



原型炉研究開発総合戦略タスクフォース  
第一回会合  
平成27年6月12日(金)  
文化庁5階特別会議室

平成27年6月12日(金)  
第1回原型炉開発総合戦略TF  
資料2-4

# 合同コアチーム報告および 国際動向(第3回IAEA原型炉計画作業会から)

京都大学エネルギー理工学研究所  
笠田 竜太

謝辞：坂本 宜照(日本原子力研究開発機構)

# 1. 合同コアチーム報告

# 合同コアチームの目的

文科省 科学技術・学術審議会 核融合研究作業部会(第6期)の要請(H25.2)

大型プロジェクトの実施主体である原子力機構と核融合研が中心となり、原型炉開発のために必要な技術基盤構築の中核的役割を担うチームの構築を求める。

## 1. 目的

ITER計画及びBA活動や、LHDをはじめとする学術研究の進展を踏まえ、核融合原型炉の開発に必要な技術基盤構築の在り方を、我が国の核融合コミュニティの総意を踏まえつつ検討する。

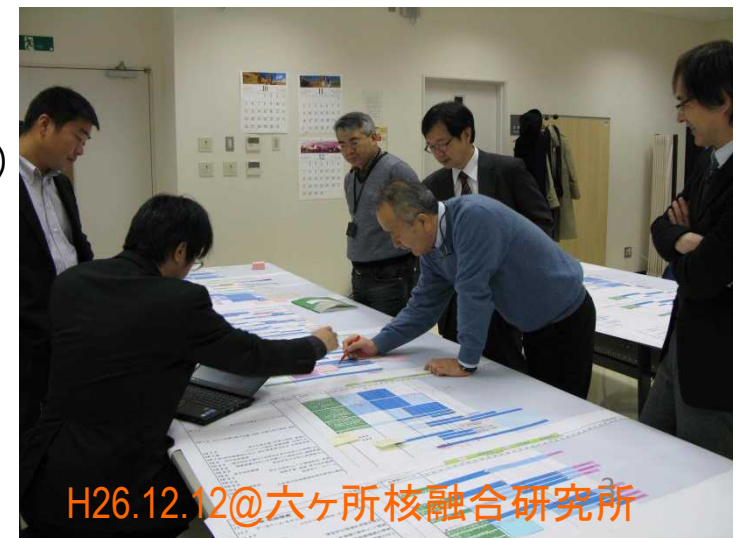
## 2. 検討内容

- 1) 検討の前提となる核融合原型炉概念
- 2) 実施すべき活動とその目標(研究活動、検討活動)
- 3) 上記の活動に必要な科学的・技術的検討作業

平成26年2月: 中間報告(論点整理)

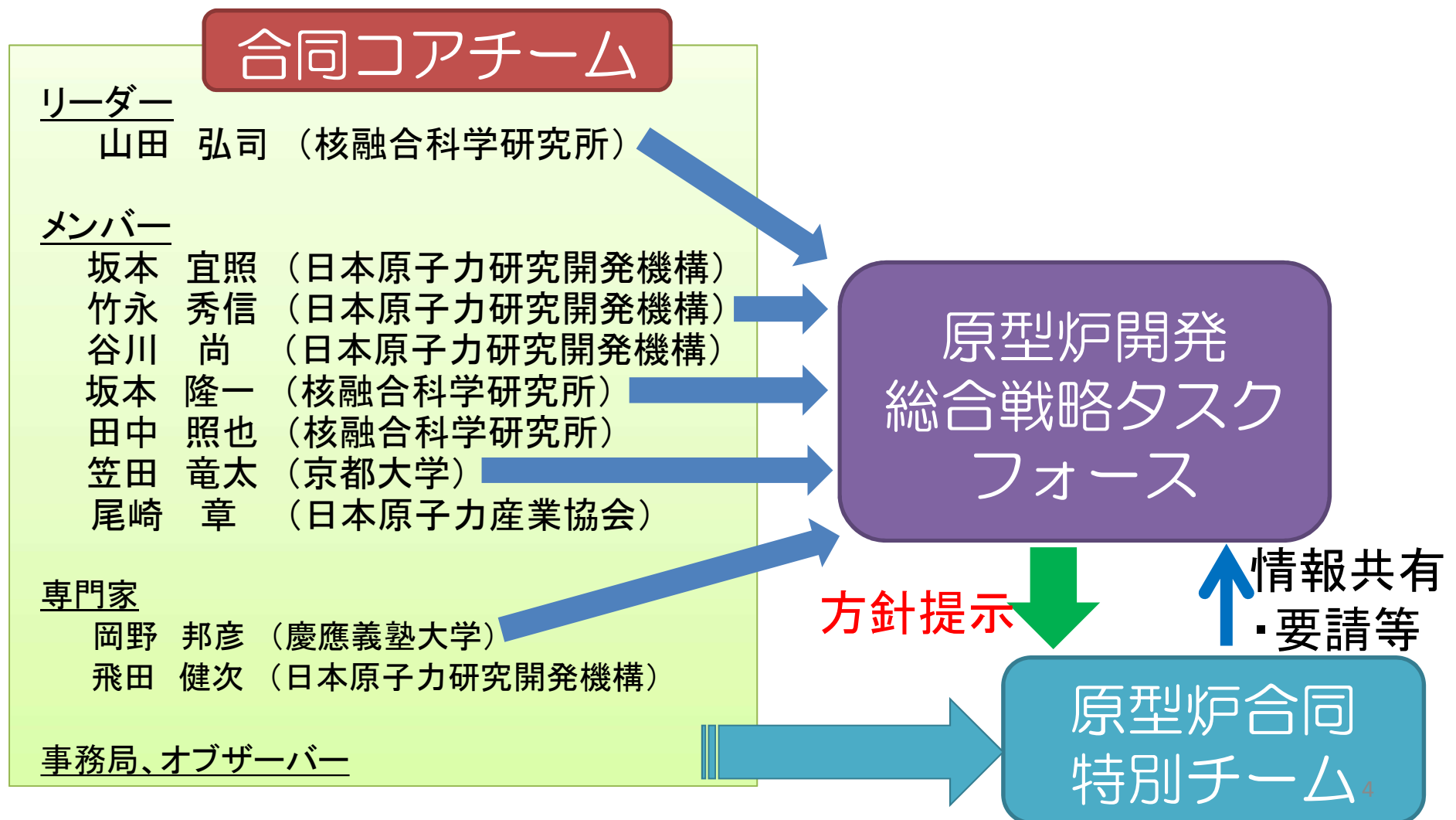
平成26年7月: 報告書(技術課題の構造分析)

