

S4-6

# JT-60SA国際核融合スクール(JIFS)の紹介

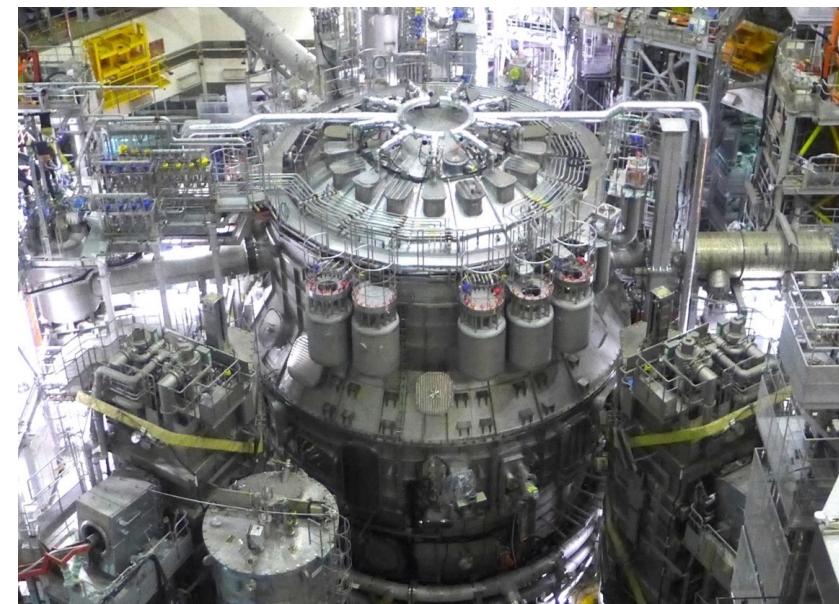
隅田 優平(QST)

JIFS2024 日本側秘書

JIFSにおける講義や実習、そして訪問時の対応にご協力いただいた  
大学・研究機関の皆様に心より感謝いたします

## JT-60SA国際核融合スクール(JIFS)

- 将来の核融合研究を担う**日欧の学生および若手研究者・技術者**が JT-60SAを主題とした核融合最前線を学ぶスクール  
⇒ JT-60SA人材育成事業の一環
- 日欧間で進める幅広いアプローチ (BA)活動の下、QST & 欧州核融合研究機関共同体EUROfusionが主催
- トカマクの理論や計算、実験、計測、材料などの広い知識に加えて、**国際コミュニケーション能力**を養う  
⇒ 国際大型プロジェクトの役割が大きい核融合炉に向けた研究開発を導くリーダーに不可欠な要素



# QST那珂研や国内外施設で講義や実習等を実施

## JIFSの形態

- 日欧の大学や研究機関、企業に所属する博士後期課程の学生もしくは若手研究者・技術者が10人ずつ参加
  - 物理や工学等の専門分野のダイバーシティを考慮した、書類選考を実施
- 日欧の物理・工学研究者が講師
- 8-9月頃にQST那珂研にて2週間、物理から工学まで核融合の主要な研究要素についての講義とグループワークによる実習等
- 日欧核融合関連施設**にて実施する特別実習
  - QST那珂研JIFSの翌週に3日間、国内特別実習
  - 1-3月頃に1週間、欧州特別実習

