

田辺義一著 A Study on the Chemical Compositions of Ancient Bronze Artifacts Excavated in Japan の概要

山崎 一雄*

1. はじめに

日本における古代青銅器の化学分析は小林行雄¹⁾によれば佐藤伝蔵²⁾が明治33年(1900)に発表した福岡県出土の銅戈の1例(分析者辻元謙之助)と、高橋健自³⁾が大正7年(1918)に発表した福井県出土の流水文銅鐸(柴田雄次監督の下に津田栄、芝彦一分析)の例がそれぞれ最初である。しかしこれらは単に考古学者の依頼によって分析が行われたに過ぎず、考古学者と化学者との協力の例は大正7年(1918)京都大学における浜田耕作と近重眞澄との研究⁴⁾が最初である。その後この京都大学における研究は考古学者の側は梅原末治に、化学者の側は小松茂・山内淑人に引き継がれて、鏡、鐸、武器など多数の青銅遺物の分析が行われた(昭5~15, 1930~1940)。⁵⁾

同じころ東京大学理学部化学教室では道野鶴松が多くの中国貨幣、武器などの化学分析を行い、殷墟出土と見られる遺物中に錫をほとんど含まない銅矛、戈を見出し⁶⁾その結果の解釈をめぐって梅原末治との間に議論⁷⁾があった。戦後においては1962年(昭37)東京大学人類学教室の田辺義一が多数の鏡、鐸、鏃などについて主成分のみならず、少量および微量成分についても定量を行い、貴重なデータを提供した⁸⁾。青銅器の分析数において田辺の報告は小松・山内の報告とともに他のものよりはるかに多く、重要であるが、東京大学理学部紀要に英文で発表されたため、この雑誌の流通範囲が限られていることも原因となってあまりよく読まれていないようである。20年後の現在でも分析データの価値は変わっていないと信ずるが、田辺の論文の存在を知らず、引用していない論文が近時見受けられるのはまことに遺憾である。そこで筆者は考古学には素人であるが、あえて田辺の論文の概要を訳出し、貴重な分析値を本誌上に再録しようとするものである。

田辺の論文の難点は試料の出土地がローマ字で漠然としか記載されていないことである。筆者は他の論文、成書⁹⁾などと対照し、また考古学者の助言を得て、大部分の地名は明かにできたが、一遺跡から複数の青銅器が出土している場合、分析された試料がその中のどれに相当するのかは不明のままの例が多いのは残念である。以下論文の内容を紹介するが60頁に達する長文のため、化学分析値に関係する部分だけを主に述べる。筆者がつけ加えた説明は〔訳注〕として原文と区別する。また1962年本論文発表以後のこの分野の発展については触れない。

* 名古屋大学名誉教授、名古屋市瑞穂区膳棚町1-28

2. 田辺論文の内容目次

I 序論 8 頁

- 1 古代青銅器の研究
- 2 古代における銅および青銅の使用についての技術的見解
- 3 日本における古代青銅器の化学的研究の概要
- 4 本論文の目的

II 化学分析 16頁

- 1 試料
- 2 分析試料採取法
- 3 分析方法
 - a 主成分
 - b 不純物
- 4 分析結果

III 金属組織学的観察 3 頁

- 1 試料と方法
- 2 観察結果

IV 考察 23頁

- 1 分析結果の説明
 - (1) 主成分
 - a 鏡
 - b 鐸
 - c 剣, 矛
 - d 鏃
 - e その他の遺物
 - (2) 不純物
- 2 一般的考察

謝辞

文献

附録 (試料一覧表) 合計56頁

図版 4 頁

3. 田辺の論文の内容

I 序論については省略する〔訳注〕。

II 化学分析

1 試料 弥生および古墳時代の青銅遺物が分析の対象で、比較のため中国およびモンゴルの試料も分析した。弥生時代の遺物は漢式鏡13, 銅鐸17, 剣および矛 4, 鋤1, 種類不明1, 合計36。古墳時代の遺物は、鏡28 (漢式鏡7, 魏晉鏡12, 鈴鏡3, その他仿製鏡6), 鏃6, 鈴釧1, 装身具3, 鍍金した青銅片1, 種類不明1, 合計41, 中国出土品は三脚1, 戈1, 針1, 鏃3。モンゴル出土品は鏃11, 刀子3, 装身具11である。

出土地などの詳細は次に表示する〔原文では附録になっている〕。〔訳注, 試料総数は108点。遺物の型式, 年代などについては原文のままである。出土地名には漢字をあてたが, 必ずしも現在の行政区域名にはなっていない〕。

試料一覧表

〔訳注。遺物の形式などについてはIV考察参照〕

番号	時代	型 式	出土地名	文 献	
鏡	M 1	弥生中期	漢式鏡（重圈葉文）	福岡県春日市須玖	梅原(1930)
	M 2	〃	〃（重圈清白）	〃	〃
	M 3	〃	〃（星雲）	〃	〃
	M 4	〃	〃（重圈葉文）	〃	〃
	M 5	〃	〃（内行花文清白）	〃	〃
	M 6	〃	〃（重圈清白）	〃	〃
	M 7	〃	〃（内行花文清白）	〃	〃
	M 8	〃	〃（ 〃 ）	〃	〃
	M 9	〃	〃（清白）	〃	〃
	M10	〃	〃（ 〃 ）	〃	〃
	M11	〃	〃（ 〃 ）	〃	〃
	M12	〃	〃（星雲）	〃	〃
	M13	〃	〃（方格葉文）	〃	〃
	M14	古墳後期	六鈴鏡	群馬県邑楽郡大泉町古海天 神山古墳	
	M15	〃	十鈴鏡	（奈良）	
	M16	〃	五鈴鏡	静岡県袋井町団子塚〔？〕	

