

令和 6 年 6 月 14 日現在

機関番号：82619

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K00980

研究課題名（和文）高精細 X 線 CT スキャナ活用を中心とする古代中国の封泥の作成方法に関する総合的研究

研究課題名（英文）Comprehensive Research on Ancient Chinese Methods of Making Clay Seals Conducted Chiefly through High-Resolution X-ray CT scanning

研究代表者

谷 豊信 (Tani, Toyonobu)

独立行政法人国立文化財機構東京国立博物館・その他部局等・客員研究員

研究者番号：70171824

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000 円

研究成果の概要（和文）：古代中国の封泥の作成方法とその変遷を解明するため、高精細 X 線 CT スキャンニング、成分分析、他の考古資料との対比という三つの方法で研究した。

東京国立博物館所蔵の封泥67個をCTスキャナで撮影し、封泥内部の状態を示す鮮明な画像を得、封泥内部に残る紐痕の形状や配置、種子などの痕跡の存在を明らかにした。これらの画像により、封泥作成の手順を解明し、作業手順略図を作成した。また37個（CTスキャンニングと合わせて実施したものは29個）の封泥に蛍光 X 線分析と X 線回折分析を行ない、封泥の粘土の成分に関する基礎的データを得た。封泥を装着した古代中国の木簡312件の情報を集成し、封泥の変遷の一端を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

古代中国では紙が普及する以前には、印章は泥（粘土）に押し使用した。印を押しした粘土の小塊が封泥である。封泥は古代中国社会で重要な役割を果たしていたものと考えられている。しかし従来の封泥研究は押された印の文字を中心としており、粘土そのものの性質や封泥の作成と使用の方法は深く研究されることがなかった。

今回、高精細 CT スキャナで封泥内部の状態を精査することにより封泥の作成手順と使用方法に明らかにし、また多数の封泥の成分分析を行ない、研究に新しい局面を切り開くことができた。封泥研究で長い伝統を持つ中国でもこれまで行なわれていなかった方法による研究成果であり、中国の研究者からも高い評価をえている。

研究成果の概要（英文）： In order to analyze the methods of making ancient Chinese clay seals and how they evolved over time, this study was conducted in the following three ways: high-resolution X-ray CT scanning, component analyses, and comparisons with other archaeological materials.

67 clay seals in the Tokyo National Museum collection were photographed with a CT scanner to obtain clear images of their internal state. The images revealed the shapes and positioning of the cord marks, as well as the existence of plant seeds inside the seals. With these images, the process of making clay seals was elucidated, and a simple chart showing the process was created. Furthermore, 37 clay seals, 29 of which were also analyzed through the CT scanning, underwent X-ray fluorescence and diffraction analyses to obtain fundamental data on their clay composition. In addition, data of 312 ancient Chinese wooden objects that were fastened with clay seals were compiled, partially unveiling the evolution of clay seals.

研究分野：東アジア考古学

キーワード：封泥 X線CTスキャナ 成分分析 痕跡による植物同定 木簡

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

中国では印は紙が普及するはるか以前から用いられていた。紙に印を押すようになる以前は、印は粘土に押し、粘土に印影を写した。印を押した粘土の小塊を封泥（ふうでい）と呼ぶ。封泥がもっとも広く用いられたのは秦漢時代（前3～後3世紀）である。この時期の封泥の形状と大きさは様々であるが、円盤状あるいは方形の板状で、一辺が3cm内外のものが多数を占める。

封泥の主たる用途は封緘であった。木や竹の札に書かれた文書や、貨幣をはじめとする重要な物資、さらには門や扉などを紐で縛り、紐に粘土を貼り付け、これに印を押して封印とした。長い年月の間に紐や器物は失われ、今日では封泥だけが残っているのが普通である。封泥に押された印の多くは、王朝の統治機構の公印であるため、封泥は古代中国の歴史、特に古代王朝の統治機構を研究する上で重要な資料となっている。

