

名古屋大学タンデトロン AMS  $^{14}\text{C}$  システムの現状と利用 (2011)  
Status and Applications of a Tandetron AMS System at Nagoya University in 2011

中村俊夫<sup>1\*</sup>・南 雅代<sup>1</sup>・小田寛貴<sup>1</sup>・池田晃子<sup>1</sup>・宮田佳樹<sup>1</sup>・太田友子<sup>1</sup>・西田真砂美<sup>1</sup>・  
池盛文数<sup>2</sup>・城森由佳<sup>2</sup>・  
近藤宏樹<sup>2</sup>・吉光貴裕<sup>2</sup>・坂田 健<sup>2</sup>・加藤ともみ<sup>3</sup>・長谷和磨<sup>3</sup>  
Toshio Nakamura<sup>1</sup>, Masayo Minami<sup>1</sup>, Hirotaka Oda<sup>1</sup>, Akiko Ikeda<sup>1</sup>, Yoshiki Miyata<sup>1</sup>,  
Tomoko Ohta<sup>1</sup>, Masami Nishida<sup>1</sup>,  
Kazufumi Ikemori<sup>2</sup>, Yuka Jyomori<sup>2</sup>, Hiroki Kondo<sup>2</sup>, Takahiro Yoshimitsu<sup>2</sup>, Ken Sakata<sup>2</sup>,  
Tomomi Kato<sup>3</sup>, Kazumaro Hase<sup>3</sup>

<sup>1</sup>名古屋大学年代測定総合研究センター

<sup>2</sup>名古屋大学大学院環境学研究科

<sup>3</sup>名古屋大学理学部地球惑星科学科

<sup>1</sup> Center for Chronological Research, Nagoya University, Chikusa, Nagoya 464-8602 Japan

<sup>2</sup> Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, Chikusa, Nagoya 464-8602 Japan

<sup>3</sup> Department of Earth and Planetary Science, Faculty of Science, Nagoya University, Chikusa, Nagoya 464-8602 Japan

\*Corresponding author. E-mail: [nakamura@nendai.nagoya-u.ac.jp](mailto:nakamura@nendai.nagoya-u.ac.jp)

Abstract

An AMS system (Model 4130-AMS) dedicated to  $^{14}\text{C}$  measurements, built by High Voltage Engineering Europe (HVEE), B.V., The Netherlands, was delivered to Nagoya University in 1996/97. Acceptance tests of its performance on carbon isotope measurements were completed in January of 1999, and routine measurements began in mid-2000. Since completion of the acceptance tests in early 1999, we have encountered a lot of troubles with the machine, particularly in 2002. Since the end of 2002, the machine has worked relatively well, expect for minor problems. The standard deviation (one sigma) of the  $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$  ratio is around  $\pm 0.3\%$  to  $\pm 0.4\%$  (a bit larger than the uncertainty of about  $\pm 0.3\%$  calculated from  $^{14}\text{C}$  counting statistics) and that of the corresponding  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  ratio is  $\pm 0.03\%$  to  $\pm 0.07\%$ , as are tested for HOxII targets. The number of targets measured was 330, 1430, 2077, 1003, 1,979, 1679, 1772, 1115, 1339, 866, 1300, 1701, 1449 in each year from 1999 to 2011, respectively, and total number of targets measured by the end of 2011 is 18,040.

The Tandetron AMS system worked well in the early half of 2011, with only minor failures. In August, mistakes of target exchange during the batch measurement runs became frequent. In every mistake, we have to shut down the ion source to open the target chamber to check the source of the problems. After changing interface cards of the ion source control, mistakes became fewer. However, in December, the mistakes of target exchange during the batch measurement runs became quite frequent. In the end, the hand at the end of the rod to grasp the targets in the ion source was broken. We have replaced it to a new one. We also replaced interface cards of the ion source control completely to overcome the problems

successfully. Another problem was to cool down the power supply of the high energy analyzing magnets. We should have to frequently clean the water pipe for cooling. About high voltage sparks, we have regularly removed water vapor from SF<sub>6</sub> insulation gas. It seems successful, because we had no sparks in 2011. The last spark occurred on February 22<sup>nd</sup> in 2010. Owing to these difficulties of the machine, the total number of graphite targets measured was 1449, smaller in number than that in 2010 (1701).

