

【公開版】

提出年月日	令和元年 11 月 8 日 R6
日本原燃株式会社	

六ヶ所再処理施設における
新規規制基準に対する適合性

安全審査 整理資料

第 15 条：安全機能を有する施設

検討中／精査中

- ・ 事業指定基準規則における追加要求事項の整理および追加要求事項を踏まえた適合方針について
- ・ 「再処理本体用の安全冷却水系冷却塔 A」を安全上重要な施設以外とすることの扱い
- ・ 補足説明資料 1-1 の許認可実績等

目 次

1 章 基準適合性

1. 基本方針

1. 1 要求事項の整理

1. 2 要求事項に対する適合性

1. 3 規則への適合性

2. 安全設計の基本方針

3. 安全機能を有する施設に関する設計

3. 1 安全機能を有する施設の種類

3. 2 安全上重要な施設の選定

4. 内部発生飛散物に関する設計

4. 1 内部発生飛散物の発生要因の選定

4. 2 内部発生飛散物防護対象設備の選定

4. 3 内部発生飛散物に係る評価と設計

4. 4 内部発生飛散物に係るその他の設計

5. 再処理施設と他施設との共用

5. 1 安全機能を有する施設の共用

5. 2 重大事故等対処施設の共用

2 章 補足説明資料

1 章 基準適合性

1. 基本方針

1.1 要求事項の整理

安全機能を有する施設について，事業指定基準規則と再処理施設安全審査指針の比較並びに当該指針を踏まえた，これまでの許認可実績により，事業指定基準規則15条において追加された又は明確化された要求事項を整理する。

(第1表)

【補足説明資料1-1】

第1表 事業指定基準規則第15条と再処理施設安全審査指針 比較表 (1/7)

<p>事業指定基準規則 第15条 (安全機能を有する施設)</p>	<p>再処理施設安全審査指針</p>	<p>備考</p>
<p>(安全機能を有する施設) 第十五条 安全機能を有する施設は、その安全機能の重要度に応じて、その機能が確保されたものでなければならない。 2 安全上重要な施設は、機械又は器具の単一故障 (単一の原因によって一つの機械又は器具が所定の安全機能を失うこと (従属要因による多重故障を含む。)) をいう。以下同じ。) が発生した場合においてもその機能を損なわないものでなければならない。 (解釈) 1 第2項に規定する「単一故障」とは、動的機器の単一故障をいう。「動的機器」とは、外部からの動力</p>	<p>(再処理施設安全審査指針) 指針22. 系統の単一故障に対する考慮 安全上重要な系統は、非常用所内電源系統のみの運転下又は外部電源系統のみの運転下で単一故障を仮定しても、その系統の安全機能を損なうことのない設計であること。 (解説) 指針22 系統の単一故障 1 ここでいう単一故障とは、動的機器の単一故障をいう。動的機器とは、外部からの</p>	<p>明確化された要求事項 ・重要度に応じて機能が確保されること 要求事項 ・単一故障が発生した場合でも機能を損なわないこと 明確化された要求事項 ・多重性の適用外範囲の追加</p>

第1表 事業指定基準規則第15条と再処理施設安全審査指針 比較表 (2/7)

<p><u>の供給を受けて、それを含む系統が本来の機能を果たす必要があるとき、機械的に動作する部分を有する機器をいい、排風機、弁、ダンパ、ポンプ、遮断器、リレー等をいう。</u></p> <p><u>2 第2項について、単一故障があったとしても、その単一故障が安全上支障のない期間に除去又は修復できることが確実であれば、その単一故障を仮定しなくてよい。</u></p> <p><u>さらに、単一故障の発生の可能性が極めて小さいことが合理的に説明できる場合、あるいは、単一故障を仮定することで系統の機能が失われる場合であっても、他の系統を用いて、その機能を代替できることが安全解析等により確認できれば、当該機器に対する多重性の要求は適用しない。</u></p>	<p><u>動力の供給を受けて、それを含む系統が本来の機能を果たす必要があるとき、機械的に動作する部分を有する機器をいい、具体例としては排風機、弁、ダンパ、ポンプ、しゃ断器、リレー等があげられる。</u></p> <p><u>2 単一故障があったとしても、安全上支障のない期間内に原因の除去又は修理等が期待できる場合は、その単一故障を想定しなくてよい。</u></p>	
---	--	--

第1表 事業指定基準規則第15条と再処理施設安全審査指針 比較表 (3/7)

<p><u>3 安全機能を有する施設は、設計基準事故時及び設計基準事故に至るまでの間に想定される全ての環境条件において、その安全機能を発揮することができるものでなければならない。</u></p> <p><u>(解釈)</u></p> <p><u>3 第3項に規定する「全ての環境条件」とは、運転時、停止時、運転時の異常な過渡変化時及び設計基準事故時において、その安全機能が期待されている安全機能を有する施設が、その間にさらされると考えられる全ての環境条件をいう。</u></p>	<p><u>(再処理施設安全審査指針)</u></p> <p>※記載無し</p>	<p>明確化された要求事項</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ <u>設計基準事故時及び設計基準事故に至るまでの間に想定される全ての環境条件において、その安全機能を発揮すること</u>
---	--	---

第1表 事業指定基準規則第15条と再処理施設安全審査指針 比較表 (4/7)

<p><u>4 安全機能を有する施設は、その健全性及び能力を確認するため、その安全機能の重要度に応じ、再処理施設の運転中又は停止中に検査又は試験ができるものでなければならない。</u> (解釈) <u>4 第4項に規定する再処理施設の運転中又は停止中の「検査又は試験」においては、実システムを用いた検査又は試験が不適当な場合には、試験用のバイパス系を用いること等を含む</u> <u>5 第4項の規定については、以下に掲げる各号を満たすものとする。</u> <u>一 再処理施設の運転中に待機状態にある安全機能を有する施設は、その安全機能の重要性に応じ、運転中に定期的に試験等ができること。ただし、運転中の検査又は試験によって再処理の運転に大きな影響を及ぼす場合は、この限りではない。また、多重性又は多様性を備えた系統及び</u></p>	<p><u>(再処理施設安全審査指針)</u> <u>指針21 検査、修理等に対する考慮</u> <u>1 安全上重要な施設は、それらの安全機能を確認するために、必要に応じ、再処理施設の運転中又は定期点検等の停止時に安全機能を損なうことなく適切な方法により試験及び検査ができる設計であること。</u></p>	<p><u>要求事項</u> <u>・運転中又は停止中に検査又は試験ができる</u> <u>明確化された要求事項</u> <u>・適用範囲の拡大</u> <u>(安全上重要な施設⇒安全機能を有する施設、重要度に応じ)</u> <u>・検査、試験に係わる条件の明確化</u></p>
---	--	--

第1表 事業指定基準規則第15条と再処理施設安全審査指針 比較表 (5 / 7)

<p><u>機器にあつては、各々が独立して検査又は試験ができること。</u></p> <p><u>二 運転中における安全保護回路の機能確認試験にあつては、その実施中においても、その機能自体が維持されていると同時に、運転を停止させる等の不必要な動作が発生しないこと。</u></p> <p><u>三 再処理施設の停止中に定期的に行う検査又は試験は、再処理規則に規定される試験を含む。</u></p> <p><u>5 安全機能を有する施設は、その安全機能を健全に維持するための適切な保守及び修理ができるものでなければならない。</u></p>	<p>(再処理施設安全審査指針)</p> <p><u>指針21 検査、修理等に対する考慮</u></p> <p><u>2 安全上重要な施設は、それらの安全機能を健全に維持するための適切な保守及び修理ができる設計であること。</u></p>	<p><u>要求事項</u></p> <p><u>・保守及び修理ができること</u></p> <p><u>明確化された要求事項</u></p> <p><u>・適用範囲の拡大</u> <u>(安全上重要な施設⇒安全機能を有する施設)</u></p>
--	---	--

第1表 事業指定基準規則第15条と再処理施設安全審査指針 比較表 (6 / 7)

<p><u>6 安全機能を有する施設は、ポンプその他の機器又は配管の損壊に伴う飛散物により、その安全機能を損なわないものでなければならない。</u></p> <p><u>(解釈)</u></p> <p><u>6 第6項に規定する「ポンプその他の機器又は配管の損壊に伴う飛散物」とは、ガス爆発、重量機器の落下等によって発生する飛散物をいう。なお、二次的飛散物、火災、化学反応、電氣的損傷、配管の破損、機器の故障等の二次的影響も考慮するものとする。</u></p> <p><u>7 第6項に規定する「安全機能を損なわないものでなければならない」とは、再処理施設内部で発生が想定される内部飛散物に対し、冷却、水素掃気、火災・爆発の防止、臨界防止等の安全機能を損なわないことをいう。</u></p>	<p><u>(再処理施設安全審査指針)</u></p> <p>※記載無し</p>	<p><u>明確化された要求事項</u></p> <p>・飛散物により、その安全機能を損なわないこと</p>
---	--	--

第1表 事業指定基準規則第15条と再処理施設安全審査指針 比較表 (7/7)

<p><u>7 安全機能を有する施設は、二以上の原子力施設と共用する場合には、再処理施設の安全性を損なわないものでなければならない。</u> <u>(解釈)</u> <u>8 第7項に規定する「共用」とは、二以上の原子力施設間で、同一の構築物、系統又は機器を使用することをいう。</u></p>	<p><u>(再処理施設安全審査指針)</u> <u>指針19 共用に対する考慮</u> <u>1 再処理施設の安全上重要な施設は、他の原子力施設との共用によって、その安全機能を失うことのない設計であること。</u></p>	<p><u>要求事項</u> <u>・共用によって安全性を損なわないこと</u> <u>明確化された要求事項</u> <u>・適用範囲の拡大</u> <u>(安全上重要な施設⇒安全機能を有する施設)</u></p>
---	--	---

1.2 要求事項に対する適合性

安全機能を有する施設の設計に係る基本方針を以下のとおりとする。

ロ. 再処理施設の一般構造

(i) 安全機能を有する施設

再処理施設のうち、安全機能を有する施設は、その安全機能の重要度に応じて、その機能が確保されたものとする。

(g) 安全機能を有する施設

(イ) 安全機能を有する施設の設計方針

再処理施設のうち、安全機能を有する施設は、その安全機能の重要度に応じて、その機能が確保されたものとする。

1) 安全上重要な系統及び機器については、それらを構成する動的機器に単一故障を仮定しても、所定の安全機能を果たし得るように多重性又は多様性を有する設計とする。

ただし、単一故障を仮定しても、安全上支障のない期間内に運転員等による原因の除去又は修理が期待できる場合は、多重化又は多様化の配慮をしなくてもよいものとする。

2) 安全機能を有する施設は、設計基準事故時及び設計基準事故に至るまでの間に想定される全ての環境条件において、その安全機能を発揮することができる

3) 安全機能を有する施設は、その健全性及び能力を確認するため、その安全機能の重要度に応じ、再処理施設の運転中又は停止中に検査又は試験ができる設計とする。

4) 安全機能を有する施設は、安全機能を健全に維持するための適切な保守及び修理ができる設計とする。

5) 安全機能を有する施設は、再処理施設内におけるポンプその他の機器又は配管の損壊に伴う飛散物によって、その安全機能を損なわない設計とする。

6) 安全機能を有する施設のうち、電気設備の一部、消火水供給設備、低レベル廃液処理設備のうち排水の受け入れ及び排水を受け入れ海洋に放出するまでの排水が通過する経路、北換気筒の支持構造物、第2低レベル廃棄物貯蔵建屋の一部、ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵設備の粉末缶及び混合酸化物貯蔵容器、MOX燃料加工施設の同道搬送台車等は、MOX燃料加工施設、廃棄物管理施設又は公益財団法人核物質管理センターが運営する六ヶ所保障措置分析所と共用するが、共用によって再処理施設の安全性を損なうことのない設計とする。

共用は追而

1.3 規則への適合性

「再処理施設の位置，構造及び設備の基準に関する規則」第十五条では，以下の要求がされている。

(安全機能を有する施設)

第十五条 安全機能を有する施設は，その安全機能の重要度に応じて，その機能が確保されたものでなければならない。

2 安全上重要な施設は，機械又は器具の単一故障（単一の原因によって一つの機械又は器具が所定の安全機能を失うこと（従属要因による多重故障を含む。）をいう。以下同じ。）が発生した場合においてもその機能を損なわないものでなければならない。

3 安全機能を有する施設は，設計基準事故時及び設計基準事故に至るまでの間に想定される全ての環境条件において，その安全機能を発揮することができるものでなければならない。

4 安全機能を有する施設は，その健全性及び能力を確認するため，その安全機能の重要度に応じ，再処理施設の運転中又は停止中に検査又は試験ができるものでなければならない。

5 安全機能を有する施設は，安全機能を健全に維持するための適切な保守及び修理ができるものでなければならない。

6 安全機能を有する施設は，ポンプその他の機器又は配管の損壊に伴う飛散物により，その安全機能を損なわないものでなければならない。

7 安全機能を有する施設は，二以上の原子力施設と共用する場合には，再処理施設の安全性を損なわないものでなければならない。

適合のための設計方針

第1項について

再処理施設のうち、安全機能を有する構築物、系統及び機器を安全機能を有する施設とする。

また、安全機能を有する施設のうち、その機能喪失により、公衆又は従事者に放射線障害を及ぼすおそれがあるもの及び設計基準事故時に公衆又は従事者に及ぼすおそれがある放射線障害を防止するため、放射性物質又は放射線が再処理施設を設置する工場等外へ放出されることを抑制し又は防止する構築物、系統及び機器から構成される施設を、安全上重要な施設とする。

安全機能を有する施設の設計、材料の選定、製作及び検査に当たっては、原則として現行国内法規に基づく規格及び基準によるものとする。また、これらに規定がない場合においては、必要に応じて、十分実績があり、信頼性の高い国外の規格、基準等に準拠する。

第2項について

- (1) 再処理施設の所内動力用電源は、外部電源として電力系統に接続される154kV送電線2回線の他に、非常用所内電源として第1非常用ディーゼル発電機2台及び第2非常用ディーゼル発電機2台を設け、安全上重要な系統が要求される機能を果たすために必要な容量を持つ設計とする。

安全上重要な系統及び機器については、それらを構成する動的機器に単一故障を仮定しても、所定の安全機能を果たし得るように多重性又は多様性を有する設計とする。

安全保護回路を含む安全上重要な施設の安全機能を維持するために必要な計測制御設備は、動的機器に単一故障を仮定しても、所定

の安全機能を果たし得るよう多重化又は多様化によって対応するとともに、電氣的・物理的な独立性を有する設計とする。

- (2) 安全上重要な系統は、単一故障を仮定しても、安全上支障のない期間内に運転員等による原因の除去又は修理が期待できる場合は、多重化又は多様化の配慮をしなくてもよいものとする。

第3項について

運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故の解析に当たっては、工程の運転状態を考慮して解析条件を設定するとともに、安全機能が期待されている安全上重要な施設が、その間にさらされると考えられる全ての環境条件について、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、安全上重要な施設等の作動状況及び運転員の操作を考慮する。また、使用するモデル及び温度、圧力、流量その他の再処理施設の状態を示す事項は、評価の結果が、より厳しい評価になるよう選定する。

第4項について

安全機能を有する施設は、必要に応じ、それらの安全機能が健全に維持されていることを確認するために、再処理施設の運転中又は定期点検等停止時に安全機能を損なうことなく適切な方法により試験及び検査ができる設計とする。

第5項について

安全機能を有する施設は、それらの安全機能を健全に維持するための適切な保守及び修理ができる設計とする。

また、多量の放射性物質を内包する機器については、必要に応じてそれらへの接近可能性も配慮した設計とする。

第6項について

安全機能を有する施設について、想定されるポンプその他の機器又は配管の損壊に伴う飛散物（以下「内部発生飛散物」という。）が発生した場合においても、冷却、水素掃気、火災及び爆発の防止、臨界防止、遮蔽並びに閉じ込めの機能を維持するために必要な設備を防護対象設備とし、当該設備が有する安全機能の重要度に応じて、内部発生飛散物に対する防護設計を講ずる。

安全機能を有する施設のうち安全上重要な施設は、地震、溢水、火災等の共通要因によってその機能が損なわれないことを要求されていること並びにその機能の喪失により公衆及び従事者に過度の放射線被ばくを及ぼすおそれがあることを踏まえ、安全機能の重要度に応じて機能を確保する観点から、内部発生飛散物に対して防護設計を講じ、安全機能を損なわない設計とする。

その他の安全機能を有する施設については、当該施設の破損により内部発生飛散物防護対象設備に波及的な影響を与えない設計とするとともに、安全上支障が生じないように当該施設の安全機能の復旧を行う方針とする。

(1) 爆発による飛散物

「1.9.5 火災等による損傷の防止」に示すとおり、火災及び爆発の発生を防止する設計とする。

(2) 重量物の落下による飛散物

防護対象設備と同室に設置する重量物をつり上げて搬送するクレーンその他の搬送機器は、つりワイヤ、つりベルト又はつりチェーンの二重化及びつり荷の脱落防止機構によりつり荷が落下し難い構造とするとともに、逸走防止を考慮した設計とし、重量物の落下に

よる飛散物の発生を防止できる設計とする。

(3) 回転機器の損壊による飛散物

防護対象設備と同室に設置する回転機器は、誘導電動機又は調速器により過回転を防止できる設計とし、回転機器の過回転による回転羽根の損壊による飛散物の発生を防止できる設計とする。

第7項について

安全機能を有する施設は、原子力施設間での共用によって安全性を損なうことのない設計とする。また、公衆への放射線被ばくを防止するための安全機能が期待されている安全機能を有する施設については、原則として他の原子力施設と共用しない設計とする。

2. 安全設計の基本方針

再処理施設は、「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」（以下「原子炉等規制法」という。）等の関係法令の要求を満足し、「再処理施設安全審査指針」（昭和61年2月20日原子力安全委員会決定）（以下「安全審査指針」という。）に適合するものとして、平成4年12月24日付けで再処理の事業の指定を受け、建設された。

その後、平成25年12月18日付けで改正「原子炉等規制法」、「使用済燃料の再処理の事業に関する規則」等（以下「改正炉規法等」という。）が施行されたため、これらにも適合するものとする。

その基本方針として、再処理施設の安全性を確保するために、異常の発生を防止すること、仮に異常が発生したとしてもその波及、拡大を抑制すること、さらに、異常が拡大すると仮定してもその影響を緩和することとする「深層防護」の考え方を適切に採用した設計とする。

さらに、再処理施設は、重大事故等に至るおそれのある事故が発生した場合において、重大事故等の発生の防止及びその拡大の防止、並びにその影響を緩和するための措置を講ずる設計とする。

また、再処理施設は、平常時において、周辺監視区域外の公衆の線量及び放射線業務従事者の線量が「原子炉等規制法」に基づき定められている線量限度を超えないように設計する。さらに、公衆の線量については、合理的に達成できる限り低くなるように設計する。すなわち、施設設計の実現可能性を考慮しつつ、周辺環境に放出する放射性物質に起因する線量については、「発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に関する指針」（昭和50年5月13日原子力安全委員会決定、平成13年3月29日一部改訂、原子力安全委員会）において線量目標が実効線量で年間 $50\mu\text{Sv}$ であることを踏まえて、年間 $50\mu\text{Sv}$ を超えないよう設計

する。

3. 安全機能を有する施設に関する設計

上記の基本方針の下に以下の安全設計を行う。

- (1) 再処理施設のうち、「再処理施設の安全性を確保するために必要な構築物、系統及び機器」を「安全機能を有する施設」とし、改正炉規法等に適合した設計とする。
- (2) 安全機能を有する施設のうち、「その機能喪失により公衆又は従事者に放射線障害を及ぼすおそれがあるもの及び設計基準事故時に公衆又は従事者に及ぼすおそれがある放射線障害を防止するため、放射性物質又は放射線が工場等外へ放出されることを抑制し又は防止する構築物、系統及び機器」を、「安全上重要な施設」とする。

安全上重要な施設については、機能喪失時の公衆への線量影響等を考慮して安全機能を有する施設から選定し、改正炉規法等に適合した設計とする。

平成26年1月7日付け再処理事業変更許可申請前の旧申請書及び添付書類（以下「旧申請書等」という。）に記載の安全上重要な施設の一部については、安全上重要な施設に該当しないものとして、それ以外の安全機能を有する施設に分類を変更する。ただし、これらの施設については、安全上重要な施設への波及的影響防止及び既に多重化等の高い信頼性を確保して設置され運用されている経緯を踏まえ、安全上重要な施設と同等の信頼性を維持する。

- (3) 安全機能を有する施設は、その安全機能の重要度に応じて、その機能を確保するものとする。
- (4) 安全機能を有する施設は、臨界事故を防止するため技術的に見て想定されるいかなる場合でも臨界とならない設計とする。また、万一の臨界事故に備え、必要に応じて臨界警報装置及び可溶性中性子吸収材

を注入する設備を設置する。

- (5) 安全機能を有する施設は、運転時及び停止時において再処理施設からの直接線及びスカイシャイン線による事業所周辺の空間線量率を十分に低減する設計とする。また、安全機能を有する施設は、事業所内における外部放射線による放射線障害を防止する必要がある場合には、管理区域その他事業所内の人の立ち入る場所における線量を低減できるよう、遮蔽その他適切な措置を講ずる設計とし、放射線業務従事者が運転時の異常な過渡変化時及び設計基準事故時において、迅速に対応するために必要な操作ができる設計とする。
- (6) 安全機能を有する施設は、周辺環境への放射性物質の過度の放出を防ぐため、多重性を考慮した放射性物質の閉じ込め設備を設け、万一事故が起こった場合でも敷地周辺の公衆の安全を確保できる設計とする。
- (7) 安全機能を有する施設は、火災又は爆発により再処理施設の安全性が損なわれないよう、可能な限りの不燃性又は難燃性材料の使用、可燃性物質を使用する系統及び機器における着火源の排除等、火災及び爆発の発生を防止することができ、かつ、消火設備及び火災感知設備並びに火災及び爆発の影響を軽減する機能を有する設計とする。消火設備は、破損、誤作動又は誤操作が起きた場合においても安全上重要な施設の安全機能を損なわない設計とする。
- (8) 安全機能を有する施設は、地震力が作用した場合においても当該安全機能を有する施設を十分に支持することができる地盤に設置するとともに、地震力に十分に耐えることができる設計とする。この地震力は、地震の発生により生ずるおそれがある安全機能を有する施設の安全機能の喪失に起因する放射線による公衆への影響の程度に応じて算

定する。

また、耐震Bクラス及びCクラスの施設が破損するおそれがある地震動を監視し、加速度大による警報が発せられた場合は、使用済燃料の再処理を停止するよう手順を整備する。さらに、地震（津波を含む。）の発生により、再処理施設に重大な影響を及ぼすおそれがあると判断した場合は、必要に応じて再処理施設への影響を軽減するための措置を講ずるよう手順を整備する。

(9) その他の主要な構造

- a. 安全機能を有する施設は、使用済燃料等から発生する崩壊熱等を適切に除去する設計とする。
- b. 再処理施設は、設計、材料の選定、製作、建設、試験及び検査を通じ、原則として現行国内法規に基づく規格及び基準により、信頼性の高いものとする。ただし、外国の規格及び基準による場合又は規格及び基準で一般的でないものを適用する場合には、それらの規格及び基準の適用の根拠、国内法規に基づく規格及び基準との対比並びに適用の妥当性を明らかにするものとする。

安全機能を有する施設は、誤操作を防止するための措置を講ずる設計とする。

また、安全上重要な施設は、容易に操作することができる設計とする。

さらに、安全機能を有する施設は、その健全性及び能力を確認するため、その安全機能の重要度に応じ、再処理施設の運転中又は停止中に試験又は検査ができる設計とする。また、安全機能を有する施設は、安全機能を健全に維持するための適切な保守及び修理ができる設計とする。

c. 安全機能を有する施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。）が発生した場合においても安全機能を損なわない設計とする。

安全上重要な施設は、当該安全上重要な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安全上重要な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設計とする。さらに、安全機能を有する施設は、敷地内又はその周辺において想定される再処理施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）（以下「人為事象」という。）に対して安全機能を損なわない設計とする。

また、想定される自然現象及び人為事象の発生により、再処理施設に重大な影響を及ぼすおそれがあると判断した場合は、必要に応じて使用済燃料の再処理を停止する等、再処理施設への影響を軽減するための措置を講ずるよう手順等を整備する。

d. 安全機能を有する施設は、安全機能の重要度に応じて機能を確保することとし、航空機落下に対して安全機能を損なわない設計とする。設計に当たっては「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の評価基準について」（平成14・07・29原院第4号（平成14年7月30日原子力安全・保安院制定））（以下「航空機落下評価ガイド」という。）を参考として、施設に対する防護設計の要否を確認する。

e. 使用済燃料の受入れ及び貯蔵に係る施設は、再処理設備本体の運転開始に先立ち使用できる設計とする。

f. 再処理施設における放射性物質の移動は、配管、容器等によるものとし、閉じ込め、臨界防止、遮蔽のための措置等適切な安全対策を講ずる設計とする。

g. 安全上重要な施設は、機械又は器具の単一故障が発生した場合におい

てもその機能が失われることのない設計とする。また、安全機能を有する施設は、二以上の原子力施設と共用する場合には、再処理施設の安全性を損なわない設計とする。

h. 再処理施設は、安全上重要な施設がその機能を維持するために必要となる電力を当該安全上重要な施設に供給するため、電力系統に連係した設計とする。非常用電源設備及びその附属設備は、多重性及び独立性を確保し、その系統を構成する機械又は器具の単一故障が発生した場合であっても、運転時の異常な過渡変化時又は設計基準事故時において安全上重要な施設及び設計基準事故に対処するための設備がその機能を確保するために十分な容量を有する設計とする。

i. 安全機能を有する施設は、再処理施設内における溢水又は化学薬品の漏えい及びポンプその他の機器の損壊に伴う飛散物により、安全機能を損なわない設計とする。

また、安全機能を有する施設は、設計基準事故時及び設計基準事故に至るまでの間に想定される全ての環境条件において、その安全機能を発揮できる設計とする。

3.1 安全機能を有する施設の分類

「安全機能を有する施設」とは、再処理施設のうち、再処理施設の安全性を確保するために必要な構築物、系統及び機器をいい、「安全上重要な施設」とは、安全機能を有する施設のうち、その機能の喪失により、公衆又は従事者に放射線障害を及ぼすおそれがあるもの及び設計基準事故時に公衆又は従事者に及ぼすおそれがある放射線障害を防止するため、放射性物質又は放射線が再処理施設を設置する工場等外へ放出されることを抑制し又は防止する構築物、系統及び機器をいう。

下記の分類に属する施設を基本的に「安全上重要な施設」とし、それ以外の施設を「安全機能を有する施設」とする。

- (1) プルトニウムを含む溶液又は粉末を内蔵する系統及び機器
- (2) 高レベル放射性液体廃棄物を内蔵する系統及び機器
- (3) 上記(1)及び(2)の系統及び機器の換気系統及びオフガス処理系統
- (4) 上記(1)及び(2)の系統及び機器並びにせん断工程を収納するセル等
- (5) 上記(4)の換気系統
- (6) 上記(4)のセル等を収納する構築物及びその換気系統
- (7) ウランを非密封で大量に取り扱う系統及び機器の換気系統
- (8) 非常用所内電源系統及び安全上重要な施設の機能の確保に必要な圧縮空気等の主要な動力源
- (9) 熱的、化学的又は核的制限値を維持するための系統及び機器
- (10) 使用済燃料を貯蔵するための施設
- (11) 高レベル放射性固体廃棄物を保管廃棄するための施設
- (12) 安全保護回路
- (13) 排気筒
- (14) 制御室等及びその換気系統

(15) その他上記各系統等の安全機能を維持するために必要な計測制御系統，冷却水系統等

ただし，その機能が喪失したとしても公衆及び従事者に過度な放射線被ばくを及ぼすおそれのないことが明らかな場合は，安全上重要な施設から除外する。

3.2 安全上重要な施設の選定

選定の具体化に当たっての主要な考え方を以下に示す。

- a. 再処理の工程の特徴は、放射性物質を使用済燃料集合体から開放（溶解）して処理するため、平常時は廃ガス処理設備を有した機器内（一次閉じ込め）で処理が進み、何らかの異常で機器から放射性物質が漏れ出た場合でも独立した換気設備を有したセル又はグローブボックス（二次閉じ込め）で閉じ込めることにより、周辺公衆はもとより、従事者への放射線影響を排除する考え方で設計される。さらに、二次閉じ込めが損傷するような事故に発展した場合に備え、独立した換気設備を有した建屋が三次閉じ込めの機能を果たすよう設計される。したがって、この三重の閉じ込めの健全性が、再処理施設の事故に対する深層防護の健全性と表裏一体となる。
- b. 再処理施設において、最も重要な安全機能である閉じ込め機能を有する安全上重要な施設は、最高位の信頼性（耐震クラスの設定）で設計を行う。
- c. 3.1に示す(1)及び(2)については、プロセス設計を基に公衆影響の観点から有意な放射性物質量を内包する塔槽類を特定する。ここで、再処理施設の事故に対する余裕は、「有意な放射性物質」の設定に依存するため、以下のように設定する。
 - (a) 平常時の再処理プロセスにおいては、プルトニウム溶液又は高レベル廃液を処理又は貯蔵する以下の主要な系統を安全上重要な施設とする。
 - i. 溶解設備の溶解槽からウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵設備の混合酸化物貯蔵容器まで
 - ii. 清澄・計量設備の清澄機から高レベル廃液ガラス固化設備のガラス熔融炉まで

