

5. 重大事故等の対処に係る有効性評価の基本的な考え方

目次

5. 重大事故等の対処に係る有効性評価の基本的な考え方

5.1 概要

5.1.1 評価対象の整理及び評価項目の設定

5.1.2 評価に当たって考慮する事項

5.1.3 有効性評価に使用する計算プログラム

5.1.4 有効性評価における評価の条件設定

5.1.5 評価の実施

5.1.6 解析コード及び評価条件の不確かさの影響評価

5.1.7 重大事故等の同時発生及び連鎖

5.1.8 必要な要員及び資源の評価

5.2 評価対象の整理及び評価項目の設定

5.3 評価に当たって考慮する事項

5.3.1 安全機能を有する施設の安全機能の喪失に対する想定

5.3.2 操作及び作業時間に対する仮定

5.3.3 環境条件の考慮

5.3.4 有効性評価の範囲

5.4 有効性評価に使用する計算プログラム

5.4.1 臨界事故

5.4.2 冷却機能の喪失による蒸発乾固

5.4.3 放射線分解により発生する水素による爆発

5.4.4 有機溶媒等による火災又は爆発

5.4.5 燃料貯蔵プール等の冷却等の機能喪失

5.4.6 重大事故等の同時発生又は連鎖

5.5 有効性評価における評価の条件設定の方針

5.5.1 評価条件設定の考え方

5.5.2 共通的な条件

5.5.2.1 使用済燃料の冷却期間

5.5.2.2 崩壊熱

5.5.2.3 水素発生G値

5.5.2.4 放射性物質質量

5.5.2.5 事故の影響を受ける割合及び機器の気相に移行する割合

5.5.2.6 大気中への放出過程における放射性物質の除染係数

5.5.2.7 放射性物質のセシウム-137 換算係数

5.5.2.8 溶液，廃液，有機溶媒の温度

5.5.2.9 機器に内包する溶液，廃液，有機溶媒の液量

5.6 評価の実施

5.7 解析コード及び評価条件の不確かさの影響評価方針

5.7.1 解析コードにおける不確かさの影響評価

5.7.2 評価条件の不確かさの影響評価

5.8 重大事故等の同時発生又は連鎖

5.8.1 重大事故等の事象進展，事故規模の分析

5.8.2 重大事故等の同時発生

5.8.3 重大事故等の連鎖

5.8.3.1 重大事故等の連鎖の整理の考え方

5.8.3.2 重大事故等の連鎖に係る検討方針

5.9 必要な要員及び資源の評価方針

5.9.1 必要な要員

5.9.2 必要な資源

5. 重大事故等の対処に係るの有効性評価の基本的な考え方

5.1 概要

再処理施設において、重大事故に至るおそれがある事故が発生した場合において、重大事故の発生防止対策及び重大事故の拡大防止対策（以下「重大事故等対策」という。）が有効であることを示すため、以下のとおり評価対象を整理し、対応する評価項目を設定した上で、評価の結果を踏まえて、設備、手順及び体制の有効性を評価する。

有効性評価は、「3. 設計上定める条件より厳しい条件の設定及び重大事故の想定箇所の特定」において特定された重大事故ごとに、同じ種類の重大事故がどの範囲で発生するかを整理した上で実施し、各重大事故等の事故影響を明らかにする。また、異なる種類の重大事故が同時に発生する場合の有効性評価は、各重大事故等の事故影響の相互影響を考慮し実施するとともに、各重大事故等の事故影響が他の安全機能へ及ぼす影響を連鎖として評価する。

5.1.1 評価対象の整理及び評価項目の設定

「3. 設計上定める条件より厳しい条件の設定及び重大事故の想定箇所の特定」において考慮した設計上定める条件より厳しい条件を基に、各重大事故等の発生を防止している安全機能の喪失の範囲及び生じる環境変化に着目し、重大事故等対策の有効性を確認するための代表事象を選定して、対応する措置の有効性評価を行う。

有効性評価に際しては、事故の様相や設備の特徴を踏まえて有効性を確認するための評価項目を設ける。

具体的には「5.2 評価対象の整理及び評価項目の設定」による。

5.1.2 評価に当たって考慮する事項

有効性評価は、重大事故等対処設備としている設備を用いたものを対象とする。手順及び体制としては、その他の重大事故等対策との関係を含めて必要となる水源、燃料及び電源の資源や要員を整理した上で、安全機能の喪失に対する仮定、実施組織要員の操作時間に対する仮定、環境条件を考慮して、事態が収束する時点までを対象とする。

具体的には「5.3 評価に当たって考慮する事項」による。

5.1.3 有効性評価に使用する計算プログラム

有効性評価において使用する計算プログラム（以下「解析コード」という。）は、重大事故等の特徴に応じて、着目している現象をモデル化でき、実験等を基に妥当性が確認され、適用範囲を含めてその不確かさが把握されているものを選定して使用する。

具体的には「5.4 有効性評価に使用する計算プログラム」に示す解析コードを使用する。

5.1.4 有効性評価における評価の条件設定

有効性評価における評価の条件設定については、「5.3 評価に当たって考慮する事項」による仮定等を考慮するとともに、事象進展の不確かさを考慮して、設計値等の現実的な条件を設定することを基本とする。また、解析コードや評価条件の不確かさが大きい場合には、影響評価において感度解析等を行うことを前提に設定する。

具体的には「5.5 有効性評価における評価の条件設定の方針」による。

5.1.5 評価の実施

有効性評価における解析は、発生を想定する重大事故等の影響を把握し、設備の健全性を確認するとともに、対策の実施により事故が収束することを確認し、その結果を明示する。

5.1.6 解析コード及び評価条件の不確かさの影響評価

解析コード及び評価条件の不確かさの影響評価の範囲として、運転員等操作時間に与える影響及び評価項目に与える影響を確認し、それらの影響を踏まえても重大事故等対策の実現性に問題なく、評価項目を満足することを感度解析等により確認する。

