# 鉛同位体比による青銅器研究の30年
## －弥生時代後期の青銅原料を再考する－

馬淵　久夫

●

●キーワード：鉛同位体比（lead isotope ratio），青銅　（bronze），　弥生時代（Yayoi period），
古墳（ancient burial mound），銅インゴット（copper ingot），銅鐸（dotaku），
青銅鏡（bronze mirror），ブロンズロード（bronze road）

## 1．はじめに

鉛同位体比が地球上でかなり大きく変動することは，20 世紀前半から分かっていた。変動の原因がウラン同位体・トリウム同位体の放射壊変によることが明らかになるにつれて，放射性核種の親娘関係を使って年代を計ることが試みられ，遅くとも 1960 年までには岩石・地球などの固化年代が推算されていた。

一方，鉛同位体比が鉱床ごとに違った数値をとるという事実そのものを個体識別に使うことも考えられた。比喩的な意味でのいわゆる指紋 finger print であるが，これは遺留品を調べる犯罪科学でも，あるいは，むかしの遺物を調べる考古科学でも，両方に可能性があった。実際には後者が早く，1960 年代半ばに古代の鉛ガラスを測定した米国コーニング・ガラス博物館の Brill and Wampler（1967）が最初のようである。なお，類似の考え方だが，Patterson（1971）が可能性を指摘し，Rabinowitz and Wetherill（1972）が最初に実行した環境科学への応用もある。平尾・馬淵らは，後述する考古学資料の測定と平行して東京湾海底土のボーリングコア中の鉛同位体比を測定し，江戸時代中期から現代までの東京近辺において使用された鉛の出所を推定している（Hirao・Mabuchi・Fukuda・Tanaka・Imamura・Todoroki・Kimura and Matsumoto 1986）。

わが国での考古学資料への応用研究は山崎一雄によって始められた。1965 年にボストン美術館で Brill の講演を聞いた山崎一雄は，室蘭工業大学・室住正世研究室の質量分析計を使って日本出土青銅器の測定を開始し，1976 年には予備的結果を得ていた（山崎・室住 1976，山崎一雄 2001）。このテーマは，丁度この年に始まった文部省科学研究費特定研究「自然科学の手法による遺跡・古文化財等の研究」（1976～78 年度），およびそれを継承した「古文化財に関する保存科学と人文・自然科学」（1980～82 年度）の中で青銅器研究班（班長：樋口隆康）として推進されることになる。

筆者は考古学の西田守夫・化学の平尾良光の協力をえて青銅器研究班に属し，文部省科学研究費補助金一般研究 A で東京国立文化財研究所に設置された日本電子社製表面電離型質量分析計 JMS 05RB を使って日本出土青銅器の研究を開始した。この研究は筆者が同研究所に在籍した 1992 年まで続き，その間に弥生時代から奈良時代初頭までの銅器・青銅器・ガラスなどを総計約 2500 資料ほど測定した（約半数を公表）。1991 年からは中国社会科学院世界宗教研究所の金正耀（2000）を招き，主として中国出土の商周青銅器の測定を開始した。1992 年以後は平尾・金らによって日本および中国出土青銅器類の測定が続けられ，2003 年からは平尾の新しい勤務先である別府大学で継続されている。他方，国立歴史民俗博物館の齋藤努は，1990 年代後半から新しく設置された表面電離型質量分析計 Finnigan MAT 262 を使っ

くらしき作陽大学 食文化学部　〒710-0292 岡山県倉敷市玉島長尾 3515

て日本の銭貨や三彩・緑釉陶器などの研究を始め（齋藤努編 2001），最近では日韓共同研究によって朝鮮半島出土の銅器・青銅器類を測定している（齋藤努・趙榮濟ら 2006）。

以上は過去30年にわたる鉛同位体比研究の簡単な概括であるが，その間に非測定者によるデータ解釈についての異論がいくつか提示された。その中で論文として発表されたのは新井宏（2000）のもので，筆者らが発表した論文を精読し，いくつかの点で筆者らとは別の解釈を提案している。筆者は，以下の記述の中で新井の論点に関連があり，誤っていると考えられる場合には引用して筆者の見解を述べていきたい。

この小論は，まず過去を振り返って鉛同位体比の解釈に最も重要なキーポイントになる事項を整理して筆者の考えを述べ，第2に岡山市で最近発見された弥生時代後期の銅インゴットと考えられる物体を紹介し，さらにその資料を含めた弥生時代後期の多数のデータから帰納される銅鐸製作の原料についての新しい考えを述べることにする。

## 2．鉛同位体比の測定

### 2.1　計測の歴史的変遷

鉛同位体比の測定器は地球科学者のために1950年代から開発されていたが，1960年頃までの測定は，揮発性の四メチル（エチル）鉛を気体用質量分析計で分析するというマクロ法によっていた。この機器では同位体分別が大きく，その補正ができないので誤差の大きいデータしか得られなかった。その後，表面電離型質量分析計が改良され，リン酸・シリカゲルに混ぜた微量の鉛をレニウム・フィラメントに装着する試料調整法が開発されると，1 μg より少ない鉛で計ることができるため，文化財に適した手段となった。

1977年3月に東京国立文化財研究所（当時）に設置された質量分析計（日本電子製）はこのタイプのものであったが，イオンビームの計測部が single collector, chart recorder 方式であった。つまり，磁場の強さを一定速度で変えて質量数204から208までを走査往復し，ペンで描かれたチャート上のピーク高比をノギスで測って統計処理するという方法であった。これでは100往復させて統計処理をしても測定誤差は0.2%以下にはならず，N.B.S.（米国標準度量衡局）の標準試料で規格化することも不可能であった。1970年頃までに，NASA のアポロ計画で大量の資金を機器の精度向上につぎ込んだ米国では，同位体比のコンピュータ計測は常識になっていた（月面岩石の年代測定には質量分析計は必須）。日本のメーカーもコンピュータ化は可能であったと思うが，需要の少ない表面電離型には投資をしなかった。

この局面を打開したのは共同研究者・平尾（青山学院大学）の友人で米国での測定経験をもち，コンピュータに詳しい藤井清志（苫小牧工業高等専門学校）であった。東京国立文化財研究所の招聘研究員として6ヶ月滞在された氏は，Hewlett-Packard 社製のアナログ・デジタル変換器とマイクロコンピュータを装着し，計測部分を自動化した（藤井清志 1979）。およそ自然科学の実験で最も重要なのは測定値の信頼性である。このコンピュータ装備によって国際標準（当時の鉛の場合）の±0.03%の精度に達し，青銅器を測定できたのは1980年3月11日で，機器設置からちょうど3年後であった。

### 2.2　測定精度の重要性

通常は当然のこととして論文には詳述しない測定精度にあえて触れるのは，悪い精度のデータを混用して誤った結論に至る例が見受けられるからである。鉛に限らず同位体比測定には，非測定者には理解しにくい独特の問題がある。それは①機器ごとに固有の数値をもつ質量差別効果と，②フィラメントから鉛が蒸発するときに起こる同位体分別である。

前者①は，質量の違う同位体同士の比を機器が真の値から一定方向へ少し偏って表示する現象である。このため，同位体比がわかった標準資料 NBS（現在 NIST）SRM－981を測定し質量差別係数を求めて生（なま）の計測値に掛けるという操作をする。ところが，測定精度が悪いと有意の質量差別係数が求められない。無理に補正をすると，悪い方向に補正をする可能性があり，真の値からさらに遠ざかるという恐れがある。

新井宏（2000）の論文にはこの種の問題点がある。新井はその論文の13頁（通巻97頁）の第12図に陳毓蔚（新井論文では古字「毓」を「育」としている）らの中

国鉛鉱石のデータを測定誤差が「0.3%程度で，大きく劣っているがマクロの議論には不足ない」として遼寧省青城子の鉛が領域Aに入ると判断している。筆者は1982年6月に日光で開かれたThe Fifth International Conference on Geochronology, Cosmochronology and Isotope Geologyの席で貴陽地球化学研究所（当時）の陳毓蔚副教授と面談し，その後中国の鉛鉱石の重要なものを送っていただいた（東アジア鉛鉱石の論文「馬淵・平尾1987」中でこのことを記述し，陳毓蔚副教授に謝辞を記している）。面談の際，陳副教授は測定器が古いものでチャートレコーダー方式のため精度が悪いことを認めておられた。陳らのデータは地質構造の研究の一環なので$^{204}$Pbをベースにした数値である。新井論文の第12図にプロットした数値は$^{204}$Pbベースの数値同士の商であると思われる。これ以上の詳細は説明が煩雑になるので省略するが，筆者はチャートレコーダー時代からの測定経験者として，陳らの公称±0.3%は事実上±1%程度のばらつきになると考えている。従って，第12図を使っての議論は全く無意味である。前漢鏡タイプ（領域A）の鉛が遼寧のものだという根拠はないことになる。

②の同位体分別の効果というのは，フィラメントから蒸発するときに軽い同位体の蒸発速度が速く，時間とともに同位体比が重いほうに偏っていくという現象である。これは人工的に造った$^{205}$Pb（半減期$1.52\times10^{7}$，EC壊変）をスパイクとして混ぜるという補正法も考えられるが，現実には定量に大変な手間がかかるので不可能である。そこで，測定には標準試料と未知試料を時間の関数として同じ加熱条件で測定するという方法で処理するのが普通である。同位体分別効果は精度の高さに限界を与える。つまり，0.01%以下の誤差で数値が示されても，下位の桁の数字は意味がないということになる。

## 3．鉛同位体比研究から得られる情報

鉛同位体比研究というと産地推定provenance studyと直結することが多いが，過去の事例をみると必ずしもそれだけではない。ここでは，いま考えられる応用のタイプを挙げ，これらについて筆者らが得た結果を記述する。

### 3.1　個体の識別

鋳造の際にスズ・鉛などを含む銅の融解した「湯」が十分攪拌されていれば，青銅器のどの部分から試料を採取しても同じ同位体比を示すはずである。この均一性は鏡や銅鐸で調べたところでは成立するので，個体の識別に利用できる。

たとえば，同一古墳・遺跡から出土した鏡片群，特に三角縁神獣鏡，の関連試料について，どの個体に属するかの判定に応用した例がある（馬淵・平尾1980；馬淵1988；馬淵・平尾・西田1991）。また，青銅器の鋳掛け部分の分析から，本体と同類の材料を使っていること，すなわち当時の作業であることを論じた例もある（馬淵・平尾1982b；馬淵・平尾・西田1991）。最近では井上洋一らが，銅鐸の本体と破片の一体性の識別，武器形青銅器の破片の照合などに応用した例を挙げている（井上・松浦・平尾・早川・榎本・鈴木2002）。

### 3.2　歴史学・考古学の画期と鉛同位体比の相関

1982年から1992年までの10年間に筆者らが発表した論文は測定資料ごと，あるいは出土遺跡ごとにまとめているので，英文のReview（Mabuchi・Hirao・Nishida 1985）を除いては鉛同位体比研究の全体像を記していない。しかし，時代の関数として鉛同位体比データを整理すると，歴史学・考古学の画期との相関が浮かび上がってくる。以下は要点である。

図1は銅鐸論文（馬淵・平尾1982b）の中で筆者らが内容説明の必要上考え出した日本出土青銅器の鉛同位体比分布図である。現在でも測定資料の判別のために使われているので20年以上の寿命を保っている。この図を作成する基になったのは，西田守夫（1982，1983）の提案による漢式鏡の研究（馬淵・平尾1982a；馬淵・平尾1983）および本村豪章・野口義麿の試料提供による銅鐸の研究である。図1は5桁で示される鉛同位体比の数値を感覚的にとらえるのには便利な図であるが，誤解される可能性を孕んでいるので，各領域の意味についてあらためて説明を加えたい。

まず，図1の領域AおよびBは日本で出土した漢式鏡の分布する範囲で，中国で出土したものについては未知数であることを強調しておきたい。つまり前漢・新・

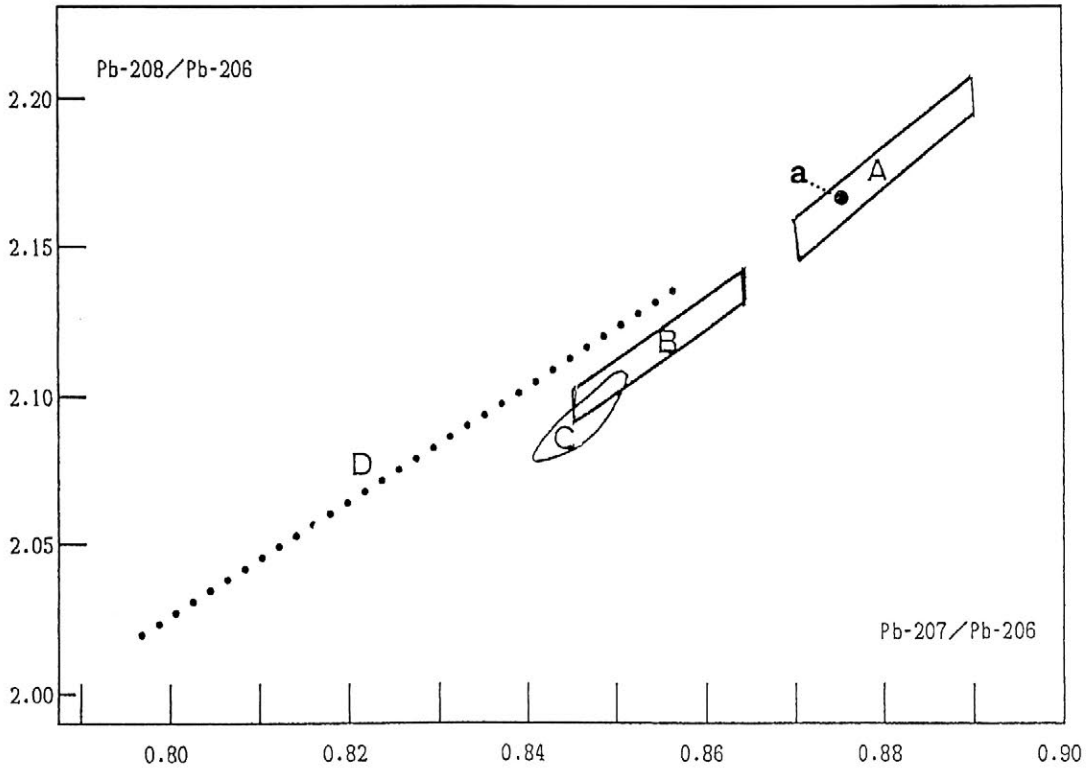


図1　日本出土青銅器の鉛同位体比分布図
A：前漢鏡の領域　B：後漢・三国鏡の領域
C：日本産鉛　D：朝鮮系遺物ライン

Fig. 1　Schematic diagram of lead isotope ratios for distinguishing between ancient Korean, Chinese and Japanese bronzes
A：Western Han Mirrors　B：Eastern and Post－Han Mirrors
C：Japanese lead　D：Korean mirrors and weapons

