

【公開版】

日本原燃株式会社	
資料番号	濃縮個別 06 R0
提出年月日	令和 3 年 2 月 15 日

核燃料物質の臨界防止に係る補足説明資料

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 申請対象設備の「技術基準規則 第4条 核燃料物質の臨界防止」への適合要否及び既認可からの変更について

添付2 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【核燃料物質の臨界防止に関する説明書】（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

本施設における臨界管理の対象は、濃縮度 0.95 %以上の濃縮ウランを内包する可能性のある設備及び機器である。

今回申請対象の設備の「技術基準規則 第4条 核燃料物質の臨界防止」への適合要否、適合内容の既認可からの変更有無等を添付1に示す（補足説明資料 濃縮個別 05 の再掲）。また、既認可から変更がないとしたものについて、既認可の申請内容を添付1の別添に示す。

3. 設工認申請書添付書類における変更内容に係わる補足説明事項

説明書での申請内容に関する補足説明を添付2に示す。

添付 1

申請対象設備の「技術基準規則 第 4 条 核燃料物質
の臨界防止」への適合要否及び既認可からの変更に
ついて

第 4 回申請分

設工認申請対象機器の技術基準への適合性に係る整理

【第4回申請】

番号	施設区分	設備区分	機器名称	設置場所	数量	単位	申請回	変更区分	DB区分	耐震設計	備考
162	放射線管理施設	放射線監視・測定設備	HFセンサ	-	-	-	4	確認	非安重	1G	
165	放射線管理施設	放射線監視・測定設備	モニタリングポスト	周辺監視区域境界付近	3	台	4	確認	非安重	第3類	
166	放射線管理施設	放射線分析関係設備	放射線測定装置	-	-	-	4	確認	非安重	-	
167	放射線管理施設	個人管理用測定設備	個人線量計	-	-	-	4	確認	非安重	-	
168	放射線管理施設	出入管理関係設備	ゲート	-	-	-	4	確認	非安重	-	
169	放射線管理施設	出入管理関係設備	退出モニタ	-	-	-	4	確認	非安重	-	
170	放射線管理施設	出入管理関係設備	シャワー	-	-	-	4	確認	非安重	-	
171	放射線管理施設	その他の放射線防護設備	放射線防護具類	-	-	-	4	確認	非安重	-	
172	放射線管理施設	その他設備	気象観測機器	-	-	-	4	確認	非安重	-	
173	放射線管理施設	その他設備	放射線測定車	-	-	-	4	確認	非安重	-	
177	その他の加工施設	非常用設備	消火器	-	-	-	4	確認	非安重	-	
178	その他の加工施設	非常用設備	消火設備	-	-	-	4	確認	非安重	-	
179	その他の加工施設	非常用設備	屋外消火栓設備	-	-	-	4	改造	非安重	-	
181	その他の加工施設	非常用設備	防火水槽	-	-	-	4	新設	非安重	-	
186	その他の加工施設	非常用設備	1号無停電電源装置	中央操作棟	4	台	4	確認	非安重	第2類	
187	その他の加工施設	非常用設備	2号無停電電源装置	中央操作棟	6	台	4	改造	非安重	第2類	
188	その他の加工施設	非常用設備	直流電源設備（蓄電池盤）	中央操作棟	2	台	4	改造	非安重	第2類	
189	その他の加工施設	非常用設備	直流電源設備（充電器盤）	中央操作棟	3	台	4	改造	非安重	第2類	
239	濃縮施設	カスケード設備	圧力計（製品濃縮度 ████████ ）	2号発回均質棟	2	台					
240	濃縮施設	カスケード設備	芯径計（製品濃縮度 ████████ ）	2号発回均質棟	2	台					
241	濃縮施設	カスケード設備	圧力計（製品濃縮度 ████████ ）	2号発回均質棟	2	台	4	改造	非安重	第3類	カスケード設備主要配管の計測制御系
242	濃縮施設	カスケード設備	濃縮度測定装置	2号発回均質棟	2	台					
243	-	-	圧力・流量及び濃縮度測定装置による濃縮度管理のインターロック	-	-	-					
244	-	-	地震計（水平）	中央操作棟	6	台					
245	-	-	地震計（鉛直）	中央操作棟	6	台	4	新設	非安重	第3類	第1類に用いる地震力を用いて耐震性を評価
246	-	-	地震発生時のカスケード排気のインターロック、地震発生時の加熱停止のインターロック	-	-	-					同上
247	濃縮施設	UF ₂ 処理設備	圧力計（原料シリンダ内圧力）	2号発回均質棟	7	台					
248	濃縮施設	UF ₂ 処理設備	測温抵抗体（発生槽内温度）	2号発回均質棟	7	台	4	確認	非安重	第3類	2号発生槽の計測制御系
249	-	-	圧力異常高又は温度異常高による加熱停止のインターロック	-	-	-					
250	濃縮施設	UF ₂ 処理設備	測温抵抗体（温水ユニット温度）	2号発回均質棟	2	台					
251	-	-	温水ユニット温度異常による加熱停止のインターロック	-	-	-	4	確認	非安重	第3類	2号発生槽の計測制御系

既認可			今回申請			技術基準への適合に関する変更有無の考え方 【既認可】欄 ○：適合説明対象 △：適合説明対象外 -：適合説明対象外 【今回申請】欄 ○：適合説明対象（変更内容により説明が必要） △：適合説明対象外（既認可から変更がないため説明が不要） -：適合説明対象外
第4条第1項	第4条第2項	第4条第3項	第4条第1項	第4条第2項	第4条第3項	
-	-	-	-	-	-	同上
-	-	-	-	-	-	同上
-	-	-	-	-	-	同上
-	-	-	-	-	-	同上
-	-	-	-	-	-	同上
-	-	-	-	-	-	同上
-	-	-	-	-	-	同上
-	-	-	-	-	-	同上
-	-	-	-	-	-	同上
-	-	-	-	-	-	同上
-	-	-	-	-	-	同上
-	-	-	-	-	-	同上
-	-	-	-	-	-	同上
-	-	-	-	-	-	同上
-	-	-	-	-	-	同上
-	-	-	-	-	-	同上
-	-	-	-	-	-	同上
-	-	-	-	-	-	同上
-	-	-	-	-	-	同上
-	-	-	-	-	-	同上
-	-	-	-	-	-	計測自体は臨界質量以上のウランを取り扱うものではないため、臨界管理対象外だが、カスケード及びカスケードより下流側の臨界管理対象機器における濃縮度の制限値（5%）を担保する機能の濃縮度管理インターロックの構成機器であるため、詳細については18条の警報設備で説明する。第4条の適合説明においては当該インターロックを設けることのみを示す。
-	-	-	-	-	-	濃縮度0.95以上のウランを取り扱わないことから対象外。
-	-	-	-	-	-	同上
-	-	-	-	-	-	同上
-	-	-	-	-	-	同上
-	-	-	-	-	-	同上
-	-	-	-	-	-	同上
-	-	-	-	-	-	同上

設工認申請対象機器の技術基準への適合性に係る整理

【第4回申請】

番号	施設区分	設備区分	機器名称	設置場所	数量	単位	申請回	変更区分	DB区分	耐震設計	備考	既認可			今回申請			技術基準への適合に関する変更有無の考え方 【既認可】欄 ○：適合説明対象 -：適合説明対象外 【今回申請】欄 ○：適合説明対象（変更内容により説明が必要） △：適合説明対象外（既認可から変更がないため説明が不要） -：適合説明対象外
												第4条第1項	第4条第2項	第4条第3項	第4条第1項	第4条第2項	第4条第3項	
315	放射性廃棄物の廃棄施設	気体廃棄物の廃棄設備	密圧計（第1種管理区域（負圧））	1号カスケード機	5	台	4	確認	非安重	第3類	1号中間室系排風機の計測制御系	-	-	-	-	-	-	同上
316	-	-	第1種管理区域の排気機能維持	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	同上
317	放射性廃棄物の廃棄施設	気体廃棄物の廃棄設備	密圧計（第1種管理区域（負圧））	1号発回均質機	7	台	4	確認	非安重	第3類	1号発生回収系系排風機の計測制御系	-	-	-	-	-	-	同上
318	-	-	第1種管理区域の排気機能維持	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	同上
319	放射性廃棄物の廃棄施設	気体廃棄物の廃棄設備	密圧計（第1種管理区域（負圧））	1号発回均質機	8	台	4	確認	非安重	第3類	1号均質室系排風機の計測制御系	-	-	-	-	-	-	同上
320	-	-	第1種管理区域の排気機能維持	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	同上
321	放射性廃棄物の廃棄施設	気体廃棄物の廃棄設備	密圧計（第1種管理区域（負圧））	2号発回均質機	8	台	4	確認	非安重	第3類	2号発回均質機系排風機の計測制御系	-	-	-	-	-	-	同上
322	-	-	第1種管理区域の排気機能維持	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	同上

