

鉛同位体比産地推定法とデータの解釈について

The lead isotopic method for provenancing and
the interpretation of data

齋藤 努

- ① はじめに
- ② 方法そのものについての意見
- ③ データの解釈についての意見
- ④ おわりに

[論文要旨]

近年、鉛同位体比法に対して問題点があるのではないかという意見が聞かれる。しかし、その中にはすでに決着をみている議論の蒸し返しや、これまでの研究の成果を十分に理解せずに意見を提示している場合もしばしばみられる。本論文では、そうした意見の代表的なものを示し、それらに対するこれまでの議論の経過や著者の検討結果を述べた。また、データの解釈が、必ずしも適切とは言えない議論の結果として提示されている論文もみられる。それらに対する検討結果も示した。本論文の結論は下記の通りである。

- 1) 現在のところ、鉛同位体比法そのものの有効性について、特に問題となる点はない。
- 2) 鉛同位体比測定結果の解釈は、歴史的・考古学的な研究の成果と整合がとれるような形で行われるべきであり、数値のみに基づく議論は危険である。

①……………はじめに

鉛同位体比を用いた歴史資料の産地推定は、米国コーニング・ガラス博物館のBrill, Wampler (1967) によって開始された。わが国では1975年頃から山崎一雄, 室住正世によって、また1977年から馬淵久夫, 平尾良光によって測定が始まった。本館では1991年から質量分析装置を導入し、鉛同位体比測定を実施している。

近年、この鉛同位体比法について問題点があるのではないかとの意見がみられる。研究の進展や新しい資料の発見、データの蓄積によって、過去に出された結論があらためられたり、分析の高精度化や改良の結果、それまで隠れていた問題が顕在化したりすることは当然起こりうることである。しかし、中には、すでに決着をみている議論の蒸し返しや、これまでの研究の成果を十分に理解せずに意見を提示している場合もしばしば見られる。

ここでは、そのような際に引き合いに出される意見の代表的なものを示し、それに対してこれまでになされた反論やわれわれの見解を述べることによって、今後のこの分野における議論が、有効かつ効率的に行われるよう整理を行いたい。

なお、これらの意見を十分に検討するためには、方法それ自体に対して述べられている部分の他に、データの解釈に関して述べられた部分にまで踏み込まなければならない場合もある。また、データの解釈が、必ずしも十分とは言えない検討の結果として提示されている論文も見られる。これらの、データの解釈に関わるいくつかの意見についても検討を加えたい。

②……………方法そのものについての意見

鉛同位体比法そのものに対して、その有効性に疑問を呈する論文がかつて発表されたことがある。これらについては、反論がすでになされ、手法そのものについては問題がないということで決着をみていると考えられるが、当初論文の内容がいまだに独り歩きしている状況をしばしば耳にするので、その主なものをここで簡単にまとめておきたい。なお、これらの論文中には、データの解釈に関わる議論の部分も含まれているが、それについては必要に応じて「3.」で述べることにし、ここでは、方法そのものに関連する部分のみを取り上げる。

2.1. 馬淵・平尾による研究成果

まず、鉛同位体比による古代日本の青銅器の原料産地について、馬淵・平尾の研究内容と成果を簡単にまとめる(馬淵・平尾, 1982a, 1982b, 1983; 齋藤・馬淵, 1993)。図1はそれを図示したものである。鉛同位体比の測定結果は通常 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 比と $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 比の関係で表される(A式図)が、この表示法ではJ領域とE領域とで一部が重なっているため、必要に応じて $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比と $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比の図(B式図)も併用する。図1はA式図である。

馬淵・平尾によるデータの蓄積の結果、その鉛同位体比の変遷について下記のことが明らかになった。

まず、「日本列島内の」「弥生時代の遺跡から」出土した朝鮮半島製の多鈕細文鏡や細形銅利器、中国の前漢、後漢の青銅鏡について鉛同位体比を分析した。その結果によると、朝鮮半島製資料の測定値は、図1のKのグループ（長い直線上に分布）に入る。中国の鏡の分析結果では、前漢のもので後漢中期以降のもので2つのグループに分かれた。すなわち、星雲文鏡、重圈文鏡、さらに草葉文鏡、清白鏡、昭明鏡、日光鏡といった銘帯鏡など前漢時代の鏡は図1のWグループに入り、浮彫式獣帯鏡、四獣鏡、画像鏡、夔鳳鏡、盤龍鏡、神獸鏡といった後漢中期以降の鏡はEグループに入る。

これらを比較のための基礎資料とし、日本産青銅器のデータをあてはめていった（馬淵・平尾，1982a, 1982b, 1983）。まず、銅鐸については、三木（1982）、佐原（1960, 1979）、杉原（1972）の分類との相関を検討し、以下のように考察した。銅鐸製作の初期には「朝鮮系遺物タイプ」（Kグループ）の原料で作られた。まもなく中国「前漢鏡タイプ」（Wグループ）の原料が輸入されるようになり、主力はそちらに移った。後期になると前漢鏡タイプが示す数値範囲の中で、非常に近接した同位体の値を示す、画一的な（規格品的な）原料が中国から輸入され（「規格・漢タイプ」）、近畿・三遠式銅鐸の原料となった。青銅鏡（仿製鏡）については、弥生時代の遺跡から出土する弥生小形仿製鏡の測定値のほとんどがWグループの「規格・漢タイプ」を示し、近畿式・三遠式銅鐸と同様の原料で製作されたと考えられた。古墳時代仿製鏡は後漢中期以降の鏡と同じEグループ（「古墳出土鏡タイプ」）に入った。

この分類ののち、現代の中国の鉛鉱床（方鉛鉱）の測定（馬淵・平尾，1987）により、Wグループは「華北の鉱床の測定値の分布範囲内」にあり、またEグループについては「華中～華南の分布範囲内」にあることから、前者の鉛は華北、後者の鉛は華中～華南で産出したものと考えた。これらは、大きな規模でみた地質条件が、その地域における鉛同位体比の分布範囲に反映され、また地域における地質条件の違いによって、それぞれの地域内にある鉱床全体としての鉛同位体比の大まかなグループ分けが可能になる、という地球化学的な考え方が背景にある。Wグループの鏡が北方で、Eグループの鏡が南方の長江流域で製作されたとする考古学的な推定もこの考えを支持するものと見なすことができた。Kグループについては、同論文の測定では、数値としてぴったりあてはまるものがなかった。しかし、1) A式図で左下方に直線上に長く分布する鉛同位体比はきわめて特徴的で、東アジアでは稀であるが、韓国の慶尚北道や江原道で同様の分布を示す鉱床がみられること、すなわち韓国にそのような地質構造があることから「候補地として矛盾しない」、2) A式図でKグループのラインが慶尚北道・江原道の鉱床の値が示すラインより上にくる、つまり ^{208}Pb の親核種である ^{232}Th がより多い地域の鉱床であることを意味する、3) 韓国内の岩石で考えれば、Th/U比は東側より西側が高く、実際、西側に位置する鉱山の数値はKグループのラインに近い位置を占めている、といった考察により、「忠清北道、または慶尚北道の西部の可能性が高い。慶尚南道と全羅道については測定された試料がないので何とも言えないが、可能性が皆無ではない」と結論している。明記されてはいないが、この考察の背景にはもちろん、この時期に朝鮮半島ですでに採鉱や製錬が行われていたという技術史的な想定が存在している。

Jグループは、遺物ではなく、日本産の鉛鉱床の値の測定結果から、例外的な数値を示す神岡鉱山を除いて、範囲を示したものである。神岡鉱山の数値をめぐる議論に関しては後述する。

以上をまとめて、馬淵・平尾らによる鉛同位体比の分析報告書などでは、比較データとして各グループが表示される際には、多くの場合、それぞれ次のような説明が行われている。

W：弥生時代に将来された前漢鏡が示す数値の領域で、華北の鉛。弥生時代の国産青銅器の多くがここに入る。

E：後漢・三国時代の舶載鏡が示す数値の領域で、華中～華南の鉛。古墳出土の青銅鏡の大部分はここに入る。

J：日本産の鉛鉱石の領域。

K：多鈕細文鏡や細形銅剣など、弥生時代に将来された朝鮮半島系遺物が位置するライン。

ここで注意すべきことは、Wグループと「弥生時代に将来された前漢鏡が示す数値の範囲」「弥生時代の国産青銅器の多くがここに入る」といった遺物に基づく記述とはイコールであるが、これらと「華北の鉛」という地域に関する記述とはイコールではないということである。「Wグループ」「弥生時代～」は「華北の鉛」の一部であり、華北にある鉱床の全体としての数値はWグループの範囲外にも分布している。Eグループについても同様である。また、Kグループについては、前記のようにして朝鮮半島産の鉛である可能性が考察されたあとでもなお、慎重に「朝鮮半島系遺物が位置するライン」という表現がとられている。

