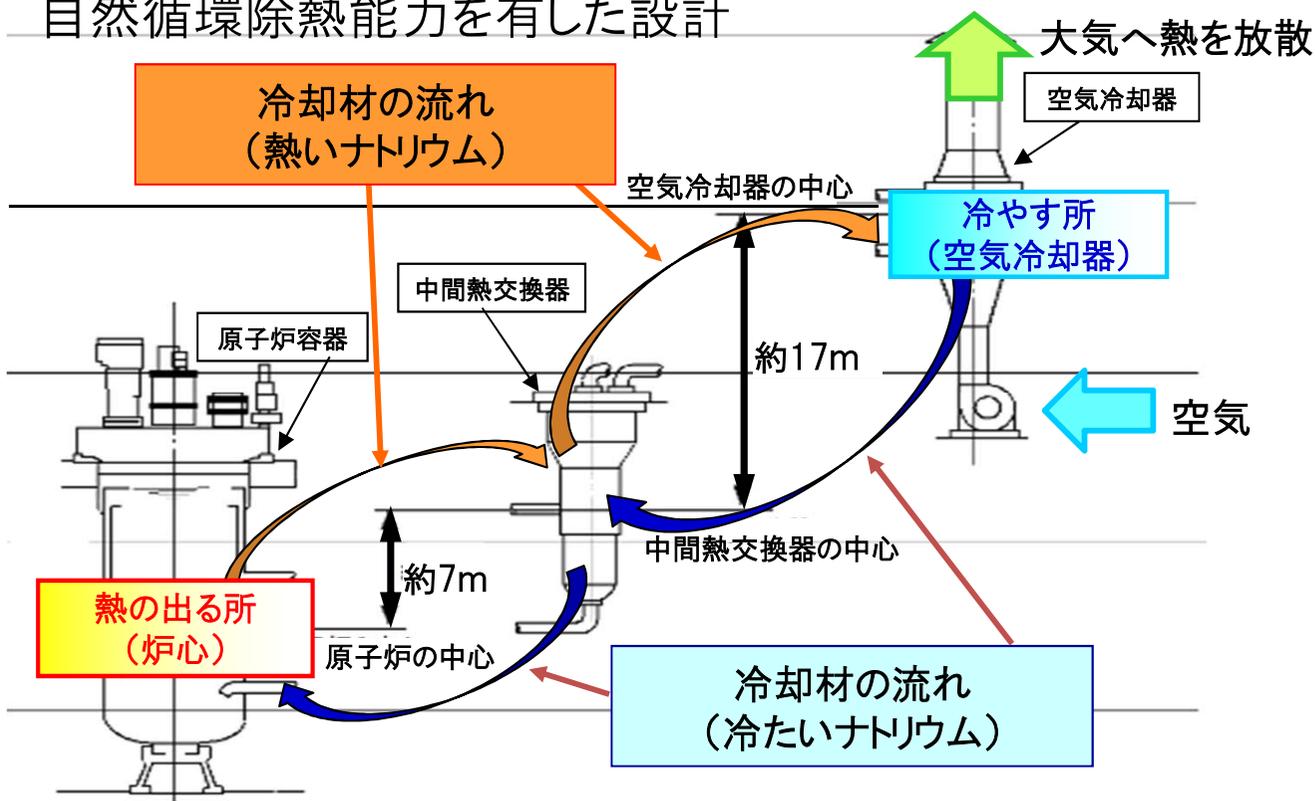


参考資料3-3-1 ①SA評価技術の構築と安全性向上策の抽出

自然循環除熱システムの設計技術・評価技術（1/3）

- 「もんじゅ」性能試験において、自然循環試験を実施する。
- 全交流電源喪失時の炉心冷却手段として、自然循環によっても炉心崩壊熱除去ができ、安全にプラントが停止できることを実証する。

自然循環除熱能力を有した設計



【高速炉の自然循環による炉心冷却】

- ① 空気冷却器を最終除熱源とすることから高所配置が可能で、伝熱中心差を大きくとることが可能
- ② 動的機器が少ないので、信頼性が高い
- ③ 冷却材が単相なので、安定して循環し易い

【ループ型高速増殖炉の自然循環除熱性能を実証】

試験で確認する内容

- ① 自然循環冷却能力
自然循環により炉心崩壊熱が除去できることの確認
- ② 自然循環時運転特性
自然循環時のプラントの動特性の把握

炉心と中間熱交換器、中間熱交換器と空気冷却器、それぞれの伝熱中心高さの差を適切に取ることで、十分な自然循環除熱能力を有する。

参考資料3-3-1 ①SA評価技術の構築と安全性向上策の抽出

自然循環除熱システムの設計技術・評価技術 (2/3)

