

## 考古学を支える理系の技

狭川 真一\*

**抄録** 考古学は人文科学系の分野、つまり文系領域の学問として捉えられているが、考古学資料を最新の科学技術研究を用いて分析や計測することで、これまで見えてこなかった、あるいは判断ができなかった事実が判明するようになってきた。ここでは考古学を支えるいわゆる理系領域の研究事例を一部分ながら紹介し、その研究の発展には、原試料たる文化財を保護することが最重要課題であることを説いた。

**キーワード** 考古学, 放射性炭素年代測定, 年輪年代法, X線撮影, X線CT画像

### はじめに

土の中から出土する土器や瓦。それを丁寧に掘り出し、洗浄し、観察して年代や産地を推測する。研究者の目と経験に支えられた考古学が明らかにした歴史的事実は数多く、半世紀前の日本史の教科書と現代のそれとは雲泥の差と言える。このように考古学が提供した情報は日本の歴史を大きく彩ることとなったが、新しい技術や科学的研究法が考古学研究に応用され、新事実を明確にし、未知の世界が切り開かれた事例が年々増加してきている。

本稿では、自然科学の研究手法や新技術、つまり理系の世界が文系の考古学に寄与した事例を拾い出し、学問領域の融合が大きな成果を生むという事実を紹介したいと思う。事例は多いが、ここでは筆者が関与した事業の中から3件を抽出した。

### 1. 放射性炭素年代測定法と火葬墓

平成25年(2013)、滋賀県多賀町の大谷遺跡で11基以上の火葬墓とみられる遺構が見つかった。遺構(墓壇)は50×80cmを前後する隅丸長方形を呈するものが主体で、深さは40~70cmほどが残っていた。墓壇の中には炭化物が充満しており、そのうち4基から長さ28~33cm、幅18~22cm、厚さ0.1cm前後の鉄板が見つかった。しかも鉄板は墓壇の中で立った状態で出土するという特異な状況を示していた。しかし残念なことに、日本の考古学で年代を決める有力な資料である土器類は墓壇内からはまったく出土せず、調査区内で平安時代とみられる土器が若干出土したにとどまる。そのためこの興味深い遺構の年代は、考古学的な手法だけでは絞

り込めない状況であった。

そこで実施したのが、加速器質量分析法(AMS)による放射性炭素( $^{14}\text{C}$ )年代測定である。 $^{14}\text{C}$ は放射性の炭素原子で、時間が経つと崩壊して別の原子(窒素)に変化するが、1年で0.0121%ずつ規則正しく減少することが知られている。この性格を利用して $^{14}\text{C}$ の減少量を測ることで、試料が形成されてから現在までの経過時間を知ることが出来るというものである。開発当初の計測では誤差が大きかったが、AMS法の確立に伴って精度が向上し、誤差の範囲も小さくなったので、数百年ほどしか経過していない日本の中世頃にも十分に利用できるまでに進展した。

そこでこの方法を利用して、遺構内から出土した木炭片など放射性炭素を抽出できる試料の分析を名古屋大学に依頼して実施した。その結果を示したものが図1である。

4基の遺構から各4点ずつ抽出した計16点のサンプルを分析したもので、左右に伸びる山の高い部分が推定年代の確立が高い範囲で、○印がその平均値である。試料1点のみの分析では一つの平均値としての評価しかできないが、同じ地点の試料が複数ある場合は、さらにこれらの平均を求めることも可能であるため、誤差の範囲をより小さく見積もることができる。たとえばSX39の場合なら4点の試料がともに900年代の半ば頃を示しており、概ね940年頃と推測される。つまり10世紀半ばの試料であることが判明する。これほど同一年代に集中するのは珍しい事例であるが、大谷遺跡の他の試料でも大きな開きを持つものはSX43-3としたもののみであり、他は良く似た数値を示している。これから導き出される各遺構の年代は、SX1が9世紀中頃、SX6が9世紀末頃、SX39が10世紀中頃(第2四半期頃)、SX43が10世紀中頃(第3四半期頃)という年代が与えられ