具体的には「5.7 解析コード及び評価条件の不確かさの影響評価方針」による。

5.1.7 重大事故等の同時発生又は連鎖

「3. 設計上定める条件より厳しい条件の設定及び重大事故の想定箇所の特定」の結果に基づき、重大事故等が同時に発生する範囲を特定し、有効性評価を実施する。また、重大事故等の発生的前提となる溶液の性状及び重大事故等が発生した後の溶液の性状を基に、起因となる重大事故等の事象進展、事故規模を分析し、事故影響によって顕在化する環境条件の変化を明らかにし、事故影響が安全機能に及ぼす影響等を評価する。

具体的には「5.8 重大事故等の同時発生又は連鎖」による。

5.1.8 必要な要員及び資源の評価

必要な要員は、重大事故等が同時に又は連鎖して発生することを想定

しても、再処理施設として評価項目を満たすために必要な要員を確保できる体制となっていることを評価する。資源は、重大事故等が同時に又は連鎖して発生することを想定しても、重大事故に至るおそれがある事故が発生してから7日間は外部支援がないものとして、再処理施設単独での措置を継続して実施できることを確認する。

具体的には「5.9 必要な要員及び資源の評価方針」による。

5.2 評価対象の整理及び評価項目の設定

「3. 設計上定める条件より厳しい条件の設定及び重大事故の想定箇所の特定」では、フォールトツリー分析により、各機能喪失の要因となっている事象毎に機能喪失の範囲が整理されている。

有効性評価を実施する代表事例は、「3. 設計上定める条件より厳しい条件の設定及び重大事故の想定箇所の特定」で体系的に整理された上記情報を基に、機能喪失の範囲、講じられる対策の網羅性及び生じる環境条件を考慮し選定する。

重大事故等対策の有効性を確認するため、重大事故等のそれぞれについて有効性を確認するための評価項目を設定する。評価項目は重大事故等の特徴を踏まえた上で、重大事故の発生により放射性物質の放出に寄与する重大事故等のパラメータ又はパラメータの推移とする。

これらの有効性を確認するための評価項目は、重大事故等の同時発生又は連鎖を想定する場合であっても変わらない。ただし、大気中への放射性物質の放出量に関する有効性については、重大事故等の同時発生又は連鎖を想定する重大事故等による大気中への放射性物質の放出量を合算した上で評価を実施する。

5.3 評価に当たって考慮する事項

有効性評価では、共通して以下の事項を考慮する。

5.3.1 安全機能を有する施設の安全機能の喪失に対する想定

網羅性を確保した有効性評価を実施するため、「5.2 評価対象の整理及び評価項目の設定」において選定した代表事例にて想定される機能喪失の範囲に加えて、更なる機能喪失を重ね合わせることが合理的な場合には、代表事例では想定されない安全機能の喪失を加えて仮定し、有効性評価を実施する。

5.3.2 操作及び作業時間に対する仮定

重大事故等への対処のために実施する操作及び作業を開始する時間は、安全機能の機能喪失の要因となる事象によって異なり、事象の特徴を踏まえて以下のとおり想定する。

(1) 外的事象の地震における想定

地震発生直後、要員は自らの身を守るための行為を実施し、揺れが収まったことを確認してから、安全機能が維持されているかの確認を実施する。したがって、地震の発生を起点として、その後10分間は要員による対処を期待しない。地震の発生から10分後以降、要員による安全系監視制御盤等の確認を実施し、その結果に基づき安全機能の喪失を把握し、通常体制から重大事故等への対処を実施するための実施組織に体制を移行するものと仮定する。その後、重大事故等対処の体制に移行するために5分を要するものと仮定して、地震の発生から25分後以降、要員による現場状況の把握のための初動対応に移行し、

地震発生から90分後まで現場状況確認を実施するものと仮定する。

(2) 外的事象の火山における想定

安全系監視制御盤等の情報から安全機能の喪失又は事故の発生を把握するためには、一つの指示情報だけではなく複数の指示情報から判断する必要がある。したがって、安全系監視制御盤等により安全機能の喪失を判断するための情報を把握した時点を起点として、安全機能の喪失の判断に10分間を要するものと想定し、重大事故等への対処のうち判断に基づき実施する操作及び作業は安全機能の喪失を判断するための情報の把握から10分後以降に実施するものと仮定する。ただし、火山による降下火砕物が発生している場合には、運転員は安全機能の喪失の可能性があるものと認識した上で安全系監視制御盤等の監視を行っており、判断に10分を要することはないと考えられる。

(3) 内的事象における想定

安全系監視制御盤等の情報から安全機能の喪失又は事故の発生を把握するためには、一つの指示情報だけではなく複数の指示情報から判断する必要がある。したがって、安全系監視制御盤等により安全機能の喪失を判断するための情報を把握した時点を起点として、安全機能の喪失の判断に10分間を要するものと想定し、重大事故等への対処のうち判断に基づき実施する操作及び作業は安全機能の喪失を判断するための情報の把握から10分後以降に実施するものと仮定する。

ただし、判断に用いる指示情報が安全系監視制御盤等に集約されており、事故の発生を直ちに判断できる場合においては、上記の設定によらず、操作可能な時間を設定する。

(4) 外的事象及び内的事象に共通する想定

重大事故等への対処のために実施する操作及び作業の所要時間は、それぞれの訓練の実績に基づき想定する。

5.3.3 環境条件の考慮

「3. 設計上定める条件より厳しい条件の設定及び重大事故の想定箇所の特定」に整理される自然現象の組み合わせを基に、設計基準において想定した規模の自然現象の発生を想定する。ただし、対処により事象を収束させるまでの時間が短い場合には、その間に自然現象が発生する可能性が十分に低いと考えられることから、対処実施中の自然現象の発生は想定しない。

5.3.4 有効性評価の範囲

有効性評価の範囲は、事態が収束するまでの期間を対象として実施する。

5.4 有効性評価に使用する計算プログラム

有効性評価に使用する解析コードは、重大事故等の特徴に応じて、着目している現象をモデル化でき、実験等を基に妥当性が確認され、適用範囲を含めてその不確かさが把握されているものとして、以下に示す解析コードを使用する。

