

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 18 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25282069

研究課題名(和文) 年輪幅・年輪同位体比・DNAマーカーを用いた新たな木材産地推定法の検討

研究課題名(英文) Development of dendroprovenancing for Japan, based on ring width, stable isotope, and DNA marker analyses

研究代表者

大山 幹成 (Ohyama, Motonari)

東北大学・学術資源研究公開センター・助教

研究者番号：00361064

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,900,000円

研究成果の概要(和文)：年輪幅、年輪安定同位体比、DNAマーカーを用いたヒノキ科樹木、特にアスナロを対象とした日本での木材産地推定法確立に向けて研究を行った。年輪幅では、15か所の標準年輪曲線間の変動が、4つの地理的区分にグループ分けできること、酸素安定同位体比も東北と中部でその変動が異なり、地理的区分があることが明らかになった。アスナロのEST-SSRマーカー開発に成功し、アスナロとヒバが分かれること、これらが地理的にまとまることを明らかにした。以上から、今後、アスナロの木材産地推定が可能となることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：We conducted a multi-method dendroprovenancing study in Japan for Cupressaceae, focusing particularly on *Thujopsis dolabrata*, based on tree-ring width, oxygen stable isotope, and DNA markers. Ring-width chronologies from 15 sites were divided into 4 groups according to the similarity of their ring patterns. Stable isotope chronologies from the Tohoku and Chubu districts were not crossdatable due to their geographical variations. New EST-SSR markers for the genus *Thujopsis* were successfully developed, potentially revealing the genetic diversity and population structure of the genus. These results indicate a high potential for the dendroprovenancing of *Thujopsis* species in Japan based on ring width, stable isotope and DNA markers.

研究分野：年輪年代学

キーワード：年輪年代学 年輪幅 安定同位体比 集団遺伝学 アスナロ ヒノキアスナロ ヒノキ科 木材産地推定

### 1. 研究開始当初の背景

文化財科学において、遺物の産地を明らかにすることは、過去の人々の活動を推定する上で、極めて重要な課題である。しかしながら、木材に関しては、文献記録や樹種同定程度しか手掛かりがなく、遺物そのものから得られる情報に基づく実証的で精度の高い産地推定を行うことは不可能であった

年輪年代法は、樹木年輪を利用した高精度の年代測定法であるが、近年、欧州では、空間的に密な年輪幅標準年輪曲線の広域ネットワークを基盤にし、各地の標準年輪曲線と試料データの地域的類似度から木材の産地推定を行い、過去の木材移送を明らかにする研究が盛んになっている。

日本では、多くの文献に地方の森林地帯から江戸、近畿への木材移送と森林資源枯渇の過程が記録されている。代表者らは、年輪年代法に基づく木質遺物の産地推定法確立を目指し、ヒノキ科樹木を対象とした長期標準年輪曲線の構築と広域ネットワーク化を進めてきた。その結果、日本では、長期標準年輪曲線のネットワーク化が可能であること、年輪幅変動に地域的類似性があることが見いだされ、木材産地推定の可能性が示唆されつつあった。一方で、年輪幅変動は、気温の影響を受けるため、比較的広範囲で共通性があり、産地を局限するような高精度の推定は、年輪幅だけでは限界があることも課題として明らかになってきた。そのため、高精度の産地推定法開発には、年輪曲線の空間的な高密度化に加え、新しいパラメーターを導入する必要があった。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、年輪年代学・同位体年輪年代学・集団遺伝学的手法を併用したアスナロ材(アスナロおよび変種ヒノキアスナロ、通常ヒバ)の木材産地推定を試み、木質遺物の新しい産地推定法を実用化することにある。より具体的な目標は、下記の4点である。1)東日本における年輪幅標準年輪曲線の広域ネットワーク化と延長、2)構築したネットワークをベースにした安定同位体比年輪標準曲線の構築、3)アスナロの核および葉緑体DNAゲノムの地域集団特異的な変異を検出するDNAマーカー開発、4)上記1)-3)を木質遺物に応用した木材産地推定の検討

本研究の実施により、先駆的な高精度木材産地推定が可能になり、考古学、古建築学、植生史学などの分野で過去の木材利用に関する新しい研究の展開へとつながることが期待された。

### 3. 研究の方法

(1)本研究の対象試料としては、アスナロ(アスナロおよび変種ヒバ、木材組織では識別不能)を用いた。アスナロは、主要な分布地が、本州中部と東北北部と離れており、その間は、分断的に分布している。そのため、各生育地

の気象、地理的条件がかなり異なり、地域差を検出しやすいと期待された。また、アスナロは、良材であり、青森や中部から江戸への移送が文献に記録され、実際に、各地の遺跡から出土する。

