

上坪委員

6.2 加速器を用いた研究開発の進め方新しい加速器利用研究推進方策の構築

6.2.1 長期的展望に立つ計画策定

わが国では総合科学技術会議が5年ごとに策定する「科学技術基本計画」に従って、具体的な科学技術政策が進められている。しかし大型加速器のように巨額の国費を20年、30年の長期にわたって投入するプロジェクトについては、「科学技術基本計画」を補完して学術／科学技術の長期展望に基づく計画を策定し、優れた専門家による学術的、科学技術的意義を検討・評価する仕組みが必要である。

上坪委員

(1) これまでの我が国の加速器計画

これまでわが国では、学術研究を主目的にした加速器は、全国共同利用加速器が高エネルギー加速器研究機構と大阪大学付置の核物理研究センターに、また、学内共同利用加速器施設は東北大学、広島大学、立命館大学に設置されている。一方、原子力研究の一環として建設された大型加速器が理化学研究所と日本原子力研究所にあり、学術研究から応用研究にいたる広い分野で、全国の研究者に開放されている。このように複数の研究機関が独自の方針の下に加速器計画を推進してきた結果、我が国の加速器は多様で充実したものになっている。

これらの計画は、学術研究を主目的にする大型加速器は、研究者コミュニティが提案し文部省学術審議会で検討、評価して、その結果を基に国が計画の採否を決めていた。一方、文部省以外の省庁の大型加速器施設はそれぞれの研究機関が立案し、原子力委員会の審議を経て国が採否を決めていた。

上坪委員

(2) アメリカにおける大型計画推進の仕組み

アメリカでは、科学技術の推進は主に Department of Energy (DOE) が担当している。DOE は科学技術を Advanced Scientific Computing、Basic Energy Sciences、Biological and Environmental Research、Fusion Energy Sciences、High Energy Physics、Nuclear Science の6プログラムに分け、それぞれの分野に常設の「分野別諮問委員会」を置いている。「分野別諮問委員会」は必要に応じて担当する分野の科学技術の現状と動向を分析し、国が必要とする研究施設等について勧告するとともに、専門的立場から大型プロジェクトの評価、順位付けを行っている。

上坪委員

(3) リサーチカウンスルの必要性

大型加速器は、未知への挑戦において最も重要な研究手段であるとともに、物質科学、生命科学、情報科学／ナノテクノロジー、エネルギー／環境科学など現代科学技術の重要分野の研究にとって不可欠の基盤的研究施設である。これらの研究施設をどのようにして世界トップの水準に保つかを検討するため、エキスパートで構成する常設の「加速器科学リサーチカウンスル専門的諮問委員会」を設置することが望ましい。なお、リサーチカウンスルはある程度広い学術科学技術の分野を俯瞰して検討するようしておくのが望ましく、その場合は「基礎科学リサーチカウンスル」を設けるのが妥当であろう。

上坪委員

上坪委員

これまで我が国では、欧米諸国で進められている計画を後追いするような計画が多かった。「リサーチカウンスル専門的諮問委員会」は諸外国の動向を探るのではなく、科学技術・学術の動向を独自に判断できなくてはならない。そのため

上坪委員

には一定期間の常設委員会にするのが望ましい。

上坪委員

6.2.2 加速器建設の新しい方式仕組み

(1) 我が国における加速器建設の問題点

これまで我が国の加速器建設は、大型計画の場合、施設者が強力な建設チームを組織して進めてきた。しかしチームに属する人員の数は欧米に比べて半分以下である。一方、中型／小型加速器の場合には、少数の専門家が中心になって建設してきており、建設要員の実数は必要数をはるかに下回っている。なお、不足する人員は一時的な契約職員で補うか、建設を受注した企業が投入してきた。

大型加速器の場合、建設に必要な研究者／技術者と運転段階に必要な研究者／技術者は、要員総数でも専門分野別の構成でも一致しないことが多い。ところがわが国では、終身雇用制であり職員の流動性が必ずしも高くないので、全国的な視野からのマンパワーの適正配置が不可能である。

最先端の加速器計画では、技術的な研究開発を同時並行的に行ないながら建設を進めることが多い。ところが一般的には、建設費の中に研究開発(R&D)経費や予備費が含まれることは稀なので、全体計画の予算執行に無理が生じることが多い。ところが SPring-8 計画では、建設が始まる前から建設途中まで、加速器及びビームラインの R&D 経費が計上されていたので、建設計画が順調に進行した。なお、R&D 経費の総額は、契約制建設要員の人件費を含めて全体計画予算の 7% 弱であった。

