

核融合フォーラム第4回全体会合
平成18年12月14日
於学士会館

ITERや幅広いアプローチなどに係わる
専門クラスターの活動状況

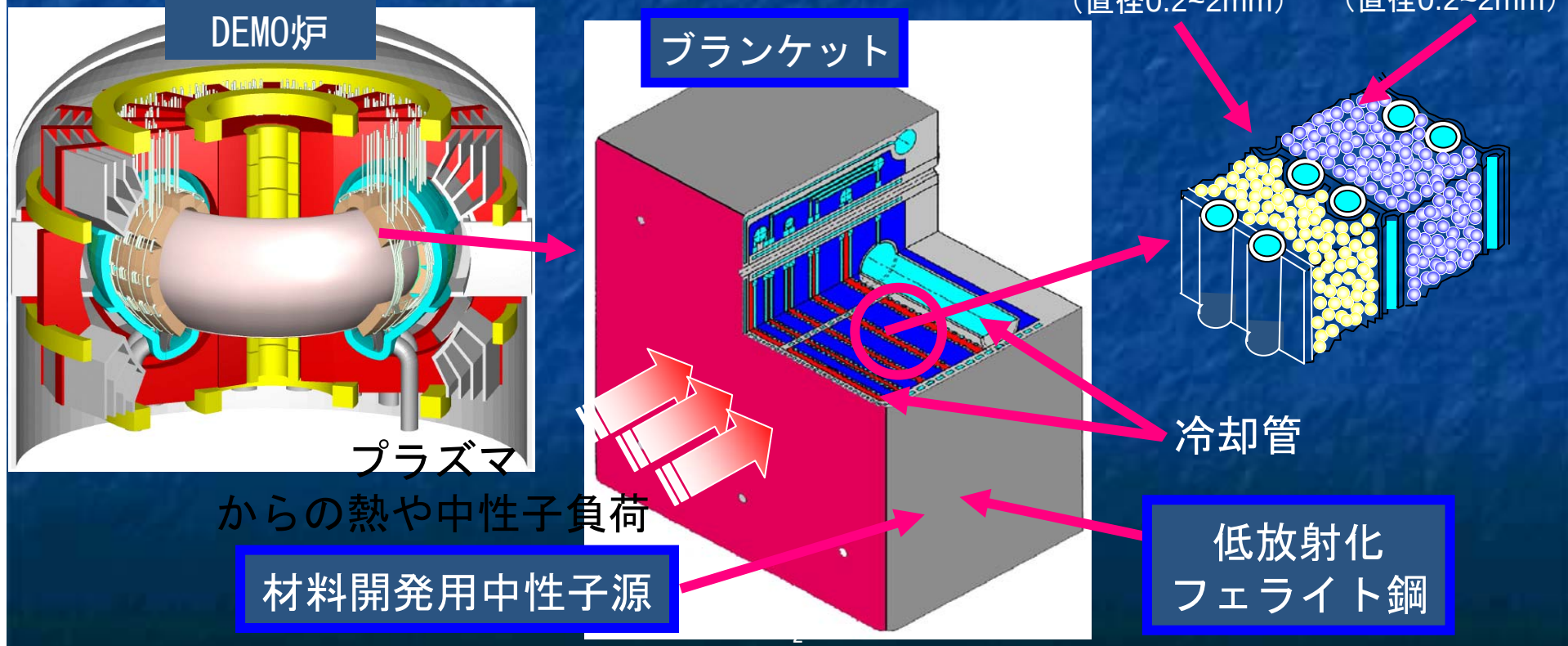
TBM

(ITERテストブランケット・モジュール)

炉工学クラスター世話人
田中 知（東大）

炉工学クラスターの活動

- 炉工学クラスターではDEMO炉に向けて
 - ITERを利用したテストブランケット試験
 - 低放射化材料
 - 中性子源をキーワードに3つのサブクラスターで活動を実施。



