

鹿乗川流域遺跡群と一色青海遺跡 出土木材の年輪酸素同位体比データから 見えてくるもの

樋上 昇・李 貞*
・中塚 武**

鹿乗川流域遺跡群と一色青海遺跡出土木材の年輪酸素同位体比年代測定の結果、22点の木材で年輪最外周の年代が明らかとなった。この結果をもとに、これらの木材が出土した遺跡・遺構の存続期間を再検証するとともに、木材の供給源となった森林における木材伐採の実態を検討した。

1. はじめに

愛知県埋蔵文化財センターでは、名古屋大学大学院環境学研究科で進められている樹木年輪酸素同位体比の研究に対し、2011年より朝日遺跡を始めとする数多くの遺跡から出土した木材サンプルを提供し、年輪酸素同位体比のマスタークロノロジー作成に関わってきた。その成果の一部はすでに『一色青海遺跡III』の報告書に掲載されている（愛知県埋蔵文化財センター2014）。

それ以降も安城市の鹿乗川流域遺跡群を中心に出土木材サンプルを提供し続けており、それらの年代測定のデータがようやく出揃った。

そこで本稿では、測定した安城市鹿乗川流域遺跡群の寄島遺跡・下懸遺跡・姫下遺跡・惣作遺跡と、稻沢市一色青海遺跡の合計153点のうち、最外年輪の年代が決定できた18点に、すでに『一色青海遺跡III』に掲載した4点を加えた22点についての測定データを公表し、そこから読み取れる伐採・枯死年代についての考古学的な考察を行う（樋上）。

2. 酸素同位体比年輪年代法の原理

酸素同位体比年輪年代法は、年輪年代法の一種であり、従来の年輪年代法において年代の決定に使われて来た年輪の幅を、年輪に含まれるセルロースの酸素同位体比に置き換えたもので



図1 関連遺跡位置図 (S=1:100,000)

ある（中塚2021）。年輪からのセルロースの抽出やその酸素同位体比の分析には、年輪幅の測定よりも、遙かに多大な労力と時間と費用が掛かるが、それでもその抽出・分析を行う理由は、第一に、年輪酸素同位体比の経年変動パターンは樹木間での相同意性がとても高く、年輪幅なら百年を越える年輪数の大径木でないと年代が決まらなかったのに対して、酸素同位体比なら年輪数が30年程度の小径木でも十分に年代が決まる可能性があり、第二に、従来の年輪年代法は、年輪幅の変動パターン（標準年輪曲線）が長い期間を対象に取得されてきた一部の針葉樹木（スギ、ヒノキ、コウヤマキなど）にしか

* 名古屋大学大学院環境学研究科研究員

** 名古屋大学大学院環境学研究科教授

使えなかったのに対して、酸素同位体比の場合は、広葉樹を含むあらゆる樹種に適用可能であり、年輪数の多い針葉樹を使ってあらかじめ作っておいた酸素同位体比の標準年輪曲線を使って、遺跡から出土する多くの木材の年代を決められる可能性があるからである。実際に、日本各地で縄文時代までさかのぼる年輪酸素同位体比の標準年輪曲線が取得されてきており、さまざまな遺跡の出土木材の年代が決定されてきている（中塚 2021）。樹種の違いを問わず高い変動の相関性がある理由は、年輪セルロースの酸素同位体比が、光合成に使われる葉内水の酸素同位体比を介して、降水同位体比と相対湿度という2つの気象学的要因によって決定される、つまり樹木自体の生物学的影响を受けにくいかからであり、年代決定に使われるセルロース酸素同位体比の標準年輪曲線は、それ自体が過去の任意の時代における年単位の夏の気候（特に降水量）の変動を表している（中塚 2022）。

年輪年代法による木材の年代決定は、年輪幅の場合でも年輪酸素同位体比の場合でも、対象となる試料から得られた経年変動パターンを、年代が正確に分かっているたくさんの試料のデータを平均して精度よく求められた経年変動パターン（標準年輪曲線）と比較することによって行われる。具体的には、試料の経年変動パターンを標準年輪曲線に重ね合わせて両者の間の相関係数（ r ）を計算し、試料を標準年輪曲線の上で1年ずつずらしながら相関係数の計算を繰り返す「スライド相関解析」という方法が使われている（中塚 2021）。この場合、唯一の正解の年代においては、両者の間にしばしば0.6を越えるような高い相関係数が求められる一方で、不正解のその他すべての年代においては、ゼロを中心とした誤差の範囲内の相関係数しか得られないので、正解の年代は、「年代を横軸に取ったスライド相関係数のグラフ」を書くことで、視覚的に求められる。

