

2023年 日本原子力学会 春の年会
標準委員会 規格セッション

グレーデッドアプローチを適用した廃止措置の在り方

(1) 廃止措置におけるグレーデッドアプローチの適用

2023年3月15日

廃止措置分科会
幹事 田中 健一
(一財) エネルギー総合工学研究所

内 容

- 1 グレーデッドアプローチの例
 - (1) 管理区域内の放射能レベル区分設定例
 - (2) NRCの廃止措置対象施設のグループ区分
- 2 廃止措置とは
- 3 廃止措置におけるグレーデッドアプローチ適用の在り方
 - 学会標準 “原子力施設の廃止措置の基本安全基準”の規定
- 4 まとめ

1 グレーデッドアプローチの例

(1) 管理区域内の放射能レベル区分設定例

「発電所の管理区分要領」の記載

1. 保護衣

汚染管理区域内で着用する保護衣の対象品目は、次の通りとする。

- (1) 構内服（労務・安全グループマネージャーが定めるものをいう）
- (2) つなぎ服（青，黄，赤）
- (3) PVAスーツ（透明，赤），フェザースーツ（青，赤）
- (4) 帽子
- (5) 靴下（青，黄，赤）
- (6) 下着（上，下）
- (7) 薄綿手袋
- (8) ゴム手袋
- (9) 靴（短靴，長靴，半長靴）
- (10) マスク（半面マスク，全面マスク，エアラインマスク，送風ファン付フードマスク）
- (11) ヘルメット
- (12) 軍手（必要時のみ）

単位：(Bq/cm³)

区域区分	空气中放射性物質濃度	マスクの着用基準	マスクの種類
区分-B	1 × 10 ⁻⁴	7 × 10 ⁻⁵	半面マスク
区分-C		7 × 10 ⁻⁴	
区分-D	1 × 10 ⁻³	7 × 10 ⁻³	エアラインマスク

※ 送風ファン付きフードマスクの着用でも良い。

別図-1

保護衣の標準装備及び着用区分

	A 区域	B 区域		C 区域	D 区域	一階B, C, D区域への通過衣装備
		B I 区域※1	B II 区域			
つなぎ服	構内服	構内服		※2	※2	
ヘルメット	構内用	構内用				
帽子						
マスク					または	
薄綿手						
ゴム手袋						
軍手 (必要時のみ)						
下着						
くつ下	構内用	靴-1 靴-2 構内用				
靴	構内用			または	または	

