

機関番号：12614

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23340139

研究課題名(和文) 海洋循環および気候に及ぼすモード水の影響

研究課題名(英文) Effects of Mode Waters on Ocean Circulation and Climate

研究代表者

小橋 史明 (Kobashi, Fumiaki)

東京海洋大学・海洋科学技術研究科・准教授

研究者番号：80377077

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 11,600,000円、(間接経費) 3,480,000円

研究成果の概要(和文)：モード水は、水温、塩分などの海水特性の鉛直一様性で特徴付けられる均質な水塊であり、各大洋の亜熱帯域と亜寒帯域の海洋上層に広く分布している。本研究課題では、数値モデルと観測の資料の統合的解析および数値実験を行うことにより、モード水が表層海流の形成に果たす能動的な役割と大気に及ぼす影響を指摘した。さらに、モード水の年々および十年規模変動と地球温暖化に伴う変化が海洋循環に及ぼす影響を明らかにした。北太平洋においては、中央モード水により励起される東部亜熱帯反流が、大気海洋相互作用を通して、東部亜熱帯モード水の形成をもたらしている可能性を指摘した。

研究成果の概要(英文)：A mode water is a particular water mass with vertical homogeneity of water properties such as temperature and salinity, distributed widely at subtropical and subarctic regions all over the world. From an analysis of observations and outputs of numerical models and some numerical experiments, the present study showed the active role of mode waters in the formation of surface ocean circulation and its impacts on the atmosphere. We found the influence of interannual to decadal variations of mode waters and their long-term changes associated with global warming on the North Pacific ocean circulation. In the North Pacific, the eastern subtropical countercurrent, which is generated by central mode water, is found to be possibly responsible for the formation of another mode water, eastern subtropical mode water, through air-sea interaction caused by the subtropical countercurrent.

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学/気象・海洋物理・陸水学

キーワード：海洋物理学 大気海洋相互作用 モード水 海洋循環

## 1. 研究開始当初の背景

海洋内部には、水温、塩分などの海水特性が鉛直にほぼ一様な均質な水塊が存在し、この水塊はモード水と呼ばれている。モード水は、各大洋の亜熱帯域と亜寒帯域の海洋上層に広く分布している。モード水は、一般に冬季の海面冷却により生じる表層の厚い混合層として形成され、混合層の水はベンチレーション(通気)により下層に押し込まれ、同時に海洋循環により形成域から離れた広い海域に運ばれる。

これまでのモード水研究は、モード水の形成・循環・変質の過程や変動メカニズムといったモード水自体に着目したものが多く、モード水が海洋循環に与える能動的な影響については研究されてこなかった。近年、我々の研究グループは、古くから形成メカニズムが謎に包まれていた北太平洋亜熱帯反流が、モード水により励起されていることを明らかにした。モード水は、海水密度の鉛直一様性(力学的には低渦位)の輸送を通して、海洋の密度構造を変化させ表層海流を励起する。また、モード水は平均流の形成だけでなく海流の変動要因にもなりうるということが考えられる。

さらに、研究代表者は、亜熱帯反流に伴う海面水温の前線が、降水を伴う局所的な低気圧性の大気循環を駆動していることを明らかにした。これは、モード水が海流形成を通して大気にも影響を及ぼしていることを示している。

我々のグループが示したこれらの成果は、モード水研究に新たな展開を与えたが、未解明な点が多かった。例えば、北太平洋の亜熱帯反流と類似する海流は、他の海盆にも報告されているが、モード水との関係は明らかにされていない。また、モード水の特性の変動が海流や気候にどのような影響を与えるのか、現実の海洋と大気においてモード水の変動の影響がどのように見られるのか、調べられていなかった。さらに、数値モデルには、モード水により励起される亜熱帯反流が、大気との相互作用により深い混合層を形成し、その混合層により別のモード水が形成される様子が見られた。後者のモード水は、実際に存在する東部亜熱帯モード水と地理的に一致するが、このような過程が東部亜熱帯モード水の形成にどのような影響を及ぼしているかは不明であった。

## 2. 研究の目的

海洋循環および気候に及ぼすモード水の影響を明らかにするために、以下の4つの課題に取り組んだ。

(1) モード水に起因する表層海流形成の実態の解明。気候学的平均場におけるモード水と表層循環との関係を全球で調査し、表層海流の形成におけるモード水の役割を明らかにする。

