

Sクラス施設への波及的影響を考慮すべき施設の検討

1. 概要

耐震重要施設（以下「Sクラス施設」という。）が、耐震重要度分類の下位のクラスに属するものの波及的影響によって、その安全機能を損なわないことを確認する。

波及的影響を考慮すべき施設の検討に当たっては、高速実験炉原子炉施設の敷地内に設置されている耐震重要度分類Bクラス、Cクラス等の建物、設備・機器及び関連施設のSクラス施設との設置位置関係を俯瞰した調査・検討した結果、「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈別記2」（以下「別記2」という。）に記載の以下の4つの観点から検討しておくことで、波及的影響を考慮すべき施設を網羅できると判断したものである。

- (1) 設置地盤及び地震応答性状の相違等に起因する相対変位又は不等沈下による影響
- (2) 耐震重要施設と下位のクラスの施設との接続部における相互影響
- (3) 建物内における下位のクラスの施設の損傷、転倒及び落下等による耐震重要施設への影響
- (4) 建物外における下位のクラスの施設の損傷、転倒及び落下等による耐震重要施設への影響

2. 波及的影響の設計対象施設の耐震設計方針

2.1 耐震評価部位

不等沈下、相対変位、損傷、転倒及び落下等を防止するよう、主要構造部材、支持部及び固定部等を耐震評価部位に選定する。また、不等沈下又は転倒を想定する場合には、Sクラス施設の機能が影響しないように耐震評価部位を選定する。

2.2 地震応答解析

地震応答解析は、時刻歴応答解析法、スペクトルモーダル解析法、FEM等を用いた応力解析法等により原子力発電所耐震設計技術指針（JEAG4601）に基づき実施することを基本とする。

2.3 設計用地震動又は地震力

Sクラス施設の設計に用いる地震動又は地震力を適用する。

2.4 荷重の種類及び荷重の組合せ

波及的影響を及ぼすおそれのあるSクラス施設と同じ運転状態において、下位のクラスの施設に発生する荷重を組み合わせる。また、不等沈下又は転倒を想定し、Sクラス施設の機能に影響がないように設計する場合には、転倒等に伴い発生する荷重を組み合わせる。なお、荷重の設定においては、想定する原子炉の運転状態から定まる範囲を考慮する。

2.5 許容限界

(1) 建物・構築物

建物・構築物について、施設の構造を保つことで、下位のクラスの施設の相対変位による波及的影響を防止する場合は、終局耐力を許容限界として設定する。

(2) 機器・配管系

機器・配管系について、施設の構造を保つことで、下位のクラスの施設の損傷、転倒及び落下等を防止する場合は、許容限界として評価部位に塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が小さいレベルに留まって延性破断の限界に十分な余裕を有していることに相当する値を許容限界として設定する。

3. 波及的影響の設計対象とする下位クラス施設

3.1 設置地盤及び地震応答性状の相違等に起因する相対変位又は不等沈下による影響

設置地盤及び地震応答性状の相違等に起因する相対変位又は不等沈下による影響の評価に係る基本的な考え方を以下に示す。

- ・ Sクラス施設の設計に用いる地震動又は地震力に伴う下位のクラスの施設と Sクラス施設の相対変位又は不等沈下により、Sクラス施設の安全機能を損なわないように設計する。
- ・ 下位のクラスの施設と Sクラス施設との相対変位又は不等沈下を想定しても、下位のクラスの施設が Sクラス施設に衝突しない程度に十分な距離をとって配置する設計とする。

設置地盤及び地震応答性状の相違等に起因する相対変位又は不等沈下による影響の観点から、波及的影響の設計対象として選定した下位クラス施設と選定理由は、以下のとおりである。

(1) 主冷却機建物

※ 主冷却機建物は、2次主冷却系等の Sクラス施設を有する。隣接する原子炉建物及び原子炉附属建物は、1次主冷却系及び2次主冷却系の一部等の Sクラス施設を有する。主冷却機建物、原子炉建物及び原子炉附属建物とも Sクラス施設の間接支持構造物に該当する。ただし、「主冷却機建物」と「原子炉建物及び原子炉附属建物」は、隣接する独立した建物であるため、設置地盤の相違に起因する相対変位又は不等沈下を考慮するものとし、主冷却機建物を波及的影響に係る評価の対象とする。

