

核融合研究開発に関する 産業界の考え

2003年11月12日

於)核融合研究開発基本問題検討会

日本電機工業会

核融合技術専門委員会

委員長 近藤 光昇

日本電機工業会 核融合技術専門委員会

【 活動内容 】

- ・ 核融合技術に関する専門的な諸事項を協議・検討し、必要な施策を推進するとともに、関係官庁・団体との協調を図る

【 構成員 】（2003年11月現在）

- ・ 住友重機械工業株式会社
- ・ 株式会社 東芝
- ・ 株式会社 日立製作所
- ・ 富士電機システムズ株式会社
- ・ 三菱重工業株式会社
- ・ 三菱電機株式会社

（会社名：五十音順）

内 容

- 1 . 核融合研究開発の意義
- 2 . 我が国の核融合研究開発への取り組みに対する認識
- 3 . 核融合研究開発へのこれまでの取り組み
- 4 . 核融合研究開発に取り組む上での問題
- 5 . 核融合研究開発に対する意見
- 6 . まとめ

1 . 核融合研究開発の意義

核融合エネルギーについては、安全性・環境適合性・資源量等の観点で優れた特性を潜在的に有している

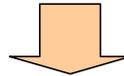
ITER計画懇談会報告書

- 「核融合エネルギーは、
- ・資源的には地域的な偏在がなく量的にも制約は予想されていない。
 - ・核融合反応は核分裂と比べて安全対策が比較的容易である。
 - ・低レベル放射性廃棄物は発生するが、高レベル放射性廃棄物の処理 処分の必要がない。
 - ・国際的な緊張を引き起こさず、エネルギーの逼迫を防ぐ。
- 等の特徴があり、「将来のエネルギー源の一つとして有望な選択肢である。」

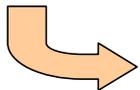
2 . 我が国の核融合研究開発への 取り組みに対する認識

現時点では、その**技術的実現性は実証されていないが**
国として核融合を「**将来のエネルギー源の有力な候補の一つ**」
として開発する*ことと産業界は理解している。

(* ITER計画懇談会報告書にも記載)



従って、**核融合開発においても、**
エネルギーの自立という観点から、**エネルギー技術そのものが戦
略資源**であると捉え、エネルギー産業としては、**国際的自立 と技術
的にリードすることが肝要**と理解している。



国の実施する核融合開発に可能な範囲で協力する。

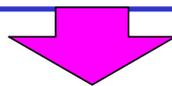
3 . 核融合研究開発へのこれまでの取り組み

(磁場閉じ込め方式に関する取り組みを例に)

J T - 6 0 : } 大型実験プラントとして、原研殿、核融合科学研究所殿
L H D : } それぞれの指導の下、複数のメーカーが参加し、高度な技術
を駆使して建設。

次期装置設計

- ・ I N T O R : 国際協力の装置設計に参加 (' 7 8 ~ ' 8 5)
- ・ F E R : 我が国独自の実験炉設計に、技術者を原研へ派遣して参画
- ・ I T E R : 多数の技術者をITER中央チーム , 原研・国内チームへ派遣し参画



産業界は**国内プログラムに積極的に参加してきた。**

特にJT-60、LHD、FERにおいては**装置全体のシステム検討にも大きく関与。**

3 . 核融合研究開発へのこれまでの取り組み

(ITER計画(EDAまで) への産業界の貢献)

設計への貢献(人的貢献)

ITER中央チームへの派遣数(人年)			
	EDA (7年)	EX-EDA (3年)	総計
原研職員	114	39	153
メーカー	114	56	170
総計	228	95	323
(電工会6社)	102	45	147

R&Dへの貢献

真空容器セクターモデル、CSモデル
コイル、ブランケットモデル、5トンビークル等の製作を完遂し、EDAで設定されたブレークスルー克服に大きく貢献



真空容器セクターモデル



CSモデルコイル

ITER-EDAで得られた成果と課題

(1) 全般

- ・ 国際協力プロジェクトに参加でき、貴重な経験を得た。
- ・ 人材を育成できたが、今後の活用に課題が残った。

(2) 設計を通して

- ・ 細かく分かれた発注のため、システム設計及び設計統合等に課題が残った。

(3) R&D製作を通して

- ・ 7大工学R&Dを通じて、日本の産業界は貴重な経験を得た。
- ・ 品質管理・工程管理・調達管理などを含む開発品の開発リスクについて、その回避・負担に課題が残った。

