

## 賛助会員のページ

## 北米並びにアジアにおける加速器の普及状況と将来展望調査について

社団法人 日本電機工業会 加速器特別委員会\*

The Survey of Accelerator's Spread and Future Outlook in North America and Asia

The Japan Electrical Manufacturers' Association Accelerator committee \*

## 1. はじめに

社団法人 日本電機工業会 (JEMA) 加速器特別委員会は、2004年2月に発足した産業用小型加速器懇談会を母体として2005年4月より発足した。現在、国内企業12社<sup>†1</sup>が参加しており、加速器の普及拡大を目的として様々な活動を実施している<sup>†2</sup>。その一つに、加速器の民間利用の実態や、今後の展開の可能性を考察することを目的とする調査事業があり、2005年度以降毎年、特定のテーマを定めて実施している(表1)。以下では、2009年度に実施した調査事業「北米並びにアジアにおける加速器の普及状況と将来展望調査」について紹介する。

## 2. 調査の目的並びに実施概要

我が国の加速器業界を取り巻く環境は、我が国固有

表1 これまでに実施した調査事業

2005年度	医療用機械向け加速器の使用状況調査
2006年度	食品、医薬品および関連業界における滅菌・殺菌処理方法の状況調査
2007年度	大学・研究機関における加速器利用者の使用状況調査
2008年度	教育関係者の意識とメーカーにおける人材確保方策構築のための調査
2009年度	北米並びにアジアにおける加速器の普及状況と将来展望調査
2010年度	環境分野における加速器の普及状況と将来展望に関する調査(予定)

の放射線に対する国民的な理解不足に加え、様々な規制や昨今の景気低迷、公的研究開発費の在り方の再考等により厳しい状況にある。そんな中、今後とも我が国の科学技術分野での優位性を維持・伸張していくためにも、加速器業界として諸外国の動向に注視していく必要がある。

そこで、加速器利用の先進地域である北米地域及び、経済成長が著しく、科学技術育成にも急速に力を注ぎ始めた中国や韓国をはじめとするアジア地域における加速器の普及状況及び将来展望を調査する事とした。調査の実施概要は以下の通りである。

## (1) 調査対象国、地域

米国、中国、韓国、アジア(インドネシア、マレーシア、インド、ベトナム、タイ、台湾)

## (2) 調査実施期間

2009年7月21日～2010年3月30日

## (3) 調査実施方法

米国、中国、韓国：文献調査並びに現地ヒアリング  
その他諸国：文献調査

## 3. 各国における加速器の普及状況

## 3.1 世界における加速器の設置状況

世界の加速器市場は、あらゆる分野において年々拡大の一途を辿っており、それぞれの装置の年間成長率は約10%とされている。

表2に、世界の加速器装置の2008年時における累計設置台数と年間販売台数及び年間販売金額を示す。需要分野は工業応用と医療応用に大別され、加速器応用装置の累計装置台数は2万4,310台、2008年度単年度

\* 問合せ先：事務局(綿貫)、E-mail: hiroki\_watanuki@jema-net.or.jp, TEL: 03-3556-5886

<sup>†1</sup> (株)IHI, (株)NHVコーポレーション, (株)神戸製鋼所, 住友重機械工業(株), (株)東芝, 東芝電子管デバイス(株), (株)日立エンジニアリング・アンド・サービス, (株)日立製作所, ニチコン(株), ニチコン草津(株), 三菱重工業(株), 三菱電機(株)。

<sup>†2</sup> 宮岡丈治, 「日本電機工業会の加速器への取組と、加速器学会への期待」『加速器』Vol.4, No. 3, 2007(248-251); 伊藤裕他, 「大学・研究機関における加速器利用者の使用状況調査」第5回加速器学会年会 2008(WO21); 吉行健他, 「加速器に関する教育関係者の意識調査」第6回加速器学会年会 2009(FOOPH03)。

表2 世界の加速器装置の販売台数&設置台数  
(2008年, 単位: 台, 百万ドル)

用途	累計設置台数	年間販売台数	年間販売金額	
工業用	イオン注入装置	10,000	500	1,400
	電子線 & X-線照射装置	2,075	75 (1 MeV 未満 50, 1 MeV 以上 20)	130
	イオンビーム分析装置 (AMS 含む)	225	25	30
	ラジオアイソトープ (PET 含む)	610	60	70
	非破壊検査装置	750	100	70
	がん治療装置	9,600	500	1,800
医療用	中性子発生装置	1,050	50	30
	合計	24,310	1,310	3,530

