

銅鐸の保存処理の現状

内田俊秀*・沢田正昭**・喜谷美宜***

1. はじめに

銅鐸は弥生時代を代表する青銅製品で、国内で生産された立体的な金属製品としても最初の物であろう。その機能は本来「鐘」であったが、形的大型化に伴って、「聞く」銅鐸から「見る」銅鐸に変化していったともいわれている。¹⁾ また、その材質は、銅・錫・鉛の三種類の金属から成る銅合金である。しかも金属の板を曲げて作るなどの鍛造品ではなく、鋳型に金属を溶かして流し込む鋳造品である。

昭和39年12月、兵庫県神戸市桜ヶ丘から14個の銅鐸と7本の銅戈が発見された。その後、これら一連の資料は、「国宝」に指定されている。現在、4年計画でこれらの保存処理が行なわれつつある。小文では、この桜ヶ丘銅鐸の保存処理例を参考にしながら、銅鐸の保存処理法、特に事前調査法の現状を述べ、この分野の検討材料として提起したい。なお、保存処理の過程で明らかになった新しい知見については、いずれ、神戸市から報告される予定である。

2. 保存処理の仕様

桜ヶ丘銅鐸の場合は、土取り作業中に偶然に発見されたものである。埋納されていた場所は、六甲山の中腹から少し降りたところにある、小高い丘の東向きの斜面である。神戸市教育委員会は、銅鐸と銅戈のすべてを神戸市立美術館倉

庫に一旦収納し、その後白鶴美術館に収蔵場所を移した。昭和44年に神戸市立考古館に移されたが、すぐ近くに高速道路のトンネル開口部があり、大気汚染による銅鐸への影響が危惧されたため、神戸大学工学部に依頼して、昭和50年から2年間、保管場所として適切か否かの環境調査を実施し、安全を期した。昭和57年、新しく神戸市立博物館が開設されたのに伴い、銅鐸等はここに移され、現在に至っている。なお、修理事業は神戸市の事業として進められているが、考古学者・保存科学者を中心にした保存対策委員会が設置されており、この指導の下に保存処理が実施中である。

出土後、約20年経過した桜ヶ丘銅鐸の現状については、筆者の喜谷が昭和57年に行なった観察結果の報告²⁾で述べている。これによれば、銅鐸の表面に白緑色の粉状の錆が発生し、いわゆる「ブロンズ病」の疑い(後述)がもたれた。また、発見時には簡単な土の除去が行なわれているが、依然としてかなりの土が表面に残っており、これが銅鐸そのものに与える影響も検討されなくてはならない問題のひとつとされた。さらに、考古学の立場から新たな検討が自然科学的手法も援用しつつ追加することも提案された。こうした背景のもとで、今回の保存処理が実施されることになった。

委員会で検討された保存処理の工程は、次の

とおりである。

- 1) 処理前の調査・記録（考古学的調査、X線透過写真撮影、成分分析等の自然科学的調査）
- 2) 土・錆の除去（物理的方法に頼り、錆を溶かす化学薬品などを使用しない）
- 3) 銅鐸の洗浄（有機溶剤の混合液を用い、水などを使用しない）
- 4) ベンゾトリアゾール（B. T. A）による防錆対策（B. T. A／エタノール溶液を含浸する）
- 5) アクリル樹脂（B. T. A を混合）の減圧含浸による銅鐸の強化
- 6) 処理後の調整（合成樹脂による色調や光沢の変化を最小限に抑制する）
- 7) 保存処理の全工程の記録保存

なお、保存処理の仕様によれば、銅鐸の質感が処理前と変わらない程度に色調等を調整して保存処理を行なうよう指示されている。すなわち、銅鐸の表面にコーティングされる合成樹脂の塗膜は、厚くするほど保存効果は上がるが、厚さが増す分だけ表面に合成樹脂の光沢が強く残る。今回の場合には、樹脂光沢はできる限りおさえ、保存効果が減ずることについては、むしろ、銅鐸が保管される環境を制御することで補うことになった。すなわち、展示ケースや博物館内の温湿度を調整したり、空気汚染に対する保護対策を講ずることである。

