

【公開版】

日本原燃株式会社	
資料番号	濃縮個別 09 R4
提出年月日	令和3年5月31日

## 強度に係る補足説明資料

本資料は、【濃縮個別 09 R3】の改訂版（R4）である。改訂内容は以下のとおり。

○第4回申請において、設備更新に伴い使用材料を変更するブースタポンプの材料強度に係る説明を追加した。

※【濃縮個別 09 R3】から変更した部分を青字にて示す。

## 目 次

1. 概要・・ 1
2. 申請対象と技術基準規則の関係・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1
3. 設工認申請書添付書類における変更内容に係る補足説明事項・・・・・・・・ 1

添付 1 要求事項に対する説明内容と各申請回次における申請範囲等の関係整理表

添付 2 申請対象設備の「技術基準規則 第 15 条 材料及び構造」への適合要否及び既認可からの変更について（今回添付省略）

添付 3 変更内容に係る補足説明事項について

## 1. 概要

本資料は、第4回申請及び新型遠心機への更新等に係る申請の【強度に関する説明書】（以下「説明書」という。）において説明した事項に関して、申請内容の妥当性、記載内容の根拠等について説明するものである。

## 2. 申請対象と技術基準規則の関係

第4回申請及び新型遠心機への更新等に係る申請において説明している内容は、「技術基準規則 第15条 材料及び構造」に基づく強度に関する説明であり、竜巻事象、火山事象等の荷重に対する強度に関する説明は含まれない（【加工施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書】にて説明。）。

容器に属する設備のうち、ケミカルトラップ ( $Al_2O_3$ ) については、上流のケミカルトラップ (NaF) により  $UF_6$  が吸着・除去されることから対象外としている。

管に属する設備のうち、気体廃棄物の廃棄設備のダクトについては、大気圧付近の圧力で使用するダクトであり、機能及び構造上の耐圧強度を必要としないため対象外としている。

規則要求事項に対する説明内容（事業変更許可での宣言事項）について、今回の申請で説明する範囲、第3回申請までで説明済みの範囲、第5回申請で説明する範囲等を整理した結果を「添付1 要求事項に対する説明内容と各申請回次における申請範囲等の関係整理表」に示す。

今回申請対象設備の「技術基準規則 第15条 材料及び構造」への適合要否、適合内容の既認可からの変更有無等を示す添付2については、全社対応内容との関係を踏まえて整理中であるため今回は添付を省略し、今後適切なタイミングで整理状況を説明する。

## 3. 設工認申請書添付書類における変更内容に係る補足説明事項

説明書での申請内容に関する補足説明を添付3に示す。

## 添付 1

要求事項に対する説明内容と

各申請回次における申請範囲等の関係整理表

見 本

- ① 新規制基準への適合に係る説明事項
- ② 事業変更許可で確認済みの事項
- ③ 第3回までで確認済みの事項
- ④-1 第4回申請で確認する事項
- ④-2 第5回申請で確認する事項

凡例：分類に応じて色分け

【凡例】	要求事項に対し該当する申請対象設備がない。
	要求事項に対し該当する申請対象機器の申請があるが、要求事項及び設計内容に変更がないため適合の説明は不要とするもの。
	要求事項の追加又は変更、設計内容の変更に伴う適合の説明が必要となるもの。
赤字	要求事項の追加又は変更、設計内容が変更となるもの。

