

【課題名】

別府湾堆積物における重金属汚染の歴史トレンドの解明

【共同研究者名（所属を含む）】

加 三千宣（愛媛大学沿岸科学研究センター）

【研究目的】

「チバニアン」という前期更新世と中期更新世の地質時代区分境界の世界標準模式地（Global Boundary Stratotype Section and Points: GSSP: 国際境界模式層断面とポイント）が日本で初めて千葉県在地層に決定したことが最近話題となったが、最も新しい地質時代である人新世（Anthropocene）の世界標準模式地及び補助模式地が決まっていない。2019年より、その候補について国際地質科学連合の国際層序委員会（ICS）の下部組織、第四紀層序小委員会（SQS）の Anthropocene 作業部会（AWG）で検討されている。

その有力候補として、日本の別府湾海底堆積物が挙げられている。別府湾堆積物は、有力候補として多数の優位性がある。湾奥部底層には貧酸素水塊が発達し、海底堆積物中に一年数枚の葉理で構成される年縞（木の年輪に相当）が認められ、人新世境界という年解像度が要求される記録媒体として適切である。また、現在の人新世と始まりは、核実験による ^{14}C や ^{137}Cs 等の放射性核種の増加期とすることが決定しているが、別府湾堆積物にも、核実験由来である ^{137}Cs の増加が深度約 50cm に認められ、核実験由来放射性元素のキーマーカー層序が明らかとなっている。海底面からの年縞カウントに基づく ^{137}Cs ピークの年代は、およそ 1964 年になることも判明しつつある（鈴木克明私信）。世界標準あるいは補助模式地となるには世界中で対比可能な人新世を特徴づける多くのキーマーカーによる層序の確立が必要であるが（例えば、PCB や DDT 等の POPs やマイクロプラスチック等）(Lewis and Maslin, 2015; Waters et al., 2018)、別府湾堆積物ではおよそ 1950 年以降からマイクロプラスチック（榎本ほか, 2018）や PCB（加, 投稿準備中）の堆積が始まるということが共同研究者によって明らかになってき

た。

以上のように、年縞年代決定の可能性や、境界を特徴づける多数の人新世キーマーカー層序の存在は、別府湾堆積物が人新世補助模式地あるいは世界標準模式地候補としてポテンシャルの高い堆積物であると考えられる。そこで本研究は、別府湾堆積物を対象に、人新世のキーマーカーとして重金属に着目し、その汚染の歴史トレンドを解明する。

【研究内容】

①人新世境界を含む年縞年代決定

別府湾堆積物では、人新世境界となる 1964 年に相当する ^{137}Cs のピークの深度は約 50cm に存在する。その深度の年代は年縞年代と過剰 ^{210}Pb 年代決定法によってサポートされる必要がある。しかし、これまでの検討は表層部が採れるコアラーとより深い深度の堆積物が採れるコアラーを用いて、不連続且つわずかに離れた地点の 2 つの柱状堆積物試料を用いて行ってきた。しかし、確度の高い年代決定には、表層から過剰 ^{210}Pb が検出できる層（約 80cm）まで連続した柱状試料によって検討される必要がある。

本研究では 2019 年 9 月に別府湾で分担者・加准教授が採取した柱状試料（ロングアシュラ式コアラーによって得られた約 80cm の連続試料）を用いて、愛媛大学 CMES 所有のガンマ線測定システムにより過剰 ^{210}Pb 測定（液体窒素利用）を行い、年縞年代と ^{210}Pb 年代に基づき人新世境界の年代の妥当性を検討した。

②人新世キーマーカー層序データセットの確立

充実した人新世キーマーカー層序の確立は、模式地として必須である。別府湾では、 ^{14}C のような必須キーマーカーの他、Waters et al. (2018) に提案されたキーマーカーの内、black carbon（球状微粒炭）、重金属等のキーマーカー層序は明らかになっていない。人新世模式地として別府湾堆積物が採択されるためには、こうしたデータセットの構築が必要である。

