

# ストロンチウム同位体分析による 漆の産地同定

A Provenance Study of Urushi by Strontium Isotope Analysis

吉田邦夫・佐藤正教・中井俊一

YOSHIDA Kunio, SATO Masanori and NAKAI Shunichi

- ①はじめに
- ②分析方法
- ③分析資料
- ④分析結果
- ⑤考察
- ⑥まとめ

## 【論文要旨】

漆製品について、これまでの発掘を見ると、約9000年前とされる垣ノ島B遺跡の装身具を除くと、中国と日本列島の漆製品は、ほぼ同時代か、中国の方がやや古い。東～東南アジアに分布するウルシ(漆樹)は3種類の系統が知られているが、主成分が異なり、日本・中国ウルシから採取される漆はウルシオールを含み、ベトナム漆はラッコール、ミャンマー漆はチチオールを含んでいるので、主成分を分析すれば識別できる。しかし、日本列島産と中国産は、主成分を分析しても、両者を識別することは出来ない。

ストロンチウム Sr はカルシウム Ca と同様に、生育土壌から吸収され、植物組織に運ばれる。漆塗膜中の Sr の同位体比  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  は、ウルシが生育した場所の土壌の性格を反映する。日本列島産、中国産漆液資料について同位体分析をした結果、列島産は  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  の値が、0.705-0.709 であるのに対して、中国産は 0.712-0.719 であり、Sr 同位体比により、両者が識別出来ることが示された。 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  の値は、0.711 を境にして、二つのグループにきれいに分かれる。日本列島は、起源や年代が異なる岩石が混ざっているが、平均すると、より古い時代にマントルから分化した中国大陸の岩石より若い年代をもち、 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  の値は小さくなる。中国渡来の漆があれば、識別可能である。また、漆液・ウルシに含まれる Sr 同位体比は、土壌の交換性 Sr の同位体比を反映している。

これまでに、主として縄文時代後期、晩期、弥生時代中期、平安時代などの資料について、 $^{14}\text{C}$  年代を決定するとともに、Sr 同位体比を測定した。埋蔵中の物理的・化学的作用は、同位体比に大きな影響を与えておらず、縄文時代の発掘資料についても、この手法が適用できることが示された。遺跡から、ウルシ、漆液、漆製品の三点セットが出土しているところも多い。三者の同位体比が一致して初めて、列島のその遺跡で得られた漆原料によって漆製品が製造されたことが実証される。これまでの分析例では、遺跡ごとにまとめた値を示し、漆は地産地消されている可能性を示している。

【キーワード】 漆, Sr 同位体, 産地推定, 古代漆, 日本列島の漆・大陸の漆

## ①……………はじめに

漆器は日本を代表する伝統工芸品で、経済産業大臣指定伝統的工芸品の中では、織物、陶磁器に次いで多い23品が指定されている。その中には、始まりが奈良時代や6世紀にまで遡るとしているものもある。これらは、朝廷や僧侶が関係したとする伝承から見て、歴史時代に中国から伝来した技術が根付いたものと考えてよいだろう。

植物学からみると、ウルシの原産地は中国南方などとされ、日本列島には初め自生していなかったということが定説となっている。『原色牧野植物大圖鑑』では、「中国およびヒマラヤ原産で日本には古く渡来し、漆液を採取のため各地で栽植する高さ7～10mの落葉高木」と記述される〔牧野1997〕。中国原産のウルシが、いつ、どのようにして、列島で植栽されるようになったのかは、解明されていない。一方、大陸から、丸木舟に乗せて漆液を運んできた、という可能性も否定できない。

### 1-1. 中国の古代漆

中国では、春秋戦国時代の墓からたくさんの漆器が出土し、漢代には、青銅器に代わり漆塗りの器などが、日用品として使われるようになったと言われる。それより古いものとしては、1970年代に発掘された河姆渡遺跡が有名である〔浙江省文物考古研究所2003〕。上海の南130kmに位置する低湿地遺跡である。ベンガラ漆をまとった木胎の碗をよく目にするが、これは6500～6000年前の文化層から発掘されたものである。さらに、その下の7000～6500年前の層からは、両端に籐を巻き付け、金を施した長さ30cmほどの漆塗りの木筒が見つかる〔河姆渡遺址博物館2002〕。

最近、この河姆渡遺跡の北東7kmにある田螺山遺跡の前期層から2004年に出土した長さ39cm、径11cmの円筒木器では、炭粉漆下地層の上に透明漆と黒色漆2層が重ね塗りされていることがわかった〔四柳ほか2010〕。この木器の材はクワ属で、年代測定されている(5910±30BP；西本ほか2010)。およそ6800年前のものである。さらに、100kmほど西の跨湖橋遺跡では、2001年に見つかった長さ121cm、太さ3cmの棒状木製品が、クワで作った棒で、透明漆が塗られていることが判明した。約8000年前の層準とされる〔浙江省文物考古研究所ほか2004〕。この遺跡は杭州市にあるが、現在標高-1mで、海進時に水没して居住地が放棄されたと考えられている。このように、中国の最古級の漆製品は、浙江省の長江下流域に集中して現れている。

### 1-2. 日本列島の漆製品

一方、日本列島では、北海道函館市(旧南茅部町)垣ノ島B遺跡の漆塗り装身具が約9000年前のものとしてされる。中央部の土坑墓に、やや左を向いて上向きに葬られた遺体は残っていないが、頭部、両肩、両腕、両足にあたる位置から、漆の副葬品が出土している。漆を塗った糸を用いた織物状の装飾品が特徴である。得られた年代は、縄文時代早期前半に相当するが、漆製品を直接年代測定したものではない。頭部の漆付き土壌を測定して、8050±50BPの値を得ている〔南茅部町埋蔵

文化財調査団 2002]。残念ながらこれらの漆製品は火災で焼失している。

北海道の遺跡では、このような漆塗り繊維が特徴的に見られるようである。

本州島では縄文時代前期初頭、松江市夫手遺跡から出土した漆液容器について、付着漆片を直接年代測定して、約 6800 年前のものであることが明らかになった[松江市教育委員会ほか 2000]。また、新潟県三島郡和島村の大武遺跡<sup>だいぶ</sup>では、生漆とベンガラ漆を重ね塗りした糸が出土し、約 6600 年前の年代を示している[新潟県埋蔵文化財調査事業団 2014]。ここでは、同じ場所で、漆を焼き付けた土器が出土している。さらに、福井県三方町の鳥浜貝塚は低湿地遺跡であるため、「縄文人のタイムカプセル」と呼ばれるほど、有機質の遺物が大量に出土した。この中に、赤色櫛をはじめとして、漆器、弓、漆彩文土器など多彩な漆製品が含まれている。刻歯式堅櫛は、およそ 6100 年前のものであった。なお、最古の漆塗り堅櫛は、石川県七尾市三引遺跡から出土した約 7200 年前のものである[工藤ほか 2015]。

### 1-3. 東アジア・東南アジアの漆

これまでの発掘を見ると、垣ノ島 B 遺跡の装身具を除くと、中国と日本列島の漆製品は、ほぼ同時代か、中国の方がやや古い。製品のバラエティは、圧倒的に日本列島が優位にある。

東アジア・東南アジアにおいて、漆液を産出する樹種は 3 種類の系統が知られている。

- |                             |                                    |
|-----------------------------|------------------------------------|
| A. 日本・中国ウルシ                 | <i>Toxicodendron vernicifluum</i>  |
| B. ベトナムウルシ（アンナンウルシ：ベトナム，台湾） | <i>Toxicodendron succedaneum</i> 系 |
| C. ブラックツリー（ミャンマー，タイ）        | <i>Gluta usitata</i> 系             |

これらは主成分が異なり、日本・中国ウルシから採取される漆はウルシオール、ベトナム漆はラッコール、ミャンマー漆はチチオールが主成分なので、例えば、漆塗膜片を、熱分解—ガスクロマトグラフ／質量分析計（Py-GC/MS）を用いて分析すれば、たちどころに結果が得られ、三者が識別出来る[本多ほか 2012]。ところが、日本列島と中国に生育するものは、同じウルシで主成分が同じなので、漆液、漆塗膜の成分を化学分析しても、区別できない。

このような点を踏まえた上で、初期の塗膜製品が漆を用いたものであるとすると、問題は、ウルシおよび漆液が、日本列島産なのか、大陸からの移入品なのかという点である。

### 1-4. 同位体による植物の産地推定

植物の生育地の推定に同位体が利用されている。中国産の農産物を国産と偽って販売する産地偽装の事件が、たびたび新聞紙面を騒がせてきた。このような不正表示を防ぐために、日本国内では JAS 法（農林物資の規格化及び品質表示の適正化に関する法律：現在は、農林物資の規格化等に関する法律）に基づいて、生鮮食料品（農産物、畜産物、水産物）の原産地表示が義務づけられている。

これに伴って、産地表示の偽装を防止するために、市場に出回る商品を監視し、農産物等の原産地を科学的に判別・鑑定する方法の開発が行われた。米やネギ、タマネギなどについて、ホウ素 B やストロンチウム Sr 同位体を用いて、原産地を推定するのである。農林水産省の研究所でも、Sr 同位体を使い、国産と中国産のネギやイグサを区別する基礎研究を行っている[農林水産省農林水

産技術会議事務局 2005]。国産のものは $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ が0.71より小さいのに対し、中国産のものは、南部の福建省産のものを除いて、0.71より大きいものが多いことが明らかになった。Sr 同位体比を用いて、国産の農産物と中国産のものを区別できることが明らかになった。漆についても Sr 同位体が産地推定に有効であることが期待される。

### 1-5. 植物組織に存在する Sr

植物は、生育している場所の土壌から栄養分を摂取している。カルシウム Ca は、植物にとって重要な役割を果たす炭素・窒素・酸素など16種類の必須元素の一つで、多量要素とされている。生育している土壌から吸収され、植物組織に運ばれる。Sr は、似たような性質をもっているため、Ca と同じように振る舞う。両者は、周期表でアルカリ土類金属に属する同族元素である。ウルシの木は、育った土壌から Ca と一緒に Sr を吸収する。土壌から水とともに吸収されて、樹幹・枝・葉に分布する。ウルシでは、樹液である漆液にも含まれる。

Sr には、質量が異なる4つの安定同位体、 $^{84}\text{Sr}$  (同位体存在度:0.56%)、 $^{86}\text{Sr}$  (9.86%)、 $^{87}\text{Sr}$  (7.00%)、 $^{88}\text{Sr}$  (82.58%) が存在する。このうち、 $^{87}\text{Sr}$  は、ルビジウム  $^{87}\text{Rb}$  (半減期 488 億年) が  $\beta$  線を放出して放射性崩壊することでも生成するので、その存在比率は時間と共にわずかながら増加する (図1)。 $^{86}\text{Sr}$  は安定な同位体で変動せず、同位体存在度の値も近いので、これを基準に同位体の個数の比である  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  を用いて、その変化を表す。この同位体比は、Rb と Sr の濃度の比と時間によって変化する。マンツルの岩石が部分的に融けてできた大陸地殻の岩石はマンツルよりも大きな Rb/Sr 比を持つ。これは、Rb のイオン半径が Sr に比べて大きいので、マンツルを構成する鉱物の中にとどまりにくく、溶融したマグマに入りやすいためである。このため、マグマから形成される大陸地殻では、 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  の増加速度は大きくなる。古い時代にマンツルから出来た大陸地殻と、最近マンツルから分化した大陸地殻を比べると、古い大陸地殻が、より高い  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  を示す (図2)。このようなことから、それぞれの場所で、土壌のもとになる地層の母岩が形成された年代や Rb 含有量が異なることなどによって、固有の  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  値を示すことになる。日本列島は、

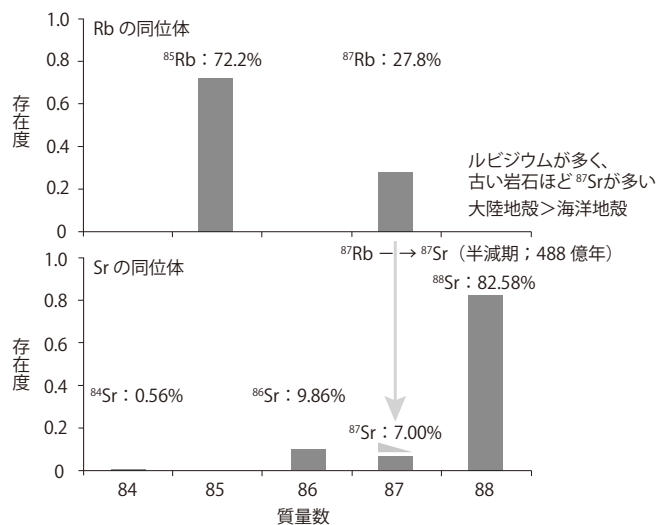


図1 ルビジウム Rb とストロンチウム Sr の同位体

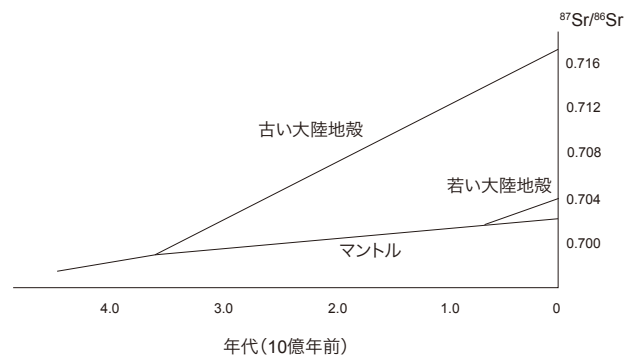


図2 Sr 同位体比の進化曲線

大陸地殻を構成する岩石は、マントルに比べ Rb/Sr 比が大きく Sr 同位体比は速やかに増加する。古い大陸地殻は若い大陸地殻より Sr 同位体比が高い。

起源や年代が異なる岩石がモザイクのように複雑に混ざっている。ユーラシア大陸から分かれた古い大陸地殻の断片や、海洋底の堆積物が隆起したブロックなどが混在しているが、平均すると、より古い時代にマントルから分化した大陸の岩石にくらべて若い年代をもち、 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  値が低いことが期待される。

このような状況の中で母岩、または、その他の要素から形成される土壤に含まれる Sr が、ウルシに吸収され、分泌される漆液へと移動するのである。漆塗膜や漆液は、ウルシが生育した土地の Sr 同位体比を反映することになる。

## ②……………分析方法

### 2-1. 漆塗膜試料の作成と前処理

漆液（生漆：日本列島産，中国産，ベトナム産）を適量取り，76  $\mu\text{m}$  アプリケータを用いてガラス板（70 × 140 mm，または 70 × 70 mm）上に製膜し，加湿下，室温で硬化させた。メスで漆塗膜を剥離し，約 100 mg を秤取しテフロンバイアルに入れる。

テフロンバイアル中で前処理を行う。まず，61% 硝酸  $\text{HNO}_3$ （関東化学 Ultrapur；d=1.38，61 wt%）6 mL を加え 120°C で 9～11 時間加熱し有機物を分解した後，加熱して有機物を除去し，乾固した。次に試料の状態に応じて 61%  $\text{HNO}_3$  5 mL，60% 過塩素酸  $\text{HClO}_4$ （関東化学 Ultrapur；60%）0.5 mL，過酸化水素水  $\text{H}_2\text{O}_2$ （関東化学 Ultrapur）0.5 mL を加え 120°C で 9 時間加熱した後，蓋を外し，加熱して有機物を除き，乾固した。有機物が残らなくなるまで少なくとも 4 回繰り返した。乾固した後，7M  $\text{HNO}_3$  1 mL で溶解した。

Sr を他の元素から分離するには，次のような方法を用いた。カラムに抽出クロマトグラフィーレジン：Sr Resin（50–100  $\mu\text{m}$  Eichrom Co., LTD., USA）0.5 mL を充填した後，2wt%  $\text{HNO}_3$  15 mL，3M  $\text{HNO}_3$  4 mL を流して残留 Sr を除去，Sr Resin のコンディショニングをした。前処理を行った試料溶液 1 mL（7M  $\text{HNO}_3$ ）を加え，3M  $\text{HNO}_3$  10 mL，7M  $\text{HNO}_3$  6 mL，3M  $\text{HNO}_3$  2 mL を順に流して，Sr 以外の元素を除去した。最後に 2wt%  $\text{HNO}_3$  3 mL を流して Sr を回収した。

## 2-2. ウルシ試料の前処理

ウルシの枝、樹皮を Milli-Q 水で数回洗浄し、30 分間超音波洗浄を行い汚れを除去した。乾燥後、メスを用いて約 50 mg を分取し秤量した後、テフロンバイアルに移して前処理を行う。まず、61% HNO<sub>3</sub> を加え 120℃ で 9 時間加熱した後、乾固した。次に試料の状態に応じて 61% HNO<sub>3</sub>、HClO<sub>4</sub>、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> を加え 120℃ で 9 時間加熱した後、乾固した。有機物が残らなくなるまで繰り返した。乾固した後、7M HNO<sub>3</sub> 1mL で溶解した。

Sr Resin を充填したカラムによる Sr の分離は、前節と同様に行った。

## 2-3. 土壌（交換性陽イオン）試料の前処理

スパチュラで約 0.7 g の土壌を分取、秤量した後、遠沈管に入れ、1M 酢酸アンモニウム CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub> 水溶液を 10 mL 加え、室温で 1 時間、超音波洗浄した。5000 rpm で 15 分遠心分離した後、上澄みをテフロンバイアルに移し、乾固した後、7M HNO<sub>3</sub> 1 mL で溶解した。