上記から分かる通り、馬淵・平尾の目的は、銅鐸など、古代の日本列島内で鑄造された青銅器について、その原料がどこからもたらされたかを明らかにすることであった。この場合、「どこから」とは、自然科学と考古学・歴史学との連携をめざした「文化財科学」的な研究の目的に沿ったもの、すなわち、原料の動きを地域間の歴史的な関係の中でとらえることを第一義的に意味している。鉱山あるいは鉱山が存在する地域の特定も重要ではあるが、それを直接の目的としているわけではない点に注意する必要がある。比較資料として、「日本列島内で出土した」朝鮮半島製作の青銅器や中国漢代の鏡を対象としたのはそのためであり、日本と関係の深い地域との間におけるモノの流れの中から候補を探しだそうとしたのである。このような考え方は、馬淵・平尾（1983）にある「筆者らは中国の鉛を”古墳出土鏡タイプ”と”前漢鏡タイプ”という煩わしい名称で区別した。安徽省の鉛とか、湖南省の鉛といった産地の名で呼ばない理由は（中略）中国で作られ日本に将来した鏡についての考古学的情報を基にして分けると明快な整理ができるとわかったからである。このようになるのは、鏡を作った時代の差や、中国の特定の場所（複数）から日本へもってきたという人為的な”篩い分け”が働いているからで、中国全土から出土する鏡を整理するのは事情が異なる」という記述や、馬淵（1997）の「鉛同位体比の産地推定では、考古遺物と鉛鉱石を直接結びつけるのは危険で、”前漢鏡タイプの鉛”というように遺物同士を比較して論じるのが主流であり、鉛鉱石はあくまでも地域の傾向を眺める程度の参考に留めるべきであると考えている」の記述などにみられるように、繰り返し主張されていることである。従って、馬淵・平尾のこれら一連の研究成果に対して時々耳にすることのある、「中国の漢時代にはいろいろな地域で多種多様な鏡が作られていたはずなのにその全てがこんな簡単な図式にまとめられるはずはない」とか「中国内の鉱床のデータを網羅すると異なる地域間で重なっている部分がある。そうである以上、鉛同位体比で原料の産地を推定することはできない」などの批判は、まったく的外れであることがわかる。

2.2. 提出された意見とそれに対する反論

次に、「方法そのものについての意見」として、馬淵・平尾の一連の論文に対する久野（1995）の論文をとりあげることとする。ここで、久野は、鉛同位体比は地球化学で行っているように ^{204}Pb を分母とする比を使用すべきであるとして、コンピューターを用いた3次元表示を行い、中国鉛と日本鉛は区別できないと主張した。これらに対し、馬淵は、過去の論文（馬淵，1993；馬淵・平尾，1982）における検討結果を引用しつつ、鉛の産地の区別は、 ^{204}Pb を分母とする表記で事足りる地殻や岩石の生成メカニズムのような粗っぽい議論よりも何倍もデリケートな研究であり、この表記法ではデメリットが多いこと、 ^{206}Pb を分母とするA式図と ^{204}Pb を分母とするB式図（後述）の併用で数学的には必要にして十分であること、3次元表示法についても過去に試みデメリットが多いこと、について説明している（馬淵，1997）。ある地域の中国鉛と一部の日本鉛が区別できないように見えることについては、神岡鉱山や対州鉱山の鉱床年代が、中国南部の鉱山のそれと近いために数値が近接することを説明し、また久野の議論の中の誤差計算に関する誤りについて言及し、 ^{204}Pb を分母とする比に対する実際の誤差は久野の計算値の2倍であること、これによって相互のグループの識別能力が格段に悪くなることも中国鉛と日本鉛が区別できないように見える理由の一つであると述べている。

1993～1995年度にかけて実施された国立歴史民俗博物館共同研究「同位体を用いた産地決定法の研究」の成果報告の一つとして、中井（2001）は、馬淵・平尾が参照してきた鉛鉱山のデータについて検討し、産地推定で通常行われる「A式図」と「B式図」の併用によって、日本、中国、朝鮮半島の分離が可能であることを明示している。また「大陸に近い鉛同位体比を持ち産地推定の際に問題になると指摘されてきた」神岡鉱山についても検討を加え、B式図を用いれば「他の日本の鉱山と比較して大陸との鉱山との分離が特に困難であるとはいえない」と結論している。

なお、久野（1995）の中には、荒神谷遺跡出土銅剣のうちのいくつかが神岡鉱山の方鉛鉱に近い鉛同位体比をもつことから、主原料の前漢鏡タイプの中国の鉛に神岡鉱山鉛と別子型鉛を混ぜた、とする主張が述べられている。これらに対しても、馬淵（1997）による反論が行われており、神岡鉱山鉛に関しては、銅剣のデータと、誤差の範囲を大きく超えて一致しないことが明瞭に図示されている。また別子型鉛については、当初論文（馬淵ほか，1991）中にあった校正ミスの数値に基づいた議論であった。さらに付け加えるならば、本来は、そもそもこの時代に神岡鉱山で採鉛が行われていたかどうかの可能性をここで問題にしなければならないはずだが、それはなされていない。

2.3. ヨーロッパにおける議論

これと同様の一連の議論がヨーロッパの鉱山についても行われている。Gale（1992）が、地中海地域で発掘された銅インゴットの産地推定を行い、青銅器時代にはキプロス島の鉱山から銅が供給され、地中海地域をカバーする物流システムが成り立っていたと考察したのに対し、Buddら（1995）は、鉛同位体比法においては、産地推定が成り立つために必要な以下の条件が満たされていないとして、これに異議をはさんだ。その内容は以下の通りである。

1) 地域間で鉛同位体比が重複する。キプロス島とサルジニア島の銅鉱山の鉛同位体比領域は一部重なっており、区別できない。

2) 複数の鉱山からの原料の混合、あるいは銅製品を再熔融して使用した可能性があり、鉛同位体比による産地推定は疑問である。

3) 鉛鉱石の焙焼や熔融精練の際に鉛の一部が蒸発して同位体分別がおこり、鉱石と金属製品では鉛同位体比が一致しない可能性がある。

これに対する反論は以下の通りである。まず、1) について、Galeら(1997)はキプロス島、サルジニア島の多数の鉱山から試料を採取して測定を行い、それらのデータが分離可能であることを示した。Buddらによってキプロス島のものと近接する数値をもつと指摘されたサルジニア島の3つの地域の銅鉱石も、誤差の範囲を超えて明確に分離された。2) については、中井(2001)によって、もし銅インゴットが異なる地域からの原料の混合物であるとする、その鉛同位体比がある特定鉱山(キプロス島のApiliki鉱山)と一致し、しかも数値が比較的均質であることを説明することが困難であるという指摘がなされている。3) についてはBuddら自身が実際に焙焼実験を行い、鉛同位体比に変化が起こらなかったことを確認している(Buddら, 1995)。これら一連の議論についても、中井(2001)による検討が加えられ、「Oxfordグループ(Galeら)の主張の方に有利な点が多いようである」と結論づけられている。

以上のように、現在のところ鉛同位体比法そのものの有効性について、特に問題となる点はないものと考えられる。

③……………データの解釈についての意見

3.1. 高放射性起源鉛をめぐる問題

中国商代～周代の遺跡から出土する青銅器には、放射性核種である ^{238}U 、 ^{235}U 、 ^{232}Th から壊変して生成する、 ^{206}Pb 、 ^{207}Pb 、 ^{208}Pb の同位体存在度が高い鉛(以下「高放射性起源鉛(high radiogenic lead)」を含むものがしばしば見られる。これらについては、金正耀らによる報告が行われており、偃師商城・鄭州商城(商代早期)、鄭州二里岡窖藏(商代中期)、安陽殷墟・江西新干大型墓(商代後期)、陝西宝鶏強国墓地・山西晋国墓地(周代)などから出土したものの他、四川三星堆祭祀坑(商代後期か)出土青銅器にも含まれていることが報告されている(金ら, 1994, 1995, 1998a, 1998b, 1999, 2000)。

これらに原料として使用された鉛鉱石および銅鉱石の産地について、金らは、鉱床の鉛同位体比測定結果から、中国西南地区(貴州省、四川省、雲南省の境界周辺)であるとし、その原料が長江の上流から千数百キロメートルもの経路を通過して、中流の湖南、湖北、江西、さらには黄河流域の商王都までもたらされたと主張している(厳密にいうと、当初は「まだ対応する鉱山のデータを発見できずにいる。(中略)中国では雲南省東部だけに、永善金沙、昭通樂洪、巧家東坪や元謀大羅叉など数カ所の比較的低い比の値を示す鉛鉱の産地がある。しかし既知のデータによると、その $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ の値は平均して0.74より大きく、 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ の値は平均して21.0前後で、青銅器におけるそれらの値とは大きく異なる」(金ら, 1994)、「現代の地質科学の研究資料という面では、既知の数箇所の鉱山に比較的高い放射性成因の鉛があるが、それらの鉱山はすべて雲南省東部および貴州省西部に位置する。ただし、現在ある具体的なデータは、それらと青銅器のデータとは一定の差異があるこ

とをあらわしている」(金ら, 1995) などとして, 特定は行なっていなかった(引用は, 平尾(1999)が研究代表者となった科研費成果報告書中の日本語訳によった)。その後, 金ら(2000)においてこの主張が明確に述べられた)

