

◁研究会報告▷

2nd International Workshop on Radiation Safety
at Synchrotron Radiation Sources 報告

浅野芳裕 (日本原子力研究所放射光科学研究センター, 高輝度光科学研究センター)

表記の会議が2002年10月17-18日に, ESRFにて開催された。この会議は第3世代大型放射光施設 ESRF, APS, SPring-8 の建設も一段落し, 順調な稼動を行っているとき, また, 多くの第3世代放射光施設の建設が計画されているときに, 放射光施設の抱える放射線安全や放射線挙動を討議する世界的な規模の場を設けてほしいとの要請をうけ, Paul Berkvens (ESRF), P. K. Job (APS), と筆者が幹事となり組織している会議である。この会議は小さいながらも放射光施設の放射線安全を討議する世界規模での唯一の会議であり, 2001年4月に APS で第1回が開催された。前回は最初ということもあり, 世界10カ国19機関, 39名の参加者があった。今回は, 9カ国15機関, 25名の参加者であった。参加機関を下記に示す。

USA	APS SLAC(SSRL) NLSL
France	ESRF SOLEIL
GERMANY	Forschungszentrum Karlsruhe HASYLAB PTW-Freiburg
ITALY	ELETTRA
UK	Daresbury
SWISS	PSI(SLS)
CANADA	CLS
ARMENIA	CANDLE
JAPAN	KEK(PF) SPring-8

会議は, (1)新施設の遮蔽安全評価, (2)デコミッションング計画を含めた放射能インベントリーの評価, (3) Top-up 運転に伴う安全評価等が主要議題となった。初日, ESRF の所長である W. E. Stirling の挨拶で会議は始まり, 午前中に2つのセッション, (1)新第3世代放射光施設の遮蔽設計 (DIAMOND, CANDLE) と(2)放射光施設のデコミッションング計画 (CLS) と放射能インベントリーの評価 (SPring-8) の講演が行われた。DIAMOND は核破砕中性子源施設 ISIS の隣に現在建設中であり, 2005年3月に Linac, 2006年2月にブースターシンクロトロン, 8月に蓄積リングのコミッションング, 2007年にビームライン7本が供用開始される予定とのことで, 加速器の遮蔽設計は



概ね終了し, 今後ビームラインの遮蔽評価を行うとのことであった。CANDLE は蓄積電子エネルギー 3 GeV, 蓄積電流 350 mA で概ね設計を終了しているとのことであった。アルメニアは我々だけでなく欧米人にとっても馴染みがあり無いらしく (放射光施設関係では仏との協力関係に強い印象を受けた), また講演者のユーモラスな人柄もあり参加者の興味を引いていた。余談だが, 帰国後 e-メールで講演者から CANDLE で開く国際シンポジウムに来ないかとの連絡があり, さてどうしたものやらと半信半疑でいる。次のセッションでは CLS のかなり詳細なデコミッションング (廃棄) 計画案が報告された。カナダでは CLS のような施設は供用開始前はかなり詳細なデコミッションング計画 (資金計画も含む) を作成し, 一定期間毎 (CLS の場合 5 年毎) に見直さなければならないとのことであった。また, 完成もしていない施設の廃棄計画を一定のルールに基づいて評価することに我々はもう少し注意を払うべきかもしれない。続いて, SPring-8 から建設前に評価した誘導放射能濃度と加速器運転に伴う放射線レベルおよび誘導放射能レベルの測定値とを比較, 評価の妥当性を示した。

午後のセッションでは, 最初に APS からラヂオクロミックフィルムによる各 ID 近傍での積算放射線量測定結果が約 10^5 Gy (1996.6-2002.2) であることや蓄積リングの誘導放射能測定結果 (そのほとんどが ^{22}Na と ^7Be) が示された。次に CLS から, 色々な形状のタングステンストッパーについて蓄積リング直線部の残留ガスと蓄積電子の相互作用によって発生するガス制動放射線に起因するハッ

