



もんじゅ研究計画作業部会第6回（H25. 1. 22）における
宿題事項への回答

安全関連研究開発に係る全体像について

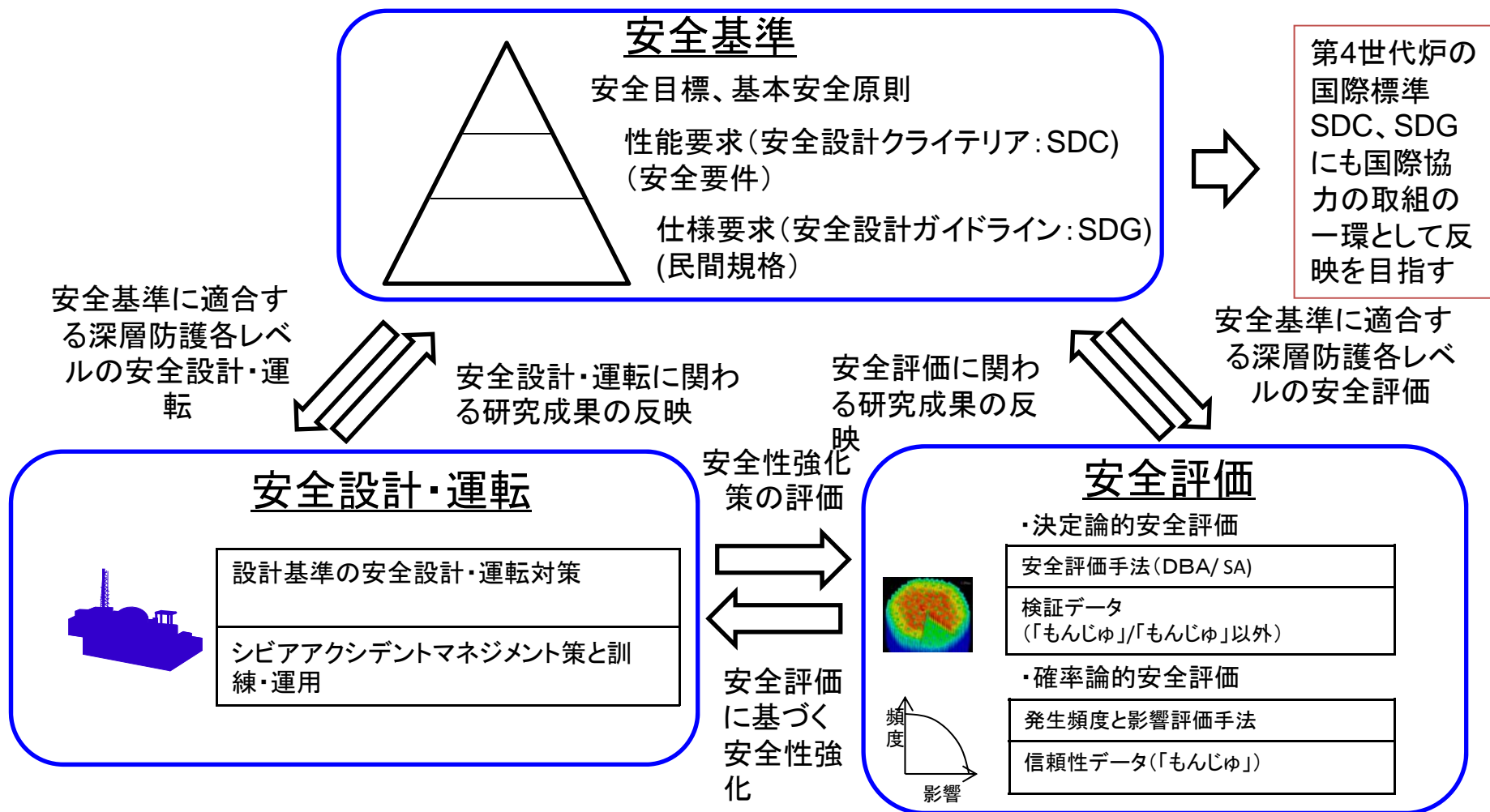
平成25年3月29日

独立行政法人 日本原子力研究開発機構



高速増殖炉/高速炉の安全性強化を目指した 研究開発成果の体系化

研究開発成果は、「安全基準」、「安全設計・運転」、「安全評価」の3つの観点から集約し、互いに連携させつつ安全技術としての体系化を図る。すなわち、安全目標・基本安全原則に基づき、研究開発成果を踏まえ、高速増殖炉／高速炉の安全基準類を整備するとともに、安全基準に適合するよう研究開発を進め、安全設計・運転技術と適用を通じて得られる成果、及び安全評価手法・データと適用を通じて得られる成果を統合する。





高速増殖炉/高速炉の安全性強化に必要な技術 の研究開発成果の体系化

安全性強化に必要な技術の研究開発成果の深層防護レベル上の位置づけ

| 深層防護 | 第1～3層 | 第4層(シビアアクシデント対策) | |
|------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|---|
| 目的 | 事故の発生と進展の防止、制御 | 著しい炉心損傷の防止 | 炉心損傷時の影響緩和(格納機能維持) |
