HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	モヨロ貝塚出土金属製品の保存処理と収蔵・保管環境を考える
Author(s)	須山, 貴史; 田口, 尚
Citation	北海道大学考古学研究室研究紀要, 5, 122-132
Issue Date	2026-01-08
DOI	https://doi.org/10.14943/2115.98752
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/98752
Type	departmental bulletin paper
File Information	12 WS Suyama and Taguchi.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

■論文

モヨロ貝塚出土金属製品の保存処理と収蔵・保管環境を考える

須山 貴史[a], 田口 尚[b]

a 株式会社イビソク　t_suyama@ibisoku.co.jp
b 札幌学院大学

Abstract　The Moyoro Shell Mound, a prominent archaeological site of the Okhotsk culture, has yielded numerous metal artifacts such as swords and spears. Due to prolonged storage, these artifacts have undergone significant deterioration, prompting the initiation of comprehensive conservation treatments in recent years. The conservation process includes preliminary investigation, cleaning, desalination, resin impregnation, and restoration, aiming to prolong the lifespan of cultural properties and enhance their stability and usability. The underlying philosophy of conservation is structured around three domains: conservation science, archaeology, and public engagement. Humidity control is critical in the storage and preservation of metal artifacts, and the use of data loggers, RP systems, and humidity control agents is recommended to prevent severe degradation. Environmental changes caused by exhibition and transportation also pose risks, necessitating careful consideration of climatic and humidity differences between Hokkaido and other regions. This study offers practical insights into achieving a balance between the preservation and utilization of cultural heritage.

キーワード：モヨロ貝塚，オホーツク文化，保存処理，保存科学，環境，収蔵，金属製品
Key words: Moyoro shell mound, Okhotsk culture, Conservation treatment, Conservation science, Environment, Storage, Metal artifacts

1．背景と目的

オホーツク文化を代表する遺跡である史跡モヨロ貝塚では、土器・骨角器などの遺物のほかに多数の金属製品が出土している。その多くは刀剣、曲手刀子、槍、鉾などの武器・利器類の副葬品が占める。

昭和 16（1941）年の北海道大学が実施した緊急発掘調査、いわゆる「戦中」の出土品や、昭和 23 年（1948）年の北海道大学と東京大学らによる「戦後」の発掘調査での出土品は、すでに発掘から 70 年以上の年月が経過しており、長期保管による劣化が進行していた。一部の資料は 2000 年代に応急処置として脱水処理・脱酸素剤の封入がされたが、今後の長期的な資料保全と、展示活用を視野に入れた対応として、本格的な保存処理に着手することとなった。2025 年現在において 13 点の金属製資料の保存処理を実施している（中沢ほか編 2025）。

資料の恒久的な保存のためには、適切なタイミングで本格的な保存処理を実施し、保存処理後の収蔵・保管を資料に適した状態に維持することが重要である。いずれも専門的見地をもつ人材・機関の取り組みとともに、資料の活用や継承に関わる関係者や、文化的価値に理解ある市民の協力と支援が必要不可欠である。本稿では、保存処理を実施した出土金属製遺物を紹介するとともに、保存処理の主要なプロセスや理念について述べる。また近年の急激な気候変動のなかで、活用と保存を両立するための収蔵・保管環境について考察したい。

2．金属製遺物の保存処理

(1) 保存処理とは

保存処理とは、保存修理、保存修復ともいう。文化財の物質価値・情報の保全を目的に、理化学的な手法や伝統的手法によって劣化の防止や抑制、強度の向上や、破損部の修理・復元を施す作業のことである。出土金属製遺物においては、土中での腐食劣化によって、製品の物性は使われていた当時とは全く異なるものに不可逆的に変化しているため、美術工芸品や建造物などの伝世資料とは異なるアプローチで対処している（増澤 1979、松井 2002・2009）。その技術論や方法論を保存科学と呼ぶ。

(2) 保存処理の工程

金属製遺物の保存処理工程は以下の通りである。（図 1・表 1）

①処理前記録（付図 1・付図 11）……目視、拡大観察、触診等を行い、写真やカルテ（調書）で着手前の現状の記録を残す。

②事前調査（付図 2・付図 3）……X 線透過撮影

北海道大学考古学研究室研究紀要　第5号（2026）
Bulletin of the Laboratory of Archaeology, Hokkaido University 5（2026）

受付 Received 2025年10月20日　20th October 2025
受理 Accepted 2025年11月28日　28th November 2025

