

名古屋大学タンデトロン加速器質量分析計による $^{14}\text{C}$ 測定と  
共同利用の現状（1993年度）  
” $^{14}\text{C}$ 年代値の正確度をあげるためには”

中村俊夫	名古屋大学年代測定資料研究センター
池田晃子	名古屋大学年代測定資料研究センター
太田友子	名古屋大学年代測定資料研究センター

〒464-01 名古屋市千種区不老町

## 1. はじめに

名古屋大学にタンデトロン加速器質量分析計が導入され、1983年9月に $^{14}\text{C}$ の測定を開始して以来約10年が経過した。この間、 $^{14}\text{C}$ をトレーサーとした環境 $^{14}\text{C}$ 濃度分布に関する研究および様々な環境試料の $^{14}\text{C}$ 年代測定が行われ、学内共同利用施設として研究・教育に利用されてきた。また、学外の研究者についても共同研究の場として盛んに利用されている。現在までの共同利用研究として、 $^{14}\text{C}$ 年代測定では地質学、堆積学、海洋学、地震学、雪氷学、水理学、考古学、人類学、文化財科学などの分野で、また環境 $^{14}\text{C}$ 濃度測定では地球化学、環境科学、海洋科学、木材科学、保健物理学などの分野で利用されている。これらの成果は、名古屋大学加速器質量分析計業績報告書Ⅰ(1989)、同報告書Ⅱ(1991)、同報告書Ⅲ(1992)、同報告書Ⅳ(1993)で紹介されている[1-4]。

本年度に開催されたタンデトロン加速器質量分析計シンポジウムでは考古学・文化財科学における $^{14}\text{C}$ 年代測定の利用に焦点を当てた。この分野では、 $^{14}\text{C}$ 年代値を歴史史料の年代と対比するため、測定誤差を小さくすると同時に、正確度が要求される。場合によっては、人の一世代分約20年の測定誤差が要求される。そこで本稿では、測定誤差をできるだけ小さくする試み、 $^{14}\text{C}$ 年代値の正確度をあげるための同位体分別の補正、および、 $^{14}\text{C}$ 年代から暦年代を得るための較正方法について議論する。さらに1993年度におけるタンデトロン分析計の共同研究・教育利用の実状について概説する。

## 2. 測定精度の向上について

北川他(1991,1993)[5,6]による炭素試料のグラファイト化により、ごく微量の炭素で測定できると同時に、長時間安定して測定できる炭素ターゲットが作製可能となった。標準体および試料について、このグラファイトターゲットを作製して使用することにより、長時間の測定で $^{14}\text{C}$ 計数を増やすことができる。

ここではまず、 $^{14}\text{C}$ 年代測定について、年代値および誤差の算出法について解説し、誤差

を小さくする方法について議論する。

$^{14}\text{C}$ 年代値  $T$  とその誤差  $\Delta T$  は、 $^{14}\text{C}$ の半減期  $T_{1/2}$ を用いて次式で与えられる。

$$T = T_{1/2} \times [\ln(R)/\ln 0.5] \quad (1)$$

$$\Delta T = [T_{1/2}/0.693] \times [\Delta R/R] \quad (2)$$

ここで、タンデトロン加速器質量分析計では、 $R$  は試料の $^{14}\text{C}/^{13}\text{C}$ 比 ( $(^{14}\text{C}/^{13}\text{C})_{\text{sample}}$ ) を年代測定の基本濃度 (modern standard; 西暦1950年の標準 $^{14}\text{C}$ 濃度とされる) の $^{14}\text{C}/^{13}\text{C}$ 比 ( $(^{14}\text{C}/^{13}\text{C})_{\text{AD 1950}}$ ) で除した値で、下記の如く与えられる。

$$R = (^{14}\text{C}/^{13}\text{C})_{\text{sample}} / (^{14}\text{C}/^{13}\text{C})_{\text{AD 1950}} \quad (3)$$

ここで、 $^{14}\text{C}$ は計数率 (count/second) ,  $^{13}\text{C}$ は電流値 (nA) で計数される。( (1), (3)式では、本稿の3章に述べる炭素の同位体分別の補正は考慮されていない。この同位体分別の補正についての詳細は、本業績報告書の中村ほか(1994)[7]および小田(1994)[8]を参照されたい)。

年代値の誤差 $\Delta T$ は、通常1標準誤差 (one sigma error) で与えられる。これは、同一の試料について、同一の条件で年代測定を多数回繰り返したとき、測定値が $T-\Delta T \sim T+\Delta T$ の範囲に入るものが全測定の68%にあたり、残りの32%はこの範囲外の年代値になることを意味する。2標準偏差 (two sigma error) をとると、上記の範囲にはいる確率は95%となる。測定された $^{14}\text{C}$ 濃度の相対誤差、すなわち $\Delta R/R$ が $\pm 1\%$ のとき、(2)式より $\Delta T$ は $\pm 80$ 年と算出される。

試料の測定例を図1に示す。 $(^{14}\text{C}/^{13}\text{C})_{\text{sample}}$ と $(^{14}\text{C}/^{13}\text{C})_{\text{AD 1950}}$ が、約15分間ごとに交互に測定される。 $(^{14}\text{C}/^{13}\text{C})_{\text{sample}}$ の測定の前後に測定された $(^{14}\text{C}/^{13}\text{C})_{\text{AD 1950}}$ を用いて、(3)式の $R$ 値が算出される。数時間の測定の後、 $R$ の平均値  $\bar{R}$  とその標準誤差を下記の如く算出する。

$$\bar{R} = \Sigma Ri/n \quad (4)$$

$$\Delta \bar{R} = \sqrt{\Sigma (\bar{R}-Ri)^2/n(n-1)} \quad (5)$$

また、1試料の測定において、 $^{14}\text{C}$ の総計数に基づく  $R$  およびその誤差  $\Delta R$ 、すなわち統計誤差 (ランダムに発生する事象の計数誤差) は次式で与えられる。

$$R = (n(^{14}\text{C})_{\text{sample}}/n(^{13}\text{C})_{\text{sample}})/(n(^{14}\text{C})_{\text{AD 1950}}/n(^{13}\text{C})_{\text{AD 1950}}) \quad (6)$$

$$\Delta R/R = \sqrt{1/n(^{14}\text{C})_{\text{sample}} + 1/n(^{14}\text{C})_{\text{AD 1950}}} \quad (7)$$

