

# 〔報告〕 津波被災紙資料洗浄水の分析 —塩化物イオン濃度と細菌数—

内田 優花・佐野 千絵・赤沼 英男\*

## 1. はじめに

2011年に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う津波により被災した文化財の数は膨大である。岩手県立博物館（以後、岩手県博）では震災から6年を経た今でも津波被災紙資料の修復作業を継続しており、作業終了時期の目途は立っていない。これらの津波被災紙資料はただの海水ではなく、汚泥等様々な汚れを含んだ水による被害を受けている。そのため、水で洗い流す方法では紙資料に付着した汚れ成分を取り除くことができず、安定化処理が完了した紙資料から異臭が発生するといった問題が報告されている<sup>1)</sup>。この報告において、紙資料洗浄を行う水槽内での嫌気性微生物発生の可能性が示唆されている。

今回、岩手県博の陸前高田市立博物館被災文化財等保存修復施設（以下、保存修復施設）にて、処置中における微生物発生の有無を確認するために資料洗浄水をサンプリングし、洗浄水中に存在する細菌数の推移を調べた。また、処置中に微生物発生に有利な条件になっていないか確認するために水槽の水温をモニタリングするとともに、脱塩処置の進行状況を確認したので、その結果を報告する。

## 2. 安定化処理について

安定化処理とは、津波により被災した紙資料を長期に渡り安定的に保管できる状態にするために行われる作業をいう。資料の状態や形態により差異はあるものの、2017年6月の調査時に行われていた処置を表1に記す。③脱脂と④脱塩工程にて紙資料を水に一晩漬け置く時、人が常駐する日中はポンプを稼働させて水を循環させているが、夜間はポンプの電源を抜いた状態で静置される。作業を行う水槽はおよそ300 Lの水を貯めることが可能であり、一回で約33冊の紙資料を処置することができる（図1）。超音波洗浄器は水槽よりも小さいため、数回に分けて処置を行っている。作業終了時に紙資料から自重で落ちた水（以後、洗浄水）（図2）の塩化物イオン濃度を保存修復施設内のイオンメーターで測定し、作業完了の基準としている。一資料群に対して4、5日程度の期間を要する。

---

\*岩手県立博物館

表 1 2017年6月調査時の安定化処理工程

処置	処置内容
①乾式での泥落とし	作業は山形文化遺産防災ネットワークの活動により岩手県博外で行われていた。泥落とし完了後の資料は、岩手県博の冷凍庫で保管される。
②冷凍庫から出した資料の解体	解体した資料は一枚ずつ不織布につつまれ、プラスチック製のカゴに入れられ（基本1カゴ1資料）、水槽に設置される。
③脱脂	0.5% (w/v) 中性洗剤水溶液（約40℃）に一晩漬けた後、翌日に新しく調製した0.5% (w/v) 中性洗剤水溶液（約40℃）で超音波洗浄を10分間行う <sup>※1</sup> 。
④脱塩	水道水のシャワーで洗剤の残りを流して不織布を交換した後、水道水（約40℃）に一晩漬ける。 この時にカビ痕が確認された場合には、次亜塩素酸ナトリウム水溶液（400ppm）による10分間の除菌工程が加わる。 ※この工程を繰り返し、処置後の洗浄水の塩化物イオン濃度 <sup>※2</sup> と前日の水道水の塩化物イオン濃度との差が1ppm以下になりそうになったら、水槽内の紙資料を入れた3カゴをコンテナに入れて精製水5Lで一晩漬け置く。このコンテナの資料洗浄水の塩化物イオン濃度が2ppmを下回ったら、最後に10分間精製水で超音波洗浄を行い、脱塩完了となる。
⑤乾燥	乾燥室である程度乾燥させた後、常温でのプレス乾燥を行い、資料のフラットニングを行う。

※1 中性洗剤 ホワイト7-P（ユーアイ化成社）

※2 イオンメーター Orion DUAL STAR pH/ISE Meter（Thermo Scientific 社）、塩素複合電極 Orion 9617BNWP（Thermo Scientific 社）