Sr Resin を充填したカラムによる Sr の分離は、2-1 節と同様に行った。

## 2-4. 土壌（硝酸可溶体；有機成分）試料の前処理

テフロンバイアルに試料を 0.17 g 取り、61% HNO<sub>3</sub> を 4.5 mL 加え、120℃ で 9～11 時間加熱し有機物を分解した。15 mL 遠沈管に入れ、遠心分離（3000 rpm, 5 min）した後、上澄みを 10 mL PE ボトルに回収した。ホットプレート上で乾固し、7M HNO<sub>3</sub> 1 mL で溶解した。

Sr Resin を充填したカラムによる Sr の分離は、2-1 節と同様に行った。

## 2-5. 土壌（無機成分）試料の前処理

2-4 節で硝酸に溶解しなかった残渣に、61% HNO<sub>3</sub> 0.6 mL、49% フッ化水素酸 HF 1.8 mL を加えホットプレート上で加熱溶解した上で、乾固した後、61% HNO<sub>3</sub> 0.6 mL、60% HClO<sub>4</sub> 0.9 mL を加えてホットプレート上で加熱溶解した。15 mL 遠沈管に入れ、遠心分離（3000 rpm, 5 min）し、上澄みをホットプレート上で乾固し、7M HNO<sub>3</sub> 1 mL で溶解した。

Sr Resin を充填したカラムによる Sr の分離は、2-1 節と同様に行った。

なお、土壌（全体）試料についても、同じ前処理を行い、Sr を分離した。

## 2-6. 遺跡出土試料（漆液・漆塗膜・漆紙など）の前処理

出土した漆試料については、付着している異物を、メス・ピンセットで除去した後、Milli-Q 水を用いて約 15 分、数回超音波洗浄を行い、表面に付着した土壌成分などを除去した。

その後は、2-1 節の前処理に準じて処理を行った。

## 2-7. ICP-MS 測定

測定は東京大学地震研究所に設置されているマルチコレクター型 ICP-質量分析計（IsoProbe, MicroMass Ltd., UK）で行った。前処理した試料溶液を導入して、質量分析を行った。RF 出力

は 1350 W, 加速電圧は 6000 V とし, 測定する質量数はクリプトン  $^{83}\text{Kr}$ ,  $^{84}\text{Kr}$ ,  $^{85}\text{Rb}$ ,  $^{86}\text{Sr}$ ,  $^{87}\text{Sr}$ ,  $^{88}\text{Sr}$  とした。 $^{83}\text{Kr}$  の信号強度から  $^{84}\text{Kr}$ ,  $^{86}\text{Kr}$  の強度を推定し,  $^{84}\text{Sr}$ ,  $^{86}\text{Sr}$  の強度を補正した。同様に  $^{85}\text{Rb}$  の強度から  $^{87}\text{Rb}$  の強度を推定し,  $^{87}\text{Sr}$  の強度を補正した。

質量差別効果の補正は内部補正法により行った。 $^{86}\text{Sr}/^{88}\text{Sr}$  の実測値と自然界値 (0.119352) の差から補正計数 (質量差別効果補正係数: マスバイアス係数) を求め,  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  の実測値を補正した。1 回あたり 5 秒間の測定を 80 回繰り返して得られた同位体比データのうち, 標準偏差の 2 倍の範囲内のデータを平均して実測値とした。

繰り返し測定した同位体比データの標準偏差を平均値で割ったものを相対標準偏差 (%) と呼ぶ。これを測定数の平方根で除したものを相対標準誤差 (%) というが, 本研究では, 各分析の相対標準誤差は 0.001% 程度であった。表に報告している標準誤差は Sr の信号強度が同程度の標準物質を繰り返し測定し, 標準物質の相対標準偏差を求め, 測定値の平均  $\times$  標準物質の相対標準偏差  $\times$  2 を表記している。この値は各試料測定の際の相対標準誤差の 10 倍程度になる。

また, 標準物質は Sr 同位体標準試料: NIST SRM987 50 ppb ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0.71025$ ) を用いた。1~4 試料を測定する前後に標準試料を測定し, その平均値と推奨値の差を求め, 測定値を補正した。

漆塗膜・ウルシ・土壌を測定した際に, 繰り返し分析した標準試料の平均値は,  $0.71038 \pm 0.00008$  ( $\pm 2\sigma$ ,  $n=18$ ) であった。この標準偏差 ( $2\sigma$ ) を測定値の測定誤差とした。

試料溶液が十分にある場合は, 四重極型 ICP 質量分析計 (Plasma Quad III, VG Scientific) を用いて, Sr と Rb 濃度, および希土類など微量元素の濃度測定を行った。内標準元素として, インジウム In, ビスマス Bi を用いた。

## 2-8. 放射性炭素年代測定

漆塗膜や漆液は比較的堅牢で, 外部からの汚染を受けにくい。しかし, それでもいくらかの汚染が生じている可能性があるため, 通常の年代測定試料で行われる汚染除去の化学処理を行った。漆は, 耐薬品性が大きいので, 化学処理による質量減少が少なく, 数 mg の試料で測定できる。目視, または顕微鏡下で, 表面に付着している不純物を, 金属製ピンセットやメスで除去する。酸-アルカリ-酸処理 (AAA 処理) は, それぞれ 1.0 mol/L 塩酸で 2 時間程度, つづいて 1.2 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液で 1~2 時間, 最後に 1.0 mol/L 塩酸で 2 時間処理を行った。処理温度は 80°C とした。その後, Milli-Q 水で洗浄し, 室温で乾燥した。化学処理をした試料は, 封管中 850°C 2 時間, 酸化銅 (II) により酸化し, 二酸化炭素を得る。ガスを精製した後, 封管中 650°C で高純度鉄粉と高純度水素によって還元して (グラファイト+鉄) 試料を作成し, これを Al カソードにプレスして測定した [吉田 2004]。

測定は, 東京大学工学系研究科原子力国際専攻 (現・東京大学総合研究博物館) のタンデム加速器研究施設に設置されている AMS 装置を用いて行った。加速電圧 4.500 MV で, 高速逐次入射法 (ジャンピング法) により, 荷電変換後の  $\text{C}^{4+}$  を用いて  $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$  比および  $^{14}\text{C}/^{13}\text{C}$  比を測定した ( $^{14}\text{C}$  の測定時間の合計は 300 秒)。この測定を 5 回行い, 年代を決定した。なお, 炭素同位体分別補正は,  $(^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{AMS}}$  を算出して行った。表 1, 表 10~13 の  $\delta^{13}\text{C}_{\text{AMS}}$  は, その値を用いている。

なお, 一部資料では, 名古屋大学年代測定センターおよび Beta Analytic 社の測定値を用いている。これらの測定値について, 最新の暦年代較正曲線 IntCal 20 [Reimer, *et al.* 2020] に基づき, 較正

プログラム OxCal 4.4.2 [Bronk Ramsey 2020] を用いて暦年代較正の再計算を行った。

また、表には、年代測定値をそのまま記載し、図では、Stuiver *et al.* 1977 に基づいて、測定値を表記した。

## 2-9. 炭素・窒素同位体分析

測定は、東京大学総合研究博物館設置の安定同位体比質量分析装置により行った。

EA-IRMS : 元素分析計/質量分析計 | 元素分析計 : EuroEA 3028-HT (EuroVector. It.), 質量分析計 (IsoPrime : Micromass, Ltd, UK (現 elemental, UK))。

安定同位体比測定のレファレンスガスは、超高純度ボンベガス (Grade 1) を用いた。また、国際標準試料は  $\delta^{13}\text{C}$  : IAEA-CO-1 ( $\delta^{13}\text{C}_{\text{VPDB}} = +2.49 \pm 0.1\%$ ), CO-8 ( $-5.76 \pm 0.03\%$ ), CH-7 ( $-32.15 \pm 0.05\%$ ),  $\delta^{15}\text{N}$  : IAEA-N-1 ( $\delta^{15}\text{N}_{\text{Air}} = +0.4 \pm 0.2\%$ ), N-2 ( $+20.3 \pm 0.2\%$ ) を使用し、測定用標準試料 (ワーキングスタンダード) は、L-Alanine (ナカライテスク社,  $\delta^{13}\text{C} = -19.9 \pm 0.2\%$ ,  $\delta^{15}\text{N} = +1.79 \pm 0.2\%$ ) を使用して、標準物質を炭素は VPDB, 窒素は大気窒素とする値を算出した。

同位体比の算定には ionOS3.0 (Isoprime, UK (現 elemental, UK)) を、元素の含有率測定は、質量分析装置を制御するアプリケーション (Isoprime 社製 IonVantage) の機能を使用した。測定値の不確かさは、 $\delta^{13}\text{C}$  : 0.1%,  $\delta^{15}\text{N}$  : 0.3% と推定される。

## ③……………分析資料

日本列島産の漆と中国産の漆を識別するために、両産地の漆液資料と土壌資料などを収集した。また、日本列島の古代漆の産地を推定する研究のために、考古資料を収集した。

### 3-1. 現生資料

明治大学工学部宮腰哲雄教授 (現名誉教授) らが 2003 年～2007 年に採取した日本列島産漆液資料 (6 地点 7 資料), 中国産漆液資料 (4 地点で採取された市販品), ベトナム産漆液を用いた。日本列島産漆液は、北海道網走市, 岩手県二戸市浄法寺町, 福島県大沼郡金山町, 茨城県久慈郡大子町 (2 地点), 京都府福知山市夜久野町 (丹波漆), 岡山県新見市・真庭市 (備中漆) で採取した漆液である。漆液を採取する際、ウルシが生育している直下の土壌を採取した。さらに、大子町の 1 地点では、漆液を採取したウルシの樹皮, 枝を採取した。

浄法寺町では、比較的広範囲な場所で、ウルシ栽培が行われている。そこで、基盤岩による影響を検討するために、形成年代と岩相が異なる 4 カ所で、漆液とウルシ直下の土壌を 2008 年に採取した。採取場所の選定は、『20 万分の 1 日本シームレス地質図』に基づいて行った [産業技術総合研究所地質調査総合センター 2007]。

No.1 (40.341° N, 141.268° E) : 中新世 堆積岩

No.2 (40.221° N, 141.083° E) : 更新世 苦鉄火山岩

No.3 (40.192° N, 141.123° E) : 更新世 火砕流苦鉄質

No.4 (40.165° N, 141.152° E) : 更新世 岩屑



また、中国産漆は、中華人民共和国四川省重慶市城口県、湖北省<sup>もっほ</sup>毛垭、陝西省<sup>あんこう</sup>安康、貴州省<sup>ひっせつ</sup>畢節産とされる市販品を用いた。

### 3-2. 考古漆

現生の漆資料について分析し、漆塗膜・漆液の Sr 同位体比が、その漆液を採取したウルシが生育した土壌の Sr 同位体比を反映していることが明らかになった [佐藤ほか 2012]。この手法を用いて、縄文時代早期に遡るとされる漆製品の原材料が、中国渡来のものであるか、日本列島産であるかどうかを、時代を追って、明らかにしたいと考えた。しかし、考古遺物は、埋蔵中に物理的、化学的な影響を受け、さらに生物からの影響も受ける。考古遺物である漆液・漆塗膜が当初の Sr 同位体比を保持しているかどうか、十分に注意し、確認する必要がある。一方、分析に必要な資料の量は、Sr 濃度に依存するが、30 mg 程度が必要になる。解決すべき課題であったが、最新の装置は感度が一桁以上高いので、これを用いると、数 mg の資料で測定できるようになっている。本研究では、30 mg 程度の資料が入手できる遺跡・遺物について、異なる年代、異なる地域のものを選択し、提供を依頼した。地域と年代によって Sr 同位体比がどのような変異を示すか明らかにすることを目的とした。

また、遺跡から、ウルシ、漆液、漆製品の三点セットが出土しているところも多い。おそらく山形県<sup>おんだし</sup>押出遺跡が一番古い例であろうが、埼玉県<sup>うしろや</sup>後谷遺跡、東京都<sup>しもやけべ</sup>下宅部遺跡など、文化財指定を受けている遺物も多い。三者の同位体比が一致して初めて、日本列島のその遺跡で得られた漆原料によって漆製品が製造されたことが実証される。地産地消である。集落内にウルシ栽培・漆製品製作の専門家集団が存在していたのか、広範囲に交易品として流通したのかを検討できる可能性を示している。

もう一つ大事なことがある。出来る限り、資料の年代測定を行うことである。前述したように、漆塗膜・漆液は、数 mg の資料で年代測定することが可能である。漆塗膜の年代を決め、その制作地を推定するのである。さらに、この年代測定は、土器型式の存続年代を決めるのにも重要な役割を果たす。東北・北海道の土器付着炭化物は、海棲動物を煮炊きしたと思われるものが多く、海洋リザーバー効果によって実際より古い年代値が得られることがある。漆塗土器などの漆塗膜、または土器に入っていた漆塊は、このような影響を受けないので、直接測定することで、土器の使用年代と漆製品の制作年代を決定するためにきわめて重要な測定値を得ることが出来る。

#### 3-2-1. 西部遺跡

新潟県村上市の西部遺跡は、日本海沿岸東北自動車道の建設に伴う発掘調査（平成 17～18 年；2005～2006 年）で、古代の鍛冶工房とみられる大型建物や多数の漆紙文書が出土した [鈴木ほか 2010]。漆液を湿度の高い空气中に放置すると、硬化してしまう。漆液を保存するためには、容器に入れた漆液が空気に触れないようにするために、紙などを液面に密着させて蓋をする必要がある。古代、紙は貴重だったので、役所の使用済み文書が、蓋に転用された。セルロースによって構成される紙は、埋蔵中に微生物などによって分解されるなど腐食しやすいが、漆は強固な構造を持つために、漆液が浸潤した紙は埋蔵土中で分解せずに残される。これが漆紙文書である。廃棄文書

の場合、肉眼で文字を読むことは難しいが、赤外線を使うと文字を読み取ることが出来ることが多い。漆紙文書は、貴重な文字資料として文字情報が重視され、様々な研究が行われている。ところが、漆紙そのものの分析は、ほとんど行われていない。

西部遺跡の漆紙文書には、「頸城宮」や古代磐船郡の郷名「佐伯郷」「坂井郷」、戸籍に関する「正丁」「郷戸主」などの文字が記されていた。これらの漆紙文書の記載内容から、廃棄された文書は、地名表記や字形などをもとに、759年以降からそれほど下らない時期、8世紀後半頃のものである可能性が指摘されている〔平川 2010〕。

#### <漆資料>

2008年5月14日に、年代測定資料として、漆紙資料3点、漆液資料1点を受領した（表1、写真1：漆紙2：SD1377）。

漆紙1：漆紙資料 SD1077 台 170（整理 No.B）

漆紙2：漆紙資料 SD1377 台 465（整理 No.E）

漆紙3：漆紙資料 SK2120 台 1（整理 No.3）

漆液：漆液資料 SX2001 台 35

漆容器（曲げ物）の木質部が腐食して遺存していない漆液資料（SX-2001）については、形状を保存、強度を持たせるために表面全体にパラロイド B72 溶液（約10%、アセトン溶液）を3回塗布したとされている。その他の資料は、薬品処理をしていない未接合の破片である。年代測定を行うとともに、Sr 同位体分析を行った。

### 3-2-2 柳之御所遺跡

藤原三代が栄華を誇った平泉。岩手県平泉町、中尊寺から約2km離れた北上川の近くに柳之御所遺跡がある。平安時代末期、奥州藤原氏の政庁平泉館跡と推定されている。12世紀後半を中心とした遺跡で、藤原家3代秀衡の時代に相当する。2017年重要文化財に一括指定された。

中国産の磁器や国産の陶器などの高級品や、大量のかわらけ（儀式に使われる使い捨ての土器）などが出土した〔岩手県教育委員会 2002〕。その中で、ひときわ目立つのが、ほとんど完全に近い

表1 西部遺跡；年代測定結果、暦年較正範囲、Sr 同位体比

資料番号	<sup>14</sup> C年代 BP ± 1σ	δ <sup>13</sup> C <sub>AMS</sub> ‰	較正暦年代 ± 2σ 範囲 (信頼率)	cal AD (信頼率)	測定番号 TKa-	<sup>87</sup> Sr/ <sup>86</sup> Sr	標準誤差 (2σ)	Sr 濃度 (ppm)
漆紙1 SD1077 台 170	1145 ± 43	-22.1	770 - 795 800 - 995	( 7.2%) (88.3%)	14569	0.70935 ± 0.00002		12.4
漆紙2 SD1377 台 465	1134 ± 31	-23.7	770 - 790 825 - 860 870 - 885	( 3.8%) ( 5.8%) (85.9%)	14570	0.70840 ± 0.00002		0.95
漆紙3 SK2120 台 1	1160 ± 40	-29.0	770 - 990	(95.4%)	14572	0.70946 ± 0.00002		18.4
漆液 SX2001 台 35	1100 ± 35	-32.0	880 - 1025	(95.4%)	14573	0.70947 ± 0.00001		27.6

