

## 津波被災紙資料における ATP+AMP 拭き取り検査の活用

内田 優花・佐野 千絵・赤沼 英男

独立行政法人国立文化財機構  
東京文化財研究所

保存科学 第56号 別刷

平成28年度

# 〔報告〕 津波被災紙資料における ATP+AMP 拭き取り検査の活用

内田 優花・佐野 千絵・赤沼 英男\*

## 1. はじめに

2011年3月11日に発生した東日本大震災による津波は、貴重な文化財および資料群に多大な被害をもたらした。これらの被災文化財の特徴としては、泥や土砂をはじめとした様々な物質を含んだ海水による水損であること、処置しなければならぬ点数が膨大であり、また形態や状態が様々であるということが挙げられる。岩手県立博物館では2011年4月、陸前高田市立図書館所蔵の古文書から被災資料の救出作業を開始し、そうした被災資料の安定化処理と修復作業を現在も継続して行っているが<sup>1)</sup>、作業完了までにはまだ長い期間が必要とされている。この安定化処理とは、除泥作業、次亜塩素酸を用いた除菌作業、脱塩作業という一連の流れを指すが、処置後の資料表面にカビ発生の痕跡や汚れが残る場合が多く、生物学的劣化要因が本当に除去されているかどうかの判断が難しい。

文化財分野における資料表面および環境の微生物汚染度評価には、サンプリングによる培地接種法が用いられるが、簡易的方法とは言い難く判定に数日を要する。これに対し、文化財公開施設への簡易的かつ迅速な微生物汚染度評価方法として、食品衛生分野で用いられている ATP (アデノシン三リン酸：adenosine triphosphate) 拭き取り検査適用の可能性が間瀬らにより報告されている<sup>2)</sup>。ATP 拭き取り検査では、検査箇所を専用綿棒で拭き取り試薬と反応させ、その発光量を数値化することで検査箇所の清浄度を簡便に知ることができる。さらに近年では、ATP+AMP 拭き取り検査という、ATP が変化した AMP (アデノシン一リン酸：adenosine monophosphate) も合わせて計測できる、より感度を高めた清浄度調査方法が食品衛生、医療分野で用いられている。

資料の生物学的劣化の程度を知る一つの指標として、この ATP+AMP 拭き取り検査による清浄度評価が応用できるのではないかと考え、2015年と2016年に岩手県立博物館において、安定化処理を行った津波被災紙資料の ATP+AMP 拭き取り検査を行った。加えて、除泥作業前後の資料付着物を採取し、培地接種法により生物学的劣化要因の有無を確認した。これによって、安定化処理工程ごとの被災紙資料表面の生物学的劣化の程度を評価し ATP+AMP 拭き取り検査の有効性を確認したので、その結果を報告する。

## 2. ATP+AMP 拭き取り検査について

ATP は、生物のエネルギーの貯蔵や放出に関わる化学物質であり、生命活動がおこなわれている所に必ず存在する。そのため、ATP の存在は生物あるいは生物の痕跡を示している。AMP は、ATP が熱や酵素等の働きにより分解することで生じる化学物質である。ATP+AMP 拭き取り検査では、検査箇所を綿棒でふき取り、綿棒で捕らえた ATP と AMP を試薬(D-ルシフェリンと酵素)と反応させることで発光させ、その発光量を測定して数値化(RLU: Relative

\*岩手県立博物館

Light Unit) する。この発光量は、ATP と AMP の量と比例するため、発光量の数値が高いほど ATP と AMP の存在量が多い、つまり清浄度が低いと判断することができる。

本来この ATP+AMP 拭き取り検査は、綿棒を水で湿らせて検査箇所を拭き取る湿式検査方法である。しかし、文化財分野で資料表面の調査を行う際に資料に湿りを与えることは現実的ではない。また、測定面積は10×10cm が基準とされており、文部科学省により示されている食品衛生分野での清浄度の数値指標はこの面積で示されている<sup>3)</sup>が、この広面積の適用も文化財修復現場では難しい。そのため、今回は綿棒を湿らせない乾式、5×5cm という面積での拭き取り調査を行った。

