

# BA活動の現状と今後の計画

～ロードマップ指摘「主要R&D(9項目)」との対応～

常松 俊秀

日本原子力研究開発機構 核融合研究開発部門

# 六ヶ所サイトの整備と建屋の建設状況

## 六ヶ所サイトの整備と建屋建設は予定通り進捗：

- 平成21年3月 管理研究棟 竣工  
新サイト（国際核融合エネルギー研究センター）で事業チームと実施機関が活動開始
- 平成22年3月 原型炉R&D棟計算機・遠隔実験棟、IFMIF/EVEDA開発試験棟 竣工予定



原型炉R&D棟



計算機・遠隔実験棟



IFMIF/EVEDA開発試験棟

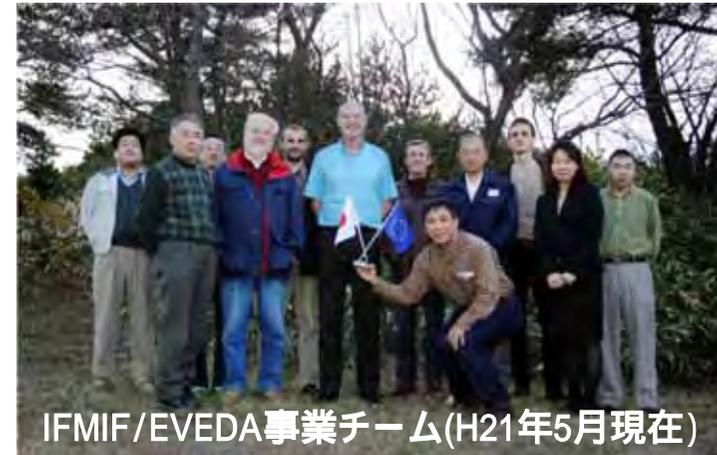


管理研究棟

中央変電所

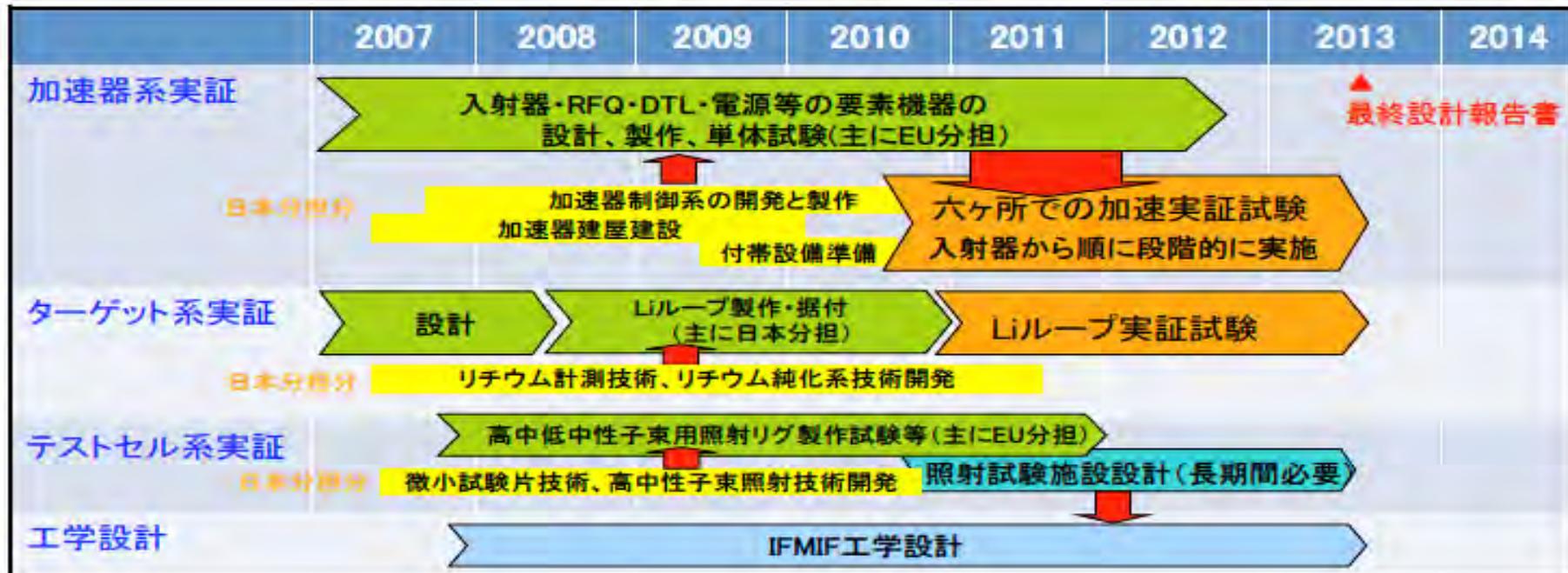
# 国際核融合材料照射施設工学実証工学設計活動 (IFMIF/EVEDA) 事業の概況

