

令和 元年 6 月 20 日現在

機関番号：11301

研究種目：国際共同研究加速基金（国際共同研究強化）

研究期間：2016～2018

課題番号：15KK0032

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（国際共同研究強化）

研究課題名（英文）Dendroprovenancing in Japan using ring width and stable oxygen isotope (Fostering Joint International Research)

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） 6,900,000円

渡航期間： 6ヶ月

研究成果の概要（和文）：ヒノキ科樹木の年輪幅等を対象に、日本における年輪変動の地域間類似を明らかにし、木材産地推定の基礎的な知見を得ることを目的とした。21サイトの現生木試料を対象とした年輪幅変動の地域間類似度比較では、各地域集団内の曲線間でt値が高くなる傾向が認められ、地理的・気候的区分に従って年輪幅変動が類似していることが明らかになった。主成分分析でも同様に、地域集団ごとにグループ化が可能であった。主成分負荷量から各主成分は各地の地理的・気候的特徴を表していると推定された。クラスター分析でも、各曲線は地域集団ごとにクラスターを形成した。酸素安定同位体比の比較でも、近接した地域ほどt値が高くなる傾向が認められた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

木材は、人類史において常に重要な植物資源であり、木質遺物の由来を知るためにその産地推定を行うことは、過去の人々の交易や森林資源獲得、森林破壊の有様を推定する上で重要である。しかしながら、我が国では木材産地推定の有力な手法である年輪年代学に基づく産地推定は、データ蓄積が少ないためほとんど行われてこなかった。本研究では、日本の有用樹種であるヒノキ科樹木を対象として木材産地推定の可能性を検討するため、全国各地の現生老齢樹から年輪試料を収集し、年輪変動の地域的類似性を調べた。その結果、年輪変動が地理的・気候的区分に従っており、この性質を利用することで木材産地推定が可能であることを示した。

研究成果の概要（英文）：Dendroprovenancing in Japan is still in a preliminary phase, although we have plenty of wood samples from living trees and cultural properties. The purpose of this project is to establish dendroprovenancing in Japan using ring width and stable oxygen isotope. We developed 21 Cupressaceae ring-width chronologies from throughout Japan and 4 Cupressaceae stable isotope chronologies from eastern Japan. Conventional crossdating methods in dendrochronology and multivariate analysis defined geographical areas where tree-ring variations show similar patterns, and indicated the sufficient potential for dendroprovenancing in Japan.

研究分野：年輪年代学

キーワード：年輪年代学 木材産地推定 年輪幅 酸素安定同位体比 ヒノキ科

1. 研究開始当初の背景

木材は、人類誕生から現在に至るまで、最も重要な資源の一つである。それ故、人類は、森林資源の確保に常に腐心し、時として木材は重要な交易品として扱われてきたことが、世界中の多くの文字資料に垣間見えている。従って、遺跡や古建築から得られる木質遺物の産地を明らかにすることは、過去の人々の移動や交易範囲、物資流通や資源獲得の有様を推定する上で、極めて重要な課題である。

木材交易や産地を探る手段としては、文献調査や遺物の樹種同定など複数の方法があるが、最も多用されている方法として、年輪年代学がある。年輪年代学は、樹木年輪を利用した高精度の年代測定法であるが(Haneca et al. 2009)、同時に、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う研究(Dendroprovincancing)が年輪年代学の先進地であるヨーロッパで盛んに行われている。

しかしながら、「木の文化」の国といわれる日本では、木材産地推定研究は、文献上の移送記録(例えば、所 1983)が依然として主であり、木質遺物に即した科学的研究は、遺物の樹種同定調査以外はほとんど行われてこなかった。その主因として、欧州に比べて年輪標準曲線が未だ十分に整備されておらず、面的なネットワークが粗であること、そして日本列島内での年輪変動の地域的類似度が十分に検討されていなかったことが挙げられる。

研究代表者は長年にわたり、日本全国からヒノキ科樹木の現生材および木質遺物の年輪試料収集を継続的に行っており、日本全国をほぼカバーできる状況となっていた。

2. 研究の目的

本研究の目的は、ヒノキ科樹木の現生年輪データ(年輪幅・安定同位体)を網羅的に使用して、日本列島内における年輪変動の地域間類似を明らかにし、日本における木材産地推定の基礎的な知見を確立することにある。具体的には、1)ヨーロッパにおける木材産地推定の解析方法・経験を応用して、我が国における年輪幅による産地推定の可能性を評価・検討する、2)年輪安定同位体による産地推定の可能性・有効性について共同で研究を進める、の2点である。これにより、我が国における木材産地推定を国際的レベルにまで一気に引き上げ、木質遺物を対象とした研究で、考古学、古建築学、植生史学での新しい研究の展開を目指すことを目標とする。

