

## 272. 木簡の保存処理

### はじめに

遺跡の発掘調査で、墨で文字の書かれた木片が出土することがある。これらは広く木簡と呼ばれ、形や大きさ、記されている内容などから形式的な分類がなされている。紙が貴重品であったころ木片に書かれたものはとくに歴史的な資料的価値が高い。しかしながら、長い間地下に埋もれていたため木質が腐朽し、表面の墨書がかるうじて残っているのが現状である。小稿では、こうした木簡の取り扱いと真空凍結乾燥法による保存処理の実際を工程を追って紹介する。

### 1. 木簡の出土と取り扱い

木簡は他の木製品に混じって出土することがあり、木片があい次いで出土する遺跡では、木片の取り上げから水洗いしている過程で、墨書の有無を注意深く確認するとともに、直射日光を避け乾燥から木製品を守ることを第一に心がけたい。

木簡の文字が黒く見える理由は、表面に付着している墨に加え木材の内部にもぐりこんでいる墨の存在も重要である。木簡の表面を顕微鏡で観察すると、劣化

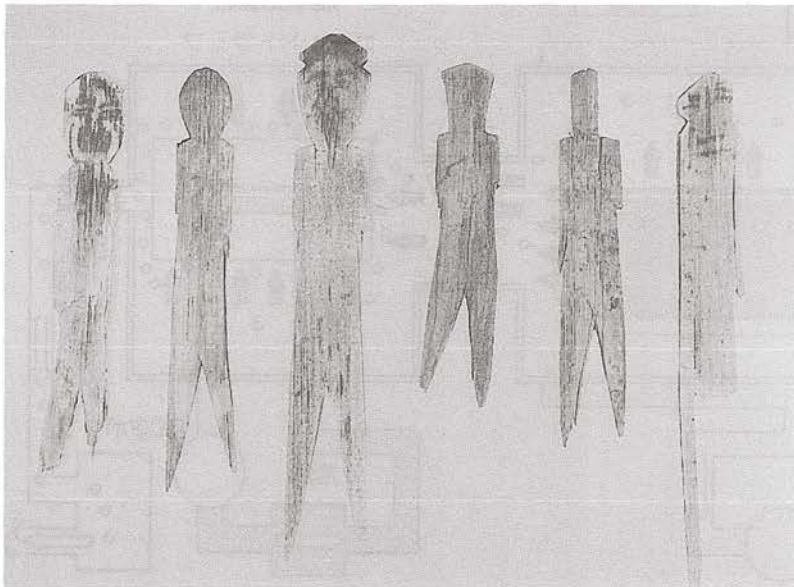
して非常に柔らかくなった木材組織に墨の粒子が入り込んでいる様子がわかる(写真1)。

頻繁に水換えなどを行うと木簡の表面を傷つけることになり、墨が流れて墨書が消える原因にもなる。恒久的な保存処理に備え、低濃度のPEG(ポリエチレン・グリコール)や専用の防腐剤を溶かした水に漬けて、冷暗所に保管することが望ましい。また、非常に薄い木片からなる資料については、ガラス板に挟むなどして形状の保存も心がけなければならない。

### 2. 赤外線による観察

墨書が見えにくい場合、赤外線を利用し光学的に墨痕を強調し観察することがある。赤外線の利用法として、赤外線フィルム方式と赤外線カメラ方式がある。赤外線フィルムの感度は、種類にもよるが750~900nm(ナノメートル)である。また、赤外線カメラは可視~2,200nmの幅広い領域に感度があるのが特徴である。

赤外線が墨書をよくとらえることのできる理由は、赤外線が可視光線より波長が長く、木材の内部にまで届き、そこにある墨の粒子に赤外線がよく吸収されることで認識できる。赤外線テレビは、赤外線投光器と赤外線カメラヘッド、コントロールユニット、テレビモニターなどで構成される(写真2)。しかしながら、



長浜市鴨田遺跡出土の人形代



赤外線テレビ画像

こうした光学機器を使用し墨書を画像として検出できても、木簡の内容の解読には専門の知識と経験が必要であることはいうまでもない。

遺跡の出土環境によっては、木簡の出土後しばらくして黒くなり墨書が判読しにくくなることがある。そうした木簡に対し漂白が有効な場合がある。薬品により黒化の要因である木材中に含まれる鉄化合物などの金属イオンを除去する方法があり、墨書と周囲とのコントラストが鮮やかになる。しかしながら、薬剤の使用に関しては、漂白後に薬品が残留しないよう水洗いを十分に行うことなど注意が必要である。

