九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

九州大学百年史 第7巻 : 部局史編 IV

九州大学百年史編集委員会

https://doi.org/10.15017/1801803

出版情報：九州大学百年史. 7, 2017-03-31. 九州大学
バージョン：
権利関係：

KYUSHU UNIVERSITY

第 57 編

加速器・ビーム応用科学センター

第 1 章　ガンマ線照射施設

加速器・ビーム応用科学センターは、ガンマ線とイオンビームの 2 種類のビームを学術研究に供給する共同利用施設である。まず、ガンマ線照射の施設について述べ、次の章で加速器の施設について記載する。

第 1 節　創立とその後の改組

第 2 次世界大戦後から 10 年が過ぎると、ガンマ線源や粒子加速器の技術が発展し、物質に対する放射線の照射効果の研究が注目を集めるようになった。九州大学においても、各分野の研究者から大線量ガンマ線照射施設の設置の要望が高まった。コバルト 60 ガンマ線照射実験室設置準備委員会が発足し、理学・工学を始めとして農学・医学などの各分野における実験のために大線量ガンマ線源実験設備の設置努力がなされた。その結果、1960（昭和 35）～1961 年度の文部省特別設備費により、110 テラベクレルのコバルト 60 を線源とするガンマ線照射実験室が設置された。線源はその後増量され、1966 年度に 130 テラベクレルへ、1973 年度に 185 テラベクレル（5000 キュリー）へ増量されたことにより、利便性と研究実績が向上した。1966・1973 年度には、線源の増量に合わせて、照射装置の点検補修も実施された。

しかし、線源の実強度は減衰するので、その対応が必要となる。1978 年度に、線源の実強度が 93 テラベクレルに減少したため、線源の補充によって 185 テラベクレルに戻された。この補充に合わせて、照射装置の点検補修もなされた。1985 年度には線源補充の予算が獲得できなかったため、装置の点検補修のみが行われた。運営予算では、1984 年度から実験室の維持費が全額

打ち切られた。そのため、その後、実験室存続を希望する利用者の要望により、ガンマ線照射装置の使用料金を維持費用に充てることにより実験室が運営されてきた。

他方、ガンマ線照射実験室は、1995（平成 7）年に中性子線等を含めた各種量子線の照射および分析に関する研究を支援するように体制が変更され、量子線照射分析実験施設に改組された。また、その後のキャンパス移転の議論の中で、移転しても、(1)学内に卒業研究等にもすぐに使える線源が必要、(2)線源が身近に使える状態にあることが *Science* 誌に掲載されるような優秀な研究成果の礎になるとして、利用者からガンマ線照射施設の存続の要望が強かった。2003 年に理学・農学および工学の担当者とアイソトープ総合センターからなるワーキンググループで、箱崎地区の放射性同位元素や加速器の再編が検討された。その結果、量子線照射分析実験施設は工学部と理学部の加速器と一緒に運営される研究支援施設（次章のように、2007 年 4 月に加速器・ビーム応用科学センターとして発足）として拡充改組される方向になった。伊都キャンパスでは新たに 185 テラベクレルのコバルト 60 線源を購入して共同利用に供用し、すでに定格強度の 50 分の 1 以下に減衰していた旧線源を廃棄することとした。

第 2 節　運営組織

ガンマ線照射実験室およびその後の改組施設は、工学部事務部の担当のもとに運営されてきた。運営委員会は、永らく、工学部・理学部・農学部・医学部等の各部局から選出された 12 名の委員より構成された。運営委員長は、工学部の放射線取扱主任者が兼ねる場合が多く、創立時には園田正明教授がその任を務めた。その後、片瀬彬、高柳素夫、隈部功、尾山外茂男（ともお）、古屋廣高の各教授が担当した。的場優委員長の時代に量子線照射分析実験施設に改

