

研究室だより

日本原子力研究所

中性子科学研究センター中性子施設開発グループ

グループリーダー

池田裕二郎

ikedai@fnshp.tokai.jaeri.go.jp

標記グループは平成13年度から、中性子科学研究センターのこれまでのグループを再編して新たに発足しました。ご存じの方も多いことと思いますが、日本原子力研究所（原研）と高エネルギー加速器研究機構(KEK)が共同で推進してきた大強度陽子加速器計画（プロジェクト）の予算が政府で認められ、本年度から施設建設が始まりました。グループの再編は、プロジェクトを計画通り進める建設体制を強化するものです。グループの話をする前に、そのプロジェクトについて概要を紹介します。

このプロジェクトは、原研の中性子科学研究計画と KEK の大型ハドロン計画を統合して原研東海研に原研と KEK が共同で大強度陽子加速器を用いた研究を行う実験施設を平成19年度からの利用開始を目指して建設するものです。プロジェクトで目指す研究は、ニュートリノや K 中間子を用いた素粒子・原子核研究、中性子やミュオンを用いた物質・生命科学研究、加速器駆動システムを用いた長寿命高レベル放射性核種の核変換技術開発研究等、基本的な物理から原子力応用技術までの広い範囲の科学・学術研究を対象としています。加速器は、400MeV リナック、3GeV シンクロトロン、50GeV シンクロトロンで構成され、3GeV で最大 1MW 出力の陽子を利用できるようにします。リナックは最終的には 600MeV までエネルギーを高めます。この陽子加速器は、前述した異なる研究を同時に可能とする多目的性が特徴と言えます。原研の主な所掌は、リナック、3GeV シンクロトロン、物質・生命科学実験施設及び陽子ビーム輸送系の建設です。また原研は、計画の2期として 600MeV 陽子を用いた核変換実験施設を建設します。物質生命科学実験施設には、中性子散乱実験用 3GeV、1MW の大出力陽子入射のパルス核破碎中性子源と、その上流のミュオン科学実験用ターゲットステーションが設置されます。ミュオンステーションは KEK の所掌となり、パルス核破碎中性子源は原研の担当です。

さて、ここで等グループの紹介に入ります。パルス核破碎中性子源の内容については後で触れることにして、グループのミッションと構成を概観してみましょう。既に、文章の流れでおわかりと思いますが、中性子施設開発グループは、1MW 出力のパルス核破碎中性子源の設計・製作を中心に、3GeV シンクロトロンから出射された 3GeV 陽子ビー

ム輸送系、中性子源からのビームを中性子散乱実験のための分光器、測定器まで中性子を引き出すビームラインの設計と製作を行うことを目的としています。性格の異なる施設、装置を対象としているので、中性子源と施設建家を担当する NSF サブG、陽子ビームラインを担当する 3NBT サブG、中性子ビームラインを担当する NBL サブGの3つのサブグループ構成をとっています。グループには KEK から中性子源、ビーム輸送系等の専門のかたにも客員として参加して頂いています。KEK では出力規模は数 kW と小さいが KENS という 500MeV 陽子入射パルス核破碎中性子源が稼働しており我が国の中性子散乱実験の中心の1つとして様々な研究が展開されている。20年にわたる KENS の経験、さらに 500MeV 陽子の輸送技術を含めた陽子加速器技術の蓄積はこの 1MW 中性子源の建設に重要な役割をはたすものとして期待されています。

現在のグループは原研(出向職員を含む)と KEK の人も含めて総勢 30 数人ですが、設計・製作、建設等の業務量をこなすにはまだまだ十分とは言えません。池田(筆者)がリーダーとして、日野竜太郎氏がサブリーダーとして全体を指揮している。これに渡辺特別研究員がアドバイザーとして常に目を光らせております。SNS の人員配置と比較するとまだまだ半分以下の勢力ですが、施設建設の目標に向かって全員が一丸となって業務に取り組んでいるところです。プロジェクト全体の共同建設体制ではさらに中性子分光器 G との連携、KEK のミュオン G との連携が不可欠でさらに大所帯のグループとなることが予想されます。いずれにしても、このグループが与えられた責任は大きく、設計をブラッシュアップのための評価検討に毎日皆が汗を流しているところです。

