

## 安全上重要な施設の機能喪失につながるヒューマンエラーへの対応について

### 1. はじめに

2022年10月19日および12月21日の原子力規制委員会における時定数の短い事象に係るヒューマンエラーの発生防止対策に対するご意見を踏まえ、安全上重要な施設の機能喪失につながる可能性のあるヒューマンエラーを整理するとともに、それらに対して発生防止対策がとられていることを確認、整理し、今後の運転管理、作業管理におけるリスク評価に活用できるよう検討することとした。

### 2. 検討方法

安全上重要な施設の機能喪失につながる可能性のあるヒューマンエラーを整理とした場合、まずは対象範囲を明確にするとともに、ヒューマンエラーの洗い出し、それに対する発生防止対策がとられていることの確認、整理方法について、以下の流れで検討する。

#### ① 対象範囲

再処理施設においては、安全審査の中で深層防護の考えが適切に採用されていることを確認するために、運転時の異常な過度変化に係る事象を選定し、運転状態を安全設計上許容される範囲内に維持できることを確認している。また、設計基準事故を選定し、事故が発生した場合でも、敷地周辺の公衆に対して著しい放射線被ばくのリスクを与えないことを確認している。

さらに、東京電力株式会社福島第一原子力発電所の事故の教訓を踏まえた重大事故の発生および拡大防止に必要な措置を実施するために必要な技術的能力等を評価していることから、再処理施設における特徴を考慮し、以下の再処理施設における重大事故を対象とする。

- a. 臨界事故
- b. 冷却機能の喪失による蒸発乾固
- c. TBP等の錯体の急激な分解反応
- d. 放射線分解により発生する水素による爆発
- e. 燃料貯蔵プール等の冷却等の機能喪失

#### ② ヒューマンエラーの洗い出し

上記の再処理施設における重大事故を対象とし、安全審査におけるフォールトツリーを参考に、事故に関連する設備を対象に安全上重要な施設の機能喪失につながる要因を

洗い出し、それを発生させる可能性のあるヒューマンエラー（誤操作、誤作業）を想定し、それらに対して発生防止対策がとられているのか確認、整理する（整理のイメージは添付資料参照）。

再処理施設における重大事故のうち、時定数が短い事象としては、「臨界事故」、「TBP等の錯体の急激な分解反応」、「放射線分解により発生する水素による爆発」が該当するが、「臨界事故」、「TBP等の錯体の急激な分解反応」については、安全審査におけるフォールトツリーにおいて誤操作を考慮して分析しており、複数の設備故障、誤作動および誤操作が重複しないと機能喪失には至らないことを確認していることから、今回は改めて発生しないこと（十分な対策が講じられていること）を確認する。

なお、現在保有している廃液量と性状から、水素濃度8%に至るまでの時間は、廃液が沸騰に至るまでの時間と同程度であることを確認している。この確認した時間を把握した上で運転管理および作業管理のリスク評価を行っている。

