

原子力学会 標準委員会 企画セッション

原子力施設の廃止措置の安全の考え方と標準への展開
Safety Fundamentals on Decommissioning of Nuclear Facilities

(1) 廃止措置の安全の考え方

(1) Necessity of optimized safety basis
on decommissioning

2019年3月

東京大学
岡本 孝司

目次

本企画セッションの位置付けと目的

- 原子力施設の廃止措置という段階の特徴を踏まえた安全の考え方及び原子力学会 基盤応用・廃炉技術専門部会 廃止措置分科会がIAEAの安全原則を参照して策定を進めている廃止措置の安全原則について講演を行い、これらについて聴講者から広くご意見をいただくと共に廃止措置の安全について議論を深めていくことを目的とする。

廃止措置の安全上での特徴

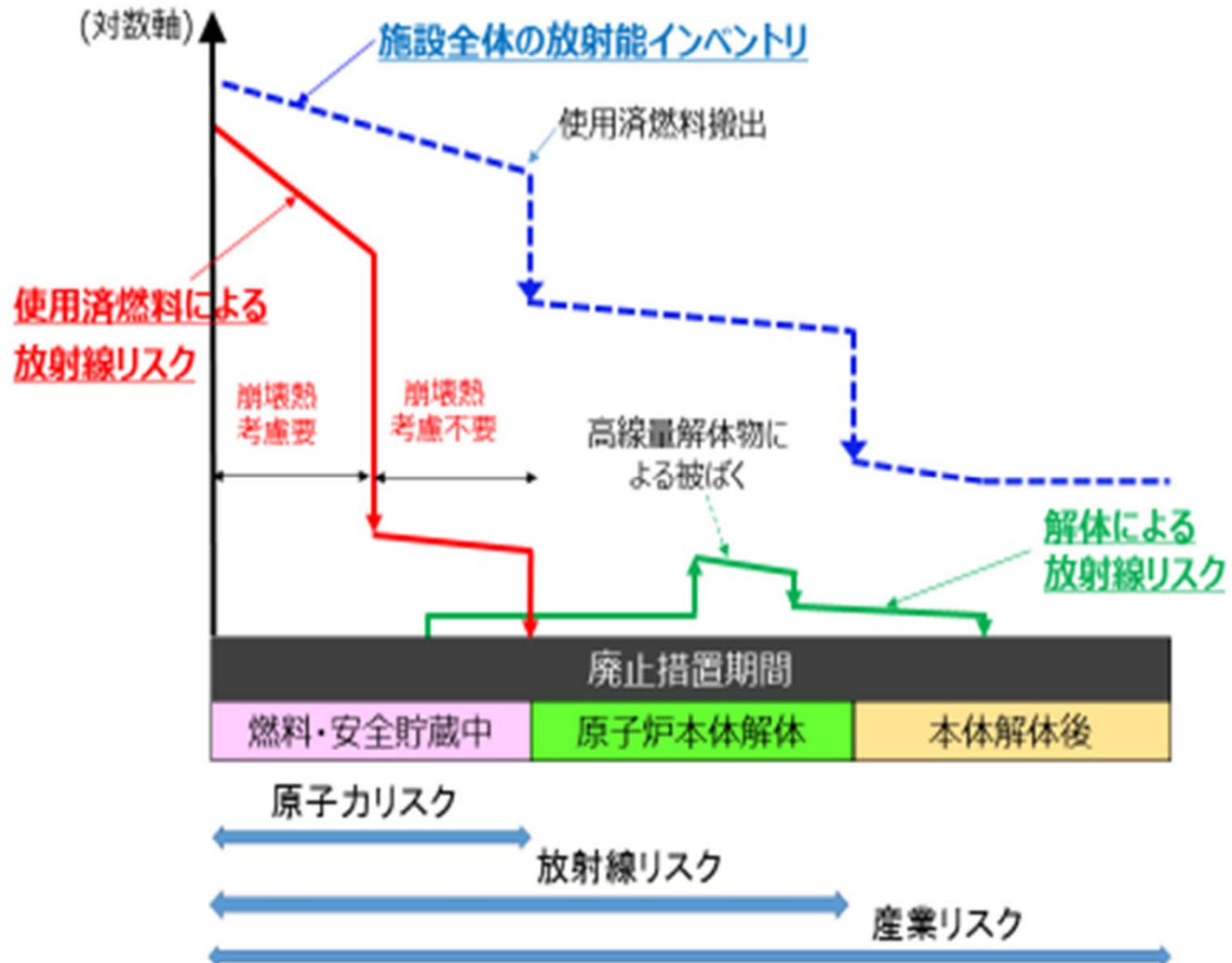
1) 廃止措置の段階に移行した原子力施設は、運転中と異なり静的な状態

2) 施設が使用していた核燃料物質等を廃止措置対象施設外に搬出した後は、放射能インベントリも大幅に減少

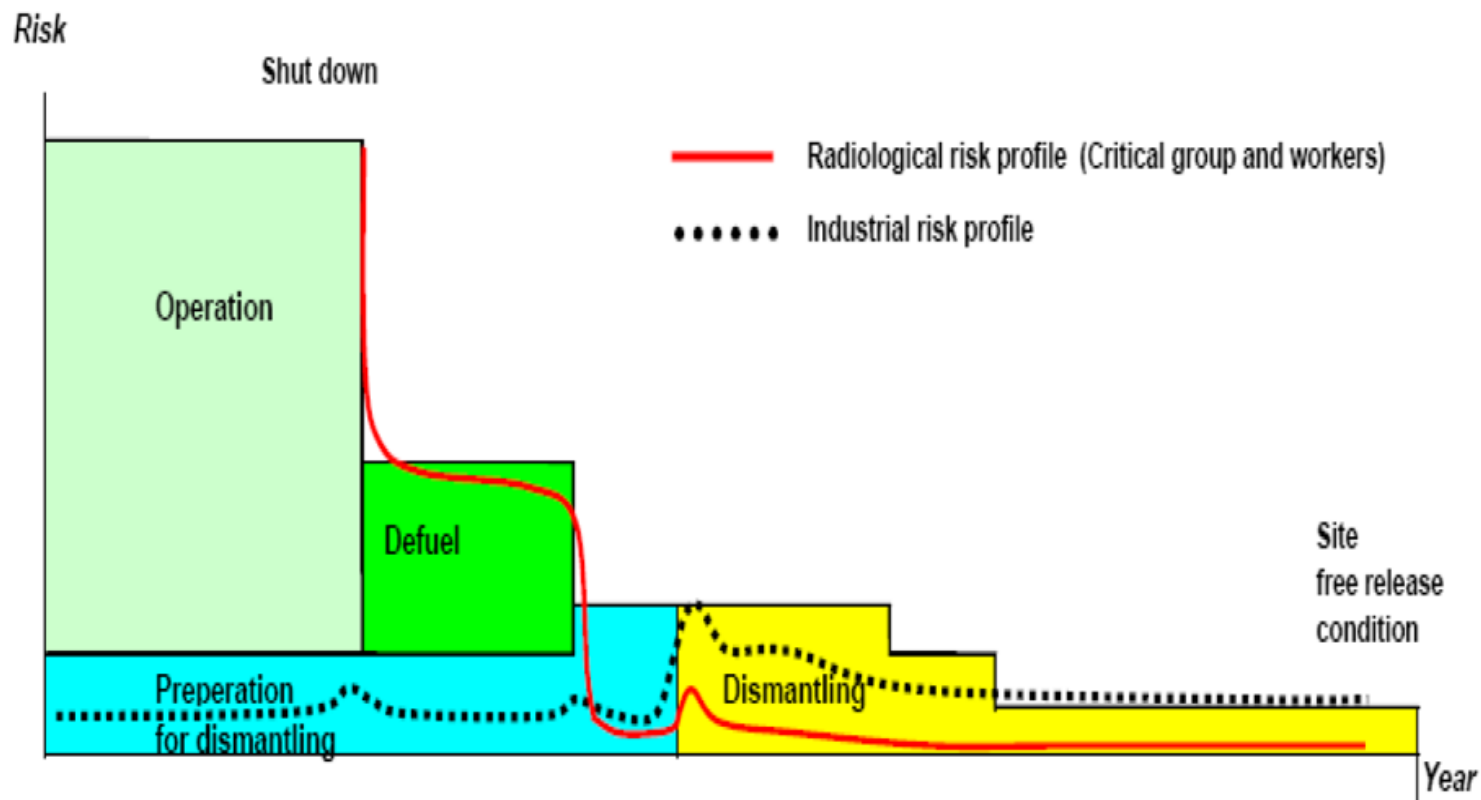
→廃止措置対象施設の原子力安全な状況は運転中とは明らかに異なる。

