

## 被災大工道具の安定化処理方法について

目時和哉・赤沼英男・川又 晋・武田昭子

## 被災大工道具の安定化処理方法について

目時和哉<sup>1</sup>・赤沼英男<sup>1</sup>・川又 晋<sup>1</sup>・武田昭子<sup>2</sup>

Stabilization Treatment on *Kesen* Carpentry Tools Recovered from the Rikuzentakata City Museum Damaged by Seawater in the 2011 Tōhoku Earthquake and Tsunami

Kazuya METOKI<sup>1</sup>, Hideo AKANUMA<sup>1</sup>, Susumu KAWAMATA<sup>1</sup>, and Akiko TAKEDA<sup>2</sup>

1 岩手県立博物館 020-0102 盛岡市上田字松屋敷 34 Iwate Prefectural Museum, Morioka 020-0102, Japan.

2 昭和女子大学 154-8533 東京都世田谷区太子堂 1-7-57 Showa Women's University, Setagaya 154-8533, Japan.

### Abstract

Approximately 50 days after the Tsunami of March 2011, more than 500 *Kesen* carpentry tools that had been in the Rikuzentakata City Museum in Iwate were recovered by members of the Iwate Prefectural Museum and the Rikuzentakata Board of Education. The removal of seabed mud and various other contaminants which adhered to the objects was performed from August 2011 to November 2011. In October 2012, when approximately one year had passed since the initial treatment, another sterilization, desalination, and mud removal treatment was carried out on the tools using the following procedure.

- ① The materials were immersed in a sodium hypochlorite solution (400 ppm) for approximately 30 minutes in order to thoroughly remove bacteria and odor causing substances.
- ② An ultrasonic cleaning was performed on the tools (once for 15 minutes, or twice in cases of extreme staining) in order to remove the sediments and other contaminants that could not be removed by hand.
- ③ The materials, in order to conduct desalination, were immersed in tap water (of at least three times the cubic volume of the materials) until the salt concentration and electric conductivity was reduced to the level of the tap water.

As a result, desalination of the tools consisting of iron and wood and with a volume of 500cm<sup>3</sup>, was completed in approximately three weeks. It was confirmed that this stabilization treatment was effective for the carpentry tools even though over one year had passed since being damaged by seawater.

### はじめに

岩手県立博物館（以下「当館」と記す）では2011年4月2日から現在に至るまで、東北地方太平洋沖地震およびその後の大津波で被災した博物館をはじめとする文化施設等の救援活動を行ってきた。これまでに当館に搬入された救出資料は、陸前高田市内で被災した資料を中心に合計10万点を超え、その安定化処理（被災資料の劣化因子を可能な限り取り除き、それらを長期にわたり安定的に保管可能な状態にすること）が順次施されている。

救援活動が開始された当初、当館には5千冊を超える古文書が搬入された。これらの資料をそのまま乾燥させた場合、資料に含有される塩分が再度吸湿し、腐

朽菌の発生による劣化の進行が懸念された。

安定化処理をより確実なものをするためには除泥および除菌に加え、含有される塩分の除去（脱塩）が不可欠であるが、海水損資料の安定化処理法は未確立であった。そこで当館では古文書を模した和紙製の綴本を作製し、これを人為的に海水損させ、当館で構築した方法による脱塩実験を行い、その有効性を確認した<sup>(註1)</sup>。

被災資料は形状・素材ともに多岐にわたるため、古文書に用いてきた方法を全ての被災資料にそのまま適用することは難しい。当館に搬入された主な被災民俗資料は、教科書・紙芝居などの紙製資料、金属部と木部からなる大工道具、それに繊維やガラス素材が加わった漁撈用具であり、それぞれの素材に応じた措置

が求められる。これらの中で、紙製資料は当館に設置された冷凍庫に保管し、上述した古文書の安定化処理を施すことで資料の劣化進行を防止しつつ再生を図ることができる。一方、金属製資料および有機質の素材に金属部が混在した複合資料については、錆化の急速な進行による金属表層面の剥離等が生じるため、一刻も早い処理の必要が認められた。

