



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

# (1) 第4世代Na冷却高速炉における 安全設計ガイドラインの構築方法

九州大学大学院

守田 幸路



# 発表内容

- 安全設計ガイドライン (SDG)
  - SDG構築の背景
  - SDGの位置づけと検討フロー
- 安全設計ガイドラインの概要
  - 安全アプローチSDGの検討事項
  - SDCとSDGの詳細度の相違
  - SDCからSDGへの展開
- まとめと今後の展開



# 安全設計ガイドライン(SDG)構築の背景

## □ 安全設計クライテリア(SDC)レポート(第1期)

- 2013年5月にGIF政策会合による承認
- 2013年7月～、国際レビュー開始
  - 国際機関、各国規制関連機関

## □ SDC構築過程で認識された必要性

- SDCを実際に設計へ適用する時のガイドライン
- 特定の技術項目に関する検討と共通理解の促進

- 例
- 事故状態の実質的回避(PE)の考え方、系統機器の設計基準
  - 炉心が最大反応度体系にないこと、正のボイド反応度の影響
  - ナトリウム火災に対する総合的な対策(「検査」「検出」「消火」...)など



# 安全階層におけるSDC/SDGの位置づけ

## 安全階層

### 安全原則

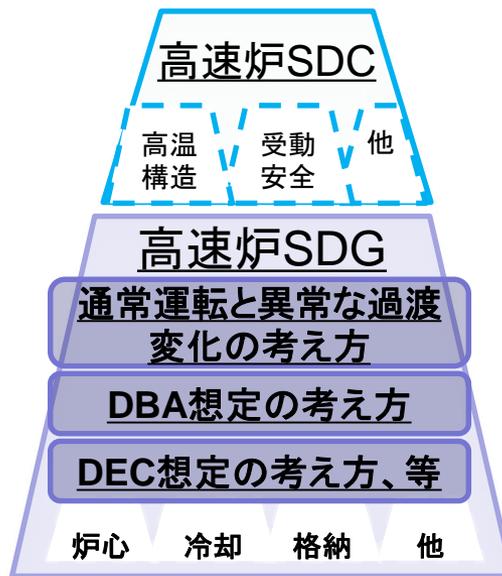
← 原子炉施設に対する基本的な安全原則を記述



GIF安全原則  
・第4世代炉共通の安全原則

### 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



SDC = GIF安全原則を要件化  
・高速炉の一般的な特徴に基づく基本的な要求

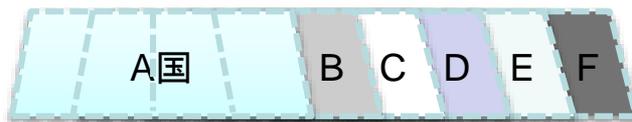
### 安全設計ガイドライン [GIF-SDG]

← 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だが、第4世代SFRとして安全に関する考え方・コンセプトも含むものとなる

