

名古屋大学タンデトロン加速器質量分析計の現状（1995年度）と 加速器年代測定システム（タンデトロン2号機）の設置準備

中村 俊夫 名古屋大学年代測定資料研究センター1)
池田 晃子 名古屋大学年代測定資料研究センター1)
太田 友子 名古屋大学年代測定資料研究センター1)
柴田 賢 名古屋大学年代測定資料研究センター長2)
(名古屋大学理学部地球惑星科学科) 3)

〒464-01 名古屋市千種区不老町

1) Tel:052-789-2578, Fax:052-789-3095

2) Tel:052-789-3090

3) Tel:052-789-2530

1. はじめに

放射性同位体というと、一般に人体を含む全ての生物体に有害な放射線を放出する嫌われもののイメージが強い。しかし、自然科学の分野では放射性同位体はさまざまな研究に役立てられている。特に、天然の物質中にごくわずかに存在する長寿命の放射性同位体は、放射性壊変を起こして放射性同位体の個数が時間の経過と共に一定の割合で減少するという物理現象を正確な時計として用いることにより、天然物質の年代測定に役立てられる。年代測定に利用される放射性同位体にはさまざまな種類のものがあるが、当センターでは放射性炭素 (^{14}C) が用いられている。 ^{14}C (半減期: 5730年) は、天然のさまざまな物質を構成している炭素にごく微量の割合 (全炭素原子数の1兆分の一程度の割合) で含まれ、理化学的研究に利用されている。

従来、 ^{14}C 濃度の測定 (年代測定) は ^{14}C が放射壊変する際に放出されるベータ線を低バックグラウンドの放射線検出器 (気体比例計数管, 液体シンチレーション計数装置) を用いて行われていたが、1977年には、原子核物理学の研究に用いられてきたタンデム加速器, 質量分析計, 重イオン検出器を組み合わせて用いて、炭素試料中に含まれている ^{14}C 原子そのものを直接検出し計数する方法が開発された (中井, 1979; 中村・中井, 1988)。この新しい方法は加速器質量分析法 (Accelerator Mass Spectrometry; AMS) と呼ばれる。放射性同位体自身を直接検出し計数する加速器質量分析法は高感度の分析法であり、放射線検出方法に比較して、(1)試料炭素の量が1/1000以下の1 mg程度ですむ、(2)より古い年代が測定可能である、(3)短い測定時間で同程度の測定精度を達成できるなどの特徴を持つ。このようなことから、開発され

た当初から大変に注目された分析法である。

この新たに開発された加速器質量分析法に基づいて、天然にごくわずかに存在する ^{14}C 測定を目的としたタンデトロン加速器質量分析計（米国，General Ionex 社製造）が名古屋大学に1982年3月に導入され（中井・中村，1983；Nakamura *et al.*, 1985）， ^{14}C をトレーサーとした環境 ^{14}C 濃度分布に関する研究およびさまざまな環境試料の ^{14}C 年代測定の研究に利用されてきた（名古屋大学年代測定資料研究センター，1991～1995）。タンデトロン分析計による ^{14}C 測定の結果を利用した幅広い学際的研究を図1に示す。

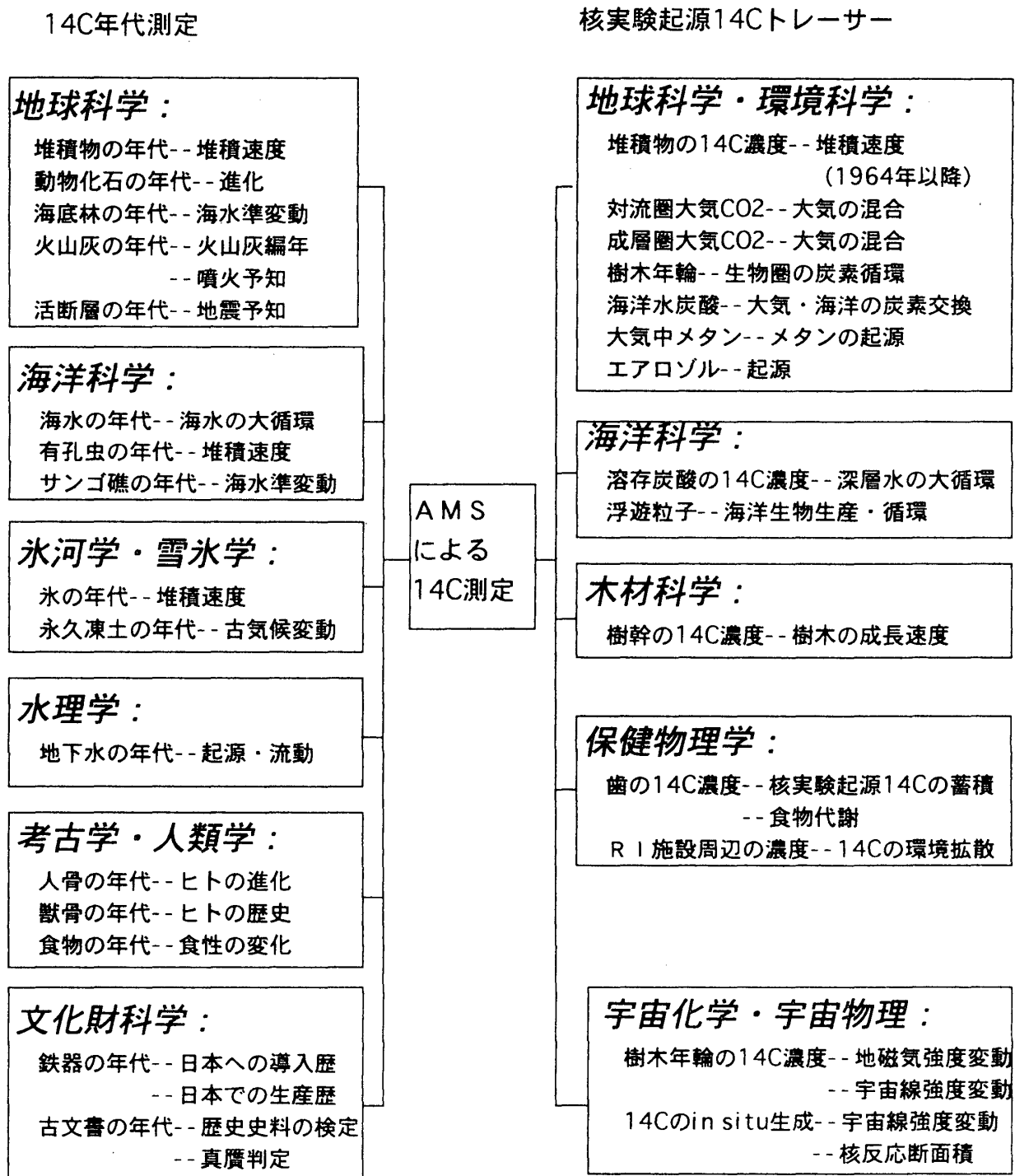
この間にも，加速器質量分析法の開発・利用の研究に携わる全世界の研究施設では，オリンピックの標語と同様に，より少量の試料で（中井，1994；Nakamura *et al.*, 1995），より正確にかつ高精度に（中村，1995），より短時間で，測定することを目標として分析装置やさらに試料処理の方法が改良されてきた。また，その測定結果は多くの研究分野で活用されている。

