

資料 2

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

1. 経緯・趣旨

令和 3 年 7 月 7 日の第 18 回原子力規制委員会で議論した標記の考え方について、7 月 12 日の第 92 回特定原子力施設監視・評価検討会 (以下「1F 検討会」という。)での議論を経て東京電力ホールディングス株式会社 (以下「東京電力」という。)から提出された意見を踏まえ、東京電力福島第一原子力発電所 (以下「1F」という。)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を整理した。今回はその内容とともに、今後の審査の進め方を諮るもの。

2. 1F の耐震設計における地震動とその適用の考え方に対する東京電力の意見

(1) 第 18 回原子力規制委員会 (令和 3 年 7 月 7 日) における議論

- 1F の耐震設計に用いる地震動については、東京電力が平成 26 年に策定し、1F 検討会において議論した検討用地震動 (最大加速度 900gal) が基本であり、その上で、個別の施設の状況に応じた地震動を設定することが必要である。
- 耐震クラス分類上の B クラスより耐震性の高い分類として B+ クラスを設けること等について、1F 検討会において東京電力の意見を聞くべきである。

(2) 東京電力の意見 (令和 3 年 8 月 6 日提出資料から抜粋)

耐震設計の考え方は、原子力規制庁が示した案と概ね同じであるが、以下の点について確認・要望をしたい。

<確認事項>

- Ss900 (S クラス)、Sd450 (B+ クラス) に対する機能維持について

ここで維持を要求する機能は、放射性物質の閉じ込め機能など、公衆への放射線影響を防止または緩和する機能と考えていいか。

<要望事項>

以下について、規制文書の中に付記していただきたい。

- 供用期間が短い新設設備については、廃炉作業への影響やリスクの早期低減に対して、耐震設計の実現とリスク除去に要する時間のバランスを考慮し、合理的な範囲内で耐震設計を進めることが出来る。
- 移行に伴う暫定的な対応として、申請中の案件や設計がある程度進んでいるもので、B クラス^{*1} であるがより耐震裕度を上げているもの (従来の Ss^{*2} 機能維持) は、B+ クラスとして扱うことが出来る。

※1：別添に示す耐震クラス分類の考え方に基つかずに分類したもの

※2：新規制基準によらない基準地震動（最大加速度 600gal。水平 1 方向及び鉛直方向の組合せを考慮。）

3. 1 Fにおける安全上の観点からの耐震クラス分類と地震動の適用の考え方

上記 2. に示した原子力規制委員会における議論と東京電力の意見を踏まえ、別添のとおり、耐震クラス分類と地震動の適用の考え方を整理した。

4. 今後の方針について

今後は、別添に示す考え方に沿って審査を進めることとし、当該考え方に基づく東京電力の耐震性確保に向けた取組状況等については、1 F 検討会において、適宜確認していく。

以上

別添資料

別添 : 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

参考資料

参考 : 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（令和 3 年 7 月 7 日第 19 回原子力規制委員会 資料 3）