→対象施設の安全も運転段階のものとは異なる視点に基づいたものでなければならない。

廃止措置対象施設の 放射能インベントリとリスクのイメージ



IAEAが提唱する 廃止措置時の支配的なリスクの変化



Safety Assessment for Decommissioning
IAEA Safety Reports Series No. SRS-77, IAEA(2013)

廃止措置施設の特徴と留意すべき事項

- 廃止措置プラントでは炉心に燃料がないことから、運転中プラントのように、事故を起こすと高温高圧となって放射性物質を大規模に拡散させるような源が無い。廃止措置プラントは、運転中プラントに比べてリスクが格段に低く、かつ廃止措置工事の進捗に伴い、リスクは段階的に低減していく。(全燃料搬出したらRI施設になる)
- 廃止措置/廃棄物処理処分は現存リスクを低減し、最終的には終了させるべきもの。従って、設計/建設や運転/保守と異なり、廃止措置を進める方向の規制とすべき。(現状は運転規制の引き算)
- 廃止措置段階になると、運転中とは守るべき対象が変わる。対象は炉心ではなく、放射性物質となり、必要な機能/性能や重要度が違ってくることに留意。また、作業員の安全確保も重要な観点となる。

IAEAにおけるグレーデッドアプローチに関する規定

(グレーデッドアプローチの定義)

