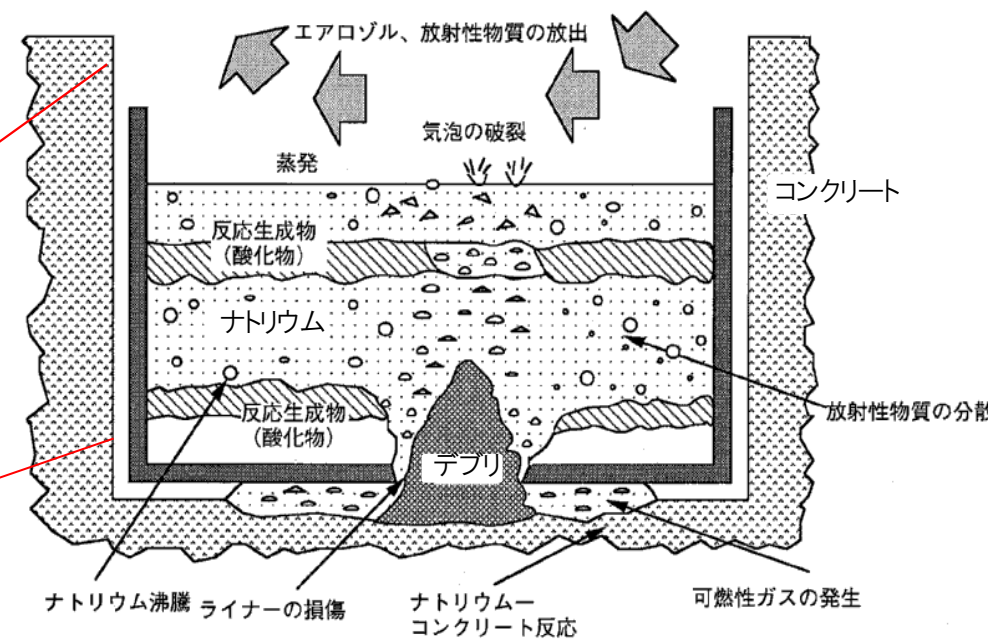
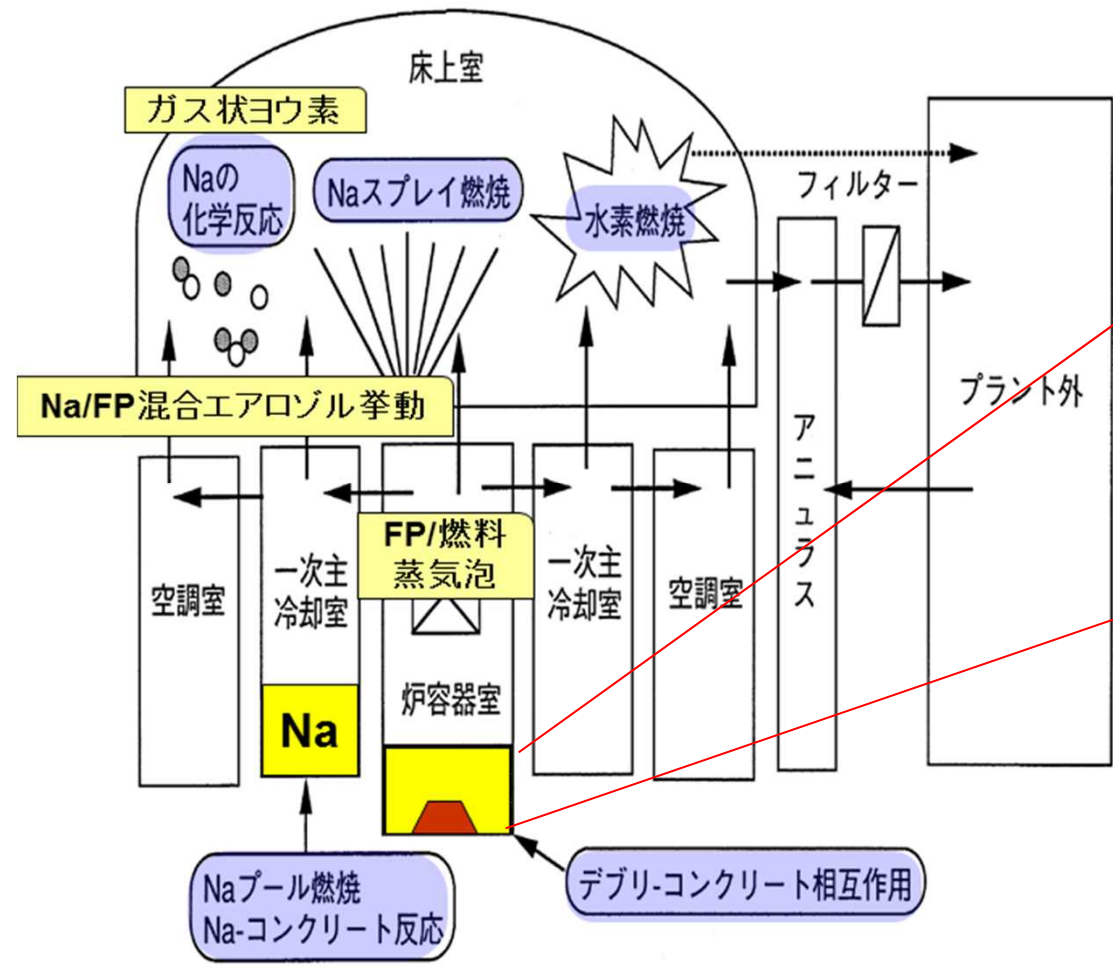
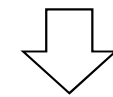


