

平成22年 6月 5日現在

研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2007～2009
 課題番号：19500874
 研究課題名（和文） 被災した近現代歴史資料の救済のための簡便な真空凍結乾燥法の開発
 研究課題名（英文） Development of simple vacuum freeze dry method for relief of damaged near-modern history article
 研究代表者 村田 忠繁（MURATA TADASHIGE）
 独立行政法人国立文化財機構 九州国立博物館 学芸部 研究員
 研究者番号：50210042

研究成果の概要（和文）：近年多発している大規模災害の教訓から、被災した文化財の救済は、市民・行政・研究者の連携による文化財レスキューとして一定の成果を上げている。被災資料の多くが近現代歴史資料といわれる行政文書であり個人の記録である。救済のコスト的・量的な問題を解決するために可搬型の簡便な真空凍結乾燥装置を開発し試験した。この成果により、文化財の危機管理における防災計画の一環として、被災資料の真空凍結乾燥法が標準となることができよう。

研究成果の概要（英文）：Cultural who suffered from the lessons of large-scale disasters in recent years frequently to salvation is through cooperation of civil / administrative / researchers of cultural rescue as putting up constant result. Many of the affected article administrative documents called the near-contemporary historical materials and personal records. Develop portable simple vacuum freeze drying equipment cost and quantitative problem of salvation to solve we tested. This achievement, as part of the disaster prevention plan in the risk management of cultural vacuum freeze dry method of disaster article can become standard can be.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2008年度	800,000	240,000	1,040,000
2009年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：文化財科学・文化財科学

キーワード：被災資料 真空凍結乾燥 文化財レスキュー 防災計画 危機管理

1. 研究開始当初の背景

(1) 阪神・淡路大震災を機に多発する自然災害の中で、文化財を守るために被災資料の救済や修復が多くの関係者の手で行われて

きた。市民・行政・研究者が一体となり、被災者の命と暮らしを守る取り組みとともに文化財レスキューが定着し危機管理のなかの防災計画でも位置づけられている。

(2) 被災した行政資料の救済は文化財レスキューの重要な活動のひとつであるが、量の多さや質の多様性から救済・保存・修復の方法に有効な手段が見つけられていない。また、地域の記録や個人の記録もまた、その時代を体現させる資料として救済し保存させる取り組みが定着している。しかし、行政文書同様に多種多様な資料を前に十分な救済がなしてはいない。

(3) 様々な自然災害による被災資料の多くは、水損被害である。水害はもとより火災や震災においても、資料の多くは水に濡れ、泥を被った状態でレスキューされている。そして、元に復するまでの間に資料そのものの劣化やカビなどの汚染により資料損失の危機にさらされていることが多い。

(4) 水損資料の保存修復に真空凍結乾燥法の利用が報告されているが、大規模災害においては十分に活用されてはいなかった。また、現実的にコスト的・量的な問題から、大量の資料を冷凍させる冷凍庫や大型の真空凍結乾燥装置の確保が困難で、救出資料の保存修復に課題を残していた。

2. 研究の目的

(1) 従前、科学研究費補助金基盤研究(C)において、劣化固着した古文書等を水に浸漬し凍結させ真空凍結乾燥することで固着文書を展開させようとの提案をした。(「固着した古文書類の簡便な展開法の研究—凍結真空乾燥法を利用して—」平成9・10年) ここでは、家庭用冷凍庫や実験用デシケータ、小型ポンプの組み合わせで可能であることを示すことができた。

(2) 被災現場での即時的な対応を考慮して、前述の成果をもとに可搬型の簡便な真空凍結乾燥装置の製作を目的とした。

(3) また、その装置が被災資料の劣化防止や固着の展開にどの程度有効かを検証した。

(4) さらに、写真資料において、この真空凍結乾燥装置の利用が有効であるかを検証した。

3. 研究の方法

3カ年の研究期間において、次のような計画・方法をとった。

(1) 初年度

- ①可搬型の簡便な真空凍結乾燥装置の製作
- ②装置の性能確認
- ③被災資料の実態調査

(2) 次年度

- *被災した近現代歴史資料を想定した試験
 - ・装置の地方への輸送
 - ・劣化固着した近世書類の処置

(3) 最終年度

- ①写真資料の劣化試験
- ②写真資料の真空凍結乾燥による復元試験

4. 研究成果

(1) 初年度は、可搬型の簡便な真空凍結乾燥装置の製作を試みた。

①可搬型真空凍結乾燥装置はワンボックス車に搭載して移動、災害現場で稼働し、汎用材料で修理可能なものであることを目標とした。

まず、コールドトラップは容量2リットルの丸底フラスコを -60°C まで冷却できる冷凍庫(底面 $555\text{mm}\times 633\text{mm}$ 、高さ 875mm)に取り付けたものとした。この冷凍庫はフラスコを取り外すことによって資料の予備凍結に用いることができる。次に、資料室はA4ファイルサイズの冊子を10冊程度処理できるよう内寸が直径 38mm 、高さ 100mm の円筒形で、断熱性に優れた無色透明の亚克力樹脂製とした。資料室の庫壁などを冷却する装置を付けると大掛かり、かつ高価になるため常温で運転することとし、資料室に安価なブルドン管式圧力計を装着して作動状況の目安とした。真空ポンプは油回転型で到達圧力 1Pa 、排気速度毎分 20L のものを使用し、排気経路は耐圧ゴム管で繋いだ。

