

第 11 条 外部からの衝撃による損傷の防止（火山）

<目 次>

1. 設計方針
2. 立地評価
3. 影響評価
4. 火山モニタリング
5. 手順及び運用

## 1. 設計方針

(1) 敷地周辺の火山については、その活動性や敷地との位置関係から判断して、設計対応不可能な火山事象が使用済燃料貯蔵施設（以下「貯蔵施設」という。）に影響を及ぼす可能性は十分小さい。ただし、恐山については過去のマグマ噴火に伴う火砕物密度流が敷地に到達していることから、火山影響評価の根拠が維持されていることを継続的に確認することを目的として火山活動のモニタリングを実施する。

モニタリングの結果、観測データに有意な変化があった場合は、火山専門家及び火山活動評価委員の助言を踏まえ、最新の科学的知見に基づき可能な限りの対処を行うこととする。

降下火砕物（火山灰）としては、敷地近傍で確認された火山灰を考慮することとし、火山灰堆積量を30cmに設定する。また、降下火砕物の堆積状況に応じて、降下火砕物（火山灰）の除去を行い、基本的安全機能が損なわれることがないように、適切な処置を講ずる。

(2) 使用済燃料貯蔵建屋（以下「貯蔵建屋」という。）に対する荷重の観点から、積雪、風（台風）及び火山の影響（降下火砕物）の重畳を考慮することとし、貯蔵施設の基本的安全機能を損なわないよう設計及び運用にて考慮する。

## 2. 立地評価

文献調査の結果、地理的領域の第四紀火山として55火山を抽出する。次に、将来の活動が否定できない火山として24火山を抽出する。

設計対応不可能な火山事象（火砕物密度流，溶岩流，岩屑なだれ他，新しい火口の開口及び地殻変動）のうち，恐山の火砕物密度流については，過去最大規模の火砕物密度流が敷地に到達している。

恐山の活動は，古恐山と新恐山の活動に大別され，その間に約20万年の休止期間が存在する。現在は約8万年前から継続する熱水活動期である。

地球物理学的調査などの結果から，深さ20km以浅には大規模なマグマ溜まりが存在する可能性は小さく，深部から連続する火道も認められない。

以上より，恐山は現在も熱水活動が生じているものの，マグマ噴火に伴う火砕物密度流が施設に影響する可能性は十分に小さい。

ただし，過去のマグマ噴火に伴う火砕物密度流が施設に到達していることから，火山影響評価の根拠が維持されていることを継続的に確認することを目的として供用期間中のモニタリングを行う。

具体的には，貯蔵施設は監視対象火山を恐山火山とし，火山専門家からなる火山活動評価委員会を設置し，火山活動のモニタリングの主なものとして，地震活動，地殻変動及び火山ガス状況を監視・定期評価することとする。

火山モニタリングにおいて，観測データに有意な変化があった場合は，火山専門家及び火山活動評価委員の助言を踏まえ，最新の科学的知見に基づき可能な限りの対処を行う。

### 3. 影響評価

#### 3.1 外部事象防護施設

貯蔵施設においては、金属キャスクが基本的安全機能を有する設備に該当し、また、金属キャスクを内包する貯蔵建屋は、遮蔽機能及び除熱機能の一部を担っている設備であることから基本的安全機能を有する設備に該当する。

これより、貯蔵施設における外部事象防護施設（以下「防護施設」という。）を、金属キャスク及び貯蔵建屋とし、降下火砕物によってこれらがもつ基本的安全機能を損なわない設計とする。

以上により、降下火砕物の侵入によって、基本的安全機能を損なう動的機器はない。

#### 3.2 降下火砕物の設計条件及び特徴

##### (1) 降下火砕物の設計条件

貯蔵施設の敷地において考慮する降下火砕物の諸元として、文献調査、地質調査をもとに160km圏内外の火山活動状況から抽出した結果、恐山、北海道駒ヶ岳、十和田の3火山が抽出された。3火山を対象に降下火砕物シミュレーションを行った結果から、恐山火山の降下火砕物による最大堆積層厚30cmを設計上考慮すべき降下火砕物堆積層厚とする。

