

JT-60SAの研究計画と初期実験

JT-60SA Research Plan and Initial Research Phase Experiments

吉田 麻衣子
Maiko Yoshida

量研
QST

JT-60SAの研究計画（リサーチプラン）

JT-60SAの研究計画（以下JT-60SAリサーチプラン）は、ITERや原型炉での課題解決に向けて、JT-60SAの特徴を活かした/JT-60SAでこそ行うべき研究項目と計画をまとめたものである。第1章の全体計画では、ITERや原型炉の計画に沿ったJT-60SAの長期戦略、第2章では、特に初期研究段階での最優先研究項目、第3章から第10章までは、運転領域開発、MHD安定性と制御、輸送と閉じ込め、高エネルギー粒子挙動、ペDESTAL及び周辺プラズマ、ダイバータ・プラズマ壁相互作用、核融合炉工学、理論モデル・シミュレーションコードに関する8つの研究領域毎に研究項目や研究手法が記述されている。

JT-60SAリサーチプランの策定活動は、2009年から始まり、各章毎に定められた検討代表者が中心となり国内外の広いコミュニティにおいて進められてきた（図1）。また、検討代表者が一堂に会してリサーチプラン及び関連する共同研究を議論するJT-60SA研究調整会議（RCM）を2011年から毎年開催し、リサーチプランや策定活動の方針を立ててきた。2018年9

月に、JT-60SAリサーチプランの最終版であるVer.4.0が完成し、サテライト・トカマク事業の文書として確定した。共著者数は435名で、日本174名（18研究機関）、欧州261名（14ヶ国、33研究機関）に上った。Ver.4.0では、最近改訂されたITERスケジュールとリサーチプラン、日本の核融合原型炉研究開発ロードマップを反映させ、高ベータ定常運転を達成した後、第1壁及びダイバータ部をCFCからタングステンに置き換え、放射ダイバータやタングステン輸送を重点的に研究し、よりITERや原型炉への貢献を効果的にし、且つ核融合原型炉研究開発のチェック・アンド・レビューと整合する計画を基本とした（図2及び前講演S1-3表1参照）。また、初期研究段階での優先研究項目が定義された第2章を新たに設け、第3章から第10章は、研究項目や手法の具体化と、以上の全体計画の流れに一貫させる改訂がなされた。

初期研究段階

JT-60SAでの本格的な物理実験は、統合コミッション及び最初の装置増強を経た2023

分野	日本（核融合エネルギーフォーラム）		欧州
	検討代表者 QST	検討代表者 大学等	検討代表者 (EUROfusion)
第1章 全体計画	鎌田 裕	高瀬 雄一 (東大)	D. McDonald (EUROfusion)
第2章 優先研究項目	吉田 麻衣子	-	G. Giruzzi (CEA)
第3章 運転領域開発	鈴木 隆博	長崎 百伸 (京大)	E. Joffrin (CEA)
第4章 MHD安定性と制御	松永 剛	古川 勝 (鳥取大)	T. Bolzonella (RFX)
第5章 輸送と閉じ込め	吉田麻衣子	田中 謙治 (NIFS)	M. Romanelli (CCFE)
第6章 高エネルギー 粒子挙動	篠原 孝司	長壁 正樹 (NIFS)	P. Lauber (IPP)
第7章 ペDESTAL及び 周辺プラズマ特性	浦野 創	森崎 友宏 (NIFS)	E. de la Luna (CIEMAT)
第8章 ダイバータ、SOL、 プラズマ・材料相互作用	仲野 友英	坂本 瑞樹 (筑波大)	M. Wischmeier (IPP)
第9章 炉工学	松永 剛	片山 一成 (九大)	C. Day (KIT)
第10章 モデリング・ シミュレーション	林 伸彦	横山 雅之 (NIFS)	J. Garcia (CEA)

リサーチユニット取り纏め: 鎌田 裕 (QST), G. Giruzzi (CEA) 敬称略
リサーチプランコーディネータ: 吉田 麻衣子 (QST), G. Giruzzi (CEA)

