

# 核融合原型炉に向けた人材育成 －メーカーからの視点－

2017年 12月 18日

東芝エネルギーシステムズ株式会社

原子力事業部

尾崎 章

はじめに

## 委員会からのご要望

- 今後の核融合原型炉開発に向けて必要と考える人材像
- 核融合原型炉に向けた人材をオールジャパンで育成するに  
当たり、産学官でどのような協力が可能か。

## 本日のアジェンダ

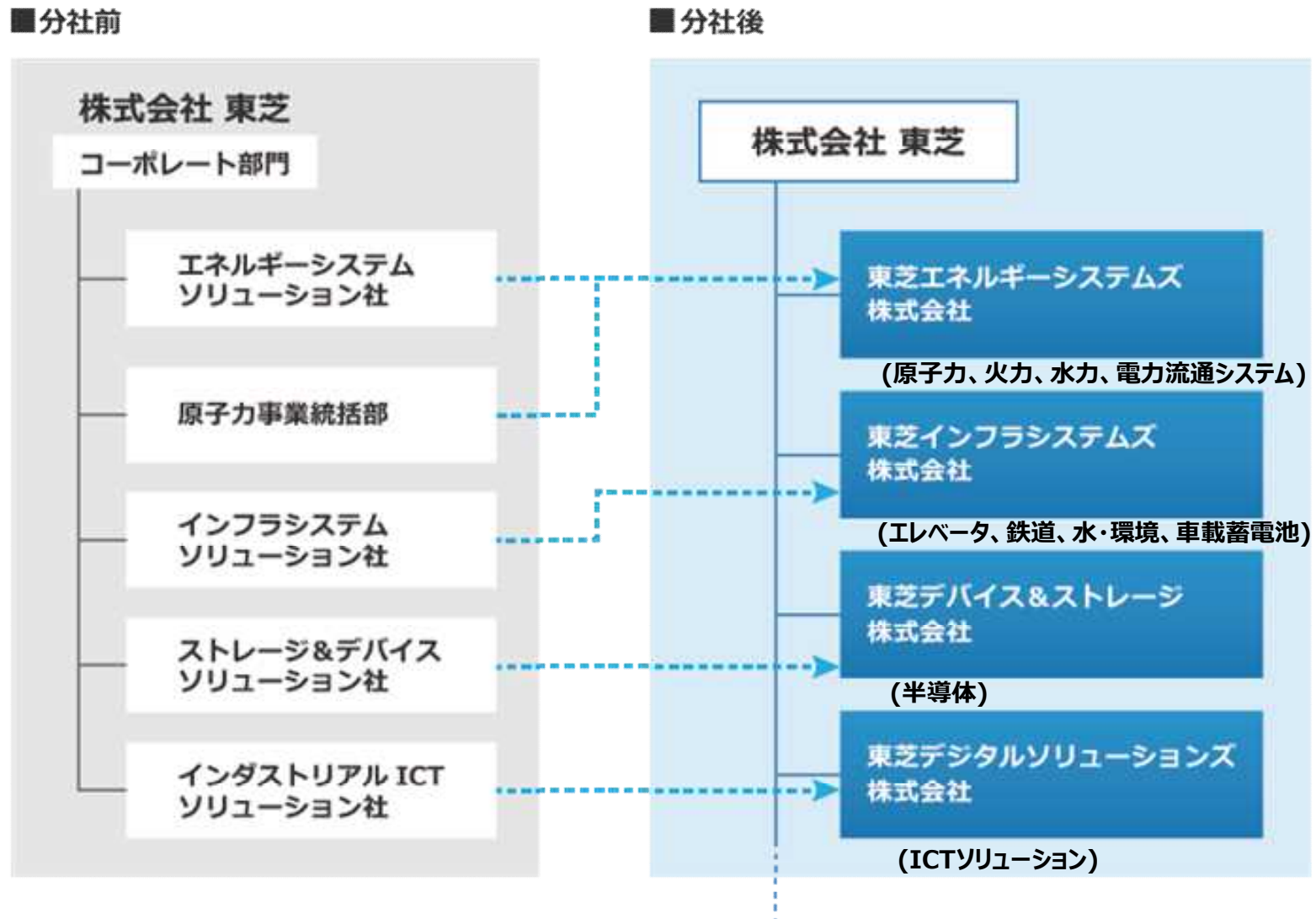
- 01 東芝エネルギーシステムズ(株)の概要
- 02 核融合開発への貢献
- 03 技術者人材育成
- 04 原型炉開発に向けた人材育成