\*年代値は吉田 2010a より引用



写真1 漆紙資料SD1377

形に復元出来た、白磁の四耳壺である。12世紀第3四半期に輸入されたと見られ、中国の福建省近くで作られたものらしいが、奇妙な姿を見せている。表面に、漆が染み込んだ布をまとっている(写真2)。今は、一部分に布が付着しているだけだが、もとは底面から口縁部までの外側全面、さらに口縁部の内側の頸部付近まで、布が覆っていたと思われる。貼り付けは、中国で行われたのか、それとも輸入されてからなのか。藤原氏は中国産陶磁器を輸入するなどし、とりわけ白磁を好んだとされる。いつ、どこで、美しい器面をもつ白磁四耳壺に、漆を塗って布を着せたのかを解明するために検討を進めた。

<漆資料>

2010年1月21日に、岩手県立博物館から漆布資料3点と漆紙文書の提供を受けた。

白磁四耳壺付着漆布(写真3) 50SE3・3層

器からはがれ落ちた破片の提供を受けた。2cm角ほどのものが、2つ。厚さは約0.4mm、重さ約0.1g。布は平編みで、糸の幅は0.2~1mmと様々で、編み方は粗い。当然のことながら、器に接していた方は平だが、表側は糸の部分が浮き上がっていて、平になるまで漆を塗り重ねてはいない。

漆紙文書; YG 93-41

41SD2・B トレンチ 埋土 X Ⅲ層 No.248

3-2-3. 青谷上寺地遺跡

あおやかみじち  
 青谷上寺地遺跡(鳥取市青谷町)は、弥生時代前期後半~中期後半に顕著な拡大をし、後期を経て古墳時代前期初頭に突然消滅する低湿地遺跡である。100体を超える弥生時代後期の人骨が出土し、弥生人の脳が初めて得られた遺跡でもある。平成20年(2008年)度から22年(2010年)度にかけて鳥取県埋蔵文化財センターが実施した「青谷上寺地遺跡景観復元プロジェクト」に参加し、ボーリング試料、土器付着炭化物など多数の出土資料の年代測定を行った[鳥取県埋蔵文化財センター2011]。その一環として実施したSr同位体分析およびC14年代測定のために、同センターから2010年9月に、漆塗土器の漆塗膜3資料の提供を受け、Sr同位体分析を行った。年代測定は、1資料について行った(鳥取県とっとり弥生の王国推進課より論文掲載の許可済み)。



写真2 柳之御所遺跡；布着せされた白磁の四耳壺（調査時に撮影）



写真3 柳之御所遺跡漆布資料

#### < 漆資料 >

出土した土器片の中には、多くの漆塗土器があったが、全体に漆塗膜が薄く、Sr 同位体分析を行うことが出来る資料は少なかった。

調査区 KJA から出土した漆塗土器 12 資料について、分析が可能と評価したが、その内 3 資料の漆塗膜を分析した。

- |         |                |               |                      |
|---------|----------------|---------------|----------------------|
| 資料 JP-5 | 5区 グリッド F23    | 取り上げ No.9187  | 甕 底部                 |
|         | 土器の特徴          | 不詳            | 層位 (弥生時代後期～古墳時代前期初頭) |
| 資料 JP-8 | 6区 グリッド I27～28 | 取り上げ No.46666 | 甕 口縁部～胴部             |
|         | 土器の特徴          | 弥生中期中葉        | 層位 (弥生時代中期中葉～後葉)     |
| 資料 JP-9 | 6区 グリッド H27    | 取り上げ No.47602 | 甕 口縁部                |
|         | 土器の特徴          | 弥生中期中葉        | 層位 (弥生時代中期中葉～後葉)     |

#### 3-2-4. 野地遺跡

野地遺跡（新潟県胎内市八幡字野地）は、縄文時代後期中葉から晩期前葉の低湿地遺跡である。胎内川の下流の扇状地に立地する遺跡（標高 8 m）で、日本海東北自動車道の建設に伴い、2005～2006年に発掘が行われ、2010年に追加確認調査が行われている。

この遺跡の特徴は胎内川の度重なる氾濫の中で、約 500 年に渡って同じ場所を利用していたことにある。この川の氾濫と生活の繰り返しにより構築された包含層は湿気に富み、一般的な遺跡では残存しない漆製品や木製品が良好な状態で残存していた。漆塗土器、漆補修土器、籃胎漆器、樹皮製品、装身具（櫛・腕輪）などの漆製品や漆容器、漆パレット、漆漉し布などの漆用具が出土している。漆塗土器は 911 破片に及んでいる [新潟県教育委員会 2009]。

#### < 漆資料 >

表2 野地遺跡：漆関係資料

試料記号	種別	調査区	グリッド	出土層位	所属時期	器形	漆付着部位と形状		所見
							外面	内面	
A	漆付着土器	P2	10D 7c	H 5 b	縄文後期後半?	鉢(深鉢)	黒色漆	×	外面に塊状の漆が付着。何かと接着するためのものか、あるいは、二次的に偶然付着したものか、判断できない。
E	漆容器	P2	10D 4c	H 5	縄文晩期前葉?	鉢(深鉢)?		黒色漆 +褐色漆	漆を入れた土器が割れて、土器片と漆が接着して塊となったと推測される。黒色漆の上に褐色漆が重なり、イネ科植物に似た夾雑物が認められる。
I	漆塗膜	不明	-	-	縄文晩期?		赤漆		籃胎容器や貝などの有機物に塗布した漆膜だけが残存したもの。
No.4118	ウルシ	P2	10D23	H2					遺構 No.P1023 木製品同定 No.25 NIG-2352
	土壌	P2	10D23a						遺構 No.P1023
	土壌	13 トレンチ	SK1						壁際
	土壌	13 トレンチ	SK1						編物の上

学術フロンティア事業『環境史と人類活動に関する学際的研究』の一環として、2007年11月16日に、漆関係資料を採取した(表2)。

漆資料 A 深鉢の外面に塊状の漆が付着

漆資料 E 漆容器として使われたと思われる土器の破片；内面に漆塊

漆資料 I 赤漆の漆塗膜のみが残存(写真4)

また、2011年9月に、ウルシ・漆液・漆製品の3点セットで分析を行うことを企図して、木製品資料と土壌資料の提供を受けた。

木製品資料 No.25；枝節加工され、ウルシと同定されていた木製品[鈴木 2009]。再鑑定の結果、ウルシではなく、クロモジであった[2011年 森林総合研究所・能城修一(現・明治大学黒耀石研究センター)による]。

土壌資料 1. 上記木製品が出土した遺構 No. P1023 の保存されていた土壌

土壌資料 2. 2010年の確認調査資料 13 トレンチのクルミ塚 SK1 ；壁際の土壌

土壌資料 3. 同上 ；編物の上の土壌

### 3-2-5. 下宅部遺跡

<sup>しもやけべ</sup>下宅部遺跡(東京都東村山市多摩湖町)は、縄文時代後期・晩期(およそ4,000～3,000年前)、古墳時代、奈良・平安時代、中世に続く遺跡である。湧水に恵まれ、普通では残りにくい植物や木の道具、水辺遺構、動物の骨など有機質遺物が大量に出土した低湿地遺跡である[東村山市遺跡調査会 2007]。漆塗土器、漆塗り木製品だけでなく、漆液容器や赤色顔料など漆製品の製作工程を示す遺物の出土も多い。さらに、漆掻き跡が残るウルシが、杭として利用され残っていた。ウルシの栽培管理から漆製品の製作までの一連の作業工程が、遺跡内で行われたことを示す貴重な例である。これを、Sr 同位体比の分析によって、実証的に示す分析を行った。

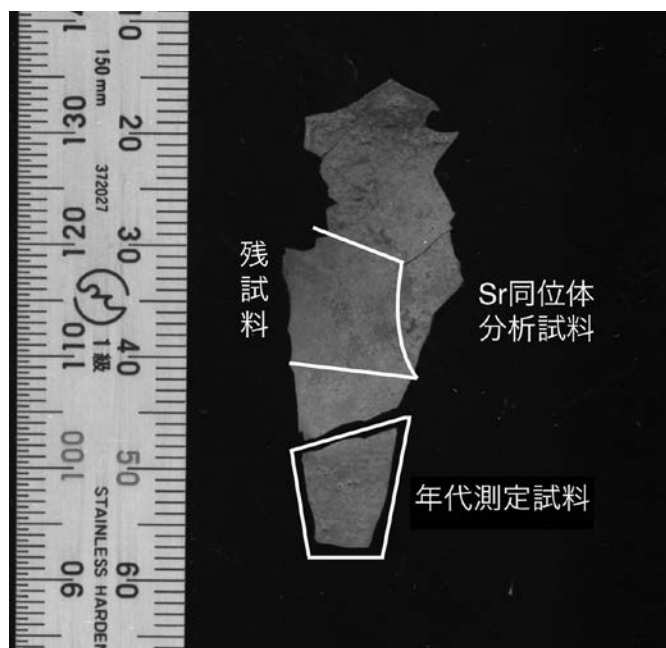


写真4 野地遺跡；資料I  
胎が失われて、漆塗膜のみが残った。

#### <漆資料>

ウルシ (+ 土壌)、漆液、漆製品 (漆塗膜) の三点セットの分析を行うために、2010年7月にウルシ杭、漆液容器 (土器)、漆塗膜資料から分析試料を採取し、同10月に土壌資料を受け取った。漆塗膜資料は分析できなかったため、2017年末に弓の漆塗膜の提供を受けた。

漆液資料 漆液容器について、年代測定済みの3資料 (D19.2427, C3.885 KA1-6, C19.1571) と未測定の1資料 (G12.442) を選び、漆液を採取した。

年代；堀之内1式～安行2式

漆塗膜資料 D92738；分析不能

D19-AK12；7号弓 (晩期初頭) から採取 約30 mg

ウルシ資料 掻き跡がある3資料 (250号杭, 287号杭, 323号杭；年代測定済みの資料を採取する予定だったが、手違いで未測定資料から採取した)。

土壌資料 ①北区第2トレンチ東サンプル1層, ②2層, ③3層, ④4層の資料から1資料①を分析

## ④……………分析結果

### 4-1. ウルシの個体内における $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$

ウルシの植物体内における同位体比の変異を検討するために、植物の部位ごと、およびそのウルシから採取した樹液で作製した漆塗膜の  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  を測定し、変動幅を検討した。比較には、茨城県大子町 (地点 No.1) で採取した漆液から作成した漆塗膜・樹皮・枝の3点を用いた。その結果を表3および図3に示す [佐藤ほか 2012]。漆塗膜・樹皮・枝のそれぞれの  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  は互いに測定

表3 漆液とウルシの Sr 同位体比；部位による違い（茨城県大子町）

資料	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	標準誤差 ( $2\sigma$ )	Sr 濃度 (ppm)
漆塗膜	0.70756	± 0.00003	12.2
ウルシ樹皮	0.70751	± 0.00003	283
ウルシ枝	0.70745	± 0.00003	—

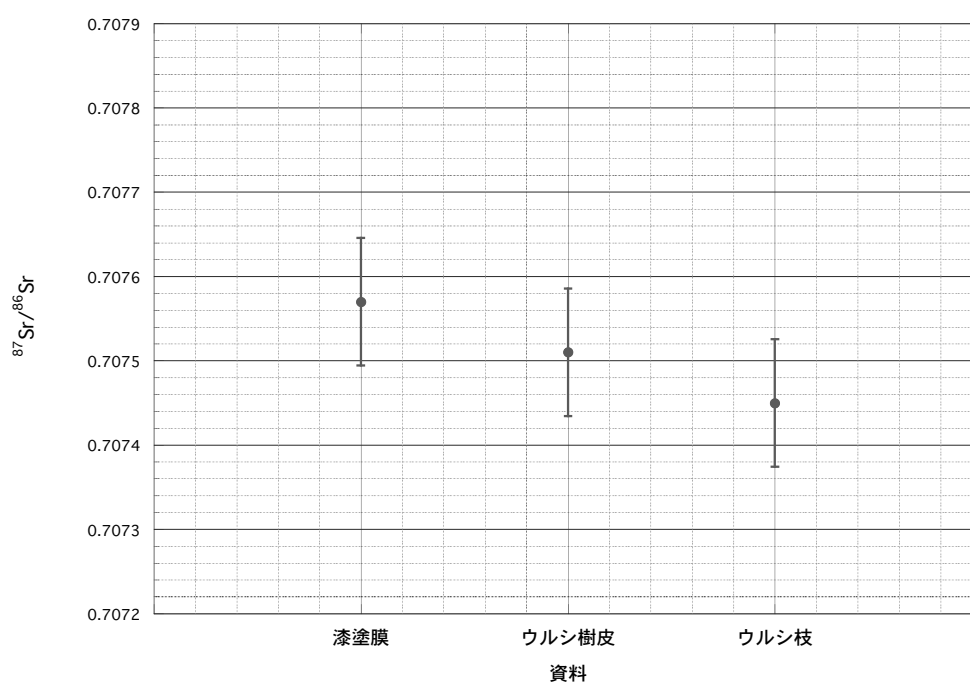


図3 ウルシの Sr 同位体比；部位による変異（茨城県大子町）  
（佐藤ほか2012 図11 を改変）

誤差 ( $\pm 2\sigma$ ) の範囲内に入っているため、部位による違いは無いと考えた。なお、 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  の測定誤差 ( $\pm 2\sigma$ ) は、 $\pm 0.00008$  であった。

#### 4-2. 漆と土壌の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$

漆に含まれている Sr がどのような土壌構成成分に由来しているかを検討する実験を行った。2-3 節から 2-5 節までに記したように、酢酸アンモニウム ( $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ ) 水溶液、硝酸、フッ化水素酸で土壌を処理し、溶け出る Sr を分析した。

土壌中の粘土や腐食などの成分が持つ負電荷に結合している陽イオンは、他の陽イオンと反応することによって交換され、水溶液中に溶け出す。このような陽イオンは交換性成分と呼ばれる [Bolt, *et al.* 1980]。陸上の植物は炭素以外の必須元素の大部分を、溶け出した交換性成分を含む土壌溶液から吸収している。一般に 1 mol/L で pH を 7.0 に調節した酢酸  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  水溶液を土壌と反応

させることにより、実験的に交換性成分を抽出することができる [佐藤 2012]。

茨城県大子町(地点 No.1)で採取した土壌を用いて、試薬を加えた時に溶出する成分を分離した。土壌構成成分から、pH7.0にした  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  水溶液で抽出したものを交換性成分、硝酸 ( $\text{HNO}_3$ ) 中で加熱したときに溶け出した成分を有機成分、残りをフッ酸 (HF) などで完全に分解した物を無機成分とした。同位体比測定の結果を表4に示し、各成分と漆塗膜の Sr 同位体比の差を図4に示す [佐藤ほか 2012]。このグラフから、漆に含まれる Sr は、土壌成分のうち、水に溶けやすい成分である交換性成分の Sr 同位体比を反映していると考えられる。また、有機成分ともほぼ一致した値を示しているが、硝酸で分解したときに有機成分だけでなく一部の無機成分も溶解したため、完全には一致していない。一方で、主にケイ酸塩である無機成分は漆に比べて高い  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  を示した。フッ酸で分解することで、ケイ酸塩鉱物などの結晶構造を破壊し、それに取り込まれていた Sr の同位体比を測定していると考えられる。有機成分、無機成分の Sr 濃度は測定されていないが、

表4 漆と土壌構成成分の Sr 同位体比 (茨城県大子町)

資料	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	標準誤差 ( $2\sigma$ )	Sr 濃度 (ppm)
漆塗膜	0.70756	± 0.00003	12.2 *
交換性 Sr	0.70757	± 0.00003	27.6
土壌 (有機成分)	0.70840	± 0.00003	-
土壌 (無機成分)	0.71266	± 0.00003	-
土壌 (全体)	0.71064	± 0.00003	-

\* 漆塗膜は、表3と同じデータ

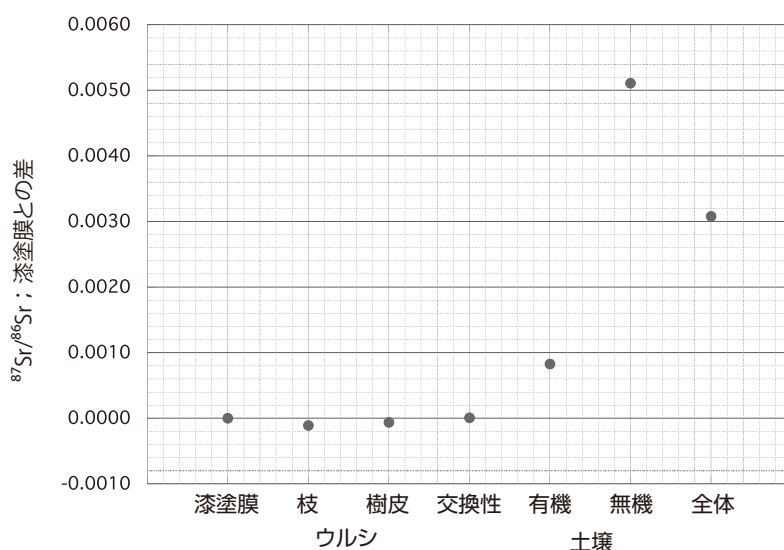


図4 漆・ウルシと土壌の構成成分の Sr 同位体比 (茨城県大子町)  
(佐藤ほか 2012 図 12 を改変)



交換性成分、有機成分、無機成分の Sr 同位体比は、土壤全体の同位体比と整合的であると思われる。なお、測定誤差は、グラフ（図 4）のプロット内に収まる（以下のグラフも同様である）。

