

## ■ 談話室

### ニューズバル余談

寺澤 倫孝 (兵庫県立大学 (名誉教授))

ニューズバル (NewSUBARU) は兵庫県立大学 (旧姫路工業大学) 高度産業科学技術研究所が所有する 1.5 GeV シンクロトロン放射光装置の名称である。1998 年に最初の光の発生を観測して以来、順調に稼働している。エネルギーでいえば、SPRING-8、PF に続きわが国第 3 位の放射光源となる。冨増多喜夫さんの著書「シンクロトロン放射技術」の資料によれば、1990 年 7 月現在、計画中の放射光源は東大物性研、東北大、九大、広大、大阪府、三菱電機などで、大学は軒並みと云っていい状況であったが、姫路工大の計画は載っていない。上記計画のうち、大学では広島大学の HiSOR が当初計画の規模を縮小して実現したのみであり、ニューズバルはあたかも天から降ってきたかのごとき印象を与えているが、決してそうではなく、当時、姫路工大でも放射光源を準備中であったこと、しかしながら小さな一地方大学でこういう計画を進めるのはたいへんであり、実現までに相当の紆余曲折があったことが、この拙文で理解してもらえと思う。

さて、話は遡るが、昭和 42 年 (1967) の物理学会講演予稿集 137 頁に「SOR 源としての STORAGE RING」(東芝中研 亀井久、寺澤倫孝、宮沢龍雄) と発表記録がある。筆者らの放射光用蓄積リングのデザイン研究の報告である。筆者にとっては放射光に係わった最初の仕事であり、ニューズバルに至る道程はこれと決して無縁ではないので、私事に涉って恐縮であるが、いわばニューズバル秘話を書いてみようと思う。当時、東芝中研 (東芝総合研究所の前身) には加速器およびその応用技術の開発研究を実施するグループがあり筆者らはそこに所属していて、いくつかの研究テーマを持っていた。東芝は 1950 年代後半には工業用非破壊検査装置として可搬型ベータトロンを開発、製品化していたが、60 年代に入り、医学利用のための高エネルギー化の要請があり、実際 80 MeV 装置はアメリカの病院からも受注していた。そのため東芝中研では、亀井久さんをリーダーとして電子の高エネルギー加速、ビーム安定性などの開発研究が進められた。関連文献調査のためのゼミも度々開かれ、筆者も参加したが、その時に GE 社の F. R. Edler らが 70

MeV ベータトロンで放射光の発光をはじめて観測した論文 (1947) があることを知った。シンクロトロン放射光とのはじめての出会いであった。われわれの電子ビームを加速する立場からはエネルギー損失が問題になるため議論の対象になった。

一方、研究テーマのひとつにイオンビームによる内殻励起を利用して X 線発生を行い、それを蛍光 X 線分析へ応用することを検討する課題があり筆者が担当していた。とくに軟 X 線領域の特性 X 線励起に有効であり、従来の蛍光 X 線分析では適用が困難であったナトリウム以下の軽元素へのブレイクスルーを計る狙いがあった。このため、まず軟 X 線の検出および分光技術の開発が最初の課題であったが、ガス比例計数管 (半導体検出器は当時はなかった) による Be-K 線までの低エネルギー X 線のスペクトル測定、ステアリン酸鉛、ミリスティン酸鉛の 100 層の LB (Langmuir-Blodgett) 多層膜の作成に成功し、軟 X 線の波長分光を実現した。この研究のなかではベリリウム、ホウ素、炭素などの各種軽元素の内殻励起断面積の測定をはじめ、発生 X 線の高分解能分光による分析およびイオン・原子衝突過程における分子軌道形成の研究などを実施した。この研究の多くは当時東芝中研に在籍していた合志陽一さん (現銻国立環境研究所理事長) の協力を得て実施した。この関連研究は後になって PIXE (Particle Induced X-ray Emission Analysis) と呼ばれ高感度 X 線分析の優れた方法として発展したが、筆者らの分析研究は世界に先駆けての仕事であった。

