

話 題

KEK PS-LINAC と 30 年の保守・改善

竹中 たてる*

Maintenance and Upgrading of KEK 12-GeV PS Injector Linac for 30 Years

Tateru TAKENAKA*

Abstract

Maintenance and upgrading of the KEK proton linear accelerator for 30 years are described. The linac was substantially the first Drift Tube linac in Japan. It started with pulsed quadrupole magnets, then permanent quadrupole magnets were developed for easy maintenance. The linac was upgraded from 20 MeV to 40 MeV by introducing a new accelerating tank. It was equipped with the permanent quadrupole magnets. For the old tank, control system of the quadrupole magnet power supplies were fully modified. High-power dummy loads of 200 MHz accelerating rf were improved. Trials were made to avoid slow leaks of ceramic windows that transfer rf power up to 1.5 MW to the accelerating tank. Other miscellaneous components, such as vacuum system, cooling water, pulse generators and so on, were upgraded.

1. はじめに

加速器学会から「加速器の現場から」と題して原稿依頼を受けました。最初は高田耕治先生に誰か原稿依頼できる人はいないかなと言われ、お手伝いのつもりで何人かの人に原稿の依頼をすべく動いていたのですが数人から辞退され、結局私が執筆することになりました。でも、いい機会なのでお受けして30年の思い出も私に関わった仕事の一部を紹介したいと思いません。

私は30数年前に、実質的にわが国初のドリフトチューブライナックであるKEKのPS-LINAC部門に技術職員として着任しました。当初、デザインも大方終わって建設期まただ中で、右も左も分からないまま制御関係の配線の仕事をしていました。この当時の同グループには錚々たるメンバーがおり、私自身、工具・測定器を自分で触ることもあまりなく、ひたすら運び屋をおこない傍で見ていた状況が1,2年あったかと思えます。その後、同グループの大半は放射光施設の入射器に移り、やっと自分も工具・測定器を使用・触ることが出来るようになり、PS-LINAC全般の仕事に関わるようになりました。

これから出てくる電源・機械の理解を助けるためにPS-LINACの歴史と主要パラメータを参考1,2に記



図1 20, 40 MeV 加速タンク (手前 40 MeV)

載しました。

2. 永久四極磁石の開発

20年ほど前にPS-LINACのドリフトチューブに使用する四極磁石に、永久磁石を用いる試作をした。

最初に手がけた四極永久磁石は1980年にサマリウムコバルトの磁鋼を用いて試作した。これは丸棒の磁鋼を、くりぬいたヨークに挿入する方法で、何本か磁鋼を取り揃え選定しながら製作した。ただ、この時は、脱磁や着磁をする方法は考えていなかったため、

* 高エネルギー加速器研究機構 KEK, High Energy Accelerator Research Organization
(E-mail: tateru.takenaka@kek.jp)

ドリフトチューブにマウントすると電子ビーム溶接が使用できない。磁鋼の数を取り揃え、選びながら四極を構成したが、機械中心と磁場中心を出す必要があり、これらの調整と組み込みも容易でなかった。組み込みは既に挿入した磁石が磁場を構成し、後から挿入する磁石の妨げになった。そして、希土類磁石は機械的にもろく欠けやすい等の問題もあった。着磁機を用いて KEK で磁場の調整をすることは現実的に不可能であった。

それから2年後に、脱磁、着磁が出来る四極永久磁石の試作を始める。その頃、稼動中のパルス四極電磁石が、しばしば絶縁破壊を起こしていた。

永久磁石化するときの問題点として、着磁・脱磁の再現性があるか、電子ビーム溶接が使用出来る程度まで脱磁出来るか、ビームが当たったとき磁場が落ちないか、など不安はあったが試作をすることにした。その後、ネオジウム、サマリウムコバルトの希土類磁石とアルニコ磁石の放射線による劣化を測定した結果、希土類磁石よりアルニコ磁石の方が劣化に強いことが分かった。

