

江戸時代初期の版本の ^{14}C 年代測定吉澤康和¹⁾, 小田寛貴²⁾, 中村俊夫²⁾, 藤田恵子³⁾

1) 広島大学名誉教授 〒733-0816 広島市西区己斐大迫 3-21-10

2) 名古屋大学年代測定総合研究センター
〒464-8602 名古屋市千種区不老町

3) 産業技術短期大学 〒661-0047 尼崎市西昆陽 1-27-1

1. はじめに

数年前からタンデトロン 1 号機を使って、古文献の ^{14}C 年代測定を行ってきた^{1,2)}。古文献の年代測定は、和紙の年代を測定することである。 ^{14}C 年代測定法により和紙の年代を測定すれば、和紙を作る材料の植物を伐採したときの年代を知ることができる。和紙は、楮、三椶などの生育後 1, 2 年のところを材料として作られ、多くの場合、和紙ができてから 1, 2 年以内に使用されている。それゆえ、和紙の年代を測れば、数年以内の差で和紙に字を書いた年代、印刷した年代が測定誤差と校正誤差の範囲で分かることとなる。

古文献は歴史時代のものであるから、年代測定の精度が要求される。タンデトロン 1 号機では、1 回の測定の ^{14}C 年代誤差は 50 年から 100 年(BP)程度のもが多かった。新しいタンデトロン 2 号機では、年代測定の精度の向上が期待されていた。

古文献には貴重なものが多く、採取する試料はできるだけ少量で測定できることが望ましい。β線により年代を測定する場合は、1 グラム程度の測定試料が必要である。加速器質量分析法では、この 100 分の 1 程度の試料で測定できる。タンデトロンでは、1 平方 cm の和紙で測定可能である。タンデトロン 2 号機では、1 号機より少ない試料で、1 号機より精度の高い測定をめざしている。

今回は、前回のタンデトロン 1 号機による測定に続いて、慶長から寛文の年代がほぼ確かな 3 冊の版本資料の年代を測定した。その資料名を表 1 に示す。A は購入時に慶長年間のものとのことであったが、奥付けも発行年の記入もない。B と C は奥付けはあるが、初版かその後に印刷されたものか保証がない。A については小林芳規広島大学名誉教授に見ていただき、ほぼ慶長年間のものとのことであった。

表 1. 測定資料

番号	版本資料 表題	奥付年または推定年
A	宗門正燈録 第十之上	慶長年間 AD1596~1615
B	梵文 十三佛種子真言四十九院種子	寛文 9 年 AD1669
C	小学集成五卷	萬治元年 AD1658

2. ^{14}C 年代測定

年代測定のために各資料の墨のないところから和紙 1cm^2 程度、約 20mg を採取した。この試料について、次ぎの化学操作によりタンデトロンで使用するターゲットを作製した³⁾。まず、蒸留水中で超音波洗浄をして表面の不純物を取り除き、 $60-70^\circ\text{C}$ 、 1.2N の HCl 水溶液、 NaOH 水溶液で交互洗浄した。 NaClO_2 酸性溶液によりリグニンを除去し、次ぎに NaOH 水溶液でヘミセルロースと β 、 γ セルロースを除去して、 α セルロースを得た。 α セルロースを酸化銅と熱して CO_2 とし、この CO_2 を鉄触媒を使って水素還元によりグラファイトを作った。ターゲットにグラファイトを使うようになってから測定値が安定している。

タンデトロン 2 号機では、加速した炭素ビームを ^{12}C 、 ^{13}C 、 ^{14}C の 3 つのビームに分けて、 ^{12}C 、 ^{13}C を電流計で測定し、同時に ^{14}C を放射線検出器で測定することができる。古文献試料と 1950 年標準試料を交互に測定した。タンデトロン 2 号機では、 ^{14}C の測定と同時に同じターゲットで ^{12}C と ^{13}C の比の測定を行なっているので、同位体分別効果の補正がすぐにでき、信頼性も高くなった。この補正をした試料の $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ と 1950 年標準試料の $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ との比を濃度比 R と呼ぶ。1 つのターゲットにつき、文献試料と標準試料につき交互に 3 回測定し、濃度比を求めた。