そのころ極端紫外領域で吸収法により光物性研究が行われていて、光源としてはもっぱらガス放電が利用されていた。この光源は基本的に複数の単色光から成るもので、理想的な連続光源というにははるかに及ばないものであり、研究者にとって安定した高強度の光源がないのが大きな障害であると聞いていた。そういった状況のとき、物理学会の講演会で佐々木泰三先生の電子シンクロトロンからの制動放射線による吸収分光の講演を聴く機会があった。そのとき軟 X 線分光の少しばかりの経験があった筆者にはこれこそ究極の光源ではないかと感じられ、さっそくその光源としての装置を検討してみたいと思い社内で提案した。佐々木先生のお話は、そのころ共同利用がはじまった東京大学原子核研究所の電子シンクロトロン (INS-SOR, 0.75 GeV) を使った成果だったかと思うが、記憶

は確かではない。この加速器は日本でははじめての高エネルギー物理学研究用の加速器であったが、蓄積リングではなかった。

東芝中研では亀井久さんの指導で、300 MeVの電子シンクロトロン設計を試みた。われわれの課題は光源の安定化をはかるため電子の蓄積がどの程度可能かを検討することであった。当時はまだ電子ビームを蓄積して放射光源として利用するというデザインも一般的ではなかった。この検討結果が上記の学会発表となった。ウィスコンシン大学とほぼ同時期にこの加速器研究を進めていたことが、あとになって知ることになった。東芝ではその頃、加速器ビジネスからは手を引くことが議論されていて、われわれの加速器の開発計画は提案はしたものの実現には至らなかった。時期尚早でもあった。当時、誰が昨今の電子ビーム蓄積リングによる放射光源の盛況を予期したであろう。しかしその1年後の1968年には、ウィスコンシン大学が世界ではじめて電子蓄積リングを完成させ、やがてやってくるシンクロトロン放射光時代の口火をきったことになる。日本ではその7年後の1975年になって東大物性研のSOR-RING (300 MeV) がはじめての電子蓄積リングとして放射光研究に供されることになった。その後1982年になって、つくばの高エネルギー物理学研究所に2.5 GeVのPhoton Ring (PF) が、また、電子技術総合研究所のTERAS (1981)、国立分子科学研究所のUVSOR (1983) などの放射光装置が相次いで実現し本格的な放射光時代に入った。筆者はその頃、高速増殖炉開発の国家プロジェクトにかかわっていた。理化学研究所やHarwell原子力研究所(イギリス)のサイクロトロン、また自製の小型加速器を使って、重イオンビームによる炉心材料の照射損傷研究および材料開発に没入していた。東芝でも半導体部門の研究者らが放射光利用を議論していたに違いないが、彼らとの接触はなかった。

前書きはこのくらいにして、時代は下り、1989年に高輝度放射光施設SPring-8が兵庫県西播磨科学公園都市に建設することが決まった。筆者は1987年に姫路工業大学工学部に移籍しており、同施設が大学の近接の地に実現するという事は、予想はされていたが、まさに天の時、地の利を感じる話であった。しかし、同施設の建設が始まると、建設に携わる理化学研究所(理研)および日本原子力研究所(原研)の関係者から、放射光の利用はいうまでもないが、ハードウェア面での参加、とくに若い人材の育成と補給を依頼され、当惑した。地元の大学として同計画に参画することは、研究を活性化することにもなり大きなチャ

ンスであるに違いなく、事実筆者はその前に学内共同利用研究設備として加速器設置計画を提案してみたが、加速器科学ないし工学関連の研究者は一人もいなかったばかりか、みんなの関心もなかった。地元の大学としてSPring-8の施設を支援する方策が必要になるであろうと思ったが、大学の組織のなかでは簡単には動けない。姫路工業大学では、1990年の理学部発足を目指して準備作業が進められていて、放射光利用に関心のある研究者もいたため、この問題について相談したが、SPring-8の利用研究だけがみんなの重大な関心事であって、加速器ないし光源に関する研究テーマは「上流の話」として誰も興味を示さなかった。