(2) 建設請負と建設分担

大型加速器計画の場合であっても、今後は十分な数の建設要員を確保することは困難である。一方、大学あるいは他の研究機関に属している加速器研究者には、先端加速器の建設に参加する機会が殆どない。そこで大型計画を全国的な規模で、建設分担方式あるいは建設請負方式を導入して、マンパワーの実質的な適正配置を実現することが望ましい。なお、建設請負方式は入射器など独立した加速器を他機関の加速器チームが建設するものであり、建設分担方式は、加速器のパーツあるいは独立に開発できる部分を、他機関の研究者や研究グループが建設するものである。なお、予算は建設チームの属する機関に移管されることが望ましい。

中小加速器を建設する場合も建設要員の確保が更に困難である。この場合は、他の機関の加速器チームが全体の建設を請け負うことになる。

(3) 建設費に R&D 経費と予備費

先端的加速器を建設する場合、従来技術の壁にブレークスルーをつくる技術開発が必要である。そのためには事前に十分な研究開発 (R&D) を行なわなければならないが、建設が始まって、新しい技術開発を平行して行なうことも多い。ところが我が国の加速器計画には、建設と並行して行なう R&D の経費を計上することは稀で、建設途中の R&D は機器製作メーカーに依存することになる。既に述べたように、SPring-8 の場合は R&D 経費が建設費に含まれている。SPring-8 の建設が予定より早く、しかも当初予算内で完成できたのは、R&D を十分行なえたからであろう。

一方、わが国の加速器計画では、完成後に運営費等を投入して追加工事／製作をする場合が多い。ところがこの経費は建設費に組み入れない場合が多く、計画の全貌を捉えにくくしている。

計画実施のやり方を改善して計画全体の透明性を高めるには、建設費に R&D 経費と予備費を計上し、その総額をプロジェクトの総経費とすることが望ましい。その上で、総額に合致するように計画全体を適正化することが必要である。

6.2.3 国際競争と国際分担

(1) 国際戦略の必要性

大型加速器の将来の方向性として、高エネルギー化をめざす方向や大強度化をめざす方向があることは、本報告書の冒頭に述べた。いずれの場合においても、加速器一台当たりのコストは近年上昇しつつある。したがって、国内のみならず国際的観点から、大型加速器設置の必要性の吟味と、特にこれから設置する加速器に関しては、日本になぜ配置しなければならないのかについて、十分な討論が必要となる。すなわち、今後の加速器計画を考える際には、国際競争と国際分担の両面を十分に検討した上で、設置計画を国際的観点から進めるという「国際戦略」が必要となる。

このような視点をいち早く取り入れたのは、高エネルギー物理学の分野である。高エネルギー物理学者は、科学者の集まりである IUPAP（国際純粋応用物理学連合）の下に、世界の大型加速器の配置を議論する ICFA（International Committee for Future Accelerators = 加速器将来計画委員会）を作り、世界の主要研究所長が率先してそのメンバーとなり、将来の加速器の立案作業を行っている。高強度短パルスレーザーの領域では、最近 IUPAP の下に ICUIL（International Committee for Ultra Intense Lasers）が作られ、世界のレーザー研究の連携や将来研究の方向の検討など国際協力で行う体制ができた。注目することによりこの結成には日本が決定的な指導性を発揮した。さらに、高エネルギー物理学以外の分野でも、世界的な検討を行うべく、その試みが始まった。一例は、OECD における Mega Science Forum であり、中性子ビームや原子核研究の加速器配置に関する議論が展開され、その報告書も出版されている。

(2) 世界の三極構造と世界的すみわけ

目下、世界の共通認識は、21世紀の科学研究は、米国・欧州・アジア圏の3極構造を機軸に進展するであろうという予測である。日本はアジア圏のリーダーとみなされ、3極の一翼を担う責任ある立場に立たされている。すなわち、日本の今後の加速器の建設や活用を考える場合に避けて通れない点は、日本は米国・欧州と肩を並べて進む必要があることと、一方では、アジア諸国との緊密な連携を樹立する必要がある点である。日本がこの点を十分に認識することこそが、日本の国際貢献でもあり国際責務でもある。

