

京大炉中性子発生装置(電子ライナック)の現状

高見 清¹⁾、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年に設置されたマシンで37年目になるが、全国共同利用設備として現在も中性子実験、コヒーレント放射光、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。このマシンの利用状況、運転時間、マシンの状況、近年行った作業や改造予定や運転を継続する上での課題などを紹介する。

1. はじめに

本研究会11年ぶりの現状報告であるが、京大炉ライナックの健在振りを紹介したい。1965年に定常的な中性子源である原子炉と相補的なパルス状中性子源として米国ARCO社製L-1512G型電子線型加速器を導入し、1966年から所内利用、1968年から全国での共同利用が開始された。1971・2年に加速管、マイクロ波発生装置増設によるエネルギー増強作業、1973年に大型電子銃に交換した電流増強作業があり、その後も維持費などによる更新を続けてきた。近年、所内措置による維持費のみになり、老朽化も進んでいるがマシンは比較的順調に利用されていて、これからも利用されようとしている。

2. 利用状況

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。原子炉実験所ユーザの約10%が利用している。

2.1 照射実験

照射実験には、電子線、白金に当て発生するX線、タンタルに当て発生する中性子線による照射がある。

電子線照射：鉄合金や化合物半導体の照射が行われている。鉄合金の照射は、発電用原子炉压力容器の脆化過程に関する研究で、他施設では行われていない液体窒素温度での電子線照射も長年続いている。近年、新しい研究グループも加わり、賑わっている。化合物半導体の照射は、照射効果の実験である。

X線照射：30MeVクラスでのRI製造も原子炉では作れないRI製造に使われている。ターゲット室の非密封RI取扱い可になるのを待つユーザも在り、実験時間の増加が予測される。

中性子線照射：現在は半導体の照射効果実験だけであるが、放射化分析への利用なども検討されている。

2.2 中性子実験

中性子発生装置の名称が示す如く中性子飛行時間分析装置を使った中性子実験から本マシンの利用がスタートした。現在は、中性子飛行時間分析装置や鉛スペクトロメータを使った核データ関係の実験で、現在でも最も多くの時間利用されている。

2.3 コヒーレント放射光実験

近年、京大炉ライナックのもうひとつの柱になった実験で、コヒーレント放射光実験は、発生に関する物理実験だけでなく、強力ミリ波光源としての利用実験も始まり、利用時間が増えようとしている。

2.4 研究分野別利用件数と稼働時間の変化

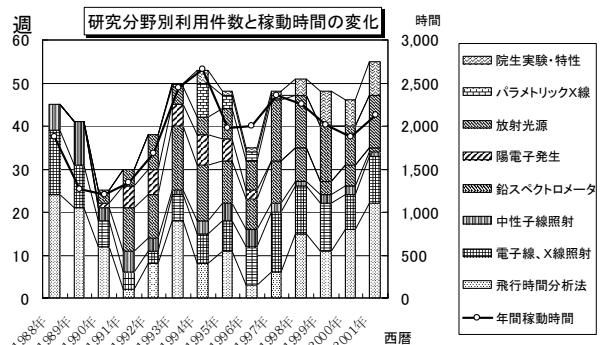


図1：研究分野別利用件数(週)と稼働時間の変化

図1に研究分野別利用件数(週)と稼働時間の変化を示す。稼働時間(折れ線グラフ、右軸)とは、低圧ON時間に準備や片付けに要した日数×8時間を加えたものである。1990年に鉛スペクトロメータの設置や色々な実験グループの利用が加わり、利用週が増えた。その中には、現在行われていない低速陽電子生成やパラメトリックX線も含まれている。

3. 37年間の運転時間の変化

図2(次頁)は、設置から昨年までの年間運転時間の変化である。1965年に行われたテスト運転も1966年に含めた。1966・7年はクライストロン他の初期トラブルがあって本格的利用は1968年からである。1971・2年は加速管に入った拡散ポンプ油の洗浄作業と加速管とマイクロ波発生装置の増設作業を我々で行った関係で運転時間は少ない。1985年頃からの低