・「許認可取得者が安全を確保するために費やす資源、**規制の適用範囲や厳格さ及びその適用は、放射線リスクの大きさと制御の可能性に見合わなければならない** [IAEA安全原則3.24より]」

(グレーデッドアプローチの対象)

・IAEAの安全原則や一般安全要件によれば、安全評価や安全機能、**検査制度、緊急事態準備対応、廃止措置**、放射性廃棄物管理などが、グレーデッドアプローチの対象として挙げられている。

(グレーデッドアプローチ適用の判断要素)

・IAEAの安全原則や一般安全要件によれば、放射線リスクの発生源の特性、被ばくの可能性及び規模などが、グレーデッドアプローチを適用するための要素として挙げられている。

IAEAにおけるグレーデッドアプローチの適用例

- ・一般安全要件のGSR-7では、緊急事態準備対応について、グレーデッドアプローチが取り入れられている。

- ・具体例として、RI施設は、GSR-7のガイドにあたるGSG-2.1において、被ばくの規模に関連した、放射性物質量の大小に応じて、以下のハザードの区分に係る定量的なグレード分けが示されている。

- カテゴリⅠ：敷地外において重篤な確定的健康影響を生じ得る事象が想定される施設
- カテゴリⅡ：敷地外において緊急防護措置を必要とするような線量を生じ得る事象が想定される施設
- カテゴリⅢ：敷地内の緊急防護措置を必要とするような線量または汚染を生じ得る事象が想定される施設

