

# JT-60SA Research Plan

## Divertor, SOL and PWI

M. Sakamoto (University of Tsukuba)

T. Nakano (Japan Atomic Energy Agency)

# JT-60SA Research Plan

## = Research Objectives and Strategy =

### Version 2.1

#### Contents

1. Introduction.....	4
2. Research Strategy of JT-60SA.....	5
3. Operation Regime Development.....	31
4. MHD Stability and Control.....	42
5. Transport and Confinement.....	49
6. High Energy Particle Behavior.....	66
7. Pedestal and Edge Characteristics.....	72
8. Divertor, Scrape Off Layer and Plasma-Material Interaction.....	78
9. Fusion Engineering.....	85
Appendix	

分野	核融合エネルギーフォーラム調整委員会			核融合ネットワーク 意見集約世話人
	プラズマ物理クラスター&炉工学クラスター	核融合開発戦略サブクラスター	核融合開発戦略サブクラスター	
	検討代表者 JAEA	検討代表者 大学等	検討代表者	
全体計画	鎌田 裕	高瀬 雄一 (東大)	岡野 邦彦 (電中研)  原型炉の観点からの研究ニーズ	小川 雄一 (東大)
運転領域開発	鈴木 隆博	長崎 百伸 (京大)		
MHD安定性と制御	松永 剛	古川 勝 (東大)		
輸送と閉じ込め	吉田麻衣子	田中 謙治 (NIFS)		
高エネルギー粒子挙動	篠原 孝司	長壁 正樹 (NIFS)		
ペDESTAL及び周辺プラズマ特性	浦野 創	森崎 友宏 (NIFS)		
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)		
モデリング・シミュレーション	林 伸彦	福山 淳 (京大)		
炉工学 (ブランケット・材料・統合技術等)	榎枝 幹男 (JAEA) 櫻井 真治 (JAEA)	相良 明男 (NIFS)		

# JT-60SA Research Plan

= Research Objectives and Strategy =  
Version 2.1

## 8. Divertor, Scrape Off Layer and Plasma-Material Interaction

- 8-1. Scenario development of steady-state, high-confinement and high-density plasmas
- 8-2. Detached divertor study
- 8-3. Radiative divertor study
- 8-4. Particle and power balance study
- 8-5. Impurity generation and transport
- 8-6. Wall conditioning
- 8-7. Material probe
- 8-8. Post-mortem tile analysis
- 8-9. Tungsten divertor and first wall

# 検討の経緯

H22年3月2日 第一回JT-60SA研究計画検討会

H22年7月 リサーチプランへの意見・コメント、実験提案を研究者  
(若手)に依頼

梶田信	名古屋大学
小林政弘	核融合科学研究所
四竈 泰一	京都大学
時谷政行	核融合科学研究所
信太祐二	北海道大学

(敬称略、50音順)

H22年9月 リサーチプラン検討メーリングリスト開設(SOL,DIV&PWI)

H22年9月16日 物理クラスター(SOL&DIV)幹事会:検討状況報告

H22年11月17日 PWI合同研究会:リサーチプラン紹介、議論(参加者43名)

H23年1月 メーリングリストメンバー(44名)に改訂版送付、コメント求める

H23年2月 リサーチプラン Ver.2.1

# 様々な項目に関するコメント・提案

- リサーチプランの内容に関する質問
- デタッチメント、放射ダイバータ
- 原子分子過程、計測
- 不純物輸送、ダスト
- マテリアルプローブ、材料
- 水素同位体リテンション、壁クリーニング
- 金属壁

# 基本パラメータの記載拡充

⇒SOLDOR の計算結果を追記など

コメント(要約)と対応:

## ➤ デタッチメント関連

- デタッチメント遷移時の上流のパラメータは？

⇒右上図のようにほぼ一定

(RP には 130 eV,  $3 \times 10^{19} \text{ m}^{-3}$  と記載)

関連した改訂:

⇒ダイバータ板上のパラメータ分布を図示(Fig.8-3)

⇒Ar密度とダイバータ板上でのピーク熱負荷の関係を図示(Fig.8-5)