従来の封泥研究は、もっぱら封泥に押された印の文字に向けられていた。しかし封泥が古代中国で大量に使用された事情やそれを可能とした背景を考えようとするれば、封泥の作成と使用の方法の解明が必要となる。封泥には、表面だけでなく内部にも紐などの痕跡が残っているが、従来の研究は肉眼観察に頼っており、内部の状況は破片などからうかがうほかなかった。またそもそも封泥が二千年を前後する長い間土中に埋まっていたにもかかわらず、溶けず崩れず、今日まで印影を鮮明に保っている理由も解明されていない。火に焼けて土器になったから残っているとの見解もあるが、封泥が紐によって木製品に固定された状態で発見されることがあるので、その説明は成り立ちがたい。こうした問題を解決するには、X線技術や成分分析技術の援用が不可避である。しかし、中国を含め、これまでこうした新しい方法で封泥が研究されることはほとんどなかった。

東京国立博物館（以下、東博）は古代中国の封泥を六百個余り所蔵している。皇帝の印を押した封泥としては世界唯一の「皇帝信璽」封泥（図1）以下、王朝の中央政府および各地の地方行政機関の公印を網羅しており、世界中でもっとも優れた封泥コレクションと目されている。加えて、東博には高精細X線スキャナが設置されており、東博に隣接する東京文化財研究所には成分分析の専門家があり、測定器機も完備している。また東博内外には、封泥およびこれに関連する考古資料・文献史料の専門家があり、こうした設備と研究者により、これまでになかった封泥の総合的研究を行なう条件が整っていた。



図1 「皇帝信璽」封泥
縦 41mm、横 35.3mm
厚 14mm

2. 研究の目的

これまでほとんど注意されなかった封泥内部の状態を調べ、封泥の作成手順と使用状況を推定する新たな手がかりをえる。とくに作成手順を解明することにより、それと時代・地域・官職などとの関係を探り、封泥が果たした役割を再考する。

また封泥の土の成分分析を行なうことにより、時代・地域・官職により成分が異なるのか、粘土採取地を特定できるか調べ、さらに封泥が溶けず壊れずに残っている理由として、特殊な粘土を用いたためか、あるいは何らかの凝固剤を加えたのか、という基本的な疑問の解決をはかる。

さらに、封泥と同時代の考古資料と比較検討し、封泥の作成手順や使用状況、成分などに関する調査成果を検証する。

3. 研究の方法

以下の三つの方法により、封泥の作成方法と使用法の解明を試みた。

(1) 東博内に設置されている高精細X線CTスキャナで、東博所蔵の封泥を撮影し、三次元画像データを得る。この画像データを外注により加工し、紐痕などの封泥内にのこる空隙を強調した三次元画像（空隙強調画像）を作成する。これらの画像を利用して、封泥内に残る紐痕、その他の痕跡の形状とその三次元的配置を分かりやすく示す二次元画像を作成するとともに、作成手順を推定し、これを説明する略図を作成する。これらの画像を統一した規格で配置し、各封泥の共通点と相違点を一覧できる資料集を作成して、考察を加える。

(2) 東京文化財研究所の分析器機を用い、非破壊で成分分析する。蛍光X線分析により封泥の粘土を構成する元素を、X線回折分析により粘土に含まれる結晶構造をもった物質について調べ、その結果を比較する。

(3) 公刊された中国の考古資料集から、封泥を装着したことが明らかな木簡の資料を収集し、形状、使用法、書かれた文字について分析を加える。

4. 研究成果

(1) 高精細X線CTスキャナによって得られた所見

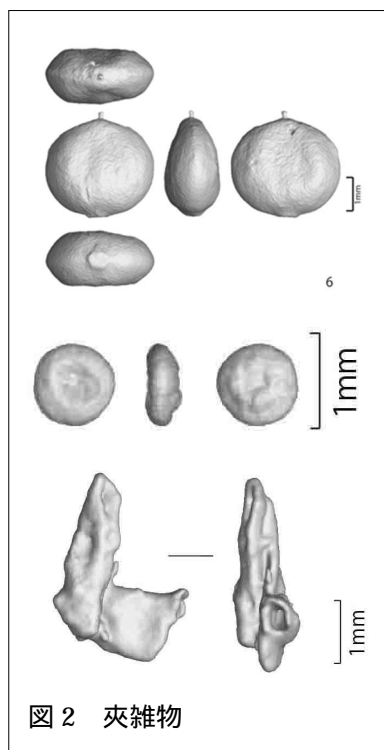
高精細X線CTスキャナで67個の封泥を撮影し、内、59個のデータは外注で空隙強調画像を作成し、これをもとに様々な画像を作成して、封泥内外の状態を解析した。