5.4.1 臨界事故

臨界事故の有効性評価として J A C S コードシステムを使用する。

(1) 概 要

J A C S コードシステムは、臨界安全解析コードシステムであり、モンテカルロ法による臨界安全解析を行うことができる。

核データライブラリは、評価済核データ E N D F / B - I V から作成された、M G C L 断面積セットを標準で使用する事が可能である。

J A C S コードシステムは、1次元 S_n法輸送計算コードである A N I S N - J R、3次元多群モンテカルロ法臨界計算コードである K E N O - I V により、核燃料物質を有する体系の実効増倍率を計算することができる。

また、M G C L 断面積セットを処理して A N I S N - J R 及び K E N O - I V で使用できる断面積を出力するための M A I L コード、A N I S N - J R で計算されたセル平均断面積を K E N O - I V 用の断面積形式に変換する R E M A I L コードを備えている。

(2) 妥当性確認及び不確かさの把握

J A C S コードシステムは、多くのベンチマーク実験の解析により十分に検証されており、J A C S コードシステムの不確かさを考慮して、計算した実効増倍率が0.95以下となることを未臨界の判断基準と

する。

5.4.2 冷却機能の喪失による蒸発乾固

冷却機能の喪失による蒸発乾固の有効性評価において、解析コードは使用していない。

5.4.3 放射線分解により発生する水素による爆発

放射線分解により発生する水素による爆発の有効性評価において、解析コードは使用していない。

5.4.4 有機溶媒等による火災又は爆発

T B P等の錯体の急激な分解反応の有効性評価としてF l u e n tを使用する。

(1) 概 要

解析コードF l u e n tは、汎用熱流体解析ソフトウェアである。航空機の翼に流れる気流、人体の血流、クリーンルーム設計、廃水処理プラント等様々な工業用途に対応し、活用されているソフトウェアであり、T B P等の錯体の急激な分解反応が発生した場合における配管内の圧力や温度解析を行うことができる。

解析コードF l u e n tは、塔槽類内でのT B P等の錯体の急激な分解反応が発生した際の塔槽類及び塔槽類廃ガス処理設備の圧力及び温度の過渡変化を解析することができる。解析コードF l u e n tは、塔槽類内の区間、塔槽類廃ガス処理設備の配管、洗浄塔及びフィルタを流れ方向に三次元に多ノードで模擬している。各ノードについて、圧縮性流体として質量、運動量及びエネルギーの保存則を適用し、流体

から塔槽類及び塔槽類廃ガス処理設備の配管への熱移行は考慮せず、塔槽類及び塔槽類廃ガス処理設備内の流体にのみ熱移行させることとし、流体の熱及び流体力学的挙動を計算する。

解析コード F l u e n t の入力は T B P 等の錯体の急激な分解反応としてのエネルギー、塔槽類内の空間温度、圧力、物性、塔槽類廃ガス処理設備の機器及び配管の幾何学的形状である。出力として、各ノードにおける圧力及び温度の時間変化が求められる。

(2) 妥当性確認及び不確かさの把握

解析コード F l u e n t は、多くのベンチマーク実験の解析により十分に検証されている。圧力損失として配管に通気した流体の圧力損失について解析結果と理論式を比較した結果、ほぼ等しい値となっており、その妥当性を確認している。

また、水素爆発を模擬した実験と解析結果を比較した結果、ほぼ同じ波形を示しているため、適切に評価されていることを確認している。

5.4.5 燃料貯蔵プール等の冷却等の機能喪失

想定事故 1 及び想定事故 2 の有効性評価において、解析コードは使用していない。

5.4.6 重大事故等の同時発生又は連鎖

重大事故等の同時発生又は連鎖の有効性評価において、解析コードは使用していない。

5.5 有効性評価における評価の条件設定の方針

5.5.1 評価条件設定の考え方

有効性評価における評価の条件設定については、事象進展の不確かさを考慮して、設計値及び運転状態の現実的な条件を設定することを基本とする。この際、5.4において把握した解析コードの持つ不確かさや評価条件の不確かさによって、有効性評価の評価項目に対する安全余裕が小さくなる可能性がある場合は、影響評価において感度解析を行うことを前提に設定する。

5.5.2 共通的な条件

5.5.2.1 使用済燃料の冷却期間

重大事故等への対処における時間余裕は、崩壊熱密度による影響が大きいため、再処理する使用済燃料の使用済燃料最終取出し前の原子炉停止時からの期間（以下5.から13.では「冷却期間」という。）を現実的な期間に制限することにより、重大事故等への対処における対処の優先順位の設定をより現実的なものとすることができ、重大事故等への対処の確実性をより向上させることができる。

また、冷却期間を制限することで、崩壊熱密度の低減が図られ、重大事故等への対処における時間余裕が確保されることになり、大気中へ放射性物質を放出する事故に至ったとしても、溶液、廃液及び有機溶媒中の放射性物質量の総量を制限することにより、その影響を一定程度以下に抑制することが可能である。特に、冷却機能の喪失による蒸発乾固において特徴的に放出される放射性ルテニウムは、再処理する使用済燃料の冷却期間を制限することにより大きく減衰するため抑制効果大きい。

冷却期間の長い順に再処理することを想定した場合、平成28年3月31

日時点において貯蔵する使用済燃料の約90%は冷却期間15年以上で再処理することが可能であり，現実的な運転を考慮すると，再処理する使用済燃料の冷却期間を15年以上にすることが可能である。

以上より，使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設の燃料貯蔵プールの容量 $3,000 \text{ t} \cdot U_{PR}$ のうち，冷却期間4年以上12年未満の使用済燃料の貯蔵量が $600 \text{ t} \cdot U_{PR}$ 未満，それ以外は，冷却期間12年以上の使用済燃料となるように，新たに受け入れる使用済燃料の冷却期間を制限すること及び再処理する使用済燃料の冷却期間が15年以上となるように計画し管理することを前提とし，以下のとおり使用済燃料の冷却期間を設定する。