### 3. 真空凍結乾燥法

埋蔵環境下で劣化した木材は、木材の構成成分であるセルロースが極度に少なくなっており、それとともに強度も低下している。また、出土木材は水を含む率（含水率）が現生材に比べ非常に多い。現生材は通常100%前後の含水率であるのに対し、出土木材は、資料の時代や出土遺跡の環境にもよるが、針葉樹材の場合200~600%、広葉樹の場合400~800%の含水率に達する場合もあり、含水率が高い木材ほど腐朽が進行していると考えられ、劣化度の指標とされる。

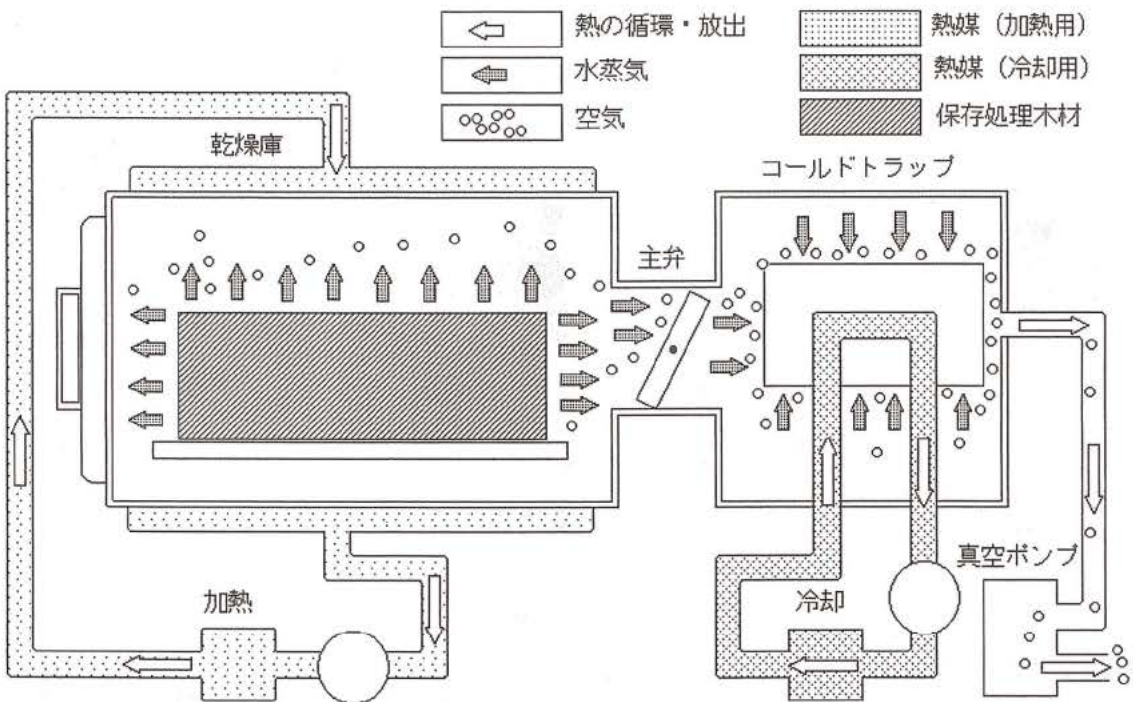
高い含水率を示す腐朽した木材は、乾燥により水分が蒸発する過程で収縮し変形が生じる。変形をできる限り避けて木材を乾燥させる方法のひとつとして真空凍結乾燥法がある。

木簡の多くは脆弱化しているため、前述したように内容の解読や記録を経たのち、恒久的な保存処理が必要とされる。真空凍結乾燥法は、木製品を明るく仕上げることができ、とくに墨書のある木製品に有効な保存処理法である。一般には食品加工の分野に広く利用され、いまや日常生活に欠くことのできない存在になっている。

今回の保存処理に使用した真空凍結乾燥機は、大型の乾燥庫が直径1.4m、長さ3.2mのものと、小型の乾燥庫が直径0.4m、長さ1.2mのものがあり、処理資料の大きさに応じて運転を切り替えられる。また、木材内部から昇華した水蒸気を凝結するための大型のコールドトラップを付設している（写真3）。

