

核融合の早期実用化クラスター

核融合炉開発に向けたロードマップ検討

核融合の早期実用化クラスター
ロードマップ検討委員会
岡野邦彦
(電力中央研究所)

2004年度の全体会合で提案したトカマク動力炉の早期実現へのロードマップを検討する委員会は、2005年度から設置が認められ、それにそって委員会を設置して議論を進めている。

(0) ロードマップ検討準備会 (2005年12月26日開催、参加16名)

(1) 第1回ロードマップ検討委員会 (2006年3月26日、参加19名)

(2) 第2回ロードマップ検討委員会 (2006年11月6日、参加24名)

各回の議事録と資料は核融合フォーラムホームページからダウンロード可能

(0) ロードマップ検討準備会

(2005年12月26日開催、参加16名)

- ・第1回第一世代核融合動力炉に関するIAEA技術会合報告
- ・幅広いアプローチに関する政府間交渉の現状報告
- ・原型炉を取り巻く情勢に関する議論
- ・委員会委員案の議論と今後の進め方の議論

委員の募集 (2006年1～3月頃)

準備会参加者を中心に会員からの参加希望者も募る。また若手を中心に幹事からお願いした委員10名程度を加えた。

・委員会委員の参加資格

- 1) 核融合フォーラム会員の方
- 2) ロードマップの作成の意義があると考える方
(ロードマップ作成すべきか否かの議論からは始めない)

加えて、

- 3) 早期実用化ということに意義を見出して協力いただける方
(完成は22世紀でよいか？ という議論からは始めない。)
- 4) トカマク核融合炉は実現可能という前向きの見方で議論して
くださる方
実現するために本当にしなければいけないことを探したい。

- ・委員でなくても、オブザーバーとして委員会への参加は可能。
(旅費は不支給)
- ・炉形式は、アスペクトが2.5以上の超伝導トカマク型とする。
ロードマップ完成後に、別方式の場合の検討を始めることは
やぶさかでない。
- ・ロードマップ完成の目標時期は、H19年度末ころ。
理由： 六ヶ所の、原型炉設計評価開発調整センターができる
までの国内の下地を作る。

本検討でできたロードマップは、あくまで有志による提案のひとつ、という位置づけであり、日本の核融合開発計画ロードマップとしてなんらかの権威付けが自動的に行われるようなものではない。必要に応じて、各方面への提案はしていく。

第1回ロードマップ検討委員会(2006年3月26日、参加19名)

岡野 邦彦	電中研 (委員長)	山崎 耕造	名古屋大学
高瀬 治彦	東芝 (幹事)	田島 輝彦	核融合科学研究所
小野塚 正紀	三菱重工	日渡 良爾	電中研
季村 峯生	九州大学	堀池 寛	大阪大学
朝岡 善幸	電中研	上田 良夫	大阪大学
飛田 健次	原子力機構	畑山 明聖	慶応大学
小川 雄一	東京大学	近藤 浩夫	大阪大学
高瀬 雄一	東京大学	宮沢 順一	核融合科学研究所
小西 哲之	京都大学	時松 宏治	産業技術総合研究所
中村 和幸	原子力機構	田内 広	茨城大学

順不同

- ・準備会合の結果を踏まえた原型炉に関する現状分析を報告
- ・ロードマップ構築に必要な検討項目を提示して議論
- ・今後の進行日程を決定

(2) 第2回ロードマップ検討委員会(2006年11月6日、参加24名)

- ・ITERで確認可能な技術とITER並行する計画の
タイムテーブル比較
- ・炉材料開発やブランケット開発に必要な時間の
具体的検討

2030年台での発電実証を目指すタイムテーブルを描いてみると、

- ・ITER BPPフェーズ前半から概念設計を開始しなければならない
- ・ITER EPPフェーズ前半では原型炉建設を開始しなければならない
- ・IFMIFの成果を設計に反映する時間が足りない

