

令和 6 年 6 月 5 日現在

機関番号：16301

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21H01170

研究課題名（和文）別府湾堆積物の人新世境界モード地選定に向けたキーマーカーデータセットの構築

研究課題名（英文）Establishment of key marker dataset of Beppu Bay sediments for ratification of the Anthropocene GSSP

研究代表者

加 三千宣（Kuwa, Michinobu）

愛媛大学・沿岸環境科学研究センター・准教授

研究者番号：70448380

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,600,000円

研究成果の概要（和文）：人新世キーマーカー層序のデータセット構築により、別府湾堆積物が人新世のGSSPに選定されることを目指してきた。最長2800年前まで遡る99プロキシ記録から人為影響の痕跡が86個見つかった。特に、海底下64cmの1953年の地層を境に、人為痕跡が急増することがわかった。これが明確な人新世 - 完新世境界、すなわちGSSP候補層準であることが示された。これらの結果をGSSPの審査対象となるThe Anthropocene Reviewで公表した。結果として、GSSPをカナダの湖に譲ったが、他の8候補サイトを圧倒する充実したデータセットにより、標準補助モード層に最得票数で選ばれることになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまで、地層中に現れる人為痕跡の年代がプロキシごとに大きく異なるために、人新世開始年代を明確に答える術はなかったが、この人為痕跡数の急増に着目したアプローチにより、その開始年代が明らかとなった。この点で人新世研究の前進に大きく貢献した。本課題により得られた人新世キーマーカーデータセットの構築が評価され、別府湾は人新世の標準補助モード層に選ばれた。国際地質科学連合で人新世が否認されたという報道があったが、これで人新世の公式化の道が完全に閉ざされたわけではない。人新世の科学は、人類社会の将来展望に欠かすことができない知的財産であり、明確な開始年代は人新世の正当性を支持するものである。

研究成果の概要（英文）：A dataset of Anthropocene key marker stratigraphy has been developed for the Beppu Bay sediments to be selected for the Anthropocene GSSP. We found 86 anthropogenic fingerprints from 99 proxy records dating back to 2800 years ago. The number of anthropogenic fingerprints sharply increased after the 1953 CE, corresponding to a depth of approximately 60 cm below the seafloor. It was concluded that this horizon is a clear Anthropocene-Holocene boundary, i. e., a candidate GSSP. These results were published in The Anthropocene Review, which is the subject of the GSSP review. Although the GSSP was awarded to the Canadian lake, the Beppu Bay sediments were selected as the Standard Auxiliary Boundary Stratotype with the highest number of votes.

研究分野：第四紀学、古環境学、古海洋学

キーワード：人新世 GSSP 別府湾 海底堆積物

## 1. 研究開始当初の背景

地球温暖化に代表されるように、産業革命以降の人為攪乱による地球環境変化は、長い地球史から見ても、著しく大きな規模の一つである。そうした近年の大規模な地球環境変化の事実から、完新世から人新世 (Anthropocene) という新たな地質時代に移行したという人新世仮説が提唱されるようになった。しかし、その根拠となる地層境界の世界標準模式地、いわゆる国際境界標準模式層断面とそのポイント (GSSP) はまだ決まっていなかった。その模式地について人新世作業部会 (Anthropocene Working Group) を中心に候補が検討される中、日本の大分県別府湾海底堆積物が最もふさわしい候補の一つとして検討されてきた。

## 2. 研究の目的

本研究では、別府湾において人新世の始まりを特徴づける人新世キーマーカー層序のデータセットを構築し、別府湾堆積物が人新世の GSSP に選定されることを目指してきた。

## 3. 研究の方法

本研究では、別府湾堆積物が真に人新世 GSSP として選定されるにふさわしい地層かを検討するため、以下の二つの課題を達成する。人新世キーマーカー層序データセットのさらなる拡充と、DNA 生層序の確立である。これら二つを達成することにより、別府湾堆積物が GSSP として最もふさわしいことを示す。