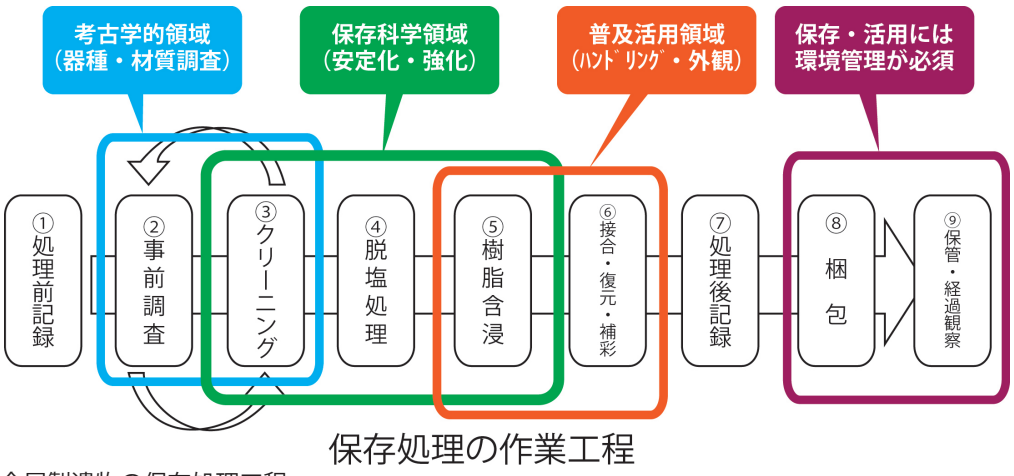


図１　金属製遺物の保存処理工程

や分析装置で遺物の劣化状態や構造・材質を調査する。

③クリーニング（付図 4）……遺物に付着した土砂や粘土、不要なサビを工具や機器で除去・洗浄し、資料そのものの形状を明らかにする。金属本体に付属・付着する有機質に注意する。

④脱塩処理・安定化処理（付図 5・付図 6・付図 7）……サビの要因となる塩化物や硫化物を取り除く。アルカリ溶液浸漬、高温高圧での溶脱（オートクレーブ）、防錆溶液浸漬などがある。

⑤樹脂含浸（付図 8）……アクリル樹脂の溶液を減圧下で浸透させる。脆弱な遺物を樹脂で強化・コーティングすることで、強度と防食性を与える。

⑥接合・復元・補彩（付図 9）……破損した部分をできるだけ復旧し、欠損部を樹脂素材で復元して強度を確保し、外見を整える。

⑦処理後記録（付図 12）……一連の処置の履歴を写真とともにまとめた記録や所見を残す。

⑧梱包（付図 10）……緩衝材や薄葉紙で遺物を保護し、脱酸素剤とともに気密性の高いフィルムに封入し、長期保管できる状態にする。

⑨保管・経過観察……温湿度に注意し、状態のチェック、脱酸素剤の交換などを行う。

とくに③クリーニング、④脱塩処理･安定化処理、⑤樹脂含浸は、文化財である遺物そのものに物理的・理化学的に手を加える重要な工程である。

こうした一連の流れは、文化財の「治療」にも例えられる。病態の検査・診断、進行性の劣化を除去する外科的な治療、安定化と劣化抑制のための内科的な治療、整形、そして治療後のケアといった、文化財を「患者」として「延命」するための各種処置が図られている。

表1　金属遺物の保存処理に使用する薬剤・機材
＊は機材

事前調査	＊双眼実体顕微鏡 ＊X線透過撮影 ＊X線CTスキャン ＊蛍光X線分析
クリーニング	パラロイドB-72（有機質補強） アロンアルファ（仮接合） エタノール・キシレン・酢酸エチル（洗浄溶剤） ＊双眼実体顕微鏡 ＊ミニター（精密グラインダー） ＊エアブラシ（サンドブラスト）
脱塩処理・安定化処理	セスキカーボネイト・水酸化リチウム・水酸化Na（アルカリ薬剤） ホウ酸Na（鉄用インヒビター） BTA（ベンゾトリアゾール、銅用インヒビター） ＊純水製造器 ＊オートクレーブ ＊イオンクロマトグラフィー
樹脂含浸	パラロイドB-72（各種材質用樹脂） パラロイドNAD-10V（鉄用樹脂） アクアトップF（鉄用フッ素樹脂） キシレン・アセトン・シンナー（樹脂溶剤） ＊減圧含浸装置
接合・復元・補彩	セメダインハイスーパー・アラルダイトラピッド・ボンドクイック（2液エポキシ接着剤） エポキシパテ エロジール・フェノールバルーン・ガラスバルーン・シラスバルーン（エポキシ用のフィラー、増量増粘剤） アクリルガッシュ（補彩絵具）
梱包・保管・経過観察	RPシステム(RP剤＋エスカルフィルム) インジケータ、シリカゲル、アートソーブ、薄葉紙、積層緩衝材 ＊シーラー機 ＊温湿度データロガー

(3) 保存処理の３つの領域

先に述べた保存処理の各工程は、その目的ごとに３つの領域に大別することができる（図 1）。

【考古学的領域】

②事前調査や③クリーニングの工程は、遺物の器種・形式や、材質、技法を調査する工程である。考古学的な知見にもとづき、残すべき資料価値・情報を可視化し、次の工程の指針とする。近年ではポータブル蛍光 X 線分析装置や、X 線 CT スキャン、3D 計測などの機器の活用が進み、より詳細な情報を取得可能になっている。

【保存科学的領域】

③クリーニング、④脱塩処理・安定化処理、⑤樹脂含浸の工程は、サビや土砂の物理的・機械的除去や、薬品や合成樹脂を用いた理化学的手法によって遺物の劣化を防止・抑制したり、安定化と強度の向上を図る工程である。脱塩処理は金属製遺物の劣化を抑制し、長期保管には不可欠な工程なため、遺物から抽出した塩類（塩化物イオン・硫酸イオン）をイオンクロマトグラフィーで測定し、腐食の要因となる塩類が除去・低減されたことを確認する。