組され、次の石橋健二委員長の時に、キャンパス移転およびセンターへの拡充改組が行われた。センターの中では、ガンマ線照射施設として利用者と一体になった運営委員会が保持された。ガンマ線照射実験室は創立以来、実務遂行のために全学運用定員（助手 1 および技官 1）が配置されたが、その定員の解消後、2001（平成 13）年から工学部運用定員（助教授 1）で運営された。教員は、創立時から在職した山本久夫助手が産業医科大学へ転出した後を引き継ぎ、1981（昭和 56）年から岡井富雄助手（1995 年講師、2001 年助教授、2012 年 3 月退職）が担当した。

第 3 節　ガンマ線照射室

箱崎キャンパスの実験室は鉄筋コンクリート平屋建てであり、ガンマ線照射室、出入口迷路、操作室等で構成され、全体の面積は 207m^2 であった。1968（昭和 43）年 6 月にはアメリカ軍ファントム偵察機が九州大学に建設中の大型計算機センターへ墜落する事故が起こった。ガンマ線照射実験室の建屋は、大型計算機センターと道を隔てた直近の場所に位置していた。墜落事故の後、万一のときに線源を護るために、建屋全体が落下物防護用上屋によって被われた（図 57-1）。照射室の壁は操作室側で厚さ 1m の重コンクリートであり、この面に鉛ガラス遮蔽窓と線源操作用マニピュレータが設置された。箱崎キャンパスの照射装置（東芝 RE-1001 型）は、地下にケージ型コバルト 60 線源を収める格納式であり、使用時には線源を図 57-2 の照射台に押し上げてガンマ線照射を行う。照射線量率の最も強い場所は、線源プロテクターの内部で、毎時約 1 万グレイであった。

伊都キャンパスでは加速器・ビーム応用科学センターの新建屋の中に、ガンマ線照射室が設置された。伊都キャンパスの新建屋の設計にあたっては、鉛ガラス遮蔽窓や線源操作用マニピュレータを設置するには予算が不足した。

図 57-1 ガンマ線照射実験室（上屋工事後）

図 57-2 ガンマ線照射台とマニピュレータ

そこで、マニピュレータによる線源の装荷・取出作業ならびにその作業を観察するための鉛ガラス遮蔽窓を不要にするため、線源の輸送容器と格納容器を一体として兼ね、その上でガンマ線の照射機能を有する装置（ポニー工業 PC-500KC 型）を採用した。伊都キャンパスでは、照射室は厚さ 1.65m の普通コンクリートのガンマ線遮蔽が採用された。照射室への出入口では、箱崎キャンパスの実験室の場合と同様に、迷路構造にして放射線を減弱させた。2009（平成 21）年 9 月に新線源および照射装置を設置し、伊都キャンパスにおいて 185 テラベクレルのコバルト 60 線源による大線量照射が利用できるようになった。2012 年 3 月には、岡井富雄准教授の定年退職に合わせて、箱崎キャンパスの旧線源によるガンマ線照射利用を停止した。

第 4 節　共同利用

共同利用では、おおむね年間 2000～3000 時間の照射運転が行われてきた。理学・農学・工学・医学などを中心に、学内で手軽に使える実験施設として広い領域で基礎研究が行われてきた。特筆すべき成果として、(a)納豆の糸にガンマ線照射して吸水性の高い樹脂の開発を行い、医療・農業・砂漠緑化などの研究に応用、(b)かご構造をもつ分子にガンマ線照射して水素原子を室温で数年以上保持することに成功（*Science* 誌に掲載）、(c) 生体移植における低線量放射線を用いた新しい免疫寛容誘導法の開発、などがある。

ガンマ線照射施設で行われた主な共同利用実験

(1)高分子材料の改質：耐溶媒性に優れた高配向高分子膜を作成して、高分子材料の性能向上などの研究。

(2)無機固体の放射線効果：超伝導セラミックスに関する構造研究およびガラスをはじめとするアモルファス物質について局所構造や化学結合・磁性・装転移などの構造研究。

(3)有機化合物の放射線効果：芳香族有機化合物や鎖状および環状炭化水素に、液体窒素温度でガンマ線照射を行ってラジカルを生成させ、電子スピン共鳴スペクトルから有機ラジカルの分子構造および電子状態を調べる研究。

