



# 8. おわりに

## 8. Conclusion

西谷 健夫

NISHITANI Takeo

核融合科学研究所ヘリカル研究部高温プラズマ物理研究系

(原稿受付：2015年9月16日)

核融合中性子工学はかつて核融合炉物理と呼ばれていた。1970年代後半から1980年代にかけて核分裂関係の原子炉物理（炉物理）の研究が一段落し、研究者が次のターゲットとして核融合炉の遮蔽や増殖ブランケット核特性の研究に参入してきた。核融合のための炉物理ということで核融合炉物理と呼んだものと思う。ただし核融合側から見ると核融合炉の炉心はプラズマであるので、この言葉はいつしか死語となり、核融合中性子工学と呼ばれるようになった。1980年代に実験装置として大阪大学のOKTAVIAN, 原子力機構のFNS, 東北大のFNLなどの中性子発生装置は建設され、核融合で重要となる二重微分断面面積など貴重なデータが量産され国際的にも高い評価を得ていた。この時期核解析のツールは1次元SN計算（ANISNなど）が主流で、断面面積の検証のための積分実験でも球体系を用いるなど、計算と比較しやすくする工夫がなされていた。遮蔽計算や核融合炉の核設計も1次元計算がほとんどで、断面面積の誤差よりもモデル化の誤差のほうがはるかに大きいような状況であった。計算機の進歩もあり、1980年代中頃からMCNPが使われるようになり、状況は一変した。3次元の実形状をほぼ忠実に取り扱えるMCNPは画期的であり、筆者はもう中性子工学の課題はないとさえ思ったほどである。実際この時期の多くの核融合中性子工学の実験家が、(J-PARCの建設開始も大きく関係してはいる) 高エネルギー加速器関係の中性子工学やそのための断面面積測定などに移っていった。しかし核融合中性子工学の課題がなくなったわけではなく、いろいろな設計活動で概念設計から工学設計に移るように、基礎研究からより実践的な研究へフェーズが一つ上がっただけであり、そこには本小特集で述べたようないろいろな課題が待っていた。最も基礎となる断面面積では、JENDL-4など新しいライブラリが整備されているが、核融合関係の断面面積は1990年代以降新しい実験値は、少なくとも国内からはほとんどない。核融合コミュニティの中で「核融合関係の断面面積にまだそんなに誤差があるの？」という声を聞くことが多いが、核分裂関係（または核分裂出身）の研究者がこぞって核融合関係の断面面積の整備や確認実験を行ってくれた時代はとうの

昔に過ぎ去っている。また核物理的に面白みのないエネルギー領域・核種で精度だけを上げるような研究に新たに参入するような研究者も皆無である。核融合コミュニティの中で自前で断面面積の整備などを行っていくことは専門性の上で、困難な面が多いが、少なくとも専門家に対して、核融合分野からのニーズを積極的にアピールしていかないと誰も動いてくれないのは事実である。

MCNP (PHITSでも)の最大の欠点は3次元モデルの構築であった。ITERの工学設計の時には各極が分担しても40度セクターのモデル化に2年近く費やしたこともあったが、第3章で述べたようにCADデータから直接モデルをつくるようなソフトも開発され、格段にスピード化されてきている。これらによってますますMCNP等のモンテカルロ計算は核融合中性子工学のメインのツールになっていくものと思われ、これまで全く縁がなかった人々も、自分が担当する機器の遮蔽設計など一つのツールとしてますます利用者が広がることが予想される。これまで核融合中性子工学は炉工学では重要な一分野として認知されていたが、プラズマ物理の研究者には中性子計測担当者等を除いてあまり馴染みがなかった。ツールとして核融合中性子工学が広まることは、これまで中性子工学を生業としてきたものにとって嬉しい限りである。ここで懸念されるのが第1章でも述べたが、ツールのブラックボックス化である。例えば核融合炉（実験装置でも）の放射化物の評価では、低エネルギー中性子までの計算を行う必要があるが、温度による共鳴を逃れる確率の変化（いわゆるドップラー効果）や熱中性子の散乱過程の取り扱いなど炉物理的素養が要求される。計算の課題によってはMCNP等にバンドルされている断面面積セットでは不十分で、課題に合わせた断面面積セットをJENDL, ENDF/B, FENDLといった断面面積ライブラリからつくることが必要になることもある。これは極端な例ではあるが、これまで中性子工学に全く馴染みのなかった方がいきなりMCNPなどを使用することは、時には大きな誤りを犯すこともあるので、できれば講習会などに参加されるか、周りにいる核融合中性子工学に詳しい方に相談されることをお勧めする。