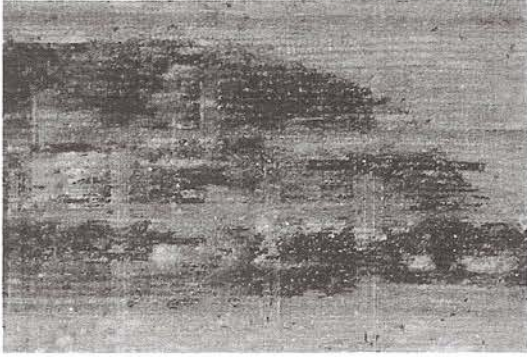
真空凍結乾燥の原理は、対象物に含まれる水を真空下で凍結させ、凍結した状態のまま水分を昇華させて乾燥する方法で、通常の乾燥に比べ組織の変化が少ないのが特徴である。具体的には、下図に示すように処理資料を入れる乾燥庫とコールドトラップが主弁で通じた構造となっている。

乾燥庫は、熱媒体が循環し加熱や冷却を行う。また、コールドトラップは冷却用コイルで $-40^{\circ}\text{C}$ 以下に温度を下げ、資料から昇華した水蒸気を氷の形態で回収する役目を果たす。真空ポンプは、乾燥庫内の空気をもちろん、処理資料内部の空気を排出する役割をもっている。他に熱媒体を循環させるポンプ、計器類、さら



真空凍結乾燥機のしくみ（水の昇華と氷結）

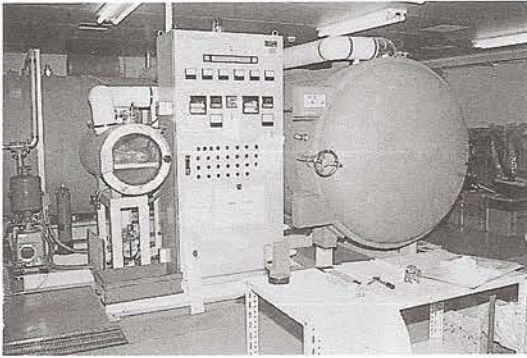




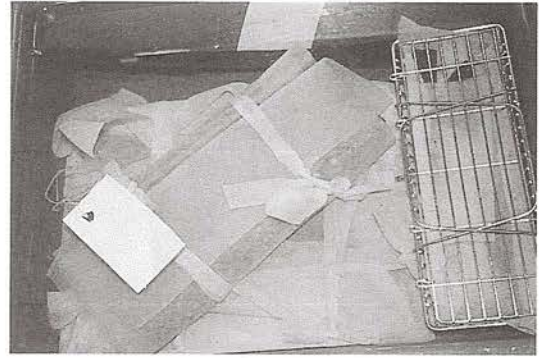
1. 木簡表面の拡大 (×30)



