

【公開版】

| | |
|----------|-----------------|
| 日本原燃株式会社 | |
| 資料番号 | 火防 01 4-7 R0 |
| 提出年月日 | 令和 5 年 3 月 24 日 |

設工認に係る補足説明資料

【火災防護に関する補足説明資料】

火災及び爆発を起因とした「運転時の異常な過渡変化」及び「設計基準事故」発生時の単一故障を考慮した施設の安全性について

1. 本資料(R 0)は、再処理施設の第 2 回設工認申請(令和 4 年12月26日申請)を踏まえ、新規追加したものである。

目 次

| | |
|-------|---|
| 1. 概要 | 1 |
| 2. 内容 | 1 |

1. 概要

本資料は、再処理施設の第2回設工認申請のうち、以下の添付書類に示す火災防護対策を補足説明するものである。

- ・再処理施設 添付書類「Ⅲ－１－４ 内部火災影響の評価結果 3. 単一故障を想定した設計に対する評価結果」

本資料は、再処理施設において火災又は爆発によって、運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故が発生する場合には、運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故に対処するために必要な機器の単一故障を考慮しても、異常状態を収束できることについて説明するものである。

なお、MOX燃料加工施設は、対象設備を申請する回次で詳細を示す。

2. 内容

火災及び爆発に対する再処理施設の安全機能の確保するため、「原子力発電所の内部火災影響評価ガイド」（以下「内部火災影響評価ガイド」という。）を参考として（第1表）、「火災区域又は火災区画に設置される不燃性材料で構成される建物・構築物、系統及び機器を除く全機器の機能喪失を想定した設計」及び「設計基準事故等に対処するための機器に単一故障を想定した設計」とすることとしている。

第1表 内部火災影響評価ガイド（抜粋）

| |
|---|
| <p>4. 火災時の原子炉の安全機能</p> <p>3. に想定する火災に対して、</p> <ul style="list-style-type: none">・原子炉の安全停止に必要な機能を有する系統が、その安全機能を損なわないこと（信頼性要求に基づき独立性が確保され、多重性または多様性を有する系統が同時にその機能を損なわないこと。） <p>内部火災により原子炉に外乱が及び、かつ、安全保護系、原子炉停止系の作動を要求される場合には、その影響（火災）を考慮し、安全評価指針に基づき安全解析を行う必要がある。</p> |
|---|

再処理施設における単一の火災又は爆発を想定した「運転時の異常な過渡変化」に対しては、異常の発生防止機能を有する安全上重要な施設の機能が単一の火災により喪失する場合は「運転時の異常な過渡変化」が発生する可能性があるが、異常の拡大防止機能を有する多重化された安全上重要な施設の単一故障を想定しても事象は収束するため、事業変更許可申請書における添付資料八に示す「運転時の異常な過渡変化」の安全解析の結果を上回る事象は発生しない。

また、単一の火災又は爆発を想定した「設計基準事故」に対しては、不燃性材料の使用、深層防護等を適切に採用した異常の発生防止、拡大防止対策により同時に機能を喪失す

ることがないことから、「設計基準事故」は発生しないため、事業変更許可申請書における添付資料八に示す「設計基準事故」の安全解析の結果を上回る事象は発生しない。

なお、上記の安全上重要な施設は「Ⅲ－１－１ 火災等による損傷の防止に関する説明書」の「6.2 火災及び爆発の影響軽減のうち火災防護上の最重要設備の系統分離」又は「6.3 その他の影響軽減対策」で実施する火災防護対策を行う設計とすることから、多重化された系統が同時に機能を喪失するおそれはない。

上記についての評価結果の詳細を以下の別紙に示す。

- ・別紙-1 に再処理施設における単一の火災を想定した運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故の評価結果を示す。
- ・別紙-2 に MOX 燃料加工施設における単一の火災を想定した設計基準事故の評価結果を示す。

別紙

4-7 【火災及び爆発を起因とした「運転時の異常な過渡変化」及び「設計基準事故」発生時の単一故障を考慮した施設の安全性について】

| 別紙 | | | | 備考 |
|-------|---|---------|-----|--------------------|
| 資料No. | 名称 | 提出日 | Rev | |
| 別紙-1 | 再処理施設における単一の火災を想定した運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故の評価結果 | R5.3.24 | 0 | |
| 別紙-2 | MOX燃料加工施設における単一の火災を想定した設計基準事故の評価結果 | | | 対象設備を申請する回次で詳細を示す。 |

