	研究代表者	東京大学・大学院工学系研究科（工学部）・准教授 中村 謙太郎（なかむら けんたろう） 研究者番号:40512083
	研究課題情報	課題番号：23H05453 研究期間：2023年度～2027年度 キーワード：海洋天体衝突、隕石津波、削剥、海洋環境変動、海底鉱物資源

なぜこの研究を行おうと思ったのか（研究の背景・目的）

●研究の全体像

恐竜の絶滅に関する研究を契機として、様々な時代の地球環境変動や生物進化・絶滅に「地球外天体衝突」というカストロフックなイベントが重要な役割を果たしてきたことがわかってきた。しかし、地球表面の約7割を占める海洋への天体衝突は、これまで解析の手掛かりに乏しく、その実態は不明であった。私たちは、海底鉱物資源の研究を通じて、深海堆積物に海洋における天体衝突の履歴が記録されていることを突き止めた。そして、それによって引き起こされた海洋環境の変動と生物活動の変化が、海底鉱物資源の形成に深く関与した可能性を見出した。本研究では、(1) 深海堆積物コア試料の高解像度化学組成・同位体分析と(2) 隕石津波のシミュレーションを駆使することにより、海洋への天体衝突イベントが海洋環境と生物活動に与えた影響、さらにそれらが資源の形成に果たした役割を明らかにする（図1）。

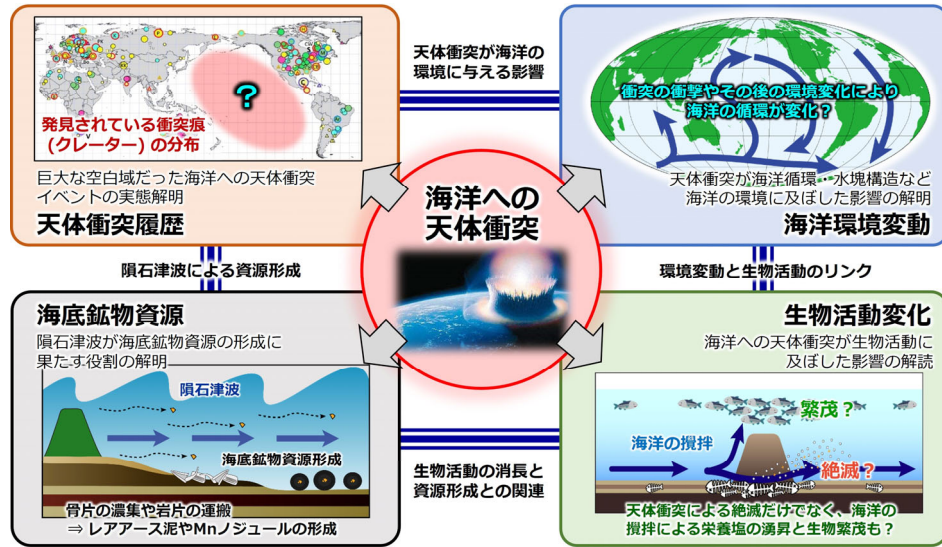


図1 本研究の全体像

●研究の背景

私たちは2017年度から2021年度の基盤研究（A）において、ハイテク産業に必須の元素であるレアアースを豊富に含む資源「レアアース泥」と、リチウムイオン電池に必須のレアメタルであるCoとNiを豊富に含む資源「マンガンジュール」の研究を実施した。その結果、高品位なレアアース泥の形成に伴って、本来あるべき層が削り取られて無くなってしまふ「削剥」が大規模に起きていること、それと同時に周辺の海山から大量供給された岩片を核としてマンガンジュールが成長を開始したことが明らかとなった。

水深5000mを超えるような深海底で、海底を削剥し、さらには海山からノジュールの核となる岩片を飛散させることのできるのは「水流」以外に考えられない。堆積学の知見に基づくと、そのためには数m/秒以上という川の流れに匹敵する高速な水流が必要となる。しかしながら、実際にこれまでに深海底で観測されているのは、

cm/秒オーダーという桁違いに遅い水流のみである。そこで、この定常状態では起こり得ないカストロフックな現象が何であるかをゼロベースで検討した結果、津波という着想を得た。そして予察的なシミュレーションを行った結果、史上最大規模の東北地方太平洋沖地震であっても深海底には1m/秒未満の速さの水流しか引き起こせないこと、そして海洋への天体衝突によって引き起こされる「隕石津波」だけが、深海底の削剥に十分な速さの水流を生み出すことができることを突き止めた。

