

ヘリカル型核融合炉FFHR-d1Cの設計進展
— 磁場配位最適化と3次元工学設計 —

Progress of Design Studies on the Helical Fusion Reactor FFHR-d1C with Configuration Optimization and Three-Dimensional Engineering

柳 長門, 後藤拓也, 宮澤順一, 田村 仁, 寺崎義朗, 田中照也, 相良明男
Nagato Yanagi, Takuya Goto, Junichi Miyazawa, Hitoshi Tamura, Yoshiro Terazaki,
Teruya Tanaka, Akio Sagara

核融合研 (NIFS)

NIFSではヘリカル型核融合炉FFHR-d1Aの概念基本設計をまとめ[1,2]、現在はこれを小型強磁場化してコスト低減を図ったFFHR-c1の検討を進めている[2,3]。これらの設計では、大型ヘリカル装置LHDの磁場配位を採用し、大きさを相似拡大している。一方、磁場配位を少しだけ変えた設計をFFHR-d1Cと名付け多岐路線として展開することで、FFHR炉設計をより強固なものにしている[1]。

FFHR-d1Cでは、LHDから大きくずれない範囲でヘリカルコイルの巻線則（ピッチ変調や楕円度）や垂直磁場コイルの位置や形状を調整することで、新古典輸送の低減とMHD安定性の高度な両立を模索している。磁場配位として、現状、[5]で提案された最外殻形状最適化配位を採用し、これをもとにコイル配置の設計を行った[4]。真空磁気面をFig. 1に示す。ヘリカル炉ではブランケットによってダイバータを1次中性子から遮蔽できる効果が有効であるが、この配位ではそれが極めて大きい[4]。また、この配位における α 粒子の閉じ込め性能についても検討しており、真空磁場配位では最外殻磁気面の7割の小半径から出発させると直接損失は2割程度であるなど、FFHR-d1Aと遜色のない結果を得ている[4]。

このオプションの3次元工学設計では、まず、d1Aやc1と同様、高温超伝導導体の接続巻線を基本としている[4]。特に、REBCO線材を単純積層したSTARS導体のヘリカル巻線における捩じり角について、線材にかかる歪を最小化する検討を行っている。また、高電流密度化を図るために導体間の電気絶縁を外した無絶縁巻線オプションについても検討を進めている。ブランケットとダイバータの保守は、工学設計において極めて重要な課題である。現在進んでいるFFHR-c1の設計ではカートリッジ型ブランケット (CARDISTRY-B) を液体／ペブルダイバータ (REVOLVER-D) とともに用いることで保守作業を簡便にする方式が提案されている[3]。一方、FFHR-d1Cでは従来からのヘリカル形状での保守方法について検討を継続している (Fig. 2) [4]。問題となるのは高放

射線環境下における炉内へのアクセスである。作業時間を延ばすため保守時のみ真空容器内を水で満たす「水族館方式」を提案した[4]。この方法を使えばロボットアームが受ける γ 線量を大幅に低減することが可能であり、現在の原子力技術の延長と位置付けられる。また、水を導入することは第一壁表面からのトリチウム除去にも有効である。ただし、保守後における大量の水からのトリチウムの分離方法など多くの検討が必要である。

- [1] A. Sagara et al., FED **89** (2014) 2114.
- [2] A. Sagara et al., NF **57** (2017) 086046.
- [3] J. Miyazawa et al., FED **136** (2018) 1278.
- [4] N. Yanagi et al., JoFE (2018) 1.
- [5] S. Okamura, PFR **8** (2013) 2402029.

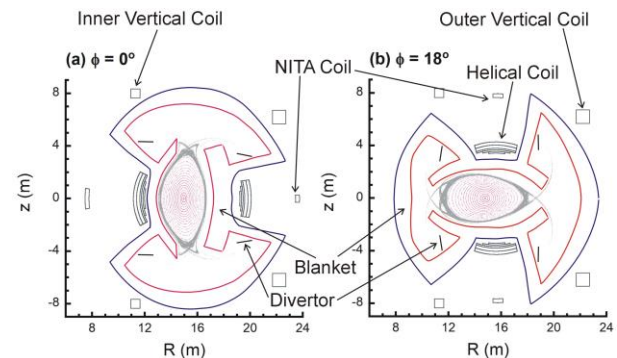


Fig. 1 Vacuum magnetic surfaces of FFHR-d1C at two toroidal cross-sections (a) $\phi = 0^\circ$ and (b) 18° .

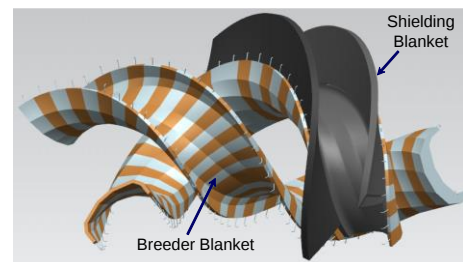


Fig. 2 Helically-segmented blanket. “Aquarium Method” maintenance is carried out under water.