

紀元 5 世紀の屋久杉年輪試料をもちいた高精度放射性炭素年代測定
**High-precision radiocarbon measurements of the Japanese cedar tree-rings from
Yaku Island formed in the 5th century**

箱崎真隆^{1*}・中村俊夫¹

Masataka Hakozaki^{1*}・Toshio Nakamura

¹名古屋大学年代測定総合研究センター

¹Center for Chronological Research, Nagoya University

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

Abstract

Radiocarbon (¹⁴C) dating method has contributed to the age determination of specimens of the past 50,000 years in geology and archaeology. However, since ¹⁴C date is not in agreement with the calendar year, the calibration using a dataset which consists of ¹⁴C data of calendar year known samples is required for it. Moreover, there is regional difference of ¹⁴C concentration in the atmosphere (regional ¹⁴C offset), and therefore, in order to be high-precision calibration, the dataset for each area needs to be established. The Center for Chronological Research (CCR), Nagoya University has measured ¹⁴C data of the tree-ring samples of a Japanese cedar from Yaku Island in Southern Japan, in order to establish a calibration dataset for Japan. This report shows the measurement result of the tree-ring samples of that tree formed in the 5th century. Thirty five ¹⁴C dates of the tree-ring samples showed that it will be older than IntCal13 for an average of 35 ± 22 year. These ¹⁴C dates were mostly located in the middle of IntCal13 and SHCal13. This measurement result might suggest that ¹⁴C concentration in the atmosphere of the Japanese neighborhood fell in the 5th century, and the atmospheric supply from the Southern Hemisphere may have become strong. Sakamoto et al. (2013) measured the tree-ring samples formed in the 5th to 6th century of a Japanese cedar tree from Nagano Prefecture in Central Japan, and they reported that their ¹⁴C dates are older than IntCal13. Our result accord with their study, and therefore, at that time can consider a possibility that the influence of the Southern Hemisphere atmosphere had reached to Central Japan.

Keywords: Japanese cedar; Yaku Island; ¹⁴C dating; regional ¹⁴C offset; ¹⁴C calibration

1. はじめに

放射性炭素 (^{14}C) 年代法は、過去 5 万年間の地質学・考古学試料の年代決定に貢献している年代測定法である。しかし、 ^{14}C 年代は、過去の大気 ^{14}C 濃度が一定ではなかったため、暦年代と一致しない。 ^{14}C 年代を暦年代に読み替えるには、年代既知試料の ^{14}C データからなる暦年較正データセットを必要とする。また、大気 ^{14}C 濃度には地域差 (regional ^{14}C offset) があることも知られている (Hogg et al. 2002)。高精度な暦年較正を行うには、様々な地域において暦年較正データセットを確立する必要がある。

名古屋大学年代測定総合研究センターは、日本版暦年較正データセットの確立を目指して、南日本産樹木である屋久杉の 1 年輪単位の ^{14}C 濃度測定を実施している。これまでの測定から、屋久杉は過去 2000 年間の様々な時代において、世界標準暦年較正データセット IntCal (最新版は IntCal13 (Reimer et al. 2013)) よりも十数年～数十年古い ^{14}C 年代を示すことが明らかになっている (Nakamura et al. 2013)。この結果は、屋久島を含む南日本近辺の大気 ^{14}C 濃度が、過去 2000 年の間にたびたび低下していたことを示唆する。

近年、坂本ほか (2013) は、長野県宮田村産スギ埋没材の年輪 ^{14}C 年代測定を行い、5-6 世紀にかけて、IntCal09 (Reimer et al. 2009) より古い ^{14}C 年代が示されることを報告している。日本近辺の大気 ^{14}C 濃度低下の原因には、夏季における南半球大気の影響が考えられている (中村ほか 2012)。この説が正しいとすれば、中部日本産樹木に認められた ^{14}C 濃度低下は、南日本産樹木でも認められるはずである。しかし、屋久杉の 5-6 世紀の年輪 ^{14}C 濃度はまだ得られていない。そこで本研究は、同時代の南日本産樹木の ^{14}C 濃度データを得るために、屋久杉年輪の高精度 ^{14}C 濃度測定を行った。

