

## 放射光科学

理学部 太田俊明

理学部では統合移転の目玉の一つとして放射光利用研究センターの設設計画を推進している。開かれた大学としてこれから発展すべき広島大学にとって放射光科学とはどういうものかを紹介したい。

## 放射光とは

高速で走る電子を磁場で曲げると接線方向に強力な光を発生する。この光は電子の円形加速器、シンクロトロンで見いだされたことから、シンクロトロン放射光（略して放射光）と呼ばれている。これは赤外線からX線までに及ぶ幅広いエネルギー領域をカバーする強力な光であり、特に、これまで満足な光源のなかったX線領域では物性研究の光源として注目すべきものである。20世紀前半のレーザーの発明が物質科学に革命をもたらしたように、20世紀後半の放射光の発見とその利用はX線を利用する物質科学を大きく変貌させつつある。

## 放射光利用の歴史

物質の究極の粒子を探索しようとする高エネルギー物理学の要請から、粒子を加速してターゲットに衝突させたり、高速の粒子を正面衝突させる粒子加速器がいろいろ開発されるようになった。電子シンクロトロンや一定のエネルギーで電子を蓄積する電子ストレージリングが建設され始めたのは第二次世界大戦前後のことである。これらの加速器から放射光が発生することはまもなく分かったが、実際に物性研究の光源としての利用が試みられたのは1965年頃からである。高エネルギー実験用に運転している加速器に寄生して劣悪な環境下で実験をしたもので、これが放射光利用の第1世代である。

1975年から1980年にかけて放射光の光源としての有用性が明らかになるとともに、物性研究者からの強い要望で放射光専用の電子ストレージリングの建設が世界の各地で始まった。これが第2世代である。わが国でも1975年に東大核研（現在は東大物性研に移管）に0.35 GeV（3.5億電子ボルト）の小型リングが建設されている。

発生する放射光の波長範囲は周回する電子のエネルギーの2乗に比例して短波長にまで広がるが、それに伴って、ストレージリングは大きくなり、建設コストはエネルギーの3乗にも4乗にも比例して高くなっていく。したがって、硬X線まで利用可能な加速器は簡単に建設できるものではなく、膨大な予算と高度な技術、マンパワーが必要となる。わが国では1978年より総予算200億円、5か年計画の国家プロジェクトとして筑波の高エ研に放射光実験施設（通称フォトン・ファクトリー）が建設された。これは2.5 GeVの電子ストレージリングをもつ硬X線まで利用できる全国共同利用施設であり、放射光専用の巨大加速器としては世界に先駆けたものである。多くの研究者が施設に出かけて放射光を利用するようになり、これによって物質の構造、電子状態を調べる新しい手段も次々と開発されるようになった。一方、産業界も放射光が半導体素子の不純物や欠陥を調べる手段としてはもちろんのこと、超微細加工の光源としても優れていることを知って、大きな関心を示すようになった。強力なX線、放射光を利用する研究は物理、化学、生物などの基礎から、工学、農学、医学等への広範な応用があり、大学から民間企業の幅広い研究者を

結ぶ学際的な学問分野として「放射光科学」と呼ばれる名前が定着してきたように思われる。1988年4月には「日本放射光学会」も設立され、放射光に関連した学会が毎年開催され、学会誌も年4回発行されるようになった。

### 放射光科学の現状

放射光を利用して得られる華々しい成果は更に放射光利用者を増やし、既存の実験施設もユーザーで溢れてなかなか簡単に実験できない状態になった。実際、フォトンファクトリーは世界で最も安定した放射光の光源であり、実験施設の規模も大きい、全国のユーザーからの利用要求で溢れ、申請から利用まで1年、2年待たねばならないのが現状である。民間企業も多く入り込んで、企業にとっても十分有用な装置であることを認識したようである。このフォトン・ファクトリーの成功は、日本の金余り事情とも相まって、放射光フィーバーとも言うべき現象を引き起こした。すなわち、新しい放射光実験施設を建設しようという計画が各所で起こってきた。これが現在も含めた放射光利用の第3世代である。

第1世代ではおこぼれを使わせてもらっていた時代、第2世代はお仕着せの光を使っていた時代、そして、第3世代は利用者の好みに合わせた、アラカルトの時代である。これは大きく分けて3方向に進んでいる。

第1の方向は経済的でコンパクトな小型装置を作ろうとするものである。通産省電子総合研究所や民間企業数社がこのような装置の建設に取り組んでいる。これらは専ら超LSI素子開発、光化学反応による新機能素子の開発を目的にしている。

第2の方向はもっと強力な放射光を発生する加速器の開発である。これは、これまでのように電子を曲げる偏向磁石からの放射光を利用するのではなく、偏向磁石と偏向磁石の間の直線部に、沢山の永久磁石を組み込んだアンジュレーター、または、多極ウィグラーと呼ばれる装置を挿入して電子を何回も曲げてその重ね合わさった光を光源にしようとする

