

# 〔報告〕 津波等で被災した文書等の救済法としての スクウェルチ・ドライイング法の検討 —処理後の塩分残留量について—

小野寺 裕子・古田嶋 智子・佐藤 嘉則・稲葉 政満\*・木川 りか

## 1. はじめに

津波や洪水で浸漬した文書等紙資料の脱水処置方法の一つとしてスクウェルチ・ドライイング法<sup>1)</sup>がある。スクウェルチ・ドライイング法は、風乾した際に起こる資料の波打ちを防ぐなど整形の面での利点がある<sup>2)</sup>が、津波など海水に浸漬した資料をスクウェルチ・ドライイング法により脱水すると、資料から新聞紙への水分移動の際に海水中の塩分も移動して、処置後の資料からは風乾処理に比べて、より塩分が除かれると考えられる。そこで、本研究では、スクウェルチ・ドライイング法による処理を実施した後、紙資料からどの程度塩分が除去されるのかを評価するための実験を行った。海水を想定した3.5%食塩水に浸漬した冊子を、風乾およびスクウェルチ・ドライイング法によって処理した。それぞれの試料を絶乾した後に重量を計測する方法と、試料中の塩化物イオン濃度測定を行う方法によって試料に残留する塩分量を調査したので報告する。

## 2. 実験方法

### 2-1. 試料

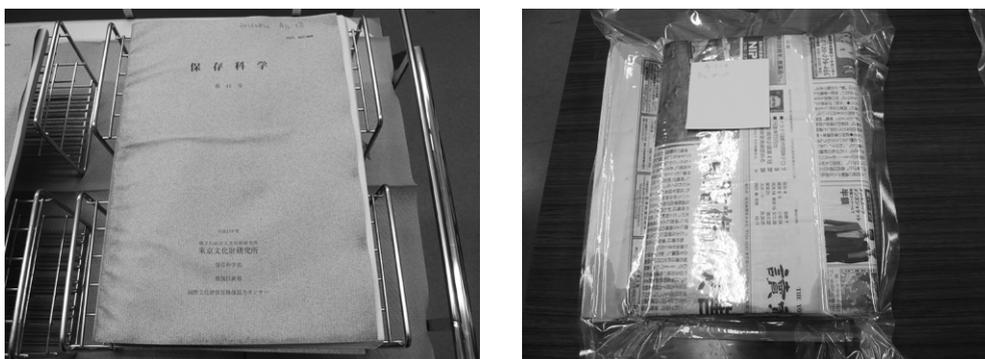
前処理として、刊行物(冊子体, B 5判, 厚さ約10mm, 176ページ, 洋紙, 古紙100%再生紙)を各処理用に3冊用いて、以下のようにして試料を浸漬した。純水1Lに食塩(AJINOMOTO 瀬戸のほんじお) 35gを溶かして3.5% (w/v) の食塩水(以下, 3.5%食塩水と略記する)とし、そこに冊子を3日間浸漬した。

風乾処理は、浸漬後の各冊子を金属製の格子の上に広げて、温湿度を管理していない環境で静置した(図1-a)。

スクウェルチ・ドライイング法は、以下のように処置した。浸漬後の冊子を冊子と同じ大きさに合わせて切ったポリエステル紙と新聞紙(朝刊2日分, 約80ページ)でくるみ、3冊分重ねて酸素バリア性のあるフィルムの袋に入れた。これを脱気シーラー(富士インパルス株式会社製, マイコン制御卓上型ノズル式脱気シーラーV-402)を使用して脱気封入した(図1-b)。水分を吸収した新聞紙を取り換えて上記の操作を定期的に行い、合計で17回の処理を行った。

スクウェルチ・ドライイング法の処理を0, 1, 3, 7, 11, 17回実施した時点で取り出した冊子と同一の時点まで風乾させた冊子をそれぞれ3冊ずつ用いて以降の試験に供試した。また3.5%食塩水に未浸漬の冊子を対照試料とした。なお、処理期間中の環境は、風乾試料では、 $29^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  (相対湿度 $61\% \pm 7\%$ ) スクウェルチ・ドライイング法の試料では、 $27^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  (相対湿度 $50\% \pm 10\%$ ) であった。

