

陸前高田市立博物館所蔵被災蕨手刀の金属考古学的解析

赤沼英男・熊谷 賢

陸前高田市立博物館所蔵被災蕨手刀の金属考古学的解析

赤沼英男¹・熊谷 賢²

Archaeometallurgical Analysis of Restored *Warabite* Swords Damaged by the
2011 Tōhoku Earthquake and Tsunami

Hideo AKANUMA¹, Masaru KUMAGAI²

1 岩手県立博物館 020-0120 盛岡市上田字松屋敷 34 Iwate Prefectural Museum, Morioka 020-0120, Japan.

2 陸前高田市立博物館 029-2201 陸前高田市矢作町字二田野 55 番地 Rikuzentakata City Museum,
Rikuzentakata 029-2201, Japan.

Abstract

Three Warabite swords were recovered from the Rikuzentakata City Museum, which was devastated by the huge tsunami that occurred after the massive earthquake on March 11th, 2011. The swords were recovered by members of municipal organizations in cooperation with the Iwate Prefectural Museum. The swords were transported to the Iwate Prefectural Museum immediately after their recovery. They were then repaired after a stabilization treatment had been performed on them in order to remove salt and various other contaminants. Considerable deterioration was not observed, partly due to a preservation treatment conducted on them from 1998 to 1999 at the Iwate Prefectural Museum.

An archaeometallurgical analysis was carried out by using samples which were collected from each object at the time of the original preservation treatment, which had been conducted from 1998 to 1999. The three swords were believed to have been produced using steel with almost the same composition. However, it became clear that the composition of the three swords was different from the general composition of other Warabite swords that have been discovered in the northern region of Tohoku and Hokkaido. Based on the results of the archeometallurgical analysis, it is necessary to research the origin of these three swords.

1 はじめに

岩手県陸前高田市立博物館には、陸前高田市指定文化財・同市小友町岩井沢出土蕨手刀をはじめとする3振りの蕨手刀が収蔵されていた。平成23年3月11日の東北地方太平洋沖地震発生時には3振りとも展示室で公開されていて、その後襲来した大津波により全て流出し行方不明となった。平成23年4月中旬から5月中旬に行われた、岩手県立博物館考古部門および陸前高田市教育委員会職員をはじめとする県内文化財関係者による懸命の救出活動によって、平成23年5月6日に3振りとも公開されていた展示室とは別の、1階収蔵庫内に堆積する土砂の中から発見され、岩手県立博物館に搬送された。

資料表面はその全域が海水を含む土砂で覆われていたが、毛抜形蕨手刀の柄の一部が欠失していたことを

除き、顕著な錆化の進行はみられなかった。救出された3振りの蕨手刀はいずれも1998～1999年に岩手県立博物館で保存処理が施されていたため、海水損による急速な劣化進行を免れることができたものと考えられた(赤沼 2012)。固着する土砂を除去し脱塩処理を施した後、アクリル樹脂を減圧含浸し修復した。

1998～1999年に行われた保存処理の過程で微小試料が採取され、毛抜形蕨手刀についてはそれを使って金属考古学的調査が行われた。その結果は岩手県立博物館調査研究報告書第24冊に公表されている(赤沼 2009)。それによると、地金の組成、とりわけ採取した試料に含有されるNi、Co、およびCuの三成分比に、これまでに行われたほぼ同時代に比定される他の東北地方北部出土蕨手刀とは明瞭な差異がみられた。製作に用いられた地金の供給地域が別に確保されていたこ

とを示す結果である。毛抜形蕨手刀以外の2振りは形態的に毛抜形蕨手刀よりも古く、3振りの蕨手刀の調査結果は奈良時代から平安時代の気仙地方における鉄・鉄器の入手ルートを検討するうえで重要である。このたび毛抜形蕨手刀を含む3振りについて、1999年に採取後保管されてきた試料を用い、金属考古学的調査を実施した¹⁾。以下では救出された蕨手刀の修復状況について説明し、次に採取した試料の金属考古学的解析結果について報告する。

2 調査資料

調査資料は図1に示す3振りの蕨手刀である。No.1は陸前高田市小友町岩井沢から出土した毛抜形蕨手刀、No.2およびNo.3も同市内から出土した蕨手刀で、石井に従えばともにI型に分類される(石井1966)。柄の形態に加え、No.1はNo.2およびNo.3に比べ弯刀化が進んでいる、という点でも異なっている。

平安時代後期に成立したと言われている日本刀には、①反りのある弯刀であること、②鑄造りであること、③鐮の内面は刀身の曲面、鐮の外表面は鞘口内部と共に摺り合う状態に装着されていて、鐮の下には切羽、鐮、切羽の順にそれぞれが互いに、さらには茎とも摺り合う状態ではめられ、露出した茎部分が柄木に収まる刀装構造を有すること、そして使用された刀装具すべてを自在に着脱できるという、3つの要素が全て具備されている(渡邊2006)。蕨手刀は柄と刀身とが共金であるという点で日本刀とは刀装構造に大きな差異がみられるため、蕨手刀を日本刀の成立に結び付けることは難しいものの、日本刀成立の重要な要素の一つである直刀から弯刀への形態変化を辿るうえでの重要な資料に位置付けることができる。

3 救出資料の修復

既述のとおり、救出された蕨手刀は3振りとも1998～1999年に岩手県立博物館で保存処理された資料である。岩手県立博物館に運ばれた後、ただちに肉眼による状態観察およびX線透過写真撮影が行われた。図1に被災後撮影した毛抜形蕨手刀のX線透過写真と、被災前に行われた保存処理の過程で撮影したX線透過写真を示した。柄の一部が欠失した点を除き、被災による顕著な錆化の進行はみられない。被災前の保存処理による効果と推定される。他の2振りについてもほぼ同様の状況が観察された。

