

# Energy Physics Engineering

## Advanced Fusion Reactor Engineering

### 核融合・電磁工学分野(橋爪・結城研究室)

*Department of Quantum Science and Energy Engineering*

H. Hashizume  
Prof.



K. Yuki  
Associate Prof.



S. Ito  
Assistant Prof.



S.M. Hosseini  
Assistant Prof.



教授：橋爪秀利

講師：結城和久

助教：伊藤悟

助教：Hosseini Seyed Mohammad

事務補佐員：尾本由美

学生

D3：佐竹正哲

M2：小原啓、加藤喬之、瀬戸奈央、滝口真吾、山岸瑛

M1：阿部祐子、蛭原勇紀、松井章、茂庭圭介、吉田和弘

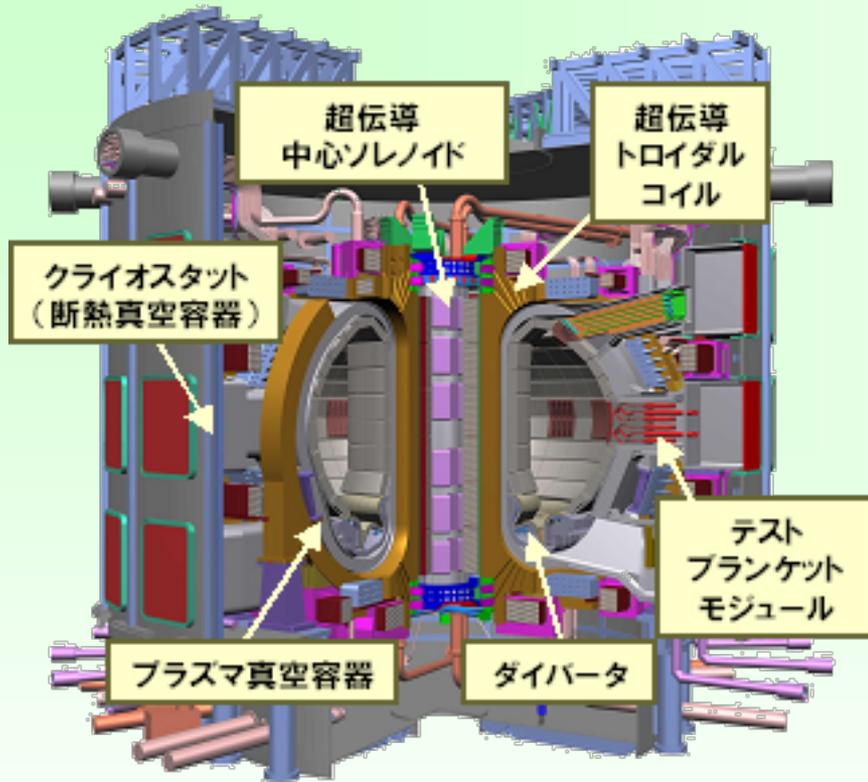
B4：青柳光裕、坂下武志、佐藤司、信重慧悟

B3：青谷雄太、内田美子、酒井康智、清水克矢、長谷川駿介

計20名

出身地：北海道、宮城、山形、茨城、埼玉、東京、千葉、新潟、長野、福井、静岡、愛知、滋賀、大阪、和歌山、兵庫、徳島、福岡、イラン

# 核融合炉実現に向けての挑戦！



国際熱核融合実験炉 I T E R



ヘリカル型発電実証炉 F F H R

## 核融合炉のキーコンポーネント

- 超伝導マグネット
- ブランケット
- ダイバータ

複雑な構造  
高熱・高電磁負荷

先進的・創造的  
工夫が不可欠

# 研究領域

## ■ 核融合炉キーコンポーネントの開発

- 超伝導マグネット：分割型高温超伝導マグネットの開発
- ブランケット：先進液体ブランケットの開発  
テストブランケットモジュールの設計
- ダイバータ：超高熱流束除去技術の開発