他のウルシ生息地である、北海道網走市、岩手県浄法寺町（場所が異なる 4 カ所）、福島県金山町、京都府福知山市の計 7 箇所採取した土壤試料と、同じ場所で生育しているウルシから採取した漆液から作製した漆塗膜についても、同様の測定を行った。漆塗膜の Sr 同位体比が栽培土壤の交換性成分を反映していることは、どの場所においても同じである（表 5、図 5：佐藤ほか 2012）。浄法寺 No.3 では、交換性成分の値が有意に高いが、原因はよくわかっていない。全体として、栽培土壤中の交換性 Sr がウルシに取り込まれる過程、そして植物体内で移動し、漆液を分泌する過程ま

表5 漆産地の漆と交換性 Sr の同位体比

資料	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	標準誤差 ( $2\sigma$ )	Sr 濃度 (ppm)	地質年代 基盤岩
北海道網走市	漆塗膜	0.70506 ± 0.00005	11.1	
	交換性 Sr	0.70484 ± 0.00003	16.1	
岩手県浄法寺町 No.1	漆塗膜	0.70545 ± 0.00003	8.47	中新世
	交換性 Sr	0.70563 ± 0.00003	14.1	堆積岩
No.2	漆塗膜	0.70634 ± 0.00004	2.72	更新世
	交換性 Sr	0.70619 ± 0.00003	11.3	苦鉄質火山岩
No.3	漆塗膜	0.70642 ± 0.00003	4.56	更新世
	交換性 Sr	0.70688 ± 0.00003	4.91	火砕流苦鉄質
No.4	漆塗膜	0.70592 ± 0.00004	4.15	更新世
	交換性 Sr	0.70607 ± 0.00003	3.48	岩屑
福島県金山町	漆塗膜	0.70842 ± 0.00002	2.37	
	交換性 Sr	0.70837 ± 0.00003	4.59	
茨城県大子町	漆塗膜	0.70755 ± 0.00005	12.4	
	交換性 Sr	0.70757 ± 0.00003	27.6	
京都府丹波	漆塗膜	0.70866 ± 0.00002	2.63	
	交換性 Sr	0.76861 ± 0.00003	12.4	

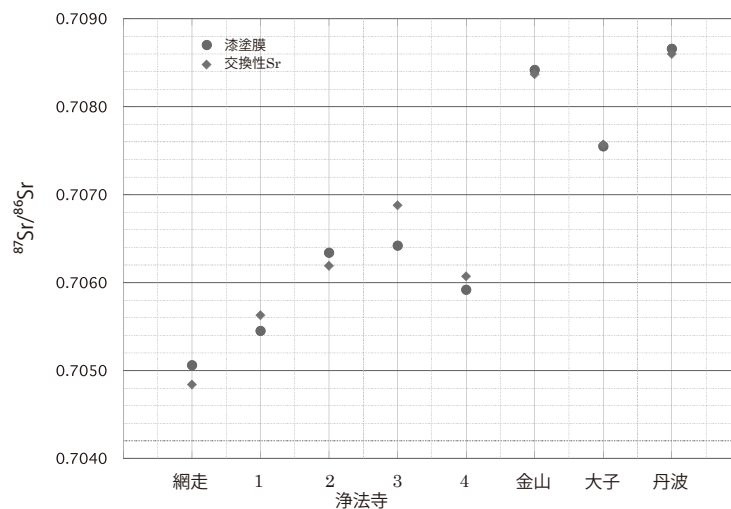


図 5 漆産地の漆と交換性 Sr の同位体比（佐藤ほか 2012 図 13 を改変）

で、Sr 同位体比の大きな変化は起きていないと考えられ、さらに、漆液から漆塗膜を生成する時にも同位体比の変化が起きていないことを確認している。漆塗膜や漆液は、ウルシが生育した土地の Sr 同位体情報（交換性 Sr 同位体比）を保持している。

さらに、Sr は Ca の同族元素であるので、前述したように、同じような振る舞いをすると考えられる。前記の測定に用いた浄法寺町の4資料について、Sr 濃度と Ca 濃度の比較を行った（表6）。横軸に Ca 濃度（ppm）を取り、縦軸に Sr 濃度（ppm）をプロットし、回帰分析を行った（図6）。

表6 Ca 濃度と Sr 濃度（岩手県浄法寺町）

資料	Ca 濃度 (ppm)	Sr 濃度 (ppm)
No.1	275	8.47
No.2	63.7	2.72
No.3	130	4.56
No.4	96.1	4.15

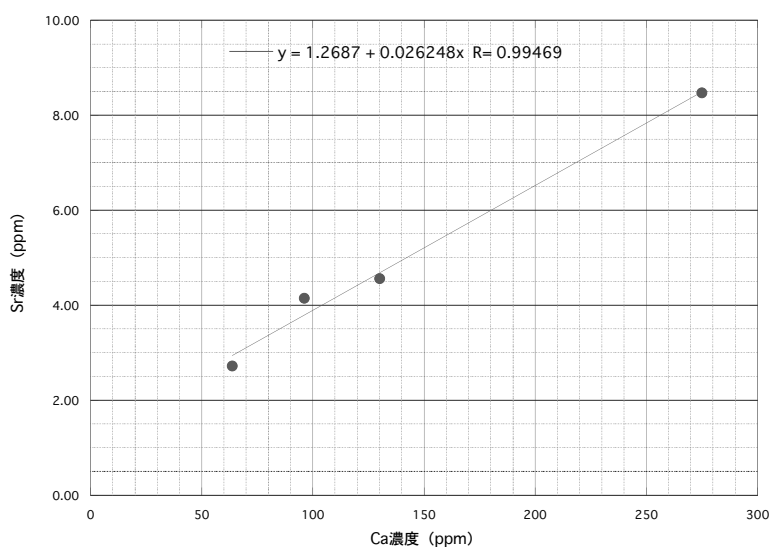


図6 漆液の Ca 濃度と Sr 濃度

グラフに見るように、きわめて強い正の相関を示している（相関係数：0.9947）。土壌から取り込まれる際に、Sr は Ca と同じような行動を取ることが確認出来た。

#### 4-3. ウルシ生育地の基盤岩と Sr 同位体比

前節で示した浄法寺町の4資料は、形成年代と岩相が異なる4カ所で採取したもので、それぞれ漆液と生育土壌の交換性成分について、Sr 同位体比と濃度の測定を行った。測定結果を、表5、図5に示している。前節で検討したように、No.3地点で、両者の値がやや離れているが、No.1地点が、0.7055で最も低い同位体比を示している。No.1地点は、中新世の基盤岩で、4地点の中では最も古く、

高い同位体比が期待された地点である。残りの3地点は、No.3の交換性Srを除いて、0.7060～0.7064にまとまり、No.1地点より高い同位体比を示している。

#### 4-4. 現生の漆塗膜を用いた、日本列島産漆と中国産漆の識別

現生の漆液を用いて、日本列島産漆と中国産漆が識別出来るかどうかの可能性を検討した。日本列島産漆液資料（6地点7資料）、中国産漆液資料（4地点で採取された市販品）、ベトナム産漆液を用いた。

製膜・硬化させた漆塗膜から約100mgを切り取り、有機物を溶解除去、妨害元素を除きSr成分を分画した（2-1節）。

同位体分析の結果、日本列島産漆液の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ の値は0.705～0.709であるのに対して、中国産漆液は0.712～0.719であり、Sr同位体比により、両者が識別出来ることを初めて示すことが出来た。 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ の値は、0.711を境にして、二つのグループにきれいに分かれた（表7、図7：佐藤ほか

表7 日本列島産漆と中国産漆のSr同位体比

資料	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	標準誤差 ( $2\sigma$ )	Sr濃度 (ppm)
北海道網走市	0.70506	± 0.00005	11.1
岩手県浄法寺町	0.70655	± 0.00008	4.53
福島県金山町	0.70842	± 0.00002	2.37
茨城県大子町	0.70910	± 0.00005	14.4
	0.70755	± 0.00005	12.4
京都府丹波	0.70866	± 0.00002	2.63
岡山県備中	0.70785	± 0.00005	2.46
貴州省湄節	0.71208	± 0.00005	5.26
湖北省毛垩	0.71860	± 0.00010	5.95
四川省城口	0.71391	± 0.00010	5.27
陝西省安康	0.71400	± 0.00010	5.27
ベトナム	0.74500	± 0.00005	11.4

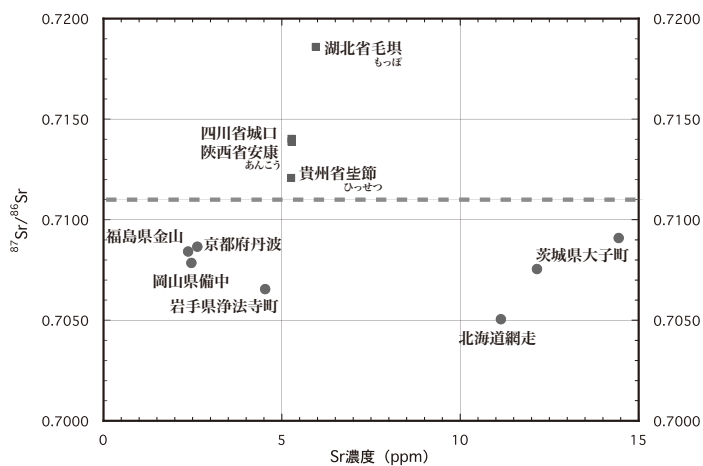


図7 日本列島産漆と中国産漆の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  (佐藤ほか2012図14を改変)

2012)。この差は大きいものではないが、 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ の値は、きわめて小さい誤差で正確に測定することが出来るので、十分に識別が可能である。なお、ベトナム産は、0.745という特異な値を示している。

#### 4-5. Sr 濃度について

現生の漆液について、Sr 同位体比を測定するとともに、漆液（漆塗膜）に含まれる Sr 濃度を測定した。中国産の4資料は、5～6 ppmの値を示すが、日本列島産の漆液（漆塗膜）は、大きく二つのグループに分かれた（図7）。2～5 ppmの4産地と、11～15 ppmという高濃度に分布する2産地である。同じ茨城県大子町の試料にも差が生じている。また、基盤岩の種類と Sr 同位体比の関係を検討した4-3節で見たように、同一漆産地（岩手県浄法寺町）の4資料でも、Sr 濃度は同じではなく、2.7～8.5 ppmの分布を示し、土壌の交換性 Sr 濃度との相関も認められない（表5）。Sr 濃度に関しては、産地の地理的なまとまりも見られず、その原因については不明である。今後の研究によって、産地推定の一助になるかもしれない。4-7節で議論する考古漆においても、遺物が出土した近傍のウルシの樹液を用いたとしても、Sr 濃度が異なる可能性があるかと推測できる。考古漆の中で、明らかに Sr 濃度に土壌の影響があると考えられる資料については、本文で論及する。

同時に、Rb 濃度や希土類など微量元素の濃度測定を行ったが、産地識別などのマーカーとして使える元素は見いだせなかった。

表8 茨城県大子町の漆関連資料の Sr 同位体比

資料	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	標準誤差 ( $2\sigma$ )	Sr 濃度 (ppm)	
漆塗膜 - 1	0.70756	± 0.00003	12.2	佐藤ほか 2012*
漆塗膜 - 2	0.70910	± 0.00005	14.4	佐藤ほか 2012*
漆塗膜 - 3	0.70755	± 0.00005	12.4	佐藤ほか 2012*
ウルシ樹皮	0.70751	± 0.00003	283	佐藤ほか 2012*
ウルシ枝	0.70745	± 0.00003	-	佐藤ほか 2012*
土壌				
交換性	0.70757	± 0.00003	27.6	佐藤ほか 2012*
有機成分	0.70840	± 0.00003	-	佐藤ほか 2012*
無機成分	0.71266	± 0.00003	-	佐藤ほか 2012*
全体	0.71064	± 0.00003	-	佐藤ほか 2012*

\*数値データは、本論文が初出

表8に茨城県大子町の漆関連資料について、Sr 同位体比と Sr 濃度の値をまとめた。また、現生漆塗膜と土壌の交換性 Sr の Sr 同位体比、Sr 濃度を表9にまとめた。

#### 4-6. 炭素・窒素同位体比

土壌中の交換性成分をウルシが吸収、植物組織の中を移動し漆液を産出するまで、Sr の同位体比は大きく変化していないことが明らかになった。一方、炭素同位体比は、変化が起きているよう

表 9 漆産地の漆と交換性成分の Sr 同位体比 (まとめ)

資料		$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	標準誤差 ( $2\sigma$ )	Sr 濃度 (ppm)	地質年代 基盤岩	
北海道網走市	漆塗膜	0.70506	± 0.00005	11.1		佐藤ほか 2012*
	交換性 Sr	0.70484	± 0.00003	16.1		
岩手県浄法寺町	漆塗膜	0.70655	± 0.00008	4.53		佐藤ほか 2012*
	交換性 Sr	0.70545	± 0.00003	8.47	中新世	
No.1	漆塗膜	0.70545	± 0.00003	8.47	堆積岩	本研究
	交換性 Sr	0.70563	± 0.00003	14.1		
No.2	漆塗膜	0.70634	± 0.00004	2.72	更新世	本研究
	交換性 Sr	0.70619	± 0.00003	11.3	苦鉄質火山岩	
No.3	漆塗膜	0.70642	± 0.00003	4.56	更新世	本研究
	交換性 Sr	0.70688	± 0.00003	4.91	火砕流苦鉄質	
No.4	漆塗膜	0.70592	± 0.00004	4.15	更新世	本研究
	交換性 Sr	0.70607	± 0.00003	3.48	岩屑	
福島県金山町	漆塗膜	0.70842	± 0.00002	2.37		佐藤ほか 2012*
	交換性 Sr	0.70837	± 0.00003	4.59		
茨城県大子町	漆塗膜	0.70755	± 0.00005	12.4		佐藤ほか 2012*
	交換性 Sr	0.70757	± 0.00003	27.6		
京都府丹波	漆塗膜	0.70866	± 0.00002	2.63		佐藤ほか 2012*
	交換性 Sr	0.76861	± 0.00003	12.4		
岡山県備中	漆塗膜	0.70785	± 0.00005	2.46		佐藤ほか 2012*
貴州省婁節	漆塗膜	0.71208	± 0.00005	5.26		佐藤ほか 2012*
湖北省毛坝	漆塗膜	0.71860	± 0.00010	5.95		佐藤ほか 2012*
四川省城口	漆塗膜	0.71391	± 0.00010	5.27		佐藤ほか 2012*
陝西省安康	漆塗膜	0.71400	± 0.00010	5.27		佐藤ほか 2012*
ベトナム	漆塗膜	0.74500	± 0.00005	11.4		本研究

\* 数値データは、本論文が初出

である。漆塗膜について、炭素同位体比を測定したところ、日本産 6 産地 11 資料の炭素同位体比の平均値は、 $\delta^{13}\text{C}_{\text{VPDB}} = -30.0 \pm 1.0\%$ であった。樹木やほとんどの植物が属する  $\text{C}_3$  植物は、現生資料の場合、 $-27\%$ 程度が中心になる。これと大きく異なり、同位体比が小さくなる例はまれで、 $\text{C}_3$  植物であるウルシから産出された漆液は、いずれかの過程で同位体分別を受けている可能性がある。今後、詳細に検討する予定である。

一方、窒素含有量は  $0.3 \sim 0.4\%$  と、きわめて少ない。窒素同位体比を測定するのに多量の漆塗膜が必要なため、5 産地 5 資料のみ測定した。平均値は、 $\delta^{15}\text{N}_{\text{Air}} = -0.3 \pm 2.6\%$ で、通常の植物資料と比べて特異な点は見られなかった。また、窒素は、主としてタンパク質に由来するが、漆塗膜に含まれる糖タンパクは少ないので、窒素含有量が少なく、C/N 原子数比は大きな値となり、平均値が  $\text{C}/\text{N} = 212 \pm 29$  ( $186 \sim 282$ ) を示した。

## 4-7. 考古漆の分析

### 4-7-1. 西部遺跡；漆紙・漆液

< $^{14}\text{C}$  年代> 8 世紀後半の文書が使われた可能性

#### 【パラロイド B72 塗膜の除去】

微細な穴や入り組んだ構造を持つ資料でなければ、パラロイド B72 塗膜は、有機溶媒を用いて比較的簡単に除去することが出来る。パラロイド B72 はアクリル樹脂で、通常アセトンに溶かして使用される。漆容器の保存処理も、アセトンを溶媒に使用したという報告を得ている。今回は、

トルエンを用いて、室温で約20時間、超音波洗浄を行い、塗膜を除去した。パラロイド B72 は石油化学製品なので  $^{14}\text{C}$  を含んでいないため、もし十分に除去できなかった場合は、資料中に炭素量として1% 残存すると、約80年古い年代を示すことになる。

表1にあるように、漆液（漆容器に残った漆液（SX-2001））の年代が最も新しく、漆紙文書3資料はすべて古い値を示し、中心値で漆液より34～60BP古い結果が得られている〔吉田2010a〕。暦年代較正をすると、図8に見るように、較正年代範囲は広がるが、漆液だけが新しい年代側に寄っている。暦年代較正曲線が、AD790ころから約100年近くほとんど平らになっているため暦年代較正範囲は幅広くなってしまふ（図9）。

