

(1) 実施機関名：

東北大学

(2) 研究課題(または観測項目)名：

沈み込み帯の水循環の全容解明

(3) 最も関連の深い建議の項目：

2. 地震・火山現象解明のための観測研究の推進

(1) 日本列島及び周辺域の長期・広域の地震・火山現象

イ．上部マントルとマグマの発生場

(4) その他関連する建議の項目：

2. 地震・火山現象解明のための観測研究の推進

(1) 日本列島及び周辺域の長期・広域の地震・火山現象

ア．列島及び周辺域のプレート運動，広域応力場

ウ．広域の地殻構造と地殻流体の分布

(2) 地震・火山噴火に至る準備過程

(2-1) 地震準備過程

ウ．ひずみ集中帯の成因と内陸地震発生の準備過程

(5) 本課題の 5 か年の到達目標：

沈み込み帯の水循環について、地震波速度構造や減衰構造などの地震学的観測事実に基づき、スラブ内で脱水反応が起こる深さ、脱水反応により生じた水の移動経路、マントル上昇流の微細構造などを明らかにし、スラブから地表に至る流体の移動経路の全容を解明する。さらに、5 か年の計画で得られる新たな観測事実に基づき、これまでに提案されている東北日本弧におけるマグマ生成・上昇モデルを高度化する。

(6) 本課題の 5 か年計画の概要：

平成 21 年度は、地震波速度・減衰トモグラフィのための地震波形の読み取りを行うとともに、得られたデータを用いて、北海道および紀伊半島下の速度構造の予備的な解析を行う。また、中国北東部におけるトモグラフィを行い、太平洋停滞スラブと活火山の関係を明らかにする。減衰構造推定のためのインバージョンプログラムを開発する。

平成 22 年度は、紀伊半島下の減衰構造の推定し、西南日本下のマントル上昇流について、速度異常と減衰異常からその原因の考察を行う。また、North China Craton の活発化と太平洋停滞スラブとの関係の考察を行う。

平成 23 年度は、遠地地震を用いた解析を行い、日本列島下のマントル構造を明らかにする。

平成 24 年度は、これまで進められてきた波形の読み取り値を用いて、日本列島下の速度トモグラフィを行い、特にスラブ直上およびマントルウエッジの構造を高分解能で推定する。

平成 25 年度は、それまでに得られた結果から、沈み込む太平洋スラブに関わる水や物質の循環を、日本列島から中国北東部に至る広い領域で考察し、Big Mantle Wedge における流体の移動経路の全容を解明する。

(7) 平成 23 年度成果の概要 :

日本列島を含む北西太平洋下の構造，東北地方のマントルウエッジの構造，海洋性地殻の詳細な速度不均質構造など，マルチスケールの不均質構造解析を行い，各階層における水の分布やそれが地震・火山活動に与える影響を考察した。

1. 日本列島，中国大陸東縁を含む北西太平洋地域の速度トモグラフィを行い，下部マントルまでの地震波速度構造を推定した．その結果，太平洋プレートが遷移層に停留している様子を明瞭にイメージングし，さらに直上のマントルウエッジには大規模なマントル上昇流が存在することを明らかにした (図 1) ．マントル上昇流は大陸リソスフェアの薄化や大陸の火山の形成に大きな役割を果たしている．
2. 東北地方の太平洋から日本海にかけての領域で，異方性トモグラフィを行った．その結果，背弧側の深さ 150-200km から火山フロントのモホ面直下まで連続的に分布する低速度域を明瞭にイメージングし，そこでの異方性はほぼ東西であることを明らかにした．東西の異方性は，マントル上昇流によるものであると解釈できる．一方，太平洋プレート内の異方性はほぼ南北であり，これはプレート拡大時に獲得した異方性の名残，または沈み込む際のプレートのベンディングによる異方性を反映していると考えられる (図 2) ．
3. 基盤地震観測網で得られた高品質の地震波形のスペクトルについて，二重スペクトル比法を S 波のコーダ波に適用し，各地震のコーナー周波数を精度よく決定した．そのようにして求めたコーナー周波数を用いて，各波形のスペクトルから減衰のパラメータである t^* を推定した．その t^* をインバージョンすることにより，東北地方の三次元 P 波減衰構造の推定を行った．その結果，背弧側のマントルウエッジに存在する斜めの地震波低速度域は高減衰をあらわすこと，その高減衰域は南北方向に不均質であり，活火山の直下では特に高減衰を示すことなど，新たな知見が明らかになった．
4. 東北地方の太平洋プレート上面で発生した地震の波形から，プレート境界面での PS 変換波を同定し，到着時刻の読み取りを行った．読み取った SP 変換波の走時を用いて，海洋性地殻の P 波速度を見積もったところ，火山フロント付近を境に速度が大きく変化し，前弧側では 6.5km/s 程度，背弧側では 7.5km/s 程度の速度が得られた．この速度変化は，海洋性地殻内での脱水を伴う相転移と関係していると考えられ，スラブ内での水の分布およびその脱水の過程を理解するための重要な成果である．
5. S 波スプリッティングの周波数依存を調べ，上部地殻，下部地殻，マントル，太平洋スラブには異なる方向の異方性が層構造をなしていることが明らかになった．このような層構造のために，東北日本で観測される異方性は他の沈み込み帯に比べて小さいのかもしれない (図 3) ．
6. Big Mantle Wedge モデルの高度化のために，中国大陸においても S 波異方性解析を行い，異方性の方向が現在のテクトニクスから期待される対流の方向と対応することを明らかにした．