さらに、資金の巨大化する加速器に関しては、世界的な棲み分け作業、すなわち国際分担に関する議論が必要である。たとえば、第2-2表に掲載されているクォークグルーオンプラズマ探究のための米国の RHIC（重イオン衝突型加速器）や新粒子発見のための欧州の LHC（大型の陽子衝突型加速器）等のタイプの加速器は日本で作る予定もなく、むしろ、日本から研究者をこれらの施設に送り込んで研究を進めるべき加速器施設である。一方、世界の中では日本でのみ作られ世界の研究者を集める加速器施設としては、J-PARCのK中間子施設（Kaon Factory）等がある。

永宮座長

（３）日本の加速器の役割

世界に類似のものが存在するにも関わらず、世界の三極の一つを形成する日本に設置されるべき加速器に関しては、それが世界的には「世界COE」を形成して世界のリーダーシップを取ることができうるかを十分に評価する必要がある。少なくともSPring-8、大強度陽子加速器（J-PARC）の中の子施設やニュートリノ実験施設、RI ビームファクトリーについては、世界のリーダーシップを取り、世界センターとしての任務を十分に果しうる加速器計画であるとの認識を得た。これらの加速器施設においては、世界の3極の一翼を担う認識と自覚を持ちつつ、アジア圏に開かれた加速器センターとするなお一層の努力を講じるべきであろう。

日本にアジア圏のセンター的な加速器を配置する際、アジア圏の学生教育も可能とするように、アジア圏の大学との連携大学院の普及は重要なステップとなる。すでに、この制度は理化学研究所に導入されているが、日本の他の研究機関においても積極的にその導入を諮るべきであろう。

上坪委員

6.2.4 加速器建設の新しい方式

建設請負方式（他機関の加速器建設に別の機関の研究者技術者が参加或いは請負ができるようにする、また、場合によっては強力な加速器グループが加速器建設公团的な役割を果たす）と建設分担方式（大型加速器の場合、他機関の加速器グループが加速器の一部分の建設を分担する。その場合建設予算を分担グループが所属する機関に回す）を提案する。

6.2.5 大学における加速器の重要性

大学は教育、人材養成、人材開発のもっとも重要な場であるとともに、基礎研究を進める場であり、他にはない重要な役割を担っている。最先端の加速器を持つことは研究にとってのみならず、教育の上からも必要なことである。しかしながら最近では、最先端加速器は大型化しており、一大学で建設・維持するのは困難になってきた。

このような現在においては、教育や、放射線関連事業のための人材養成のための加速器と、世界の先端研究をする加速器施設を区別してバランスよく全国に配置することが必要となる。それを満たすために大学などの加速器を再定義することが大切である。必要とされる加速器施設は、

- ① 複数の大学に設置する小型加速器（教育、人材養成が主な目的で、特長を生かした研究も可能とする）。現存の大学の小型加速器をこの目的に再定義し利用することは望ましい。
- ② 少数の大学に置く共同利用の加速器施設。（研究が主、教育も含む）現状の加速器を、このカテゴリーとして役割を明らかにする。
- ③ 大学以外の研究所に置く共用の加速器施設。（研究）

に分類することができる。

これらのうち、②と③は施設として世界的観点から価値のあるものでなければならない。①においては、大学のカリキュラム等に組み込むことが重要であり、②③においても、教育、研修のために活用されるのが望ましい。

最近、加速器は癌治療、タンパク質構造解析、医薬品開拓、植物改良、物質構造解析、加速器駆動型原子炉など、基礎研究以外の利用が広がっており、これからますますそれらに従事する人材が必要となる。

例えば、がん治療のための陽子加速器や重イオン加速器を各県に設置する場合、各施設で少なく見積もって 50 人の技術者が必要と仮定すると、全国ではこれだ

けでも 2500 人あまりの人材が必要となる。他のものや関連した企業で必要な人数を含めればさらに多くの人材が必要であることは明らかである。しかしながら、現在、加速器技師や放射線技師などは、現場へ入ってからの教育となっている。放射線取扱者、放射物質取扱者についても同様である。現場での教育は時として、基礎からと言うわけにはいかず、統一的な知識とならないことが多い。そのためルーティンからはずれた仕事が必要なときに、応用が利かず時として大きな失敗につながる。

