

平成30年 6月15日現在

機関番号：82706

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15H03720

研究課題名(和文) 巨大海台の正体を探る：海底地震・電磁気観測によるオントンジャワ海台地下構造の推定

研究課題名(英文) Exploring Large Igneous Provinces: Determination of crust and mantle structure beneath the Ontong Java Plateau by marine geophysical observation

研究代表者

末次 大輔 (SUETSUGU, Daisuke)

国立研究開発法人海洋研究開発機構・地球深部ダイナミクス研究分野・分野長

研究者番号：20359178

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,000,000円

研究成果の概要(和文)：オントンジャワ海台において海底・海洋島地震観測をおこなった。データ解析の予察的な結果は以下のとおりである。海台直下深さ600km付近に太平洋スラブが滞留している。その周囲の深さ100-400kmには低速度異常があり、一部はカロリン・ホットスポット列につながっている。温度に敏感な地震波減衰は海台周囲では強く、海台下では普通の海洋マントルでの減衰と同程度の強さである。下部マントルからのマントル上昇流が滞留する太平洋スラブを避けるように上昇を続け、表層のホットスポット火山活動の原因になっている可能性がある。また、海台地殻のモホ面が40kmと深いこと、地殻内部に不連続面があることも分かった。

研究成果の概要(英文)：We performed seismological and electromagnetic observation on seafloor and islands in the Ontong Java Plateau (OJP) region from 2014 to 2017. Preliminary results of data analyses indicate that the cold Pacific slab is stagnant at depths around 600 km beneath the OJP. Low-velocity anomalies surround the OJP at depths shallower than 400 km. It may suggest that a mantle upwelling from the bottom of the mantle transition zone or the core-mantle boundary ascends, makes its way around the stagnant Pacific slab, and reaches to the Earth's surface around the OJP. Seismic attenuation indicates stronger attenuation in the mantle beneath regions surrounding the OJP than that beneath the OJP, supporting the hypothesis described above. In addition, we confirm that a thick Moho discontinuity (~40 km) and mid-crust discontinuity beneath the OJP.

研究分野：地球惑星物理学

キーワード：巨大海台 広帯域海底地震観測 海底電磁気観測 海洋島広帯域地震観測

1. 研究開始当初の背景

西太平洋赤道域に位置するオントンジャワ海台(Ontong Java Plateau:以下OJPと略す)は1600 km×800 kmの面積を持つ地球上最大の海台であり、白亜紀中期に現在の南太平洋海域において激しい火山活動の結果生まれたと考えられている。また、同じ時期に地球が温暖化するとともに海洋無酸素事変が発生して海洋生物が大量絶滅するなど、地球の表層・海洋環境に大きなインパクトを与えたことがわかってきた。しかし、巨大火山活動の原因やそれが環境に影響を与えたメカニズムについて定説はない。OJP成因・形成過程について理解が進まない主な原因は、OJP海域の地殻・マントル構造に関する知見の不足にある。特にマントル構造探査は1990年代に米国研究グループが行った陸上観測の一例があるのみである。彼らはOJP海域の4つの海洋島で臨時広帯域地震観測を行い、OJP全域のマントルで地震波速度が異常に低いというモデルを求めた(Richardson et al., 2000)。しかし、海底観測点がなかったためにこのモデルの分解能は極めて低く、低速度異常の水平・深さ分布は分かっていない。この低速度異常の原因を推定するためには、地震学的モデルだけでなく、電磁気観測による電気伝導度モデルを推定することが有効であるが、これまでOJPで電磁気観測が行われたことはない。OJPの正体を捉えるためには、海底地球物理観測の実施以外に方法はない。

2. 研究の目的

本研究では、OJPにおいてこれまで行われていなかった海底広帯域地震・電磁気学的複合調査を実施することでOJP下の地殻・マントル構造を決定し、その温度・化学組成を推定することが目的である。総合的・海底地球物理観測によって、OJPがなぜ形成されたかという地球科学上の問題に対する強い制約条件を与えることを目的とした。

3. 研究の方法

平成27年度：OJP北縁に位置するコスラエ島、チューク島での広帯域地震観測を行った。既存の地球物理観測で得られたデータを収集整理し、OJP構造に対する陸上観測からの知見を得た。

平成28年度：海洋研究開発機構の海洋地球研究船「みらい」を用いて、平成26年度から観測を続けてきた23台のBBOBSと20台のOBEMの回収を行い、データ解析を開始する。上記2島での地震観測を継続した。

