

制定 平成25年6月19日 原規技発第13061917号 原子力規制委員会決定

「実用発電用原子炉に係る運転停止中原子炉における燃料損傷防止対策の有効性評価に関する審査ガイド」について次のように定める。

平成25年6月19日

原子力規制委員会

「実用発電用原子炉に係る運転停止中原子炉における燃料損傷防止対策の有効性評価に関する審査ガイド」の制定について

原子力規制委員会は、「実用発電用原子炉に係る運転停止中原子炉における燃料損傷防止対策の有効性評価に関する審査ガイド」を別添のとおり定める。

附 則

この規程は、平成25年7月8日より施行する。

実用発電用原子炉に係る
運転停止中原子炉における
燃料損傷防止対策の有効性評価
に関する審査ガイド

平成25年6月
原子力規制委員会

目 次

1. 目的等	1
2. 運転停止中原子炉における燃料損傷防止対策の有効性評価	1
3. 有効性評価に係る標準評価手法	2
3.1 有効性評価の手法及び範囲	2
3.2 有効性評価の共通解析条件	2
3.3 運転停止中事故シーケンスグループの主要解析条件等	3

1. 目的等

実用発電用原子炉に係る運転停止中原子炉における燃料損傷防止対策の有効性評価に関する審査ガイド(以下「審査ガイド」という。)は、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(原規技発第1306193号(平成25年6月19日原子力規制委員会決定)、以下「解釈」という。)第37条の規定のうち、評価項目を満足することを確認するための手法の妥当性を審査官が判断する際に、参考とするものである。申請者の用いた手法が、本審査ガイドに沿った手法であれば、概ね妥当なものと判断される。申請者が異なる手法を用いた場合は、本審査ガイドを参考に個別に判断する必要がある。

なお、本審査ガイドは、技術的知見、審査経験等に応じて、適宜見直すこととする。

2. 運転停止中原子炉における燃料損傷防止対策の有効性評価

(解釈より抜粋)

(運転停止中原子炉内の燃料損傷の防止)

4-1 第4項に規定する「重大事故に至るおそれがある事故が発生した場合」とは、運転停止中の原子炉において燃料の損傷に至る可能性があるとして想定する以下の(a)及び(b)の事故(以下「想定する運転停止中事故シーケンスグループ」という。)とする。なお、(a)の運転停止中事故シーケンスグループについては、(b)における運転停止中事故シーケンスグループの検討結果如何にかかわらず、必ず含めなければならない。

(a)必ず想定する運転停止中事故シーケンスグループ

- ・崩壊熱除去機能喪失(RHRの故障による停止時冷却機能喪失)
- ・全交流動力電源喪失
- ・原子炉冷却材の流出
- ・反応度の誤投入

(b)個別プラント評価により抽出した運転停止中事故シーケンスグループ

個別プラントの停止時に関するPRA(適用可能なもの)又はそれに代わる方法で評価を実施すること。

その結果、上記4-1(a)の運転停止中事故シーケンスグループに含まれない有意な頻度又は影響をもたらす運転停止中事故シーケンスグループが抽出された場合には、想定する運転停止中事故シーケンスグループとして追加すること。

4-2 第4項に規定する「運転停止中原子炉内燃料体の著しい損傷を防止するために必要な措置を講じたもの」とは、想定する運転停止中事故シーケンスグループに対して、以下の評価項目を満足することを確認したものをいう。

(a)燃料有効長頂部が冠水していること。

(b)放射線の遮蔽が維持される水位を確保すること。

(c)未臨界を確保すること(ただし、通常の運転操作における臨界、又は燃料の健全性に影響を与えない一時的かつ僅かな出力上昇を伴う臨界は除く。)

3. 有効性評価に係る標準評価手法

3.1 有効性評価の手法及び範囲

- (1) 有効性評価にあたっては、最適評価手法を適用し、「3.2 有効性評価の共通解析条件」及び「3.3 運転停止中事故シーケンスグループの主要解析条件等」の解析条件を適用する。ただし、保守的な仮定及び条件の適用を否定するものではない。
- (2) 有効性評価においては、原則として事故が収束し、原子炉が安定状態に導かれる時点までを評価する。

3.2 有効性評価の共通解析条件

(1) 原子炉の運転停止中の期間

原子炉運転停止の過程における主発電機の解列から、原子炉起動の過程における主発電機の併列までを、原子炉の運転停止中の期間とする。ただし、全燃料が使用済燃料貯蔵槽に取り出され、原子炉に燃料がない場合は除く。なお、原子炉の運転停止中の期間を、原子炉の圧力、温度、水位及び作業状況等に応じて適切に区分すること。