*Keywords: accelerator mass spectrometry, radiocarbon, failure in target exchange, samples with lesser amount of carbon*

キーワード：加速器質量分析、放射性炭素、ターゲット交換の失敗、微量炭素試料

## 1. はじめに

名古屋大学年代測定総合研究センターに、1997 年 3 月に完納された High Voltage Engineering (HVEE) 社製 Tandetron (Model 4130-AMS) は、放射性炭素測定専用のシステムである。Cs スパッタ負イオン源 (Model 864B)、リコンビネーター、3MV ベースのタンデム加速器、110 度および 90 度曲げ角度の質量分析電磁石 2 台、33 度曲げ角度の静電デフレクタ、およびイソブタンガスを用いる電離箱型重イオン検出器からなる。リコンビネーターシステムにより、まず <sup>12</sup>C、<sup>13</sup>C、<sup>14</sup>C ビームを分離させ、このときに chopper を用いて <sup>12</sup>C ビーム強度を約百分の一に減衰させ、その後 3 つのビームを再び結合して加速器に入射する。こうして炭素 <sup>14</sup>C、<sup>13</sup>C、<sup>12</sup>C の同時測定を行い、炭素の同位体比を高精度に測定できる。1999 年 1 月に <sup>14</sup>C/<sup>12</sup>C、<sup>13</sup>C/<sup>12</sup>C 比測定の性能検収を終了し、2000 年度から学内共同利用を開始した (Nakamura et al. 2000; 2004)。

2010 年には、念願の制御パソコンシステムの更新を行うことができた。2009 年度の学内補正予算で手当をして頂いたおかげである。本システムを設置した 1997 年当時は、High Voltage Engineering (HVEE) 社の制御システムは windows3.11 をベースに組まれていた。パソコンは、既に windows95 が発売されていたが、当社の対応が間に合わず windows3.11 をベースにした制御システムが使われていた。このパソコンシステムのハードウェアの代替品は既に無く、万一壊れた場合には、新システムの導入しか無く、多大な費用の出費と長期間の停止が予想されていた。この取り替え作業が 2010 年 2 月 24 日から 3 月 16 日にかけて、すなわち 1 年の始めの段階で行われたため、新たに導入された制御システムの利便性、また他には大きな故障が発生しなかったことも重なって、2010 年には、ターゲット総数で 1701 個を測定することができた。

一方、2011 年は重大な故障こそなかったものの、測定中にイオン源におけるターゲット交換のトラブル、高エネルギー側の質量分析電磁石電源冷却水パイプの定常的な目詰まり、制御パソコンのオペレーティング・システムの突然停止の頻発が発生し、8~9 月、12 月は <sup>14</sup>C 測定に大きな支障をきたした。

本稿では、2011 年 1 月から 2011 年 12 月末までの 1 年間の故障例など、運転の状況をまとめる。また、この期間に行われた <sup>14</sup>C 測定研究の一部を紹介する。共同利用研究による成果については本報告書に寄稿されている報告を参照されたい。

## 2. 2011 年の一年間の運転状況の概要

2010 年 2 月 24 日から 3 月 16 日にかけてパソコンの制御システムの更新 (windows3.11 から windows XP への基本 OS の更新) を行ったことにより、AMS 装置の制御は 3 台のディス