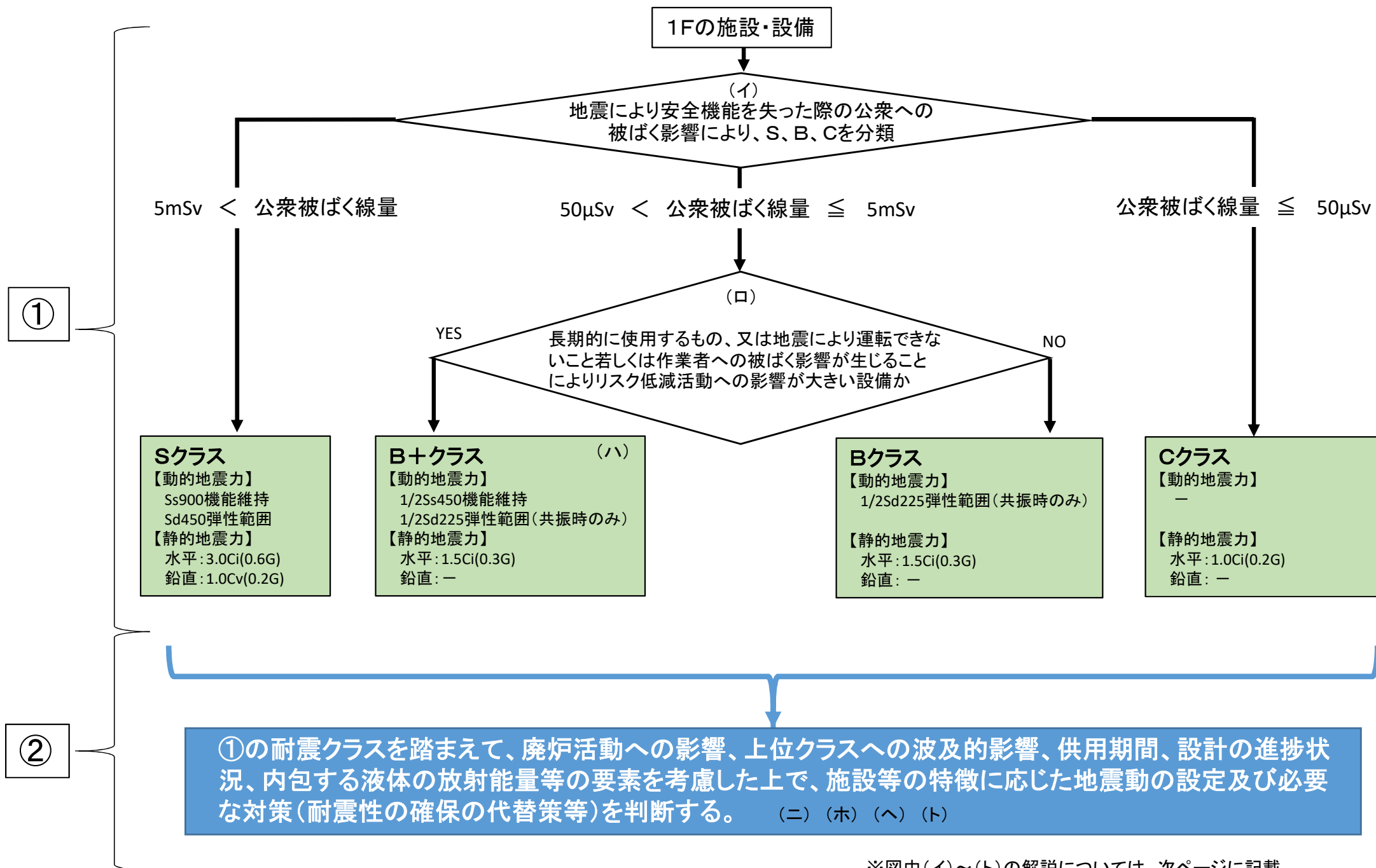
1Fの耐震設計における耐震クラス分類と地震動の適用の考え方

1Fの施設・設備の耐震評価においては、以下の2つを考慮して適用する地震動を設定するとともに、必要に応じて求める対策を判断する。

①耐震クラス分類(S、B+、B、C)

②廃炉活動への影響、上位クラスへの波及的影響、供用期間、設計の進捗状況、
内包する液体の放射エネルギー 等

耐震クラス分類と施設等の特徴に応じた地震動の設定及び必要な対策を判断する流れ



※図中(イ)~(ト)の解説については、次ページに記載

【(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・設備にあつては、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。