3. 測定結果

前節で述べた同位体分別効果の補正をした濃度比 R の対数に定数をかけて ^{14}C 年代 (BP) を得る。その濃度比の平均値から ^{14}C 年代 (BP) の平均値を求め、その値を表 2 に示す。 ^{14}C 年代の平均値は濃度比の平均値から求めた値である。この ^{14}C 年代の平均値の誤差は 21-23 年 (BP) であり、タンデトロン 1 号機の大部分の場合と比べて小さい。表 2 の ^{14}C 年代の平均値から年輪年代による較正曲線を使って西暦年代 (AD) を求めるが、較正曲線については、次ぎの節で述べる。

表 2. 濃度比と ^{14}C 年代の測定値

番号	文献名	測定番号	濃度比 R	^{14}C 年代 BP
A	宗門正燈録	No.1	0.9595 ± 0.0045	332 ± 38
		No.2	0.9569 ± 0.0042	353 ± 35
		No.3	0.9512 ± 0.0041	401 ± 34
		平均値	0.9559 ± 0.0025	362 ± 21
B	梵文	No.1	0.9676 ± 0.0039	264 ± 32
		No.2	0.9637 ± 0.0041	297 ± 34
		No.3	0.9733 ± 0.0039	218 ± 32
		平均値	0.9682 ± 0.0028	260 ± 23
C	小学集成	No.1	0.9627 ± 0.0040	305 ± 34
		No.2	0.9713 ± 0.0041	234 ± 34
		No.3	0.9696 ± 0.0038	248 ± 32
		平均値	0.9679 ± 0.0026	262 ± 22

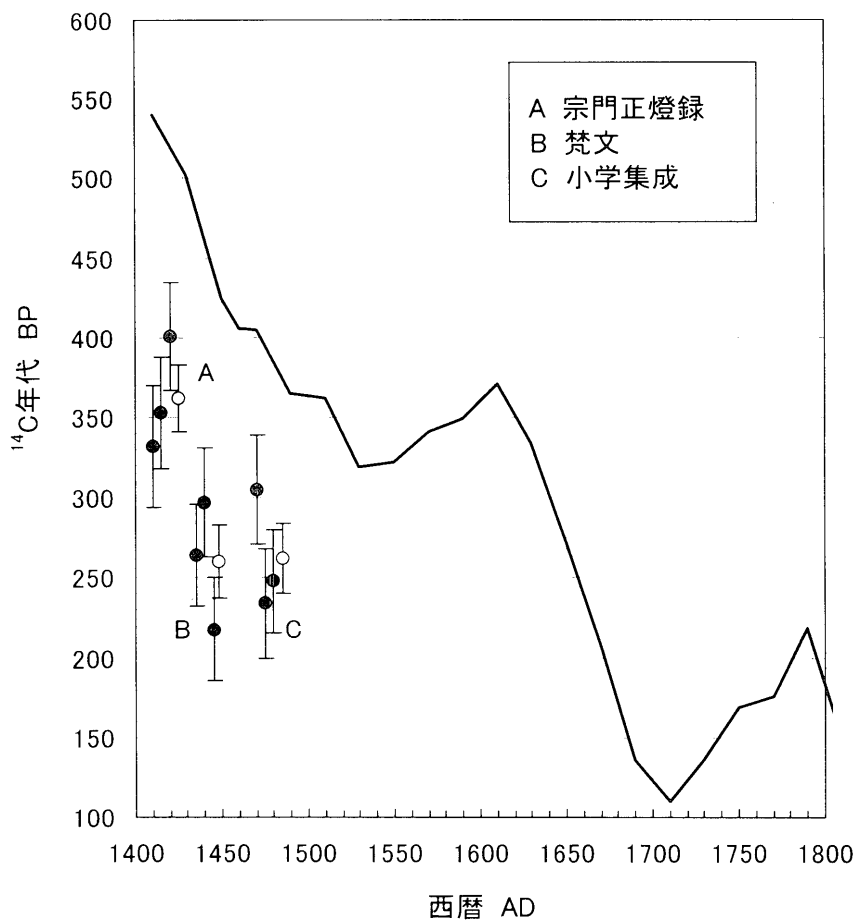


図1. ^{14}C 年代較正曲線と ^{14}C 年代(BP)の測定値と平均値

4. ^{14}C 年代較正

表2に示す ^{14}C 年代(BP)を年輪年代により較正し、西暦年代(AD)を求める。 ^{14}C 年代が370年以降、すなわち西暦1500年以後は、較正曲線の折れ曲がりのために一義的に西暦年代を決めることは、非常に難しい。慶長年間と推測される版本Aはその代表的なものである。萬治と寛文年間ものは、2つの折れ曲がった部分の間に位置する。較正曲線と ^{14}C 年代(BP)の測定値・平均値の関係を図1に示した⁴⁾。