2. 試料と方法

試料は、名古屋大学太陽地球環境研究所所蔵の鹿児島県屋久島産のスギ (試料名: Yaku_A) である。この試料は、屋久杉標準年輪曲線 (木村 未発表) との年輪年代解析が行われており、年代既知である。

試料の AD434-502 の年輪を 1 層ごとに切り分け、西暦年が偶数年の試料 35 点 (AD434, 436..., 502) の ^{14}C 濃度を測定した。測定には、名古屋大学タンデトロン AMS2 号機を使用した。偶数年のみを測定したのは、先に全体傾向を把握するためで、最終的には全年輪試料を測定する予定である。各年輪試料の ^{14}C 濃度から ^{14}C 年代を算出した。

各年輪試料の ^{14}C 年代を IntCal13 および南半球用暦年較正曲線 SHCal13 (Hogg et al. 2013) と比較して、その年代差を算出した。また、OxCal v4.2 (Bronk Ramsey 2013) を使用して、各試料の較正暦年代を算出し、実年代との年代差を検討した。さらに、OxCal のウィグルマッチングプログラム (Bronk Ramsey et al. 2001) を使用し、較正暦年代と実年代

の年代差も検討した。

3. 結果

測定の結果, 南日本屋久島産スギ材(Yaku_A)の年輪試料 35 点の ^{14}C 年代は, 1561 ± 24 ~ 1644 ± 24 BP(1σ)であった(表 1). これらの ^{14}C 年代は, IntCal13 より平均 35 ± 22 BP(1σ) 古く(図 1), SHCal13 より平均 22 ± 22 BP(1σ)若い値であった. 5 年移動平均及び 11 年移動平均のグラフは, IntCal13 と SHCal13 の間を推移した(図 2).

各年輪試料の ^{14}C 年代を IntCal13 および SHCal13 で暦年較正した結果, IntCal13 では全試料で暦年代(実年代)を含む較正暦年代(2σ)が推定された(表 1). 一方, SHCal13 では 35 点中 33 点において暦年代を含む較正暦年代(2σ)が推定された(表 1).

各試料の ^{14}C 年代を時系列データとして扱い, IntCal13 および SHCal13 により, ウィグルマッチングを行った結果, IntCal13 では西暦 502 年の試料が, 521 - 537 cal AD (2σ)と 19 - 35 年若く推定された. 一方, SHCal04 では同試料が 528 - 549 cal AD (2σ)と 26 - 47 年若く推定された(表 1, 図 3).

4. 考察

測定結果より, 南日本屋久島産スギ材(屋久杉: Yaku_A)の西暦 434 年-502 年の年輪は, IntCal13 よりも約 35 年古い ^{14}C 年代を示すことがわかった. これまで, 屋久島産スギ材では, 1 世紀末~2 世紀末にかけて, IntCal09 より約 45-60 年古くなること(吉光・中村 2012)が報告されている. 今回の 5 世紀の結果は, それに次ぐ大きな ^{14}C 年代差である.

今回の結果は, 坂本ほか(2013)が示した長野県宮田村産スギ埋没材の 5 世紀~6 世紀前半の年輪 ^{14}C 濃度と調和した. 前述の 1 世紀末~2 世紀末にかけての ^{14}C 年代差は, 箱根産スギ埋没材で先に確認され(Sakamoto et al. 2003), 屋久島産スギ材の調査で追認された(吉光・中村 2012). 今回も中部日本産樹木の結果を南日本樹木が裏付けた. これらから, 1 世紀末~2 世紀末及び 5 世紀~6 世紀前半の二つの時代は, 日本の広い範囲で大気 ^{14}C 濃度が低下していたと考えられる. また, 後者が南日本産樹木で確認されたことにより, 濃度低下の原因は, どちらも南半球からの大気供給であった可能性が強まった. 今後は, 屋久杉においても, 6 世紀前半まで ^{14}C 濃度測定を行い, 坂本ほか(2013)の結果との比較検討を行う.

各試料の ^{14}C 年代を独立したものとして IntCal13 で暦年較正すると, 得られた較正暦年代(2σ)には真の暦年代を含まれた(表 1). しかし, この時代は IntCal が 100 年近く横ばいに推移しており(図 2), 得られた較正暦年代も 100 年以上の幅をもっている(表 1).