- iii. 分離設備の抽出塔から高レベル廃液ガラス固化設備のガラス溶融炉まで
- (b) その他の塔槽類（一時貯留処理槽等）については、内包する放射量を、より厳しい評価となるような移行モデルで敷地境界までの線量影響を評価し、結果が5 mSvを超える塔槽類を安全上重要な施設とする。
- d. 3.1に示す(3), (4)及び(5)については、上記c. で選定された塔槽類に接続する塔槽類廃ガス処理設備並びに当該塔槽類を内包するセル等及びその換気設備を安全上重要な施設とし、(1)及び(2)からの廃ガスに対する閉じ込め機能については、二重の独立した安全上重要な施設で確保する。
- e. 3.1に示す(6)については、上記d. で選定されたセル等を内包する建屋及びその換気設備を、事故時を念頭に三重目の閉じ込めとして安全上重要な施設とする。
- f. 上記e. の換気設備の排気系は、汚染のおそれのある区域からの排気を閉じ込める機能を有する設備であることから、耐震重要度をSクラスとする。
- g. 3.1に示す(10)については、使用済燃料集合体等の遮蔽及び崩壊熱除去のために不可欠なプール水を保持する施設を安全上重要な施設とする。また、使用済燃料集合体及びバスケットの落下・転倒防止機能を有する施設については、その機能の必要性を工学的に判断し、不可欠な場合は安全上重要な施設とする。
- h. 3.1に示す(11)については、高レベル放射性固体廃棄物の遮蔽及び崩壊熱除去の観点で不可欠な施設を安全上重要な施設とする。
- i. 3.1に示す(12)については、事業指定基準規則の要求事項を踏まえて、安全保護回路として選定すべき計測制御系統施設の再選定を行い、旧

申請書において安全保護系として選定していた回路に加えて運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故の事象のうち、拡大防止対策又は影響緩和対策として期待する安全上重要な施設のインターロックを新たに安全保護回路として選定する。

- (1) 精製施設の逆抽出塔溶液温度高による加熱停止回路
- (2) 分離施設のウラン濃縮缶加熱蒸気温度高による加熱停止回路
- (3) 酸及び溶媒の回収施設の第2酸回収系の蒸発缶加熱蒸気温度高による加熱停止回路
- (4) 脱硝施設の還元ガス受槽水素濃度高による還元ガス供給停止回路
- (5) 分離施設のプルトニウム洗浄器中性子計数率高による工程停止回路
- (6) 液体廃棄物の廃棄施設の高レベル廃液濃縮缶凝縮器排気出口温度高による加熱停止回路
- (7) 脱硝施設の焙焼炉ヒータ部温度高による加熱停止回路
- (8) 脱硝施設の還元炉ヒータ部温度高による加熱停止回路
- (9) 気体廃棄物の廃棄施設の外部電源喪失による建屋給気閉止ダンパの閉止回路（分離建屋）
- (10) 気体廃棄物の廃棄施設の外部電源喪失による建屋給気閉止ダンパの閉止回路（精製建屋）
- (11) 固体廃棄物の廃棄施設の固化セル移送台車上の質量高によるガラス流下停止回路
- (12) 気体廃棄物の廃棄施設の固化セル圧力高による固化セル隔離ダンパの閉止回路

j. 3.1に示す(13)については、設計基準事故の評価において、不可欠な影響緩和機能を有する施設を安全上重要な施設とする。

k. 3.1に示す(15)については，計測制御系統及び冷却水系統の他に，その施設が有する安全機能の必要性を工学的に判断し，不可欠な場合は安全上重要な施設とする。

以上の考え方にに基づき選定した安全上重要な施設を第1.7.7-1表に示す。また，第1.7.7-1表中には，各安全上重要な施設に要求される安全機能を，第1.7.7-2表に示す安全機能の分類に従って記載する。

第 1.7.7-1 表 安全上重要な施設

分 類	安全機能	安全上重要な施設
(1) プルトニウムを含む溶液又は粉末を内蔵する系統及び機器	<p>PS/放射性物質の閉じ込め機能（放射性物質の保持機能） 及びMS/放射性物質の過度の放出防止機能（放射性物質の保持機能）</p>	<p>溶解施設 溶解設備 溶解槽 第1よう素追出し槽 第2よう素追出し槽 中間ポット 清澄・計量設備 中継槽 清澄機 リサイクル槽 計量前中間貯槽 計量・調整槽 計量補助槽 計量後中間貯槽</p> <p>分離施設 分離設備 溶解液中間貯槽 溶解液供給槽 抽出塔 第1洗浄塔 第2洗浄塔 分配設備 プルトニウム分配塔 ウラン洗浄塔 プルトニウム溶液 TBP洗浄器 プルトニウム溶液受槽 プルトニウム溶液中間貯槽 分離建屋一時貯留処理設備 第1一時貯留処理槽 第2一時貯留処理槽 第3一時貯留処理槽 第7一時貯留処理槽 第8一時貯留処理槽</p> <p>精製施設 プルトニウム精製設備 プルトニウム溶液供給槽 第1酸化塔 第1脱ガス塔 抽出塔 核分裂生成物洗浄塔 逆抽出塔 ウラン洗浄塔 補助油水分離槽 TBP洗浄器 第2酸化塔 第2脱ガス塔 プルトニウム溶液受槽 油水分離槽</p> <p>プルトニウム精製設備（つづき） プルトニウム濃縮缶供給槽 プルトニウム濃縮缶 プルトニウム溶液一時貯槽 プルトニウム濃縮液受槽 プルトニウム濃縮液計量槽 プルトニウム濃縮液中間貯槽 プルトニウム濃縮液一時貯槽 リサイクル槽 希釈槽 精製建屋一時貯留処理設備 第1一時貯留処理槽 第2一時貯留処理槽 第3一時貯留処理槽 第7一時貯留処理槽</p> <p>脱硝施設 ウラン・プルトニウム混合脱硝設備 硝酸プルトニウム貯槽 混合槽 一時貯槽 定量ポット 中間ポット 脱硝装置 焙焼炉 還元炉 固気分離器 粉末ホッパ 粉碎機 保管容器 混合機 粉末充てん機</p> <p>製品貯蔵施設 ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵設備 粉末缶 混合酸化物貯蔵容器</p> <p>プルトニウムを含む溶液又は粉末の主要な流れを構成する配管</p>

(つづき)

分 類	安全機能	安全上重要な施設
<p>② 高レベル放射性液体廃棄物を内蔵する系統及び機器</p> <p>PS/放射性物質の閉じ込め機能(放射性物質の保持機能)</p> <p>及びMS/放射性物質の過度の放出防止機能(放射性物質の保持機能)</p>	<p>溶解施設 清澄・計量設備 清澄機 不溶解残渣回収槽</p> <p>分離施設 分離設備 抽出塔 TBP洗浄塔 抽出廃液受槽 抽出廃液中間貯槽 抽出廃液供給槽 分離建屋一時貯留処理設備 第1一時貯留処理槽 第3一時貯留処理槽 第4一時貯留処理槽 第6一時貯留処理槽 第7一時貯留処理槽</p> <p>液体廃棄物の廃棄施設 高レベル廃液処理設備 高レベル廃液濃縮設備 高レベル廃液供給槽 高レベル廃液濃縮缶</p>	<p>液体廃棄物の廃棄施設(つづき) 高レベル廃液貯蔵設備 高レベル濃縮廃液貯槽 不溶解残渣廃液貯槽 高レベル廃液共用貯槽 高レベル濃縮廃液一時貯槽 不溶解残渣廃液一時貯槽</p> <p>固体廃棄物の廃棄施設 高レベル廃液ガラス固化設備 高レベル廃液混合槽 供給液槽 供給槽 ガラス溶融炉</p> <p>高レベル廃液の主要な流れを構成する配管</p>
<p>③ 上記(1)及び(2)の系統及び機器の換気系統及びオフガス処理系統</p> <p>PS/放射性物質の閉じ込め機能(放出経路の維持機能)</p> <p>及びMS/放射性物質の過度の放出防止機能(放出経路の維持機能)</p>	<p>気体廃棄物の廃棄施設 せん断処理・溶解廃ガス処理設備 塔槽類廃ガス処理設備 前処理建屋塔槽類廃ガス処理設備 分離建屋塔槽類廃ガス処理設備 塔槽類廃ガス処理系 パルセータ廃ガス処理系 精製建屋塔槽類廃ガス処理設備 塔槽類廃ガス処理系(Pu系) パルセータ廃ガス処理系 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 高レベル廃液ガラス固化建屋塔槽類廃ガス処理設備 高レベル濃縮廃液廃ガス処理系 不溶解残渣廃液廃ガス処理系 高レベル廃液ガラス固化廃ガス処理設備</p> <p>液体廃棄物の廃棄施設 高レベル廃液処理設備 高レベル廃液濃縮設備 高レベル廃液濃縮缶凝縮器 減衰器</p> <p>脱硝施設 安全上重要な施設の固気分離器からウラン・プルトニウム混合脱硝建屋換気設備のグローブボックス・セル排気系統への接続部までの系統</p>	

(つづき)

分 類	安全上重要な施設
<p>③ 上記⑴及び⑵の系統及び機器の換気系統及びオフガス処理系統 (つづき)</p> <p>PS/放射性物質の閉じ込め機能(放射性物質の捕集・浄化機能) 及びMS/放射性物質の過度の放出防止機能(放射性物質の捕集・浄化機能)</p> <p>PS/放射性物質の閉じ込め機能(排気機能) 及びMS/放射性物質の過度の放出防止機能(排気機能)</p> <p>〔 上記⑴及び⑵の安全上重要な施設からの廃ガスに対する閉じ込め機能(PS)は、本欄に掲げる設備と⑸に掲げる安全上重要な施設を収納するセル等の換気系統により確保し、これらを安全上重要な施設とする。 〕</p>	<p>脱硝施設 ウラン・プルトニウム混合脱硝設備 高性能粒子フィルタ(空気輸送) 7.2節に粒子除去効率を記載した上記の気体廃棄物の廃棄施設の高性能粒子フィルタ せん断処理・溶解廃ガス処理設備のよう素フィルタ 高レベル廃液ガラス固化廃ガス処理設備の廃ガス洗浄器、吸収塔及びルテニウム吸着塔</p> <p>上記の気体廃棄物の廃棄施設の排風機</p>
<p>④ 上記⑴及び⑵の系統及び機器並びにせん断工程を収納するセル等</p> <p>PS/放射性物質の閉じ込め機能(放出経路の維持機能) 体系の維持機能(遮蔽機能)* 及びMS/放射性物質の過度の放出防止機能(放出経路の維持機能) 体系の維持機能(遮蔽機能)</p> <p>〔 * 上記⑴及び⑵のうち核分裂生成物の閉じ込めの観点から不可欠な機能を有する系統及び機器を収納するセルのみ 〕</p>	<p>上記⑴及び⑵の系統及び機器を収納するセル及びグローブボックス並びにせん断セル プルトニウム精製設備及びウラン・プルトニウム混合脱硝設備の安全上重要な施設の配管を収納する二重配管の外管</p> <p>下記の洞道に設置する配管収納容器のうち、上記⑴及び⑵の配管を収納する配管収納容器</p> <p>分離建屋と精製建屋を接続する洞道 精製建屋とウラン・プルトニウム混合脱硝建屋を接続する洞道 分離建屋と高レベル廃液ガラス固化建屋を接続する洞道</p>

(つづき)

分 類	安全上重要な施設
<p>(5) 上記(4)の換気系統</p> <p>PS/放射性物質の閉じ込め機能(放出経路の維持機能) 及びMS/放射性物質の過度の放出防止機能(放出経路の維持機能)</p> <p>PS/放射性物質の閉じ込め機能(放射性物質の捕集・浄化機能) 及びMS/放射性物質の過度の放出防止機能(放射性物質の捕集・浄化機能)</p> <p>PS/放射性物質の閉じ込め機能(排気機能) 及びMS/放射性物質の過度の放出防止機能(排気機能)</p>	<p>気体廃棄物の廃棄施設の換気設備 前処理建屋換気設備 中継槽セル等からの排気系 溶解槽セル等からのA排気系 溶解槽セル等からのB排気系 分離建屋換気設備 プルトニウム溶液中間貯槽セル等からの排気系 精製建屋換気設備 プルトニウム濃縮缶セル等からの排気系 グローブ ボックス等からの排気系 ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋換気設備 硝酸プルトニウム貯槽セル等及びグローブ ボックス等からの排気系 高レベル廃液ガラス固化建屋換気設備 高レベル濃縮廃液貯槽セル等からの排気系 固化セル圧力放出系 固化セル換気系</p> <p>7. 2節に粒子除去効率を記載した上記の気体廃棄物の廃棄施設の換気設備の高性能粒子フィルタ 高レベル廃液ガラス固化建屋換気設備 固化セル換気系の洗浄塔及びルテニウム吸着塔</p> <p>上記の気体廃棄物の廃棄施設の換気設備の排風機</p>
<p>(6) 上記(4)のセル等を収納する構築物及びその換気系統</p> <p>MS/放射性物質の過度の放出防止機能(放出経路の維持機能)</p>	<p>前処理建屋 分離建屋 精製建屋 ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋 高レベル廃液ガラス固化建屋</p> <p>気体廃棄物の廃棄施設の換気設備 前処理建屋換気設備 汚染のおそれのある区域からの排気系 分離建屋換気設備 汚染のおそれのある区域からの排気系 精製建屋換気設備 汚染のおそれのある区域からの排気系 ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋換気設備 汚染のおそれのある区域からの排気系 高レベル廃液ガラス固化建屋換気設備 汚染のおそれのある区域からの排気系</p>

(つづき)

分 類	安全上重要な施設
<p>⑥ 上記④のセル等を収納する構築物及びその換気系統（つづき）</p> <p>MS／放射性物質の過度の放出防止機能（放射性物質の捕集・浄化機能） MS／放射性物質の過度の放出防止機能（排気機能）</p> <p>PS／体系の維持機能（遮蔽機能）* 及びMS／放射性物質の過度の放出防止機能（放出経路の維持機能）</p> <p>〔*上記①及び②のうち核分裂生成物の閉じ込めの観点から不可欠な機能を有する系統及び機器を収納する洞道のみ〕</p>	<p>7.2節に粒子除去効率を記載した上記の気体廃棄物の廃棄施設の換気設備の高性能粒子フィルタ</p> <p>上記の気体廃棄物の廃棄施設の換気設備の排風機</p> <p>下記の洞道のうち、上記①及び②の配管を収納する洞道 分離建屋と精製建屋を接続する洞道 精製建屋とウラン・プルトニウム混合脱硝建屋を接続する洞道 分離建屋と高レベル廃液ガラス固化建屋を接続する洞道</p>
<p>⑦ ウランを非密封で大量に取り扱う系統及び機器の換気系統</p> <p>PS／放射性物質の閉じ込め機能 及びMS／放射性物質の過度の放出防止機能</p>	<p>本事項について安全上重要な施設に該当する施設はない。</p>
<p>⑧ 非常用所内電源系統及び安全上重要な施設の機能の確保に必要な圧縮空気等の主要な動力源</p> <p>PS及びMS／安全上重要な施設の安全機能確保のための支援機能</p>	<p>その他再処理設備の附属施設</p> <p>電気設備 非常用所内電源系統 蒸気供給設備 安全蒸気系 圧縮空気設備 安全圧縮空気系（かくはん等のために圧縮空気を供給する系統は除く。）</p>

(つづき)

分 類	安全機能	安全上重要な施設
<p>(9) 熱的、化学的又は核的制限値を維持するための系統及び機器</p> <p>PS/体系の維持機能（核的制限値（寸法）の維持機能）</p> <p>PS/安全に係るプロセス量等の維持機能（火災、爆発、臨界等に係るプロセス量等の維持機能）</p> <p>MS/安全に係るプロセス量等の維持機能（熱的、化学的、核的制限値等の維持機能）</p>		<p>① 核的制限値</p> <p>形状寸法管理の機器 各施設の臨界安全管理表に寸法が記載されている機器</p> <p>核的制限値を維持する計測制御設備及び動作機器 使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設に係る計測制御設備 燃焼度計測装置</p> <p>せん断処理施設及び溶解施設に係る計測制御設備 燃料せん断長位置異常によるせん断停止回路 エンドピースせん断位置異常によるせん断停止回路 溶解槽溶解液密度高によるせん断停止回路 第1よう素追出し槽及び第2よう素追出し槽の溶解液密度高による警報 エンドピース酸洗浄槽洗浄液密度高によるせん断停止回路</p> <p>分離施設に係る計測制御設備 プルトニウム洗浄器アルファ線検出器の計数率高による警報</p> <p>精製施設に係る計測制御設備 プルトニウム洗浄器アルファ線検出器の計数率高による警報</p> <p>脱硝施設に係る計測制御設備 粉末缶MOX粉末重量確認による粉末缶払出装置の起動回路</p>

(つづき)

分 類	安全上重要な施設
<p>(10) 使用済燃料を貯蔵するための施設</p> <p>PS/安全に係るプロセス量等の維持機能 (崩壊熱除去機能)</p> <p>PS/体系の維持機能 (遮蔽機能)</p> <p>PS/安全上必須なその他の機能 (落下・転倒防止機能)</p>	<p>使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設</p> <p>燃料取出しピット</p> <p>燃料仮置きピット</p> <p>燃料貯蔵プール</p> <p>チャンネル ボックス・バーナブル ポイズン取扱ピット</p> <p>燃料移送水路</p> <p>燃料送出しピット</p> <p>使用済燃料受入れ・貯蔵建屋天井クレーン</p> <p>バスケット仮置き架台</p>
<p>(11) 高レベル放射性固体廃棄物を保管廃棄するための施設</p> <p>PS/安全に係るプロセス量等の維持機能 (崩壊熱等の除去機能)</p> <p>PS/体系の維持機能 (遮蔽機能)</p>	<p>高レベル廃液ガラス固化建屋の収納管及び通風管</p> <p>第1 ガラス固化体貯蔵建屋の収納管及び通風管</p> <p>高レベル廃液ガラス固化建屋のガラス固化体除染室の遮蔽設備</p> <p>高レベル廃液ガラス固化建屋のガラス固化体検査室の遮蔽設備</p> <p>高レベル廃液ガラス固化建屋の貯蔵区域の遮蔽設備</p> <p>第1 ガラス固化体貯蔵建屋の貯蔵区域の遮蔽設備</p> <p>第1 ガラス固化体貯蔵建屋の受入れ室の遮蔽設備</p> <p>第1 ガラス固化体貯蔵建屋床面走行クレーンの遮蔽設備</p> <p>第1 ガラス固化体貯蔵建屋のトレンチ移送台車の遮蔽設備</p>
<p>(12) 安全保護回路</p> <p>MS/安全に係るプロセス量等の維持機能 (熱的, 化学的, 核的制限値等の維持機能)</p> <p>MS/放射性物質の過度の放出防止機能 (ソースターム制限機能)</p> <p>MS/安全に係るプロセス量等の維持機能 (火災, 爆発, 臨界等に係るプロセス量等の維持機能)</p>	<p>計測制御系統施設</p> <p>高レベル廃液濃縮缶加熱蒸気温度高による加熱停止回路</p> <p>逆抽出塔溶液温度高による加熱停止回路</p> <p>分離施設のウラン濃縮缶加熱蒸気温度高による加熱停止回路</p> <p>プルトニウム濃縮缶加熱蒸気温度高による加熱停止回路</p> <p>第2 酸回収系の蒸発缶加熱蒸気温度高による加熱停止回路</p> <p>可溶性中性子吸収材緊急供給回路及びせん断停止回路</p> <p>固化セル移送台車上の質量高によるガラス流下停止回路</p> <p>還元ガス受槽水素濃度高による還元ガス供給停止回路</p> <p>プルトニウム洗浄器中性子検出器の計数率高による工程停止回路</p> <p>高レベル廃液濃縮缶凝縮器排気出口温度高による加熱停止回路</p> <p>焙焼炉ヒータ部温度高による加熱停止回路</p> <p>還元炉ヒータ部温度高による加熱停止回路</p> <p>外部電源喪失による建屋給気閉止ダンパの閉止回路 (分離建屋)</p> <p>外部電源喪失による建屋給気閉止ダンパの閉止回路 (精製建屋)</p> <p>固化セル圧力高による固化セル隔離ダンパの閉止回路</p>
<p>(13) 排気筒</p> <p>MS/放射性物質の過度の放出防止機能 (放出経路の維持機能)</p>	<p>気体廃棄物の廃棄施設</p> <p>主排気筒</p>

(つづき)

<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> 分 類 安全機能 </div>	安全上重要な施設
<p>(14) 制御室等及びその換気空調系統</p> <p>MS/安全上必須なその他の機能（事故時の対応操作に必要な居住性等の維持機能*） （*遮蔽機能は含まず）</p>	<p>計測制御系統施設 中央制御室 制御建屋中央制御室換気設備</p>
<p>(15) その他上記各系統等の安全機能を維持するために必要な計測制御系統、冷却水系統等</p> <p>PS/安全に係るプロセス量等の維持機能（火災、爆発、臨界等に係るプロセス量等の維持機能） 又はMS/安全に係るプロセス量等の維持機能（熱的、化学的、核的制限値等の維持機能）</p>	<p>① 計測制御設備</p> <p>せん断処理施設及び溶解施設に係る計測制御設備 せん断刃位置異常によるせん断停止回路 溶解槽溶解液温度低によるせん断停止回路 硝酸供給槽硝酸密度低によるせん断停止回路 溶解槽供給硝酸流量低によるせん断停止回路 可溶性中性子吸収材緊急供給槽液位低によるせん断停止回路 エンドピース酸洗浄槽洗浄液温度低によるせん断停止回路 エンドピース酸洗浄槽供給硝酸密度低によるせん断停止回路 エンドピース酸洗浄槽供給硝酸流量低によるせん断停止回路 溶解槽セル、中継槽セル、清澄機セル、計量・調整槽セル、計量後中間貯槽セル、放射性配管分岐第1セル及び放射性配管分岐第4セルの漏えい液受皿の集液溝の液位警報</p> <p>分離施設に係る計測制御設備 溶解液中間貯槽セル、溶解液供給槽セル、抽出塔セル、プルトニウム洗浄器セル、抽出廃液受槽セル、抽出廃液供給槽セル、分離建屋一時貯留処理槽第1セル、分離建屋一時貯留処理槽第2セル及び放射性配管分岐第2セルの漏えい液受皿の集液溝の液位警報</p> <p>精製施設に係る計測制御設備 プルトニウム濃縮液受槽セル、プルトニウム濃縮液一時貯槽セル及びプルトニウム濃縮液計量槽セルの漏えい液受皿の集液溝の液位警報 プルトニウム精製塔セル、プルトニウム濃縮缶供給槽セル、油水分離槽セル及び放射性配管分岐第1セルの漏えい液受皿の集液溝の液位警報（臨界）</p> <p>脱硝施設に係る計測制御設備</p> <p>ウラン脱硝設備に係る計測制御設備 脱硝塔内部の温度低による硝酸ウラニル濃縮液の供給停止回路 ウラン酸化物貯蔵容器充てん位置の検知によるUO₂粉末の充てん起動回路</p> <p>ウラン・プルトニウム混合脱硝設備に係る計測制御設備 脱硝装置の温度計による脱硝皿取扱装置の起動回路及び照度計によるシャッタの起動回路 空気輸送終了検知及び脱硝皿の重量確認による脱硝皿取扱装置の起動回路 保管容器充てん位置の検知によるMOX粉末の充てん起動回路 粉末缶充てん位置の検知によるMOX粉末の充てん起動回路 硝酸プルトニウム貯槽セル、混合槽セル及び一時貯槽セルの漏えい液受皿の集液溝の液位警報</p>

(つづき)

分類 安全機能	安全上重要な施設
<p>(15) その他上記各系統等の安全機能を維持するために必要な計測制御系統、冷却水系統等(つづき)</p> <p>PS/安全に係るプロセス量等の維持機能(火災、爆発、臨界等に係るプロセス量等の維持機能)</p> <p>又はMS/安全に係るプロセス量等の維持機能(熱的、化学的、核的制限値等の維持機能)</p> <p>PS/安全に係るプロセス量等の維持機能(崩壊熱等の除去機能)</p> <p>PS/安全に係るプロセス量等の維持機能(崩壊熱等の除去機能)</p> <p>又はMS/影響緩和機能に係る支援機能(燃料貯蔵プール等の水位の維持機能)</p>	<p>① 計測制御設備(つづき)</p> <p>気体廃棄物の廃棄施設に係る計測制御設備 セン断処理・溶解廃ガス処理設備の系統の圧力警報 塔槽類廃ガス処理設備のうち、下記の系統の圧力警報 前処理建屋塔槽類廃ガス処理設備 分離建屋塔槽類廃ガス処理設備 塔槽類廃ガス処理系 精製建屋塔槽類廃ガス処理設備 塔槽類廃ガス処理系(Pu系) 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 高レベル廃液ガラス固化建屋塔槽類廃ガス処理設備 高レベル廃液ガラス固化廃ガス処理設備の系統の圧力警報</p> <p>液体廃棄物の廃棄施設に係る計測制御設備 高レベル廃液処理設備に係る計測制御設備 高レベル廃液供給槽セル、高レベル濃縮廃液貯槽セル、高レベル濃縮廃液一時貯槽セル、不溶解残渣廃液貯槽セル、不溶解残渣廃液一時貯槽セル及び高レベル廃液共用貯槽セルの漏えい液受皿の集液溝等の液位警報</p> <p>固体廃棄物の廃棄施設に係る計測制御設備 高レベル廃液ガラス固化設備に係る計測制御設備 結合装置圧力信号による流下ノズル加熱停止回路 固化セル及び高レベル廃液混合槽セルの漏えい液受皿の集液溝等の液位警報</p> <p>② 冷却設備 使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設 プール水冷却系</p> <p>その他再処理設備の附属施設 <u>安全冷却水系(再処理設備本体用の安全冷却水系冷却塔Aを除く)</u></p> <p>安全冷却水系から第9.5-2表に記載の崩壊熱除去用冷却水を必要とする機器までの配管</p> <p>気体廃棄物の廃棄施設 ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋換気設備 貯蔵室からの排気系</p> <p>液体廃棄物の廃棄施設 高レベル廃液濃縮缶の加熱蒸気と冷却水の切替弁</p> <p>安全圧縮空気系から高レベル廃液ガラス固化設備のガラス溶融炉の流下停止系までの冷却用空気を供給する配管</p> <p>使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設 補給水設備</p>

検討中

(つづき)

分 類	安全上重要な施設																																						
<p>(15) その他上記各系統等の安全機能を維持するために必要な計測制御系統、冷却水系統等（つづき）</p> <p>PS／体系の維持機能（遮蔽機能）</p> <p>PS／安全に係るプロセス量等の維持機能（掃気機能）</p> <p>MS／放射性物質の過度の放出防止機能（ソースターム制限機能）</p> <p>MS／安全に係るプロセス量等の維持機能（熱的、化学的、核的制限値等の維持機能）</p> <p>MS／放射性物質の過度の放出防止機能（ソースターム制限機能）</p> <p>MS／安全に係るプロセス量等の維持機能（火災、爆発、臨界等に係るプロセス量等の維持機能）</p> <p>MS／安全上必須なその他の機能（事故時の放射性物質の放出量の監視機能）</p>	<p>③ 上記(4)、(6)、(10)及び(11)以外で遮蔽機能を有する設備 固体廃棄物の廃棄施設 低レベル固体廃棄物貯蔵設備 チャンネルボックス・バーナブルポイズン処理建屋の貯蔵室の遮蔽設備 ハル・エンドピース貯蔵建屋の貯蔵プールの遮蔽設備</p> <p>④ 水素掃気用空気を供給する安全圧縮空気系から第9.3-2表に記載の水素掃気を必要とする機器までの水素掃気用の配管</p> <p>⑤ 下記のセルの漏えい液受皿から漏えい液を回収するための系統</p> <table border="0"> <tr> <td>前処理建屋</td> <td>精製建屋</td> </tr> <tr> <td>溶解槽セル</td> <td>プルトニウム濃縮液受槽セル</td> </tr> <tr> <td>中継槽セル</td> <td>プルトニウム濃縮液一時貯槽セル</td> </tr> <tr> <td>清澄機セル</td> <td>プルトニウム濃縮液計量槽セル</td> </tr> <tr> <td>計量・調整槽セル</td> <td>ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋</td> </tr> <tr> <td>計量後中間貯槽セル</td> <td>硝酸プルトニウム貯槽セル</td> </tr> <tr> <td>放射性配管分岐第1セル</td> <td>混合槽セル</td> </tr> <tr> <td>放射性配管分岐第4セル</td> <td>一時貯槽セル</td> </tr> <tr> <td>分離建屋</td> <td>高レベル廃液ガラス固化建屋</td> </tr> <tr> <td>溶解液中間貯槽セル</td> <td>高レベル濃縮廃液貯槽セル</td> </tr> <tr> <td>溶解液供給槽セル</td> <td>不溶解残渣廃液貯槽セル</td> </tr> <tr> <td>抽出塔セル</td> <td>高レベル廃液共用貯槽セル</td> </tr> <tr> <td>プルトニウム洗浄器セル</td> <td>高レベル濃縮廃液一時貯槽セル</td> </tr> <tr> <td>抽出廃液受槽セル</td> <td>不溶解残渣廃液一時貯槽セル</td> </tr> <tr> <td>抽出廃液供給槽セル</td> <td>高レベル廃液混合槽セル</td> </tr> <tr> <td>分離建屋一時貯留処理槽第1セル</td> <td>固化セル</td> </tr> <tr> <td>分離建屋一時貯留処理槽第2セル</td> <td></td> </tr> <tr> <td>放射性配管分岐第2セル</td> <td></td> </tr> <tr> <td>高レベル廃液供給槽セル</td> <td></td> </tr> </table> <p>⑥ 上記(12)の安全保護回路により保護動作を行う機器及び系統 高レベル廃液濃縮缶加熱蒸気温度高による加熱停止回路に係る遮断弁 逆抽出塔溶液温度高による加熱停止回路に係る遮断弁 分離施設のウラン濃縮缶加熱蒸気温度高による加熱停止回路に係る遮断弁 プルトニウム濃縮缶加熱蒸気温度高による加熱停止回路に係る遮断弁 第2酸回収系の蒸発缶加熱蒸気温度高による加熱停止回路に係る遮断弁</p> <p>可溶性中性子吸収材緊急供給系 ガラス溶融炉の流下停止系</p> <p>還元ガス受槽水素濃度高による還元ガス供給停止回路に係る遮断弁 プルトニウム洗浄器中性子検出器の計数率高による工程停止回路に係る遮断弁 建屋給気閉止ダンパ（分離建屋換気設備） 建屋給気閉止ダンパ（精製建屋換気設備） 固化セル隔離ダンパ</p> <p>⑦ 主排気筒の排気筒モニタ</p>	前処理建屋	精製建屋	溶解槽セル	プルトニウム濃縮液受槽セル	中継槽セル	プルトニウム濃縮液一時貯槽セル	清澄機セル	プルトニウム濃縮液計量槽セル	計量・調整槽セル	ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋	計量後中間貯槽セル	硝酸プルトニウム貯槽セル	放射性配管分岐第1セル	混合槽セル	放射性配管分岐第4セル	一時貯槽セル	分離建屋	高レベル廃液ガラス固化建屋	溶解液中間貯槽セル	高レベル濃縮廃液貯槽セル	溶解液供給槽セル	不溶解残渣廃液貯槽セル	抽出塔セル	高レベル廃液共用貯槽セル	プルトニウム洗浄器セル	高レベル濃縮廃液一時貯槽セル	抽出廃液受槽セル	不溶解残渣廃液一時貯槽セル	抽出廃液供給槽セル	高レベル廃液混合槽セル	分離建屋一時貯留処理槽第1セル	固化セル	分離建屋一時貯留処理槽第2セル		放射性配管分岐第2セル		高レベル廃液供給槽セル	
前処理建屋	精製建屋																																						
溶解槽セル	プルトニウム濃縮液受槽セル																																						
中継槽セル	プルトニウム濃縮液一時貯槽セル																																						
清澄機セル	プルトニウム濃縮液計量槽セル																																						
計量・調整槽セル	ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋																																						
計量後中間貯槽セル	硝酸プルトニウム貯槽セル																																						
放射性配管分岐第1セル	混合槽セル																																						
放射性配管分岐第4セル	一時貯槽セル																																						
分離建屋	高レベル廃液ガラス固化建屋																																						
溶解液中間貯槽セル	高レベル濃縮廃液貯槽セル																																						
溶解液供給槽セル	不溶解残渣廃液貯槽セル																																						
抽出塔セル	高レベル廃液共用貯槽セル																																						
プルトニウム洗浄器セル	高レベル濃縮廃液一時貯槽セル																																						
抽出廃液受槽セル	不溶解残渣廃液一時貯槽セル																																						
抽出廃液供給槽セル	高レベル廃液混合槽セル																																						
分離建屋一時貯留処理槽第1セル	固化セル																																						
分離建屋一時貯留処理槽第2セル																																							
放射性配管分岐第2セル																																							
高レベル廃液供給槽セル																																							

