

ことわり

本文は、研究会 Free talking をカセットテープに録音し、それを再生して作成いたしました。紙面の都合上適宜編集者の方で省略させていただいた。

座長 竹腰秀邦 (京大化研)

浦沢茂一 (東北大核理研)

話題提供者

谷田弘明 (北大工)

福田久衛 (大放研)

穴見昌三 (高エネルギー研)

今野 收 (東北大核理研)

藤田薫顕 (京大原子炉)

町田賢治 (三菱電機)

山崎鉄夫 (電総研)

小林利明 (東大工)

北島正博 (原子力研)

山本 保 (阪大産研)

(順不同)

竹腰 本日の Free talking は LINAC の運転、故障等を中心話題として行って頂きたい。浦沢氏よりくわしい話がありますが、故障哲学、情報交換が必要で今後失敗の繰返しのないよう討議して下さい。

浦沢 LINAC 研究会の Free talking は、研究会の目玉的な存在である。日頃たまっている事からを全部ぶちまけて、さっぱりした気分で帰られるよう、そして又、来年、田中、鳥塚先生らの大声を聞きましょう。それから今日の中心テーマとして失敗談と使用者に対する、ウラミ、ツラミ、又問題になっている稼働率の定義とか、もっと高尚な話になると、故障物理と異なりますか？

なお、一昨年川渡での研究会のとき、鳥塚先生より地震のときの話がありました、今回も昨年の地震について話を願いたい。では話題提供者の人、順次自己紹介して下さい。

北海道大学の谷口弘明です。

高エネルギー物理学研究所の穴見昌三です。現在保守より製作の段階であります。

東北大核理研の今野收です。我々は保守が主で、老朽化したものを如何にうまく使用するかについて、この1年間のことを説明したい。

京大原子炉実験所の藤田薫顕です。

三菱電機の町田賢治です。私は通信機製作所加速器品質管理課におります。名前は立派ですが、加速器の全部と故障のとき飛んで行く役目です。

電総研の山崎鉄夫です。ライナック研究会の度に誰か立たされ、毎年違う人が同じことを言うことになりますが、保守、運転、研究者で分業は行っていません。

東京大工の小林利明です。過ぎ去った事は忘れるたちで、現在装置の改良を考えての保守を行っています。

原子力研の北島正博です。毎年出席しています。最近故障が生じてもどこの場所かすぐわかるようになった。これからは稼働率をあげるためにもあらかじめ見当をつけて、部品の交換をしようと考えています。維持費の関係で思うようにいきませんが。

大放研の福田久衛です。

阪大産研の山本保です。昨年からライナックを始めました。見る物、さわるものもはじめてなので津守先生の後について行きたく思っています。

浦沢 では、最初に東 小林さんをお願いします。

小林 使用者のつけた装置が真空もれがあったたの、電子銃を度々かえている。現在電子銃の Grid Emission が問題で low Current で 10 μ sec の RF を入れて 10 Psec のビームを取り出している。即ち 10 μ sec の RF 中に対して 6 桁小さい 10 Psec のビームを取り出しているの、Grid Emission は injection Current より 7 桁小さくおさえる必要あり。そのためには、真空部品の規正をする必要がある。失敗の対策としてはよくなって行った。

浦沢 短いパルスの実験をしておられる所が増えていますが、原研ではどうですか。

北島 今は観測しておりません。しかし、Cathode 交換のとき電子銃を見ると、Grid 表面に何かたくさん付着しています。

浦沢 北大では短いのは如何ですか。

谷口 北大でも電子銃の交換の原因は Grid Emission が一番ですが、東大は交換の頻度が高く思われる。パルスラジオリシスの人から Grid Emission をおさえるよう要求ができるが中性子関係の人は、Grid Emission は実験にさしつかえがあまりないので、Grid Emission が少し高くなってもすぐには交換していない。

津守 私共では、Grid Emission で一度電子銃を交換しました。約 1000 時間使用したものです。Model は電子銃は、バイアス 200 V で 3 μ A 以下 (出荷時) 電子銃の交換前に回復方法がないかメーカーに問合せた所、Grid を 120 V, 1 A で 1 時間ボンバードを行い、これを何度もくりかえして行くと、Grid Emission は減るかも知れない

いと言って来たが、(経験者の話では回復した例はないとのこと)当方では、Cathode 750°C (Gridはそれよりも高い)で行ったところ少し回復したが、結局はだめで最後にはCathodeがだめになった。

田中 今 700°C ちょっとと言われましたがそのくらいの温度では附着物はとばないと思えます。なぜならば、 600°C ~ 800°C では附着物はなかなか飛ばない。したがってGridが溶ける寸前まで温度を上げないとだめです。しかし、こんなこそくな手段より、次の二つの方法考慮したら。

1. Grid Emission のでないものにする。
2. 駄目になったら交換する。これは短時間で交換できるようにすればよい。

浦沢 Chopper の方法を考えた方がよいのではないか。 10 nsec の chopper

小林 chopper 等の対策があるか、このようなことを行ったらよい。

1. 交換を簡単にすると動作温度をさげる。
2. ヒータを切らない方がよい。
3. Cathode と Grid が1組になったものの方が交換に便利

山本 産研の電子銃は分解しにくい。

菊池 Grid は cathode より高温になり Grid が自熱までボンバードを行って Grid の Emission は減ったが、Cathode の Emission も減った。電子銃の修理は新品の半値でできるが、常に spair を持つておく必要がある。

