

Annual Report of NIES-TERRA

Vol. 2, 1998

第10回タンデム加速器及びその周辺技術の研究会

報 告 書

1997年7月7日～8日

国立環境研究所タンデム加速器分析施設レポート

NIES-TERRA

National Institute for Environmental Studies

Tandem accelerator for Environmental Research and Radiocarbon Analysis

『第10回タンデム加速器及びその周辺技術の研究会』報告集をここにお届けします。第10回研究会は、1997年7月7日～8日の2日間にわたり、茨城県つくば市の国立環境研究所大山記念ホールにて開催されました。公共の交通機関が少なく交通の便・宿泊の便の悪いところでの開催にもかかわらず、多数の皆様のご参加と33題と多数のご発表をいただき、実行委員一同感謝しております。

例年にならい、申し込みいただいたご講演を、加速器の現状と将来計画、加速器周辺技術、イオンビーム応用の3つの主題にわけ、あわせて6つのセクションに分かれて2日間にわたってご発表いただきました。また、私共の研究所の加速器施設見学、並びに電気自動車の試乗会等をあわせて開催いたしました。予想を上回る多数の講演申し込みをいただき、講演時間の割り振りで見学会等の時間割の調整に苦心いたしました。全体的に窮屈な日程になってしまったことをお詫び申し上げます。

私共の研究所に加速器質量分析装置を中心とするタンデム加速器分析施設の設置が決まったのは平成5年度のこと、平成6年の第7回研究会から本研究会に参加させていただくこととなりました。以来、タンデム加速器の基礎から応用にいたる様々な面で先行諸機関のこれまでの貴重な経験・工夫などをうかがうことができ、当研究所の加速器施設並びに関連研究の立ち上げに様々な形で生かすことができたと思っております。そうした感謝の気持ちを表す意味もあり、本年度の研究会の幹事を引き受けさせていただきました。いろいろと不慣れな点、至らない点が多く、皆様にご迷惑をおかけした点多々あるのではないかと恐れます。また、何人かの方からわかりやすい色刷りの原稿をお送りいただきましたが、予算の都合で白黒印刷にさせていただきました。これらの点につき、深くお詫び申し上げます。

今回の第11回研究会は、東京工業大学原子炉工学研究所にお世話いただくことになりました。多数の方々にご参加いただき、これまでも増して盛んな研究会となることを祈念しております。

1998年2月

研究会担当世話人

国立環境研究所 化学環境部 動態化学研究室 柴田康行
研究会実行委員

動態化学研究室 田中 敦、米田 穰
計測技術研究室 久米 博

第10回タンデム加速器及びその周辺技術の研究会

1997年7月7日、8日

於 国立環境研究所 大山記念ホール

目次

加速器の現状と将来計画 I

筑波大タンデム加速器の現状 ----- 1 (筑波大加速器センター)	石原豊之、大島弘行、石井 聡、田島義一、木村博美 高橋 努、大和良広、皆倉輝志、小松原哲郎、島 邦博 静間俊行、古野興平
国立環境研究所タンデム加速器の現状 ----- 6 (国立環境研究所)	久米 博、柴田康行、田中 敦、米田 穰、植弘崇嗣 森田昌敏、熊本雄一郎*
九大タンデム加速器の現状 -----10 (九大理)	中島孝夫、森信俊平、郷農靖之、相良建至、杉光 強 御手洗志郎、中村裕之、池田伸夫、森川恒安、古賀義博 前田豊和、落石宏之
東大タンデム加速器 MALT の現状 特に AMS と PIXE について ----- 13 (東大原子力研究総合センター)	小林絃一、羽鳥 聡、中野忠一郎、春原陽子、山下 博
超高速微粒子 (ダスト) 加速実験計画 ----- 22 (東大ほか)	柴田裕実、小林絃一、岩井岳夫、羽鳥 聡、西村民雄、 鳴井 誠、尾亦孝男 (東大原子力研究総合センター) 佐々木晶、濱辺好美 (東大理) 藤原 顕、矢野 創、長谷川直 (宇宙科学研・惑星研究系) 大橋英雄 (東京水産大・水産) 野上謙一 (獨協医大・物理)
京大タンデム加速器の現状 ----- 24 (京大理)	中村正信、村上哲也、與曾井優、松本 博、高橋清二 広瀬昌憲、今井憲一

