

機関番号：13201

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2007～2010

課題番号：19300299

研究課題名(和文) 韓国鍮器調査を基点としたアジア地域の青銅器熱処理技術研究の展開

研究課題名(英文) A new perspective on the study of thermal treatment processes of Asian bronze: a view from modern Korean Yugi ware

研究代表者

三船 温尚 (MIFUNE HARUHISA)

富山大学・芸術文化学部・教授

研究者番号：20181969

研究成果の概要(和文)：高錫青銅器は割れやすいが、古代から鏡や武器、楽器などに利用してきた。現代の高錫青銅器工房が多く残る韓国とインドの調査からは、錫22%の高錫青銅での器形作りを鋳造と、550～780℃での熱間鍛造で行う。鍛造加工では厚さ0.3mmの薄い碗を作ることが可能で、これらの成形後、割れにくくするために650～740℃から水での焼入れを行うことが判明した。こういった調査を基に、遺物の金属組織比較によって古代の高錫青銅器製作技法を解明した。

研究成果の概要(英文)：High-tin bronze tends to have relatively low-strength. Nevertheless, the alloys were frequently used as raw materials of mirrors, weapons and musical instruments in antiquity. Investigations of traditional high-tin bronze manufacturers in modern Korea and India revealed that forming of high-tin bronze products with a content of around 22% tin was performed through casting or hot forging in the temperature range between 550 and 780°C. In particular, hot forging has enabled us to fabricate bronze bowls with thin (approximately 0.3mm) wall. The investigations also revealed that hot forged bronze bowls were subsequently water quenched from the temperature range between 650 and 740°C in order to increase the strength of the products. Due to the results, metallographic examination of bronze artifacts allowed us to shed new light on fabrication techniques of ancient high-tin bronze products.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,200,000	660,000	2,860,000
2008年度	4,400,000	1,320,000	5,720,000
2009年度	3,900,000	1,170,000	5,070,000
2010年度	4,000,000	1,200,000	5,200,000
総計	14,500,000	4,350,000	18,850,000

研究分野：鑄造技術史

科研費の分科・細目：文化財科学・文化財科学

キーワード：高錫青銅器、錫22%、焼入れ、熱間鍛造、鑄造、製作技術、温度計測、金属組織

## 1. 研究開始当初の背景

アジアの鑄造技術史は、社会変化によって製品への需要が消滅し、それとともに製品と技術が消滅する場合と、製品は作り続けられ

るが新たな技術の登場で古い伝統的な技術が消滅する場合がある。前者は、社会の需要を失った製品から異なる品種に技術が引きつがれて継続したかに見える場合もあるが、

製品が作られた時間と地域が大きく隔たる場合には、途切れず連続と続いたものか、一旦途切れて、全く新たに発生したものかの見極めは、丹念に該当する青銅遺物を序列化し検討することとなる。

アジアの大型青銅像は、商代後期と言われる中国四川省三星堆遺跡から出土した大型の立人像や仮面に、複数回に分けて鑄造し組み上げる分鑄、鑄接技法が見られる。この技法はそれ以前の青銅彝器に用いられるもので、それを像に利用したと考えられる。その後の中国内の大型像の技術変遷は十分に解明されていない。朝鮮半島に現存する青銅仏として、栢栗寺薬師如来立像（8世紀）や、仏国寺金銅阿弥陀如来坐像（8世紀）などがあり、一鑄（一度の注湯で作る方法）で造られたと考えられている。高麗時代の大型の鉄仏は表面に残る鑄バリによって、分割型鑄造法で一鑄であることが明白である。7世紀後半から8世紀前期の日本では蟹満寺釈迦如来坐像のように丈六仏を一鑄によって造り、東大寺大仏や鎌倉大仏などの巨大な像を複数回に分けて鑄造して組み上げる。江戸時代になると、露座の丈六仏を三星堆像とほぼ同じ分鑄や鑄接法で数多く作る。商代後期の三星堆の技術が江戸丈六仏まで連続と続いたものなのか、朝鮮半島の一鑄技術が日本に伝わり、その後、東大寺大仏鑄造によって朝鮮半島系の鑄物師が複数回鑄造法を確立したのかなど、多くが解明できていない。

