

Optimization Study on Normal Conducting Tokamak Neutron Source for Nuclear Transmutation Processing

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

高速中性子を利用した超長半減期放射性廃棄物の処理が考えられている。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DT核融合反応の応用が提案されている。本研究では常伝導コイル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_{fus} , 外側ブランケット表面積 $S_{ofw}(=2\pi R_{ofw} \times 2Z_{ofw})$ 等の目標値, アスペクト比 A 等の入力値から、プラズマパラメータ, 工学設計を決定する。

まず、センターポスト最大磁場 B_{max} , プラズマ大半径 R_p として仮の数値を初めに設定する。目標 P_{fus} を満たすまで R_p を変えて反復計算をする。 R_p を決定すると、径方向の工学設計が計算される。その設計から各設備の体積, 重量を計算する。目標 S_{ofw} を満たすまで、 B_{max} を変え、再度目標 P_{fus} のための R_p 反復計算から実行し直す。各目標値を満たした設計値からコストを評価する。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。正味電気出力による売電収入も考慮する。

3. 計算条件

[2]を参考に、 $P_{fus}=180\text{MW}$, $S_{ofw}=126\text{m}^2$ とし、放射性廃棄物の核分裂反応熱を含むブランケットの熱出力 P_{th} を 3GW 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 0.10m , シールド厚さを 0.26m 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 κ の A 依存性及び規格化ベータ値 β_N の A, κ 依存性は[3]に従い以下のように仮定した。ただし β_N の式の係数は以下のように変更した。 β_{N0} は $A=3.0(\kappa=2.0)$ の時の β_N である。

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

$$\beta_N = \beta_{N0}(3.0/A)^{0.39}(\kappa/2.0)^{0.5} \quad (2)$$

エネルギー閉じ込め時間として ITER98(y,2)則を用いた。電流駆動としてNBCDを想定し、その効率は $0.2[10^{20}\text{A}/(\text{m}^2\text{W})]$ とした。

4. 計算結果

閉じ込め改善度 $H_{98y2} = 1.0$ として、 A, β_{N0} をスキャンし、 $\beta_{N0}=3.0$ として、 A, H_{98y2} をスキャンした。図.1, 2にCONの計算結果を示す。 $A=2.25$ 付近で極小値を取り、 $A=2.25$ 付近が最適であることが分かった。 β_N が増加するとプラズマ電流・閉じ込め時間の減少に伴いNB出力が増大しCONが増加した。 $\beta_{N0}=2.0$ ではプラズマ電流の増加に伴うコイルの消費電力の増大の影響が大きく、CONが増加した。 H_{98y2} が増加するとNB出力が減少しCONが低下した。

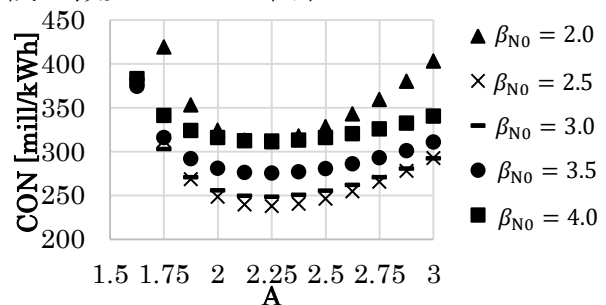


図.1 A, β_{N0} スキャン結果

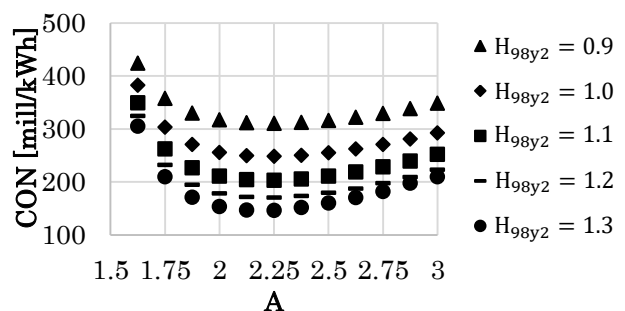


図.2 A, H_{98y2} スキャン結果

5. 参考文献

- [1] K. Yamazaki, T.J. Dolan, Fusion Eng. Des. 81, 1145-1149 (2006)
- [2] W.M. Stacey et al., Nucl. Tech. 162 53 (2008).
- [3] C.P.C. Wong et al., NF 42, 547 (2002)