

日本および中国出土青銅器中の鉛の同位体比

山崎一雄* ・ 室住正世** ・ 中村精次** ・
日向 誠** ・ 湯浅光秋** ・ 渡会素彦**

1. ま え が き

本誌第9号(1976)に「鉛の同位体比による産地分析の試み」(予報)を発表した¹⁾。

その後測定値が増加し、測定も精密になったので、最近までの結果をここに報告する²⁾。

鉛の同位体比の測定には質量分析計を使うが、その方法の詳細はすでに別に報告³⁾したからここでは繰り返さない。鉛の同位体比は金属でも酸化物でも変化しないから、鉛を含む青銅器のサビを分析しても金属を分析した時と同じ結果が得られる。これは本方法の特長の一つであり、サビでもよいということは分析試料を入手しやすいという利点がある。なお青銅は本来銅と錫との合金であるが、鉛を含んでいることが多く、サビにもやはり鉛が含まれている。

2. 研究の目的

自然界における鉛は質最数 204, 206, 207 および 208 の 4 安定同位体の混合物であるが、これは原始地球生成時の鉛同位体にその後ウラン 238, ウラン 235, トリウム 232 の放射性壊変生成物である鉛 206, 207 および 208 がそれぞれ加わったものである。したがって異なる地質年代や地質環境中の鉛鉱物の同位体比には明かな差が認められる。この差を利用して、鉛を含む考古遺物がどの地域の鉛鉱物を使ってつくられたかを推定し、さらにその遺物の製作地を推定するのに役立つ情報を提供しようというのが研究の目的である。

今までに発表された Brillら⁴⁾, Brill, 山崎ら⁵⁾, 山崎, 室住ら⁶⁾の結果によれば上のことは可能である。我々は日本などで出土した青銅器の鉛同位体比を測定して、それらが中国製か日本製か推定したいという目的で本研究をはじめた。

3. 研究試料

(1)鉛鉱石

遺物の産地を推定するには中国産と日本産の鉛同位体比が異なることが判っていなければならない

* 名古屋大学名誉教授, 名古屋市千種区

** 室蘭工業大学, 室蘭市水元町

い。日本産の方鉛鉱については地質調査所をはじめ多くの人の好意で主な国内鉱山の鉱石を入手することができた。しかし中国産の鉛鉱石は僅かに旧満州地域のもの2種を入手し得たほかに、朝鮮半島北部のもの2種を測定し得たに過ぎない。

日本産の17個の試料については既にその同位体比を報告³⁾したので、ここでは数値を表示するのはやめて第1図に示した。中国および朝鮮の方鉛鉱は次の通りである。

試料番号	鉱山名
G 1～G 17	日本の鉱山17ヶ所
G 18	中国遼寧省錦西
G 19	中国遼寧省安東青城子鉱山
G 20	北朝鮮平安南道大倉鉱山
G 21	北朝鮮黄海道瓮津鉱山

これらの同位体比は第6表に示した。

(2) 青銅鏡

主として日本国内で発掘された前漢、後漢などの鏡のほか京都府椿井大塚山古墳出土の三角縁神獸鏡なども測定した。大塚山の鏡については樋口隆康教授の記載された番号⁷⁾にしたがった。

第1表参照。また舶載鏡のほか仿製鏡をも測定した。なお*印をつけた試料は同位体比の測定にサビを用いたものである。以下各表とも同様である。

(3) 鏡以外の青銅器

銅鐸(弥生)、銅鏃(古墳)のほか、法隆寺五重塔の相輪、奈良薬師寺の本尊台座などを測定試料とした。五重塔の相輪は創建当部のものではなく、15世紀(明応4年)または17世紀(慶長と元禄)の修理の際のものと考えられる⁸⁾。薬師寺の本尊台座の試料は修理(昭和31—33)の時採取されたもので造像当時7世紀のものである。

4. 測定結果

鉛同位体比の測定結果を第1～6表に示し、第1～2図に表わした。同位体比は地球化学上の研究では204に対する比として表現する習慣であるが、考古化学ではBrillのはじめの提案⁴⁾によって207/206、208/206の比で表現するのが普通である。

なお測定試料の化学成分については別に報告する予定であるが、何れも錫、鉛を含む青銅である。

第1表 漢およびその他の時代の鏡の鉛同位体比。()中の数字は変動係数(%)。

Lead isotope ratios of mirrors of the Han and other Chinese dynasties. Figures in () denote the coefficient of variation (%). For the samples marked with *, patinas were used for isotope determination.

