

医療分野における加速器関連分野の果たしてきた役割 —PETを中心に，東北大学の経験—

石井 慶造*

Contribution of Physicists to Development of PET Study at Tohoku University

Keizo ISHII*

Abstract

Since Cyclotron and Radioisotope Center was established in 1977 for multi-purpose use of cyclotron at Tohoku University, the cyclotron has been used mainly for the studies of nuclear physics and nuclear medicine using Positron Emission Tomography (PET). The PET study has been much developed at Tohoku University by the collaboration of medical scientists with physicists. The contribution of physicists to the development is briefly presented here.

1. はじめに

加速器は本来，原子核および素粒子の研究のために開発されたものであるが，最近，加速器からのビームを直接，ヒトの体内に向けて照射し，がんを焼き殺す粒子線治療が注目を浴び，各地で粒子線治療施設の導入の計画が検討されている．さらに，放射性同位元素を用いたがん診断であるPETが，FDGの保険適用に伴い全国的に普及し，陽電子放射性同位元素を製造するサイクロトロンが各PETセンターに配備され，その数は平成18年度には100施設を超える勢いである．このように，PETの普及は，加速器の普及に大きく貢献している．このPETの普及に関しては，東北大学の寄与は大きい．ここでは，東北大学におけるPET研究への加速器関連分野の果たしてきた役割の経緯について紹介する．

2. 東北大学サイクロトロンRIセンターの設立

東北大学は，他の旧帝大と同じく，早くから原子核研究が行われた．1970年当時は，仙台市片平キャンパスにコッククロフト-ウォルトン，30 MeV ベータートロン，シンクロトロン，5 MV ヴァンデグラフ，富沢地区に300 MeV 電子ライナックが理学部に

あった．1971年に理学部の青葉山への移転計画に伴って，片平の加速器の更新が計画され，1976年に全学共同利用施設としてサイクロトロン・ラジオアイソトープセンターが設立され，AVFサイクロトロン(K=50)が導入された．当初の計画は，中型のタンデム加速器を導入して，原子核研究に用い，ベータートロンは教育用に使用し，シンクロトロンとヴァンデグラフは廃棄する予定だった．ところが，学内のRI利用者から，RI製造用のサイクロトロンが欲しいという要望が出て2台の加速器を要求することになったが，文部省は2台の加速器計画を認めず，そこで，学内共同利用の多目的サイクロトロンとするということになった．この計画は，様々な困難を乗り越えて実現したもので，同センターの設立者である森田右教授の大変な努力の結果だった¹⁾．多目的利用の中身は，ほとんど，原子核物理学の研究とPET診断を中心とした医学研究であった．

センターは，先ず，サイクロトロン本体の導入に伴って，サイクロトロンの運転保守を業務とした加速器研究部が，ビーム輸送系とRI実験棟の整備に伴って，それを維持管理する測定器研究部，放射線管理研究部が設置された．1979年に学内共同利用が開始され，翌年，PET診断のための薬剤合成を担当する核薬学研究部が設置された．1981年に，PET (ECAT II)

* 東北大学工学研究科量子エネルギー工学専攻
Department of Quantum Science and Energy Engineering, Graduate School of Engineering, Tohoku University
(E-mail: keizo.ishii@qse.tohoku.ac.jp)

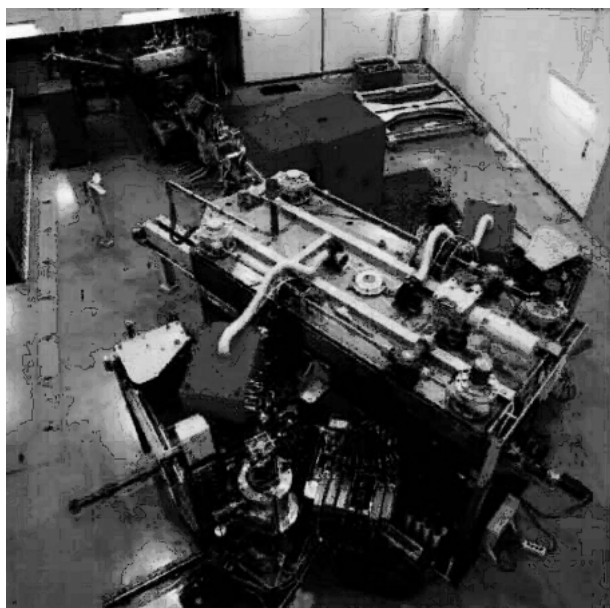


図1 東北大学サイクロトロンRIセンターに設置された日本で最初の多目的AVFサイクロトロン (K=50 住友重機・トムソン)

が国立大学で初めて導入され、1983年より、PETによる臨床研究が開始された。

このように、東北大学サイクロトロン・ラジオアイソトープセンターは、設立当初から当時最先端診断技術であるPETを軸とした医学応用が共同利用及びセンターの組織に組み込まれていた。実際、医者と物理屋がうまくやっていたかどうか疑問視されたが、両者の連携は非常にうまく展開された。

ECAT IIによる研究が評価され、1988年にPETの更新とともにサイクロトロン核医学研究部が設置され、センターは、PET研究への共同利用体制が完備された。これは、一重に加齢医学研究所の松澤大樹教授の努力の賜物である。