※表中の赤字は、設工認申請書の記載の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

設工認申請対象機器の技術基準への適合性に係る整理

【速心機更新】

番号	施設区分	設備区分	機器名称	設置場所	数量	単位	申請回	変更区分	DB区分	耐震設計	備考
1	濃縮施設	カスケード設備	速心分離機 (RE ■■■■■)	2号カスケード棟	■	機	新型速心機の更新等	新設	非安重	1G	
2	濃縮施設	カスケード設備	主要配管 (RE ■■■■■)	2号カスケード棟 2号通印均質棟	—	式	新型速心機の更新等	新設	非安重	1G	
3	濃縮施設	高周波電源設備	■■■■■ 高周波インバータ装置	2号カスケード棟	■	台	新型速心機の更新等	新設	非安重	第3類	
4	—	—	速心機過回転防止機能	2号カスケード棟	—	—	新型速心機の更新等	新設	非安重	第3類	■■■■■ 高周波インバータ装置の計測制御系

※表中の赤字は、設工認申請書の記載の適正化を図る箇所を示す。

既認可			今回申請			技術基準への適合に関する変更有無の考え方 【既認可】欄 ○：適合説明対象 —：適合説明対象外 【今回申請】欄 ○：適合説明対象（変更内容により説明が必要） △：適合説明対象外（既認可から変更がないため説明が不要） —：適合説明対象外
第四 条 第 1 項	第四 条 第 2 項	第四 条 第 3 項	第四 条 第 1 項	第四 条 第 2 項	第四 条 第 3 項	
核燃料物質の臨界防止	核燃料物質の臨界防止					
—	—	—	○	○	—	濃縮度0.95%以上のウランを内包することから対象となる。
—	—	—	○	○	—	同上
—	—	—	—	—	—	濃縮度0.95%以上のウランを取り扱わないことから対象外。
—	—	—	—	—	—	同上

別添

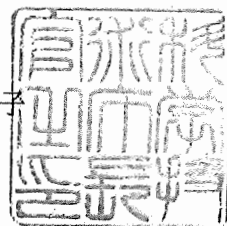
既認可の申請内容

天

6安(核規)第665号
平成6年12月15日

日本原燃株式会社
代表取締役社長 野澤 清志 殿

科学技術庁長官 田中 眞紀子



核燃料物質の加工施設の変更に関する
設計及び工事の方法の認可について

平成6年9月30日付け濃発第36号をもって申請のあった標記の件については、核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律第16条の2第1項の規定に基づき認可します。

I. 核燃料物質の臨界防止に関する説明書

[臨界安全計算書]

目 次

	ページ
1. 2号発回均質室の設備・機器	添 I - 1
2. Aウラン貯蔵庫及びBウラン貯蔵庫の設備・機器	添 I - 8
3. 放射性物質の移動に対する臨界防止	添 I - 10

臨 界 計 算

今回申請する設備のうち臨界管理対象であるUF₆処理設備、均質・ブレンディング設備及び貯蔵設備について臨界計算を行い、核的に安全であることを確認した。

本施設では、濃縮ウランを収納する全ての設備・機器は、濃縮度5%以下に核的に制限する。また、濃縮度0.95%以下のウランは、参考文献(1)によれば、均質系において質量無限大でも臨界に達しないため、濃縮度0.95%以上の濃縮ウランを収納する可能性のある設備・機器について臨界計算を行う。

なお、臨界計算については機器の寸法及び配置に対し、保守的なモデルを設定することにより行う。

1. 2号発回均質室の設備・機器

2号発回均質室の設備・機器のうち、臨界管理対象となるものは、以下に挙げるものである。

- コールドトラップ（製品コールドトラップ、一般パージ系コールドトラップ（パージ用）及び均質パージ系コールドトラップ）
- 製品シリンダ（製品シリンダ槽内）
- 中間製品容器（製品回収槽内、均質槽内及び中間製品容器置場）
- 減圧槽
- ケミカルトラップ（NaF）（捕集排気系ケミカルトラップ（NaF）、一般パージ系ケミカルトラップ（NaF）（パージ用）及び均質パージ系ケミカルトラップ（NaF））

これらの機器について、それぞれ単一ユニット及び複数ユニットにおける臨界計算を行う。

(1) 単一ユニット

- a. コールドトラップ（製品コールドトラップ、一般パージ系コールドトラップ（パージ用）及び均質パージ系コールドトラップ）

コールドトラップの臨界管理は、参考文献(2)により減速度を $H/U-235=1.7$ 以下として核的に制限することにより行う。万一、水分を含んだ空気がコールドトラップに流入した場合でも、内部の圧力上昇を検知し、コールドトラップの出入口弁を閉止するので、さらに水分の流入が続くことはない。コールドトラップの内圧が大気圧に至るまで水分の流入が続いたとしても、UF₆、不純ガスの量及び流入する水分の量より $H/U-235$ を計算すると、

製品コールドトラップ	5.1
一般パージ系コールドトラップ	1.7
均質パージ系コールドトラップ	0.3

となり、参考文献(3)による減速度の臨界安全値 $H/U-235=10$ 以下である。なお、計算の詳細を別添-1に示す。

- b. 製品シリンダ（製品シリンダ槽内）及び中間製品容器（製品回収槽内、均質槽内及び中間製品容器置場）

製品シリンダ及び中間製品容器の臨界管理は、1.(1)a.に示すコールドトラップと同様に減速度を $H/U-235=1.7$ 以下として核的に制限することにより行う。万一、水分を含んだ空気が製品シリンダ及び中間製品容器に流入し、内圧が大気圧に至ったとしても、 UF_6 、不純ガスの量及び流入する水分の量より $H/U-235$ を計算すると、

製品シリンダ 0.82

中間製品容器 1.5

となり、減速度の臨界安全値 $H/U-235=10$ 以下である。なお、計算の詳細を別添-1に示す。

- c. 減圧槽

減圧槽は均質槽内の中間製品容器に安全弁を介して配管により連結されており、通常時真空状態で待機している。均質槽内の中間製品容器内の圧力が異常に上昇した場合には、安全弁が作動し、中間製品容器中の UF_6 が減圧槽に流入する。

中間製品容器中の UF_6 は 1.(1)b.に示すように、減速度を $H/U-235=1.7$ 以下として核的に制限しており、減圧槽も同様に減速度を $H/U-235=1.7$ 以下として核的に制限している。この UF_6 が真空状態にある減圧槽中に放出された場合の $H/U-235$ を計算すると0.28となり、減速度の臨界安全値 $H/U-235=10$ 以下である。なお、計算の詳細を別添-1に示す。

- d. ケミカルトラップ (NaF) (捕集排気系ケミカルトラップ (NaF) 、一般パージ系ケミカルトラップ (NaF) (パージ用) 及び均質パージ系ケミカルトラップ (NaF))

ケミカルトラップ (NaF) の単一ユニットの臨界管理は、容器の形状寸法を制限することにより行う。参考文献(4)によれば、濃縮度5%、中性子実効増倍率0.9及び完全水反射(30cm厚さ)の条件における無限長円筒の直径の臨界安全値は58.8cmである。ケミカルトラップ (NaF) の円筒内径は、JIS B 0404-1977による許容差を考慮し核的制限値(57.55cm)を超えないものとしている。