## 4. 研究成果

### (1) 得られた結果

これまで復元されてきた、全有機炭素・全窒素・全硫黄・Br・Ni・生物源オパール・重金属 (高知大学・産業技術総合研究所との共同研究) (Kuwaie et al., 2020)、珪藻群集 (東京海洋大学、兵庫県立大学との共同研究) (Kuwaie et al., 2020)、クロロフィル a (松山大学、静岡県立大学) (Tsugeki et al., 2017)、臭素系難燃剤 (愛媛大学農学部) (Hoang et al., 2021)、PCBs (愛媛大学農学部) (Takahashi et al., 2020)、PAHs 多数の人工由来有機化合物 (佐賀大学) (Nishimuta et al., 2020)、魚鱗 (Kuwaie et al., 2017)、魚類 DNA (京都大学) (Kuwaie et al., 2020) 等の人新世キーマーカー記録に加え、本課題では新たに核実験マーカーである  $^{137}\text{Cs}$  (Kuwaie et al., 2023)・ $^{14}\text{C}$  (東京大学) (Kuwaie et al., 2023)・ $^{129}\text{I}$  (筑波大学) (Kuwaie et al., 2023)・ $^{233,236}\text{U}$  (筑波大学) (Takahashi et al., 2023) や、渦鞭毛藻シスト等のパリノモルフ群集 (Matsuoka et al., 2022)、動物プランクトン由来色素 (静岡県立大学、松山大学) (Kuwaie et al., 2023)、珪藻トランスファーファンクション法による気温 (Kuwaie et al., 2023) の時系列記録を取得した。また、他機関との共同研究により、 $^{239,240}\text{Pu}$  (東京大学大気海洋研究所とオーストラリア国立大学) (Yokoyama et al., 2022)、マイクロプラスチック (愛媛大学工学部) (Hinata et al., 2023)、化石燃料燃焼由来の球状微粒炭 (大阪公立大学) (Inoue et al., 2022)、魚鱗の安定炭素・窒素同位体比 (米国アイダホ州立大学) (Kuwaie et al., 2023)、カロテノイド色素 (カナダレジャイナ大学・松山大学) (Kuwaie et al., 2023)、貧酸素指標として Re/Mo 比及び Mo/U 比やソースとなる鉱山を反映する鉛安定同位体比 (熊本県立大学) (Kuwaie et al., 2023)、花粉・チャーコール (京都府立大学) (嶋田 et al., 2022)、XRF コアスキャナー (ITRAX) による元素濃度 (高知大学) (Kuwaie et al., 2023) を取得した。

すべてのプロキシデータを統合した結果、最大 2800 年前まで遡る 99 プロキシ記録から地層中の人為影響シグナルとみられる様々な痕跡が 86 個見つかった (図 1)。特に、海底下 64cm の 1953 年の地層を境に、人為痕跡が集中している。プルトニウムやウラン、セシウム等の核実験由来の放射性核種の濃度の急増、化石燃料の燃焼由来物質である球状微粒炭の増加、鉛や水銀等の重金属の急増が認められ、PCB や DDT 等の残留性有機化合物、マイクロプラスチックなど、工業化に伴う人工物がこの頃から初めて検出される。カタクチイワシの鱗から、化石燃料燃焼由来の二酸化炭素濃度の増加を反映する炭素同位体比の減少や、NO<sub>x</sub> や窒素肥料の環境中への過剰供給の痕跡が窒素安定同位体比の増加として 1953 年の層から検出された。窒素同位体比の変化は、過去 25 億年間で最大規模とされる地球の窒素循環の変化を捉えている。生態系もこれまで類を見ない変化がこの時期よりみられる。赤潮形成種を食べる渦鞭毛藻類の遺骸の増加や、色素分析から海洋植物プランクトン群集の大きな変化が捉えられ、沿岸海洋生態系の劣化が始まったことを示唆している (図 2)。こうした 1953 年以降の人為痕跡数の急増は、歴史上の GDP などの人類活動の様々な指標が加速する時期と一致する。このように、別府湾堆積物には人新世の始まりを明確に特徴づける層序学的証拠が多数あり、深度約 60cm の 1953 年の層が人新世-完新世境界としてふさわしいことがわかった。GSSP 候補の審査対象となった The Anthropocene Review に公表された論文 (Kuwaie et al., 2023) では、この地層面 (図 3) を、人新世の始まりを定義する GSSP として提案した。

### (2) 人新世作業部会による GSSP の投票結果

GSSP は、堆積層のギャップが無い、研究者がアクセスしやすいという理由により、カナダ・クローフォード湖が選ばれることになった。その後、人新世の定義の正当性と GSSP 層準のグローバル対比をサポートする標準補助模式層 (Standard Auxiliary Boundary Stratotype : SABS) を選ぶ投票が行われた。その結果、別府湾堆積物が最得票数で SABS に選ばれることになった。他の候補サイトを圧倒するプロキシデータセットと、そ

れによって人為痕跡数の急増ポイントを 1953 年に見出し、これが明確な人新世 - 完新世境界であることを示したことが得票のポイントとなったと考えられる。これまで、プロキシごとに人為影響が地層中に現れる年代が大きく異なるために、人新世の開始年代を明確に答える術はなかったが、この人為痕跡数の急増に着目したアプローチにより、その開始年代が初めて明らかになった。この点で本研究の成果は人新世研究の前進に貢献した。また、上部委員会( 第四紀層序小委員会 )への正式提案書作成に、本課題代表者と分担者が別府湾の SABS 提案の執筆に関わった(Waters et al., 2024a, b, c)。

