

(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と電気伝導度構造などの地球電磁気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、特にスラブ直上及びマントルウエッジの構造を高分解能で推定する。東北地方に関して

は3次元最上部マントル電気伝導度構造も推定し、地震学的構造と電磁気学的構造の両者を詳細に比較検討する。

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) 計画期間中(平成21年度~25年度)の成果の概要:

【平成25年度の成果】

1. 日高山脈西部の観測点で観測される後続波の観測走時差を用いて北海道東部下において沈み込む海洋性地殻の地震波速度を推定したところ、深さ50-100km程度の範囲で6.8-7.7 km/sのP波速度を得た。特に、深さ100km以浅では得られたP波速度が海洋性地殻を構成する含水鉱物の速度よりも小さい。これらの結果は、北海道東部下の海洋性地殻内部に流体の水が含水鉱物と共存していることを示唆している。
2. 東北地方のP波減衰構造を推定した結果、上昇流に相当する斜めの高減衰異常は温度だけでは説明できず、メルトによる減衰が寄与していることを強く示唆していることが明らかになった。また、深さ120km付近で太平洋スラブからマントルウエッジに伸びる高減衰域が存在する。スラブからの水の上昇経路をあらわしている可能性が高い。
3. 東北地方中部の周期20秒から20000秒のMTデータを用いて3次元電気伝導度構造モデルを推定した結果、沈み込むスラブと並行してマントルウエッジの高電気伝導度領域が推定され、スラブに沿って斜めに流体が上昇するようなイメージを確認できた。さらに月山を横切る東西電気伝導度構造断面では、高電気伝導体が稍背弧側で上昇しており、背弧の火山活動のうち月山下の高伝導体は上部マントルの比較的深部100km以深までつながっていることを示した。
4. 九州地方においてP波方位異方性構造を推定した結果、マントルウエッジの低速度域とフィリピン海スラブ下の低速度域では鉛直方向の速度が水平方向の速度よりも速いことが明らかになった。一方、フィリピン海内部では海溝軸に平行な異方性が観測された。この海溝軸に平行な異方性は、プレート生成時の異方性を現在まで保持しているか、またはBタイプのオリピンの選択配向が生じているかで説明可能である。
5. 日本国内の地震波形データに加えて、韓国国内の地震観測網のデータを用いて、西南日本下の地震波速度構造を推定した。その結果、鳥取県沖合の日本海下と対馬・五島列島下においては非地震性のフィリピン海スラブが深さ400kmまで沈み込んでいることが明らかになった。ただし、山口県沖合ではフィリピン海スラブに対応する高速度異常が見られないことから、その場所はslab windowになっているのではないかと考えられる。

【5年間のまとめ】

本計画では近地地震および遠地地震を用いた日本列島下の地震波速度・減衰・異方性構造の研究やMT探査による三次元電気伝導度構造に関する研究を行い、数多くの新しい知見を得た。ここでは主要な成果を示す(他の成果は論文等を参照して頂きたい)。(1) マントルウエッジの上昇流は低速度・高減衰・低比抵抗を示し、異方性の方向は海溝に直交する。(2) 西南日本下では非地震性のフィリピン海プレートが深さ400kmまで沈み込んでいる地域がある(図1)。さらに、中国大陸東部における観測結果から、(3) 長白山の深部には大規模なマントル上昇流があることが明らかになった。これら一連の成果は、日本列島下では沈み込むスラブにより比較的小規模なスケールでの水輸送過程が存在し、それは島弧マグマ活動の根源であること(図2)。一方、東アジアではスラグナントスラブによりBig Mantle wedgeでより大規模な水の対流や拡散が起こっており、それは長白山などのプレート内火山の原因であることを示している(図3)。本研究によって初めて系統的に研究された沈み込み帯の深さ600kmまでの不均質構造とそれによって得られた水輸送過程のモデルは、地球内部への水の輸送過程やマグマ生成・上昇機構、スラブ内地震の発生などの理解に大きく寄与すると考えられる。