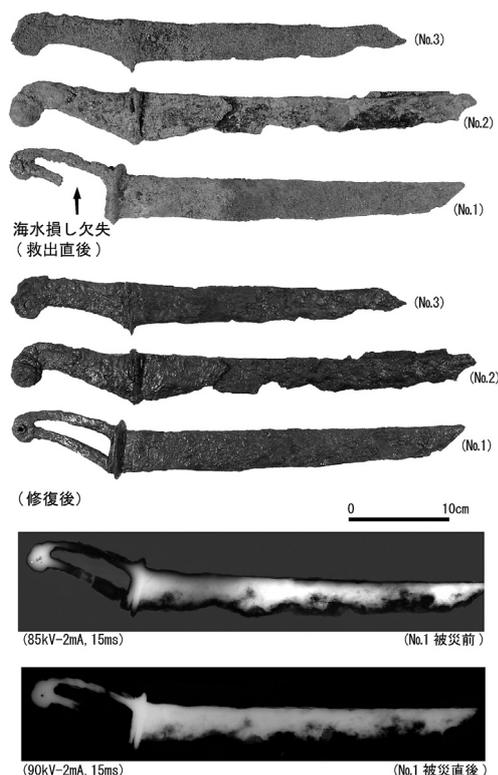


図1 調査した蕨手刀の外観とX線透過写真

救出した資料表面に固着する土砂をグラインダーおよびエアブラシを使って除去した後、純水に浸漬し溶液中の塩化物イオン濃度が水道水以下(約10ppm以下)になるまで脱塩を行った。脱塩処理には概ね約10日を要した。脱塩終了後減圧乾燥し、アクリル樹脂を減圧含浸した。毛抜形蕨手刀についてはかつて作成された実測図を基に、エポキシ樹脂を使い欠失部を復元した後、岩絵の具を用いて古色仕上げした。

4 調査方法

デシケータに保管されていた約0.3～0.5gの試料をさらに2分し大きい方を組織観察に、小さい方を化学成分分析に供した。No.1Sa_{1.2}については主としてメタルによって構成される試料を組織観察に、錳を主体とする試料を化学成分分析に、No.3Sa₁については錳を主体とする試料を組織観察に、主としてメタルによって構成される試料を化学成分分析に用いた。銅製鉄器の場合、強靱さを確保するため人偽的に炭素量の異なる銅を合わせ鍛えて製作する場合がある。また、造形が終わった段階でしばしば熱処理が施される。炭素量の異なる銅の使用および熱処理の有無について調べるため、3振りとも刃部と棟部、または茎部(刃部はSa₁、棟部または茎部はSa₂と表記)の2か所から調査用試料が採取され保管されていた。各刀剣からの調

査試料採取位置は図2～4に示すとおりである。

組織観察用試料はエポキシ樹脂に埋め込み、エメリー紙、ダイヤモンドペーストを使って研磨した。No.3Sa₁を除く5試料については研磨面をナイトールでエッチングし、金属顕微鏡で検鏡した。組織観察後粒度1 μ mのダイヤモンドペーストで再研磨しカーボン蒸着した後、地金に見いだされた非金属介在物の構成鉱物相を、エレクトロン・プローブ・マイクロアナライザー (EPMA: JEOL JXA-8230) で分析した。No.3Sa₁については金属顕微鏡で錆化した領域を検鏡後、錆化前の地金組織を推定するうえで重要と判断された領域をEPMA分析した。

化学分析用試料は表面に付着する土砂、錆をハンドドリルで丹念に削り落とした後、エチルアルコール、アセトンを用い洗浄した。試料を130 $^{\circ}$ Cで2時間以上乾かし、No.1Sa_{1.2}を除く4試料については直接、No.1Sa_{1.2}についてはメノー乳鉢で粉砕後テフロン分解容器に秤量し、塩酸、硝酸、およびフッ化水素酸を用いて溶解した。溶液を蒸留水で定溶とし、全鉄 (T.Fe)、銅 (Cu)、ニッケル (Ni)、コバルト (Co)、マンガン (Mn)、リン (P)、ヒ素 (As)、イオウ (S)、チタン (Ti)、スズ (Sn)、アンチモン (Sb)、モリブデン (Mo)、ケイ素 (Si)、カルシウム (Ca)、アルミニウム (Al)、マグネシウム (Mg)、およびバナジウム (V) の17元素を、高周波誘導結合プラズマ発光分光分析法 (ICP-AES法) で分析した。

5 調査結果

5-1 鉄器の化学組成

採出した試料の化学組成を表1に示す。表には2009年に報告したNo.1の分析結果 (Rf1) も掲載した。No.2Sa_{1.2}およびNo.3Sa_{1.2}のT.Feは94.24～98.52mass%で、4試料ともほぼメタルが分析されている。

No.1Sa_{1.2}のT.Feはそれぞれ67.76mass%、63.49mass%で、相当に錆化が進んだ試料が分析されたことがわかる。上記2試料からはそれぞれ0.020mass%、0.035mass%のCu、0.034mass%、0.059mass%のNi、および0.050mass%、0.103mass%のCo、さらにNo.1Sa₁からは0.11mass%のPおよびSが検出された。

5-2 摘出した試料片のミクロ組織

No.1Sa₁のメタル部分はその全域がほぼ一様に腐食された。マクロエッチング組織領域 (Reg.1) 内部は

局所的に針状に析出したフェライト (α Fe) がみられ、その回りにはパーライト組織が析出していた。標準炭素鋼の腐食組織と比較すると、炭素量0.4～0.6mass%の鋼で、パーライト変態点以上の高温領域から比較的早い速度で空冷された組織と推定される (佐藤1968) (東北大学金属材料研究所 1953)。Sa₂もSa₁とほぼ同様の組織によって構成されていた (図2)。

Sa₂のメタルには針状に析出したFe-Ti-Al-Mg-V-O系化合物 {Itc: 表2のEPMAによる定量分析結果によると、フェロシュードブルツカイト (FeO \cdot 2TiO₂) よりもTi濃度が高い} とガラス質ケイ酸塩 (Gl) からなる非金属介在物、Sa₁のメタルには針状に析出したItc、鉄かんらん石と推定される鉱物 {(Fa)}、およびガラス質ケイ酸塩からなる非金属介在物が見出された (表2、図2)。

No.2Sa₁もメタルの全域がほぼ一様に腐食された。マクロエッチング組織領域 (Reg.1) 内部および領域 (Reg.2) 内部はほぼ炭素量0.1～0.3mass%の鋼によって構成されていた。Sa₂にはフェライトに近い組成の鋼と炭素量0.1～0.2mass%の鋼が混在した組織がみられた (図3) (佐藤前掲) (東北大学金属材料研究所前掲)。Sa₁にはウルボスピネル (Ul) とガラス質ケイ酸塩 (Gl)、Sa₂にはウスタイトに近い組成の酸化鉄 (Wus)、鉄かんらん石 (Fa)、および微細粒子が混在するガラス化した領域 (Ma) からなる非金属介在物が点在していた (表2、図3)。

