

平成 21 年 6 月 2 日現在

研究種目：特定領域研究

研究期間：2004～2008

課題番号：16075203

研究課題名（和文） 海底広帯域地震観測でスタグナントスラブを診る

研究課題名（英文） Imaging the stagnant slab by broadband ocean bottom seismic observation

研究代表者

氏名（アルファベット）金沢 敏彦（KANAZAWA TOSHIHIKO）

所属機関・所属部局名・職 東京大学・地震研究所・教授

研究者番号：30114698

研究成果の概要：地震波トモグラフィーにより、海溝から沈み込んだ海洋プレート（スラブ）がマントル遷移層（深さ 410-660km）で滞留する（スタグナント）現象が確認されてきた。しかし、それらは海域が多く、既存の地震観測網でこれ以上詳細な結果を得るのは困難であった。本研究では、スタグナントスラブの直上において海底での 3 年間の地震アレイ観測を実施し、スラブの実態を詳細に解明するための地震データを得て解析を行った。また、既存の地震データから、海洋プレートによりマントル内へ水が輸送されていることなどを解明した。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2004 年度	54,100,000	0	54,100,000
2005 年度	115,500,000	0	115,500,000
2006 年度	118,500,000	0	118,500,000
2007 年度	67,900,000	0	67,900,000
2008 年度	51,700,000	0	51,700,000
総計	407,700,000	0	407,700,000

研究分野：海底地震学

科研費の分科・細目：435

キーワード：地震、地球観測、スタグナントスラブ、海底地震計、広帯域地震観測、フィリピン海、マントル

## 1. 研究開始当初の背景

ここ 20 年程の間に、陸上に展開された地震観測網で蓄積された地震データをもとにして、地球内部構造が地震波トモグラフィーにより次第に明らかになってきた。これまで、海溝から沈み込んだ海洋プレート（スラブ）の様子は深発地震活動から推測される程度だったものが、トモグラフィーにより詳しく分かってきた。その中でも、スラブがマントル遷移層（深さ 410-660km）において沈み

込まずに滞留する（スタグナント）現象が、北西太平洋縁辺域下でまず見出された後に、その他の地域でも存在することが確認されてきた。また、そのような滞留が見られない地域や、過去に滞留したものが遷移層からコア-マントル境界へと崩落しているように推測される様子なども見られる。しかしながら、そのような地域は海底下に多く存在し、既存の地震観測網でこれ以上詳細な結果を得るのは困難であった。

一方、海域での広帯域地震観測の技術は、1996～2001年に実施した新プログラム「海半球ネットワーク計画」の中で、機動的な広帯域海底地震計が開発され、実用の域に達していた。2003年以降には、数台規模での1年間程度の長期アレイ観測の実績を積み上げていた。

## 2. 研究の目的

本研究は、特定領域研究の中で、海底地震観測からこのスタグナントスラブの実体を明らかにする「計画研究ウ」として実施した。これは「海半球ネットワーク計画」で達成した世界トップクラスの海底地震観測技術を駆使して、北西太平洋縁域下でのスタグナントスラブ、特に伊豆-小笠原-マリアナ弧に沿ったスラブの全貌に迫るのが目的である。当該地域北部ではスラブが660km不連続面上で滞留しているのに対して南部では同不連続面を通過している。これら二つの状態の遷移域、および後者の660km不連続面下での様子を高解像度でイメージングする。具体的には、(1)実体波トモグラフィー解析、(2)表面波トモグラフィー解析、(3)実体波走時解析、(4)レーザー関数解析、(5)地震波非等方伝播・振動偏波検出などにより、海底地震観測領域でのスタグナントスラブをとりまく環境、特に、スタグナントスラブの形状・地震波速度構造、660km不連続面の起伏・速度および密度不連続を詳細にマッピングし、スタグナントスラブのダイナミクスを理解するための基本的な制約条件を観測の立場から明らかにする。

## 3. 研究の方法

本研究の目的であるマントル遷移層付近の詳細な構造を知るため、広帯域海底地震計(BBOBS、図1)を図2に示すようにフィリピン海周辺に配備し、合計3年間の長期地震観測を継続して行った。最初の2年間は各12台、3年目は15台のBBOBSを設置した。この観測を実施するための4航海は、2005・2006・2008年には海洋研究開発機構の研究船「かい