平成27年1月: 報告書(技術基盤構築チャート)

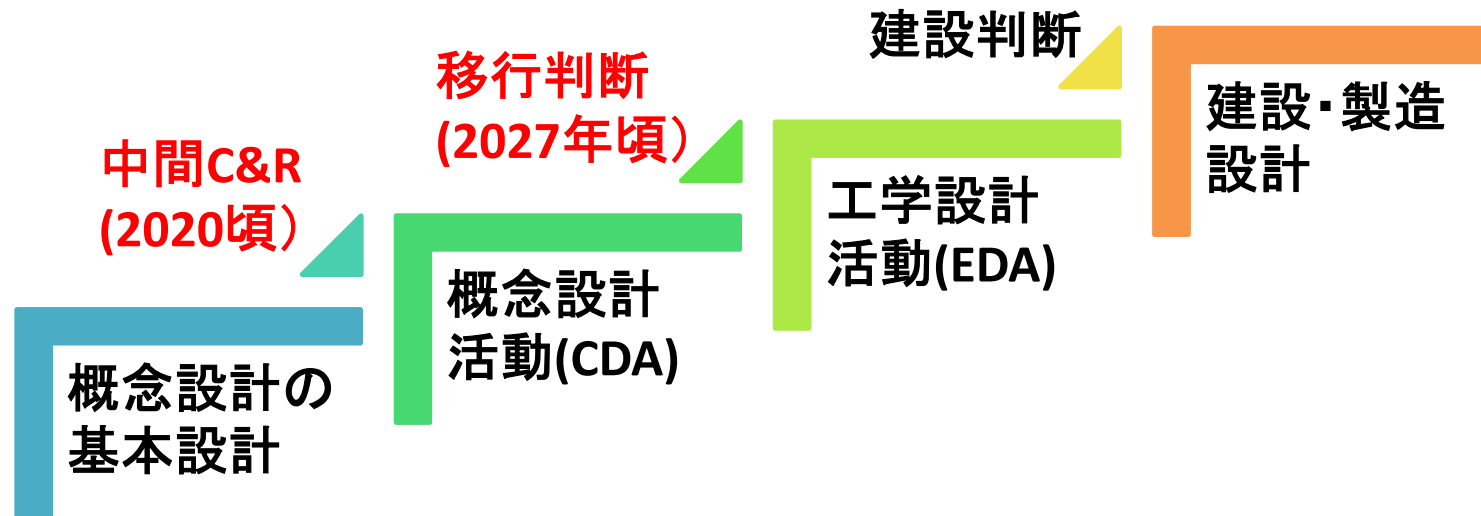


H26.12.12@六ヶ所核融合研究所

# From 合同コアチーム to...



# 炉設計活動とそれを裏付けるR&D



✓ ITER計画が時を刻む時計

✓ 中間C&Rを受けて、相当規模の工学開発活動への着手を促進すべき

## 炉設計の完成度と設計を裏付ける研究開発

- 超伝導コイル開発
- ダイバータ開発
- 理論・計算機シミュレーション研究
- 核融合燃料システム開発
- 核融合炉の安全性と安全研究
- 計測・制御開発
- ブランケット開発
- 加熱・電流駆動システム開発
- 炉心プラズマ研究
- 核融合炉材料開発と規格・基準策定
- 稼働率と保守性

