



総合講演・報告2

「第4世代ナトリウム冷却高速炉の安全設計ガイドライン」研究専門委員会報告

(2) 国際レビューの状況

日本原子力研究開発機構

岡野 靖

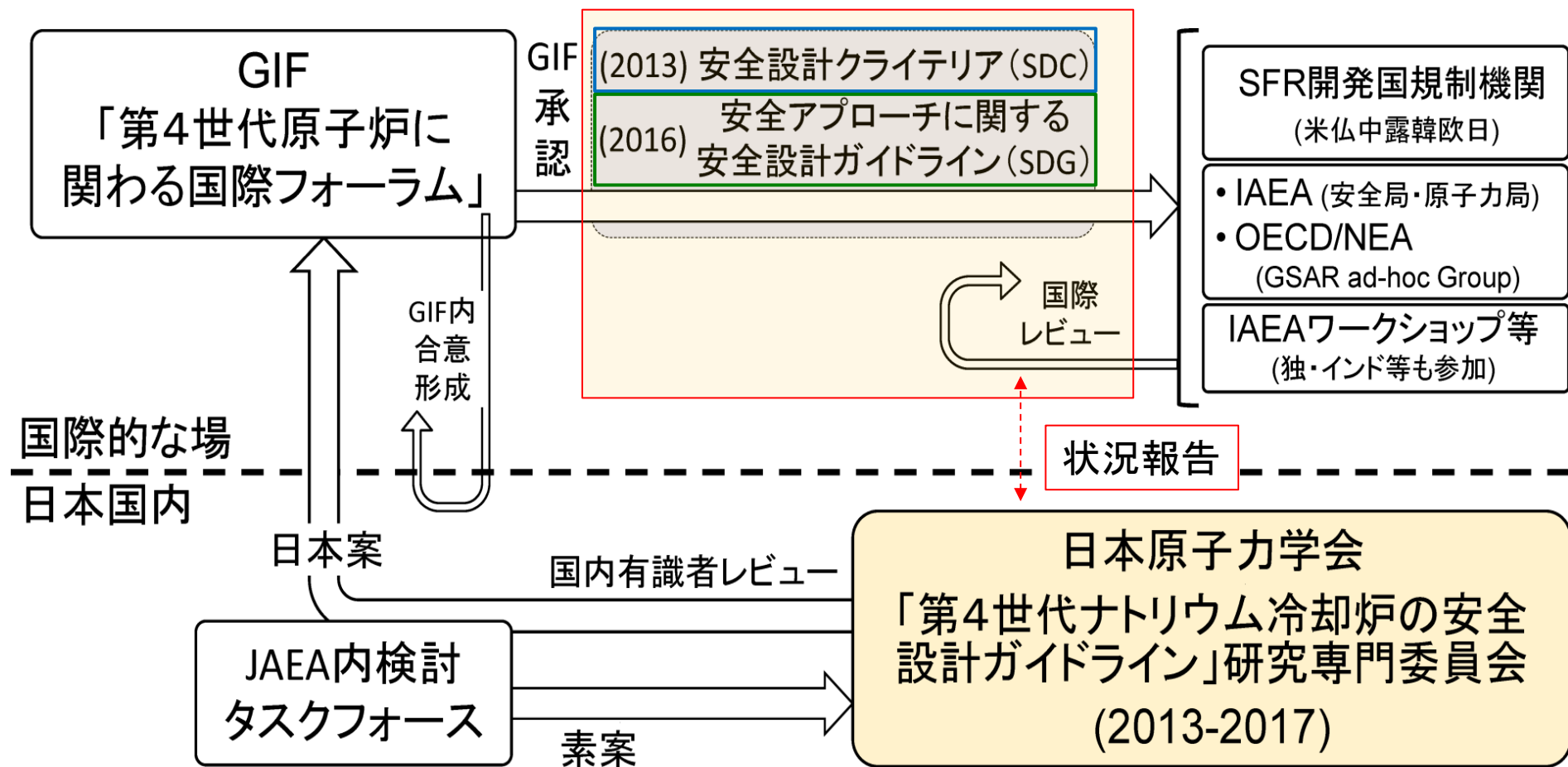


発表内容

- SDC/SDG国際レビューの概要
 - 背景・経緯・位置づけ
- 安全設計クライテリア(SDC)国際レビュー
 - IAEA・SFR開発国規制関連機関とのフィードバック
- 安全アプローチ(SDG)国際レビュー
 - IAEA・OECD/NEAとのフィードバック
- まとめ