ドリフトチューブに挿入する四極永久磁石の試作に入るとき、何か具体的なものを参考に出来ないか高崎栄一さんと話していたら、東大原子核研究所の野田章さんが脱磁・着磁出来る四極永久磁石の試作をされているそうなので訪問し、試作品や資料をみせて頂いた。

ここで2作目に当たるこの試作品の四極永久磁石ではアルニコ9の磁鋼に励磁コイルを巻き着磁、脱磁が出来るようにした。ボア半径は17 mm、磁場勾配2.2 kG/cm でダイポール成分は0.01% 以下におさえた。

タンクに取り付けた後、磁場の調整は出来ないので脱磁、着磁を繰り返し、磁場の機械中心を基準として精度を確保した。そして、アルニコ9の磁鋼を使用し脱磁・着磁出来る方式を1983年に採用し、試作品は既設の20 MeV PS-LINACの最下流ドリフトチューブに使用した。このときは補正コイルをつけている。

40 MeV PS-LINAC 増強のとき福本卓義先生の提案もあり、今まで行った経験を生かし四極磁石は全数永久磁石化した。永久磁石は放射線に強くないので、現在でもビーム軌道をキチンと確保し、ビームが当たること気に配りながら電流モニターでタンクを100% 通過する調整をして、稼動している。20年間永久磁石に影響を及ぼす程度の減磁はなく、今まで一切の保守点検無しにビーム軌道は維持され、ここ数年で役



図2 20 MeV タンク ドリフトチューブ
(四極磁石内蔵)

目を果たし、終わろうとしている。

試作段階で参考資料等を頂いた、野田章さんに着磁、脱磁を用いる方法で KEK では実用化し実機に使用していることを昨年のライナック技術研究会でお話ししたら、このことをご存じなく目を丸くされていた。

この永久磁石化した四極磁石の製造のまとめを1980, 1983, 1984年のライナック技術研究会で、丁度いい具合に係わった仕事の節目、節目に研究会の場をおかりしてまとめと報告をさせてもらった。そして、1986年スタンフォードで開催された Linear Accelerator Conference のまとめで、定常運転での陽子ライナックでの初の永久磁石の四極磁石とコメントされた。

3. セラミック窓の変更に伴うリーク

20 MeV ライナックタンクの RF は2フィードを採用しており、セラミック RF 窓は2箇所を使用している。

1991年頃このセラミック窓の製造変更によりスローリークが発生した。その時の経験をお話すると、この窓の製造変更を行う理由として、当時セラミック窓内の放電が問題となり、その主な原因がボイドの存在ではないかと PF ライナックグループで取り上げられていた。粒子を小さくしボイドを小さくするためセラミック窓を新規に製造することにした。そして、会社の選定ではコストや諸般の事情により K 社から N 社に発注することになった。これがスローリークで悩まされる始まりとなった。

我々のセラミック窓の形状は外径 200 φ、厚さ 20 mm で厚さ 10 mm (半分) のところから 45 度にテーパーをつけている。テストをするため、N 社のボイドが少ないと思われる製品を製造しテストを行った。テストは品番の変更、焼き方の変更、アルミナの純

度、研磨の粗さ、シール材であるヘリコフレックスの材質吟味とヘリコフレックスにコーティングを用いるなどひとつひとつ試作テストを行った。これで、リークの原因と対処方法はかなり理解できたが、ヘリコフレックスヘインジウムをメッキすることでリークは止まっている。その後、インジウムを使用せずにシールするテストは行っていない。

テストの経過および方法はセラミックのテーパー部にヘリコフレックスを置き、つばつき金属円筒で外周面と上面からヘリコフレックスを押さえて大気とのシールをする。セラミックと反対の押さえ面である金属内側のつばは、フラットなので低いトルクで管理すれば漏れはない。でもセラミック窓のテーパー部は滑りが生じ、リークにつながりやすかった。

ここでセラミック窓の初期のシール方法について述べておくと、セラミックのテーパー部をメタライズし、それに合わせた銅のリングを銀ロウ付けしてシールが行われたが、メタライズからの避けがたい、小さな銀ロウのはみ出しに電界が集中し、放電を起し駄目であった。