(2)年輪幅長期標準年輪曲線整備と地域区分の検討:アスナロの主要生育地(青森、中部地方)と他の生育地で、試料空白地(新潟、岩手、中部など)を埋め、現生材標準年輪曲線を整備する。さらに、年輪幅標準年輪曲線ネットワーク化のためアスナロと同調性の高いヒノキ科樹木の曲線も整備を行う。同様に、主要生育地を中心に、過去1000年間の木質遺物による曲線延長と曲線の質的向上を行う。構築した現生材ネットワークをベースに年輪幅変動の地域特異性を明らかにし、地域区分を行う。

(3)酸素同位体比標準年輪曲線構築と地域区分の検討:(1)で構築した現生アスナロ長期標準年輪曲線のうち、主要産地を中心に酸素安定同位体比を測定し、酸素安定同位体変動の地域特異性を明らかにし、地域区分を行う。

(4)アスナロの集団遺伝解析と地域集団特異的な変異を検出するDNAマーカーの開発:既存の15か所のヒバ葉試料に加え、新規に日本各地でアスナロの葉試料を収集する。既存のヒバ核DNAのSSRマーカーに加え、新たに核DNAのEST-SSRマーカー、葉緑体DNAゲノムマーカーを開発する。これらを利用して、アスナロの遺伝的構造、地理的構造を解析し、地域集団特異的な変異を検出する。

### 4. 研究成果

(1)年輪幅長期標準年輪曲線整備と地域区分:現生材標準年輪曲線の整備においては、新たに、アスナロを3か所(新潟佐渡、岩手、木曾)、ヒノキ科樹木を3か所(宮城、兵庫、島根)入手し、年輪幅を測定して標準年輪曲線を構築した。さらに、他の年輪研究者からヒノキ科樹木の年輪幅データを借用し、地域区分の検討に加えた。これらにより、現生材標準年輪曲線ネットワークの空間的密度を大きく向上させた。

全国15か所の現生材標準年輪曲線を欧州で一般的に用いられているクロスデーティングの手法を用いて地域分類を行ったところ、東北北部~東北日本海側、東北南部太平洋側~関東、中部~近畿~四国、四国~九州というグループに分けられることが明らかになり、年輪幅変動が日本列島内で地理的・気候的区分によって分けられること、またこれに基づき、木材産地推定が実践できる可能性が高いことが示された。

また、これと並行して、ヒノキアスナロの分布域である青森県、北海道南部で遺跡出土

材、建造物の材を対象とした調査を実施し、既存の標準年輪曲線（青森・猿ヶ森など）との連結を行い、標準年輪曲線の延長とデータの質的向上を行った。一方で、地方から移送された目される江戸時代の東京の遺跡（弘前藩上屋敷など）や京都の寺院（万福寺）などのヒバ材の年輪幅に基づくクロスデーティング結果は芳しくなく、既存の標準年輪曲線での年代決定では確定的な結果が得られなかった。このため、今後さらに基礎的データの充実を図っていく必要がある。

(2) 酸素安定同位体比標準年輪曲線構築と地域区分の検討: (1)で得られた年輪幅標準年輪曲線のうち、4か所（青森2か所、岩手、長野）の200年超の酸素安定同位体比年輪曲線のデータを得た。その結果、各サイト内において個体間で非常に高い同調性が認められること、青森県内の2か所のサイト間では極めて高い同調性が認められるが、青森と岩手の間ではやや同調性が低くなり、青森・岩手のグループと長野ではその変動に同調性が認められないことが明らかとなった。このことから、酸素安定同位体比の変動も年輪幅と同様に地理的に分けられる可能性が高いこと、またこれに基づき、木材産地推定が実践できる可能性が高いことが示された。現段階では、サイト数が少ないため、さらにデータの充実を図っていく必要があると考えられる。

(3) アスナロのDNAマーカー開発と集団遺伝学的研究: アスナロ、ヒノキアスナロの集団遺伝学的研究に使用可能なEST-SSRマーカー22個を開発した。19座を用いたアスナロ、ヒバの集団遺伝学手系分析を行ったところ、アスナロとヒバは異なるグループに分かれることが示唆された。またヒバの集団でも地域ごとにある程度のグループに分かれることが示唆された。さらにこのEST-SSRマーカーのマルチプレックス化を行い、多型性が高いEST-SSRマーカー6座によるマルチプレックス化に成功し、個体同定や産地推定を簡便かつ正確に実施する手法を確立した。一方で、木材からのDNA抽出と開発したマーカーの適用については結果が安定せず良好な結果が得られなかった。