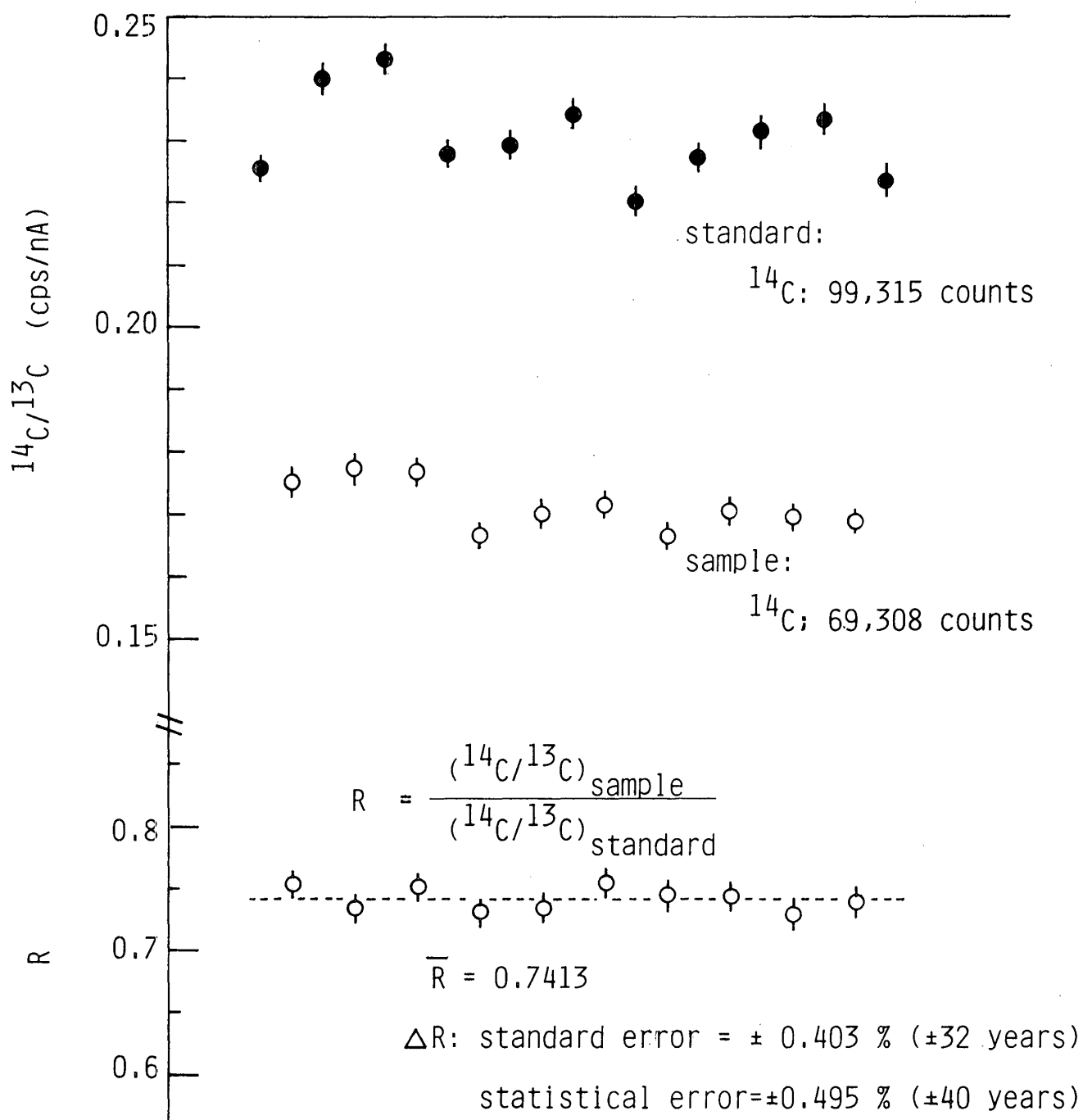


図1. タンデトロン加速器質量分析計による $^{14}\text{C}/^{13}\text{C}$ 比の測定例。

北川ほか(1991)[5], Kitagawa, et al(1993)[6]によって開発されたグラファイト化処理を施した炭素ターゲットを用いて, 名古屋大学理学部の熊谷博之, 小田寛貴両氏により測定された一例. 測定時間を約12時間かけて, 統計誤差 $\pm 0.5\%$ (年代値の誤差にして $\pm 40$ 年)による $^{14}\text{C}$ 測定を達成している. 測定プロセスの詳細は本文および本業績報告書に掲載されている熊谷ほか(1994)の論文(樹木年輪を利用した火山噴火の年代決定)を参照のこと.

ここで、 $n(^{14}\text{C})_{\text{sample}}$ 、 $n(^{13}\text{C})_{\text{sample}}$ 、 $n(^{14}\text{C})_{\text{AD 1950}}$ 、 $n(^{13}\text{C})_{\text{AD 1950}}$ はそれぞれ試料と標準体とについての $^{14}\text{C}$ の総計数と $^{13}\text{C}$ の総計数（実際には、総計数に比例する総電荷量を定量する）である。(7)式の導出において、 $^{13}\text{C}$ は総電荷量で定量されるため、 $^{13}\text{C}$ の測定誤差は $^{14}\text{C}$ の計数誤差に比べて充分小さいとして無視した。

(2)および(7)式より、

$$\Delta T = [T_{1/2}/0.693] \times \sqrt{1/n(^{14}\text{C})_{\text{sample}} + 1/n(^{14}\text{C})_{\text{AD 1950}}} \quad (8)$$

と与えられる。ルーテインの測定では、未知試料と標準体はほぼ同じ時間測定されるので $n(^{14}\text{C})_{\text{sample}}$ と $n(^{14}\text{C})_{\text{AD 1950}}$ がほぼ等しいとすれば、(8)式より

$$\Delta T \approx [T_{1/2}/0.693] \times \sqrt{2} \times \sqrt{1/n(^{14}\text{C})_{\text{sample}}} \quad (9)$$

