

名古屋大学タンデトロン2号機の現状

丹生越子

名古屋大学 年代測定総合研究センター

〒464-8602 名古屋市千種区不老町

TEL: 052-789-2728

FAX: 052-789-3092

E-MAIL: eniu@nendai.nagoya-u.ac.jp

1. タンデトロン2号機

名古屋大学年代測定総合研究センター・タンデトロン2号機は、オランダのHVEE社製 Model 4130-AMSの加速器質量分析計で、加速電圧は2500KV、特に炭素同位体比測定専用の機種である。1995-1996年度に本センターに導入され、1999年1月に分析機としての性能検査を修了している。その前後に渡り、初期不良と高電圧発生装置の大規模な故障に悩まされ続けたが、定常測定の手順が確立した2000年度からは、学内共同利用施設としての運用に供されている。

順調に運転を続けていたタンデトロン2号機であるが、2002年1月にGVM(Generation Volt Meter)の駆動モーターの故障に始まって、2月には高電圧発生装置の高周波コイルの損傷と、大きな故障が相次いだ。これらの故障および修理の状況を中心に、2002年の運転状況、問題点等について報告する。

2. 2002年の運転状況

2002年(1月～12月)の月別測定時間を図1に示す。前半は相次ぐ故障によりほとんど測定ができなかった。図2のように年毎の運転日数を比較してみると、修理、調整に費やした日数が多く、タンデトロンにとってもオペレータにとっても、労多くして実りの少ない、効率の悪い年になってしまった。

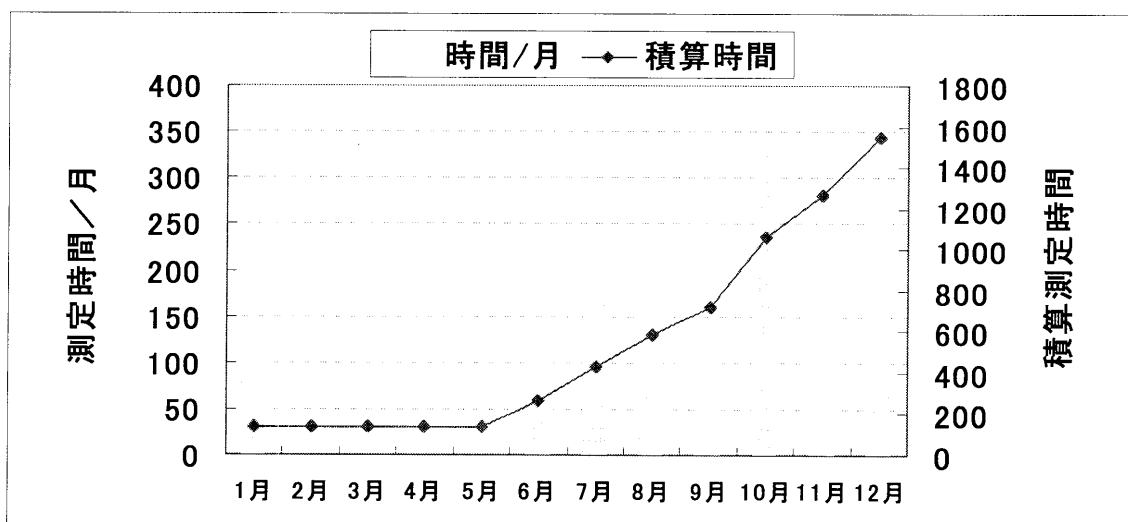


図1. 2002年の毎月の測定時間とその積算

測定の手順としては、2000年に確立した手法を継承し、測定の単位として45個のターゲット(未知試料32個、標準体13個)を一度にホイール(ターゲットカールセル)に装填し、この45個(1ホイール)について一巡の測定(1バッチ)を約24時間かけて行い、そのバッチを3回繰り返している。

2002年には合計で23ホイール、76バッチを行った。つまり、一年52週中の23週(44%)を測定に充てたことになる。表1に示した年毎の運転状況から見ても、2002年では故障および修理の日数が、全体の51%にも上ることが判る。