参考資料3-3-3 ③損傷炉心燃料等の安定的な冷却手段の多様化のための研究開発 炉外事象安全性評価手法開発(1/2)



損傷炉心燃料デブリ落下に伴う諸現象

複雑な現象を要素現象レベルで解明



評価手法 (CONTAIN/LMR) を構成する
解析モデルの改良・検証

シビアアクシデント時の格納容器内諸現象

ナトリウム冷却高速炉特有の事象について、
評価手法の改良・検証を実施

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 炉外事象安全性評価手法開発（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 | ... |
| ① 炉外事象安全性評価手法開発 | 解析モデルの機能確認、検証・改良 | | | 解析モデルの改良、総合的検証 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 要素試験による現象解明、検証用データ取得 | | | 複合現象を含む総合的検証用試験データ取得 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ①要素試験・検証等による安全評価に用いる標準ツールとしてCONTAIN/LMRコードの整備結果 | | | ①複合現象を含む総合的検証による安全評価ツールの評価精度と信頼性の向上、基盤データの蓄積結果 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 期待される研究開発成果 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

国際協力の可能性有り

参考資料3-3-4 ④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開発 炉心損傷時の挙動分析のための試験(EAGLE試験等)の実施(1/4)



IGR (Impulse Graphite Reactor)

照射による核分裂反応を利用し、大型試験体(約60本のピン束試験体)の使用とパルス出力(最小半値幅120ms)・準定常出力(数分～数10分)の組み合わせによる集合体規模の燃料溶融が可能な世界唯一の試験用原子炉。



EAGLE炉外試験装置

誘導加熱により約3,000℃の融体を約3リットル生成。
試験体を耐圧性の高い鋼製格納容器内に組み入れ、高温高圧条件下の厳しい試験を実施できる装置。



MELT試験装置

誘導加熱等を用いて約2,300℃の融体を約20リットル生成。
遮蔽構造を有する地下試験施設に試験体を設置し、高強度の連続エックス線と高速度・高解像度カメラを組み合わせ、ナトリウム中の微粒化／堆積挙動を高速で可視化する施設。