(つづき)

分 類	安全上重要な施設
<p>(15) その他上記各系統等の安全機能を維持するために必要な計測制御系統、冷却水系統等（つづき）</p> <p>PS及びMS／安全上重要な施設の安全機能確保のための支援機能</p> <p>PS／安全に係るプロセス量等の維持機能（火災、爆発、臨界等に係るプロセス量等の維持機能） 又はMS／安全に係るプロセス量等の維持機能（熱的、化学的、核的制限値等の維持機能）</p> <p>PS及びMS／安全上重要な施設の安全機能確保のための支援機能</p> <p>PS／安全上必須なその他の機能（落下・転倒防止機能）</p>	<p>⑧ 計装用空気を供給する安全圧縮空気系から上記⑨、⑩及び⑪項記載の計装用空気を必要とする計測制御設備までの配管</p> <p>⑨ 上記⑮項①記載の計測制御設備に係る動作機器 脱硝施設 ウラン脱硝設備 脱硝塔内部の温度低による硝酸ウラニル濃縮液の供給停止回路に係る遮断弁</p> <p>⑩ 上記③、⑤及び⑥項記載の放射性物質の閉じ込め機能を支援する施設 せん断処理・溶解廃ガス処理設備 加熱器 高レベル廃液ガラス固化廃ガス処理設備 吸収塔の純水系 廃ガス洗浄器、吸収塔及び凝縮器の冷水系 分離建屋換気設備 建屋給気閉止ダンパ 精製建屋換気設備 建屋給気閉止ダンパ 高レベル廃液ガラス固化建屋換気設備 セル内クーラ 固化セル隔離ダンパ</p> <p>⑪ 高レベル廃液ガラス固化設備 固化セル移送台車</p>

第 1.7.7-2 表 安全上重要な施設に係る安全機能の分類

大 分 類	中 分 類	小 分 類
異常の発生防止機能 (PS)	放射性物質の閉じ込め機能	<ul style="list-style-type: none"> ・静的な閉じ込め機能 (放射性物質の保持及び放出経路の維持機能) ・動的な閉じ込め機能 (放射性物質の捕集・浄化及び排気機能)
	安全に係るプロセス量等の維持機能	<ul style="list-style-type: none"> ・火災, 爆発, 臨界等に係るプロセス量等の維持機能 ・掃気機能 ・崩壊熱等の除去機能
	体系の維持機能	<ul style="list-style-type: none"> ・核的制限値 (寸法) の維持機能 ・遮蔽機能
	安全上必須なその他の機能	<ul style="list-style-type: none"> ・落下・転倒防止機能
	異常の発生防止機能に係る支援機能	
異常の拡大防止機能 (MS)	安全に係るプロセス量等の維持機能	<ul style="list-style-type: none"> ・熱的, 化学的又は核的制限値等の維持機能
	異常の拡大防止機能に係る支援機能	
	放射性物質の閉じ込め機能	<ul style="list-style-type: none"> ・静的な閉じ込め機能 (放射性物質の保持及び放出経路の維持機能) ・動的な閉じ込め機能 (放射性物質の捕集・浄化及び排気機能) ・ソースターム制限機能
	放射性物質の過度の放出防止機能	<ul style="list-style-type: none"> ・遮蔽機能
	体系の維持機能	<ul style="list-style-type: none"> ・事故時の放射性物質の放出量の監視機能 ・事故時の対応操作に必要な居住性等の維持機能
影響緩和機能 (MS)	安全上必須なその他の機能	
	影響緩和機能に係る支援機能	

4. 内部発生飛散物に関する設計

安全機能を有する施設について、想定されるポンプその他の機器又は配管の損壊に伴う飛散物（以下「内部発生飛散物」という。）が発生した場合においても、冷却、水素掃気、火災及び爆発の防止、臨界防止、遮蔽並びに閉じ込めの機能を維持するために必要な設備を防護対象設備とし、当該設備が有する安全機能の重要度に応じて、内部発生飛散物に対する防護設計を講ずる。

安全機能を有する施設のうち安全上重要な施設は、地震、溢水、火災等の共通要因によってその機能が損なわれないことを要求されていること並びにその機能の喪失により公衆及び従事者に過度の放射線被ばくを及ぼすおそれがあることを踏まえ、安全機能の重要度に応じて機能を確保する観点から、内部発生飛散物に対して防護設計を講じ、安全機能を損なわない設計とする。ただし、安全上重要な施設を構成する機器のうち、内部発生飛散物の発生要因となる機器と同室に設置せず内部発生飛散物の発生によって安全機能を損なうおそれのないものは内部発生飛散物防護対象設備として抽出しない。

その他の安全機能を有する施設については、当該施設の破損により内部発生飛散物防護対象設備に波及的な影響を与えない設計とするとともに、安全上支障が生じないように当該施設の安全機能の復旧を行う方針とする。

4. 1 内部発生飛散物の発生要因の選定

再処理施設における内部発生飛散物の発生要因を以下のとおり分類し、選定する。

(1) 爆発による飛散物

爆発に起因する機器又は配管の損壊により生じる飛散物については、水素を取り扱う設備の爆発、溶液及び有機溶媒の放射線分解により発生する水素の爆発並びにT B P等の錯体の急激な分解反応による爆発が想定されるが、爆発については火災及び爆発の発生を防止する設計として
いることから、内部発生飛散物の発生要因として考慮しない。

(2) 重量物の落下による飛散物

重量物の落下に起因して生じる飛散物（以下「重量物の落下による飛散物」という。）については、通常運転時において重量物をつり上げて搬送するクレーンその他の搬送機器からのつり荷の落下及び逸走によるクレーンその他の搬送機器の落下を発生要因として考慮する。

(3) 回転機器の損壊による飛散物

回転機器の損壊に起因して生じる飛散物（以下「回転機器の損壊による飛散物」という。）については、回転機器の異常により回転速度が上昇することによる回転羽根の損壊を発生要因として考慮する。

4. 2 内部発生飛散物防護対象設備の選定

安全機能を有する施設のうち、安全上重要な施設は、地震、溢水、火災等の共通要因によってその機能が損なわれないことを要求されていること並びにその機能の喪失により公衆及び従事者に過度の放射線被ばくを及ぼすおそれがあることを踏まえ、安全機能の重要度に応じて機能を確保する観点から、内部発生飛散物防護対象設備とする。ただし、安

全上重要な施設を構成する機器のうち，内部発生飛散物の発生要因となる機器と同室に設置せず内部飛散物の発生によって安全機能を損なうおそれのないものは内部発生飛散物防護対象設備として選定しない。

4. 3 内部発生飛散物に係る評価と設計

内部発生飛散物の影響評価においては，想定される内部発生飛散物の発生要因ごとに，内部発生飛散物の発生を防止できる設計であることを確認する。

(1) 重量物の落下による飛散物の発生防止設計

重量物をつり上げて搬送するクレーンその他の搬送機器は，重量物の落下により防護対象設備の安全機能を損なうおそれがないよう，以下による飛散物の発生を防止し，安全機能を損なわない設計とする。

- a. つりワイヤ，つりベルト又はつりチェーンを二重化する設計とし，つり荷の落下による飛散物の発生を防止できる設計とする。
- b. つり上げ用の治具又はフックにはつり荷の脱落防止機構を設置する又はつかみ不良時のつり上げ防止のインターロックを設ける設計とし，つり荷の落下による飛散物の発生を防止できる設計とする。
- c. 逸走防止を考慮した設計とし，クレーンその他の搬送機器の落下による飛散物の発生を防止できる設計とする。

(2) 回転機器の損壊による飛散物の発生防止設計

回転機器の損壊により防護対象設備の安全機能を損なうおそれがないよう，以下による飛散物の発生を防止し，安全機能を損なわない設計とする。

- a. 電力を駆動源とする回転機器は，誘導電動機による回転数を制御する機構を有することで，回転機器の過回転による回転羽根の損壊に

よる飛散物の発生を防止できる設計とする。

- b. 電力を駆動源とせず，駆動用の燃料を供給することで回転する回転機器は，調速器により回転数を監視し，回転数が上限値を超えた場合は回転機器を停止する機構を有することで，回転機器の過回転による回転羽根の損壊による飛散物の発生を防止できる設計とする。

4. 4 内部発生飛散物に係るその他の設計

通常運転時以外の試験操作，保守及び修理並びに改造の作業において，重量物をつり上げて搬送するクレーンその他の搬送機器による重量物の搬送又は仮設ポンプを使用して作業を行う場合には，内部発生飛散物の発生により防護対象設備の安全機能を損なうおそれがある場合は，作業内容及び保安上必要な措置を記載した計画書を作成し，その計画に基づき作業を実施する。

2 章 補足説明資料

第15条:安全機能を有する施設

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1-1	事業基準規則第15条と許認可実績等との比較表	11/8	0	
補足説明資料1-2	安全上重要な施設以外の施設とした根拠(分離設備 臨界関係計装及び遮断弁)	11/8	0	別添資料-1 安全機能を有する施設
補足説明資料1-3	安全上重要な施設以外の施設とした根拠(プルトニウム精製設備 注水槽及び注水槽の液位低警報)	11/8	0	別添資料-1 安全機能を有する施設
補足説明資料1-4	安全上重要な施設以外の施設とした根拠(再処理本体用の安全冷却水系冷却塔A)			
補足説明資料1-5	内部飛散物			別添資料-1 内部発生飛散物による損傷の防止
補足説明資料1-6	再処理施設と他施設との共用	10/18	0	別添資料-1 他施設との共用

令和元年 11 月 8 日 R0

補足説明資料 1 - 1 (第 1 5 条)

事業指定基準規則第 15 条と許認可実績等との比較表(1 / 3)

事業指定基準規則	許認可実績等	新規制要求を踏まえた適合方針	比較結果
<p>(安全機能を有する施設) 第十五条 安全機能を有する施設は、その安全機能の重要度に応じて、その機能が確保されたものでなければならない。</p> <p>2 安全上重要な施設は、機械又は器具の単一故障(単一の原因によって一つの機械又は器具が所定の安全機能を失うこと(従属要因による多重故障を含む。))をいう。以下同じ。)が発生した場合においてもその機能を損なわないものでなければならない。</p> <p>(解釈) 1 第2項に規定する「単一故障」とは、動的機器の単一故障をいう。「動的機器」とは、外部からの動力の供給を受けて、それを含む系統が本来の機能を果たす必要があるとき、機械的に動作する部分を有する機器をいい、排風機、弁、ダンパ、ポンプ、遮断器、リレー等をいう。 2 第2項について、単一故障があったとしても、その単一故障が安全上支障のない期間に除去又は修復できることが確実であれば、その単一故障を仮定しなくてよい。 さらに、単一故障の発生の可能性が極めて小さいことが合理的に説明できる場合、あるいは、単一故障を仮定することで系統の機能が失われる場合であっても、他の系統を用いて、その機能を代替できることが安全解析等により確認できれば、当該機器に対する多重性の要求は適用しない。</p> <p>3 安全機能を有する施設は、設計基準事故時及び設計基準事故に至るまでの間に想定される全ての環境条件において、その安全機能を発揮することができるものでなければならない。</p>	<p style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 10px;">精査中</p>	<p>ロ. 再処理施設の一般構造</p> <p>(i) 安全機能を有する施設 再処理施設のうち、安全機能を有する施設は、その安全機能の重要度に応じて、その機能が確保されたものとする。</p> <p>(g) 安全機能を有する施設 (イ) 安全機能を有する施設の設計方針 再処理施設のうち、安全機能を有する施設は、その安全機能の重要度に応じて、その機能が確保されたものとする。</p> <p>1) 安全上重要な系統及び機器については、それらを構成する動的機器に単一故障を仮定しても、所定の安全機能を果たし得るように多重性又は多様性を有する設計とする。</p> <p>ただし、単一故障を仮定しても、安全上支障のない期間内に運転員等による原因の除去又は修理が期待できる場合は、多重化又は多様化の配慮をしなくてもよいものとする。</p> <p>2) 安全機能を有する施設は、設計基準事故時及び設計基準事故に至るまでの間に想定される全ての環境条件において、その安全機能を発揮することができる</p>	<p>明確化された要求事項 ・重要度に応じて機能が確保されること</p> <p>要求事項 ・単一故障が発生した場合でも機能を損なわないこと</p> <p>明確化された要求事項 ・多重性の適用外範囲の追加</p> <p>明確化された要求事項 ・設計基準事故時及び設計基準事故に至るまでの間に想定される全ての環境条件において、その安全機能を発揮すること</p>

事業指定基準規則第 15 条と許認可実績等との比較表(2 / 3)

事業指定基準規則	許認可実績等	新規制要求を踏まえた適合方針	比較結果
<p>4 安全機能を有する施設は、その健全性及び能力を確認するため、その安全機能の重要度に応じ、再処理施設の運転中又は停止中に検査又は試験ができるものでなければならない。 (解釈) 4 第4項に規定する再処理施設の運転中又は停止中の「検査又は試験」においては、実システムを用いた検査又は試験が不適当な場合には、試験用のバイパス系を用いること等を含む 5 第4項の規定については、以下に掲げる各号を満たすものとする。 一 再処理施設の運転中に待機状態にある安全機能を有する施設は、その安全機能の重要性に応じ、運転中に定期的に試験等ができること。ただし、運転中の検査又は試験によって再処理の運転に大きな影響を及ぼす場合は、この限りではない。また、多重性又は多様性を備えたシステム及び機器にあつては、各々が独立して検査又は試験ができること。 二 運転中における安全保護回路の機能確認試験にあつては、その実施中においても、その機能自体が維持されていると同時に、運転を停止させる等の不必要な動作が発生しないこと。 三 再処理施設の停止中に定期的に行う検査又は試験は、再処理規則に規定される試験を含む。</p> <p>5 安全機能を有する施設は、その安全機能を健全に維持するための適切な保守及び修理ができるものでなければならない。</p> <p>6 安全機能を有する施設は、ポンプその他の機器又は配管の損壊に伴う飛散物により、その安全機能を損なわないものでなければならない。</p>	<p style="text-align: center;">精査中</p>	<p>3) 安全機能を有する施設は、その健全性及び能力を確認するため、その安全機能の重要度に応じ、再処理施設の運転中又は停止中に検査又は試験ができる設計とする。</p> <p>4) 安全機能を有する施設は、安全機能を健全に維持するための適切な保守及び修理ができる設計とする。</p> <p>5) 安全機能を有する施設は、再処理施設内におけるポンプその他の機器又は配管の損壊に伴う飛散物によって、その安全機能を損なわない設計とする。</p>	<p>要求事項 ・運転中又は停止中に検査又は試験ができる 明確化された要求事項 ・適用範囲の拡大 (安全上重要な施設⇒安全機能を有する施設、重要度に応じ) ・検査、試験に係わる条件の明確化</p> <p>要求事項 ・保守及び修理ができること 明確化された要求事項 ・適用範囲の拡大(安全上重要な施設⇒安全機能を有する施設)</p> <p>明確化された要求事項 ・飛散物により、その安全機能を損なわないこと</p>

事業指定基準規則第 15 条と許認可実績等との比較表(3 / 3)

事業指定基準規則	許認可実績等	新規制要求を踏まえた適合方針	比較結果
<p>(解釈) 6 第 6 項に規定する「ポンプその他の機器又は配管の損壊に伴う飛散物」とは、ガス爆発、重量機器の落下等によって発生する飛散物をいう。なお、二次的飛散物、火災、化学反応、電氣的損傷、配管の破損、機器の故障等の二次的影響も考慮するものとする。 7 第 6 項に規定する「安全機能を損なわないものでなければならぬ」とは、再処理施設内部で発生が想定される内部飛散物に対し、冷却、水素掃気、火災・爆発の防止、臨界防止等の安全機能を損なわないことをいう。</p> <p>7 安全機能を有する施設は、二以上の原子力施設と共用する場合には、再処理施設の安全性を損なわないものでなければならぬ。</p> <p>(解釈) 8 第 7 項に規定する「共用」とは、二以上の原子力施設間で、同一の構築物、系統又は機器を使用することをいう。</p>		<p style="text-align: center;">共用は追而</p>	

令和元年 11 月 8 日 R0

補足説明資料 1 - 2 (第 1 5 条)

安全上重要な施設以外の施設とした根拠
(分離設備 臨界関係計装及び遮断弁)

目次

1. 安全上重要な施設の選定
2. 安全上重要な施設以外の施設の選定結果
3. 安全上重要な施設以外の施設とした根拠
(補足説明資料)
 - ・ 分離設備 臨界関係計装及びしゃ断弁に係る補足説明

【凡 例】

 : 事業変更許可申請書に記載する内容の主旨を示す範囲

枠線なし : 事業変更許可申請書に記載する内容の補足説明を示す範囲

1. 安全上重要な施設の選定

【選定方法に係る全体の考え方】

安全上重要な施設の整理の基本方針

- 新規制基準では、「安全機能を有する施設」は、「安全上重要な施設」とそれ以外の施設に分類される。「安全上重要な施設」は、「その機能の喪失により、再処理施設を異常状態に陥れ、もって公衆ないし従事者に過度の放射線被ばくを及ぼすおそれのあるもの」又は「再処理施設の異常状態において、この拡大を防止し、又はこれを速やかに収束せしめ、もって公衆ないし従事者に及ぼすおそれのある過度の放射線被ばくを防止し、又は緩和する機能を有するもの」である。
- また、再処理施設安全審査指針にも定性的判断の拠り所として記載のある上記の「過度の放射線被ばくを及ぼすおそれ」とは、新規制基準では「敷地周辺の公衆の実効線量の評価値が発生事故当たり 5 mSv を超えること」と示されている。
- さらに、「安全上重要な施設」に対して定義されている 15 分類は、再処理施設安全審査指針と新規制基準とで内容に変更が無いことから、再処理施設安全審査指針に基づき設定した従来の「安全上重要な施設」を対象として選定を行う。
- 従来の安全上重要な施設は、再処理施設安全審査指針の「過度の放射線被ばくを及ぼすおそれ」という判断基準に対して、定性的判断により幅広く選定していたが、新規制

基準では「5 mSv を超えること」という定量的判断が示されたことを踏まえるとともに、幅広く選定されていた従来の安全上重要な施設に対して、福島事故を教訓として、放射線被ばくのリスクから公衆を守るために必須の施設を新たな安全上重要な施設に選定する。

安全上重要な施設の再選定の方法

- ▶ 安全上重要な施設の再選定は、以下の考えで行った。
- プルトニウム溶液及び粉末や高レベル廃液を取り扱う設備のうち、通常運転でそれらの溶液又は粉末を保有し、発生事故当たり5 mSv を超える設備を含む、溶解槽から混合酸化物貯蔵容器、清澄機からガラス溶融炉、抽出塔からガラス溶融炉までの一連の設備は、公衆を放射線被ばくのリスクから守ることの重要性に鑑み、当該設備を内包するセル等及び建屋並びに関連する換気設備と合わせて、閉じ込め機能の観点で安全上重要な施設とすることとした。
- 閉じ込め機能を阻害又はその有効性を喪失させる事故として、上記以外の設備の閉じ込め機能喪失、火災・爆発、冷却機能喪失、臨界等の事故の発生に対して、設計基準事故等に係る従来の評価結果を変更しないことを前提に、後述のとおり以下の設備は、安全上必須な施設ではないと考え、安全上重要な施設以外の施設とした。
 - ① 分離設備 臨界関係計装及びしゃ断弁
 - ② プルトニウム精製設備 注水槽及び注水槽の液位低警報

なお、「安全機能を有する施設」の中の「安全上重要な施設」以外の施設とした従来の安全上重要な施設は、新たな安

全上重要な施設と接続されていることを踏まえて、新たな安全上重要な施設が持つ安全機能に対して影響を与えない設計とする。

【安全上重要な施設の設計対応】

- 新規制基準の要求を踏まえ、安全機能を有する施設は、その安全機能の重要度に応じて、その機能が確保された設計とする。

安全上重要な施設

- 安全上重要な施設への要求事項を踏まえた設計
 - 耐震重要度に応じた設計（地震起因による安全機能の喪失で環境への影響が大きいものについてはSクラスの耐震設計）
 - 自然現象により作用する衝撃及び設計基準事故時に生じる応力の適切な考慮（事業指定基準規則第9条2項）
 - 容易な操作（同規則第13条2項）
 - 動的機器の単一故障の考慮（同規則第15条2項）
 - 電力供給、外部電源喪失の考慮（同規則第25条）
- 安全機能を有する施設への要求事項を踏まえた設計（臨界防止、遮蔽、溢水による損傷の防止等）
- 再処理施設への要求事項を踏まえた設計（規格・基準の適用）

安全機能を有する施設のうち、安全上重要な施設以外の施設

- 安全機能を有する施設への要求事項を踏まえた設計（臨界防止、遮蔽、溢水による損傷の防止等）
- 再処理施設への要求事項を踏まえた設計（規格・基準の適用）

2. 安全上重要な施設以外の施設の選定結果

➤ ① 分離設備 臨界関係計装及びしゃ断弁

事業指定基準規則の解釈での分類	当初事業指定申請書	整理による新たな選定結果
9 熱的、化学的又は核的制限値を維持するための系統及び機器 ○ 核的制限値を維持する計測制御設備及び動作機器	○分離建屋 ・補助抽出器中性子検出器の計数率高による工程停止回路及びしゃ断弁	・選定なし。
15 その他上記各系統等の安全機能を維持するために必要な計測制御系統、冷却水系統等 ○ 計測制御設備 ○ 計測制御設備に係る動作機器及び系統(しゃ断弁)	・抽出塔供給溶解液流量高による送液停止回路及びしゃ断弁 ・抽出塔供給有機溶媒液流量低による工程停止回路及びしゃ断弁 ・第1洗浄塔洗浄廃液密度高による工程停止回路及びしゃ断弁	

➤ ② プルトニウム精製設備 注水槽及び注水槽の液位低警報

事業指定基準規則の解釈での分類	当初事業指定申請書	整理による新たな選定結果
15 その他上記各系統等の安全機能を維持するために必要な計測制御系統、冷却水系統等 ○ 計測制御設備	○精製建屋 ・プルトニウム濃縮缶に係る注水槽の液位低による警報	・選定なし。
○ 冷却設備	・注水槽	

3. 安全上重要な施設以外の施設とした根拠

①分離設備 臨界関係計装及びびしゃ断弁

- ・補助抽出器中性子検出器の計数率高による工程停止回路及びびしゃ断弁
- ・抽出塔供給有機溶媒液流量低による工程停止回路及びびしゃ断弁
- ・抽出塔供給溶解液流量高による送液停止回路及びびしゃ断弁
- ・第1洗浄塔洗浄廃液密度高による工程停止回路及びびしゃ断弁

【① 分離設備 臨界関係計装及びびしゃ断弁】

- 分離設備臨界関係計装及びびしゃ断弁は、補助抽出器内での核的制限値の超過及び抽出廃液における抽出廃液受槽の最大許容限度（未臨界濃度）の超過を防止する（臨界の発生を防止する）目的で安全上重要な施設としていた。
- 既許可申請の安全評価において既に、プロセス変動（異常）が生じても補助抽出器内のプルトニウム濃度が核的制限値を超えないこと、抽出塔からの抽出廃液中のプルトニウム濃度が抽出廃液受槽の最大許容限度（未臨界濃度）を超えないことが確認されている（次頁参照）。
- 安全評価と安全設計（安重選定）との間の記載の整合を図るため、本工程停止回路等を安全上重要な施設以外の施設とする。また、本工程停止回路等は、今後も関連する設備設計及び管理を維持する。

関連する設備設計及び管理

- 運転時は、補助抽出器や抽出廃液の受槽での臨界防止を確実に実施するため、以下の対応を行う。
 - ・ 抽出廃液中のプルトニウム濃度の上昇を引き起こす溶解液供給流量、抽出塔への有機溶媒液供給流量等の運転状況は計測制御施設により監視し、異常な変動時に対しては修復を行う。
 - ・ 補助抽出器のプルトニウム濃度の上昇を引き起こす第2洗浄塔の洗浄用硝酸の濃度等の運転状況は、濃度計の指示値等により監視し、異常な変動時に対しては修復を行う。
- 当該工程停止回路及びびしゃ断弁は安全上重要な施設として設計・製作・工事がなされており、これらの機能・性能の維持（定期的なインターロックの作動確認、計器の点検）を行う。
- 2系統設置している工程停止回路及びびしゃ断弁の1系統が機能喪失し所定期間内に復旧できない場合及び2系列が機能喪失した場合には、分離施設における処理運転の停止措置等を行う。

既許可申請における申請書添付書類八の関係箇所の記載

既許可申請での安全評価（運転時の異常な過渡変化）において、臨界への拡大で分類される設計基準事象について解析評価し、分離設備の対象事象については最大許容限度（未臨界濃度）に至らないことを示している（下表、赤線枠内参照）。

見直し対象設備	対象設備と関連する添付書類八で示した事象
補助抽出器中性子検出器の計数率高による工程停止回路及びししゃ断弁	第2洗浄塔での洗浄用液の酸濃度低下
抽出塔供給有機溶媒液流量低による工程停止回路及びししゃ断弁	抽出塔での有機溶媒の流量低下
抽出塔供給溶解液流量高による送液停止回路及びししゃ断弁	抽出塔での溶解液の流量増加
第1洗浄塔洗浄廃液密度高による工程停止回路及びししゃ断弁	第1洗浄塔での洗浄用液の酸濃度低下

第3表 臨界への拡大に係る設計基準事象の比較

事象 事号	ブルトニウム濃度異常上昇に係る設計基準事象	臨界安全管理上 着目する機器 (最大許容限度)	発生防止対策又は拡大防止対策	解析結果	事象の 厳しさ*
1	分離設備の抽出塔での有機溶媒の流量低下	分離設備の抽出廃液受槽 (6.3g・Pu/ℓ)	① 上流の計量設備の計量・調整槽で試料採取し分析により、溶解液の核燃料物質濃度を確認する。 ② 分離設備の抽出塔に供給する溶解液の流量高、有機溶媒の流量低、又は第1洗浄塔洗浄廃液の密度高により、工程を自動停止する系統を2系統設ける。	抽出廃液受槽におけるブルトニウム濃度は、最大許容限度を超えることはない。	C
2	分離設備の抽出塔での溶解液の流量増加			抽出廃液受槽におけるブルトニウム濃度は、最大許容限度を超えることはない。	C
3	分離設備の第1洗浄塔での洗浄用液の酸濃度低下			抽出廃液受槽におけるブルトニウム濃度は、最大許容限度を超えることはない。	C
4	分離設備の第2洗浄塔での洗浄用液の酸濃度低下			分離設備の補助抽出廃液受槽 (6.3g・Pu/ℓ)	① 分離設備の補助抽出器第7段の中性子検出器の計数率高により、工程を自動停止する系統を2系統設ける。
5	分配設備のブルトニウム分配塔、ブルトニウム洗浄器での還元剤の流量低下	分配設備のブルトニウム洗浄器の第1段水相及び第5段有機相 (7.5g・Pu/ℓ)	① 分配設備のブルトニウム洗浄器第1段の中性子検出器の計数率高により、工程を自動停止する系統を2系統設ける。 ② 分配設備のブルトニウム洗浄器第5段のアルファ線検出器の計数率高により、警報を発する系統を2系統設け、運転員が工程を停止する。	ブルトニウム分配塔での還元剤の流量低下については、異常を放置するとブルトニウム洗浄器第1段水相におけるブルトニウム濃度が最大許容限度を超えるおそれがある。一方、ブルトニウム洗浄器第5段有機相におけるブルトニウム濃度は、最大許容限度を超えることはない。 ブルトニウム洗浄器での還元剤の流量低下については、ブルトニウム洗浄器の第1段水相及び第5段有機相におけるブルトニウム濃度は、最大許容限度を超えることはない。	A

