

# 三菱の核融合分野への取組みと 人材育成について

原子力事業部  
核融合推進室

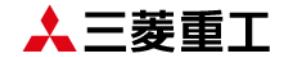
清水 克祐

2017.12.18

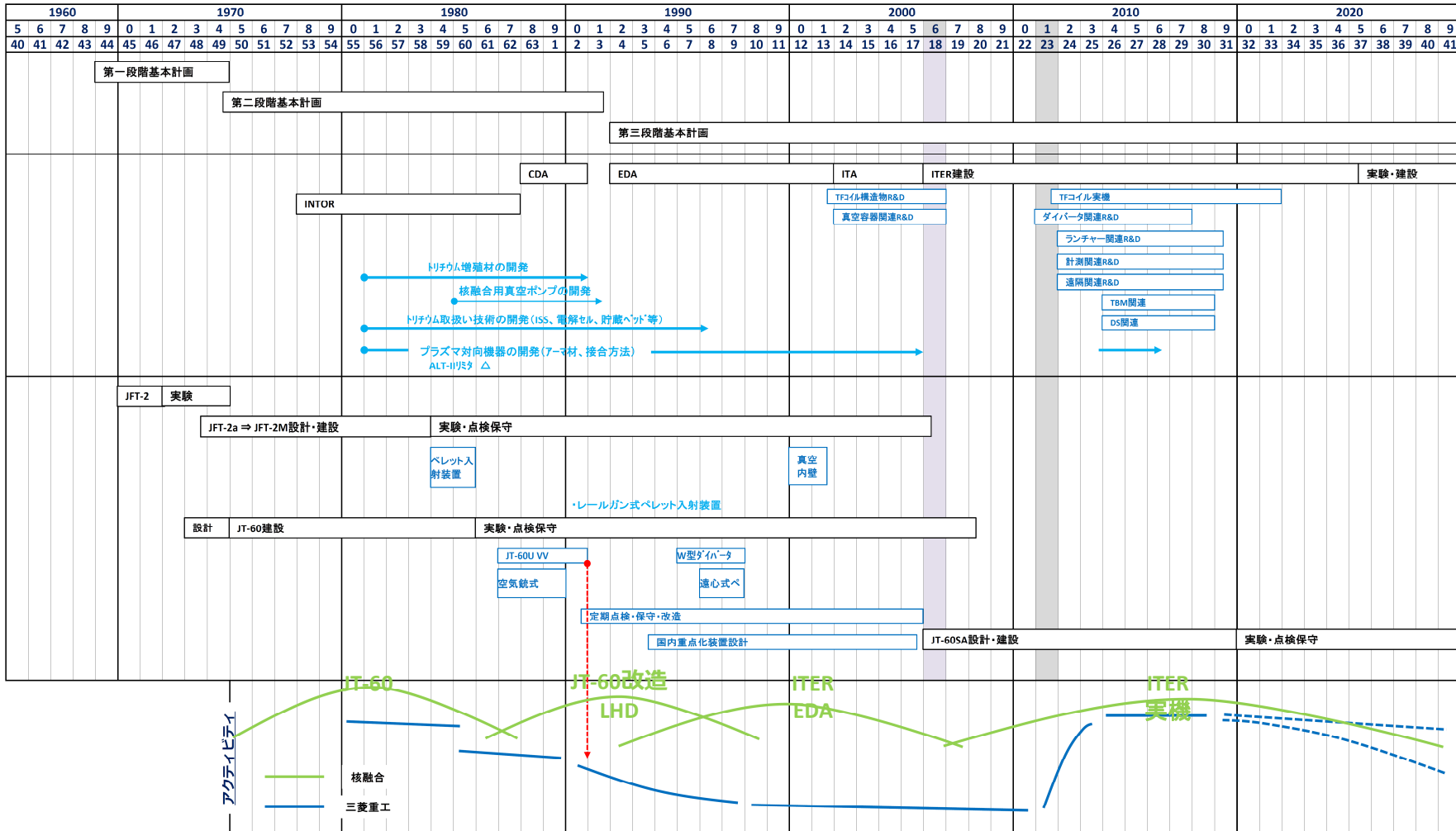
三菱重工業株式会社

1. 当社における核融合への取組み
2. 人材育成について
  - (1) 人材育成を考えるにあたり
  - (2) 産官学の連携について
3. まとめ

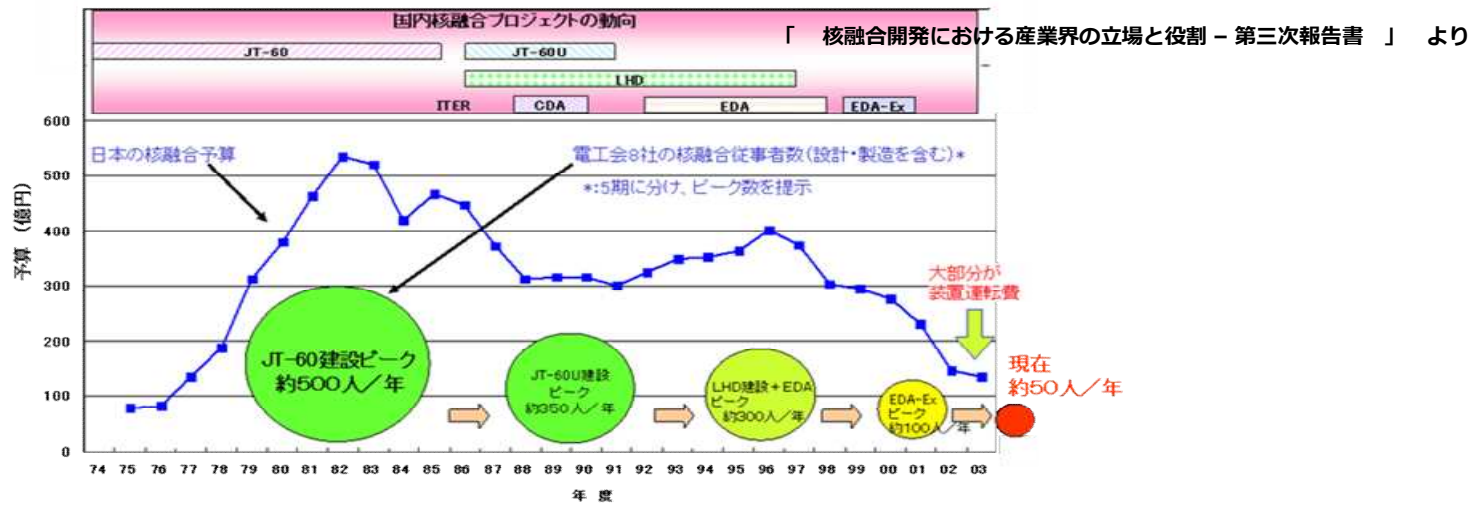
# 1. 当社における核融合への取り組み



- 核融合装置関連では、JFT-2M建設期（1983年納入）より参画、装置設計では、INTOR等の概念設計より参画し、真空容器及び内部品の設計、製作を中心に、国の計画を見据え、1990年代中頃までは、燃料吸排気系、トリチウム取扱い技術等々の技術開発を実施



- ITER計画に対しては、概念設計活動（CDA）の当初より参画し、実機に備え若手技術者の育成の場としても活用。
  - ITER機構発足後は、ITER機構へ直接人員を派遣する協力形態になった為、即戦力となるベテラン技術者がメインに活躍し、一方、若手技術者の参画者が急減。
- ITER計画と並行して原型炉の概念設計活動は行われていたが、概念構築には、経験豊かなシニア技術者に依存。
- 現在、ITER向けTFコイル製作をはじめとし、ダイバータ、計測機器、ランチャー、遠隔等々の設計・R&Dに参画、若手技術者のアクティビティは従前に比べ、高い。
  - ITER向けTFコイルは大型溶接構造物で、高い精度を要求されるChallengingな仕事であり、若手技術者のモチベーションを高揚。
  - ITER機構をはじめ諸外国のエンジニアと触れ合う機会があり、語学も含め、技術ポテンシャルも向上。



