青字は、前回面談資料からの変更箇所を示す。

2024 年 2 月 13 日
日本原燃株式会社

機器の故障によるカスケード設備内の UF6 排気事象に係る補足説明について

1．事象概要

2024 年 2 月 5 日 10 時 54 分に既設前半分カスケードは生産運転（製品ウラン生産）を開始した。

生産運転中のカスケード設備については、「生産運転中において濃縮度測定装置により毎日 1 回以上、濃縮度測定結果を確認すること。測定できない場合は直ちに生産を停止すること。」を保安規定に定めており、これを担保するために 2 月 5 日 15 時より濃縮度測定を行おうとしていた。

しかしながら、以下の異常発生※1 により毎日 1 回以上の濃縮度測定結果を確認することができなかった。このため、23 時 50 分 異常対処手順に基づき、カスケード設備内の UF6 を排気した。

※1：発生した異常

- 不適切なタイマー設定(A,B 号機共通)
- 標準試料および未知試料(カスケード設備からの製品ウラン)測定時における測定精度のしきい値外れ(A 号機)
- 未知試料の濃縮度測定装置への導入圧力の不足(B 号機)

2．主な時系列

［2024 年 2 月 5 日］

(1)10 時 54 分　既設前半分カスケード　生産運転開始

(2)15 時 00 分～17 時 47 分

濃縮度測定（1～4 回目）（測定工程進捗異常発生(不適切なタイマー設定よるものと判明)）

【測定工程進捗異常】濃縮度測定装置起動条件不成立を知らせるガイダンス

(3)18 時 36 分～23 時 23 分

濃縮度測定（5～8 回目）（保守要求発生）

【保守要求】標準試料および未知試料測定時における測定精度のしきい値外れ、未知試料の濃縮度測定装置への導入圧力の不足を知らせるガイダンス

(4)23 時 50 分　2 月 5 日中の濃縮度測定が困難と判断し既設前半分カスケード内の UF6 を排気開始

［2024 年 2 月 6 日］

(5)00 時 04 分　第 1 報

(6)01 時 46 分　第 2 報

(7)02 時 38 分　UF6 排気終了

(8)02 時 43 分　第 3 報（最終報）

3．調査結果

現時点における測定工程進捗異常および保守要求発生の調査結果は以下のとおりである。

図１に測定工程進捗異常および保守要求発生に係る補足説明図を示す。

(1)測定工程進捗異常

計測制御設備から濃縮度測定装置本体へ濃縮度測定指令が伝送されず、濃縮度測定装置が起動しなかったため、調査を実施したところ、濃縮度測定指令シーケンス内にあるタイマー設定値が適切に設定されていないことが判明し、２月５日 18 時 25 分に適切なタイマー設定値に変更した。

設定値（誤）：25 分　（正）：10 分（未知試料の配管内循環）

(2)保守要求発生

上記 3.(1)を適切な設定とし濃縮度測定装置は起動したが、以下の異常発生により濃縮度の測定ができなかった。

① A 号機　標準試料および未知試料測定における測定精度のしきい値外れ

測定精度のしきい値外れについて、しきい値（0.1%未満）に対してわずかなずれ（標準試料測定時：0.11%、未知試料測定時：0.13%）であり、過去にも同様の事象が発生しており、イオン化させたウランのピーク位置調整やピークフォーカス等の通常保守での対応により復旧可能である。

なお、過去に同様の事象が発生しているものの、それに限定せずに調査を進め対策を講じていく。

② B 号機　未知試料の濃縮度測定装置への導入圧力の不足

a)濃縮度測定（７回目：21 時 28 分～22 時 34 分）

濃縮度測定時においては、弁 c が開となっている必要があるが、当該測定においては弁 c が閉状態であったことから、未知試料の濃縮度測定装置への導入圧力が不足（通常 0.35mbar 程度に対して 0.045mbar）した。弁 c については、８回目の濃縮度測定中（23 時 05 分）に開とした。