条項等		①		②	③	④-1				④-2		⑤	
説明内容（事業変更許可での宣言事項）		事業変更許可申請書で確認済みの事項（評価が許可で確認済みであるか）		第3回申請までにおいて申請・認可済みの事項	申請範囲及び対象設備				申請範囲及び対象設備		運用による対策		
許可基準規則	技術基準規則	変更前	変更後		申請内容	対象設備	申請内容	対象設備	申請内容	対象設備			
第4条	第10条	第一号 逆流防止	UF6を内包する配管：パージ操作等において使用する核燃料物質等を取り扱わない窒素ガス配管は、核燃料物質等を取り扱う配管より高い圧力で供給することにより逆流を防止する設計とする。	(変更なし)	-	-	UF6を内包する配管：パージ操作等において使用する核燃料物質等を取り扱わない窒素ガス配管は、核燃料物質等を取り扱う配管より高い圧力で供給することにより逆流を防止する設計とする。	・カスケード設備の主要配管 ・UF6処理設備の主要配管	カスケード設備の主要配管において、窒素配管の接続口は、第4回申請の申請範囲の2A中間室側にあり、新型遠心機への更新等に係る申請の申請範囲の2Aカスケード室側に窒素配管の接続口はないため左記の要求事項に該当しない。	-	UF6を内包する配管：パージ操作等において使用する核燃料物質等を取り扱わない窒素ガス配管は、核燃料物質等を取り扱う配管より高い圧力で供給することにより逆流を防止する設計とする。	・均質・ブレンディング設備の主要配管	-
			気体廃棄物を取り扱う系統：第1種管理区域の排気を行う系統とそれ以外を区別して設置し、負圧を維持することで逆流を防止する設計とする。	(変更なし)	-	-	気体廃棄物を取り扱う系統：第1種管理区域の排気を行う系統とそれ以外を区別して設置し、負圧を維持することで逆流を防止する設計とする。	・気体廃棄物の廃棄設備のダクト ・排風機、第1種管理区域の排気機能	-	-	-	-	-
			①：新規制基準を受けて設計変更があるかを明確にするため前後表形式で示すとともに、変更になる設計を赤字及び下線で示す。	②、③：分割申請であることを踏まえ、既に説明済みの事項を示す。	④-1：今回の申請において、要求事項に該当する機器の有無を示すとともに、凡例に示すとおり、当該設計の変更有無に係わる分類を示す。	④-2：後回次で確認する事項を示す。							
		液体廃棄物を取り扱う系統：機器及び配管に接続する核燃料物質等を含まない液体を導く配管は、逆止弁等により逆流を防止する設計とする。	(変更なし)	-	-	第4回の申請において、液体廃棄物を取り扱う設備はないため左記の要求事項に該当する設備はない。	-	新型遠心機への更新等に係る申請において、液体廃棄物を取り扱う設備はないため左記の要求事項に該当する設備はない。	-	液体廃棄物を取り扱う系統：機器及び配管に接続する核燃料物質等を含まない液体を導く配管は、逆止弁等により逆流を防止する設計とする。	・液体廃棄物の廃棄設備の主要放射性廃水配管、凝集槽等	-	
		UF6が著しく漏えいするおそれがあるものに対する漏えい拡大防止に関しては、UF6を大気圧以上で大量に取り扱う均質槽の液化操作において、漏えいを検知し拡大を防止するとともに、配管カバーにより漏えいの拡大を防止する設計とする。	UF6が著しく漏えいするおそれがあるものに対する漏えい拡大防止に関しては、UF6を大気圧以上で大量に取り扱う均質槽の液化操作において、漏えいを検知し拡大を防止するとともに、配管カバー、 <u>防護カバー</u> により漏えいの拡大を防止する設計とする。	-	-	第4回の申請において、UF6が著しく漏えいするおそれのある設備（UF6を大気圧以上で大量に取り扱う均質槽）の申請はないため左記の要求事項に該当する設備はない。	-	新型遠心機への更新等に係る申請において、UF6が著しく漏えいするおそれのある設備（UF6を大気圧以上で大量に取り扱う均質槽）の申請はないため左記の要求事項に該当する設備はない。	-	UF6を大気圧以上で取り扱う機器における漏えい拡大防止に係る設計については、均質・ブレンディング設備の申請に合わせて第5回にて申請する。	・均質ブレンディング設備の均質槽、防護カバー等	-	
	第二号 拡大防止	-	<u>UF6を取り扱う配管等は、防護カバー、配管カバー、保温材等により覆われていない部分からUF6が直に漏えいしないよう、カバー等を施工し、UF6の漏えい時に従事者がUF6及びHFに直接暴露されることを防止する。</u>	-	-	第4回の申請範囲は、カスケード設備及びUF6処理設備の主要配管、2号圧力調整槽を対象に施工するカバー又はシートである。当該機器はUF6を大気圧以下で取り扱う機器であり、技術基準規則 第10条 第二号の要求事項に該当する機器ではないが、従事者保護のためのカバー又はシートを施工することにより漏えいの拡大を防止できる側面もあることから漏えい拡大防止の要求に関連付けて申請する。	・カスケード設備の主要配管 ・UF6処理設備の主要配管 ・UF6処理設備の圧力調整槽	新型遠心機への更新等に係る申請の範囲は、遠心分離機及び主要配管に施工するカバー又はシートである。当該機器はUF6を大気圧以下で取り扱う機器であり、技術基準規則 第10条 第二号の要求事項に該当する機器ではないが、従事者保護のためのカバー又はシートを施工することにより漏えいの拡大を防止できる側面もあることから漏えい拡大防止の要求に関連付けて申請する。	・遠心分離機 ・カスケード設備の主要配管	均質・ブレンディング設備に施工するカバー又はシートに係る設計。	・均質ブレンディング設備の主要配管等	-	