	M17	古墳前期	獣帯鏡	岡山県棚原町飯岡王子古墳	
	M18	"	(漢式鏡)	(奈良)	
	M19	"	(")	"	
	M20	"	(")	大阪府	
	M21	"	魏式鏡(神獸鏡)	大阪府枚方町万年山	梅原末治(1929)
	M22	"	" (")△*	"	"
	M23	"	" (")	"	"
	M24	"	" (")△	"	"
	M25	"	" (")△	"	"
	M26	"	" (")△	"	"
	M27	"	" (")△	"	"
	M28	"	" (")	(")	
	M29	"	" (")	(")	
	M30	"	" (")	(")	
	M31	"	" (")	(")	
	M32	"	" (")	(")	
	M33	古墳後期	仿製鏡	群馬県高崎市岩鼻町	
	M34	"	"	千葉県市原市姉ヶ崎二子塚	大場・亀井(1951)
	M35	"	"	"	"
	M36	"	漢式鏡(蟠蛇文)	"	"
	M37	古墳前期	鳳鏡	長崎県対馬大將軍山古墳	駒井ほか(1954)
	M38	(古墳後期)	(仿製)	対馬鶏知町高浜箱式石棺	"
	M39	(")	(")	対馬	"
	M40	(古墳前期)	神獸鏡	山梨県中道町丸山塚古墳	
	M41	(古墳後期)	(周縁部のみ)	石川県七尾市能登島	
銅鐸	T 1	弥生後期	古式	徳島市国府町矢野源田〔1号鐸〕	三木(1950)
	T 2	"	"	"〔2号鐸〕	"
	T 3	"	"	"〔3号鐸〕	"
	T 4	"	"	徳島県鴨島町(牛島村)上浦	
	T 5	"	"	島根県石見町中野〔1号鐸〕	

銅鐸	T 6	弥生後期	古式	島根県石見町中野〔2号鐸〕	
	T 7	〃	〃	神戸市垂水区西垂水町山田投上	
	T 8	〃	新式	兵庫県川西市栄根井坂	
	T 9	〃	古式	奈良市秋篠町	
	T10	〃 〃	新式	大阪府高槻市天神山	曾野(1953)
	T11	〃	古式	和歌山県田辺市中芳養林	
	T12	〃	新式	和歌山県南部川村晚稻久地峠	小出(1951)
	T13	〃	古式	福井県鯖江市(新横江村)新町	
	T14	〃	新式	愛知県西尾市小島町	
	T15	〃	〃	静岡県三ヶ日町釣荒神山〔1号鐸〕	
	T16	〃	〃	浜松市和田町永田・木船〔1号鐸〕	
	T17	〃	〃	静岡県細江町小野日向郷	

〔鐸の形式の分類と詳細は訳注の文献6の附表（佐原眞）を参照）

劍，矛	S 1	弥生中期	細形劍	福岡県前原町	
	S 2	〃	〃	長崎県対馬	
	S 3	〃	〃	〃	
	S 4	〃	細形矛	〃	
鏃	A 1	古墳前期	柳葉状Ⅰ式	福岡県夜須町	
	A 2	〃	〃 〃	長崎県対馬 鶏知町鶴山古墳	駒井ほか(1951)
	A 3	〃	〃 〃	〃	
	A 4	〃	〃 〃	〃	
	A 5	〃	〃 Ⅱ式	〃	
	A 6	〃	〃 Ⅱ式	(奈良)	
	A 7	〃	〃 Ⅰ式	群馬県藤岡市三本木古墳	
	A 8	古墳中期	〃 Ⅱ式	岡山県月の輪古墳	
	A 9	漢代	三翼式	中国河北省邯鄲	
	A10	〃	〃	〃	
	A11	〃	三角錐形	〃	
	A12		漢式	モンゴル	

A 13	漢式	モンゴル
A 14	〃	〃
A 15	〃	〃
A 16	〃	〃
A 17	〃	〃
A 18	〃	〃
A 19	〃	〃
A 20	〃	〃
A 21	〃	〃
A 22	〃	〃

鈴釧	古墳後期	東京都狛江市亀塚	大場, 小出(1951)
鋤先	弥生(中期)	福岡県前原町三雲	
(銅鐸?)破片	弥生後期	豊橋市瓜郷町	
柄頭	古墳	長崎県対馬	
装身具(a), (b)	〃	〃	
破片	古墳(後期)	新潟県佐渡	
三脚	戦国	中国山西省	
針	(戦国)	〃	
戈	殷代	中国河南省	
刀子(A)~(C)**		モンゴル	
装身具(1)~(12)**		モンゴル	

* 原注 △は三角縁。M28—32はすべて鏡の破片, おそらく三角縁。

** 〔訳注〕主成分の表では刀子はモンゴル(1), (2), (3), 装身具はモンゴル4, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 24, 25, 26となっており, この表と一致していない。

2 分析試料採取法

青銅器の錆と金属の間には化学組成の差があり, 錫は錆の方に多く含まれている。したがって表面の錆を除いて金属部分を露出させ, そこにドリルで孔をあけ, 金属粉を採取して分析試料とした。

3 分析方法

(a) 主成分 銅，錫，鉛は通常の湿式法によって分析した（道野鶴松 1942）。0.1 ～ 0.5 g の試料を用い，最初に錫を二酸化錫（ SnO_2 ）として重量法で定量し，次に銅と鉛とを電解によってそれぞれ PbO_2 および Cu として定量した。

(b) 不純物

定性分光分析によって検出した元素の中ヒ素，アンチモン，ビスマス，金，鉄，ニッケル，コバルト，亜鉛の8元素を定量した。定量法は回転対数セクターと中型分光写真器（アダムヒルガー社E型）とを用い，直流アーク法により炭素棒につめた試料を発光させ，写真乾板上にスペクトル線を記録した。標準試料としては銅：錫：鉛＝80：15：5の割合に塩化物を混合し，それに定量すべき元素を0.3，0.1，0.03，0.01，0.003，0.001，0.0003，0.0001%の割合で添加した。銅のスペクトル線を内部標準とし，その線の長さ（乾板上の）と定量元素の線の長さとを比較して検量線を作製した。〔定量元素と銅とのスペクトル線の波長ならびに撮影条件などは原文にあるが省略した〕。この回転セクター法はスペクトル線の長さを測定するため誤差が入り，半定量法である（黒田六郎 1953）。実験は東京教育大学理学部化学教室浜口博研究室で行われた。