- (1) 使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設において発生を想定する重大事故等に対する評価では，使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設の燃料貯蔵プールで貯蔵する使用済燃料 $3,000 \text{ t} \cdot U_{PR}$ に対し，冷却期間12年の使用済燃料が $2,400 \text{ t} \cdot U_{PR}$ 及び冷却期間4年の使用済燃料が $600 \text{ t} \cdot U_{PR}$ 貯蔵された状態とする。
- (2) 使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設以外の施設において発生を想定する重大事故等に対する評価では，再処理する使用済燃料の冷却期間を15年とする。

5.5.2.2 崩壊熱

(1) 燃料仕様の領域区分

崩壊熱は，使用済燃料集合体を1体程度の量で取り扱う場合（以下5.5では「1体領域」という。），1日当たりに再処理する使用済燃料を混合し，平均燃焼度が $45,000 \text{ MW d} / \text{ t} \cdot U_{PR}$ 以下になるように調整する溶解施設の計量・調整槽以降の溶解液等を取り扱う場合（以下5.5では「1日平均領域」という。）及び使用済燃料の受入れ施設及び

貯蔵施設の崩壊熱除去等を考慮する場合（以下5.5では「1年平均領域」という。）に区分して，それぞれの領域について，再処理を行う使用済燃料の仕様を満たす範囲から，より厳しい結果を与える使用済燃料集合体燃焼度，照射前燃料濃縮度，比出力及び冷却期間を組み合わせた以下の崩壊熱を評価するための燃料仕様にに基づき設定する。

- a. 使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設は，年間の最大再処理能力以上の貯蔵容量があるので1年平均領域とする。
- b. せん断処理施設から計量前中間貯槽までは，少数体の取扱量となることから1体領域とする。
- c. 計量・調整槽では，払い出す溶解液を1日当たり再処理する使用済燃料の平均燃焼度 $45,000\text{MW d} / \text{t} \cdot U_{PR}$ 以下に混合及び調整するため，計量・調整槽及び計量補助槽からは1日平均領域とする。
- d. ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵設備，ガラス固化体貯蔵設備及び低レベル固体廃棄物貯蔵設備では，年間の最大再処理能力以上の貯蔵容量があるので1年平均領域とする。
- e. プルトニウム溶液が支配的な溶液はBWR燃料とし，プルトニウム溶液以外の溶液はPWR燃料とする。

(2) 燃料仕様

a. 使用済燃料集合体燃焼度

使用済燃料集合体燃焼度の大きい使用済燃料ほど崩壊熱が大きいいため，1体領域では再処理を行う使用済燃料集合体最高燃焼度 $55,000\text{MW d} / \text{t} \cdot U_{PR}$ ，1日平均領域及び1年平均領域では1日当たり再処理する使用済燃料の平均燃焼度の最高値 $45,000\text{MW d} / \text{t} \cdot U_{PR}$ を設定する。

b. 照射前燃料濃縮度

照射前燃料濃縮度が小さい使用済燃料ほど崩壊熱が大きいいため、1 体領域では高燃焼度実証燃料のような特異な場合を想定して3.0wt%，1 日平均領域では高燃焼度燃料の下限としての照射前燃料濃縮度として3.5wt%，1 年平均領域では高燃焼度燃料の平均的な照射前燃料濃縮度として、BWR燃料では4.0wt%，PWR燃料では4.5wt%を設定する。

c. 比出力

比出力の大きい使用済燃料ほど崩壊熱が大きいいため、1 体領域及び1 日平均領域ともBWR燃料は40MW／t・U_{PR}，PWR燃料は60MW／t・U_{PR}を設定する。1 年平均領域では平均的な値としてBWR燃料は26MW／t・U_{PR}，PWR燃料は38MW／t・U_{PR}を設定する。

また、1 日平均領域のうちプルトニウムの寄与が支配的な設備については、プルトニウムの単位重量当たりの崩壊熱が大きくなる10MW／t・U_{PR}を設定する。

d. 冷却期間

使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設では、貯蔵する使用済燃料のうち、2,400 t・U_{PR}は冷却期間を12年、600 t・U_{PR}は冷却期間を4年とする。

また、使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設以外の施設では冷却期間を15年とする。

5.5.2.3 水素発生G値

水素発生G値は、事故形態、溶液の種類、温度及び硝酸濃度に依存し、水素発生量が、溶液の沸騰状態及びかくはん状態に依存するため、重大事

故の発生の前提となる溶液の状態，重大事故発生後の溶液の状態及びこれらの状態に対する重大事故等対策の実施状況並びに重大事故等が同時発生又は連鎖している場合を想定し，適切に設定する。

(1) 事故形態

「3. 設計上定める条件より厳しい条件の設定及び重大事故の想定箇所の特定」において特定された「臨界事故」，「冷却機能の喪失による蒸発乾固」，「放射線分解により発生する水素による爆発」，「T B P等の錯体の急激な分解反応」及び「使用済燃料貯蔵槽における燃料損傷」を対象とする。

これらのうち，「臨界事故」については，臨界事故発生前後において，放射線量の急激な上昇が生じることから，これに起因する水素発生量の増加を適切に考慮できる水素発生G値を文献等に基づき設定する。

(2) 溶液の種類

「臨界事故」，「冷却機能の喪失による蒸発乾固」，「放射線分解により発生する水素による爆発」，「T B P等の錯体の急激な分解反応」及び「使用済燃料貯蔵槽における燃料損傷」の発生の前提となる「硝酸溶液」，「有機溶媒」及び「水」ごとに水素発生G値を設定する。

(3) 溶液の温度

各溶液の事象進展の過程における温度変化を基に，水素発生G値の温度依存性の考慮の必要性を判断する。

事象進展の過程において温度変化がある場合には，文献等に基づき各溶液の温度依存性を適切に考慮するとともに，設定にあたっての不確かさを適切に考慮し，水素発生G値を設定する。