- (8) 平成 25 年度の成果に関連の深いもので、平成 25 年度に公表された主な成果物(論文・報告書等) :
Hasegawa, A., J. Nakajima, T. Yanada, N. Uchida, T. Okada, D. Zhao, T. Matsuzawa, and N. Umino, 2013, Complex slab structure and arc magmatism beneath the Japanese Islands, *J. Asian Earth Sci.*, 78, 277-290.
Huang, Z., D. Zhao, A. Hasegawa, N. Umino, J. Park, I. Kang, 2013, Aseismic deep subduction of the Philippine Sea plate and slab window. *J. Asian Earth Sci.* 75, 82-94.
Ichiki, M., Y. Ogawa et al., A three-dimensional electrical conductivity model in the subduction zone of Tohoku district, northeastern Japan, IAVCEI Scientific Assembly, Kagoshima, Japan, July, 2013.
Liu, X., D. Zhao, S. Li, 2013, Seismic heterogeneity and anisotropy of the southern Kuril arc: Insight into megathrust earthquakes. *Geophys. J. Int.* 194, 1069-1090.
Nakajima, J., S. Hada, E. Hayami, N. Uchida, A. Hasegawa, S. Yoshioka, T. Matsuzawa, and N. Umino, 2013, Seismic attenuation beneath northeastern Japan: Constraints on mantle dynamics and arc magmatism, *J. Geophys. Res.*, 118, 5838-5855, doi:10.1002/20013JB010388.
Wang, J., and D. Zhao, 2013, P-wave tomography for 3-D radial and azimuthal anisotropy of Tohoku and Kyushu subduction zones. *Geophys. J. Int.* 193, 1166-1181.
Zhao, D., and Y. Tian, 2013, Changbai intraplate volcanism and deep earthquakes in East Asia: A possible link? *Geophys. J. Int.* 195, 706-724.

(9) 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・市来雅啓・他
他機関との共同研究の有無 : 有
愛媛大学 : 山田朗
東京工業大学火山流体研究センター : 小川康雄