後漢・三国・西晋・東晋などの時代に中国から倭の国々に運ばれてきた舶載鏡についての区分である。中国全土で出土する前漢鏡がこの分別に当てはまるかどうかは，中国あるいは日中共同の研究による今後の測定に俟ちたい。それは各王朝が青銅原料を鉄や塩のように統制していたかどうかを推し量る目安になる。

第2に，ラインDは，鳥取県泊銅鐸の鉛同位体比異常値を解釈するために「初期段階の銅鐸が異常値を示すので，漢式鏡とは違う別の場所，おそらく朝鮮半島の材料ではないか。」と仮説をたて，それが追加資料で検証されたために納得して引いたラインである。論文発表時の1982年には，異常値をもつ銅鐸は泊鐸（外縁鈕Ⅰ式）と出土地不詳鐸（菱環鈕式）だけだったので，「初期段階の銅鐸が異常値」と一般化するにはデータ不足の感があった。しかし，筆者は仮説検証方式が成功したことと佐原真の編年と整合性をもつことが分かったので確信をもっていた。その後，1985年，島根県荒神谷遺跡で出土した6個の銅鐸（菱環鈕式1個，外縁鈕式5個）によりこの点の確実性は強められた。「朝鮮半島の材料ではないか」は多鈕細文鏡や細形銅剣などと同類の鉛であることが確認されたので一応は実証されたが，原料の産地が朝鮮半島内であるかどうかは不明だった。そのため当面は「朝鮮系遺物ライン」と呼ぶことにした。

第3に，領域Cは「日本の鉛」としているが，これは日本列島産の原料で作った確実な資料が1980年代の初めには分からなかったので，苦肉の策として鉛鉱石のデータを宛てたものである。従って領域Cの代りに日本を表すものとして「皇朝十二銭」という小領域を設定してもよい（馬淵・平尾・佐藤・緑川・井垣 1982；齋藤努 2000）。いずれにしても領域Cは便宜的なものであり，神岡鉱山や対州鉱山のようにCに入らないものがあることは最初から断ってある。鉛同位体比は鉱山の地質上の履歴に依存するものであり，政治上の国境線とは無関係であることは言うまでもない。

以上の3点を基本的な事項として，歴史学・考古学の画期と鉛同位体比の相関を説明したい。

### 3.2.1　後漢時代における銅鏡原料産地の多様化
### －領域Ａから領域Ｂへ－

図１の領域ＡとＢの区別は舶載鏡でみる限り非常に明瞭である。図の説明に使われる標記は簡略化されているので，誤解を招きやすいが，厳密に言うと，領域Ａは前漢鏡であるが，領域Ｂは浮彫式（半肉彫式）獣帯鏡・画像鏡・神獣鏡など，樋口隆康（1979）によると後漢晩期から三国・西晋時代に製作された鏡が占める領域である（馬淵・平尾 1983）。後漢早期から中期にかけて作られた連弧文鏡・方格規矩鏡・線彫式（細線式）獣帯鏡は領域ＡとＢの両方に分布し，原料がＡからＢへ移行する時期のようにみえる（表１）。

このようなＡからＢへの移行はなにを意味するのだろうか。筆者は王朝の交代による都の移動と，それに伴う鋳鏡業の地方への展開にあると考える。

孔祥星・劉一曼（1984）は，「後漢中期には鋳鏡業の発展にともなっていくつかの鋳鏡業の中心地が形成された」とし，現在の浙江省紹興，湖北省安陸，四川省広漢，四川省成都がそれら中心地であったことを記している。そして「各地域で生産された銅鏡はそれぞれ固有の特色をもっており，前漢中期以来全国の銅鏡にみられた画一性がくずれ，つくりや文様に地方色が生じた」とし，長江流域で神獣鏡類と画像鏡類が独自の発展を遂げたと述べている。

鉛同位体比の領域ＡからＢへの移行はまさに上記の事実を反映したものと考えられる。つまり，長安近傍の官営の鋳造センター「尚方」で作られた孔・劉が言う「画一的」な鏡は領域Ａに入り，洛陽を含めて南方に広がったいくつかの鋳造センターで製作された「つくりや文様に地方色が生じた」鏡が領域Ｂに入るとして説明できる。この場合の原料，銅・スズ・鉛は各々の鋳造センターの近くで調達したであろう。中国の場合，前漢時代には少なくとも1000年の青銅器製作の伝統をもっている。遠方から運ばなくてよいように，重要な都市の近くの鉱山が開発されていたことは間違いない。王仲殊（1984）は，河北承徳地区（北京の北東）および長安城遺跡付近（西安の西北）の鉱山遺跡から前漢時代の銅錠（銅インゴット）が出土したことを述べている。

以上のことを考慮に入れると，領域Ａは西安から遠くない１地域の鉱床の鉛が中心となっているのに対して，領域Ｂは黄河より南の地域の数箇所の鉱床の鉛が重なり合っているようにみえる。現に，領域Ｂの中で鏡式によって占める位置の違いが若干観測されている（馬淵久夫 1996a）。領域Ａについても，平原遺跡出土鏡が２グループに分かれるようにみえる（馬淵・平尾・西田 1991）。このような分布の微細構造を明らかにするには，漢代から魏晋南北朝にかけての中国内で出土地のわかった鏡を測定する必要がある。

表１　本邦出土漢式鏡（舶載）の鉛同位体比
Table 1　Lead isotope ratios of different Han-style mirrors excavated in Japan

| 時　　代 | | 測定した漢式鏡の種類 | 鉛同位体比図の領域 |
|---|---|---|---|
| 前　漢 | | 蟠螭文鏡、草葉文鏡、星雲文鏡、日光鏡、昭明鏡、連弧文清白鏡、重圏文鏡、 | Ａ |
| 王　莽 | | | Ａ？　（貨泉はＡ） |
| 後　漢 | 早期 | 連弧文鏡・方格規矩鏡・線彫式獣帯鏡 | Ａ　または　Ｂ |
| | 中期 | | |
| | 晩期 | 画像鏡・夔鳳鏡、浮彫式獣帯鏡・神獣鏡、盤竜鏡、四獣鏡、 | Ｂ |
| 三　国・西　晋 | | | |

注１：表の作成には樋口隆康『古鏡』（1979）を参考にした。後漢鏡の領域Ａ、Ｂの分別は岡村秀典（1993）の編年と照合すると細部がわかる可能性もあるが、計測データが少ないので、今後の課題とする。
注２：鉛同位体比は（馬淵・平尾 1982；馬淵・平尾 1983；馬淵・平尾 1990）による。

### 3.2.2　弥生時代の倭国製青銅器にみられる原料の移行
### －ラインＤから領域Ａへ－

図１の説明で述べたように，銅鐸の鉛同位体比は，初期のラインＤ（朝鮮系遺物ライン）から途中（外縁付き鈕式）で領域Ａ（前漢鏡タイプ）に変る。この移行は舶載鏡における多鈕細文鏡から前漢鏡への移行に並行しているようにみえる（表２）。舶載鏡と銅鐸の違いは，多鈕細文鏡も前漢鏡もスズ 20－24％程度の良質の青銅でできているのに対して，銅鐸は初期の 15％程度から末期の数％と，スズ含量が低いことである。それにも拘らず，鉛同位体比は両者がほぼ同じような数値で分布するのである。

日本で出土している多鈕細文鏡はおよそ前３，２世紀に朝鮮半島で製作されたとされ（樋口隆康 1979），前 108 年の楽浪郡設置より前である。菱環鈕式銅鐸，および外縁鈕式銅鐸の早いものは，それと同系統の原料で作られている。前漢鏡が倭国に将来されたのが楽浪以降のこととすれば，外縁鈕式の中ほど以後に作られた銅鐸の原料は前漢鏡と同類のものということで理解できる。表２はこれらのことを表したものである。

### 3.2.3　銅鏡における弥生遺跡出土と古墳出土

鉛同位体比研究の早い段階で，舶載鏡については，「前漢鏡は弥生遺跡から，神獣鏡は古墳から，それぞれ出土し，両者は領域ＡとＢに分離する」という，いわば定式のようなものが筆者の頭の中で出来上がっていた。その後，測定例が多くなるにつれて，弥生遺跡出土の舶載鏡にも領域Ｂのものがあるということがわかってきた。表３の左半分にその概要をまとめた。

一方，仿製鏡（倭鏡）については，表３の右半分に示したように弥生時代の小形仿製鏡と古墳出土の鏡では鉛同位体比に明瞭な区分がある。つまり，弥生時代の領域Ａから古墳時代の領域Ｂに移行したと表現しても差し支えないほどはっきりしている。さらに重要なことは，この移行が鏡だけでなく，他の倭国産青銅器にも一般的にみられることである。

以上を総括的にみると，表３の左右の比較は興味深い。製品としての中国鏡については，すでに弥生時代に新材料（領域Ｂ）のものが主として九州地方に導入されていた。しかし，鏡を含めた青銅器製作のための原料は，弥生時代の終末期まで旧材料（領域Ａ）で，古墳時代になると一転して新材料（領域Ｂ）になる。これはなにを物語っているのだろうか。筆者は，倭国と中国の政治経済の関係が変わったためだとみる。

土生田純之はその編著（2003）のなかで，古墳成立に関する要因の一つとして「中国の国際秩序（冊封体制）への参加とその証としての古墳造営」を挙げている（第Ⅰ部古墳とはなにか）。古墳のはじまりをいつに置くかはいまだ議論の分かれるところであるが，多くの論調に

表２　銅鐸と舶載鏡における鉛同位体比の並行関係

Table 2　Parallelism between the lead isotope ratios of *dotaku* (bell-shaped bronze object) and those of bronze mirrors imported from ancient Korea or China

<table>
<tr><th rowspan="2">時　代<br>（倭国）</th><th colspan="2">銅　鐸</th><th colspan="2">舶　載　鏡</th><th colspan="2">時　代</th></tr>
<tr><th>型　式</th><th>鉛同位体比</th><th>種　類</th><th>鉛同位体比</th><th>朝鮮半島</th><th>中　国</th></tr>
<tr><td rowspan="5">弥生　前期<br>中期<br>後期</td><td>菱環鈕式</td><td rowspan="2">ラインＤ</td><td rowspan="2">多鈕細文鏡</td><td rowspan="2">ラインＤ</td><td rowspan="2">無文土器</td><td rowspan="2">前　漢</td></tr>
<tr><td rowspan="2">外縁付き<br>鈕式</td></tr>
<tr><td rowspan="3">領域Ａ</td><td rowspan="3">前漢鏡</td><td rowspan="3">領域Ａ</td><td rowspan="3">楽浪<br>原三国</td><td>前 108 年<br>王莽期</td></tr>
<tr><td>扁平鈕式</td><td rowspan="2">後　漢<br>三　国</td></tr>
<tr><td>突線鈕式</td><td>領域Ａ（画一）</td></tr>
</table>

表3　舶載鏡と仿製鏡の鉛同位体比の比較
Table 3　Comparison of lead isotope ratios between Han style mirrors and Japanese imitative mirrors

| 出土遺跡 | 舶載鏡 | | 仿製鏡 | |
|---|---|---|---|---|
| | 種類 | 鉛同位体比 | 種類 | 鉛同位体比 |
| 弥生 | 蟠螭文鏡、草葉文鏡、星雲文鏡、日光鏡、昭明鏡、連弧文清白鏡、重圏文鏡、 | 領域A | 弥生式小形仿製鏡（注1） | ラインD |
| | 連弧文鏡・方格規矩鏡 | AまたはB | | 領域A |
| | 線彫式獣帯鏡、 | AまたはB | | |
| | 浮彫式獣帯鏡、夔鳳鏡 | 領域B | 内行花文鏡八葉鏡（平原） | 領域A |
| 古墳 | 連弧文鏡・方格規矩鏡 | AまたはB | 内行花文鏡、方格規矩鏡、三角縁神獣鏡、 | 領域B |
| | 画像鏡・夔鳳鏡、 | 領域B | | |
| | 浮彫式獣帯鏡・神獣鏡、 | 領域B | 鼉龍鏡、神獣鏡、五獣鏡、 | （注2） |
| | 盤竜鏡、四獣鏡、 | 領域B | 獣形鏡、乳文鏡、など | |

注1：例外として、領域Bの鏡が1点検出されている（馬淵・平尾 1990；柳田 1990）。
注2：非常に稀に領域Aのものがある。弥生時代の青銅器を鋳直した鏡かもしれない。

従って後3世紀半ばとすると，新材料（領域B）が倭国に向けて送られるようになるのは，魏・蜀・呉の三国時代になってからというのが妥当な時期になる。この場合，新材料が倭国に向け中国のどこかから発送されたとすると，普通ならば1年以内，長くても数年で倭国に到着し，青銅器，特に鏡の鋳造に用いられたはずである。小林行雄（1961）が舶載鏡について論じたような鏡の伝世と埋納は，仿製鏡についてはここを起点にして考えればよいのではないか。

### 3.2.4　古墳時代末期（飛鳥・奈良時代）の銅製品
### －国産原料の出現－

古墳時代中期以降の古墳に副葬されるのは，鏡に代って武器・武具類の銅製品あるいは金銅製品が多くなる。また6世紀の仏教伝来以後は，仏像・銅鋺など仏教関係資料も研究対象として重要になる。これらをまとめた報告は少ないので，ここで概要を述べる。

まず重要なのは化学成分である。（金）銅製品・仏像・銅鋺は鏡と違って一般的にスズ含有量が小さい。用途の上から当然であるが，青銅ではなくただの銅であることも少なくない。鉛も意図的に加えたかどうか判別できない程度の少量の場合が多い。現在の質量分析計は高感度で，マイクログラム量だけあれば測定できるため，鉛として加えた鉛か，銅に付随する鉛か判別しにくい。測定試料も現地で微量のサビの形で頂くので，成分を確かめる作業はできないことが多い。従って，鉛同位体比の意味が下記の二つのどちらかになる。

（a）数%以上の鉛を含む資料の場合
→　鉛の産地に関連する

（b）数%以下しか鉛を含まない場合
→　銅の産地に関連する

この時期で重要なのは，日本産の鉛の検出である。8世紀になると皇朝十二銭が日本産原料を使っていることが確かなので，7世紀，6世紀と遡れるかどうかである（馬淵・平尾・佐藤・緑川・井垣 1982；齋藤努 2000，2001）。

化学成分が曖昧であることをお断りしながらも，古墳時代中期以後で7世紀までの（金）銅製品のうち原料が日本産と判定できた資料は下記の3遺跡から出土した資料である。それ以外のものは，中国あるいは朝鮮半島と推定されるものばかりである。なお，このテーマに関連して最近，高橋昭彦（2001）は「日本における銭貨生産と原料調達」の論文の中で，また亀田修一（2006）は「古代日本の初期銅生産に関する覚書」の中で，それぞれ鉛同位体比分析を取り上げている。

（1）飛鳥水落遺跡の銅管（馬淵・平尾 1995）

木下正史らによって斉明天皇6年の漏刻と考えられて

いるので，出土した銅管は660年という古代にしては稀な明確な年代を指し示す。大銅管も小銅管も日本の鉛を含むと判定されたが，大銅管は極めて純度の高い銅であって，鉛の抽出と質量分析には特別な労力を払った。同位体比は明らかに別子型鉱山で地域が限定される。これらの結果は，鉛ではなく銅の産地を指している。