(4)電子スピン共鳴法の利用：電子スピン共鳴法による鉱石の年代測定および高レベル放射性廃液ガラス固化体の処理について研究。

(5)植物の突然変異：開花前日状態のイネの花粉にガンマ線を照射し、照射花粉を標識遺伝子検体に交配してイネの染色体欠系統の作出の研究。ガンマ線照射による植物の成長に関する研究。

(6)動物の突然変異：カイコ等の動物にガンマ線を照射して遺伝子の突然変異誘発の研究。

(7)食品に関わる殺菌の安全性：保存期間の延長のために使用される種々の食

品保存料や食品添加物が放射線照射によって受ける影響等、照射食品についての安全性の研究。

(8)放射線殺菌 : 作物の無機養分吸収に対する内生菌根の寄与を調べるための、土壌の殺菌や生物検定用の試験容器の滅菌等の研究。

(9)免疫反応および生物の細胞遺伝学的影響 : 放射線照射マウスを用いて胸腺における T 細胞の分化機構を調べる研究。

(10)放射線防御反応：リンパ球増殖症の発症メカニズムの解明やその制御、ならびに制癌剤投与などで引き起こされる白血球減少症の回復や骨髄毒性の軽減メカニズム等の研究。

(11)ガンマ線電池の研究：半導体を使用してガンマ線のエネルギーを起電力に変えて電池として動作させる方法について、大線量のガンマ線照射による基礎特性と応用可能性の研究。

(12)人工衛星に関する放射線損傷の研究：人工衛星に搭載される半導体素子の放射線損傷の加速化実験のための、ガンマ線照射による耐放射線性および特性変化の研究。

第 2 章　加速器施設

第 1 節　センター発足の背景と経緯

九州大学における加速器応用科学は、1939（昭和 14）年の理学部発足に際して、その特徴の 1 つを原子核研究に置いたことに始まる。理学部においては 1943 年に建設が始められたファン・デ・グラーフ型加速器が戦中・戦後の中断を経て 1953 年に完成し、原子核反応実験に利用された。この加速器は 2 度にわたる大改造によって最終的にターミナル電圧 7.5MV を達成（6MV で実用）、その成果を受けて 1972 年に建設が始まったタンデム加速器は 1980 年にターミナル電圧 10MV の加速器として完成し、現在に至るまで原子核分野の研究拠点としての九大の活動を支えてきた。一方、工学部においては 1959 年頃に高周波型コッククロフト加速器の建設が行われ、飛行時間型 14MeV（メガ電子ボルト）中性子測定装置を用いた高速中性子散乱実験などが行われた。

このような九州大学の加速器環境の将来を見据えて加速器施設の統合・整備を進めるために加速器センター構想が生まれ、1983 年に設置準備委員会が立ち上げられた。その活動の中心となったのは大学院総合理工学研究科の的場優教授（委員長）と理学部の森信俊平教授（副委員長）である。この委員会では、当初はエネルギーが 100MeV クラスの多目的加速器の新設が提案されたが、大学を取り巻く財政緊縮化の中にあって設備は現有タンデム加速器の整備に留め、組織の立ち上げを重視した要求に移っていった。この加速器の新設の計画は、1995（平成 7）年に伊都へのキャンパス移転が決定されたこともあって実現に至らなかったが、一連の動きの中で箱崎タンデム加速器に対する手当がなされるなど、相応の成果はあった。

新加速器施設立ち上げの第 1 の契機が 2001 年頃に訪れた。伊都新キャンパスにおける学内共同利用施設の具体的配置案の検討が始まったのである。上記設置委員会の後継である粒子線応用研究センター設置準備委員会では、新キャンパスに設置すべき加速器を陽子 200MeV クラスの超伝導サイクロトロンとして学内各部局の意向を再調査、合意を形成していき新たに加速器・ビーム応用研究センター設置準備委員会を立ち上げた。また、この加速器施設建設をソフト面からサポートする研究組織として、量子ビーム科学リサーチコア（コア長：的場工学研究院教授）と加速器・ビーム応用科学リサーチコア（コア長：郷農靖之理学研究院教授）を、共に部局横断型で発足させた。加速器の仕様の明確化と概算要求の折衝を通じて、学内や文科省内に新加速器施設建設の機運が高まっていった。