\*文学部歴史文化学科

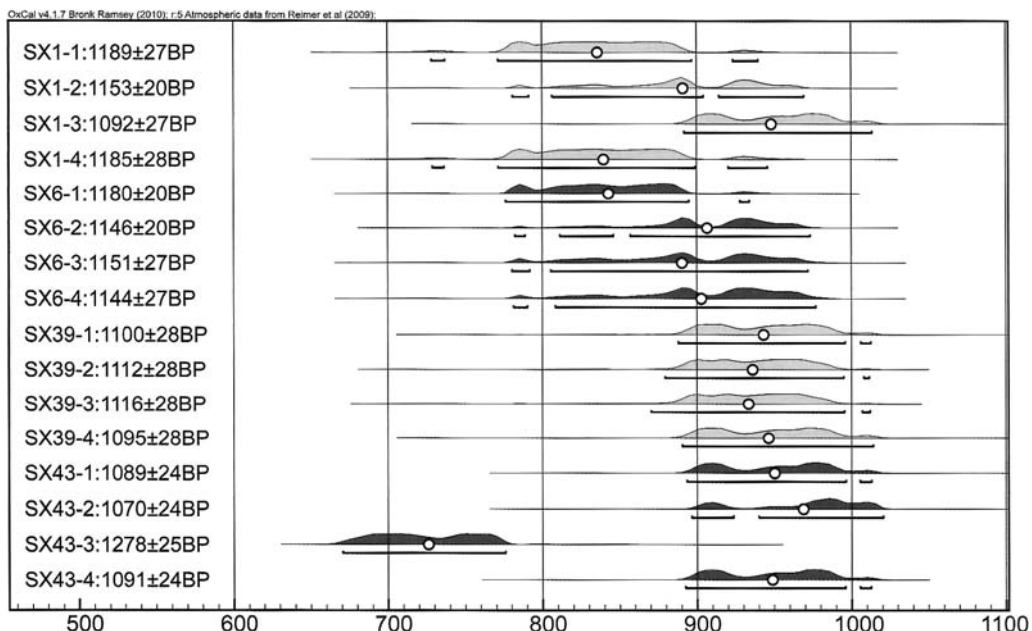


図1 大谷遺跡出土の木炭試料から測定された<sup>14</sup>C年代測定結果（音田 2014 より）

る。

このことから大谷遺跡の墓地が造営された年代（期間）は、9世紀中頃から10世紀中頃のおよそ100年間であることが判明したほか、鉄板を持つ墓は概ね四半世紀に1基が造営されていることになり、首長の代替わりに関係している可能性も推測できた。鉄板の性格は明らかではないが、買地券という冥界の土地を購入した証明書的なものでないかと推定している。これは道教の影響によるものであり、そうした考え方を受容でき、且つ行動に移せるような有力者（立地の点から犬上氏が第一候補）が、この墓地の主ではないかと推測されるに至った。

## 2. 年輪年代法が古建築の歴史を語る

世界遺産で国宝の元興寺禅室には、その屋根裏に多くの古材が保管されている。それは解体修理を行った時に老朽化によって役目を終えた部材群だが、建築材として使用するのには難しいものの部材としての文化財的価値は高い。