平成18年度の活動状況

- **低放射化材料サブクラスター:3回の会合を開催**
 - 第1回(6月1日) :BA炉工学R&D日欧会合に向けた対応方針議論
 - 第2回(7月10日) :DEMO炉材料研究開発に関する議論*¹
 - 第3回(10月26日) :BA炉工学R&D日欧会合に向けた対応方針議論*²
- **ブランケットサブクラスター:4回の会合とネットワークとの合同作業会を開催**
 - 第1回(4月27日) :TBWG会合に向けた対応方針議論
 - 第2回(7月6日) :第1回AHG/TBM会合に向けた対応方針議論
 - 第3回(9月25日) :第2回AHG/TBM会合に向けた対応方針議論
 - 第4回(10月26日) :BA炉工学R&D日欧会合に向けた対応方針議論*²
 - TBMに関するネットワークとの合同作業会幹事会(11月29日)
- **中性子源サブクラスター:2回の会合とネットワークとの合同作業会を開催**
 - 第1回(5月23日) :IFMIF-EVEDAに関する議論
 - IFMIF-EVEDAに関するネットワークとの合同作業会幹事会(8月10日)
 - 第2回(11月1日) :BA/IFMIF-EVEDA日欧会合に向けた対応方針議論*³

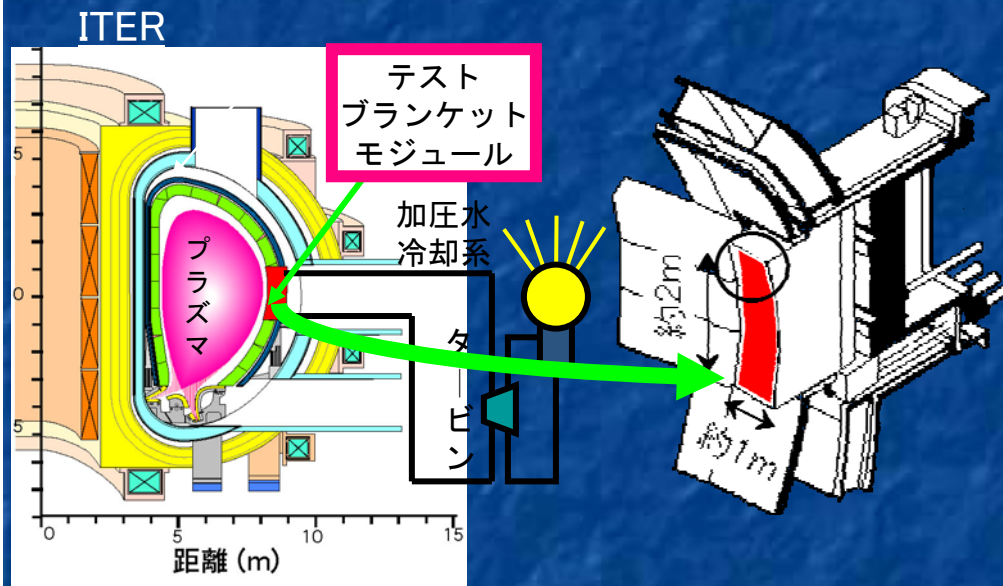
*1: 低放射化材料・中性子源サブクラスター合同開催

*2: 低放射化材料・ブランケットサブクラスター合同開催

*3: 中性子源サブクラスター・ネットワーク合同開催

ITERテストブランケット・モジュール(TBM)を用いた 総合試験はITERの最も重要なミッションの一つ

- TBM計画は、工学面では、最も重要なITER利用計画。ここで主導的な役割を果たすことは、原型炉の根幹となる技術で世界をリードする絶好の機会。
 - ITERは各極ブランケット概念の国際コンテストの場
 - 最も優れたブランケットが原型炉以降の世界標準になる可能性



開発スケジュール

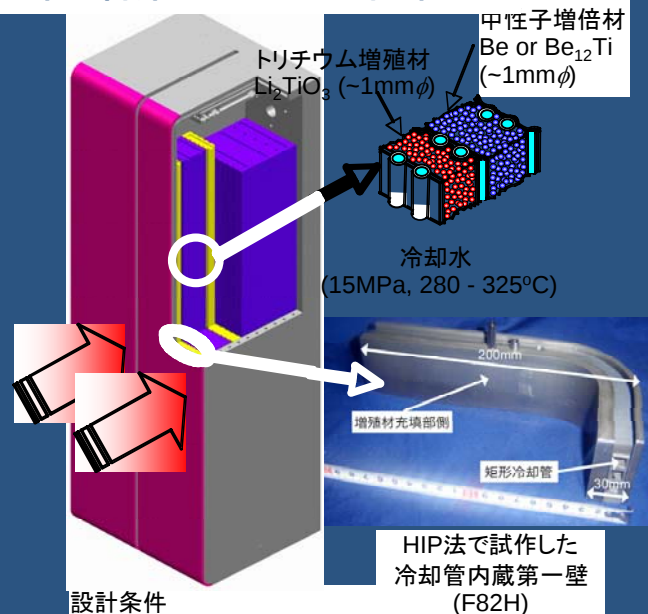
年度	H19	H22	H28
ITER	建設		★ 運転開始
テストブランケット・モジュール開発	技術開発	TBM製作・据付	