現在申請中の主な案件に新たな耐震クラス分類及び地震動の適用の考え方を当てはめた場合の分類例

案件	① 耐震クラスの評価	② 地震動の設定における考慮要素
大型廃棄物保管庫の架台等の設置	<p style="text-align: center;">S or B+</p> <p>地震による機能喪失時の公衆被ばく線量評価の評価条件を要確認(地震により吸着塔が転倒等した場合の内包物漏えいによる線量評価を要精査)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 長期間使用 ● 吸着塔内に液体放射性物質が内包されていること ● Ss600を用いた耐震設計、建屋の建設が進んでいること
使用済Cs吸着塔一時保管施設(第三施設)の変更	<p style="text-align: center;">S or B+</p> <p>地震による機能喪失時の公衆被ばく線量評価の評価条件を要確認(地震によりHICが転倒等した場合の内包物漏えいによる線量評価を要精査)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 長期間使用 ● HICを収納するボックスカルバートに対するクレーンの波及的影響 ● HIC内に液体放射性物質が内包されていること
2号機燃料取り出し装置の設置	<p style="text-align: center;">B+</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 燃料取り出しまでの期間は約2年 ● 使用済燃料プールへの波及的影響 ● Ss600を用いた耐震設計が進んでいること
1号機大型カバーの設置	<p style="text-align: center;">B+</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● ガレキの撤去や燃料取り出しまでの期間は約6年 ● 原子炉建屋、使用済燃料プール等へのカバーの落下による波及的影響(カバー落下時のダスト飛散等による線量評価を要精査) ● Ss600を用いた耐震設計が進んでいること ● カバーを原子炉建屋側面で全荷重を支持する構造(外壁コンクリートの劣化・損傷状況を要精査)

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

令和 3 年 7 月 7 日
原子力規制庁

1. 経緯・趣旨

東京電力福島第一原子力発電所（以下「1F」という。）では、これまで、新規制基準によらない基準地震動（最大加速度 600gal。以下「Ss600」という。）^{※1}を用いて耐震設計が行われてきた^{※2}ところ、東京電力は、令和 3 年 2 月 13 日に福島県沖で発生した地震は、1Fにおいて弾性設計用地震動（最大加速度 300gal（基準地震動の 1/2）。以下「Sd300」という。）を上回るものであったと評価している^{※3}。

1Fの地震動に関しては、平成 26 年 8 月の第 19 回原子力規制委員会における指摘を踏まえ、1Fの地震対策の実施に当たって目標とする地震動の検討が行われ、東京電力は検討用地震動（最大加速度 900gal。以下「Ss900」という。）を設定している^{※4}。

この状況を踏まえ、今後の 1Fの耐震設計において考慮すべき地震動とその適用の考え方について、以下のとおり事務局で案を作成したところ、これを特定原子力施設監視・評価検討会において東京電力ホールディングス株式会社（以下「東京電力」という。）に提示し議論を行うことについて諮る。

※1：「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」（平成 18 年 9 月 19 日原子力安全委員会決定）（以下「耐震指針」という。）に基づいて設定された基準地震動。

※2：1Fと実用炉（BWR）における耐震クラス別の主要設備の比較（参考 1）

※3：東京電力が作成した令和 3 年 2 月 13 日の地震のはざとり波と基準地震動・弾性設計用地震動の比較（参考 2）

※4：第 27 回特定原子力施設監視・評価検討会 資料 2 東京電力福島第一原子力発電所の外部事象に対する防護の検討について（平成 26 年 10 月 3 日 東京電力作成）（参考 3）

2. 今後の 1Fの耐震設計に用いる地震動

平成 23 年東北地方太平洋沖地震の地震動は Ss600 を上回り、令和 3 年 2 月 13 日の地震動は Sd300 を上回るものであったことに鑑みれば、今後の 1Fの耐震設計に用いる地震動は、このような地震動が実際に観測されたこと等を考

慮したものであることが必要と考える。

検討用地震動（Ss900）は、1Fにおける施設・設備等の現状や廃炉作業の状況から、速やかにリスク低減を図り、着実に廃炉作業を進めることが必要であることを考慮して、早期に地震に対する防護対策を講じるために策定されたものであり、精緻な地質調査結果等を踏まえたものではないが、これまでの新規制基準に基づく審査の経験を踏まえれば、震源モデルの設定方法等はレシピア等に基づく同様の方法を採用していることから一定の科学的根拠は有している。また、この検討用地震動（Ss900）は1Fの建屋等の耐震性評価に用いられてきた。

これらを踏まえ、当面の間、この検討用地震動（Ss900）を基本とした「1Fの耐震設計における地震動とその適用の考え方」を再整理することが適当と考え、3. にその具体案を示す。

