

名古屋大学タンデトロン加速器質量分析計 1号機および 2号機の現状 (1997年度)

中村俊夫	名古屋大学年代測定資料研究センター ¹⁾
小田寛貴	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⁾
南 雅代	名古屋大学年代測定資料研究センター ¹⁾
足立 守	名古屋大学年代測定資料研究センター長 ¹⁾ (名古屋大学理学研究科地球惑星科学専攻) ²⁾

1, 2) 〒464-8602 名古屋市千種区不老町

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

2) Tel:052-789-2530, Fax:052-789-

キーワード：加速器質量分析，タンデトロン，加速器年代測定システム，放射性炭素，¹⁴C年代測定

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1982年3月に導入されて、はや16年が経過した。この間、¹⁴Cをトレーサーとした環境¹⁴C濃度分布に関する研究及びさまざまな環境試料の¹⁴C年代測定に基づく研究が行われ、1997年末までの測定数は7,371個である。タンデトロン分析計は、学内共同利用機器として研究・教育に利用され、また、国内やロシア、マレーシア、ブラジル、カナダ、スーダンを始めとする諸外国の研究者の共同研究の場としても盛んに利用されている。現在までの共同利用研究として、¹⁴C年代測定では、地質学、堆積学、古環境学、海洋学、地震学、活断層科学、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¹⁴C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、食物科学などきわめて幅広い分野で利用されている（図1）。これらの研究成果は、名古屋大学加速器質量分析計業績報告書Ⅰ(1989)、Ⅱ(1991)、Ⅲ(1992)、Ⅳ(1993)、Ⅴ(1994)、Ⅵ(1995)、Ⅶ(1996)、Ⅷ(1997)で報告されている。さらに、1997年3月に搬入されたタンデトロン加速器質量分析計2号機は目下調整中であり、稼働を開始するのは1998年の夏以降を予定している。

