

## 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）

|      |                   |
|------|-------------------|
| 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

加速器質量分析法による極微量元素測定の方法は、アメリカ合衆国とカナダを舞台にして、1976年から1977年にかけて開発が始められたが、1980年台には早くも実用の段階に入った[1-4]。約15年経過した今日では、様々な研究分野で多大の成果を挙げ、不可欠な技術となっている。加速器質量分析法は、感度が高く、かつバックグラウンドが極めて低いという特徴を持つ。この分析法は、従来、放射能測定により数日から数十日という長い時間をかけて定量されていた天然の長寿命放射性核種などについて、必要な試料の量を千分の一と少なくし、測定時間を短縮し、さらに検出可能な低濃度の限界を大幅に更新することにより、新たな応用研究の分野を切り開いている[1-6]。

米国ロチェスター大学の教授でありかつGeneral Ionex社の社長であったDr. K. Purserは、1978年頃早くも小型のタンデム加速器を用いた加速器質量分析専用の装置の開発に着手した。Purserの計画はみごとに成功し、1981年にその第1号機 Model 4130A C-14 Tandetron Analyzer: Ultra-sensitive mass spectrometer option) がアリゾナ大学に導入された。その後、表1に示されるように全世界で5台が各国に導入され、現在活発に利用されている。さらに最近では、初期のタンデトロン加速器質量分析計の改良をさらに進め、測定装置をコンピューター制御とした、いわゆる第2世代のタンデトロン分析計が開発されている。その第1号機（図1）が米国Woods hole海洋研究所に1991年に導入され、1992年の始めから稼働を開始している。この装置はビーム入射系を2セット持っており、それぞれが60個の試料を同時に装填できる。これを交互に作動させ、後段の加速器および分析部を休ませる事なしに測定を継続できる。Woods Hole研究所では、年間約3,000個の試料の測定を目標にするとの事である。なお、1992年の1月から9月末日までの測定試料数は670個と報告されている[7]。

このような専用機とは別に、原子核実験などに用いられてきた既存のタンデム加速器を改造して、加速器質量分析を進めることが欧米では一般的であり、既に全世界で30を越える施設で加速器質量分析が可能となっている。日本では、東京大学においてタンデム・バンデグラーフ加速器を用いた加速器質量分析が開発され、 $^{10}\text{Be}$ 、 $^{14}\text{C}$ 、 $^{26}\text{Al}$ の測定が1991年末までルーティンに行なわれていた[4]が、