試料	206/204	207/206	208/206
1 前漢, 星雲鏡 福岡県春日市 岡本出土	17.72(0.5)	0.8767(0.3)	2.146(0.3)
2 前漢, 重圈文鏡 出土地同上	17.86(0.4)	0.8735(0.3)	2.149(0.3)
3 前漢, 草葉文鏡 出土地同上	17.63(0.2)	0.8773(0.1)	2.156(0.2)
4 前漢, 連弧文鏡 福岡県飯塚市立岩	17.72(0.5)	0.8727(0.2)	2.144(0.2)
*5 前漢, 平縁八禽文鏡 (京大1726)	17.61(0.3)	0.8738(0.1)	2.145(0.2)
*6 前漢, 方格四虺文鏡 (京大2634)	17.57(0.6)	0.8772(0.3)	2.152(0.2)
*7 後漢, 平縁獸帯鏡 (京大5061)	17.58(0.3)	0.8745(0.1)	2.138(0.2)
*8 (後漢鏡) 宋代のふみかえし鏡 (京大2037)	18.74(0.6)	0.8347(0.2)	2.070(0.3)
*9 後漢, 方格規矩四神鏡 (京大4702)	17.64(0.3)	0.8756(0.2)	2.145(0.1)
*10 後漢, 方格規矩四神鏡 福岡県銚子塚出土 (京大5272)	17.74(0.2)	0.8737(0.2)	2.154(0.2)
*11 後漢, 内行花文鏡 福岡県銚子塚出土 (京大5273)	18.03(0.3)	0.8645(0.2)	2.118(0.3)
*12 後漢, 蕤鳳鏡 滋賀県瓢箪山出土 (京大5351)	18.15(0.4)	0.8556(0.2)	2.109(0.3)
*13 西晋, 獸首鏡 (京大5062)	18.31(0.5)	0.8504(0.3)	2.091(0.2)

試料	206/204	207/206	208/206
*14 六朝, 画文帯神獸鏡 (京大4294)	18.24(0.4)	0.8559(0.2)	2.115(0.3)
*15 東晋, 半円方形帯神獸鏡 (京大3369)	17.73(0.5)	0.8602(0.2)	2.101(0.1)
16 後漢, 内行花文鏡 三重県松坂市茶白山	17.98(0.3)	0.8571(0.2)	2.103(0.2)
17 後漢, 内行花文鏡 京都府大塚山No.1	17.70(0.4)	0.8723(0.3)	2.136(0.3)
18 後漢, 方格規矩四神鏡 京都府大塚山No.2	18.10(0.2)	0.8643(0.2)	2.128(0.2)

第2表 三角縁神獸鏡の鉛同位体比

Lead isotope ratios of triangular-rimmed mirrors excavated in Japan.

試料	206/204	207/206	208/206
1 京都府椿井大塚山出土三角縁 神獸鏡No.3	18.10(0.2)	0.8587(0.1)	2.109(0.3)
2 同 上 No.4	18.12(0.4)	0.8577(0.2)	2.106(0.3)
3 同 上 No.5	17.99(0.3)	0.8578(0.1)	2.102(0.1)
4 同 上 No.6	18.15(0.3)	0.8570(0.2)	2.108(0.3)
5 同 上 No.7	17.90(0.7)	0.8651(0.2)	2.119(0.3)
6 同 上 No.8	18.06(0.4)	0.8642(0.2)	2.118(0.2)
7 同 上 No.9	17.90(0.2)	0.8608(0.2)	2.109(0.3)
8 同 上 No.10	18.21(0.4)	0.8570(0.1)	2.104(0.3)
9 同 上 No.11	18.11(0.4)	0.8550(0.3)	2.112(0.3)
10 同 上 No.13	18.02(0.4)	0.8614(0.2)	2.122(0.2)
11 同 上 No.14	18.20(0.4)	0.8585(0.3)	2.113(0.2)
12 同 上 No.15	17.99(0.5)	0.8627(0.2)	2.117(0.4)
13 同 上 No.16	18.02(0.3)	0.8573(0.3)	2.113(0.2)
14 同 上 No.17	18.36(0.4)	0.8511(0.3)	2.089(0.3)
15 同 上 No.18	18.35(0.5)	0.8491(0.2)	2.089(0.3)
16 同 上 No.19	18.20(0.3)	0.8594(0.2)	2.112(0.3)
17 同 上 No.20	18.06(0.4)	0.8591(0.2)	2.114(0.3)