【普及活用領域】

⑤樹脂含浸、⑥接合・復元・補彩の工程は、展示や研究のために遺物を安全に取り扱いできるようにし（ハンドリング性の向上）、破損部分を修復したり、復元や展示台座によって外観を整えて強化し、資料価値を向上・明瞭化する工程である。

また長期的な文化財の活用・継承のためには、資料の収蔵・保管環境を適切に保ち、貸出時や搬送時の環境にも注意することが非常に重要である。

３．金属製遺物の腐食劣化

(1) 鉄製品の腐食劣化

遺跡から出土する金属製遺物でもっとも多いのが鉄製品である。北海道内の遺跡では武器・利器類のほか、鉄鍋なども多くの遺跡から出土している。

鉄は古くからきわめて重要な素材として利用されてきた金属だが、本来は自然界ではメタル（金属鉄）の状態では存在せず、鉄鉱石や砂鉄といった酸化鉱物や硫化鉱物の状態で産出する。この鉱物を製鉄炉や炭を用いて製錬することではじめて金属の鉄を得ることができる。製錬は酸素や硫黄と化学的に結びついた鉄を、大量のエネルギーで還元する工程だが、金属の鉄はイオン化傾向が大きく化学的（電気的）に不安定な状態の物質であり、酸化して安定な状態（鉱物）に戻ろうとする性質がある（井上 1994：19-20）。つまり日常的に使用されている鉄製品が経年変化でサビるのは、自然の摂理として不可逆的に進行する現象といえる。

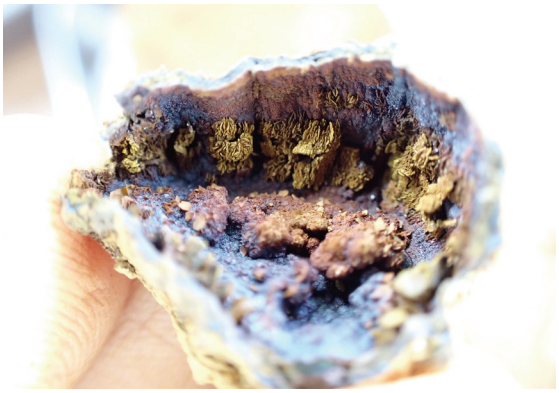


図 2　出土鉄製品のサビ膨れ内部に析出したサビ



図 3　保管中の鉄製品の再劣化で生じたサビ

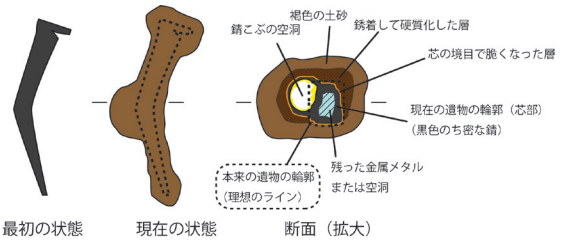


図 4　出土鉄製品の内部構造

遺跡から出土する鉄製品からは、さまざまなサビの状態、腐食劣化の状態が観察できる（図 2・図 3・図 4）。古墳や墓からは副葬品として多様な鉄製品が出土するが、周囲の土壌や共伴する副葬品の影響を受け、大半は内部まで腐食して黒褐色のサビに変化し、表面は土に似た黄褐色のサビやコブ状のサビ膨れに覆われている。低湿地遺跡では、豊富な水分、安定した温度かつ低酸素状態による天然の真空パックのような環境のため、表面は黒褐色のサビに覆われるが内部はメタル（金属鉄）がよく残り、資料の本来の形状を観察しやすい。集落遺跡や都市遺跡、とくに近世以降の遺跡から出土する鉄製品は環境変動が大きく、酸化的雰囲気に曝されており、資

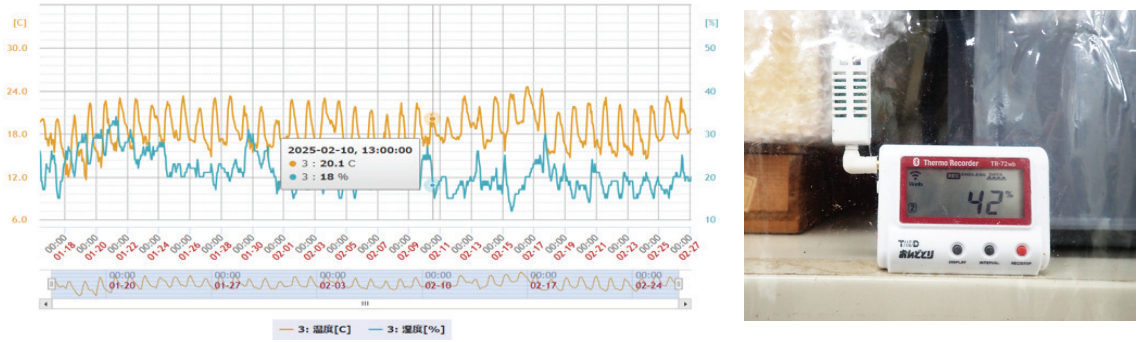


図 5　データロガーを用いた温湿度記録の例

料表面から急速に腐食が進み、剥落や変形などの劣化が顕著である。また、塩類（水溶性の塩化物や硫化物）の介在は鉄の腐食を促進する重要な要因である。塩類は海塩や地下水、酸性雨、火山噴出物などに由来し、遺跡の土中で鉄製品の劣化を進行させる。