### 3. 調査

#### 3-1. 対象資料

岩手県立博物館で行っている安定化処理について、本報告では以下の4段階に分けて述べる。まず、被災地から救出してきたそのままの状態、あるいは乾式での簡易的な除泥を行った第1段階 [未処理]。この [未処理] の中にはわずかであるが、救出して直ぐの段階で真空凍結乾燥処理を施した、泥が付着したままの資料が存在する。次に、水を用いて資料の除泥を行った [一次洗浄] 段階 (基本は資料を水に浸漬して刷毛等で泥を落とした後、超音波洗浄による洗浄を行うが、資料形態により方法が異なる場合がある)。その後、次亜塩素酸ナトリウムによる除菌と水による脱塩 (資料により時間、回数等は異なる) を行った [安定化] 段階。最後に、安定化処理を行った資料に修復処置を施したものが [抜本修復] 段階となる。資料の中には燻蒸を行ったもの、行っていないものがあった。なお、処置の進行状況について等の情報は資料ごとで記録されていたが、資料によりその状況は様々であった。

また、調査対象資料は様々な形態をなしていた。本報告においてはこれらを以下の5つに分類した。目視で和紙、藁半紙と思われる紙で綴じられた資料を [冊子、簿冊]、印刷された出版物を [印刷物]、単一あるいは複数枚で綴じられていない資料を [シート状]、封筒と手紙もしくは葉書がセットになっていたものを [封筒、手紙] (封筒と中身が一体化したものも含む)、その他掛軸と地図 (大型のため畳まれた状態) を [掛軸、地図] と表記した。

[未処理]資料はレスキューされたままの形で段ボール箱に収納されていた。それ以外の資料はそれぞれ不織布に包まれ、種類や処置工程ごとに中性紙の保存箱に収納されていた。それらの箱は冷凍庫で保管されているものもあれば、岩手県立博物館内数か所で常温保管されているものもあった。

#### 3-2. 調査方法

##### 3-2-1. 資料付着物の調査

被災地から救出後、安定化処理等を施す前に奈良文化財研究所で真空凍結乾燥処置を行い、岩手県立博物館に運んだ泥付きの資料 ([未処理] に分類) の付着物と、[一次洗浄] 処置を終えた資料の付着物を、筆を用いて採取した (図1)。この2種類の付着物 (泥等) を、 $\phi$  50mm のプラスチックシャーレ中のポテト・デキストロース寒天 (PDA) 平板培地上にそれぞれ散布し、23°C の環境下で7日間静置し、観察した。

コロニーが発生したものに関しては、カビが繁殖している状況での ATP+AMP 発光量などの程度になるかを知るため、拭き取り用清浄度検査キット (ルシパック Pen, キッコーマン株式会社) をコロニー中央に数回押し付け、ポータブルルミノメーター (ルミテスター PD-10, キッコーマン株式会社) で ATP+AMP 発光量 (RLU 値) を測定した。

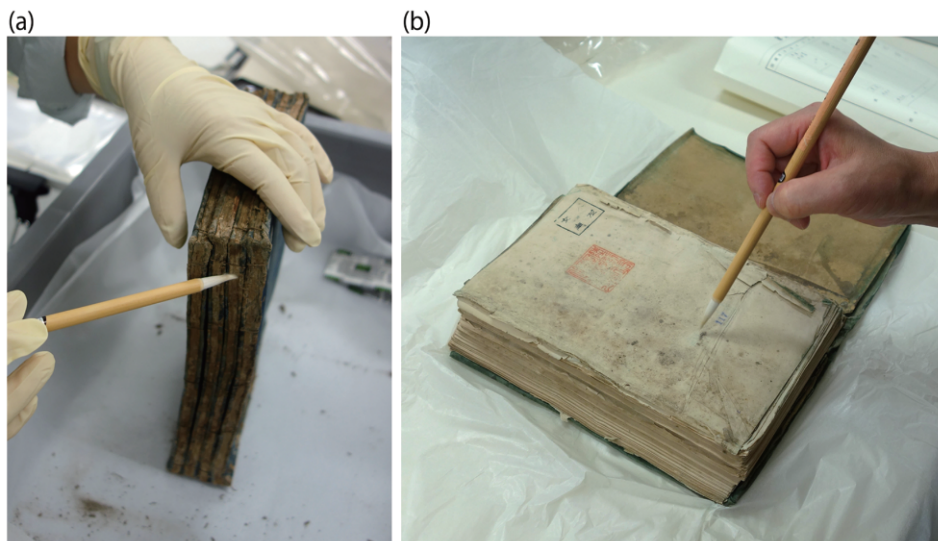


図1 付着物のサンプリング  
(a) [未処理] 資料 (b) [一次洗浄] 資料

### 3-2-2. 津波被災紙資料の調査

1回目の調査（2015年10月21～22日）では、資料を収納している保管箱から1箱あたり約3点を選択し、合計88点の資料、90か所の ATP+AMP 拭き取り検査を行った。調査資料一覧を表1に記す。2回目の調査（2016年8月25～26日）では、1回目の調査で高い値を示した資料や目視でカビ繁殖の痕跡が目立った資料10点の ATP+AMP 拭き取り検査を行った。全ての調査は岩手県立博物館で行った。