※1 B I 区域内における構内用での立ち入りはパトロール及び立会検査・確認作業のみを対象とする。
 ※2 着替えるか、重ね着する。

1 グレーデッドアプローチの例

(2) NRCの廃止措置対象施設のグループ区分

NRC-1757の記載

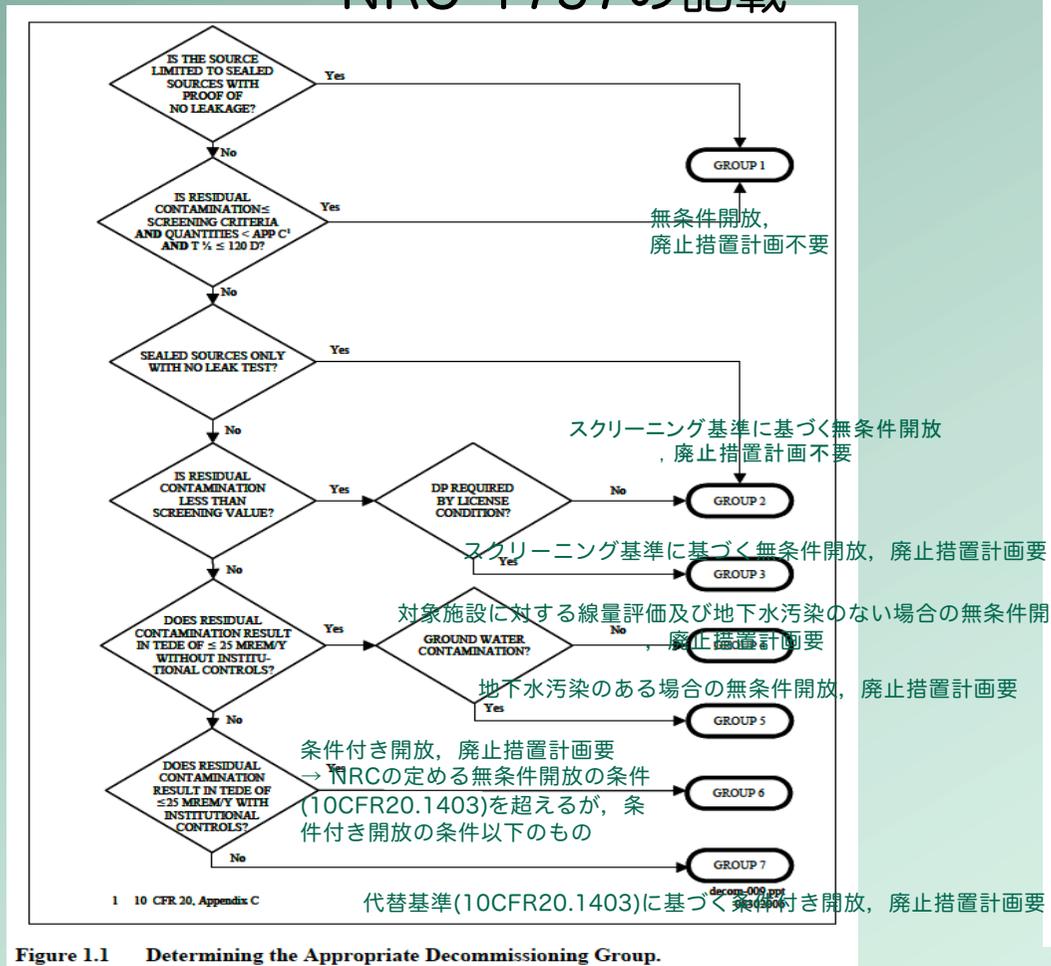


Figure 1.1 Determining the Appropriate Decommissioning Group.

Table 1.1 Description, Examples, and Reference Chapters in this Document for Each Decommissioning Group

Group	Brief Description	Examples	Reference Chapter
1	See Section 8.1 for a complete description. Licensed material was not released into the environment, did not cause the activation of adjacent materials, and did not contaminate work areas.	Licenses who used only sealed sources such as radiographers and irradiators	8
2	See Section 9.1 for a complete description. Licensed material was used in a way that resulted in residual radioactivity on building surfaces and/or soils. The licensee is able to demonstrate that the site meets the screening criteria for unrestricted use.	Licenses who used only quantities of loose radioactive material that they routinely cleaned up (e.g., R&D facilities)	9
3	See Section 10.1 for a complete description. Licensed material was used in a way that could meet the screening criteria, but the license needs to be amended to modify or add procedures to remediate buildings or sites.	Licenses who may have occasionally released radioactivity within NRC limits (e.g., broad scope)	10
4	See Section 11.1 for a complete description. Licensed material was used in a way that resulted in residual radiological contamination of building surfaces or soils, or a combination of both (but not ground water). The licensee demonstrates that the site meets unrestricted use levels derived from site-specific dose modeling.	Licenses whose sites released loose or dissolved radioactive material within NRC limits and may have had some operational occurrences that resulted in releases above NRC limits (e.g., waste processors)	11
5	See Section 12.1 for a complete description. Licensed material was used in a way that resulted in residual radiological contamination of building surfaces, soils, or ground water, or a combination of all three. The licensee demonstrates that the site meets unrestricted use levels derived from site-specific dose modeling.	Licenses whose sites released, stored, or disposed of large amounts of loose or dissolved radioactive material onsite (e.g., fuel cycle facilities)	12
6	See Section 13.1 for a complete description. Licensed material was used in a way that resulted in residual radiological contamination of building surfaces, and/or soils, and possibly ground water. The licensee demonstrates that the site meets restricted use levels derived from site-specific dose modeling.	Licenses whose sites would cause more health and safety or environmental impact than could be justified when cleaning up to the unrestricted release limit (e.g., facilities where large inadvertent release(s) occurred)	13
7	See Section 14.1 for a complete description. Licensed material was used in a way that resulted in residual radiological contamination of building surfaces, and/or soils, and possibly ground water. The licensee demonstrates that the site meets alternate restricted use levels derived from site-specific dose modeling.	Licenses whose sites would cause more health and safety or environmental impact than could be justified when cleaning up to the restricted release limit (e.g., facilities where large inadvertent release(s) occurred)	14