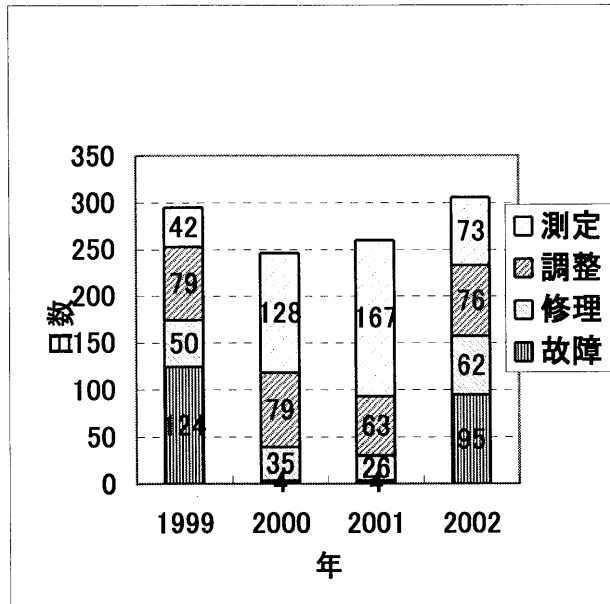


図2. 年間の運転状況(日数)

表1. 年間の運転状況(割合)

年	故障	修理	調整	測定
1999	42%	17%	27%	14%
2000	2%	14%	32%	52%
2001	2%	10%	24%	64%
2002	31%	20%	25%	24%

実際に2002年に測定されたターゲット数は1003個/年、84個/月であり、測定時間に換算すると、1545時間/年、129時間/月であった。これは順調だった2001年の約半分の成績である。表2に年間の測定ターゲット数と測定時間をまとめた。また、年毎の測定ターゲット数の推移を図3に示す。

表2. 年間の測定数と測定時間

年	測定 ターゲット数		測定 時間	
	年間	月平均	年間	月平均
1999	330	28	352	29
2000	1430	119	2234	186
2001	2077	173	3161	263
2002	1003	84	1545	129

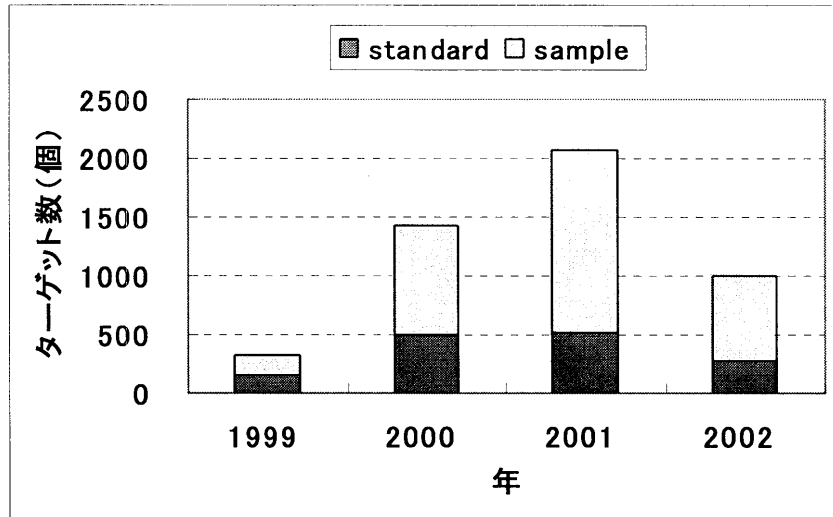


図3. 2002年の毎月の測定ターゲット数とその積算

3. タンデトロン故障状況

3-1. GVM 故障

GVM(Generation Volt Meter)は、タンデトロンタンク内絶縁ガス(SF6)中にあり、静電誘導により高電圧を読み取り、加速電圧の安定性を保つために用いられている。2001年11月ごろより、駆動モーターの回転音が高くなっているのが何度か気づかれていたが、その時点では場所が特定できなかったこと、また、卒論等に測定結果を必要とするユーザーから、急ぎのサンプルが特に多く集まる時期でもあり、長期に測定を中止してタンクを開放し点検することがはばかられたため、日々様子を気にしつつも、年末年始も休むことなく運転・測定が続けられていた。

年始早々の1月11日、測定中にGVMが停止し、高電圧を得ることができなくなったため、やむなくタンクを開放して点検したところ、モーターのコイルが焼け焦げ、完全に破損していることが確認された。直ちに代替品の発注を行ったが、特注のモーターであるとのことから、納期3ヶ月と言われた。また、現在ではGVMが仕様変更されていることから、モーターのみを付け替えるか、GVM全体を交換するかの判断を迫られることになった。