必要とされる系統的な教育は大学においてもっとも効率的に行われることが望ましい。大学においては、加速器や放射線関連のカリキュラムを充実させる必要がある。このためには、加速器を所有する大学が地域や全国からの学生を常時受け入れること、大型施設を持った大学や研究所との連携を進め教育に役立てる等の工夫も考えられる。

また、大学における研究については、大学教員や大学院生の研究には大学の施設、大学の共同利用施設、国内の共用施設、国外の共用施設などのうちから、その研究に最適なものを選んでおこなわれている。これは今後も大きな変化はないと考えられ、研究者は各大学の施設を主として、特殊性を用いた研究に利用すると共に、世界的レベルにある大学の共同利用施設や研究所の共用施設を利用することとなる。共同利用の場合、実験費や旅費なども共同利用施設から支給されることが多い。最近ではこれに加えて、連携研究としてある程度の期間にわたる研究を進める制度や積極的に装置を持ち込むパワーユーザーも現れている。

今後は、既存の施設を使った研究を進めるだけでなく、独自の予算で実験施設や実験装置を共同利用施設や共用施設に設置して研究を行うことが、容易にできるようにするのが効果的である。また、実験のための旅費を持ち実験準備や実験に独自の判断で参加できることも重要である。

6.2.6 研究連携の推進

(1) 応用研究と基礎研究の連携協力強化

加速器研究開発の目的としては、人類の科学的知見の拡大に貢献することが第一であり、このような基礎研究の成果は、それ自体が我が国や世界の貴重な財産である。従って着実な継続が必要であり、宇宙や素粒子を含め我々を取り巻く物理的世界の理解のためには、今後も加速器の研究開発は一定の割合で必要である。しかし、生命科学や脳科学と同様に、人類の科学フロンティアを、いつどの方向にどの程度まで広げるかは、今後も常に議論が必要である。

一方、純粋な科学の知見を切り拓くことを目的とした加速器も、今までに多くの応用範囲を広げてきている。工業における半導体イオン注入技術、分析・加工技術、医療における放射線診断・治療技術などはその例である。小型電子・イオン加速器、放射光施設などは、現在までも大きな社会的貢献を果たしてきている。また直接的な効果のみではなく、超高真空、高周波、データ処理、ネットワークなどの技術として、波及効果の大きい間接的な効果も生み出している。

このように加速器は波及効果の大きい技術であることから、今後は純粋科学を指向した加速器研究であっても、最初から応用を視野に入れる必要がある。それは加速器の仕様そのものにも関わることであるが、たとえ純粋な基礎研究であっても、「応用をも最初から視野に入れた研究開発」が重要である。これが加速器研究を進める側の社会に対する責任の果たし方の一端である。その意味では、一連の研究開発とその応用を含んだシナリオを考慮した「プログラム駆動型研究」である必要がある。

今後、応用研究と基礎研究の連携協力強化のためには、(1) それぞれの割合は異なるにしても基礎研究と応用研究がどちらかに偏ることなく、一つの加速器施設の中で並存・共存が出来るようにすること、(2) 産学官の役割分担に加えて、積極的に相互乗り入れを行うこと、が必要であろう。

(2) 研究活動のネットワーク化

21世紀に入り、我が国に限らず世界各国においても、研究活動に対する期待とともに要求が厳しくなっている。限られた予算と人員の中で、研究を支える種々の環境や運用のシステムには常に効率さが必要とされているものの、研究自体の効率性は必ずしも他とは同様には行かないことも銘記すべきである。その一方

上坪委員

で、~~を~~利用した研究開発においても、大型で高額な装置をより効率的に使用し、研究をタイムリーに推進するとともに、それによる研究成果の有効な活用が求められる。インターネットが進歩した現在、より有効なネットワーク化が重要である。

上坪委員

る。また他方、~~インターネットが発展した現在、~~各地に分散している多数の中・小型の加速器をネットワークで繋ぎ、より有効に利用することも必要であろう。

このため、①加速器サイドのネットワークの強化（より効率的な加速器研究のアイデア）、②ユーザーサイドのネットワーク化、③加速器サイドとユーザーサイドの交流とネットワーク化、④国内外の協力、などの進展が必要である。