### ③ リスク評価への活用方法

運転管理、作業管理におけるリスク評価に活用できる仕組みを検討する。

## 3. スケジュール

フォールトツリーからの要因の洗い出し：2023年2月末まで

発生するヒューマンエラーの想定：2023年2月末

対策の実施状況の確認：2023年2月末

リスク評価への活用できる仕組みの検討：2023年3月末

以上

d. 放射線分解により発生する水素による爆発（整理のイメージ）

事故	要因①	要因②	要因③	要因④	要因⑤	要因⑥	要因⑦	想定されるヒューマンエラー	ヒューマンエラーの発生防止対策	想定されるリスク		
水素掃気機能喪失	安全圧縮空気系の空気圧縮機の機能喪失	安全圧縮空気系空気圧縮機全台故障	空気圧縮機 A 機能喪失	空気圧縮機 A 損傷	-	-	-	(保守時) ・近傍での保守作業時、間違っ重量物を落下	(保守時) ・保守作業時、近傍に安重施設がある場合には、影響評価	・空気圧縮機1台でも必要な圧縮空気を供給する容量を有していることから、空気圧縮機1台機能喪失しても必要な機能は維持できる。		
				電気設備（A系）機能喪失	外部電源、生産系予備電源喪失	電路損傷	電気ケーブル損傷（生産系）	-	-	(保守時) ・間違っ電源ケーブルを切断	(保守時) ・作業要領書に作業範囲を明記	同上
							電気ケーブル損傷（安全系 A）	-	-	(保守時) ・間違っ電源ケーブルを切断	(保守時) ・安全上重要な施設の保守作業においては、保守作業実施計画書を作成し、安全機能への影響を評価している。 ・作業要領書に作業範囲を明記 ・ダブルチェックによる作業	同上
							遮断機、変圧器、電気盤類故障（生産系）	-	-	(運転時) ・間違っ遮断機等を操作 (保守時) ・間違っ遮断機等を操作	(運転時) ・運転手順書による操作 (保守時) ・作業要領書に作業範囲を明記	同上
				非常用 A 系機能喪失	電路損傷	外部電源喪失	-	-	誤操作による外部電源喪失は考えられない	-	-	同上
						動力喪失	-	-	(運転時) ・誤操作により D G が故障することは考え難いが、誤操作による D G の停止は考えられることから、D G 停止として想定	(運転時) ・運転手順書による操作 ・ダブルチェックによる操作	・1台でも必要な圧縮空気を供給する容量を有していることから、1台機能喪失しても必要な機能は維持できる。	
						電源ケーブル損傷（安全系 A）	-	-	(保守時) ・間違っ電源ケーブルを切断	(保守時) ・安全上重要な施設の保守作業においては、保守作業実施計画書を作成し、安全機能への影響を評価している。 ・作業要領書に作業範囲を明記 ・ダブルチェックによる作業？	同上	
			空気圧縮機 B 機能喪失	電気設備（B系）機能喪失	外部電源、生産系予備電源喪失	電路損傷	遮断機、変圧器、電気盤類故障（安全系 A）	-	-	(運転時) ・間違っ遮断機等を操作 (保守時) ・間違っ遮断機等を操作	(運転時) ・運転手順書による操作 (保守時) ・作業要領書に作業範囲を明記	同上
							第2非常用 D G A 故障	-	-	(運転時) ・誤操作により D G が故障することは考え難いが、誤操作による D G の停止は考えられることから、D G 停止として想定	(運転時) ・運転手順書による操作 ・ダブルチェックによる操作	同上
							空気圧縮機 B 損傷	-	-	(保守時) ・近傍での保守作業時、間違っ重量物を落下	(保守時) ・保守作業時、近傍に安重施設がある場合には、影響評価	同上
				非常用 B 系機能喪失	電路損傷	電気ケーブル損傷（生産系）	-	-	(保守時) ・間違っ電源ケーブルを切断	(保守時) ・作業要領書に作業範囲を明記	同上	
						電気ケーブル損傷（安全系 B）	-	-	(保守時) ・間違っ電源ケーブルを切断	(保守時) ・安全上重要な施設の保守作業においては、保守作業実施計画書を作成し、安全機能への影響を評価している。 ・作業要領書に作業範囲を明記 ・ダブルチェックによる作業	同上	
						遮断機、変圧器、電気盤類故障（生産系）	-	-	(運転時) ・間違っ遮断機等を操作 (保守時) ・間違っ遮断機等を操作	(運転時) ・運転手順書による操作 (保守時) ・作業要領書に作業範囲を明記	同上	
					第2非常用 D G B 故障	-	-	(運転時) ・誤操作により D G が故障することは考え難いが、誤操作による D G の停止は考えられることから、D G 停止として想定	(運転時) ・運転手順書による操作 ・ダブルチェックによる操作	同上		