	試料	206/206	207/206	208/206
18	同上 No.21	18.09(0.3)	0.8575(0.3)	2.110(0.2)
19	同上 No.22	18.31(0.5)	0.8569(0.2)	2.111(0.4)
20	同上 No.23	18.21(0.4)	0.8589(0.2)	2.108(0.4)
21	同上 No.24	18.26(0.4)	0.8554(0.2)	2.109(0.3)
22	同上 No.25	18.04(0.7)	0.8572(0.3)	2.115(0.4)
23	鳥取県羽合町馬の山古墳出土三角縁神獸鏡	18.05(0.3)	0.8594(0.2)	2.112(0.2)

第3表 仿製鏡の鉛同位体比

Lead isotope ratios of mirrors made in Japan as copies of Chinese mirrors.

	試料	206/204	207/206	208/206
*1	弥生時代, 内行花文鏡 福岡県瀬高町小川出土	17.59(0.7)	0.8745(0.3)	2.143(0.3)
*2	古墳時代, 四獸鏡 京都府産土山出土 (京大5676)	18.07(0.3)	0.8565(0.2)	2.102(0.2)
*3	古墳, 三角縁神獸鏡 福岡県桃子塚出土 (京大5279)	18.14(0.3)	0.8558(0.2)	2.104(0.2)
*4	古墳, 三角縁神獸鏡 京都府寺戸大塚出土 (京都4389)	17.83(0.3)	0.8653(0.2)	2.119(0.2)
*5	古墳, 変形方格規矩文鏡 寺戸大塚出土 (京大4501)	17.92(0.4)	0.8633(0.3)	2.113(0.3)
6	古墳, 三角縁神獸鏡 三重県松坂市茶白山出土	18.02(0.2)	0.8595(0.1)	2.105(0.1)

第4表 銅鐸，銅鏃の鉛同位体比

Lead isotope ratios of Dotaku (Japanese bell-like objects) and arrowheads.

試料			
*1 銅鐸，愛知県春日井市 神領三明神社	17.59(0.2)	0.8735(0.2)	2.144(0.2)
*2 銅鐸，福岡県春日市小倉	17.78(0.5)	0.8763(0.4)	2.150(0.3)
3 銅鐸，愛知県田原町堀山田	17.64(0.3)	0.8761(0.2)	2.153(0.2)
4 銅鐸，和歌山市杭の瀬砂山	17.45(0.8)	0.8745(0.2)	2.148(0.2)
5 銅鐸，和歌山県南部川村晩 稻	17.52(0.2)	0.8730(0.2)	2.139(0.3)
6 銅鐸，岸和田市流木	17.34(0.8)	0.8773(0.4)	2.157(0.3)
*7 銅鐸，奈良市山町早田	17.75(0.7)	0.8794(0.2)	2.159(0.3)
8 銅鏃，岐阜県赤坂町遊塚古 墳	17.71(0.5)	0.8730(0.3)	2.146(0.4)
9 銅鏃，岡山県月の輪古墳 (5世紀)	17.56(0.5)	0.8761(0.3)	2.149(0.1)