そこで、工学部(書写キャンパス)に教育・研究用の小型の放射光装置を設置することを考え検討をはじめた。小型であることは、予算もさることながら、緊急性から言っても重要なことと考えた。放射光装置“TERAS”の実績を持つ冨增多喜夫さんの協力を得て、電子線入射用の線形加速器とレーストラック型蓄積リングから成る600 MeVの放射光装置を設計し、提案した。小型でも長直線部にはアンジュレータを入れ次世代装置を意識したものであった。名称を考えようということになって、同名の自動車があるのでいささか抵抗もあったが、光の発生装置でもあり、親しみもあることから、これ以上に適切な名前はなかりうと考へ、「すばる」と命名し関係者の同意を得た。小型であるから、綺羅星のごとく強力ではないにしろ、合わせればそれなりの存在感のある天空の「昴星」のようになることを期待した。「すばる」の語源は「統る」であり「ひとつにまとめる」の意であるから、参加者が協力して成果をあげるシンボルとしても名案といえよう。この装置の計画案は1991年になって大学設置者である兵庫県当局に提出した。SPring-8の建設がはじまったときでもあり、それなりの反応はあったと聞かすが、しかし実現にはいたらなかった。ただ、この装置の提案と名称は県の知事はじめ上層部にも知られることとなり、その後の展開に有利に働いたことは確かである。当時は大学内には反対者も少なくなかった。

その頃、筆者は欧米諸国の視察を終えて帰ったばかりの貝原兵庫県知事と私的な会合で懇談する機会があったが、その折、高エネルギーの重粒子線照射による「がん治療施設」に強い関心を示して、ほとんど決めている印象を受けた。そして、私的な会話ながら「病人の治療は昼間実施するわけだから夜間は大学が研究目的で活用したらどうか」との話もあった。県の施策として播磨科学公園都市の2期計画は「健康福

社」をテーマとすることが決まっていたこともあり、県知事の強い意志がそこにあることを感じた。粒子線照射研究は筆者のライフワークでもあり、興味があったが、先に提案したシンクロトロン放射光装置を実現したいという思いも強かった。そこで、イオン（重粒子）シンクロトロンのリングの中で電子ビームを逆方向に加速することにし、いわばハイブリット加速器として同居できないかと考え、その設計を試みた。電子の相対論効果のため、がん治療用の陽子、炭素イオンの300 MeV/nの加速条件と電子の1.0-1.5 GeVの加速条件がほぼ一致するということがわかり、実現の可能性も高く興味があった。しかしこの案も一編の論文(1992)となっただけで、消滅した。

一方、SPring-8の建設がはじまった1991年に、兵庫県は大阪科学技術協会に「兵庫県におけるSPring-8の活用方策に関する調査」を委託した。同協会は千川純一（長）、宇山親雄、安藤正海、寺澤倫孝、安岡則武のメンバーから成る「兵庫県放射光利用検討委員会」を編成し、SPring-8の学術・産業利用および医学利用について調査検討を実施した。この報告書は1993年3月に纏められ、兵庫県に報告されている。この調査の一環として、姫路工業大学でのSPring-8利用計画調査があり、その資料は千川純一理学部教授によってまとめられた。筆者は1件の高輝度放射光の利用研究とともに、SPring-8の入射装置1 GeV LINACからの電子ビームを利用する研究を千川先生の了解を得て提案した。この案は(1)小型電子蓄積リングの設置とその放射光利用、と(2)高エネルギー電子利用研究（陽電子の発生およびプラズマ加速器の基礎研究）の計画である。これがSPring-8の電子ビーム利用希望を公式に意思表示した最初である。工学部からはこの提案のほかに、上記の放射光を利用する物質・材料の微細構造評価の研究計画の提案があり2件が提出された。また理学部からは、高輝度放射光を利用する各種の研究テーマ8件が提出された。

SPring-8の建設構想が提示されたとき、筆者が頭に描いた施設のイメージは、米国ブルックヘブン国立研究所（BNL）のNational Synchrotron Light Source（NSLS）施設であった。SPring-8は高エネルギー放射光施設として、新しい分野の研究を展開できることが約束され、研究者には大きな朗報となった。一方、放射光装置が世に登場して高い評価が得られるようになった非常に大きな理由は、まさに軟X線の優れた光源として利用できるということであった。NSLSでは軟X線（750 MeV）と硬X線（2.5 GeV）の二つの光源装置が同一の施設で相補的に利用されているこ

