

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 4 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(A) (海外学術調査)

研究期間：2017～2020

課題番号：17H01663

研究課題名(和文) 東部インド洋湧昇域における物理・化学・生物学的特性の統合的解明

研究課題名(英文) Integrated understanding of physical, biogeochemical, and ecological processes in upwelling regions in the eastern Indian Ocean

研究代表者

升本 順夫 (Masumoto, Yukio)

東京大学・大学院理学系研究科(理学部)・教授

研究者番号：60222436

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 31,500,000円

研究成果の概要(和文)：海洋変動や気候変動の理解に必須の海域であるものの海洋内部の観測データが絶対的に不足している東部インド洋からインドネシア多島海にかけての暖水域において、学術研究船「白鳳丸」とインドネシア研究船 Baruna Jayaを用いた観測を実施し、海洋の物理構造や化学・生物過程に関する基礎的なデータおよびサンプルを取得した。得られたサンプルとデータを分析・解析することにより、本研究の対象海域における海洋変動の物理機構や物理現象と化学・生物過程との関連性、また生物地球化学的、生態学的な動態に関する統合的な知見を得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

得られた成果は、東部インド洋における物理構造や化学・生物過程に関する貴重なサンプルとデータを提供し、海洋・気候変動の理解と予測、また海洋物質循環の理解の向上に直接貢献するものである。また、現在、国際協力の下で進められているインド洋域の研究プロジェクト「国際インド洋調査2」や「東部インド洋湧昇研究イニシヤティブ」への日本からの主要な貢献ともなる。

研究成果の概要(英文)：Better understanding of oceanic conditions and variability in the regions covered by warm surface water in the eastern Indian Ocean and the Indonesian Archipelago are imperative to clarify responsible processes in ocean variations and impacts of climate change on them. We conducted intensive observations using the research vessel "Hakuho-Maru" and the Indonesian research vessels "Baruna Jaya" to obtain crucial data and samples for research on the physical, chemical, and biological processes in the ocean. The obtained samples and data contributed to deepen our understanding on the physical mechanisms of ocean variability and the relationship between physical phenomena and chemical and biological processes, as well as biogeochemical and ecological dynamics in the target area.

研究分野：物理海洋学

キーワード：東部インド洋 分野統合的研究 白鳳丸観測航海 湧昇域 インドネシア多島海

1. 研究開始当初の背景

インドネシア多島海を含む東部インド洋の暖水域は、全球規模の海洋循環において太平洋からインド洋を通じて大西洋へと戻る経路の要衝であるとともに、熱帯域における大気大循環の要となる深い対流を発達させることで、地球規模の気候を強く制御している。また、この暖水域内に発達する冷水湧昇域は、局所的・領域的な気候変動や海洋一次生産、物質循環などに多大な影響を及ぼしている。このように、海洋変動や気候変動の理解に必須の海域であるにも関わらず、東部インド洋と湧昇域の物理構造や化学・生物過程に関する基礎的なデータは非常に乏しく、この海域のみならず全海洋の現状把握や変動機構の理解および将来予測の研究にとって重大な障害となっている。そのため、物理機構のみならず、物理現象と化学・生物過程との関連性、さらに生物地球化学的、生態学的な動態を把握するため、現場での高精度の海洋観測が可能な学術研究船を用いた物理・化学・生物過程に関する総合的な観測と、その結果を踏まえて、人工衛星により取得されるデータや既存のデータ、数値モデル結果などを用いた統合的な研究の展開が喫緊の課題となっていた。

2. 研究の目的

本研究は、このような東部インド洋湧昇域において、海洋物理・生物地球化学・生態学的パラメータや特性の現場観測を行うとともに、既存データ解析や数値計算を合わせて用い、東部インド洋および内在する湧昇システムの詳細な描像を統合的に理解し、インド洋や全球規模の気候変動や海洋生態系変動に果たす役割を明らかにすることを目的とする。

3. 研究の方法

本研究では、東部インド洋からインドネシア多島海において、観測船を用いた高精度の物理、化学、生物に関する観測を実施し、各種サンプルやデータを取得することが中心となる。得られたサンプルやデータは船上または研究室での分析や解析を行い、対象海域における物理、化学、生物過程に関する変動をもたらす素過程を解明するとともに、総合的な視点での検討を行う。

具体的には、物理的な観測では水温・塩分・流速に加え、乱流混合過程を明らかにする海洋微細構造の観測を行う。また、生物過程や生物地球化学動態の観測では、観測船による採水が中心となる。得られた海水に含まれる栄養塩や微量元素の分析を行うとともに、プランクトンの培養実験等も行う。取得サンプルとデータの分析・解析に加え、数値モデルを用いて変動要因を調べた結果も用い、統合的な検討を行った。

4. 研究成果

主な研究成果として、以下の5つのトピックに関する概要を示す。

(1) 南東部熱帯インド洋で観測された水温負偏差の維持メカニズム

南東部熱帯インド洋は世界で最も高い海面水温を持つ暖水域内にあり、この海域での海面水温の変動は、上空の対流圏における深い対流活動を通じて領域規模から地球規模の気候に強く影響を及ぼしている。2018年の夏季から年末にかけて、東部インド洋の赤道域では正のインド洋ダイポールモード現象が、またオーストラリア西岸域ではニンガルーニーニャ現象が発生し、通常よりも海面水温が低い状況が継続した。しかしこれら両現象に挟まれたインドネシア南方海域の広い範囲においても、表層水温の負偏差が長期に渡り維持されるという興味深い状況が続いていた。そこで本研究では、2018年12月に行った学術研究船「白鳳丸」による観測結果と高解像度海洋循環モデルの結果を用いて、負の海面水温偏差が維持されていたメカニズムを調べた。