- ITERを利用したTBM試験はわが国の方針
 - 「核融合炉ブランケットの研究開発の進め方」(平成12年8月、核融合会議)
— 原型炉の前段階である実験炉にブランケットのモジュール試験体を設置し、・・・試験を行うことが不可欠である。

固体増殖と液体増殖

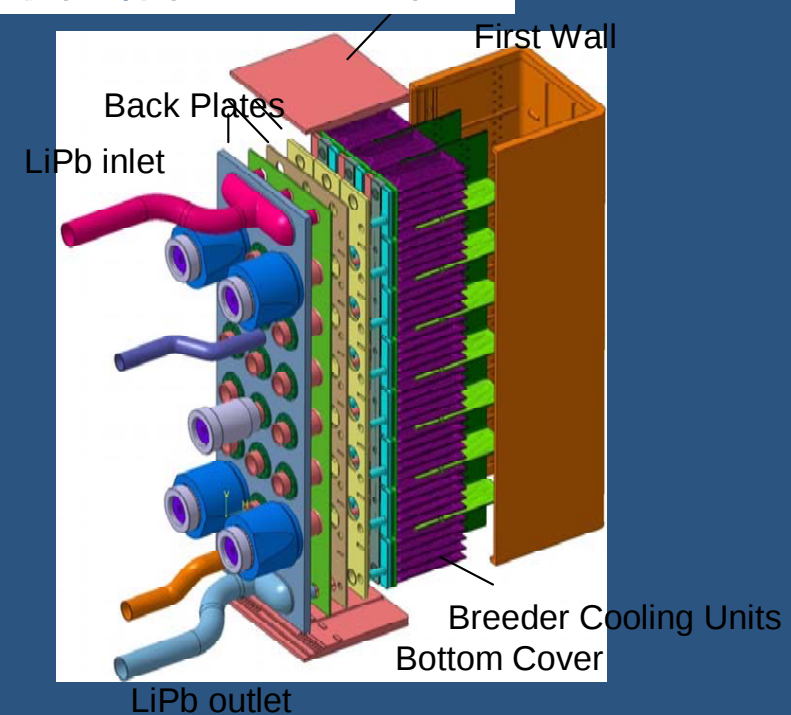
	固体増殖	液体増殖
増殖材	粒子（ペブル）を充填	液体を流通
トリチウム回収	ガスを流通	液体から抽出
冷却	水/ガスを流通	冷却材兼用も可能
交換	定期	連続
データベース	豊富	課題が残る

固体増殖方式（日本案）



設計条件
 表面熱負荷: 0.5MW/m²
 中性子壁負荷: 0.8MW/m²
 フルエンス: 0.3MWa/m²
 DT燃焼パルス数: 30000回

液体増殖方式（EU案）



ブランケットの主な研究協力体制

ブランケット概念関連

No.	研究機関	主な協力先	研究分野
4	東北大	松井、長谷川	固体・液体増殖
5	JAEA	飛田、西尾、榎枝、秋場	固体増殖
8	東大	田中、寺井	固体・液体増殖
9	電中研	岡野、朝岡	固体増殖
14	NIFS	室賀、相良	液体増殖
16	京大	香山、木村、小西、功刀	固体・液体増殖
19	九大	清水	固体増殖

トリチウム関連

No.	研究機関	主な協力先	研究分野
5	JAEA	山西、林	システム開発
8	東大	寺井	放出・透過
12	静岡大	奥野、大矢	相互作用
13	富山大	松山	トリチウム計測
15	名城大	森田	水素挙動
16	京大	小西	透過
19	九大	西川、杉崎	回収・挙動評価

核特性関連

No.	研究機関	主な協力先	研究分野
5	JAEA	西谷、今野	核特性評価
14	NIFS	室賀、田中	核特性評価
17	阪大	高橋、村田	核データ評価
18	神戸大	北村、古山	材料分析