その後、メタライズをやめ、セラミック窓を直接ヘリコフレックスでシールするようになる。このときのセラミック窓は K 社のものでセラミック素材のバインダーにはシリコンが多く含まれており、顕微鏡で見ると粒子はかなり大きく、変更した N 社の素材に比べると 10 倍くらいの大きさはあった。

N 社の製品で #600 で研磨したセラミックの顕微鏡写真を見るとヘリコフレックスが表面を上滑りしたような跡が残り、ヘリコフレックスにも横切るような小さな筋が見られた。ヘリコフレックスとセラミックの接触面に転写はなく、馴染みがない。横滑りのないところでも小さな無数のパスを構成してリークにつながっているものと思われる。

このように粗さ仕上げが鏡面研磨の手前だとヘリコフレックスがセラミックに馴染まず滑りを起こし、数ミクロンくらいのパスが無数に出来、スローリークが発生し、リークをとめることが出来ない。K 社のものは粗さがより粗い #200 でもヘリコフレックスとセラミックに滑りがなく馴染みができている。そして、粒子が大きいのでセラミックとヘリコフレックスの間に出来るパスが少なく長さも充分あった。また、ヘリコフレックスとセラミックの接触面の顕微鏡写真をみると両方に転写が見られた。

このように K 社と N 社のセラミック窓は粒子の大きさと研磨などの違いにより真空シールの違いが出た。また、建設の早い時期から使用していた K 社の

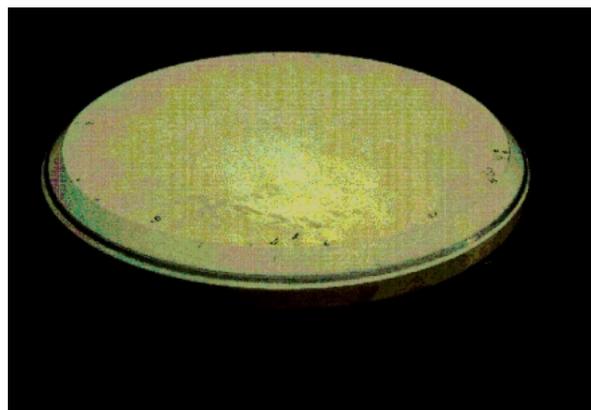


図3 セラミック窓（使用済み）

セラミックは粒子の大きさがシールに有効だったと思われる。

こんどはヘリコフレックスの素材等を替えて、漏れテストをしてみた。まず、アルミフォイルを丁寧にアルミのヘリコフレックスに一重に巻きつけ、シールテストをしてみた。残念ながらリークは止まらなかったが漏れは非常に小さく良い感触を得た。顕微鏡で見ると双方に転写の後がみられ、ヘリコフレックスに馴染みの良いものを使用することが重要であることを確認した。それと、セラミックが鏡面研磨でヘリコフレックスに滑りがいいことなどである。銀のコーティングは馴染みがよく漏れがないものもあった。銅、SUS 製のヘリコフレックスは押し付けた時のセラミックへの転写が見られず、潰された面積も小さく真空シールは出来なかった。がしかし銅のヘリコフレックスに銀メッキをした場合は良い真空シールが得られた。

現在、インジウムをメッキしたものを使用しているが、使用中に漏れることもなく実績がある。ただ、インジウムは融点が低く高周波による熱等で溶けたとき周りに拡散する心配もある。

4. 四極電磁石電源の改善

この電源は既に 30 年を経過しており当初は定期的に S 社のパルス電源部門が保守点検を行っていた。その後、15 年前くらいからこの会社はパルス電源部門から撤退し、その前に他社も続々とパルス部門から撤退を始めており、保守を依頼するのが困難になってきた。いくつか、保守点検をしていただける会社を見つけたが、最終的には K 社に数年間点検していただき、その後の保守点検作業は会社に依頼していない。加速用高周波電源もそのような憂き目にあっており、今ではパルス電源、高圧電源、高周波電源の専門でな

