

12-10 日本列島の生い立ちと長期地殻応力・歪の起源

Geological development of Japanese islands and origin of long-term tectonic stress and strain

佐藤比呂志（東京大学地震研究所）

Hiroshi Sato (Earthquake Research Institute, The University of Tokyo)

1. はじめに

現在の日本列島の地殻構造とくに地質学的な時間帯域の塑性変形は、日本列島の形成過程、とくに日本列島がアジア大陸の東端から離れて、日本海の拡大とともに現在の位置に定置したプロセスに大きな影響を受けている（図1）。近年、自然地震観測や制御震源によるリソスフェアの構造理解の進展により、日本列島の地質構造形成プロセスがより統一的に理解できるようになった。ここでは、とくに現在のテクトニクス・地震発生の理解に関連する2500万年前以降の日本列島の塑性変形の概要とその起源について述べる。

2. 日本列島の変形構造

現在の日本列島の形成に最も大きな影響を与えているのは、日本海、四国海盆、オホーツク海、沖縄トラフなどの背弧海盆の拡大である（図1）。これら背弧海盆の形成に伴って日本列島は現在の位置に定置し、その基本構造が形成された。日本列島を考える上で、背弧拡大による構造改変は最も大きな影響を与えている。その後、北海道中軸帯、伊豆衝突帯で島弧-島弧の衝突が発生し、短縮変形域が形成された。北海道中軸帯の形成については、千島弧の外弧スリバーの西進として理解されることが多いが、この短縮変形帯は、天北まで南北に連続するもので、北米（オホーツクプレート）とユーラシアの収束運動を考慮する必要がある。日本列島の変形に広範な影響を与えている要因として、背弧リフトの短縮変形が挙げられる。背弧拡大の際には、背弧海盆の主要部の形成後、より火山フロントに近い場所で、リフト帯が形成されることが多い。現在の東北日本の日本海沿岸にリフト軸をもつ東北日本弧のリフト帯や山陰沿岸のリフト帯、伊豆-小笠原弧ではスミス・リフト³⁾などが相当する。これらのリフト帯は顕著な強度低下を示し、その後の圧縮応力によって褶曲断層帯が形成されている。日本海沿岸から北部フォッサマグナに至る褶曲-断層帯と山陰-北陸地域の宍道褶曲帯である（図2）。伊豆衝突帯の西側で大きな短縮変形は伊豆-小笠原弧の背弧リフトの沈み込みによる強度低下も重要な原因となっている。宍道褶曲帯の形成は、形成直後の”熱い”四国海盆の沈み込みの大きな抵抗により南北方向の水平短縮によって生じたもので、フィリピン海の沈み込み開始後の5Ma以降の堆積物は変形した地層を緩やかに覆っている⁵⁾。西南日本下のフィリピン海プレートは複雑な形状を示し、濃尾平野下ではフラットスラブとして、マントルを欠いて陸側プレートの下部地殻と直接する⁶⁾。このフラットスラブの移動は、近畿三角帯の変形の重要な駆動力となっている⁷⁾。