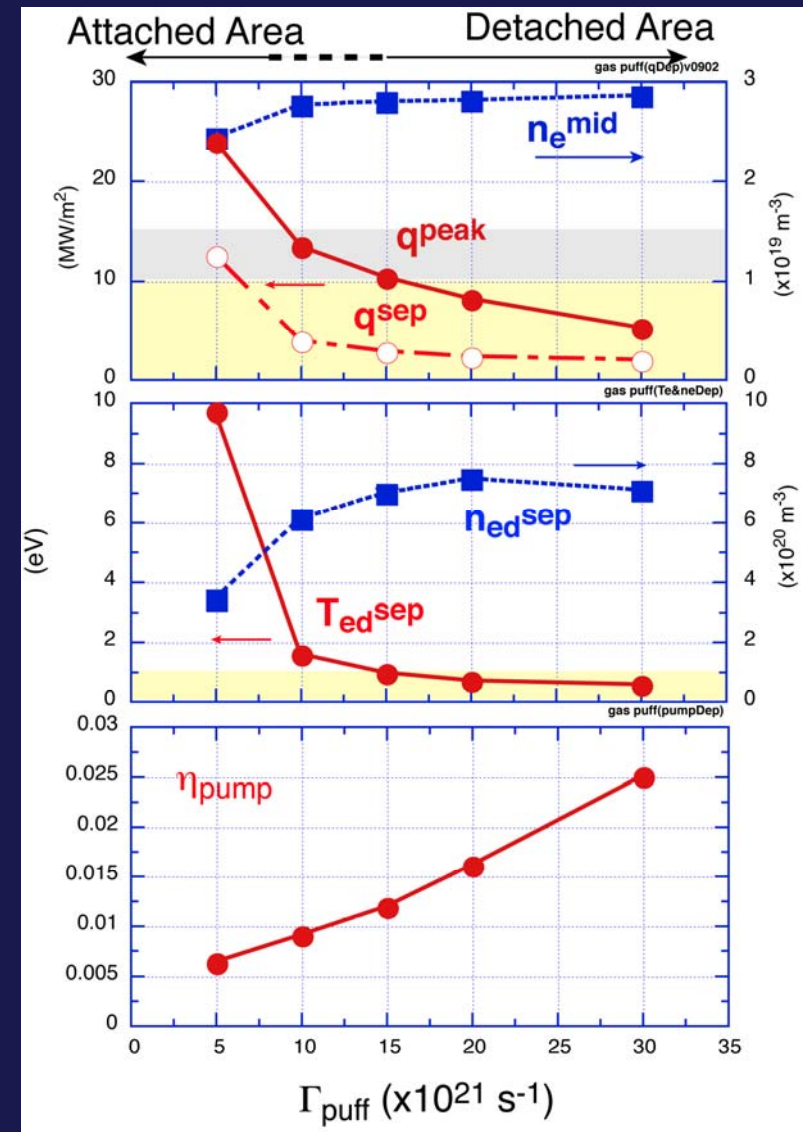
- このパラメータはペDESTALに影響しないか？

⇒ダイバータ・プラズマと独立して制御されており影響は少ないと予測

- ダイバータ・ポンプの排気効率とは？

⇒右下図より 0.5-2.5%

(RP には代表的に、外ダイバータ板でのリサイクリングの 2.0% と記載)



\*) H. Kawashima, K. Hoshino *et al*, *J. Nucl. Mater.* (2011) to appear.

# 具体的実験提案の拡充

⇒アプローチ手法がある程度具体化されているもの

## ➤ 不純物輸送関連

- $^{13}\text{C}$  をドーブしたタイルを設置、 $^{13}\text{C}$  の堆積分布より C の輸送研究 ( $^{13}\text{CH}_4$  を入射する方法より、タイル由来の C の輸送をより正確に模擬)
  - ⇒  $^{13}\text{CH}_4$  を入射する必要がないことからプラズマへの影響が少なく、とくに ELM プラズマで C の輸送研究に適していると考え、RP に記述を追加

## ➤ マテリアルプローブの利用及びタイル事後解析関連

- C 堆積層中の D 量、および C 損耗量の測定
  - ・ 位置依存性(ルーバーや内側ダイバータ)
  - ・ 温度依存性(ヒーターを装備)
  - ・ 損耗厚モニター(B や Siなどをマーカーとして打ち込んでおく)
- あらかじめ中性子照射された W の D 保持特性
  - ・ 照射量・温度などへの依存性を系統的に
    - ⇒ できる限り設置の可能性を探っていくが、設置、回収、計測器には制約あり

## ➤ D/H 制御 (DEMOでのT/D制御に関連)

⇒ ダイバータでの H/D 計測(不純物由来を含む ex.  $\text{CD}_4/\text{CH}_4$ )