また、密度については、恐山宮後テフラから採取した試料の密度試験結果を踏まえ $1.5\text{g}/\text{cm}^3$ （湿潤状態）とする。

##### (2) 降下火砕物の特徴

各種文献の調査結果より、降下火砕物は以下の特徴を有する。

- a. 火山ガラス片、鉱物結晶片から成る<sup>(1)</sup>。ただし、砂よりもろく硬度は低い<sup>(2)</sup>。
- b. 硫酸等を含む腐食性のガス（以下「腐食性ガス」という。）が付着している<sup>(1)</sup>。ただし、金属腐食研究の結果より、直ちに金属腐食を生じさせることはない<sup>(3)</sup>。
- c. 水に濡れると導電性を生じる<sup>(1)</sup>。
- d. 湿った降下火砕物は乾燥すると固結する<sup>(1)</sup>。
- e. 降下火砕物粒子の融点は約 $1,000^{\circ}\text{C}$ であり、一般的な砂に比べ低い<sup>(1)</sup>。

### 3.3 降下火砕物による影響因子

降下火砕物の特徴及び防護施設の構造，設置状況，気候及び地域特性を考慮し，降下火砕物が直接及ぼす影響（以下「直接的影響」という。）とそれ以外の影響（以下「間接的影響」という。）として選定する。

#### (1) 直接的影響

##### a. 荷重

貯蔵建屋の上に堆積した降下火砕物による静的負荷を考慮する。

##### b. 粒子の衝突

降下火砕物は微小な鉱物結晶であり，その衝突による貯蔵建屋への影響については，「リサイクル燃料備蓄センター 事業許可基準規則への適合性について（第11条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻）」で設定している設計飛来物の影響に包絡されることから，粒子の衝突の影響を考慮する必要はない。

##### c. 閉塞

貯蔵建屋内に收容される金属キャスクの表面からの除熱を維持する観点から，建屋内の雰囲気温度を低く保つことができるよう，換気のための給気口及び排気口を設ける。貯蔵建屋の給気口及び排気口は，降下火砕物による閉塞を考慮する。

##### d. 摩耗

防護施設には動的機器はないことから，摩耗の影響を考慮する必要はない。

##### e. 腐食

貯蔵建屋内に收容される金属キャスクに対して，降下火砕物に付着した腐食性ガスが接することにより接触面を腐食させることを考慮する。

##### f. 大気汚染

基本的安全機能の確保のために，監視盤室に監視員が常駐する必要がないことから，大気汚染の影響を考慮する必要はない。

##### g. 水質汚染

基本的安全機能の確保のために水を用いないことから，水質汚染の影響を考慮する必要はない。

#### h. 絶縁低下

基本的な安全機能の確保のために必要な電気系機器及び計測制御系機器がないことから、絶縁低下の影響を考慮する必要はない。

### (2) 間接的影響

#### a. 外部電源喪失

使用済燃料貯蔵施設は、金属キャスクを静的に保管する施設であり、降下火砕物により送電網が損傷し外部電源が喪失した場合においても貯蔵施設の基本的な安全機能を損なうことはなく、外部電源喪失時には無停電電源装置及び電源車から計測設備、放射線監視設備の監視機能、通信連絡設備等の必要な負荷に給電できる。したがって、外部電源喪失の影響は考慮する必要はない。

#### b. 交通の途絶

基本的な安全機能の確保のために、外部からの支援を必要とする機器はないことから、交通の途絶の影響は考慮する必要はない。

### 3.4 降下火砕物の影響に対する設計

降下火砕物の影響として「3.3 降下火砕物による影響因子」で選定した影響因子により、貯蔵施設の基本的な安全機能を損なわないよう、以下の設計とする。

#### (1) 荷重

貯蔵建屋の許容荷重が、降下火砕物による荷重に対して、構造健全性を維持することにより基本的な安全機能を損なわない設計とする。なお、建築基準法における積雪の荷重の考え方に準拠し、降下火砕物の除去を適切に行うことから、降下火砕物の荷重を短期に生じる荷重とし、建築基準法による短期許容応力度を許容限界とする。