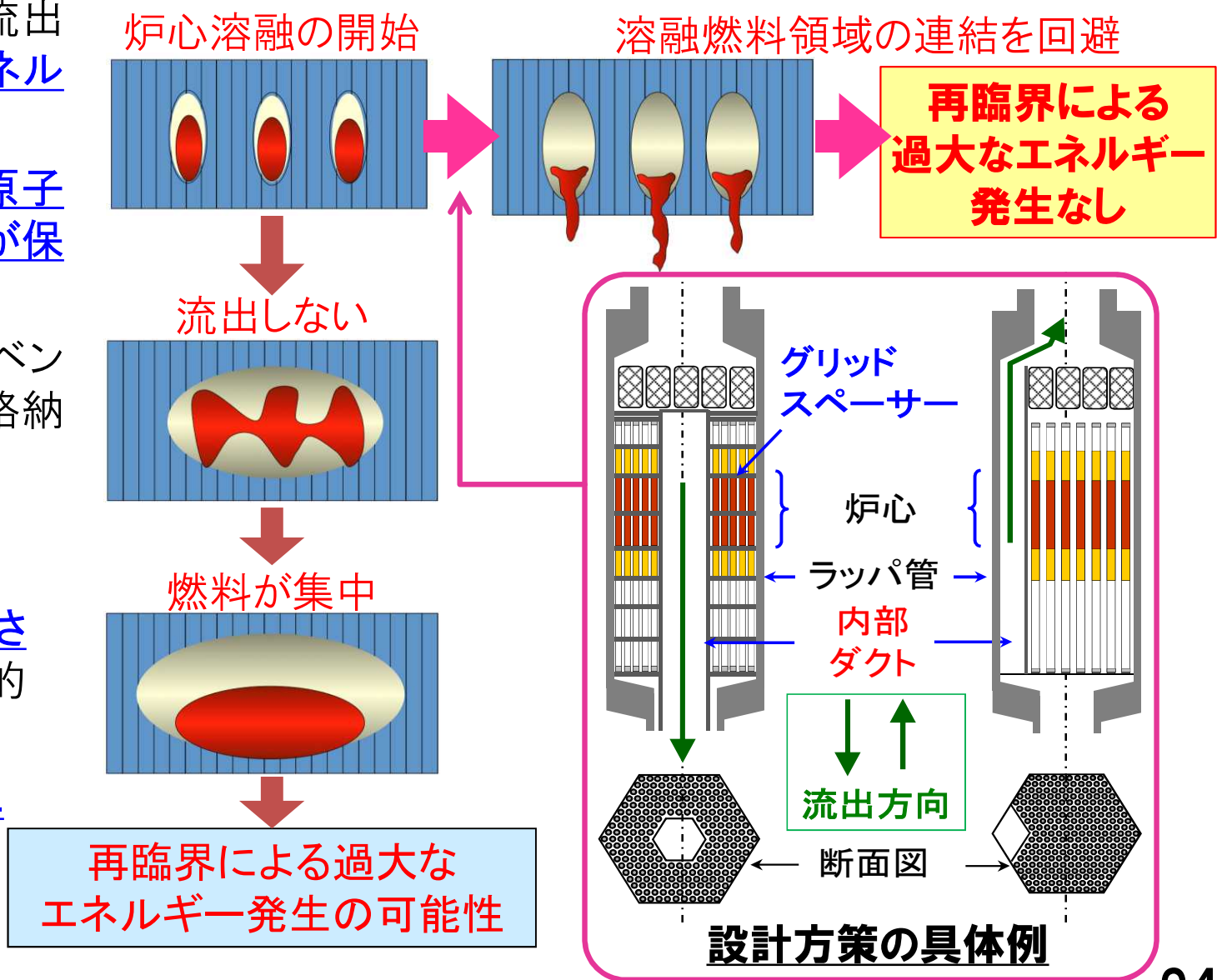
参考資料3-3-4 ④炉心損傷時の再臨界の防止と事象の炉容器内終息を図るための研究開発 炉心損傷時の挙動分析のための試験(EAGLE試験等)の実施(2/4)

➤ 従来の安全評価

- 溶融炉心物質が炉心周辺に流出せず、再臨界による過大なエネルギー発生に至る状況を想定。
- 発生するエネルギーに対して原子炉容器や格納容器の健全性が保たれることを確認。
- 高出力化する場合、燃料インベントリが大幅に増加するため、格納系の設計に過大な負担。