- 平成19年7月にパスカル・ギャラン事業長が六ヶ所に着任し活動を開始、事業チームは事業長も含め、現在、日本3人・欧州5人の専門家と、日本4人の支援要員の計12人。

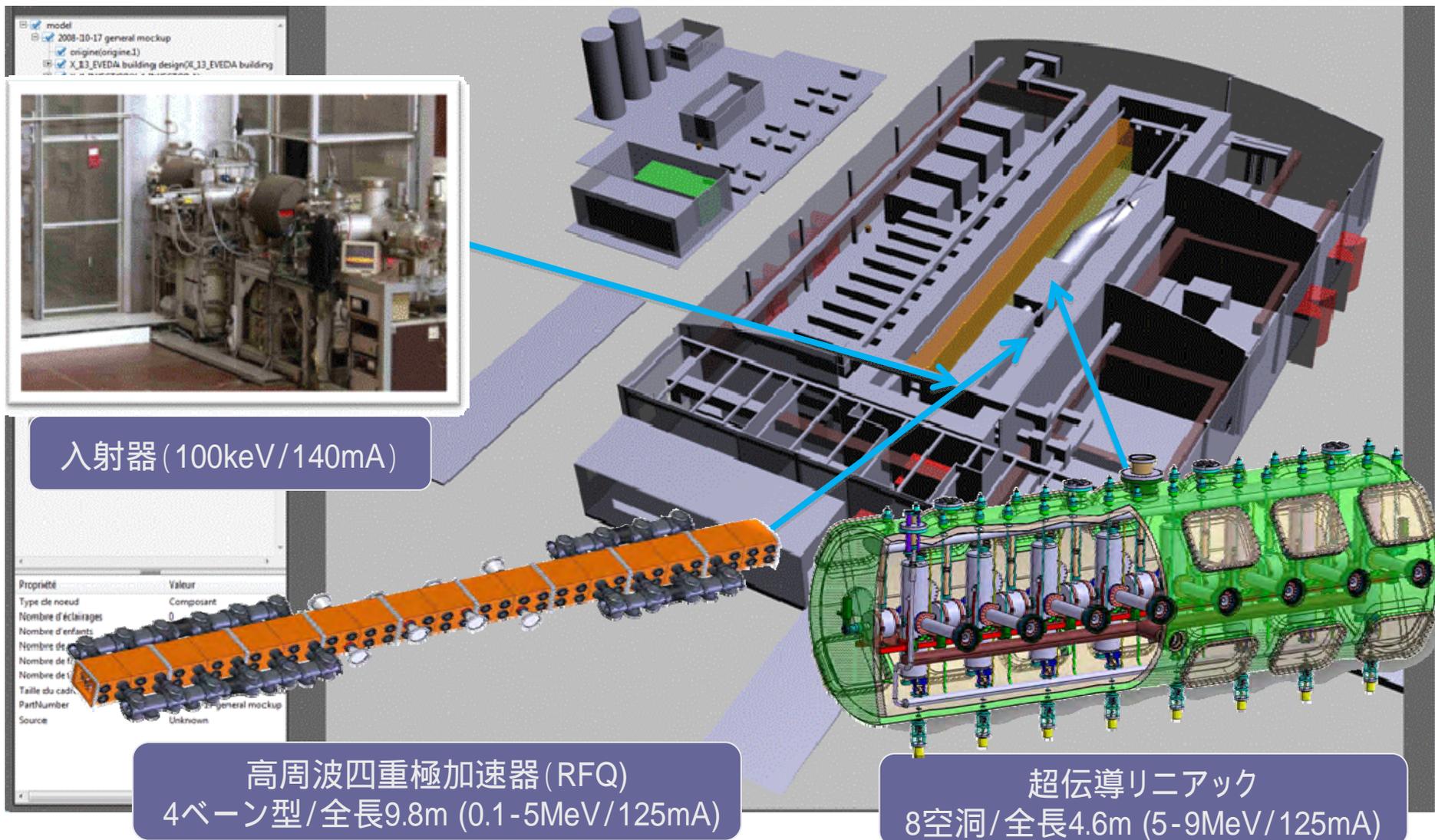


IFMIF/EVEDA事業チーム(H21年5月現在)