## ➤ ダスト関連

- ダスト収集のためのリモートアクセス

# その他の指摘

⇒対応に時間を要する

## ● コメント(要約)と対応案:

- RMPによるダイバータ板上でのパワーチャンネルの幅の制御  
(周辺磁場構造のストキャスティック化、3Dコードによる検討)  
⇒ 大がかりな準備が必要。マンパワーの制約から対応困難か？
- ELMによる過渡的な熱負荷、または核融合出力の変動に伴うストライク点位置の変動の際に、デタッチを維持する制御法の開発  
⇒ 後者は実験でどの程度の制御性をもつか、調べる必要がある。
- コアで Ar 密度 1-2% はコアプラズマの運転と矛盾  
⇒ SONIC (SOLDOR + IMPMC) での評価を行う。
- (将来的な)ダイバータ構造の変更  
⇒ 実際の実験を進めつつ、シミュレーションを参考に進める。



# 金属(タングステン)壁実験

⇒v3.0 に向けて基本戦略を議論

- Tungsten target: (現状の記述)

**Compatibility** of a full tungsten divertor and first walls with **high  $\beta$  plasmas**

Specific research items in the W divertor in addition to those in the C divertor;

**Sputtering, shielding, accumulation**, etc.

**Phased increase** of tungsten coverage:

several W-coated CFC => full W divertor and first wall

(after achievement of high  $\beta$  plasmas)

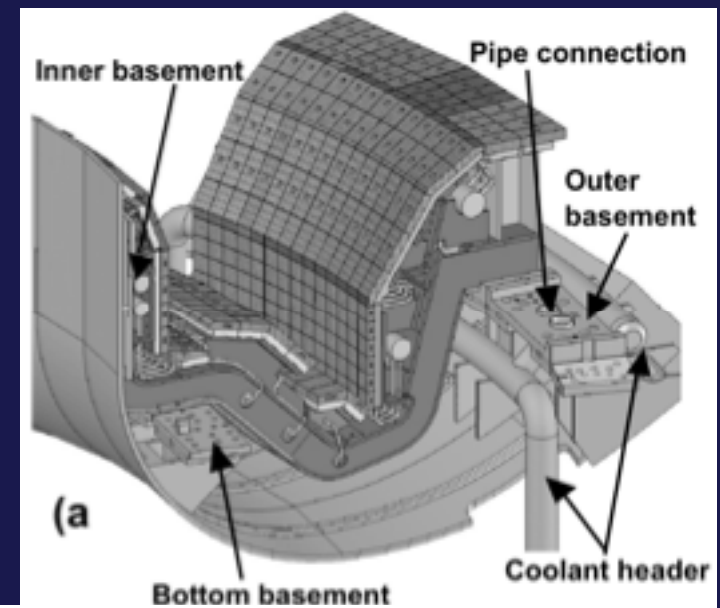
⇒ **Contributes to ITER and DEMO**

- 10年後には、炭素壁での実験が意味を持つか？

- ヨーロッパは金属壁指向が非常に強い

# Demo-relevant wall in JT-60SA => higher priority\*

# v3.0(2011年7月議論開始)ではヨーロッパが主体的に関わってくる



\*) R&D needs & required facilities for the development of fusion as an energy source, EC report

# EUの動向など

# Technical Responsible Officer 一覽

Chapters	EU TROs	JA TROs (JAEA)	University / Institute
<b>Chapter 2 :</b> Research Strategy	<b>Duarte Borba</b> (EFDA/Garching)	<b>Yutaka Kamada</b>	<b>Yuichi Takase</b> (U-Tokyo)
<b>Chapter 3 :</b> Operation regime development	<b>Emmanuel Joffrin</b> (CEA (JET))	<b>Takahiro Suzuki</b>	<b>Kazunobu Nagasaki</b> (Kyoto-U)
<b>Chapter 4 :</b> MHD stability and control	<b>Tommaso Bolzonella</b> (RFX/Padova)	<b>Go Matsunaga</b>	<b>Masaru Furukawa</b> (U-Tokyo)
<b>Chapter 5 :</b> Transport and confinement	<b>Michele Romanelli</b> (CCFE/Culham)	<b>Maiko Yoshida</b>	<b>Kenji Tanaka</b> (NIFS)
<b>Chapter 6 :</b> High energy particle behaviour	<b>Philipp Lauber</b> (IPP/Garching)	<b>Kouji Shinohara</b>	<b>Masaki Osakabe</b> (NIFS)
<b>Chapter 7 :</b> Pedestal and edge characteristics	<b>Marc Beurskens</b> (CCFE/Culham)	<b>Hajime Urano</b>	<b>Tomohiro Morisaki</b> (NIFS)
<b>Chapter 8 :</b> Divertor, SOL and PWI	<b>Rudolf Neu</b> (IPP/Garching)	<b>Tomohide Nakano</b>	<b>Mizuki Sakamoto</b> (U-Tsukuba)
<b>Chapter 9 :</b> Fusion engineering	<b>Christian Day</b> (KIT/Karlsruhe)	<b>Shinji Sakurai (TRO)</b> <b>Mikio Enoeda</b>	<b>Akio Sagara</b> (NIFS)
<b>Chapter 10 :</b> Theoretical models and simulation codes	<b>Gerardo Giruzzi</b> (CEA/Cadarache)	<b>Nobuhiko Hayashi</b>	<b>Atsushi Fukuyama</b> (Kyoto-U)
			<b>Kunihiko Okano</b> (CRIEPI)

