

S4-2

JT-60SA実験参加と受入制度の紹介

浦野 創

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構
那珂フュージョン科学技術研究所

- QSTは、JT-60SA実験参加を通したITER計画及び原型炉開発への貢献、人材育成を目的として、国内コミュニティからの研究者・学生ができるだけスムーズにJT-60SA実験に参加するための様々な受入制度の整備を進めてきた（日本のトカマク国内重点化装置計画の遂行のため）。
- 複数の受入制度を整備したのは、国内コミュニティからの研究者・学生の参加目的や状況に応じて、できるだけ広く柔軟に受け入れる仕組みを作るため。
- しかし、これらの受入制度について国内コミュニティに十分に浸透しているとは言えない状況。
 - ⇒ 1. 国内の大学・研究機関にQST職員が直接訪問し、これらの受入制度や環境整備状況についての説明会を実施（継続中）。
 - 2. プラズマ核融合学会年会シンポジウムで学会参加者に、実例とともにご紹介したい。

- JT-60SA 計画の概要と実験チームについて
- JT-60SA 実験参加と受入制度の紹介

我が国のフュージョンエネルギー研究開発計画



現在

今世紀中葉

試験装置の段階

JT-60



改
造

実験炉の段階

ITER(フランス)



核融合燃焼の証明

ITERの支援研究

原型炉の段階

原型炉



発電の実証

商業炉

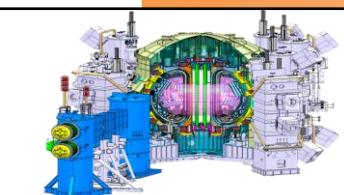


実
用
化

核融合エネルギー

超高温プラズマの証明
エネルギーの増倍が見
込めるプラズマを達成
(増倍率～1.25倍)

【茨城 那珂研】



【茨城 那珂研】



材料・燃料の技術を開発し、原型炉を設計
【青森 六ヶ所研】

2030年代の発電実証
を目指すことを決定

フュージョンエネルギー・
イノベーション戦略
2025年6月

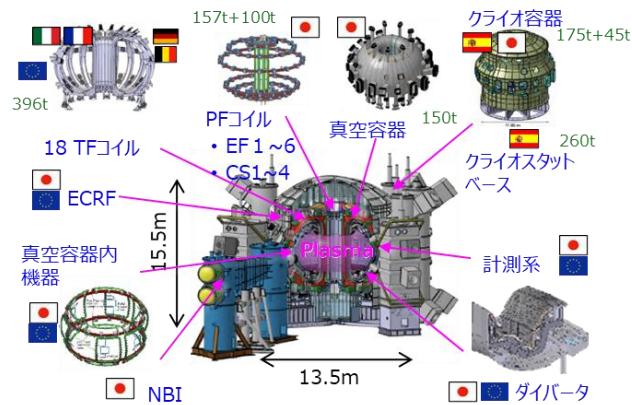
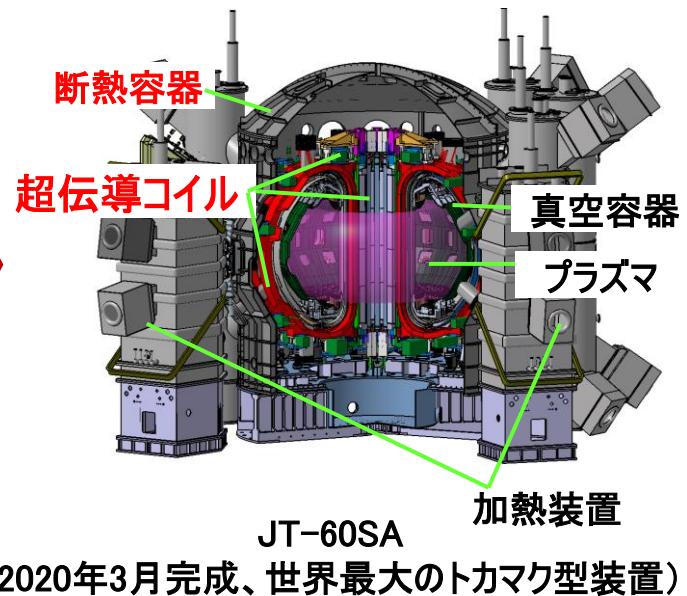
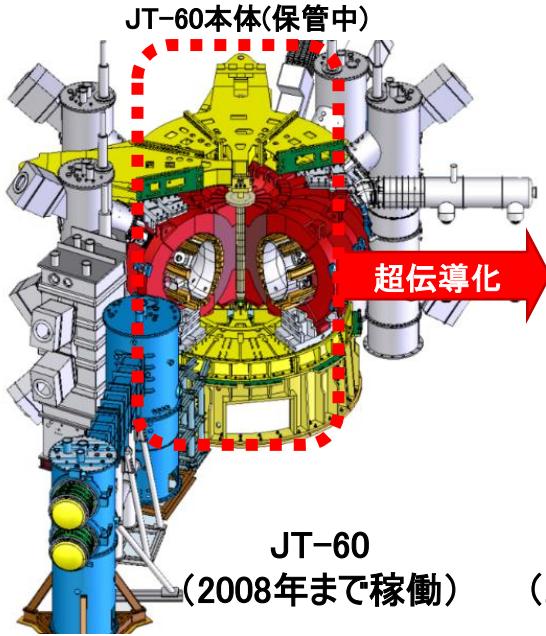
幅広いアプローチ活動