【凡例】	要求事項に対し該当する申請対象設備がない。
	要求事項に対し該当する申請対象機器の申請があるが、要求事項及び設計内容に変更がないため適合の説明は不要とするもの。
	要求事項の追加又は変更、設計内容の変更に伴う適合の説明が必要となるもの。
	赤字 要求事項の追加又は変更、設計内容が変更となるもの。

条項等		①		②	③	④-1				④-2		⑤	
		説明内容（事業変更許可での宣言事項）		事業変更許可申請書で確認済みの事項（評価が許可で確認済みであるか）	第3回申請までにおいて申請・認可済みの事項	申請範囲及び対象設備				申請範囲及び対象設備			
許可基準規則	技術基準規則	変更前	変更後			-	-	第4回申請		遠心機更新申請		第5回申請	
				申請内容	対象設備			申請内容	対象設備	申請内容	対象設備		
第4条	第15条	第一号 材料及び構造強度	ウランを内包する設備及び機器は、UF6等の取り扱う物質に対して耐腐食性を有する材料を使用し、取扱い圧力に応じた耐圧気密性を確保して放射性物質の漏えいを防止する設計とする。	(変更なし)	-	-	第4回の申請範囲は、UF6を大気圧以下で取り扱う機器であり、設備更新に伴い使用材料を変更する機器以外は、要求事項及び設計に変更がないため適合の説明は不要とする。「加工施設の閉じ込めの機能に関する説明書」にて使用する材料が耐腐食性を有することを述べていることから、強度に関する説明書では、使用条件における材料及び構造の強度（UF6を大気圧以下で取り扱う機器の耐圧強度）に関して説明する。なお、第4回申請の申請対象機器は取扱量及び取扱い圧力から溶接強度に関する要求事項の対象外機器である。	・カスケード設備の主要配管 ・UF6処理設備のコールドトラップ、ケミカルトラップ（NaF）等 ・主要材料を変更する機器：UF6処理設備のカスケード排気系ブースタポンプ	新型遠心機への更新等に係る申請の範囲は、UF6を大気圧以下で取り扱う機器である。「加工施設の閉じ込めの機能に関する説明書」にて使用する材料が耐腐食性を有することを述べていることから、強度に関する説明書では、使用条件における材料及び構造の強度（UF6を大気圧以下で取り扱う機器の耐圧強度）に関して説明する。なお、新型遠心機への更新等に係る申請の申請対象機器は取扱量及び取扱い圧力から溶接強度に関する要求事項の対象外機器である。	・遠心分離機 ・カスケード設備の主要配管	第5回申請の申請対象設備に係る当該事項に関する設計（UF6を大気圧以上で取り扱う機器の設計を含む。）。	・均質ブレンディング設備のコールドトラップ、均質槽等	-
		第二号 耐圧試験又は漏えい試験	「加工施設の閉じ込め機能に関する説明書」にて説明する。										