4 . 核融合研究開発に取り組む上での問題

【ポイント】

(1) 単発かつ長期にわたる開発への対応の難しさ

→ 将来計画の見通しの明確化

(2) 産業界における技術維持・継承の難しさ

→ 技術開発の継続性

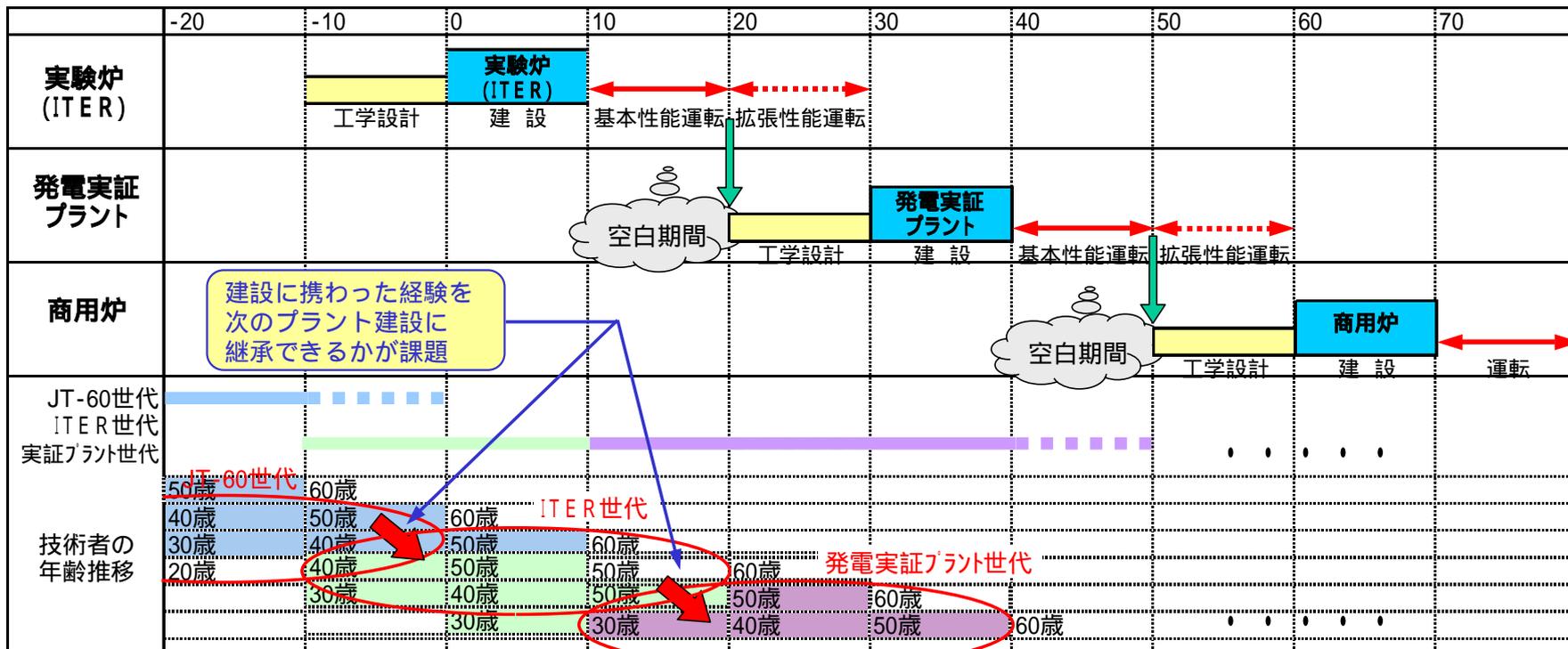
(3) 役割分担(立場)の変化

→ 開発主体(責任)の明確化

(1) 単発かつ長期にわたる開発への対応の難しさ

(1) - 1 技術の空白期間

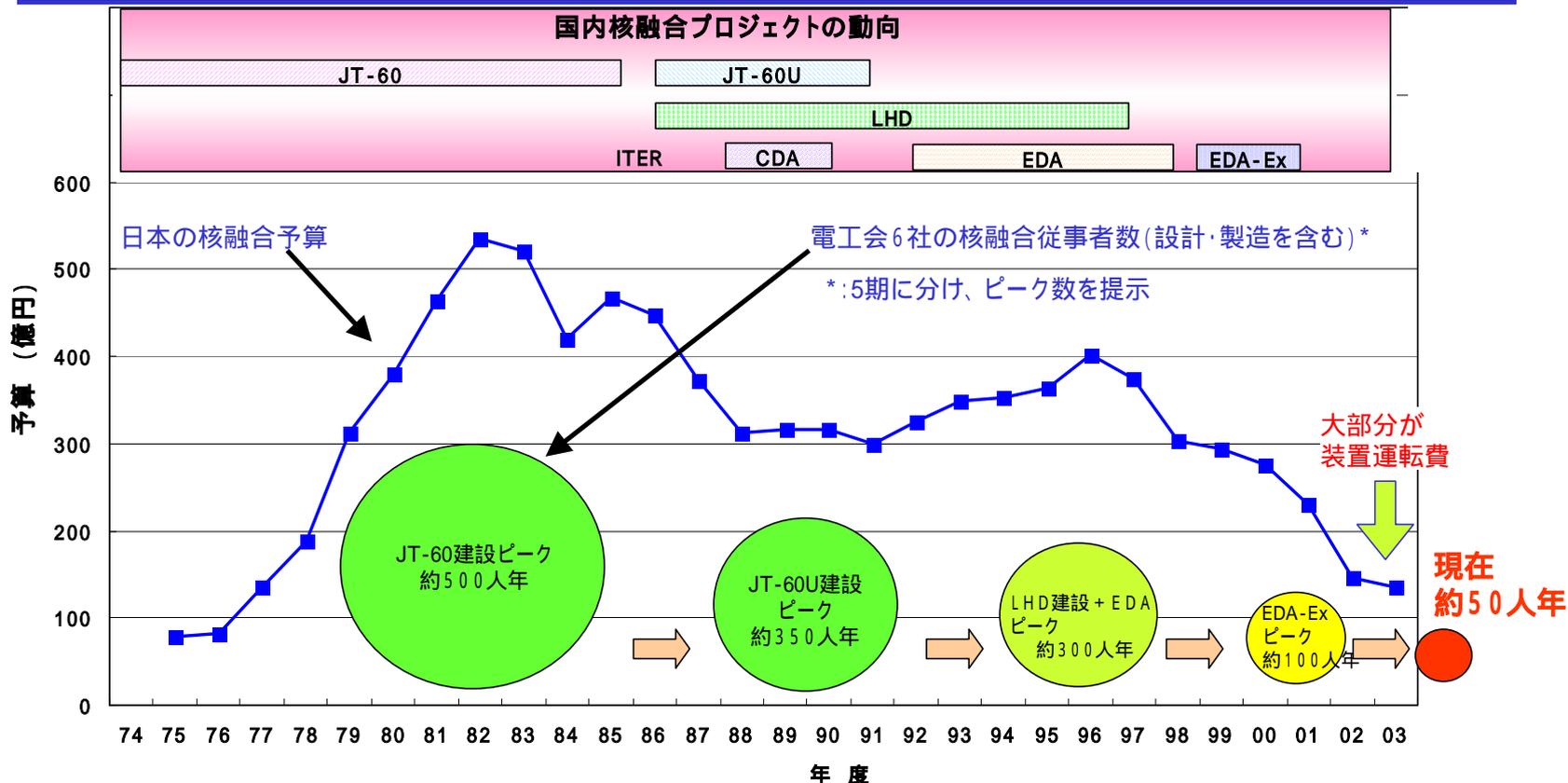
- ・ 装置の実験成果を基に、次のプラントの設計を開始する必要がある。
- ・ 装置建設から、次の装置建設開始まで10年単位の空白期間が生じる
- ・ 設計・建設・実験の期間が長く、**空白期間での技術継承が重要なポイント**