本報では、名古屋大学タンデトロン加速器年代測定施設のこれまでの利用の概要と施設の現状について報告する。

¹⁴C年代測定

核実験起源¹⁴Cトレーサー

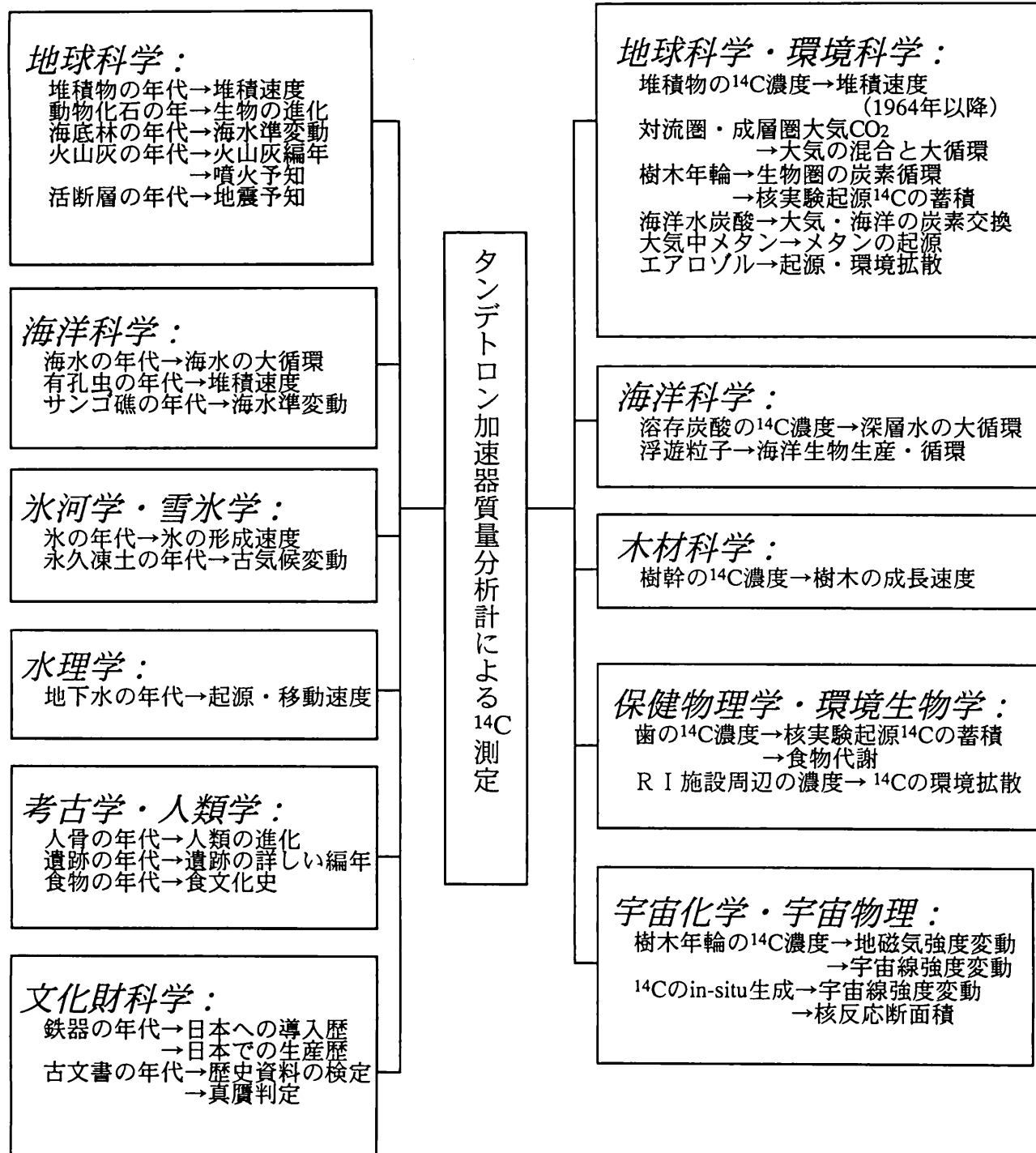


図1. タンデトロン加速器質量分析計による¹⁴C測定の学際利用

2. 名古屋大学タンデトロン加速器質量分析計の運転・利用の状況

2. 1 専従教職員・学生

平成10年3月においてタンデトロン加速器実験室に所属する教職員・研究員及び学生を示す。カッコ内は所属、専門分野、主たる研究分野などを示す。

常勤職員	中村 俊夫	助教授	(地球化学・地質年代学)
	小田 寛貴	助手	(放射化学・古文化財科学)
	池田 晃子	技官	(土壌学・同位体地球化学)
非常勤職員	南 雅代	非常勤研究員	(地球化学) (’98年4月より日本学術振興会特別研究員)
	吉岡 茂雄	研究支援推進員	
	太田 友子	技術パート	(6時間 x 12日/月程度)
	岩田 直子	事務パート	(6時間 x 12日/月程度)
特別研究員	奥野 充	日本学術振興会特別研究員	(自然地理学) (’98年4月より福岡大学理学部助手)
大学院生	青木 浩	リサーチアシスタント	(大学院理学研究科M2：地質学・同位体地球化学)
	伊藤 誠介	M2	(大学院人間情報学研究科：核物理学・環境放射能)
	山野 哲也	M1	(大学院人間情報学研究科：原子核物理学)
	小野 俊直	M1	(大学院工学研究科：化学工学)

2. 2 共同利用体制

タンデトロン分析計は、本来学内共同機器として学内の研究者に利用されている。その利用形態としては、当センターで定期的開催される試料調製・測定操作の講習会で利用者が操作方法を実習し、自身の試料を自身で測定する場合が大半である。少数例ではあるが、試料を当センター職員に預けて測定を依頼する場合がある。

また、学外の利用希望者についても、学内の教官と共同研究を行う形で受け入れられている。測定を依頼される場合が多いが、当センターに出向いて試料調製を実施する(測定操作は職員が実施)場合もある。

1997年度におけるタンデトロン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。

表1. 学内共同利用研究の申請者と研究課題名 (1997年度)

大気水圏科学研究所

松本英二	東シナ海における堆積過程と古環境変化
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
吉岡崇仁	大岩山高層湿原(韓国)の環境変遷史に関する研究

工学部

飯田孝夫 大気中メタンの動態に関する研究
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)

理学部

熊谷博之 津波堆積物から探る過去の東海沖地震
小澤智生 東シナ海の古環境の研究
小澤智生 アカシカの更新世における移動の考察
小澤智生 マンモス動物群の年代と古環境の研究

文学部

海津正倫 沖積層の堆積過程と泥炭地の形成
海津正倫 沖積低地の地形発達過程の解明
渡邊 誠 日韓先史・原史時代における年代比較
(学外共同研究者：韓国円光大学・李 永徳)
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)
中川原育子 アフガニスタンの仏像の制作年代について
中川原育子 ^{14}C 年代測定法によるキジル石窟壁画の年代に関する研究
山本直人 縄文土器形式の ^{14}C 年代測定
山本直人 弥生土器のAMS ^{14}C 年代測定

太陽地球環境研究所

増田公明 年輪年代較正のための大気圏核爆発実験の影響の測定

アイソトープ総合センター

西澤邦秀 中国人歯コラーゲン中 ^{14}C 濃度の経年変動
(学外共同研究者：上海医科大学・劉 偉琪)