その結果、海面水温偏差として現れていた負の水温偏差は海洋表層40m深までの混合層内で顕著に現れ、それよりも深い部分では、中規模渦の影響を受けた正偏差も見られることが分かった(図1)。この混合層内の水温負偏差の維持機構を数値モデル結

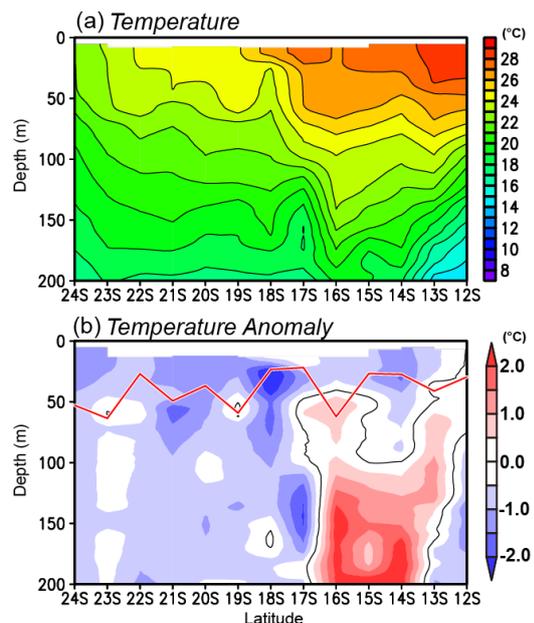


図1：2018年12月の白鳳丸観測による東側測線(112°E付近)における(a)水温及び(b)水温偏差の断面図。図(b)内の赤線は混合層深度を表す。

果の熱収支解析を用いて調べたところ、海面での熱フラックスによる冷却効果が重要な役割を果たしていることが明らかとなった。特に、10月後半から12月にかけて発生した大気のマッデン-ジュリアン振動に伴う強い海上風による潜熱放出の強化が混合層内の水温低下を促進し、負偏差を長期に渡り維持することに貢献していたことが示唆された。

(2) ジャワ島沿岸湧昇の季節的発展

北半球の夏季にジャワ島南岸に沿って沿岸湧昇が発達することがよく知られている。この沿岸湧昇はジャワ島南岸に沿う南東モンスーンに伴うエクマン湧昇として説明され、その海面での変動は人工衛星データなどを用いて多く記述されている。しかし、海洋内部の構造がどのようになっているか、季節的な時間進行がどのように起こされているのかについては、いまだに不明な点が多く残されている。そこで本研究では、既存データおよび高解像度海洋循環モデルの結果を用いて、ジャワ島南岸に発達する季節的な湧昇の海洋内部構造を調べた。

その結果、比較的 horizontale 解像度の高い観測データでは、岸に沿う風による沿岸湧昇とは異なり、沿岸から数百キロメートルも離れた海域で水温躍層がドーム上に上昇した、湧昇に関連すると考えられる水温構造が見られることが分かった。高解像度海洋循環モデルの結果から、典型的な沿岸湧昇は岸から数十キロメートルの範囲の60m深までの表層で顕著であり（図2の8°S付近の表層に見られる濃い赤色部分）、湧昇した相対的に冷たい海水が表層エクマン流により沖側へと運ばれていることが示された。また、10°S付近を中心として比較的強い上昇流と水温の等値線の盛り上がり再現されていた（図2の10°S付近の60m深よりも深い部分のオレンジ色の領域）。海面での風応力との対応から、この沖に発達する亜表層の湧昇は、沿岸の湧昇と同様に南東モンスーンの発達に伴って励起されているが、沖に向かって風が強くなることに伴う風応力のカールが励起源として本質的な役割を果たしていることが分かった。また、この湧昇のシグナルは、その後海洋のロスビー波として西へと伝播し、スマトラ島南西海域においてその場での風応力カールによって強化されていることが示された。

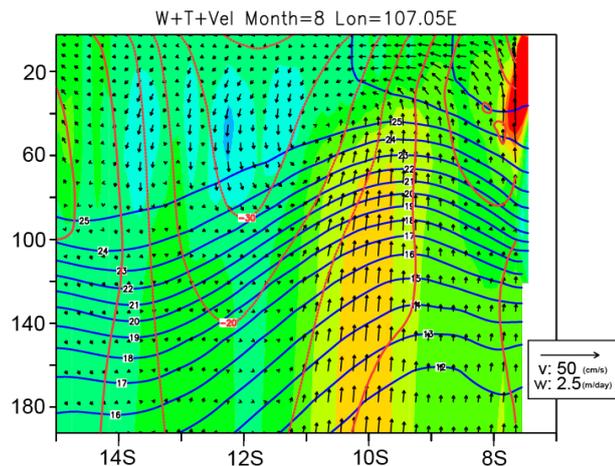


図2：高解像度海洋大循環モデル(OFES)によるジャワ島南岸の表層海洋構造。東経107度における鉛直流速（カラー；暖色系が上昇流）、水温（青色の等値線；1°C間隔）、東西流速（赤色の等値線；10cm/s間隔）の緯度-深度断面図。また、矢印は南北流と鉛直流の向きと大きさを表す。

