

歴史シリーズ

民間会社における加速器の利用 —NAIG 総合研究所の例—

村田 徹*1・川合 将義*2

Utilization of Particle Accelerators in Private Company —Examples of NAIG Nuclear Research Laboratory—

Toru MURATA*1 and Masayoshi KAWAI*2

Abstract

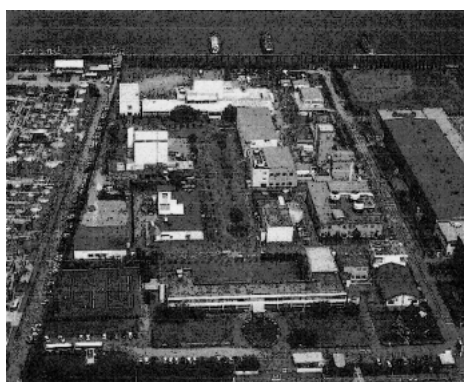
Former NAIG Nuclear Research Laboratory established in 1961 and merged to Toshiba in 1989 had been equipped with two Van de Graaff type accelerators, one for electron beam irradiation and the other for ion acceleration. Features of these accelerators and the notable results of utilizing them are described briefly.

1. はじめに

日本原子力事業株式会社は、昭和33年に三井系40数社の出資で設立された原子力専門の会社で、その研究所はNAIG総合研究所（通称NAIG研）として昭和36年10月に多摩川河口近くの羽田空港の対岸である川崎市浮島町に、敷地面積約3万坪で開設され、同社が平成元年に東芝に合併吸収されるまでの28年間に、原子力利用の各分野での研究開発に、ソフト、ハードともに多くの成果を挙げ、原子力業界に貢献した。同研究所の全景写真および配置を図1に示す。

この研究所には、加速電圧4MVのイオン加速バ

ンデグラーフ、同2MVの電子線加速バンデグラーフが、それぞれ図1の核物理研究棟(6)と放射線研究棟(5)に設置された。民間会社において核物理研究を標榜していることが、原子力黎明期の特徴を表している。いずれも、縦型で帯状のゴムベルトに電荷を載せる方式で、出資会社である東芝製である。電子加速のものは、東芝の中央研究所（当時）に設置されていたものを移設したものであるが、イオン加速のものは新設されたものである。東芝は、当時、加速器メーカーとして、原子核研究所や理化学研究所のサイクロトロン、九州大学や電気試験所、東京大学のバンデグラーフなどを製作しており、国内としては、最高の技術を有していた。



NAIG総合研究所配置(昭和63年5月)

図1 NAIG総合研究所の全景写真および建物配置

*1 元NAIG研 former NAIG Lab.
(E-mail: t.murata@ma.point.ne.jp)

*2 高エネルギー加速器研究機構 KEK

2. 加速器設置の目的

当時、電子線加速器の利用については、電子線による架橋反応や重合反応が利用されはじめており、その有用性は認識されていたので、その技術開発をおこなうべく、電子線加速バンデグラフが設置された。照射室は 10 m × 5 m の広さで鉛ガラスの窓が設けられており、各種の試料照射が可能であった。

イオン加速バンデグラフについては、中性子の挙動を研究すべく中性子発生装置としての利用が予定されていた。従って、同加速器を設置した建物には、中性子の飛行時間法による核反応断面積などの測定が出来るよう、15 m × 10 m 程度の広いターゲットルームがあり、床は地下まで掘り下げグレーティングパネルで覆ってあった。しかし、研究所建設の途上で、研究所内に東芝が出力 100 kW のスイミングプール型の原子炉を建設することとなり、中性子の挙動や利用の研究は、主として、この原子炉を利用することとなった。そこでイオン加速バンデグラフは、主として、荷電粒子の核反応や利用の研究に用いられることとなった。

3. 加速器概略仕様

設置された 2 基のバンデグラフの概略仕様を表 1 に示す。

4. 加速器利用歴

電子線加速器は、当時は現在ほど台数が多くなかったため、2 MV 電子線加速バンデグラフは、関連会社などからの照射依頼が多く、ほぼフル稼働していた。

表 1 NAIG 総合研究所に設置された 2 基のバンデグラフの概略仕様

項目	電子加速	イオン加速
最高発生電圧	2.0 MV ⁽¹⁾	4.0 MV ⁽²⁾
最高加速電流	250 μ A	50 μ A ⁽³⁾
絶縁ガス	窒素, 炭酸, フロン混合ガス 最高充填圧 10 kg/cm ²	同左 最高充填圧 20 kg/cm ²
ビーム輸送系	加速管直下スキャン スキャン幅最大 30 cm, ビーム幅 1 cm	90° 偏向分析電磁石 ⁽⁴⁾ (電磁石電源安定度 1/5000) Q 電磁石 1 対
付帯設備	照射台	検出器回転台付散乱槽 絶縁ガス移送装置, 貯槽