参考：NRC-1757の記載

Table 1.2 Principal Regulatory Features of Decommissioning Groups

	GROUP 1	GROUP 2	GROUP 3	GROUP 4	GROUP 5	GROUP 6	GROUP 7
Description	Sealed source, screening criteria	Screening criteria, no DP	Screening criteria, DP	Site specific, no ground water contamination	Site specific, ground water contamination	Restricted release	Alternate criteria
NEPA Compliance ^a	Categorical Exclusion	EA	EA	EA	EA	EIS	EIS
Licensee Requests Release for Restricted or Unrestricted Use	Unrestricted use	Unrestricted use	Unrestricted use	Unrestricted use	Unrestricted use	Restricted Use	Restricted use
Decommissioning Plan Required	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Decommissioning Plan Review Documentation	N/A	N/A	Letter to the licensee or Safety Evaluation Report	Safety Evaluation Report	Safety Evaluation Report	Safety Evaluation Report	Safety Evaluation Report
Radioactive Material Disposition Documentation	NRC Form 314 or equivalent	NRC Form 314 or equivalent	NRC Form 314 or equivalent	NRC Form 314 or equivalent	NRC Form 314 or equivalent	NRC Form 314 or equivalent	NRC Form 314 or equivalent
Method for Demonstrating Site is Suitable for Release	Survey or demonstration	Survey or demonstration	Survey or demonstration	Site specific	Site specific	Site specific	Site specific
Confirmatory or Side-by Side Survey	Not Customary	Depends on licensee's survey and radioactive material use at facility	Depends on licensee's survey and radioactive material use at facility	Yes	Yes	Yes	Yes
Closeout Inspection	No	As appropriate	As appropriate	Yes	Yes	Yes	Yes
<i>Federal Register</i> Notices used to Inform the Public of Staff Actions	No	Yes-(1) announce FONSI	Yes-(1) announce DP receipt and NRC's intended actions ^b and (2) announce FONSI	Yes-(1) announce DP receipt and NRC's intended actions ^b and (2) announce FONSI	Yes-(1) announce DP receipt and NRC's intended actions ^b and (2) announce FONSI	Yes-(1) announce DP receipt and NRC's intended actions ^b and (2) announce EIS	Yes-(1) announce DP receipt and NRC's intended actions ^b and (2) announce EIS
Documentation Used to Support License Termination	License Amendment	License Amendment	License Amendment	License Amendment	License Amendment	License Amendment	License Amendment

Notes:

This table generally describes the major regulatory features of the different decommissioning groups. It does not describe all of the requirements, NRC staff actions, and licensee actions for each group, nor should it be used to determine the appropriate group. Licensees and NRC staff should refer to the detailed descriptions in each of the chapters of this NUREG report.

a See NUREG-1748 for detailed guidance.

b The *Federal Register* notice of license amendment for DP receipt provides opportunity for a hearing and opportunity for comment.

2 廃止措置とは

<定義：法令上の定義>

廃止措置とは「原子力施設内に残存している放射性物質による周辺公衆への放射線被ばくのリスクを安全で合理的なレベルまで低減する行為」であり、その行為を法律では次のとおり定義されている。

炉規制法 第43条の3の2（原子炉の廃止に伴う措置）第1項

原子炉設置者は、原子炉を廃止しようとするときは、

原子炉施設の解体

その保有する核燃料物質の譲渡し

核燃料物質による汚染の除去

核燃料物質によって汚染された物の廃棄

その他の主務省令で定める措置

を講じなければならない。

2 廃止措置とは

<IAEAの定義>

The term ‘decommissioning’ refers to the administrative and technical actions taken to allow the removal of some or all of the regulatory controls from a facility

