

(別紙様式-4)

元寇金属器の地球化学分析・年代測定：「コンクリーション考古学」の展開に向けて
Geochemical analysis and radiocarbon dating of metal weapons from Mongol invasions
to Japan: Towards the establishment of "concretion archaeology"

門脇誠二、名古屋大学・博物館

研究目的

本研究課題は、考古遺物を内包するコンクリーションを分析対象として、その形成プロセス、及び内包する遺物保存メカニズムの解明を目指す。石器や金属器などの考古遺物がコンクリーションに内包される現象は以前から知られていたものの、考古学者からは単に「埋没後の二次的生成物」と済まされることが多く、詳しい研究はこれまで限られていた。しかし、化石コンクリーション形成に関する近年の研究をふまえると、こうした考古遺物は、コンクリーションの形成プロセスに関する理解を深める貴重な研究素材であることが分かってきた。例えば、コンクリーションに覆われた遺物の年代が歴史記録などから明らかな場合、コンクリーションの形成速度を正確に見積もる情報源となる。また逆に、考古遺物のコンクリーション化過程が詳しく解明されれば、内包されている遺物の年代が未知の場合はコンクリーションの放射性炭素年代を測定することでその年代を推定できる。

研究体制

本研究の基礎となるコンクリーション形成過程に関する研究は、共同研究者の吉田英一教授（名古屋大学博物館）が世界をリードする成果を達成しており、その研究に南雅代教授（宇宙地球環境研究所）も参画してきた。金属器を覆うコンクリーションの形成プロセスを明らかにするために、コンクリーションの年代測定や化学組成測定、元素マッピング、鉱物同定、顕微鏡観察などを行う。放射性炭素年代は名古屋大学宇宙地球環境研究所のタンデム加速質量分析装置で行い、元素マッピングや鉱物同定、顕微鏡観察は名古屋大学博物館に設置されている機器（XGT, SEM, XRD）を使用する。コンクリーション化を応用した史跡・文化遺産等劣化抑制・修復技術開発研究を吉田教授と南教授が開始し、考古学を専門とする門脇誠二（名古屋大学博物館）が文化財への適用という点に関して参画している。また日本の文化財への適用という点において、奈良文化財研究所で保存科学を専門とする脇谷草一郎博士と柳田明進博士も共同研究者として加わっている。そして昨年度から、コンクリーション形成における微生物の関わりを検討するため、その専門家である天野由記博士が加わった。

進捗状況

鎌倉時代の元寇の際に海底に沈んだ金属器を覆うコンクリーションの形成過程を解明するための分析を2023～2025年度の3年にわたり行った。元寇は日本史でも有名な蒙古襲来の出来事で、1274年（文永の役）と1281年（弘安の役）という2回の年代が分かっている。元の船団が沈んだ長崎県鷹島神崎遺跡（たかしまこうざきいせき）は、水中の国史跡として日本初の指定を受けた。本遺跡の海底に沈んだ様々な遺物のうち、金属器の表面がコンクリーションで覆われていることがこれまで知られている。そのCT撮像によると、コンクリーションで覆われた内部は金属が腐食し、金属器の形のみが「鋳型」のように残されている、その形成過程については不明であった。

2023年度は研究メンバーが松浦市立埋蔵文化財センターを訪問し、金属器コンクリーションなどの遺

物を観察すると共に、松浦市教育委員会文化財課の担当者と研究方針や分析資料の取り扱い等に関する打合せを行い、連携協定の締結に至った。この協定の下で金属器コンクリーションを採取・分析することができ、年代測定や元素マッピング、鉱物同定、顕微鏡観察などを開始した。さらに金属器コンクリーションが形成された海底環境を調べるため、2024年10月5～7日に鷹島神崎遺跡の海底発掘調査に参加し、海底に沈んだ元寇船直上の堆積物コアや周辺の海水を採取した。発掘時には研究メンバーも海上に出向き、船上でサンプルを受け取った。堆積物コアは長さが約60cmであり、2cmの間隔でpHや酸化還元電位の測定および連続サンプリングを行った。後者のサンプルから、年代測定や微生物の分析を開始した。

2025年度は、以上の分析結果を報告し議論するための会合を、11月27日に奈良文化財研究所で行った。この会合には研究メンバー6名の他に、名古屋大学大学院環境学研究科博士前期課程の垣内田滉氏も参加した。垣内田氏は南教授の指導の下、本研究課題を修士研究のテーマとし、金属器コンクリーションと海底堆積物の年代測定などの分析とその結果の考察を行うと共に、成果の学会発表も行った。

結果と考察

これまでの分析結果として、鷹島海底遺跡の金属器コンクリーションは鉄コンクリーションであり、釘などの鉄製品の溶解と拡散、析出が連続的に進行して形成されたことが明らかになった。また、元寇船直上の堆積物コアの分析結果として、嫌気性微生物が高い割合で検出された。これらの微生物の代謝により硫化水素などが生成され、それによって鉄の腐食が進行したと考えられた。形成速度に関しては、鉄コンクリーションに取り込まれた貝殻の年代測定の結果や鷹島海底での炭素鋼の腐食実験の結果に基づくと、今回の鉄釘コンクリーションは300年以内のあいだに成長したと見積もられた。

文化財の研究は様々な許可や手続きが必要であり、特に海底遺跡の調査は専門的なスキルや大きな予算が本来は必要であるが、本研究は松浦市と名古屋大学博物館のあいだで連携協定を結んだことにより、これらの条件をクリアし、元寇に関わる金属器コンクリーションの実物とその海底埋没環境に関する堆積物という貴重なサンプルを得ることができた。その地球化学分析と微生物解析を通して、これまで考古学でほとんど研究例のない鉄コンクリーションの形成に関して得られた知見は、ISEE「融合研究戦略課題」から生まれた独自性の高い成果といえる。

成果発表

垣内田 滉、南 雅代、門脇 誠二、吉田 英一、柳田 明進、脇谷 草一郎、天野由紀「長崎県伊万里湾の鷹島神崎遺跡から出土した鉄製遺物内包コンクリーションの炭素14年代測定」、日本地球惑星科学連合2025年大会、幕張メッセ、2025年5月25日

垣内田 滉、南 雅代、門脇 誠二、吉田 英一、柳田 明進、脇谷 草一郎、天野 由記「長崎県鷹島海底遺跡出土鉄コンクリーションの形成速度と形成過程」、日本地球化学会第72回年会、東北大学、2025年9月17日

垣内田 滉、南 雅代、門脇 誠二、吉田 英一、柳田 明進、脇谷 草一郎、天野 由記「長崎県鷹島海底遺跡で出土する鉄コンクリーションの形成過程」、日本質量分析学会同位体比部会、亀の井ホテル 喜連川、2025年12月4日

垣内田 滉 "Alteration of Iron from Mongol Fleet Artifacts and Concretion Formation Mechanisms at the Takashima Underwater Site", 修士(理学)論文、名古屋大学大学院環境学研究科 地球環境科学専攻(地球史学講座)