## ITER計画について

- ✓ ITER計画の進捗状況は時系列展開全体に大きな影響
- ✓ **判断の要件**について、その判断の**時期と基準の具体化**を進める必要
- ✓ 特に、エネルギー増倍率、ブランケット機能、長時間維持の実証等についての**成果がいつ、どこまで見込めるのか**、の**共通認識**に立って、具体的な判断の要件が今後の原型炉開発ロードマップに位置づけられる必要

## 炉設計活動の強化について

- ✓ 炉設計は初期段階から11の**技術課題項目とリンク**
- ✓ 技術課題項目の**開発目標・要求性能・技術仕様**を確定し、研究開発を推進するため、炉設計活動の体制を拡充し、早急に強化する必要
- ✓ 特に、ダイバータ、ブランケット、保守、安全性の課題は重点的検討必要

## ダイバータ研究開発の戦略的加速について

- ✓ **ダイバータ**は原型炉で想定される運転条件と現在の科学的理解及び技術成熟度との**かい離が極めて大**
- ✓ **炉設計活動**における特段の強化と合わせて、中間C&R及び移行判断の要件の目標達成を指向した**研究開発の戦略的な加速**が不可欠

## テストブランケットモジュール(TBM)

- ✓ ITER-TBM最終設計レビュー 2018年に設定
- ✓ 性能実証試験、照射後試験
- ✓ 先進ブランケット開発に関連した他極との協力体制

## 核融合中性子源

- ✓ 移行判断前に、それまでに備わった材料に関わる知見からなる予測モデルを実験検証し、適用範囲を確認する必要 → 20dpa程度の照射

## 全日本体制を実効的なものとするための措置

- ✓ 原型炉に向けた技術基盤構築にはリソースを最大限に活かし、さらなる展開を図るため全日本体制で取り組むことが必要不可欠
- ✓ 研究機関、大学、企業が問題意識と戦略を共有し、一体となって課題解決に向けた研究開発を推進するための体制、すなわち「**産学官の共創の場の構築**」
- ✓ 二つの観点を指摘
  - **原子力機構六ヶ所サイト**を原型炉開発に向けた中心拠点として発展
  - 人材の流動性と多様性を高める:**クロスアポイント制度**の積極的導入

# 合同コアチーム報告のまとめ と指摘された課題、申し送り事項

1. 原型炉に求められる基本概念の再考
  2. まず、トカマク方式によって原型炉建設に至る技術課題を特定し、課題解決に必要な技術基盤構築の時系列展開を可視化した、総覧チャートを作成
    - 2020年ごろ: 中間チェック・アンド・レビュー (ITERのファーストプラズマ)
    - 2027年ごろ: 原型炉段階への移行判断 (ITERにおけるDT燃焼実証)を想定し、炉設計と研究開発の課題解決への取組を示した
- 技術基盤構築において今後、特に留意すべき点
    1. ITER計画は明確なクリティカルパス、その着実な遂行は必須
    2. ITER計画以外で、最も喫緊に取り組むべきこと  
「炉設計活動の強化」と「ダイバータ研究開発の戦略的加速」
    3. 全体を律速するクリティカルパスになると考えられるもの  
「テストブランケットモジュール(TBM)」と「核融合中性子源」
    4. 産学官の共創の場の構築、実効的なものとするための措置
  - 申し送り: まとめるまでに至らなかった重要な点
    - 「核融合エネルギーの社会科学的検討」
    - 「ヘリカル方式及びレーザー方式についての調査・検討」



第3回IAEA原型炉計画作業会から

## 2. 国際動向

# IAEA原型炉プログラム作業会の概要

(DEMO Programme Workshop)

## ○概要

- スコープ: ITERの建設とともに学術研究活動から産業や発電所規模でのエネルギー生産を目的とした活動段階へと移行している核融合技術を発展させるため、核融合発電の実現のために解決すべき科学技術の問題、開発の鍵となる施設や開発計画等を広く議論する。
- 主催: 国際原子力機関 (IAEA)
- 開催地: 第1回 (UCLA)、第2回 (IAEA本部)、第3回 (今回) 中国合肥の中国科学技術大学

## ○今回の会議

- 発表数: 口頭発表30件、ポスター発表28件
- 参加人数: 50人以上 (欧州 (ITER機構を含む)、米国、ロシア、韓国、日本、中国)
  - 日本からは口頭発表7件 (JAEA:4、NIFS:1、大学:2)
  - さらに、開催国の中国からは学生を含む**100名程度**の若手研究者が聴講として加わった。