3. 研究の方法

本研究には、日本列島全域における、ヒノキ科樹木(スギ、ヒノキ、ヒノキアスナロ)の空間的に密な標準年輪曲線のネットワークが必要である。従って、まず最初にその構築と、データの整理・集成を行った。研究開始時点で、青森から南は福岡までの18サイトの年輪幅標準年輪曲線のデータを採取もしくは借用していたが、空白地となっていた3カ所(新潟、兵庫、山口)の現生年輪試料採取・年輪幅計測を行った。これにより、計21カ所の年輪幅データを用意した。また、この21カ所のうち、東日本の4カ所(北日本3カ所、長野)のサイトを選び、酸素安定同位体比の測定を実施した。年輪試料を薄切し、セルロース抽出後、質量分析計で酸素安定同位体比のデータを得た。

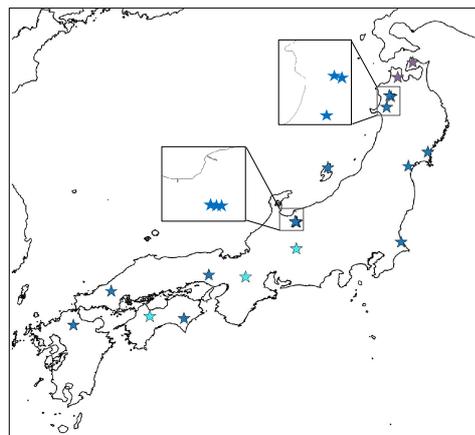


図1: サンプルングサイト(印)

スペイン渡航後は、上記データを用いて、受け入れ先の研究者(Marta Domínguez-Delmás 博士)と共同研究を行った。まず、各サイトのデータのクロスステータリングを行い、データの精度を向上させた。そして、複数の標準化を適用し、各サイトごとに標準年輪曲線を構築した。集成した全年輪データについて、ヨーロッパの木材産地推定において従来用いられている方法(相関係数のt分布検定)を用い、各標準化を比較しつつ、日本列島内での年輪変動の地域区分を行った。さらに、主成分分析、クラスター分析(González 2008)も実施し、最適な解析方法、地域区分を検討した。

また、酸素安定同位体比についても、4カ所のデータを集成し、ヨーロッパの木材産地推定において従来用いられている方法(相関係数のt分布検定)を用いて、変動の類似度を検討した。

4. 研究成果

(1)年輪幅の地域間類似度

21サイト(青森2,秋田3,宮城2,新潟1,茨城1,長野2,富山3,滋賀1,兵庫1,高知1,愛媛1,山口1,福岡1)から得られた現生ヒノキ科樹木の試料数は、1サイトあたり、5~30個体であった。クロスステータリング後、スプライン関数、RCS(Regional Curve Standardization)など複数の標準化を試行し、クロノロジーの質的指標である Expressed Population Signals(EPS)(Wigley et al. 1984)が0.80を超える期間ができるだけ長くなるよう標準化を行った。その結果、フィルター長10年のスプライン関数を適用し、十分に高品質の120~250年長の標準年輪曲線を構築することができた。

得られた標準年輪曲線間で総当たりで相関係数のt値を算出し、地域間の類似度を検討した。

複数の標準化を試行したが、結果として、標準化を行わず、単にアンサンブル平均をした場合 (raw chronology) に最も t 値が高くなる傾向が認められた。なお、次いで t 値が高くなる傾向があるのは、フィルター長 32 年のスプライン関数を適用して標準化を行った場合であった。

t 値を指標とした地域間の類似度は、近接した地域間で高く ($t > 9.5$)、距離が離れると低くなり、クロスデーティングも成立しない ($t < 5.5$) 傾向が認められた。地域間の類似度が高いグループとしては、北日本、北日本日本海側～東日本日本海側、東日本太平洋側～中部、中部～四国、中国～四国～九州となり、地理的区分に従って年輪幅変動が類似していることが明らかになった。

フィルター長 32 年のスプライン関数で標準化した各サイトの標準年輪曲線の主成分分析を行った結果、近接した地域の曲線は変動が類似しており、各主成分は、地域に固有の年輪幅変動を示していることが明らかになった。これは、各地域で年輪幅変動に影響を及ぼす気候要素を反映していると推定される。

さらにフィルター長 32 年のスプライン関数で標準化した各残渣クロノロジーを対象とし、1886 年～1990 年の区間で $1/t$ を算出し、UPGMA 法でクラスター分析を行った。その結果、クロノロジーは、東北北部、東日本日本海側、東日本太平洋側、西日本～中部、西南日本というクラスターにまとめられ、他の解析と同様、地理的・気候的区分に従ってまとまることになった (図 2)。