日欧協力により世界に先駆けた研究開発を進め、ITERや原型炉に技術適用

JT-60SA 計画



日欧が協力してQSTの実験装置であったJT-60に対して、プラズマを長時間生成するため超伝導コイルに変更し、JT-60SAとして改修

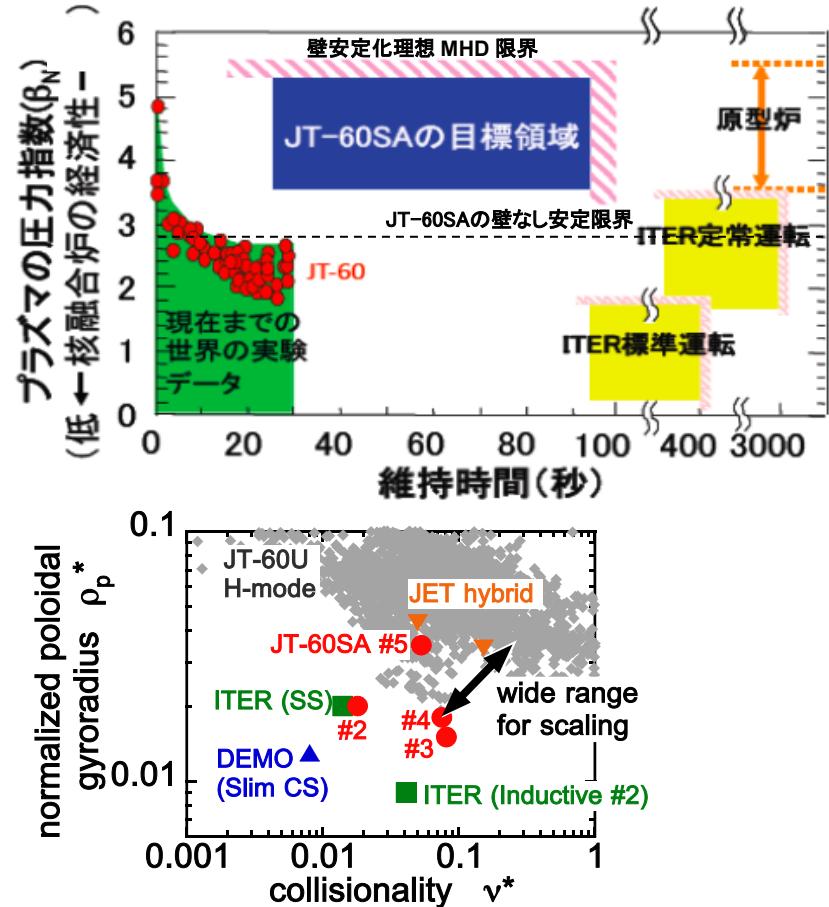


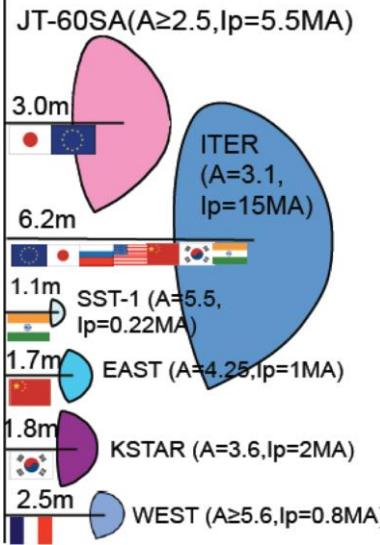
- 日欧両機関による機器調達
- 国内メーカーの協力のもと、QSTによる組立

JT-60SAの目的： ITER支援、原型炉先導、人材育成

JT-60SAの達成目標

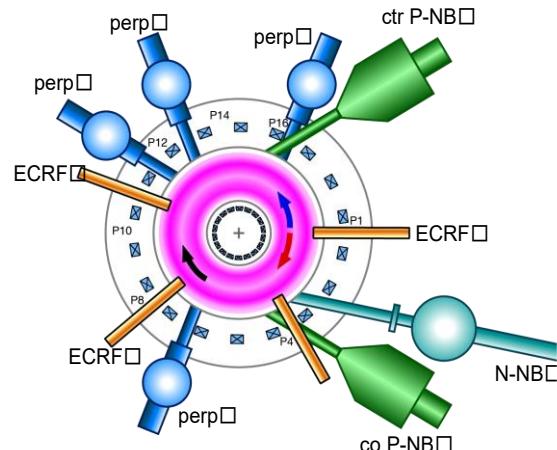
- 臨界条件等価クラスのプラズマ閉じ込め性能。
- 完全非誘導電流高 β プラズマ(> 壁なし理想MHD安定性限界)による定常安定運転の見通しを得る。
- 無次元量でITER・原型炉のプラズマパラメータ探索。
- プラズマの制御性、物理を解明
⇒ ITERや原型炉の運転シナリオに指針





ITERの運転開始まで
世界最大のトカマク装置

B_t	2.25 T
I_p	5.5 MA
R / a ($A = 2.5$)	2.96 / 1.18 m
κ / δ	1.93 / 0.5
t (flat-top)	100 s
N-NBI (500 keV)	10 MW
P-NBI (85 keV)	24 MW
ECRH (82, 110, 138 GHz)	7 MW