# ACCELERATOR MASS SPECTROMETER

MODEL 4130-AMS

A new Generation High Precision  $^{14}\text{C}$  Measuring Tool

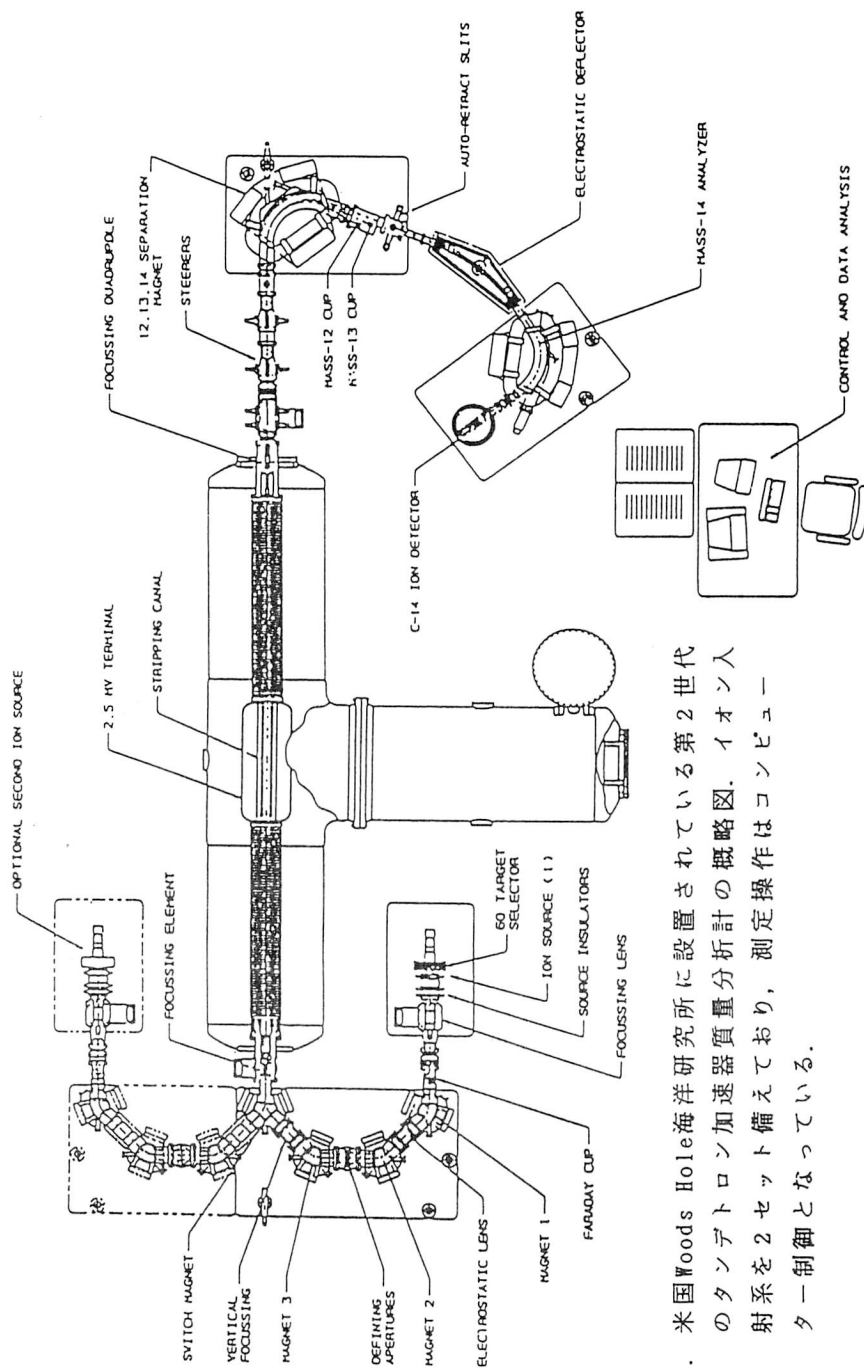


図1. 米国Woods Hole海洋研究所に設置されている第2世代のタンデロン加速質量分析計の概略図。イオン入射系を2セット備えており、測定操作はコンピュータ制御となっている。

現在は、新型の加速器への交換が進められており、1994年には再稼働を始める予定である。また、大阪大学核物理研究センター、京都大学理学部物理教室、筑波大学加速器センターで既存の加速器を用いて加速器質量分析の研究が計画され、一部実施されている。

表1. 世界のタンデトロン加速器質量分析計

| 番号   | 導入年        | 設置施設               | 測定核種                                                  |
|------|------------|--------------------|-------------------------------------------------------|
| 第一世代 |            |                    |                                                       |
| 1号機  | 1980年      | 米国・アリゾナ大学          | $^{14}\text{C}$ , ( $^{10}\text{Be}$ )                |
| 2号機  | 1981-1982年 | 日本・名古屋大学           | $^{14}\text{C}$                                       |
| 3号機  | 1982年      | 英国・オックスフォード大学*     | $^{14}\text{C}$                                       |
| 4号機  | 1982年      | カナダ・トロント大学         | $^{14}\text{C}$ , $^{26}\text{Al}$ , $^{129}\text{I}$ |
| 5号機  | 1983年      | 仏国・Gif-sur-Yvette  | $^{10}\text{Be}$ , $^{14}\text{C}$ , $^{26}\text{Al}$ |
| 第2世代 |            |                    |                                                       |
| 1号機  | 1991年      | 米国・Woods Hole海洋研究所 | $^{14}\text{C}$                                       |
| 2号機  | 1992年      | オランダ・グローニンゲン大学     | $^{14}\text{C}$                                       |

\* オックスフォード大学では、加速器のみを購入した。

名古屋大学に1982年2月に導入された、世界の第2号機であるタンデトロン加速器質量分析計は、 $^{14}\text{C}$ 測定に絞って利用が進められてきた[1-3]。すなわち、考古学・地質学的試料の $^{14}\text{C}$ 年代測定や $^{14}\text{C}$ トレーサー研究のための環境 $^{14}\text{C}$ 濃度測定である。現在、タンデトロン分析計は、名古屋大学内の共同利用機器として研究・教育に盛んに利用されている。

本稿では、タンデトロン分析計の現状（1992年度）と検討課題および学内研究者による共同研究・教育利用の実状をまとめる。

## 2. タンデトロン加速器質量分析計の性能の現状

タンデトロン分析計を用いる $^{14}\text{C}$ 年代測定利用の諸性能を、従来の放射能測定法（ $\text{CO}_2$ ガス比例計数管法）による方法と比較して表2に示す[5]。

タンデトロン分析計では、 $^{14}\text{C}/^{13}\text{C}$ 比を、検査試料と $^{14}\text{C}$ 濃度が既知の標準体とについて交互に測定し、それらの比較から試料の $^{14}\text{C}$ 濃度が得られる。標準体での $^{14}\text{C}$ の計数率はほぼ3~5 cpsである。従って、数千年前の比較的年代が新しい試料について±1%程度の統計誤差で $^{14}\text{C}$ 濃度あるいは $^{14}\text{C}$ 年代値（統計誤差が±80年）を得ようとする、約3~4時間の測定時間を要する。

表2に示したように、年代が新しい試料では、測定精度はタンデトロン分析計と放射能測定法とではほぼ同程度である。しかし、数万年前より古い試料では、

$^{14}\text{C}$ バックグラウンド計数が極めて低いタンデトロン分析計の方がバックグラウンドの高い放射能測定法に比べて、誤差は格段に小さい。また、この理由により、測定可能な古い年代の限界は、従来の3～4万年前から約6万年前と、より古い年代値まで拡大している。但し、後に述べるように、1992年1月に自動試料交換装置を取り付けた後、 $^{14}\text{C}$ バックグラウンド計数がやや高くなっており、古い年代試料の測定が制限されている。

表2. 加速器質量分析法とベータ線計数法による $^{14}\text{C}$ 年代測定の比較[8]

| 項目               | 名古屋大学<br>タンデトロン加速器質量分析計 | 日本アイソトープ協会<br>$\text{CO}_2$ ガス比例計数管 |
|------------------|-------------------------|-------------------------------------|
| 炭素試料の量           | 0.2～5 mg                | 2.2 g                               |
| 測定可能な古い<br>年代の限界 | 約6万年前*                  | 3.5～4万年前                            |
| 精度               | 約±80年                   | 約±80年                               |
| 測定時間             | 3～4時間<br>(標準体の測定も含む)    | 16～20時間<br>(試料のみの測定)                |

