島根県荒神谷遺跡出土銅剣・銅鐸・銅矛の化学的調査

—非破壊分析と鉛同位体比測定—

馬淵久夫・江本義理*・門倉武夫・平尾良光
青木繁夫・三輪嘉六

1. はじめに

荒神谷遺跡は，島根県東部，宍道湖西岸にあたる簸川郡斐川町大字神庭字西谷にある。昭和58年，簸川南地区広域営農団地農道整備事業に伴う島根県教育委員会の事前調査により須恵器が採集され，遺跡の存在が確認されたので，昭和59年7月11日から9月12日にかけて発掘調査が行なわれた。その結果，弥生時代に属するおびただしい数の銅剣が出土して注目を集めた。銅剣は斜面を削って設けたテラス状遺構に4列に並べられており，総数は358本にものぼった[1]。さらに翌昭和60年7月～8月には銅剣埋納坑に接する同じ斜面の発掘調査が行なわれ，新たに銅鐸6個，銅矛16本が発見された[2]。

これらの銅剣・銅鐸・銅矛はすべて弥生時代のものであるが，このうち銅剣についてはその数の多さから言って前例がなく，しかも従来よく出土していた北九州ではなく，出雲だったという点で，考古学を中心に歴史学・民俗学の研究者を巻き込んで活発な議論が展開された。何回かにわたって開催されたシンポジウムでは，このような銅剣を必要した背景（王権の存在など），原料の出所，製作地などの謎が取り上げられ，その内容は幾つかの市販本に纏められている[3~5]。その他にも，歴史関連の雑誌にいろいろな角度からの論文が掲載されている。

銅剣・銅鐸・銅矛の遺構からの取り上げは，島根県教育委員会による遺跡の考古学的調査の後に，奈良国立文化財研究所の保存科学者の指導の下で行なわれた。原則として，応急処置としてアクリル樹脂のトルエン溶液が表面塗布され，ガーゼで補強された[1]。取り上げ後は，すべて出土状態の復元を可能にできる番号付きで島根県教育委員会に保管された。

昭和60年6月，358本の銅剣は国の重要文化財に指定された。しかし，その2ヵ月後に近接地点から銅鐸と銅矛が出土したため，昭和62年6月に新出土品を含めて重要文化財の追加指定が行なわれた。昭和63年，文化庁の企画の下に荒神谷出土青銅器の修理委員会が組織され，修理の基本方針と共に，修理に必要なデータを得るための材質に関する事前調査の必要性が検討された。同委員会の決定に基づき，文化庁美術工芸課は東京国立文化財研究所保存科学部・修復技術部に材質調査の可能性を打診した。

東京国立文化財研究所の両部では，従来から青銅器の保存科学的，考古化学的研究を行なっており，その経験から，現時点で非破壊的に実行できる調査は，①X線透視撮影，②蛍光X線による非破壊元素分析，③鉛同位体比測定による原料産地推定，であるむね文化庁美術工芸課に回答した。①と②は修理の際に必要な情報であり，③は直接には修理に関係しないが，考古学での原料問題の解決になんらかの光を投げかける可能性をもった測定である。

本論文は，上述のような経過を経て，文化庁より正式に依頼のあった調査の結果を纏めたものである。本来ならば，この種の論文は修理報告書に繰込まれるべきであるが，資料数が膨大なため，修理には相当の年数がかかり，それを待つことは，報告の責任や，この重要資料に関心をもつ多くの人々に対する国立機関としての情報公開の原則に不都合を生じる恐れがある。

*昭和女子大学，当研究所名誉研究員

このような事情を考慮して，本論文では調査および測定の事実関係と，それから引出される客観的事項を中心に簡単に記述することを心掛け，中間報告ないし速報の性格をもたせることにした。弥生時代の青銅器は，いま現在でも九州を中心にして盛んに発掘されつつある。それらの調査結果も比較の対象として含めた，広い視野での考察は，将来の修理報告書の中で行なうべきである。

なお，資料数が多いため調査には相当の時間と経費を要した。測定は昭和60年７月から昭和62年７月まで継続して行なわれ，経費は特別研究「金属文化財」および「荒神谷遺跡出土遺品修理事業費」のそれぞれ一部が当てられた。

調査研究の役割分担は下記の通りであるが，Ｘ線透視撮影写真は数が多いので本論文では扱わないことにする。

調査資料の管理：三輪嘉六，青木繁夫
Ｘ線透視撮影　：石川陸郎
蛍光Ｘ線分析　：江本義理，平尾良光
Ｘ線回折分析　：門倉武夫
鉛同位体比測定：馬淵久夫，平尾良光
総括および考察：馬淵久夫

2．調　査　資　料

調査資料は昭和59年に出土した銅剣358本と，昭和60年に出土した銅鐸６個および銅矛16本である。

銅剣は発見時には図１に示すように４列に並べられており，島根県教育委員会の担当者によって西から東に向ってＡ列（34本），Ｂ列（111本），Ｃ列（120本），Ｄ列（93本）と呼称された。さらに各列は南端から北に向って１号・２号・３号・・・と番号付けされた。これらの銅剣はすべて，岩永省三の分類による中細銅剣Ｃ類に属し，全長は約50cmである。

銅鐸と銅矛は図２に示すように並んでいたが，銅鐸は南列の西側から１号・２号・３号，そして北列の西から４号・５号・６号と番号付けされた。銅矛は南から北に向って１号・２号・３

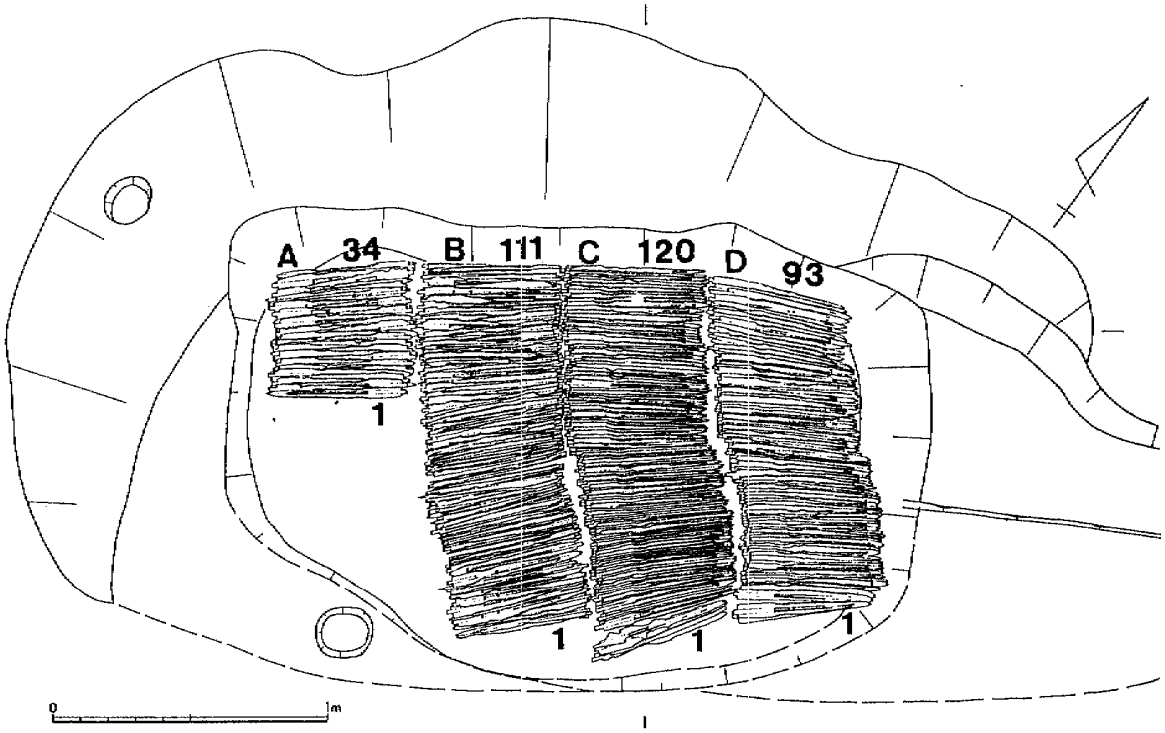


図１　荒神谷遺跡　銅剣出土状態図（島根県教育委員会による[1]）

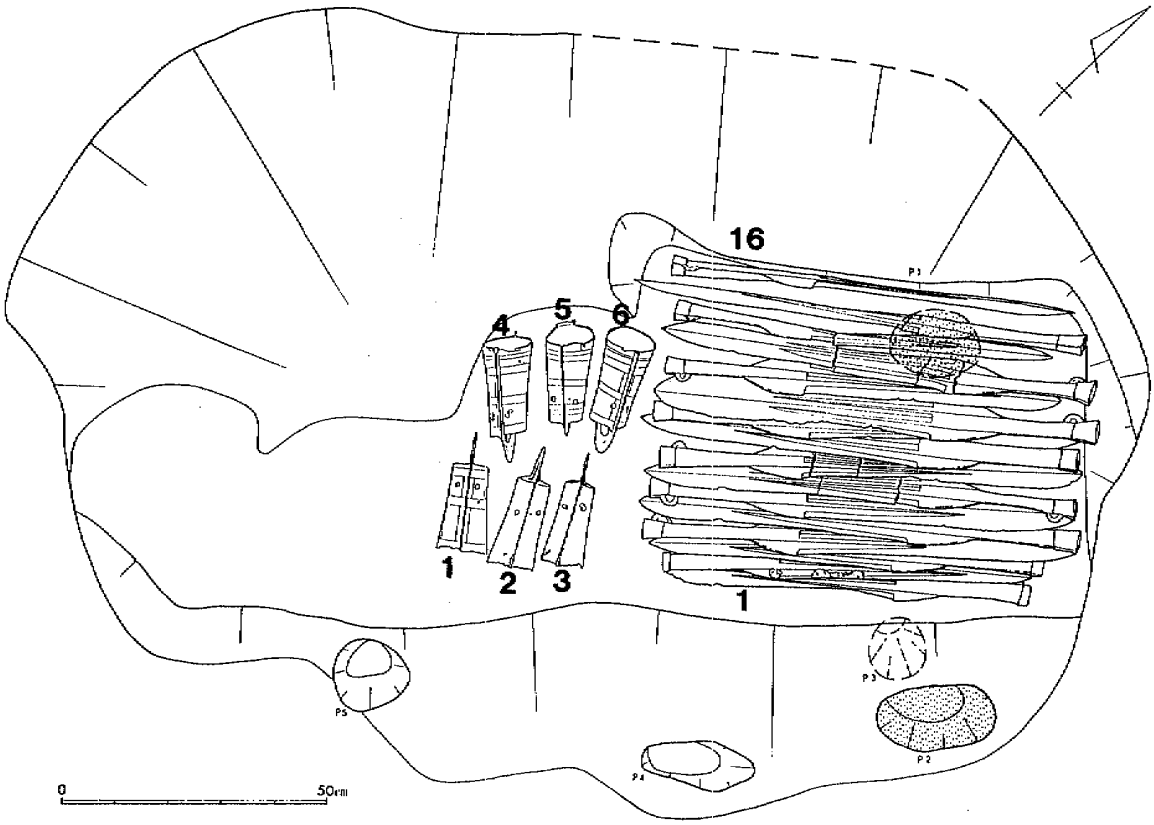


図2　荒神谷遺跡　銅鐸・銅矛出土状態図（島根県教育委員会による[2]）

号・・・と呼称された。銅鐸は，５号鐸だけが菱環鈕１式の横帯文銅鐸であるほかは，外縁付鈕１式の四区袈裟襷文銅鐸である。銅矛は，１号・２号矛が中細であるほかは，すべて中広形である。