図1 自己浮上方式の広帯域海底地震計。

れい」を深海調査研究公募により利用した。2007年は本研究費により作業船を備船して実施した。これらの航海は、海底電磁気観測を実施する「計画研究エ」と合同で行った。

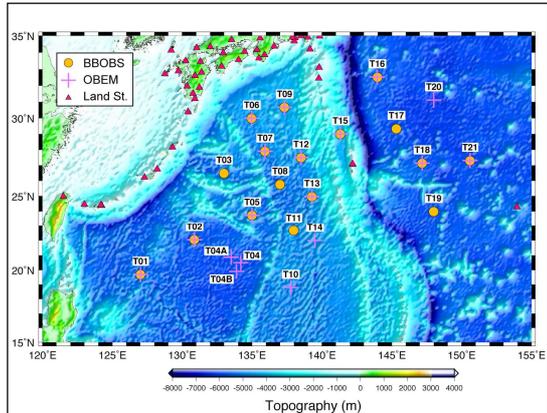


図2 広帯域海底地震計(BBOBS)と海底電磁気計(OBEM)の観測点配置図。

また、本研究の観測で取得した海底での地震データだけではなく、定常的陸上地震観測や海底地震観測の既存データを用いて、上部マントル内での沈み込むスラブの詳細な様子を解明した。地震学的解析では、データ解析を主たる目的とする「計画研究イ」と密接に連携した。

## 4. 研究成果

### (1) 長期海底地震観測データの取得

3年間にのべ39台のBBOBSを設置し、1台を除き無事に機器を回収した。残る1台も、データを蓄積しているので、潜水艇による回収を計画中である。最終的なデータ回収率は77%となった。基礎的な解析として、全観測点での背景雑音モデルを作成したが、海洋島並の質であることが確認できた。電磁気観測と併せ、長期観測の概要を公表した。

### (2) スラブ沈み込みに伴う水輸送に関する地震学的制約

日本列島に展開されている高密度地震観測網 Hi-net のデータを使い、日本列島下の高解像度散乱強度イメージング(レーザー関数解析)により、太平洋プレートの日本列島下への沈み込むに伴う地球深部への水輸送に関して、以下に示すいくつかの重要な知見を得た： マントル深部への水の輸送を示す地震学的証拠、スラブ内オリビン準安定相の直接的イメージング(および深部スラブが水を多量に含まないことの間接的推定)、660km不連続面に対応する相変化のクラペイロン勾配への制約。

東北日本弧下におけるマントル深部への水の輸送を示す地震学的証拠

東北日本下の沈み込み帯において、火山を作るマグマのもとにもなるマントル深部での水の存在とその輸送過程を示す直接的な

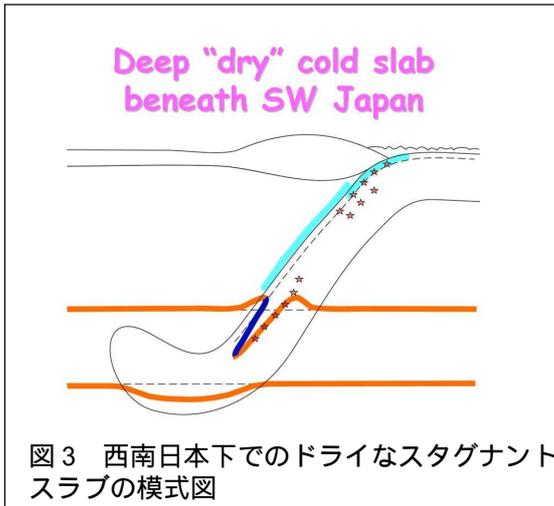


図3 西南日本下でのドライなスタグナントスラブの模式図

証拠を世界で初めて地震学的に明らかにした。日本列島に展開された稠密な地震観測網 Hi-net の5年分の波形データを解析することで、沈み込む海洋プレート最上部の海洋地殻に含まれた水がマントル内で分離し（50 - 90km の深さ）さらにその水がマントル物質に取り込まれ、沈み込む海洋プレートの上面に沿ってマントル深部へ運ばれている様子が明らかになった。この結果は、大量の水がこの経路にそってマントルに取り込まれている可能性を示唆している。これにより海洋から地球深部への水輸送の経路が明らかになり、地球システムにおける水循環の定量化へ向けた研究が進展すると期待される。