（2）島根県出土の銅鈴および金銅耳環（馬淵久夫 1987）

出雲市上塩冶築山古墳出土の銅鈴および，安来市高広Ⅳ区3号穴玄室から出土した金銅耳環が日本産の鉛を含むと判定された。古墳の年代から両者とも7世紀前半の遺物と考えられていたので，筆者らが測定した資料では最も早い時期のものとして報告した。これら2資料の鉛含有量が低いことはサビ試料の銅・鉛比で分かっているが，蛍光X線分析で確かめれば，「日本産」が鉛についてか銅についてかの判定が確実になる。なお，上塩冶築山古墳については1999年3月に島根県古代文化センター編「上塩冶築山古墳の研究」が出版され，6世紀後半のなかでの土器の埋納完了が示されている。古墳研究の澤田秀実（私信）によると，銅鈴の帰属時期も6世紀後半とするのが穏当，とのことである。

（3）岡山県出土の銅鋺（馬淵久夫 1996b）

この論文は，地域の関係から当時岡山県津山市にあった作陽音楽大学の紀要に発表した。そのため，専門家の目に触れにくく，高橋昭彦（2001）も亀田修一（2006）も記載していない。そこで，表4にデータを再録する。

岡山県北部にある久米町（現・津山市）の2基の古墳から1例ずつ銅鋺が出土していた。毛利光俊彦（1978）の分類では両者とも無台鋺に属する。興味深いのは，殿田1号墳出土例が朝鮮半島の原料と推定されるのに対して，荒神西古墳のものは，上記の島根県出土の金銅耳環ほか銅水煙（奈良時代）・銅印（平安時代）と鉛同位体比が近い日本産という結果になったことである。古墳の年代は両者とも7世紀前半とされている。

岡山県北部の古墳を発掘調査している澤田秀実は，本稿のために両古墳の年代について詳細な確認調査を行なった。その結果，「荒神西古墳の銅鋺は飛鳥Ⅱ式の須恵器を伴い，7世紀中葉までには埋納を終えていた。殿田古墳の銅鋺は，宝珠つまみのない須恵器との供伴と推測されることから，TK217型式以前，つまり6世紀末から7世紀初頭までに埋納を終えていたと推測できる」との見解を示している。

銅鋺は100例を越す資料が古墳出土あるいは寺院出土として知られていて，毛利光俊彦が分類と編年を行っているので，6～7世紀の中国・朝鮮半島・日本の原料流通の関係を調べるのには格好のテーマになる。将来の展開を期待したい。

### 3.3 産地推定

自然科学者が自分の専門領域の手法を駆使して遺物の産地を研究することは，「考古学と自然科学」発刊の初期から発表されている。

第1号（1968）東村武信「考古学への自然科学的方法の応用の現状－産地分析を中心に」

第4号（1971）市川米太「X線回折による産地分析について」

第5号（1972）沢田正昭「古代手工業製品の生産地決定」

第6号（1973）藁科哲男・東村武信「蛍光X線分析法によるサヌカイト石器の原産地推定」

これらの題目を眺めると，初期には産地分析，生産地決

表4　銅鋺の鉛同位体比
Table 4　Lead isotope ratios of ancient copper bowls

| 資　料 | 出　土　地 | $^{206}Pb/^{204}Pb$ | $^{207}Pb/^{206}Pb$ | $^{208}Pb/^{206}Pb$ |
|---|---|---|---|---|
| 銅鋺Ⅰ | 荒神西古墳（現在・津山市）<br>岡山県久米郡久米町稼山古墳群 | 18.399 | 0.8480 | 2.0982 |
| 銅鋺Ⅱ | 殿田1号墳（現在・津山市）<br>岡山県久米郡久米町油木北 | 18.220 | 0.8603 | 2.1371 |
| 方鉛鉱 | 韓国忠清北道　月岳鉱山 | 18.310 | 0.8567 | 2.1371 |

定，原産地推定と用語が一定しなかったようにみえるが，1980年代になると「産地同定」が使われ，さらに「産地推定」が多くなる。これらの多くは英語のprovenance study（岩石の場合にはsourcingも使う）に相当すると思われるが，語源のフランス語はvenir（来る）を含むprovenir（由来する）の名詞形であり，産地を「同定」するよりは，「どこから来たか」という移動の方向を求めるニュアンスが多い。その根底には自然科学は絶対ではないという欧米研究者の姿勢が見受けられる。鉛同位体比も「産地同定」の有力手段として約30年前に登場したが，筆者の経験ではpinpointまたは「同定」は，わずかな例外を除いて無理なので，来歴を推し量るという意味で「推定」を使うことにしている。筆者はやはり「自然科学は絶対ではない」という感覚をもち，「推定」の部分で歴史学・考古学の成果を尊重するという姿勢をとっている。

### 3.3.1 産地の意味

日本語の「産地」は原料が「どこから来たか」を指す場合と，遺物の生産（製作）地を指す場合があって紛らわしい。鉛同位体比は前者に有効ということは周知の事実だが，時には後者の目的で期待されることもある。その代表が三角縁神獣鏡の製作地論争である。

三角縁神獣鏡の問題は1970年代後半の文部省特定研究・青銅器研究班（班長：樋口隆康）の課題の一つでもあった。これについては西田守夫（1982，1983）が蒐集した多数の関係資料を測定した。三角縁神獣鏡問題の中心は製作地なので，原理的には解決できないはずだが，当初には一つだけ望みがあった。それは，日本の鉛を含むという結果がでた場合である。古墳時代前期には中国から倭国へという流れの逆流はないという歴史の常識に依存する論理である。しかし，実験結果はすべて中国の鉛を含み日本の鉛はないというものであった（馬淵・平尾1987）。つまり，製作地は中国でも倭国でもどちらでもよいことになった。

次善の策としてもう一つ考えられたのは，他の種類の舶載鏡と倭鏡（仿製鏡）を多数測定して比較することであった。その概要を本誌の論文（馬淵久夫1995）中に箇条書きで記したが，結局は論理的に黒白をつけることはできていない。

### 3.3.2 鉛鉱石との比較

「鉛鉱石を測定して鉛同位体比基本台帳を作ると，遺物の鉛同位体比は指紋のように原料産地を割り出すのに役立つ」。しばしば解説に使われるこのフレーズは，原理的には誤りではないが，現実にはこれにこだわり過ぎると誤りを犯すことになる。青銅器と鉱石の比較で問題になる点はおよそ次のようなことである。

（1）鉛同位体比は測定の精度に限度があるので，測定誤差の範囲内で等しいものが違う場所でもありうること。特に，広大な中国ではこのケースがよくある。つまり，遺物が鉱石と一致したからここだという判定は誤りの可能性がある。他の状況，たとえば地理的あるいは歴史的な視点からみて可能性が高いということも必要である。

（2）古代の青銅器は純粋な銅，純粋なスズ，純粋な鉛の合金ではないので，製品の中の鉛は鉱石の鉛からずれてしまう（4・2・2参照）。従って鉱石と一致したとしても，見かけのことかもしれない。筆者らの測定したものの中に例外的に鉱石と完全に一致した資料がある。それは福岡市海の中道遺跡（9世紀）出土の鉛錘で，表5のように対州鉱山（対馬）の鉱石と完全に一致した。それは鉛の塊のために異なる出所の鉛が少量混ざっても数値を動かすことが不可能だからである。さらに，対馬は古代文化の流れの道筋にあり，地理的・歴史的に全く妥当である。筆者はこのような場合には断定することにしている。

（3）鋳造の際にスクラップを混ぜたかどうか，あるいはスクラップだけで鋳造したかという問題がある。スクラップを混ぜることは荒神谷遺跡の銅剣ではあったように思われるが確証はない（馬淵・平尾1990）。筆者らは，考古学者が選んだ重要資料を測定している故か，大部分の舶載青銅器にはスクラップの混ぜ合わせがないという印象をもっている。そうでないと，図1のような青銅器の種類や時代による判然とした区分はできないと思う。倭国産青銅器については，後述の銅鐸のように，当時の原料供給状況からスクラップを混ぜた可能性が大きいと考えている。

表5　遺物と鉛鉱石の鉛同位体比が一致した例
Table 5　An example of perfect agreement in lead isotope ratios between relics and lead ores

| 測定資料 | $^{206}Pb/^{204}Pb$ | $^{207}Pb/^{206}Pb$ | $^{208}Pb/^{206}Pb$ | 文　献 |
|---|---|---|---|---|
| 鉛錘 No. 5（海の中道遺跡） | 18.478 | 0.8477 | 2.1100 | 馬淵・平尾 1990 |
| 方鉛鉱（対馬・対州鉱山） | 18.476 | 0.8479 | 2.1099 | 馬淵・平尾 1987 |

### 3.3.3　鉛同位体比解釈の方法論

鉛同位体比の解釈には上述のような諸事項があるため，産地推定の目的で鉛同位体比を解釈する際には，次の方法論と注意を考慮する必要がある。

（1）確実な考古学資料を基準にしてそれとの異同をみる（例：前漢鏡，多鈕細文鏡）。

（2）鉛鉱石との比較は鉛同位体比の数値の一致を求めるのが主ではなく，地球化学・鉱床学の鉛進化の背景を考慮に入れて判断する。鉛同位体比は at random に決まるものではなく，地球史の鉛進化過程に拘束されている。鉱床を含む地質構造に関係し，地理上の遠近や国境とは無関係である。

（3）鉛同位体比が近いからといって歴史学・考古学上なんらの証拠もない遠隔地同士を結び付けるべきではない。産地推定は本項のはじめに述べたように可能性の問題であって，その確度は他の証拠との整合性で変っていく。推定は何種類も提示できるかもしれないが，上記の（1）か（2）かの根拠のある推定を選ぶべきである。

このような筆者の基本姿勢とは違った議論をしているのが新井宏（2000）である。1例を挙げると，初期の銅鐸の原料であり多鈕細文鏡の原料でもある図1の「朝鮮系遺物ライン」に載る原料を四川省三星堆遺跡出土の青銅器と同じ雲南（会沢鉱山）のもので，そのような原料は二里頭，殷墟の時代から，戦国時代・漢代に至るまで使われ，朝鮮半島南部から倭国にまで来たと主張している。この記述には夏王朝からほぼ1800年間の長期間を裏づける資料が乏しいので，根拠薄弱な議論である。

三星堆や商（殷）の青銅器を発表した金正耀（2000）はスミソニアン研究機構の Chase と筆者が共同で招聘した研究者で，測定はすべて東京国立文化財研究所（東文研）で行われた。招聘の目的は，スミソニアンでも東文研でも，殷周青銅器に朝鮮系遺物ラインのような鉛が含まれるのを早くからつかんでいたので，出土地の確かな資料で確かめたいと考えたからである。その結果は，「高放射性起源鉛」（金は朝鮮系遺物ラインのような$^{206}Pb$が多い鉛をこのように表現する）は商王朝早期に現れ，後期に衰退し，周王朝ではなくなる，というものであった。周青銅器には出ないことは日米で以前から分かっていた。従って，二里頭，周代，漢代には保証がない。戦国時代では，新井は言及していないが，河北燕下都出土の燕国の貨幣「刀」11点のうち早い時期の2点が「高放射性起源鉛」を示している（金正耀 1993）。金正耀は，鉛60%のこの資料は三星堆や殷墟のものとは違うし，中国北方では見られないので，出所は今後検討する必要があると述べている。

新井が雲南に目をつけたのは筆者らが測定して図示した会沢鉱山の鉛同位体比が「朝鮮系遺物ライン」の延長線上にあるというだけの理由である。これはすでに述べたとおり論理として不十分である。

筆者らが「朝鮮系遺物ライン」の鉛を韓国の西側（忠清北道，忠清南道など）のどこかの鉱山の可能性が高いと推定したのは，鉱床地質の専門家で鉱石試料を頂いた地質調査所（当時）の佐々木昭氏が，「江原道や慶尚北道など韓国東部の鉱山で観測されたミシッシツピ・ヴァレー型の鉱床は，韓国の中央部（ソウルの南）を横断し黄海を通って中国南部に伸びるベルト状の地帯のどこに現れてもおかしくない」と説明してくれたからである。ミシッシツピ・ヴァレー型の鉱床の意味と「朝鮮系遺物ライン」の縦軸の高さについては，すでに記述したのでここでは繰り返さないが（馬淵・平尾 1987；馬淵 1993），根拠なしに推論しているのではない。

もう一つの論拠は，前10世紀ころから始まる朝鮮半島の青銅器文化の古さからみて（早乙女 2000），前3－2世紀になっても鏡や銅剣を鋳造するのに現地の材料ではなく4000km にも及ぶ遠隔の地から持ってくるとは

考え難いということである。現に日本産鉛かということで物議をかもした弥生時代の鉛矛もある。この資料（平尾・榎本 1993，1998）については，印刷された 1993 年の論文を知った瞬間，$^{204}$Pb をベースに描くＢ式図からみて「日本」よりも「朝鮮半島南部」と判断し，発表者に私見を伝えた。Ｂ式図が大陸と日本との見分けにＡ式図より有効なことは地球化学者の中井俊一（2001）が肯定している。ここの議論では「日本」でも「朝鮮半島南部」でも，どちらでもよいのだが，弥生時代中期相当の年代に東アジアの東南端で鉛精錬が行われていた証拠である。ただし，この鉛は日本出土の青銅器には入っていないので，青銅器とは別の話である。

「朝鮮系遺物ライン」の鉛が韓国産という推定を裏付ける実験データが２つある。

１つは島根県八雲立つ風土記の丘が所蔵する出雲国庁跡出土の和同開珎で，その鉛同位体比がまさに「朝鮮系遺物ライン」に載ることがわかっている（馬淵・平尾 1989）。この資料は銀銭であり，銅銭・和同開珎が日本産鉛を含むのに対して，朝鮮半島（推定）というのは意外な結果であった（藤井一二 1991）。資料中の鉛は灰吹き法のために加えられた鉛か，鉱石から銀に伴ってきた鉛かは不明だが，８世紀の鋳造品に「朝鮮系遺物ライン」の鉛が現れていることは重要である。

第２は齋藤努によって日韓共同研究のなかで最近測定された方鉛鉱である（齋藤・趙・藤尾・福尾・風間・土生田・高田・亀田・柳・鄭 2006）。内徳里古墳群（慶南金海郡長有面）の木棺墓（１～２世紀）から見出された方鉛鉱２点が，筆者らが「朝鮮系遺物ライン」を発見する契機になった泊銅鐸および舌（小）に極めて近い鉛同位体比をもつ（表６，図２）。

「朝鮮系遺物ライン」が雲南だとする新井宏の説は否定されると思う。

## ４．弥生時代後期の青銅原料を再び考える

銅鐸の研究結果の中で奇妙に感じたのは，最初に測定した突線鈕式銅鐸 18 個（近畿式９個・三遠式９個）の鉛同位体比がほとんど１点に集中することであった。その後の測定で，この特異な鉛同位体比は弥生時代後期の多くの国産青銅器（小形仿製鏡，広形銅矛，銅鋤先，銅鏃，銅環，小銅鐸など）においても観測され，原料産地から鋳造に至るまでの特別な状況を反映しているものと考えられた。