いところで回路を理解しなくても出来る高電圧部の清掃、ネジ固定部の緩みと部品の欠損の有無、目視点検などの作業に関して保守・点検を行っている。中には高周波電源の制御の改造を引き受けて下さった会社が、それをきっかけに引き続き高周波電源の保守を行っているものもある。また、どちらかという機械部門が大きな会社に依頼しているケースもある。

四極電磁石電源の改善を手がけたのが1997年で、中電力電源、モジュレータ電源など大きな電源のプログラム・ロジック・コントロール化は既に行われており、以前から提案されていたこの電源の改善は最後になっていた。また、この四極電磁石電源の励磁はローカルコントロールとセンターコントロールで調整出来る数が異なっている。ローカルにおいては25台の全電源に対応していたが、センターでは7個のup/down モジュールしかなく4台纏めての調整となり、20 MeV タンクのビーム軌道調整には不十分であった。

四極電磁石電源の改善は四極電磁石を励磁するパルス電流の調整を、ヘリポットモジュールの抵抗を可変して直接行うのではなく、外部から直流電圧を印加してコントロールする方式とした。この改善では電流調整をアナログ電圧設定にし、パソコンからシーケンサーを通しコントロールする方式とした。

改善は既成基板にジャンパー配線等をおこない、電圧加算回路を新設し、駆動電源も既設四極電磁石電源内から取り出した。入出力とI/Oユニットの点数は200点に及び、既設のケーブルは四極電磁石励磁用ケーブルを除き新規に70本をはり直した。高圧直流電源部はインターロック関係を除きそのまま使用することにした。

この改善によってパソコンからシーケンサーを通してコントロールが可能になり各電源の電流設定がセンターおよびローカルコントロールの双方からできるようになった。ただ、基準電圧設定に対する操作がまだ充分でない。また、シーケンサー制御なので制御関係のトラブルで直流電圧の異常が起きないか気になっている。しかし、現在まで大きなトラブルもなく順調に稼働している。

この電源に限らないが各基板のIC等は品名等の表示も読めなくなったので互換表を参考に購入し、また使用出来る規格のもの、または近いもので間に合わせることもあった。当然ICのみならず基板、コネクタ等も入手困難で製造中止の部品も多々ある。

この電源が順調に稼働するまでのいくつかの問題をあげると、30年を経過し古いので表面酸化により接触不良が起きやすく、スルーホールに半田をあげたと

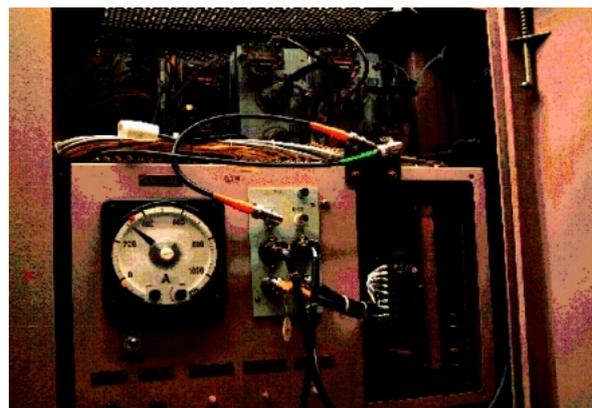


図4 四極電磁石パルス電源

き接触不良を起こした。基板の差し入れも酸化が原因で接触不良があり、接触部を入念に拭いた。既成の基板から基板にジャンパー配線するとき扉が邪魔してスペースをとれず最も短いコネクタを選定せざる得なかった。そのコネクタがオーディオ等に使用するピンジャック方式の半田あげで、これを実施した会社に経験がなく、全てイモハンダで接触不良が原因で動作が不安定であった。イモハンダを探すのに苦労し、200箇所くらい半田のやり直しをした。細かい話であるがリード線の先端をピンジャックから少し出し、半田をあげ、その後にピン先から出たリード線をニッパで切ればよいだけであるが、リード線の先端を出さずにギリギリで半田をあげていた。