(3) ジャワ島沿岸湧昇の季節内変動とインド洋ダイポールモード現象との関連

北半球の夏季にジャワ島南部の沿岸に沿って発達する沿岸湧昇は、冷たく栄養塩の豊富な亜表層水を表層に運び、海面での低い水温と高いクロロフィルa濃度として現れる。この季節的に発達する沿岸湧昇の強さ（低い海面水温分布の広さ、水温の値、クロロフィルa濃度の値など）は経年的にも大きく変動していることが知られている。一方、インド洋熱帯域には、東西に海面水温偏差の双極子構造を持ち、大気と海洋が相互に結びついて発達する気候変動モードであるインド洋ダイポールモード現象（IOD）が存在し、経年的に東部インド洋熱帯域の海面水温が通常よりも低下して現れる。本研究では、東部熱帯インド洋における表層海洋変動の重要な過程として、ジャワ島南部の沿岸湧昇が熱帯インド洋南東部に通常よりも冷たい海水を供給することによって、IODの発生を誘発する可能性があるかどうかを調べた。

人工衛星により観測された2003年から2020年のクロロフィルa濃度の1日毎のデータを沿岸湧昇の指標として使用した。特に、正のIOD（pIOD）の開始時期である4-6月の期間に発生した最初のクロロフィルa濃度の上昇（植物プランクトンブルーム）に焦点を当て、湧昇域に見られる季節内変動などの短期変動やIODとの関連性を検討した。その結果、人工衛星観測による表層クロロフィルa濃度は、ジャワ島南岸における季節内スケールの沿岸湧昇の指標となりうるということが明確に示され、湧昇シグナルのタイミングと強さは、その後のIODピークと有意な相関があることがわかった（図3）。また、人工衛星による海面水温データとOSCARの海面流速データを用いて、インド洋南東部の海面水温に影響を与える移流過程の重要性を検討した。その結果、ジャワ島南方で冷水が湧昇した後、海面水温偏差の西向き移流がインド洋南東部の海面水温を異常に冷却していることが明らかとなり、その後の正のIODの発生に好条件を与える役割を担っていることが示された。

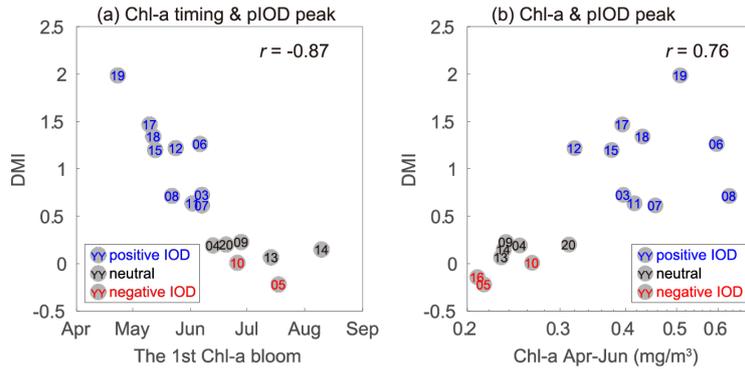


図3：ジャワ島南岸の沿岸湧昇とインド洋ダイポールモード現象（IOD）との関連を表す散布図。(a) 4-6月の期間に発生した最初のクロロフィル a 上昇のタイミングとその後発生した IOD の指標である DMI の値との関係。(b) 4-6月の期間に発生した最初のクロロフィル a 上昇の濃度の値（4月から6月の平均）とその後発生した IOD に伴う DMI の値との関係。DMI は東部熱帯インド洋（90°-110°E, 10°S-0°）と西部熱帯インド洋（50°-70°E, 10°-10°N）の領域平均海面水温偏差の差で定義され、ここでは8月から10月の間の最大値を用いた。丸印の内部の数字は年を表し、2000年以降の下二桁のみ表示。

(4) “海の砂漠”と考えられてきた東部インド洋における植物プランクトンブルーム形成機構

東部インド洋は、海洋一次生産の指標となるクロロフィル a 濃度が低い海域として知られ、「海の砂漠」とも表される海域である。このような海域にも関わらず、しばしば高濃度のクロロフィル a の存在が報告されており、この海域で発生する物理現象に起因するものと考えられている。しかし、物理・化学・生物の統合的な現場観測が限られているため、生態系内の構成要素の応答も含めた高クロロフィル a 濃度の形成メカニズムは十分に解明されていない。そこで本研究では、学術研究船「白鳳丸」を用いて、秋のモンスーン遷移期（2018年11月8日～28日）に東部インド洋の 88°E 経線に沿った南北に広い範囲（16.5°N～20°S）にまたがる統合的な観測を実施し、海の砂漠に現れるオアシスの形成機構に関する新たな知見を得ることを試みた。

本研究では、東部インド洋において初めて希釈法を用いた培養実験を行って表層植物プランクトンの成長速度を測定するとともに、ナノモルレベルでの栄養塩濃度を決定するために高感度栄養塩分析を行った。また、このような生物学的分析結果と表層の物理場の観測結果を合わせた統合的な解析も行った。その結果、一貫して窒素枯渇の状況（溶存無機窒素が～58 nM）であるにも関わらず、ベンガル湾や赤道域、東インド洋南部の複数測点において、高いクロロフィル a 濃度（10 m 深において～298 ng/L）を示す植物プランクトンブルームが海洋表層で発生していたことを捉えた（図4）。観測を行った時期の人工衛星によるクロロフィル a 濃度分布から、また植物プランクトンの成長速度が負あるいは正であっても低い値を示すことから、観測された植物プランクトンブルームはすべて減衰期であったと考えられる。しかし、希釈法を用いた培養実験では、栄養塩の供給により植物プランクトンの成長速度が約 4.9 倍増大したことから、ブルームは栄養塩の供給により始まり、著しい栄養塩枯渇により停止したことが示唆された。

