

研究室だより

日本原子力研究所 東海研究所 原子炉工学部

「遮蔽研究室」

(日本原子力研究所) 鈴木 友雄

原子炉, 核融合炉, 加速器等の各施設からの放射線漏洩を効率的に低減し, 安全性を保證できる遮蔽設計を目指して, 遮蔽体内外の放射線分布と, 周辺機器・構造物の放射化・発熱・損傷量を精度良く評価できる遮蔽計算コードシステムを確立することが本研究室の目的となっている。こう列挙してみると, 原子力開発に関連した全ての施設に係る, 実に幅広い分野をカバーしていることになる。取扱うエネルギー域は極めて広く, 粒子の種類も中性子, ガンマ線, 電子線が今のところ中心であるが, 今後は中高エネルギー域が問題になってくるので更に多様化してこよう。これらをわずか数人で担当しているので, かなり大変な状況ではある。

先ず, 最先端をゆく中高エネルギー放射線遮蔽の話から始めると, 国のオメガ計画で予定されている高エネルギー陽子加速器や大型放射光施設 SPring-8, 更に高崎研究所のイオンビーム施設等の高エネルギー粒子加速器においては, 核分裂炉や核融合炉と較べてエネルギーの高い中性子や光子が発生し, 更にハドロン・カスケードや電磁カスケードにより多種類の放射線が様々な過程で生成し, 更にそれらが物質内を深く透過して, 放射化等によって新たな線源を生じることになる。従って, 高エネルギー加速器を建設し, これを利用するためには, これらの多くの放射線の挙動を的確に把握し, 遮蔽を含む適切な放射線安全対策を講じることが必要となる。このような, 大電流・高エネルギー加速器の建設を実現するための放射線防護に関する課題としては, 遮蔽設計, 放射化対策, 放射線ドシメトリー等々が挙げられるが, これらに対応するための研究開発を, 総合的かつ長期的に進めてゆく必要がある。このような枠組みの中で, 本研究室では, 高エネルギー加速器の遮蔽設計に関する既存のデータの収集・評価と共に, 既存のハドロン・カスケード・コードや電磁カスケード・コードをもとに, 高エネルギー加速器遮蔽設計計算コードの開発整備を開始している。また, 高崎研究所のサイクロトロンを利用して, 加速器の安全設計上最も重要でありながら, 核データの精度の悪かった, 20~90MeV の中性子による遮蔽実験, 陽子・重陽子等による各種材料からの中性子の発生, 構造材の放射化に関する実験等も近く開始されようとしている。

また当研究室では, 独自の施設を持たないことにも一因があって, 外部機関との交流が多々ある。例えば, 高エネルギー物理学研究所との共同実験や, 船舶技術研究所との共同研究である。現在, 前者では放射光施設で発生する強度のX線及び, その相互作用により生じる電子の物質中での挙動を実験的, 理論的に正確に把握することを目標として, 高エ

エネルギー物理学研究所の放射光施設において各種物質中でのエネルギー吸収、スペクトル、非電離能、阻止能等の測定実験を行っている。これは光子・電子の物質中での空間・エネルギー輸送現象を評価するためのコードの開発整備を目標として実施しているものであるが、更に先を考えると、生体内での光子・電子の挙動に関する医学生物学の分野における放射線リスク評価、放射線防護研究に対する放射線物理学的な基盤の確立を目指した壮大な目的への第一歩なのである。

従来からの重要テーマとしては、遮蔽解析法の研究の小テーマのもとに3次元輸送計算コード BERMUDA、標準遮蔽計算コード INTEL-BERMUDAの開発及び、これら計算コード群が必要とする群定数データベースの開発が行われている。標準群定数ライブラリー JSSTDL に関しては、シグマ研究委員会炉定数専門部会の標準炉定数検討WGの議論を経て本研究室が作成したものであり、詳しくは本誌前号に概略が載っているので参照されたい。このライブラリーは今後標準的に使用される JENDL-3核データファイルに基づく群定数として期待されているものである。