プレイを用いて行い、AMS システム全体図による装置の監視がで可能になった。また、装置を構成する電源の電圧や電流、真空モニターなどについて、同時に 5 つのパラメータを設定して装置の監視ができるようになった。これまでに比べて装置の運転操作がずっとやりやすくなった。このような制御システムの更新により測定は比較的手間が省けるようになったが、AMS 本体の、イオン源のターゲット交換機能の不具合、質量分析電磁石の電源冷却水パイプの目詰まりによる電源の温度上昇、などの定常的なトラブルがあった。特に 8～9 月、12 月で  $^{14}\text{C}$  測定が不可能な状況が続き、最終的に 12 月末までの 1 年間に 1449 個のターゲットを測定することとなった。昨年の実績に比較すると 250 個程度少ない。2011 年末までに測定したターゲットの総数は 18,040 個である。 $^{14}\text{C}$  測定を開始した 1999 年からこれまでににおける  $^{14}\text{C}$  測定の経緯を表 1 及び図 1 に示す。

表 1 年間のターゲット測定数と測定時間（1999 年の測定開始から 2011/12/31 まで）

| 項目<br>年 | 測定ターゲット（個） |                   |        | 測定時間（時間） |                   |
|---------|------------|-------------------|--------|----------|-------------------|
|         | 年間         | 月平均               | 積算数    | 年間       | 月平均               |
| 1999    | 330        | 28                | 330    | 352      | 29                |
| 2000    | 1,430      | 119               | 1,760  | 2,234    | 186               |
| 2001    | 2,077      | 173               | 3,837  | 3,161    | 263               |
| 2002    | 1,003      | 84                | 4,840  | 1,545    | 129               |
| 2003    | 1,979      | 165               | 6,819  | 3,219    | 268               |
| 2004    | 1,679      | 140               | 8,498  | 2,837    | 239               |
| 2005    | 1,772      | 148               | 10,270 | 3,456    | 288               |
| 2006    | 1,115      | 159               | 11,385 | 1,584    | 264               |
| 2007*   | 1,339      | 134 <sup>1)</sup> | 12,724 | 2,136    | 214 <sup>1)</sup> |
| 2008*   | 866        | 144 <sup>2)</sup> | 13,590 | 1,488    | 248 <sup>2)</sup> |
| 2009    | 1,300      | 186 <sup>3)</sup> | 14,890 | 2,470    | 350 <sup>3)</sup> |
| 2010    | 1,701      | 155 <sup>4)</sup> | 16,591 | 3,027    | 279 <sup>4)</sup> |
| 2011    | 1,449      | 140 <sup>5)</sup> | 18,040 | 2,856    | 286 <sup>5)</sup> |

1) 耐震工事（実質的には 2007/11/1-2008/06/20）の間は、年代測定装置は停止した。

2) 有効使用月：6 ヶ月

3) 有効使用月：7 ヶ月

4) 有効使用月：11 ヶ月

5) 有効使用月：10 ヶ月

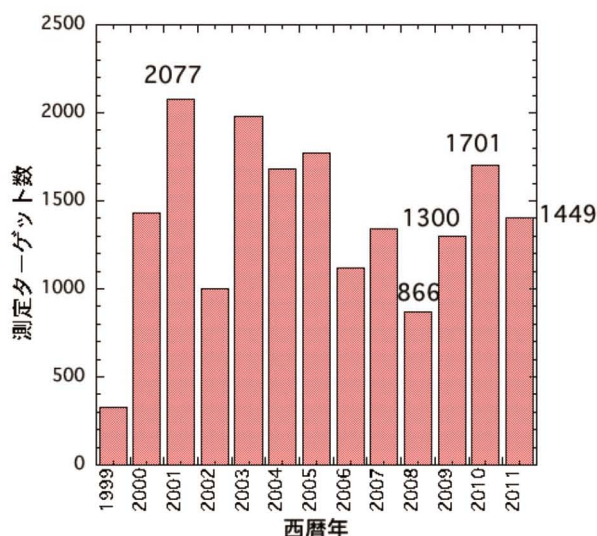


図 1 1999 年から 2011 年末までの年ごとのターゲット測定数

### 3. HVEE タンデトロン加速器質量分析計の故障の詳細

表2に、2011年における各月あたりのターゲット測定数及びタンデトロン2号機の不具合の状況を示す。

新年早々、イオン源のCsアイオナイザーのセシウムが尽きて、炭素負イオンの出力が低下したため、イオン源の清掃を行い、アイオナイザーを交換して、セシウム1gをイオン源Csリザーバーに充填した。