\*)自動試料交換装置を取り付けた後、 $^{14}\text{C}$ バックグラウンド計数がやや高くなっており、古い年代試料の測定が制限されている。

### 3. 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、各期について利用を募集し、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なう。最近の申請状況をみると、申請試料の全部を測定するには、計算上では、一日に4個の試料をこなす必要があり、測定効率を上げる必要に迫られている。

分析計調整のテスト測定、 $^{14}\text{C}$ 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2に、年ごとの変動を図3に示す。1992年の1年間の測定数は580個であり、また1992年12月末における測定数の積算は3,557個である。測定開始当初は環境 $^{14}\text{C}$ 濃度の測定数が $^{14}\text{C}$ 年代測定数を上回っていたが、ここ6年間は年代測定の数が増加している。 $^{14}\text{C}$ 年代測定数の増加は、1987年に学内の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来ているが、現在の測定および利用の条件では年間500個程度が限界となっている。

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  | 共同利用 休止 |        |
| '92 4～7月  | 15      | 181    |
| '92 8～12月 | 16      | 212    |
| '92 1～3月  | 17      | 226    |
| 計 6 ケ年    | 275     | 2,462  |

#### 4. タンデトロン加速器質量分析計による $^{14}\text{C}$ 測定の実用例

名古屋大学で $^{14}\text{C}$ 測定の対象とされる試料は、木炭、木片、泥炭、炭質物、骨コラーゲン、体毛、埋没土壌、湖底・海底堆積物、貝殻、サンゴ、有孔虫、海水・淡水中溶存炭酸、大気中二酸化炭素、大気中のメタンなどである。

学内の共同利用研究として、 $^{14}\text{C}$ 測定がさまざまな分野で利用されている。それらの例を以下に箇条書きに示す。詳細については文献1, 2, 3を参照して頂きたい。

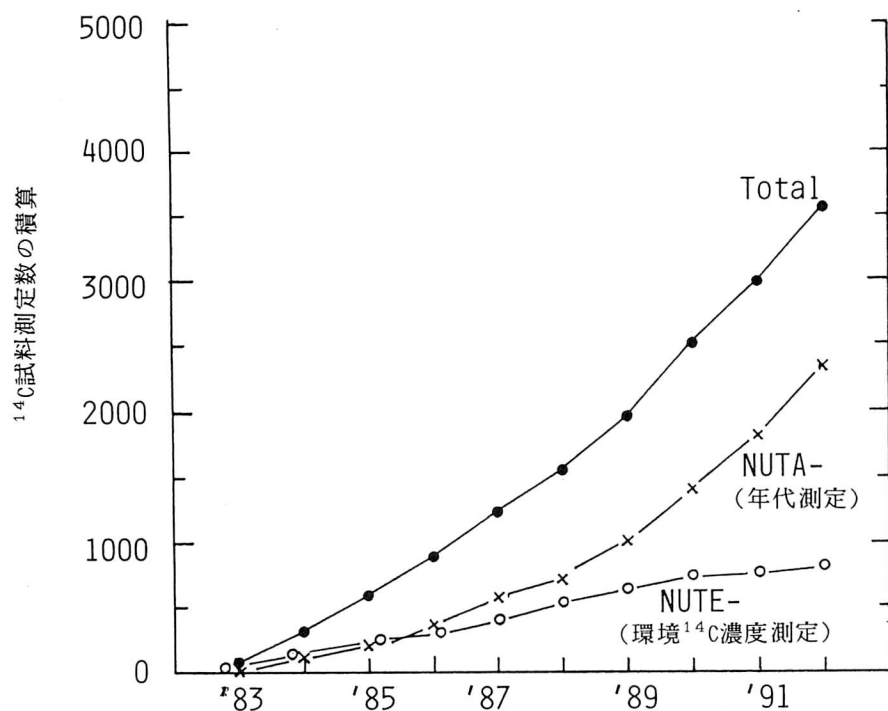


図2. <sup>14</sup>C試料測定数の積算の経年変化

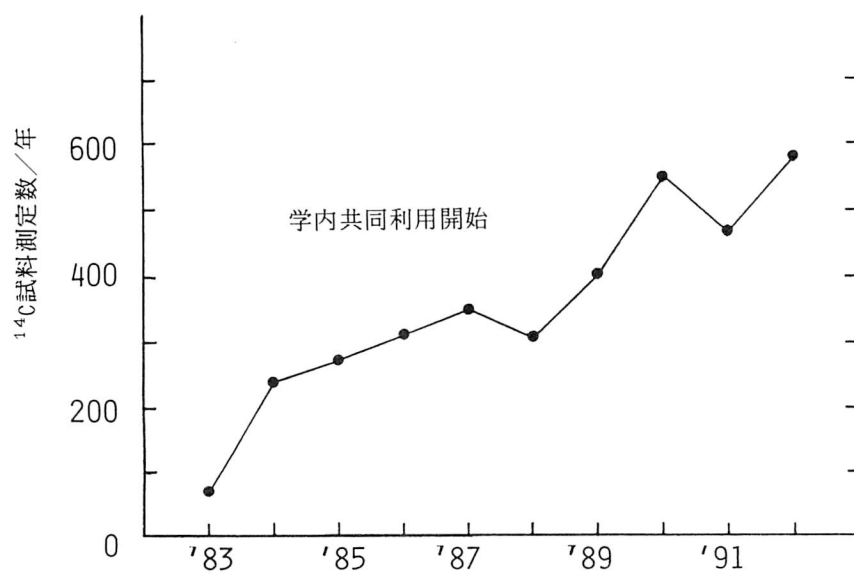


図3. <sup>14</sup>C試料測定数の経年変化

#### 4. 1. $^{14}\text{C}$ 年代測定に関連した研究

- (1)最終氷期～完新世の古海水準変動・古気候変動の推定
- (2)活断層運動速度の推定
- (3)海底・湖底・湿原堆積物の堆積速度
- (4)駿河湾タービダイトの年代測定
- (5)底生有孔虫微化石による古海水年代測定
- (6)浮遊性有孔虫のアミノ酸のラセミ化とその $^{14}\text{C}$ 年代の相関
- (7)地下水の $^{14}\text{C}$ 年代と流動
- (8)考古遺物の年代測定

