987). (b) The estimated paleoposition of the spreading axis in the Shikoku Basin (black stars = onset and end of spreading) and newly formed oceanic crust (hatched). (c) The paleoposition of the Izu-Bonin Trench (distance from its present position).

沈み込むプレートを特定→収斂則に従い、島弧の応力状態(圧縮 or 引張)を推定する

フィリピン海プレートの北上の歴史は？

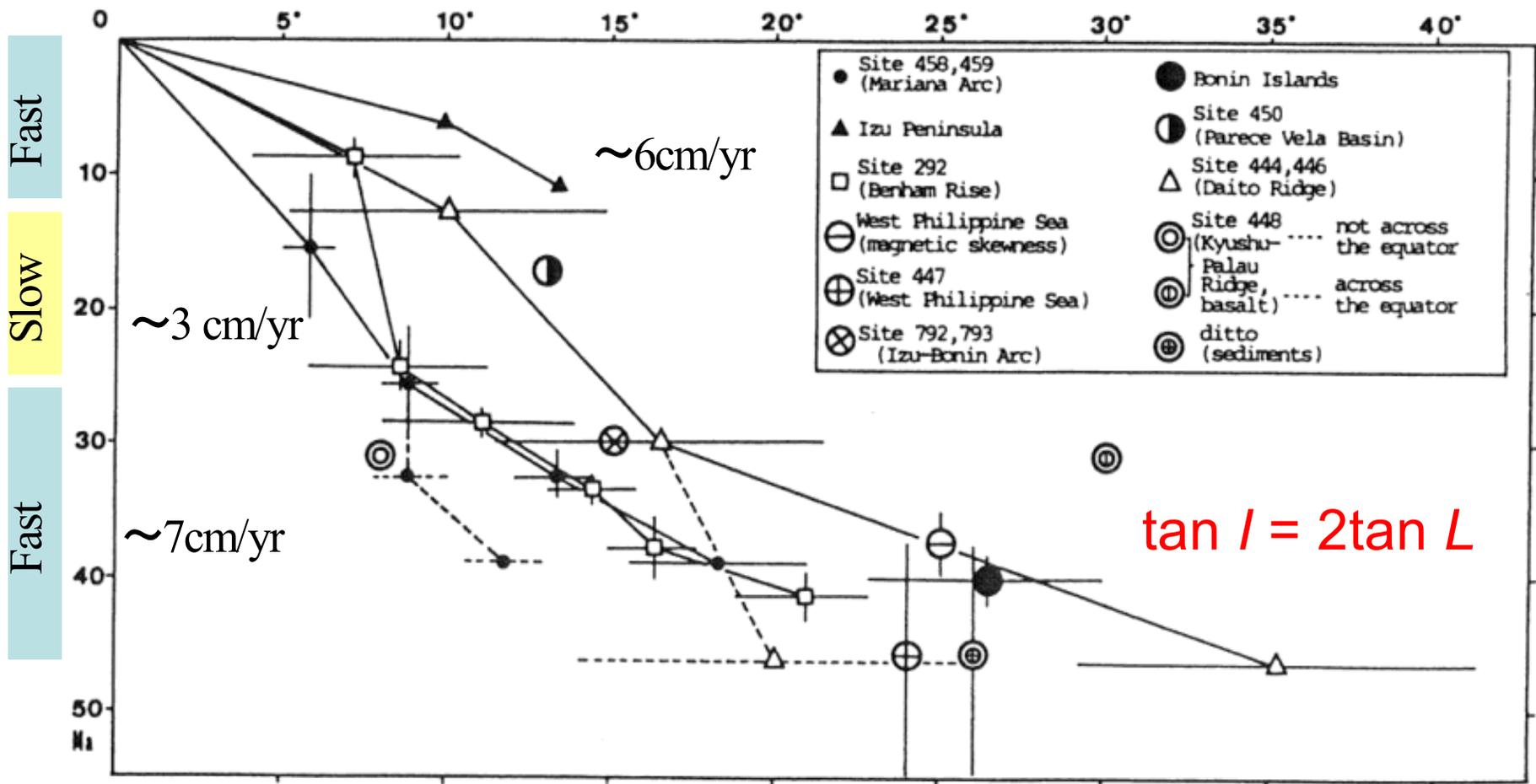
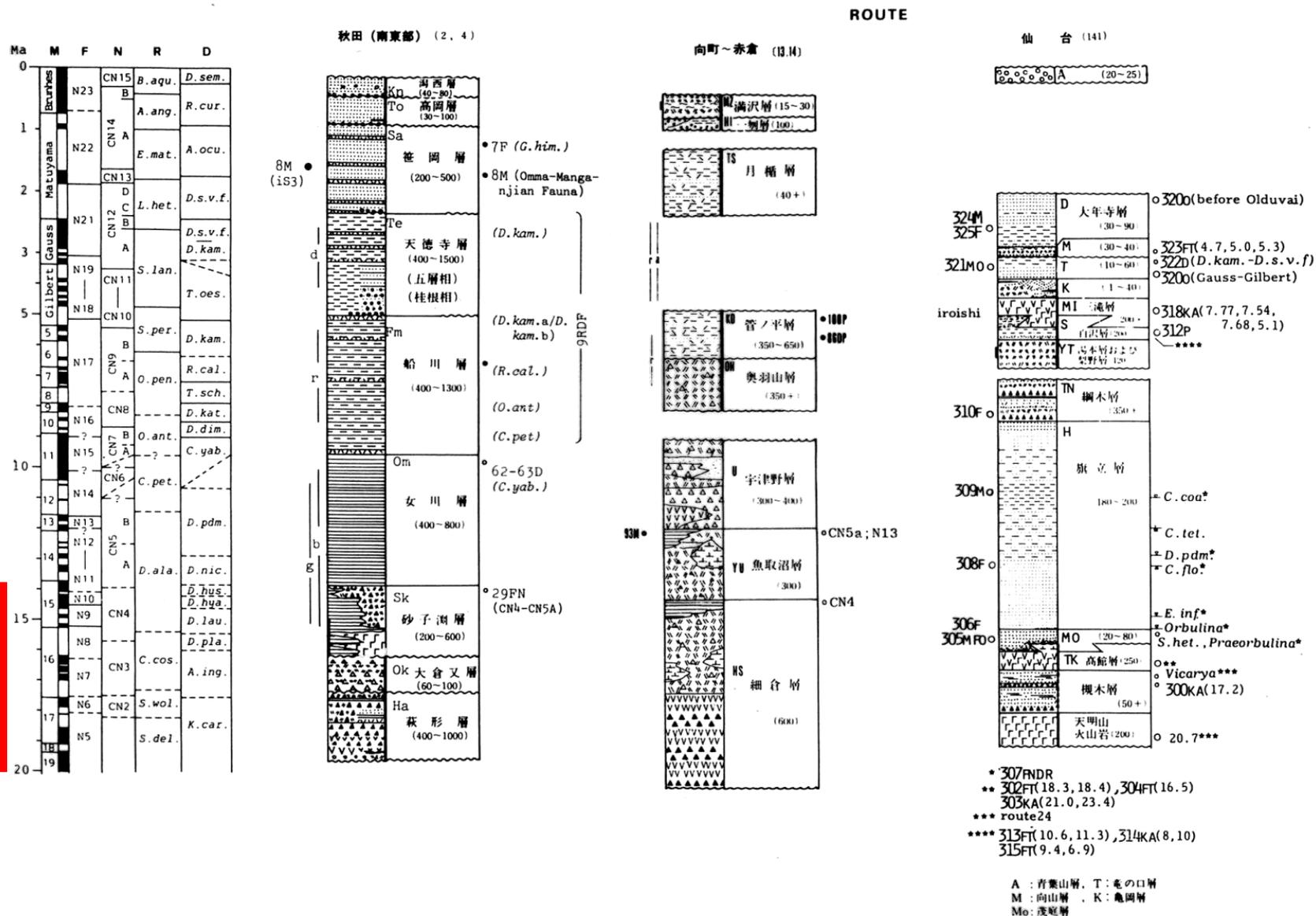


Fig. 4. Northward motion of the various sites in the Philippine Sea Plate estimated from paleomagnetic inclination. Abscissa and ordinate denote the travelling distance in degrees of latitude and age. The plots on a broken line denote the case when the site is assumed to have crossed the equator.