### (3)まとめ

人新世作業部会の提案の可否に関する投票が第四紀層序小委員会で行われたが、残念ながらエポックとしての人新世は否決されることになった。しかし、これは必ずしも人新世の公式化の道が完全に閉ざされたわけではない。人新世が、科学、人文、政治、宗教、芸術、ジャーナリズムなど、多分野でこれほど浸透した理由は、人が地球環境を大きく変えてしまったことを理解する上で、無くてはならない概念だったからであろう。SDGs が盛んに叫ばれている今、その幾つかのゴールの推進にとって、一般大衆の「地球と人間との関係」の見方を変えるほど重要なことはない。その見方を変えるのが、『人新世の到来』という概念である。人新世の到来は、私たちが地球システムにおける支配的な力になったことを認識し、地球システムとその将来に対して人類全体として責任を持つ必要があるという意識の変革にとって必要である。したがって、人新世を科学的に定義することが、これからの人類社会の展望に欠かすことができない知的財産になるはずである。本研究成果は、人新世が始まったことを示す明確な地質学的証拠を提示し、その開始年代を明らかにすることで、人新世研究の前進に貢献してきた。こうした成果は、今後地質学コミュニティ内外での人新世公式化への次なる 10 年の活動の始動に向けて、活発な議論の呼び水となると期待される。

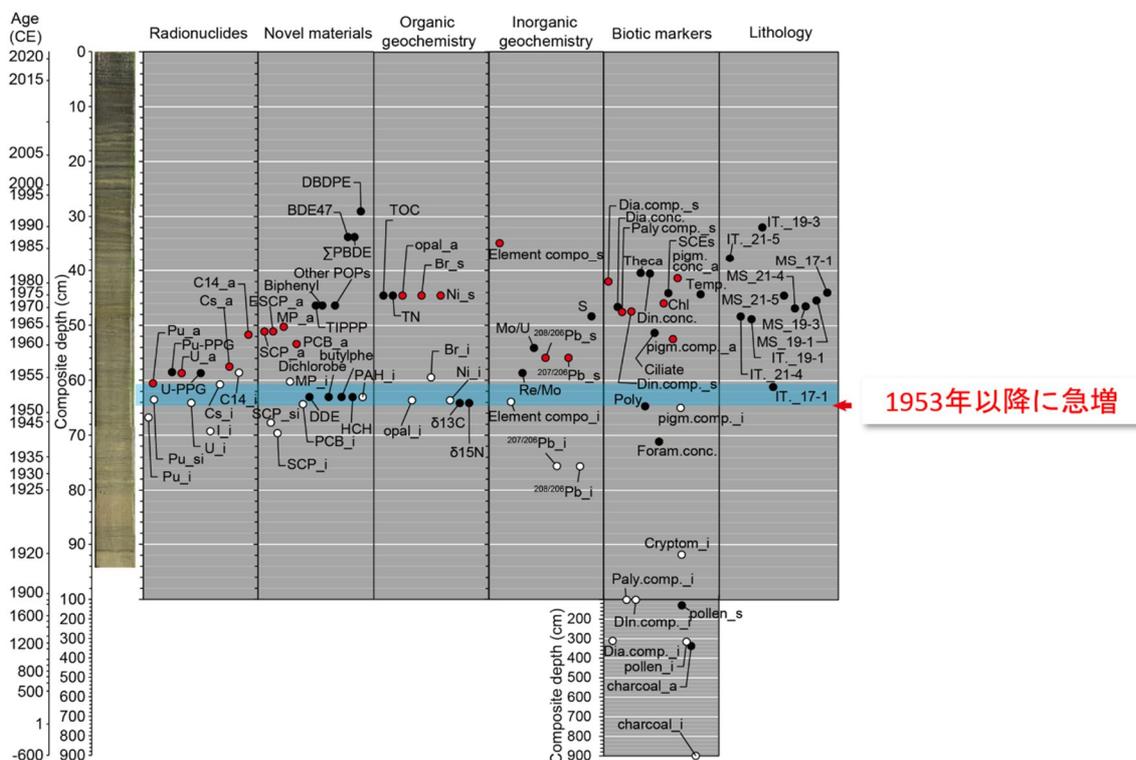


図1. 人為痕跡が見られた深度及び年代

黒丸は分析されたコアから見られた人為痕跡を示し、白丸と赤丸は同じプロキシにおける痕跡の初検出と2回目の顕著な変化をあらわす。Kuwaie et al. (2023) The Anthropocene Review の図を一部改変。