加速器の現状と将来計画 II

TIARA 静電加速器施設の現状 ----- 28 (原研高崎)	田島 訓、高田 功、水橋 清、宇野定則、大越清紀 中嶋佳則、斉藤勇一、石井保行、酒井卓郎、神谷富裕
原研タンデム加速器の現状 ----- 32 (原研東海)	吉田 忠、神田 将、竹内末広、花島 進、荘司時雄 大内 勲、堀江活三、月橋芳広、阿部新市、金沢修平 石崎伸洋、田山 豪、松田 誠

原研・むつタンデトロン加速器分析施設の現状 -----	35
(原研むつ事業所) 水島俊彦、郡司勝文、荒巻能史、山本忠利	
東濃地科学センターにおけるタンデム型加速器導入計画 -----	38
(動燃東濃地科学センター) 伊藤 茂、徐 勝、阿部雅人、渡辺雅人、岩月輝希	
東工大原子炉研の粒子線加速器計画 -----	41
(東工大原子炉研) 小川雅生、小栗慶之、服部俊幸、堀岡一彦、志甫 諒	

加速器周辺技術 I

ケーブルのノイズ対策 -----	43
(東大原子力研究総合センター) 安本 勝	
大容量メモリーを搭載した PC による多チャンネル高速同時検出システムの開発 -----	47
(原研高崎ほか) 酒井卓郎、内藤 豊、濱野 毅、平尾敏雄、神谷富裕	
(原研高崎) 室園啓介、井上淳一、松山成男、岩崎 信、石井慶造	
(東北大工)	
環状デュオプラズマトロンを用いたイオンビーム間の衝突による T-D 反応中性子源の考案 ---	50
磯矢 彰	
静電加速器による低エネルギー大電流電子ビームの加速及び遠赤外域から硬 X 線域までの	
大強度電磁波の発生 -----	56
(原研東海) 峰原英介	
原研重イオンマイクロビームシングルイオンヒット実験 -----	60
(原研高崎) 神谷富裕、酒井卓郎、内藤 豊、濱野 毅、平尾敏雄	
原研タンデム加速器の並行処理制御システムの現状 -----	64
(原研東海) 花島 進	
吹き込み型ガスストリッパに関する基礎実験 -----	68
(九大理) 相良建至、緒方研太郎、中村雅子、占部晴樹、鶴田 薫	

イオンビーム応用 I

原研・むつ AMS を用いた研究計画 -----	72
(原研むつ事業所) 荒巻能史、水島俊彦、山本忠利	
京大理タンデムにおける AMS の現状 -----	76
(京大理ほか) 松本 博、中村正信、廣瀬昌憲、田澤雄二 (京大理)	
荻野晃也、船場潤之 (京大工)	
^{14}C 年代測定用鉄試料からの湿式炭素抽出法 -----	80
(名大ほか) 小田寛貴、中村俊夫 (名大年代測定資料研究センター)	
古川路明 (四日市大)	
NIES-TERRA における AMS 研究の現状と将来計画 -----	84
(国立環境研究所) 柴田康行、熊本雄一郎*、米田 稔、久米 博、田中 敦	
植弘崇嗣、森田昌敏	

加速器周辺技術II

Beam Bunching System -----	88
(九大理)	中島孝夫、董裕明、前田豊和
イオンビーム・プラズマ相互作用測定のためのビームパルス化装置の開発 -----	93
(東工大原子炉研)	渡辺 武、作美 明、岡崎 永、柴田 恭、小栗慶之
タンデム・ブースターにおける常用範囲外低速入射重イオンの加速の可能性 -----	97
(原研東海)	竹内末広

加速器周辺技術III

マイクロクラスターイオンビームの開発 -----	101
(原研高崎)	斉藤勇一、水橋 清、酒井卓郎、神谷富裕、田島 訓
超マイクロイオンビーム形成技術の開発 -----	105
(原研高崎)	石井保行、磯矢 彰、田中隆一
原研タンデム加速器のターミナル ECR イオン源の開発 -----	109
(原研東海)	松田 誠、竹内末広、小林千明*