1MW クラスの核破碎中性子源は、日本はもとより世界的に初めてのもので、技術的課題への挑戦であることは間違いありません。米国では、SNS 計画として既にプロジェクトが開始され2年を経過し、かなりの進展をみせていますが、実機として MW クラスの実現と言う観点では同じラインに在ると言ってもよいでしょう。とはいえ、先行している SNS の設計は大いに参考になりますし、よいペースメーカーとも言えます。

さて、ここで本稿が核データニュースの記事であることを多少意識して、グループ活動と核データに関連することに触れておきます。本プロジェクトで設置する核破碎中性子源では、核破碎ターゲット材料として中性子発生量が多く、MW の熱負荷を効率的に除熱でき、さらに、高強度パルス入射に耐えうる条件を満たす物として常温で液体の水銀を選択しました。3GeV 陽子は水銀に入射し核破碎反応で1陽子当たり40個程度の中性子が発生します。発生した中性子をモデレーターで適当なエネルギーに減速させ、これを効率的に中性子散乱等の実験装置まで輸送して利用します。この装置を設計する上で、最も基本的な核破碎反応、派生する多種多量の2次粒子、粒子と構成物質との相互作用、輸送、誘導放射能、崩壊熱、中性子、ガンマ線生体遮蔽などを定量的に評価することがそもそもの出発点となります。これらの評価に核データが使われることは皆様周知のことと思います。設計計算に用いるコード体系で必要とする核データの形式や種

類は異なりますが、原子炉や核融合炉の設計核データと同じです。つまり、中性子発生量、遮蔽、核発熱、誘導放射能等、施設設計の基本となる量を評価するデータです。しかしながら、3GeV陽子入射核破碎が源となっていること、中性子散乱分光器に必要な中性子エネルギーが meV 領域まで減速されていること、核破碎ターゲットとして水銀を用いること等から、この施設設計で用いる核データとして幾つか特徴的なことがあります。まずエネルギーが 3GeV と高いことから、これまでの核データの一般的な上限値 20MeV 以上のデータが必須となります。通常 20MeV 以上の領域で現在利用できるものは限られています。LA150 というロスアラモス研究所のファイルは 150MeV までです。JENDL 高エネルギーファイルはシグマ委員会で精力的な評価が進められておりますが実際に利用できる核種は限られています。従って、現在は NMTC のような核子・中間子生成と輸送をモンテカルロシミュレーションで計算し、20MeV 以下を既存の JENDL 等の評価済みデータを用いた MCNP 計算でつないで評価しております。また、必要な核データも応急措置として NMTC/JAM 等のコードから作成する事もあります。現在、設計に用いているコードは、NMTC/JAM (NMTC/JAERI97) +MCNP-4A(B,C), MCNPX (米国ロスアラモス研究所) 及び NMTC/JAM と DORT の結合したもの等を粒子生成輸送として、誘導放射能評価では、当グループ(旧)で開発した DCHAIN-SP コードを使っています。核データとしては、LA150、JENDL 高エネルギーファイル、MCNPX、放射化断面積として、JENDL 放射化断面積や FENDL/A-2.0、等、既存の精度確認済みの利用可能なデータは積極的に取り入れています。また、トリチウム、Be-7、水銀放射能生成等、設計に密接に関係する重要な放射能生成に関しては独自の見直しを行い設計の精度を上げる努力をしています。また、核データを含めて計算の妥当性検証のための水銀核破碎中性子実験を BNL の AGS 加速器を用いて国際協力で実施し、精度を確認をしながら 1 歩 1 歩設計作業を進めているところです。

当グループと核データとの関わりは大きく、いわゆる核データ関連実験の専門家、積分テストの専門家、核計算コード開発の専門家である(あった)グループ員には少なからずおります。しかしながら、プロジェクトの基本ミッションである施設建設を果たすために、今後の核データとの関わりは方は、全面的にユーザーとならざるを得ないことは歯がゆいところです。1MW 中性子源施設の設計においては、これまで培った核データに関する知識、経験は、あらゆるところで重要な役割を果たして行く重要な財産であることは間違いありません。多方面で核データコミュニティから得られるであろう支援は不可欠と考えております。今後とも、よろしくお願い申し上げます。