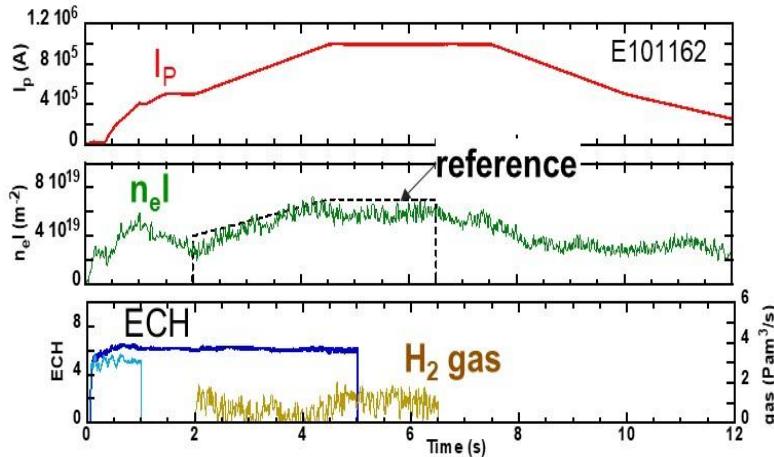


- JT-60SAはITERの運転が始まるまでは、世界最大のトカマク。

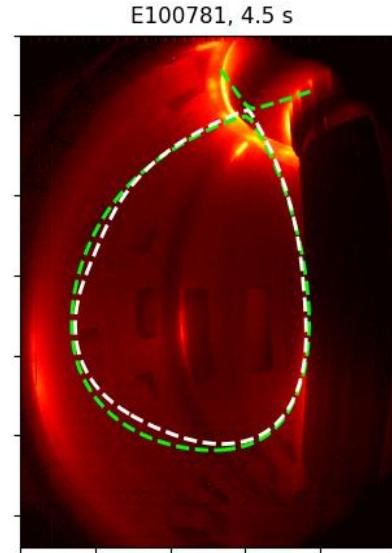
JT-60SAの特徴:

- 大型超伝導トカマク (ITERの半分のサイズ)
- 高プラズマ電流 (max. $I_P=5.5\text{ MA}$)
- 長時間放電 ($\sim 100\text{s}$)
- 高橿円度・高三角度 ($k=1.93, d=0.5$)
- 高加熱パワー 41 MW (高電子加熱、接線・垂直NBI入射、回転分布の自由度)

統合試験運転でMA級 トカマクプラズマ試験に成功



[M. Yoshida, PPCF 2025]



T. Wakatuski, IAEA 2025

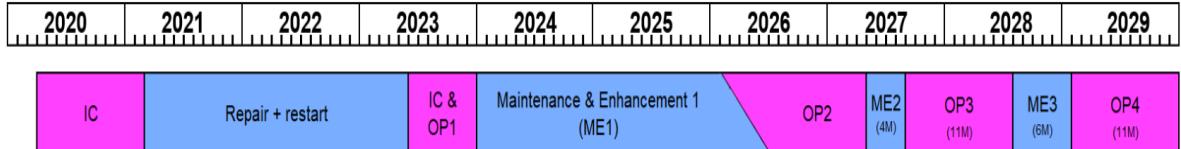
T. Szepesi, IAEA 2025

- プラズマ電流 1 MA のトカマク運転（軽水素プラズマでのダイバータ配位）に成功。
- プラズマ着火・電流立ち上げシナリオ、プラズマ位置形状の制御性を確認。
- 線平均電子密度のフィードバック制御やCCS法の精度を確認。
- トカマク運転として最低限の制御性を確認。

JT-60SAは加熱実験フェーズへ

Initial research phase I & II (C inertial divertor and C wall)

Integrated research phase (W actively cooled divertor and W wall)



OP2 ($P_{in}=26.5\text{MW}$)

高Ip・加熱プラズマの安定した運転
Hモード領域のアクセス
高ベータプラズマの初期実験

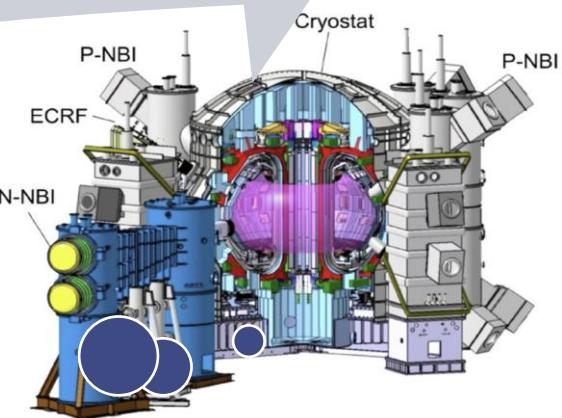
OP3 ($P_{in}=26.5\text{MW}$)

ELM制御を含む高Ip高閉じ込めHモード研究
高エネルギー粒子物理研究
高ベータプラズマ研究

OP4 ($P_{in}=33\text{MW}$)

高Ip Hモードでのディスラプション抑制・回避実験
ダイバータ熱負荷制御
高ベータプラズマと放射ダイバータの両立

タンゲステン環境下での長パルス運転



JT-60SA実験チームの体制



JT-60SA実験チーム

実験リーダー

日本側リーダー



M. Yoshida



日欧調整役

H. Urano



J. Garcia



欧州側リーダー

- QSTの研究協力者からのサポート
- 大学院生は指導教官とともに参加
- ホームページの指定フォームから**随時応募可能**。
- 「JT-60SA 実験チーム」で検索

トピカルグループリーダー

Operation Regime Development

Takuma Wakatsuki
(QST, Japan)



MHD Stability and Control

Gianluca Pucella
(ENEA, Italy)



Transport and Confinement

Luca Garzotti
(UKAEA, UK)



High Energy Particle Behavior

Yevgen Kazakov
(LPP-ERM/KMS, B)



Pedestal and Edge Physics

Nobuyuki Aiba
(QST, Japan)



Divertor, SOL and PMI

Tomohide Nakano
(QST, Japan)



<専門領域グループ>

- 運転領域開発
- MHD安定性と制御
- 輸送と閉じ込め
- 高エネルギー粒子
- 周辺ペデスタル物理
- ダイバータ・SOL及びプラズマ対向材料

- 年数回の実験チーム全体会合
- 専門領域毎の定例会合
- **那珂研でのオンサイト活動→オンサイト・ラボ**
- 人員構成

日本側 117名
欧州側 236名

JT-60SA実験チームのホームページ
<https://www.qst.go.jp/site/jt60/team.html>

共同研究を締結して参加

OP2実験提案の募集



SharePoint このサイトを検索 UH

JT-60SA Experiment Team

JT-60SA Research Management Site Experiment Team Home 編集 プライベートグループ フォローしていません 日本語 15人のメンバー

+ 新規 レベル上げ 翻訳 ページの詳細 ブリーフィング 発行日 2025/11/18 共有 編集

Call for Experiment Proposal for the JT-60SA campaign OP2

Urano Hajime 次長

Documents: CALL FOR EXPERIMENT PROPOSALS

CALL FOR EXPERIMENT PROPOSALS

Annex 1.