過去の出来事はどこに記録されている？

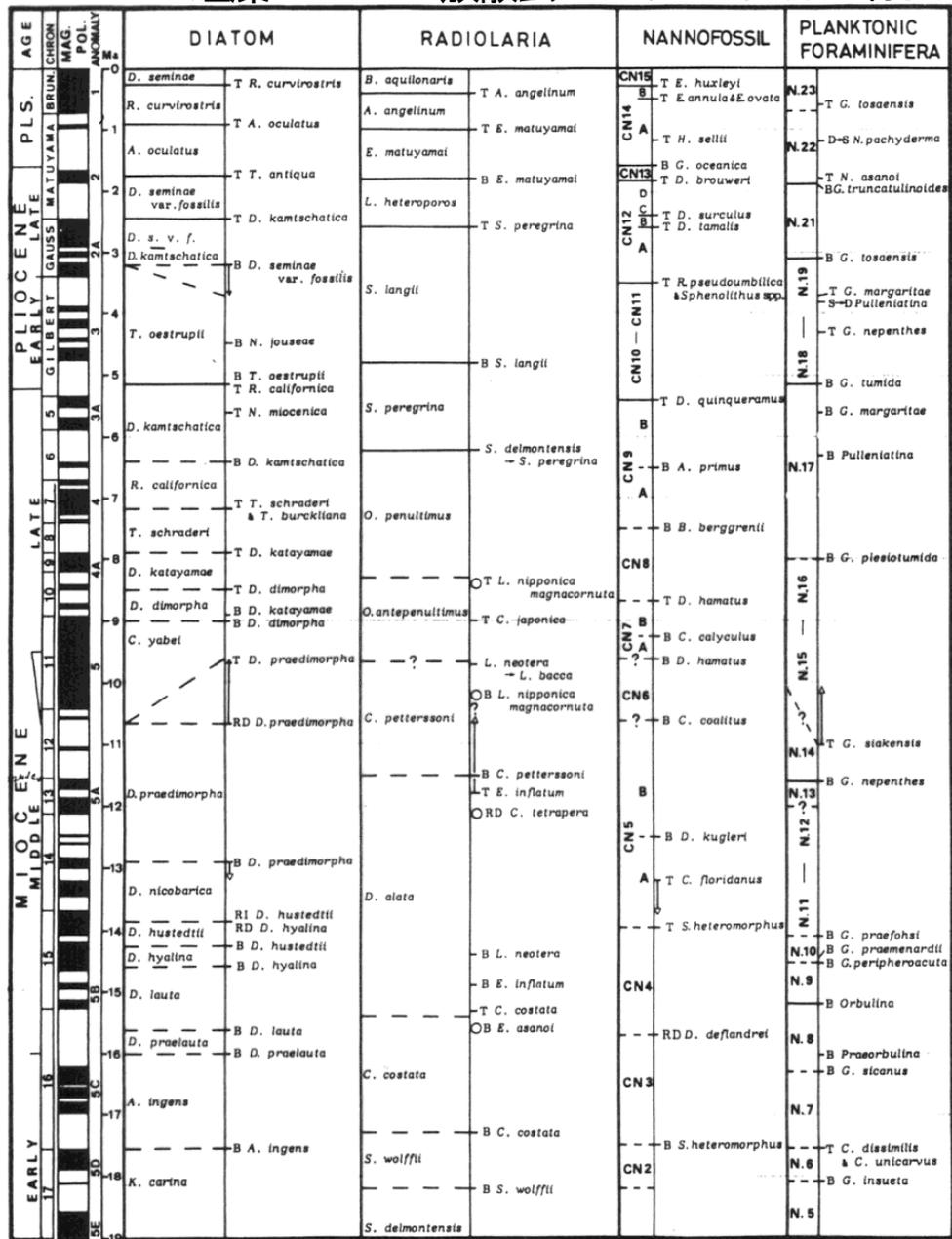


いかにして
過去の年代
を知るか？

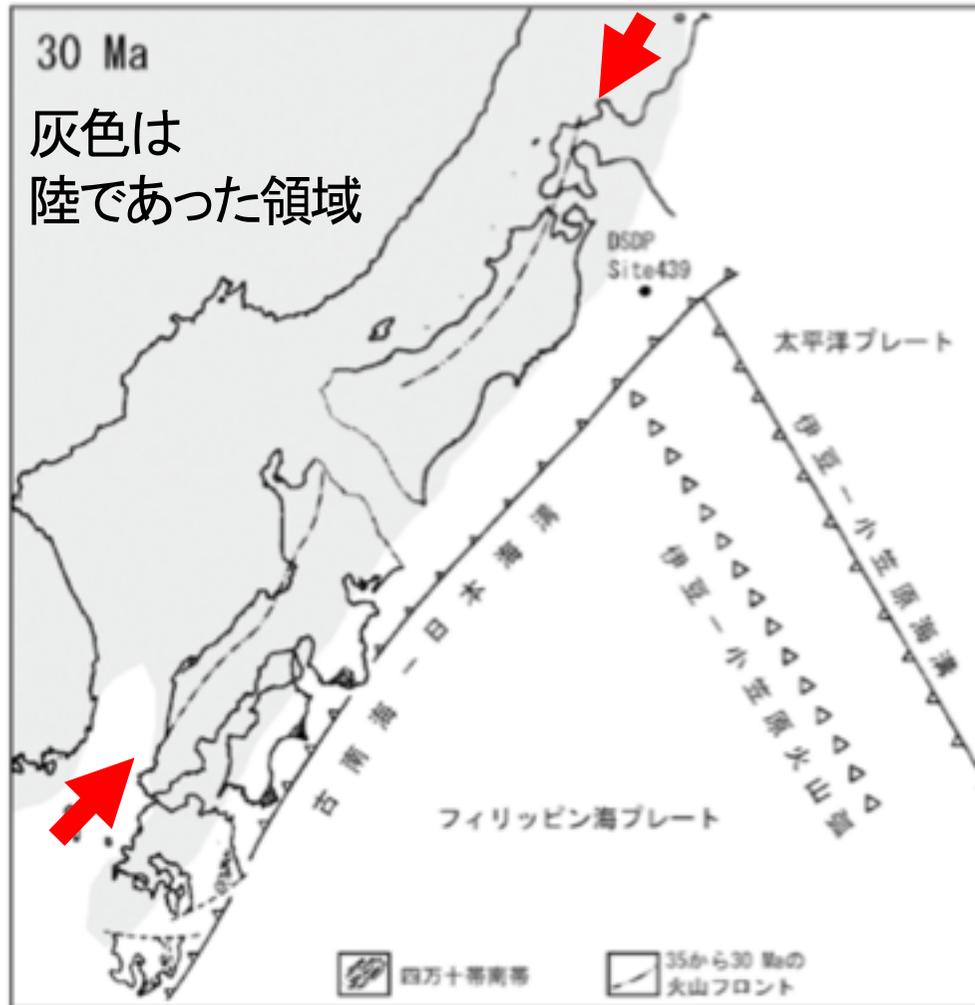
東北・中部日本新第三紀古地磁気・微化石年代尺度

(新生代東北本州弧総研年代層序グループ：斎藤常正・小泉 格・尾田太良・岡田尚武)