# 01

## 東芝エネルギーシステムズ(株)の概要

1. 新しい東芝の姿
2. 原子力事業体制
3. 原子力事業領域
4. 原子力の事業概要

# 新しい東芝の姿



# 東芝グループの原子力事業体制

東芝エネルギーシステムズ株式会社

原子力事業部

スマートコミュニティ  
センター（川崎）



- 営業 ● PJ管理
- 技術統括 ● 調達

磯子エンジニアリング  
センター（IEC）



- 設計 ● 建設統括

製造開発拠点

電力・社会システム  
技術開発センター（PIC）



- 研究開発

京浜事業所



- 原子炉系機器製造
- タービン系機器製造
- 超電導・加速器等機器製造

府中工場



- 監視制御システム開発

連結会社

東芝アメリカ原子カ  
エナジー社（TANE）

東芝アメリカエナジー  
システム社（TAES）

東芝プラントシステム

東芝電力検査サービス

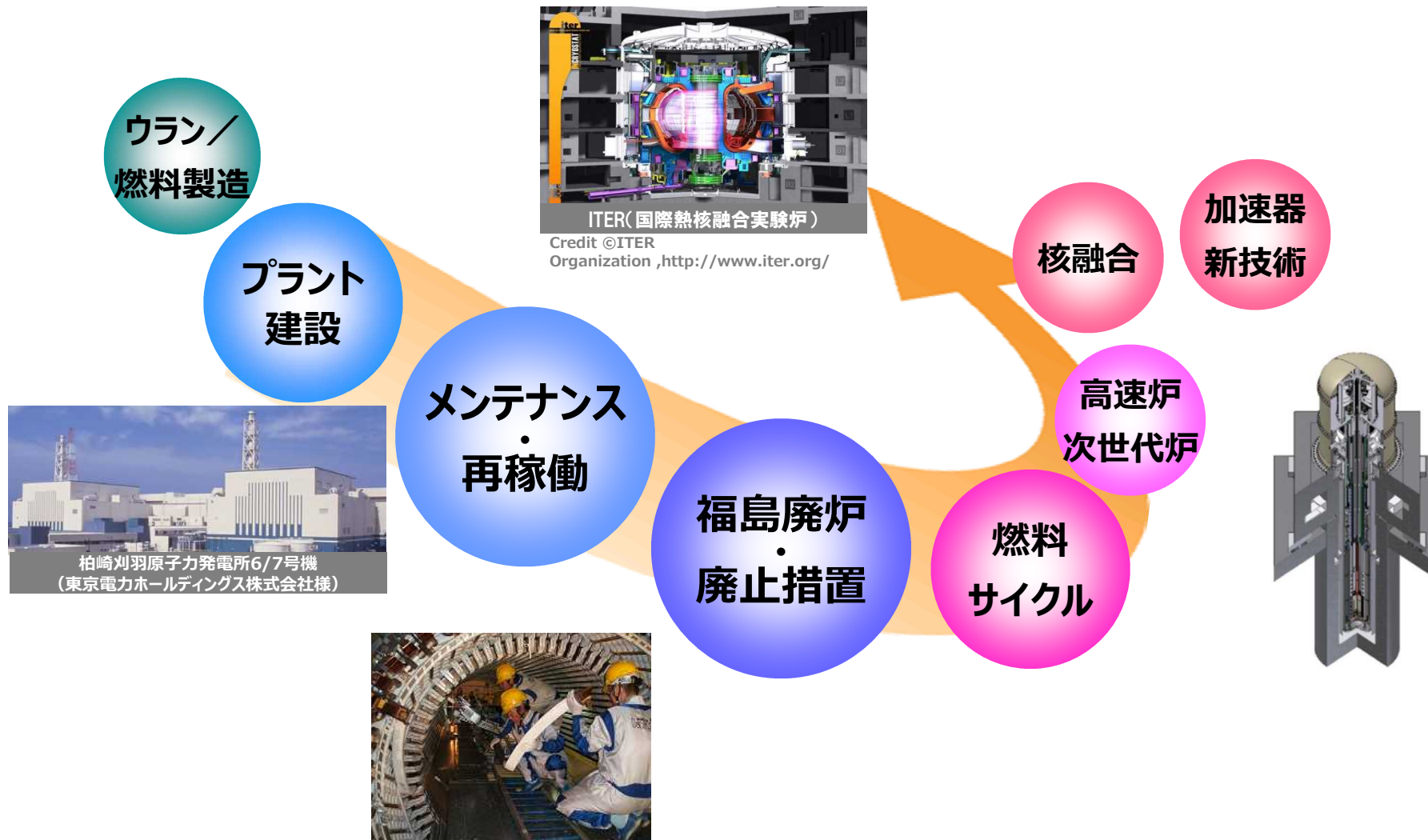
東芝電力放射線  
テクノサービス

協力会社

IHI

GNF-J

# 東芝の原子力事業領域



原子力発電から将来のエネルギー開発までをカバー

# 原子力エネルギー開発への取組み

**TOSHIBA**  
Leading Innovation >>>

東芝エネルギーシステムズ株式会社

[▶ サイトマップ](#) [▶ English](#) [▶ お問い合わせ](#)