3.2 Sクラス施設と下位のクラスの施設との接続部における相互影響

Sクラス施設と下位のクラスの施設との接続部における相互影響の評価に係る基本的な考え方を以下に示す。

- ・ Sクラス施設の設計に用いる地震動又は地震力に伴う Sクラス施設に接続する下位のクラスの施設の損傷により、Sクラス施設の安全機能を損なわないように設計する。
- ・ Sクラス施設と下位のクラスの施設との接続部には、原則、Sクラスの隔離弁を設置することにより分離し、事故時等に隔離されるように設計する。
- ・ 隔離されない接続部以降の下位のクラスの施設については、下位のクラスの施設が Sクラス施設の設計に用いる地震動又は地震力に対して、内部流体の内包機能、構造強度等を確保するように設計する。

Sクラス施設と下位のクラスの施設との接続部における相互影響の観点から、波及的影響の設計対象として選定した下位クラス施設は、以下のとおりである。また、Sクラス施設への波及的影響を考慮した設計を行う下位クラス施設とその選定理由を第 3.1 表に示す。

- (1) 1次オーバフロー系の一部
- (2) 1次ナトリウム純化系の一部
- (3) 1次ナトリウム充填・ドレン系の一部
- (4) 1次アルゴンガス系の一部
- (5) 窒素ガス予熱系の一部
- (6) 2次ナトリウム純化系の一部
- (7) 2次ナトリウム充填・ドレン系の一部
- (8) 2次アルゴンガス系の一部
- (9) 核燃料物質取扱設備の一部
- (10) 格納容器雰囲気調整系の一部
- (11) 安全容器の呼吸系の一部
- (12) アルゴンガス供給設備の一部
- (13) 窒素ガス供給系の一部
- (14) カバーガス法燃料破損検出設備の一部

3.3 建物内における下位のクラスの施設の損傷、転倒及び落下等によるSクラス施設への影響

建物内における下位のクラスの施設の損傷、転倒及び落下等によるSクラス施設への影響の評価に係る基本的な考え方を以下に示す。

- ・ Sクラス施設の設計に用いる地震動又は地震力に伴う建物内の下位のクラスの施設の損傷、転倒及び落下等により、Sクラス施設の安全機能を損なわないように設計する。
- ・ 下位のクラスの施設の損傷、転倒及び落下等を想定してもSクラス施設に衝突しない程度に十分な距離をとって配置する設計とする。
- ・ 下位のクラスの施設をSクラス施設への波及的影響を及ぼす可能性がある位置に設置する場合には、下位のクラスの施設がSクラス施設の設計に用いる地震動又は地震力に対して、下位のクラスの施設が損傷、転倒及び落下等に至らないように構造強度設計する。

建物内における下位のクラスの施設の損傷、転倒及び落下等によるSクラス施設への影響の観点から、波及的影響の設計対象として選定した下位クラス施設は、以下のとおりである。また、Sクラス施設への波及的影響を考慮した設計を行う下位クラス施設とその選定理由を第 3.1 表に示す。

- (1) 原子炉格納容器旋回式天井クレーン
- (2) 燃料出入機
- (3) 回転プラグ
- (4) 原子炉附属建物使用済燃料貯蔵設備キャスククレーン
- (5) 原子炉附属建物使用済燃料貯蔵設備燃料移送機
- (6) 燃料交換機
- (7) 主送風機
- (8) 燃料取扱用キャスクカー（キャスクを除く）
- (9) ナトリウム漏えい対策用受樋
- (10) 格納容器内雰囲気調整系再循環空調機
- (11) 原子炉附属建物空調換気設備 燃料洗浄室系及び水冷却池室系給気ダクト
- (12) 1次冷却材純化系コールドトラップ冷却室素ガス冷却器

3.4 建物外における下位のクラスの施設の損傷、転倒及び落下等によるSクラス施設への影響

建物外における下位のクラスの施設の損傷、転倒及び落下等によるSクラス施設への影響の評価に係る基本的な考え方を以下に示す。

- ・Sクラス施設の設計に用いる地震動又は地震力に対して、建物外の下位のクラスの施設の損傷、転倒及び落下等により、Sクラス施設の安全機能を損なわないように設計する。
- ・下位のクラスの施設の損傷、転倒及び落下等を想定してもSクラス施設に衝突しない程度に十分な距離をとって配置する設計とする。
- ・下位のクラスの施設をSクラス施設への波及的影響を及ぼす可能性がある位置に設置する場合には、下位のクラスの施設がSクラス施設の設計に用いる地震動又は地震力に対して、下位のクラスの施設が損傷、転倒及び落下等に至らないように構造強度設計する。