図1 脱塩工程（左：水槽に水を張った状態、右：水を張る前）

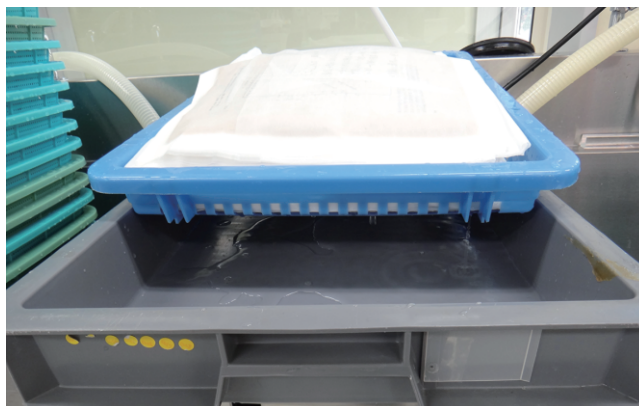


図2 紙資料から自重で落ちた水（洗浄水）

### 3. 調査とサンプリング

2017年6月と7月の2回、岩手県博で現地調査を行い、紙資料の安定化処理の際に生じる洗浄水と水槽の上澄み水のサンプリング、処置を行っている水槽の水温等のモニタリングを行った。調査対象資料群の特徴を表2に、これらの資料の処置中にサンプリングした試料一覧を表3に記す。サンプリングした試料はその日の内に冷凍庫に入れ、冷凍保管した。

6月の調査では、通常行われていた安定化処理作業の前に、一次洗浄と呼ばれる洗剤を入れない水道水に一晩資料を水漬ける工程を加えた。これは、洗剤が含まれた水の分析がイオンクロマトグラフで難しいためである。また、水槽のモニタリングに際し、嫌気性微生物の繁殖に有利にならないよう溶存酸素を増やすため、小型のポンプを設置して強制的にエアーを押し込むことを試みた(6月24日)。

7月の調査では、短時間かつ常温(約26℃)の水道水でも脱塩作業を完了できるのではないかと考え、試験的に常温の水道水を使用し、脱脂、脱塩工程を各3時間程度に短縮して作業を行い、サンプリングを行った。処置時間を表4に記す。

表2 調査対象資料群の特徴

資料群	調査日	資料群の特徴
BD-1	7月11日～12日	乾式での泥落しを行っていない、泥付きの資料。
BD-2	7月11日～12日	BD-1の一部を、小型コンテナで処置した資料。
AD-1	2017年5月2～7日に処置した時にサンプリングされ、以後冷凍庫保管されていた。	乾式での泥落し後、冷凍保管されていた資料。
AD-2	6月21日～25日	乾式での泥落し後、冷凍保管されていた資料。
AT-1	6月24日～28日	一度、水のみで洗浄を完了した初期の資料。常温保管している間に段々臭気を発するようになった。
AT-2	7月11日～12日	一度、水と次亜塩素酸ナトリウムで洗浄を完了した初期の資料。常温保管している間に段々臭気を発するようになった。

表3 サンプリングした試料一覧(括弧内は処置日)

	一次洗浄後	脱脂後	脱塩1回目後	脱塩2回目後	脱塩3回目後	脱塩4回目後	脱塩5回目後
BD-1	使用水道水、 洗浄水(7/11)	洗浄水(7/12)	洗浄水(7/12)	洗浄水(7/12)	—	—	—
BD-2	使用水道水、 洗浄水(7/11)	洗浄水(7/11)	洗浄水(7/12)	洗浄水(7/12)	洗浄水(7/12)	—	—
AD-1	—	使用水道水、 洗浄水(5/3)	使用水道水、 洗浄水(5/4)	使用水道水、 洗浄水(5/5)	使用水道水、 洗浄水(5/6)	使用水道水、 洗浄水(5/7)	使用精製水 <sup>※3</sup> 、 洗浄水(5/7)
AD-2	洗浄水(6/22)	洗浄水(6/23)	洗浄水(6/24)	洗浄水(6/25)	洗浄水(6/25)	—	—
AT-1(JP) <sup>※1</sup>	水槽上澄み水 (6/24, 25)、	洗浄水(6/26)	洗浄水(6/27)	洗浄水(6/28)	洗浄水(6/28) <sup>※2</sup>	—	—
AT-1(P) <sup>※1</sup>	洗浄水(6/25)		洗浄水(6/27)	洗浄水(6/28)		—	—
AT-2	使用水道水、 洗浄水(7/11)	洗浄水(7/11)	洗浄水(7/11)	洗浄水(7/11)	洗浄水(7/12)	—	—

※1 AT-1は、脱塩1回目と2回目の作業完了時、和紙資料(AT-1(JP))と洋紙資料(AT-1(P))の洗浄水のサンプリングを別に行った。

※2 脱塩3回目終了時に洗剤残りが確認できたため、その後に資料を水道水を張ったコンテナに浸し、洗剤をすすいだ。さらに、精製水に5分浸した後、10分間超音波洗浄を行った。