*臨界安全管理方法を考慮し、事象の厳しさを相対的にA>B>Cとして分類する。

3. ① 分離設備 臨界関係計装及びしゃ断弁に係る補足説明

- ・分離設備 機能喪失した場合の影響
- ・分離設備 計測制御設備の系統構成概要
- ・分離設備においてプロセス変動（異常）が生じても補助抽出器内のプルトニウム濃度が核的制限値を超えないこと
抽出塔からの抽出廃液中のプルトニウム濃度が抽出廃液受槽の最大許容限度（未臨界濃度）を超えないことの根拠について

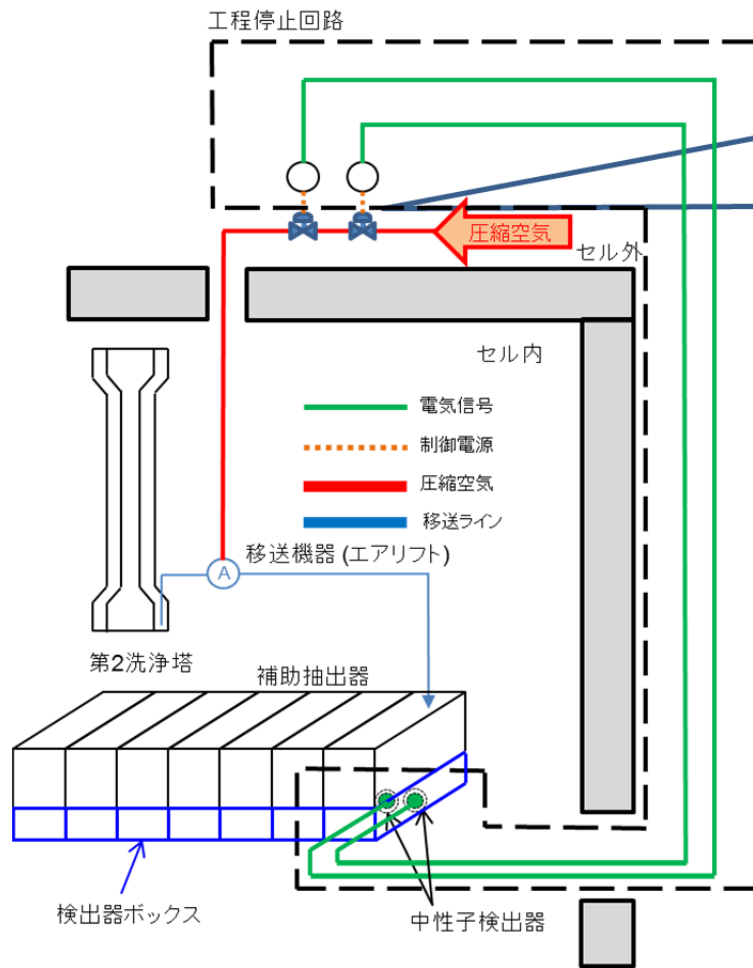
3. ① 分離設備 臨界関係計装及びしや断弁に係る補足説明

分離施設 機能喪失した場合の影響

安全上重要な施設以外の施設とした設備	当初申請時の安全機能	機能喪失した場合に安全上の影響を与えないことの説明	備考
<ul style="list-style-type: none"> ・ 補助抽出器中性子検出器の計数率高による工程停止回路及びしや断弁 	<p>制限濃度形状管理である補助抽出器の最大許容限度（未臨界濃度）である $13\text{g}\cdot\text{Pu}/\ell$、及び抽出廃液の最大許容限度（未臨界濃度）である $6.3\text{g}\cdot\text{Pu}/\ell$ に対する核的制限値 Pu 濃度 $5\text{g}\cdot\text{Pu}/\ell$ を超えることを防止する。</p>	<p>本計測制御設備及びしや断弁は、中性子検出器により Pu の流れの状態を監視し、異常が発生した場合には警報を発生し、工程を停止する機能を有している。このため、本計測制御設備が機能喪失または誤作動してもプロセスに対して Pu の流れに異常を発生させることはない。また、仮に異常が放置されたとしても臨界に至るおそれはない。更に、本計測制御設備の回路は独立しており、機能喪失または誤作動により他の計測制御設備に影響を与えることはないとともに、誤操作の対象となるものではない。</p>	<p>分離施設 計測制御設備の系統構成概要(1 / 2) 参照</p>
<ul style="list-style-type: none"> ・ 抽出塔供給有機溶媒液流量低による工程停止回路及びしや断弁 ・ 抽出塔供給溶解液流量高による送液停止回路及びしや断弁 ・ 第1洗浄塔洗浄廃液密度高による工程停止回路及びしや断弁 	<p>抽出塔の抽出廃液中の Pu 濃度が、抽出廃液受槽の最大許容限度（未臨界濃度）である $6.3\text{g}\cdot\text{Pu}/\ell$ を超えることを防止する。</p>	<p>本計測制御設備及びしや断弁は、流量計、密度計により Pu の流れに関係するプロセス状態（溶解液流量など）を監視し、異常が発生した場合には警報を発生し、工程を停止する機能を有している。このため、本計測制御設備が機能喪失または誤作動してもプロセスに対して Pu の流れに異常を発生させることはない、また、仮に異常が放置されたとしても臨界に至るおそれはない。更に、本計測制御設備の回路は独立しており、機能喪失または誤作動により他の計測制御設備に影響を与えることはないとともに、誤操作の対象となるものではない。</p>	<p>分離施設 計測制御設備の系統構成概要(2 / 2) 参照</p>

分離施設 計測制御設備の系統構成概要

補助抽出器の中性子の計数率高による工程停止回路の概略

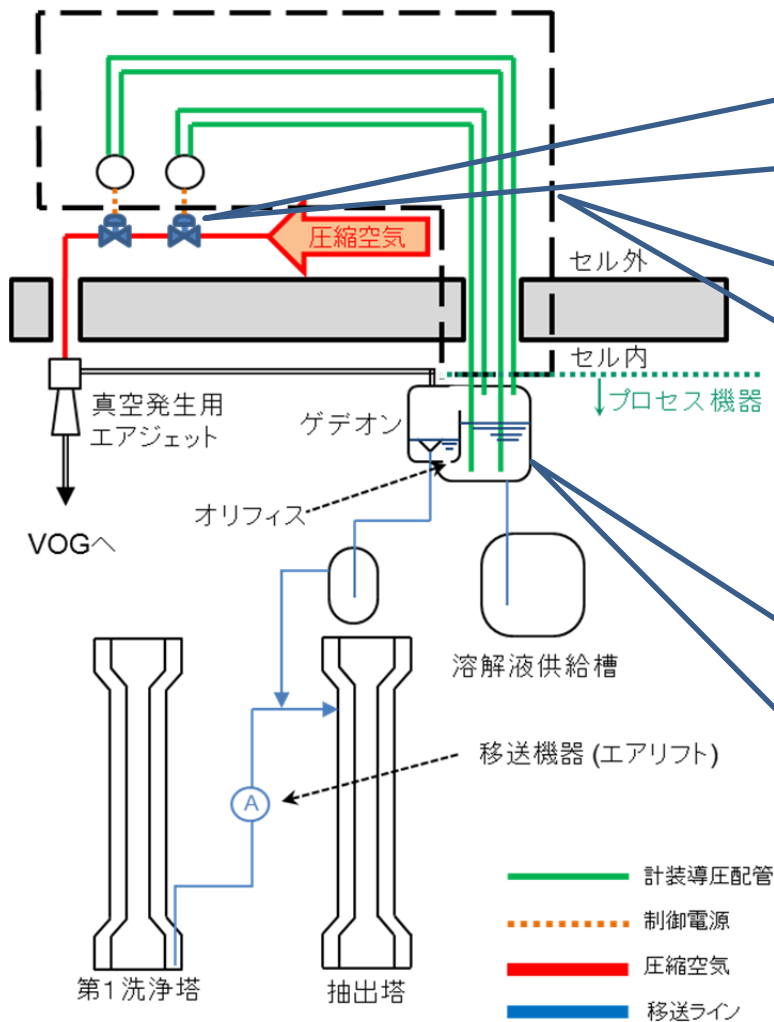


しゃ断弁は、セル外に設置される移送機器(エアリフト)の駆動用圧縮空気ライン上に設置されており、当該弁の故障等により、Puの流れに異常を発生させることはない(工程停止することで異常は発生しない)。

本計測制御設備及びしゃ断弁は、中性子検出器によりPuの流れの状態を監視し、異常が発生した場合には警報を発し、工程を停止する機能を有している。このため、本計測制御設備が機能喪失してもプロセスに対してPuの流れに異常を発生させることはない。また、本計測制御設備の回路は独立しており、機能喪失により他の計測制御設備に影響を与えることはない。

なお、中性子検出器の損傷は補助抽出器に影響を及ぼさない。

抽出塔供給溶解液流量高による送液停止回路の概略



しゃ断弁は、セル外に設置される真空発生用エアジェットの駆動用圧縮空気ライン上に設置されており、当該弁の故障等により、Puの流れに異常を発生させることはない（工程停止することで異常は発生しない）。

本計測制御設備は、流量計、密度計により Pu の流れに関するプロセス状態を監視し、異常が発生した場合には警報を発生し、工程を停止する機能を有している。このため、本計測制御設備が機能喪失してもプロセスに対して Pu の流れに異常を発生させることはない。また、本計測制御設備の回路は独立しており、機能喪失により他の計測制御設備に影響を与えることはない。

抽出塔の溶解液流量は、ゲデオン式流量計により測定している。ゲデオンとは、真空発生用エアジェットの負圧により揚水された流体が流れる途中でオリフィス（流体が流れる断面積を小さく制限する機構）が設置されており、当該エアジェットにより揚水される液高さを制御することにより流量を調整する移送機器である。
溶解液流量は、この液高さを測定しているものであり、当該計装導圧配管の損傷により、Pu の流れに異常を発生させるものではない（ゲデオンは、プロセス機器としての堅牢性を有する）。

分離設備においてプロセス変動（異常）が生じても補助抽出器内のプルトニウム濃度が核的制限値を超えないこと、抽出塔からの抽出廃液中のプルトニウム濃度が抽出廃液受槽の最大許容限度（未臨界濃度）を超えないことの根拠について

1. はじめに

分離設備の抽出塔の抽出廃液は、T B P 洗浄塔を経て抽出廃液受槽に移送するものと、補助抽出器を経て補助抽出廃液受槽に移送するものがある。抽出塔及びT B P 洗浄塔は全濃度安全形状寸法であるが、抽出廃液受槽は形状による臨界安全管理をする貯槽ではなく、プルトニウムの濃度が管理された抽出廃液を受け入れる濃度管理（未臨界濃度：6.3 gPu/L）の貯槽である。また、補助抽出器については、制限濃度安全形状寸法管理（未臨界濃度：13 gPu/L）の機器であり、補助抽出廃液受槽は濃度管理（未臨界濃度：6.3 gPu/L）の機器である。

分離設備の通常運転時は、抽出廃液受槽及び補助抽出廃液受槽中のプルトニウム濃度が未臨界濃度を超えることはないが、プロセス条件に異常が生じた場合には、これらの機器に流入する抽出廃液中のプルトニウム濃度が上昇することがある。抽出廃液中のプルトニウム濃度の上昇に係る設計基準事象は以下のとおりである（図1参照）。

- ①分離設備の抽出塔での有機溶媒の流量低下
- ②分離設備の抽出塔での溶解液の流量増加
- ③分離設備の第1洗浄塔での洗浄用液の酸濃度低下
- ④分離設備の第2洗浄塔での洗浄用液の酸濃度低下

抽出廃液中のプルトニウム濃度が上昇する理由は、ウラン及びプルトニウムの量とT B Pの量とのバランスが崩れることによる。図2は、上記の①及び②のプロセス異常が発生した場合の抽出廃液中のプルトニウム濃度の上昇する機構を模式的に示したものである。③のプロセス異常は、第1洗浄塔内でウラン及びプルトニウムが逆抽出されて第2洗浄塔に移行するウラン及びプルトニウムの量が少なくなり、その分が抽出塔に戻るため、図2に示すような機構と同様な現象として扱える。④の第2洗浄塔のプロセス条件の変動は、補助抽出器に移送する洗浄廃液を介して補助抽出器のプロセス状態に影響し、さらに、補助抽出器から抽出塔に移送する有機溶媒を介して抽出塔及び第1洗浄塔のプロセス状態に影響する。したがって、④のプロセス条件の異常も、図2に示すような機構と同様な現象を引き起こす。

以上のプロセス条件の異常に起因する設計基準事象について、その事象が発生した場合における抽出廃液中の最大プルトニウム濃度を解析により求め、未臨界濃度以下となるかを評価した。

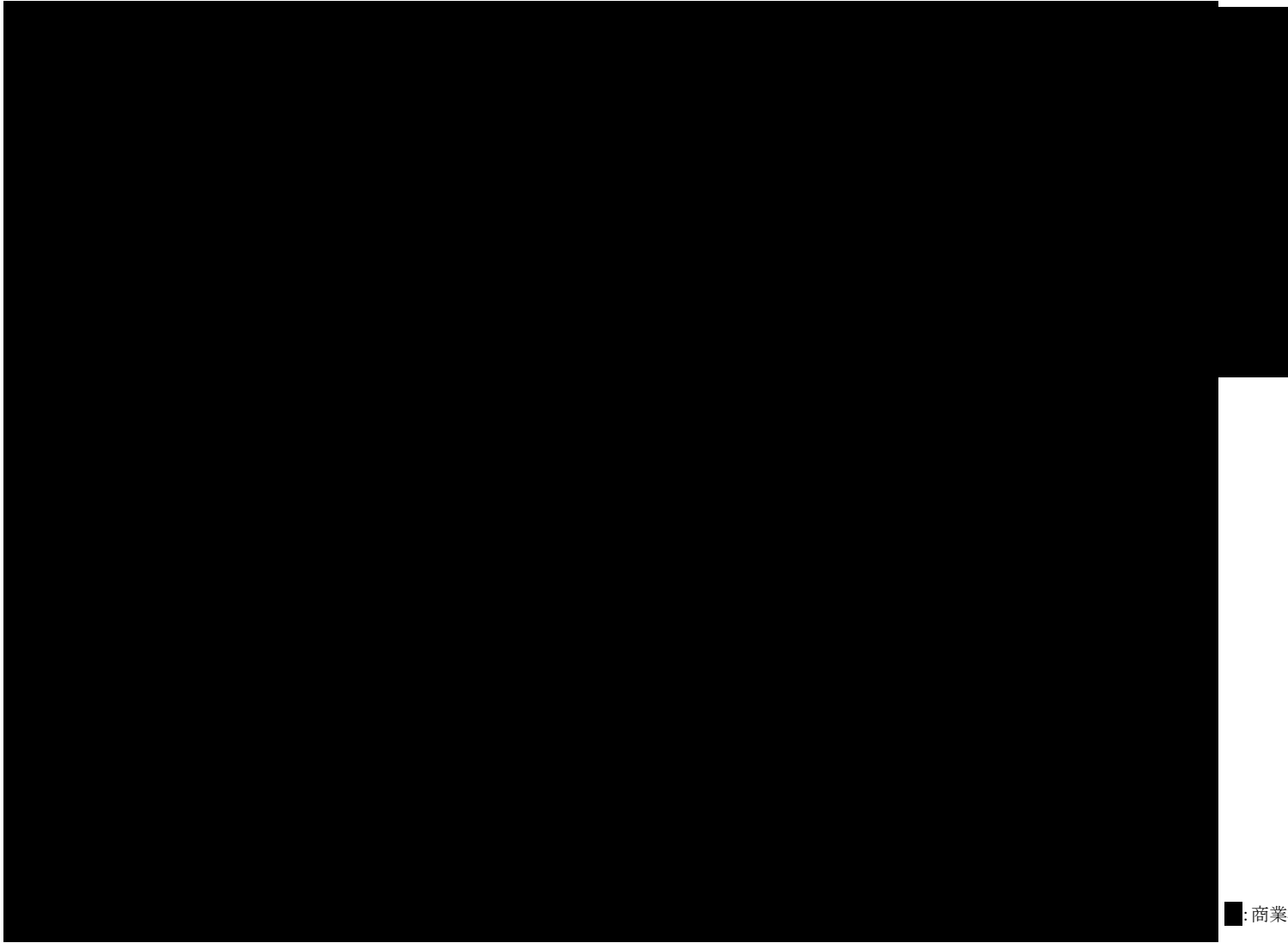


図1 分離設備の系統概要図（4.0 tU/d 処理運転時）¹⁾

補 1-2-14

■: 商業機密上の観点から
公開できません。

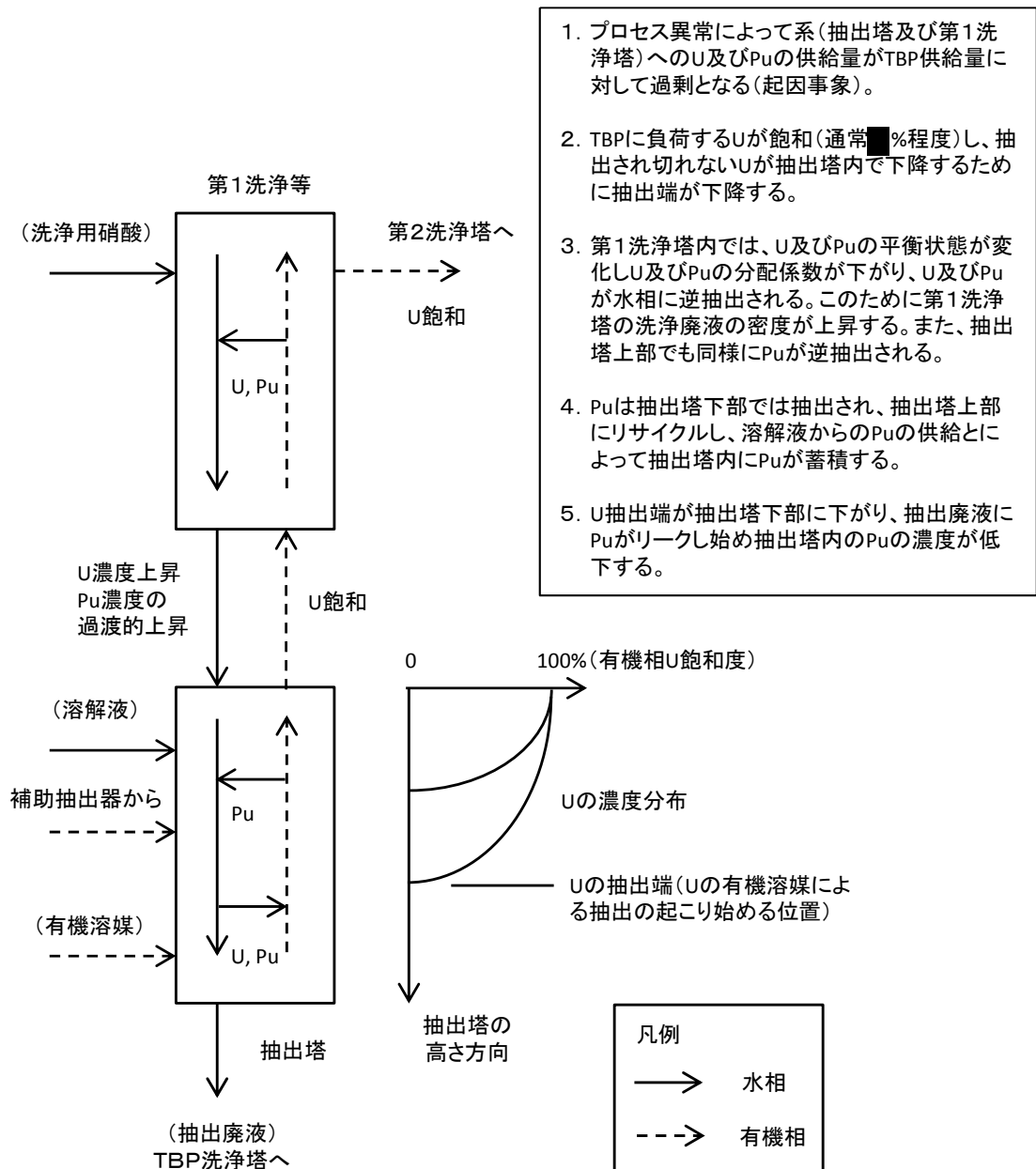


図2 プロセス異常によって抽出廃液中のプルトニウム濃度の上昇する機構

2. 解析方法

2.1 解析コード

抽出廃液中のプルトニウム濃度の解析は Revised MIXSET を使用した²⁾。図3に Revised MIXSET における計算モデルの概要図を示す。

Revised MIXSET は、ミキサ・セトラ型の連続抽出器を用いた溶媒抽出工程の動的状態 (Transient State) 及び定常状態 (Steady State) 計算と各種供給液について流量と濃度の最適化計算が行えるコードである。

プログラムは、東海再処理工場の溶媒抽出工程の解析のために開発されたものであり、六ヶ所再処理工場においても採用している PUREX プロセスの

解析に主点が置かれている。

Revised MIXSET では、向流する水相と有機相が考慮され、有機相中に抽出剤(PUREX 法の場合 TBP)が存在する。抽出成分としては、 HNO_3 、U(VI)、Pu(IV)、Pu(III)、U(IV)、 HNO_2 、ヒドラジン、硝酸ヒドロキシルアミンの8成分を取り扱うことが可能である。

計算は各段内のミキサ部とセトラ部の水相及び有機相濃度を1点で近似する集中定数化法で行われる。定常状態の濃度分布はこれら各段の濃度点の非線型連立方程式を解くことで得られる。動的挙動は各段の成分濃度の微分方程式によって表現され、これらの連立微分方程式は差分法によって解かれる。

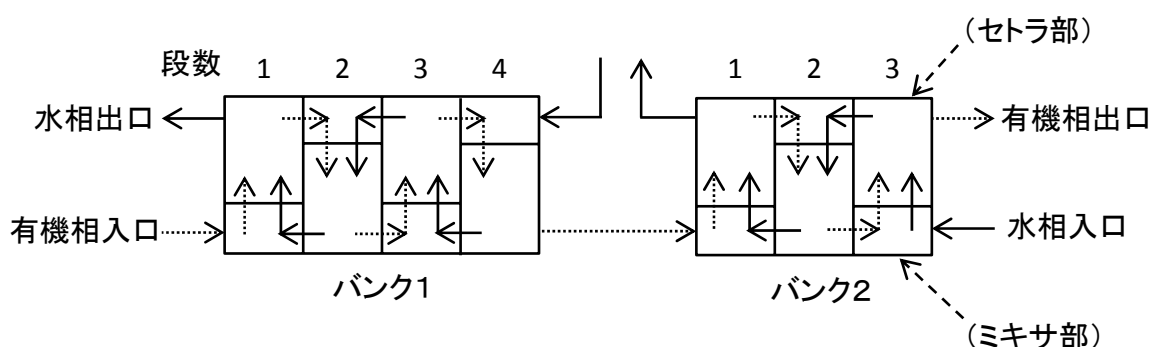


図3 Revised MIXSET コードの計算モデルの概要図

2. 2 解析モデル

2. 2. 1 パルスカラムのモデル化

Revised MIXSET を用いた計算にあたっては、パルスカラムを以下の条件でミキサ・セトラへモデル化した。

(1) 段数

分離設備のパルスカラムのカラム有効長(シャフト部)は \blacksquare m である。また、フランスのラ・アージュ再処理工場及びマルクールサイトにおける運転経験を基に、分離設備のパルスカラムの1理論段相当高さは \blacksquare m 以下となるように設計している³⁾。このため、パルスカラムの1理論段数相当高さは \blacksquare m とし、パルスカラム1基あたりの理論段数は \blacksquare 段に設定した。

(2) 1段の体積

1段あたりの体積は、カラム有効長の体積を段数(\blacksquare 段)で除したものとした。表1に各パルスカラムの1段あたりの体積を示す。

表1 各パルスカラムの1段あたりの体積(設計図書³⁾を基に作成)

パルスカラム	有効長体積(L)	1段あたり体積(L)	ミキサ部体積(L)	セトラ部体積(L)
抽出塔				
第1洗浄等				
第2洗浄塔				

\blacksquare : 商業機密上の観点から公開できません。

(3) セトラ部の界面位置

分離設備のパルスカラムはすべて有機相連続であり、界面は上部・下部セトラ部を含む全長 ■ m のパルスカラムの下部セトラ部に位置しているため、ミキサ・セトラへのモデル化にあたっての界面位置は ■ に設定した。

2. 2. 2 ミキサ・セトラのモデル化

ミキサ・セトラの計算モデルは設計段数及び設計体積を入力条件とした。補助抽出器の段数及び体積を表 2 に示す。セトラ部の界面位置は設計値 ⁴⁾ のとおり ■ とした。

表 2 補助抽出器の段数及び体積 (設計図書 ⁴⁾ を基に作成)

ミキサ・セトラ	段数	ミキサ部体積 (L)	セトラ部体積 (L)
補助抽出器	■	■	■

2. 2. 3 標準フロー図及び解析モデル図

分離設備の Revised MIXSET による解析に用いた標準フロー図 ¹⁾ 及び解析モデル図を以下の図 4～9 に示す。図 4～図 6 が通常処理量 4.0 tU/d 運転時、図 7～図 9 が最大処理量 4.8 tU/d 運転時の標準フロー図及び解析モデル図である。

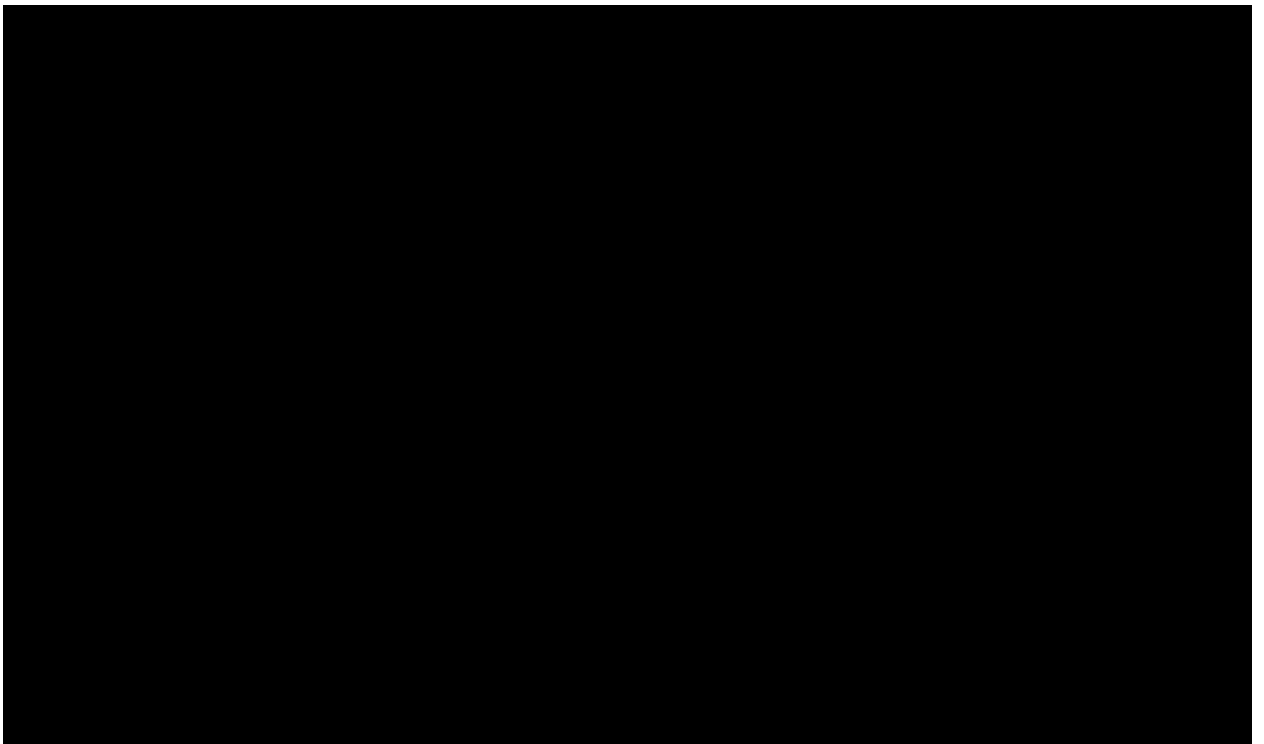


図 4 抽出塔及び第 1 洗浄塔の標準フローと解析モデル図
(4.0 tU/d 処理運転時)