➤ 将来に向けた取組

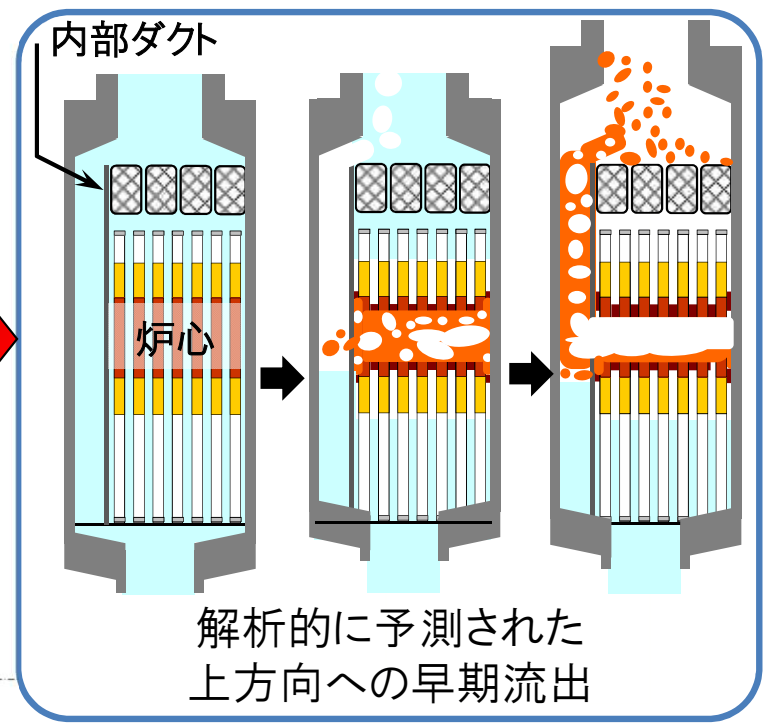
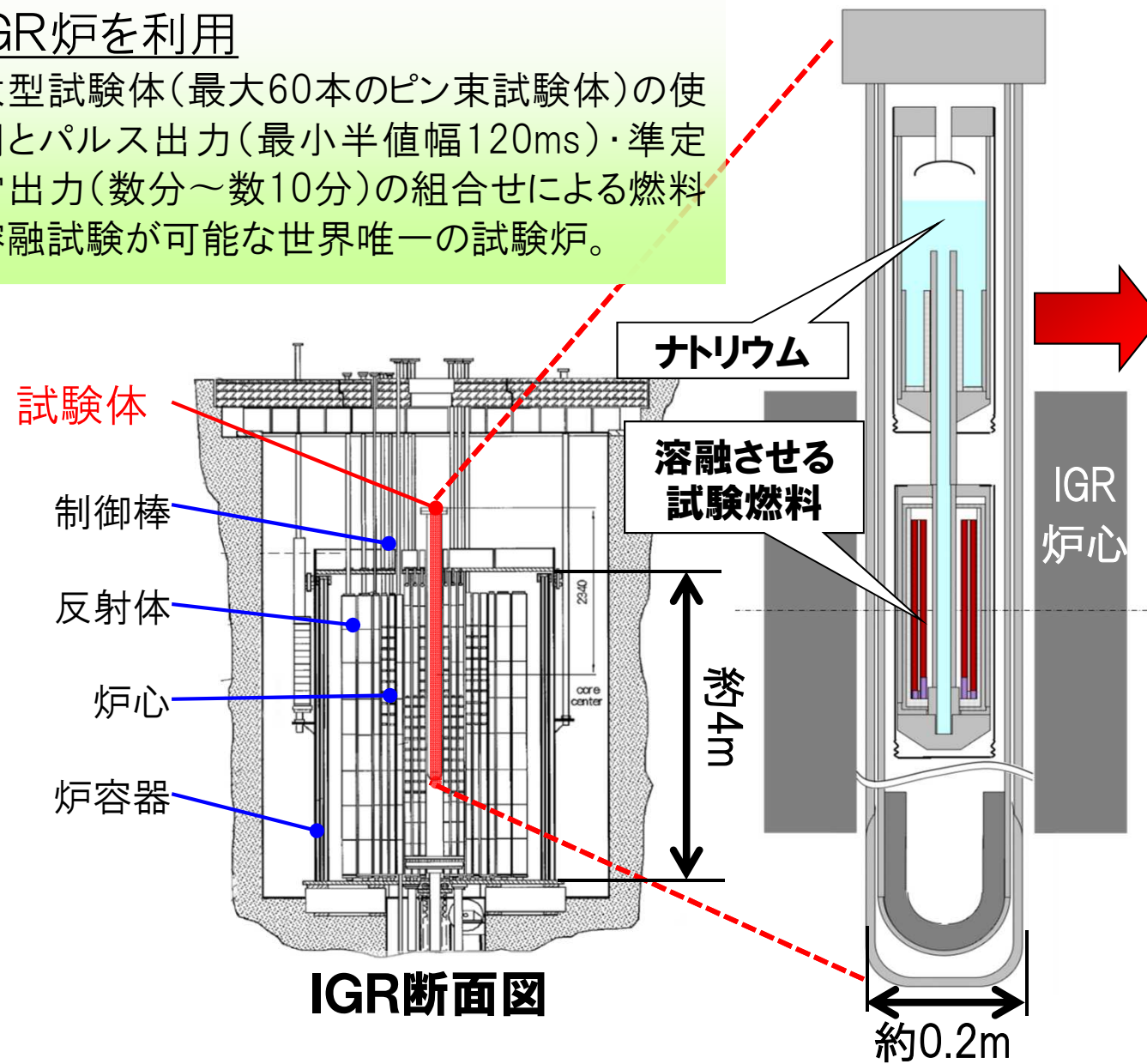
- 溶融炉心物質を早期に流出させる設計方策の採用、合理的な格納系の設計を可能とする。
- 設計方策の有効性を実験的に確認する。