など、いろいろな問題が見えてきている。

今後、発電実証を実現すべき時期と実現が可能な時期、技術的リスクなどとの調整も含めて、検討を進めたい。



EU – 経済性は楽観。安全性重視。核分裂に期待していない。
地球環境、外部性の視点。早期実現戦略。

PPCS A-D

米国 – デモ炉計画なし。経済性重視。核分裂あり。燃料資源あり。
科学としての核融合。

ARIES series

日本 – 経済性重視。早期実現戦略。核分裂あり。FBRあり。
地球環境重視。エネルギーセキュリティ。

Slim-CS

中国 – エネルギー需要増。資源不足。経済高成長。核分裂も核
融合もほしい。

原型炉計画あり。

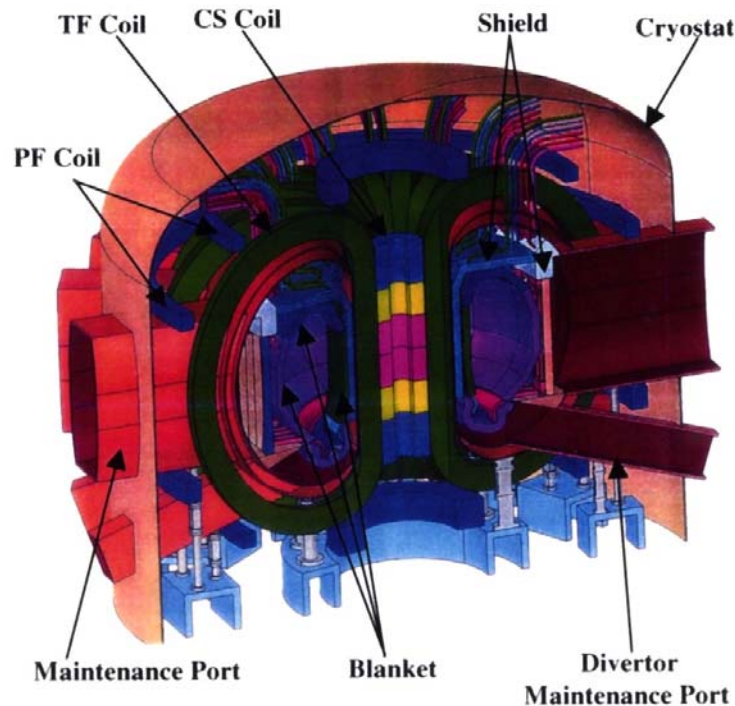
核融合開発戦略への認識

- 初めて実証炉のシナリオを描ける時代になった
- ただし隘路に関しては必ずオプションを用意すべき
- 初めに選択ありき
 - ・何のための核融合なのか
 - ・磁場と慣性（注：ただし本委員会の範囲外）
 - ・ITERでわかることとわからないことの整理
 - ・キャピタルコストの考え方整理

1. 原型炉イメージの共有

JAEA 飛田健次先生の資料より

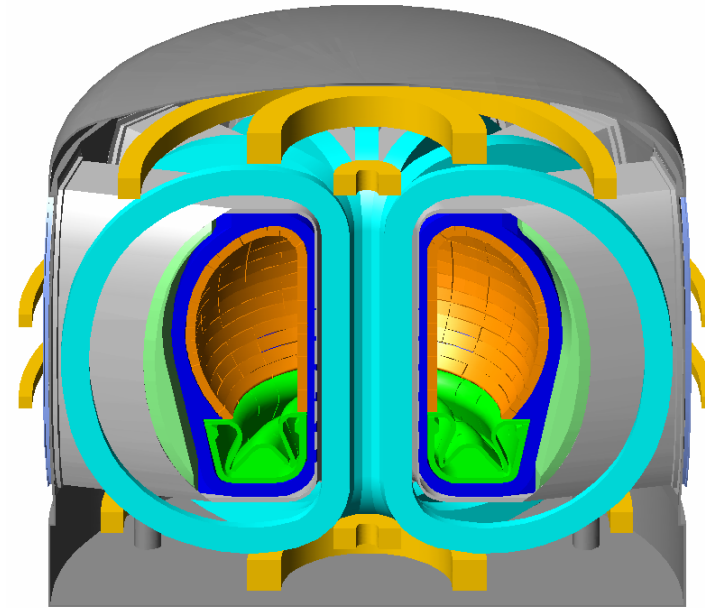
Demo-CREST(電中研)



