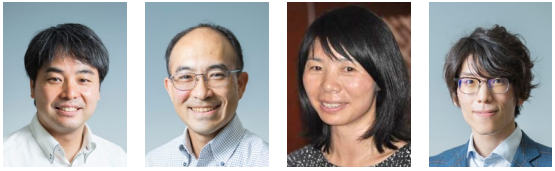
エネルギー物理工学講座
核融合・電磁工学分野



機械知能・航空工学科　量子サイエンスコース（大学院：量子エネルギー工学専攻）

准教授 伊藤 悟　准教授 江原 真司　講師 程 衛英　助教 宍戸 博紀

本研究室では、核融合炉を未来のエネルギー源として活用するために、流体工学・伝熱学・電磁気学・構造力学などを統合したエネルギー総合工学の観点から、核融合炉の先進設計研究に取り組んでいます。

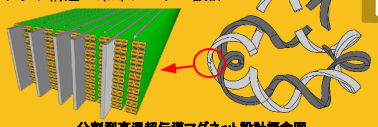
伊藤・江原・程研究室ホームページ：https://web.tohoku.ac.jp/afre/
研究室に興味があり、個別で相談したい場合は宍戸助教 (hiroki.shishido.a7@tohoku.ac.jp) まで。

核融合炉の実現に向けた挑戦！

分割型高温超伝導マグネットの設計・開発

核融合炉の超伝導マグネット：複雑な形状・高い製造コスト
➡ 分割型高温超伝導マグネットの提案（分割製造＋着脱可能）
利点：製造簡素化，メンテナンス性向上
核融合炉実現に必須！

- マグネット構造・冷却システム設計

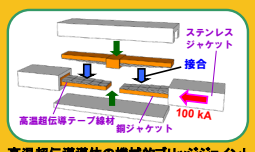


分割型高温超伝導マグネット設計概念図

- 大型高温超伝導導体の開発

大型高温超伝導導体
（100 kA 1時間通電 at 4.2 K 実証）

- 機械的接合法の開発



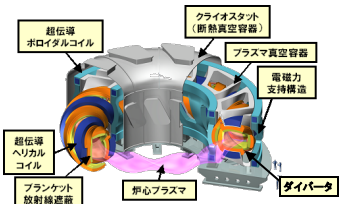
高温超伝導導体の機械的ブリッジジョイント

- 金属多孔質体を用いた接合部局所冷却法の開発

液体窒素冷却試験装置

- プロトタイプマグネットの製作

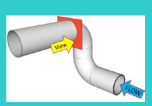
分割型高温超伝導マグネットプロトタイプ



ヘリカル型核融合炉FFHR-d1
（核融合科学研究所）

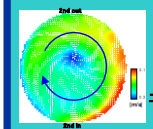
ダイバータ冷却技術の開発

ダイバータでの超高熱流束除去の必要性
➡ 自己形成流動場を利用したダイバータ冷却
- エルボ配管内に生じる旋回流を利用した高効率ダイバータ冷却方式
- 流動場解明および伝熱実験による除熱実証

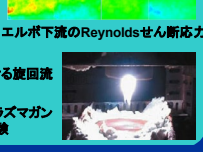


三次元接続二段エルボ配管

三次元接続二段エルボ配管
（流動場解明試験用）



二段エルボ出口における旋回流



エルボ下流のReynoldsせん断応力

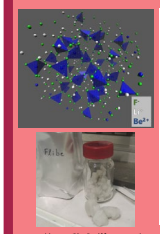
高熱流束源アークプラズマガンを用いた除熱実証実験

先進液体ブランケットの設計・開発

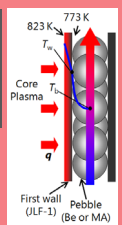
冷却と燃料(^{3}H)増殖を兼ねた簡素な設計・高メンテナンス性

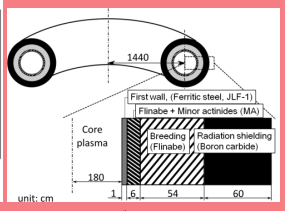
高温溶融塩Flibeブランケット：
- 冷却・燃料増殖に適した新型溶融塩の開発
- 放射性廃棄物処理（核転換処理）機能を有する先進核融合炉用ブランケットの冷却・核特性設計

三面複層コーティング流路の試作



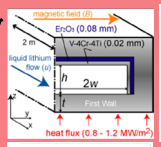
分子動力学による新型溶融塩の開発



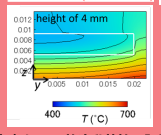


核転換処理機能を有するブランケットの冷却・核特性設計

液体Li/V流路ブランケット：
- 三面複層コーティングによるMHD圧力損失の低減
- Li/Vブランケットの熱流動設計



東北大金研強磁場超伝導材料研究センター



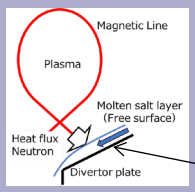
流路内MHD熱流動特性の評価

強磁場実験施設を利用したMHD圧力損失低減効果実証試験

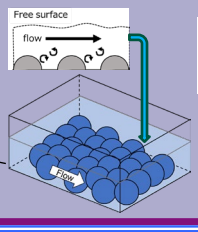
先進設計

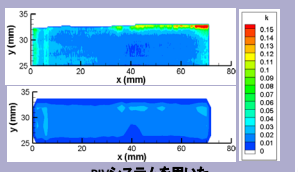
先進液体ダイバータの設計・開発

高温溶融塩Flibeダイバータ
- MHD効果の小さい溶融塩を利用した先進液体ダイバータ
- 乱流促進体（ベブル、グルーブ構造）を用いた高Pr流体の熱伝達促進



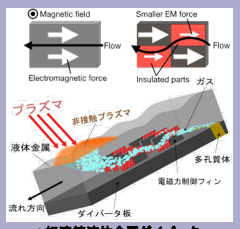
高温溶融塩Flibeダイバータ



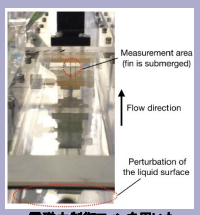


PIVシステムを用いた自由表面付近の乱流エネルギー評価

4 相連続液体金属ダイバータ
- 固体／液体／気体／プラズマの4相が連なるダイバータシステム構想
- MHD効果を利用した電磁力制御フィンによる液体金属撹拌システム
- ダイバータプラズマ領域への気泡導入による熱流分散



4 相連続液体金属ダイバータ



電磁力制御フィンを用いた磁場中における液体金属撹拌実験

磁場下における液体金属中の気泡浮上実験

研究テーマとその概要

- 分割型高温超伝導核融合マグネットの設計・開発と応用超伝導研究への展開
- 先進液体ブランケットの設計・開発（Flibeブランケット、液体Liブランケット）
- 先進液体ダイバータの設計・開発（Flibeダイバータ、4相連続液体金属ダイバータ）
- 自己形成流動場を利用したダイバータ冷却技術の開発
- 核融合中性子の有効活用による高レベル放射性廃棄物の核変換システムの開発

直近2年の卒業生進路状況

［博士前期：日立製作所，IHI，JFEスチール，ボッシュ，テプコシステムズ，東双みらいテクノロジー，博士後期課程進学］
［博士後期：重慶理工大学（助手研究員）］　［学部：神戸製鋼，ジャムコ，リコーITソリューションズ］