(4) 硝酸濃度

対象とする溶液が「硝酸溶液」の場合には、硝酸濃度に応じた水素発生G値を文献等に基づき設定する。なお、事象進展の過程において溶液の性状変化等に伴い、硝酸濃度の変動がある場合には、有効性評価における硝酸濃度の変動の影響を硝酸濃度変動の特徴に応じて適切に考慮する。

(5) 溶液の沸騰及びかくはん状態

溶液が沸騰に至った場合及び空気供給により、溶液中に有意な気泡が発生する場合には、水素発生G値が見かけ上増加することで、水素発生量が増加する不確かさを有することから、文献等に基づき、溶液が沸騰又はかくはん状態にある場合の水素発生G値を適切に設定するとともに、不確かさに対し、設備容量の余力の確保及び操作等の運用上の考慮を適切に行う。

5.5.2.4 放射性物質量

大気中への放射性物質の放出量（セシウム-137換算）の評価に用いる放射性物質量は、機器の容量に放射能濃度を乗じたものであり、以下に示すと通りの条件とする。

機器に内包する溶液、廃液、有機溶媒の放射能濃度は、以下の標準燃料仕様（1年平均領域の使用済燃料のうち放射性物質量が大きいPWR燃料）を基に、ORIGEN2コードにより算出される核種組成を基準に、工程内での平常運転時の組成変化及び濃度変化を考慮し設定する。

燃料型式 : PWR

使用済燃料集合体燃焼度 : $45,000 \text{ MW d} / \text{ t} \cdot U_{\text{PR}}$

照射前燃料濃縮度 : $4.5 \text{ w t} \%$

比出力 : $38\text{MW} / \text{t} \cdot \text{U}_{\text{Pr}}$

冷却期間 : 15年

放射性物質量は、施設内での分離、分配、精製等に伴う挙動が同様であるいくつかの元素グループごとに、燃料仕様の変動に伴う放射能濃度の変動を包含できるように、放射能濃度を補正する係数（以下5.5では「補正係数」という。）を設定し、機器に内包する溶液、廃液、有機溶媒の放射能濃度に補正係数及び機器の容量を乗じて算出する。

5.5.2.5 事故の影響を受ける割合及び機器の気相に移行する割合

事故の影響を受ける割合及び機器の気相に移行する割合は、重大事故の特徴ごとに既往の知見を参考に設定する。

5.5.2.6 大気中への放出過程における放射性物質の除染係数

(1) 放出経路を経由して放出する場合

配管、ダクト等を通じた流動がある場合の放出過程における放射性物質の除染係数の設定の基本的な考え方は、以下のとおりとする。

a. 塔槽類廃ガス処理設備等の流路

流動がある場合のエアロゾルは、配管曲がり部等への慣性沈着の効果が見込めるため、セル及び建屋換気設備を含む流路全体で、除染係数DF10を設定する。

b. 高性能粒子フィルタ

高性能粒子フィルタは、設計値を基に1段あたり除染係数DF 10^3 を設定する。ただし、高性能粒子フィルタを蒸気が通過する場合は、湿分による高性能粒子フィルタの劣化を考慮し、1桁低下させた除染係数を設定する。また、複数段で構成する場合、2段目以降は1段目に

対して1桁低下させた除染係数を設定する。

c. その他の除染機器

その他の除染機器の除染係数は、事故の特徴に応じて個別に設定する。

(2) 閉空間からバウンダリを超えて放出する場合

配管、ダクト等を通じた放出のような有意な流動がない場合の放出過程における放射性物質の除染係数の設定の基本的な考え方は、以下のとおりとする。

a. 水封安全器

定常的な流れがなく、水封安全器をバウンダリとして期待できる場合は、除染係数DF10を設定する。

b. セル壁及び建屋壁

セルにおける放射性物質の滞留による重力沈降の効果、セル壁等への熱泳動による沈着の効果が見込めるため、壁1枚あたり除染係数DF10を設定する。

【補足説明資料5-1】

5.5.2.7 放射性物質のセシウム-137換算係数

大気中への放射性物質の放出量にセシウム-137への換算係数を乗じて、大気中への放射性物質の放出量（セシウム-137換算）を算出する。セシウム-137への換算係数は、IAEA-TECDOC-1162⁽¹⁾に示される、地表沈着した放射性物質からのガンマ線による外部被ばく及び再浮遊した放射性物質の吸入摂取による内部被ばくに係る実効線量への換算係数⁽¹⁾を用いて、セシウム-137と着目核種との比から算出する。ただし、プルトニウム等の一部の核種は、化学形態による影響の違いを補正する係数⁽¹⁾⁽²⁾を乗じて算出する。

セシウム-137 換算係数

$$= (\text{ある核種のCF4換算係数}) / (\text{セシウム-137CF4換算係数}) \times (\text{吸入核種の化学形態に係る補正係数})$$

5.5.2.8 溶液，廃液，有機溶媒の温度

安全機能を有する施設の安全機能の喪失時における溶液，廃液，有機溶媒の温度を考慮する場合には，安全冷却水系が1系列運転している状態を前提として設定する。

また，冷却機能喪失時の沸騰温度は，各溶液の硝酸濃度より，硝酸濃度と沸点の関係から算出する。実際の溶液は，硝酸以外の溶質も溶存しており水-硝酸の沸点より高くなるが，時間余裕の算出に用いる沸点は，モル沸点上昇は考慮せずに，より厳しい結果を与えるように以下の近似⁽⁸⁾式に各溶液の硝酸濃度を代入し算出したものを用いる。

$$T_1 = -0.005447 \times c^3 + 0.1177 \times c^2 + 0.7849 \times c + 99.90$$

c : 硝酸濃度 [M]

5.5.2.9 機器に内包する溶液，廃液，有機溶媒の液量

溶液，廃液，有機溶媒の液量は，当該機器の公称容量とする。

ただし，臨界事故については，臨界事故の発生条件を考慮し，個別に液量を設定する。

5.6 評価の実施

有効性評価は、発生を想定する重大事故等の特徴を基に重大事故等の進展を考慮し、放射性物質の放出に寄与するパラメータ又はパラメータの推移を評価する。また、対策の実施により事態が収束することを確認する。