(2) 海流に伴う海面水温分布が大気に及ぼす影響の解明。気候学的平均場において、モード水に関連する海流と海面水温分布が、大気海洋間の熱交換や大気循環、降水とどのように関係するか調べ、気候の形成におけるモード水の役割を明らかにする。

(3) モード水の変動が海洋表層循環および大気の変動に及ぼす影響の解明。北太平洋に着目し、亜熱帯モード水と中央モード水の年々および十年規模変動と地球温暖化に伴う長期トレンドが、海洋の構造と循環の変動および大気の変動にどのような影響を及ぼすか明らかにする。

(4) 亜熱帯反流が東部亜熱帯モード水の形成に及ぼす影響の解明。亜熱帯反流の水温塩分の水平移流が北太平洋東部亜熱帯モード水に関係する冬季混合層の形成に及ぼす影響および亜熱帯反流がモード水ベンチレーションに及ぼす影響を明らかにする。

## 3. 研究の方法

これまでに蓄積されてきた人工衛星、船舶、アルゴフロートの観測資料と高解像度大気海洋数値モデルの計算結果を統合的に解析する。課題(3)と(4)については、数値モデルを用いた数値実験を行う。

## 4. 研究成果

各課題において得られた主要な成果を以下にまとめる。

(1) 最新の海洋気候値資料を解析し、表層海流に伴う密度前線とモード水の関連を全球で調査した。その結果、北太平洋だけでなく、南太平洋、北大西洋、インド洋においても、モード水と関係する亜表層前線が存在し、いずれの海盆においてもモード水の分布域の赤道側に沿って亜表層前線が分布し、この前線は海面近くに東向流偏差を形成していることを明らかにした。モード水は、亜熱帯海域の表層循環形成に、重要な影響を及ぼしていることを指摘した。

北大西洋亜熱帯循環系に着目して、詳細な調査を行った。北大西洋においては、これまで亜熱帯反流の分布と構造を調べた研究はほとんどなく、その形成メカニズムは明らかにされていない。アルゴフロート観測に基づく海洋気候値資料を解析した結果、亜熱帯循環系の北緯20度から30度において、西部から中央部にかけて亜熱帯反流が見られ、およそ表層100m以浅に見られる浅い東向流として確認できた。この亜熱帯反流は、亜熱帯モード水の南側に沿って分布し、モード水に起因する上部水温躍層の傾きに関する東向流シアにより生じていることを示し、北太平洋の北部亜熱帯反流と類似したメカニズムにより形成していることを示した。

海洋の気候値資料を用いて、北太平洋亜熱帯循環系の大規模構造を調査し、モード水が

及ぼす影響について調べた。その結果、比較の流れが弱い亜熱帯循環系東部海域では、通気水温躍層理論から期待されるように、亜熱帯循環系は深度と共に、循環系が徐々に全体的に北側に移動する特徴があることがわかった。東部海域では、通気水温躍層理論が前提とする等密度面上の渦位がよく保存していることがわかった。一方、西部海域では、循環系の北への移動は見られず、これは流速の大きい黒潮続流とその南側の再循環の分布が大きく影響していること、この海域では渦位の一様性が見られないことがわかった。東部海域では、水温躍層内に分布する中央モード水が持つ海水特性の一様性により、循環系の北への移動が歪められていることが明らかになった。この結果は、モード水が亜熱帯反流のようなジェットを励起するだけでなく、大規模な循環構造にも影響を及ぼしていることを示しており、海洋循環の理解に大きく貢献するものである。

(2) 高解像度大気海洋結合モデルの計算結果および観測資料の解析から、南太平洋に見られる南北幅の狭い東西ジェットが、海面水温偏差の形成を通して、海上風に影響を与え、さらにこの海上風により東西ジェットが強化していることを明らかにした。

衛星観測資料および大気再解析資料を解析し、北太平洋の東部亜熱帯反流海域における海面熱フラックスと大気循環について調べた。その結果、東部亜熱帯反流は、等水温線を横切るように流れ、東向きに暖水を運び、特に冬季から春季にかけて顕著な顕熱フラックスのピークを形成していた。この海域では、局所的な低気圧性の大気循環が海上に見られ、亜熱帯反流が海面熱フラックスを通して、大気循環にも影響を及ぼしていることを指摘した。