<対訳>

廃止措置とは、当該の原子力施設において規制上の枠組み（管理）の一部又は全てを解除するための手続き上及び技術上の一連の活動をいう



“放射線被ばくのリスクを安全で合理的なレベルまで低減”したことを法令の定めるところに従い“規制当局”が認めることで上記が達成される

2 廃止措置とは

<廃止措置の特徴>

(1) 事業の特徴

- ① 廃止措置という事業はそれ自身では要する費用をそれ自身で回収することはできない
→安全対策に投入する資源の適正化を図り、廃止措置の合理化を目指す
- ② 作業の進捗に伴い施設の状態が変化し、それによってリスクの状況が変化
→変化にも対応して、投入する資源の適正化を行う



安全上の重要度に応じた資源の投入及び配分を可能にし、
より一層の安全性を達成することを可能にする
“グレーデッドアプローチの適用”

2 廃止措置とは

<廃止措置の特徴>

(2) 行為の特徴

廃止措置という行為：

廃止措置対象施設に残存している放射性物質の除去することで、
公衆の放射線被ばくのリスクを合理的に可能なレベルまで低減し、
規制の枠組みから解除することである



廃止措置は、“リスクが存在する”という負の状態を解消していくものであり、
それだけで正味の便益を生むものではない



原子力施設のリスクを減じていくものであり、負の状態をゼロに近づけていくものであるといえる



このようなリスクと便益の関係は合理的に可能な限り短い年限で解消されるべきである

2 廃止措置とは

<廃止措置の特徴>

(3) 安全確保の考え

- 運転の段階の安全の原則：“止める，冷やす，閉じ込める”
- 廃止措置の段階：“閉じ込める”だけが必要となる
(使用済燃料が施設にある間は，冷却のための“冷やす”が必要になるが，運転中とは全く異なる)



廃止措置の段階にある原子力施設は，“放射性物質の塊”とみなしてその安全を考えることが適当



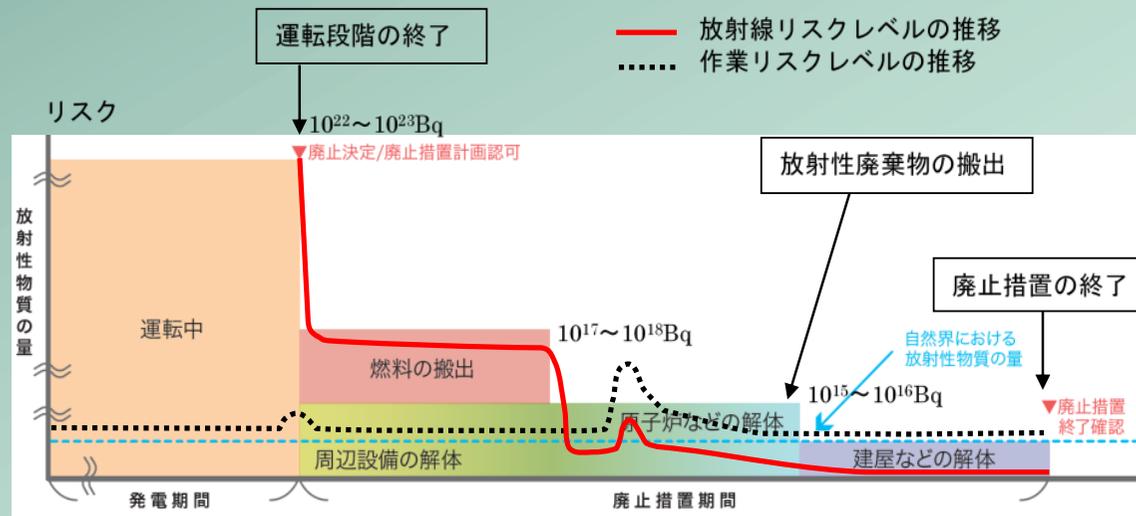
同じ原子力施設であっても，運転の段階と廃止措置の段階では，
“全くの別物”として捉え，廃止措置に特有の考え方に基づいて安全に配慮すべき



“グレーデッドアプローチの適用”