$$R_p = 7.3 \text{ m}, A = 3.4,$$
$$B_{\max} = 16 \text{ T}, \beta_N \geq 3.4$$

出来るだけ早く発電実証
ITERとの連続性

SlimCS(原子力機構)



$$R_p = 5.5 \text{ m}, A = 2.6,$$
$$B_{\max} = 16.4 \text{ T}, \beta_N = 4.3$$

定格運転時の炉心パラメータは比較的楽
コンパクト
ブランケット設計の自由度

Demo-CRESTとSlimCSの共通点・相違点

共通点	相違点
・ コンパクト炉 原子力委: ITER程度の炉心寸法 ・ 固体増殖、水冷却 ・ フェライト鋼 ・ Nb₃Al ~16 T ・ NBおよびECによる外部電流駆動 ・ BS電流主体の電流駆動 ・ RWM安定化による高β化	・ メンテナンス方式 D-CREST: モジュール方式 SlimCS: セクター方式 ・ CS供給磁束 D-CREST: CSでflatop到達 SlimCS: CS誘導は4MA ・ アスペクト比 D-CREST: 3.4 SlimCS: 2.6

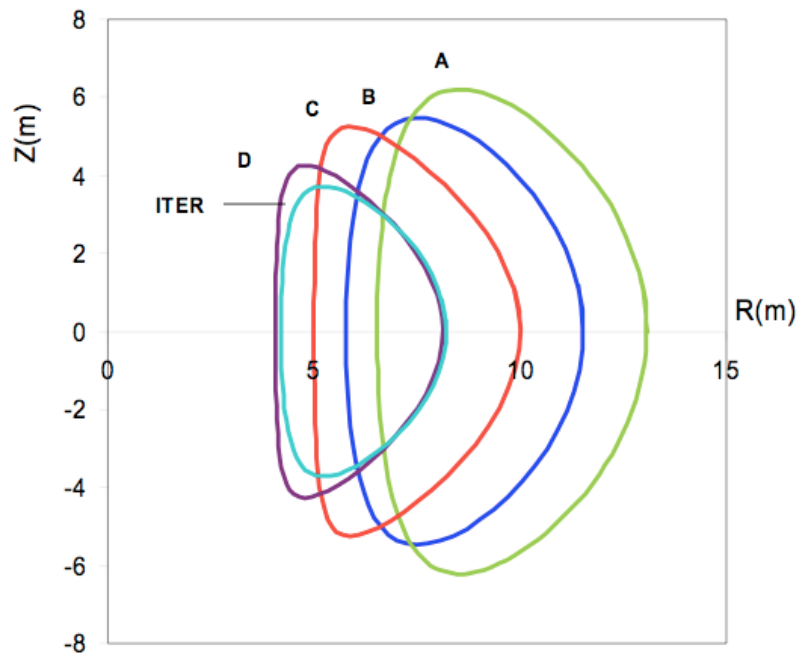
プラズマ性能の差を除き、基本的課題は共通と認識された

共通点に関する考察

- BS電流主体 ($f_{BS} \sim 70-80\%$) の電流駆動は、
EU炉の45%より圧倒的に難しい

➡ 日本独自の開発プランが必要

- 他の炉心プラズマパラメータでは、EU炉に優位性はない



EU炉：炉心プラズマへの要請は

- ・ $HHy2 \sim 1.2$
- ・ $n/n_G \sim 1.2-1.5$
- ・ $\beta_N \geq 3.5$



ITERの目標を超える！

大型炉とはいえ易しくはない

ダイバータ除熱に関してもほぼ同等

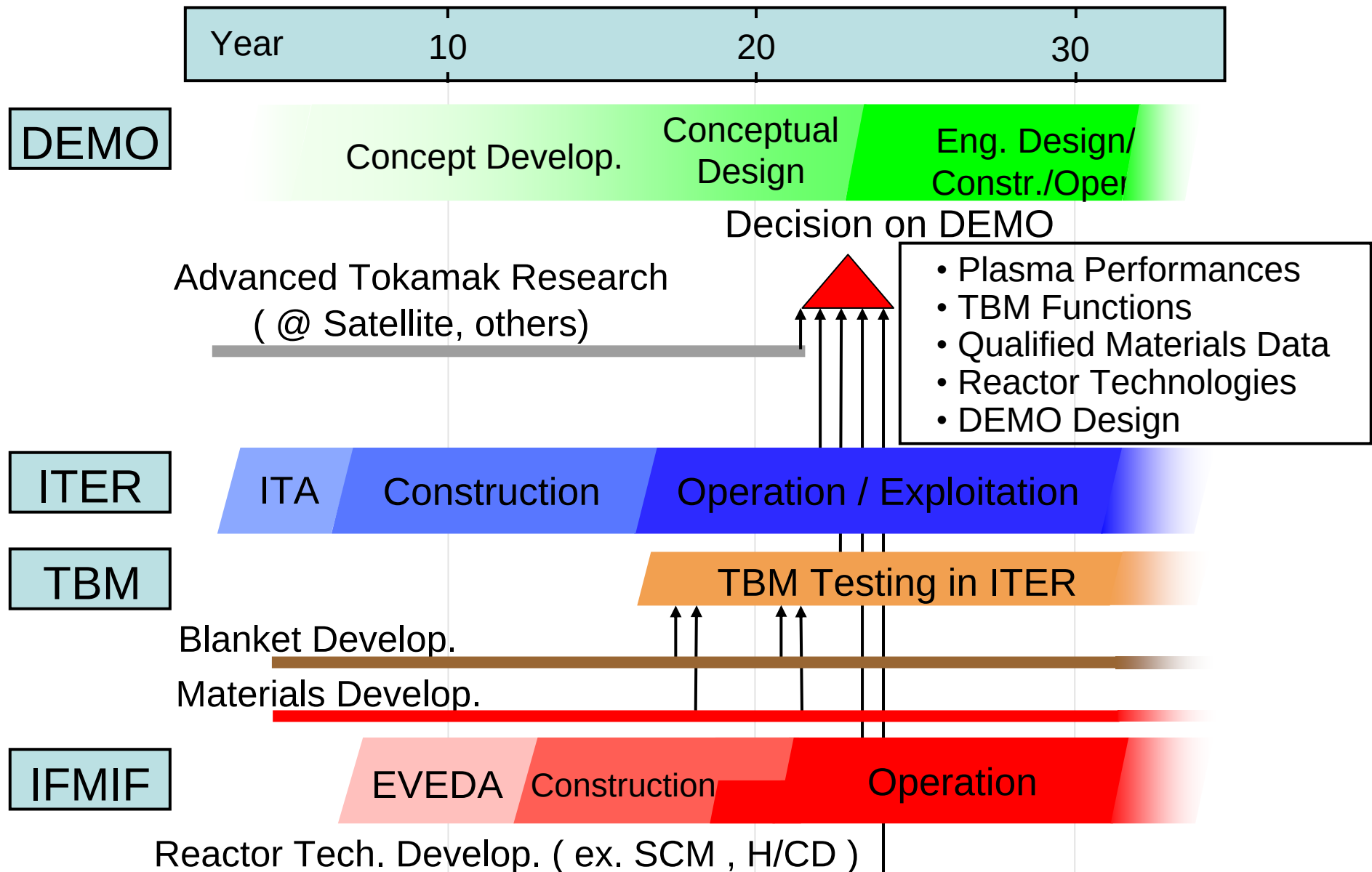
設計条件： 10-15 MW/m²

($P_f=5GW$ のため、除熱面積が広い効果は帳消し)