(3) 2001–2011年のアルゴフロートの観測資料を用いて、亜熱帯モード水と亜熱帯反流の十年規模変動の関係を調べた。その結果、亜熱帯モード水は黒潮続流の力学的状態の変動に伴い顕著な十年規模変動を示し、より低渦位の厚いモード水の形成が北部亜熱帯反流の強化をもたらしていることを指摘した。亜熱帯反流の十年規模変動の分散の約80%がモード水の変動に起因していることを示した。同様の、モード水励起の亜熱帯反流の変動は、高解像度海洋大循環モデルの計算結果からも確認された。

さらに、気候モデルによる地球温暖化シミュレーションの解析から、温暖化時のモード水の変化とその変化が亜熱帯反流に及ぼす影響を調べた。その結果、温暖化時には、海洋表層の成層が強化し、黒潮続流海域の冬季混合層の発達が抑制されるため、モード水の密度が低下し薄くなり、それにより亜熱帯反流の弱화가起こることがわかった。これらの研究により、変動場におけるモード水の能動

的な役割が明らかになった。

一方、比較的時間スケールの短い経年変動においては、モード水の変動が亜熱帯反流に及ぼす影響が小さいことを、数値モデルの計算結果の解析から明らかにした。北部亜熱帯反流においては、海面水温前線により励起される春季の局所的な低気圧性風系が年々変動を示し、その変動が亜熱帯反流の変動の主要因であることを明らかにした。

北部亜熱帯反流は、顕著な季節変動を示すが、その変動メカニズムは明らかになっていない。本課題では、理想的海洋大循環モデルを用いて亜熱帯反流の季節変動の再現に成功した。現在、季節変動の機構解明に向けて解析を進めている。

ハワイ諸島西側に分布するハワイ風下反流とモード水との関係を調べた。ハワイ風下反流は、基本的にハワイ諸島付近の風の分布により駆動される風成流であるが、北側から南下してくる中央モード水に応答して、経年の時間スケールで変動していることが明らかになった。さらに、海洋大循環モデルを用いて数値実験を行い、ハワイ風下反流における大気と海洋の相互作用を調べた。その結果、反流が運ぶ暖水は、反流に沿って局所的な風系を形成し、その風系が反流の維持に重要な役割を担っていること、さらに、反流の季節および年々変動の増幅に寄与していることを示した。

アルゴフロート等の観測データを用いて、北太平洋における、特に春季、夏季の表層から亜表層にかけての水温の季節変動を調べた。その結果、海面からの正味の熱フラックスは表層混合層だけでなく、季節躍層より下層にまで及んでいることを明らかにした。また、黒潮続流域における亜表層水温の経年変動について調べた結果、水温の変動は海面水温を通じて大気に影響を及ぼしていることを示した。

通気水温躍層中の渦位の変動について、サブダクション過程を含む最も単純な理論モデルである2.5層通気水温躍層を用いて、風応力変動への応答を調べた。その結果、密度の海面露出位置での直接的なエクマンポンピング速度変動のみならず、第1傾圧ロスビー波の伝播によってもサブダクトされる水の渦位が変化することを示した。

(4) 海洋大循環モデルを用いて、北太平洋東部亜熱帯モード水の形成メカニズムについて調べた。黒潮続流海域において形成された中央モード水は亜熱帯循環により南に移流され、東部亜熱帯反流を形成する。東部亜熱帯反流は暖水を東に運び、東部亜熱帯モード水の形成域において、冬季に海面冷却を受けることにより、深い対流混合が起こり、その結果、東部亜熱帯モード水が形成されることを示した。モデルで再現された特徴は、衛星観測資料やアルゴフロート観測資料の解析結果とも整合し、現実の海洋においても、こ

のメカニズムが働いている可能性がある。

#### 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18件)

① Kubokawa, A., Linear response of a ventilated thermocline to periodic wind forcing, *Journal of Physical Oceanography*, 査読有, Vol. 43, 2013, pp. 1811-1820.