SDG = SDCを解説  
SDCで求められる設計要件を具体的に定めるものであり、安全に関する考え方・コンセプト・系統機器の設計条件などを含んだものとなる。

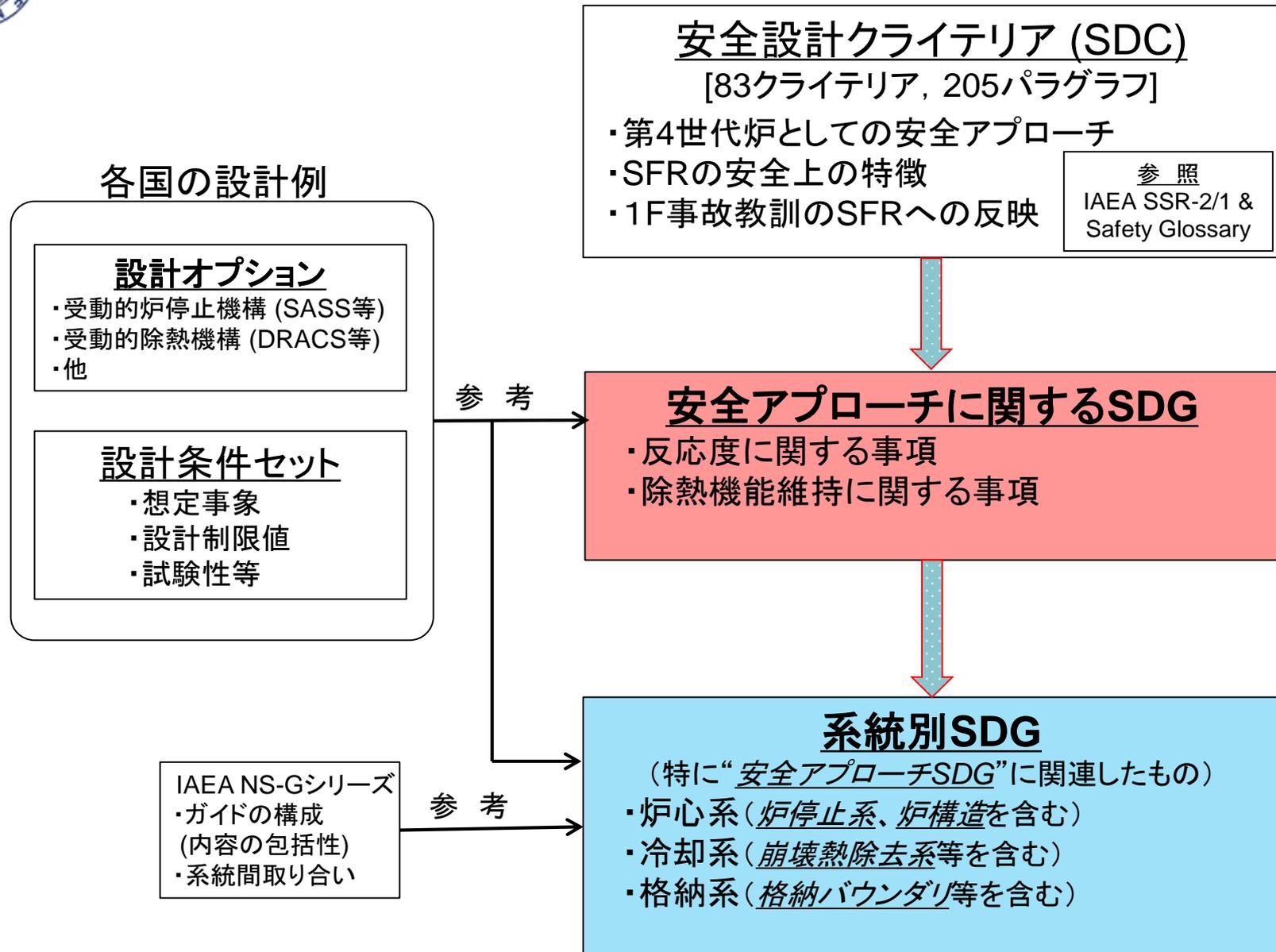
### 技術規格・技術基準

[各国における規格・基準]





# 安全設計ガイドライン(SDG)の検討フロー





# 安全アプローチSDGの検討事項

- 深層防護の考え方
  - リスクに基づくアプローチの取り入れ方(AOO/DBA/DECの発生頻度目標など)
- 設計拡張状態(DEC)に対するガイドライン
  - DEC事象リスト、ATWS系・LOHRS系個別の設計対策、など
- 受動安全活用
  - 受動的/固有特性による炉停止及び受動的崩壊熱除去に関するガイドライン
    - 必要な系統数(多重性)、設計対策の多様性、設計オプションリスト、など
- 実質的排除(PE)
  - PE事象の摘出とリスト、設計例を踏まえたガイドラインの具体化
- 高速炉の安全性に関連した技術的事項
  - 炉心反応度特性・ナトリウムボイド反応度係数が関連する制約事項、など
- 事故管理方策適用に関する具体例とガイドライン
- 外部事象に対するSFRの安全設計の考え方



# SDCとSDGの詳細度の違い (イメージ)

例：原子炉停止系と受動的機構の活用

## □ SDCの詳細度：

2つの独立した原子炉停止系を有すること。設計拡張状態への対応のため、それら2つに対し、受動的な機構／固有安全特性を活用して、多様性を持たせた炉停止機能を有すること。

## □ SDGの詳細度：

「受動的な炉停止機構」が、

- 「どのようなプラント状態で機能しなくてはならないか」
  - 例：炉停止失敗事象(例：ULOF、UTOP)など
- 「どのパラメータが制限を満足しなければならないか」
  - 例：炉心が未臨界、冷却材温度が沸点以下、冷却材バウンダリ温度が制限値以下
- 「なぜそのパラメータを満たせば十分なのか」
  - 例：冷却材バウンダリ温度が制限値以下であれば、炉容器液位と冷却材循環パスが保たれるため、炉心冷却は維持されるので。
- 上記に関する設計上の根拠、信頼性・性能評価の要件、例示等



# SDCからSDGへの展開

例：反応度に関する事項（シビアアクシデントの発生防止と影響緩和）

SDC: 性能要件

SDG: 機能要件及び設計条件セット

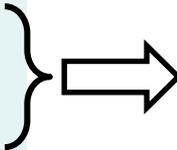
クライテリア20: 設計拡張状態  
パラグラフ 5.31

(a) 動的原子炉停止系の故障に対する追加の原子炉停止対策

(b) 炉心損傷事象進展における大規模な機械エネルギーの放出をもたらす再臨界を回避する緩和対策

(c) 損傷炉心の崩壊熱除去対策

(d) シビアアクシデント状態において、熱的・機械的負荷に耐えられる格納性能



機能要件:

炉心状態が変化した場合に起動すること、  
温態停止状態で未臨界を達成できること  
1次冷却材系バウンダリの健全性を長期に維持できること

設計条件セット:

- ✓ 想定事象:  
ATWS (ULOF, UTOP...),...
- ✓ 制約条件:  
冷却材温度が沸点以下...
- ✓ 検査性／実証性...



“設計選択・オプション”例のリスト

- (1) 受動的機構関連: キューリ点方式、冷却材動圧差式...
- (2) ...



# まとめ

## □ SDG構築の必要性

- 高速炉のより一層の安全性向上
- SDCの解説書、SDC重要項目の定量化/明確化

## □ 国際協力の下でのSDG構築

- 安全アプローチSDG – 2015年前半に承認予定
- 系統別SDG – 2016年内に構築予定
  - 安全アプローチ(「反応度」「除熱機能」に関する事項と系統への機能・性能要求)から出発し、各個別系統の設計条件へ展開。

## □ 原子力学会SDG研究専門委員会

- 日本有識者によるSDGレビューを通じ、学会意見を国際社会へ提案してゆく