

平成22年 4月23日現在

研究種目：基盤研究（C）  
 研究期間：2007～2009  
 課題番号：19540493  
 研究課題名（和文） ヒノキ及びスギ標準年輪曲線の延長と気候復元の高精度化  
 研究課題名（英文） Development of tree-ring chronologies for Hinoki cypress and Japanese cedar and high-precision climate reconstruction of the past climate

## 研究代表者

米延 仁志 (YONENOBU HITOSHI)  
 鳴門教育大学・大学院学校教育研究科・准教授  
 研究者番号：20274277

研究成果の概要（和文）：本研究では、以下の3点を目的とした。（1）既存標準曲線の延長・充実：現有の標準年輪曲線について、野外調査と試料の収集を行い、標準曲線を延長する。（2）気候復元の高精度化：試料点数を充実させることで、標準曲線の質を向上させ、気候変動の推定精度（気温の絶対値）を向上させる。（3）復元結果の比較と検証：本研究で得られる復元結果を日本、東アジアなど広い地域での歴史記録（飢饉、異常気象記録など）や他のプロキシーによる復元結果と比較し、モンスーンフロントに位置する日本の気候変動の特徴を明らかにする。その結果、ヒノキで過去約2000年間、スギでは、17世紀にギャップはあるものの、過去1200年間の標準年輪曲線が完成した。ヒノキ科に共通の気候応答成分を見だし、標準曲線を構築した地域ごとに春気温の復元を行った。復元モデルは、統計的検証の結果、十分な性能を有することがわかった。朝鮮半島の標準年輪曲線と本研究の成果をあわせ、東アジアグリッド気温の気候場復元に成功した。

研究成果の概要（英文）：The objectives of this study were (1) to develop the existing tree-ring chronologies for Hinoki cypress and Japanese cedar (Sugi) over the north-east and central regions of Japan, (2) to improve the quality of the chronologies by increasing a number of samples, e.g. modern, buried and archaeological wood (3) to reconstruct the past climate changes over the East Asian region using the new calibration techniques. As a result, we have developed the ca. 2000-year and 1200-year chronologies for Hinoki cypress and Japanese cedar, respectively. The general climatic responses of Hinoki and Sugi were derived from response function analysis, showing positive and negative correlations to mean temperatures in winter and spring (growth years) and summer (prior to the growth years), respectively. Based on the results, spring temperatures were reconstructed with significant results in statistical tests. In addition, a climate field (gridded temperatures) over the Korean Peninsula and west-to-northeastern Honshu island was successfully reconstructed using Japanese and Korean Chronologies.

## 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,700,000	510,000	2,210,000
2008年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2009年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：地球惑星科学

科研費の分科・細目：層位・古生物学

キーワード：樹木年輪、年輪年代学、年輪気候学

### 1. 研究開始当初の背景

樹木年輪から気候、大気汚染、森林の立地等の環境変動を復元する研究分野を年輪気候学とよぶ。同種・同地域の試料を多数集め、測定した年輪の幅や密度を年代毎に平均することで、気候変動の成分を含んだ時系列データが標準年輪曲線である。1990年代に標準年輪曲線を用いた過去1000~2000年の気候復元が成功を収めた。気候復元に樹木年輪を用いることの利点は、とりわけ時間分解能(1年)と年代決定精度が高いことにある。現在、年輪気候復元の成果は中央アジアや南半球など、様々な地域に広がっているが、東アジアでの成功例は未だ少ない空白地帯である。東アジアにおいて、日本、特に中部以東は比較的に老齢樹林が多く存在し、年輪気候学研究には有利な地域である。研究代表者は、木曾ヒノキ現生木を用いた気候復元に成功した

(Yonenobu and Eckstein, 2006)。

### 2. 研究の目的

本研究では、以下の3点を目的とした。(1) 既存標準曲線の延長・充実：現有の標準年輪曲線について、野外調査と試料の収集を行い、標準曲線を延長する。(2) 気候復元の高精度化：試料点数を充実させることで、標準曲線の質を向上させ、気候変動の推定精度(気温の絶対値)を向上させる。(3) 復元結果の比較と検証：本研究で得られる復元結果を日本、東アジアなど広い地域での歴史記録(飢饉、異常気象記録など)や他のプロキシによる復元結果と比較し、モンスーンフロントに位置する日本の気候変動の特徴を明らかにする。