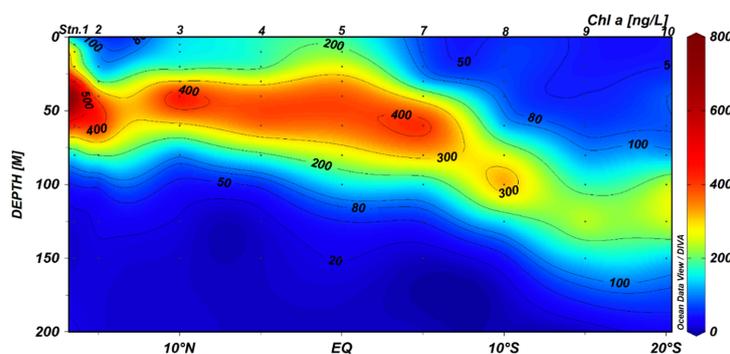


図4：88°E 測線に沿ったクロロフィル a 濃度の緯度-深度断面図。図の上部に示した数字は観測点番号を表す。

また、船底に取り付けられた音響ドップラー流速プロファイラによる水平流速分布と、人工衛星による海上風、海面流速、および海面高度の観測結果から、本航海で観測された植物プランクトンブルームは、ブルーム発生域で局所的に栄養塩が供給されたのではなく、モルディブ付近の島の影響で発生する湧昇、または東部インド洋南部の低気圧性

ブルームは栄養塩の供給により始まり、著しい栄養塩枯渇により停止したことが示唆された。また、船底に取り付けられた音響ドップラー流速プロファイラによる水平流速分布と、人工衛星による海上風、海面流速、および海面高度の観測結果から、本航海で観測された植物プランクトンブルームは、ブルーム発生域で局所的に栄養塩が供給されたのではなく、モルディブ付近の島の影響で発生する湧昇、または東部インド洋南部の低気圧性

渦による栄養塩の供給によって誘発されたことが明らかになった。前者の場合、モルディブ付近で生成されたクロロフィル a に富む海水が秋季の Wyrcki Jet に伴う強い東向きの表層流によって観測海域へと移流されたと考えられる。

このように、東部インド洋はクロロフィル a 濃度が低く植物プランクトンブルームが発生しない貧栄養海洋生態系に常になっているわけではなく、この海域特有の物理現象に影響されながら非常にダイナミックに変動する生態系が存在することが明らかになった。

(5) インドネシア多島海域における海洋乱流混合強度の特性

世界で最も高い海面水温を持つインドネシア多島海は、その真上に熱帯域の大気大循環の心臓部ともいえる深い対流を発達させることで、グローバルな気候を強くコントロールしている。このインドネシア多島海の海面水温には、内部潮汐波の砕波に伴う潮汐混合が大きく影響することが示唆されてきた。また、インドネシア多島海における潮汐混合はインドネシア通過流 (ITF) の水塊変質にも影響することが知られている。この変質を受けた低温・低塩分の水塊はインド洋へ流出して、アガラス海流やルーイン海流などの大規模な海洋循環に影響を与える。このようにインドネシア多島海における潮汐混合は海洋・気候システムに多大な影響を及ぼすにも関わらず、複雑な海岸海底地形による観測の難しさや数値モデルの設定の難しさから、その詳細は明らかになっていなかった。

本研究では、2019 年にインドネシア多島海域において初めて広範な海洋微細構造観測を実施し、海洋乱流混合強度の空間分布や特性について、詳細な検討を行った (図 5)。合計 120 本に及ぶ乱流エネルギー散逸率の鉛直プロファイルから、強い乱流ホットスポットは Manipa、Lifamatola、Sape、Lombok 海峡などの狭い海峡内に存在する海嶺・海山上での内部潮汐波の砕波に伴って局所的に発生していること、また、そのような場所では大きな密度逆転や斜面を下降する強流に伴って鉛直拡散が大きくなっていることが確認された。一方、乱流ホットスポットから遠く離れた場所では、観測された鉛直乱流拡散率は外洋域における典型的な値と同程度に低下していることが分かった。

さらに、この乱流観測時の状況にあわせて行った高分解能数値シミュレーションによれば、これらの狭い海峡内では、内部潮汐波の砕波による鉛直混合だけでなく、サブメソスケールな地形渦によって強化された水平混合も加わることで、非常に短い距離 (10km) 内で著しい水塊変質が起こっていることが示唆された。

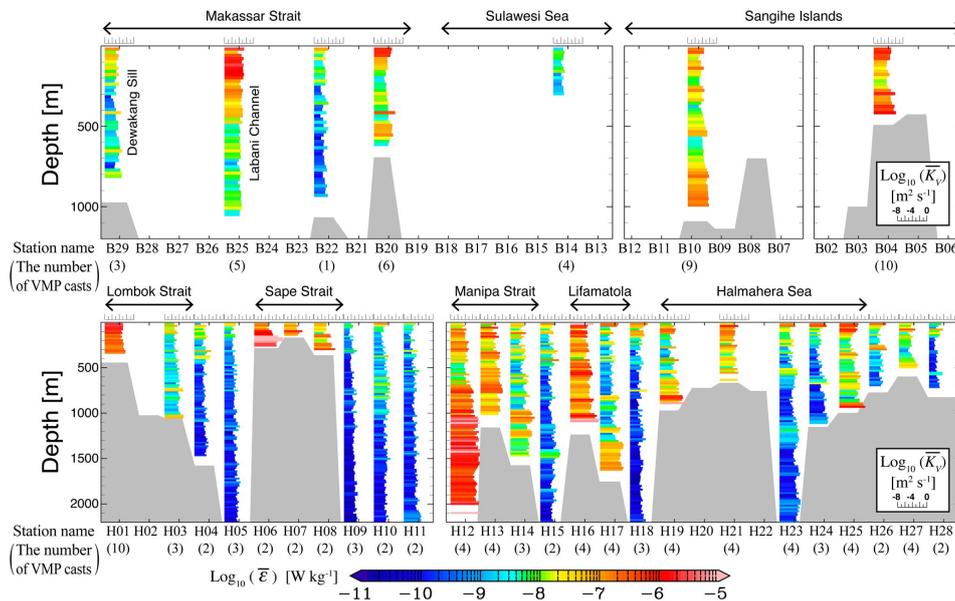


図 5：各測点における乱流エネルギー消散率の鉛直分布 (カラー) と鉛直拡散率 (横棒の長さ)。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計22件（うち査読付論文 22件／うち国際共著 13件／うちオープンアクセス 15件）