加速器質量分析法の研究分野でこれまでに達成された主たる改良点としては，分析装置では，(1)数十個の多試料が同時に装填できる高出力イオン源（Cイオン電流出力の最大値で，従来の $15\ \mu\text{A}$ から $150\ \mu\text{A}$ への強化）の開発，(2)分析装置の安定化，(3)コンピューターによる分析計の自動制御化があげられる。(3)については，今日のパーソナルコンピューターやそれを応用した通信技術のめざましい発展に負うところが大きい。また，試料調製方法としては，鉄（あるいはチタン）粉末を触媒として，試料から調製した二酸化炭素を水素で還元してグラファイトを作成する技術の開発が挙げられる（Kitagawa *et al.*, 1993）。この方法は，今日 ^{14}C 測定を行っている多くの研究施設で用いられている。この方法の開発により $10\sim 100\ \mu\text{g}$ 程度の超微量の炭素を用いた ^{14}C 測定が可能となってきている。

名古屋大学では，1982年に導入されたタンデトロン分析計を最大限に利用して年間約800個の試料の測定をこなし，図1に示されるように多岐にわたる学際分野の研究に貢献してきた。さらに， ^{14}C 年代測定を利用する多くの研究をより強力に推進するために，1996年3月末に新たな加速器質量分析専用装置（加速器年代測定システム）を導入することになった。本装置は，既存のタンデトロン加速器質量分析計の改造版であるが，その性能は14年の間に著しく向上し，第二世代の分析装置というべきものである。実際，上述の(1)，(2)，(3)の改良点が入り入れられており，第一世代の分析装置に比べて測定精度，正確度，安定性，測定効率が格段に向上している。

本報告では，1995年度におけるタンデトロン加速器質量分析計（第一世代機）の共同利用研究・教育利用の実状について，およびこの度導入される加速器年代測定システム（タンデトロン加速器質量分析計の第二世代機）の予定される諸性能，さらにこれを受け入れるための諸施設の準備状況について述べる。

図1. AMSによる¹⁴C測定の学際利用



2. タンデトロン加速器質量分析計の学内共同研究・教育利用

1995年におけるタンデトロン加速器質量分析計の学内共同利用の利用申請者とその研究課題名を表1に示す。学外者の試料を含めて、学内共同利用としてさまざまな研究に利用されていることがわかる。

^{14}C 濃度測定 (NUTE-)、 ^{14}C 年代測定 (NUTA-) および分析計の調整のためのテスト測定と ^{14}C バックグラウンド測定を含めた測定総数の積算を図2に、年毎の測定数の変動を図3に示す。1995年後半は、センター教官の一人である中村が海外出張していたため、共同利用の形態が縮小されていたが、それにも係わらず共同利用研究が活発に行われたことがわかる。

表1. 学内共同利用研究の申請者と研究課題名 (1995年度)

大気水圏科学研究所

松本英二	浜名湖における物質移動
松本英二	中国洛川黄土堆積物中のカタツムリ殻の安定同位体比研究
松本英二	東シナ海縁辺部における堆積過程
吉田尚弘	シベリアの ^{14}C の同位体組成
中塚 武	海洋深層水中の粒状有機炭素の起源と輸送
中塚 武	北西太平洋における沈降粒子有機物の組成の解析
半田暢彦	西七島海領域の海底堆積物のAMS ^{14}C 年代
半田暢彦	相模湾海底堆積物の ^{14}C 年代
増澤敏行	相模湾深海シロウリガイ群集の地球化学的研究
増澤敏行	中国四川省QING HAI湖の堆積過程

太陽地球環境研究所

松永捷司	北極域永久凍土層からのメタンフラックスの研究
------	------------------------

農学部

奥山 剛	木曾ヒノキの ^{14}C 濃度測定
------	-----------------------------

工学部

飯田孝夫	大気中メタンの動態に関する研究 (学外共同研究者：北海道大学 福田正巳) (学外共同研究者：国立農業環境研究所 鶴田治雄)
平澤政広	中世・古代鉄器の年代測定 (学外共同研究者：東北大学名誉教授 井垣謙三)
鄭 台洙	獣骨の年代測定
鄭 台洙	貝の年代測定

理学部

熊谷博之 津波堆積物から探る過去の東海沖地震
延原尊美 カワムラハデミナシ（イモガイ科）は現生種か絶滅種かの検討
（学外共同研究者：東京慈恵医科大学 吉葉繁雄）

文学部

海津正倫 沖積層の堆積過程に関する研究
海津正倫 沖積低地の環境変化
海津正倫 沖積低地における古環境の復元
渡邊 誠 食文化史の実証的研究
（学外共同研究者：東北大学 須藤 隆）
宮地 昭 キジル壁画の製作年代