2 廃止措置とは

参考 周辺公衆及び作業従事者の放射線被ばくの観点での比較



廃止措置の進捗に伴うリスクレベルの変化のイメージ（原子力発電所の場合）

- 放射線被ばくのリスクは、核燃料の搬出後、廃止措置の進捗に伴い漸減していく
- 廃止措置の作業に伴い、放射線被ばくのリスクが一時的に増加する場合がある（例えば、施設の解体を実施する際に粒子状の放射性物質が環境へ放出される可能性があることから、放射線被ばくのリスクが一時的に変動する場合がある）。
- 廃止措置の進捗に伴い、放射性廃棄物が搬出され、放射線被ばくのリスクレベルは廃止措置の終了に至るまで徐々に低下する。

2 廃止措置とは

参考：「通常炉の廃止措置とは」

種々の理由により運転を終了した発電所であって、次の条件を満たす発電所の解体及び解体によって発生した廃棄物の処理などの一連の事業を通常炉の廃止措置とよぶ

- ① 核燃料を通常の手順で原子炉から取り出し可能であり、かつ、通常の手順で施設から使用済燃料を搬出可能な状態であること
- ② 発電所の運転終了時点における状態を、建設時の情報、運転中の記録、施設の修繕、改造、改築の記録などから把握することが可能であること
- ③ 運転終了時点で、施設解体の順序、工事工法及び工程並びに工事によって発生する廃棄物量の見積りなど、一連の事業に係る計画を立案することが可能であること

3 廃止措置におけるグレーデッドアプローチ適用の在り方

参考：グレーデッドアプローチ（Graded Approach）

➤ IAEA Safety Glossary(IAEA安全用語集)

1. For a system of control, such as a regulatory system or a safety system, a process or method in which the stringency of the control measures and conditions to be applied is commensurate, to the extent practicable, with the likelihood and possible consequences of, and the level of risk associated with, a loss of control.

意識

グレーデッドアプローチとは、規制体系又は安全管理体系というような管理のシステム（仕組み）に対して適用されるものである

グレーデッドアプローチは、このような管理のシステムにおいて設定されているプロセス又は方法において、そこで設定されている運用上の処置及び適用される条件が、実行可能な範囲で次の事項に見合うものであることを求めるものである

- 予め計画され、適用されている管理の処置に機能が喪失してしまう状況又は設定されている条件を逸脱するような状況が発生する可能性の大きさ及びその状況が発生したことによりもたらされると想定される結果、すなわち、管理状態の喪失に起因するリスクのレベル

3 廃止措置におけるグレーデッドアプローチ適用の在り方

(1) IAEA 廃止措置の安全要求
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



“最適化”と過度の安全対策とは別物

要求2：廃止措置におけるグレーデッドアプローチの適用

→ 廃止措置のあらゆる段階で適用することを要求



要求3：廃止措置における安全評価

“最適化”された安全対策が
必要十分であることを確認する

3 廃止措置におけるグレーデッドアプローチ適用の在り方

参考：グレーデッドアプローチ（Graded Approach）

➤ IAEA SF-1 Graded Approachとは

「事業者が安全を確保するために費やす資源，規制の適用範囲及び/又は厳格さ並びにその適用は，放射線リスクの大きさと制御の可容易性に見合わなければならない」

Fundamental Safety Principles, IAEA Safety Standards Series No. SF-1, IAEA (2006)

➤ IAEA GSR Part.6

要件2：廃止措置におけるグレーデッドアプローチ

廃止措置のあらゆる側面に対して，グレーデッドアプローチが適用されなければならない。どのような施設の廃止措置についても，グレーデッドアプローチの適用によって，範囲や詳細さの程度が，廃止措置により生じ得る放射線リスクの大きさに見合ったものとならなければならない

2.4. 廃止措置計画及びその裏付け文書（安全評価を含む）における情報の種類及び詳細さの程度は，施設の種類，規模，複雑さ，状態及びその存続期間における段階に見合っていないなければならない。また，施設の廃止措置に伴うハザードにも見合っていないなければならない