もう一つ重要なポイントは，すでに最初の銅鐸論文（馬淵・平尾 1982）に記述したが，近畿式・三遠式銅鐸の化学成分が青銅というよりは銅に近いことである。残念なことに分析値が非常に少ないが，近重真澄の昭和初期の分析でも突線鈕式銅鐸はスズ３～５％，鉛３～５％と小さい値であり，山崎一雄（1982）の原子吸光分析ではスズ 0.52%，鉛 1.27%（和歌山市砂山鐸，突線３または４式）と極めて微量のものもある。最近，平尾良光は ICP-AES/MS 分析でスズ 4.43%，鉛 6.95%（三重県高茶屋２号，突線３式）と鉛がいくぶん高いデータを得ている（井上洋一・松浦宥一郎・平尾良光・早川泰弘・榎本淳子・鈴木浩子 2002）。銅鐸以外の弥生時代後期青銅器の良い分析値を筆者は入手していないが，サビや金属の色からみてスズが多いとは思えない。

筆者はこの画一原料を，24 年前の銅鐸論文では「仮説の域を出ないが，九州・近畿・東海地方にかけて“出

表６　「朝鮮系遺物ライン」に載る和同開珎（銀）および韓国出土の方鉛鉱

Table 6　*Wado-kaichin* silver coin and Korean galena belonging to the “Korean bronze line” on the lead isotope ratios diagram

| 資　料 | 出土地 | $^{206}$Pb/$^{204}$Pb | $^{207}$Pb/$^{206}$Pb | $^{208}$Pb/$^{206}$Pb | 文　献 |
|---|---|---|---|---|---|
| 和同開珎（銀） | 出雲国庁跡 | 19.046 | 0.8274 | 2.0820 | 馬淵・平尾 1989 |
| 方鉛鉱 L2501 | 韓国内徳里古墳 | 18.481 | 0.8475 | 2.1092 | 齋藤他９名 2006 |
| 方鉛鉱 L2502 | 韓国内徳里古墳 | 18.427 | 0.8498 | 2.1130 | 齋藤他９名 2006 |
| 銅鐸 D-40A | 鳥取県泊 | 18.558 | 0.8433 | 2.1045 | 馬淵・平尾 1982 b |
| 銅鐸舌（大） | 鳥取県泊 | 19.303 | 0.8182 | 2.0643 | 馬淵・平尾 1982 b |
| 銅鐸舌（大） | 鳥取県泊 | 18.457 | 0.8459 | 2.1078 | 馬淵・平尾 1982 b |

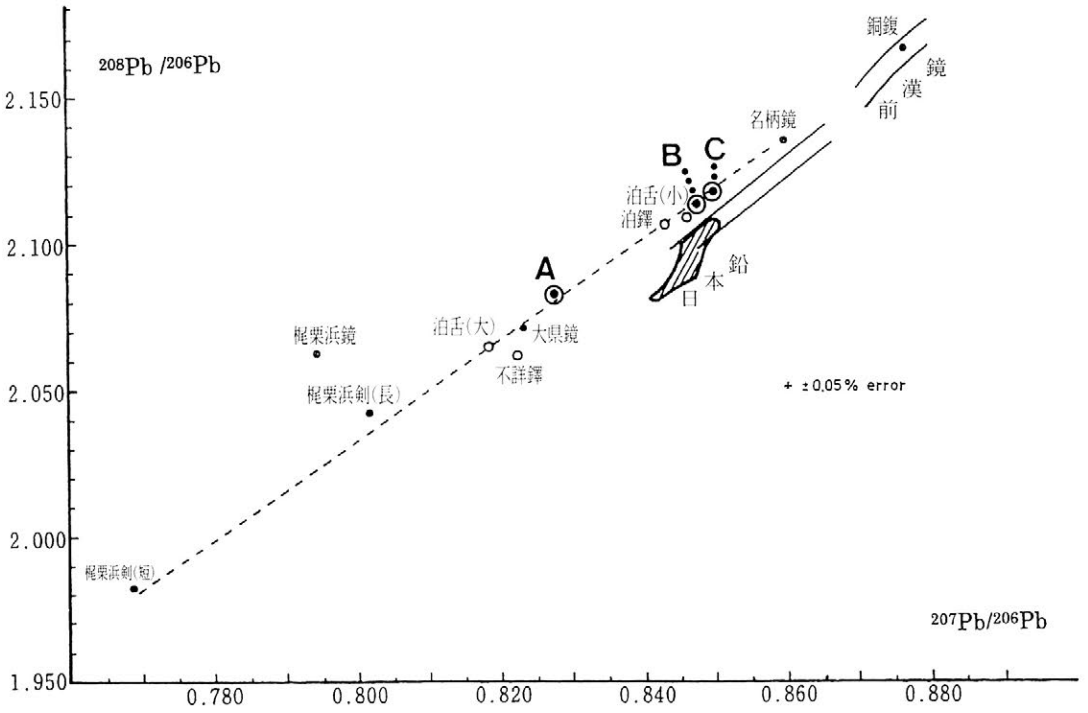


図2　和同開珎（銀）および韓国出土の方鉛鉱が「朝鮮系遺物ライン」に載ることを示す鉛同位体比図
A：和同開珎（銀）　B：韓国内徳里古墳出土方鉛鉱 L2501　C：韓国内徳里古墳出土方鉛鉱 L2502

Fig. 2　The lead isotope ratios diagram showing that *Wado-kaichin* silver coin and Korean galena belong to the "Korean bronze line"
A：*Wado-Kaichin* silver coin　B：Korean galena L2501　C：Korean galena L2502

来合い"の素材が流通していた」と記述し，17年前の解説記事には「限りなく銅に近い青銅がインゴットとして中国から将来された」と表現した（馬淵久夫 1989）。しかし現在では，「漢代に中国で製錬された銅がインゴットとして将来され，それに倭国内のいくつもの鋳造工房でわずかなスズ・鉛，あるいは少量の青銅スクラップを加えて鋳造した」とするほうが合理的に説明できると思っている。以下それを説明したい。

### 4.1　岡山市高塚遺跡出土の棒状銅製品

1988－89年，岡山市高塚遺跡（弥生後期遺跡）の方形土壙の最上層から「棒状銅製品」が出土した（担当：岡山県古代吉備文化財センター・松本和男）。長さ134 mm，中央の最大径5 mmのペンシル形で，一方の端は尖り，もう一方は先端がやや丸みを帯びている（写真1）。重量94.42g。出土例がないので，古代吉備文化財センターは，明治43年11月の陸軍大演習のときに発射された銃弾が混入した可能性を考え，防衛庁陸上自衛隊にその可能性を打診したが，明確な答は出なかった。

筆者は同センターから依頼を受けて東京国立文化財研究所（当時）の平尾研究室で分析をしてもらい，岡山県埋蔵文化財発掘調査報告に報告した（馬淵久夫・平尾良光・榎本淳子・早川泰弘 2000）。この報告を要約すると次のようになる。

棒状銅製品はスズ～0.05%，鉛～5％を含む銅であり（表7），鉛同位体比は近畿式・三遠式の数値と同じであった（表8）。別の土壙から出土した流水文銅鐸（近畿式，突線鈕2式）も全く同一の鉛同位体比を示した。装状土壙（貯蔵穴）埋土の上層から出土した貨泉25点（写真2はその15点）のうち11点の鉛同位体比（表9）は近畿式・三遠式の近くにばらつく分布を示した。

高塚遺跡の青銅遺物は期せずして以下のような重要な事実を物語るものとなった。

①棒状銅製品は，弥生後期の特徴ある鉛同位体比をもつ青銅器群（近畿式・三遠式銅鐸，小形仿製鏡，広形銅矛，銅鋤先，銅鏃，銅環，小銅鐸など）の原材料（インゴット）とみてよいのではないか。

②銅鐸論文で予測したとおり，三遠式・近畿式銅鐸などの材料が前漢王朝（王莽期を含む）の中心地から来たものであることが貨泉および大泉五十の鉛同位

写真1　棒状銅製品（岡山県高塚遺跡出土，縮尺率 0.56）
長さ 134mm（岡山県古代吉備文化財センター提供）

Photo 1　copper bar (excavated from Takatsuka site, ×0.56 reduced scale)
length 134mm (courtesy of Okayama Prefectural Ancient Kibi Cultural Properties Center)

表7　高塚遺跡出土棒状銅製品の化学組成（%）
Table 7　Chemical composition of a copper bar excavated from the Takatsuka site (%)

| 試　料 | Fe | Cu | As | Ag | Sn | Sb | Pb | 測定法 | 測定者 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 金属粉末 | 0.04 | 93.54 | 0.77 | 0.04 | 0.05 | 0.05 | 5.51 | 蛍光X線 | 早川泰弘 |

表8　高塚遺跡出土銅鐸と棒状銅製品の鉛同位体比の比較
Table 8　Comparison of lead isotope ratios between the *Dotaku* and the copper bar excavated both from the Takatsuka site

| No. | 資　料 | 型式 | $^{206}Pb/^{204}Pb$ | $^{207}Pb/^{206}Pb$ | $^{208}Pb/^{206}Pb$ | 測定器・測定者（測定年） |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 流水文銅鐸 | 突線2 | 17.742 | 0.8763 | 2.1650 | Finnigan MAT Model 262 |
| 2 | 袈裟襷文銅鐸 | ? | 17.737 | 0.8760 | 2.1645 | 榎本淳子(1998) |
| 3 | 棒状銅製品 | | 17.747 | 0.8763 | 2.1653 | |
| 三遠式・近畿式 | | 突線 | 17.724 | 0.8763 | 2.1642 | JEOL 05RB |
| 銅鐸(18個の平均) | | 2～5 | ±0.035 | ±0.0008 | ±0.0017 | 馬淵久夫・平尾良光(1981) |

注）報告書では、流水文銅鐸（完形）を「高塚銅鐸」、袈裟襷文銅鐸（破片）を「高塚角田銅鐸片」と呼んでいる。

体比（表9）から裏付けられる。

### 4.2　近畿式・三遠式銅鐸の鉛同位体比はなぜ画一的か

この問いは，裏返して「近畿式・三遠式より古い扁平鈕式はなぜ前漢鏡の領域（A）の中でばらつくのか」と問う方がいいかもしれない。鉛同位体比法の特徴として「一つの鉱山では鉛同位体比は一定」を謳い文句にしてきたのだから，むしろ同位体比が一定であるのが自然だとも考えられる。いままで多数の資料を測定してきて，一種類の遺物がある範囲内でばらつくのに慣れたために起こった錯覚なのかもしれない。そこで，棒状銅製品のようなインゴットが弥生時代の後期にあったということ

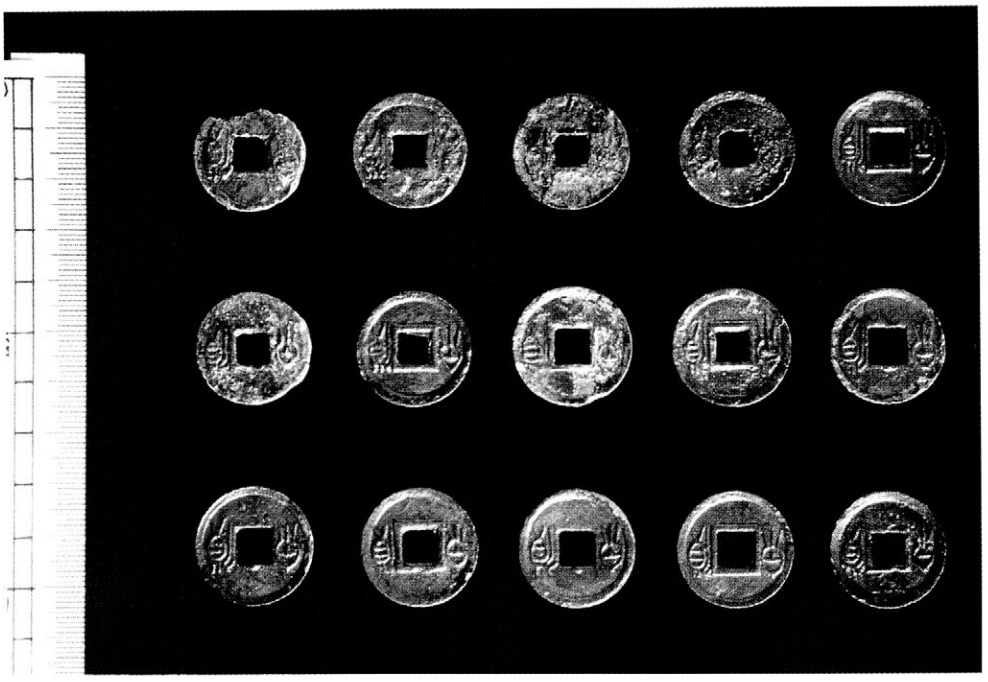

写真2　貨泉（岡山県高塚遺跡出土，縮尺率 0.67）
（岡山県古代吉備文化財センター提供）
Photo 2　Wang-Mang coins (excavated from Takatsuka site, ×0.67 reduced scale)
(courtesy of Okayama Prefectural Ancient Kibi Cultural Properties Center)

表9　王莽銭の鉛同位体比
Table 9　Lead isotope ratios of Chinese *Wang Mang* coins in the 1st century

| No. | 資　料 | 出土遺跡 | $^{206}Pb/^{204}Pb$ | $^{207}Pb/^{206}Pb$ | $^{208}Pb/^{206}Pb$ | 文　献 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 4 | 貨泉 | 岡山市高塚 | 17.701 | 0.8780 | 2.1677 | 馬淵・平尾・榎本・早川 2000 |
| 5 | 貨泉 | 〃　〃 | 17.721 | 0.8776 | 2.1674 | |
| 6 | 貨泉 | 〃　〃 | 17.677 | 0.8789 | 2.1678 | |
| 7 | 貨泉 | 〃　〃 | 17.935 | 0.8695 | 2.1503 | |
| 8 | 貨泉 | 〃　〃 | 17.716 | 0.8775 | 2.1643 | |
| 9 | 貨泉 | 〃　〃 | 17.822 | 0.8736 | 2.1518 | |
| 10 | 貨泉 | 〃　〃 | 17.806 | 0.8742 | 2.1520 | |
| 11 | 貨泉 | 〃　〃 | 17.771 | 0.8752 | 2.1610 | |
| 12 | 貨泉 | 〃　〃 | 17.737 | 0.8765 | 2.1639 | |
| 13 | 貨泉 | 〃　〃 | 17.714 | 0.8768 | 2.1639 | |
| 14 | 貨泉 | 〃　〃 | 17.661 | 0.8796 | 2.1713 | |
| 15 | 貨泉 | 春日市須玖坂本 | 17.784 | 0.8754 | 2.1642 | 平尾 1995 |
| 16 | 貨泉 | 佐賀県吉野ヶ里 | 17.722 | 0.8776 | 2.1669 | 井上・森田編 2003 |
| 17 | 大泉五十 | 福岡市鴻臚館跡 | 17.629 | 0.8781 | 2.1627 | 馬淵・平尾 1990 |