本論文では，上記の島根県教育委員会による整理番号を用いることにする。

3．蛍光Ｘ線による定性分析

銅剣はすべて錆に覆われているが，比較的状態の良いもの約20本について蛍光Ｘ線分析を行なった。錆に覆われた状態での非破壊定量分析は不可能なので，結果は定性的になるが，例外なくすべて銅・スズ・鉛を主成分とし，鉄・アンチモン・銀などを微量に含む，弥生時代に一般的な青銅であった。図３に C-51の茎を測定した結果を例として示す。測定は下記の条件で行なった。

使用機器：フィリップス社製・波長分散型 PW1404LS 蛍光Ｘ線分析装置
管　　球：スカンジウム管球
管球電圧：60kV
管球電流：50mA

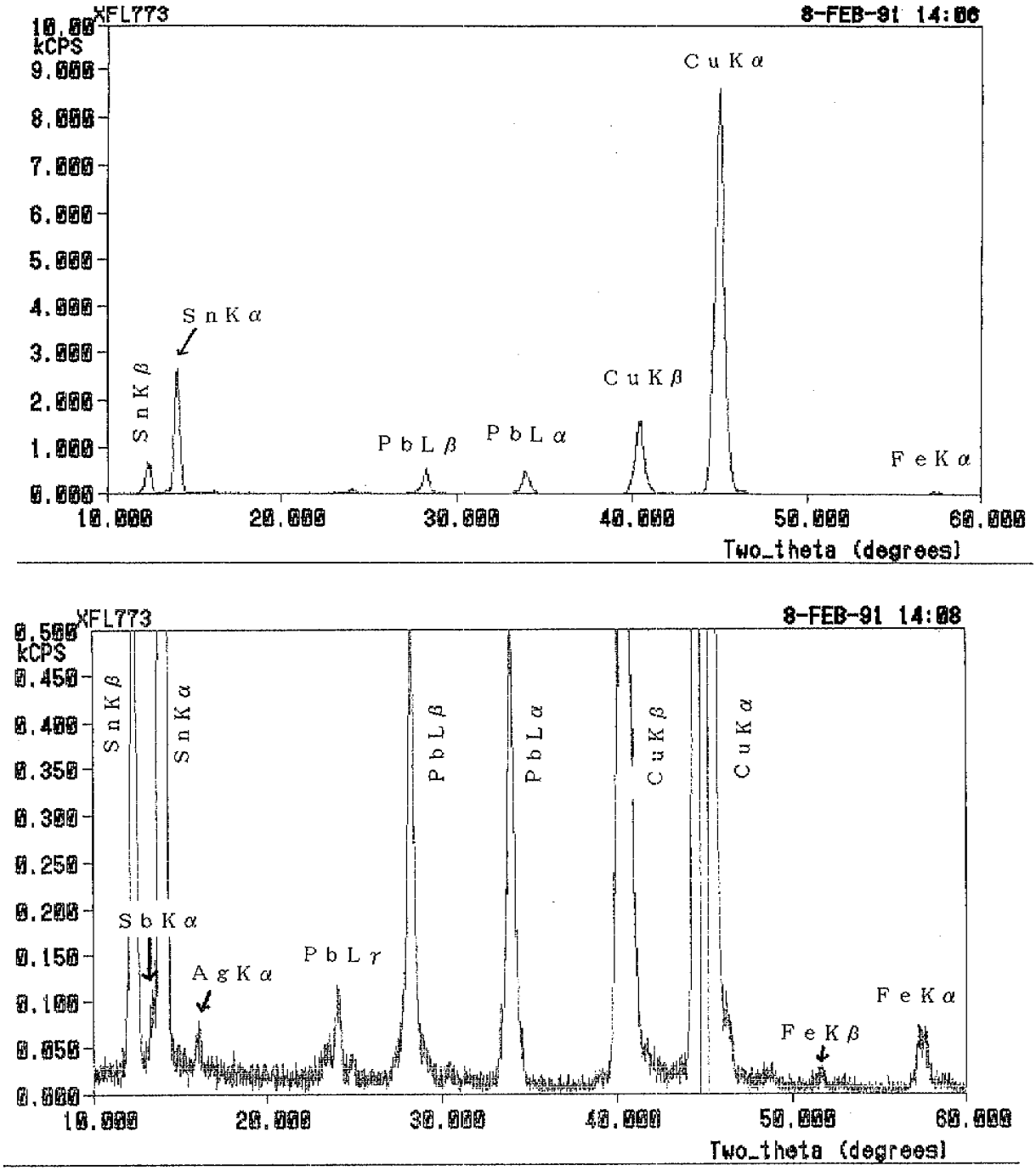


図3　C—51号銅剣の蛍光X線分析チャート

4．X線回折分析

非破壊的手法によるX線回折法で錆の化合物同定を試みたが，取り上げのときに用いた樹脂の膜に起因すると考えられる有機化合物の特徴を示すベースラインの乱れが大きく，錆の同定は困難であった。錆は肉眼観察でいくつかの異なる色調に分けられたので，実体顕微鏡下でその色別に錆を採取してX線回折を行なった。

測定した試料は青錆，青緑錆，赤茶錆，緑錆である。こられの試料から樹脂膜などの異物を取除き，その20～30mgをメノウ乳鉢で指触を感じない程度に粉砕し，無反射板上で測定した。装置および測定条件は下記の通りである。

使用機器：リガク製・非破壊式X線回折装置

X線管球：クロム
管球電圧：35kV
管球電流：9 mA
X線照射面積：5mm×5mm

色の異なる錆試料の測定結果を表1にまとめた。参考までに，青緑錆と赤茶錆（B—39）のX線回折チャートを，例として，それぞれ図4・図5に示す。

なお塩基性塩化銅［$Cu_2(OH)_3Cl$］のような腐食を進行させる化合物は検出されなかった。

表1　X線回折法による荒神谷出土銅剣錆の分析結果

試　料	検出化合物	JCPDSカード対応化合物名		
青　錆	$2CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$	11-682	Azurite	群青
青緑錆	$2CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$ $CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$	11-682 10-399	Azurite Malachite	群青 緑青
B-39、赤茶錆	Cu_2O	5-0667	Cuprite	赤銅鉱
B-29、緑錆	$CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$	10-399	Malachite	緑青

JCPDS : Joint Committee on Powder Diffraction Standard (ASTM)