The expected JT-60SA sub-systems and diagnostics availability for OP2 are summarized in the following table:

Op-2	Expected operation schedule:		2026 - 2027		
	Research phase:	Initial phase I	Annual neutron limit:	-	H / D
Divertor:	Pumped lower inertially cooled carbon divertor Allowable heat flux onto the divertor plate <10MW/m ² x ~5s, 15MW/m ² x ~3s (Open upper inertially cooled carbon divertor remains available)				
Installed NBI power:	P-NB Perp 4 units 3 MW in H / 6.5 MW in D	P-NB Tang 4 units 3 MW in H / 7 MW in D	N-NB 2 units 10 MW	Total installed NBI 16 MW in H / 23.5 MW in D x 14s duty = 1/30	Max usable aux. power: 19 MW in H / 26.5 MW in D
Installed ECRF power:	1.5MW x100s (2 gyrotrons 82 / 110 /138 GHz) with steerable launcher + 1.5MW x5s (1 gyrotron: 82 / 110 /138 GHz, 1 gyrotron 110 GHz only) with steerable launcher				
Other equipment	100% inner carbon first wall Stabilizing plates with full carbon		Active VV and in-vessel cooling Radiation shields		

Open Proposal

OP2-XXXX-01

Submit your proposal submission form by the proposer

Deadline: [redacted]

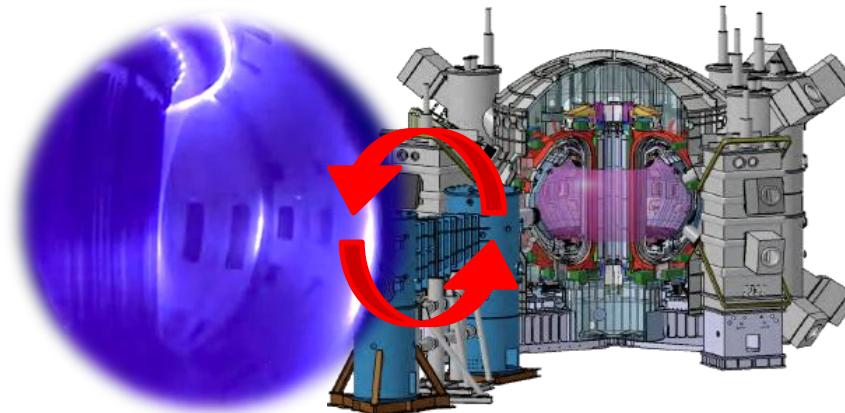
- OP2実験提案の募集を開始（12/31締切）。
- OP2での利用可能な設備や計測機器のリストを共有。
- プロジェクト計画に沿ったOP2の主目標、また各TGでの実施項目を共有。
- 日本からも多数の実験提案を期待。
- QST研究員も必要なサポートを行う。
- 提案者と実験のコーディネーションは別です。実験提案の募集後に各実験項目への参加のコールを行います。

