



準軸対称ヘリカル装置CFQSの現状

清水 昭博

- 核融合科学研究所と西南交通大学のジョイントプロジェクト
- CFQSの主要パラメータと建設場所
- CFQS装置建設の進捗状況

2017/7/3 国際学術交流協定を、核融合科学研究所と中国・西南交通大学間で締結

- ・核融合科学研究所と西南交通大学は、準軸対称ヘリカル装置CFQSを、共同で設計、建設することに合意
- ・核融合科学研究所と西南交通大学のジョイントプロジェクト(コミット 50:50)

2018/5/30 第1回運営会議

2019/5/29 第2回運営会議

2020/11/12 第3回運営会議(オンライン)

・これまでに、両機関の経営層を含む運営委員が出席の下、ジョイントプロジェクトの進捗を確認

→ NIFS-SWJTU JOINT PROJECT FOR CFQS – PHYSICS AND ENGINEERING DESIGN- を発行



第1回運営会議(2018/5/30)

核融合科学研究所

- ・ CHS-qaに基づく基本設計
- ・ CHSにおける既存設備の活用
 - ・ 電子サイクロトロン共鳴加熱装置(ジャイロトロン)
 - ・ 中性粒子ビーム入射加熱装置
 - ・ 真空排気システム
 - ・ マイクロ波干渉計
 - ・ 重イオンビームプローブ等の計測器

西南交通大学

- ・ CFQS実験装置
- ・ CFQS実験室
- ・ 各種電源
- ・ 冷却水システム等各種ユーティリティ



第2回運営会議(2019/5/29)

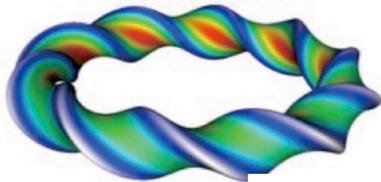
NIFSにおけるCHS-qaのこれまでの設計研究 (K. Matsuoka et al., Plasma Physics Reports 23 (1997) 542、S. Okamura et al., Nuclear Fusion 44 (2004) 575等)、公知の事実に基づいてCFQSを設計



第3回運営会議 (2020/11/12 オンライン)

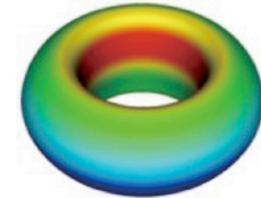
ヘリカル

- プラズマ電流が必要ない
→ 定常運転が可能
- ヘリカルリップルによる、粒子軌道の劣化と大きい新古典輸送
- ヘリカルリップルによる高粘性

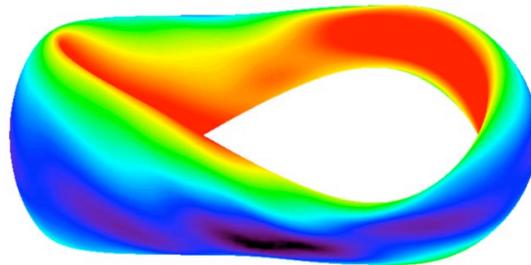


トカマク

- プラズマ電流が必要
→ ディスラプション
- 軸対称性による、良好な粒子軌道と小さい新古典輸送
- 低トロイダル粘性



準軸対称ヘリカル配位

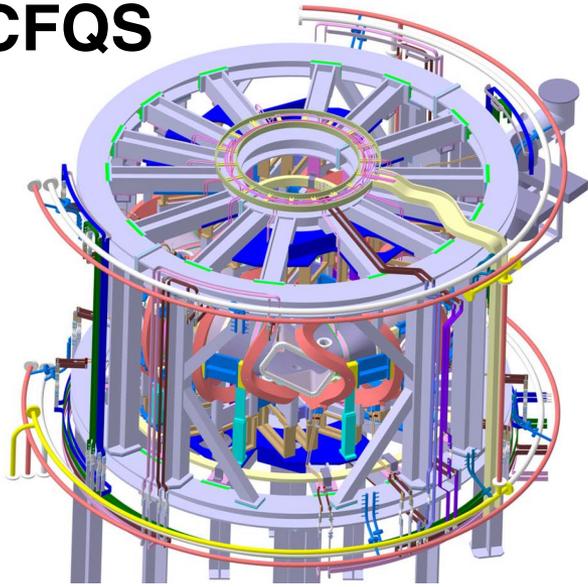


ヘリカル及びトカマク両方の利点を兼ね備える。

将来の核融合炉の候補として魅力的

- CFQS装置は、準軸対称ヘリカル配位の原理検証実験を実施
 - 低トロイダル粘性から期待されるシアフロー、異常輸送の低減と改善モードの実現、乱流特性の研究、良好なMHD安定度の実証等を想定
 - 研究ユニットにおける研究課題を実施するための魅力的な実験プラットフォーム
- 小回りの利く実験装置であり、学生教育の場としても活用
 - 総研大と西南交通大学における共同学位プログラム(2020/5~)