評価に当たっては、以下の荷重の組合せ及び建築基準法との関係性を考慮する。

#### a. 貯蔵建屋に常時作用する荷重

貯蔵建屋に作用する荷重として自重及び積載荷重の常時作用する荷重を考慮する。

b. その他の自然現象の影響を考慮した荷重の組合せ

降下火砕物と組合せを考慮すべき火山以外の自然現象は、荷重の影響において風（台風）及び積雪であり、降下火砕物との荷重と重畳させる。

以下、主な評価結果として、

降下火砕物に対する貯蔵建屋屋根の評価結果（第1表）、及び降下火砕物と積雪の重畳に対する貯蔵建屋屋根の評価結果（第2表）を示す。

いずれにおいても、貯蔵建屋の構造健全性は維持される。

第1表 降下火砕物に対する貯蔵建屋屋根の評価結果

（単位：N/m<sup>2</sup>）

対象建屋	①降下火砕物による堆積荷重(30 cm・湿潤1.5g/cm <sup>3</sup> )	②許容堆積荷重*	判定
受入区域屋根	4,500	12,700	可 (①<②)
貯蔵区域屋根	4,500	17,900	可 (①<②)
センタータワー屋根	4,500	11,300	可 (①<②)

\*許容堆積荷重:使用している材料の許容応力度の比1.5[短期/長期]に基づき、設計で考慮されている常時荷重（自重，積載荷重，積雪荷重）から算出

第2表 降下火砕物と積雪の重畳に対する貯蔵建屋屋根の評価結果

(単位：N/m<sup>2</sup>)

対象建屋	①降下火砕物による 堆積荷重(30 cm・湿潤 1.5g/cm <sup>3</sup> )	②積雪荷重 (170 cm・0.3 g/cm <sup>3</sup> )	③=①+②	④許容 堆積荷重*	判定
受入区域屋根	4,500	5,100	9,600	12,700	可 (③<④)
貯蔵区域屋根	4,500	5,100	9,600	17,900	可 (③<④)
センタータワー 屋根	4,500	5,100	9,600	11,300	可 (③<④)

\*許容堆積荷重:使用している材料の許容応力度の比1.5[短期/長期]に基づき、設計で考慮されている常時荷重(自重,積載荷重,積雪荷重)から算出

なお、可能性は低いものの、積雪状態で降下火砕物が堆積して構造設計で考慮する荷重を上回ることはないように、管理基準・対応手順を社内マニュアルに定めて、除雪・除灰を行う。

## (2) 閉塞

貯蔵建屋の給気口に自主的に設置するバードスクリーン、及び排気口に自主的に設置する排気ルーバは、降下火砕物の粒径より十分に大きな格子とするとともに、貯蔵区域の給気口はフード下端の位置を地上高さ約6m、排気口は地上高さ約23mと降下火砕物の堆積厚さを考慮した十分に高い位置に設けることにより、給気口及び排気口は降下火砕物により閉塞しない設計とする。

なお、給気口にはフードを、排気口には遮風板を設置することにより、降下火砕物が給気口及び排気口から貯蔵建屋へ侵入しにくい構造とする。

## (3) 腐食

金属腐食研究の結果によると降下火砕物によって直ちに金属腐食を生じることはないが、金属キャスク外表面の塗装及び自主的に二次蓋上部に対策を施し、短期での腐食により基本的安全機能を損なわない設計とする。

なお、給気口にはフードを、排気口には遮風板を設置することにより、降下火砕物が給気口及び排気口から貯蔵建屋へ侵入しにくい構造とする。



#### 4. 火山モニタリング

##### (1) 恐山の評価

恐山については、火山フロントに位置する第四紀火山であり、噴気活動が認められ、ランクCの活火山に分類されている。また、敷地において、過去最大規模の噴火に伴う火砕流堆積物が確認されているため、詳細な調査を実施した。

恐山火山は、釜臥山を含む外輪山を形成した溶岩流の噴出を主体とする古恐山火山（約146万年前～約68万年前）と、約20万年程度の非活動期を挟んで現在の新恐山火山の活動期（約48年前以降）に大別される。