珪藻 放射虫 ナノ化石 有孔虫



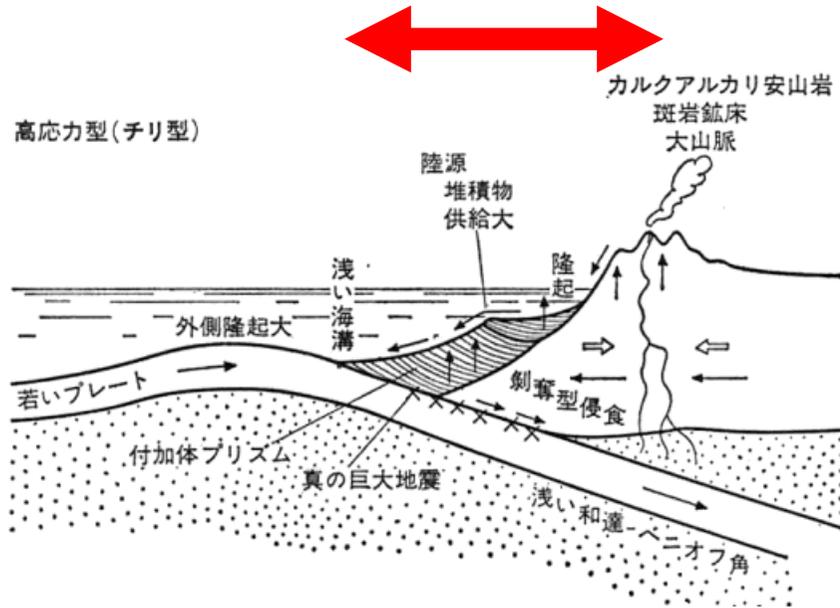
30 Ma の状況



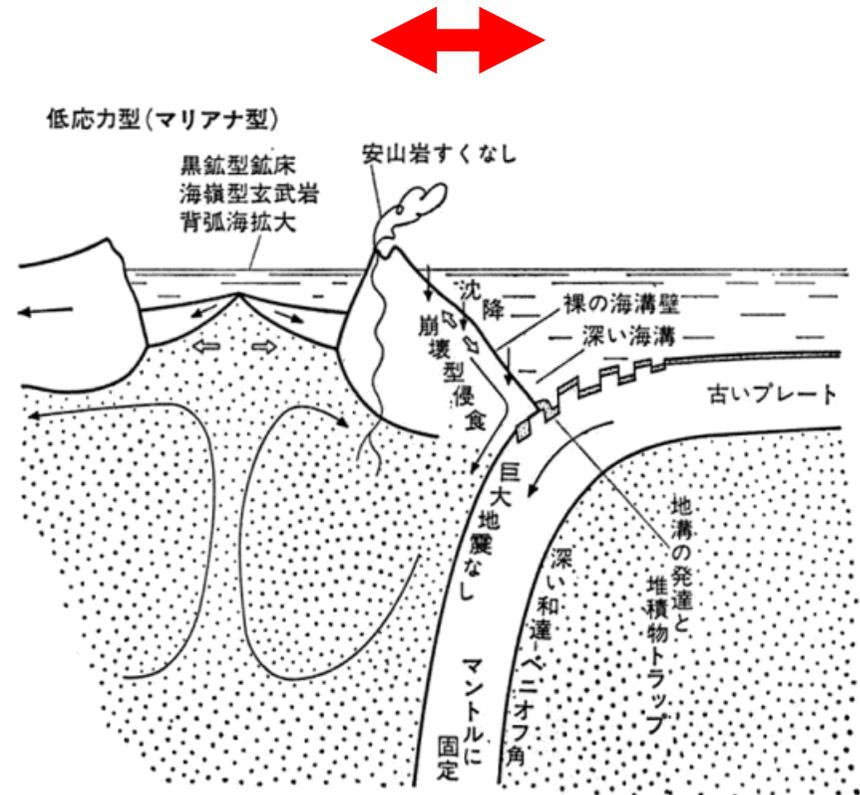
[陸弧であった時期(～25 Ma)]
火山フロントが現在より内陸側
→スラブ傾角は20度程度.
珪長質マグマがカルデラから噴出
海はほとんどなく, 湖があったらしい.
四万十南帯の付加帯の成長
親潮古陸(DSDP Site 439).
フィリピン海プレートが7cm/yrで沈み
込む(→ほぼ中立状態)

図3 30Ma頃の古地理図。

チリ型とマリアナ型

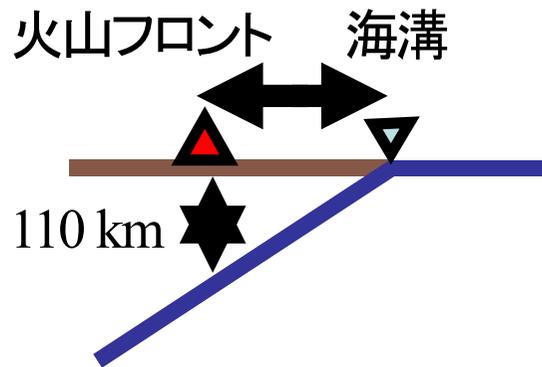


圧縮型



引張型

如何にして過去のスラブの傾角を知るか？



Arc-trench gapの距離が分かれば・・・
 大体の収斂速度を知ることができる！

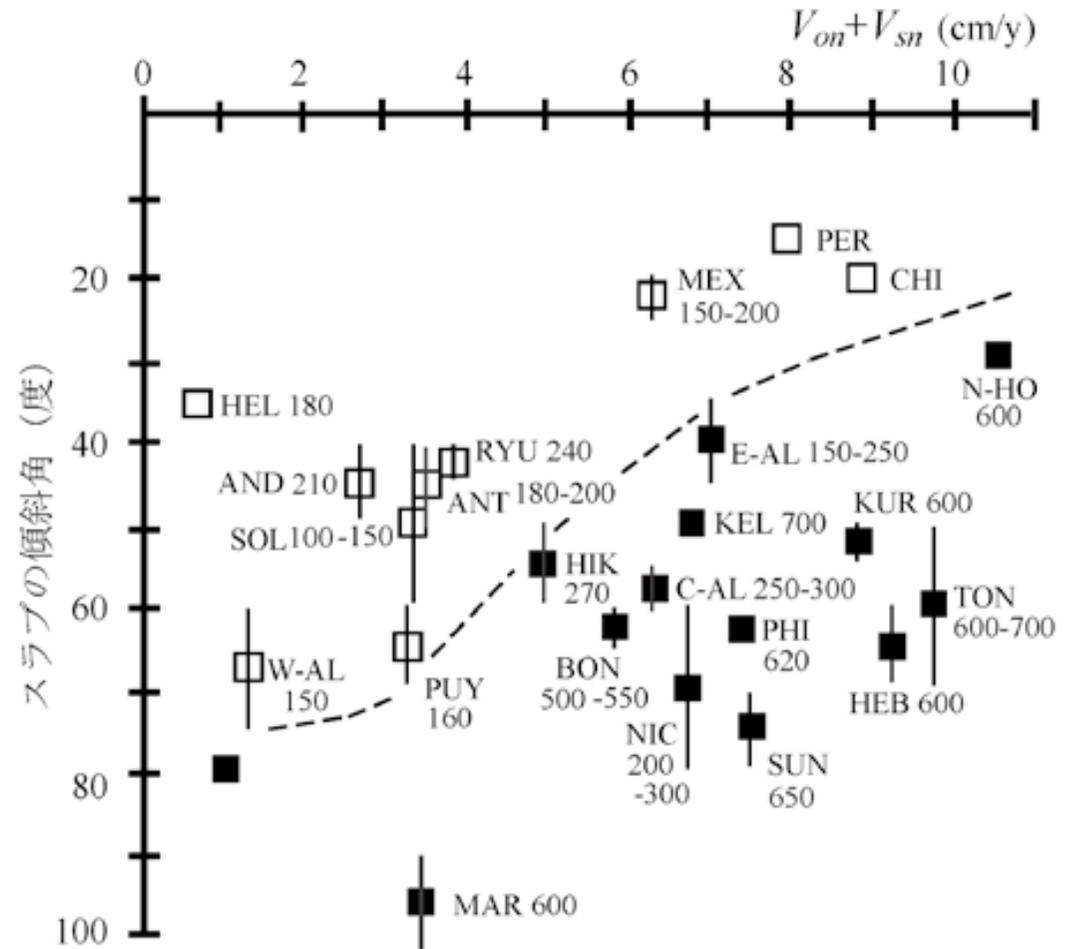


図2 プレート収斂速度 $V_{on} + V_{sn}$ と沈み込みスラブの傾斜との関係。深発地震面の最大深度が200 km 以下の場合には白四角、それ以上の場合には黒四角で表示。四角の脇のアルファベットと数値は、プレート沈み込み帯の名前の略および深発地震面の最大深度。