イオンビーム応用II

宇宙用シリコン太陽電池に対する低エネルギー高線量プロトン照射実験 -----	112
(宇宙開発事業団ほか)	松田純夫、久松 正 (宇宙開発事業団) 中尾哲也 ((株)エー・イー・エヌ) 森田洋右、大島 武、梨山 勇 (原研高崎)
結晶 Si におけるイオンビーム照射効果 -----	115
(筑波大物理)	片淵竜也、河地有木、山田直樹、田岸義宏
宇宙用パワー MOSFET の開発と高エネルギー加速器の利用 -----	119
(宇宙開発事業団ほか)	修行新一、松崎一浩、杉本憲治、米丸充規、鈴木隆博 松田純夫 (宇宙開発事業団) 平尾敏雄、梨山 勇 (原研材料開発部) 廣瀬孝幸、大平秀春、永井由紀 (菱栄テクニカ(株))
プラズマ中の MeV イオンビームの阻止能測定 -----	123
(東工大原子炉研)	小栗慶之、作美 明、岡崎 永、渡辺 武、柴田 恭 小川雅生
SOI 中に生成した収集電荷の測定について -----	127
(原研高崎ほか)	平尾敏雄、酒井卓郎、濱野 毅、梨山 勇 (原研高崎) 松田純夫、根本規生 (宇宙開発事業団)

筑波大タンデム加速器の現状

筑波大加速器センター

石原豊之、大島弘行、石井聡、田島義一
木村博美、高橋努、大和良広、皆倉輝志
小松原哲郎、島邦博、静間俊行、古野興平

1. はじめに

筑波大学のタンデム加速器 (12UDベトロ) は、設置以来 22 年間運転を続けている。運転時間の合計は 1997 年 3 月 31 日現在で 65,037 時間になる。ここでは 1996 年度 (平成 8 年度) のタンデム加速器運転状況および実験分野別使用状況等について報告する。また 定期整備時に見つかった修理箇所についても述べる。その他 平成 8 年度に加速電圧 1 MV のタンデトロンを管理換えして設置し、ビーム取り出し等の調整を行い平成 9 年 5 月 7 日に最初のビームを得ることが出来た。これで以前は出来なかった低エネルギー領域の共同利用実験も可能になる。これらに就いても報告する。

2. 1996 年度の運転状況

加速器の運転総時間は 3215 時間であり、その内イオン加速時間は 2512 時間 (78%) であった。図 1. に「月別運転時間」を示した。4 月の運転時間が少ないのは前年度工事の継続で定期点検整備の他に、1) 保守用ゴンドラの定期整備および検査。2) 一般空調機 (120t/day) の改修工事を行った為である。8 月の夏期停止期間後も好調な運転が続いた。9 月の減少は利用申込みが少なかったためである。3 月は定期・点検整備のため停止した。平成 8 年度は運転開始以来はじめて 1 年間 (3215 時間) 途中でタンクを開けて修理することなく運転が継続できた。使用ターミナル電圧が 11.0 MeV 以下が多かったからであろう。しかし 後の故障修理の項で述べるが主タンクを開けて点検したら損失箇所が通常より多く、途中の 2000 時間前後で一度点検整備すべきだと反省した。