1月19日に、文部科学省による放射線施設の立入検査が行われた。既に、2009年10月6日に、(財)原子力安全技術センターによる放射線施設の定期検査、定期確認を受けてまもなくのことであり、検査は何事も無く、スムーズに終了した。日頃から、きちんと運転管理を実施しておくことが肝要である。

ここ数年来、対処療法で済ませてきている問題として、高エネルギー側の質量分析電磁石電源冷却水パイプの目詰まりがある。電源装置は元々架台の中に収納されていたが、空冷作用も考慮して、架台から引き出し、発熱体を露出して業務用の空冷ファンで冷却しているが、それでも不十分で本体の温度が上昇し、温度センサーが働いて運転中に電磁石電源が切れることが発生したこともある。本年は、これに関する作業を高頻度で行う必要があった。3月6日、4月27～29日、5月30日～6月1日、8月17～20日の間、「風呂釜洗いジャバ」(ジョンソン株式会社製)を用いて冷却水パイプの洗浄を化学的に行った。ある程度の効果はあったが、8月17日の洗浄では、パイプの詰まりが除去できず、パイプを接続するホースを外して物理的にブラシなどを用いて洗浄を行った。パイプとビニールホースの接続箇所を冷却水の流れを遮る粘土状の固形物が詰まっていた。これらの詰まりものを除去すると流量が増加して電源の冷却が少し良くなった。このところ、電源の温度を常時監視している。

表2 2011年における月あたりのターゲット測定数

| 月 | 測定番号<br>(16497～) | 測定数 | batch数 | コ メ ン ト                                                                                                                                                                    |
|---|------------------|-----|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | 16614            | 117 | 10     | 1/4 イオン源ターゲットグリップ不良、ターゲット交換失敗<br>1/15-19 イオン源掃除、アイオナイザー交換、Csを1g充填<br>1/19 文科省による放射線施設の立入検査                                                                                 |
| 2 | 16755            | 141 | 12     | 2/27 全学停電、イオン源ターゲットグリップ電磁弁を交換、<br>クライオポンプ圧縮機のHe gas追加充填                                                                                                                    |
| 3 | 16799            | 44  | 4      | 3/4 クライオポンプの再生作業、He gas追加充填<br>3/6 電磁石電源冷却水パイプの目詰まりを洗浄<br>3/28 無計画停電事故(約1時間継続)                                                                                             |
| 4 | 16983            | 184 | 3      | 4/26 イオン源ペニング真空計不良、交換<br>4/27-29 電磁石電源冷却水パイプの目詰まりを洗浄                                                                                                                       |
| 5 | 17105            | 122 | 12     | 5/27イオン源ターゲットグリップ不良、ターゲット交換失敗<br>5/30-6/1 電磁石電源冷却水パイプの目詰まりを洗浄                                                                                                              |
| 6 | 17296            | 191 | 12     | 6/7 入射電磁石冷却水パイプひび割れ漏水、パイプを部分的<br>に交換<br>6/7 イオン源ターゲットグリップ不良、ターゲット交換失敗<br>6/9 イオン源真空計作動不良、点検の結果断線と判明<br>6/15 ターゲット交換作動不良<br>6/16 イオン源ターゲットホイール回転制御用 rotary<br>encoderを新品と交換 |
| 7 | 17393            | 191 | 12     | 7/5 ターゲット交換失敗が頻発。                                                                                                                                                          |
| 8 | 17393            | 0   | 0      | 8/17-20 加速器タンク内のSF <sub>6</sub> ガスの脱水                                                                                                                                      |