チ漏洩線量率をモンテカルロシミュレーションした結果が示された。CLSは現在蓄積リングの磁石等を設置する段階である。いままでにも SPring-8 と CLS は情報交換を行ってきた。今後ビームライン遮蔽安全設計が佳境に入ってくるにつれてより一層の協力関係を構築することが望まれる。17日の最後の講演に KEK から EGS4 の低エネルギー光子への拡張など放射光を使った放射線物理研究の概要報告があった。このセッションの後に約2時間かけてリング収納壁内や実験ホールを見て回り、放射線モニタリングシステムやインターロックシステム、遮蔽構造等について説明を受けた。ESRF では SPring-8 と異なり実験ホールが放射線非管理区域である。そのため、様々な方策（これから訪問される方は是非見てきてほしいが、いたるところに放射線モニターが設置されている等）がとられている。国情や法体系の違いもあり、現在日本では放射線線量レベルにまったく問題が無くても SPring-8 のような放射光施設の実験ホールを放射線非管理区域することはほとんど不可能である。利用者に不便をおかけしているが、たとえ国情が許すことになっても管理区域をはずすために様々な仕掛けが必要になってくるだろうし、それは ESRF（フランス）がとっている方法より軽くなることはないであろう。ESRF 見学の後、8時からの夕食会の前に N. Foray による “Use of recent molecular radiation biology concept in medical applications of synchrotron: a first example at ESRF” と題する ESRF セミナーに参加させてもらった。セミナーは職員が勤務時間後に若い人を対象に持ち回りで講演を行っており、今回もオージェ電子や K-X, L-X 線の生物分子に対する影響などについて活発な討論がなされていた。夕食会ではおいしいワインとチーズがふんだんに提供され、既に3児の母となった Elike Braeuer と久しぶりに歓談するなど楽しいときをすごすうちに硬い骨付きステーキがいつの間にか胃のなかに収まってしまった。

翌日、最初のセッションでは SLAC（SSRL）の SPEAR 2 から SPEAR 3 への改造に伴う遮蔽安全評価と Top-up 運転に伴う放射線線量測定試験結果についての報告が2件あった。まず SLAC では第3世代放射光リング

にするために SPAER 2 リングを全面的に撤去し、低エミッタンス化と高出力（入射パワーを4倍、蓄積電流値を5倍（500 mA）を目的にした SPEAR 3 を計画、実施している。ただし、遮蔽壁はそのまま使うこととなっており、局所遮蔽を多用するためにモンテカルロコードを用いた詳細な遮蔽計算を実施している。ただし、すべてをこの方法で実施するにはかなりの労力をまだ必要とすると思われる。次に、APS と ELLETRA での Top-up 運転時の放射線線量の測定結果について報告された。第3世代放射光施設では SPring-8 も含めてそのほとんどが Top-up 運転を計画しているか実施している。現在筆者が把握している Top-up 運転に対する安全対策等について表に示す。ここで ESRF はシャッター開の状態ですら1日2回入射を今年から開始した。ハッチ外での線量は蓄積電子損失が生じても数 10 nSv 程度の増加がいままで認められている程度である。APS では Top-up 運転を行うことができる条件として表の3つを満足することを求めている。実際に Top-up 運転時に制動放射線（ガンマ線のみ）測定を実施し、約20%程度増加することが報告された。ただしこの測定は光学ハッチ内の測定であり、ハッチ外では線量の増加は認められていないとのことである。SLS については報告が無かったので個人的な情報を載せた。ELLETRA からは実際に蓄積リングにビームバンパを挿入して入射効率を制御したときの詳細なリング収納壁内外における線量測定結果が報告された。その結果では、最悪の条件下でハッチ外において最大でも 90 μ Sv/h 以下であり、ハッチ内外で線量値がシャッターが閉じているときの10倍以上になったとのことであった。報告されたデータは測定条件が明確であり、ベンチマーク実験としても有用なデータである。午前中最後のセッションでは SPring-8 から2件、NSLS から1件の報告があった。SPring-8 からはガス制動放射線の強度分布が蓄積電子のビーム蓄積状態に影響されることを実験と計算から定量的に示した。また、挿入装置の磁場にも影響されることを実験と計算で示した。これらは挿入装置光源の白色ビームをコンパクトに輸送するときに必要不可欠な情報である。次に、SPring-8 で構築さ

