

福島第一原子力発電所における 施設・設備の耐震クラス分類の考え方に関する意見

2022年10月5日

TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

本資料は、第102回 特定原子力施設監視・評価検討会の資料2-1「スラリー安定化処理設備に関する審査上の論点」（原子力規制庁）において示された4つの論点のうち、「論点3. 耐震クラス分類」について当社の意見を示すもの。

<当社意見の要旨>

- 1 Fの施設・設備の耐震クラス分類について、取り扱う放射性物質のインベントリ等から評価される公衆への放射線影響の程度に応じたクラス分類（フロー①）を基本に、廃炉活動への影響など個別の事情等をふまえた総合的な判断（フロー②）を加味した上で、各施設・設備の耐震クラスを評価するという、全体的な考え方※には異議なし。
 - また、耐震クラスを決定するまでの流れ（フロー①またはフロー②）において、以下を考慮に入れることについても異議なし。
 - a. Ss900に対する遮へい・閉じ込め機能の維持の程度を考慮
 - b. 安全機能喪失の継続期間として現実的な期間を考慮
 - ただし、公衆への放射線影響評価にあたっては、物理的に有意義な事象シナリオに基づく評価を行う観点や、1 Fにおける人的対応の有用性をふまえれば、上述のa. およびb. のような技術的観点については、“フロー①（イ）”に位置づけるべきと考える。
 - 施設・設備に含まれる個々の機器等の耐震クラスについても、その機能喪失による放射線影響の程度をふまえた耐震クラス分類を行う。
 - なお、その他詳細な設計条件等については、別途個別に議論させていただきたい。
- ※ 令和3年2月13日の福島県沖の地震を踏まえた東京電力福島第一原子力発電所の耐震設計における地震動とその適用の考え方（2回目）」（令和3年9月8日、原子力規制庁）別添資料「1 Fの耐震設計における耐震クラス分類と地震動の適用の考え方」

【当社意見①】 公衆への放射線影響評価の評価条件について（a）



<p>規制庁殿ご意見</p>	<p>耐震クラスを設定する上での放射線影響は（中略）<u>緩和対策等様々な条件を設定して評価されるものではない。</u></p>
<p>当社意見</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 以下の影響緩和に関する評価条件の考慮について，“フロー①（イ）”における公衆への放射線影響評価として位置づけるべき※。 a. Ss900に対する遮へい・閉じ込め機能の維持の程度について <ul style="list-style-type: none"> ・ Sクラスの耐震性を有する機器等については，その遮へい・閉じ込め機能を評価条件に考慮する。 ・ Sクラス以外の機器等については，Ss900に対する耐震評価等から，<u>遮へい・閉じ込め機能の維持の程度を想定</u>したうえで，これを評価条件に考慮する。 <p>※ 「Ss900に対する遮へい・閉じ込め機能の維持の程度」の考慮について，「スラリー安定化処理設備に関する審査上の論点」（原子力規制庁）では“フロー②”に位置付けられている。</p>
<p>理由</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 安全機能が喪失した状態における公衆への放射線影響評価によって施設・設備の重要度（耐震クラス）を設定することは，他の国内原子力施設等の規制においても一般的な考え方であるが，一方で，Sクラスの地震力を受けた際の構築物，系統および機器等について，損傷の程度に応じてその機能を考慮することも認められている。 ■ 海外の原子力施設等の規制でも，安全機能が喪失した状態における放射線影響評価においては，物理的に有意義な事象シナリオ設定として，想定する事象（Sクラスの地震力）に耐え得る安全機能は考慮に入れることが認められている。 ■ 公衆への放射線影響の程度は，フロー①における技術的なプロセスで客観的に評価されるべきものであり，フロー②における個別事情等をふまえた判断によって変わるべきものではない。また，客観的な評価に基づく耐震クラス分類を基本とすることで，実施計画申請段階において，個別事情に対する考え方の違いによる設計見直しリスクの低減が期待される。

