

京大炉中性子発生装置(電子ライナック)の現状

高見 清¹⁾、阿部 尚也、山本 修二、高橋 俊晴、小林 捷平

京都大学原子炉実験所

〒590-0494 大阪府泉南郡熊取町

概要

京大炉中性子発生装置(以下、京大炉ライナック)は、1965年に設置された古いマシンであるが、現在も全国共同利用設備として中性子実験、コヒーレント放射光実験、電子線、X線、中性子による照射など幅広く利用されている。1年間の運転状況、昨年行ったRI施設の整備、1ヶ月以上停止した真空トラブルとその対策、ビーム安定化の改造、安定に利用する上で計画した加速管更新計画などを紹介する。

1. はじめに

昨年、現状報告^[1]をしたので初めての2年連続の報告である。来年施行される独立行政法人化、3年後の研究炉休止(実験所は無くなる)、新人の投入と状況変化が大きい中、マシン(本当は担当者)の信頼を損なうようなトラブルを経験した。予算化されるかどうか未定であるが加速管更新計画が所内で一応認知された1年である。近年、所内措置による維持費のみで、老朽化も進んでいるが新しいユーザも増え、これからも利用されようとしている。

2. 利用状況と運転時間

現在、京大炉ライナックでの実験は、照射実験、中性子実験、コヒーレント放射光実験に大別で

きる。電子線照射、RI製造、コヒーレント放射光実験、中性子実験に新しいユーザが加わった。昨年は、RI施設整備工事で2ヶ月間利用できなかったために運転時間は減った。

図1に設置から昨年までの年間運転時間の変化を示す。66年の時間は65年のテスト運転を含んでいる。ビームON時間の総計は、今春30,000時間を越えた。

ターゲット室や実験室が狭く、直線のビームラインだけで、実験毎に準備や片付けに時間をとられ、運転時間に制限はあるが、新しいユーザが加わり、今しばらく近年のペースで使われそうである。

3. RI施設としての変更と整備

新しい規則に適合させるため所内RI施設の整備や変更申請が行われ、昨年12月18日付で合格した。京大炉ライナックもターゲット室が容易に飛散しない形での非密封RI取扱い可能施設になった。これに関連した整備などを下記に紹介する。

3.1 排風機の設置

RI排風機の設置で、当初無かった排風機の風量計に変わる風速計を我々で追加した。

3.2 除染室の設置

所のRI整備から漏れたが除染室も設置した。

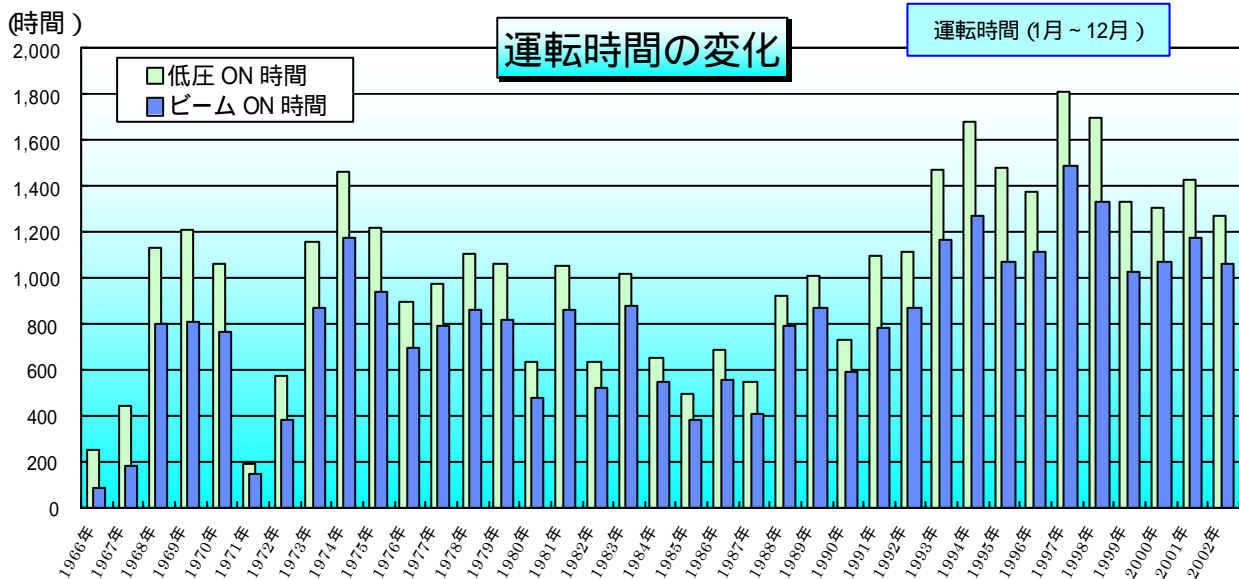


図1: 年間運転時間の変化

¹ E-mail: takami@rri.kyoto-u.ac.jp

3.3 ターゲット室他の塗装や床張替え

非密封 RI 線源が取り扱えるようにターゲット室が全面的に綺麗な塗装がなされた。また、実験室や他の部屋も綺麗になった。他施設並みだが、本ライナックの以前を知るものからは見違える変身である。ただ、ターゲット室から汚染検査室までの途中にあったピットは埋め殺しになり、使えなくなった。