CFQS



主要パラメータ

- ・大半径 1 m
- ・平均小半径 0.25 m
- ・磁場強度 1 T
- ・トロイダル周期数 2
- ・モジュラーコイル数 16

加熱装置

- ECH: 54.5 GHz, 450 kW
- NBI: 接線入射, 30 keV, 1 MW
- 放電時間: 100 ms ~ 200 ms
- 放電間隔: 10 分程度

ISS95 スケーリングから予想される温度

$$\tau_{ISS95} = 0.079 a^{2.21} R^{0.65} P_{abs}^{-0.59} \bar{n}_e^{-0.51} B_t^{0.83} t_{2/3}^{0.4}$$

モジュラーコイル (MC):

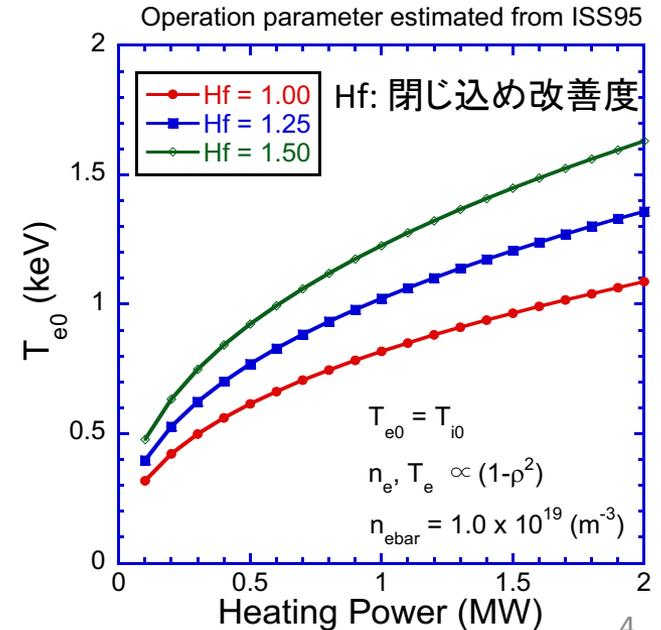
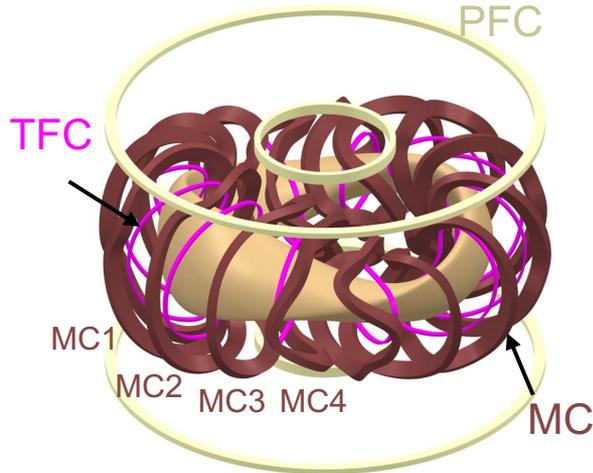
- 磁場配位生成
- 電流比によるパンピーリップル制御

ポロイダル磁場コイル(PFC):