そこで、当館に搬入された資料の中でも最も点数が多く防錆処理が必要な大工道具類を対象に、古文書に適用している安定化処理方法に、鉄部に対する処置をも加味した新たな安定化処理方法を構築し、その効果を検証した。なお、処理法の構築に当たっては、特別な機器・機材を用いることなく被災現場においても容易に実施可能であるという点を重視した。また、効果の検証に当たっては、本体の大部分が、塩分の含有が懸念される木部から成り、鉄を素材とする刃部に錆の進行が確認された鉋を選定した。以下に実験結果を報告する。

## 1 実験資料

### 1-1 資料の概要

実験に用いた資料は気仙大工が使用した鉋で<sup>(註2)</sup>、その形状は表1に示すとおりである。いずれも2002

年に、陸前高田市高田町の佐々木家から陸前高田市立博物館が寄贈を受けたものとされる。大津波により資料台帳の大半が流失したこともあり、実使用の年代等は不明であるが、「佐々木」の焼印を持つ資料がみられることから(写真1)、同家の先祖が使用した可能性が高いことが指摘されている<sup>(註3)</sup>。

No.1およびNo.2はいずれも木材の表面を平滑化する平鉋で、No.1は一枚刃、No.2は二枚刃である。二枚刃の鉋は気仙地方において、大正時代に使用されるようになったことが知られており<sup>(註4)</sup>、No.2については、大正時代以降に使用されたものの可能性が高い。No.1の使用年代は不明であるが、刃の数を除きNo.2と大きな形態上の差異がみられないことから、ほぼ同時期に使用されたものと推定される。

### 1-2 被災状況

救出された民俗資料が保管されていた陸前高田市立博物館二階収蔵庫内にはスチール製の棚が設置されていた。被災後は流入した海水でその全てが倒壊または押し曲げられた状態にあった。資料はコンテナに収納され、または直接平置きされた状態でスチール棚に保管されていたが、救出時にはそれら全てが、海水とともに流入した土砂や、落下した天井ボードと渾然一体

表1 実験に用いた資料

No.	資料名	法量(長径×短径×高)	重量	備考
1	平鉋	27.2cm × 7.0cm × 2.1cm	454.0g	一枚刃
2	平鉋	27.0cm × 7.8cm × 2.7cm	741.0g	二枚刃



写真1 大工道具に押された焼印



写真2 陸前高田市立博物館二階収蔵庫の被災状況  
(2011年4月15日)

となり室内に散乱していた（写真2）。さらにコンテナに収められていた資料は津波が引いた後もコンテナ内に流入した海水に浸り続けた。

2011年4月15日に陸前高田市立博物館二階の資料救出活動が開始されるまで、当該資料群は上記のような状態のまま、一カ月強放置された。

### 1-3 被災後の経過

二階収蔵庫の救出作業は2011年4月15日に開始され、同月末までに大半の資料を救出し、6月17日までに同年3月末に閉校となった旧陸前高田市立生小小学校（現仮設陸前高田市立博物館）に移送された。被災資料は膨大で、資材も限られていたため、すべての資料に対し直ちに洗浄をはじめとする応急処置を施すことは困難であった。本稿で実験の対象としたNo.1およびNo.2をはじめとする大半の被災民俗資料は、同年8月から11月にかけて、ドライクリーニング（大凡自然乾燥した資料の表面に固着する土砂を、刷毛等を用いて除去する措置）が施された後、そのままの状態で、温湿度調整が不能な室内に一年余り保管された。

その結果、収納当初は目立った劣化がみられなかった資料が再び吸湿しカビが発生する、あるいは錆が進行する、という現象が確認された（写真3）。吸湿は海水損した資料が含有する塩分に起因する可能性が高く、除菌・脱塩を含む安定化処理の必要性が改めて確認された。