ものである。これによって従来の偏向磁石からの放射光に比べて2桁-3桁高い強度の放射光が得られる。

また、放射光の発光点は電子ビームのサイズになるので、できるだけこれを絞ってビームを小さくして（輝度を上げ）、効率良く放射光を利用することが望ましい。このような大強度高輝度光源の開発は、アメリカのシカゴ近郊のアルゴンヌ研究所、フランスのグルノーブル研究所で始められている。これはフォトンファクトリーの4、5倍の規模の巨大な加速器である。わが国でも科学技術庁が兵庫県西播磨に直径400mの8 GeVリングを総額1,000億円の予算、1995年の完成をめどにして建設を始めている。

第3の方向は地方に分散した放射光施設の建設である。わが国では放射光実験施設は東日本に偏在していて、しかも、X線まで利用できるのは筑波のフォトンファクトリーだけである。放射光利用の需要から考えて、ぜひともあと数台フォトンファクトリー級の施設が必要である。それも1箇所集中しないできるだけ分散することが望ましいのである。

### 広島大学の現状

このような中で広島大学は高工研のフォトンファクトリーが完成した1982年頃から統合移転の目玉として放射光利用研究センターの設置を計画してきた。これは1.5 GeVの比較的コンパクトで、しかも性能はフォトン・ファクトリーと変わらないストレージリングを中心にした放射光利用施設である。私達はこの計画をHiroshimaのHiと放射光のわが国の通称であるSORをくっつけてHiSOR計画と名づけている。高性能の放射光加速器の建設には大強度高周波電源技術、超伝導技術、超高真空技術、計算機制御技術など科学の最先端技術を駆使するので、メーカーに任せて出来るというのではなく、ほとんどすべての細部にわたる設計作業が必要になってくる。これまで、建物、加速器、実験装置の具体的な設計を進めてきて、ほぼ煮詰まってきたのが現状である。このセンターを完成さ

せ、有効に運営していくには、作る人はもちろんであるが、活発に利用する人も必要である。したがって、単に広島大学の学内利用に供するだけでなく、西日本を中心にした大学、研究所、民間企業にも利用してもらうことを考えている。広島大学が統合移転する東広島にはテクノポリス構想があり、我が大学もこれからは開かれた大学として民間企業と交流を深めて行くことが必要である。そのような意味でもこのセンターが有効に利用されることを期待している。

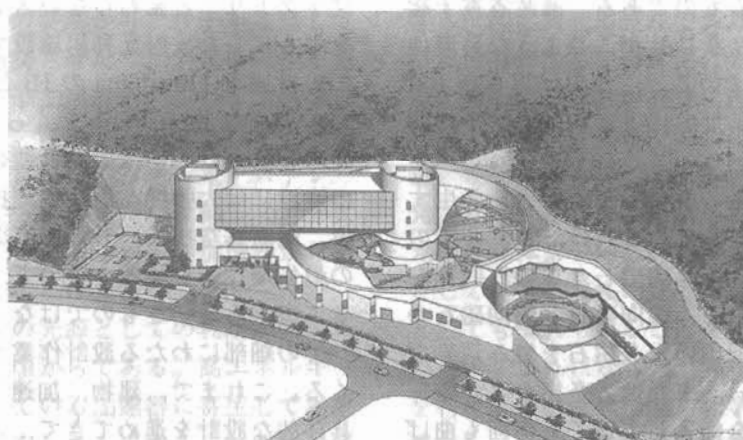
この計画はかなり煮詰まった具体性のある計画として各種学会や学術会議でもかなり高く評価されているが、残念ながらいまだ政府に認可される所まで至っていない。総額100億円、4か年計画という巨大な計画を認めてもらうためには長期戦が必要になるのも今の時期やむを得ないことかもしれない。

#### 研究室の現状

放射光施設的设计準備作業は大変な時間と労力を要するものであるが、ただ将来計画ばかりに没頭していると、研究者としての生命がなくなってしまう。幸い、研究室のスタッフはすべて既存の放射光実験施設、フォトンファクトリー、分子研のUVSOR、東大物性研のINS・SORで長年経験を積んできた者ばかりなので、それぞれの関係ある施設で潤沢なマシンタイムをもらって研究のアクティビティを維持している。したがって、研究室

では試料の調整、装置の立ち上げ、予備実験を行い、先端の仕事は専らこれらの施設に向向いてする事になる。フォトンファクトリーでは原子、分子が吸着した固体表面の構造、触媒の機構の解明などの研究、分子研では機能性有機固体の光電子分光による研究、物性研では磁性半導体の光電子分光による研究などを行っている。中でも、高工研・フォトンファクトリーでの実験は長期間にわたることが多い。平均すると、春、秋、冬の3回約1か月間24時間フル運転のマシンタイムをもらっている。したがって、常時5、6人が行って、昼夜交代制でこれをこなすことになる。筑波は車なしでは生活できないところなので、毎回、理学部のジープに学生と装置を満載して1,000kmの道を13、14時間かけて筑波までドライブする。フォトンファクトリーでの実験はかなりハードなもので1か月も滞在するといいい加減疲れがでてくるが、他分野の研究者との交流もでき、筑波の美味しい料理も味わえてそれなりに楽しい面もある。学生も大学の研究室だけの生活では味わえないものを体験して視野も広がってくれていると信じている。

しかし、何と云っても、ちょっと行って手軽に使うにはバリアが高いし、1,000kmは遠すぎる。1日も早く我々のHiSOR計画が認められて、出稼ぎ渡世から足を洗える日がくるように努力したいものである。



放射光利用研究センター完成予想図