



**第53条（多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止）のうち、
炉心損傷、格納容器破損防止措置の資機材及び手順に係る指摘への回答**

2021年11月22日

**日本原子力研究開発機構 大洗研究所
高速実験炉部**

炉心損傷防止措置に係る、措置、資機材、手順、自主対策（理由及び優先順位を含む）の整理（1/2）

事象グループ	評価事故シーケンス	炉心損傷防止措置	主な資機材(括弧内は主な関連系を示す。)	手順(括弧内は主な自主対策を示す。)
炉心流量喪失時 原子炉停止機能喪失 (ULOF)	外部電源喪失及び原子炉トリップ信号発信失敗の重畳事故(ULOF(i))	代替原子炉トリップ信号(「1次主循環ポンプトリップ」)、 後備炉停止系用論理回路、 後備炉停止系による原子炉自動停止	「1次主循環ポンプトリップ」信号検出器、計測装置 後備炉停止系用論理回路 後備炉停止制御棒 核計装検出器、計測装置 関連するプロセス計装検出器、計測装置 (非常用電源設備) (圧縮空気供給設備)	後備炉停止系による原子炉自動停止時手順 (①手動スクラムボタンにより原子炉保護系を動作させて原子炉を停止させる手順)※1 (②手動操作による制御棒駆動機構の制御棒保持電磁石励磁断又は後備炉停止制御棒駆動機構の後備炉停止制御棒保持電磁石励磁断により制御棒又は後備炉停止制御棒を挿入する手順)※1 (③制御棒駆動機構又は後備炉停止制御棒駆動機構により手動操作にて制御棒又は後備炉停止制御棒を挿入する手順。) ※1 なお、上記の自主対策は、炉心損傷防止措置の機能を喪失したと判断した場合に、炉心の状態によらず実施するものとし、①～③の順に実施する。
	外部電源喪失及び原子炉保護系(スクラム)動作失敗の重畳事故(ULOF(ii))			
	1次主循環ポンプ軸固着及び原子炉トリップ信号発信失敗の重畳事故(ULOF(iii))			
過出力時 原子炉停止機能喪失 (UTOP)	出力運転中の制御棒の異常な引抜き及び原子炉トリップ信号発信失敗の重畳事故(UTOP(i))	制御棒連続引抜き阻止インターロック、 代替原子炉トリップ信号(「原子炉出口冷却材温度高」)、 後備炉停止系用論理回路、 後備炉停止系による原子炉自動停止	制御棒連続引抜き阻止インターロック 「原子炉出口温度冷却材温度高」信号検出器、計測装置 後備炉停止系用論理回路 後備炉停止制御棒 核計装検出器、計測装置 関連するプロセス計装検出器、計測装置 (非常用電源設備) (圧縮空気供給設備)	同上
	出力運転中の制御棒の異常な引抜き及び原子炉保護系(スクラム)動作失敗の重畳事故(UTOP(ii))			
除熱源喪失時 原子炉停止機能喪失 (ULOHS)	2次冷却材流量減少及び原子炉トリップ信号発信失敗の重畳事故(ULOHS(i))	代替原子炉トリップ信号(「原子炉出口冷却材温度高」)、 後備炉停止系用論理回路、 後備炉停止系による原子炉自動停止	「原子炉出口温度冷却材温度高」信号検出器、計測装置 後備炉停止系用論理回路 後備炉停止制御棒 核計装検出器、計測装置 関連するプロセス計装検出器、計測装置 (非常用電源設備) (圧縮空気供給設備)	同上
	2次冷却材流量減少及び原子炉保護系(スクラム)動作失敗の重畳事故(ULOHS(ii))			
	2次冷却材漏えい及び原子炉トリップ信号発信失敗の重畳事故(ULOHS(iii))			後備炉停止系による原子炉自動停止時手順 2次冷却材ナトリウム漏えい時手順
局所的燃料破損 (LF)	冷却材流路閉塞(千鳥格子状)事故	燃料破損検出系による異常検知及び手動スクラムによる原子炉停止	カバーガス法燃料破損検出設備(一式)	燃料破損検出時原子炉手動スクラム手順 (①手動操作による制御棒駆動機構の制御棒保持電磁石励磁断又は後備炉停止制御棒駆動機構の後備炉停止制御棒保持電磁石励磁断により制御棒又は後備炉停止制御棒を挿入する手順)※2 (②制御棒駆動機構又は後備炉停止制御棒駆動機構により手動操作にて制御棒又は後備炉停止制御棒を挿入する手順。) ※2 (③1次アルゴンガス系排気ラインの隔離弁閉止手順)※3

