福島第一原子力発電所の廃炉作業に関わる管理目標の考え方について

2018 年 12 月

一般社団法人 日本原子力学会

福島第一原子力発電所廃炉検討委員会

福島第一原子力発電所廃炉検討委員会
ワークショップ報告書の公開にあたって

福島第一原子力発電所の廃止措置は、かつて経験のない技術的な挑戦を伴いつつ、極めて長期にわたり継続される事業である。このため、日本原子力学会としてこの問題に長期に取り組み、福島第一の廃炉作業が安全かつ円滑に進むよう技術的・専門的な貢献を行うとともに福島第一原子力発電所事故に関する調査委員会（学会事故調）の提言・課題をフォローするため、2014 年度に「福島第一原子力発電所廃炉検討委員会」を設置し、廃炉作業全体を俯瞰し学会としてふさわしい様々な課題に取り組む活動を行っている。

現在、廃炉作業に関連する様々な課題について分科会を設置して課題の掘り下げを進めている。一方、廃炉作業に関する個別課題について随時ワークショップを開催し、議論を深化させている。

2018 年に実施したワークショップでは、その一つとして廃炉作業時の管理目標のあり方について議論を行った。この議論の内容をベースとして管理目標の考え方を取りまとめたので、これを日本原子力学会ホームページに公開して、広く共有する。

今後も、廃炉検討委員会の活動に関する報告・提言がまとまり次第、逐次、報告、公開して行く。

福島第一原子力発電所廃炉検討委員会
委員長　宮野　　廣
WG テーマ主査　山本　章夫
2018 年 12 月

目　次

1.はじめに 4
2.廃炉作業のリスクと管理目標で対象とする範囲.....4
3.廃炉作業時の原子力安全確保の概要と管理目標.....6
4.各主体における管理目標の必要性.....7
5.管理目標策定の主体.....9
6.管理目標を検討する際の基本的な考え方.....10
7.管理目標の構成例 13
(1)管理目標の基本的な構成.....13
(2)主体ごとの管理目標の設定の考え方 13
8.定性的管理目標の例.....14
9.性能管理目標の例 15
10.まとめ 16

1.はじめに

福島第一原子力発電所の廃炉作業を進めるにあたり、廃炉作業に関連するリスク抑制活動の深さと広さの目安が必要となる。この目安は、動力炉の安全目標と類似の趣旨を持つものであるが、一般の動力炉の運転管理と福島第一の廃炉作業では安全確保の面から異なった側面が存在することから、その考え方や構成が必ずしも同一にはならないことが予想される。そのため、本資料では、廃炉作業に関連するリスク抑制活動の深さと広さの目安を管理目標[1]と呼ぶこととする。この管理目標は、安全規制上の目安にもなりえるものと考えられる。

これまで、通常の動力炉の運転管理を対象に安全目標の議論がなされてきた一方、事故炉の廃炉作業に関して、管理目標をどのように設定すべきか、十分な議論はなされていない。

本資料は、福島第一原子力発電所の廃炉作業に関わる管理目標の考え方について、以下の点を議論・整理することを意図している。

・管理目標で対象とする範囲
・管理目標の位置づけ
・管理目標の必要性と意義
・管理目標を策定する主体
・管理目標策定の基本的考え方
・管理目標の構成
・管理目標の例

本資料の目的は、福島第一原子力発電所の廃炉作業に関わる管理目標を議論するための基礎を提示することにある。従って、取り上げられていない論点やさらに議論が必要な論点もあると思われる。これらの点は、今後、検討していく必要がある。なお、本資料における「廃炉作業」とは、福島第一原子力発電所の廃炉作業を示している。

2.廃炉作業のリスクと管理目標で対象とする範囲

廃炉作業を進めるにあたっては、以下に示すように様々なリスクが想定される。

①原子力安全に関するリスク
②放射性物質や放射線に起因しない一般の労働安全に関するリスク
③廃炉作業に要する費用増加に関するリスク
④廃炉作業に要する期間増大に関するリスク
⑤廃炉作業で発生する放射性廃棄物増加に関するリスク
⑥廃炉作業に関わる人材確保に関するリスク