No.3Sa₂のマクロエッチング組織領域 (Reg.1) 内部および領域 (Reg.2) 内部にはフェライトバンドが観察された。Sa₁のマクロ組織はその全域が錆化していた。マクロ組織領域 (Reg.1) 内部には金属光沢を呈する線状結晶 (Cm) またはその欠落孔と推定される組織によって形成される島状領域が点在していた (図4)。EPMAによる含有元素濃度分布のグレーカラーマップによって、結晶CmはFeおよび炭素 (C) を主成分とすることがわかった。これまでに行われた錆化組織の観察結果に基づけば、結晶Cmはセメンタイト (Fe₃C) と判定される。セメンタイトまたはその欠落孔と推定される組織によって構成される島状領域をパーライトとし、錆化による組織の膨張を無視すると、錆化前の地金の炭素量は0.2～0.4mass%と推定される。Sa₂にはウスタイト (Wus)、鉄かんらん石 (Fa)、および微細粒子が混在するガラス化した領域 (Ma) からなる非金属介在物が見出された (表2・3、図4)。

表1 採取した試料の分析結果

No.	採取位置	化学組成 (mass%)																	非金属介在物組成		Cu・Ni・Co 三成分比			
		Ti	Fe	Cu	Ni	Co	Mn	P	As	S	Ti	Sn	Sb	Mo	Si	Ca	Al	Mg	V	非金属介在物組成	Co*(Co/Ni)	Cu*(Cu/Ni)	Ni**(Ni/Co)	Cu**(Cu/Co)
1	Sa ₁	67.76	0.020	0.034	0.050	0.004	0.11	<0.01	0.096	<0.01	0.096	<0.01	<0.01	0.005	0.43	0.011	0.027	0.021	0.002	Itc,(Fa),Gl	1.47	0.59	0.68	0.40
	Sa ₂	63.49	0.035	0.059	0.103	0.003	0.05	0.01	0.081	<0.01	0.081	<0.01	<0.01	0.008	0.35	0.045	0.028	0.025	0.001	Itc,Gl	1.75	0.59	0.57	0.34
Rfl	Sa ₁	61.66	0.034	0.055	0.077	0.009	0.03	<0.01	0.065	<0.01	0.065	<0.01	-	-	-	0.212	-	0.063	0.002	-	1.40	0.62	0.71	0.44
	Sa ₂	96.21	0.028	0.097	0.148	<0.001	0.01	<0.01	0.005	<0.01	0.005	<0.01	<0.01	-	-	0.001	-	0.002	<0.001	-	1.53	0.29	0.66	0.19
2	Sa ₁	98.52	0.017	0.035	0.068	0.004	0.06	0.01	0.02	0.144	<0.01	<0.01	0.003	0.45	0.014	0.031	0.018	0.003	UI,Gl	1.94	0.49	0.51	0.25	
	Sa ₂	96.36	0.004	0.020	0.035	0.002	0.10	<0.01	0.01	0.017	0.01	<0.01	0.001	0.30	0.004	0.025	0.005	0.001	(Wus),Fa,Ma	1.75	0.20	0.57	0.11	
3	Sa ₁	94.68	0.028	0.061	0.094	0.001	0.02	<0.01	0.02	0.010	0.01	<0.01	0.002	0.49	0.004	0.007	0.004	0.001	no	1.54	0.46	0.65	0.30	
	Sa ₂	94.24	0.012	0.047	0.063	0.002	0.06	<0.01	0.02	0.032	<0.01	<0.01	0.001	0.54	0.006	0.008	0.008	0.002	Wus,Fa,Ma	1.34	0.26	0.75	0.19	

* RflはNo.1の2009年度分析試料。
 **Wus=ウスタイト (Wus)=ウスタイトに近い組成の酸化鉄、UI=ウルボスピネル (2FeO・TiO₂)、Itc=Fe-Ti-Al-Mg-V-O系化合物 (鉄チタン酸化物)、Fa=鉄かんらん石 (Fa)=鉄かんらん石と推定される鉱物、Gl=ガラス質ケイ酸塩、Ma=微細粒子が混在するガラス化した領域。

表2 採取した試料に見出された非金属介在物を構成する鉱物のEPMAによる分析結果

No.	採取位置	図	構成鉱物	化学組成 (mass%)																	合計
				Na ₂ O	P ₂ O ₅	SiO ₂	CaO	TiO ₂	V ₂ O ₃	MgO	Al ₂ O ₃	K ₂ O	FeO	MnO	Cr ₂ O ₃						
1	Sa ₁	2	Gl(1)	1.62	1.12	40.3	8.20	1.45	0.01	0.29	13.1	2.05	30.3	0.19	0.02	99.58					
			Itc(1)	<0.01	<0.01	0.15	0.12	73.8	1.83	5.58	2.45	0.05	15.3	0.16	0.17	99.61					
			Gl(1)	1.64	0.01	48.2	7.55	7.59	0.02	4.04	11.7	2.15	15.2	0.42	0.05	98.57					
2	Sa ₁	3	Gl(2)	1.54	<0.01	48.8	7.69	6.55	<0.01	4.21	11.9	2.15	15.3	0.46	0.06	98.64					
			UI(1)	0.01	<0.01	0.05	<0.01	32.5	0.44	1.85	3.10	<0.01	61.2	0.48	0.15	99.77					
			UI(2)	<0.01	<0.01	0.07	<0.01	32.4	0.44	1.72	2.92	<0.01	60.6	0.46	0.15	98.76					
3	Sa ₂	4	Gl(1)	0.64	4.33	38.1	14.8	3.57	0.03	0.88	9.20	1.27	20.6	0.40	<0.01	93.76					
			Fa(1)	0.07	0.50	24.8	0.19	0.99	<0.01	1.10	0.72	0.11	72.3	0.15	<0.01	100.90					
			Fa(1)	0.08	1.54	28.1	0.74	0.01	<0.01	2.09	0.26	0.12	67.0	0.19	<0.01	100.09					