このように「青銅鑄造技術史」という大きな枠で技術史を検討することとは別に、特徴的な枠づけによる技術史研究を行うことは、古代から現代までの社会変化や交流を鮮明にする場合がある。

一般的な青銅の錫含有率は10%以下である。錫添加は銅の融点を下げることと硬度を高めることが主たる目的である。鉛も融点を下げることが硬くすることはない。こういった青銅のなかで錫が20%を超えるいわゆる高錫青銅の特殊な製品が古代から造られてきた。これまでの青銅器研究はこれらの区別がなく、大きな枠で青銅技術史として捉えてきた。しかし、改めて高錫青銅製品を拾い出すと、鏡、劍や戈や矛などの武器、打楽器、鉢、匙など、研究上重要な製品が多い。錫は融点を大きく低下させることはもちろんだが、ハンマーで強く叩いても窪まない硬度と、銀白色が得られる。そのために、劍などの武器や鏡、打楽器に高錫青銅が利用されてきた。しかし、高錫青銅には脆くガラスのように割れやすいという欠点がある。この脆性を改善する方法が焼入れである。鏡の焼入れなどの熱処理

技術について体系的に研究したものに、中国科学院自然科学史研究所の何堂坤研究員による『中国古代青銅鏡的技術研究』（中国科学技術出版社、1992年）がある。

熱処理技術を用いた高錫青銅器製作は韓国やインド、インドネシア、ミャンマーなどで今も続けられている。日本には鏡や武器、鉢などの高錫青銅器が韓半島などから伝播し使用されたが、熱処理技術が伝播し、日本列島内でこの技術によって製造した形跡は今のところ見つからない。弥生時代の遺跡から出土する武器の中には錫が約20%のものがあり、色調も銀白色であるが、これらの割れ方や色調は、焼入れなどの熱処理を行ったものではない。このような状況もあって、日本では高錫青銅器の熱処理技術に対する研究者の認識は低い。金属の焼入れなどの熱処理は、鉄と炭素との高炭素鋼に限られたものとする研究者は多く、高錫青銅に焼入れをする技法そのものに懐疑的な研究者もいた。

高錫青銅器研究は、遺物の成分分析と組織観察により熱処理の有無、方法がほぼ確実に解明できる。こういった調査は出土品や伝世品を破壊分析しなければならず、文化財保護の観点から今も研究の進展を阻んでいるが、幸いなことに、高錫青銅器の熱処理技術そのものが韓国、インド、ミャンマーなどに今も残っている。こういった工房の実際の工程を調査することで高錫青銅器の熱処理技術は解明できるのではないかと考えた。

特に朝鮮半島に残る鑄器工房は、無形文化財にも指定されており、国家的な保護も与えられている。儒教の祭礼に伴う食器群を中心とし、錫22%、銅78%の高錫青銅製品を製作し、脆性改善のため焼入れの熱処理技術が頻繁に行われている。鑄器の多くは鑄造で器形を作るが、プレスやスピニングなどの熱間機械加工も取り入れている。その中で銅鑼などの打楽器は熱間鍛造で造り焼入れを行う。韓国の鑄器は古い技法と新しい技術が混在し、世界でも類を見ない高錫青銅器の生産量を誇っている。

インドは錫22%の高錫青銅を熱間鍛造し、厚さ0.3mmの鉢や打楽器（シンバル）を作り、焼入れを行う。インドネシア、ミャンマーなども同様の技法を用いている。

数少ない日本の仏具のおりん製作工房では、錫20数%の高錫青銅で成形、焼入れ、研磨という手順で製作するが、最後に焼き戻しを行い、再び割れやすくなるが音色を仏事の好みに合わせ、他のアジアでは見られない特殊な方法で製作している。

本研究は、高錫青銅器の熱処理技術という

枠を嵌めて青銅器製作技術史を研究しようと試みたものである。アジアにどのように広がった技術であるのか不明であったが、遺物の破壊分析研究とは異なる、現代の工房調査によって研究を進展させようと計画した。