[1] 日本語の「目標」は、objective, goal, target 等の意味合いを有するが、本資料で議論する管理目標は、management goal に相当するものである。達成が必須条件になる制限値(limitation)ではないことに留意する必要がある。

⑦風評被害などの社会的要因に関するリスク
⑧その他のリスク

これらのリスクは、いずれも廃炉作業にあたって十分に考慮する必要がある。本資料では、廃炉作業が直接の原因となって発生する可能性のあるリスク要因の一つである①原子力安全に関するリスクを対象として管理目標を検討する。

②労働安全のリスクは現場作業に伴う一般的なものであり、廃炉作業に特有のものではない。従って、リスクへの対応方法については、多くの経験が積み重ねられており、この経験を活かすことが出来ると考えられる。③費用増大、④期間増大、⑤廃棄物増加、⑥人材確保のリスクは、いずれも放射線に起因する原子力安全に関するリスクを顕在化させないために生じうるリスクであり、その意味では原子力安全に間接的に関連するリスクと考えられる。⑦社会的要因のリスクは、放射性物質放出などの原子力安全に関わる事象を起因として発生することが考えられる。そのため、管理目標を定め、廃炉作業が管理目標を目安に実施される実績を積み重ねることで、社会的リスクを低減することに寄与できると考えられる。

以上のことから、②～⑧のリスクそのものについては、本資料の管理目標では直接対象としない。しかしながら、これらのマネジメント上のリスクと原子力安全に関するリスクがお互いに関連することに留意しておく必要がある。また、廃炉の計画立案及び作業を推進するにあたっては、①の原子力安全のリスクを受容できる範囲内に管理しつつ、②～⑧のリスクを管理・最適化する統合的なマネジメントが必要になる。

原子力安全の目的は「人と環境を原子力施設に起因する放射線の有害な影響から防護すること」であり、本資料においては、以下の三点を管理目標の検討におけるリスク[2]として考慮する。

・周辺公衆に対する放射線被ばく[3]
・廃炉作業従事者に対する放射線被ばく[4]
・廃炉作業に伴う放射性物質の敷地外放出による周辺への影響

[2] 一般的には、リスクは、発生時の影響(被ばく、退避など)と発生頻度の関数として与えられる。
[3] 通常の廃炉作業に伴う通常被ばくと廃炉作業に伴い発生する事故による潜在被ばくの二種類が考えられるが、管理目標を事故時のリスク抑制の目安として考えることから、潜在被ばくを対象とする。なお通常被ばくについては、被ばく量の法的な管理がなされていること、平成 24 年 11 月 7 日原子力規制委員会決定の「特定原子力施設指定への指定に際し東京電力福島第一原子力発電所に対して求める措置を講ずべき事項について」が示されており、この中で廃炉作業に起因する敷地境界線量の目安が 1 mSv とされていること、平成 28 年 5 月 18 日原子力規制委員会改正「東京電力株式会社福島第一原子力発電所原子炉施設の保安及び特定核燃料物質の防護に関する規則第１８条の運用について（内規）の制定について」により、LCO 逸脱の条件が示されていることから、本資料では対象としない。
[4] 同上

3.廃炉作業時の原子力安全確保の概要と管理目標

通常炉では、放射性物質を閉じ込めるためのバウンダリが健全であり、放射性物質が管理されていない形で放出されることはない。一方、福島第一では、放射性物質閉じ込めのバウンダリが損傷した状態であり、事故直後に比べて量は大幅に低減したものの、放射性物質の放出が継続している状態である[5]。

原子力安全の目的は、人と環境を放射線の有害な影響から防護すること、であり、これは福島第一の廃炉作業も動力炉の運転管理も同じである。一方、福島第一と動力炉では、以下の点が異なることに留意する必要がある。

①運転中の動力炉の炉心のエネルギー密度は高く、また、スクラム後の炉心の崩壊熱も大きい。異常事態が発生した場合には自動の恒設設備などで短時間に対応する必要があり、また、これらの設備には高い信頼性が求められる。これに対して、福島第一は、燃料デブリ及び使用済燃料プール内の使用済燃料ともに冷却が進み、崩壊熱が小さく、エネルギー密度が低くなっており、異常事態が発生した場合でも対応する際の時間的余裕が大きい。

