

[07-A01]

PRESENT STATUS AND APPLICATION STUDIES OF THE ELECTRON LINAC AT HOKKAIDO UNIVERSITY

KIYANAGI Yoshiaki, SATOH Kohichi and KITAICHI Masatoshi

Division of Quantum Energy Engineering, Graduate School of Engineering, Hokkaido University, Kita-13, Nishi-8, Kita-ku, Sapporo 060-8628

Abstract

Last year we had a serious trouble of beam window rapture. It took about 5months to fix the linac. We could supply the beam to the users from August. At the first stage of the operation the beam downed frequently due to sudden decrease of the degree of vacuum. Now, the linac has recovered to almost the same condition as before.

The linac was used for many experiments as before, for example, developments of accelerator based neutron sources, neutron beam control, fast neutron shield, production of parametric X ray, sky shine experiment, and so on. Here, we describe present status of the linac and some studies using the linac.

北大電子加速器施設の現状と利用研究

1. はじめに

昨年度は、年度の初めに実験装置の破損によって、電子ビーム窓が破れ、その破片が加速管中にまで飛散するというトラブルが発生した。その修復に関しては昨年度のこの会議で報告が行われている。修復は殆ど7月中に終了し、その後一般ユーザーに開放した。最初のうちは、加速管に付着していたと思われるガスの放出による急激な真空度の悪化によって、しばしばビームが止まるという事態が起きたが、現在はすっかり回復し、安定に動いている。

以下、昨年度の利用実績と加速器を利用した研究の概要について述べる。

2. 加速器の利用状況

図1に平成10年度の月別運転時間を示す。5月にビーム窓の破損事故が起きた。6月、7月の運転時間は主にその修理のための時間である。修理のための時間は、おおよそ5月45時間、6月280時間、7月180時間、8月80時間、9月30時間であった。ビーム輸送部へ飛散した窓材の破片の回収は比較的容易であったが、加速管部へ侵入した破片の回収は、

特に注意深く行った。そのために、ファイバースコープを利用し、管壁の襲の所に入った破片も回収した。回収した破片を集めても、完全には元の窓の重さにはならなかったが、加速管部の破片がなくなったことを慎重に確認して、回収作業を終了した。その後、真空引きを行って、馴らし運転を行った。真空管部を長い間大気に晒したため、表面に付着したガスの放出のため、急に真空が悪くなって放電が起きるといった現象が、最初の内は頻発した。しかし、それも段々少なくなり、今ではこのようなことは殆ど起きなくなった。修理が夏前に終わったため、修論・卒論研究の実験には、あまり支障は無かった。

昨年度の運転時間の中で、事故のために要した時間は全体の33%であった。その他、パルスラジオリシス、中性子工学、パラメトリックX線、ビームモニター開発など、種々の実験に凡そ10%前後利用されている。以下、いくつかの利用研究について述べる。

3. 利用研究

3. 1. 加速器中性子源開発

大型陽子加速器を用いた大強度中性子源の建設計画が高エネルギー加速器研究機構と日本原子力研究所の共同プロジェクトとして進められている。国外では、アメリカ、ヨーロッパで同様の計画がある。そのための高性能中性子源の開発に関連して、北大電子加速器を用いた実験研究を行ってきた。

昨年度は、ベリリウム、鉄、黒鉛反射体の研究、冷中性子強度を増加させるためのベリリウムフィルター・リフレクター効果等について検討した。反射体材料としては、鉛とベリリウムが優れた特性を示した。また、ベリリウムフィルター・リフレクター効果はそれほど大きくないことが実験では示されたが、計算結果は実験よりは大きなグイ

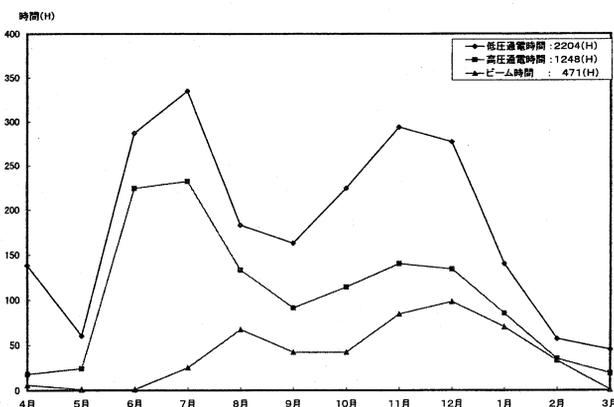


図1 平成10年度月別運転時間

ンを示した。その原因については、まだ、はっきりしたことはわからないが、低温ベリリウムの断面積ライブラリーがまだ十分検証されたものではないので、その点の検討が必要と考えている。