1960					1970					1980					1990					2000					2010																													
5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9																				
40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
第一段階基本計画					第二段階基本計画										第三段階基本計画																																							
INTOR										CDA					EDA					ITA					ITER建設																													
JFT- 実験					JFT-2a ⇒ JFT-2M設計・建設										実験・点検保守																																							
JT-60 設計・建設										実験・点検保守																																												
国内重点化装置設計															JT-60SA設計・建設																																							
LHD 設計・建設										実験・点検保守																																												
TRIAM計画					TRIAM-1M 建					実験・点検保守																																												
QUEST建															実験・点検保守																																							

## 2. 人材について

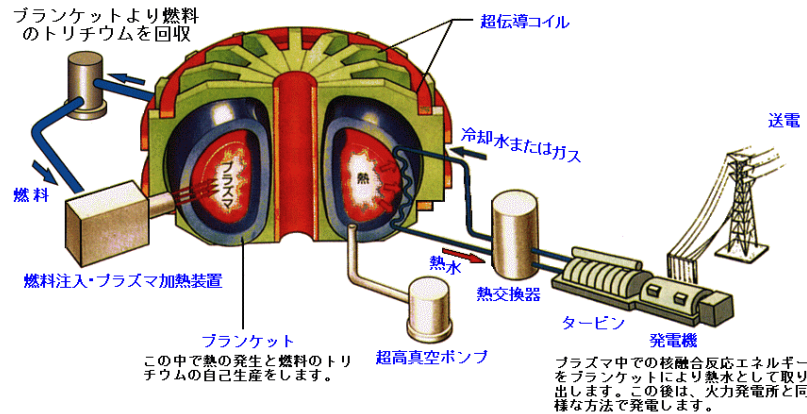


図1 核融合炉発電プラントの構成

[出典] 日本原子力研究所 那珂研究所(編):核融合炉をめざして-核融合研究開発の現状1996年(1996年11月)、p.6

### 核融合炉発電システム

- ✦ 核融合炉本体  
(プラズマ、コイル、プラズマ容器、ブランケット、ダイバータ等)
- ✦ 冷却設備
- ✦ 発電設備
  - ✦ トリチウム回収・処理設備
  - ✦ 換気空調設備
  - ✦ 電源設備 (コイル、加熱、所内、非常用)
  - ✦ ホットセル・廃棄物処理設備
- ✦ プラズマ計測装置
- ✦ プラント制御装置
- ✦ 遠隔保守装置
- ✦ . . . . .

- ✓ ITERは50万kW級のプラントであり、エンジニアが核融合プラントを理解する場として非常に良い題材
- ✓ 一方、ITER実機に移行するまでに相当の時間がかかり、メカにおいては核融合エンジニアリングの空洞化が懸念
  - 研究機関とメカとの間で、リト面 (炉心プラズマ設計) とルト面 (機器・設備設計) と役割分担の棲み分け進展
  - ⇒ 機器設計、設備設計、系統設計を行うためのインポット条件がより一層重要
- プラントにおけるエンジニアリング力は、開発能力、概念構築能力、基本設計能力、詳細設計能力で、「開発」、「概念構築」の機会が減少