核融合開発の流れを説明するための模式図

(1) 単発かつ長期にわたる開発への対応の難しさ

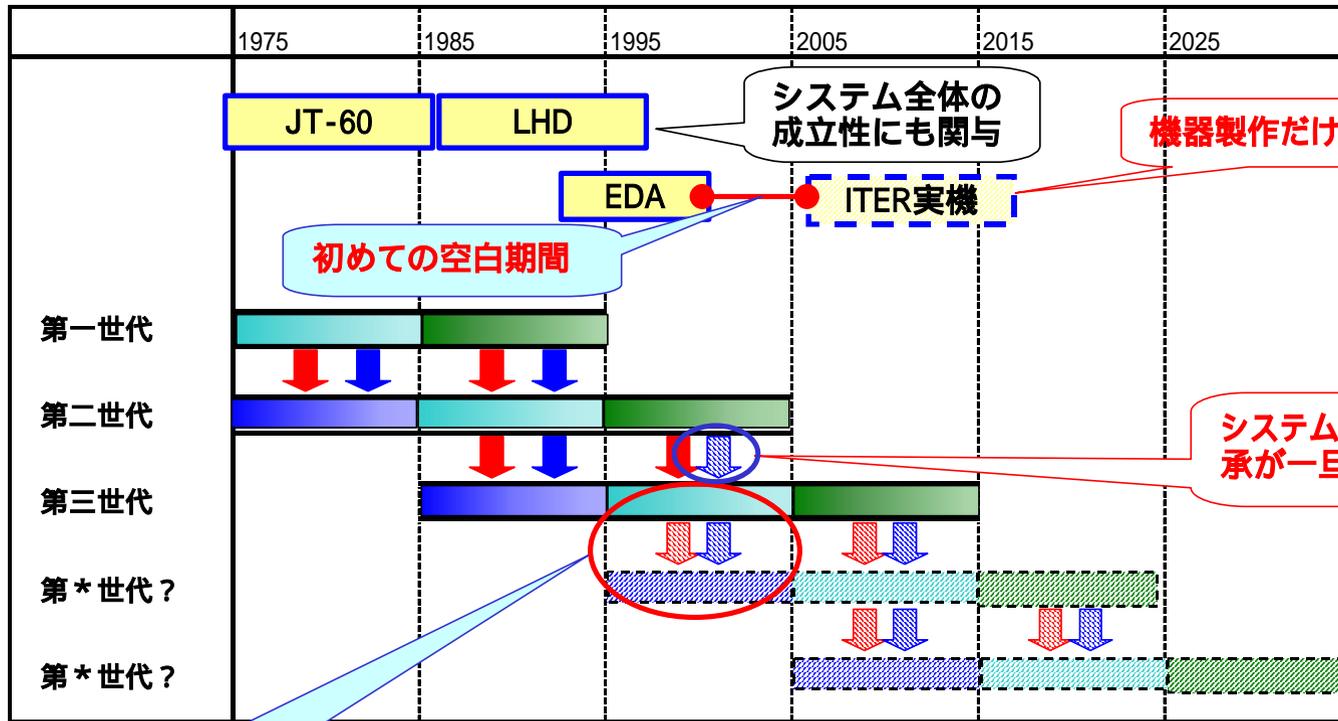
(1) - 2 核融合従事者数の変遷 (委員会6社による集計の例)



