

解説

日本における加速器の現状（その1）

田川 精一*

Seichi TAGAWA

1. はじめに

日本における加速器の現状を、加速器利用の拡大と多様化、加速器台数の変遷、分野別の動向、加速器の社会への貢献、加速器の共同利用・施設共用という視点から紹介する。

2. 加速器利用の拡大と多様化

加速器は加速された粒子及びその粒子からの2次ビームを利用する分野の発展とともに進歩してきた。加速器は物質構造を探るという人間にとって最も強い知的関心に対して、桁外れに強力な研究手段として登場し、加速器を用いた研究から多くのノーベル賞受賞者が出ていることも周知の事実である。初期の加速器の進展には核物理学研究者が最も大きな貢献をしてきた。加速器の医学利用もかなり早い時期から行われ、多大な成果を挙げてきた。現在も医療用加速器は確実に年とともに台数を増やしている。

第2次世界大戦で、核エネルギーの軍事利用が始まり、その後、核エネルギーの熱利用（発電）と放射線利用の分野も、飛躍的に拡大した。同時に、放射線被爆等の放射線利用の負の側面を解決するための放射線防護、生物影響等の研究が非常に重要になってきた。第2次世界大戦後の放射線利用の拡大に伴い、加速器利用分野も飛躍的に広がっていった。

現在も核物理学から核物理学・素粒子物理学などの高エネルギー物理学に引き継がれた高エネルギーフロンティアの研究が最先端の加速器開発を先導しているが、建設されるまでの期間と建設費用の増加のため、国際協力が不可欠になりつつある。また、高エネルギー物理学分野以外の医療分野、非破壊検査、照射処理、材料改質、分析、微細加工、エネルギー分野など、様々な用途に広く利用されている。

国内の加速器を取り巻く状況の変化もいくつか見られる。一つは、加速器建設予算の大部分を占める大型加速器が高エネルギー物理学以外の分野にも利用でき

ることを最初から考慮して建設されるようになった点と建設後に外部の広い研究分野の研究者に解放されている例が増えた点である。このため、加速器利用研究の裾野が広がり、研究者数も非常に増加した。高エネルギー加速器研究機構（KEK）のフォトンファクトリーから日本原子力研究所（原研）・理化学研究所（理研）が協力して建設したSPring-8に至る多くの放射光施設、現在建設中の原研・KEKが協力して建設中の大強度陽子加速器（J-PARC）に代表される中性子利用などの分野では加速器利用者の数が飛躍的に増加している。また、原研高崎研究所の種々のイオン加速器（TIARA）などが原研外の多くの研究者に開放され、新しい加速器利用者の数が大きく増加している。放射線医学総合研究所（放医研）の重イオン加速器は炭素イオンによる重粒子線がん治療のための装置であるが夜間は広い関連分野の研究者の利用へ開放している。理研の加速器研究施設でも原子核物理学だけでなく、化学、生物、材料、医学等の幅広い基礎・応用分野の研究が行われている。このように、大型加速器施設では主目的と同時に多様な用途にも利用でき、利用分野も広がり、利用者も多くなってきている。2つ目は、加速器で加速した粒子が生成する2次ビームも含め、利用できる放射線の種類が最近急激に増加し、その中には加速器は使用するが実際に使用するビームはミリ波領域のコヒーレント放射光や赤外自由電子レーザーのように狭い意味の放射線の範疇に入れないものもある。3つ目は、利用分野の拡大に伴い、加速器への要望も多様化し、研究者からも産業界からも小型で安価で利用目的に特化した性能を持つ専用加速器が強く求められはじめた点である。4つ目は国立大学法人化や原子力2法人の統合などの社会情勢の急激な変化により、研究者への十分な検討期間と適切な評価を行わないうちに、一度停止してしまうと二度と立ち上げにくい加速器施設が閉鎖せざるえない状況が生まれ、研究と人材教育に大きな支障が出るのが危惧されている。