アイソトープ総合センター

西澤邦秀 日本産米の ^{14}C 濃度分析

年代測定資料研究センター

森 忍 岐阜県瑞浪市に分布する窯戸層中の琥珀の ^{14}C 年代について
（学外共同研究者：瑞浪市化石博物館 柄沢 宏明）
中村俊夫 大気中二酸化炭素の ^{14}C 濃度測定
中村俊夫 火山噴火史の研究
中村俊夫 バイカル湖底堆積物の ^{14}C 年代測定
中村俊夫 文化財試料の ^{14}C 年代測定
中村俊夫 ^{14}C 年代測定による火山噴火史の確立
池田晃子 米国・サンフランシスコ湾周辺の活断層の挙動

3. "加速器年代測定システム" の設置準備

3. 1. 加速器質量分析法の発展の歴史

加速器質量分析法の発展の流れの概略を図4に示す。1977年に、サイクロトロン加速器の分解能の高い質量弁別効果を利用して、 ^{10}Be や ^{14}C の測定が計画された（Muller, 1977）。また同年に、カナダのマクマスター大学および米国のロチェスター大学のタンデム加速器を用いた加速器質量分析法により初めて ^{14}C 測定（Nelson *et al.*, 1977; Bennett *et al.*, 1977）が行われた。その後約17年間にわたって、原子核物理学の実験などに用いられていた既存の汎用タンデム加速器（加速電圧5～12 MV）を改造して加速器質量分析に利用することで、既に全世界で30を越える施設で加速器質量分析が利用可能となっている。こうした既存のタンデム加速器の改造とは別に、小型タンデム加速器（加速電圧2～3MV）を用いた加速器質量分析専用のシステム（タンデトロン加速器質量分析計）が米国General Ionex社によっていち早く開発され、1981～1983年にかけて米国、日本、カナダ、イギリス、フランスに導入された（表