スラブ内オリビン準安定相の直接的イメージング

沈み込んだスラブの傾きの情報を先験的に取り込んだ解析手法を開発し、より深部（約 350km の深さ）への水輸送を示すマントルウェッジ内スラブ上面の低速度領域の存在、および深部スラブ内におけるオリビン準安定相による低速度ウェッジの存在を直接イメージングによって明らかにした。「研究計画ク」との共同研究により、西南日本直下の深部スラブにここで観測されるようなオリビン準安定相が存在するには、スラブ内マントルでの含水量が 100ppm 重量%を超えないことが予想される。以上から、西南日本直下のスタグナントスラブはドライであることが示され、下部マントルへの水輸送の可能性の内、スラブそのものが水を輸送する可能性は少ないと考えられる。

660km 不連続面に対応する相変化のクラベイロン勾配への制約

イメージングの成果と地震波トモグラフィから読み取れる西南日本列島直下のスタグナントスラブの様子を模式的にまとめると図3のようになる。ここでオレンジは浅部から深部へ速度が増加する境界、青はその逆を示す。また水色はイメージングによって明らかになったマントルウェッジ内低

速度領域、印は地震を示す。散乱強度イメージングからは 660km 不連続面が幅約 500km にわたり最大 40 - 50km 深くなっている。これとで明らかになった深部ドライスラブの存在、モデリングから期待されるスラブ内の最低温度の推定等から、660km 不連続面に対応する相変化の実効的クラベイロン勾配は、近年の高圧実験が示すような低勾配（0.5-1.0MPa/K）のものでなく、2.5MPa/K 程度の高勾配である可能性が示唆される。これが実験的に受入難いならば、観測から明らかになる実効的クラベイロン勾配を大きくするための新たなメカニズムが必要である。

(3) 広帯域海底地震計データから推定した伊豆・ボニン沈み込み帯の地震学的特性とその解釈

本研究で設置された広帯域海底地震計の波形データを用いて、伊豆・ボニン沈み込み帯周辺の地震学的特性の推定と、その地球物理学的解釈を行った。2005~2006年に、伊豆・ボニンスラブで起こった10個のイベントデータの記録を用いて、波線平均のP波減衰とP波およびS波の走時異常を測定し、その結果を鉱物物理学の理論と実験データを用いて定量的に評価した。太平洋スラブ内および同スラブ下のマントルをサンプルするデータのP波の減衰と走時異常の関係は、温度効果を考慮した場合に予測されるそれに調和的である。一方、フィリピン海のマントルウェッジをサンプルしたデータは、減衰に対して正の走時異常が大きく、温度効果のみでは説明できない。マントルウェッジデータの減衰から推定した温度異常は、ペリドタイトのドライソリダスを超えており、メルトが存在する可能性を示している。また、P波の走時異常に対するS波の走時異常は、温度の効果を補正した場合、比較的小さな値をとる（ $R=0.5-1.2$ ）。本研究で観測された、減衰に対して正の走時異常が大きいという関係は、トンガや東北の沈み込み帯でも報告されている。このような観測結果は、部分熔融の存在で説明できるかもしれない。

(4) 海底観測で明らかになったフィリピン海の上部マントル3次元S波速度構造

本研究開始前にも既存の海底及び陸上地震観測データを用いて、表面波の位相速度解析からフィリピン海域の上部マントルの3次元速度構造モデルを構築した。その際に用いた海底地震観測データは主に線状アレイ観測のものであったが、それを加えることで同海域の空間分解能が向上した。本研究の密なデータを加える事でさらに高空間分解能な3次元S波速度構造モデルを構築する事が可能になった。得られた高解像度の3次元上部マントルS波速度構造モデルにより、伊豆小笠原マリアナ島弧下のマントルウェッジには3つの独立した低速度異常域が存在し、島弧の