## □ ITER向けTFコイルでの（製作）設計と製造

- ✓ 製品の特性に応じて、着手前に、プロジェクト、設計、製造、品証部門にてリスク評価を行い、OB/シニアのレビューを受ける。

「新製品・新技術となる核融合」では、必須のプロセス（JT-60Uの工事から20年以上経過）

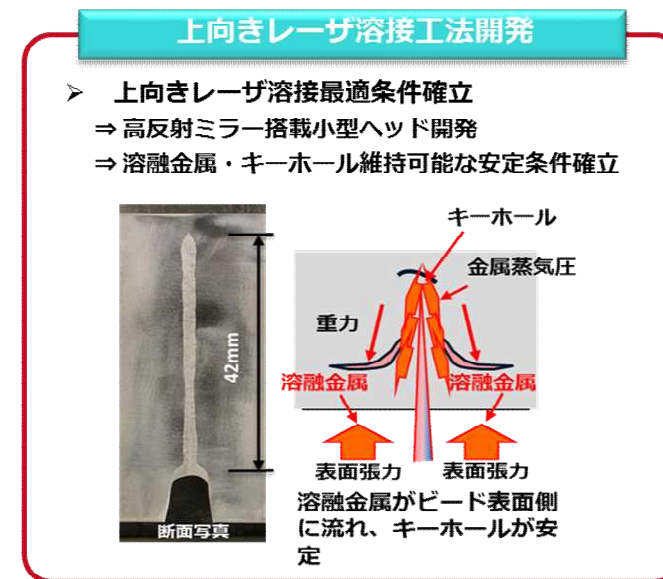
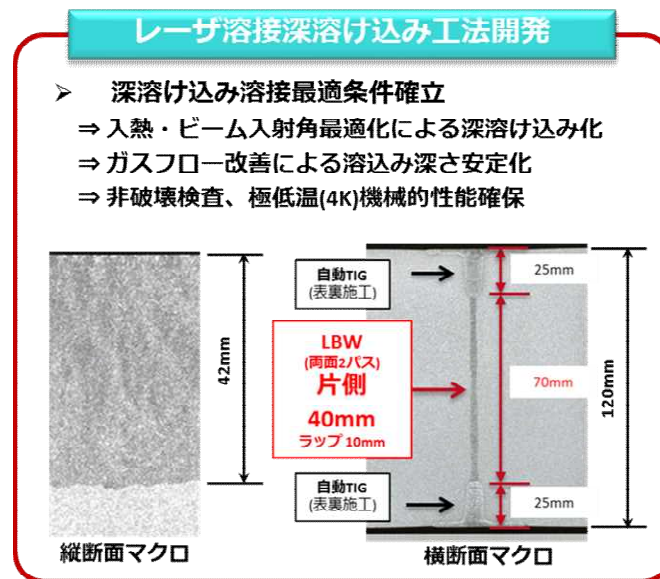
- 「技術伝承」「人材育成」によるリスクの排除