JT-60SAでの研究

JT-60SAではプラズマ実験↔装置開発を通じて、総合的な研究を実施
→多様な研究領域での人材育成が必要

プラズマ実験

総合性能
プラズマ輸送
Hモード/ELM
MHD安定性
高エネルギー粒子
ダイバータ
プラズマ・材料
データ解析

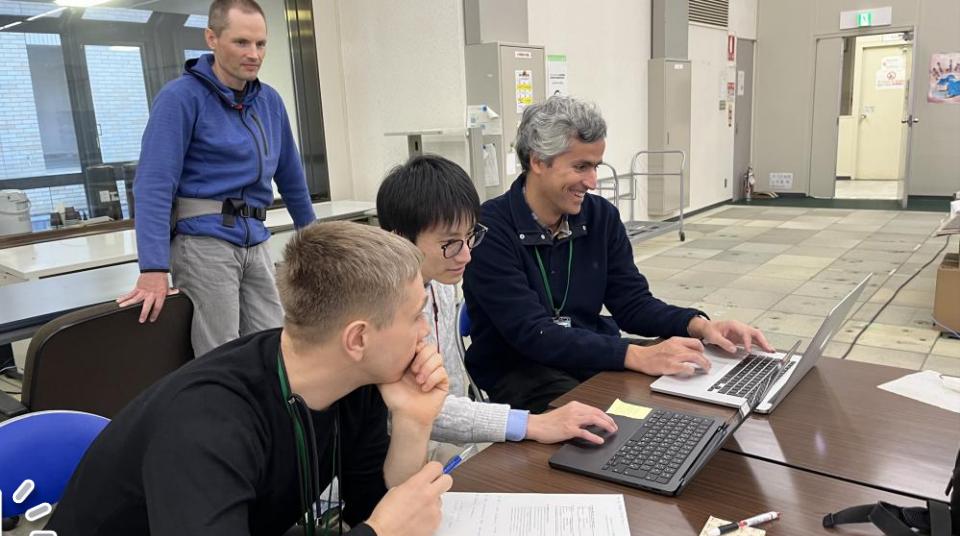


- オンサイト・ラボ共研、スチューデントリサーチャー制度を利用した研究活動、修士・博士論文
- トカマク炉心プラズマ共研による本格的な研究参加

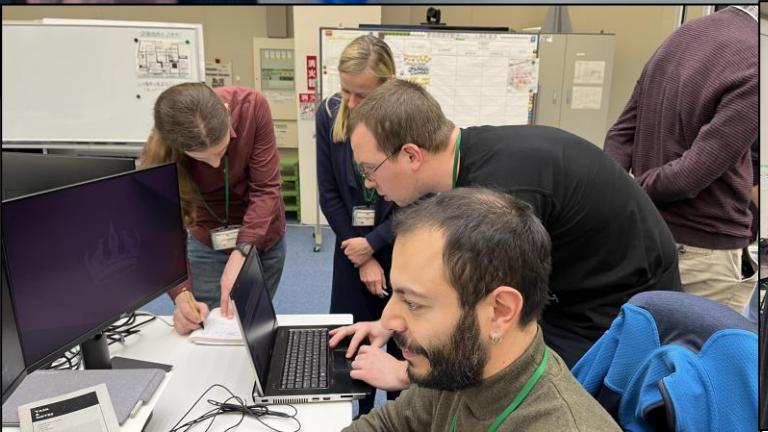
装置開発

超伝導
トカマク本体
電源・制御
NBI加熱
RF加熱
プラズマ計測
プラズマ設計
放射線
データ取扱技術

JT-60SA実験参加の魅力とは



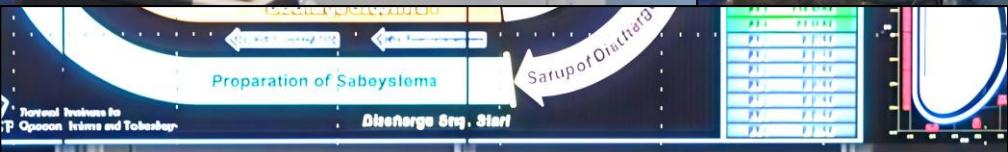
核融合研究は総合理工学
様々な領域での実験・研究を展開



国際プロジェクトの一員として研究参加
国内外の学生・研究者との議論

若手同士が議論し合い、切磋琢磨し、 互いに成長できる環境



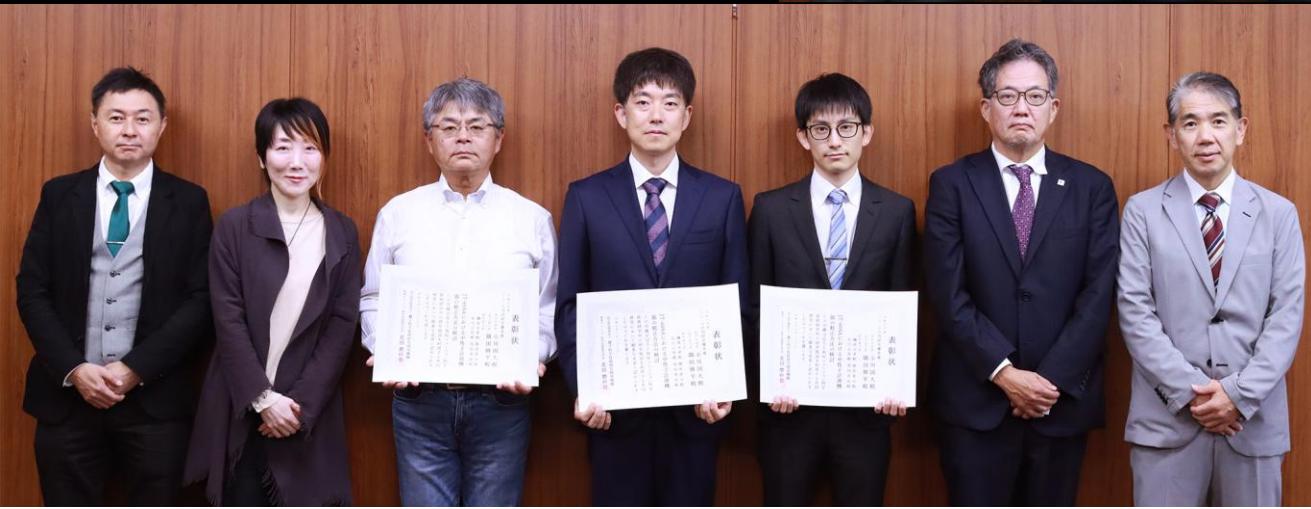
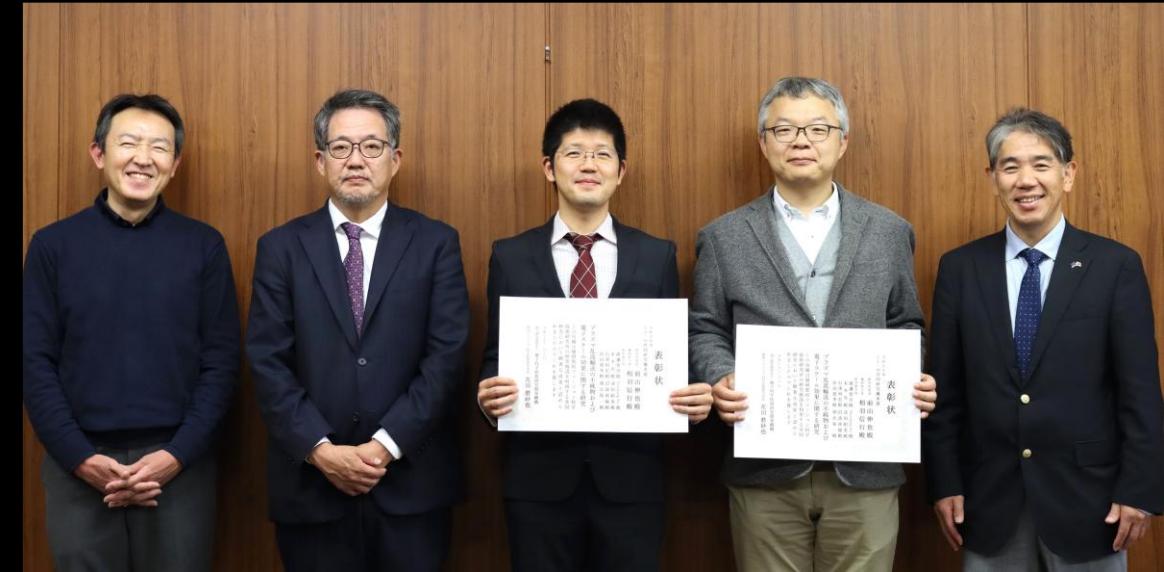