今日、ネットワークの世界では、グリッド技術の研究が進展しており、コンピュータ間のネットワーク化技術、各種センサーによる取得データを瞬時に転送・共有する技術、などが開発されている。特につくば地区においては、地域的なネットワークの研究も進められており、加速器関連の研究者のみならず、情報系の研究者の協力も得て、効率的な研究推進ができることが好ましい。

（３） 産学官連携や役割分担のあり方。

従来の産学官連携における様式は学・官における先導的な研究開発があり、加速器開発とそれを利用した応用研究が技術開発の主要課題であった。その意味では、「光源駆動型開発研究」Source-Driven R&D と言うことが出来る。一方、産業界においては、半導体リソグラフィーのように、ニーズを見据えた開発と利用技術の結合が行われたと言えよう。これにより世界に先駆けた研究開発を実現できたと考えられるし、必ずしも高収益な技術とは限らないものの、分析・計測・加工や診断・医療面での加速器の利用が促進されたと言えよう。今後の連携課題としては、先駆的な独創的加速器技術と実際の現場で使える技術の融合である。その際、①応用のニーズにどう対応するかという考え方と、②応用のニーズをどのように開拓して行くかと言うことが大切であり、そこに至るシナリオをきちんと用意しておく必要がある。これは、すでに述べた「プログラム駆動型研究開発」(Program-Driven R&D) と言うことができるであろう。実用化における取り組みにおいて、ニーズを調査するだけでなく、ニーズを積極的に開拓等が極めて重要であり、そのためにも着実な研究開発への投資・環境整備、継続的な人材育成が必要である。

(4) 地方自治体と国公立大学との連携の促進

産業振興または医療への寄与に向けて、加速器の開発利用を積極的に推進している地方自治体がある。一例として兵庫県は、Spring8の開発利用（播磨科学公園都市／西播磨）、ニュースバルの建設や新たな医療用加速器施設（最先端がん治療施設「県立粒子線医療センター」）の開発・利用を進めている。また佐賀県は新たな放射光施設の建設を推進している。このように地域の取り組みについて、既に加速器を持つ大学が協力を行ったり、地元企業の利用に積極的に大学などの施設を開放する等の連携が進められるのが望ましい。また、地域と大学が連携して共同の施設を整備することも考えられる。茨城県は従来から県内に原子力施設を抱えており、またつくば研究学園都市が存在することから、加速器利用にも積極的である？

~~一方、主要国公立大学においては加速器を利用した研究を従来から展開している。今後このようにニーズを把握して積極的に加速器開発を進めている地方自治体と連携することによって、加速器の有効利用を図ることや、人材育成を行うことが必要であろうと官あげられる。大学が全国的な研究展開に限らず地元の自治体にとっての拠点となることが重要である。その意味で、大学の加速器を地方自治体が積極的に利用出来るよう、即ち産業利用の促進が出来るようすべきである。~~

佐賀大学・九州大学との連携を進めている佐賀県の新たな放射光利用施設（佐賀県シンクロトン光応用研究施設）の今後は注目すべき例の一つであろう。これはネットワーク型学術研究拠点の構築を目指す「九州北部学術研究都市整備構想（アジアス九州）」の一環として整備されるもので、九州地域はもとより広くアジアワイドな研究開発交流を促進することを目指している。今後も、このような地域研究開発拠点の整備を行うべきであろうが望まれる。

上坪委員

上坪委員

上坪委員

6.2.7 産業界からの提案

(1) 加速器開発と加速器利用産業

産業界における加速器開発を考えた場合、まずは国により大型加速器の計画が立てられ、その実現に向けて産業界はR&D等を実施し、そこで設計・製作等の加速器技術力を延ばし蓄えていく。これにより新技術の創出や実証が行われ、それが中・小の産業用加速器の実現に向けて利用されることになる。例えば、医療用の加速器や半導体用の加速器が開発されて広く産業利用されていることは良く知られている。例えば、文部科学省が行った「我が国における放射線利用の経済規模」の調査によると放射線の工業利用は7.3兆円にのぼり、相当な割合で半導体加工に加速器が使用されている。

事務局
このうち加速器関係のものがどのくらいあるのかを補足する必要がある

【回答】

この調査の算定基準では、半導体製造に対する加速器が係わった割合は必ずしも明確になっていません。この調査は当時(H11)科技厅が原研に委託して行ったもので、経済規模算定においては工業製品の売上高ベースで積み上げています。本なら放射線の利用率が売上高にその率を乗じれば良いのですが、メーカーはそのデータを出しておらず、その為全売上高で計算しています。