* 大阪大学産業科学研究所
tagawa@sanken.osaka-u.ac.jp

3. 最近の日本の加速器台数の変遷

現在、国内では、物質構造や宇宙創生などを探る最先端の大型加速器建設に大部分の公的な予算が使用されているが、加速器全体の台数に占める割合は小さい。図1に示すように、日本アイソトープ協会が発行している放射線利用統計で、2003年3月の時点で、国内には1,194台の使用許可を受けている放射線発生装置が稼動している。最も多い使用許可を受けている加速器はライナックで898台で全体の76%になる。ライナックは医療用のみでも764台となっている。

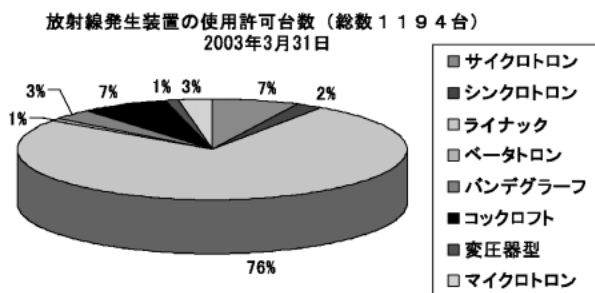


図1 総数1,194の放射線発生装置の内、898台のライナックが最多数で、その内の764台が医療機関でがん治療に使用されている。1 MeV未満の産業用の低エネルギー電子線加速器などは含まれていない。

ただし、1 MeV以下の工業用電子線加速器やイオン注入用加速器はこの放射線利用統計の放射線発生装置には含まれていない。1 MeV未満の工業用電子加速器やイオン注入装置を含めるといわゆる加速器の台数はもっと多くなる。

機関別では使用許可を受けている1,194台の放射線発生装置のうち、医療機関に837台(70.1%)、教育機関に65台(5.4%)、研究機関(国公立、各種法人、大学、民間の研究所および大学の附属研究所・試験所・研究施設の研究機関)に133台(11.1%)、民間企業に140台(11.7%)、その他19台(1.6%)となっている。

図2に1980年以降の放射線発生装置の使用許可台数の変遷を示した。総数は1980年の426台から順調に増加し、2003年には1,194台と2.8倍になっている。数で最も多い医療機関の伸びが大きく、220台から837台と3.8倍になり、その年度の総数に対する比率も51.7%から70.1%に増加している。国公立、各種法人、大学、民間の研究機関では1980年の99台(23.2%)から1999年に184台まで増加したがその後、急激に減少に転じ2003年には133台まで減少した。1980年は総数に対して23.2%あった比率は2003年には11.1%と半減している。民間は1980年