この四極磁石電源の改善は1997年の東北大開催のライナック技術研究会（仙台）で報告している。

5. 2.5 MW ダミーロードの開発経過

これから話す2.5 MW 203φ ダミーロードはレポートにまとめていないので多少大雑把である。このダミーロードはPS-LINACの終段高周波源と加速タンク間のサーキュレーターに取り付けて使用している。初期に使用していたダミーロードは203φの同軸タイプで抵抗体はガラス管内面に酸化皮膜を薄く蒸着しフランジとの結合処理を行うためエンド処理は金を塗布し、金属の薄い板でフランジと蒸着ガラス管の間を半田で結合している。これをテーパ同軸管の内軸に収めガラス管の内側を冷却することによりピーク電力2.5 MWまでの高周波を吸収することができる。この方式のダミーロードは当初放送局で使用していた。それを給電線203D用としてKEKとN社がパルス大電力用に開発し直した。

このダミーロードは放電によって一部の薄膜が剥離

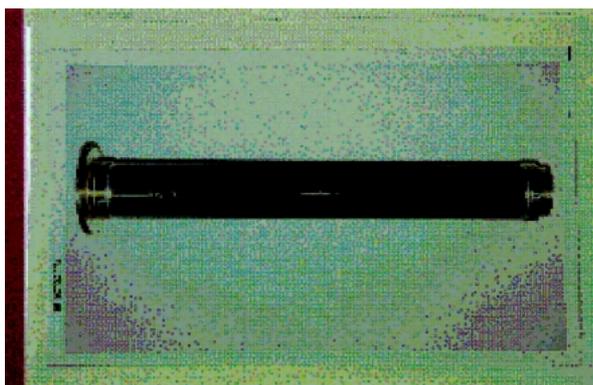


図5 ダミーロード用蒸着ガラス管

等により切れても冷却水があると 200 MHz 帯域では水が抵抗体の役目を果たし VSWR (定在波比) がそれほど落ちずダミーロードの役目を果たしている。放電が進むと VSWR が悪化し使用できなくなった。また、製造によっては水漏れを起こしやすく半田の出来不出来が作用した。そして、出来の良いものが、長い間使用されていると在庫していたものが長期間のうちに半田に用いる酸化剤により腐食が進み水漏れを起こしやすくなり、また実際に水漏れを起こした。それと設置方法は少々考えれば分かるのであるが、横にして使用することは流量によっては抵抗体近辺に水がないこともあり、放電を誘発し、増幅器系統まで影響を及ぼしかねないなど問題も多い。

ダミーロードを縦置きにして冷却する面を水流の帰りに持っていき常に水が全体を満たすようにする必要がある。これでダミーロードの抵抗内面全体に冷却水が流れるようになった。同時に空気溜まりの排除もできた。水漏れ等の故障は別として、ダミーロードの放電の故障は激減した。

その後、ガラス管にカーボン皮膜抵抗を蒸着する蒸着マシンも老朽化が進み再投資は採算がとれず G 社はガラス管の蒸着から完全に撤退した。そこで、今までのガラス管蒸着品の在庫があるうちに新規に 1997 年頃からダミーロードの試作を N 会社と進めた。

ここからは現在使用しているダミーロードの試作過程を述べることにします。

現在使用しているダミーロードはガラスチューブに蒸着する方法でなく、アルミナチューブにカーボンを塗布する方法を採用している。この抵抗体は KEK のトリスタン加速器で使用され、JHF でも 400 MHz のものが製造されていた。ただ、物まねしてそのまま作れば終わりではなく 200 MHz 用の R & D が必要だった。大きさは約 1 m で重さ 20 kg くらい、そして 203