これらの中・小の加速器がビジネスとして成り立つことで加速器技術が産業界に保持される。これが新たな国の大型加速器計画実現の技術基盤となり、更なるR&Dを行うことで違った加速器利用産業の発展を促すことになる。

このように加速器や加速器技術の産業利用が進めばメーカーの加速器技術は保持・進展するが、それが進まなければ技術が喪失することになり、ひいては大型加速器の技術基盤を危うくすることにつながる。このため、加速器及び加速器技術の産業利用の促進を図る必要がある。

(2) 産官学連携の現状と問題点～産の立場から～

a) 大型加速器プロジェクトでの受注システム

大型加速器プロジェクトの推進は二段階の構造を持っている。まずは『R&D フェーズ』で、ここで「官学」は基本概念を示し、「産」は設計・製造ノウハウを出す。そして次ぎに『実機建設フェーズ』に入ると、「官学」は建設に向けた指導を行い、「産」は製造能力を発揮しプロジェクトを実現していく。

一方、「産」から見た「官学」は、ある時には技術やその応用を共同で開発する連携先であるが、R&Dと実機ではメーカーが異なることがある。産の立場からすると、R&D段階での技術ノウハウが他メーカーに使われることになる。

したがって、連携による共同研究開発の場合はもちろんのこと、試作等発注が伴う契約の場合でも、知的財産の帰属を明確にし、開示できる情報とそうでない情報を区別すること及びR&D参入についてメーカーに十分なインセンティブが与えられることが必要である。

b) 加速器利用促進のための制度・環境の整備

i) 許認可制度(特に医療利用の場合)

PET 診断用 RI 合成装置や粒子線がん治療装置等を病院等で診断・治療行為を行う装置として販売するためには、メーカー(あるいは販売会社)が厚生労働省に医療用具申請を行わなければならない。

これを行うためには、治験(治療試験)を実施してもらう病院等に装置を持ち込み、その有効性や安全性の証明受けが必要である。

従って最初は医療用具ではなく試験装置として販売(もしくは無償貸与)するために治験費用は企業が負担することになる。治験を依頼する病院等の通常業務を阻害していると言うことで時として1件当たり数億円になる場合がある。特に最初の装置はその治療の有効性そのものを証明しなくてはいけないためかなりの負担となる。

また医療用具として申請されたものは、改造されると別の装置とみなされ再申請しないと医療用具としては認められない。つまり、改良したくても、その試験を実施するためにはその機関に通常医療行為の中断を依頼する必要がある。企業による再申請費用負担も大きな問題となる。

以上のように大型の医療用具では装置そのものの開発のみならず治験の申請が費用的にも時間的にも大きな負担となっているし、改造もやり難い状況である。これを解決するために、研究機関で、医療用具として認定を受けるために必要な要件を明確化して欲しい。例えば、がん治療装置の場合は、医療用具の定義には加速器部分を含まなくてもよいがビームの仕様として何を満足していなくてはいけないとか、照射に必要なシステムの要件を標準化・数値化すること等である。

また、装置の改造に伴う許可申請については、改造の程度に合わせて適切な条件に簡略化されることが望まれる。

ii) 許認可登録の効力(特に医療利用の場合)

米国 FDA の承認を受けている医療用具はアジア諸国ではその国での医療用具申請が簡便になる場合が多いが、日本の厚生労働省の医療用具認可は、陽子線治療装置のような薬事承認に関しては他の国では効力を持たないことが多い。したがって、各国ごとにその国の認可を得る必要があり日本の医療用具が海外に普及しないという話がある。これまでは日本国内だけを市場としていたため、これでも

中国、韓国、台湾の薬事承認体系は米国FDAの体系に倣っており米国で承認されているものは承認作業がスムーズになっています。但し、PETについては医療用具承認は関係なく、例えば「FDGという薬剤」に対しての使用承認を与えています。

【回答】

事務局：
事実関係を
データを示し
説明する

良かったが、結果として装置の国際競争力を低下させることになっている。

逆に FDA 承認を受けて米国や諸外国で普及し、成熟化した安価な装置が日本に入ってきた為日本の企業が撤退することも電子ライナック等で見られる。

今後は日本の医療用具申請等、許認可のグローバルスタンダード化が必要とされるようになっている。

高橋委員

iii) 教育制度の充実と補助金・優遇税制等の制度導入(特に工業利用の場合)