■ : 商業機密上の観点から公開できません。

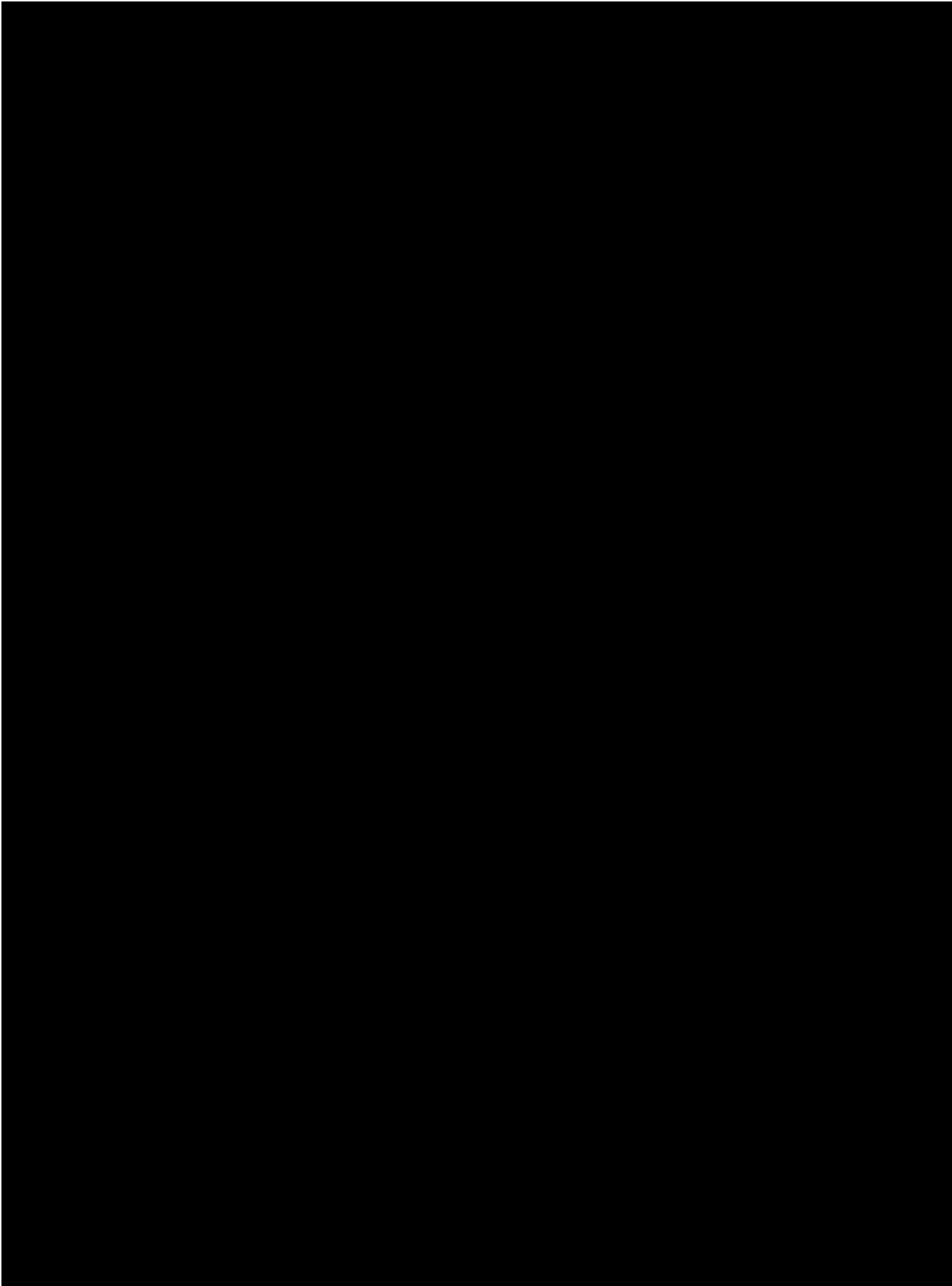


図7 抽出塔及び第1洗浄塔の標準フローと解析モデル図
(4.8 tU/d 処理運転時)

■ : 商業機密上の観点から公開できません。

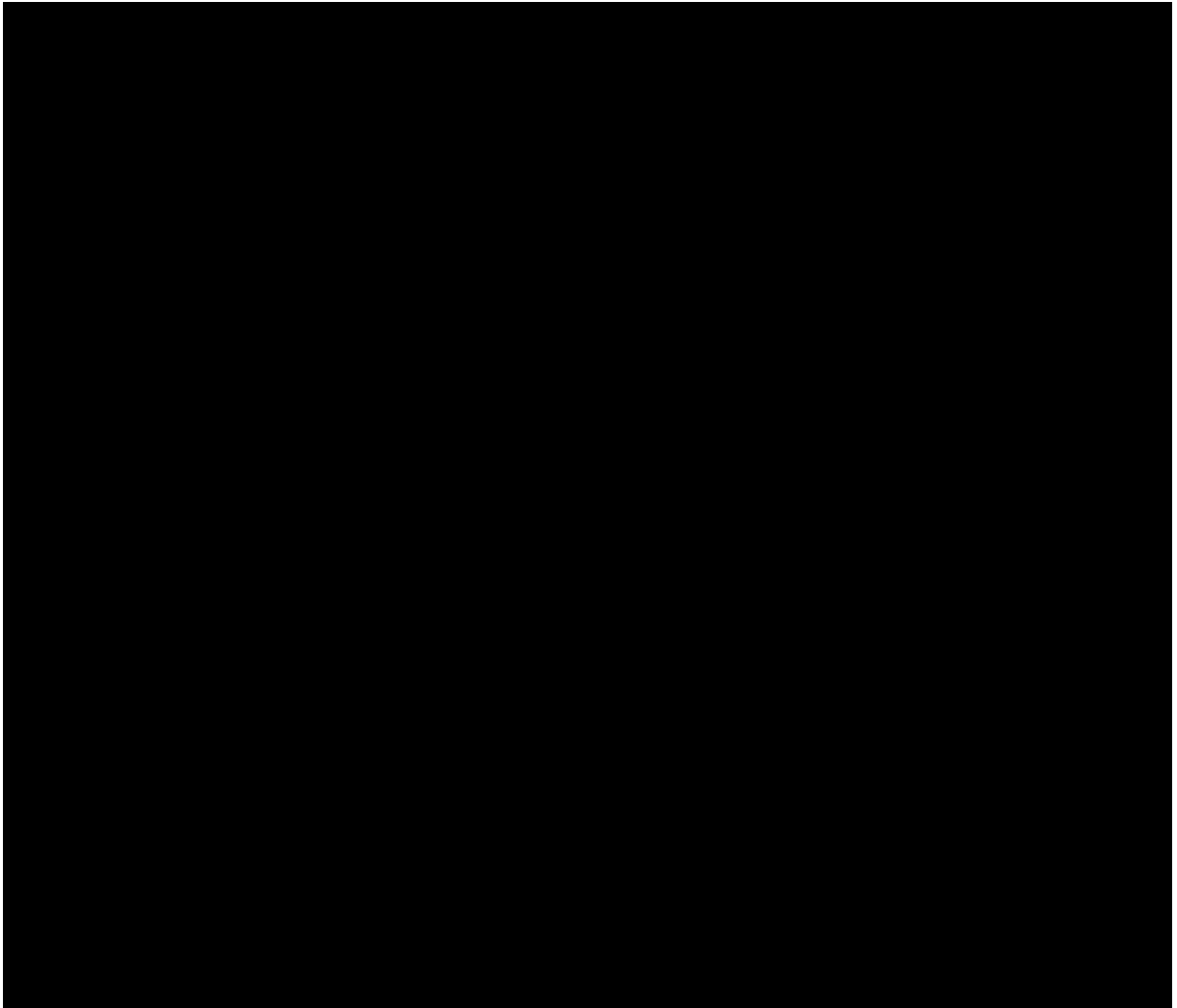


図9 補助抽出器の標準フローと解析モデル図
(4.8 tU/d 処理運転時)

■：商業機密上の観点から公開できません。

2. 2. 4 その他入力値

有機溶媒は、分離設備に用いる 30vol%TBP に設定した。平衡定数、分配係数、反応速度については、Revised MIXSET に組み込まれているものを使用した。また、溶液の温度は 25°C に設定した。

3. 解析結果

3. 1 分離設備の抽出塔での有機溶媒の流量低下

図 10 及び図 11 に抽出塔へ供給する有機溶媒の流量が低下した場合の抽出廃液中のプルトニウム濃度の経時変化を示す。図 10 が通常処理量の 4.0tU/d、図 11 が最大処理量の 4.8tU/d の場合である。

図 10 及び図 11 より、4.0tU/d、4.8tU/d いずれの場合でも、有機溶媒の流量が-30%のケースでプルトニウム濃度が最大値 約 ■gPu/L を示すが、抽出廃液受槽の未臨界濃度 6.3gPu/L を超えない。

3. 2 分離設備の抽出塔での溶解液の流量増加

図 12 及び図 13 に抽出塔へ供給する溶解液の流量が増加した場合の抽出廃液中のプルトニウム濃度の経時変化を示す。図 12 が通常処理量の 4.0tU/d、図 13 が最大処理量の 4.8tU/d の場合である。

図 12 及び図 13 より、4.0tU/d、4.8tU/d いずれの場合でも、溶解液の流量が+30%~+40%のケースでプルトニウム濃度が最大値 約 ■■■■gPu/L を示すが、抽出廃液受槽の未臨界濃度 6.3gPu/L を超えない。

3. 3 分離設備の第 1 洗浄塔での洗浄用液の酸濃度低下

図 14 及び図 15 に第 1 洗浄塔へ供給する洗浄用液の酸濃度が低下した場合の抽出廃液中のプルトニウム濃度の経時変化を示す。図 14 が通常処理量の 4.0tU/d、図 15 が最大処理量の 4.8tU/d の場合である。

図 14 及び図 15 より、4.0tU/d、4.8tU/d いずれの場合でも、酸濃度が 0mol/L のケースでプルトニウム濃度が最大値 約 ■■■■gPu/L を示すが、抽出廃液受槽の未臨界濃度 6.3gPu/L を超えない。

3. 4 分離設備の第 2 洗浄塔での洗浄用液の酸濃度低下

図 16 及び図 17 に第 2 洗浄塔へ供給する洗浄用液の酸濃度が低下した場合 (10mol/L 硝酸が 0mol/L に低下) の抽出廃液中のプルトニウム濃度の経時変化を示す。図 16 が通常処理量の 4.0tU/d、図 17 が最大処理量の 4.8tU/d の場合である。

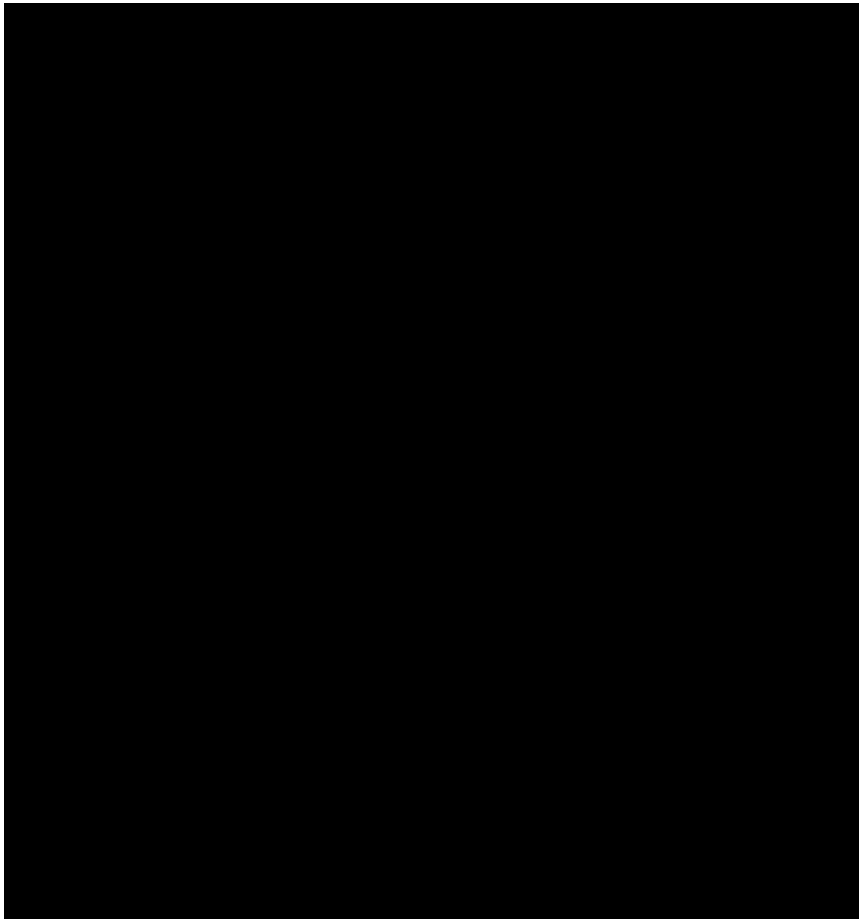
図 16 及び図 17 より、4.0tU/d、4.8tU/d いずれの場合でも、プルトニウム濃度が最大値 約 ■■■■■■■■gPu/L を示すが、抽出廃液受槽の未臨界濃度 6.3gPu/L を超えない。

また、図 18~図 21 に第 2 洗浄塔へ供給する洗浄用液の酸濃度が低下した場合 (10mol/L 硝酸が 0mol/L に低下) の補助抽出器内のプルトニウム濃度プロファイルの変化を示す。図 18 及び図 19 が通常処理量の 4.0tU/d、図 20 及び図 21 が最大処理量の 4.8tU/d の場合である。

4.0tU/d、4.8tU/d いずれの場合でも、補助抽出器内の有機相中のプルトニウム濃度が最大値 約 ■■■■gPu/L を示すが、補助抽出器及び T B P 洗浄器の未臨界濃度 13gPu/L 並びに補助抽出廃液受槽の未臨界濃度 6.3gPu/L を超えない。

■■■■: 商業機密の観点から公開できません。

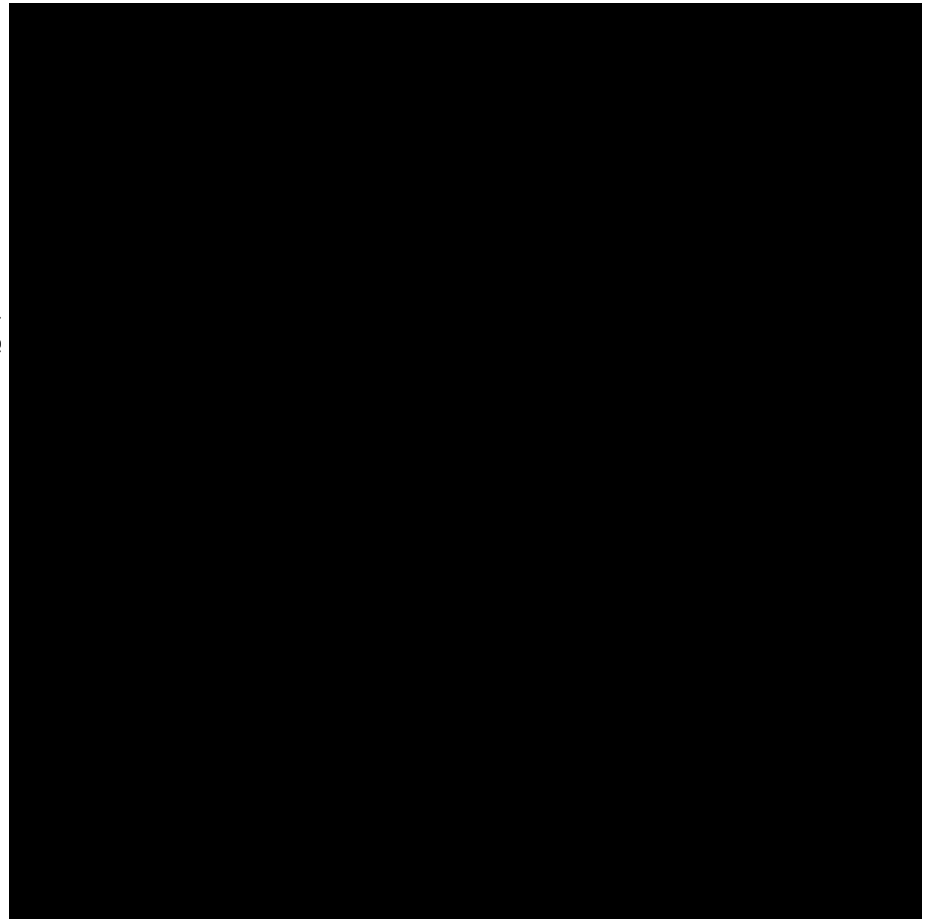
抽出廃液中のプルトニウム濃度(g/L)



時間(hr)

図 10 抽出廃液中の Pu 濃度変化
(分離設備の抽出塔での有機溶媒の流量低下)
(4.0tU/d 処理時)

抽出廃液中のプルトニウム濃度(g/L)



時間(hr)

図 11 抽出廃液中の Pu 濃度変化
(分離設備の抽出塔での有機溶媒の流量低下)
(4.8tU/d 処理時)

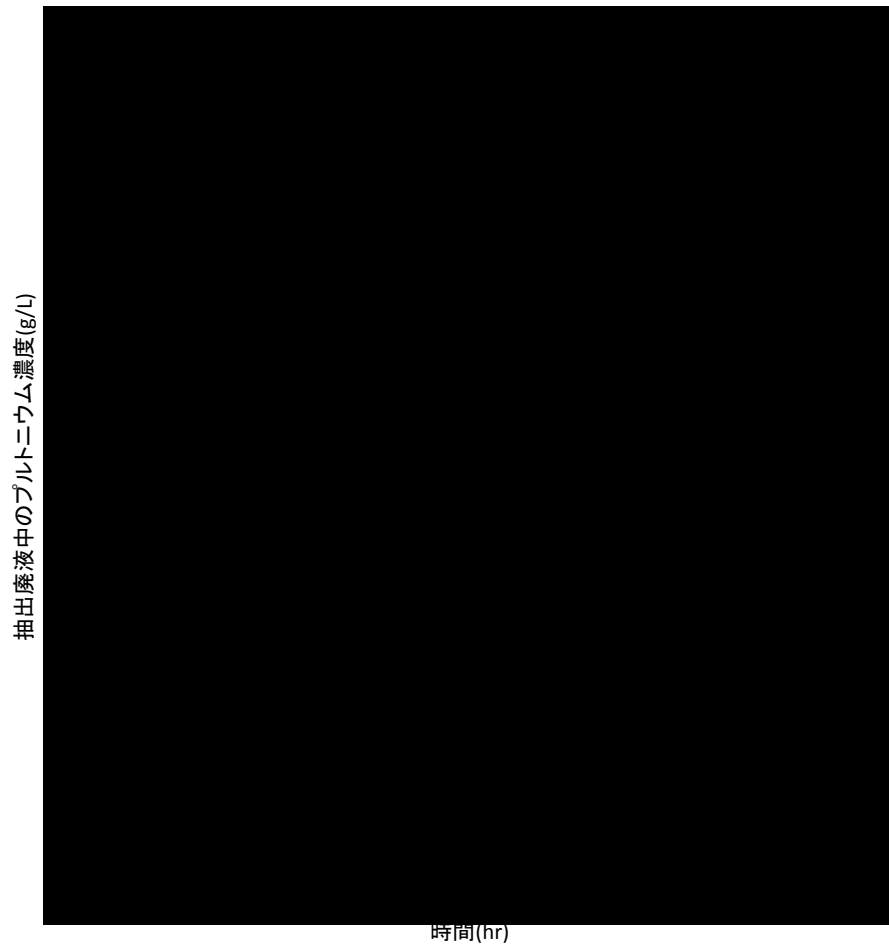


図 12 抽出廃液中の Pu 濃度変化
(分離設備の抽出塔での溶解液の流量増加)
(4.0tU/d 処理時)

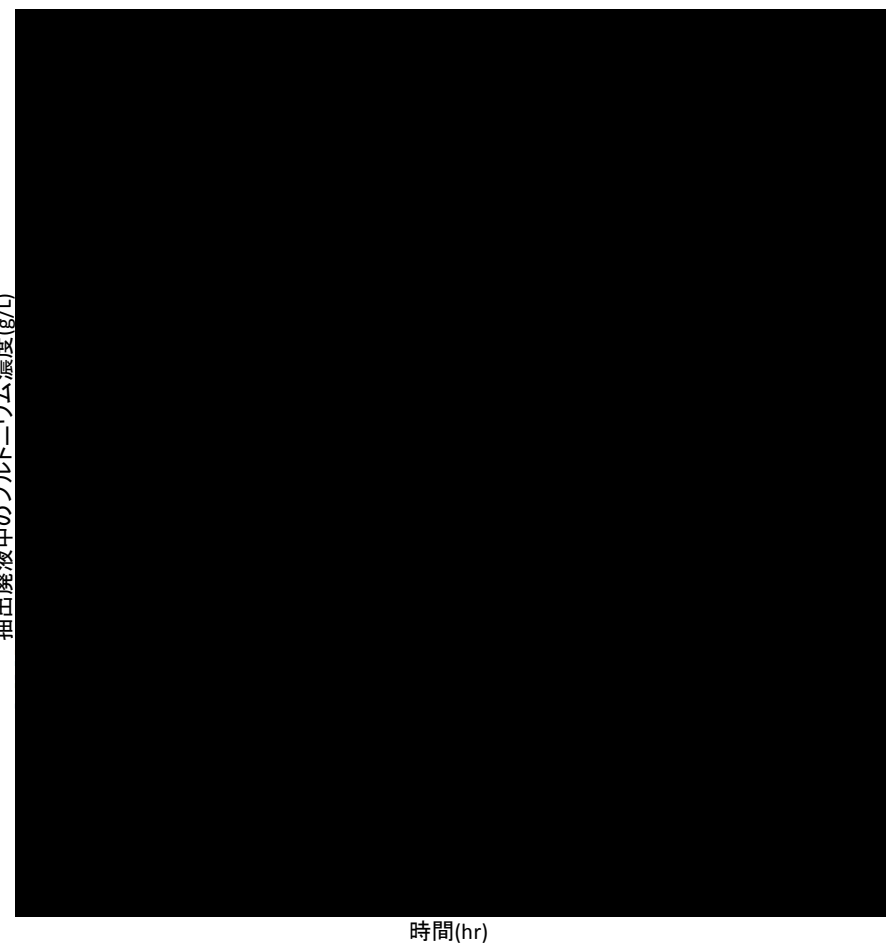


図 13 抽出廃液中の Pu 濃度変化
(分離設備の抽出塔での溶解液の流量増加)
(4.8tU/d 処理時)

補 1-2-22

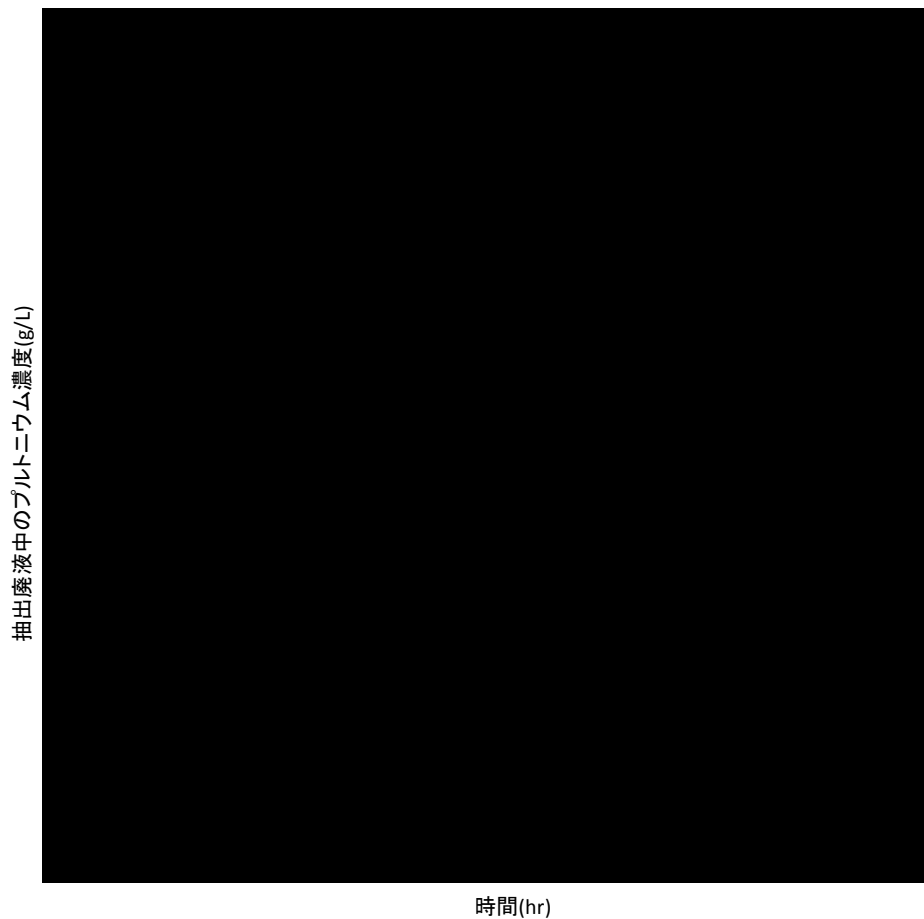


図 14 抽出廃液中の Pu 濃度変化
(分離設備の第 1 洗浄塔での洗浄用液の酸濃度低下)
(4.0tU/d 処理時)

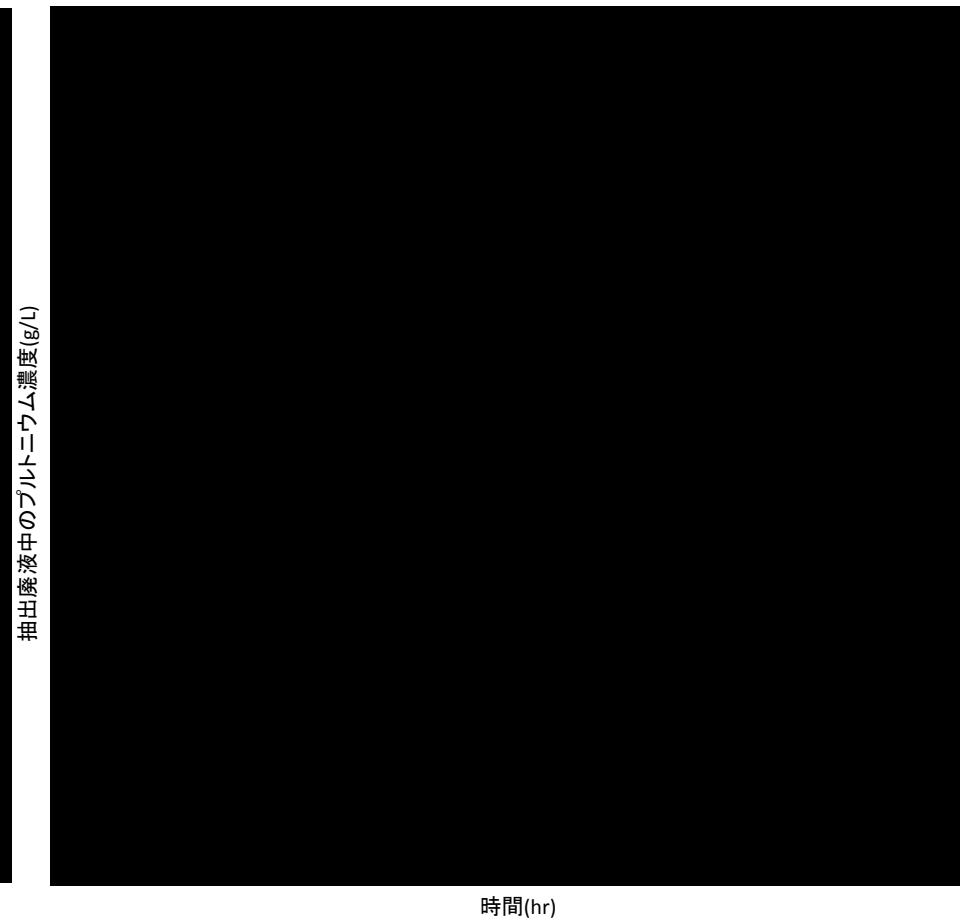
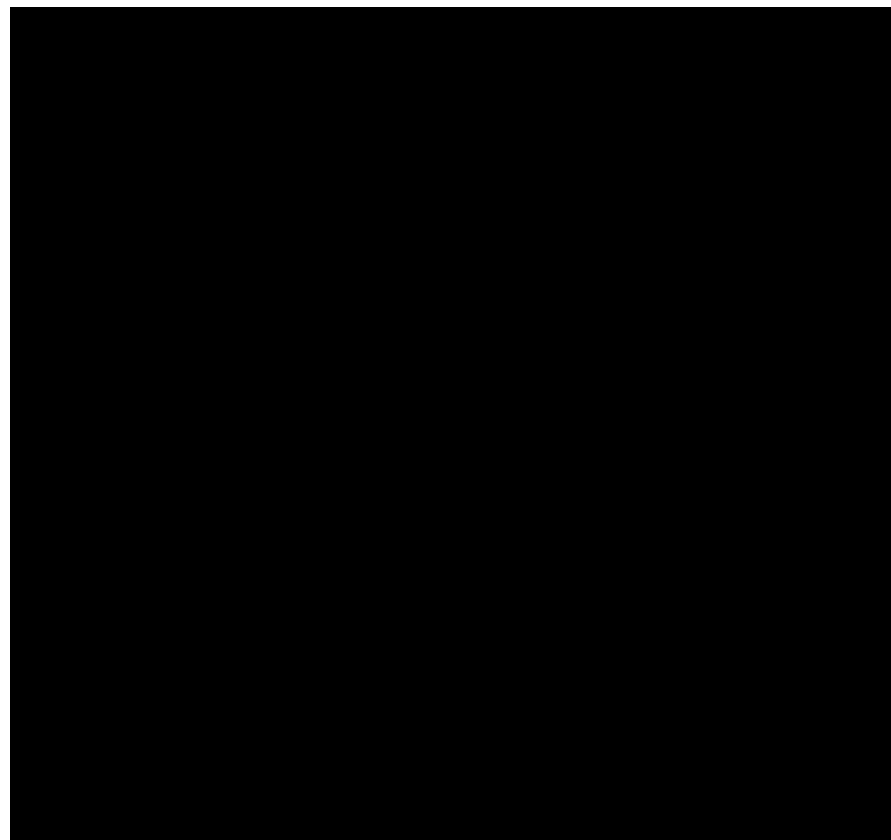