図6 新規ダミーロードと旧ダミーロード

ϕ の同軸テーパ管の内軸にカーボンを塗布したアルミナチューブを挿入し、水冷している。

問題は抵抗体と水路系に集中していた。最初に試作した抵抗体はアルミナチューブを回しながらカーボンペーストを筆で塗布し、ガラスコートをして焼き上げたものである。これはカーボン膜の均一性を保つのが難しく、ハイパワーを加えたら抵抗体が割れてしまった。その後、検討した結果別の方法を考案し、次のようにした。筆で塗るのでなくメッシュにカーボンペーストを塗りそれを転写する、正確には分からないがこの様な方法で製造し、ガラスコートの代わりに別の素材でコートを施し薄膜の均一性を上げた。この抵抗体は成功したが、アルミナチューブの寸法精度にも問題があり、肉厚も不均一であったのでアルミナチューブの均一性を要求し、納品して頂いた。それと、冷却水を均一に流し、抵抗体の熱の不均一が出来ないように、冷却パイプの孔数を増やし、整流する役目をもつアルミナチューブ内の塩化ビニールロッドにも手を加えた。そして、冷却水にさらしている部分を全てアルミからステンレスに替え、使用ボルトおよび機械的な部分は極力、水に触れる部分を減らした。この製品は抵抗体を取り替えたりするため、寸法精度も要求された。

新規に製造したダミーロードは最初のうちは破壊、水漏れも起きたが改修に改修を重ねることを数年行い 2001 年頃に製造したダミーロードは水漏れ、破損もなくメンテナンスフリーの状態を現在も維持している。そろそろ抵抗体が壊れないと保守品として確保している抵抗体の修理・交換方法を忘れてしまうかもしれない。その時のためにも簡単な交換方法のマニュアルは残してある。

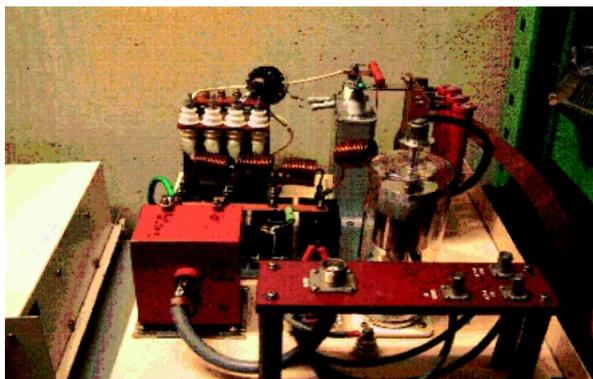


図7 F-175 点火用 2 kV パルス電源

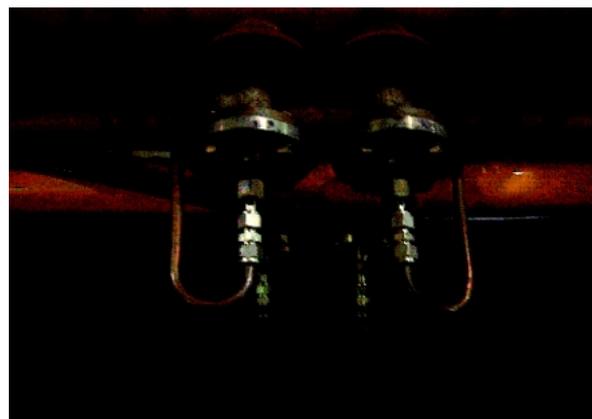


図8 スエジロックと銅パイプの繋ぎ

6. トラブル改修の雑記

6.1 そのほかに一寸した問題点、苦勞話を記すと、主サイラトロン F-175 (ITT 社) を点火する 2 kV パルス電源には PFN のコンデンサーとコイルが 4 個使用されている。このコンデンサーには T 社のマイカコンデンサーが使用されており、それが度々絶縁不良を起こし、何か良いコンデンサーがないか探していた。まずテストにセラミックコンデンサーを並列結線し、マイカコンデンサーの替わりに使用してみた。一個目はうまくいき何個か作って入れてみたら軒並みに放電を起こし使用できなかった。ただ一個目はなぜうまくいったのか調査をせずセラミックコンデンサーの使用はやめてしまった。今では現物もなく捨ててしまったので分からなくなった。その後、コンデンサーは日進月歩しており、本間博幸氏に聴いて従来のコンデンサーの替わりに S 社のマイカコンデンサー (CMA5ZB) と取替えたのが功を奏し 6 年ほど前からコンデンサーの故障はない。この電源の入力抵抗も設計時より多少電力容量を大きくし電源の故障回数は激減している。