## 添付 2

申請対象設備の「技術基準規則 第 15 条 材料及び構造」への適合要否及び既認可からの変更について

(今回添付省略)

## 添付 3

変更内容に係る補足説明事項について



## 第 4 回申請分

【第4回申請】

設工認申請書	補足説明	備考
<p>1. 概要</p> <p><u>本資料は、「加工施設の技術基準に関する規則（以下「技術基準規則」という。）」第15条に基づき、材料及び構造について、適切な材料を使用し、十分な構造及び強度を有することを説明するものである。</u></p> <p><u>今回申請する設備及び機器の本項における要求事項の変更については、既認可にて当該事項に対する設計を申請済みであるとともに、それらに係る設計について変更はないため、今回の申請において変更は行わない。(注1)</u></p>	<p>(注1) 本資料は、「加工施設の技術基準に関する規則（以下「技術基準規則」という。）」第15条に基づき、材料及び構造について、十分な材料及び構造強度を有することを説明するものである。</p> <p>本資料では、技術基準規則の要求事項に変更はないが、ウランを内包する設備のうち主要材料を変更する設備に関する材料及び構造について説明する。</p> <p>上記以外の設備及び機器については、本項における要求事項及び設計に変更がないため、今回の申請において変更は行わない。</p> <p>2. 基本方針</p> <p>本施設の容器及び管並びにこれらを支持する構造物のうち、本施設の安全性を確保する上で重要なものは、使用条件及び設計上定める条件において必要な耐圧強度を有する設計とする。</p> <p>3. 強度設計</p> <p>主要材料を変更する UF<sub>6</sub> 処理設備の 2A カスケード排気系ブースタポンプ（CS 系）及び 2 号カスケード排気系ブースタポンプ（CB 系）は、使用条件として UF<sub>6</sub> を大気圧以下で取り扱うことを踏まえ、一般産業用工業品から真空排気用のポンプを選定し、外圧に対する耐圧強度を確保する設計とする。</p> <p>本機器は、カスケード系内の圧力の真空度を高めることを目的に設置する機器である（カスケード系内の真空度は、遠心機の特性を踏まえた生産上の要求事項であり、技術基準における要求事項ではない）。</p> <p>これに対し、メーカー規格及び基準は、真空排気を行うポンプとして使用することを目的とした一般産業用工業品に対する規格であることから、本機器の使用目的は本規格の使用目的の範囲内である。</p> <p>本施設における本機器の使用条件のうち、温度については、常温で取り扱う機器であり、メーカー規格及び基準の設計温度の範囲内である。</p> <p>本施設における本機器の使用条件のうち、圧力については、選定したポンプの能力により決定される。メーカー規格及び基準においては、高真空領域で取り扱う機器であり、絶対真空と外圧との差圧を考慮した設計である。外圧との差圧については、「安全機能を有する施設が使用される条件の下における健全性に係る説明書」に示すとおり、他機器の機能喪失や異常事象等による環境変化に対し特別に設計上の考慮が必要になる事項はないことからメーカー規格及び基準の設計圧力の範囲内である。</p> <p>使用する材料強度については、JIS 規格にて本機器の使用材料（<span style="background-color: black; color: black;">XXXXXXXXXX</span>）の引張り強さ 400MPa に対し-10℃～40℃における設計許容応力を 50MPa と規定しており、最高使用温度 40℃における最高使用圧力に対し十分な強度を有している。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・大気圧以下で取り扱う機器であり、絶対真空と外圧の差圧を考慮した強度を有している（全体的な変形が弾性域である）。設計基準事故時の環境条件を考慮しても弾性域を超える荷重がかからない。</li> <li>・外圧との最大差圧：約 0.1MPa。</li> </ul>