※3 カートリッジ純水器 G-10D型(オルガノ社)で精製した水。

表4 7月調査時の処置時間

	BD-1	BD-2	AT-2
一次洗浄	土砂をシャワーで洗い流す +水漬け約3時間	土砂をシャワーで洗い流す +水漬け約2時間	約2時間
脱脂	約17時間(一晩)	約1時間	約20時間(一晩)
脱塩1回目	約2時間	約16時間(一晩)	約3時間
脱塩2回目	超音波洗浄10分	約3時間	超音波洗浄10分
脱塩3回目	—	超音波洗浄5分	—

## 4. 実験

### 4-1. 水槽内の水温および溶存酸素量の測定

保存修復施設にて、安定化処理作業を行っている水槽にインテリジェントウォーターチェッカー IWC-6SD (CUSTOM 社) を設置し、溶存酸素量 (DO) と温度を15分間隔で測定した。使用センサーは以下の通りである。

使用センサー (DO) : OXPB-11

測定範囲 : 0~20.0 mg/L, 分解能 : 0.1 mg/L,

測定精度 : ±0.4 mg/L

使用センサー (温度) : TR-07

測定範囲 : 0~60 °C, 分解能 : 0.1 °C,

測定精度 : ±0.8 °C

センサーは、水槽上部より10 cm ほど水面下に設置したが、水槽深さは50 cm 程度あり、底面など深部の情報は計測できていない。

### 4-2. 処理水の細菌数の測定

試料中に存在する細菌を、希釈平板法を用いて計数した。サンプリングした洗浄水を解凍後、それぞれ滅菌水で希釈し、直径 90 mm のプラスチックシャーレ中の標準寒天培地に0.1 mL を塗付して30 °C で7日間培養した。出現コロニー数 (4枚のシャーレの平均値) から洗浄水1 mL あたりの細菌数を算出した。細菌種の観察は、目視で行った。

### 4-3. 塩化物イオン濃度の定量

塩化物イオンの定量分析にはイオンクロマトグラフ ICS-5000 (ダイオネクス社) を用いた。システムの構成および測定条件は以下のとおりである。

カラム : IonPac® AS20 (4 mm×250 mm), 溶離液 : KOH

カラム温度 : 30 °C

グラジェント : 3.0 mM/L (0-6.0 min), 5.0-30 mM/L (6.0-15 min),  
30-40 mM/L (15-23 min)

流量 : 1.0 mL/min, サプレッサー : ASRS®, 検出器 : 電気伝導度検出器

注入試料量 : 25 µL

サンプリングした試料を解凍後、水道水と精製水以外の試料についてはフィルターMillex-GP Filter, 0.22 µm, SLGP033RS (メルク社) で前処理を行った。3回測定した平均値 (希釈を行った試料は、希釈試料を2つ用意してそれぞれ3回測定し、6回の平均値) を測定値とし

た。

## 5. 結果と考察

### 5-1. 水槽内温度および溶存酸素量の変化

6月21日～24日に安定化処理を行ったAD-2(乾式泥落とし後の資料群)の水槽内の温度と溶存酸素量の測定結果を図3に示す。21日と23日は夕方に電源を落としたため夜中の測定ができなかったが、翌朝の水槽の水を抜く前の値を記録した(■：翌朝の水温, ●：翌朝の溶存酸素量)。

脱塩に使用する水道水は、脱塩効果を高めるために水温を高くして(例)21日の水温：44.2℃、DO：3.6mg/L)水槽に貯められていた。水道水の温度は蛇口で調節するタイプであったため、日によって最初の温度にばらつきが見られた。最初の温度が45℃と高めであった21日と22日の溶存酸素量は水温の影響を受けて、最初から5mg/Lを下回っていた。21日12時30分ごろの溶存酸素量のばらつきは、ポンプの不調により水槽内の水の流動が不安定であったためであると考えられる。最初の温度は多少ばらつくものの、翌朝はおよそ25℃で安定していた。

21日、22日の溶存酸素量は、夜間のポンプ停止に伴い減少した。21日と22日の翌朝は、わずかであるが溶存酸素量の増加が確認できる。これは、朝に出勤した職員がポンプを稼働させたためであると推測でき、ポンプにより水と空気が触れる面積が変化することが数値に影響したと考えられる。23日以降は夕方にポンプを止めても、24日日中に小型ポンプでエアを押し込んでも(開始：11：45、停止：16：23)溶存酸素量に変化がなく、センサー不調と判断した。