BERMUDA は、核融合ブランケットの中性子工学実験や核融合炉遮蔽ベンチマーク実験の解析を通して、核融合炉のみならず、一般の原子炉施設等の高精度の遮蔽計算を可能とするため、10年以上の歳月をかけて本研究室が独自に開発してきた決定論的手法によるコードである。中性子、ガンマ線についての1~3次元計算用コードで、その特長としては、方向性に関しては線束や散乱の非等方性の取扱いに P_{∞} モデル(P_L 展開の有限項打ち切りによる誤差を取り除く)、空間に関しては各角度分点の方向に沿って輸送方程式を直接積分する直接積分法、エネルギーに関しては微細群モデルを採用していることが挙げられる。本コードシステムは、計算の信頼度を先ず第一に確立するため計算効率を犠牲にして、極めて精度の高い数値シミュレーションを行っているため、必要とする計算機資源の量が膨大になる。例えば、空間メッシュ $30 \times 30 \times 60$ 、角度分点 80、微細エネルギー群数 700 の場合の計算では、スーパーコンピューター FACOM/VP2600 を以ってしても、必要とするメモリー 440MB、CPU+VU 24時間、ディスク 1,800 MB (40,000トラック)にのぼる。コードの検証のために、当研究室が FNSを利用して実施した核融合炉遮蔽ベンチマーク実験の解析が行われ、現在結果がまとまりつつある。しかしながら、炉心計算と異なり、これら最新の手法、データ、膨大な計算機資源を以ってしても、精度のよい遮蔽計算を行うのはまだまだ難しい状況にあるのが事実である。例えば、上述の角度分点 80 はストリーミング解析に対しては極めて不十分なものである。

原子力施設の設計に不可欠な遮蔽計算も、現実にはコードを使って実行しようとなると非常に難しく煩雑である。使用コードの選定から、計算体系のモデリング、遮蔽体の物質組成に適合したエネルギー群構造の選定と空間メッシュ幅の決定等、使用に際しての専門的経験がかなり重要になってきて、初心者には極めて扱いにくいものになっている。計算す

る者により計算結果が1桁以上ずれてしまうことも稀ではない。遮蔽計算では、線源や遮蔽体を構成している物質の断面積の特徴を考えた上での解析が必要で、そのためには、いわゆる勘どころを掴んだ入力データの作成が不可欠な訳である。これは‘言うは易く行うは難し’であって、誰が計算しても容易に正しい結果が出せる事が設計では特に重要であり、そのために標準遮蔽計算コードシステムINTEL-BERMUDAを現在開発している。本システムは、AIを用いて、エンジニアリングの知識を可能な限り内蔵し、現場でのエンジニアリング時間の短縮を意図するものであり、通信、データベース、画像処理技術、戦略情報システム等々、今後の情報処理をリードして行く要素技術をすべて織り込み、21世紀を見据えたシステムとして、エンジニアリング・ワーク・ステーション上に構築中である。

以上が本研究室の主要な活動として、現在取り組んでいるものであるが、そのほかにも、研究所内外から様々の要請が飛び込んでくる。こうした事実から見れば、遮蔽研究室は原研でも稀な極めて現実に即した研究室である。興味深い問題が次々に入ってくるため、データの問題、解法の問題、実験の問題等が全て絡み合った遮蔽研究の場にいると、大変多忙ではあるが逆にまた極めて面白い世界でもある事が実感できる。こう考えてくると、遮蔽の分野というものが、その古めかしい名にも拘らず、最先端のデータと解法を必要とし、更に最先端の計算機を駆使しても、なお且つ解を出すのが容易でないという、研究者にとっては極めて知的好奇心を触発される環境である事がお分り頂けることと思う。

今後遮蔽研究室では、加速器遮蔽の研究が前面に出てくることになると思われるが、基礎データとしての核データの役割がますます増えることはあっても減ることはない。遮蔽設計法の一層の向上を目指すために、今後とも核データとの密接な関係が持続することは言うまでもない。核データのコミュニティーとよりよき関係を保ちつつ、研究を進展させて行きたいと考えている。

(平成3年9月27日記)