平成29年度：得られた海底・海洋島でのデータを解析し、モホ面の深さマップや三次元マントル速度を決定した。今後、それらの構造に既存の岩石物性データを加味してOJP地殻・マントルの温度・組成異常を推定し、OJPの成因を明らかにした。

4. 研究成果

(1) 海底・海洋島地震・電磁気観測

平成26年度11月から平成27年1月にかけてオントンジャワ海台と周辺海域において海洋地球研究船「みらい」で設置した海底地震観測点23点と海底電磁気観測点20点は、平成29年1-2月に学術研究船「白鳳丸」によって回収された。また、オントンジャワ海台北縁に位置するミクロネシア連邦とマーシャル諸島には平成26年9月に2か所に地震観測点を設置し、保守点検作業とデータの回収作業を経て一部を平成29年2月に回収したが、機器の一部は現在も稼働中である。いずれの観測点でもデータは正常に収録されていた。本研究の臨時観測網を「OJPアレイ」と名付けた。図1に観測点配置図を示す。

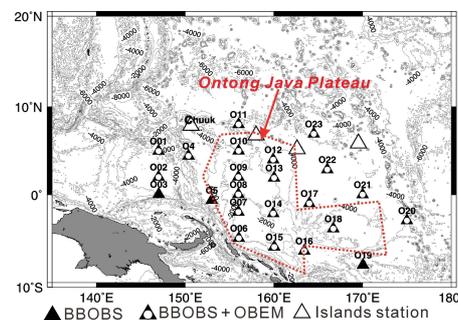


図1 OJPアレイ観測点配置図

(2) ノイズレベル

海底観測点と海洋島観測点のノイズスペクトルを測定した。一般にノイズレベルが高い海域であるが、海底での水平動ノイズを除いて、充分低いノイズレベルで観測データが得られていることが分かった。

(3) P波速度構造

既存の地震波データに加えて、OJPアレイで記録された地震波データから18万の地震波到着時刻を測定し、地震波トモグラフィーをおこなった。得られたモデル(図2)の特徴は、深さ400 kmよりも浅いところではOJP北部に高温を示す低速度異常が、OJP中央部で低温を示す高速度異常がみられる。OJPの北側に並ぶカロリン・ホットスポット火山列にも顕著な低速度異常がみられる。またOJP西側のマーシャル諸島にも低速度異常がある。深さ500-600 kmには、OJP南部・中央部に顕著な高速度異常が広がっている。この高速度異常は、数千年前に沈み込んだ太平洋プレートがマントル遷移層に溜まっていることを示している。400 kmより浅い部分の低速度異常は滞留する太平洋プレートと相補的な位置関係に存在する。一方、過去の研究からこの地域のマントル最深部に強い低速度異常がありマントル上昇流の源であると指摘されている。これらを考え合わせると、マントル最深部から立ち上るマントル上昇流が、滞留する太平洋プレートを避けるように地表に達し、一部はカロリン・ホットスポット火

山にマグマを供給していると解釈できる。他方、OJP 中央部の高速度異常は OJP 本体の生成に係る高速度物質である可能性があり、今後の地震波解析、電磁気解析の結果が待たれる。

(4)S 波減衰構造

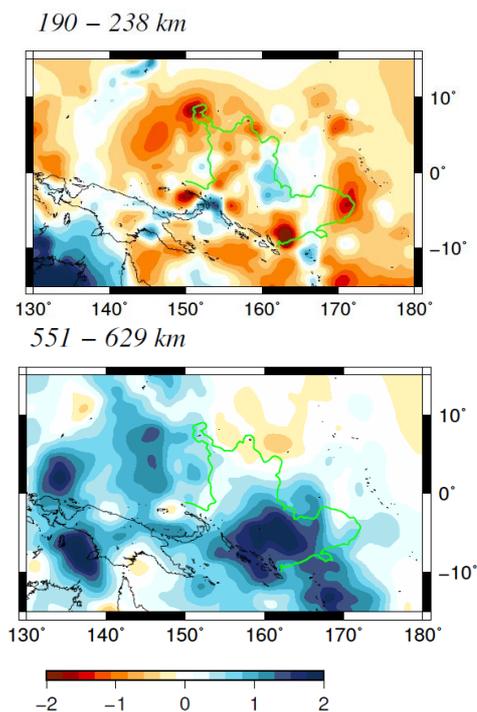


図2 P波トモグラフィの結果

(上)深さ 200 km 付近、(下)深さ 600 km 付近の速度不均質構造。最大 ± 2 (%) の色スケールで表示している。

マントル全体を往復する ScS 波を解析し、OJP 内外の S 波減衰を測定した。OJP 直下のマントルを往復する ScS 波減衰は、OJP 周囲を往復する ScS 波減衰よりも弱く、OJP 直下は周囲よりも低温である可能性がある。これは P 波トモグラフィの結果とは定性的に調和している。