図 1. 月別加速器運転時間

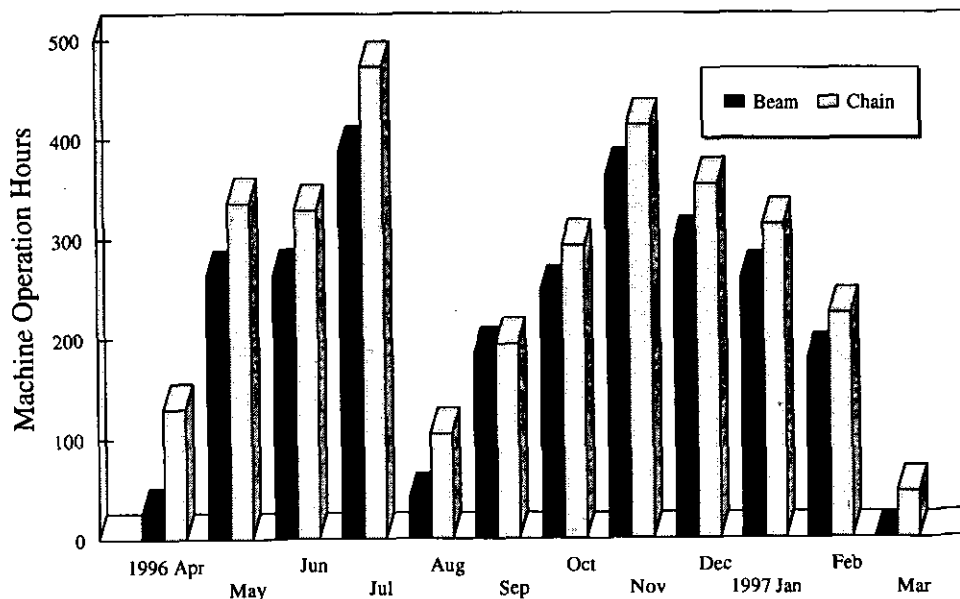
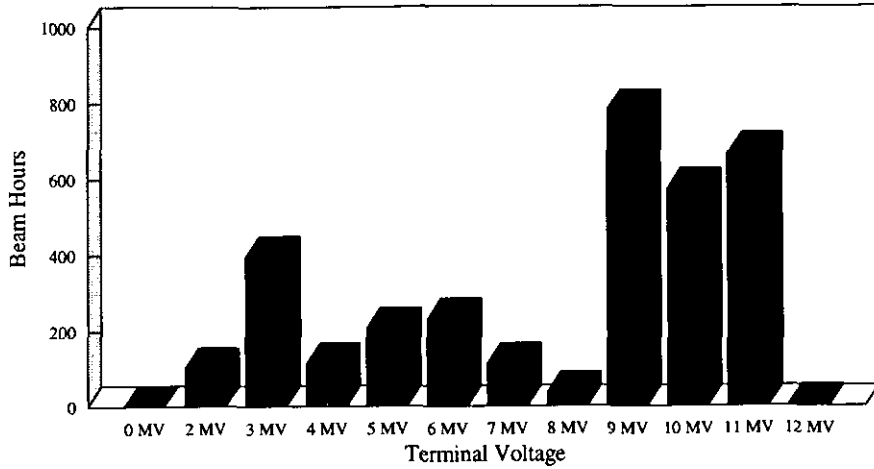


図2. に「加速電圧別イオン加速時間」を示した。加速器は好調であった。1236時間使用した10MV以上は、原子核実験グループ（偏極重陽子やガンマ線分光実験）で38%を占めている。9MVおよび6MV付近は、放射線物理（イオン照射や2次電子分析）やAMSに使用された。2～3MV付近はPIXEやRBSの実験に使用された。