<国内における輸送・貯蔵兼用乾式キャスクの例>

- 「原子力発電所敷地内での輸送・貯蔵兼用乾式キャスクによる使用済燃料の貯蔵に関する審査ガイド」(原子力規制委員会)において、「兼用キャスクはそれ自体で安全機能を維持することを基本とすることから、周辺施設は一般産業施設や公衆施設と同等の安全性が要求される施設とすること」とされている。
- 具体的な確認事項としては、キャスク(容器)が十分な安全機能を維持することを前提に、貯蔵建屋や付随する機器等については「Cクラスに適用される静的地震力に対し概ね弾性状態に留まる範囲で耐えること」とされている。

<国内における使用施設等の例>

- 「使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」(原子力規制委員会)において、安全上重要な施設の有無の確認に当たっての公衆への放射線影響の評価方法(地震による影響)は以下を基本とするとされている。
 - ・ 地震は、Sクラスに属する施設に求められる程度の地震力を設定する。当該地震力を設定しない場合は、構築物、系統および機器の機能を喪失するものとして公衆への放射線影響を行う。
 - ・ 地震による公衆への放射線影響に当たっては、上記地震力を受けた場合における使用施設等の損傷を当該使用施設等の設計に応じて考慮し、適切な除染係数(DF)等を設定するものとする。
- ここで対象となる施設とは、当該施設に関係しており、放射性物質の放出を防止あるいは影響を低減させるために必要な設備・機器等をいう。

<米国におけるUnmitigated Analysisの例>

- 「耐震クラスを設定する上での放射線影響は安全機能が喪失した状態で評価されるもの」という考え方は、例えば米国における“Unmitigated Analysis”(影響緩和を考慮しない評価)などを例に、国際的に一般的な考え方である。
- このなかで、米国の“Unmitigated Analysis”においては、評価では物理的に有意義な事象シナリオを設定すべきであり、事象による影響(地震影響)に耐え得る安全機能は、評価において考慮すべきであるとされている。

5. 周辺施設の評価

5.1 周辺施設の位置付け及び評価の基本方針

【審査における確認事項】

兼用キャスクはそれ自体で安全機能を維持することを基本とすることから、周辺施設は一般産業施設や公衆施設と同等の安全性が要求される施設とすること。

（中略）

5.2 地震の影響評価

5.2.1 機器・配管系

（中略）

【確認内容】

- (1) 機器・配管系については、JEAG4601 に規定される静的地震力に対する評価手法を参考にし、別記2第4条第4項第2号②の規定（Cクラスに属する施設に適用されるものに限る。）による静的地震力に対し、おおむね弾性状態に留まる範囲で耐えること。

（中略）

5.2.2 貯蔵建屋等

（中略）

【確認内容】

貯蔵建屋等は、設置許可基準規則別記2第4条第4項第2号①の規定（Cクラスに属する施設に適用されるものに限る。）による静的地震力に対し、おおむね弾性状態に留まる範囲で耐えること。あわせて、一般産業施設や公衆施設と同様に、建築基準法に適合するもの又はこれと同等の耐震設計がなされていること。

5.2.3 基礎

（中略）

【確認内容】

- (1) 基礎は、設置許可基準規則別記2第4条第4項第2号①の規定（Cクラスに属する施設に適用されるものに限る。）による静的地震力に対し、おおむね弾性状態に留まる範囲で耐えるとともに安定性を確保していること。

安全上重要な施設の有無の確認に当たっての実効線量の評価方法

第 1 条 4 に規定する評価方法は、以下のとおりとする。

1. 構築物、系統及び機器（以下この別記 1 において「SSC」という。）の機能の喪失による敷地周辺の公衆への実効線量を評価する。
2. 当該機能の喪失は、機器の故障等に加え、地震、津波その他の外部事象による使用施設等の損傷も考慮することとする。
3. 外部事象による使用施設等の損傷を考慮する場合のSSCの機能の喪失による周辺監視区域周辺の公衆への実効線量の評価（以下この別記 1 において「外部事象評価」という。）に当たっては、以下を基本とする。なお、使用施設等の立地状況を考慮して、必要に応じて、自然現象の重畳についても考慮し、外部事象評価を行うこととする。