※青枠で示した箇所は、設工認申請書の記載の充実化、適正化を図る箇所を示す。

## 新型遠心機への更新等に係る申請分

【新型遠心機への更新等】

設工認申請書	補足説明	備考
<p>1. 概要</p> <p>本資料は、「加工施設の技術基準に関する規則（以下「技術基準規則」という。）」第 15 条に基づき、材料及び構造について、適切な材料を使用し、十分な構造及び強度を有することを説明するものである。</p> <p>本資料では、カスケード設備の遠心分離機（RE-██████）及び主配管に関する材料及び構造について説明する。</p> <p>また、当該設備の本条に対する設計については、「新規基準への適合に係る申請（1次申請～5次申請）」の3次申請で認可済み（認可番号：原規規発第 2003265 号（令和 2 年 3 月 26 日付け））である遠心分離機（RE-██████）と同じである。</p> <p>2. 基本方針</p> <p>本施設の容器及び管並びにこれらを支持する構造物のうち、本施設の安全性を確保する上で重要なものは、使用条件及び設計上定める条件において必要な耐圧強度を有する設計とする。</p> <p>2.1 遠心分離機の強度計算の基本方針</p> <p>UF<sub>6</sub>を大気圧未満で取り扱うことから、日本産業規格、機械工学便覧、機械設計便覧に基づき外圧に対する強度の確認として、以下の計算により求められる許容外圧（P<sub>a</sub>）が設計圧力（0.1013(MPa)）以上であること及び最大発生応力（σ<sub>max</sub>）が許容応力以下であることを確認する。</p> <p>(1) 上フランジ, 下フランジ</p> $\sigma_{\max} = \mp \frac{3(3+\nu)Pa^2}{8h^2} \dots \dots \dots (\text{機械工学便覧})$ <p>ここで、</p> <p>σ<sub>max</sub> : 円板に発生する最大応力 (N/mm<sup>2</sup>)</p> <p>ν : ポアソン比 (—)</p> <p>h : 円板板厚 (mm)</p> <p>P : 単位面積当たりの荷重 (N/mm<sup>2</sup>)</p> <p>a : 円板半径 (mm)</p>		

設工認申請書	補足説明	備考
<p>(2) ケーシング (薄肉部)</p> $P = \frac{t^3 E}{4(1-\nu^2)r^3} \dots \dots \dots (\text{機械設計便覧})$ <p>ここで,</p> <p>P : 座屈する外力 (N/mm<sup>2</sup>)</p> <p>ν : ポアソン比 (—)</p> <p>t : 肉厚 (mm)</p> <p>E : ヤング係数 (N/mm<sup>2</sup>)</p> <p>r : 平均半径 (mm)</p> <p>2.2 遠心分離機 (ブロック配管) 及び主配管の強度計算の基本方針</p> <p>UF<sub>6</sub>を大気圧未満で取り扱うことから, 日本産業規格に基づき外圧に対する強度の確認として, 以下の計算により求められる許容外圧 (P<sub>a</sub>) が設計圧力 (0.1013(MPa)) 以上であることを確認する。</p> <p>(1) <math>\frac{D_o}{t} \geq 10</math> の場合</p> $P_a = \frac{4Bt}{3D_o} \dots \dots \dots (\text{JIS B 8265 附属書 E E4 外圧を保持する胴及び鏡板})$ <p>ここで,</p> <p>P<sub>a</sub> : 外圧を保持する胴の計算において, 腐れ後の厚さを t とした場合の許容外圧 (MPa)</p> <p>B : JIS B 8265 附属書 E 図 E.10 で, A の値と設計温度に対応する材料線から得られる値 (N/mm<sup>2</sup>)</p> <p>A : JIS B 8265 附属書 E 図 E.10 から B の値を求めるための値 (—)</p> <p>同書 図 E.9 から求める値</p> <p>t : 円筒胴の計算厚さ (mm)</p> <p>D<sub>o</sub> : 円筒胴の外径 (mm)</p>		