* No.は表1に対応。
 **UI=ウルボスピネル、Itc=Fe-Ti-Al-Mg-V-O系化合物 (鉄チタン酸化物)、Fa=鉄かんらん石、Gl=ガラス質ケイ酸塩。

表3 No.3に見出された非金属介在物を構成する鉱物のEPMAによる分析結果

採取位置	図	構成鉱物	化学組成 (mass%)											合計		
			Na	P	Si	O	Ca	Ti	V	Mg	Al	K	Fe		Mn	Cr
Sa ₂	4	Wus(1)	0.01	<0.01	0.10	22.6	<0.01	0.11	<0.01	0.08	0.22	<0.01	75.7	0.02	0.01	98.86
		Wus(2)	0.01	0.04	0.13	22.5	<0.01	0.17	<0.01	0.08	0.21	0.05	75.6	0.02	0.01	98.82

* No.は表1に対応。
 **Wus=ウスタイト。

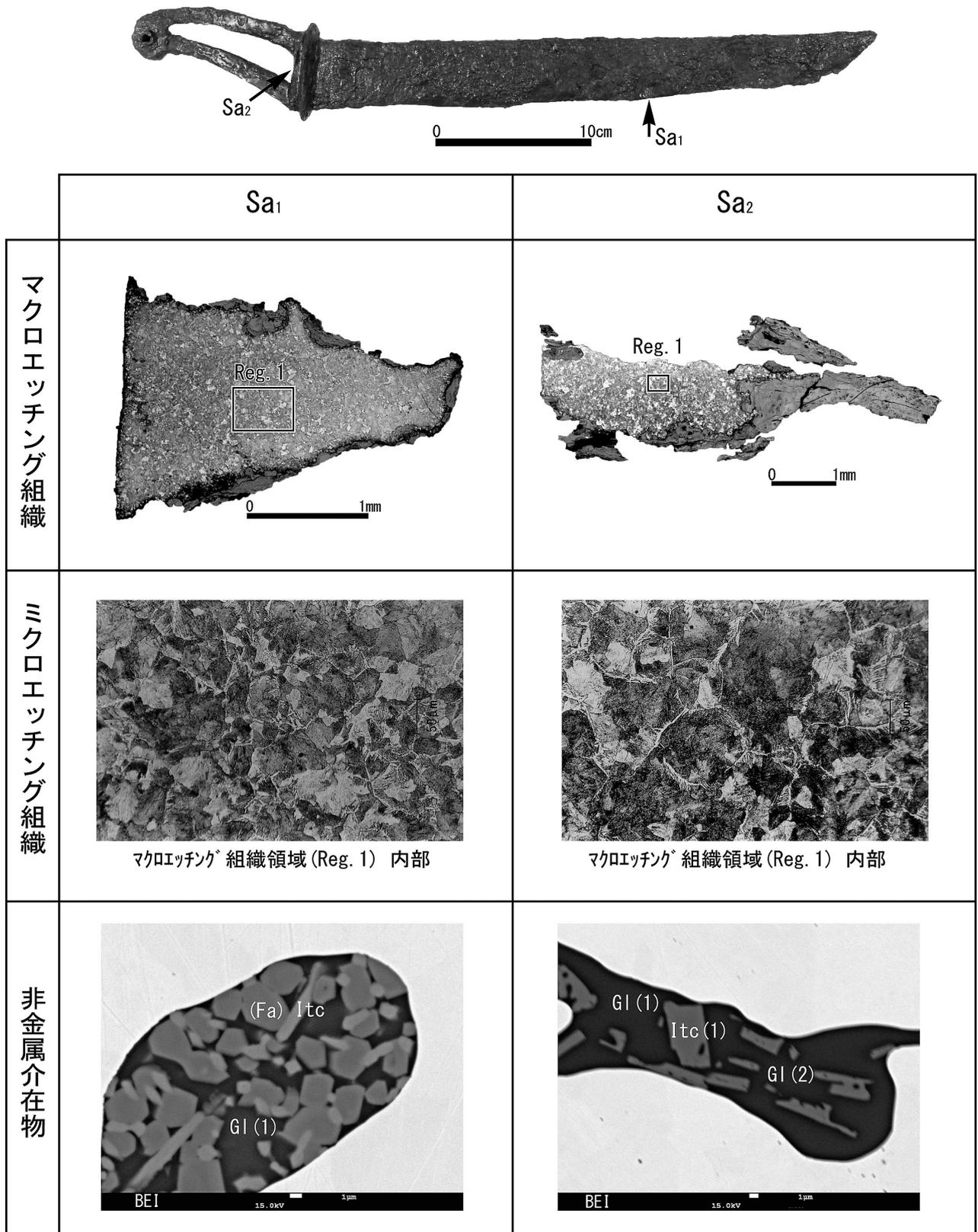


図2 No. 1 の組織観察結果

外観の矢印は試料摘出位置。エッチングはナイトールによる。BEI=EPMA 反射電子組成像、Itc=鉄チタン酸化物 (Fe-Ti-Al-Mg-V-O 系)、(Fa)=鉄かんらん石と推定される鉱物、Gl=ガラス質ケイ酸塩。

