

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構  
大洗研究所（南地区）高速実験炉原子炉施設（「常陽」）

第6条（外部からの衝撃による損傷の防止）

（その3：耐降下火砕物設計）

2022年9月9日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構  
大洗研究所高速実験炉部

## 第6条：外部からの衝撃による損傷の防止

### (その3：耐降下火砕物設計)

#### 目次

1. 要求事項の整理
2. 設置許可申請書における記載
3. 設置許可申請書の添付書類における記載
  - 3.1 安全設計方針
  - 3.2 気象等
  - 3.3 設備等
4. 要求事項への適合性
  - 4.1 基本方針
  - 4.2 耐降下火砕物設計
  - 4.3 要求事項（試験炉設置許可基準規則第6条への適合性説明）

(別紙)

- 別紙1 : 原子炉施設の安全性に影響を与える可能性のある火山事象の評価
- 別紙2 : 降下火砕物に対する安全施設の安全機能の確保
- 別紙3 : 原子炉建物（格納容器を含む。）及び原子炉附属建物に係る降下火砕物影響評価結果
- 別紙4 : 主冷却機建物に係る降下火砕物影響評価結果
- 別紙5 : 主冷却機のうち屋外部分に係る降下火砕物影響評価結果
- 別紙6 : 主排気筒に係る降下火砕物影響評価結果
- 別紙7 : 第一使用済燃料貯蔵建物に係る降下火砕物影響評価結果
- 別紙8 : 第二使用済燃料貯蔵建物に係る降下火砕物影響評価結果
- 別紙9 : 非常用ディーゼル電源系に関連する「冷却塔」、「排気筒」及び「吸気系統」に係る降下火砕物影響評価結果
- 別紙10 : 降下火砕物に対する中央制御室の居住性確保

別紙 11 : 多量の降下火砕物が原子炉施設に到達するおそれが確認された場合の対応フロー

(添付)

添付 1 : 設置許可申請書における記載

添付 2 : 設置許可申請書の添付書類における記載 (安全設計)

添付 3 : 設置許可申請書の添付書類における記載 (適合性)

添付 4 : 設置許可申請書の添付書類における記載 (気象等)

本日も提示範囲

添付 1 設置許可申請書における記載

5. 試験研究用等原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備

ロ. 試験研究用等原子炉施設の一般構造

(3) その他の主要な構造

(a-8) 火山の影響

安全施設は、原子炉施設の運用期間中において原子炉施設の安全機能に影響を及ぼし得る火山事象として設定した層厚 50cm、湿潤密度を 1.5g/cm<sup>3</sup> の降下火砕物に対し対策を行い、建屋による防護、構造健全性の維持、代替設備の確保等によって、安全機能を損なわない設計とする。

## 添付2 設置許可申請書の添付書類における記載（安全設計）

### 添付書類八

#### 1. 安全設計の考え方

##### 1.7 外部からの衝撃による損傷の防止に係る設計

###### 1.7.4 火山事象防護

###### 1.7.4.1 火山事象防護に関する基本方針

安全施設が火山事象に対して原子炉施設の安全性を確保するために必要な機能を損なわない設計とする。このため、「添付書類6 8.火山」で評価し抽出された原子炉施設に影響を及ぼし得る火山事象である降下火砕物に対して、対策を行い、建屋による防護、構造健全性の維持、代替設備の確保等によって、安全機能を損なわない設計とする。

耐降下火砕物設計においては、安全機能の重要度分類がクラス1、2、3に属する構築物、系統及び機器を降下火砕物防護施設とし、外部からの衝撃による損傷の防止に係る安全施設に該当する構築物、系統及び機器を影響評価の対象とする。

###### 1.7.4.2 評価方針

後述する評価対象施設について、評価を行う。当該影響評価にあつては、当該安全施設の外殻施設を評価対象とする場合がある。想定される降下火砕物に対する影響を評価し、外殻施設又は降下火砕物の除去に係る措置による防護により、その安全機能を損なわないように設計する。重要安全施設以外の安全施設は、降下火砕物により損傷するおそれがある場合に、代替措置や修復等を含め安全機能を損なわないものとする。

###### 1.7.4.3 評価対象施設の抽出

降下火砕物の影響評価を行う降下火砕物影響評価対象施設を以下の各区分から抽出する。

###### (1) 重要安全施設を内包し保護する外殻施設

原子炉建物（格納容器を含む。）、原子炉附属建物及び主冷却機建物

###### (2) 外殻で保護されない重要安全施設

主冷却機のうち屋外部分（屋外ダクト）、非常用ディーゼル電源系に関連する「冷却塔」、「排気筒」及び「吸気系統」（主冷却機建物空調換気設備）

###### (3) 安全施設を内包し保護する外殻施設

第一使用済燃料貯蔵建物及び第二使用済燃料貯蔵建物、廃棄物処理建物、メンテナンス建物の液体廃棄物処理設備及び固体廃棄物貯蔵設備

###### (4) 外殻で保護されない安全施設

主排気筒、外周コンクリート壁、一般電源系（受電エリア）及び屋外管理用モニタリン

## グポスト

廃棄物処理建物、メンテナンス建物に内包される液体廃棄物処理設備及び固体廃棄物処理設備は、基本的にコンクリート構造の地下階に位置し、上部にはエリアを隔てる蓋が設置されているため、降下火砕物の影響を受けず、安全機能（放射性物質の貯蔵）を損なうことはないため、評価対象施設から除外した。

