

標準委員会セッション

グレーデッドアプローチを適用した廃止措置の在り方

How the graded approach should be applied to decommissioning

(1) 廃止措置におけるグレーデッドアプローチの考え方の適用

(1) Application of the graded approach in decommissioning

*田中 健一¹¹ (一財) エネルギー総合工学研究所

1. はじめに

廃止措置の安全に関わる基本的な安全要求を示す学会標準“原子力施設の廃止措置の基本安全基準：20XX(基本安全基準)AESJ-SC-XXXX：20XX[1]”から、廃止措置の活動（計画、実施及び終了）に対してグレーデッドアプローチを適用する際の要求事項、適用の手順及び留意点並びに適用に先立ち実施すべき事項について解説を行う。

2. 廃止措置におけるグレーデッドアプローチとは

基本安全基準では、廃止措置におけるグレーデッドアプローチの考え方の適用について次のように規定している。

5.4 グレーデッドアプローチ

廃止措置に関わる全ての者は、グレーデッドアプローチの考え方にに基づき、廃止措置の計画、実施及び終了の全ての段階における全ての局面に対して、廃止措置対象施設の特性及び廃止措置作業に伴うリスクの程度を考慮して、状況に応じた効果的な施策を講じて廃止措置を遂行しなければならない。

廃止措置におけるグレーデッドアプローチの考え方の適用の重要性はIAEAが発行する一般安全要求(GSR Part6) [2]にも次の要求が示されている。

Requirement 2: Graded approach in decommissioning

A graded approach shall be applied in all aspects of decommissioning in determining the scope and level of detail for any particular facility, consistent with the magnitude of the possible radiation risks arising from the decommissioning.

(意訳) 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考え方の適用によって、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。

なお、適用にあたっては次の要求がある。

2.4. The type of information and the level of detail in the decommissioning plans and supporting documents, including the safety assessments, shall commensurate with the type, scale, complexity, status and stage in the lifetime of the facility and with the hazards associated with the decommissioning of the facility.

(意訳) 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

*Ken-ichi Tanaka¹

¹The Institute of Applied Energy (IAE)

IAEAは、廃止措置の安全確保、すなわち、放射線防護の要求事項の1つとしてグレーデッドアプローチの考え方の適用を提唱している。IAEAは、廃止措置の安全確保にはグレーデッドアプローチの考え方の適用が必須であると主張しているのである。グレーデッドアプローチは、規制のあり方として以前より提唱されていた考え方であり、国内外でバックエンド分野の重要性が増すとともに、ここ数年注目されてきた考え方である。

この考え方は、用語名の普及ほどその意味することが正しく普及しているとは言い難い現状がある。グレーデッドアプローチという語は、今般廃止措置に限らず原子力の種々な局面で用いられるようになっているが、この語の用いられ方はともすれば曖昧なものとなっている。この考え方が国内に持ち込まれてきた際に割り当てられた“段階的な対応”という訳語のために適用に関わる解釈が曖昧になり、“リスクに応じた規制”という説明とともに、ともすれば“規制の緩和”という文脈で用いられることが多い。しかしながら“緩和”という考えは、この考え方とは全く逆の方向性を意味するである

では、グレーデッドアプローチとはどのようなものであり、どのように適用していくべきであるか、IAEA安全用語集（IAEA Safety Glossary[3]）における定義は、この理解の一助となる。用語の定義は次の通りである。

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.