また、消費電力も装置全体で約 700W (100V)であるため、家庭用のコンセント1口で十分に賄うことができるようにした。その他、架台などを含め、底面 $1100\text{mm}\times 600\text{mm}$ 、高さ 1000mm 、総重量 100kg 、約60万円で装置を組み上げることができた。

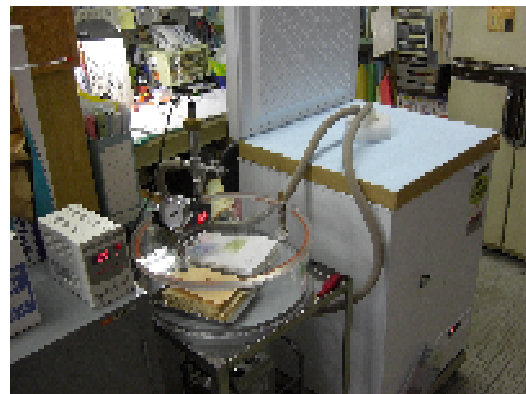


図1 可搬型真空凍結乾燥装置

②この装置の性能を調べるため、資料室に $0.2\text{Pa}\sim 2000\text{Pa}$ の圧力を測定できるピラニ真空計を装着し資料を入れずに運転したところ、圧力は 15Pa まで下がった。

次に、一晩水に浸けた後 -40°C で凍結させた中質紙の冊子を、資料内部の温度を測定するため白金測温抵抗体を用いた温度計(測定範囲: $-100^{\circ}\text{C}\sim +100^{\circ}\text{C}$)を冊子中央の中心部に差し込んで凍結乾燥処理した。厚さや大きさの違う数種類の冊子についてこのような処理を行ったところ、資料温度と資料室圧力

は一例として $-12.3^{\circ}\text{C}\cdot 230\text{Pa}$ 、例2： $-9.4^{\circ}\text{C}\cdot 280\text{Pa}$ など、概ね水の昇華曲線上の数値を保ったまま資料の乾燥が進行したため、凍結乾燥が行われていることが明らかとなった。

③併せて、被災資料の実態調査も実施した。

東北芸術工科大学で行われている2004年の福井豪雨による福井県埋蔵文化財センターの被災資料の真空凍結乾燥を見学した。被害は、遺物約1000箱、蔵書約3500冊、その他図面・写真類が多数であった。これらの被災資料のうち、出土鉄製品は(財)石川県埋蔵文化財センターで、蔵書は東北芸術工科大学で救済が行われている。

また、2005年台風14号により宮崎県北部で水損被害を受けた昭和20年代前半から50年代後半頃のアルバム18冊の写真資料の救出と保存処理後の電子化による部分的な修復と複製を九州保健福祉大学で試みられていた。ここでは、被災写真資料の真空凍結乾燥の是非が議論となった。

(2) 次年度は、被災した近現代歴史資料を想定して装置を地方に運び劣化固着した近世文書類を処置した。

①石川県文化財保存修復工房より、資料の水損被災対策の事例として紙質劣化や固着した和本資料での真空凍結乾燥試験の相談があり、金沢学院大学の協力をいただき、現地で試験を行うことにした。装置は、奈良県の(財)元興寺文化財研究所において作製しており、現地試験のために奈良県から石川県への移送が必要になった。

装置はそれぞれ、真空ポンプと冷凍庫(底面 $555\text{mm}\times 633\text{mm}$ 、高さ 875mm)、アクリル樹脂製円筒形の資料庫(内寸直径 38mm 、高さ 100mm)に分割し、コールドトラップの丸底フラスコや圧力計、組立て式架台などとともに自家用車で運ぶことができた。

現地到着後、直ちにチューブを繋ぎ組立て、冷凍庫の試運転を開始した。ポンプの作動も行い、冷却温度、真空度とも問題ないことを確認した。予備凍結やコールドトラップとして使う冷凍庫は -60°C まで冷却する能力を持つ。資料を速やかに低温で冷却し氷の結晶をより小さくすることによって資料へのダメージを軽減し乾燥効率を高めることができるものである。コールドトラップは、フラスコ型の容量 2.5L 、首の径 45mm でそこに内径 10mm のガラス管が2本挿入されている。真空ポンプは油回転型で到達圧力 1Pa 、排気速度毎分 20L のものを使用し、排気経路は耐圧ゴム管で繋いだ。