なお、今後設置する施設の目的や使用期間によっては、検討用地震動（Ss900）を超える地震動の適用が必要となることも考えられ、その場合は改めて方針を検討する。

3. 1Fにおける安全上の観点からの耐震クラス分類と適用する地震動

(1) 耐震クラス分類

現在の1Fにおいては、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^{※5}により、以下のクラス分類とすることが適当と考える。加えて、Bクラスについては、1Fの状況に鑑み、以下に記載する3つの条件のいずれかに該当する設備に対して、B+クラスというより耐震性の高い分類を設けることが適当と考える。

Sクラス： $5\text{mSv} < \text{敷地周辺の公衆被ばく線量}$

B+クラス： $50\mu\text{Sv} < \text{敷地周辺の公衆被ばく線量} \leq 5\text{mSv}$

- ・ 恒久的に使用する設備
- ・ 耐震機能喪失時にリスク低減活動や放射線業務従事者の被ばく線量に大きな影響を与える設備
- ・ Sクラスの設備に対して波及的影響を与える可能性のある設備^{※6}

Bクラス： $50\mu\text{Sv} < \text{敷地周辺の公衆被ばく線量} \leq 5\text{mSv}$

Cクラス： $\text{敷地周辺の公衆被ばく線量} \leq 50\mu\text{Sv}$

※5： 耐震クラス分類を行う際の影響評価のうち、液体の放射性物質の放出による影響評

価の妥当性を示すことが困難な場合には、影響評価の対象からは除外し、その上で、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、機能喪失したとしても海洋に流出するおそれのない設計とすることを求める。また、多核種除去設備等で処理した後の液体等、放出による外部への影響が比較的小さい液体を内包する設備は、上記の設計対応をすることが望ましいが、それが困難な場合には、例えば機能喪失時の仮設ホースによる排水等の機動的対応等の放出時の影響を緩和する措置を求める。

※6： 事故後当初、Sクラスである原子炉格納容器や使用済燃料プールに波及的影響のある設備はBクラスに適用する地震力に加えて Ss600 に対する機能維持を求めてきたが、現在の1Fは通常の発電用原子炉施設とは異なり、使用済燃料やデブリ中の放射性核種の崩壊が進み潜在的な放射線リスクが低くなっているため、念頭に置くべき外部への影響の程度を勘案し、燃料取り出し設備等のSクラスの設備に波及的影響のある設備はB+クラスに分類することとする。

(2) 地震動の適用の考え方

2. の考え方を踏まえ、新規に設置する設備等については、検討用地震動 (Ss900) を1Fにおける新たな基準地震動 (Ss) として設定し、 $1/2Ss$ (最大加速度 450gal (Ss900 の $1/2$))。以下「Sd450」という。) を新たな弾性設計用地震動 (Sd) として適用する。その上で、1Fの状況を勘案し以下を求める。

- 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。
- B+クラスには、Bクラスに適用する地震力に加えて、Sd450 に対して安全機能が維持されることを求める。
- 既に設置している設備等に対しては、原則として上記と同様の考え方を適用する。ただし、該当する耐震クラスに対応した耐震性を評価した上で追加の対応が必要とされる設備のうち、廃炉作業への影響や対応の実施による被ばくリスク等を勘案し合理的な範囲内で補強等の対応ができないものについては、耐震性の不足に起因するリスクを早期に低減するための対策を個別に検討する。

上記適用する地震動及び適用の考え方を、現在申請中の案件を含む設備の例示とともに別添1に示す。

以上

別添資料

別添 1 : 1 F おいて今後適用する地震動、耐震クラス及び対象設備の例と現在審査中の案件概要

参考資料

参考 1 : 1 F と実用炉（BWR）における耐震クラス別の主要設備の比較

参考 2 : 東京電力が作成した令和 3 年 2 月 13 日の地震のはぎとり波と基準地震動・弾性設計用地震動の比較（東京電力作成令和 3 年 6 月 3 日面談資料からの抜粋）

参考 3 : 第 27 回特定原子力施設監視・評価検討会 資料 2 東京電力福島第一原子力発電所の外部事象に対する防護の検討について（平成 26 年 10 月 3 日 東京電力作成）

1Fにおいて今後適用する地震動、耐震クラス及び対象設備の例(現時点の仮定に基づくもの)