注(1) 常用の電圧は 1 MV 程度

(2) 常用の最高電圧は上表の 80~90% 程度である。

(3) 散乱槽中心でのターゲット電流は最高で 5 μ A 程度である。

(4) 出口スリットコロナフィードバック方式

た。関連会社としては、昭和電線電纜株、藤倉電線株からの電線被覆ポリエチレンの架橋反応による耐熱性改善、プリント合板のキュアリングによる強化などの照射技術を開発し、実用化した。このほかルビーのカラーセンターの研究なども行った。なお、同時期に、同じ放射線研究棟に設置されていた Co-60 の照射セルでは、ウッドプラスチックや水晶着色の開発がなされており、この関係の予備試験も一部このバンデグラフを利用して行われた。

イオン加速バンデグラフは、応用研究を開始したのは、後半になってからで、当初は、その性能確認を兼ねて、陽子加速や重陽子加速による低エネルギー核反応の研究を実施した。ターゲット核としては、データの少ない天然存在比の小さな同位体を選び、²²Ne、²⁶Mg の陽子共鳴散乱の励起関数を測定した。当時フロリダ州立大によりアイソバリックアナログ共鳴が発見され話題になっていたため、それにならって、共鳴解析や核構造解析を実施した。次に、これも、データの少ないトリトン (³T) 加速やヘリウム-3 (³He) 加速の実験を行った。トリトン加速は本邦初演であったし、その後も、国内の他の機関でトリトン加速が実施されたことは聞いていないので、現在でもトリトン加速した国内唯一の加速器と考えられる。

トリトンは、RI 協会経由で購入し、米国から送られてきた 40 cc (100Ci) 入りのガラス瓶から、特注の水銀テプラーポンプでバンデグラフの高圧電極内に設置するパラジウムリークを直結したポンペに汲みこんだ。パラジウムリークを通して RF イオン源に送り込む方式は、通常の水素加速と同様であるが、加速管その他の真空排気系は、外部に開放しないよう密閉型とする必要があった。真空排気系は、通常は 8 インチの水銀拡散ポンプの後にロータリポンプを使用しているが、トリトンを流す際にはソープションポンプに切り替えた。また、真空ポンプを設置してある部屋は、常時エアフロー型の電離箱とパイプレーティングリード型の電位計で空中のトリトン濃度をモニターした。イオン源交換作業の際は、エアラインマスクを使用した。トリトン加速で実施した実験は、原子炉では利用しうる RI の製造が難しい Mg の RI で、²⁶Mg(t, p)²⁸Mg 反応で得られる半減期 21.1 h の ²⁸Mg の製造である。この RI は植物や生体の代謝を調べる際に利用されるとのことであり、数度はユーザーに供給されたが、労力その他の関係で、定常的に供給することは出来なかった。ただし、上記反応による ²⁸Mg の生成断面積測定や微断面積の測定を実施した。また、いずれも分離同位体をターゲットとした (t, p) 反

応で新しいアイソトープである ^{50}Ca や ^{52}Ti を発見し、新しい遅発中性子放出核である ^{13}B の発見などの成果を挙げることが出来た。これらの研究のあるものは、東大、東工大などとの共同研究で実施されたものであるが、イオン加速バンデグラフは、共同研究のほか、大学などの有償利用などでも、核反応の実験に利用された。また、半導体検出器 (SSD) の特性試験、結晶解析に関連したチャンネリングやバックスキヤタリングの測定にも利用された。材料関係では、核燃料被覆管の酸化皮膜の厚さを $^{16}\text{O}(d, p)$ 反応で放出される陽子スペクトルを測定して定めるなどの仕事も行った。

また比較的大きな次期のテーマにつながった研究として核燃料物質の非破壊分析がある。これは、バンデグラフをパルス中性子源として核燃料物質に照射して、発生する即発・遅発中性子を計測し、核分裂性物質の濃度を非破壊で測定するもので、核燃料製造工程での品質管理や保障措置上の重要な技術である。最終的には特別な対象を除き加速器は使用されなかったものの、その後の種々の非破壊測定技術開発のさきがけとなったものであった。