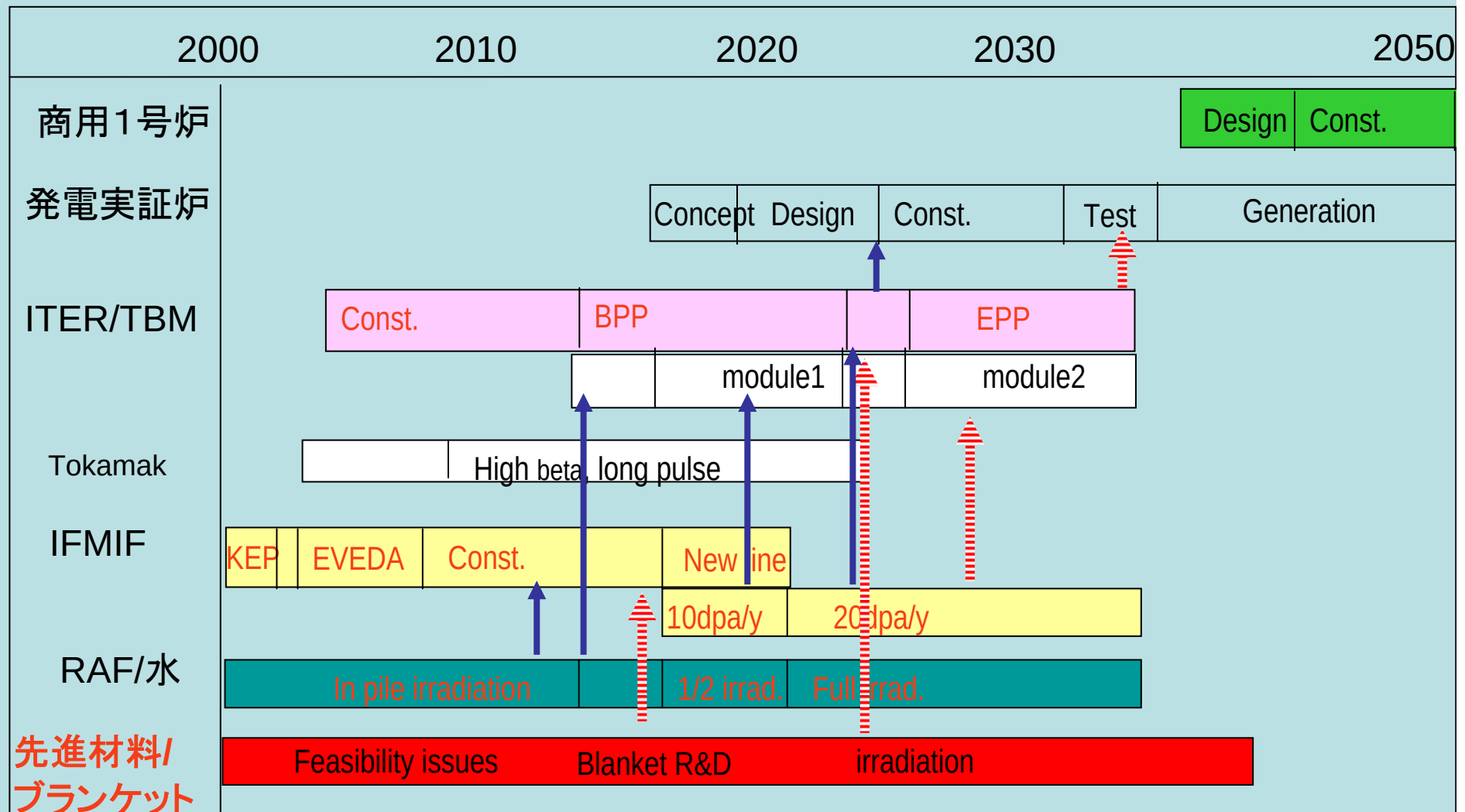
A Possible Roadmap

これはまだ例として出たもの



わが国の核融合開発戦略

これはまだ例として出たもの