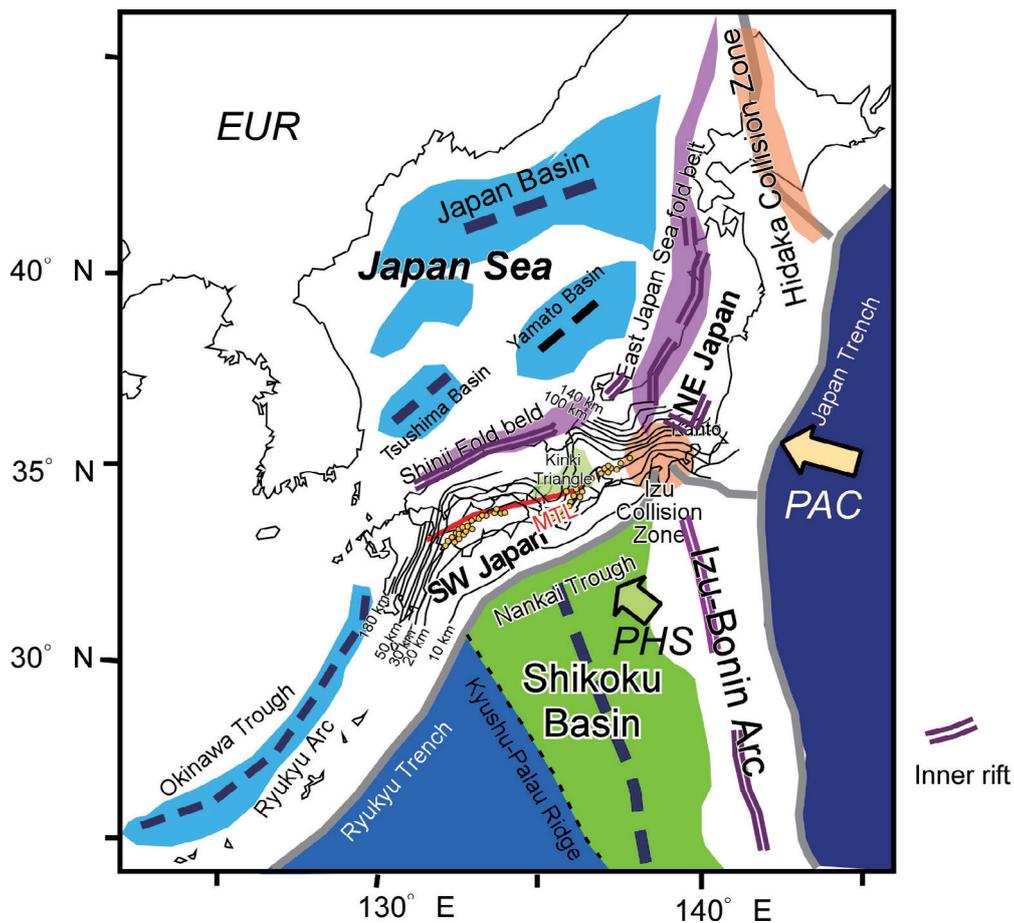
3. 日本海東縁のプレート境界

日本海東縁に存在するプレート境界については、提案当初から活断層としては取り扱われていない糸魚川-静岡構造線に境界が置かれるなど、その実証性については大きな疑問が提案されていた。

近年の新潟-北陸沖の調査においても、日本海東縁から北部フォッサマグナ地域では規模の大きく、変位速度の大きな断層が連続して追跡されるわけではなく、ひずみは多数の離散的な断層によって賄われる実態が明らかになってきた。プレートの収束成分は広範な地域で消費されており、単純な境界で表現することは困難である。