しかしながら, この説の根拠としているのはほとんど鉛同位体比のデータのみであり, この説を裏付ける十分な歴史的・考古学的証拠があるわけではない。むしろ, 当時の社会状況と地理的な困難さを考えれば, 商代を特徴づける重要な器物の一つである青銅器の原料をこのような遠隔地に求めたと主張するためには相当に慎重な考察が必要であろう。中国で青銅器時代が始まったと考えられている夏代の二里头遺跡, 商代早期で高放射性起源鉛があらわれ始める偃師商城・鄭州商城は, いずれも黄河流域の中原地域で, 中国西南地域からは遠く離れている。古代日本のように, 原料となる金属を他の地域から運んできて青銅器製作を始めた場合は別として, 通常は, 鉱床の発見と採掘, そして製錬技術の開発があってはじめてその地域での青銅器製作が開始できる条件が整うと思われるが, それらの間に千数百キロメートルもの距離があって, どうして採掘から青銅器製作までの一連の工程を行うことが可能になったのか(しかも青銅器時代のはじめにおいて), 少なくともそのための説明がつけられなければ, このような推定を行うのは難しいのではないだろうか。

この説の根拠としている鉛同位体比のデータの読み方についても疑問がある。鉛同位体比を用いた産地推定では, 測定精度が高いこと, 放射性壊変による変動が生じる核種のすべてを採用できること, 等の理由から $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ - $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ の鉛同位体比分布図(文化財分析でのいわゆる「A式図」)が一次的に使用されるが, この表示法では異なる産地の鉛同位体比が重なって見える場合もあるので, 必要に応じて $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ の鉛同位体比分布図(文化財分析でのいわゆる「B式図」)が併用される。中国商代~周代の青銅器に含まれる「高放射性起源鉛」の産地について論じているこれら一連の論文では, 「B式図」を提示している場合もあるものの, 議論の展開そのものは, ほとんど「A式図」のみに基づいて行われている。確かに, 通常の産地推定の議論では, 「A式図」だけを示せば十分な場合も多く, その時は論文の中で「B式図」が省略されていることがあるが, それは「A式図」と「B式図」のどちらで議論しても同様の結論が出るということが前提となって, そのような措置がとられているわけである。では, これらの一連の論文について, 「B式図」に基づいてデータを解釈しても, 同様の結論が得られるのであろうか。中国西南地区の鉛鉱床の同位体測定値などに基づき, これらの「高放射性起源鉛」の産地について再検討を加えてみると以下のようなことがわかる。

図2に金らの論文の中から三星堆, 偃師商城・鄭州商城, 鄭州二里岡, 江西新干大型墓, 盤龍城の各遺跡から出土した青銅器(表1)を, また図3に貴州省, 四川省, 雲南省の境界付近にある鉱床に関する報告書から, いわゆる「高放射性」の鉛同位体比をもつ方鉛鉱のデータ(表2; 周, 1996; 鄧, 1997; 柳・林, 2000; 韓ら, 2000)を選んで鉛同位体比分布図を描いた。なお, この地域の鉱床は, すべてが「高放射性」というわけではなく, 馬淵・平尾(1987)で報告されている中国華南の他の鉱床と同様の, 通常値を示すところも少なくない。図2a, 図3aはA式図, 図2b, 図3bはB式図である。A式図では一見同様の分布を示すようにも見えるが, B式図とともに比較すると相違がはっきりとわかる。図2a, bに示した青銅器の数値の分布はいずれも一連の直線的なまとまりがあり, 同一の地域・成因によってできた一連の鉱床からの原料採取が伺われる。また, B式図

(図3b)から、西南地区の鉛床は、永善金沙廠と樂馬廠を除き、ある一定の方向性をもつ線上に分布しており、同一の成因によってできた可能性がある。しかし、それらの鉛床はA式図では線状ではなく、ある一定領域内にまとまるような数値を示している。すなわち、図2aと図3a、図2bと3bの分布図を比較すると、分布の形や方向は全く異なっていることがわかる(これと同様のことは朱・常(2002)によっても指摘されているが、同論文では、商代～周代青銅器の原料は「かつて存在していたと考えられる、鉛床のより上部に露出していた鉛石から採ったもの」と推測し、この西南地区が産地である可能性が高いとしている。この問題については後述する)。永善金沙廠と樂馬廠の数値は、A式図、B式図ともに青銅器群の分布範囲の中にあるものの(図3)、これらはいずれも線状の分布を示さず、一定領域内にまとまっているので、西南地区の他の鉛床とは別の成因をもつ可能性がある。ただし、樂馬廠のデータは、A式図(図3a)で、商代～周代青銅器がつくる分布の線(図2a)からは少し外れたところに位置している。また、最も放射性起源同位体の割合が大きく、また西南地区に最も近いはずの、三星堆の数値に相当する鉛床は検出されていない。

これらから結論すると、商代～周代青銅器中に含まれる高放射性起源鉛が中国西南地区に由来するという金らの説の根拠は、結局のところ、「普通と異なる高放射性起源の同位体比を示す鉛鉛石は、これまで測定された中国の鉛山の中では、この地区しか見つかっていないから」ということになる。

この西南地区は、「高放射性」の鉛鉛床を生成する地質的条件を備えていると考えられ、今後の地球化学・鉛床学の研究の進展によって、当該青銅器群の数値と合致するような鉛同位体比を示す鉛床群が発見される可能性は残されている。しかし、上記でみたように、高放射性起源の同位体比が顕著な一連の鉛床の分布の方向は、商代～周代青銅器中の高放射性起源鉛同位体比のそれとは全く異なっており、また商代～周代青銅器の鉛同位体比の線状分布範囲内にプロットされる鉛床(表2、図3の中では永善金沙廠が該当し、樂馬廠も近い数値を示す)の数値は、一定領域内にまとまりをみせており、商代～周代青銅器でみられるような線状の分布を示していない。従って、数値だけの比較であっても、高放射性起源鉛を含む青銅器群の原料となった鉛が、中国西南地区の鉛床に由来するものと推定するのはいささか困難である。なお、図3bより、分布の直線をアイソクロン(等時線)と見なして試みに鉛床の年代を産出してみると約50億年となってしまうが、この地域で最も古い岩石は約18億年である(また地球の年齢は約45億年である)ので、これはアイソクロンではなく、ミキシングライン(混合線)であると解釈できる。

「高放射性起源鉛」を含む青銅器の原料産地を、地域として推定するためには、このような鉛床として想定できるMississippi Valley-type鉛床(Ohle 1959; White 1968, 1974; Doe, Zartman 1979; Sverjensky 1981, 1984, 1986; 中井, 1992)などが存在しうような地質条件の場所を調査していく必要がある。一例として、中原地域であれば秦嶺山脈周辺なども候補であろうし(現在のところ高放射性起源を示す鉛鉛床は見つからない)、朱・常(2002)があげている遼東半島青城子地区や長江中下流地区など(ただし同論文では「可能性が低い」としている)も考慮しておかなければならないであろう。しかしながら、たとえ類似の同位体比を示す鉛床が見つかったとしても、この節のはじめで述べたように、歴史的・考古学的な裏付けが得られない限り、それをそのまま原料の産地とすることはできない。たまたま同様の数値を示しているだけかもしれないからである。このことに加え、以下の点から、現存する鉛床そのものの調査に基づく考察には慎重さが必

要である。

馬淵・平尾（1987）が、中国西南地区における高放射性起源鉛を産出する鉱山として報告したのは、雲南省の会澤鉱山であった。これが鉱床のどの箇所から採取した試料のデータであるかは不明だが、その後、鉱床学・地球化学の立場から、鉱体をボーリングして得られた会澤鉱山の鉱石についての測定結果をみると、特に高放射性起源を示すような鉛同位体比は報告されていない（図3、精度の十分に高い周（1996）、韓（2000）のデータをプロットしてある。ただし、精度のやや低い柳・林（2000）の数値を加えても、議論の本筋に影響はない）。このことや図3の他の鉱床のデータから分かる通り、同一鉱床内でも同位体比に大きなばらつきがある場合が考えられる。これは、鉱床を対象として調査を継続していくならば、同一鉱床であっても異なる採取地点からの試料の分析が必要になることを意味しているが、もう一つ重要な点がある。商代～周代の青銅器にみられる高放射性起源鉛は、商建国の初めに使用が開始され、殷墟第3期後期に衰退と終了を迎えたとみなすことができるため、このような鉱石は紀元前11世紀頃までに採掘され尽くし、現在はほとんど残存していない可能性も考えておかなければならないということである。鉱床そのものが枯渇してしまっているケースも、鉱床自体は残っているものの高放射性を示す鉱石が採り尽くされているケースも考えることができるであろう。そしてこれは、この問題に限らず、歴史資料の原料産地を鉱床と結びつけようとする際に一般的に直面する困難の一つである。

これらを総合して考えると、文化財科学的な研究の趣旨からいえば、「2.」で述べたように、むしろ、商代青銅器と同様の鉛同位体比を示す、同時代の関連資料や製錬遺跡・遺物の検出およびその詳細な歴史学的・考古学的背景の考察を進めることが最重要課題である。鉱床の数値だけをいくら取り上げても、問題の解決にはならない。