世界で唯一の実験結果に
とてもワクワクする瞬間！

研究成果は日欧実験チームで議論します
自分の成果も国際プロジェクトへ貢献

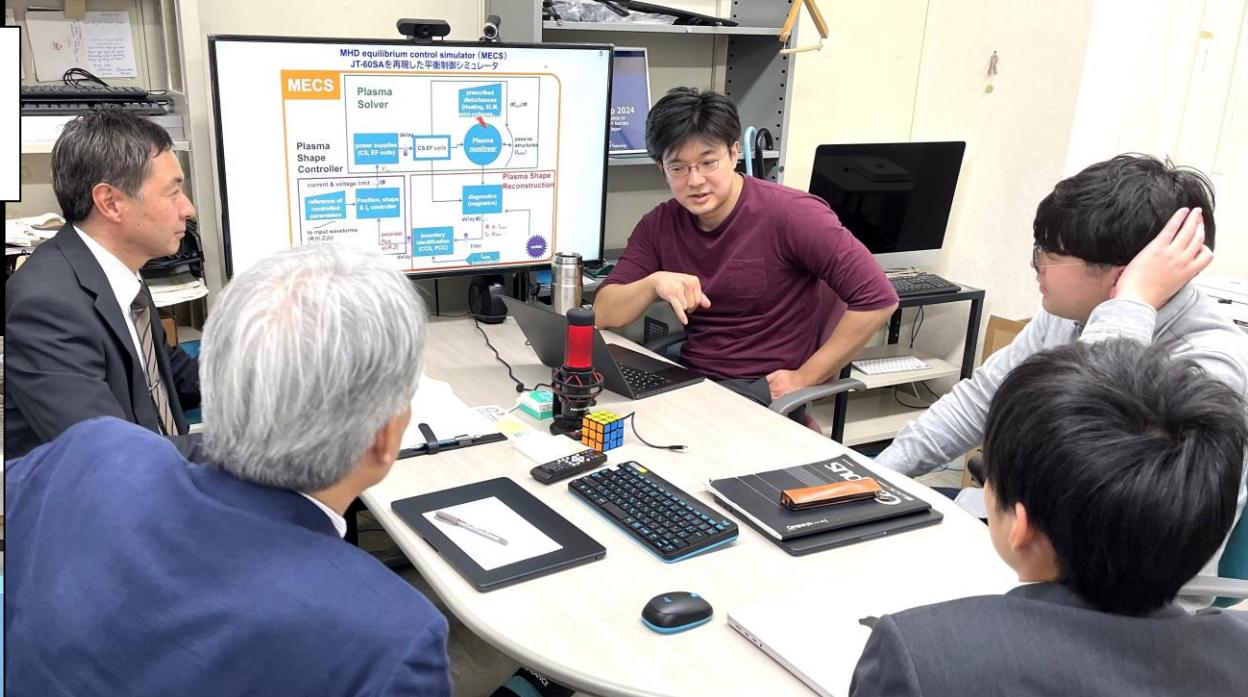


トカマク炉心プラズマ 共同研究

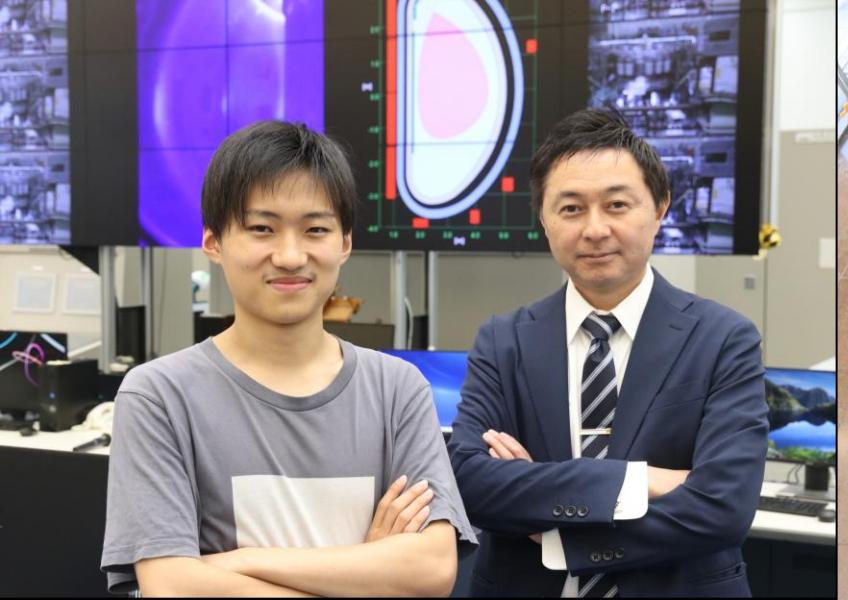


優れた共同研究を
表彰

学生も個別テーマで 研究者と議論



JT-60SAやITERを感じる研究



スチューデントリサーチャー
JT-60SAで修士・博士論文

研究者同士で競争し、手腕を發揮できる
活躍の場になってほしい



JT-60SA 実験チームの状況

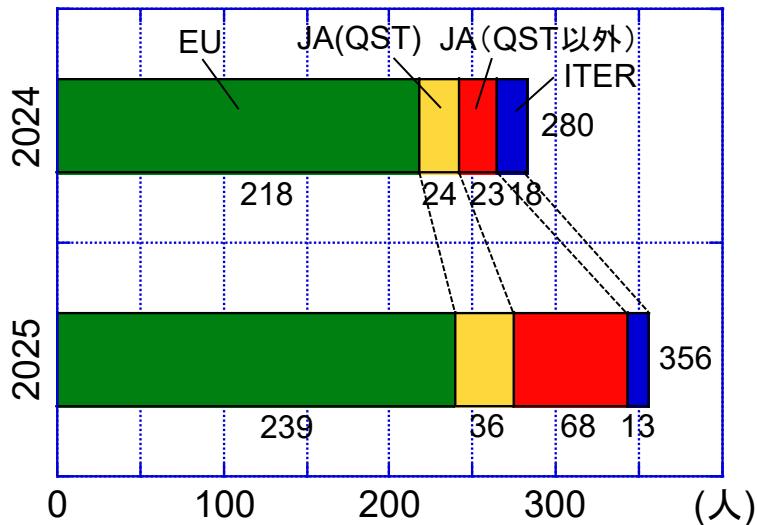


実験チーム員総数は昨年から70名ほど増加

- EU参加者割合 : 77%⇒67%
- JA参加者割合 : 17%⇒29%
(QST以外 8%⇒19%)

- プラ核学会MLで案内周知、大学研究室にQST職員が訪問して説明会
- JT-60SAに関連するトカマク炉心プラズマ共同研究参加者に個別にアプローチ

実験チーム員構成の推移 (2025年11月現在)



JT-60SA実験チームのご案内
<https://www.qst.go.jp/site/jt60/team.html>

JT-60SA実験を通じた人材育成事業



ITER

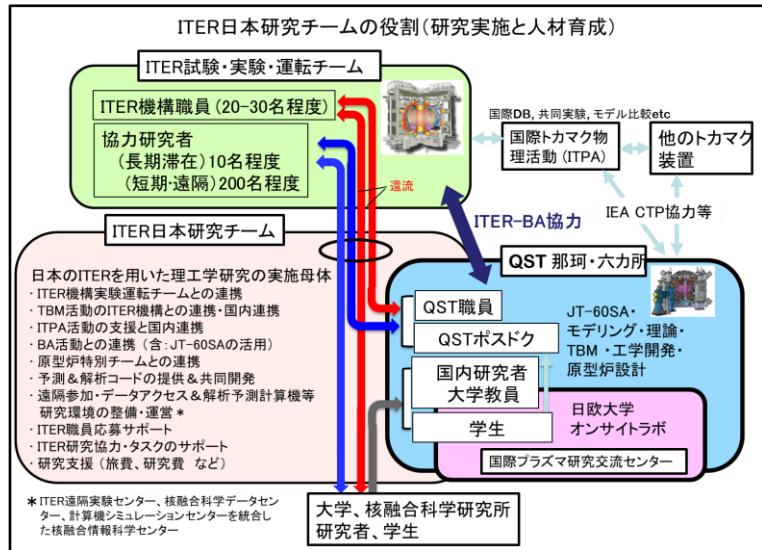
ITERでは運転開始から各極の研究者を動員して、実験を進めることを計画している。日本も参加極として~20名程度の研究者を送り、実際に実験を主導してプレゼンスを示す。

→他の参加極の研究者と対等に議論しながらITER実験に参加できる人材育成が必要。

原型炉

一方、原型炉加速に向けた国家戦略改訂に伴い、日本国内の核融合研究開発の人材育成は急務。

QSTとしてはオンライン・ラボの強化、国内大学が参加できる枠組み等の環境整備を進めていく。国内コミュニティからは積極的にJT-60SA実験に参加して経験を積み、ITER実験、原型炉に臨む体制を整備。



JT-60SA実験参加のための枠組み

大学院生との滞在で指導教員にも支給可能 QST全体の枠組み、連携協定に基づく枠組み、炉心プラズマ共同企画委員会