(8) 平成 23 年度の成果に関連の深いもので、平成 23 年度に公表された主な成果物 (論文・報告書等) :

- Huang, Z., D. Zhao, L. Wang (2011) Seismic heterogeneity and anisotropy of the Honshu arc from the Japan Trench to the Japan Sea. *Geophys. J. Int.* 184, 1428-1444.
- Huang, Z., L. Wang, D. Zhao, N. Mi, M. Xu (2011) Seismic anisotropy and mantle dynamics beneath China. *Earth Planet. Sci. Lett.* 306, 105-117.
- Huang, Z., D. Zhao, L. Wang (2011) Frequency-dependent shear-wave splitting and multilayer anisotropy in Northeast Japan. *Geophys. Res. Lett.* 38, L08302.
- Mishra, O.P., D. Zhao, C. Ghosh et al. (2010) Role of crustal heterogeneity beneath Andaman-Nicobar Islands and its implications for coastal hazard. *Natural Hazards* 57, 51-64.
- Zhao, D., Z. Huang, N. Umino, A. Hasegawa, H. Kanamori (2011) Structural heterogeneity in the megathrust zone and mechanism of the 2011 Tohoku-oki earthquake (Mw 9.0). *Geophys. Res. Lett.* 38, L17308.

- Zhao, D., S. Yu, E. Ohtani (2011) East Asia: Seismotectonics, magmatism and mantle dynamics. J. Asian Earth Sci. 40, 689-709.
- Zhao, D., Z. Huang, N. Umino, A. Hasegawa, T. Yoshida (2011) Seismic imaging of the Amur-Okhotsk plate boundary zone in the Japan Sea. Phys. Earth Planet. Inter. 188, 82-95.
- Zhao, D., W. Wei, Y. Nishizono, H. Inakura (2011) Low-frequency earthquakes and tomography in western Japan: Insight into fluid and magmatic activity. J. Asian Earth Sci. 42, 1381-1393.

(9) 平成 24 年度実施計画の概要 :

- ・ アラスカ沈み込み帯における地震波不均質構造の推定
- ・ 東北地方下太平洋スラブの地殻構造と地震活動に関する考察
- ・ これまでに得られた結果の解釈と沈み込み帯の水循環モデルの提唱

(10) 実施機関の参加者氏名または部署等名 :

趙 大鵬・中島淳一・海野徳仁・松澤 暢・岡田知己・他
他機関との共同研究の有無 : 有
愛媛大学 : 山田朗

(11) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署等名 : 理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター
電話 : 022-225-1950
e-mail : zisin-yoti@aob.gp.tohoku.ac.jp
URL : <http://www.aob.gp.tohoku.ac.jp/>

(12) この研究課題 (または観測項目) の連絡担当者

氏名 : 中島淳一
所属 : 大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター
電話 : 022-225-1950
FAX : 022-264-3292
e-mail : nakajima@aob.gp.tohoku.ac.jp