「もんじゅ」にて取得した実機スケールでのデータを活用し、安全評価解析コード(最適動特性解析モデル)、多次元解析コードの検証を実施する。

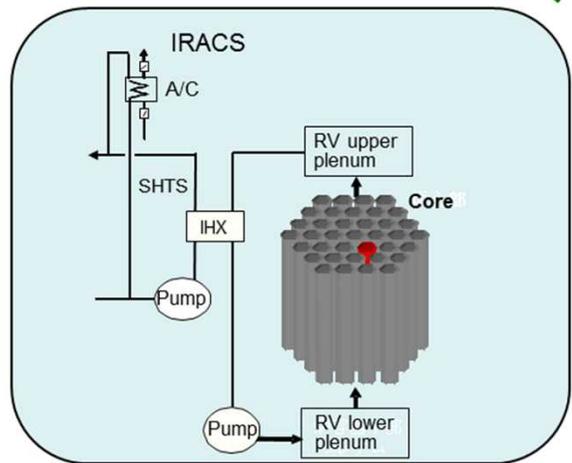
自然循環による崩壊熱除去評価手法の検証



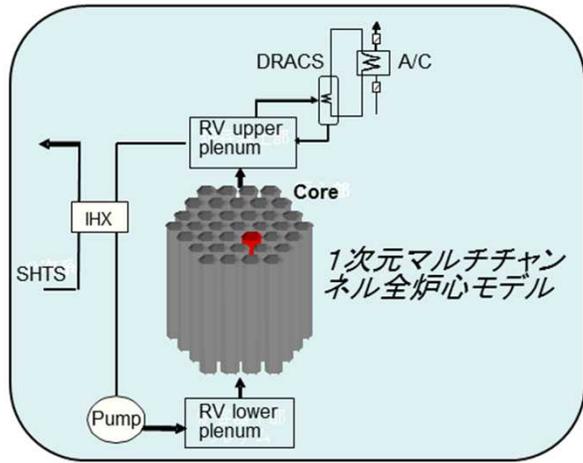
もんじゅ

性能試験結果:
 - 自然循環試験,
 - プラントトリップ特性試験, etc.

全炉心評価手法の検証



「もんじゅ」自然循環解析モデル



大型炉自然循環解析モデル

「もんじゅ」自然循環試験の位置づけ

- 熱伝達特性の相似性を示す無次元数(Pe :ペクレ数);
 $Pe_{\text{もんじゅ}} \approx (4/5)Pe_{\text{大型炉}}$
- 縮尺モデル試験による熱伝達特性検証の位置付け;
 $Pe_W > Pe_{\text{もんじゅ}} > Pe_{Na}$
 (Pe_W : 1/10 縮尺水試験, Pe_{Na} : 1/5 縮尺ナトリウム試験)