真の暦年代は較正暦年代の中央値から大きく外れており(表 1), この時代は, 単独試料では正しい暦年代を推定しにくい時代であるといえる. IntCal13 との ^{14}C 年代差も大きいことから, 5 世紀は, 日本産資料の暦年較正に注意を必要とする時代といえる.

35 点の ^{14}C 年代を使ってウィグルマッチングを試みると, IntCal13 及び SHCal13 のどちらでも, 真の暦年代を含まない若い較正暦年代が推定された(表 1, 図 3). この結果は, 個々の ^{14}C 年代が IntCal より古い年代を示すことと矛盾するようにみえる. しかし, 5 世紀末~6 世紀前半(今回調べた時代より後の時代)で, IntCal は上向きの弧を描く(図 2). ウィグルマッチングは確率に基づく推定であるため, 試料の ^{14}C 年代時系列が較正曲線の最も近い形の場所に当て嵌まる. そのため, このような推定結果となる(図 3). ウィグルマッチングは, 高精度かつ高正度な較正暦年代を得る有用な手法である. しかし, 今回の分析のように, 一部の時代では, 正しく推定できない場合がある. 今回の結果から, 日本産の 5-6 世紀と想定される年輪資料は, IntCal13 でウィグルマッチングを行っても, 真の暦年代を得られない可能性があることがわかった. 今後, この時代の日本産資料のウィグルマッチングは, ^{14}C 測定試料間の年輪数を少なくとも 100 年以上に設定することを推奨したい. そうすることで, IntCal の平坦な部分を回避し, 正しい, または正しい年代に近い較正暦年代が得られると考えられる.

IntCal と日本産資料の ^{14}C 年代差が明らかでない時代はまだある. 今回の結果が示すように, 日本産資料の高正度暦年較正のためには, 今後も様々な地域の日本産年代既知試料を用いて, 高精度 ^{14}C 年代測定を実施していく必要がある.

謝辞

本研究を行うにあたり, 名古屋大学太陽地球環境研究所増田公明准教授には, 試料を提供して頂き, 同研究所実験設備の使用も許可して頂いた. 本研究は JSPS 科研費 22240082 の助成を受けた.

引用文献

- Bronk Ramsey C. 2009. Bayesian analysis of radiocarbon dates. *Radiocarbon*, 51(1): 337-360.
- Bronk Ramsey C, van der Plicht J, Weninger B. 2001. 'Wiggle matching' radiocarbon dates. *Radiocarbon*, 43(2A): 381-389.
- Hogg AG, McCormac FG, Higham TFG, Reimer PG, Baillie MGL, Palmer JG. 2002. High-precision ^{14}C measurements of contemporaneous tree-ring dated wood from the British Isles and New Zealand: AD 1850-950. *Radiocarbon*, 44(3): 641-651.
- Hogg AG, Hua Q, Blackwell PG, Niu m, Buck CE, Guilderson TP, Heaton TJ, Palmer JG,