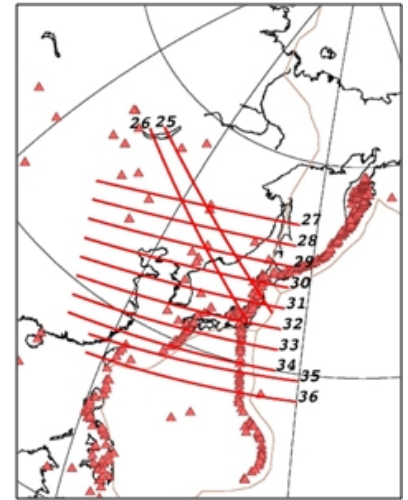
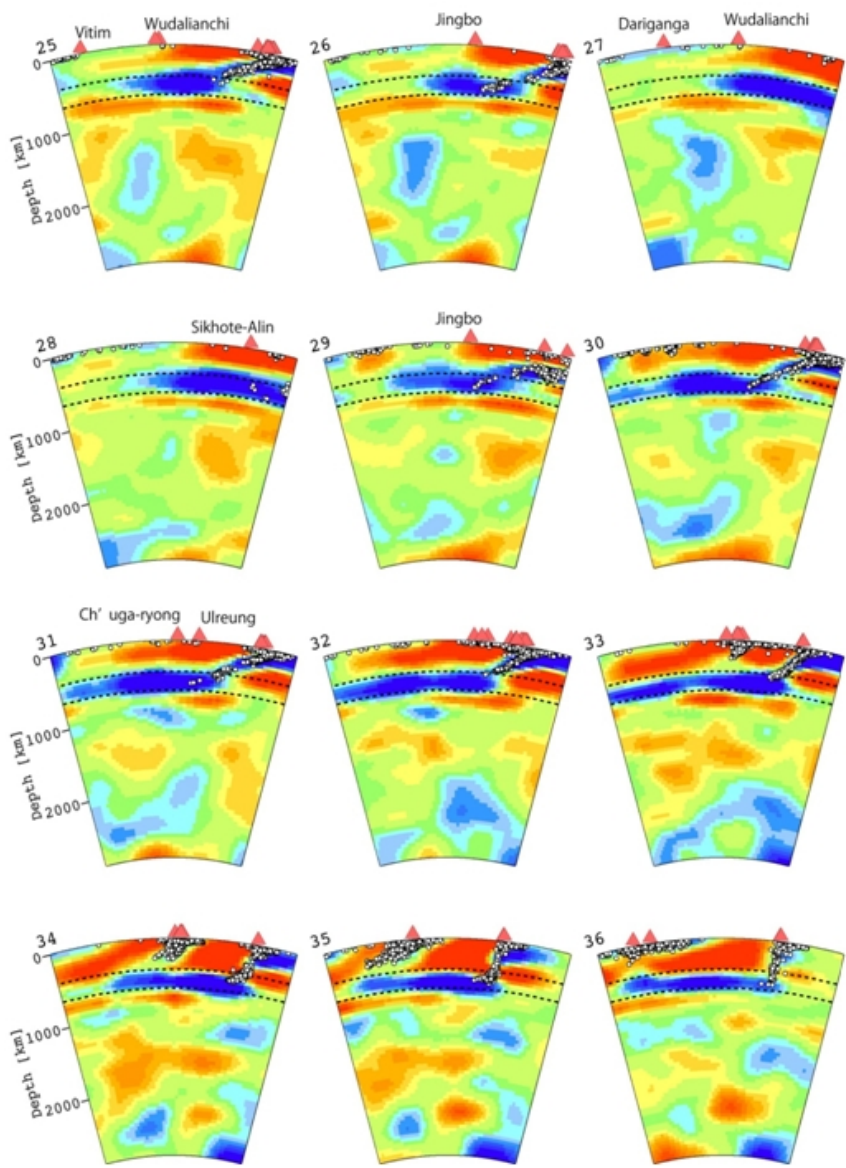


図 1. 挿入図に示す測線における P 波速度構造の鉛直断面図 .