結局は、最短時間での復帰を最重要と判断し、中古のモーターを修理したものを取り寄せ、故障から約1ヶ月後の2月7日に装着することができた。しかしながら、心配していたよりは早期の復活を喜ぶ間もなく、次の故障を引き起こすこととなった。

3-2. 高周波コイル故障

GVM修理直後のコンディショニング中、高電圧スパークが3回起こった(2.6MV, 2.5MV, 2.2MV)。ついに2月12日には2.0MVまで上げたところで突然電圧が落ち、復帰しなくなった。Q-Factorを測定したところ、極めて低い値が得られ、高周波コイルの上下両方に深刻なダメージがあることが確認された。タンクを開放し、コイルを取り出して確認したが、見た目には以前の故障時のような焼け焦げ等の損傷は発見できなかった。

これについても代替品をすぐに発注したが、在庫がないとのことで、再び納期 3 ヶ月を言い渡された。実際に新品を入手したのは約 2 ヶ月後の 4 月 24 日で、装着の作業は、精密重機を運送・移動する業者の手配の都合もあり、ゴールデンウィーク明けの 5 月 7 日に行われた。

代替品を待つ間に、整流器部分のダイオードアレイの総点検も行った。その結果、30/1422 個 (2%) のダイオードが破損していたため新品に交換された。1999 年に 366 個 (24%) が破損していたことと比べると、こちらは軽症であった。

スパークを引き起こした直接原因については、絶縁ガス(SF6)の乾燥が不十分だったこと、GVM の調整不十分のまま高い電圧を与えてしまったためと考えられる。いずれにせよ、運転再開を急ぐあまり焦りすぎた結果と非常に悔やまれる。しかしながら、高周波コイルの損傷は、初期調整の期間を含めれば本機体については 3 回目であり、この機体の「弱点」なのか、もしくは使用方法に誤りがあるのか、未解決のままである。

3-3. その他の故障

・ イオン源ターゲットコントロール

期間中に、何度かターゲットコントロール不具合による故障、測定中断が起こった。その内 1 回の故障はターゲット位置検出用光センサを取り付けているガラス窓の部分に、ターゲット(アルミ製)の削り屑が溜まったため、ターゲット操作用アームにターゲットをつかんでいるという判断ができなかったことによる。原因発見後、直ちに分解掃除した。

これ以外に、ターゲットコントロール初期化中、あるいはターゲット交換時に、ターゲットロード/アンロードのトラブルが何度か起こった。また測定中にもエラーメッセージ無しにデータ取得が進まなくなることが稀にあった。原因が判りにくかったため、最初はターゲット X-Y 位置検出用のメカニカルセンサの動作などを疑っていたが、結果的にこれらは全てターゲットカルーセル回転用モーター及び X-Y 位置移動用モーターの劣化によるものだったと思われる。

・ アイソレーションバルブ

ビームライン各部のアイソレーションバルブは圧縮空気により制御されているが、そのうち大型タイプのものの 1 つが開閉不能になったので、真空より外の部分の開閉機構を分解したところ、シリンダー部分に水が溜まっているのが発見された。同型の 8 つの開閉機構をすべて分解掃除した。

・ 圧縮空気用コンプレッサ

運転時に騒音を立てるようになったので点検したところ、ベースの部分が割れていたため交換した。修理時にコンプレッサと付属のエア・ドライヤー及びクーラーのドレンに不具合があったので、それも交換した。このドレンの空気漏れが、上記のアイソレーションバルブの不具合の遠因と思われる。

・ SF6 リザーバタンク漏れ

GVM および高周波コイルの故障・修理中、SF6 を移送して保存していたリザーバタンクに漏れ

があり、2 ヶ月後に気づいたときには半量に減っていた。もともとリザーバタンクには設置時に容量の見積、設計の誤りがあり、タンク内の全量を保存することができなかったため、後になって補助タンクが設置されていた。その補助タンクの方あるいは連結部分から漏れがあるようだったので、そちらを使わないようにして対処しているが、タンク全量を移送することはできなくなるのが大きな問題である。