参考資料3-3-4 ④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開発 炉心損傷時の挙動分析のための試験(EAGLE試験等)の実施(3/4)

EAGLE-2試験の試験例

IGR炉を利用
 大型試験体(最大60本のピン束試験体)の使用とパルス出力(最小半値幅120ms)・準定常出力(数分~数10分)の組合せによる燃料溶融試験が可能な世界唯一の試験炉。



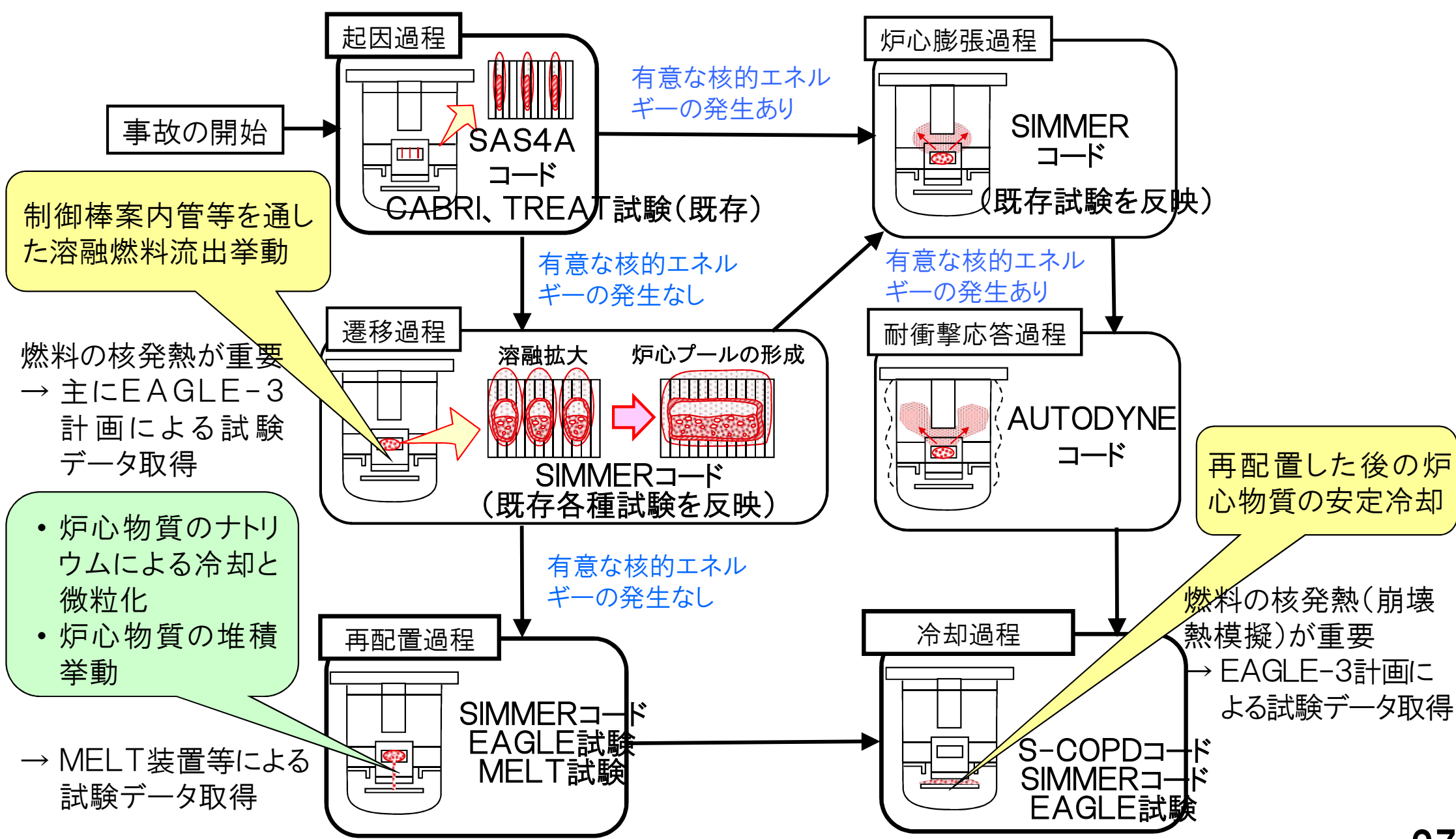
成果概要

- 圧力差により溶融燃料は速やかに上向きに流出
- 上向き流出型の内部ダクト付き燃料集合体は、再臨界を排除し得る有効な設計方策であることを確認

参考資料3-3-4 ④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開発 炉心損傷時の挙動分析のための試験(EAGLE試験等)の実施(4/4)

| 細目 | 1～5年 | | | | 5年後以降 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-------|
| <p>①EAGLE-3試験</p> <p>燃料再配置挙動試験</p> <p>燃料冷却性試験</p> <p>②MELT試験</p> <p>微粒化挙動試験</p> <p>燃料再配置挙動基