## ○次回予定

- 2016年の9月以降にドイツで開催される予定
- (i)プラント規模でのトリチウムに係わる課題、(ii)原型炉物理基盤に向けた課題、(iii)加熱・電流駆動に係わる課題、を議論することで合意

# 今回の作業会における議論内容

- トピックス

1. 核融合発電炉に向けたギャップを埋めるための統合装置群の寄与
2. 原型炉の炉内機器設計および関連工学技術開発
3. ITERのテストブランケットモジュール(TBM)計画と原型炉に向けたブランケット計画

- 特別セッション

- 各極のロードマップ、原型炉の概念設計、中性子源、核融合の安全性や基準等

# 各極の原型炉計画に関するトピックス

- 中国
  - 原型炉(CFETR)の概念設計がまとめられ出版された。
  - 磁場閉じ込め核融合のロードマップを作成する特別グループがMOSTによって組織されたところ。
  - CFETRは2020年建設開始、2030年運転開始、2040年にアップグレード(1GW)を想定。
  - 2050-2060年に、1GWeのPFPP(Prototype Fusion Power Plant)を想定。
  - CFETRの1/32セクション真空容器モックアップの製造などの要素技術のR&Dも進行中。
  - 小型核融合中性子源、大規模トリチウム取扱施設の建設が進行中
- EU
  - 核融合電力に向けたEU核融合ロードマップが核融合コミュニティによって制定。
  - 強調されている点: ①中心的存在たるITER、②商用炉に向けた単一ステップたる原型炉、③2030年初期に原型炉の建設を開始、
  - 2050年ごろに電力供給実証することがEU核融合プログラムの優先事項
  - 2014年に、技術要求における関係性を理解し、原型炉設計/運転領域を探索するために、SE手法を取り入れた「追跡可能な設計プロセス」を開始。
- 韓国
  - 核融合エネルギー開発促進法(2007)のもとに、K-DEMOのコア技術開発が進展。
  - K-DEMOを支援する施設(超伝導マグネット開発センター、核融合炉材料R&Dセンター、核融合炉システム工学R&Dセンター、大規模計算センター)の計画が進行中。

# 核融合炉の安全性と 核不拡散抵抗性に関する議論

- 安全性:
  - 核融合炉の安全概念は、放射性環境を含む原子力施設に対する最先端の安全概念に依拠し、深層防護(DiD)に基づくものである。
  - 核融合と核分裂の安全概念における類似点と相違点に留意すべき。主な相違点としては、プラントや関連する放出経路中の放射性物質のインベントリである。
  - プラント内事象は、オフサイト避難を必要とする状態にはならない。
  - 安全機能である「冷却」は、炉内機器(ブランケット、その他)の詳細設計を要求し、「受動的な熱除去」の実証を必要とする。
  - 多くの問題の検討が不足しており、十分な注意が必要である。
    - 廃棄物管理についても検討が必要である。
- 核不拡散抵抗性
  - 実験段階にある核融合技術がエネルギー生産技術として成熟して、中性子が生み出される段階を見据えて、リスクと言う観点においては緊急ではないものの、前もって、核融合コミュニティ(特にITER及びDEMO)、セーフガードコミュニティ、国際機関(IAEA、ESARDA/INMM\*)、経済的行為者を繋げて検討することが望ましいことが指摘された。

**ご清聴ありがとうございました  
(以降添付資料)**

# 合同コアチームより行政への期待

合同コアチームは科学的・技術的検討作業を進めるものであるが、この機会に行政への期待を述べたい。

- 原型炉はその建設の是非を社会が判断するもの
  - 実施体制の責任の在り方
  - 計画についてコミュニティの独善的なものでなく、進展に応じステークホルダーを巻き込んでいく仕組みづくり
  - テクノロジーアセスメントに国民が参加する仕組み作り
  - 核融合が持つ固有の安全性に立脚した立地条件の考え方や環境影響評価の在り方

に、政策的なリーダーシップの発揮をお願いしたい。

# IAEA原型炉プログラム作業会報告 詳細



# Topic 1の概要

- 原型炉技術ギャップを埋めるためのITERの貢献
- 原型炉物理ギャップを埋めるためのITERの貢献
- K-DEMOミッションと必要なR&D
- ヘリカルおよびトカマクの原型炉技術成熟度の比較
- CFETRの成熟へのギャップをうめる
- 原型炉概念の定義に向けた統合設計研究
- DTトカマクのプラズマ制御
- 原型炉に向けた準備としてのPre-FNSFのR&DとFNSF
- 異なる機器のTRLとギャップ

