

原子力歴史構築賞

(2) 日本初の原子力開発用大型電子線加速器

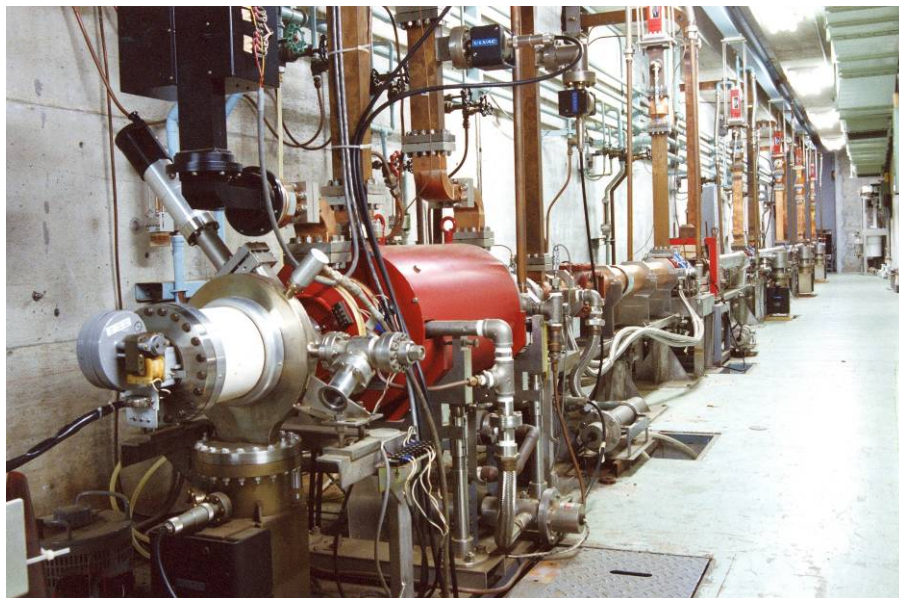
東京工業大学原子炉工学研究所

水本 元治*

mizumoto.m.aa@m.titech.ac.jp

原子力学会原子力歴史構築賞を受賞した原研リニアックの施設と研究の成果について、受賞のために作成した推薦書の内容をもとに紹介します（原研リニアックの詳しい歴史については1993年のリニアック閉鎖を機に纏められたJAERI-M 93-250⁽¹⁾に記述されています。なお、原研リニアックでの研究や装置の開発に参加した方々の名前を文末に記しました）。

日本原子力研究所（原研）の初代リニアックは、原子力学会が創設された翌年、原研が発足して5年目の1960年（昭和35年）に原研東海研究所に建設されました。建設された装置は、電子線を用いた照射及び原子核データの研究開発を目的としたものです。加速エネルギーは20 MeV、当時、国内では最新鋭の性能を誇るものでした。リニアックはパルス中性子源として、原子炉設計に必要な熱中性子領域からkeVまでの広範囲なエネルギー



原研 120MeV リニアックの外観（電子銃の方向から見たもの）

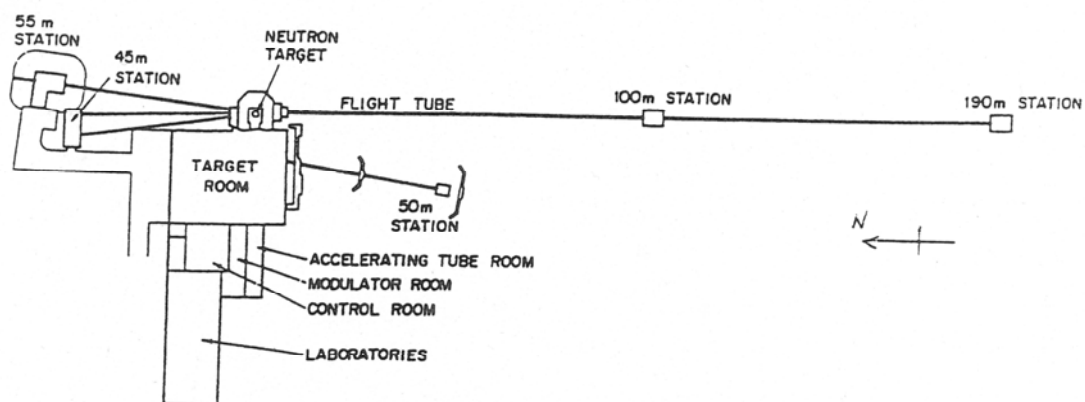
* 日本原子力研究所に平成 16 年 9 月まで勤務

領域の中性子核データの研究が中性子飛行時間法を用いて行われました。また、制動放射線を用いた (γ, p) , (γ, n) 反応等により、原子炉や荷電粒子加速器では生成不能な放射性核種を生成し、核構造研究とともに放射性トレーサーとして使用されました。

1969年から約3年を掛けては、初代リニアックで蓄積した技術と経験を活かし、同じ敷地に大幅な建家の増設などを行って、加速エネルギー120 MeVへの増力が行われました。このリニアック増力は、設計・製作のすべてを研究室の責任で行うという方針の基、各機器を分割発注し、当時の竹腰室長以下研究室の職員全員がこの仕事を分担して対処するという画期的なものでした⁽²⁾。原研リニアックが、所謂研究室での手作りの装置であったことが、その後、絶え間ない改良と改修、加速ビームの出力と質の向上を可能にした要因であったといえます。その結果、1993年までの21年に及ぶ運転・整備の継続と、多様な研究に加速器を供することが出来ました。