## IFMIF/EVEDA 事業のスケジュール



# IFMIF/EVEDA事業：加速器系開発（建屋と原型加速器）



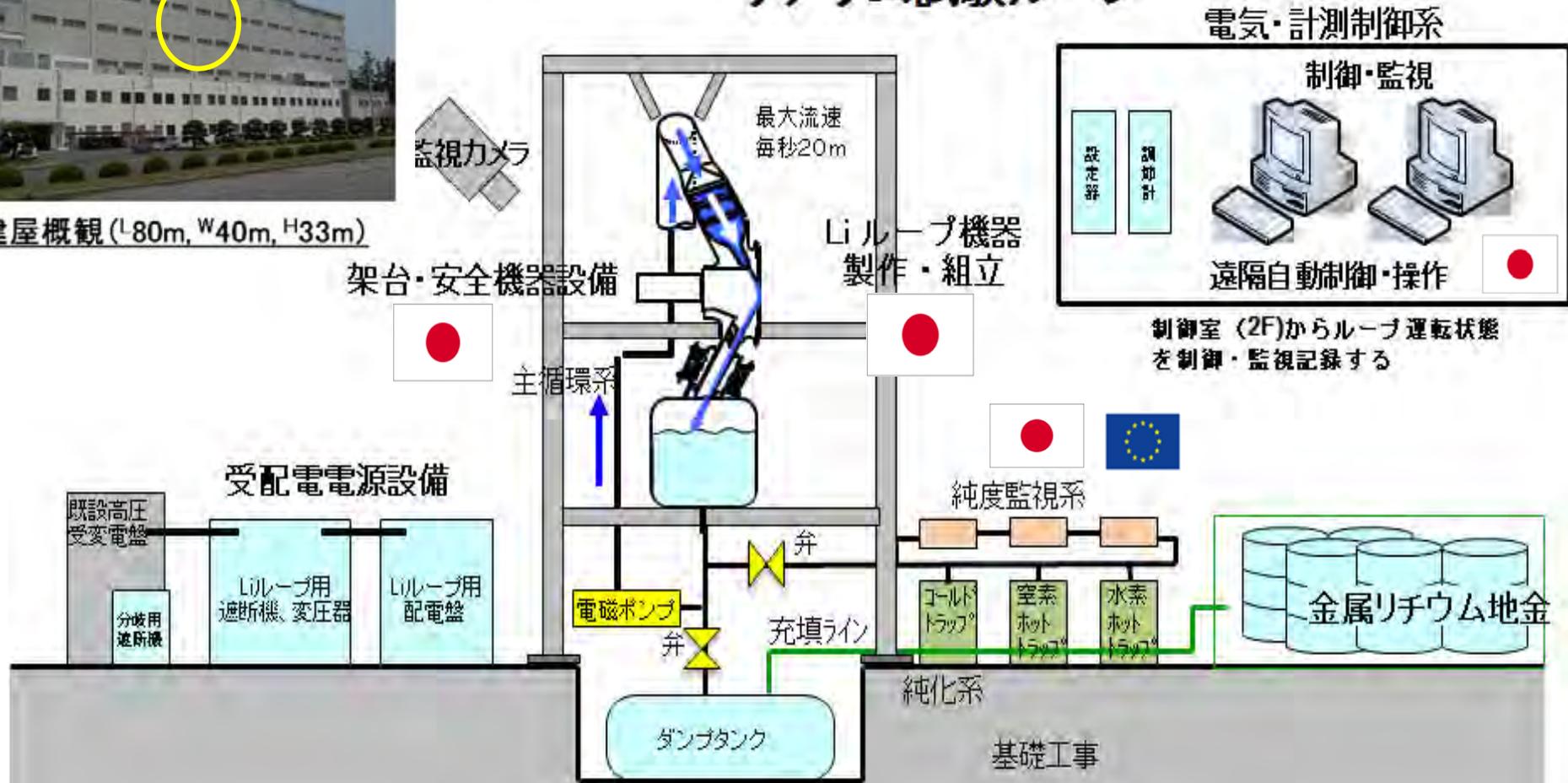
# IFMIF/EVEDA: ターゲット系(リチウム試験ループ)開発

原子力機構大洗に建設



建屋概観(L80m, W40m, H33m)

## リチウム試験ループ



工学実証リチウム試験ループ全体構成

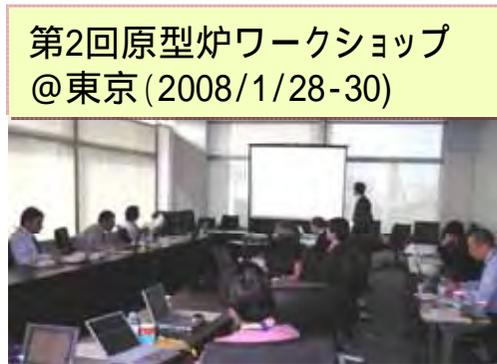
(計測系、純化系、純度監視系は大学との共同研究で設計・製作)

# 国際核融合エネルギーセンター (IFERC) 事業の概況 (1)

## 原型炉設計・研究開発調整センター

- ・核融合原型炉(DEMO)の概念検討を日欧で実施し、共通概念の確立を目指す。
- ・原型炉の早期実現に向けての道筋を確立するため、物理的及び工学研究開発課題を確認し、概念設計及び関連する研究開発活動の調整と予備的研究開発を実施

➡ ワークショップ(技術検討会)開催を通して、技術的な検討を活発に実施



IFERC 事業	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
核融合原型炉 設計/研究開発の調整	第1段階			第2段階						