3.2. 「朝鮮半島系遺物ライン」をめぐる問題

上記に関連して、新井（2000）は、馬淵・平尾が弥生～古墳時代の日本出土青銅器および日本の鉛鉱床に対して作成した鉛同位体比図（図1）の中の「多鈕細文鏡、細形銅剣など弥生時代に朝鮮半島から将来された朝鮮半島系遺物のライン」（Kグループ）について、1）これまでに測定されている朝鮮半島の鉱山でぴったり当てはまるものがない、2）商周時代の高放射性起源鉛の青銅器のデータとよく合う、3）これらの高放射性起源鉛は雲南省から来たものである、4）商周時代に原料がもたらされているなら、漢の頃までその交流が続いていたとも考えられる、5）従って弥生前期の青銅器の原料は朝鮮半島ではなく中国雲南省産である、という主張を行った。この論文では多くの文献が参照され、検討に値するいくつかの問題提起が行われている。前記の指摘も、いわゆる「朝鮮系遺物ライン」が本来何を意味するものなのかということであらためて見直し、確認を求めるという点で重要である。しかし、この箇所については下記の点で問題がある。

まず、「3.1.」で述べた通り、商代～周代の青銅器のデータと雲南省などの鉱山のデータが必ずしも一致しているわけではない、ということから、朝鮮半島系の遺物が雲南省などの原料で作製されたとの結論は現状では受け容れがたい。また、金らが指摘しているように、商代～周代青銅器に見られる高放射性起源鉛は、商建国の初めに開始され、殷墟第3期後期に衰退と終了を迎えたと考えられる、ということも考慮しなくてはならない。紀元前11世紀頃までにはすでに採掘が終了し、そ

の後中国でもほとんど検出例がない原料が、日本の弥生時代頃に朝鮮半島で製作された青銅器に突然大量に使われるようになると考えるのは合理的とはいえない。これに加えて、朝鮮半島および周辺地域におけるこの時代の採鉱状況に関する議論がなされないまま、数値の類似性のみから推論するのは適切ではないと思われる。ここでもまた、議論の中で歴史的、考古学的な背景がまったく考慮されていない点が問題である。

もう一つの問題は、精度の桁異なるデータ（測定誤差0.02%と0.5%）を同列に比較して論じている箇所があることである。表面電離型質量分析装置で鉛同位体比を測定する際は、フィラメントと呼ばれる金属レニウム製の細長い箔の上に、リン酸・シリカゲルとともに試料から分離した鉛の微量を塗布し、装置内に入れて真空に引き、フィラメントに通電して抵抗加熱によって蒸発とイオン化を行って、質量分析をする。通常、フィラメントの温度を上げていく過程でも、また同位体比を測定してデータをとる過程でも、観測される鉛の同位体比は徐々に変動していく（同位体分別効果）。従って、鉛同位体比を高精度かつ高確度で測定するためには、試料の塗布量、フィラメントの昇温速度や測定温度などを常に同一条件に保つとともに、同位体比のわかっている標準試料を未知試料の前後に測定して補正を加える必要がある。精度は一回の測定の中で得られる一連の生データのばらつきから、また確度は同じ試料を複数回測定してそれぞれの結果として得られた数値のばらつきから求めることができるが、経験上、精度0.5%となるような同位体比測定技術では、その確度も大きく劣っていると考えるべきであり、たとえ大まかな傾向をみる目的であっても、データの質として、到底産地推定の議論に適用できるものではない。

最後に、図4に北アメリカのそれぞれ異なった地域にある高放射性鉛鉱床の方鉛の鉛同位体比データを参考として示した（表3；Slawson and Austin, 1962；Heylら, 1966；Doe and Delevaux, 1972；Hallら, 1978）。全体として商代～周代青銅器にきわめてよく似た分布を示していることがわかる。数値だけを問題にし、歴史的・考古学的背景を考慮しなくてよいのであれば、この地域も候補地の一つということになってしまうが、そのような論がナンセンスであることは言うまでもない。この図はまた、高放射性鉛鉱床のような特異的なものであっても、地質条件によって、異なる地域でも類似の同位体比をとることがあり得るということを示している。

④……………おわりに

鉛同位体比法そのものの有効性およびデータの解釈に関するいくつかの意見について整理を行った。本論文で得られる結論は下記の通りである。鉛同位体比測定によって、歴史的・考古学的な検討の結果からは得られないような、全く異なる視点からの情報もたらされることは確かであり、その点は有用である。ただしそれは、あくまでも歴史の構築に必要な他の多くの情報と同列に、one of themとして扱うべきで、無から有を生み出す魔法の杖のように特別視すべきものではない。たとえ鉛同位体比に数値の類似性が見いだされたとしても、歴史的・考古学的な解析結果と整合しないようなデータの解釈は成立し得ない。

中国西南地域の鉛鋳床のデータは、1999～2000年度に実施された科学研究費補助金・基盤研究(A)(2)「日中古代青銅器および土器の産地に関する自然科学的研究」(代表：今村峯雄)の実施の際、中国科学院地球化学研究所の劉從強所長と黄智龍副教授からご提供いただいた情報の一部である。Mississippi Valley-type鋳床の論文については東京大学地震研究所の中井俊一助教授から、また、高放射性起源鉛に関する中国語の論文とその内容については、中国社会科学院古代文明研究中心の梅建軍博士、雲南省文物考古研究所の吉学平博士と、当館考古研究部の西谷大助手、上野祥史助手からご教示いただいた。記して感謝の意を表す。

参考文献

- 新井 宏 (2000) 「鉛同位体比による青銅器の産地推定法をめぐって」『考古学雑誌』, 85 (2), 1-30.
- 久野雄一郎 (1995) 「荒神谷青銅器はどこでつくられたか」『荒神谷遺跡と青銅器』島根県古代文化センター編, 同朋舎出版, 117-148.
- 齋藤努, 馬淵久夫 (1993) 「鉛同位体比による青銅の産地推定」『歴博フォーラム 科学の目でみる文化財』, 国立歴史民俗博物館編, アグネ技術センター, 207-221.
- 佐藤 二郎 (1979) 『岩波講座地球科学』, 14, 岩波書店, 124-127.
- 中井 俊一 (1992) 「鋳床の年代測定の最近の進展」, 『地球化学』, 26, 51-61.
- 中井 俊一 (2001) 「鉛同位体比による金属考古遺物の産地決定」『国立歴史民俗博物館研究報告』第86集, 27-43.
- 平尾 良光 (1999) 『古代東アジアにおける青銅器の変遷に関する考古学的・自然科学的研究』, 文部省科学研究費補助金・国際学術研究成果報告書 (1996～1998年度).
- 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), 九州古文化研究会, 1143-1154.
- 馬淵 久夫 (1997) 「島根県荒神谷遺跡出土銅剣の鉛同位体比の解釈について - 久野雄一郎氏に答える -」『保存科学』第36号, 67-72.
- 馬淵久夫, 平尾良光 (1982a) 「鉛同位体比による漢式鏡の研究」『MUSEUM』370, 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), 42-62.
- 馬淵久夫, 平尾良光 (1983) 「鉛同位体比による漢式鏡の研究 (二)」『MUSEUM』382, 16-30.
- 馬淵久夫, 平尾良光 (1987) 「東アジア鉛鋳石の鉛同位体比 - 青銅器との関連を中心に -」『考古学雑誌』73, 199-245.
- 馬淵久夫, 江本義理, 門倉武夫, 平尾良光, 青木繁夫, 三輪嘉六 (1991) 「島根県荒神谷遺跡出土銅剣・銅鐸・銅矛の化学的調査」『保存科学』30, 1-19.
- 韓潤生, 李元, 陳進ほか (2000) 「会澤鉛鋳床深部探鉱予測研究」『昆明理工大学科学研究報告』.
- 金正耀, W.T.Chase, 平尾良光, 彭適凡, 馬淵久夫, 三輪嘉六, 詹開遜 (1994) 「江西新干太平洲商墓青銅器的鉛同位素比值研究」, 『考古』, 8, 744-747.
- 金正耀, 馬淵久夫, W.T.Chase, 陳德安, 三輪嘉六, 平尾良光, 趙殿增 (1995) 「広漢三星堆遺物坑青銅器的鉛同位素比值研究」, 『文物』, 2, 80-85.
- 金正耀, W.T.Chase, 馬淵久夫, 三輪嘉六, 平尾良光, 陳德安, 趙殿增 (1998a) 「商代青銅器中の高放射成因鉛 - 三星堆器物と A.M.Sackler博物館蔵品の比較研究」, 北京大学考古系主編『“迎接二十一世紀的中国考古学” 国際学術討論会論文集』北京, 科学出版社, 562-568.
- 金正耀, W.T.Chase, 平尾良光, 馬淵久夫, 三輪嘉六, 楊錫璋 (1998b) 「中国兩河流域青銅文明之間的關係」, 中国社会科学院考古研究所編『中国商文化国際学術討論会論文集 (考古学専刊甲種第二四号)』北京, 中国大百科全書出版, 258-266.
- 金正耀, 馬淵久夫, W.T.Chase, 陳德安, 三輪嘉六, 平尾良光, 趙殿增 (1999) 「三星堆青銅器的化学組成和鉛同位素研究」, 四川省文物考古研究所編『三星堆祭祀坑』北京, 文物出版社, 490-499.
- 金正耀 (2000) 「中国古代文明をさぐる - 鉛同位体比法による研究を中心に」, 馬淵久夫・富永健編『考古学と化学をむすぶ』, 東京大学出版社, 169-194.
- 朱炳泉, 常向陽 (2002) 「評“商代青銅器高放射性成因鉛”の發現」『古代文明』第1卷, 北京大学中国考古学研究中心編, 北京・文物出版社, 278-283.
- 周 朝憲 (1996) 「滇東北麒麟廠鉛鋳床成磁金属来源, 成磁流体特征和成磁机理研究」『中国科学院地球化学研究所碩士研究生學位論文』.
- 鄧 海琳 (1997) 「中国滇東北馬廠獨立銀鋳床成磁地球化学: 兼論水-岩反応」『中国科学院地球化学研究所博士学位論文』