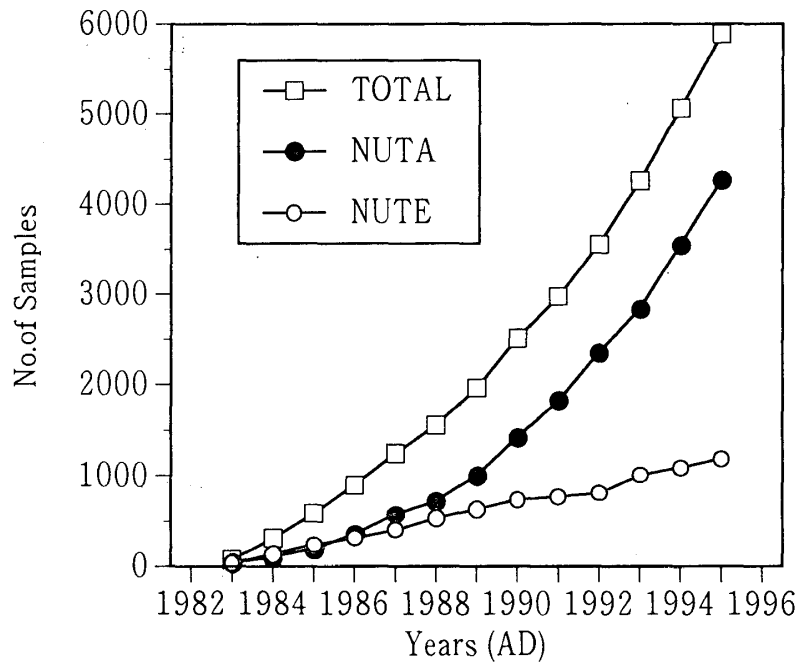


図2 名古屋大学タンデトロン加速器質量分析計による¹⁴C測定数の積算

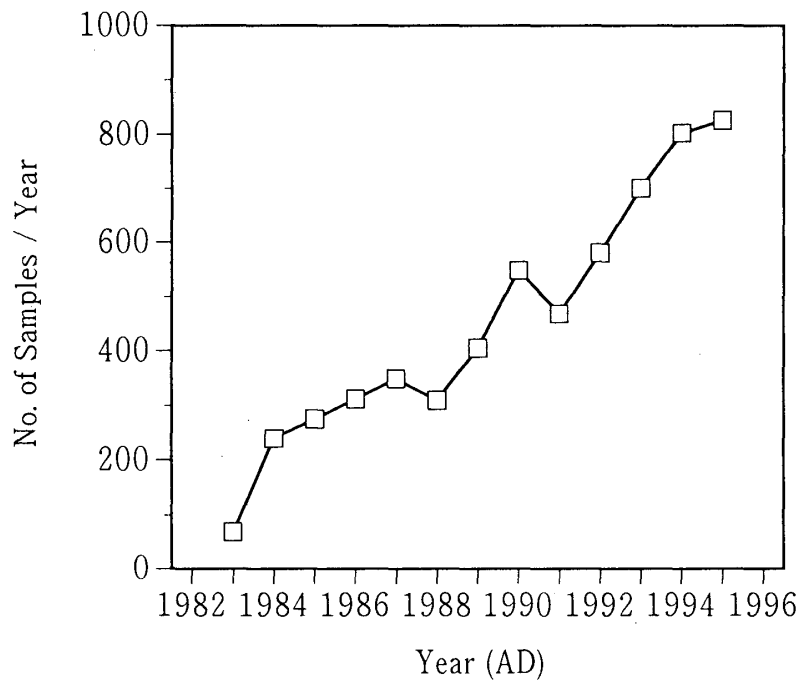


図3 名古屋大学タンデトロン加速器質量分析計による¹⁴C測定数の経年変化

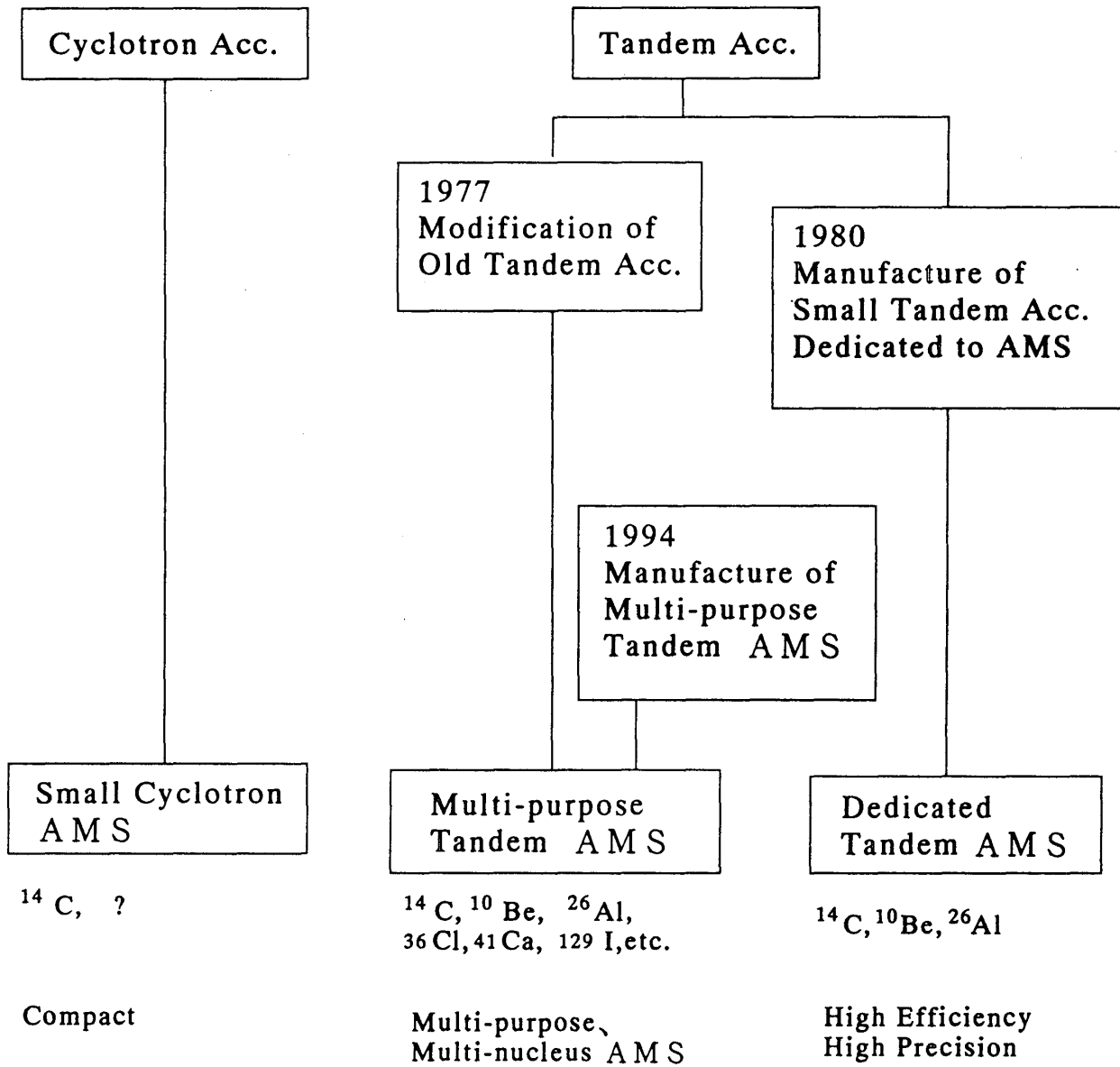


Figure 4 Development of AMS

図4 加速器質量分析法の発展の流れ

2) . 名古屋大学のタンデトロン分析計はその1台である. この加速器質量分析の専用機はきわめて安定した性能を持ち, これらの数台で全世界の加速器質量分析による ^{14}C 測定データの過半数を生み出していると言って過言ではない. さらに, 1991年以降は, 形状こそ従来のタンデトロン分析計と同程度の大きさであるが, 最新のコンピューター, 電気・機械制御の技術を取り入れた高性能の新型タンデトロン分析計が開発されている. この第二世代の分析計では, イオン源の出力が名古屋大学タンデトロン分析計のイオン源の出力に比較して約10倍も大きく, かつ, ^{14}C の検出効率が高いため, 現代のショ糖試料から調製したグラファイトについて, わずか20分間の測定で20万個を越える ^{14}C が計数される. 従って, 20分間の測定で年代値にして ± 20 年の統計誤差は容易に達成できよう. また, 測定操作はコンピューターによる自動制御となり, 省力化, 高生産性(年間3,000個の測定能力を持つとされる)が期待される (Mous *et al.*, 1994) .

新型機は現在, 米国Woods Hole海洋研究所 (Reden *et al.*, 1994) , オランダのGroningen大学 (Mous *et al.*, 1994) , ドイツのKiel 大学に設置されており, 1996年3月末には名古屋大学に設置されることになっている (表2) . 旧世代機にあたる現有的名古屋大学タンデトロン加速器質量分析計の学内共同利用では, 近年利用希望が一段と増加しており, その全部を処理するには, 計算上では一日に4個以上の試料を測定する必要がある, 測定の迅速化・効率化の必要に迫られていた. また重要な情報が得られる試料であるにも係わらず, 分析計の混み具合を考慮して測定を断念した試料も多いという. このような状況で第二世代の分析計が導入されることは誠に喜ばしい限りである. 関係者のご努力に感謝したい.

また, 多目的利用のタンデム加速器においても, 1991~1993年にかけて東京大学に設置されたタンデム加速器では, 加速器質量分析を主たる目的として設計・製作されており, ^{10}Be , ^{14}C , ^{26}Al 以外にも, ^{36}Cl , ^{41}Ca , ^{129}I などさまざまな放射性同位体の測定が計画されている. これは, 図4に示した多目的タンデム加速器質量分析計の流れに他ならない. 東京大学は, 1982年ごろタンデム・バンデグラーフ加速器を改良した加速器質量分析計が開発され, ^{10}Be , ^{14}C , ^{26}Al の測定が1991年までルーティンに行われていた. その後1991~1993年にかけて, 加速電圧5MVの新型タンデム加速器に更新された (Kobayashi *et al.*, 1994) . この装置は多目的利用の加速器ではあるが, 加速器質量分析を主たる目的として設計・製作されたものであり, 近々稼働を開始する予定である. 日本国内のその他の研究機関による加速器質量分析の研究の進展状況としては, 東京大学と同型の加速器質量分析計が国立環境研究所に1995年の秋に設置され, 1996年早々からビーム加速テストが開始されている. また日本原子力研究所では, 名古屋大学と同機種 of タンデトロン加速器質量分析計の設置を1997年に予定している. このほか, 筑波大学 (Nagashima *et al.*, 1994) , 京都大学, 九州大学でも既