(2) 銅製品の腐食劣化

青銅や銅は鉄よりも利用の歴史が古い金属で、鉄よりも製錬（還元）が容易な特徴がある。化学的に鉄よりも安定しており、保存条件の良い遺跡から出土する銅製品には金属光沢を残す資料もある。ただし水分や酸素があれば急激に腐食が進行するため、一般的には緑青（塩基性炭酸銅）のサビに覆われている。腐食が進んだ資料は外見上は健全であっても、内部は緑青のサビに置換されて脆弱になっている場合がある。塩類の影響下では腐食が顕著で、進行性のサビである塩基性塩化銅によって主成分が溶出し、白緑色の粉状の劣化現象、いわゆる「ブロンズ病」が生じることがある（沢田 1997：111）。

(3) 錫製品・鉛製品の腐食劣化

錫（スズ）と鉛は銅とともに青銅を作る金属で、融点が低いうえ加工しやすく、それぞれ単体でも利用される。錫製品は銀色で腐食に強く、アイヌの装飾品にも多用される（成瀬 1989：29-32）。寒冷地では低温で相転移して変形崩壊する「スズペスト」と呼ばれる現象が起きることがある。出土例として耳飾りで顕著な崩壊が見られる遺物がある（天方ほか 2011、村田ほか 2016）。北海道では気温 -10℃前後となるような展示・収蔵施設では、保管環境に注意が必要である。鉛製品は白い腐食生成物を生じ、粉状に劣化する。展示環境では腐食性ガス濃度が高いと劣化が進行しやすい。

(4) モヨロ貝塚の鉄製品

モヨロ貝塚出土の鉄製品は表面には砂粒が多量に固着していた。これは遺跡の砂質土壌によるものである。また木製鞘・柄などの刀装具、植物繊維といった有機質の残存も認められる。遺物本体の外側には褐色の腐食層があるが、黄色・赤色の腐食生成物（α-FeOOH、β-FeOOH など）によるサビ膨れやサビ汁が生じた結果、フレイク状・層状の剥離や亀裂などの劣化が顕著である。剥離面の下層は黒色の酸化鉄（Fe_3O_4）だが、X 線透過撮影による内部構造の観察では、芯にはメタルが残存していた。ただし斑点状の腐食や空隙が多く認められ、刀剣の刃部や槍・鉾の穂先は非常に脆弱であった（付図 13 ～付図 18）。

土中での腐食による変形は少なく、黄色・赤色の腐食生成物の発生、剥離や亀裂などの顕著な劣化はむしろ発掘後の環境変化によるものと考えられる。モヨロ貝塚は海浜部の遺跡のため塩類を含み、砂質土壌で通気が良く、酸化的雰囲気の腐食環境であったと推測される。ただし骨や貝殻などの遺物を共伴するため、カルシウムによるアルカリ性の中和作用が土中での劣化抑制に働いた可能性がある。

4．収蔵・保管環境

(1) 相対湿度の影響

金属の空気中での腐食には湿度が大きく影響することが知られている。ここでの湿度とは一般的に相対湿度（relative humidity）のことを示し、%RH と表記する。博物館の展示室での温湿度環境は、20℃・55%RH が目安とされることが多いが、これは快適な人間活動と資料の保全を両立するための数値であり、金属製遺物の長期保管はさらに安定した低湿度環境であることが望ましい。

また、空気には気温が高いほど多くの水蒸気を含むことができる。そのため同じ相対湿度であっても、冬の低温での 55%RH と夏の高温での 55%RH では、含まれる水蒸気量の絶対値は大きく異なる。水蒸気量が多い空気は、わずかに気温が変化しただけでも相対湿度が急に上がる。夏季には日中と夜間の温度変化によって相対湿度が上昇し、保存処理済み鉄製品の腐食の再発などのトラブルが発生しや



図 6　鉄製品の保管中にサビ汁で穴が開いた薄葉紙

すい。適切な温湿度管理には、デジタルの温湿度データロガー等でモニタリングを行い、収蔵・保管環境の環境特性を把握することが重要である（図 5）。近年では Wifi 接続が可能な安価なデータロガーが市販されている。

(2) 保管中にみられる資料の劣化

金属製遺物には、表面・内部ともに微細な空隙が多数存在する。高湿度環境では微細な空隙内に水分が吸着して結露が生じ、塩類の影響を受けながら腐食生成物が発生する。とくに内部に残るメタル（金属鉄）と外部のサビの層との境界面は電気的に活性が高く、もっとも腐食が生じやすい。刀剣などの鍛鉄製品は腐食が進むと芯と外側が完全に剥離し、いわゆる「三枚おろし」状態となる。その結果フレイク・チップ状の断片化によって帰属不明の破片が生じ、深刻な資料の散逸の原因となっている。こうした劣化が進行した資料についても、本来の製品の特徴的な情報を残していることがあるので、安易に廃棄することは危険である。