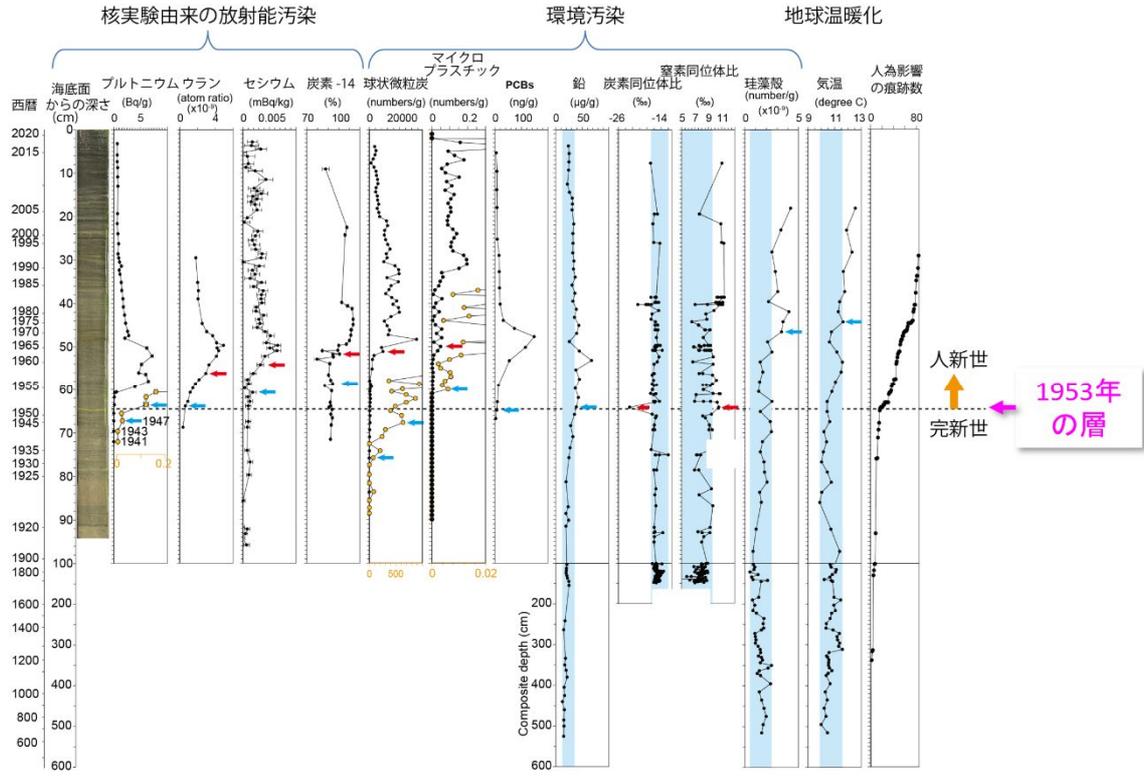


図2. 各プロキシの深度(時系列)変化と人為痕跡  
 人為影響の痕跡(人為痕跡)の数が1953年を境に急増。Kuwae et al. (2023) The Anthropocene Review の図を一部改変。

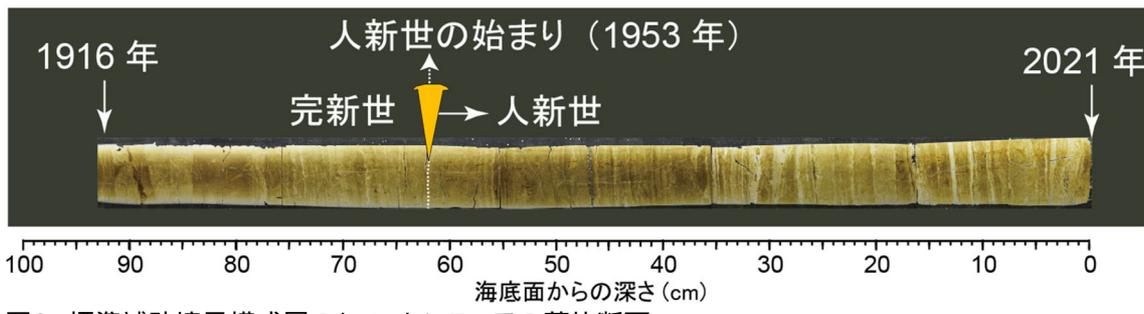


図3. 標準補助境界模式層のレファレンスコアの薄片断面  
 GSSP 候補深度約60cmの地層面を、人新世の国際境界標準模式層断面とそのポイント(GSSP)として提案。