SDC*/SDG**国際レビューの流れ





SDC/SDGの国際レビュー

□ 背景

- SDC/SDGは第4世代SFR開発者側(GIF)での合意に基づく安全設計に関する要件
- SDC/SDGに対する外部機関(規制側)によるレビューを促進すべき

□ 目的・意義

- 第4世代SFRの安全に対する共通理解の促進
 - － 外部機関: 安全設計概念(DEC対策)等の情報
 - － 開発者側: 将来の許認可での活用
- 国際的な標準化(デファクトスタンダード)



SDC/SDG国際レビューに係る経緯

□ 安全設計クライテリア (SDC)

➤ 2013年7月～ 国際レビューとフィードバック反映

– 国際機関等: IAEA、MDEP、OECD/NEA/CNRA

– 各国規制関連機関:

✓ 米 NRC、仏 ASN (IRSN)、中 NNSA、

露 Rostekhnadzor (SEC-NRC)、

欧 ENSREG、韓 NSSC、日 NRA

□ 安全アプローチSDG

➤ 2016年4月国際機関等でのレビュー開始

– 国際機関等: IAEA、OECD/NEA/GSAR

□ 系統別SDG (2017年内にドラフト版完成の予定)

*Safety Design Criteria, **Safety Design Guideline

***GSAR: Joint CNRA/CSNI ad-hoc Group on the Safety of Advanced Reactors



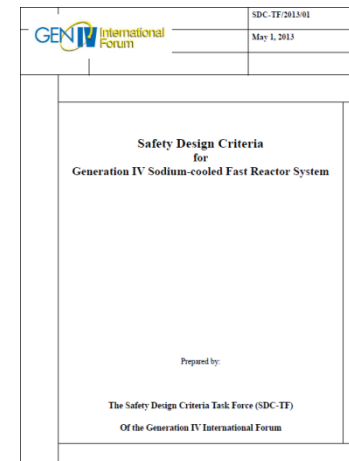
安全設計クライテリア (SDC) レポート

- ✓ 基本構成はSSR2/1を参考
- ✓ SFR特有の系統・機器を充実化
- ✓ 第4世代炉の安全性(受動安全特性活用)
- ✓ 東京電力福島第一発電所事故教訓の反映

- 全体構成
 - 第1~2章: 背景、目的、クライテリア策定方針など
 - 第3~6章: クライテリア本文、及び、付随するパラグラフ

- SDC本文

- 設計における安全の管理 (Criteria 1-3)
- 主要な技術クライテリア (Criteria 4-12)
- 全般的プラント設計 (Criteria 13-42)
 - 設計基準(内部/外部ハザード等)、安全評価
- 具体的なプラント系統の設計 (Criteria 42bis-82)
 - プラント設計全般、炉心、冷却材系、格納系、計装制御系、非常用電源供給、支援系及び補助系、動力変換系など



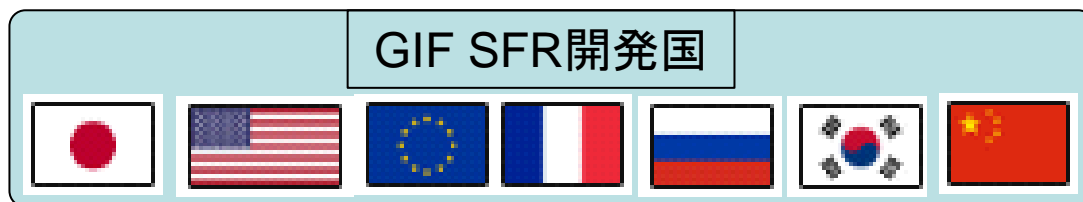
- IAEA SSR 2/1 (全82要件)との相違点

- SDC(全83要件): 変更20、追加 2、削除1、変更なし60
 - 追加) ナトリウム冷却高速炉のプラント設計全般、ナトリウム予熱系
 - 削除) ECCS

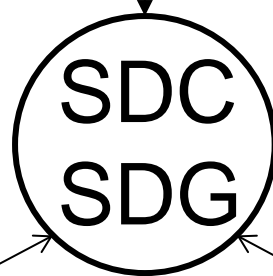


SDC/SDGに関する国際的枠組み

第4世代SFR
開発者側



構築



レビュー&フィードバック

国際機関・
規制関連機関等



SFR開発国



IAEA

SFR安全性
ワークショップ





国際レビューにおけるレスポンス

□ IAEA

- SDC/安全アプローチSDG/系統別SDGの構築段階から積極的な関与
- 各国次世代SFRのSDC/SDG適合性に対する議論・レビューの場
 - GIF-IAEA SFR安全性ワークショップ (2012～)
 - FR2013/FR2017国際会議での特別セッション