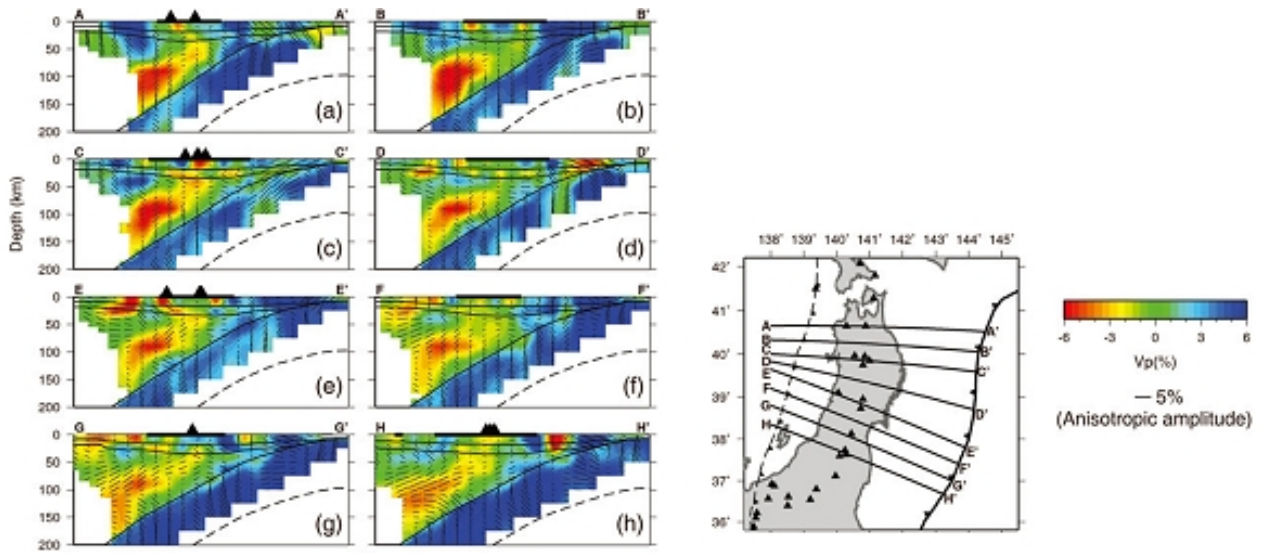


図2. 挿入図に示す測線におけるP波速度・異方性構造の鉛直断面図．バーの長さは異方性の強さ，方向の異方性の向きをあらわす．鉛直なバーは南北方向，水平のバーは東西方向の異方性を示す．

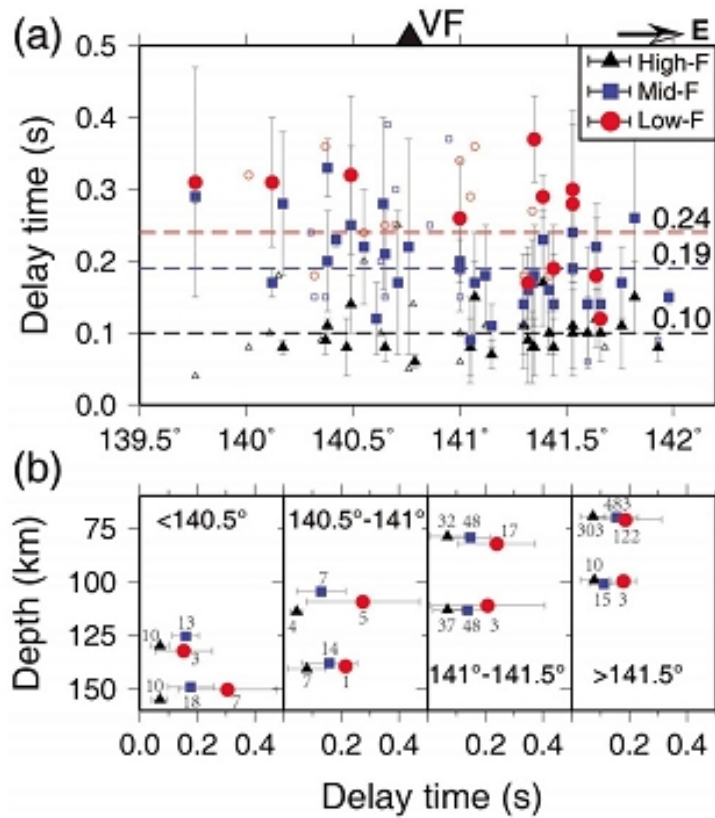


図3. 東北地方中央部のS波スプリッティング解析の結果．(a) 時間差と震源の緯度との関係．シンボルの色は解析した周波数帯域に，大きさは結果の信頼度に対応する．(b) 経度で区切った4つの獵期における二重深発地震面上面と下面の地震のdtの重み付き平均値．平均処理に用いた観測値の数を数字で示してある．