年代測定資料研究センター

足立 守 元寇の礎に用いられている植物材料の年代測定
森 忍 岐阜県高富町に分布する第四紀層の年代測定
(学外共同研究者：愛知教育大学・森山昭雄)
中村俊夫 大気中メタンおよび二酸化炭素の ^{14}C 濃度測定
中村俊夫 バイカル湖底堆積物の ^{14}C 年代測定
中村俊夫 愛媛県の宇和海で採取されたナウマン象の ^{14}C 年代測定
中村俊夫 現世陸産貝類の生息環境と ^{14}C 濃度に関する研究
(学外共同研究者：静岡大学理学部・和田秀樹)

中村俊夫	南極の淡水湖での現世藻類が示す ¹⁴ C年代に関する研究 (学外共同研究者：静岡大学理学部・和田秀樹)
中村俊夫	大気中メタンの動態に関する研究 (学外共同研究者：国立環境研究所・森泉 純)
中村俊夫	シベリア・永久凍土層の ¹⁴ C年代測定 (学外共同研究者：北海道大低温研・福田正己)
中村俊夫	海洋底堆積物の極微量炭酸塩有孔虫殻の ¹⁴ C年代測定 (学外共同研究者：北海道大地球環境研究科・村山雅史)
中村俊夫	ギリシア・サントリーニ島火山起源の津波堆積物の ¹⁴ C年代測定 (学外共同研究者：東北大学理学研究科・箕浦幸治)
小田寛貴	バイカル湖水中の溶存炭酸の ¹⁴ C年代測定
小田寛貴	文化財試料の ¹⁴ C年代測定
池田晃子	米国・サンフランシスコ湾周辺の活断層の挙動 (学外共同研究者：広島大学文学部地理学教室・中田 高)
池田晃子	コラーゲン試料の調製法について
南 雅代	化石骨のアミノ酸抽出と ¹⁴ C年代測定
奥野 充	火山噴火史の研究
奥野 充	土壌有機物の ¹⁴ C年代測定による火山噴火史の研究

また、学外研究者によるタンデトロン分析計の利用も拡大している。学外研究者が名古屋大学に出向いて試料調製を行う場合（表2）と、試料調製を自身の所属研究室にて行う場合（表3）がある。当センターでは、実験室のスペースが限られており、これでは、当センターに所属する研究者・学生、および学内の利用者の利用時間でほぼ満杯の状態である。今後は、試料調製を学外研究者自身の所属研究室にて行う利用形態の普及が拡大することが望まれる。

表2 学外の利用例（その1）

1. 試料調製を名古屋大学にて行う（1997年度）

期 間	所 属	作 業 内 容
'97/05	動力炉・核燃料開発事業団東濃地科学センター	地下水の試料調製
'97/05	(財)日本海洋科学振興財団	試料処理一般の実習
'97/07	韓国梨花女子大学・地球	炭酸カルシウムの試料調製
'97/07	ソウル国立大学・海洋学科	海水の試料調製
'97/11	東北大学・理学研究科	湖底堆積物、有孔虫の試料調製
'97/11	東北大学・理学研究科	メタンの調製
'97/12	国立歴史民俗博物館	樹木年輪の試料調製

表3 学外の利用例（その2）

2. 試料調製をそれぞれの研究施設にて行う（1997年度）

期 間	所 属	試料の種類
'97年度	北海道大学 ・大学院地球環境科学 ・低温科学研究所 ・理学研究科 国際日本文化研究センター	有孔虫，海底堆積物 など 湖底堆積物中の植物片

2. 3 名古屋大学タンデトロン加速器質量分析質量分析計の諸性能

現在における，タンデトロン分析計の諸性能は以下のとおりである。炭素をグラファイト化 (Kitagawa *et al.*, 1993) したターゲットを用いるようになって、グラファイト化を行うためのCO₂の量として0.2~1 mgで¹⁴C測定が可能となった。測定可能な古い年代の限界は4~5万年前である。測定誤差は、グラファイトターゲットを用いると、数千年前の比較的若い試料については、±0.8~±1.0% (¹⁴C年代値の誤差で±60~±80年) が2~3時間の測定で達しうる。測定時間を10時間程度に延ばせば、±0.5% (±40年) 程度まで小さくできるが、実質的にはこれが限界であろう (中村, 1995)。

2. 4 タンデトロン分析計1号機を用いた測定数・測定時間

¹⁴C濃度測定，¹⁴C年代測定及び分析計の調整のためのテスト測定と¹⁴Cバックグラウンド測定を含めた測定試料総数の積算と，毎年の測定数の変動を図2に示す。また図3には，1997年の1カ月ごとの測定数と積算を示す。1997年も例年並に770個の測定を実施した。月ごとの変動をみると，4月から7月にかけてほとんど測定ができていない。これは，この間，高電圧発生用の3相交流トランス（米国製で特殊仕様）が接触不良による加熱で断線したためである。理学部装置開発室の協力で何とか修理する事ができた。