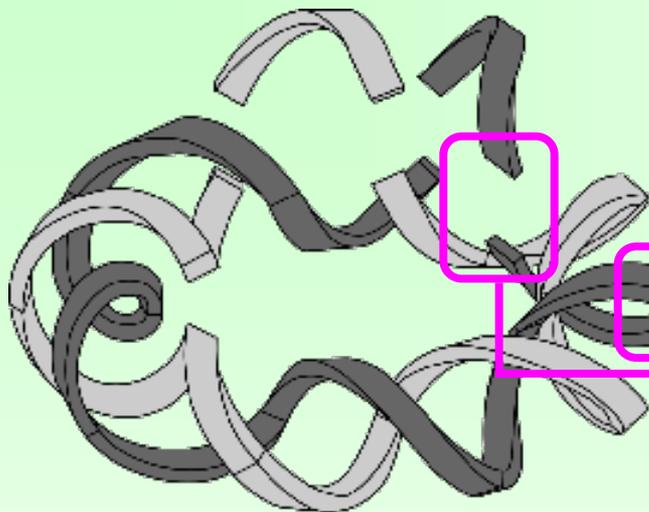
## ■ 炉工学一般（合理的保全システムの構築）

- 配管減肉対策：マルチエルボ内複雑流動場の解明  
液滴衝突エロージョン現象の解明
- 配管探傷技術：クラックレーダー（マイクロ波非破壊検査技術）の開発

## 学問分野

伝熱学、流体力学、電磁気学、材料力学 etc

# 分割型高温超伝導マグネットの開発



分割型超伝導マグネット

## マグネットの着脱が可能

- パーツごとの製造 → 製造の簡易化
- 炉内構造物（ブランケット・ダイバータ）へのアクセス性向上 → メンテナンスの簡易化

## 着脱可能な機械的接合



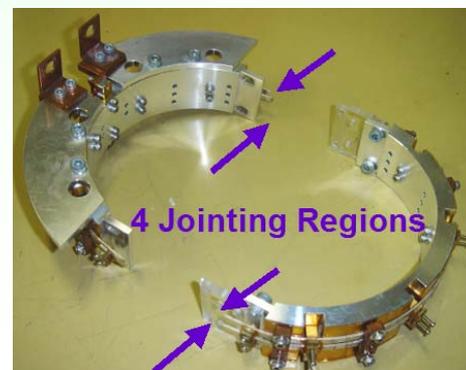
接合部のジュール発熱による温度上昇に起因するクエンチ（常伝導転移）の回避が必要！

## 高温超伝導ケーブルの機械的接合法・接合部局所冷却法の開発

液体窒素温度でも冷却可能な高温超伝導体は比熱を大きくすることができる。  
（金属超伝導体は液体ヘリウムによる冷却が必要）



高温超伝導ケーブルの機械的接合法



分割型マグネットプロトタイプ

# 先進液体ブランケットの開発

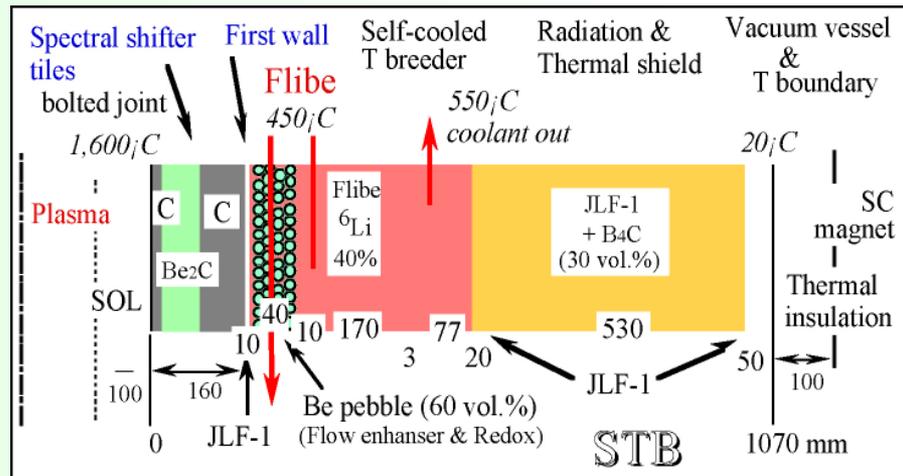
## 溶融塩Flibeブランケット

### □ 利点

- 構造の簡略化 (液体増殖材方式)
- MHD圧力損失が低い (低導電性)