礎試験</p> | <p>試験成立性検討</p> <p>試験計画検討</p> <p>溶融燃料デブリ化挙動試験</p> | <p>燃料再配置挙動炉外試験</p> <p>試験装置設計製作</p> <p>予備試験</p> | <p>燃料再配置挙動炉内試験</p> <p>燃料冷却性炉外試験</p> <p>燃料冷却性炉内試験</p> <p>試験実施・評価手法開発</p> | <p>国際協力の可能性有り</p> | |
| <p>期待される研究開発成果</p> | <p>①EAGLE-3試験計画を遂行するための技術的実現性の見通し、及び、詳細技術仕様</p> <p>②炉心損傷事故の炉容器内終息の見通しを得るための溶融燃料デブリ化挙動評価手法</p> | <p>①炉心損傷時の再臨界の防止の見通しを得るための燃料再配置挙動の基礎的知見</p> | <p>①炉心損傷事故の炉容器内終息の見通しを得るための再配置燃料冷却性に関する基礎的知見</p> <p>②炉心損傷時の再臨界の防止の見通しを得るための溶融燃料の再配置挙動評価手法</p> | <p>①炉心損傷事故の炉容器内終息の見通しを得るための燃料の再配置挙動・冷却性に関する実証的知見</p> | |

参考資料3-3-4 ④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開発 炉心安全性評価手法の開発と整備 (1/2)