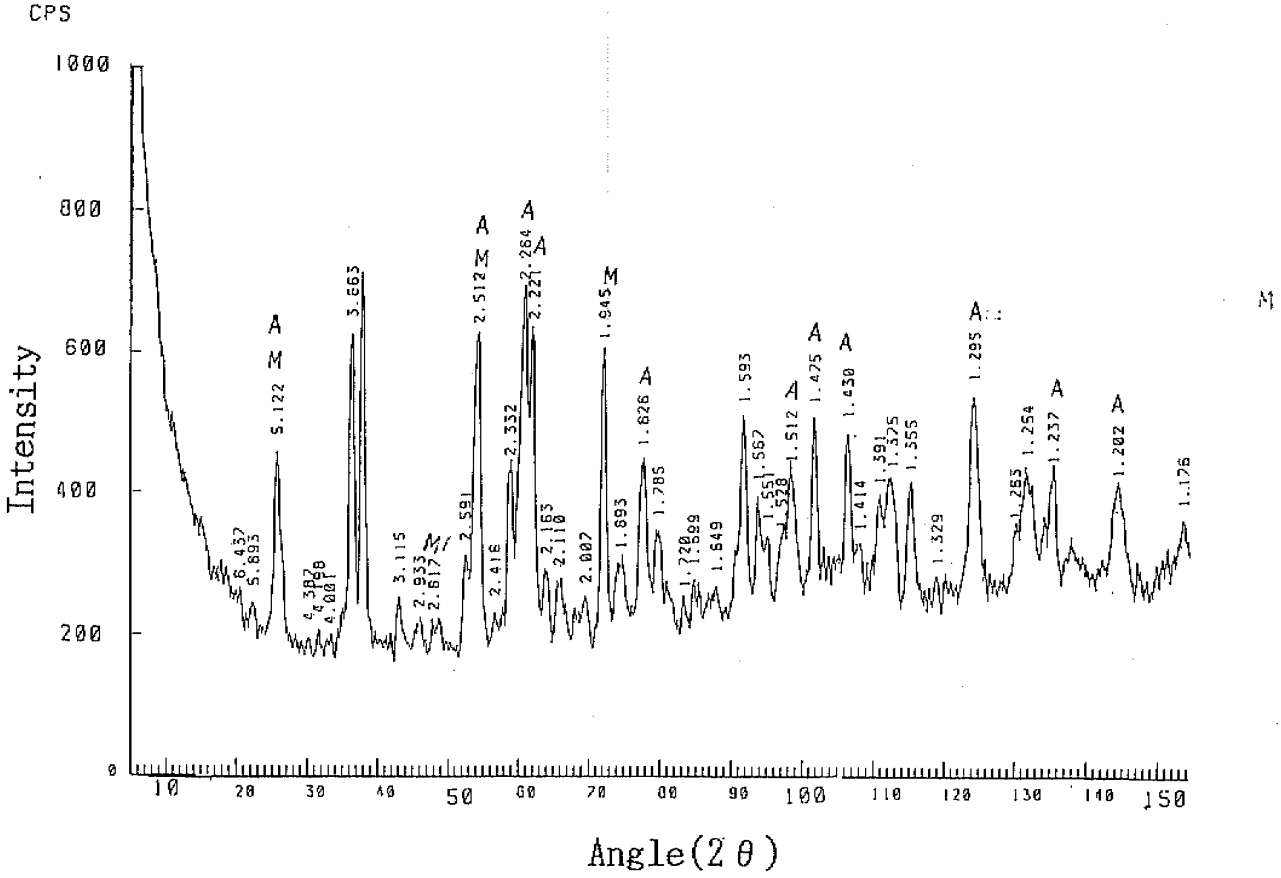


図4　B39,青緑錆のX線回折チャート
図中，ピーク上部のAはAzurite，MはMalachiteのそれぞれ面間隔値（d値）を示す

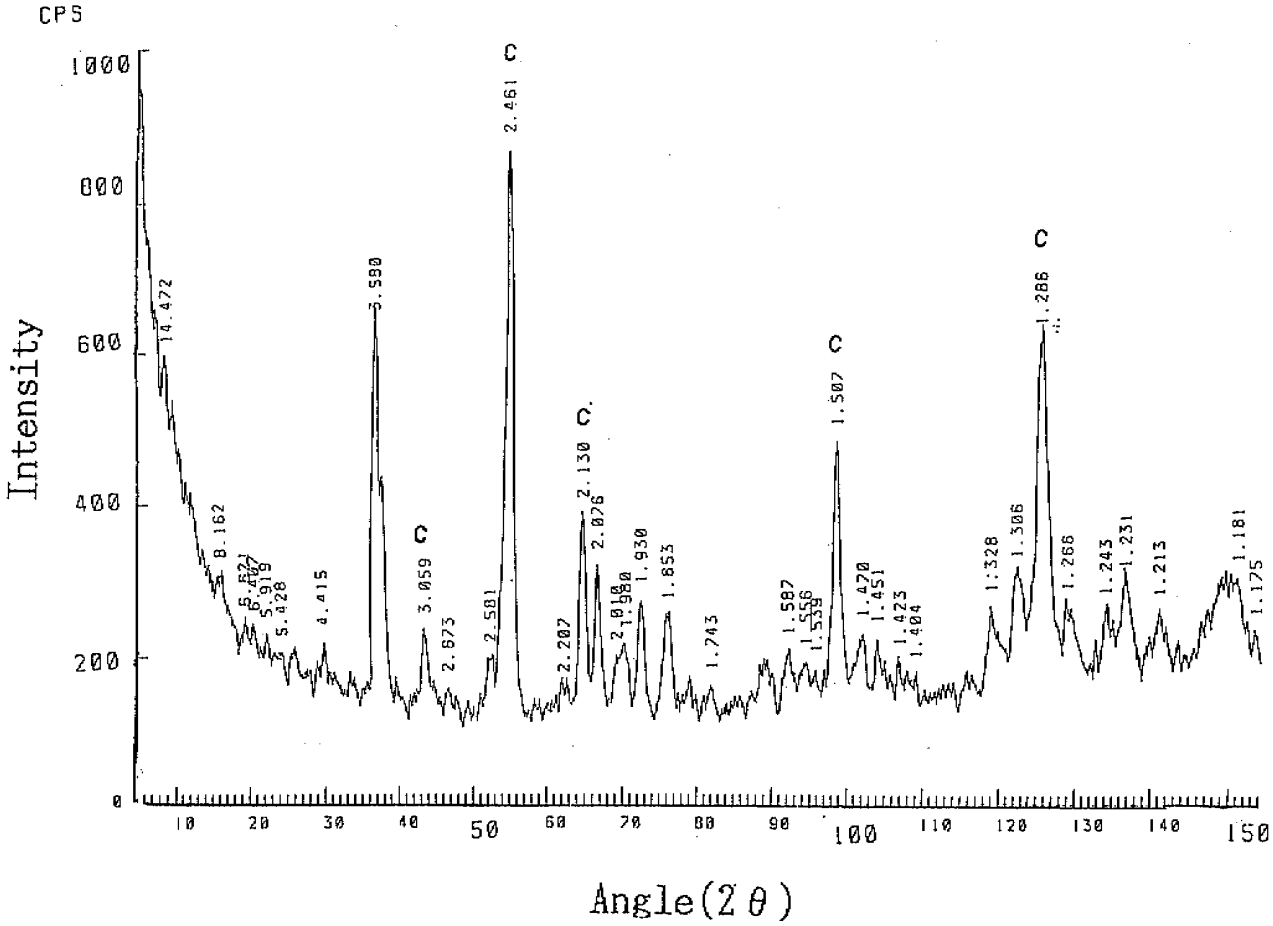


図5　B39，赤茶色部分の錆のX線回折チャート
図中，ピーク上部のCはCuprite（Cu_2O）の面間隔値（d値）を示す

5．鉛同位体比の測定

5—1　測定用試料

全ての資料は多くの錆で覆われていて，鉛同位体比測定に必要な微量（1 mg程度）の錆を採ることは極めて容易であった。しかし，問題は多数の青銅器が密着して2千年近く埋蔵されていたための相互汚染で，これを避けるために試料採取の部位については細心の注意を払った。後述の測定値を見てもわかるように（例えば極端な値の資料の隣にその影響がないこと），筆者らは，ほとんどの資料で汚染部分を避けえたか，あるいは仮に汚染された部分を測った試料があったとしても，データから引出される結論に影響を与えるほど数が多くないと考えている。

5—2　測定と結果

鉛同位体比の測定には，日本電子㈱社製・固体用表面電離型質量分析計05RBを用いた。質量分析計にかける精製鉛の量はほ1μgに統一した。

結果は，銅剣については表2に，銅鐸と銅矛については表3に示した。

5—3　日本出土青銅器の鉛同位体比パターン

鉛同位体比法は，青銅器を原料で類別したり，原料の産地を推定したりするのには極めて有力な手段であることが近年認識されて来た。筆者らは多くの考古学者の協力の下で，弥生時代から歴史時代初頭に至るまでの日本出土の青銅製品にこの手法を応用し，銅鐸[6]・銅鏡[7~10]・銅利器[6]・銅貨など[11~12]の原料の出所が時代とともにどのように移り変わったかを見てきた。特

表 2　荒神谷遺跡出土銅剣の鉛同位体比測定結果

	206/204	207/206	208/206
A列			
1	17.966	0.8676	2.1528
2	18.118	0.8612	2.1411
3	17.798	0.8749	2.1629
4	17.855	0.8718	2.1584
5	17.764	0.8746	2.1637
6	17.946	0.8687	2.1556
7	17.763	0.8752	2.1635
8	17.721	0.8766	2.1643
9	17.740	0.8760	2.1614
10	17.807	0.8732	2.1596
11	17.699	0.8777	2.1664
12	18.098	0.8609	2.1418
13	17.805	0.8738	2.1615
14	17.997	0.8655	2.1479
15	17.731	0.8769	2.1653
16	17.881	0.8698	2.1536
17	17.727	0.8767	2.1651
18	17.788	0.8742	2.1608
19	17.720	0.8771	2.1646
20	17.798	0.8741	2.1600
21	17.723	0.8777	2.1650
22	17.883	0.8704	2.1553
23	17.640	0.8801	2.1688
24	17.479	0.8845	2.1722
25	17.619	0.8796	2.1676
26	18.992	0.8290	2.0770
27	17.534	0.8825	2.1717
28	17.623	0.8820	2.1754
29	17.594	0.8797	2.1696
30	17.628	0.8809	2.1704
31	17.193	0.8967	2.1871
32	18.087	0.8608	2.1413
33	17.584	0.8811	2.1699
34	17.294	0.8919	2.1786
B列			
1	17.815	0.8737	2.1598
2	17.740	0.8763	2.1647
3	17.732	0.8768	2.1653
4	17.704	0.8765	2.1629
5	17.728	0.8758	2.1611
6	17.827	0.8728	2.1588
7	17.775	0.8746	2.1608
8	17.707	0.8771	2.1641
9	17.704	0.8770	2.1644
10	17.624	0.8798	2.1665
11	17.651	0.8802	2.1711
12	17.727	0.8775	2.1665
13	17.701	0.8789	2.1689
14	17.642	0.8801	2.1703
15	17.627	0.8809	2.1704
16	17.626	0.8806	2.1714
17	17.317	0.8944	2.1882
18	17.635	0.8785	2.1672
19	17.740	0.8762	2.1663
20	17.740	0.8760	2.1641
21	17.752	0.8747	2.1623
22	17.644	0.8838	2.1808
23	17.502	0.8852	2.1759
24	18.030	0.8631	2.1424
25	17.750	0.8755	2.1641
26	17.716	0.8768	2.1640
27	17.441	0.8879	2.1781
28	17.506	0.8831	2.1719
29	17.471	0.8854	2.1758
30	17.853	0.8706	2.1548
31	17.051	0.9022	2.1960
32	17.619	0.8820	2.1721
33	17.559	0.8830	2.1722
B列(続き)			
34	17.664	0.8791	2.1689
35	17.620	0.8799	2.1691
36	17.658	0.8782	2.1670
37	17.685	0.8785	2.1670
38	17.627	0.8808	2.1705
39	17.697	0.8786	2.1688
40	17.670	0.8779	2.1665
41	17.694	0.8774	2.1706
42	17.643	0.8773	2.1648
43	17.733	0.8769	2.1656
44	17.645	0.8818	2.1738
45	17.807	0.8730	2.1576
46	17.673	0.8789	2.1682
47	17.636	0.8801	2.1750
48	17.670	0.8794	2.1682
49	17.750	0.8756	2.1643
50	17.660	0.8791	2.1690
51	17.818	0.8736	2.1627
52	17.673	0.8788	2.1675
53	17.669	0.8788	2.1668
54	17.725	0.8767	2.1654
55	17.634	0.8797	2.1678
56	17.684	0.8782	2.1678
57	17.736	0.8765	2.1664
58	17.634	0.8783	2.1687
59	17.936	0.8681	2.1587
60	17.689	0.8782	2.1691
61	17.678	0.8783	2.1674
62	17.721	0.8779	2.1676
63	17.929	0.8702	2.1582
64	17.695	0.8780	2.1658
65	17.845	0.8711	2.1538
66	17.766	0.8766	2.1651
67	17.773	0.8766	2.1686
68	17.741	0.8771	2.1665
69	17.755	0.8750	2.1648
70	17.714	0.8771	2.1660
71	17.842	0.8716	2.1561
72	17.789	0.8745	2.1623
73	17.688	0.8768	2.1685
74	17.737	0.8758	2.1643
75	17.758	0.8761	2.1649
76	17.719	0.8778	2.1666
77	17.725	0.8769	2.1672
78	17.781	0.8748	2.1628
79	17.813	0.8741	2.1633
80	17.712	0.8773	2.1660
81	17.706	0.8777	2.1671
82	17.701	0.8782	2.1662
83	17.731	0.8771	2.1658
84	17.714	0.8781	2.1680
85	17.728	0.8776	2.1681
86	17.539	0.8854	2.1767
87	17.760	0.8760	2.1659
88	17.637	0.8796	2.1689
89	17.712	0.8765	2.1645
90	17.656	0.8790	2.1672
91	17.715	0.8771	2.1651
92	17.662	0.8793	2.1686
93	17.687	0.8795	2.1685
94	17.675	0.8789	2.1674
95	17.683	0.8790	2.1686
96	17.684	0.8792	2.1692
97	17.665	0.8799	2.1679
98	17.677	0.8792	2.1673
99	17.555	0.8813	2.1700
100	17.690	0.8792	2.1687
101	17.667	0.8789	2.1673
102	17.713	0.8774	2.1660
103	17.668	0.8788	2.1683