d. 放射線分解により発生する水素による爆発（整理のイメージ）

事故	要因①	要因②	要因③	要因④	要因⑤	要因⑥	要因⑦	想定されるヒューマンエラー	ヒューマンエラーの発生防止対策	想定されるリスク	
水素掃気機能喪失の続き	安全圧縮空気系の空気圧縮機の機能喪失の続き	安全圧縮空気系空気圧縮機全故障の続き	空気圧縮機C機能喪失	空気圧縮機C損傷	-	-	-	(保守時) ・近傍での保守作業時、間違っ重量物を落下	(保守時) ・保守作業時、近傍に安重施設がある場合には、影響評価	同上	
				電気設備（A系）機能喪失	外部電源、生産系予備電源喪失	電路損傷	電気ケーブル損傷（生産系）	(保守時) ・間違っ電源ケーブルを切断	(保守時) ・作業要領書に作業範囲を明記	同上	
							電気ケーブル損傷（安全系A）	(保守時) ・間違っ電源ケーブルを切断	(保守時) ・安全上重要な施設の保守作業においては、保守作業実施計画書を作成し、安全機能への影響を評価している。 ・作業要領書に作業範囲を明記 ・ダブルチェックによる作業	同上	
							遮断機、変圧器、電気盤類故障（生産系）	(運転時) ・間違っ遮断機等を操作 (保守時) ・間違っ遮断機等を操作	(運転時) ・運転手順書による操作 (保守時) ・作業要領書に作業範囲を明記	同上	
						外部電源喪失	誤操作による外部電源喪失は考えられない	-	-		
					動力喪失	運転予備用DG故障	(運転時) ・誤操作によりDGが故障することは考え難いが、誤操作によるDGの停止は考えられることから、DG停止として想定	(運転時) ・運転手順書による操作 ・ダブルチェックによる操作	・1台でも必要な圧縮空気を供給する容量を有していることから、1台機能喪失しても必要な機能は維持できる。		
						非常用A系機能喪失	電路損傷	電源ケーブル損傷（安全系A）	(保守時) ・間違っ電源ケーブルを切断	(保守時) ・安全上重要な施設の保守作業においては、保守作業実施計画書を作成し、安全機能への影響を評価している。 ・作業要領書に作業範囲を明記 ・ダブルチェックによる作業？	同上
								遮断機、変圧器、電気盤類故障（安全系A）	(運転時) ・間違っ遮断機等を操作 (保守時) ・間違っ遮断機等を操作	(運転時) ・運転手順書による操作 (保守時) ・作業要領書に作業範囲を明記	同上
					第2非常用DG A故障	-	(運転時) ・誤操作によりDGが故障することは考え難いが、誤操作によるDGの停止は考えられることから、DG停止として想定	(運転時) ・運転手順書による操作 ・ダブルチェックによる操作	同上		
					電気設備（B系）機能喪失	外部電源、生産系予備電源喪失	電路損傷	電気ケーブル損傷（生産系）	(保守時) ・間違っ電源ケーブルを切断	(保守時) ・作業要領書に作業範囲を明記	同上
								電気ケーブル損傷（安全系B）	(保守時) ・間違っ電源ケーブルを切断	(保守時) ・安全上重要な施設の保守作業においては、保守作業実施計画書を作成し、安全機能への影響を評価している。 ・作業要領書に作業範囲を明記 ・ダブルチェックによる作業	同上
				遮断機、変圧器、電気盤類故障（生産系）				(運転時) ・間違っ遮断機等を操作 (保守時) ・間違っ遮断機等を操作	(運転時) ・運転手順書による操作 (保守時) ・作業要領書に作業範囲を明記	同上	
				外部電源喪失			誤操作による外部電源喪失は考えられない	-	-		
				動力喪失			運転予備用DG故障	(運転時) ・誤操作によりDGが故障することは考え難いが、誤操作によるDGの停止は考えられることから、DG停止として想定	(運転時) ・運転手順書による操作 ・ダブルチェックによる操作	・1台でも必要な圧縮空気を供給する容量を有していることから、1台機能喪失しても必要な機能は維持できる。	
							非常用B系機能喪失	電路損傷	電気ケーブル損傷（安全系B）	(保守時) ・間違っ電源ケーブルを切断	(保守時) ・安全上重要な施設の保守作業においては、保守作業実施計画書を作成し、安全機能への影響を評価している。 ・作業要領書に作業範囲を明記 ・ダブルチェックによる作業？
				遮断機、変圧器、電気盤類（安全系B）		(運転時) ・間違っ遮断機等を操作 (保守時) ・間違っ遮断機等を操作			(運転時) ・運転手順書による操作 (保守時) ・作業要領書に作業範囲を明記	同上	
				第2非常用DG B故障		-	(運転時) ・誤操作によりDGが故障することは考え難いが、誤操作によるDGの停止は考えられることから、DG停止として想定	(運転時) ・運転手順書による操作 ・ダブルチェックによる操作	同上		