## 2. 研究の目的

研究目的は以下のようにあり、研究の進展に応じて、並行して取り組んだ。

青銅器研究のなかで、錫を多く含む高錫青銅器に限定し、その製作技術の詳細を解明すること、焼入れなどの熱処理技術について解明することが第1目的であった。特に焼入れ温度や焼入れ水などを明らかにした。工房で工程別の試料を入手し、組織観察を行った。

遺物の非破壊分析である蛍光X線成分分析により、国内外の青銅遺物の錫成分値を測定し、高錫青銅器使用の地域、時代を解明することが第2目的であった。高錫青銅器に限らず、純銅に近い遺物の成分分析も行い、初期の鍛造銅器と鍛造高錫青銅器の関連も明らかにするため、分析範囲を広げた。

組織観察が可能な遺物から、鍛造、鑄造、熱間鍛造、冷間鍛造、焼入れなどの具体的な製作方法を解明することが第3目的であった。韓国の東亜細亜文化財研究院との共同研究により、高麗、朝鮮時代の高錫青銅器の組織観察を検討している。

サンプル実験により、錫比率、焼入れ条件などによる高錫青銅の機械的性質の解明が第4目的であった。同じ成分でも厚さや形状によって焼入れ効果に違いがあるのか、錫量によって異なる性質の解明などを計画した。

こういった項目別の調査を総合的に検討して、アジアにおける高錫青銅器製作技術、特に熱処理技術の発生と伝播、受容を解明することが最終的な目的であった。

## 3. 研究の方法

先ず、現代でも盛んに製作している韓国、インドの高錫青銅器工房において、以下の調査を行った。製作工程の詳細をビデオカメラなどで記録した。工房の見取り図、工具の実測図を作成した。工程の途中途中の区切りの良い工程の試料を入手した。サーモグラフ温度測定により、各熱処理工程の温度計測を行った。

入手した高錫青銅試料により鑄造組織、熱間鍛造組織、冷間鍛造組織、焼入れ前の組織、焼入れ後の組織などを撮影した。これによって、実際の工程と金属組織の特徴を把握した。

古代の出土遺物の成分を蛍光X線成分分析法で計測した。これにより、時代、地域別の

器種、器形、厚さ別の錫の含有率の高い高錫青銅器、一般的な青銅、純銅に近い製品に区分けした。一部可能な範囲で金属組織観察を行った。

錫比率を段階的に変えた焼入れ資料を鑄造し、加熱温度、加熱時間などを変えた焼入れを行い、その組織を観察し機械的性質のデータを収集した。

これら資料を総合的に検討して古代の高錫青銅器製作技法の作業工程の詳細を解明した。

更に、時代別、地域別の高錫青銅器研究の成果を集約して、アジアにおける高錫青銅器研究を発展させた。具体的な方法として、国際研究集会を開催し、関連国から研究者を集め、意見交換を行うことが重要と考え、最終年度に国際シンポジウムを実施した。現時点の各地域と時代別の高錫青銅器研究の深度は明らかに粗密があり、本研究終了時に、アジアでの技術の発生、伝播を十分に解明できていない。各国で独自に行っていた研究を集約し、共通認識の下、アジアを俯瞰した次段階への研究へ継続する必要があった。

## 4. 研究成果

研究期間前半の研究は、韓国と日本の研究者が韓国の鑄器工房を共同で調査し、2009年11月に韓国で開催した二国間セミナー『韓半島の高錫青銅器の熱処理技術・製作技術』で発行した論文集 (ISBN 978-4-9905066-0-5) に集約している。

後半の成果は、日本とインドの研究者がインドの工房で共同調査し、日本、韓国、インド、中国の研究者が2010年11月に東京で開催した国際研究集会『アジアの高錫青銅器—製作技術と地域性—』で発表し、発行した論文集 (ISBN 978-4-9905066-1-2) に集約している。前半は韓国の鑄器における研究で、これを踏まえて、後半にインド地域へ視野を広げた。したがって、本研究成果の最終的な集約は国際研究集会論文集に掲載し、概要は以下の通りである。