## 5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計18件）

栗本康司、大山幹成、齋藤一樹、工藤佳世、足立幸司、高田克彦、鳥海山の岩屑なだれにより埋没した樹木（埋もれ木）の研究、秋田県立大学ウェブジャーナルA（地域貢献部門）、査読有、Vol.4、2017、pp.10-18、<https://akita-pu.repo.nii.ac.jp/inde>

[x.php?active\\_action=repository\\_view\\_main\\_item\\_detail&page\\_id=13&block\\_id=21&item\\_id=708&item\\_no=1](x.php?active_action=repository_view_main_item_detail&page_id=13&block_id=21&item_id=708&item_no=1)

星野安治、浦蓉子、年輪年代学的手法を用いた木製品の同一材検討-平城京出土齋串の整理作業を通じて-、埋蔵文化財ニュース、査読無、166号、2016、pp.1-14

浦蓉子、星野安治、祭祀遺構出土齋串の年輪年代学的手法を用いた接合検討、奈良文化財研究所紀要2016、査読無、2016、pp.138-140

長谷川陽一、高田克彦、八木橋勉、檀間岳、齋藤智之、マルチプレックスEST-SSR分析を用いたヒノキアスナロ天然林における稚樹のクローン識別、査読有、Vol.97、No.5、日本森林学会誌、2015、pp.261-265、[https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjfs/97/5/97\\_261/\\_article/-char/ja/](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjfs/97/5/97_261/_article/-char/ja/)

Tei, S., Yonenobu, H., Suzuki, S., Ohyama, M., Gotanda, K., Nakagawa, T., Sugimoto, A., Reconstructed July temperatures since AD 1800, based on a tree-ring chronology network in the Northwest Pacific region, an implied large-scale atmospheric-oceanic interaction. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 査読有, Vol.435, 2015, pp.203-209, DOI: 10.1016/j.palaeo.2015.06.012.

Sato, M., Hasegawa, Y., Mishima, K., Takata, K., Isolation and characterization of 22EST-SSR markers for the genus *Thujaopsis* (Cupressaceae), *Applications in Plant Sciences*, 査読有, Vol. 3, 1400101.2015, 2015, <http://dx.doi.org/10.3732/apps.1400101>

星野安治、児島大輔、光谷拓実、木造二天王立像（国<文化庁保管>）の年輪年代調査、MUSEUM 東京国立博物館研究誌、査読有、651巻、2015、pp.41-43

星野安治、右京一条二坊四坪の大型井戸枿部材の年輪年代測定：平城京と寺院等の調査-第530次、奈良文化財研究所紀要2015、査読無、pp.194

大山幹成、高間(1)遺跡出土木材の年輪年代測定、青森市埋蔵文化財報告書第116集-3 石江遺跡群発掘調査報告 VII-石江土地区画整理事業に伴う発掘調査-、第3分冊：新田(1)・(2)遺跡本文編、石江遺跡群補遺編・分析編5・総括編、査読無、2014、pp.154-157

Kitagawa, J., Fujiki, T., Yamada, K., Hoshino, Y., Yonenobu, H., Yasuda, Y., Human impact on the Kiso-hinoki cypress woodland in Japan: a history of exploitation and regeneration. *Vegetation History and Archaeobotany*, 査読有, Vol.23, 2014, pp.649-664, DOI 10.1007/s00334-013-0423-1

吉田明弘、佐々木明彦、大山幹成、箱崎真隆、伊藤晶文、晩氷期の鳥海山における植生復元およびグイマツの立地環境、植生史研究、査読有、23 巻 1 号、2014、pp.21-26

大河内隆之、星野安治、高妻洋成、芝康次郎、平城京二条大路出土墨画板のマイクログラフオース X 線 CT を用いた非破壊年輪年代調査、奈良文化財研究所紀要 2014、査読無、pp.36-37

庄田慎矢、星野安治、降幡順子、パレオ・ラボ年代測定グループ、<sup>14</sup>C ウィグルマッチングによる甘樫丘東麓遺跡の年代学的検討 第 171 次、奈良文化財研究所紀要 2014、査読無、pp.124-126

岡田靖、大山幹成、門叶冬樹、加藤和浩、仏像の保存と修復における年代測定の意義、査読有、平成 25 年度東北芸術工科大学 文化財保存修復研究センター紀要、4 巻、2014、査読有、pp.19-40

Ohya, M., Yonenobu, H., Choi, J.-N., Park, W.-K., Hanzawa, M., Suzuki, M. Reconstruction of northeast Asia spring temperature 1784-1990, *Climate of the Past*, 査読有, Vol.9, 2013, pp.261-266, doi:10.5194/cp-9-261-2013.