保管中に発生する「サビ汁」は塩化鉄が加水分解して塩酸を生成するため強い酸性を示す。メタルを激しく腐食するとともに、表面に染み出して薄葉紙が茶色く焼けて穴が空くことがある（図 6）。金属製遺物の保管に従来よく用いられてきた脱脂綿やガーゼは、吸湿性が高く腐食を促進するうえ、染み出したサビ汁によって遺物に綿が固着し、除去が困難になり、表面の剥離・崩壊などの破損を進行させるなど、非常に悪影響が大きく、ただちに使用を取りやめるべきである。すでに綿や異物が固着してしまった資料が発見された場合は、有機物の分解で生じる腐食性ガスによって周囲の資料にも悪影響を及ぼすため、別置することが望ましい。

(3) 金属製遺物の保管方法

RP システムは遺物を脱酸素剤・酸素インジケータとともにセラミックコーティングしたガスバリア袋（いずれも三菱ガス化学製）に気密封入する方法で、金属製遺物の保管用に普及している。金属の腐食劣化の要因である酸素・水分の両方を除去することができ、長期間の保管に適した方法である。ただし遺物内部に水分が残存する場合や、フィルムの傷などによって脱酸素剤が消耗する場合があり、年１回の定期点検が望ましい。脱酸素剤の効果が失われると酸素インジケータの色が変わるため目視確認できる（現行品は赤色から青色）。また一度開封すると、使用していた脱酸素剤は効果を失うため、即時（20 分以内）に再封入するか、新しいものを用意し、シーラーで確実に密封する必要がある。

その他の保管方法としては、空調を完備した特別収蔵庫（恒温恒湿乾燥庫等）が望ましいが、通常の室内でもシール容器に遺物を収め、シリカゲルやアートソーブ（富士リシリア化学製）等の調湿剤によって湿度をコントロールするとともに、ウレタンや断熱材などで急激な温度変化を避ける工夫を施すことで、保管環境を改善することができる。

(4) 展示活用による劣化への影響

急激な環境変化は文化財に劣化ストレスを与えるが、その影響が表面化されるには時間がかかる場合がある。展示・運搬の翌年以降に顕著な劣化が確認された場合は、劣化の原因が展示環境か、運搬時の環境変化か、資料の取り扱い方法か判断しがたく、トラブルを認識してから原因を特定することは非常に困難である。そのため展示・貸借・運搬の履歴（トレーサビリティ）を残すことが、劣化要因を究明する材料となる。

金属製遺物は染織品等と比べて紫外線への耐性が高いとされているが、遺物の強化に使われるアクリル樹脂は紫外線で劣化する。また展示ケースや台座の接着剤に木工ボンド（酢酸ビニル樹脂）を使用する場合、酸性ガスを生じるため、充分なシーズニング（環境馴化、慣らし、枯らし）が必要となる。保存処理された資料でも、展示環境によっては短期間で顕著な劣化が発生することはもっと周知されるべきだろう。

北海道の気候は夏と冬の気温差が大きいことが特徴である。さらに本州以南の地域と気候が異なるため、11 月から３月にかけての冬季において、地域をまたぐ遠距離の資料輸送は、急激な環境変化が生じやすいため極力避けるべきである。また夏の北海道は冷涼で湿度が低く、梅雨もないため文化財への悪影響が少ないとされてきたが、近年は温暖化の影響で本州並に高温多湿化が顕著である（図 7）。こうした状況から、資料の展示・貸借にともなう輸送は、夏と冬を避けて温湿度差の小さい時期を選ぶ

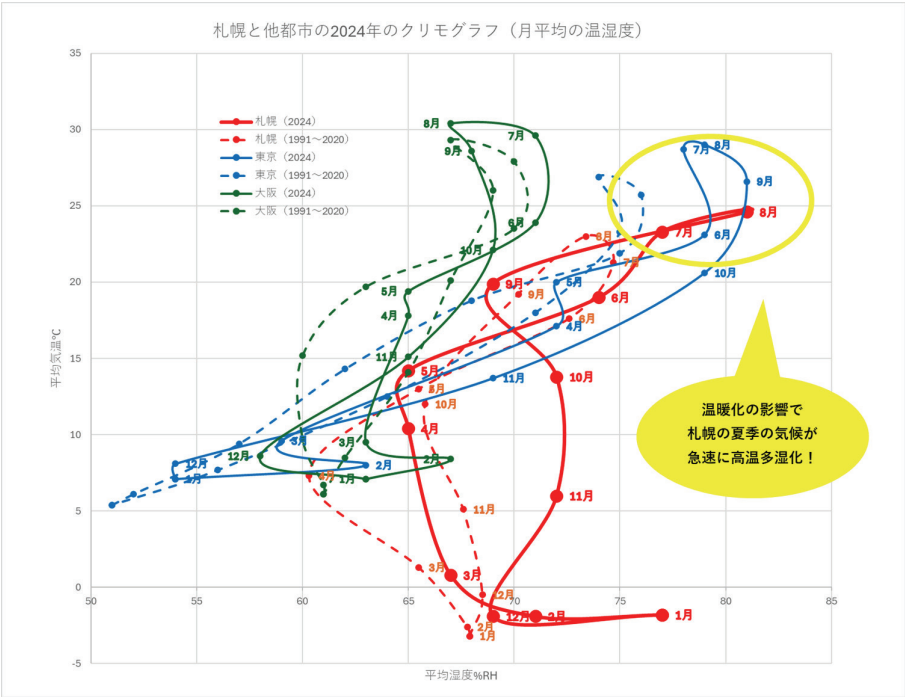


図 7　札幌と他都市の平均温湿度（2024 年および直近 30 年）

ことが望ましい。また梱包の開封に際しては、温湿度調整がされた室内で、シーズニングをしたり、資料とともに温湿度データロガーを携行してモニタリングをすることで、資料への劣化ストレスを最小限に抑えることができる。