本研究では、これらを 1cm 間隔（約 1 年）の高解像度で人新世キーマー

カーを分析することで、過去 150 年間の人新世キーマーカ層序を確立し、別府湾堆積物に記録される人新世境界前後の地球規模の環境・生態系変動を明らかにする。申請者は、誘導結合プラズマ質量分析計を用いて堆積物中の重金属濃度を測定し、①で得られた年代データを併用しながら重金属の汚染史の解明を試みた。

【研究成果】

①人新世境界を含む年縞年代決定

84 cm の別府湾堆積物コアサンプル (BMC19 S1-1) の年代測定の結果、1920 - 2018 年と決定することができた。

②人新世キーマーカ層序データセットの確立

本研究では、上記の堆積物コアサンプルを対象に、V、Cr、Mn、Fe、Co、Cu、Zn、Ga、As、Mo、Ag、Cd、In、Sn、Sb、Te、Re、Tl、Pb、Bi、U の 21 金属を測定したところ、全ての金属が検出された。最も高い濃度を示したのは Fe で、次いで Mn、Zn となった。逆に、Re は 0.1 $\mu\text{g/g dry wt.}$ 以下と測定した金属の中で最も低かった。

①で決定した年代と金属の関係についてみると、主に 3 つのパターンが確認された。1 つ目は、U (Fig. 1) や V、Cd、As、Sb、Tl、Fe が示した経年的な濃度減少パターンである。一般に、堆積物中の酸化還元電位は、表層よりも深層で低い、つまり表層は酸化的、深層は還元的な環境である。これらの金属は、還元環境下で難溶性化合物を形成したり、硫黄と反応して硫化物を形成したりすることから、深層で濃度が高くなっている可能性があり、人為的な影響よりも堆積物の化学的影響を強く受けていることが示唆された。

2 つ目は、1940 年代から金属濃度が増加し、1960 年代にピークを迎え、その後濃度減少を示したパターンで、In、Sn、Bi、Pb (Fig. 2)、Cu、Te がそれに該当した。これらの金属に関しては、日本の高度経済成長期に負荷量が増加し、その後の公害問題対策によって減少したという過去の周辺環境における汚染の変遷を反映しているものと考えられた。

最後のパターンとして、Cr、Mn、Fe、Co、Zn、Ga、Mo、Ag、Re は、明確な経年変化・特徴を示さなかった。

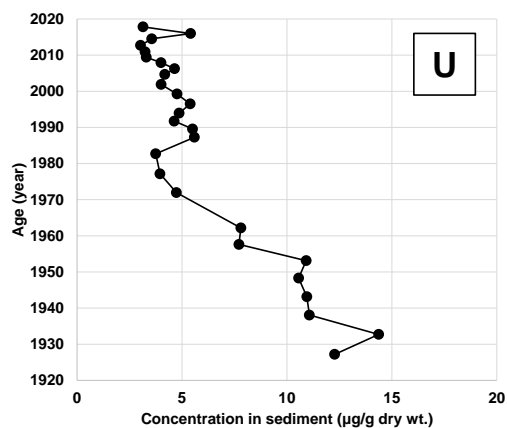


Fig. 1. Temporal variation in U concentration in sediment core from Beppu Bay.

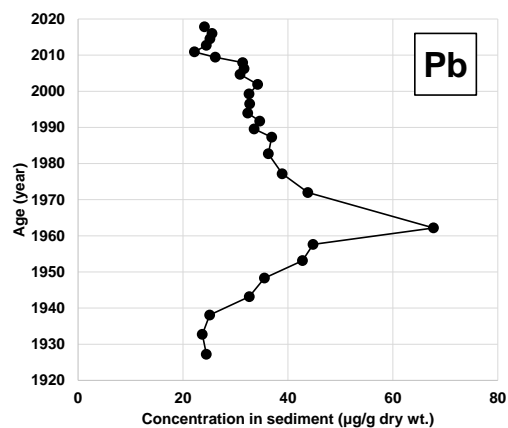


Fig. 2. Temporal variation in Pb concentration in sediment core from Beppu Bay.

【成果発表】

なし

【今後の問題点】

現段階で、予定していた Pb 同位体比が測定できていないので、継続してその分析を行う。また、コアサンプルとしては 1 サンプルのみの分析であるため、今後は新たにサンプル数を増やして分析することで、これまでの結果の解像度をより高めていくことを目標とする。