運転中の原子力発電所は、最も高いカテゴリⅠに、定性的にグレード分けされている。

ハザードの区分に係る指標と判断基準

- ・GSG-2.1のハザードの区分に係る指標と判断基準を下表に示す。

ハザードの区分	予防的&緊急 防護措置準備区域	放散性RI 判断指標
カテゴリⅢ 敷地内の緊急防護措置を必要とするような線量 又は汚染を生じ得る事象が想定される施設	PAZ:なし UPZ:なし	$A/D_2 = 0.01$ ~100
カテゴリⅡ 敷地外において緊急防護措置を必要とするよう な線量を生じ得る事象が想定される施設	PAZ:なし UPZ:0.5km	$A/D_2 = 100$ ~1,000
	PAZ:なし UPZ:0.5~5km	$A/D_2 = 1,000$ ~10,000
カテゴリⅠ 敷地外において重篤な確定的健康影響を生じ 得る事象が想定される施設	PAZ:0.5~3km UPZ:5 ~30km	$A/D_2 = 10,000$ ~100,000
	PAZ:3 ~ 5km UPZ:5 ~30km	$A/D_2 = 100,000$ 以上

A : 緊急事態/事象中に制御できなくなる可能性のある放射性核種の放射能 (TBq = 10^{12} Bq)

D_2 : 被ばくした人が深刻な障害を起こし得る放射性物質の量

(Co60:30TBq,Kr85:2,000TBq,Sr90:1TBq,I131:0.2TBq,Cs137:20TBq など)

PAZ: 予防的防護措置を準備する区域

UPZ: 緊急時防護措置を準備する区域

2. 廃止措置規制にかかる課題

- 廃止措置が安全かつ円滑に進められるような規制制度にする必要がある。
- そのためのツールとして、グレーデッドアプローチの具体的適用がKey
- 建設～運転中の規制と廃止措置の規制は目的も対象も異なることを理解して制度設計する必要がある。

3. 廃止措置の規制制度と防災対応への提言

基本的考え方

- ・事業者のパフォーマンスに応じて、安全かつ円滑な廃止措置に向けた適切な改善指導を行うような規制制度とすべき。なお、廃止措置段階のPIは放射線安全等に限定。
- ・建設～運転段階の規制制度と廃止措置段階の規制制度を棲み分け・整理する。廃止措置段階の規制はRIの規制制度が参考にできる。
- ・原子力施設全体のリスク指標と判断基準は、防災対応だけでなく、規制制度も参考にできる。
- ・廃止措置施設のハザード区分は、基本的にカテゴリⅡ(使用済燃料がある場合)とカテゴリⅢ(燃料搬出後)に分けられる。
なお、燃料冷却期間や燃料保管量等に応じて個別評価要。

原子炉施設にかかる規制目的と主な規制ツール

	規制目的	主な現行規制ツール
全体	禁止行為の解除手続きとして、設置から廃止終了まで規制対象とする	設置許可
設計/建設	原子炉運転のリスクが顕在しないように、原子炉施設の設計の適切性を確認するとともに、確実な竣工検査を行う。	設置許可 工事計画 使用前検査 技術基準
運転/保守	原子炉運転のリスクが顕在しないように、施設性能が維持されていること及び事業者の保安活動が適切であることを確認する。	保安規定/検査 定期検査 技術基準、炉主任etc
廃止措置	廃止措置が安全かつ円滑に実施される計画であること及びその実施状況を確認する。	廃止措置計画 保安規定/検査 クリアランス確認etc

- 注) ➤ 運転中の設備変更については、設計/建設段階のツールを適用。
- 専ら廃止措置のための設備導入は、設計/建設段階のツールではなく、廃止措置計画で確認。
- 廃止措置中でも、使用済燃料のリスクに応じて、運転/保守のツールを適用。
- 原子炉附属施設単体で見た場合、廃止措置段階でのリスクが下がっていても、規制レベルが変わることがある。