5．おわりに

史跡モヨロ貝塚の出土遺物は、発掘から 70 年以上を経ており、学史的にも重要な資料群である。金属製遺物は放置すれば必ず劣化し、いずれは散逸してしまう。保存処理を適切に実施し、資料を良好な環境に保つことでようやく延命できることを知っていただき、後世に価値ある資料を残せるよう保存科学の分野から取り組みを続けたい。

謝辞

本稿は 2025 年 3 月 23 日（日）に開催された WORKSHOP「モヨロ貝塚を考える－新視点からの展望－」時の口頭発表を整理･加筆したものである。

中沢祐一先生にはこのたび貴重な発表の機会を賜りましたことを御礼申し上げます。

引用・参考文献

天方博章ほか編 2011『オニキシベ 2 遺跡』：60-67、厚真町教育委員会

伊藤健司 2019『保存処理後遺物の経年調査における実態と課題に関する研究 : 考古遺物を中心として』関西大学学術リポジトリ (http://doi.org/10.32286/00018662)

井上勝也 1994『錆をめぐる話題』裳華房

大森信宏 2012「金属製遺物保管についての知識」『静岡県埋蔵文化財センター研究紀要 創刊号』：67-70

川名広文 2007「オホーツク文化期目梨泊遺跡住居跡出土の直刀」『比較文化論叢』19：123-144　札幌大学学術情報リポジトリ (https://sapporo-u.repo.nii.ac.jp/record/4202/files/KJ00004826925.pdf)

気象庁ウェブサイト：過去の気象データ検索（https://www.data.jma.go.jp/stats/etrn/index.php）2025 年 3 月 17 日・2025 年 9 月 20 日閲覧

沢田正明 1997『文化財保存科学ノート』近未来社

中沢祐一ほか編 2025『北海道大学所蔵モヨロ貝塚（網走市）収集考古資料』：38-40、北海道大学

成瀬正和 1989「わが国上代の工芸材料としての錫」『正倉院紀要』11：29-32

増澤文武 1979「出土鉄製品の腐食と保存処理」『材料』28-307：261-271

松井敏也 2002「さびた鉄をさびたまま保存する～出土鉄製品の保存～ 特集 文化財の寿命を考える」『マテリアルライフ』14：29-33

松井敏也 2009『出土鉄製品の保存と対応（考古学研究調査ハンドブック 3)』同成社

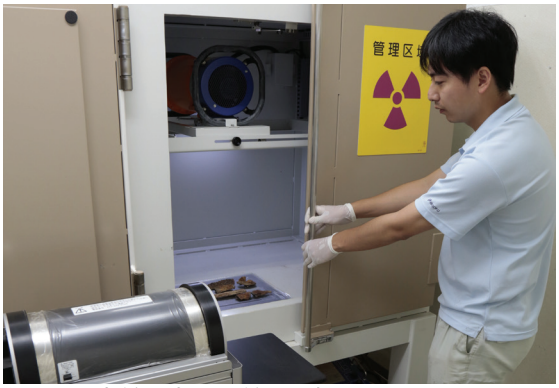
村田大ほか編 2016『厚真町 ショロマ 4 遺跡』：64,194-196、北海道埋蔵文化財センター

柳田明進 2018「保管・展示時の鉄製遺物の劣化に及ぼす湿度の影響 保存科学研究集会 金属製遺物の調査・研究に関する最近の動向」『埋蔵文化財ニュース』171：4-9 、奈良文化財研究所

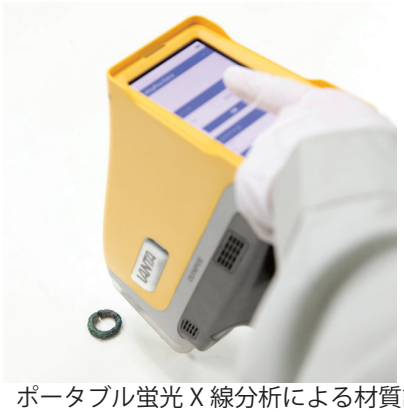
和田浩 2016「遺物の保存環境 (文化財科学研究の最前線 : 学会創立 30 周年記念論文 (No.2) ; 保存科学)」『考古学と自然科学』71：65-77