	206/204	207/206	208/206
B列(続き)			
104	17.699	0.8783	2.1676
105	17.478	0.8861	2.1755
106	17.686	0.8791	2.1691
107	17.522	0.8841	2.1740
108	18.156	0.8599	2.1423
109	17.805	0.8746	2.1625
110	17.725	0.8760	2.1628
111	17.646	0.8798	2.1694
C列			
1	17.749	0.8760	2.1654
2	17.690	0.8770	2.1660
3	17.717	0.8760	2.1640
4	17.701	0.8769	2.1681
5	17.768	0.8741	2.1605
6	17.747	0.8756	2.1652
7	17.605	0.8806	2.1711
8	17.747	0.8770	2.1657
9	17.728	0.8762	2.1645
10	17.746	0.8757	2.1646
11	17.729	0.8769	2.1654
12	17.729	0.8778	2.1666
13	17.659	0.8803	2.1695
14	17.644	0.8790	2.1679
15	17.645	0.8789	2.1693
16	17.597	0.8827	2.1728
17	17.570	0.8821	2.1735
18	17.685	0.8798	2.1684
19	17.673	0.8786	2.1661
20	17.800	0.8725	2.1580
21	17.609	0.8803	2.1689
22	17.692	0.8785	2.1664
23	17.704	0.8774	2.1654
24	17.757	0.8760	2.1621
25	17.697	0.8771	2.1698
26	17.615	0.8805	2.1710
27	17.662	0.8780	2.1685
28	17.710	0.8768	2.1655
29	17.626	0.8806	2.1708
30	17.662	0.8793	2.1695
31	17.676	0.8783	2.1660
32	17.622	0.8808	2.1708
33	17.685	0.8778	2.1667
34	17.698	0.8780	2.1663
35	17.755	0.8773	2.1646
36	17.712	0.8794	2.1699
37	17.698	0.8778	2.1666
38	17.799	0.8747	2.1596
39	17.724	0.8776	2.1655
40	17.675	0.8795	2.1703
41	17.741	0.8766	2.1632
42	17.699	0.8791	2.1687
43	17.698	0.8776	2.1666
44	17.829	0.8722	2.1583
45	17.707	0.8767	2.1654
46	17.705	0.8769	2.1662
47	17.688	0.8774	2.1650
48	17.743	0.8753	2.1627
49	17.710	0.8780	2.1697
50	17.685	0.8798	2.1723
51	17.676	0.8780	2.1655
52	17.733	0.8765	2.1638
53	17.661	0.8783	2.1672
54	17.625	0.8804	2.1703
55	16.991	0.9038	2.1960
56	17.680	0.8773	2.1651
57	17.682	0.8792	2.1710
58	17.697	0.8780	2.1670
59	17.643	0.8806	2.1723
60	17.216	0.8957	2.1871
61	17.600	0.8808	2.1698
C列(続き)			
62	17.605	0.8812	2.1711
63	17.551	0.8855	2.1785
64	17.301	0.8913	2.1802
65	17.674	0.8782	2.1683
66	17.655	0.8783	2.1675
67	17.628	0.8785	2.1678
68	17.763	0.8752	2.1643
69	17.727	0.8753	2.1635
70	17.583	0.8828	2.1748
71	17.677	0.8787	2.1682
72	17.631	0.8795	2.1713
73	17.569	0.8825	2.1707
74	17.671	0.8785	2.1380
75	17.668	0.8793	2.1717
76	17.663	0.8784	2.1687
77	17.670	0.8782	2.1680
78	17.507	0.8848	2.1741
79	17.716	0.8767	2.1631
80	17.716	0.8769	2.1639
81	17.733	0.8761	2.1641
82	17.712	0.8765	2.1650
83	17.716	0.8773	2.1665
84	17.741	0.8755	2.1609
85	17.659	0.8779	2.1655
86	17.814	0.8731	2.1613
87	17.810	0.8724	2.1592
88	17.832	0.8707	2.1555
89	17.753	0.8757	2.1627
90	17.947	0.8679	2.1508
91	17.097	0.8606	2.1416
92	17.751	0.8751	2.1634
93	17.710	0.8760	2.1653
94	17.740	0.8757	2.1653
95	17.638	0.8781	2.1678
96	17.657	0.8785	2.1674
97	17.630	0.8788	2.1704
98	17.624	0.8797	2.1689
99	17.581	0.8812	2.1708
100	17.670	0.8797	2.1701
101	17.638	0.8793	2.1687
102	17.730	0.8762	2.1634
103	17.396	0.8887	2.1788
104	17.637	0.8797	2.1702
105	17.284	0.8921	2.1853
106	17.622	0.8793	2.1677
107	17.624	0.8799	2.1720
108	17.677	0.8778	2.1665
109	17.413	0.8850	2.1746
110	17.608	0.8816	2.1777
111	17.636	0.8786	2.1691
112	17.707	0.8771	2.1668
113	17.672	0.8782	2.1688
114	17.686	0.8790	2.1703
115	17.628	0.8806	2.1709
116	17.654	0.8781	2.1665
117	17.581	0.8813	2.1720
118	17.744	0.8757	2.1634
119	17.647	0.8802	2.1711
120	17.707	0.8771	2.1659
D列			
1	17.826	0.8742	2.1604
2	17.650	0.8779	2.1669
3	17.669	0.8773	2.1654
4	17.936	0.8667	2.1508
5	17.794	0.8733	2.1604
6	17.782	0.8757	2.1651
7	17.724	0.8764	2.1640
8	17.710	0.8769	2.1649
9	17.688	0.8789	2.1686
10	17.678	0.8782	2.1676
11	17.687	0.8777	2.1663
12	17.596	0.8801	2.1681

	206/204	207/206	208/206
D列(続き)			
13	17.645	0.8786	2.1669
14	17.653	0.8787	2.1672
15	17.650	0.8762	2.1673
16	17.649	0.8784	2.1674
17	17.596	0.8799	2.1689
18	17.338	0.8907	2.1820
19	17.625	0.8797	2.1677
20	17.656	0.8793	2.1704
21	17.667	0.8784	2.1675
22	17.653	0.8788	2.1682
23	17.674	0.8780	2.1668
24	17.612	0.8800	2.1703
25	17.633	0.8787	2.1665
26	17.671	0.8783	2.1683
27	17.690	0.8775	2.1668
28	17.678	0.8783	2.1684
29	17.731	0.8753	2.1636
30	17.632	0.8793	2.1709
31	17.753	0.8756	2.1649
32	17.662	0.8782	2.1666
33	17.696	0.8773	2.1658
34	17.652	0.8785	2.1668
35	16.771	0.9128	2.2081
36	17.617	0.8811	2.1726
37	17.622	0.8791	2.1691
38	17.614	0.8794	2.1691
39	17.778	0.8725	2.1585
40	17.640	0.8787	2.1684
41	17.615	0.8808	2.1727
42	17.423	0.8867	2.1769
43	17.668	0.8785	2.1689
44	17.641	0.8792	2.1680
45	17.733	0.8768	2.1632
46	17.656	0.8775	2.1655
47	17.643	0.8782	2.1671
48	17.539	0.8818	2.1718
49	17.665	0.8777	2.1665
50	17.647	0.8784	2.1678
51	17.653	0.8777	2.1659
52	17.762	0.8742	2.1619
53	17.761	0.8750	2.1622
54	17.724	0.8766	2.1542
55	17.739	0.8753	2.1626
56	17.706	0.8769	2.1667
57	17.854	0.8706	2.1550
58	17.751	0.8751	2.1660
59	17.768	0.8742	2.1627
60	17.757	0.8744	2.1627
61	17.710	0.8767	2.1661
62	17.733	0.8763	2.1652
63	17.663	0.8776	2.1671
64	17.676	0.8770	2.1636
65	17.675	0.8769	2.1659
66	17.798	0.8730	2.1605
67	17.717	0.8771	2.1668
68	17.715	0.8770	2.1664
69	17.694	0.8774	2.1661
70	17.741	0.8754	2.1631
71	17.883	0.8681	2.1540
72	17.762	0.8745	2.1610
73	17.763	0.8739	2.1596
74	17.774	0.8740	2.1607
75	17.865	0.8720	2.1574
76	17.744	0.8764	2.1632
77	17.708	0.8779	2.1682
78	17.658	0.8778	2.1665
79	17.622	0.8796	2.1684
80	17.665	0.8772	2.1669
81	17.721	0.8765	2.1638
82	17.712	0.8768	2.1648
83	17.615	0.8792	2.1682
D列(続き)			
84	17.621	0.8792	2.1680
85	17.693	0.8780	2.1661
86	17.665	0.8787	2.1670
87	17.639	0.8792	2.1689
88	17.730	0.8760	2.1665
89	17.557	0.8815	2.1713
90	17.645	0.8797	2.1682
91	17.642	0.8796	2.1698
92	17.660	0.8780	2.1668
93	17.672	0.8781	2.1688

表3　荒神谷遺跡出土銅鐸・銅矛の鉛同位体比測定結果

	206/204	207/206	208/206
銅鐸1	17.905	0.8690	2.1537
銅鐸2	18.963	0.8283	2.0812
銅鐸3	18.493	0.8451	2.1078
銅鐸4	19.009	0.8271	2.0749
銅鐸5	18.954	0.8278	2.0805
銅鐸6	19.869	0.7992	2.0315
銅矛1	17.772	0.8737	2.1589
銅矛2	18.575	0.8431	2.1061
銅矛3	17.732	0.8758	2.1664
銅矛4	18.196	0.8558	2.1302
銅矛5	18.960	0.8300	2.0913
銅矛6	17.791	0.8740	2.1630
銅矛7	17.768	0.8742	2.1637
銅矛8	17.994	0.8667	2.1516
銅矛9	17.806	0.8730	2.1651
銅矛10	18.271	0.8548	2.1297
銅矛11	17.908	0.8701	2.1583
銅矛12	17.824	0.8721	2.1607
銅矛13	17.989	0.8656	2.1451
銅矛14	17.877	0.8704	2.1539
銅矛15	17.727	0.8763	2.1642
銅矛16	17.748	0.8755	2.1649