図4には，各年度に分析計が使用された積算日数および積算時間を示す。1995年度は，前の年度に比較して，使用日数が70日，使用時間が1400時間減少したが，この間の測定試料数にはほとんど変化はない。これは，グラファイト化したターゲットの利用がルーティンに用いられて1試料あたりの測定時間が短縮されたためである。また，分析計の測定準備の立ち上げ時間に平均3時間を要する。この時間を無駄にしないように，効率よく試料の測定を進めたことが使用時間の短縮に寄与したと考えられる。以上のように，タンデトロン分析計を用いた共同利用研究は，近年益々活発に行われていることがわかる。

これまでの年代測定の実績からすると，年間あたりの測定可能な試料数を規定するのは分析計の使用時間ではなくむしろ，試料処理，測定用ターゲットの製作に要する手間，時間である。今後処理数を増やすには，試料処理の方法や人手を確保すること

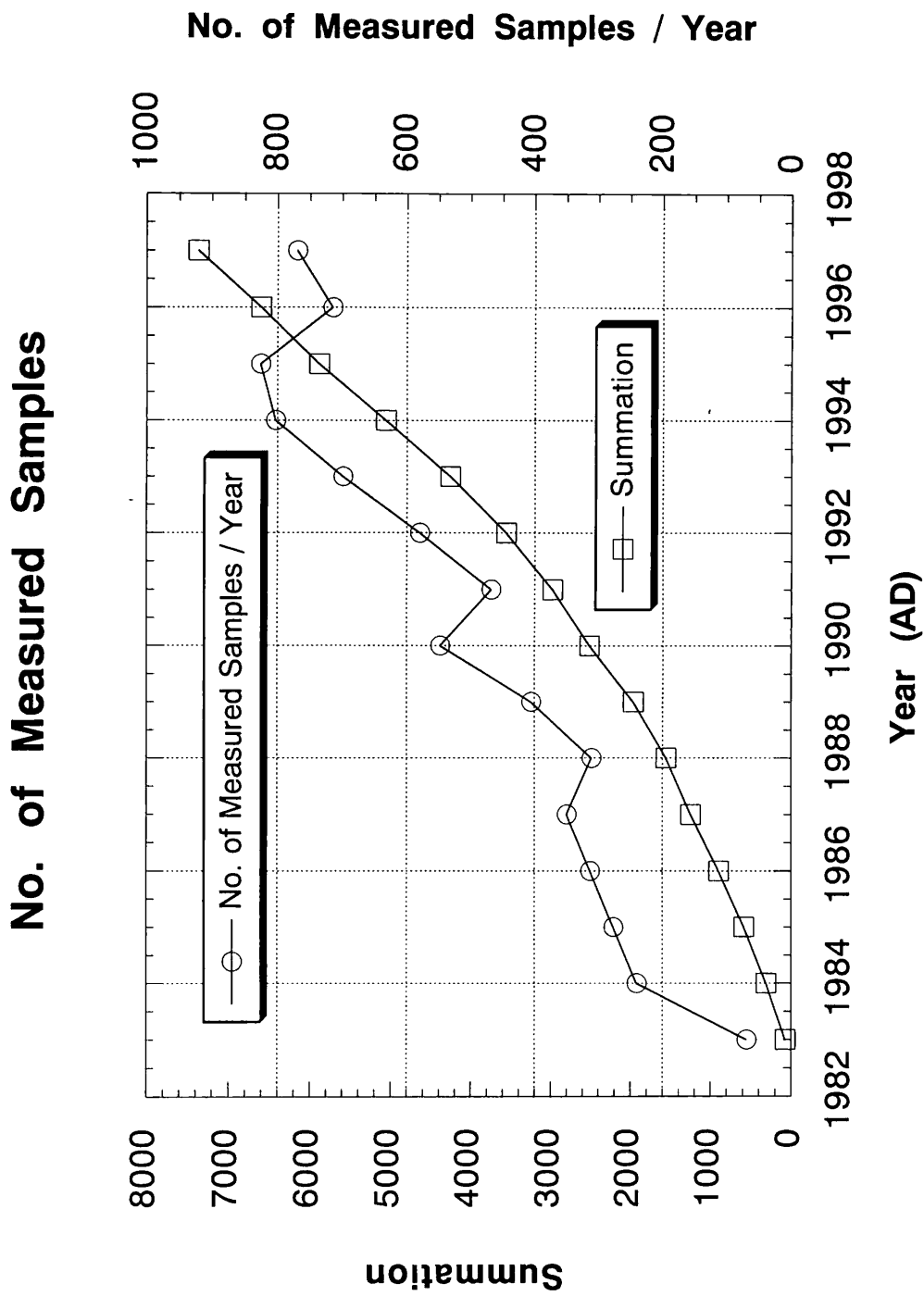