評価

高速炉に関するシビアアクシデントに対する安全評価手法を確立

- ・自然循環特性は大型炉と同程度。
- ・縮尺試験の間にあるため、検証された解析コードにより予測可能。

参考資料3-3-1 ①SA評価技術の構築と安全性向上策の抽出

自然循環除熱システムの設計技術・評価技術（3/3）

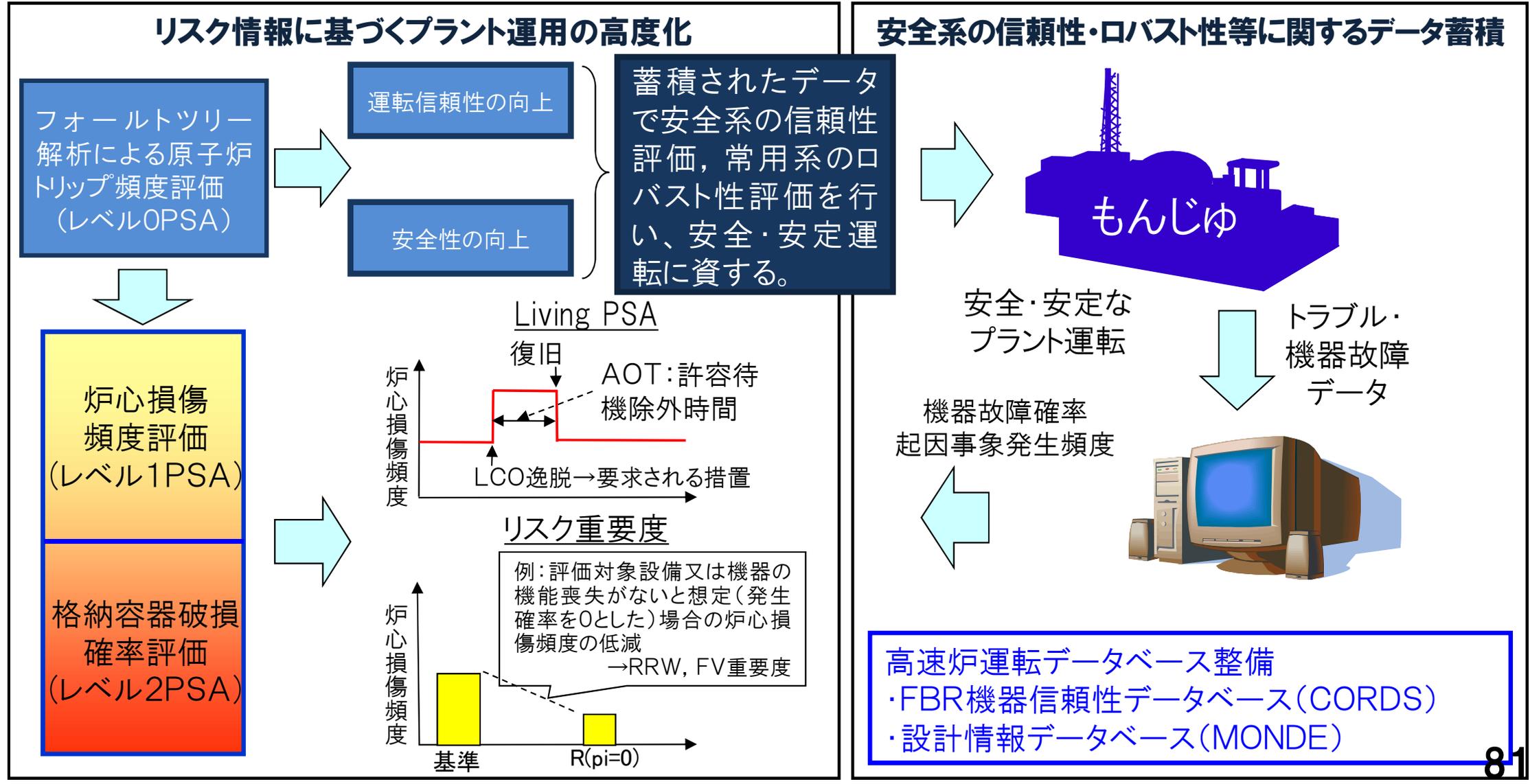
細目	性能試験			2Cy		3Cy		4Cy		5Cy～9Cy										10Cy以降		
	40%出力プラント確認試験	燃料交換	出力上昇試験第1サイクル	定期点検	第2サイクル	定期点検	第3サイクル	定期点検	第4サイクル	定期点検	第5	定期点検	第6	定期点検	第7	定期点検	第8	定期点検	第9	定期点検	第10	...
「もんじゅ」工程案 (検討の前提条件)																						
試験データに基づく設計手法検証																						
① 自然循環試験実施	試験方法検討・試験時安全性評価			自然循環試験実施																		
② 自然循環除熱設計手法検証						試験データに基づく設計手法検証																
	国際協力の可能性有り																					
	シビアアクシデントの評価・検討を踏まえ、必要に応じ、自然循環除熱の追加実証試験を実施																					
期待される研究開発成果	① 自然循環試験取得データ一式							② 試験データで検証された自然循環除熱設計手法 (初装荷炉心[低崩壊熱状態]での試験結果ベース)														

参考資料3-3-1 ①SA評価技術の構築と安全性向上策の抽出

設計基準ベースの安全設計・評価技術 (1/3)