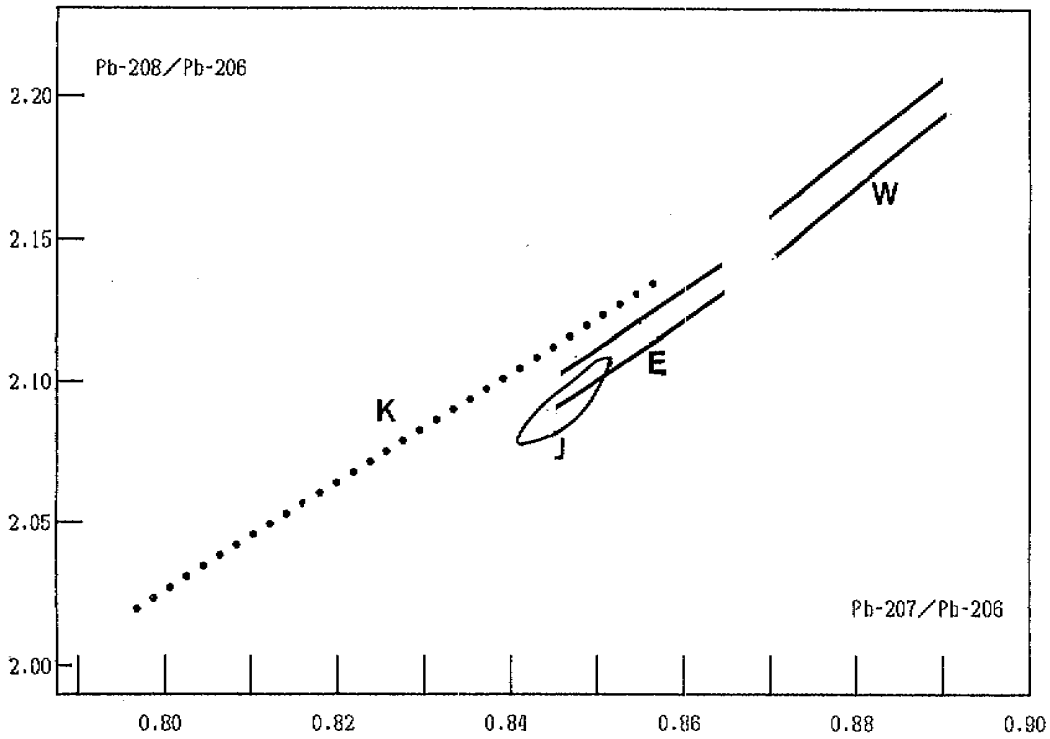


図6　東アジア青銅器の鉛同位体比図
W：前漢鏡タイプ，華北の鉛。弥生時代の国産青銅器の多くがここに入る。
E：後漢・三国鏡タイプ，華中または華南の鉛。古墳出土の青銅鏡の大部分はここに入る。
J：日本産の鉛鉱石。
K：多鈕細文鏡・細形銅剣タイプ。弥生時代の国産青銅器のうち早い時期のものはここに入る。

に，荒神谷遺跡出土青銅器が属する弥生時代については，福岡県出土の銅利器を多数測定している[13]。

縦軸に$^{208}Pb/^{206}Pb$，横軸に$^{207}Pb/^{206}Pb$をプロットすると，過去に測定した多数の青銅器のデータは図6のW・E・J・Kのいずれかに入り，弥生時代から平安時代までの鉛同位体比の変遷は下記のようになることがわかっている。

W：弥生時代に将来された前漢鏡が占める位置で，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・三国時代の舶載鏡の占める範囲で，華中または華南の鉛。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。日本産の鉛は現在のところ，飛鳥時代以降の遺物にしか見出されていない。

K：多鈕細文鏡・細形銅剣のような弥生時代に将来された朝鮮系遺物が位置するラインである。弥生時代の国産青銅器でも早い時期のものはここに入るものがある。

このような区分けのうち，華北・華南・朝鮮半島・日本という地理上の位置は，日本・朝鮮半島・中国の鉛鉱石の鉛同位体比の測定値[14]に基づいて推定したものである。

本報告書では，以上の鉛同位体比パターンを基にして議論を行なう。

なお，従来の鉛同位体比の論文では，筆者ら（馬淵，平尾）は分布領域W・E・J・KをそれぞれA・B・C・Dと表示してきたが，今回は銅剣の並び列の記号と全く同じになるので，混同を避けるために図6のようにした。それぞれWestern Han・Eastern Han・Japan・Koreaに因んでいる。

6．考　　察

荒神谷で発見された銅鐸が近畿地方出土の銅鐸と，また銅矛が九州出土の銅矛と，それぞれ関連を示していることに異論がないのに反して，銅剣については数が異常に多いことと，中細形C類という九州では出土例のほとんどないタイプのため，さまざまな議論を呼んでいる。ここでは，いろいろな話題の中から，出土順序とは異なるが，まず銅鐸と銅矛について論じ，つぎに銅剣の原料と製作に関する問題について考察する。

6—1　銅鐸の型式と鉛同位体比

銅鐸はいずれも高さ25cm 以下で，5号鐸が菱環鈕１式の横帯文，他の５鐸が外縁付鈕１式の四区袈裟襷文をもっている[2]。図７は銅鐸の鉛同位体比をプロットしたものである。１号鐸だけが領域Ｗ（華北）に入り，他はラインＫ（朝鮮半島）に載る。この結果は，銅鐸論文[6]ですでに確立した型式と鉛同位体比の関係を追認することになった。因みに，ただ一面だけWに入った１号鐸は，Ａ面に重弧文，Ｂ面に斜格子文をもつ点で，２号鐸・３号鐸・４号鐸・６号鐸とは異なっている。

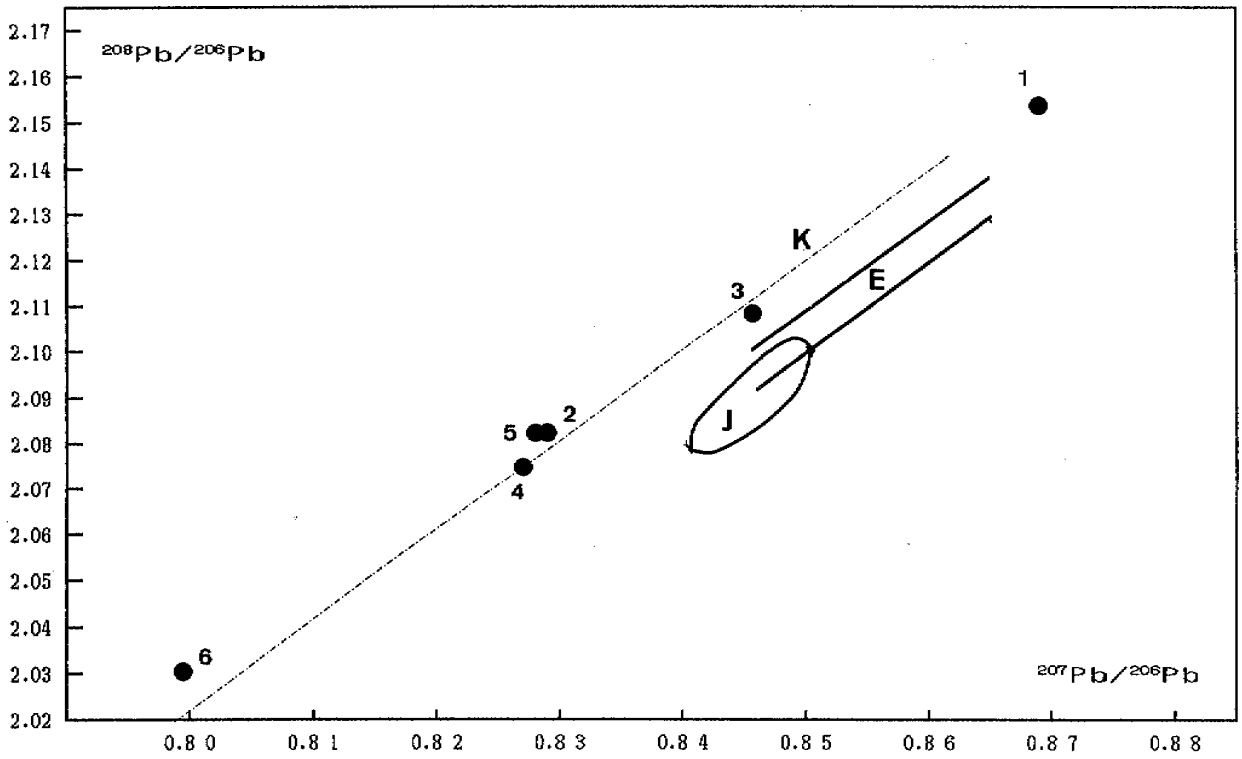


図７　荒神谷遺跡出土銅鐸の鉛同位体比図
１号銅鐸のみが華北の鉛を含む

6—2　銅矛の型式と鉛同位体比

銅矛は１・２号矛が中細形であるほかは，すべて中広形である。１・２号矛の全長は約70cm，他の14本は75～85cm である[2]。鉛同位体比の分布は図８のようになる。これを見ると，２・４・５・10号矛はラインKに載る。領域Ｗに入るのは，１・３・６・７・９・11・12・14・15・16号矛の10本で，８号と13号の２本は領域WからラインKの方へはみ出した中間位置にくる。このような中間位置（横軸で0.865～0.870）に入るのは，銅鐸の場合には極めて稀で，測定済の約80鐸のうち島根県浜田市出土の城山２号鐸だけである。1982年に発表した銅鐸論文で馬淵らはすでに華北の原料に朝鮮系原料が混ぜられた可能性のあることを指摘している（文献６の第２図および