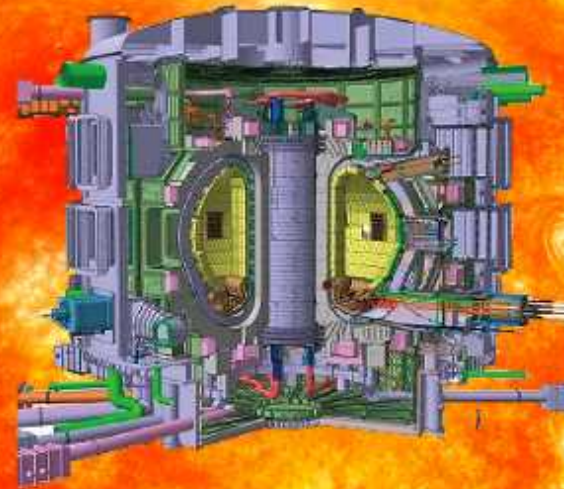
エンジニアリング

再稼働

福島原子力発電所

核融合

世界の叡智を集結した究極のエネルギー



半世紀にわたる豊富な経験と技術力で、  
環境にやさしく、安心、安全な社会に貢献していきます



# 東芝原子力の事業概要

研究・開発

設計

製造・調達

建設

運転・保守



国内メーカ唯一の  
臨界試験設備



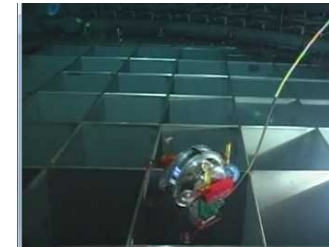
系統設計



原子炉 炉内構造物



建設計画



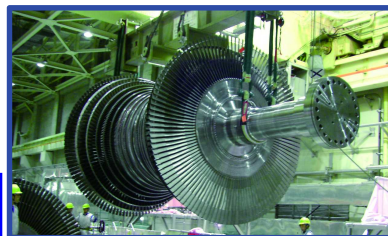
炉内検査ビークル



静的安全系試験設備



プラント配置設計



タービン



デジタル I & C



原子炉圧力容器据付



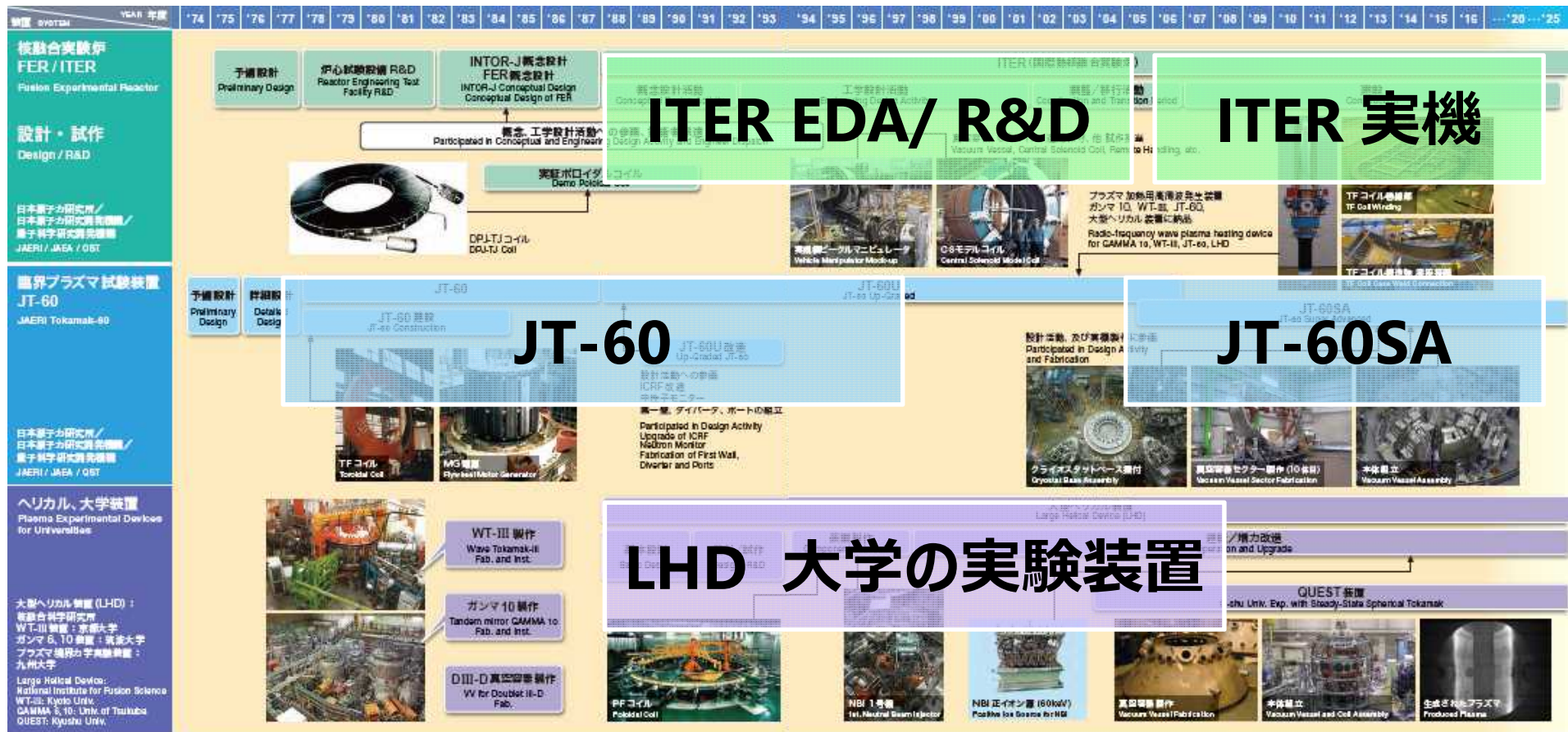
レーザピーニング装置

原子力発電システムのライフサイクル全体でビジネスを展開

# 02

## 核融合開発への貢献

# 核融合開発への貢献



写真提供：量子科学技術研究機構、核融合科学研究所、九州大学、京都大学、筑波大学 Photos by courtesy of QST, NIFS, Kyushu Univ., Kyoto Univ., Univ. of Tsukuba