化石骨コラーゲン、堅果類化石、独木舟、布、紙、竹かご、貝化石、土器付着炭化物、昆虫のカラ、など

- (9)マンモス・ナウマン象化石の $^{14}\text{C}$ 年代と分布
- (10)永久凍土の $^{14}\text{C}$ 年代とその形成機構
- (11)北アルプス雪渓水体の形成年代の測定
- (12)立山火山噴火の歴史
- (13)降下テフラの年代測定（浅間火山、富士火山、箱根火山、妙高火山、など）
- (14)森林内の残置木の年代測定
- (15)黄土中の炭酸カルシウムや炭酸塩結核（黄土小僧）の $^{14}\text{C}$ 年代
- (16)古文書・古文化財などの年代測定
- (17)古代製鉄炉跡の木炭、鉄材中の炭素の $^{14}\text{C}$ 年代測定

#### 4. 2. $^{14}\text{C}$ 濃度測定に関連した研究

- (1)樹木年輪の $^{14}\text{C}$ 濃度測定と炭素循環
- (2)年輪の無い南洋材の成長速度の推定
- (3)名古屋大学キャンパス内の松葉の $^{14}\text{C}$ 濃度の場所依存性と経年変化
- (4)湖底堆積物中の有機物の $^{14}\text{C}$ 濃度
- (5)大気中二酸化炭素の $^{14}\text{C}$ 濃度
- (6)ヒト歯牙コラーゲンの $^{14}\text{C}$ 濃度
- (7)海水中溶存炭素の $^{14}\text{C}$ 濃度と海洋深層水の循環
- (8)海洋水中の沈降粒子中の有機物の $^{14}\text{C}$ 濃度とその由来
- (9)大気中のエアロゾルの $^{14}\text{C}$ 濃度とその由来
- (10)成層圏大気中 $\text{CO}_2$ の $^{14}\text{C}$ 濃度
- (11)大気中のメタン濃度とその起源

### 5. 自動試料交換装置の導入

#### 5. 1. 自動試料交換装置の開発および設置

$^{14}\text{C}$ 測定試料数を、大幅に増やすために、自動試料交換装置を開発した。従来の装置では、同時に装填できるターゲットは6個までであり、また試料を取り替える場合には、イオン源の真空を破る必要があるため、手間と時間を要する作業であった。このため、1日あたりに測定できる試料数が限られていた。新しい装置

では同時に28個のターゲットが装填できるため、1日に測定できる個数を容易に増やすことができる。例えば、夜間運転を行えば、測定試料数を増加させることができる。さらに、小型計算機により、検査試料と標準体ターゲットの交換を自動的に行うことにより操作者の作業負担を軽減して測定の能率化を進めることができる。

この目的のために、タンデトロン加速器質量分析計に接続されている現有のHICONEX 844 Csスパッタ負イオン源の試料ターゲットの交換部分を改造して、28個のターゲットが一度に取り付け可能な自動試料交換装置を開発してイオン源に取り付けた。さらにこの装置では、小型計算機を用いて自動的にターゲット交換が可能である。

GIC社製のHICONEX 844イオン源では、炭素の負イオンが放出される方向に対して、45度の方向にCsガンがある。すなわち、ターゲットの表面を45度の角度でCs<sup>+</sup>イオンで照射し、Cs<sup>+</sup>イオンの進行方向から135度の方向に負イオンを放出する機構になっている。そこで、Csガン部とターゲット交換部を別々に切り離して、それぞれを独立に構成し、あとで両者を組み立てて使用する構造が容易にとれる。また、試料交換装置部には、高真空を保つために、200 1/sの排気速度を持つターボ分子真空ポンプを1台取り付けた。

自動試料交換装置の仕様は次のとおりである。

- (1) 28個のターゲットが、65 mmφの円形のディスクに装填できる。45 mmφの外円周上に20個、31 mmφの内円周上に8個が装填される。
- (2) ターゲットディスクの位置制御は、表4に示されるように、並進、上下、左右、回転の4つの自由度で、パルスモーター駆動により行われる。1パルスあたりの移動量は表4に示されるようにきわめて小さく、ごく微細な動きができるように設計されている。個々のターゲットの位置（番地）の設定は、digitalスイッチを用いて手動操作により、あるいはGP1Bインターフェイスを用いて計算機制御で行うことができる（図4）。

表4. 自動試料交換装置の駆動系の仕様

| 移動  | 可動範囲             | 位置表示桁数   | 1パルスの移動量     | 1 mm移動させるためのパルス数 |
|-----|------------------|----------|--------------|------------------|
| 回転  | 0～360度<br>(40回転) | 6 digits | 0.0144度/1パルス | 69.4パルス/1度       |
| X並進 | 0～約15mm          | 6 digits | 0.08 μm/1パルス | 12500パルス/1mm     |
| Y並進 | 0～約10mm          | 6 digits | 0.08 μm/1パルス | 12500パルス/1mm     |
| Z並進 | 0～約300mm         | 7 digits | 0.2 μm/1パルス  | 5000パルス/1mm      |