もっとも年輪数が少ない場合は、偶然相関が高くなったり低くなったりすることがあるため、こうした誤差が生み出す相関係数の無数の高いピークの中に、正解の年代の相関係数が埋もれてしまって年代が決定できなくなる。このような年代決定の成否をグラフから読み取るだ

けでなく、客観的に判定するために、スライド相関解析においては相関係数を求めると共に、年輪数（ n ）と相関係数（ r ）の2つの数値を用いて計算される「相関の有意性を判定するための基準」である t 値を計算している。 t 値が高いほど相関の有意性は高くなるので、暫定的に「 t 値が5を越えた時」には「年代決定が成功した」としている。しかし、年輪数が極端に少ない場合は、正解の年代でなくても相関係数が、偶然とても高くなる可能性があり、結果として t 値もそれなりに高くなることがあり得るので、年輪数の少ない試料の年代を最終的に判定する際（あるいは、遠隔地の標準年輪曲線を使わなくてはならないときのように、正解の年代における相関係数が、必ずしもあまり高くなないと考えられる場合）には、酸素同位体比に加えて、年輪幅や放射性炭素年代などの他の自然科学的な年代と併用することや、考古学的な遺跡の年代観自体も参照して、慎重に年代を決定していくことが必要となる（中塚）。

3. 酸素同位体比のスライド相関解析による年代決定

表1に、既に報告書に掲載されている一色青海遺跡の出土木材4点の酸素同位体比年輪年代に加えて、新たに得られた一色青海遺跡及び、寄島遺跡、姫下遺跡、下懸遺跡、惣作遺跡などの鹿乗川流域遺跡群の出土木材18点の酸素同位体比年輪年代を、各々の出土木材の番号や遺構、器種、樹種などの情報と共に示す。表の右側に書かれているのが、各試料の「年輪数」（出土木材の場合、一般的に試料の劣化などのため目視で識別できる年輪数よりも、実際にセルロース酸素同位体比が分析できる年輪数は少なくなるので、「分析できた年輪数」を別途示している）及び、年代決定に用いた中部日本の年輪セルロース酸素同位体比の標準年輪曲線（中塚 2021）と各試料の年輪セルロース酸素同位体比の間でのスライド相関解析において最も高い相関が得られた年代における「相関係数」、分析できた年輪数と相関係数の2つの数値から計算された「 t 値」を示している。最大の相関係数を示した年代は、その一致箇所における、目視にて識別可能な試料の「最外年輪年

表1 年輪最外周の年代が決定した木材一覧トーンは樹皮付きか樹皮直下の資料)