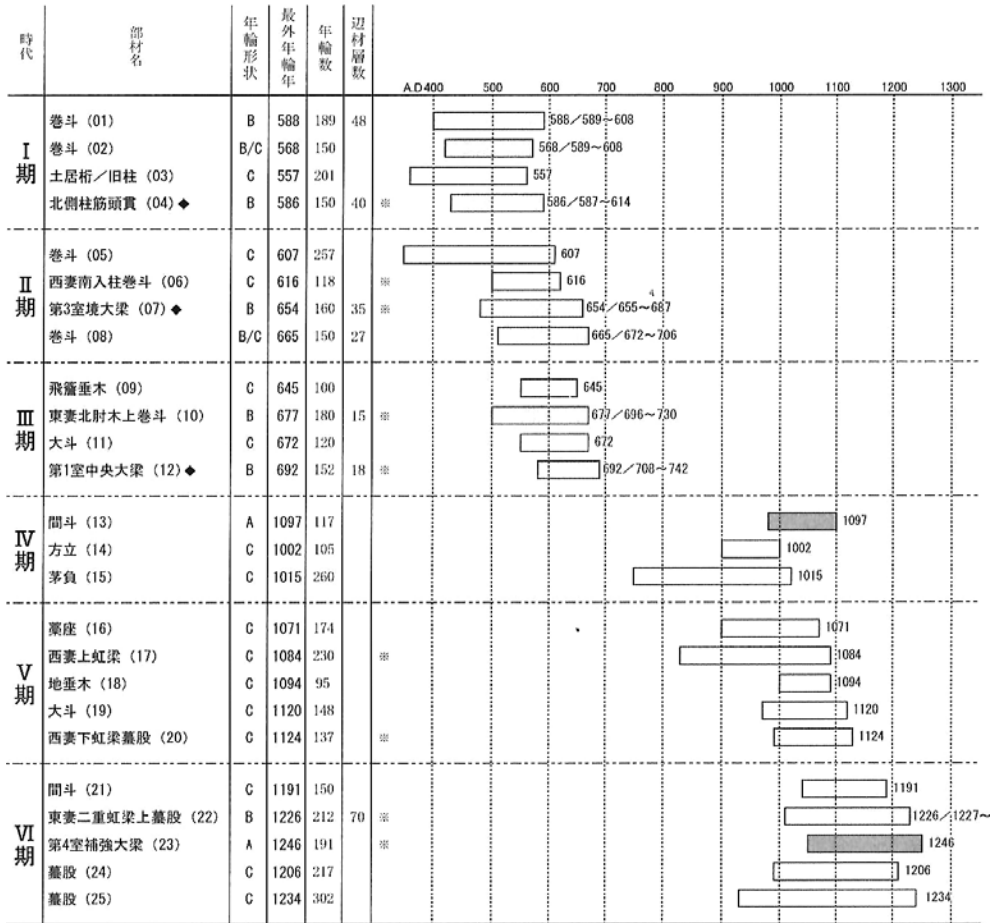
この建物の解体修理は、昭和18年（1942）にはじまり昭和36年までには完了しているが、戦中戦後の大混乱期に該当したため粗悪な部材も多く使われた。そのような時代であったが、引退した部材は廃棄することなく屋根裏で保存されることとなった。修理開始から約60年後の平成12年（2000）、年輪年代法によって一部の部

材が飛鳥時代に伐採されたものであることが判明した。解体修理時には聞いたことも無かった研究領域が、半世紀以上経過した頃には着実な成果を上げていたのである。

木材の年輪は気候変動に敏感で、毎年の成長は微妙に異なる。これを利用して年輪の幅を計測し、パターン化することによってその年輪がいつ形成されたかが判明するというものである。現時点でヒノキヤコウヤマキなどの針葉樹で大きな成果が上がっており、縄文時代頃まで遡れるという。部材には様々な形で年輪が残されているが、表皮部分が残されている部材の場合、伐採した年代が判明する（樹皮型）。しかしこの部分が、使用にあたり削り取られることも多く、伐採年を知ることができる事例は数少ない。また木材の表皮近くは新しく形成された部分（辺材）で、そこを水が通ることから柔らかく白太と呼ばれている。白太は数百年経過した木材なら数十年程度が該当するため、白太部分が残っていると表皮に近い年輪であることが分かる（辺材型）。しかし材木の大半はこうした柔らかい部分を除去し中心に近い硬い部分（心材）が利用されているので、その材にみられる年輪の年代は判明するものの、伐採の年代を推定することはできない材がほとんどである（心材型）。

さて、元興寺の部材で最初に年代が確定したのは巻斗とよぶ部材で、ヒノキであったことも幸いして西暦582年+αと計測され、さらに目視で6年分が確認された

表 元興寺古材の年輪年代グラフ（年輪形状 A：樹皮型 B：辺材型 C：心材型）



◆2020年再計測部材  
過去の報告と数値が異なる部分もあります ※禅室の現役部材

図2 元興寺に残された古材の年輪年代測定結果とその画期（狭川 2020 より）

（最外年輪年代は588年）。しかも最外面が表皮にかなり近いことから伐採年もさほど遠くないと判断された（光谷 2010）。これだけでも飛鳥時代に切り出された部材であることは確かだが、さらに元興寺の歴史と照合することで大きな事実が浮かび上がってきた。

元興寺は奈良時代に平城京の東端部に建設された巨大な寺院だが、実は日本で一番最初の本格的な伽藍を有する寺院として建設された飛鳥寺（法興寺/蘇我馬子創建）をその前身とする寺院なのである。このことは『続日本紀』という歴史書から知られていただけでなく、現在の元興寺に使用される瓦に飛鳥寺の瓦が混入していることから、飛鳥寺の移転は事実であろうと考えられてきた。その中で588年+若干年という年代は驚くべき結果をもたらしたのである。飛鳥寺の建設に関する記事は『日本書紀』に詳しく書かれるなかで、崇峻天皇三年