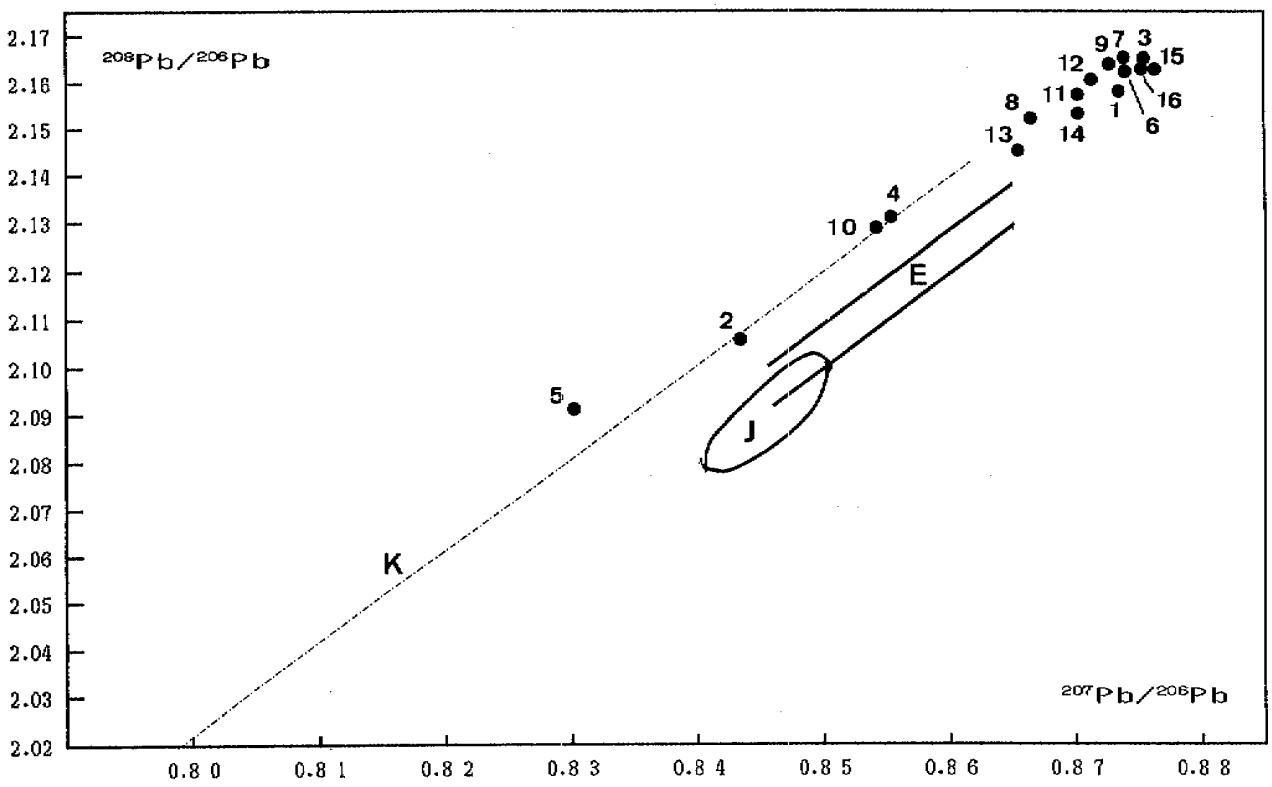


図8　荒神谷遺跡出土銅矛の鉛同位体比図
華北の鉛と朝鮮半島の鉛に分かれる。8号，13号は両者が混ざったと推定される。

57頁）[6]。この銅鐸が島根県出土であることは興味深い。

6—3　銅剣の原料の産地

358本の銅剣に関して最も議論されていることの一つは，原料が発掘現場の近くで採られたか，別の遠いところで採られたかということである。前者の場合には，当然製作地も現場附近ということになる。

従来から馬淵らは，鉛同位体比の結果から推論して，弥生時代には日本産の青銅原料は使われておらず，朝鮮半島または華北の原料が日本列島に持込まれて鋳造に使われていたと主張していた。島根県志谷奥出土の6本の中細形C類の銅剣も，すべて華北産原料であった[15]。このことから推察すると，荒神谷の358本についても，測定前から華北産の結果が出ることが予想され，現にいくつかのシンポジウムにおいても，講師の考古学者がそのような前提で話を進めている[4~5]。

今回の蛍光X線分析で，銅剣は銅・スズ・鉛を主成分とし，ほかにアンチモン，鉄などの微量元素を含む，つまり近畿地方の銅鐸や九州地方の銅剣・銅矛・銅戈と同じで，出雲の特色のようなものはないことがわかった。そこで，鉛同位体比の方はどうかを見るために，プロットしたのが図9である。

図9で明らかなのは，ほとんどの銅剣が領域Wに入ることである。仮に，従来のデータからみて横軸0.870を領域Wの左端とすると，96%（343本）の銅剣は領域Wに入る。そして注目すべきは，A—26だけが，はるかに飛び離れてラインKに乗ることである。これは従来の考え方からすると，領域Wに入る原料よりも早い時期のものと言うことになる。残りの14本は領域Wからはみ出してラインKの方に近寄った位置にくる。これは，前項の銅矛の場合と同様に，領域Wの鉛にラインKの鉛が混ざった結果と考えられる。

要約すると，銅剣の大部分は華北の鉛を含むが，朝鮮半島の鉛を含むものが1本あり，また

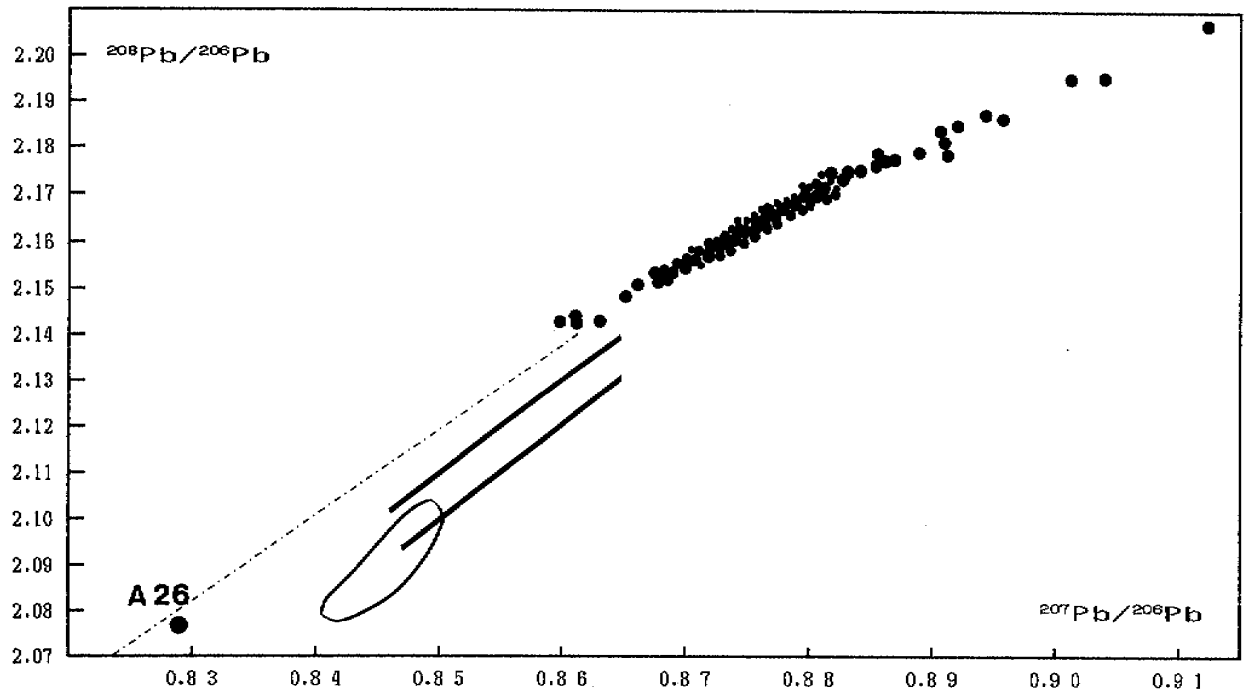


図9　荒神谷遺跡出土銅剣の鉛同位体比図
A—26号のみが朝鮮半島の鉛を含む

華北の鉛に朝鮮半島の鉛が若干混ざったと考えられるものが少しあるということになる。このように，鉛同位体比においても，荒神谷遺跡出土の銅剣は日本列島共通の弥生時代の青銅で作られたことになる。

6—4　銅剣鋳造の場所

出土数の多いことから，銅剣を製作したのは出雲という説があるのは当然である。一方，中細形C類の出土地が山陰・山陽・四国に集中することから，銅鐸の鋳造の盛んだった近畿地方で製作して出雲に運んだという考え方もある。

一般的には，鉛同位体比を見て製作地がどこかを言当てるのは不可能であるが，図9のように同位体比がばらついている場合，発掘時の並び順と同位体比になんらかの関係があれば，例外的に現地近くで作ったと言える筈である。遠隔地で作られて運ばれたとした場合には，鋳造順を保ったまま並べるのは困難であろう。また，近くで鋳造されても，使用されたあと回収されて並べられたのであれば，同位体比は無秩序に並ぶであろう。その点を検証してみよう。

a）各列の鉛同位体比頻度分布

図10はA，B，C，Dの各列ごとに，横軸$^{207}Pb/^{206}Pb$の値を0.010の間隔で区切って頻度分布を描いたものである。図9からわかるように，今回の鉛同位体比測定値はほぼ1次関数的に分布するので，横軸の値だけで十分に各銅剣を代表させることができる。4列の頻度分布を較べると，B列・C列・D列が0.878あたりに最大をもつ類似の形をとるのに反し，A列は全く異なる形をしていることがわかる。

A列が他の列と違っているのは，第1に，ピークは曖昧になっているが，他列のピーク位置である0.878よりもやや左に最大がある。A列は他の列の三分の一しか銅剣がないので，もし他列と同じ分布をすれば最大位置では6～7本が期待されるが，3～4本しかない。総数が少ないにしても，異常である。

