

IEA 核融合炉工学協力協定
中性子工学サブタスクワークショップ
(2003年12月9日、京都)

日本原子力研究所
核融合中性子工学研究室
西谷 健夫
nisitani@naka.jaeri.go.jp

このワークショップは IEA の核融合炉工学協力協定下の 4 つのサブタスク (他に個体ブランケット、液体ブランケット、トリチウム工学) の一つである中性子工学の会合である。このサブタスクは、1)核融合関連核種の積分実験、2)積分実験の解析、3)核融合用低放射化材料の放射化特性実験、4)その他 (国際核融合材料照射施設 IFMIF 関連の中性子工学など) を活動テーマとし、日本、EU、ロシア、米国の 4 極が参加している。会合は年 1 回を目処として、核融合工学シンポジウム (SOFT)、核融合材料国際会議(ICFRM)などの核融合工学関連の主要な国際会議に併せて開催している。前回は 2002 年 9 月、第 22 回 SOFT (ヘルシンキ) の前の週にドレスデン工科大学で同大学主催の高速中性子物理ワークショップと合同で開催された。今回は第 11 回核融合材料国際会議(ICFRM-11)のサテライト会合として、12月9日の午後に開催され、18名 (日本6名、EU8名、ロシア1名、米国3名) の参加があった。会合は4時間あまりであったが、前回の会合から1年間の活動報告と次年の活動計画を議論した。以下に各極の活動状況と今後の計画を示す。

1. 各極の活動状況

a) 日本

現在日本における核融合中性子工学は原研 FNS(大学との協力研究を含む)を中心に行われている。FNS における積分実験は、鉄、バナジウム等の単体のベンチマーク実験から、トリチウム増殖ブランケットを模擬したセミモックアップ実験に移っている。実験体系を図 1 に示す。FNS では中性子増倍材としてベリリウム、トリチウム増殖材として Li_2TiO_3 を用いたブランケット模擬体系に 14 MeV 中性子を入射し、 Li_2TiO_3 層内に生成さ

れるトリチウム量を液体シンチレーション法で測定し、MCNP-4C と JENDL-3.3 及び FENDL-2 で解析した。日本が中心となって、EU、ロシア間で増殖ブランケット積分実験におけるトリチウム測定の国際ベンチマーク実験を実施中である。微分実験に関しては、FNS のペンシル中性子ビームを用いて、Be(n, α), Be(n,t)等の荷電粒子生成 2 重微分断面積の測定を大阪大学の高橋研との協力研究で開始した。さらに名古屋大学河出研との協力研究で、パルス中性子インビーム法による短寿命核種放射化断面積の測定を実施している。

国際核融合材料照射施設 (IFMIF) 関連では IFMIF の放射化量評価を目的として、高崎研 TIARA を用いて Cu, Al, W などの IFMIF 加速器構成材料に対する(d,x)反応断面積測定を開始した。一例を図 2 に示す。また東北大 CYLIC において Li(d,xn)反応による角度依存の IFMIF の中性子源スペクトルが測定されている。