図：東芝 技術カタログ (2016年10月発行) から転載

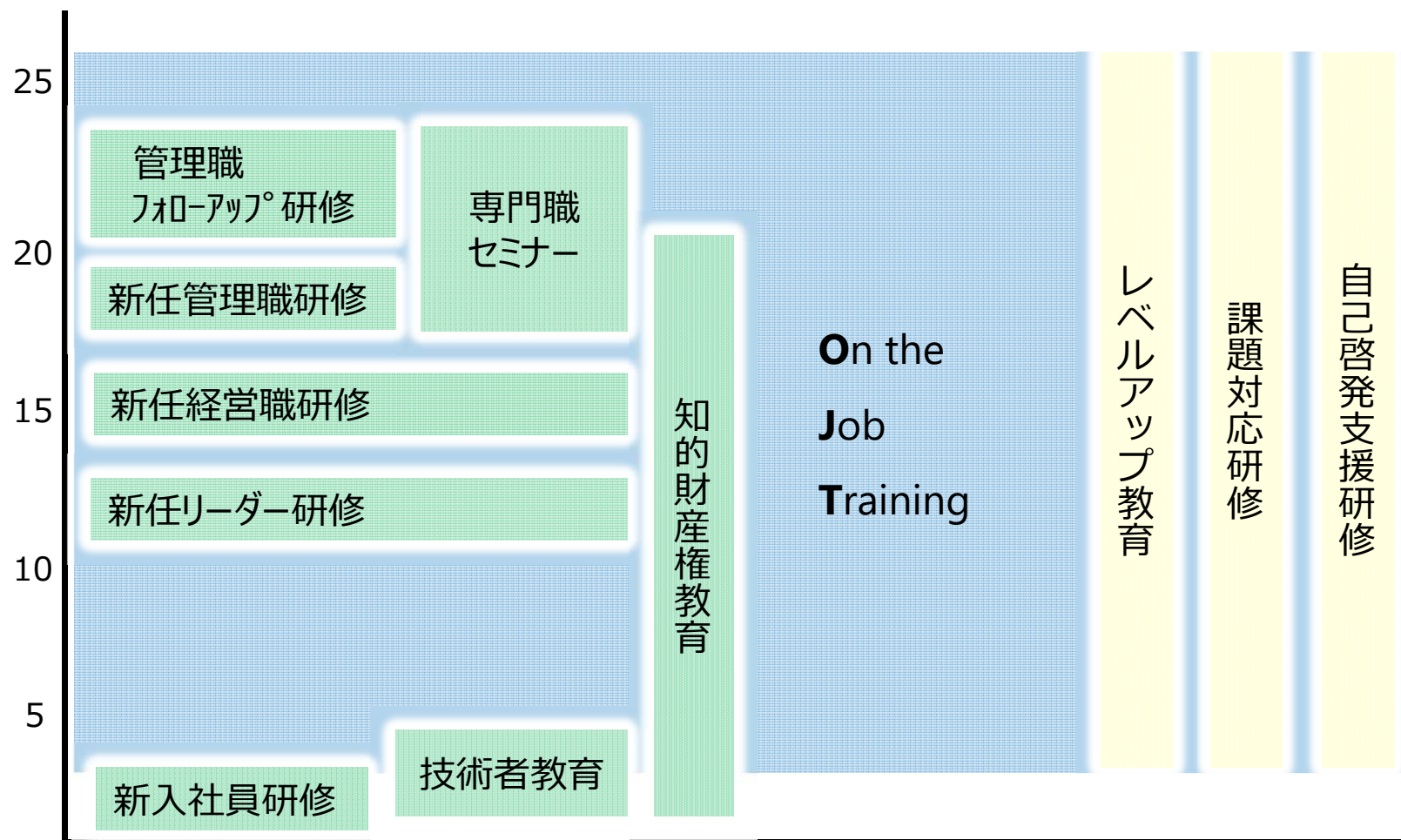
1970年代から継続して国内外の核融合開発に参画

# 03

## 技術者人材育成

# 技術者人材育成（イメージ）

キャリア年数



人材育成はOJTが中心

# 技術者人材育成

## 人材育成はOJTが中心

- 生きた仕事を通して技術力・人間力を向上させる  
⇒実践の現場が必要
- 継続可能な事業規模が維持される必要あり  
⇒企業にとって魅力ある市場であること  
⇒研究開発案件では、  
国や研究開発機関による適切な場の提供、  
産業界側の技術活用分野の探索努力

# 04

## 原型炉開発に向けた人材育成

1. 原型炉開発におけるメーカーの役割
2. メーカーで必要とする人材
3. 人材育成における産学官協力の可能性
4. まとめ

# 原型炉開発におけるメーカーの役割（私見）

## 概念設計

- ITER、JT-60SAにおける担当案件の完遂・実績のアーカイブ
- 核融合機器や原子力プラント製造経験に基づくアイデアの提供
- 設計作業の分担
- 製作可能性等の観点からの設計のレビュー