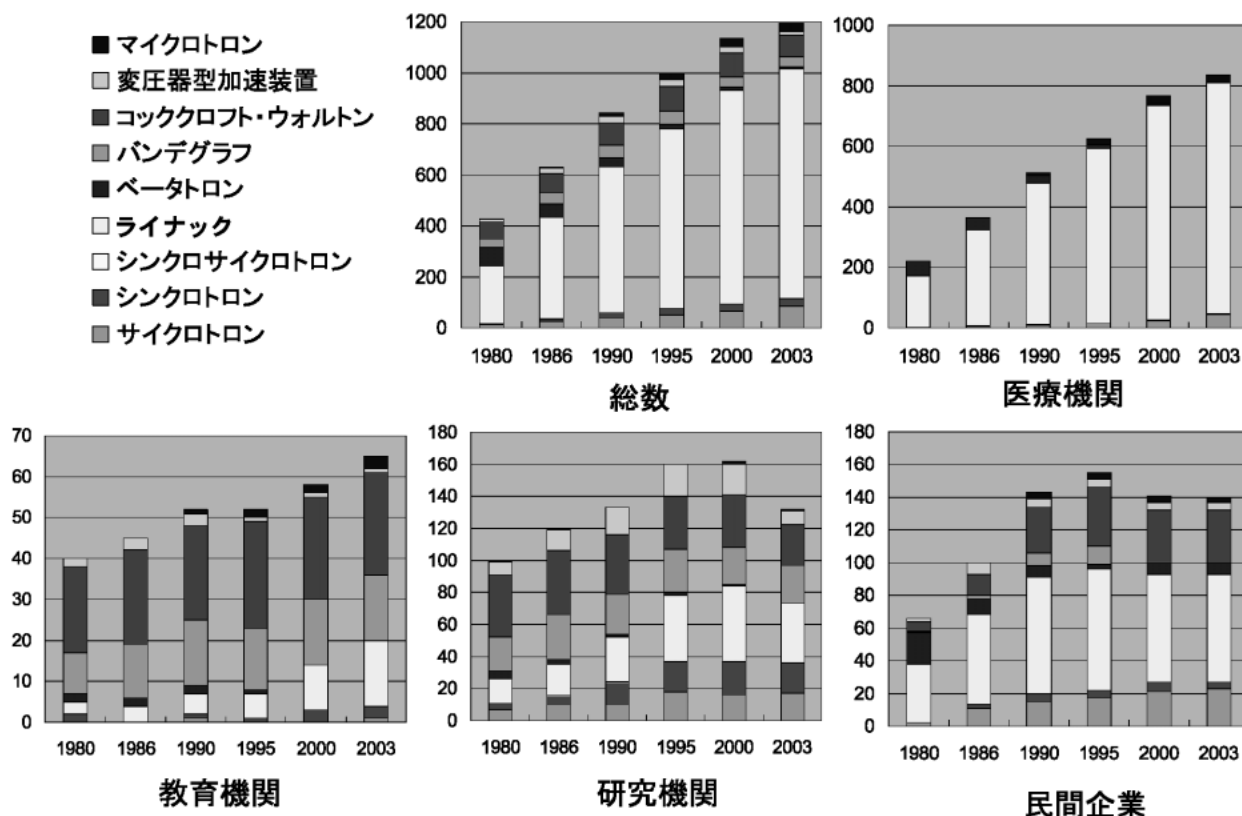


図2 加速器数の変遷

の66台から1997年の162台まで増加し、その後減少し、2003年には140台になっている。その年度の総数に対する比率も1980年の15.5%は2003年には11.7%まで減少している。教育機関の台数は1980年の40台から2003年の65台まで少しずつ増加しているが、その年度の放射線発生装置の台数に対する比率は9.4%から5.4%まで減少している。

2000年3月31日と2003年3月31日の最近の3年間の動向を少し詳しく見てみると、日本全体では使用許可を受けている放射線発生装置は1,136台から1,194台へと58台増加している。細かい内訳を見ると、医療機関では767台から837台へと70台増加している。その中でも、ライナックとサイクロトロンの増加が大きく、ライナックが709台から764台へと55台の増加、サイクロトロンが25台から44台へと倍増しそうな勢いである。逆に減少しているのは国公立、各種法人、大学、民間の研究所の加速器で、163台から133台へと30台減少している。特に、中小型

加速器で、ライナックが47台から37台へ、コッククロフト・ウォルトン型が33台から25台へ変圧器型加速装置が19台から9台へと急激に減少している。一方、研究所の加速器でも大型なシンクロトンとサイクロトロンの合計は37台が36台へとほとんど変化していない。民間企業では141台から減少したがまた盛り返して140台とほとんど変わっていない。教育機関では58台から65台へと7台増加しているがその内の5台はライナックである。

4. 分野別の現状

(1) 研究機関・教育機関の加速器の現状

図3に日本アイソトープ協会・量子ビーム専門委員会で調べた、日本における主な加速器研究施設の所在地を示す。国公立、各種法人、大学、民間の研究所および大学付属の研究所・試験所・研究施設の研究機関では1980年の99台(23.2%)から1999年に184台まで増加したがその後、急激に減少に転じ2003年に