原子炉施設にかかる規制の流れ

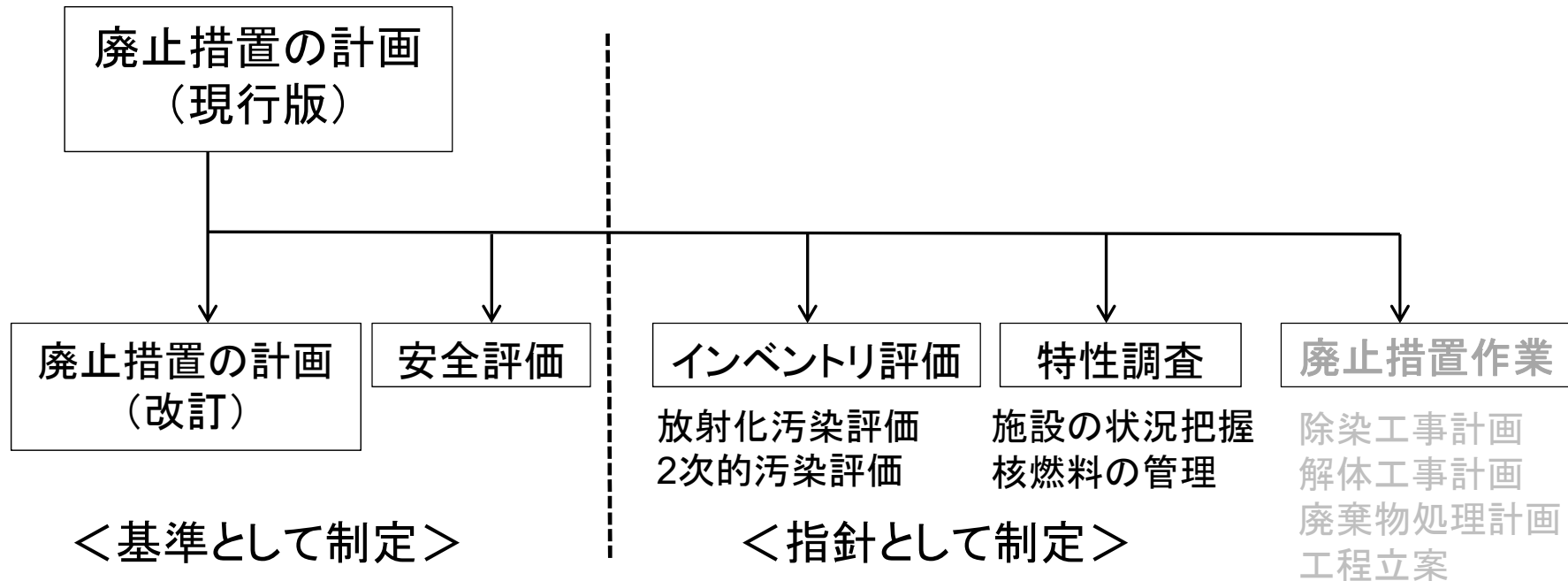
原子炉施設に適用される規制はプラントの状態と共に変化するため、それぞれの段階に適した安全管理を行う必要がある。

設計／建設段階	運転／保守段階	廃止措置段階	
		燃料搬出前	燃料搬出後
	設置許可		
	工事計画認可／使用前検査		原則として変更なし
	定期事業者検査		燃料関係設備の変更には適用される可能性
	技術基準適合		
	保安規定／保安検査		
	炉主任の選任		
			廃止措置計画

廃止措置施設に対する新規制検査制度

	カテゴリーⅡの期間	カテゴリーⅢの期間
原子炉設置許可	設置者の地位は廃止措置完了まで継続するため、許可は有効。但し、廃止措置行為にかかる変更は不要。	
工事計画認可 溶接安全管理検査 使用前検査	左記は設計/建設のための規制ツール。廃止措置のための設備等は原則専ら設備として、廃止措置計画認可の中で規制。	
施設定期検査 定期事業者検査 技術基準適合義務	左記は運転/保守のための規制ツール。使用済燃料に係る施設のみ対象。	同左。但し、燃料搬出後は除外。
保安の措置 保安規定 保安検査	廃止措置の各段階に応じて、内容を漸減。原子炉規制検査の一環で検査。	
廃止措置計画認可 廃止措置実施状況	廃止措置規制の中核として、計画を審査して、原子力規制検査で実施状況を確認。	
クリアランス検認	原子力規制検査の一環で確認実施。	