写真3 乾燥後吸湿し再度錆が進行した大工道具

### 1-4 安定化処理前の資料の状態

No.1 および No.2 はともに刃部に赤錆が発生し、腐食が進行していた。No.1 の木部には主として白色を呈するカビが、No.2 については黒色を呈するカビが発生していた。被災した民俗資料の中でも当該資料の

木部は極めて健全で、内部に及ぶ腐朽の進行はもとより、腐朽が進んだ資料に特徴的な異臭の発生もみられなかった。

## 2 構築した安定化処理方法

処理対象資料は水洗可能である。資料を乾燥させたうえで固着した土砂をドライクリーニングし除去する方法もあるが、微細な土砂の飛散による作業者の健康被害はもとより、処理施設の環境汚染をきたす恐れがある。そこで古文書同様、除菌・除泥措置を水中で行うこととした。構築した安定化処理方法は以下に示す12工程で、それらのうちの主な工程は写真4のとおりである。

- ① X線透過写真撮影（ソフテックス M1005 を使用）による資料内部構造の確認。
- ② 流水（水道水）に浸しながら、資料表面に固着した土砂を刷毛およびブラシにより除去。
- ③ 次亜塩素酸ナトリウム水溶液（市販されている12% 溶液を水道水で希釈し、400ppm に調整したものに30分間浸漬した後、水溶液中で刷毛を用い資料表面をクリーニング。資料を水溶液から取り出し、流水で洗浄。
- ④ 資料を6ℓの水道水に入れ、15分間超音波洗浄処理（Iuchi US-5 を使用）。
- ⑤ 4ℓの水道水に浸漬し脱塩処理。
- ⑥ 24時間毎に塩素イオン濃度（測定は TOKO TiN-5102i による）および電気伝導度（測定は TOADKK CM31P による）を測定。塩化物イオン濃度および電気伝導度がそれぞれほぼ水道水と同レベルの10ppm、7mS/m 以下に達するまで脱塩を継続。
- ⑦ 目標値に到達した後、4ℓの精製水に72時間浸漬し、塩化物イオン濃度および電気伝導率がそれぞれ10ppm、7mS/m 未満であることを確認し、脱塩処理を終了。
- ⑧ 金属部の表面に浮き出た錆を、ステンレス製ブラシを使い除去。
- ⑨ 素材・形状に応じ真空凍結乾燥または自然乾燥を実施。
- ⑩ 乾燥した資料をくん蒸。
- ⑪ 脱酸素剤を入れたガスバリアフィルムの中に資料を入れ密封。
- ⑫ 資料の経過観察。



②水道水による洗浄



⑥電気伝導率計を用いた脱塩効果の測定



③次亜塩素酸ナトリウム水溶液を用いた洗浄



⑨真空凍結乾燥



④超音波洗浄



⑩くん蒸



⑤・⑦水道水および精製水による脱塩

写真4 被災民俗資料の主な安定化処理工程  
写真下の番号は前ページに対応。

### 3 処理前の資料の状態と安定化処理の有効性

#### 3-1 内部構造

安定化処理に先立ち X 線透過写真撮影を行い、資料の内部構造とその劣化状態を確認した。鉄部では表面の錆化が進行しているものの、資料内部での破断等、安定化処理を施す上で障害となる劣化は確認されなかった（写真5）。

#### 3-2 除菌処理の有効性

400ppm の次亜塩素酸ナトリウム水溶液による除菌効果を確認するため、木部に主に白色を呈するカビが発生した資料（No.1）、および黒色を呈するカビが発生した資料（No.2）をそれぞれ除菌液に浸漬した。浸漬後、それぞれのカビが発生している部分からサンプルを採取し、NPO カビ相談センター理事長・高鳥浩介氏に送り、培養試験をしていただいた。その結果、カビの菌体は一切確認されず、次亜塩素酸ナトリウム水溶液による除菌の有効性が確認された。