### 3. 研究の方法

標準的な年輪年代学・年輪気候学の手法を用

いた。

(1) 試料収集：既存標準年輪曲線が得られた地域の周辺で重点的に埋没木、考古材の収集を行う。また、これまで標準年輪曲線が得られていない地域でも老齢現生木を収集する。

(2) 標準年輪曲線の構築：試料の暦年代を、既存標準年輪曲線により決定する。標準曲線と良好な相関を示した個体を順次、標準年輪曲線に組み込んでいく。この方法で、標準曲線が延長されるだけでなく、試料点数の増加により、年代決定、気候復元、両方の観点から曲線の質が向上する。また標準曲線がカバーするエリアを拡充するために、これまで標準年輪曲線が得られていない地域でも老齢現生木の標準曲線を作成する。年代測定用、及び気候復元用として別途に標準曲線を構築した。後者では従来、行われてきた3次スプラインや成長曲線のフィッティングによる標準化だけでなく Regional Curve Standardization 法という新しい方法も試みた。

(3) 気候応答様式の解明：主成分分析を用いて、気象観測値と標準年輪曲線の応答関数を作成し、復元できる気象要素を探索する。

(4) 復元と検証：上記(3)で決定した復元気象要素と標準年輪曲線の校正モデルを作成する。モデル構築にはラグを含んだ線形重回帰や主成分回帰(PCR)を用いた。

### 4. 研究成果

本研究の成果は以下の通り。

(1) 標準年輪曲線が空間的・時間的に格段に充実した(図1)。

(ア)ヒノキでは過去2000年間をカバーする標準曲線が得られた。また本科

研費以前には、十分な試料点数が得られていなかった、AD1000 以前についても気候復元をおこなうために

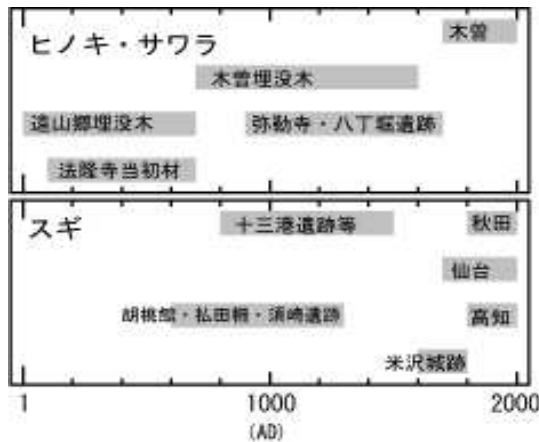


図 1：得られた標準年輪曲線の年代範囲

十分な質を持つ標準曲線が完成した。また考古材（ヒノキ及び近縁種のサワラ）の年代測定にも有用であることが結論として得られた。

- (イ) スギでは現生木を用いて、広域の標準年輪曲線ネットワークを構築することができた（秋田、仙台、高知県魚梁瀬）。中近世の考古材を用いて 8 世紀までの標準曲線を作成できた。しかし 16 世紀の試料が見つからず、このギャップを埋めることが今後の課題となった。
- (ウ) さらに木曽ヒノキー秋田スギ等、中部～東北地方のヒノキ科樹種の標準曲線が相互に年代決定できることが発見された。これは、今後も標準年輪曲線の充実をはかる上できわめて大きな成果である。

- (2) 年輪変動への気候応答：応答関数解析の結果、ヒノキ科（ヒノキ、サワラ、ヒバ）に共通する気候応答が見

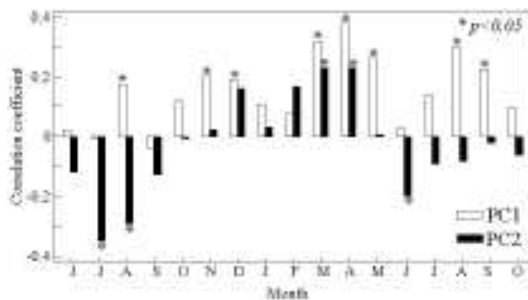


図 2：応答関数解析の結果，東北～中部日本及び朝鮮半島で共通の気候応答成分（PC1：第 1 主成分、PC2：第 2 主成分）。

いだされた。これは、日本の森林生態学・年輪気候学の知見として、これまでにない大きな成果である。すなわち、ヒノキ科の樹種は、当年冬から春の気温に正の、前年夏の気温に負の相関を示す（図 2）。またこの成果を元に、後述の東アジア初の気候場復元が実施可能となった。