|    |       |             |           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----|-------|-------------|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |       |             |           | 8/17-19 高エネルギー側の電磁石電源の冷却水循環パイプの洗浄<br>8/20 クライオポンプの再生（常温に戻して吸着ガスを排気）<br>8/29 $^{14}\text{C}$ 検出器のイソブタンガスを入れ替え                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 9  | 17553 | 160         | 15        | 9/23 $^{14}\text{C}$ 検出器のイソブタンガスを入れ替え<br>9/24 冷却水熱交換チラーユニットに冷却水を追加                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 10 | 17747 | 194         | 16        | 10/12 夜間運転中に入射電磁石冷却水パイプに亀裂が入り漏水。冷却水循環装置の水量が不足し、チラーユニットが停止。クライオ真空ポンプが冷却水循環停止で稼働停止。真空悪化のため装置の全面停止。<br>10/14 加速器入射部の冷却水パイプを全面的に交換<br>10/17 チラーユニットの熱交換機のコリ除去掃除。<br>クライオポンプのコンプレッサーに He-Gas 充填<br>10/26 メイン PC が突然停止。リセットして再稼働を行った。順調に作動。その後、このメイン PC の突然停止は、12/8 まで断続的に、延べ 10 回発生した。                                                                                                            |
| 11 | 17871 | 124         | 14        | 11/20 停電・断水                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 12 | 17946 | 75          | 7         | 12/1,12/2 測定中にターゲット交換の誤動作が頻繁に発生<br>12/5 測定中にターゲット交換の誤動作。イオン源をオープンすると、ターゲット交換のアームの爪が折れ曲がっていることが判明(写真 1)。<br>12/8 ターゲット交換のアームの爪を新品と交換<br>12/9 イオン源ターゲットホイール回転制御用 rotary encoder を新品と交換<br>12/10-11 測定中にターゲット交換の誤動作が頻繁に発生<br>12/19-22 イオン源分解掃除、組み立て<br>12/23 アイオナイザーの位置の微調整を実施。Cs を 1g 充填<br>12/24-25 負イオン出力不良。<br>12/27 アイオナイザーの位置の再調整<br>12/28 負イオン出力が良好になった。<br>12/29 Batch111229a1 を開始。結果良好 |
|    |       | 合 計<br>1449 | 合計<br>125 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

順調な測定運転を妨げるもう一つのトラブルは、イオン源におけるターゲット交換である。イオン源は真空中で機能しており、試料交換を頻繁に行うとその都度真空を破らなければならない、効率が悪くなる。そこで、通常は 48 個のターゲットをまとめてイオン源に充填しておき、イオン源を立ち上げて、ターゲットを交換しながら  $^{14}\text{C}$  測定を進める。1 個のターゲットの測定が 30 分であるから 48 個は 24 時間で測定が完了するため、このような設定になっている。30 分ごとのターゲット交換で、しばしばトラブルが発生する。ターゲットの位置決めはパソコン制御で実施されるが、ハードウェアの不具合で位置決めの精度、位置の再現性が少しでも悪くなると、ターゲット交換が的確に実施されない。エラー表示が出て、測定作業が中断される。イオン源は金属容器に入っており、トラブルの原因を目で見て確認することができないため、イオン源を冷却して電源を完全におとし、容器をアルゴンで満たしてから容器を開いてイオン源の内部を点検する。このようなトラブルが頻繁に発生する。2011 年には、1 月 4 日頃、5 月 27 日頃、6 月 7 日頃、6 月 15～16 日、6 月 29 日頃、7 月 5 日頃、12 月 1～31 日の間、にトラブルが発生した。また、12 月 5 日には、ターゲット交換用の腕棒の先端に取り付けられている、ターゲットを掴んで固定する爪がターゲット交換機構の不

良作動により何処かにぶつかって破損したため（写真 1）、新品と交換した。今回の故障は、ターゲット交換の制御信号を取り継ぐ機能を持つ電子回路ボードの洗浄を行ったところ症状が治まっている。