これについては、濃縮度測定装置の使用に当たっての系統確認が不足していたことが原因であり、対策を講じていく。

b)濃縮度測定（８回目：22 時 40 分～23 時 23 分）

８回目の濃縮度測定においては、測定停止時の導入圧力（0.365mbar）と通常測定時と変わらないものの、未知試料導入シーケンス※2途中で自動停止している。

図２に示すとおり上記が発生した要因分析（保守メーカにおける事象発生時の濃縮度測定装置の作動履歴（ログ）調査結果を含む）を行い、「新設した配管の不純物（水分等）の除去不足」により、未知試料と配管内の不純物が反応し、HF が濃縮度測定装置に導入され、ウラン感度が低くなったことが要因と特定した。

新設配管（ホット起動前真空排気が不足していた部分（図１の緑ライン））の不純物除去については、他系統の新設配管の不純物除去手順を基に、今回の系統用に手順を作成し、配管内に少量の UF6 ガスにより置換（例えば UF6 を約１ g 流入して全量水分と反応した場合、HF は 0.23 g 発生）させ、気体廃棄物の排気設備で除去することで対応可能である。

また、不純物除去後に濃縮度測定装置の機能確認（未知試料を模擬した再測定）を行う。

「新設した配管の不純物（水分等）の除去不足」については、濃縮度測定装置の使用に当た

って不純物除去すべき新設配管に抜けがあったことが原因であり、対策を講じていく。

＊２：未知試料導入シーケンス（８回目の測定においては下記④で自動停止）

①未知試料導入１（約 0.3mbar 導入）

②未知試料導入２（約 0.3mbar 導入、濃縮度測定装置には①と合わせ約 0.6mbar）

③未知試料排気１（約 0.3mbar 排気、濃縮度測定装置には約 0.3mbar 残存）

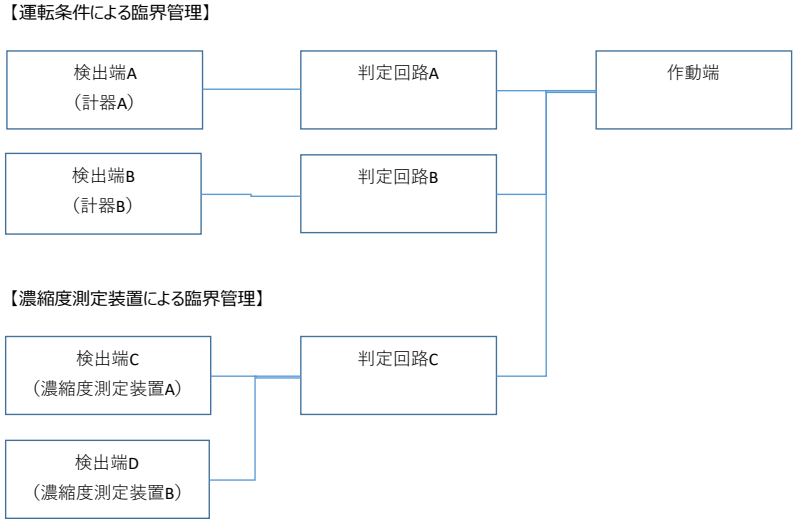
④未知試料ウラン感度確認

⑤未知試料排気２（約 0.3mbar 排気、濃縮度測定装置には残存なし）

⑥再度上記①～③を行い、未知試料測定を開始

４．カスケード設備の臨界管理

カスケード設備の臨界管理は、２系統構成の原料と廃品との運転条件による常時監視および１系統構成の濃縮度測定装置によるスポット監視の計３つで行うこととしており、許認可においてこの３つ機能のうち２つ以上の機能を常に確保することとしている。本事象発生時においても２系統構成の運転条件による常時監視は両系統とも監視できており、濃縮度 5%を超えていない。