と得られる。そこで、 $^{14}\text{C}$ 年代値の統計誤差 $\Delta T$ を $\pm 10$ 、 $\pm 20$ 、 $\pm 30$ 、 $\pm 40$ 、 $\pm 50$ 年にするために必要な $^{14}\text{C}$ 計数は以下の如く得られる。

表1. 統計誤差とそれを達成するために必要な $^{14}\text{C}$ の総計数

$\Delta T(\text{year})$	$n(^{14}\text{C})_{\text{sample}} \approx n(^{14}\text{C})_{\text{AD 1950}}(\text{counts})$
$\pm 10$	1,292,034
$\pm 20$	323,008
$\pm 30$	143,559
$\pm 40$	80,752
$\pm 50$	51,681
$\pm 60$	35,890
$\pm 70$	26,368
$\pm 80$	20,188
$\pm 90$	15,951
$\pm 100$	12,920

この概算からわかるように、 $\pm 10$ 年の誤差を達成するには約130万個の $^{14}\text{C}$ を計数する必要があるが、現代炭素から造った水素還元グラファイトを用いた場合の $^{14}\text{C}$ 計数率が約 10

cps (個/秒)であることから、130万個を貯めるには、約36時間の連続測定が必要となる。しかし、通常のグラファイトターゲットでは、数時間でイオン出力が劣化するため、このような測定を達成するのはかなり困難である。また、±80年の誤差から±40年の誤差まで到達しようとするには、<sup>14</sup>Cの計数は2倍ではなく4倍必要であることに注意すべきである。

### 3. 炭素同位体分別の補正

<sup>14</sup>C年代測定においては、<sup>14</sup>C濃度(本稿では、放射性炭素<sup>14</sup>Cの安定炭素<sup>12</sup>Cに対する比を意味する)の初期値がある定められた値で一定になっているということが大前提である。すなわち、時間がゼロの時の試料の<sup>14</sup>C濃度がmodern standardの<sup>14</sup>C濃度と同じであったとする仮定である。しかしこの前提は、詳細にみると、試料となる炭素物質が自然界で合成される過程で起こる質量分別効果や、地球大気中の<sup>14</sup>C生成量の変動による大気中CO<sub>2</sub>の<sup>14</sup>C濃度変動などにより破れており、完全に満たされているとはいえない。この章では炭素同位体分別の補正について、次章では<sup>14</sup>C年代と暦年代との較正についてについて議論する。詳細については中村(1993)[9]を参照されたい。

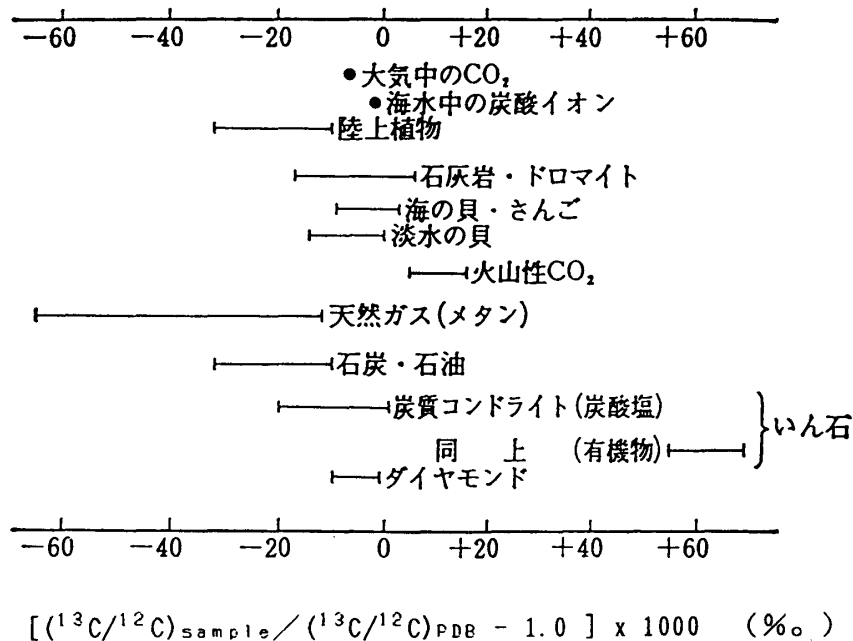


図2. 環境中の主な炭素物質の<sup>13</sup>C/<sup>12</sup>C比の比較  
木越(1981)[10]を参照のこと。

環境中の炭素は、安定同位体<sup>12</sup>C、<sup>13</sup>Cと放射性同位体<sup>14</sup>Cとから構成され、現代炭素（大気中の炭素との交換が行われている炭素）では、それらの存在比は、ほぼ

$$^{12}\text{C} : ^{13}\text{C} : ^{14}\text{C} = 0.988 : 0.011 : 1.2 \times 10^{-12} \quad (10)$$

である。しかし、環境中の炭素含有物の<sup>12</sup>C、<sup>13</sup>C組成（<sup>13</sup>C/<sup>12</sup>C比で表される）は、厳密にみると、図2に示されるように物質の種類によって大きく異なった値（PDB標準体から+60～-60‰のずれを示す；木越，1981[10]）となっている。ここで、同位体比は、以下に定義される $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ 値で表される。

$$\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}} = \left( \frac{(^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{sample}}}{(^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{PDB}}} - 1 \right) \times 1000 \quad (\text{‰}) \quad (11)$$

ここで、 $(^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{sample}}$ 、 $(^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{PDB}}$ はそれぞれ、試料とPDB標準体の<sup>13</sup>C/<sup>12</sup>C比である。

同位体組成は、その物質が合成される前の原料物質の<sup>13</sup>C/<sup>12</sup>C比と物質合成の化学反応過程における同位体分別効果に依存している。また、大気中や海水中などでCO<sub>2</sub>が循環する際、拡散や同位体交換反応における同位体分別効果も同位体組成の違いに寄与する。