## 参考文献

- Hinata, H., Kuwae, M., Tsugeki, N., Masumoto, I., Tani, Y., Hatada, Y., Kawamata, H., Mase, A., Kasamo, K., Sukenaga, K., Suzuki, Y., 2023. A 75-year history of microplastic fragment accumulation rates in a semi-enclosed hypoxic basin. *Science of The Total Environment* 854, 158751.
- Hoang, A.Q., Aono, D., Watanabe, I., Kuwae, M., Kunisue, T., Takahashi, S., 2021. Contamination levels and temporal trends of legacy and current-use brominated flame retardants in a dated sediment core from Beppu Bay, southwestern Japan. *Chemosphere* 266, 129180.
- Inoue, J., Takenaka, N., Okudaira, T., Kuwae, M., 2022. The record of sedimentary spheroidal carbonaceous particles (SCPs) in Beppu Bay, southern Japan, compared to historical trends of industrial activity and atmospheric pollution: Further evidence for SCPs as a marker for Anthropocene industrialization. *The Anthropocene Review* 0, 20530196221076577.
- Kuwae, M., Finney, B., Shi, Z., Sakaguchi, A., Tsugeki, N., Omori, T., Agusa, T., Suzuki, Y., Yokoyama, Y., Hinata, H., Hatada, Y., Inoue, J., Matsuoka, K., Shimada, M., Takahara, H., Takahashi, S., Ueno, D., Amano, A., Tsutsumi, J., Yamamoto, M., Takemura, K., Yamada, K., Ikehara, K., Haraguchi, T., Tims, S., Froehlich, M., Fifield, L.K., Aze, T., Matsumura, M., Takahashi, T., Sasa, K., Tani, Y., Leavitt, P.R., Doi, H., Irino, T., Moriya, K., Hayashida, A., Hirose, K., Suzuki, H., Saito, Y., 2023. Beppu Bay, Japan, as a candidate Global boundary Stratotype Section and Point for the Anthropocene series. *The Anthropocene Review* 10, 49-86.
- Kuwae, M., Tamai, H., Doi, H., Sakata, M.K., Minamoto, T., Suzuki, Y., 2020. Sedimentary DNA tracks decadal-centennial changes in fish abundance. *Communications Biology* 3, 558.
- Kuwae, M., Yamamoto, M., Sagawa, T., Ikehara, K., Irino, T., Takemura, K., Takeoka, H., Sugimoto, T., 2017. Multidecadal, centennial, and millennial variability in sardine and anchovy abundances in the western North Pacific and climate–fish linkages during the late Holocene. *Progress in Oceanography* 159, 86-98.
- Matsuoka, K., Kojima, N., Kuwae, M., 2022. Marine Environmental Change Induced by Anthropogenic Activities – From a Viewpoint of Aquatic Palynomorph Assemblages Preserved in Sediment Cores of Beppu Bay, West Japan. *Frontiers in Marine Science* 9.
- Nishimuta, K., Ueno, D., Takahashi, S., Kuwae, M., Kadokami, K., Miyawaki, T., Matsukami, H., Kuramochi, H., Higuchi, T., Koga, Y., Matsumoto, H., Ryuda, N., Miyamoto, H., Haraguchi, T., Sakai, S.-I., 2020. Use of comprehensive target analysis for determination of contaminants of emerging concern in a sediment core collected from Beppu Bay, Japan. *Environmental Pollution*, 115587.
- Takahashi, H., Sakaguchi, A., Hain, K., Wiederin, A., Kuwae, M., Steier, P., Takaku, Y., Yamasaki, S., Sueki, K., 2023. Reconstructing the chronology of the natural and anthropogenic uranium isotopic signals in a marine sediment core from Beppu Bay, Japan. *Heliyon* 9, e14153.
- Takahashi, S., Anh, H.Q., Watanabe, I., Aono, D., Kuwae, M., Kunisue, T., 2020. Characterization of mono- to deca-chlorinated biphenyls in a well-preserved sediment core from Beppu Bay, Southwestern Japan: Historical profiles, emission sources, and inventory. *Science of The Total Environment* 743, 140767.
- Tsugeki, N.K., Kuwae, M., Tani, Y., Guo, X., Omori, K., Takeoka, H., 2017. Temporal variations in phytoplankton biomass over the past 150 years in the western Seto Inland Sea, Japan. *Journal of Oceanography* 73, 309-320.
- Waters, C., Turner, S., An, Z., Barnosky, A., Cearreta, A., Cundy, A., Fairchild, I., Fialkiewicz-Koziel, B., Galuszka, A., Grinevald, J., Hajdas, I., Han, Y., Head, M., Sul, J., Jeandel, C., Leinfelder, R., McCarthy, F., McNeill, J., Odada, E., Zinke, J., 2024a. Executive Summary The Anthropocene Epoch and Crawfordian Age: proposals by the Anthropocene Working Group
- Waters, C., Turner, S., An, Z., Barnosky, A., Cearreta, A., Cundy, A., Fairchild, I., Fialkiewicz-Koziel, B., Galuszka, A., Grinevald, J., Hajdas, I., Han, Y., Head, M., Sul, J., Jeandel, C., Leinfelder, R., McCarthy, F., McNeill, J., Odada, E., Zinke, J., 2024b. Part 1: Anthropocene Series/Epoch: stratigraphic context and justification of rank. *The Anthropocene Epoch and Crawfordian Age: proposals by the Anthropocene Working Group.*
- Waters, C., Turner, S., An, Z., Barnosky, A., Cearreta, A., Cundy, A., Fairchild, I., Fialkiewicz-Koziel, B., Galuszka, A., Grinevald, J., Hajdas, I., Han, Y., Head, M., Sul, J., Jeandel, C., Leinfelder, R., McCarthy, F., McNeill, J., Odada, E., Zinke, J., 2024c. Part 2: Descriptions of the proposed Crawford Lake GSSP and supporting SABSS. *The Anthropocene Epoch and Crawfordian Age: proposals by the Anthropocene Working Group.*
- Yokoyama, Y., Tims, S., Froehlich, M., Hirabayashi, S., Aze, T., Fifield, L.K., Koll, D., Miyairi, Y., Pavetich, S., Kuwae, M., 2022. Plutonium isotopes in the North Western Pacific sediments coupled with radiocarbon in corals recording precise timing of the Anthropocene. *Scientific Reports* 12, 10068.
- 嶋田, 美., 高原, 光., 加, 三., 池原, 研., 入野, 智., 山本, 正., 山田, 圭., 竹村, 恵., 2022. 別府湾堆積物の花粉および微粒炭分析に基づく後期完新世における照葉樹林の衰退過程. *植生史研究* 32, 15-25.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 9件 / うち国際共著 5件 / うちオープンアクセス 9件）