第5表 法隆寺五重塔相輪および

薬師寺本尊台座の鉛同位体比

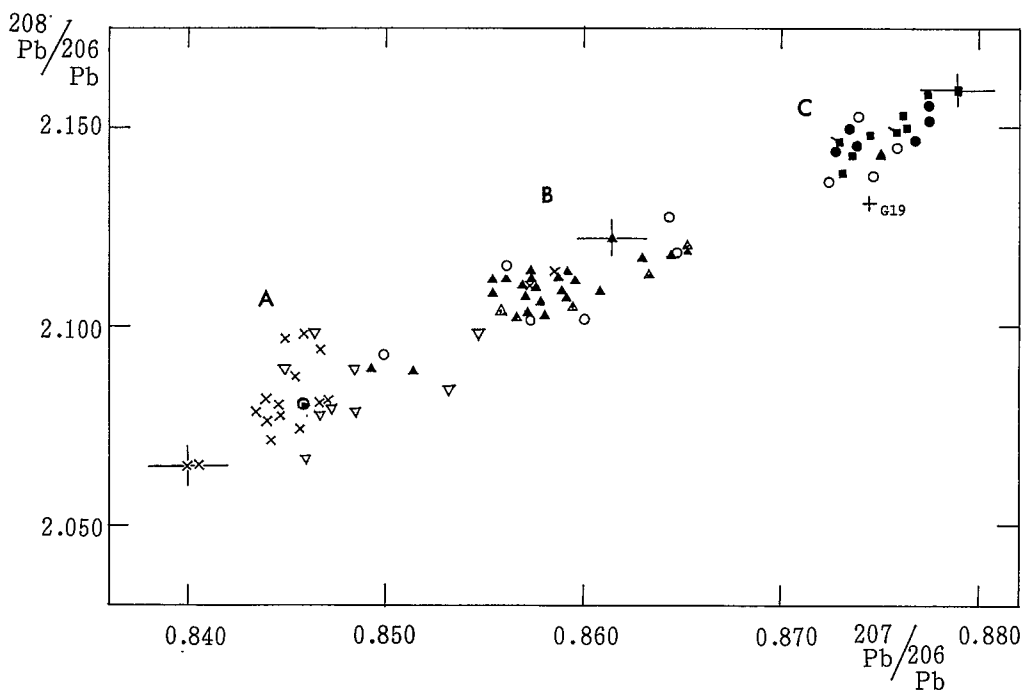
Lead isotope ratios of the spire of the Horyuji pagoda and the pedestal
of the main image of the Yakushiji temple.

試料	206/204	207/207	208/206
1 法隆寺五重塔露盤上端	18.29(0.7)	0.8448(0.3)	2.090(0.3)
2 同上擦管上から7番目	18.48(0.3)	0.8465(0.2)	2.099(0.3)
3 同上 上から5番目	18.35(0.2)	0.8460(0.4)	2.067(0.2)
4 同上 上から4番目	18.36(0.8)	0.8533(0.5)	2.085(0.2)
5 同上 上から2番目	18.37(0.2)	0.8470(0.1)	2.081(0.3)
6 同上 東側水煙	18.16(0.6)	0.8486(0.3)	2.079(0.2)
7 同上水煙の補修部分	18.17(0.6)	0.8546(0.3)	2.099(0.2)
8 同上 西側水煙	18.40(0.2)	0.8486(0.2)	2.089(0.3)
9 同上 北側水煙	18.27(0.5)	0.8467(0.3)	2.079(0.4)
10 薬師寺本尊台座	18.40(0.3)	0.8459(0.1)	2.080(0.2)