<sup>14</sup>C年代値の誤差を±80年以下に小さくしようとする場合、この炭素同位体分別は無視できない。例えば、約-7‰の大気中CO<sub>2</sub>を用いて光合成を行う陸上植物の $\delta^{13}\text{C}$ 値は-10～-35‰である（図2）。<sup>14</sup>C/<sup>12</sup>C比の場合には、<sup>13</sup>C/<sup>12</sup>C比の2倍の同位体効果があるため、大気中の同じCO<sub>2</sub>を用いて光合成を行うそれらの植物の<sup>14</sup>C濃度の初期値は、50‰の変動幅を持つことになる。これは、<sup>14</sup>C年代値に換算すると、ほぼ400年の幅になる。すなわち、放射性炭素の時計が始動する前に既に、400年の年代差が付いている。この $\delta^{13}\text{C}$ 値は植物の種類に依存するが、種類間では変動の幅はずっと小さく、400年の変動がいつも起こるわけではない。しかし、この例からもいえるように、<sup>14</sup>C年代値の正確度を良くしようとする場合には、この同位体分別の補正は不可欠である。

同位体分別は、試料となる物質が自然界で合成される過程で起きるほか、試料調製過程や分析計を用いての<sup>14</sup>C/<sup>13</sup>C比測定過程で生ずる可能性がある。

試料調製過程において炭素の収率が100%に近い場合には、同位体分別の効果はほとんど検出できない。しかし、収率が60～80%となる場合には、数‰の同位体分別が起こる（北川ほか，1991）[5]。そこで、炭素同位体分別の補正を行うには、試料調製の最終段階の試料、すなわち、タンデム分析計に用いる炭素ターゲットについて、 $\delta^{13}\text{C}$ を測定し、この補正を行う方がよい。

加速器質量分析計による<sup>14</sup>C/<sup>13</sup>C比測定の過程でおこる同位体分別は、未知試料と標準体とで互いに打ち消し合うと考える。しかし、この種の同位体分別がターゲットの種類や状態に依存する場合を考慮して、標準体やすべての試料について同一の調製方法を適用して性質のそろったターゲットを作り、同位体分別の効果を打ち消し合うようにした方がよい。

$\delta^{13}\text{C}$ 値の測定には、CO<sub>2</sub>ガスを測定試料にしたガス用安定同位体質量分析計が用いられる。当センターでは、平成5年度の概算要求でフィニガンマット・インスツルメント・イ

ンク社製のMAT-252を導入することができ、炭素同位体分別の補正に有効に利用されている。

#### 4. $^{14}\text{C}$ 年代と暦年代との較正

大気中で宇宙線の作用により窒素から生成された $^{14}\text{C}$ は、直ちに $^{14}\text{CO}_2$ に酸化され、 $^{12}\text{CO}_2$ や $^{13}\text{CO}_2$ と共に大気圏、水圏、生物圏さらに堆積物中を循環する。大気圏において、炭素は主として $\text{CO}_2$ の形で存在するが、その混合は比較的速く、下部成層圏から対流圏への $\text{CO}_2$ の移動における平均滞留時間は約2年、また南北両半球の対流圏間の移動では約1年と推定されている(Nydal, 1968) [11]。大気中における宇宙線による $^{14}\text{C}$ 生成は緯度および高度に依存するが、大気循環により $^{14}\text{C}$ 濃度は速やかに均一化すると考えられる。

大気中の $\text{CO}_2$ を光合成により固定して生長する陸上植物や食物連鎖により植物などを利用して生長する動物についても、炭素の同位体分別を補正してやれば、一定の $^{14}\text{C}$ 濃度とみなすことができよう。

この様に、大気中の $\text{CO}_2$ の $^{14}\text{C}$ 濃度は空間的にはほぼ均一であるが、その時間的な一定性については疑問のあることが明かになっている。米国のBristle cone pineの年輪を用いて、現在から約7,500年前に遡って過去の大気 $\text{CO}_2$ の $^{14}\text{C}$ 濃度が測定されている(図3)。 $^{14}\text{C}$ 濃度には、数千年オーダーの長期変動と百年オーダーの変動が明らかに見られる。これらの変動の原因として、地球へ入射する宇宙線の強度変化と関連付けられている。

アイルランド産のIrish oak, ドイツ産のGerman oak, 米国北太平洋岸のDouglas fir wood, 米国カリフォルニア産のSequoiaなどを用いてAD 1950~6000 BCの間の大気中 $\text{CO}_2$ の $^{14}\text{C}$ 濃度が、過去十数年に亘って $\beta$ 線測定法により高精度に測定された。これらの測定データを用いて、 $^{14}\text{C}$ 年代と暦年代との較正曲線が得られている(Calibration, 1993) [12]。また、最近一段と高性能となったパーソナルコンピューターを用いて、この $^{14}\text{C}$ 年代と暦年代との較正が簡単に行えるようになってきている。現在当センターで使用できる較正プログラムは、CalibETH 1.5b(1991)とCALIB rev 3.0.3(1993)である。マッキントッシュ版CalibETH 1.5b(1991)[13]を用いて560 $\pm$ 80 y. B. P. の $^{14}\text{C}$ 年代を暦年代に較正した例を表2および図4に示す。 $^{14}\text{C}$ 年代と暦年代との較正曲線を基に、設定された範囲の暦年代について、測定された試料の $^{14}\text{C}$ 年代の確率密度を計算する。確率密度の積算がone sigma(68.26%)になる暦年代の範囲、two sigma(95.44%)になる暦年代の範囲が表2の点線で囲まれる様に与えられる。一般にこれらの値が、研究報告などで、 $^{14}\text{C}$ 年代値を暦年較正を施した暦年代の範囲として確率と共に与えられる。較正方法の詳細については別の機会に紹介したい。

#### 5. 学内共同研究・教育利用

タンデトロン加速器質量分析計の学内共同利用状況を表3に示す。一年を3期に分割し、各期について利用希望を募集し、天然放射性元素測定小委員会で審議して利用を承認する。利用申請はまとまった研究目的の単位で行う。最近の申請状況をみると、利用希望が一段と増加しており、申請試料の全部を測定するには、計算上では、一日に4個以上の試料を