また、低エネルギー側の電磁石冷却水パイプのひび割れがおきて水漏れが発生する事故が、6 月 7 日、さらに 10 月 12 に発生した。AMS 装置の設置後、16 年間パイプの交換を行っていないことから老朽化し、パイプが割れて水漏れがおきている。今後もこのようなことが発生すると、定常的な運転に支障を来すことから、イオン入射部の電磁石本体、電磁石電源、イオン源を冷却するパイプを新品と交換して接続を行った。

$\text{SF}_6$  の露点を常時下げておくことについては、8 月 17～20 日の 3 日間連続して  $\text{SF}_6$  循環脱水システムを稼働させた。露点計を用いて露点を定常的に観察している。2 月 28 日に  $-69.3^\circ\text{C}$ 、4 月 2 日に  $-67.8^\circ\text{C}$ 、8 月 16 日に  $-68.1^\circ\text{C}$ 、8 月 17 から 20 日にかけて 3 日間脱水を行った後は  $-73.7^\circ\text{C}$ 、9 月 2 日は  $-69.9^\circ\text{C}$ 、10 月 29 日は  $-68.5^\circ\text{C}$ 、11 月 23 日は  $-69.1^\circ\text{C}$  であった。高電圧のスパークは、去年は発生していない（最後の発生日：2010 年 2 月 22 日）。



写真 1 ターゲットを掴んで固定する爪が破損して折れ曲がった。  
このため、ターゲットをきちんと掴むことができなくなった。

#### 4. $^{14}\text{C}$ 測定に関する基礎的点検実験

最近、微量炭素試料による年代測定の需要が高まっており、0.1～0.5mg 程度の炭素による年代測定がテストされている（Minami et al. 2012；加藤ほか 2011）。従来用いている直径 2.0mm の試料充填孔を持つアルミニウム・ホルダーに 0.1～0.5mg 程度の炭素からなるグラ

ファイトを入れると、炭素ターゲットが薄くなり、短時間で穴が開いて炭素負イオンが出力されなくなる。そこで、微量炭素試料に適した直径 1.5mm の試料充填孔を持つアルミニウム・ホルダー（写真 2）を作成した。表面積が約半分になるため、厚さは 2 倍になる。この効果を試験するために、NBS-New シュウ酸標準体から通常の 1.5mg 炭素ベースで作成したグラファイトを 2 等分して 1.5mm 径ホルダーに詰めて、1.5mg の炭素から作ったグラファイトをそのまま従来の 2.0mm 径のホルダーに詰めたものと同じ条件で測定して比較した。 $^{14}\text{C}$  測定は、2011 年 2 月 19 日から 4 日間かけて実施した。