出所: Reviews of Accelerator Science and Technology vol.1 (2008), Robert W. Hamm: Industrial Accelerators をベースにヒアリングを実施。矢野経済研究所作成。

の販売台数は 1,310 台, 金額ベースでは 35 億 3 千万ドルとなっている。

### 3.2 米国における加速器の普及状況

米国は加速器に関して, 需要と供給の両面でこれまで世界をリードしてきた。同国における加速器応用装置の導入状況は表3に示すとおりである。

表3に掲げた全ての用途において, 世界市場全体の中で米国が高い割合を占めている。尚, 非破壊検査装置に関しては, 米国国内の稼働状況は不明であるが, 同市場は米国企業である Varian と中国の Nuctech が世界をリードしており, 現状は Varian が一歩リードしている模様である。

### 3.3 中国における加速器の普及状況

中国における放射線応用は 1950 ~ 60 年代から徐々に始まり, 1980 年代には農業分野における放射線育種や高分子材料の改質などで市場が拡大した。

図1に中国における工業用電子線照射装置の設置台数を示す。これによると, 1978 ~ 1989 年にかけてわずか 8 台の設置であったものが, その後徐々に増加してきたことが分かる。特に 2000 年以降, 急速に増加している。

### 3.4 韓国における加速器の普及状況

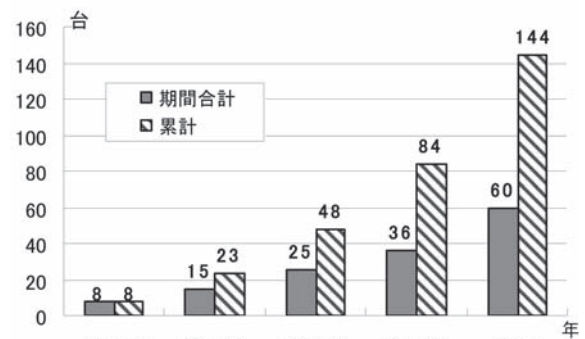
韓国に設置されている加速器の稼働台数は表4に示すとおり合計 1023 台 (2008 年末段階) であるが, そのうち 783 台が半導体製造用を中心とするイオン注入装置であり, 全体の 75% のウェイトを占めている。それに次いで多いのがリニア加速器で 167 台となってい

表3 主要加速器応用装置における米国のウェイト  
(2008年)

用途	世界市場	米国市場
ラジオアイソトープ	610 台	300 台
粒子線ガン治療装置	45 台	8 台
工業用電子線照射装置	2,075 台	650 台
非破壊検査装置	750 台	370 台*
食品照射 (ガンマ線含む)	404,804 トン	92,000 トン

\*Varian 出荷実績

出所: Reviews of Accelerator Science and Technology vol.1 (2008), Robert W. Hamm: Industrial Accelerators をベースにヒアリングを実施。矢野経済研究所作成。



出所: IAEA 「Directory of Electron Beam Irradiation Facilities in Member States」を元に矢野経済研究所作成。但し, 上記データは IAEA のアンケート調査によるもので, 中国国内設置台数の全てをカバーしているわけではない。

図1 工業用電子線照射装置の設置台数推移

表4 加速器別稼働台数 (2008年)

装置	台数
イオン注入装置	783
マイクロトロン	1
Van de Graaff 加速器	5
Electron Transformer 加速器	10
サイクロトロン	24
リニア加速器	167
中性子発生装置	11
Cockroft Walton 加速器	20
ベータトロン	1
核融合実験	1
合計	1,023

\*放射光などの大型施設は除く。出所: Korea Radioisotope Association.