| No. | 酸素同位体年代 伐採年 伐採用サン プル番号 | 遺跡名 | 報告書 樹種番号 | 器種 | 調査区 クリッド | 遺構 | 層位 | 土器所属時 期 | 取り上げ番号 | 日付 | 樹種名 | | 道管配列 | 備考 | 年輪数 | 分析でき た年輪数 | 相関係数 | t値 | 最外年輪 年代(A.D.) | 樹皮残存 状況 |
|-----|---------------------------------|-----------|-------------|---------------|-------------|-------|----------|--------------|-------------------|----------|--------|----------------|------|---|-----|--------------|-------|-------|------------------|--------------|
| | | | | | | | | | | | 樹種名 | 道管配列 | | | | | | | | |
| 1 | Aichi-10 | 寄島遺跡 | 220 | 丸太 | 11B | 2E12r | 003NR(3) | — | 廻間Ⅰ式明 後半 | 87 | 110830 | エノキ属 | 環孔材 | 南接する廻間 跡からの陥没 跡からなる陥没 跡からの陥没 跡からの陥没 | 44 | 43 | 0.593 | 4.716 | 233 | 無し |
| 2 | Aichi-26 | 寄島遺跡 | 260 | 丸太 | 11B | 2E10r | 003NR | 下層 | 廻間Ⅰ式明 後半 | 272 | 110907 | エノキ属 | 環孔材 | 南接する廻間 跡からの陥没 跡からなる陥没 跡からの陥没 | 47 | 43 | 0.691 | 6.195 | 144 | 無し(樹皮 直下) |
| 3 | Aichi-37 | 寄島遺跡 | 271 | 丸太 | 11B | 2E12s | 003NR | 下層 | 廻間Ⅰ式明 後半 | 288 | 110907 | クリ | 環孔材 | 南接する廻間 跡からの陥没 跡からの陥没 | 30 | 25 | 0.781 | 5.997 | 155 | 無し |
| 4 | Aichi-48 | 寄島遺跡 | 297 | 丸太材サン ブル2 | 13B | 7F19o | 東壁 | 25層 | 廻間Ⅰ後半 ～I式明 | — | 140213 | エノキ属 | 環孔材 | 寄島遺跡の遺物 群 | 107 | 105 | 0.654 | 8.816 | 303 | 無し |
| 5 | Aichi-49 | 寄島遺跡 | 298 | 丸太材サン ブル3 | 13B | 7F19p | 東壁 | 25層 | 廻間Ⅰ後半 ～I式明 | — | 140213 | コナラ節 | 環孔材 | 寄島遺跡の遺物 群 | 50 | 47 | 0.681 | 6.238 | 244 | 無し |
| 6 | Aichi-50 | 寄島遺跡 | 299 | 丸太材サン ブル4 | 13B | 7F20n | 東壁 | 25層 | 廻間Ⅰ後半 ～I式明 | — | 140113 | コナラ節 | 環孔材 | 寄島遺跡の遺物 群 | 37 | 34 | 0.65 | 4.839 | 233 | 無し(樹皮 直下) |
| 7 | Aichi-53 | 寄島遺跡 | 302 | 丸太材サン ブル7 | 13B | 7F20n | 東壁 | 25層 | 廻間Ⅰ後半 ～I式明 | — | 140113 | コナラ節 | 環孔材 | 寄島遺跡の遺物 群 | 37 | 34 | 0.65 | 4.839 | 233 | 無し(樹皮 直下) |
| 8 | Aichi-63 | 寄島遺跡 | 312 | 丸太材サン ブル17 | 13B | 8F3o | 東壁 | 25層 | 廻間Ⅰ後半 ～I式明 | — | 140213 | コナラ節 | 環孔材 | 寄島遺跡の遺物 群 | 40 | 35 | 0.77 | 6.933 | 253 | 有り |
| 9 | Aichi-73 | 下懸遺跡II | 386 | 丸太 | 09B | 5E20q | 3b | 廻間Ⅰ～II 式明 | 64 | 100127 | エノキ属 | 環孔材 | — | 67 | 67 | 0.612 | 6.239 | 219 | 無し | |
| 10 | Aichi-106 | 姫下遺跡 | 261 | 丸太 | 05B | VG11e | NR01 | 5層 | 廻間III式明 2段階 | 杭-16 | — | トネリコ節 | 環孔材 | — | 86 | 71 | 0.569 | 5.748 | 99 | 無し |
| 11 | Aichi-115 | 姫下遺跡 | — | 丸太 | 05B | VG11c | NR01 | 3層 | 廻間III式明 3～4段階 | 1616 | 060317 | コナラ節 | 環孔材 | — | 41 | 29 | 0.779 | 6.456 | 249 | 無し |
| 12 | Aichi-126 | 姫下遺跡 | — | 丸太 | 05B | VG | — | — | 廻間III～IV 河戸I式明 | 823 | — | コナラ節 | 環孔材 | — | 47 | 41 | 0.677 | 5.745 | 248 | 無し |
| 13 | Aichi-129 | 惣作遺跡II | 776 | 柱 | 08C | 106m | 深掘 | — | 古井式明 | — | 081119 | コナラ節 | 環孔材 | — | 46 | 46 | 0.785 | 8.405 | -405 | 無し |
| 14 | Aichi-134 | 惣作遺跡II | 813 | 建築部材 | 08B | — | 003NR | 5層 | 廻間II式明 | 345 | 081027 | コナラ節 | 環孔材 | — | 24 | 23 | 0.844 | 7.211 | 131 | 無し |
| 15 | Aichi-146 | 一色青海遺跡III | 20 | 直柄平歛木 成品 | 09A2 | 118r | 200SD | 6層 | 弥生中期後 葉2期 | 1191 | 090918 | イチイガシ | 散孔材 | — | 104 | 98 | 0.497 | 5.612 | -134 | 無し |
| 16 | Aichi-147 | 一色青海遺跡III | 21 | 1/8分割材 | 09A2 | 1/7b | 200SD | — | 弥生中期後 葉2期 | 969 | 090902 | コナラ属アカガニ 亜属 | 放射孔材 | — | 23 | 23 | 0.812 | 6.375 | -298 | 無し(樹皮 直下) |
| 17 | Aichi-148 | 一色青海遺跡III | 135 | 1/4分割材 | 09A2 | 1/8a | 200SD | 6層 | 弥生中期後 葉2期 | 901 | 090901 | ツバキ属 | 散孔材 | — | 92 | 76 | 0.632 | 7.015 | -95 | 有り |
| 18 | Aichi-152 | 一色青海遺跡III | 199 | 1/8分割材 | 09A2 | 1/7k | 400NR | — | 弥生中期後 葉1期 | B-48 (活) | 091016 | コナラ属アカガニ 亜属 | 放射孔材 | — | 53 | 45 | 0.684 | 6.149 | -90 | 有り |
| 19 | — | 一色青海遺跡III | 056 | 角棒 | 09A2 | 1/7b | 200SD | 6層 | 弥生中期後 葉2期 | 1026 | 090903 | クヌキ節 | 環孔材 | 一色青海川に埋 設 | 12 | 11 | 0.88 | 5.6 | -138 | 有り |
| 20 | — | 一色青海遺跡III | 212 | 丸太 | 09B2 | 13h | 400NR | — | 弥生中期後 葉1期 | 2242 | 100222 | ヒノキ科 | — | 106 | 23 | 0.74 | 5.0 | -55 | 無し(樹皮 直下) | |
| 21 | — | 一色青海遺跡III | 174 | 角棒 | 09A2 | 117s | 400NR | — | 弥生中期後 葉1期 | — | — | ヒノキ | — | 32 | 32 | 0.73 | 5.9 | -429 | 無し | |
| 22 | — | 一色青海遺跡III | 樹-1234 | 自然木 | 09A2 | 117s | 400NR | — | 弥生中期後 葉1期 | — | — | コナラ節 | 環孔材 | 一色青海川に埋 設 | 83 | 70 | 0.54 | 5.3 | -156 | 無し(樹皮 直下) |

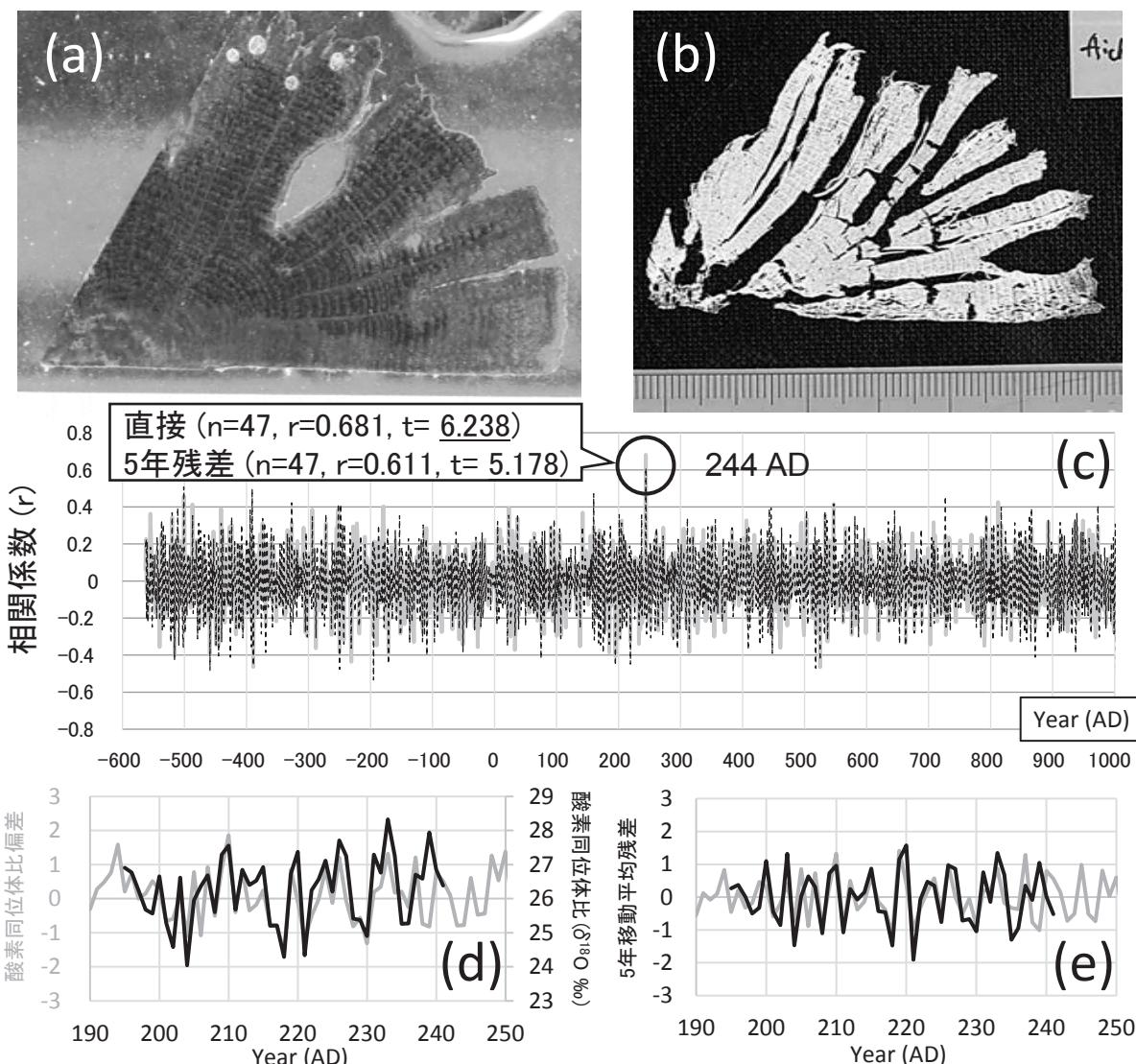


図2 5 (Aichi-49) の木材から切り出した薄板 (a) とそれをセルロース化したもの (b) ((a) では 50 年の年層が確認できるが、(b) からは最外部の 3 年分のセルロースが切り出せなかった)。セルロース酸素同位体比の標準年輪曲線との間でのスライド相関係数 (c) (灰実線が直接、黒破線が 5 年移動平均残差)。一致年代における標準年輪曲線 (灰) と試料 (黒) のデータの直接 (d) および 5 年移動平均残差 (e) の比較

代」として表示した（年代は西暦で表示し、+が AD、-が BC に対応している）。また、樹皮の残存状況の情報も合わせて示した。樹皮が「有り」または「樹皮直下」の場合（表の中で、薄赤色の背景色に対応）は、その木材の伐採年代と最外年輪年代は等しいと考えられるが、樹皮が「無い」場合は、試料の年輪数や形状から考えて、伐採年代は最外年輪年代よりも、数年から十数年程度、新しい年代を持つと考えられる。

表1には、t 値がおよそ 5 以上の結果、つまり年代決定ができたと考えられる試料の結

果のみを示している。実際には、この表よりも遥かに多くの試料の分析を行っているが、年輪数が少ない、或いは年輪の判定が間違っているなどの理由から、標準年輪曲線との間で t 値が 5 を越える結果が得られなかつたものがたくさんある。こうした試料については、セルロース酸素同位体比を年単位で測定するだけでなく、その年層内変動（当面は年層内を 2 分割して前半と後半の酸素同位体比）を測定することで、改めて年代決定に取り組んでおり、年層内変動の精度の高い標準年輪曲線が完成すれば、その結果に基づいてより多くの試料の年代が確

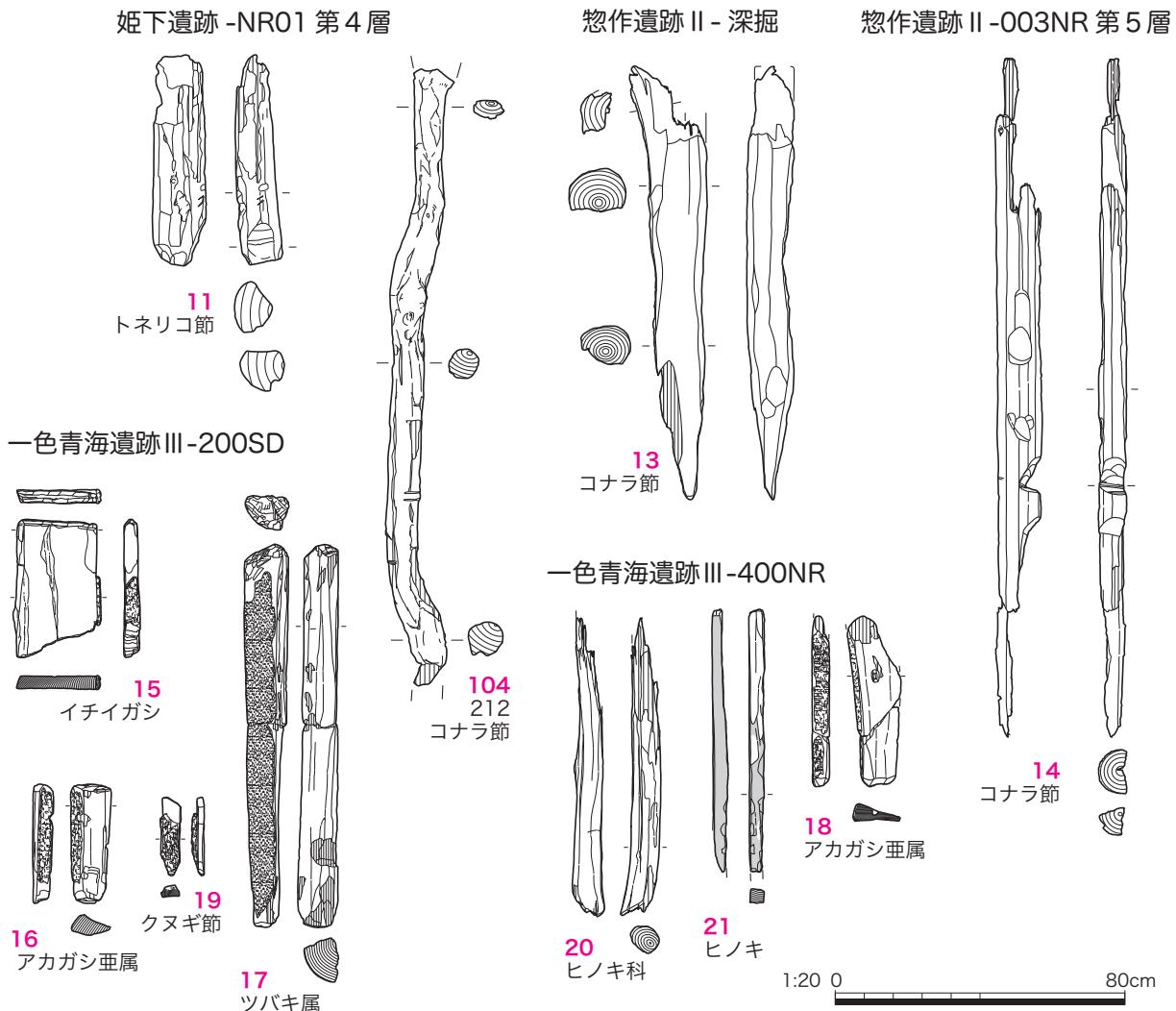
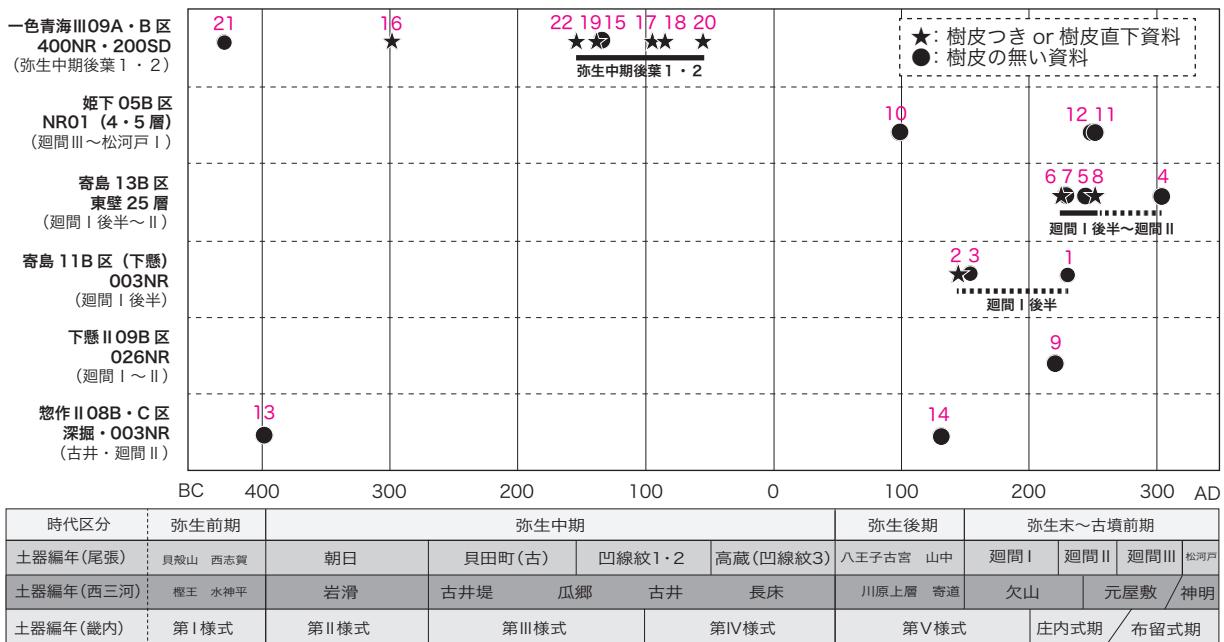


図3 年輪酸素同位体比の測定結果グラフとその試料 (S=1:20、表1のNoとグラフ・実測図の番号はすべて同じ)

定できるものと思われる。

年輪酸素同位体比による年代決定の状況を視覚的に表示するために、典型的な試料（5、Aichi-49）のスライド相関解析のグラフを、分析に供した試料のセルロース抽出前と後の写真と共に示す。なおスライド相関解析は、年輪酸素同位体比のデータを直接比較するだけでなく、その中の短周期成分（5年移動平均残差）に対しても比較しており、より高い相関係数が得られた方の結果を使って年代を決定している（中塚）。

4. 年輪酸素同位体比の測定結果からわかつること

一色青海遺跡で追加測定した木製品（木材）については、『一色青海遺跡III』で推定した集落の存続期間（BC156～55）内にほとんどの資料が収まるが、問題となるのは16である。樹皮付きの分割材（アカガシ亜属）の暦年代がBC298年であることで、この暦年代は弥生時代中期前葉（朝日式期）に属する。一色青海遺跡では当該期の土器は無く、完全に集落の存続期間から外れる。ただし、この資料は表1および図3下に示したように径が細くて年輪数が比較的少なく（23年）、資料としての信頼性に欠けることから、この年代値については保留したい。

姫下遺跡05B区のNR01（4・5層）については、そもそも出土土器じたいが廻間III式期から松河戸I式期と幅があるうえ、年代が出た3点の木材も樹皮がないため、考古学的には有意な年代値が得られていない。

寄島遺跡13B区東壁25層の共伴土器群（廻間I式期後半～II式期）の暦年代（AD200～270年頃）に、おおよその資料が収まる（5～8）。このうち5は樹皮こそ残っていないものの、樹皮直下に近い資料であることが図2から読み取ることができる。この寄島遺跡の居住域では、弥生時代中期から廻間III式期の土器が出土していることから、寄島遺跡からの廃棄とみられる13B区25層のなかで4のように廻間III式期に下がる木材が混じることも考えられる

寄島遺跡11B区003NR（実質的には下懸遺跡からの廃棄）出土の木材は、共伴する土器群

の中心的な所属時期（廻間I式期後半）だが、山中式期から廻間I式期前半の土器群も含まれることから、その時期の木材（2）があることには特に矛盾はない。また、1については廻間II式期の暦年代値（樹皮無しでAD233）を示す。下懸遺跡は廻間II～III期が集落の存続期間であることから、この時期の木材が混じることはあり得る（樋上）。

5. まとめにかえて

今回の年輪酸素同位体比の測定結果において注目すべきは、寄島遺跡11B区003NRと13B区25層から出土した樹皮付きおよび樹皮直下の資料において、廻間I式期後半からII式期に所属する木材じたいの伐採（枯死）年代に一定の幅が認められることである。このことは、同じ土器型式の範疇に収まる木材であっても、それぞれの伐採年代が異なっていたことを示している。

木材資源は、伐採→分割→貯蔵（保管）→加工→製品→使用→破損（→転用）→廃棄→埋没という複雑な過程を経て、最終的に遺構内から出土する。我々が実際に目にしている遺構内での木材資源の出土状況には、明らかに複数回の貯蔵ないし廃棄が認められることがあるが、多くの場合は一時期の貯蔵や廃棄なのか、それが複数回に及ぶのか、あるいは転用のための一時的な保管なのかを明確に区分することが極めて困難である。

今回、特に寄島遺跡13B区25層出土の木材では、廻間I式期後半からII式期の間ににおいて最低でも2回（6-AD233、8-AD253）の伐採を経た木材が集積されていたことになる。

これまで樋上は姫下遺跡や下懸遺跡などの出土木製品の分析から、この鹿乗川流域遺跡群における木材の伐採サイクルは10～30年間隔であり、これが近世木地師の巡回サイクル（渡辺1977）にも近いことから、この10～30年という年月が碧海台地における森林資源の回復期間ではないかと推定してきた（樋上2016）。今回、寄島遺跡13B区25層出土木材で明らかになった6と8（いずれもコナラ節）の間がちょうど20年開いていることは、上記の推定が



図4 鹿乗川流域遺跡群調査区配置図と旧河道 (S=1:15,000、スーパー地形に永井 2021 図1を重ねて一部改変)

鹿乗川流域遺跡群と一色青海遺跡出土木材の年輪酸素同位体比データから見えてくるもの

正鶴を射ていたといえる。

しかし、現況で伐採（枯死）年代がわかった資料は寄島（下懸）遺跡のわずか3点（5・7を含めても5点ほど）にすぎないため、今後分析数をさらに増やしてサンプル数が増加すれば、伐採サイクルそのものが見えなくなる可能性も生じる。

ただ一つ確実なのは、これまで出土状況から同じ土器型式内という以上の情報がなかったある特定の遺構に伴う木製品群の伐採時期に、明確な「幅」があったことである。このことは、少なくとも鹿乗川流域遺跡群内においては、同一時期に一定エリアにあるすべての木材資源を「皆伐」して河道内に大量にストックしたのち使用し、そこからまた数十年かけて森林を回復させる方法ではなく、集落の存続期間中に近隣の森林にたびたびアクセスし、その時に必要な太さの樹種を選んで伐採するという「択伐」であった可能性が高いことを示している。そして、この必要な樹種を必要な分量だけ必要なときに伐採する「択伐」こそが、碧海台地の森林資源を枯渇させず長期的に利用するための重要な工夫であったと考えることもできる。

以上のこととを証明するためには、特定の樹種（特に遺跡に近接する碧海台地にあった可能性が極めて高いコナラ節・クヌギ節・エノキ属など）が、それぞれどの程度の年数サイクルで伐採されているのかを明らかにしていく必要があ

参考文献

- 愛知県埋蔵文化財センター 2009『下懸遺跡』
- 愛知県埋蔵文化財センター 2012a『姫下遺跡』
- 愛知県埋蔵文化財センター 2012b『惣作遺跡II』
- 愛知県埋蔵文化財センター 2014『一色青海遺跡III』
- 愛知県埋蔵文化財センター 2017『寄島遺跡』
- 愛知県埋蔵文化財センター 2018『宮下遺跡・下懸遺跡II・五反田遺跡・惣作遺跡III』
- 永井邦仁 2021『安城市鹿乗川流域の旧河道・遺跡群共通の遺物包含層『K層』』『研究紀要』第22号 愛知県埋蔵文化財センター
- 中塚 武ほか 2020『気候変動から読みなおす日本史』3 先史・古代の気候と社会変化 臨川書店
- 中塚 武ほか 2021『気候変動から読みなおす日本史』1 新しい気候観と日本史の新たな可能性 臨川書店
- 中塚 武 2021『酸素同位体比と年輪年代法—先史・古代の暦年と天候を編む—』同成社
- 中塚 武 2022『気候適応の日本史—人新世をのりこえる視点』歴史文化ライブラリー 544 吉川弘文館
- 樋上昇 2016『樹木と暮らす古代人—木製品が語る弥生・古墳時代』歴史文化ライブラリー 434、吉川弘文館
- 渡辺久雄 1977『木地師の世界—個人と集団の谷間』創元社

るだろう。そのためも、これからも鹿乗川流域遺跡群の発掘調査が進む（木材が出土する）ごとに年輪酸素同位体比の分析を繰り返し、データ数をより多く積み重ねていかねばならない。また、図4で使用したスーパー地形から読み取れる微地形では、姫下遺跡と寄島遺跡の西側の碧海台地に、大きな谷状地形（中狭間遺跡と亀塚遺跡の間、古井堤遺跡と宮下遺跡の間にも）が存在することがわかった。この谷状地形により、碧海台地の東面は大きく4つに分断されている。繰り返しになるが、この4つに分かれる碧海台地東面の舌状台地（図4のI～IV）こそが、鹿乗川流域遺跡群における最も身近な木材資源の供給地であった。この4つの舌状台地にかつて自生していた木材資源の分量がおよそ算出できれば、年輪酸素同位体比が示す木材伐採のサイクルと併せて、より具体的な弥生～古墳時代における森林管理の姿が見えてくるだろう。これを次回までの宿題として、本稿を閉じたいと思う（樋上）。

謝辞

尾張・西三河・畿内の土器編年の併行関係と暦年代については、永井宏幸氏と早野浩二氏のご教示を得た。また、鹿乗川流域遺跡群の集落・河道の復元については永井邦仁氏から詳細な情報を得たことを記して感謝致します。