これまで、地球への天体衝突に関する研究は、恐竜絶滅に代表されるような陸上もしくは浅い海への衝突に限られており、海洋の大部分を占める深海への天体衝突については、その実態はほとんどわかっていない。これは、こうした深海への天体衝突がクレーターを作らず、エジクタの発生量も非常に少ないなど極端に手掛かりに乏しいためである。これを捉えるためには、隕石津波が引き起こす深海堆積物の削剥と、削剥面にのみ非常に薄く残されるごく少量のエジクタを捉える必要がある。

そこで本研究では、高解像度な化学組成・同位体分析と津波シミュレーションにより、これまでその実態がまったくわかっていなかった海洋への天体衝突現象の全容と、その地球表層進化に果たす役割を環境・生命・資源の観点から解明することを目指す。

この研究によって何をどこまで明らかにしようとしているのか

本研究では、まず海洋への天体衝突イベントを捉えるために、海底堆積物を対象としてレーザーアブレーション装置による高解像度全岩化学組成分析を行い、削剥面とそこに残された衝突痕跡を検出する。それとともに、Os同位体層序年代法によって、検出された衝突イベントの発生年代を決定する。同時に、得られたデータをもとに、津波シミュレーションを実施し、衝突の起こった場所や衝突天体のサイズ、速度等の物理条件と、どのような津波が発生・伝播するのかをシミュレート（図2）することで、隕石津波の実態とその深海底への影響を定量的に明らかにする。

次に、海洋への天体衝突が海洋環境に及ぼした影響を解明する。天体衝突による津波の発生は、海洋の鉛直方向、水平方向への大規模な攪乱を引き起こし、海洋循環に大きな変動をもたらすと考えられる。本研究では、遠洋性堆積物に記録されたこの大規模な水塊変動の痕跡を、海水起源のNdとPbの同位体を用いて化学的に追跡し、天体衝突が引き起こす海洋環境の擾乱を明らかにする。それと並行して、生物活動への影響についても解読を行う。そのために、深海堆積物に記録されている生物起源物質のBa同位体を分析し、天体衝突イベントに伴う生物活動の盛衰を解読する。

さらに、隕石津波が海底鉱物資源の形成に果たす役割についても解明する。私たちのこれまでの研究によって、レアアース泥とマンガンジュールという、将来の脱炭素化に不可欠なレアメタル資源の形成に、海山周辺での強い流れの発生が関与している可能性が強く示されている。本研究では、隕石津波と海山の相互作用を考慮することで、海洋天体衝突と海底鉱物資源形成のリンクを解明し、広大な海底における鉱物資源の分布支配則を明らかにする（図3）。これは、脱炭素化に必須のレアメタル資源確保に直結することから、日本と世界における持続可能な社会の実現に大きく貢献すると考えられる。

また本研究では、近年津波防災の分野で注目されている隕石津波の陸域への影響についても、詳細なシミュレーションによる検討を行う。これにより、隕石津波の被害想定と防災への対策についても、多くの新知見を得ることができると期待される。

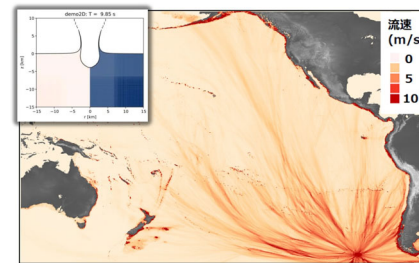


図2 隕石津波による流速シミュレーション結果

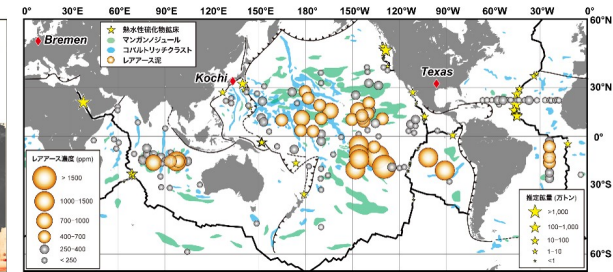


図3 世界の海底鉱物資源の分布予想図