#### 3-3 除泥処理の有効性

洗浄処置の前後に、No.1 の表面を双眼実体顕微鏡で観察した。さらに微小試料を摘出し、資料表面に含まれるナトリウム（Na）、塩素（Cl）、カリウム（K）の濃度分布について、以下に示す条件で EPMA 分析

した。それぞれの分析結果を図1および写真6・7に示す。

加速電圧 : 15Kv

照射電流 :  $8 \times 10^{-8}$  A

#### 3-4 脱塩処理の有効性

24時間毎に100mlの脱塩液を採取し、溶液に含まれる塩化物イオン（Cl<sup>-</sup>）を塩素イオンメーターで、Na、およびマグネシウム（Mg）を高周波誘導結合プラズマ発光分光分析法（ICP-AES法：パーキンエルマー株式会社 Optima 4300）で定量分析した。分析結果は表2および図2～4に示すとおりである。

### 4 考察

#### 4-1 除菌の有効性

400ppm の次亜塩素酸ナトリウム水溶液を用いた処理によって、No.1、No.2ともにカビの菌体を除去できることが確かめられたことは既述のとおりである。但し被災後半年以上が経過した古文書には、黒色を呈し、健康被害をもたらす恐れのあるスタキボトリス属菌の発生が確認されている。このような極めて危険なカビが発生した資料に対しては、次亜塩素酸ナトリウム水溶液の濃度を高めて処置を行う必要がある<sup>(註5)</sup>。