構造材料関連

No.	研究機関	主な協力先	研究分野
1	北大	大貫、橋本、柴山、 鵜飼、日野	材料開発・評価 PSI
2	室蘭工大	幸野、駒崎	材料開発・評価
4	東北大	松井、阿部、四竈、長谷 川、栗下、野上、二田	材料開発・評価
5	JAEA	實川、谷川、榎枝、秋場	材料開発・評価
6	NIMS	永川、山本、村瀬	材料開発・評価
7	筑波大	齊藤	特性評価
8	東大	阿部、岩井	特性評価
11	防衛大	田村、篠崎	材料開発・評価
14	NIFS	室賀、西村、長坂	材料開発・評価
16	京大	香山、檜木、岸本、 木村、笠田、森下、小西	材料開発・評価
17	阪大	芹澤	溶接技術
19	九大	吉田、岩切	PSI

増殖・増倍材関連

No.	研究機関	主な協力先	研究分野
1	北大	高橋、柴山	照射特性
3	秋田大	佐藤	化学反応性
4	東北大	石田、大沼	基礎物性
5	JAEA	林、土谷	材料開発・評価
8	東大	田中、寺井	基礎物性
10	東工大	三島	高温機械物性
12	静岡大	奥野、大矢	増殖材物性
13	富山大	波多野	水素挙動
14	名城大	森田	照射特性
19	九大	吉田、宗像、岩切	水素挙動等



テストブランケット・モジュール試験計画を国際的に調整するテストブランケット作業グループ(TBWG)

- TBWGは、平成6年12月の第7回ITER理事会(IC-7)において、ITERを用いて各極が試験を実施するテストブランケット・モジュールの開発試験計画を技術的な観点から国際的に調整・統合するために設置された組織
- 現在は、日、欧、米、露、中国、韓国、インドの7極とITER国際チームで構成。
- 日本の委員は、秋場(原子力機構)、田中(東大)、榎枝(原子力機構)。
- フォーラム、ネットワークで対応方針を議論した結果、専門家として、清水(九大)、長谷川(東北大)、香山(京大)、小西(京大)、木村(京大)、松井(東北大)、室賀(核科研)、相良(核科研)、寺井(東大)が活動に参加。
- これまでに17回の会合を開催。

テストブランケット作業グループ(TBWG)の状況

- 2001年TBWG最終報告書の内容を確認
 - TBM試験用ポートは3本、設置可能な試験体(TBM)は2体/ポート、合計6体の試験体が同時に設置可能。
 - TBMの取り付け、交換等はITER試験計画への影響を最小限とすること。
- これまでの議論に基づき、以下の課題が明らかとなってきた。
 - ITER参加7極はいずれも、ITER運転開始当初から、各々2種類程度のTBM設置を希望。各極の希望が空間的に収まらない。
 - 従って、参加7極は、何らかの国際協力が不可欠な状況と認識。
 - このためには、TBWGにおける各極の技術開発状況に関する議論だけでなく、予算状況や国際協力の枠組みなどの視点を含めた検討が必要であることを、TBWGからITER設立準備委員会(IPC)に報告。

ITER試験ブランケット・モジュール計画に関する アドホック・グループ(AHG/TBM)の活動

- この状況を受け、ITER設立準備委員会は、「TBWGが検討を行っている試験計画をレビューすると共に、各極の関与の仕方、国際協力やシェアリングの在り方等を議論する」ことを目的とする「ITER試験ブランケット・モジュール計画に関するアドホック・グループ(AHG/TBM)」を設立。
- 2006年7月から活動を開始して、これまでに会合を2回開催。

所属	委員及び専門家
ITER国際チーム	Chuyanov副機構長候補(会合議長)、多田、How(会合秘書)
TBWG	議長: Giancarli
中国	委員: Huo、専門家: Pan、Wu、Feng
欧州	委員: Gasparotto、専門家: Paidassi、Poitevin、Hick
インド	委員: John、専門家: Deshpande、Kumar
日本	委員: 森(PTリーダー)、専門家: 小西(京大)、高津(JAEA)
韓国	委員: Lee、専門家: Cho
ロシア	委員: Belyakov、専門家: Strebkov
米国	委員: Nardella、専門家: Abdou、Sauthoff

炉工学クラスター／ブランケットサブクラスターは TBWG、AHG/TBMの議論に 産学官を含む全日本的に対応する場として活動

- 従来からのTBWG、新しく立ち上がったAHG/TBMの国際的な活動に対して、全日本的に対応するため、炉工学クラスターでは、ブランケットサブクラスターを中心に産学官を含む広範な視点から対処方針を議論。
- 平成18年度は、これまでに3回の会合を開催し、我が国のTBM試験計画に関する方針をとりまとめて、TBWG会合、AHG/TBM会合に対応。さらにネットワークとの合同作業会を設置して活動を開始。
- これらの国際会合において主導的な役割を果たす。