1. 著者名 Taufiqurrahman, E., A. J. Wahyudi, and Y. Masumoto	4. 巻 37
2. 論文標題 The Indonesian Throughflow and its Impact on Biogeochemistry in the Indonesian Seas	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ASEAN Journal on Science & Technology for Development	6. 最初と最後の頁 29-35
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.29037/ajstd.596	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Iskandar, I., W. Mardiansyah, D.O. Lestari, and Y. Masumoto	4. 巻 7
2. 論文標題 What did determine the warming trend in the Indonesian sea?	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Prog. Earth Planet Sci.	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s40645-020-00334-2	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Purwandana, A., Y. Cuypers, P. Bouruet-Aubertot, T. Nagai, T. Hibiya, A. S. Atmadipoera	4. 巻 184
2. 論文標題 Spatial structure of turbulent mixing inferred from historical CTD datasets in the Indonesian seas	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Progress in Oceanography	6. 最初と最後の頁 102312
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.pocean.2020.102312	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 de Lavergne, C., C. Vic, G. Madec, F. Roquet, A. F. Waterhouse, C. B. Whalen, Y. Cuypers, P. Bouruet-Aubertot, B. Ferron, and T. Hibiya	4. 巻 12
2. 論文標題 A parameterization of local and remote tidal mixing	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Advances in Modeling Earth Systems	6. 最初と最後の頁 e2020MS002065
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2020MS002065	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Purwandana, A., Y. Cuypers, P. Bouruet-Aubertot, T. Nagai, T. Hibiya, A. S. Atmadipoera	4. 巻 30
2. 論文標題 Historical CTD dataset and associated processed dissipation rate using an improved Thorpe method in the Indonesian seas	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Data in Brief	6. 最初と最後の頁 105519
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.dib.2020.105519	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Nagai, T., and T. Hibiya	4. 巻 125
2. 論文標題 Combined effects of tidal mixing in narrow straits and the Ekman transport on the sea surface temperature cooling in the southern Indonesian Seas	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Oceans,	6. 最初と最後の頁 e2020JC016314
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2020JC016314	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Horii, T., I. Ueki, and K. Ando	4. 巻 125
2. 論文標題 Coastal upwelling events, salinity stratification, and barrier layer observed along the southwestern coast of Sumatra	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 J. Geophys. Res.	6. 最初と最後の頁 e2020JC016287
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2020JC016287	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Vinayachandran, P.N., Y. Masumoto, M. Roberts, J. Hugget, I. Halo, A. Chatterjee, P. Amol, GVM Gupta, A. Singh, A. Mukherjee, S. Prakash, L. Beckley, E. Raes, and R. Hood	4. 巻 18
2. 論文標題 Physical and biogeochemical processes associated with upwelling in the Indian Ocean	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Biogeosciences	6. 最初と最後の頁 5967-6029
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/bg-18-5967-2021	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Nagai, T., T. Hibiya, and F. Syamsudin	4. 巻 48
2. 論文標題 Direct estimates of turbulent mixing in the Indonesian archipelago and its role in the transformation of the Indonesian throughflow waters	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Geophysical Research Letters	6. 最初と最後の頁 e2020GL091731
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2020GL091731	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Jiang, S., F. Hashihama, Y. Masumoto, H. Liu, H. Ogawa, and H. Saito	4. 巻 203
2. 論文標題 Phytoplankton dynamics as a response to physical events in the oligotrophic Eastern Indian Ocean	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Progress in Oceanography	6. 最初と最後の頁 102784
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.pocean.2022.102784	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Horii, T., E. Siswanto, I. Iskandar, I. Ueki, and K. Ando	4. 巻 49
2. 論文標題 Can coastal upwelling trigger a climate mode? A study on intraseasonal-scale coastal upwelling off Java and the Indian Ocean Dipole	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Geophys. Res. Lett.	6. 最初と最後の頁 e2022GL098733
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2022GL098733	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Hermes, J. C., Y. Masumoto, et al.	4. 巻 -
2. 論文標題 A Sustained Ocean Observing System in the Indian Ocean for Climate Related Scientific Knowledge and Societal Needs	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Front. Mar. Sci.,	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fmars.2019.00355	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Sasaki H., Kida S., Furue R., Nonaka M., Masumoto Y.	4. 巻 45
2. 論文標題 An Increase of the Indonesian Throughflow by Internal Tidal Mixing in a High Resolution Quasi Global Ocean Simulation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Geophysical Research Letters	6. 最初と最後の頁 8416-8424
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2018GL078040	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Horii, T., Ueki I., Ando K.	4. 巻 74
2. 論文標題 Coastal upwelling events along the southern coast of Java during the 2008 positive Indian Ocean Dipole	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 J. Oceanogr.	6. 最初と最後の頁 499-508
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10872-018-0475-z	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ogata Tomomichi, Nagura Motoki, Masumoto Yukio	4. 巻 47
2. 論文標題 Mean Subsurface Upwelling Induced by Intraseasonal Variability over the Equatorial Indian Ocean	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Physical Oceanography	6. 最初と最後の頁 1347 ~ 1365
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1175/JPO-D-16-0257.1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Nagai Taira, Hibiya Toshiyuki, Bouruet-Aubertot Pascale	4. 巻 122
2. 論文標題 Nonhydrostatic Simulations of Tide-Induced Mixing in the Halmahera Sea: A Possible Role in the Transformation of the Indonesian Throughflow Waters	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Oceans	6. 最初と最後の頁 8933 ~ 8943
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/2017JC013381	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計80件（うち招待講演 8件 / うち国際学会 50件）