4 分析結果

結果を次に示す。〔原文では主成分が表4と図2に，不純物（微量成分）は表5に示されている。原表4，5にある試料の形式などはここでは省略した〕

主成分の分析値（％）

(1) 鏡 (M)

試料	Cu(銅)	Sn(錫)	Pb(鉛)	計	Sn : Cu	備 考
M 1	49.20	25.41	3.97	78.58%	0.51	腐蝕
M 2	68.00	25.22	4.94	98.16	0.37	
M 3	68.05	25.64	5.00	98.69	0.37	
M 4	65.71	27.90	4.27	97.88	0.43	
M 5	68.51	25.01	5.02	98.54	0.37	
M 6	68.54	25.60	4.46	98.60	0.38	
M 7	69.09	24.81	4.96	98.86	0.36	
M 8	70.26	23.38	5.23	98.87	0.33	
M 9	69.58	24.65	5.23	99.46	0.35	
M 10	69.22	25.01	4.98	99.21	0.36	
M 11	43.09	25.97	4.81	73.87	0.61	腐蝕
M 12	69.54	24.07	6.23	99.84	0.35	

試 料	Cu	Sn	P b	計	Sn : Cu	備 考
M 13	68.09	24.43	6.61	99.13	0.36	
M 14	70.62	20.49	8.09	99.20	0.29	
M 15	72.19	21.86	5.50	99.55	0.30	
M 16	73.52	18.26	7.75	99.53	0.25	
M 17	68.78	24.00	6.41	99.19	0.35	
M 18	69.35	24.99	3.23	97.57	0.36	
M 19	69.75	23.36	6.71	99.82	0.33	
M 20	60.42	32.29	4.17	96.88	0.53	
M 21	67.18	26.34	5.26	98.78	0.39	
M 22	70.39	23.25	5.35	98.99	0.33	
M 23	68.81	24.77	5.97	99.55	0.36	
M 24	75.36	20.57	2.86	98.79	0.28	
M 25	74.29	18.97	3.67	96.93	0.26	
M 26	76.75	17.23	5.00	98.98	0.22	
M 27	72.84	21.31	5.76	99.91	0.29	
M 28	63.95	25.72	6.46	96.13	0.40	
M 29	72.25	20.93	5.71	98.89	0.29	
M 30	77.96	16.71	3.29	97.96	0.21	
M 31	73.23	17.96	4.92	96.11	0.25	
M 32	67.60	17.59	5.56	90.75	0.26	
M 33	87.66	6.63	3.51	97.80	0.08	
M 34	75.92	15.72	5.40	97.04	0.21	
M 35	88.69	6.45	2.94	98.08	0.07	
M 36	68.01	25.15	6.52	99.68	0.37	
M 37	58.85	30.53	4.78	94.16	0.52	
M 38	90.79	2.25	5.32	98.36	0.03	
M 39	87.12	1.53	1.70	90.35	0.02	
M 40	66.24	26.07	6.84	99.15	0.39	
M 41	84.18	7.35	5.61	97.14	0.09	

(2) 銅鐸 (T), 劍 (S), 矛 (S)

試 料	Cu(銅)	Sn(錫)	P b(鉛)	計	Sn : Cu	備 考
T 1	75.36	15.58	6.69	97.63	0.21	
T 2	87.53	6.49	3.18	97.20	0.07	

試 料	Cu	Sn	Pb	計	Sn : Cu	備 考
T 3	88.10	5.39	2.38	95.87%	0.06	ひどく腐蝕
T 4	44.27	19.18	6.19	69.64	0.43	
T 5	84.62	4.05	6.31	94.98	0.05	
T 6	79.69	10.40	5.01	95.10	0.13	
T 7	82.87	6.17	7.46	96.50	0.07	
T 8	88.97	2.23	2.64	93.94	0.05	
T 9	87.01	4.11	6.73	97.75	0.05	
T 10	85.93	6.50	5.65	98.08	0.08	
T 11	83.48	4.79	10.48	98.75	0.06	ひどく腐蝕
T 12	58.01	9.94	7.08	75.03	0.16	
T 13	80.08	6.34	5.49	91.91	0.09	
T 14	86.76	3.96	7.18	97.90	0.05	
T 15	80.58	6.00	2.27	88.85	0.08	
T 16	88.82	4.47	3.08	96.37	0.05	
T 17	89.14	4.93	2.66	96.73	0.06	

試 料	Cu	Sn	Pb	計	Sn : Cu	備 考
S 1	64.39	18.18	16.72	99.29%	0.28	
S 2	70.45	14.89	13.66	99.00	0.20	
S 3	71.13	19.65	8.09	98.87	0.28	
S 4	74.27	19.90	5.66	99.83	0.27	

(3) 鋳 (A)

試 料	Cu	Sn	Pb	計	Sn : Cu	備 考
A 1	73.15	20.11	5.61	98.87%	0.28	腐蝕
A 2	71.91	22.46	4.77	99.14	0.31	
A 3	64.60	24.83	4.53	93.96	0.38	
A 4	73.53	20.31	5.15	98.99	0.28	
A 5	78.60	16.87	2.88	98.35	0.21	
A 6	76.18	22.75	—	98.93	0.30	
A 7	69.32	24.30	4.38	98.00	0.35	
A 8	88.42	4.65	5.70	98.77	0.05	
A 9	87.01	12.25	—	99.26	0.14	} 中国
A 10	65.39	10.02	24.59	100.00	0.15	

試 料	Cu	Sn	Pb	計	Sn : Cu	備 考
A 11	72.11	21.84	5.53	99.48	0.30	中国 以下モンゴル
A 12	79.71	12.46	7.13	99.30	0.16	
A 13	86.11	11.15	1.86	99.12	0.13	
A 14	85.13	14.05	—	99.18	0.17	
A 15	86.31	5.02	8.39	99.72	0.06	
A 16	75.71	5.66	17.63	99.00	0.08	
A 17	84.98	13.03	—	98.01	0.15	
A 18	80.09	14.08	4.61	98.78	0.18	
A 19	95.31	2.76	1.84	99.92	0.03	
A 20	89.78	9.21	—	98.99	0.10	
A 21	85.93	13.07	—	99.00	0.15	
A 22	81.78	11.19	2.87	95.84	0.14	