このような実験を行える施設は、世界的に見ても殆どなく、北大電子加速器が非常に有用な実験施設となっている。そのため、現在、アメリカのアルゴンヌ研究所、ロスアラモス研究所、オークリッジ研究所などこの施設を利用する減速材研究の共同研究が進められている。

### 3. 2 中性子ビーム制御

中性子の利用率を向上させるために、ミラー、磁場、マルチキャピラリーファイバーなどを用いて、中性子をできるだけ減衰させずに輸送することが考えられる。その一つとして、マルチキャピラリーファイバーについて、その透過特性の測定を行った。ファイバー一本の特性を測定するのは、なかなか難しく、ここで測定された透過強度も、測定系に存在すると考えられる、ミクロンオーダーの設定誤差の影響を受けた見かけの透過率である。図2に、曲率半径6mでファイバーを曲げた場合の中性子の透過率を、キャピラリー径が10、15ミクロンの場合について示す。透過率は長波長で10~20%で、15ミクロンの方が多少透過率が大きくなっている。これは、壁との衝突回数が少なくなるためである。また、波長が4 Å位から短波長で透過率が急激に減少している。

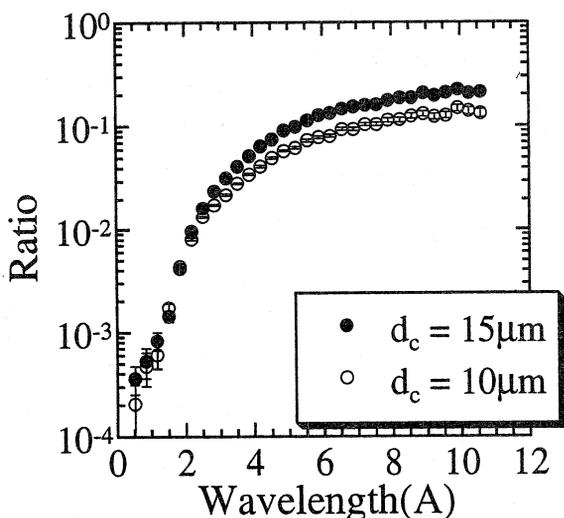


図2 ファイバーの中性子透過率 (曲率6 m)

### 3. 3 高・中速中性子スペクトル測定

高速炉材料などの核データの積分実験による評価の観点から、原子炉材料体系の高・中速中性子スペクトル測定を行っている。その一環として、鉄・ポリエチレン多重層中性子遮蔽体の最適遮蔽配列を中性子スペクトルを指標として評価する実験を進めている。

加速器室など遮蔽で見落としがちな2次粒子の評価のための基礎実験として、電子線による軽・中重核物質を標的として発生するX線や中性子線の強度、角度分布、スペクトル等の測定をしている。

また、電子線型加速器を使用した飛行時間法による中性子スペクトル測定のために、ドウェルタイムが10nsのMCSボードをTTL素子を使って多相クロックサンプリング方式で開発している。

### 3. 4 パラメトリックX線の発生とその特性

相対性論的速度の荷電粒子を結晶に入射すると、X線回折におけるブラッグ条件を満たす角度方向にパラメトリックX線(PXR)と呼ばれる回折X線が発生する。PXRは単色性が強い、指向性がある、結晶の回転により、エネルギーが可変であるなど、利用を考えた時に有利となる優れた特徴がある。

低エネルギー電子線型加速器によるPXRの発生と物性研究や他分野への応用のための、良質で波長可変の単色硬X線場の作成を目的に実験を行っている。標的には200~600 μm厚のシリコン単結晶を用い、X線検出器にはSi-PINフォトダイオード検出器を用いている。PXRスペクトルが明瞭に観測された。この実験条件では15~30keVのPXRが観測され、エネルギーは理論計算と一致して結晶回転角に対してほぼ線形に増加した。放射強度に関