（1）地震

- 地震は、Sクラスに属する施設に求められる程度の地震力を設定することとする。当該地震力を設定しない場合は、SSCの機能を喪失するものとして外部事象評価を行う。
- 外部事象評価に当たっては、上記地震力を受けた場合における使用施設等の損傷を当該使用施設等の設計に応じて考慮し、適切な除染係数（DF）等を設定するものとする。

3.2 ACCIDENT ANALYSIS

3.2.2 Unmitigated Analysis

(中略)

The following assumptions may be appropriate to establish a physically meaningful accident scenario:

- **Passive safety controls not affected by the accident scenario are deemed available.** This assumption is valid for facility-wide, secondary, and common cause events that are directly caused by natural events, such as earthquake-induced fires and explosions. For example, in the case of a process vessel rupture, it should be assumed that other vessels shown not to be affected by the accident are not ruptured or otherwise unavailable; and
- **Passive safety controls affected by the accident scenario are deemed available based on an assessment that they will survive accident conditions.** For example, in the case of a container drop in which the impact of the drop is shown not to challenge container integrity, it should be assumed that the contents of the container are not released. Similarly, if the facility has permanently-installed resilient flooring that prevents an undesired consequence of such a drop, an assessment of the drop against an unyielding surface is not meaningful.

GLOSSARY

(中略)

Unmitigated consequences

The potential radiological consequences of a fault or accident evaluated assuming all safety measures are absent or fail to operate. **This excludes passive safety features such as walls or pipes, unless the fault or accident affects that feature.**

【当社意見②】 公衆への放射線影響評価の評価条件について（b）



<p>規制庁殿ご意見</p>	<p>当該評価に当たっては、安全機能の喪失が継続する期間として<u>現実的な期間（例えば7日間）を設定</u>して線量評価を行う。</p>
<p>当社意見</p>	<p><u>b. 安全機能喪失の継続期間として現実的な期間の設定について</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ■ “フロー①（イ）”において、安全機能の喪失が継続する現実的な期間を設定することに異議なし。 ■ 現実的な期間※¹の設定にあたっては、<u>人的な対応を含む影響緩和策</u>によって遮へい・閉じ込め機能の確保が実現されることを考慮すべき。 ■ 従って、<u>人的な対応を含む影響緩和策は“フロー①（イ）”に位置づけるべき</u>※²。 <p>※¹ 個々の設計で想定する<u>影響緩和措置の具体的内容に応じて数日～数週間程度</u>を想定する。 ※² 「スラリー安定化処理設備に関する審査上の論点」（原子力規制庁）では、「影響緩和策」の考慮は“フロー②”として位置づけられている。</p>
<p>理由</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 1 Fは運転プラントとは異なり一般的に事象進展は遅く、対応の時間余裕が大きい。加えて、状況に不確実性が高く、起こり得る事象は多様であることから、総合的に安全性を高めるためには、設備的な設計と、柔軟な対応が可能である人的な対応を積極的に組み合わせることが合理的である。 ■ 「安全機能喪失が継続する現実的な期間」を評価条件に設定するにあたっては、想定する人的対応など影響緩和策の成立性が求められる。そのため、当該期間については、それら影響緩和策が実現可能であると考えられる時間（その具体的内容に応じて数日～数週間程度）をふまえて想定する必要がある。 ■ 当社意見①と同様、公衆への放射線影響の程度は、フロー①における技術的なプロセスで客観的に評価されるべきものであり、フロー②における個別事情等をふまえた判断によって変わるべきものではない。