夾雑物

CT画像により、多くの封泥の内部で、種実を含む植物の痕跡が確認された(図2上)。また虫癭(昆虫やダニが植物に産卵・寄生して分泌物を出した結果、植物組織が異常発達してできるこぶ状のもの、図2中)や動物の骨かと思われるもの(図2下)も確認できた。これらのものが封泥作成の必要上、人為的に加えられたとは考えにくく、始めから粘土に含まれていたと考えられるので、夾雑物と呼ぶことにした。

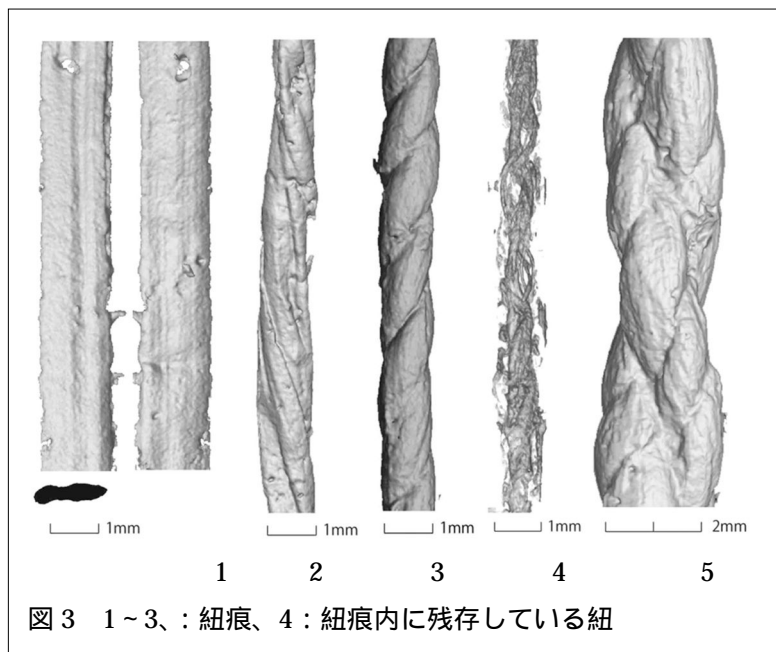
これまで、今日まで形を保っているような封泥は、精製加工した粘土を用いたものと漠然と想像されてきた。しかし高位の貴族の封泥にも種実をふくむ夾雑物が少なからず含まれており、また直径が3mmを越える大きな種実痕跡が確認されたものもあった(図2上)。封泥の多くは、採取した粘土をあまり手を加えずに使用していたことを示唆する。この結果は多くの封泥研究者に衝撃を与えた。

67個のうち24個の封泥で、種実とその残片と、さらにはその可能性がある痕跡を確認した。今回は、そのうちの5個の封泥に含まれる種実痕跡を精査し、イネ科オヒシバ近似種種子、イネ科エノコログサ属有稔果、アサ科カナムグラ核、タデ科オオケタデ近似種果実(図2上)が同定できた。種実からは粘土採取地の環境に関する情報が得られることを期待した。今回判明した品種はいずれも東アジア各地に広く見られる雑草の類であり、粘土採取地の環境を示唆する情報は得られなかった。逆に言えば、現段階では粘土の採取地は特殊な場所ではなかったらしいといえそうである。



紐痕の形状

紐痕の画像から、封泥にはさまざまな形状の紐が用いられたことが判明した。しかし画像だけから紐の素材や加工法を判断することは難しく、今回は外観から選んだ典型例に基づいてごく簡単な分類を行なうにとどまった。すなわち、植物の茎や皮などを、あまり手を加えずに使用した1類(図3-1)、植物の茎あるいは薄皮などを軽く撚った2類(図3-2)、断面円形の2本の細紐を撚り合わせた3類(図3-3)に属するものが多い。また、3類の紐2条を撚り合わせた複雑な紐があり、3w類(図3-5)とした。