●安全系(計装、保護動作)の設計技術・評価技術

「もんじゅ」実機でしか得られない、安全系の信頼性・ロバスト性に関するデータを蓄積・評価して、リスク情報に基づくプラント運用の合理化を図る。

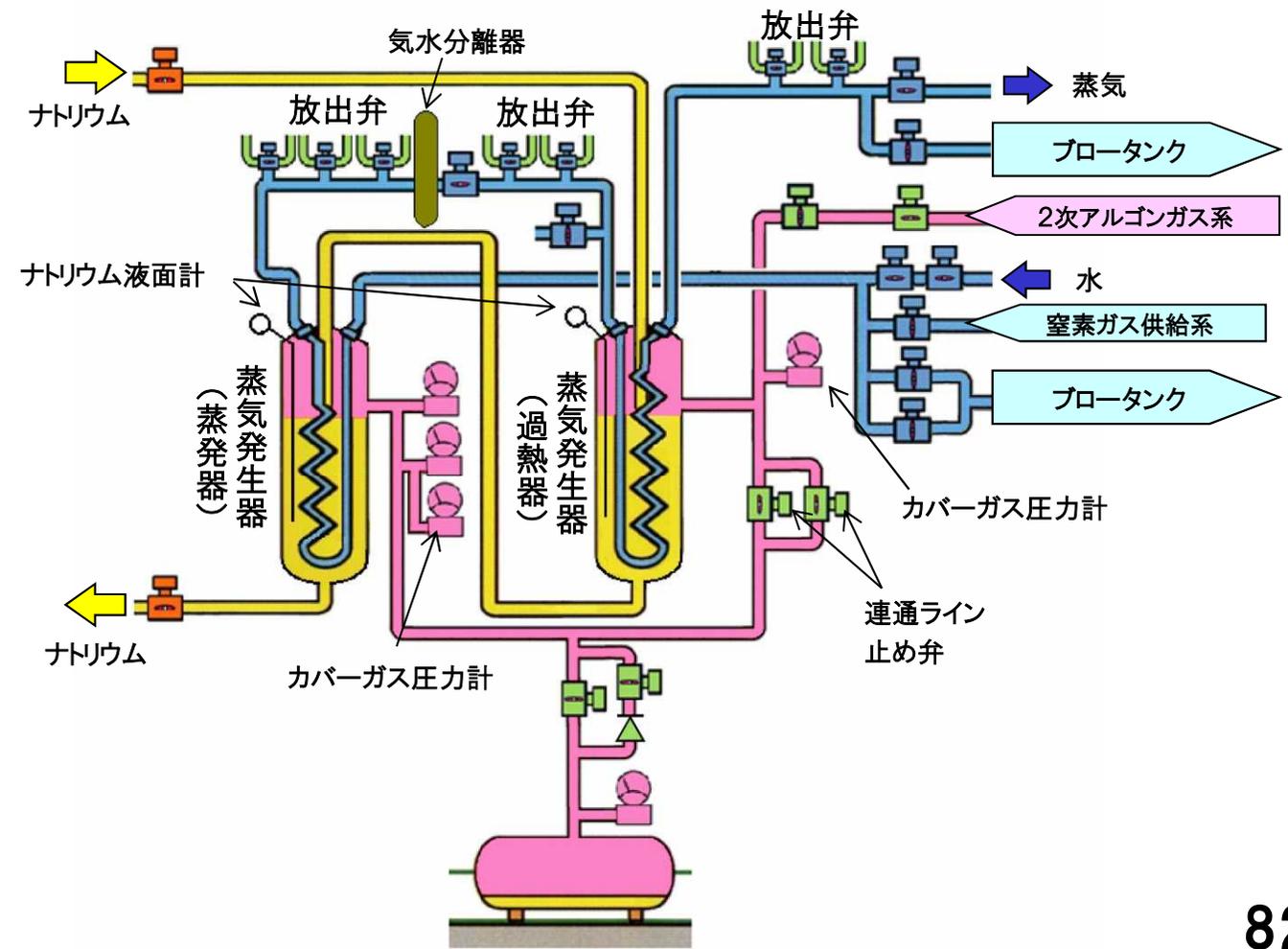
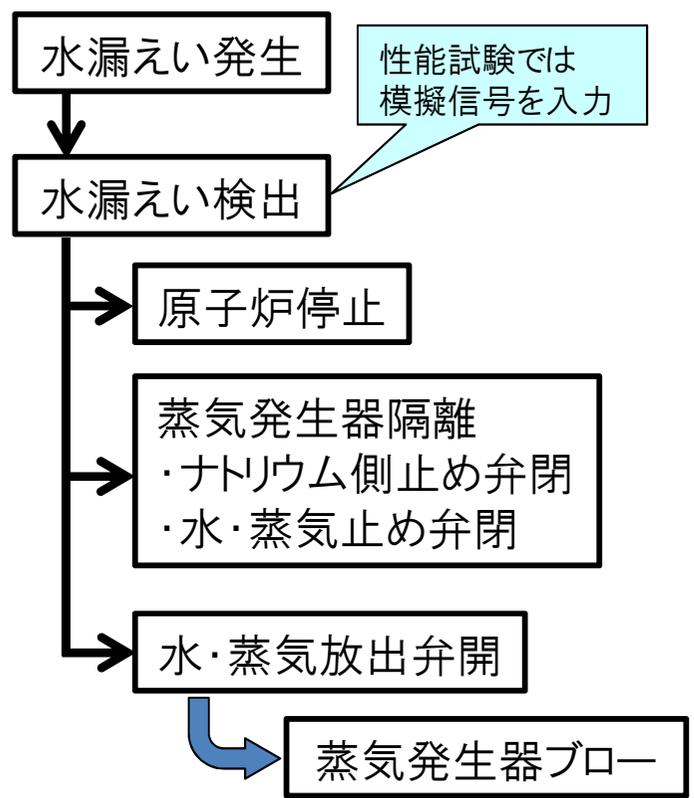


参考資料3-3-1 ①SA評価技術の構築と安全性向上策の抽出

設計基準ベースの安全設計・評価技術 (2/3)

●ナトリウム-水反応防止/緩和設備の設計技術・評価技術

- 蒸気発生器の設計においては、伝熱管破損による水漏えいが発生した場合に、蒸気発生器を隔離すると共に伝熱管内の水・蒸気をブローダウン(排水)し、ナトリウム・水反応を早期に収束させることが重要である。
- 「もんじゅ」を用いて蒸気発生器のブロー特性を評価し、設計の妥当性を確認する。



参考資料3-3-1 ①SA評価技術の構築と安全性向上策の抽出

設計基準ベースの安全設計・評価技術 (3/3)