(4) その他

試 料	Cu	Sn	Pb	計	Sn : Cu	備 考
鈴釧	72.69	20.71	6.17	99.57	0.29	
鋤先	87.50	55.11	6.40	99.01	0.06	
破片（銅鐸？）	90.65	4.47	1.29	96.41	0.05	
装身具（対馬11）	67.78	21.67	8.33	97.78	0.32	
“ （対馬13）	69.07	20.96	7.56	97.57	0.30	
柄頭（対馬12）	66.77	24.06	8.25	99.08	0.36	
鍍金した青銅片	84.72	8.44	2.39	95.55	0.10	
破片	90.95	3.62	3.26	97.83	0.04	
三脚（中国）	76.40	10.03	13.04	99.47	0.13	
戈 （中国）	83.99	8.41	3.47	95.87	0.10	
針 （中国）	50.48	20.26	5.24	76.98	0.40	ひどく腐蝕
刀子A（モンゴル1）	90.71	2.01	7.04	99.76	0.02	
刀子B（モンゴル2）	83.04	8.81	7.68	99.53	0.11	
刀子C（モンゴル3）	85.27	10.48	3.11	98.86	0.12	
装身具（モンゴル4）	79.50	17.65	2.02	99.17	0.22	
“ （モンゴル10）	74.00	12.66	11.11	97.77	0.17	
“ （モンゴル11）	97.19	0.60	1.20	98.99	0.01	
“ （モンゴル12）	86.16	12.14	0.82	99.12	0.14	
“ （モンゴル13）	63.36	6.26	29.38	99.00	0.10	

試料	Cu	Sn	Pb	計	Sn:Cu	備考
装身具(モンゴル14)	75.85	7.70	15.85	99.40	0.10	
〃 (モンゴル15)	76.47	1.62	7.30	85.39	0.02	Zn 13.52
〃 (モンゴル16)	82.41	0.55	2.88	85.84	0.01	Zn 12.65
〃 (モンゴル17)	75.41	12.15	6.82	94.38	0.16	
〃 (モンゴル24)	76.58	15.00	8.33	99.91	0.20	
〃 (モンゴル25)	82.30	9.85	7.63	99.78	0.12	
〃 (モンゴル26)	67.08	4.41	27.82	99.31	0.07	

微 量 元 素 (%)

〔微量元素は一部の試料についてのみ分析された〕。

(1) 鏡 (M)

試料	As	Sb	Bi	Au	Fe	Ni	Co	Zn
M 4	0.35	0.22	0.14	0.05	0.14	0.2	0.18	—
M 5	(1)	0.9	0.19	0.04	0.09	0.4	0.08	—
M 7	0.25	0.16	0.05	0.03	0.08	0.38	0.01	—
M10	0.17	0.16	0.22	0.001	0.19	0.4	0.15	—
M13	0.04	0.32	0.003	0.006	0.05	0.4	0.08	—
M15	0.06	0.02	0.02	0.002	0.1	0.04	0.002	—
M16	0.15	—	<0.001	0.009	0.12	0.04	—	0.37
M17	0.15	0.05	0.002	—	0.06	0.003	0.005	—
M18	0.01	—	0.17	0.004	0.11	0.14	0.06	—
M20	0.23	0.19	0.07	0.01	0.05	0.08	0.03	—
M21	0.3	(1)	0.3	0.01	0.22	0.24	0.15	—
M22	0.13	0.28	0.03	0.002	0.05	0.2	0.01	—
M23	0.03	0.11	0.08	0.006	0.05	0.14	0.02	—
M24	0.4	(1)	0.2	0.01	0.06	0.18	0.04	—
M25	0.01	0.03	0.001	0.0004	0.01	0.08	0.01	—
M26	0.34	0.56	0.12	0.002	0.04	0.1	0.02	—
M27	0.01	—	—	0.002	0.05	0.08	0.01	—
M29	0.02	—	0.01	0.003	0.01	0.08	0.01	—
M33	0.15	0.11	0.11	0.03	0.01	0.27	0.01	—
M35	0.01	—	0.01	0.003	0.01	0.19	0.004	—
M37	0.02	—	0.01	0.005	0.08	0.08	0.03	—
M38	0.02	—	0.003	0.004	0.02	0.06	0.008	—

試料	As	Sb	Bi	Au	Fe	Ni	Co	Zn
M39	0.09	0.25	0.03	0.002	0.08	0.06	0.001	—
M40	0.01	—	0.02	0.005	0.06	0.19	0.02	—
M41	0.38	0.16	0.02	0.01	0.06	0.04	0.003	—

(2) 銅鐸 (T)

試料	As	Sb	Bi	Au	Fe	Ni	Co	Zn
T 1	0.17	0.12	0.05	0.01	0.07	0.2	0.04	0.02
T 2	—	—	0.05	0.004	0.01	0.1	0.01	—
T 3	0.78	0.28	0.28	0.08	0.14	0.2	0.08	0.46
T 5	1	1	0.13	0.06	0.19	0.1	0.2	0.03
T 6	0.15	0.14	0.02	0.01	0.07	0.2	0.11	0.02
T 7	0.54	0.32	0.03	0.01	0.12	0.18	0.04	0.01
T 9	0.15	0.25	0.07	0.01	0.11	0.2	0.1	0.01
T11	1	1	0.4	0.09	0.12	0.4	0.2	—
T12	0.15	1	0.02	0.01	0.06	0.01	—	—
T13	0.4	0.2	0.03	0.004	0.2	0.07	0.01	—
T14	0.4	0.5	0.17	0.01	0.12	0.17	0.02	0.003
T16	0.15	0.08	0.07	0.004	0.17	0.06	0.02	0.01
T17	0.9	1	0.4	0.05	0.16	0.4	0.04	—

(3) 鍍 (A)