異常の第2は，6-3で「華北の鉛に朝鮮半島の鉛が若干混ざったもの」と解釈した0.865～0.870

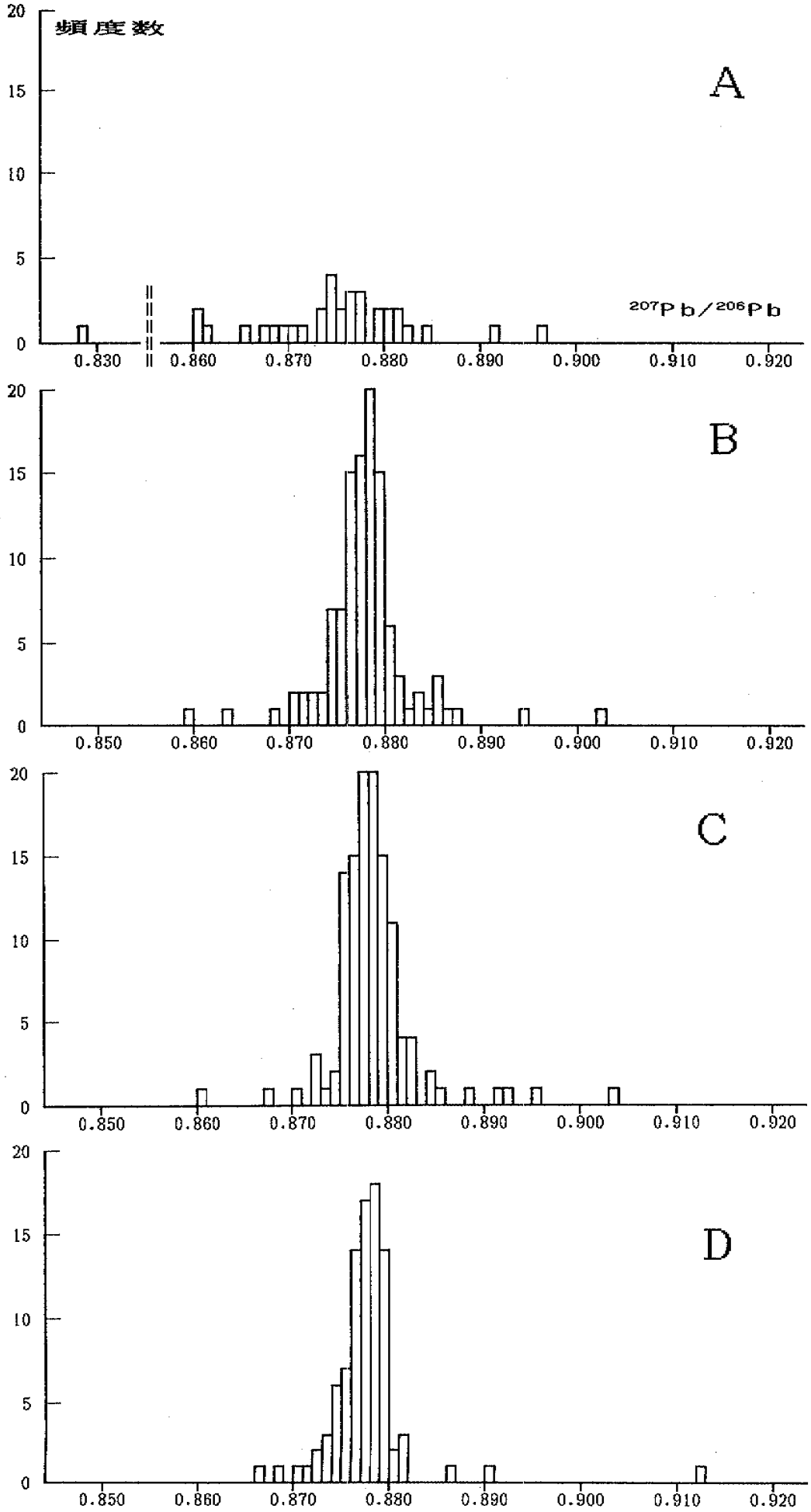


図10　銅剣の$^{207}Pb/^{206}Pb$の頻度分布
A列だけが他と違う分布をする

の値をとる銅剣が多いことである。他の列は約100本のうち2～3本であるのに，A列は34本のうち7本である。統計的に偶然このようになったとは考えにくい。

第3の異常は，ラインKに乗る朝鮮半島の鉛を含む銅剣がこの列にあることである(A—26)。

b）並び順と鉛同位体比

図11は各列の一本づつの銅剣の$^{207}Pb/^{206}Pb$を並び順にプロットした図である。これらの図を見ていると，全般的な傾向として蛇行する人の行列のような形をしていることがわかる。

ただし，このような細かい話になると，測定の誤差が問題になってくる。$^{207}Pb/^{206}Pb$の測定の誤差は，95%信頼限界である2 $\delta=0.0005$程度である。従って，例えば，0.8780と0.8785は違う同位体比とみなして差し支えない。図11は，そのような基準で区別がつけられるように，横軸を0.0005刻みでプロットしてある。

ここでも，A列の分布は興味深い。A—25から若い番号に向って少しずつ左(低い数値)の方に動いていくことで，これが前項で観測した頻度分布の異常の原因であることがわかる。

c）銅剣の鋳造場所の推定

a)とb)で観察された事柄，つまり並び順と鉛同位体比の関係，特にA列の特異性をうまく説明するには，次のような操作が行なわれたと考えるのが適当と思われる。

『①鋳造は荒神谷の中または近隣で行なわれ，②多くの場合，熔融した湯は1本毎に用意されて鋳造された。③鋳造されると1本ないし数本毎に現地に並べていった。④並べ順は，島根県教育委員会の番号付けと逆で，D—93から始まりC列・B列を経てA—1で終った。A列が途中で終っているのは，残りが取り去られたのではなく，原料が尽きたためである。⑤原料は中国から持ってきたものが主体で，時には既存の青銅器のスクラップや鋳造の際に生じる残り屑を混ぜることがあった。⑥330本を過ぎる頃から残りの原料が少なくなり，スクラップを混ぜる率が多くなった。⑦鋳型を作るときのモデルとして原料と共に他地域から持ってきた1本（A—26）は，終り近くなって不要になり並べてしまった。』

このような推測をする根拠を文中の番号に従って説明すると次のようになる。

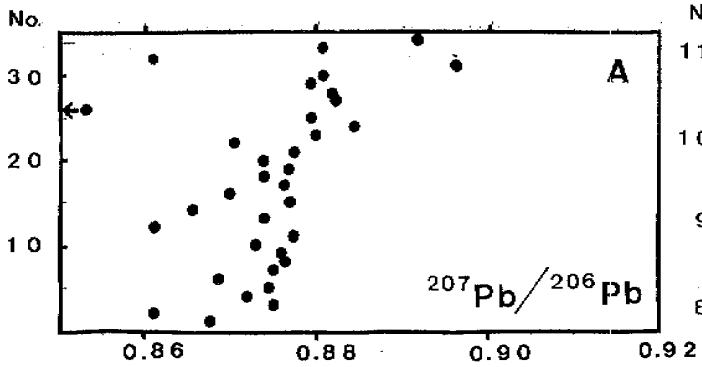
①並び順と同位体比との間に，A列が他の列と違うというような，ある種の関係があるから。遠隔地から運んだ場合には，鋳造順は崩れてほぼ均等な分布になるだろう。

②一つの湯から2本以上を作れば，同位体比が一致するものが複数存在する筈である。同位体比が0.890を越える極端な値のものを注目すると，全体を見ても誤差の範囲で一致するものがない。但し，この議論は鋳造したものの全てが並べられたということを前提にしている。

③原料を熔かす坩堝はあまり大きくなく，1本作ると，残りの湯に別の原料を補充して次の1本を作るという操作を繰返したのであろう。補充した部分の鉛同位体比が残存部のそれと極端に違わない限り，数値は少し動くだけで，それを順に並べれば「蛇行する人の行列」のようになる確率が高い。

④以下の議論（⑤⑥⑦）から分かるように，A列は置いていった最終列と思われる。とするとD→C→B→Aの順が妥当である。また，同じ列の中では一線に揃った最高番号の方から置いたことは明らかである。心理的にも，対称に置かれていない場合，弥生人が置いたのと逆に取上げたのは極めて自然である。