(5)OJP 地殻構造

レーザ関数解析により、OJP 直下の地殻の厚さは 35 - 40 km と厚いこと、地殻内部にも不連続な変化があることが分かった。

(6)議論と今後の方向性

OJP 中央部にみられる高速度異常は OJP 本体の性質を表していると考えられるが、深さ 400 km 以浅において OJP 北部や OJP 周囲にみられる低速度異常と深さ 500 - 600 km の高速度異常は、OJP 本体に起因する異常ではなく、OJP を取り巻く場のテクトニクス (OJP 下にかつて沈み込んだ太平洋プレートの存在、マントル深部からの上昇流の存在) を表していると解釈できる。今後、さらに地震波解析と電磁気解析を進め、OJP 本体の性質と OJP を取り巻く場のテクトニクスの解明を進めていく。

5. 主な発表論文等

(雑誌論文)(計 50 件)

Suetsugu, D., H. Shiobara, H. Sugioka, N. Tada, A. Ito, T. Isse, K. Baba, H. Ichihara, T. Ota, Y. Ishihara, S. Tanaka, M. Obayashi, T. Tonegawa, J. Yoshimitsu, T. Kobayashi, H. Utada, The OJP array: seismological and electromagnetic observation on seafloor and islands in the Ontong Java Plateau, JAMSTEC Rep. Res. Dev., 査読あり, 26, 55-65, 2018, doi:10.5918/jamstecr.26.54.

Ito A., Y. Yamamoto, R. H. Ryota, D. Suetsugu, H. Sugioka, M. Nakano, K. Obana, K. Nakahigashi, M. Shinohara, Tomographic image of crust and upper mantle off the Boso Peninsula using data from an oceanbottom seismograph array, Earth, Planets, Space, 査読あり, 69, 2017, doi:10.1186/s40623-017-0703-6.

Tonegawa, T. E. Araki, T. Kimura, T. Nakamura, M. Nakano, K. Suzuki, Sporadic low-velocity volumes spatially correlate with shallow very low frequency earthquake clusters, Nature Comm., 査読あり, 8, 2017, doi:10.1038/s41467-017-02276-8.

Baba, K., J. Chen, M. Sommer, H. Utada, W. Geissler, W. Jokat, M. Jegen, Marine magnetotellurics imaged no distinct plume beneath the Tristan da Cunha hotspot in the southern Atlantic Ocean, Tectonophys., 査読あり, 716, 53-63, 2017, doi:10.1016/j.tecto.2016.09.033.

Baba, K., N. Tada, T. Matsuno, L. Pengfei, R. Li Ruibai, L. Zhang, H. Shimizu, N. Abe, N. Hirano, M. Ichiki, H. Utada, Electrical conductivity of old oceanic mantle in the northwestern Pacific I: 1-D profiles suggesting differences in thermal structure not predictable from a plate cooling model, Earth, Planets, Space, 査読あり, 69, 2017, doi:10.1186/s40623-017-0697-0.

Sato, Y., N. Hirano, S. Machida, J. Yamamoto, M. Nakanishi, T. Ishii, A. Taki, K. Yasukawa, Y. Kato, Direct ascent to the surface of asthenospheric magma in a region of convex lithospheric flexure, Inter. Geology Review, 査読あり, 1-13, 2017, doi:10.1080/00206814.2017.1379912.

Kawakatsu H., H. Utada, Seismic and electrical signatures of the lithosphere-asthenosphere system of the normal oceanic mantle, Ann. Rev. Earth and Planet. Sci., 査読あり, 46, 139-167, 2017, doi:10.1146/annurev-earth-063016-020319.

Obayashi, M., J. Yoshimitsu, H. Sugioka, A. Ito, T. Isse, H. Shiobara, D.

Reymond, D. Suetsugu, Mantle plumes beneath the South Pacific superswell revealed by finite frequency tomography using regional seafloor and island data, *Geophys. Res. Lett.*, 査読あり, 43,11628-11634, 2017, doi:10.1002/2016GL070793.