一般電源系（受電エリア）は、一般電源系の機能を喪失した場合には、非常用ディーゼル電源系等により必要な電源を供給し、これらはMS-1に該当し、外殻施設の健全性が確保されるため、安全機能を損なうことはなく、代替措置により、必要な機能を確保できるため、評価対象施設から除外した。

屋外管理用モニタリングポストは、屋外管理用モニタリングポストの機能を喪失した場合には、代替措置（可搬型測定器）により、必要な機能を確保できるため、評価対象施設から除外した。

### 1.7.4.4 設計降下火砕物荷重の算定法

「添付書類6 8. 火山」に示したように、敷地における降下火砕物の想定される最大層厚は50cmであり、これを設計上考量する降下火砕物の層厚とする。原子力施設の耐降下火砕物設計に用いる設計降下火砕物荷重は、設計上考慮する降下火砕物の層厚を50cmに、湿潤密度を $1.5\text{g}/\text{cm}^3$ を乗じて算定することを基本とする。ただし、降下火砕物の層厚については、原子炉施設において、必要に応じて、降下火砕物が外部からの衝撃による損傷の防止に係る重要安全施設降下火砕物防護施設又は外殻施設への積灰を抑制するための措置を講じることを考慮して設定する場合がある。

### 1.7.4.5 荷重の組合せと許容限界

#### 1.7.4.5.1 荷重の組合せにおいて考慮する原子炉施設の状態

##### (1) 建物・構築物

###### (i) 運転時の状態

原子炉施設が通常運転時若しくは運転時の異常な過渡変化時にあり、通常の自然条件下におかれている状態

###### (ii) 設計基準事故時の状態

原子炉施設が設計基準事故時にある状態

##### (2) 機器・配管系

###### (i) 通常運転時の状態

原子炉施設の起動、停止、出力運転、燃料交換等が計画的に行われた場合であって、運転条件が所定の制限値以内にある運転状態

###### (ii) 運転時の異常な過渡変化時の状態

原子炉施設の通常運転時に予想される機械又は器具の単一の故障若しくはその誤作動又は運転員の単一の誤操作及びこれらと類似の頻度で発生すると予想される外乱によって発生する異常な状態であって、当該状態が継続した場合には炉心又は原

子炉冷却材バウンダリの著しい損傷が生ずるおそれがあるものとして安全設計上想定すべき事象が発生した状態

(iii) 設計基準事故時の状態

発生頻度が運転時の異常な過渡変化より低い異常な状態であって、当該状態が発生した場合には原子炉施設から多量の放射性物質が放出するおそれがあるものとして安全設計上想定すべき事象が発生した状態

#### 1.7.4.5.2 荷重の種類

(1) 建物・構築物

- (i) 原子炉のおかれている状態にかかわらず常時作用している荷重（固定荷重、積載荷重、土圧、水圧並びに通常の気象条件による荷重）
- (ii) 運転時の状態で作用する荷重
- (iii) 設計基準事故時の状態で作用する荷重
- (iv) 設計降下火砕物荷重、風荷重、積雪荷重

なお、運転時の状態で作用する荷重及び設計基準事故時の状態で作用する荷重には、機器・配管系から作用する荷重が含まれるものとする。

(2) 機器・配管系

- (i) 通常運転時の状態で作用する荷重
- (ii) 運転時の異常な過渡変化時の状態で作用する荷重
- (iii) 設計基準事故時の状態で作用する荷重
- (iv) 設計降下火砕物荷重

#### 1.7.4.5.3 荷重の組合せ

設計降下火砕物荷重と他の荷重との組合せは以下のとおりとする。

(1) 建物・構築物

- (i) 常時作用している荷重及び運転時の状態で作用する荷重と設計降下火砕物荷重、**風荷重**及び積雪荷重を組み合わせる。

(2) 機器・配管系

- (i) 通常運転時の状態で作用する荷重、又は運転時の異常な過渡変化時の状態で作用する荷重のうち、長時間その作用が続く荷重と設計降下火砕物荷重を組み合わせる。

(3) 荷重の組合せ上の留意事項

- (i) 明らかに、他の荷重の組合せ状態での評価が厳しいことが判明している場合には、その荷重の組合せ状態での評価は行わなくてもよいものとする。
- (ii) 複数の荷重が同時に作用する場合、それらの荷重による応力の各ピークの生起時刻に明らかなずれがあることが判明しているならば、必ずしも、それぞれの応力のピーク値を重ねなくともよいものとする。
- (iii) 設計基準事故時に評価対象施設に応力は生じないため、設計降下火砕物荷重及び設計基準事故時に生じる応力の組み合わせは考慮しない。