1. 著者名 Hinata Hirofumi, Kuwae Michinobu, Tsugeki Narumi, Masumoto Issei, Tani Yukinori, Hatada Yoshio, Kawamata Hayato, Mase Atsuumi, Kasamo Kenki, Sukenaga Kazuya, Suzuki Yoshiaki	4. 巻 854
2. 論文標題 A 75-year history of microplastic fragment accumulation rates in a semi-enclosed hypoxic basin	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Science of The Total Environment	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) 10.1016/j.scitotenv.2022.158751	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 Yokoyama Yusuke, Tims Stephen, Froehlich Michaela, Hirabayashi Shoko, Aze Takahiro, Fifield L. Keith, Koll Dominik, Miyairi Yosuke, Pavetich Stefan, Kuwae Michinobu	4. 巻 12
2. 論文標題 Plutonium isotopes in the North Western Pacific sediments coupled with radiocarbon in corals recording precise timing of the Anthropocene	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Scientific Reports	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) 10.1038/s41598-022-14179-w	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 Segawa Yudai, Yamamoto Masanobu, Kuwae Michinobu, Moriya Kazuyoshi, Suzuki Hitoshi, Suzuki Koji	4. 巻 127
2. 論文標題 Reconstruction of the Eukaryotic Communities in Beppu Bay Over the Past 50?Years Based on Sedimentary DNA Barcoding	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Biogeosciences	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) 10.1029/2022JG006825	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 Inoue J, Takenaka N, Okudaira T, and Kuwae M.	4. 巻 -
2. 論文標題 The record of sedimentary spheroidal carbonaceous particles (SCPs) in Beppu Bay, southern Japan, compared to historical trends of industrial activity and atmospheric pollution: Further evidence for SCPs as a marker for Anthropocene industrialization.	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Anthropocene Review	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) 10.1177/20530196221076577	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 Kuwae, Michinobu, Tsugeki, Narumi K., Amano, Atsuko, Agusa, Tetsuro, Suzuki, Yoshiaki, Tsutsumi, Jun, Leavitt, Peter R., Hirose, Kotaro	4. 巻 37
2. 論文標題 Human-induced marine degradation in anoxic coastal sediments of Beppu Bay, Japan, as an Anthropocene marker in East Asia	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Anthropocene	6. 最初と最後の頁 100318
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ancene.2021.100318	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 Matsuoka K, Kojima N and Kuwae M.	4. 巻 9
2. 論文標題 Marine Environmental Change Induced by Anthropogenic Activities From a Viewpoint of Aquatic Palynomorph Assemblages Preserved in Sediment Cores of Beppu Bay, West Japan.	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Frontiers in Marine Science	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.2022.843824	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 Takahashi, H., Sakaguchi, A., Hain, K., Wiederin, A., Kuwae, M., Yamasaki, P., Sueki, K.	4. 巻 9
2. 論文標題 Reconstructing the chronology of the natural and anthropogenic uranium isotopic signals in a marine sediment core from Beppu Bay, Japan	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Heliyon	6. 最初と最後の頁 e14153
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.heliyon.2023.e14153	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 Kuwae, M., Finney, B., Shi, Z., Sakaguchi, A., Tsugeki, N., Omori, T., Agusa, T., Suzuki, Y., Yokoyama, Y., Hinata, H., et al.	4. 巻 10
2. 論文標題 Beppu Bay, Japan, as a candidate Global boundary Stratotype Section and Point for the Anthropocene series	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 The Anthropocene Review	6. 最初と最後の頁 49-86
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1177/20530196221135077	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 Nakane, K., Liu, X., Doi, H., Dur, G., Kuwae, M., Ban, S., Tsugeki, N.	4. 巻 68
2. 論文標題 Sedimentary DNA can reveal the past population dynamics of a pelagic copepod	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Freshwater Biology	6. 最初と最後の頁 1917-1928
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/fwb.14096	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 加 三千宣, 彼末 成樹	4. 巻 61
2. 論文標題 人新世の始まりを示す海底堆積物中のマイクロプラスチックとその意義	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 沿岸海洋研究	6. 最初と最後の頁 107-108
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.32142/engankaiyo.2023.8.007	査読の有無 無
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 加 三千宣	4. 巻 546
2. 論文標題 別府湾の海底堆積物に記録された人新世境界	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Ocean Newsletter	6. 最初と最後の頁 4-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 加 三千宣, 齋藤文紀	4. 巻 93
2. 論文標題 地質時代としての人新世の定義	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 科学 【特集】人新世：科学の挑戦と社会の変革 岩波書店	6. 最初と最後の頁 1020-1022
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 -

