

11 - 3 海溝軸周辺および海溝海側の海洋プレート構造と地震活動

Oceanic plate structure and seismic activity in the trench-outer rise region

尾鼻 浩一郎 (海洋研究開発機構)

Koichiro Obana (JAMSTEC)

海溝軸から海溝海側斜面にかけてのいわゆるアウターライズ域では、海溝からの沈み込みに伴う海洋プレートの屈曲により、プレート浅部に引張応力場が生じ、海洋性地殻を断ち切る正断層やホルスト・グラーベン構造が発達¹⁾するとともに、一般にアウターライズ地震と呼ばれる海洋プレート内正断層地震が発生することが知られている^{2,3)}。また、プレート屈曲にともなって海洋プレートの含水化が進行し、沈み込むスラブによって地球内部へ持ち込まれる水の量に影響をあたえている⁴⁾。海洋研究開発機構 (JAMSTEC) では、2011 年東北沖地震以降に地震活動が活発化した日本海溝の海溝軸周辺ならびに海溝海側において、海底地震計 (OBS) を用いた地震観測を繰り返し実施するとともに、OBS やマルチチャンネル反射法地震探査システム (MCS) を用いた構造探査を実施し、詳細な地震活動分布や震源メカニズムに加えて、日本海溝から沈み込む太平洋プレートの地震波速度構造が海溝軸に近づくにつれて変化する様子を明らかにしてきた。

OBS による地震観測からは、正断層型の地震が深さ 40~50km 付近まで発生している様子が捉えられている^{5,6)} (第 1 図)。より深部では逆断層型の地震が発生しているが、深さ 40~50km 付近までプレート屈曲に伴う引張応力が卓越していることがわかる。海溝軸から海溝海側にかけての地震のうち、海洋性地殻内で発生したと考えられる震源の浅い地震 (海面からの深さ <14km) の多くは、グラーベンにそって発生しており、正断層活動によるホルスト・グラーベンの発達を反映していると考えられる。また、ホルスト・グラーベン構造は海溝軸に平行なものだけでなく、海溝軸には斜交しているが地磁気異常の縞模様と平行なものも存在する⁷⁾。海溝軸周辺で発生した M6~7 の地震の余震分布を詳細に見ると、地磁気異常に平行または直交する線状分布⁸⁾や、走向や傾斜方向、傾斜角が異なる面にそって余震が分布している様子⁹⁾が見られ、プレート内正断層は複雑な形状を持つと考えられる。

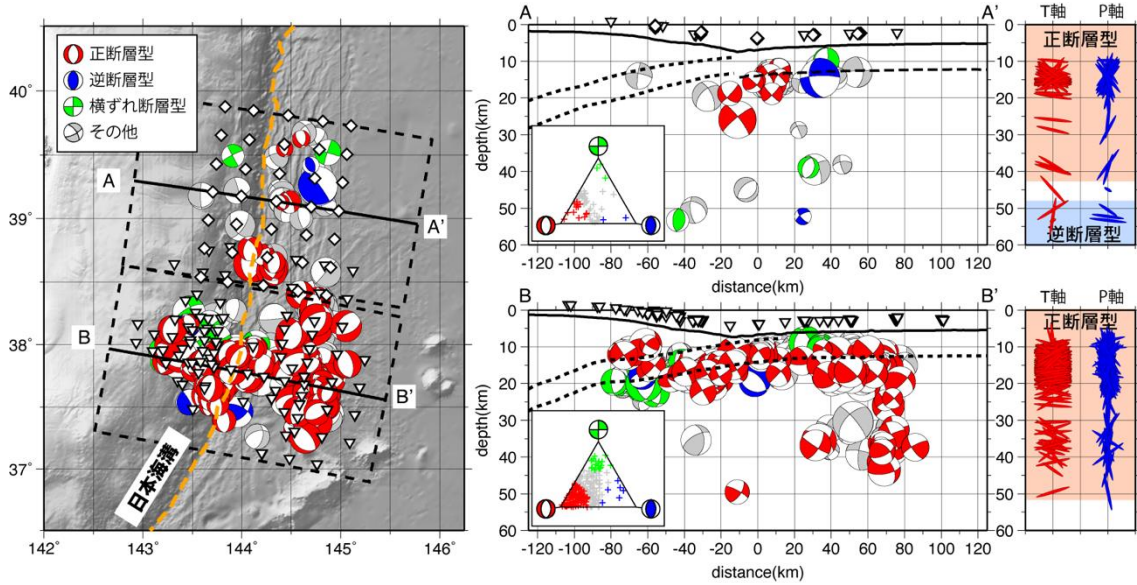
一方、地殻構造探査からは、日本海溝の海溝軸に近づくにつれて、太平洋プレートの最上部マントルの地震波速度 (V_p) が低下するとともに、海洋性地殻内の V_p/V_s 比が増加する様子が捉えられている^{10,11)}。千島海溝での探査結果と比べると、日本海溝では最上部マントルのより深部まで V_p の低下が見られる。このことは、日本海溝では千島海溝に比べてより含水化した海洋プレートが沈み込んでいることを示唆しており、活発なやや深発地震活動と関連している可能性がある。また、自然地震観測データを使ったトモグラフィ解析からは、日本海溝中部に沈み込む太平洋プレートでは、少なくともモホ面下 15km 程度までは、海洋性最上部マントルの V_p が海溝軸に近づくにつれて低下している様子が捉えられている⁶⁾。ただし、海洋プレート内の地震波速度変化には空間的不均質が見られ、地震活動と関連している可能性がある。