特に、版本Aの較正年代と誤差をどのように表現するか問題が多いので、図2を使って詳しく説明する。左端に ^{14}C 年代の平均値を誤差付きで表し、平均値と誤差の両端から右に水平線を引いた。この3本の水平線(実線と破線)と較正曲線の交点から垂直に線を下ろした。この実線が横軸と交わるところが ^{14}C 年代の平均値に相当する西暦年代である。較正曲線が折れ曲がっているために、3つの西暦年代が ^{14}C 年代の平均値に対応する。誤差の範囲としては、2つの離れた領域ができる。

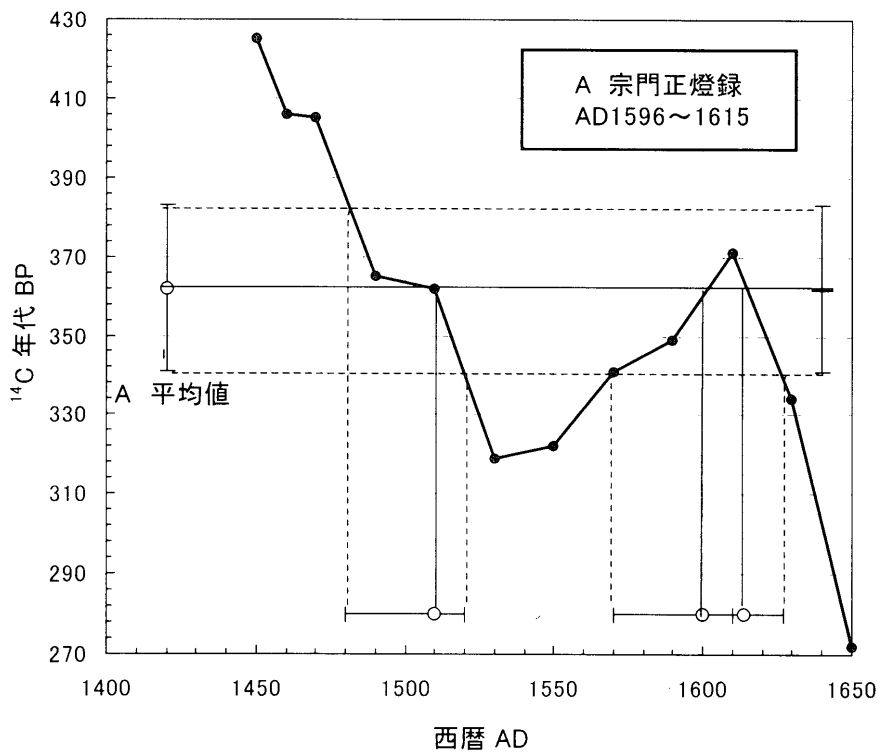


図2. 較正曲線と資料Aの ^{14}C 年代から較正年代への変換

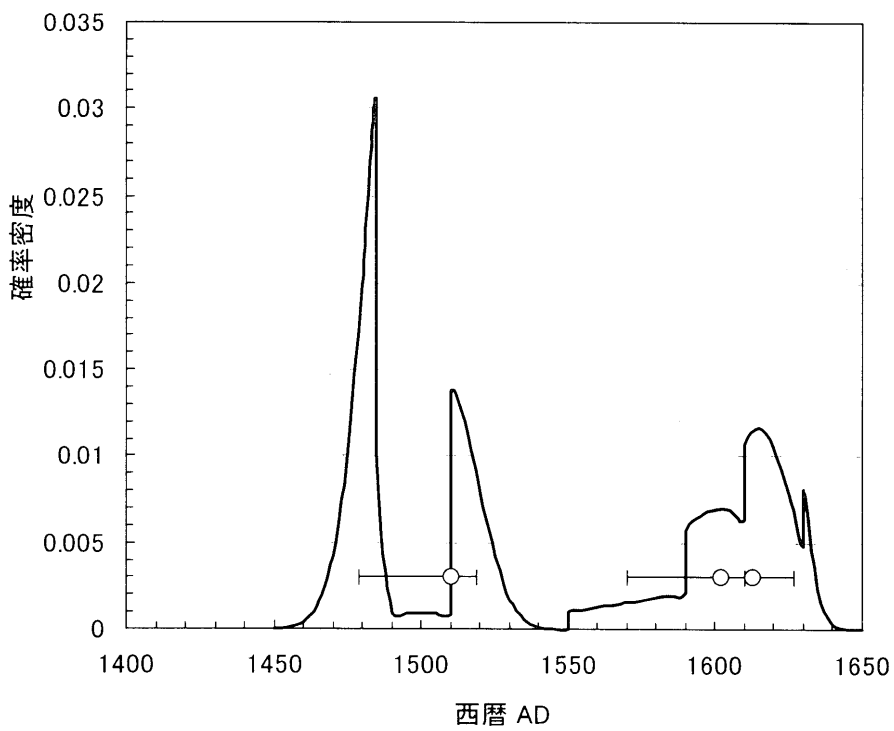


図3. 資料Aの較正年代における確率分布

この3つの値と2つの誤差の領域について理解するためには、確率的な考えで確かめることが必要である。簡単のために、 ^{14}C 年代の真の値が存在する確率は、平均値の両側に正規分布の形で分布していると仮定する。この仮定はあまりよい近似ではないが、この仮定をもとにある程度の議論は可能である。図2に示す較正曲線上の20年おきの小さい黒点は、その測定値を表している⁴⁾。この較正曲線は測定点を結ぶ折れ線であるが、本来はより滑らかな曲線のはずである。 ^{14}C 年代軸上の正規分布をこの折れ線の較正曲線を通して変換すると図3のような複雑な確率分布となる。図3のx軸に近いところに較正西暦年代で表した平均値を示した。この68%の誤差の範囲と確率分布を比較すると、誤差の範囲内であっても場所により確率密度が大きいとは言えないことがわかる。また、平均値に相当する3つの点が確率密度の高いところか分布の平均値か中央値を示しておればよいが、必ずしもそうではない。AD1470-1480附近において確率分布が高いのは、曲線の折れ曲がり点より上にあるからである。3つの線が横に重なったところでは、確率を3等分した。資料Aの西暦年代ではこの確率曲線を参考に誤差の範囲と較正西暦年代を求める。