（意訳）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

以上を踏まえ、次章以降に廃止措置におけるグレーデッドアプローチの考え方の適用について解説する。

3. 廃止措置におけるグレーデッドアプローチの考え方の適用

3-1. 廃止措置におけるグレーデッドアプローチの考え方の適用の基本的考え方

グレーデッドアプローチは、リスクの程度に応じて投入する資源の最適化を実現するための有効な手段である。グレーデッドアプローチの考え方の適用に当たっては、信頼性の高い判断材料並びに科学的及び工学的に合理的に設定された判定値に基づく透明性の確保が求められる。信頼性の高い判断材料とは、廃止措置の計画の準備段階において実施する施設の特性調査及び放射能インベントリ評価の結果とそれに基づく安全評価によって得られるものである。

IAEA GSR Part. 6 の2章“人の防護及び環境の防護”の中にグレーデッドアプローチの考え方の適用に関わる要求事項が定められている。なぜここに記述されているかということは、次のとおりであると解釈できる。

ICRP の発行物は、放射線防護に関わる要求事項を示しているのであるが、ICRP Publication 101[4] Part 2 の f 項に示される放射線防護の最適化のプロセスにグレーデッドアプローチの考え方の適用が盛り込まれている。その部分を以下に引用する。

f 項 “被ばくのレベルと含まれる複雑さを考慮するために、ある段階的なアプローチが必要である。”

IAEA GSR Part. 6 の2章“人の防護及び環境の防護”の2番目の要求事項として、グレーデッドアプローチの考え方の適用を求めていることは、グレーデッドアプローチを適用することで、“人の防護及び環境の防護”の最適化を図ることで、効率的で効果的な廃止措置を実現し、放射線防護の最適化を実現することを要求し

ているものである。

ただし、廃止措置の安全かつ合理的な遂行には、放射線防護だけでなく、それに関連する対象施設の特性の調査、放射能インベントリ評価及び作業計画の立案という作業においてもグレーデッドアプローチの考え方の適用が不可欠であるといえる。

3-2. 廃止措置対象施設の特性

廃止措置の対象となる施設の特性とは、廃止措置の準備作業で実施される施設の特性調査及び放射能インベントリ評価から得られる情報における対象施設の種類、規模及び複雑さのことをいう。ここでいう複雑さには次のものがある。

ー 廃止措置の対象施設の構造及び／又は設置上の複雑さ

廃止措置対象施設の状況把握及びそれに対する作業の作業量は、施設の構造上及び／又は設置上の状況に依存する。

ー 放射線被ばくに対する安全対策を行う上での複雑さ

放射線防護の対策及び廃止措置作業で発生する放射性廃棄物の処理作業における安全対策は、その施設に残存する放射性物質の種類、性状及び放射エネルギーの状況に依存する。

なお、廃止措置作業に伴う放射線被ばくのリスクは、廃止措置の作業で採用する方法による放射性物質の飛散の程度等に依存する。

3-3. 廃止措置におけるグレーデッドアプローチの考え方の適用に当たり事前に実施しておく事項

廃止措置の全般にわたり、グレーデッドアプローチを適用する場合に実施しておくべき事項として次がある。

a) 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考え方の適用を対象とする設備、機器及び／又は構造物の範囲（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。

- ー 廃止措置の対象施設の目的及び規模
- ー 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
- ー 設備及び機器の配置並びに構造上の複雑さ
- ー 運転又は操業の履歴及び記録の保存状況の違い

なお、ここでいう保存状況とは、記録媒体（紙、アナログ記録媒体及びデジタル記録媒体）、保存場所、保存期間及び記録の保存を行う組織をいう。

b) 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考え方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。考慮すべき外的要因及び内的要因は次のとおりである。