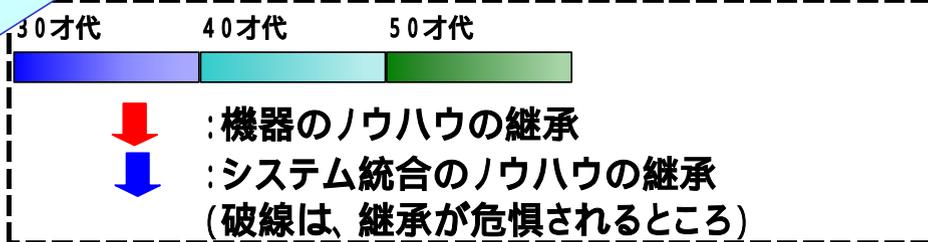
LHD、ITER-EDAがほぼ同じ時期に終了し、それ以降、急激に核融合予算が縮小し、産業界の核融合従事者は激減している。

(1) 単発かつ長期にわたる開発への対応の難しさ

(1) - 3 技術の空白期間に起因する課題



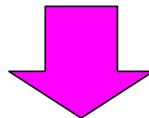
仕事がないため
30歳代の若手
技術者をアサイン
できない。40
歳代は配置転
換で転出。



(2) 産業界における技術維持・継承の難しさ

(2) - 1 ノウハウの技術維持・継承の難しさ

- ・ 技術継承とは、核融合機器の製作を通して、製造における「**ノウハウ**」を若手技術者に継承すること。
- ・ これらは製作設計図や製作要領書（いわゆる構造仕様）の形で残せるものではなく、基本設計から製作、検査、据付までの一通りの**モノ作りの経験を通じて初めて継承される**。
- ・ 核融合科学研究所の大型ヘリカル装置の完成以来、モノ作りする経験の場がなく、**技術力の維持・継承が危機的状況**になってきている。
- ・ 一旦、途絶えると**再立ち上げに相当時間を要する**ことに留意が必要である。



得られたノウハウを若手技術者に継承することが極めて重要

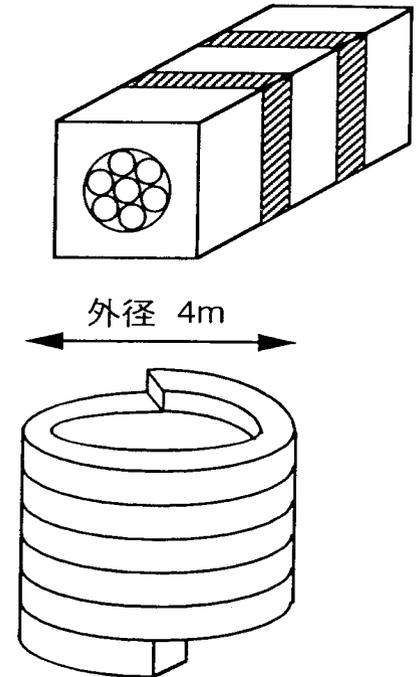
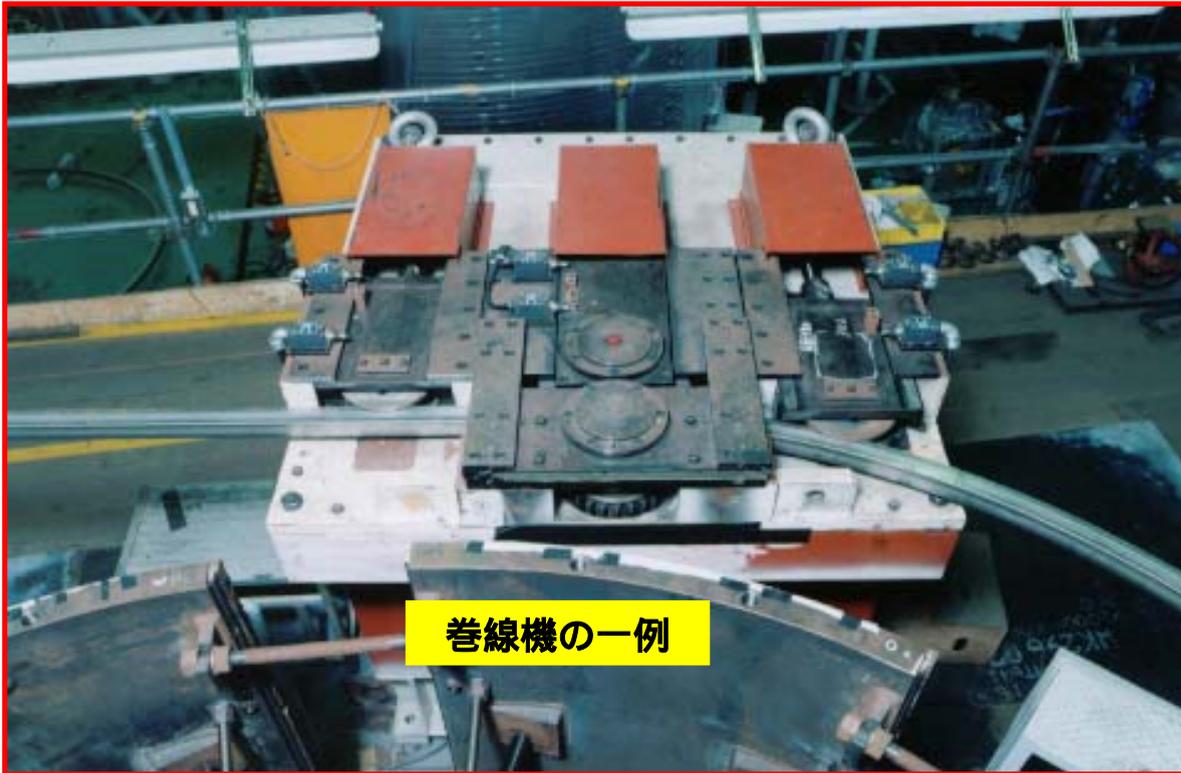
伊勢神宮(式年遷宮)