# Topic 1: 原型炉に必要な技術成熟度とのギャップを埋めるための統合装置群の寄与

## ITERからのレッスン(見込み)

- 計画そのもの
  - ライセンシング: 技術設計と統合解析は、審査に対する安全性解析を義務付ける前に詳細化されるべき。
  - 必要条件: 建設方法、モデル、データ、メンテナンス、検査の妥当性評価。データと建設技術の高精度化。不確実性の削減。
  - プロジェクト組織: **Project organisation** – contractual arrangements, industry involvement, procurement methods, responsibility chain
- 炉工学
  - 低温超伝導磁石: improved tolerances definitions, problems with TF coil construction, transients, quench protection, cryoplant power balance
  - 計測・制御: progress in disruption prediction & control system, in-situ calibration
  - TBM: not TBR but possible validation of models, TBB mechanical design, load performance, model validation
  - 建設: – RAFM heats, joining, SDC
  - **HCD - 1MeV NBI, 1MW gyrotron, CVD windows**
  - **Legacy test facilities – TBM , SC, NBI, EC, IC?**
- プラズマ物理
  - **Stability** – ELMs avoidance & control, disruption mitigation
  - **Control** - event handling, real time predictive, active, actuator sharing, burn
  - **Burning plasma** - confinement, minimum diagnostic control set, entry-exit, novel physics
  - **Long pulse/steady state** – ITBs, stability, bootstrap current, NICD source requirements, plasma scenario development
  - **PFC effects** – ion damage to FW/divertor material, He fuzz, thermo-mechanical properties, fatigue cracking, ELM induced melting, tritium retention
  - **Comprehensive data base**

# Topic 2の概要

- ITERから原型炉に向けたPFC機器の開発
- 計測・制御の要求：機器設計への考えられる影響
- 高稼働率のための設計戦略：
- 原型炉に向けたWダイバータ技術開発
- 遠隔操作：原型炉設計・稼働率への影響
- 原型炉設計要求から見た構造材料開発

# Topic 2: 原型炉の炉内機器設計 および工学技術開発

- 一度に多くを解決する必要: 決定木は優先付けを補助する。
- 競合を蒸留し、影響を定量化する試案の開発の重要性。
- SE手法は、複数の概念が共存することを許容する。代替案を刺激する共通基準。
- 構成された環境での仮想プロトタイピングのリアライアンスは、評価しました。
- 資本コストは、SHRの高い
- Importance developing a strawman to distil conflicts and quantify impacts.
- SE Methodology allows multiple concepts to co-exist. Common criteria to stimulate alternatives.
- Reliance of virtual prototyping in a configured environment to assess.
- Capital cost is high on SHR

# Topic 3 : ITER-TBM計画および原型炉 に向けたブランケット計画の概要

- Boccaccini氏 : ITER-TBM計画からの原型炉ブランケットの必要性
- Ibarra氏 : EUのITER-TBMから何を測り、何を学ぶか
- Cho氏 : 中国のHCCR-TBMの目的
- 谷川尚氏 (JAEA) : 日本のWCCB-TBMの戦略
- Kuteev氏 (ロシア) : ロシアのITER-TBMから測ることと学ぶこと
- Humrickhouse氏 ( ) : 原型炉におけるトリチウム
- Smolentsev氏 ( ) : MHD
- 小西氏 (京大) : 電力

# Topic 3: ITER-TBM計画および原型炉 に向けたブランケット計画のまとめ

- TBMsは、完全に原型炉に即しているわけではないが、1) 持ち得る最高のものであり、2) 極めて多くの情報を生み出す。
- 原型炉ブランケットは、(個別の)R&Dの結果にのみ基づいて決定することはできず、TBM計画で開発された技術の専門知識が不可欠である。
- TBM計画の重要な役割は、モデルの検証のためのデータを生み出すことであるが、現在利用可能なモデルは不十分である。基本的かつ重要なモデルパラメータにも欠落がある。
- 関係するすべての現象を把握しているかどうかについても明らかではない。
- TBM実験結果が得られる時期が遅すぎるのではないかという疑問も指摘された。