②福島第一では、原子炉建屋内などにおいて、汚染のために線量が高い箇所があり、また、設備・建屋などが大きく破損していることから、現場作業が大きく制約される場合がある。これに対して、通常の動力炉では、建屋・設備は健全であり、すべての施設・設備が管理下に置かれていることから、現場作業の制約は、福島第一に比べると大幅に少ない。

③福島第一では、現場作業の制約のために建屋・設備の点検や更新が十分に出来ない場合があり、経年変化によって時間とともにリスクが増大していく傾向にある。一方、通常の動力炉では、点検や更新、改善により、経年変化への対応は可能である。

これらの差異の結果として、福島第一の原子力安全確保の実装は、動力炉のものと同一にはならないと考えられる。

福島第一では、放射性物質の放出を抑制し、人と環境をいかに防護するか、という観点から、以下のように深層防護に基づいた対策が必要になる。

①体制整備、運転経験の活用、品質マネジメントシステム(継続的改善を含む)の確立、安全文化の確立などによる安全確保

②使用している常設・仮設機器の状態の監視、点検、検査などによる可能な範囲での健全性の確認及び Corrective Action Program (CAP)による自主的な保安措置

③ダスト状の放射性物質の飛散抑制防止(飛散防止剤の散布、使用済燃料プールからの使用済燃料取り出しの際の建屋カバーと排気系の設置など)

④液体状の放射性物質の漏洩防止(汚染水の浄化、建屋内汚染水レベル・地下水位レベル

[5] 放射性物質の放出による敷地境界における追加的な線量は、スカイシャイン及び直接線等による線量を合わせて 1 m Sv/年以下に抑制された状態にある。

の制御、遮水壁、汚染水貯留タンクの改善など)
⑤固体状放射性物質の保管庫での管理
⑥ダスト状、液体状放射性物質の放出の監視(ダストモニター、海水・排水路のサンプリングなど)
⑦廃炉作業に伴う敷地境界での放射線量のモニター・管理と制限(1 mSv/y)
⑧各種パラメータ(放射性物質濃度含む)の監視と、通常状態からの逸脱基準(LCO)の設定
⑨異常状態の想定とその対応(主として人的対応、冷却停止時の代替措置、津波・地震などの外的ハザードへの対応、作業員の退避、オフサイトでの対応など)
⑩廃炉作業従事者の被ばく管理と健康管理
⑪上記の枠組みが適正であるか、適正に働いているかを確認する安全規制

今後、廃炉作業を進めていく際、例えば燃料デブリ取り出しにあたっては、格納容器に新たな開口部を設ける、原子炉容器の上蓋を開ける等、既存のバウンダリに対する作業が必要となる。長期的に見て福島第一のリスクを低減させるためには、このような作業は必須となるが、一方でバウンダリを変更することになるため、特定の作業期間中のリスクは短期的に上昇する可能性があり、適正な安全対策が必要となる。管理目標は、廃炉作業中の安全確保の目安であると同時に、このような短期的なリスクの上昇をどのように考えるか、あらかじめステークホルダーが合意を形成しておくためにも重要である。

4.各主体における管理目標の必要性

管理目標の策定においては、「どの主体が何のために管理目標を必要とするか」という観点が重要になると考えられる。以下では、想定される主体と必要性を示す。

①周辺公衆(オフサイト)

現在、福島第一の敷地境界付近は帰宅困難区域となっており、住居している一般公衆はいない。しかしながら、福島第一の西約 2 km を通っている国道 6 号線は一般車両が通行している。また、6 号線の近くを通っている常磐線も 2019 年度末までに全線開通が予定されている。このように、付近を通行している人は、周辺公衆として考える必要がある[6]。また、避難区域の解除が進んでおり、廃炉作業時のトラブルや事故により原子力安全に関わる影響を受ける可能性がある周辺住民は、周辺公衆として考える必要がある。