原型炉共同設計に向けた共通基盤の確立  
ワークショップ活動  
工学R&D 研究開発項目の確定、開始、評価

原型炉の概念設計に向けた活動 共同設計グループを設置して  
概念調整を行うとともに、日欧の実施設計活動を企画・運営  
工学R&D 研究開発の本格実施、評価

# 国際核融合エネルギーセンター (IFERC) 事業の概況 (2)

## 原型炉工学 研究開発 (R&D)

特定の原型炉型に依存せず、“Generic”な項目を実施すべしとの共通理解に基づき、ブランケット関連材料開発を主とする、次の5つ項目を選定：

- a) 原型炉ブランケット用材料工学 (低放射化フェライト鋼) :  
製造技術、接合技術、照射効果の予測
- b) SiCf/SiC 複合材 :  
機械的特性の評価法の確立、物理特性の評価、照射効果の予測
- c) 原型炉ブランケット用先進中性子増倍材 :  
ベリライドの製造技術
- d) 原型炉ブランケット用先進増殖材 :  
大量製造技術、再処理技術
- e) トリチウム技術 :  
連続運転に対応するモニターの開発、各種材料におけるトリチウム挙動



低放射化フェライト鋼 (F82H) の 5 t 溶解を実施

# 国際核融合エネルギーセンター (IFERC)事業の概況 (3)

## 核融合計算シミュレーションセンター

ITER特別作業グループ(SWG)による計算機の選定作業を実施



IFERC事業	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
核融合計算シミュレーションセンター	計算機調達活動 第1段階					計算機運用 第2段階				
調達プロセス: (暫定計画)			調達活動(EU)		据付	運転				
特別作業グループ(SWG)	SWG-1	計算機の選定				SWG-2 利用規程の策定				

# サテライトトカマク計画事業

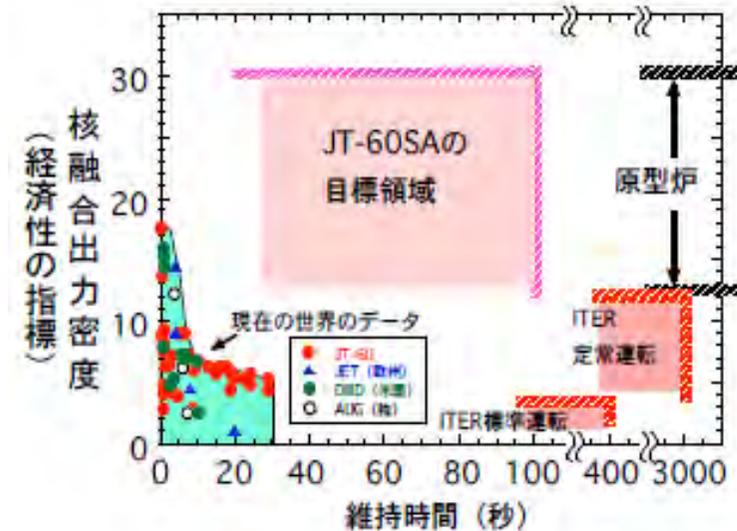
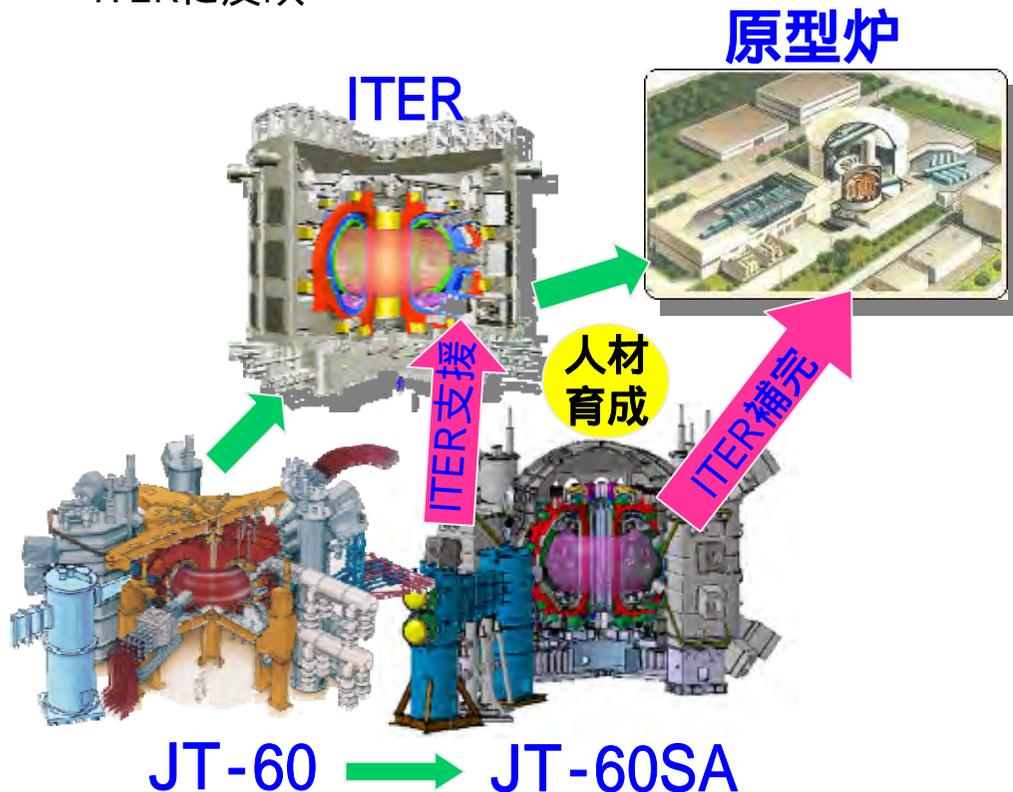
BA活動 サテライトトカマク計画事業 + トカマク国内重点化装置計画 (国内計画)  
合同計画 JT-60SA (JT-60 Super Advanced) 計画