安全確保に当たって通常炉と違った以下のような観点からも「オペレータ視点」が重要性をもつ。

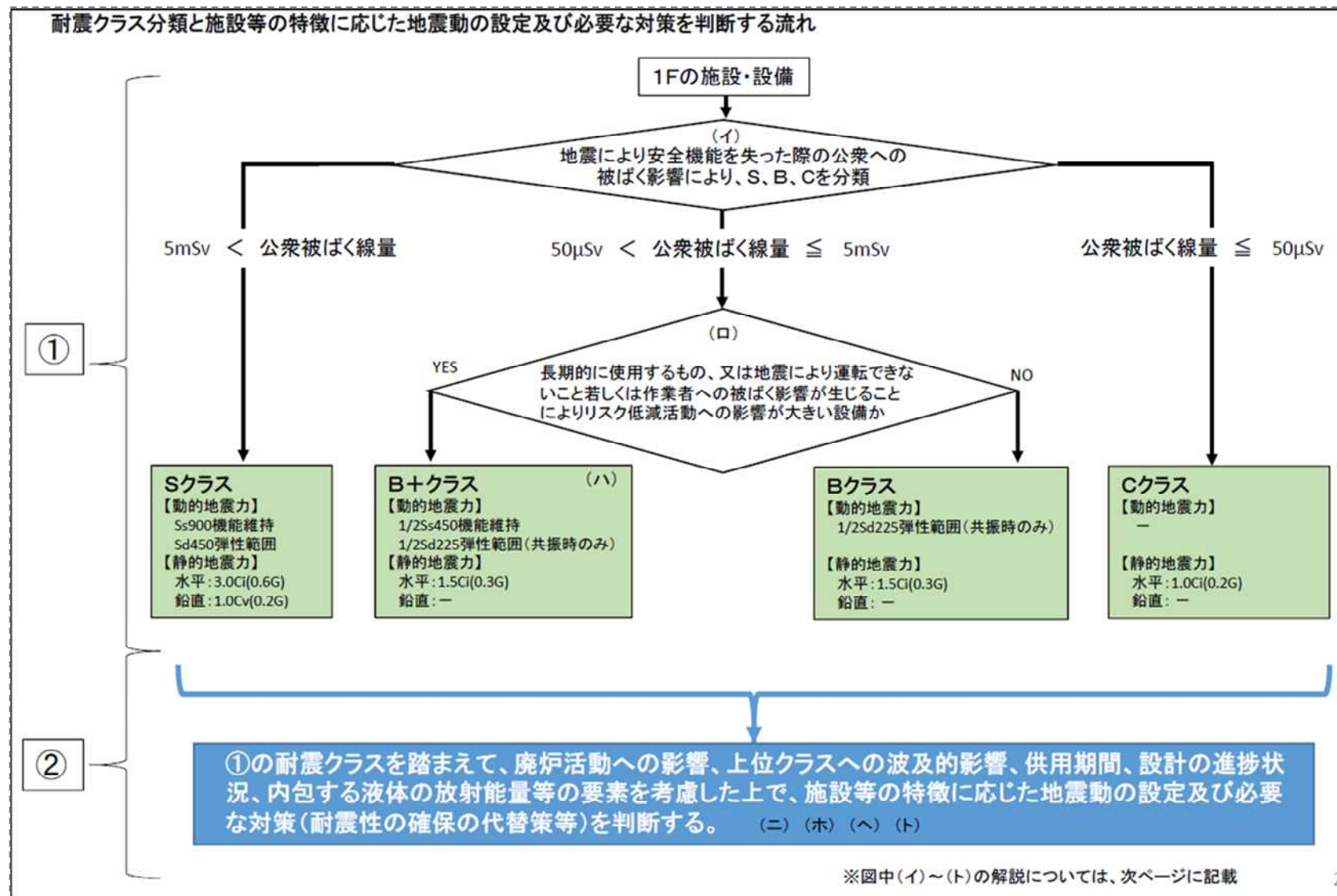
- 運転操作を含めた運用による設計の補完:
大きな不確かさゆえに、全ての状況に設計だけで対応することには限界がある。このため運用段階で取得した情報を次段階の設計に活かしていくことをはじめ、操作者による対応や現場運用で設計を補い、運用とトータルで安全を高めることが有効である。
 - 監視、分析等による情報の設計での活用:
大きな不確かさへの対応として、監視、分析等といった現場運用で得られる情報を安全対策の設計に活用していくことが重要である。なお、活用之際には監視、分析等から得られる情報を計算評価等と連携させ、総合的な利用を図る視点が重要である。
 - 異常時の対応:
異常の未然防止に万全を図ることが基本ではあるが、万一の異常発生時の備えとして、異常の進展は緩やかで対応の時間的余裕が大きいという特徴を考慮した現場対応が有効である⁶。
- 6 福島第一原子力発電所は事故後長時間が経過しており、放射性物質放散の駆動力となる内在エネルギー(崩壊熱)が小さい。そのため、一般的に、異常の進展は緩やかで、対応の時間的余裕が大きいという特徴がある。