ただし、事象進展の特徴や厳しさを踏まえ、評価・解析以外の方法で施設が安定状態に導かれ、事態が収束することが合理的に説明できる場合はこの限りではない。

5.7 解析コード及び評価条件の不確かさの影響評価方針

評価条件の不確かさの影響評価の範囲として、対策を実施する実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響及び評価項目に与える影響を評価する。

不確かさの影響確認は、評価項目に対する安全余裕が小さくなる場合に感度解析を行う。

5.7.1 解析コードにおける不確かさの影響評価

解析コードの不確かさは、重大事故等の特徴に応じて、着目している現象をモデル化でき、評価項目となるパラメータに与える影響を確認する。

5.7.2 評価条件の不確かさの影響評価

評価条件のうち、初期条件、事故条件及び機器条件並びに有効性評価の前提となる各安全機能の機能喪失の要因となる事象の違いに起因する不確かさについて、運転員等操作時間に与える影響及び評価項目となるパラメータに与える影響を確認する。なお、評価条件である操作条件の不確かさについては、重大事故等の同時発生の可能性を考慮した上で、操作の不確かさ要因である、「認知」、「要員配置」、「移動」、「操作所要時間」、「他の並列操作有無」及び「操作の確実さ」に起因して生じる運転員等操作の開始及び完了時間の変動並びに可搬型重大事故等対処設備及びそれらの予備機の設置等の対処に時間を要した場合の完了時間の変動が、実施組織要員の操作の時間余裕及び評価項目となるパラメータに与える影響を確認する。

5.8 重大事故等の同時発生又は連鎖

5.8.1 重大事故等の事象進展，事故規模の分析

重大事故の発生の前提となる溶液の状態又は重大事故発生後の溶液の状態を基に，起因となる重大事故等の事象進展，事故規模を分析し，顕在化する環境条件の変化を，起因となる重大事故等が発生している機器毎に特定する。

a. 溶液の状態

重大事故の発生の前提となる溶液及び重大事故発生後の溶液の組成，崩壊熱等の物理化学的な性質を明らかにした上で，拡大防止対策の実施状況を踏まえて，溶液の物理的，化学的な変化の有無を明らかにする。

b. 溶液の状態によって生じる事故時環境

「a. 溶液の状態」において明らかにした溶液の状態によって生じる環境変化を以下の観点について分析する。

(a) 温 度

発熱する溶液等による直接加熱や構造材を通じた熱伝導，空間部を通じての熱伝達による熱影響を分析する。

(b) 圧 力

閉空間の場合には，当該空間のバウンダリを構成する機器への圧力上昇に伴う応力を，また，配管・ダクト等を通じて空間が連結されている場合には圧力伝播によって発生する応力の影響を分析する。

(c) 湿 度

当該環境にさらされる機器の材質との関係から，脆化等が発生し得るかを分析する。

(d) 放射線

当該環境にさらされる機器の材質との関係から、脆化等が発生し得るかを分析する。また、放射線による溶液のG値の変化等、物理的な影響を分析する。

(e) 物質（水素，蒸気，煤煙，放射性物質，その他）及びエネルギーの発生

新たな物質又はエネルギーの発生による溶液の状態変化及び各種安全機能の容量又は安全機能を有する設備の構造的な健全性への影響を分析する。

水素等の可燃性物質の化学反応の発生可能性を除外できない場合は、水素等の可燃性物質の化学反応の発生を想定し、「温度」及び「圧力」と同じ観点での影響を分析する。

蒸気，煤煙及び放射性物質の発生は，当該環境にさらされる機器の材質，機器が有する機能との関係から脆化等が発生し得るかを分析する。

また，物質の発生及びエネルギーの発生が，安全機能が有する容量に与える影響を分析する。

(f) 落下又は転倒による荷重

落下又は転倒物の衝突及び衝突に伴い発生する荷重の影響を分析する。

(g) 腐食環境

腐食性物質の発生等，当該環境にさらされる機器の材質，機器が有する機能との関係から腐食等が発生し得るかを分析する。

5.8.2 重大事故等の同時発生

「3. 設計上定める条件より厳しい条件の設定及び重大事故の想定箇所の特定」の結果を基に，同じ種類の重大事故がどの範囲で発生するかを整

理する。また、各安全機能の機能喪失の要因となる事象がもたらす機能喪失の範囲に基づき、異なる種類の重大事故がどの範囲で発生するかを整理する。

同じ種類の重大事故等の同時発生は、複数の機器において重大事故等が同時発生することを前提として有効性評価を行う。

異なる種類の重大事故等の同時発生は、「5.8.1 重大事故等の事象進展、事故規模の分析」における分析結果を基に、異なる種類の事故影響が相互に与える影響を明らかにする。

明らかにした相互影響を基に、互いの重大事故等対策の容量不足等が生じるか否かを整理し、重大事故等対策を阻害する可能性がある場合には、「13. 重大事故が同時に又は連鎖して発生した場合の対処」にて追加対策等の有効性を再評価する。

また、異なる種類の重大事故等の同時発生時の大気中への放射性物質の放出量の評価は「13. 重大事故が同時に又は連鎖して発生した場合の対処」において評価する。

5.8.3 重大事故等の連鎖

5.8.3.1 重大事故等の連鎖の整理の考え方

連鎖して発生する重大事故等の整理は、重大事故の発生の前提となる溶液の状態又は重大事故発生後の溶液の状態を基に、起因となる重大事故等の事象進展、事故規模を分析し、事故影響によって顕在化する環境条件の変化を明らかにした上で、自らの貯槽等に講じられている安全機能への影響、自らの貯槽等に講じられている安全機能に因らず、溶液の状態によってさらに事故が進展する可能性及び他の安全機能への影響を分析し、その他の重大事故等が連鎖して発生するかを明らかにする。