細目	性能試験	2Cy	3Cy	4Cy	5Cy~9Cy	10Cy以降
「もんじゅ」工程案 (検討の前提条件)	40%出力プラント確認試験 燃料交換 出力上昇試験 第1サイクル	定期点検 第2サイクル	定期点検 第3サイクル	定期点検 第4サイクル	定期点検 第5サイクル 定期点検 第6サイクル 定期点検 第7サイクル 定期点検 第8サイクル 定期点検 第9サイクル	定期点検 第10サイクル ...
安全保護系等の設計 技術・評価技術	プラント特性試験/性能・機能確認試験					
① プラント特性試験データ取得	データ取得	試験結果検討・設計評価				
② 設計時性能・機能の確認	試験準備	出力上昇試験 データ取得	定期点検 データ取得	性能・機能評価	初期炉心運転・定検データ取得 性能・機能評価	平衡炉心データ取得 性能・機能評価
③ 設計ツール妥当性評価		設計ツール妥当性評価				
ナトリウム-水反応防止 /緩和設備の設計 技術・評価技術	SG急速ブロー試験					
④ 蒸気発生器伝熱管模擬水漏洩試験	試験準備					
⑤ SG急速ブロー特性等 評価手法検証	解析コード整備	手法検証				
期待される 研究開発成果		①安全保護系特性データ式 ④、⑤ SG急速ブロー特性データ、評価手法検証結果、高温ラプチャ防止機能確認結果	①、② 出力上昇試験・定期検査データ式 ③安全保護系設計ツール妥当性評価結果		①、② 同左(ただし、初期炉心運転・定検実績ベースでの経年変化傾向把握)	①、② 同左(平衡炉心ベース)

参考資料3-3-2 ②SAM策の充実とその実証的な確認や訓練・運用

SAM策の整備 (1/2)

<SAM(シビアアクシデントマネジメント)策の充実>

東電福島第一発電所事故教訓の反映(SAM関係)

- 事象想定不足(外部事象)
- 対策・手段不足(代替策)
- 訓練不足(支援体制)

海外知見の反映(SAM関係)

- IAEA(DiD第4層)の安全要件
- IAEA SAMガイド(NS-G-2.15)
- 米国の外部事象に対する安全要件



<従来構築してきたSAM策>

シナリオに準じた対策・操作
(事象シーケンス依存) → 想定範囲の拡大



<フレキシブルな対策・操作>

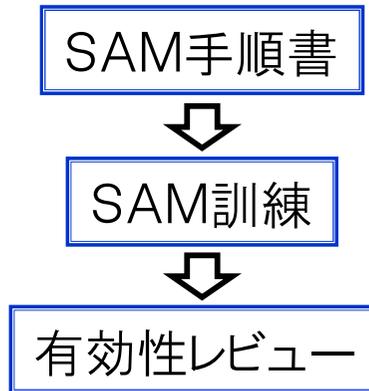
外的事象等によるシナリオレスな機能喪失想定に対して使用可能なものをすべて活用し頑健性を向上

- 可搬型電源接続
- 水素爆発防止対策
- 空冷、SG冷却操作
- 除熱源復旧対策
- ナトリウム火災対策
- 炉外燃料貯蔵槽冷却対策 等

支援体制: 操作/対策実施支援+技術支援(アドバイザリ)

<実証的な確認や訓練・運用>

「もんじゅ」に対するSAM手順書を整備し、実機を用いた訓練等を通して適用性を実証。結果に関する有効性をレビューし、向上策を手順書へフィードバック。



フィードバック

これらのPDCAサイクルを継続的に実施し、安全性の継続的な向上を図る。

継続的PDCAサイクル

参考資料3-3-2 ②SAM策の充実とその実証的な確認や訓練・運用 SAM策の整備(2/2)

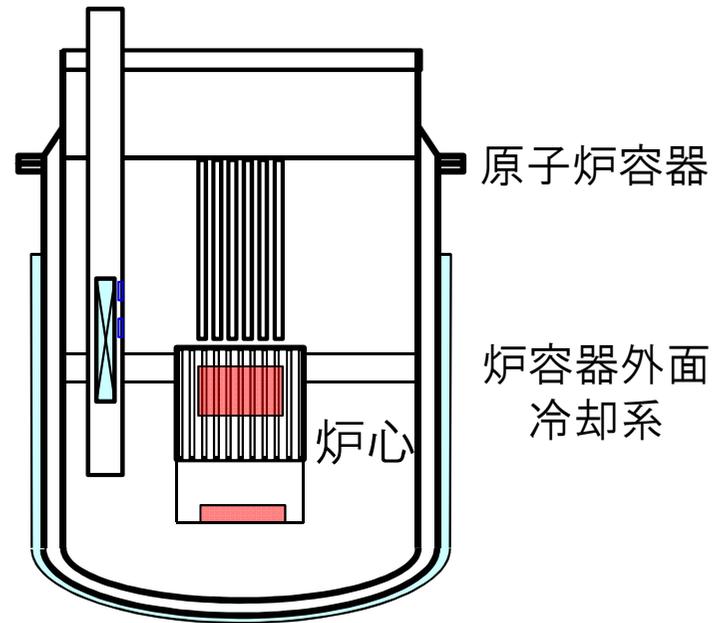
細目	性能試験			2Cy		3Cy		4Cy		5Cy~9Cy					10Cy以降										
「もんじゅ」工程案 (検討の前提条件)	40%出力プラント確認試験	燃料交換	出力上昇試験 第1サイクル	定期点検	第2 サイクル	定期点検	第3 サイクル	定期点検	第4 サイクル	定期点検	第5 点検	定期点検	第6 点検	定期点検	第7 点検	定期点検	第8 点検	定期点検	第9 点検	定期点検	第10 点検	...			
シビアアクシデントマネジメント(SAM)策の整備/訓練・運用を通じた改良	地震等の外部事象を含む確率論的安全評価(PSA)																								
①SAM計画・分析	計画策定・結果分析			計画策定・結果分析																					
②SA対応訓練	SAM対応訓練実施・評価			訓練実施・評価															SA対応訓練の継続的实施・評価			...			
期待される 研究開発成果	①、② SAM策に基づく対応 手順の確立と実践			①、② 訓練・運用を通じた FBR用SAM策の 検証&改良と実践 のための安全技術 基盤(初期段階)																		①、② 同左(経験・知識の集約蓄積と習 熟化によるSAM策の充実、安全 技術基盤充実)		①、② 同左	