る。そのうち 113 台は放射線治療用で、それ以外は産業用、放射線検査用、セキュリティ検査用などがある。

また、主に工業用で使用されている電子線装置については、韓国内に計 39 台導入されている。主要分野は電線やタイヤ、発泡体、熱収縮材料などの加工用が中心である。

### 3.5 その他アジア諸国における加速器の普及状況

#### ・インドネシア

インドネシア原子力庁 (BATAN) に 3 台と Gajah Tungaru 社の 1 台の計 4 台の電子線装置が設置されている。

#### ・マレーシア

計 7 台の電子線装置が 1990 年代に設置されている。このうち 3 台は、日系の現地法人による導入である。主な用途は工業用であるが、その他に医療用具メーカーによる滅菌としても使用されている。

#### ・インド

数台導入されており、電子線装置によるサービスを提供する国営の受託加工企業もある。

#### ・ベトナム

電子線装置を 2 台所有する受託加工企業があり、医療用具の滅菌の他にも果物等の食品照射も積極的に行っている。

#### ・タイ

3 台の電子線装置が設置されており、受託加工企業による宝石の着色や、医療用具企業による自社製品の滅菌、さらに発泡体の加工を行う企業もある。

## 4. 各国における今後の加速器市場展望

### 4.1 米国における今後の加速器市場展望

米国については、加速器の保有状況について網羅したデータがなく、今回の調査では十分に詳細を把握することができなかった。しかし少なくとも、工業用をはじめとして加速器の稼働台数は米国が圧倒的に多く、世界の加速器市場から見れば、現在も今後も米国が非常に重要な国であることは間違いない。このような米国市場において注目すべきポイントを整理すると以下のようなようになる。

今まではタイヤ、耐熱ケーブルなどの自動車産業を中心に工業用での需要が拡大してきたが、今後は、次世代自動車や、航空宇宙や風力発電システム向けの新素材の加工などで需要拡大が見込まれる。さらに、景気低迷の影響から、米国における基幹産業であった自動車産業の代替として医療及び製薬産業の発展が期待

されている。実際に米国政府による研究開発予算の重点分野として医療や製薬産業が挙げられている。これにより、がん等の放射線治療市場及び医療用具や医薬品の滅菌市場の拡大が見込まれる。

滅菌分野に関しては、まずはガンマ線やエチレンガスなど競合技術の切り替えとして電子線装置をいかに普及させていくかがポイントとなる。米国における医療用具の滅菌は、電子線 7%、ガンマ線 43%、エチレンガス 50%で、電子線のウエイトは今のところ低い。ガンマ線滅菌などと比較して、電子線滅菌は透過性に課題があるケースもあるが、その補完技術として今後は X 線照射装置の普及も期待できる。

また、米国では受託加工企業へのアウトソーシングによる滅菌が重要な位置を占めている。医療用具の滅菌のうち、全体の約 65%が受託加工企業へのアウトソーシングによる滅菌が行なわれているとも言われている。受託加工企業は電子線装置よりもガンマ線を重視する傾向もあるといわれる中、いかにこれらの企業に対して電子線装置の普及活動を行なっていくかも今後重要となってくるだろう。さらに、大手受託加工企業による中国やタイなどアジア諸国へのグローバル展開も加速していくと考えられる。

滅菌分野の今後の方向性として以下の 2 点がポイントとなってくる。

イ) 最終滅菌のための大型装置の普及

ロ) 無菌充填のための小型装置の普及

イ) では、ガンマ線装置などの代替として X 線装置の普及も期待される。ロ) のように、1 MeV 以下の低エネルギー電子線装置を無菌充填の一部として利用する方法もある。この場合、UV 殺菌や薬品殺菌などと競合する。照射対象物としても、医薬品や医療用具、そしてバイオ製品の組み合わせで構成されるコンビネーションプロダクトの市場拡大により、小型装置の需要増加が見込まれる。米国のプロバイダーは、一般的に大型加速器よりも小型加速器の販売に比較的注力する傾向にある。この点も小型電子線装置の普及を後押しする形となるであろう。

このような医療用具や医薬品の滅菌の普及は、他の分野への波及効果も大きい。大型電子線装置では、化粧品原料や羽毛及びその製品、動物飼料などでの電子線利用を加速化させていくであろう。また小型電子線装置は医療用具のみならず、食品や飲料の容器、化粧品容器の滅菌市場で需要を拡大していくことが予想される。

非破壊検査についても非常に有望な需要分野である。特に 9.11 のテロ以降、需要の高まりは加速しており、

同市場は年間 20% の割合で伸びてきていると見込まれる。具体的には、テロ対策や麻薬及び不法移民の取り締まりなどのために、空港や港、国境での貨物検査の需要が高まっている。米国政府も同分野を研究開発の重点分野とみなしており、特に国土安全保障省では同分野への取り組みが活発化している。