試料	As	Sb	Bi	Au	Fe	Ni	Co	Zn
A 4	0.03	—	0.02	0.009	0.03	0.08	0.02	—
A 5	0.34	0.35	0.04	0.004	0.08	0.1	0.03	—
A 6	0.17	—	0.003	—	0.03	0.1	—	0.004
A 7	0.17	0.05	—	0.005	0.003	0.1	0.003	—
A10	0.2	0.03	0.03	0.009	0.08	0.3	0.09	—
A13	0.08	—	0.13	—	0.14	0.34	0.11	0.13
A14	0.32	0.04	0.01	—	0.02	0.3	0.004	—
A15	0.13	0.03	0.01	0.008	0.08	0.04	0.02	—
A16	0.15	0.06	0.02	0.006	0.1	0.3	0.04	—
A17	0.03	—	0.14	0.001	0.2	0.03	0.07	0.01
A18	0.23	0.12	0.01	0.007	0.15	0.16	0.07	0.01
A19	0.07	0.03	0.01	0.001	0.1	0.02	0.002	—

(4) その他剣（S）など

試料	As	Sb	Bi	Au	Fe	Ni	Co	Zn
剣（S1）	1	0.04	0.1	0.01	0.09	0.4	0.08	—
剣（S3）	0.09	0.04	0.04	0.004	0.01	0.04	0.04	—
剣（S4）〔矛？〕	0.12	0.04	0.003	0.003	0.01	0.2	0.06	—
鋤先	0.09	0.14	0.02	0.006	0.01	0.0	0.006	—
鈴釧	0.05	0.15	0.02	—	0.08	0.02	0.002	—
装身具*	0.25	0.23	0.5	0.01	0.01	0.2	0.03	—
刀子（モンゴル1）	0.1	0.02	0.005	0.004	0.01	0.03	0.002	—
刀子（モンゴル3）	0.06	0.02	0.006	0.001	0.02	0.1	0.004	—
装身具（モンゴル4）	0.05	—	0.002	0.002	0.06	0.2	0.003	—
“（モンゴル10）	0.54	0.18	0.008	0.01	0.04	0.2	0.02	0.05
“（モンゴル13）	0.54	0.08	0.02	0.01	0.07	0.3	0.04	—
“（モンゴル14）	0.15	0.1	<0.001	0.04	0.3	0.16	0.11	0.01

*〔訳注 この装身具が主成分の表の対島11, 13のどちらに相当するのか不明〕

〔訳注 原文では微量成分の分光定量の精度について述べていないが、参考とされた黒田（1953）の論文の記載から見て相対偏差±20％程度と考えられる。そのほか実験条件で記載されておらず不明の点がある。また微量成分中の金（Au）の分析値には過大と思われるものがある。〕

Ⅲ 金属組織学的観察

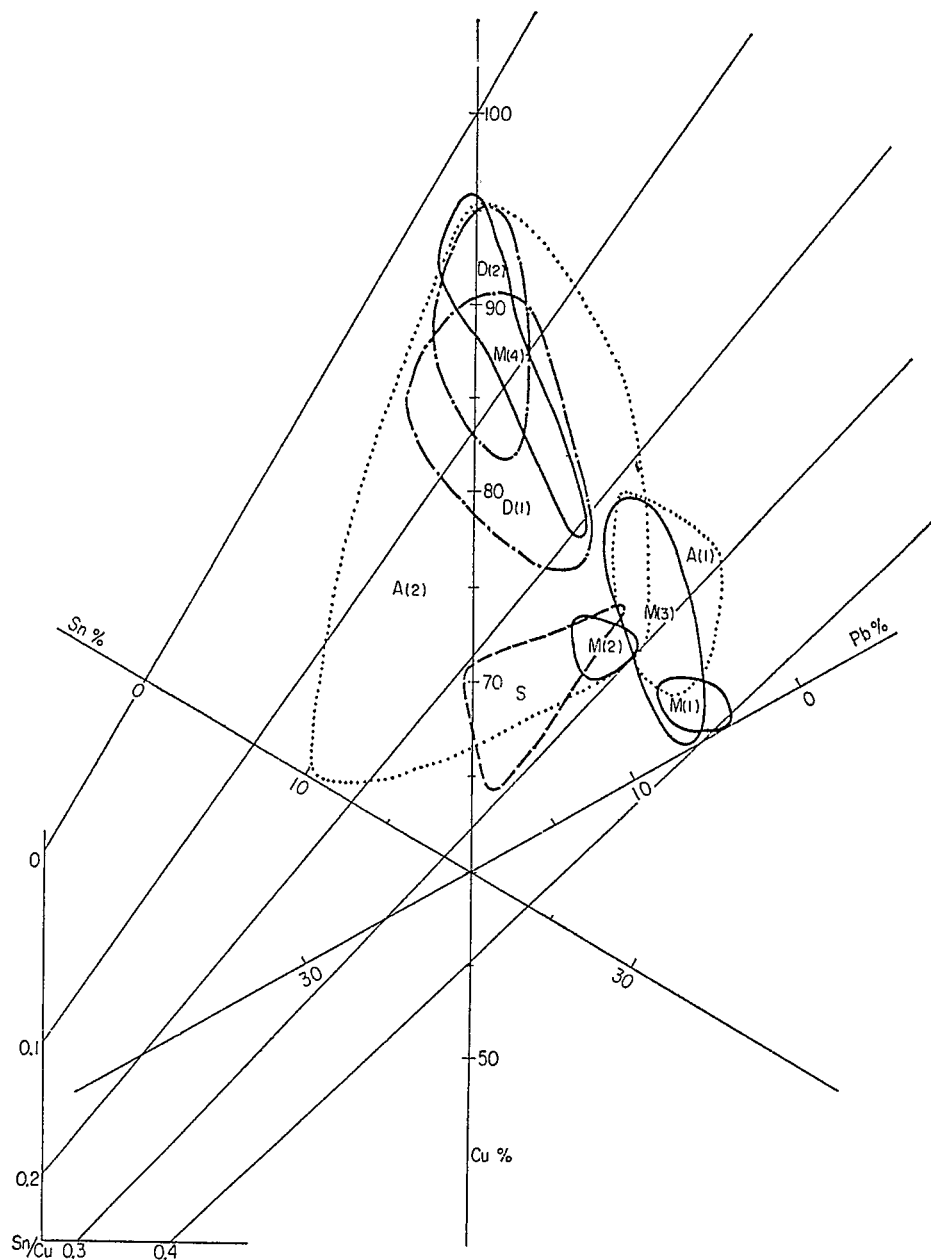
1. 試料と方法 鏡はM3, 14, 20, 21, 27, 29, 30, 32の8面、銅鐸はT1, 2, 6, 16, 17の5個、鏃はA1, 剣はS1について、試料を研磨し、塩化鉄で腐蝕し、金属顕微鏡で観察した。
2. 結果 原文では図版ⅢとⅣとに顕微鏡写真が掲載されている。錫の多い鏡M3, 20, 21〔何れも舶載鏡〕は δ 相が多く、鑄造技術がすぐれている。錫のやや少ないM14, 27, 29, 30, 32では樹枝状の α 相が現われ、 δ 相が減少する。M30と32とでは腐蝕が内部まで進行している。錫がやや少ない鏃A1, 剣S1では樹枝状構造が現われている。鐸T1では樹枝状の α 相が大部分で、 δ 相はほとんど見られない。腐蝕の進行が内部まで著しく、また鑄造技術の未熟のためか気泡が多い。そのため化学分析値が当初の組成を表わしていないおそれがある。どのような鑄型が青銅器の鑄造に用いられたかは顕微鏡観察からは明かにできない。