（590）に「入山取寺材」と記載されている。つまり、590年に飛鳥寺の部材を山から切り出したということである。この590年はまさに588年+若干年に該当するとともに、年輪年代測定による成果は『日本書紀』の信憑性をも高めたのである。

このことで、飛鳥寺から元興寺への移転は確実となった。しかも飛鳥寺は中世まで伽藍を維持していたことや、元興寺と飛鳥寺で伽藍配置やその規模が大きく異なっていたことなどから、寺籍を移しただけで建物は運ばれていない可能性もあった。しかし、飛鳥時代の建築部材の発見で、一部の建物（僧房）は移築されていたことが確実となった。きわめて大きな発見であった。

その後、他の部材も年代が明らかになり、各時代の部材が混在していることが判明し、しかもそれらは解体修理の年代や回数を教えてくれる結果ともなった（狭川

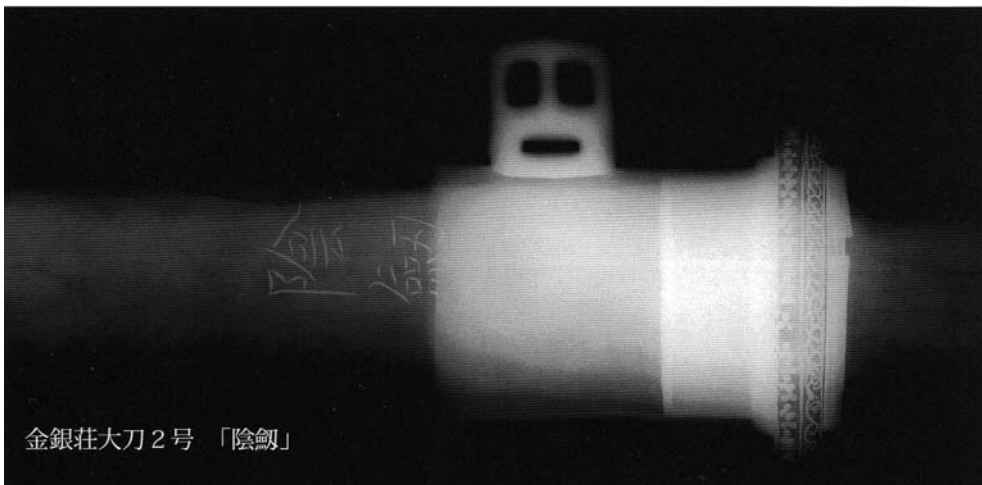
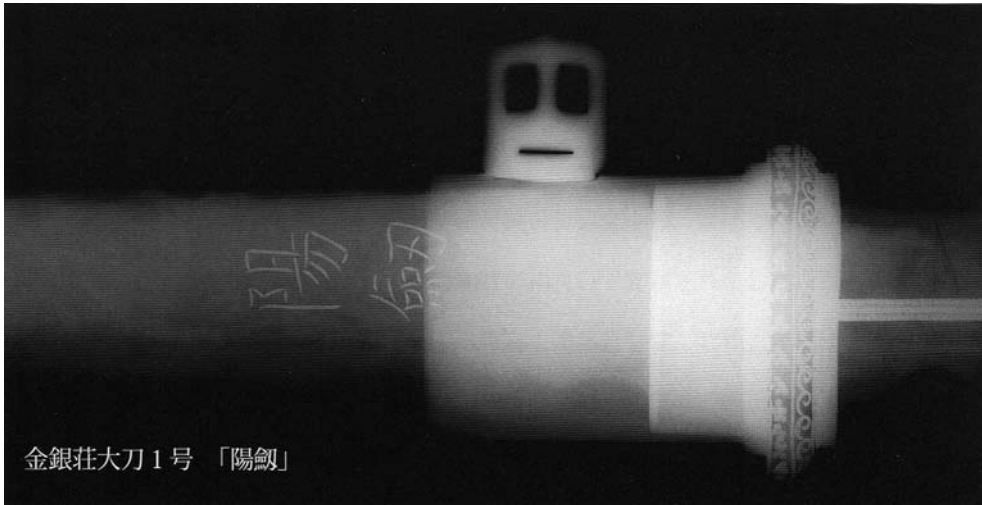