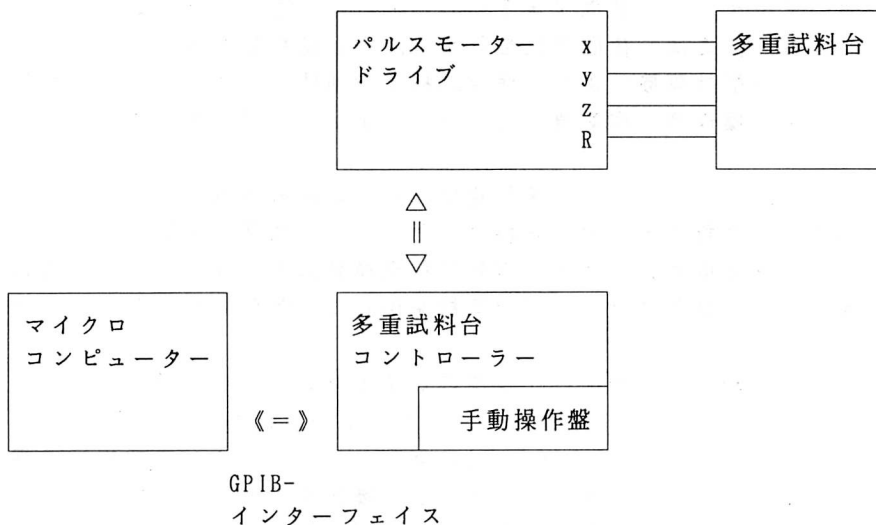


図4．自動試料交換装置駆動系のブロック図

ターゲットディスクには、負イオンを加速するため-22 kVの電圧が付加される。このため、駆動装置とは電氣的に絶縁される必要がある。また、ほぼ毎日の作業としてターゲットを新しいものに乗せ代える際に、Csガン部などを真空ゲートバルブを用いて閉鎖して、大気に晒さないように配慮されている。従って、ターゲットディスクを接続した丸棒を実際に動かす駆動点からターゲットの表面まで約400 mmの距離がある。ターゲットディスクの支持や部品の接続方法のため、ターゲットの位置決め再現精度は、工作精度や1パルスあたりの移動量で示される位置決めの精度より悪くなっていると考えられる。

## 5. 2. 自動試料交換装置を組み込んだ後の装置の性能と問題点

### 5. 2. 1. イオンビーム強度

$^{12}\text{C}^-$ イオンビーム強度は改造前に比べて若干低くなっており、約 $10\mu\text{A}$ 程度である。これは、Csガンと試料ターゲットの相対的な位置関係が微妙に影響しているのかも知れない。

### 5. 2. 2. $^{14}\text{C}$ バックグラウンド（測定可能な古い年代の限界）

新しい試料交換装置の問題点は、 $^{14}\text{C}$ バックグラウンドが高くなり、4万年前を越える古い試料が測定できなくなったことである。

一般に、測定可能な古い年代値の限界は次の様にして調べられる。人工グラファイトや天然の鉱物グラファイトなど十分に古くて $^{14}\text{C}$ を全く含まないはずの炭素試料を用いて $^{14}\text{C}$ 測定を行う。すると、 $^{14}\text{C}$ の計数がある。これは、既に測定したターゲットからの $^{14}\text{C}$ を含む炭素によるイオン源の汚染や、残留ガス中の $^{14}\text{CO}_2$ な

どが考えられる。中村・中井[9,10]の報告にあるように、従来の試料交換装置を用いた場合、人工グラファイトについての $^{14}\text{C}$ バックグラウンドは、 $^{14}\text{C}$ 年代値に換算して、62,850～72,570 y.B.P.の広がり（平均値66,340 y.B.P.）を示し、セイロン産の鉱物グラファイトについては59,030～76,030 y.B.P.の広がり（平均値64,440 y.B.P.）を示した。すなわち、この $^{14}\text{C}$ バックグラウンドは見かけの $^{14}\text{C}$ 年代値で約65,000年前に相当していた[9,10]。一方、新しい試料交換装置では、図5に示されるように、見かけの $^{14}\text{C}$ 年代は約46,000年前と、約2万年間に相当して $^{14}\text{C}$ バックグラウンドが高くなっている。

この $^{14}\text{C}$ バックグラウンドの増加について、新しい試料交換装置の部品で、Csイオンで照射を受ける可能性のある部分の材質をモリブデン、ステンレス、アルミニウムなどに変えてみたが、 $^{14}\text{C}$ バックグラウンドの顕著な増減は見られなかった（図6）。この $^{14}\text{C}$ バックグラウンドの増加の原因については、目下検討中であるが、今のところ原因は明かではない。

### 5. 2. 3. $^{14}\text{C}$ 測定の実現精度

自動試料交換装置を導入する以前の、タンデトロン加速器質量分析計による $^{14}\text{C}$ 測定の実現精度は、年代測定標準体炭素から造った複数個のターゲットについて独立に14回測定を繰り返して、各測定のパラッキ度を示す量として $S=\pm 0.0134$ と得られている[5]。すなわち、平均値に対して任意の一回の測定はone sigma（1標準偏差）で $\pm 1.3\%$ の範囲内にある。自動試料交換装置を用いた $^{14}\text{C}$ 測定の場合の実現性を図7に示す。K-1およびK-2の2つの異なる試料について、それぞれ5個および8個のターゲットを造り、独立に複数回測定した。図7の測定点のプロットの下に数字は、測定の順番であり、破線で繋いだものは同じ日に測定したものを示す。各々の測定値のパラッキは、K-1では、1回の測定の誤差（one sigma）以上に大きくズレているが、K-2では、最後の測定が大幅にズレていることを除くとパラッキはほぼ測定誤差範囲内である。平均値からの1回の測定のズレの平均Sは、K-1では $\pm 0.0245$ 、K-2では $\pm 0.0084$ と得られている。