図 15 抽出廃液中の Pu 濃度変化
(分離設備の第 1 洗浄塔での洗浄用液の酸濃度低下)
(4.8tU/d 処理時)

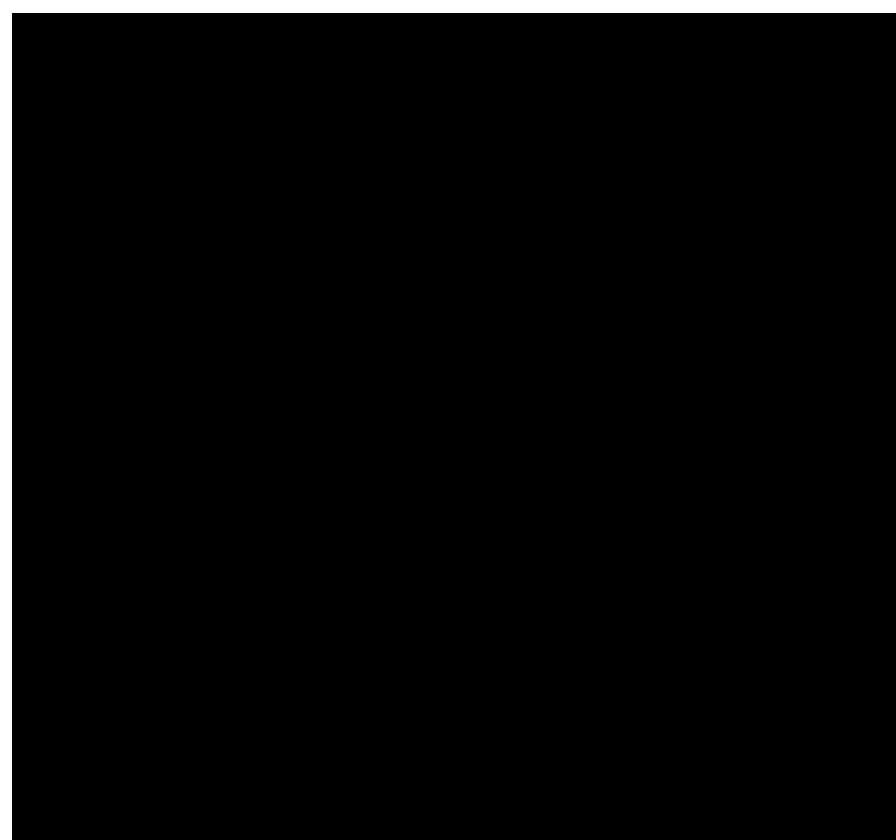
抽出廃液中のプルトニウム濃度(g/L)



時間(hr)

図 16 抽出廃液中の Pu 濃度変化
(分離設備の第 2 洗浄塔での洗浄用液の酸濃度低下)
[10mol/L 硝酸が 0mol/L に低下]
(4.0tU/d 処理時)

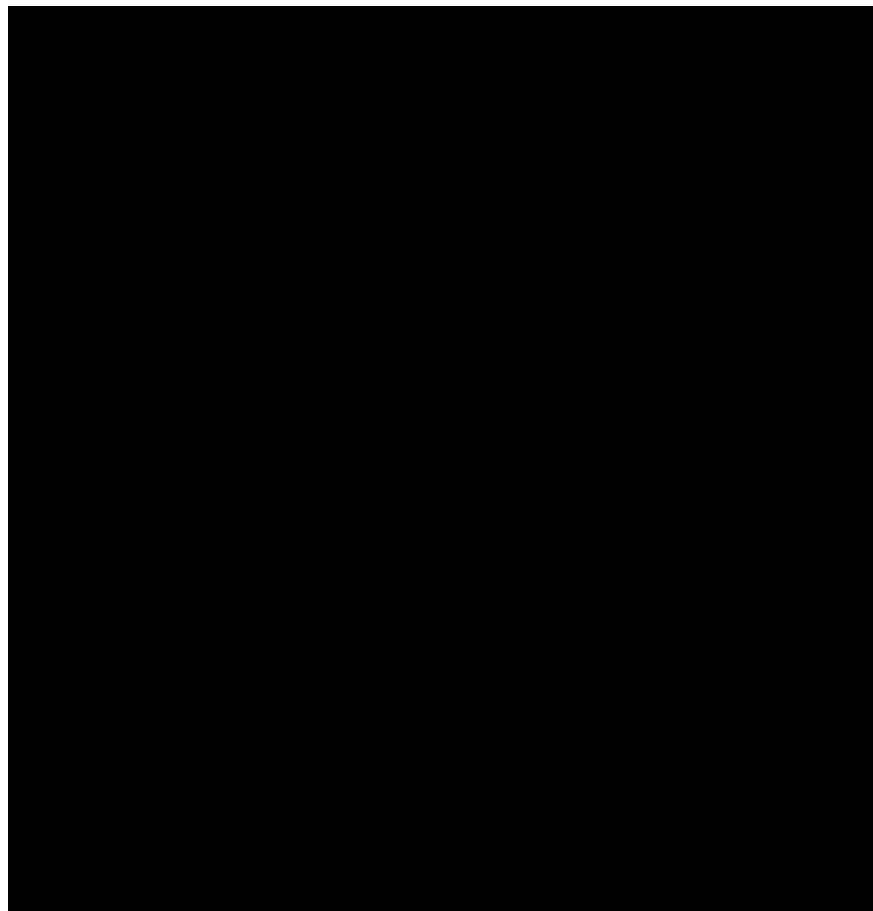
抽出廃液中のプルトニウム濃度(g/L)



時間(hr)

図 17 抽出廃液中の Pu 濃度変化
(分離設備の第 2 洗浄塔での洗浄用液の酸濃度低下)
[10mol/L 硝酸が 0mol/L に低下]
(4.8tU/d 処理時)

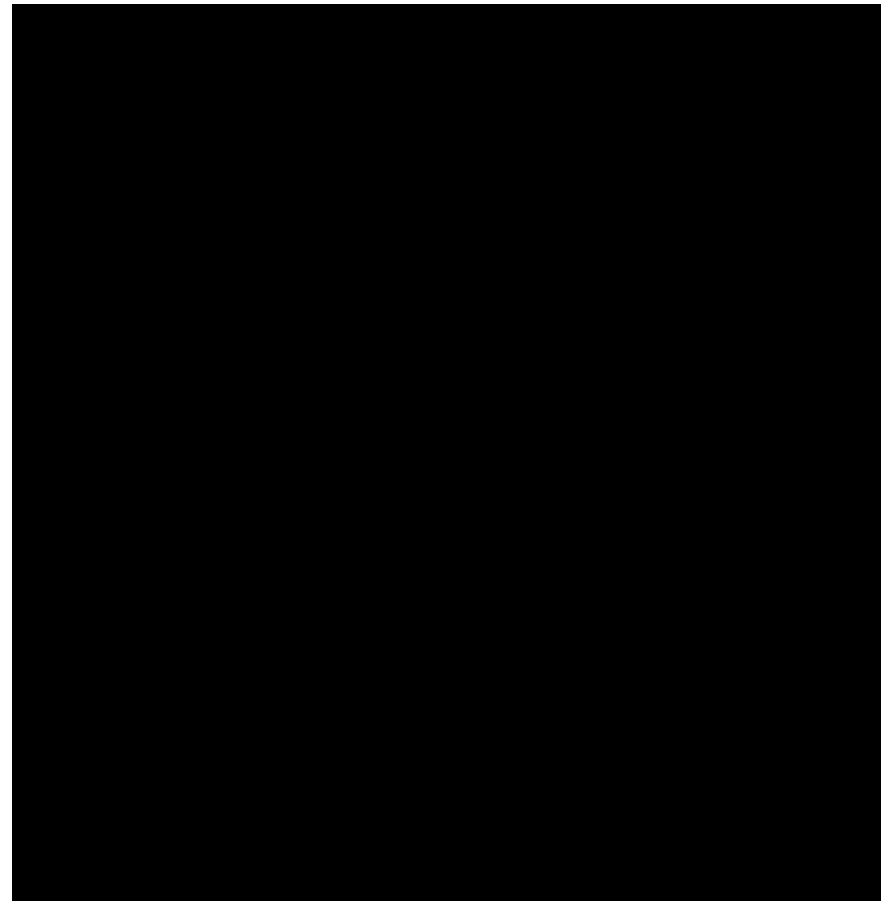
補助抽出器の有機相プルトニウム濃度(g/L)



ステージ

図 18 補助抽出器内の有機相 Pu 濃度のプロファイル変化
(分離設備の第 2 洗浄塔での洗浄用液の酸濃度低下)
[10mol/L 硝酸が 0mol/L に低下]
(4.0tU/d 処理時)

補助抽出器の水相プルトニウム濃度(g/L)

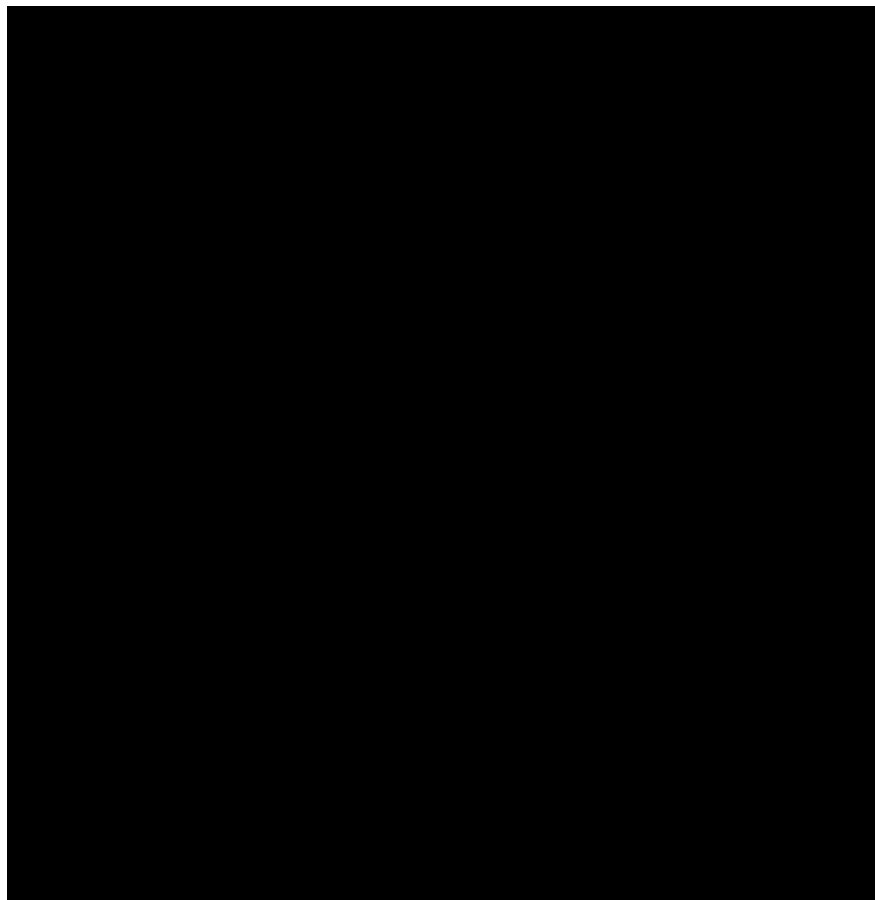


ステージ

図 19 補助抽出器内の水相 Pu 濃度のプロファイル変化
(分離設備の第 2 洗浄塔での洗浄用液の酸濃度低下)
[10mol/L 硝酸が 0mol/L に低下]
(4.0tU/d 処理時)

補 1-2-25

補助抽出器の有機相プルトニウム濃度(g/L)



ステージ

図 20 補助抽出器内の有機相 Pu 濃度のプロファイル変化
(分離設備の第 2 洗浄塔での洗浄用液の酸濃度低下)
[10mol/L 硝酸が 0mol/L に低下]
(4.8tU/d 処理時)

補助抽出器の水相プルトニウム濃度(g/L)



ステージ

図 21 補助抽出器内の水相 Pu 濃度のプロファイル変化
(分離設備の第 2 洗浄塔での洗浄用液の酸濃度低下)
[10mol/L 硝酸が 0mol/L に低下]
(4.8tU/d 処理時)

補 1-2-26

4. 解析の妥当性について

4. 1 パルスカラムの動特性試験の結果と Revised MIXSET の計算値との比較

ウラン及びプルトニウムの抽出に係る設備（分離設備の抽出塔及び第1洗浄塔）について、Revised MIXSET の計算値とパルスカラムの動特性試験の結果（ウランを用いたモックアップ試験）と比較した結果を以下に示す。

シャフトが ■m の抽出塔と ■m の洗浄塔のパルスカラムを用いたウラン試験（図 22 参照）において、有機溶媒の流量を 25%減少させた場合の結果を図 23 に、硝酸ウラニルの供給液（溶解液の模擬）の流量を 20%増加させた場合の結果を図 24 に示す。

図 23 及び図 24 とともに、プロセス条件の変化前（0 h）、即ち、定常状態の計算値は、ウラン濃度については実験値を良くシミュレートしている。

過渡変化についての計算値は、実験値と比較して事象の進展速度（ウラン抽出端の下降速度）を速く算出している。これは、Revised MIXSET では、有機溶媒にウランが抽出されたときの容量増加を扱っていないことにより、洗浄塔から出ていくウランの量を小さく算出し、抽出塔に蓄積するウランの量が大きくなることが一因と考える。

以上のことから、抽出廃液中のプルトニウム濃度が上昇する異常事象について、Revised MIXSET の計算値は実際のパルスカラムにおける異常事象の進展速度よりも速く進展する結果を与える。

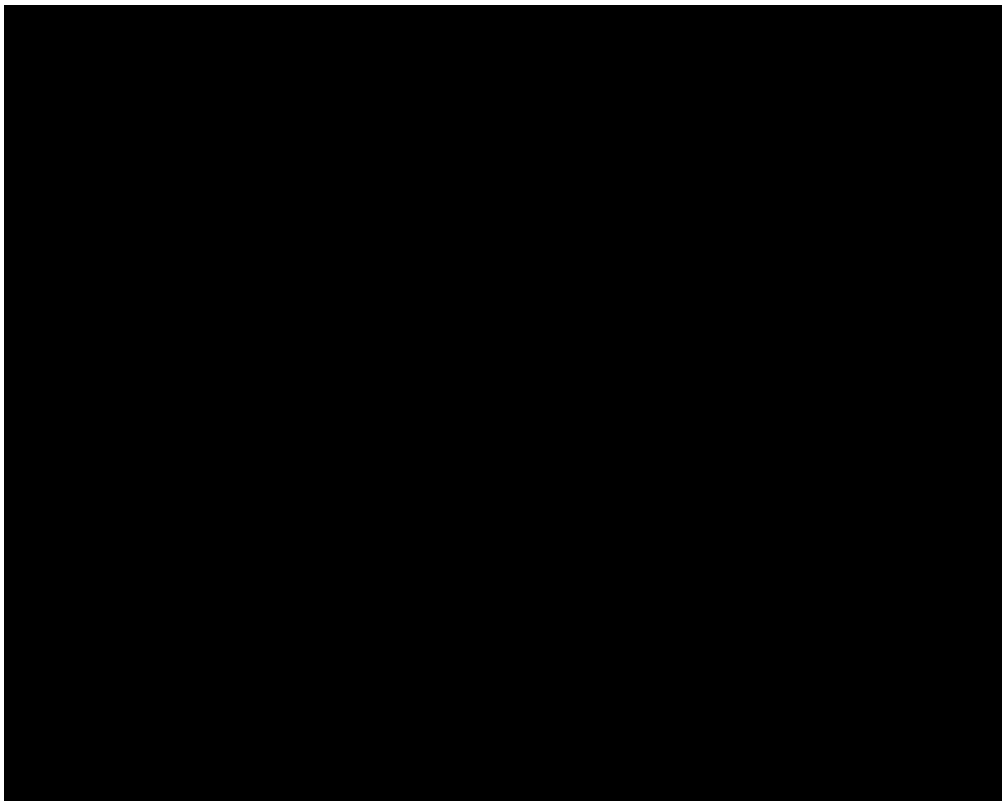


図 22 パルスカラムの動特性試験における定常状態の試験条件⁴⁾
■：商業機密上の観点から公開できません。

有機相ウラン濃度 (g/L)

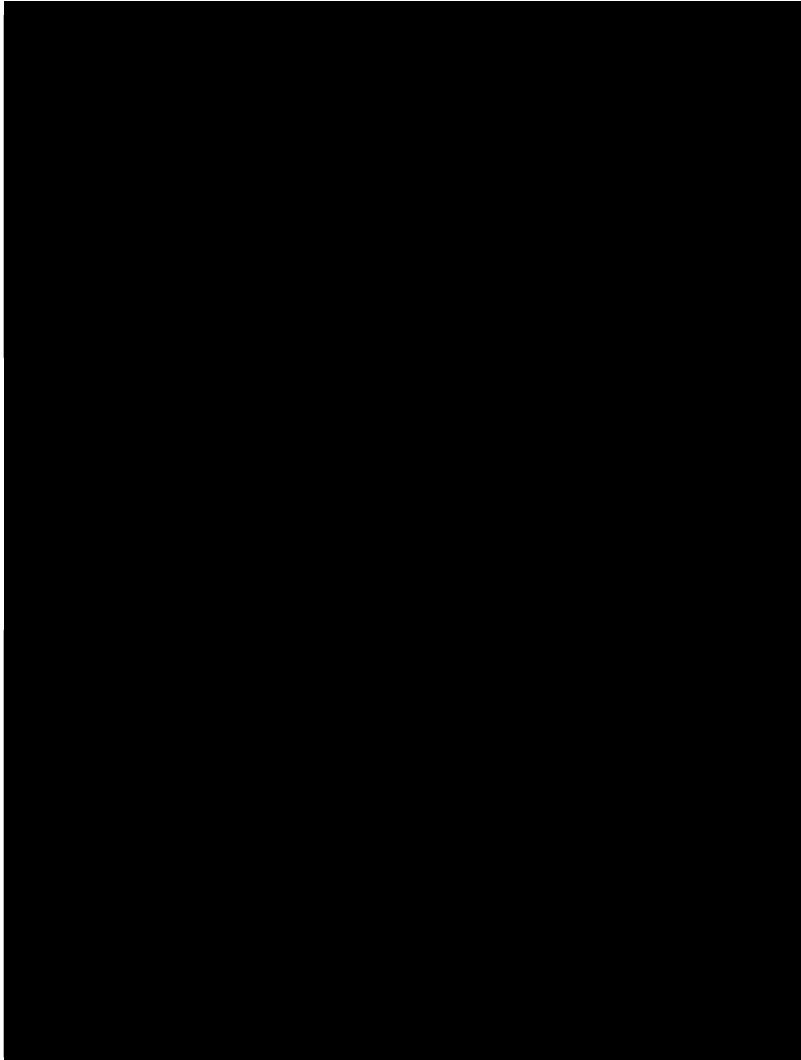


図 23 抽出塔に供給する有機溶媒の流量減少時 (-25%) の試験結果と Revised MIXSET の計算値との比較⁵⁾

有機相ウラン濃度 (g/L)

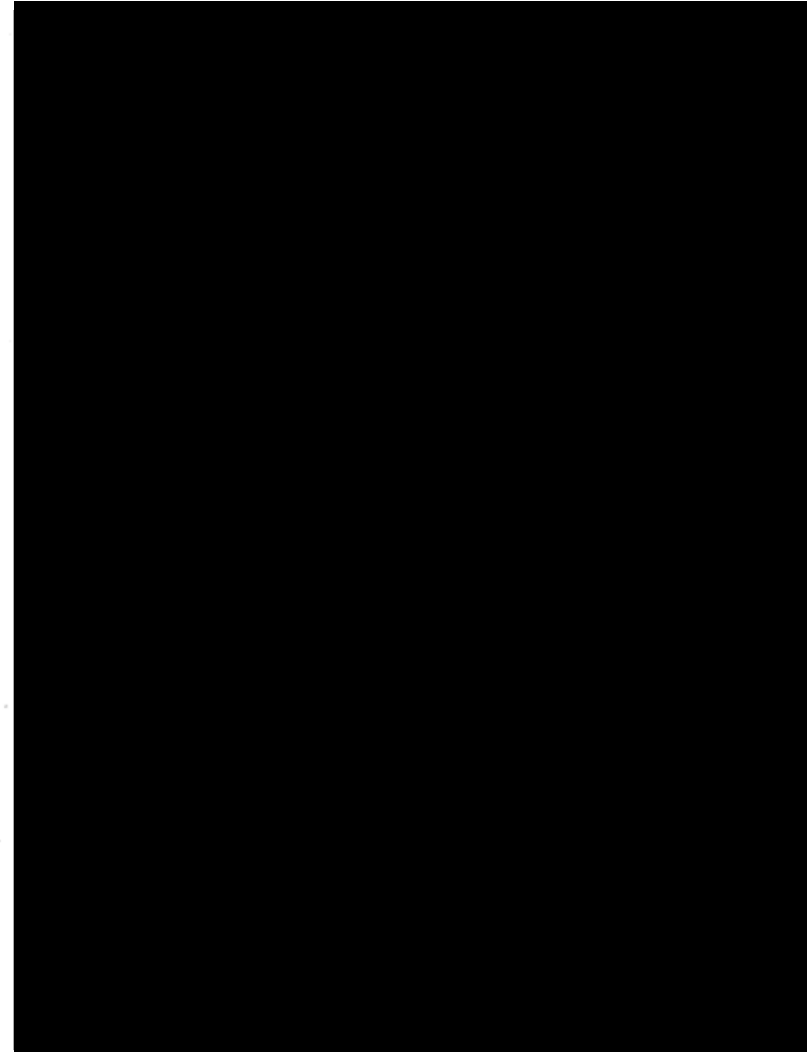


図 24 抽出塔に供給する硝酸ウラニル (溶解液の模擬) の流量増加時 (+20%) の試験結果と Revised MIXSET の計算値との比較⁵⁾

補 1-2-28

4. 2 Revised MIXSET による解析の保守性について

Revised MIXSET における現象とパルスカラムをミキサ・セトラとした評価に大きな差異が生じないように、2. 2 で示したモデル化を採用している。

しかしながら、異常事象の過渡変化の解析においては、以下に示す入力条件の保守性及び解析モデルの観点で、Revised MIXSET の評価結果は、実際のパルスカラムにおける現象に比べて保守側の評価結果を与えると考えられる。

- ① 解析モデルにおいては、パルスカラム上部又は下部セトラ部に相当する液量を入力していないため、解析対象とするパルスカラムのセトラ部での溶液の滞留時間を見込んでいない。このため、Revised MIXSET における計算は、実際の理論段数よりも段数を小さく見積もっていることとなるため、図 2 に示したウランの抽出端を下方に見込んでおり、抽出廃液中のプルトニウム濃度が上昇し易い結果を与える。
- ② 4. 1 で述べたとおり、Revised MIXSET では有機溶媒にウランが抽出されたときの容量増加を取り扱っていない。したがって、分離設備に係る事象では洗浄塔から下流に出ていくウラン量を小さく算出するため、抽出塔に蓄積するウラン量が大きくなり、抽出塔内のウラン抽出端の下降速度を早めに算出すると考えられ、それに伴い抽出廃液中のプルトニウム濃度の上昇速度を速めに算出する。
- ③ Revised MIXSET では、抽出器の動特性に関係する解析コード上の取り扱いとして、ウランの抽出反応に伴う発熱による溶液の温度上昇を取り扱っていない。温度が上昇すると、図 25 に示すように 6 価のウランの分配係数は、4 価のプルトニウムの分配係数よりも小さくなるため、図 2 に示すような抽出塔内におけるプルトニウムの蓄積が起り難くなること文献により報告されている⁶⁾。また、2. 2 で示したように、解析の入力条件として抽出器内の溶液の温度を 25℃に設定しているが、実機では溶解液の温度を ■℃に調整し抽出塔へ供給するため、保守的な計算条件としている。

以上のことから、プロセス条件に異常が発生した場合の分離設備の抽出廃液中のプルトニウム濃度は、Revised MIXSET の計算値までは上昇しないと考えられる。

■ : 商業機密の観点から公開できません。

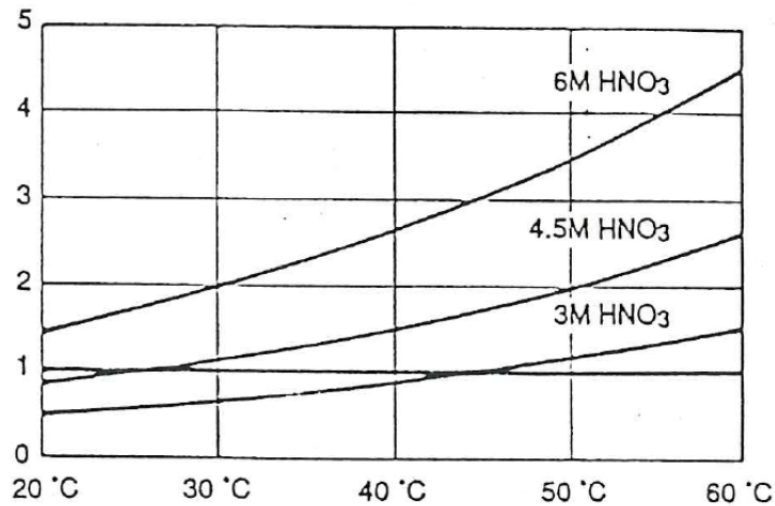


図 25 Pu(IV)の分配係数の U(VI)の分配係数に対する比⁶⁾

参考文献

- 1) CHEMICAL FLOWSHEET FIRST EXTRACTION CYCLE (1CUP_u), [redacted] Rev.5.
- 2) 権田浩三 他, “Purex プロセス計算コード Revised MIXSET”, PNC TN841-79-26, 1979.
- 3) PROCESS CALCULATION SHEET PULSED COLUMNS FACILITIES, [redacted] Rev.1.
- 4) PROCESS CALCULATION SHEET MIXER-SETTLERS OF UNITS [redacted], [redacted], [redacted] Rev.1.
- 5) 住友金属鉱山 (株), 昭和 61 年度パルスカラム確認調査報告書
- 6) H.Schmieder and G.Petrich, “IMPUREX: a Concept for an Improved PUREX Process”, Radiochimica Acta 48, 181-192, 1989.