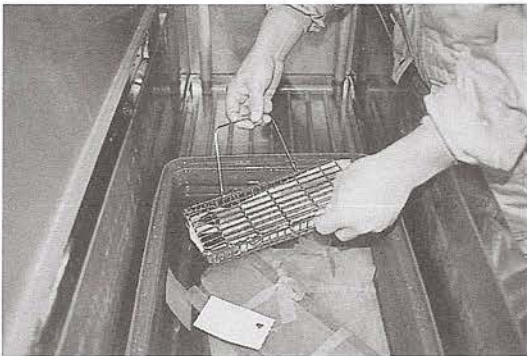
2. 赤外線カメラシステム



3. 真空凍結乾燥機



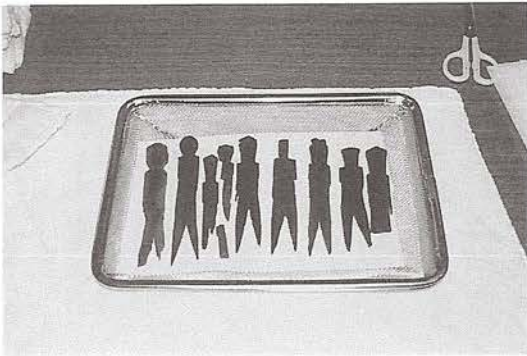
4. PEG含浸中の木簡



5. 含浸終了



6. 表面のPEGのふきとり

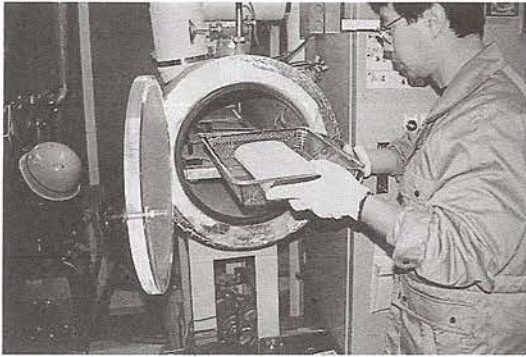


7. 保存処理前の人形代

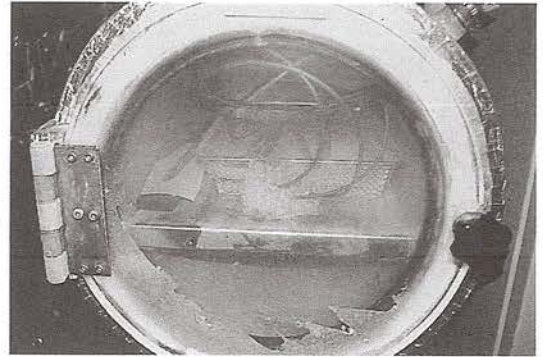


8. 温度モニター用木片設置

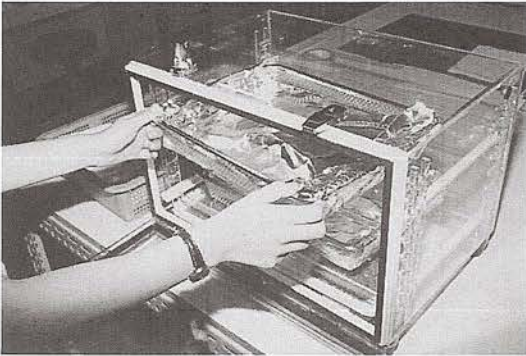




9. 乾燥庫に木簡を入れる



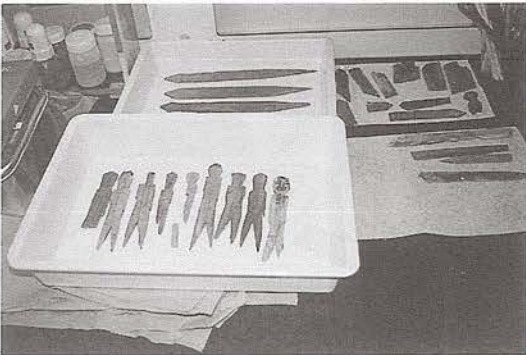
10. 真空凍結乾燥中の木簡



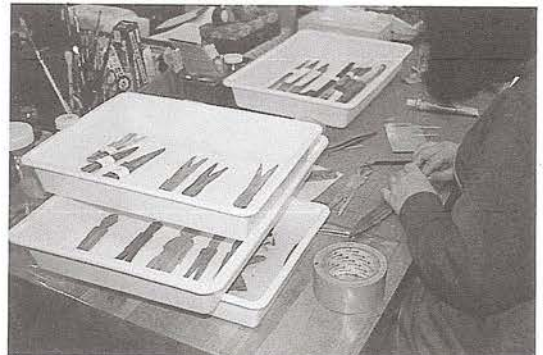
11. 処理後の木簡の仮保管



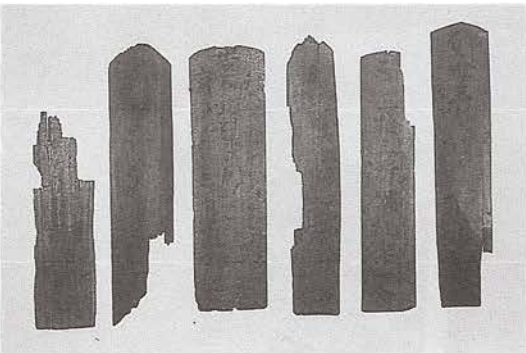
12. 人形の漂白処理



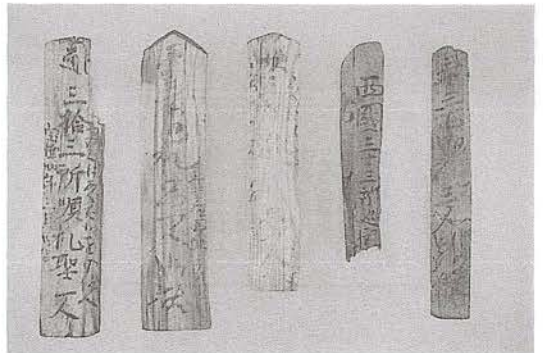
13. 真空凍結乾燥終了



14. 断片の接合



15. 保存処理前の巡礼札



16. 保存処理後の巡礼札

に全体をコントロールする操作盤から構成されている。

今回の木簡の保存処理は、通常のPEG含浸処理法と同様に、PEGを約3カ月かけて木簡に徐々に浸透させPEG濃度が60%に達した時点で、真空凍結乾燥機に木簡資料を入れ、次に報告する工程で保存処理を実施した。