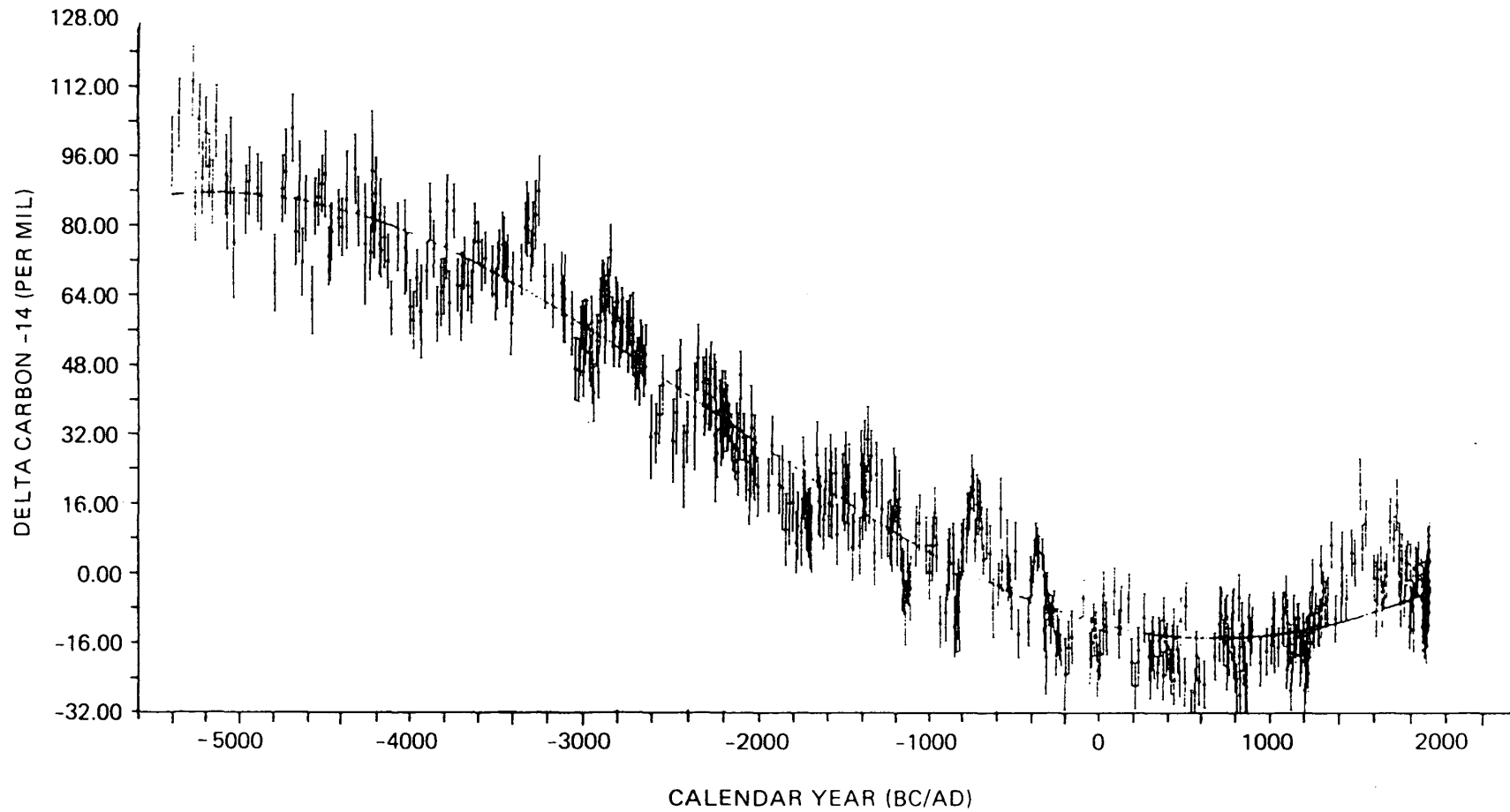


図3. Bristlecone pineの年輪の $^{14}\text{C}$ 濃度の変動

放射壊変による減衰の効果を補正して、年輪の $^{14}\text{C}$ 濃度測定値を、年輪が形成された時の $^{14}\text{C}$ 濃度に換算してある。減衰補正に際して、 $^{14}\text{C}$ の半減期として5730年を使用。 $^{14}\text{C}$ 濃度はmodern standardからのずれを千分率で示してある。



表 2. CalibETH 1.5b(1991)を用いて  $560 \pm 80$  y. B. P. の  $^{14}\text{C}$ 年代を暦年代に較正した例

C a l i b E T H    1.5b (1991)  
 Program for Calibration of Radiocarbon Dates  
 AMS Facility, ETH H            nggerberg  
 Institute for Intermediate Energy Physics  
 ETH Z            rich, Switzerland

Reference to calibration curve :

- Filename : STU&PEA2.C14B
- Authors : M. Stuiver and G. W. Pearson, G. W. Pearson and M. Stuiver, G. W. Pearson et al.
- Title : High-Precision Calibration of Radiocarbon Time-Scale, AD 1950 - 5210 BC.
- Article : Radiocarbon 28 (2B) 1986 p : 805, 839 and 911 (la

Calibrated sample :

- Lab. NO. : NUTA-1234
- Label : tandetron
- C14-age : 560  $\pm$  80 BP

Results of calibration :

- Calibrated age : 1369  $\pm$  55 AD
- Median : 1364 AD
- Intersection(s) : 1401 AD,

Calibrated age ranges from probability density :

- One Sigma ( 68.26% ): 68.27 % , limit : 5.31E-03  
 1303 AD , 1362 AD / ( 54.8% ) : 1332  $\pm$  17 AD  
 1377 AD , 1425 AD / ( 45.2% ) : 1401  $\pm$  14 AD
- Two Sigma ( 95.44% ): 95.56 % , limit : 9.80E-04  
 1275 AD , 1462 AD / ( 1.0E+02% ) : 1364  $\pm$  46 AD

- User Sigma ( 50.00% ): 50.03 % , limit : 6.10E-03  
 1312 AD , 1352 AD / ( 55.0% ) : 1332  $\pm$  12 AD  
 1385 AD , 1417 AD / ( 45.0% ) : 1401  $\pm$  9 AD

Calibrated age ranges from cumulative probability :

- One Sigma ( 68.26% ) : [ 1311 AD, 1419 AD ]
- Two Sigma ( 95.44% ) : [ 1282 AD, 1478 AD ]
- User Sigma ( 50.00% ) : [ 1325 AD, 1405 AD ]