〔学会発表〕 計19件（うち招待講演 7件 / うち国際学会 12件）

1. 発表者名 Kuwae, M.
2. 発表標題 Beppu Bay
3. 学会等名 Presentation of six GSSP candidate sites, "AnthFlor", SQS-sponsored International Symposium on the Anthropocene (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 加 三千宣
2. 発表標題 人新世の始まりを示す海底堆積物中のマイクロプラスチックとその意義 .
3. 学会等名 沿岸海洋シンポジウム「海洋プラスチック動態研究の最前線」
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kuwae, M., Saito, Y., Tsugeki, N.K., Leavitt, P.R. et al.
2. 発表標題 Beppu Bay sediments for the GSSP candidate of Anthropocene.
3. 学会等名 Anthropocene Working Group, A Scientific Forum. (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hirofumi Hinata, Michinobu Kuwae, Issei Masumoto, Hayato Kawamata, Atsuomi Mase, Yoshiaki Suzuki, Narumi Tsugeki, Yoshio Hatada
2. 発表標題 70-year history of microplastic sedimentation flux recorded in the bottom sediment in a semi-enclosed bay. ME07 Marine microplastics: Occurrence, transport, effects, and solutions
3. 学会等名 Ocean Science Meeting (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Michinobu Kuwae, Narumi Tsugeki, Atsuko Amano, et. al.
2. 発表標題 Dataset of anthropogenic marker records reconstructed from the Beppu Bay sediments.
3. 学会等名 Meeting of the Anthropocene Working Group (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 加 三千宣・齋藤文紀・横山祐典・槻木玲美・土居秀幸
2. 発表標題 層序学上の人新世の始まり
3. 学会等名 日本第四紀学会2023年大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 加 三千宣
2. 発表標題 層序学上の人新世の開始年代
3. 学会等名 日本地球化学会年会 (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 加 三千宣・増原拓馬・日向博文
2. 発表標題 別府湾における過去70年間の微細マイクロプラスチックの海底沈積量
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2023年大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 齋藤文紀
2. 発表標題 地球環境の限界、人新世とエスチュアリー
3. 学会等名 日本学術会議中国・四国地区会議 学術講演会「地方大学の持続可能な開発目標（SDGs）へのアプローチ」
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 日向 博文、笠毛 健生、真瀬 充臣、松浦 由依、加 三千宣、槻木 玲美
2. 発表標題 別府湾海底に堆積するマイクロプラスチック量の数値計算 - 1993年，2004年，2013年夏季の比較 -
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2023年大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 横山 祐典、Tims Stephen、Froehlich Michaela、平林 頌子、阿瀬 貴博、Fifield L Keith、Koll Dominik、宮入 陽介、Pavetich Stefan、加 三千宣
2. 発表標題 人新世の正確なタイミングを記録する別府湾の極微量プルトニウム同位体と石垣島サンゴ骨格の放射性炭素
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2023年大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kuwae, M., Finney, B.P., Shi, Z., Sakaguchi, A., Tsugeki, N., Omori, T., Agusa, T., Suzuki, Y., Yokoyama, Y., Hinata, H. et al.
2. 発表標題 A rapid increase in anthropogenic fingerprints in the Beppu Bay stratigraphy as a potential marker of the onset of the Anthropocene
3. 学会等名 JpGU 2023 meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Sakaguchi, A., Takahashi, H., Hain, K., Wiederin, A., Kuwae, M., Takaku, Y., Shinya, Y., Suek, K.
2. 発表標題 The Application of Long-Lived Anthropogenic Uranium Isotopes to Geoscience Research
3. 学会等名 JpGU 2023 meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kuwae, M., Finney, B.P., Shi, Z., Sakaguchi, A., Tsugeki, N., Omori, T., Agusa, T., Suzuki, Y., Yokoyama, Y., Hinata, H., et al.
2. 発表標題 Cumulative numbers of anthropogenic fingerprints as a potential marker of the onset of the Anthropocene, an example of the Beppu Bay stratigraphy.
3. 学会等名 INQUA Congress (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Saito, Y.
2. 発表標題 Asian deltas/estuaries and the Anthropocene
3. 学会等名 The Seventh Biennial Conference of East Asian Environmental History (EAEH2023), Association for East Asian Environmental History, and others / IBS (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Saito, Y.
2. 発表標題 GSSPs and the Anthropocene: Present status
3. 学会等名 The Seventh Biennial Conference of East Asian Environmental History (EAEH2023), Association for East Asian Environmental History, and others / IBS (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Inoue, J., Takenaka, N., Okudaira, T., Kuwae, M.
2. 発表標題 The record of spheroidal carbonaceous particles (SCPs) in Beppu Bay sediments: Further evidence for SCPs as a marker for Anthropocene industrialization
3. 学会等名 JpGU 2023 meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Maruyama, A., Irino, T., Ken, I., Yamamoto, M., Kuwae, M., Takemura, K.
2. 発表標題 Reconstruction of Holocene provenance and delivery mass of change in Beppu Bay in using mineral composition
3. 学会等名 JpGU 2023 meeting (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Numa, C., Doi, H., Saito, T., Tsugeki, N., Nakane, K., Kuwae, M., Hirahashi, Y.
2. 発表標題 Comprehension of Species Compositions Using Environmental DNA Metabarcoding in Beppu Bay Sediment
3. 学会等名 Comprehension of Species Compositions Using Environmental DNA Metabarcoding in Beppu Bay Sediment (国際学会)
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 日本古生物学会、西 弘嗣	4. 発行年 2023年
2. 出版社 丸善出版	5. 総ページ数 790
3. 書名 古生物学の百科事典	