Tokanai, F., Kato, K., Anshita, M., Sakurai, H., Izumi, A., Toyoguchi, T., Kobayashi, T., Miyahara, H., Ohya, M., Hoshino, Y. 2013. Present Status of the YU-AMS System, *Yamagata University. Radiocarbon*, 査読有, Vol.55, 2013 pp.251-259, DOI: 10.2458/azu\_js\_rc.55.16263

[学会発表](計 39 件)

對馬あかね、佐野雅規、中塚武、李貞、大山幹成、安江 恒、樹木年輪セルロースの酸素同位体比による東北地方の古気候復元の可能性、日本地球惑星連合大会 2017 年大会、2017.5.22.、幕張メッセ(千葉県千葉市)

稲永路子、高田克彦、クロロフィル蛍光

測定を応用したヒバの耐凍性獲得過程の評価、第 128 回日本森林学会、2017.3.27、鹿児島大学(鹿児島県鹿児島市)

長谷川陽一、浅野亮樹、小林弥生、福島淳、高田克彦、SSR マーカーのジェノタイプングにおける NGS-SSR 分析とフラグメント解析の比較、第 128 回日本森林学会、2017.3.28、鹿児島大学(鹿児島県鹿児島市)

窪田優一、箱崎真隆、木村勝彦、佐野雅規、中塚 武、木村淳一、小林謙一、大山幹成、安江 恒、スギ・ヒノキアスナロ出土材の年輪幅及び密度を用いた秋田・青森の気候復元、第 67 回日本木材学会大会、2017.3.18、九州大学(福岡県福岡市)

星野安治、浦蓉子、山本祥隆、年輪年代学的手法を用いた小型木製品の検討-平城宮・京跡出土齋串および木簡の事例-、第 31 回日本植生史学会大会、2016.11.20、専修大学(神奈川県川崎市)

Hakozaki, M., Nakamura, T., Ohya, M., Kimura, J., Sano, M., Kimura, K., Nakatsuka T., Verification for the absolute age of an oxygen isotopic tree-ring chronology in the northern Japan based on 774-775 carbon-14 spike. The Eighth World Archaeological Congress(WAC-8), 29th August 2016, Kyoto(Japan)

Ura, Y., Hoshino, Y. 2016 Studying on the origins of wood remains through dendrochronological analysis, The Eighth World Archaeological Congress(WAC-8), 30th August 2016, Kyoto(Japan)

浦蓉子、星野安治、年輪年代学的手法を用いた木器の接合検討-出土木器研究の新展開- 日本文化財科学会第 33 回大会、2016.6.4、奈良大学(奈良県奈良市)

佐藤都子、長谷川陽一、稲永路子、高田克彦 アスナロ属 2 変種の分布重複域における空間遺伝構造解析、第 127 回日本森林学会、2016.3.28、日本大学(神奈川県藤沢市)

稲永路子、長谷川陽一、三嶋賢太郎、高田克彦、De novo アセンブルによるヒバ (*Thujaopsis dolabrata* var. *hondae*) のトランスクリプトーム解析、第 127 回日本森林学会、2016.3.28.、日本大学(神奈川県藤沢市)

大山幹成、米延仁志、年輪年代学的視点に基づく材鑑標本の試料調査および年輪データベースの構築、第304回生存圏シンポジウム 生存圏データベース(材鑑調査室)全国共同利用研究報告会、2016.2.23.、京都大学(京都府宇治市)

大山幹成、藤井裕之、年輪年代測定に基づく函館市・旧相馬邸の建築年代の推定、第66回日本木材学会大会、2015.3.27、名古屋大学(愛知県名古屋市)

工藤佳世、大山幹成、栗本康司、高田克彦、鳥海山体崩壊による埋没木の組織観察と樹種識別、第66回日本木材学会大会、2015.3.28、名古屋大学(愛知県名古屋市)

佐藤都子、長谷川陽一、三嶋賢太郎、高田克彦:アスナロ属(ヒバ、アスナロ)天然林を対象としたEST-SSRマーカーによる遺伝構造解析、第126回日本森林学会2015.3.27、北海道大学(北海道札幌市)

藤井裕之、大山幹成、江差町旧中村家住宅の年輪調査 - 明治期に北海道へ渡ったツガの産地 -、日本文化財科学会第32回大会、2015.7.11-12、東京学芸大学(東京都小金井市)