1. 発表者名 Masumoto, Y.
2. 発表標題 Upwelling off Sumatra and Java and its role in climate systems
3. 学会等名 International Conference on the Ocean and Earth Sciences (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 升本順夫・齊藤宏明・小川浩史・小畑元
2. 発表標題 2018年11-12月の東部インド洋における物理・生物地球化学・生態系に関連する諸量の分布特性
3. 学会等名 海と地球のシンポジウム2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Matsuta, T., and Y. Masumoto
2. 発表標題 The Mode Water formation in the South Indian Ocean
3. 学会等名 JpGU2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松田拓朗・升本順夫
2. 発表標題 南インド洋におけるモード水の変性メカニズム
3. 学会等名 日本海洋学会2020年度秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Nagai, T., and T. Hibiya
2. 発表標題 The combined effect of tidal mixing in narrow straits and the Ekman transport on the variability of SST in the southern Indonesian Seas
3. 学会等名 Ocean Sciences Meeting 2020 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Nagai, T., and T. Hibiya
2. 発表標題 Direct estimates of turbulent mixing in the Indonesian Seas and its impact on the water-mass transformation
3. 学会等名 Ocean Sciences Meeting 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 江 思宇 · 橋濱 史典 · 齊藤 宏明
2. 発表標題 Temporary phytoplankton biomass increases in oligotrophic subtropical and tropical oceans
3. 学会等名 日本海洋学会2020年度秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ueki, I.
2. 発表標題 Observation in the Java-Sumatra upwelling region during positive IOD in 2019
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2020 Virtual
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Horii, T., and I. Ueki
2. 発表標題 A role of eastward-propagating intraseasonal oscillation in controlling coastal upwelling southwest of Sumatra
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2020 Virtual (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Horii, T., I. Ueki, and K. Ando
2. 発表標題 Coastal upwelling events, salinity stratification and barrier layer along the southern coasts of Sumatra and Java
3. 学会等名 American Geophysical Union (AGU) Fall Meeting 2020 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Masumoto, Y.
2. 発表標題 Distribution and movement of microplastics in the Indian Ocean
3. 学会等名 JpGU2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 升本順夫、安藤健太郎、江淵直人、齊藤宏明、八木信行
2. 発表標題 インド洋-太平洋域の持続的発展のための海洋情報の取得と活用に関する検討
3. 学会等名 日本海洋政策学会第13回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Matsuta, T., and Y. Masumoto
2. 発表標題 Eddy-mean flow interactions and vertical energy redistribution associated with the standing meander in the Antarctic Circumpolar Current
3. 学会等名 JpGU2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 寺田雄亮・升本順夫
2. 発表標題 インドネシア多島海を通じた太平洋-インド洋間の波動エネルギー伝播経路 -太平洋から入射する場合-
3. 学会等名 日本海洋学会2021年度秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Terada, Y. and Y. Masumoto
2. 発表標題 Indo-Pacific interbasin exchange of equatorial wave energy through the Indonesian archipelago in a reduced gravity model
3. 学会等名 Approaches for Hydrospheric-Atmospheric Environmental Studies in Asia-Oceania 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Saito, H., Y. Masumoto, and Z. Arifin
2. 発表標題 Coastal ecosystem study in the Indian Ocean and adjacent seas under international collaboration
3. 学会等名 JpGU2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Horii, T., E. Siswanto, I. Iskandar, and I. Ueki
2. 発表標題 Intraseasonal surface Chlorophyll-a variations associated with coastal upwelling south of Java, and its relation to the Indian Ocean Dipole
3. 学会等名 American Geophysical Union (AGU) Fall Meeting 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Horii, T., E. Siswanto, I. Iskandar, I. Ueki
2. 発表標題 Surface Chlorophyll-a variations associated with coastal upwelling south of Java, and its relation to the Indian Ocean Dipole
3. 学会等名 2021年度名古屋大学宇宙地球環境研究所研究集会:インド洋/太平洋域における海洋循環/環境応用に関する研究集会 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 堀井 孝憲, Eko Siswanto, Iskhaq Iskandar, 植木 巖
2. 発表標題 ジャワ島沖の沿岸湧昇の発生時期とその後のインド洋ダイポール現象の発達
3. 学会等名 日本海洋学会2021年度秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Horii, T., E. Siswanto, I. Iskandar, and I. Ueki
2. 発表標題 Intraseasonal variation of surface Chlorophyll-a associated with coastal upwelling along the southern coast of Java
3. 学会等名 Japan Geoscience Union (JpGU) Meeting 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Horii, T., E. Siswanto, I. Iskandar, and I. Ueki
2. 発表標題 Intraseasonal variation of surface Chlorophyll-a associated with coastal upwelling along the southern coast of Java
3. 学会等名 AOGS2021 Virtual 18th Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Nagai, T., and T. Hibiya
2. 発表標題 Direct estimates of turbulent mixing in the Indonesian Archipelago and its role in the transformation of the ITF waters
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 升本順夫
2. 発表標題 ジャワ島沖沿岸湧昇の季節変動 - 再考
3. 学会等名 2022年度冬季 海洋力学勉強会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Terada, Y. and Y. Masumoto
2. 発表標題 Indo-Pacific interbasin exchange of equatorial wave energy through the Indonesian archipelago in a reduced gravity model
3. 学会等名 Ocean Sciences Meeting 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Terada, Y., and Y. Masumoto
2. 発表標題 Quantitative Evaluation of Tropical Ocean Waves from the Indian Ocean to the Pacific Ocean through the Indonesian Seas
3. 学会等名 JpGU2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Horii, T., I. Ueki, and K. Ando
2. 発表標題 Coastal upwelling events along the southern coasts of Sumatra and Java observed by Argo floats
3. 学会等名 International Indian Ocean Science Conference (IIOSC) 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Horii, T., E. Siswanto, I. Iskandar, and I. Ueki
2. 発表標題 Surface Chlorophyll-a variations associated with coastal upwelling along the southern coast of Java and the Indian Ocean Dipole
3. 学会等名 Ocean Sciences Meeting 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 安藤健太郎、植木巖
2. 発表標題 インド-太平洋域における海洋観測の過去から現在、そして未来
3. 学会等名 令和4年度海洋理工学会春季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 堀井孝憲, 植木巖, Eko Siswanto, Iskhaq Iskandar
2. 発表標題 衛星観測のクロロフィルa濃度データを用いたジャワ島南の沿岸湧昇の指標
3. 学会等名 日本海洋学会 2022年度秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Horii, T., E. Siswanto, I. Iskandar, I. Ueki, and K. Ando
2. 発表標題 Use of ocean color data for climate prediction: A study on coastal upwelling off Java and the Indian Ocean Dipole
3. 学会等名 10th Asian Workshop on Ocean Color (AWOC) & 19th Japan/Korea Workshop on Ocean Color (JKWOC) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Horii, T., E. Siswanto, I. Iskandar, I. Ueki, and K. Ando
2. 発表標題 Can coastal upwelling trigger a climate mode? A study on intraseasonal-scale coastal upwelling off Java and the Indian Ocean Dipole
3. 学会等名 American Geophysical Union (AGU) Fall Meeting 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Masumoto, Y., K. Ando, I. Ueki, T. Horii, M. Nagura, S. Kido, S. Matsugishi, and T. Matsuta,
2. 発表標題 Preliminary results of observed Ningaloo Nina conditions during December 2018
3. 学会等名 Symposium of Climate Variations, Prediction and Application, 20-year Anniversary of IOD Research (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 升本順夫・齊藤宏明
2. 発表標題 東部インド洋における物理・生物地球化学・生態系の統合的研究に関する白鳳丸観測航海(KH-18-6)の概要
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masumoto, Y.
2. 発表標題 Dynamics of Upwelling System off Sumatra/Java Coast and Its Variability
3. 学会等名 Workshop on bio-physical oceanic variability in the Indian Ocean variability and its impact on ecosystem in the maritime continent (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masumoto, Y.
2. 発表標題 International Indian Ocean Expedition-2 (IIOE-2): Challenges to interdisciplinary research in the Indian Ocean
3. 学会等名 SCOR-JOS Join Symposium "Ocean Sciences in Japan: Present and Future" (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 升本順夫
2. 発表標題 気候変動現象の多様性とこれからの気候変動予測
3. 学会等名 日本学術会議公開シンポジウム「国連の持続可能な海洋科学の10年 - One Ocean の行動に向けて」(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 永井平、日比谷紀之
2. 発表標題 エクマン輸送と海峡内での潮汐混合の複合効果に伴うインドネシア多島海南部の海面水温冷却
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nagai, T., and T. Hibiya
2. 発表標題 The combined effect of the Ekman transport and tidal mixing on the variability of SST in the southern Indonesian Seas
3. 学会等名 27th International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG) General Assembly (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Saito, H.
2. 発表標題 Characteristics of the microbial food web in the Indian Ocean
3. 学会等名 Workshop on bio-physical oceanic variability in the Indian Ocean variability and its impact on ecosystem in the maritime continent (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masumoto, Y., W. Yu, and R. Hood
2. 発表標題 Eastern Indian Ocean Upwelling Research Initiative (EIOURI)
3. 学会等名 2018 PICES Pacific Transitional Areas Symposium (国際学会)
4. 発表年 2018年