(尾鼻 浩一郎)

OBANA Koichiro

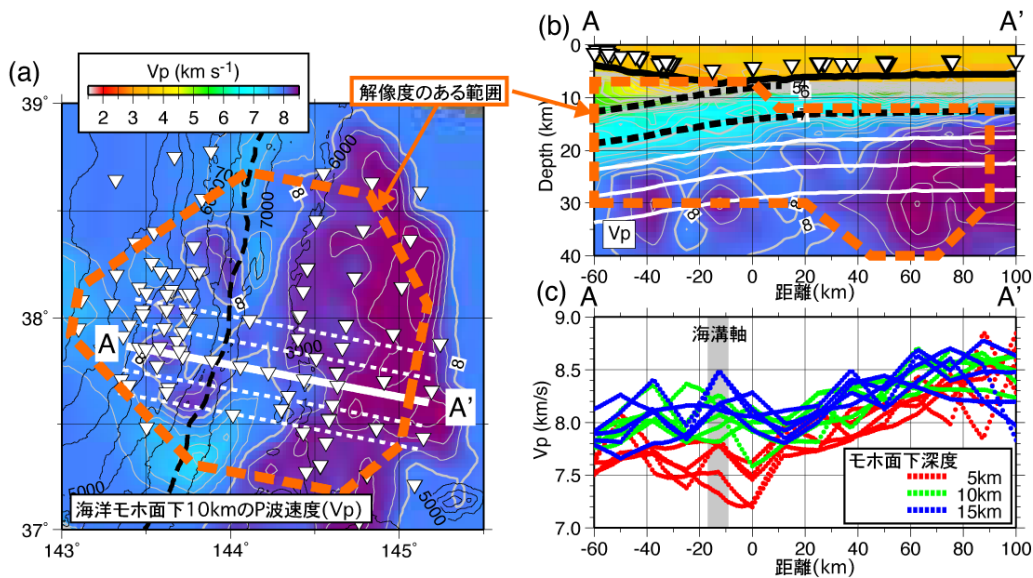
参考文献

- 1) Tsuru T, Park JO, Takahashi N, Kodaira S, Kido Y, Kaneda Y, Kono Y (2000), *J Geophys Res*, **105**, 16,403-16,414, Tectonic features of the Japan Trench convergent margin off Sanriku, northeastern Japan revealed by multichannel seismic reflection data.
- 2) Kanamori H (1971), *Phys Earth Planet Inter*, **4**, 289-300, Seismological evidence for a lithospheric normal faulting -the Sanriku earthquake of 1933.
- 3) Lay T, Kanamori H, Ammon CJ, Hutko AR, Furlong K, Rivera L (2009), *J Geophys Res*, **114**:B11308, The 2006–2007 Kuril Islands great earthquake sequences. doi:10.1029/2008JB006280.
- 4) Faccenda M (2014), *Tectonophysics*, **614**, 1-30, Water in the slab: A trilogy. doi:10.1016/j.tecto.2013.12.020.
- 5) Obana K, Nakamura Y, Fujie G, Kodaira S, Kaiho Y, Yamamoto Y, Miura S (2018), *Geophys J Int*, **212**, 2061-2072, Seismicity in the source areas of the 1896 and 1933 Sanriku earthquakes and implications for large near-trench earthquake faults. doi:10.1093/gji/ggx532.
- 6) Obana K, Fujie G, Takahashi T, Yamamoto Y, Tonegawa T, Miura S, Kodaira S (2019), *Geophys J Int*, **217**, 1629-1642, Seismic velocity structure and its implications for oceanic mantle hydration in the trench-outer rise of the Japan Trench. doi:10.1093/gji/ggz099.
- 7) Nakanishi M (2011), Bending-related topographic structures of the subducting plate in the northwestern Pacific Ocean. In: Ogawa Y, Anma R, Dilek Y (eds) *Accretionary Prisms and Convergent Margin Tectonics in the Northwest Pacific Basins, Modern Approaches in Solid Earth Sciences*, vol 8, Springer Netherlands, pp 1-38, doi:10.1007/978-90-481-8885-7-1.
- 8) Obana K, Kodaira S, Shinohara M, Hino R, Uehira K, Shiobara H, Nakahigashi K, Yamada T, Sugioka H, Ito A, Nakamura Y, Miura S, No T, Takahashi N (2013), *Earth Planet Sci Lett*, **382**, 111-116, Aftershocks near the updip end of the 2011 Tohoku-Oki earthquake. doi:10.1016/j.epsl.2013.09.007.