表2 世界におけるタンデトロン加速器質量分析計の設置状況
 Table 2 Tandetron AMS system in the world
 (an accelerator system dedicated to AMS)

1st Generation

No.	Installation	Organization	Nuclides measured	Manufactured by
1st	1980	Univ of Arizona, USA	^{14}C	G.I.C.
2nd	1981-82	Nagoya Univ., JAPAN	^{14}C	G.I.C.
3rd	1982	Oxford Univ., ENGLAND	^{14}C	G.I.C.
4th	1982	Univ. of Toronto, CANADA	$^{14}\text{C}, (^{26}\text{Al}), ^{129}\text{I}$	G.I.C.
5th	1983	Gif-Sur-Yvette, FRANCE	$^{10}\text{Be}, ^{14}\text{C}, ^{26}\text{Al}$	G.I.C.

2nd Generation

No.	Installation	Organization	Nuclides Measured	Manufactured by
1st	1991	Woods Hole Insti., USA	$^{14}\text{C}, (^{10}\text{Be}, ^{26}\text{Al})$	US-AMS
2nd	1993	Univ. of Groningen, Holland	^{14}C	HVEE
3rd	1995	Univ. of Kiel, Germany	^{14}C	HVEE
4th	1996	Nagoya Univ, JAPAN	^{14}C	HVEE
5th	1997	JAERI, JAPAN	^{14}C	HVEE
	?	Seoul Univ., Korea	$^{14}\text{C}, ?$	HVEE

存のタンデム加速器を用いた加速器質量分析の研究が推進されており、日本における加速器質量分析の利用は今後一層進展するものと期待される。

3. 2. 名古屋大学”加速器年代測定システム”の概要

今回名古屋大学に新たに導入される加速器年代測定システムは、High Voltage Engineering Europa B. V. (Amsterdamsseweg 63, 3812 RR, Amersfoort, the Netherlands) 製のCarbon Dating System (Model 4130-AMS) である。本システムを用いて、 ^{14}C 年代測定において、年代値が数千年の比較的若い試料についてルーティンの測定で、測定の精度および正確度（測定の再現性）を $\pm 0.3\%$ 以下、年代値のそれで ± 20 年以下の達成をめざす。さらに、6~7万年前までの古い試料の正確な年代測定の達成をめざす。文化財科学関連の資・試料で、歴史的に推定される暦年代と ^{14}C 年代との比較を厳密に行う必要のあるものについて確度の高い判定や推察を行うために威力を発揮するものと期待されている。

本システムは、主要部として、(1)イオンビーム入射装置、(2)重イオンビーム加速装置、(3)イオンビーム分析装置、(4)年代測定自動制御装置から構成され、また付帯設備として冷却水循環装置、 SF_6 絶縁ガス回収装置、 Δ -Y変換電源トランスを有する。以下に主要部について簡単に説明する。

3. 2. 1. イオンビーム入射装置

イオンビーム入射装置のイオン源は、採取されたさまざまな種類の生試料から調製された試料ターゲットの59個が同時に装着できる高輝度セシウムスパッター負イオン源である。グラファイトターゲットから ^{12}C イオンを $150\ \mu\text{A}$ 以上のイオン電流強度で出力できるが、通常の測定では、加速器からの漏洩放射線量を押さえるため $20\sim 30\ \mu\text{A}$ の ^{12}C 電流強度が用いられている。また、直径2 mmの試料ターゲットを照射するセシウムイオンビームが、試料ターゲット表面を走査できるように（一カ所だけを長く照射すると、その点に直径0.1 mm程度の深い穴がえぐられ、イオンビーム電流出力が次第に弱くなるため）、試料台が上下、左右方向に $\pm 5\text{mm}$ の幅で移動可能であり、その移動はコンピューターで自動制御される。測定の際には、直径2 mmの円形のターゲット面上の8点を順に走査して計測が行われる。

本システムでは、炭素の安定同位体 ^{12}C 、 ^{13}C 、および放射性同位体 ^{14}C が同時に測定される。すなわち2台の電磁石を一組にして、2組を線対称に配置した"recombinator system"を用いる（図5）。まず2台の電磁石を用いて、イオン源から射出されるイオンビームを質量によって分割し、 ^{12}C 、 ^{13}C 、 ^{14}C を別々の軌道に分ける。通常 ^{12}C の存在量は ^{13}C の存在量の100倍であり、イオン源で形成された炭素イオンをそのまま加速器に導入すると、加速器の高電圧発生装置に過度の負担がかかり、また加速器からの