1 . 発表者名 Masumoto, Y.
2 . 発表標題 Recent progress of Eastern Indian Ocean Upwelling Research Initiative (EIOURI) and International Indian Ocean Expedition-2 (IIOE-2)
3 . 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2018
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Masumoto, Y. and I.-M. Streanga
2 . 発表標題 Seasonal variation of the Java upwelling system represented in CMIP5 models
3 . 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2018
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Masumoto, Y.
2 . 発表標題 Java upwelling biases in CMIP5 simulations
3 . 学会等名 Approaches for Hydrospheric- Atmospheric Environmental Studies in Asia-Oceania (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Masumoto, Y.
2 . 発表標題 International Indian Ocean Expedition-2 (IIOE-2) and Eastern Indian Ocean Upwelling Research Initiative (EIOURI) : Examples of multilateral cooperation in the Indian Ocean
3 . 学会等名 Symposium on Climate Studies and Developing Societal Applications (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Matsuta T. and Y. Masumoto
2 . 発表標題 Generation and dissipation of meso-scale eddies in the southern Indian Ocean
3 . 学会等名 4th International Joint Workshop on Computationally-Intensive Modeling of the Climate System and 9th OFES International Workshop (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Horii, T., I. Ueki, Q. Moteki, K. J. Richards, K. Ando
2 . 発表標題 Shoaling of the thermocline southwest of Sumatra observed by R/V Mirai during December 2017
3 . 学会等名 Asia Oceania Geosciences Society (AOGS) 2018 (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Horii, T., I. Ueki, and K. Ando
2 . 発表標題 Coastal upwelling events along the southern coast of Java during the 2008 positive Indian Ocean Dipole
3 . 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2018
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Ueki, I.
2 . 発表標題 Sumatra mooring for the eastern Indian Ocean upwelling research
3 . 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2018
4 . 発表年 2018年

