

増殖ブランケットの研究開発の現状と開発の進め方(案)

平成9年6月25日

日本原子力研究所

1. ITER計画における増殖ブランケットの位置付け

- 1)計画目標：核融合エネルギーを実用の目的で利用するために必要な核工学機器の統合された試験の実施
- 2)技術目標：炉につながる増殖ブランケット概念の試験（トリチウム増殖、高温冷却材*による熱除去、発電の可能性の確認）の実施（特別作業グループ1の勧告）
*：加圧軽水、ヘリウム・ガス、液体リチウム
- 3)実用化に際しては核融合実環境下での試験が不可欠であり、実験炉（ITER）を照射ベッドとして実施する「増殖ブランケット・モジュールの工学試験」は重要な開発のマイルストーン

2. 各極における開発の現状

- 1)固体増殖方式と液体金属方式（リチウム鉛、リチウム）に重点
- 2)ブランケット試験計画作業グループが組織され、ITERで実施する増殖ブランケットの工学試験計画を作成するための準備活動を実施
- 3)各極ともITERでの増殖ブランケット工学試験に向けた研究開発を展開（例：EUでは98年までの5ヵ年計画で毎年約27億円の予算規模で開発を実施。引き続き2010年までの長期計画を提案中。）

第1表 各極が開発を行っている増殖ブランケット方式

方式		固体増殖方式		液体金属方式	
材料	増殖材	固体増殖材	固体増殖材	リチウム鉛	リチウム
	構造材	フェライト鋼	フェライト鋼	フェライト鋼	バナジウム合金
	冷却材	加圧軽水	ヘリウム・ガス	加圧軽水	リチウム
主要な利点		高い安全性 豊富なデータベース 技術的見通し	高い安全性 豊富なデータベース 高い発電効率	放射線損傷軽微 増殖材が中性子増倍効果	高い増殖特性 簡単な構造 放射線損傷無
主要な課題		放射線損傷 増殖材温度制御	放射線損傷 増殖材温度制御 遮蔽特性	トリチウム透過対策 構造材の腐食 重量/駆動力大 安全性	MHD圧力損失 (絶縁被膜技術) トリチウム回収技術 安全性
開発極		日本	日本、EU、 ロシア、米国	EU	ロシア、米国

3. 原研における増殖ブランケット研究開発の現状と今後の計画

3. 1 研究開発の現状

①設計概念：固体増殖ブランケット概念（構造概念：第1図、主要諸元：第2表）

- 1)高い安全性（化学的活性度の高い物質の排除、冷却系統への過度のトリチウム透過の防止、系内のトリチウム保持量の低減）
- 2)豊富なデータベースとモジュール試験への適用性（製造工業基盤、照射データベース、トリチウム生成回収技術）
- 3)実用炉への見通し（高い発電効率の可能性、高い安全性や環境適合性、実験炉から原型炉以降への外挿性）

第2表 原研が開発を進める固体増殖ブランケットの主要諸元

方式	固体増殖／水冷却	固体増殖／ヘリウム冷却
構造材	低誘導放射化フェライト鋼F82H	低誘導放射化フェライト鋼F82H 代替：TiAl、SiC/SiC
冷却材	加圧軽水	ヘリウム・ガス
トリチウム増殖材	Li ₂ Oペブル（代替：Li ₂ TiO ₃ ペブル）	
中性子増倍材	ベリリウム・ペブル	
トリチウム回収方式	ヘリウム・ガスによるその場回収	

②開発課題

- 1)材料開発（重照射データの取得を含む）
- 2)製造技術開発
- 3)設計の基礎となる工学データの取得
- 4)原子炉を用いた中性子照射下でのインパイル機能試験
- 5)大型試験体を用いたアウトパイル総合特性試験
- 6)核融合実環境下での機能試験

③進捗状況：これまでに材料開発を中心に進展

1)構造材料：

低誘導放射化フェライト鋼F82Hの開発はほぼ終了
30dpaまでの重照射試験により良好な特性を確認

2)増殖材、増倍材：

ペブル製造技術の開発はほぼ終了
5%リチウム燃焼度まで良好なトリチウム放出特性と健全性を確認

3)製造技術や設計基礎工学データの取得に着手

ペブル充填層の熱機械特性
共存性データ

第3表 固体増殖ブランケット方式の主要な開発課題と開発の現状

No.	開発項目	主要な開発内容	現 状
1	材料開発	・先進構造材の開発 ・重照射データの取得	F82H：ほぼ完了 取得中 (F82H：30dpa)
2	製造技術開発	・第一壁/構造体製造技術開発 ・増殖材/増倍材ヘッパ製造技術開発	開発中 (拡散接合等) ほぼ完了 (Li ₂ O、Be)
3	設計基礎データ 取得	・ヘッパ充填層の伝熱特性データ取得 ・共存性データ (Be/F82H反応等) 取得 ・安全性データ (水/Be反応等) 取得	取得中 取得中
4	インバイル 機能試験	・中性子照射下での熱応答試験 ・トリチウム生成・回収特性試験	JMTRにて実施予定
5	アウトバイル 総合特性試験	・熱流動、熱機械特性試験 ・疲労寿命評価、安全性確認試験	

3. 2 今後の開発の進め方

①方式の選択と開発目標

- 1)固体増殖ブランケットを基軸に据えた研究開発を展開
- 2)ITERの運転初期段階から計画されているモジュール試験を重要な中間段階のマイルストーンとして、これに向けた研究開発を実施
- 3)ITERでのモジュール試験に主体的に参画するため、試験計画案を固める段階までに十分な設計とR&Dの成果に裏付けされた実現性の高い概念を提案
- 4)核融合炉材料開発計画と整合を図り、より高性能化を目指した開発を進める