②試験は、試料として石川県文化財保存修復工房が3種類の劣化固着した和本を用意され、滲み止め実験とともに真空凍結乾燥試験を実施した。試験に先立ち、処理前、養生後、

水浸後、予備凍結後の重量測定を行なった。予備凍結は、 -60°C に設定した冷凍庫で15時間した。凍結乾燥において、試料の乾燥を止めるタイミング(乾燥終点)が最も重要なことのひとつである。過乾燥の場合は、セルロースに結びついている束縛水の一部が失われるために試料は著しく脆化する。一方、乾燥不足の場合は、水分(自由水)が残留することで事後にカビの発生等の損傷をまねく危険がある。そこで、定期的に試料の重量を測定し、乾燥曲線を描くことによって、終点を予想することとした。乾燥は、実動5日から15日程度の期間を要し、処理前の重量に合わせる時期に終了した。

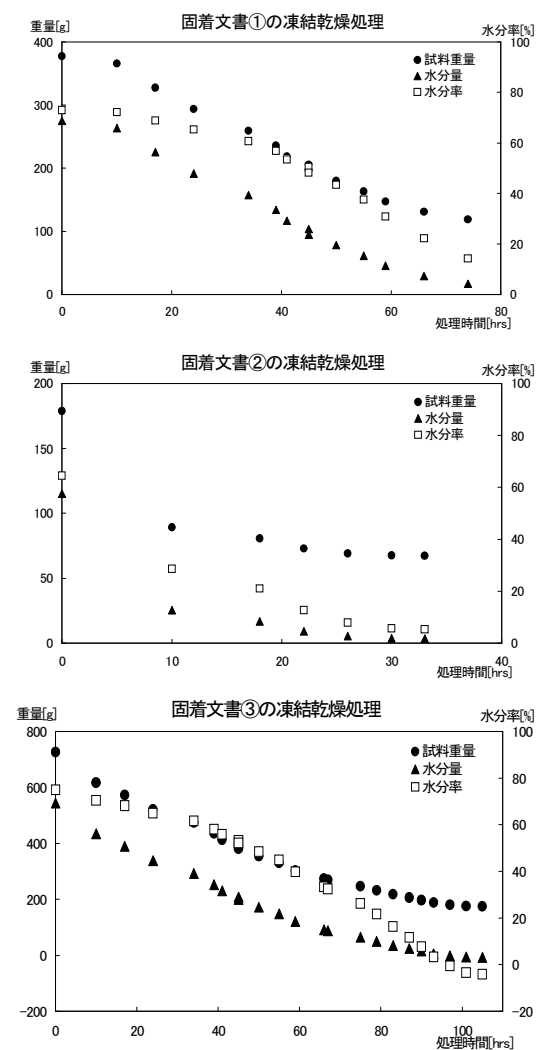


図2 3種類の固着文書の重量変化

③試験は、定期的な重量測定をしながら連続して行う予定であったが、20時間後の確認で、庫内の温度が上昇し試料の氷の融解が認められた。原因は、急速に大量の氷が昇華した結果、コールドトラップへのガラス管内に氷結し閉塞状態になり減圧ができなくなっ

たことによることが判った。直ちに、試料は再凍結させた。その後は、分冊で実施し夜間は乾燥を中止し観察可能な乾燥をすることとした。

コールドトラップの氷結は、フラスコ型から容量 20、内径 75 mm に試験管型に、トラップへの入りのガラス管を内径 25 mm のものに変更して、入り管内での水分氷結がなくなり定常運転が可能になった。

結果、この装置は必要に応じて現地に赴き作動することが可能であることは確認できた。しかし、装置の点検や資料の観察には一定の人手が必要なことも判った。また、乾燥終点の見極めの問題も厚さのある資料や水分率の異なる資料を同時に複数処理するときの判定は、なお検討の余地がある。

(3) 最終年度は、近現代歴史資料のひとつである写真資料の被災後の救済処置として真空凍結乾燥法の利用を試験した。対象を写真プリントに絞り、被災を想定し汚水での劣化試験を行い、その経過を観察した。

①本試験では、ネガフィルムではなく紙焼き資料の被災に対応すべく、被災資料のサンプルを作成した。カラーチャートを撮影したカラー・白黒写真プリントを、それぞれ 1 枚のみ・ポケットアルバムに差し込んだもの・フエルアルバムに挟んだもの・5 枚重ねたものを準備した。劣化させるための溶液として、

- a) 川の水 (奈良県宝山寺川)
- b) 水道水 (奈良県生駒市)
- c) 池の水 (生駒山中)
- d) 出土木材保管水
- e) 純水 を用意し常温で漬け込んだ。