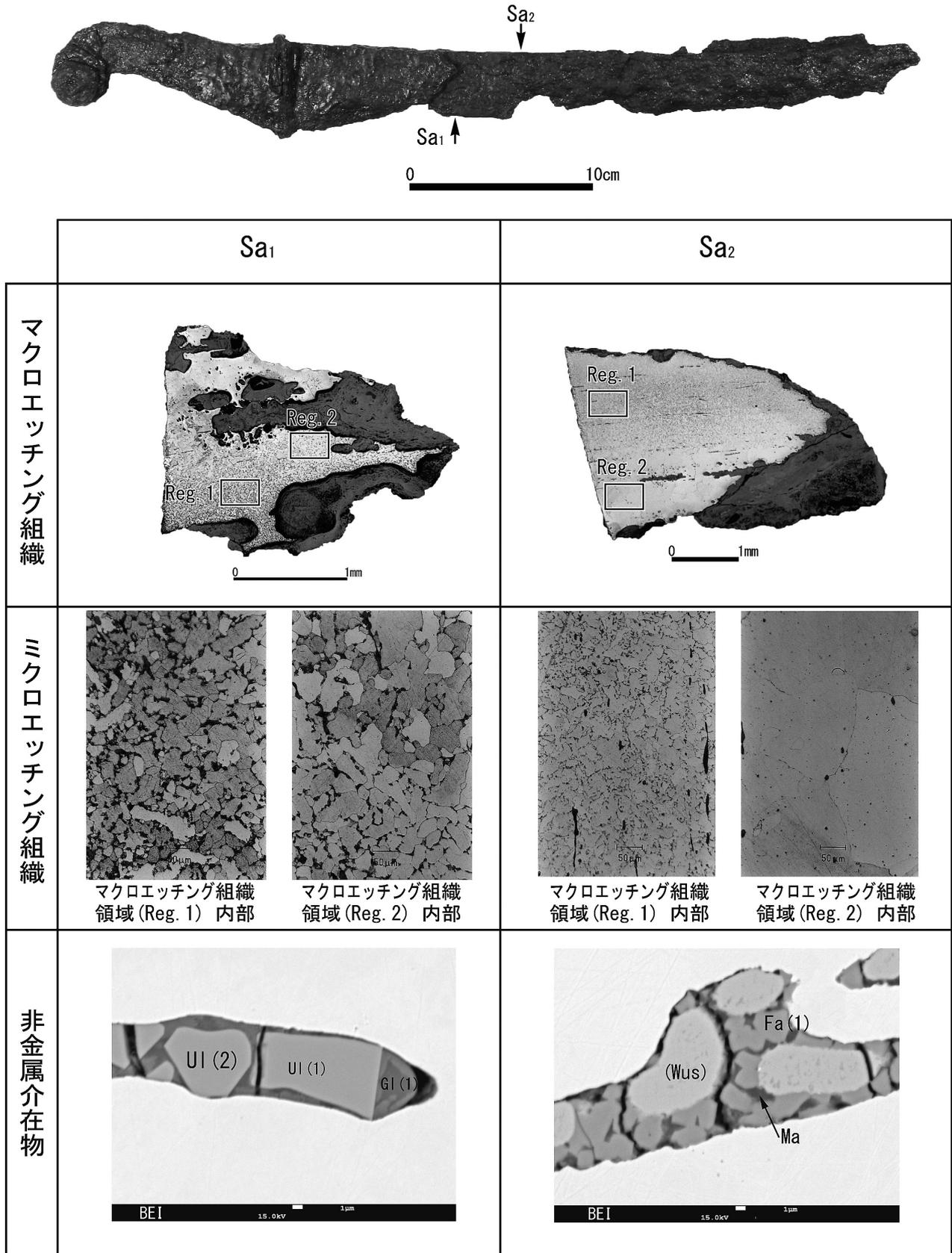


図3 No. 2の組織観察結果

外観の矢印は試料摘出位置。エッチングはナイトールによる。BEI=EPMA 反射電子組成像、(Wus)=ウスタイトに近い組成の酸化鉄、UI=ウルボスピネル ($2\text{FeO}\cdot\text{TiO}_2$)、Fa=鉄かんらん石、GI=ガラス質ケイ酸塩、Ma=微細粒子が混在するガラス化した領域。

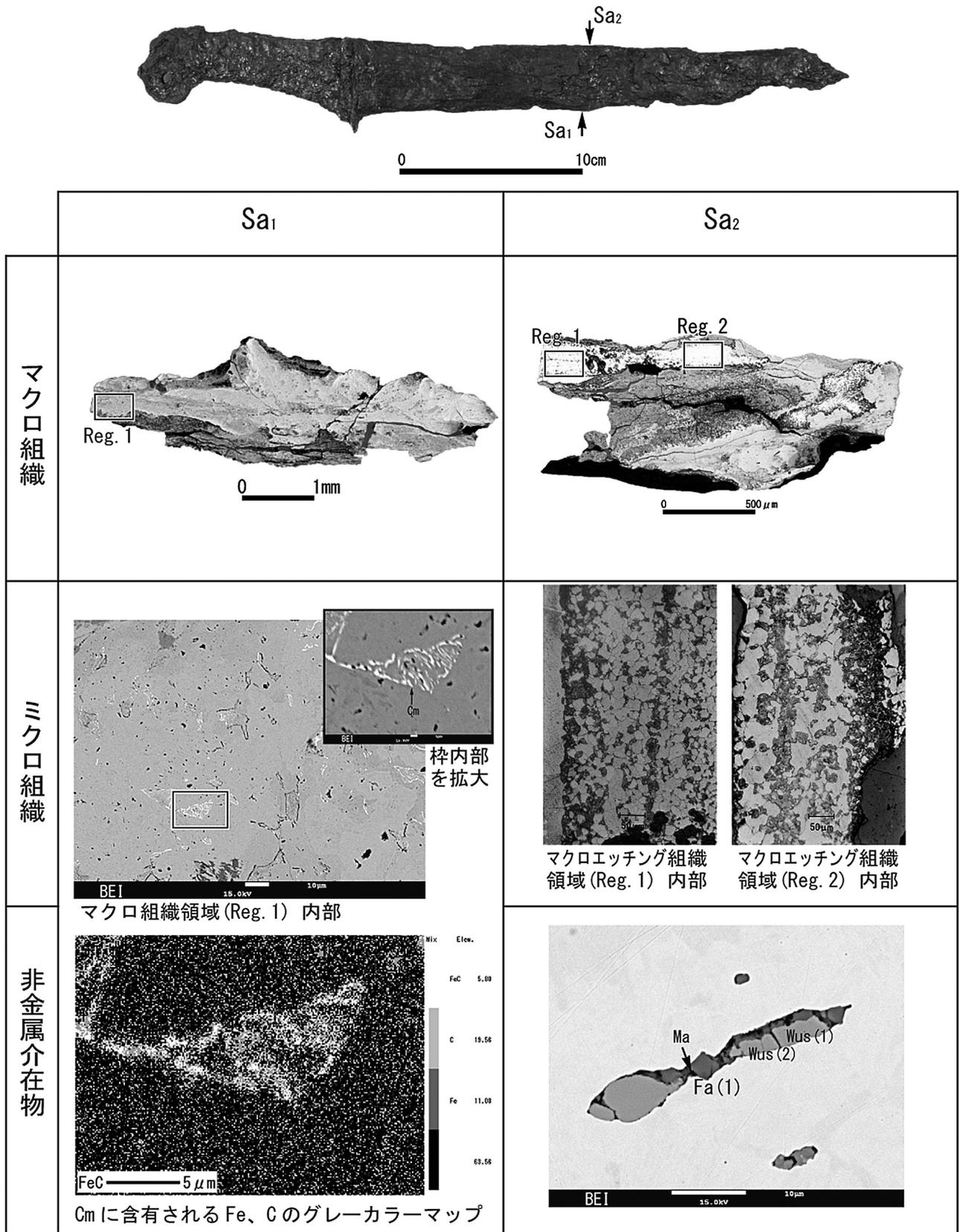


図4 No. 3の組織観察結果

外観の矢印は試料摘出位置。Sa₂のエッチングはナイトールによる。BEI=EPMA 反射電子組成像、Cm=セメントライト、Wus=ウスタイト、Fa=鉄かんらん石、Ma=微細粒子が混在するガラス化した領域。