記載内容から推定される8世紀後半の和紙に漆液が浸潤して、漆紙文書の中に和紙成分が残っていたとすると、漆紙文書の測定値が古くなる可能性がある。その影響を確認するために、漆が浸潤した漆紙文書の構造を分析しているが、解明に至っていない。Py-GC/MSを用いた予備実験では、紙の成分（セルロース）を分析した場合の特徴であるグルコースの脱水糖が、ほとんど検出されなかったという報告を受けている〔宮腰ほか2010〕。しかし、同時に、漆の熱分解物の極性が高いため、漆が共存している場合、脱水糖の感度が落ちる可能性も指摘されている。

一方で、前述したように、漆液；SX-2001の保存に使用されたパラロイド B72 が、除去しきれず残っていた場合にも、測定値は古くなる。しかし、保存処理がされていない漆紙資料の年代値と比べると、年代値は逆に新しい。測定結果を見る限り、パラロイド B72 は、ほぼ除去出来たと思われる。

他に、遺構から出土した木材、炭化材が年代測定され、それらを含めて、較正年代（ $1\sigma$ 範囲）が重なり合う範囲を、AD903-936とし、10世紀前半を中心とする時期という点で一致していると、報告書のまとめでは述べられている〔新潟県埋蔵文化財調査事業団ほか2010〕。セルロースに起因する脱水糖は検出されなかったが、年代値から見ると、8世紀後半の和紙文書と漆液の混合物を測定した可能性がある。和紙が残存しているかなど、漆紙の構造について分析を進める必要がある。

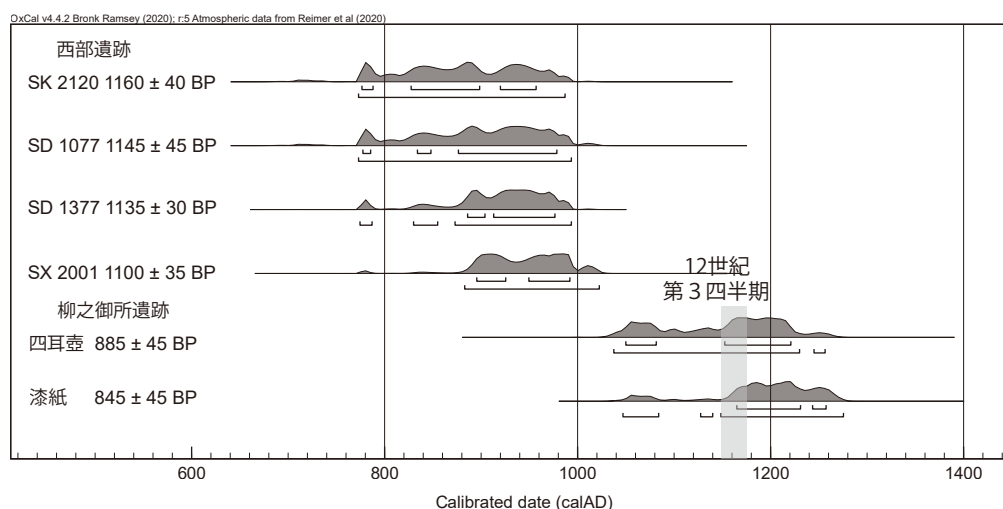


図8 西部遺跡・柳之御所遺跡；資料の暦年代較正範囲

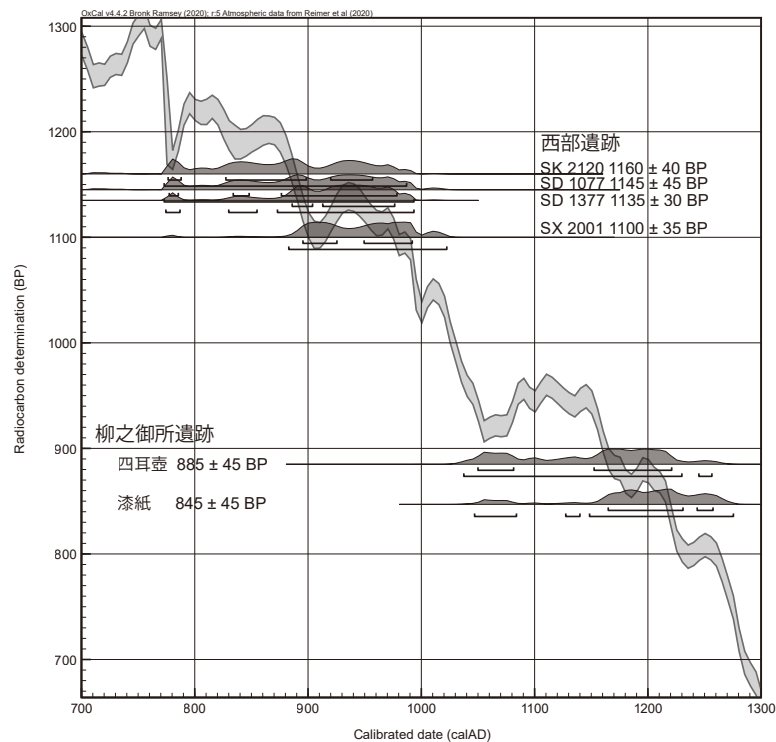


図9 西部遺跡・柳之御所遺跡；暦年代較正曲線と暦年代較正範囲

#### <Sr 同位体比>

漆紙資料3点、漆液資料1点の分析を行った。漆紙2；SD1377のみ Sr 同位体比が小さな値を示している。他の漆紙資料2点と漆液資料の値は、ほぼ一致してかなり高い値、 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0.7094$  前後の値を示している（表1、図10）。資料の Sr が漆紙の漆、漆液のみに由来していると仮定すると次の議論が可能である。すなわち、漆紙2；SD1377の漆紙のみ、産地が異なる漆液の落とし蓋である可能性がある。また、年代測定の項で述べたように、漆紙資料に和紙（セルロース）が残っている恐れがある。現生の和紙（購入品；埼玉県産）の分析値は、 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0.7074$  であるが、Sr 含有量が大きく、34.6 ppm を示した。現生の漆液から作成した漆塗膜では、Sr 含有量は2～14 ppm の範囲にあるので、漆紙に和紙が残存していると、和紙に含まれる Sr の寄与が大きくなり、和紙のもつ Sr 同位体比を示す恐れがある。漆紙資料の Sr 含有量は、12.4 ppm（漆紙1；SD1077）、18.4 ppm（漆紙3；SK2120）で、それほど大きな値ではない。特筆すべきは、漆紙2；SD1377で、0.95 ppm というきわめて小さな値であった。Sr 同位体比の値と重ねて考えると、この漆紙だけ、異なった産地の漆液に使われた落とし紙である可能性が高い。もう一つの解釈は、この資料だけ和紙の残存量が少なく、漆液本来の Sr 同位体比を表していると考えられることもできるが、他の2資料が、漆液資料と同じ同位体比を示しているため、この可能性は少ない。

ただし資料が微量の土壤成分を含んでいたとすると、その影響を考慮する必要がある。土壤成分の Sr 濃度は一般に 100 ppm 以上で高いため、この汚染により漆関係資料が土壤の Sr 同位体比の影響を受ける。今回分析した中で Sr 濃度が最低の漆紙2；SD1377が漆本来の同位体比を保存し、他の資料は漆より高い同位体比を持つ土壤成分の影響を受けたという解釈も否定できない。

一方、和紙の Sr 濃度も、漆液同様に、生産地によって異なるものと思われ、他産地の資料を分析する必要がある。

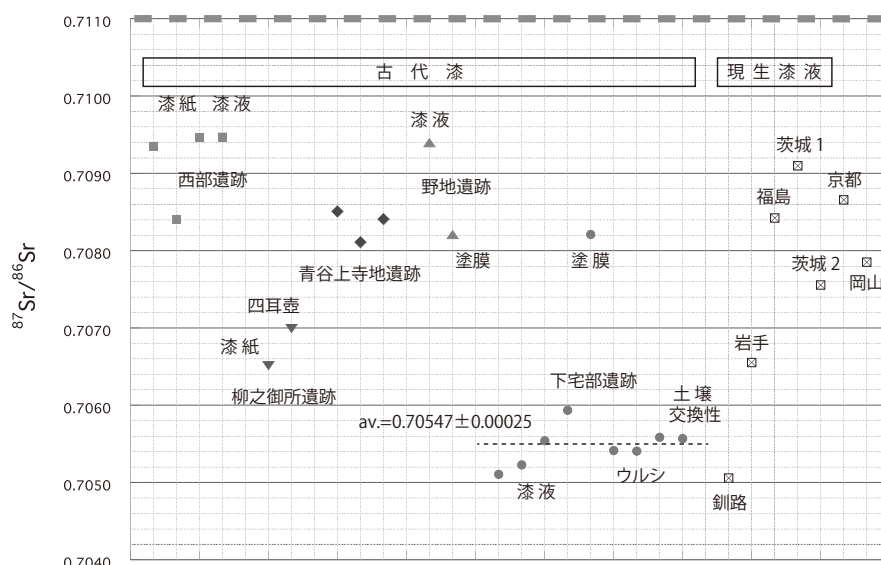


図10 古代漆と日本列島産漆のSr同位体比

#### 4-7-2. 柳之御所遺跡；漆布・漆紙

<<sup>14</sup>C年代>

漆布、漆紙について、年代測定を行った。中心値で漆布の方が約40年古い結果が得られた（表10）[吉田2010b]。AMS法では、微量の資料を使って、±20～40年の誤差で測定することが出来るが、AD1050～1220ころは、暦年代較正曲線が逆行したり、平らになったりするので、11世紀半ばから12世紀は、西部遺跡の時代と同じように、暦年代較正が難しい時代である。西部遺跡の時代とともに暦年代較正曲線を示す（図9）。白磁四耳壺は、12世紀第3四半期ごろとされるが、着せられている漆布の年代も、暦年代較正範囲で信頼率が一番高い範囲にあたる（図8；グレー帯）。

<Sr同位体比>

この布が着せられた場所は、白磁が作られた中国か、それとも日本なのか。その結論を得るために、Sr同位体分析を行った。結果は、<sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr=0.7070で、明らかに日本列島で採取された漆を使っていることがわかった（表10、図10）[吉田2010b]。漆紙の値は、0.7065で、布に比べてやや低いが、近傍で採取された漆液の落とし蓋として使われたと考えられる。

四耳壺の漆布を顕微鏡で観察すると、麻糸が残っているように見える。西部遺跡の漆紙資料と同様に、麻糸の分離は行っていない。また、漆紙についても同様である。漆布のSr濃度は17.5ppmとやや高めであるが、現生資料の漆塗膜でもこの程度の濃度は存在する（4-5節を参照）。市販の麻布（富山県産）を分析したが、<sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr=0.7081であった。Sr含有量は7.4ppmと少なかった。しかし、もし麻布が残存していると、厚さが0.4mmもあるので、漆塗膜の塗り重ねが少ない場合は、もっぱら麻布を分析したことになる。漆布の構造を確認し、麻糸を分離できるかどうか、また産地により麻布のSr濃度がどの程度変化するかを、今後検討する必要がある。しかし、いずれにしても、Sr同位体比は日本列島産の値であり、四耳壺に「布着せ」をしたのは、輸入後であることが判明した。「どこで」の結果は明らかになったが、「何のために」着せたのかを解明するには、今後の検討が必要である。



表 10 柳之御所遺跡；年代測定結果，暦年較正範囲，Sr 同位体比

資料番号	<sup>14</sup> C 年代		$\delta^{13}\text{C}_{\text{AMS}}$ ‰	較正暦年代 cal AD		測定番号 TKa-	<sup>87</sup> Sr/ <sup>86</sup> Sr	標準誤差 (2σ)	Sr 濃度 (ppm)
	BP	± 1σ		± 2σ 範囲 (信頼率)					
白磁四耳壺	885 ± 44		-28.7	1035 - 1230	(93.4%)	15225	0.70699 ± 0.00002	17.5	
附着漆布				1240 - 1260	(2.0%)				
漆紙文書	847 ± 43		-29.2	1045 - 1085	(8.4%)	15226	0.70651 ± 0.00002	35.9	
YG93-41				1125 - 1140	(1.3%)				
				1145 - 1275	(85.7%)				

\*漆布は吉田 2010b より引用

#### 4-7-3. 青谷上寺地遺跡

##### <<sup>14</sup>C 年代>

青谷平野では、2009年までに、ボーリング・コアから193点、遺跡出土の木造構造物や種子・果実遺体、遺物に共伴して出土した炭化物など88点について、AMS法による年代測定結果が報告されている〔辻 2009〕。2009年から始まった「青谷上寺地遺跡景観復元プロジェクト」の中で、木片や貝殻34点を測定し、相対的な海水準変動と地形の変遷を検討した。さらに弥生時代前期後半から古墳時代前期初頭の甕形土器67個体から土器附着炭化物を採取し、そのうち22資料（内外面測定資料を含む）を選び、年代測定、炭素・窒素同位体分析を行った。モモ核3点、炭化米2点についても年代測定を行った〔鳥取県埋蔵文化財センター 2011〕。

資料JP-8の漆塗膜の年代値は、2185 ± 30 BPであった（表11）。弥生時代の時期には、「2400年問題」があり、BC750～BC400頃は、<sup>14</sup>C濃度がほぼ一定で、暦年代較正曲線がほぼ平らな時期が約350年間続いている。それほどではないが、BC380～BC200頃（2200BP前後）も、暦年代較正曲線が逆行したり、平らに近かったりして、暦年較正年代が幅広くなる時代である。前記の大規模な年代測定によっても、時代区分を行うのに困難が伴う。漆塗膜JP-8の土器は、弥生中期中葉の型式と見ているが、暦年較正年代の範囲は、およそBC360～BC160となり、弥生前期後葉～弥生中期中葉の年代に相当すると思われる。

表 11 青谷上寺地遺跡；年代測定結果，暦年較正範囲，Sr 同位体比

資料番号	<sup>14</sup> C 年代		$\delta^{13}\text{C}_{\text{AMS}}$ ‰	較正暦年代 cal BC		測定番号 TKa-	<sup>87</sup> Sr/ <sup>86</sup> Sr	標準誤差 (2σ)	Sr 濃度 (ppm)
	BP	± 1σ		± 2σ 範囲 (信頼率)					
JP-5							0.70851 ± 0.00002	55.6	
JP-8	2184 ± 31		-29.8	369 - 151	(95.0%)	15317	0.70811 ± 0.00001	751	
				128 - 124	(0.4%)				
JP-9							0.70841 ± 0.00001	185	

##### <Sr 同位体比>

漆塗膜JP-8は、やや低い値を示したが、漆塗土器塗膜の同位体比は<sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr=0.7081～0.7085の範囲にある。柳之御所遺跡に比べて、やや高めの値で、西部遺跡の値に近い（表11、図10）。Sr濃度はきわめて高く、JP-8は751ppmを示し、最も低いJP-5でも55.6ppmであった。この遺跡で採取される漆液のSr濃度が高いかどうかは、漆液およびウルシ（または他の樹木）を分析していないので、詳細は不明である。前述したように、漆塗土器の塗膜は薄く、測定試料に土器胎土が混入している恐れがある。極めて高いSr濃度は、その影響を受けた可能性がある。したがって、4-7-1節で述べたことと同様に、土器胎土成分による汚染を受けている可能性は否定できない。実体顕微鏡下で土器胎土を除いているが、より効果的な手法を考案する必要がある。

#### 4-7-4. 野地遺跡

##### <<sup>14</sup>C年代>

漆資料 A, E, I について、年代測定を行った。

土器の表面に付着していた漆液（漆資料 A）の年代は、 $31,440 \pm 190$  BP となり、漆液ではなく、天然アスファルトであった（表 12）。土器に付着しているアスファルトは、漆液と間違いやすいが、漆液はアセトンなどの有機溶媒に不溶であるが、アスファルトは溶ける。塊の表面に付着した土埃を拭き取った後に、綿棒にアセトンなどをしみ込ませ、表面をなでて綿が黒くなるようなら、アスファルトである。最近の例では、漆とアスファルトを同時に使用していることもあるので、正確を期するためには、Py-GC/MS で分析する必要がある。本資料と漆資料 E については、さまざまな科学分析を行っている。FT-IR（フーリエ変換赤外分光分析）では、両者の区別が付かなかったが、Py-GC/MS によって、両者の構成成分を比較検討した。資料 A について、アスファルトの成分とされるステラン誘導体（炭素数 27～30）に着目して分析を行った。その存在比は  $C_{28} > C_{29} > C_{27}$  で、陸生植物由来のものに  $C_{29}$  が、海洋生物由来では  $C_{27}$  が多いことから、陸生生物由来の天然アスファルトと推定した（本多ほか 2010；この論文では、本論文の資料 E を資料 B としている、Lu, *et al.* 2013；本論文の資料 A を資料 C としている）。

漆容器の漆液である漆資料 E と漆塗膜 I には、やや時期差があるかもしれない（図 11）。縄文時代後期と晩期の境界（およそ 3300 cal BP）付近で、ここでも暦年代較正曲線は逆行し、晩期 3200～3000 cal BP で平らな領域が見られる。したがって、この年代領域でも、較正暦年代の幅が大きいが、資料 E は 3150 cal BP、資料 I は 3050 cal BP あたりを中心に見えているように見える。