付図 1　処理前記録の写真撮影



付図 2　事前調査の X 線透過撮影



付図 3　ポータブル蛍光 X 線分析による材質調査



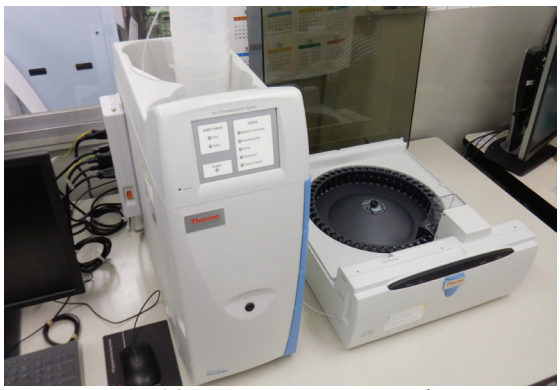
付図 4　クリーニング作業



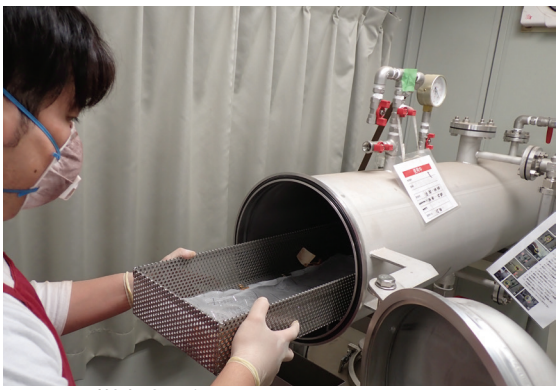
付図 5　高温高圧脱塩処理装置（オートクレーブ）



付図 6　アルカリ溶液法による脱塩処理



付図 7　脱塩測定用のイオンクロマトグラフィー



付図 8　樹脂含浸処理



付図 9　接合・復元作業



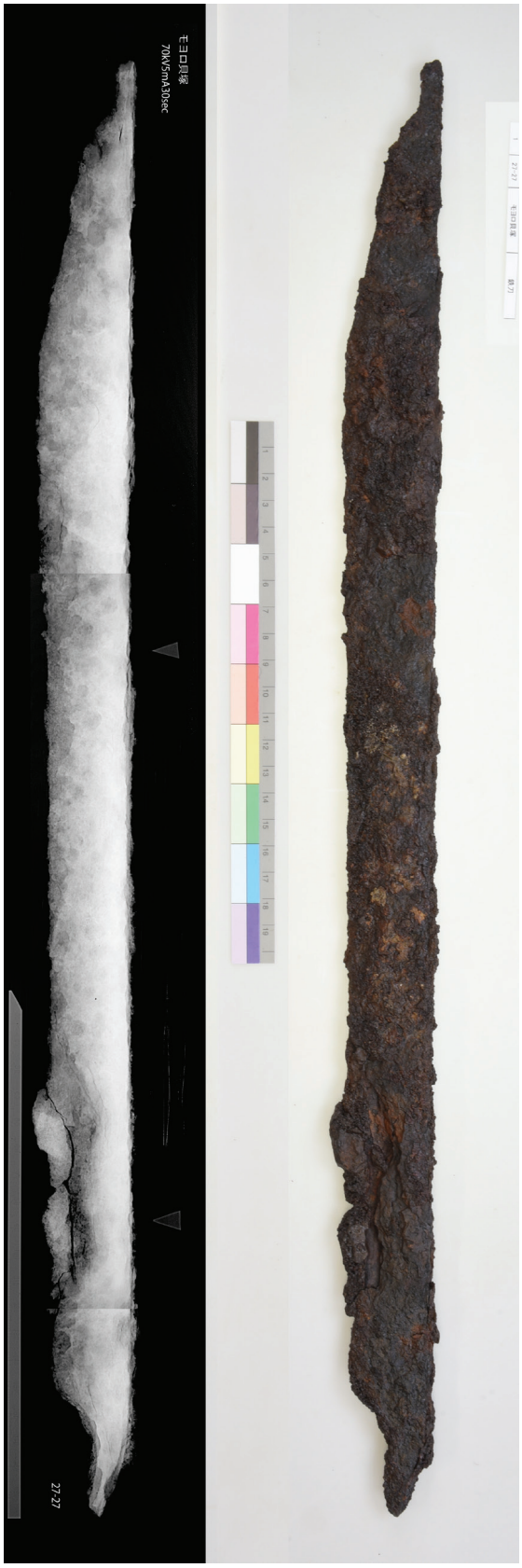
付図 10　緩衝材と RP システムで梱包した鉄製品



付図 11　保存処理前の鉄製品