核融合中性子工学の実験装置に関しては、非常に厳しい状況である。大学の装置は建設から30年以上経ち、老朽化と維持費の削減の上、利用の軸も中性子工学からイオンビーム応用や医療応用に移ってきている。またこれまで国内の核融合中性子工学実験を牽引してきた原子力機構のFNSも法人統合もからんで存続が危ぶまれている状況である。そのよう中で第5章で紹介したIFMIF/EVEDAの原型加速器を利用した中性子源の計画は明るい話題ではあるが、実現にはまだまだ時間を要するものと思われる。国

内では、LHDの重水素実験やJT-60SAの運転開始などが迫っており、計測機器やその他の機器の中性子照射試験、またITERへ取り付ける機器の事前中性子環境試験等で、DT及びDD中性子源はまだまだ需要が多いはずである。筆者は、大学クラスの中性子工学研究に使用できるよう、FNSクラスには及ばないが、教育・人材育成の点からも既存の大学の中性子発生装置をなんとか再整備できないかと考えているところである。

## 小特集執筆者紹介

(記載内容は2016年3月までの所属情報によります)



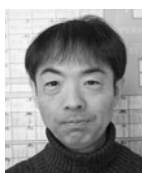
にし たに たけ お  
西谷 健夫

核融合科学研究所・ヘリカル研究部・高温プラズマ物理研究系・特任教授。1980年東京大学大学院工学系研究科原子力工学専攻修士課程修了。工学博士。日本原子力研究所/日本原子力研究開発機構を経て2015年4月より現職。主な研究分野は、核融合プラズマの中性子計測、核融合中性子工学など中性子をキーワードにしたプラズマと炉工学の境界領域。現在LHDの中性子計測と重水素実験対策に携わっている。名古屋近郊に単身赴任中。2年前のスキーによる脛の骨折(まだチタンのボルトが6本入っている)のため山歩きとスキーを諦め、もっぱら街歩きと食べ歩き。名古屋飯にも結構詳しくなってきました。最近恐る恐るスキーを再開。



こん の ちから  
今野 力

日本原子力研究開発機構核融合研究開発部門六ヶ所核融合研究所核融合炉材料研究部核融合中性子工学研究グループリーダー。専門は核融合中性子工学で、その中でも核データの精度検証、放射線輸送計算に関する研究に30年にわたり取り組んできた。大学生の時に長距離走の楽しさに目覚め、55歳を過ぎた今でもフルマラソン、トレイルレースに出場しているが、途中の関門にひっかかることが多くなってきている。



さ と う さとし  
佐藤 聡

日本原子力研究開発機構、核融合研究開発部門、核融合中性子工学研究グループに所属。研究主幹。博士(工学)。主な研究分野は、核融合中性子工学。現在は主としてDT中性子を用いた中性子工学に関する実験的研究、核融合炉の遮蔽解析設計等を行っています。プロ将棋棋士の棋譜を研究するのが好きです。自分自身の棋力は相当低いです。



こん どう けい た ろう  
近藤 恵太郎

日本原子力研究開発機構 核融合研究開発部門 IFMIF 加速器施設開発グループ 研究員。2008年大阪大学大学院・博士(工学)。原子力機構博士研究員、カールスルーエ工科大学研究員を経て2014年6月より現職。専門分野は中性子工学。現在はIFMIF原型加速器の放射線安全解析、放射線計測を担当、一方で加速器機器の据付のために奔走中。夜間休日の業務は、日々凶暴化する1歳半の息子に係る安全文化の醸成活動など。



むら た いさお  
村田 勲

大阪大学大学院工学研究科環境・エネルギー工学専攻教授。専門は、核融合中性子工学、中性子科学など、中性子を中心とする放射線研究。特にDT中性子による核データ測定やベンチマーク実験を行ってきた。現在は、ホウ素中性子捕捉療法に魅了されている。趣味はテニスと斑入植物収集。