を頭において，現在計測されているデータを詳細に検討してみよう。

銅鐸の最初の論文（馬淵・平尾 1982）中の第7図で，筆者らは佐原真分類による58銅鐸の鉛同位体比分布を示した。その後，25年の間に筆者および平尾らによって追加資料が100点余測定された。それらのデータや解説は出版物にまとめられているので省略するが（平尾良光編 1999；井上洋一・森田稔編 2003），銅鐸の鉛同位体

比と佐原真の分類との間の相関関係は最初に判断した通りで変わっていない。そこで，追加資料を加えて領域Aに入るデータのばらつきを，佐原分類に従って鈕式別に平均値と標準偏差の形で表10にまとめた。ただし，菱環鈕式についてはかなり大きな別のテーマになるので，ここでは扱わないことにする。

#### 4.2.1 銅鐸の編年と鉛同位体比の変動

表10の重要なポイントを鈕式別に記す。

（1）外縁付き鈕1式（古段階Ⅱ－1式）

銅鐸論文（1982）の第7図にすでに現れていたように，鉛同位体比が朝鮮半島遺物タイプから領域Aの前漢鏡タイプに変わるのはこの段階である。当時の測定では5鐸のうち1鐸（泊出土）が朝鮮半島遺物タイプであったが，平尾らの追加測定により，24鐸のうち19鐸と比率が大きくなった。表10には残りの5鐸のデータの平均値を載せたが，$^{207}Pb/^{206}Pb=0.8789$と，近畿式・三遠式の中心値0.8763より高い数値をとって比較的ばらつきが小さい（以下，特に断らない限り$^{207}Pb/^{206}Pb$の数値で話を進める）。19：5という数の比率でみると，この段階の最後の頃に新しい中国系の材料あるいは製品が入ってきたと考えられる。佐原真は銅鐸の製作年代として，表11のような数値を挙げている（佐原1996）。

佐原の年代観は中国系の材料が倭国へ流入したのが前2世紀末の楽浪以後であろうという筆者の考えとおおむね合致しているようにみえるが，前漢鏡の流入時期（岡村1996）とつき合わせるともっと明確になるかもしれない。

（2）外縁付き鈕2式（古段階Ⅱ－2式）

測定された13鐸はすべて領域Aに入り，ばらつきは大きいが平均値はⅡ－1式とほぼ類似の0.8798である。13鐸の中に近畿式・三遠式の中心値0.8763に近いものはない。

（3）扁平鈕式（中段階Ⅲ－1式とⅢ－2式）

扁平鈕式にも1式と2式があるが，文献には区分けされていない資料が多いので，一括して計算した。標準偏差はⅡ－2式と同程度に大きいが，平均値は近畿式・三遠式の中心値0.8763に近い。33鐸のうち2鐸が中心値の±2σ内に入る。

（4）突線鈕1式

扁平鈕式よりばらつきは小さく，平均値は近畿式・三

表10　銅鐸の分類と鉛同位体比図の領域A内での分散度

Table 10　Different styles of the *Dotaku* and their statistical dispersions in the Region A of the lead isotope ratios diagram

| 資料 | | $^{207}Pb/^{206}Pb$ | | $^{208}Pb/^{206}Pb$ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 銅鐸鈕式 | 数 | 平均値 | 標準編差 | 平均値 | 標準編差 | 備考（注1） |
| 外縁付き1 | 5 | 0.8789 | 0.0012 | 2.1692 | 0.0031 | 東博、辰馬、熊野 |
| 外縁付き2 | 13 | 0.8798 | 0.0067 | 2.1685 | 0.0097 | 東博、神戸市博 |
| 扁平 | 33 | 0.8761 | 0.0052 | 2.1624 | 0.0080 | 東博、神戸市博 |
| 突線1 | 5 | 0.8755 | 0.0026 | 2.1618 | 0.0058 | 東博 |
| 突線2 | 5 | 0.8775 | 0.0098 | 2.1652 | 0.0139 | 東博、高塚、辰馬 |
| | 内 3 | 0.8763 | 0.0001 | 2.1647 | 0.0002 | 新町、岡山妹を除く |
| 突線3 | 14 | 0.8761 | 0.0011 | 2.1645 | 0.0023 | 東博 |
| 突線4 | 6 | 0.8763 | 0.0002 | 2.1652 | 0.0010 | 東博 |
| 突線5 | 3 | 0.8760 | 0.0005 | 2.1643 | 0.0015 | 東博 |
| 棒状銅製品 | 1 | 0.8763 | | 2.1653 | | 岡山市高塚遺跡出土 |
| 銅滴 | 1 | 0.8705 | | 2.1515 | | 愛知県朝日遺跡出土 |
| 計測誤差σ | | 0.0003 | | 0.0007 | | JEOLの場合 |

注1：銅鐸は東博（東京国立博物館）、辰馬（辰馬考古資料館）、熊野（熊野大社）、神戸市博（神戸市立博物館）が所蔵するもので、鉛同位体比はいくつかの論文に分散して発表されているが、井上洋一・森田稔編 2003『考古資料大観6』にまとめられている。

表 11　銅鐸の年代（佐原 1996）
Table 11　Chronology of the Dotaku after M. Sahara's typology

| | | |
|---|---|---|
| 最古段階 | I-1 式（菱環鈕 1 式） | 前 3 世紀 |
| | I-2 式（菱環鈕 2 式） | 前 2 世紀 |
| 古　段階 | II-1 式（外縁付き鈕 1 式） | |
| | II-2 式（(外縁付き鈕 2 式） | 前 1 世紀 |
| 中　段階 | III-1 式（扁平鈕 1 式） | |
| | III-2 式（扁平鈕 2 式） | 後 1 世紀 |
| 新　段階 | IV-1 式（突線鈕 1 式）<br>IV-2 式（突線鈕 2 式） | |
| | IV-3 式（突線鈕 3 式） | 2 世紀 |
| | IV-4 式（突線鈕 4 式） | |
| | IV-5 式（突線鈕 5 式） | |
| | | 3 世紀 |

注）この表は佐原真による銅鐸の段階ごとの年代（世紀）を図式したもので、各鈕式の年代幅は絶対年数と比例するわけではない。

遠式の中心値 0.8763 よりわずかに小さい。±2σ内に入るのは 5 鐸のうち 1 鐸である。

（5）突線鈕 2 式

この段階から近畿式が現れるが，5 鐸の標準偏差は大きい。しかし，福井・新町鐸の 0.8929 と岡山・妹鐸の 0.8655 を除いた 3 鐸（和歌山晩稲；岡山高塚；高知正善）は 0.8764・0.8763・0.8762 と完全に近畿式・三遠式の中心値と一致している。福井・新町銅鐸は佐原・春成（1982）によると「三遠式の前身」となっていて，近畿式ではない。岡山・妹銅鐸については，同じ突線鈕 2 式に属する岡山・高塚銅鐸との関係（ともに迷路派流水文）が議論されており，佐原真と難波洋三の間に見解の相違があったそうである。難波は迷路派流水文銅鐸を近畿式の特徴をもつ b 類とそれをもたない a 類に細分し，a 類が b 類に時間的に先行するとした。妹銅鐸は a 類，高塚銅鐸は b 類に属する。佐原は高塚銅鐸の 3 区流水文から妹銅鐸の 6 区流水文へ変化を重視し，時間的に逆とした（岡本寛久 2000）。難波の分類に従って妹銅鐸を近畿式ではないと定義すれば，鉛同位体比との整合性が非常によいことになる。

（6）突線鈕 3 式

14 鐸の平均値は近畿式・三遠式の中心値とほぼ一致しているし，標準偏差も小さい。しかし，1 資料（静岡・釣荒神山 1 号）が 0.8726 とかなり小さい数値を示す。これを除くと 13 鐸（近畿式 4，三遠式 9）の平均は近畿式・三遠式の中心値と一致し，ばらつきが小さくなる。釣荒神山 1 号は三遠式であるが，鋳造の際，基本材料に異物（たとえば，朝鮮系遺物ラインのスクラップが少量）が混ぜられたのであろう。

（7）突線鈕 4 式

ばらつきの標準偏差が計測誤差の標準偏差と同じレベルである 6 鐸（近畿式 3，三遠式 3）の平均値は，棒状銅製品と完全に合致している。図 3 にこの状況を示す。

（8）突線鈕 5 式

3 個の平均値は近畿式・三遠式の中心値とほぼ一致しているし，標準偏差が突線鈕 4 式よりも大きいのは測定例が少ないためであろう。

表 10 を上記のように吟味すると，遅くとも（扁平鈕式も可能性がある）突線鈕 2 式（近畿式）の段階から棒状銅製品のようなインゴットが存在していたことは間違いないように思われる。それでは，その前の段階での鋳造のための材料は何だったのだろうか。

この問題については従来から議論されていたように，銅，スズ，鉛の素材を混ぜて鋳造した場合と，製品あるいはスクラップを改鋳した場合が考えられる。昔と違って現在では，合金の成分比（信頼できるデータは少ないが）と鉛同位体比という 2 種類の制約条件が手元にあるので，スズ%・鉛%・鉛同位体比の三元連立方程式を満足させる解を求めればよいということになる。解が二つ，三つという可能性もあるが，今後の研究の方向付けのためにも，いま手持ちのデータで考えてみる。

### 4.2.2　金属 3 種の素材を使って鋳造した可能性

銅の素材と思われるものとしては，棒状銅製品のほかに筆者らが 22 年前に測定した愛知県朝日遺跡出土の銅滴がある（馬淵・平尾 1984）。鋳造の際に落ちこぼれたと思われる銅の滴で，放射化分析で銅 95.8%，スズ 0.48%，ヒ素 0.07%，アンチモン 0.33%と定量された。放射化分析では定量できない鉛については，久野雄一郎氏の分析で 1.31%という数値がでている。鉛同位体比は$^{206}$Pb

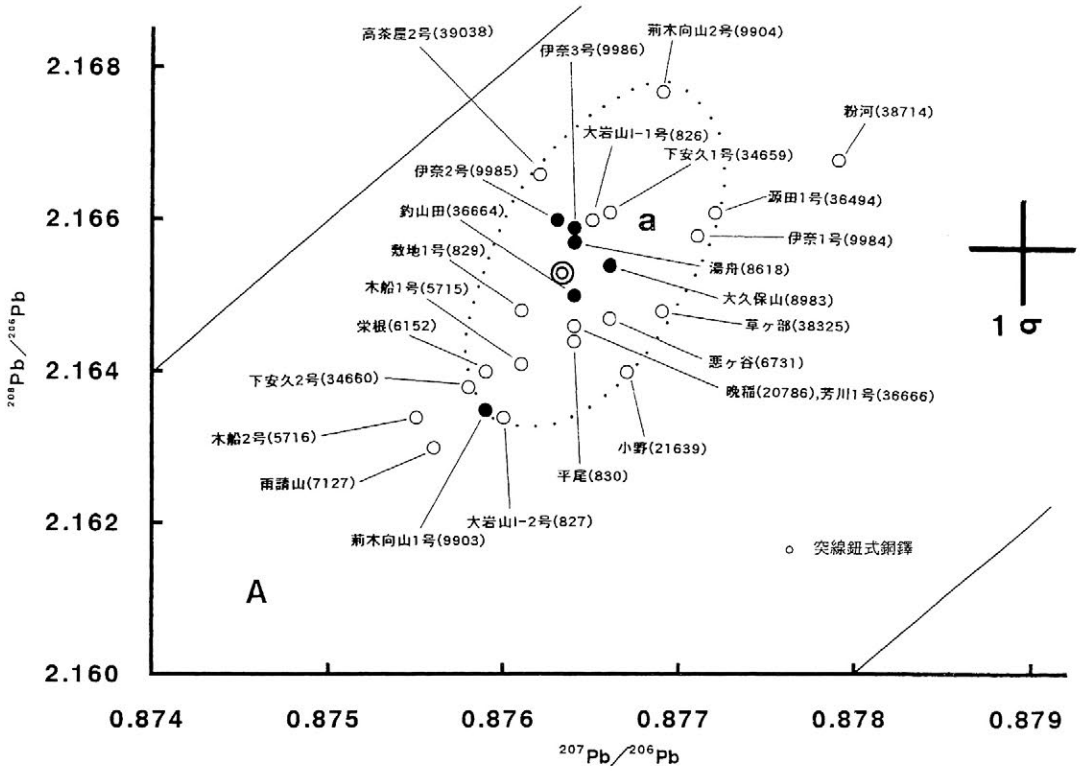


図3　突線鈕式銅鐸と棒状銅製品の鉛同位体比拡大分布図（井上洋一ら 2002 の図 5 に基づく）
○：突線鈕 1 式～ 3 式，5 式　●：突線鈕 4 式　◎：棒状銅製品

Fig. 3　Enlarged diagram showing the lead isotope ratios of *Dotaku* of style IV and of the copper bar (based on Fig. 5 of Inoue et al. 2002)
○：*Dotaku* of Style Ⅳ-1，2，3，5　●：*Dotaku* of Style Ⅳ-4　◎：copper bar

$/^{204}Pb=17.904$，$^{207}Pb/^{206}Pb=0.8705$，$^{208}Pb/^{206}Pb=2.1515$ と，間違いなく領域 A の左端に位置し，近畿式・三遠式銅鐸とは明らかに違っていた。棒状銅製品とは少しずれた鉛同位体比をもつ銅の素材が弥生時代後期に中部地方に存在していたということで，これは重要な事実である。

今回，当時遺跡の担当であられた愛知県教育委員会の高橋信明氏に追加の情報をお尋ねした。氏によると，銅滴の出土地点は朝日遺跡の北部にある環濠で，弥生後期の比較的早い時期のもの。その後，当地点から東へ 150 メートルの場所で銅鐸（多分，扁平鈕式）の鋳型片が出土し，また 2 年前には近くで巴形銅器が出土したとのことである。

朝日遺跡の銅滴が弥生後期の比較的早い時期のものとすれば，棒状銅製品と違った鉛が入っていてもおかしくない。銅滴の鉛同位体比は扁平鈕式の範囲内に入っている。このような出土例がある限り，外縁付き鈕 2 式から突線鈕 1 式まで 100 年ないし 150 年の間に（表 11 参照），領域 A（鉛同位体比）内でいろいろな値をとる鉛数%を含む銅の素材が倭国に来ていたことは十分に考えられる。ただし，その種の銅素材で中期の銅鐸を鋳造するときには，分析値になるようなスズと鉛が加えられなければならない。例えば，奈良・秋篠 1 号銅鐸（扁平鈕式）は現状では 615g だが，欠損部があるので 700g としよう。これが平尾らの分析値（井上・松浦・平尾・早川・榎本・鈴木 2002）であるスズ 3.84%，鉛 6.28%の銅鐸になるためには，およそ

銅素材（銅滴成分）637.4g＋スズ 26.9g＋鉛 35.7g

の量で混合しなければならない。鉛同位体比は《銅素材中の鉛＋スズの中の鉛＋鋳造用の鉛》の混合した値を示すことになる。銅素材の鉛は 8.4g なので，加える鉛の同位体比が支配的になる。スズ中の鉛量は多くないので，極端に離れた同位体比をとらない限り，微小に変動させるだけである。つまり，加える鉛も銅素材と同じ中国から来ている必要がある。