- 磁気軸位置制御

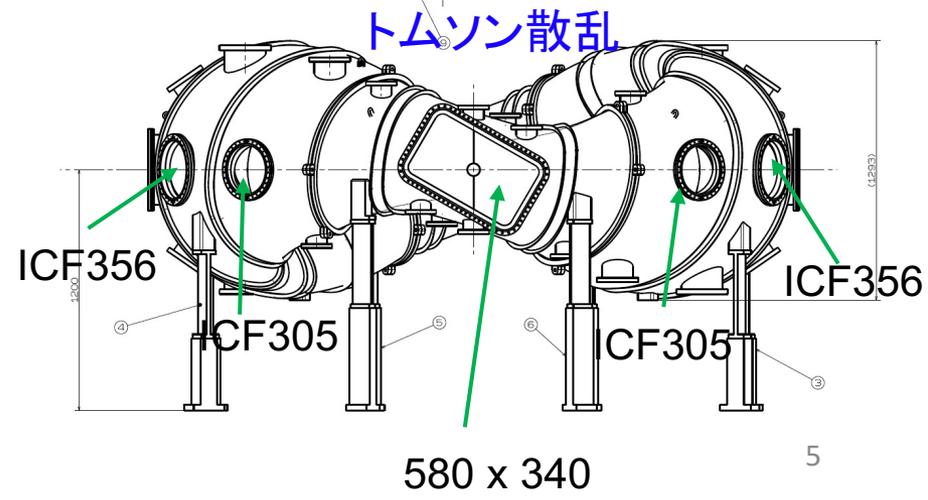
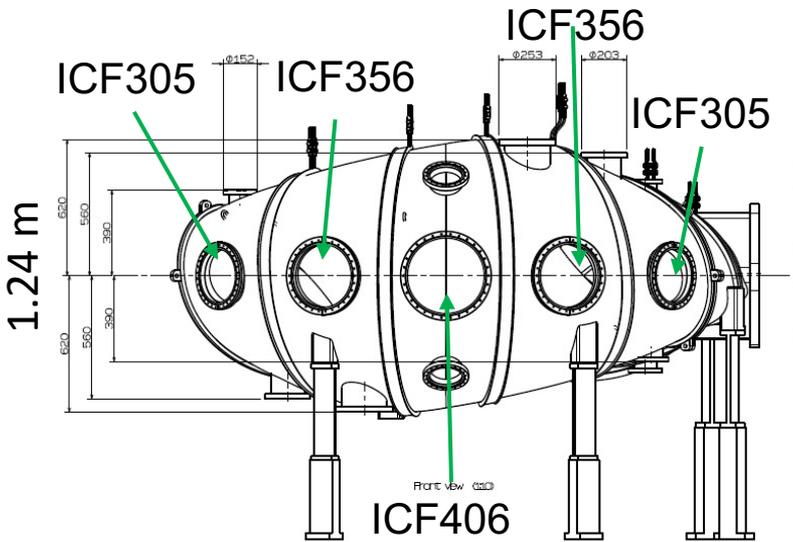
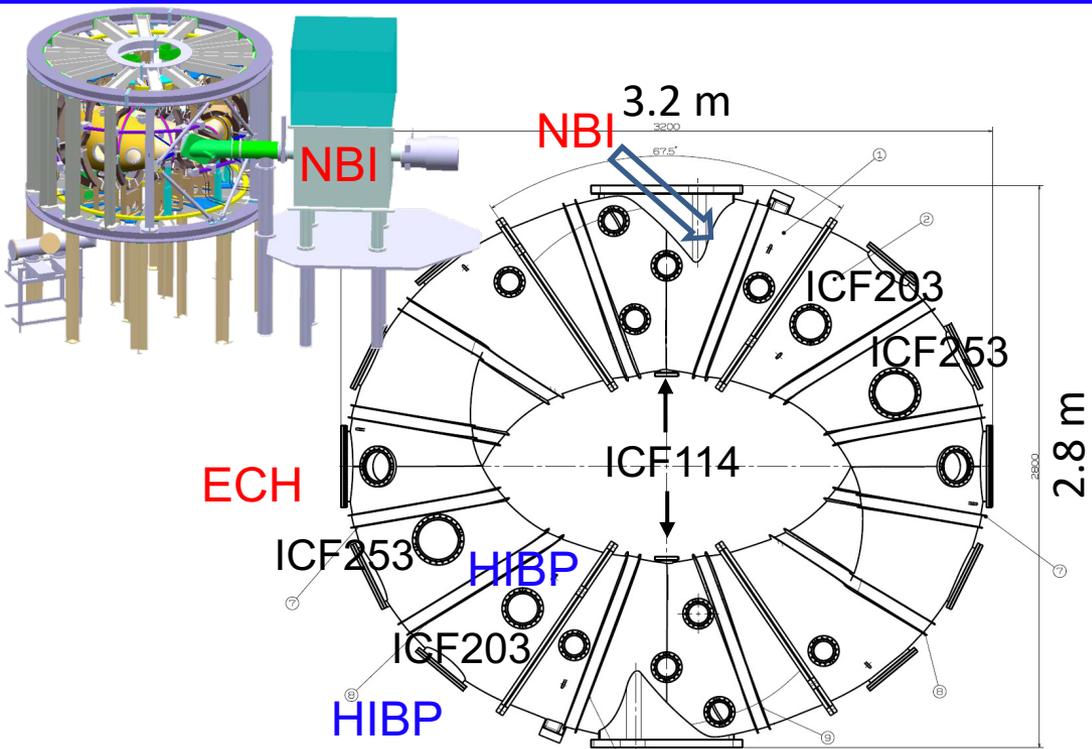
トロイダル磁場コイル(TFC):