以下の自主対策は、炉心損傷防止措置の有効性を確認した上で、安全性向上のために自主的に講じる措置である。

※1:本操作は運転員が中央制御室で数分以内に実施できるため、炉心損傷を防止できる可能性があるが、操作に時間を要する可能性を考慮し、自主対策としている。なお、炉心損傷の防止に間に合わない場合でも、炉心の出力を低下させ、影響を緩和する手段となり得る。

※2:炉心損傷防止措置により炉心の損傷は防止されるが、さらなる安全性の向上のため、万一の機能喪失に備え、原子炉の出力を低下させる手順である。

※3:炉心損傷防止措置により炉心の損傷は防止されるため、多量の放射性物質の放出は防止されるが、さらなる安全性の向上のため、放射性物質の放出経路を閉止する手順である。

炉心損傷防止措置に係る、措置、資機材、手順、自主対策（理由及び優先順位を含む）の整理（2/2）

事象グループ	評価事故シーケンス	炉心損傷防止措置	主な資機材(括弧内は主な関連系を示す。)	手順(括弧内は主な自主対策を示す。)
原子炉容器液位確保機能喪失による崩壊熱除去機能喪失(LORL)	1次冷却材漏えい(安全容器内配管(内管)破損)及び安全容器内配管(外管)破損の重畳事故(LORL(i))	冷却材の安全容器内保持及び補助冷却設備による強制循環冷却	安全容器一式 補助冷却設備一式 (原子炉容器液面計検出器、計測装置) (非常用電源設備) (補機冷却設備) なお、補助冷却設備を自動起動させる信号は原子炉容器液面低低信号とする。	安全容器内での1次主冷却系内管及び外管からの漏えい時手順 (①補助冷却設備手動起動手順)※1 なお、上記の自主対策は、炉心損傷防止措置(補助冷却設備による強制循環冷却)の機能を喪失したと判断した場合に、炉心の状態によらず実施する。
	1次冷却材漏えい(1次主冷却系配管(内管)破損)及び1次主冷却系配管(外管)破損の重畳事故(LORL(ii))	主冷却系サイフォンブレイクによる冷却材保持及び補助冷却設備による強制循環冷却	主冷却系サイフォンブレイク 補助冷却設備一式 (原子炉容器液面計検出器、計測装置) (非常用電源設備) (補機冷却設備) なお、補助冷却設備を自動起動させる信号は原子炉容器液面低低信号とする。	安全容器外での1次主冷却系内管及び外管からの漏えい時手順 (①補助冷却設備手動起動手順)※1 (②原子炉容器外面冷却手順)※2 なお、上記の自主対策は、炉心損傷防止措置(補助冷却設備による強制循環冷却)の機能を喪失したと判断した場合に、炉心の状態によらず実施するものとし、①～②の順に実施する。
	1次冷却材漏えい(1次補助冷却系配管(内管)破損)及び1次補助冷却系配管(外管)破損の重畳事故(LORL(iii))	補助冷却系サイフォンブレイクによる冷却材の保持及び主冷却系(2ループ)による自然循環冷却	補助冷却系サイフォンブレイク 1次主冷却系、2次主冷却系 (原子炉容器液面計検出器、計測装置) (非常用電源設備) (圧縮空気供給設備) なお、補助冷却系サイフォンブレイク弁を自動動作させる信号は、原子炉容器液面低低、1次補助冷却系ナトリウム漏えい及びポニーモータトリップ信号とする。	1次補助冷却系の内管及び外管からの漏えい時手順 (①1次主冷却系強制循環機能の復旧手順)※3 (②1次補助冷却系の手動サイフォンブレイク及び原子炉容器出入口弁閉止手順)※4 なお、②の自主対策は、補助冷却系サイフォンブレイクに異常が認められた場合に実施する。
交流動力電源が存在し、かつ原子炉容器液位が確保された状態での崩壊熱除去機能喪失(PLOHS)	外部電源喪失及び強制循環冷却失敗の重畳事故(PLOHS(i))	主冷却系(2ループ)による自然循環冷却	1次主冷却系、2次主冷却系 関連するプロセス計装検出器、計測装置 (非常用電源設備) (圧縮空気供給設備)	自然循環崩壊熱除去手順 (①1次主冷却系強制循環機能の復旧手順(外部電源復旧時))※3
	2次冷却材漏えい及び強制循環冷却失敗の重畳事故(PLOHS(ii))	主冷却系(1ループ)による自然循環冷却		自然循環崩壊熱除去手順 2次冷却材ナトリウム漏えい時手順 (①1次主冷却系強制循環機能の復旧手順)※3 (②原子炉容器外面冷却手順)※2 なお、②の自主対策は、炉心損傷防止措置の機能を喪失したと判断した場合に、炉心の状態によらず実施する。
全交流動力電源喪失による強制循環冷却機能喪失(SBO)	全交流動力電源喪失(外部電源喪失及びディーゼル発電機起動失敗)事故	主冷却系(2ループ)による自然循環冷却		全交流動力電源喪失時手順 (①手動による崩壊熱除去手順(仮設発電機又は仮設計器による監視を含む。))※5 (②ディーゼル発電機機能の復旧手順)※6