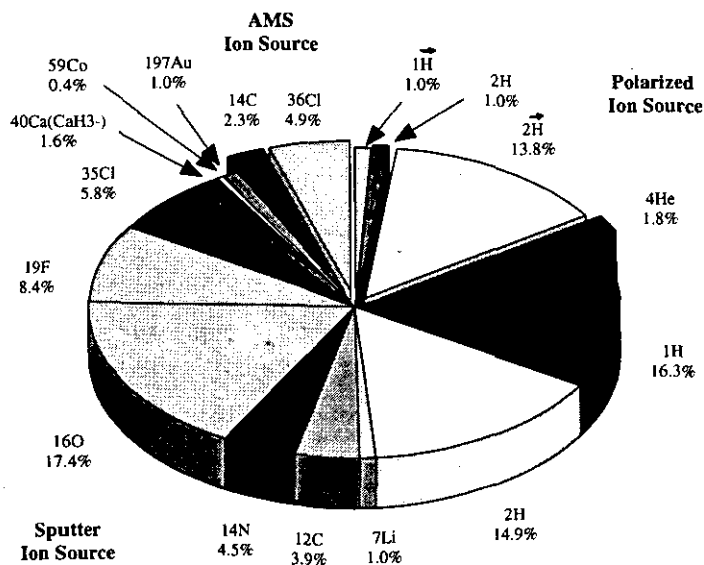
図2. 加速電圧別イオン加速時間



3. イオン源

共同利用に使用している3台のイオン源の使用状況を図3. に「加速イオン別運転時間比」で示した。軽イオン源（偏極）は17.6%の使用で、ビーム強度は陽子、重陽子の偏極ビームで入射電磁石の出口で300-350 nA, 加速して分析電磁石の出口で100 nA程度が主に使用された。偏極度は80%程度である。重イオン源は加速イオン使用時間の75.2%を占めている。取り出しイオンは陽子、重陽子からコバルト、金まで12種類が使用された。重イオン源でのビーム強度は20～800 nAが各々ターゲット上で得られている。重イオン源は現在「1000時間メンテナンス・フリー運転」を行っていて好調にビー

図3. 加速イオン別運転時間比



ムが出ている。その他に加速器質量分析用イオン源も新設され7.2%の使用で、ビームは炭素14および塩素36が使用された。

4. 共同利用状況

表1. 2. に「実験分野別使用状況」および「加速器保守等」の日数の内訳を示した。昨年より分析の利用者が増加した反面、核物理および放射線物理の利用者が減少した。

表2. で定期保守の他に「一般空調機」の更新をした。故障修理は0.8%、電圧コンデショニングは8.8%であった。

表1. 分野別使用状況

核物理	74日	20.3%
検出器開発	16日	4.4%
放射線物理	33日	9.1%
分析 (PIXE)	11日	3.0%
分析 (AMS)	28日	7.7%
学生実験	2日	0.5%
生物照射	4日	1.0%
合計	168日	46%

表2. 加速器保守等

定期保守, 一般空調改修	37日	10.2%
電圧コンデショニング	32日	8.8%
故障修理	3日	0.8%
イオン源, 分析電磁石切替	30日	8.2%
点検日/実験準備	11日	3.0%
停止日 (休日を含む)	84日	23.0%
合計	197日	54%

・利用概況および実績

加速器総運転時間	3215時間	イオン加速時間	2512時間	78%
共同利用者数	428名			
新規採用テーマ数	5テーマ			
利用延べ数	75テーマ, 1922人・日			
発表論文数	76編			
口頭発表数	57編			

5. 故障修理

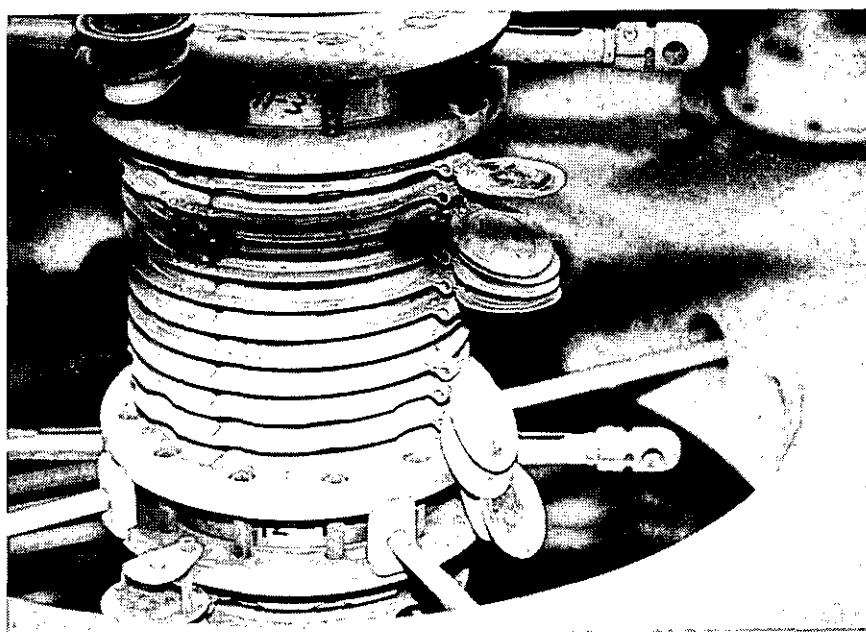
平成8年度は主にターミナル電圧10.5MV以下が使用出来れば共同利用実験が出来たので、1年間主タンクを開けずに3215時間運転を継続した。