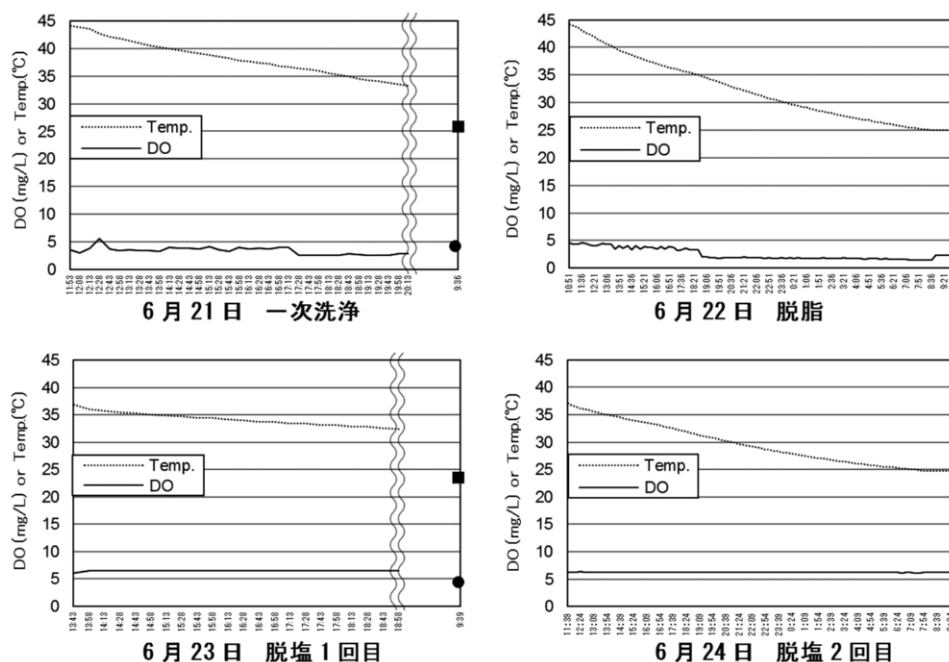


図3 AD-2の安定化処理中の水槽内の水温と溶存酸素量

### 5-2. 洗浄水に存在する細菌数の変化

#### 5-2-1. 従来の安定化処理の結果

保存修復施設で従来通り行われていた安定化処理中にサンプリングした試料(AD-1)および脱脂工程の前に水道水で一晩の漬け置き(一次洗浄)工程を追加した洗浄水(AD-2, AT-1)



に存在した細菌数の計数結果を図4に記す。殺菌効果を持つ洗剤を用いる脱脂工程において、細菌数が減少する傾向が確認できた。一方、その後の脱塩工程において、一晩水に漬けられている間に細菌数が増加する傾向が確認できた。AD-2（乾式泥落とし後の資料群）では「脱塩1回目後」ではなく、「脱塩2回目後」での細菌数の増加が確認できた。