紐が時代によって変遷し

た状況はある程度窺うことができた。1類の紐はおおよそ戦国時代から前漢前期頃まで(前3世紀~前2世紀初頭)、2類の紐は戦国時代から前漢時代の終わり頃まで(前3~前1世紀)、3類の紐は前漢後期(前1世紀)から普及し始め、後漢代(1~3世紀)になると3類が主流となったようである。

一部の封泥では紐痕内に実際に紐の一部が残っていることを示す画像が得られた(図3-4。これが図2-3の紐痕の内部に残っている)。実際に残存している紐の画像から、紐の材料と加工法

を検討することが、今後の課題に加わった。

封泥匣

封泥を保護するため、木製品に穴を彫り込み、そのなかに封泥の粘土を詰めることも行なわれた。封泥を保護するために彫られた穴を封泥匣(ふうでいこう)と呼ぶ。封泥匣は大きく分けて、板に溝状の彫り込みを作ることにより、側面形が凹字形をなす凹字形封泥匣と、板に方形の穴を彫り込む箱形封泥匣の二種があることが知られているが、それぞれの出現の時期については、これまで十分な検討がなされたことがなかった。

CT画像を分析することにより、秦時代(前221～前207年)の封泥にすでに凹字形封泥匣によったもの存することが確認できた。また前111～前104年に限定できる封泥のなかに、箱形封泥匣を利用した最初期のものが含まれることもわかった。

紐痕の三次元的配置

CT画像により、封泥内の紐痕の三次元的配置を正確に知ることができ、いくつかのパターンがあることが判明した。

軸木の上に粘土を盛って紐を巻き付けるものある(図4左上)。木製品に箱形の穴を彫り込んだ箱形封泥匣の場合は、両側に溝を利用して紐を掛けるが、特定の紐掛け溝の間に多数の紐が集中する集中的配置(同、右上)、下層・中層・上層の順に紐を配置していった重層的配置(同、左下)などのパターンがある。

こうした分析を進めるなか、皇帝の印を押した世界唯一の封泥である「皇帝信璽」は、紐掛け溝を5条もつ箱形封泥匣を用い、封泥に残る紐痕は、下層・中層・上層からなる重層的配置となっており(同右下)かつ各層の紐痕の方向までが前漢時代中後期の封泥の一群と完全に一致することがわかった。「皇帝信璽」封泥の年代については、日本および中国の学界で、秦時代説・漢初説・偽物説などが唱えられて定説がなかったが、真品であり、箱形封泥匣を用いたことと、紐痕の配置が前漢中期以降の封泥と合致することから、前漢中期以降に作成された可能性が極めて高いという新説を提出し、日中の研究者の注目を集めている。

封泥作成手順の復元

封泥内外に残された紐痕、その他の痕跡から、CT撮影した67個の封泥全点について、作成手順の推定復元略図(図5)を作成した。これによりCT画像による研究成果を分かりやすく示し、今後の封泥の分類研究や使用方法の研究に確かな手がかりを提供した。図5左は図4左上の、図5右は図4右下の画像から推定した作成手順の略図である。

(2)成分分析

37個の封泥につき、蛍光X線分析とX線回折分析を行なった(内8個はCTは未撮影)。調査した封泥は、色は黒、灰、褐、黄褐、赤などあり、時代は戦国時代から後漢時代まで(前3世紀～後3世紀)公印の印文が示す封泥の作成地(役所の所在地)は東が朝鮮半島北部、西が甘肅省敦煌、南は中国南部までと、官職としては皇帝から地方の官吏まで、と様々なものを選んだ。またCT画像から、内部にX線を透しにくい部位を含むものがあることがわかり、あるいはその部位に凝固剤の手がかりがある可能性考え、その部位をピンポイントで狙って分析を試みた。