Ⅳ 考察

1. 分析結果の説明

(1) 主成分

- a 鏡 九州北部の弥生式遺跡で出土した漢式鏡は錫25％を含み錫（Sn）：銅（Cu）比が0.33



青銅器の主成分による分類〔原文では第2図〕

M (1) 漢式鏡, M (2) 鈴鏡, M (3) 三角縁神獸鏡, M (4) 錫の少ない鏡, S 剣, 矛, 戈, A (1) 柳葉形鏃, A (2) 漢式鏃, D (1) 古式鐸, D (2) 新式鐸〔表の中では鐸はTで表示されている〕。実線はM, 点線はA, 破線はS, 鎖線はDを示す。

J. Fac. J. Fac. Sci. Univ. Tokyo, Sec. V, Vol. II, Part 3, p. 286 (1962) より転載

以上、鉛 (Pb) 含有量は約 5 % で一定しており、白銅質で鑄造技術もすぐれている。これらは中国でつくられた舶載鏡と考えられる。古墳出土の鏡の中漢式鏡は弥生と同じく舶載鏡である。梅原はかつて (1937 a) 分析結果によって、漢から三国六朝にいたる間、前 200 年から後 600 年の間の鏡は白銅質で銅 69, 錫 24, 鉛 6 % (Sn : Cu 比平均 0.35) であることを示した。今回分析した三角縁神獸鏡はこの範囲に入らず、中国製か否かやや疑問がある。平縁の魏晋鏡の分析値は漢式鏡に近い。

鈴鏡は東日本に主として分布する日本製の鏡であるが、錫 20 %, 鉛 5 - 8 % を含み、Sn : Cu 比 0.25 ~ 0.30 で漢式鏡よりも低く、三角縁神獸鏡に近い。また α 相が多く、必ずしも実用には適していない。今回分析した他の古墳時代の鏡〔仿製鏡を指す〕は形が小さく、錫も 10 % 以下、中には 1 - 2 % のものもあり、鏡としての用途に適しているとは言えない。以上日本製とみられる鏡は、(i) 鈴鏡のように錫 20 % を含むものと、(ii) 錫が 1 - 10 % で少く、質の悪いものとに分けられる。

b 銅鐸 銅鐸については梅原 (1927 a) の研究があり、I, II 類 (古式) と III 類 (新式) とに分類された。その後三木 (1955), 佐原 (1960) の詳細な分類が現われたが、ここでは梅原の分類に従った (試料一覧表参照)。梅原によれば銅鐸の錫含有量は I, II 類から III 類へと進化するに従って減少し、約 10 % (Sn : Cu = 0.1) から約 5 % (同比 0.05) になる。今回の分析結果でも錫減少の傾向は認められるがその差は小さく、比は古式で 0.08, 新式で 0.06 程度である。

c 剣, 矛 弥生時代における剣と矛の分布は銅鐸と異なり、九州北部を中心としている。剣と矛の中の細形は弥生中期のもので、輸入されたもの、これに対し広形のものは弥生後期に国内で製作されたものとされている。今回分析されたものは 4 例で、すべて細形のものである。錫の含有量は概して高く、1 例を除き Sn : Cu 比は 0.28 に達し硬く実用に供し得るものである。鉛は 5 - 20 % とかなり変動する。この結果は梅原 (1937 b) が報告した小松らの分析結果 (細形銅剣 4 例) とほぼ一致するが、近重の分析結果 (梅原 1924) とは一致しない。これは近重の試料が腐蝕していたためであろう。広形の剣および矛の分析を行うことができなかったのは残念である。

d 鏃 弥生時代の遺跡で銅鏃が発見されることは少く、鏃の大部分は古墳時代のものである。それらは柳葉形で古い I 式と新しい II 式とに分れる。今回分析した古墳時代の鏃は錫含有量が大きく (20 % 以上), 実用に耐えるものと考えられる。II 式になると錫含量は減少し、月の輪古墳のもの (A 8) は錫が少く、実用品ではないと考えられる。中国の鏃およびモンゴルの漢式鏃は錫、鉛ともに含量が変動し、錫は 10 ~ 21 %, Sn : Cu 比 = 0.15 ~ 0.3, 鉛は痕跡程度から 25 % に達する。鏃は当然鋭利で硬いことが必要であるから、中国の鏃は化学成分から見れば

日本のものよりも劣っている。古墳時代の鏃は弥生時代のものとは形のみならず、錫の多い点においても異なっており、なぜ錫が多くなったかは疑問である。ちなみに弥生時代の鏃の分析値は3例しかない。梅原(1921)が報告した近重が分析した2例(銅96.48, 錫2.46, 鉛0.56, 銅88.63, 錫4.56, 鉛なし)と森本六爾(1934)が報告した1例(銅95.74, 錫2.20, 鉛1.73%)である。

e その他の遺物 弥生中期の鋤先は錫が5%, 鉛が6%で、成分は銅鐸にやや近い。この鋤先は硬度がそれほど大でなく、使用できないことはないが実用的とは言えない。鈴釧(すずくしろ)は鈴がついた腕環で錫21%, 鉛6%を含み、古墳後期の鈴鏡に成分に近いのは興味がある。他の対馬で発掘された装身具は20%以上の錫と約8%の鉛を含み、白く硬い。この種の装身具にはこのような硬度を必要としないが、美しい白っぽい色が望まれたのであろう。