## 工学設計

- 設計作業の分担（システムレベル、コンポーネントレベルで違いはあるが性能仕様で設計するにはリスクが大きい）
- 試作や試験の実行部隊

## 建設

- プロジェクト管理支援
- システム設計支援・分担
- 機器設計・製作
- 現地組立・据付・調整

仕様（性能）に関する責任は  
実施機関（発注者）が負う



# 原型炉の構成要素

---

- 超電導コイル(11)
- 真空容器(15)
- ダイバータ(17)
- ブランケット(16)
- 燃料供給システム(18)
- クライオスタット(24)
- 熱遮蔽(27)
- 1次冷却系(26)
- 真空排気系(31)
- 2次冷却系
- クライオプラント(34)
- 遠隔保守システム(23)
- 炉心プラズマ設計
- 加熱・電流駆動(51,52,53)
- 計測・プラズマ制御(45,47,55,57)
- プラント制御(45,46,48)
- トリチウムプラント(32)
- SS電源システム(43)
- ケーブルトレイ(44)
- 電源システム(41)
- 発電システム
- サイト・建屋 (61,62,63,65)
- 放射線管理・モニタ(64)
- 廃棄物処理・管理(66)
- 安全性・許認可(98)
- テスト施設(58)
- 据付・運転・保守(22,23)
- 入退管理・セキュリティ(69)