以上のとおり、2号発回均質室の機器は、いかなる場合においても臨界に達することはない。なお、別添-2に示すとおり、それぞれの単一ユニットについて中性子実効増倍率の計算を行った結果、すべて0.95以下であり、未臨界である。

(2) 複数ユニット

- a. コールドトラップ（製品コールドトラップ、一般パージ系コールドトラップ（パージ用）及び均質パージ系コールドトラップ）の配列

コールドトラップは相互の間隔が30cm以上となるように配置する。

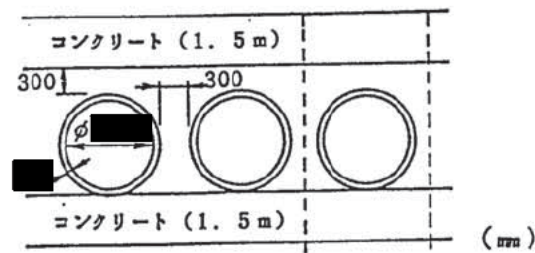
コールドトラップの臨界安全性を評価するため、以下に示す製品コールドトラップのモデルによる臨界計算を行う。なお、製品コールドトラップより寸法の小さい一般パージ系コールドトラップ及び均質パージ系コールドトラップの臨界計算については、製品コールドトラップの計算結果に包含される。

(a) 使用コード

KENO- IV/S

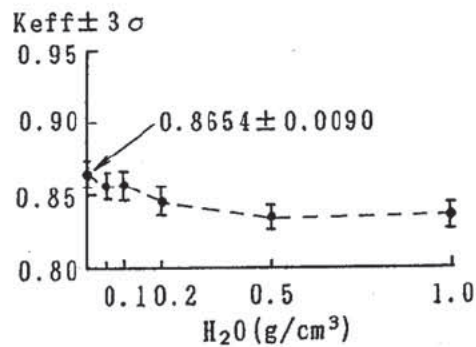
(b) 計算条件

- 濃縮度 5 %
- H/U-235-10
- 無限長円筒の無限配列 表面間距離30cm
- 空間部最適減速



(c) 計算結果

計算の結果、下図に示すとおり、中性子実効増倍率は0.95以下であり、未臨界である。



d. ケミカルトラップ (NaF) (捕集排気系ケミカルトラップ (NaF)、一般パージ系ケミカルトラップ (NaF) (パージ用) 及び均質パージ系ケミカルトラップ (NaF)) の配列

ケミカルトラップ (NaF) は、相互の間隔が 1 m 以上となるように配置する。

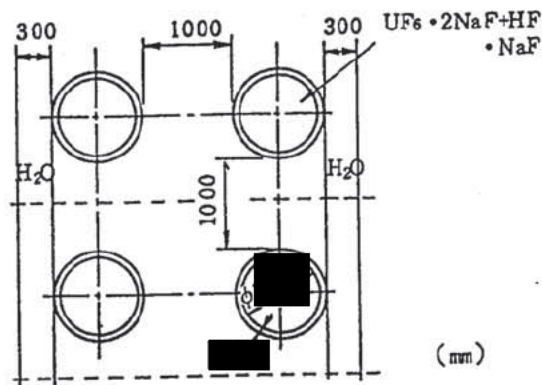
ケミカルトラップ (NaF) の臨界安全性を評価するため、以下に示すモデルによる臨界計算を行う。

(a) 使用コード

KENO- IV/S

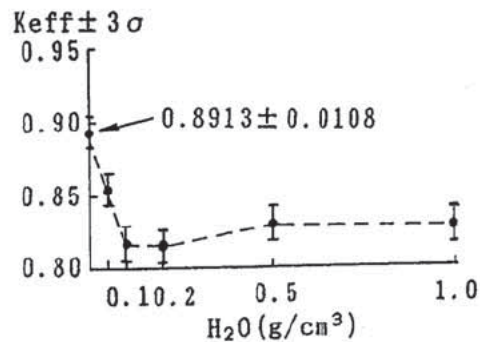
(b) 計算条件

- 濃縮度 5 %
- UF_6 2NaF 体積比 0.3 (単一ユニットで選択した最適減速体積比)
- 無限長円筒の 2 列無限配列 表面間距離 1 m
- 空間部最適減速



(c) 計算結果

計算の結果、下図に示すとおり、中性子実効増倍率は 0.95 以下であり、未臨界である。



e. 機器群の相互配列

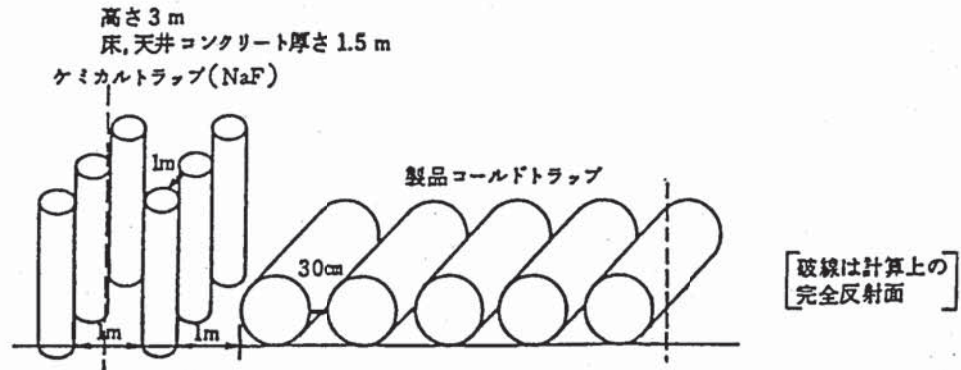
ケミカルトラップ(NaF) 並びにコールドトラップ、製品シリンダ、中間製品容器及び減圧槽の相互の配列について以下に示すモデルによる臨界計算を行う。コールドトラップ、製品シリンダ、中間製品容器及び減圧槽の配列を最も寸法の大きい製品コールドトラップの配列で代表する。

(a) 使用コード

KENO- IV/S

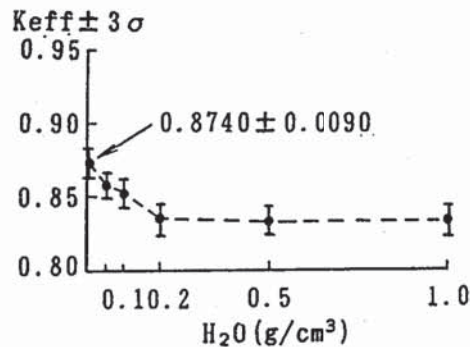
(b) 計算条件

- 濃縮度 5 %
- ケミカルトラップ(NaF) : $UF_6 \cdot 2NaF$ 体積比 0.3
(単一ユニットで選択した最適減速体積比)
高さ 3 m
- 製品コールドトラップ : H/U-235 = 10 無限長円筒
- 無限配列
- コールドトラップ表面間距離 30cm
- ケミカルトラップ表面間距離 1 m
- コールドトラップ-ケミカルトラップ表面間距離 1 m
- 空間部最適減速



(c) 計算結果

計算の結果、下図に示すとおり、中性子実効増倍率は0.95以下であり、未臨界である。



以上のとおり、2号発回均質室内に配列されたコールドトラップ、製品シリンダ、中間製品容器、減圧槽及びケミカルトラップ(NaF)の機器群配列について中性子実効増倍率の計算を行った結果、0.95以下であり、中性子相互干渉により臨界に達することはない。

(3) まとめ(2号発回均質室の設備・機器)

2号発回均質室に設置する設備・機器は、(1)、(2)の臨界評価結果により、核的に安全である。

3. 放射性物質の移動に対する臨界防止

製品シリンダ、中間製品容器及びケミカルトラップ(NaF)の運搬時に、万一、他のユニットと接触した場合を考慮し、以下に示すとおり臨界計算を行う。

(1) 2号発回均質室の設備・機器

a. 移動中のケミカルトラップ(NaF)が製品コールドトラップ、一般パージ系コールドトラップ、均質パージ系コールドトラップ、製品シリンダ、中間製品容器又は減圧槽(最も寸法の大きい製品コールドトラップで代表する。)に接触した場合