付図 12　保存処理後の鉄製品



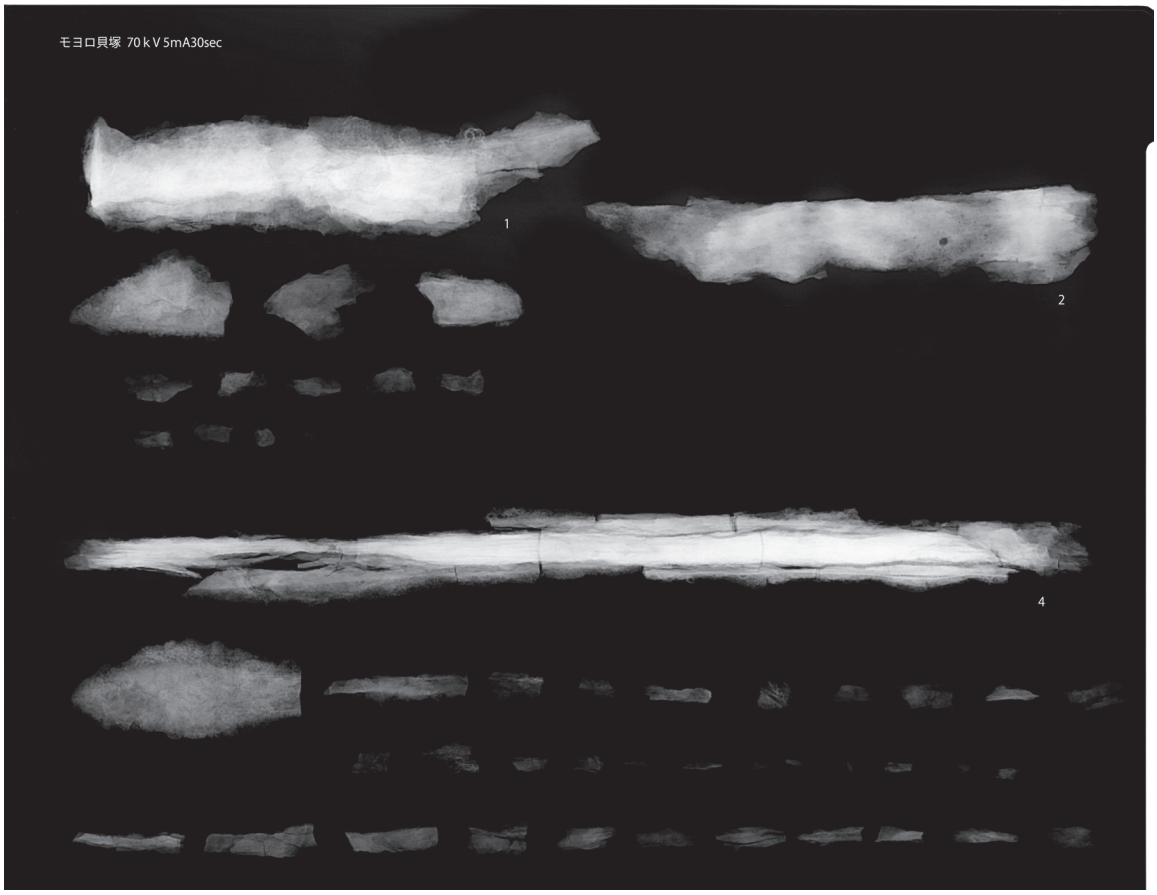
付図 13　令和 3 年度保存処理した曲手刀剣と X 線透過写真（メタル残存状況と破損・破断箇所）



付図 14　令和 3 年度保存処理した刀剣と X 線透過写真（メタル残存状況と棟区・目釘孔）



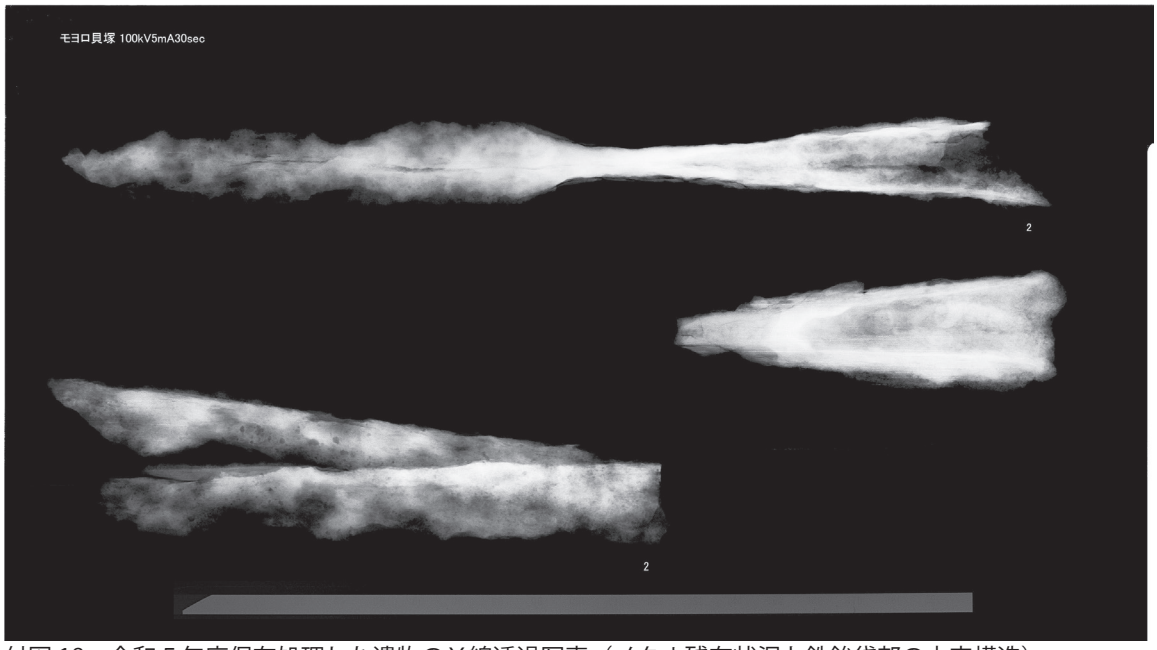
付図 15　令和４年度保存処理した曲手刀子、刀剣、槍



付図 16　令和４年度保存処理した遺物のＸ線透過写真（メタル残存状況と立面方向の三枚おろし状態）



付図 17　令和５年度保存処理した鉾と刀子



付図 18　令和５年度保存処理した遺物のＸ線透過写真（メタル残存状況と鉄鉾袋部の中空構造）