参考資料3-3-4 ④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開発 炉心安全性評価手法の開発と整備(2/2)

| 細目 | ～「もんじゅ」性能試験 | （「もんじゅ」性能試験開始後）～ 3年 | 3年後以降 |
|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------|
| <p>① SAS4A整備</p> <p>② SIMMER整備</p> <p>③ SAS4A/SIMMER統合解析システム整備</p> | <p>「もんじゅ」安全評価に向けたコード整備・試験検証解析</p> <p>「もんじゅ」安全評価に向けたコード整備・試験検証解析</p> <p>コードシステム設計</p> | <p>システム開発</p> <p>検証研究・実機適用研究によるコード整備</p> | <p>国際協力の可能性有り</p> |
| <p>期待される研究開発成果</p> | <p>①、② 許認可コードとして整備された高速炉シビアアクシデント解析システム</p> | <p>③解析精度を向上させ、適用範囲を拡大した高速炉のシビアアクシデントの統合解析システム</p> | |

参考資料3-3-5 ⑤高速炉の安全基準に資する研究開発 SA等の研究成果の安全基準への反映 (1/2)

国際安全基準

安全設計クライテリア: Safety Design Criteria (SDC)
安全設計ガイドライン: Safety Design Guideline (SDG)

SDC/SDGの位置付け

安全階層

安全原則

- 原子炉施設に対する基本的な安全原則を記述

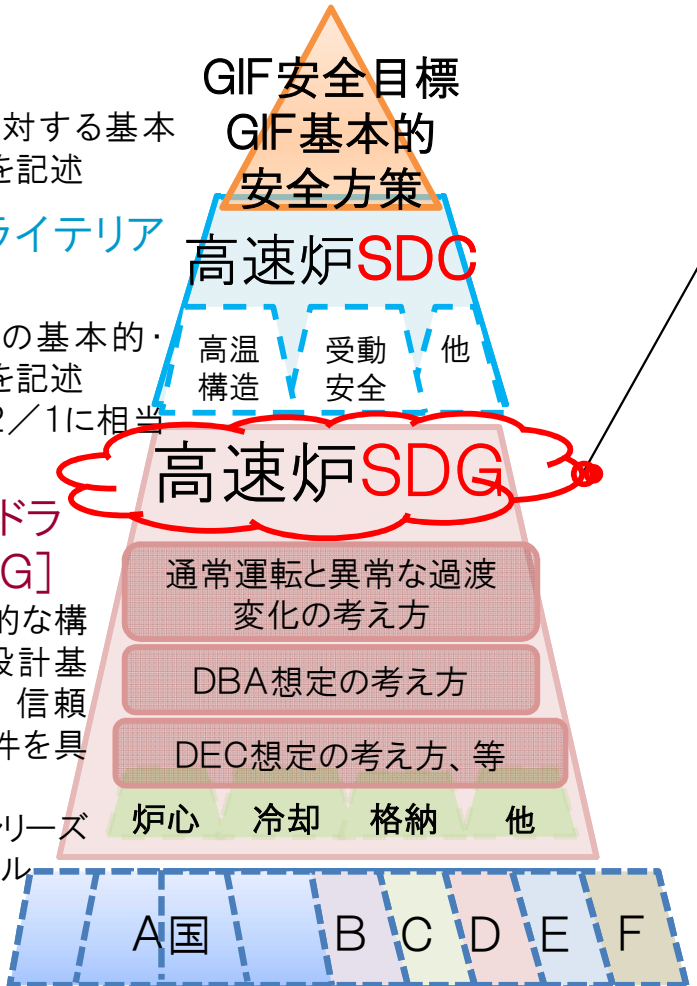
安全設計クライテリア [GIF-SDC]

- 原子炉設計での基本的・原理的な要件を記述
- IAEA SSR-2/1に相当するレベル

安全設計ガイドライン [GIF-SDG]

- 原子炉の基本的な構成を念頭に、設計基準・設計条件、信頼性に関する要件を具体化
- IAEA NS-Gシリーズに相当するレベル

規格・基準 [各国で策定]