※ 「東京電力ホールディングス(株)福島第一原子力発電所の廃炉のための技術戦略プラン 2020」
(2020年10月6日, 原子力損害賠償・廃炉等支援機構) より抜粋

【当社意見③】 個々の機器等の耐震クラス分類

<p>当社意見</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 「1 Fの耐震設計における耐震クラス分類と地震動の適用の考え方」で明示されていない、施設・設備に含まれる個々の機器等の耐震クラス分類についても、同様の考え方にもとづき、その機能喪失による放射線影響の程度をふまえた耐震クラス分類を行うものと認識。 <p>(例) 建屋が維持されることで、施設の空調設備（ダクト、ファンなど）が地震により機能喪失した場合の放射線影響が十分に小さい場合には、空調設備については下位の耐震クラスに分類する等</p>
<p>理由</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 措置を講ずべき事項「Ⅱ. 1 4. 自然現象に対する設計上の考慮」の要求事項※にもとづき、構築物、系統及び機器の耐震クラス設定は、安全機能が喪失した場合の影響を考慮して分類を行う。 <p>※ 「安全機能を有する構築物、系統及び機器は、その安全機能の重要度及び地震によって機能の喪失を起こした場合の安全上の影響を考慮して、耐震設計上の区分がなされるとともに、適切と考えられる設計用地震力に十分耐えられる設計であること。」</p>

(参考) 1 F の耐震設計における地震動とその適用の考え方※ (抜粋)



※ 令和3年2月13日の福島県沖の地震を踏まえた東京電力福島第一原子力発電所の耐震設計における地震動とその適用の考え方(2回目) 令和3年9月8日 原子力規制庁

(参考) 1 F の耐震設計における地震動とその適用の考え方※ (抜粋)

【(イ): 地震により安全機能を失った際の公衆被ばく影響】

- 核燃料施設等の耐震クラス分類を参考にして、地震による安全機能喪失時の公衆被ばく線量により、S、B、Cを分類する。液体放射性物質を内包する施設・設備にあっては、液体の海洋への流出のおそれのない設計を前提とした線量評価によるものとする。

【(ロ): 通常のBクラスよりも高い耐震性が求められるB+クラスの対象設備の要件】

- 「運転できないこと若しくは作業員への被ばく影響が生じることによりリスク低減活動への影響が大きい設備」の具体例は以下のとおり。
 - ・ 建屋滞留水・多核種除去設備などの水処理設備、使用済燃料をプールからより安定性の高い乾式キャスクへ移動させるために必要な燃料取出設備等。
 - ・ 閉じ込め・遮へい機能喪失時の復旧作業における従事者被ばく線量が1日当たりの計画線量限度を超える設備等。

【(ハ): B+クラスの1/2Ss450機能維持】

- Ss900の1/2の最大加速度450galの地震動に対して、運転の継続に必要な機能の維持や閉じ込め・遮へい機能の維持を求める。

【(ニ): 上位クラスへの波及的影響】

- 上位クラスへの波及的影響がある場合、原則上位クラスに応じた地震動を念頭に置くが、耐震クラス分類の考え方と同様に、下位クラスによる波及的影響を起因とする敷地周辺の公衆被ばく線量も勘案し、適切な地震動を設定する。