以上のほかに、バンデグラフより規模は小さいが、パルス中性子発生装置として 150 keV のコッククロフト加速器が軽水炉の臨界実験装置 (図 1 の 11) に付設されており、臨界実験装置の反応度測定などに使用されている。また、この装置を利用して、短寿命核種の放射化分析の技術開発も実施された。

5. おわりに

その後、電線会社では自社で電子線照射用の加速器を設置するようになり、当研究所の電子線加速バンデグラフの利用は減少し、当社としても、他の分野の仕事に人手を割く必要から、昭和 54 年 3 月には、このバンデグラフを廃棄した。イオン加速バンデグラフについても、各大学での加速器が建造整備され、外部利用が皆無となり、当社でも、関連の放射線測定技術から発展した核燃料や放射性廃棄物の非破壊測定や原子力発電所で使用した核燃料の燃焼度測定などの仕事が多忙となり、加速器の運転・保守は出来ず、昭和 62 年 6 月に廃棄した。廃棄と云っても、電子線加速バンデグラフは問題ないが、イオン加速バンデグラフはトリトン加速を行ったため、イオン源や加速管、真空ポンプやビームダクトにトリトンが吸着されており、簡単に廃棄出来なかった。そこで、これ等は密閉型のドラム缶を特注で製作し、それに納めて、社内の放射性廃棄物貯蔵室に保管した。近年、ト

リトン汚染廃棄物についても、一部の弱汚染のものについては、社外に処分を委託することが可能となったことである。しかし、強汚染のものについては、処分費用の問題もあり、不本意ながら、後代にその管理・処分を委ねることとなった。

謝辞

本稿作成にあたり電子線加速バンデグラフなどにつき、松田泰彦氏 (元 NAIG 研究主幹) のご協力を戴いた。同氏に感謝いたします。

主な成果を記した文献

電子線照射

T. Maruyama and Y. Matsuda, "Color Centers in γ -Irradiated Ruby", *J. Phys. Soc. Japan*, **19** (1964) 1096.

陽子加速

H. Ejiri, et al., "Gamma Rays from the Reaction $^{29}\text{Si}(p, \gamma)^{30}\text{P}$ ", *Nucl. Physics*, **51** (1964) 470.

K. Katori, et al., "Elastic and Inelastic Scattering of Protons on ^{22}Ne and the $T=1/2$ and $T=3/2$ Energy Levels of ^{23}Na ", *J. Phys. Soc. Japan*, **22** (1967) 35.

T. Murata, et al., "Excited States in ^{27}Al from the Reaction $^{26}\text{Mg}(p, p)^{26}\text{Mg}$ ", *J. Phys. Soc. Japan*, **28** (1970) 1101.

トリトン加速

Y. Shida, et al., "New Nuclide ^{50}Ca and its Decay Scheme", *Phys. Lett.* **13** (1964) 59.

H. Morinaga, et al., "A New Activity ^{52}Ti ", *Phys. Lett.*, **25B** (1967) 22.

M. Mori, et al., "The Production of Radioisotope ^{28}Mg ", *Int. J. Appl. Rad. and Isot.*, **18** (1967) 579.

K. Etoh, et al., "Elastic Scattering of Tritons by ^{16}O ", *J. Phys. Soc. Japan*, **24** (1968) 422.

Y. Asano, et al., "Spin Values of the Doublet at 1.34 MeV in ^{24}Na ", *J. Phys. Soc. Japan*, **25** (1968) 1727.

R. Chiba, et al., "Delayed Neutrons from ^{13}B ", *Phys. Lett.*, **28B** (1968) 173.

H. Sekiguchi, et al., "Study of Nuclear Structure by $(t, n\gamma)$ and (p, γ) Reactions", *J. Phys. Soc. Japan*, **26** (1969) 589.

Y. Iwasaki, et al., "Features of the (t, p) Reaction below the Coulomb Barrier of the Entrance Channel", *Phys. Rev.*, **C13** (1976) 556.

その他

S. Takayanagi, et al., "On the Preparation of Magnesium Target from MgO ", *Nucl. Instr. Methods*, **45** (1966) 345.

M. Terasawa, et al., "Electron Loading in the Accelerating Tube of the Electro-Static Accelerator", *Jap. J. Applied Phys.*, **8** (1969) 1324.

Y. Matsuda, et al., "Neutron Active Assay Techniques for nuclear Reactor Fuels", *J. Nucl. Sci. Tech.*, **9** (1972) 60.

A. Tani, et al., "Repeated Activation Analysis for Measurement of Short Half-life Radionuclides", *Radiochem. Radioanal. Letters*, **1** (1969) 155.