

主蒸気管（外側主蒸気隔離弁より主塞止弁まで）の耐震クラスについて

1. はじめに

耐震重要度分類において、主蒸気管（外側主蒸気隔離弁より主塞止弁まで）については、耐震Bクラス、かつ、弾性設計用地震動 S_d に対して破損しないことの検討を行う、としている。これに対して、「耐震重要度分類及び耐震評価の考え方・評価方針を整理して提示すること。基準地震動 S_1 の読み替えとして弾性設計用地震動 S_d を採用する考え方も併せて提示すること。」とのコメントがあった。

本資料において、主蒸気管（外側主蒸気隔離弁より主塞止弁まで）の耐震重要度分類の考え方について示す。

2. 耐震クラス設定の考え方

耐震重要度分類において、主蒸気管は、以下のクラス分類の規定に基づき、Bクラスに分類している。

「安全機能を有する施設のうち、機能喪失した場合の影響がSクラスの施設と比べ小さい施設であって、原子炉冷却材圧力バウンダリに直接接続されていて、一次冷却材を内蔵しているか又は内蔵し得る施設」

さらに、主蒸気管（外側主蒸気隔離弁より主塞止弁まで）については、仮に破断した場合に、一次冷却系から直接外部へ放射性気体（核分裂生成物）を放出する事象が引き起こされる可能性があることに配慮して、弾性設計用地震動 S_d に対して破損しないことの検討を行うこととした。

設備の耐震上の重要度分類にあたって、J E A G 4601・補-1984 重要度分類編において検討した内容が整理されている。（図1参照）

この中で、「放射性物質に関連する設備の耐震重要度分類と被ばく線量」に関して、設備単体が破損したときに全身0.5レム以上の被ばくを与えるものは基準地震動 S_1 による機能維持の確認を行うべき、としている。これにより、基準地震動 S_2 による設備の同時破損を想定しても、被ばく線量を「原子炉立地審査指針及びその適用に関する判断のめやすについて」の目安線量に対して十分小さくすることができることになる。

また、主蒸気管については、仮に原子炉格納容器外で破損した場合の被ばく線量は、小児甲状腺1.5レム以下となることが当時の評価方法で得られており、基準地震動 S_1 に対し機能維持をする必要は必ずしもない。一方で、複数基立地の発電所で主蒸気管の同時破損を想定すると、仮定の仕方により目安線量を超える場合もあり得るとして、主塞止弁までの部分は、基準地震動 S_1 で破損しないことの確認を行っておくことが望ましいとしている。さらに、被ばく評価の基準が見直されたら、基準地震動 S_1 に対する検討も再度見直す必要があるとしている。

被ばく評価の基準に関しては、「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」（平成2年8月30日原子力安全委員会決定）で判断基準が示されている。主蒸気管（外側主蒸気隔離弁より主塞止弁まで）については、破損時に上記審査指針に定められている事故時の実効線量に関する判断基準（5mSv）を超えないという条件が満たされる必要がある。

東海第二の原子炉設置変更許可申請書における主蒸気管破断時の評価結果によると、被ばく量は0.18mSvであり、上記の判断基準（5mSv）と比較して小さい。このことから、主蒸気管は耐震Bクラスとすることは妥当である。一方で、主蒸気管（外側主蒸気隔離弁より主塞止弁まで）が破断した場合、一次冷却系から直接外部へ放射性気体（核分裂生成物）を放出する事象が引き起こされる可能性があることに配慮することとし、念のため、主蒸気管（外側主蒸気隔離弁より主塞止弁まで）を弾性設計用地震動 S_d で破損しないことの検討を行うこととしたものである。

以上のように、被ばく評価結果に基づき耐震Bクラスの妥当性を確認するとともに、放射性物質の放出の可能性に配慮して弾性設計用地震動 S_d に対して破損しないことの検討を行うこととしたものであり、基準地震動 S_1 を弾性設計用地震動 S_d に読み換えたものではない。