(a) 使用コード

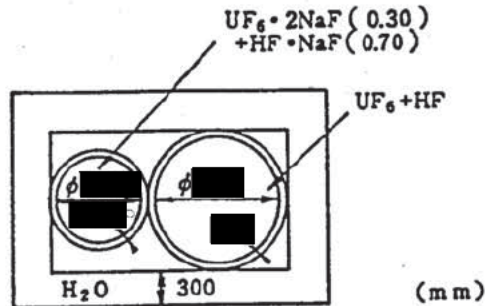
KENO- IV/S

(b) 計算条件

- 濃縮度 5%
- コールドトラップ: H/U-235=10
- ケミカルトラップ(NaF): $UF_6 \cdot 2NaF$ 体積比 0.3

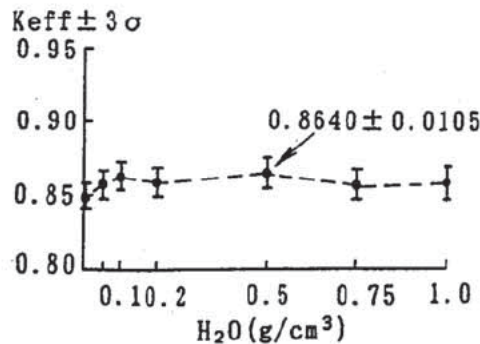
(単一ユニットで選択した最適減速体積比)

- 無限長円筒
- 空間部最適減速



(c) 計算結果

計算の結果、下図に示すとおり、中性子実効増倍率は0.95以下であり、未臨界である。



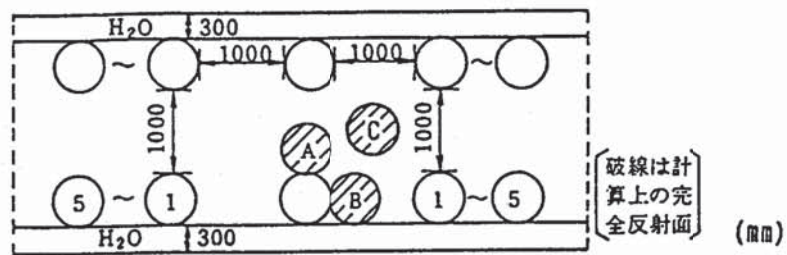
b. 移動中のケミカルトラップ(NaF) がケミカルトラップ(NaF) に接触した場合

(a) 使用コード

KENO- IV/S

(b) 計算条件

- 濃縮度 5 %
- $UF_6 \cdot 2NaF$ 体積比 0.3 (単一ユニットで選択した最適減速体積比)
- 無限長円筒の無限配列 表面間距離 1 m
- 空間部最適減速 1.(2)d.に示すケミカルトラップ(NaF) の複数ユニットの計算結果で、中性子実効増倍率の最大値を与える水密度 $0.0g/cm^3$ を条件とする。



(c) 計算結果

計算の結果、次に示すとおり、中性子実効増倍率は0.95以下であり、未臨界である。

移動トラップ位置

- A. $K_{eff} \pm 3\sigma = 0.9069 \pm 0.0111$
- B. $K_{eff} \pm 3\sigma = 0.9038 \pm 0.0099$
- C. $K_{eff} \pm 3\sigma = 0.9008 \pm 0.0102$

c. 移動中の中間製品容器が中間製品容器に接触した場合

1.(2)c. に示す結果と同様である。

参考文献

- (1) GAT-225 Rev.4(1981)
NUCLEAR CRITICALITY SAFETY GUIDE FOR THE PORTSMOUTH GASEOUS DIFFUSION
PLANT
- (2) ANSI N14.1-1987(1987)
American National Standard
for packaging of uranium hexafluoride for transport
- (3) K-1663(1966)
HYDROGEN MODERATION-A PRIMARY NUCLEAR SAFETY CONTROL FOR HANDLING AND
TRANSPORTING LOW-ENRICHMENT UF₆
- (4) K-1691(1967)
ORGD P FUEL REPROCESSING STUDIES SUMMARY PROGRESS REPORT
JANUARY THROUGH JUNE, 1966

表I-1 異常時H/U-235の計算

項目	計算式		$H/U-235 = \frac{V(P_2 - P_1)}{RT} \frac{2P_3}{P} + \frac{VP_1}{RT} \frac{1}{M}$ $P = P_2 - P_3 + 2P_3 = P_2 + P_3$ $[H/U-235 = 0.319 \frac{V(760 - P_1)}{T} + 2.355 \frac{VP_1}{T}]$			
	<p>V : 容器の容積 (m³)</p> <p>P₁ : 容器内の圧力 (Torr) [平常時の圧力はすべてHFによるものとする。]</p> <p>P₂ : 大気圧 = 760 (Torr)</p> <p>P₃ : 飽和水蒸気圧 (40℃) = 55.3 (Torr) [温度40℃, 相対湿度100%とする。]</p> <p>R : ガス定数 = 62.86 (Torr m³ / kmol/K)</p> <p>T : 温度 (K)</p> <p>W : U-235の質量 = 1.6 (kg) [最小臨界安全質量(二重装荷なし)]</p> <p>M : U-235のモル当たりの質量 = 235 (kg/kmol)</p>					
容器名称	コールドトラップ			UF ₆ シリンダ類		減圧槽
	製品コールドトラップ	均質パーズ系コールドトラップ	一般パーズ系コールドトラップ	製品シリンダ	中間製品容器	
容器の容積 (m ³)	4.3	0.207	1.3	0.759	1.55	6.43
平常時	容器内の圧力 (Torr)	■	■	■*1	■*3	■
	温度 (K)	■	■	■*2	■*2	■
異常時	容器内の圧力 (Torr)	760	760	760	760	760
	流入ガス温度 (K)	313	313	313	313	313
H/U-235 (-)	5.1	0.3	1.7	0.82	1.5	0.28
備考				<p>*1 中間製品容器内のHFがすべて製品シリンダに移動したものと条件より求まる。</p> <p>*2 プロセス使用条件の最低温度とする。</p>	<p>*3 製品コールドトラップ内のHFがすべて本容器に移動したものと条件より求まる。</p> <p>(製品コールドトラップの条件 : ■ 4.3 m³ ■)</p>	<p>減圧槽については、中間製品容器中のUF₆が真空状態にある減圧槽に流入する場合を想定しており、中間製品容器の平常時H/U-235(0.17)に平常時の容器内圧力(■)に相当する空気中の水分が、流入するUF₆と反応して発生するHFによるH/U-235の増加分を加えて求める。</p> <p>(計算式)</p> $H/U-235 = \frac{VP_1}{RT} \frac{2P_3}{P} + \frac{VP_1}{RT} \frac{1}{M}$ <p>+ [中間製品容器の平常時H/U-235]</p>