| 安全性強化に必要な技術及び対策の研究開発成果 | ・性能試験に基づく安全系等の設計・評価技術 | ・受動的な安全特性である自然循環除熱等を利用した安全強化対策・評価技術等 | ・炉心損傷対策・評価技術(EAGLE等) ・冷却系機能喪失に関する安全性強化対策・評価技術(AtheNa等) |
| | | ・実機でのシビアアクシデントマネジメント策及び訓練の知識化 | |
| | ・実機運転に基づく、信頼性データ蓄積及びプラント設計・評価技術 | | |

「もんじゅ」の運転に基づくプラント性能評価及び信頼性データ、訓練等の「もんじゅ」によって得られる研究開発成果(表中青字で表示)、並びに、「もんじゅ」以外にて実施する安全性強化を目指した研究開発成果は、安全の基本的な概念である「深層防護」の階層に従って整理できる。

安全性強化研究の対象とする解析コードの全体像について

プラント動特性解析コード

Super-COPD

- ・炉心・熱流動・制御等のプラントシステム全体の動特性挙動を評価するためのフローネットワーク型の解析コード

確率論的安全評価手法

信頼性データベース

- ・確率論的安全評価を実施するための手法及びその根拠となる機器の信頼性データベース

熱流動解析コード

3次元熱流動解析コード、
炉心熱流動解析コード等

- ・燃料集合体、炉心全体、炉容器上下プレナム、熱交換器等、複雑な形状をもつ各部の流速、温度分布等の自然対流を含む熱流動現象を評価するための3次元モデル等の数値解析コード