\*東京藝術大学大学院



a. 風乾

b. スクウェルチ・ドライイング法

図1. 処理中の試料

## 2-2. 試料の絶乾重量の計測

風乾およびスクウェルチ・ドライイング法を実施した試料の絶乾重量は、JIS P8203<sup>3)</sup>による絶乾率の測定方法に準じて測定した。すなわち、絶乾処理前の試料の重量を精度0.01gの電子天秤(A&D FX-3000i)で計測し、試料を100°Cに設定したオーブン(ISUZU Drying Oven SNS-111S)に入れて約4時間静置した。その後オーブンから取り出した試料の重量を迅速に計測し、連続2回の試料重量の差が絶乾前重量の0.1%を超えない重量になったことを確認し、そのときの重量を絶乾重量とした。3.5%食塩水に未浸漬の試料についても同様に絶乾重量を求めた。

また、試料の重量から、それぞれの絶乾重量を引き試料が含む水分重量を求めた。なお、すべての試験は3連で行った。

## 2-3. 試料の塩化物イオン濃度の測定

風乾およびスクウェルチ・ドライイング法を実施した試料について、冊子全体の平均の塩化物イオン濃度および表紙、冊子の表面に近い部分、冊子の内部での塩化物イオン濃度を測定した。

冊子全体の平均の塩化物イオン濃度は、各冊子1冊を横に切り分けて得た約170gを粉碎・攪拌し、その内の約7.5gを150~400°Cで灰化させた後、蒸留水100mlに溶解させイオンクロマトグラフ(DIONEX DX-100)または電位差滴定法(三菱化学製、自動電位差滴定低装置GT-100)にて測定した。各試料から2点採取して、2回の平均を測定値とした。それぞれの分析条件を以下に示す。なお、分析は一般財団法人 新日本検定協会に委託した。

### イオンクロマトグラフ

ガードカラム: IonPac AG4A-SC (4×50mm)

分離カラム: IonPac AS4A-SC (4×250mm)

分離液: 1.8mmol/l Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>

1.7mmol/l NaHCO<sub>3</sub>

流量: 1.1ml/min

サプレッサー: ASRS

検出器: 電気伝導度検出器

### 電位差滴定法

ビューレット: 25ml

参照電極: GTRE10

検出電極: 銀電極 GTAG1B

滴定液: 0.1mol/l 硝酸銀水溶液

また、冊子体の部位ごとの塩化物イオン濃度は、表紙、先頭ページ群、中央ページ群の各ペー

ジを試料として用いた。各試料は、ページの中央部を10mm×5mmに裁断し、試料3gに対し純水300mLを加え、50℃の温浴にて1時間抽出し、溶液全体からサンプル2本を採り、100倍に希釈し、イオンクロマトグラフ(DIONEX ICS-5000)にて測定した。測定は各3回行った。分析条件を以下に示す。

イオンクロマトグラフ

分離カラム：IonPac<sup>®</sup> AS20

溶離液：KOH 5 mM (0-5 min)

グラジエント：5-30mM (5-15min), 30-40mM (15-23min)

流量：1.0mL/min

サプレッサー：ASRS<sup>®</sup>

検出器：電気伝導度検出器

### 3. 結果および考察

風乾、スクウェルチ・ドライイング法で処理した試料および未浸漬の試料の絶乾重量の推移を図2に示す。3.5%食塩水に未浸漬の試料の絶乾重量については3冊の平均値で、標準偏差は±1.4gであった。風乾した試料の絶乾重量は0日と比べてわずかに減少するが、その後は、時間が経過しても変わらず誤差の範囲で大きな変化は見られなかった。それに対してスクウェルチ・ドライイング法により処理した試料の絶乾重量は、処理回数を重ねると減少する傾向が認められた。処理方法による絶乾重量の違いは主に試料に含まれる塩分重量の違いと考えられる。