火山岩の同位体組成比の特徴と良い一致を示す事が明らかになった。これは伊豆・小笠原・マリアナ島弧のマントルウェッジの流れは島弧全体で一様な流れを形成しているのではなく、幅約 500km の 3 つの流れが存在しているからであると推定される。

(5) 日本弧～中国下スタグナントスラブによる実体波の速度異常

P 波トモグラフィ解析によって示されたマントル遷移層で横たわるスラブの描像に対し、波形解析からもそれに関連する顕著な正の速度異常を検出した。北西太平洋スラブは西南日本～中国東部下のマントル遷移層に広く停留する。これを狙い、小笠原で起きた地震について、日本列島および韓国、中国における定常観測網で記録された広帯域地震データを解析したところ、スタグナントスラブに関連した速度異常が P 波だけでなく、S 波においても存在することを見出した。この観測事実は、P 波速度が異常であるのに対し、S 波速度は正常であるという過去の研究結果に反する。この相違は物性問題に関わるという点で重要である。

まず、3 次元 P 波速度構造に対する理論走時を求め、それが観測走時異常を説明することを示した。その上で、P 波速度構造から P 波と S 波の速度変分比、 $(V_p/V_p)/(V_s/V_s)$  ( $=R$ ) を一定と仮定した S 波速度構造を推定し、理論走時を計算したところ、観測との残差は小さいものであった。このとき最適な R は 1.4 であった。R は速度異常のメカニズムによって変化する速度異常の成因を調べる重要なパラメタの一つである。非調和効果に加え非弾性効果を考慮した地震波速度の温度変化に関する理論に基づき、この深さでのパイロライト組成に対する R を求めると 1.47 となり、観測から見積もられた速度異常を良く説明する。即ち、スタグナントスラブにおける速度異常は温度異常によるもので説明され、その温度異常はおよそ 300 K と見積もられた。今回求められた R は、過去の地震学的研究による沈み込むスラブにおけるその値が 1.1～1.2 であるのに比べ有意に大きい。これは、沈み込む冷たいスラブが非調和効果のみ考慮すれば説明されるのに対し、スタグナントしたスラブは非弾性効果も考慮しないと説明されないことを意味する。この事実は、スタグナントしたスラブが時間の経過と共に周囲のマントルへ同化しつつあることを示唆するものである。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 15 件)

1. Kawakatsu, H., P. Kumar, Y. Takei, M.

Shinohara, T., Kanazawa, E., Araki, K. Suyehiro, Seismic Evidence for Sharp Lithosphere-Asthenosphere Boundaries of Oceanic Plates, *Science*, 324, 499-502, 2009, 査読有.

2. S. Tanaka, D. Suetsugu, H. Shiobara, H. Sugioka, T. Kanazawa, Y. Fukao, G. Barruol and D. Reymond, On the vertical extent of the large low shear velocity province beneath the South Pacific Superswell, *Geophys. Res. Lett.*, 36, doi:10.1029/2009GL037568, 2009, 査読有.

3. T. Isse, H. Shiobara, Y. Tamura, D. Suetsugu, K. Yoshizawa, H. Sugioka, A. Ito, M. Shinohara, K. Mochizuki, E. Araki, K. Nakahigashi, H. Kawakatsu, A. Shito, T. Kanazawa, Y. Fukao, O. Ishizuka and J. B. Gill, Seismic structure of the upper mantle beneath the Philippine Sea from seafloor and land observation: implications for mantle convection and magma genesis in the Izu-Bonin-Mariana subduction zone, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 278, 107-119, 2009, 査読有.

4. Shito, A., H. Shiobara, H. Sugioka, A. Ito, Y. Takei, H. Kawakatsu and T. Kanazawa, Physical properties of subducted slab and surrounding mantle in the Izu-Bonin subduction zone based on BBOBS data, *J. Geophys. Res.*, 114, doi:10.1029/2007JB005568, 2009, 査読有.