表I-2 単一ユニットの臨界計算

室	設備	対象機器	臨界管理 ^{※1} の方法	臨界計算条件 ^{※2}	使用コード	計算結果	備考	
2号発回均質室	UF。処理設備	製品コールドトラップ	平常時	濃縮度減速度	濃縮度 5% H/U-235 = 1.7 無限円筒 (内径 [] mm, 板厚 [] mm) 30cm水反射	KENO-1V/S	$K_{eff} \pm 3\sigma = 0.7112 \pm 0.0075$	
			異常時 (大気流入)	同上	濃縮度 5% H/U-235 = 1.0 無限円筒 (内径 [] mm, 板厚 [] mm) 30cm水反射	KENO-1V/S	$K_{eff} \pm 3\sigma = 0.8364 \pm 0.0102$	
		一般バージ系コールドトラップ	同上	—	—	—	最も寸法の大きい製品コールドトラップ解析で代表	
		中間製品容器	平常時	同上	濃縮度 5% H/U-235 = 1.7 無限円筒 (内径 [] mm, 板厚 [] mm) 30cm水反射	KENO-1V/S	$K_{eff} \pm 3\sigma = 0.6560 \pm 0.0081$	
			異常時 (大気流入)	同上	濃縮度 5% H/U-235 = 1.7 無限円筒 (内径 [] mm, 板厚 [] mm) 30cm水反射	KENO-1V/S	$K_{eff} \pm 3\sigma = 0.6560 \pm 0.0081$	
	捕集排気系ケミカルトラップ (NaF)	濃縮度形状寸法	濃縮度 5% 最適減速条件 UF ₆ ・2NaF } 体積比 HF・NaF } パラメータ 無限円筒 (内径 [] mm, 板厚 [] mm) 30cm水反射	KENO-1V/S	$K_{eff} \pm 3\sigma$ 0.95 0.90 0.85 0.80 0.75 0.25 0.30 0.35 0.40 0.45 0.50 UF ₆ ・2NaF 体積比 0.8378 ± 0.0108			
	均質・ブレンディング設備 及び 貯蔵設備	中間製品容器	濃縮度減速度	—	—	—	UF。処理設備の中間製品容器と同一	
		製品シリンダ	同上	—	—	—	最も寸法の大きい製品コールドトラップ解析で代表	
		均質バージ系コールドトラップ	同上	—	—	—	同上	
		均質バージ系ケミカルトラップ (NaF)	濃縮度形状寸法	—	—	—	UF。処理設備ケミカルトラップ (NaF) と同一	
減圧槽		濃縮度減速度	—	—	—	最も寸法の大きい製品コールドトラップ解析で代表		
Aウラン貯蔵庫 及び Bウラン貯蔵庫	貯蔵設備	製品シリンダ	同上	—	—	同上		

※1 ; 減速度管理を行うものは、平常時及び異常時の臨界計算を行う。
 ※2 ; [—] は、他の解析結果で代表させていることを示す。

添付 2

変更内容に係る補足説明事項について

【第4回申請】

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4条に基づき、本施設における核燃料物質の臨界防止について説明するものである。</p> <p>本資料では、技術基準規則第4条の要求事項に変更はないが、カスケード設備を対象にカスケード設備の主配管の設計変更（濃縮度管理のインターロックの変更 ██████████ による演算機能の撤去）^(注1)に関する臨界防止について説明する。</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>なお、技術基準規則第12条「加工施設内における溢水による損傷の防止」の追加に対しては、本施設の濃縮UF₆を収納する容器等が冠水し、完全水反射の条件となっても中性子実効増倍率は0.95以上としないことを既認可から確認しており、臨界の防止に対する溢水防護は不要である。^(注2)</p> <p>2. 基本方針</p> <p>カスケード設備の主配管の濃縮度管理のインターロックは、濃縮度管理をカスケード設備で行い、施設全体で取り扱う濃縮度を5%以下とするために設けている機能^(注1)である。したがって、本機能の一部である ██████████ による演算機能を撤去した場合においても、濃縮度管理をカスケード設備で行うことができる設計とする。</p> <p>3. 臨界安全設計</p> <p>今回撤去する演算機能は、金属胴遠心機の新型遠心機への更新時に、 ██████████ による演算のどちらか一方を選択できるよう追加した機能^(注1)であるが、新型遠心機の運転実績により演算方法の切り替えを行う必要はない。</p> <p>本機能を撤去しても、 ██████████ による濃縮度管理のインターロック、「濃縮度測定装置による濃縮度管理のインターロック」にて濃縮度が制限値を超えないよう管理し、これらのインターロック^(注1)の二つ以上の機能を常に確保することから、インターロックの保守点検期間中等においても、濃縮度異常の発生は防止される。</p> <p>本設計の具体的内容は「V-1-1-10 警報設備等に関する説明書」にて説明する。</p>	<p>(注1) 別紙1参照。</p> <p>(注2) 既認可（認可番号：平成6年12月15日付け6安（核規）第665号）の評価内容については別紙2参照。</p> <p>(注1) 別紙1参照。</p> <p>(注1) 別紙1参照。</p>	<p>・濃縮度管理インターロックの ██████████ による演算の撤去以外は、臨界安全設計の既認可からの変更はなし。</p>

【遠心機更新】

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4条に基づき、本施設における核燃料物質の臨界防止について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-XXXXXXXXXX）及び主配管に関する臨界防止について説明する。</p> <p>なお、当該機器の本条に対する設計については、「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日付け））であるカスケード設備の遠心分離機（RE-XXXXXXXXXX）及び主配管と同じである。</p> <p>2. 基本方針</p> <p>本施設は、遠心分離法により天然ウランから濃縮度5%以下の低濃縮ウランを製造する施設であり、UF₆を核分裂性物質密度が小さい気体状で濃縮し、固体状のUF₆は減速材及び反射材となる水との接触がない状態で取り扱うことから、臨界安全上の核的制限値を有する機器の有無によらず、臨界が発生するおそれはない。また、設計を上回る技術的に見て発生し得るいかなる条件においても臨界の発生は想定されないことから、臨界安全上の安全上重要な施設はないが、濃縮ウランを取り扱うという観点から、以下の対策を講じる設計とする。</p> <p>既許可申請の設計を維持し、通常時に予想される機器等の単一の故障若しくはその誤作動又は運転員の単一の誤操作を想定した場合に、核燃料物質が臨界に達するおそれがないようにするために、核燃料物質の臨界防止に係る基本方針を以下のとおりとする。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本施設で取り扱う核燃料物質は、天然ウラン、濃縮ウラン及び劣化ウランとし、このうち濃縮度0.95%以上の濃縮ウランを内包する可能性のある設備及び機器を臨界管理の対象とする。 ・核燃料物質の取扱い上の一つの単位を単一ユニットとし、臨界管理の対象に選定する設備及び機器は、濃縮度、減速度及び形状寸法の核的制限値を定め、濃縮度と減速度及び濃縮度と形状寸法管理を組み合わせ管理する。 ・本施設においては、施設全体で取り扱う濃縮度を5%以下とするために、濃縮度管理をカスケード設備で行う。新型遠心機によるカスケード設備の濃縮域の一部で濃縮度が5%を超える場合があるが、カスケード設備の製品側出口において濃縮度を5%以下に管理する。 ・核的制限値の設定に当たっては、取り扱うウランの化学的組成、濃縮度、密度、幾何学的形状及び減速条件を考慮し、中性子の減速、吸収及び反射の各条件を仮定し、かつ、測定又は計算による誤差等を考慮して十分な裕度を見込む。 ・二つ以上の単一ユニットの配列については、十分な離隔距離を確保し、ユニット相互間の距離の実効増倍率が0.95以下となる配置とする。 ・核的制限値の維持管理については、起こるとは考えられない独立した二つ以上の異常が同時に起こらない限り臨界に達しない設計とする。 ・参考とする手引書、文献等は公表された信頼度の十分高いものを使用する。また、<u>臨界計算コード^(注3)</u>は、実験値等との対比が行われ、信頼度の十分高いことが立証されているコード（文献）を使用する。 <p>3. 臨界安全設計</p> <p>3.1 単一ユニット</p> <p>各単一ユニットに含まれる核燃料物質及びその他の物質の種類、量、物理的・化学形態等を考慮し、核的制限値を設定して技術的に見て想定されるいかなる条件下でも臨界とならない設計とする。</p> <p>事業変更許可申請書に示すように、遠心分離機と主配管を合わせて十分な裕度（濃縮度：7%、内部減速条件：HF濃度をパラメータとした最適条件、外部雰囲気：水密度をパラメータとした最適条件、配列：無限個配列）</p>	<p>(注3) 別紙3参照。</p>	