【(ホ): 地震力の組合せ】

- 地震力の算定に際しては、水平2方向及び鉛直方向について適切に組み合わせる。

【(ヘ): 液体放射性物質を内包する設備】

- 多核種除去設備等で処理する前の液体等、放出による外部への影響が大きい液体を内包する設備については、Ss900に対して、海洋に流出するおそれのない設計とすることを求める(滞留水が存在する建屋、ALPS処理前の水や濃縮廃液を貯留するタンクの堰等)。これ以外の液体を内包する設備については、上位クラスの地震動に対する閉じ込め機能の確保又は漏えい時の影響緩和対策を求める※。

※: 設備自体を耐震CクラスからBクラスに格上げ、周囲の堰等に上位クラスの地震動に対して閉じ込め機能を維持する、漏えい時に仮設ホースによる排水等の機動的対応を講ずる等により、海洋への流出を緩和する措置を想定。

【(ト): 耐震性の確保に対する代替措置】

- 耐震性の確保の代替策として、機動的対応や耐震性の不足に起因するリスクを早期に低減させるための対策を講ずるとしてもよい。具体例は以下のとおり。

例1: B+クラス設備の1/2Ss450機能維持の手段としては、耐震性の確保の他、機動的対応(予備品への交換、可搬型設備の運用等)による代替手段を想定。

例2: 中低濃度タンクや吸着塔一時保管施設等の耐震性の不足に起因するリスクを早期に低減させる対策として、耐震性の高い建屋やタンクへの移替え及び移管、スラリー安定化処理設備や海洋放出設備による処理等を早期に行うことを想定。

※ 令和3年2月13日の福島県沖の地震を踏まえた東京電力福島第一原子力発電所の耐震設計における地震動とその適用の考え方(2回目) 令和3年9月8日 原子力規制庁

3. 耐震クラス分類

※ 本論点は、他審査中案件及び今後の新規設備にも共通のものである。

- 令和3年9月8日に原子力規制委員会が了承した「令和3年2月13日の福島県沖の地震を踏まえた東京電力福島第一原子力発電所の耐震設計における地震動とその適用の考え方」(参考1)において示した耐震クラス分類を判断する流れは、現在の1Fにおいて建設される施設の特徴に鑑み、通常の実用発電用原子炉の耐震クラス分類ではなく、核燃料物質を非密封で扱う燃料加工施設や使用施設等における耐震クラス分類を参考にして、設備等の機能喪失による公衆への放射線影響の程度によってクラス分類を行うという考えに基づき設定された。
- 上記の耐震クラスを設定する上での放射線影響は、施設の保有するインベントリに応じ安全機能(閉じ込め、遮蔽等)が喪失した状態で評価されるものであり、**緩和対策等様々な条件を設定して評価されるものではない**。当該評価に当たっては、**安全機能の喪失が継続する期間として現実的な期間(例えば7日間)を設定して線量評価を行い、耐震クラス分類を決定する基準(5mSv又は50μSv)と比較することが必要である。**
- この評価によりSクラスと仮設定された場合であっても、耐震クラス分類を判断する流れの②において、廃炉活動への影響、供用期間、設計の進捗状況、実際の地震により機能が喪失した場合の影響緩和策等を勘案した上で最終的に適用する設計用地震力を設定することとなる。その際には、
 - (a) ②において考慮した内容(廃炉活動への影響、供用期間、設計の進捗状況、実際の地震により機能が喪失した場合の影響緩和策等)
 - (b) **影響緩和策及び遮蔽・閉じ込め機能のある程度の維持(Ss900に対する耐震評価から維持の程度を想定する)を考慮した線量評価**
 - (c) (b)で評価した線量に基づく適用する設計用地震力の設定を説明することを求める。