表3. 測定値から求めた較正西暦年代

記号	文献名	奥付年または推定年	較正西暦年代 AD
A	宗門正燈録	慶長 AD1596～1615	$1510^{+10}_{-.30}, 1614^{+13}_{-.44}$
B	梵文 十三佛種子	寛文9年 AD1669	1649±8
C	小学集成	萬治元年 AD1658	1648±8

今回測定した3つの版本資料の較正西暦年代を表3に示す。資料Aの宗門正燈録の較正西暦年代には2つの値があり、それぞれに誤差の範囲がある。この値は、濃度Rの平均値を ^{14}C 年代に変換し、それを西暦年代になおした値である。図2に示すように較正曲線がおれまがっているので、この場合3つの平均値をえる。1つの平均値に1つの誤差の範囲がある方が理解しやすいので、ここでは確率の高い平均値AD1613を採用した。資料BとCは、2つの折れ曲がった較正曲線の間であり、傾斜が急なところにある。そのためB、Cの較正西暦年代の誤差は、非常に小さく8年である。

5. 考察

先ず表2の ^{14}C 年代測定値について吟味すると、 ^{14}C 年代の各測定値の誤差が32-38BPである。測定値の散らばりを、3つの測定値の一番大きい値と小さい値の差で表すと69,79,71BPである。平均値の誤差は21,23,22BPである。タンデトロン1号機による前回の測定では、測定値の誤差が今回と同じ程度の小さいものもあるが、100BPを越えるものがある。前回の平均値の誤差は15.2-74.0である²⁾。その平均値の誤差が小さい2つで測定値の散らばりが大きく62,120BPである。従って、両者を比較すると2号機の測定では、1号機より誤差が小さく、安定して信頼性が増している。