別紙-1

再処理施設における単一の火災を想定した運転時の
異常な過渡変化及び設計基準事故の評価結果

目 次

| | |
|------------------------------------|---|
| 1. はじめに | 1 |
| 2. 安全評価に関する要求事項 | 1 |
| 3. 評価の前提条件 | 4 |
| 4. 火災により想定される事象の抽出 | 4 |
| 4.1 火災を起因とした運転時の異常な過渡変化の発生 | 4 |
| 4.2 火災を起因とした設計基準事故の発生 | 5 |
| 5. 評価結果 | 7 |
| 5.1 「運転時の異常な過渡変化」に対する単一故障を想定した評価結果 | 7 |
| 5.2 「設計基準事故」に対する単一故障を想定した評価結果 | 7 |
| 6. 結論 | 8 |

1. はじめに

火災又は爆発を起因とした再処理施設の運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故時の単一故障を考慮した評価の結果を示す。

2. 安全評価に関する要求事項

発電用原子炉施設では内部火災影響評価ガイド（以下「内部火災影響評価ガイド」という。）において、単一の火災を想定した場合に、原子炉に外乱が及び、かつ、安全保護系、原子炉停止系の作動を要求される「運転時の異常な過渡変化」及び「設計基準事故」が発生する可能性があり、「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」（以下「安全評価審査指針」という。）に基づき、「運転時の異常な過渡変化」及び「設計基準事故」に対処するための機器に単一故障を想定しても、事象が収束して原子炉が支障なく安全停止に移行できることを安全解析（評価）することが要求されている。

再処理施設でも内部火災影響評価ガイドの当該箇所に対する要求事項は、再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則（以下、「事業指定基準規則」という。）（第十六条 運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故の拡大防止）で要求されており、安全解析（評価）に当たっては想定された事象に加えて、異常事象を速やかに収束させ、又はその拡大を防止し、あるいはその結果を緩和することを主たる機能とする系統について、その機能別に異常事象の結果が最も厳しくなる単一故障を想定し、再処理施設が安全設計上許容される範囲内に維持できること及び公衆に対して著しい放射線被ばくのリスクを与えないことを確認する。

表. 事業指定基準規則（抜粋）

| |
|---|
| <p>(運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故の拡大の防止)</p> <p>第十六条 安全機能を有する施設は、次に掲げる要件を満たすものでなければならない。</p> <p>一 運転時の異常な過渡変化時において、パラメータが安全設計上許容される範囲内に維持できるものであること。</p> <p>二 設計基準事故時において、工場等周辺の公衆に放射線障害を及ぼさないものであること。</p> <p>(解釈)</p> <p>1 第16条に規定する「安全機能を有する施設は、次に掲げる要件を満たすものでなければならない」については、再処理施設の設計の基本方針に深層防護の考え方が適切に採用されていることを確認するために運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故（ここでは「事故等」という。）を選定し、解析</p> |
|---|

及び評価すること。

また、上記の「深層防護の考え方」とは、異常の発生が防止されること、仮に異常が発生したとしてもその波及、拡大が抑制されること、さらに異常が拡大すると仮定してもその影響が緩和されることをいう。

2 事故等の評価

- 一 放射性物質が存在する再処理施設内の各工程ごとに、運転時の異常な過渡変化並びに機器等の破損、故障、誤動作あるいは運転員の誤操作によって放射性物質を外部に放出する可能性のある事象を想定し、その発生の可能性との関連において、各種の安全設計の妥当性を確認するという観点から設計基準事故等を選定し評価する。

評価すべき事例は以下に掲げるとおりとする。

- ① 運転時の異常な過渡変化
- ② 設計基準事故
 - a) 冷却機能、水素掃気機能等の安全上重要な施設の機能喪失
 - b) 溶媒等の火災、爆発
 - c) 臨界
 - d) その他評価が必要と認められる事象

ただし、類似の事象が2つ以上ある場合には、最も厳しい事象で代表させることができる。

- 二 上記一の「事故等」とは、再処理施設を異常な状態に導く可能性のある多数の事象を整理し、施設の設計とその評価に当たって考慮すべきものとして選定する事象をいう。評価すべき事象のうち上記一②a)～d)に示す各事象は、「運転時の異常な過渡変化」を超える事象であって、発生の可能性は低い、発生した場合は、運転時及び停止時の線量評価の際に設定された年間の放出量を超える放射性物質の放出の可能性がある、再処理施設の安全設計の妥当性を評価する観点から想定する必要のある事象である。