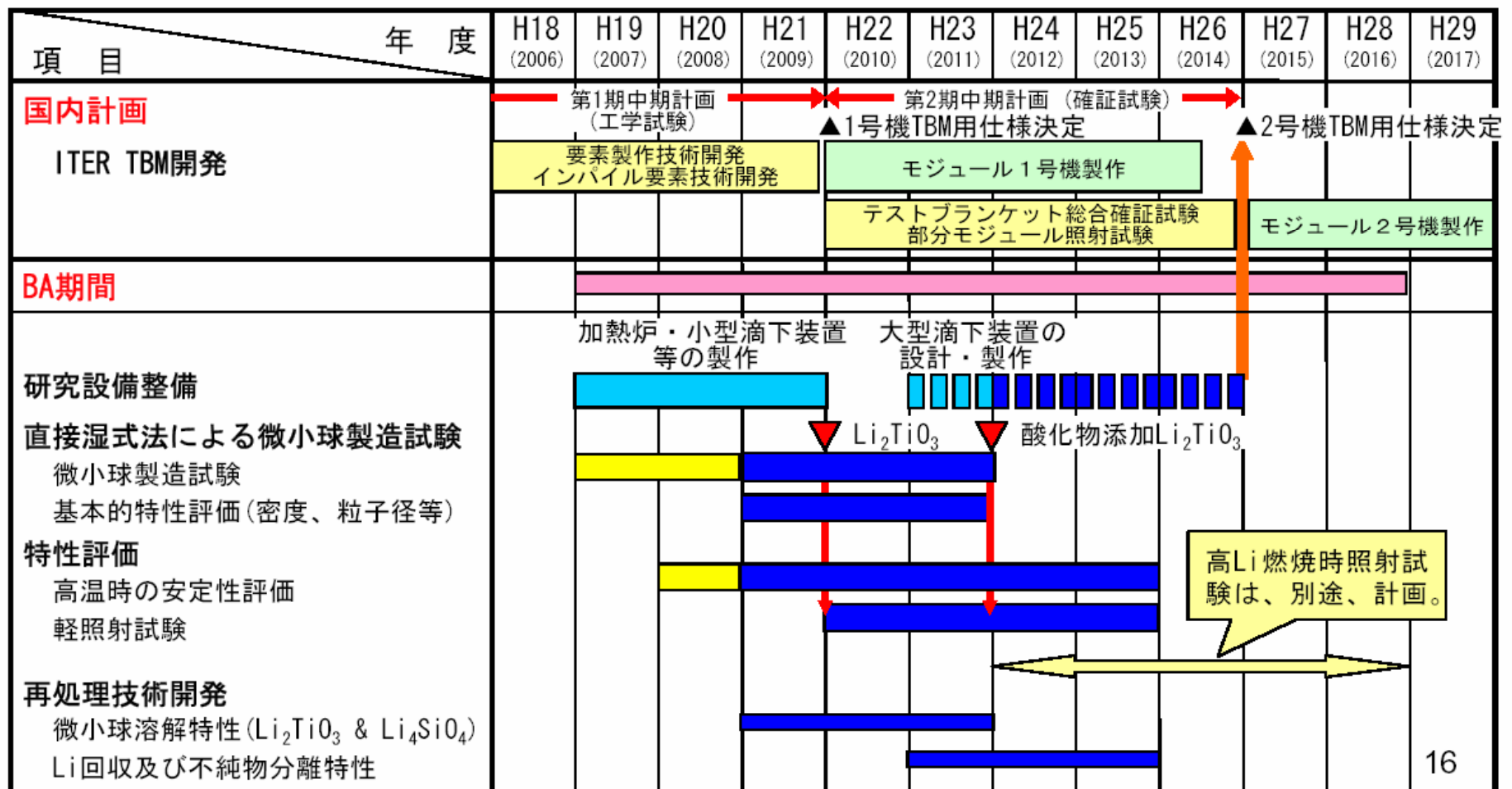


Drawn from Fast track working group, 2002, Dec.