(2) 不純物 古代青銅器には常に微量の不純物が含まれている。これらはヒ素、ビスマス、アンチモン、ニッケル、コバルト、鉄、ケイ素、アルミニウム、マグネシウム、カルシウム、銀などで、そのほか金と亜鉛が時として含まれる。微量であることが多いが、時には1%以上含まれていることもある。近重(1929)が分析し、浜田(1918)、梅原(1924)が報告した鐸、矛、鏃の中にはヒ素、アンチモン、ニッケルなどを数%含むものがあるが、今回の分析値にはそのような例は無い。この点の議論は将来の問題とする。

ドイツのNoddack 夫妻(1934)は地球化学の立場から産地を追跡するのに有用な微量元素の例をあげているが、日本の青銅器の場合には中型の分光写真器で検出できる限りではそのような元素は見出されていない。しかし亜鉛はある限られた遺物に存在する。たとえば銅鐸13個中8個に0.003%以上含まれ、また日本出土の鏃の4個中の1個と鈴鏡1個とに亜鉛が見出された。中国製の青銅器については微量成分のデータが少ないので明かではないが、小松・山内(1937)が分析した中国青銅器の中では時代の下るものの一部にのみ亜鉛が存在した。銅鐸の大部分に亜鉛が存在しているということは銅鐸の起源を考える上で重要である。

2 一般的考察

青銅文化は弥生中期またはそれ以前に日本にもたらされた。弥生中期の日本で青銅器の鑄造がはじめられた時どこから合金の材料が得られたのか、鉱石の採掘と金属の製錬が当時日本で行われたかどうか疑わしい。石川(1942)は宮崎県で弥生時代の製銅遺跡を発見したと報告したが、西尾(1943)はこれは製鉄遺跡で銅ではないとした。この点の研究は今後の問題である。

第二に銅、錫、鉛を輸入したと考えることはどうか。当時中国は鉄時代に入っていたから、青銅の材料は貯蔵され、余った金属が日本へ輸入されたということはある。しかしこれらの金属が日本で出土した例はない。

第三には青銅合金そのものが青銅器をつくるのに用いられたという考えがある。こわれた青銅器

を再融解し、ほしいものを再鑄することはもっとも簡単である。しかし錫と銅の比を調整し、望む組成のものをつくるのは困難であるが、この方法が日本で行われた可能性は大きい。この点については梅原（1925）、山内清男（1948）、小林（1951）らの意見がある。梅原は舶載の青銅器を鑄直して銅鐸がつくられたと考え、その際剣と矛は北九州に出土に限られているから原料から除外した。一方山内は銅鐸が進化するにつれて錫含有量が減少するのは、再融解の際に錫が酸化物となって失われるためであるとし、新式の鐸は古式のものの再鑄によってつくられたと考えた。小林は銅鐸の原料として漢鏡、王莽時代の貨幣、細形の剣、矛とが考えられるが、剣、矛の可能性が高いとした。

銅鐸の分析値を見ると古式のものは錫約10%、鉛10%以下を含む。これに対し漢鏡は銅70%、錫25%、鉛5%を含むから、再鑄の際錫が一部分失われるとしても、これが鐸の原料とはなり得ない。鉛の含有量からも同じ結論となる。次に細形の剣、矛は錫約20%、鉛約10%を含み、これらも鐸の原料としては両成分の値が大きすぎる。また今回分析された銅鐸の大部分は少量の亜鉛を含んでいる。しかるに漢鏡および細形の剣、矛には亜鉛を含んでいない。ヒ素、アンチモンについても銅鐸の方が多い。すなわち主成分と微量成分の両方から見て銅鐸が輸入青銅器の鑄直しによりつくられたことは必ずしも結論できない。

次に古墳時代につくられた鈴鏡、鈴釧、柳葉形銅鏃の主成分の組成が相互に類似している。三角縁神獣鏡もまた錫の含有量は鈴鏡に近い。このことからこれらの青銅器は漢鏡の鑄直しによってつくられたという説が支持されるかのようである。この三角縁神獣鏡の錫含有量は漢鏡よりも小さいから、この神獣鏡をさらに鑄直して、他のものをつくったとすれば、錫はさらに減少する筈である。今後さらに多くの舶載および仿製の青銅器を分析する必要がある。

鈴鏡と柳葉形銅鏃の原料が漢鏡と同一主成分を含む鏡であると仮定したらどうなるか。漢鏡の鉛は約5%で一定であるのに、鏃には鉛が非常に少ないか、または含まれないものがあり、また鈴鏡には鉛を8%も含むものがある。さらに鈴鏡および鏃には漢鏡には含まれていない亜鉛を含むものがある。このような矛盾がある。

日本における銅および銅鏃の記録が現われるのは8世紀以後であるが、実際には製錬の技術はもっと早く知られていたであろう。製錬の遺跡が知られていないから、断言はできないが、輸入青銅器の再融解、再鑄に依存するよりも青銅器を自分でつくる技術が知られていたにちがいない。

月輪古墳の銅鏃の例に見られるように、形が実用性を失い、形式化するとともに錫の含有量が減少する。このように日本製の青銅器は本来の目的とは別の機能を持つようになった。これは青銅文化と同時またはそれに以前に鉄文化が日本に導入されたと考えなければ理解しにくい、この特長が青銅器の化学組成にも現われている。

3. 文 献

田辺論文中に引用されている文献〔原文では著者名ローマ字のアルファベット順になっているが、漢字に直した〕。

道野鶴松 (1942), 非鉄合金分析法. 化学実験学, 第 1 部第 9 卷 (分析化学), 河出書房

浜田耕作 (1918), 一二の銅鐸及銅銚の成分に就て. 考古学雑誌, 8, 307

石川恒太郎 (1942), 上代の製銅遺跡に就て. 考古学雑誌, 32, 644.