リニアックの施設配置図を以下に示します。最大190mの飛行管を含め6本の飛行管を有しており、当時東海研のなかでは1~2を争う広大な敷地面積を有していました。リニアック自体の技術開発では、大電力バンチャーの開発、導波管用マイクロ波窓の開発、大型クライストロン用Ba含浸カソードの開発、ビーム電流の制限となるBBU(Beam Blow-Up)の研究、パルス繰返し600pps運転への改造、Sバンド固体素子増幅器の開発などが次々と実施されました。大型クライストロン用Ba含浸カソードは、国内の大型クライストロンメーカーでも採用されるようになり、BBUの研究では、多種類の構造を持つ加速管を配列することが極めて有効であることが突き止められ、高エネルギー研究開発機構(KEK)のPhoton Factory(PF)リニアックにも適用されました。上記の様々な開発により、世界最大級の大電流ビームが得られ、最高エネルギーは195 MeVに達しました。

この120 MeVリニアックを用いて、高速炉等の開発に必要な中性子断面積の測定や短寿命核の研究が本格的に進められました。中性子断面積の測定では、核分裂生成物(FP)と



リニアックの施設配置（最長190mの飛行管の他6本の飛行管を有していた）
（建家内部に1本）

して生成されるRb、Ag、Sb、Eu、Sm、Nd、などの濃縮同位元素を含む30種以上の核種の中性子断面積を測定し、世界におけるFP断面積の代表的なデータとして利用されています。さらに、190mの飛行管を用いて天然ウランの全断面積の測定を行い、日本の核データセットJENDLを作成する上での重要なデータとして参考とされました。これらの研究の結果は原子力学会誌の解説記事⁽³⁾として纏められています。さらに、飛行時間法による中性子回折の研究や、炉体系（軽水均質体系、高温黒鉛体系、天然ウラン体系等）の中性子スペクトルも測定されました。以下の表にリニアックの性能と原研リニアックを用いた研究を纏めました。短寿命核種の研究では、⁹³Nb, ¹⁰³Ru, ^{113,115}Ag, ¹⁸⁹Re, ¹⁹¹Reなどの核構造が研究されました。

原研リニアックの性能		原研リニアックを用いた研究
加速エネルギー	195MeV 0mA	飛行時間法による中性子断面積の測定
	120MeV 500mA	短寿命放射性核種の研究、
	100MeV 2000mA	中性子回折の研究
パルス幅	0.02 ～ 2.0A	炉体系の中性子スペクトルの測定
繰り返し周波数	10 ～ 600Hz	小型電子ストレージリング
加速周波数	2856MHz	自由電子レーザー
		低速陽電子ビーム

以下にリニアックで測定した核種を記述します。これらの核種について、断面積や共鳴パラメータの値が測定され、論文として報告されました。

年代	濃縮安定同位体	天然試料
1973		Ta
1974		U, W
1975		U
1976	Eu-151, Eu-153	Co
1977	Nd-143, Nd-145, Nd-146, Nd-148	Tb
1978	W-183, Sm-147, Sm-149, Br-79, Br-81	
1979		La
1980	Ag-107, Ag-109, Rb-85, Rb-87	Cs
1981		I
1982	Sb-123, Ba-137, Gd-155, Gd-157	
1983	Sb-121, Sn-122, Ba-135, Ba-138	Ga, Ge

1984	Mo-95, Mo-97, Ce-142	Ce, O, Al, C
1985	Sn-116, Sm-148	
1986	Nd-144, Sm-149	

また、1985年以降は、加速器放射光、陽電子研究、自由電子レーザー等のため新たなテーマも実施されました。リニアック施設の中には、大型放射光施設（SPring-8）建設の技術開発のために、先行して建設された小型電子蓄積リング（JSR）を始めとして種々な装置が加わりました。JSRは、最大160mAの蓄積電流を達成し、加速性能も設計値の300 MeVまでの任意のエネルギーに加速、減速に成功し、リングには各種ビームモニタを取り付けて、その特性の研究を進めるとともに、運転領域の調査、不安定性の研究を行い、SPring-8の技術基盤となりました。

このように、原研リニアックは国内における強力加速器中性子源の先駆けとして、中性子核データの測定を中心に、基礎的なデータを供給することにより原子力開発に大きく貢献し、また、リニアックの建設や運転利用等で蓄積された加速器技術は、大型放射光用リニアックや自由電子レーザー用超伝導リニアックの製作、大強度陽子リニアック等の設計に生かされており、現在の原子力への加速器利用の基盤となっています。

1960年から1993年までの核物理第2研究室と加速器管理室の職員（兼務を含む）

秋山信義、浅見明、石崎暢洋、井上堅司、大久保牧夫、金子記一、河原崎雄紀、北島正博、熊原肇、栗田庸幸、黒柳登喜夫、作田孝、桜井淳、鹿園直基、荘司時雄、杉本昌義、高橋興起、竹腰秀邦、田中茂也、田村努、田山豪一、千葉敏、中島豊、信坂幸男、平川宏正、更田豊治郎、古田悠、益子勝夫、松本純一郎、水本元治、宮崎清俊、柳田謙一、山内良麿、横溝英明、吉川博

参考資料

- (1) 大久保牧夫、水本元治、中島豊、益子勝夫、原研リニアック 33 年史、JAERI-M 93-250
- (2) 竹腰秀邦編、Linac の設計、製作と運転、JAERI-1238
- (3) 中島豊、水本元治、大久保牧夫、河原崎雄紀、浅見明、中性子共鳴準位(I)、日本原子力学会誌 Vol.23, No.9 (1981) p625