表 12 野地遺跡；年代測定結果，暦年代較正範囲，Sr 同位体比

資料番号	<sup>14</sup> C 年代	$\delta^{13}C_{AMS}$ ‰	較正暦年代 ± 2 σ 範囲	cal BP (信頼率)	測定番号 TKa-	<sup>87</sup> Sr/ <sup>86</sup> Sr	標準誤差 (2 σ)
	BP ± 1 σ						
A 土器付着漆	31,439 ± 189	-23.7	36,200 - 35,385	(95.4%)	14643	-	-
E 漆容器の漆	2981 ± 35	-30.9	3325 - 3300 3255 - 3025 3015 - 3005	(2.5%) (92.5%) (0.5%)	14644	0.70940 ± 0.00002	
I 漆塗膜 (赤漆)	2918 ± 33	-29.0	3165 - 2965	(95.4%)	14645	0.70557 ± 0.00002	

##### <Sr 同位体比>

漆資料 E は、比較的高い値  $^{87}Sr/^{86}Sr=0.7094$  を示した。漆塗膜資料 I は、ベンガラで彩色された赤漆で、当初は、ベンガラを分離せずに資料全体を溶解し、Sr 同位体比測定試料を調製していた。顔料の影響を少なくして漆本来の同位体比を測定するために、硝酸のみを用いて分解し測定したところ、 $^{87}Sr/^{86}Sr=0.7056$  の値が得られた（Lu, *et al.* 2015：本論文の資料 E を分析したとする測定値が掲載されているが、論文の測定値は、資料 I の硝酸可溶成分試料の分析値である）。主に有機物が分解し溶解したもので、その大部分は漆塗膜と考えられる。また、赤色塗膜のベンガラ成分のみを溶解した値は、0.7117 であった。赤色漆に使用されたベンガラは、漆塗膜について得られた日本列島と中国の境界値を超える値であった。また、ベンガラの産地を検討するために、縄文時代に

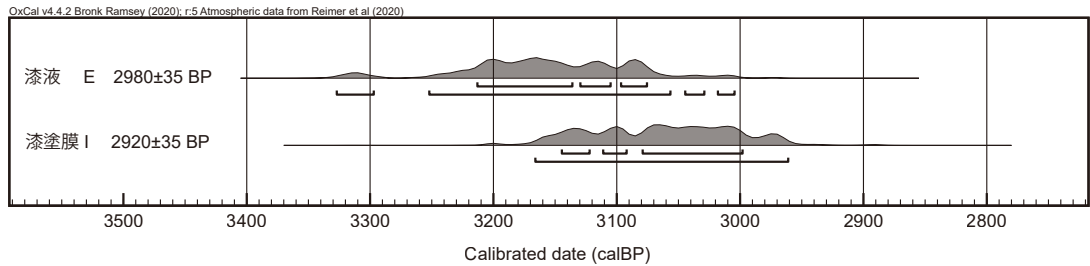


図 11 野地遺跡；資料の暦年代較正範囲

も流通していた可能性がある，青森県今別町赤根沢の赤石の Sr 同位体比を測定した。溶解する酸の種類，濃度を変えて，溶液および残渣について，Sr 同位体比を測定した。溶液中の Sr 同位体比は 0.7084 前後，残渣は 0.7090 前後となり，溶解成分と残渣部分の間に，同位体比の差がわずかに認められた。

野地遺跡で用いられたベンガラは，Sr 同位体比を見る限りでは，赤根沢のベンガラではないと思われる。パイプ状ベンガラであるかどうかは，確認していない。また，漆資料 E と漆資料 I の Sr 同位体比は大きく異なり，異なった生育地の漆液が使用された可能性がある（図 10）。ベンガラなどの赤色顔料を含む漆塗膜では，物理的に顔料を分離することは困難である。顔料を含む漆塗膜の Sr 同位体比を分析するためには，条件を注意深く制御しながら試料の分解を行う必要がある。水銀朱や黒漆の場合についても，顔料を分離する方法を検討する必要がある。

また，クロモジと土壌資料の分析については，解析を続けている。

#### 4-7-5. 下宅部遺跡

##### <<sup>14</sup>C 年代>

漆液資料については，31 資料の年代測定が行われ，3740～2875 BP の値が得られている。このうち 21 資料の暦年代較正範囲が 3700～3350 cal BP にあり，縄文時代後期後半に集中している [松本 2011]。分析のために採取した漆液資料は，この集中時期から外れる古い 2 資料と縄文時代晩期に相当する 1 資料である。残りの 1 資料 (G12.442) は，年代測定を行っていない。

暦年代較正結果を見ると，最も古い D19.2427 は堀之内式の年代範囲に入り，C3.885 は，加曽利 B1 式期に相当する。最も新しい C19.1571 と 7 号弓は，縄文時代後期最終末期から晩期初頭の資料だと考えられる。年代測定した漆液資料で，加曽利 B2 式期に相当するものはないが，下宅部遺跡の漆関係資料について，その初期から終末期までの資料を扱うこととなった（表 13，図 12）。

掻き跡のあるウルシの杭 8 点を年代測定したところ，大きく分けて，二つのグループに分かれたと報告されている [工藤ほか 2006b]。

堀之内 1-2 式期（縄文時代後期前葉中～後半）

加曽利 B1-2 式期（縄文時代後期中葉前半）

##### <Sr 同位体比>

漆液 4 資料，漆塗膜 1 資料 (D19；7 号弓)，ウルシ杭 3 資料，土壌 1 資料（交換性 Sr）の Sr 同位体比を測定した。提供を受けた別の漆塗膜 (D92738) は資料が少量で，Sr 同位体比を測定できなかった。年代測定結果の表（表 13）に，Sr 同位体比を記載した。また，図 10 に資料ごとの Sr

表13 下宅部遺跡；年代測定結果，暦年較正範囲，Sr 同位体比

資料名	種別	<sup>14</sup> C 年代 BP ± 1σ	δ <sup>13</sup> C <sub>AMS</sub> ‰	較正暦年代 ± 2σ 範囲 (信頼率)	測定番号 NUTA2-	<sup>87</sup> Sr/ <sup>86</sup> Sr	標準誤差 (2σ)	Sr 濃度 (ppm)
D19.2427	漆液 1	3689 ± 28	-	4145 - 4120 ( 4.7%) 4095 - 3960 (84.3%) 3950 - 3920 ( 6.5%)	15671	0.70511 ± 0.00001	0.00001	7.28
C3.885 KA1-6	漆液 2	3544 ± 27	-	3910 - 3815 (58.3%) 3805 - 3715 (37.1%)	15664	0.70523 ± 0.00002	0.00002	45.7
C19.1571	漆液 3	3066 ± 27	-	3365 - 3205 (95.0%) 3190 - 3180 ( 0.5%)	15669	0.70554 ± 0.00002	0.00002	103
G12.442	漆液 4					0.70594 ± 0.00001	0.00001	24.1
D19_7号弓	漆塗膜	3060 ± 40	-30.8	3370 - 3165 (95.4%)	*1211440	0.70821 ± 0.00002	0.00002	*2N.D.
D92738	漆塗膜					×		
Ka ①-5 250号杭	ウルシ					0.70542 ± 0.00002	0.00002	24.1
Ka ①-5 287号杭	ウルシ					0.70541 ± 0.00003	0.00003	31.6
Ka ①-5 323号杭	ウルシ					0.70559 ± 0.00001	0.00001	34.1
土壌①	土壌					0.70557 ± 0.00002	0.00002	15.6

\*1: 年代値は Beta- ; Beta Analytic 社測定による

\*2: 資料量の制約のため濃度測定していない。

・年代値は松本 2011 より引用

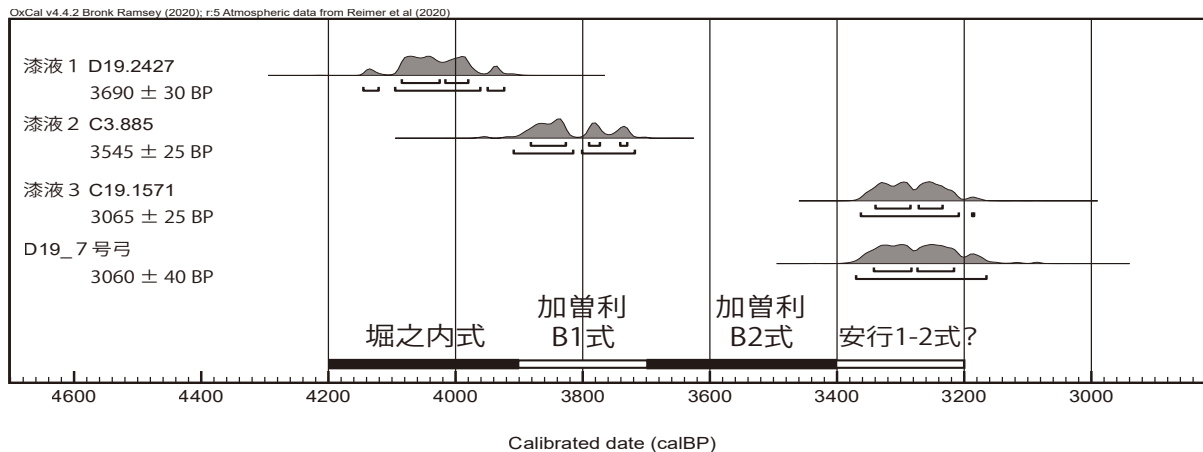


図12 下宅部遺跡；資料の暦年代較正範囲

同位体比をプロットした。ウルシ3資料と土壌（交換性）は、互いに測定誤差の範囲に入り、平均値  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0.70550 \pm 0.0001$  である。これに対して、漆液資料のばらつきは、やや大きい (Lu, *et al.* 2015；資料の取り違えがある：章末を参照)。漆液4；G12.442の年代は不明だが、古い2資料に比べて、新しい漆液3；C19.1571と共に、同位体比は大きい。時代差を示している可能性もある。しかし、赤色漆塗膜資料を除くと、漆液・ウルシ・土壌（交換性）は、 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0.7051 \sim 0.7059$ の範囲にあり、ほぼ一致した値を示している（平均値 (n=8)； $0.70547 \pm 0.00025$  (0.04%)）。硬化した漆は堅牢で、野地遺跡の赤色塗膜のように、漆を塗布した胎が腐食して無くなっても、漆塗膜だけが残ることがよくある。漆液・漆塗膜は、紫外線により分解して消滅するが、その他の場合は

損傷を受けることは少ない。漆液とウルシ・土壌（交換性）の Sr 同位体比が、ほぼ一致した値を示しているため、漆遺物が埋没している間に受けた物理的・化学的作用は、資料中の Sr 同位体比にほとんど影響しておらず、無視できると思われ、縄文時代の発掘資料にも、Sr 同位体比による漆の産地推定の手法が適用できると結論づけた。

この結果から、下宅部遺跡では、遺跡内でウルシが栽培され、そのウルシから採取された漆液が使われたことが、明らかになった。ウルシの栽培管理から漆製品の製作までの一連の作業工程が、遺跡内で行われたことを示す資料が出土していることと符合する。

問題は、7号弓の漆塗膜で  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0.7082$  という高い値を示していることである。弓に使われた漆液は、遺跡外で生育したウルシから採取された可能性を検討する必要がある。野地遺跡の漆塗膜で、赤色顔料のベンガラが、測定値に影響を与えることを示したが、同じようなことが起きた可能性はある。7号弓（D19-AK12）の赤色顔料は、水銀朱であると報告されている [永嶋 2014]。分析では、水銀朱の除去を行っていない。同位体分析を行う前に、Py-GC/MS で、ウルシオールを確認を行ったが、多量に存在する水銀の影響か、誘導体化を行っても、ウルシオールのピークを検出することが出来なかった。水銀朱（硫化水銀  $\text{HgS}$ ）を除去する必要があると思われるが、現在の所、未着手である。ただし水銀朱の Sr 濃度は Sr の化学的性質を考えると、低いと予想される。前述したように、土壌成分の汚染の影響は否定できない。

なお、漆液 4 資料については、Sr 同位体分析とともに Py-GC/MS 分析を行った [Lu, *et al.* 2015]。

\*Lu, *et al.* 2015：資料 B～E が下宅部遺跡の資料である。それぞれの資料の Sr 同位体比がグラフにプロットされているが、正しくない。同論文の資料写真と同位体比 (Fig.8) の対応は、論文の写真を元にするると、正しくは次のようになる。

- 資料写真 B (Lu, *et al.* 2015：本論文の漆液資料 2) の同位体比；Fig. 8. の資料 C
- 資料写真 C (ibid.：本論文の漆液資料 1) の同位体比；Fig. 8. の資料 E
- 資料写真 D (ibid.：本論文の漆液資料 3) の同位体比；Fig. 8. の資料 B
- 資料写真 E (ibid.：本論文の漆液資料 4) の同位体比；Fig. 8. の資料 D

## ⑤……………考察

### 5-1. ウルシと漆の Sr 同位体変化

図 3 に見るように、漆塗膜・樹皮・枝のそれぞれの  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  値はわずかながら差を示したが、三者は互いに標準誤差 ( $\pm 2\sigma$ ) の範囲内に入っている。枝の値が最も低い。

地球表層の堆積物には吸着などの物理過程で生じた同位体分別が起こり、また生物が元素を取り込む際に、ごく小さい同位体分別が起こることが知られている [例えば Halicz *et al.*, 2008]。他方、本論文では放射性崩壊による  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  の変動に基づく同位体比の違いを産地推定に利用できるかを議論している。前者による同位体比変動は Sr 程度の重さの元素で 0.1% 以下であり、本論文が考察している  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  の変化に対し小さく、多くの場合無視できるため、この効果の影響につい

ては考えない。

武藤は、ハゼノキについて、鉛直方向のSr同位体比の変化を検討する中で、樹皮に対して枝の同位体比が小さいことを示し、器官によって同位体比が異なる可能性を指摘しているが、ここでも枝の値が最も低い〔武藤 2013〕。しかし、今回の分析によって測定誤差の範囲内に収まるという結果が得られたので、これ以上の検討は行わなかった。したがって、植物体の各部分でSrの供給源が異なることなどによる、 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ の大きな変化は生じていないと考えられる。

漆液の採取時期、保存方法、保存期間については、今後の検討課題である。

漆は、採取時期によって呼称が変わり、その性質も異なるとされている。6月中旬～7月中旬のものを初辺漆、その後8月下旬までのものが盛辺漆、9月～10月のものが末辺漆と呼ばれる。武藤は、3種についてSr同位体比を測定している〔武藤 2013〕。浄法寺産では、初辺漆、盛辺漆、末辺漆の順に同位体比が高くなったとしているが、誤差範囲内の変動である。また、新潟県村上市の漆液で、測定誤差を超える変化を示しているが、一定の傾向は見られず、同一のウルシから漆液を採取しなかった恐れを記述しており、現在のところ、漆液の採取時期によってSr同位体比が変化する事実は認められない。

また、現生の漆を分析する際、製膜・硬化した上で、漆塗膜の一部を採取して測定試料としている。漆液を採取してから製膜するまでの保存方法とその期間、あるいは、漆液を購入してから製膜するまでの保存方法と期間は、必ずしも統一していない。漆液は、油中水球型エマルジョンで、日本産漆の場合、脂質であるウルシオールが60～65%、水が25～30%、水溶性のゴム質(多糖)5～7%、ラッカーゼ酵素0.1%、水にも有機溶媒にも溶けない糖タンパク(含窒素物)3～5%を含んでいる。漆が硬化するのは、ラッカーゼ酵素による酸化重合である〔本多ほか 2012〕。継続的に酸化重合を進行させるためには、空気中の酸素と高い湿度が必要である。漆液を保存する際に、和紙などの落とし蓋を漆液にかぶせるのは、空気との接触を断つためである。

漆塗膜の顕微鏡観察によると、保存期間が長いものには、だまが多いように見受けられる。漆液を攪拌などしないで保存すると、漆液が分離したり、粘度が高くなったりする。また、ゲル浸透クロマトグラフィー(GPC)を用いた分析では、保存期間が長いほどウルシオールモノマーの割合が減少することが知られている。採取したばかりの生漆はほとんどモノマー成分である〔2009 神谷〕。Srは水溶性成分に含まれていると考えられるが、ウルシオールモノマーが重合する時に、Sr濃度とSr同位体比が変化するかどうか検討する必要がある。保存期間の長さによって、Sr濃度とSr同位体比が変化することを疑わせる実験結果も得ている。今後、同一のウルシから採取した漆液を用いて、保存方法・経年変化を検討する計画である。

Sr同位体比の経年変化は、古代の漆を分析する際に問題となる恐れがある。縄文時代では、採取した漆液は、その日に使い切ると考える研究者もいるが、下宅部遺跡で、木の葉で蓋をした漆液容器(土器)が発見され、期間は不明であるが、採取した漆液を一定期間保存していたことが判明した〔千葉 2014〕。越年して使用されることは考えにくいだが、今後、漆液の遺跡内利用と交易について検討する際に、留意する必要がある。

## 5-2. 漆と土壌の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$

岩手県浄法寺町で、基盤岩の形成年代と成因・岩相が異なる場所を選び、漆塗膜と土壌の交換性 Sr について Sr 同位体比を測定したところ、1 試料 (No.3 地点) を除いて、両者はよく一致していた (表 5, 図 5)。No.1 地点は、中新世の堆積岩とされる。他の 3 地点は、更新世の岩石である。中新世は、およそ 2,300 万年前から約 500 万年前までで、鮮新世に続く。更新世は、その後約 285 万年前から約 1 万年前の期間である。No.1 地点は最も古い基盤岩であるが、採取した漆液と土壌の交換性 Sr の同位体比は、4 地点の中で最も低い値を示している。基盤岩の上に表層土壌が乗っており、必ずしも基盤岩が土壌化するわけではないことを示している。