建物外における下位のクラスの施設の損傷、転倒及び落下等によるSクラス施設への影響の観点から、波及的影響の設計対象として選定した下位クラス施設は、以下のとおりである。また、Sクラス施設への波及的影響を考慮した設計を行う下位クラス施設とその選定理由を第3.1表に示す。

(1) 主排気筒

第 3.1 表 S クラス施設への波及的影響を考慮すべき下位クラス施設

S クラス施設	主要施設(*1)	補助施設(*2)	波及的影響を考慮すべき施設	
			下位クラス施設	選定理由
(i) 原子炉冷却材バウンダリを構成する機器・配管系	① 原子炉容器 1) 本体 ② 1次主冷却系、1次補助冷却系及び1次ナトリウム充填・ドレン系 1) 原子炉冷却材バウンダリに属する容器・配管・ポンプ・弁（ただし、計装等の小口径のものを除く。）		①-1 格納容器内旋回式天井クレーン ①-2 燃料出入機 ①-3 回転プラグ ①～②-1 1次オーバーフロー系の一部 ①～②-2 1次ナトリウム充填・ドレン系の一部 ①～②-3 1次アルゴンガス系の一部 ①～②-4 窒素ガス予熱系の一部 ①～②-5 カバーガス法燃料破損検出設備の一部	① Cクラス施設である原子炉格納容器内旋回式天井クレーン、Bクラスである燃料出入機、回転プラグは、Sクラス施設である原子炉容器の上方に設置されていることから、落下により原子炉容器に波及的影響を及ぼすおそれがある。 ①～② Bクラス施設又はCクラス施設である評価対象施設は、Sクラス施設である1次主冷却系等に接続されており、損傷により原子炉停止後の原子炉冷却材バウンダリの閉じ込め機能に波及的影響を及ぼすおそれがある。
(ii) 使用済燃料を貯蔵するための施設	① 原子炉附属建物使用済燃料貯蔵設備 1) 貯蔵ラック 2) 水冷却池 ② 炉内燃料貯蔵ラック（炉心バレル構造体のうち、バレル構造体）		①-1 原子炉附属建物使用済燃料貯蔵設備キャスククレーン ①-2 原子炉附属建物使用済燃料貯蔵設備燃料移送機 ②-1 格納容器内旋回式天井クレーン ②-2 燃料出入機 ②-3 回転プラグ	① Bクラス施設である原子炉附属建物使用済燃料貯蔵設備キャスククレーン、燃料移送機は、Sクラス施設である原子炉附属建物使用済燃料貯蔵設備（貯蔵ラック、水冷却池）の上方に設置されており、落下により原子炉附属建物使用済燃料貯蔵設備に波及的影響を及ぼすおそれがある。 ② Cクラス施設である原子炉格納容器内旋回式天井クレーン、Bクラスである燃料出入機、回転プラグは、Sクラス施設である原子炉容器の上方に設置されていることから、落下により原子炉容器内に設置されている炉内燃料貯蔵ラックに波及的影響を及ぼすおそれがある。
(iii) 原子炉の緊急停止のために急激に負の反応度を付加するための施設及び原子炉の停止状態を維持するための施設	① 制御棒 ② 制御棒駆動系 1) 駆動機構 2) 上部案内管 3) 下部案内管 ③ 後備炉停止制御棒 ④ 後備炉停止制御棒駆動系 1) 駆動機構 2) 上部案内管 3) 下部案内管	① 電気計装設備（原子炉保護系（スクラム）に関するもの） ② 炉心支持構造物 1) 炉心支持板 2) 支持構造物 ③ 炉心バレル構造物 1) バレル構造体 ④ 炉心構成要素 1) 炉心燃料集合体 2) 照射燃料集合体 3) 内側反射体 4) 外側反射体（A） 5) 材料照射用反射体 6) 遮へい集合体 7) 計測線付実験装置 8) 照射用実験装置	①～④-1 格納容器内旋回式天井クレーン ①～④-2 燃料出入機 ①～④-3 回転プラグ	①～④ Cクラス施設である原子炉格納容器内旋回式天井クレーン、Bクラスである燃料出入機、回転プラグは、Sクラス施設である制御棒、制御棒駆動系の上方に設置されていることから、落下により制御棒、制御棒駆動系に波及的影響を及ぼすおそれがある。
(iv) 原子炉停止後、炉心から崩壊熱を除去するための施設	① 原子炉容器 1) 本体 ② 炉心支持構造物 1) 炉心支持板 2) 支持構造物 ③ 炉心構成要素 1) 炉心燃料集合体 2) 照射燃料集合体 ④ 1次主冷却系、1次補助冷却系及び1次ナトリウム充填・ドレン系 1) 原子炉冷却材バウンダリに属する容器・配管・ポンプ・弁（ただし、計装等の小口径のものを除く。）		①～④-1 1次オーバーフロー系の一部 ①～④-2 1次ナトリウム充填・ドレン系の一部 ①～④-3 1次アルゴンガス系の一部 ①～④-4 窒素ガス予熱系の一部 ①～④-5 カバーガス法燃料破損検出設備の一部	①～④ Bクラス施設又はCクラス施設である評価対象施設は、Sクラス施設である1次主冷却系等に接続されており、損傷により原子炉停止後の崩壊熱除去機能に波及的影響を及ぼすおそれがある。