設工認申請書					補足説明	備考										
<p>を見込んだモデルにより臨界計算を行った結果、実効増倍率は0.95以下であり、カスケード設備は臨界に達することはなく、濃縮度以外の核的制限値を設定する必要はない。^(注4)</p> <p>今回の申請対象における単一ユニットの核的制限値及び臨界安全値は、次表のとおりとする。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>設備及び機器</th> <th>臨界因子</th> <th>取扱物質形態</th> <th>核的制限値</th> <th>臨界安全値</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>カスケード設備 (遠心分離機, 主配管)</td> <td>濃縮度</td> <td>UF₆</td> <td>5%[*]</td> <td>—</td> </tr> </tbody> </table> <p>※ カスケード設備の濃縮域の一部で濃縮度が5%を超える場合があるが、「新規制基準への適合に係る申請(1次申請～5次申請)」の申請範囲であるカスケード設備の主配管に濃縮度管理のインターロックを設け^(注5)、濃縮度管理を行い、カスケード設備の製品出口の濃縮度として5%を設定する。</p>					設備及び機器	臨界因子	取扱物質形態	核的制限値	臨界安全値	カスケード設備 (遠心分離機, 主配管)	濃縮度	UF ₆	5% [*]	—	<p>(注4) 別紙4参照。</p>	
設備及び機器	臨界因子	取扱物質形態	核的制限値	臨界安全値												
カスケード設備 (遠心分離機, 主配管)	濃縮度	UF ₆	5% [*]	—												
<p>3.2 複数ユニット</p> <p>新型遠心機によるカスケード設備については、単一ユニットの評価において、遠心分離機を無限個配列したモデルにより評価したため、配列を考慮した複数ユニットの評価は単一ユニットの評価に含まれる。^(注4)</p>					<p>(注5) 濃縮度管理インターロックに係る計器及びインターロック機能は、第4回申請にて申請を行う(インターロックの詳細は別紙1のとおり)。</p>											
					<p>(注4) 別紙4参照。</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。

別紙 1

新型遠心機プラントの濃縮度管理インターロックについて

1. はじめに

カスケードの濃縮度制御は [REDACTED] [REDACTED] で行う。さらに、 [REDACTED] [REDACTED] の制御方法に分けられる。(別添1参照)

金属銅遠心機によるカスケードは [REDACTED] [REDACTED] を採用していた。

新型遠心機によるカスケードは、 [REDACTED] [REDACTED]、電力会社の需要濃縮度（低濃縮度から高濃縮度へシフト）と新型遠心機の特性 [REDACTED] を踏まえ、 [REDACTED] 選択できるようにしたが、今回の申請（第4回申請）において [REDACTED] を削除することを申請した。以下に、カスケードの濃縮度の管理方法等について説明する。

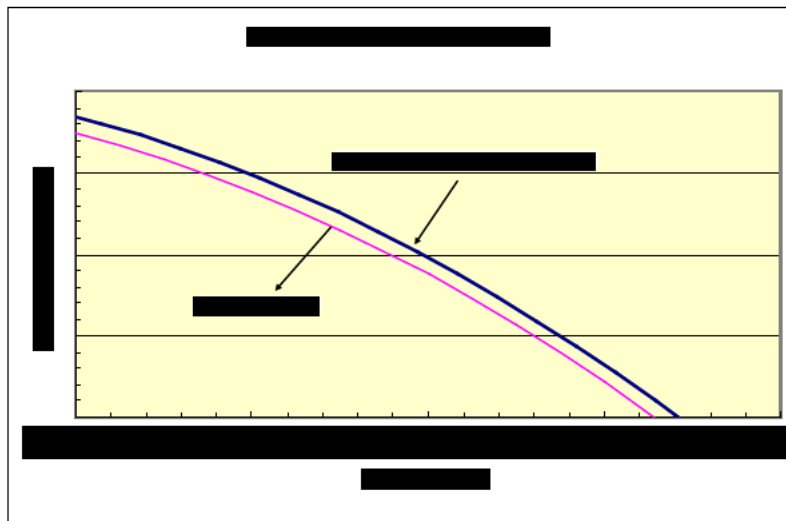
2. 濃縮度の管理方法

(1) カスケード制御方法の比較（添付-1参照）と今回の変更

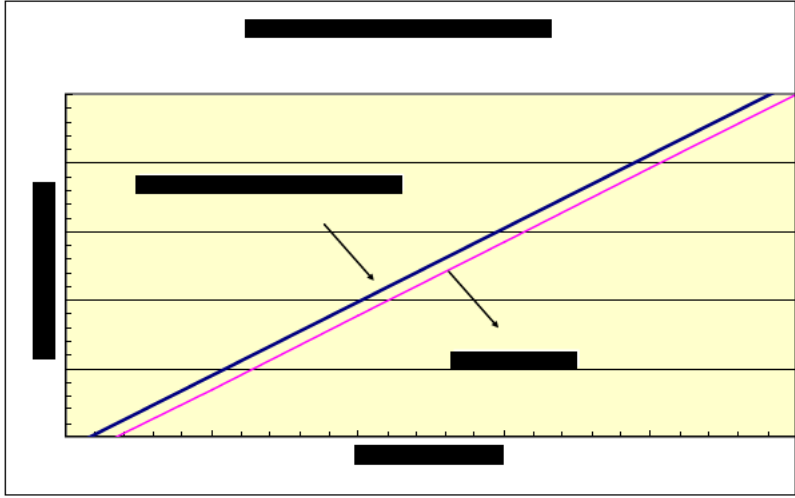
- [REDACTED] [REDACTED] カスケードを設置しているカスケード室は、第2種管理区域であり、 [REDACTED] [REDACTED] 濃縮度の制御をしやすい。
- ただし、 [REDACTED] [REDACTED]、遠心分離機に与える負荷が大きくなる。
- 2A カスケード前半分の導入時には、電力会社から従来に比べ高い濃縮度の要求が増えており、 [REDACTED] [REDACTED] 濃縮度の変動が大きくなり濃縮役務を行うことができない可能性があったため、 [REDACTED] も行えるようにしたが、 [REDACTED] [REDACTED] 抑制されているため、実績として [REDACTED] [REDACTED] により濃縮役務を行うことができることから [REDACTED] [REDACTED] による濃縮度判定機能は削除する。本機能を撤去しても、 [REDACTED] [REDACTED] による濃縮度管理のインターロック」、「濃縮度測定装置による濃縮度管理のインターロック」にて濃縮度が制限値を超えないよう管理し、これらのインターロックの二つ以上の機能を常に確保することから、濃縮度異常の発生は防止される。

(2) 濃縮度インターロックの設定

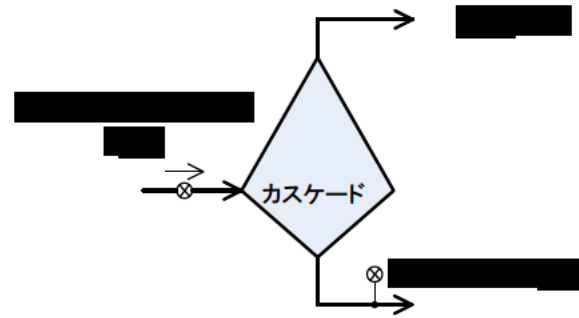
濃縮度インターロック判定式を設定する。この判定式を元に、インターロックにより生産を停止する。