3. 銅鐸の事前調査

事前調査の項目は、遺物の種類やその材質、埋蔵環境によってその都度、適宜決められるべきである。今回の場合、主として次のような項

目について事前調査を行なった。

- ①錆で被膜された、みえない部分のX線透過写真による観察（X線透過写真）
- ②表面に付着する錆を分析し、それが銅鐸本体に及ぼす影響の検討（錆の分析調査）
- ③自然科学的手法による銅鐸の材質等の調査

3-1 X線透過写真

錆で被覆され銅鐸の原形が確認できない部分、あるいは発見時の工具などによる衝撃で生じたひび割れなどの存在を確認するため、X線透過

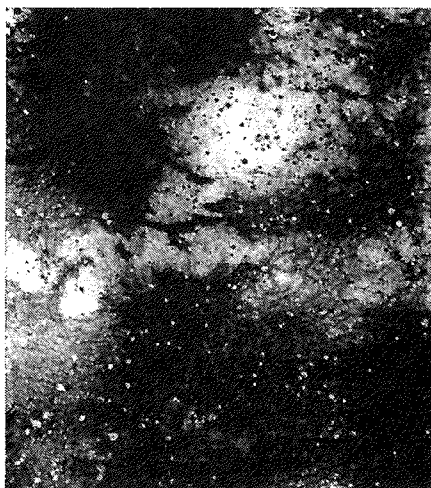


図1 銅鐸のX線透視写真（部分）

写真による調査が行なわれた。図1は桜ヶ丘銅鐸（2号鐸）のX線透過写真の一部分である。大きなクラックが入っている様子や、鑄造時に湯（溶かした金属）が鑄型の隅々にまでまわりきれずに銅鐸に穴があいてしまった部分、そして、いわゆる「鑄掛け」などによる補修の様子を明確にうかがい知ることができた。

「鑄掛け」⁹⁾ による補修（図2参照）を行なったのか、「鑄加え」¹⁰⁾ による補修、さらには象嵌技法のように、穴の形に見合う板を嵌めこんで補修したのか、などは不明であるが、比較的小さい面積の補修箇所については、むしろ、鑄加えのような簡便な手法で補修されたのではないと思われる。なぜなら、補修部分の金属が銅鐸本体に融合しているようには見えない（図1参照）からである（鑄掛け部分と銅鐸本体との間に隙間がみえる）。また、図1には、象の皮膚のようにしわしわになった無数のひび割れや、金属板をひきちぎるようにすると生じるような大きい割れ目が多数みられた。これらは鑄型の温度が適切でなかったために、いわゆる、鑄造がうまくできなかったためであろう。

こうした材質のみならず構造を正確に調査することは、保存修理を行なううえでもきわめて重要なことである。文様についても、錆のために隠れて見えなかった部分を透視することができるので、付着した土壌や錆を削り落とす際には大いに役立つ。

3-2 錆の調査

銅鐸に付着している錆は、多くは緑色を呈している。調査の結果によると、塩基性炭酸銅のマラカイト $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ やアズライト $2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ が検出された。さらに、

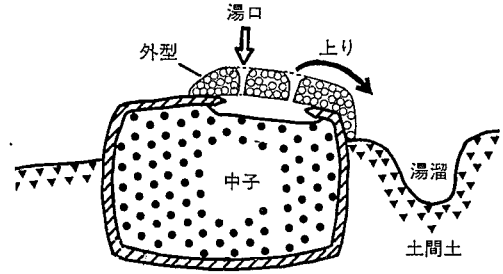


図2 蒸し鑄掛けの構造図（注3参照）

塩基性塩化銅で白緑色を呈するアタカマイト $\text{CuCl}_2 \cdot 3\text{Cu}(\text{OH})_2$ も検出された。これは、青銅器の保存という観点からみれば、危険な錆であり、この種の錆が発生するような状態を「ブロンズ病」¹¹⁾ と呼んでいる。

すなわち、銅に塩化物イオンが作用して、塩化第一銅となる。さらに、水や酸素の供給によって、アタカマイトなどの塩基性塩化銅が生成される。そして、再び塩化物イオンが遊離し、それがまた新たに銅成分と反応する。この化学反応の繰り返しが、銅鐸を侵食し続ける結果となる。保存処理に際しては、これらを可能な限り物理的に除去する。そして、銅合金の防錆剤として有用なベンゾトリアゾールをしみこませる。錆（銅イオン）と反応させてベンゾトリアゾール第二銅塩の薄い皮膜を形成し、銅鐸の表面の安定をはかるためである。