6.2 20 MeV タンクのドリフトチューブに使用している冷却水ホースを 100 箇所交換したら、一ヶ月の間に数箇所からホースが抜け水漏れを起こした。この冷却水ホース交換は #1 タンクのドリフトチューブを 10 個交換したとき、ホースが古く、増し締め等も効果なく、抜けそうなものもあったので、100 箇所全数を交換したものである。

交換後、ホースの締め金具に馴染みが弱く、また、設計通りの止めねじでは押さえが弱くホースが抜けやすかった。これは、水圧を考慮せず、ビニールホースの規格・寸法は同じであっても製造、ロットなどによる違い、材質の違い、ホースをつけてから使用するま

での時間の違いなどが作用し、ホースが抜けやすくなったと思われる。その対策としては押さえる部分の凹凸の角をきつくし、狭い範囲で押さえる効果を持たした。

これにはエピソードがあり、未明からホースが抜け、水漏れを起こしたときに丁度スタディーをやろうとしていた木原元央先生、山根功先生、川久保忠通さんにはモップを持って、一緒に床の水拭きなどをやっていただき、貴重なスタディータイムを奪ったこともありました。この場をかりて 10 何年前のお礼とお詫びを申し上げます。

6.3 20 MeV ライナック #1 タンクのドリフトチューブ間の放電が頻発し苦勞したことがある。ドリフトチューブの放電が頻繁に起こり、前年夏に調査したら #1 タンクの入射端版から 10 番目くらいまでのドリフトチューブに放電痕があり次年度の夏に 10 個の交換を決め交換した。その後も放電が起きたので、ドリフトチューブのメッキ、ドリフトチューブ再利用の時のビームパイプ内のカーボンを除去しなかった、微妙な電場勾配の違いなどによるものと思われる。

6.4 20 MeV タンクで O リングを使用するところが 200 箇所あり、鉄のフランジ面に銅メッキを施してあるが、ドリフトチューブ アライメントのために据え付座の研磨を重ねて、鉄の表面が露出し錆が出た。また、水漏れなどがあると周りから錆が起こり、これがスローリークの原因となる。200 箇所の内にはメッキ厚が充分でないところなどもあり、何度か使用しているうちリークが発生した。O リングを沢山使用しているのでリークテストはヘリウムが浸透する前に短時間に行わなければならない。また、タンクの容積も大きく一度ヘリウムが O リングを通してタンク内に浸入するとつぎのテストまで数時間、待たねばなら



図9 三極管 TH516

ない。

6.5 タンクやドリフトチューブを冷却するため使用している銅パイプには口金（真鍮製）を銀ロウで付けヘッダーに接続している。この口金の真鍮が純水で融け1年に数回修理していたが、夏の保守時にこの口金180個をSUS製品に取替え、銀ロウ付けはやめてスエジロック方式にした。その後、漏れはない。取り外した真鍮の口金を観察してみたら相当腐食が進んでおり、ピンホール間近のものが5割程度確認された。まだその当時はSUSの使用頻度は低く、スエジロックは使用されていなかった。

6.6 三極管 TH516 のグリッド電極が放電損傷したときヤスリを掛け、溶着と筆メッキで仕上げ、一ヶ月ほど使用した。この溶着は熱がほとんど出ないので局所的な処理、大きな熱を嫌うものなどに役立つ、ペーパーロールのドラムの傷補修などに使用しているらしい。

あとがき

最後になりますが、話しの内容が古く役に立つかどうか分かりませんが、現場で苦労した話しを中心に纏めました。リニアック技術研究会に投稿することで業務をまとめられたものもあり、研究会は私にとって有用であり、研究会を通じての知り合った人など、人生に幅を持たせてくれたような気がします。