- 柳賀昌, 林文達 (2000) 『滇東北鉛垂鉛銀砵床規律研究』, 昆明, 雲南大学出版社.
- Budd, P., Polland, A.M., Scaife, B. and Thomas, R.G. (1995) 「The possible fractionation of lead isotopes in ancient metallurgical processes」, 『Archaeometry』 37, 143-150.
- P. Budd, A.M. Polland, B.Scaife and R.G. Thomas (1997) 「Oxhide ingots, recycling and the Mediterranean metals trade」, 『Journal of Mediterranean Archaeology』 8, 1-32.
- Doe, B.R. and Delevaux, M.H. (1972) 「Source of lead in Southeast Missouri galena ores」, 『Economic Geology』 67, 409-425.
- Stos-Gale, Z.A., Maliotis, G.N., Gale, H. and Annetts, N. (1997) 「Lead isotope characteristics of the Cyprus copper ore deposits applied to provenance studies of copper oxhide ingots」, 『Archaeometry』 39, 83-123.
- Doe, B.R. and Zartman, R.E. (1979) 「Plumbotectonics, The Phanerozoic」, 『Geochemistry of hydrothermal ore deposits』 2nd Ed., H.L.Barnes ed., John Wiley & Sons, New York.
- Heyl, A.V., Delovaux, M.H., Zartman, R.E. and Brock, M.R. (1966) 「Isotopic study of galenas from the Upper Mississippi Valley, the Illinois-Kentucky, and some appalachain valley mineral district」, 『Economic Geology』 61, 933-961.
- Ohle, E.L. (1959) 「Some considerations in determining of the origin of ore deposits of the Mississippi Valley type」, 『Econ. Geol.』 54, 769-789.
- Slawson, W.F. and Austin, C.F. (1962) 「A lead isotope study defines a geological structure」, 『Economic Geology』 57, 21-29.
- Stos-Gale, Z.A. (1992) 「Isotope archaeology: reading the past in metals, minerals, and bone」, 『Endeavour』 16, 86-90.
- Sverjensky, D.A. (1981) 「The origin of a Mississippi Valley-type deposit inthe Viburnum Trend」, 『Econ. Geol.』 76, 1848-1872.
- Sverjensky, D.A. (1984) 「Oil field brines as ore-forming solutions」, 『Econ. Geol.』 79, 23-37.
- Sverjensky, D.A. (1986) 「Genesis of Mississippi Valley-type lead-zinc deposits」, 『Ann. Rev. Earth Planet. Sci.』 14, 177-199.
- Hall, W.E., Rye, R.O. and Doe, B.R. (1978) 「Wood River mining district, Idaho-intrusion-related lead-silver deosits derived from country rock source」, 『Journal of Research U.S. Geological Survey』 6 (5), 579-592.
- White, D.F. (1968) 「Enviroments of generation of some base-metal ore deposits」, 『Econ. Geol.』 63, 301-335.
- White, D.F. (1974) 「Diverse origins of hydrothermal ore fluids」, 『Econ. Geol.』 69, 954-973.

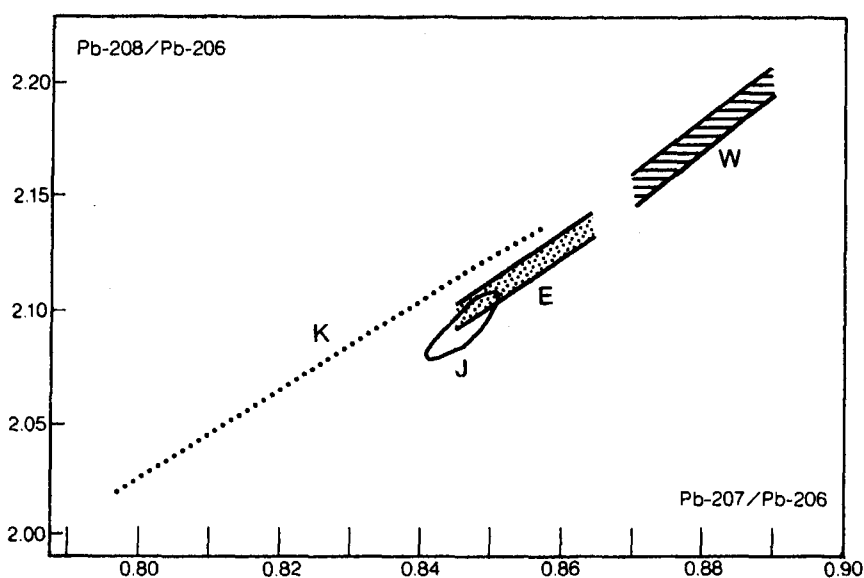
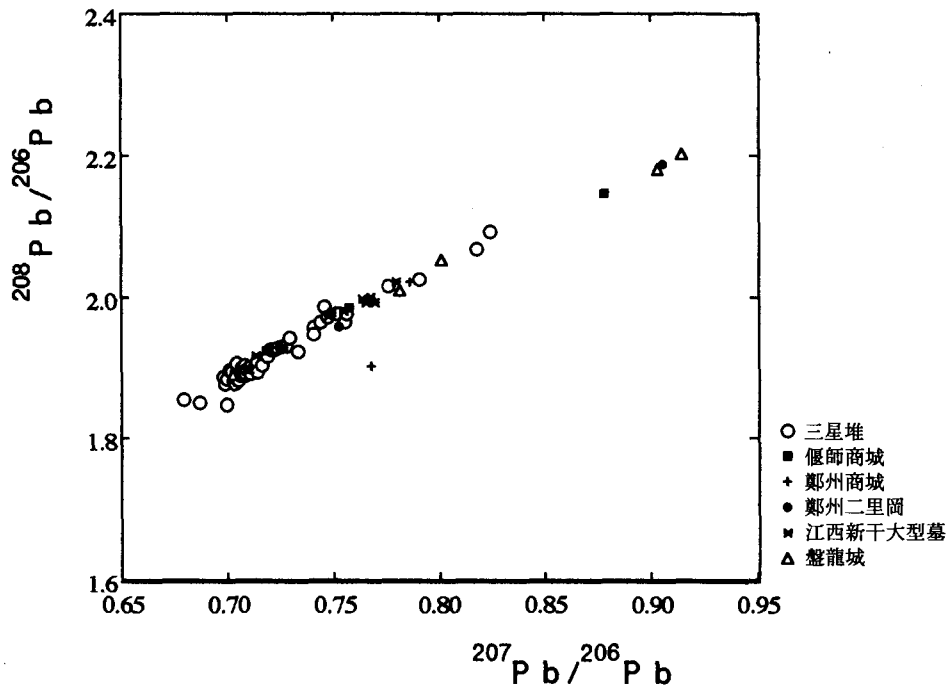
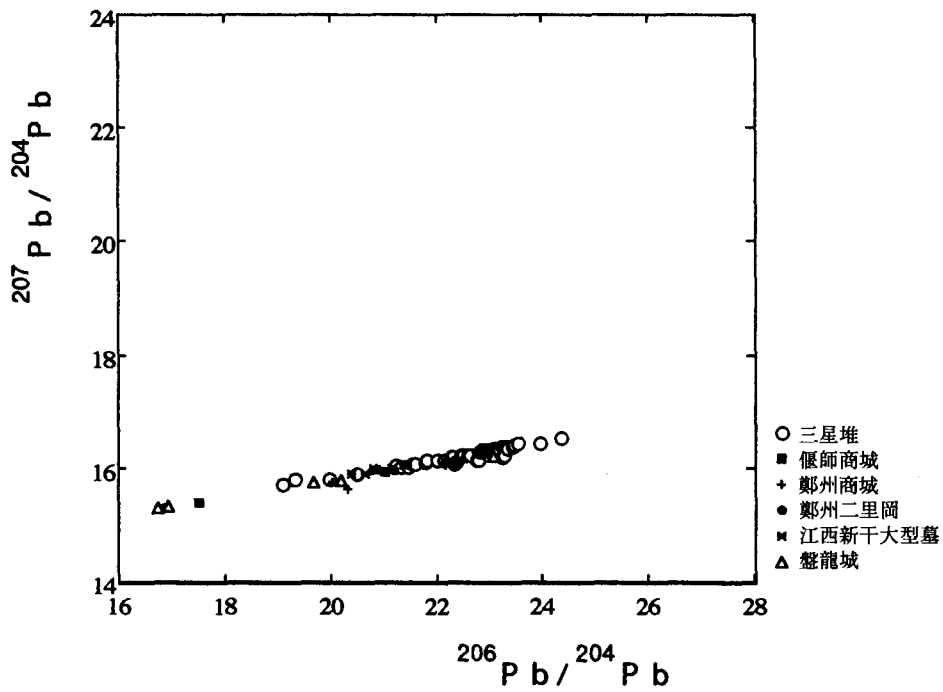