新恐山火山では、約48万年前～8万年前の期間はマグマが直接関与した活動であるが、8万年前～現在までの期間ではマグマが直接関与しない活動（熱水活動）が継続している。

なお、恐山火山の最後の噴火は6～8万年前の宮後テフラ（水蒸気噴火）である。

現在の恐山火山は、地震活動は非常に低調であり、また継続的な地形変位の累積を示す地殻変動も認められない。

また、宇曾利山湖北岸の地獄谷周辺では典型的な熱水活動（沸騰水の噴出）が継続しているが、噴気調査によれば、マグマが直接関与する活動である可能性は小さい。

また、地震波トモグラフィ解析結果からも、深さ20 km以浅には大規模なマグマ溜りが存在する可能性は小さい。

以上のように、恐山火山は、設計対応不可能な火山事象が、施設に影響を及ぼす可能性は十分小さいが、過去のマグマ噴火に伴う火砕物密度流が敷地に到達していることから、火山影響評価の根拠が維持されていることを継続的に確認することを目的として供用期間中のモニタリングを行う。

## (2) 火山モニタリング

恐山については、公的な機関による火山関連の観測が行われていないため、当社として「地殻変動データ」、「地震観測データ」、「噴火口の状況や火山ガスの観測」などの火山モニタリングを独自に実施している。

また、社内に火山の専門家からなる火山活動評価委員会を設置し、定期的に火山モニタリングの結果を報告し、指導を仰いでいる。

また、常時モニタリングをしている、「地殻変動データ」、「地震観測データ」について有意な変化があるかどうかを判断する監視基準を設定する。

## (3) モニタリングの監視基準

モニタリングの監視基準は、「地震観測データ」、「地殻変動データ」より、以下のように設定し、有意な変化があるかどうかを判断する。

- ・ 恐山噴気地帯を中心とする半径 5 km 圏内の地震発生数が10回/月を超えた場合
- ・ 恐山(湯坂)を基点とする 4 基線の基線長変化で、2 測線同時に一週間連続で監視基準値を超えた場合 (監視基準値は、前年データの  $\pm 3\sigma$  を超えた場合に、有意な変化があると判断)
- ・ 恐山(湯坂)を基点とする 4 基線の比高で、観測記録の 7 日移動平均が 2 測線同時に一週間連続で監視基準値を超えた場合 (比高の管理基準については、季節間変動と思われるデータの揺らぎが大きいので、前年の 7 日移動平均との差分データの  $\pm 3\sigma$  を超えた場合に、有意な変化があると判断)

## (4) 処置

前記(3)の3つの状態の変化のうち、いずれか一つの事象が認められた場合、当社は直ちに火山活動評価委員会を緊急招集する。

火山専門家及び火山活動評価委員の助言を踏まえ、最新の科学的知見に基づき可能な限りの対処を行う。主な対処方針を以下に示す。

- ・ 火山活動のモニタリング強化
- ・ 使用済燃料を収納した金属キャスクの搬入停止
- ・ 使用済燃料を収納した金属キャスクの搬出

## 5. 手順及び運用

降下火砕物の降灰後，点検及び除灰の対応を適切に実施するため，以下に係る手順及び運用（除灰）を社内マニュアルに定める。

- (1) 防護施設への影響を確認するための点検を実施する。
- (2) 点検によって降下火砕物の付着が確認された箇所について，付着した降下火砕物の分析を行うとともに，除去を実施する。
- (3) 降下火砕物の堆積や積雪により貯蔵建屋の構造設計で考慮した荷重を上回ることがないように，建屋に堆積した降下火砕物及び積雪の除去を実施する。

## 参考文献

- (1) 広域的な火山防災対策に係る検討会（第3回）（資料2），内閣府，2012
- (2) 武若耕司，シラスコンクリートの特徴とその実用化の現状，コンクリート工学，Vol. 42，2004
- (3) 出雲茂人，末吉秀一他，火山環境における金属材料の腐食，防食技術Vol. 39，1990