図2 タンデム分析計1号機による¹⁴C測定数の積算および経年変化

No. of samples measured in 1997

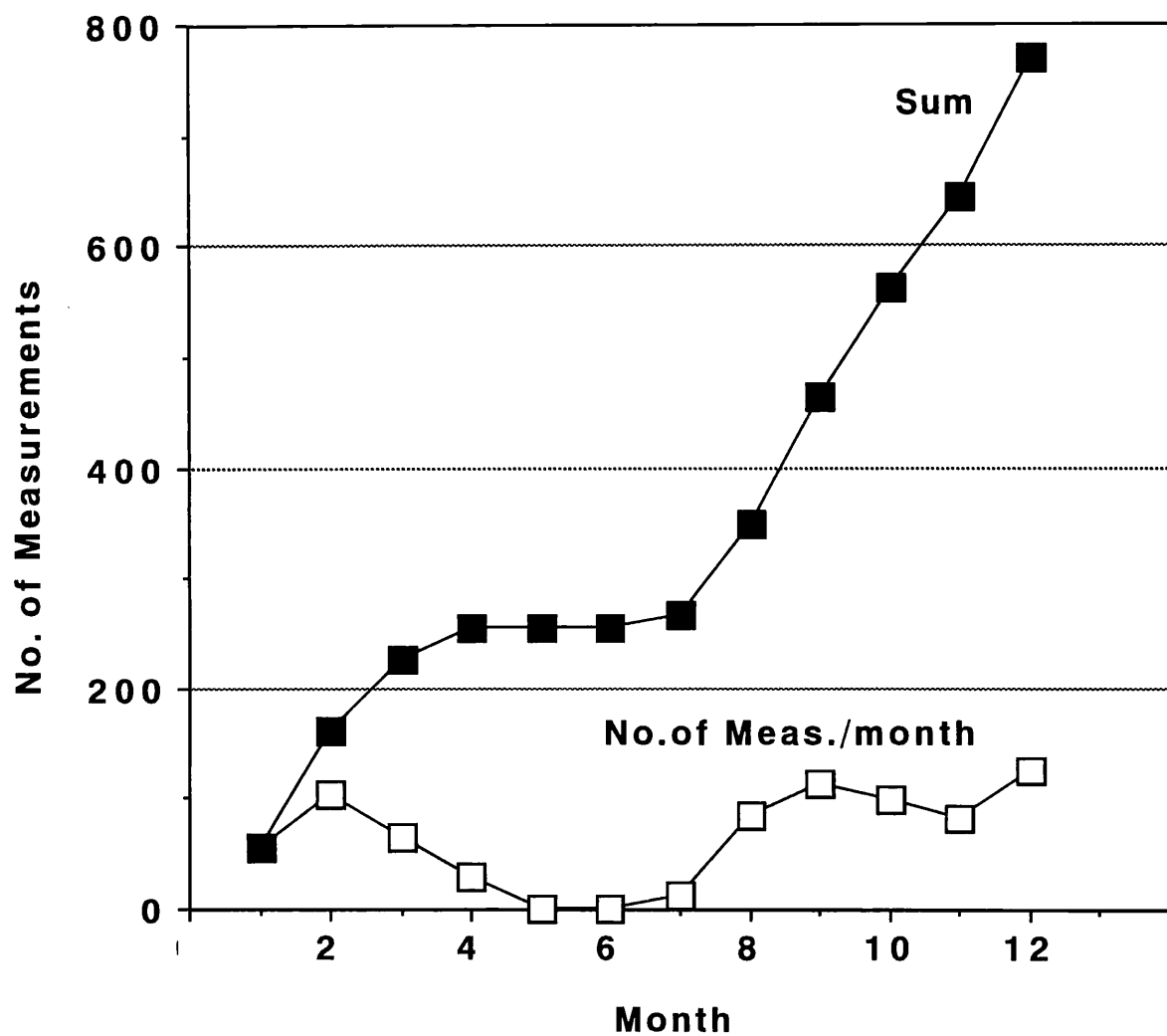


図3 タンデトロン分析計1号機による1997年における¹⁴C測定数の月変化

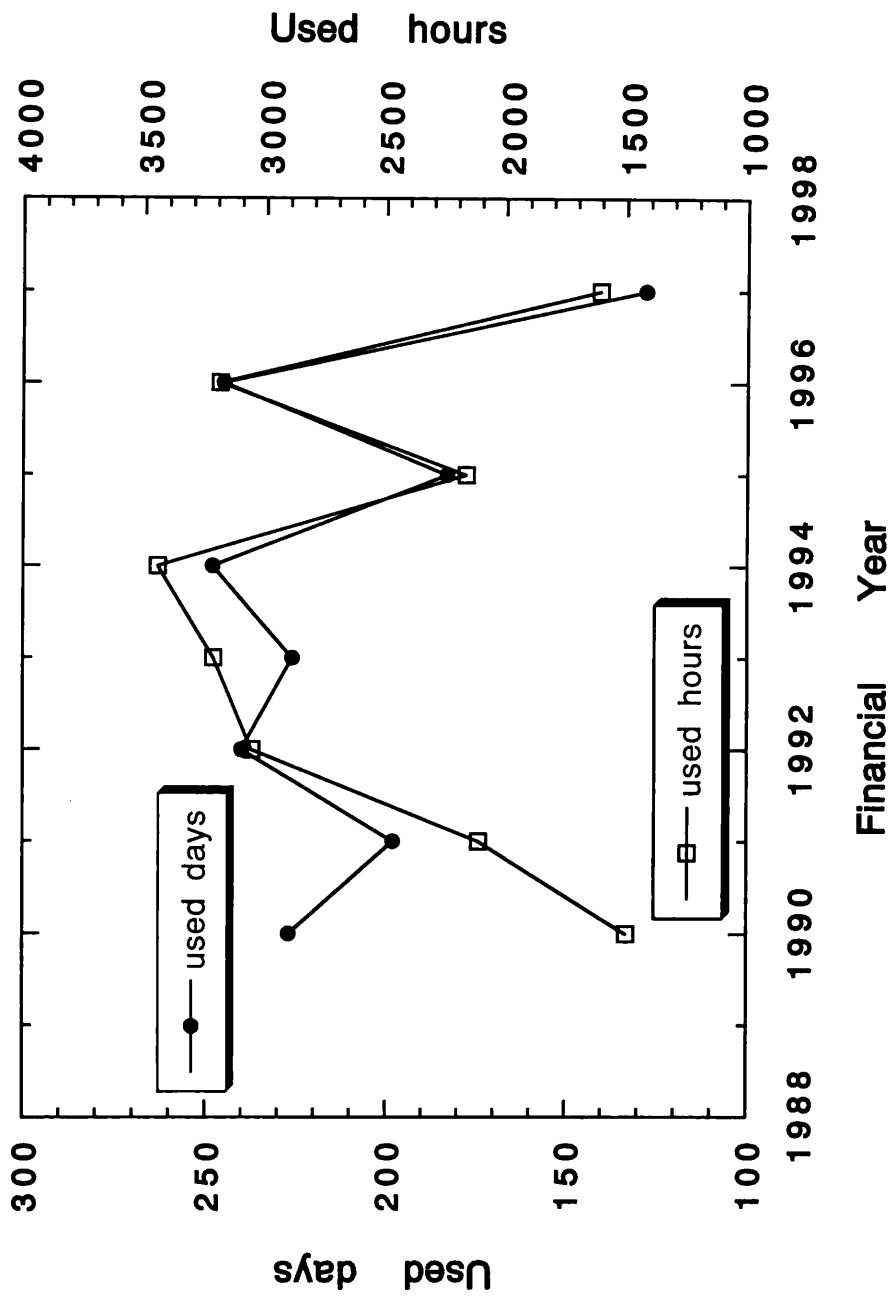


図4 タンデトロン分析計の年度毎の使用日数および使用積算時間の変化
 ただし、1997年度は1997年末までの積算である。

が不可欠である。

3. タンデトロン加速器質量分析計2号機の導入

名古屋大学では、平成6～7年度に新たに加速器質量分析専用の加速器を導入した(図5)。High Voltage Engineering Europa B.V. (Amsterdamseweg 63, 3812 RR, Amersfoort, the Netherlands)製のCarbon Dating System (Model 4130-AMS, Mous et al., 1993)で、日本の代理店は丸文株式会社である。米国Woods Hole海洋研究所、オランダ・グローニンゲン大学、ドイツ・クリスティアンアルブレヒト大学に続く世界の第4号機である。諸事情により、装置の調整作業が遅れており、 ^{14}C 年代測定のルーティンの稼働を開始するは1998年の夏以降になると予想される。

4. おわりに

図6に、日本国内において、加速器質量分析法による ^{14}C 測定が可能な施設(カッコで示した施設は目下立ち上げの調整中)、及び試料調製が可能な施設を示した。今後、 ^{14}C 測定が可能な施設及び試料調製が可能な施設が独立して増えれば、国内における ^{14}C 測定利用・研究はますます発展するものと期待されるし、 ^{14}C データのユーザーにとっては利用がより容易になるであろう。

参考文献

アイソトープ総合センター：名古屋大学加速器質量分析計業績報告書, I (1989).

