

[P7-02]

PRESENT STATUS OF THE KEK 40 MeV PROTON LINAC

Tateru TAKENAKA, Zenei IGARASHI, Chikashi KUBOTA, Yoshio SAITOH,
Eiichi TAKASAKI, Kesao NANMO, Sadayoshi FUKUMOTO, Seiya YAMAGUCHI

High Energy Accelerator Research Organization (KEK)
1-1 Oho, Tsukuba-shi, Ibaraki-ken, 305-0801, Japan

Abstract

The KEK proton DT linac consists of two tanks, 20 MeV tank and 40 MeV tank. The 20 MeV tank accelerated its first beam in 1974. Almost a decade ago, ten DTs at the front end of the tank were replaced because of serious sparking patterns on their surfaces. The patterns are limited only on several DTs, most pronounced at the first gap then gradually decreasing. Although they are common for running linac worldwide, frequent sparking and other problems have arisen in the 20 MeV tank. These are being cured and it is delivering negative hydrogen to the Proton Synchrotron Complex through the 40 MeV tank.

KEK 40 MeV PROTON LINAC の現状

1. はじめに

91年のタンク点検時ドリフトチューブ(DT)にかなりの放電痕が認められたので92年に低いエネルギー端からDT10個とNo.45を交換した。このうちDT No.10は冷却水が通りやすく共振周波数に影響を及ぼしQ磁石破壊のおそれがあったので93年に交換した。ここ数年夏期のRF窓交換、タンク保守点検後はビーム加速時にタンク内放電を起こしている。その放電はDT間に集中していると思われる。このDT間の放電は、表面の汚れ・縞模様により以前から知られていたが⁽¹⁾、その発生の機構は明らかではなく、実用上問題がないとして無視されてきた。しかしながら、KEKにおけるここ数年の長期シャットダウン後の立ち上げ時の多発放電から、この問題を調査してきたので報告をする。

2. 20 MeV タンクの経過状況

ここ数年タンクは保守点検後、ビーム加速時に放電を起こしている。92年は20 MeV タンクの上流から10個のDTを交換しており、その後もDT交換を余儀なくされている。

90年以前には二度上流からDT10個を交

換した。このとき放電は多発してなかった。92年にはDT No.1~10までとNo.45を交換したがDTの冷却水ホース抜けが多発しタンク上部に錆を付け、DTの据え付けに支障を来すことが予想された。また、DT No.10の冷却水路に異物が混入し冷却効率を悪くした。その後、1~2年の調査で92年に交換した10個のDTにエポキシ含浸の不良が疑われた。93年はDT No.10を交換しNo.1,2の表面を磨く。加速電場特性が大幅に変化し、より大きなRF入力が必要とした。これはDT No.1冷却不良又はgap寸法のバラツキによるものと推測される。94年にはエポキシ含浸の不良が予想されたのでNo.2からNo.9までを交換した。その時DT No.10付近のgapの調整不備が見つかる。

加速電場分布は以前より良くなる。端板のDT No.1に水漏れがあり10月に交換。95年には端板のウィルソンシールを改修。96年はRF窓の交換及びイオンポンプの点検を行う。97年DT No.1~3を交換。98年夏はRF窓を交換。7月~12月はシャットダウンでビーム加速なし。92年から98年までの放電多発時期は10月、1月、4月でタンク改修後、または小シャッ

トダウン後のビーム加速時に多い。

40 MeV タンクも毎年RF窓を交換しているが上記のような放電多発はない。

3. タンクのDT放電 (写真1)

rfの反射と特定のイオンポンプでなく全体のイオンポンプの電流増とPIGの真空悪化が同時に起これば放電と判定している。

DTの放電痕は低エネルギー端 gap で最も顕著で逐次減少し、No.10 付近で殆ど消失する。その放電痕が4回対称になっていることからビームに起因して放電が起こる可能性が推測される。その場合にはタンク電場波形のビーム加速に寄与する時刻での放電が観測されるはずである。ビームに関係のないrfによる放電もある。

4. 放電に対する真空・RF対策

99年1月以降ビーム加速中に放電多発、復帰に数日を要する事態が発生したので、イオンポンプ放電の影響を受けない程度に真空インターロックを緩和し、放電に対してrf反射を検出してインターロックに使用し、rfで引き起こされる連続放電を防いでいる。

併用していたターボ分子ポンプを停止し、イオンポンプのみとした ($4 \times 10^{-6} \text{Pa} \rightarrow 1 \times 10^{-5} \text{Pa}$)。

最初の加速ギャップでの放電を窓からカメラで記録したが (写真2)、放電は他でも起こることを確認した。イオンポンプ放電時に質量数40のピーク (Ar) があらわれる。タンク放電時に増加するピークを探したところ、質量数44が明らかな対応を示した。これはconditioningでもrfを上げて行く途中のマルチパクタリングでも増加するし、ビーム加速に対応しても増加する。これらの場合真空度はわずかに悪くなるだけなので、このピークを観測しながら放電を起こさない効果的なconditioningができる。質量数44は、 CO_2 、 C_3H_8 が考えられる。