CalibETH Configuration :

- Standard calibration curve error : 15.0
- Sigma multiplier for integration range : 3.00
- Integration range : [ 1238 AD ... 1633 AD ]
- Width of bar in histogram plot : 10
- Resolution of probability density : 2
- Integration ranges are fixed by : autoscaling
- Interpolation of calibration function : linear
- Interpolation of calib. function error : linear
- Short references of calibration curve : Stuiver & Pearson (exp.), 1986

Calculated by CalibETH 1.5b (1991), February 17, 1994

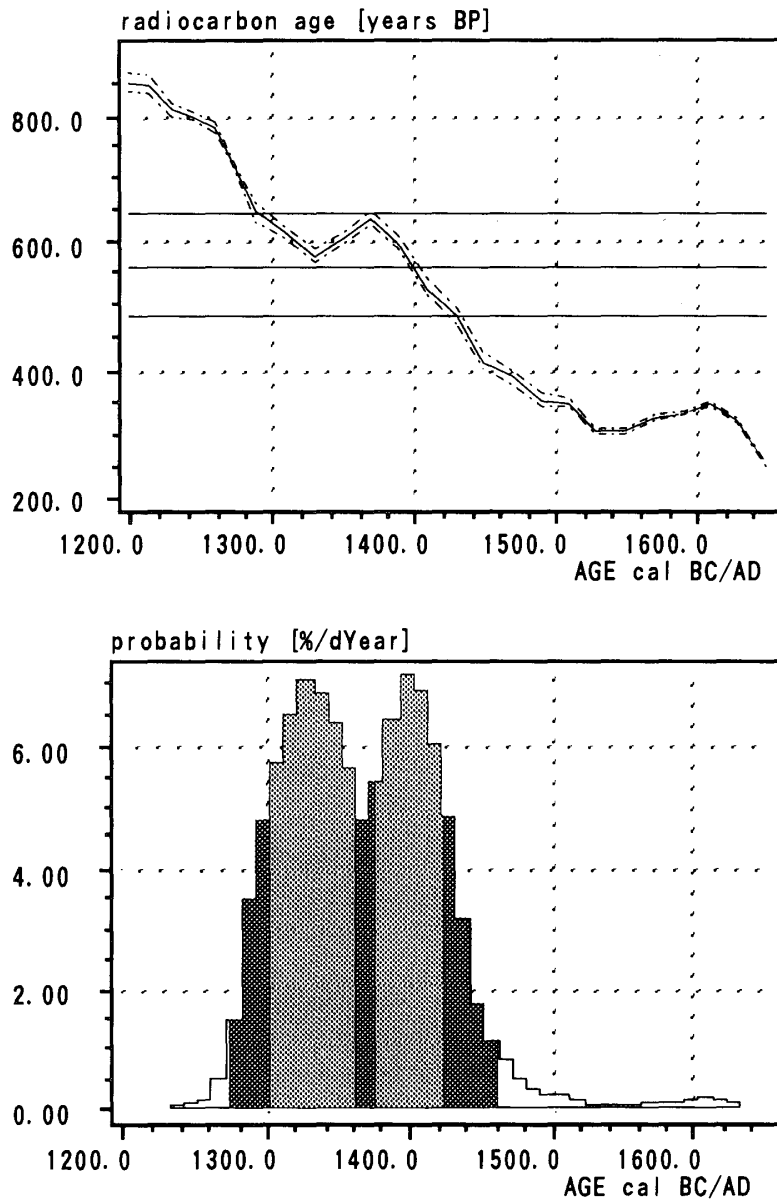


図 4 . CalibETH 1.5b(1991)を用いて  $560 \pm 80$  y. B. P. の  $^{14}\text{C}$ 年代を暦年代に較正した例

表 3. タンデトロン分析計の学内共同利用申請状況

利用期間	申請件数	申請試料総数
'87 1～3月	23	187
'87 4～7月	10	58
'87 8～12月	14	73
'88 1～3月	8	59
'88 4～7月	9	91
'88 8～12月	13	113
'89 1～3月	11	100
'89 4～7月	15	122
'89 8～12月	17	121
'90 1～3月	22	143
'90 4～6月	14	89
'90 7月	8	55
'90 8～12月	18	191
'91 1～3月	14	122
'91 4～7月	13	146
'91 8～12月	18	173
'92 1～3月	自動試料交換装置組込みのため共同利用停止	
'92 4～7月	15	181
'92 8～12月	16	212
'93 1～3月	17	226
'93 4～7月	23	260
'93 8～12月	25	265
-----		
計 7 ケ年	323	2,987