令和元年 11 月 8 日 R0

補足説明資料 1 - 3 (第 1 5 条)


安全上重要な施設以外の施設とした根拠

(プルトニウム精製設備 注水槽及び注水槽の液位低警報)

目次

1. 安全上重要な施設の選定
2. 安全上重要な施設以外の施設の選定結果
3. 安全上重要な施設以外の施設とした根拠
(補足説明資料)
 - ・ プルトニウム精製設備 注水槽及び注水槽の液位低警報に係る

【凡 例】

 : 事業変更許可申請書に記載する内容の主旨を示す範囲

枠線なし : 事業変更許可申請書に記載する内容の補足説明を示す範囲

1. 安全上重要な施設の選定

【選定方法に係る全体の考え方】

安全上重要な施設の整理の基本方針

- 新規制基準では、「安全機能を有する施設」は、「安全上重要な施設」とそれ以外の施設に分類される。「安全上重要な施設」は、「その機能の喪失により、再処理施設を異常状態に陥れ、もって公衆ないし従事者に過度の放射線被ばくを及ぼすおそれのあるもの」又は「再処理施設の異常状態において、この拡大を防止し、又はこれを速やかに収束せしめ、もって公衆ないし従事者に及ぼすおそれのある過度の放射線被ばくを防止し、又は緩和する機能を有するもの」である。
- また、再処理施設安全審査指針にも定性的判断の拠り所として記載のある上記の「過度の放射線被ばくを及ぼすおそれ」とは、新規制基準では「敷地周辺の公衆の実効線量の評価値が発生事故当たり 5 mSv を超えること」と示されている。
- さらに、「安全上重要な施設」に対して定義されている 15 分類は、再処理施設安全審査指針と新規制基準とで内容に変更が無いことから、再処理施設安全審査指針に基づき設定した従来の「安全上重要な施設」を対象として選定を行う。
- 従来の安全上重要な施設は、再処理施設安全審査指針の「過度の放射線被ばくを及ぼすおそれ」という判断基準に対して、定性的判断により幅広く選定していたが、新規制

基準では「5 mSv を超えること」という定量的判断が示されたことを踏まえるとともに、幅広く選定されていた従来の安全上重要な施設に対して、福島事故を教訓として、放射線被ばくのリスクから公衆を守るために必須の施設を新たな安全上重要な施設に選定する。

安全上重要な施設の再選定の方法

- ▶ 安全上重要な施設の再選定は、以下の考えで行った。
- プルトニウム溶液及び粉末や高レベル廃液を取り扱う設備のうち、通常運転でそれらの溶液又は粉末を保有し、発生事故当たり5 mSv を超える設備を含む、溶解槽から混合酸化物貯蔵容器、清澄機からガラス溶融炉、抽出塔からガラス溶融炉までの一連の設備は、公衆を放射線被ばくのリスクから守ることの重要性に鑑み、当該設備を内包するセル等及び建屋並びに関連する換気設備と合わせて、閉じ込め機能の観点で安全上重要な施設とすることとした。
- 閉じ込め機能を阻害又はその有効性を喪失させる事故として、上記以外の設備の閉じ込め機能喪失、火災・爆発、冷却機能喪失、臨界等の事故の発生に対して、設計基準事故等に係る従来の評価結果を変更しないことを前提に、後述のとおり以下の設備は、安全上必須な施設ではないと考え、安全上重要な施設以外の施設とした。
 - ① 分離設備 臨界関係計装及びしゃ断弁
 - ② プルトニウム精製設備 注水槽及び注水槽の液位低警報

なお、「安全機能を有する施設」の中の「安全上重要な施設」以外の施設とした従来の安全上重要な施設は、新たな安

全上重要な施設と接続されていることを踏まえて、新たな安全上重要な施設が持つ安全機能に対して影響を与えない設計とする。

【安全上重要な施設の設計対応】

- 新規制基準の要求を踏まえ、安全機能を有する施設は、その安全機能の重要度に応じて、その機能が確保された設計とする。

安全上重要な施設

- 安全上重要な施設への要求事項を踏まえた設計
 - 耐震重要度に応じた設計（地震起因による安全機能の喪失で環境への影響が大きいものについてはSクラスの耐震設計）
 - 自然現象により作用する衝撃及び設計基準事故時に生じる応力の適切な考慮（事業指定基準規則第9条2項）
 - 容易な操作（同規則第13条2項）
 - 動的機器の単一故障の考慮（同規則第15条2項）
 - 電力供給、外部電源喪失の考慮（同規則第25条）
- 安全機能を有する施設への要求事項を踏まえた設計（臨界防止、遮蔽、溢水による損傷の防止等）
- 再処理施設への要求事項を踏まえた設計（規格・基準の適用）

安全機能を有する施設のうち、安全上重要な施設以外の施設

- 安全機能を有する施設への要求事項を踏まえた設計（臨界防止、遮蔽、溢水による損傷の防止等）
- 再処理施設への要求事項を踏まえた設計（規格・基準の適用）

2. 安全上重要な施設以外の施設の選定結果

➤ ① 分離設備 臨界関係計装及びしゃ断弁

事業指定基準規則の解釈での分類	当回事業指定申請書	整理による新たな選定結果
9 熱的、化学的又は核的制限値を維持するための系統及び機器 ○ 核的制限値を維持する計測制御設備及び動作機器	○分離建屋 ・補助抽出器中性子検出器の計数率高による工程停止回路及びしゃ断弁	・選定なし。
15 その他上記各系統等の安全機能を維持するために必要な計測制御系統、冷却水系統等 ○ 計測制御設備 ○ 計測制御設備に係る動作機器及び系統(しゃ断弁)	・抽出塔供給溶解液流量高による送液停止回路及びしゃ断弁 ・抽出塔供給有機溶媒液流量低による工程停止回路及びしゃ断弁 ・第1洗浄塔洗浄廃液密度高による工程停止回路及びしゃ断弁	

➤ ② プルトニウム精製設備 注水槽及び注水槽の液位低警報

事業指定基準規則の解釈での分類	当回事業指定申請書	整理による新たな選定結果
15 その他上記各系統等の安全機能を維持するために必要な計測制御系統、冷却水系統等 ○ 計測制御設備	○精製建屋 ・プルトニウム濃縮缶に係る注水槽の液位低による警報	・選定なし。
○ 冷却設備	・注水槽	

3. 安全上重要な施設以外の施設とした根拠

② プルトニウム精製設備 注水槽及び注水槽の液位低警報

- ・ プルトニウム濃縮缶に係る注水槽の液位低による警報
- ・ 注水槽

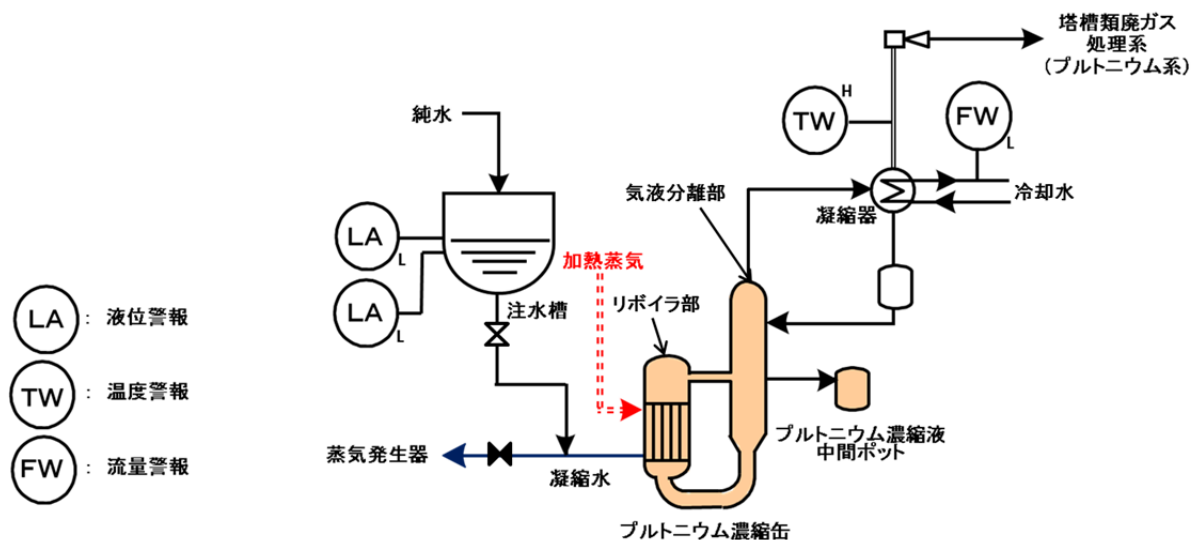
【② プルトニウム精製設備 注水槽及び注水槽の液位低警報】

- 注水槽は、プルトニウム濃縮缶凝縮器において冷却機能が喪失した場合にプルトニウム濃縮缶の沸騰を停止させるために設置しており、未凝縮の蒸気による塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の高性能粒子フィルタの除染性能の低下を防止する観点で安全上重要な施設としていた。
- この際、未凝縮の蒸気が高性能粒子フィルタに到達し除染性能が低下を始める前に異常を検知して沸騰を停止させる想定であり、注水槽の液位低警報は、注水に必要な水を常に確保し、水が不足する場合には運転員に補給を促すために安全上重要な施設としていた。
- 今回、プルトニウム濃縮缶凝縮器の機能喪失に伴いプルトニウム濃縮缶の加熱を停止した際の硝酸プルトニウム溶液の温度推移を評価し、加熱停止から約45分後に沸騰は自然停止することを確認した（「注水槽を期待しない場合のプルトニウム濃縮缶の温度評価」参照）。この時間は、高性能粒子フィルタの除染性能が維持される期間（約14時間）よりも十分に短いため、硝酸プルトニウム溶液の沸騰は、高性能粒子フィルタへの影響が生じる前に停止する。

○以上から、既許可申請時に注水槽に期待した機能は、注水槽がなくとも達成できるため、注水槽及び注水槽液位低警報を安全上重要な施設以外の施設とする。また、注水槽及び注水槽液位低警報は、今後も関連する設備設計及び管理を維持する。

関連する設備設計及び管理

- 注水槽及び注水槽液位低警報は安全上重要な施設として設計・製作・工事がなされており、これらの機能・性能の維持（定期的な警報装置の作動確認、計器の点検、注水槽の水位確認）を行う。
- 2系列設置している注水槽液位低警報の1系統が機能喪失した場合にはプルトニウム濃縮缶における処理運転の停止措置を行う。



注水槽及び注水槽の液位低による警報の概要

【注水槽を期待しない場合のプルトリウム濃縮缶の温度評価】

【FLUENT解析による温度評価】

加熱停止後のプルトリウム濃縮缶の温度推移に関する評価

○評価目的

プルトリウム濃縮缶の加熱運転中に、プルトリウム濃縮缶凝縮器が機能喪失した場合のプルトリウム濃縮缶内温度の経時変化を確認する。

○評価対象

プルトリウム濃縮缶（リボイラ部、気液分離部を含む）及び中間ポット。

○解析条件

(1) 想定する運転条件

- ・プルトリウム濃縮缶の加熱はプルトリウム濃縮缶凝縮器の機能喪失と同時に停止。
- ・解析結果に保守性を持たせるため、塔槽類廃ガス処理設備、建屋換気設備（グローブボックス・セル換気系、建屋換気系）は停止状態。

(2) 解析条件等

- ・プルトリウム濃縮缶リボイラ部、気液分離部及び中間ポットは、機器の構造の対称性を利用して、評価対象の半分のみをモデル化。
- ・プルトリウム濃縮缶のリボイラ部と気液分離部の連結管は、プルトリウム濃縮缶内の容積と比べて非常に小さいことから、モデル化の対象から除外。

- ・プルトニウム濃縮缶での熱源としてプルトニウム濃縮液の崩壊熱を考慮。
- ・評価に当たっては評価対象内での気体及び液体内部の自然対流を考慮。
- ・解析に用いた物性値等は実データではなく設計値を使用（保守性を確保）。
- ・評価には解析コードFLUENT※を使用。
- ・解析コードが相変化に対応していないため、沸点を超えた場合にも顕熱上昇として取り扱う。

※FLUENTは、熱流動や温度分布等の評価に用いられる汎用解析コードであり、自動車産業をはじめ、航空・宇宙、建築・土木、石油・ガス及び原子力などの様々な産業において使用されている。

(3)各条件の設定理由

(a)想定する運転条件

- ・注水槽の役割は、凝縮器が機能喪失しプルトニウム濃縮缶の停止操作を行っても沸騰が停止しない場合に加熱設備に水を供給することで沸騰を止めることであるため、想定運転条件としては凝縮器の機能喪失と加熱停止操作が同時に発生するものとした。
- ・塔槽類廃ガス処理設備が運転している場合には、プルトニウム濃縮缶気相部が換気されることで蒸気が籠もることはないことから、プルトニウム溶液温度は低下しやすくなる。また、建屋換気設備が運転している場合には、セル内が換気されることでプルトニウム濃縮缶の外壁面は積極的に冷却される。建屋換気設備が停止していた場合の方が

自然対流による放熱のため、より厳しい条件となることから、塔槽類廃ガス処理設備、建屋換気設備の停止を条件とした。

- ・塔槽類廃ガス処理設備、建屋換気設備の停止は凝縮器の機能喪失との関連性はないため通常は同時には発生しないが、より厳しい条件での評価とするため、プルトニウム濃縮缶凝縮器の機能喪失と同時に機能喪失とした。

(b)解析条件等

- ・実機の設計図よりプルトニウム濃縮缶は円筒形で、真ん中で切ると左右対称となることから、解析時間の短縮を目的として解析モデルを半分とした。

- ・連結管の削除も解析時間の短縮を目的としたものであるが、連結管がない場合の方が以下の理由により厳しい結果を導くことになる。

【上部連結管】

上部連結管はリボイラ部と気液分離部を接続するものであり、上部連結管の内部にはプルトニウム溶液が加熱されることによって発生する蒸気が通過する。

上部連結管がないことで、リボイラ部が小容量で閉じる形になっていることから伝熱面積が減るため、単位時間当たりの熱拡散量が少なくなり、熱が籠もるために気相部温度の低下が遅くなることから、より厳しい条件となっている。

また、リボイラ部と気液分離部との気体の自然対流ができなくなり、温度の均一化が抑制されるため、気相部の最

高温度が高くなり、解析結果として沸点以上の温度の継続時間が長くなるため、より厳しい条件となっている。なお、沸点以上に温度が上昇するのは、F L U E N T が相変化に対応していないためであり、顕熱としてプルトニウム溶液の温度上昇という形で解析結果が表されている。

【下部連結管】

下部連結管はリボイラ部と気液分離部を接続するものであり、内部にはプルトニウム溶液が入っている。

下部連結管がないことで、伝熱面積が減るため、単位時間当たりの熱放散量が少なくなり、溶液の温度の低下が遅くなることから、より厳しい条件となっている。

また、リボイラ部と気液分離部との溶液の自然対流ができなくなり、温度の均一化が抑制されるため、液相部の最高温度が高くなり、解析結果として沸点以上の温度の継続時間が長くなるため、より厳しい条件となっている。なお、上部連結管にも記載したとおり、沸点以上に温度が上昇するのはないが、これはF L U E N T の特性である。

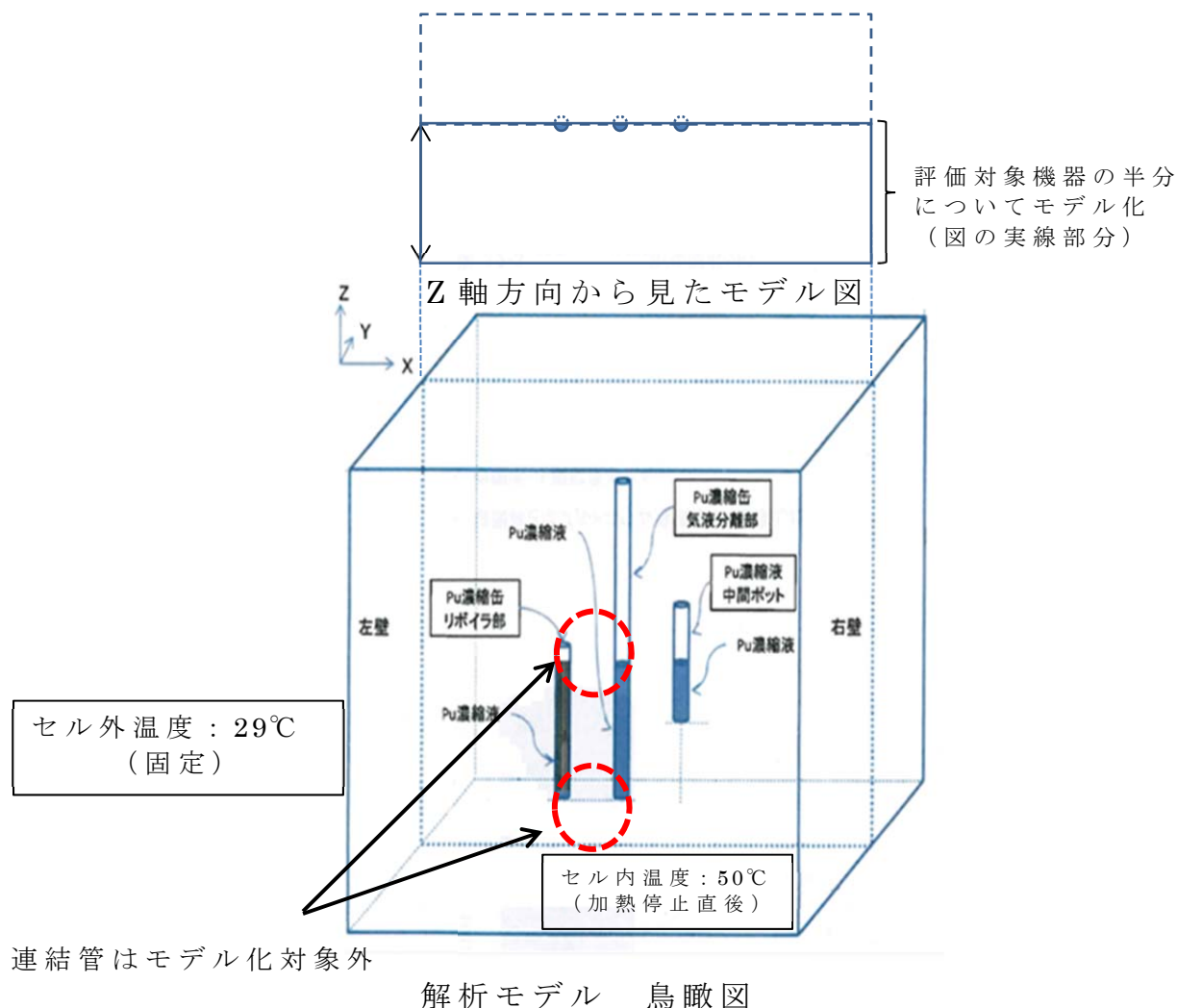
・プルトニウム濃縮缶での熱源はプルトニウム濃縮液の崩壊熱を想定し、崩壊熱密度は設工認の値を用いており、より厳しい条件を与えるものである。

・解析に用いた物性値等は設計値を用いることで、実機と同等の条件である。

・解析コードとしてF L U E N T を使用した理由は、様々な産業において使用されている汎用ソフトであり、解析実績があることから使用した。ただし、相変化に対応しておら

ず、本来は沸点よりも高い温度に至る場合には沸騰蒸発することで潜熱となって熱は消費され、沸点以上に温度は上昇しないが、解析では潜熱が考慮されないため顕熱として溶液の温度上昇に寄与し、解析結果として温度が沸点以上に上昇している。

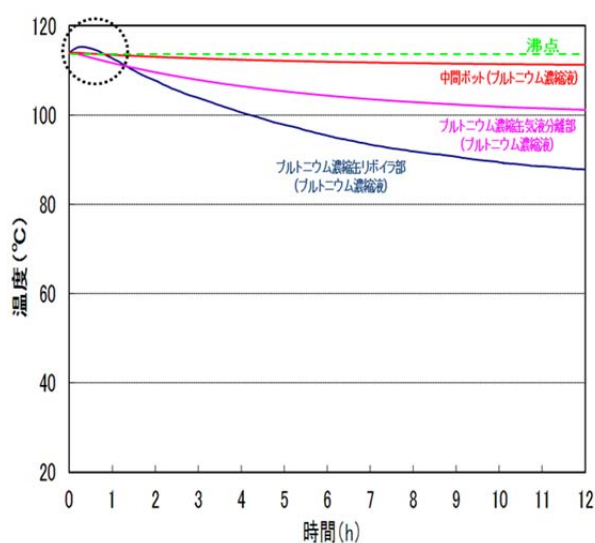
プルトニウム濃縮缶温度解析モデル図



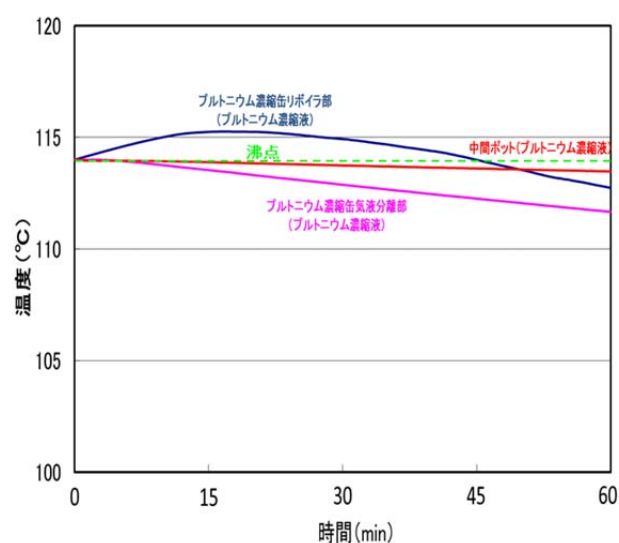
解析結果

- プルトニウム濃縮缶リボイラ部の温度は、沸騰時 114°C (沸点) であり、加熱停止から約 45 分間後に沸点である 114°C を下回り、沸騰が停止する。
- プルトニウム濃縮缶気液分離部及び中間ポットの温度は、加熱停止後速やかに低下し、加熱停止とともに沸騰も停止する。
- 注水槽を使用する場合、凝縮器の冷却機能喪失を検知してから、当直員が現場に移動し、手動弁を開けて注水するまでの時間は、日常的に現場巡視をしている運転員が手動弁の設置

された部屋に移動する時間及び手動弁を開操作する時間として実績から約 25 分と考えられる。 注水槽の手動弁を開操作すると、系統内に水が供給され、強制的にリボイラ部が冷却されることから沸騰は速やかに停止する。 注水槽を期待しない場合には、約 45 分間後に沸騰が停止するという解析結果があることから、注水槽に期待する場合と期待しない場合との差は約 20 分となり、高性能粒子フィルタの除染性能が凝縮器の機能喪失から約 14 時間までは維持されることを考慮すると、注水槽に期待する又は期待しないという両者の差は有意なものではない。



プルトニウム濃縮缶加熱
 停止後の温度変化



プルトニウム濃縮缶加熱停止後
 1 時間の温度変化

【簡易方法による温度評価】

【プルトニウム濃縮缶の温度評価（簡易方法）に用いたモデル、条件、計算方法】

● 想定する運転条件：

凝縮器の機能喪失と同時に加熱を停止する（全電源喪失を想定）。

塔槽類廃ガス処理設備、建屋換気設備（グローブボックス・セル排風機、建屋排風機）は停止状態とする。

● 評価モデル

複数本の伝熱管を1本の伝熱管（内管）と見立て、熱の移動は半径方向のみとした。

軸方向は実機と同じ高さとした。

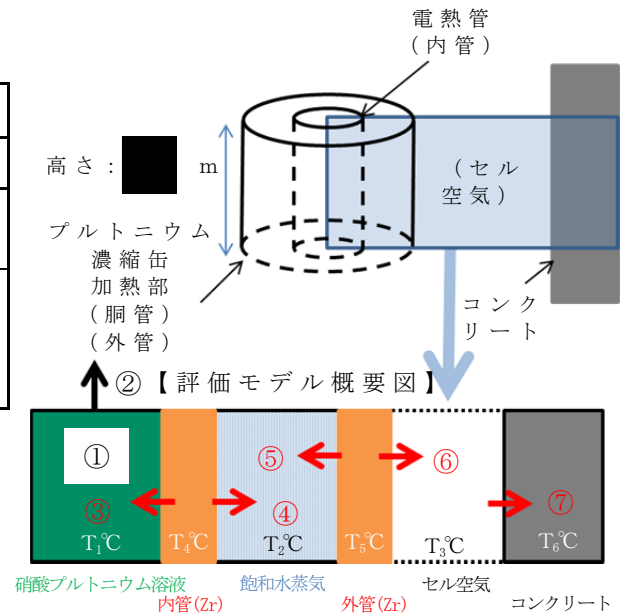
内管及びプルトニウム濃縮缶加熱部の胴管（外管）の熱容量を考慮した。

加熱用の飽和水蒸気は、凝縮により下部排水用配管から排水され、またベント操作（自動／手動ともに実施可能）によって空気に置換されるが、本簡易評価では、熱の移動により温度は低下するものの保守的に飽和水蒸気が滞留するものとする。過飽和は考慮せず、温度低下による凝縮分は排水されるものとする。これは、空気よりも熱容量が大きい飽和水蒸気を用いた方が温度は下がりにくいと判断したためである。過飽和は考慮せず、温度低下による凝縮分は排水されるものとする。

セルの壁への熱移動を考慮する。

	移動	記号
崩壊熱	硝酸プルトニウム溶液の発熱	①
蒸発熱 (潜熱)	硝酸プルトニウム溶液の蒸発 (系外へ放熱)	②
熱伝達	内管→硝酸プルトニウム溶液 内管・外管→飽和水蒸気 外管→セル空気 セル空気→コンクリート	③ ④、⑤ ⑥ ⑦

注： T_4 （内管（Zr）温度）の初期温度は、定常状態の温度で飽和水蒸気に接した部分の温度、 T_5 （外管（Zr）温度）の初期温度は、定常状態の温度で飽和水蒸気に接した部分の温度とした。



【評価モデルにおける熱の移動模式図】

■：商業機密上の観点から公開できません

上図評価モデルにおける熱の移動模式図より、温度は以下の記号を用いて表す。

T_1 ：硝酸プルトニウム溶液温度

T_2 ：内管（Zr）温度

T_3 ：飽和水蒸気温度

T_4 ：外管（Zr）温度

T_5 ：セル空気温度

T_6 ：コンクリート温度

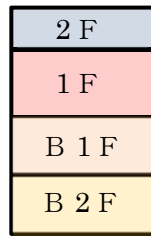
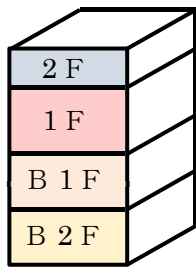
プルトニウム濃縮缶セルの壁の温度については、以下の要領で初期温度を設定する。

①プルトニウム濃縮缶が収納されたセルは、B 2 F～2 Fまでの吹き抜けのセルである。

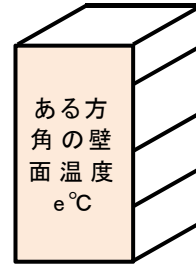
②セルは傾斜や凹凸を考慮せず、直方体として評価し、内部構造物は考慮しない。

- ③各面で長さ・厚さが異なることから、それぞれの面の体積を求める。(ある方角におけるフロア毎の厚さは同じ)
- ④各面における各フロアで温度が異なるため、壁面の平均温度を求めるために各フロアの体積と温度から平均温度を算出し、その面の温度とし、6面(東・西・南・北・床・天井)それぞれの温度を求める。
- ⑤ 6面の体積と温度から、コンクリート全体の平均温度を求めるために、④と同様の方法で、6面の体積と温度からのコンクリート全体の平均温度を求め、それをコンクリートの初期温度 T_6 とする。

次頁に示す評価の結果、コンクリートの平均温度は 32°C とし、これをコンクリートの初期温度 T_6 として評価に用いる。



A m³、a°C
 B m³、b°C
 C m³、c°C
 D m³、d°C



$$\frac{Aa+Bb+Cc+Dd}{A+B+C+D} = e$$

計算例

A+B+C+D を体積、e°C をある方角のコンクリートの平均温度とする。

	コンクリート体積 [m3]	温度 [°C]
床面	■	■
東側	■	■
西側	■	■
南側	■	■
北側	■	■
天井	■	■
コンクリートの平均温度		32

注：上表は、表記上数値を切り上げし整数としているが、実計算では端数を含めた計算として平均温度を算出している。

■：商業機密上の観点から公開できません

○ 熱伝達係数の算出に用いたデータ

条件	値	出典
内管内径[m]		設計図書
内管肉厚[m]		設計図書
内管本数[本]		設計図書
外管の内径[m]		設計図書
外管の肉厚[m]		設計図書
管高さ[m]		設計図書
内管内面の伝熱面積[m ²]*		—
内管外面の伝熱面積[m ²]*		—
外管内面の伝熱面積[m ²]*		—
外管外面の伝熱面積[m ²]*		—
プルトニウム濃縮缶加熱量(定常)[kcal/h]		設計図書
プルトニウム濃縮缶熱損失割合(定常)(%)		設計図書より算出
定常運転時の熱伝達係数[kcal/m ² K h]	15000	化学工学の基礎(鈴木善孝著) p.65
硝酸プルトニウム溶液沸点[°C]	114	設計図書
飽和水蒸気初期温度[°C]	130	設計図書
セル空気初期温度[°C]	50	設計図書
硝酸プルトニウム溶液比熱[kcal/kg K]		設計及び工事の方法の認可申請書
硝酸プルトニウム溶液密度[kg/m ³]		設計図書
硝酸プルトニウム溶液崩壊熱密度[W/m ³]		設計及び工事の方法の認可申請書
硝酸プルトニウム溶液-内管内壁の熱伝達係数		設計図書
内管・外管比熱[kJ/kg K]	0.285	伝熱工学資料 p.284
内管・外管密度[kg/m ³]	6400	伝熱工学資料 p.284
内管・外管の熱伝導率[kcal/m K h]	20	伝熱工学資料 p.284
飽和水蒸気比熱[kcal/kg K]	計算値	伝熱工学資料 p.291 記載値を基に内挿により算出した。次頁参照。
飽和水蒸気密度[kg/m ³]	計算値	
飽和水蒸気粘性率[μ Pa・s]	計算値	
飽和水蒸気熱伝導率[W/mK]	計算値	

*実際の計算では伝熱面積は端数を含めた数値を用いて計算している。

■: 商業機密上の観点から公開できません

○飽和水蒸気の温度に応じて、各パラメータ（下記表）の内挿による算出式から値を求めた。

温度 [°C]	130	120	110	100	90	80
粘性率 [μ Pa · s]	13.30	12.96	12.61	12.27	11.93	11.59
密度 [kg/m^3]	1.497	1.122	0.8269	0.5981	0.4239	0.2937
定圧比熱 [$\text{kJ}/\text{kg K}$]	2.237	2.174	2.121	2.077	2.042	2.012
熱伝導率 [mW/mK]	28.15	26.96	25.85	24.79	23.80	22.86

○ 内挿による算出式 $y = ax + b$

温度範囲	粘性率 [$\text{kg}/\text{m s}$]		密度 [kg/m^3]		定圧比熱 [$\text{kcal}/\text{kg K}$]		熱伝導率 [$\text{cal}/\text{m K s}$]	
	a	b	a	b	a	b	a	b
120~130	3.40×10^{-8}	8.88×10^{-6}	3.75×10^{-2}	-3.38	1.51×10^{-3}	3.39×10^{-1}	2.84×10^{-5}	3.03×10^{-3}
110~120	3.50×10^{-8}	8.76×10^{-6}	2.95×10^{-2}	-2.42	1.27×10^{-3}	3.67×10^{-1}	2.65×10^{-5}	3.26×10^{-3}
100~110	3.40×10^{-8}	8.87×10^{-6}	2.29×10^{-2}	-1.69	1.05×10^{-3}	3.91×10^{-1}	2.53×10^{-5}	3.39×10^{-3}
90~100	3.40×10^{-8}	8.87×10^{-6}	1.74×10^{-2}	-1.14	8.36×10^{-4}	4.13×10^{-1}	2.37×10^{-5}	3.56×10^{-3}
80~90	3.40×10^{-8}	8.87×10^{-6}	1.30×10^{-2}	-7.48×10^{-1}	7.17×10^{-4}	4.23×10^{-1}	2.25×10^{-5}	3.66×10^{-3}

○ 熱伝達係数の算出に用いたデータ

条件	値	出典
セル空気比熱 [$\text{kcal}/\text{kg K}$]	計算値	伝熱工学資料 p.295、p.296 記載値を基に内挿により算出した。次頁参照。
セル空気密度 [kg/m^3]	計算値	
セル空気粘性率 [μ Pa · s]	計算値	
セル空気熱伝導率 [W/mK]	計算値	
セル空気体積 [m^3]	■	設計図書
コンクリート比熱 [$\text{kcal}/\text{kg K}$]	0.23	日本建築学会 原子炉建屋構造設計指針・同解説 p.17
コンクリート密度 [kg/m^3]	2150	日本建築学会 原子炉建屋構造設計指針・同解説 p.17 気乾比重より
コンクリート体積 [m^3]	187.1	設計図書より算出
コンクリート表面積 [m^2]	224.8	設計図書より算出