1. 発表者名 堀井 孝憲, 植木 巖, 茂木耕作, Kevin J. Richards, 松本和彦, 安藤 健太郎
2. 発表標題 2017年12月に観測されたスマトラ島南西沿岸部における水温・クロロフィル変動
3. 学会等名 日本海洋学会2018年度秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Nagai, T., and T. Hibiya
2. 発表標題 Effects of the Indonesian Throughflow on the generation and propagation of internal tides in Lombok Strait
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Nagai, T., and T. Hibiya
2. 発表標題 The impacts of tidal mixing in the Indonesian Archipelago on the transformation of the Indonesian Throughflow waters
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Nagai, T., and T. Hibiya
2. 発表標題 Effects of the Indonesian Throughflow on the generation and propagation of internal tides in Lombok Strait
3. 学会等名 Asia Oceania Geosciences Society (AOGS) 15th Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Masumoto
2. 発表標題 Scale-interactions in the tropical Indian Ocean
3. 学会等名 10th IOC WESTPAC International Scientific Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Masumoto, Y., T. Ogata, and M. Nagura
2. 発表標題 Mean subsurface upwelling induced by intraseasonal variability in the equatorial Indian Ocean
3. 学会等名 IOC WESTPAC 10th International Scientific Conference (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Masumoto, Y., W. Yu, R. Hood, and N. D'Adamo
2. 発表標題 Eastern Indian Ocean Upwelling Research Initiative (EIOURI)
3. 学会等名 IOC WESTPAC 10th International Scientific Conference (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 升本順夫
2. 発表標題 国際インド洋調査2 (IIOE-2) と東部インド洋湧昇研究イニシャティブ (EIOURI)
3. 学会等名 JpGU2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Masumoto, Y., T. Ogata, and M. Nagura
2. 発表標題 Mean equatorial upwelling induced by intraseasonal Mixed Rossby-Gravity waves in the Indian Ocean
3. 学会等名 2017 Joint IAPSO-IAMAS-IAGA Assembly (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Masumoto, Y.
2. 発表標題 Eastern Indian Ocean Upwelling Research Initiative (EIOURI) and IIOE-2
3. 学会等名 Workshop on Approaches for Hydrospheric-Atmospheric Environmental Studies in Asia-Oceania (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Masumoto, Y., T. Ogata, and M. Nagura
2. 発表標題 Mean subsurface upwelling induced by intraseasonal variability in the equatorial Indian Ocean
3. 学会等名 AMOS-ICSHMO 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 日比谷紀之
2. 発表標題 深海乱流に関する理論的・観測的研究成果の紹介
3. 学会等名 九州大学応用力学研究所附属大気海洋環境研究センター発足記念シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2017年

1 . 発表者名 Nagai, T., and T. Hibiya
2 . 発表標題 Non-hydrostatic simulations of tidally-induced mixing in the Halmahera Sea: A possible role in the transformation of the Indonesian Throughflow waters
3 . 学会等名 Japan Geoscience Union-American Geophysical Union Joint Meeting 2017 (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 Nagai, T., and T. Hibiya
2 . 発表標題 The effects of tidally-induced mixing in the Halmahera Sea on the transformation of the Indonesian throughflow waters
3 . 学会等名 Asia Oceania Geosciences Society (AOGS) 14th Annual Meeting (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 Nagai, T. and T. Hibiya
2 . 発表標題 Internal tides and associated vertical mixing in the Indonesian Archipelago
3 . 学会等名 The 2nd International Symposium on Western Pacific Ocean Circulation - Indonesian Through flow (WPOC-ITF) studies (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 Horii, T., I. Ueki, and K. Ando
2 . 発表標題 Intraseasonal coastal upwelling and heat balance in the mixed layer along the southeastern coasts of Sumatra and Java
3 . 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2017
4 . 発表年 2017年

1. 発表者名 Iwao Ueki, Yoshikazu Sasai, Kousei Sasaoka
2. 発表標題 Physical-biogeochemical variability in the Sumatra-Java upwelling region
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Horii, T., I. Ueki, and K. Ando
2. 発表標題 Coastal upwelling along the southern coast of Java during Indian Ocean Dipole events
3. 学会等名 2018 Ocean Science Meeting
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	齊藤 宏明 (Saito Hiroaki) (30371793)	東京大学・大気海洋研究所・教授 (12601)	
研究分担者	植木 巖 (Ueki Iwao) (60371712)	国立研究開発法人海洋研究開発機構・地球環境部門(海洋観測研究センター)・グループリーダー (82706)	
研究分担者	日比谷 紀之 (Hibiya Toshiyuki) (80192714)	東京大学・大学院理学系研究科(理学部)・教授 (12601)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	イスカンダル イシャク (Iskandar Iskhaq)		
研究協力者	シャムスディン ファドリ (Syamsudin Fadli)		
研究協力者	ワヒユディ アアン (Wahyudi A'an)		

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計1件

国際研究集会 Workshop: Approaches for Hydrospheric-Atmospheric Environmental Studies in Asia-Oceania	開催年 2017年～2021年
---	--------------------

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関		
インドネシア	インドネシア科学院	インドネシア技術評価応用庁	スリウィジャヤ大学