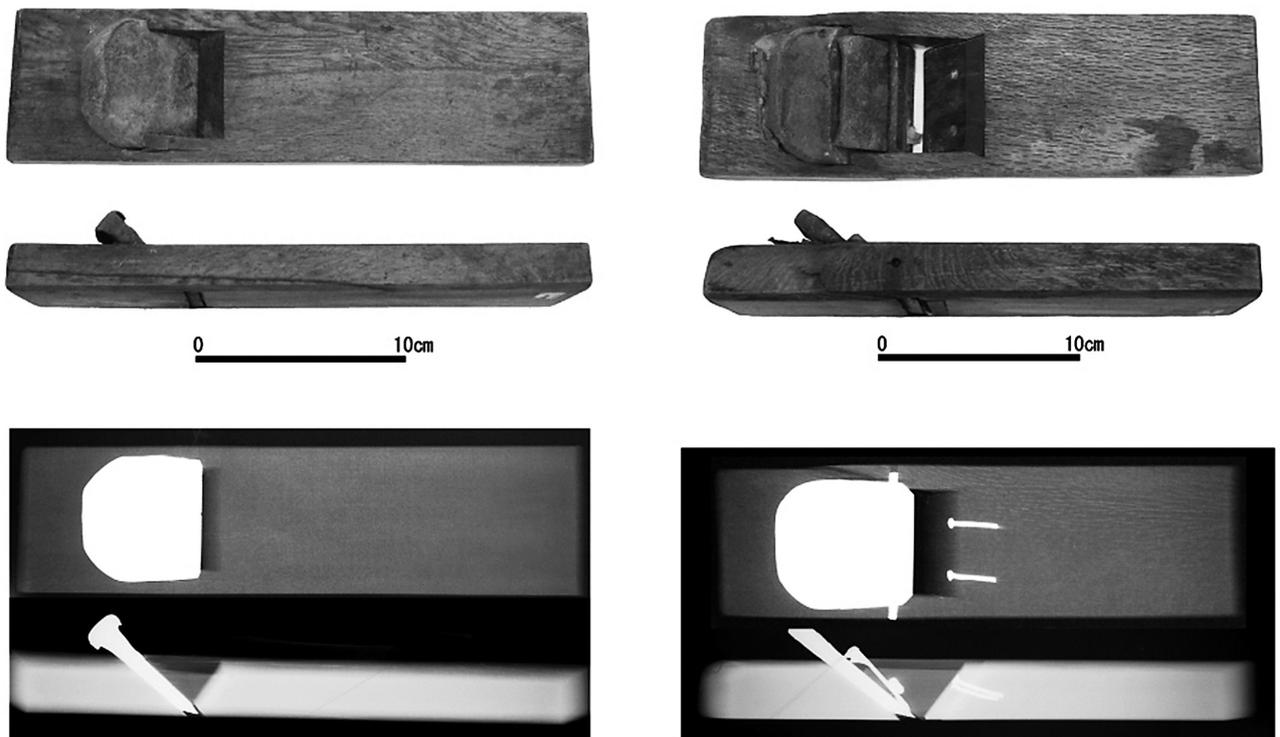


写真5 資料の外観および X 線透過写真（X 線透過写真はいずれも 60kV-2mA、15 秒にて撮影）

	処理前資料	除菌・除泥・脱塩処理後資料
EPMA 反射電子組成像		
Na の濃度分布		
Cl の濃度分布		
K の濃度分布		

図1 EPMA による除菌・除泥・脱塩処置前・処置後の資料表面の分析結果

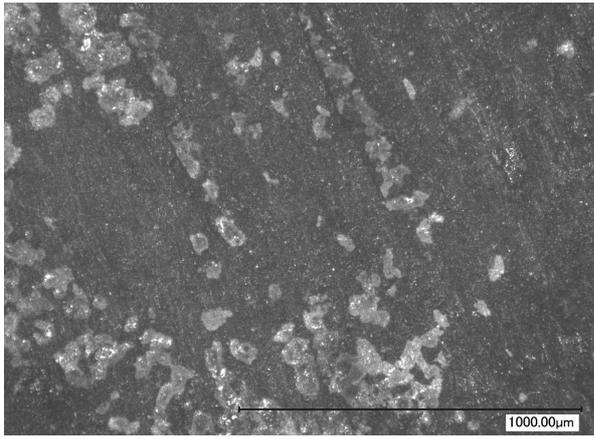


写真6 除泥処理前資料表面の双眼実体顕微鏡による観察結果

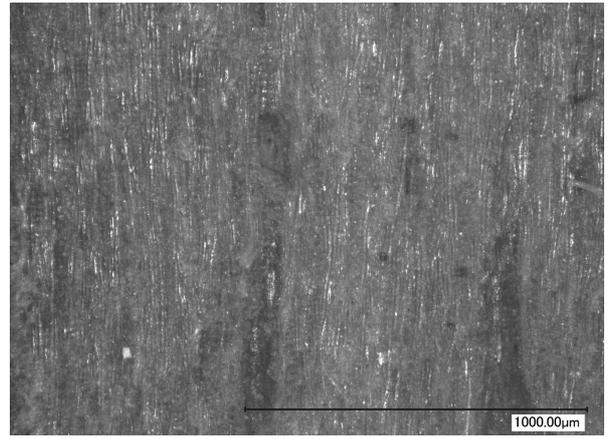


写真7 除泥処理後資料表面の双眼実体顕微鏡による観察結果

表2 脱塩液の分析結果

資料番号	資料名	脱塩工程	電気伝導率 (mS/m)	塩化物イオン(Cl <sup>-</sup> ) (mg/l)	ナトリウム(Na) (mg/l)	マグネシウム(Mg) (mg/l)	
No.1	平鉋 (一枚刃) 27.2cm × 7.0cm × 2.1cm 454.0g	水道水浸漬	1日目	12.9	39.7	17.7	1.18
			5日目	7.96	14.7	7.94	1.42
			10日目	7.39	10.2	6.28	1.41
			16日目	6.59	9.56	5.61	1.25
		精製水浸漬	3日目	2.07	1.07	1.95	0.25
No.2	平鉋 (二枚刃) 27.0cm × 7.8cm × 2.7cm 741.0g	水道水浸漬	1日目	11.2	27.7	11.8	1.68
			5日目	7.63	13.1	6.72	1.50
			10日目	7.43	8.90	5.26	1.31
			16日目	6.60	8.37	5.48	1.35
		精製水浸漬	3日目	3.14	1.30	2.49	0.55
Rf1	水道水 (盛岡市)			7.50	4.10	1.10	
Rf2	海水			20,000	10,000	1,200	