京都大学 小西哲之先生の資料より

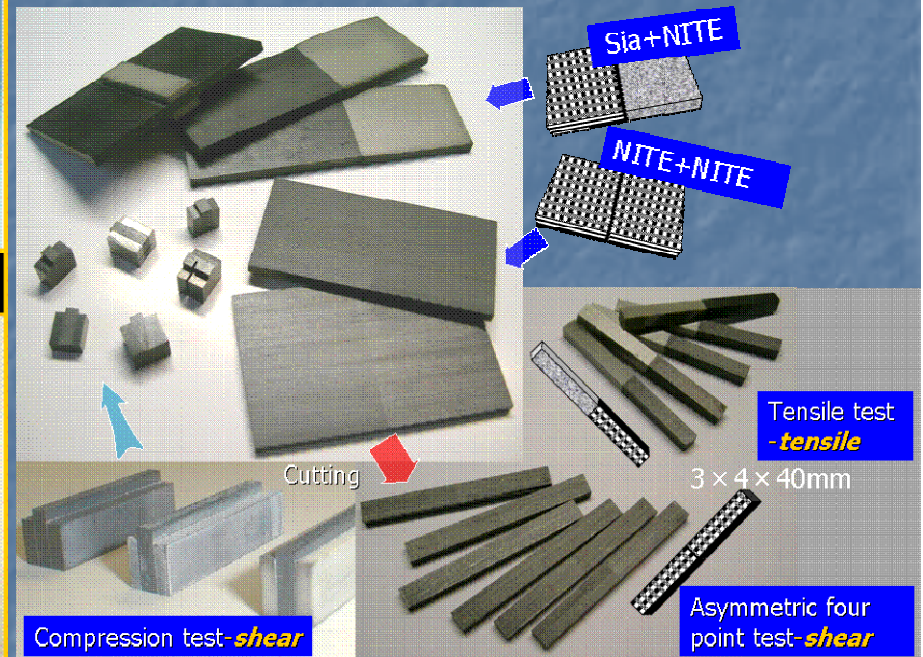
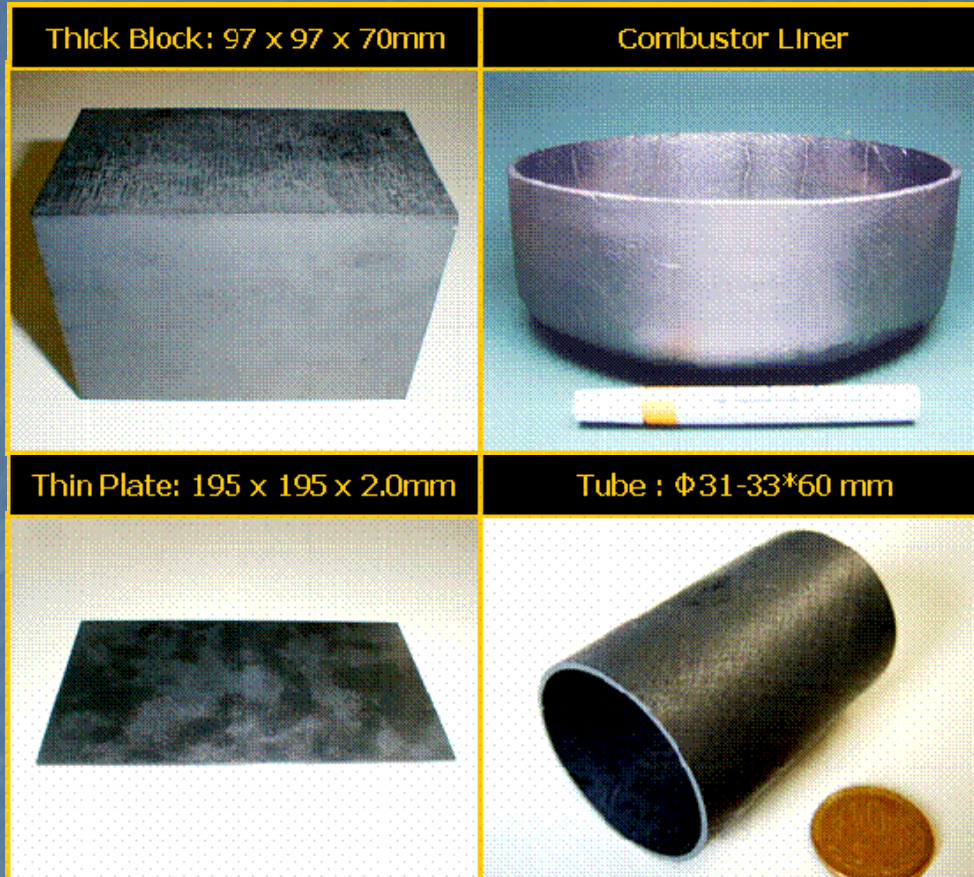
先進トリチウム増殖材料微小球の開発