これらの周辺公衆にとって、管理目標は廃炉作業リスクがどの程度まで抑制されているのかを確認するための目安となりえる。

②周辺自治体

[6] 通行などに伴って福島第一の近くを通る一般公衆は、影響評価にあたり、距離や時間などの観点から定住している場合と異なる取り扱いをすることが合理的である。

周辺自治体は、ステークホルダーの一つとして重要である。周辺自治体の主たる関心事は、周辺公衆の安全確保及び社会的リスクの低減であると考えられる。そのため、本資料においては、①周辺公衆と同様の必要性があるものとして、①に包絡することが可能であると考える。

③従事者(オンサイト)

通常の原子炉に対する安全目標は、一般的にサイト外の一般公衆を対象としている。一方、福島第一は通常の原子炉と異なり、廃炉作業に伴うリスクが通常炉(事故を起こしていない炉)の運転管理や廃炉に比べて高いと想定されることから、サイト内の従事者に対する管理目標を考慮すべきである。

サイト内で放射線・放射性物質の漏えいや発生を伴う事故が発生した場合、最も大きな影響が及ぶのは距離的な観点からサイト内の従業者であることは明らかである。現在、福島第一では数千人の従業者が働いており、その安全確保は非常に重要な視点となる。管理目標は、どの程度の深さと広さをもって従事者のリスク抑制活動(安全確保)を行うのか、という観点からとらえることが出来る。

④事業者[7]

廃炉作業を進めるにあたり実施するリスク抑制活動の深さと広さの目安とすることが出来る。また、廃炉作業を進めるための様々な施設や設備を設計するにあたっては、それらの設備の信頼性や安全対策の設計目標が必要となる。管理目標は、この設計目標を設定するための上位の条件として必要になる[8]。

---

[7] なお、福島第一の廃炉作業に関し、事業者とは何か、安全確保に関し第一義的責任を負っている組織はどこか、その組織が第一義的責任を果たせる体制になっているかを明確にしておくことはマネジメント上重要であろう。まず、原子力安全の基本原則の考え方から、福島第一の廃炉作業の安全確保について、第一義的責任を負っているのは東京電力であることは明かである。事業者としては、東京電力の他に、廃炉作業に関わっている観点から、国(エネ庁)、廃炉機構、IRID、プラントメーカーなどが対象として考えられる。それぞれの組織は、異なった役割分担を持っていることから、後述する上位の管理目標は同じであっても、下位の管理目標は部分的には異なるものになる可能性があることに留意が必要である。なお、本資料は管理目標の検討を行うものであることから、この点について、これ以上の議論は行わない。

[8]通常の原子炉において、性能目標と原子力発電所の PRA の結果を直接比較し、管理目標への適合性を直接判断することは、現時点では、PRA の不確かさや限界から様々な困難が伴う。同様に、管理目標をクリアするように設備設計を行うのか、あるいは設備設計における単なる目安なのか、については検討が必要である。いずれにせよ、最新かつ最善の知識と技術をもって設備設計・運用及び廃炉作業を行わざるを得ないわけであり、結果として上位の管理目標から導かれた性能目標を満足しないケースは生じえると考えておくべきである。また、不確かさの大きい福島第一において、リスク評価の結果は大きな不確かさを含み、リスクの絶対値を性能目標と比較することに工学的な意味があるかどうはよく検討する必要がある。なお、規制委員会は、通常炉においても、リスク評価の結果得られた絶対値(点推定値)を性能目標と直接比較することは、不確かさの観点から適切でないとしている。本資料で述べているのは、不確かさが存在するために性能目標との直接比較が出来ないからリスク評価に意味がないと言うことではない。例えば、設備設計を行う際に、PRA の情報を用いて、相対的によりリスクの低い、あるいは、同じリスクであればより効果の大きい工法を選択することは、risk informed decision making (RIDM)を用いた現実的な工学的アプローチとして重要である。