鈴木伸哉、大山幹成、星野安治、X線CTを用いた東北地方民家所蔵漆器の非破壊年輪計測と産地推定、日本文化財科学会第32回大会、2015.7.11-12、東京学芸大学(東京都小金井市)

鈴木伸哉、妹尾淳史、大山幹成、山田昌久、森美加、臨床用MR装置を用いた出土木材の非破壊年輪計測、第29回日本植生史学会大会、2014.11.23、鹿児島大学(鹿児島県鹿児島市)

箱崎真隆、中村俊夫、大山幹成、木村淳一、<sup>14</sup>C-spike matchingによる青森県新田(1)遺跡アスナロ材の年代決定、第29回日本植生史学会大会、2014.11.23、鹿児島大学(鹿児島県鹿児島市)

星野安治、木の年輪で作った年代を測るものさし 年輪年代学の成果、奈良文化財研究所特別講演会「遺跡の年代を測るものさしと奈文研」(招待講演)、2014.10.25.、有楽町朝日ホール(東京都千代田区)

大山幹成、岡田靖、宮本晶朗、山形県白鷹町相応院蔵・笈の年輪年代測定、日本文化財科学会第31回大会、奈良教育大学(奈良県奈良市) 2014.7.5-6.

②1 佐藤都子、長谷川陽一、三嶋賢太郎、蒔田明史、高田克彦、EST-SSRマーカーを用いたヒノキアスナロ(ヒバ)天然林の遺伝的多様性解析、第125回日本森林学会2014.3.27、大宮ソニックシティ(埼玉県大宮市)

②2 鈴木伸哉、大山幹成、星野安治、能城修一、東京都新宿区南元町遺跡より出土した木棺材の用材分析に基づく江戸の木材利用の変遷、第28回日本植生史学会大会、高知大学(高知県高知市)、2013.12.1.

②3 箱崎真隆、中村俊夫、大山幹成、鈴木三男、北日本産アスナロ埋没木の樹木年輪をもちいた高精度放射性炭素年代測定、第28回日本植生史学会大会、高知大学(高知県高知市)、2013.12.1.

②4 星野安治、大山幹成、米延仁志、秋田県森吉家ノ前A遺跡出土材を用いた年輪考古学的研究、日本地球惑星連合大会2013年大会、幕張メッセ(千葉県千葉市)、2013.5.23.

②5 鈴木伸哉、星野安治、大山幹成、能城修一、東京都新宿区崇源寺跡より出土した木棺材の樹種と年輪からみた17-19世紀の江戸における木材利用の変遷、日本地球惑星連合大会2013年大会、幕張メッセ(千葉県千葉市)、2013.5.23.

②6 大山幹成、鈴木伸哉、鈴木三男、東京都中央区八丁堀三丁目遺跡出土木棺材より構築した802年間の標準年輪曲線、日本地球惑星連合大会2013年大会、幕張メッセ(千葉県千葉市)、2013.5.23.

〔図書〕(計4件)

山本崇、星野安治、僧永意起請木札の年代測定、豊橋市美術館図録、「普門寺と国境のほとけ」、2017、pp.34

星野安治、クバプロ、奈良文化財研究所編「遺跡の年代を測るものさしと奈文研」、2015、pp.172

大山幹成、米延仁志、樹木の年輪から見た近世の社会と環境変動、岩波書店、青山和夫 他(編)、「文明の盛衰と環境変動 マヤ・アステカ・ナスカ・琉球の新しい歴史像」、2014、pp.32-33

星野安治、考古科学の活躍・樹種を調べる、年輪を測る、平成25年度夏季企画展「飛鳥・藤原京を考古科学する」、飛鳥資料館カタログ、28、9pp、2013年8月。

〔その他〕

## ホームページ等

### 6. 研究組織

#### (1) 研究代表者

大山 幹成 (OHYAMA, Motonari)  
東北大学・学術資源研究公開センター・助教  
研究者番号：00361064

#### (2) 研究分担者

高田 克彦 (TAKATA, Katsuhiko)  
秋田県立大学・木材高度加工研究所・教授  
研究者番号：50264099

星野 安治 (HOSHINO, Yasuharu)  
奈良文化財研究所・埋蔵文化財センター・  
研究員  
研究者番号：50644481

#### (3) 連携研究者

米延 仁志 (YONENOBU, Hitoshi)  
鳴門教育大学・学校教育研究科・教授  
研究者番号：20274277

長谷川 陽一 (HASEGAWA, Yoichi)  
新潟大学・自然科学研究科・特任助教  
研究者番号：30634034

#### (4) 研究協力者

鈴木 伸哉 (SUZUKI, Shinya)

鄭 俊介 (TEI, Shunsuke)