- (3) 年輪気候復元（図 3）

- (ア) 東北地方、中部地方での古気候復元が 1 年精度で可能となった。復元モデルは、年輪気候学で所定の統計値がすべて有意になる、すなわち有効な性能を持つことが検証された。

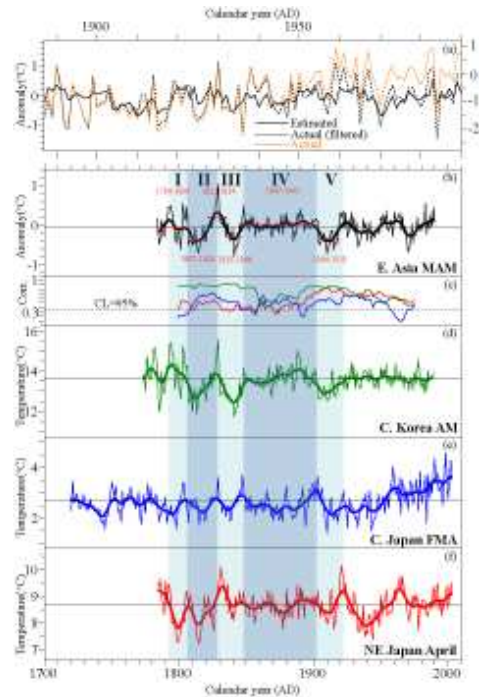


図 3：年輪気候復元（春気温）の結果。上から、(a)実測値と推定値の比較、(b)グリッド気温（図 4 参照）、(c)地域・グリッド間の移動相関、(d)朝鮮半島、(e)中部日本、(f)東北日本。

- (イ) 復元した気温は、これまでの東アジア及び日本の古気候学の研究成果と調和的な結果を示した。
- (ウ) 上述の日本の標準年輪曲線に、韓国の成果を加え、朝鮮半島から日本の東北以西の広域にわたるグリッド（図 4）気温推定値を復元した。年輪による気候場復元の成功例は東アジアで初めての成果である。現在、この成果を纏めた論文原稿作成が終了し、投稿予定である。

- (4) その他の成果

- (ア) 本科研費で様々な地域での標準年輪曲線構築を行う過程で、複数研究機関での年輪年代決定法に関する標準化が進展した。また共同研究者

間で生データレベルでの情報交換が可能となった。そのために研究が飛躍的に進展することになった。これは1980年代に年輪年代法が日本に導入されて以来、初めてのことであり、日本の年輪年代学がようやく国際的なレベルになったことを示す成果である。これを受けて、年輪年代決定法に関するガイドラインを学術雑誌(査読有)に公表した(米延他, 2010)。

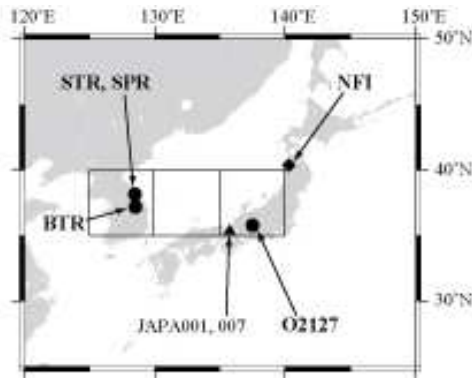


図4：年輪により復元された気候場

(イ) 本科研費では、国際共同研究を行い、朝鮮半島と日本の標準年輪曲線を融合的に用いて、気候場復元の研究にまで発展した。日本の年輪気候学は地域的な気候応答解析に終始してきた。また東アジア地域は年輪記録が非常に少ない地域であったが、これらを考慮すると、気候場復元の成果は今後の当該分野の研究に新たな刺激をもたらすものである。