¹⁾ E-mail: takami@rri.kyoto-u.ac.jp

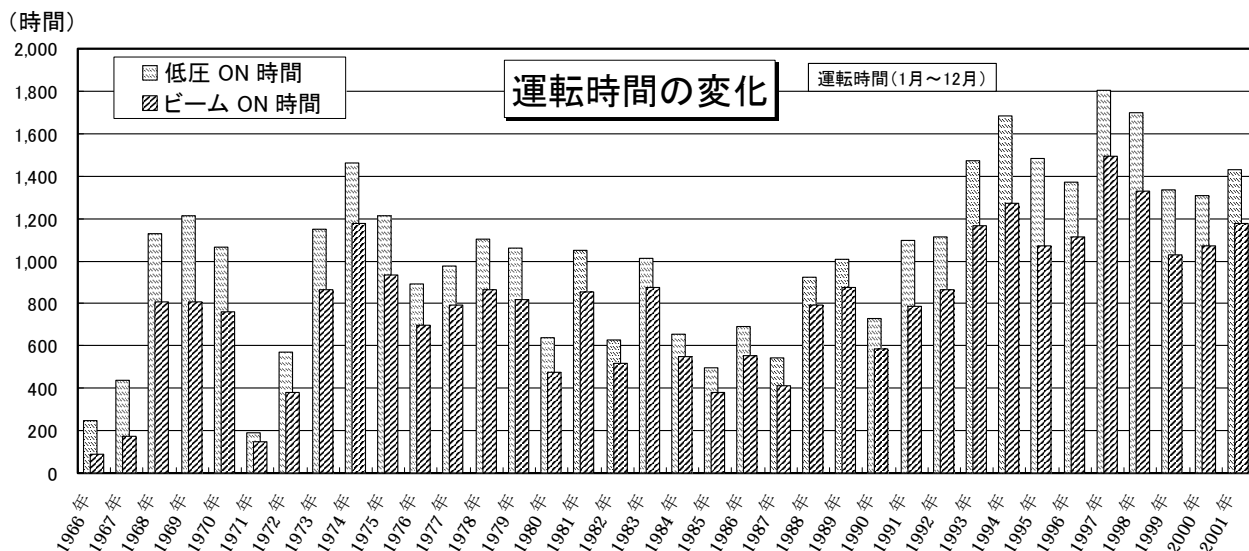


図2：京大炉ライナック年間運転時間の変化

下は、ユーザであったライナックの責任者が、原子炉の管理や原子炉の2号炉計画に携わり少なくなった。1990年は鉛スペクトロメータの設置などで運転時間は少なくなった。その後は、実験者の多様化で順調に運転時間も増え、現在では、1,000から1,200時間程度のビームON(運転)時間になっている。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が必要である。このため、昨年のビームON時間は1,175時間であるが、準備や片付けを入れた稼働時間は2,124時間になっている。

本装置の昨年末までのビームON時間の総計は、28,551時間で来年には30,000時間を越えると予想される。

文部省からの特殊装置維持費は、1991年に半減され、その後も削減が続き、1997年に完全に無くなったが、1991年から運転時間は増え、維持費が無くなった1997年に過去最高の運転時間を記録している。予算がなくなっても運転が継続できるのは、所内措置による予算配分の御蔭である。

4. マシン、施設関連の状況

4.1 近年行った主な作業

前回の現状報告^[1]以後に行った主な作業を以下に記す。年度をまたがった作業もあるが、まとめている。

1. 前室設置他の実験環境の整備

担当者が4人から2人なったこともあり、担当者の労力が少なく、実験者に便利や見栄えを考えた改善である。

2. 2次冷却水系のポンプ、配管、熱交換器の更新 老朽化対策である。

3. 水負荷の故障による交換

放電が発生し、修理ができず、予備品と交換。

4. 記録計の交換

2000年問題で更新したが、チャート紙レスで、パソコンによるロガーも導入した。インターネット経由での監視もOKにし、入力点数も増やした。

5. クライストロンコイルの層間短絡による交換

RF出力の低下から当初、クライストロン劣化と思っただが、層間短絡と判り、購入して交換。

6. クライストロンの交換

ビーム電流やエネルギー低下からクライストロンの劣化が判明し、予備品1本と1本購入で2本とも新しくした。ヒータONの積算時間は、17,543、18,581時間であった。

7. サイラトロンの型式変更と冷却方式の変更

モジュレータのオーバーロードに悩み、サイラトロンKU-275Cをメーカーの推薦するF-241に変更した。しかし、当初、明確な差が出なかったが、冷却をメーカーの推奨方式に変えることで劇的に安定し、昨年4月からオーバーロードが発生していない。

4.2 マシンの現状

表1 京大炉ライナックの公称性能と現状性能

項目	公称値(目標)	現状
ビーム・エネルギー		
無負荷時	4.6 MeV	4.6 MeV
最高負荷時	3.0 MeV	3.0 MeV
ビーム電流		
定常モード(4μSmax)	500mA	500mA
過渡モード(22nS)	6 A	6 A
パルス巾		
定常モード	0.1 ~ 4μS	0.1 ~ 4μS
過渡モード	10 ~ 100 nS	10 ~ 100 nS
パルス繰返し数		
定常モード	0 ~ 180 pps	0 ~ 100 pps
過渡モード	0 ~ 480 pps	0 ~ 300 pps
ビーム・パワー	10 kW	~ 6 kW