潜在需要に関しては、空港、港及び国境での貨物の処理量に対して、実際の処理量は全体の数%とも言われていることもあり、米国国内だけでもまだまだ装置普及の余地はあると考えられる。業界をリードする米国企業の Varian Medical Systems も同分野の市場展望を有望とみなしている。同社の競合である中国メーカーの NUCTECH との今後の展開も見逃せない。さらに、Varian の供給メーカーである米国の諸企業についてもさらに海外展開が進んでいくだろう。

食品照射も今後の需要分野として注目される。米国では年間約 92,000 トンの食品が照射処理されており、スパイスや牛ひき肉、果物の照射事例が多い。さらに、近年は東南アジア諸国からのマンゴーを始めとしたトロピカルフルーツの輸入の増加から、これらの果物の照射需要も高まってきている。現在、食品照射を主に行なう電子線や X 線照射施設が数箇所稼働しているが、このような食品照射を専門とした照射センターが今後増えていくことも期待される。

照射可能な品目についても増加してきている。2008 年にはファーストフード店のハンバーガーなどで利用されるようなレタス類に対して照射認可が下りている。また、今後は切り身を含む加工肉やオイスターなど魚介類へも許可がおりる可能性も高いと言われている。同分野に関する研究開発においても、農務省管轄の研究機関や大学などで積極的に食品照射やパッケージなどに関する研究が行なわれている。これらの研究成果が後押しする形で、今後も確実に照射許可品目が増えていくことが考えられる。結果的に、加速器の普及に繋がっていく可能性が大きいと考えられる。

#### 4.2 中国における今後の加速器市場展望

中国では 140 台以上の工業用電子線照射装置が設置されており、また、非破壊検査装置では世界をリードする形で研究開発と普及が進められている。その他に医療用具を中心とした滅菌や、食品の殺菌・殺虫、そして加速器の環境応用に対しても意欲的である。

工業用に関しては、熱収縮チューブや電線ケーブル等の既存のメイン需要分野は、今後も中国経済の発展に伴い顕著な水準で市場拡大していくことが予測される。これに加えて、長距離送電設備の更新や自動車産業の拡大、原子力発電所の相次ぐ建設などにより、こ

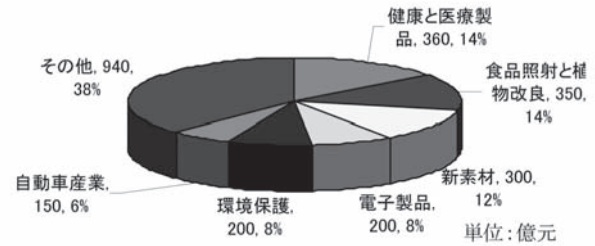


図 2 中国放射線加工産業規模予測 (2020 年)

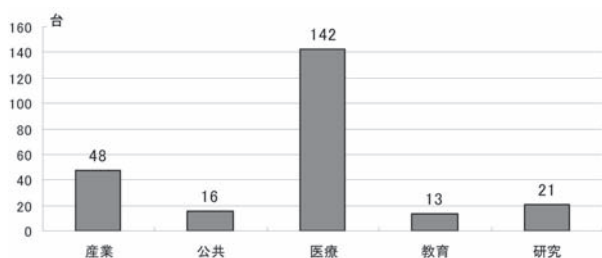
注) 上記金額は、協会加盟企業の照射受託加工製品売上高、ガンマ線/加速器装置売上高、照射加工製品の売上の合算値。2005 年 163 億元、2010 年 350 億元、2015 年 800 億元、2020 年 2500 億元。出所: 中国放射線加工協会

れらの分野でも加速器を利用した加工はさらに発展していくことが予想される。自動車では、タイヤの放射線加硫が今後徐々に検討されることにより、低エネルギー高電流の加速器が普及することが見込まれる。また、原子力発電では耐放射線性能を備えた電線ケーブルが必要で、その加工に加速器の新たな需要拡大が期待されている。