#### 4. 墨書資料の保存処理

墨書資料である長浜市鴨田遺跡出土の巡礼札と人形代、齋串などを例にとり、保存処理作業の実際をその工程を追って報告する。

鴨田遺跡出土の巡礼札、人形代、齋串などは調査報告のための記録として、写真撮影、実測図作成、墨書内容の解説、検討などを済ませ、報告書の刊行を終えた。保存処理に入るまでの保管と管理は、タッパーウェアに水漬けて収納し冷暗所に保管するのを原則とした。

一般的に、小型のタッパーウェアに入れて保管されている木製品の場合、乾燥のため水が無くなるといった事故を防ぐため、定期的な観察、管理が必要である。また、ガーゼや綿などを水と一緒にに入れて保管することは、カビの発生につながり避けることが望ましい。木簡類にひとたびカビが発生すると、変色しカビの除去が困難となるのでとくに注意したい。

今回の保存処理は、通常のPEG含浸処理と同様に、専用のPEG処理槽で巡礼札、人形代、齋串などを不織布に包むとともに小型のステンレスカゴに収納し含浸処理した(写真4)。なお、資料には出土記録などを白色マイラー紙に3Bの鉛筆で記入し取り付けた。

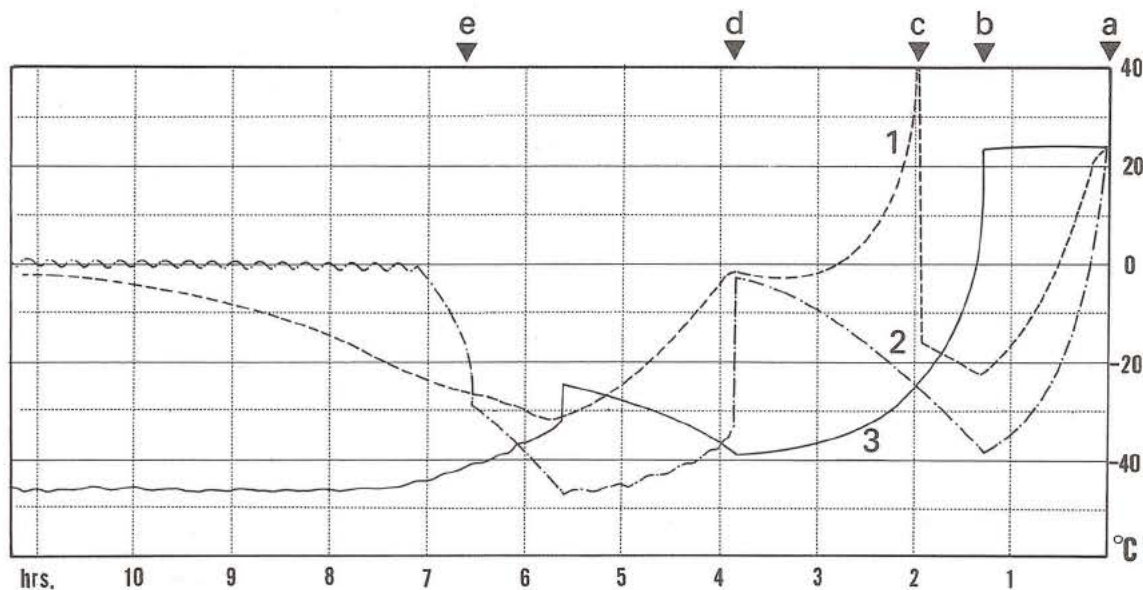
約3カ月かけてPEG濃度を60%まで徐々に上げていき、真空凍結乾燥に備えた。真空凍結乾燥の乾燥庫は、あらかじめ約 $-40^{\circ}\text{C}$ 程度に温度設定したうえで、含浸槽から資料を取り出し(写真5)、梱包材を取り外し表面のPEGをふきんでふき取り(写真6)、ステンレス製カゴに収納した(写真7)。

処理中の温度をモニターする目的で3個の別の木片を乾燥庫内に同時に設置し(写真8)、巡礼札、人形代、齋串などを乾燥庫に入れ処理を開始した(写真9)。なお、PEG含浸中の木簡は透明アクリルの窓を通して観察することができる(写真10)。