⑤規制組織

既成組織としては、福島第一の長期的なリスク低減が最も重要な目標である。このために行われる福島第一の廃炉作業にあたって、安全規制の目安の一つとして管理目標を参考にすることが可能であると考えられる。一方、廃炉作業に関わるリスクは多種多様であり、全てのリスクを管理目標のみに基づいて管理することは困難である。現在、「東京電力株式会社福島第一原子力発電所原子炉施設の保安及び特定核燃料物質の防護に関する規則第１８条の運用について（内規）の制定について」において示されている法令報告事象の判断基準に加え、追加的に放出される放射線及び放射性物質による敷地境界での線量を 1 mSv/y 以下に押さえることが安全規制上の目安となっており、これらが通常の廃炉作業時における安全規制における事実上の性能目標になっていると考えられる。一方、異常事象に対応する潜在被ばくについては、現時点で明確な性能目標が設定されていないことから、管理目標は、潜在被ばくに対する規制上の目安の検討に利用できるものと考えられる。

⑥国民

廃炉作業を行う際のリスク抑制の水準を広く共有するための目安の一つとして考えることができる[9]。ここで、国民とは、広く国全体の公衆を指している。周辺公衆は国民の一部であり、両者を合わせて考えることも可能であるが、周辺公衆は廃炉作業とより密接に関係することから、本資料では区別している。

本資料では、主として上記の①、③を念頭に置いて管理目標の考え方を検討する。このような考え方に基づいて策定された管理目標は、上記の②、④、⑤として活用可能であると見込まれる。また、管理目標の議論のプロセスの透明化及び管理目標を目安としたリスク抑制活動を行うことにより、結果として⑥の観点から役立つと期待できる。

5.管理目標策定の主体

管理目標の議論は、本質的に多くのステークホルダーが関わるべきである。一方で、どの主体が、どのような権限や根拠で、どのような形で管理目標の議論を主導すべきか、は難しい問題であり、管理目標策定の目的に依存するものと考えられる。例えば、廃炉作業のリスク抑制の水準を念頭においた場合には、事業者や原子力規制委員会が管理目標の検討を推進する主体となろう。一方、廃炉作業のリスク抑制水準を国民とコミュニケーションするための目安として管理目標を考えるのであれば、事業者や国が管理目標の検討を行うことが妥当であると考えられる。

留意しておかなければならないことは、福島第一の廃炉作業においては、現状のサイトの

[9]大まかな「安全の水準」としてコミュニケーションのツールの一つにはなりえるが、先に述べたように「絶対値」の比較が困難であり、○×が付けられない状態で管理目標をどのように用いれば有効なコミュニケーションができるかについても、よく検討する必要がある。これは、動力炉における安全目標の活用に関わる課題と同一である。

状態を前提(出発点)とする必要があることである。すなわち、通常の動力炉に比べて、設備設計や作業形態の自由度が大幅に少ない状態を前提とする必要があり、サイトの現状を抜きにして管理目標を決めたとしても、管理目標が非現実的なものになり、結果として上記①～⑥のいずれの観点にも役立たない可能性がある。

以上のことを考慮すると、特に廃炉作業に対して第一義的責任を有する事業者と、安全規制に責任を有する原子力規制委員会が議論を重ねることで管理目標を策定するプロセスが一つの望ましい形であると考えられる[10]。

6.管理目標を検討する際の基本的な考え方

福島第一の廃炉作業における安全確保は、動力炉におけるものと異なる点が多く存在する。従って、福島第一の廃炉作業における管理目標の策定にあたっては、これらの点も考慮する必要がある。以下では、福島第一の廃炉作業における管理目標を検討する際の基本的な考え方を示す。

＜管理目標の対象は異常状態に起因するリスク変動＞

- 廃炉作業は、福島第一の長期にわたるリスクレベルを現状から低下させていく活動である。従って、現時点のリスクレベルの絶対値については明示的に管理目標の対象とせず、廃炉作業に伴って追加的に発生する可能性のあるリスク、具体的には放射線被ばくや放射性物質の敷地外放出を念頭において管理目標を策定する。
- 廃炉作業により、どこまで福島第一サイトのリスクの絶対値を抑制するかについては、エンドステートの設定に関する議論となるため、本資料の議論の対象としない。
- 通常の廃炉作業においては、安全確保の枠組みが存在することから、管理目標は、廃炉作業に伴い、追加的なリスクが生じうる異常状態(事故状態を含む)を対象とする。