国際協力の
可能性有り

参考資料3-3-3 ③損傷炉心燃料等の安定的な冷却手段の多様化のための研究開発 SA後の炉心冷却性に関するナトリウム試験(AtheNa)の実施とSA評価技術の確立(1/3)

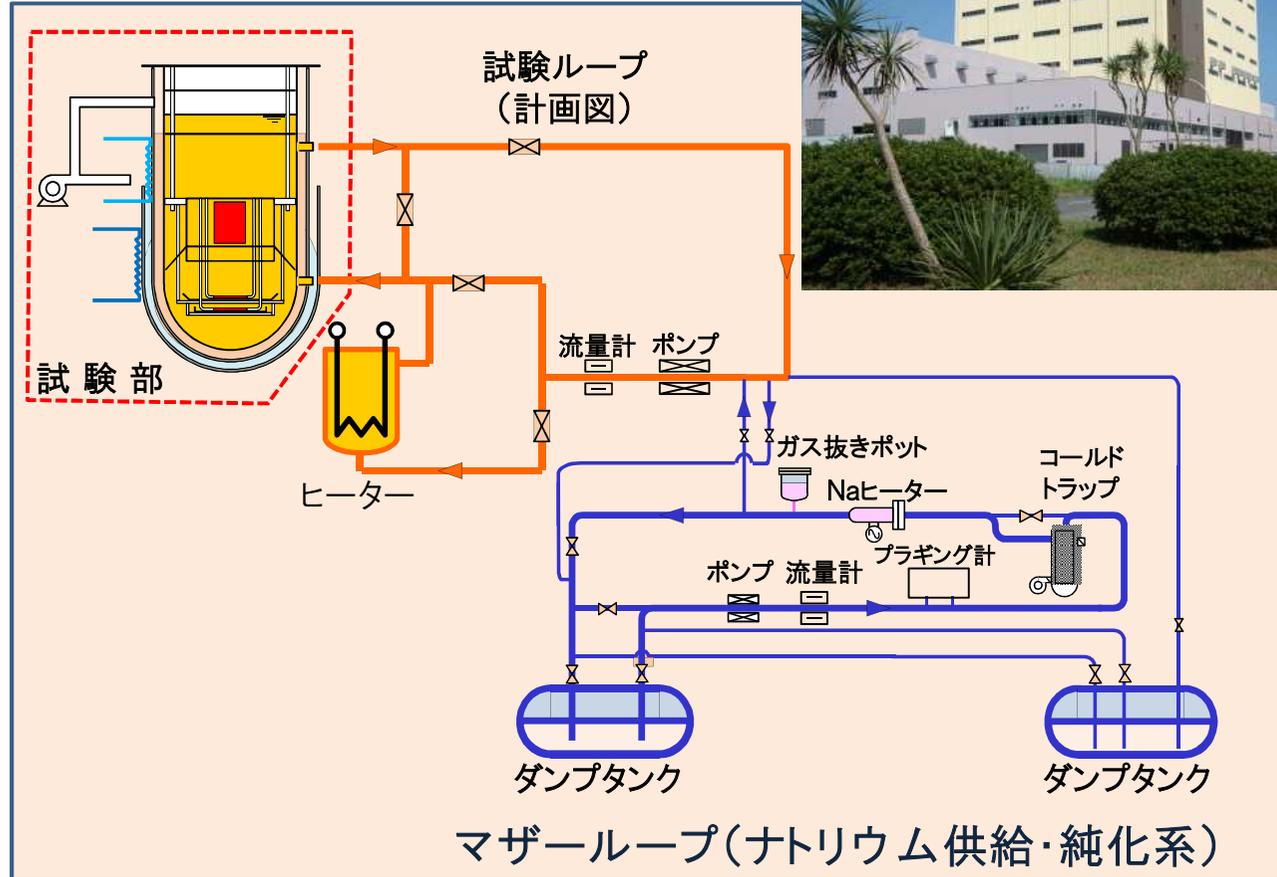


原子炉直接冷却器 (DRACS)



事故時に炉心を冷却する手段の
確実性をさらに高める研究

試験部の概要(案)



試験ループとナトリウム供給用マザーループ
(AtheNa施設を利用した試験構成案)