出典:伊勢神宮ホームページ

(例:伊勢神宮が20年に1度建て直すのは技術継承の目的もある)

超伝導コイルにおける製造ノウハウ(一例)

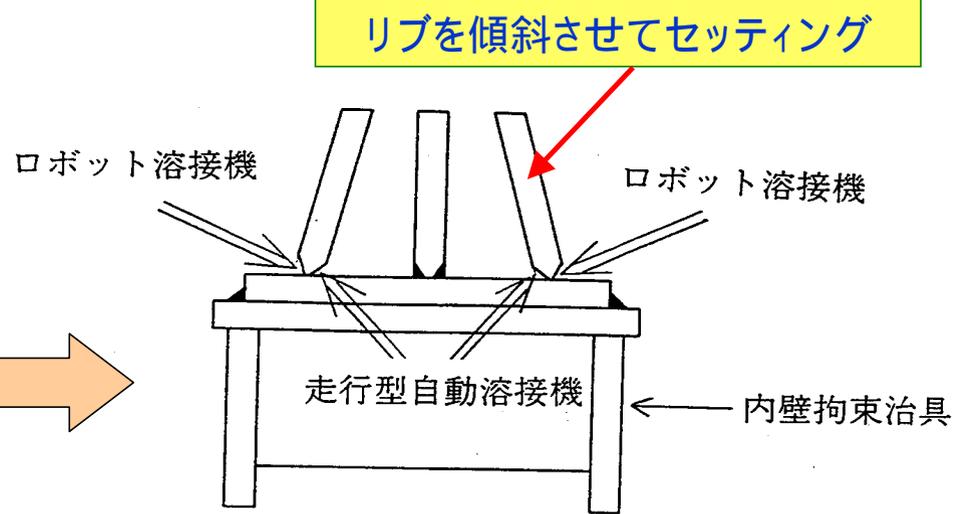
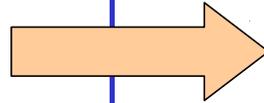


TFCのようなD字型形状の導体を所定の値まで曲げるための方法(何回で所定値に持っていか、曲げピッチをいくらにするか等)は場所によって変わり、過去と同じ方法では対応できない。
→ メーカーが持っている製造ノウハウの発揮しどころで、製造ノウハウをもとに巻線機そのものも設計/製作して巻線を行うことになる。

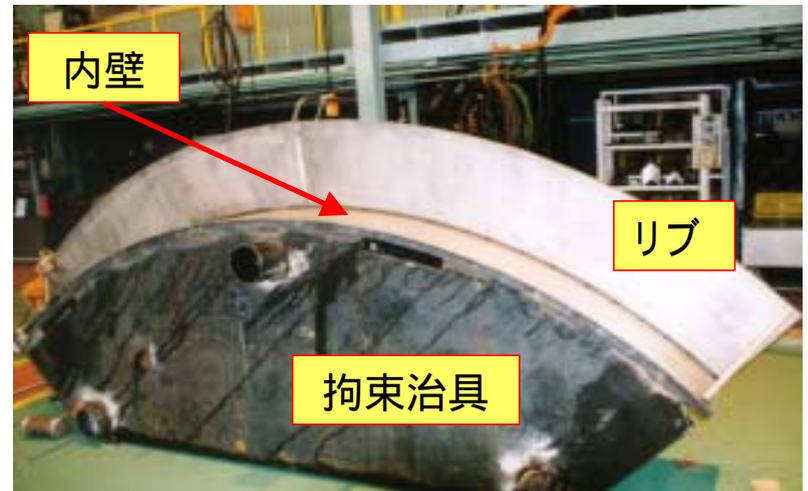
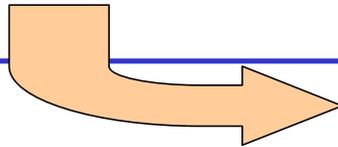
真空容器における製造ノウハウ(一例)