(ITER PBS)

# 原型炉の構成要素

## 1 核融合特有のもの

- 炉心プラズマ
- 超電導コイル
- 真空容器
- ダイバータ
- ブランケット
- 燃料供給システム
- クライオスタット
- 熱遮蔽
- 遠隔保守システム
- 加熱・電流駆動
- 計測・プラズマ制御

## 2 他分野技術と共通の要素を有するもの

- クライオプラント
- コイル電源システム
- プラント制御
- トリチウムプラント
- 放射線管理・モニタ
- 安全性・許認可
- 廃棄物処理・管理
- 据付・運転・保守

## 3 既存技術の延長で対応可能なもの

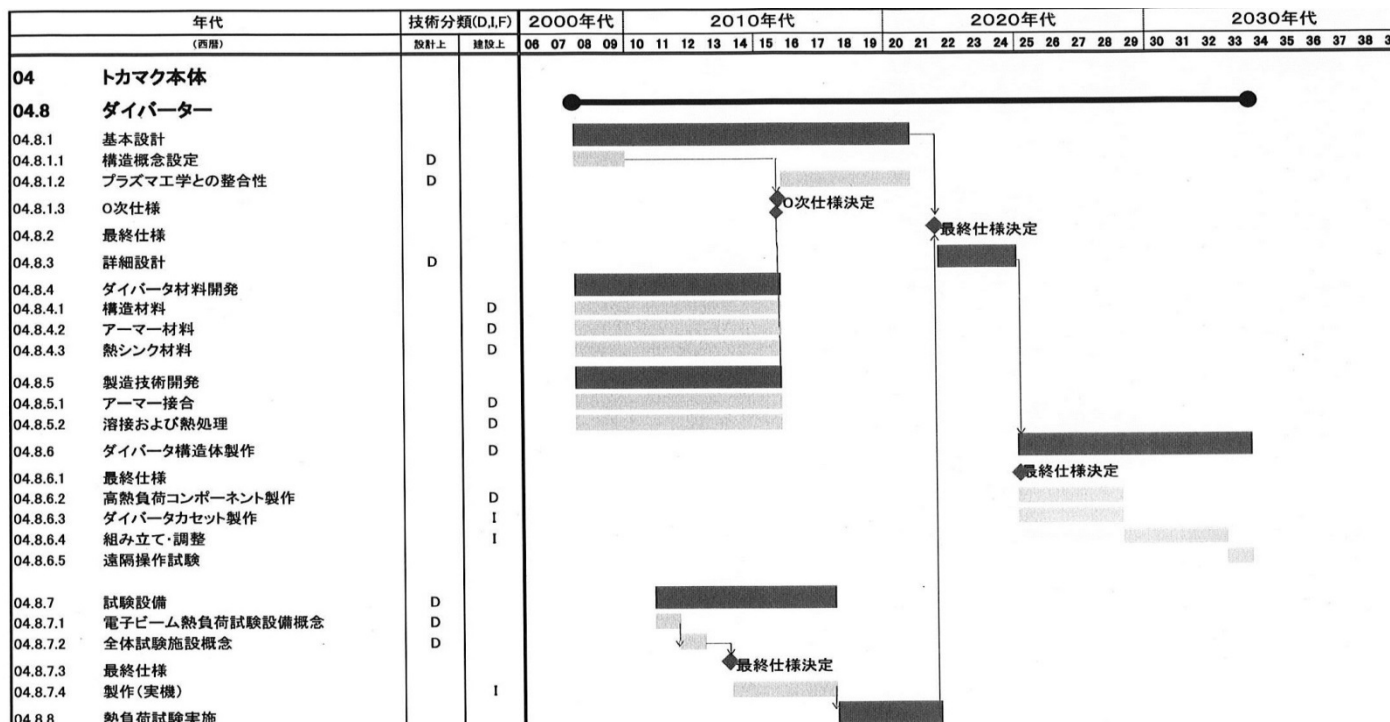
- 定常電源システム
- 発電システム
- サイト・建屋

原子力プラントと共通の技術要素が多い

核融合特有の技術に関する人材をメーカーが確保できるか

# 核融合エネルギーフォーラムにおける検討

- D : 日本が開発のリーダーシップを取って推進するために国内に確保すべき技術
- D\* : 人材育成の観点から国内に確保し続けるべき技術
- I : 技術を確保することは重要であるが、国際協力での開発も考えられる技術
- F : 必要となった時点で海外から導入することもできる技術