- 回転変換制御
- パンピーリップル制御



○ポート:
 矩形ポート(580 x 340) 2個
 NBI, トムソン散乱計測に利用
 ICF152以上のサイズのポート 44個

○計測器:
 充実した基本、揺動計測機器を整備
 HIBP、
 トムソン散乱、マイクロ波干渉計・反射計、
 荷電交換分光、不純物分光、
 ラングミュアプローブ、
 損失高速イオンプローブ等



中国・成都の天府新区における西南交通大学の新キャンパス内にCFQS実験室を建設。



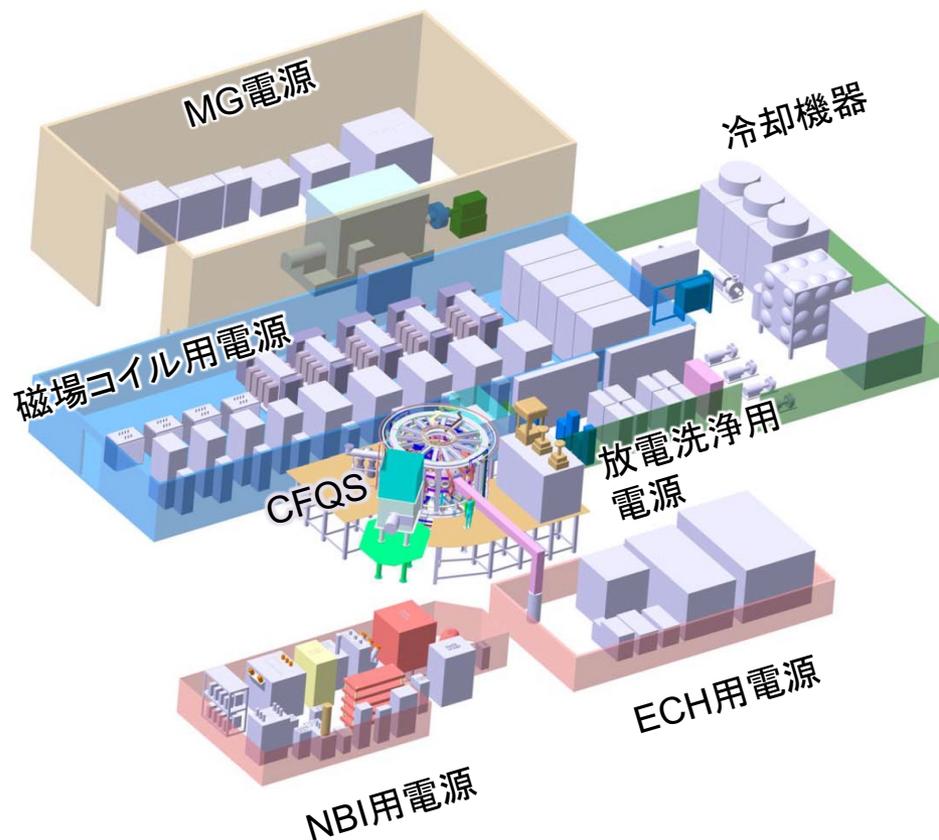
成都の天府新区における西南交通大学の新キャンパス内

実験室建屋のデザイン

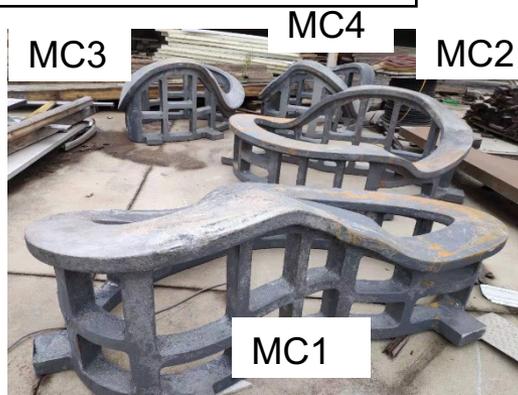


Provided by Design Institute of SWJTU

CFQS実験装置加熱機器、電源機器、ユーティリティ機器の配置



モジュラーコイル実機



コイル巻枠の鍛造品
コイルは4種類、それぞれ4個、合計16個を製作する。

MC4-1



巻線



真空含浸

MC4-2

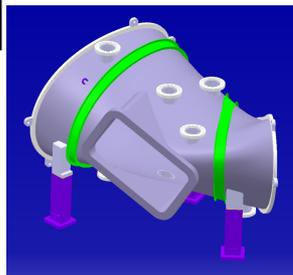


2個目のコイルの巻線を完了

真空容器 (VV)

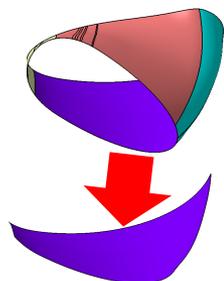
1/4トロイダルセクションの建設を開始

VVの1/8トロイダルセクションを4つの板に分解

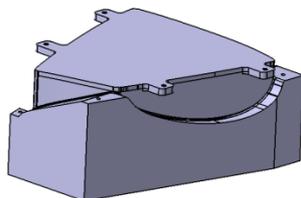


プレス加工用の型枠(Part1用)

他のパーツのプレス加工用の型枠



Part 1



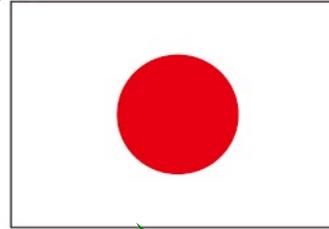
- 2022年度内のファーストプラズマを予定。
- ファーストプラズマは、磁場強度0.1 Tの条件で生成する予定。

国際エネルギー機関におけるステラレータヘリオトロン技術協力プログラム(IEA SH TCP)に基づく研究協力

工学設計を支援