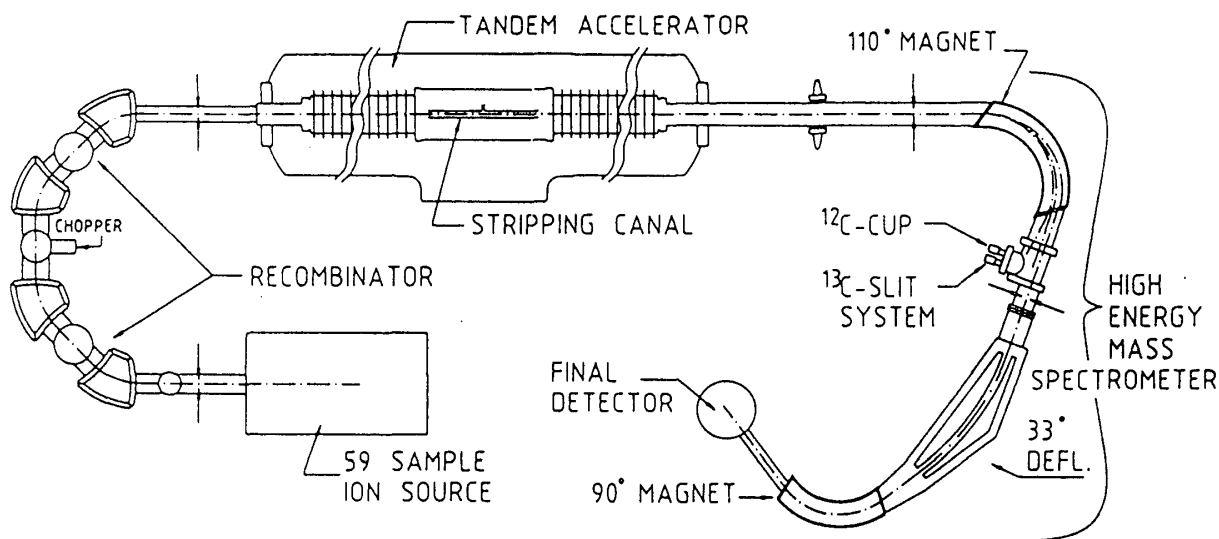


図5 グローニンゲン大学に設置されているHVEE社製の第二世代タンデトロン加速器質量分析計の構成

表3 加速器質量分析と放射能測定による¹⁴C年代測定の比較

Item	New Tandetron AMS at Nagoya Univ.*	Old Tandetron AMS at Nagoya Univ.	CO ₂ gas proportional counter at Isotope Association of Japan
Amount of C necessary	0.05~1 mg	0.2~1 mg	2.2 g
Measurable oldest age	ca. 60,000 yr BP	ca. 60,000 yr BP	35,000~40,000 yr BP
Precision	±20~±30 yr	±60~±80 yr	±80 yr
Counting time	20~40 min. (both sample and standard)	2~4 hr	16~20 hr (sample only)

*) Expected performances of the new system to be installed by March 1996.

漏洩線量も増加する。そこで、"recombinator system"を用いるシステムでは、 ^{12}C 、 ^{13}C 、 ^{14}C の軌道が分かれた所で、回転円盤スリットを用いて ^{12}C のビームのみを百分の一の強度に小さくする機構 (beam chopper) を用いる。このように複数の同位体を同時に測定することは、分析装置全体の安定性の変動による同位体比の変動を打ち消すためにきわめて有効であると考えられる。従来の一般的な方式では、イオン源の引き出し電圧を高速に切り替えることで、 ^{12}C 、 ^{13}C 、 ^{14}C の測定が同時にではなく、時間分割法により数十ミリ秒の間隔で交互に測定されている。しかし、同位体比をより正確に測定するには"recombinator system"を用いる同位体の同時測定法が優れている。

こうして測定される炭素同位体比のうち、 $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比は試料ターゲットの炭素同位体分別の効果を補正するために、また試料調製における炭素同位体分別の効果の程度を調査するために、さらに $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比は試料の ^{14}C 年代値の算出のために用いられる。

3. 2. 2. 重イオン加速装置

加速器年代測定システムを構成する加速器は、運転中に加速器から放出される漏洩X線をできるだけ低く押さえる機構となっている。すなわち、本システムの加速器に用いられている加速管は、加速管の電極面上に永久磁石を組み込んだもので、加速管内でX線の発生源となる電子や運動エネルギーの低いイオンなどを永久磁石の磁場の作用で排除して漏洩線量を低くする働きを持つ。

タンデム加速器の荷電変換は保守が不要なガス荷電変換方式であり、入射粒子の透過効率をあげるために荷電変換カナルの口径は従来の8 mmから12mmと大きくされている。さらにターボ分子真空ポンプを用いて荷電変換ガスをカナル内で循環させて加速管全体の真空度の悪化を防ぎ、加速管内での加速イオンと残留ガスとの衝突によるバックグラウンドイオンの発生の割合を低く押さえる機構となっている。

加速器の高電圧の発生は、コッククロフト・ワルトン型の交流電源を整流する方式で行われる。従来は、高電圧の高周波交流 (40 kHz) を発生させるために大型の真空管が用いられていたが、本システムではソリッドステート方式となっている。高電圧のコントロールは、発電型高電圧計を用いて高電圧を直接読み取りフィードバックする方式と共に、ビーム位置の読み取りができるファラディカップを分析電磁石の直後に設置して、 $^{13}\text{C}^{3+}$ ビームの位置の変動から高電圧の変動を検出しそれを高電圧の安定化に利用するスリットフィードバックシステムを装備している。

3. 2. 3. イオンビーム分析装置

イオンビーム分析装置には、上述の $^{13}\text{C}^{3+}$ ビーム用のファラディカップを用いたスリットフィードバックシステムが装備されており、この装置により加速器の高電圧はきわめて安定に保たれる ($\Delta V/V \sim 6 \times 10^{-4}$: Mous *et al.*, 1994)。このファラディカッ

プの前面には、ビームの形状を2次元で読みとることができるビームプロファイルモニターが設置されており、イオンビーム分析系の調整にはきわめて有効に利用される。

重イオン検出器は、シリコン表面障壁型検出器とイソブタンガス電離箱型検出器の組み合わせで、検出器へ入射するイオンの全エネルギーおよびエネルギー損失率の測定が高精度でできる。すなわち、検出器に入射するさまざまなバックグラウンドイオンから $^{14}\text{C}^{3+}$ イオンを正確に区別し計数することができる。

3. 2. 4. 年代測定自動制御装置

加速器質量分析計は、2台のコンピューターにより遠隔操作・制御される。電源装置のつまみを直接さわることは全くない。2台のコンピューターはそれぞれ、(1)装置の各部に供給される電源電圧・電流の制御、真空装置の制御、真空バルブの開閉、真空度のモニター、電源電圧・電流モニター、および(2)測定操作の制御や測定データの収集の役割を分担する。また、測定の効率化・省力化を図るために、システムは自動制御でオペレータが居なくても自動運転ができるようになっている。自動運転の際には、各種のインターロック機構が設けられており、不慮の事故が発生した場合、システムの状態を記録したのち、自動的に停止し、さらに電話回線などでオペレーターにサービス要求コールをかける機能が付加できるようになっている。