設工認申請書	補足説明	備考
<p>(2) <math>\frac{D_o}{t} &lt; 10</math> の場合</p> $P_a = \left( \frac{2.167t}{D_o} - 0.0833 \right) B \cdot \cdot \text{(JIS B 8265 附属書 E E4 外圧を保持する胴及び鏡板)}$ <p>ここで、</p> <p><math>P_a</math> : 外圧を保持する胴の計算において、腐れ後の厚さを <math>t</math> とした場合の許容外圧 (MPa)</p> <p><math>B</math> : JIS B 8265 附属書 E 図 E.10 で、<math>A</math> の値と設計温度に対応する材料線から得られる値 (<math>N/mm^2</math>)</p> <p><math>A</math> : JIS B 8265 附属書 E 図 E.10 から <math>B</math> の値を求めるための値 (—)</p> <p>同書 図 E.9 から求める値</p> <p><math>t</math> : 円筒胴の計算厚さ (mm)</p> <p><math>D_o</math> : 円筒胴の外径 (mm)</p> <p>3. 強度設計</p> <p><u>カスケード設備の遠心分離機 (RE- ) 及び主配管は、「新規制基準への適合に係る申請 (1次申請～5次申請)」の3次申請で認可済み (認可番号: 原規規発第 2003265 号 (令和 2年 3月 26日付)) である遠心分離機 (RE- ) 及び主配管と使用条件及び設計上定める条件が同じであることから、遠心分離機 (RE- ) 及び主配管と同一の仕様及び構造とし、使用条件及び設計上定められる条件において必要な耐圧強度を確保する設計とする。</u></p> <p><u>(注 1)</u></p>	<p>(注 1)</p> <p>3.1 外圧に対する強度設計</p> <p>遠心分離機及び主要配管は、<math>UF_6</math> を大気圧以下で取り扱う機器であることから、外圧に対する耐圧強度を確保する設計とする。</p> <p>「2.1 遠心分離機の強度計算の基本方針」及び「2.2 遠心分離機 (ブロック配管) 及び主配管の強度計算の基本方針」に示す強度計算の基本方針に基づき耐圧強度評価を実施する。評価の結果、設計上定められる条件 (大気圧未満での <math>UF_6</math> の取り扱い) において必要な強度を有している。</p> <p>遠心分離機及び主要配管の耐圧計算結果を別添 1 に示す。</p> <p>なお、「新規制基準への適合に係る申請」の第 3 回申請で認可済みの RE-2A 前半分の遠心分離機及び主要配管と今回申請する RE-2A 後半分の遠心分離機及び主要配管については、使用条件及び設計上定める条件並びに仕様及び構造は同じであることから、本評価のインプット条件及び結果についても同じである。</p>	

※青枠で示した箇所は、設工認申請書の記載の充実化、適正化を図る箇所を示す。

設工認申請書	補足説明	備考
	<p>3.2 遠心分離機の回転体破損に対する強度設計</p> <p>遠心分離機は回転体が破損しても外筒（ケーシング）の真空気密性能が十分に保たれるように、破壊試験等により裏付けられた強度設計を行う。</p> <p>回転体が破損してケーシングに衝突しても真空気密性能を確保できるように、ケーシング肉厚を破壊評価試験により確認した最低肉厚以上を確保し、遠心分離機内の UF<sub>6</sub> をケーシング内に閉じ込める設計とし、遠心分離機の回転数が破壊評価試験により確認された回転数以下となるように、高周波電源設備の高周波インバータ装置に周波数を制限する遠心機過回転防止機能を設ける。</p> <p>遠心分離機の破壊評価試験の内容を別添 2 に示す。</p> <p>なお、「新規制基準への適合に係る申請」の第 3 回申請で認可済みの RE-2A 前半分の遠心分離機及び主要配管と今回申請する RE-2A 後半分の遠心分離機及び主要配管については、使用条件及び設計上定める条件並びに仕様及び構造は同じであることから、本試験のインプット条件及び結果についても同じである。</p>	

※青枠で示した箇所は、設工認申請書の記載の充実化、適正化を図る箇所を示す。

別添 1

(今回添付省略)



別添 2

(今回添付省略)