マックスプランク
プラズマ物理研究所



- ・物理・工学設計を主導
- ・加熱・先進計測機器を整備し、実験研究を主導

核融合科学研究所

京都大学 日本学術振興会研究拠点
形成事業

名古屋大学 国内における
研究ネットワーク
の基盤強化

九州大学

国内核融合研究コミュニティ

共同実験研究への参画

エネルギー環境
科学技術センター

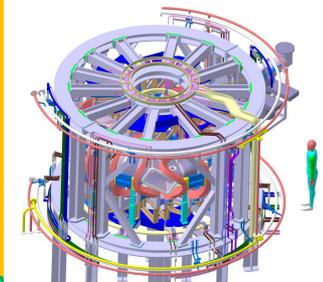
一般物理
研究所

ハリコフ物理
工学研究所

オーストラリア
国立大学

コスタリカ
技術研究所

準軸対称ヘリカル装置CFQS



装置建設資金、建屋、及び人的資源を提供



西南交通大学

2020/12よりIEA
SH-TCPに参加

中国科学院
プラズマ物理研究所

西南物理研究院

華中科技大学

北京大学

核融合研究への参画

マハーサーラカム大学



物理設計を支援

プリンストンプラズマ
物理研究所

オークリッジ国立研究所

オーバーン大学

ウイスコンシン大学

- 核融合科学研究所と西南交通大学のジョイントプロジェクトとして、準軸対称ヘリカル装置CFQSの建設を進めている。大半径1 m、平均小半径0.25 m、磁場強度1 Tの装置規模である。核融合科学研究所の実験研究プラットフォーム、学生教育の場として活用。
- 核融合科学研究所は、CHSの既存の設備を活用し、加熱機器や計測機器を整備する。西南交通大学は、CFQSの装置、実験室、各種ユーティリティを整備する。
- 現在、モジュラーコイル、真空容器の製作を進めている。2022年度のファーストプラズマを予定。

CFQS物理・工学設計の成果をまとめたドキュメント(2020/11)

NIFS Report (NIFS-PROC Series)

NIFS-SWJTU JOINT PROJECT FOR CFQS
-PHYSICS AND ENGINEERING DESIGN-
VER. 3.1 2020 NOV.

<https://www.nifs.ac.jp/report/nifsproc.html>
NIFS-PROC-119