## ITERの技術目標達成のための支援研究

臨界条件クラスのプラズマを長時間(100秒程度)維持する高性能プラズマ実験を行い、その成果をITERに反映

## 原型炉に向けたITERの補完研究

原型炉で必要となる高出力密度を可能とする高圧力プラズマを100秒程度維持し、原型炉の運転手法を確立

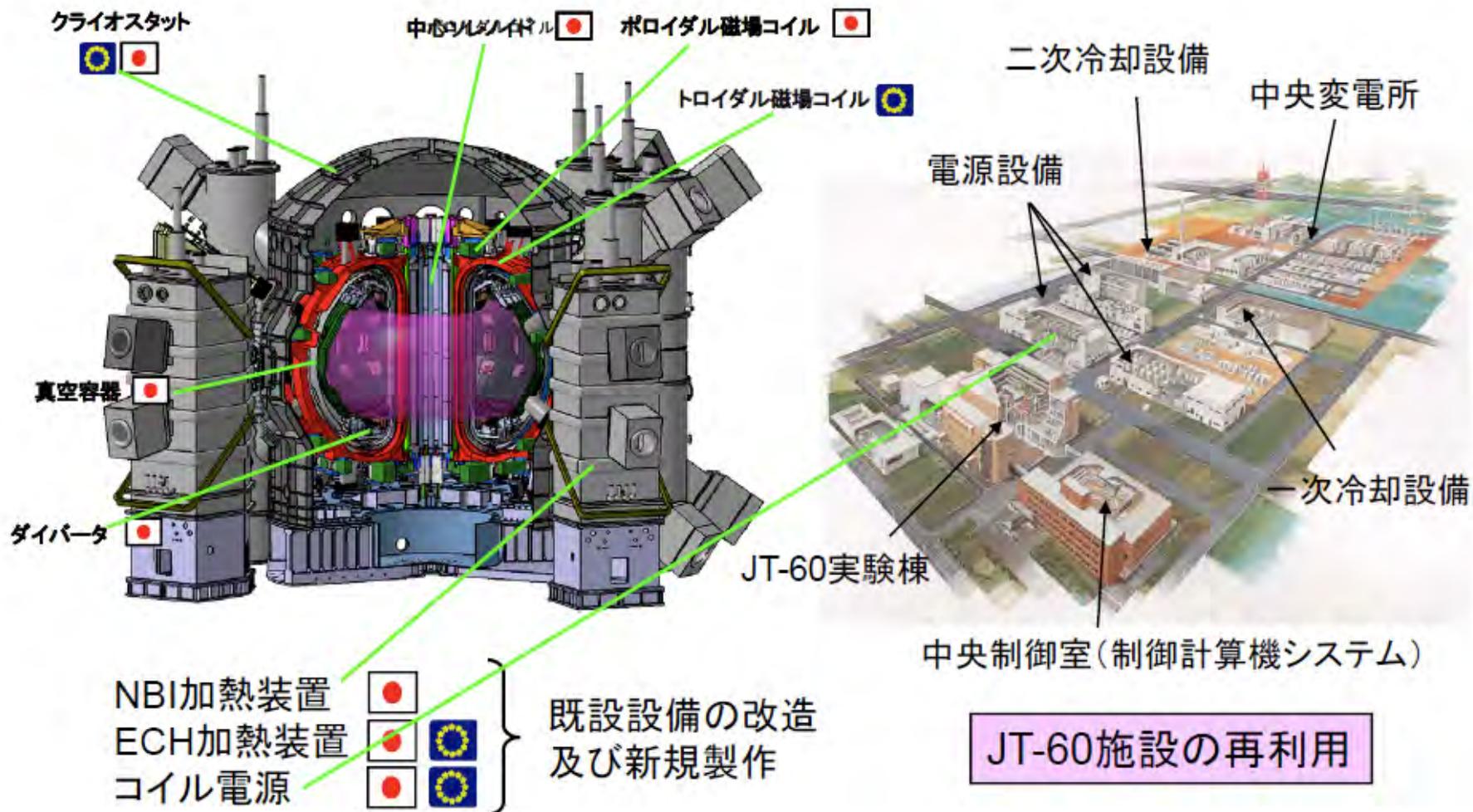


高圧力プラズマ(高核融合出力密度)領域の開拓  
第一壁高熱負荷状態での熱・粒子制御

⇒ 自律性の高い定常プラズマの総合的理解と制御

# JT-60施設を再利用し、日欧で新規設備の調達を分担

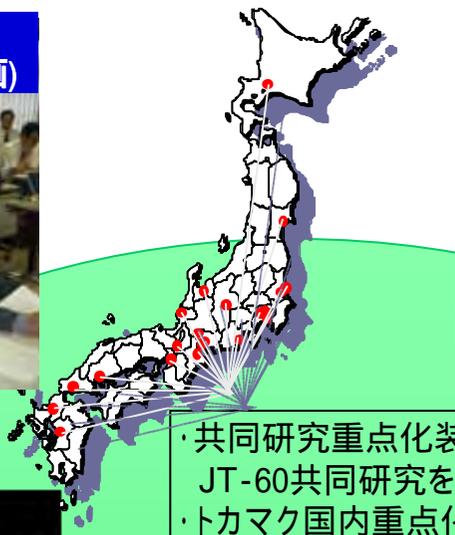
JT-60SA本体、超伝導コイル、電源、加熱設備を日欧で分担して製作  
JT-60施設の主要な設備機器を再利用



# 国内及び日欧の共同研究重点化装置 (JT-60からJT-60SAへ)

国内コミュニティとともに共同企画・共同研究を推進

科学技術・学術審議会 報告  
(大学コミュニティー等との共同企画)