22 Ma の状況

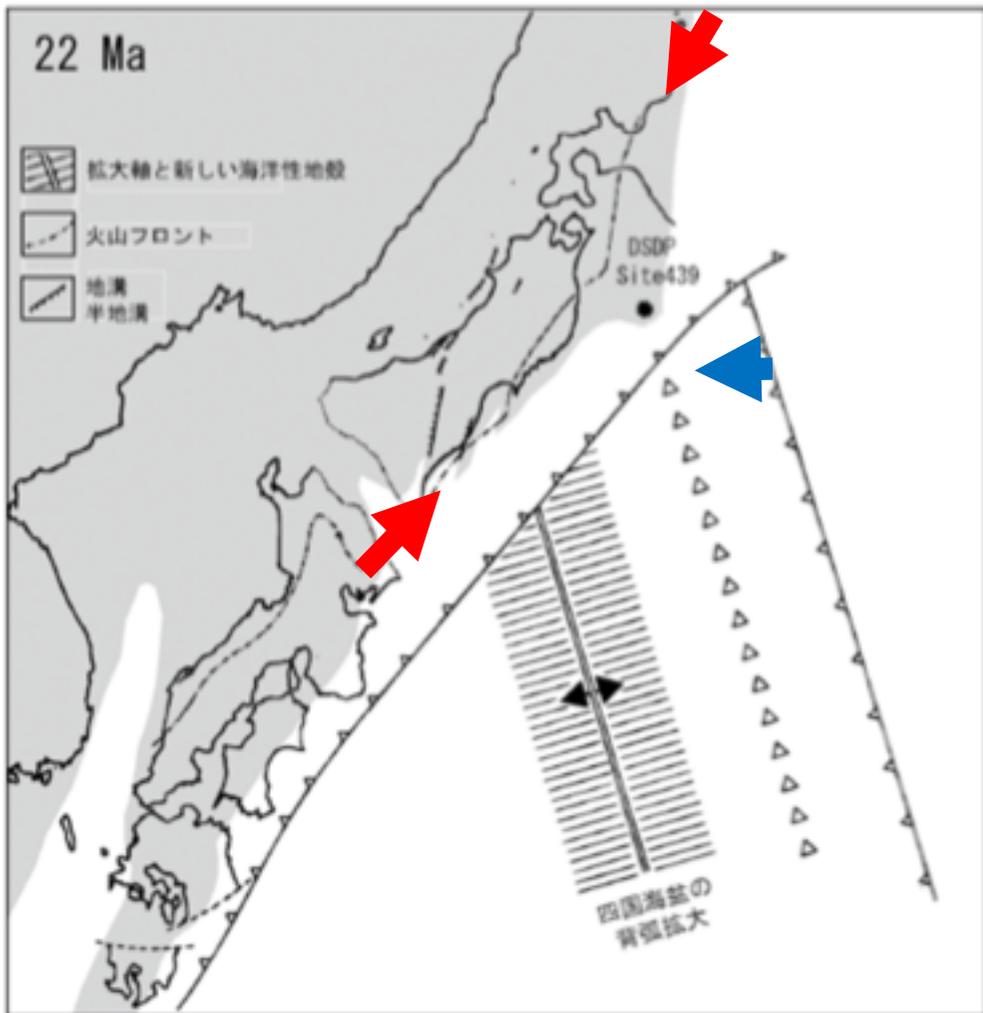


図 4 22Ma 頃の古地理図

[リフト期]

○フィリピン海プレートの収斂速度遅い
($\sim 3\text{cm/yr} < 7.2\text{cm/yr}$) \rightarrow 引張型へと変化

○正断層の活動

ハーフ・グラベン群の形成

○火山フロントの大規模前進

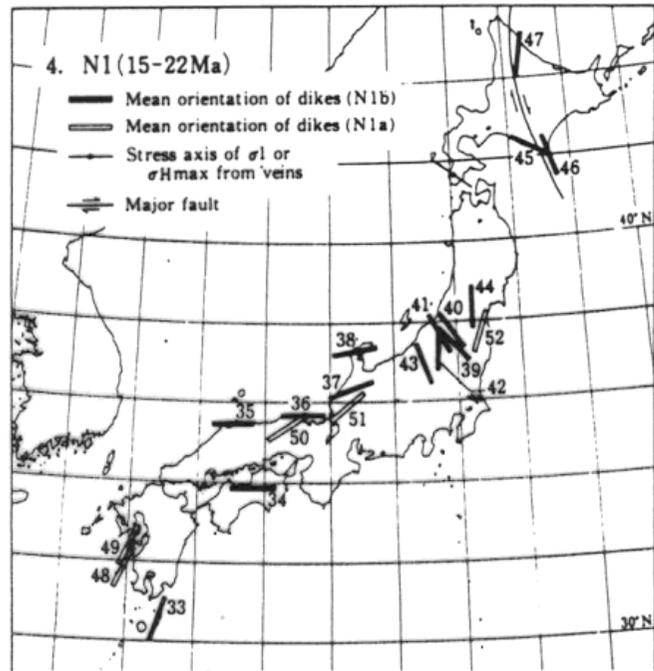
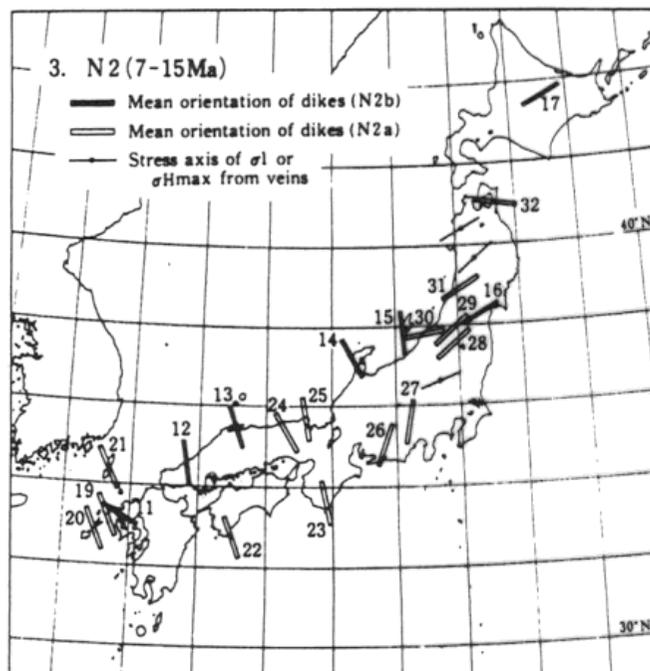
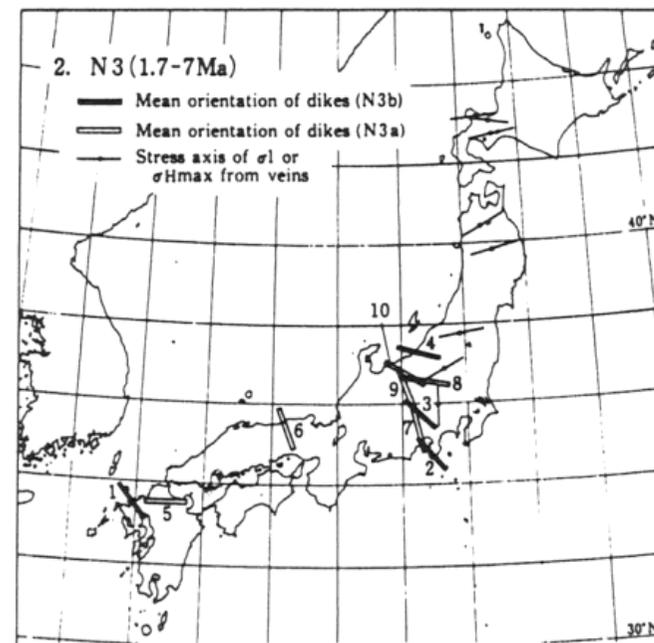
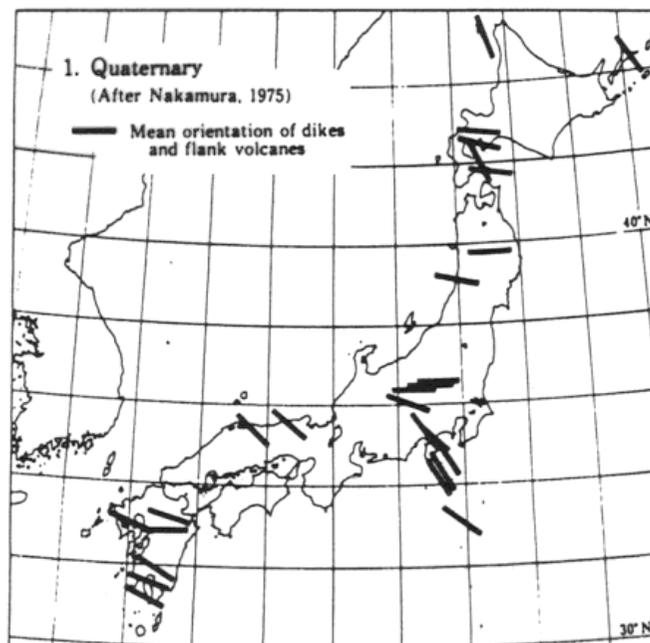
特に東北日本で安山岩・玄武岩の活動

\rightarrow 四国海盆の海嶺が沈み込んだ?

○親潮古陸上でカルクアルカリ岩が
陸上で噴出

\rightarrow 伊豆-小笠原火山弧の沈み込み?