3. 2. 5. システム全体としての性能

^{14}C 年代測定の諸性能について、新設される加速器年代測定システム（第二世代のタンデトロン分析計）、既存のタンデトロン加速器質量分析計（第一世代のタンデトロン分析計）、また、放射能測定法による方法を比較して表3に示す。グローニンゲン大学に導入されている第二世代のタンデトロン分析計では、第一世代の分析計に比較してイオン源の出力が一桁大きく、かつ ^{14}C の検出効率が高いため、現代のショ糖から調製されたグラファイトターゲットについて、約20分間の測定で20万個を越える ^{14}C が計数される。従って、年代値にして ± 20 年の統計誤差は容易に達成できる。

また、コンピューターによる測定操作の自動化が安心して行えるようになれば、年間3000個程度の試料の ^{14}C 測定が可能とされている。

3. 3. 加速器年代測定システムの設置場所

今回導入される加速器年代測定システムおよび新たに準備される試料調製室の計画図面を図6に示す。本システムは名古屋大学古川総合研究資料館の一階に設置される。理学部地球惑星科学科および文学部考古学教室の関係者のご理解により資料室スペースの再配分を考えて頂き、地球科学資料室のスペースを提供して頂いた。

年間3000個の試料を測定できるとされる新型の加速器年代測定システムを最大限

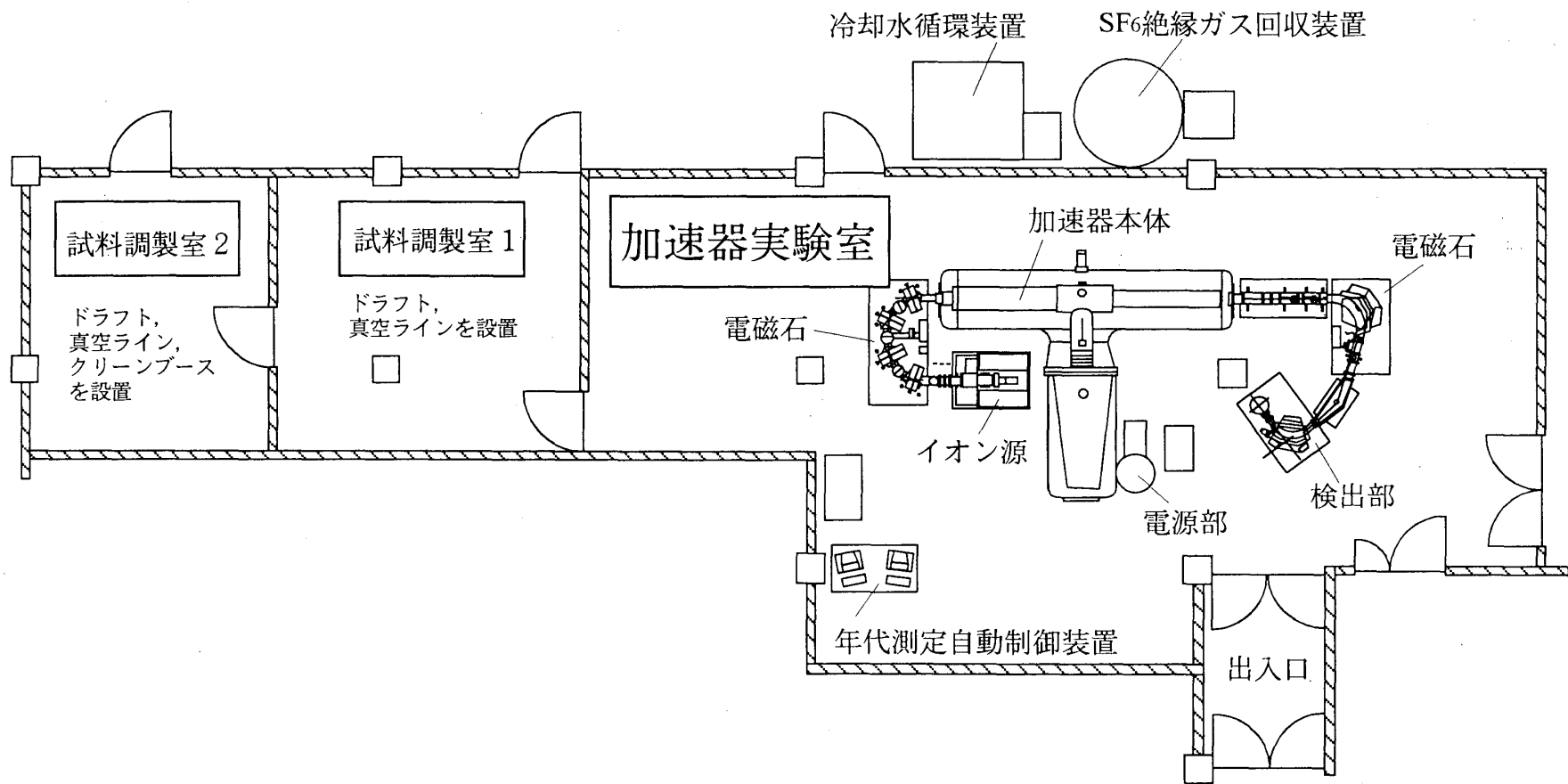


図6 名古屋大学における加速器年代測定システムの設置施設および試料調製実験室の配置計画図面

有効に利用しようとする、このような試料処理のスペースと加速器年代測定システムの保守作業のためのスペースが必要不可欠である。

4. おわりに

本稿で紹介したように、当センターで導入予定の加速器年代測定システムが年間3000個の試料の¹⁴C測定的能力を持つとはいっても、それだけの個数の試料調製の実施は容易なことではない。採取された生試料の処理には最低でも一週間を要する。この処理を慎重に行っておかないと測定結果として得られる¹⁴C濃度あるいは¹⁴C年代値が意味するものが不明確になる。当センターにおける現状の試料調製施設およびマンパワーでは、処理可能な試料数はせいぜい年間1000個程度であろう。学内の利用機関で年間1000個程度の試料調製が行われるとしても、残り1000個分は、学外に門戸を開くことが考えられる。すなわち、フィールドで採取された生試料ではなく、試料調製が終わったグラファイトターゲットに限って、ある条件のもとに、他の機関からの測定依頼を受け入れることが検討されることになろう。