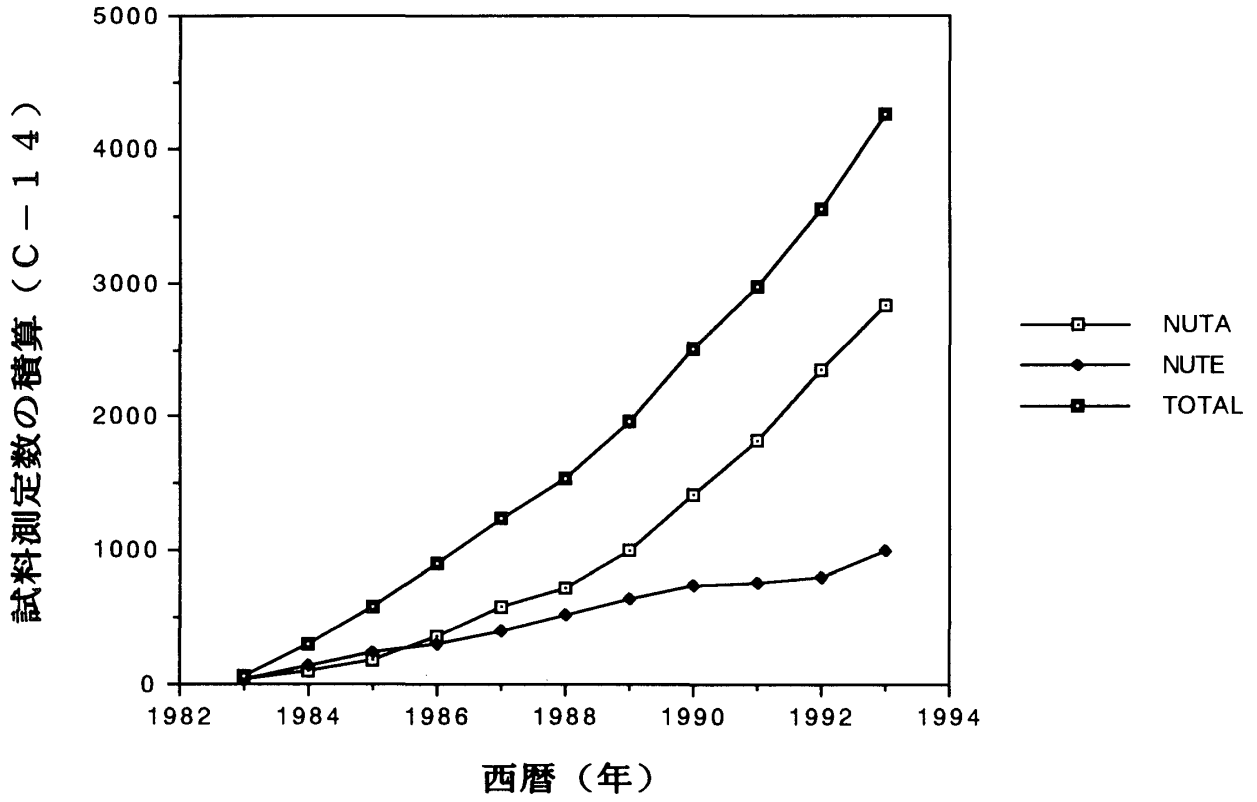


図 5.  $^{14}\text{C}$ 試料測定数の積算の経年変化

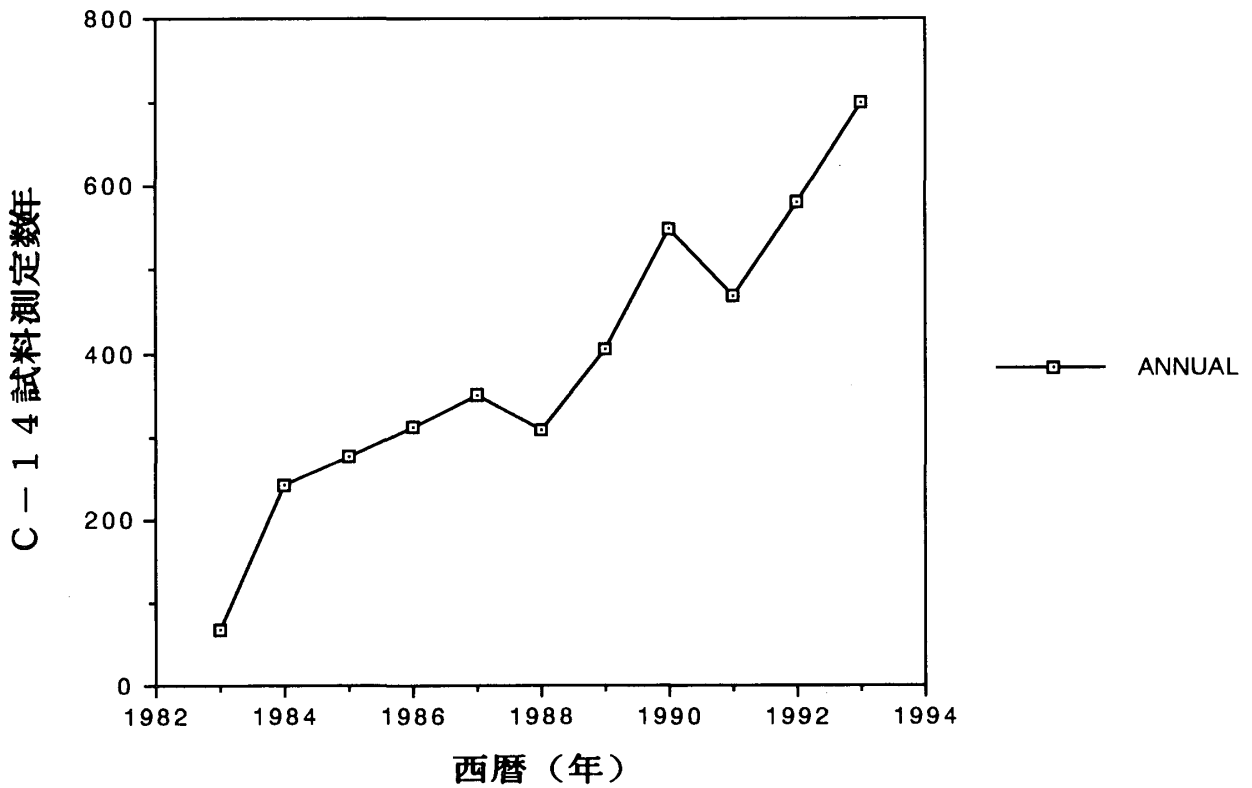


図 6.  $^{14}\text{C}$ 試料測定数の経年変化

測定する必要があり、測定効率を向上する必要に迫られている。

分析計の調整のためのテスト測定、 $^{14}\text{C}$ バックグラウンド測定、試料の $^{14}\text{C}$ 測定などを含めた $^{14}\text{C}$ 測定の総数の積算を図5に、年ごとの測定数の変動を図6に示す。1993の一年間の測定数は699個であり、また、1993年12月末における測定数の積算は4,257個である。 $^{14}\text{C}$ 測定数の増加は、1987年に学内共同利用を開始して以来顕著になっている。年毎の測定数は、1983年に測定を開始して以来増加してきている。