如何にして過去の
応力場が
分かるか



15 Ma の状況

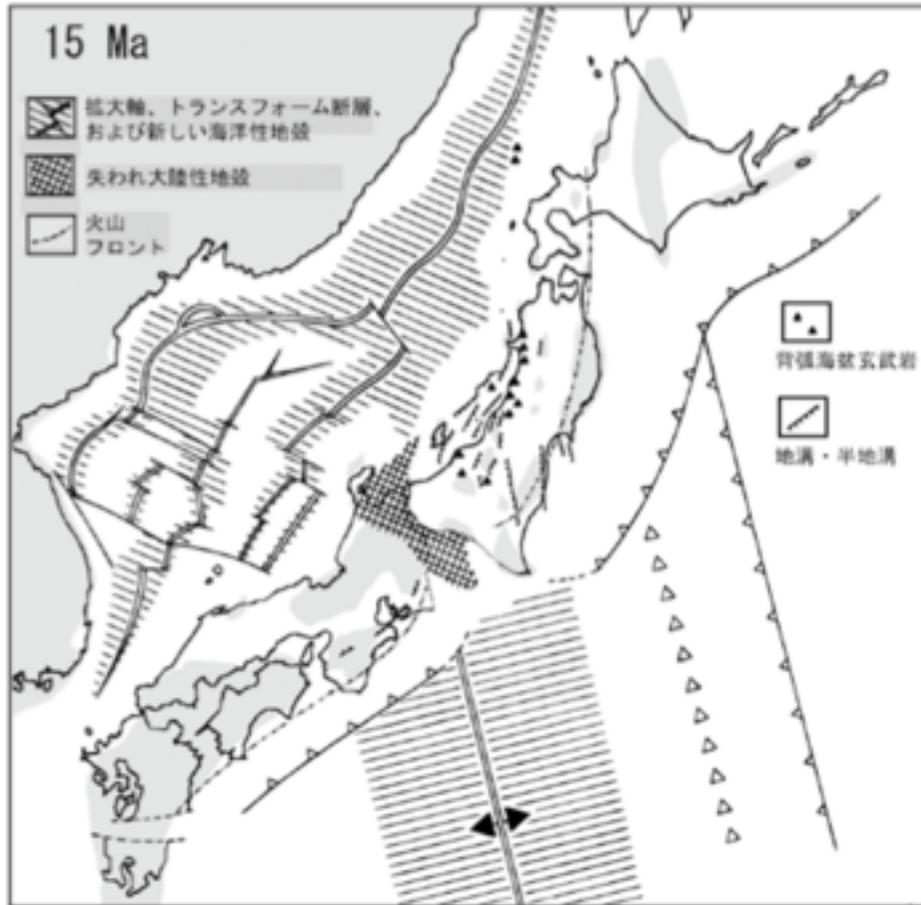


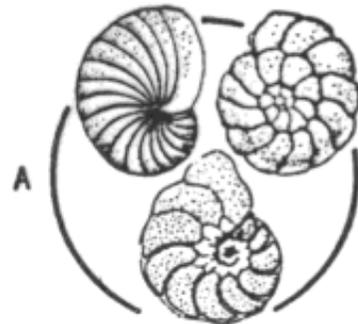
図5 15Ma頃の古地理図

[日本海の拡大]

- 日本列島の折れ曲がり
- 地殻の伸張・薄化による急速な沈降
- 海の侵入. 多島海で主な陸は北上・阿武隈山地のみ
- バイモーダル火山活動(背弧側の背弧玄武岩と前弧側の珪長質火山岩)と割れ目噴火
- 親潮古陸の沈降

どのようにして過去の海の水深を知るか？

西黒沢期の化石群集



- Ammonia tochigiensis*
- Buccella tanaii*
- Hanzawaia tagaensis*
- Nonion kidoharaense*
- Criboelphidium yabei*
- * *Miogypsina kotoi*
- * *Operculina complanata japonica*

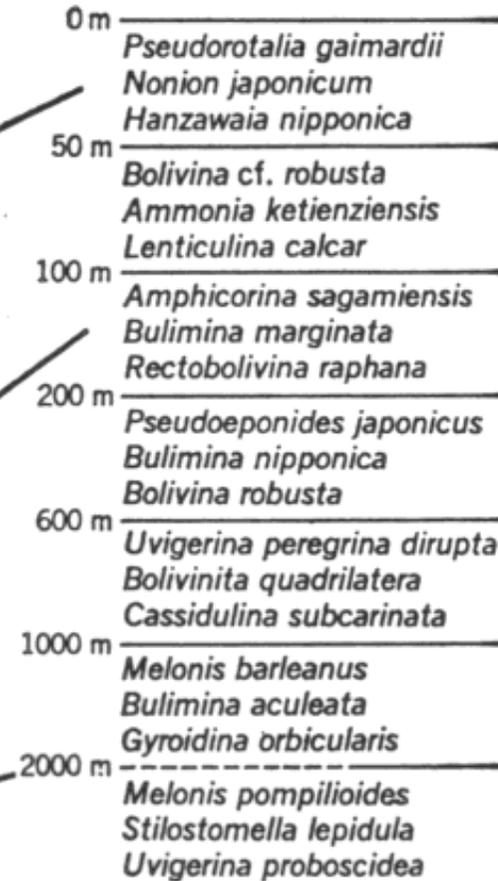


- Amphicoryna fukushimaensis*
- Bolivina marginata masudai*
- Bulimina marginata*
- Cibicides subpraecinctus*
- Dentalina vertebralis*
- Planulina nipponica*
- Rectobolivina raphana*

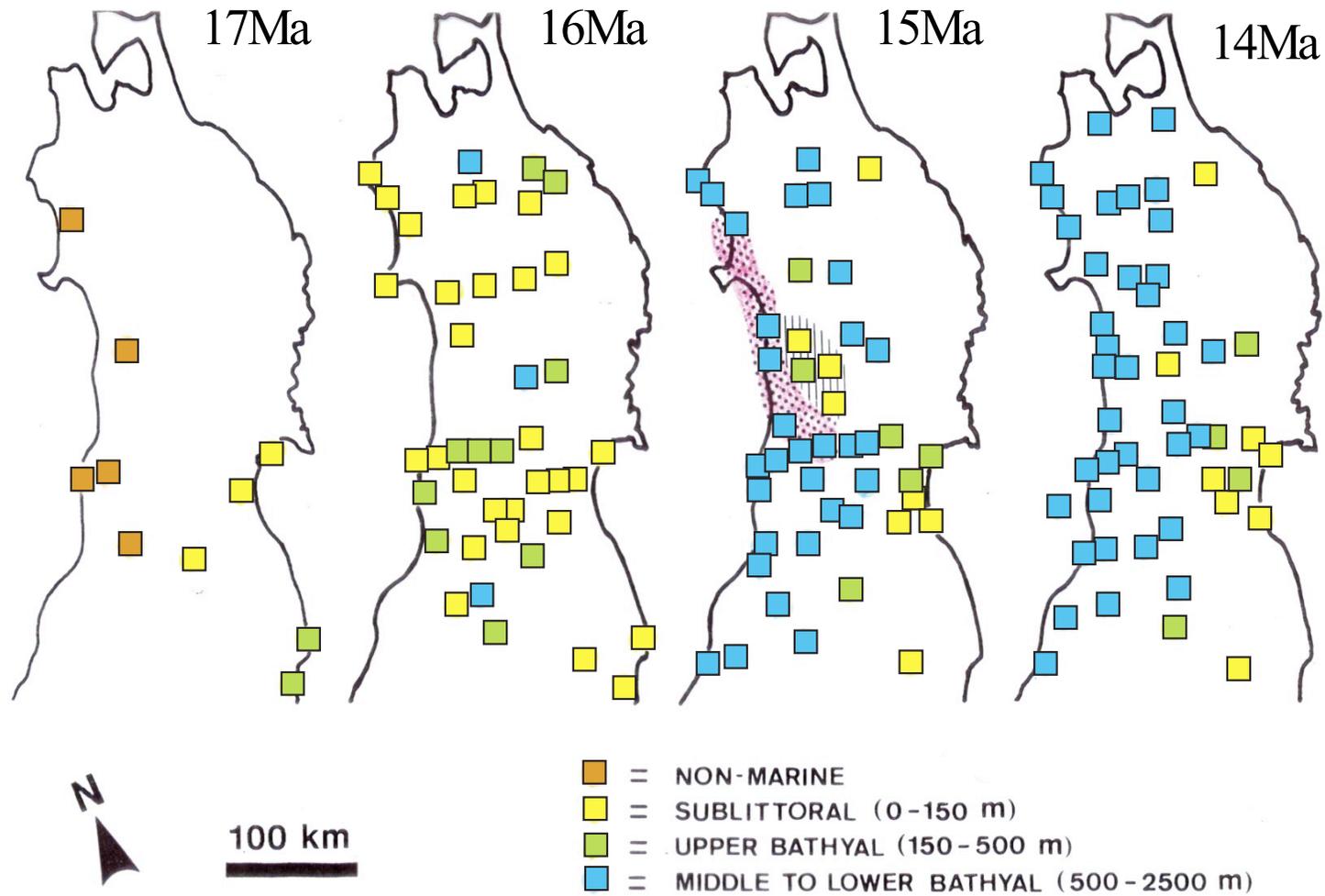


- Bulimina aculeata*
- Globobulimina auriculata*
- Gyroidina orbicularis*
- Melonis pompilioides*
- Pullenia bulloides*
- Stilostomella lepidula*
- Uvigerina proboscidea*
- Cyclamina* spp.