\*Rf2の海水は陸前高田市高田町字下宿55陸前高田市海と貝のミュージアム付近で採取。Rf1・Rf2の分析値は木戸脇直ほか「海水損古文書の脱塩方法について」『岩手県立博物館研究報告』第29号(2012年)p.21-32による。

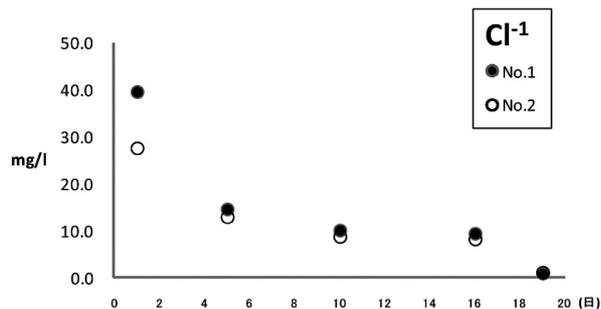


図2 脱塩液中の塩化物イオン濃度の推移

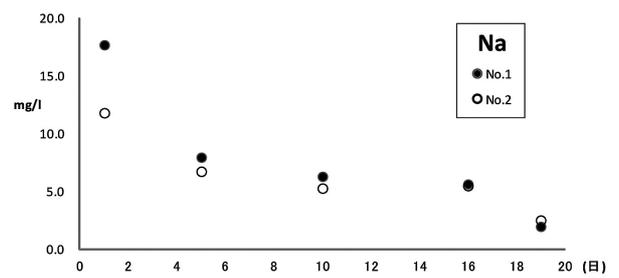


図3 脱塩液中のナトリウム濃度の推移

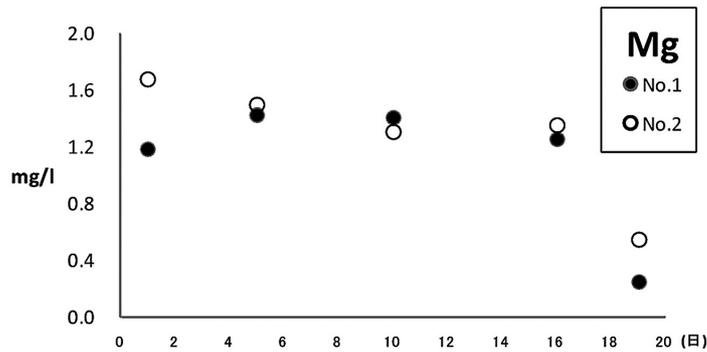


図4 脱塩液中のマグネシウム濃度の推移

#### 4-2 除泥の有効性

図1および写真6・7に示す双眼実体顕微鏡観察結果およびEPMA分析結果によると、洗浄前の資料には、ナトリウム、塩素、カリウムを高濃度に含む物質が至る所に固着していた。一方、ブラッシングおよび超音波洗浄処理を施した後の資料からは、処置前の資料表面から検出された上記3成分がほとんど検出されなかった。この結果は3-3で述べた除泥方法が有効であることを示している。

#### 4-3 脱塩の有効性

表2および図2～4によると、1回の脱塩で塩化物イオンは28～40ppm、ナトリウムは12～18ppmが溶出し、5日間で水道水の約1.5～2倍の濃度に低下した。その後も微量ではあるものの、10日間に渡り溶出し続けた。塩化物イオン濃度、電気伝導率ともに水道水の値を下回ったのは16日間水道水で脱塩し、さらに3日間精製水に浸漬させた後のことである。