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

Mous, D.J.W., Gottdang, A. and van der Plicht, J.: Status of the first HVEE ^{14}C AMS in Groningen. *Nucl. Instrum. and Methods*, B92, 12-15 (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～VIII (1991～1997)

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).

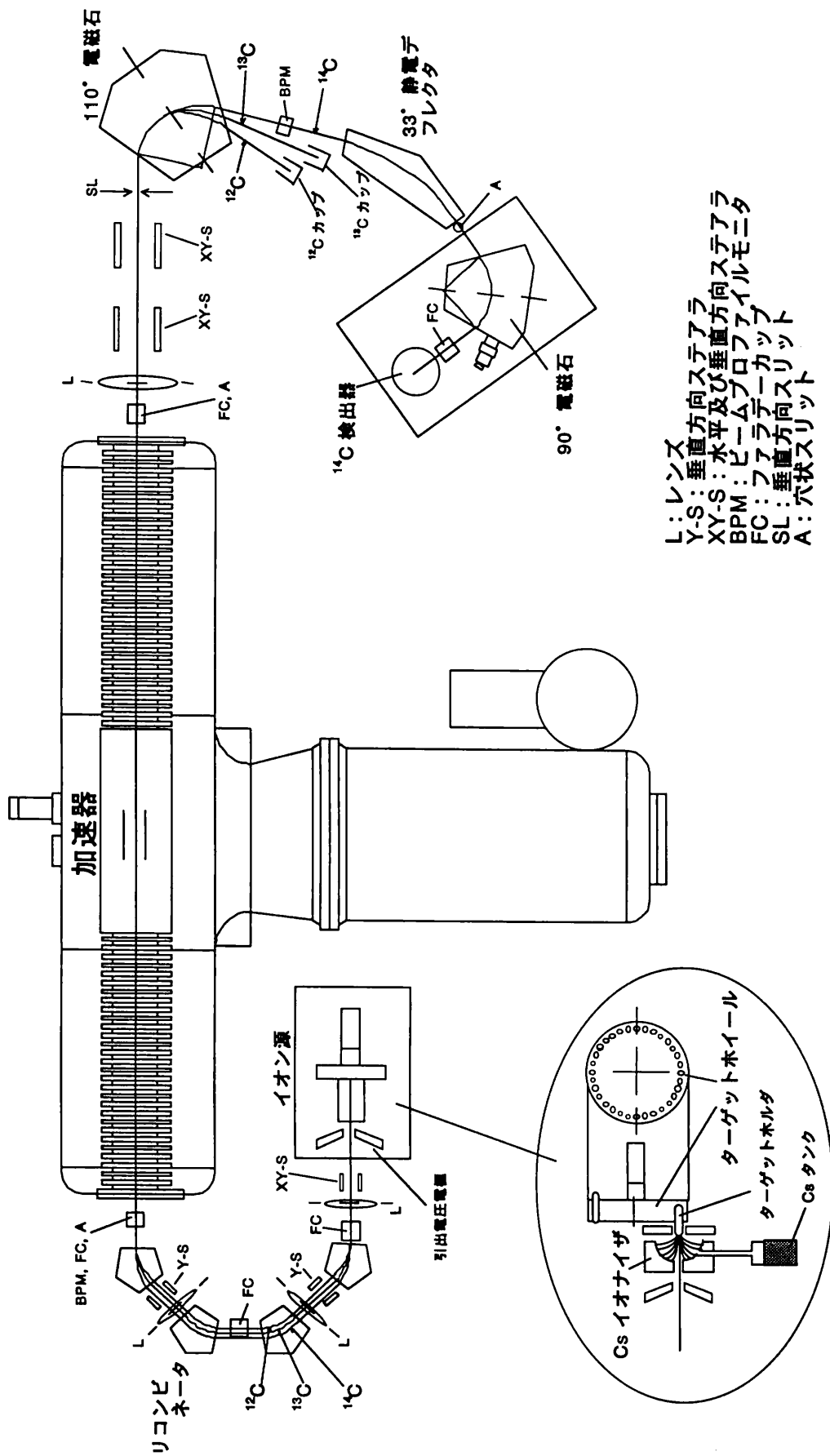


図5 名古屋大学における加速器年代測定システム (タンデトロロン2号機)