＜リスク変動を短期と長期に分類＞

- 廃炉作業に伴って、リスクが変動するが、これを短期的なリスク変動と長期的なリスク変動に分ける。ここで、短期的なリスクはその時々の単位時間当たりのリスクであり、長期的なリスクは、リスクの長期的な時間積分値に対応する概念である[11]。その上で、廃炉作

---

[10] セラフィールドの廃炉作業を進めるため、共通のゴールを目指して関係組織が集まって議論する G6 という取り組みがあり一つの参考になる。”Six organisations - One goal Recognising that there are several stakeholders with an interest in accelerating hazard and risk reduction on the site, a new working group has been established. The group, informally known as the 'G6', will facilitate a coordinated approach to complex issues, where input may be required from a broad range of decision makers. The group incorporates six key organisations: BEIS, NDA, Sellafield Limited, Environment Agency, UK Government Investments (UKGI) and ONR. “, http://www.onr.org.uk/sellafield-strategy.htm.” G6 は政府、規制機関、事業者から構成され、廃炉作業の進め方についてハイレベルの情報交換をするための取り組みであり、非公開である。廃炉作業の安全確保は、規制機関(ONR)を通じた安全規制により確認されている。

[11] 短期的なリスクは数日～数ヶ月程度を平均した単位時間あたりのリスク(リスク微分値)、長期的なリスクは現在～廃炉に亘る期間のリスクの時間積分値(リスク積分値)に対応する。

業における作業の妥当性を表 1 に示す様に分類する。管理目標は、主として、「短期リスク増大、長期リスク減少」となる可能性のある作業の判断の目安とすることが考えられる。

・福島第一の廃炉作業については、作業の制約条件から、廃炉作業の過程で短期的なリスク上昇が生じる可能性がある。どの程度の短期的なリスク上昇が許容されるかについては、長期的なリスク低下量を考え合わせ、受容できるリスク(リスク拘束値)の範囲内において、放射線防護で用いている最適化の概念を適用して検討できる可能性がある。

＜リスクの変動量と BSL、BSO の関係＞

・安全には幅があり、Basic Safety Level (BSL)、Basic Safety Objective (BSO)に相当する概念があるものとする。一般的に、BSL、BSO はリスクの絶対値と照らし合わせる形で議論されるが、管理目標の議論においては、リスクの変動(主として廃炉作業の異常状態により、追加的に発生するリスク)に対して BSL と BSO に相当するレベルを考える。

・BSL は、リスクがそれより大きいと、受け入れることができないレベルである。規制基準は、それを守ることにより、施設のリスクレベルが BSL を超えて大きくならないように定められていると考えられる。福島第一においては、平成 24 年 11 月 7 日原子力規制委員会決定の「特定原子力施設指定への指定に際し東京電力福島第一原子力発電所に対して求める措置を講ずべき事項について」及び平成 28 年 5 月 18 日原子力規制委員会改正「東京電力株式会社福島第一原子力発電所原子炉施設の保安及び特定核燃料物質の防護に関する規則第１８条の運用について（内規）の制定について」が規制基準に相当する。これらの「措置を講ずべき事項」や「内規」は、事故状態の福島第一サイトを前提として設定されており、通常の廃炉作業におけるリスクレベルの変動(上昇)を制限するものと理解できる。

・BSO は、リスクがそれ以下であれば、社会から広く受容される領域と理解できる。動力炉の安全目標は、BSO に関連する事故リスクの絶対値について言及している場合が多い。一方、福島第一の管理目標においては、廃炉作業に伴うリスクの変動、特に廃炉作業の異常状態に起因して追加的に生じるリスクをどの程度まで抑制するかの目安として BSO を考えることができる。

＜管理目標は目安であり制限値ではない＞

・管理目標は、規制基準～BSO の間に存在するものと想定され、廃炉作業を行う上でのリスク抑制活動の深さと広さを示す目安となるものである。目安とは、マネジメントの目標となると言うことであり、管理目標が何らかの制限値になると言うことを意味していない。