Date	Contents
May 23-24, 2011	The Frascati <b>meeting</b>
June 28 - July1	The EPS satellite <b>meeting</b>
July 7 (Today)	The TROs' <b>kick-off meeting</b>
	discussion in each site (EU and JA)
September	EU-JA TROs will discuss the newly proposed research items (planning <b>via remote</b> ).
October 24~ (after IOS-ITPA)	A <b>meeting</b> of the JA team with a EU delegation, possibly including most of the TROs (a final face-to-face discussion).
October 31	EU-TROs will send the summarized research items and a list of co-authors to JA-TROs in each chapter ( <b>Deadline of EU proposals in 2011</b> ) .
November 30	<b>A draft of the Research Plan ver 3.0</b>
	this will be sent to co-authors in EU and JA
December 31	<b>"JT-60SA Research Plan ver 3.0 (EU-JA plan)"</b> will be completed

*Please lead a discussion and encourage people to join the activity in each site (EU and JA) in order that many people can enjoy JT-60SA experiments!*

# Report on the satellite meeting at EPS (Strasbourg, 28 June 2011)

G. Giruzzi

*IRFM, CEA (France)*

EPS 期間中に EU が中心となってサテライトミーティングが行われた。その報告。

# European Contribution to the JT60-SA Research Plan

DRESDE Room, Tuesday, 28 June, 14:00-16:00

## Meeting agenda

14:00 – 14:30	EFDA/F4E joint activities on JT-60SA Physics	<i>G. Giruzzi (CEA)</i>
14:30 – 14:40	Questions / discussion	
14:40 – 15:00	Operation regime development	<i>I. Nunes (JET)</i>
15:00 – 15:20	<b><u>Divertor, SOL, plasma-wall interaction</u></b>	<b><i>R. Neu (IPP)</i></b>
15:20 – 15:40	Diagnostics	<i>F. Orsitto (ENEA)</i>
15:40 – 16:00	Final discussion	

**The meeting is open to all interested people**

- Introductory talk by G. Giruzzi:
  - Main characteristics and scientific objectives of JT-60SA (using material from seminars by Y. Kamada, S. Ishida, etc.)
  - Presentation of new EFDA activities: modelling and SARP revision
  - Short presentation of SARP v2.1
- Presentations by I. Nunes (JET), ***R. Neu (IPP)***, F. Orsitto (ENEA):
  - Operation scenarios (output of first meeting and discussions)
  - ***Divertor, SOL***
  - Diagnostics
- General discussion. Main discussion subjects:
  - Possible new scenarios (hybrid at  $q_{95} \sim 4$ , different DEMO oriented scenarios)
  - ***Strategy of transition to Tungsten PFCs***

実験が進むにつれて真空容器の放射化が進むため、真空容器内部でのタイル取り替え作業は困難になる。Lackner 氏: Wタイルでなくても W コーティングタイルで許容できる。
  - Possibility of collaboration on diagnostics
  - Connection with the programme of EU machines for the next years
  - Methodology of SARP revision

# JT-60SA Research Plan Version 3.0 へ向けて

## 8. Divertor, Scrape Off Layer and Plasma-Material Interaction

8-1. Scenario development of steady-state, high-confinement and high-density plasmas

8-2. Detached divertor study

8-3. Radiative divertor study

ver.2.1 改訂時の検討が不足している。

8-4. Particle and power balance study

8-5. Impurity generation and transport

8-6. Wall conditioning

8-7. Material probe

8-8. Post-mortem tile analysis

8-9. Tungsten divertor and first wall

ver.2.1 改訂時の検討が不足している。EUの金属壁指向を考慮して、国内でも骨太の戦略を練っておく必要がある。



# JT-60SA Research Plan 活動を活用して

- SOL, DIV, PWI 研究コミュニティの連携強化
- 共同研究、連携研究の推進  
(国内研究戦略と関連して)