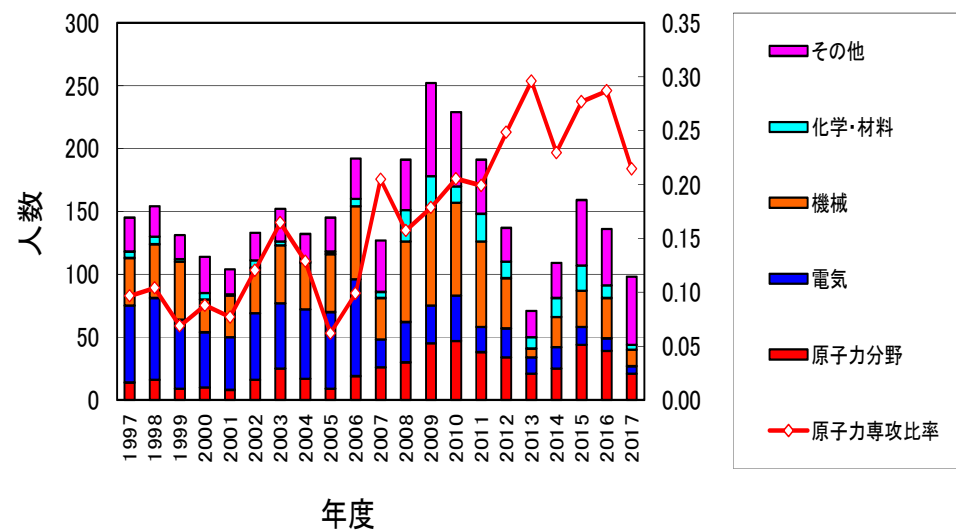


出典：核融合エネルギーフォーラム「核融合エネルギー実用化に向けたロードマップと技術戦略」（2008年6月）

技術確保を期待するプレーヤを明確にして施策を実施要

# メーカーで必要とする人材

- 専門的スキル  
(専門分野での知識・経験)
- 倫理、コンプライアンス
- コミュニケーション、  
チームワーク、リーダーシップ
- 問題認識・解決能力、  
応用力、洞察力、  
計画実行力
- 柔軟性、好奇心、継続的  
学習意欲
- 社会性・多様性・国際性



主要メーカー（6社）の原子力部門における各年度の配属状況（2017年5月）  
 調査対象：IHI、東芝、日立GEニュークリア・エナジー、富士電機、三菱重工業、三菱電機 の  
 原子力関連主要メーカー6社  
 （注）2017年度は、5月時点の原子力部門配属数（配属予定数を含む）を計上している。  
 図提供：（一社）日本原子力産業協会殿

プラント建設には多彩な人材が必要  
 必要とする能力は専門的スキルだけではない

# 人材育成における産学官協力の可能性

## 対教育機関

- キャリアパス検討の支援
- インターンシップ
- 企業人の講師派遣

## 対実施機関

- 実施機関への出向
- 共同研究（核融合そのものでは難しいか）
- **継続的な仕事の発注**

核融合にこだわらず、エネルギー関連の工学分野と幅広く連携した取組が有効ではないか

# 時間軸の問題

## 長期間に及ぶ研究開発への配慮が必要

- 20年～30年の開発期間は技術者の全キャリアに相当  
⇒世代間の技術継承は必須
- 開発規模の急激な拡大／縮小は、技術継承を困難にする  
⇒継続的・段階的な開発の推進
- 理想的な継承が出来ない場合も考慮すべき  
⇒ITER等の技術データのアーカイブが重要
- 何時頃からどのような人材が必要になるかの見通しが望まれる  
⇒ロードマップ（リソース付き）が必要

## まとめ

---

- 産業界が確保することを期待される技術（人材）を明確にする必要がある。
- 人材育成はOJTが中心であり、実践の場が継続的に必要である。
- 長期にわたる時間軸を考慮する必要がある。

**TOSHIBA**

**Leading Innovation >>>**