- Reimer PJ, Reimer RW, Turney CSM, Zimmerman SRH. 2013. SHCal13 Southern Hemisphere calibration, 0–50,000 years cal BP. *Radiocarbon*, 55(4): 1889-1903.
- McCormac FG, Hogg AG, Blackwell PG, Buck CE, Higham TFG, Reimer PJ. 2004. ShCal04 Southern Hemisphere calibration, 0–11.0 cal kyr BP. *Radiocarbon*. 46(3): 1087–1092.
- 中村俊夫・増田公明・三宅美沙・永治健太郎・吉光貴裕. 2012. ^{14}C 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.
- Nakamura T, Masuda K, Miyake F, Nagaya K, Yoshimitsu T. 2013. Radiocarbon ages of annual rings from Japanese wood: evident age offset based on IntCal09. *Radiocarbon*, 55(2-3): 763-770.
- Reimer PJ, Baillie MGL, Bard E, Bayliss A, Beck JW, Bertrand CJH, Blackwell PG, Buck CE, Burr GS, Cutler KB, Damon PE, Edwards RL, Fairbanks RG, Friedrich M, Guilderson TP, Hogg AG, Hughen KA, Kromer B, McCormac FG, Manning SW, Ramsey CB, Reimer RW, Remmele S, Southon JR, Stuiver M, Talamo S, Taylor FW, van der Plicht J, Weyhenmeyer CE. 2009. IntCal09 and Marine09 radiocarbon age calibration curves, 0-50,000 years cal BP. *Radiocarbon*, 51(4): 1029-1058.
- Reimer PJ, Bard E, Bayliss A, Beck JW, Blackwell PG, Bronk Ramsey C, Buck CE, Cheng H, Edwards RL, Friedrich M, Grootes PM, Guilderson TP, Haflidason H, Hajdas I, Hatté C, Heaton TJ, Hoffmann DL, Hogg AG, Hughen KA, Kaiser KF, Kromer B, Manning SW, Niu M, Reimer RW, Richards DA, Scott EM, Southon JR, Staff RA, Turney CSM, van der Plicht J. 2013. IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0–50,000 years cal BP. *Radiocarbon*, 55(4): 1869-1887.
- Sakamoto M, Imamura M, van der Plicht J, Mitsutani T, Sahara M. 2003. Radiocarbon calibration for Japanese wood samples. *Radiocarbon*, 45(1): 81-89.
- 坂本稔・高田貫太・李昌熙・藤尾慎一郎・禹炳喆・朴升圭. 2013. 林堂洞古墳群出土人骨にみる東アジア地域の気中炭素 ^{14}C 濃度の異常. 第 15 回 AMS シンポジウム報告集 : 75-78.
- 吉光貴裕・中村俊夫. 2012. 日本産樹木年輪の炭素 ^{14}C 濃度測定および IntCal09 との比較検討. 名古屋大学加速器質量分析計業績報告書, XXIII: 57-62.

日本語要旨

名古屋大学年代測定総合研究センターは、日本産資料の ^{14}C 暦年較正の高精度化に向け、屋久杉年輪の ^{14}C 濃度測定を実施している。これまで、屋久杉は過去 2000 年間の様々な時代に、IntCal より古い ^{14}C 年代を示すことがわかっている。今回は、5 世紀の

屋久杉年輪試料の ^{14}C 濃度測定を行った。その結果、試料の ^{14}C 年代は IntCal より平均 35 ± 22 年古いとわかった。坂本ほか(2013)は、5-6 世紀前半の長野県宮田村産スギ埋没木が、IntCal より古い ^{14}C 年代を示すと報告している。今回の結果はこの報告と調和する。これは、5 世紀に日本近辺の大気中 ^{14}C 濃度が低下したことを示唆する。今後は、屋久杉においても、6 世紀前半まで ^{14}C 濃度を測定し、坂本ほか(2013)の結果と整合するか検討する。