錆の種類や性質をより詳細に知ることによって、はじめて保存修理の計画が正しく立てられるわけである。

3-3 材質調査

文化財の保存処理や調査研究のためには、まず材質を調査する。その場合、貴重な文化財資料は、非破壊的な手法で分析されるのが望ましい。最近、とみに利用される分析方法は蛍光X

線分析法と呼ばれる。同法は遺物にX線を照射すると、含有する元素が励起され、元素特有のX線を二次的に発生する。これを蛍光X線と呼ぶが、そのX線から含有元素の種類を特定する（定性分析）ことができる。また、蛍光X線の強さから含有量を知る（定量分析）こともできる。

銅鐸の表面は、通常錆で覆われているので、非破壊的な方法による蛍光X線分析法では、銅鐸表面の錆を分析することになる。したがって、その表面の錆が銅鐸自体の材質の特徴を表現し得るか否かが問題となってくる。銅鐸の表面を覆う錆には、①銅鐸の組成を或程度まで反映し得るタイプと、②銅鐸の組成成分を全く反映していないタイプがある⁹⁾ことがわかっている。すなわち、前者は銅鐸本体がその表面から内部に向けて腐食した場合で、銅、錫、および鉛成分を含んでいる。後者は主として銅成分が移行して銅鐸表面を覆うようにして形成されるタイプの錆で、この種のタイプには、錫や鉛が殆ど含まれてこない。蛍光X線分析を行なう際には、前者の、錫や鉛成分を含むタイプの錆を選んで分析することにより、銅鐸の材質的特徴を探ることができる。

桜ヶ丘第8号銅鐸について、その組成を反映し得るタイプの錆部分を選び、直径1cmの円形範囲で40箇所について測定を行なった。図3は錫成分と鉛成分の含有量を表わす蛍光X線の強度比を、そのままX-Y座標に表わしたものである。同一個体の銅鐸でありながら、40箇所の部分に含まれる銅・錫・鉛の含有量はそれぞれ異なり、これらの測定点は同一値としてまもらない。しかし、図3にみるように、これらの測定点はほぼ一直線上に並び、それらの相関

係数（ γ ）は、0.94を示している。銅の含有量に対する錫と鉛の含有量比が、ほぼ比例的な関係にあるためである。そして、鉛に対する錫の含有量比が大きい場合には、これら測定点から得られる回帰直線（各測定点からの距離の二乗の和が最小になるような直線）の勾配が大きくなり、含有量比が小さい組成をもつ試料では、その勾配は小さくなる。このような結果をもとに、銅鐸の錫と鉛の含有量比を推定することが可能となる。この方法によれば、上述のように錆の種類を選定することによって、銅鐸自体が錆びていても、その錆の分析から材質の特長を或程度まで知ることができる。⁷⁾

昭和の初期から現在までに行なわれた銅鐸の化学分析の結果をまとめると、およそ次のようになる。

銅： 60 ～ 95%（平均 85%）

錫： 0.5～30.0%（平均 5%）

鉛： 1.0～10.0%（平均 5.4%）

このうち、錫含有量はほとんどが2%から10%の範囲内にある。そして、概して古式から新式に移行するにつれて錫含有量は減少する傾向にあるといわれている。しかし、分析例は、現

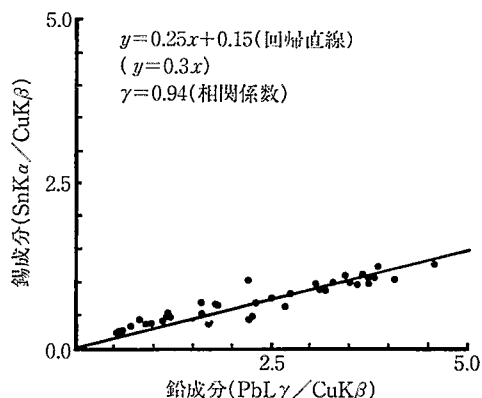


図3 銅鐸の蛍光X線分析（錫/鉛：X線強度比）

表1 試験体の含有比率(%)

試料	銅	錫	鉛
1	90	5	5
2	85	10	5
3	80	15	5
4	75	20	5
5	70	25	5
6	65	30	5

在のところきわめて少なく、なお検討の余地がある。銅鐸には、主要成分としての銅・錫・鉛の他、微量元素として、鉄・ニッケル・アンチモン・亜鉛・砒素などが含まれている。これらの微量成分もまた、銅鐸の研究には有効な情報をもたらすものと思われる。