図1 東アジア青銅器の鉛同位体比図



a

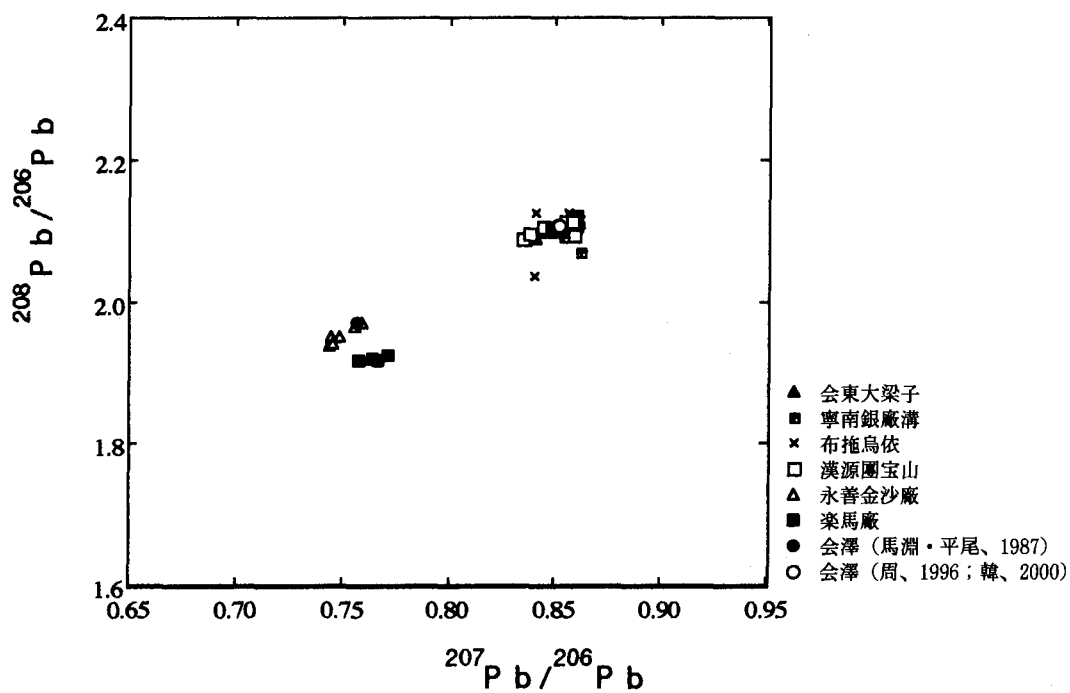


b

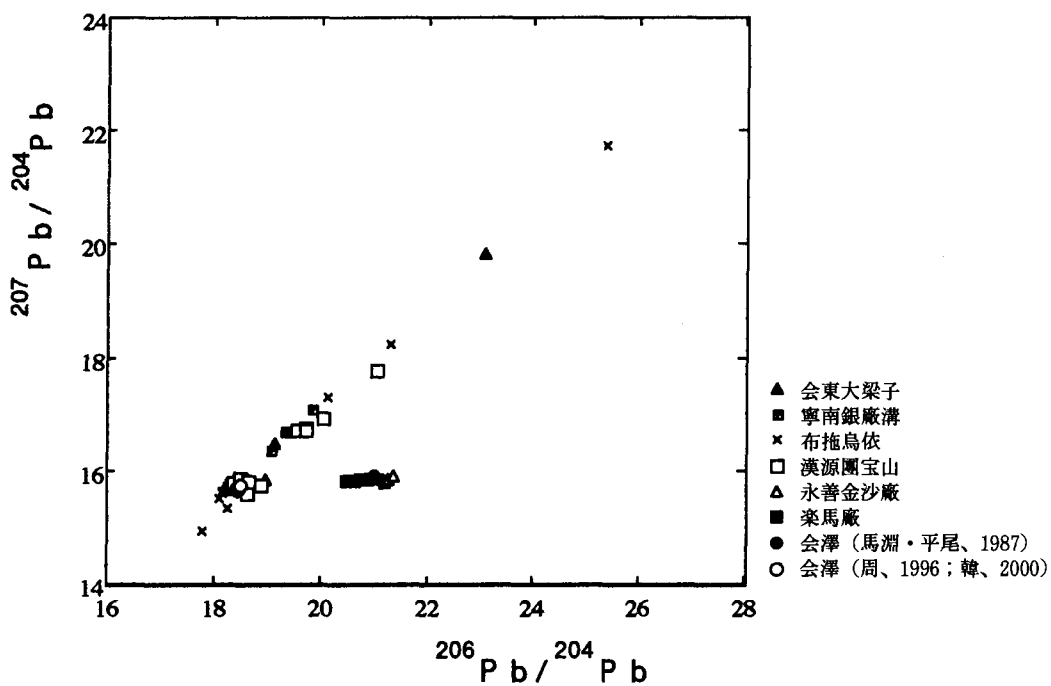
図2 中国商～周代青銅器にみられる高放射性起源鉛を含む青銅器の鉛同位体比測定結果

a. A式図

b. B式図



a



b

図3 貴州省、四川省、雲南省に分布する高放射性鉛鉱床の方鉛鉱の鉛同位体比測定結果

a. A式図

b. B式図

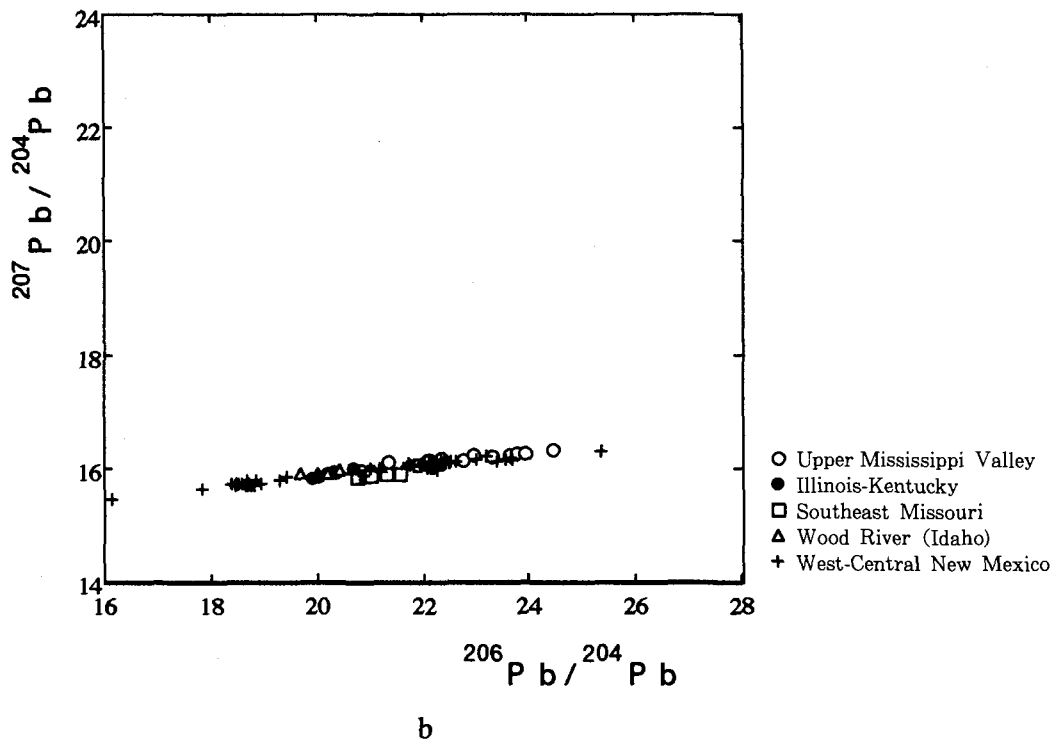
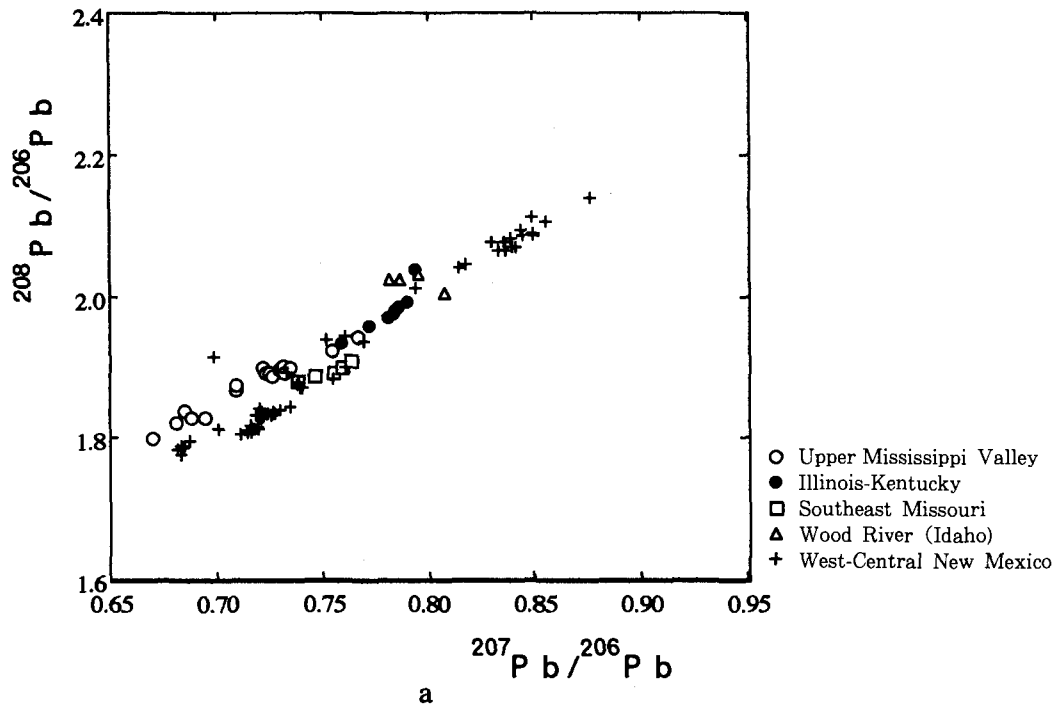