炉心損傷評価解析コード

SAS-4A
SIMMER

- ・炉心損傷事故時の初期から炉心溶融後に至るまで、原子炉の出力変化や溶融燃料の挙動を評価するための核熱カップリングによる多成分多流体モデル等の解析コード

炉外事象評価解析コード

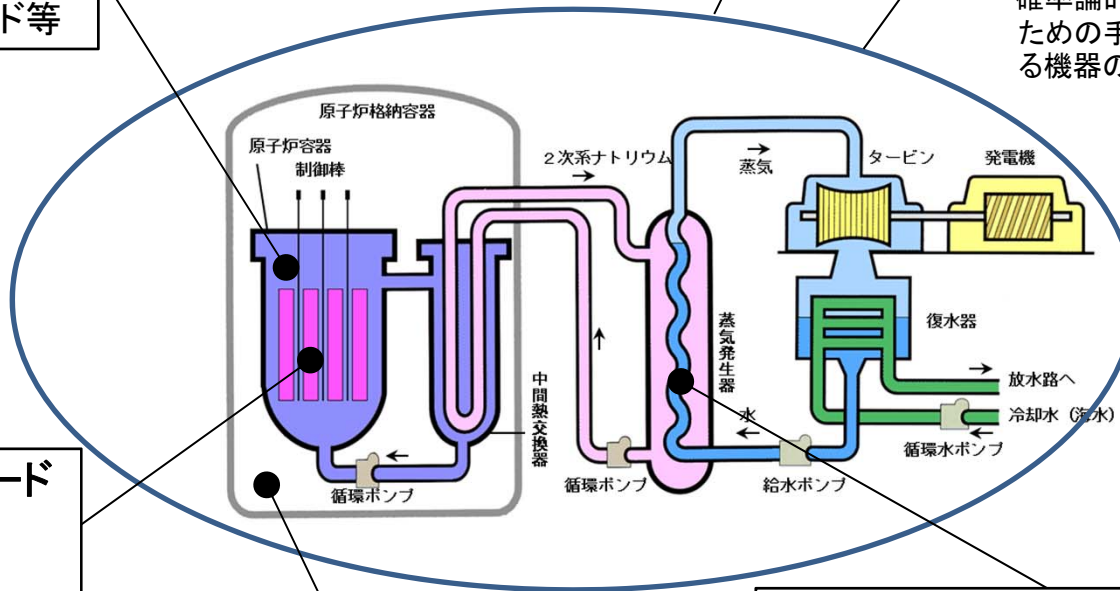
CONTAIN/LMR

- ・溶融炉心が原子炉容器外へ移行した場合の格納施設内での熱流動、エアロゾル挙動、放射性物質挙動を解析し、環境に放出される放射性物質の量(ソースターム)を評価するためのセルモデルによる解析コード

Na-水反応評価解析コード

SERAPHIM
LEAP-III

- ・蒸気発生器(SG)の伝熱管損傷時のナトリウム-水反応の影響を評価するための混相流と化学反応等をモデル化した3次元解析コード、及び、蒸気-水系の減圧を含むSG内事象進展を評価するための現象を相関式でモデル化した解析コード





研究開発における各試験データ等の 解析コード等への反映

| 高速炉の安全性強化に関する研究開発 | 反映先となる安全評価・評価手法 | | | | | |
|---|-----------------|------------|------------------|-------------------------|-----------------------------|------------------|
| | プラント動特性解析コード | 確率論的安全評価手法 | 炉心損傷評価解析コード | 熱流動解析コード | Na-水反応評価解析コード | 炉外事象評価解析コード |
| | Super-COPD | 信頼性データベース | SAS-4A SIMMER | 3次元熱流動解析コード、炉心熱流動解析コード等 | SERAPHI Mコード LEAP-IIIコード | CONTAIN / LMRコード |
| I. 「もんじゅ」で実施する安全性強化の研究開発 | | | | | | |
| ① 確率論的安全評価等によるシビアアクシデント評価技術の構築と安全性向上策の抽出 | | | | | | |
| ●地震等の外部事象を含む確率論的安全評価(PSA): 安全性向上策, 重要事故シーケンス (Ph-0,1,2)* | ○ | ○ | | | | |
| ●ストレステストでの知見の集約: 耐性評価結果(Ph-0)* | ○ | ○ | | | | |
| ② シビアアクシデントマネジメント策の充実とその実証的な確認や訓練・運用 | | | | | | |
| ●シビアアクシデントマネジメント策の訓練: SAM訓練結果(判断・操作時間等)、手順書(Ph-0,1,2)* | | ○ | | | | |
| ③ 自然循環試験による高速増殖炉の崩壊熱除去能力の実証: 自然循環試験データ(Ph-1)* | | | | | | |
| | ○ | | | ○ | | |
| ④ 設計基準ベースの安全設計・評価技術: 炉心特性、安全系データ、水系データ、信頼性データ (これまで「もんじゅ」にて得られたデータ: 性能試験データ、信頼性データ 等を含む)(Ph-0, 1,2)* | | | | | | |
| | ○ | ○ | | ○ | ○ | |
| II. 「もんじゅ」以外で実施する安全性強化の研究開発 | | | | | | |
| ① 炉心損傷時の再臨界の防止と事象の炉容器内終息を図るための研究 | | | | | | |
| ●炉心損傷時の挙動分析のための試験(EAGLE): EAGLE炉内試験、EAGLE炉外試験、MELT試験 | ○ | | ○ | | | |
| ② 損傷炉心燃料等を安定に冷却できる手段の多様化を行う研究 | | | | | | |
| ●シビアアクシデント後の炉心冷却性に関する ナトリウム試験(AtheNa) | ○ | | | ○ | | |
| ●その他、蒸気発生器及び炉外事象等の安全性評価手法の確立に関する 基礎試験 | | | | | ○ | ○ |
| ○過去の国内外データ等(常陽, 大洗炉外試験, TREAT, CABRI, SCARABEE, ACRR等) | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |

* Ph-0~2は、もんじゅの運転における各段階(Ph-0:性能試験前段階、Ph-1:性能試験段階、Ph-2:本格運転段階)の対応を示す。



「もんじゅ」の運転を通じて確認する安全性強化の内容(Ph-0~2)について次に示す。



「もんじゅ」の運転を通じて確認する高速増殖炉の 安全性強化の研究項目

| 性能試験開始前 段階 Phase-0 | 性能試験段階 Phase-1 | | 本格運転段階 Phase-2 |
|--|-------------------|---|--|
| | 異常模擬 運転特性試験 | <ul style="list-style-type: none"> ナトリウム自然循環試験 プラントトリップ試験 外部電源喪失試験 蒸気発生器伝熱管模擬水漏えい試験 発電機負荷しゃ断試験 総合インタロック試験 | <ul style="list-style-type: none"> 定格出力運転を通じて確認する安全保護系を始めとする各設備・機器の信頼性データ(故障データ)を蓄積し、PSAを適宜、見直す。 実験炉常陽と異なる熱サイクル等の環境下で得られる各設備・機器の経年特性を、定格出力運転の継続を通して確認 定期点検での、制御棒駆動機構の機能確認、安全保護系機能確認 定期点検(原子炉冷却系、電源系及び原子炉補機冷却系、など)で炉心の冷却系統やサービス系の使用が制限された状態での炉心損傷等のリスク評価(停止時PSA) 照射後試験(PIE)による燃料・制御棒の健全性確認 ISIによる機器の健全性確認(原子炉容器、1次系主配管、蒸気発生器伝熱管等) |
| | 制御系特性試験 | <ul style="list-style-type: none"> 出力変更試験 原子炉出力制御系等試験 | |
| | 炉心特性試験 | <ul style="list-style-type: none"> 反応度停止余裕測定試験 反応度係数測定試験(出力係数、フィードバック反応度等) | |
| | 計測装置特性試験 | <ul style="list-style-type: none"> 中性子計装特性試験 水漏えい検出器特性試験 破損燃料検出装置特性試験 | |
| | 系統設備の特性確認 | <ul style="list-style-type: none"> 制御棒駆動機構特性試験 1次冷却系設備、水・蒸気系設備等の運転特性試験 ナトリウム純度確認、タービン設備水質確認、等 | |
| <ul style="list-style-type: none"> 確率論的安全評価等によるシビアアクシデント評価技術の構築と安全性向上策の抽出 シビアアクシデントマネジメント策の充実とその実証的な確認や訓練・運用 ナトリウム冷却系等の稼働している系統の設備・機器の信頼性データ(運転データ、故障データ)を蓄積 非常用電源系、原子炉補機冷却系等の定期試験・点検等 | | | |