昨今ではますます、学内ばかりではなく学外からも¹⁴C測定利用の希望が数多く寄せられている。上述の”皮算用”を実現するためにも、加速器年代測定システムの定常的な稼働に向けて努力したいと考えている。

謝辞

加速器年代測定システムの導入に際し、名古屋大学本部事務局、理学部事務局には多大の骨折りを頂いた。また、設置場所に関しては、理学部地球惑星科学科および文学部考古学教室のご理解により資料室スペースの再配分を考えて頂き、地球科学資料室のスペースを提供して頂いた。ここに関係各位に対して深く感謝の意を表するものである。

参考文献

Bennett, C.L., Beukens, R.P., Clover, M.R., Gove, H.E., Libbert, R.B., Litherland, A.E., Purser, K.H. and Sondheim, W.E.: Radiocarbon dating using electrostatic accelerators: negative ions provide the key. *Science*, 198, 508-510 (1977)

Kitagawa, H., Masuzawa, T., Nakamura, T. and Matsumoto, E.: A batch preparation method of graphite targets with low background for AMS ¹⁴C measurements. *Radiocarbon*, 35, 295-300 (1993)

Kobayashi, K., Hatori, S. and Nakano, C.: AMS system at the University of Tokyo.

Nucl. Instrum. and Methods, B92, 31-34 (1994)

Mous, D.J.W., Gott dang, A. and van der Plicht, J.: Status of the first HVEE ^{14}C AMS in Groningen. *Nucl. Instrum. and Methods*, B92, 12-15 (1994)

Muller, R.A.: Radioisotope dating with a cyclotron. *Science*, 196, 489-494 (1977)

Nagashima, Y., Shioya, H., Tajima, Y., Takahashi, T., Kaikura, T., Yoshizawa, N., Aoki, T. and Furuno, K.: An accelerator mass spectrometry system with the 12 UD Pelletron at the University of Tsukuba. *Nucl. Instrum. and Methods*, B92, 55-57 (1994)

名古屋大学年代測定資料研究センター：名古屋大学加速器質量分析計業績報告書, II ~VI (1991~1995)

中井信之：加速器による放射性同位体分析法の最近の進歩. *Radioisotopes*, 28, 780-788 (1979)

中井信之：放射性炭素 (^{14}C) 年代測定法. 日本第四紀学会編「第四紀試料分析法(1) 試料調査法」, 56-58 (1993)

中井信之・中村俊夫：加速器質量分析による放射性同位体の定量と年代測定. *Radioisotopes*, 32, 645-655 (1983)

中村俊夫：加速器質量分析 (AMS) 法による ^{14}C 年代測定の高精度化および正確度向上の検討. 第四紀研究, 34, 173-185 (1995).

中村俊夫・中井信之：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置いて—. 地質学論集, 29, 83-106 (1988)

Nakamura, T., Hirasawa, M., and Igaki, K.: AMS radiocarbon dating of ancient oriental iron artifacts at Nagoya University. *Radiocarbon*, 37(3), (1995).

Nakamura, T., Nakai, N., Sakase, T., Kimura, M., Ohishi, S., Taniguchi, M. and Yoshioka, S.: Direct detection of radiocarbon using accelerator techniques and its application to age measurements. *Jpn. J. Appl. Phys.*, 24, 1716-1723 (1985)

Nelson, D.E., Korteling, R.G. and Stott, W.R.: Carbon-14: direct detection at natural concentrations. *Science*, 198, 507-508 (1977).

Reden, K.F., Schneider, R.J., Cohen, G.J. and Jones, C.G.: Performance characteristics of the 3MV tandemron AMS system at the National Ocean Sciences AMS facility. *Nucl. Instrum. and Methods*, B92, 7-11 (1994)

**Status Report of ^{14}C Measurements with a Tandetron AMS
at Nagoya University in the Year of 1995 and Preparation for
Installation of a Second AMS System**

Toshio NAKAMURA¹⁾, Akiko IKEDA¹⁾, Tomoko OHTA¹⁾
and Ken SHIBATA^{2,3)}

- 1) Dating and Materials Research Center, Nagoya University.
Chikusa, Nagoya 464-01 JAPAN
Tel:+81-52-789-2578, Fax:+81-52-789-3095
- 2) Earth and Planetary Sciences, School of Science, Nagoya Univ.
Chikusa, Nagoya 464-01 JAPAN
Tel:+81-52-789-2530

A Tandetron accelerator mass spectrometer (AMS), an apparatus dedicated to radiocarbon (^{14}C) measurements, manufactured by General Ionex Corporation, USA, has been used since 1983 to measure ^{14}C concentrations of environmental samples as well as ^{14}C dates of geological and archeological materials at the Dating and Materials Research Center (DMRC), Nagoya University. No serious problem occurred with the machine except for one staff (T.N.) being absent to research in Germany from Aug. 25, 1995 till Feb. 24, 1996. 500 samples were measured in 1995, and totally 5886 samples in various fields have been measured since the installation of the machine.

Though the Tandetron AMS has been used intensively, the number of samples analyzed annually is rather limited to several hundred that is far smaller than the number of samples supplied to the DMRC by many users from various research fields, mainly owing to lower negative current intensity from an ion source (HICONEX-844, modified for mounting 18 targets at a time), as well as a rather low throughput of the total system. We are fortunately successful to introduce a new-generation Tandetron that is manufactured by High Voltage Engineering Europe (HVEE) B.V., the Netherlands. Three sets of similar HVEE AMS system have been installed successfully at Woods Hole Oceanographic Institute, USA, at Univ. of Groningen, Holland, and at Univ. of Kiel, Germany. They have already shown excellent performances in carbon-isotope-ratio measurements: reproducibility of $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ ratio as +/- 0.1%; error and reproducibility of $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ ratio as +/- 0.15-0.22% and +/- 0.3%, respectively.

We are planning to perform high accuracy and high precision ^{14}C dating of mainly cultural property materials, archeological and geological samples, by using the new-generation machine.