スズ素材については，吉野ヶ里遺跡から純度の高い塊が弥生時代前期ということで出土している。また，筆者らが過去に鉛同位体比を測定した福岡市カルメル修道院

内遺跡小児用木棺墓出土の"銅"釧3点（馬淵・平尾1990；柳田1990）はのちに錫釧であることが判明している（比佐洋一郎2004）。柳田は「副葬された時期は中期初頭からさほど古くなると考えられず，朝鮮半島で細形銅剣や多鈕細文鏡が最盛期に達した時期」と述べている。

鉛素材については，北九州で弥生中期に鉛矛があったということだが，この種の鉛が青銅器に入った例はいままで見つかっていない。上記の計算例からわかるように，銅素材と同じ領域Aの鉛でないと説明がつかない。

以上の事実を考慮に入れると，この項の結論は下記の2点になる。

①3金属の素材を用意して銅鐸を製作したならば，外縁付き鈕式も扁平鈕式もそれぞれの画一的な鉛同位体比をとるはずである。原料の豊富な中国と違って，限られた原料が遠隔地から来たのであるから，3金属の素材が調達できていたとすれば，製作段階ごとに鉛同位体比が一致するか，あるいは同一同位体比のグループができるはずである。しかし，鉛同位体比はばらついている。従って3金属素材鋳造説は可能性が低い。

②3金属素材鋳造説を証明するためには，銅鐸分布域の中で鉛同位体比の条件を満たすスズと鉛の素材の出土が必要になる。これらの出土がない限りは，次項で述べるスクラップ再利用の可能性が大きいといわざるを得ない。

### 4.2.3 製品の改鋳とスクラップの再利用の場合（混合比率のシミュレーション）

改鋳とスクラップの対象になるのは日本で出土している当該時代の青銅製品で考えるしかない。それは当面は下記の3種である。

①前漢鏡・方格規矩鏡・連弧文鏡のような領域Aに入る漢式鏡

②五銖銭（表12）・貨泉（表9）のような領域Aに入る銭貨

③棒状銅製品や銅滴の原材料のような領域Aに入る鉛を含む銅の素材

昔から改鋳の材料として提案されているものに銅剣・銅矛・銅戈もある。細形銅剣の中には領域Aをとるものがあるので（馬淵・平尾1990），理論上は武器形青銅器を考えてもよいが，中国の材料を使って朝鮮半島あるいは北九州で鋳造されたものなので，それをわざわざ畿内などに運んで第2次生産をしたとは考えにくい。ここでは考慮しないことにする。

改鋳・スクラップ説が魅力的なのは，表10（銅鐸の鉛同位体比分布状況）と表13（前漢～王莽期・青銅製品の鉛同位体比分布状況）を較べると，領域A内でほとんど同じ分布小領域をもつものが両者間でみられるからである。たとえば，外縁付き鈕1式銅鐸の平均値0.8789（2式も0.8798と近い）は平原八葉鏡0.8791とほとんど同じであり，扁平鈕式銅鐸の平均値0.8761は貨泉0.8761と全く一致している。ただし，同位体比が一致しただけでは十分ではない。スズと鉛の含有量が説明できるような材料組み合わせを見つける必要がある。化学組成でみると，前漢鏡はスズが多く，銭貨は鉛が多いので，鏡と銭貨と銅素材があれば，スズ23%と鉛15%よりは含有量が小さい銅鐸については，どんな化学組成でも合成できるはずである。そして，同時に鉛同位体比も説明できなければならないが，幸いにも手持ちのデータの中に，鏡については平原八葉鏡のように高い平均値0.8791のものと日光鏡等のように低い平均値0.8761のものがあり，銭貨についても五銖銭0.8803と貨泉0.8761と高低のものが存在する。銅素材についても銅滴の原材料（領域Aの0.87～0.88に分布するものと仮定）と棒状銅製品が存在する。恐らく，各段階の銅鐸を合成することは可能であろう。

表14は上記の6種類の材料をどのような割合で混ぜれば各鈕式の銅鐸ができあがるかをシミュレーションしてみた結果である。6種類の材料のうち八葉鏡（平原遺跡）は舶載鏡ではないが，このような高い同位体比をもつものがないと外縁付き鈕式や扁平鈕式が説明できないので入れている。そのような鉛同位体比をもつ鏡の代名詞として考えて頂きたい。

シミュレーションの結果をまとめると次のようになる。

（1）どの鈕式の銅鐸についても銅素材は必要で，銅鏡のスクラップと銭貨だけでは，分析データが示すような一定の比率の銅鐸を製作できない。

（2）必要な銅素材の比率は鈕式が新しくなるにつれて大きくなる。銅鐸そのものの重量も鈕式が進むにつれて大きくなるので，銅素材の絶対量は一層多

表 12　五銖銭の化学組成と鉛同位体比

Table 12　Chemical composition and lead isotope ratios of Chinese Wu Zhu coins in the 2nd to 1st centuries B.C.

| No. | 資料 | Cu% | Sn% | Pb% | $^{206}Pb/^{204}Pb$ | $^{207}Pb/^{206}Pb$ | $^{208}Pb/^{206}Pb$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 正様銭 | 79.8 | 2.5 | 15.1 | 17.494 | 0.8862 | 2.1780 |
| 2 | 正様銭 | 80.5 | 3.9 | 13.1 | 17.549 | 0.8832 | 2.1728 |
| 3 | 正様銭 | 83.5 | 3.0 | 11.9 | 17.812 | 0.8747 | 2.1598 |
| 4 | 下半星 | 83.0 | 2.3 | 12.4 | 17.620 | 0.8813 | 2.1721 |
| 5 | 下半星 | 79.6 | 2.0 | 14.1 | 17.714 | 0.8773 | 2.1668 |
| 6 | 下半星 | 86.9 | 1.6 | 3.6 | 17.721 | 0.8771 | 2.1677 |
| 7 | 上横文 | 82.8 | 1.9 | 12.6 | 17.635 | 0.8798 | 2.1691 |
| 8 | 上横文 | 88.4 | 2.5 | 7.6 | 17.559 | 0.8831 | 2.1740 |

注 1）資料は日本貨幣協会・前会長の高木繁司氏の提供。8 資料は三官専鋳銭で、前 113 年から後 5 年までの間に鋳造された。

注 2）化学組成のデータの詳細は「古文化財の科学」に発表されている（平尾・泉谷・八木・木村・馬淵 1984）。鉛同位体比は本表が初出。

表 13　前漢～王莽期・青銅製品の鉛同位体比分布状況（領域 A）

Table 13　Grouping of lead isotope ratios of bronze objects in the Western Han to Wang Mang periods (Region A of the lead isotope ratios diagram)

| 資料 | | $^{207}Pb/^{206}Pb$ | | $^{208}Pb/^{206}Pb$ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 数 | 平均値 | 標準編差 | 平均値 | 標準編差 | 備考 |
| 蟠螭文鏡 | 1 | 0.8836 | | 2.1853 | | 須玖岡本遺跡出土 |
| 草葉文鏡 | 6 | 0.8772 | 0.0015 | 2.1662 | 0.0031 | 須玖岡本遺跡出土 |
| 星雲鏡 | 5 | 0.8750 | 0.0032 | 2.1645 | 0.0052 | 須玖岡本、三雲 |
| 日光鏡等 | 18 | 0.8761 | 0.0034 | 2.1638 | 0.0075 | 上 3 段以外の前漢鏡 |
| 平原 AH 鏡 | 17 | 0.8867 | 0.0016 | 2.1901 | 0.0079 | 平原遺跡出土（★） |
| 平原 AL 鏡 | 18 | 0.8775 | 0.0025 | 2.1654 | 0.0043 | 平原八葉鏡を除く |
| 平原八葉鏡 | 4 | 0.8791 | 0.0008 | 2.1686 | 0.0028 | φ46.5cm 同型鏡（★★） |
| 五銖銭 | 8 | 0.8803 | 0.0038 | 2.1700 | 0.0055 | |
| 貨泉 | 16 | 0.8761 | 0.0028 | 2.1621 | 0.0070 | |

（★）福岡県平原遺跡出土の漢式鏡 39 面はすべて鉛同位体比の領域 A に収まるが、うち 17 面は従来の領域 A（前漢鏡）よりも右上方に分布し、他の 22 面とは若干離れたグループのようにみえた。分析結果の報告書（馬淵・平尾・西田 1991）では high と low の意味で、17 面のグループを AH、22 面のグループを AL と記号づけした。本邦出土最大の内行花文八葉鏡（平原八葉鏡と略記）4 面は AL に属する。

（★★）日本出土の中で最大のこれらの鏡は倭鏡と考えられている。

くなる。これは裏返すと，スクラップが少なくなり，最後はほとんど混ぜなくなったということを意味する。

（3）棒状銅製品と同じ出所の銅素材 T は突線鈕 2 式の段階から導入された。近畿式・三遠式銅鐸が画一的同位体比という初期の観測はこれに起因する。

（4）近畿式・三遠式銅鐸の画一的同位体比も，微細にみると，鈕式が進むにつればらつきが小さくなるようにみえるが（表 10），これは表 14 のように銭貨を加えるかどうかで説明できる。たとえば，データ数が多い突線鈕 3 式と 4 式で比較すると次のようになる。

表14　銅鐸製作のシミュレーション（混合する材料の重量%）
Table 14　Simulation of casting the *Dotaku* of different styles (wt. % of materials mixed)

| 鋳造用材料 | 八葉鏡 | 日光鏡等 | 五銖銭 | 貨泉 | 銅素材A | 銅素材T |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 同位体比　Sn：Pb | 0.8791 | 0.8761 | 0.8803 | 0.8761 | 0.87-0.88 | 0.8763 |
| 同位体比　Sn：Pb | 23：5 | 23：5 | 3：11 | 3：11 | 0：2 | 0：5.5 |
| 外縁付き鈕式銅鐸 0.873-0.886　4：8 | 9 | | 64 | | 27 | |
| 扁平鈕式銅鐸 0.871-0.881　4：7 | 11 | | | 52 | 37 | |
| 突線鈕1式銅鐸 0.873-0.878　3：7 | | 6 | | 54 | 40 | |
| 突線鈕2a式銅鐸 0.865-0.893（3：7） | | (6) | | (54) | (40) | |
| 突線鈕2b式銅鐸 0.8763　(3：7) | | (9) | | (28) | | (63) |
| 突線鈕3式銅鐸 0.8761　4.4：7 | | 15 | | 29 | | 56 |
| 突線鈕4式銅鐸 0.8763　0.5：1.3 | | 2 | | | | 98 |
| 突線鈕5式銅鐸 0.8760　2.4：3.4 | | 10 | | | | 90 |

注1）漢式鏡の成分はよく知られている事実に従い、Sn：Pbを23：5とした。
貨泉の分析値はないが、時期的連続性を考えて五銖銭の概算値3：11を使った。
銅素材Aは朝日遺跡の銅滴のようにSnは0%で、鉛同位体比は変動するとした。

注2）銅鐸の化学分析値は少ないが、1960年代以前のものは使わず、山崎一雄（1982）に掲載されている山崎一雄、久野雄一郎、亀井清の分析値および井上・松浦・平尾・早川・榎本・鈴木（2002）に報告された平尾良光らの分析値を使った。一つの銅鐸でも、測定者によって数値が違うことがあるので、おおむね整数で表すことにした。和歌山・砂山鐸は突線鈕3式か4式とあるが、他に4式例がないので、計算のサンプルとして4式に入れた。分析例のない鈕式には推定値を（　）に記した。

注3）鉛には偏析があり、ひとつの青銅器でも検出箇所によって数パーセントは変動するので、突線鈕4、5式については銅素材T中の鉛含有量の変動ということで解釈することにした。従って、スズ量を調整するだけの計算になる。

《突線鈕3式》：この種の銅鐸の鉛7％のうち3.08％は銅素材Tから，3.19％は貨泉から，0.75％は日光鏡等から，と計算される。日光鏡等の鉛同位体比は銅素材Tの0.8763の近辺で散らばり，鉛量は小さいので，同位体比に対する寄与は無視できる。そこで実質上，銅素材Tの鉛と貨泉の鉛の混合とみなして差し支えない。銅素材Tは0.8763と一定なので，平均値0.8761で標準偏差0.0028の貨泉を混ぜると，製品の銅鐸の鉛同位体比は3.19：3.08の比率で両者の中間値となる。仮に，ある貨泉の鉛同位体比が0.8775とすると，それを銅素材に混ぜて作った銅鐸の鉛同位体比は0.8769となる。つまり混合すれば製品（銅鐸）の鉛同位体比は貨泉の数値から銅素材Tの0.8763の方に近寄ることになる。貨泉全体として考えても，標準偏差は銅素材Tに混ぜられることによって小さくなる。貨泉の平均値は0.8761と銅素材Tに近いので，標準偏差は±0.0028×3.19／6.27＝±0.0014となる。この数値は突線鈕3式の0.8761±0.0011（表10）に極めて近く，シミュレーションが見当はずれでないことの証左になる。

《突線鈕4式》：この段階の銅鐸が，分析例（和歌山・砂山鐸）のようにスズも鉛も微量な場合にはスクラッ

プの混合はわずかでよい。

以上のようにシミュレーションの結果は，前漢鏡や五銖銭や貨泉と同じ地域で産出した銅素材を主材料として，製品のスクラップを混ぜて銅鐸を作った可能性が十分ありうることを示した。このような計算は信頼できる化学分析値が多くなればもっと正確になっていくと考えられる。

以上のような改鋳・スクラップ説の問題点は，前漢鏡にしても五銖銭にしても，銅鐸分布圏ではあまり出土例がないことである。貨泉は出土しているが，外縁付き鈕式銅鐸を製作した時期にはまだないはずなので，その前の前漢時代の五銖銭を想定せざるをえない。両者とも西日本では出土しているので，銅鐸分布圏に運ばれたと考えるしかない。勿論，鏡の場合には破片が使われたと考えるほうが現実に近いと思う。

### 4.3　高塚遺跡出土の棒状銅製品はどのようなインゴットか

筆者は高塚遺跡発掘調査報告書の論文の中で棒状銅製品がインゴットである可能性を記述した。しかし，素材であることは確かにしても，形状や重さが，どのような役割を果たすために存在したのかを説明する必要がある。現在の考えを述べてみたい。

（1）形状と大きさ：

両端が細くなったペンシル型は，坩堝の底に置くのに適した形である。成分はほとんど銅なので，融点は1000℃を超す。熱の伝導効率からも熔解するときの形として合理的ではないか。春日市須玖坂本遺跡，福岡市比恵遺跡で出土した弥生後期の坩堝が参考になるので，春日市奴国の丘歴史資料館の境靖紀氏に教えていただいた。比恵遺跡調査報告（1994）によると，取瓶の大きさと内容量は棒状銅製品の数個から数十個分に相当するので，規模としては概略合致するようにみえる。スズの多い青銅ではなく，棒状銅製品の形状と化学組成をもった材料を使って実験考古学的鋳造テストを実施していただければ幸いである。