真空凍結乾燥処理中の、乾燥庫における時間経過と温度変化についてまとめると下図のようなグラフが得られる。

縦軸に温度、横軸に時間を設定して図示した。No.1の線は木材資料の品温を示し、No.2の線は乾燥庫の内壁面の温度、No.3の線はコールドトラップの温度を示している。a点において、真空凍結乾燥のための予備凍結を開始した。とくに乾燥庫の内壁温度No.2はいったん $-40^{\circ}\text{C}$ 付近まで低下している。b点において、コールドトラップの冷却を開始し、その後No.3も $-40^{\circ}\text{C}$ 近くまで低下している。

c点では、木簡などの資料を乾燥庫内に設置したため、No.1の資料温度はいったん $40^{\circ}\text{C}$ 以上になるが急激に冷却される。d点では、乾燥庫の温度をさらに低く設定するとともに資料の温度は $-30^{\circ}\text{C}$ まで下っている。乾燥庫と処理資料およびコールドトラップの温度が十分下がった時点で乾燥庫を真空にし、e点で自動乾燥



真空凍結乾燥中の温度変化



に入った。

凍結乾燥終了の確認は、No 1 の資料温度がNo 2 の乾燥庫の内壁面温度に接近していき、ほぼ平行線をたどることで判定される。なお、通常の真空凍結乾燥の終了の確認は、資料が徐々に軽量化していき重量変化がなくなった時点が乾燥の終了と判断されている。

前に真空凍結乾燥の原理でも述べたように、真空下の乾燥庫内で、木簡類の資料から徐々に昇華した水蒸気がコールドトラップに集められることで、資料が原形をとどめながら乾燥していく。なお、今回の真空凍結乾燥に要した時間は約20時間であった。

真空凍結乾燥処理直後の木簡は、品温が低く結露が生じたり、室内の湿気を吸収しやすいため乾燥剤を入れたデシケータ内で一定期間仮保管した(写真11)。さらに、処理後に表面に残った余分なPEGを除去するため有機溶剤による洗浄を行い(写真12)、接合できる断片はシアノアクリレート系の瞬間接着剤などを用いて接着した(写真13、14)。

## 5. 保管と活用

これまで貴重な資料でありながら保管や活用面で制限があった木簡などは、今回紹介した真空凍結乾燥法の実施により一定の保存対策がとられたと考えられる。しかしながら、脆弱な資料であることにはかわりはない。

保管や展示、取り扱いなどには温度や湿度に十分配慮しなくてはならない。(中川 正人)

## 〈参考文献〉

佃 幹雄「木簡の撮影」(『埋文写真研究Vol.1』埋蔵文化財写真研究会 1990)

沢田正昭(『文化財保存科学ノート』近未来社 1997)

肥塚隆保「出土有機質遺物の保存科学」(『日本の美術No.357古代の農具』至文堂 1996)

山田・井上・大国・吉村・五代「真空凍結乾燥法による出土木製品の保存処理—現状と問題点—」(『日本文化財科学会第12回大会研究発表要旨集』日本文化財科学会 1995)

「大成亥遺跡II・鴨田遺跡IV」(『長浜新川中小河川改修工事に伴う発掘調査報告書V』滋賀県教育委員会・(財)滋賀県文化財保護協会 1997)

滋賀県内出土の主な木簡

所在地	遺跡名	木簡の種類	点数	出土年
大津市	北大津遺跡	文書木簡	1	1974
大津市	東光寺遺跡	呪符木簡、他	2	1983
長浜市	大成亥遺跡	巡礼札、荷札	各1	1993
	鴨田遺跡	巡礼札	19	1994
	森・八角堂遺跡	習書木簡	1	1988
	十里町遺跡	絵馬	1	1977
近江八幡市	勸学院遺跡	習書木簡	1	1985
草津市	北萱遺跡	卒塔婆、柿経、付け札	各3	1986
中主町	西河原宮ノ内遺跡	荷札木簡	4	1985
	湯ノ部遺跡	牒木簡	1	1991
	西河原森ノ内遺跡	文書木簡	7	1985
野洲町	三堂遺跡	呪符木簡	1	1993
信楽町	宮町遺跡	文書・荷札・習書木簡	7	1987~94
能登川町	柿堂遺跡	木簡	2	1984
愛知川町	畑田廃寺跡	習書木簡	1	1978
山東町	北方田中遺跡	呪符木簡	1	1984
湖北町	尾上遺跡	馬形代	1	1984
高島町	永田北遺跡	付札	1	1985
	鴨遺跡	荷札他	6	1979