K-1の大きなパラッキの原因は不明であるが、K-2の結果をみると、自動試料交換装置を用いた場合の実現精度は従来と同程度か少し良くなっている。

### 5. 2. 4. 試料交換の自動化

自動試料交換装置導入の目的の一つは、装填された最大28個のターゲットを測定する際に、自動的にターゲット交換を行い、最も $^{12}\text{C}$ -ビームが強い位置に再現精度よく位置決めすることである。ターゲットの位置決めは、ターゲットディスクの回転で行っており、バックラッシュ（ネジのあそびによる位置決めの不確定）を避けるため常に一定方向に回転して、位置合わせを行っている。しかし、それでも、制御部の番地とターゲットの実際の位置が次第にずれを生じるらしく、測定中にイオンビームが最大になる番地が変わってくる。

このずれの原因について、目下検討を進めており、できるだけ早く対策、改良を施す予定である。従って、計算機による自動試料交換の実現はもう少し日数を

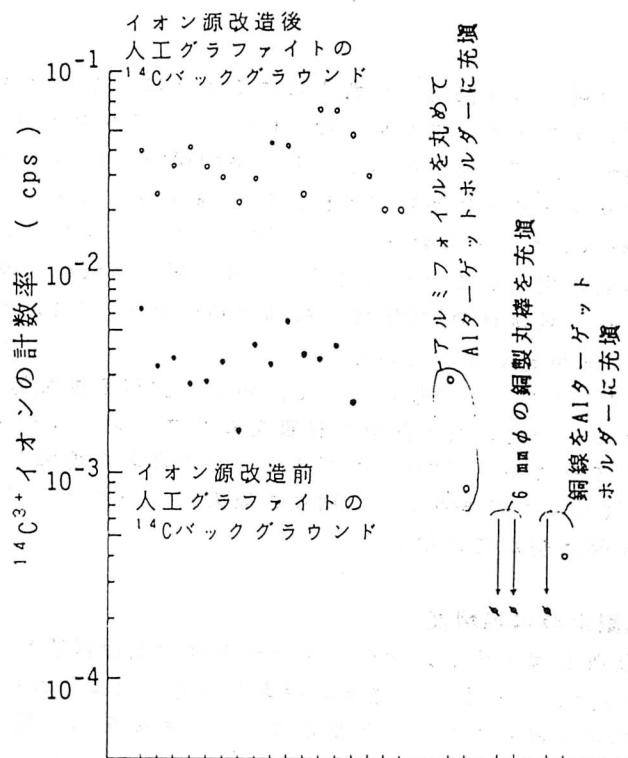


図5. Deadグラファイトを用いて推定した  
タンデム分析計の $^{14}\text{C}$ バックグラウンド

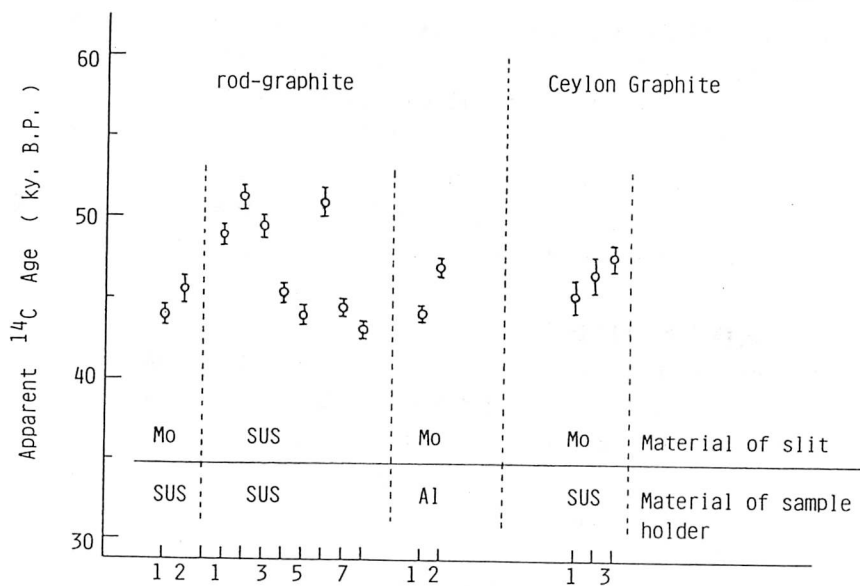


図6. 試料交換装置の部品の材質と $^{14}\text{C}$ バックグラウンドの関係

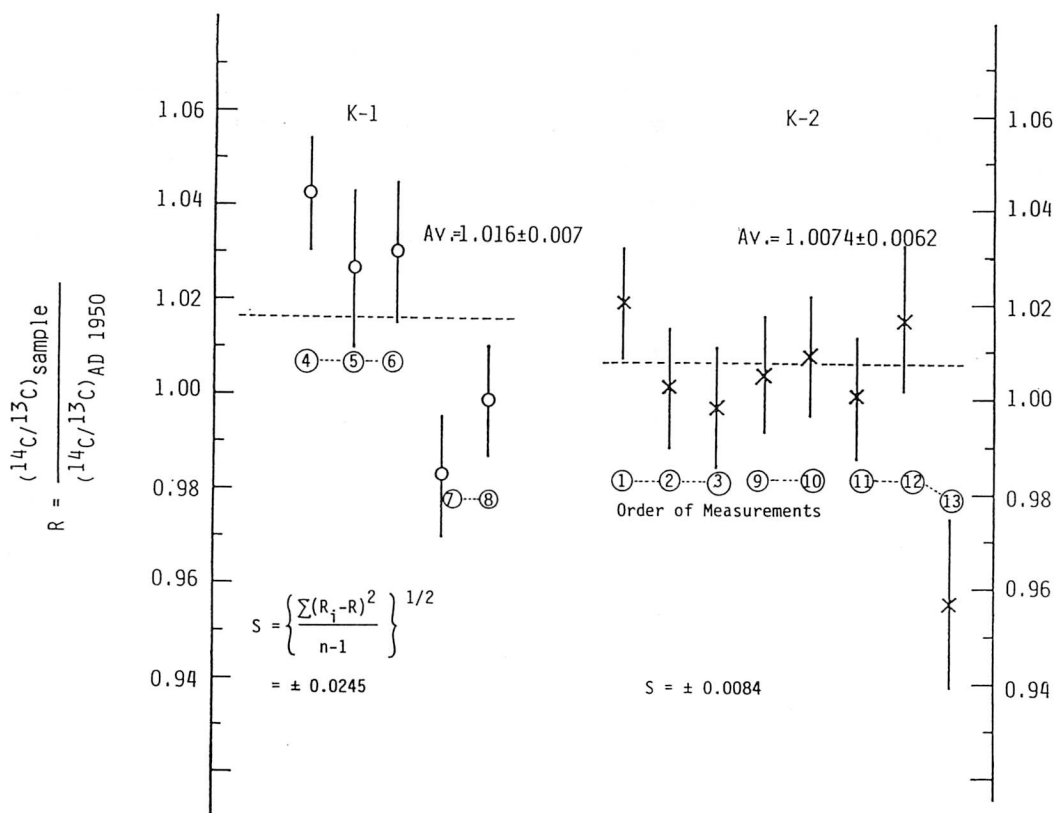


図7. 自動試料交換装置を設置した後の $^{14}\text{C}$ 測定の実現精度

要する。

## 6. 極微量試料の測定.

$^{14}\text{C}$ 測定において、十分な統計精度を保ったままで必要な炭素量を減らすべく検討を進めている。この場合、イオン源で用いるターゲットとして、炭素イオンビーム強度が充分大きくとれるターゲットを少量の炭素を用いて如何にして作るかということになる。

現在のルーテインの測定では、木炭や炭化物の炭素、あるいは $\text{CO}_2$ を金属Mgを用いて還元したアモルファス炭素、などを銀粉と混合し、圧縮して直径3 mm、厚さ1~2 mmのペレットを形成して、ターゲット(C-Agターゲット)として用いる。C-Agターゲットは、イオン源で最も強い炭素ビームが得られるグラファイト・ターゲットと比較して、炭素イオンビーム強度が約1/3であり、しかもビーム強度の減衰が早い。 $\text{CO}_2$ からスタートしてC-Agターゲットを作成する場合は、Mg還元法では最低3~5 mgの炭素を必要とするし、調製操作の過程での現代炭素による汚染のため $^{14}\text{C}$ バックグラウンド・レベルが高く、測定可能な最も古い年代は約4万年前と制限されている。