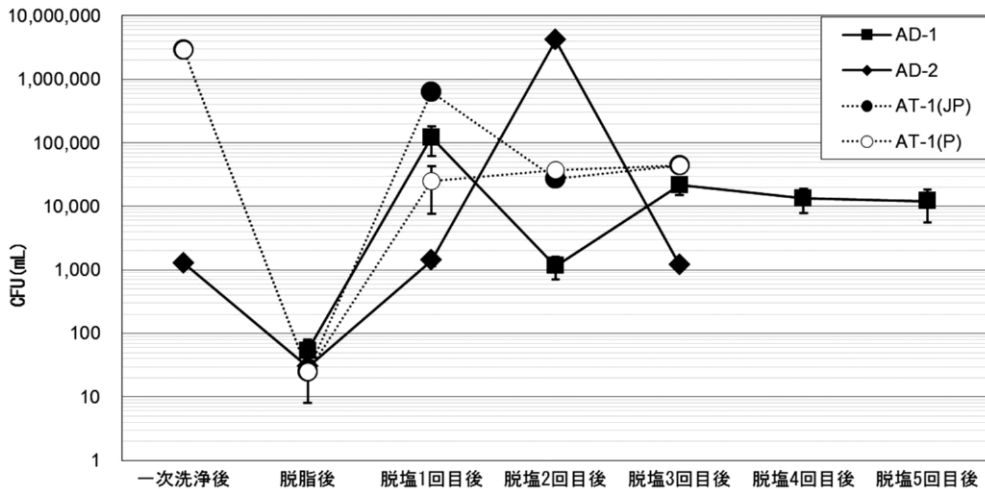


図4 保存修復施設で行われる安定化処理中にサンプリングした洗浄水内の細菌数

AT-1（水のみで洗浄を完了した初期の資料群）について、一次洗浄開始から終了までの間に水槽の上澄み水に存在した細菌数を表5に記す。処置を始めてすぐに細菌の存在は確認できるものの、3時間程度では著しい増殖は起こらなかった。これに対して、一晩紙資料を水漬けすることにより細菌数が一気に増殖することを確認した。「浸漬20時間」の水槽上澄み水と「一次洗浄後」の洗浄水に存在した細菌数は同程度であった。

図5にAD-2の洗浄水で培養した細菌種を示す。「一次洗浄後」の主要な細菌種は黄色味を呈したが、「脱脂後」「脱塩1回目後」では半透明～白色を呈する別の細菌種が培養された。「脱塩2回目後」「脱塩3回目後」では、白色や黄色味を呈する細菌種が確認できた。脱脂工程による中性洗剤を用いた洗浄作業で、除去できる細菌種と残存する細菌種が存在することが示唆された。

表5 AT-1の一次洗浄開始から終了までの間に水槽の上澄み水に存在した細菌数

資料を水に浸漬してからの経過時間	CFU (mL)
15分	12.5
1時間25分	5.0
2時間25分	0.0
3時間25分	0.0
20時間	1,332,500.0
(参考)	
一次洗浄後の洗浄水	2,900,000.0

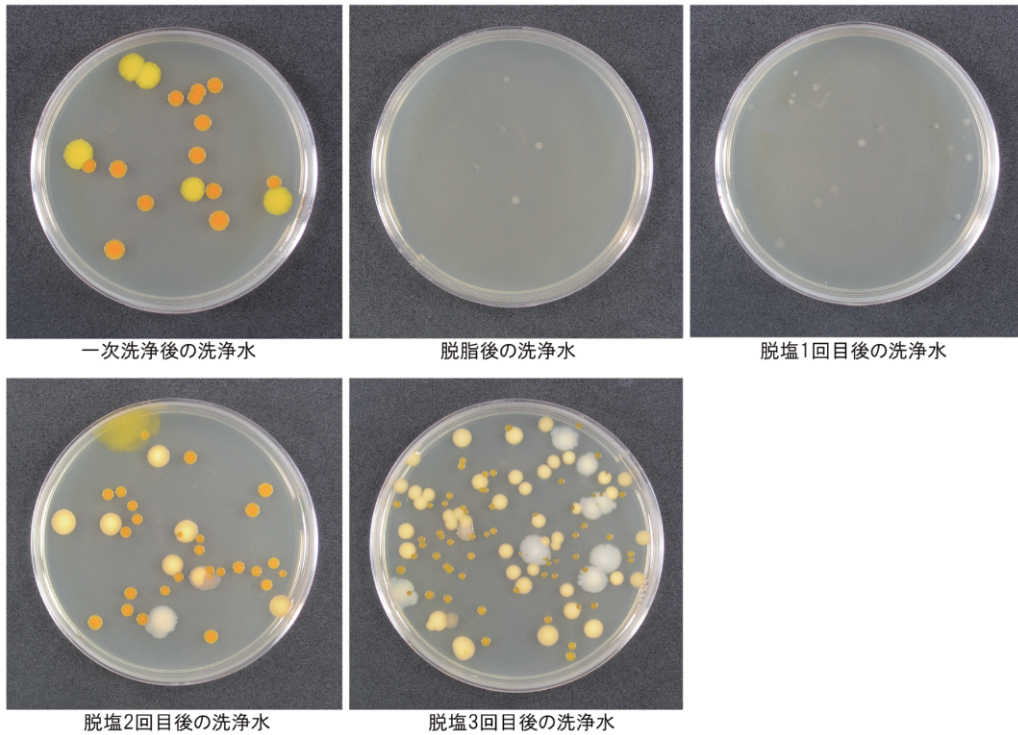


図5 AD-2（乾式泥落し後の資料群）の洗浄水で培養した細菌種  
（シャーレに塗布した洗浄水の希釈倍率はそれぞれ異なる）

### 5-2-2. 試験的処置方法の結果

紙資料の水への浸漬時間が通常よりも短い処置方法を試験的に行った、7月の調査でサンプリングした洗浄水に存在した細菌数の計数結果を図6に記す。BD-1の「一次洗浄後」、BD-2の「一次洗浄後」「脱塩1回目後」は、冷凍保管中にプラスチックボトルにひびが入ってしまっ