第6表 中国および北朝鮮の方鉛鉱の同位体比

Lead isotope ratios of Chinese and Korean galena ores

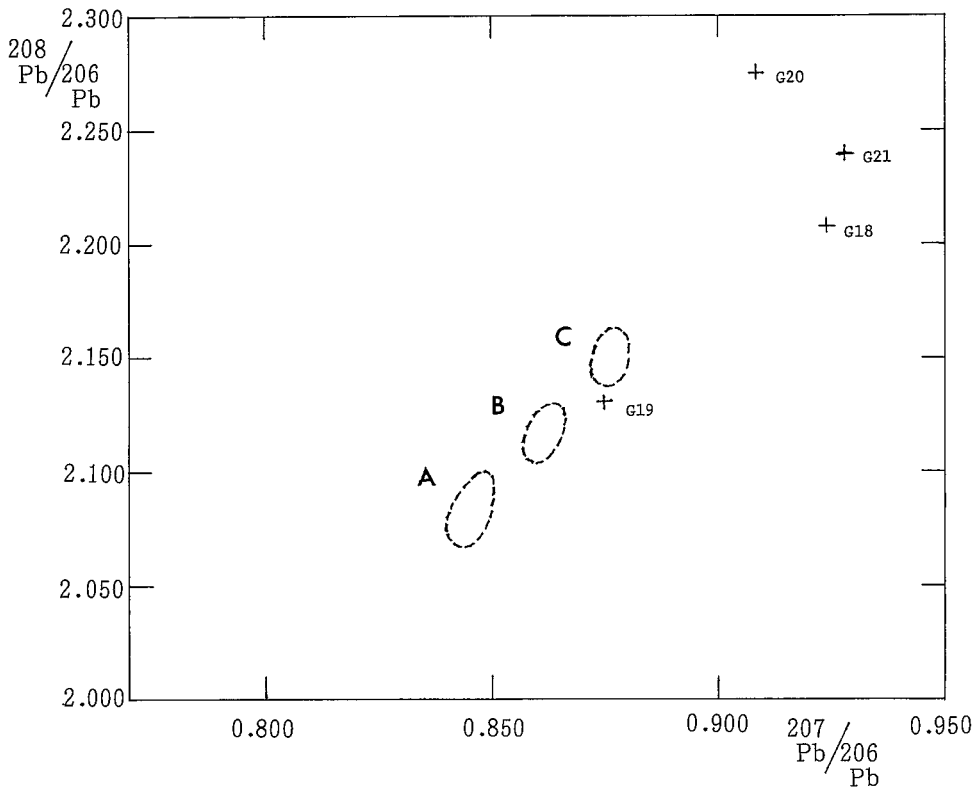
試料	206/204	207/207	208/206
G 18 中国遼寧省錦西	16.51(0.5)	0.9241(0.3)	2.209(0.4)
G 19 中国遼寧省安東青城子 鉱山	17.83(0.3)	0.8743(0.2)	2.131(0.2)
G 20 北朝鮮平安南道大倉鉱山	17.18(0.5)	0.9088(0.2)	2.275(0.2)
G 21 北朝鮮黄海道瓮津鉱山	16.75(0.3)	0.9282(0.1)	2.224(0.1)



第1図 青銅器および方鉛鉱の鉛同位体比

Lead isotope data for archaeological bronze objects and galena ores.

- | | | | |
|------------|--|----------|--|
| ×: 日本の方鉛鉱 | Japanese galena ores | ○: 後漢鏡など | Mirrors of the Late Han and other dynasties |
| ○: 薬師寺本尊台座 | Pedestal of the main image of Yakushiji temple | ■: 銅鐃 | Dotaku (Japanese bell-like objects) |
| ▽: 法隆寺塔相輪 | Spire of the Horyuji pagoda | ◼: 銅鏃 | Arrowheads |
| ▲: 三角縁神獸鏡 | Triangular-rimmed mirrors | △: 仿製鏡 | Mirrors made in Japan as copies of Chinese mirrors |
| ●: 前漢鏡 | Early Han mirrors | | |



第2図 縮小した図。A, B, C群は第1図のA, B, C群に対応する。G18, 19, 20 および21は中国および北朝鮮の方鉛鉱のデータを示す。

Plots of lead isotope data in a diminished scale. Groups A, B and C correspond to those in Fig.1 respectively. G18, G19, G20 and G21 denote data for the Chinese and Korean lead ores.