とに大きな意義があることを、筆者は軟X線研究の経験から感じていた。したがってSPring-8は世界でも最高エネルギーの放射光施設として、建設者である国がその特徴を生かす利用研究を探り、その目標の達成を鋭意推進するのは当然であるが、他方、いずれかの時期に軟X線光源を付属させることは、きわめて合理的であり、そのような提案が原研、理研あるいは他の研究機関などから出されることは当然のこととして予想された。筆者にはいままでの経緯から、軟X線光源装置には執念に近いものがあり、これは姫路工業大学でそれを進めるチャンスではないかと考え、上記の提案をすることにした。それまで考えてきた独立の装置ではなく、SPring-8の電子入射器を利用させてもらうことが前提であったため、この提案を実現するための技術的問題、運用上の問題などについて、事前に原研、理研のSPring-8関係の方々へ意見を聞き、相談しながら構想を練った。アンダー・ザ・テーブルの話ではあるが、準備作業として必要なことであった。この私案は幸いにも大学の公式計画として、当時の姫路工業大学山中千代衛学長に採りあげてもらえることとなった。

SPring-8入射器利用の新しい蓄積リングの素案がまとまり、予算を含めて計画案を大学および県当局へ提示すべき1993年6月になって、新しい施設の名称が必要になった。以前の「すばる」とは違うことを大学設置者の県にアピールし、差別化することが必要であった。ここに「ニュースバル」（NewSUBARU）が命名されるに到った。「ニュー」のいわれを訊ねるならば、はじめに「すばる」計画ありきということである。「ニュースバル」は1989年ころから、いわばボランティア活動によって、営々と進められてきた姫路工業大学の放射光源「すばる」計画の最終のすがたである。「ニュースバル」になって、蓄積エネルギーの高エネルギー化、発生する放射光の質的な向上も期待できるようになったことは大きな展開であった。

1993年10月になり姫路工業大学では附属研究所の整備計画案がまとまり、1994年1月には高度産業科学技術研究所（高度研）の発足と、主要研究施設として1.5 GeV放射光装置「ニュースバル」を設置することが認められた。同年5月には兵庫県知事から原研、理研の両理事長宛にSPring-8施設利用、電子ビーム供与の要望書が提出された。その後、ただちに学内委員およびSPring-8、KEKなどの学外委員から成る「ニュースバル専門委員会」が組織されて、技術的検討が進められ、1995年3月にはニュースバル装置の基本設計が定まった。同時に進められていた二

ニュースバル予算の申請は、1995年度兵庫県予算案に計上され、同年2月の県議会において議論されることになっていた。しかし1月17日の阪神大地震の発生により、県議会の予算審議はすべて災害復興予算の議論に限定されたため、ニュースバル予算も懸案になった。その後同年5月には緊急を要する復興計画には目途がついたということになり、兵庫県では将来を見据えた新たな企画として、「フェニックス計画」が打ち出された。さいわい「ニュースバル」はその計画のひとつとして採り入れられ、予算も全面的に承認された。このときにいたり、「ニュースバル」の実現も確かなものとなった。

この承認を得て、さっそくニュースバルの建設工事が開始された。まず建屋建設が1996年12月着工、1997年11月竣工、続いて装置本体の設置を開始し、

1998年9月には最初の放射光発生を観測と、きわめて順調な立ち上げができた。その後、真空その他の問題で性能向上には予想外の時間を要したが、安東愛之輔教授をはじめとする高度研建設メンバーの奮闘に加え、SPring-8加速器グループの強力な支援を得て、1.5 GeVの電子エネルギー、500 mAの蓄積電流など計画性能を達成、さらに100 mAで18時間のビームライフ達成にも成功した。いま、ニュースバルでは加速器ビーム物理の研究をはじめ、放射光利用ではEUVリソグラフィ、LIGA技術、光電子分光研究など多彩な研究が、国のプロジェクトを中心に、多くの企業も参加し鋭意進められている。

最後にこの小文を元日本核燃料開発株式会社 故亀井久さんに捧げ、賜った温かいご指導に謝意を表したい。