1) 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）

2) 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)
- c) 明確に定義された範囲において放射線被ばくの原因となる次の事項に配慮し安全評価の詳細さを最適化して評価を行うこと。
- － 放射性物質の所在及び量
 - － 放射線被ばくの経路(被ばくシナリオ)
 - － 定義された範囲で実施される作業の複雑さ
- d) 安全評価の実施に当たっては、次の事項を確実にしていること。
- － 対象範囲及び作業の種類及び内容から、起こり得る起因事象が設定されていること。
 - － 設定された起因事象の妥当性は、類似の範囲及び作業の種類及び内容における起因事象と比較して検証されていること。
 - － 類似の範囲及び作業の種類並びに内容における起因事象からリスクの顕在化に至るシナリオを参考にして、その範囲、作業の種類、その作業内容における事象、事象に至るシナリオ及び事象の影響が設定されていること。
 - － 一般にリスクは事象が与える影響の大きさと事象の発生頻度(発生確率)で定義されるが、廃止措置においては発生頻度を定量的に設定することは必ずしも可能ではない。このような場合は、類似した事象を参照するなどして設定をしなくてはならない。このような類似した事象を採用した場合には、参照の根拠及び採用の判断について合理的な説明がされていること。
- e) 実施された安全評価の結果の信頼性が検証されていること、ただし、安全評価の結果に求められる信頼性の程度は、作業の複雑さ及び結果が与える影響の大きさに見合ったものであること。
- f) グレーデッドアプローチの考え方の適用においては、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。
- － 最もリスクの低いグレードに対する対策を決定する。
 - － 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。
 - － 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。
- なお、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。
- g) グレードの設定及びグレードごとの対策は、文書化されており、作業における対策の実装の判断が検証可能であること。

3-4. 廃止措置におけるグレーデッドアプローチの考え方の適用に関わる要求事項

廃止措置におけるグレーデッドアプローチの考え方の適用では、いかなる廃止措置の局面においても、安全に対して妥協するということがあってはならない。“妥協することがあってはならない”とは、多様な廃止措置対象施設及び多岐にわたる廃止措置の活動に対するグレーデッドアプローチの考え方の適用において、次の条件を満たしていることをいう。

a) 関連する全ての安全要求及び安全基準を確実な遵守の下で適用すること。

ここでいう安全要求とは、この標準に規定されている内容のうち、グレーデッドアプローチを適用しようとしている事項に関連するものを指す。安全基準は、グレーデッドアプローチを適用しようとしている事項に対して適用される法令に定められた基準値又はその他の判断基準等（IAEAの安全要求等）を指す。

b) 廃止措置対象とする施設及び作業の放射線被ばくリスク（以下、この附属書では放射線被ばくのリスクを“リスク”と省略して表記する。）がどのようなものであるかを明確に把握していること。

c) そのリスクが及ぶ対象範囲及び活動の内容を明確に把握していること。

d) そのリスクの評価を行う場合における評価作業の詳細さの程度は、そのリスク及びそれによって引き起こされる結果に見合ったものであること。

e) b)からd)までで取り扱うリスクに関する内容に関わる説明が文書化されていること。

また、グレーデッドアプローチの考え方の適用においては、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が求められる。

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。

なお、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。

4. 終わりに

グレーデッドアプローチの考え方の適用では、廃止措置の対象施設に対して精緻な調査（対象に対する詳細な事実の把握）を行い、厳密に適用範囲、適用の基準及びその対策を設定が必須なのである。グレーデッドアプローチの考え方の適用は、このような精緻な作業の下に可能になるものである。このような条件の下での適用は、合理的な資源の投入及び廃止措置の活動自体の簡略化を可能にし、合理的な廃止措置を実現する。グレーデッドアプローチの考え方の適用は、精緻化と合理化、又は、詳細化と簡略化のように相反する活動を表裏一体で行なっていくことであるといえるのであり、決して“緩和”の措置でないことを理解いただきたい。

参考文献

- [1] 日本原子力学会標準“原子力施設の廃止措置計画の基本安全基準：20XX”，AESJ-SC-XXXX-20XX，一般財団法人，日本原子力学会，（発行予定）
- [2] IAEA Safety Standards, “Decommissioning of Facilities, General Safety Requirements Part 6”, No. GSR Part 6, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, VIENNA, (2014)
- [3] IAEA, “IAEA Nuclear Safety and Security Glossary 2022 (Interim) Edition”, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, VIENNA, 2022
- [4] ICRP, “Assessing Dose of the Representative Person for the Purpose of Radiation Protection of the Public/ the Optimisation of Radiological Protection”, ICRP Publication 101, Ann ICRP 36 (3), 2006