現在の黒潮流域下の底生有孔虫群集の深度分布



日本海拡大過程と古水深の変化



9 Ma の状況



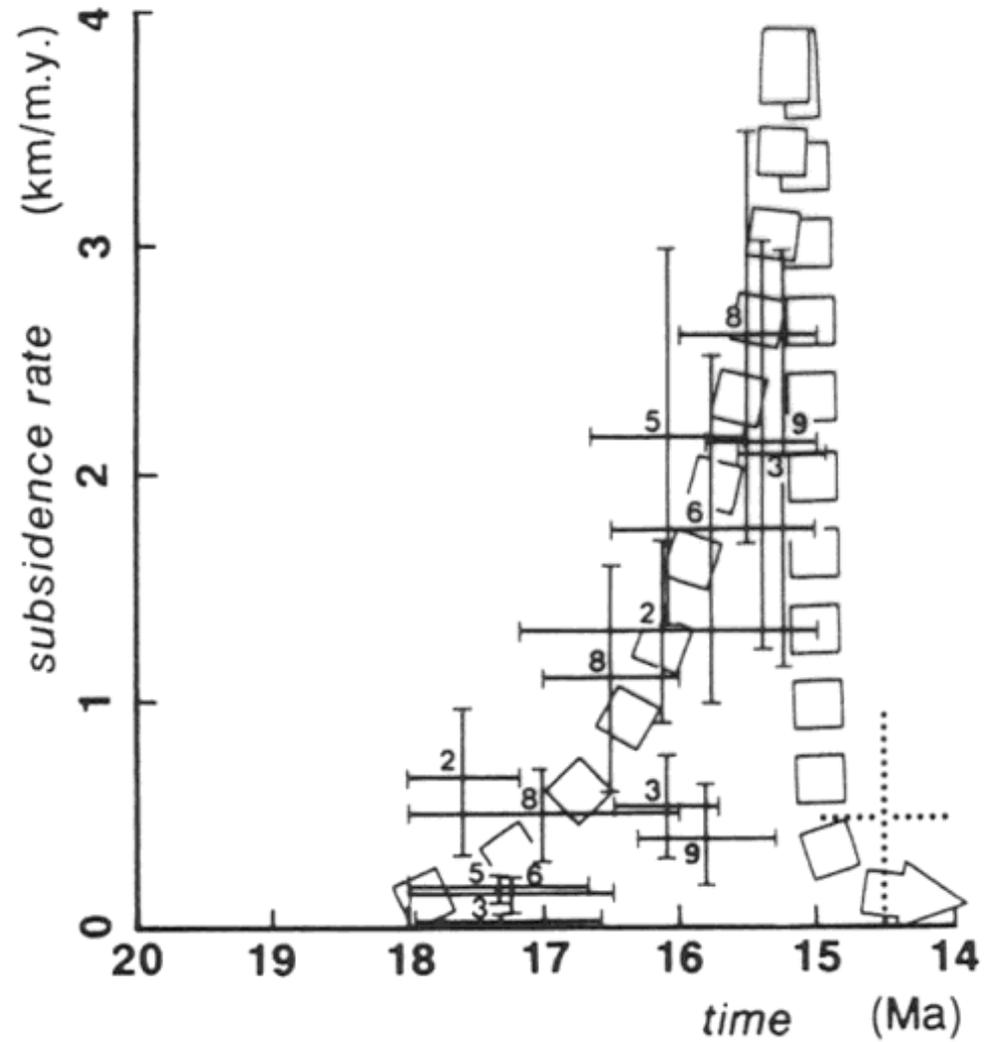
図 6 9Ma 頃の古地理図

[中立型島弧(前半)]

- フィリピン海プレートの収斂速度
~6cm/yr → 中立状態
- 日本海拡大の停止
- 南南東方向の弱い引張応力場
- 地殻とウェッジ・マンタルの冷却
→ きわめてゆっくりした沈降
最も海域が拡大
- 還元的環境で黒鉱鉱床・油田形成
- 火山活動は徐々に衰退
火山フロントの後退
瀬戸内高Mg玄武岩噴出

如何にして沈降のメカニズムを知る？

Crustal stretching
vs
Thermal subsidence



5 Ma の状況

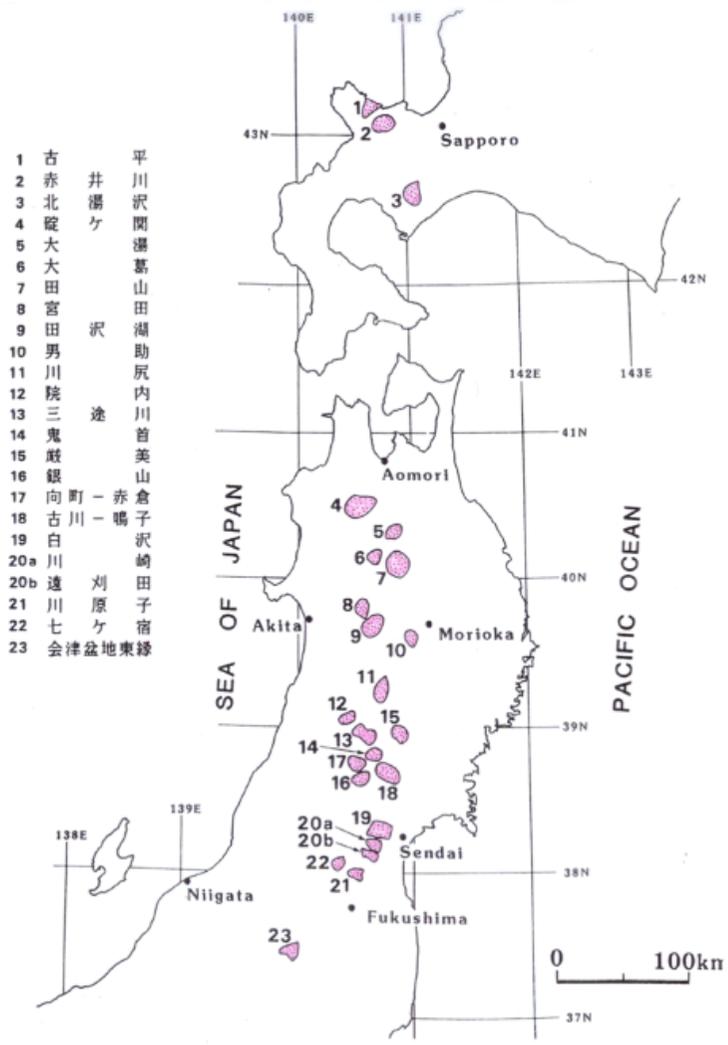


図 7 5Ma 頃の古地理図

[中立型島弧(後半)]