Sクラス施設	主要施設(*1)	補助施設(*2)	波及的影響を考慮すべき施設	
			下位クラス施設	選定理由
	<p>径のものを除く。)</p> <p>2) 1次主循環ポンプモーター</p> <p>3) 逆止弁</p> <p>⑤ 2次主冷却系、2次補助冷却系、2次ナトリウム純化系及び2次ナトリウム充填・ドレン系</p> <p>1) 冷却材バウンダリに属する容器・配管・ポンプ・弁 (ただし、計装等の小口径のものを除く。)</p> <p>2) 主冷却機 (主送風機を除く。)</p>		<p>⑤-1 2次ナトリウム純化系の一部</p> <p>⑤-2 2次ナトリウム充填・ドレン系の一部</p> <p>⑤-3 2次アルゴンガス系の一部</p> <p>⑤-4 主送風機</p> <p>⑤-5 ナトリウム漏えい対策用受樋</p>	<p>⑤-1～3 Bクラス施設又はCクラス施設である評価対象施設は、Sクラス施設である2次主冷却系等に接続されており、損傷により原子炉停止後の崩壊熱除去機能に波及的影響を及ぼすおそれがある。</p> <p>⑤-4 Cクラス施設である主送風機には、Sクラス施設であるインレット・ベーンが設置されており、インレット・ベーンはSs地震後の動的機能維持を要求されている。</p> <p>⑤-5 Cクラス施設相当であるナトリウム漏えい対策用の受樋は、Sクラス施設である2次主冷却系配管等の周辺に設置されており、転倒、落下により原子炉停止後の崩壊熱除去機能に波及的影響を及ぼすおそれがある。</p>
(v) 原子炉冷却材バウンダリ破損事故の際に障壁となり、1次冷却材の漏えいを低減するための施設	<p>① 原子炉容器</p> <p>1) リークジャケット</p> <p>② 1次主冷却系、1次補助冷却系及び1次ナトリウム充填・ドレン系のうち、原子炉冷却材バウンダリに属する容器・配管・ポンプ・弁の配管 (外側) 又はリークジャケット</p> <p>③ 1次主冷却系</p> <p>1) 逆止弁</p> <p>④ 1次補助冷却系</p> <p>1) サイフォンブレイク弁</p> <p>⑤ 1次予熱窒素ガス系</p> <p>1) 仕切弁</p>	① 電気計装設備 (ナトリウム漏えい検出器に関するもの)		
(vi) 原子炉冷却材バウンダリ破損事故の際に障壁となり、放射性物質の放散を直接防ぐための施設	<p>① 原子炉格納容器</p> <p>② 原子炉格納容器バウンダリに属する配管・弁</p>	① 電気計装設備 (原子炉保護系 (アイソレーション) に関するもの)	<p>①-1 燃料交換機</p> <p>①-2 主排気筒</p> <p>②-1 1次ナトリウム純化系の一部</p> <p>②-2 1次ナトリウム充填・ドレン系の一部</p> <p>②-3 1次アルゴンガス系の一部</p> <p>②-4 窒素ガス予熱系の一部</p> <p>②-5 2次ナトリウム充填・ドレン系の一部</p> <p>②-6 核燃料物質取扱設備の一部</p> <p>②-7 格納容器雰囲気調整系の一部</p> <p>②-8 安全容器の呼吸系の一部</p> <p>②-9 アルゴンガス供給設備の一部</p> <p>②-10 窒素ガス供給設備の一部</p> <p>②-11 格納容器内雰囲気調整系再循環空調機</p>	<p>① Bクラス施設である主排気筒は、Sクラス施設である原子炉格納容器の近傍に設置されており、転倒により原子炉格納容器に波及的影響を及ぼすおそれがある。また、Bクラス施設である燃料交換機は、Sクラス施設である原子炉格納容器の内部に設置されており、転倒により原子炉格納容器に波及的影響を及ぼすおそれがある。</p> <p>②-1～10 Bクラス施設又はCクラス施設である評価対象施設は、Sクラス施設である原子炉格納容器バウンダリに接続されており、損傷により原子炉格納容器バウンダリの閉じ込め機能に波及的影響を及ぼすおそれがある。</p> <p>②-11 Cクラス施設である格納容器内雰囲気調整系再循環空調機は、Sクラス施設である原子炉格納容器の弁の近傍に設置されており、転倒により波及的影響を及ぼすおそれがある。</p>
(vii) 放射性物質の放出を伴うような事故の際にその外部放散を抑	<p>① 核燃料物質取扱設備</p> <p>1) 燃料出入機のうち、コフィン</p> <p>2) トランスファロータのうち、本体及びケーシング</p>		①-1 燃料出入機	①-1 Bクラスである燃料出入機は、Sクラス施設であるコフィンを搭載していることから、転倒、落下によりコフィンに波及的影響を及ぼすおそれがある。