(10) 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/>

(11) 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

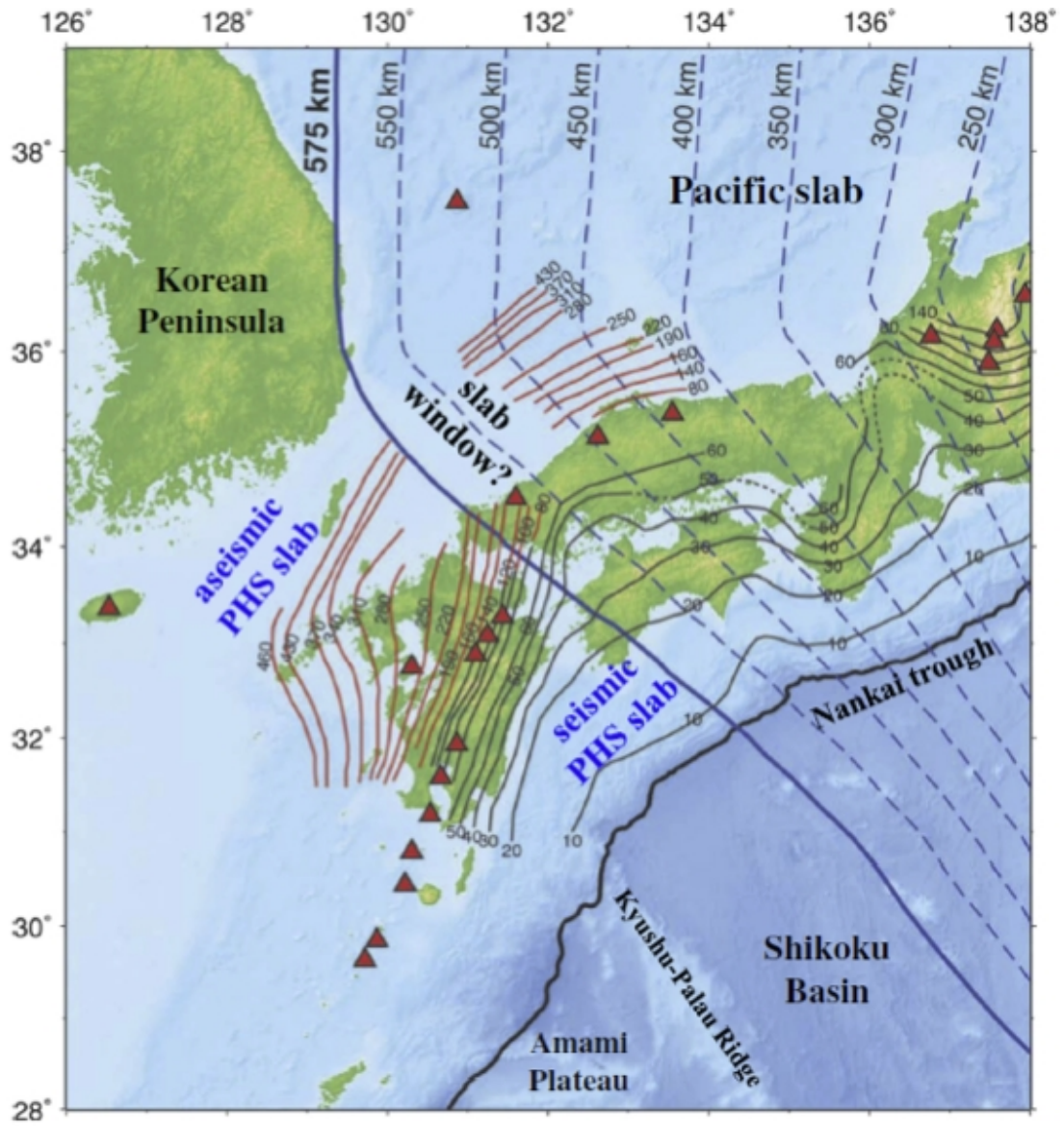


図 1

地震波速度解析によって得られたフィリピン海プレートの形状 (Huang et al., 2013) . 島根沖では Slab window が形成されている可能性がある .