3.4 バーコードリーダによる入退室管理

バーコードリーダを使った入退室管理システムが導入されて厳密に管理されるようになった。見学なども事前連絡も必要だし、出入りに時間と手間を要するようになった。

3.5 管理区域の変更

従来、管理区域の中に居室があるような形を現実的に即したの管理区域に変更した。

3.6 放射性ガスモニタの設置

ターゲット室が非密封 RI 施設になったことで放射性ガスモニタの設置が要求され、急遽自前で放射性ガスモニタを準備し、制御室他で値が判るようにした。この月報も我々担当者の仕事になる。

3.7 放射線遮蔽の増強

制御室を管理区域からはずすために壁厚を 15cm から 40cm にして、十分に放射線量減らした。また、許容されたビーム電力 10 kW でも搬入室の放射線漏洩線量が問題になら無いようにターゲット室の遮蔽増強も行った。

4 . マシントラブル

4.1 真空トラブル

今年 3 月に行った実験で、現状でのフル・パワー 6 kW 連続(60 時間予定)の途中停止をした際に真空が急激に悪化して全てのイオンポンプ電源のプロテクションが動作した。急遽、粗引排気系をセットしたが放射能レベルが高く、漏れ箇所探しができず放射能が下がるのを待たざるを得なかった。加えてスクロールポンプの故障や特殊形状のガasketの入手などに 2 週間、ガasketの交換からイオンポンプのベーキングや電子銃の活性化に 3 週間を要してビームが出せるようになるのに長期間停止した。漏れ箇所は、No.2 加速管入口の真空フランジのガasketに割れが生じていた。

当初、ガasket交換で問題が解決すると予想していたが、復旧後、加速管にマイクロ波を加えた際の真空悪化にエージング効果が認められず、1 日停止しただけで、毎回、数 Hz から徐々に必要な繰返し数に上げていく必要があり、この現象は、250 時間運転しても改善しなかった。

高出力運転後のビーム停止後の真空悪化現象もあり、その度にガasketの増締めを行った。6 月に再度ガasketを交換したが、現象に変化はなかった。

断定できないが、高出力運転後の真空悪化の原因は、こぼれた電子がビームダクトを加熱し、ビームを止めた段階で冷やされ、漏れが生じると予想している。

この対策として問題箇所を熱電対を付け、設定温度を超えるとマシンが停止するようにした。

マイクロ波を入れた段階の真空悪化原因を当初、交換したガasketが RF 放電していると予測して再度ガasket交換に踏み切ったが、交換後も同様の放電が起こっている。現在は、交換時に見た加速管入口部の汚れが原因ではないかと思い始めている。これが正しいなら洗浄か、交換が必要になる。高出力化は、マシンに無理を強いていることや放射線被曝の問題があることを強く意識した。

4.2 ビーム取出し窓の変形

ビーム取出し窓は、30 μ m 厚さのチタン箔を空冷無しでこれまで 10 年以上使って来たが、焦げたような色はついてきたが変形は無かった。先の真空悪化で停止した後、しわがよったようになっていた。事故には至らなかったが、怖い現象で交換し、発見後、仮設の強制空冷を行ったが、これもインターロックを含めて本格的なものにした。高出力運転では使用することにする。

昨年、安定に長時間運転できるビームパワーを 6 kW(平均ビーム電流で 200 μ A)としていたが、現在は、恐々限界を検討中である。

5 . 安定化のための改造

これまでの京大炉ライナックは、マシンが停止しないことを第一義に改造してきた。しかし、近年、コヒーレント放射光グループなどからビーム安定性の希望が出ていたことに加え、昨年報告したサイクロン冷却の変更で止まる問題がほぼ解決したのでモデュレータの安定化を計画した。これまでのモデュレータは全く安定化回路が無く、商用電源の変動に任せていた。今春、No.1 モデュレータのみを試みに行った。商用電源は ~ 5 % の変動をしている。電圧の変動は誘導電圧調整器で行っているので急な変動に回答できないが設定電圧を超えると UP/DOWN させる簡単な制御で 1 % 以下の安定度を実現した。DeQing 回路は、京大炉のチャージングチョークコイルには 2 次巻き線が無く 1 次巻き線と並列にサイクロンを入れる方式を採用した。従来、DeQing を考えずにできるだけゆっくりと充電した方がサイクロンの連続通電が起こりにくいと考えてチャージングチョークのインダクタンスを大きくしていた。このため DeQing に要する時間が短い EEV 社(現在の E 2 V)のテクニカルレポートにあったコンデンサーカップ方式にした。図 2 は、EEV のテクニカルレポートからコピーしたものである。クリップ時にコンデンサーに蓄えた電荷を PFN の共振充電時に放出(全てではない)し、エネルギーの再利用をしている。