核融合研究作業部会の要請に基づき 核融合炉工学ネットワークと合同で TBM作業会を設置

- 今年10月25日、「科学技術・学術審議会／研究計画・評価分科会／原子力分野の研究開発に関する委員会」のもとに設置された「核融合研究作業部会(主査 飯吉 厚夫)」においてブランケット研究開発について議論。
- その結果、ITERを利用したTBM試験に向けて国際的な協力への参加の枠組みについて核融合炉工学ネットワークと核融合フォーラムが中心となって検討することとなった。
- 以上を受けて、核融合炉工学ネットワークと合同でTBM作業会を設置して検討を開始。

TBWG、AHG/TBMに係わる ブラケットサブクラスターの活動状況

- 第1回会合(4月27日開催)
 - TBWG-17会合報告とTBWG代表者会合に向けた対応方針議論
 - 参加者:25名
(内訳:大学/10、文科省/2、電中研/2、JAEA/8、企業/3)
- 第2回会合(7月6日開催)
 - 第1回AHG/TBM会合(7月10日)に向けた対応方針議論
 - 参加者:25名
(内訳:大学/10、NIFS/2、文科省/2、JAEA/9、企業/2)
- 第3回会合(9月25日開催)
 - 第2回AHG/TBM会合(10月1、2日)に向けた対応方針議論
 - 参加者:25名
(内訳:大学/10、文科省/2、電中研/1、JAEA/9、企業/3)
- TBMに関するネットワークとの合同幹事会を開催(11月29日)

アドホック・グループにおける主な議論

- TBM計画への参加形態に関しては、ITER国際チームの下記提案を各極が支持。
 - ポート・マスター(同一ポートの2体のTBMの統合責任極)
 - TBMリード極(TBMの開発・製作・試験責任極)
 - パートナー(TBM試験計画への参加極)
- 日本の立場:
 - 日本は、固体増殖／水冷却TBMのリード極となると共に、当該ポートのポートマスターになることを提案。
 - その他のTBM概念(固体増殖/He冷却、LiPb/He冷却、Li/V)については、他極のパートナーになることを希望。
 - 熔融塩TBMについては、ITER運転後半に持ち込むことを計画。
- 各極が示した参加の立場は以下の通り。

極	ポート・マスター	TBMリード極	パートナー
日本	○	WCSB ¹⁾	HCSB ²⁾ 、HCLL ⁵⁾ 、Li/V ⁴⁾
欧州	○	HCSB ²⁾ 、HCLL ³⁾	限定的ながらWCSBに関心
中国	○	HCSB ²⁾ 、DFLL ⁵⁾	WCSB ¹⁾
米国	－	DCLL ⁵⁾	HCSB ²⁾
韓国	△	HCSB ²⁾ かHCML ⁶⁾	リード極にならない他方の概念
ロシア	－	HCML ⁶⁾ (韓国と共同リードを提案)	HCSB ²⁾
インド	－	LLCB ⁷⁾	WCSB ¹⁾ 、他の液体・固体概念

1) WCSB:固体増殖/水冷却方式、2) HCSB:固体増殖/He冷却方式、3) HCLL:液体LiPb増殖/He冷却方式、4) Li/V:液体Li増殖/Li冷却方式、5) DFLL又はDCLL:液体LiPb増殖/2流体冷却方式、6) HCML:液体Li増殖/He冷却方式、7) LLCB:液体LiPb・固体増殖/He冷却方式

ま と め

- 核融合エネルギー利用の中核機器であるブランケットの開発研究において、ITERにテストブランケット・モジュールを取りつけて実施する総合機能試験は重要なマイルストーン。ITER利用計画での主導権確保を目指すとともに原型炉の根幹となる技術で世界をリードする機会。
- 我が国は、これまでの材料開発や固体増殖方式を中心とした要素技術開発等の成果により、TBM技術の先進国。構造材や微小球製造技術を代表として、世界をリードする技術力・総合力は高い評価を受けており、TBM試験計画でも主導的な役割が期待されている。
- 従来、TBM計画は各極独自の活動との位置付けであったが、ITER参加極が増えたことなど新しい状況により、何らかの国際協力が必須。
- TBMの実現に向けた工学規模の試験を展開し、さらに、TBM製作に進むためには、TBM計画に対する全日本的な取り組み・体制の構築、適切な予算措置、予算枠の確保が不可欠。これらを議論するためにフォーラムとネットワークの合同作業会を設置。
- 以上の状況に対し、フォーラムは産官学を含む全日本的な議論が出来る唯一の場であり、国際的な会合で今後も我が国が主導的な立場を取るためにはフォーラムのさらなる活動が重要。