JIFS2024:3月

JIFS2025:1月

※日本参加者のJIFSに<sup>関わる旅費はQSTが負担</sup>

## スケジュール例(JIFS2024)

⇒ 多様な形態での学びの機会

### 第1週

		1st WEEK				
		Monday, 26/8/2024	Tuesday, 27/8/2024	Wednesday, 28/8/2024	Thursday, 29/8/2024	Friday, 30/8/2024
8.30 - 10.00	Welcome & Logistics (starts at 9.00)	Technology basis and challenges of tokamaks 2 G. Matsunaga (QST)	Operating a Tokamak incl. tritium operation at JET Eva Belonohy (EUROfusion)	Power and Particle Exhaust and related systems Marco Wischmeier (EUROfusion)	Presentations by students: individual research	
10.00-10.30	Break	Break	Break	Break	Break	
10.30-12.00	Plasma physics and the tokamak concept 1 A. Matsuyama (Kyoto University)	Plasma heating by beams H. Nakano (NIFS)	Scenario Development T. Fujita (Nagoya University)	Visit of QST facilities		Presentations by students: individual research
12.00-13.00	Lunch	Lunch	Lunch	Lunch	Lunch	
13.00-14.30	Plasma physics and the tokamak concept 2 - online Ambrogio Fasoli (EUROfusion)	Plasma heating by waves Jean-Philippe Hogge (EPFL)	Diagnostics T. Tokuzawa (NIFS)	Practical 1: group exercise		Practical 1: group exercise
14.30-15.00	Break	Break	Break	Break	Break	
15.00-16.30	Technology basis and challenges of tokamaks 1 Valerio Tomarchio (F4E)	Visit of QST facilities		Visit of QST facilities	Practical 1: group exercise	Practical 1: group exercise
Social	Inauguration ceremony			Japan-Europe cultural exchange	Japan-Europe cultural exchange	Social dinner

### 第2週

		2nd WEEK				
		Monday, 2/9/2024	Tuesday, 3/9/2024	Wednesday, 4/9/2024	Thursday, 5/9/2024	Friday, 6/9/2024
8.30 - 10.00	Q&A on Week 1	Practical 2: group exercise		Practical 2: group exercise	JT-60SA research programme and how to join the Experiment Team M. Yoshida (QST)	Presentations by students 1
10.00-10.30	Break	Break		Break	Break	Break
10.30-12.00	Scientific results from the JET DT campaigns Joelle Mailloux (UKAEA)	Practical 2: group exercise		Practical 2: group exercise	QST and EUROfusion Fusion Strategy Shunsuke Ide (QST) and Ambrogio Fasoli (EUROfusion)	Presentations by students 2
12.00-13.00	Lunch	Lunch		Group photo Lunch	Lunch	Lunch
13.00-14.30	JT-60SA integrated commissioning - machine A. Isayama (QST)	Plasma Operation and basic control Emmanuel Joffrin (CEA)	Preparation of presentations		Q&A on Week 2	Presentations by students 3
14.30-15.00	Break	Break		Break	Break	Break
15.00-16.30	JT-60SA integrated commissioning - plasma H. Urano (QST)	Advanced Control Emmanuel Joffrin (CEA)	ITER research programme - online Yutaka Kamada (ITER)		Japanese and European Fusion Strategy Elena Righi-Steele (European Commission) & Kohhei Ono (Japanese Ministry MEXT)	Presentations by students 4 and closing
Social	Report on the weekend excursion				Farewell party at QST	

## 講義例

⇒ トカマクに関する幅広い知識を集中して学ぶ

- Plasma physics and the tokamak concept プラズマ物理基礎
- Technology basis and challenges of トカマクの概念  
tokamaks トカマクの工学
- Plasma heating by beams & waves プラズマ加熱
- Scenario Development シナリオ開発
- Plasma/Tokamak operation and control 運転制御
- Power and particle exhaust 熱・粒子排気
- Diagnostics 計測
- JT-60SA and ITER research program JT-60SA &ITER計画
- QST & EUROfusion fusion strategy 日欧戦略
- Japanese & European fusion strategy
- Tritium operation at JET JETでのトリチウム取扱
- Scientific results from JET DT campaigns JET DT実験
- JT-60SA integrated commissioning JT-60SA統合試験
- Innovations in diagnostics, control, material  
for first wall, divertor and superconducting  
magnets 革新技術
- Use of AI in fusion research 機械学習

テーマに応じて  
JIFS2024:  
“From JET to JT-60SA”

テーマに応じて  
JIFS2025:  
“Innovations in Fusion”

## 実習例(JIFS2024)

⇒ 欧州学生と協力し、実際に手を動かし、経験を得る

- ・ 日本2名 + 欧州2名 → 1グループ
- ・ 2テーマを選択
- ・ 最終日に成果を口頭発表

Practical exercise	Category
Paschen testing 真空絶縁破壊試験	Engineering
Plasma equilibrium control 平衡制御シミュレーション	Operations
Microwave diagnostics マイクロ波計測	Diagnostics
How to design a tokamak from first principles トカマクの理論設計	Engineering
VR/AR visualization VR/AR可視化	Information Processing
Spectroscopy 分光計測	Diagnostics
Physics modelling of alpha particle effects related to DT plasmas DTプラズマ理論	Physics
Laser diagnostics レーザー計測	Diagnostics
How to design a JET pulse JET放電設計	Operations
How to develop a tritium or DT pulse from a deuterium reference JET DTシナリオ	Scenario