加速器の産業利用の普及の障害として、高い初期コスト、利用に関する基礎知識の不足、維持管理の問題が挙げられる。これらをこの解決するためには、教育機関・公的研究機関での利用環境をの整備することや、教育制度の充実加速器導入の民間機関への補助金制度・優遇税制度が効果的と思われる。これに関して、従来の産業創発への補助金制度の一部を適用することが検討に値する。これを産官学連携として実施するわけである。

(3) 産学連携への期待 ～加速器利用産業の活性化のために～

a) 官学主導でのニーズとシーズの結合

加速器関連の産官学連携については、加速器メーカーと加速器関連研究機関(大型加速器納入機関)との連携が主であった。加速器が広く利用されるためには産業界で利用されることが必要である。一方、加速器メーカーは、保有するシーズ技術に対する潜在ユーザーのニーズの情報については余り持ち合わせていない。このため、ニーズに合わせた装置の開発が困難になっており、加速器利用産業が結実しないことになっている。

これを改善するためには、「学」である加速器研究機関と利用研究機関の連携強化を行うこと、「官」の援助の下、連携研究機関が中心母体となり、「産」での装置メーカーと利用ユーザーとの情報共有を促進すること、新規産業の創出や既存産業の活性化を図ることが必要である。

そこで、加速器関連機関とニーズを持っているであろう企業の利用関連研究機関と加速器関連研究機関がネットワークを持てば、そこから幅の広い産学連携が構築できるのではないか。

b) 異分野に対する働きかけ

加速器は、高エネルギー加速器研究機構、理化学研究所、大学、放射線医学総合研究所等文部科学省関連の研究機関において開発されてきたため、他の府省関連の分野に普及させるためにはその分野に合った方法が要求される。

例えば、放射線治療装置の普及に関しては、「第3次対がん10ヵ年総合戦略」に、「がんの手術療法、化学療法、放射線療法等に通じた各分野の専門医が協力して診療に当たることができるよう」と述べられている。日本では米国等と比べてがん治療における放射線治療の占める割合が低く放射線治療装置を普及させるためには、仕組みの変革、人材の育成が不可欠である。例えば日本では医学物理士がほとんど採用されていないし、放射線治療医師の人数が日本の場合400人に対して、米国では2300人という状況もある。これは、加速器関連研究機関が働きかけて変わる問題ではなく、国民的議論が必要であろう。また、加速器技術は、これまでも真空、高周波、超電導、ビーム制御等先端技術を組み合わせて出来てきたが、今後はさらにフェムト秒加速器におけるレーザー技術と加速器技術、先端粒子線治療システムにおけるロボット技術と加速器技術等、異分野の先端技術と加速器技術を融合させる必要が出てきている。そのための技術開発や技術の掛け合せを押し進める事が必要である。

田島委員

(4) 産官学連携システムの提案

今まで述べてきたように、これからの産業用加速器の進展のためには府省の壁を越えた連携が必要となる。その中には、国が主導で進めるプロジェクトもあれば、異分野の専門家同士が連携して実現させていくべきものもある。

この実現には関連研究機関や企業の連携のみならず、文部科学省や厚生労働省、経済産業省等の府省間の連携のもと法的規制の見直しも含めた異業種間の協力体制の検討が行われるのが望ましい。また連携を有機的に動かすために、研究組合のようなものを作り専門家同士が直接やり取りできたり、機器開発だけではなく利用についても連携が取れるようにすべきであろう。このように府省の枠を超えたものにするには下記の図のような、原子力委員会も含めた連携が考えられる。

6.2.8 人材育成と技術継承

加速器を用いた研究の今後の発展を期するためには、現実の研究を活発に推進することが最も重要であるが、一方それを継続・遂行するために当該分野の人材を確保し、また加速器科学に強い興味を感じ、この分野に身を投じようという若き人材を育成することが強く望まれる。