試料の水分重量を図3に示す。風乾した試料の水分は18日目までに急激に減少し、その後は変化していない。スクウェルチ・ドライイング法により処理をした試料の水分重量は、0回から3回までの4回の処理で227g(水分減少率40.0%)と急激に減少した。その後7回から17回

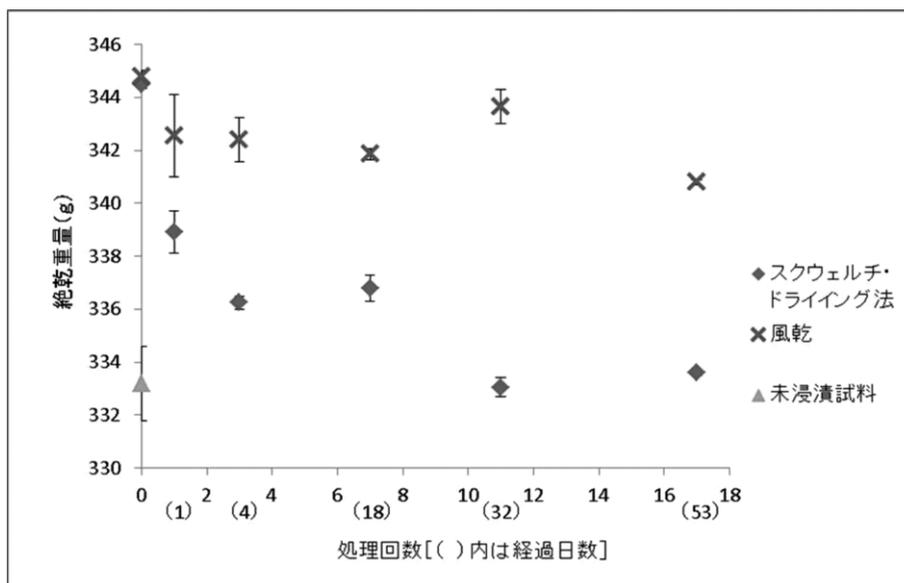


図2. 処理法別の試料および3.5%食塩水に未浸漬試料の絶乾重量  
エラーバーは標準偏差を表す

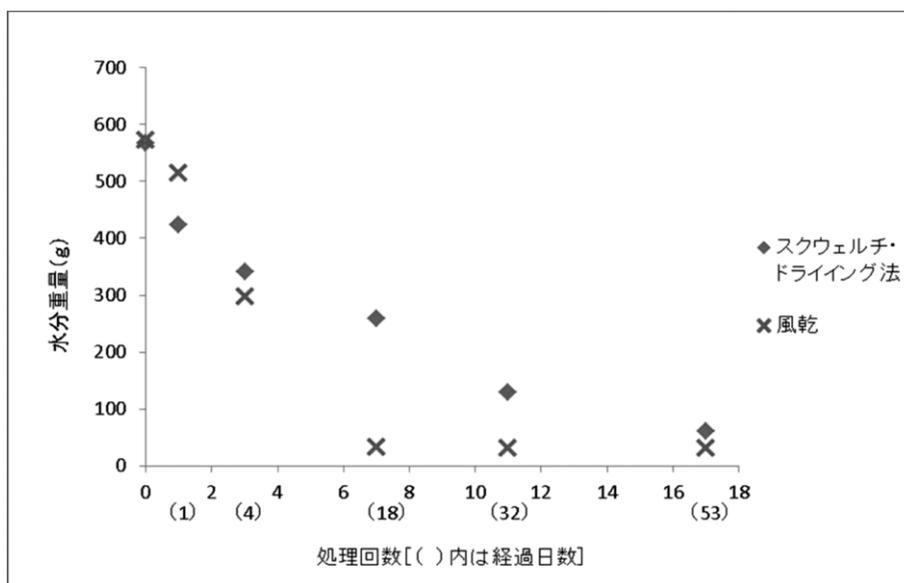


図3. 処理法別の試料の水分重量

までの11回の処置でゆるやかに199g (水分減少率35.1%) 減少し, 風乾と比較すると処置回数が増えるにつれ, 試料から除去された水分重量は減少した。

冊子全体の平均の塩化物イオン濃度を測定した結果を図4に示す。風乾した試料の濃度は7-15%減少していた。一方スクウェルチ・ドライイング法により処理をした試料の濃度は0回から3回処理にかけて大きく減少するものの, その後はあまり減少しなかった。これは冊子の水分が大幅に減少し, 水分が新聞紙へと多量に移動する0回から3回処理に水分とともに塩分も新聞紙へ移動したためと考えられる。