DOI: 10.1175/JPO-D-13-08.1

② Sasaki, H., B. Taguchi, N. Komori, and Y. Masumoto, Influence of Local Dynamical Air-Sea Feedback Process on the Hawaiian Lee Countercurrent, *Journal of Climate*, 査読有, Vol. 26, 2013, pp. 7267-7279,

DOI: 10.1175/JCLI-D-12-00586.1

③ 久保川厚, 沿岸・陸棚スケールと大洋スケールの海洋前線の違い, 沿岸海洋研究, 査読有, 2013, pp. 87-94

<http://www.coastalocean.net/backno.html>

④ 小橋史明, 細田滋毅, 岩坂直人, 北太平洋亜熱帯モード水と亜熱帯反流の十年規模変動, 沿岸海洋研究, 査読有, 2013, pp. 119-129

<http://www.coastalocean.net/backno.html>

⑤ Taguchi, B., R. Furue, N. Komori, A. Kuwano-Yoshida, M. Nonaka, H. Sasaki, and W. Ohfuchi, Deep oceanic zonal jets constrained by fine-scale wind stress curls in the South Pacific Ocean: A high-resolution coupled GCM study, *Geophysical Research Letters*, 査読有, 2012, Vol. 39

DOI: 10.1029/2012GL051248

⑥ Kobashi, F., and A. Kubokawa, Review on North Pacific Subtropical Countercurrent and Subtropical Front: Role of mode water in ocean circulation and climate, *Journal of Oceanography*, 査読有, 2012, Vol. 68,

DOI: 10.1007/s10872-011-0083-7

⑦ Kobashi, F., and S.-P. Xie, Interannual variability of the North Pacific Subtropical Countercurrent: Role of local ocean-atmosphere interaction, *Journal of Oceanography*, 査読有, 2012, Vol. 68, pp. 113-126

DOI: 10.1007/s10872-011-0048-x

⑧ Xu, Lixiao, S.-P. Xie, Q. Liu, and F. Kobashi, Response of the North Pacific Subtropical Countercurrent and its variability to Global warming, *Journal of Oceanography*, 査読有, 2012, Vol. 68, pp. 127-137,

DOI: 10.1007/s10872-011-0031-6

⑨ Sasaki, H., S.-P. Xie, B. Taguchi, M. Nonaka, S. Hosoda, and Y. Masumoto, Interannual variations of the Hawaiian Lee

Countercurrent induced by low potential vorticity water ventilation in the subsurface, *Journal of Oceanography*, 査読有, 2012, Vol. 68, pp. 93-111,

DOI: 10.1007/s10872-011-0074-8

⑩ Nishikawa, S., and A. Kubokawa, Mixed layer depth front and subduction of low potential vorticity water under seasonal forcings in an idealized OGCM, *Journal of Oceanography*, 査読有, 2012, Vol. 68, pp. 53-62,

DOI: 10.1007/s10872-011-0086-4

⑪ Nonaka, M., S.-P. Xie, and H. Sasaki, Interannual variations in low potential vorticity water and the subtropical countercurrent in an eddy-resolving OGCM, *Journal of Oceanography*, 査読有, 2012, Vol. 68, pp. 139-150,

DOI: 10.1007/s10872-011-0042-3

⑫ Xie, S.-P., A. Kubokawa, F. Kobashi, H. Mitsudera, New developments in mode-water research: an introduction, *Journal of Oceanography*, 査読無, 2012, Vol. 68, pp. 1-3

DOI: 10.1007/s10872-011-0090-8

⑬ Taguchi, B., H. Nakamura, M. Nonaka, N. Komori, A. Kuwano-Yoshida, K. Takaya, A. Goto, Seasonal evolutions of atmospheric response to decadal SST anomalies

in the North Pacific subarctic frontal zone: Observations and a coupled model simulation, *Journal of Climate*, 査読有, 2012, Vol. 25, pp. 111-139

DOI: 10.1175/JCLI-D-11-00046.1

[学会発表] (計44件)

① Hosoda, S., and M. Nonaka, Impact of subsurface temperature variation on sea surface temperature and net heat surface heat flux over sharp seasonal thermocline, 2014 Ocean Science Meeting, 2014年02月24日, ホノルル (アメリカ).

② Kimizuka, M., F. Kobashi, A. Kubokawa, N. Iwasaka, Horizontal and vertical structure of the North Pacific subtropical gyre, 2013 American Geophysical Union (AGU) Fall meeting, 2013年12月13日, サンフランシスコ (アメリカ).

③ 細田滋毅, 野中正見, 春夏季の海面と亜表層の経年水温偏差の関係, 日本海洋学会2013年秋季大会, 2013年09月21日, 北海道大学 (札幌).

④ 君塚政文, 小橋史明, 岩坂直人, 北太平洋亜熱帯風成循環の水平構造について, 日本海洋学会2013年秋季大会, 2013年09月18日, 北海道大学 (札幌).