制度名	募集	期間	交通費	滞在費	奨励金 給与等	報告書	報告会
①スチューデント リサーチャー	11月	~1年	○	—	月 10万円	要	—
②リサーチ アシスタント (競争的資金)	年3回	~1年	○	—	1日 8100円	要	—
③連携協定に に基づく実習生	随時	~1年	○	1日 8700円	—	要	—
④オンライン・ラボ 共同研究 (単年度)	随時	~1年	○	○	—	要	—
⑤オンライン・ラボ 共同研究 (複数年度)	随時	~3年	—	—	—	要	—
⑥クロス アポイントメント	随時	~5年	○	○	○	—	—
⑦トカマク 炉心プラズマ 共同研究	11月	~3年	○	○	—	要	有

大学院生、所定の研究テーマについてQSTの研究者による指導、社宅利用可、次年度から学会等の旅費支給、R7年度実績：JT-60SAに4名

単年度：国内人材育成が目的

- 大学院生、及び一緒に滞在する教員に交通費と滞在費支給

複数年度：幅広い研究開発が目的

- 交通費や滞在費の支給なし
- 実習生の受入れが随時可能（交通費＆滞在費支給）
- 随時締結可能だが2段階のステップ（連携協定締結→共同研究の締結）

具体的なテーマでの研究、外部委員会での審査と成果報告と表彰、交通費＆滞在費支給、R7年度実績14件

那珂研とオンライン・ラボ連携協定を締結の上で

- JT-60SA=国内重点化装置→国内の大学等との連携(研究、人材育成)が重要
- 那珂フュージョン科学技術研究所(那珂研)に大学の研究拠点(オンライン・ラボ)を設置
 - 教員、学生が中長期に滞在、JT-60SAを用いた研究を行うことができる。
 - 国際協力で進められる議論の場に、学生と、直接参加することができる。
 - 連携協力協定や共同研究計画書をテンプレート化:締結への初動の闇を下げる努力中
- 連携協力協定/覚書の締結済み
 - 東京大学大学院新領域創成科学研究科
 - 名古屋大学大学院工学研究科
 - 九州大学応用力学研究所、総合理工学研究院、工学研究院、システム情報科学研究院
 - 筑波大学数理物質系
 - 京都大学非線形・非平衡プラズマ科学ユニット
 - 核融合科学研究所
 - 総合研究大学院大学先端学術院核融合科学コース
 - 東北大学大学院工学研究科
 - 東京科学大学工学院、環境・社会理工学院、総合研究院