図3 X線撮影で姿を見せた「陽劔」「陰劔」の象嵌文字（初村 2015 より）

2020)。

通常なら廃材とされ、薪として灰になっただけのおおしくない古材は、保存されてきたことにより我々に驚くべき成果をもたらすこととなった。文化財はまず保存して次世代に継承すべきであるとしてきた考え方が、いかに重要な教えであったかを身をもって感じる機会となった。

### 3. X線撮影が1300年の謎を解く

東大寺大仏の足元、つまり蓮台の中から鉄剣をはじめとする数々の宝物が見つかったのは明治40年（1907）。大仏殿の修理工事の際に偶然発見された一群で、「東大寺大仏殿鎮壇具」と命名され、一括して国宝指定となった。その後は奈良国立博物館で保管されてきたのだが、

この資料群の一部に劣化が進行していたため、科学的な保存処理を施すこととなり、その作業のために元興寺文化財研究所（以下、元文研と略す）に搬入された。元文研では昭和53年（1978）、埼玉県稲荷山古墳出土の鉄剣を保存処理した際に金象嵌された115文字の銘文を発見している。それは鉄剣を覆う錆を除去する作業中、金色に光る小片を発見したため急速X線撮影を行い、大発見に結びついたのだった。以来、元文研では金属遺物の保存処理前には必ずX線撮影を行っているため、この時も作業の流れでX線撮影を実施した。すると2本の鉄刀からそれぞれ「陽劔」「陰劔」の文字が浮かび上がってきたのである。実はこの文字、わずか4文字、されど4文字の驚きの情報を我々に教えることとなった。

文字が確認されたのは平成22年（2010）で、発見後

は遺物の所蔵者である東大寺と協議を重ねマスコミ発表となった。さて、その内容は次のようなものであった(以下、剣と刀の用語が混在するが、同じものを指している)。

① 東大寺大仏の膝下(蓮台内)から、100年以上前に出土したものである。

② 他の出土資料からこれは奈良時代の鉄刀とみられ、蓮台内へ埋納した当時から場所は移動していないとみられる。

③ 刀に施された装飾から、当時の超一級品とみて間違いない。

④ 陽剣・陰剣の銘文が象嵌されている(象嵌の材質は不詳)。

これらの条件を元にまず思いつくのは、正倉院に納められた宝物(聖武天皇の遺愛の品)の目録『こっか国家珍宝帳』である。そこに「御大刀壹佰口／陽寶劔一口／陰寶劔一口(以下略)」(／は改行)とあり、数ある宝物中の刀類の筆頭に記載されている。記事には「劔」の文字の前に「寶」字があるが、これは劔の美称であり、宝塔や宝器などと同じである。また刀の名称に続いてその法量が記載されており、「並刃長二尺六寸九分」とみえる。奈良時代の1尺は29.6cm前後だから、2.69尺×29.6cm前後≒79.6cmという数字が出てくる。これは陽劔の実測値の長さ98.5cm、刃長79.2cmの刃長に一致すると言える。ちなみに陰劔は少し曲がって出土しているが、こちらも79.0cmを測るのでほぼ一致する数字となる。

これらのことからこの二つの刀は、聖武天皇(陽劔)と光明皇后(陰劔)が大切にしていた持ち物だったと考えられたのである。しかもリストの筆頭に掲げられていることから、おそらくお二人を象徴する劔であったことは間違いない。ここで少し想像を逞しくすると、天皇が大極殿に出御する際、天皇と皇后の権威を象徴するものとして、必ず高御座の前に安置された風景がイメージされる。

ではどうして、正倉院の宝庫内に伝来せず、大仏の蓮台内から発見されることになったのであろうか。幸いにこれもヒントになる記録が残っている。

まず『じよもつ国家珍宝帳』には、「除物」と記した張り紙(付箋)が随所にみられる点に注意しなければならない。除物とは一旦正倉院に納めた品々のうち、何らかの事情で正倉院から持ち出された品を指すようであり、それらは現在の正倉院宝物中に確認することはできない。

さて今回取り上げた陽劔、陰劔の両方に「除物」の張り紙が認められる。大仏殿に埋納するために一旦正倉院

に納めたのち、何らかの事情があつて両劔を取り出したことが分かる。

幸いにも、それがいつのことなのか分かる記録が残っている。『しよつぞうちょう出蔵帳』というものがそれで、この書類には東大寺大僧正を始め多くの人のサインがあることから、リストの品々はここまで厳重に管理されており、厳密なチェックの結果、外部へ持ち出されたことが理解できるのである。さらに「天平宝字三年十二月廿六日出」(759年)から持ち出した日付まで分かり、そのリスト中に「陽寶劔壹口 陰寶劔壹口」とあるので、今回発見の両方の刀がこの時に持ち出されたことが判明する。