李恩碩は、韓国統一新羅 (A. D. 679-935) 以前である三国時代には鍛造して焼入れする技術痕跡は確認できないが、類型の鑄型が出土しており統一新羅時代には高錫青銅器の鑄造による製作が始まっていたと発表した。

辛勇旻・李相龍は、韓国慶南地域の高麗・朝鮮時代の高錫青銅器は12~14世紀に編年される青磁と共に出土し、高麗時代には台脚と器身の同時鑄造 (一鑄) は無く、朝鮮時代になって行われるようになると発表した。

金奎虎・安珠暎は、韓国初期鉄器時代の高錫青銅器鏡は多くが錫 22%であるが中には 30%の高いものがあり、熱処理の痕跡は無い。三国時代～統一新羅時代の銅鏡 3 片のうち 1 辺には焼入れ処理が為された組織が見られると発表した。

何堂坤・王佩琼は、中国夏代に高錫青銅器技術が発明され商代晩期に大きな発展をし、商代晩期から春秋戦国時代には無鉛高錫青銅器が登場し、漢代には焼入れ・鍛造結合方法が採用され、焼入れは春秋晩期に発明され、戈、刀、劍などの武器と鏡に広まり、漢代から宋代には容器と打楽器に広まったと発表した。

丹羽崇史は、中国二里头期には錫 23%の釣針が作られ、商代になり鑄造技術とともに焼き鈍しや熱間鍛造技術が伝わっていた可能性があり、西周代には錫 22%の高錫青銅器や、刃部が錫 22%の焼き鈍しと冷間鍛造の戈があると発表した。

Srinivasa Ranganathan らは、南インド巨石文化（紀元前 1000-500 年）において最も古い高錫青銅器が出土し錫 20~25%であり、焼入れ前に加熱鍛造がされ、容器のいくつかは口縁が 0.2-0.8mm と薄く精巧な作りであると発表した。

Vasant Shinde らは、ハラッパー文化はほとんどが純銅製品で、ハラッパー遺跡・モヘンジョダロ遺跡の青銅器 177 点では 30%が青銅で、錫 12%が上限であり、斧の銅製品は非加熱状態で鍛造による製法であったと発表した。

菅谷文則は、日本において、古墳時代に銅、錫、鉛の青銅器を輸入し飛鳥、奈良、平安時代と仏教に継承され、神社には残されず、正倉院に残る新羅からの輸入品の高錫青銅器は仏教使用となったが、韓半島ではその後、鋸器として飯器となり両者は異なると発表した。

三船温尚は、現代のインド、インドネシア、ミャンマー、韓国の高錫青銅器工房では古代同様、鑄造と熱間鍛造で形を作り焼入れ研磨し、古代の高錫青銅器と同じ器形の特徴があり、インドから東域に類似した技法が広がっているが、現代の工房技術からのみ技術発源地を探ることはできないと発表した。

内田純子は、中国殷墟出土の頭盔（ヘルメット）27 点は錫 13.9~21.5%で多くは 14~17%の高錫青銅で、鑄造後に焼き戻されたものもあり、鍛造加工は為されておらず、殷墟では見られない塗錫技術が北方騎馬民族経由で東アジアへ経由された初期のものと考えられると発表した。

長柄毅一は、現代の錫 22~23%の高錫青銅器工房の熱処理温度をサーモグラフで計測すると、インドの 2 工房では鍛造温度は 646~687°C、焼入れ温度 725~730°C、韓国 5 工房では熱間加工温度は 628~657°C、焼入れ 645~740°Cであり、古代においてもほぼ同様の加工法であったと発表した。

清水康二は、紀元前 1 千年紀前半のインド亜大陸の遺跡から出土した熱間鍛造に適した錫 22%、銅 78%の二元系高錫青銅器があり、確認できる最も古い遺物で、インド亜大陸は高錫青銅器技術確立地域と考えられ、西方では二元系高錫青銅器製作の伝統は無く、その後、中国へは漢代以前に伝わり、さらに韓半島へ伝わったと発表した。