ご相談窓口：
onsitelab-naka@qst.go.jp

オンライン・ラボ共同研究の進め方



QST研究者と議論

JT-60SA 量子科学技術研究開発
@NakaQst

JT-60SAオンラインラボ実験
#JT60SA の #オンラインラボ で
いました！

指導教官とも打合せして結果をまとめ、報告会でJT-60SAチームの研究者
と議論。大学での研究にもつながる、素晴らしい発表でした！🌟

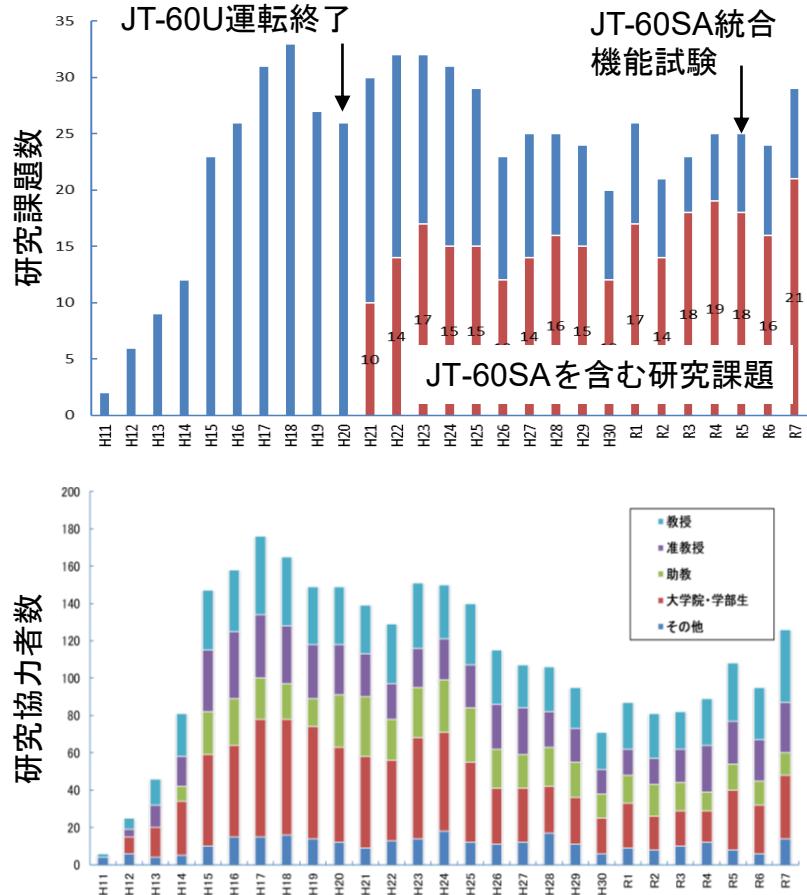
#核融合 #フュージョンエネルギー

Translate post

- **具体的な研究テーマが決まっている場合**
例えば、大学研究室でのプラズマ研究をベースにJT-60SA実験に応用、シミュレーション研究の結果をJT-60SA実験と比較、など。QST研究者と打ち合わせを行い、実行可能性や研究計画を議論。
- **具体的な研究テーマが決まっていない場合**
大学院生と教員で那珂研に来所。施設見学も兼ねてQST研究者との打ち合わせを行い、具体的な研究課題を提案、研究計画を議論。
- **オンライン・ラボの立ち上げ**
学生が2週間程度滞在、研究環境の整備
- **研究フェーズ**
学生が数か月滞在し、QST研究者との議論や実験チーム会合等に出席。教員はオンラインでの指導や定期的に那珂研に来所して対面指導。

トカマク炉心プラズマ共同研究の概要

- ITER及び原型炉開発へ貢献することを目的として、国内の大学や研究機関・企業の幅広い分野の研究者との協力により実施
 - JT-60SA及びJT-60Uの実験データの解析
 - ITERのプラズマ物理の研究課題
 - ITERや原型炉への貢献を行うJT-60SAにおける装置技術・装置運転技術・プラズマ制御技術
 - それらのITERへの展開等に関連したテーマ
- 例年11～12月頃に次年度の募集を開始、**炉心
プラズマ共同企画委員会**で申請課題の審査を行い、採否を決定
- JT-60Uの運転終了後、毎年20-25件程度の研究課題に取り組んでいる状況



まとめ



- QSTは、JT-60SA実験参加を通したITER計画及び原型炉開発への貢献、人材育成を目的として、国内コミュニティからの研究者・学生ができるだけスムーズに実験に参加するための様々な受入制度の整備を進めてきた。
- オンサイト・ラボ共研は、大学研究室にJT-60SA実験参加、研究参加の機会を幅広く提供する枠組み。
- 参加の方々の多くがJT-60SAでの研究に魅力を感じ、実験に参加してみたい、そのために自分はどのような方法があるのかの感触をつかむ機会になってほしい。
- 私たちと一緒にJT-60SAで研究してみませんか？