#### 1.7.4.5.4 許容限界

各施設の設計降下火砕物荷重と他の荷重とを組み合わせた状態に対する許容限界は、以下のとおりとする。

##### (1) 建物・構築物

(i) 建物・構築物が構造物全体として、十分変形能力（ねばり）の余裕を有し、終局耐力に対して妥当な安全余裕を持たせることとする。なお、終局耐力は、建物・構築物に対する荷重又は応力を漸次増大していくとき、その変形又はひずみが著しく増加するに至る限界の最大耐力とし、既往の実験式等に基づき適切に定めるものとする。

##### (2) 機器・配管系

(i) 構造物の相当部分が降伏し塑性変形する場合でも過大な変形、亀裂、破損等が生じ、その施設の機能に影響を及ぼすことがない程度に応力を制限する。

#### 1.7.4.6 設計における留意事項

##### (1) 降下火砕物による波及的影響

外部からの衝撃による損傷の防止に係る重要安全施設については、必要に応じて、降下火砕物の除去に係る措置を講じられるものとし、降下火砕物による波及的影響（閉塞及び目詰まり）によって、その安全機能の重要度に応じて、必要な安全機能を損なわないものとするとともに、中央制御室については、その居住環境を維持できるものとする。

##### (2) 降下火砕物随件事象等に対する考慮

降灰予報等が発表され、多量の降下火砕物が原子炉施設に到達するおそれが確認された場合には、原子炉を停止する。また、降下火砕物を除去するために必要な措置を講じる。降下火砕物発生時において原子炉施設外で想定される外部電源喪失等に対しては、原子炉保護系の作動等により、原子炉を自動停止するものとする。また、降下火砕物に対して非常用ディーゼル発電機の安全機能を維持することで、必要となる電源の供給が非常用ディーゼル発電機により継続できる設計とすることにより、安全機能を損なわない設計とする。

#### 1.7.4.7 手順等

「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」に基づき、原子炉施設保安規定を定める。原子炉施設保安規定には降下火砕物対策について、以下の内容を含む手順を定め、適切な管理を行う。

・降灰予報等が発表され、多量の降下火砕物が原子炉施設に到達するおそれが確認された場合の措置に関すること。



### 添付3 設置許可申請書の添付書類における記載（適合性）

#### 添付書類八

#### 1. 安全設計の考え方

##### 1.8 「設置許可基準規則」への適合

原子炉施設は、「設置許可基準規則」に適合するように設計する。各条文に対する適合のための設計方針は次のとおりである。

(外部からの衝撃による損傷の防止)

第六条 安全施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。次項において同じ。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。

2 重要安全施設は、当該重要安全施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該重要安全施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生ずる応力を適切に考慮したものでなければならない。

## 適合のための設計方針

### 1 について

#### (8) 火山の影響

敷地における降下火砕物の想定される最大層厚は50cmであり、これを設計上考量する降下火砕物の層厚とする。原子炉施設の耐降下火砕物設計に用いる設計降下火砕物荷重は、設計上考慮する降下火砕物の層厚50cmに、湿潤密度を $1.5\text{g/cm}^3$ を乗じて算定することを基本とする。ただし、降下火砕物の層厚については、原子炉施設において、必要に応じて、降下火砕物が降下火砕物防護施設又は外殻施設への積灰を抑制するための措置を講じることを考慮して設定する場合がある。

設計降下火砕物荷重に対して、建物・構築物が構造物全体として、十分変形能力(ねばり)の余裕を有し、終局耐力に対して妥当な安全余裕を持っていることを確認する。また、機器・配管系について、構造物の相当部分が降伏し塑性変形する場合でも過大な変形、亀裂、破損等が生じ、その施設の機能に影響を及ぼすことがない程度に応力を制限する。

なお、降下火砕物防護施設については、必要に応じて、降下火砕物の除去に係る措置を講じられるものとし、降下火砕物による波及的影響(閉塞及び目詰まり)によって、その安全機能の重要度に応じて、必要な安全機能を損なわないものとする。また、中央制御室については、その居住環境を維持できるものとする。

また、降灰予報等が発表され、多量の降下火砕物が原子炉施設に到達するおそれが確認された場合には、原子炉を停止するとともに、降下火砕物を除去するために必要な措置(除去等)を講じる。

安全施設のうち、一般電源系(受電エリア)及び屋外管理用モニタリングポストについては、代替措置や修復等により安全機能を損なわないものとする。

降下火砕物発生時において原子炉施設外で想定される外部電源喪失等に対しては、原子炉保護系の作動等により、原子炉を自動停止するものとする。また、降下火砕物に対して非常用ディーゼル発電機の安全機能を維持することで、必要となる電源の供給が非常用ディーゼル発電機により継続できる設計とすることにより、安全機能を損なわない設計とする。

## 2 について

設計基準事故時に評価対象施設に応力は生じず、降下火砕物防護施設の外殻による防護に影響ないため、設計降下火砕物荷重及び設計基準事故時に生じる応力の組み合わせは考慮しない。このため、重要安全施設は、個々の事象に対して、安全機能を損なわない設計とする。

添付書類六の以下の項目参照

2. 気象
3. 地盤
4. 水理
6. 社会環境
8. 火山
9. 竜巻
10. 生物

添付書類八の以下の項目参照

1. 安全設計の考え方