施設立ち上げの第 2 の契機は 2004 年にあった。この年、数十億円規模であった上記計画は 1 大学では対応できないとして企画検討委員会が不採択の判断を下したが、その善後策を検討する中で、高エネルギー加速器研究機構（KEK）で開発中の FFAG 加速器（交互勾配固定磁場型加速器：陽子の加速エネルギーは 150MeV）を譲り受ける案が浮上し、急速に実現に向けて事態は動き出した。2006 年にセンター立ち上げを前提とした作業部会が発足し、学内的には前章のガンマ線照射施設を拡充改組するかたちをとって設置が認められ、2007 年 4 月に加速器・ビーム応用科学センターが設立された。この加速器移譲の実現に向けては、研究者側の努力に加えて、九大の早田憲治理事（事務局長）および KEK の宮嶌（みやじま）和男理事を始めとする事務方からの支援も大きな役割を果たした。

本加速器施設は、工学系の伊都キャンパスへの移転とそれに引き続いた理学系の移転を機にしており、双方の箱崎キャンパスでの基準特例面積を使って建物を建設していく基本計画となった。そのため、加速器本体の整備および研究は建物の実現後に随時実施されるが、伊都キャンパスの加速器施設のイオンビームを使った共同利用については、約 10 年が必要とされる長期計

画となっている。

第 2 節　センターの組織と運営

加速器・ビーム応用科学センターは、直接には KEK から移譲される FFAG 加速器の受け皿として設置されたが、その発足の経緯より量子ビーム（ガンマ線および加速イオンビーム）利用のための全学的支援施設と位置付けられ、将来的には箱崎キャンパスのタンデム加速器での研究教育活動の移行先となることも想定されていた。このため、センターには FFAG 加速器施設とガンマ線照射施設に加えて、箱崎分室を理学研究院のタンデム加速器施設に設置している。また、教員組織としては加速器開発・研究支援部門、ハドロン物質・エネルギー部門、粒子線学際科学支援部門、ガンマ線学際科学支援部門の 4 部門を置き、計 20 名の複担教員と 2 名の客員教員でスタートした。発足時のセンター長は野呂哲夫教授（理）、副センター長が石橋健二教授（工：ガンマ線照射施設も担当）、箱崎分室長が相良建至教授（理）であり、また、池田伸夫教授（工）は FFAG 加速器の建設責任者として実質的に FFAG 加速器施設の長としての役割を担った。

運営は、学内各部局から選出された委員からなる運営委員会でなされる。また、上記の 2 施設と 1 分室にはそれぞれの運営委員会が設置されることになっているが、当面の間、FFAG 加速器施設運営委員会はセンター運営委員会が兼ね、箱崎分室運営委員会は理学研究院原子核実験室運営委員にその役割を委嘱することにした。これは実情に合わせた効率的運営形態である。なお、事務は理学部等事務の協力のもと、工学部等事務部が担当するとされた。

第 3 節　FFAG 加速器の導入と整備

前述の通り、KEK で開発中の FFAG 加速器の譲渡を受け、センターの主加速器とすることとなった。この FFAG 加速器は、1950 年代に大河千弘博士が原理を考案後、その技術的困難さのために半世紀間実現されなかったが、2003（平成 15）年に KEK の森義治教授が世界で初めて実機の製作に成功した。すなわち日本生まれの新型加速器である。森教授は九大工学部の出身であり、そのつながりもあってテスト機の移譲を受けることになったものである。

2005 年に高エネルギー加速器研究機構長から FFAG 加速器譲渡の内諾を得、翌年に九大総長から機構長へ正式に要請を行って承諾を得た。一方、2007 年度概算要求で特別教育研究経費（研究推進：2 年計画）が認められ、財政的準備も整った。また、移設に先立って、加速器事業支援経費によって FFAG 加速器の加速空洞を 2 基に増設し、加速繰り返し周波数を 20 Hz から 100 Hz に高めるなど、移設決定後の加速器性能向上への手当に KEK 側の全面的な協力もあった。