5. 考 察

(1) 鉛鉱石

日本国内の鉛鉱石の同位体比は岐阜県神岡鉱山のものがやや大きな値を示すのを除けば、ほぼ一定の範囲 (A群) にまとまる。神岡鉱山産の方鉛鉱については同鉱山の各鉱体の試料について詳しい測定をはじめており、その結果を待ってさらに地球化学的な考察を行うつもりである。中国および朝鮮半島北部産の鉱石の鉛同位体比は明かに日本のものと異なるから、日本産の鉱石を用いたか否かは知ることができる (第2図)。

世界各地の鉱山の鉛の同位体比はその鉱石の生成された時の地質年代ならびに地質環境によって左右されるから、各地の鉛が必ずしもそれぞれ別の値を示すわけではない。全く別の地域の鉛が比較

的に近い同位体比を示すこともあり得る。これは本法の短所の一つと言えるが、実際には今までそれで困難した例はないようである。

(2) 鏡

鏡についてのデータは図1に示すようにBとCとの2群になる。これらは同位体比がかなり異なり、現在のところ別の鉛鉱石が原料として使われていると考えざるを得ない。

(a) C群に入るものは前漢鏡（第1表の1～6）と後漢鏡の一部（第1表の7, 9, 10および17）である。B群に入るのは後漢鏡など（第1表の11～16, 18）と三角縁神獸鏡の全部（第2表の1～23）である。現在のところどのような鏡式の後漢鏡がC群に入り、他のものがB群に入るかという区分は明かではない。この点を明かにするにはさらに多くの後漢の鏡の同位体比を測定する必要がある。

(b) 三角縁神獸鏡は後漢鏡の一部、東晋、西晋などの鏡と同じB群に入る（第1表鏡13, 大塚山鏡No.17と18は少しずれている）。これは三角縁神獸鏡がそれらの鏡と同じ鉛鉱石を使ってつくられたという可能性を示唆し、日本の鉛鉱石でつくられたという可能性はないと考えられる。

なお第1表の8は宋代のふみかえし鏡で第1図の外に出る全く別の値を示す。これは1例しかないので、もう少し例が増加するまでは宋の遺品について原料面から判断を下すことはできない。

(c) いわゆる仿製鏡は6例測定したが、その中1面は弥生時代の仿製鏡（第3表の1）、他の5面は古墳時代のもの（第3表2～6）であり、前者はC群に入り、後者はB群に入る。したがって弥生時代の仿製鏡が前漢鏡を鋳つぶしてつくられ、古墳時代のものは後漢鏡またはそれと同じ原料の他の銅器を溶解し直したという解釈が成り立つかのようである。この考え方の可否はさらに多くの測定例によって検討しなければならない。

(3) 銅鐸, 銅鏃など

銅鐸は7個、銅鏃は2個測定したが、両者ともC群に入る。日本で発掘された銅鐸は400個を超えるとのことであるが、ここで測定した7例は前漢鏡と同じ群に入り、同じ原料を示唆している。今後さらに多くの測定を必要とするが、現在のところ日本産の材料という証拠は見出されていない。

銅鏃は僅か2個であるが、日本産の材料ではない。

(4) 法隆寺塔相輪, 薬師寺本尊台座

法隆寺塔相輪は15世紀以降のものと考えられるが、日本産の方鉛鉱の同位体比の範囲に一致する。薬師寺本尊台座も同様である。このほか奈良時代のガラス⁹⁾の同位体比が日本産の方鉛鉱の値と一致し、奈良時代にはすでに日本の原料が用いられていたことを示している。

日本の鉱山がいつから開発され、鉛が採掘されるようになったかは明かではない。小葉田淳¹⁰⁾によれば対島の銀山は8世紀から採掘されていたとのことであり、銅も8世紀からその産地が續日本紀などに現われて来る。因幡、周防、備中、備後、備前、武蔵、山城などが銅の産地であり、和銅

という年号は708年武蔵国からの自然銅の産出に基づいていることはよく知られている。鉛鉱山についての記録はあまりないようであるが、銀などに伴って対馬など西日本で早くから採掘されていたのではないだろうか。

今後の問題としては測定例の増加と装置の改善とが重要である。

最後に試料を提供された京都大学梅原末治，小林行雄，樋口隆康の諸教授，九州大学岡崎敬教授，名古屋大学榑崎彰一教授，名古屋工業大学中川元吉教授，地質調査所松原秀樹氏，神岡鉱業所安達正敏氏，筑波大学長島弘三教授の各位に対しあつく謝意を表する。また奈良国立文化財研究所田中琢氏からは種々助言を与えられた。特定研究「古文化財」の研究費とともに感謝する。