## 6. まとめ

ここ数年間、東京大学原子力総合研究センターのタンデム加速器による加速器質量分析は、加速器更新ために休止中であった。このため、名古屋大学タンデトロン加速器質量分析計は日本で唯一の分析計で、フル稼働の利用状況であった。しかし、需要が益々増加しているため、東大タンデムが本年4月に稼働を開始しても、名古屋大学におけるこの活況は変わらないものと推察される。このため、分析計の様々な改良が計画されている。その一つは、測定の自動化であり、できる限り測定作業の省力化を図りたい。また、タンデトロン分析計の構成要素のうち、ターゲットから炭素の負イオンを作るイオン源について、現有のイオン源の約10倍の負イオン出力能を持つ最新式イオン源に置き換えたい。このイオン源が導入できれば、現状の測定精度は、約10分の一の測定時間で達成できる。

また、現有のタンデトロン分析計の諸性能を大幅にアップした第二世代のタンデトロンが米国、オランダ、ドイツなどに導入されている（中村ほか、1993）[14]。名古屋大学でも、この第二世代タンデトロン分析計の導入計画が着々と進められている。

## 謝辞

高松軍三氏を始めとする理学部装置開発室の皆様には、タンデトロン分析計の保守や改造などで大変お世話になっている。また、試料調製用のガラス真空ラインの組立、保守などで、吉岡茂雄氏には大変お世話になっている。ここに感謝致します。

$^{14}\text{C}$ 年代の暦年較正に関して、CalibETH 1.5b(1991)プログラムの導入において、日本地質調査所の奥村晃史博士には大変お世話になった。ここに感謝致します。

共同利用者の方々には、タンデトロン分析計の保守を最優先にした共同利用スケジュールで大変ご迷惑をかけていますが、にもかかわらず輝かしい成果を挙げておられます。今後益々、ご理解とご協力のほどお願い致します。

## 参考文献

- [1]名古屋大学アイソトープ総合センター（1988）名古屋大学加速器質量分析計業績報告書（I），pp.95.

- [2]名古屋大学年代測定資料研究センター（1991）名古屋大学加速器質量分析計業績報告書（Ⅱ）， pp.122.
- [3]名古屋大学年代測定資料研究センター（1992）名古屋大学加速器質量分析計業績報告書（Ⅲ）， pp.162.
- [4]名古屋大学年代測定資料研究センター（1993）名古屋大学加速器質量分析計業績報告書（Ⅳ）， pp.224.
- [5]北川浩之・増澤敏行・松本英二・山口和典・中村俊夫（1991）水素還元法によるAMS法炭素-14測定のためのグラファイトターゲットの作成法．名古屋大学加速器質量分析計業績報告書（Ⅱ）， 113-122.
- [6]H.Kitagawa, T.Masuzawa, T.Nakamura, and E.Matsumoto(1993) A batch preparation method of graphite targets with low background for AMS  $^{14}\text{C}$  measurements. Radiocarbon, 35(2), 295-300.
- [7]中村俊夫・池田晃子・小田寛貴（1994）タンデトロン加速器質量分析計による $^{14}\text{C}$ 測定における炭素同位体分別の補正について- $^{14}\text{C}$ 濃度算出の手引き-. 名古屋大学加速器質量分析計業績報告書（Ⅴ）（印刷中）.
- [8]小田寛貴（1994）加速器質量分析計による $^{14}\text{C}/^{13}\text{C}$ 比測定における同位体効果の補正. 名古屋大学加速器質量分析計業績報告書（Ⅴ）（印刷中）.
- [9]中村俊夫（1993）加速器質量分析法による放射性炭素年代測定の正確度の向上についての検討．富山県地学地理学研究論集， 10， 43-54.
- [10]木越邦彦（1981）核化学と放射化学．基礎化学選書， 15， 裳華房， pp.250.
- [11]R.Nydal(1968) Further investigation on the transfer of radiocarbon in nature. J. Geophys. Res., 73, 3617-3635.
- [12]M.Stuiver, A.Long, and R. Kra (eds.) (1993) Calibration 1993. Radiocarbon, 35(1), pp.244.
- [13]T.R.Niklaus(1991)CalibETH 1.5b, Program for calibration of radiocarbon dates, Institute for Intermediate Energy Physics, ETH, Zurich, Switzerland.
- [14]中村俊夫・池田晃子・太田友子（1993）名古屋大学タンデトロン加速器質量分析計による $^{14}\text{C}$ 測定と共同利用の現状（1992年度）．名古屋大学加速器質量分析計業績報告書（Ⅳ）， 110-126.

# **Status Report of $^{14}\text{C}$ Measurements with Tandetron Accelerator Mass Spectrometer at Nagoya University in the Year of 1993**

Toshio NAKAMURA<sup>1)</sup>, Akiko IKEDA<sup>1)</sup> and Tomoko OHTA<sup>1)</sup>

1) Dating and Materials Research Center, Nagoya University.

A Tandetron accelerator mass spectrometer (AMS), a machine dedicated to radiocarbon ( $^{14}\text{C}$ ) measurements, constructed by General Ionex Corporation, USA, has been used to measure  $^{14}\text{C}$  concentrations of environmental samples, as well as  $^{14}\text{C}$  dates of geological and archeological materials at the Dating and Materials Research Center, Nagoya University.

In this report, we discuss some problems in achieving good accuracy and high precision in  $^{14}\text{C}$  measurements with the Tandetron AMS. Initial  $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$  ratios of carbon samples may be a little bit different (several percent at most) from a modern standard value, owing to 1) carbon isotopic fractionation during chemical processes adopted in producing the sample from carbon sources, and also to 2) variations of  $^{14}\text{C}$  production rate in the atmosphere as the result of temporal changes of geomagnetic field intensity and solar activity. Therefore, an appropriate correction for these effects on the variations of initial  $^{14}\text{C}$  abundance is indispensable for high accuracy measurements of  $^{14}\text{C}$  dates.

The effect of isotopic fractionation can be corrected by using  $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$  values measured for sample and standard, as discussed by Nakamura, et al (1994) and Oda (1994) in this volume of summaries of researches using AMS at Nagoya University (V). Calibration of  $^{14}\text{C}$  dates to calendar years can be performed, using calibration curves established by applying ordinary  $^{14}\text{C}$  radioactivity measurements on wood annual rings which are dated dendrochronologically in the past few decades.

Intensive usage of the Tandetron AMS is continuing. The number of samples analyzed annually is increasing, and 699 samples, including background samples, are measured in 1993. Totally 4257 samples in various fields have been measured since the installation of the machine.