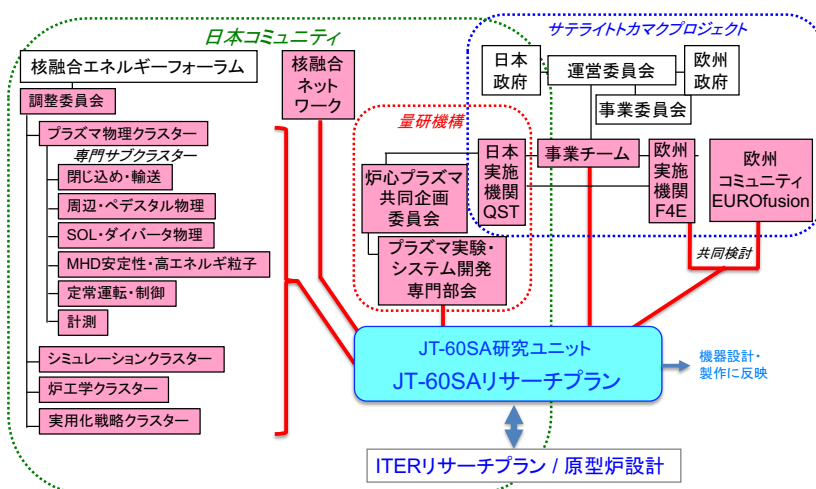


図1 JT-60SAリサーチプランの章立て、検討代表者、検討体制。各章毎の検討代表者が中心となり、国内外の広いコミュニティでリサーチプランを検討してきた。

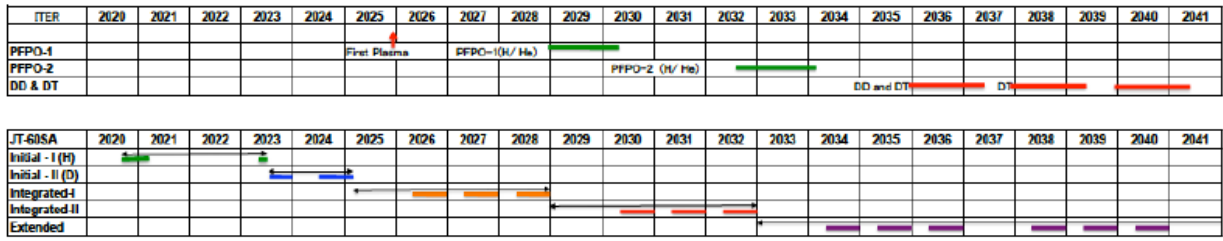


図2 ITER(上段)とJT-60SA(下段)の運転スケジュール

年の初期研究段階から始まる(S1-3表1参照)。ここからは、図3に示す実験チームにより実験研究が遂行される。実験チームは、JT-60SAの長期計画が記述されたJT-60SAリサーチプランを基本方針として、実験計画の立案、実験の遂行、まとめなどを掌握する。

水素ガスを用いる初期研究段階Iでは、先ず高プラズマ電流 (~5.5 MA) での安定な運転シナリオの開発と、プラズマ平衡制御性の確認を行う。また、高プラズマ電流条件を活かして、ITERの水素フェーズ運転におけるリスク回避の研究、例えば、ディスラプションの基礎実験や、水素・ヘリウム混合時のLH遷移実験を行う。

重水素ガスを用いると初期研究段階IIでは、高プラズマ電流に加え、合計33 MWの加熱パワーを利用し、(i) ITERの標準運転やハイブリッド運転、(ii) 原型炉の定常運転に向けたシナリオ開発とその物理研究を開始する。また、(iii) ITER運転でのリスク回避のための実験を優先的に行う。(i) ITERの標準運転シナリオの開発に向けて、鋸歯状振動や新古典テアリングモードをECHによる電流駆動等で回避し、目標とする閉じ込め改善度と規格化ベータ値を達成する(図4)。加えてペレットを用いて高密度領域をねらい、またダイバータ部への複数不純物入射を行い、周辺部の高い放射損失との整合性を研究する。(ii) 原型炉に向けた定常高ベータ運転シナリオ開発では、NBやECHによる電流駆動を駆使して負磁気シアの電流分布を最適化させると共に、安定化板、RWMコイル、プラズマ回転等を用いて、抵抗性壁モードと新古典テアリングモードを同時に実時間で制御し、目標の高ベータ運転シナリオを開発する。(iii) ITERでの重大なリスクと考えられている、ELM、ディスラプション、定常熱負荷を回避するための研究を、ペレット、誤差磁場補正コイル、不純物入射などを用いて行う。各運転シナリオを用いて、プラズマ物理の理解やITER及び原型炉への外挿性に向けたモデルの検証及び開発を行う。その後のモノブロック・ダイバ

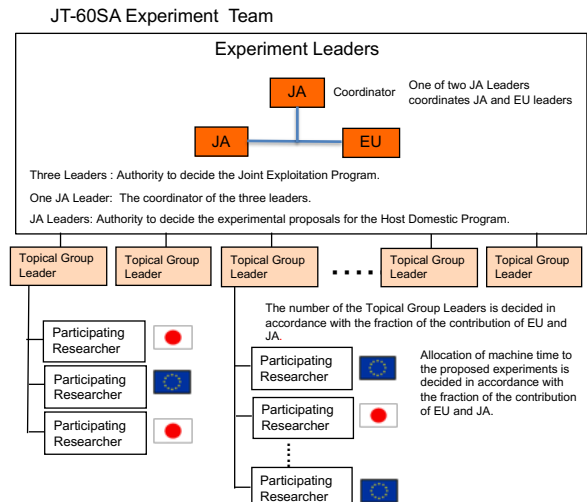


図3 2023年からの実験を遂行する実験チームの体制

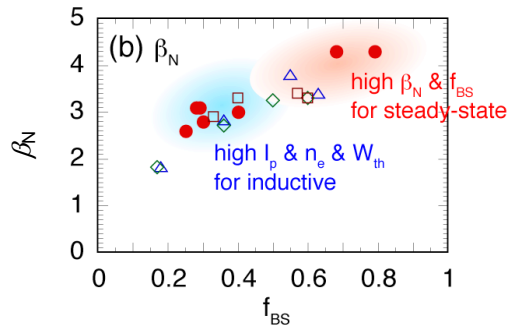


図4 初期研究段階(△)より高性能プラズマ開発と物理研究を開始し、統合研究段階(□)や拡張研究段階(●)では放電時間の伸長や高ベータ定常運転の実証を行う。

ータとなる統合研究フェーズでは、初期研究段階で開発したプラズマ放電時間の伸長を行い、高性能プラズマの長時間達成を狙う。

以上の研究は大変チャレンジングであり、国内外の高い専門性を備えた研究者が一緒になって知恵を出し合い協力して課題に向かうことが不可欠であると考えている。また、図2に示すように若手研究者がJT-60SAで経験を積むことで、将来ITERでリーダーシップを取るために有効な計画になっている。是非、国内からJT-60SA実験に積極的に参加して頂きたい。