## JT-60SA関連施設の見学

⇒ 聞いた情報だけでなく、実物を実際に見て体感

- JT-60SA本体
- 中央制御室
- ヘリウム冷凍機/圧縮機
- 高周波加熱装置
- 超伝導磁石試験施設
- 整流器施設など

## 様々な発表の機会

⇒ 限られた準備期間で欧州学生とも議論し、結果をまとめ、発表で”アウトプット”

- 実習の成果発表
- 自身の研究発表
  - 90秒で口頭発表
  - ポスター発表

## 様々な文化交流の機会

⇒ 異なる文化・背景を尊重し受け入れる姿勢を養う  
伝え方も学ぶ

- 自国の文化を紹介
  - 言語、食事、音楽、祭り、宗教、遊びなど
- 日本の文化体験
  - 那珂市等の協力により書道、茶道体験など

## 週末のexcursion

⇒ 日欧学生による小さな”共同プロジェクト”  
⇒ 限られた時間で議論し、実現可能な計画をまとめ、共同で実施

- 日欧学生が共同して自主的に計画
- 第1週と第2週の間の土日に実施
- 実施後に口頭で成果発表

## 国内特別実習

⇒ 日本の核融合研究動向を情報収集

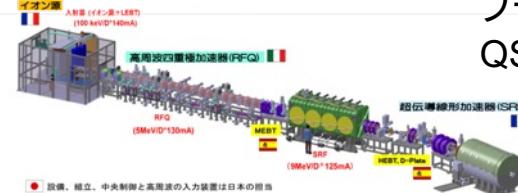
3日間で4つの大学・研究機関を訪問

- 1日目: QST六ヶ所研
- 2日目: 東京大学, 筑波大学
- 3日目: NIFS



## QST六ヶ所研

### IFMIF加速器

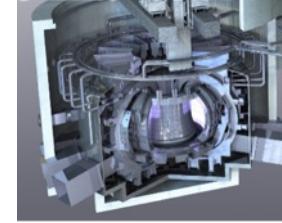


ブランケット試験施設  
QSTスタートアップ

### JFRS-1(SC)

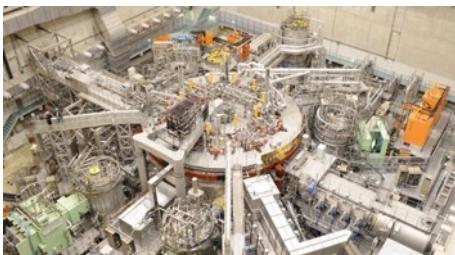


### 原型炉特別チーム



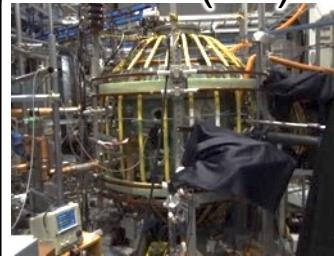
## NIFS

### LHD (ヘリカル)



## 東京大学

### TST-2 (ST)



UTST, LOTUS-I/II,  
RT-1など

## 筑波大学

### GAMMA-10/PDX (ミラー)



APSEDAS, Pilot GAMMA  
PDX-SC

## 日本の原型炉や関連工学研究を学ぶ

- 講義
  - QST六ヶ所研の全体概要
  - 計画中の中性子線源と産業応用
  - QSTスタートアップ(MiRESSO)の概要
  - 原型炉に関して
- グループワーク
  - 現行の日欧原型炉戦略の課題と改善策について議論し、発表
- 見学
  - LIPAc遠隔制御室
  - 大型計算機
  - ブランケット工学試験施設等

## 日本で核融合研究を実施する大学・研究機関への訪問

### 東京大学: 球状トカマクや磁気再結合を用いた核融合研究

- 講義
  - TST-2、UTST、LOTUS-I/II、RT-1の概要
- 見学
  - 上記装置

### 筑波大学: 直線装置を用いた核融合研究

- 講義
  - 筑波大学プラズマ研究センターの概要
  - GAMMA 10/PDXのダイバータ模擬実験
- 見学
  - GAMMA 10/PDX、Pilot GAMMA PDX-SC、APSEDAS