5. Shiobara, H., K. Baba, H. Utada and Y. Fukao, Ocean Bottom Array Probes Stagnant Slab Beneath the Philippine Sea, *Eos, Transactions AGU*, 90, 70-71, 2009, 査読有.

6. Nishida, K., H. Kawakatsu, Y. Fukao, K. Obara, Background Love and Rayleigh waves simultaneously generated at the Pacific Ocean floors, *Geophys. Res. Lett.*, 35, doi:10.1029/2008GL034753, 2008, 査読有.

7. Shen, Xuzhang, Huilan Zhou, and Kawakatsu, H., Mapping the Upper Mantle Discontinuities beneath China with Teleseismic Receiver Functions, *Earth Planets Space*, 60, 713-719, 2008, 査読有.

8. Kawakatsu, H. and S. Watada, Seismic evidence for deep water transportation in the mantle, *Science*, 316, 1468-1471, 2007, 査読有.

9. Suetsugu, D., H. Shiobara, H. Sugioka, Y. Fukao and T. Kanazawa, Topography of the mantle discontinuities beneath the South Pacific superswell as inferred from broadband waveforms on seafloor, *Phys. Earth Planet. Inter.*, 160, 310-318, 2007, 査読有.

10. Pozgay, S. H., D. A. Wiens, J. A. Conder, H. Shiobara and H. Sugioka, Complex mantle flow in the Mariana subduction system:

- evidence from shear wave splitting, *Geophys. J. Int.*, 170, 371-386, 2007, 査読有.
11. Isse, T., D. Suetsugu, H. Shiobara, H. Sugioka, K. Yoshizawa, T. Kanazawa and Y. Fukao, Shear wave speed structure beneath the South Pacific superswell using broadband data from ocean floor and islands, *Geophys. Res. Lett.*, 33, L16303, doi:10.1029/2006GL026872, 2006, 査読有.
  12. T. Isse, K. Yoshizawa, H. Shiobara, M. Shinohara, K. Nakahigashi, K. Mochizuki, H. Sugioka, D. Suetsugu, S. Oki, T. Kanazawa, K. Suyehiro and Y. Fukao, Three-dimensional shear wave structure beneath the Philippine Sea from land and ocean bottom broadband seismograms, *J. Geophys. Res.*, 111, B06310, doi:10.1029/2005JB003750, 2006, 査読有.
  13. Tibi, R., D. A. Wiens, H. Shiobara, H. Sugioka, and P. J. Shore, Depth of the 660-km discontinuity near the Mariana slab from an array of ocean bottom seismographs, *Geophys. Res. Lett.*, 33, L02313, doi:10.1029/2005GL024523, 2006, 査読有.
  14. Ramesh, D. S., H. Kawakatsu, S. Watada, X. Yuan, Receiver function images of the central Chugoku region in the Japanese islands using Hi-net data, *Earth Planets Space*, 57, 271-280, 2005, 査読有.
  15. D. Suetsugu, H. Shiobara, H. Sugioka, G. Barruol, E. Schindeler, D. Reymond, A. Bonneville, E. Debayle, T. Isse, T. Kanazawa and Y. Fukao, Probing South Pacific Mantle Plumes With Ocean Bottom Seismographs, *EOS, Transactions AGU*, 86, 429, 435, 2005, 査読有.
- [学会発表] (計 26 件)
1. H. Sugioka, Y. Fukao, D. Suetsugu, H. Shiobara, T. Kanazawa, Resonance of infragravity waves with ocean tides ?, AGU Fall meeting, 2008/12/19, San Francisco, USA.
  2. H. Shiobara, T. Kanazawa, M. Shinohara, H. Sugioka, A. Ito, T. Isse, First step for mobile ocean bottom broadband seismic observation of the next generation, AGU Fall meeting, 2008/12/18, San Francisco, USA.
  3. A. Shito, H. Sugioka, A. Ito, K. Baba, N. Abe, N. Hirano, H. Shiobara, T. Kanazawa, Seismic properties in the asthenosphere beneath the petit-spot region inferred from BBOBS data, AGU Fall meeting, 2008/12/18, San Francisco, USA.
  4. H. Kawakatsu, P. Kumar, M. Shinohara, T. Kanazawa, E. Araki, K. Suyehiro, Sharp Lithosphere-asthenosphere Boundaries of Oceanic Plates, AGU Fall meeting, 2008/12/18, San Francisco, USA.
  5. P. Kumar, H. Kawakatsu, M. Shinohara, T. Kanazawa, E. Araki, K. Suyehiro, P- and S-Receiver Function Analysis of Borehole Broadband Ocean Bottom Seismic Data, AGU Fall meeting, 2008/12/16, San Francisco, USA.
  6. Y. Fukao, T. Kanazawa, D. Suetsugu, H. Shiobara, H. Sugioka, Imaging of Mantle Upwelling and Downwelling by Broadband Ocean Bottom Seismograms, AGU Fall meeting, 2008/12/16, San Francisco, USA.
  7. K. Baba, H. Shiobara, T. Goto, H. Sugioka, T. Kasaya, A. Ito, T. Isse, A. Shito, T. Ichikita, T. Kanazawa, H. Utada, Completion of three-year observation by BBOBS and OBEM arrays probing the stagnant slab, AGU Fall meeting, 2008/12/16, San Francisco, USA.
  8. T. Isse, H. Shiobara, Y. Tamura, D. Suetsugu, K. Yoshizawa, H. Sugioka, A. Ito, H. Kawakatsu, A. Shito, C. Adam, T. Kanazawa, Y. Fukao, Seismic structure beneath the Philippine Sea from seafloor and land observation: implication for evolution of island arc, Japan Geoscience Union meeting 2008, 2008/5/27, Makuhari, Chiba.
  9. Ito, A., H. Sugioka, D. Suetsugu, H. Shiobara, T. Kanazawa, Y. Fukao, Submarine volcanic activity in French Polynesia detected by the BBOBS array, IUGG 2007 Meeting, 2007/7/10, Perugia, Italy.
  10. H. Kawakatsu and S. Watada, Seismic Evidence for Deep Water Transportation in the Mantle, IUGG 2007 Meeting, 2007/7/6, Perugia, Italy.
  11. Sugioka, H., D. Suetsugu, M. Obayashi, Y. Fukao, and Y. Gao, Body-wave travel time anomaly associated with the stagnant slab beneath China, IUGG 2007 Meeting, 2007/7/6, Perugia, Italy.
  12. Isse, T., D. Suetsugu, H. Shiobara, H. Sugioka, K. Yoshizawa, T. Kanazawa, Y. Fukao, G. Barruol, Three-dimensional shear-wave speed structure beneath the Philippine Sea by land and ocean bottom broadband data, IUGG 2007 Meeting, 2007/7/6, Perugia, Italy.
  13. Suetsugu, D., M. Obayashi and H. Sugioka, Seismic reflectors in the lower mantle beneath the Mariana subduction zone, IUGG 2007 Meeting, 2007/7/6, Perugia, Italy.
  14. Suetsugu, D., H. Shiobara, H. Sugioka, A. Ito, H. Kawakatsu, A. Shito, C. Adam, T. Kanazawa and Y. Fukao, The mantle discontinuity depths in the stagnant Pacific slab beneath the Philippine Sea, IUGG 2007 Meeting, 2007/7/6, Perugia, Italy.
  15. Obayashi, M., S. Tanaka, J. Yoshimitsu, D. Suetsugu, H. Shiobara, H. Sugioka, T.