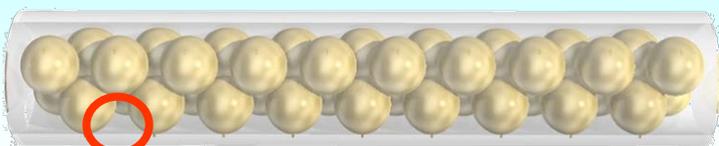
### ■ 欠点

- ✓ 高 $P_f$ 数流体 ⇒ 除熱性能が低い
- ✓ 磁場下で大口径・高流速で使用する場合  
誘導電圧の発生により電気分解が発生  
⇒ 低流速での除熱が求められる

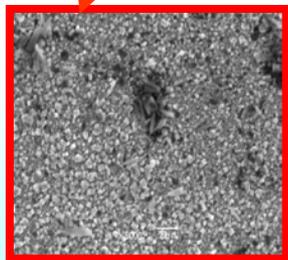


FFHRブランケット概念図

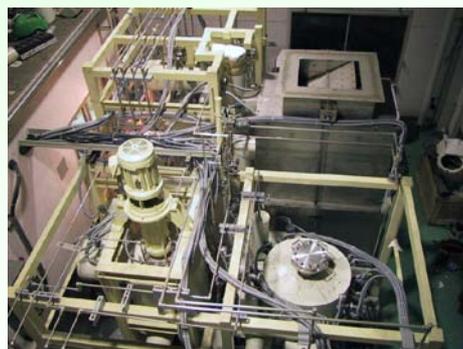
### 熱伝達促進法



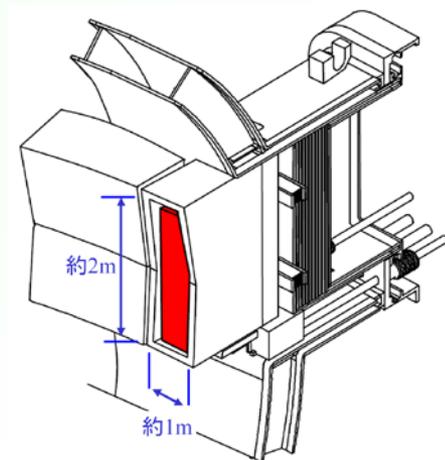
ペブル (球) 充填管



ナノ粒子層による熱伝達促進の補助

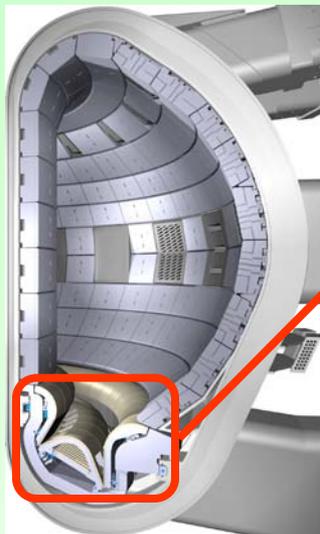


高温溶融塩循環ループ (溶融塩伝熱実験)