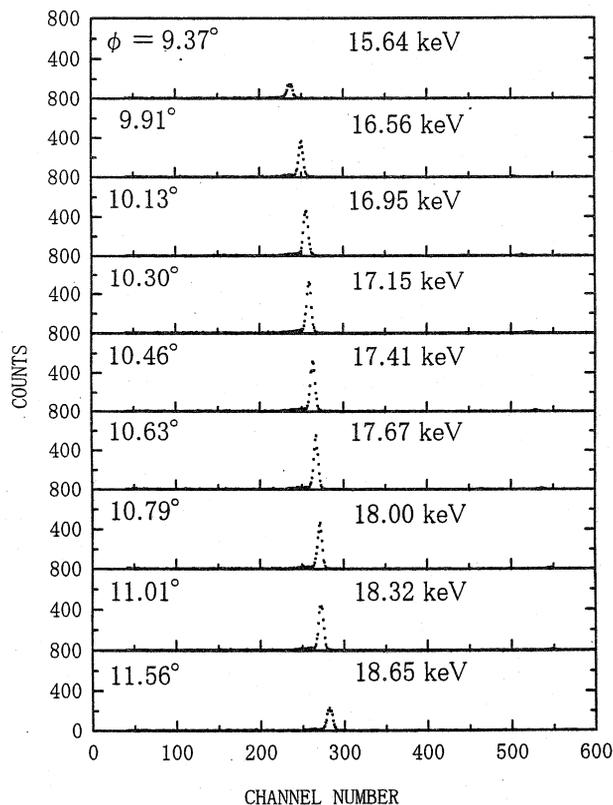


図3 結晶回転角とPXRエネルギースペクトル

しては、電子エネルギーの増加に伴い近似的には線形に増加する。また、ブラッグ角付近で計数は最大となった。検出器角度を大きくすることにより、PXRのエネルギーは小さくなるが、観測強度を大きくできた。小規模でも電子加速器と結晶があれば、手軽に波長可変の単色X線源（PXR）を作ることができることがわかった。図3は電子線方向と結晶面とのなす角を変化させたときのPXRのエネルギー変化の様子を示す。

### 3.5 北大45MeV電子線加速器施設の漏洩X線によるスカイシャインの評価

放射線施設周辺における安全管理を考える上で、スカイシャインは安全評価の一つの重要な項目と位置付けられている。しかし、スカイシャイン線に関わる実験データは極めて少ない。さらに、様々な施設に対して線量評価が可能な、汎用性のある計算コードの開発も必要不可欠である。そこで、北大ライナックを用いて、スカイシャインベンチマークデータを得る研究を行っている。同期型パルス状放射線測定装置を作成し、それにより、施設から漏洩した制動X線に基づくスカイシャインベンチマークデータを測定した。また、モンテカルロ計算コードであるEGS4汎用ユーザーズ版を用いたシミュレーションを行い、実験結果と比較検討することにより、このコードのスカイシャインへの適用性を検討している。図4に測定結果と計算結果の1例を示す。加速器はパルス幅 $3\mu\text{s}$ 、繰り返し $100\text{Hz}$ で運転された。ターゲットは鉛である。パルス状放射線測定のゲート幅は $30\mu\text{s}$ 、自然放射線の計数率は $1/300$ に軽減されている。施設から $600\text{m}$ 遠方までの測定を行った。計算に際しては、施設屋上の排気ダクトからの漏洩線のみを考慮した。遠方における計算値は実験値よりも低い値を示した。今後、さらに計算に用いている幾何学的体系や漏洩源に関する検討を要する。

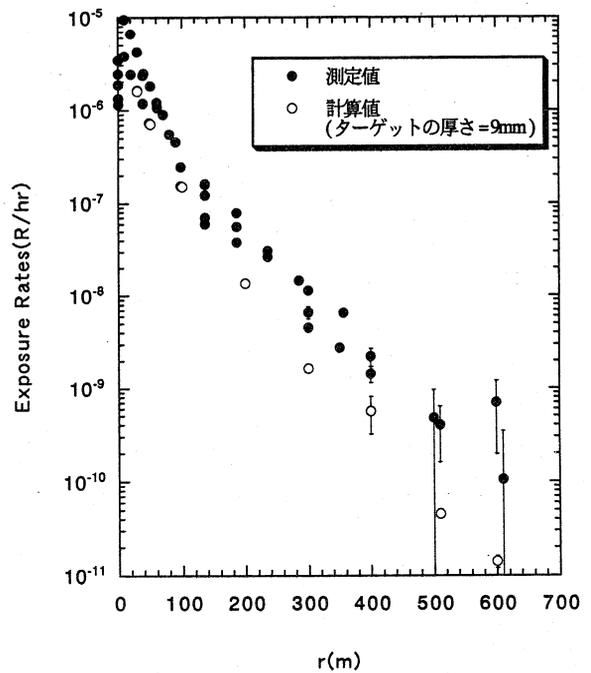


図4 スカイシャインの実験値と計算値の比較

### 4. おわりに

北大電子線型加速器は、建設以後30年近くを経過しているが、順調に稼動している。この施設を利用する実験テーマも、時代に応じて変化し、新しいテーマが最近加わってきて、成果をあげてきている。しかし、今後運転を継続していく上で、維持管理費が年々少なくなっていることが、最も懸念されることである。

このアブストラクトを書くに当たって、利用研究所の所で、著者以外に、中・高速中性子とパラメトリックX線については秋本博士、スカイシャインについては澤村（貞）教授から原稿を頂きました。そのことに感謝の意を表します。