＜管理目標と継続的改善＞

・管理目標、特に下位の管理目標である性能管理目標は、固定されたものではなく、廃炉作

業の進展、廃炉作業から得られる情報、及び社会情勢の変化などにより、よりよいものにしていく継続的改善の考え方を適用する必要がある。

表 1　短期的・長期的なリスク変動と廃炉作業の関係

	長期・増大	長期・変化なし	長期・減少
短期・増大	許容されない	許容されない	短期のリスク増加量を慎重に評価し、長期のリスク低減量を勘案したうえで、長期のリスク低減量が大きい場合には正当性を持つ[12]。なお、短期のリスク増加量をできるだけ小さくする対策を行うことが必要。
短期・変化なし	許容されない	効果がなく、費用対効果の面から推奨されない。	推奨される
短期・減少	差し迫った当面のリスクを回避する場合に生じえる。廃炉作業において、このケースが生じる可能性は低いと思われるが、緊急の危険回避に限ってこのケースが正当性を持ちうる。後にリスク低減のための対策が求められる。	推奨される	推奨される

[12] 例えば、デブリ取り出しに際しては、格納容器や原子炉容器など既存のバウンダリに新たな開口部を設ける必要がある。また、デブリ取り出しの最終目的は燃料デブリをより管理された、安定な状態とすることであるが、その途中段階では燃料デブリの移動などの作業が入る。これらの作業は、燃料デブリの安定化という長期的なリスク低減のためには必須である。一方、一時的ではあるが、デブリ取り出しに伴う作業はリスクを増大させる可能性がある。使用済燃料プールからの使用済燃料の取り出しに関しても、同様の性質があるといえる。

7.管理目標の構成例

(1)管理目標の基本的な構成

福島第一の管理目標の構成を検討する上では、動力炉における安全目標の基本的な構成が一つの参考になりえると考えられる。動力炉の安全目標では、以下のように、上位の概念的な目標から出発し、具体的に活用出来るレベルの性能目標に落とし込んでいく階層的な構成が取られる。

＜動力炉の安全目標の構成例＞

定性的安全目標

達成すべき安全上の目標を概念的に示したもの

定量的安全目標

定性的安全目標を達成するための数値的な目安を示したもの

性能目標

定量的安全目標を達成するための代替指標であり、設計・管理・運用などで参照できるレベルのもの。

福島第一廃炉作業の管理目標の出発点として、動力炉の安全目標は参考になるが、条件の異なる廃炉作業に直接適用することは困難な面も考えられる。特に、福島第一の廃炉作業において、PRA 等の手法によりリスクを確率の形で評価することは困難が伴うことが予想できるため、確率を明示的に使用しない形で管理目標を示す必要があるかもしれない。

そのため、定性的目標において、リスクの増加が「放射線被ばくもしくは周辺区域への影響」に起因するものであることを示した上で、定性的目標から性能目標を直接示す形とすることが一つの選択肢である。これは、定量的目標が不要であると言うことではなく、定量的目標の設定が困難である可能性が高いため、定性的目標から性能目標を示すことにしてはどうかとの提案である。定量的目標が設定でき、性能目標を設定するに際して有益であるならば、定量的目標を設定すればよい。

(2)主体ごとの管理目標の設定の考え方

1)定性的目標

基本的な考え方を示す定性的目標については、管理目標の対象とするステークホルダーにかかわらず、同一になると思われる。

2)性能目標

性能目標については、ステークホルダー毎に、以下のように整理できる可能性がある。

①周辺公衆及び自治体

・放射線被ばく(潜在被ばく[13])による健康への影響及び周辺区域への影響が発生するリスクを適切に表す性能目標[14]。

②廃炉作業に従事する作業者
・放射線被ばく(潜在被ばく[15])による健康への影響が発生するリスクを適切に表す性能目標

③事業者
・①、②及び①、②を満足しつつ、廃炉作業を実施するための施設・設備・作業の信頼性及び安全性に対する要求を設定することに寄与する性能目標

④規制組織
・①及び②と同等

⑤国民
・①及び②と同等

上記のように整理すると、いずれのケースについても、①、②のケースに対する管理目標で包絡できるものと考えられる。

8.定性的管理目標の例

定性的管理目標の一例を以下に示す。

福島第一原子力発電所の廃炉作業に起因する放射線・放射性物質が周辺公衆へもたらすリスクの増加量は、日常生活に伴うリスクに比べて、十分に低い水準に抑制されるべきである。

