

## トカマクプラズマ中性子源の検討 Examination of Tokamak Plasma Neutron Source

坂井亮介, 藤田隆明, 岡本敦, 有本英樹  
Ryosuke Sakai, Takaaki Fujita, Atsushi Okamoto, Hideki Arimoto

名古屋大学大学院工学研究科  
Grad. School of Eng, Nagoya University,

### 1. 導 入

高速炉や加速器による中性子を利用した超長半減期放射性廃棄物の処理(核種変換)が考えられている. DT核融合反応を用いることで比較的安価に大量の高エネルギー中性子を生成できる可能性がある. そこで本研究ではトカマクプラズマによる中性子源を検討する. 銅コイルを用いた低アスペクト比の装置を基本とし, 炉設計システムコードPEC(Physics-Engineering-Cost)[1]を用いて, 極力実証されたプラズマ性能・炉工学技術の範囲で中性子生成コストを最小とするパラメータを探索する.

### 2. 計算方法

PECコードは, 核融合出力 $P_{\text{fus}}$ 等の目標値, アスペクト比 $A$ 等の入力数値から, プラズマパラメータ, 工学設計を決定する. まず, 初期値のプラズマ大半径 $R_p$ として仮の数値を設定し, 目標値を満たすまで $R_p$ を変えて反復計算をする.  $R_p$ が決定すると, 径方向の工学設計であるラジアルビルドが計算される. ラジアルビルドから各設備の体積, 質量を計算し, コストの算出を行う. コストの評価には中性子出力1kWhあたりの中性子単価(CON:Cost of Neutron)を用いる. 正味電気出力 $P_{\text{e-net}}$ による売電収入も考慮する.

### 3. 計算条件

放射性廃棄物の核分裂反応を想定しブランケットでのエネルギー増倍率を20とした. 高磁場側ラジアルビルドにおいては, プラズマ第一壁距離を0.10 m, シールドの厚さを0.26 mとした. センターポストの最大磁場は8Tとした. 熱効率はSSTRと同じ34.5%とし, 加熱・電流駆動装置の効率は50%とした.

非円形度 $\kappa$ の $A$ 依存性及び規格化ベータ値 $\beta_N$ の $A$ ,  $\kappa$ 依存性は文献[2]に従い以下のように仮定した. ただし $\beta_N$ の式の係数については $A=3$ ,  $\kappa=2$ で $\beta_N=3.0$ となるように変更した.

$$\kappa = 1.082 + 2.747 / A \quad (1)$$

$$\beta_N = 3.0 \left( \frac{3.0}{A} \right)^{0.59} \left( \frac{\kappa}{2} \right)^{0.5} \quad (2)$$

エネルギー閉じ込め時間としてITER 98(y,2)則を用い, それに対する改善度は1とした. 電流駆動としてはNBCDを想定しその電流駆動効率は文献[3]の式を用い, ビームエネルギーは200keVとした. 入射ビームによる核融合反応は今のところ考慮されていないが, 今後導入する予定である.

### 4. 計算結果

炉の熱出力が現在の原子力プラントと同程度の3GW程度となるよう核融合出力を $P_{\text{fus}}=150\text{MW}$ として,  $A=1.5, 2.0, 2.5, 3.0$ の4通りのパターンで評価した. 表.1にいくつかのパラメータに対する計算結果を示す.  $P_{\text{e-gross}}$ は総発電電力,  $P_{\text{add}}$ は加熱・電流駆動パワー,  $P_{\text{coil}}$ はコイルに用いる電力を表す.  $P_{\text{add}}$ の $A$ 依存性は弱い,  $P_{\text{coil}}$ は $A=1.5$ で増大する結果となった.  $A=3.0$ では装置建設コストが増大した.

今後さらに細かく $A$ をスキャンし, 各数値の $A$ 依存性を調査し, 最適な $A$ を決定する.

表.1 計算結果の一部

$P_{\text{fus}}$ [MW]	150			
A	1.50	2.00	2.50	3.00
$\kappa$	2.91	2.46	2.18	2.00
$\beta_N$	4.74	3.89	3.36	3.00
$R_p$ [m]	2.29	2.18	2.61	3.30
$I_p$ [MA]	16.71	11.79	9.55	8.21
$P_{\text{e-gross}}$ [MW]	829.81	829.58	829.74	829.77
$P_{\text{add}}$ [MW]	63.58	65.51	66.68	68.08
$P_{\text{coil}}$ [MW]	388.18	303.20	293.89	306.21
$P_{\text{e-net}}$ [MW]	281.28	362.19	369.31	354.20

### 5. 参考文献

- [1] K. Yamazaki, T.J. Dolan, Fusion Eng. Des. 81, 1145-1149 (2006)
- [2] C.P.C. Wong et al., NF 42, 547 (2002)
- [3] Y-K.M. Peng, et al., PPCF 47, B263 (2005).