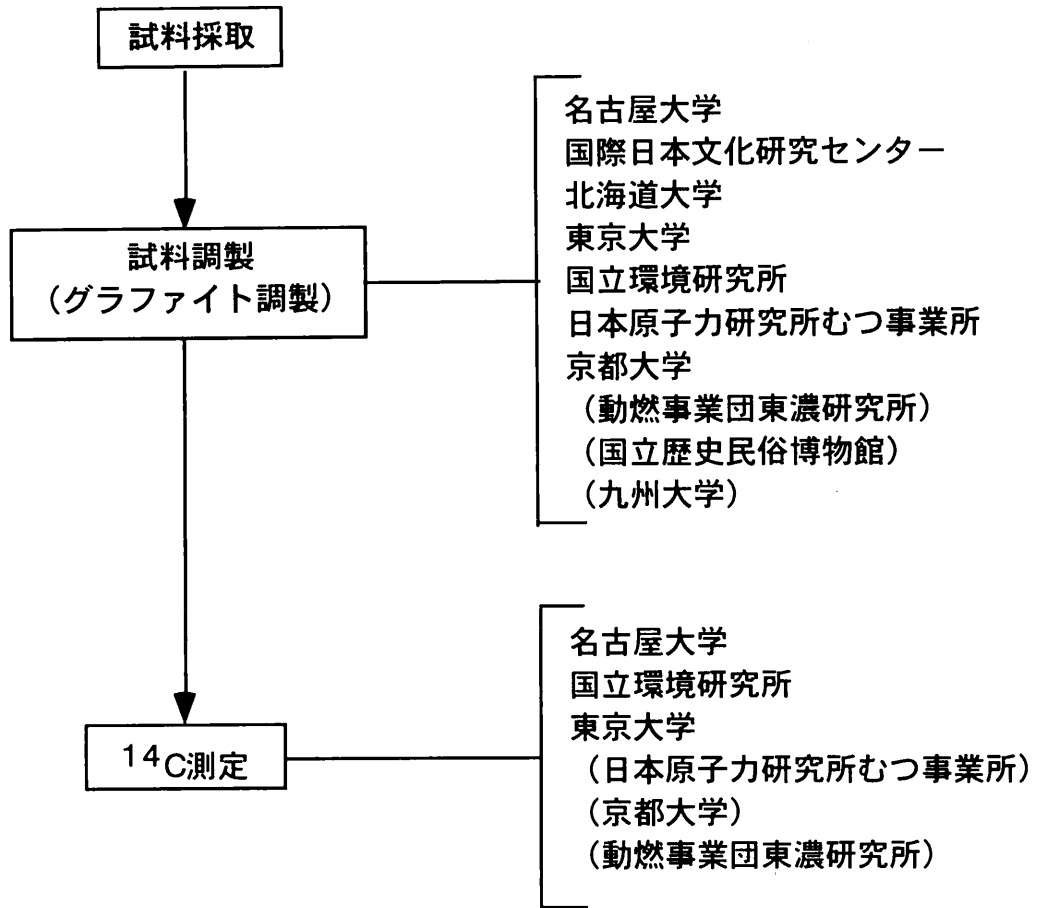


図6 ^{14}C 年代測定の流れと、日本国内において、加速器質量分析法による ^{14}C 年代測定が可能な施設、及び試料調製が可能な施設
カッコ内は、準備中かまだルーティンの稼働に至らない施設

Status Report of ^{14}C Measurements with the First Tandetron AMS at Nagoya University in the Year of 1997 and Installation of a Second-Generation High-Performance AMS System

Toshio NAKAMURA¹⁾, Hiroataka ODA¹⁾, Akiko IKEDA¹⁾,
Masayo MINAMI¹⁾ and Mamoru ADACHI^{1,2)}

- 1) Dating and Materials Research Center, Nagoya University
Chikusa, Nagoya 464-8602 JAPAN
Tel:+81-52-789-2578, Fax:+81-52-789-3095
- 2) Earth and Planetary Sciences, School of Science,
Nagoya University
Chikusa, Nagoya 464-8602 JAPAN
Tel:+81-52-789-2530

Key words: accelerator mass spectrometry (AMS), tandetron,
age measurement system with accelerator, radiocarbon (^{14}C),
 ^{14}C dating

A Tandetron accelerator mass spectrometer (AMS), an apparatus dedicated to radiocarbon (^{14}C) measurements with high sensitivity, 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 has occurred with the machine, which resulted in that 770 samples were measured in 1997, and totally 7,371 samples in various fields have been measured since the installation of the machine.

Though the Tandetron AMS has been operated intensively, the number of samples analyzed annually is rather limited to several hundreds which is far smaller than the number of samples brought 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 loading 18 targets at a time), as well as a rather low throughput of the total system. We could have fortunately introduced a new-generation Tandetron which is manufactured by High Voltage Engineering Europe (HVEE) BV, the Netherlands. Two sets of similar HVEE AMS system have been installed successfully at the University of Groningen, Holland, and at the University

of Christian-Albrechts, Kiel, Germany. They have already shown excellent performances in carbon-isotope-ratio measurements: reproducibility of $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ ratio as $\pm 0.1\%$; error and reproducibility of $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ ratio as $\pm 0.15\%$ - $\pm 0.22\%$ and $\pm 0.3\%$, respectively.

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