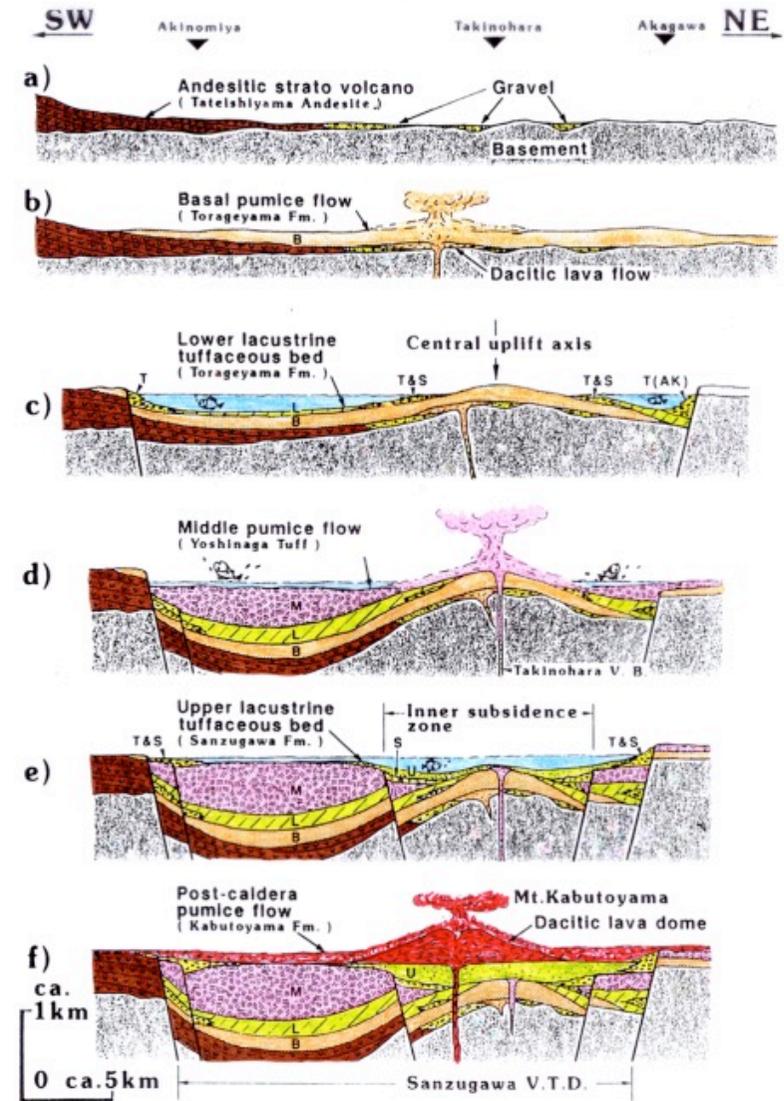
- 南南東方向の弱い引張応力場が継続
- 奥羽山脈に巨大カルデラ群の形成、大規模の珪長質火砕流発生、鉍脈鉍床の形成
- 軽いマグマが地殻下底に付加し、緩慢に隆起
海域が日本海側に後退
- 瀬戸内高Mg玄武岩噴出
- 徐々に太平洋プレートが東北日本下へ沈み込み

後期中新世カルデラの分布と形成史



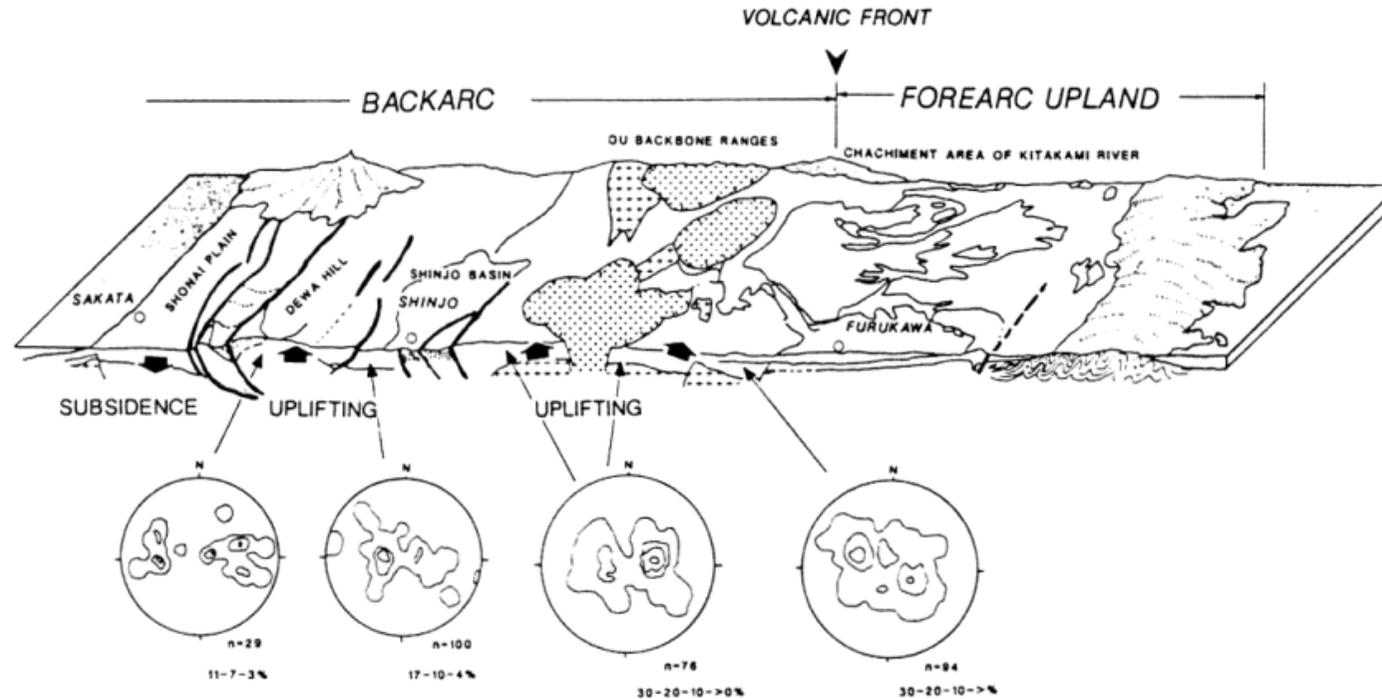
- 1 古井平
- 2 赤井川
- 3 北澤
- 4 碓氷
- 5 大田
- 6 田山
- 7 宮田
- 8 客湖
- 9 田沢
- 10 男川
- 11 院三
- 12 院内
- 13 途川
- 14 鬼首
- 15 殿美
- 16 銀山
- 17 町一赤倉
- 18 古川一鴨子
- 19 白川一子
- 20a 川崎
- 20b 速原
- 21 川子
- 22 七宿
- 23 会津盆地