4. 放射性物質に関連する設備の耐震重要度分類と被ばく線量

4.1 原子炉冷却材圧力バウンダリに直接接続されていて1次冷却材を内蔵しているか、又は内蔵し得る設備（特にBWR主蒸気管⁽¹⁾）

これらの設備は本文では、耐震Bクラスに分類されているが、耐震上の重要度分類に当たっては、基準地震動 S_2 による設備破損が想定される場合にはこれによる被ばくが少なくとも「原子炉立地審査指針及びその適用に関する判断のめやすについて」（以下立地審査指針という。）の目安線量を超えないという条件が満たされる必要がある。また、基準地震動 S_2 より発生頻度の高い基準地震動 S_1 に対しては、これより小さい線量に抑えるべきと考えられるが、これに相当する線量としてその設備単体が破損した時に全身0.5レム⁽²⁾以上の被ばくを与えるものは基準地震動 S_1 による機能維持の確認を行うべきものとする。こうすることにより、たとえ基準地震動 S_2 による設備の同時破損を想定しても、その際の被ばく線量を立地審査指針の目安線量に対し十分小さくすることができる。

BWR主蒸気管がもし原子炉格納容器外で破損すれば現在の評価方法では、小児甲状腺1.5レム以下の被ばく線量となるので、基準地震動 S_1 に対し機能維持をする必要は必ずしもない。しかし、現在の被ばく評価法が保守的なため、一発電所に多数基が設置されている場合、基準地震動 S_1 による複数の主蒸気管の同時破損の仮定のしかたによっては、目安線量を超える場合もあり得る。したがって、BWR主蒸気管のうち主塞止弁までの部分は、当面基準地震動 S_1 で破損しないことの確認を行っておくことが望ましいと考えられる。

なお、現在の被ばく評価における線源、解析条件の設定は非常に苛酷なものであり、炉水の放射能濃度、沃素の燃料からの追加放出量等の線源の見直し、放出過程での大幅な放射能の減衰効果等の評価法の見直しが行われれば、かなりの基数があっても甲状腺被ばくを十分低く抑えることが可能と考えられるので、現在の被ばく評価の基準が見直された時点で、上記基準地震動 S_1 に対する検討について再度見直される必要がある。

それ以外の設備については、主蒸気管破断事故より被ばく線量が小さいので原則として耐震Bクラスとする。

注：(1) 原子炉冷却材圧力バウンダリに直接接続されている配管としてはBWRの主蒸気管の他にBWRでは、①原子炉冷却材浄化系 ②給水系、PWRでは、①抽出系 ②余剰抽出系がある。BWRの逃がし安全弁排気管、PWRの加圧器逃がし弁排気管のようにその下流側が開放されており内蔵機能を持っていないものは、本分類に該当しないものとする。

(2) 目安線量として全身被ばく線量を0.5レム、小児甲状腺被ばく線量を1.5レムと考える。

図1 J E A G 4601・補-1984 重要度分類編（抜粋）

3. 応力評価

主蒸気管（外側主蒸気隔離弁より主塞止弁まで）について弾性設計用地震動 S_d 作用時の評価を以下に示す。

(1) 評価条件

系統名称	耐震設計上の重要度分類	設置建屋	設置高さ EL. (m)	減衰定数 (%)
主蒸気系* ¹ (MS-T-1)	B* ²	原子炉建屋		
		タービン建屋		

*1： 主蒸気管のうち，外側主蒸気隔離弁より主塞止弁までを評価対象とする。

*2： 念のため，弾性設計用地震動 S_d に対して破損しないことを評価する。
(BSd と記す。)

(2) 固有周期及び刺激係数

モード* ³	固有周期 (s)	刺激係数		
		X 方向	Y 方向	Z 方向
1 次				
2 次				
3 次				
4 次				
5 次				
6 次				
7 次				
8 次				
102 次				

*3： 振動モードの代表として 3 次までのモード図を添付-1 に示す。

(3) 評価結果

応力の種類	算出応力* ⁴ (MPa)	許容応力* ⁵ (MPa)
一次応力	168	380
一次+二次応力	256	418

*1： 最大応力点を添付-2 に示す。

*3： 許容応力状態 III_AS における許容応力とする。