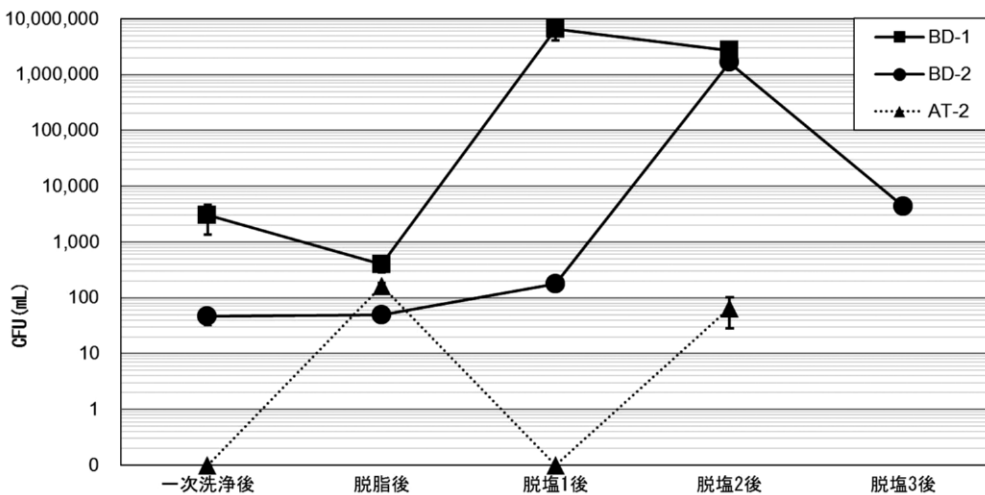


図6 7月の調査時にサンプリングした洗浄水内の細菌数

いたため、流水解凍時に水道水が混入した可能性がある。なお、混入の可能性がある水道水の細菌数は0であった。

BD-1, 2 (泥付きの資料群) についても従来の方法と同様に、脱塩工程にて細菌数が増加するという傾向が確認できた。AT-2 (水と次亜塩素酸ナトリウムで洗浄を完了した初期の資料群) については、処置によって細菌の発生を招いた可能性が示唆される。

### 5-3. 処置工程ごとの洗浄水内塩化物イオン濃度の変化

洗剤 (界面活性剤) は機器の故障に繋がるため、「脱脂後」と「脱塩1回目後」の測定は行わなかった。

#### 5-3-1. 従来の安定化処理の結果

AD-1, 2 (泥落とし後の資料群) と AT-1 (過去に水のみで洗浄を行った資料群) の洗浄水の分析結果を図7に、AD-1の処置に用いられた水道水と精製水の分析結果を表6に記す。AD-1は「脱塩2回目後」から「脱塩4回目後」までほとんど変化はなく、最後の「脱塩5回目後」で精製水による超音波洗浄を行うことで、塩化物イオン濃度は水道水よりも低くなっていった。AD-2では「一次洗浄後」から「脱塩2回目後」の間で大きく塩化物イオン濃度が減少していることが確認できた。AD-1とAD-2は同系統の資料群であるため、AD-1も一回目の洗浄によって塩化物イオン濃度が大きく減少したと推測できる。AT-1については、水での洗浄を一度行っているためか塩化物イオン濃度は最初から小さい値を示した。

表7にAT-1の一次洗浄開始から継続的に、水槽からすくった上澄み水の塩化物イオン濃度を示す。資料を水に浸漬して15分後の試料と、一晚水に漬け置いた試料の塩化物イオン濃度は、同程度であった。また、一次洗浄が終了した時点での洗浄水と水槽の上澄み水の塩化物イオン濃度も同程度であった。

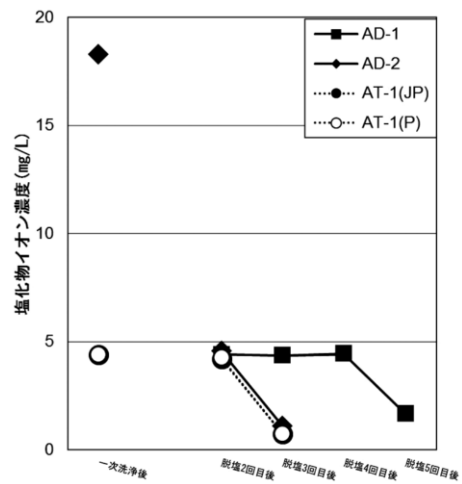


図7 洗浄水に含まれる塩化物イオン濃度と水内の細菌数

表6 AD-1の処置に用いられた水道水と精製水の塩化物イオン濃度

試料	mg/L
脱塩2回目に使用した水道水	4.30
脱塩3回目に使用した水道水	4.37
脱塩4回目に使用した水道水	4.26
脱塩5回目に使用した精製水	n. d.