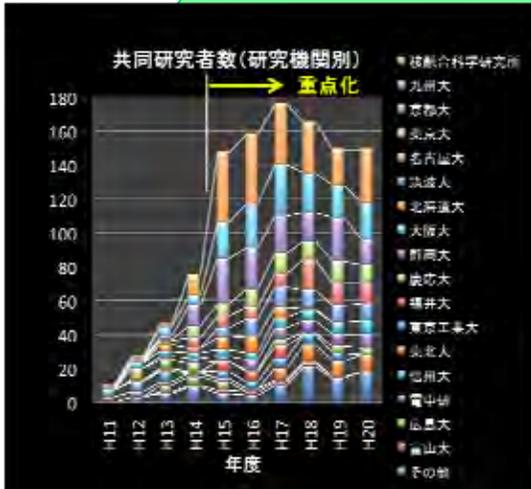


日欧のサテライト・トカマクに関するワーキンググループ会合

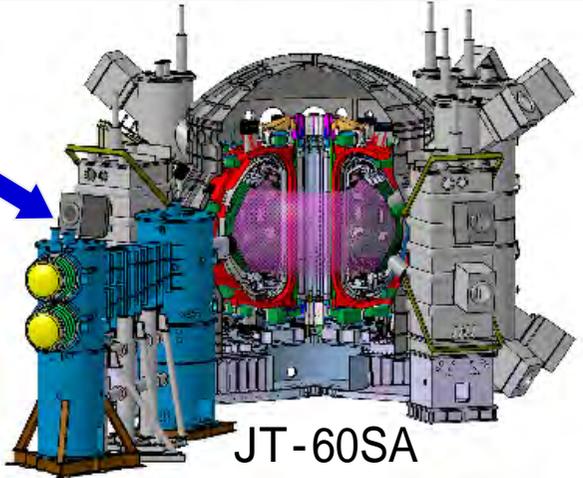


・共同研究重点化装置として、  
JT-60共同研究を推進  
・トカマク国内重点化装置計画を共同企画

日欧の幅広いアプローチの中で、サテライトトカマク計画として共同で設計・建設・研究を実施



JT-60



JT-60SA

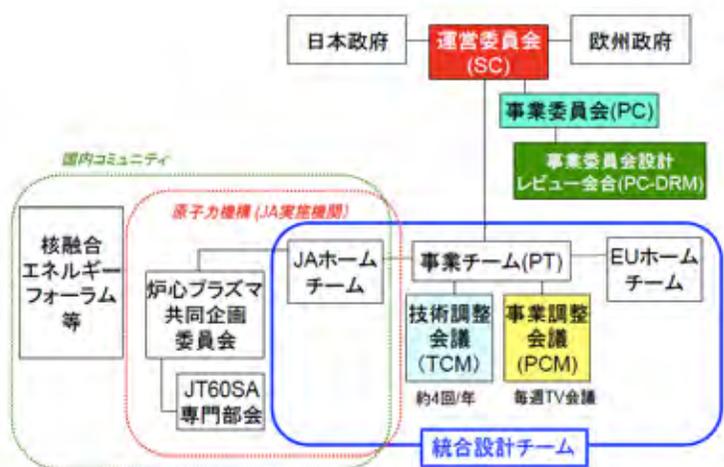


欧州コミュニティ

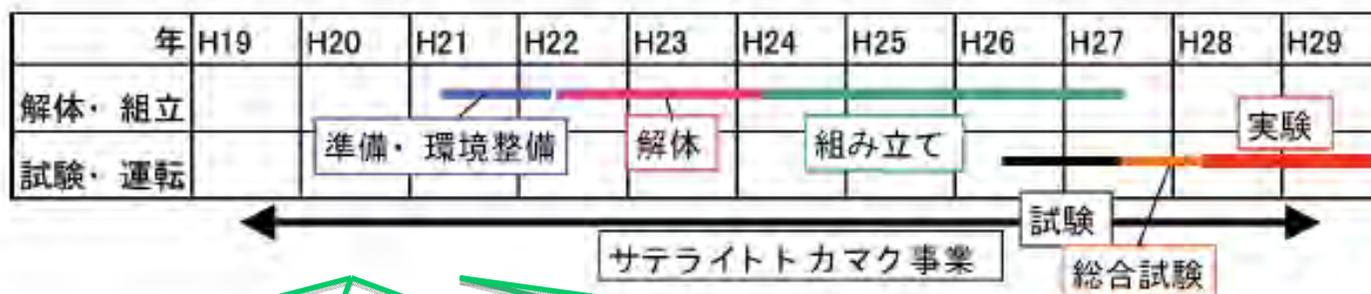


国内コミュニティ  
核融合エネルギーフォーラム  
プラズマ物理クラスター: JT-60SAリサーチプラン等

# サテライトトカマク計画事業の進捗状況



- ・サテライトトカマク計画事業チーム及び日欧両ホームチームからなる統合設計チームが進めた設計案が、平成20年12月の第4回BA運営委員会で承認され、平成28年(2016年)3月のファーストプラズマを目指して設計・製作が本格化。
- ・原子力機構及び大学等の専門家により構成される炉心プラズマ共同企画委員会での議論に基づき日本コミュニティの意見を設計に集約し、核融合エネルギーフォーラムITER・BA技術推進委員会での審議を経つつ、これを日欧協議に反映。
- ・わが国分担分の超伝導ポロイダル磁場コイルや真空容器トラス部等の設計、製作、契約等、計画通りに進展中である。



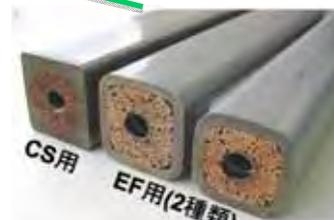
真空容器材料納入



超伝導コイル巻線棟竣工



超伝導導体製作棟竣工



ダミー導体試作に成功



リサーチプラン日本ホームチーム原案完成

# ロードマップ指摘「主要R & D (9項目)」との対応(1)

核融合エネルギーフォーラムITER・BA技術推進委員会 ロードマップ報告書指摘の「主要R & D (9項目)」	BA活動・実施機関としての研究開発 ( )内は実施するBA事業	原子力機構としての研究開発
1. ブランケットの開発	原型炉概念設計共同作業の中で、原型炉工学設計活動(EDA)で実施すべき 科学技術の研究開発項目を抽出し、その規模(予算、人員、期間)の確度を 高めるべく検討 (IFERC事業)	