発表者と会場の参加者で行った討論会では、各地域、各時代の高錫青銅器研究の個々の成果発表を踏まえ、高錫青銅器研究の問題点と今後の計画等を検討した。先ずこれまでの研究で不統一であった高錫青銅の定義を協議した。その結果は以下のとおりである。一般的な高錫青銅として錫の量が 10%以上のものを指し、錫 10%を超えると合金として硬度が増す。このために錫 10%がひとつの区切りになる。ただし、熱処理型（焼入れによって脆性を改善する必要がある高錫青銅）としては、錫 10%前後からではなく、錫 15%あるいは 16%を境として、それよりも上のもので「熱処理型高錫青銅」と定義することができる。この場合、錫含有量の上限は 25%前後と考えるべきである。錫 25%を超えると金属組織の中の軟らかい  $\alpha$  相が消失し、熱処理の効果が無くなる。さらにインド、ケララ州の高錫青銅鏡のような 33%のものはランガナサンが指摘した通り「超高錫青銅」と定義すべき特殊なものである。そして、この超高錫青銅は熱処理が出来ない青銅であり、熱処理型とは別の高錫青銅器と考えるべきである。現在、冶金辞典などにも高錫青銅という言葉は出てこない状況にあり、そういった整備も本研究集会のこの定義を提案すべきである。

韓半島では統一新羅以降、高錫青銅器を大量に製作するが、文献に残る報告とは別に錫鉱山の位置を明らかにしていくことも必要である。これらは中国や各地においても同様で、本研究にはこういった地質学の検討も重要である。これまで、インドの西ではラジャスタン州に錫の岩帯、ハラッパー遺跡周辺では錫塊があり、インド東でも錫の岩帯が知られている。インド南ではまだ知られていない。ハラッパー文明の高錫青銅器工人は国中に拡散し、やがてインド南部にも伝わったと考え

られ、現在のインド南部の技術を調査記録し、これから古代技法の研究に展開すべきである。

高錫青銅器研究には成分分析が極めて重要な位置を占める。現在の多くは非破壊分析法である蛍光X線成分分析法が用いられている。この方法は、緑青錆の上から分析を行うと錫含有量が実際の数値よりも多くなることが分かってきた。これまで多くの成分値が発表されているが、こういった問題点を提言し、併せて計測位置の状況表記が必要である。

古代では錫の% (比率) をほぼ正確に計測して高錫青銅器を作ったであろうが、重さを測る天秤測りはエジプト文化で絵画に描かれ、中国では漢代に確認されている。日本の分銅は奈良時代遺跡から出土している。殷墟には鉛のインゴットが有り、銅や錫のインゴットもあったと考えられる。高錫青銅器製作にあたっては重量計測器も整備していたと考えられる。

討論会を通して、高錫青銅器研究は多岐に渡る研究を集積して進める必要があるという認識に至った。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 25 件)

- 1) 菅谷文則、日本伝世の古代金属鏡浅説、『アジアの高錫青銅器—製作技術と地域性—』(平成 22 年度 独立行政法人 日本学術振興会 国際研究集会)、p1-p3、査読無、2010
- 2) 三船温尚、現代アジアの高錫青銅器製作技術の比較、『アジアの高錫青銅器—製作技術と地域性—』(平成 22 年度 独立行政法人 日本学術振興会 国際研究集会)、p5-p11、査読無、2010
- 3) 清水康二、佐波理伝来 一二元系高錫青銅容器の来た道一、『アジアの高錫青銅器—製作技術と地域性—』(平成 22 年度 独立行政法人 日本学術振興会 国際研究集会)、p13-p22、査読無、2010
- 4) 長柄毅二、現代のインド、韓国における高錫青銅器の加工と熱処理—熱間加工温度と熱処理温度の調査報告、『アジアの高錫青銅器—製作技術と地域性—』(平成 22 年度 独立行政法人 日本学術振興会 国際研究集会)、p23-p30、査読無、2010
- 5) 丹羽崇史、中国における高錫青銅器の展開—先秦期を中心に—、『アジアの高錫青銅器—製作技術と地域性—』(平成 22 年度 独立行政法人 日本学術振興会 国際研究集会)、p31-p35、査読無、2010