- 三 上記事象の解析に当たっては、技術的に適切な解析モデル及びパラメータを採用して解析を行うとともに、以下に掲げる事項を満たすものとする。

- ① 異常事象を速やかに収束させ、又はその拡大を防止し、あるいはその結果を緩和することを主たる機能とする系統については、その機能別に異常事象の結果が最も厳しくなる単一故障^{※1}を仮定すること。

※1) ①は、信頼性に関する設計上の考慮の要求を満足していることを確認するとともに、作動を要求されている諸系統間の協調性や手動操作を必要とする場合の運転員の役割等を含め、系統全体としての機能と性能を確認しようとするものである。単一故障の仮定

は、当該事象に対して果たされるべき安全機能の観点から結果を最も厳しくするものを選定し、かつ、これを適切な方法で示さなければならない。

- ② 事故等の解析に当たって仮定する「単一故障」は、動的機器の単一故障とすること。
- ③ 1つの想定事象について2つ以上の安全機能が要求される場合には、機能別に単一故障を仮定すること。
- ④ 事象の影響を緩和するのに必要な運転員の手動操作については、適切な時間的余裕^{※2}を考慮すること。

※2) 事故等の解析に当たって要求されている運転員の手動操作に関する「時間的余裕」については、一般的に運転員の信頼度は、発生事象の態様によって異なり、かつ、発生直後に低下し、時間とともに回復することから、操作を必要とする時点と操作完了までの時間的余裕、運転員に与えられる情報、必要な操作等を考慮して個々の想定すべき事象ごとに判断すべきである。その検討の結果、運転員に十分な信頼度が期待しうると判断される場合には、その動作に期待してもよい。ただし、事象の発生が検出されてから短時間に操作が完了できると見込まれる場合であっても10分以内の操作の完了を期待してはならない。

- ⑤ 放射性物質の放出の低減に係る系統及び機器の機能を期待する場合には、外部電源の喪失を仮定すること。

四 設計基準事故の評価を行う際には、直接線及びスカイシャイン線による影響を考慮すること。

五 事故等に対する安全設計の妥当性を評価するに当たっては、上記一①については温度、圧力、流量等が、それぞれの最大許容限度を超えないことを、また、上記一②については公衆に対して著しい放射線被ばくのリスクを与えないことを判断の基準とすること。

六 上記五の「温度、圧力、流量等が、それぞれの最大許容限度を超えないこと」については、仮に運転時の異常な過渡変化に伴って、放射性物質の放出があっても、この放出量は、運転時及び停止時の線量評価の際に選定された年間の放出量を十分下回っていること。

七 「公衆に対して著しい放射線被ばくのリスクを与えないこと」は、線量の評価を設計基準事故の発生頻度との兼ね合いを考慮して行うこととする。

ICRPの1990年勧告によれば、公衆の被ばくに対する年実効線量限度として、1mSvを勧告しているが、特殊な状況においては、5年間にわたる平均

が年当たり 1 mSv を超えなければ、単一年にこれよりも高い実効線量が許されることもあり得るとなっている。これは運転時及び停止時の放射線被ばくについての考え方であるが、これを発生頻度が小さい事故の場合にも適用することとし、敷地周辺の公衆の実効線量の評価値が発生事故当たり 5mSv を超えなければリスクは小さいと判断する。なお、発生頻度が極めて小さい事故に対しては、実効線量の評価値が上記の値をある程度超えてもそのリスクは小さいと判断できる。

3 放射性物質の大気中の拡散

上記 2 三の線量の解析に当たって、環境に放出された放射性物質の大気中の拡散については、「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」（昭和 57 年 1 月 28 日原子力安全委員会決定）を準用すること。

3. 評価の前提条件

事故等の評価に当たっては、工程の運転状態を考慮して条件を設定するとともに、事象が発生してから収束するまでの間の計測制御系、安全保護回路及び安全上重要な施設の作動状況並びに運転員の操作を考慮する。

また、使用するモデル及びパラメータは、評価の結果がより厳しい結果となるよう選定する。

なお、評価において次の事項を前提とする。

- (1) 異常事象を速やかに収束させ、又はその拡大を防止し、あるいはその結果を緩和することを主たる機能とする系統については、その機能別に結果を最も厳しくする単一故障を仮定するものとする。
- (2) 事象の影響を緩和するのに必要な運転員の手動操作については、適切な時間的余裕として10分経過後からの操作を考慮する。

4. 火災により想定される事象の抽出

事業指定基準規則にて評価すべき具体的な事象とされる「運転時の異常な過渡変化」及び「設計基準事故」が、再処理施設内の工程ごとに単一の火災が部屋単位で発生した際に発生し得るかを分析し、安全解析（評価）を行う事象を抽出する。