### NIFS: ヘリカル装置を用いた核融合研究

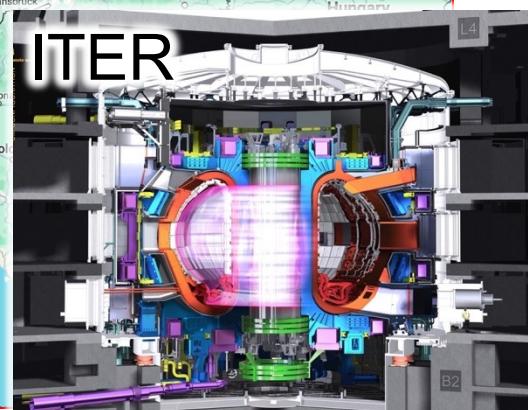
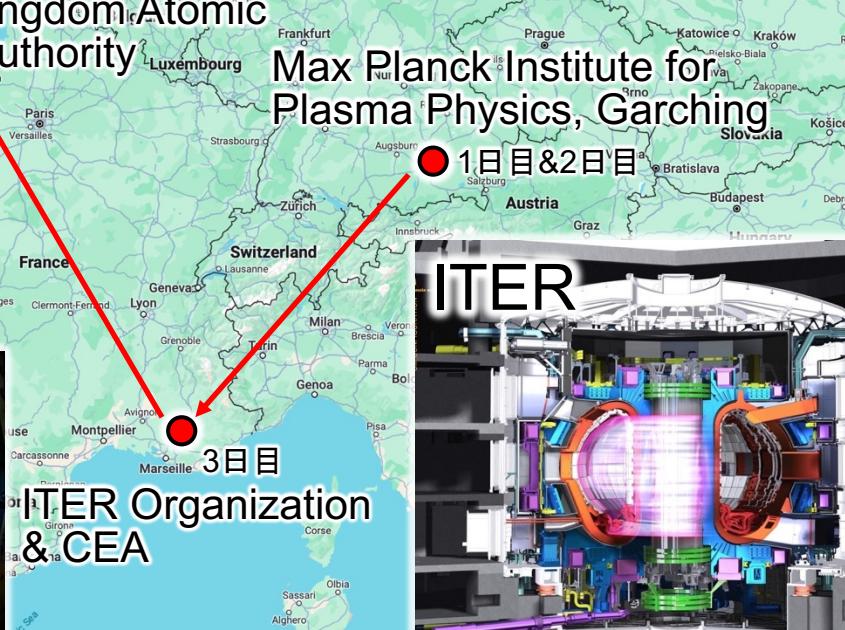
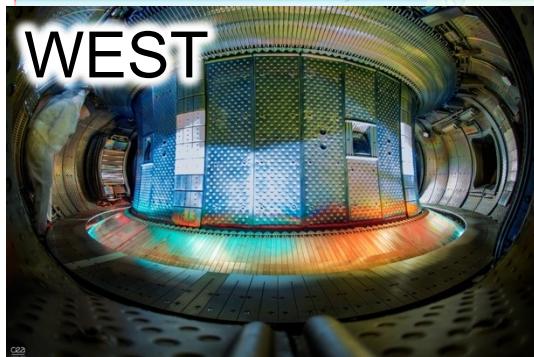
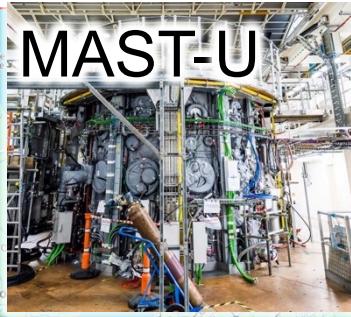
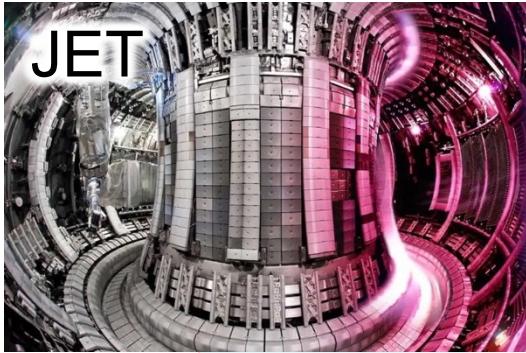
- 講義
  - NIFSおよびLHDの概要
- 見学
  - LHD、制御室、液化機室