(1) 人材育成

a) 大学

加速器およびそれを用いた研究者の養成は主として大学院の専門課程を通じて行われる。この場合、大学に有用な加速器が存在していれば、専門家の育成は比較的スムーズに行われるが、近年は分野の進展と国際的競争環境の中で、新規性のある実験的研究を行いうる加速器は、必然的に大型かつ高価な施設である事が一般的である。そのため、博士の学位取得のためには、大学内というより、大学とは別の大型の共同利用施設を利用する必要性があることが多い。この点で、KEK、RIKEN、RCNP、SPRING8、HIMACなどの大型施設が、これらの要求に応えられるような、受け入れ体制を持つことが大変重要で、従来からかなりな程度、条件を満たしているが、今後ともより良い開かれた体制を継続することが必要である。

しかし、これらのマシンのタイムの限られた実験期間では、日常的技術の習得などには、不十分であり、大学での小型加速器による実習的研究、測定器の開発などが可能な事が望ましいのであるが、こちらは、運転維持のための予算や人手が枯渇ぎみのところが多く、多くの困難を抱えている。適切な取捨選択と重点化が必要である。

特に大学では、平成16年度からの国立大学法人化で、加速器施設の維持管理がより難しくなるのではないかと、という危惧を抱いている向きもあり、このところ、原子力、加速器・放射線、アイソトープ関係学科や講座の減少、若手研究者の不足が起こっている、という指摘もあり、これらの問題をどう解決対処するかが問われている。

b) 研究所

以上の観点からも、加速器のような大型設備を利用した研究は、大学よりも今後、法人化が進む共同研究所等の重みが一層増していくと思われるし、人材の育

成においても、実際に専門家を作っていく装置は、これらの研究所が重要な役割を果たしていくことになる。先進諸外国においても同様の傾向が見られている。

一方、加速器そのものの研究および技術開発は、大学での関連講座が僅少であるため、従来から、他の専門分野からの転向者が多い。それで需要はなんとかカバーしているが、本格的な新しい加速器開発研究者を若くから養成しないと、技術の後追いに過ぎなくなる恐れがある。加速器学会の設立が近いと聞くのを、ひとつのきっかけとしたい。

(2) 応用分野および関連分野における人材

加速器科学は今や非常に広い応用分野を擁している。物理、化学、工学、生物、農学、医学など、加速器を使用した研究はとどまるところを知らない。この内、特に医学応用は専門研究者のみならず、一般国民の健康福祉に広くかかわりあった問題であり、加速器を使用した治療、診断は、多くの国民が直接身近に体験し、利用するという意味で、社会に対する影響が特に大きい。

放医研が推進してきた重粒子線治療、筑波大学、ガンセンターなどの陽子線治療は、今後、多数全国に普及させるべき施設である。この場合、そこで働くべき適切な人材は、装置の運転、保守を担当する人員と共に、医学施設特有の人員が必要である。粒子線治療を良く理解しうる放射線医師、放射線技師、医学物理士等の専門家を、需要に応じてかなり的人数養成していかなければならない。これらは施設のある現場で、教育ないし訓練が必要なので既存の粒子線治療施設が、これらの人達を一定期間受け入れられるようなシステムを作る必要がある。また、折角人材を養成しても、特に従来の医療厚生機関では、医療職、行政職しか存在せず、放射線治療に必須な医学物理士のような研究職を受け入れるシステムが必要である。

(3) 産業界における人材

加速器関連の製造メーカーは、高精度機械加工、重電機器、高電圧電源、高電流電源、エレクトロニクス、計測機器、真空機器、など他分野に亘るが、特に加速器本体の製造技術部門は、加速器建設の或程度の需要がないと、他分野に配属が変わって行かざるを得ない。最近、産業界でのこれらに対する技術が一部において空洞化が起こりつつある、とも言われている。

文科省
人材の観
点のみの
投資か？

事務局
建設以外
の方法を
検討する
べき

大型加速器施設は、いまのところ一般に国立あるいは半公的機関でのみ建設されているが、この建設計画が適当な間隔で実行されていくのが、産業界での加速器技術者の技術継承に必要となる。このためにも加速器を利用した科学研究が、基礎、応用を問わず常に活発に活動が行われることが、産業界の人材養成にとっても必要不可欠である。

加速器の利用研究も、施設建設、技術の発展は産業界の協力なしにはあり得ず、加速器の利用研究と当該分野の産業界の発展は車の両輪といえる。今後、産業界、大学、公的研究機関の人事交流、流動化促進を積極的に行うこと、また、専門家のための講習会等を開くことにより、研究者が常に新しい情報にふれられるようにすることが必要であろう。