図4 北アメリカに分布する高放射性鉛鉱床の方鉛鉱の鉛同位体比測定結果
a. A式図
b. B式図

表1 高放射性起源鉛を含む商～周代青銅器の鉛同位体比
(金ほか、1994、1995、1998a、1998b、1999、2000)

遺跡名	資料	鉛同位体比				
		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$
三星堆祭祀坑	ZY-360	0.7554	1.9659	21.227	16.035	41.730
	ZY-361	0.8175	2.0680	19.325	15.798	39.964
	ZY-362	0.7165	1.9044	22.645	16.225	43.125
	ZY-363	0.7083	1.9052	23.019	16.304	43.856
	ZY-364	0.7141	1.8955	22.846	16.314	43.305
	ZY-365	0.7218	1.9253	22.505	16.244	43.329
	ZY-325	0.7558	1.9768	21.228	16.044	41.964
	ZY-326	0.7438	1.9647	21.610	16.074	42.457
	ZY-327	0.6977	1.8868	23.240	16.215	43.849
	ZY-328	0.7210	1.9261	22.362	16.123	43.071
	ZY-331	0.6975	1.8873	23.284	16.241	43.944
	ZY-332	0.6986	1.8770	23.532	16.439	44.170
	ZY-333	0.7092	1.8984	22.783	16.158	43.251
	ZY-334	0.7091	1.8966	22.750	16.132	43.148
	ZY-335	0.7201	1.9252	22.354	16.097	43.036
	ZY-336	0.6995	1.8488	23.480	16.424	43.410
	ZY-337	0.6995	1.8490	23.473	16.419	43.402
	ZY-354	0.7134	1.9011	22.829	16.286	43.400
	ZY-355	0.7402	1.9576	21.810	16.144	42.695
	ZY-356	0.7137	1.9085	22.852	16.309	43.613
ZY-369	0.7105	1.9033	22.961	16.314	43.702	
ZY-357	0.7105	1.8934	22.993	16.337	43.535	
ZY-358	0.8240	2.0937	19.092	15.732	39.973	
ZY-359	0.7333	1.9242	22.022	16.149	42.375	
ZY-366	0.7048	1.8928	23.188	16.343	43.890	
ZY-367	0.7456	1.9873	21.570	16.083	42.866	
ZY-368	0.7762	2.0162	20.507	15.918	41.346	
偃師商城	ZY-455	0.8777	2.1472	17.524	15.381	37.628
	ZY-456	0.7573	1.9849	21.059	15.947	41.800
	ZY-457	0.7190	1.9229	22.394	16.101	43.061
鄭州商城	ZY-660	0.7238	1.9296	22.188	16.060	42.814
	ZY-661	0.7866	2.0196	20.036	15.761	40.465
	ZY-662	0.7684	1.9030	20.345	15.634	38.717
二里岡	ZY-006	0.7526	1.9567	21.197	15.953	41.476
	ZY-005	0.9057	2.1883	16.885	15.293	36.949

遺跡名	資料	鉛同位体比				
		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$
江西新干大型墓	ZY-460	0.7496	1.9765	21.414	16.052	42.325
	ZY-461	0.7641	1.9975	20.881	15.955	41.710
	ZY-462	0.7477	1.9715	21.476	16.057	42.340
	ZY-463	0.7679	1.9994	20.812	15.983	41.612
	ZY-464	0.7798	2.0204	20.394	15.903	41.204
	ZY-465	0.7267	1.9292	22.162	16.106	42.755
	ZY-466	0.7107	1.8962	22.901	16.275	43.425
	ZY-467	0.7696	1.9907	20.659	15.898	41.126
	ZY-468	0.7555	1.9797	21.170	15.995	41.910
	ZY-469	0.7657	1.9916	20.834	15.953	41.493
	ZY-470	0.7142	1.9159	22.755	16.252	43.596
盤龍城	ZY-007	0.9035	2.1795	16.951	15.315	36.945
	ZY-008	0.9141	2.2015	16.744	15.306	36.862
	ZY-009	0.7023	1.8903	23.086	16.213	43.639
	ZY-010	0.7815	2.0088	20.206	15.791	40.590
	ZY-011	0.8013	2.0519	19.677	15.767	40.375

表2 中国西南地区の高放射性起源を示す方鉛鉱の鉛同位体比
(周、1996；鄧、1997；柳・林、2000；韓ら、2000)

鉱床名	試料	鉛同位体比				
		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$
会東大梁子	大表-5	0.8609	2.1123	19.147	16.483	40.444
	大表-3	0.8589	2.1206	23.072	19.817	48.927
	T ₁₅ -Gn	0.8357	2.0869	18.969	15.853	39.586
	T ₁₁ -Gn	0.8407	2.0889	18.667	15.693	38.994
	Do-69	0.8610	2.1101	18.396	15.839	38.818
	T ₄ -Gn	0.8532	2.1006	18.485	15.771	38.830
	T ₃₈ -Gn	0.8530	2.1081	18.617	15.881	39.247
	Do-25	0.8599	2.1054	18.229	15.675	38.380
	Dm-17	0.8606	2.1039	18.290	15.740	38.481
寧南銀廠溝	銀 7-7	0.8584	2.1120	19.066	16.366	40.268
	銀 14-1	0.8622	2.0690	19.346	16.681	40.027
	銀南-4	0.8602	2.1212	19.858	17.081	42.122
	To-1	0.8538	2.0895	18.517	15.809	38.692
	To-2	0.8576	2.1029	18.417	15.795	38.729
布拖烏依	ido-1	0.8405	2.1247	18.250	15.340	38.776
	ido-2	0.8400	2.0350	17.790	14.944	36.203
	H301-6	0.8563	2.1229	18.100	15.499	38.425
	H202-1	0.8613	2.1194	18.335	15.792	38.860
	H204-1	0.8601	2.1101	18.222	15.672	38.451
	H301-2	0.8618	2.1150	18.308	15.778	38.722
	H301-9	0.8592	2.1117	18.271	15.698	38.582
	H301-3	0.8611	2.1182	18.268	15.731	38.695
	烏 301 東-2	0.8588	2.1093	18.182	15.615	38.351
	烏 301 主-5	0.8563	2.1245	25.370	21.724	53.898
	烏采-6	0.8601	2.1123	18.171	15.629	38.382
	烏 301 東-1	0.8592	2.1092	18.171	15.612	38.326
	烏 301 東-1	0.8586	2.1121	19.400	16.657	40.975
	烏 301 西-3	0.8575	2.1121	20.149	17.278	42.557
	烏采-5	0.8565	2.1117	21.294	18.239	44.967
漢源團宝山	NK-001	0.8377	2.0946	18.610	15.590	38.980
	NK-002	0.8347	2.0885	18.880	15.760	39.430
	Pb-05	0.8578	2.1124	18.500	15.870	39.080
	T-01	0.8588	2.0942	18.369	15.776	38.469
	T-02	0.8484	2.1017	18.647	15.820	39.191
	團-02	0.8439	2.1003	20.045	16.916	42.100
	團-03	0.8481	2.1003	19.728	16.732	41.435
	團-11	0.8442	2.1040	21.051	17.772	44.291