＜廃止措置関連標準類の拡充＞



- 「廃止措置の計画」は、認可要件に適合する計画書作成のための記載に限定し、技術事項を記載している附属書は基準及び指針として分割を行う。
- 「安全評価」は、平常時及び事故時の安全評価について記載する他、従事者の被ばく及び労働安全についても記載する。
→ 「計画」と「安全評価」は基準として制定し、エンドースを目指す。
- 「インベントリ評価」は、放射化汚染及び2次汚染についてそれぞれガイダンスを制定する。
- 「特性調査」は、施設の状況把握と核燃料の管理についてそれぞれガイダンスを制定する。

- 廃止措置に関連する学会標準の状況 -

発行済標準類

計画段階		実施段階	
実用発電用原子炉施設の廃止措置の計画	基準	原子力施設の廃止措置の実施	指針
研究炉及び核燃料取扱施設の廃止措置の計画	基準	発電用原子炉施設の廃止措置時の耐震安全の考え方	指針

改訂及び新規制定準備中の標準類

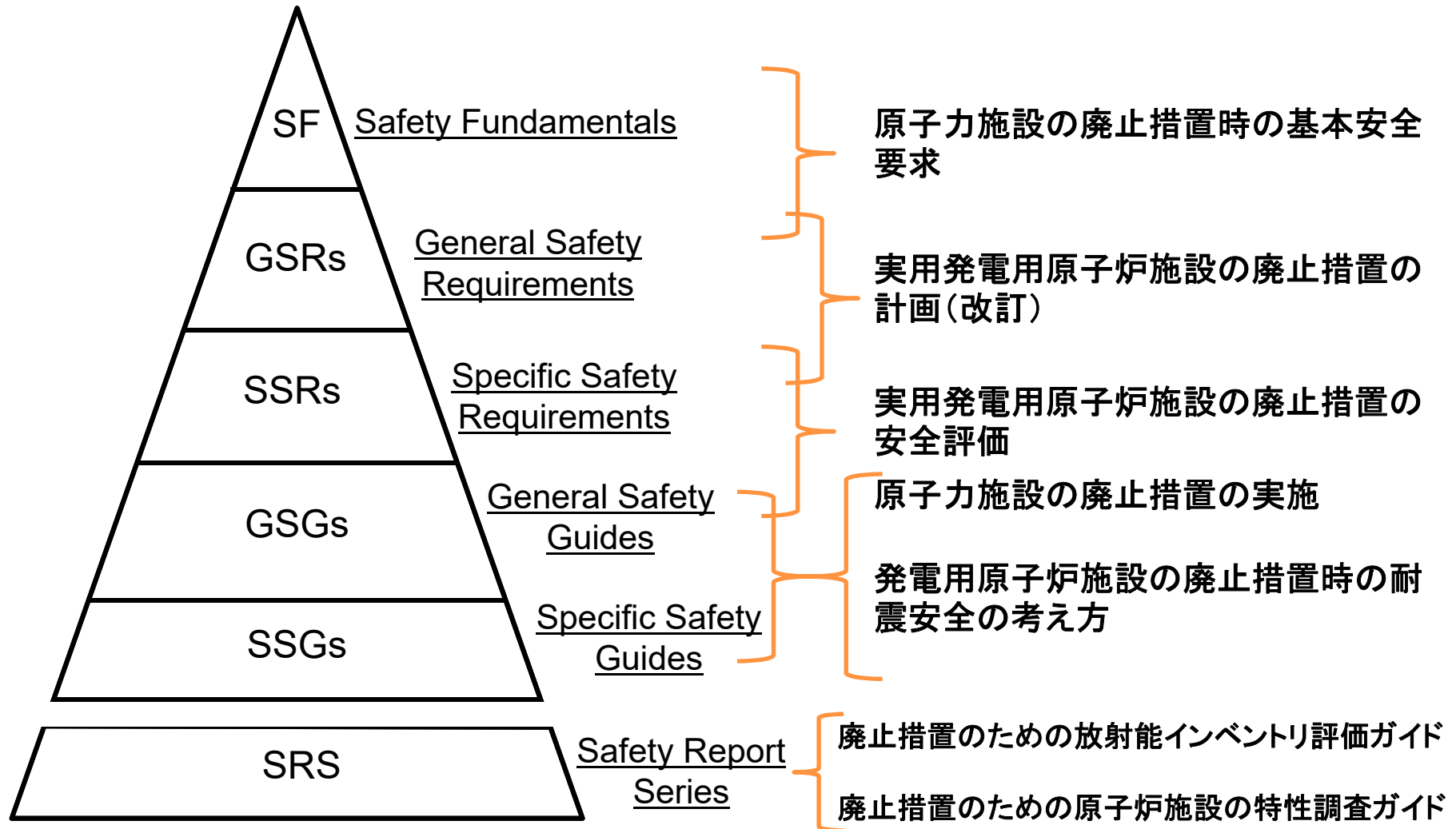
Planning phase	
原子力施設の廃止措置時の基本安全要求	基準
実用発電用原子炉施設の廃止措置の計画(改訂)	基準
実用発電用原子炉施設の廃止措置の安全評価	基準
廃止措置のための放射能インベントリ評価ガイド	指針
廃止措置のための原子炉施設の特性調査ガイド	指針