3 廃止措置におけるグレーデッドアプローチ適用の在り方

(2) 原子力学会 原子力施設の廃止措置の基本安全基準

廃止措置安全の目的

人と環境を、廃止措置対象施設と廃止措置の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

基本安全基準の概要

- 14項目の基本安全要件から構成される。
- 廃止措置における安全の3要件
 - 放射線の防護と安全
 - グレーデッドアプローチの適用
 - 安全評価
- 事業者及び規制機関の役割及び責任の明確化並びに説明責任の重要性
- 事業者及び規制機関において、組織の全体にわたる安全を最優先とする組織文化（安全文化）を浸透すること並びにリーダーシップとマネジメントの重要性
- 廃止措置に係る施設と活動に対するリスク抑制及びその継続的取り組み、並びに廃止措置の完遂の重要性

3 廃止措置におけるグレーデッドアプローチ適用の在り方

(2) 原子力学会 原子力施設の廃止措置の基本安全基準

5.4 グレーデッドアプローチ

グレーデッドアプローチの適用：

- 廃止措置の計画，実施及び終了の全ての時点における全ての局面に対して適用する
- 状況に応じた効果的な施策を講じて廃止措置を遂行する

<適用にあたり考慮すべき事項>

- 廃止措置対象施設の特性（施設に起因するリスク）
- 廃止措置作業に伴うリスクの程度



グレーデッドアプローチの適用により，安全上重要なところに効率的，効果的に資源を投入することが可能となり，廃止措置実施時，終了時及び終了後の安全が確保される。

3 廃止措置におけるグレーデッドアプローチ適用の在り方

グレーデッドアプローチ適用の前提

廃止措置対象施設及び廃止措置の行為におけるリスクを

- どの時点で
- どこに,
- どのようなものが, どれくらい,
- どのような状態

で存在するかを適切に把握するする事が
適正なグレーデッドアプローチの適用に必須の事項

適切に把握：評価の信頼性＋評価の不確かさの程度

3 廃止措置におけるグレーデッドアプローチ適用の在り方

グレーデッドアプローチの前提：放射線リスクの三つの要素

1. その放射線の源となる放射能の特性

- ✓ 物理的及び化学的な側面において、放散しやすいか、しにくいかを指す
- ✓ 放散しやすいければ、施設からの屋外放出に至りやすく、しにくければ屋外放出に至りづらい

2. その放射線による被ばくの規模

- ✓ 被ばくの規模は、その放射線の源である放射能、すなわち、放射性物質の量と、核種ごとに比例関係にある

3. その放射線による被ばくの可能性

- ✓ リスクに対して講じられる安全対策の信頼性に関わる すなわち、安全対策の信頼性が高ければ、被ばくの可能性は低く、安全対策の信頼性が低ければ、被ばくの可能性は高いこととなる

3 廃止措置におけるグレーデッドアプローチ適用の在り方

グレーデッドアプローチ適用の裏付け

- 効果的なマネジメントを達成する有効な手段の一つとして「グレーデッドアプローチ」が考えられる。これにより安全確保上重要な項目に資源を集中させることができる
- 全体を考えず個々のゼロディフェクトを求めることはリソースのアンバランスな配分に繋がり、結果として安全性の阻害要因となり得ることに留意すべきである

3 廃止措置におけるグレーデッドアプローチ適用の在り方

グレーデッドアプローチの適用に当たり事前に実施しておく事項 (1/3)

- 多様な廃止措置対象施設に対して、グレーデッドアプローチの適用を対象とする設備、機器及び/又は建造物の範囲（対象範囲）を明確にしていること
- 事業者は、自らが廃止措置の対象とする施設に対して、次の特徴を正確に把握する。
 - － 廃止措置の対象施設の目的及び規模
 - － 施設に残存する核燃料物質等及び/又は放射性物質の種類、性状及び量
 - － 設備及び機器の配置並びに構造上の複雑さ
 - － 運転又は操業の履歴及び記録の保存状況の違い

3 廃止措置におけるグレーデッドアプローチ適用の在り方

グレーデッドアプローチの適用に当たり事前に実施しておく事項 (2/3)