鉱床名	試料	鉛同位体比				
		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$
漢源園宝山	團-16	0.8549	2.1116	19.551	16.714	41.284
	團-17	0.8500	2.1006	19.710	16.753	41.403
永善金沙廠	PbS-J	0.7560	1.9651	21.017	15.888	41.300
	PbS-G	0.7588	1.9692	20.884	15.846	41.124
	PbS-Y	0.7488	1.9500	21.174	15.856	41.289
	金-4	0.7453	1.9399	21.264	15.847	41.250
	金-10	0.7441	1.9395	21.363	15.897	41.433
	金 1-4	0.7443	1.9508	21.192	15.773	41.342
樂馬廠	LMT-22	0.7714	1.9239	20.482	15.800	39.405
	LMT-19	0.7574	1.9157	20.931	15.854	40.097
	LMT-15	0.7663	1.9174	20.643	15.818	39.581
	LMD-10	0.7636	1.9192	20.761	15.854	39.844
会澤*	236	0.7571	1.9696	21.003	15.901	41.368
会澤**	HQ-34	0.8515	2.1085	18.496	15.750	39.001
	44-5	0.8507	2.1079	18.436	15.683	38.861
	38-3	0.8501	2.1031	18.471	15.702	38.847
	23-4	0.8501	2.1035	18.469	15.701	38.850
	13-55	0.8505	2.1048	18.461	15.701	38.857
	13-61	0.8505	2.1042	18.450	15.692	38.823
	13-34-1	0.8499	2.1026	18.474	15.701	38.844
	6-10	0.8503	2.1036	18.454	15.691	38.820
	14-1-11	0.8501	2.1035	18.469	15.700	38.850
	14-1-12	0.8505	2.1027	18.471	15.709	38.839
	14-2-11	0.8502	2.1020	18.434	15.672	38.749
	14-3-3	0.8500	2.1034	18.470	15.700	38.849
	14-3-17	0.8500	2.1030	18.458	15.690	38.817

* 馬淵・平尾 (1987)

** HQ-34；韓 (2000)、その他；周 (1996)

表3 北アメリカの高放射性起源を示す方鉛鉱の鉛同位体比
(Slawson and Austin、1962；Heylら、1966；Doe and Delevaux、1972；Hallら、1978)

地域	鉱床	鉛同位体比				
		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$
Upper Mississippi Valley	Clem Byrnes farm	0.7663	1.942	20.83	15.96	40.45
	Capt. Turner mine	0.7541	1.925	21.35	16.10	41.10
	Holmes mine	0.7342	1.900	21.88	16.06	41.57
	Skene mine	0.7310	1.902	22.07	16.13	41.96
	Amelia mine	0.7305	1.900	22.10	16.14	41.99
		0.7299	1.901	22.01	16.07	41.83
		0.7289	1.897	22.06	16.07	41.85
	Lead mine	0.7315	1.893	22.05	16.12	41.73
	Piquette mine	0.7257	1.888	22.20	16.12	41.92
	Bautsch mine	0.7241	1.893	22.33	16.17	42.27
	Nigger Jim mine	0.7231	1.894	22.22	16.08	42.07
	New Hoskins mine	0.7215	1.900	22.31	16.09	42.37
	Calumet mine	0.7087	1.867	22.95	16.25	42.86
		0.7092	1.876	22.77	16.15	42.72
	Ohlerking mine	0.6944	1.830	23.32	16.20	42.68
	Old Slack mine	0.6878	1.829	23.62	16.25	43.22
	Ivey mine	0.6807	1.822	23.91	16.28	43.55
North Yellowstone	0.6849	1.801	24.44	16.33	43.95	
Illinois-Kentucky	Fairview mine	0.7899	1.990	20.05	15.84	39.92
	Deardorf mine	0.7855	1.983	20.22	15.89	40.11
	Hill mine	0.7843	1.981	20.28	15.90	40.16
	Lower level	0.7837	1.975	20.33	15.93	40.15
	Dyer Hill mine	0.7806	1.970	20.36	15.89	40.10
	Rag Hill	0.7593	1.934	21.01	15.96	40.64
	Hamp Hole	0.7937	2.037	19.91	15.80	40.56
	Dike vein core	0.7722	1.957	20.70	15.98	40.51
Southeast Missouri	No.8, 15-19 contact	0.7588	1.9001	20.906	15.864	39.724
	No.8, 7-10 contact	0.7381	1.8811	21.560	15.913	40.556
	Bixby area	0.7549	1.8935	21.022	15.869	39.806
		0.7462	1.8872	21.300	15.893	40.198
		0.7631	1.9084	20.749	15.834	39.598
Wood River (Idaho)	North Star mine	0.8079	2.0031	19.688	15.906	39.438
	Liberty Gem mine	0.7953	2.0296	20.013	15.917	40.619
	Eureka mine	0.7868	2.0229	20.220	15.910	40.904
	Silver Star Queen mine	0.7816	2.0225	20.421	15.962	41.301

地域	鉱床	鉛同位体比					
		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	
West Central New Mexico	Bosque del Apache	0.9566	2.234	16.14	15.44	36.05	
	Tommy Le May	0.8767	2.138	17.84	15.64	38.14	
	Linchburg	0.8496	2.089	18.49	15.71	38.63	
	Juanita	0.8451	2.086	18.59	15.71	38.78	
	Jack Frost	0.8390	2.081	18.70	15.69	38.91	
	Michell Canyon	0.8495	2.086	18.47	15.69	38.53	
	Midnight	0.8358	2.077	18.76	15.68	38.97	
	Mill Canyon	0.8371	2.063	18.85	15.78	38.89	
	Council Rock	0.8338	2.065	18.83	15.70	38.88	
			0.8438	2.093	18.69	15.77	39.11
	Wood's Tunnel	0.8417	2.070	18.64	15.69	38.58	
	Mockingbird Gap	0.8305	2.075	18.94	15.73	39.30	
	Alamogordo	0.8493	2.111	18.51	15.72	39.08	
	Willow No.2	0.8553	2.104	18.38	15.72	38.68	
	Kelly	0.8403	2.069	18.72	15.73	38.73	
	Hansonburg	0.7209	1.827	22.25	16.04	40.66	
			0.7270	1.838	22.16	16.11	40.73
			0.7395	1.870	21.73	16.07	40.64
			0.7222	1.833	22.21	16.04	40.70
			0.7258	1.832	22.17	16.09	40.61
			0.7300	1.838	21.96	16.03	40.37
			0.7196	1.814	22.43	16.14	40.68
			0.7114	1.806	22.63	16.10	40.86
			0.7351	1.845	21.82	16.04	40.25
			0.7552	1.884	21.16	15.98	39.86
			0.7217	1.830	22.35	16.13	40.90
			0.7273	1.835	22.11	16.08	40.57
			0.7605	1.901	20.88	15.88	39.69
			0.7243	1.835	22.09	16.00	40.53
			0.7211	1.838	22.16	15.98	40.73
		0.7192	1.815	22.26	16.01	40.41	
		0.7180	1.812	22.34	16.04	40.47	
		0.7165	1.808	22.43	16.07	40.55	
		0.7160	1.817	22.29	15.96	40.50	
		0.7149	1.810	22.52	16.10	40.75	
		0.7143	1.808	22.51	16.08	40.69	
		0.7403	1.870	21.72	16.08	40.62	
		0.7381	1.876	21.76	16.06	40.83	
		0.7386	1.878	21.69	16.02	40.74	
		0.7202	1.833	22.23	16.01	40.74	
		0.7210	1.837	22.19	16.00	40.76	
		0.7207	1.841	22.20	16.00	40.87	

地域	鉱床	鉛同位体比					
		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	
West Central New Mexico	La Bonita	0.6434	1.683	25.35	16.31	42.66	
	Gonzales	0.7184	1.833	22.41	16.10	41.07	
	Box Canyon	0.7696	1.937	20.66	15.90	40.02	
	Joyita	0.7519	1.939	21.20	15.94	41.10	
	Salinas Peak		0.6848	1.788	23.57	16.14	42.15
			0.6874	1.796	23.42	16.10	42.06
			0.6833	1.788	23.68	16.18	42.33
			0.6811	1.783	23.71	16.15	42.27
			0.6837	1.786	23.65	16.17	42.23
			0.7334	1.892	21.83	16.01	41.31
	Ladron		0.7334	1.892	21.83	16.01	41.31
	Maddox Vein		0.6833	1.775	23.68	16.18	42.04
	Smallwood-Baca		0.7612	1.943	21.02	16.00	40.84
	Black Knife		0.7936	2.011	20.01	15.88	40.24
	Taylor		0.8148	2.040	19.44	15.84	39.66
	Eagle Nest		0.8180	2.045	19.29	15.78	39.45
Palomas Gap		0.6983	1.914	23.20	16.20	44.40	
Rhodes Canyon		0.7010	1.812	23.01	16.13	41.70	

* $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 、 $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ の数値は、原論文中の $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ の報告値から算出した

(国立歴史民俗博物館情報資料研究部)

(2003年2月28日受理, 2003年5月9日審査終了)

The lead isotopic method for provenancing and the interpretation of data

SAITO, Tsutomu

In recent years, there have been some suggestions that the lead isotopic method is not entirely problem-free. However, time after time these assertions have entailed the revival of debates that had already been settled and the voicing of opinions without an adequate understanding of prior research outcomes. This paper puts forward representative examples of these opinions and discusses the sequence of events of these debates, and the results of investigations undertaken by the author. Some theses have been presented on the basis of the outcome of debates in which the interpretation of data has not necessarily been appropriate. The results of investigations into these cases are also outlined. The paper reaches the following conclusions:

- 1) At this present point in time there are no specific problem areas concerning the validity of the lead isotopic method per se;
- 2) The interpretation of results of the lead isotopic method should be made in such a way as to correspond with the results of historical and archeological research, as it is dangerous to base arguments solely on numerical values.