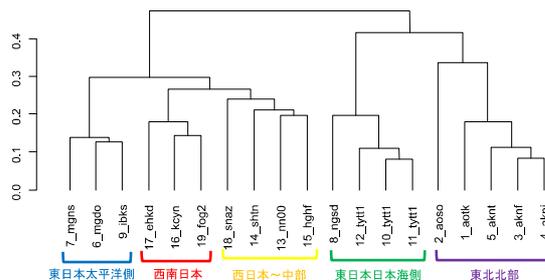


図 2: クロノロジーのクラスター分析結果

このクラスター分析を全個体に対しても同様に適用した。その結果、ほとんどの個体は、サイトごとにクラスターを形成し、大きくは地理的・気候的区分にまとまることになった。更に詳細に検討すると、20km 程度離れたサイト間でも、各個体はサイトごとにまとまるため、同一地域内であっても木材の産地が識別できる可能性が示唆された。

以上の研究により、日本列島におけるヒノキ科樹木の年輪幅変動は、樹種や標高ではなく、地理的・気候的区分に従って類似していることが明らかになり、我が国においても、年輪幅変動の地域的な類似性に基づく木材産地推定が可能であること、ヨーロッパで用いられている t 値を指標とする方法に加え、クラスター分析などを併用することでより確度の高い木材産地推定が可能であることが示唆された。

(2) 酸素安定同位体比の地域間類似度

4 カ所 (青森 2 カ所、岩手、長野) のサイトにおいて、酸素安定同位体比の測定を行い、個体間、サイト間での比較を行った。その結果、サイト内で個体間の同調性が極めて高いこと、近接したサイト間 (青森 2 カ所) では同調性が極めて高いが、青森—岩手間のように少し距離が離れると、同調性がやや低下する傾向が見られること、青森—長野、岩手—長野間のような遠距離では同調性がみられないことが明らかになった。従って、酸素安定同位体比においても、地域的な類似性に基づく木材産地推定が可能であることが示唆されたが、現時点では、まだデータ蓄積が少ないため、年輪幅分析に使用した試料を対象にして研究を推し進め、基礎データの充実を図っていく必要があると考えられる。

<引用文献>

- García-González, I. 2008. Comparison of Different Distance Measures for Cluster Analysis of Tree-Ring Series, *Tree-Ring Research*, 64, 27-37.
 Haneca et al. 2009. Oaks, tree-rings and wooden cultural heritage: a review of the main characteristics and applications of oak dendrochronology in Europe, *Journal of Archaeological Science*, 36, 1-11.
 Wigley et al. 1984. On the Average Value of Correlated Time Series, with Applications in Dendroclimatology and Hydrometeorology, *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 23, 201-213.

5 . 主な発表論文等 (研究代表者は下線)

[雑誌論文](計 6 件)

- 工藤 佳世, 大山 幹成, 栗本 康司, 足立 幸司, 高田 克彦. 2019. 鳥海山山体崩壊による埋没木の樹種同定と材色. *木材学会誌*, 65(2): 102-106, <https://doi.org/10.2488/jwrs.65.102> (査読有)
大山 幹成. 2018. 年輪年代学の最近の進展. *考古学と自然科学*, 76: 15-35, (査読有)
 栗本康司, 大山 幹成, 斎藤一樹, 工藤佳世, 足立幸司, 高田克彦. 2017. 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)* 4:10-18 (査読有)
 Sakashita, W., Miyahara, H., Yokoyama, Y., Aze, T., Nakatsuka, T., Hoshino, Y., Ohyama, M.,

Yonenobu, H., Takemura, K.: Hydroclimate reconstruction in central Japan over the past four centuries from tree-ring cellulose $\delta^{18}\text{O}$, *Quaternary International*, 455, 1-7, 2017, DOI: 10.1016/j.quaint.2017.06.020 (査読有)

〔学会発表〕(計7件)

栗本康司, 足立幸司, 大山幹成, 斎藤一樹: 鳥海山の山体崩壊による埋没木の化学組成および強度特性, 第68回日本木材学会大会, 京都府立大学(京都府京都市), 2018.3.14 (口頭発表)

大山幹成, 米延仁志, 星野安, Marta Domínguez-Delmás, Ignacio García-González, 鈴木伸哉, 藤原健, 安江恒, 佐野雅規, 庄建治朗: 日本産ヒノキ科樹木の木材産地推定に向けた標準年輪曲線ネットワーク構築, 第32回日本植生史学会大会, 宮崎県県電ホール(宮崎市), 2017.12.3 (口頭発表)

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 (Climate variations in northern Japan as reconstructed from tree ring cellulose $\delta^{18}\text{O}$), 日本地球惑星連合大会2017年大会, 幕張メッセ(千葉県千葉市), 2017.5.22. (口頭発表)

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, 九州大学(福岡), 2017.3.18 (ポスター発表)

Hakozaki, M., Nakamura, T., Ohyama, 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), Kyoto, 29th August 2016 (oral)

6. 研究組織

研究協力者

〔主たる渡航先の主たる海外共同研究者〕

研究協力者氏名: Marta Dominguez Delmas

所属研究機関名: Santiago de Compostela 大学

部局名: Escola Politecnica Superior (高等工科学学校)

職名: 研究員

〔その他の研究協力者〕

研究協力者氏名: García-González Ignacio

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。