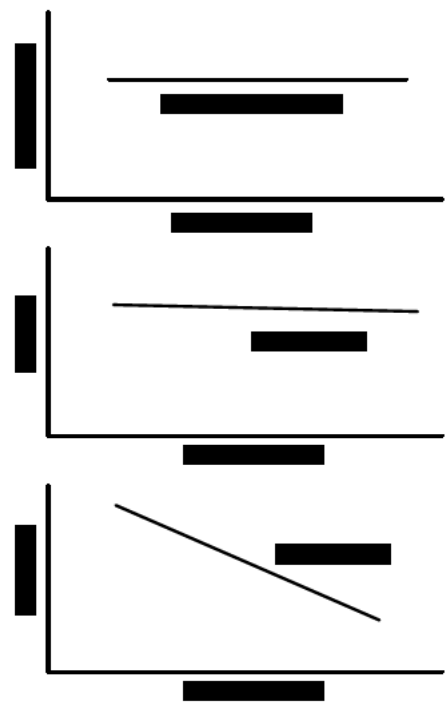
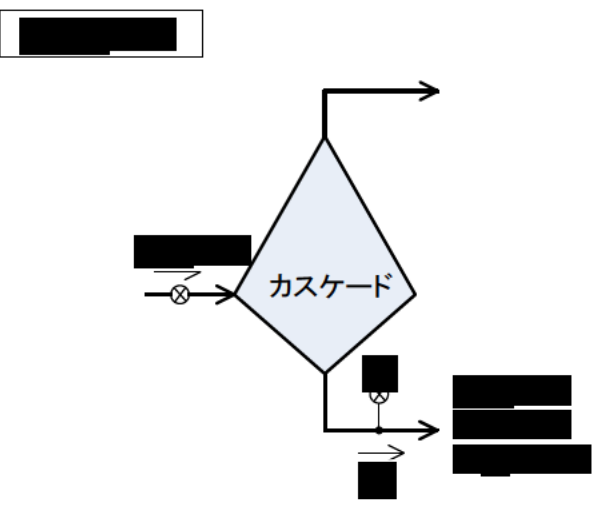
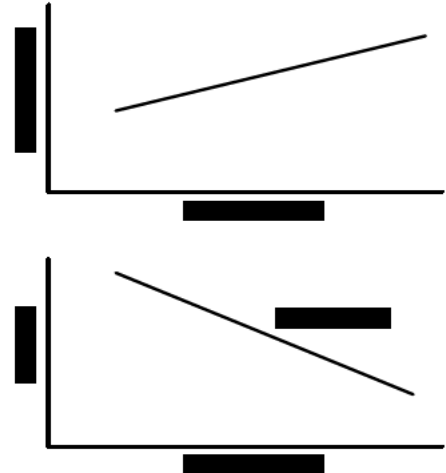
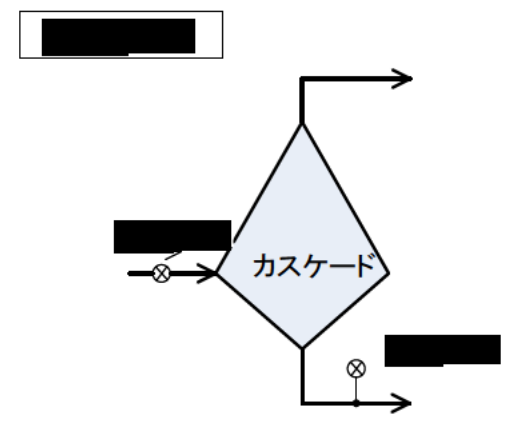
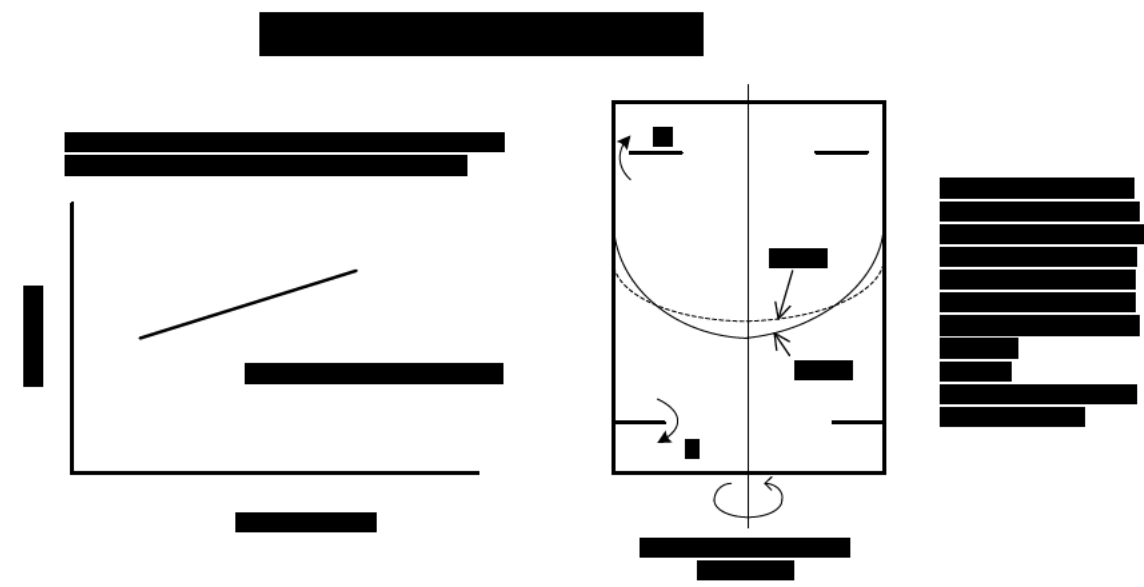
濃縮度インターロック判定式を設定する。この判定式を元に、インターロックにより生産を停止する。



カスケードの濃度制御方法



カスケードの製品、廃品濃度を調整するための制御ポイントとして、XXXXXXXXXXとXXXXXXXXXXがある。XXXXXXXXXX製品、廃品濃度が変わらないため、通常は一定の値に保ち、カスケードの製品、廃品濃度の制御ポイントとしては使用しない。