各ページの塩化物イオン濃度を処理方法ごとに図5, 6に示す。風乾した試料の各ページでの塩化物イオン濃度は, 中央ページのほうが少ない傾向を示した(図5)。しかし, 回収時期の違いによる特徴的な推移は見られなかった。スクウェルチ・ドライイング法により処理した試料でも同様に, 中央ページの濃度は他の部位より少ない傾向がみられたが, 先頭ページの塩化物イオン濃度は中央ページと同程度まで減少した(図6)。しかし, 表紙については7回目の処置以降, 冊子の内部よりも高くなる傾向がみられた(図6)。水分を多く含む初期段階では水分移動と共に塩分が総じて冊子の表層へ移動していくのではないかと推測されるが, ポリエステル紙や新聞紙と接触する不連続面となる冊子の表紙については, 水分が減少してくると表紙から新聞紙への塩分移動ができずに, 表紙の濃度が増加した可能性が示唆される。

#### 4. まとめ

スクウェルチ・ドライイング法による処理をした場合, 新聞紙への水分の移動が大きい段階において, 水分と共に塩分が移動することで, 風乾した場合と比較して資料に残存する塩分が減少すると考えられる。しかし, 水分の移動が小さくなるに従って塩分の移動がおこりにくくなると考えられ, 完全な脱塩までには至らなかった。なお, 本研究では再生紙(洋紙)の冊子を用いたが, 和紙など異なる種類の紙では, 結果が異なると考えられる。