1. 著者名 加 三千宣	4. 発行年 2023年
2. 出版社 平凡社	5. 総ページ数 2046
3. 書名 地学団体研究会 編 最新 地学事典 「人新世」を担当	

〔産業財産権〕

〔その他〕

BEPPU BAY, JAPAN <a href="https://www.anthropocene-curriculum.org/the-geological-anthropocene/site/beppu-bay">https://www.anthropocene-curriculum.org/the-geological-anthropocene/site/beppu-bay</a> Earth Indices <a href="https://archiv.hkw.de/media/en/texte/pdf/2022_2/programm_2022/earth_indices_booklet.pdf">https://archiv.hkw.de/media/en/texte/pdf/2022_2/programm_2022/earth_indices_booklet.pdf</a> 人新世の到来を示す国際標準となる地層の探求 <a href="http://engan.cmes.ehime-u.ac.jp/engan/kandou/staff/kuwaelab/project.html">http://engan.cmes.ehime-u.ac.jp/engan/kandou/staff/kuwaelab/project.html</a> 人新世の到来を示す国際標準となる地層の探求 <a href="http://engan.cmes.ehime-u.ac.jp/engan/kandou/staff/kuwaelab/project.html">http://engan.cmes.ehime-u.ac.jp/engan/kandou/staff/kuwaelab/project.html</a>
---

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	齋藤 文紀 (Saito Yoshiki) (00357071)	島根大学・学術研究院環境システム科学系・教授  (15201)	
研究分担者	土居 秀幸 (Doi Hideyuki) (80608505)	京都大学・情報学研究科・教授  (14301)	
研究分担者	坂口 綾 (Sakaguchi Aya) (00526254)	筑波大学・数理物質系・准教授  (12102)	

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
研究分担者	大森 貴之  (Omori Takayuki)  (30748900)	東京大学・総合研究博物館・特任研究員    (12601)	
研究分担者	松岡 数充  (Matsuoka Kazumi)  (00047416)	地方独立行政法人大阪市博物館機構（大阪市立美術館、大阪市立自然史博物館、大阪市立東洋陶磁美術館、大阪・大阪市立自然史博物館・外来研究員    (84433)	

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0件

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			
カナダ	University of Regina			
オーストラリア	The Australian National University			
米国	Idaho State University			
ドイツ	Haus der Kulturen der Welt	Max Planck Institute		
英国	University of Leicester	University College London		