

## 鈴木三男\*：年輪構造による遺跡出土ケヤキ材の伐採季節特定を試み

Mitsuo Suzuki\*: An attempt to determine the tree felling season of an excavated *Zelkova serrata* wood from an archaeological site

**要旨** 遺跡から出土する木材で樹皮が保存されているものでは最外年輪がどの程度形成されているかを観察することにより、その樹木の伐採季節（死亡季節）を特定できる可能性がある。そこで、千葉県市原市の10世紀以前の官道の盛り土を支持していたケヤキの杭材の最外年輪を観察した。この最外年輪の形成程度が現在の何時の季節のものに該当するかを調べるため、宮城県仙台市で調べられたケヤキの木材形成過程と比較した。その結果、仙台市で5月9日にサンプリングした木材と同じ形成程度であることが分かった。そして、両地点の植物季節のずれを補正するため、遺跡に程近い千葉市鎌取と仙台市の2地点でケヤキの開芽時期のずれを比較したところ、前者が後者より2週間早いことが分かった。これらの結果から、出土したケヤキ材は4月25日頃に伐採されたと推定された。これは暦日であるが、植物季節的にはケヤキの芽がすでに開き、盛んに葉が展開している時期に当たる。以上のことから、樹皮の保存された木材の最外年輪を現生樹木の木材形成過程と比較することにより、樹木を伐採した時期あるいはその樹木が死亡した時期をかなり正確に特定できることを示した。

キーワード：遺跡出土材、ケヤキ、植物季節、木材形成過程、伐採時期

**Abstract** Estimation of the wood formation of the outermost annual ring allows determination of the dying or felling season of trees. A wooden stake of *Zelkova serrata* Thunb., used for the construction of an ancient road (before 10th century) excavated at the Ichihara-jori Site, Ichihara, Chiba Prefecture, perfectly preserved the internal structure with intact bark. The structure of the outermost annual ring of this excavated wood was compared with the wood formation of the same species in Sendai in 1995. The degree of wood formation of the excavated wood matched that of wood samples obtained on May 9 in Sendai. The phenology of *Zelkova serrata* at Chiba City, close to the excavation site, was estimated just two weeks ahead of that in Sendai from an observation and comparison of bud opening days in Chiba and Sendai. From these results, the felling season of the excavated wood was estimated at around April 25, when new leaves vigorously develop in spring.

**Key words:** excavated wood, felling season, phenology, wood formation, *Zelkova serrata*

## はじめに

遺跡から出土する木材からは様々な情報を得ることが出来る。鈴木(1996)はそれらを、1. 形から得られる情報、2. 樹種、3. 年輪情報、4. 蓄積物質、5. 遺伝子情報の5つとして数え上げた。このうち年輪情報に関しては、一般的には年輪年代学の手法を用いて当該樹木の伐採の実年代を得ることが主眼とされているが、鈴木(1996)はさらに、出土材のうち、樹皮に接する木材部分が保存されたものでは、その最外年輪の形成程度により、その樹木が死んだ、すなわち加工材にあってはその樹木が伐採された季節が推定できることを示唆した。しかし、最外年輪の形成段階を用いてその樹木の死亡季節を推定するには、その樹木の木部形成の季節性が明らかにならなければならない。実際、木部形成の季節性に関しては古くはピン打ち法によるモミの肥大成長過程を追った研究(Shimaji & Nagatsuka, 1971)以来、主に林産学、木材解剖学分野で

スギなど主要な造林木について行われて来ている(島地ほか, 1976; 今川・石田, 1970)。しかし、木部形成が季節性を持つことを考古学分野に応用した例は知られていないし、また遺跡から出土する木材の樹種についての樹木の木部形成の季節性を検討できる様なデータの蓄積はほとんどない。

鈴木らはこれまで、遺跡出土材のうち、樹皮が保存されているものについては最外年輪部分の切片を作成し、その形成程度から、およその死亡時期を推定してきた(鈴木ほか, 1996; 鈴木・能城, 印刷中など)。福井県三方町の鳥浜貝塚遺跡から出土した縄文時代前期の石斧の柄の握りに当たる部分は幹から出た枝の部分が樹皮付きのまま利用されており、ユズリハ属 *Daphniphyllum* の材でできた14点のうち、材料の伐採時期が春と推定されたものが4点、夏から秋が7点、秋が2点、冬が1点であった(能城ほか, 1996)。千葉県国府関遺跡における弥生時代後期の農具の

\* 〒980-0862 仙台市青葉区川内 東北大学大学院理学研究科附属植物園

Botanical Garden, Graduate School of Science, Tohoku University, Kawauchi, Aoba, Sendai 980-0862, Japan

膝柄はその多くがサカキ *Cleyera japonica* Thunb. で作られていて、調べた14点すべてが春～夏に伐採されたと推定された(能城・鈴木, 1993)。また、石川県羽咋市の吉崎・次場遺跡から出土した弥生時代後期の丸太材7点のうち、スタジイ *Castanopsis sieboldii* (Makino) Hatusima の4点とクマシデ属のイヌシデ節 *Carpinus* sect. *Carpinus* の2点が夏～秋、残りのスタジイ1点が春とされ、同じく羽咋市の四柳白山下遺跡から出土した奈良時代の柱材14点のうち、クリ *Castanea crenata* Sieb. et Zucc. 6点、イヌシデ節3点、ブナ属 *Fagus* 2点、ハンノキ節 *Alnus* sect. *Gymnothyrus* 1点、ユズリハ属1点、合計13点が夏の後半～秋に、そして残りの1点(アカメガシワ *Mallotus japonicus* (Thunb.) Muell. Arg.) が春と推定された(鈴木ほか, 1994)。

このように、樹皮が保存されていて最外年輪がどこまで形成されたか観察できる試料について、その樹木の死亡時期、すなわち加工材にあっては人間が伐採した時期の推定がなされてきた。しかし、それはあくまでも樹木の形成層活動についてのこれまでの研究報告等を参考にし、報告者自身の樹木の季節成長に関するそれまでの観察の経験に基づいて、一般的に言ってこのくらいであろうと推定したものであり、出土した木材の、まさにその樹種で、どの季節にどこまで木部が形成されているかという研究結果に基づいて明確に証明したものは言えない。そこで、本研究では、生きている樹木の木部の季節変動を追った結果と、実際に遺跡から出土した木材の年輪の形成程度の観察結果から、その伐採時期のより高い時間分解能での特定を試みた。

## 方 法

1. 千葉県市原市の市原条里制遺跡では現在標高約5mの水田の下から、幅約5.5mの側溝を伴った古道が発見された。この古道は10世紀以前に機能していた主要な官道であったと推定されている(千葉県文化財センター, 印刷中)。この古道の盛り土を支持している杭材20点を調べたところ、うち18点は樹皮付であった。そこで、18点について木部の形成程度を見るため最外年輪部の横断切片を作成して顕微鏡で観察し、従来の推定方法でその伐採時期が推定した(鈴木・能城, 印刷中)。18点のうち、1点(標本番号CIT-269)がケヤキ *Zelkova serrata* Thunb. で、その伐採時期を従来の方法で春と推定した。このケヤキについて、現生樹木の木部の季節成長との詳細な比較を行い、伐採時期をさらに正確に特定することを試みた。

2. 現生樹木の季節成長過程は平野(1997)が行った、宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉にある東北大学大学院理学研究科生物学実験園(標高約150m)の二次林に自生するケヤキの1995年の結果に基づいた。平野は実験園内で正

常に生育している3本のケヤキ(胸高直径14.5~19cm, 樹高8.5~10m)を選び、形成層の活動開始が予測された3月22日から6月24日までは1週間毎、それ以降は2週間毎に胸高部位から形成層とその両側にある二次木部および二次篩部を含んだ1辺1cmほどのブロックを打ち抜き、固定し、セロイジンあるいはエポキシ系樹脂で包埋し、ロータリーマイクロームにセラミックナイフを用いて組織切片を作成した。同時に樹冠部から小枝を切り取りさく葉標本にし、それから20枚の葉を無作為に選びその葉面積を測定して葉の展開過程を示すパラメーターとした。これらの作業に基づいてケヤキの二次木部の季節成長の結果を得た。偏光顕微鏡で木部の横断面を観察すると、直交ニコル下ではセルロースが蓄積して二次壁が形成されるとフラットな傾角で配向するセルロースマイクロフィブリルが光を偏光させるのでその部分が光って見える(岸ほか, 1977)。道管の細胞壁が十分に光って見える時期をその道管の完成のおよその時期と見なすことができる(Suzuki et al., 1996)。この方法により、年輪の始めにある大道管の形成の開始が3月23日(1)、その完成が4月18~25日(2)、晩材部の最初の小道管の完成が5月16~23日(3)、形成層が休眠に入ったと認められたのが11月20日(4)であることがわかった。フェノロジーでは、開葉が4月18~25日、ほぼ展葉しきったのが5月15~22日、落葉が確認されたのが11月20日である。これらのタイミングを比較すると、(1)は芽が開き始める前であり、(2)はちょうど芽が開き始める時期、(3)はほぼ葉が展開しきった時期、(4)は落葉する時期にそれぞれ相当し、植物季節の変化に対応している(平野, 1997)。

3. 市原条里制遺跡出土のケヤキ材は樹皮付であること、土木に使われた木材であることから、遠方からの持ち込みは考えにくく、遺跡周辺に生育していたものであると推定される。この遺跡と木材形成過程を追った東北大学の生物学実験園とでは、ケヤキの季節成長に明らかな時間差がある。この時間差を補正するため、1998年3月下旬に市原条里制遺跡に程近い千葉市緑区のJR鎌取駅前に植栽された街路樹のケヤキから無作為に選んだ3個体について、3月下旬より、毎朝、目視により観察し、明らかに開葉が認められた時点(3月25日)でその状態を写真撮影した。鎌取駅と市原条里制遺跡は直線距離で約7kmの至近にあり、鎌取駅でのケヤキの植物季節を市原条里制遺跡付近でのそれと見なして差し支えないと判断した。同年4月始めから、東北大学の生物学実験園に自生する、平野が木部の季節成長を追ったケヤキと同じ集団のケヤキ約10個体についてこの写真と対照して毎日比較観察を行った結果、個体により数日のずれはあるものの、4月8日には多くの個体が鎌取駅前のケヤキと同じ状態に開芽したと判断した。

すなわち、千葉と仙台の開葉の植物季節の時間差は14日(2週間)で、これを両地点における木部の季節成長の時間差と見なした。

## 結 果

### 出土ケヤキ材の木部形成程度

市原条里制遺跡から出土したケヤキの最外年輪には、年輪の始めにある大道管とそれを取り巻く木部繊維は残っていたがそれより外側は壊れていた(Fig. 1a, b)。春に木部の形成が始まると、道管になる細胞は始めに細胞直径が拡大し、十分な大きさになった後にセルロースとリグニンが蓄積して二次壁ができ、最後に細胞内容物を失って道管要素が完成する。木部繊維は細胞拡大はあまり起こらないが、厚い二次壁が堆積し、やはり細胞内容物を失って完成する。二次壁が十分に堆積していない未成熟の細胞は柔らかいので、樹木が死亡すると容易に潰れて壊れる。遺跡出土材の最外年輪では、年輪の始めの大道管(Fig. 1でV印を付けたもの)およびその周囲の木部繊維のように、組織が潰れておらず、各細胞がはっきりと形態を保っている部分はすでに二次壁が十分に堆積した成熟した細胞あるいはそれに近い状態のものと考えた。そして、これより外側の部分は切片作成時には樹皮との間に潰れた部分として残存していたが、切片作成の過程で剥落したもので、この部分は二次壁が十分に堆積していない未成熟の部分であったと考えた。すなわち、この出土材の最外年輪では、年輪の始めにある1層の大道管およびその周囲の木部繊維が十分に二次壁が堆積した直後に死亡した、すなわち、伐採されたものと判断した。

### 現世ケヤキ材との比較

これと同じ木部形成段階が何時であるかを定めるために、平野(1997)が作成した現生ケヤキの木部の横断切片を観察した。まず5月2日に採取した材の横断面を光学顕微鏡(普通光)で見たもの(Fig. 2a)と、まったく同じ視野を偏光装置をつけて直交ニコル下で見たもの(Fig. 2b; 完全には直交していないため全体に多少明るい)とを比べてみる。中央付近に前年度形成された木部との境(年輪界、矢印)があり、その上方にはこの年新たに形成された丸い大道管があり、さらに上方には分化中の木部細胞、形成層帯(c)、最上部に二次篩部(p)が見える(Fig. 2a)。直交ニコル下(Fig. 2b)では、年輪界より下の部分は前年度に形成されたものなので、二次壁があまり蓄積しない放射組織を除いてはいずれの部分も光って見える。年輪界より上の部分では大道管およびその周囲の木部繊維はある程度光っているものの、その光り方は前年度形成部分ほどではなく、また、形成層帯、二次篩部は光っていない。つぎに

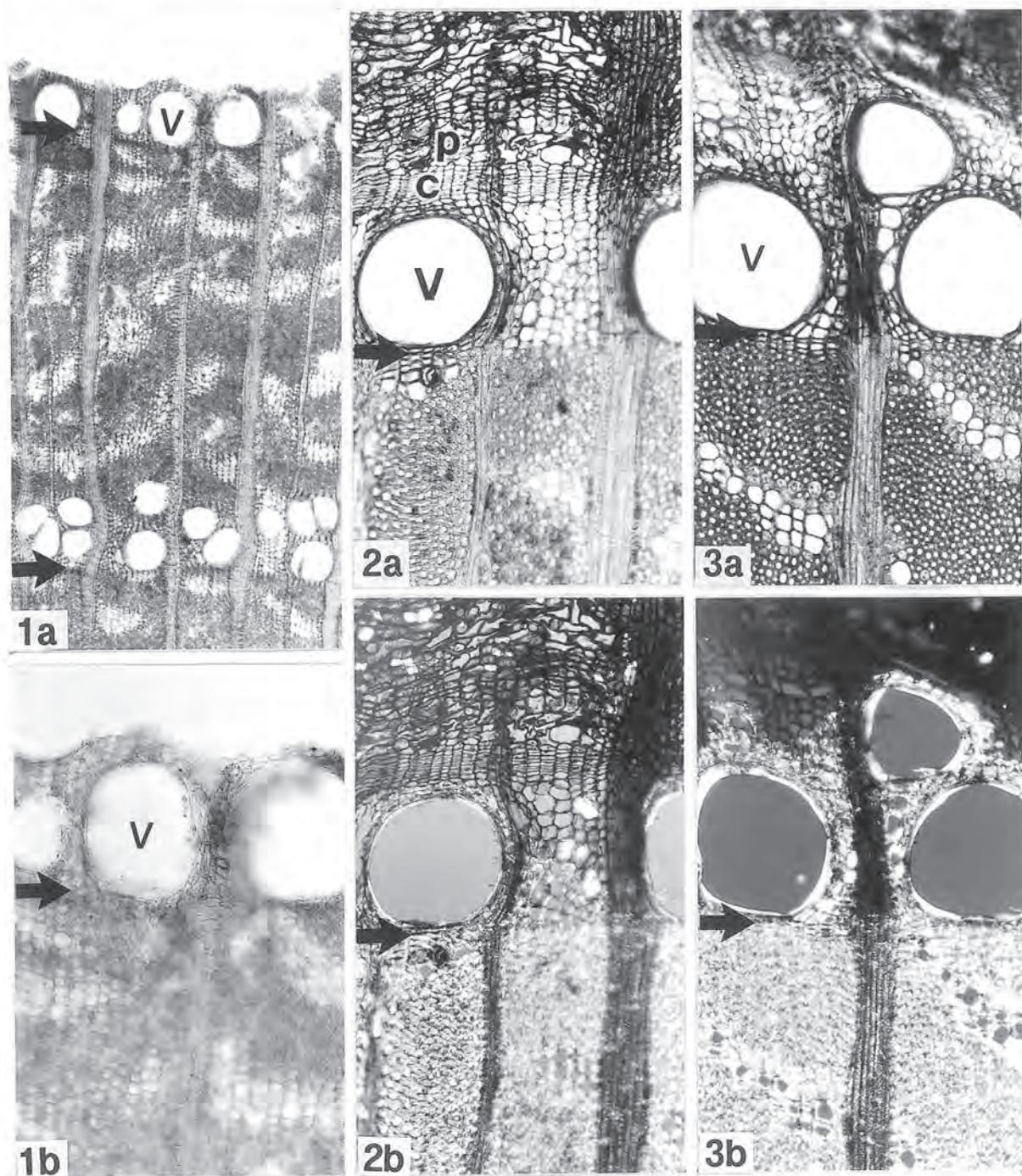
5月9日に採取した材の横断面を普通光で見たもの(Fig. 3a)と、同じ視野を偏光で見たもの(Fig. 3b)とを比較する。普通光による観察では大道管およびその周囲の木部繊維の細胞壁はすでに前年度の大道管と同じ程度に厚く堆積している。直交ニコル下では大道管の細胞壁およびその周囲の木部繊維ははっきりと光っており(Fig. 3b)、1週間後の5月16日の試料でもここに相当する部位は同様に光っていた。したがって、5月9日の時点では、これらの組織はすでに完成していたか、あるいはほぼ完成していたことが分かる。

すでに述べたように、仙台と千葉ではケヤキの開葉時期に14日間の時間差があることから、このケヤキの伐採時期は1995年の暦に当てはめれば5月9日より14日前、すなわち4月25日前後に相当することになる。しかし、これは暦の上の日付でのことで、実際には植物の成長過程は気候の違いを反映して年によって異なるので、伐採された時期は暦日だけで表現するよりも植物季節も合わせて表現する方が、正確となる。平野(1997)の観察によれば、この年のケヤキの植物季節は、芽が開き葉が展開し始めるのが4月18~25日で、葉が展開し始めるのが最初の小道管が完成するのとほぼ同じ5月16~23日である。このことから、出土ケヤキ材が伐採された5月9日というのはこの中間にあり、盛んに葉が展開している時期に当たる。つまり、出土ケヤキ材の市原市付近での伐採時期は暦日では1995年の4月25日前後に相当し、それは植物季節上では芽がすでに開き始め、盛んに葉が展開している時期であることになる。

## 考 察

### 伐採時期特定法の提案

以上のように、(1)遺跡出土材の最外年輪の観察、(2)現生で、出土材と同じ樹種の木部形成過程の観察、(3)両者のデータに地域差がある場合の地域差の補正、の3段階を経れば、樹木の死亡時期(伐採時期)をかなり正確に特定できることを示した。しかし、これはあくまでもこの方法を適用すれば詳細な死亡時期を特定できる可能性を示したに過ぎない。樹種が違えば木部形成の季節成長がそれぞれ異なることが予想され、正確な結果を得るためにはその前提となる樹種ごとの木部形成過程の基礎データの積み上げが必須である。平野(1997)はケヤキの他、落葉性環孔材としてクリ、コナラ、キハダの3種、落葉性散孔材としてブナ、ウワミズザクラ、ホオノキ、ミズキの4種、それに常緑樹のスダジイ、マテバシイについても同様に形成過程を明らかにしている。従ってこれらの樹種については遺跡出土材との比較が可能であるが、それ以外のものについては、まず現生樹木で木材の形成過程を明らかにする必



**Fig. 1** Cross section of an excavated *Zelkova serrata* wood from the Ichihara-jori Site, Ichihara, Chiba Prefecture. 1a: a lower magnification photograph showing large vessels (v) of the outermost annual ring at the top and the entire annual ring of the previous year. 1b: a higher magnification photograph of the same outermost annual ring. Large vessels (v) at the beginning of the outermost annual ring and fibers around the vessels are preserved.

**Figs. 2 & 3** Cross sections of *Zelkova serrata* woods sampled on May 2, 1995 (Fig. 2) and May 9, 1995 (Fig. 3) in the Experimental Garden, Graduate School of Science, Tohoku University, Sendai. a: photographs under normal light; b: photographs of the same fields under polarized light. Brilliant cell walls under polarized light indicate deposition of secondary walls.

Arrows: annual ring boundaries, c: cambial zone, p: secondary phloem, v: large vessel; scale bar = 500  $\mu\text{m}$  in Fig. 1a, 200  $\mu\text{m}$  in Figs. 1b–3b.

要がある。

そして、木部形成過程のパラメータとしては暦日のみでは十分でないことに注意が必要である。気候が年変動するのに従って植物の季節成長も変動する。したがって、道管の形成開始や最初の道管の完成など、木部形成の個々の段階は暦日で表現すれば、毎年異なってくる。しかし、木部形成段階と開芽、葉の展開、開花、落葉などの植物季節とは連動していると考えることが出来る(Suzuki *et al.*, 1996; 平野, 1997)ので、植物季節をパラメータにして暦日と共に記録すれば、他の地域、異なる年との間での比較が可能となる。

このようにして正確な情報を積み上げていけば、住居建築、土木工事、各種道具利用のための樹木の伐採がどの季節に行われたのか、それらには作業暦があったのかなど、過去の木材利用の季節性を明らかにする大きなよりどころとなるといえる。しかも、加工材ばかりでなく、自然木でそれを行うことが出来れば、洪水や山津波などの自然災害が何時起きたのかをかなり正確に明らかにできる。寺田ほか(1994)、寺田・辻(1999)は、青森県三八上北地方および秋田県大館市において、約12,600年前に十和田火山の八戸火砕流によって埋没したトウヒ属を主体とした亜寒帯性針葉樹林が、同じ年に死滅したことをまず年輪年代学的手法により示し、さらに最外年輪の形成程度の観察から、死滅した季節が冬季であったことを明らかにしている。このように、出土木材から古植生のダイナミズムの解明や人々の木材利用の実体を明らかにする為には、出土材ばかりの研究にとどまらず、広く現生樹木の木部形成の季節変動に関する基礎資料の充実とそれらの解析的研究が必要である。

本研究遂行に当たり、千葉県文化財センターには材料を提供していただいた。国立歴史民俗博物館の田川裕美氏には千葉市鎌取駅前のケヤキの開芽について毎朝観察し、データを取っていただき、また撮影写真の提供を受けた。新日本気象海洋(株)の平野亮氏には東北大学での修士論文のデータおよびプレパラートを利用することを快諾いただいた。以上の方々に厚く御礼申し上げる。

## 引用文献

- 千葉県文化財センター．印刷中．市原条里制遺跡埋蔵文化財調査報告書．
- 平野 亮．1997．環孔性および散孔性広葉樹における二次木部の季節成長．東北大学大学院理学研究科平成9年度修士学位論文．
- 今川一志・石田茂雄．1970．樹木の木部形成に関する研究．I．カラマツ (*Larix leptolepis* Gordon) におけるその季節的経過．北海道大学農学部演習林研究報告 27: 373-394, 2 pls．
- 岸 恭二・原田 浩・佐伯 浩．1977．偏光顕微鏡法による広葉樹材道管二次壁の層構成．京都大学農学部演習林報告 No. 49: 122-126．
- 能城修一・鈴木三男．1993．国府関遺跡から出土した木製品の樹種．「千葉県茂原市国府関遺跡群(長生郡市文化財センター編)」、285-306．
- 能城修一・鈴木三男・網谷克彦．1996．鳥浜貝塚から出土した木製品の樹種．鳥浜貝塚研究 1: 23-79．
- Shimaji, K. & Nagatsuka, Y. 1971. Pursuit of the time sequence of annual ring formation in Japanese Fir (*Abies firma* Sieb. et Zucc.). Mokuzaigakkaishi 17: 122-128.
- 島地 謙・須藤彰司・原田 浩．1976．木材の組織．292 pp．森北出版，東京．
- 鈴木三男．1996．遺跡出土木材の樹種同定結果をどう整理・保管し、データベースとしていくか．植生史研究 4: 65-69．
- 鈴木三男・能城修一．印刷中．千葉県市原市市原条里制遺跡出土木製品の樹種．「市原条里制遺跡埋蔵文化財調査報告書」(千葉県文化財センター編)．
- 鈴木三男・能城修一・松葉礼子．1996．仙台中在家遺跡群出土木材の樹種．「中在家遺跡他、第2分冊 分析・考察編」(仙台市教育委員会編)．339-413．
- 鈴木三男・能城修一・西尾典子．1994．羽咋市吉崎・次場遺跡出土木製品の樹種．「吉崎・次場遺跡 第13次発掘調査報告書」(羽咋市教育委員会編)．171-187．
- Suzuki, M., Yoda, K. & Suzuki, H. 1996. Phenological comparison of the onset of vessel formation between ring porous and diffuse porous deciduous trees in a Japanese temperate forest. IAWA Journal 17: 431-444.
- 寺田和雄・太田貞明・鈴木三男・能城修一・辻 誠一郎．1994．十和田火山東麓における八戸テフラ直下の埋没林への年輪年代学の適用．第四紀研究 33: 153-164．
- 寺田和雄・辻 誠一郎．1999．秋田県大館市池内における十和田八戸テフラに埋積した森林植生と年輪年代学の適用．植生史研究 6: 39-47．

(1999年7月21日受理)