- **Q-Snout 電源放電**

6 月上旬より、コンディショニングのために 50kV まで電圧を掛けると、電源内でスパークを起こすようになったため、分解、点検を行ったが、その時点では放電箇所特定することは出来なかった。次第に放電を起こす電圧が下がり、6 月下旬には測定最適電圧の 45kV での運転でも放電するようになってしまった。何度かの点検の後に、電源内部の抵抗をカバーしている樹脂製のチューブに溶解痕が見つかり、それを交換すると、放電は収まった。

- **ターボ分子ポンプ冷却ファン停止**

3 台あるロータリーポンプのうち、2 台は水冷式になっているが、イオン源近くに設置されているもののみ空冷式になっている。7月に、そのターボポンプの回転音が通常より大きくなっていたため点検すると、冷却ファンが停止し、本体の温度が上昇していた。予備の冷却ファンは無かったが、直ちに別の冷却ファンを取り付けた。

- **冷却水循環装置停止**

マグネットその他の冷却水を供給している冷却水循環装置の本体は、古川資料館建物外の、タンデトロンを設置されている部屋のすぐ南側に設置されている。7月末から8月初めの3週間程、外気温が37℃前後まで上昇したため、冷却水循環装置に負荷がかかりすぎ、異常停止した。冷却水温を 15℃から 17℃にして負荷を減らすとともに、散水して本体を冷やした。その後も室内で冷却水温をモニターしつつ、こまめに散水するようにしたが、日中は1時間おきに続けないと運転できないほどであった。散水が間に合わず運転停止したこともあったため、直射日光を遮る簾を設置したところ、日に1、2回の散水で運転できるようになった。

- **配電盤接触不良**

10月20日の停電に備えたシステム停止後、復旧作業を行うと、イオン源電源供給のブレーカーが入らなくなった。イオン源の各部には特に異常が無く、点検を進めるうちに、同じ低エネルギー部配電盤にあるターボ分子ポンプのブレーカーの接触不良が発見された。その改善後、イオン源電源も問題なく入るようになった。2000年8月には、全体の配電盤の点検が実施されているので、この接触不良の原因は経年劣化が考えられる。

3-4. 未解決の問題

- **分析用マグネット電源**

分析部で使われている 110 度と 90 度の 2 つのマグネットは、1 台の電源とコントローラで制御さ

れている。その電源が、マグネット本体には温度異常が無いにも関わらず、しかも、測定に必要な電流値(104A 前後)より低い 60Aから 100A の範囲で、温度によるエラーという表示と共に停止する現象が度々起こるようになった。電源内部の点検では、明らかな異常は発見できていない。現在疑われているのは、電源内に 5 つ設置されている温度センサの異常であるが、まだ原因を特定できていない。

- ・ ストリップガス供給バルブコントロール

6月に起こったQ-Snout 電源のスパークにより、ストリップガス供給バルブのコントロール回路が破損した。分解修理を行った直後から、更に症状がひどくなり、完全にコントロール不能になったため、予備の回路を発注中である。現在は、手動で最適値に設定している。

4. 保守

- ・ クライオポンプ点検

2002年5月28、29日に、メーカー(LEYBOLD)のエンジニアによるクライオポンプの定期メンテナンスが行われた。システムの構成は1機のコンプレッサと4機のヘッドからなる。ヘッド内部のディスプレイサー及びガイディングソケット、コンプレッサのアドソーバー等消耗品の交換が行われた。特に大きな故障などは発見されなかった。

- ・ コントロール用パソコン

タンデトロンコントロールには、全体用とイオン源用の2台のパソコンが使われているが、そのハードディスクが時折高いノイズを発生するようになったので、2002年5月23日に交換を行った。

- ・ セシウム充填

11月初めから、セシウムリザーバ温度を通常の80°Cより5°C程度上げないと、ターゲットカレントが300 μ Aに達しないようになってきた。原因はセシウムの減少と思われたので、11月17日の停電によるシステム停止復旧後、イオン源内部の清掃を行うとともに、セシウムリザーバも洗浄し、新たに1gのセシウムを充填した。