各資料の経時変化を確認し、変褪色や固着、汚損等の記録をとり、本科研で作製した可搬型の真空凍結乾燥装置で復元試験を行った。



図 3 写真の劣化試験

②使用する 5 種類の溶液の pH 測定や COD (化学的酸素要求量)・DO (溶存酸素量) などの化学分析、一般細菌などの微生物検査を行った。その結果を次の表にまとめた。

表 1 水質検査結果

		a)	b)	c)	d)	e)
pH (処理前)		7.61	6.69	6.74	6.39	5.83
pH 処理後	A	7.40	7.38	7.07	7.03	6.69
	B	7.40	7.20	7.50	7.61	7.64
リン酸 (-P04)		2 以下	2 以下	2 以下	4	-
硝酸 (-N03)		16 以下	-	16 以下	25	-
COD		5	0	5	100	-
DO (0)		7	7	6	5	7
DO (5d)		7-9	7	4-5	2-3	7
一般細菌 (1 ST /2 nd)		7/250	0/-	11/150	60/60	0/-
真菌 (1 ST /2 nd)		0/6	0/-	0/11	0/0	0/-
大腸菌群 (1 ST /2 nd)		0/6	0/-	2/10	0/0	0/-

③劣化状況は、1 日・3 日・7 日・14 日目に観察した。

水の汚染度で資料の劣化度が著しく異なり劣化速度も大きく差が出た。資料救済においては被災状況で救済可能時間が異なることが判った。

写真資料の被災においてその救済は、温湿度の環境に時間の制約が及ぶことが確認できた。被災後 48 時間までに救出というマニュアルは目安

としては有効であるが、なにより被災環境の確認が重要であろう。真空凍結乾燥の利用については、固着の展開には有効であるが、プリント

表面の画像面が水により 図 4 写真の経時劣化り動いているものには画像の復元は不可能である。

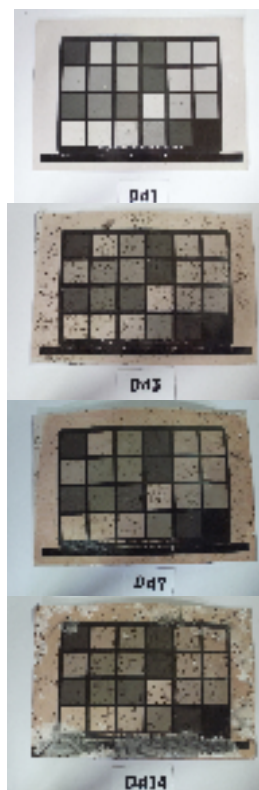


図 4 写真の経時劣化

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

- ① 村田忠繁、文化財防災情報システムの構築にむけて、九州国立博物館紀要、査読無、第4号、2009、pp33-40

〔学会発表〕(計4件)

- ① 村田忠繁、川本耕三、大久保治、被災した近現代歴史資料の救済のための簡便な真空凍結乾燥法の開発③、文化財保存修復学会第32回大会、2010.6.12、長良川国際会議場
- ② 荒木史、村田忠繁、他、災害等で固着した和本資料の展開方法について～簡易型真空凍結乾燥装置の応用と検証～、文化財保存修復学会第31回大会、2009.6.14、倉敷市芸文館
- ③ 村田忠繁、川本耕三、他、被災した近現代歴史資料の救済のための簡便な真空凍結乾燥法の開発②、文化財保存修復学会第31回大会、2009.6.13、倉敷市芸文館
- ④ 村田忠繁、川本耕三、井上美知子、大久保治、藤田浩明、被災した近現代歴史資料の救済のための簡便な真空凍結乾燥法の開発①、文化財保存修復学会第30回大会、2008.5.17、九州国立博物館

〔図書〕(計1件)

- ① 村田忠繁、株式会社クバプロ、文化財サポーターフォーラム第1回報告書、2008、pp85-90

6. 研究組織

(1) 研究代表者

村田 忠繁 (MURATA TADASHIGE)
独立行政法人国立文化財機構
九州国立博物館 学芸部 研究員
研究者番号：50210042

(2) 連携研究者

川本 耕三 (KAWAMOTO KOUZOU)
(財)元興寺文化財研究所研究部研究員
研究者番号：10241267
(H19：研究分担者)

井上 美知子 (INOUE MICHIKO)
(財)元興寺文化財研究所研究部技師
研究者番号：70223279
(H19：研究分担者)

大久保 治 (OOKUBO OSAMU)
(財)元興寺文化財研究所研究部技師
研究者番号：30311492
(H19：研究分担者)

藤田 浩明 (FUJITA HIROAKI)
(財)大阪市文化財協会研究部調査委員
研究者番号：50344403
(H19：研究分担者)