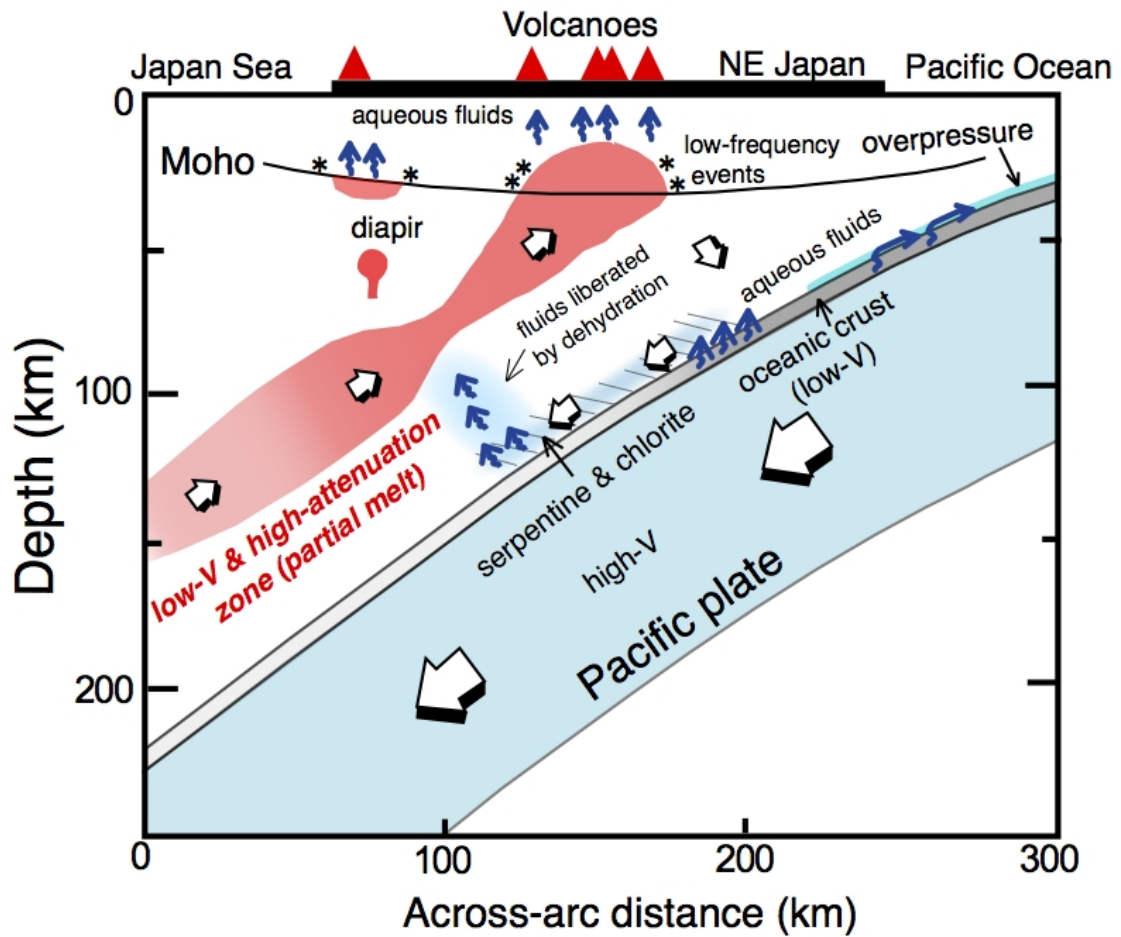


図 2

東北地方のマグマ生成・上昇モデル (Nakajima et al., 2013) . 太平洋スラブの深さ 120km 付近からマンテルウエッジに伸びる地震波高減衰域はマンテルへの水の経路の一つであると考えられる .

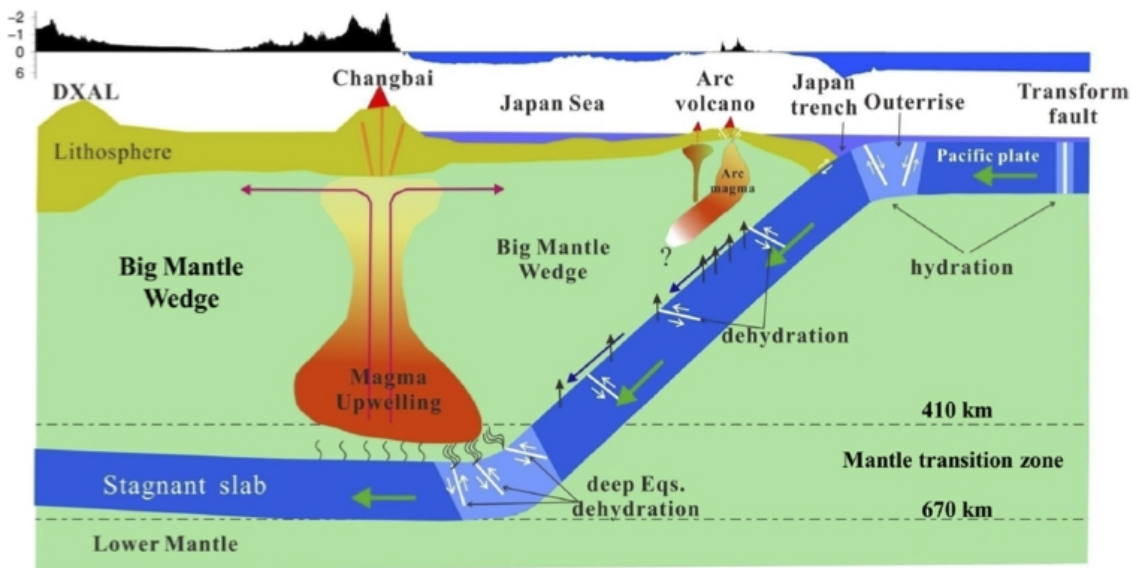


図 3

Big Mantle Wedge における水循環のモデル (Zhao and Tian, 2013) .