この投稿は PS-LINAC 建設時からの諸先輩達、同グループの方々が大変苦労して築き上げた話と私が深

く関わったことを書いています。

尚、福本卓義先生と高崎栄一先生に多くの助言を頂きましたのでこの場をかりてお礼を申し上げます。

参考1 PS ライナックの歴史

Drift Tube (DT) ライナックは、それまでのバンデグラフに代る陽子シンクロトロンの入射器として、L. アルバレによって作られたので、アルバレ型ライナックとも呼ばれるが、横方向には電場による収束を採用し、ドリフトチューブの入り口にグリッドを取り付けた。このためグリッドによる陽子の散乱が不可避で、ビームの損失が積算するためドリフトチューブの数には限度があった。E. クーラン、M. リビングストン、H. スナイダーの強収束が発表されるとすぐに J. プリュエットが DT ライナックの収束に四極磁石を使うことを提案していて、以後これが一般に採用されている。

PS-LINAC は 1971 年の KEK 発足と同時に建設を開始し、1974 年 8 月陽子 20 MeV 加速に成功した。そして 1985 年にはトリスタン建設による 12 GeV PS の 1 年余りのシャットダウンの間に、加速タンクを増設すると共に、加速粒子を陽子から負水素イオンに変更してエネルギーを 40 MeV に倍増した。これはブースターへの入射方式をマルチターン入射から荷電変換入射に変更して、ビーム強度を向上させるためである。陽子 20 MeV 加速の時はビーム電流が 130 mA 程度と高かったので、ビームローディングを打ち消すため、タンクへは 2 系統の TH516 増幅器 (1.5 MW) から 2 フィードで 200 MHz rf を給電していた。負水素イオンの荷電変換入射ではビーム強度は 15 mA 程度と低いので、それぞれの系統の TH516 増幅器の出力を 2 分割しそれぞれのタンクに 2 フィードで給電している。

初期の rf 系は、シンセサイザーの出力を電子管で増幅した後、RCA 7651 二段増幅して四極管 RCA 4616 (製造中止後は東芝 4178) により出力 1.5 MW の蒸発冷却三極管 TH516 を励振した。1987 年には 40 MeV タンク用 2 号機に、1989 年には 20 MeV 用 1 号機に、10 kW の固体増幅器を導入し、シンセサイザーの出力をこれにより増幅して RCA 4616 を励振することにより、保守・点検作業が著しく軽減された。

冷却水はライナックで閉じており、タンクの QL は 50000 あるので、温度のコントロールが非常に厳しく $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ の制御を実現している。それに対する保守の厳しさを要求される。

真空については当初、高電場を達成するためオイルフリーを目指し、油拡散ポンプの使用は避けてメカニカルブースターポンプに液体窒素トラップを付けてイオンポンプを起動していたが、数日かかっていた。その後、1985年頃にターボ分子ポンプを採用し、イオンポンプの起動が非常に楽になった。

参考2 PS-LINAC 運転時の主要パラメータ

加速粒子 H⁻
加速タンク数 2
タンク長 15.5/12.9 m
内径 0.94/0.90 m
ドリフトチューブ数 90/35
エネルギー利得 0.75~20/20~40.3 MeV
ビーム強度 13 mA/45 μ s
rf 周波数 201.0669 MHz
rf ピーク電力 1.3 MW

rf パルス長 275 μ s
繰り返し 20 Hz
Duty factor 0.55%
rf 源 シンセサイザー
→固体増幅器 (~3.5 kW)
→RCA 4616 相当 (~120 kW)
→TH 516 (~1.3 MW)
TH 516 モジュレーター (陽極電源)
ラインタイプパルサー
タンクの製作法 銅厚メッキ*
真空度 3×10^{-6} Pa

* タンクは初期には真空容器内に加速空洞を入れる2重構造であったが、鉄と銅のクラッド板が使われるようになり、KEK PS-LINAC でメッキ法が開発された。その後ドイツのGSI重イオンライナックでもメッキ法が採用されている。