□ OECD/NEA/GSAR*

- 8カ国規制機関(米、仏、露、韓、独、伊、中、日)、オブザーバー(GIF, IAEA, EC)
- スコープ: 新型炉に関する規制と関連研究、それらの発展のための計画の作成
- 予定される成果: 新型炉に関する規制の枠組みと許認可の進め方など
 - SDC・SDGの成果を考慮する方向
- 安全アプローチSDGに対するレビューが予定

□ MDEP(多国間設計評価プログラム)

- SDCレポート(第1期)をMDEP参加国へ送付
- 規制側とのコミュニケーションの場としてOECD/NEAを提案
 - MDEPとしてはSDCの詳細な分析や立場表明は行わない

*Joint CNRA/CSNI ad-hoc Group on the Safety of Advanced Reactors



国際レビューにおけるレスポンス

□ 米国NRC

- SDCレビュー結果 (No. ML13183A294, 2014/1/30付)
- SDCレビューの位置づけ・観点
 - 軽水炉における経験、及び、NRC規制・ガイダンスに基づき実施
(10 CFR Parts 50 & 52, Part 50のAppendix A, NUREG-0800)
 - 原子力安全と規制の観点から、GIFに対し有益な情報の提供を意図
 - 注記:
 - ✓ NRCが当該設計に対する規制を行う際に用いることを約束するものではない
 - ✓ 提案されたSDCをエンドースするといったことでもない。
 - ✓ コメントしなかった部分についても、その部分を承認したということではない。
- レビューのまとめ
 - SDCは総括的、安全や規制の観点で“insurmountable”な点はない
 - SDC第3~6章のTechnology-neutralなクライテリアへのコメントが中心
 - SFR固有の部分、序章や付録に対するコメントはなされていない。
 - “Security”に関する記載不足を指摘、その方面へスコープ拡張を示唆
 - コメント総数は200ヶ所以上（表現等を含む）



国際レビューにおけるレスポンス

□ フランス IRSN

- レビュー結果 (2015/6/1付)
- 約30項目の全体的・詳細なコメント
 - MA含有燃料、DiD独立性、Na化学反応性に伴うリスク等
- 例1: ナトリウムの化学的毒性影響の防止を盛り込むべき
 - GIF側回答: 化学的影響は放射線防護とは別枠で考慮
- 例2: LBB適用は、これまでの運転経験では欠陥予測が困難
 - 低圧系というSFRの安全上の利点であり、要件として残すべき

□ 中国 NNSA (National Nuclear Safety Administration)

- レビュー結果 (2013/10/10付レター)
- 6項目の全般的なコメント
 1. ボイド反応度・燃料被覆管温度・化学物質放出限度に関する条件
 2. Na火災・Na反応・格納容器に関する要件の詳細化
 3. 過酷な外部ハザードの考慮
- 要件詳細化については、安全アプローチSDGで反映済み



SDC改定項目のまとめ

コメント機関	改訂数	改訂された項目
米国NRC	22	<ul style="list-style-type: none">ナトリウムの化学的毒性(産業安全)と原子力安全の区別セキュリティ上の考慮(安全性への影響)表現等(品質保証、事故状態におけるALARA、固有安全特性による出力低減、用語集他)
フランスIRSN	15	<ul style="list-style-type: none">MA含有燃料格納容器に対する設計上の考慮事項補機系統でのDiD独立性表現等(実質的回避、Na化学反応他)
IAEA	4	<ul style="list-style-type: none"><u>Na化学反応に伴うリスク</u>、表現等(安全レベル、用語集他)

中国NNSA: 要件の詳細化を要望、SDGへ反映済み

ロシアSEC-NRS: IAEAワークショップ/GIF会合で意見表明、SDC等へ反映

安全の基本的な考え方(受動安全活用、IVR、RV/GVによる液位確保)に関連した改定は必要無し

2017年末までに改訂版をまとめて報告書とする予定



例：IAEAコメントのSDCへの反映

クライテリア 42bis:ナトリウムを冷却材として使用する高速炉のプラントシステム性能

現状の文面

(a), (b), ...