最適な溶接位置、溶接施工手順・条件、溶接機、変形拘束治具などにノウハウ

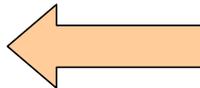
1) 溶接変形を予測して
セッティング



2) 溶接中の変形を抑えるため、強力な拘束治具を活用



これら部品を更に溶接で
継ぎ合わせて所定の寸法
精度の真空容器に仕上げ
る



(2) 産業界における技術維持・継承の難しさ (2) - 2 人材育成

産業界は**市場に応じて人員配置**を行わざるを得ない。
→ 若手技術者ほど将来性を考えるとその傾向が強い。

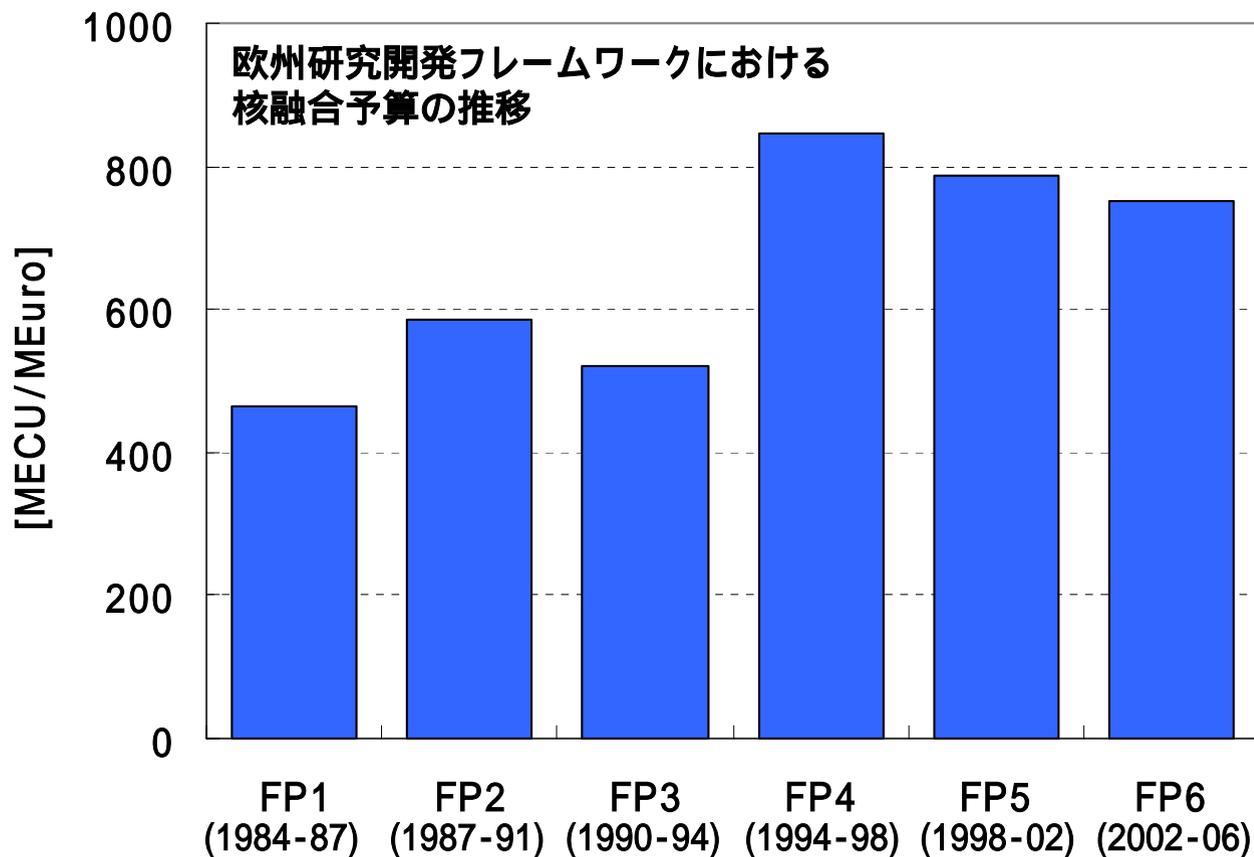
ITER建設を見据えてEDAのR&Dに各社とも若手を投入し、育成に着手したが

ベテラン技術者を中心に**細々と**核融合部隊を守っているのが現状。→リタイアの時期。

若手技術者を（呼び戻し）早急に育成し、技術継承をすることが急務である。

(2) 産業界における技術維持・継承の難しさ

(2) - 3 継続性を持たせた技術開発



欧州では要素研究も含め、間断なく継続して産業界を含めた設計・開発を着実に進めており、技術力維持・人材確保の面で優位

(3) 役割分担(立場)の変化

段階	産業界の役割	模式図
JT-60段階	装置性能実現の為に システム全体 を視野に入れて取り組んだ	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;"> プラズマ設計 システム設計 機器仕様 機器製造 </div> </div>
ITER段階	個別機器・設備を、与えられる 構造仕様 に基づいて製造する立場	<div style="display: flex; align-items: center;"> </div>
発電実証 プラント段階	ITERに近いか、商用炉に近いか不明	<div style="display: flex; align-items: center;"> </div>
商用炉段階	電力会社主導か。 産業界で経済性も追求するか。	<div style="display: flex; align-items: center;"> </div>



