

### 3.5 産業基盤技術開発と工業利用

#### (1) 産業界の加速器利用

上坪委員

~~我が国の新技術や新産業の創出を図るためには、産学の共同研究開発や研究開発成果の民間での利用促進を図ることが必要である。加速器科学の応用は、現在、主として大学や国立研究機関等で行われているが、民間、特に地域産業や中小企業における利用の普及促進を図ることによって、広く産業・地域の活性化につながると考えられる。また、研究成果の具体的な技術移転に関しては、技術移転システムを効果的に機能させるとともに、知的所有権やさまざまなノウハウを含む成果活用方法の整備が不可欠である。~~

既に述べたように、加速器は科学技術の先端的基盤研究施設として、産業界でも広く使われている。しかし現在我が国では、科学技術の振興による産業力の強化が求められていて、加速器利用においても、より強力なインパクトを産業技術に与えることができるかどうか厳しく問われている。そこで従来の方式を延長した産学協力や技術移転を超えて、産学共同研究開発や産業界による研究開発成果の利用促進に新しい仕組みを創り出すことが必要である。例えば、加速器科学の応用では、~~現在、主として大学や国立研究機関等で行われているが、民間、とくに、広く産業・地域の活性化につながるような、地域産業や中小企業による新しい~~における利用法の開発やその普及促進を図ることが必要である。また、~~によ~~て、~~広く産業・地域の活性化につながると考えられる。~~研究成果の具体的な技術移転に関しては、既存の枠にとらわれない技術移転システムを効果的に構築するとともに、知的所有権やさまざまなノウハウを含む成果活用方法にも革新的整備が不可欠である。

#### (2) 加速器の工業利用

産業界による加速器の工業利用は1960年代後半から1970年にかけて始まった。わが国でも既にイオン注入の基礎研究が始まっており、その動きが産業界にまで広がったのがこの時期である。現在産業界で最もよく使われているイオン加速器は、エネルギーが数10keVから数MeVまでの直流型加速器(コッククロフト・ウォルトン加速器など)であるが、1970-80年代になると、半導体への不純物導入を図るイオン注入技術が急速に普及した。現在では金属表面の改質などへも用途が広がっているほか、後方散乱法(RBS)やPIXE法などの分析技術が進歩していて、

企業による分析サービスに用いられている。なお、半導体産業では電子ビーム露光装置も使われている。

上坪委員

~~イオン加速器の産業利用については、半導体への不純物導入としてのイオン注入技術が1970～80年代に大きく普及した(E:数10keV～数MeV)。またRBS/PIXE等分析技術の利用も普及しており、一部は加速器利用技術というよりは、分析技術として市民権を得ている。また電子線型加速器は、電子入射器・非破壊検査・滅菌処理・加工分析等に利用されてきた。陽電子発生利用・自由電子レーザー(FEL)発生・フェムト秒X線発生などは最近の電子線型加速器利用のユニークな例である。両加速器とも、産業の現場で使えるという利点を有しており、今後は新たな性能の賦与と同時に小型化・簡便化・低コスト化などが課題である。~~

一方、電子リニアックを用いた放射線化学の研究が実用化されている。高分子の架橋やキュアリングを行なって、電線被覆材やタイヤを高質化するのに電子リニアックが利用されているほか、最近では滅菌や排煙処理にも使われ始めている。また、大規模非破壊検査に用いる移動型電子リニアックも実用化され、広く使われている。

工業利用とは異なるが、最近短寿命RIの利用が増加していて、市販する短寿命RIの生産専用のサイクロトロンが専門企業に設置されている。

~~一方放射光利用は、分野の異なるスモールサイエンス(少人数で行う科学)の集合であり、また産学官にまたがる学際、業際分野である。具体的な利用目的は、イメージングおよび微小部分析、表面・界面の構造/組成解析、単分子レベルの機能計測、高速蛋白結晶構造解析等、非常に多彩性に富んでいる。特に最近ではライフサイエンス分野の利用のニーズが急速に増えており、ポストゲノムの本命と考えられている有用蛋白質の研究と関連分野である創薬への応用が期待されている。また環境保全と結びついた触媒、電池材料等の研究で成果が期待される。さらに放射光を深部までの微細加工に利用するLIGAプロセスも利用範囲が広がっている。~~

### (3) 産業技術開発と加速器

上坪委員

企業における研究開発にも加速器が利用されている。実用化されている加速器利用では、同時に開発研究が進められている場合が多いので、イオン注入や電子ここでは除外する。

上坪委員

産業界の利用が最も多いのは放射光で、1980年代に高エネルギー物理学研究所（当時、KEK）に放射光実験施設フォトンファクトリー（PF）が建設されると、我が国の主要な半導体企業と製鉄企業がそれぞれ占有的に使用するビームラインを建設した。また、電総研（当時）の小型蓄積リングを始めとして、小型放射光施設の開発も進み、4企業が社内に専用の小型放射光施設を設置した。さらに電総研（当時）の技術を基に、半導体企業のコンソーシアムが、放射光リソグラフィを主目的とした放射光施設 SORTEC を建設した。当時放射光リソグラフィは次世代集積回路の腫瘍技術と看做され、我が国でも活発に研究が行われたが、短波長レーザーなど有望な代替技術の登場により実用には至らなかった。

放射光利用技術としては小型放射光施設を現場で建設・利用する場合と、大型共同利用施設を利用する場合がある。小型放射光施設開発は1980-90年代に、我が国で特に活発化し、日本は世界で中小放射光開発・利用の最も盛んな国になった。大学・公的研究機関・産業界には技術が蓄積されており、今後もこれらの技術を有効に活用すべきである。また大型先端研究施設 SPring-8 は、高輝度放射光の産官学の共同利用施設であり、最近では産業利用が活発化しており、自社での研究開発の課題解決へ利用したいという要望が強い。今後の施策としては、産業応用優先のビームラインの増加、利用機会の増大、コンサルティング・技術支援・指導の充実などが課題である。

最近、生命科学分野の企業による放射光利用が急速に増えている。これは、国のプロジェクト「蛋白 3000」では主要な解析手段に指定されており、ゲノム解析で明らかになった有用蛋白質の構造を解析して創薬への応用を図るための不可欠の手法になっているためであろう。また、環境保全と結びついた触媒、電池材料等の開発研究やマイクロ／ナノデバイスの開発でも重要な解析手法になっていて、関連企業の利用が増えてきている。そのほか、放射光リソグラフィを発展させ、十分深いところまで加工できる微細加工技術 LIGA プロセスが開発され、利用範囲が広がっている。

#### （４）産業界による放射光の利用の促進

放射光利用技術としては小型放射光施設を現場で建設・利用する場合と、大型共同利用施設を利用する場合がある。小型放射光施設開発は1980-90年代に我が国で特に活発化し、日本は世界で中小放射光開発・利用の最も盛んな国になった

が、この分野の技術開発では電総研（当時）の果たした役割は大きい。現在、大学・公的研究機関・産業界には技術が蓄積されており、今後もこれらの技術を有効に活用すべきである。また大型先端研究施設 SPring-8 は、高輝度放射光の産官学の共同利用施設であり、最近では産業利用が活発化しており、自社での研究開発の課題解決へ利用したいという要望が強い。今後の施策としては、産業応用優先のビームラインの増加、利用機会の増大、コンサルティング・技術支援・指導の充実などが課題である。

永宮座長

今後、J-PARC を中心に中性子ビームの産業利用も急速に進展することが予想される。中性子ビーム利用においても、放射光施設の抱える諸課題と同種の問題が予測されるので、放射光施設と共に解決していく姿勢が必要であろう。