5. 国外の陽子LINACの現状調査

KEK リニアックはその設計の段階で、すでに低エネルギー端 DT 間の放電は知られていたし (そのために加速電場に勾配をつけて入射端の電場を下げた)、1974年の加速開始からも特に入射端での放電を意識することはなかった⁽¹⁾⁽²⁾。今回の放電対策を検討するに当たり、現在運転中のリニアックについて状況を問い合わせた。

CERN ではコッククロフト装置の代わりに750 keV RFQ を導入しているので、放電の原因がrfにcaptureされない H^+ 又は H^- であれば、過去と現在で差が現われる筈であることから、H. Haseroth に問い合わせたが、DTの放電痕は500 keV 入射のLinac I では起こっていたが、750 keV 入射の現在のLinac II では放電については意識していなかったとのことであった。なお彼は放電には真空中のhydrocarbonが悪影響を与えていることと、CERNのリニアックが10 MeVであるのに対してKEKが20 MeVであるから、stored energyが大きく、従って放電の損傷が大きい可能性を指摘した⁽³⁾。

Rutherford Appleton Laboratory のISISは70 MeVまで4 tanksで加速する。真空度は $1-2 \times 10^{-6} \text{Torr}$ でイオンポンプは使わず、全部ターボ分子ポンプである。第1 tankは665 keVから9.9 MeVまで加速する。rfをoffにし真空のまま1、2週間置くと、次の加速に数日間のconditioningが必要となる⁽⁴⁾。

Fermilabの第1 tankは、750 keVから10 MeVまで、1.6 MV/mから2.3 MeV/mの電場で加速する。Don Youngによれば、放電痕はFermilabを含めて多くの陽子リニアックで起こっていることで、これはconditioningの一部である⁽⁵⁾。なおBrookhaven National LaboratoryはFermilabと全く同じ構造である。

DTの放電痕は、LAMPFで1975年の再ア

ラインメントの時と、1978年のステムのベロー交換のときに観察している。Ralph Stevensによれば、本当の原因は誰も知らない。ロスアラモスで言われているのは、DTの無酸素銅の表面からガスが出るためである。Fermilabでの推測は、水素がrfの高電場で加速されて銅に衝突するためである。どちらにしても皆の一致した見解は、放電痕は危険なように見えるけれども、本質的には害はなくリニアックの運転の妨げにはならない。LAMPFでは同じ様な放電痕をつけたままで25年運転をしている⁽⁶⁾。

6・今後の検討課題

今回調査したリニアックの第1タンクは、LAMPFが5 MeV、他は10 MeVであるが、KEKは20 MeVでrf stored energyが39.1 Jouleと大きく、前に指摘されたように放電の損傷を大きくしている。gap電場はKilpatrick limitの半分で、放電がDT間の平行な部分で発生していることから、今後の放電機構の解明には形状の影響も考慮すべきである。

今夏も20MeVタンクの点検を行うが放電痕がひどい場合にはDTを交換するつもりである。タンク内部に塵が認められているので、防塵に細心の注意を払う必要がある。保守点検後タンク内のrfコンディショニングを出来る限り行う。大気にさらす時間を極力減らす。イオンポンプのベキング、水漏れ防止、DT表面素材の吟味などに務めなければならない。

耐圧、放電の試験は従来から数多く行われているが、今回はDT製作に用いられた硫酸銅、ピロリン酸、光沢剤を使用した鍍金方法で作成した、テストピースにて絶縁破壊試験、暗電流測定を行う予定である。また、鍍金でなく無酸素銅のシェルも検討している。絶縁破壊試験は素材のコンディショニング効果の確認をも目的としている。また暗電流測定は表面の状態を調べることにある。

謝辞 外国のlinac情報を集めていただいたKEK入江吉郎氏に感謝します。

参考文献

(1) C. S. Taylor, Radiofrequency Problems, Linear Accelerators, Edited by Pierre M. Lapostolle and Albert L. Septier, 914-924, North-Holland Publishing Company, Amsterdam (1970).

(2) G. W. Wheeler, Status of the 200-MeV Injector Linac, Proceedings of the 1970 Proton Linear Accelerator Conference, 1-14, National Accelerator Laboratory (1970).

(3) Helmut Haseroth, 私信.

(4) David Findlay, 私信.

(5) Weiren Chou, 私信.

(6) Ralph Stevens, 私信.

写真-1 (DT2上流側放電痕)

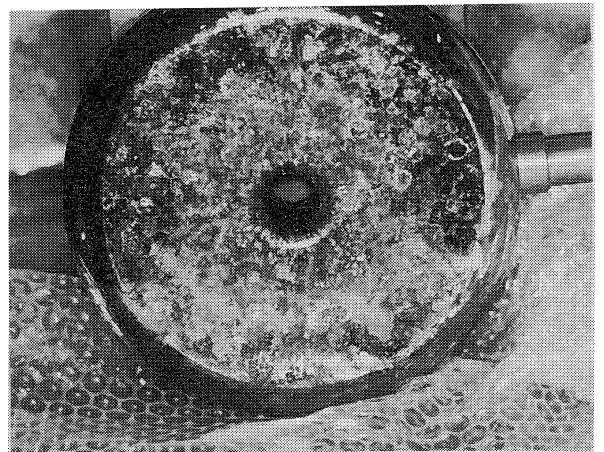


写真-3 (first gapのDT間放電)