役割分担の変化に応じて技術移転が必要

5 . 核融合研究開発に対する意見 (1) 明確なロードマップの必要性

< 産業界の問題 >

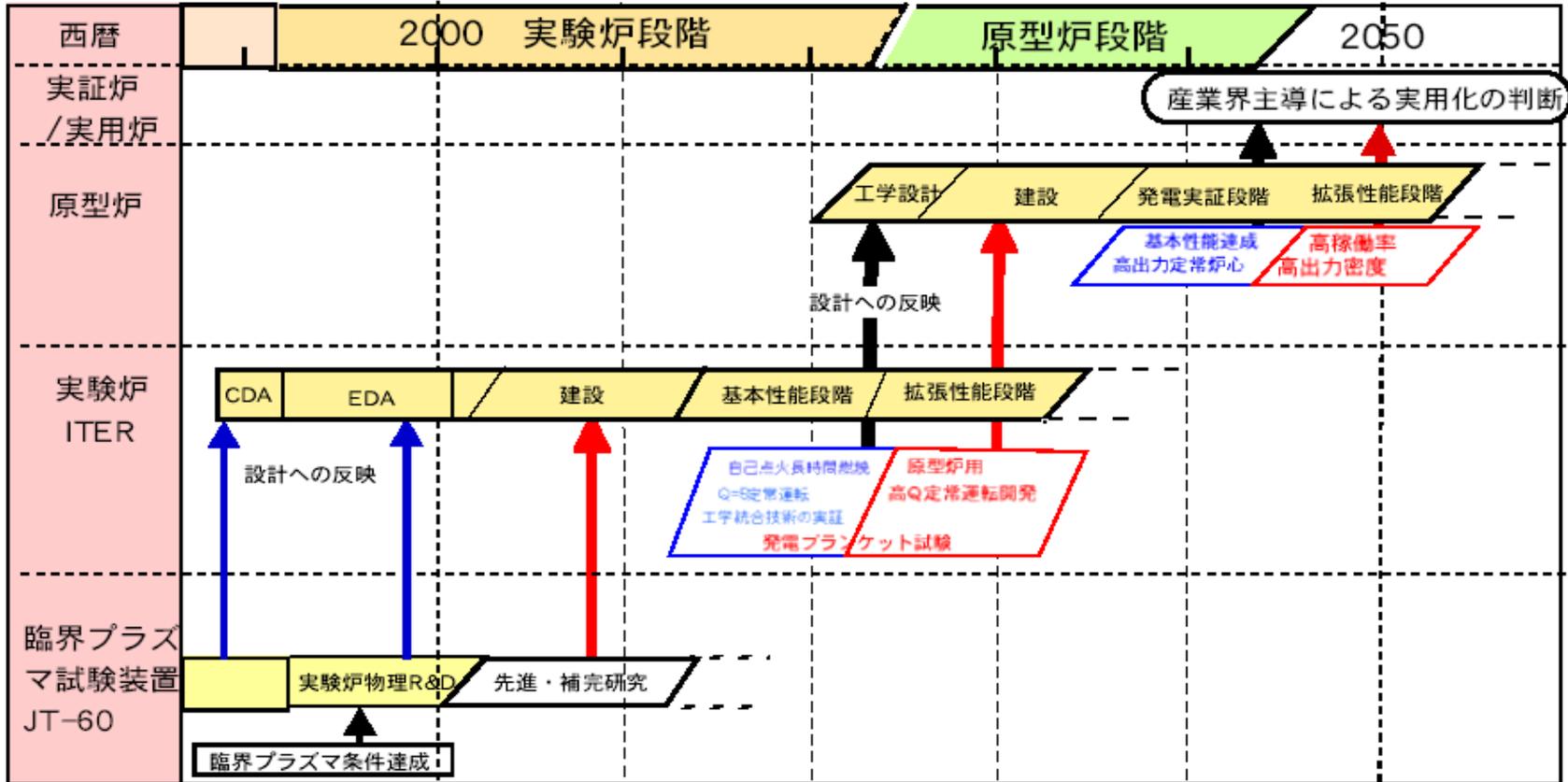
- (1) 将来計画の見通し
- (2) 技術開発の継続性
- (3) 開発主体 (責任)

< 解決のためのポイント >

- ・核融合研究開発の道筋の明確化
- ・予算規模の明確化
- ・段階的評価
- ・産学官の協力体制の明確化

産業界としては、より詳細なロードマップが必要

これまでに提示されたロードマップ



核融合エネルギーの技術的実現性計画の拡がりと裾野としての基礎研究に関する報告書 (平成12年5月17日)