6 考察

6-1 推定される蕨手刀の作刀

No.1 および No.2 の刃と棟部から採取した地金はいずれも炭素量 0.6mass% 以下の亜共析鋼で、焼き入れ、焼き戻しといった熱処理の実施を確認することはできなかった。No.3 の棟部から採取した試料にはフェライトバンドが観察された。作刀の過程で行われた鍛伸操作に伴い生成した組織と推定されるが、この結果からただちに炭素量の異なる複数の地金を合わせ鍛えて No.3 が作刀されたことを指摘することは難しい。この点を明らかにするためにはフェライトバンドおよびその周辺の微量元素濃度分布を調べるとともに、刃部から棟部にわたる断面組織を調査し、確認する必要がある。

No.1 から採取した蕨手刀には他の 2 振りに比べ炭素量が高い地金が配されている。形態的に No.1 と No.2・No.3 の間に位置づけることができる、岩手県大船渡市長谷堂遺跡出土蕨手刀の刀身断面組織観察結果から、当該刀剣が炭素量 0.4～0.6mass% の鋼を心金とし、その両側に炭素量 0.1～0.4mass% の鋼が挟み込んだ刀身断面構造をとることが明らかにされている（赤沼 2009）。形態学的により毛抜形太刀に近づいた No.1 が長谷堂遺跡出土蕨手刀とほぼ同じ刀身断面構造をとっていた可能性は十分に考えられるが、この点についても今後の調査によって確認する必要がある。

6-2 Ni・Co・Cu 三成分に基づく地金の分類

古代の鋼製造法については原料鉱石を製錬して得られた主として鋼からなる鉄を加熱・鍛打して純化し、目的とする鋼を製造する方法（直接製鉄法）と、原料鉱石を製錬して得られた銑鉄を脱炭して鋼を製造する方法（間接製鋼法）の 2 つが提案されている（赤沼・佐々木・伊藤 2000）（赤沼・福田 1997）。いずれの方法が用いられたとしても、多段階の工程を経て目的とする鋼が製造されていたことは確実である。銑鉄の具体的生産方法は不明で、平安後期に成立した日本刀にみられる軟らかく冴えた地金の再現も未だなされていないという事実（天田 2004）が示すように、古刀の素材となった鋼の製造法については解明すべき課題も多い。出発物質として同一の製鉄原料を用い製造したとしても、製造方法や製造条件に応じ、最終的に得られる鋼の組成にはばらつきが生じる。従って、金属考古学的調査結果、とりわけ抽出した試料の化学組成を

単純に比較するという解析方法では、実態を反映した分類結果を得ることは難しい。鋼製造法の如何にかかわらず地金を精度高く分類する方法を用いる必要がある。

表 1 に示すとおり、No.2 および No.3 から採取した 4 試料の T.Fe はいずれも 94mass% を上回っており、検出された微量成分のほとんどが素材となった地金そのものに含有されていた、とみることができる。一方、No.1 から採取した 2 試料は相当に錆化が進んでおり、埋蔵環境下からの富化について吟味しなければならない。このような場合、資料を包み込んでいた土壌を分析し、埋蔵環境下からの富化の可能性について吟味する必要があるが、該当する土壌試料の入手が困難であるため、その実施はできなかった。表 1 の Rf1Sa₁ および Sa₂ をみると、ほぼメタルからなる Sa₂ の Ni および Co 含有量が、錆を主体とする Sa₁ の含有量を大きく上回っている。分析した 8 試料について T.Fe が減少するにつれ Cu 含有量が増加するという顕著な傾向もみられない。錆化の如何に係わらず Cu 含有量はばらついている。

上記分析結果によると、Cu、Ni、および Co の三成分については、埋蔵環境から富化される可能性は乏しいとみることができる²⁾。S についても Cu、Ni、および Co と同様に解釈でき、No.1Sa₁ から検出された S のほとんどは採取した試料にもともと含有されていたものと推定される。

Ni、Co、および Cu の三成分は鉄よりも錆にくい金属のため、一度メタル中に取り込まれた後はそのほとんどが鉄中にとどまる。従って、合金添加処理が行われていなかったとすると、その組成比は鋼製造法の如何にかかわらず製鉄原料の組成比に近似する³⁾。P については、埋蔵環境下から富化される可能性がある（佐々木・村田 1984）。加えて、P、Mn、および S は鋼製造時および加工時に硫化物または酸化物として析出することがある。同一の原料鉱石を用いたとしても鋼の製造法や製造条件によって鋼中の含有量が変わるため、資料分類の際の指標元素として使用するには不向きである。

図 5 は表 1 に示す 8 試料の Ni、Co、および Cu 三成分比をプロットしたものである。図では非金属介在物中に鉄チタン酸化物が見出されなかったものを黒四角（■）、非金属介在物中に鉄チタン酸化物が見出されたものを黒丸（●）、非金属介在物そのものが見出