(2) 原子炉内の状態等

原子炉内の炉心流量及び崩壊熱等については、設計値等に基づく現実的な値を用いる。

(3) 安全施設の適用条件

- a. 設備の容量は設計値を使用する。設計値と異なる値を使用する場合は、その根拠と妥当性が示されていること。作動設定点等について計装上の誤差は考慮しない。
- b. 故障又は待機除外を仮定した設備を除き、設備の機能を期待することの妥当性（設備の待機状態、原子炉の圧力、温度及び水位等）が示された場合には、その機能を期待できる。
- c. 故障又は待機除外を仮定した設備の復旧には期待しない。

(4) 外部電源

外部電源の有無の影響を考慮する。

(5) 重大事故等対処設備の作動条件

a. 重大事故等対処設備の実施時間

- (a) 燃料損傷防止対策の実施に係る事象の診断時間は、計装の利用可否を考慮し、訓練実績等に基づき設定する。
- (b) 操作現場への接近時間は、接近経路の状況（経路の状態、温度、湿度、照度及び放射線量等）を踏まえ、訓練実績等を踏まえて設定する。
- (c) 現場での操作時間については、操作現場の状況（現場の状態、温度、湿度、照度及び放射線量等）を踏まえ、訓練実績等を踏まえて設定する。

b. 重大事故等対処設備の作動条件、容量及び時間遅れを、設計仕様に基づき設定する。

c. 燃料損傷防止対策の実施に必要なサポート機能（電源及び補機冷却水等）の確保に必要な時間は、現場での操作時間に含めて考慮する。

d. 重大事故等対処設備の作動条件において、作動環境等の不確かさある場合は、その影響を考慮する。

- e. 重大事故等対処設備については、単一故障は仮定しない。
- f. 燃料損傷防止対策に関連する操作手順の妥当性を示す。

3.3 運転停止中事故シーケンスグループの主要解析条件等

運転停止中事故シーケンスグループごとに、燃料損傷に至る重要な事故シーケンス（以下「重要事故シーケンス」という。）を選定し、評価対象とする。重要事故シーケンス選定の着眼点は以下とする。

- a. 燃料損傷防止対策の実施に対する余裕時間が短い。
- b. 燃料損傷回避に必要な設備容量（流量等）が大きい。
- c. 運転停止中事故シーケンスグループ内のシーケンスの特徴を代表している。

(1) BWR

a. 崩壊熱除去機能喪失（RHR の故障による停止時冷却機能喪失）

(a) 重要事故シーケンスの例

- i. 運転中の RHR 又は補機冷却系（補機冷却海水系を含む。）の故障によって、崩壊熱除去機能が喪失し、燃料損傷に至る。

(b) 主要解析条件（「3.2 有効性評価の共通解析条件」に記載の項目を除く。）

- i. 運転中の RHR 又は補機冷却系（補機冷却海水系を含む。）の機能喪失を想定する。

(c) 対策例（対策の可否は原子炉の状態及び緩和設備の待機状態に依存する。以下同様。）

- i. 待機中の RHR 等による崩壊熱除去機能の確保
- ii. 代替 UHSS による崩壊熱除去機能の確保（補機冷却機能が喪失している場合）
- iii. 待機中の ECCS 又は代替注水設備による崩壊熱除去機能の確保

b. 全交流動力電源喪失

(a) 重要事故シーケンスの例

- i. 全交流動力電源が喪失し、RHR 等による崩壊熱除去機能が喪失することによって、燃料損傷に至る。

(b) 主要解析条件（「3.2 有効性評価の共通解析条件」に記載の項目を除く。）

- i. 送電系統の故障等によって、外部電源が喪失するとともに、非常用所内電源系統の機能喪失を想定する。
- ii. 直流電源は、負荷切り離し（原子炉制御室又は隣接する電気室等において簡易な操作で負荷の切り離しを行う場合を含まない。）を行わずに 8 時間、その後、必要な負荷以外を切り離して残り 16 時間の合計 24 時間にわたり、事故の対応に必要な設備に電気の供給を行えるものとする。（ただし、3.2 (3) b を適切に考慮すること。）

(c) 対策例

- i. 代替電源設備による崩壊熱除去機能（RHR（停止時冷却モード）燃料プール冷却浄化系及び原子炉冷却材浄化系）の確保

c. 原子炉冷却材の流出

- (a) 重要事故シーケンスの例
 - i. 原子炉冷却材圧力バウンダリに接続された系統の操作の誤り等によって原子炉冷却材が系外に流出し、燃料損傷に至る。
- (b) 主要解析条件（「3.2 有効性評価の共通解析条件」に記載の項目を除く。）
 - i. RHR の系統切替え（例えば2系列の RHR を有するプラントでは A 系から B 系及びその逆の場合。）時の原子炉冷却材の流出を想定する。
 - ii. 原子炉冷却材圧力バウンダリに接続された系統の構成に基づき、人的過誤等によって仮定し得る原子炉冷却材の流出口及び流出量を設定する。
- (c) 対策例
 - i. 待機中の ECCS 等又は代替注水設備による崩壊熱除去機能の確保
 - ii. 原子炉冷却材流出口の隔離

d. 反応度の誤投入

- (a) 重要事故シーケンスの例
 - i. 制御棒の誤引き抜き等によって、燃料に反応度が投入される。
- (b) 主要解析条件（「3.2 有効性評価の共通解析条件」に記載の項目を除く。）
 - i. 制御棒の誤引抜、制御棒及び燃料集合体の誤配置等による反応度投入を想定する。
- (c) 対策例
 - i. 状態監視及び制御棒再挿入等の対応手順の策定による未臨界の確保