図4 封泥内に残る紐痕の配置パターン

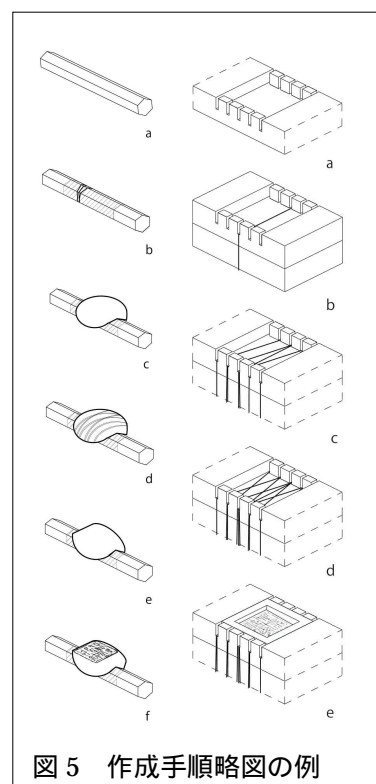


図5 作成手順略図の例

蛍光X線分析では、どの封泥でも、おおむね同じような結果が得られた。すなわちいずれも主な元素はSi珪素、Kカリウム、Caカルシウム、Tiチタン、Mnマンガン、Fe鉄、Cu銅、Zn亜鉛、Asヒ素、Rbルビジウム、Srストロンチウム、Zrジルコニウム、Baバリウム、Pb鉛であった。詳しく比較すると、封泥ごとに元素の検出量に微妙な差はあるが、色調・時代・地域・官職の違いとの相関関係が認められる事象は見いだせず、元素レベルの成分にはほとんど違いが見られなかった。X線透過度が低い部位の成分も同様であった。

X線回折分析では、一部の封泥で、calciteカルサイト（炭酸カルシウム）の存在を示す可能性のあるデータが得られた。カルサイトの存在が確かであれば、粘土に石灰を混ぜて固めた可能性が浮上するのであるが、今回は使用器機の性能の限界もあり、その存否を確認することができなかった。この点を除けば、X線回折分析でも、目立った違いは見いだせなかった。

以上のように、成分分析では当初の期待した凝固剤や、封泥の時代・地域・官職の別に対応する成分の違いなどについて、確かな情報を得ることはできなかった。とはいえ、これだけの数の多様な封泥の成分分析の結果はこれまで公表されたことがなく、学界に基礎資料を提供した意義は大きい。

(3)封泥を装着した木簡資料との対比

中国西北部の乾燥地帯で出土した封泥匣を有する木簡資料314例を集成し、その形態、用途、紀年銘（年号を有する書込み）をまとめたリストを作成した。これにより、この地域の木簡の封泥匣は、3条の紐掛け溝をもつ凹字形が圧倒的多数を占め、紀年銘を有する20例のうち、箱形はもっとも新しい、紀元後21年のものだけであることがわかった。このことはこの地域における箱形封泥匣の開始がやや遅かったことを示唆するものである。このリストは今後の検討の基礎資料となるものである。

(4)調査報告書の作成

研究によって得られた上記の分析データと画像を、本補助金を利用して令和6年度末にA4版288頁の報告書を印刷した。報告書の中心は封泥CT画像の所見であり、CT撮影した67個の封泥すべてについて、外形、内部の状況、紐痕、夾雑物、紐痕の配置パターン、作成手順復元略図を見開き2ページにまとめ、今回の調査成果を視覚的にわかりやすく示した（図6）。報告書は150部作成し、日本・中国大陸・台湾・韓国の主要な研究者に送付した。封泥研究で長い伝統をもつ中国でもこれまで全く行なわれなかった方法による研究成果であり、中国の研究者からも高い評価を得ている。