よさそうな回路ではあるが、動作を理解し難く、動作の理解に回路シミュレーションを使った。しかし、4月の導入からマシンの空き時間でのテストであるが、残念ながら現段階では、正常に動作していない。研究会までに正常に動作させ、報告したい。

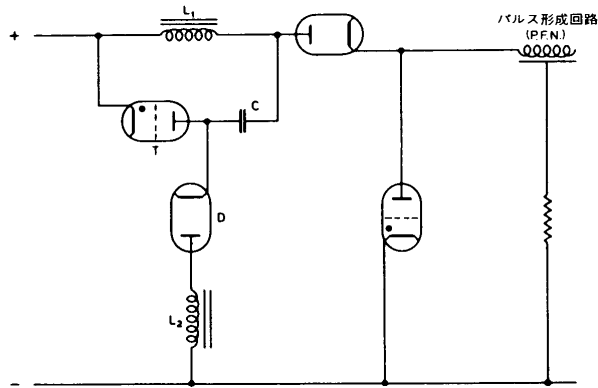


図2：コンデンサー クリップ回路

6. 運転継続とスタッフ

原子炉実験所は研究炉の燃料確保が難しくなり、3年後の休止が確定した。そして、研究炉休止中の代替中性子源として京大炉ライナックを使うと中期利用計画にある。熱出力5MWの原子炉と比べようも無く小さく、原子炉ほど多くの人には使えないが、所としてライナックをこれからも使うという方針も明確で、今年は維持費をはるかに越える高額なクライストロン購入の許可を得た。

研究炉が動いていても十分なユーザの存在もある中で、どの程度、新しいユーザに回す時間があるか不明だし、担当者の負担の増加をどうするか等の問題がある。

昨年、報告書では実験所のどの組織にも属していないと書いたが、発表時に実験設備管理部の組織に入ったと報告した。私自身も研究炉と兼務することになった。加え、4月に新人が投入された。私同様に原子炉の運転も兼務するが、マンパワーとしては大いに助かる。仕事の能率は1人が2人になると3倍になる。長い間、減員しか経験しなかったが、京大炉ライナックの将来に光が見えたといえる。

7. 改造計画

7.1 電子銃と周辺回路の更新

昨年も報告し、その後、進んでないが、京大炉ライナックで使っている電子銃 Model 12 は、製造されていないし、周辺回路も更新して20数年が経ち、信頼性がかなり低下している。しかし、メーカーに一式頼むお金がなく電子銃の設計から周辺回路を含め、

京大炉ライナックで行う予定である。数年前から製作を進めているが、日々の仕事に追われ、遅々と進んでいない。本年度は他をサボってでも進ませる予定である。ビーム径が小さくなればビームダクトの過熱も減り、高線返し運転に有利となる。今度はビーム取出し窓の安全から制限を受ける。YU-156の使用を計画している。

7.2 加速管の更新

担当者として、実験所の代替中性子源として安定に長く利用するには、電子銃の更新と加速管の更新が必要と考えている。先のマシントラブルでも強く感じた。加え、RF出力20MWのクライストロン2本を持ちながら古い加速管で20MWを加えることができない。加速管の更新でRF出力を上げることができれば、ビームパワーも上がり、中性子量も増える。

ビーム負荷特性 (定常モード)

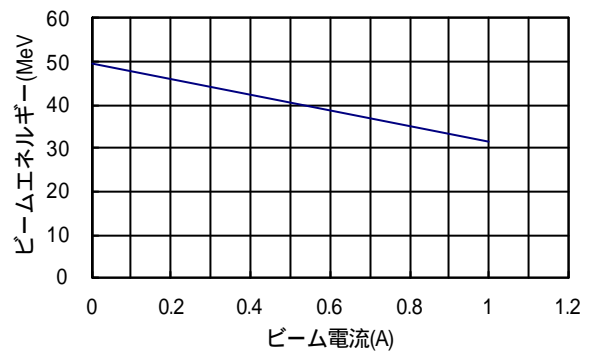


図3：新しい加速管2本使った特性予測

現在、あまり高いエネルギーを期待するユーザがいないので、長くない加速管で製作した場合の簡単な性能予測を三菱重工に依頼した。結果を図3に示す。BBUの問題もあるが、4μ秒のパルス巾で~1Aのビーム電流となり、現状の2倍になる。色々問題はあろうが、京大炉ライナックの現状の電源を使い、平均ビーム電流1mA、ビームパワー30kWのマシンになる計算である。ターゲットのハンドリングや遮蔽の問題もある。長く使うには無理をしない運転が良い。

少ない予算の中で、実験所には他に優先度の高いものがある。しかし、過去最高の実現に近い位置にはあるが、やはり削り代で、最後に見る夢のように思える。

参考文献

- [1] 高見清 et al., “京大炉中性子発生装置 (電子ライナック) の現状” Proceedings of the 27th Linear Accelerator Meeting in Japan, Kyoto, Aug. 7-9, 2002