表1 鹿児島県屋久島産スギ材(Yaku_A)年輪試料35点の ^{14}C 年代と較正暦年代

Tree-ring No.	Lab. Code (NUTA 2-)	Calendar year (AD)	^{14}C age (BP)	Error (1σ)	Calibrated age (cal AD)					
					IntCal13 (Reimer et al. 2013)			SHCal13 (Hogg et al. 2013)		
					Unmodelled		Modelled*	Unmodelled		Modelled*
					1σ	2σ	2σ	1σ	2σ	2σ
Yaku_A338	20095	434	1584	23	424-534	418-539	453-469	480-576	436-582	460-481
Yaku_A340	20096	436	1597	23	416-533	408-536	455-471	442-544	430-573	462-483
Yaku_A342	20097	438	1623	24	394-527	384-535	457-473	433-519	416-540	464-485
Yaku_A344	20098	440	1615	24	399-530	391-535	459-475	437-526	417-567	466-487
Yaku_A346	20099	442	1596	24	417-533	408-537	461-477	443-566	429-575	468-489
Yaku_A348	20102	444	1628	24	391-526	351-535	463-479	429-518	414-537	470-491
Yaku_A350	20103	446	1561	24	430-540	424-552	465-481	533-585	467-629	472-493
Yaku_A352	20104	448	1586	24	423-534	416-539	467-483	479-574	434-581	474-495
Yaku_A354	20105	450	1609	23	404-531	396-536	469-485	440-532	421-569	476-497
Yaku_A356	20106	452	1622	24	395-528	384-535	471-487	434-519	416-541	478-499
Yaku_A358	20107	454	1615	24	399-530	391-535	473-489	437-526	417-567	480-501
Yaku_A360	20108	456	1584	24	424-534	417-540	475-491	480-576	435-583	482-503
Yaku_A362	20111	458	1590	23	421-534	414-538	477-493	474-571	433-578	484-505
Yaku_A364	20112	460	1574	24	428-535	420-543	479-495	501-584	439-592	486-507
Yaku_A366	20113	462	1605	23	407-532	399-536	481-497	441-536	423-571	488-509
Yaku_A368	20114	464	1609	24	403-531	396-536	483-499	440-532	420-570	490-511
Yaku_A370	20115	466	1607	25	404-532	397-536	485-501	440-535	421-571	492-513
Yaku_A372	20116	468	1584	23	424-534	418-539	487-503	480-576	436-582	494-515
Yaku_A374	20119	470	1629	24	390-525	350-534	489-505	428-518	414-536	496-517
Yaku_A376	20120	472	1600	24	413-533	404-536	491-507	441-541	426-573	498-519
Yaku_A378	20121	474	1606	23	406-532	398-536	493-509	441-535	422-571	500-521
Yaku_A380	20122	476	1606	23	406-532	398-536	495-511	441-535	422-571	502-523
Yaku_A382	20123	478	1593	23	419-534	412-537	497-513	469-569	432-576	504-525
Yaku_A384	20124	480	1617	24	398-529	389-535	499-515	437-524	416-566	506-527
Yaku_A386	20125	482	1605	23	407-532	399-536	501-517	441-536	423-571	508-529
Yaku_A388	20128	484	1624	24	393-527	383-535	503-519	433-519	416-539	510-531
Yaku_A390	20129	486	1561	23	430-540	424-551	505-521	534-584	468-628	512-533
Yaku_A392	20130	488	1644	24	385-423	339-529	507-523	415-518	393-532	514-535
Yaku_A394	20131	490	1574	24	428-535	420-543	509-525	501-584	439-592	516-537
Yaku_A396	20132	492	1596	23	417-533	409-536	511-527	443-566	430-574	518-539
Yaku_A398	20133	494	1583	24	425-534	417-540	513-529	480-577	436-583	520-541
Yaku_A400	20136	496	1610	23	404-530	395-535	515-531	440-531	420-569	522-543
Yaku_A402	20137	498	1570	24	429-536	421-545	517-533	523-584	440-596	524-545
Yaku_A404	20138	500	1624	24	393-527	383-535	519-535	433-519	416-539	526-547
Yaku_A406	20139	502	1594	24	418-534	410-537	521-537	445-569	430-576	528-549

* A 2-year definite gap sequence modelling was performed using the OxCal on-line program (Bronk Ramsey et al. 2001; Bronk Ramsey 2013).