表1に公称値と安定に長時間運転できる現状の値を示す。サイラトロンの冷却方式の変更でマシンは

比較的順調で、加えて、2本のクライストロンを新しくしたことでピークパワーも公称値通りで限界値でもある $\sim 30\text{MeV}$ 、 $4\mu\text{S}$ 、 500mA を安定に供給できる状態にある。パルス繰返しは、現在、ロングパルス（定常モード、 $\sim 4\mu\text{S}$ 巾）で 100pps なら長時間安定に利用できる（ビームパワー $\sim 6\text{kW}$ ）。この 100pps は長時間安定に使える値としては過去最高の値である。限界は真空悪化や漏洩放射線の増加であるが、種々対策を検討・実施中である。ショートパルス（過渡モード、 $10\sim 100\text{nS}$ 巾）で最高 300pps としているが、これ以上の要求が無く、長時間テストをしていないので明確な限界ではない。これも過去最高の繰返し数である。

4.3 保守体制

京大炉ライナックは粒子線源としての実験道具でマシン研究者は居らず、これまでの施設責任者はユーザである炉物理・炉工学の研究者である。マシンの運転、保守、改造は技官で行っている。現在では予算要求書の作成から執行、実験者へのR I現場教育や実験の相談もある。（もちろん、許可を得ているが、）加えて、ライナック技官は研究炉部に所属し、原子炉の運転や保守業務（本業）もある。約10年前までは、4人の技官がいた。実験所の体制が変わり、管理に対する技官の負担が増えたことから、1人は原子炉の保守業務を免除された（原子炉の運転、当直などはある）が、もう1人は、他の研究炉部員と同量の仕事を課せられた2人体制になり、1.5人体制と呼んでいた。しかし、最近、0.5人の人が教官になって大変忙しく、手伝って貰える機会も減り、技官1人体制になった。その1人も週に1回以上の原子炉の運転業務などがあり、時間のやりくりが大変になった。どうにか動いているのは、現在、比較的マシンが順調であり、ビーム立上げ以後は実験者に監視を頼めることや担当者や有資格者の実験は起動も任せられるようになってきているからである。また、人手のいる仕事や相談は、他の担当者（教官）に依頼している。

5 . 実施、計画中の作業

5.1 R I施設整備

補正予算によりR I施設への入退室管理が一新され、R I施設の整備も今夏行なわれる。マシンの性能は変わらないが、内部の見た目は改善される。R I使用施設として、ターゲット室が非密封線源取扱い可能になる予定で、照射実験が可能になるのを待つユーザがいる。

5.2 放射線遮蔽増強作業

先の工事に合わせてターゲット室の放射線遮蔽を強化する計画で、ライナック高繰返し化を阻むひとつが改善される予定である。

5.3 電子銃とその周辺回路の更新

京大炉ライナックで使っている電子銃 Model 12 は、もう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はないので、電子銃の設計から周辺回路を含め、京大炉ライナックですべく、数年前に所内予算を貰い、製作を進めている。しかし、日々の仕事に追われ、遅々として進んでいない。ビームスポットが改善されると高繰返し運転が可能になり、ビームパワー 10kW が実現できるかも知れない。YU-156の使用を計画している。

6 . 運転継続上の課題

京大炉ライナックは、原子炉実験所にとってはマイナーな実験設備で、実験所のどの組織に所属するか位置付けも明確で無い。加えて、文科省からの予算も無い。そして、2年先には独立行政法人化の話もある。設置から37年になる装置である。いつまで維持費が付き、いつまで動かすことができるか不明である。マシン担当者が決める問題でもないが、継続に必要な課題を以下に示す。

6.1 ユーザの確保

ユーザが存在して初めて動かすとなる。中期利用計画の作成を意図して、ユーザに求めたアンケート結果は、継続に強い希望があった。

6.2 マシンの老朽化

先の電子銃周辺や放射線モニター、各種電源、などなど多くある。全面的な更新予算や高額な維持費が付かない限り、老朽化問題の解決は無い。しかし、クライストロン他的高額部品の故障は別途対応される必要はあるが、いたちごっこを覚悟して少しずつ更新していく気になれば、現状の維持費で運転の継続を現担当者としては可能と判断している。

6.3 スタッフの問題

現担当者は高齢化し、持続力、記憶力、集中力に衰えが目立つ。異状を早期に発見できれば、被害を少なくしたり、他への波及も少ない。10年前に比べて格段に日常保守も心掛けているが、忙しさも限界に近く、マンパワー不足を感じる。マシンは担当者が作ったものが多く、メーカーに修理依頼できるものは少ない。今、若い担当者を入れてもらっても継承の時間も自信も無い。数年先にどうなっているか答えられる人はいない。

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 16th Linear Accelerator Meeting in Japan, Tokyo, Sept. 3-5, 1991