d. 放射線分解により発生する水素による爆発（整理のイメージ）

事故	要因①	要因②	要因③	要因④	要因⑤	要因⑥	要因⑦	想定されるヒューマンエラー	ヒューマンエラーの発生防止対策	想定されるリスク
水素掃気機能喪失の続き	安全圧縮空気系の空気圧縮機の機能喪失の続き	安全冷却水系外部ループA冷却水機能喪失	外部ループ(A系)冷却水循環ポンプ機能喪失	冷却塔A機能喪失	冷却塔A損傷	-	-	(保守時) ・近傍での保守作業時、間違っ重量物を落下	(保守時) ・保守作業時、近傍に安重施設がある場合には、影響評価	・安全冷却水系外部ループBにより、冷却機能は確保できることから、水素掃気機能喪失には至らない。
					電気設備（A系）機能喪失	-	-	(運転時) ・間違っ遮断機等を操作 (保守時) ・間違っ遮断機等を操作	(運転時) ・運転手順書による操作 (保守時) ・作業要領書に作業範囲を明記	同上
				外部ループ(A系)冷却水循環ポンプA機能喪失	冷却水循環ポンプA損傷	-	-	(運転時) ・誤操作によりポンプが損傷することは考え難いが、誤操作によるポンプの停止は考えられることから、ポンプ停止として想定	(運転時) ・運転手順書によるダブルチェック	・外部ループ（A系）冷却水循環ポンプBにより、冷却機能は確保できることから、水素掃気機能喪失には至らない。
					電気設備（A系）機能喪失	-	-	(運転時) ・間違っ電源を遮断 (保守時) ・間違っ電源を遮断	(運転時) ・運転手順書によるダブルチェック (保守時) ・作業要領書に作業範囲を明記	同上
				外部ループ(A系)冷却水循環ポンプB機能喪失	冷却水循環ポンプB損傷	-	-	(運転時) ・誤操作によりポンプが損傷することは考え難いが、誤操作によるポンプの停止は考えられることから、ポンプ停止として想定	(運転時) ・運転手順書によるダブルチェック	・外部ループ（A系）冷却水循環ポンプAにより、冷却機能は確保できることから、水素掃気機能喪失には至らない。
					電気設備（A系）機能喪失	-	-	(運転時) ・間違っ電源を遮断 (保守時) ・間違っ電源を遮断	(運転時) ・運転手順書によるダブルチェック (保守時) ・作業要領書に作業範囲を明記	同上
			外部ループ(A系)冷却水配管損傷	外部ループ（A系）冷却水配管損傷	-	-	(運転時）（保守時） ・誤操作により配管が損傷することは考え難いが、誤操作による弁の閉止は考えられることから、弁の閉止による供給停止を想定	K A 法令報告に係る対策 ・弁の施錠、識別 ・要領書等で対象弁を明確化 ・作業管理の関与の強化	・安全冷却水系外部ループBにより、冷却機能は確保できることから、水素掃気機能喪失には至らない。	
				各建屋中間熱交換器損傷（展開省略）	-	-	誤操作による各建屋中間熱交換器損傷は考えられない	-	-	
			冷却塔B機能喪失	冷却塔B損傷	-	-	-	(保守時) ・近傍での保守作業時、間違っ重量物を落下	(保守時) ・保守作業時、近傍に安重施設がある場合には、影響評価	・安全冷却水系外部ループAにより、冷却機能は確保できることから、水素掃気機能喪失には至らない。