- Kanazawa, Y. Fukao and G. Barruol, P-wave mantle tomography with a focus on the South Pacific superswell obtained from traveltimes and relative traveltimes data, IUGG 2007 Meeting, 2007/7/6, Perugia, Italy.
16. Shito, A., H. Shiobara, H. Sugioka, A. Ito, C. Adam, H. Kawakatsu and T. Kanazawa, Seismic velocity and attenuation in Izu-Bonin subduction zone inferred from BBOBS data, IUGG 2007 Meeting, 2007/7/6, Perugia, Italy.
17. Shito, A., H. Shiobara, H. Sugioka, A. Ito, H. Kawakatsu, C. Adam and T. Kanazawa, Seismic velocity and attenuation in Izu-Bonin subduction zone inferred from BBOBS data, AGU Fall meeting, 2007/12/14, San Francisco, USA.
18. H. Kawakatsu, G. Helffrich and T. Tonegawa, Seismic constraints on the deeper-water transportation in the mantle - reflected seismic waves from the slab-mantle interface revisited, AGU Fall meeting, 2007/12/14, San Francisco, USA.
19. 一瀬建日, 塩原肇, 杉岡裕子, 吉澤和範, 末次大輔, 伊藤亜妃, 川勝均, 志藤あずさ, Adam Claudia, 金沢敏彦, 深尾良夫, 陸上及び広帯域海底地震観測アレーを用いたフィリピン海の3次元上部マントルS波速度構造, 日本地球惑星科学連合2007年大会, 2007/5/23, 千葉県.
20. T. Isse, D. Suetsugu H. Shiobara, H. Sugioka, K. Yoshizawa, T. Kanazawa, Y. Fukao, and G. Barruol, 南太平洋大海膨上部マントルS波速度構造, 日本地球惑星科学連合2007年大会, 2007/5/21, 千葉県.
21. H. Shiobara, T. Goto, H. Sugioka, K. Baba, H. Kawakatsu, A. Shito, T. Ichikita, A. Claudia, M. Ichiki, T. Koyama, T. Kanazawa, H. Utada, Research on the stagnant slab by long-term BBOBS and OBEM arrays, AGU Fall meeting, 2007/12/15, San Francisco, USA.
22. Pozgay, S. H., D. A. Wiens, H. Shiobara and H. Sugioka, Seismic attenuation structure of the Mariana subduction system, AGU Fall meeting, 2006/12/12, San Francisco, USA.
23. Tibi, R., D. A. Wiens, H. Shiobara, H. Sugioka and X. Yuan, Detailed image of the subducting plate and upper mantle seismic discontinuities in the Mariana subduction zone, AGU Fall meeting, 2006/12/12, San Francisco, USA.
24. Kawakatsu, H. and S. Watada, Seismic evidence for dehydration of the subducted oceanic crust beneath Japan, AGU Fall meeting, 2006/12/12, San Francisco, USA.
25. Kawakatsu, H. and S. Watada, Fine mapping of the mantle discontinuities beneath the Japanese islands using short period Hi-net data,

AGU Fall meeting, 2005/12/8, San Francisco, USA.

26. H. Shiobara, H. Sugioka, K. Mochizuki, S. Oki, T. Kanazawa, Y. Fukao, K. Suyehiro, Long term seismic observation in Mariana by OBSs : double seismic zone and upper mantle structure, AGU Fall meeting, 2005/12/9, San Francisco, USA.

〔その他〕

ホームページ等

<http://ohp-ju.eri.u-tokyo.ac.jp/tokutei/index.html>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

金沢 敏彦 (KANAZAWA TOSHIHIKO)  
 東京大学・地震研究所・教授  
 研究者番号：30114698

### (2) 研究分担者

無し

### (3) 連携研究者

川勝 均 (KAWAKATSU HITOSHI)

東京大学・地震研究所・教授  
 研究者番号：60242183

塩原 肇 (SHIOBARA HAJIME)  
 東京大学・地震研究所・准教授

研究者番号：60211950

篠原 雅尚 (SHINOHARA MASANAO)  
 東京大学・地震研究所・准教授

研究者番号：90242172

望月 公廣 (MOCHIZUKI KIMIHIRO)  
 東京大学・地震研究所・助教

研究者番号：80292861

杉岡 裕子 (SUGIOKA HIROKO)

海洋研究開発機構・地球内部変動研究センター・技術研究員

研究者番号：00359184

山田 知朗 (YAMADA TOMOAKI)  
 東京大学・地震研究所・助教

研究者番号：40323654

一瀬 建日 (ISSE TAKEHI)

東京大学・地震研究所・助教

研究者番号：60359180

志藤 あずさ (SHITO AZUSA)

海洋研究開発機構・地球内部変動研究センター・研究員

研究者番号：90376541