(2) PWR

a. 崩壊熱除去機能喪失（RHR の故障による停止時冷却機能喪失）

- (a) 重要事故シーケンスの例
 - i. 運転中の RHR 又は原子炉補機冷却水系（原子炉補機冷却海水系を含む。）の故障によって、崩壊熱除去機能が喪失し、燃料損傷に至る。
- (b) 主要解析条件（3.2 有効性の評価の共通解析条件に記載の項目を除く。）
 - i. 運転中の RHR 又は原子炉補機冷却水系（原子炉補機冷却海水系を含む。）の機能喪失を想定する。
 - ii. 原子炉の状態及び緩和設備の待機状態を考慮し、代替の崩壊熱除去機能又は原子炉冷却材の補給機能を有する設備の作動を仮定する。
- (c) 対策例
 - i. 待機中の RHR による崩壊熱除去機能の確保
 - ii. 代替 UHSS による崩壊熱除去機能の確保（原子炉補機冷却機能が喪失している場合）
 - iii. 待機中の ECCS 等又は代替注水設備による原子炉冷却材の補給機能の確保
 - iv. 補助給水系と主蒸気逃がし弁による蒸気発生器からの崩壊熱除去機能の確保（蒸気発生器にノズル蓋が設置されていない場合）
 - v. 燃料取替用水タンクからの重力注入による原子炉冷却材の補給機能の確保（蒸気発生器にノズル蓋が設置されず、大口徑の開口部が1次冷却系に設けられている場合）

b. 全交流動力電源喪失

(a) 重要事故シーケンスの例

- i. 外部電源が喪失するとともに、非常用所内電源系統も機能喪失する。このことによって、RHR 等による崩壊熱除去機能が喪失し、燃料損傷に至る。

(b) 主要解析条件 (3.2 有効性の評価の共通解析条件に記載の項目を除く。)

- i. 送電系統の故障等によって、外部電源が喪失するとともに、非常用所内電源系統の機能喪失を想定する。
- ii. 直流電源は、負荷切り離し (原子炉制御室又は隣接する電気室等において簡易な操作で負荷の切り離しを行う場合を含まない。)を行わずに 8 時間、その後、必要な負荷以外を切り離して残り 16 時間の合計 24 時間にわたり、事故の対応に必要な設備に電気の供給を行えるものとする。(ただし、3.2 (3) b を適切に考慮すること。)

(c) 対策例

- i. 代替電源設備による崩壊熱除去機能又は原子炉冷却材補給機能の確保
- ii. 補助給水系と主蒸気逃がし弁による蒸気発生器からの崩壊熱除去機能の確保 (蒸気発生器にノズル蓋が設置されていない場合)
- iii. 燃料取替用水タンクからの重力注入による崩壊熱除去機能を確保 (蒸気発生器にノズル蓋が設置されず、大口径の開口部が 1 次冷却系に設けられている場合)

c. 原子炉冷却材の流出

(a) 重要事故シーケンスの例

- i. 原子炉冷却材圧力バウンダリに接続された系統の操作の誤り等によって原子炉冷却材が系外に流出し、燃料損傷に至る。

(b) 主要解析条件 (3.2 有効性の評価の共通解析条件に記載の項目を除く。)

- i. RHR 及び化学体積制御系の弁操作の過誤等による原子炉冷却材の流出を想定する。
- ii. 原子炉冷却材圧力バウンダリに接続された系統の構成に基づき、人的過誤等によって仮定し得る原子炉冷却材の流出口及び流出量を設定する。

(c) 対策例

- i. 待機中の ECCS 等又は代替注水設備による崩壊熱除去機能の確保
- ii. 原子炉冷却材流出口の隔離
- iii. 燃料取替用水タンクからの重力注入による崩壊熱除去機能を確保 (蒸気発生器にノズル蓋が設置されず、大口径の開口部が 1 次冷却系に設けられている場合。)

d. 反応度の誤投入

(a) 重要事故シーケンスの例

- i. ほう素希釈運転中の化学体積制御系の弁の誤作動等によって原子炉へ純水が流入し、ほう酸水が希釈されることによって反応度が投入される。

(b) 主要解析条件 (3.2 有効性の評価の共通解析条件に記載の項目を除く。)

- i. ほう酸の希釈量は、化学体積制御系の設備容量、純水流入停止までの所要時間及び初期ほ

う素濃度を踏まえて、設定する。

(c) 対策例

- i. 化学体積制御系等から原子炉への純水流入ラインの隔離によるほう酸の希釈の停止（必要に応じてほう酸水の注入。）