Complete of the conceptual design of the Fusion Neutron Source A-FNS

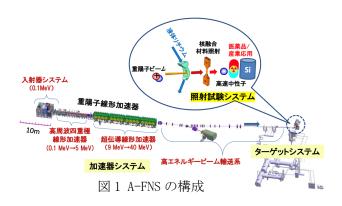
春日井敦, 佐藤聡, 落合謙太郎, 増田開, 太田雅之, 小柳津誠, 権セロム, 長谷川和男, 坂本慶司, 石田真一

KASUGAI Atsushi, SATO Satoshi, OCHIAI Kentaro, MASUDA Kai, OHTA Masayuki, OYAIDZU Makoto, KWON Saerom, HASEGAWA Kazuo, SAKAMOTO Keishi, ISHIDA Shinichi

量研/六ヶ所 QST/Rokkasho

核融合エネルギーは人類究極のエネルギー源として高く期待されている。現在、核融合エネルギーの科学的実証を国際協力で進めている ITER 計画と並行して、21 世紀中ごろに発電実証を目指す核融合原型炉の概念設計が世界中で活発に進められている。原型炉では核融合反応で発生する高エネルギー中性子により炉内の材料特性が変化するため、使用する多様な材料に関する高エネルギー中性子照射特性を明らかにすることが必須である。

日本の原型炉研究開発ロードマップでは、核融合中性子源を用いた中性子照射試験によって 2035 年頃までに核融合炉材料に関する照射データを取得することを、原型炉移行判断の一つの指標にしている。そのため、核融合原型炉内環境を模擬でき、かつ定常的な中性子照射が可能な「核融合中性子源」によって、原型炉に使われる材料の信頼性、耐久性、安全性、経済性等の検証及びその材料の規格・基準作りと許認可対応のためのデータベース構築を、ITER と並行して実施することが必要である。量研は原型炉構造材料の照射データを取得することを



目的として核融合中性子源 A-FNS の概念設計を 完了した。

A-FNS は図1に示すように重陽子線形加速器、液体リチウムターゲットループ、照射試験システム、照射後試験施設等から構成され、40MeVに加速された重陽子とリチウムの核反応により、原型炉材料照射に必要な He 生成と弾き出し損傷との比が 10 程度の高エネルギー中性子を発生させることが可能である。A-FNS サイトは、六ヶ所核融合研究所に隣接する南側の敷地部分)を候補地として検討している。敷地面積は約17~クタールで、A-FNS を構成する建屋は本体棟の他、リチウム取扱棟、放射化物保管棟、制御棟等から構成される(図2)。



図2 A-FNS のサイトレイアウト案

日本の原型炉開発のロードマップでは、核融合炉材料に関する初期照射データを2035年頃までに取得することを、原型炉建設判断の1つの指標にしている。その初期照射データとして、以下の多様な照射データが必要とされている。

- ① ブランケット構造材、ダイバータ機能材、 ブランケット機能材の照射データ
- ② ブランケット中のトリチウム挙動に関する照射データ
- ③ ブランケットの核特性データ
- ④ 原型炉の計測機器、制御機器に関する照 射データ

これらの多様な照射データを効率的に取得できる試験モジュール概念の確立のため、重陽子とリチウムとの間の核反応により発生する中性子及びガンマ線の輸送計算等を大型計算機を利用して計算、A-FNS 照射場の中性子及びガンマ線分布を十分に評価し、照射試験体の目的や特性に応じて、以下の9種類の照射試験モジュールに関する A-FNS 中性子照射場での設置適正化を行なった。

- ①ブランケット構造材料照射試験モジュール
- ②ブランケット機能材料照射試験モジュール
- ③ダイバータ機能材料照射試験モジュール
- ④放射性腐食生成物試験モジュール
- ⑤トリチウム放出回収特性試験モジュール
- ⑥クリープ疲労試験モジュール
- ⑦ブランケット核特性試験モジュール
- ⑧計測制御機器照射試験モジュール
- ⑨中性子東計測試験モジュール

温度特性や目的の異なる照射試験モジュールに対し、中性子及びガンマ線による核特性や熱特性に関する計算シミュレーションを積み重ね、照射試験体の核設計、熱設計、構造設計、遠隔保守設計等を行い、複数の照射試験モジュールを試験できる概念を構築した。図3にA-FNS 照射試験セルの概念、中性子束分布と照射試験モジュールの配置を示す。図4に材料試験片を入れた照射キャプセルと照射モジュールの模式図を示す。A-FNS 用の照射モジュールの共通規格としてハニカム円筒型モジュール概念を考案した。遠隔保守による交換方式・取合い構造の構築を図り、照射条件を均一化させる設計とした。

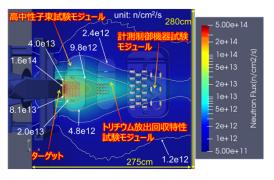


図3 A-FNS の照射試験セルと中性子束分布

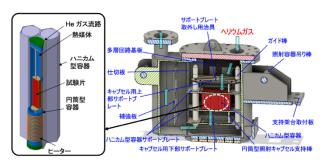


図4 照射キャプセルと照射モジュール

A-FNS 照射試験セルに設置する照射モジュー ルは中性子により放射化され、照射試験体の放 射化レベルは非常に高い。高放射線場で狭隘な 空間の照射試験セル内で、遠隔操作による切 断・溶接等により、多くの配管やケーブル類の 遠隔継手を高精度で分離・接続する方法が必要 であり、技術課題が多い。この課題を解決する ために、遠隔操作による照射モジュールの交換 方式として、照射試験セル側壁に設置する遮蔽 プラグと一体に水平方向に照射試験セルから 側方アクセスセルへ引き抜く遠隔保守方式を 考案した。図5に照射モジュールの遠隔保守方 式の概念図を示す。高放射線場で狭隘な空間で の照射試験セル内での配管やケーブルの遠隔 継手を排除し、側方アクセスセルのホットセル 内でマニピュレータを使いながら配管やケー ブルの遠隔継手を行う方式を適用することに より、遠隔保守性に優れた遠隔保守方式とした。

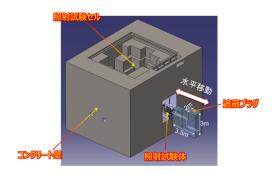


図5 照射モジュールの遠隔保守の概念

A-FNS では、核融合炉材料の照射データ取得に加えて、大量に発生する中性子を利用して産業や学術用の多目的な中性子利用も可能とさせる中性子源を目指している。A-FNS で得られる大強度かつ定常の中性子を用いて、がん治療や検査薬のための医療用アイソトープ製造、農業、半導体製造などの工業分野への応用、医学・科学研究応用など、幅広い利用に道を開くものと期待される。