# 中国原型炉の概念設計の状況

- 中国原型炉(CFETR)の概念設計
  - 2011年にMOSTにより国立統合設計グループ設立された。
    - 150人以上の科学者と100人以上の大学院生がCFETR設計に参加
    - CFETRの概念設計がまとめられ出版された。
  - 磁場閉じ込め核融合のロードマップを作成する特別グループがMOSTによって組織されたところである。
    - タスク:ITERからの学習、CFETR設計、磁場核融合炉人材育成など
    - ドラフトでは、CFETRの建設の申請が直ちに認められることが望ましいとされている。
    - CFETRは2030年に運転開始を想定している。
      - 2020年建設開始
      - 第1期:Q=1-5, 定常運転, TBR>1, >200MW, 10dpa
      - 第2期(2040年upgrade完了): DEMO validation, Q>10, CW, 1GW, 50dpa
    - PFPP(Prototype Fusion Power Plant)は2050-2060年頃を想定(1GWe, 動力炉validation)
  - いくつかのR&Dも進められている
    - CFETRの1/32セクション真空容器モックアップの製造
    - 1/6セクションCS磁石
    - 固体増殖材(Li<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub>)、トリチウム透過防止被覆
    - 低放射化フェライト鋼(CLAM): 4.5トン溶解、核破砕中性子源照射(20dpa)、試験炉照射(2dpa)
    - プラズマ対向材(W): W合金、W被覆、W/Cu複合材の開発
    - 遠隔操作技術
  - 早期の工学設計段階の開始、キー技術のR&Dを要請中。
  - 国際協力も歓迎する

# EU原型炉の概念設計の状況



- 核融合電力に向けたEU核融合ロードマップが核融合コミュニティによって制定
  - 優先度や成果の品質に基づきリソースを分配し、共同開発に基づいて施設を支援
  - 8つのミッションにフォーカス: ①プラズマ運転、②熱除去、③耐中性子照射材料、④トリチウム自己充足性、⑥統合原型炉設計、⑦競争力のあるコストと電力、⑧ステラレータ
  - 強調されている点: ①中心的存在たるITER、②商用炉に向けた単一ステップたる原型炉、③2030年初期にの建設を開始、
  - 2050年ごろに電力供給実証がEU核融合プログラムの優先事項
- 個別のR&D(ブランケット、ダイバータ、遠隔保守、材料等)には技術的なギャップが存在していることを指摘。
- 2014年に、技術要求における関係性を理解し、原型炉設計/運転領域を探索するために、SE手法を取り入れて「追跡可能な設計プロセス」を開始した。
- 現状の到達点に関するハイライト
  - ブランケット設計: 4つの案(HCPB, HCLL, WCLL, DCLL)のキー技術のR&Dが進行中
  - 冷却系: 水あるいはHe冷却システムに関するモデリング研究が進行中。実現上の課題が同定されつつあり、課題解決に向けた提案が試験中。
  - ダイバータ: 数種のレイアウトを解析中。
  - 加熱電流駆動システム: NB、EC、IC加熱に関するオプションの探索中。
  - 超伝導コイル: 基本的なコイルレイアウトが定義された。2015年中に最適化された低温超伝導材の設計サンプルが試験予定。高温超伝導材のサンプルも作成、試験された。
  - 材料: 低温最適化EUROFERについて2つの80kgバッチと、高温最適化EUROFERについて9つの80kgバッチを製造。23個のラボスケール(250-550g) ODS鋼を製造。コードと設計基準の開発を開始した。
  - 遠隔保守システム: 要求を決定。ブランケットの脱着方法が開発された。
  - 安全性: 最初の研究が進行中。
  - トリチウム: トリチウム、燃料供給、真空システムに対する要求とブロック図を定義。



# 韓国原型炉の状況

- 核融合エネルギー開発促進法(2007)
  - 長期にわたる持続可能な法制度を設立
  - 産業界や研究機関の核融合エネルギー開発への参加を促進
  - 核融合エネルギー開発について法的な基盤を用意した世界で最初の国家
- 2012-2021はPhase2として、K-DEMOCのコア技術開発を進めている。
  - 3つの主要研究領域、7つのコア技術、18の詳細技術、6つの主要研究施設
- 2022-2036はPhase3として、K-DEMOCの建設を行う。
- K-DEMOCのミッションは、核融合によって電力の持続的生成を示すことである。
  - 原型炉開発のリスク低減のために、二段階の運転を行う。
    - 運転ステージ1: 少なくとも一つのポートをブランケット試験設備として用いる。ネット電気出力比が1を越え、 $TBR > 1.05$ となることを示す。
    - 運転ステージ2: 炉内機器の大幅な更新により、ネット電気出力 $>400MWe$ を示すとともに、COEの競争力を示す。

# 各極におけるDEMO計画を支援する 施設の状況

- 韓国
  - 超伝導マグネット開発センター
    - SUCCEXX (SUperConducting Conductor EXperiment)計画: 16T
  - 核融合炉材料R&Dセンター
    - KOMAC(Korea Multi-purpose Accelerator Complex)計画: 陽子線形加速器(20&100MeV)中性子源@KAERI
  - 核融合炉システム工学R&Dセンター
    - ニュークリア施設(熱流体、トリチウム等)
    - プラズマ材料相互作用試験装置: 2.4MW高温プラズマ試験装置
    - トカマク機器開発(加熱・電流駆動、計測等)
  - 大規模計算センター
- 中国
  - 小型核融合中性子源
  - 大規模トリチウム取扱施設
- EU
- 日本

# ブランケットに関する国際協力の提案

- ITER-TBM計画は、各極に違いがあっても、原型炉増殖ブランケットの設計のために必要な多くの結果を生み出す。
    - 「TBMは原型炉技術に関連すべきであって、原型炉のあり方に関連するものではない。」 by S. Cho
  - 現状の実験計画は良い計画ではあるが、より早く結果が得られれば尚良い。
  - IFMIFまたは他の施設でのブランケット関連の実験を行うことの実現性を評価すべきである。
- 
- 検証活動のための国際協力(例えば、MHD、トリチウム輸送モデリング...)
  - 合意されたデータベースを定義するための国際共同研究(例えばPbLiの特性...)