実験に用いた2点の鉋は、一枚刃と二枚刃という形態的な違いがあり、重量も約300g異なっていたが、脱塩の傾向は近似している。また1回目の脱塩で、塩化物イオン、ナトリウムともにNo.1からはNo.2の1.5倍程度の量が溶出したが、5日目以降の溶出量はほぼ同様に推移している。

この実験結果に基づけば、体積が約500cm<sup>3</sup>の鉋については、約3週間の脱塩期間を設けることにより、十分な効果が得られることがわかる。No.1およびNo.2ともに5日目以降の脱塩効率に大きな変動がみられないため、水道水に5日間浸漬した後、引き続き精製水による脱塩を行うことで、脱塩期間を短縮できる可能性がある。この点については今後さらに実験を通して確認したい。

本実験に用いた資料の木部はいずれも堅牢で、表面にカビが発生していたことを除き、著しい劣化はみられなかった。2点とも安定化処理の実施前にドライクリーニングが施されていたが、資料から溶出する塩分量を水道水と同レベルにするためには3週間を要したことになる。海水損資料の中には1,000ppmを超える塩分を溶出するものもみられ、脱塩処理の過程で油分が溶出した資料(写真8・9)も確認されている。加えて、未処理資料の中には使用痕を保全しなければならないものもある(写真10・11)。これらの資料については、今回構築した安定化処理法での対処が難しく、今後新たな処置方法を構築し対処する必要がある。

### 5 まとめ

2011年3月11日の東日本大震災によって海水損した民俗資料の内、当館に搬入されたものの中でも最も資料点数が多い大工道具を対象とした安定化処理法を新たに構築し、その有効性を確認した。その結果を要約すると以下のとおりとなる。

#### ① 除菌について

白色および黒色を主体とするカビが発生した資料を選別し、400ppmの次亜塩素酸ナトリウム水溶液に30分間浸漬し除菌を試みたところ、資料に発生したカビの菌体をほぼ完全に殺滅することができた。

#### ② 除泥について

刷毛等を用い資料表面を洗浄し、15分間超音波洗浄処理した資料の木部表面には、双眼実体顕微鏡下でも土砂の固着はみられず、効率よく除泥できた。

#### ③ 脱塩について

処理資料の体積の約8倍に相当する水道水に浸漬し、24時間毎に水を交換する作業を、脱塩液の塩



写真8 処置の過程で脱塩液に油膜が生じた資料（繊維製）



写真9 処置の過程で脱塩液に油膜が生じた資料（木製）

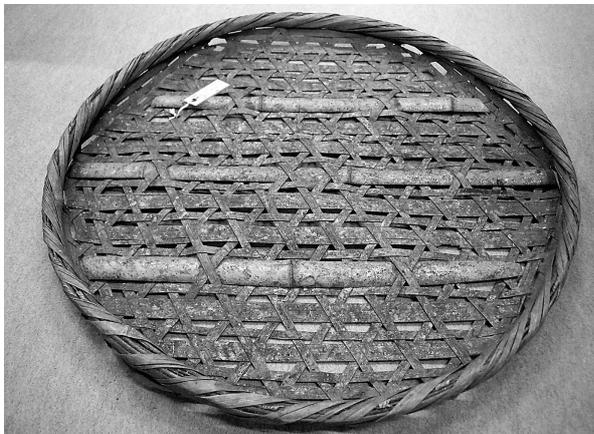


写真10 使用痕が付随する漁撈用具（煮干籠）

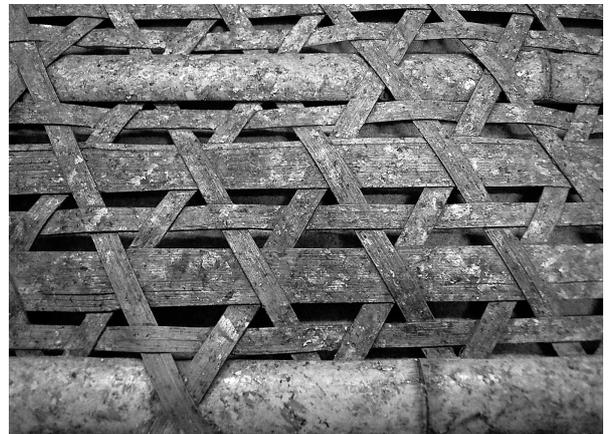


写真11 写真10資料の使用痕部分拡大

化物イオン濃度および電気伝導率が水道水とほぼ同程度になるまで繰り返した。その結果、資料本体の体積が500cm<sup>3</sup>程度の匏については、概ね3週間程度で脱塩を完了することができた。