1) ITER-TBMの開発(主概念+先進概念)	・低放射化フェライト鋼等に関する評価研究を実施し、その成果は TBM設計にも貢献 (IFERC事業)	・TBM充填層構造体、第一壁や側壁の実規模大モックアップなどの製作と 性能実証に成功
2) 原型炉用ブランケットの開発	・ブランケット関連材料開発を主とする次の5R&Dを実施 (IFERC事業) a) 原型炉ブランケット用材料工学(低放射化フェライト鋼) 製造技術、接合技術、照射効果の予測 b) SiCf/SiC 複合材 機械的特性の評価法の確立、物理特性の評価、照射効果の予測 c) 原型炉ブランケット用先進中性子増倍材 ペリライドの製造技術 d) 原型炉ブランケット用先進増殖材 大量製造技術、再処理技術 e) トリチウム技術 連続運転に対応するモニターの開発、各種材料における トリチウム挙動	・日米協定に基づき、HFIRにおいてF82Hの20dpaレベルの破壊靱性データ を取得
3) 2)に関連する基準整備		
2. ITER用超伝導コイルの性能を超える原型炉用 コイルの開発(強磁場化、高電流密度化が必要な場合)	原型炉概念設計共同作業の中で、原型炉工学設計活動(EDA)で実施すべき 科学技術の研究開発項目を抽出し、その規模(予算、人員、期間)の確度を 高めるべく検討 (IFERC事業)	
1) Nb3Sn以外で強磁場化する場合の技術的成立性の確認		・先進超伝導コイル材(Nb3Al等)の開発を継続実施 ・高温超伝導線材の熱処理による性能劣化防止策の明確化
2) 線材の量産体制の確立		
3) 強大な電磁力を支持するための構造材の開発		
3. 原型炉向けダイバータ	原型炉概念設計共同作業の中で、原型炉工学設計活動(EDA)で実施すべき 科学技術の研究開発項目を抽出し、その規模(予算、人員、期間)の確度を 高めるべく検討 (IFERC事業)	
アーマーなど構造や材料をITERで最終的に性能を確認する場合、 十分な事前開発の計画が必要	・低放射化フェライト鋼やトリチウム技術に関する研究成果は原型炉 向けダイバータの設計にも貢献 (IFERC事業)	・タングステン等のアーマー材料開発として、基礎物性に係わる 加熱試験、トリチウム滞留量評価などを実施
4. Li-6の濃縮・量産技術		
セラミック増殖材を採用する限り、Li濃縮はTBR確保に必須で、年間 100トンレベルの製造が必要だが、そのような大容量をもった工場は 国内には現状ではない		・耐久性と分離効率を高める、新規かつ有望なLi-6濃縮技術を明確化