福島第一原子力発電所の廃炉作業に起因する放射線・放射性物質が廃炉作業従業者にもたらすリスクの増加量は、一般産業に従事する際のリスクに比べて同程度以下の水準に抑制されるべきである。

---

[13] 通常被ばくに関しては、すでに法的な管理がなされており、管理目標の策定からは除外して考える。

[14]風評被害は、現時点において廃炉作業に大きな影響があるが、安心に関係するものであり、定量化が難しいことから管理目標の対象からは除外することが適切である。ただし、廃炉作業を進めていく上で風評被害の抑制は重要な課題である。管理目標の議論と、これに従ったリスク抑制活動が風評被害を抑止するという形が期待される。

[15] 通常被ばくに関しては、すでに法的な管理がなされており、管理目標の策定からは除外して考える。なお、通常被ばくは管理目標の策定では直接考慮しないものの、廃炉期間、人的資源の確保、コストなどの面から管理すべき重要なファクターである。

9.性能管理目標の例

性能管理目標としては、定性的管理目標を適切に代替して表す指標を選ぶ必要がある。性能管理目標としては、一例として以下のものが選択肢としてあげられ、これらのうちから適切な指標を組み合わせて用いることが考えられる[16]。なお、管理目標が潜在被ばくもしくは周辺区域への影響を対象とすることから、これらの性能目標は、いずれも異常時を考慮したものとなる。通常時の被ばく線量については、別途、法的な枠組みなどで管理される。

＜性能目標として使用できると考えられる指標の選択肢＞

・敷地境界線量(例：EAL 設定値)
・放射性物質放出量(気体及び液体)
・空気中ダスト濃度
・地下水中/海水中放射性物質濃度
・オンサイト従事者被ばく線量
・オンサイト非従事者被ばく線量
・オフサイト一般公衆被ばく線量
・空間線量(例：OIL 設定値)
・土地汚染(例：OIL 設定値)

これらの指標に対し、以下のような設定方法により、性能目標を設定することが考えられる。

a)決定論的評価

代表事故あたりの制限値を示す。例えば、敷地境界線量に対して 5mSv、20mSv などの設定、あるいは、放射性物質放出量の制限値の設定などが考えられる。

b)確率論的リスク評価

確率と指標の関係を示す。例えば、英国の”Safety Assessment Principles for Nuclear Facilities” (2014 年版)では、オンサイト被ばく線量に対して、

20 mSv 以下　　$< 10^{-1}$/y
20-200 mSv 以下　　$< 10^{-2}$/y
200-2000 mSv 以下　　$< 10^{-3}$/y
2000 mSv 以上　　$< 10^{-4}$/y

としている。

一方、福島第一においては、第 3 章で述べたように、施設に内在するエネルギー密度が通

[16] 線量については、廃炉作業に伴って追加的に生じる可能性のある潜在被ばくを対象とし、現存の放射線量(バックグラウンド)は、対象外とする。

常の動力炉に比べて大幅に小さくなっていることから、高影響側の頻度については、より低く設定することが妥当である。

なお、福島第一の廃炉作業のリスク評価において、死亡リスクと比較可能な PRA(レベル3)ではなく、簡易な PRA や Integrated Safety Analysis (ISA)などの活用を検討すべきである。

10.まとめ

本資料では、福島第一原子力発電所の廃炉作業に関する管理目標の考え方について検討を行った。廃炉作業に関する管理目標は、今後、廃炉作業を安全かつ効率的に進めていくために重要なものであると考えられる。しかし、このような管理目標はこれまでに議論されたことがなく、ステークホルダー、特に事業者と原子力規制委員会を中心とした議論が望まれる。本資料が、その一助となれば幸いである。

本報告への問い合わせ、ご意見は、廃炉検討委員会担当（下記）までお願いする。

問合せ先 日本原子力学会事務局 広報情報委員会担当

電話：03-3508-1261　　Email ：kikaku@aesj.or.jp