	ESRF (Grenoble)	APS (Argonne)	SLS (PSI, Willigen)	ELLETRA (Trieste)
Top-up mode	2 injections/day (Jan. 2003)	< 1.5 nC/2 min (> 4 GeV) (> 50 mA)	Every 2 min. (life -20 h)	TEST
Monitor	+ IC(γ)/each Optics hutch (*) $\gamma \approx N$, (behind Pb3 cm)	γ , N Each section (24 pairs)	(*)portable type monitor (γ , N) (4 beamlines)	?
Interlock (trip level)	2 μ Sv/4 h	5 mrem/h(N) (50 μ Sv/h) 10 mrem/h(γ) (100 μ Sv/h)	?	< 100 μ Sv/h (?)

れている、安全に係るビーム閉じ込めシステム、アクセス制御システム、モニタリングシステム、インターロックシステムについて加速器のテスト運転から現時点までの運用実績も含めて報告した。最後に NSLS から ERL (Energy Recovery Linac) についての進捗状況と遮蔽設計について報告があった。

18日の午後一杯、SLAC の Rokni の司会のもと、今後の進め方と研究協力について円卓会議形式で討論を行った。そこで議論された主なことは、(1)いかにして新施設建設に役立つデータおよび道具を揃えるか、(2)このワークショップをいかに発展させるか、であった。具体的には(1)に対して現在、SLAC が中心となってまとめている USA の 5 施設 (SSRL, NSLS, CAMD, ALS, APS) の遮蔽安全に係る諸定数等について Rokni が説明した。また、各施設のモニター設置状況についてそれぞれ説明し、意見交換した。放射光施設の安全設計において、最も重要な道具の 1 つである遮蔽計算コードについて、SPRING-8 で開発した STAC8 コードの有効性を参加者の多くが述べ、更なる機能拡張を求められた。モンテカルロ汎用シミュレーションコードでは、EGS5 の整備状況や MCNPX, FLUKA の状況が話題になった。特に FLUKA はそのコードの有効性も高く、ワークショップ参加者全員で公開を求めていくことになった。(2)について、次回のワークショップは 2004 年に SPRING-8 で開催することが決められた。また、次回

では次世代施設 (LCLS, TESLA 等) を主要議題の 1 つとすることに決した。最後に W. E. Stirling の挨拶で会議を終えた。

—おわりに—

今会議の直前にホストである P. Berkvens が緊急入院し、一時はどうなるかと案じたが参加者の協力で何とか乗り切ることができた。そのために ESRF からの講演がキャンセルされ、時間に余裕が生じたことにより各演題に十分な討論ができた。翌日、プロシーディングスの打ち合わせと個別の研究協力について協議したのち、午後から秋の日差しに誘われて町に散歩に出かけた。写真はバスチーユからモンブランを眺めていたときのもので、筆者を挟んで左が CLS の M. Bemerrouche、右が APS の P. K. Job である。既にプロシーディングスは完成しており、ESRF の講演分も含めてホームページ <http://www.esrf.fr/conferences/Radiation-Safety/> から自由にダウンロードできるようになっている。また、今回アジアからの参加が極めて少なかった。次回は SPRING-8 で開催予定であり、アジアや他の日本の放射光施設からの多くの参加を呼びかけたい。放射光学会員の皆様のご協力をお願いします。最後に会議を成功に導いてくれた ESRF の皆様とフランスの家庭料理を堪能させてくれた ILL の P. Geltenbort 夫妻に感謝申し上げます。