各測定箇所につき約5×5cmを、拭き取り用清浄度検査キット（ルシパック Pen, キッコーマン株式会社）により縦横斜め（右傾斜, 左傾斜）の4方向で表面を拭き取り, その場でポータブルルミノメーター（ルミテスターPD-10, キッコーマン株式会社）で ATP+AMP 発光量（RLU 値）を測定した。

表1 調査資料点数（2015年）

	未処理	一次洗浄	安定化	抜本修復	計
冊子, 簿冊	3	6	19	0	28
印刷物	0	3	9	9	21
シート状	0	1	22	5	28
封筒, 手紙	2	0	4	0	6
掛軸, 地図	0	6	0	1	7
総計	5	16	54	15	90

## 4. 結果と考察

### 4-1. 資料付着物について

[未処理] 資料の付着物からは、顕著なカビの繁殖が確認された(図2)。3日目に一つのコロニーでRLU値を測定すると、111,762であった。これに対し、[一次洗浄] 資料の付着物からは、カビの繁殖は確認されなかった(図3)。

このことから水を用いた除泥作業によるカビの抑制効果が認められ、たとえ洗浄処置後の資料表面に泥様の付着物が残存していたとしても、カビ被害の危険性は低いことが示唆された。

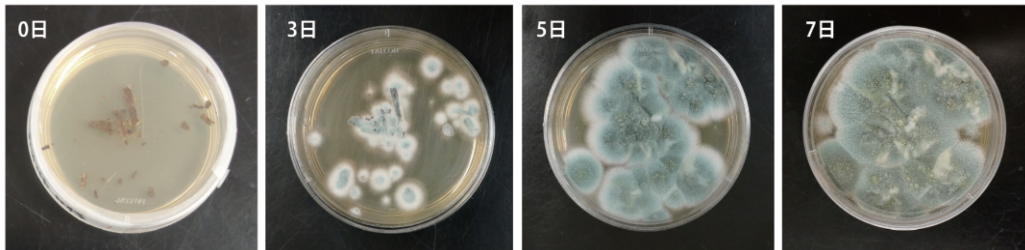


図2 [未処理] 資料付着物 (PDA, 23°C, 0～7日間培養)

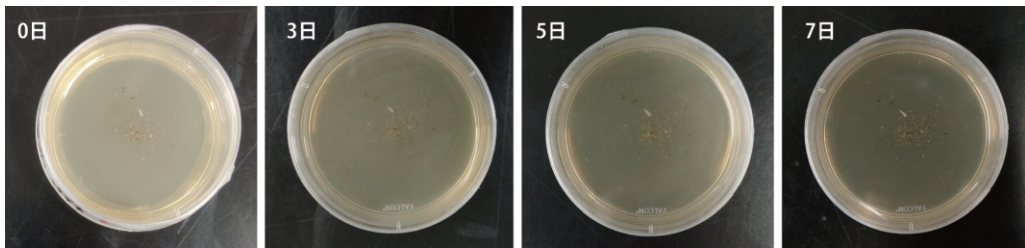


図3 [一次洗浄] 資料付着物 (PDA, 23°C, 0～7日間培養)

### 4-2. 津波被災資料について

#### 4-2-1. 2015年の調査

図4に調査結果(表面清浄度:RLU値)を記す。今回調査を行った大半の資料のRLU値は、3,000以下であった。また、処置の進行とともにRLU値が下がる傾向が確認できた。

[未処理] 冊子資料の中にRLU値10,000を超える資料が2点存在したが、これは資料表面に固着した付着物(泥等)の影響であると考えられる(図5(a))。[安定化]した封筒資料の中にもRLU値10,000に近い資料が1点存在したが、これは封筒と中身が一体化してしまった資料(図5(b))であり、除泥、除菌、脱塩作業が他と比べて困難な資料であったこ