4.1 火災を起因とした運転時の異常な過渡変化の発生

事業指定基準規則に基づき評価すべき具体的な事象とされる「運転時の異常な過渡変化」を第 1 表に示す。

第 1 表に示す事象に対する異常の発生については、事業変更許可申請書の添付書類八に示すように、安全上重要な施設において制御されているため、単一の火災によ

り、異常の発生防止対策に係る系統（制御機能等）が喪失する場合は、既許可に示す「運転時の異常な過渡変化」が発生しえることが想定される。

第1表 火災を起因とした運転時の異常な過渡変化

| 分類項目 | 運転時の異常な過渡変化 | 火災の影響 | |
|---------------|--|-------|------------|
| 火災への拡大 | プルトニウム精製設備の逆抽出塔での逆抽出用液の流量低下による有機溶媒の温度異常上昇 | ○ | 流量制御系統の誤動作 |
| 爆発への拡大 | 高レベル廃液処理設備の高レベル廃液濃縮設備の高レベル廃液濃縮缶での一次蒸気の流量増大による加熱蒸気の温度異常上昇 | ○ | 圧力制御系統の誤動作 |
| | ウラン・プルトニウム混合脱硝設備の焙焼・還元系の還元炉での還元ガス中の水素濃度異常上昇 | ○ | 流量制御系統の誤動作 |
| 臨界への拡大 | 分配設備のプルトニウム分配塔、プルトニウム洗浄器での還元剤の流量低下によるプルトニウム濃度異常上昇 | ○ | 流量制御系統の誤動作 |
| 機器の過加熱 | ウラン・プルトニウム混合脱硝設備の焙焼・還元系の還元炉の温度異常上昇 | ○ | 温度制御系統の誤動作 |
| 放射性物質の浄化機能の低下 | 高レベル廃液処理設備の高レベル廃液濃縮設備の高レベル廃液濃縮缶凝縮器での冷却能力の低下による廃ガス中蒸気量の増大 | ○ | 圧力制御系統の誤動作 |
| 外部電源喪失 | 外部電源喪失 | ○ | 受変電設備の損傷 |

○：評価対象とする事象，－：評価対象外とする事象

4.2 火災を起因とした設計基準事故の発生

事業指定基準規則に基づき評価すべき具体的な事象とされる「設計基準事故」を第2表に示す。

第2表に示す設計基準事故は、再処理施設の閉じ込め性を確認する観点から公衆に対する影響が大きいとして評価すべき具体的な事象であるが、以下の事象については何れも不燃性材料の使用等により機能を喪失することがないため、単一の火災により設計基準事故は発生しえない。

- ・ 「プルトニウム精製設備のセル内での有機溶媒火災」、「高レベル廃液処理設備の高レベル廃液貯蔵設備の配管からセルへの漏えい」は着火源が排除されたセル内

に設置される不燃性材料の金属容器等に内包された放射性物質の漏えいを想定しており、火災により当該事象が発生するおそれはない。

- ・ 「使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設での使用済燃料集合体落下」においては、使用済燃料集合体を取扱う装置のワイヤは不燃性材料でありかつ二重化されていること、使用済燃料集合体保持機構は金属性で造られ駆動用の空気源が喪失した場合にも使用済燃料集合体が外れない構造としていることから、火災により当該事象が発生するおそれはない。

また、「短時間の全交流動力電源の喪失」については、外部電源が喪失した場合でも非常用所内電源設備により給電される。非常用所内電源設備は3時間耐火壁等により系統分離されており、単一の火災を想定した場合においても、当該事象が発生するおそれはない。

さらに、以下の事象については、深層防護を適切に採用した異常の発生防止対策、拡大防止対策により単一の火災により設計基準事故は発生しえない。

なお、仮想的に設計基準事故への進展を想定しても、再処理施設は安全上重要な施設により影響緩和対策を講ずる設計とする。当該設備のうち動的な安全上重要な施設は単一故障を想定し、多重化または多様化を行う設計とする。