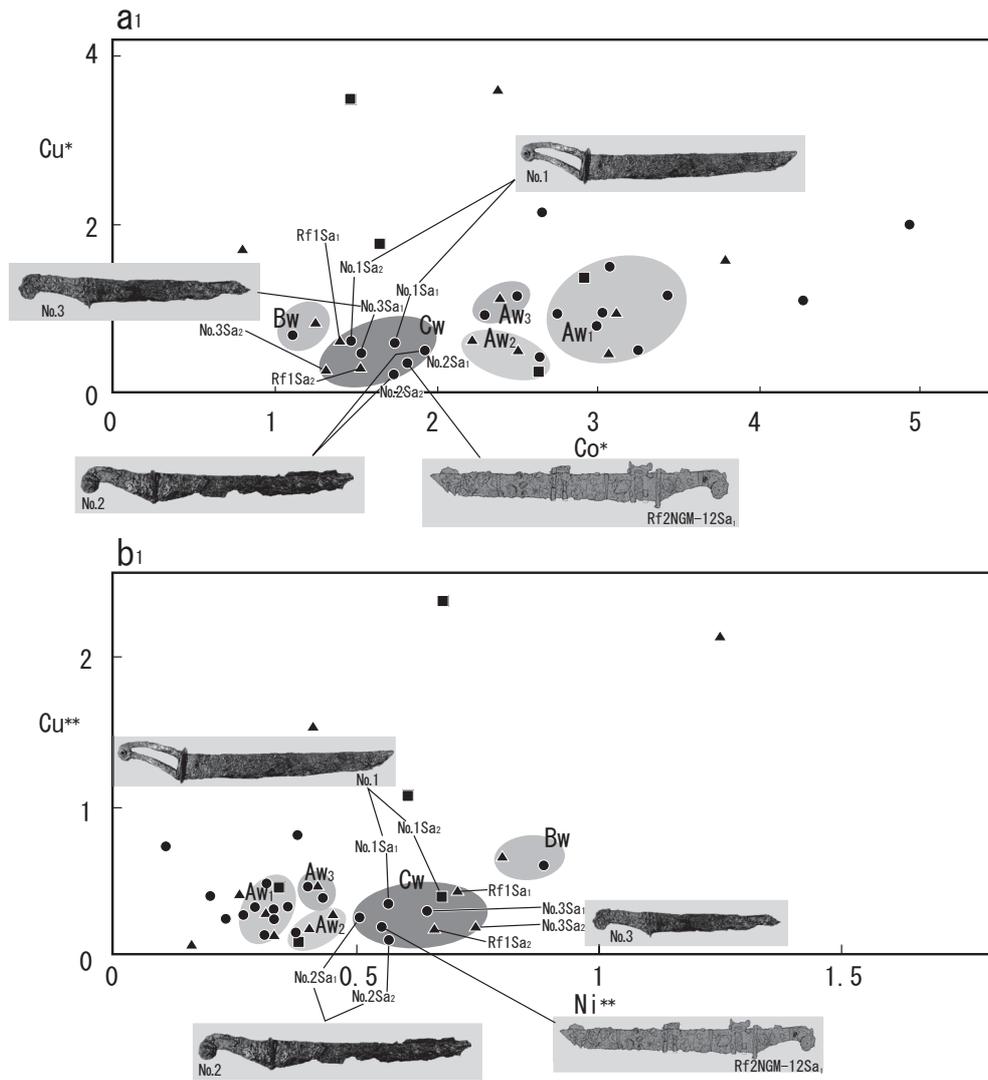


図5 蕨手刀に含有される Cu・Ni・Co 三成分比

No. は図1に対応。四角 (■)：非金属介在物中に鉄チタン酸化物が見出されなかった蕨手刀、丸 (●)：非金属介在物中に鉄チタン酸化物が見出された蕨手刀、三角 (▲)：非金属介在物が見出されなかった蕨手刀。Co*：(mass%Co)/(mass%Ni)、Cu*：(mass%Cu)/(mass%Ni)、Ni**：(mass%Ni)/(mass%Co)、Cu**：(mass%Cu)/(mass%Co)。Rf2NGM-12Sa₁ = 岩手県北上市長沼12号墳主体部。

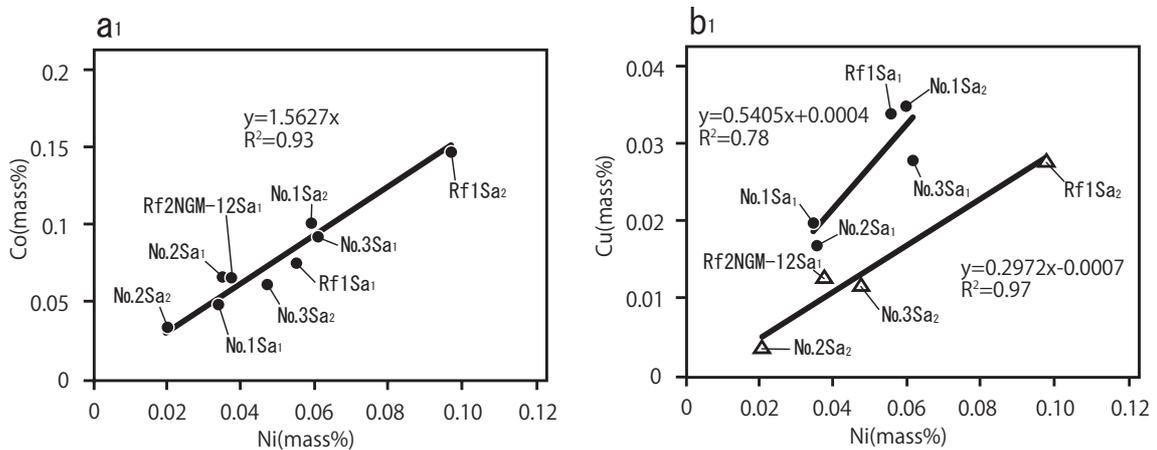


図6 抽出した試料に含有される Cu・Ni・Co 三成分の相関

されなかったものを黒三角 (▲) で示した。なお、図5にはこれまでに分析を行った北海道、東北地方北部、および関東地方から出土した22振りの蕨手刀の三成分比(赤沼 2009)もプロットした。東北地方北部および北海道出土蕨手刀のうち、I型に分類される資料はそのほとんどが領域Aw₁₋₃とBwに分布する。