1Fにおいて今後、各耐震クラスに適用する地震動の概要を、新規設備の例とともに以下の表に示す。新規設備の耐震クラス分類は今後東京電力が影響評価を行った上で提示すべきものであるが、ここでは現時点の仮定に基づく分類を示す。また、Ss600体系を適用してきた既設設備についても、原則としてSs900体系を適用することとし、詳細については今後検討する。

耐震クラス	今後設置する設備(Ss900体系を適用) ^{*1}			これまでに設置した設備(現行Ss600体系 ^{*7})	
	適用する静的地震力(変更無し)	適用する動的地震動	新規設備の例(既設の新規改造を含む)	これまで適用してきた動的地震動	既設設備の例
Sクラス	水平 3.0Ci (0.6G) 鉛直 1.0Cv(0.2G)	Ss900機能維持 Sd450弾性範囲	乾式燃料貯蔵設備 デブリ貯蔵設備	Ss600機能維持 Sd300弾性範囲	原子炉建屋 共用燃料貯蔵プール 共用プール使用済燃料ラック 乾式燃料キャスク貯蔵設備
B+クラス ^{*2}	水平 1.5Ci (0.3G) 鉛直 —	Sd450機能維持 ^{*3} 1/2Sd225弾性範囲 (共振時のみ)	大型廃棄物保管庫 ^{*4} スラリー安定化処理設備 放射性物質分析・研究施設第2棟 デブリ取り出し設備 ^{*5} 2号燃料取り出し設備 ^{*5} 1号大型カバー ^{*5}		
Bクラス	水平 1.5Ci (0.3G) 鉛直 —	1/2Sd225弾性範囲 (共振時のみ)	廃スラッジ回収施設 ^{*6}	1/2Sd150弾性範囲 (共振時のみ)	汚染水処理設備 滞留水移送設備 3号PCV取水設備(B(Ss600機能維持)) ^{*8} 3号燃料取扱機(B(Ss600機能維持)) ^{*8}
Cクラス	水平 1.0Ci (0.2G) 鉛直 —				減容処理設備

既設設備も原則として耐震クラスを再分類した上でSs900体系を適用する。詳細については今後検討。

*1 地震力は、水平2方向及び鉛直方向について適切に組み合わせたものとして算定する。

*2 Bクラスに分類されるもののうち、恒久的に使用する設備、耐震機能喪失時にリスク低減活動や放射線業務従事者の被ばく線量に大きな影響を与える設備、もしくはSクラスの設備に対して波及的影響を与える可能性のある設備のいずれかに該当するもの。

*3 Sd450機能維持は、剛領域加速度がBクラス静的加速度より大きいため、剛な場合も動的加速度を適用する。

*4 分割申請ですでに認可した大型廃棄物保管庫建屋についても、現在申請中の建屋内設備と同様にSs900体系を適用する。

*5 現行では原子炉格納容器や使用済燃料プールに波及的影響のある設備はB(Ss600機能維持)を求めていたが、今後はB+クラスに分類する。

*6 廃スラッジ回収施設は、回収作業を行う比較的短期間に使用する設備であること、及び設備にて同時に扱う廃スラッジ量は少ないためBクラスに分類する。

*7 既に設置している設備等に対しては、原則としてSs900体系を適用する。ただし、該当する耐震クラスに対応した耐震性を評価した上で追加の対応が必要とされる設備のうち、廃炉作業への影響や対応の実施による被ばくリスク等を勘案し合理的な範囲内で補強等の対応ができないものについては、耐震性の不足に起因するリスクを早期に低減するための対策を個別に検討する。