6) 内田純子・飯塚義之、殷墟王墓発見の高錫青銅頭盔の化学分析、『アジアの高錫青銅器—製作技術と地域性—』(平成 22 年度 独立行政法人 日本学術振興会 国際研究集会)、p39-p46、査読無、2010

7) 李恩碩、韓半島における統一新羅以前の高錫青銅器、『アジアの高錫青銅器—製作技術と地域性—』(平成 22 年度 独立行政法人 日本学術振興会 国際研究集会)、p47-p54、査読無、2010

8) 辛勇旻・李相龍、慶南地域における高麗～朝鮮時代墳墓出土の高錫青銅遺物研究、『アジアの高錫青銅器—製作技術と地域性—』(平成 22 年度 独立行政法人 日本学術振興会 国際研究集会)、p55-p62、査読無、2010

9) 金奎虎・安珠暎、韓国の古代高錫青銅器の時代別組成 特性と變遷、『アジアの高錫青銅器—製作技術と地域性—』(平成 22 年度 独立行政法人 日本学術振興会 国際研究集会)、p63-p69、査読無、2010

10) Vasant Shinde・Shweta Sinha Deshpande、The Bronze Age Civilization of South Asia: An Overview、『アジアの高錫青銅器—製作技術と地域性—』(平成 22 年度 独立行政法人 日本学術振興会 国際研究集会論文集)、p71-p80、査読無、2010

11) 何堂坤・王佩琼、中国古代高錫青銅熔煉和制作技術初步研究、『アジアの高錫青銅器—製作技術と地域性—』(平成 22 年度 独立行政法人 日本学術振興会 国際研究集会)、p81-p90、査読無、2010

12) Srinivasa Ranganathan・Sharada Srinivasan・Ian Glover、Indian High Tin Bronzes: A continuing tradition from ancient to modern times、『アジアの高錫青銅器—製作技術と地域性—』(平成 22 年度 独立行政法人 日本学術振興会 国際研究集会)、p201-p210、査読無、2010

13) 菅谷文則、日本古代の佐波理、『韓半島の高錫青銅器の熱処理技術・製作技術』(平成 21 年度 独立行政法人 日本学術振興会 二国間交流事業<韓国とのセミナー>)、査読無、p7-p14、2010

14) 趙南哲・金奎虎、韓国高錫青銅器の材料学的特性—銅鏡とパンチャ鍮器を中心に—、『韓半島の高錫青銅器の熱処理技術・製作技術』(平成 21 年度 独立行政法人 日本学術振興会 二国間交流事業<韓国とのセミナー>)、査読無、p17-p30、2010

15) 清水康二、アジアにおける二元系高錫青銅器の展開、『韓半島の高錫青銅器の熱処理技術・製作技術』(平成 21 年度 独立行政法人 日本学術振興会 二国間交流事業<韓国