## 欧洲特別実習

→ ITERと欧洲の研究動向を情報収集

1週間で4つの研究機関を訪問

- 1日目&2日目:IPP/EUROfusion/F4E(ドイツ)
- 3日目:CEA & ITER-IO(フランス)
- 5日目:UKAEA(イギリス)



## 欧洲の核融合組織(EUROfusion,F4E)、原型炉(F4E)、中核装置(IPP)を学ぶ

- 講義
  - EUROfusionの科学・工学部門概要
  - EUROfusionの核融合技術応用プロジェクト
  - F4EのITER & BA活動の概要
  - 欧州原型炉について
  - ASDEX-Uの概要
- グループワーク
  - 核融合技術の応用先について議論し、発表
- 見学
  - ASDEX-U
  - 電源供給施設
  - メンテナンス用モックアップ
  - 負イオン源試験施設

## 欧洲の中核装置(超伝導トカマク)を学ぶ

- 講義
  - WESTとCEAの概要
- 見学
  - WEST
  - 制御室
  - 展示施設

## ITERを学ぶ

- 講義
  - ITER計画の概要
  - ITERで働く日本人の仕事内容紹介
- 見学
  - トカマク関連建屋
  - ヘリウム冷却プラント

## 欧洲の中核装置(大型・中型装置)、工学試験施設を学ぶ

- 講義
  - UKAEAの概要
  - イギリスの原型炉の概要
  - JET運転方法 @ 制御室
  - JET DT実験での経験 @ 制御室
- 見学
  - JET
  - JET遠隔保守試験施設
  - MAST-U
  - RACEロボットセンター
  - MRF材料研究施設

## QST那珂研JIFS

- Great exposure to a more-or-less complete overview of fusion - both plasma science and technology. Very good coverage on "big tokamaks"! プラズマ科学・工学の両方の  
ほぼ完全なオーバービュー、  
大型トカマクを非常に良く網羅

## 国内特別実習

- This JA tour, which is a precious opportunity to see representative fusion facilities, stimulated my curiosity and helped me to imagine future fusion reactor systems.  
貴重な機会、好奇心が刺激された、核融合炉のイメージの助けに

## 欧州特別実習

- The most valuable part of this tour is visiting the devices in person. 直接施設を見れることに価値

## 全体

物理だけでなく工学の視点でもトカマクを学べる良い機会

- JIFS2024 was a great opportunity to learn about tokamaks, not only physically but also from an engineering standpoint.
- It was a great experience. I'd like to make the most of this connection and dedicate myself to my future research.  
良い経験、得られた人との繋がりは今後の研究活動にも活かしたい

## 参加者からの評点



4.7/5

参加者から頂いた改善点は  
今後のJIFSに反映  
例)弾丸ツアーであり大変

JIFSはQSTおよびEUROfusionが主催する日欧若手研究者・技術者(博士課程学生含む)のための核融合スクール

⇒ JT-60SA人材育成事業の一環であり、多様な学びの場を提供

- ・トカ马克に関わる幅広い分野を集中して学習できる講義
  - ・欧洲学生とも協力して、実際に手を動かし、体験する実習
  - ・限られた時間で議論し、結果をまとめ、アウトプットする様々な機会
  - ・日欧核融合施設にて実物を見ながら最新の研究動向を情報収集できる特別実習
  - ・欧洲の学生や研究者と科学交流だけでなく、文化交流も行い、国際コミュニケーション能力を養う機会

核融合分野に今後も関わりたい方やJT-60SA等の国際プロジェクトに興味がある方は、ぜひJIFSに参加してみませんか？

## 例年のスケジュール

- 3月：募集開始
  - 5月：募集締め切り
  - 8-9月：QST那珂研JIFS
  - 9月：国内特別実習
  - 1-3月：欧洲特別実習

## 過去のJIFS情報

## 「QST JIFS」でWeb検索



## JIFS紹介動画(Youtube)