弥生時代から古墳時代にかけて数多くの青銅製品が作られているが、これらのほとんどは、銅—錫—鉛の三元合金である。三種類の金属を合わせる時、個々の含有比率を変えることによって合金の性質が違ってくる。合金の色調からも或程度まで材質の違いを識別することができるため、従来は、青銅器の金属部分を削り出して観察する場合も多々あったようだ。

小文では、含有比率と色調の関係を追認する意味で、次のような実験を行なったので紹介する。まず、試験体の配合率は表1に示す6種類を設定した。鉛含有量を5%に固定し、錫と銅の含有量を変化させて、それらの色調を検討したものである。試験体の色調は、錫含有量が10%以下では、黄金色の、いわゆるしんちゅう色を呈するが、錫含有量が20%を越えると次第に銀色を呈するようになる。⁸⁾ 銅鐸の多くが、当初、しんちゅう色を呈していたということは、従来からいられていたことである。

今回の実験ではこれらの試験体について、さらに、次のような物理的特性についても検討したので紹介する。硬さ試験の結果からは、錫含有量の増加に伴い硬度は増え、衝撃試験の結果からは、錫の含有量が15%を越えると急激にもろくなることがわかった。特殊な例を除いて、銅鐸に含まれる錫含有量比は、ほとんどが10%以下であり、銅鐸は叩かれる、すなわち「鳴らす」ための機能にも十分耐えることができたであろうと思われる。

4. お わ り に

X線透過写真などをもとにして銅鐸表面の土壌や錆を削り落とした結果、同一個体においても文様の鮮明な部分とそうでない部分が現れた。文様の鮮明度は鑄上りの良否とも密接なかわりがある。銅鐸の表面には、鑄放しの肌ばかりでなく研磨された(鑄さらい)と思われる部分も見受けられ、鑄造後の表面仕上げの技術も検討できるようになった。

銅鐸の保存処理のために、各種の自然科学的方法による事前調査を行なうが、その結果、さらに新しい知見が発見されることも多いので、事前調査には常に万全を期したいものである。なお、保存処理の具体的な内容については割愛したが、前述の仕様どおりに処理が進められている。この方法は銅鐸のためのひとつのモデルケースであり、基本的にはそれぞれの保存条件に合わせてその都度検討され、処置されるべきである。

合成樹脂をしみ込ませて強化する保存処理の欠点のひとつは、処理後、元の色調が変わったり、処理のための薬品などによって外観が変化

しやすいことである。保存処理の実施にあたっては、「保存処理の方法」とその結果として得られる「保存処理の効果」とは天秤にかけられ、「外観や質感の変化」を考慮しながら、どちらかが或る程度まで妥協するという形で進められ

てきている。こうした妥協が必要以上に強いられることのないように、新しい保存処理の方法を開発研究していくことも青銅器、とりわけ銅鐸保存の今後の課題である。

注 1 田中 琢(1970)「まつり」から「まつりごと」へ、『古代の日本』第5巻近畿，角川書店。

注 2 喜谷美宣(1982)神戸市桜ヶ丘町出土の銅鐸・銅戈群の埋納状況について、『考古学雑誌』第68巻第1号。

注 3 鹿取一男(1983)「美術鑄物の手法」。

注 4 鋳掛けに類似した補修法で、欠損部に溶かした金属を加えて埋める方法。「鋳掛け」のように、湯を流しこんで、銅鐸の本体が部分的に融けるまで流し続ける方法ほど本格的ではない。

注 5 内田俊秀(1984)出土青銅製品の保存科学的観察、『出土青銅製遺物の実態調査報告書』，財団法人元興寺文化財研究所。

注 6 沢田正昭(1982)青銅遺物の組成とサビ、『文化財論叢』，奈良国立文化財研究所。

注 7 沢田正昭(1984)青銅鏡にみられるサビの構造と組成、『古文化財に関する保存科学と人文・自然科学』，同朋舎出版。

注 8 内田俊秀・石野享・米田博幸(1987)「青銅鏡の物性と色調〔1〕」第9回古文化財科学研究会大会発表資料。

(* 元興寺文化財研究所)

(** 奈良国立文化財研究所)

(***神戸市立博物館)