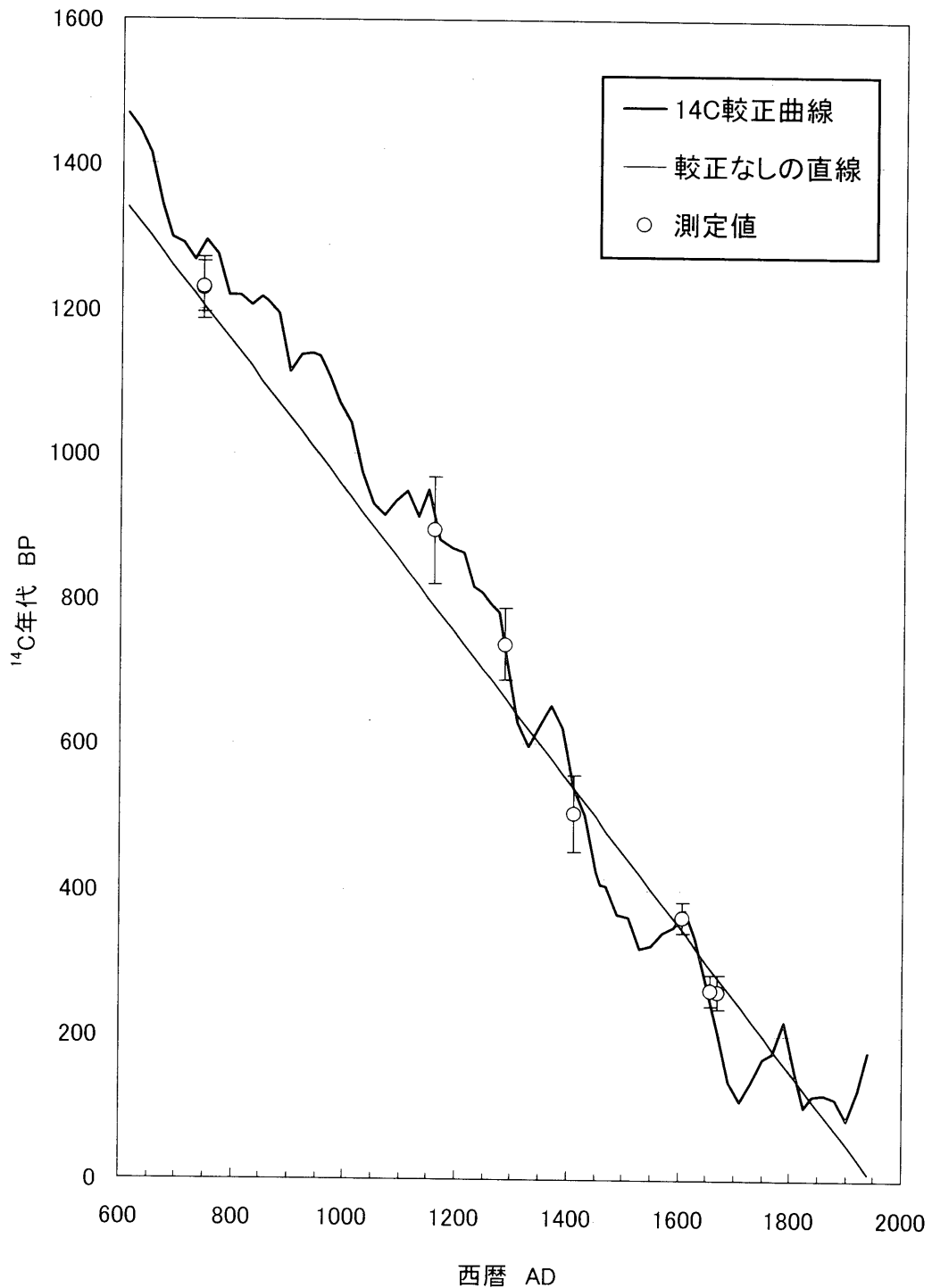


図4. ^{14}C 年代較正曲線と古文献の年代測定値

太い曲線は ^{14}C 年代から西暦年代への較正曲線, 細い直線は較正なしの変換.
測定値の横軸上の西暦年代はほぼ確かな推定年代, 縦軸は ^{14}C 年代測定値.
AD1600以後の測定値は今回の測定. その他はタンデトロン1号機の測定.

今まで較正曲線が折れ曲がったところにあたる資料の年代測定を避けてきた。西暦年代の較正をすると2つあるいはそれ以上の平均値と誤差の範囲を得る。そのために測定結果は、ほとんど無意味なものになる恐れがある。しかし、そのようなところでの年代測定も必要であるから、今回は、資料 A に慶長のものを選んだ。この種の版本が日本で作られたときから考え、AD1480-1520 に作られたと考えることは難しい。それゆえ、資料 A の年代は、 $AD1614^{+13}_{-44}$ とみなしてよいと考えられる。前節の議論から分かるように、この場合平均値 AD1614 より AD1570-1627 の範囲に意味がある。