# 特別セッションの内容

- Wan氏(中国): 中国原型炉(CFETR)の概念設計の状況
- Federici氏(EU): EU原型炉の概念設計の状況
- 笠田(京大): 合同コアチーム報告
  - 主な質問: 原型炉設計計画をサポートする予算的措置の状況は?
- 大平氏(JAEA): 核融合中性子源
- Stieglitz氏(ドイツ): 核融合炉の安全性
- Englert氏(ドイツ): 核融合技術の核拡散抵抗性

# 核融合炉の安全性に関する指摘

話題提供者 : R. Stieglitz, KIT, Germany

- 核融合炉の安全概念は、放射性環境を含む原子力施設に対する最先端の安全概念に依拠し、深層防護 (DiD) に基づくものである。
- 核融合と核分裂の安全概念における類似点と相違点に留意すべき。主な相違点としては、プラントや関連する放出経路中の放射性物質のインベントリである。
- プラント内事象は、オフサイト避難を必要とする状態にはならない。
- 防衛の異なるレベルに対策 & インストールの系統的割り当ては (internat. 核分裂の規制によって要求される) FPP の十分詳細設計レベルが達成された後に実行する必要がある。
- 安全機能である「冷却」は、炉内機器 (ブランケット、その他) の詳細設計を要求し、安全な崩壊 (受動的な熱除去) の実証を必要とする。
- 外部からのハザードについては、将来の安全解析に含める必要がある。
- 多くの問題が放置されており、十分な注意が必要である。
- 廃棄物管理は、考慮されていない。

# 核融合技術の核拡散抵抗性について

話題提供者 : Matthias Englert, Öko-Institut e.V. Germany

- 実験段階にある核融合技術がエネルギー生産技術として成熟して、中性子が生み出されるようになれば、**核拡散抵抗性に関する疑問の矢面にたつ**であろうという指摘が為された。
- 議論の出発点として、純粹核融合炉に必要な材料のいずれも核不拡散条約の規定の対象とならない (EFDA 2005 Power Plant Conceptual Study) ことが確認された。
- 一方、核融合炉が核拡散者にとって魅力的になってしまうかもしれない**技術的可能性が指摘された**。
  - しかしながら現状ではコストの面や技術的困難さから核拡散者にとっては魅力的ではない。
- リスクと言う観点においては緊急ではないものの、前もって、核融合コミュニティ (特に ITER 及び DEMO)、セーフガードコミュニティ、国際機関 (IAEA、ESARDA/ INMM\*)、経済的行為者 (原子力産業) を繋げて検討することが望ましいことが指摘された。