ITER TBM設計への適用

# 高熱流束除去技術の開発

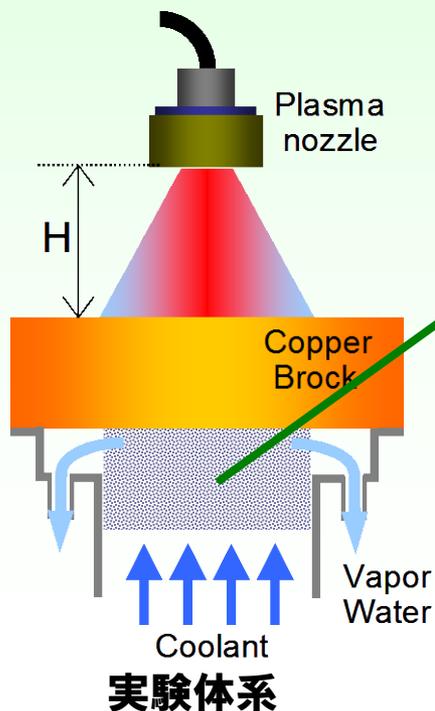


## ダイバータ

核融合炉内で生成される超高温廃棄物により約**30MW/m<sup>2</sup>**以上の熱流束が流入

### 金属多孔質体を用いた高効率除熱

高い有効熱伝導率  
冷却材との接触面積の拡大  
毛管作用により液体供給を促進



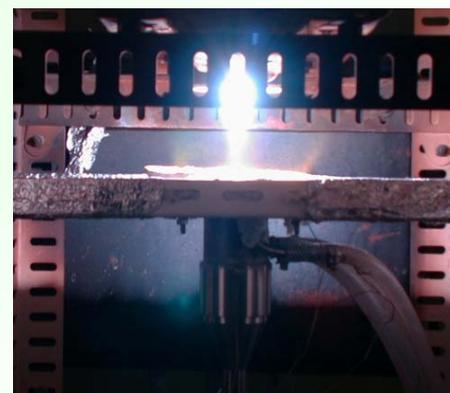
金属多孔質体



Bronze  
粒子焼結体



Cu  
繊維焼結体

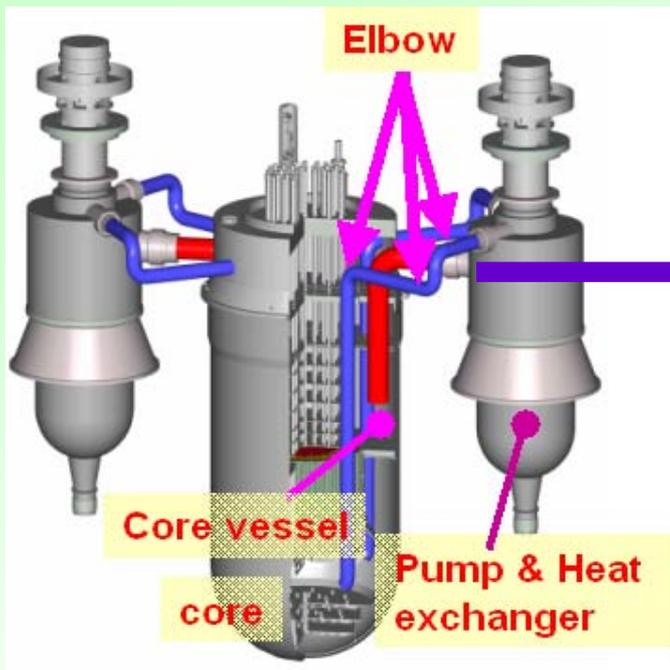


プラズマ照射時の様子

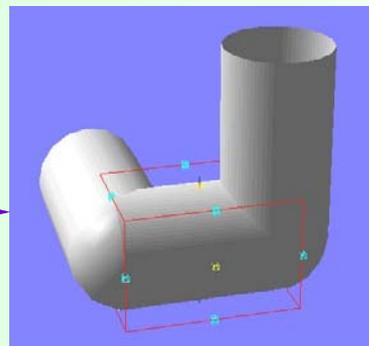
### 他分野への応用

- 分割型マグネットの接合部の冷却
- PC、自動車、製鉄など

# 配管減肉対策(マルチエルボ内複雑流動場の解明)



次世代型高速炉



3 D型連結曲がり管

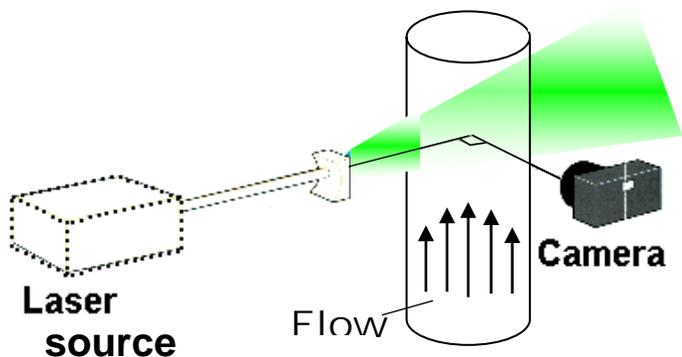
マルチエルボ内における  
流動構造の複雑化