表7 AT-1の一次洗浄開始後の水槽上澄み水の塩化物イオン濃度

試料	mg/L
一次洗浄開始後 15 分の水槽上澄み水	4.57
一次洗浄開始後 1 時間 25 分の水槽上澄み水	4.16
一次洗浄開始後 2 時間 25 分の水槽上澄み水	4.16
一次洗浄開始後 3 時間 25 分の水槽上澄み水	4.22
一次洗浄開始後 20 時間の水槽上澄み水	4.33
(参考) 一次洗浄後の洗浄液	4.40

### 5-3-2. 試験的処置方法の結果

常温（約26℃）の水道水で短時間の紙資料浸漬を試みた7月の調査でサンプリングした洗浄水BD-1、2（泥付きの資料群）とAT-2（水と次亜塩素酸ナトリウムで洗浄を完了した初期の資料群）の洗浄水の分析結果を図8に記す。BD-1の「一次洗浄後」、BD-2の「一次洗浄後」は、冷凍保管中にプラスチックボトルにひびが入ってしまっていたため、流水解凍時に水道水が混入した可能性がある。

BD-1、2の「一次洗浄後」の洗浄水には、多量の塩化物イオンが含まれていた。（解凍時に水道水が混入したとしても、考察に問題ない数値である。）泥を落とした資料の処置と比べて塩化物イオン濃度は桁違いに高く、これは泥そのものに塩化物イオンが含まれていることを示している。

AT-2については、従来と異なる方法（常温の水道水を使用し、脱塩時間を短縮するなど）を取った結果、脱塩1回目終了時点で塩化物イオン濃度が基準を下回り（保存修復施設のイオンメーターで測定）、脱塩2回目で精製水での超音波洗浄を行うことで、塩化物イオン濃度は水道水よりも低くなった。塩化物イオン濃度のみを下げるのであれば、必要とされる浸漬時間は資料によって異なってくるといっても、常温の水道水への短時間の浸漬で問題ないということが示唆された。

残念なことに、この従来と異なる処置方法を試みた7月調査の後、乾燥中のこの3資料群から臭気の発生が確認された。原因として資料の乾燥時間が関係していると推測されたため、乾燥室にデータロガー HOBO UX100-003（Onset社）を設置して温湿度を測定した。7月22日～9月1日の平均値は、温度：22.2 ± 0.1℃、湿度：66 ± 6%rhであった。特に、湿度は60～80%rhで大きく変動していた。多くの水分を含んだ紙資料が平置き状態で乾燥室内に静置されることで、室内の湿度が上昇したと考える。この課題については、今後検討する。

### 5-4. 水槽内の水温と細菌数、塩化物イオン濃度

6月の調査により、脱脂と脱塩をおこなっている水槽の水温が、一般に細菌の発育至適温度とされる30～37℃<sup>2)</sup>という状態で毎日約8時間続くということが分かった。紙資料を長時間水

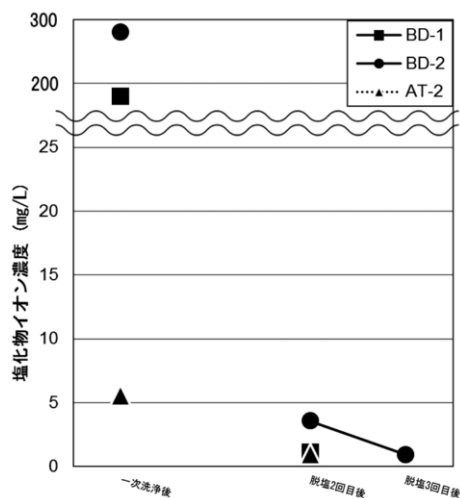


図8 洗浄水に含まれる塩化物イオン濃度

温の高い水に浸けることで、洗浄水中で細菌が繁殖したことが示唆された。一方、推測した細菌発生に伴う溶存酸素量の減少は、今回の結果からは確認できなかった。また、こうした細菌の繁殖を抑制するために①水温を高くしない、②水に資料を長時間浸けないという方法を試みた7月の調査でも、細菌の繁殖が確認された。