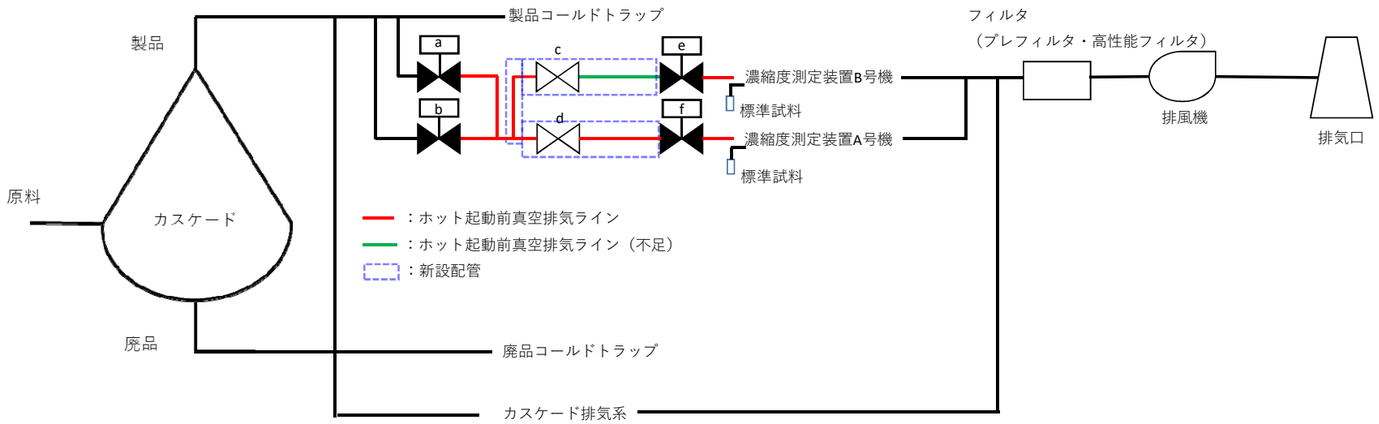


５．法令報告への該当有無

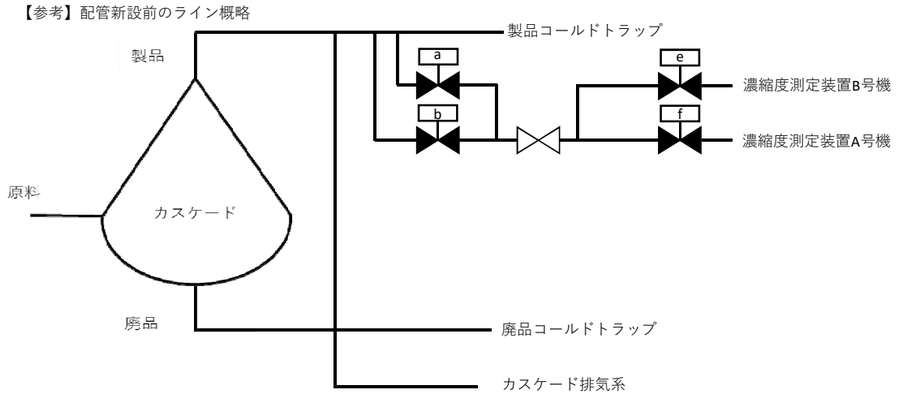
本事象については、前述のとおり、臨界管理、閉じ込め等の機能喪失はなく、測定工程進捗異常は既に復旧しており、保守要求発生は通常保守により復旧可能であることから、特別な措置の必要はなく、法令報告に該当しないと考える。