3. 医学系と理工系との連携協力

センターの共同利用は、火曜日の朝から土曜日の朝までサイクロトンの昼夜運転で行われた。PET診断は、患者さんの都合で昼しか実験できないため、毎週、火曜日と金曜日の午前中がPET研究のためにマシンタイムが供された。患者さんには、前もって診断時間を伝えてあるため、サイクロトロン本体、ビーム輸送系、薬剤合成、PET装置の故障は許されず、5研究部の密接な連携作業により、この要求に応えた。このような連携協力体制は、毎週月曜の朝開催されるセンター打ち合わせにおいて、互いに報告および意見を出しあって意思の疎通を図ることにより実施でき

た。

このように、センターにおいては理工学者と医学・薬学者が協調しあってPETの共同利用を支えてきた。安定なマシンタイムの提供に加えて、理工学者の医療分野への大きな寄与としてPET開発が上げられる。1987年に高分解能PET (PT931)の導入の際、日本で初めて陽電子消滅ガンマ線の飛行時間計測による陽電子位置測定に基づいたPET (TOF PET)を開発した。このPETは、非常に高画質のPET画像を与えた。この開発によって、センターの測定器研究部はPETのノウハウを覚えて、それ以降、PETの維持管理と共に開発も行なった。1994年には、日本で初めて3次元PET (SET2400W)を開発し、これまでの検出感度を10倍に上げることに成功した。更に、莫大なガンマ線データをスーパーコンピュータで処理することにより、数分で3次元PET画像を得ることに成功し、世界で初めて臨床応用できる3次元PETを開発し、センターにおける3次元PET診断を提供し、PETによる全身検査が可能になったことに加えて、PETのスポーツ医学への応用の道を開いた²⁾。更に、本センターでPET研究をリードしてきた松澤大樹東北大学名誉教授がPET癌検診センター構想を提案した際に、これまでのセンターの実績に基づいてサイクロトロン、PET等に関する技術的助言を同教授に行ない、1994年に山中湖に日本で初めて民間(リゾートトラスト株式会社)によるPET癌検診センター(山中湖クリニック)が設立することができた。このPET検診センターで、受診者100人に一人の割合で悪性腫瘍が見つかり、PETによる高い癌発見率が注目され、PET検診センターが全国に波及することきっかけとなった。

センターは、当初、3-40 MeVを用いた原子衝突の研究で業績を上げ、つぎに、TOFに基づいた中性子測定及びISOLを用いて原子核物理学で成果を上げた。物理系の論文が少し減ってくると、今度は、PETを用いた医学研究の論文が多く出されるようになり、センターにおける共同利用の研究成果は理工系とライフサイエンス系が相補的に寄与し、アクティビティを常に維持できた。

4. 東北大学における加速器に関する教育

東北大学大学院理学研究科原子核理学専攻は、主として、原子核物理学及び高エネルギー物理学の研究を行っていたので、実験系の学生、院生は本学の加速器だけでなく、国内外の加速器を用いた実験を行っていたため、加速器に関する教育は徹底されていた。

現在、原子核理学専攻は改組されて無くなったが、加速器を用いた実験による教育は続けられている。

工学研究科においても、原子炉用核データ収集のための加速器が設置され、それを用いた原子力教育が行なわれていた。サイクロトロン・ラジオアイソトープセンターが設立すると、放射線管理研究部は原子核工学科・専攻の学生、院生の研究指導を行なうことになった。主に、放射線計測および被曝に関する研究テーマでの指導が行なわれ、全国にライフサイエンスの放射線計測分野の研究者を輩出した。

原子核工学専攻とセンターとの人事交流は、1996年より活発に行われている。それまで、原子核専攻は大学院重点化と同時に量子エネルギー工学専攻に名前を変更し、研究教育もこれまでの原子力工学一辺倒から、原子力と放射線の高度利用の2軸で行うことになり、放射線の高度利用は主として加速器の応用研究を行なうことになった。大学院生は、PET研究および加速器の分析応用 (PIXE 分析) などを研究テーマとした。最近では、粒子線治療研究もテーマとなっている。量子エネルギー工学科では、量子力学、量子サイエンス入門、基礎原子核物理学、応用原子核物理学、保健物理学、大学院では、粒子ビーム科学、粒子

ビームシステム工学などの加速器に関連した授業が開講されている。来年からは、医学物理士資格に必要な放射線治療実習も計画されている。

5. おわりに

東北大学サイクロトロン・ラジオアイソトープセンターにおける PET を中心とした医療分野における加速器関連分野の果たしてきた役割について紹介した。現在、センターでは、分子イメージングを軸にした研究教育を展開している。1 mm 以下の半導体 PET の開発、新薬剤開発のための陽電子放出中重核の製造と薬剤合成の研究がこのプロジェクトに大きく寄与するものと考えられる。更に、粒子線治療および中性子捕獲療法の研究も行なわれており、センターにおける加速器関連分野のライフサイエンス研究への寄与は今後とも活発に行なわれそうだ。

参考文献

- 1) 森田 右, 「先達」, サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター出版実行委員会編, センター内田老鶴圃, 平成3年.
- 2) 石井慶造, PET 加速器, Vol. 2, No 2 (2005).