しかし 運転中にイオン源側から数えて11番目のユニットに「異常あり」はショーティング・ロッド操作で確認できていたが10.5MV以下での運転には支障がなかったのでそのまま使用した。タンクを開ける前の予想では「加速管のコロナ針が1~2枚垂れ下がっている程度、その他」だと思っていた。

故障1:ところが3月の定期整備で見つけた11ユニットのコロナ針の脱落状況は写真1. で判るように予想以上であった。このような状況で電位分布の乱れがあっても、よく10.5MVの電圧が維持できたと思う。22年間の運転経験で初めてのことである。

故障場所は#11-3-1~11である。写真1. で判るようにこの故障は11個のコロナ針中9個が取り付け不良になり、その内3個が脱落している。この他にもコロナ針が1枚垂れ下が

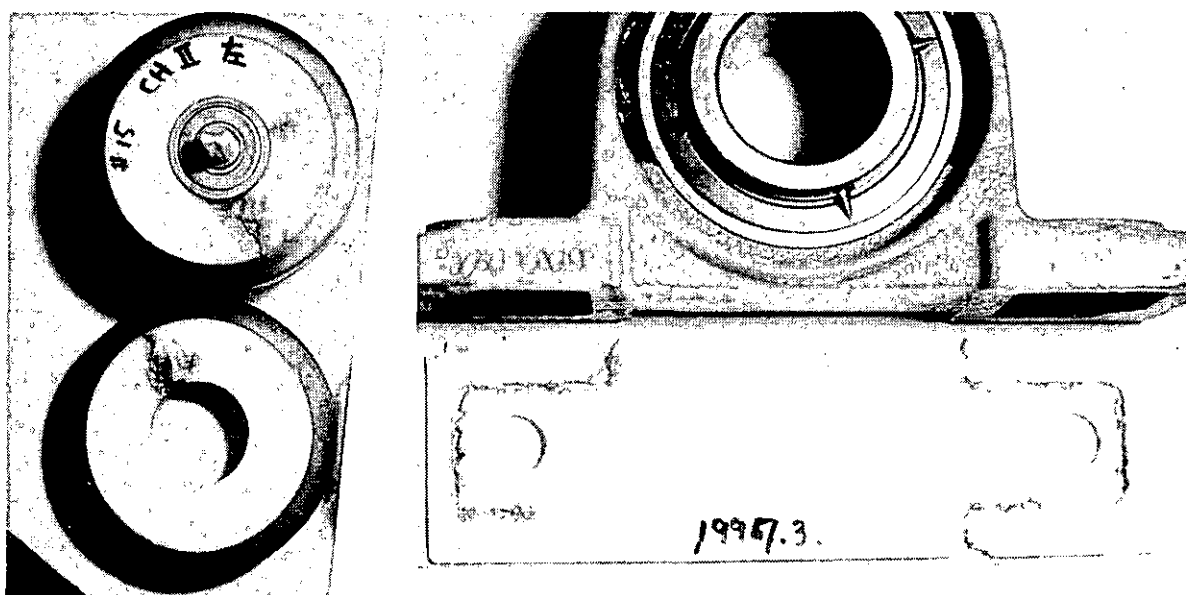
写真1. コロナ針の脱落



ったユニットが3カ所あった。

原因は明白で、固定ネジの「締めつけ不足」である。世代交代で「整備する人が1部変わった」ことと「締めつけチェックが不十分であった」と反省している。この付近は少しでも緩いとチャージング・チェーンの回転振動で緩みが拡大されるおそれがある。それにコロナ電流が流れているので接触不良が生じると放電加工されますます緩みが大きくなり最後には脱落する。固定ネジの締めつけ具合は「間隔が揃えられた11個のコロナ針を人指し指で強くなで下ろしても間隔に変化が生じない」程度である。数値的には「ネジが緩む方向でコロナ針の皿上に約 1.2 Kg の荷重を乗せても耐えられる」締めつけである。

図4. アイドラおよびベアリングシートの損傷



故障2：チャージング・チェーン沿いのスパークによると思われる損傷部品を図4. に示した。図4. の左側はチェーンの振れ止めアイドラの絶縁物（ナイロン）損傷で、スパ