そこで、新しいターゲット作成法、すなわちVogel et al[11]が開発したCO<sub>2</sub>の水素還元によるFe-グラファイト作製技術が名古屋大学に導入され、現在、名古屋大学水圏科学研究所の松本研究室[12]、半田研究室で実用化されている。当センターでも、理学部地球惑星科学科ガラス工作室の吉岡茂雄氏の協力で装置が組立られている。この方法によれば、現在のところ、0.2~2 mgの炭素でFe-グラファイトが作成でき、純粋なグラファイトに匹敵する程の炭素イオンビーム強度が得られており、今後の利用が大いに期待できる。

## 7. 他の年代測定法とのクロスチェック

<sup>14</sup>C年代測定法により測定可能な約6万年前までの範囲をカバーする他の年代測定法として、フィッシュントラック法、ウラン-トリウム法、カリウム-アルゴン法、ESR年代測定法、熱ルミネッセンス法などが挙げられる。

神奈川県大磯丘陵にて、東京軽石流堆積物から炭化木片を採取し、タンデトロン分析計によりその<sup>14</sup>C年代値を測定した。この結果、<sup>14</sup>C年代値は約53,000年前[13]と得られており、この年代値はフィッシュン・トラック年代49,000±5,000年前[14]とほぼ一致している。また、金沢大学理学部大村明雄教授との共同研究として、オーストラリア産サンゴについて[15]、また、Barbados島のサンゴについて[16]、<sup>14</sup>C年代値とウラン-トリウム年代との比較が実施されつつある。さらに、カリウム-アルゴン法でも数万年前という、この方法にとっては非常に若い年代の測定が可能となってきており、御岳火山草木谷噴出物について、<sup>14</sup>C年代との比較が行われ、両年代測定法で一致した結果が得られている[17-19]。このように、様々な異なる原理に基づく年代測定法の間で互いに年代値を比較することは、それぞれの測定年代値の校正法やその適応限界を調べるうえで大いに役立つものと期待される。

## 8. まとめ

名古屋大学タンデトロン分析計は、導入以来約10年間ほぼ順調に機能してきた。序論で述べた様に、タンデトロンによる<sup>14</sup>C測定は、様々な分野で大いに利用されており、現在では不可欠な存在となっている。今後は、自動試料交換装置設置後の<sup>14</sup>Cバックグラウンドの増加の原因究明に向けて、さらに、分析計の性能を極限まで引き出して、利用を広げるべく努力していきたいと考えている。