植物の Sr 同位体比が、基盤岩の年代から想定される値と異なる事例は報告されている。アメリカ大陸の小麦では、基盤岩の年代から予想される Sr 同位体比よりも低い同位体比を持つものが多い。これは表層土壌を供給したロッキー山脈周囲の隆起帯の影響と考えられている [Umezaki 2017]。また、Kusaka ら [2009] は、愛知県吉胡貝塚の 3200 年前から 2800 年前の縄文時代後期から晩期の縄文人の人骨と歯のエナメル質の Sr 同位体比を分析し、周囲の地域の植物の Sr 同位体比と比較することにより、縄文人の移入者の割合や、移入と抜歯の関係について議論している。植物を対照資料としているが、ここでも、その値は、基盤岩の年代から想定される Sr 同位体比の関係から外れているものが見られる。

実は、起源や年代が異なる岩石がモザイクのように混ざっている日本列島の Sr 同位体比は、必ずしも一様ではないことが分かってきた。日本列島各地の川砂を用いて Sr 同位体比が測定され、東日本・北海道は 0.711 未満だが、西南日本は高低複雑な値を示し、中部・近畿地方は高い値を示すことがわかった [2014 南]。同位体比が最も高いグループは、0.7151 ~ 0.7506 の範囲で、中部地方から近畿地方北部、四国南部に分布している。このように、日本列島の一部の地域では、中国大陸と同じような高い同位体比を示すことが明らかになった。しかし、これも川砂の測定値であり、栽培土壌の Sr 同位体比とは、必ずしも一致するわけではない。琵琶湖の沿岸は、川砂の値が最も高いグループに属している。南蛮漆器の制作地を推定する研究の一環で、京都府山科、および山城国の地域で採取した植物について、Sr 同位体比を測定した。これまでに測定した資料よりは高い値 (最大 0.710) を示したが、川砂に見られるような 0.715 を超えるような値は得られなかった [吉田 2019]。

## 5-3. 遺跡ごとの様相

図 10 に、すべての遺跡で測定された漆製品・漆紙、漆液、ウルシ、土壌 (交換性) の Sr 同位体比をまとめた。縄文時代後期前葉の資料から 12 世紀末の資料まで、日本列島に残る漆関係資料の Sr 同位体比を得ることができた。地理的環境としては、東北地方太平洋岸、新潟県日本海沿岸、関東地方、山陰地方の資料を測定・分析した。これまでの測定値を見る限り、中国産と判定出来る漆関係資料は、一点もなかった。

野地遺跡を除いて、Sr 同位体比は、それぞれの遺跡でまとまりを見せている。西部遺跡が最も高い同位体比を示し、青谷上寺地遺跡がこれに次ぐ。柳之御所遺跡は、それより低い同位体比で、0.7070 未満である。最も同位体比が低いのは下宅部遺跡で、 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0.7055$  前後の値を示してい

る。最近の報告によると、青森県つがる市亀ヶ岡遺跡から出土した漆液・漆塗膜、木片、土壌を分析し、 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.70770 \pm 0.00080$  (n=10) の値を得て、遺跡内で植栽されたウルシから採取した漆液を用いていたと結論づけている [吉田ほか, 2019]。Sr 同位体比が遺跡ごとにまとまりを見せていることは、漆製品が他地域から搬入された可能性が低いことを示唆している。

漆製品を分析した数が少なく、課題が残るが、少なくとも漆製品、漆液、ウルシを含む植物組織、土壌を分析することによって、遺跡内、または、その近傍でウルシが植栽され、そのウルシから漆液が採取され、使われたことが明らかになった。西部遺跡の1資料については、今後検討が必要であるが、これを除くと、集積した分析例の中には、明らかに遺跡外から持ち込まれた漆原料は、認められなかった。つまり、集落内にウルシ栽培・漆製品制作の専門家集団が存在していたことがうかがわれ、漆液と漆製品が広範囲に交易品として流通したとは考えられない結果が得られた。

他の測定値とやや離れている野地遺跡の漆塗膜と下宅部遺跡の漆塗膜については、その測定値をさらに検討する必要がある。顔料を使用した漆製品については、ベンガラや水銀朱の影響を除去する必要がある、ベンガラについては、解決したと考えているが、水銀朱の除去など、課題が残っている。

#### 5-4. 今後の展開

縄文時代後期～晩期、東北地方を中心にして漆文化は隆盛を誇るが、弥生時代になると漆製品は激減し、後期には黒色漆が卓越する。その後やや衰退するものの、中世には日常食器として登場したとされる。また、アイヌ文化における漆器の重用、琉球漆器の流通をはじめ、現代に至るまで、日本列島の文化を象徴する工芸品としての地位を保っている。

本論文で明らかにしたように、漆関連資料の Sr 同位体比を測定することにより、これら歴史の中に登場する漆製品に用いられた漆原料の産地を決定することが出来るので、原材料の流通、文化の伝播・交流の実態を解明することにつながる可能性がある。さらに、日本列島内の地域差を明らかに出来る可能性があるため、これをもとに、交易の実体が明らかに出来るかどうかを検討したいと考えている。

日本列島の複雑な Sr 同位体比の分布は、新たな情報源になる可能性を秘めている。これまでに得られた結果では、遺跡外で栽培されたウルシの漆液を搬入した例は認められなかったが、広範囲に交易品として流通した可能性を検討できる。

律令制の下で、漆は税の対象として、租庸調の調副物や中男作物として全国から集められていた。北海道を除いた全国から、漆と漆製品が都に集められていたとされる。たとえば、7世紀中頃の前期難波宮では、漆液の運搬容器と思われる須恵器が多数出土している。これらの土器には、漆液が付着し残っている。遺物は、多くの遺跡に数多くあり、太宰府からも出土している。これらの漆液を分析し、年代測定を行うことによって、どの年代に、実際にどこから漆液が納められたのかを、ダイナミックに、かつ実証的に示すことが出来る可能性がある。もちろん、すべての漆生産地が、異なる Sr 同位体比を示すわけではないので、例えば土器胎土の分析などと組み合わせて、漆の納入元を特定する手法を開発する必要がある。古代日本列島における、漆と漆製品の流通を解明



する重要な手段になることが期待される。

古代漆の分析を積極的に進めることが重要である。

## ⑥……………まとめ

日本列島と中国の漆産地から収集した漆液の塗膜について、Sr 同位体比を測定し、両者の  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  の値は、0.711 を境にして、日本列島産はこれより小さく、中国産はこれより大きくなることがわかった。ウルシとウルシから産出される漆液の Sr 同位体比は、ウルシが生育する場所の土壌の交換性 Sr の同位体比を反映するが、その場所の基盤岩から推定される Sr 同位体比とは異なる。

縄文時代後期前葉の資料から 12 世紀末の資料まで、日本列島に残る漆関連資料の Sr 同位体比を分析し、中国産と判定出来る漆関係資料は、一点もなかった。Sr 同位体比は、遺跡毎に異なり、それぞれの遺跡ではほぼ同じ値を示し、集落内でウルシが栽培され、漆液を採取し、漆製品を制作していたものと思われる。また、このことから、漆関係資料の Sr 同位体比を分析することにより、漆液や漆製品の制作地点やその移動、交易についての情報を得る手法として利用出来ることが明らかになった。

## 引用文献

- (1) Bolt, G.H., Bruggenwert, M.G.M. 編著 (1980) 『土壌の化学: 岩田進午・三輪容太郎・村上隆弘・陽捷行 訳』学会出版センター 312 pp.
- (2) Bronk Ramsey, C. (2017). Methods for summarizing radiocarbon datasets. *Radiocarbon*, 59 (6), pp.1809–1833.
- (3) Halicz, L., Segal, I., Fruchter, N., Mordechai Stein, M. and Lazar, B. (2008) Strontium stable isotopes fractionate in the soil environments? *Earth Planet. Sci. Lett.* 272, pp. 406–411.
- (4) Kusaka, S., Ando, A., Nakano, T., Yumoto, T., Ishimaru, E., Yoneda, M., Hyodo, F. and Katayama, K. (2009) A strontium isotope analysis on the relationship between ritual tooth ablation and migration among the Jomon people in Japan. *J. Archaeological Science*, 36, pp. 2289–2297.
- (5) Lu, R., Honda, T., Kamiya, Y., Yoshida, K., and Miyakoshi, T. (2013) Analysis of Japanese Jomon lacquer-ware by pyrolysis-gas chromatography/mass spectrometry. *J. Analytical and Applied Pyrolysis*, 103, pp.68–72. DOI : 10.1016/j.jaap.2012.09.017
- (6) Lu, R., Honda, T., Sato, M., Yoshida, K., and Miyakoshi, T. (2015) Determination of provenance and species of Japanese Jomon lacquer by pyrolysis-gas chromatography/mass spectrometry and  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  isotope ratio. *J. Analytical and Applied Pyrolysis*, 113, pp.84–88. DOI : 10.1016/j.jaap.2014.11.003
- (7) Reimer, P.J., Austin, W.E.N., Bard, E., Bayliss, A., Blackwell, P.G., Bronk Ramsey, C., Butzin, M., Cheng, H., Edwards, R.L., Friedrich, M., Grootes, P. M., Guilderson, T.P., Hajdas, I., Heaton, T. J., Hogg, A.G., Hughen, K.A., Kromer, B., Manning, S.W., Muscheler, R., Palmer, J.G., Pearson, C., van der Plicht, J., Reimer, R.W., Richards, D.A., Scott, E.M., Southon, J.R., Turney, C.S.M., Wacker, L., Adolphi, F., Büntgen, U., Capano, M., Fahrni, S.M., Fogtmann-Schulz, A., Friedrich, R., Köhler, P., Kudsk, S., Miyake, F., Olsen, J., Reinig, F., Sakamoto, M., Sookdeo, A., Talamo, S. (2020). The INTCAL20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0–55 cal kBP). *Radiocarbon*, pp.1–33. DOI : 10.1017/RDC.2020.41
- (8) Stuiver, M., and Polach, H.A. (1977). Discussion : Reporting of  $^{14}\text{C}$  data. *Radiocarbon* 19 (3), pp.355–363.
- (9) Umezaki, J. (2017) “Provenance study of wheat by its strontium isotope ratio.” *Cereals* 17, Oct. 8–11 San Diego, USA.
- (10) 岩手県教育委員会 (2002) 『岩手県文化財調査報告書 113 : 平泉遺跡群発掘調査報告書 柳之御所遺跡』岩手

県教育委員会

- (11) 河姆渡遺址博物館編 (2002) 『河姆渡文化精粹』河姆渡遺址博物館編 pp.87, 文物出版社
- (12) 神谷嘉美 (2009) 2009年9月25日私信
- (13) 工藤雄一郎・国立歴史民俗博物館年代測定研究グループ (2006a) 「下宅部遺跡における水場遺構・種実集積遺構などの<sup>14</sup>C年代測定」『下宅部遺跡 I (1)』 pp. 238-245, 下宅部遺跡調査団編, 東村山市遺跡調査会
- (14) 工藤雄一郎・国立歴史民俗博物館年代測定研究グループ (2006b) 「下宅部遺跡から出土したウルシの杭の<sup>14</sup>C年代測定」『下宅部遺跡 I (1)』 pp.363-366, 下宅部遺跡調査団編, 東村山市遺跡調査会
- (15) 工藤雄一郎・四柳嘉章 (2015) 『石川県三引遺跡および福井県鳥浜貝塚出土の縄文時代漆塗櫛の年代』植生史研究, 23, pp. 55-58
- (16) 佐藤正教 (2012) 『<sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Srを用いた漆遺物の産地推定』日本大学大学院総合基礎科学研究科 修士論文 24pp.
- (17) 佐藤正教, 中井俊一, 吉田邦夫 (2012) 「第V章V-3 列島の漆・大陸の漆」『アルケオメトリア～Archæometria: 考古遺物と美術工芸品を科学の眼で透かし見る』吉田邦夫編, 東京大学総合博物館, pp.249-258 (\*本文献では, 測定データは, すべてグラフで提示されており, 数値データは, 本論文が初出である。)
- (18) 産業技術総合研究所地質調査総合センター (2007) 『20万分の1日本シームレス地質図』2007年5月12日版, 産業技術総合研究所地質調査総合センター
- (19) 鈴木俊成, 湯原勝美 (2010) 「第I章序説」『新潟県埋蔵文化財調査報告書206集日本海沿岸東北自動車道関係発掘調査報告書XXXIII 西部遺跡II (本文編)』財団法人新潟県埋蔵文化財調査事業団, 新潟県教育委員会 pp.1-10
- (20) 鈴木三男 (2009) 「出土木製品および自然木の樹種」『日本海沿岸東北自動車道関係発掘調査報告書XXXII 野地遺跡』新潟県埋蔵文化財調査報告書 第196集 新潟県教育委員会, 財団法人新潟県埋蔵文化財調査事業団 pp.163-168
- (21) 浙江省文物考古研究所編 (2003) 『河姆渡—新石器時代遺址 発掘報告 上, 下』浙江省文物考古研究所, 文物出版社
- (22) 浙江省文物考古研究所・粛山博物館編 (2004) 『跨湖橋 浦阳江流域考古報告之一』浙江省文物考古研究所・粛山博物館編著, 文物出版社
- (23) 千葉敏朗 (2014) 「下宅部遺跡から見た縄文時代の漆工技術」『国立歴史民俗博物館研究報告』第187集, pp.233
- (24) 辻誠一郎 (2009) 「青谷上寺地遺跡における放射性炭素年代データベース」『青谷上寺地遺跡10』鳥取県埋蔵文化財センター, pp.131-144
- (25) 鳥取県埋蔵文化財センター (2011) 『鳥取県埋蔵文化財センター調査報告, 40: 青谷上寺地遺跡景観復原調査研究報告書』鳥取県埋蔵文化財センター, 236 pp.
- (26) 永嶋正春 (2014) 「下宅部遺跡出土縄文時代赤色顔料関係資料の蛍光X線分析結果」『国立歴史民俗博物館研究報告』第187集, pp.251
- (27) 新潟県教育委員会 (2009) 『日本海沿岸東北自動車道関係発掘調査報告書XXXII 野地遺跡』新潟県教育委員会 (財)新潟県埋蔵文化財調査事業団
- (28) 新潟県埋蔵文化財調査事業団・新潟県教育委員会 (2010) 『新潟県埋蔵文化財調査報告書206集 日本海沿岸東北自動車道関係発掘調査報告書XXXIII 西部遺跡II (本文編)』新潟県教育委員会, (財)新潟県埋蔵文化財調査事業団
- (29) 新潟県埋蔵文化財調査事業団編 (2014) 『大武遺跡II (古代～縄文時代編)』177 pp. (財)新潟県埋蔵文化財調査事業団
- (30) 西本豊弘・鈴木三男・孫国平・中村慎一 (2010) 「放射性炭素年代測定報告 (3)」『浙江省余姚田螺山遺跡の学際的総合研究』平成18年度-21年度科学研究費補助金 (基盤研究 (A)) 研究成果報告書, 中村慎一編, 金沢大学人文学類フィールド文化化学研究室, pp.267
- (31) 鳥取県埋蔵文化財センター (2011) 『鳥取県埋蔵文化財センター調査報告, 40: 青谷上寺地遺跡景観復原調査研究報告書』鳥取県埋蔵文化財センター, 236 pp.
- (32) 農林水産省農林水産技術会議事務局, 編 (2005) 『微量元素分析及び分子マーカーの利用による農産物の品種・原産地判別手法の開発, 研究成果431』農林水産省農林水産技術会議事務局, 57pp.
- (33) 東村山市遺跡調査会 (2007) 『下宅部遺跡 I (1) (2)』下宅部遺跡調査団編, 東村山市遺跡調査会

- 
- (34) 平川南 (2010) 「新潟県村上市西部遺跡出土の漆紙文書」『新潟県埋蔵文化財調査報告書 206 集 日本海沿岸東北自動車道関係発掘調査報告書 XXXIII 西部遺跡 II (本文編) 附編』(財)新潟県埋蔵文化財調査事業団, 新潟県教育委員会 pp.28-41
- (35) 本多貴之・神谷嘉美・渡邊裕之・吉田邦夫・阿部芳郎・宮腰哲雄 (2010) 「新潟県, 野地遺跡出土漆様試料片の分析」『環境史と人類』2, pp.175-183
- (36) 本多貴之・宮腰哲雄 (2012) 「漆製品の科学分析」『アルケオメトリアー考古遺物と美術工芸品を科学の眼で透かし見る』吉田邦夫編, 東京大学総合研究博物館, pp.231-248
- (37) 牧野富太郎 (1997) 『原色牧野植物大圖鑑 離弁花・単子葉植物編』, pp. 40, 北隆館
- (38) 松江市教育委員会・松江市教育文化振興事業団, 編 (2000) 『手角地区ふるさと農道整備事業にともなう夫手遺跡発掘調査報告書』松江市教育委員会・(財)松江市教育文化振興事業団, 118 pp
- (39) 松本佳納・千葉俊郎・工藤雄一郎・中村俊夫 (2011) 「東京都東村山市下宅部遺跡から出土したウルシの<sup>14</sup>C年代」『名古屋大学加速器質量分析計業績報告書 XXII』名古屋大学年代測定総合研究センター, pp.95-105
- (40) 南雅代 (2014) 2014年6月26日 私信
- (41) 宮腰哲雄・本多貴之 (2010) 私信
- (42) 南茅部町埋蔵文化財調査団編 (2002) 「III 分析 1. 年代測定」『垣ノ島 B 遺跡』南茅部町埋蔵文化財調査団, pp.98
- (43) 吉田邦夫 (2004) 「火炎土器に付着した炭化物の放射性炭素年代」『火炎土器の研究』新潟県立歴史博物館編同成社 p.17-36
- (44) 吉田邦夫 (2010a) 「西部遺跡から出土した漆紙資料の年代」『新潟県埋蔵文化財調査報告書 206 集 日本海沿岸東北自動車道関係発掘調査報告書 XXXIII 西部遺跡 II (本文編)』(財)新潟県埋蔵文化財調査事業団, 新潟県教育委員会 pp.217-224
- (45) 吉田邦夫 (2010b) 「漆の産地と年代～列島の漆と大陸の漆～」『シンポジウム 縄文漆を科学する』岩手県立博物館, 2010年11月3日
- (46) 吉田邦夫 (2019) 「近世の京漆器に使われた漆の産地を探る」『京都市・山本文二郎漆科学研究助成事業報告書』2019年3月
- (47) 吉田邦夫・宮腰哲雄・本多貴之・河西学 (2019) 「漆塗土器の科学分析」『史跡亀ヶ岡石器時代遺跡総括報告書』つがる市遺跡調査報告書 11, 青森県つがる市教育委員会, pp.266-280
- (48) 四柳嘉章・孫国平・鈴木三男・中村慎一 (2010) 「円筒木器の黒色塗膜分析」『浙江省余姚田螺山遺跡の学際的総合研究』(2010) 平成 18 年度-21 年度科学研究費補助金 (基盤研究 (A)) 研究成果報告書, 中村慎一編, 金沢大学人文学類フィールド文化化学研究室, pp.251-253

吉田邦夫 (東京大学総合研究博物館, 国立歴史民俗博物館共同研究員)

佐藤正教 (株式会社パレオ・ラボ)

中井俊一 (東京大学地震研究所)

(2019年5月28日受付, 2020年8月20日審査終了)

## A Provenance Study of Urushi by Strontium Isotope Analysis

YOSHIDA Kunio, SATO Masataka and NAKAI Shunichi

The “urushi” products excavated from the archaeological sites in Japan and China are about the same age, although some of Chinese products have older  $^{14}\text{C}$  ages, except for the accessories at Kakinoshima B site with the  $^{14}\text{C}$  age of 9,000 years.