廃止措置作業と学会標準の関連

廃止措置作業	標準類
廃止措置の全作業 (準備作業から終了まで)	原子力施設の廃止措置時の基本安全要求
廃止措置準備作業	実用発電用原子炉施設の廃止措置の計画(改訂)
廃止措置時の安全評価 (公衆影響評価)	実用発電用原子炉施設の廃止措置の安全評価
放射能インベントリ評価	廃止措置のための放射能インベントリ評価ガイド
廃止措置対象施設の特性調査	廃止措置のための原子炉施設の特性調査ガイド
廃止措置準備作業/廃止措置工事の全般	原子力施設の廃止措置の実施
	発電用原子炉施設の廃止措置時の耐震安全の考え方

3. IAEA、原子力学会の安全要件との関連

- IAEAの安全要求体系と 原子力学会標準との対応付け -



IAEAの安全要求体系

学会標準類の体系

原子力安全

「基本安全目的は、人及び環境を電離放射線の有害な影響から防護することである。」

IAEA Safety Standards No.SF-1(基本安全原則)

人及び環境を防護する本基本安全目的は、放射線リスクを生ずる施設の運転又は活動の実施を過度に制限することなく達成されなければならない。合理的に達成できる安全の最高水準が達成されるように施設が運転され活動が実施されることを確実にするため次の手段が講じられなくてはならない。

- (a) 人の放射線被ばく及び環境への放射性物質の放出を管理すること
- (b) 原子炉の炉心、核連鎖反応、放射性線源またはその他の放射線源に関する制御の喪失に至ると思われる事象の可能性を制限すること。
- (c) そのような事象が発生した場合、その影響を緩和すること。