					電気設備（B系）機能喪失	-	-	(運転時) ・間違っ電源を遮断 (保守時) ・間違っ電源を遮断	(運転時) ・運転手順書による操作 (保守時) ・作業要領書に作業範囲を明記	同上
				外部ループ（B系）冷却水循環ポンプA機能喪失	冷却水循環ポンプA損傷	-	-	(運転時) ・誤操作によりポンプが損傷することは考え難いが、誤操作によるポンプの停止は考えられることから、ポンプ停止として想定	(運転時) ・運転手順書によるダブルチェック	・外部ループ（B系）冷却水循環ポンプBにより、冷却機能は確保できることから、水素掃気機能喪失には至らない。
					電気設備（B系）機能喪失	-	-	(運転時) ・間違っ電源を遮断 (保守時) ・間違っ電源を遮断	(運転時) ・運転手順書によるダブルチェック (保守時) ・作業要領書に作業範囲を明記	同上
				外部ループ（B系）冷却水循環ポンプB機能喪失	冷却水循環ポンプB損傷	-	-	(運転時) ・誤操作によりポンプが損傷することは考え難いが、誤操作によるポンプの停止は考えられることから、ポンプ停止として想定	(運転時) ・運転手順書によるダブルチェック	・外部ループ（B系）冷却水循環ポンプAにより、冷却機能は確保できることから、水素掃気機能喪失には至らない。
					電気設備（B系）機能喪失機能喪失	-	-	(運転時) ・間違っ電源を遮断 (保守時) ・間違っ電源を遮断	(運転時) ・運転手順書によるダブルチェック (保守時) ・作業要領書に作業範囲を明記	同上
			外部ループ（B系）冷却水配管損傷	外部ループ（B系）冷却水配管損傷	-	-	(運転時）（保守時） ・誤操作により配管が損傷することは考え難いが、誤操作による弁の閉止は考えられることから、弁の閉止による供給停止を想定	K A 法令報告に係る対策 ・弁の施錠、識別 ・要領書等で対象弁を明確化 ・作業管理の関与の強化	・安全冷却水系外部ループAにより、冷却機能は確保できることから、水素掃気機能喪失には至らない。	
				各建屋中間熱交換器損傷（展開省略）	-	-	誤操作による各建屋中間熱交換器損傷は考えられない	-	-	
			安全圧縮空気系の圧縮空気保持機能喪失	水素掃気用配管損傷	-	-	-	(運転時）（保守時時） ・誤操作により配管が損傷することは考え難いが、誤操作による弁の閉止は考えられることから、弁の閉止による供給停止を想定	K A 法令報告に係る対策 ・弁の施錠、識別 ・要領書等で対象弁を明確化 ・作業管理の関与の強化	・水素掃気用配管が損傷してもかくはん用の空気貯槽から圧縮空気が供給可能であることから、水素掃気機能喪失には至らない。
				空気貯槽の損傷	-	-	-	(保守時) ・近傍での保守作業時、間違っ重量物を落下	(保守時) ・保守作業時、近傍に安重施設がある場合には、影響評価	・水素掃気用の空気貯槽が損傷してもかくはん用の空気貯槽から圧縮空気が供給可能であることから、水素掃気機能喪失には至らない。
塔槽類の損傷（展開省略）	-	-		-	誤操作による塔槽類の損傷は考えられない	-	-			