したがって、影響緩和対策を講ずる設備に単一故障を想定しても、事業変更許可申請書における添付資料八に示す安全解析（評価）の結果を上回る事象は発生しない。

- ・ 「プルトニウム精製設備のプルトニウム濃縮缶でのTBP等の錯体の急激な分解反応」は、TBP洗浄機及び油水分離槽によりプルトニウム濃縮缶へのTBPの混入を防止する設計とするため、火災によりTBPが混入することは無い。更にプルトニウム濃縮缶の加熱蒸気温度をそれぞれ異なる温度検出器により検知し安全保護系により、加熱を停止する設計とすることから、単一の火災により当該事象が発生するおそれはない。
- ・ 「溶解設備の溶解槽における臨界」は、溶解槽の臨界安全設計、使用済燃料集合体の誤装荷防止、せん断片の装荷量の制限、溶解条件の維持、可溶性中性子吸収剤の使用等、それぞれ安全上重要な施設により多層の臨界防止設計がなされており、単一の火災により当該事象が発生するおそれはない。
- ・ 「高レベル廃液ガラス固化設備での熔融ガラスの漏えい」は、ガラス固化体容器とガラス熔融炉が結合装置により結合していることを二重化した検知装置により検知し、結合していない場合は加熱ができないような設計とする。また、流下ガラスが適切な重量であることについて、それぞれ二重化した検知装置により検知し、流下を停止する設計とすることから、単一の火災により当該事象が発生するおそれはない。

第2表 火災を起因とした設計基準事故

| 分類項目 | 設計基準事故 | 火災の影響 | |
|--------------|---------------------------------------|-------|------------|
| 火災 | プルトニウム精製設備のセル内での有機溶媒火災 | — | 本事象は発生しない。 |
| 爆発 | プルトニウム精製設備のプルトニウム濃縮缶でのTBP等の錯体の急激な分解反応 | — | 本事象は発生しない |
| 臨界 | 溶解設備の溶解槽における臨界 | — | 本事象は発生しない。 |
| 漏えい | 高レベル廃液処理設備の高レベル廃液貯蔵設備の配管からセルへの漏えい | — | 本事象は発生しない。 |
| | 高レベル廃液ガラス固化設備での熔融ガラスの漏えい | — | 本事象は発生しない。 |
| 使用済燃料集合体等の破損 | 使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設での使用済燃料集合体落下 | — | 本事象は発生しない。 |
| 短時間の全動力電源の喪失 | 短時間の全交流動力電源の喪失 | — | 本事象は発生しない。 |

○：評価対象とする事象，—：評価対象外とする事象

5. 評価結果

5.1 「運転時の異常な過渡変化」に対する単一故障を想定した評価結果

4.1項で選定した火災の影響を考慮した「運転時の異常な過渡変化」に対して、評価を最も厳しくする安全上重要な施設の単一故障を想定しても、再処理施設は安全上重要な施設により拡大防止対策を講ずる設計とする。当該設備のうち動的な安全上重要な施設は単一故障を想定し、多重化または多様化を行う設計である。

したがって、拡大防止対策を講ずる設備に単一故障を想定しても、事業変更許可申請書における添付資料八に示す安全解析（評価）の結果を上回る事象が発生しないことを確認した。

5.2 「設計基準事故」に対する単一故障を想定した評価結果

4.2項のとおり、第2表に示す設計基準事故は、いずれも不燃性材料の使用、深層防護を適切に採用した異常の発生防止対策、拡大防止対策により同時に機能を喪失する

ことがないため、単一の火災により設計基準事故は発生しえない。

なお、仮想的に設計基準事故への進展を想定しても、再処理施設は安全上重要な施設により影響緩和対策を講ずる設計とする。当該設備のうち動的な安全上重要な施設は単一故障を想定し、多重化または多様化を行う設計とする。

したがって、影響緩和対策を講ずる設備に単一故障を想定しても、事業変更許可申請書における添付資料八に示す安全解析（評価）の結果を上回る事象は発生しない。

6. 結論

以上のことから、内部火災影響評価ガイドに基づく要求事項である単一の火災による安全解析（評価）を実施し、再処理施設が安全設計上許容される範囲内に維持できること及び公衆に対して著しい放射線被ばくのリスクを与えないことを確認した。

なお、再処理施設では内部火災影響評価ガイドに基づく内部火災影響評価を、全ての火災区域を対象に実施し、多重化されたそれぞれの系統が同時に機能を喪失することがないことを確認している。

また、安全解析（評価）では、異常の発生に際し多重化された信頼性を有する機器の同時故障は想定していないが、再処理施設において火災時にも継続的に機能を維持する必要がある重要な設備（閉じ込め、崩壊熱除去、水素掃気、非常用所内電源）については、火災防護審査基準に基づく厳格な系統分離対策を講ずることで、火災により多重化された系統が同時に機能を喪失するおそれはない。

別紙-2

MOX燃料加工施設における単一の火災を
想定した設計基準事故の評価結果