(g)ナトリウムは空気に触れると発火し、水とは激しく反応するため、炉心へのそのような化学反応の進展は防止しなければならない。

IAEAコメント

下線部を追加：“(g) ナトリウムは空気に触れると発火し、水とは激しく反応するため、そのような化学反応が一つの系統から次の系統へ進展することは防止しなければならない。

SDC改定文案:

SDC元文には「一つの系統から次の系統へ」の意味が含まれている。

本指摘のポイントは、最終的に防護される対象が元文では「炉心」に限定されているように見えることためである。IAEAコメント主旨を、以下のように反映する。

(g) 空気に触れると発火し水とは激しく反応するナトリウムの化学的リスクのため、**安全上重要な機器(items important to safety)への**そのような化学反応の影響は防止しなければならない。



安全アプローチSDGレポート

- 受動安全・固有安全を活用した原子炉停止と崩壊熱除去（DEC対応）
- 原子炉容器内事象終息（IVR）
- “崩壊熱除去の完全機能喪失” 及び “液位低下による炉心露出”を回避するための設計方策

1. はじめに

- 1.1. 背景及び目的
- 1.2. 安全設計ガイドラインの開発スコープ

2. 対象となるSFRシステムの主な特性

3. 全般的なアプローチ

- 3.1. 設計上の考慮する範囲と残余のリスク
 - 3.1.1. 設計上考慮すべきプラント状態
 - 3.1.2. 残余のリスクと実質的回避されるべき事故状態
- 3.2. 通常運転、運転時の異常な過渡事象及び設計基準事故に対するアプローチ

3.3. 設計拡張状態に対するアプローチ

- 3.3.1. 設計への適用
- 3.3.2. 設計拡張状態に対する想定事象
- 3.3.3. ナトリウム冷却高速炉の安全特性の活用
- 3.4. 設計拡張状態に対する設計上の考慮事項
 - 3.4.1. 運転時の異常な過渡変化時のスクラム失敗事象（ATWS）
 - 3.4.2. 除熱喪失系事象（LOHRS）
 - 3.4.3. 原子炉液位低下事象（LORL）
 - 3.4.4. DEC対策に考慮すべき条件

3.5. 実質的回避すべき事故状態

- 3.5.1. 設計への適用
- 3.5.2. 実質的回避されるべき事故状態の特定
- 3.5.3. 実質的回避のための設計上の考慮事項
- 3.5.4. 実質的回避の実証性確立のための原則

4. 安全設計クライテリアの適用に関するガイドライン

4.1. 反応度に関する事項

- 4.1.1. 炉心損傷の発生防止
- 4.1.2. 炉心損傷の影響緩和

4.2. 除熱機能に関する事項

- 4.2.1. 冷却材からの炉心露出の防止
- 4.2.2. 設計基準事故に対する崩壊熱除去
- 4.2.3. 設計拡張状態に対する崩壊熱除去

4.3. 想定事象及び設計限界

- 4.3.1. 運転時の異常な過渡事象及び設計基準事故
- 4.3.2. 設計拡張状態

4.4. 試験性

4.5. 実証性

5. 安全設計クライテリアにおける技術的ポイントの明確化及び定量化

5.1. ナトリウム冷却高速炉の反応度特性





国際レビュー(IAEAによる中間レビュー)

- 2016/11 IAEA SFR安全性会合にてIAEAより説明
- 全般的コメント8件、個別コメント37件
- 全般コメント
 - IAEA SSR-2/1(2016)及び安全用語集(2016)との整合性
 - 記述の充実化
 - － 格納施設
 - － ナトリウムボイド反応度を含む反応度特性に関するコメント
 - － 高速炉炉心が最大反応度体系にないことの理由
 - － 炉心局所事故
 - 位置づけ・定義の明確化
 - － 「initiating event」の定義
 - － 損傷炉心の原子炉容器外保持



まとめ

□ SDC/SDGの国際レビューが着実に進展

- 国際機関やSFR開発国の規制関連機関によるコメントは全般的に建設的であり、ワークショップやGIF会合での意見交換により共通理解が促進された。
- SDC/SDG改訂版において国際レビュー反映が予定。

□ 国際レビューにおける研究専門委員会の貢献

- 研究専門委員会において、各国規制機関等によるコメントがタイムリーに紹介された。
- 重要な論点については、委員会での有識者による自由討論を経て意見を整理し、国際的な議論へと反映された。
- 今後開始される「系統別SDGの国際レビュー」においても、国内有識者の意見を適宜整理し、反映してゆくことが重要。