スクウェルチ・ドライイング法は, 風乾と比較して, ある程度の脱塩は可能であり, 風乾し

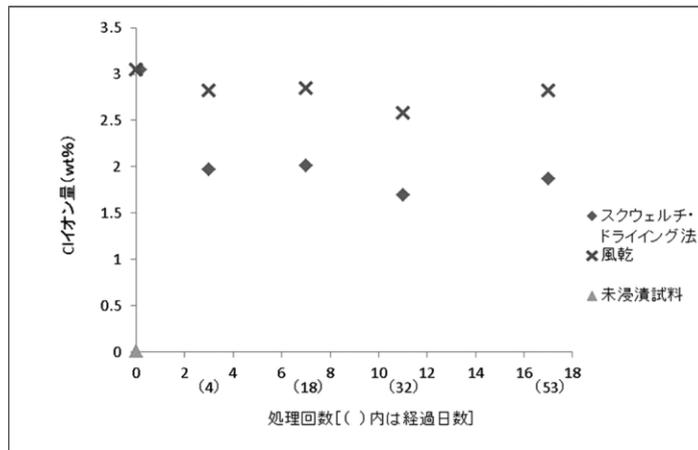


図4. 処理法別の冊子状試料および3.5%食塩水に未浸漬試料の塩化物イオン濃度

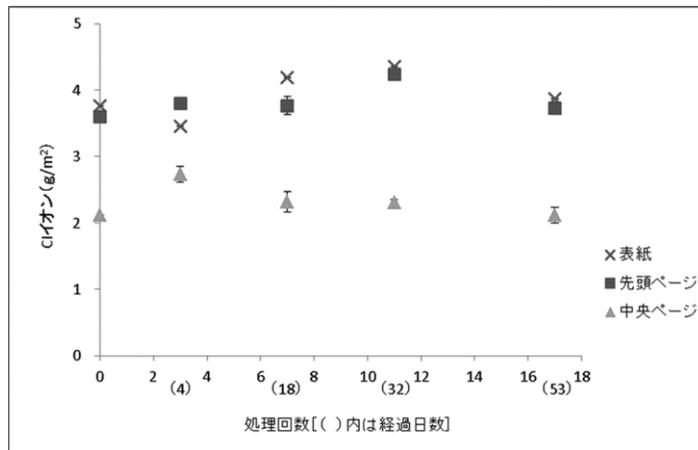


図5. 風乾による試料の各ページの塩化物イオン濃度  
エラーバーは標準偏差を表す

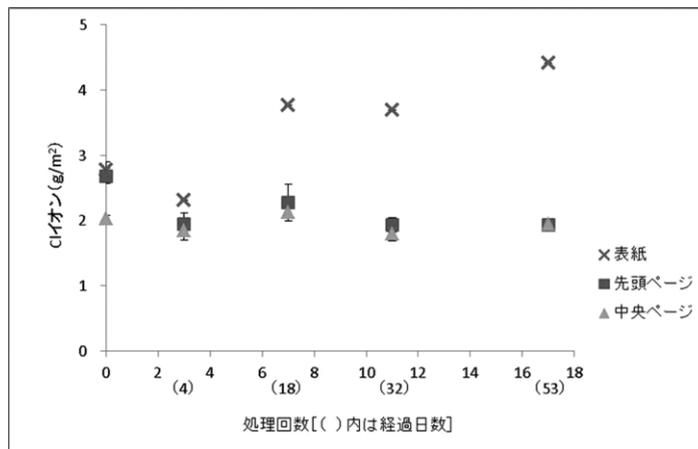


図6. スクウェルチ・ドライイング法による試料の各ページの塩化物イオン濃度  
エラーバーは標準偏差を表す

た際に起こる資料の波打ちを防ぐなど整形の面での利点もある。津波等により水損した際の初期対応の方法として、他の方法がすぐに適用できない場合などの選択肢の一つとしては有用であろう。また資料を洗浄できる環境が整っている場合においては、洗浄による脱塩処理を施した後、脱水を目的としたスクウェルチ・ドライイング法も適用可能ではないかと考えられる。

#### 参考文献

- 1) Hadgraft Nicholas, Welch Stuart: Vacuum-packing and its implications for library, archive and related materials, Paper conservation news 89, 12-14 (1999)
- 2) 小野寺裕子, 佐藤嘉則, 谷村博美, 佐野千絵, 古田嶋智子, 林美木子, 木川りか: 津波等で被災した文書等の救済法としてのスクウェルチ・ドライイング法の検討, 保存科学, 51, 135-155 (2012)
- 3) JIS P8203: 2010 「紙, 板紙及びバルブ—絶乾率の測定方法—乾燥器による方法」

キーワード: スクウェルチ・ドライイング法 (squelch-drying technique); 風乾 (air-drying); 絶乾重量 (oven dry weight); 塩化物イオン (chloride ion)

## **Saltwater-soaked Paper Documents Treated with Squelch-drying Technique -Evaluation of Residual Salts in Documents after Treatment-**

Yuko ONODERA, Tomoko KOTAJIMA, Yoshinori SATO,  
Masamitsu INABA\* and Rika KIGAWA

When paper documents are affected by seawater, such as by tsunami, squelch-drying technique is one of the choices among possible treatment methods. The squelch-drying technique is generally performed repeating the following steps: 1. cutting polyester sheets and newspaper to the size of documents; 2. wrapping each document with a layer of polyester sheet and newspaper (15 to 20 sheets at least) as a water absorbent, and putting it into an oxygen-barriered film bag; 3. sealing the bag with a heat-sealer using a vacuum pump.

In the present study, documents were soaked in 3.5% saltwater to evaluate the amount of residual salts in them after treatment. Documents processed by squelch-drying technique or air-drying technique were oven-dried and weighed to estimate the weight of residual salts. Concentration of chloride ion extracted from the samples was also, measured to estimate the amount of residual salts on sheets of selected pages.

As a result, it was found that the squelch-drying technique could not remove the residual salts of the documents completely but that salts were reduced to some extent compared with the case of air-drying. Thus, the squelch-drying technique can be a promising option to rescue wet documents as one of the initial responses.

---

\*Tokyo University of the Arts