安全原則

原則1:安全に対する責任

安全のための一義的な責任は、放射線リスクを生じる施設と活動に責任を負う個人または組織が負わなくてはならない。

原則2:政府の役割

独立した規制機関を含む安全のための効果的な法令条及び行政上の枠組みが定められ、維持されなくてはならない。

原則3:安全に対するリーダーシップとマネジメント

放射線リスクに関係する組織並びに放射線リスクを生じる施設と活動では、安全に対する効果的なリーダーシップとマネジメントが確立され、維持されなくてはならない。

原則4:施設と活動の正当化

放射線リスクを生じる施設と活動は、正味の便益をもたらすものでなければなら
ない。

原則5:防護の最適化

合理的に達成できる最高水準の安全を実現するよう防護を最適化しなければならない。

安全原則

原則6: 個人のリスクの制限

放射線リスクを制御するための対策は、いかなる個人も許容できないリスクを負わないことを保証しなければならない。

原則7: 現在及び将来の世代の防護

現在及び将来の人と環境を放射線リスクから防護しなくてはならない。

原則8: 事故の防止

原子力または放射線の事故防止及び緩和するために実行可能なすべての努力を行わなければならない。

原則9: 緊急時の準備と対応

原子力または放射線の異常事象に対する緊急時の準備と対応のための取り決めを行わなければならない。

原則10: 現存または規制されていない放射線リスクの低減のための防護措置

現存または規制されていない放射線リスクの低減のための防護措置は、正当化され最適化されなければならない。

施設の廃止措置に対する安全要求 (No.GSR Part 6)

＜人に対する防護と環境に対する防護＞

要求1: 廃止措置における防護と安全確保の最適化

要求2: 廃止措置における段階的対応(段階的管理)
(グレイデッドアプローチ)

→ 廃止措置のあらゆる段階で適用することを規定

要求3: 廃止措置における安全評価 → 基準として独立して制定

＜廃止措置における責任＞

要求4: 廃止措置に対する政府の責任

要求5: 廃止措置における規制当局の役割(責任)

要求6: 廃止措置における許可認可の位置付け(責任)

施設の廃止措置に対する安全要求 (No.GSR Part 6)

<廃止措置におけるマネジメント>

要求7: 廃止措置にたいする総合的なマネジメントシステム
(管理体系) → 廃止措置を安全かつ合理的に計画し実施
するために必須のツールとして位置付ける。

要求8: 廃止措置戦略の選択

→ 廃止措置に投入する経営資源に係る考え方

<廃止措置の経済的(資金)基盤>

要求9: 廃止措置の資金計画

<施設寿命期間を通じた廃止措置の計画>

要求10: 廃止措置の計画立案(初期計画)

要求11: 廃止措置の最終計画 → 炉規制法上の「廃止措置計画認可が対応」

施設の廃止措置に対する安全要求 (No.GSR Part 6)

<廃止措置工事の推進>

要求12: 廃止措置の(適正な)推進

要求13: 廃止措置における緊急時対策

要求14: 廃止措置期間中における放射性廃棄物の管理

→ 廃止措置の適正な推進にとって喫緊の課題

* 廃棄物の処分については、原子燃料サイクル専門部会の下で検討

<廃止措置の完了と規制解除>

要求15: 廃止措置の完了(目標)と廃止措置対象施設の規制の解除

→ 「終了要件」については、国内の実情を踏まえ、広く議論が必要

原子力安全の目的と基本原則 (AESJ-SC-TR0005)

<原子力安全の目的>

➤ 原子力安全の目的は、人と環境を、原子力の施設と活動に起因する放射線の有害な影響から防護することである。

(1) カテゴリー1; 責任とマネージメント

(2) カテゴリー2; 人と環境の防護

(3) カテゴリー3; 放射性リスクの源の閉じ込め



「原子力施設の廃止措置時の基本安全要求」

原子力安全の目的と基本原則 (AESJ-SC-TR0005)

(1) カテゴリー1; 責任とマネージメント

- 原則1 安全に対する責務
- 原則2 政府の役割
- 原則3 規制機関の役割
- 原則4 安全に対するリーダーシップとマネージメント
- 原則5 安全文化の醸成

(2) カテゴリー2; 人と環境の防護

- 原則6 原子力の施設と活動の正当性の説明
- 原則7 人と環境へのリスクの抑制とその継続的な取り組み

(3) カテゴリー3; 放射性リスクの源の閉じ込め

- 原則8 事故の発生防止と影響緩和
- 原則9 緊急時の準備と対応
- 原則10 現存する放射線リスク又は規制されていない放射線リスクの低減のための防護措置