以上の結果から、新たに構築した安定化処理方法を用いることにより、海水損後1年以上を経過した大工道具、とりわけ木部の劣化が軽微な資料に対し、除菌、除泥、および脱塩を効果的に施し得ることが確認された。今後はこの方法を用いて残存状況が良好な被災大工道具の安定化処理を進めるとともに、前述した処置法では対処が難しい資料については別途新たな安定化処理法を構築しその措置に当たりたいと考える。

### 謝辞

本稿の作成の過程において、NPO 法人カビ相談センター理事長・高鳥浩介氏から多大なご教授およびご指導をいただいた。ここに記して御礼申し上げます。

### 註

- 1 木戸脇直ほか「海水損古文書の脱塩方法について」『岩手県立博物館研究報告』第29号（2012年）p.21-32
- 2 気仙大工は近世期の在方集住大工として著名であり、現在の陸前高田市高田町、小友町に集住していたことが確認されている。旧気仙郡出身の大工は気仙大工とよばれており（高橋恒夫『近世在方集住大工の研究』、中央公論美術出版、2010年）、実験に用いた資料はその来歴から気仙大工が使用した大工道具といえる。
- 3 陸前高田市立博物館館長本多文人氏によれば、「佐々木」の刻印を有する大工道具類およびその共伴品は被災前陸前高田市高田町に在住していた佐々木氏の蔵に保管されていた資料で、他の複数の大工道具とともに一括で寄贈を受けたものであるという。寄贈者自身、2002年の寄贈時点で当該資料の来歴を明確に把握していなかったことから、寄贈者より2世代以上前に使用されていた可能性が高いとされる。
- 4 木材の木目に反して匏をかけた際に、木目が逆立つ現

象（逆目）を抑制することができる二枚鉋は近代以降日本にもたらされたものであり、気仙地方で使用されるようになったのは大正以降であるとされている（平山憲治『気仙大工道具考Ⅰ』、気仙大工研究所、1994年）。

- 5 第36回文化財の保存および修復に関する国際研究集会（2012年、東京国立博物館）における佐藤嘉則氏報告「津波で被災した紙質文化財の生物劣化に関わる微生物群の調査」による。

### 要 旨

海水損後、約50日を経て岩手県陸前高田市立博物館から救出された500点以上の大工道具には、同年8月から11月にかけて固着した土砂のドライクリーニングが施された。その後1年強が経過した2012年10月29日より、本誌第29号で述べた被災古文書の安定化処理法を基に、残存状況が良好な民俗資料を対象と

する安定化処理法を構築し、除菌・除泥・脱塩を行った。

白色および黒色を呈するカビが発生した資料を400ppm次亜塩素酸ナトリウム水溶液で30分間浸漬処理し、菌を殺滅した。15分間超音波洗浄処理を施した資料の木部表面には、双眼実体顕微鏡下でも土砂の固着はみられなかった。資料を4ℓの水道水に浸漬し、24時間毎に水を交換する作業を、脱塩液の電気伝導率および塩化物イオン濃度が水道水と同程度になるまで繰り返した。その結果、体積500cm<sup>3</sup>程度の鉋については概ね3週間で脱塩を完了できた。この方法により、残存状況が良好で、海水損後1年以上を経過した大工道具に対し、効率的に安定化処理を施し得ることが確認できた。

キーワード：海水損、除泥、除菌、脱塩、安定化処理