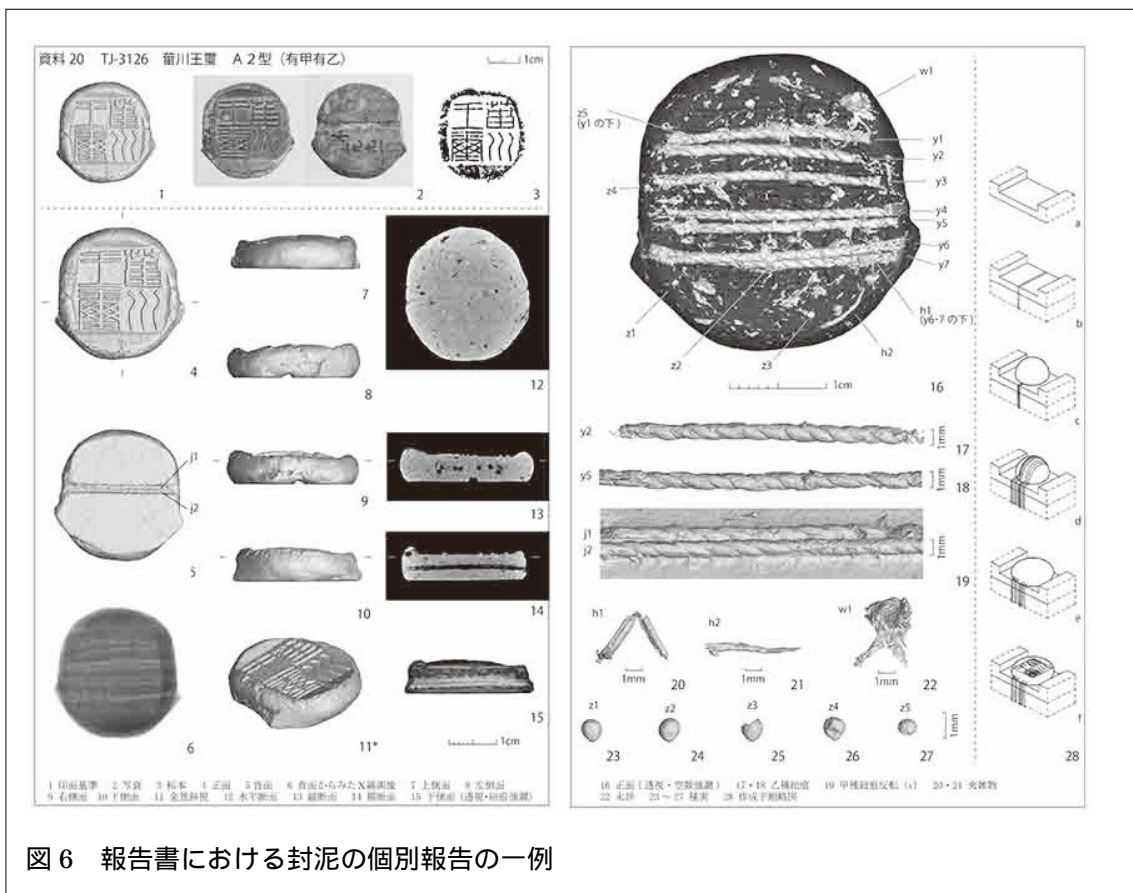


図6 報告書における封泥の個別報告の一例

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 谷豊信・市元 壘・宮田将寛・佐々木由香	4. 巻 第707号
2. 論文標題 高精細X線CTスキャナにより古代中国封泥の研究	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 MUSEUM 東京国立博物館研究誌	6. 最初と最後の頁 7-41
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 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 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 谷豊信
2. 発表標題 X線CTスキャナで封泥を見る
3. 学会等名 日本中国考古学会関東部会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 谷豊信
2. 発表標題 X射線計算機断層掃描影像下の陳介祺旧蔵封泥研究 以“皇帝信璽”封泥為中心
3. 学会等名 陳介祺學術思想与金石文字研究國際學術研討会（招待講演）（國際学会）
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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	市元 壘 (Ichimoto Rui) (40416558)	独立行政法人国立文化財機構東京国立博物館・学芸研究部・室長 (82619)	

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	宮田 将寛 (Miyata Masahiro) (90737503)	独立行政法人国立文化財機構東京国立博物館・学芸研究部・専門職 (82619)	
研究分担者	犬塚 将英 (Inuzuka Masahide) (00392548)	独立行政法人国立文化財機構東京文化財研究所・保存科学研究センター・副センター長 (82620)	
研究分担者	川村 佳男 (Kawamura Yoshio) (80419887)	独立行政法人国立文化財機構九州国立博物館・学芸部企画課・室長 (87106)	
研究分担者	上野 祥史 (Ueno Yosihumi) (90332121)	国立歴史民俗博物館・大学共同利用機関等の部局等・准教授 (62501)	
研究分担者	高村 武幸 (Takamura Takeyuki) (90571547)	明治大学・文学部・専任教授 (32682)	
研究分担者	佐々木 由香 (Sasaki Yuka) (70642057)	金沢大学・古代文明・文化資源学研究所・特任准教授 (13301)	

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