写真 2 上段：1.5mm 径孔のターゲット  
下段：2.0mm 径孔のターゲット

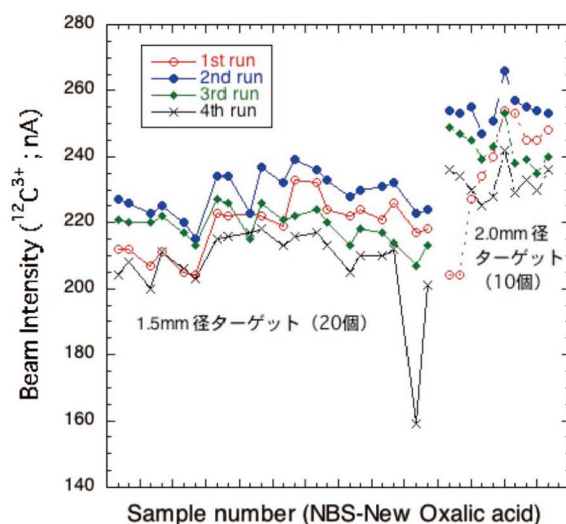


図 2 ターゲット孔の大きさとイオンビーム出力強度の比較

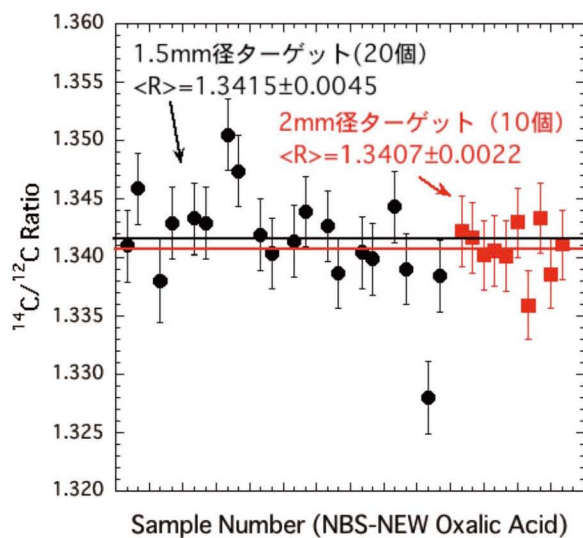


図 3 ターゲット孔の大きさと  $^{14}\text{C}$  濃度値の比較

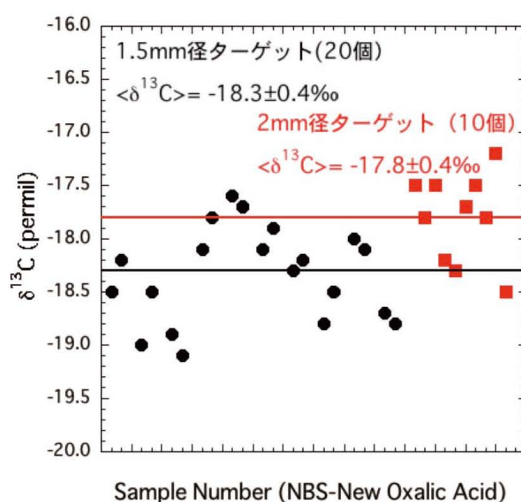


図 4 ターゲット孔の大きさと  $\delta^{13}\text{C}$  値の比較

#### 4. 1 イオンビーム強度

$^{14}\text{C}$  測定は4日間かけて実施した(図2)。加速された後のビーム強度( $^{12}\text{C}^{3+}$ )を、1.5mm 径ホルダー(20個のターゲット)と2.0mm 径ホルダー(10個のターゲット)とで比較すると、1.5mm 径ホルダーでは2.0mm 径ホルダーの約90%程度であった。この比の値は、4日間ほとんど変わらない。ビーム出力の経日変化をみると、初日は、イオン源を立ち上げてまもなくでまだ安定しておらず、ターゲットごとの変動が大きい。2日目にはイオン源出力が最大になり、安定してくる。3日目は出力がやや減少し、4日目は出力が低下する。このように日を経るにつれて出力が弱くなるのは、ターゲットのグラファイトが次第に削れて、鉄成分(グラファイト合成の触媒に用いており、ターゲット中に残留している)が相対的に量比を増すためと考えられる。

#### 4. 2 $^{14}\text{C}$ 濃度

図3に測定された $^{14}\text{C}$ 濃度( $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比の値であり4回の測定の平均値、AMSで測定された $\delta^{13}\text{C}$ 値を用いて同位体分別の補正がほどこされている)を、1.5mm 径ホルダー(20個のターゲット)と2.0mm 径ホルダー(10個のターゲット)とで比較して示す。前者の平均値は $1.3415 \pm 0.0045$ 、後者の平均値は $1.3407 \pm 0.0022$ であり、誤差範囲で一致する。一方、平均値の誤差に注目すると、標準偏差は1.5mm 径ホルダーの方が2倍程度大きい。1.5mm 径ホルダーのターゲットで大きくずれる3点を除くと、ほぼ同様なばらつきであるが、これらの3個のターゲットのばらつきの原因は不明である。