- ・湿式法による Li_2TiO_3 微小球の大量製造技術を確立する。
- ・酸化物を添加した Li_2TiO_3 微小球の製造技術を確立し、未照射時の各種特性（物理的、化学的特性等）を評価する。
- ・開発した微小球に対して、試験炉等を用いて照射試験を行い、トリチウム放出特性等の照射時の特性データを取得するとともに、照射後試験により特性変化を調べる。



Shape Flexibility and Joint Capability of NITE-SiC/SiC

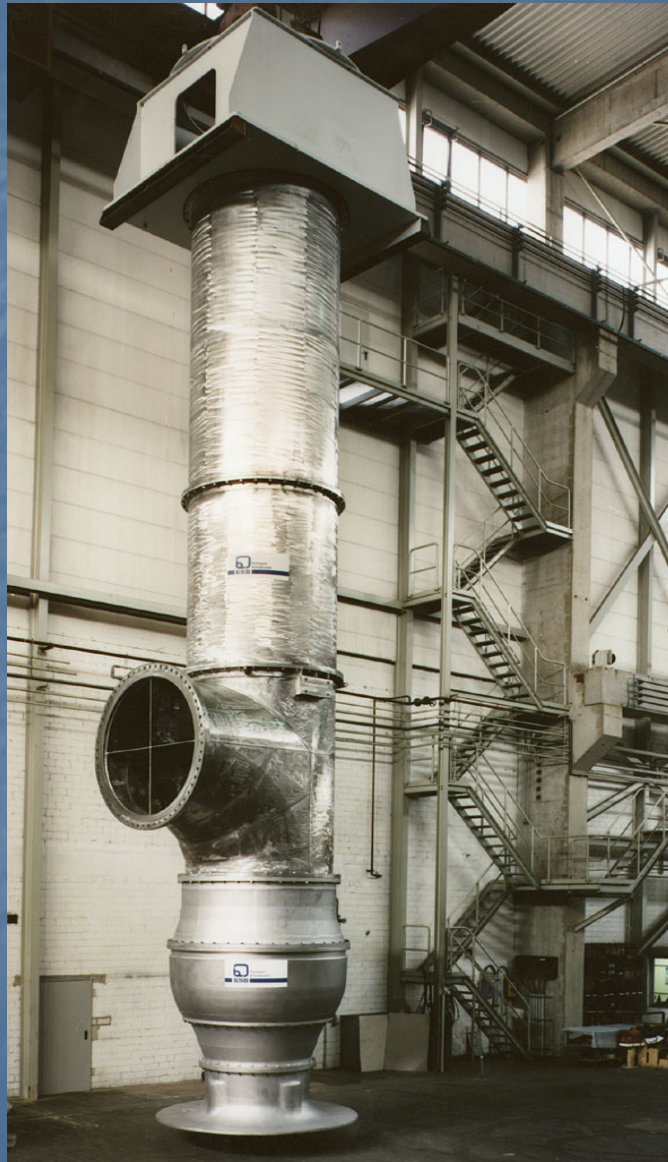
特性の改善に加え、様々な形状の製造、接合法なども大きく進展している。



Uniformity evaluation with ultra-sonic inspection is on-going:
high density with nearly no porosity allows to have a clear echo-image

Main cooling water pump for the power plant

YONGGWANG, Korea



核融合用以外の用途が広く存在し、それによる開発加速、コスト削減の可能性が大きい点が、他の先進材料に比較したSiC/SiCの特徴といえる。

実証炉の初期は鉄系、その後こういった先進材料に差替えていくというシナリオも考えられる。

$$Q = 29.880 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H = 11,1 \text{ m}$$

$$n = 350 \text{ min}^{-1}$$

$$NW = 1800 \text{ mm}$$

Picture: KSB AG, Frankenthal

今後の活動予定

(3) 第3回ロードマップ検討委員会(H18下期の予定)

- ・ITERを用いたブランケット開発タイムテーブル
- ・シミュレーションを併用したダイバータ開発タイムテーブル
- ・ITERとJT-60SAによるプラズマ改良の到達範囲の実現時期を含めた検討

(4) ロードマップ検討委員会報告会(H18年度末か19年度前半)

- ・第1-3回委員会の総括