伊都キャンパスにおいては建屋の建設が急ピッチで進められ、2008 年 3 月には KEK から FFAG 加速器が運び込まれた（建物の正式引き渡しは同年 7 月）。ただし、当初の予定では工学系のキャンパス移転に引き続いて実施されることになっていた理学系の移転が 2014 年以降に延期となったため、建物面積を工学系で用意できる範囲内に留めざるを得ず、加速器本体室と制御計室等若干のスペースのみでの立ち上げとなった。2008 年 12 月にはセンターの開設記念式典を挙行している。

逼迫した予算の中、2008 年度からの加速器の組み上げは米村祐次郎助教・有馬秀彦助教と是永忠志技術職員、そして大学院生や学部 4 年生が直接手がけるかたちで進められた。過去と同様、大学人自らの手による加速器の建設である。2008 年秋に暫定的な入射器である陽子 10MeV サイクロトロンの立

ち上げを完了、2010 年 3 月にビームを入射、同年 12 月にビームの周回を確認した。高周波空洞を挿入しての加速テストと加速の確認は 2013 年を予定している。少人数での建設であり、また老朽電源の故障修理が必要であったために時間はかかってはいるが、本質的な支障はなく着実に調整運転が進められている。図 57-3 に、FFAG 加速器を示す。

図 57-3 設置された FFAG 加速器（交互勾配固定磁場型シンクロトロン）

第 4 節　入射タンデム加速器の導入

KEK から移設された FFAG 加速器は入射加速器が必要な加速器であり、九大には KEK での開発で用いられていた PET 用サイクロトロンがそのまま移設された。このサイクロトロンでは本来の入射エネルギーである 12MeV の陽子加速ができないため、FFAG 加速器での到達エネルギーも 150MeV ではなく 125MeV に制限されていた。また、加速可能な粒子が陽子と重陽子に限られるという制約の他、シンクロトロンである FFAG 加速器とサイクロトロンではビームの時間構造が大きく異なるため整合性がよくないという本質的な欠点もあった。このため、サイクロトロンに代わる入射加速器の建設が急務となっていた。

箱崎キャンパスのタンデム加速器は老朽化や部品供給上の問題のために移設は現実的ではなく、一方で新規加速器の導入は財政的に困難であった。そういった折、京都大学のタンデム加速器（米国 NEC 社製 8UDH 型ペレトロン）がシャットダウンされるという情報を得、同加速器が移設やその後の長期使用に耐え得るものであることを確認するとともに、加速器を運用している同大学原子核ハドロン物理学研究室の今井憲一教授・永江知文教授等と折衝を始めた。その結果、順調に話がまとまって 2011（平成 23）年に同加速器が正式に譲渡され、事業費としても概算要求によって同年度から 4 年計画の特別経費（プロジェクト分）が認められるに至った。

実際の加速器移設には若干の紆余曲折があった。前記のように理学系のキャンパス移転が延期され、建物の建築ができなくなったのである。そこで、プロジェクト経費によって仮設のプレハブを建ててタンデム加速器を組上げ、局所シールドを用いて弱いビーム強度で加速器の調整運転を行うこととした。文部科学省の放射線規制室の理解も得られてようやく入射加速器の整備の道が整った。ちなみに、建物建設の実現は 2013 年度である。

タンデム加速器の移設事業は、寺西高准教授（理）が中心となって遂行した。2011 年度に京大で加速器を解体し 2 基のコンテナに詰めて九大に移送、一方で九大では 2012 年 2 月に加速器タンクを新規建設、3 月にプレハブ建屋を建設した。2012 年度に NEC 社の日本代理店である伯東(株)の手によって加速器の組上げを行い、建物建設のための約 1 年間の中断の後、2014 年度から加速器としての調整運転を実施、また同年に箱崎現有施設からの移設と大学本部による支援によってビームラインの整備を実施することになっている。

タンデム加速器単独では､2015 年の夏に理学部物理学科の学生実験や研究活動での使用を始める計画である。また、タンデム加速器および FFAG 加速器からなる加速器施設としても、整備に伴って順次学内外の共同利用に供されることになる。