## 謝辞

名古屋大学理学部地球惑星科学科ガラス工作室の吉岡茂雄氏には、試料調製装置の組立、保守などで、また、高松軍三氏を始めとする同学部装置開発室の皆様には、タンデトロン質量分析計の改造や保守などで大変お世話になっています。ここに感謝致します。

学内共同利用者の皆様には、タンデトロン分析計の保守計画を最優先にした共同利用スケジュールをご理解頂ながら利用を進め、輝かしい成果を挙げておられます。今後益々、ご理解とご協力の程お願い致します。

## 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]東京大学原子力研究総合センター（1989）東京大学タンデム加速器による研究－講演要旨集， pp. 179.
- [5]中村俊夫・中井信之（1988）放射性炭素年代測定法の基礎－加速器質量分析法に重点をおいて．地質学論集， 29， p. 83-106.
- [6]中村俊夫・中井信之（1987）名古屋大学タンデトロロン加速器質量分析計による $^{14}\text{C}$ 測定．加速器質量分析法（AMS）の現状と将来（京都大学理学部シンポジウム報告書）， pp. 98.
- [7]Woods Hole Oceanographic Institution (1992) AMS Pulse. National Ocean Sciences Accelerator Mass Spectrometry Facility Newsletter, pp. 8.
- [8]浜田達二・藤山知子（1964）放射性炭素による年代決定の研究（第2報）．理化学研究所報告， 40， p. 309-314.
- [9]中村俊夫・中井信之（1990）小型タンデム加速器を用いた加速器質量分析法による $^{14}\text{C}$ 年代測定－5万年前より古い試料の年代測定．第3回タンデム加速器及びその周辺技術の研究会報告集，（京都大学理学部物理タンデム） pp. 95.
- [10]中村俊夫・中井信之（1991）加速器法による4万年前より古い試料の $^{14}\text{C}$ 年代測定についての検討．堆積学研究会報， 34， p. 27-32.
- [11]Vogel, J. S., Southon, J. R., Nelson, D. E. and Brown, T. A. (1984) Performance of catalytically condensed carbon for use in accelerator mass spectrometry. Nucl. Instrum and Methods, 233( B5) p. 289-293.
- [12]北川浩之・増澤敏行・松本英二・中村俊夫（1990）微量試料 $^{14}\text{C}$ 測定－加速器質量分析用ターゲットの作製法－．日本地球化学会年会講演要旨集， p. 10.
- [13]中村俊夫，ほか（1992）東京軽石流堆積物中の焼けた木片の加速器質量分析計による放射性炭素年代測定．地質学雑誌， 98， 905-908.
- [14]町田 洋・鈴木正男（1971）火山灰の絶対年代と第四紀後期の編年－フィックション・トラック法による試み－．科学， 41， p. 263-270.
- [15]大村明雄（1993）私信による．
- [16]E. Bard, et al (1990) Calibration of the  $^{14}\text{C}$  timescale over the past 30,000 years using mass spectrometric U-Th ages from Barbados corals, Nature, 345, p. 405-410.
- [17]左合 勉、ほか（1993）岐阜県小坂町濁河川流域に分布する御岳火山噴出物から産出した炭化木片の加速器 $^{14}\text{C}$ 年代．名古屋大学古川総合研究資料館報告、

8, 17-26.

- [18] 田中 剛・松本哲一 (1991) K-Ar法による若い年代測定の試みー特に $^{14}\text{C}$ 年代との連繋. シンポジウム論文集 [加速器質量分析と炭素同位体の学際的応用] 平成3年11月28-29日, 名古屋大学, p.36-41.
- [19] 尾形あつみ, ほか (1990) 若い火山岩のK-Ar年代測定. 日本地球化学会講演要旨集, p.196.

# Status of $^{14}\text{C}$ Measurements with a Tandetron Accelerator Mass Spectrometer at Nagoya University in the year 1992

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

1) Dating and Materials Research Center, Nagoya University  
Chikusa, Nagoya 464-01, JAPAN

A Tandem accelerator mass spectrometer, named Tandetron, constructed by the General IONEX Corporation, USA, has been installed at Nagoya University in 1982, to measure radiocarbon ( $^{14}\text{C}$ ). The spectrometer consists of a Cs sputter ion source (HICONEX-844) to produce negative carbon ions from elemental carbon samples, a Schenkel-type tandem accelerator of 3 MV terminal voltage, an ion-beam analyzing apparatus with a charge-energy selector and a couple of mass spectrometers, and a heavy-ion detector to identify and count  $^{14}\text{C}^{3+}$  ions from various background ions. The  $^{14}\text{C}/^{13}\text{C}$  ratio of a carbon sample is measured in comparison with that of a  $^{14}\text{C}$  standard (NBS oxallic acid is usually used). The spectrometer has been used to measure  $^{14}\text{C}$  concentrations of environmental carbon samples, as well as  $^{14}\text{C}$  dates of geological and archeological materials.

An automatic target changer, with a target disk that can be loaded with 28 sample targets at maximum, and can be controlled by a personal computer through GPIB interfacing, has been installed in the ion source of the spectrometer. A target mounted

on the target disk of the changer can be moved in X-, Y-, and Z-direction, and rotated. The designed performances of positioning the targets, summerized in Table 2, have not attained yet. There seems to be some mechanical problems in controlling the target position with the target changer. The positioning of a selected sample is now performed by monitoring the current intensity of  $^{13}\text{C}^-$  ions produced from the sample.

Five hundred and eighty samples are measured in 1992, and totally 3557 samples in various fields have been analyzed since the installation of the spectrometer. The number of samples analyzed annually is increasing, by the introduction of the new target changer.