滅菌に関しては、医療用具や医薬品の海外輸出品の増加に伴い、年々増加傾向を示しており、今後その勢いはさらに加速化していくことになりそうである。今のところ中国ではガンマ線照射が主流であるが、滅菌需要の拡大に伴い、今後は電子線照射による滅菌需要も確実に増加していくものと思われる。また、食品や漢方薬草の殺菌・殺虫も同様である。さらには植物の品種改良なども期待の需要分野であり、滅菌と同様なパターンでの市場拡大が予想される。図 2 は中国放射線加工産業協会による 2020 年における放射線加工産業の予測である。このデータでも、「健康と医療製品」と「食品照射と植物改良」が上位 1, 2 位を占めている。

非破壊検査装置に関しては、今後も中国経済の発展にスライドする形で、国内需要が拡大していくことが見込まれるほか、有力輸出産業としても大きな期待がかかっている。また、環境関連分野での加速器利用は当面は国内向け需要中心であるが、今後確実に市場は拡大していくものと思われる。

医療用分野については、患者数の増大や保険の整備などの促進に伴い、国内需要が急速に拡大していく見込みである。また今後、中国政府によって研究開発と市場基盤のさらなる構築が図られるため、国内企業の医療用加速器の技術力の向上と併せて、生産能力も高まっていくことが予想される。アジアにおいて事業拡大を狙う海外メーカーにとっても、確実に拡大が見込



※イオン注入装置を除く。出所：Korea Radioisotope Association

図3 需要分野別加速器の設置台数 (2008年)

まれる同市場を確実に押さえていく必要があると言えよう。

#### 4.3 韓国における今後の加速器市場展望

韓国の加速器の設置台数は、2008年の段階で1,023台であるが、このうち主に半導体製造用として使用されるイオン注入装置が783台含まれている。図3は、このイオン注入装置を除いた加速器240台の需要分野別の設置台数を示したグラフである。これによると医療用が142台で最も多い。この医療用分野は韓国がんセンター病院(KCCH)が中心となり研究を推進しており、今後とも着実な形で加速器の需要は伸びていくものと思われる。

産業用に関しては48台であるが、これまでは電線ケーブルやタイヤゴムの架橋等のいわゆる工業用としての需要が中心となっていた。しかし、今後は医療用具や医薬品容器、化粧品原料や容器への滅菌が需要の中心となっていくことが予想される。加えて、電子線による食品照射も新たな市場として立ち上がる見込みである。

また、将来的には、農業や生物資源及びバイオテクノロジー分野での加速器の有効利用も、一つの有望市場としてクローズアップされていくのではないと思われる。

現在、EB-TECH<sup>†3</sup>により積極的な動きが見られる

加速器の環境応用に関しては、韓国国内での市場拡大というよりも、EB-TECHによる海外事業展開という観点から注目されていくことになるであろう。韓国国内での実績をベースに、徐々に軸足を海外に転じていくことが予想される。

## 5. まとめ

各国における加速器産業の発展の経緯を見ると、通常、まず国立研究機関を中心に研究開発が行なわれることで国の開発基盤が構築され、その後、徐々にその研究成果を産業化する形でメーカーが設立されてきている。特に中国政府は、加速器産業の発展のための大胆な施策を講じており、同国加速器産業の発展は、このような政府のバックアップによるところが非常に大きいと言える。また、米国や韓国に関しても、政府が研究開発機関へ研究開発予算を積極的に投じるなど施策を講じている。

わが国の加速器関連の研究開発は、世界において非常に重要な役割を果たしてきているが、一方で産業化という観点で見れば、これまでに十分な成果が得られているとは言いがたい。今後わが国の加速器市場が大きく発展していくためには、従来どおり研究開発の推進はもちろんのこと、産業育成を意識した施策を充実させていくことも重要となる。

## 6. おわりに

JEMA 加速器特別委員会は、加速器関連機器の製造に関わる業界の団体として、関係官庁、団体等との連携を進めながら、加速器分野の発展に寄与していく所存である。今後とも関係各所のご理解、ご支援を宜しくお願いしたい。

※ これまでに実施した調査事業の報告書は、JEMA オンラインストア ([https://www.jema-net.or.jp/cgi-bin/jem\\_mok.cgi](https://www.jema-net.or.jp/cgi-bin/jem_mok.cgi)) にて販売中。

<sup>†3</sup> 韓国唯一の加速器メーカー。2000年10月に設立された電子線装置メーカーで、Samsung Heavy Industry をスピンアウトした人々によって設立された。