Obayashi, M., Y. Ishihara, D. Suetsugu, Effects of shallow-layer reverberation on measurement of teleseismic P wave travel times for ocean bottom seismograph data, *Earth, Planets, and Space*, 査読あり, 69, 1-12, 2017, doi:10.1186/s40623-017-0626-2.

Ito A., H. Sugioka, K. Obana, R. Hino, D. Suetsugu, K. Nakahigashi, M. Shinohara, M. Nakano, Y. Yamamoto, Upper boundaries of the Pacific and Philippine Sea plates near the triple junction off the Boso Peninsula deduced from ocean-bottom seismic observation, *Earth, Planets, and Space*, 査読あり, 69, 1-13, 2017, doi:10.1186/s40623-017-0608-4.

Tada, N., P. Tarits, K. Baba, H. Utada, T. Kasaya, D. Suetsugu, Electromagnetic evidence for volatile-rich upwelling beneath the Society hotspot, French Polynesia, *Geophys. Res. Lett.*, 査読あり, 43, 12012-12026, 2016, doi:10.1002/2016GL071331.

Isse, T., H. Sugioka, A. Ito, H. Shiobara, D. Reymond, D. Suetsugu, Upper mantle structure beneath the Society hotspot and surrounding region using broadband data from ocean floor and islands, *Earth, Planets, and Space*, 査読あり, 68, 1-12, 2016, doi:10.1186/s40623-016-0408-2.

Tonegawa, T., Y. Fukao, G. Fujie, S. Takemura, T. Takahashi, S. Kodaira, Geographical distribution of shear wave anisotropy within marine sediments in the northwestern Pacific, *Progr. Earth Planet.Sci.*, 査読あり, 2, 1-16, 2015, doi:10.1186/s40645-015-0057-2.

Utada, H., Electromagnetic exploration of the oceanic mantle, *Proc. Japan Acad., Ser. B*, 査読あり, 91, 203-222, 2015, doi:10.2183/pjab.91.203.

[学会発表](計 64 件)

Suetsugu D., H. Shiobara, H. Sugioka, A. Ito, T. Isse, Y. Ishihara, S. Tanaka, M. Obayashi, T. Tonegawa, J. Yoshimitsu, T. Kobayashi, Seismic attenuation in the mantle beneath the Ontong Java Plateau from multiple ScS waves, 2018 JpGU meeting, 2018.

Suetsugu, D., H. Shiobara, H. Sugioka,

N. Tada, A. Ito, T. Isse, K. Baba, H. Ichihara, T. Ota, Y. Ishihara, S. Tanaka, M. Obayashi, T. Tonegawa, J. Yoshimitsu, T. Kobayashi, H. Utada, The OJP array: seismological and electromagnetic observation on seafloor and islands in the Ontong Java Plateau, 2018 JpGU meeting, 2018.

Tonegawa, T., Suetsugu D., S. Miura, H. Shiobara, H. Sugioka, A. Ito, T. Isse, Y. Ishihara, S. Tanaka, M. Obayashi, T. Tonegawa, J. Yoshimitsu, T. Kobayashi, Retrieval of converted phases from shallow structure of the Ontong Java Plateau, 2018 JpGU meeting, 2018.

Isse T., Suetsugu D., H. Shiobara, H. Sugioka, A. Ito, T. Isse, Y. Ishihara, S. Tanaka, M. Obayashi, T. Tonegawa, J. Yoshimitsu, T. Kobayashi, Shear wave upper mantle structure beneath the Ontong Java Plateau, 2018 JpGU meeting, 2018.

Obayashi, M., J. Yoshimitsu, Suetsugu D., H. Shiobara, H. Sugioka, A. Ito, T. Isse, Y. Ishihara, S. Tanaka, T. Tonegawa, T. Kobayashi, Multifrequency P-wave tomography of Ontong Java Plateau, 2018 JpGU meeting, 2018.

Tada, N., N. Tada, K. Baba, H. Ichihara, T. Ota, T. Kobayashi, H. Utada, D. Suetsugu, The initial report of the electromagnetic observation on the seafloor in the Ontong Java Plateau, 2018 JpGU meeting, 2018.