ESRDA: European Safeguards Research & Development Association

INMM: Institute of Nuclear Materials Management

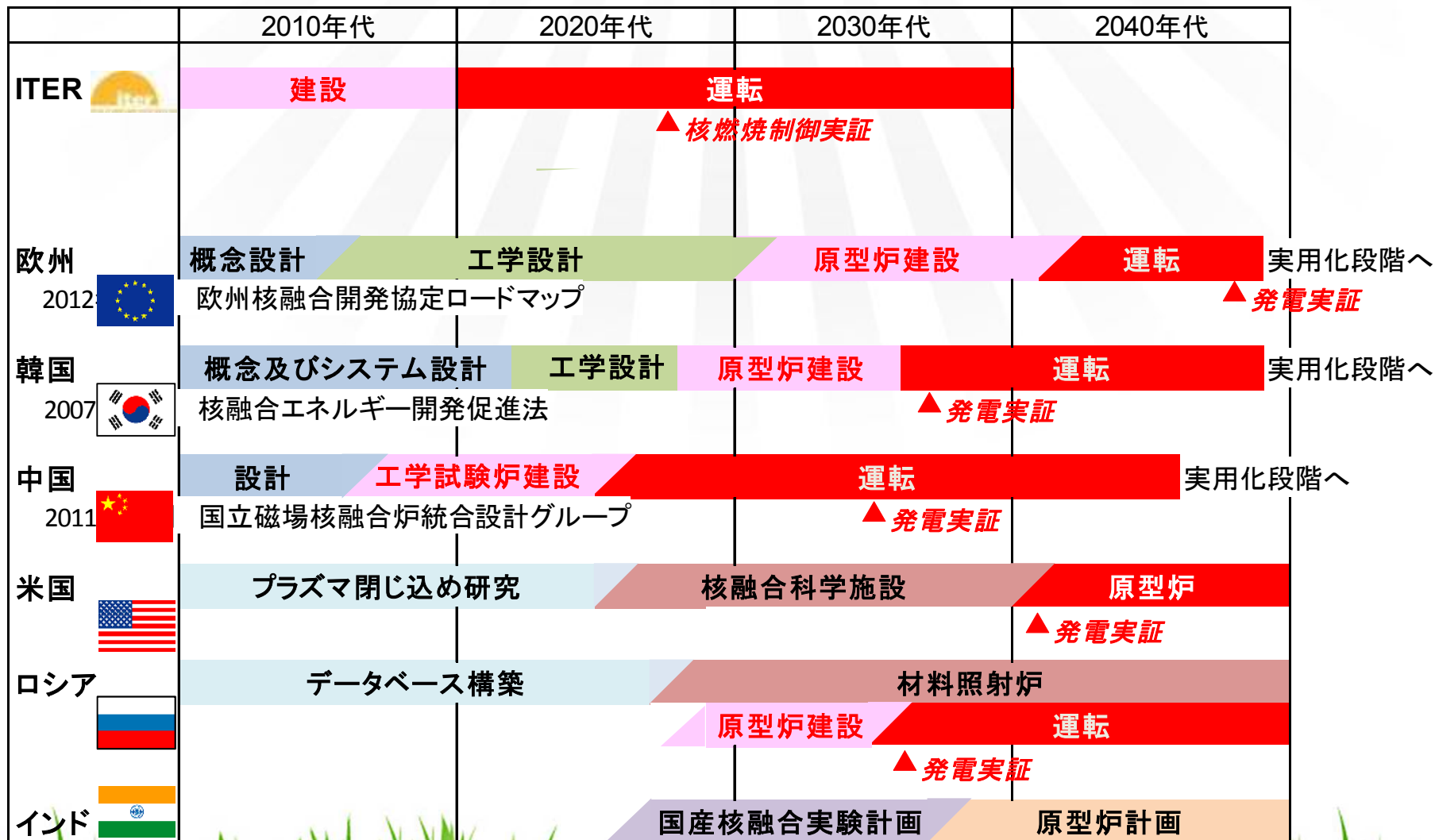
# 参考：核拡散抵抗性とは？

[https://www.jaea.go.jp/04/np/archive/pr\\_is/index.html](https://www.jaea.go.jp/04/np/archive/pr_is/index.html)

- 核拡散抵抗性とは、簡単に言えば「核拡散のしにくさ」と言えます。古くから核拡散抵抗性を定義する試みがなされてきました。2002年10月にイタリアのコモでIAEAによって国際技術会合が開催され、核拡散抵抗性の定義とその基本的理解について議論が行われ、報告書([STR-332 1](#))が発行されました。ここで合意された内容については現在、国際的にコンセンサスを得られていると考えられ、概要は以下のとおりです。
- 「定義」
  - 国家が核兵器や他の核爆発装置を獲得することを目的とした核物質の転用や未申告生産、技術のミスユース(不正使用)を防ぐための特性
  - 核拡散抵抗性の程度は、技術的設計特性、運転形式、制度的取決め、保障措置の組合せで決まる。
- 「基本的理解」:「核拡散抵抗性」とは、
  - 将来の原子力システムが、核兵器計画のための材料獲得には非魅力的なものであり続けることを確実にするものである。
  - 管理や検認の手段のような外在的抵抗性の措置は、内在的特性の有効性レベルがいかなるものであっても不可欠なものである。
  - 補完的で冗長性のある特性と措置が何重ものバリアを提供することで強化できる。
  - 内在的な特性と外在的な措置の最適な組合せが、他の設計上の配慮と整合して原子力システムに含まれるときに、最も費用対効果が良くなる。
  - 原子力システムの設計と開発のできるだけ早い時点で考慮に入れることで強化される。
- これにより、「国家」が脅威者となる場合を「核拡散抵抗性(PR: Proliferation Resistance)」の対象とし、「非国家主体」、「サブナショナル」が脅威者となる場合を「核物質防護(PP: Physical Protection)」として明確に区別しています。

# 世界各国・極は2040年頃に発電実証を目指している

Every country/party aims at DEMO around 2040





# 次回の作業会

- 合意された次回のトピックス
  1. プラント規模でのトリチウム取扱に関する課題
  2. 原型炉物理基盤構築に向けた課題
  3. 加熱・電流駆動に関する課題
- 次回の作業会
  - 2016年の9月以降にドイツで開催予定。