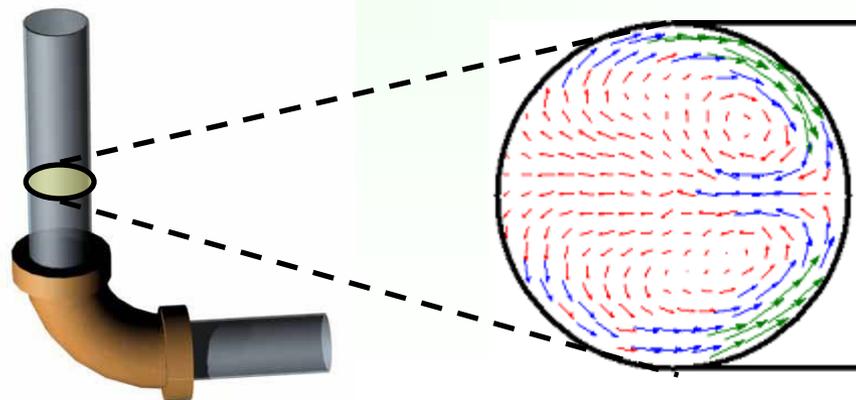
流力振動や減肉による  
安全性低下の懸念



- PIVを用いた可視化実験により  
流動構造を解明
- 配管事故の防止策を提言



PIVシステム



シングルエルボ後の二次流れ

# 配管減肉対策（液滴衝撃エロージョン現象の解明）

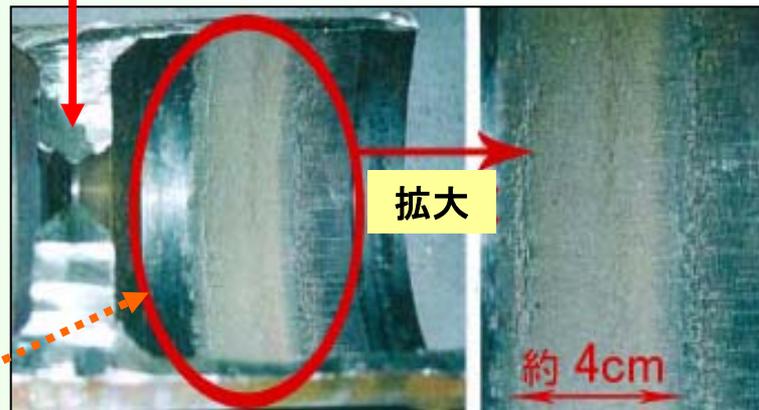
## 原子炉における高圧給水加熱器

- オリフィス下流部に形成される高速混相ジェット流
- 液滴衝突による配管エロージョン



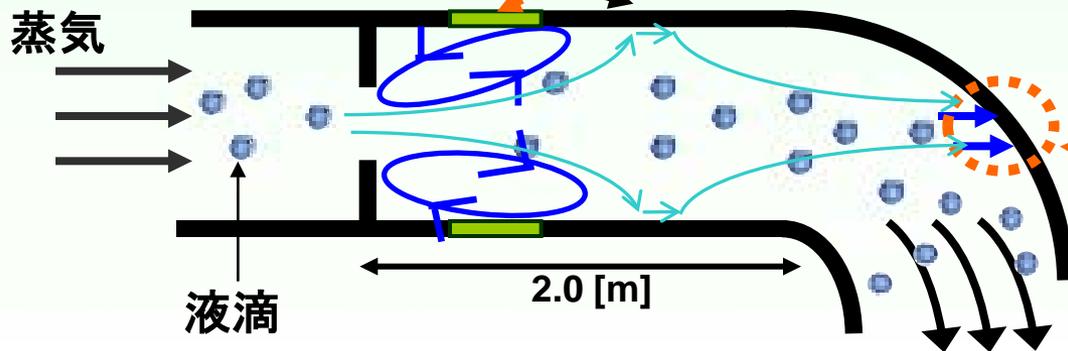
現象解明と事故防止策  
の提示が必要

オリフィス



エロージョン領域

Hole size: 10mm × 14mm



# クラックレーダー(マイクロ波非破壊検査法)の開発

高い安全性・信頼性・経済性をもつ原子炉の実現

➡ 高速・高精度の非破壊検査法の開発

## クラックレーダー(マイクロ波非破壊検査法)

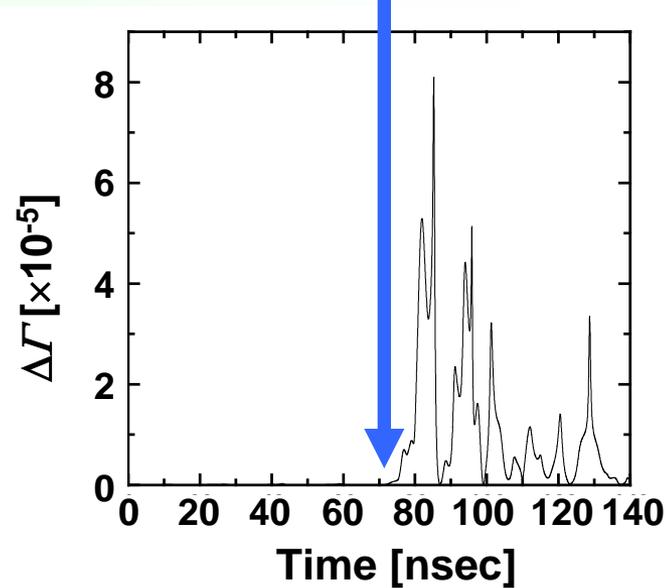
マイクロ波が配管内を高速に広く伝播する。  