浦沢 電子銃について、高エネルギー研ではどうですか。

穴見 対策としては、よごれたら取り換え、交換しやすくする。又、Chopper を用いる。今の質問の答えはまだでていないが、すみやかに交換すること、又、4極管にすることもある。しかし、4極目がよごれたらどうするかが残る。

浦沢 東北大の今野さん、地震も交えて何か願います。

今野 昨年6月12日5時18分に地震がありました。核理研に於ては地震の被害は殆んどなかったが、1つは分析系の mag. が動いた、これを元に復すのは大変なことであるが、結局は元に復さなくても他の mag. で補正することにより充分のビームが得られた。又、シールドブロックも動いた。この安全が大切に思う、これらより、mag. の位置はマークしておく必要があり、機械的な安全対策も必要である。

浦沢 意外に強い地震でした。ビームを出していたのでオペレーターが直ちに運転を中止しスイッチを切った後停電した。その後すぐ保安電源にて皆で各部を見廻って

装置が大丈夫だったから急いで帰宅しました。鳥塚先生より今後の対策としてコメントありますか。

鳥塚 なし。

浦沢 外に何か意見、質問はないでしょうか。

私共は原子炉のとなりにあります。一般的にLINACには地震に対するインターロックはないがこれでよいのでしょうか。

浦沢 別に考えてない。地震で電源が動き、ケーブルがピント張ったりしますので、電源等の固定が必要。又、装置は運転中ののが安全で、中止中はシールドブロックが落ちたりして、人に対して危険である。鉛はマサツが大きいのであまり動かなかった。なお、LINACは岩盤よりパイルを立ててあるのでくまいはなかった。

田中 今日は電子LINACの人が多いが、イオンLINACの数十トンもある物については地盤のよい所は別だが、近く地震があると言われている地域などはどのように考えておられるか、又、使用者が設置した機器類について固定等、しっかりしているか尋問題がある。

浦沢 阪大のLINACについてお願いします。

山本 阪大ライナック設置時のリークテストのとき、加速管出口のRF窓が破れた。フロンガスのリークを見るため圧縮空気を入れて検査しているとき起った。その補修として加速管の修理行う方法で加速管内を見る、破片等を取出すの二つの方法を考えた(スライド)この方法で加速管内を見ると窓破片は殆んど出口のそばに入っていた。この破片を(スライド)この装置にて取出した。破片は1mm中〜5mm中が大部分であり、irisのキズは加速管出口より50〜60cmの所まであった。このキズを(スライド)この様な器具でなめらかにした。現状運転には障害は生じていない。

浦沢 窓の進歩について、どなたか。

三菱電機でつくってもらった窓は24ヶで3年で水もれを起した。今、私共でも開発しているが三菱では今迄と異なる材質のRF窓を作っており、そのテストは当方で次の事を行っている。RF Powerを送る。窓の一方はSF₆ 2.8kg/cm²に加圧し、一方は10⁻⁶ Torrの真空にしてある。Metalとのシールの部分が腐蝕して、水が入り事故を起すのでCeramicsを取りかえられる様にし、コパールを銅に変えた。クライストロンの窓シールはCuでよい。一方に三菱、一方に私共のものにし

て、1 MW、3.5 μ sec. duty 1/2/1000 で温度をはかると両方とも54°Cでよい。
浦沢 東北ではテストの時間がなくて困っている。では、次に三菱電機の人、故障の話
お願いします。

町田 研究用ライナックは保守がよいので問題はないが、工業、医療用として、工業用は
1、3、5、15 MeVまで、医療用には、3、4、15 MeVのを約10年間に90~100台製作
した。故障は台数が増えても故障件数は横ばいである。新しい製品で設計に問
題のある所は次の年に故障が生じ、その内容はRF窓及びMagnetronが多い、工業
用では寒冷地での凍結が3件あった。稼働率についてはむづかしく病院等では、
97~98%である。問題は故障の場合その場所の発見に時間がかかる。又、工
業、医療共自分で修理しようとするのは10%位であるから保守と故障診断の単純化
が必要である。

浦沢 稼働率の定義を来年迄に完成したい。京大のLINACについてはどうですか。

藤田 injectorの改造を今行っている。電子銃は阪大と同じモデル12で40 Aのinjection
が出来る。今迄10 A迄行ったが100 nsec以上ではビームinjectionを増しても中性
子は増えない。100 nsec以下では増える。一つ教えて頂きたいが真空の中をよ
ごした時、フロン溶剤で洗い、これを洗滌した後Bakingしてうまく出来たが、最
近electron emissionが減ったのでフロン溶剤の影響ではないかと考えています
が如何でしょうか。