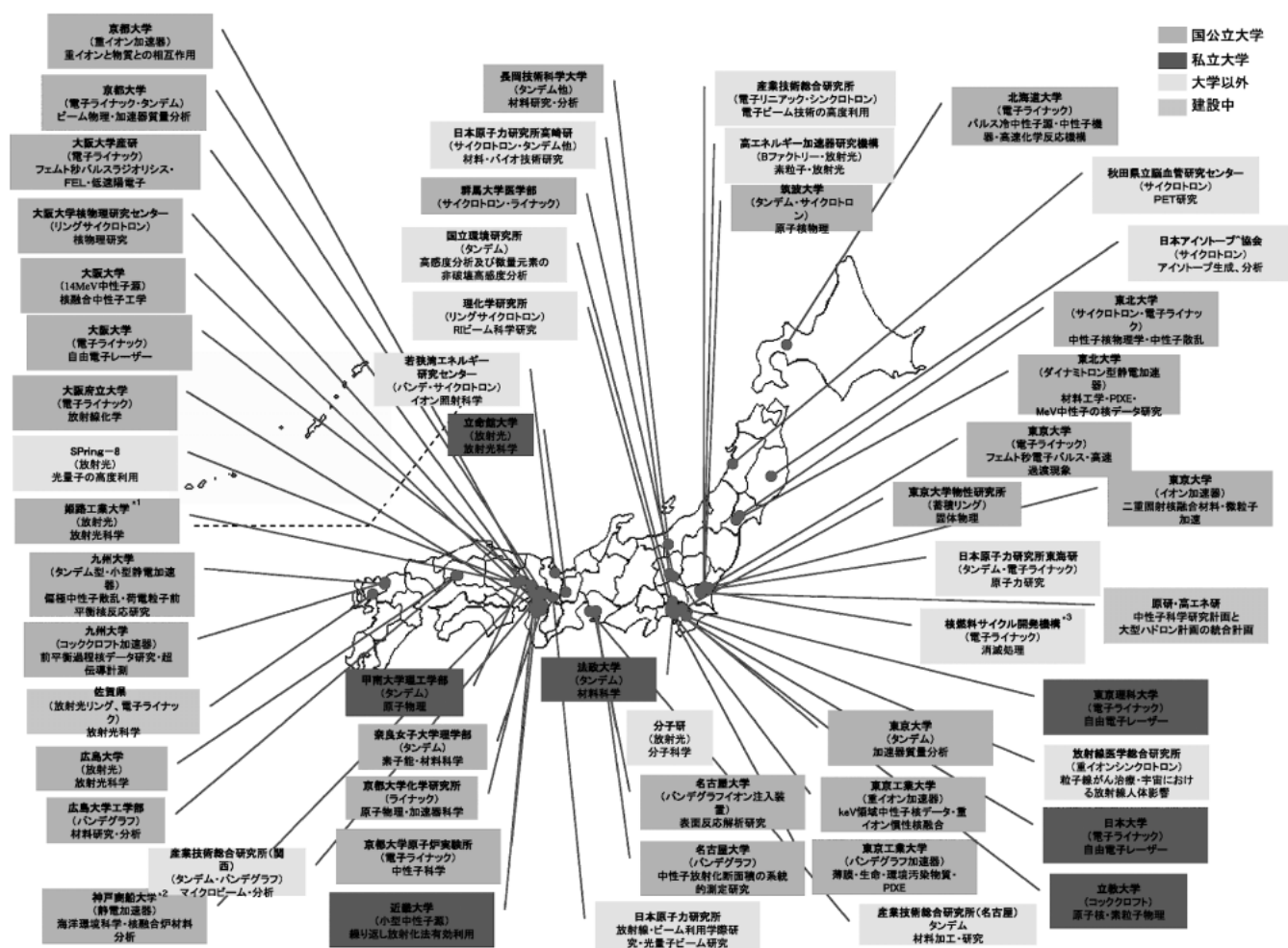


図3 日本における加速器研究施設と利用研究 (RADIO ISOTOPES より転載, 注(*)は本紙)

は133台と4年間で台数が51台、3割も減少した。特に、最近の4年間でライナック、コッククロフト・ウォルトン型、変圧器型加速装置などの中小型加速器が大幅に減少したのに対して、大型なシンクロトロンとサイクロトロンの合計はほとんど変化していない。大型加速器の減少がないのは、KEK、原研、理研、SPring-8、放医研などの大研究所の加速器に原子力予算等、国の大部分の予算が集中していることによると思われる。

教育機関の台数は1980年の40台から2003年の65台まで少しずつ増加し、2000年3月以降の3年間でも58台から65台へと7台も増加している。その内の5台はライナックである。

国立大学や特殊法人等の独立行政法人化に伴って、研究・教育機関での加速器の維持が厳しくなると予想されているが、前述のように、研究所では既に独立行政法人化前でも中小型加速器の大幅な減少が始まっている。教育機関の加速器や研究所の大型加速器には減少は見られていないが、国立大学法人化後には教育機関の加速器の維持には厳しい状況が予想される。