5.8.3.2 重大事故等の連鎖に係る検討方針

連鎖して発生する重大事故等の特定は、以下の流れに沿って実施する。

(1) 起因となる重大事故等の抽出

起因となる重大事故等は、「3. 設計上定める条件より厳しい条件の設定及び重大事故の想定箇所の特定」で抽出された重大事故等を対象に検討を行う。

(2) 事故進展により自らの貯槽等において発生する重大事故等の特定

「5.8.1 重大事故等の事象進展，事故規模の分析」において明らかにした溶液の状態及び環境条件によって、自らの貯槽等に講じられている安全機能が構造的に又は容量不足によって機能喪失し、その他の重大事故等が連鎖して発生するかを分析する。また、自らの貯槽等に講じられている安全機能に因らず、重大事故の発生的前提又は重大事故発生後の溶液の組成、崩壊熱等の状態によって、自らの貯槽等において事故がさらに進展し、その他の重大事故等が連鎖して発生するかを分析する。

なお、重大事故のうち、使用済燃料貯蔵槽における燃料損傷は、当該重大事故と臨界事故、冷却機能の喪失による蒸発乾固、放射線分解により発生する水素による爆発及び有機溶媒等による火災又は爆発の発生が想定される建屋が異なることから、臨界事故、冷却機能の喪失による蒸発乾固、放射線分解により発生する水素による爆発及び有機溶媒等による火災又は爆発を起因とした場合の分析では、使用済燃料貯蔵槽における燃料損傷への連鎖の観点の分析を省略する。

(3) 重大事故等が発生した貯槽等以外への安全機能への影響及び連鎖して発生する重大事故等の特定

「5.8.1 重大事故等の事象進展，事故規模の分析」において明らかにした溶液の状態及び環境条件が及ぶ範囲を特定し，環境条件が及ぶ範囲にある安全機能が構造的に又は容量不足によって機能喪失し，その他の重大事故等が連鎖して発生するかを分析する。

起因となる重大事故等の事故影響によって生じる環境条件が及ぶ範囲の特定の考え方を第5.8.2-1図に示す。

5.9 必要な要員及び資源の評価方針

重大事故等への対処に必要な要員及び資源の評価においては、設計上定める条件より厳しい条件をもたらす要因ごとに、同時に又は連鎖して発生することを想定する重大事故等が全て同時に又は連鎖して発生することを想定して評価を行う。具体的には、同時に又は連鎖して発生することが想定される重大事故等における必要な要員及び資源の有効性評価は、他の同時に又は連鎖して発生する事象の影響を考慮する必要があるため、これらを考慮した必要な要員及び資源の有効性評価を「14. 必要な要員及び資源の評価」に纏めて示す。また、外的事象では発生が想定されず内的事象でのみ発生を想定する重大事故等については、単独で発生することを想定し、個別に評価を行う。

5.9.1 必要な要員

再処理施設として、評価項目を満たすために必要な要員を確保できる体制となっていることを評価する。

5.9.2 必要な資源

(1) 水 源

再処理施設として、重大事故等への対処に使用する水の流量及び使用開始時間から、敷地外水源からの取水までに使用する水量を算出することにより、敷地内水源が枯渇しないことを評価する。

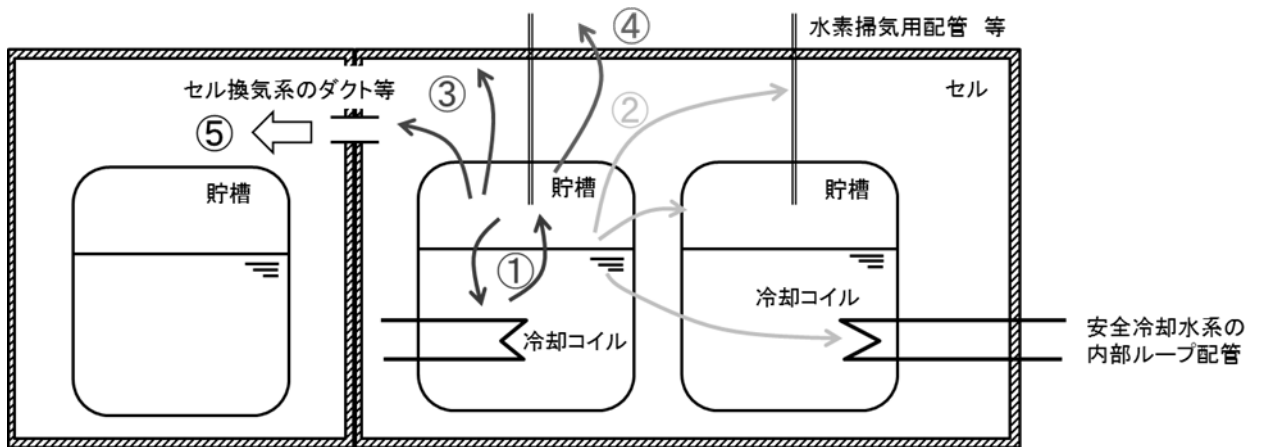
(2) 電 源

再処理施設として、使用する重大事故等対処施設の起動電流及び定格電流を考慮して、これらの起動順序を定めた上で、必要となる負荷の最

大容量に対して電源設備の容量で給電が可能であることを評価する。

(3) 燃 料

再処理施設として、軽油又は重油を燃料とする重大事故等対処施設の燃費及び使用開始時期から、安全機能を有する施設の安全機能の喪失から7日間で消費する軽油又は重油の総量を算出することにより、補機駆動用燃料補給設備が重大事故等対処施設への給油を継続できる容量を有していることを評価する。