ークに因って1㎤程度も欠けるいる。このようなイドラが5個（全体の14%）あった。イドラの使用個数はチェーン1本に付き18個（3個1組×3ヵ所×往復）で、チェーンが2本あるので合計36個である。

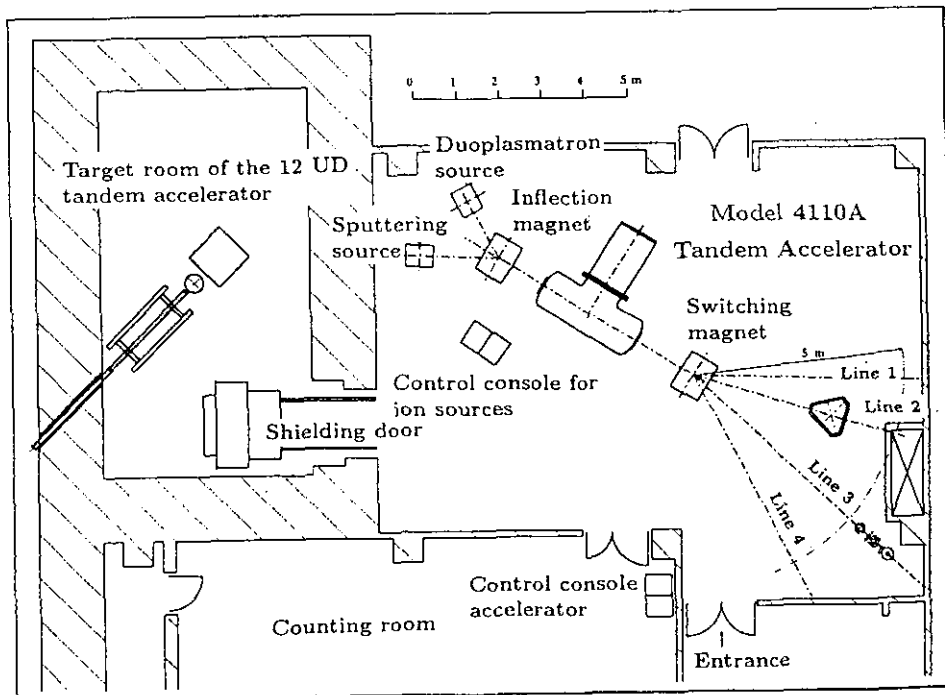
図4. の右側はチャージング・チェーンをドライブしているプーリーのベアリングと絶縁シートである。この絶縁シートはチャージング電流を測るために電氣的に浮かすためである。絶縁シートが図のようにベアリングケースの尖った所でスパークして溶けていた。スパーク・ギャップはボルトのところ2ヵ所に設置してあるが大きい放電には不足である。絶縁シートがこのようなになるとチャージング電流計がリーク電流で変動するようになるり絶縁シートの不良を知ることが出来る。

6. タンデトロンの設置状況

図5. に1MVタンデトロン（Model 4110A 米国G I C社）の設置場所を示した。この場所は以前R I実験室であったのを廃止する変更承認を得て、放射線測定室2に改名し設置した。 昨年の11月に電総研に行って我々の手で解体し業者に運搬を依頼した。毎年の1.2MVタンデムの定期点検・整備が終わった3月末から組立・配線・調整を集中的に行い5月7日には、初ビーム $E_p=1.4$ MeV 数 nA のビームをターゲットまで取り出すことができた。その後アライメント等再度微調整を行いスパッター・イオン源で6月19日に $E_p=1.5$ MeV 1200 nA のビームをターゲットまで取り出すことに成功した。次はデュプラ・イオン源の組立・調整を行いHeイオンの加速テストを行う予定である。

これに平行して4本の実験コースの測定系（イオン誘起電子分光、マイクロ・ビームPIXE、RBS、学生実験等）の設置を実験グループが行い、秋には共同利用実験を部分的にでも開始する予定である。 尚、タンデトロンの使用承認は平成9年4月22日付けで承認されている。また近日中に施設検査を受ける。

図5. 1MVタンデトロン実験室配置図



以上