SDGの検討フロー

第4世代Na炉のSDC

ナトリウム冷却高速炉の特徴

炉心、冷却、格納等

「もんじゅ」からの知見
プラント経験等

参考とした軽水炉安全指針

IAEA NS-G

福島事故経験の反映

電源強化、等
様々なハザードへ対応

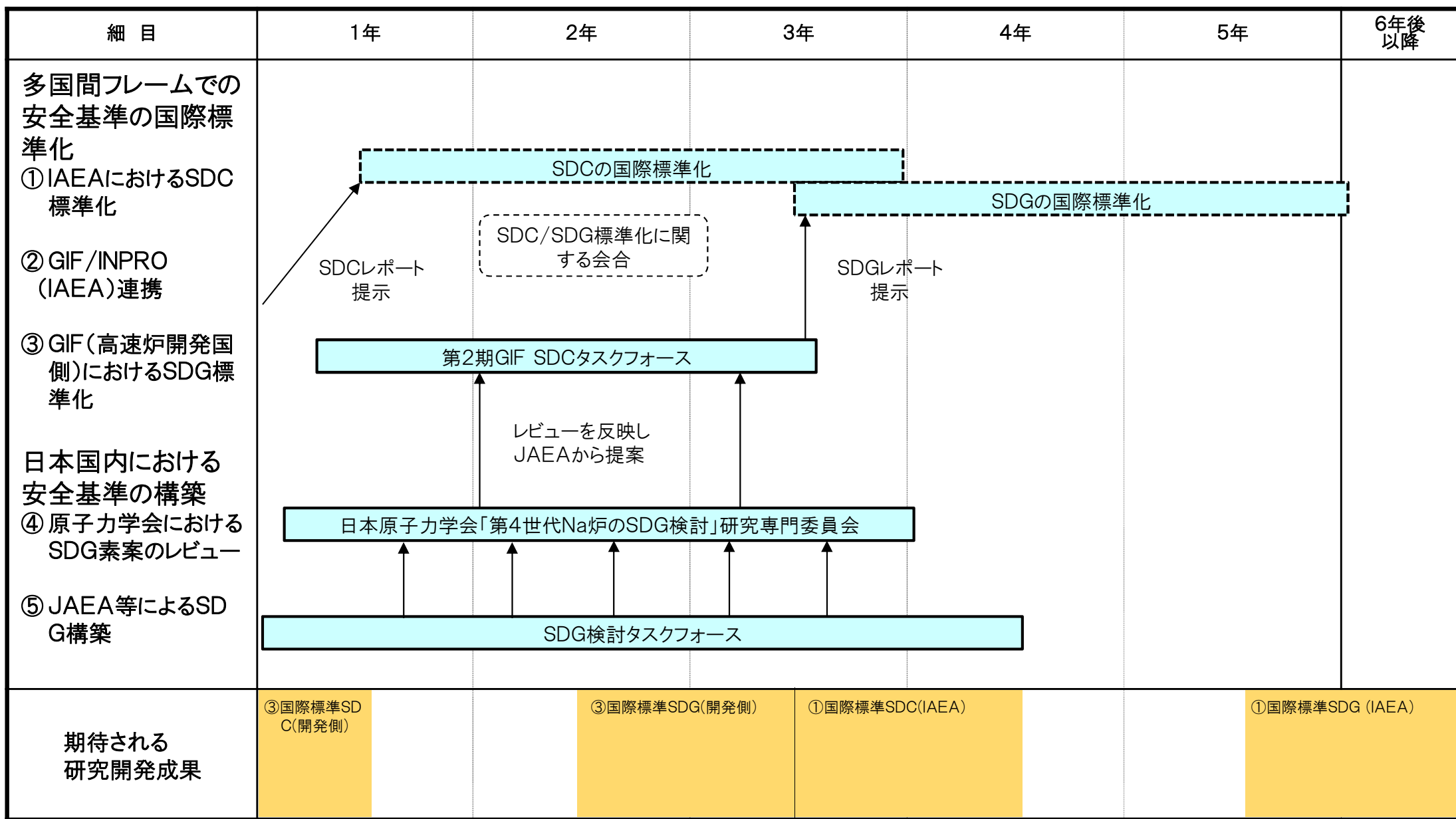
SDGへ反映すべき事項の抽出

個々のガイドラインで、性能要求、適合条件を具体化

反映

GIFナトリウム冷却高速炉SDG

参考資料3-3-5 ⑤高速炉の安全基準に資する研究開発 SA等の研究成果の安全基準への反映(2/2)



※ SDC: Safety Design Criteria
SDG: Safety Design Guideline

破線部は予定