とのセミナー>)、査読無、p33-p47、2010  
16) 李恩碩、青銅遺物製作技術検討に関する具体的事例報告、『韓半島の高錫青銅器の熱処理技術・製作技術』(平成 21 年度 独立行政法人日本学術振興会 二国間交流事業<韓国とのセミナー>)、査読無、p51-p62、2010  
17) 李相龍、慶南地域高麗~朝鮮時代墳墓出土青銅器研究、『韓半島の高錫青銅器の熱処理技術・製作技術』(平成 21 年度 独立行政法人日本学術振興会 二国間交流事業<韓国とのセミナー>)、査読無、p65-p78、2010  
18) 長柄毅一、李相龍、高麗、朝鮮時代の高錫青銅器の金属組織、『韓半島の高錫青銅器の熱処理技術・製作技術』(平成 21 年度 独立行政法人日本学術振興会 二国間交流事業<韓国とのセミナー>)、査読無、p81-p93、2010  
19) 庄田慎矢、權柱翰、清水康二、三船温尚、長柄毅一、現代韓国の高錫青銅製作の現状—奉化郡奉化鎡器工房、奉化郡乃城鎡器工房、金泉市高麗方字調査報告一、『韓半島の高錫青銅器の熱処理技術・製作技術』(平成 21 年度 独立行政法人日本学術振興会 二国間交流事業<韓国とのセミナー>)、査読無、p97-p107、2010  
20) 村松洋介、三船温尚、長柄毅一、清水康二、權柱翰、李相龍、現代韓国の高錫青銅器製作—金泉市李云炯氏工房、居昌郡イソンスル氏工房調査報告一、『韓半島の高錫青銅器の熱処理技術・製作技術』(平成 21 年度 独立行政法人日本学術振興会 二国間交流事業<韓国とのセミナー>)、査読無、p111-p129、2010  
21) 長柄毅一、三船温尚、李恩碩、權柱翰、李相龍、清水康二、庄田慎矢、村松洋介、Han Min-Su、金夏廷、鎡器の熱処理と加工技術、『韓半島の高錫青銅器の熱処理技術・製作技術』(平成 21 年度 独立行政法人日本学術振興会 二国間交流事業<韓国とのセミナー>)、査読無、p133-p160、2010  
22) 李恩碩、李相龍、清水康二、三船温尚、Han Min-Su、庄田慎矢、長柄毅一、全南宝城澄光里鎡器工房の調査、『韓半島の高錫青銅器の熱処理技術・製作技術』(平成 21 年度 独立行政法人日本学術振興会 二国間交流事業<韓国とのセミナー>)、査読無、p 163-p174、2010  
23) 清水康二、長柄毅一、奥山誠義、三船温尚、『鑄錢図解』に見る「床焼」について、アジア鑄造技術史学会誌 FUSUS3 号、査読有、p35-p44、2010  
24) 三船温尚、製作技術からみた弥生青銅器、月刊考古学ジャーナル 9 月号 (ニューサイエ

ンス社)、査読無、p15-p18、2009

[学会発表] (計 25 件)

1) 長柄毅一、Vasant Shinde、清水康二、青柳泰介、李相龍、三船温尚、インド・マフルジャリ (Mahur Jhari) 遺跡出土の銅鏡について、アジア鑄造技術史学会研究発表会概要集 4 号、p. 75-p. 84、査読有、2010  
2) Takekazu Nagae, Han Min-Su, Lee Eun Seok, Lee Sang Yong, Haruhisa Mifune, Yasuji Shimizu, Shinya Shoda, Forging Technique for Korean Hghi-Tin Bronzeware “ban-bangjja” and its microstructure BUMA VII (National Institute of Advanced Studies, India)、査読無、2009  
3) 長柄毅一、横田 勝、三船温尚、野瀬正照、菅谷文則、清水康二、宮原晋一古代青銅鏡を対象とした高錫青銅合金の熱処理と金属組織ならびに機械的性質、日本金属学会 2007 年春季 (第 140 回)、大会概要集 P323、査読有、2007

[図書] (計 1 件)

1) 佟佩華、魏成敏、党浩、守功、李日訓、李振光、三船温尚、小堀孝之、清水克朗、清水康二、菅谷文則、『鑑耀齊魯—山東省文物考古研究所出土銅鏡研究』、文物出版社 (北京)、総 427 頁、査読無、2009

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)  
○取得状況 (計 0 件)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

三船 温尚 (Mifune Haruhisa)  
富山大学・芸術文化学部・教授  
研究者番号：20181969

### (2) 研究分担者

長柄 毅一 (Nagae Takekazu)  
富山大学・芸術文化学部・准教授  
研究者番号：60443420

### (3) 連携研究者

原田 一敏 (Harada Kzutosi)  
東京芸術大学・美術館・教授  
研究者番号：20141989

清水 康二 (Shimizu Yasuji)  
樞原考古学研究所・調査第 2 課・主任研究員  
研究者番号：90250381