※実際の計算では、コンクリート表面積やコンクリート体積は端数を含めた数値を用いて計算している。

■：商業機密上の観点から公開できません

○ 空気の温度に応じて、各パラメータ（下記表）の内挿による算出式から値を求めた。

温度 [°C]	60	40	20
粘性率 [μ Pa · s]	20.14	19.20	18.24
密度 [kg/m ³]	1.045	1.112	1.188
定圧比熱 [kJ/kg K]	1.009	1.007	1.007
熱伝導率 [mW/mK]	28.65	27.20	25.72

○ 内挿による算出式 $y = ax + b$

温度範囲	粘性率 [kg/m s]		密度 [kg/m ³]		定圧比熱 [kcal/kg K]		熱伝導率 [cal/m K s]	
	a	b	a	b	a	b	a	b
60~40	4.70×10^{-8}	1.73×10^{-5}	-3.35×10^{-3}	1.25	2.39×10^{-5}	2.40×10^{-1}	1.73×10^{-5}	5.81×10^{-3}
40~20	4.80×10^{-8}	1.73×10^{-5}	-3.80×10^{-3}	1.26	0	2.41×10^{-1}	1.77×10^{-5}	5.79×10^{-3}

○ 内管、外管の初期温度の設定（定常状態の評価に係る計算）
設計図書より、プルトニウム濃縮缶への加熱量、損失割合を以下のとおりとした。

加熱量 [kcal/h]	損失割合 [%]	内管への熱供給量 [kcal/h]	外管への熱損失量 [kcal/h]

熱伝達係数 h を 15000 [kcal/m² h K] ※¹ とし、飽和水蒸気温度から内管への熱供給量を内管外面の伝熱面積と熱伝達係数の積で除した値を引き、 T_4 を算出した。また、飽和水蒸気温度から外管への熱損失量を外管内面の伝熱面積と熱伝達係数の積で除した値を引き、 T_5 を算出した。

※¹ 代表的な場合の h 概略値として凝縮する水蒸気（膜状凝縮）に示されている $4000 \sim 15000$ [kcal/m² h K] の最大値を用いた。

化学工学の基礎 p.65 より

$$Q = h \times A \times \Delta T$$

$$\blacksquare = 15000 \times \blacksquare \times (130 - T_4)$$

$$\therefore T_4 = 129.4$$

$$\blacksquare = 15000 \times \blacksquare \times (130 - T_5)$$

$$\therefore T_5 = 129.8$$

注：実際の計算では伝熱面積は端数を含めた数値を用いて計算している。また、 T_4 、 T_5 について、以降に述べる伝熱計算においては端数を含めた数値で実際には計算している。以降のページでの本注記は省略する。

■：商業機密上の観点から公開できません

○簡易方法による温度評価

内管及び外管（ Z_r ）の熱容量を考慮する。初期条件を内管は 129.4°C 、外管は 129.8°C とする。硝酸プルトニウム溶液、内管及び外管（ Z_r ）、飽和水蒸気並びにセル空気へ移動する熱量からそれぞれの温度を評価し、硝酸プルトニウム溶液の沸騰が停止する時間や硝酸プルトニウム溶液への入熱量を求める。

○各熱の移動量の計算方法

①崩壊熱（ $Q_①$ ）

②硝酸プルトニウム溶液の蒸発熱（潜熱）に係る熱移動量（ $Q_②$ ）

③内管から硝酸プルトニウム溶液への熱移動量（ $Q_③$ ）

④内管から飽和水蒸気への熱移動量（ $Q_④$ ）

⑤ 外管から飽和水蒸気への熱移動量 (Q_5)

⑥ 外管からセル空気への熱移動量 (Q_6)

⑦ セル空気からコンクリートへの熱移動量 (Q_7)

$Q_{③\sim⑦}^{*1} = \text{熱伝達係数} \times \text{伝熱面積} \times \text{温度差}$

*1 硝酸プルトニウム溶液、飽和水蒸気、内管、外管、セル空気及びコンクリートとの温度差は時間の経過とともに変化するものとし、③～⑦は以下の熱の移動量とする。

③ 内管→硝酸プルトニウム溶液の熱移動量

④ 内管→飽和水蒸気の熱移動量

⑤ 外管→飽和水蒸気の熱移動量

⑥ 外管→セル空気の熱移動量

⑦ セル空気→コンクリートの熱移動量

注 飽和水蒸気は、凝縮した場合には下部配管より排水されるため、外管と内管の間は空気に置換される。空気と水蒸気では水蒸気の方が比熱は大きいことから、保守的に水蒸気が滞留するものとして評価する。

○ 具体的な計算方法

$$w_1 C_{p1} \frac{dT_1(t)}{dt} = Q_{①} + Q_{③} - Q_{②} \quad (1) \text{ 式}$$
$$= Q_{①} + h_A A_1 (T_4(t) - T_1(t)) - Q_{②}$$
$$\left[\begin{array}{l} Q_{②} = Q_{①} + Q_{③} \\ (Q_{①} + Q_{③} \geq 0) \\ Q_{②} = 0 \\ (Q_{①} + Q_{③} < 0) \end{array} \right.$$

$$w_2 C_{p2} \frac{dT_2(t)}{dt} = Q_{④} + Q_{⑤} \quad (2) \text{ 式}$$
$$= h_B A_2 (T_4(t) - T_2(t)) + h_C A_3 (T_5(t) - T_2(t))$$

$$w_{Zr1} C_{pZr} \frac{dT_4(t)}{dt} = -(Q_{③} + Q_{④}) \quad (3) \text{ 式}$$
$$= -(h_A A_1 (T_4(t) - T_1(t)) + h_B A_2 (T_4(t) - T_2(t)))$$

$$w_{Zr2} C_{pZr} \frac{dT_5(t)}{dt} = -(Q_{⑤} + Q_{⑥}) \quad (4) \text{ 式}$$
$$= -(h_C A_3 (T_5(t) - T_2(t)) + h_D A_4 (T_5(t) - T_3(t)))$$

$$w_3 C_{p3} \frac{dT_3(t)}{dt} = Q_{\text{⑥}} - Q_{\text{⑦}} \quad (5) \text{ 式}$$

$$= h_D A_4 (T_5(t) - T_3(t)) - h_E A_5 (T_3(t) - T_6(t))$$

$$w_{\text{conc}} C_{p\text{conc}} \frac{dT_6(t)}{dt} = Q_{\text{⑦}} \quad (6) \text{ 式}$$

$$= h_E A_5 (T_3(t) - T_6(t))$$

w_1 : 硝酸プルトリウム溶液重量

w_2 : 飽和水蒸気重量

w_{Zr1} : Zr 重量 (内管)

w_{Zr2} : Zr 重量 (外管)

w_3 : セル空気重量

w_{conc} : コンクリート重量

C_{p1} : 硝酸プルトリウム溶液比熱

C_{p2} : 飽和水蒸気比熱

C_{pZr} : Zr 比熱

C_{p3} : セル空気比熱

$C_{p\text{conc}}$: コンクリート比熱

A_1 : 内管内面の伝熱面積

A_2 : 内管外面の伝熱面積

A_3 : 外管内面の伝熱面積

A_4 : 外管外面の伝熱面積

A_5 : コンクリートの伝熱面積

h_A : 硝酸プルトリウム溶液-内管間の熱伝達係数 (300 一定とする)

h_B : 内管-飽和水蒸気間の熱伝達係数

h_C : 飽和水蒸気-外管間の熱伝達係数

h_D : 外管-セル空気間の熱伝達係数

h_E : セル空気-コンクリート間の熱伝達係数

$T_1(t)$: 時刻 t における硝酸プルトリウム溶液温度 (T_1 が 114°C を超える場合は 114°C とする)

$T_2(t)$: 時刻 t における飽和水蒸気温度

$T_3(t)$: 時刻 t におけるセル空気温度

$T_4(t)$: 時刻 t における内管温度

$T_5(t)$: 時刻 t における外管温度 (T_4 、 T_5 は温度分布を考慮せず一様の温度とする)

$T_6(t)$: 時刻 t におけるコンクリート温度

dt : 0.001 分 (発散防止のため)

(1)式の計算について、 $d T_1(t)$ についてまとめると、式(1)-a式に変形できる。(1)-a式は単位時間 $d t$ あたりの温度変化量 $d T_1(t)$ を表す。

$$w_1 C p_1 \frac{dT_1(t)}{dt} = Q_{\text{①}} + Q_{\text{③}} - Q_{\text{②}}$$

$$dT_1(t) = \frac{(Q_{\text{①}} + Q_{\text{③}} - Q_{\text{②}}) \times dt}{w_1 C p_1} \quad (1)\text{-a 式}$$

硝酸プルトニウム溶液への入熱 ($Q_{\text{①}} + Q_{\text{③}}$) が 0 以上の時は、沸騰が継続し、入熱は蒸発潜熱 ($Q_{\text{②}}$) により系外へ放出されるため、 $d T_1 = 0$ となり、 $T_1 = 114^\circ\text{C}$ 一定となる。入熱が 0 を下回った時点で沸騰は停止するため、(1)-a 式の蒸発潜熱は無視することができる。硝酸プルトニウム溶液の初期温度 $T_1(0) = 114^\circ\text{C}$ であることから、(1)-a 式は以下の式のようになる。

$$T_1(t) = T_1(0) + \sum d T_1(t) = 114 + \sum \frac{(Q_{\text{①}} + Q_{\text{③}} - Q_{\text{②}}) \times dt}{w_1 C p_1} \quad (1)\text{-b 式}$$

$$\left[\begin{array}{l} Q_{\text{②}} = Q_{\text{①}} + Q_{\text{③}} \quad (Q_{\text{①}} + Q_{\text{③}} \geq 0) \\ Q_{\text{②}} = 0 \quad (Q_{\text{①}} + Q_{\text{③}} < 0) \end{array} \right.$$

(2)式の計算について、 $d T_2(t)$ についてまとめると、式(2)-a式に変形できる。

$$w_2 C p_2 \frac{dT_2(t)}{dt} = Q_{\text{④}} + Q_{\text{⑤}}$$

$$dT_2(t) = \frac{(Q_{\text{④}} + Q_{\text{⑤}}) \times dt}{w_2 C p_2} \quad (2)\text{-a 式}$$

(2)-a 式は単位時間 $d t$ あたりの温度変化量 $d T_2(t)$ を表す。単位時間毎の変化量を算出し、逐次計算を積み重ねることで、ある時間における T_2 が計算できる。飽和水蒸気の初期温度 T_2

(0) = 130°Cであることから、(2)-a 式は以下の式のようにになる。

$$T_2(t) = T_2(0) + \sum dT_2(t) = 130 + \sum \frac{(Q_4 + Q_5) \times dt}{w_2 Cp_2} \quad (2)\text{-b 式}$$

(3)式、(4)式の計算について、 $dT_4(t)$ 、 $dT_5(t)$ についてまとめると、下式(3)-a 式、(4)-a 式に変形できる。

$$w_{Zr1} Cp_{Zr} \frac{dT_4(t)}{dt} = -(Q_3 + Q_4) \quad w_{Zr2} Cp_{Zr} \frac{dT_5(t)}{dt} = -(Q_5 + Q_6)$$

$$dT_4(t) = \frac{-(Q_3 + Q_4) \times dt}{w_{Zr1} Cp_{Zr}} \quad (3)\text{-a 式} \quad dT_5(t) = \frac{-(Q_5 + Q_6) \times dt}{w_{Zr2} Cp_{Zr}} \quad (4)\text{-a 式}$$

(3)-a 式、(4)-a 式は単位時間 dt あたりの温度変化量 $dT_4(t)$ 、 $dT_5(t)$ を表す。単位時間毎の変化量を算出し、逐次計算を積み重ねることで、ある時間における T_4 、 T_5 が計算できる。内管及び外管の初期温度は定常計算を行い、 $T_4(0) = 129.4^\circ\text{C}$ 、 $T_5(0) = 129.8^\circ\text{C}$ とした。

(3)-a 式、(4)-a 式は以下の式のようにになる。

$$T_4(t) = T_4(0) - \sum \frac{(Q_3 + Q_4) \times dt}{w_{Zr1} Cp_{Zr}} = 129.4 - \sum \frac{(Q_3 + Q_4) \times dt}{w_{Zr1} Cp_{Zr}} \quad (3)\text{-b 式}$$

$$T_5(t) = T_5(0) - \sum \frac{(Q_5 + Q_6) \times dt}{w_{Zr2} Cp_{Zr}} = 129.8 - \sum \frac{(Q_5 + Q_6) \times dt}{w_{Zr2} Cp_{Zr}} \quad (4)\text{-b 式}$$

(5)式、(6)式の計算について、 $dT_3(t)$ 、 $dT_6(t)$ についてまとめると、下式(5)-a 式、(6)-a 式に変形できる。

$$w_3 C_{p3} \frac{dT_3(t)}{dt} = Q_{\text{⑥}} - Q_{\text{⑦}} \quad w_{\text{conc}} C_{p\text{conc}} \frac{dT_6(t)}{dt} = Q_{\text{⑦}}$$

$$dT_3(t) = \frac{-(Q_{\text{⑥}} + Q_{\text{⑦}}) \times dt}{w_3 C_{p3}} \quad (5)\text{-a 式} \quad dT_6(t) = \frac{Q_{\text{⑦}} \times dt}{w_{\text{conc}} C_{p\text{conc}}} \quad (6)\text{-a 式}$$

(5)-a 式、(6)-a 式は単位時間 dt あたりの温度変化量 $dT_3(t)$ 、 $dT_6(t)$ を表す。単位時間毎の変化量を算出し、逐次計算を積み重ねることで、ある時間における T_3 、 T_6 が計算できる。セル空気及びコンクリートの初期温度は $T_3(0) = 50^\circ\text{C}$ 、 $T_6(0) = 32^\circ\text{C}$ とすると、(5)-a 式、(6)-a 式は以下の式のようになる。

$$T_3(t) = T_3(0) + \sum \frac{(Q_{\text{⑥}} - Q_{\text{⑦}}) \times dt}{w_3 C_{p3}} = 50 + \sum \frac{(Q_{\text{⑥}} - Q_{\text{⑦}}) \times dt}{w_3 C_{p3}} \quad (5)\text{-b 式}$$

$$T_6(t) = T_6(0) + \sum \frac{Q_{\text{⑦}} \times dt}{w_{\text{conc}} C_{p\text{conc}}} = 32 + \sum \frac{Q_{\text{⑦}} \times dt}{w_{\text{conc}} C_{p\text{conc}}} \quad (6)\text{-b 式}$$

○ h_B 、 h_C 、 h_D 、 h_E の算出方法

h_B : 内管外壁-飽和水蒸気間の熱伝達係数 [$\text{kcal}/\text{m}^2 \text{ h K}$]

h_C : 飽和水蒸気-外管内壁間の熱伝達係数 [$\text{kcal}/\text{m}^2 \text{ h K}$]

h_D : 外管外壁-セル空気間の熱伝達係数 [$\text{kcal}/\text{m}^2 \text{ h K}$]

h_E : セル空気-コンクリート間の熱伝達係数 [$\text{kcal}/\text{m}^2 \text{ h K}$]

それぞれの熱伝達係数を算出するにあたり、本モデルは垂直平板上の自然対流伝熱としてヌッセルト数を求め、熱伝達係数を算出した。なお、相関式は以下の通り。

$$\text{(層流)} \quad \text{Nu} = 0.555(\text{Gr} \times \text{Pr})^{\frac{1}{4}} \quad 10^4 \leq \text{Gr} \times \text{Pr} \leq 10^8$$

$$\text{(乱流)} \quad \text{Nu} = 0.129(\text{Gr} \times \text{Pr})^{\frac{1}{3}} \quad 10^8 \leq \text{Gr} \times \text{Pr} \leq 10^{12}$$

$$\text{Gr} = \frac{g \times \frac{1}{273.15 + T} \times H^3 \times \Delta T \times \rho^2}{\mu^2}$$

$$\text{Pr} = \frac{Cp_2 \times 1000 \times \mu}{\lambda}$$

$$h = \frac{\text{Nu} \times \lambda \times 3600}{H \times 1000}$$

Gr : グラスホフ数 [-]

Pr : プラントル数 [-]

g : 重力加速度 (9.80665 m/s²)

H : 管高さ [m]

ρ : 密度 [kg/m³]

μ : 粘性率 [Pa · s]

λ : 熱伝導率 [cal/m s K]

注記 :

h_B 、 h_C を算出する際には、飽和水蒸気の物性 (ρ 、 μ 、 λ 、T) を用いて計算する。

h_D 、 h_E を算出する際には、セル空気の物性 (ρ 、 μ 、 λ 、T) を用いて計算する。

【プルトニウム濃縮缶の入力データと温度評価結果】

入力データ	値	補足説明
硝酸プルトニウム溶液沸点 T_1 [°C]	114	
水蒸気初期温度 T_2 [°C]	130	
セル空気初期温度 T_3 [°C]	50	
内管 (Zr) 初期温度 T_4 [°C]	129.5	
外管 (Zr) 初期温度 T_5 [°C]	129.9	
コンクリート初期温度 T_6 [°C]	32	
内管硝酸プルトニウム溶液体積 [m ³]		内管内半径 ² ×円周率×管高さ×内管本数
内管硝酸プルトニウム溶液重量 w_1 [kg]		硝酸プルトニウム溶液密度×内管硝酸プルトニウム溶液体積
硝酸プルトニウム溶液発熱量 Q_1 [kcal/h]		硝酸プルトニウム溶液崩壊熱密度×0.86 (kcal/h・W)×硝酸プルトニウム溶液体積
硝酸プルトニウム溶液-内管内壁の熱伝達係数 h_A [kcal/m ² K h]		設計図書
飽和水蒸気体積 [m ³]		(外管内半径 ² -内管外半径 ² ×内管本数)×円周率×管高さ
内管体積 [m ³]		(内管外半径 ² -内管内半径 ²)×管高さ×内管本数
内管熱容量 [kcal/K]		
外管体積 [m ³]		(外管外半径 ² -外管内半径 ²)×管高さ×円周率
外管熱容量 [kcal/K]		
セル空气体積 [m ³]		設計図書より
コンクリート体積 [m ³]	187.1	
コンクリート表面積 [m ²]	224.8	
コンクリート熱容量 [kcal/K]	9.3×10^4	

※実際の計算では端数を含めた数値を用いて計算している。

■：商業機密上の観点から公開できません

○計算結果

以下に、加熱停止からの経過時間と各部位での温度の推移を示す。

小数点第2位以下は切り捨ててして表示している。

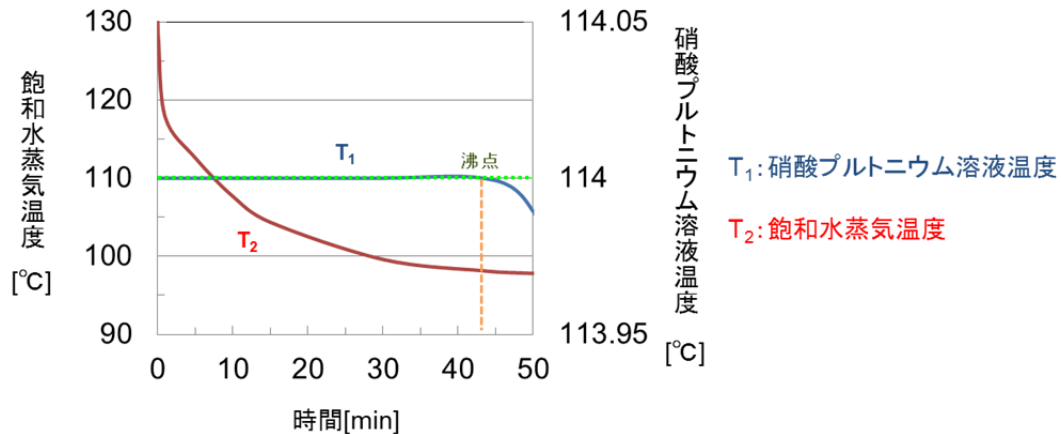
約43分後に $Q_{①} + Q_{③} < 0$ となり、沸騰が停止する。

なお、粘性率、密度、定圧比熱及び熱伝導率は、p.6以降で示した算出式を用いて都度個別に求め、 $T_1 \sim T_6$ の温度算出に使用している。

経過時間 [min]	T_1 [°C]	T_4 [°C]	T_2 [°C]	T_5 [°C]	T_3 [°C]	T_6 [°C]
0	114	129.4	130	129.8	50	32
0.1	114	122.0	127.4	129.4	49.4	32
1	114	114.0	117.7	125.4	45.5	32
5	114	113.9	112.5	109.2	37.9	32
10	114	113.9	107.6	94.0	35.3	32
15	114	113.9	104.3	83.7	34.3	32
30	114	113.8	99.5	68.8	33.4	32
43	113.9	113.8	98.1	64.3	33.1	32

○まとめ

硝酸プルトニウム溶液の温度は約 43 分後に沸点である 114°C を下回り、この時点で沸騰は停止する。



硝酸プルトニウム溶液及び飽和水蒸気の温度計算結果(加熱停止から 50 分後まで)

【まとめ】

注水槽は、プルトニウム濃縮缶凝縮器において、冷却機能が喪失した場合にプルトニウム濃縮缶の沸騰を停止させるために設置しており、未凝縮の蒸気による塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の高性能粒子フィルタの除染性能の低下を防止する観点で安全上重要な施設としていた。

注水槽の液位低警報は、未凝縮の蒸気が高性能粒子フィルタに到達し、除染性能が低下を始める前に異常を検知して沸騰を停止させるために、注水に必要な水を常に確保し、水が不足する場合には運転員に補給を促すために安全上重要な施設とし

ていた。

本簡易評価モデルにより、p.33に示した想定条件において、各種熱伝達により、凝縮器の機能喪失と同時に加熱を停止後、約43分に硝酸プルトニウム溶液の沸騰が停止する結果を得た。

この時間は、高性能粒子フィルタの除染性能が維持される期間（約14時間）よりも十分に短いため、硝酸プルトニウム溶液の沸騰は、高性能粒子フィルタへの影響が生じる前に停止する。

以上から、当初申請時に注水槽に期待した機能は、注水槽がなくても達成できるため、注水槽及び注水槽液位低警報を安全上重要な施設以外の施設として選定することは妥当である。

3. ② プルトニウム精製設備 注水槽及び注水槽の液位低警報に係る補足説明
- ・凝縮器の冷却機能喪失時における高性能粒子フィルタの機能維持時間
 - ・実際の運転データとの比較による FLUENT 解析結果の確認
 - ・プルトニウム精製設備 機能喪失した場合の影響

3. ② プルトニウム精製設備 注水槽及び注水槽の液位低警報に係る補足説明
凝縮器の冷却機能喪失時における高性能粒子フィルタの機能維持時間

○ 高性能粒子フィルタの機能が維持される時間を以下のとおり評価。

・ 文献¹⁾によれば、水ミストが存在する環境下で、フィルタ差圧が 250mmAq を超えたところから高性能粒子フィルタのリークが始まる。250mmAq に相当する水ミスト量は、容量 2000Nm³/h の高性能粒子フィルタで約 3.4kg。

・ 塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の高性能粒子フィルタは、容量約 380Nm³/h×2 段が 3 系列。
（このうち 1 系列は予備）。このため、フィルタ差圧が 250mmAq に相当する水ミスト付着量は文献値との比例計算から約 1300g。

・ 廃ガス中の水ミスト濃度を約 0.1g/m³ とし、温度は 48℃。

水ミスト濃度 0.1g/m³ は、文献²⁾によれば、爆発時におけるエアロゾル濃度の推奨値と同じ値であり、厳しい条件となっている。なお、通常時における溶液から廃ガス中への同伴ミスト量は、文献³⁾によれば、かくはんを行っている貯槽等においてもかくはん用圧縮空気量が約 10m³/h・m² であることから、10mg/m³ 以下である。

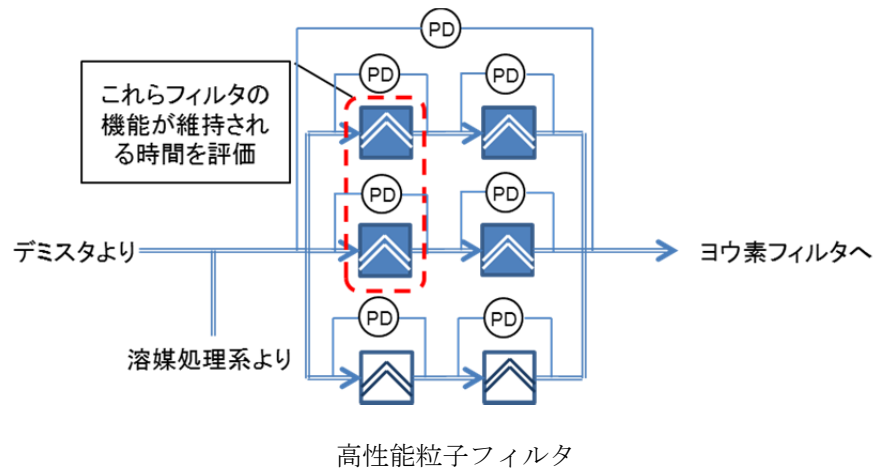
温度 48℃ は、通常時の温度約 40℃ の廃ガスに、プルトニウム濃縮缶凝縮器の機能喪失によってプルトニウム濃縮缶から温度 100℃ の蒸気が 80kg/h（凝縮器の機能喪失より、供給量を蒸発量とした）で混合した場合に、混合後の廃ガスの風量を 760Nm³/h（=380Nm³/h×2 段）の温度を求めると、約 48℃ となる。

・ 塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の高性能粒子フィルタ入り口での風量は約 760Nm³/h。

・ 以上から、高性能粒子フィルタの機能が維持される時間は、下式から約 14 時間。

$$1300\text{g} \div (760\text{Nm}^3/\text{h} \times 321\text{K}/273\text{K} \times 0.1\text{g}/\text{m}^3) \approx 14 \text{ 時間}$$

- 上記評価は、当初申請時におけるプルトニウム濃縮缶の凝縮器の凝縮機能に関する安重選定評価に用いた手法を使用している。



参考文献

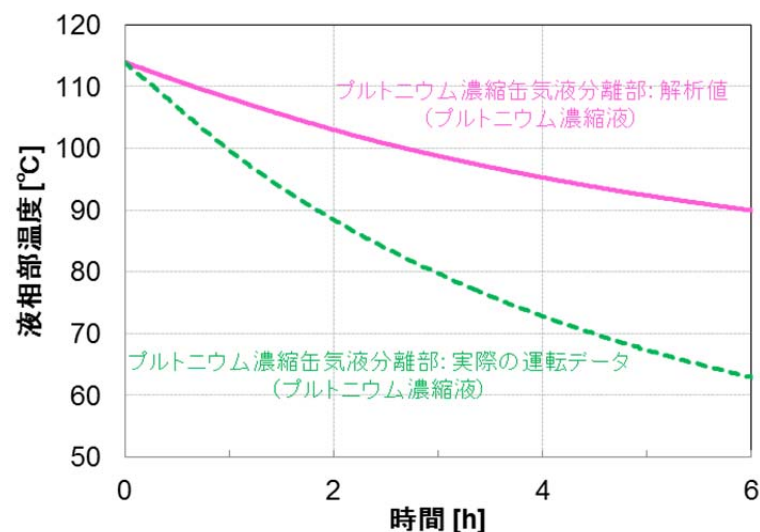
- 1) 尾崎、金川、“高性能エアフィルタの苛酷時健全性試験、(IV) 多湿試験” 日本原子力学会誌、Vol.28 No.6 (1986)
- 2) E. Walker, “A Summary of Parameters Affecting the Release and Transport of Radioactive Material from an Unplanned Incident”, BNFO-81-2 Bechtel National Inc., September 1978 (Reissued August 1981)
- 3) J.Furrer, et al., “Aerosol Source Term and Aerosol Removal in the Vessel Offgases”, RECOD87, p565, 1987

実際の運転データとの比較による FLUENT 解析結果の確認

○同一条件下での解析値と実際の運転データとの比較

プルトニウム濃縮缶は、実際にはプルトニウム濃縮缶気液分離部における液相温度と気相温度を監視している。この実際の運転データと FLUENT における解析結果を直接比較するため、プルトニウム濃縮缶を停止させた際と同じ条件でプルトニウム濃縮缶気液分離部の温度解析を行った。解析結果及び実際の運転データを下図に示す。

解析結果は実際の運転データよりも温度低下速度が遅くなっている。このため、FLUENT による解析結果はより厳しい結果を与えるものであると考えられる。



プルトニウム濃縮缶気液分離部におけるプルトニウム濃縮液の温度解析値と実際の運転データとの比較

プルトニウム精製設備 機能喪失した場合の影響

安全上重要な施設以外の施設とした設備	当初申請時の安全機能	機能喪失した場合に安全上の影響を与えないことの説明	備 考
<ul style="list-style-type: none"> 注水槽 	<p>プルトニウム濃縮缶の凝縮器での冷却能力の喪失時に、プルトニウム濃縮缶内の硝酸プルトニウム溶液の沸騰を早期に停止させるため、プルトニウム濃縮缶の加熱部に注水する。</p>	<p>当該機器はプルトニウム濃縮缶の加熱ループに接続し他の設備には接続されていないため、当該機器の機能喪失が他の設備に与える影響はない。 注水槽には約 0.3m³の水を貯留しており、注水槽はセル内ではなくグリーン区域の室に設置されている。注水槽が設置されている室には溢水防護対象は存在せず、貯留している液量が少ないため、溢水による影響はない。また、プルトニウム濃縮缶とは別の部屋に設置されているため、溢水が発生してもプルトニウム濃縮缶には影響を与えない。</p>	<p>—</p>
<ul style="list-style-type: none"> プルトニウム濃縮缶に係る注水槽の液位低による警報 	<p>注水槽の液位を監視し、液位低により警報を発する。</p>	<p>前項により、注水槽の機能喪失が他の設備に与える影響がないことから、当該機器の液位低による警報の機能喪失が他の設備に与える影響はない。</p>	<p>—</p>