Tanaka, S., Suetsugu D., H. Shiobara, H. Sugioka, A. Ito, T. Isse, Y. Ishihara, M. Obayashi, T. Tonegawa, J. Yoshimitsu, T. Kobayashi, Shear wave splitting observed in the Ontong Java Plateau and adjacent regions, 2018 JpGU meeting, 2018.

Shimizu, S., M. Nakanishi, S. Miura, D. Suetsugu, Sedimentary structure and tectonic setting of the Lyra basin central-western Pacific Ocean, 2018 JpGU meeting, 2018.

Kobayashi, M., M. Ukawa, D. Suetsugu, H. Shiobara, H. Sugioka, A. Ito, T. Isse, Y. Ishihara, S. Tanaka, M. Obayashi, T. Tonegawa, J. Yoshimitsu, T. Kobayashi, sPL waves observed by the OJP array in the Ontong Java Plateau, 2018 JpGU meeting, 2018.

Baba, K., N. Tada, T. Matsuno, P. Liang, R. Li, L. Zhang, H. Shimizu, N. Abe, N. Hirano, M. Ichiki, and H. Utada, Simple plate cooling model is no longer applicable to the upper mantle beneath the northwestern Pacific: Evidence from marine magnetotellurics, 2017 JpGU-AGU

meeting, 2017.

Baba, K., N. Abe, N. Hirano, and M. Ichiki, Electrical feature at the depth of lithosphere-asthenosphere boundary beneath the petit-spot volcanic field in northwestern Pacific, 2017 AGU Fall meeting, 2017.

Tonegawa T., K. Obana, G. Fujie, S. Kodaira, Lateral variation of seismic structure of the uppermost Pacific Plate in the Northwest Pacific Ocean, 2017 AGU Fall meeting, 2017.

Isse, T., H. Shiobara, K. Yoshizawa, H. Kawakatsu, H. Sugioka, A. Ito, D. Suetsugu, H. Utada, Upper mantle structure beneath the Pacific Ocean revealed by land and seafloor broadband observations, 2017 JpGU-AGU meeting, 2017.

Nakanishi, M., Plate Boundary Reorganization of the Pacific Plate during Cretaceous, 2017 JpGU-AGU meeting, 2017. Obayashi, M. et al., Local strong slow S-wave anomalies at western edge of Pacific LLSVP, 2017 AGU Fall meeting, 2017.

Kobayashi, T., D. Suetsugu, M.Obayashi, H. Sugioka, Upper mantle structure beneath the Ontong Java Plateau from measurements of body wave differential travel times, 2017 JpGU-AGU meeting, 2017.

Tada, N., P. Tarits, K. Baba, H. Utada, T. Kasaya, D. Suetsugu, A three-dimensional electrical conductivity image of the mantle plume of the Society hotspot in French Polynesia, 2017 IAG-IASPEI meeting, 2017.

Tada, N., P. Tarits, K. Baba, H. Utada, D. Suetsugu, Interpretation of the high conductive anomaly of the Society hotspot, 2016 EGU General Assembly, 2016.

三浦 誠一、藤江 剛、白井太郎、野口直人、小平秀一、コフィン ミラード、カワグル サイモン、ヴェナル ロナルド、オントンジャワ海台の厚い地殻の広がり推定、日本地球惑星科学連合 2016 年大会、2016 .

三浦 誠一、藤江 剛、白井太郎、野口直人、小平秀一、コフィン ミラード、カワグル サイモン、ヴェナル ロナルド、オントンジャワ海台の Vp/Vs 構造、日本地震学会 2016 年度秋季大会 .

Nakanishi, M., Bending-related topographic structures of the subducting Pacific plate in the Northwestern Pacific Ocean, 日本地球惑星科学連合 2016 年大会、2016 .

④ 伊藤亜妃、杉岡裕子、尾鼻浩一郎、中野優、山本揚二郎、末次大輔、中東和夫、篠原雅尚、日野亮太、海底地震観測データから推定される房総沖フィリピン海プレート上面深度、日本地震学会 2016 年度秋季大会、2016 .

② 清水祥伽、中西正男、佐野貴司、応神ライズ海山群の地殻構造、日本地球惑星科学連合 2016 年大会、2016 .

③ Tanaka, S. and H. Kawakatsu, New constraints on S-wave velocity structure near the western edge of the Pacific LLSVP, 2015 IUGG meeting, 2015.

④ 三浦誠一、藤江 剛、白井太郎、野口直人、小平秀一、コフィン ミラード、カワグル サイモン、ヴェナル ロナルド、走時インバージョンによるオントンジャワ海台の地殻の厚さ、日本地球惑星科学連合 2015 年大会、2015 .