- ① 起因となる重大事故等が発生している機器自体の損傷・劣化及び機器に接続している各種安全機能を担う機器・系統の損傷・劣化
- ② ①の結果，起因となる重大事故等の事故影響が，起因となる重大事故等が発生している機器を超えて波及すると判断された場合には，隣接するその他機器の損傷・劣化
- ③ ①の結果，起因となる重大事故等の事故影響が，起因となる重大事故等が発生している機器を超えて波及すると判断された場合には，機器が設置されるセルの損傷・劣化
- ④ ①の結果，起因となる重大事故等の事故影響が，セルを超えて波及すると判断された場合には，起因となる重大事故等が発生する機器が設置されているセル外の機器の損傷・劣化
- ⑤ 上記①から④は，機器又はセルを通過している配管，ダクト等を通じた事故影響の伝播を考慮する。

第 5.8.2-1 図 起因となる重大事故等（機器内）の事故影響が及ぶ安全機能の概念図

第28条: 重大事故等の拡大防止(5. 重大事故等の対処に係る有効性評価の基本的な考え方)

| 再処理施設 安全審査 整理資料 補足説明資料 | | | | 備考(8月提出済みの資料については、資料番号を記載) |
|------------------------|-------------------------|------|-----|----------------------------|
| 資料No. | 名称 | 提出日 | Rev | |
| 補足説明資料5-1 | 放射性物質の放出量評価において設定した除染係数 | 3/13 | 3 | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

補足説明資料5－1

放射性物質の放出量評価において設定した除染係数

| | 重大事故の想定箇所の特定 | | 臨界事故 | 冷却機能の喪失による蒸発乾固 | 水素掃気機能の喪失による水素爆発 | | | | | T B P等の錯体の急激な分解反応 | | |
|-------------------------|---|--------------------------------------|-------|----------------|---------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|---------|-------------|--------------------------|-------------------|---------------|
| | 放出経路以外の経路からの放出 (前処理建屋、分離建屋、精製建屋、高レベル廃液ガラス固化建屋) | 放出経路以外の経路からの放出 (ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋) | | | 廃ガス処理設備経路からの放出 | セル換気設備経路からの放出 | 水素掃気空気への押し込みによる放出 | | | セル換気設備経路からの放出 (水素爆発時) | 塔槽類廃ガス処理設備経路からの放出 | セル換気設備経路からの放出 |
| | | | | | | | 放出経路以外の経路からの放出 | | | | | |
| | | | | | 水封安全器経路：前処理建屋、分離建屋、精製建屋、高レベル廃液ガラス固化建屋 | 塔槽類廃ガス処理設備の室インテーク経路：ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋 | セル導出ユニット経路：分離建屋、精製建屋、ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋 | | | | | |
| 塔槽類廃ガス処理設備（経路） | 1E+01 | 1E+01 | 1E+01 | 1E+01 | 1E+01 | 1E+01 | 1E+01 | 1E+01 | 1E+01 | 1E+01 | 1E+01 | |
| 塔槽類廃ガス処理設備（H E P A） ※11 | - | - | 1E+04 | - | - | - | - | - | - | 1E+05 | - | |
| 水封安全器 | 1E+01 | - | - | - | 1E+00 | - | - | - | - | - | 1E+00 | |
| 建屋／セル壁 | 1E+03 ※10 | 1E+03 ※10 | - | - | 1E+02 ※2 | 1E+01 | 1E+01 | - | - | - | - | |
| セル導出ユニット（H E P A） | - | - | - | 1E+00 ※3 | - | - | 1E+03 | 1E+03 | 1E+00 ※3 | - | - | |
| セル導出ユニット（凝縮器） | - | - | - | 1E+01 | - | - | 1E+00 | 1E+00 | 1E+00 | - | - | |
| セル換気設備（セル空間／経路） | - | - | - | - ※1 | - | - | - | - ※1 | - ※1 | - | - ※1 | |
| セル換気設備（可搬型フィルタ等） | - | - | - | 1E+05 | - | - | - | 1E+04 | 1E+05 | - | 1E+03 | |
| 貯留設備による貯留による低減効果※8 | - | - | 4E+00 | - | - | - | - | - | - | 24 | - | |
| セル・室による希釈※9 | - | - | - | - | 6E+01 ※4 | 1E+04 | 1E+03 ※5 | - | - | - | - | |
| 合計 | 1E+05 | 1E+04 | 4E+05 | 1E+07 | 6E+04 ※6 | 1E+06 | 1E+08 ※7 | 1E+08 | 1E+06 | 2E+07 | 1E+04 | |

※1 塔槽類廃ガス処理設備（経路）と合わせて10とする

※2 分離建屋の例。壁1枚あたりのD F 10を期待する。

前処理建屋1E+02、分離建屋1E+02、精製建屋1E+02、高レベル廃液ガラス固化建屋1E+04

※3 水蒸気によるフィルタの目詰まり及び水素爆発による風量増加を考慮して、安全側に1E+00とする。

※4 分離建屋の例。前処理建屋5E+05、分離建屋6E+01、精製建屋7E+02、高レベル廃液ガラス固化建屋7E+03

※5 分離建屋の例。分離建屋1E+03、精製建屋1E+04、ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋6E+03

※6 分離建屋の例。前処理建屋5E+08、分離建屋6E+04、精製建屋7E+05、高レベル廃液ガラス固化建屋7E+08

※7 分離建屋の例。分離建屋1E+08、精製建屋1E+09、ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋6E+08

※8 第7一時貯留処理槽の例。貯留設備による貯留による低減効果は臨界事故の発生を想定する機器により異なる数値をとる。具体的には以下のとおり。

| 臨界事故の発生を想定する機器 | 残留割合[%] | 除染係数 |
|----------------|---------|-------|
| 溶解槽 | 15 | 7E+00 |
| エンドピース酸洗浄槽 | 5 | 2E+01 |
| ハル洗浄槽 | 15 | 7E+00 |
| 精製建屋 第5一時貯留処理槽 | 10 | 1E+01 |
| 精製建屋 第7一時貯留処理槽 | 25 | 4E+00 |

※9 セルや室の体積による希釈を考慮

※10 建屋内の壁2枚、建屋境界の壁1枚を一律設定している。

※11 臨界事故においては、主に溶液の蒸発によって気相中に放射性物質が移行することを想定するため、水蒸気の発生による高性能粒子フィルタの除染係数の低下を見込む。