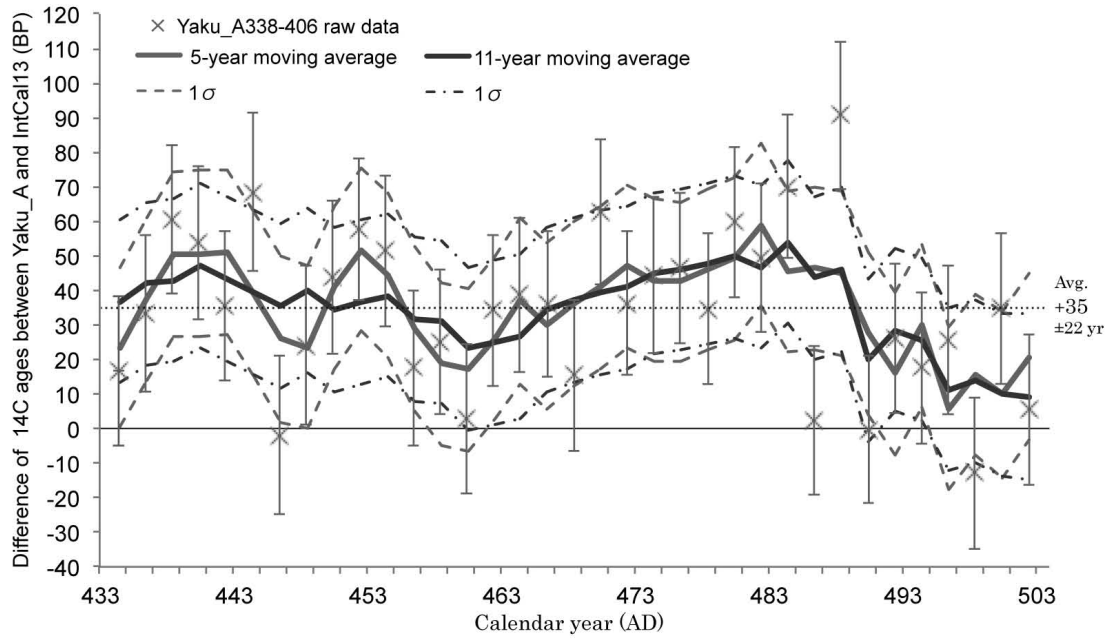


図1 IntCal13(Reimer et al. 2013)と屋久島産スギ(Yaku_A)年輪試料35点の¹⁴C年代差
IntCal13の中央値を0としてYaku_Aの¹⁴C年代(×印)とその5年(赤色線)および11年移動平均(青色線)を
プロットした。

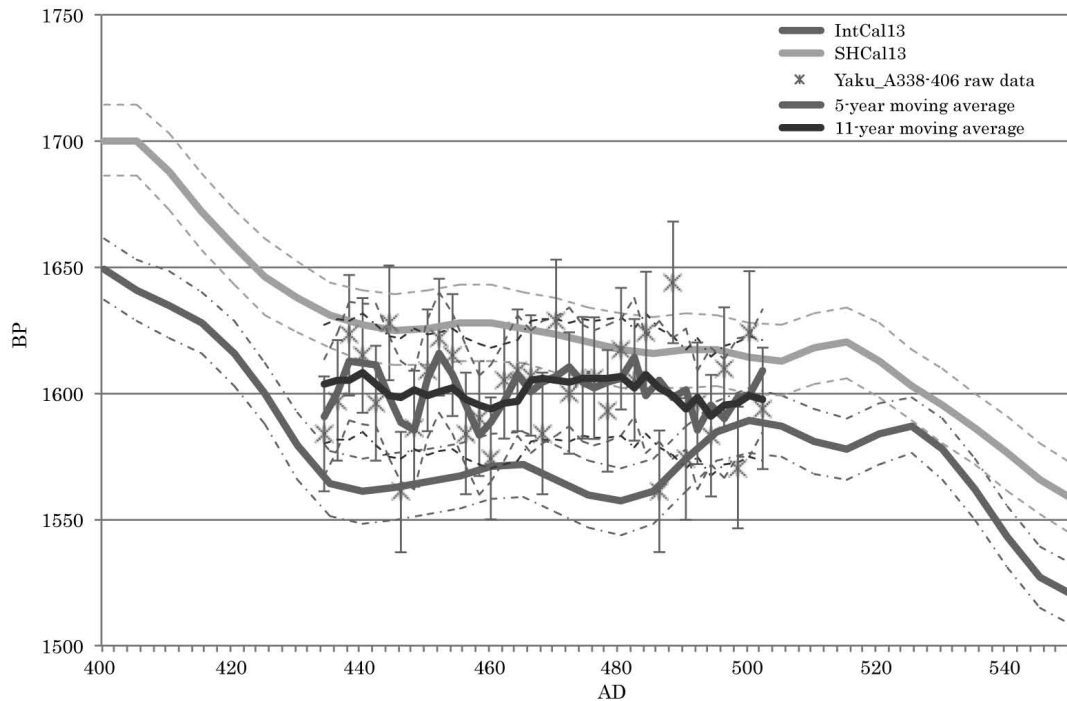


図2 IntCal13(Reimer et al. 2013)およびSHCal13(Hogg et al. 2013)と屋久島産スギ
(Yaku_A)年輪試料35点の¹⁴C年代の比較