（2）重量：

棒状銅製品の100g弱という重量は，1本で銅鏃（5g程度），銅釧（30g程度），小形仿製鏡（30－50g）など小形の青銅器を複数個作るのに適している。銅鋤先（200g），銅剣，銅矛，銅戈（500－2000g）には数本の棒状銅製品で足りる。近畿式・三遠式銅鐸は50－200本を必要とする。しかし運搬には，この形状と大きさは都合がよい。もちろん，もっと大きい棒状銅製品があってもおかしくない。

（3）インゴットの必要条件：

人類が鋳造の技術を獲得し，銅を大量に使い始めると，原料を鋳造地まで運ぶ便のために，鉱山の近くで製錬を実施して鉱石から粗金属を取り出し，鋳型に入れて一定の形に鋳造するという過程を考え出した。これがインゴット（地金，鋳塊）製作である。世界的に有名なのは，キプロス島を中心とする古代地中海世界で，後期青銅器時代（前16世紀～前12世紀）に銅インゴットが交易されていたことが海中考古学で解明されている。

有名な例は，1982年にBass, G.F.（1991）らがトルコ南端のゲリドニア岬（Cape Gelidonya）から50マイル離れた海中から発掘したUluburun沈船の遺物で，前14世紀とされる。その中には354個の牛皮型（oxhide）銅インゴットと121個の“丸ぶどうパン型”（bun）銅インゴットが含まれる。

最近では，シリアに接するトルコ領の古都アンタキヤ（旧アンティオキア）の近くのアムク谷（Amuq Valley）の鋳造遺跡から3個の“丸ぶどうパン型”銅インゴットが発掘された（Aslihan Yener, K. 2003）。インゴットに含まれた木炭のC-14年代は1620～1430Cal BCであったO。現時点で最古のものと思われる。

牛皮型は，大きさがまちまちであるが，およそ，厚さ4～6cm：長さ20～45cm：重さ10～50kgである。アムク谷で発掘された“丸ぶどうパン型”は円径23cmで，20kg程度（筆者の推測）であろう。

中国については，前漢時代の銅鉱遺跡2箇所から出土した銅インゴットを王仲殊（1984）が紹介している。

一つは，1953年に河北承徳地区（北京の北方）で地下100mの当時の鉱山から発掘された5～15kgの円盤状の銅インゴット（銅錠）である。これらの円盤の中央には，「東六十」「西五三」などの文字が刻まれている。東，西はインゴットを作った鋳造所の記号，

数字はその製品番号だろうと王仲殊は解釈している。もう一つは1955年に陝西省の長安城遺跡付近（西安の西北）で発掘された10個の長方形インゴットであり，各34kgの重量で，銅99%とされている。

以上は東西の例を少数挙げただけであるが，銅鐸を製作した時期に重なる前漢時代の長安にインゴットが存在していたことは弥生時代の青銅器製作にとって非常に重要なことである。鉛同位体比によって同じ出所であることが証明されている前漢鏡・五銖銭・貨泉が長安から倭国に持ち込まれていたのであるから，移動の便のために作られたインゴットが倭国の需要を満たすために運ばれなかったはずはない。銅鐸が古段階，中段階，新段階と進むにつれて大型になっていったのは，原料供給が保証されていたからで，銅鏡や銭貨のスクラップだけで間に合う話ではない。銅鐸が終焉を迎えるのも，何らかの理由で原料供給のシステムが変わったからではないかと筆者には思える。

このような情報を基にして高塚遺跡の棒状銅製品を考えると，大きな違いが一つあることに気付く。それは重量の違いである。筆者は古代世界のインゴットを全部調べたわけではないが，インゴットといえば少なくともキログラム量はあるのが常識であろう。それが棒状銅製品の場合は100グラム弱である。ここで思い至るのがインゴットのもう一つの役割，つまり鋳造のための素材としての働きである。中国の前漢時代は鉄器時代になっていて，青銅で作るものは鏡のほかには生活用具や商取引の道具（貨幣・秤・分銅）のように，比較的小さい製品が多かった。20kg，30kgのインゴットはそのまま小規模な鋳造工房で扱うには大きすぎたのではないか。弥生時代の倭国にも鋳造所の跡がかなりの数見つかっているが，大きいインゴットでは処理できなかったと考えられる。

ここで参考になるのが古墳から出土する鉄鋌である。朝鮮半島由来の鉄の素材とされる鉄鋌は，酸化した状態ではあるが，多くが数百グラム程度である。岡山県総社市・窪木薬師遺跡から出土した鉄鋌は73.0gと小さい（川野邉渉1993）。大きさから金属鉄として計算しても100g程度である。

これらのことを勘案すると，古代の銅においても現代のスラブあるいは鉄鋼のビレットのような小ぶりの素材を造り，目的別鋳造工房に分配するような過程が流通システムの中にあったとは考えられないだろうか。勿論，それは何らかの青銅器を造る工房の兼業であってもよい。高度な分業体制を確立していた漢代である。そのようなシステムがあったとする方が自然である。

図4はこのような銅インゴットの漢代における流通過程（仮説）を模式的に描いたものである。鋳造センターを中国内（恐らく長安の近く）としているが倭国専用ならば，楽浪あるいは北九州にあったとしても差し支えない。棒状銅製品はたまたま未使用のまま埋没した小インゴットだった，と筆者は考えている。

### 4.4 ブロンズロード

1989年5月，雑誌の特集「青銅器と弥生社会」のなかで筆者は下記のような文章を末尾に書いた（馬淵久夫1989）。

「このように，弥生時代の早い時期には韓国から，紀元前1世紀頃からは長安から，いわばブロンズロードのようなものができあがっていて，青銅器とともにその原料も，半製品ないしインゴットとして送られてきたことが推測される。“ブロンズロード”の実証は，韓国出土の青銅器の調査研究によって将来行なわれるべきである。」

この拙文は，「トレーサーとしての鉛」という文脈の中で，鉛同位体比を放射化学分析におけるトレーサー（跡づけ元素）のように使うことができることを解説したものであり，最近，牛のBSE問題を発端に食品業界で導入され始めたトレーサビリティの考え方と同じである。

本稿4.1～4.3に述べたように，銅鐸を造る原料も，産出鉱山は特定できないにしても，長安から来た素材（と製品のスクラップ）であることはほぼ確実になった。そしていま，過去に筆者が願った朝鮮半島出土の青銅器の研究が始められ，一部のデータが発表された。

国立歴史民俗博物館の齋藤努は，韓国慶尚大学校博物館長の趙榮濟と日韓共同研究「東アジア地域における青銅器文化の移入と変容および流通に関する多角的比較研究」を実施し，韓国出土および楽浪土城出土の青銅器の鉛同位体比を測定した（齋藤・趙・藤尾・福尾・風間・

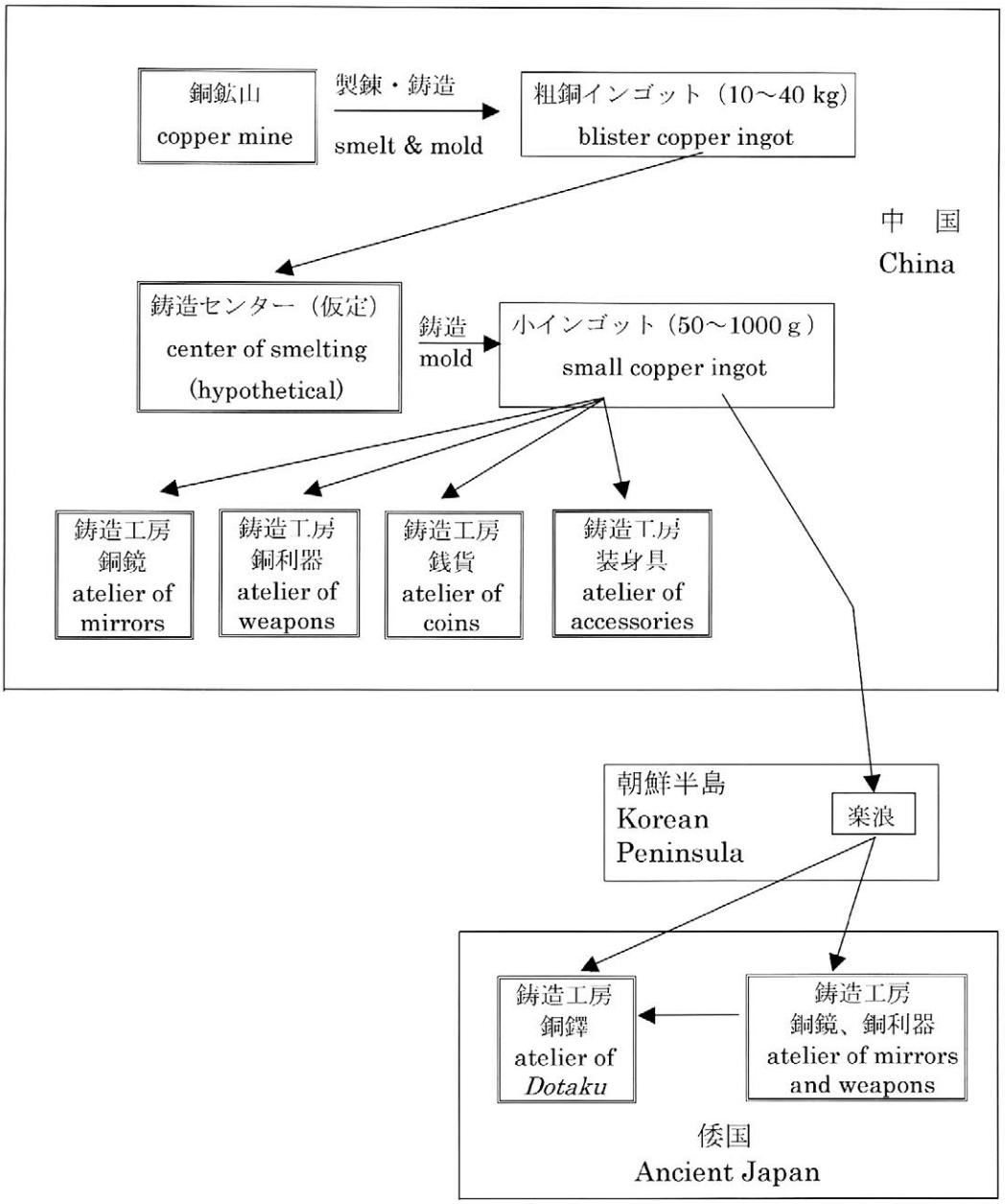


図4　漢代における銅インゴットの流通過程（仮説）
Fig. 4　Delivery process of copper ingot in the Han dynasty period (a hypothesis)

土生田・高田・亀田・柳・鄭 2006)。その結果の中で，次の2点が本稿に関係する。

①金海良洞里古墳群（2－4世紀）の馬形帯鉤など9点（齋藤らのGroup A）が近畿式・三遠式銅鐸とほとんど同じ鉛同位体比を示す。

②楽浪土城出土の青銅器の多くが前漢鏡タイプのものであり，44点のうち8点がGroup Aに属する。

齋藤らは，新たに定義したGroup Aが日本出土の近畿式・三遠式銅鐸と時期的に重なり合うことを認めながらも，「ただし両者には地理的な隔たりがあり，また楽浪出土青銅器がどのような原料調達を行い，どこで製作されたかという検討も要するが，いずれにしても中国の鉱床との関連の可能性については考慮しておいた方がよいと思われる」と慎重な表現をとっている。

筆者は，齋藤らの研究によって，青銅器および青銅原料の流通に関する2000年前の朝鮮半島の状況が分かり始め，近畿式・三遠式銅鐸の特異な鉛同位体比をトレーサーにして，長安→楽浪→金海→福岡→岡山→近畿→三遠→　と，ブロンズロードの拠点が解明され始めたと考えている。これらの地名の中で，前漢鏡・五銖銭・貨泉という間違いない製品に頼って推論しただけで出土遺物を測定していないのは出発点の長安だけである。西安近辺出土の前漢時代の青銅器の詳細な調査研究が望まれる。

## 5．まとめ

A．過去30年におよぶ鉛同位体比を用いる銅器・青銅器の研究によって，弥生時代から奈良時代に至る約900年間に日本列島で使用された銅と青銅原料の出所に関する推定が下記のように確度を増してきている。

（1）鉛同位体比分布図（図1）の領域Aは，研究の初期に「前漢鏡が占める領域」と定義されたが，前漢時代の五銖銭と貨泉も全く同じ領域を占めることがわかった。

（2）領域Bは，部分的に重なり合う黄河以南のいくつかの産地の鉛の合成でできていると考えられる。三角縁神獣鏡はその中の，ある小領域を占める。

（3）領域Cは，「日本産鉛鉱石の多くが占める領域」と定義されたが，この領域に入る資料の最も古いものが6世紀後半に溯る可能性がでてきた。ただし，この年代は古墳副葬品の土器編年から推定したものである。

（4）ラインDは，初期に「朝鮮系遺物ライン」と定義し，のちに鉛鉱石の測定結果から朝鮮半島南部（現・韓国）の可能性が高いとした。朝鮮半島南部という推定は，和同開珎（銀）および齋藤努らによって最近測定された韓国南部の古墳出土方鉛鉱によって裏付けられた。

B．弥生時代の青銅器が武器類を中心に平尾良光らによって精査され，銅鐸原料との相関と共通性が明らかになった。蓄積された化学分析および同位体分析のデータを総合することによって，1982年に筆者らが発表した銅鐸の原料に関する推考を次のように伸展させることができた。

（1）岡山県高塚遺跡から1988－89年に出土した棒状銅製品は，近畿式・三遠式銅鐸と完全に同一の鉛同位体比を示すことから，弥生時代後期に中国から将来された鋳造用素材（小インゴット）と判定された。日本の先史時代の遺物としては，初めて確認されたインゴットであろう。

（2）古段階から新段階までの銅鐸の製作法について，化学成分と鉛同位体比の両者を満足させる条件をシミュレーションした。その結果，3金属（銅，スズ，鉛）素材混合説よりもスクラップ利用説の方が現実的であるという結果になった。その骨子は，どの段階でも銅素材は必要であり，銅素材に銅鏡破片と銭貨をいろいろな割合で加えると各段階の分析値と一致する銅鐸が得られること。そして段階を追って銅鏡破片と銭貨の添加比率が低くなっていったと考えられることである。

（3）総合的にみて，弥生時代の中期以後，長安から朝鮮半島経由で倭国まで青銅製品およびその原料を運ぶブロンズロードが存在したことがほぼ裏付けられた。

**謝　辞**

この総合論文をまとめるにあたっては，多くの方々のお世話になった。

別府大学の平尾良光教授と国立歴史民俗博物館の齋藤努助教授には，最新の実験データについてご教示を頂き，弥生時代青銅器に関する私論のなかに取り込むことのお許しをいただいた。春日市奴国の丘歴史資料館の境靖紀氏および福岡市埋蔵文化財センターの二宮忠司所長と比佐陽一郎文化財主事には弥生時代の坩堝について詳細な内容を教えていただいた。弥生時代の鉛の出土品については東京国立博物館の井上洋一氏，スズの出土品については比佐陽一郎氏と九州国立博物館の本田光子課長に，それぞれ最新の情報をご教示いただいた。