4, まとめ

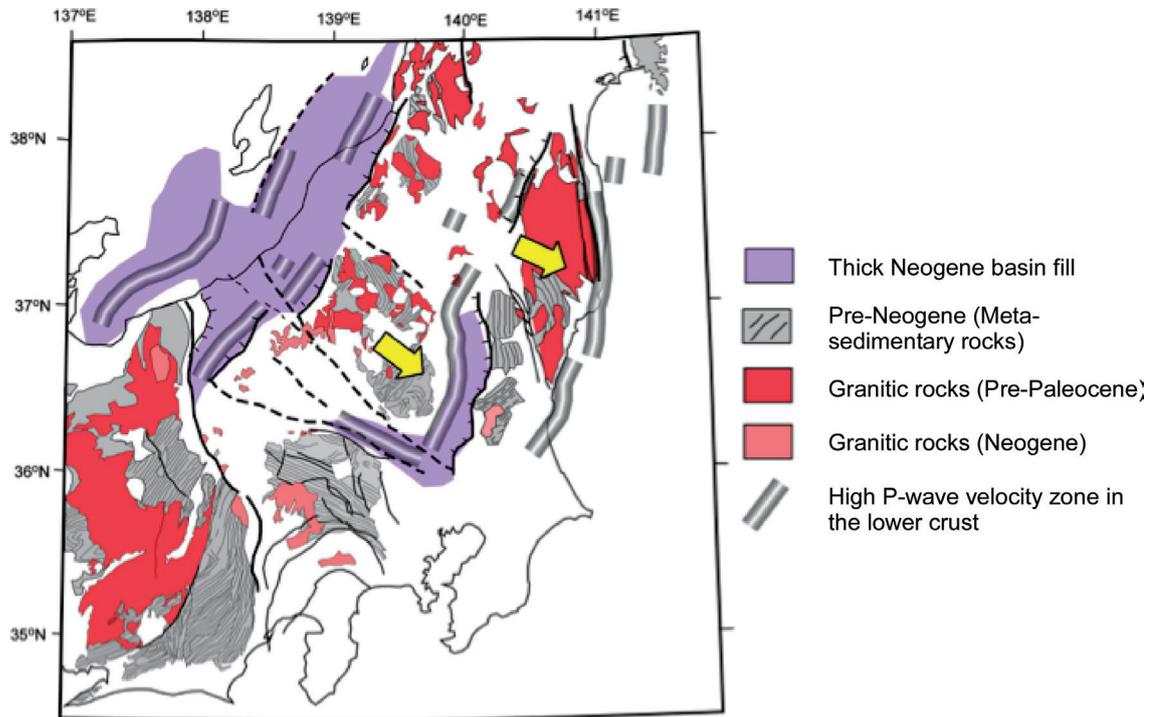
地殻には現在とは異なる応力状態で形成された断層が分布して、現在のプレートから要請される応力に応じて、応力・ひずみが蓄積され、それらを解消するという活動を繰り返している。その過程で残留した塑性ひずみは、定量的に扱えるものであり、長時間継続したテクトニクスを反映している。東北太平洋沖地震は、プレート境界の巨大地震が内陸地震とも密接に関連し、沈み込み帯を一つのシステムとした理解の重要性を示唆した。東北太平洋沖地震後の地殻活動を理解していくためには、統合的な数値モデルの構築が急務であり、断層の形状、粘性的な変形の観測結果として地質情報は数値モデルにとって重要な拘束条件を提示する。



第1図 日本列島の地殻構造概念図

等高線はフィリピン海プレート上面までの深度。 Hirose et al. (2008)¹⁾。黄色丸: 微動の分布 (Obara, 2002)²⁾。

Fig.1 Sketch map showing the main tectonic features of Japanese islands. Contour is depth to the upper surface of Philippine Sea plate after Hirose et al. (2008)¹⁾. Yellow circle is tremor after Obara (2002)²⁾.



第 2 図 本州中央部の日本海拡大時のリフトの分布

黄色矢印: 日本海拡大時の運動方向. 赤紫の領域は, 厚いリフト後の堆積層と下部地殻の高速度化を示し, リフト帯の形成による地殻の薄化を示す. 地殻の弾性波速度は, Matsubara and Obara (2011)⁴⁾による.

Fig.2 Distribution of backarc rift systems in central Honshu during the opening of the Sea of Japan. Yellow arrow: direction of tectonic movement, Velocity structure of the lithosphere is after Matsubara and Obara (2011).

- 1) Hirose, F. et al. (2008). Three dimensional seismic velocity structure and configuration of the Philippine Sea slab in southwestern Japan estimated by double difference tomography, *Jour. Geophys. Res.*, 113, B09315, doi:10.1029/2007JB005274.
- 2) Obara, K. (2002). Nonvolcanic deep tremor associated with subduction in southwest Japan, *Science*, 296, 1679–1681.
- 3) Klaus, A. et al. (1992). Back-arc rifting in the Izu-Bonin island arc: structural evolution of Hachijo and Aoga Shima Rifts, *The Island Arc*, 1, 16-31.
- 4) Matsubara, M. and Obara, K. (2011). The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake related to a strong velocity gradient with the Pacific plate, *Earth Planets Space*, 63, 663–667.
- 5) 田中 隆・小草近治 (1981) . 山陰沖における中期中新世以降の構造運動, *地質学雑誌*, 87, 725-736.
- 6) Sato, H. et al. (2007). Deep seismic profiling across Lake Biwa, Japan: Formation of pull-down basin by subduction-induced mantle flow", *EGU General Assembly 2007*, EGU2007A05805.
- 7) Ishiyama, T. et al. (2011). Active intracontinental deformation by oblique subduction of corrugated oceanic slab, Kinki Triangle, central Japan, *EGU General Assembly 2011*, EGU2011-4656.