- 9) Obana K, Takahashi T, Yamamoto Y, Iinuma T, Nakamura Y, Fujie G, Miura S, Kodaira S (2023), *Prog Earth Planet Sci*, **11**, Fault geometry of M6-class normal-faulting earthquakes in the outer trench slope of Japan Trench from ocean bottom seismograph observations. doi:10.1186/s40645-023-00541-7.
- 10) Fujie G, Kodaira S, Kaiho Y, Yamamoto Y, Takahashi T, Miura S, Yamada T (2018), *Nat Comm*, **9**, 3844, Controlling factor of incoming plate hydration at the north-western Pacific margin. doi:10.1038/s41467-018-06320-z.
- 11) Fujie G, Kodaira S, Obana K, Yamamoto Y, Isse T, Yamada T, No T, Nakamura Y, Miura S (2023), *Prog Earth Planet Sci*, **10**, 50, The nature of the Pacific plate as subduction inputs to the northeastern Japan arc and its implication for subduction zone processes. doi:10.1186/s40645-023-00578-8.
- 12) Frohlich C (1992), *Phys Earth Planet Inter*, **75**, 193-198, Triangle diagrams: ternary graphs to display similarity and diversity of earthquake focal mechanisms.



第 1 図 日本海溝の海溝軸周辺および海溝海側での海底地震計観測から得られた震源メカニズム^{5,6)}と断面図(A-A', B-B'), ならびにT軸, P軸をそれぞれの断面に投影したもの. 震源メカニズムは, 三角ダイアグラム¹²⁾に従って色分けしてある.

Fig. 1 Focal mechanisms based on the OBS observations after the 2011 Tohoku-Oki earthquake^{5,6)}. Cross sections and T- and P-axes projected onto two cross-sections (A-A' and B-B') are shown. Focal mechanisms are color-coded according to the triangle diagram¹²⁾.



第 2 図 日本海溝中部に沈み込み太平洋プレートの最上部マントルの地震波速度変化⁶⁾. (a) 海洋モホ面下 10km の P 波速度構造. (b) A-A' (a 図, 白線) に沿った断面図. 黒破線は, 海洋性地殻上面ならびにモホ面. 白線はそれぞれ, 海洋モホ面下 5km, 10km, 15km を示す. (c) 海溝軸に直交するプロファイル (a 図, 白線, 白破線) にそった P 波速度変化.

Fig. 2 P-wave velocity change in uppermost oceanic mantle of the Pacific Plate subducting into the Japan Trench⁶⁾. (a) Vp at 10 km below the oceanic Moho. (b) Cross-section of Vp along the thick white profile A-A' on (a). The dashed black lines indicate the top of the oceanic crust and the Moho. White lines indicate depths of 5, 10, and 15 km below the oceanic Moho. (c) Vp profiles along the across-trench profiles shown on the map (a) by thick and dashed white lines.