⑤ Kobashi, F., Y. Shimura, N. Iwasaka, M. Kimizuka, Variations of upper ocean salinity in the northwestern subtropical

gyre of the North Pacific, Joint Assembly (IAHS - IAPSO - IASPEI) "Knowledge for the future", 2013年07月24日, ヨーテボリ(スウェーデン).

⑥ Hosoda, S., M. Nonaka, T. Tomita, B. Taguchi, H. Tomita, and N. Iwasaka, Effect on heat penetration of downward net heat flux below shallow seasonal thermocline in summer season, Joint Assembly (IAHS - IAPSO - IASPEI) "Knowledge for the future", 2013年07月22日, ヨーテボリ(スウェーデン).

⑦ 田口文明, 北太平洋十年規模変動の数十年変調 海盆規模 vs. 海洋前線変動, 2013年度日本海洋学会春季大会, 2013年03月24日, 東京海洋大学(東京都).

⑧ Taguchi, B., Dynamics of North Pacific oceanic heat content variability on decadal time-scale, PICES 2012 Annual Meeting, 2012年10月18日, 広島市.

⑨ Hosoda, S., M. Nonaka, T. Tomita, B. Taguchi, H. Tomita, N. Iwasaka, and T. Suga, Heat penetration of downward net heat flux below shallow seasonal thermocline during spring-summer season in the North Pacific Ocean, 4th Argo Science Workshop, 2012年09月28日, ヴェネツィア(イタリア).

⑩ Kimizuka, M., F. Kobashi, and N. Iwasaka, Water characteristics and temporal variations of the warm core rings in the Kuroshio-Oyashio Extension region observed by Argo floats, 4th Argo Science Workshop, 2012年09月28日, ヴェネツィア(イタリア).

⑪ Kobashi, F., S. Hosoda, and N. Iwasaka, Decadal variations of the North Pacific subtropical mode water and their dynamical influence on the subtropical gyre, 4th Argo Science Workshop, 2012年09月28日, ヴェネツィア(イタリア).

⑫ 田口文明, 北太平洋における十年規模貯熱量シグナルの東方伝播とその起源, 2012年度日本海洋学会秋季大会, 2012年09月16日, 東海大学(静岡市).

⑬ 久保川厚, 2.5層通気水温躍層の周期的風応力強制への応答, 2012年度日本海洋学会秋季大会, 2012年09月16日, 東海大学(静岡市).

⑭ 君塚政文, 小橋史明, 久保川厚, 岩坂直人, 北太平洋亜熱帯循環系の鉛直構造, 2012年度日本海洋学会秋季大会, 2012年09月14日, 東海大学(静岡市).

⑮ Sasaki, H., B. Taguchi, N. Komori, and Y. Masumoto, Influence of local dynamical feedback process on the Hawaiian Lee Countercurrent, AOGS-AGU (WPGM) Joint Assembly, 2012年08月16日, シンガポール.

⑯ Taguchi, B., Decadal-scale eastward-propagating signals and their origin of oceanic heat content in the North Pacific

Ocean, AOGS-AGU (WPGM) Joint Assembly, 2012年08月15日, シンガポール.

⑰ 田口文明, N. Schneider, 北太平洋における東方伝播する十年規模貯熱量シグナルの起源, 日本地球惑星科学連合2012年大会, 2012年05月23日, 千葉市.

⑱ 佐々木 英治, 海洋大循環モデルを用いた準全球渦解像海洋シミュレーション, 日本地球惑星科学連合2012年大会, 2012年05月21日, 千葉市.

⑲ 田口文明, 中村尚, 野中正見, 小守信正, 吉田聡, 高谷光太郎, 後藤敦史, 北太平洋亜寒帯前線帯の十年規模変動: 変動機構と大気応答, 2012年度日本海洋学会春季大会, 2012年3月30日, 筑波大学, つくば市.

⑳ 三原草介, 久保川厚, 理想的な設定の海洋GCMにおける亜熱帯反流の季節変動, 2012年度日本海洋学会春季大会, 2012年3月27日, 筑波大学, つくば市.

㉑ 小橋史明, 細田滋毅, 岩坂直人, 亜熱帯前線周辺の水塊とその動き - 北太平洋亜熱帯モード水と亜熱帯前線の十年規模変動, 2012年度日本海洋学会春季大会シンポジウム「海洋前線と水塊形成」, 2012年3月26日, 筑波大学, つくば市.