Sクラス施設	主要施設(*1)	補助施設(*2)	波及的影響を考慮すべき施設	
			下位クラス施設	選定理由
制するための施設 で、上記 (vi) 以外の施設	3) 燃料取扱用キャスクカーのうち、キャスク 4) ナトリウム洗浄装置のうち、燃料洗浄槽 5) 燃料集合体缶詰装置のうち、回転移送機		①-3) 燃料取扱用キャスクカー (キャスクを除く。)	①-3) Bクラス施設である燃料取扱用キャスクカー (キャスクを除く。) は、Sクラス施設であるキャスクを搭載していることから、転倒によりキャスクに波及的影響を及ぼすおそれがある。
(viii) その他	① 中央制御室 ② 非常用ディーゼル電源系 (上記 (i) ~ (viii) に関連するもの) ③ 交流無停電電源系 (上記 (i) ~ (viii) に関連するもの) ④ 直流無停電電源系 (上記 (i) ~ (viii) に関連するもの) ⑤ 補機冷却設備 (上記 (i) ~ (vii) に関連するもの) ⑥ 空調換気設備 (上記 (i) ~ (vii) に関連するもの)		③~④-1) 原子炉附属建物空調換気設備 燃料洗浄室系及び水冷却池室系給気ダクト ⑤-1) 1次冷却材純化系コールドトラップ冷却室素ガス冷却器	③~④-1) Cクラス施設である当該給気ダクトは、Sクラス施設である交流無停電電源系及び直流無停電電源系の蓄電池の上方、近傍に設置されており、落下、転倒により波及的影響を及ぼすおそれがある。 ⑤~1) Cクラス施設である1次冷却材純化系コールドトラップ冷却室素ガス冷却器は、Sクラス施設である補機系冷却水配管の近傍に設置されており、転倒により波及的影響を及ぼすおそれがある。

(*1) 主要施設とは、当該機能に直接的に関連する施設をいう。

(*2) 補助施設とは、当該機能に間接的に関連し、主要施設の補助的役割を持つ施設をいう。

(*3) S_s: 基準地震動 S_sにより定まる地震力。