#### 4. 3 $\delta^{13}\text{C}$ 値

図4に測定された $\delta^{13}\text{C}$ 値(4回の測定の平均値)を、1.5mm ホルダー(20個のターゲット)と2.0mm 径ホルダー(10個のターゲット)とで比較して示す。前者の平均値は $-18.34 \pm 0.44\%$ 、後者の平均値は $-17.80 \pm 0.41\%$ であり、誤差範囲で一致する。平均すると、ビーム出力の弱い1.5mm 径ホルダーの方が約0.5%低い値を示す。ばらつきが大きいいため、有意な傾向を示しているのか判らないが、イオン源のセシウムスパッタリング過程において、あるいはAMSシステムのビームトランスポート過程において、1.5mm 径ホルダーと2.0mm 径ホルダーとで、炭素同位体分別が起きているのかもしれない。今後の再調査において、注意する必要がある。

#### 5. $^{14}\text{C}$ 測定の応用研究

名古屋大学タンデトロン加速器年代測定システムによる $^{14}\text{C}$ 年代測定では、約5千年前よりも若い試料について、ほぼ定常的に $\pm 20 \sim \pm 30$ 年の誤差(1標準偏差)で年代測定が可能である(Nakamura et al. 2004; 2007)ため、文化財科学や考古学関連のさまざまな資料の年代測定についての利用が期待されている。また、年代測定に限らず、環境研究などにも幅広く利用されている(名古屋大学加速器質量分析計業績報告書 1988-2011)。これらの応用研究は、今回のシンポジウムでも報告された。ここでは、改めて紹介することは行わない。本報告書にまとめられているさまざまな報告を参照して頂きたい。

#### 謝辞

タンデトロン加速器質量分析計の改造や保守、さらに運転のための消耗品類の開発などで、名古屋大学全学技術支援センターの教育・研究技術支援室の皆様には大変お世話になっています。特に、鈴木和司、鳥居龍晴、松下幸司の3氏には、当センターを担当し様々に支援して頂いています。また、ガラス工作室の野田敏昭、夏目秀子、岡本久和の3氏には、試

料調製用のガラス真空装置の修理など、日本原子力研究開発機構むつ事務所の関 武雄・甲昭二・田中孝幸の三氏には、同型の AMS を使用していることから、さまざまな情報を交換するなどして便宜を図って頂いています。さらに、装置の故障の際には、放射線医学総合研究所基盤技術センター研究基盤技術部の酢屋徳啓、株式会社エリコンのシステム部所属の関野達也の両氏には多大なご支援を頂いています。ここに、記して関係者の皆様に深く感謝致します。

## 参考文献

- 加藤ともみ・南 雅代・中村俊夫 (2012) 微量量グラファイト化ラインの検討. 名古屋大学加速器質量分析計業績報告書 XXIII (印刷中).
- Minami, M., Kato, T., Miyata, Y., Nakamura, T., Hua, Q. (2012) Small-mass AMS radiocarbon analysis at Nagoya University. *Nucl. Instru. and Meth. in Phys. Res.* (in print).
- 名古屋大学加速器質量分析計業績報告書(1988～2011)名古屋大学年代測定総合センター. (I～XXII).
- Nakamura, T., E. Niu, H. Oda, A. Ikeda, M. Minami, H. Takahashi, M. Adachi, L. Pals, A. Gott dang, and N. Suya (2000) The HVEE Tandetron AMS system at Nagoya University. *Nucl. Instru. and Meth. in Phys. Res.*, B172, 52-57.
- Nakamura, Toshio, Etsuko Niu, Hirotaka Oda, Akiko Ikeda, Masayo Minami, Tomoko Ohta and Takefumi Oda (2004) High precision  $^{14}\text{C}$  measurement with the HVEE Tandetron AMS system at Nagoya University. *Nucl. Instru. and Meth. in Phys. Res.* B223-224, 124-129.
- Nakamura, T., Miyahara, H., Masuda, K., Menjo, H., Kuwana, K., Kimura, K., Okuno, M., Minami, M., Oda, H., Rakowski, A., Ohta, T., Ikeda, A., and Niu, E. (2007) High precision  $^{14}\text{C}$  measurements and wiggle-match dating of tree rings at Nagoya University, *Nucl. Instru. and Meth. in Phys. Res.*, B259, 408-413.