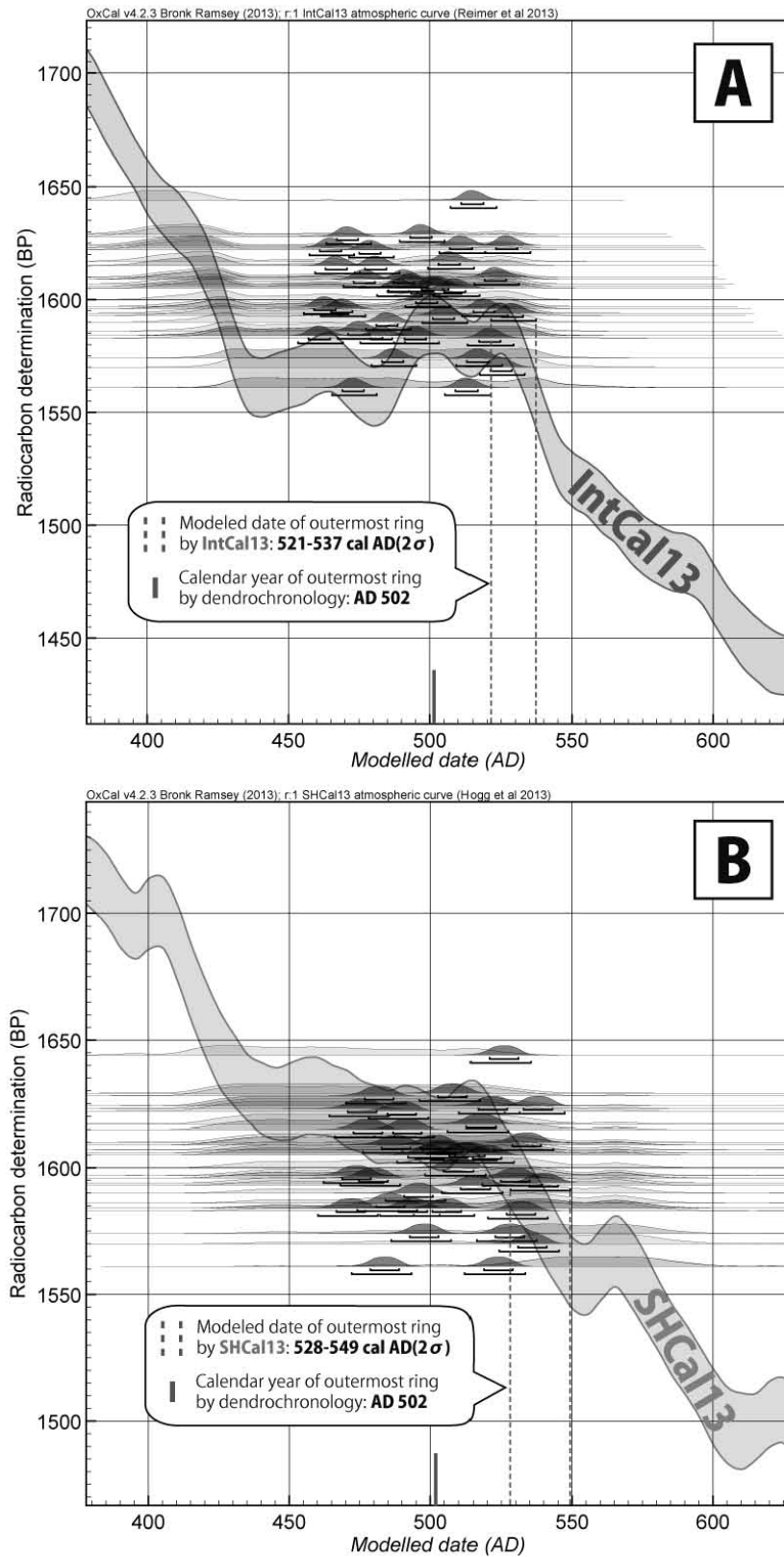


図3 屋久島産スギ材(Yaku_A)のウィグルマッチング結果. 年輪 14C 測定試料 35 点の 14C 年代を (A) IntCal13 および (B) SHCal13 でウィグルマッチングした結果, AD502 の年輪はそれぞれ 521-537 cal AD(2σ), 528-549 cal AD(2σ) と若い較正暦年代に推定された. 作図には OxCal v4.2(Bronk Ramsey 2013) を用いた.