- 多岐にわたる廃止措置の作業に対して、グレーデッドアプローチの適用の対象とする作業の種類及び内容を明確にしていること
- 多岐にわたる廃止措置の作業において、多数存在する工法及び必要な安全対策の選択肢の中から、廃止措置を行おうとする場合の外的要因及び内的要因を考慮して最適な選択をしなければならない

<外的要因>

外的要因の例として次の事項が挙げられる

- ー 廃止措置に関わる法令、規制の枠組み及び政府の政策
- ー 廃止措置の対象施設の地形、水理条件、気象条件など
- ー 廃止措置の対象施設の周辺公衆の居住の状況（住民数、男女別住民数、世代別住民数等）
- ー 廃止措置の対象施設の周辺の土地の利用状況（農地の作付け状況、かんがい（灌漑）利用等）
- ー 廃止措置の対象施設の立地地域におけるステークホルダーとの関係（行政の状況、産業界の状況及び地域住民のコミュニティの状況）

3 廃止措置におけるグレーデッドアプローチ適用の在り方

グレーデッドアプローチの適用に当たり事前に実施しておく事項 (2/3)

<内的要因>

内的要因の例として次の事項が挙げられる。

- － 廃止措置の対象施設の立地地域におけるステークホルダーとの関係
行政の状況、産業界の状況及び地域住民のコミュニティの状況
- － 廃止措置対象施設は、通常の手順で停止したものであるか、異常事象又は事故を経て停止したものであるか
- － 廃止措置対象施設は、運転期間中及び運転終了後に十分な維持管理が行われていない状態が長く続いた後のものであるか
- － 実施しようとしている廃止措置の作業は、当該施設又は他の類似施設で実績を有するか、又は、新規なものであるか
- － 廃止措置対象施設について、明確に状況を把握できないことに起因する対象範囲の状態に対する情報の不確かさは存在するか。例としては、建物又は構造物の経年劣化が、施設のもつ工学的な安全対策に与える影響などがある
- － 対象範囲の特徴を考慮した事象の発生のしやすさ及びそれらを緩和できなかった場合の結果を評価し、必要な施策を考慮したか（地震に起因する事象、洪水及び近隣の施設からの影響又は依存性）
- － 事象／事故シーケンスの起因事象の存在及び種類
（人的過誤、火事、溢水、重量物の落下、建物の倒壊又は損壊、化学反応及び異常な高温）

3 廃止措置におけるグレーデッドアプローチ適用の在り方

グレーデッドアプローチの適用に当たり事前に実施しておく事項 (3/3)

- ▶ グレーデッドアプローチの適用においては、一意に定めた（適用において解釈の違いが発生しない）定量的及び／又は定性的に設定された判断基準によってグレード（区分）が設定され、区分ごとに安全要求及び／又は安全基準の遵守に対して必要な対策が示されていること

- ▶ グレード（区分）ごとに必要な施策は次のとおり設定する
 - ー 最もリスクの低いグレードに対する対策を決定する

 - ー 採るべき対策の判断を行おうとするグレードと最もリスクの低いグレードとのリスクの差分を判定する

 - ー グレード間のリスクの差分を考慮し、追加すべき対策を決定していく

定性的な判断基準は、そのグレードに求められる必要十分条件が異なる解釈の余地のないように定められていなくてはならない

3 廃止措置におけるグレーデッドアプローチ適用の在り方

廃止措置の作業が進捗した場合に実施しておく事項

- グレーデッドアプローチの適用は、廃止措置の期間のある一断面だけで適用するのではなく、時間的な変化に対しても適正な期間的“段階”を設定して、各段階で見直しを行いながら適用していく
- 廃止措置の進捗に伴い変化することから、グレーデッドアプローチの適用では、進捗に伴い変化するそれぞれの段階において施設の状況及び実施される作業に対して判断を行い、その判断に適合した適用を図らなければならない。判断では、次の事項を考慮しなくてはならない
 - ー 廃止措置における解体工事の進捗に伴い施設の構造上の変化（構造上の複雑さの減少）
 - ー 放射性物質で汚染したものの撤去又は除染の実施による施設内に残存する放射性物質の減少（これに加え、放射性物質はその半減期により時間の経過（経年）でも減少していく）