*8 原子炉格納容器、使用済燃料プールへの波及的影響を考慮しB(Ss600機能維持)としている。

案件	放射性物質分析・研究施設第 2 棟の設置	大型廃棄物保管庫の架台等の設置	多核種除去設備スラリー安定化処理設備の設置	廃スラッジ回収施設の設置
使用期間	恒久的に使用※ ※使用開始は 2024 年度の予定	恒久的に使用※ ※使用開始は 2021 年度以降の予定	恒久的に使用※ ※使用開始は 2022 年度の予定	6 ヶ月※ ※当該施設の運転予定期間。使用開始は 2023 年度の予定
インベントリ	<p>燃料デブリ等</p> <p>線源強度は以下のとおり。</p> <p>① コンクリートセル No. 1-4 : 1.2×10^{14} Bq</p> <p>② 試料ピット : 3.1×10^{15} Bq</p> <p>③ 鉄セル : 2.3×10^{11} Bq</p> <p>④ グローブボックス+フード+$\alpha \cdot \gamma$測定室 : 2.3×10^7 Bq</p> <p>※上記のうち②の試料ピットでは、分析・試験を行わない。</p>	<p>Cs 吸着塔 : 540 体※</p> <p>※最大保管量。設計上のインベントリは、以下の区分による。</p> <p>S1 : 10.2×10^{15} Bq/体 \times 36 体</p> <p>S2 : 6.0×10^{15} Bq/体 \times 324 体</p> <p>S3 : 2.0×10^{15} Bq/体 \times 180 体</p>	<p>HIC : 2 基※¹</p> <p>保管容器 : 1 基※²</p> <p>※1 一日当たりの処理量。スラリー中の放射能濃度は、Sr-90 換算で 1.4×10^7 Bq/cm³、HIC 容積は 2.21×10^6 cm³</p> <p>※2 一基当たり HIC6 基分のスラリーを有し、容量は約 5.2 m³</p>	<p>廃スラッジ : 約 7m³ ※</p> <p>※コンテナ内に内包する量 (タンク、遠心分離機及び保管容器の容量を含む)、インベントリは、約 1×10^{14} Bq。保管容器 1 本当たりの想定インベントリは、2.5×10^{13} Bq、容量は 1m³。なお、プロセス主建屋の D ピットから回収が必要な総スラッジ量は 37m³ (保管容器約 37 本分)。</p>

参考1 1Fと実用炉（BWR）における耐震クラス別の主要設備の比較

1F	実用炉（BWR）	適用地震力
<p>Sクラス相当</p> <ul style="list-style-type: none"> 原子炉建屋 使用済燃料プール（共用プールを含む。） 使用済燃料貯蔵ラック 乾式キャスク仮保管設備 非常用DG（所内共通ディーゼル発電機及び補機冷却系） 	<p>Sクラス</p> <ul style="list-style-type: none"> 原子炉建屋 使用済燃料プール 使用済燃料貯蔵ラック 非常用炉心冷却系 ほう酸注入系 可燃性ガス濃度制御系 非常用DG 	<p>Ss 機能維持 + 静的地震力 3.0Ci 又は Sd に対しておおむね 弾性域</p>
<p>Bクラス相当^{※1}</p> <ul style="list-style-type: none"> RPV・PCV注水設備（既設非常用スプレイラインは Ss 機能維持） ほう酸注入系 3号燃料取扱装置、クレーン タービン建屋、廃棄物処理建屋 燃料プール冷却系 汚染水処理設備 <ul style="list-style-type: none"> ▶ 高濃度滞留水受けタンク ▶ Cs 吸着装置吸着塔 ▶ 中濃度タンク ▶ 廃スラッジ一時保管施設 ▶ Cs 吸着塔一時保管施設（ボックスカルバート、クレーン）等 多核種除去設備 増設多核種除去設備 高性能多核種除去設備 大型廃棄物保管庫 	<p>Bクラス</p> <ul style="list-style-type: none"> 主蒸気系、給水系、浄化系 原子炉建屋クレーン タービン、廃棄物処理建屋 燃料プール冷却系 廃棄物処理設備 	<p>静的地震力 1.5Ci と共振影響評価用地震動（1/2Sd）に対しておおむね弾性域</p>
<p>Cクラス相当</p> <ul style="list-style-type: none"> PCV内室素封入設備 減容処理設備 	<p>Cクラス</p> <ul style="list-style-type: none"> 雑固体・減容・圧縮設備 新燃料貯蔵設備 試料採取系 	<p>静的地震力 1.0Ci に対しておおむね弾性域</p>

※1：1Fの既認可のBクラス相当の設備の多くについては、床応答曲線がなくかつ早急にリスクを低減していく必要があったことから、共振影響評価用地震動による耐震評価を行っていない。