参 考 文 献

- (1) 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。考古学と自然科学，**9**，53—58.
- (2) 特定研究「古文化財」昭和53年度年次報告書（C—5）および東京国立文化財研究所国際研究集会「文化財と分析化学」英文報告書（1979末刊行予定）の内容とはほぼ同じである。
- (3) 山崎一雄，室住正世，中村精次，日向誠，湯浅光秋（1978）日本産方鉛鉱および考古遺物中の鉛同位体比。日本化学会誌，**1978**，1112—1117.
- (4) R.H. Brill, I.L.Barnes, W.R.Shields, and T.J.Murphy (1974): Isotopic analysis of Laurion lead ores. "Archaeological Chemistry", American Chemical Society, pp. 1—10. およびその中の引用文献
- (5) R.H. Brill, K.Yamasaki, I.L.Barnes, K.J.R.Rosman, and M.Diaz (1979): Lead isotopes in some Japanese and Chinese glasses. *Ars Orientalis*, **11**: 87-109. およびその中の引用文献
- (6) 山崎一雄，室住正世（1978）鉛同位体比測定による日本出土青銅器の研究。化学教育，**26**，279～283.
- (7) 樋口隆康（1953）山城国相楽郡高麗村椿井大塚山古墳調査概報，史林，**36**，91—93，このほか樋口教授の示教による。
- (8) 法隆寺国宝保存委員会（1955）法隆寺五重塔修理工事報告，63および90—92.
- (9) 文献5および山崎，室住，渡会らの未発表結果（日本化学会誌投稿予定）。
- (10) 小葉田淳（1956）鉱山の歴史，至文堂

Lead Isotope Ratios in Some Japanese and Chinese Bronze Objects

Kazuo YAMASAKI*, Masayo MUROZUMI**, Seiji NAKAMURA**,
Makoto HINATA**, Mitsuaki YUASA** and Motohiko WATARAI**

* Professor Emeritus, Science Faculty, Nagoya University, Nagoya

** Muroran Institute of Technology, Muroran

The lead isotope ratios of a number of Japanese and Chinese archaeological bronze objects were determined by surface ionization mass spectrometry-6 Early Han mirrors, 11 Late Han and other Chinese mirrors, 23 triangular-rimmed mirrors attributed to Wei, 6 mirrors made in Japan as copies of Chinese mirrors, 7 Dotaku (Japanese bell-like objects), 2 arrowheads, 9 samples of the Horyuji pagoda, and 1 sample of the pedestal of the main image of the Yakushiji temple. In addition, 17 Japanese, 2 Chinese and 2 Korean galena ores were studied for their isotope ratios.

The isotope ratios of the Early Han and some of the Late Han mirrors form a cluster (C) separate from that of other Late Han mirrors (B). The triangular-rimmed mirrors, which are found only in Japanese tombs but are attributed to the Wei of China, have isotope ratios similar to this second group of Late Han mirrors (B). On the other hand, Japanese Dotaku and arrowheads show similar isotope ratios to those of Early Han mirrors (C), suggesting they were made from resmelted Chinese bronze objects. The spire of the Horyuji pagoda and the pedestal of the main image of the Yakushiji temple in Japan were shown to have been made with Japanese lead ores.

1. *What is the main purpose of the document?*

2. *What are the key findings or conclusions?*

3. *What are the implications of the findings?*

4. *What are the limitations of the study?*

5. *What are the recommendations for future research?*

6. *What are the strengths of the study?*

7. *What are the weaknesses of the study?*

8. *What are the contributions of the study?*

9. *What are the practical applications of the study?*

10. *What are the ethical considerations of the study?*

11. *What are the funding sources of the study?*

12. *What are the authors' disclosures of interest?*

13. *What are the authors' contact information?*

14. *What are the authors' acknowledgments?*

15. *What are the authors' references?*

16. *What are the authors' conclusions?*

17. *What are the authors' final thoughts?*

18. *What are the authors' closing remarks?*