In East and Southeast Asia, three tree species produce urushi sap that forms urushi coating film with different main organic components. The analysis of the main components of the urushi products can distinguish the three species. However, it is not possible to distinguish urushi products of the Japanese Archipelago from those of China by analyzing the main components.

Strontium Sr, like calcium Ca, is absorbed from the soil in which a plant grows and is transported to its tissues. The comparisons of the isotope ratio of  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  of the urushi sap with that of the soil in which the urushi tree grew indicated that the Sr isotope ratio of the sap reflects that of the soil. The results of Sr isotope ratio analyses of urushi sap revealed that the  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  of Japanese urushi ranges from 0.705 to 0.709, while Chinese urushi ranges from 0.712 to 0.719. The results suggest a possibility that Japanese urushi products can be distinguished from those of China by Sr isotope ratio with the boundary value of around 0.711. The Japanese archipelago is a mixture of rocks of different origins and ages, but on average, it is composed of rocks with younger differentiation ages from the mantle than the rocks of mainland China, leading to the observed lower  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ .

This study determined the  $^{14}\text{C}$  ages and the Sr isotope ratios of urushi materials from the late Jomon period, the last Jomon period, the middle Yayoi period, and the Heian period. Because the results obtained for the Shimoyakebe site suggested that physical and chemical effects during burial did not significantly modify Sr isotope ratios, we applied this method to ancient excavated materials.

The results of isotope analyses on several archaeological sites showed that urushi sap may be locally produced for local consumption.

Key words: Urushi, Sr isotope ratio, provenance study, ancient urushi, urushi of the Japanese archipelago and the continent

---

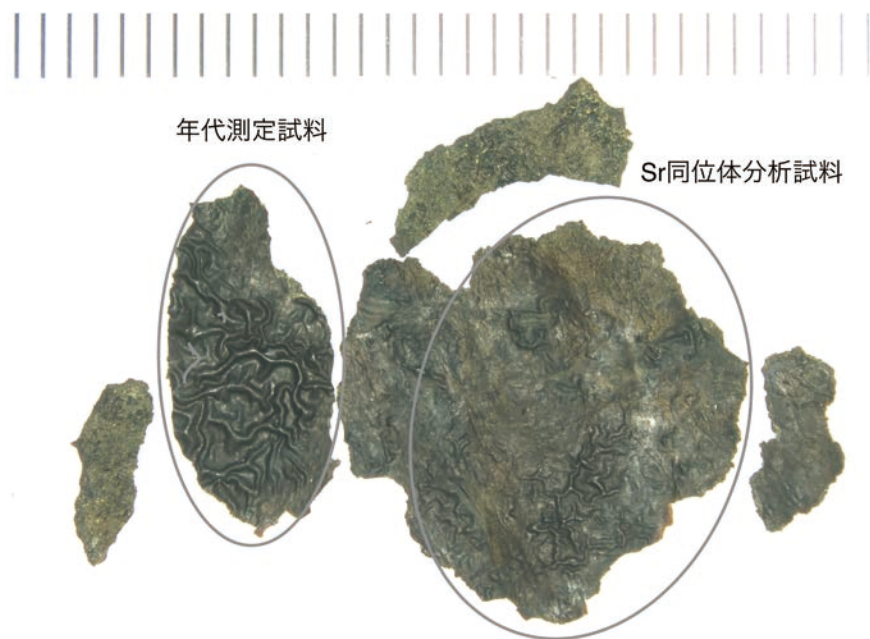


写真1 柳之御所遺跡；漆紙資料 SD1377



写真2 柳之御所遺跡；布着せされた白磁の四耳壺

年代測定 試料  
Sr同位体分析 試料

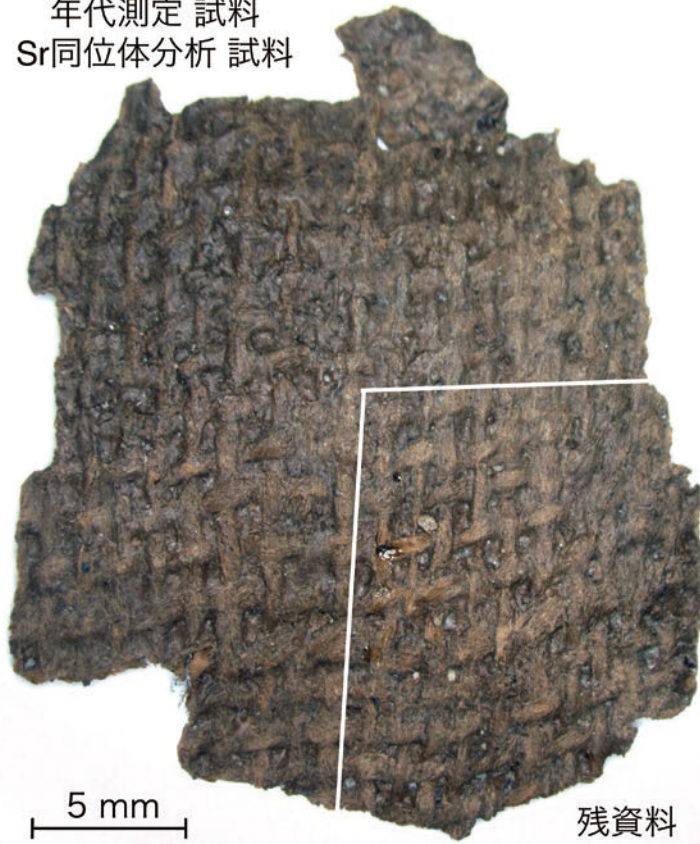


写真3 柳之御所遺跡漆布資料

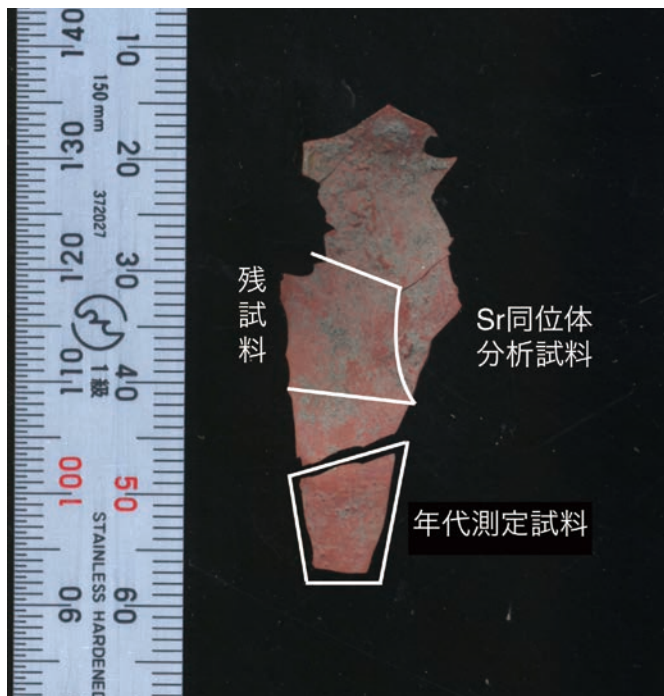


写真4 野地遺跡；資料I

(胎が失われて、漆塗膜のみが残った。切断した下部を分析に使用)

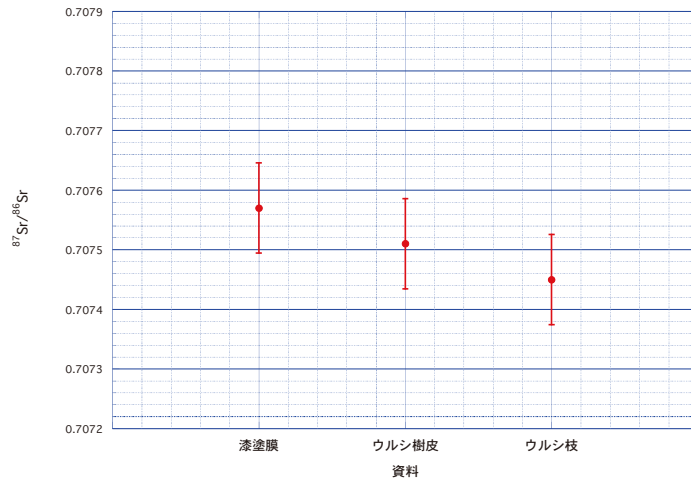


図3 ウルシのSr 同位体比；部位による変異（茨城県大子町）  
（佐藤ほか 2012 図 11 を改変）

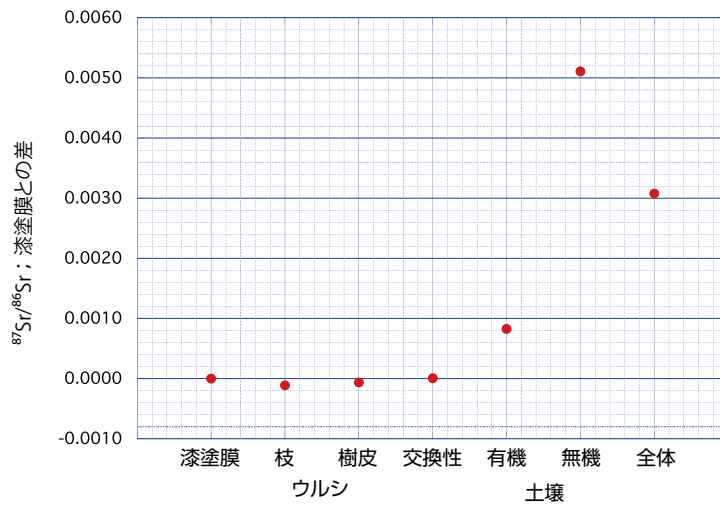


図4 漆・ウルシと土壌の構成成分とSr 同位体比（茨城県大子町）  
（佐藤ほか 2012 図 12 を改変）

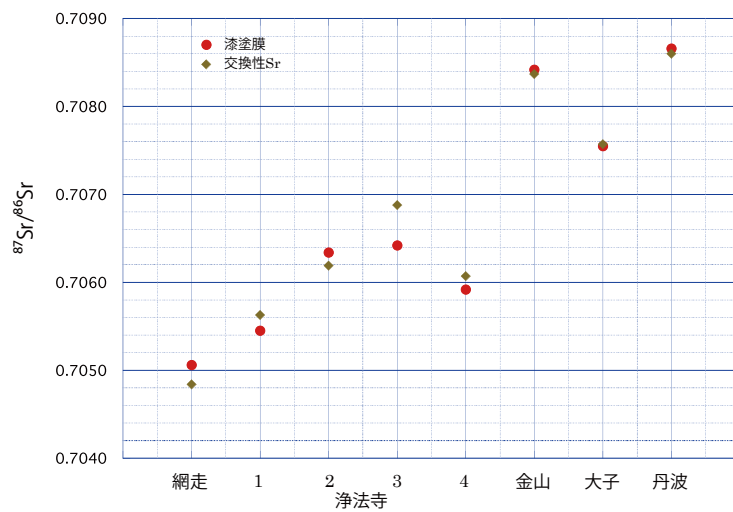


図5 漆産地の漆と交換性Sr の同位体比（佐藤ほか 2012 図 13 を改変）

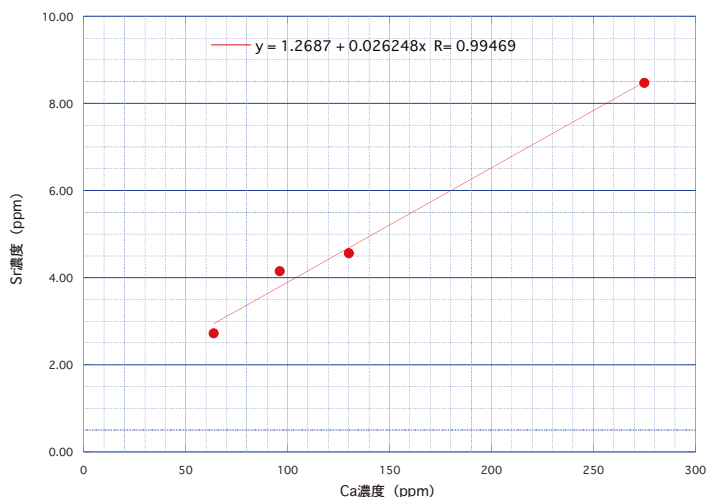


図6 漆液の Ca 濃度と Sr 濃度

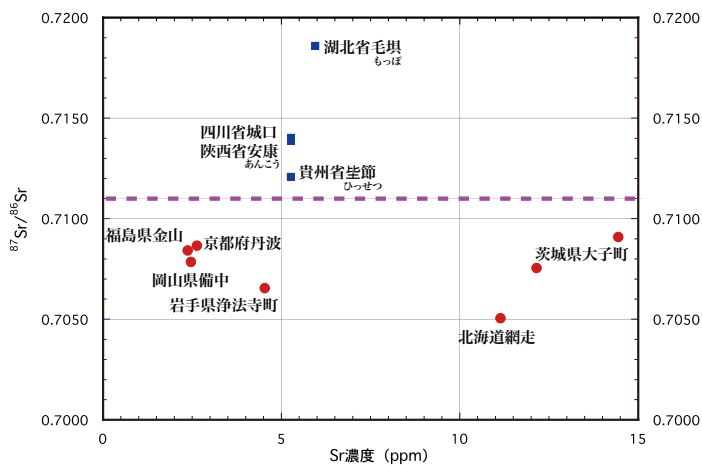


図7 日本列島産漆と中国産漆の  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  (佐藤ほか2012 図14 を改変)

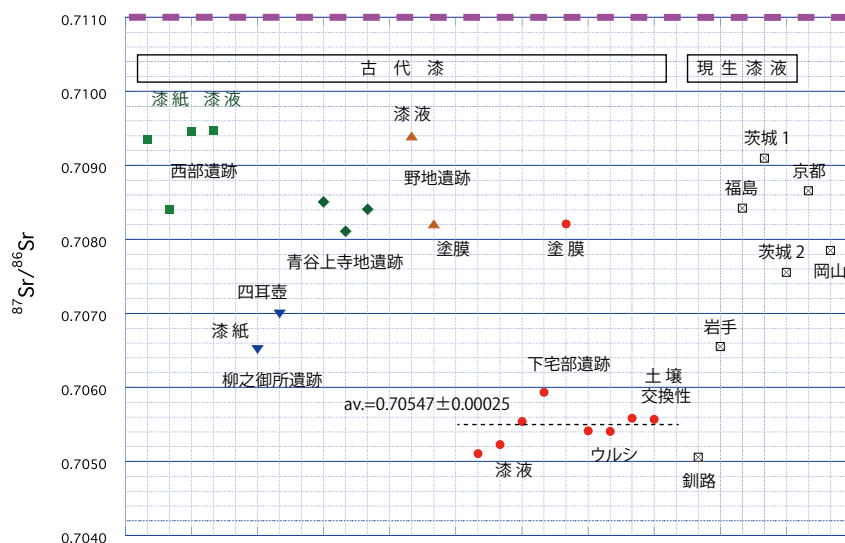


図10 古代漆と日本列島産漆の Sr 同位体比