

アジアの考古遺物の磁化研究 —年代や産地の検討—

菅 頭 明日香

富山大学理工学研究部 研究支援員
(現 青山学院大学文学部 准教授)

1. はじめに

従来、遺跡の焼土や一部の土器を用いて、世界各地で過去の地磁気（考古地磁気）の研究が行われているが、陶磁器等の考古遺物を用いた研究は少ない。考古遺物の磁化は製作当時の地磁気を記録しており、地磁気の復元を通して、年代や産地、生成状況等、様々な方面で有用な情報を引き出すことができる。

本研究では、東南アジアの陶磁器および青銅製遺物に同様の研究手法を適用、改良し、年代や産地等を探る。磁化研究による年代・産地推定を実資料や実験サンプルで行いながら有用性を高め、非破壊調査も含めた考古遺物の新たな研究法とすることを目的とした。

2. 実験方法

自然界の土壌や岩石には微量の鉄の酸化鉱物が含まれ、磁石になる性質があり、加熱冷却される過程で、地磁気の下で磁化（熱残留磁化）を獲得する。この磁化は数千年後も残り、被熱時の地磁気（方向や強さ）を記録している。そのため、遺跡の焼土や被熱した遺物の磁化を測定して、過去の地磁気変化と比較すると年代や生成場所等の情報が得られる。

(1) 陶磁器の研究

陶磁器や土器は製造後に流通や貿易等で移動していることが多く、資料の産地や年代を理化学的に研究することは交流を探る上でも重要である。陶磁器の磁化研究を利用して、産地もしくは年代が判明している資料であれば、資料の磁化（伏角）と既知の地磁気変化との対比により製造年代や産地の推定を行えると考える。測定には、富山大学の超伝導磁力計を使用し、水平面を復元しやすい底部片を用いて、非破壊で測定を行った。

また、テリエ法実験により、製作時の地磁気強度による年代推定も行い、磁化から得られた年代を検討した。

研究資料は、沖縄県久米島宇江城城跡、オーハ島海底

遺跡、宮良第四遺跡、宮良ムニンパーヤマ遺跡より出土している青磁や褐釉陶器などの陶磁器片である。図1に研究に用いた陶磁器片の一部を示す。

(2) 青銅器の研究

東アジアにおいて、青銅製遺物は、様々な威信財や祭器、武器として重要な役割を果たしているが、鑄造年代や状況だけでなく鑄造技術などの未解明の課題も多いため、様々な物性からの研究が望まれている。青銅は、銅（Cu）とスズ（Sn）から構成される合金であり、通常銅に対して約10%前後のスズを含む。従来青銅の磁気物性はほとんど研究されておらず、その性質は未解明であるため、鑄造実験で板状に生成された青銅サンプルを使用して、磁気物性を調べた。

3. 陶磁器の磁化研究

陶磁器片では磁化の偏角は復元できないので、磁化伏角について検討を行った。NRM測定により得られた各陶磁器片の伏角は、30～45°の間で集中しており、陶磁器の多くは製作された時、ほぼ同じ状態で焼成されていることがわかる。また、伏角の分布について、2つのまとまりが見られた。そこで、各グループの資料に対し