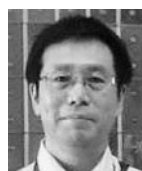
おち あい けん た ろう  
落合 謙太郎

日本原子力研究開発機構 核融合研究開発部門研究副主幹。核融合中性子工学分野の研究に従事。2015(平成27)年4月より、六ヶ所核融合研究所において、次期核融合中性子源の設計に従事。北東北の自然、食べもの、そしてお酒に心奪われております。



かす が い あつし  
春日井 敦

IFMIF 加速器施設開発グループリーダー。4月からは国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構核融合エネルギー研究開発部門六ヶ所核融合研究所になります。現在欧州から怒涛のように送られてくる加速器機器をどのようにさばいて据え付けるか悪戦苦闘中。テトリスのように積みあがる木箱の前に途方に暮れています。目下の悩みは六ヶ所に単身赴任中のため、自宅の薪ストーブ用の薪を集められないこと。原木の伐採情報があればお知らせください。チェーンソー持って手伝いに行きます。



おお ひら しげる  
大平 茂

日本原子力研究開発機構 核融合研究開発部門 核融合炉材料研究開発部長、六ヶ所に来てからもうすぐ8年…サイトの立ち上げからこちらに移った第一陣の残り少ない1人になりつつあります。しかし、まだまだ青森の魅力を探索できていないと感じている今日この頃です。最近はなかなかお気に入りの温泉にも行けないのが悩みか…。これからは強力中性子源を中心に六ヶ所核融合研究所を盛り上げていきたいと思っています。



いし かわ まさ お  
石川 正男

2003年筑波大学大学院博士課程修了。日本原子力研究開発機構。理学博士。主な研究分野は、中性子計測装置の開発や核解析による遮蔽設計、また高エネルギー粒子の輸送研究等。現在はITERの真空容器内に設置する中性子計測装置マイクロフィッションチェンバーの設計を担当。サッカーが大好きで、いつの間にか入ってしまった県リーグ所属のチームの中で落ち行く体力に抗う毎日を過ごしています。



いま ざわりょう た  
今澤 良太

日本原子力研究開発機構研究員。2010年東京大学大学院にて工学博士取得後、ITERのポロイダル偏光計測装置の研究開発に従事。偏光測定、偏光計の応用及び平衡再構築計算に関する研究に集中したいところだが、人手不足から原子力規制に係る機械設計、流体及び電気のダイグラム、RAMI解析、プロジェクト管理など幅広く勉強させてもらっている。業務上必要性を感じ読んだアドラー心理学の本が大変興味深かった。



すけ がわ あつ ひこ  
助川 篤彦

詳細はプラ核学会誌2013年11月号の小特集著者紹介をご覧ください。モットーは「忘己利他」と「自他共栄」。核解析については、時・運・縁に恵まれ、先人の教えを、今風にアレンジできた。お世話になった方々に感謝。核融合分野以外の人材も育ち、次の世代へバトンを渡した。畑で育てた芋からこんにゃくを作る。その度に、こんにゃくが中性子遮蔽材になればいいなとつくづく思う。平成24年度原子力学会技術賞を受賞。



うり たに あきら  
瓜谷 章

1961年和歌山県田辺市生まれ。名古屋大学大学院工学研究科マテリアル理工学専攻教授。研究分野は放射線の計測、イメージング、産業利用など。最近は核融合中性子計測や、ホウ素中性子捕捉療法用の加速器中性子源の開発に注力しています。趣味は、柔道、バードウォッチングやバックギャモンなどです。



にし むら きよ ひこ  
西村 清彦

自然科学研究機構 核融合科学研究所ヘリカル研究部 装置技術・応用物理研究系教授、安全衛生推進部長。基礎プラズマ実験からプラズマ研究に入り、小型装置での高周波加熱、ヘリカル型装置の設計・製作、ヘリカルプラズマの閉じ込め研究、LHDの放射線遮蔽計算を行ってきた。近年は、研究所の安全管理の傍らにトリチウムの除染方法に関する研究を行っている。