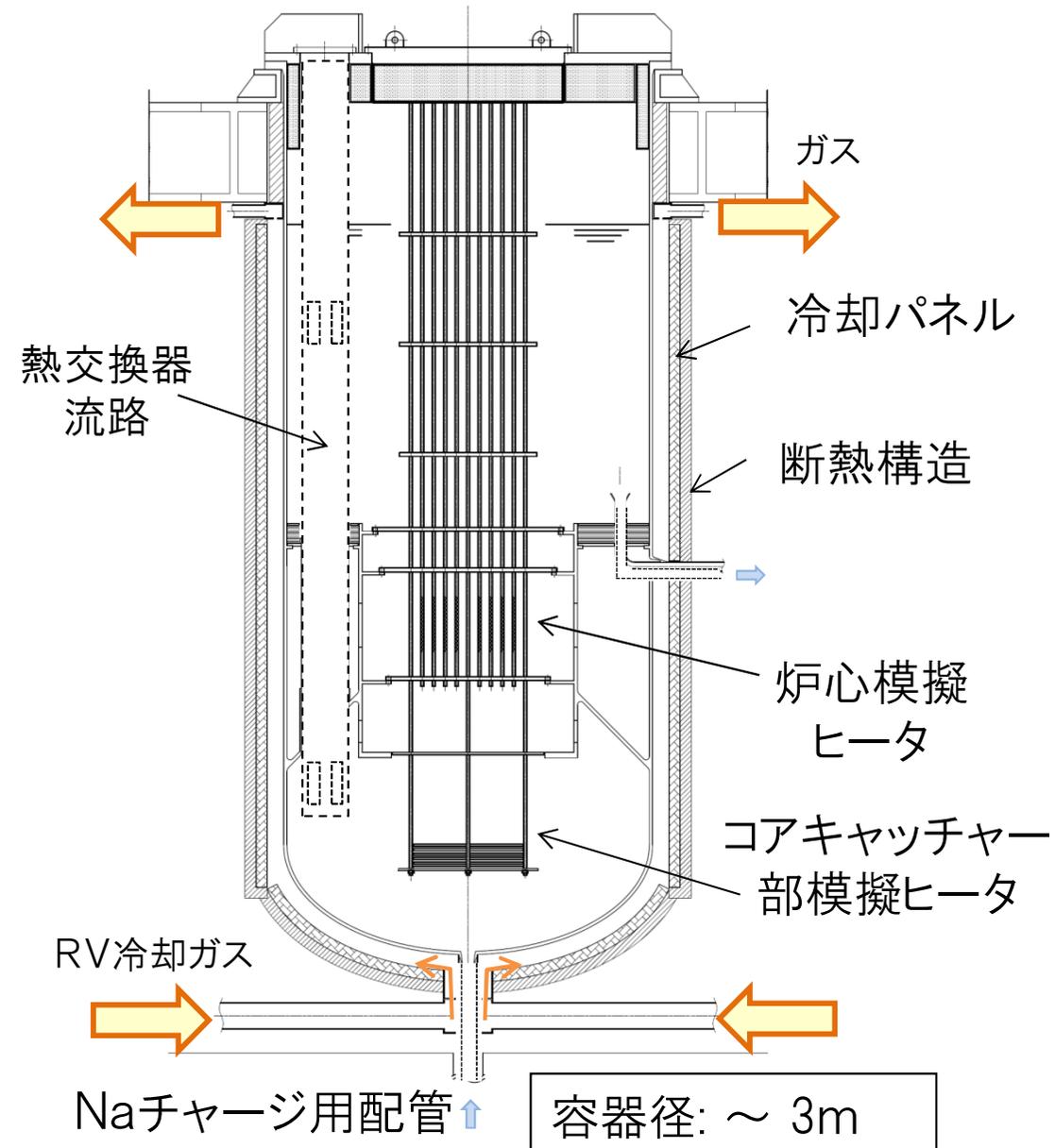
●炉容器外面冷却

- RV*-GV*熱伝達基礎水試験
 - RV-GV間の自然対流による除熱現象の解明
 - 除熱促進方策の検討
- AtheNa-RV試験
 - 2重の壁を通したRV壁での伝熱特性評価
 - RV壁からの冷却による炉内自然対流除熱の評価
 - コアキャッチャー内デブリの除熱



RV外面冷却による損傷炉心の除熱特性を明らかにし、安全強化策に反映

*RV:原子炉容器、GV:ガードベッセル



AtheNa-RV試験体の概念形状

参考資料3-3-3 ③損傷炉心燃料等の安定的な冷却手段の多様化のための研究開発 SA後の炉心冷却性に関するナトリウム試験(AtheNa)の実施とSA評価技術の確立(3/3)

細目	1年	2年	3年	4年	5年	6年後以降
①RV-GV熱伝達基礎水試験	試験体製作	試験実施・評価				国際協力の可能性有り
②AtheNa-RV試験	試験体設計・製作			試験実施・評価		
期待される研究開発成果		①RV-GV間ギャップ部の自然対流による除熱特性の解明			②炉容器外面冷却によるSA後の除熱性能実証	