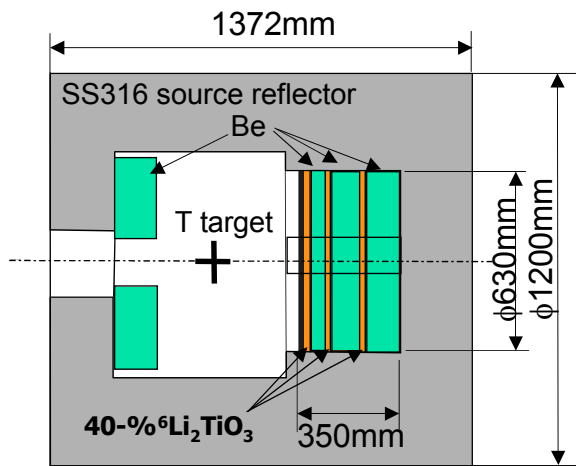


図 1 FNS における 3 層ブランケット実験体系

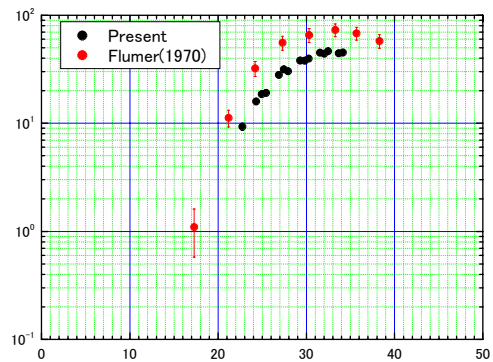


図 2 TIARA で測定した $^{nat}\text{Cu}(d,x)^{62}\text{Zn}$ 反応断面積

b) EU

EU では、イタリア ENEA フラスカッティ研究所、ドレスデン工科大学及びカールスルーエ研究所 (FZK) が中心となって活動している。この 3 者が協力し、フラスカッティ研究所の 14MeV 中性子発生装置 FNG を用いて、タングステンの積分実験を実施し、その実験結果を核データとして、EFF-2.3, EFF-2.4, FENDL-2, JENDL-Fusion File を用いて MCNP-4C 及び DORT で解析した。さらに感度解析も実施した結果、体系深部の中性子束には $^{nat}\text{W}(n,2n)$ 反応の感度が大きく、EFF では再評価が必要なことを示した。また EU が開発を進めているヘリウム冷却ブランケット (図 4 参照) の模擬体系を用いたベンチマーク実験を予定している。

IFMIF 関連では FZK において Li(d,xn)反応による IFMIF の中性子源スペクトルを計算するためのモンテカルロコード McDeLicious を開発するとともに、150 MeV までの中間エネルギー放射化断面積ファイル IEAF-2001 を作成した。

c) ロシア

ロシアはクルチャトフ研究所とオブニンスク研究所（IPPE）が中心となって活動している。ISTC からの予算を得て、バナジウムの積分実験の解析を実施しており、その結果を基にバナジウムの断面積の再評価を行っている。

IFMIF 関連では IPPE において、20 MeV 以上の中間エネルギー領域の測定・評価を実施しており、IEAF の作成に協力している。

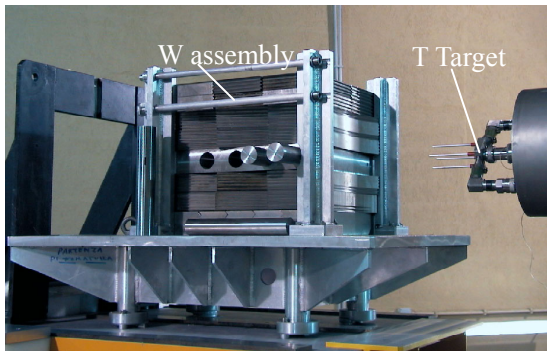


図3 ENGにおけるWの積分実験の体系
(約 $50 \times 50 \times 50 \text{cm}^3$)

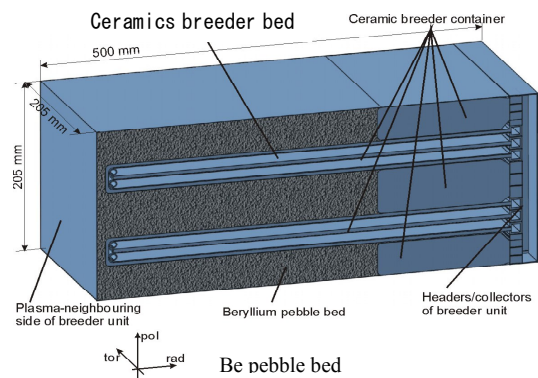


図4 EUのモジュール型He冷却ブランケット

d) 米国

米国では、核融合中性子工学の実験的活動はなく、UCLAのM. Abdouグループを中心として、ANL(Gohar), TSI Inc.(E.T. Cheng)により、核融合炉ARIES-RS/APEXの概念設計を中心に活動している。FLIBE(LiF, BeF₂/2:1)及びFLINABE(LiF, NaF, BeF₂/2:1)の熔融塩を用いたブランケットの核設計を実施するとともに、核融合炉の中性子を利用したマイナーアクチノイドの消滅処理の中性子工学的検討を実施している。

2. 今後の活動予定

このIEA協定は2004年6月で終了であるが、さらに5年間延長することで各極とも合意しており、延長の手続きに入っている。

今後は、現在各極が実施している核融合関連核種の積分実験、放射化評価を継続するとともに、ITERに設置するトリチウム増殖テストブランケットモジュールの開発をターゲットとして、各極のブランケット設計案に基づくベンチマーク実験を実施して行く。さらにIFMIF関連の中間エネルギー領域の断面積測定、積分実験にも力を入れて行くこととした。なお次回のワークショップは2004年9月にイタリアのベニスで開催予定の第23回核融合工学シンポジウム(23rd SOFT)期間中に開催する予定である。