配管内に欠陥がある場合、マイクロ波は反射する。

➡ 欠陥の高速検知が可能

マイクロ波の群速度と  
反射波がマイクロ波発振部  
に戻ってくるまでの時間  
より欠陥位置を特定する。



マイクロ波非破壊検査試験体系



試験結果

# 卒業生の就職先

H12年度 M2 : 日産、新日鉄、デンソー、日本原電、セイコーエプソン

H13年度 M2 : 三菱重工、日本真空、日立、デンソー、ファナック、  
富士総研

H14年度 M2 : 東芝、高砂熱学、デンソー、ケイヒン  
B4 : 新日鉄ソリューションズ

H15年度 M2 : 富士重工、デンソー

H16年度 M2 : ローム  
B4 : 自衛隊

H17年度 D3 : 東北大学（助教）  
M2 : 東芝、東京電力、日本原電

H18年度 D3 : 東北大学（助教）  
M2 : 東芝、三菱重工、デンソー、ヤマハ発動機

H19年度 D3 : Shiraz大学（助教）、電力中央研究所  
M2 : 東京電力、住友重機、デンソー、日本航空、国土交通省

# 研究室のイベント

4月 新歓

9月 就職祝い、院試打ち上げ

10月 芋煮

12月 忘年会

3月 追いコン（研究室旅行）

その他不定期