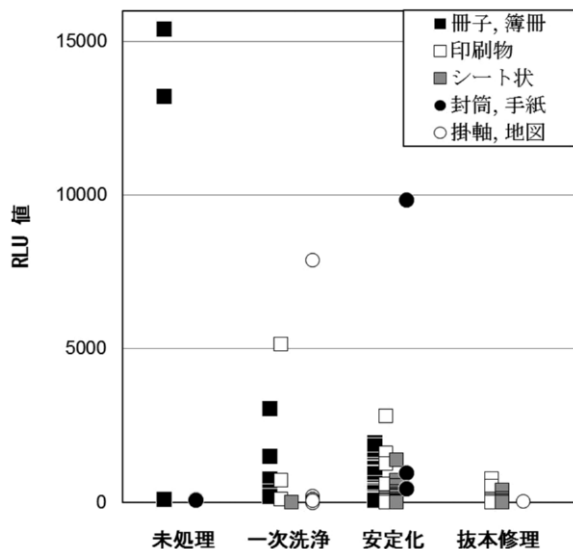


図4 資料の表面清浄度 (2015年調査)



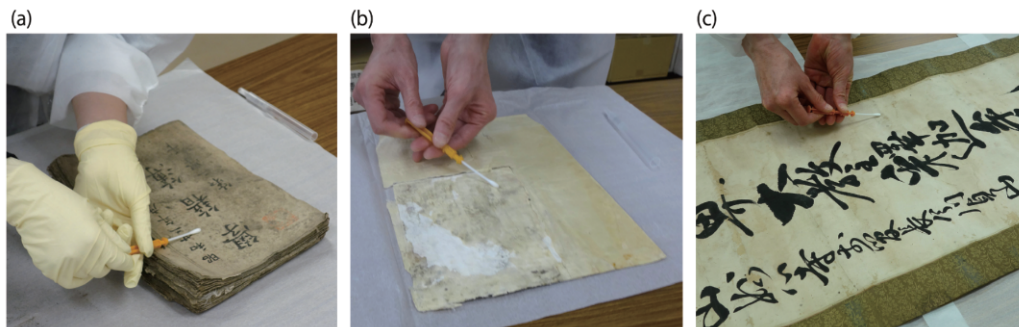


図5 拭き取り調査

(a) [未処理] 冊子 (b) [安定化] 封筒 (c) [一次洗浄] 掛軸

とが推測される。また、RLU 値8,000に近い値を示した [一次洗浄] 段階の掛軸 (図5(c)) も同様に、その形態のために洗浄不足となり、やや高めのRLU 値を示したと考えられる。

資料形態に着目すると、[シート状] 資料は他と比べて低いRLU 値を示した。この理由としては、シート状の資料は綴じられた書籍形態や掛軸のような資料に比べて安定化処理作業が容易であったということが考えられる。

#### 4-2-2. 2016年の調査

表2に2016年に再調査した資料の測定結果(表面清浄度:RLU 値)を2015年の値とともに記す。測定箇所は、できる限り前年と同じ場所を選んだ。処置が進行した資料のRLU 値の減少が確認でき、追加処置が行われなかった資料のほとんどで大きなRLU 値の変化は見られなかった。

「和紙簿冊1」「和紙簿冊2」(図6)は、2015から2016年の間に処置工程が進行し、[安定化]

表2 資料の表面清浄度(2015,2016年調査)

資料形態	RLU 値		処理状態
	2015年	2016年	
和紙簿冊1	13,208	241	未処理 → 安定化
和紙簿冊2	15,400	300	未処理 → 安定化
掛軸	7,891	110	一次洗浄 → 再洗浄
和紙簿冊3	787	233	一次洗浄まま
和紙簿冊4	3,045	3,088	一次洗浄まま
印刷物1	5,166	3,791	一次洗浄まま
印刷物2	1,380	1,276	安定化まま
和紙冊子	1,849	638	安定化まま
封筒, 手紙1	439	462	安定化まま
封筒, 手紙2	9,839	618	安定化まま