5. まとめ

非常に好調だった2001年6月～12月に比べ、2002年前半は故障の修理と復旧に終始した。

故障の前兆を見逃さないようにはしているが、その不具合の様子から、故障の原因を突き止めるのは容易ではない。結局、完全に壊れてみないことには対応ができず、全ての部品の予備を手元に準備できるわけではなく、大抵は今まで壊れなかった部品が故障するので、代替品の入手に時間が掛かり、復旧が遅れてしまう。修理後も、復旧を急ぐあまり、次の故障を引き起こしかねない。そして、少ない人員に心理的・体力的に大きな負担を掛け、疲労が原因で、重要なシグナルを見落とし、次の故障の原因を招くという、非常に悪い連鎖を生んでしまった。

タンデトロン2号機は立上げ時に多くの初期不良が重なり、やっと調子よく動き始めたと思う間もな

く、経年劣化で故障するところが増えつつある。今後も多くの故障との戦いが予想されるからこそ、順調な運転により効率良く測定数を増やせるよう、故障の前兆を見逃さないようにし、保守と運転のスケジュールをよくよく考えて計画し、慎重に運転および測定を進めて行きたい。

参考文献

- (1) 中村俊夫、ルディ・パルス ”名古屋大学に設置されている GIC 社および HVVEE 社製の2台のタンデトロン加速器分析計の現状” 名古屋大学加速器質量分析計業績報告書 (IX) 27-43, (1998).
- (2) 中村俊夫他、 ”名古屋大学加速器年代測定システムI、II号機の現状” 名古屋大学加速器質量分析計業績報告書 (X) 5-17, (1999).
- (3) 丹生越子、 ”名古屋大学タンデトロン2号機のアクセプタンス・テスト結果” 名古屋大学加速器質量分析計業績報告書 (X) 18-23, (1999).
- (4) 丹生越子、 ”名古屋大学タンデトロン2号機の現状” 名古屋大学加速器質量分析計業績報告書 (XI) 51-62, (2000).
- (5) 丹生越子、 ”名古屋大学タンデトロン2号機の現状” 名古屋大学加速器質量分析計業績報告書 (XII) 25-34, (2001).
- (6) 丹生越子、 ”名古屋大学タンデトロン2号機の現状” 名古屋大学加速器質量分析計業績報告書 (XIII) 21-28, (2002).

Status on Tandetron II in Nagoya University

Etsuko NIU

Center for Chronological Research, Nagoya University

Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya 464-8602 JAPAN

TEL: +81-52-789-2728

FAX: +81-52-789-3092

E-MAIL: eniu@nendai.nagoya-u.ac.jp

ABSTRACT

TANDETRON II (Model-4130 AMS, HVEE) in Nagoya University is an accelerator mass spectrometer for the ^{14}C dating. Getting over numbers of trouble, the performance test was done in January 1999. However, we could not place it straightway at the regular service, suffering from successive big troubles happened after that test. We restarted the measurement from the beginning of November 1999. After the checking of total systems by HVEE engineer in September 2000 and we applied ourselves to the routine measurement whose procedure was established in 2000.

The operation status in 2002 is shown in Fig.1 and Fig.2. The number of targets measured in 2002 was 1003 targets/year or 84 targets/month. In our routine procedure, it takes one week to measure 45 targets (32 samples and 13 standards). Total measurement time was 1545 hours/year and 129 hours/month in that period. The yearly changes in these 4 years are shown in Fig.3.

The Generation Volt Meter (GVM) had been making strange noise from end of 2001, and finally its motor was burnt out at the beginning of January 2002. We tried to get a new set of GVM but it takes 3 month, so we decided to repair the motor. We should wait the arrival of motor till the beginning of February, and during the waiting period, we open the tank and check up the diode array of rectifier and found only 2 % (30 out of 1422) of diodes were damaged and should be replaced.

The other big trouble happened on the high voltage supplier just after replacing GVM system. We found that the both coils of transformer were damaged from the measurement of "Q-Value". We opened the tank again, but the coils looked like no damaging part. Anyway we had to wait till the end of April to get a new set of coils. We could not made almost any measurement during January to May.

It is since 7 years from the installation of the machine, or 5 years from the starting of its practical service. Hereafter, we should be careful to the deterioration or the aging of each part, to hold the machine ever in good condition. More careful and foreseeing measures of maintenance should be devised to avoid any destructive trouble. We aim to measure steadily target-by-target as carefully as possible to fit the condition of each sample, rather than forcing to increase a number of measured targets.