⑤A列以外でも，各列2本程度は朝鮮系原料が混ざったと判断されるものがある（B-108, B-24, C-91, C-90, D-4, D-71)。



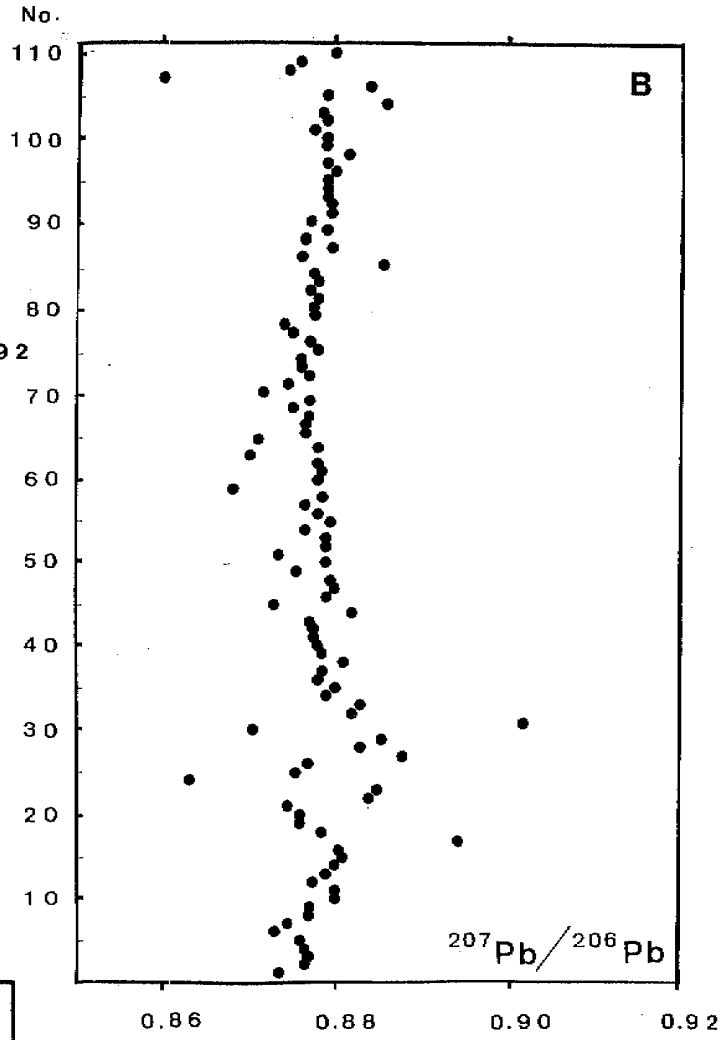
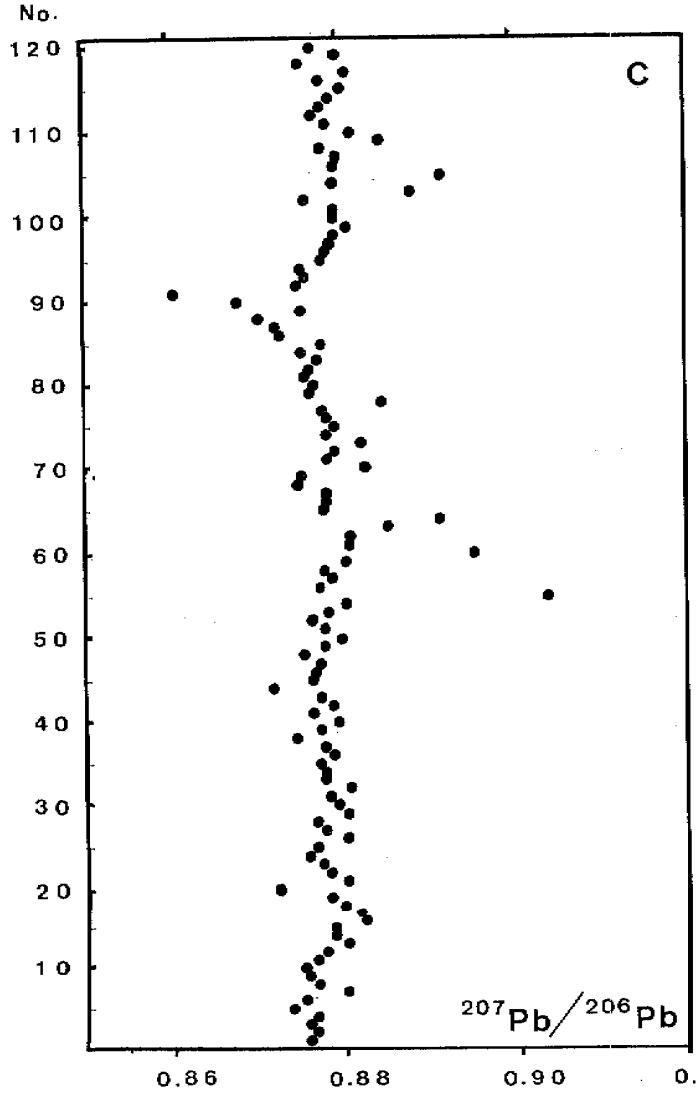
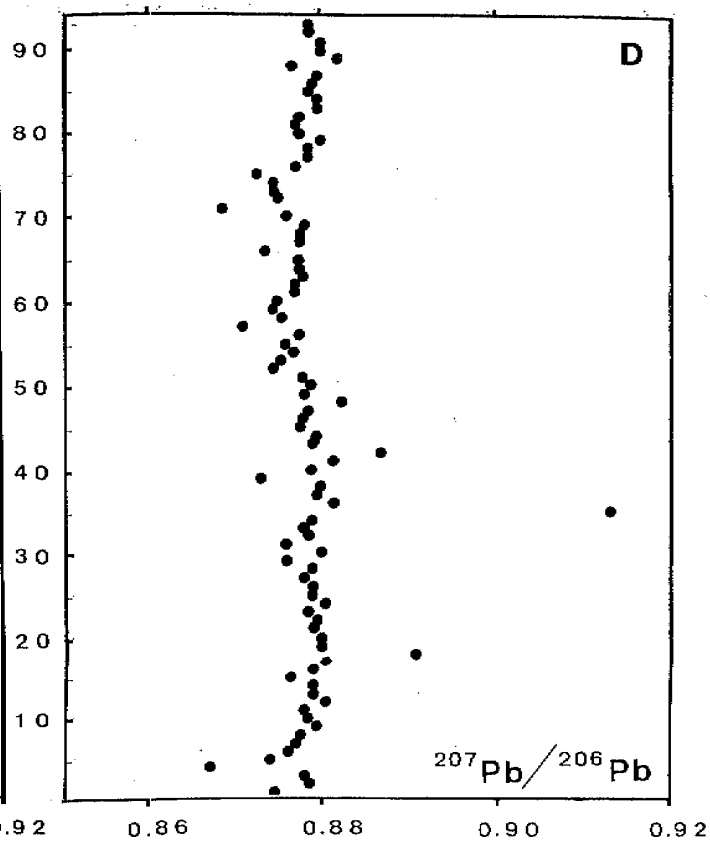


図11　銅剣各列の$^{207}Pb/^{206}Pb$
B, C, D 列はほぼ類似の分布をする。A 列だけが 1 号の方に向って左にシフトする。
A—26は遥か左に外れる。





⑥図11で，A—25あたりからA—1に向って次第に同位体比は小さい値になる（左に寄る）。このことから，A列の若い番号のものは，0.870より高いものでも，若干の朝鮮系原料が混ぜられている可能性があると考えられる。

⑦A—26だけが他と全く違う鉛同位体比であることは，違う役割をもち，違う場所で作られたことを示唆している。サンプルがない地域で鋳造する場合，鋳型を作るためのモデルは必要である。

以上のように，358本の銅剣のうち，A—26を除く357本は荒神谷またはその附近で鋳造されたと推定される。しかし，原料は大陸産のもので，弥生時代の九州・近畿地方で一般的に使われていたものと同じである。

荒神谷遺跡出土の銅鐸と銅矛は朝鮮系の鉛を含むものが多いことから，銅剣よりも製作時期が若干早いように思われる。鉛同位体比からみて，出雲地方で作られたとする積極的な根拠は見出せない。

今回の調査に際し，いろいろお世話くださり，格別のご教示を賜わった蓮岡法璋氏，勝部昭氏ほか島根県教育委員会の皆様，ならびに東京国立博物館学芸部考古課有史室長（当時文化庁美術工芸課）の安藤孝一氏に厚くお礼申し上げる。

参　考　文　献

1）島根県教育委員会：荒神谷遺跡　銅剣発掘調査概報，1985
2）島根県教育委員会：荒神谷遺跡発掘調査概報(2)—銅鐸・銅矛出土地—，1986
3）松本清張編：『古代出雲王権は存在したか』，山陰中央新報社，1985
4）藤岡大拙編：『斐川町荒神谷出土　銅剣358本・銅鐸6個・銅矛16本の謎に迫る』，山陰中央新報社，1986
5）松本清張編：『銅剣・銅鐸・銅矛と出雲王国の時代』，日本放送出版協会，1986
6）馬淵久夫，平尾良光：鉛同位体比からみた銅鐸の原料，考古学雑誌　第68巻　第1号，1982
7）馬淵久夫，平尾良光：鉛同位体比法による漢式鏡の研究，MUSEUM　370号，1982
8）西田守夫：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号，1982
9）馬淵久夫，平尾良光：鉛同位体比法による漢式鏡の研究(2)—西日本出土の鏡を中心として—，MUSEUM　382号，1983
10）西田守夫：「鉛同位体比法による漢式鏡の研究(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・獣帯鏡などを中心として—，MUSEUM　382号，1983
11）馬淵久夫，平尾良光ほか：古代東アジア銅貨の鉛同位体比，考古学と自然科学　15号，1982
12）馬淵久夫，江本義理ほか：鉛同位体比法による太安萬侶墓誌銅板および武蔵国分寺附近出土銅造仏の原料産地推定，古文化財の科学　28号，1983
13）馬淵久夫，平尾良光：福岡県出土青銅器の鉛同位体比，考古学雑誌　第75巻　第4号，1990
14）馬淵久夫，平尾良光：東アジア鉛鉱石の鉛同位体比，考古学雑誌　第73巻　第2号，1987
15）馬淵久夫：島根県下出土青銅器の原料産地推定，月刊文化財No.261，1985

Chemical Study on the Bronze Weapons and *Dotaku* Excavated at the Kojindani Site

—Non-destructive and Lead Isotope Analyses—

Hisao MABUCHI, Yoshimichi EMOTO, Takeo KADOKURA, Yoshimitsu HIRAO, Shigeo AOKI and Karoku MIWA

In the summer of 1984, an assemblage of 358 bronze sword blades were found a few meters up a hill in the Kojindani area, Shimane Prefecture. The sword blades which all measure about 50cm in length and weigh about 500g are of the Yayoi type and estimated to have been made in Japan some 1800 years ago after the style of Korean prototype. They were laid in four rows on a square-shaped platform, covered with soil and were kept untouched until the persent day. The excavation was carried out by archaeologists of the Shimane Prefectural Office in cooperation with some staffs of the Nara National Cultural Properties Research Institute. In July 1985, another group of Yayoi bronzes were excavated at a location very close to that of the preceding year. They consist of 6 *dotaku* and 16 bronze spearheads. All of the bronze weapons and *dotaku* excavated in the Kojindani area were designated as National Important Cultural Property.

By the request of the Agency for Cultural Affairs (Bunkacho), we took charge of chemical examination of these bronzes using non-destructive methods. X-ray fluorescence analysis showed that the major components of the sword blades are copper, tin and lead, which are common with Yayoi bronzes. X-ray diffraction revealed the presence of malachite, azurite and cuprite in the surface layer of the sword blades, but no evidence was obtained on the existence of copper hydroxychloride. Lead isotope analysis of all the specimens brought some unexpected information not only on the material provenance but also on the location of casting and related processes in the case of the sword blades.

Four rows of the sword blades were named in situ A, B, C and D from west to east and the sword blades of each row were numbered from south to north. Thus, A-34, B-111, C-120 and D-93 are those having the highest numbers of each row. Judging from the lead isotope ratio patterns already established on ancient East Asian bronzes, we found that one specimen (A-26) contains Korean lead and 13 specimens contain Chinese-Korean mixed lead while the rest contain Chinese lead. The key point of discussion lies in an abnormally concentrated distribution of Korean lead and mixed lead in Row A. Besides A-26, 7 specimens containing mixed lead were found among 34 specimens of Row A, while only 2 each were found in other longer rows. From detailed examination of isotopic data as a function of the order in rows, we could estimate a possible operation of casting which might have taken place in the Yayoi period as follows:

The casting of the sword blades was carried out at a location not far from the Kojindani site. The crucible used was a small one which allowed casting only one sword blade at a time. Most of the material came from China and some broken objects or scraps of old casting which contain Korean lead were added, although not very often, to bronze melt as supplementary material. As a few sword blades were cast, they were put on a platfrom,

which was specially prepared for storage, in a reverse order to the present numbering, i.e. D-93 to A-1, and this operation was continued until material exhausted. The sword blade A-26 which was used as a model for making molds was put down, being of no more use, on the platfrom as the end of casting became near. After that (A-25 to A-1), use of scraps became frequent.

The *dotaku* and spearheads are estimated to have existed before the time of manufacturing the sword blades, because the percentage of objects containing Korean lead is greater in number among the former than among the latter, i.e. 5 *dotaku* out of 6 and 4 spearheads out of 16, as opposed to only one sword blade out of 358.