㉒ Sasaki, H., B. Taguchi, N. Komori, Y. Masumoto, A role of local air-sea interactions induced by high SST band on the Hawaiian Lee Countercurrent, 2012 Ocean Sciences Meeting, 2012年2月20日, Salt Palace Convention Center, ソルトレーク(アメリカ).

㉓ Hosoda, S., M. Nonaka, T. Tomita, B. Taguchi, H. Tomita, N. Iwasaka, Heat storage capability below the seasonal thermocline for the seasonal sea surface heat exchange in the North Pacific Ocean, 2012 Ocean Sciences Meeting, 2012年2月20日, Salt Palace Convention Center, ソルトレーク(アメリカ).

㉔ Kobashi, F., S.-P. Xie, Interannual variability of the North Pacific Subtropical Countercurrent: Role of local ocean-atmosphere interaction, 2011 American Geophysical Union Fall Meeting, 2011年12月8日, Moscone Convention Center, サンフランシスコ(アメリカ).

㉕ Sasaki, H., B. Taguchi, N. Komori, Y. Masumoto, Influence of local dynamical feedback process on the Hawaiian Lee Countercurrent, 4th OFES International Workshop and 2nd ESC-IPRC Joint Workshop on Computationally-Intensive Modeling of the Climate System, 2011年12月2日, University of Hawaii, ホノルル(アメリカ).

㉖ 佐々木英治, 田口文明, 小守信正, 升本順夫, 大気海洋相互作用によるハワイ風下反流の維持・強化機構, 2011年度日本海洋学会秋季大会, 2011年9月29日, 九州大学応用力学研究所, 福岡県春日市.

㉒ 細田滋毅, 野中正見, 富田智彦, 田口文明  
北太平洋での貯熱量変動及び海面加熱の浸透深度の時空間特性, 2011年度日本海洋学会秋季大会, 2011年9月28日, 九州大学応用力学研究所, 福岡県春日市.

㉓ 田口文明, N. Schneider, Propagation features of decadal-scale subsurface signals in the North Pacific Ocean, 2011年度日本海洋学会秋季大会, 2011年9月28日, 九州大学応用力学研究所, 福岡県春日市.

㉔ Hosoda, S., Characteristics of summer shallow mixed layer development in the North Western Pacific Ocean -Gridded Argo Mixed layer Depth Dataset (MILA GPV), XXV IUGG General Assembly, 2011年7月2日, Melbourne Convention & Exhibition Centre,メルボルン (オーストラリア).

㉕ Taguchi, B., R. Furue, N. Komori, A. Kuwano-Yoshida, M. Nonaka, H. Sasaki, W. Ohfuchi, Deep oceanic zonal jets constrained by fine-scale wind stress curls in the South Pacific Ocean: A high-resolution coupled GCM study. XXV IUGG General Assembly, 2011年7月1日, Melbourne Convention & Exhibition Centre,メルボルン (オーストラリア).

[図書] (計1件)

① Atsushi Kubokawa, Shang-Ping Xie, Fumiaki Kobashi, Humio Mitsudera (編), Springer, New Developments in Mode-Water Research, 2012, 145

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小橋 史明 (KOBASHI, Fumiaki)  
東京海洋大学・海洋科学技術研究科・准教授  
研究者番号: 80377077

(2) 研究分担者

久保川 厚 (KUBOKAWA, Atsushi)  
北海道大学・地球環境科学研究科 (研究院)・教授  
研究者番号: 00178039

(3) 研究分担者

佐々木 英治 (SASAKI, Hideharu)  
独立行政法人海洋研究開発機構・その他部局等・その他  
研究者番号: 50359220

(4) 研究分担者

細田 滋毅 (Hosoda, Shigeki)

独立行政法人海洋研究開発機構・その他部局等・その他  
研究者番号: 60399582

(5) 研究分担者

田口 文明 (Taguchi, Bunmei)  
独立行政法人海洋研究開発機構・その他部局等・研究員  
研究者番号: 80435841

(6) 連携研究者

野中 正見 (NONAKA, Masami)  
独立行政法人海洋研究開発機構・その他部局等・研究員  
研究者番号: 90358771

(7) 研究協力者

Xie, Shang-Ping (Xie, Shang-Ping)  
ハワイ大学・気象学部・教授  
研究者番号: