

名古屋大学年代測定総合研究センター
夏休み特別企画「年輪年代法体験学習」活動報告
An activity report of dendrochronology workshop for elementary and junior high school students in Center for Chronological Research, Nagoya University.

箱崎真隆^{1*}・中村俊夫¹・榎並正樹¹・増田公明²・南雅代¹・池田晃子¹
一木絵理¹・佐藤桂¹・太田友子¹・西田真砂美¹・田中敦子¹・伊原由紀子¹
城森由佳³・加藤ともみ³・早田葵³・富山慎二³・國田圭佑³
Masataka Hakozaiki¹, Toshio Nakamura¹, Masaki Enami¹
Kimiaki Masuda², Masayo Minami¹, Akiko Ikeda¹, Eri Hitoki¹
Kei Sato¹, Tomoko Ohta¹, Masami Nishida¹, Atsuko Tanaka¹
Yukiko Ihara¹, Yuka Jomori³, Tomomi Kato³, Aoi Soda³
Shinji Tomiyama³, Keisuke Kunita³

¹名古屋大学年代測定総合研究センター・²名古屋大学太陽地球環境研究所

³名古屋大学大学院環境学研究科地球環境科学専攻

¹Center for Chronological Research, Nagoya University

²Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University

³Department of Earth and Environmental Sciences, Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

**Correspondence author. E-mail: hakozaiki@nendai.nagoya-u.ac.jp*

Abstract

From July 31, 2013 through August 1, we held a workshop of the dendrochronology for primary and secondary students in Center for Chronological Research, Nagoya University. Ten children and two protectors participated in this workshop. They experienced fundamental experiment of the dendrochronology. In addition, they attended various lectures about the tree ring. They were able to decide the date of the experiment samples. They appreciated these experiments and lectures.

Keywords: Activity report; Dendrochronology; Radiocarbon; Tree-ring; Workshop

1 はじめに

名古屋大学年代測定総合研究センターにおいて2013年7月31日～8月1日の二日間にわたり、「夏休み特別企画『年輪年代法体験学習』」が催された。本事業は、同センターによって企画され、平成25年度名古屋大学地域貢献特別支援事業に採択された。この体験学習は小学5年生～中学生を対象としており、その内容は実習（年輪年代法の基礎的な工程である木材加工と年代決定解析実験）と講義（樹木年輪に関する様々な研究成果の紹介）によって構成された。

これまで年代測定総合研究センターは、加速器質量分析計を用いた放射性炭素 (^{14}C) 年代測定を行う事で学内外の共同研究・教育に貢献してきた。また、定常的に、暦年代既知の樹木年輪資料を用いて ^{14}C 年代測定の精度及び確度の検定を行っている（例えば、中村ほか 2012）。本学太陽地球環境研究所との共同研究では、樹木年輪の ^{14}C 濃度の経年変化を調査して、過去の太陽活動の変遷を明らかにした（例えば、Miyake et al. 2012; 2013）。これらの研究では、年輪年代法が試料の年代決定に寄与している。年輪年代法を専門とする筆頭著者の箱崎は、年輪年代法の原理が単純であること、実験に大掛かりな装置や専門性の高い技術を必要としないことに着目して、これを小中学生にも学習しやすい科学的な解析法であると考えた。以上の背景から、本センターは年輪年代法の体験学習を開催できると判断して、これを開催した。

本事業の目的は、基礎実験と講義を通じて、子供達から自然科学への興味・関心を引き出すこととした。基礎実験では、子供達に自らの手で樹木の年代を正確に決定できることを体験してもらった。講義では、樹木の年輪形成のしくみを説明する易しい内容の講義から始まり、人類史や地球環境変化の研究に対して年輪年代法を用いる事で明らかになった研究成果など、多岐にわたる内容をわかりやすく解説した。これらの実習と講義によって、子供達に自然科学をより身近なものとして実感してもらい、また、人と樹木、そしてそれらを取り巻く環境の長く深いかかわりの歴史に理解・関心を向けてもらえればという願いと共に本事業を行った。

2 開催準備

本事業は、小中学生の夏休みの自由研究となることを見越して企画した。開催期日は、これを考慮し、7月31日～8月1日に決定した。開催場所は、実験に必要な空間と利便性から、本学古川記念館三階講義室(博物館)と一階ピロティ(年代測定総合研究センター)とした。

本事業の開催告知は、ポスター(図 1)とホームページにて行った。ポスターは、学内電子掲示板及び名古屋大学バス停前の掲示板に掲示された。また、千種区、昭和区的全

小中学校に、ポスターの掲示を依頼した。これらの広報活動の結果、小学生 8 名、中学生 2 名、保護者 2 名(計 12 名)の参加申込があった(図 2)。



図 1 年輪年代法体験学習のポスター。

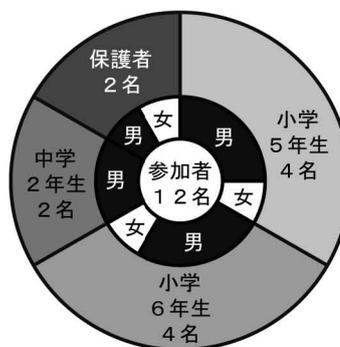


図 2 年輪年代法体験学習参加者の学年と性別

表1 年輪年代法体験学習開催プログラム

期日	時刻	活動内容
7/31	9:00	受付
	9:30	趣旨説明
	10:00	木材の加工作業
	12:00	休憩
	13:00	木材の年代決定解析
	14:30	成長錐体験
8/1	17:00	解散
	10:00	年輪年代法の講義
	10:40	炭素14年代法の講義
	11:00	炭素14測定装置の見学
	12:00	休憩
	13:00	年代決定解析のまとめ
	13:40	学内の樹木観察
	14:50	年輪と宇宙線の講義
	15:30	珪化木の年輪の講義
	16:10	アンケート記入
16:30	解散	



図 3 体験学習の教材としたアラスカ産スプリース材のまな板。



図 4 切断し研磨したまな板の木口面。この画像を拡大コピーした紙面上で、参加者が年輪幅を計測した。

本事業のプログラムは、第 1 日午前を木工作業、午後を年輪年代決定解析とし、第 2 日午前を年輪年代法と ^{14}C 年代法の講義、午後を屋久杉年輪と宇宙線イベントの講義及び珪化木の年輪年代学的研究の講義と構成した(表 1)。また、実験や講義の合間に、年輪年代法の調査道具「成長錐」の試錐体験、年代測定総合研究センターのタンデム加速器質量分析計 2 号機の見学会、東山キャンパスに生育する樹木の観察会を盛り込んだ。

本事業では、教材として、名古屋市内で市販される「アラスカ産スプルース材まな板(図3)」を使用した。このまな板は、長さ30cm幅18cm厚さ3cmと、子供でも加工しやすい大きさの板である。また、この板は50〜200層の年輪をもち、年輪年代解析に必要な条件を満たしている(図4)。本事業では、この板を30枚用意した。

本事業の年輪年代解析は、小中学生にも理解しやすいよう、一部の手順を省略して行うこととした。通常、年輪年代法では、年代既知の標準年輪曲線(マスタークロノロジー)と年代未知の木材の年輪幅曲線を「指紋照合」のように比較して年代を得る。このとき、統計的検証と目視によるグラフのパターン照合を併用する。しかし、統計的検証を行うには表計算ソフトを使用する必要がある。その作業は、小中学生には困難である。そこで、予備実験として、国際年輪データバンク(ITRDB: International Tree Ring Data Bank, <http://www.ncdc.noaa.gov/paleo/treering.html>)のアラスカ産トウヒ属マスタークロノロジーを参照し、統計的検証と目視照合に基づくまな板の年輪年代解析を行った。この詳細は、名古屋大学博物館報告第29号(箱崎・中村 2013)に報告した。予備実験により、年代が決まった14枚を本事業の教材とした。これら14枚の年輪幅をアンサンブル平均し、本事業専用のマスタークロノロジーを作成した。自身の年輪幅データを含むマスタークロノロジーを用いれば、目視照合のみでも正確な年輪年代決定が容易となる。小中学生には、このマスタークロノロジーを使用させ、目視照合による年輪年代解析を行わせた。

本事業の基礎実験と講義内容について、小中学生の理解を助けるために、「学習のてびき(図5)」を作成した。このてびきでは、多数の写真とイラストを使用し、説明文を口語体に統一した。これに加えて、「東山キャンパスの樹木観察会」のガイドマップを作成した。この資料には、樹木の分布図と年輪構造の写真(森林総合研究所木材データベース, <http://f030091.ffpri.affrc.go.jp/index.html> 参照)を載せた(図6)。

3 体験学習の開催

本事業は、2013年7月31日に開催を迎えた。参加者に欠席は無く、開始時刻には本学古川記念館三階講義室に12名全員が揃った。午前9時30分に開会し、同講義室にて、本事業の趣旨と当日のスケジュール、木材加工の手順を説明した。その後、一階ピロティに降り実験を開始した。

木材加工の実験は、参加者に年代既知のまな板とノコギリ、紙やすり(#120, 240, 400, 800)を配り、あわせて安全ゴーグル、防塵マスク、軍手を着用させ、安全を確保した上で行なわせた(図7)。ノコギリと紙やすりの使用にあたり、小中学生にはスタッフが1



図5 年輪年代法体験学習の学習のてびき。

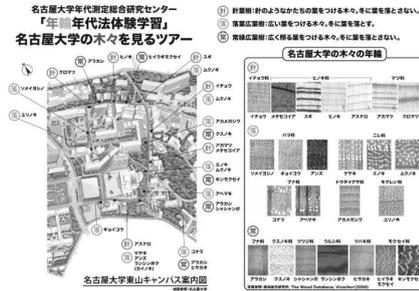


図6 名古屋大学の木々を見るツアーの資料。



図7 参加者がまな板を加工する様子。(左)ノコギリを使って切断する様子。(右)紙やすりを使って断面を研磨する様子。

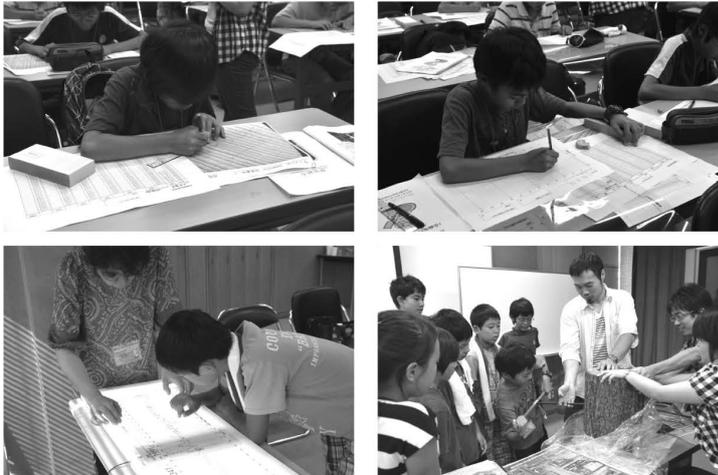


図8 年代決定解析および成長錐を試錐する様子。(左上)まな板断面の拡大写真を使って年輪幅を計測する様子。(右上)計測データを折れ線グラフに描く様子。(左下)描いたグラフをマスタークロノロジーに重ね合わせ年代を決定する様子。(右下)年輪年代法の調査道具のひとつである成長錐の使い方を体験する様子。

名ずつ付いて作業を補助した。参加者全員がまな板の切断を終えるまで、約15分かかった。次に、木片断面を紙やすりで研磨させ、年輪境界を明瞭にさせた。断面の凹凸具合によって、作業時間に差が生じたものの、約1時間で研磨作業は終了した。

昼休み後、午後1時より三階講義室にて、年輪年代解析の実験を開始した。参加者には、木片とその断面の拡大写真(10倍)、定規、年輪幅記録用紙を配布し、最も内側の年輪から写真上で年輪幅を計測させた(図8)。計測が終わった参加者には、重複計測、欠測が無いか確認させた。早く終わった参加者には、他試料の写真を提供し、同様の手順で計測を行なわせた。参加者の1人は、時間内に5試料を計測した。

年輪幅計測の開始から1時間後、参加者に片対数グラフ用紙(普通紙とOHP用フィルムに片対数方眼を印刷したものの二枚セット)を配布し、得られた年輪幅データから折れ線グラフを作図させた(図8)。はじめに普通紙のグラフ用紙に鉛筆でプロットさせ、スタッフが正誤を確認した後、OHP用フィルムのグラフ用紙に油性マジックで清書させた。小中学生が対数を学習していないことを踏まえ、スタッフが机間巡視してプロット方法を繰り返し説明した。

グラフ作図を終えた参加者には、マスタークロノロジーを配布し、その上にまな板のグラフを重ねさせ、年輪幅変動の目視照合を行わせた(図8)。照合にあたり、参加者には、1年1年慎重に比較すること、変動の部分的な一致では無く全面的な一致を年代決定基準とすることを留意させた。参加者が年代決定できたと判定した際には、スタッフが正誤を確認し、誤っている場合は、再度照合を行なわせた。全ての参加者が1~2度の指摘で、正しい年代を得た。一部の参加者は、複数試料の年代決定に成功した。試料の年輪幅と年代について、予備実験と参加者の結果を比較したところ、両者はほぼ一致した(図9)。

年輪年代解析は、単調作業が続くため、参加者の集中力が途切れてしまうおそれがあった。それを防ぐため、解析作業の途中で、年輪年代法の野外調査道具「成長錐」を参加者に試用させた(図8)。この実験には、成長錐(長さ50cm)と長野県八ヶ岳産カラマツの丸太(直径30cm, 長さ40cm, 2012年11月伐採)を使用した。実験は、スタッフが丸太を固定し、参加者に成長錐のハンドルを回させて行なった。専門的な技術を要するドリルの挿し込み、木材コア(直径5mm)の掘り切りと抜き出しのみ、筆頭著者が行なった。カラマツは比較的材質の柔らかい樹木であるため、女子小学生でもハンドル回しができる。抜き出された木材コアは、振れることなく、樹皮から樹芯近くまで途切れも無い状態であった。木材コアが壊れないように、塩ビ製ストローで包み、折れ曲がらない状態にした。参加者には、その状態で持ち帰らせた。

午後5時に、年輪年代解析の実験を打ち切り、翌日のスケジュールを説明してから、解散とした。その後、スタッフが全参加者の年輪幅データをMS Excelに入力した。これを印刷し、第2日の配布に備えた。

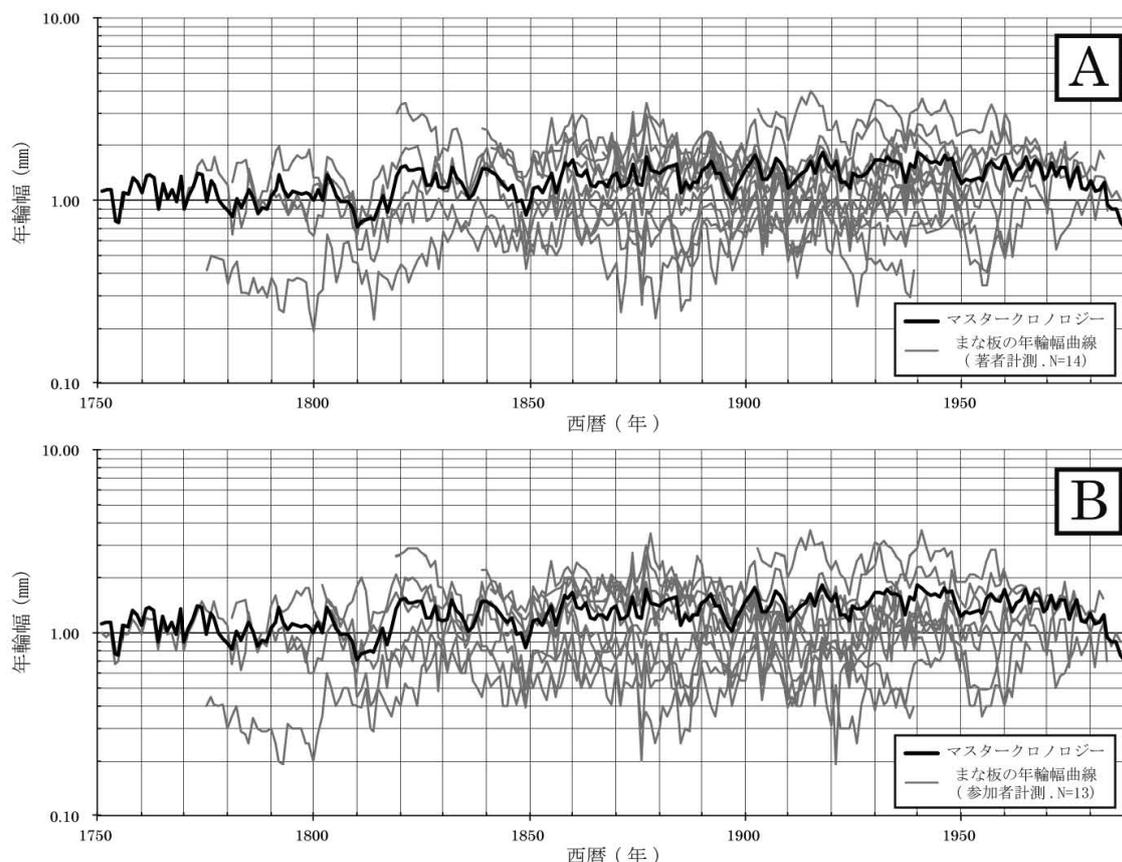


図9 マスタークロノロジー（太黒線）との照合によるまな板の年輪年代決定結果。
 (A) 事業開催前に、筆頭著者が計測し、統計解析と目視照合により年代決定したまな板の年輪幅曲線 (N=14)。
 (B) 事業開催中に参加者が計測し、目視照合により年代決定したまな板の年輪幅曲線 (N=13)。両者の年輪幅の絶対値にほとんど差はなく、年代決定結果も一致した。

第2日(2013年8月1日)は、午前9時半に開場した。早く到着した参加者には、前日打ち切った年輪年代解析を再開させた。午前10時に、参加者全員が揃った。

午前10時より、筆頭著者が年輪年代法の研究成果を紹介する講義を行なった(図10)。まず、奈良国立文化財研究所による法隆寺五重塔心柱の年代決定(文化財研究所 2003)について解説した。次に、IPCCの地球温暖化評価に大きな影響を与えた北半球の年輪気候学研究(D' Arrigo et al. 2006)を紹介した。最後に、日本列島から失われた森林の古生態を年輪年代法によって復元した研究(Hakozaki et al. 2012)を紹介した。

年輪年代法の講義に引き続き、筆頭著者と中村(年代測定総合研究センター・センター長)が ^{14}C 年代法の原理と具体的な測定方法、年輪年代法との関係について講義した。その後、参加者を一階加速器実験室に誘導し、 ^{14}C 測定装置であるタンデトロン加速器質量分析計2号機を見学させた(図11)。加速器の前で、中村がその構造や操作について詳しく解説した。また、 ^{14}C 年代測定に用いた試料を、参加者に直接観察させた。続い

て、真空ラインが設置された化学実験室に移り、太田(同センター技術補佐員)が ^{14}C 年代測定に関する実験を実演した。正午をめぐりに、見学会を終了した。

午後 1 時に、参加者を三階講義室に集合させ、年輪年代解析の仕上げを行わせた。ここで、年輪幅を計測した全ての試料の年代を決定させた。最後に、参加者が作成した全グラフとマスタークロノロジーを重ねて観察させ、年輪幅の絶対値には個体差があること、一方で、その変動は個体間で同調していることを確認させた。参加者には、加工した木片、年輪幅計測に使用した拡大写真、年輪幅曲線のグラフ、マスタークロノロジー、全参加者の年輪幅データを配布し、自由研究の材料とするように提言した。

午後 1 時 40 分より、東山キャンパスの樹木観察会を行った(図 11)。出発前に、樹木は針葉樹と広葉樹の二つに分類できること、また、広葉樹は落葉樹と常緑樹の二つに分類できること、それらを見分けるポイントは葉の形態にあることを説明した。観察は、古川記念館を出発して、大学本部、野依記念物質科学研究館、環境総合館、理学部各棟、豊田講堂の順に歩き、古川記念館に戻るという順路をとった。この順路では針葉樹 7 種、広葉樹 17 種(落葉樹 10 種、常緑樹 7 種)を観察できた。順路にある観察しやすい樹木の前で、葉の形態や木材構造の特徴、進化的位置付けや、日本国内の分布状況について解説した。古川記念館に戻った後、博物館の大ヒノキの円盤前にて、日本人と森林の関わりの歴史について説明し、観察会を終えた。

午後 2 時 50 分から、三階講義室にて研究紹介の講義を行なった(図 10)。本学太陽地球環境研究所の増田が、屋久杉年輪の ^{14}C 濃度測定から明らかになった中世の宇宙線イベントについて講義した。年輪に記録された ^{14}C 濃度の急激な変化から、中世における宇宙線バーストの発生をとらえた本研究は、Nature 誌に 2 年連続で掲載され(Miyake et al. 2012, 2013)、国内外で大きな話題を呼んだ研究成果である。小中学生には理解の難しい話であるが、先に年輪年代法と ^{14}C 年代法の講義を受講した参加者達は、食い入るように静聴し、講義の後に質問をするなど、強く関心を抱いた様子であった。

次に、本事業最後の学習項目として、年代測定総合研究センターの榎並が、珪化木の年輪年代学的研究について講義した(図 10)。珪化木は、地中に埋もれた木材の組織が、膨大な時間を経てシリカに置き換わってできた化石である。しかし、その年輪幅は生育時に近い形で保持されている。そのため、そこから当時の環境情報を得ることが可能である。講義では、岐阜県美濃加茂市に分布する蜂屋累層から産した珪化木について、それらの年輪幅の変動から、同層を形成する火砕岩をもたらした火山活動が少なくとも 17 年間続いたことが明らかになった成果(Kumagai and Fukao 1992)を解説した。榎並は講義の途中、珪化木の実物を参加者の手に取らせて観察させた。木材の形をした石という珍しい試料を手にして、参加者は興奮した様子を見せた。



図10 参加者が樹木年輪に関する様々な講義を受講する様子。(左上)年輪年代法の講義の様子。(右上)炭素14年代法の講義の様子。(左下)樹木年輪と宇宙線に関する講義の様子。(右下)珪化木の年輪に関する講義の様子。



図11 実験施設の見学会(左)と東山キャンパス内の樹木の観察会(右)の様子。

表2 アンケート結果(5段階評価)

評価項目	評価(N=12)
全体満足度	4.9
実験満足度	4.8
講義満足度	4.7
資料満足度	4.7

4 参加者の感想

全ての講義が終了した後、参加者にアンケートを配布し、本事業の満足度の評価と感想の記述を依頼した。回答を集計した結果、体験学習全体、実験、講義、資料のいずれにおいても、高い評価が得られた(表2)。また、感想も好意的な内容であった。以下に、参加者の感想を抜粋して紹介する。