#### 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 7 件)

- (1) 米延仁志, 大山幹成, 星野安治, 光谷拓実, Dieter Eckstein: 年輪年代学におけるクロスデーティングのガイドライン—日本産材を用いた方法論の分析とモンテカルロシミュレーションによるクロスデーティングの再検討—, 考古学と自然科学, 60, 1-12, 2010 (査読有)
- (2) Yonenobu, H., Tsuchikawa, S., Sato, K.: Near-infrared spectroscopic analysis of aging degradation using a deuterium exchange method, Vibrational Spectroscopy, 51, 100-104, 2009 (査読有)
- (3) 中川毅, 奥田昌明, 米延仁志, 三好教夫, 竹村恵二: 琵琶湖の堆積物を用いたモンスーン変動の復元—ミランコビッチ=クズハッハ仮説の矛盾と克服—, 第四紀

研究 48, 207-226, 2009 (査読有)

- (4) Kobori, H., Yonenobu, H., Noma, J. and Tsuchikawa, S.: Discriminant analyzing system for wood wastes using a Vis-NIR chemometrical imaging technique, Applied Spectroscopy, 62(8), 854-859, 2008 (査読有)
- (5) Inagaki, T., Yonenobu, H., and Tsuchikawa, S.: NIR spectroscopic monitoring of water adsorption/desorption process in modern and archaeological wood. Applied Spectroscopy, 62(8), 860-865, 2008 (査読有)
- (6) Hoshino, Y., Yonenobu, H., Yasue, K., Nobori, Y. and Mitsutani, T.: On the radial growth variations of Japanese beech (*Fagus crenata*) on the northernmost part of Honshu Island, Japan. Journal of Wood Science, 54(3), 183-188, 2008 (査読有)
- (7) Nakagawa, T., Okuda, M., Yonenobu, H., Miyoshi, N., Fujiki, T., Gotanda, K., Tarasov, P. E., Morita, Y., Takemura, K. and Horie, S.: Regulation of the monsoon climate by two different orbital rhythms and forcing mechanisms. Geology, 36(6), 491-494, 2008 (査読有)

[学会発表] (計 17 件)

- (1) Nakagawa, T., Bronk Ramsey, C., Bryant, C., Staff, R., Brock, F., Lamb, H., Brauer, A., Marshall, M., Schlolaut, G., Yokoyama, Y., Tarasov, P., Payne, R. L., Pearson, E. J., Haraguchi, T., Yonenobu, H., Tada, R., Tyler, J., Gotanda, K., Kossler, A., Demske, D., Takemura, K.: Lake Suigetsu 2006 varved sediment project - towards purely terrestrial radiocarbon calibration, AGU Fall Meeting, 2009.12.14 (San Francisco)
- (2) Pearson, E. J., Nakagawa, T., Tyler, J., Bronk Ramsey, C., Bryant, C., Staff, R., Brock, F., Lamb, H., Brauer, A., Marshall, M., Schlolaut, G., Yokoyama, Y., Tarasov, P., Payne, R. L., Haraguchi, T., Yonenobu, H., Tada, R., Gotanda, K., Kossler, A., Demske, D., Takemura, K.: Organic geochemical evidence for climate changes over the Late Glacial Holocene in Lake Suigetsu, Japan, 2009 AGU Fall Meeting, 2009.12.14 (San Francisco)
- (3) 鄭峻介, 杉本敦子, 米延仁志, T. C. Maximov: 年輪の炭素同位体比を用い