(2) 明確なロードマップに必要な要素

段階的な開発達成目標の設定

- ・ 節目節目に「**ホールドポイント**」を明確に設定する
- ・ 継続可否の判断も含めた「**評価基準**」を明確にする

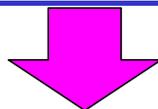
必要な予算を年度展開

代替案も含めたシナリオの構築

各シナリオにおける予算の選択と集中

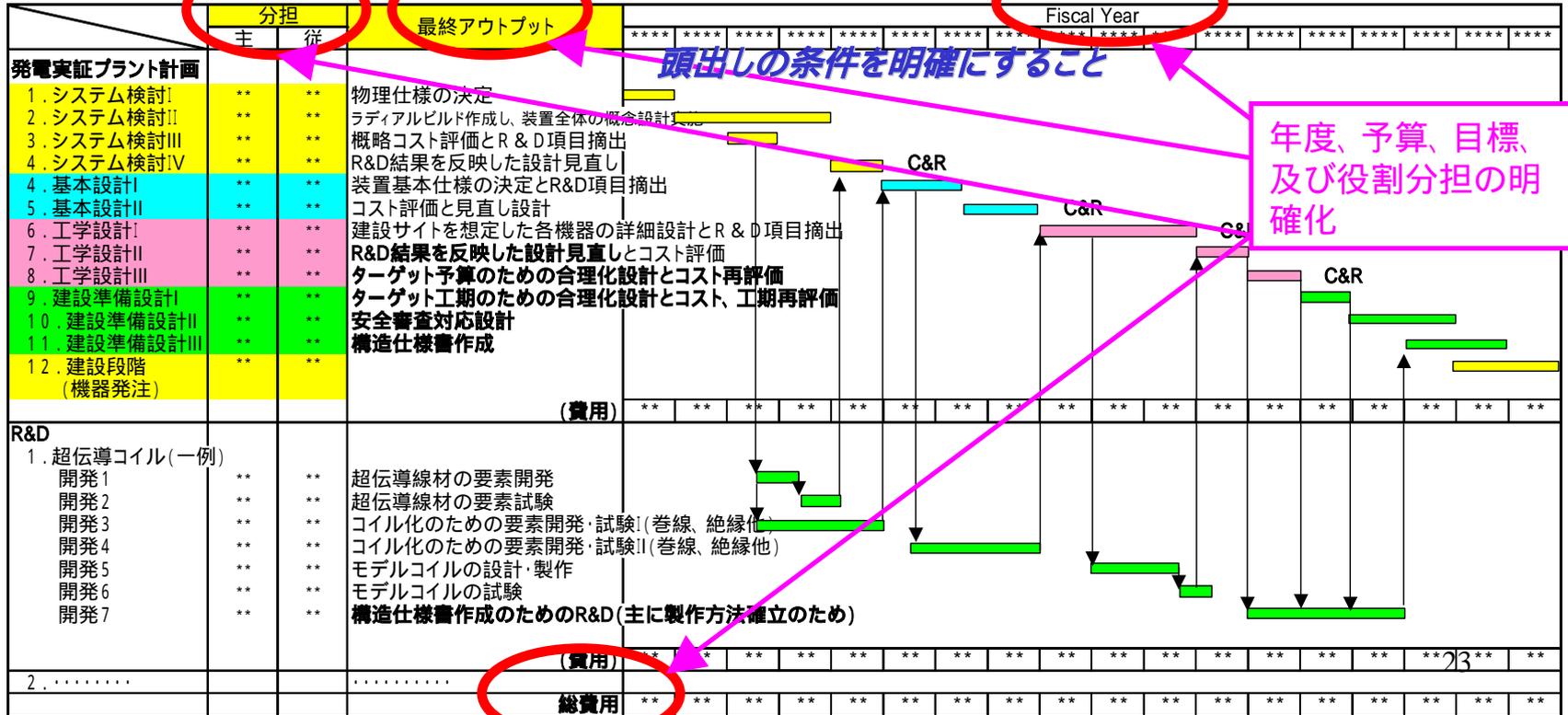
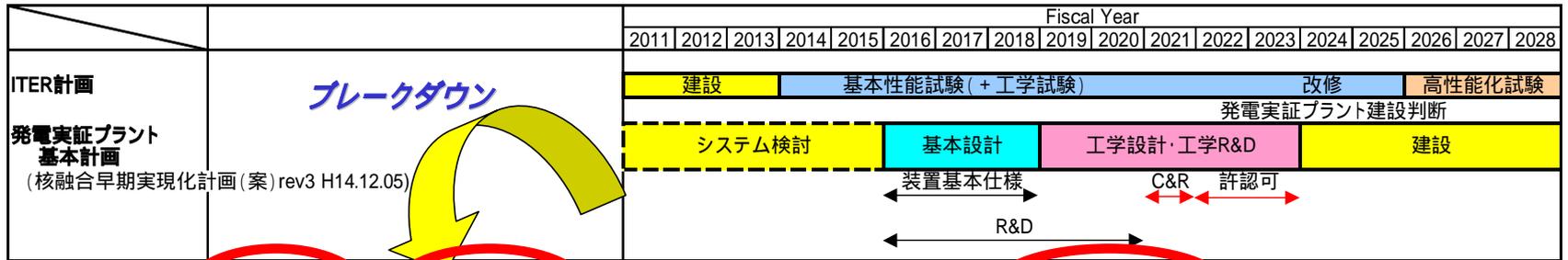
- ・ 優先順位の低いものから削る

研究開発の各段階における国、大学、研究機関、産業界の明確な役割分担



ロードマップ策定には**産業界の意見も重要**

産業界がイメージする核融合ロードマップ(一例)



まとめ

産業界が核融合研究開発に取り組む上での必要条件

- ・ 将来計画の見通し
- ・ 技術開発の継続性
- ・ 開発主体の明確化

核融合の実現性はまだ実証されていないが、産業界(特に若手技術者)が**核融合開発に魅力を感じる施策が必要**

研究開発のロードマップは、常に成果を反映し見直されるものであるが、産業界としては今後の取り組みを見据える上でも、更により詳細なロードマップが必要。

ロードマップには、予算、役割分担が含まれるものが望まれ、立案には産業界の意見も重要。