# ロードマップ指摘「主要R & D (9項目)」との対応(2)

核融合エネルギーフォーラムITER・BA技術推進委員会 ロードマップ報告書指摘の「主要R & D (9項目)」	BA活動・実施機関としての研究開発 ( )内は実施するBA事業	原子力機構としての研究開発
<b>5. トリチウム関連技術</b>	原型炉概念設計共同作業の中で、原型炉工学設計活動(EDA)で実施すべき科学技術の研究開発項目を抽出し、その規模(予算、人員、期間)の確度を高めるべく検討 (IFERC事業)	
1) 初期装荷トリチウムの入手方法の見通しの検討		
2) 冷却系配管のトリチウム透過低減被膜の開発	・トリチウム技術に関する開発研究(トリチウムと壁材料相互作用、トリチウム水と金属/有機材料相互作用)で得た成果の冷却系配管のトリチウム透過被膜の開発に対する貢献を期待 (IFERC事業)	・トリチウム透過低減被膜の研究開発等は着実に進展
3) 冷却水の水質管理技術の確立	・トリチウムに関する開発研究(先進計量管理技術、トリチウムと壁材料相互作用、トリチウム水と金属/有機材料相互作用)で得た成果の冷却水水質管理技術確立に対する貢献を期待 (IFERC事業)	・プラントとしての機器の効率化に関する研究開発ならびにシステム試験を実施
4) 関連法整備		
<b>6. メンテナンス手法開発</b>		
原型炉の概念設計を確定するためには、メンテナンス(保守、分解)法を決定する必要があり、BA期間にはその結果により基本方針を決定	原型炉概念設計共同作業の中で、原型炉工学設計活動(EDA)で実施すべき科学技術の研究開発項目を抽出し、その規模(予算、人員、期間)の確度を高めるべく検討 (IFERC事業)	
1) 大型重量物の遠隔操作、移動、設置技術など		・ITERの遠隔保守技術を通じて ○メンテナンス作業の高効率化の知見を蓄積 ○ブランケットと整合の取れた概念構築
2) ロボット技術など(他分野での成果を導入できる可能性が高い)		
<b>7. 核融合炉の規格基準の検討開始</b>	・原型炉概念設計共同作業の中で、原型炉工学設計活動(EDA)で実施すべき科学技術の研究開発項目を抽出し、その規模(予算、人員、期間)の確度を高めるべく検討 (IFERC事業) ・構造材料等に関するデータベースを蓄積し、規格基準の検討に貢献 (IFERC事業)	・原型炉の規格基準に向けた議論を開始
<b>8. 環境安全性評価手法の開発</b>	原型炉概念設計共同作業の中で、原型炉工学設計活動(EDA)で実施すべき科学技術の研究開発項目を抽出し、その規模(予算、人員、期間)の確度を高めるべく検討 (IFERC事業)	
原型炉プラズマ関連シミュレーションコード開発の一環として行い、環境安全性評価コードの開発も含む	・計算機シミュレーションセンターのスパコン機種選定に向けたベンチマークコードを選定 (IFERC事業)	
1) 安全確保とその評価のための方法論	・原型炉概念設計共同作業で検討を予定する主要論点のひとつ (IFERC事業)	・原子力安全委員会報告書「ITERの安全確保について」をベースに検討を開始
2) 安全性データベース (例:核融合特有の核種に対する放射線リスク評価及び管理基準値の提案)		
3) 総合的トリチウム安全 (環境中でのトリチウム挙動、生態系での動態、生物影響など)	・トリチウム関連の開発研究を通じた、総合的トリチウム安全や放射性廃棄物管理法等のデータベースへの貢献 (IFERC事業)	・GATS施設を用いて建屋内漏洩トリチウム移行挙動データを蓄積し、挙動解析コードを整備 ・トリチウムの環境移行挙動データを蓄積し、緊急時挙動/被ばく解析コードを整備
4) 社会受容性を考慮した放射性廃棄物の管理・処理・処分法、さらにはマテリアルサイクルの方法論		
<b>9. JT-60SAの国内重点化装置としての実験研究</b>	・JT-60SAリサーチプランの日本ホームチーム原案を策定し、国内及び欧州で議論中 (STP事業)	・炉心プラズマ共同企画委員会でJT-60SAリサーチプラン国内原案を策定中