2009年度に報告したRf1Sa_{1.2}および2012年度に分析した6試料はいずれも領域Cwにプロットされる。領域Cwには他に岩手県北上市長沼12号墳主体部出土蕨手刀(Rf2NGM-12Sa₁) (赤沼 2009)が分布する。図6は長沼12号墳主体部出土蕨手刀を含む9試料に含有されるNiおよびCo、NiおよびCuの相関を示した。Ni含有量とCo含有量の相関係数は0.95を超え、上記2成分の間にはきわめて強い正の相関が認められる(図6a₁)。この結果は、領域Cwに分布する9試料がほぼ同じ組成の地金を用いて製作された、とする見方を支持している。図6b₁はNi含有量とCu含有量の相関である。Rf1Sa₂、No.2Sa₂、No.3Sa₂およびRf2NGM-12Sa₁の相関係数は0.98を、他の5試料の相関係数は0.88を上回る。この結果から領域Cwに分布する9試料をさらにRf1Sa₂、No.2Sa₂、No.3Sa₂およびRf2NGM-12Sa₁の4試料と残りの5試料とに細分することもできるが、Cuについては鋼の炭素量に応じ鋼中に偏析することがあるため直ちに結論付けることは危険である。この点については調査例を増やし吟味することとしたい。

図6から明らかなように、今回調査した3振りの蕨手刀および長沼12号墳主体部出土蕨手刀の分布域は、これまでに調査した東北地方北部および北海道から出土したI型蕨手刀の分布域とは異なる。被災した陸前高田市立博物館から救出された3振りの蕨手刀の製作に用いられた地金が、領域Aw₁₋₃およびBwに分布する蕨手刀とは別の地域からもたらされていた可能性を考慮することができる。これまでに実施したほぼ同時代に比定される鉄器および鉄塊の中に、本稿で述べた蕨手刀とほぼ同じ組成の資料が散見されるが、その供給候補地域の推定は今後の研究課題としたい。

7 まとめ

東北地方太平洋沖地震発生後に襲来した大津波によって被災した岩手県陸前高田市立博物館収蔵蕨手刀の修復状況と自然科学的調査結果について述べてきた。これまでの調査結果をまとめると以下のとおりと

なる。

- ① 救出された3振りの蕨手刀は1998～1999年に岩手県立博物館において保存処理が施された資料である。当時撮影されたX線透過写真と救出後撮影したX線透過写真を比較したところ、顕著な錆化の進行はみられなかった。13年前の保存処理によって大津波が資料に与えた影響が軽減されたことを示している。
- ② 1998～1999年に行われた保存処理の過程で採取した試料を自然科学的方法で調査した結果、形態学的により古いタイプに位置づけられる2振り(No.2・3)は炭素量0.5mass%の未満の亜共析鋼を用い作刀されていた。より弯刀化が進んだ毛抜形蕨手刀(No.1)には、No.2およびNo.3よりも炭素量の高い鋼(0.4～0.6mass%Cの鋼)が配されていた。時代の推移と共に蕨手刀の作刀法が変わった可能性がある。
- ③ 3振りの蕨手刀に含有されるCu、Ni、およびCo三成分比はほぼ同じで、これまでに実施したほとんどの東北地方北部および北海道出土I型蕨手刀とは異なった値を示した。陸前高田市収蔵蕨手刀の作刀に用いられた地金が、上記I型蕨手刀とは別の地域からもたらされた可能性がある。

今後、陸前高田市およびその周辺地域から出土したほぼ同時代に比定される刀剣類はもとより、農具、装身具等の調査結果を蓄積させることにより、奈良時代から平安時代における東日本太平洋地域の鉄に関する物質文化交流の実態をより明確にすることができるにちがいない。

8 注

- 1) 毛抜形蕨手刀の化学成分分析結果は既に報告済であるが、保管されていた試料を用い再分析した。
- 2) これまで筆者の一人赤沼が行った列島内出土鉄器の金属考古学的調査において、鉄器に固着した土砂から0.005mass%以上のNi、Co、およびCuが検出された例は未確認である(赤沼 2009)。
- 3) 早稲田大学理工学術院基礎理工学部教授・伊藤公久博士からの御教授による。

9 参考文献

赤沼英男(2009)「東北地方北部および北海道出土刀剣類の形態と組成からみた日本刀成立過程」岩手

県立博物館調査研究報告書第24冊、pp.2-21

赤沼英男（2012）「岩手県立博物館における文化財レスキューの現状と課題－陸前高田市救出資料を中心に－」『被災地の博物館に聞く』国立歴史民俗博物館編、吉川弘文館、pp.10-59

赤沼英男・佐々木稔・伊藤薫（2000）「出土遺物からみた中世の原料鉄とその流通」『製鉄史論文集』たたら研究会編、pp.553-576

赤沼英男・福田豊彦（1997）「鉄の生産と流通からみた北方世界」国立歴史民俗博物館研究報告、72、pp.1-40

天田昭次（2004）『鉄と日本刀』慶友社

石井昌國（1966）『蕨手刀』雄山閣出版株式会社

佐々木稔・村田朋美（1984）「古墳出土鉄器の材質と地金の製法」季刊考古学第8号、pp.27-33

佐藤知雄編（1968）『鋼の顕微鏡写真と解説』丸善株式会社

東北大学金属材料研究所編（1953）『金属顕微鏡組織』丸善株式会社

渡邊妙子（2006）「日本刀成立過程の現状と課題」『北の出土刀を科学する－最新の科学と考古学よりみた刀剣史の道程』pp.168-186

要旨

東北地方太平洋沖地震発生後襲来した大津波によって壊滅的被害を受けた岩手県陸前高田市立博物館から救出された3振りの蕨手刀の抜本的修復が、岩手県立博物館で行われた。救出された蕨手刀はいずれも1998～1999年に岩手県立博物館で保存処理が施された資料である。当時撮影されたX線透過写真と救出後新たに撮影した透過写真とを比較したところ、救出された資料に顕著な劣化の進行はみられなかった。

1998～1999年に行われた保存処理の過程で採取された試料を金属考古学的方法で調査した結果、3振りともほぼ同じ組成の鋼を用いて製作された可能性の高いことが分かった。採取された試料に含有されるNi、Co、およびCuの組成比はこれまで調査を行った東北地方北部および北海道出土I型の蕨手刀とは異なっていた。救出された蕨手刀の素材となった地金が、他地域からもたらされた可能性が高いことを示している。今後、ほぼ同時代に比定される他の資料の金属考古学的調査を行い、その結果と比較することで、素材となった地金の供給候補地を明らかにすることができるにちがいない。

キーワード：蕨手刀、海水損、陸前高田市立博物館、金属考古学的調査、微量元素組成比