小林行雄 (1951). 日本考古学概説, 東京創元社.

小出義治 (1951). 和歌山県日高郡久地峠で出土した銅鐸, 日本考古学協会年報, 4, 107

駒井和愛, 増田精一, 中川, 曾野寿彦 (1954) 対馬の自然と文化, 東京, 249

小松茂, 山内淑人 (1937). 古鏡の化学的研究, 東方学報, 京都, 8, 11

黒田六郎 (1953). 対数回転セクターによる珪酸塩岩石中の微量元素の定量分光分析. 分光研究, 1, No 6, 24.

三本文雄 (1950). 阿波国源田出土の銅剣, 銅鐸とその遺跡, 考古学雑誌, 36, No 2, 32.

三本文雄 (1955). 銅鐸. 日本考古学講座, 4, 217.

森本六爾 (1934). 名古屋市発見銅鐸の分析. 考古学, 5, No 7, 188.

西尾銈次郎 (1943). 石川氏の「上代の製銅遺跡に就て」を見て, 考古学雑誌, 33, 514.

Noddack, I, Noddack, W. (1934). Herkunftuntersuchungen, Angew. Chem. 47, 637.

大場磐雄, 亀井正道 (1951). 上総国姉ヶ崎二子塚発掘調査概報, 考古学雑誌, 37, 158.

大場磐雄, 小出義治 (1951). 東京都北多摩郡亀塚. 日本考古学協会年報, 4, 124.

佐原真 (1960). 銅鐸の鑄造, 世界考古学大系, 第 2 卷, 日本 II, 92.

曾野寿彦 (1953). 大阪府高槻市古曽部出土の銅鐸, 東京大学教養学部人文学科報告, No 2, 155

梅原末治 (1921). 佐味田及新山古墳研究. 岩波書店, 東京,

梅原 (1923/1924). 銅剣銅銚について. 史林, 8, No 1, 9, No 4.

梅原 (1925). 銅鐸の化学成分に就て. 白鳥記念「東洋史論叢」, 225.

梅原 (1927 a) 銅鐸の研究, 資料編.

梅原 (1929) 河内枚方町万年山の遺物, 考古学雑誌, 7, 114.

梅原 (1930). 須玖岡本発見の古鏡に就いて. 京大考古学研究報告, 第 11 卷, 79.

梅原 (1937 a) 古鏡の化学成分に関する考古学的考察. 東方学報, 京都, 8, 32.

梅原 (1937 b) 朝鮮発見二三銅剣の化学成分, 人類学雑誌, 52, 405.

山内清男 (1948) 日本古代青銅器の化学成分について. 東京大学人類学教室における講演.

山内淑人, 小泉瑛一, 小松茂 (1940). 中国古銅器の化学的研究, 東方学報, 11, 161.

4. おわりに

田辺義一博士は大9（1920）11月16日東京に生れ、昭和18年東京帝大理学部人類学科を卒業して大学院特別研究生となり、昭和28年同学部助手、同39年お茶の水女子大学家政学部助教授を経て、同46年同大学教授になられた。その間36年にここに紹介した日本出土青銅器の化学的研究で理学博士の学位を得られたが、他には人骨の化学成分、土器に塗られた赤色顔料などの研究がある。お茶の水大学においては家政学部長を2期つとめ、多忙で最近では化学的な研究からは遠ざかっておられたようであるが、昭和54年12月10日講義中に倒れ急逝された。享年59歳。筆者は逝去の数月前に研究上の連絡をし、返事を待っていたところ、突然の訃報に接し愕然とした。痛惜にたえない。故田辺博士の論文を訳出、紹介するに当り、青銅器の出土地名などについては奈良国立文化財研究所の田中琢、佐原真両氏から有益な助言を得た。またお茶の水大学家政学部富田守博士は故人の経歴などのほか種々貴重な教示を与えられた。ここに各位に厚く感謝するとともに、故田辺博士の御冥福を祈るものである。（1980・10・15）。

〔訳 注〕

- 1) 小林行雄（1976）、考古学と自然科学，第12号，1
- 2) 佐藤伝蔵（1900）、人類学雑誌，16，85
- 3) 高橋健自（1918），考古学雑誌，8，297
- 4) 浜田耕作（1918），考古学雑誌，8，307
- 5) 小松茂・山内淑人（1940）8，11；（1940）11，161，東方学報，京都。
梅原末治（1940），日本考古学論攷；（1944），東亜考古学論攷。
- 6) 道野鶴松（1932），人類学雑誌，47，189；（1933），同，48，101；（1933），東方学報，東京，4，1
- 7) 梅原末治（1934），史学，13，No.1；（1938）支那考古学論攷。
- 8) 田辺義一（1962），J. Fac. Sci. Univ. Tokyo, Sec. V, Vol. II, Part 3, 263-319。
- 9) 古代史発掘，5．大陸文化と青銅器，講談社（1974）附録

**On “A Study on the Chemical Compositions of Ancient Bronze Artifacts
Excavated in Japan”, A Report by G. Tanabe**

By

Kazuo YAMASAKI

Professor Emeritus, Department of Chemistry

Faculty of Science, Nagoya University

Nagoya, 464 Japan

In 1962 Giichi Tanabe analyzed 108 Japanese and Chinese bronze artifacts including mirrors, weapons, bell-like objects (Dotaku), etc. and published the analytical results of major and minor constituents in J. Fac. Sci. Univ. Tokyo, Sec. V, Vol. II, Part 3, pp. 263-319 (1962). As this paper was written in English, and the circulation of this journal was limited, this paper was not familiar to Japanese archaeologists and archaeological chemists, despite the fact that it contained very valuable data. The present author translated the main part of the Tanabe's paper, and tried to make this paper more accessible to Japanese archaeologists.

Dr. Giichi Tanabe who was born in Tokyo on Nov. 16, 1920 graduated in 1943 from the Department of Anthropology, the University of Tokyo and was appointed to the professor of Ochanomizu Women's University in 1971. He passed away suddenly during this lecture on Dec. 10th, 1979.