しかし、この記事には持ち出した後どこに安置したのかは記載がなく、本来正倉院に伝来すべき品の一部は行方不明という状況であった。しかし、2010年のX線撮影によって約1,250年ぶりにその所在が明らかになったのである。

ではこの鉄刀、誰が何のために正倉院から持ち出し、大仏の蓮台内に納めたのか。時系列で整理してみよう。ただし、正倉院にあったということからそれが聖武天皇遺愛の品であり、聖武天皇とその後の光明皇后に関係することは話の前提であるとしておく。

- 747(天平19) 大仏造営開始
- 752(天平勝宝4) 大仏開眼供養
- 756(天平勝宝8) 聖武天皇崩御(5.2=5月2日)
- 757(天平宝字1) 一周忌(5.2)
- 758(天平宝字2) 三回忌(5.2)
- 759(天平宝字3) 出蔵(12.26)★
- 760(天平宝字4) 年忌(5.2/五回忌相当)
- 760(天平宝字4) 光明皇后崩(6.7)

以上のような流れが把握できる。ここから様々なことが想定できるが、ここでは考え方の一つを提示することとしたい。

この時代は、鎮護国家と称して仏教の力で国を護るといふ政治形態であった。もちろんその中心は天皇である。特に聖武天皇は仏教を篤く信仰し、その葬儀は「御葬之儀如奉佛」(聖武天皇の葬式は、仏に奉るが如く行われた)と『続日本紀』に書かれているように、本格的な仏式で行われたと考えられる。また聖武の死後、政治情勢は乱れ始めており、娘の孝謙天皇の治世を気遣う日々であったろうことも十分に想像できる。

これを踏まえて先の年表を眺めると、出蔵は聖武天皇崩御後3年半ほどが経過してからである。そして光明皇后が亡くなったのは出蔵の半年後である。おそらく自身の死期が近づいたのを察知した光明皇后が、夫婦の遺愛の品の数々を大仏に奉納し、聖武天皇の菩提とこの先の

国家の安寧を願い大仏に奉納したと推測したい。大仏は聖武夫妻にとっていかに大事な存在であったのか、また光明皇后が如何に聖武天皇を想っていたのか。この二振りの刀から様々な人間模様が伝わってくる気がするのである。

### おわりに

理系の技術や研究法が、文系の考古学に寄与した事例の一部を紹介したが、これはほんの一部に過ぎない。土器の胎土分析や石材鑑定、樹種鑑定、赤外線撮影などは古くから行われてきた研究分野だが、今もそのデータ蓄積は継続している。年代測定や材質分析だけでなく、地球環境の研究も日進月歩で目が離せない。

そのような中、近年目覚ましい進歩を遂げている分野に3次元計測の世界がある。条件をクリアして撮影された画像があれば、簡単な作業で3次元の図面がパソコン上に現れる。画像のデジタル化に伴って、古くから知られていた写真測量技術の応用として少しずつ研究されてきたが、最近ではビデオ映像を3次元化できる技術が登場し、撮影方法もドローンの開発で大きく変化し、発展した。X線撮影も3次元化され、仏像の胎内を非破壊

で覗けるようになった。その結果、像内に別の仏像が納められていたことが判明し、そのデータを加工して3次元プリンターで出力することもできるようになった。

これからは、ますます文理が融合して新しい世界を見せてくれることは間違いない。それを可能にするのは新技術の研究開発はもちろんであるが、その素材となる実物の文化財（本物）が残されていることが最優先事項である。本物の持つ情報量は計り知れない。文化財を次世代に継承し続けなければ、これ以上の新発見は有り得ない。

### 引用文献

- 音田直記 2014『大谷遺跡』（多賀町埋蔵文化財発掘調査報告書 第21集）多賀町教育委員会  
光谷拓実 2010「国宝元興寺禅室部材の年輪年代」『坪井清足先生卒寿記念論文集』坪井先生卒寿お祝い会  
狭川真一 2020「年輪年代からみた元興寺僧房の履歴」『日本仏教はじまりの寺 元興寺』吉川弘文館  
初村武寛 2015『国宝 東大寺金堂鎮壇具保存修理調査報告書』東大寺

(2022年3月2日 受理)