- た東シベリアタイガ林の過去の水分環境と炭素循環の解析, 2009.09.17 (広島大学)
- (4) 星野安治, 大山幹成, 米延仁志: 年輪年代学的手法による産地推定の可能性 - 現生木の地域間比較-, 日本文化財科学会第 26 回大会, 2009.07.11 (名古屋大学)
- (5) Yonenobu, H., Inagaki, T., Yamada, K., Tsuchikawa, S. and Takayasu, K.: A near-infrared reconstruction of the Holocene environment: a pilot study on brackish lake sediments from Lake Shinji-ko, western Japan, The First Asian NIR Symposium, 2008.11.10 (Tsukuba, Japan)
- (6) 高屋敷元木, 村上雅博, 米延仁志, 星野安治, 藤原新二, 末田達彦: 地球温暖化傾向に伴うヤナセスギの成長, 日本森林学会関西支部大会, 2008.10.18 (高知)
- (7) Bronk Ramsey, C., Staff, R., Brock, F., Bryant, C., Payne, R., Pearson, E., Lamb, H., Marshall, M., Yokoyama, Y., Tyler, J., Brauer, A., Schlolaut, S., Tarasov, P., Yonenobu, H. and Nakagawa, T.: Suigetsu-2006: preliminary AMS radiocarbon results and age depth model, The Eleventh International Conference on Accelerator Mass Spectrometry, 2008.09.14 (Rome).
- (8) 星野安治, 大山幹成, 米延仁志: 日本における年輪年代学の現状と将来への展望, 日本文化財科学会第 25 回大会, 2008.06.14 (鹿児島国際大学)
- (9) 米延仁志, 稲垣哲也, 土川寛, 小田寛貴, Heinz W. Siesler: 近赤外分光法による木質文化財の非破壊材質計測, 日本文化財科学会第 25 回大会, 2008.06.14 (鹿児島国際大学)
- (10) 米延仁志, 大山幹成, 星野安治, Dieter Eckstein: 年輪年代法による年代決定: クロスデーティングの実演, 日本文化財科学会第 25 回大会, 2008.06.14 (鹿児島国際大学)
- (11) 米延仁志, Lake Megata 2006 Project Members: Lake Megata 2006 Project: 湖沼年縞堆積物による古環境復元, 日本文化財科学会第 25 回大会, 2008.06.14 (鹿児島国際大学)
- (12) 山田和芳, 五反田克也, 米延仁志, 奥野充, 篠塚良嗣, Miroslaw Makohonienko, 北川淳子, Markus Schwab, 原口強, 安田喜憲: 秋田県、一の目潟で発見された年縞堆積物の層序と年代, 第 20 回名古屋

- 屋大学年代測定総合研究センターシンポジウム, 2008.01.10 (名古屋大学)
- (13) Yonenobu, H., Ohyama, M. and Hoshino, Y.: Divergence problem in Japanese tree-ring records. 2007 AGU Fall Meeting, 2007.12.14 (San Francisco)
- (14) Yamada, K., Gotanda, K., Yonenobu, H., Shinozuka, Y., Kitagawa, J., Makohonienko, M., Schwab, M., Haraguchi, T. and Yasuda, Y.: High-resolution past environmental reconstruction in East Asia using annually laminated lake sediments of Lake Megata in northeastern Japan, 2007 AGU Fall Meeting, 2007.12.14 (San Francisco)
- (15) Gotanda, K., Yamada, K., Shinozuka, Y., Okuno, M., Yonenobu, H., Kitagawa, J., Makohonienko, M., Schwab, M. J., Saarinen, T., Haraguchi, T., Hayashida, A. and Yasuda, Y.: Lake Megata 2006 Project: an introduction, Association for Environmental Archeology (AEA) Conference 2007, 2007.07.12 (Poznan)
- (16) Yamada, K., Gotanda, K., Yonenobu, H., Okuno, M., Torii, M., Goslar, T. and Yasuda, Y.: Stratigraphic analysis of the core samples from Lake Ichi-no-Megata, northeastern Japan, Association for Environmental Archeology (AEA) Conference 2007, 2007.07.12 (Poznan)
- (17) Yonenobu, H., Ohyama, M., Hoshino, Y. and Oda, H.: Climate, famines as deduced from the comparative study on tree rings and annually laminated lake sediments, Association for Environmental Archeology (AEA) Conference 2007, 2007.09.12 (Poznan)

[その他]  
ホームページ  
<http://dendro.naruto-u.ac.jp/~yn/dendro/>

## 6. 研究組織

- (1) 研究代表者  
米延 仁志 (YONENOBU HITOSHI)  
鳴門教育大学・大学院学校教育研究科・准教授  
研究者番号: 20274277
- (2) 研究分担者  
なし
- (3) 連携研究者  
なし