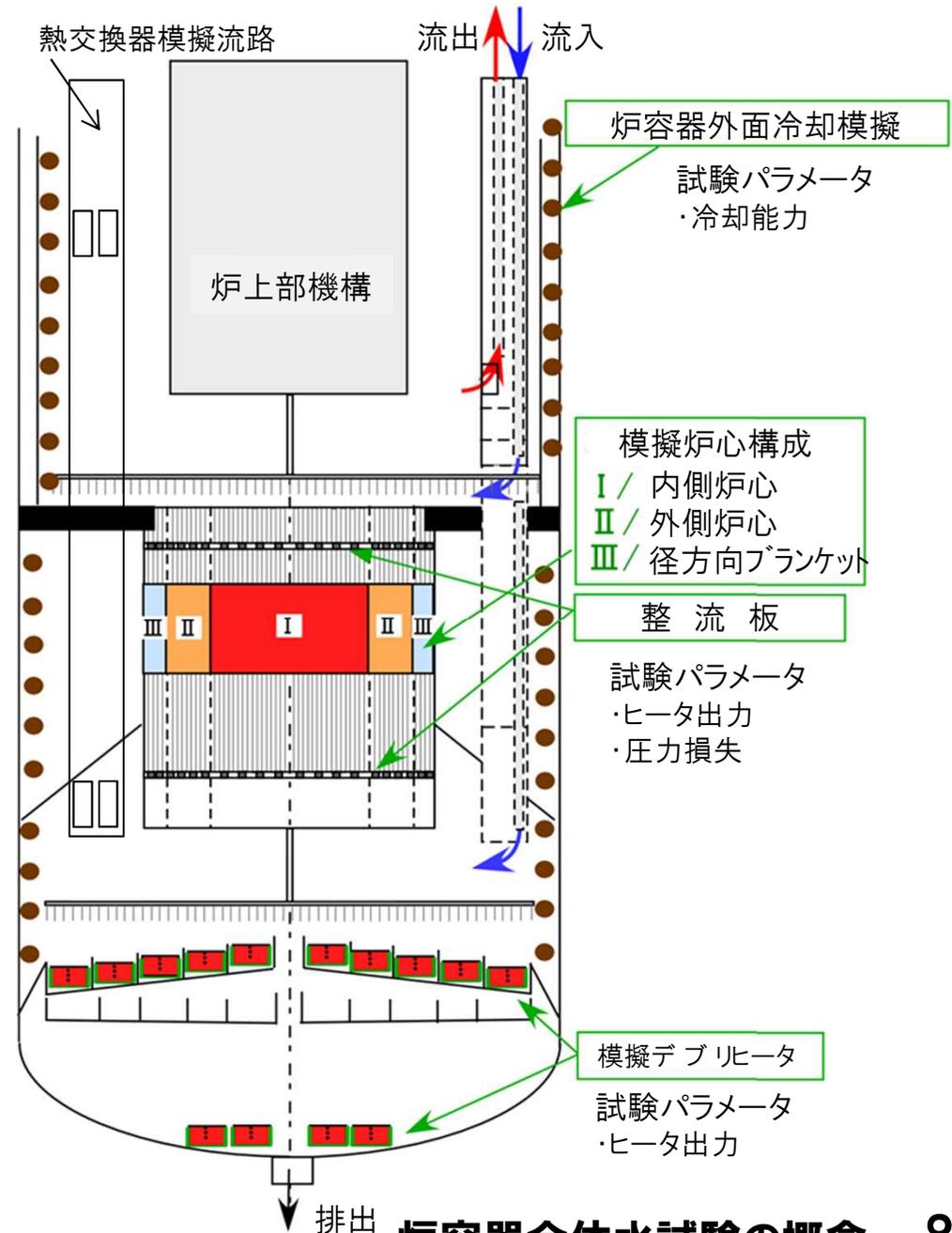
●炉容器内冷却

- 炉容器全体水試験
 - ・ DRACS*とRV外面冷却の相互影響
 - ・ 損傷炉心冷却の基礎特性
- PLANDTL試験(Na)
 - ・ 既存ループの利用
 - ・ 極低流量時の炉心冷却
- PLANDTL-2試験(Na)
 - ・ 既設ループの改造
 - ・ 炉心規模での冷却
 - ・ 冷却器流路形状の効果



DRACSによる損傷炉心の除熱特性を明らかにし、安全強化策に反映

* DRACS:原子炉直接冷却系



参考資料3-3-3 ③損傷炉心燃料等の安定的な冷却手段の多様化のための研究開発 SA後の炉心冷却性に関する水試験、ナトリウム試験(PLANDTL)の実施とSA評価技術の確立(2/2)

細目	1年	2年	3年	4年	5年	6年後以降
① 炉容器全体水試験	試験体製作					
			試験実施・評価			
② PLANDTL 試験 (Na)	試験実施・評価					
③ PLANDTL-2試験 (Na)	試験体設計・製作					
			試験実施・評価			
期待される研究開発成果	② 極低流量時の炉心冷却性能のデータ取得				① SA後の損傷炉心に対する冷却特性の把握	③ DRACSIによる損傷炉心除熱性能実証

国際協力の可能性有り