本来は、継続的な作業の中での、OJTにより「技術伝承」「人材育成」

- ✓ 溶接変形抑制のための技術の革新と施工手順の決定。

- 製造基盤技術力の向上 ⇒ 他分野への展開
- 大学・研究機関との連携（参考-2）

## □ その他製造技術（参考-3）



「 2015年度 ITER-BA成果報告会発表資料 」 より

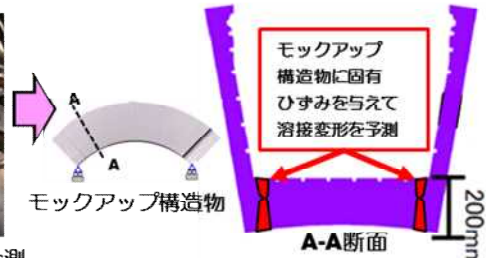
◆ TFコイル構造物のセグメント溶接、一体化溶接の感度解析

<精度検証>

- 平板試験により厚板溶接部のひずみを計測
- 固有ひずみ法によりモックアップ構造物の溶接線直角方向の変位量を±1mm以内の誤差で予測できることを確認



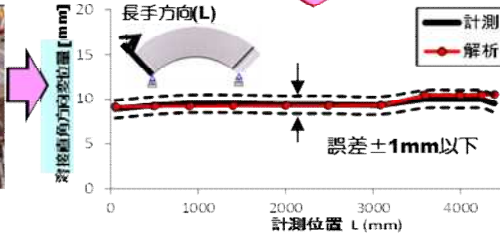
①平板試験によるひずみ計測



②モックアップ構造物の変形予測解析



③モックアップ溶接試験



モックアップ構造物による変形予測精度検証

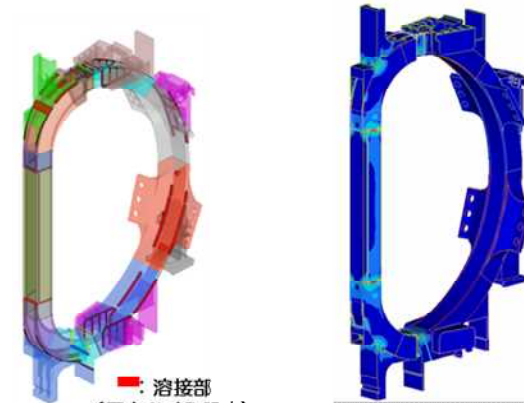
実規模部分モックアップ試験と解析評価



1/3スケール全体モックアップ試験と変形計測

<実機構造の溶接変形予測>

- コイルケース全体の溶接変形挙動を推定
- 解析結果を反映した各セグメント試験体を製作し、適正余肉量の最終確認を実施。



コイルケース全体の溶接変形解析例

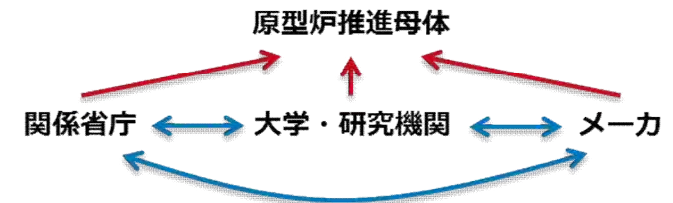


## □ 人材の育成を考えるにあたり

- ✓ 原型炉の建設は、今から30年以上先となり、業務の山谷があり常に多くの「人」を維持・確保することは困難。
  - メーカーにおける人材確保には、ビジネスサイクル（事業となりうるかどうか）が前提となる。軽水炉分野におけるプラントを建設して終わりではなく、運転、定検（保守、補修）、燃料供給、廃棄物管理、改良（R&D）、廃止措置までの中長期計画の見通しが重要であるのと同様に、原型炉（更には、その先の商用炉）においてもプラントライフ全体まで考えていくことが必要。
- ✓ 原型炉を進めるにあたり、2020年頃、2025年頃、2035年頃をマイルストーンとして、アクションプラン、ロードマップ等、確固たる計画が「人材確保」、「人材育成」に必要。
  - 「モノ作り」（製造）も含め総合的な仕事で、且つ、継続的であることが重要。

## □ 産官学の連携について

- ✓ 連携の在り方
    - ① 共同研究
    - ② 委託研究
    - ③ 人材交流
- ⇔
- 基本となる計画
  - 上記もとの投資計画



- ✓ 原型炉プロジェクトの推進・統合する母体（組織）の構築

## □ 核融合炉実現に向けて

- ✓ 原型炉は発電用原子炉であり、技術規格・基準はもとより、事業には原子炉規制法/RI法、電気事業法、原子力賠償法の改正（立法）が必要。
- ✓ 核融合炉は大きすぎる。原型炉がITERの1.5倍なら建設方法はこれまでとは全く異なる（遠い将来ではオンリーワンエネルギーとなるでしょうが）また、再生可能エネルギーとの共生や他の応用が必須。

#### □ 人材育成について

- ✓ 原型炉世代につなぐまでには、2世代、3世代と世代交代があり、炉本体廻りの設計者を維持、育成のためには、確固たる計画が必要。
- ✓ 周辺設備についても、同様に、継続的な仕事の中で、人材を育成していくことが必要。

#### □ 産官学の連携の在り方

- ✓ 連携の在り方として、①共同研究、②委託研究、③人材交流が考えられるが、確固たる計画及び計画を着実に推進する母体（組織）が必要。

**MOVE THE WORLD FORWARD**

**MITSUBISHI  
HEAVY  
INDUSTRIES  
GROUP**