日本アイソトープ協会・量子ビーム専門委員会の日本の主として研究・教育機関(一部、医療機関を含む)に存在する加速器施設に対して行われたアンケート調査¹⁾によると、研究機関、教育機関の加速器施設の84%が公募型の共同利用を行っていることと公募型の85%が全国共同利用の形態をとっている。また、加速器・放射線を取り巻く研究・施設維持の環境が厳しくなっている現状の中で、加速器利用への強い要望があること、個々の加速器施設での新しい意欲的な活動が盛んであること、よく稼動している加速器施設は形式上ほとんどの施設が共同利用可能であることなどが分かった。

KEK、SPring-8、原研、理研、放医研などの大型加速器施設はKEKとSPring-8は全国共同利用型、原研は施設共用、理研は連携研究、放医研は夜間、週末の利用という形で大学等の外部の研究者に開放され、世界最先端の研究成果が出ている。統合後の原子力新法人の加速器も業務の中に施設共用が取り込まれ、外部の研究者への利用が行われることになっている。一方、研究・教育用の中・小型加速器は大学を中心に設置され、多くの加速器は工夫して非常に広範な分野で活発に利用されているが、予算的には加速器建設への手当てがこの二十年ぐらひは得にくくなっている。その上に既設の加速器の維持費もほとんど打ち切られているので、国立大学法人化後、国からの予算が各加速器施設でなく、大学本部に渡されるので、大学

表1 日本における工業用電子加速器の販売実績

1998年末

分野	低エネルギー	中エネルギー	高エネルギー	合計
	~300 keV	300k eV~3 MeV	3 MeV~10 MeV	
電線	1	50	0	51
発泡体	2	12	0	14
熱収縮	10	17	1	28
タイヤ	3	20	0	23
放射線硬化	44	2	0	46
排煙処理	0	4	0	4
滅菌	3	2	6	11
受託その他	3	10	3	16
研究開発用	112	2	1	115
合計	178	119	11	308

での研究・教育用加速器の維持・保守管理が今まで以上に厳しくなってくると予想される。最近では、小型や手作りの小型加速器やビーム発生器のように、制作費も維持費も安い放射線発生装置として許可を受ける必要のない装置による特徴のある研究が、大学などでは盛んに行われている。

(2) 工業用加速器の現状

医療用を除く、民間企業での放射線発生装置の台数は1980年の66台から1997年の162台まで増加し、その後減少し、2000年に141台、2002年には134台まで減少したが2003年には少し盛り返して140台となっている。産業用加速器を議論する時に重要な点は、工業用加速器としては電子線加速器だけでも、放射線発生装置として届ける必要のない1 MeV未満のエネルギーの工業用電子加速器が200台以上も国内で稼動しているし、届出を必要としない数百KeVのイオン注入用加速器も多数稼動している。表1に工業用電子加速器の一覧表を示す²⁾。

(3) 医療・医学診断用加速器

2000年3月31日からの3年間で、国内の放射線発生装置として大きく増加しているのは医療・医学診断分野のライナックとサイクロトロンだけである。医療用のライナックが709台から764台へと55台の増加、PET等の医学診断用のアイソトープ製造に用いられているサイクロトロンが25台から44台へと倍増しそうな勢いである。国内での放射線発生装置の設置台数で、最も伸びている医療用加速器は医学診断用加速器と治療用加速器に分類されるが、治療用加速器の大部分を占める治療用ライナックから最近国内の加速器メーカーがすべて撤退してしまった。

- * 1 姫路工業大学は現在, 兵庫県立大学
- * 2 神戸商船大学は現在, 神戸大学
- * 3 核燃料サイクル開発機構の加速器は閉鎖

参考文献

- 1) 日本アイソトープ協会理工学部会量子ビーム専門委員会, RADIOISOTOPES, **52**, 340-361 (2003)
- 2) S. Tagawa, M. Kashiwagi, T. Kamada, M. Sekiguchi, K. Hosobuchi, H. Tominaga, N. Ooka and K. Makuuchi, J. Nucl. Sci. Tech., **39**, 1002-1007 (2002)

(以下, 次号に続く)