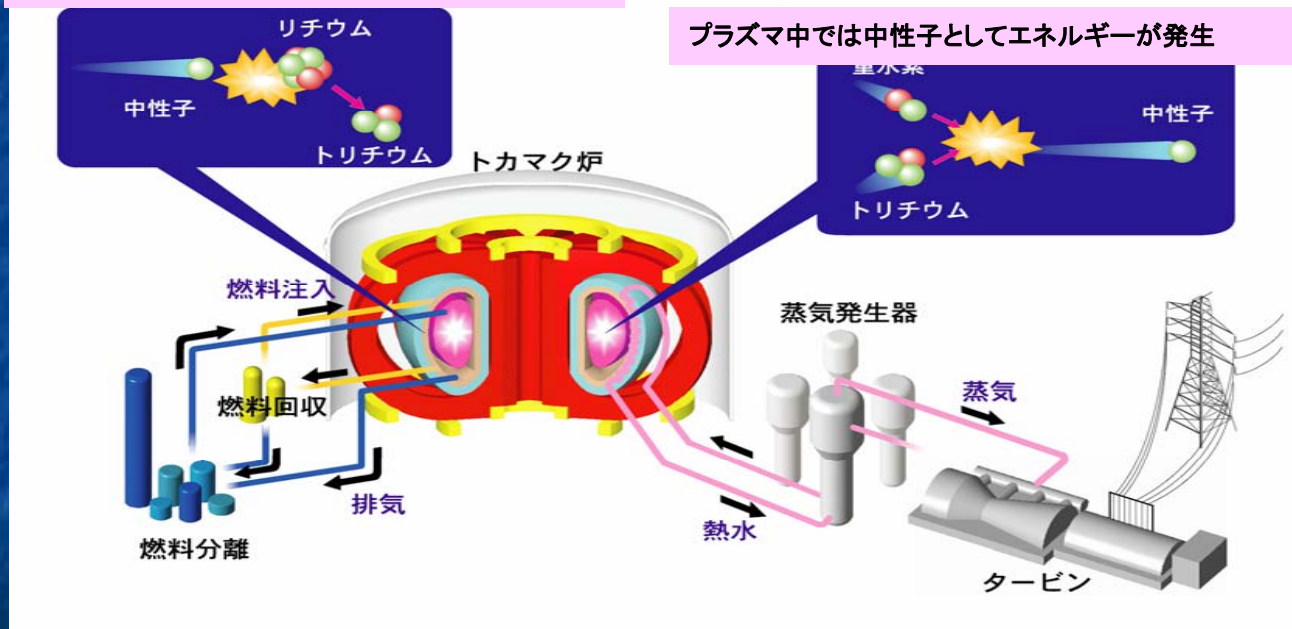
参 考 資 料

核融合プラントとブランケット

ブランケットの機能

- ・エネルギーの取り出し: 高速中性子エネルギー→熱
- ・トリチウム燃料の生産: リチウムと中性子の反応
- ・中性子・放射線の遮蔽: 外部の装置の保護

ブランケットでエネルギーを熱に変換
燃料のトリチウムも生産



核融合炉においてこれらの機能をもつブランケットは必須。ITERではTBMによる試験のみ。

アドホック・グループで議論されている TBM試験計画の例

- 各ポートへのTBMの配置やリード極に関しては、各極から「ITER運転期間のコスト分担がベースになるべき」「7極の合意に基づくべき」「Best conceptsに基づくべき」等々の見解が出され、現在はまだ合意に至っていない状況。
- 配置案の例として、下記2つの例を会合記録に残し、引き続き協議を継続中。

ポート#	オプション1	オプション2
1	固体増殖(He冷却)	リチウム鉛(He冷却)
	固体増殖(He冷却)	同左
2	固体増殖(水冷却)	同左
	リチウム鉛(He冷却)	TBD
3	リチウム鉛(リチウム鉛・He冷却)	同左
	液体リチウム概念のTBM	TBD