？ Cathodeに対して悪いのは、シリコンである。

田中 クライストロンの排気にシリコン油を使用したことがあるが、これは駄目である。
フロンなんかはイオンポンプに対しても悪くさけた方がよい。

小林 フッ素がCathodeに対して最も悪いと聞いたことがある。阪大でもRF窓が破れ
た時フッ素であればCathodeがやられているでしょう。

竹腰 ターボは如何でしょうか。

菊池 ターボはよい。

田中 外国ではターボでやっている。

浦沢 東大核研の方、お願いします。

？ 原子核研のシンクロトロンは、ターボで起動しており、イオンポンプとターボの両
方が動いていることがある。ターボの故障でoilが入ったことがあり、これから
は水冷のターボに切り換える予定である。

浦沢 真空についてのターボの欠点等あれば

田中 ノフは、イオンポンプ triodeがよい。ノフをイオンポンプでは数分で 10^{-6} となるが、しかし、だんだん悪くなって行く、クリーニングするのにHFを用いるが、これもだんだん出来なくなるので新しいカートリッジタイプを用いるとよい。これは、エレメントと壁を含んだ弁当箱の様なものである。グローがでるのを防ぐためにカートリッジに mesh をつけたところ性能があがった。イオンポンプの弱点は、碍子のところが O_2 で増付が腐蝕する。

浦沢 北大の谷田さん、machine studyについて。

谷田 machineの話という事ですが、今ターボの話があるので、私共ではターボは昨年より使用している。荒引が主で非常によいが、イオンポンプと平行に使うとオイルのへりが多い欠点がある。オイルの補給は1ヶ月に1回必要であるので、これからはOil のターボがよいと思う。ライナックは三菱にベンダヤラではないが、3段目が完成してより5年経て初期故障が出つくして安定に動いている。又、故障の出るような所の部品を定期的に交換すればある程度防止出来るのではないか。しかし、あまり安定に動くユーザーに優先されて、装置の特性など研究する時間がなく困る面がある。

福田 大放研では、昨年報告した様に設置後17年経過した現在、よく動いている。今年々月より現在までについては、

- 1) RF driverの板極管の故障が2回
- 2) 真空もれ 2回
- 3) 排水ポンプの故障でターゲット室が水につかる

その他長期的な故障なく現在5日/週動いている。しかし、古い装置であるため、いつか全面改造が必要なので計画している。皆様に質問したいのですが、現在設置の時と性能は落ちていないが、加速管内が黒くなっており、いつまで使用できるか、又、Break downするものだろうか。

浦沢 加速管は何年使用できるかとのことですが、むつかしい、まあ大放研のがこわれた時寿命とすればよいのではないのでしょうか。

現在、製作中のProton LINACについて物を作るにあたってのプリンスiplを述べる。主に担当しているのは電源ですが、故障の無い物を作ることは言うまでもないが、故障のとき早く発見でき、故障のdamageが大きくなるようなProtection

があること、チェック板を設けチェックをやりやすくすること、又、改造、修理をしやすくユニット化し、使用部品は入手しやすい物を使用する。なお、シヤレタことはしない。End of line Clipperなど故障のもとになる可能性がある。

浦沢 山崎さんは、如何ですか。

山崎 今、移転で開店休業です。故障に関してはいつも設計に無理があり、たえず新しい問題が起ります。真空には、イオンポンプ、ソーブションポンプを用いている。MITの場合はRF窓で苦勞している様で、 N_2 ガスを教気圧流しているが、そこがたえず不良になっている。

浦沢 時間が来ましたので、最後に、竹腰先生閉会をお願いします。

竹腰 3日間皆様御苦勞様でした。お礼を申し上げます。日本のLINACを展望すると、ハイライトは産研のLINACであり、日本文化は西高東低ですが、LINACに関しては逆で、筑波では犬も歩けばLINACに当る状況です。今回の産研はこれを打ち破るもので、関西在住者として、同慶にたえません。新しいLINACについては、Photon factoryや現在電総研で着々建設中の装置に、我々は大いに期待しております。又、新規計画で、東北大、日大から話が出ていますが、あいたづさえて行きたいと思ひます。来る世代のLINACに関しては、鳥塚先生の役割が重大だと思ひますので、御自重頂きますように。それから、各地のLINACで色々の工夫や改造を加えられまして、段々稼働率が上昇して、LINACは運転者が不必要との考えが定着すると困りますので、時々故障するよう、又、つぎはぎを大いにせるように、これは、現在、省カ化、省エネルギー化が今はやりですが、電総研では、20%もマイコンを使用させており、マイコンは画期的なものと思ひます。もし、おうたがいの人がおられましたら、インベダゲームをせられたらよくわかります。次に、今後の会の運営ですが、この会は何も決めないのが主旨で、LINACの運転等の実務に当たっている人々が、年1回集ることに意義があるそうですが、通信費等が無いと困りますので、事務局を置くことが、昨日、万場一致で決まり、1年間は田中さんに一任することになりましたが、会費は通信費をうわまわる額にしていきたい。なお、次期の開催は、次期責任者に一任したいと思ひます。ローカル色を出して下さい。最後に、本会のお世話を下さいました、川西先生をはじめ産研の皆様と岡田さんをはじめ三菱の方々に拍手を以って御礼申し上げます。