第1図 北海道南西部-東北日本脊梁地域における後期中新世-鮮新世カルデラ群。第1表参照。



0 ca. 1km 0 ca. 5km

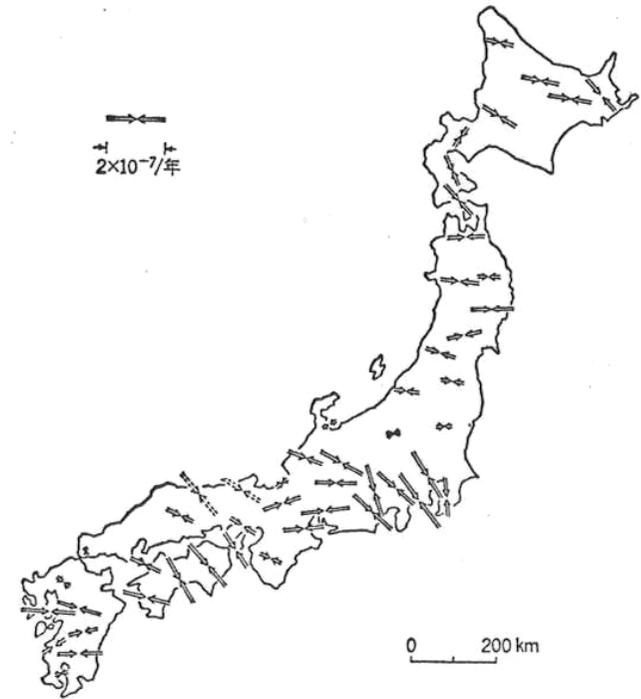
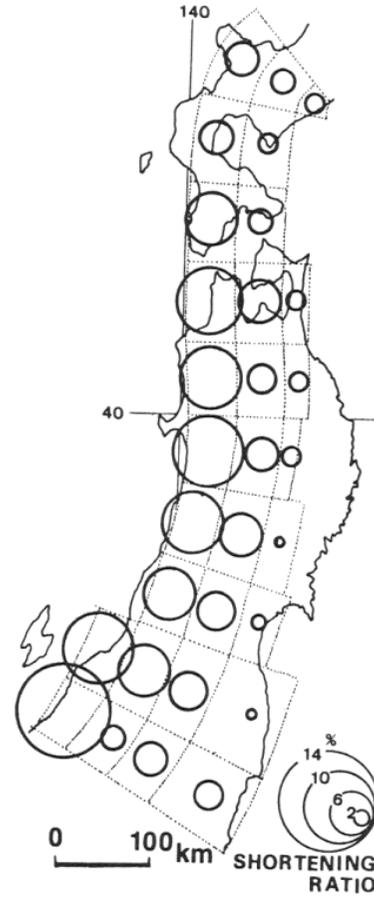
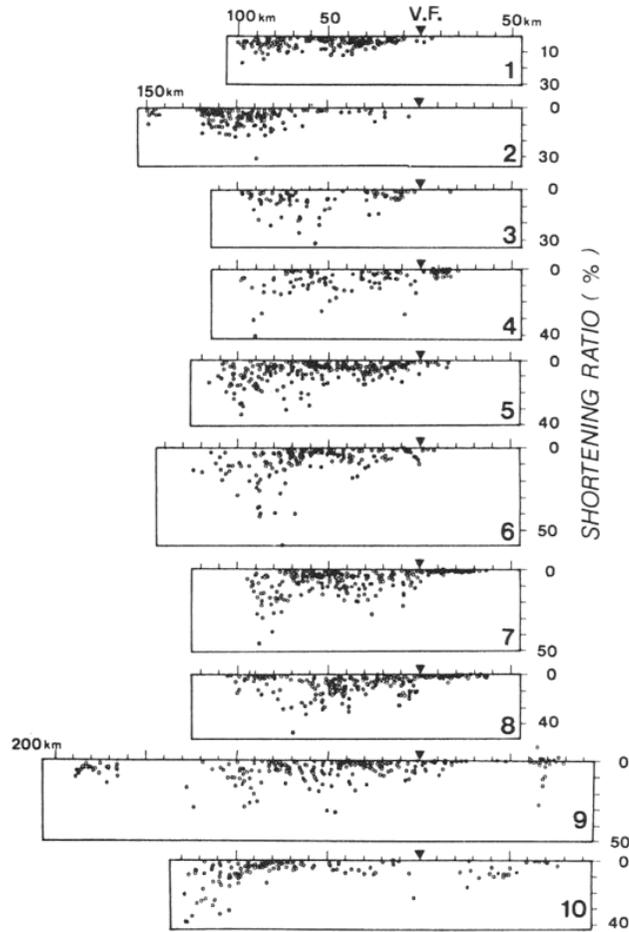
現在の状況



[圧縮型島弧(2~0 Ma)]

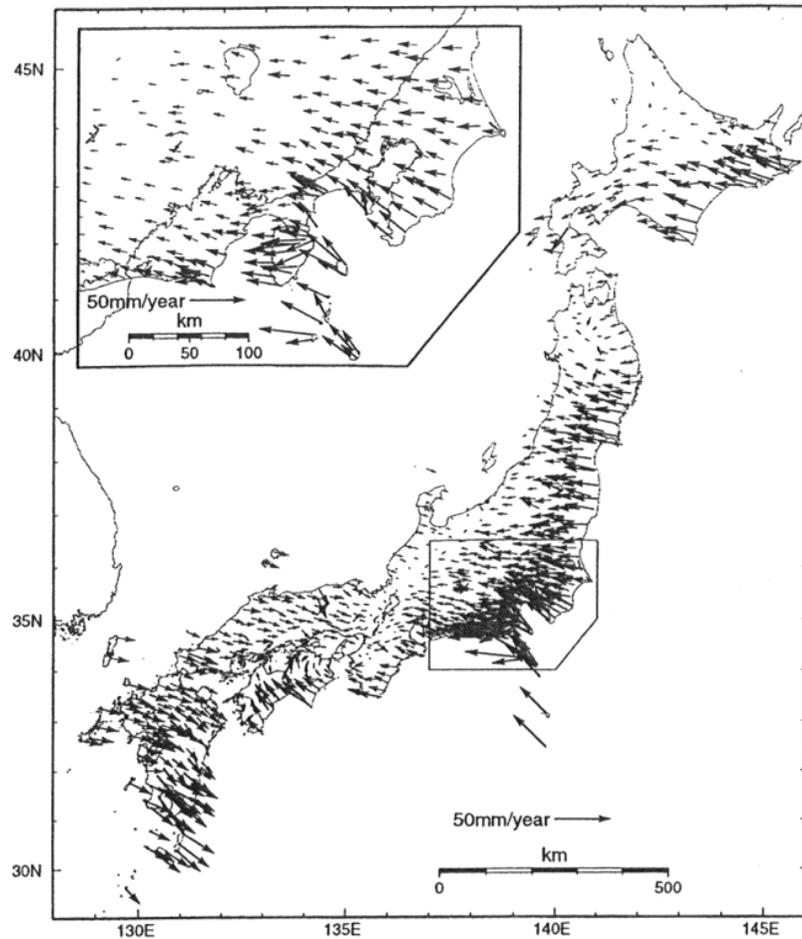
- 太平洋プレートの西進速度(~10 cm/yr)の増加 →強い東西圧縮応力場
- 地殻の座屈褶曲・逆断層による地殻短縮→隆起・造山化
- 火山フロントはより後退し、安山岩+玄武岩の活動へ
- 日本海の地殻が東北日本の下に沈み込み開始 →日本海縮小し始める

地殻の水平ひずみとひずみ速度

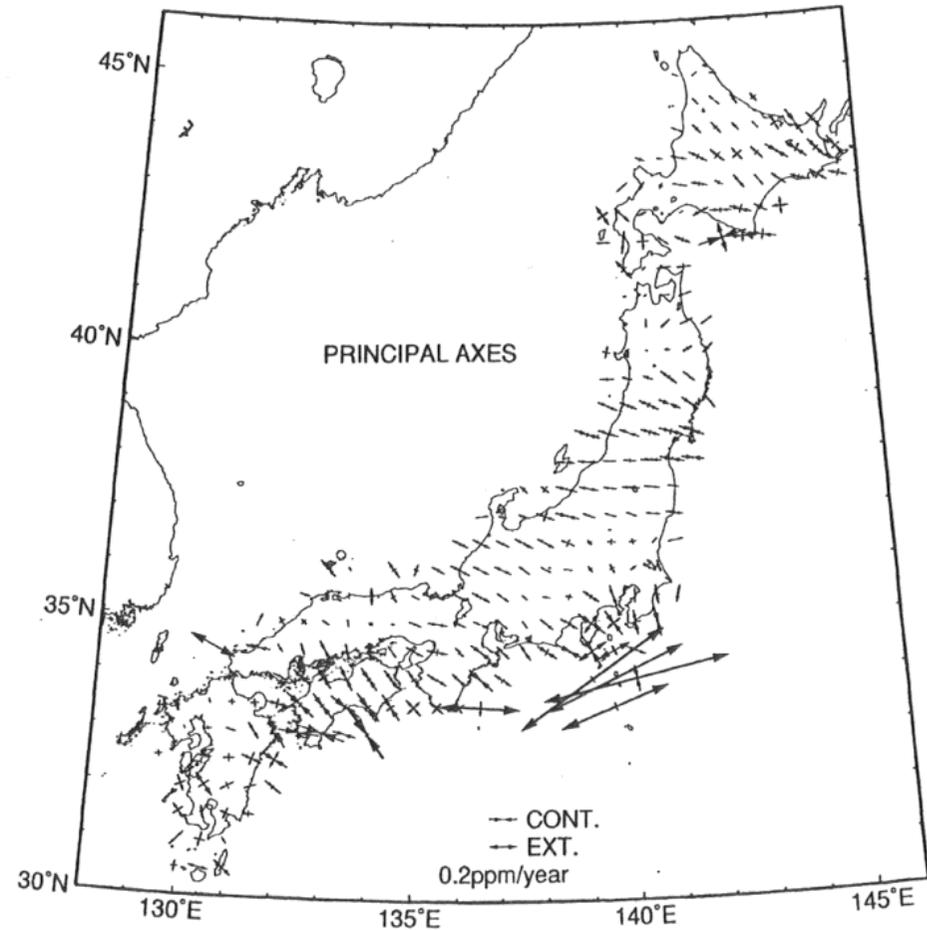


Orientation of maximum principal strain axis in Japan. The length is in proportion to the strain magnitude.

GPSで観測された地殻ひずみ



Distribution of horizontal velocity vectors relative to the stable Eurasian continent. GPS observation during the period from May 30, 1997 to June 1, 1998.



Distribution of horizontal strain calculated from the GPS data.

東北沖地震前後の地震