⑤ 三浦誠一、藤江 剛、白井太郎、野口直人、小平秀一、コフィン ミラード、カワグル サイモン、ヴェナル ロナルド、オントンジャワ海台地殻最深部付近の反射波解析、日本地震学会 2015 年度秋季大会、2015 .

⑥ Miura, S., G. Fujie, T. Shirai, N. Noguchi, S. Kodaira, M.F. Ciffin, S.A. Kawagle, T. Verave, Crustal thickness of the Ontong Java Plateau and deep reflection near the base of its crust, 2015 AGU Fall meeting, 2015.

⑦ 末次大輔、杉岡裕子、一瀬建日、伊藤亜妃、塩原 肇、広帯域海底地震観測によるソサエティ・ホットスポット下のマントル遷移層構造の推定、日本地球惑星科学連合 2015 年大会、2015 .

⑧ 石原靖、田中 聡、末次大輔、大林政行、利根川貴志、太平洋赤道域におけるミクロネシア地震観測アレーの構築、日本地球惑星科学連合 2015 年大会、2015 .

⑨ 馬場聖至、マントル電気伝導度構造の定量的解釈、日本地球惑星科学連合 2015 年大会、2015 .

⑩ 伊藤亜妃、杉岡裕子、尾鼻浩一郎、中野優、山本揚二郎、末次大輔、房総沖海底地震観測による地震活動、日本地震学会 2015 年度秋季大会、2015 .

〔図書〕(計 2 件)

佐野 貴司、海に沈んだ大陸の謎 最新科学が解き明かす激動の地球史、講談社、2017、240 ページ .

中西正男・沖野郷子、海洋底地球科学、東京大学出版会、2016、320 ページ .

6 . 研究組織

(1) 研究代表者

末次 大輔 (SUETSUGU, Daisuke)
国立研究開発法人海洋研究開発機構・地球深部ダイナミクス研究分野・分野長
研究者番号：20359178

(2) 研究分担者

塩原 肇 (SHIOBARA, Hajime)
東京大学・地震研究所・教授
研究者番号：60211950

(3)連携研究者

杉岡 裕子 (SUGIOKA, Hiroko)
神戸大学・大学院理学研究科・准教授
研究者番号：00359184

伊藤 亜妃 (ITO, Aki)
国立研究開発法人海洋研究開発機構・地球
深部ダイナミクス研究分野・技術研究員
研究者番号：90371723

一瀬 建日 (ISSE, Takehi)
東京大学・地震研究所・助教
研究者番号：60359180

馬場 聖至 (BABA, Kiyoshi)
東京大学・地震研究所・助教
研究者番号：70371721

市原 寛 (ICHIHARA, Hiroshi)
名古屋大学・大学院環境学研究科・助教
研究者番号：90553074

多田 訓子 (TADA, Noriko)
国立研究開発法人海洋研究開発機構・地球
深部ダイナミクス研究分野・技術研究員
研究者番号：00509713

田中 聡 (TANAKA, Satoru)
国立研究開発法人海洋研究開発機構・地球
深部ダイナミクス研究分野・分野長代理
研究者番号：60281961

石原 靖 (ISHIHARA, Yasushi)
国立研究開発法人海洋研究開発機構・地震
津波海域観測研究開発センター・グループ
リーダー
研究者番号：40232334

大林 政行 (OBAYASHI, Masayuki)
国立研究開発法人海洋研究開発機構・地球
深部ダイナミクス研究分野・主任研究員
研究者番号：30359179

利根川 貴志 (TONEGAWA, Takashi)
国立研究開発法人海洋研究開発機構・地震
津波海域観測研究開発センター・研究員
研究者番号：60610855

中西 正男 (NAKANISHI, Masao)
千葉大学・大学院理学研究科・教授
研究者番号：80222165

三浦 誠一 (MIURA, Seiichi)
国立研究開発法人海洋研究開発機構・地震
津波海域観測研究開発センター・グループ

リーダー
研究者番号：00371724

歌田 久司 (UTADA, Hisashi)
東京大学・地震研究所・教授
研究者番号：70134632

(4)研究協力者
佐野 貴司 (SANO, Takashi)
国立科学博物館・グループ長

Yang Shen
Rhode Island University, Professor

Nick Harmon
National Oceanography Centre,
Southampton, Professor