以上

【濃縮度測定前のライン概略】



【参考】配管新設前のライン概略



【濃縮度測定シーケンス】

作動順序	備考
①濃縮度測定開始指令	指令後、タイマーAの設定時間（20分間）で③まで作動しなければ自動で測定停止に至る
②上記①を受け、濃縮度測定準備として弁a,bが「開」（前回測定の残留製品ガス（サンプリングライン）の置換が目的）	本来、タイマーBの設定時間（10分間）で②～③まで作動しなければ自動で測定停止に至る しかしながら、タイマーBには不適切な時間（25分間）が設定されていたことにより、タイマーAの設定時間（20分間）の方が早く到達することから、２月５日においては上記①後20分後に自動で測定停止に至った
③10分置換することで、サンプリングライン条件が成立	
④上記③の条件が成立したことにより、標準試料（２セット）の測定を開始	各セットにおいて、以下を満足することを濃縮度測定装置（測定プログラム）により自動で判定 ・測定精度：30回測定した結果のバラツキが0.1%未満であること ・正確度：標準試料の既知濃縮度と測定結果とのずれが0.2%未満であること
⑤上記④で標準試料の測定結果が条件を満足した後、弁e(またはf)が「開」となり未知試料の測定を開始	以下を満足することを濃縮度測定装置（測定プログラム）により自動で判定 ・測定精度：30回測定した結果のバラツキが0.1%未満であること
⑥未知試料の測定結果を濃縮度測定装置から計測制御設備へ自動で出力	計測制御設備において、濃縮度5%以下であることを自動で判定
⑦測定終了に伴い弁a,b,e(またはf)が「閉」	

図１　測定工程進捗異常および保守要求発生に係る補足説明図

凡例　×：影響なし　△：間接的に影響　○：影響あり

【事象】	【推定要因】			【現状からの調査状況】		【今後の対応】
未知試料導入圧力不足発生	ハード的要因	要因1	未知試料の導入圧力を測定している装置内の圧力計の不良	7回目および8回目の測定において、圧力を指示していることから可能性は低い。 また、現時点の残存圧力（0.022mbar）を系統から排気することにより、圧力指示値が低下することを確認した。 保守メーカによるログ等の確認結果においても装置の動作に問題ないとの見解を確認した。	×	
		要因2	未知試料の導入・排気する装置内の自動弁が「開」しない	7回目および8回目の測定において、未知試料は導入されており、可能性は低い。 また、濃縮度測定装置のパソコン操作により弁が開閉できることを確認した。 保守メーカによるログ等の確認結果においても装置の動作に問題ないとの見解を確認した。	×	
	ソフト的要因	要因3	ソフトシーケンス不良	保守メーカによるログ等の確認結果、未知試料導入シーケンスにおいて、未知試料導入後に濃縮度測定装置にてウラン感度を確認し、ウランの感度が低い場合、「導入圧力不足」により装置は自動停止するシーケンスであるため、シーケンス通りに測定は行われている。（ウラン以外のガスが導入されたことによりウラン感度が低い可能性：要因４の影響）	×	
	人的要因	要因4	新設した配管の不純物（水分等）の除去不足	図１のホット起動前真空排気が不足していた部分（緑のライン）は、弁ｃが閉であったため、濃縮度測定シーケンスにおける残留製品ガス（サンプリングライン）の置換においても当該部分にはウランが流通していない。 このことから、8回目の測定中に弁ｃを「開」とした際にウランと配管の不純物（水分等）の反応により、HF等のウラン以外のガスが発生し、これが装置内に導入されたため、ウラン感度確認によりウラン感度が低いと判定され、「導入圧力不足」で装置が自動停止した。	○	ホット起動前真空排気が不足していた部分（緑のライン）は、ウラン置換の処置を実施する。 不純物除去後に濃縮測定装置の機能確認（未知試料を模擬した測定）を実施する。
		要因5	未知試料の測定中に弁ｃが「閉」であった	8回目の測定のログ等の確認結果から、装置内に未知試料が導入される約10分前（標準試料の測定時）に弁ｃが「開」となっていることから、装置内への未知試料の導入自体は行われており、直接的な影響はない。 ただし、装置内への未知試料の導入自体に直接的な影響はないものの、弁ｃが「閉」であったことが要因４に至る要因となっている。（保守メーカも同一見解）	△	

図２　濃縮度測定装置Ｂ号機　未知試料導入圧力不足に係る推定要因と今後の対応