<木材加工・年代決定の実験について>

- ・ 木材加工の作業が楽しかった。いろいろな形に切るのをやりたいと思った。(小学5年生・男)
- ・ 自分で年代を調べることが面白かった。(小学5年生・男)
- ・ すごく楽しかった。(小学6年生・男)

<研究紹介・施設見学等の講義について>

- ・ 珪化木の説明が面白くて、楽しかった。(小学5年生・男)
- ・ いろいろな機械が見られて楽しかった。(小学5年生・男)
- ・ 普通は見られないところを見ることができて嬉しかった。(小学6年生・女)

<体験学習のてびきについて>

- ・ 内容のすべてに満足した。(小学6年生・男)
- ・ 講義内容も載せてあり見やすかった。(保護者・男)

<自由意見>

- ・ 木についてもっと知りたい。(小学5年生・男)
- ・ もっとたくさん体験してみたい。(小学6年生・男)
- ・ 大人としても十分に興味深い内容だった。(保護者・男)

5 まとめ

名古屋大学年代測定総合研究センターが主催した平成 25 年度名古屋大学地域貢献特別支援事業「年輪年代法体験学習」は、上述のように開催され、無事に終わることができた。本事業では、年輪年代法というあまり認知されていない科学分析法を題材にしたが、実験と講義を組み合わせることにより、小中学生でも楽しみながら取り組める体験学習にすることができた。アンケート結果が示すように、子供達の自然科学への興味・関心を引き出すという本事業の目的は果たされ、地域社会へ貢献できたと考えられる。

6 謝辞

名古屋大学広報室および同博物館には、本事業のポスター掲示にご協力いただいた。名古屋市千種区及び昭和区の小中学校には、本事業の開催告知にご協力いただいた。カトー理化の富田英二氏には、猛暑の中で熱中症となりながらも、実習に適した教材材料の調達のため市内を奔走していただいた。本事業は、平成 25 年度名古屋大学地域貢献特別支援事業として補助金を受けた。

引用文献

- 文化財研究所 (2003) 法隆寺. 古年輪, 独立行政法人文化財研究所, 34-38.
- D'Arrigo, R., Wilson, R. and Jacoby, G. (2006) On the long-term context for late twentieth century warming. *J. Geophys. Res.*, 111, D03103.
- Hakozaki, M., Kimura, K., Tsuji, S. and Suzuki, M. (2012) Tree-ring study of a late Holocene forest buried in the Ubuka Basin, southwestern Japan. *IAWA Journal*, 33, 287-299.
- 箱崎真隆・中村俊夫 (2013) 年輪年代法による輸入スプルース材の年代決定と産地推定, 名古屋大学博物館報告, 29, 印刷中.
- Kumagai, H. and Fukao Y. (1992) Resolving volcanic activity of 20 Ma ago with relative accuracy of 1 yr from tree rings of petrified woods. *Geophys. Res. Lett.*, 19, 1859-1862.
- Miyake, F., Nagaya, K., Masuda, K. and Nakamura, T. (2012) A signature of cosmic-ray increase in AD 774-775 from tree rings in Japan. *Nature*, 486, 240-242.
- Miyake, F., Masuda, K. and Nakamura, T. (2013) Another rapid event in the carbon-14 content of tree rings. *Nat. Commun.*, DOI:10.1038/ncomms2783.
- 中村俊夫・増田公明・三宅英沙・永治健太朗・吉光貴裕 (2012) 14C 年代から暦年代への較正に関連する諸問題. 名古屋大学加速器質量分析計業績報告書, XXIII, 69-75.

日本語要旨

2013年7月31日～8月1日に、名古屋大学年代測定総合研究センターは、小中学生のための「年輪年代法体験学習」を開催した。この体験学習には10名の小中学生と2名の保護者が参加した。参加者は、年輪年代法の基礎実験を体験し、あわせて樹木年輪に関する様々な講義を受講した。全ての参加者が、実験試料の年代決定を成功させた。参加者はこの体験学習の内容を高く評価した。