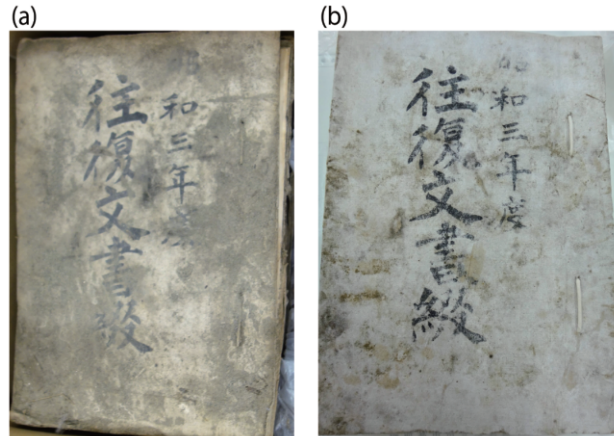


図6 「和紙簿冊2」

(a) 2015年 [未処理] 状態 (b) 2016年 [安定化] 状態

段階まで終了している。RLU 値は1年前と比べて大きく減少しており、これは処置により表面の泥を始めとした付着物が除去、除菌されたためであると考えられる。「掛軸」は処置工程の進行はないものの、2015年の清浄度測定結果を受けて精製水による再水洗処置が行われており、この水洗作業がRLU 値の減少に寄与したことが考えられる。「封筒、手紙2」は、2015年の調査の後から特に処置は行われなかったにもかかわらず数値が大きく減少したが、この原因は不明である。

## 5. まとめ

2015年と2016年の2回、岩手県立博物館で行われている安定化処理作業中の被災紙資料の表面清浄度をATP+AMP拭き取り検査により調査した。また、除泥作業が行われる前後の資料付着物を採取し、生物的劣化の程度を確認した。

採取した資料付着物について、水を用いた除泥作業を行う前の付着物ではカビの繁殖が確認されたが、除泥作業後の付着物からは確認されなかった。除泥作業を行う前の付着物から培養したカビはRLU 値100,000以上という数字を示したのに対し、調査を行った資料表面のRLU 値のほとんどは3,000程度であり、資料表面および資料付着物の殺菌・除菌がなされていることが分かった。やや高めなRLU 値10,000程度を示した資料であっても、安定化処理作業を進めることで値が減少することを確認した。

今回の調査においてATP+AMP拭き取り検査の結果は、安定化処理の進行、特に除泥作業によりRLU 値が減少するという傾向を示した。今後も調査事例を増やしていくことにより、文化財分野におけるATP+AMP拭き取り検査の有効性についてさらなる検証ができると考えている。

## 謝辞

清浄度調査の実施にあたり調査資料リストと写真の提供、資料の選定および資料表面の拭き取り作業を実施していただきました岩手県立博物館修復作業関係者の皆様に心より感謝いたします。

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。

#### 引用文献

- 1) 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、80-85 (2015)
- 2) 間瀬創、木川りか、佐野千絵：文化財公開施設等における ATP 拭き取り検査の活用について、保存科学、49、1-11 (2010)
- 3) 文部科学省 スポーツ・青少年局学校健康教育課：調理場における洗浄・消毒マニュアル Part II 第4章 洗浄・消毒の評価方法、文部科学省スポーツ・青少年局学校健康教育課、37-42 (2010)

キーワード：津波被災紙資料(paper materials damaged by tsunami)；生物劣化(biodeterioration)；安定化処理 (stabilization)；ATP (アデノシン三リン酸：Adenosine triphosphate)；AMP (アデノシン一リン酸：Adenosine monophosphate)



## Application of ATP + AMP Swab Test for Paper Documents Damaged by Tsunami

Yuka UCHIDA, Chie SANO and Hideo AKANUMA\*

Paper documents damaged by the tsunami that accompanied the Great East Japan Earthquake have been treated in Iwate Prefecture Museum since April 2011. However, it is difficult to confirm whether the deteriorating factors, such as fungus and bacteria, have been removed from the treated paper documents or not.

ATP (adenosine triphosphate) + AMP (adenosine monophosphate) swab test method used in food hygiene field is a method for quickly measuring the degree of cleanliness. In order to evaluate the degree of the biological deteriorating factors of paper documents damaged by tsunami, ATP + AMP swab test was applied for research on the tsunami-damaged paper documents in Iwate Prefecture Museum. In addition, microorganisms of dirt, such as soil and sand, which were collected from the paper documents were detected using cultivation.

As a result, it was found that the degree of biological deteriorating factors of the paper documents declined after they were treated by removal of dirt with water, sterilization using sodium hypochlorite and dechlorination with water. Although mold growth was observed on dirt collected from an untreated document, there was no mold growth on dirt collected from a document washed with water. The result showed that the conservation method taken in Iwate Prefecture Museum is effective for the sterilization of paper documents damaged by tsunami. Further case studies are required in order to verify the effectiveness of ATP+AMP swab test method on cultural properties.

---

\*Iwate Prefecture Museum