塩化物イオンについては6月と7月の調査で差が見られず、一度目の水漬けで塩化物イオン濃度が大きく減少するという過去の実験結果<sup>3)</sup>と類似した結果が得られた。常温の水道水への短時間の水漬けを数回行うことで、塩化物イオンの除去が十分に可能であることが分かった。

## 6. まとめ

安定化処理について異臭の原因を細菌類の発生と仮定した場合、①脱脂工程と脱塩工程で最初の水温を約40～45℃にした時、水槽内で細菌の発育至適温度(30～37℃)が約8時間続く、②紙資料を水に浸け続けると洗浄水中に細菌が繁殖する、という条件下にあることが分かった。一方、被災紙資料を常温の水道水へ短時間浸漬することで、資料から十分に塩化物イオンを除去できることも分かった。以上より、塩化物イオンの除去を目的とした処置であれば、水温を上げる必要はなく、資料洗浄時間と回数を短縮することが可能であるということが示唆された。しかし、短縮した洗浄時間がその他の汚れの除去に十分であるかどうかは、より詳しい検討が必要であろう。

現在までの安定化処理では、紙資料に含まれる津波由来の塩化物イオンの除去が重視されてきた。資料を安定した状態で保存するための脱塩作業は重要であるが、紙資料を水に浸け続けることで生じる微生物被害の危険性についても考慮する必要があるのではないかと考える。

## 謝辞

試料のサンプリングにご協力いただきました、岩手県立博物館 期限付職員 沼田萌生氏、三好さゆり氏に深く感謝申し上げます。また、安定化処理の実地調査にあたり、陸前高田市立博物館被災文化財等保存修復施設の皆様に大変お世話になりました。心より、御礼申し上げます。

本研究の一部は、JSPS 科研費15K01141「津波被災文書資料から発生するにおい物質の同定とその対策」の助成を受けたものである。

## 参考文献

- 1) 佐野千絵、内田優花、赤沼英男：津波被災紙資料から発生する臭気の分析と発生メカニズムの推定、保存科学、56、121-133 (2017)
- 2) 高鳥浩介 監修：かび検査マニュアルカラー図譜、株式会社テクノシステム、p.28 (2002)
- 3) 赤沼英男：紙を素材とする文化財の安定化処理、安定化処理～大津波被災文化財保存修復技術連携プロジェクト～(2015改訂版)、津波により被災した文化財の保存修復技術の構築と専門機関の連携に関するプロジェクト実行委員会他編、津波により被災した文化財の保存修復技術の構築と専門機関の連携に関するプロジェクト実行委員会、pp.80-85 (2015)

キーワード：津波被災紙資料(tsunami damaged document)；安定化処理(stabilization treatment)；脱塩(desalination)；細菌(bacteria)；塩化物イオン(chloride ion)

# Measurement of Water Washed Paper Documents Damaged by Tsunami: Chloride Content and Bacteria Count

Yuka UCHIDA, Chie SANO and Hideo AKANUMA\*

The number of paper documents damaged by tsunami that accompanied the Great East Japan Earthquake in 2011 is enormous. Because documents were damaged by not only seawater but also sewage including dirt and sand, conservators cannot treat the documents with conventional methods. Stabilization treatment, which places importance on sterilization and desalination of the documents, has been performed in Iwate Prefectural Museum for six years. However, some problems have occurred, such as odor from the treated paper documents.

It is inferred that the problem of odor from the documents is caused by microbes. Therefore, water temperature and dissolved oxygen content of water in tubs which were used to treat tsunami-damaged documents were measured in order to verify whether bacteria exist in the water or not. In addition, bacteria count and chloride content in the water used in washing the paper documents were measured.

In conclusion, the present study has demonstrated that: 1) when the tsunami-damaged documents are sunk in hot water (approximately from 40°C to 45°C), optimum temperature for growth of bacteria (from 30°C to 37°C) is kept for about eight hours, and 2) when the tsunami-damaged documents are sunk in water, it leads to growth of bacteria in the water. Meanwhile, chloride ions included in tsunami-damaged documents can be removed by sinking the documents in water for a short time. Thus, if removing chloride ion from the documents is only needed, the documents do not need to be sunk in water for a long time. However, further surveys of the treatment method are required in order to verify the optimum treatment time to remove other deteriorating factors from the paper documents damaged by tsunami.

---

\*Iwate Prefectural Museum