岡山県古代吉備文化財センターの松本和男所長と岡山県立博物館の芦田和正館長・柳瀬昭彦副館長は高塚遺跡出土青銅器の再確認に立ち会っていただき，写真の掲載をお許しいただいた。愛知県教育委員会の高橋信明氏，日本貨幣協会顧問の高木繁司氏は20年前の調査の再確認にご協力いただいた。くらしき作陽大学の河本清教授と澤田秀実助教授には考古学の立場からさまざまなご教示をいただいた。

元東京大学地震研究所の佐藤和郎博士には改めて朝鮮半島の鉛についてご教示をいただいた。

これら先学のご好意によって本稿が完成したことを思い，心から御礼を申し上げたい。

## 引用文献


新井　宏 2000「鉛同位体比による青銅器の鉛産地推定をめぐって」『考古学雑誌』85-2　pp.1-30

井上洋一・松浦宥一郎・平尾良光・早川泰弘・榎本淳子・鈴木浩子 2002「東京国立博物館所蔵弥生時代青銅器の鉛同位体比」『MUSEUM』577 pp.5-37

井上洋一・森田　稔編 2003『考古資料大観 6　弥生古墳時代　青銅・ガラス製品』小学館

王　仲殊 1984『漢代考古学概説』中華書局出版 p.61

岡村秀典 1993「後漢鏡の編年」『国立歴史民俗博物館研究報告』55 pp.39-83

岡村秀典 1996「中国鏡からみた弥生・古墳時代の年代」『考古学と実年代－第 40 回埋蔵文化財研究集会第Ⅰ分冊発表要旨集』埋蔵文化財研究会 pp.79-84

岡本寛久 2000「高塚遺跡フロヤ調査区検出の銅鐸埋納壙とその出土銅鐸について」『高塚遺跡・三手遺跡 2 岡山県埋蔵文化財発掘調査報告』150 pp.1003-1016

亀井　清 1972「神戸市桜ヶ丘出土銅鐸の冶金学的研究」『桜ヶ丘銅鐸銅戈 兵庫県文化財調査報告』第 1 冊 兵庫県教育委員会 p.173

川野邊渉 1993「鉄鋌と鉄滓の科学組成に関するレポート」『窪木薬師遺跡 岡山県埋蔵文化財発掘調査報告』86 pp.271-272（鉄鋌の記載 pp. 70-71）

金　正耀・W. T. Chase・馬淵久夫・三輪嘉六・平尾良光・趙　匡華・陳　栄，華　覚明 1993「戦国古幣的鉛同位素比研究」『文物』8 pp.80-89

金　正耀 2000「中国古代文明をさぐる－鉛同位体比による研究を中心に－」『考古学と化学をむすぶ』（馬淵久夫・富永　健編）東京大学出版会 pp.169-194

孔　祥星・劉　一曼 1984『中国古代銅鏡史』（高倉洋彰・田崎博之・渡辺芳郎訳，発行・中国書店／発売・海鳥社 1991）

小林行雄 1961『古墳時代の研究』青木書店

齋藤　努 2000「皇朝十二銭の原料をさぐる－元素分析と鉛同位体比分析」『考古学と化学をむすぶ』（馬淵久夫・富永　健編）pp.243-270

齋藤　努 2001「日本の銭貨の鉛同位体比分析」『国立歴史民俗博物館研究報告』86（齋藤　努編）pp.65-128

齋藤　努編 2001『同位体・質量分析法を用いた歴史資料の研究－国立歴史民俗博物館研究報告』86

齋藤　努・趙　榮濟・藤尾慎一郎・福尾正彦・風間栄一・土生田純之・高田貫太・亀田修一・柳　昌煥・鄭　仁盛 2006「東アジア地域における青銅器文化の移入と変容および流通に関する多角的比較研究」『国立歴史民俗博物館日韓共同研究報告書』

早乙女雅博 2000『朝鮮半島の考古学』同成社

佐原　真・春成秀爾 1982「銅鐸出土地地名表」『考古学ジャーナル』11 ニュー・サイエンス社

佐原　真 1996「まつりのカネ銅鐸」『歴史発掘』8　講談社

中井俊一 2001「鉛同位体比による金属考古遺物の産地決定」『同位体・質量分析法を用いた歴史資料の研究－国立歴史民俗博物館研究報告』86（齋藤　努編）

西田守夫 1982「鉛同位体比法による漢式鏡研究への期待と雑感－主として呉鏡と三角縁神獣鏡の関係資料について－」『MUSEUM』370 pp.13-17

西田守夫 1983「鉛同位体比法による漢式鏡研究（2）の資料蒐集と雑感－弥生式小形仿製鏡および古墳出土の画像鏡・神獣鏡などを中心として－」『MUSEUM』370 pp.13-17

土生田純之・編 2003『日本全国古墳学入門』学生社

樋口隆康 1979『古鏡』新潮社 p.119

比佐洋一郎 2004「錫，鉛製耳環に関する基礎的検討－福岡市内の出土例を中心として－」『古文化談叢 50 発刊記念論集』下 pp.83-102

平尾良光・泉谷明人・八木謙二・木村　幹・馬淵久夫 1984「前漢銭および模鋳銭の化学組成」『古文化財の科学』29 pp.27-34

平尾良光 1995「鉛同位体比による春日市出土青銅器の研究」『春日市史』上（春日市史編さん委員会編）pp.860-901

平尾良光編 1999『古代青銅の流通と鋳造』鶴山堂

藤井清志 1979「質量分析計へのマイクロコンピュータの応用」『保存科学』18 pp.9-17

藤井一二 1991『和同開珎』中公新書 pp.183-185

馬淵久夫・平尾良光 1980「竹島御家老屋敷古墳出土鏡片の鉛同位体比による同定」『MUSEUM』357 p.36

馬淵久夫・平尾良光 1982a 「鉛同位体比法による漢式鏡研究」『MUSEUM』370 pp.4-12

馬淵久夫・平尾良光 1982b 「鉛同位体比からみた銅鐸の原料」『考古学雑誌』68-1 pp.42-62

馬淵久夫・平尾良光・佐藤晴治・緑川典子・井垣謙三 1982「古代東アジア銅貨の鉛同位体比」『考古学と自然科学』15 pp.23-39

馬淵久夫・平尾良光 1983「鉛同位体比法による漢式鏡研究（2）－西日本出土の鏡を中心として－」『MUSEUM』382 pp.16-30

馬淵久夫・平尾良光 1984「愛知県朝日遺跡出土銅滴の放射化分析と鉛同位体比測定」『考古学の広場』2 pp.25-28

馬淵久夫 1987「第5節 鉛同位体比による原料産地推定」『出雲岡田山古墳』pp.167-171

馬淵久夫 1988「長野県出土青銅鏡の鉛同位体比測定」『長野県史 考古資料編全1巻（4）遺構・遺物』pp.1072-1075

馬淵久夫 1989「青銅器の原料」『季刊　考古学』27 pp.18-22

馬淵久夫・平尾良光 1989「出雲国庁跡出土和同開珎の科学調査」『八雲立つ風土記の丘』96 pp.4-5

馬淵久夫・平尾良光 1990「福岡県出土青銅器の鉛同位体比」『考古学雑誌』75-4 pp.1-20

馬淵久夫・江本義理・門倉武夫・平尾良光・青木繁夫・三輪嘉六 1990「島根県荒神谷遺跡出土銅剣・銅鐸・銅矛の化学調査－非破壊分析と鉛同位体比測定－」『保存科学』30 pp.1-19

馬淵久夫・平尾良光・西田守夫 1991「平原弥生古墳出土青銅鏡およびガラスの鉛同位体比」『平原弥生古墳』上（原田大六著）pp.206-215

馬淵久夫 1993「青銅器の鉛同位体比の解釈について－北九州および韓国南部出土青銅器を例として－」『古文化談叢 30』下 pp.1143-1154

馬淵久夫 1995「遺物の原料からみた古墳時代の国際交流」『考古学と自然科学』31・32 pp.121-134

馬淵久夫・平尾良光 1995「鉛同位体比による水落遺跡出土銅管の原料産地推定」『飛鳥水落遺跡の調査 飛鳥・藤原宮発掘調査報告Ⅳ』（木下正史ほか）奈良国立文化財研究所 pp.143-150

馬淵久夫 1996a 「弥生・古墳時代仿製鏡の鉛同位体比の研究」文部省科学研究費補助金一般研究C時限課題番号 05835017

馬淵久夫 1996b 「荒神西古墳および殿田古墳から出土した銅鈴の原料産地について」『作陽音楽大学・短

期大学紀要』27-2 pp.27-33（原著表題の殿山古墳は｛殿田古墳｝の誤り）
馬淵久夫・平尾良光・榎本淳子・早川泰弘 2000「高塚遺跡出土の銅鐸・貨泉・棒状銅製品の鉛同位体比」『高塚遺跡・三手遺跡 2 岡山県埋蔵文化財発掘調査報告』150 pp.1063-1070
毛利光俊彦 1978「古墳出土銅鋺の系譜」『考古学雑誌』64-1 pp.1-27
柳田康雄 1990「鉛同位体比による青銅器研究への期待」『考古学雑誌』75-4 pp.21-36
山崎一雄・室住正世 1976「鉛の同位体比による産地分析の試み，本邦出土の青銅鏡ならびに古銭について（予報）」『考古学と自然科学』9 pp.53-58
山崎一雄 1982「銅鏡・銅鐸など青銅器の化学成分」『考古学と自然科学』15 pp.13-21
山崎一雄 2001「鉛同位体比測定の研究史」『同位体・質量分析法を用いた歴史資料の研究－国立歴史民俗博物館研究報告』86（齋藤　努編）pp.15-25
Aslihan Yener, K. 2003 "The AMUQ Valley Projects 2001-2002 Annual Report", Oriental Institute, University of Chicago
Bass, G. F. 1991 Evidence of Trade from Bronze Age Shipwrecks, in Bronze Age Trade in the Mediterranean, edited by N. H.Gale, pp.69-82
Brill, R. and Wampler, J. M. 1968 Isotope Studies in ancient lead : Am. J. Archaeology 71, pp.63-77
Hirao, Y., Mabuchi, H., Fukuda, E., Tanaka, H., Imamura, T., Todoroki, H., Kimura, K., and Matsumoto, E. 1986 Lead isotope ratios in Tokyo Bay sediments and their implications in the lead consumption of Japanese industries : Geochemical Journal 20, pp.1-15
Mabuchi, H., Hirao, Y., and Nishida, M. 1985 Lead Isotope Approach to the Understanding of Early Japanese Bronze Culture: Archaeometry 27, pp.131-159
Patterson, C. C. 1971 Lead in the environment, Connecticut Medicine 35, pp.347-352
Rabinowitz, M. B. and Wetherill, G. W. 1972 Identifying sources of lead contamination by stable isotope techniques, Environ. Sci. Technol. 6, pp.705-709

（この講演記録は 2006 年 6 月 18 日に行なわれた「日本文化財科学会 第 23 回大会」の記念講演をもとに執筆されたものである。）

# Thirty Years' Studies in Ancient Bronze Objects by Lead Isotope Method : Reconsideration of the Bronze Materials in the Late Yayoi Period

**Hisao MABUCHI**

Kurashiki Sakuyo University, 3515 Tamashima-Nagao, Kurashiki City, Okayama 710-0292 Japan

Part 1 Review and overview

Provenance study of ancient copper and bronze objects which had been used in prehistoric to early historic periods in Japan (ca. 200 B.C.-A.D.800) was greatly advanced due to a large number of lead isotope data accumulated during the past 30 years in the laboratories of the Tokyo National Research Institute of Cultural Property (H. Mabuchi and Y. Hirao) and National Museum of Japanese History (T. Saito). The points of recent progress are summarized as follows:

(1) Most of bronzes in the Yayoi period (*Dotaku* and weapons) fall in Region A of Fig. 1 which was initially defined as a region of the Western Han mirrors. *Wu-zhu* coins (1st century B.C.) in the Western Han period and *Huo-quan* coins in the Wang-mang period (A.D.8-23) were both found to fall in Region A, indicating that those mirrors and coins were cast or minted at the same place, i. e. in or near by the Han capital Changan.

(2) Region B of Fig. 1, which was initially defined as a region occupied by the Eastern to post-Han mirrors, was found to be a partially superposed complex of small regions whose lead came from several different mines in central to southern part of China (vast area to the south of the Yellow River). Triangular-rimmed mirrors with divinity and animal figures, which are the most mysterious and have long been discussed in Japanese archaeology from the viewpoint of provenance, occupy a definite part of Region B.

(3) The earliest sample of Japanese copper whose lead isotope ratios fall in Region C of Fig. 1 might trace back to the latter half of the 6th century, half a century earlier than thought to be at the initial stage of our study.

(4) Lead of Line D, which was initially defined as a line drawn by mirrors and swords made in Korean peninsula in the 2nd to 1st century B.C., was proved to have come really from some part of South Korea by the measurement of a *Wado-Kaichin* silver coin as well as of two galena samples excavated from an ancient tumulus situated at an extreme southern part of Korean peninsula.

Part 2 Reconsideration of the Bronze Materials in the late Yayoi period

During the past 15 years, Hirao et al. studied a number of bronze swords of the Yayoi period excavated in Kyushu district and proved that lead isotope ratios of the swords are the same as those of *Dotaku*. The swords show a kind of parallelism with *Dotaku* in chronological change of lead isotope pattern. Thus, together with other new findings, our knowledge on the bronzes in the late

Yayoi period became extensive. The present author advanced the theory on materials for *Dotaku*-making which had been first published in 1982, drawing inferences from all data available, as follows.

(1) In 1988-89, a small bar of copper (Photo 1) was excavated from the latest Yayoi layer of Takatsuka site in Okayama city. It contains 0.05% Sn and 5.51% Pb, and the lead isotope ratios were in perfect agreement with those of *Dotaku* of Kinki and San'en style. From this evidence, it follows that the bar was a small copper ingot which had come over from China to Japan in the Yayoi period. This would be the first example of copper ingot excavated from the prehistoric site in Japan.

(2) A simulation of casting *Dotaku* was carried out, taking two kinds of copper ingots, two kinds of Han dynasty coins and two kinds of Han bronze mirrors as basic metals for casting. Apart from *Dotaku* of Style I and Style II-1 (to be discussed in a separate paper), it resulted that *Dotaku* of all other styles (II-2, III, IV, V) can be synthesized so that both their tin-lead contents and lead isotope ratios agree with those observed. The simulation tells us that a considerable amount of copper ingot is indispensable to making *Dotaku* of every style and that addition of scraps of coins or mirrors decreases with a function of the style progression, resulting finally nearly pure copper products (Styles III, IV and V). This scrap model is more realistic than that of casting *Dotaku* from 3 metal ingots (copper, tin and lead).

(3) Judging from the whole of lead isotope study, we can safely say that there existed from the middle Yayoi period onward a bronze road from Changan to Kyushu by way of Korean peninsula.