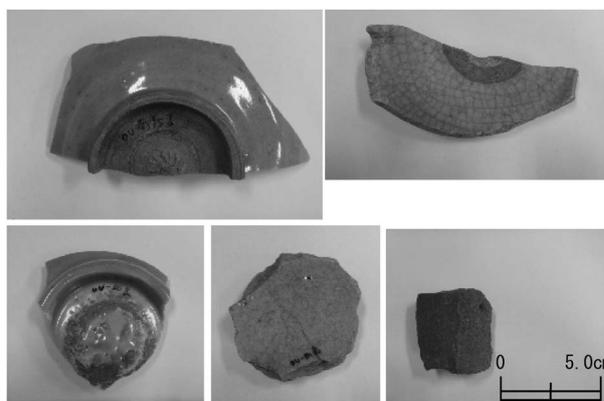


図1 研究資料（陶磁器）

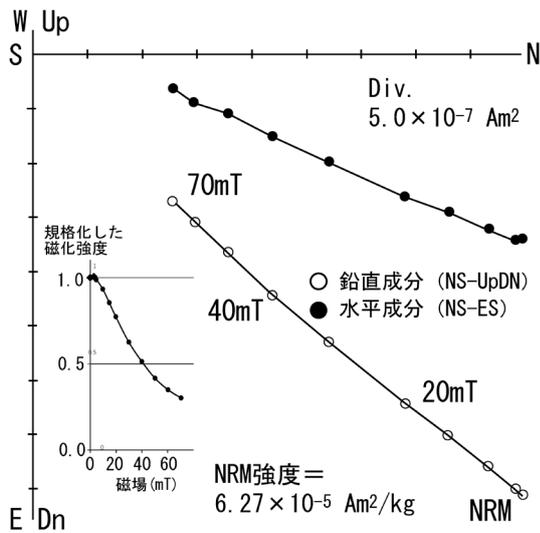
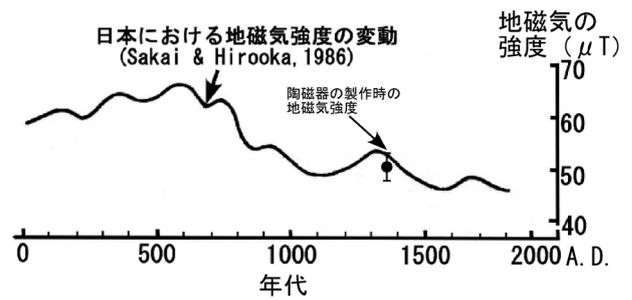


図2 交流消磁実験の結果

て、70 mTまでの10段階の交流磁場による消磁を行った。二次磁化が見られた資料もあったが、低磁場で消磁され、試料の多くは、図2で示すように、プロットが原点に直線的に向かっており、安定な磁化が得られた。それぞれのグループの資料について、消磁後の伏角の平均は $41.1 \pm 3.3^\circ$ 、 $29.1 \pm 2.2^\circ$ となった。

青磁片資料は14世紀後半～15世紀前半に龍泉窯で製作され、貿易交流により輸入されたと考えられている。龍泉窯がある中国浙江省地域では考古地磁気研究はほとんどないが、緯度（北緯 28° ）は久米島とほぼ等しい。そこで、中国東部（北緯 $34 \sim 38^\circ$ 、東経 $107 \sim 120^\circ$ の範囲）の14～15世紀の地磁気変化の報告¹⁾と、緯度差による地磁気伏角の違いを考慮して、日本西南部の詳細な地磁気変化²⁾を第一次近似として比較を行った。本研究で得られた伏角平均値である $41.1 \pm 3.3^\circ$ は15世紀初め、 $29.1 \pm 2.2^\circ$ は15世紀中頃の地磁気伏角に近く、陶磁器片は、それぞれ異なる時期に製作された可能性が考えられる。褐釉陶器の資料は、磁化強度と帯磁率も青磁片の資料より非常に強かった。また、数点の資料は負の伏角を示しており、底部を上にした状態で焼成された可能性が推測される。

熱消磁実験とテリエ法実験の結果から、陶磁器片の多くは、安定な磁化が示され、磁化のプロットは線形関係が得られている。これは、陶磁器片は製作された時、 500° 以上の高温により完全に焼かれ、常温になるまで動かされなかったことを示す。テリエ法実験の結果から当時の地磁気強度を求めた結果、平均として $50.5 \pm 2.7 \mu\text{T}$ と求められた。図3で示すように、得られた平均値を過