表 3 に示す資料 B と C の西暦年代の誤差が 8 年と非常に小さいので、今まで以上に詳しい議論が可能である。版本 B の奥付け年は AD1669、測定結果の誤差範囲は AD1641-1657 で、その差は最小 12 年である。一方、版本 C の奥付け年は AD1658、測定結果の範囲は AD1640-1656 で、その差は最小 2 年である。われわれは和紙の木を切り取ってから版本ができるまでを数年と予想していた。版本 C の結果はこの予想と誤差の範囲で一致しているが、版本 B では 12-28 年の差がある。この誤差には較正曲線の誤差が含まれていないので、現在のところこれ以上の議論はできない。

図 4 に ^{14}C 年代較正曲線および前回と今回の古文献の測定結果を図示した。測定値の横軸は、文献の推定年代であり、縦軸は ^{14}C 年代の測定値である。従って、測定値には西暦年代の較正に関する誤差は含まれていない。AD1420 以前の値は前回の 1 号機による測定であり、AD1600 以後の 3 つの値は今回の測定値である。両者を比較すると今回の 2 号機による測定の精度がよいことがわかる。また、測定値と曲線がほぼ一致していることは、この較正をした方がよい結果を示すことを意味している。しかし、AD750 附近と AD1660 附近では僅かなずれがあるので、より正確な年代を得るためには、詳しい測定が必要である。

この研究の一部は、日本学術振興会科学研究費補助金奨励研究(A)12780106(代表者小田寛貴)により支援されたもので、記して感謝する。

参考文献

- 1) 吉沢康和, 藤田恵子, 小田寛貴, 中村俊夫, 小林芳規, 角筆および和紙の加速器質量分析法による ^{14}C 年代測定, 考古学と自然科学 第 34 号 p21, 1997 年 10 月.
- 2) 吉澤康和, 古経典の ^{14}C 年代測定, 名古屋大学加速器質量分析計業績報告書(X), 1999 年 3 月.
- 3) 小田寛貴, 増田 孝, 吉沢康和, 藤田恵子, 中村俊夫, 古川路明, 加速器質量分析法による古文書および古経典の ^{14}C 年代測定, 名古屋大学加速器質量分析計業績報告書(XI), 2000 年 3 月.
- 4) M. Stuiver and P. J. Reimer, High-Precision Bidecadal Calibration of the Radiocarbon Time Scale, AD 1950-500BC and 2500-60000BC, Radiocarbon 35, 1-23.

Radiocarbon Dating of Printed Books Early in the Edo Period

Y. Yoshizawa¹⁾, H. Oda²⁾, T. Nakamura²⁾ and K. Fujita³⁾

- 1) Emeritus Professor of Hiroshima University, Koi-Osako 3-21-10 Hiroshima 733-0816
- 2) Dating Research Center, Nagoya University, Nagoya 464-8602
- 3) College of Industrial Technology, Amagasaki 661-0047

Using Tandetron II at Nagoya University, we measured radiocarbon ages of three xylographic books printed in the early years of the Edo period. The books A, B and C belong to our collection of ancient Japanese paper. According to the form of printing blocks, the publication of the book A is estimated to be in the Keichou era AD1596-1615. The published ages written in the books B and C are AD1669 and AD1658, respectively.

Measured ^{14}C ages of the books A, B and C are 362 ± 21 , 260 ± 23 and 262 ± 22 BP. The radiocarbon age calibration curve transforms these ^{14}C ages in BP into ages in AD. Since the curve is bent in three at around 350 BP, the average ^{14}C age of the book A is transformed into three ages in AD and the error region is transformed into two regions. Considering the probability density in the error region, we selected one average value in each error region for simplicity. Since the ^{14}C ages of the books B and C lies on a steep straight line of the calibration curve, the errors of calibrated ages in AD are very small. The transformed ages in AD are 1490^{+29}_{-11} and 1610^{+12}_{-26} for A, 1649 ± 8 for B and 1648 ± 8 for C.

The shape of printed Chinese characters suggests that the book A was not made before AD1593. The latter region 1610^{+12}_{-26} fits the age of the book A. The difference between the measured age $AD1649\pm 8$ and the written year AD1669 is 20 ± 8 years, that is, between 12 and 28 years for the book B. The 12 years are a little longer than we expected. For the book C the same difference is 10 ± 8 years, that is years between 2 and 18. This difference includes our estimated years between the year cutting trees to make Japanese paper and the printed year of AD1669. Our estimated years are from one to several years.