②開発ステップ

- 1)工学規模での各種設計データの取得と製造技術開発を早急に進める
- 2)これらの成果を受けてインバイル照射機能試験を実施し、平成15年頃に想定されるポート利用計画案の確定に向けたデータベースの整備を行う
- 3)中性子照射下でのトリチウム生成回収機能が確認された後、ITERにて試験を行う試験モジュール・プロトタイプの総合的な熱流動特性試験や安全性検証試験を実施

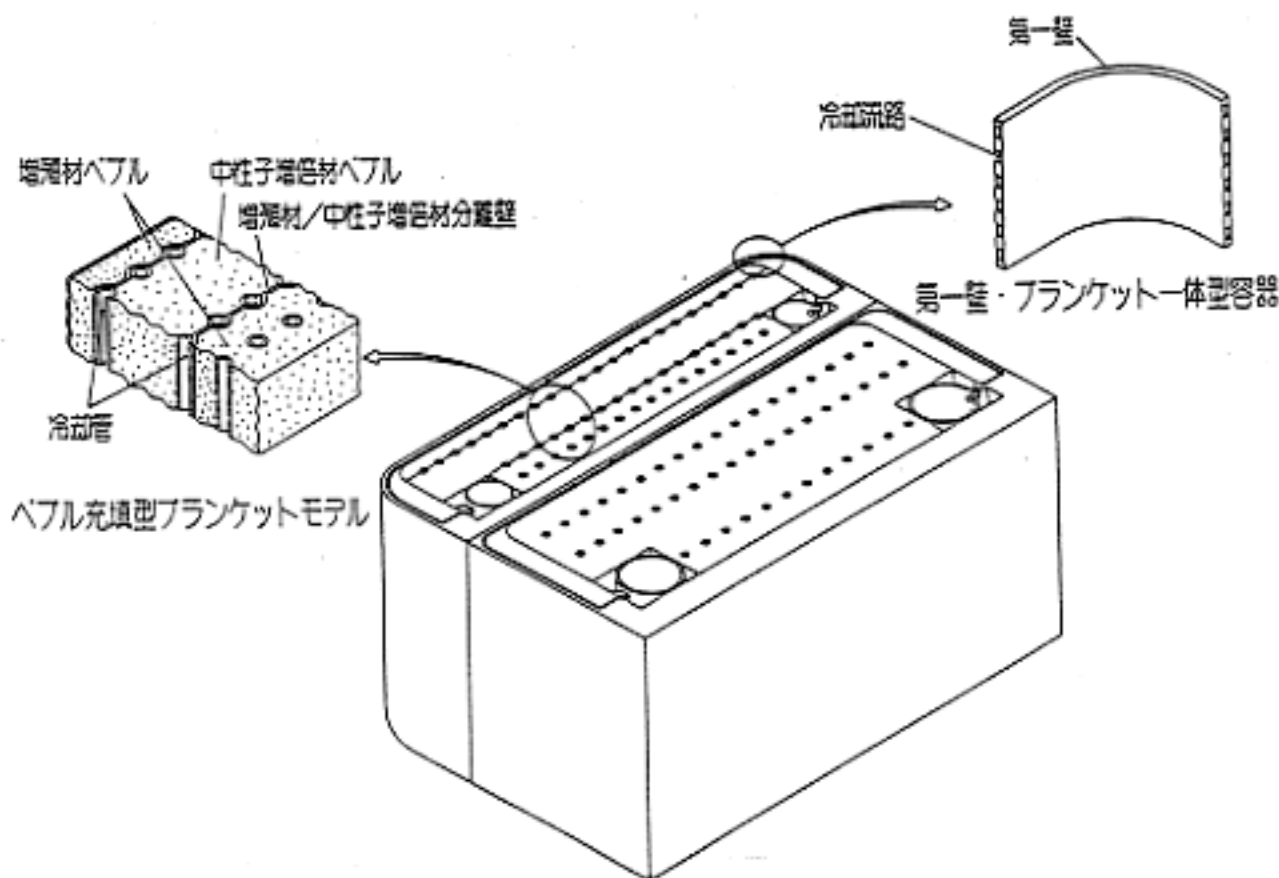
③実施体制

- 1)日本原子力研究所においてITERに焦点を当てた研究開発を推進
- 2)他の研究機関や産業界との密接な協力が不可欠
 - ・大学や国立研究機関：基礎研究や材料研究
 - ・産業界：製造技術開発や機器の大型化に向けた開発
- 3)計画推進小委員会で検討されている「核融合炉用材料の開発計画」との連携に留意

4. その他の研究開発

大学では、固体増殖材からのトリチウム放出・回収過程に関する基礎研究が広範に行われている。これらの研究は、原子炉を用いた固体増殖材照射試験（BEATRIX-II等）のデータ解析や評価に大きく貢献すると共に、トリチウムのその場回収条件の設定や固体増殖材中のトリチウム保持量の精度高い評価につながっている。

また、液体金属方式に関しても、MHD圧力損失の基礎研究やトリチウム透過防止用コーティング膜の開発・評価が行われている他、先進的な除熱システムの研究（固気混相流、気液混相流）が実施されている。



第1図 原研が開発を行っている固体増殖ブランケット概念