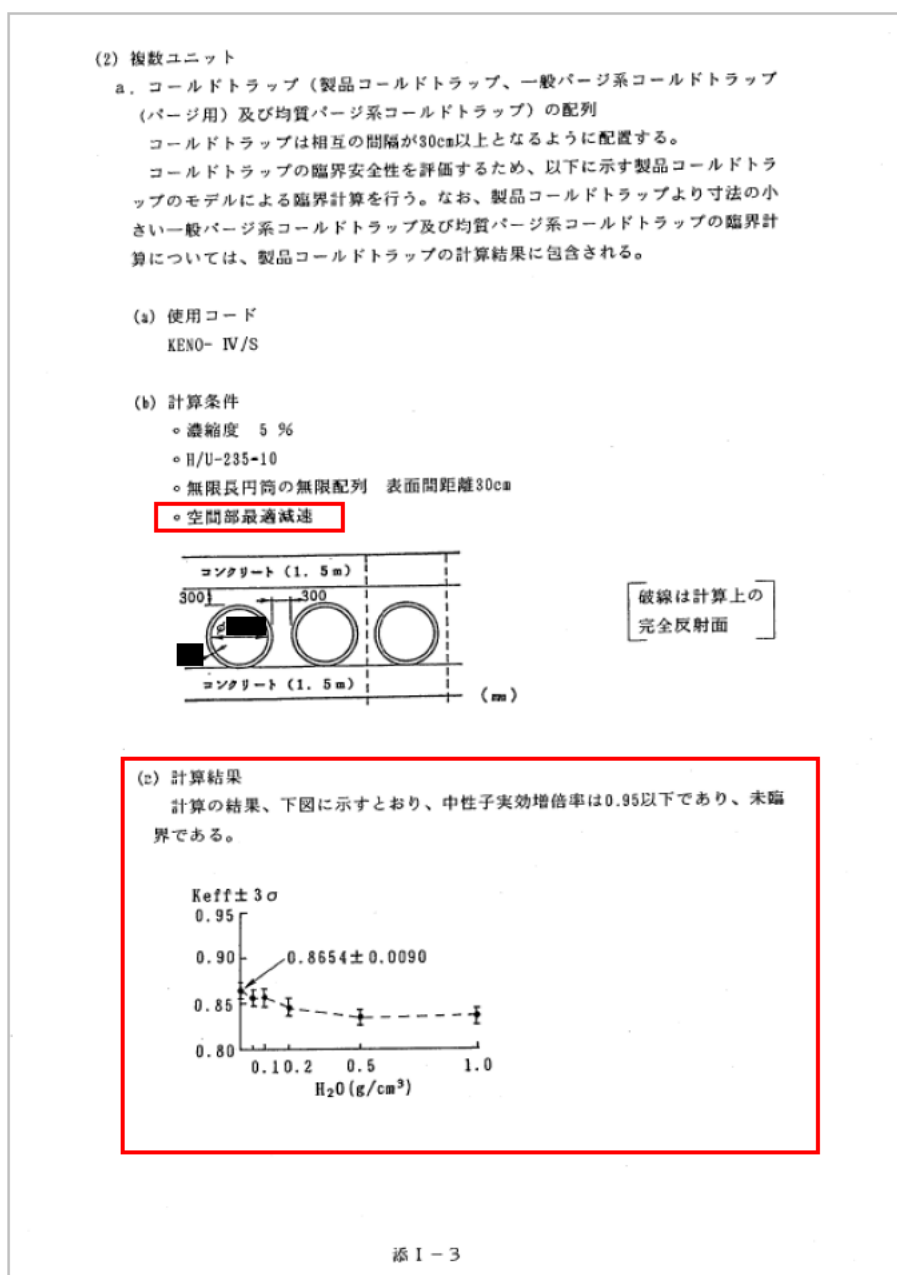
別紙 2

既認可の臨界計算条件（外部雰囲気）について

以下の例のとおり、既認可（平成6年12月15日付け6安（核規）第665号）から完全水反射の条件も考慮した最適減速条件で臨界計算を実施し、中性子実効増倍率が0.95以上とならないことを確認しており、第4回申請において臨界の防止に対する溢水の考慮等を新たに示すことは不要である。

○コールドトラップの複数ユニットの評価の例

（ケミカルトラップについても同様に実施）



別紙 3

臨界計算に用いる臨界計算コードについて

本施設の臨界計算において、臨界計算コードは、米国NRC（原子力安全局）のライセンス評価コードシステムSCALEに内蔵されているKENO-IV/sとKENO-Vaを使用している。

両計算コードの主な違いは、取扱える計算形状の自由度にある。

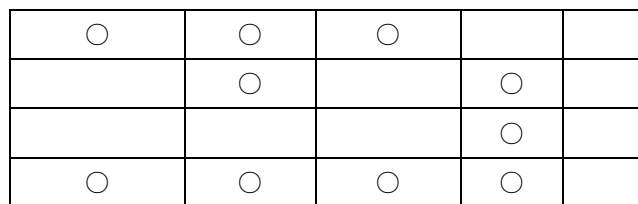
KENO-IV/sは、例1のように直方体に区画される領域内に単一ユニットが存在していなければならない。ユニットと交差して区画される形状では計算ができない。

これに対し、KENO-Vaの場合、例2のような形状でも計算できる処理能力がある。

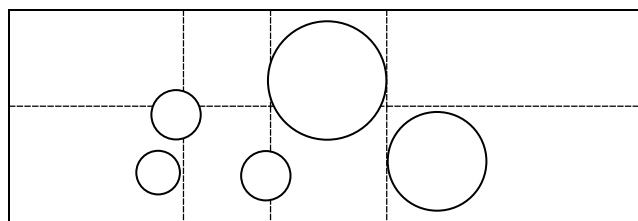
遠心分離機の臨界計算においては、遠心分離機を無限個配列したモデルにより、カスケード設備全体を単一ユニットとして計算を行うことからKENO-Vaを用いている。

第4回申請で申請したコールドトラップ、ケミカルトラップの複数ユニットの臨界計算においては、単一ユニットを一定の表面間距離で配置したモデルで計算を行うことからKENO-IV/sを用いている。

例1. KENO-IV/sが取り扱える計算形状



例2. KENO-Vaが取り扱える計算形状



別紙 4

カスケード設備の臨界安全性評価について

1. はじめに

今回申請するカスケード設備の遠心分離機 (RE-██████) 及び主要配管 (RE-██████) の臨界安全性を評価した結果を以下に示す。

なお、評価内容は、「新規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 日付け)) であるカスケード設備の遠心分離機 (RE-██████) 及び主要配管 (RE-██████) と同じである。

2. 臨界計算

(1) 単一ユニット

(a) 使用コード

KENO-V.a

(b) 計算条件

濃縮度 : 7 %

UF₆ 圧力 : 大気圧

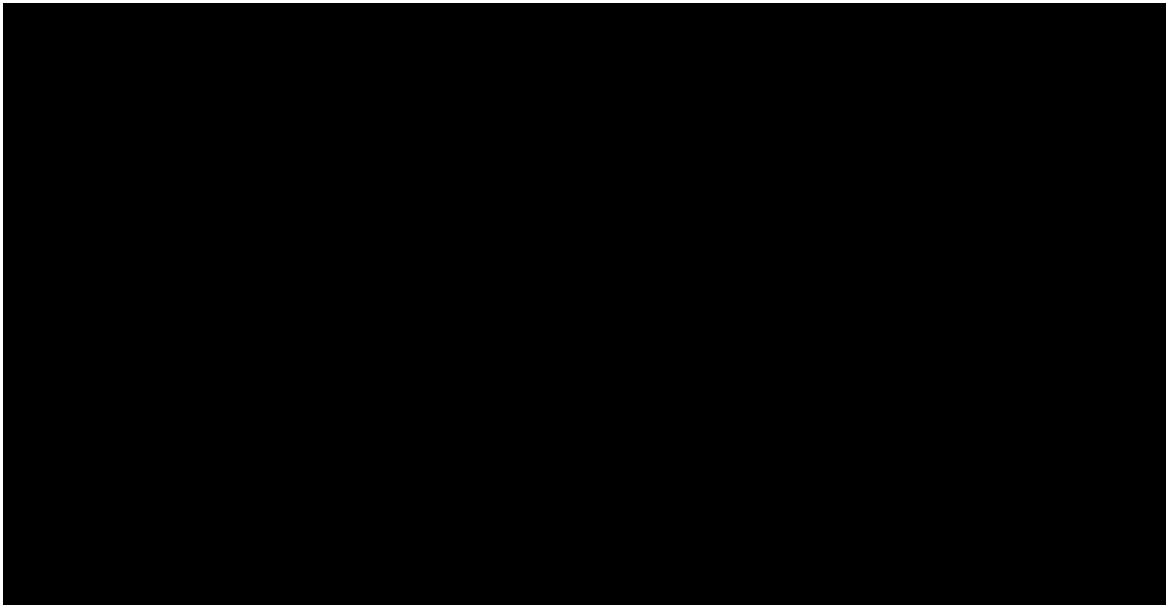
UF₄ 密度 : 6.95 g/cm³

内部減速条件：固体部 UF₄-HF 系 H/U-235=11000 (最適条件)

気体部 UF₆-HF 系 H/U-235= 4000 (最適条件)

外部雰囲気 : 空気 (水密度 0 g/cm³) (最適条件)

配列 : 正方格子無限個配列



(注) カスケード設備は遠心分離機と配管・弁により構成されるが、遠心分離機を無限個配列したモデルにより評価をしているため、配管・弁は本計算モデルに包含される。

(c) 計算結果

$k_{eff} + 3\sigma = 0.159$

※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。

(2) 複数ユニット

(a) 新型遠心機カスケードの複数ユニット評価

前記のとおり、新型遠心機のカスケード設備については、遠心分離機を無限個配列したモデルにより、カスケード設備全体を単一ユニットとして評価をした結果、未臨界であることを確認しているため、遠心分離機1機を単一ユニットとし、カスケード設備全体を複数ユニットとみなしても臨界とならないことは変わらない。

(b) 新型遠心機と金属洞遠心機の相互影響評価

撤去前の既設の金属洞遠心機のカスケード設備についても、遠心分離機を無限個配列したモデルにより評価をした結果、未臨界であることを確認している（平成5年8月26日付け5安（核規）第499号）。これより、金属洞遠心機のカスケード設備から発生した中性子が新型遠心機のカスケード設備へ及ぼす影響及び新型遠心機のカスケード設備から発生した中性子が金属洞遠心機のカスケード設備へ及ぼす影響は、各カスケード設備を無限個配列した評価に包含されており、金属洞遠心機のカスケード設備と新型遠心機のカスケード設備の相互配列は臨界とならない。