図3 陶磁器片から得た地磁気強度と日本の地磁気強度変化との比較、日本の地磁気強度変化³⁾の図より抜粋し加筆した。

去2000年間の日本の地磁気強度の変化³⁾と比較すると、陶磁器片が製作された14～15世紀の地磁気強度として妥当であり、伏角による年代を支持する結果が得られた。

4. 青銅サンプルの磁化研究

青銅の磁化研究のサンプルは、スズの含有量がそれぞれ異なるパターンの試料を用いた。青銅片試料のNRM測定から得た磁化方向には、試料によってばらつきに差が見られたが、交流消磁実験により得られた初生磁化の方向は各試料ともまとまっていた。交流消磁実験の結果では、2成分の磁化を持つ試料が確認されたが、これは製造過程で、型に流し込まれた青銅が完全に冷え固まっていない状態で別の場所へ移しているためと考えられる。これらの事は、青銅が残留磁化を持っており、湯が冷え固まる段階で磁化を獲得し、鑄造時の地磁気を記録していることを示すと考えられる。

また、磁化強度は、スズが多く含まれるサンプルの方が強かった。さらに、Kappabridge帯磁率計を用いて帯磁率を測定した結果、青銅の帯磁率は負の値になり、磁化強度と同様に、スズの含有量が多いサンプルの方が強い傾向があった。これは、青銅を構成する銅とスズはともに反磁性の金属であり、銅よりもスズの磁化率の方が大きいことが関係すると考えられ、帯磁率と磁化強度は、青銅におけるスズの含有量に影響を受ける可能性が示唆される。

テリエ法実験の結果では、低温段階で線形関係が得られた。よって、青銅試料はこの低温段階で熱残留磁化 (TRM) を獲得していると考えられ、獲得されていた磁場強度も鑄造場所での磁場強度とほぼ同じであった。以上の結果から、青銅は鑄造時の加熱で磁化を獲得しており、磁化研究により、青銅製遺物が鑄造された年代や焼成状況が求められると考える。

5. 考 察

本研究では、東南アジアの陶磁器と青銅のサンプルを用いて、年代や産地等、焼成状況の推定を目的として、磁化研究を実施し、その有用性が認められた。自然科学分析を用いた遺物を研究するためには、非破壊測定が必要とされる場合も多く、本研究で示した陶磁器の底部を用いた地磁気方向の復元は、新たな遺物年代推定法に利用できる。また、陶磁器や土器は出土数が非常に多く、様々な地域で作られているため、地磁気データの蓄積に大いに貢献すると考えられ、地磁気データが十分でない沖縄や中国、東南アジア地域の地磁気の復元にも結びつく。青銅は、従来磁気物性の研究が行われていなかったため、まず磁化研究の有用性が判明したことは重要である。今後も、様々な種類や状況を再現した実験サンプルを用いてデータを増やし、様々な角度から、青銅の磁気物性を検討していく必要がある。青銅製遺物の研究では、鋳型を用いた磁化研究も鋳造年代や状況などの解明に貢献できることがわかっており、青銅製遺物やその周辺遺物を含めた研究の広がりが期待できる。

今後も、さらに考古遺物への磁化研究の事例を蓄積し、研究手法の改良や各地の詳細な地磁気データを増加していくことで、考古遺物の原産地や年代推定といった新たな情報を提供できると考える。

要 約

本研究では、東南アジアの陶磁器および青銅製遺物を対象とした磁化研究を実施した。陶磁器や青銅製遺物の磁化から年代・生産地推定を実資料や実験サンプルを用いて行いながらその有用性を高め、非破壊調査も含めた考古遺物の新たな研究法とすることを目的とした。その結果、陶磁器の底部片を用いた地磁気方向の復元は、新たな遺物年代推定法に利用でき、青銅の磁化研究の有用性も認められた。今後も、研究手法の改良や東南アジアの詳細な地磁気データを増加していくことで、陶磁器や青銅製遺物の原産地や年代推定といった新たな情報を提供できると考える。

謝 辞

末筆ながら、本研究の実施にあたり、助成をして頂いた公益財団法人三島海雲記念財団に心より感謝申し上げます。

参考文献

- 1) Y. Z. Cong, Q. Y. Wei: *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, **56**, 69–75, 1989.
- 2) K. Hirooka: *Mem. Fac. Sci., Kyoto Univ., Ser. Geol. and Mineral.*, **38**, 167–207, 1971.
- 3) H. Sakai, K. Hirooka: *J. Geomag. Geoelectr.*, **38**, 1323–1329, 1986.