以下の自主対策は、炉心損傷防止措置の有効性を確認した上で、安全性向上のために自主的に講じる措置である。

※1:強制循環機能喪失の要因によっては、機能を復旧できる可能性があるため、自主対策として実施する。

※2:本操作を実施すれば炉心損傷を防止できるため、補助冷却設備等による炉心損傷防止措置に加えて、信頼性向上のためのバックアップの位置付けで整備する。

※3:強制循環機能喪失の要因によっては、機能を復旧できる可能性があるため、自主対策として実施する。

※4:本操作を実施すれば液位を確保できるため、1次補助冷却系の自動サイフォンブレイクによる液位確保機能に加えて、信頼性向上のためのバックアップの位置付けで整備する。

※5:全交流動力電源喪失時であっても崩壊熱の除去に必要な機能は喪失しない設計とするが、全交流電源喪失が長期化し、駆動源や監視系の電源が枯渇した場合の対応の信頼性向上のために、主冷却機ベーンの手動操作手順の整備、仮設発電機等を用いた監視を実施する。

※6:ディーゼル発電機機能喪失の要因によっては、機能を復旧できる可能性があるため、自主対策として実施する。

格納容器破損防止措置に係る、措置、資機材、手順、自主対策（理由及び優先順位を含む）の整理（1/2）

事象グループ	評価事故シーケンス	格納容器破損防止措置	主な資機材(括弧内は主な関連系を示す。)	手順(括弧内は主な自主対策を示す。)
炉心流量喪失時 原子炉停止機能喪失 (ULOF)	外部電源喪失及び原子炉トリップ信号発信失敗の重畳事故(ULOF(i))	非常用冷却設備による原子炉容器内強制循環冷却 1次主冷却系：強制循環冷却 2次主冷却系：自然循環冷却 回転プラグを含む原子炉容器構造による即発臨界超過時のナトリウム噴出量の抑制 原子炉格納容器構造による即発臨界超過時の噴出ナトリウム等の影響緩和(閉じ込め機能維持)	1次主冷却系強制循環設備 2次主冷却系自然循環 原子炉容器、回転プラグ(非常用電源設備) (圧縮空気供給設備)	ULOF及びUTOPにおける炉心損傷防止措置の機能喪失時 原子炉容器内冷却手順 (①1次アルゴンガス系排気ラインの隔離弁閉止手順)※1 (②格納容器手動アイソレーション手順)※2
	外部電源喪失及び原子炉保護系(スクラム)動作失敗の重畳事故(ULOF(ii))			
	1次主循環ポンプ軸固着及び原子炉トリップ信号発信失敗の重畳事故(ULOF(iii))			
過出力時 原子炉停止機能喪失 (UTOP)	出力運転中の制御棒の異常な引抜き及び原子炉トリップ信号発信失敗の重畳事故(UTOP(i))			
	出力運転中の制御棒の異常な引抜き及び原子炉保護系(スクラム)動作失敗の重畳事故(UTOP(ii))			
除熱源喪失時 原子炉停止機能喪失 (ULOHS)	2次冷却材流量減少及び原子炉トリップ信号発信失敗の重畳事故(ULOHS(i))	負の反応度係数などの固有の物理メカニズムによる出力低減と冷却系による冷却(1次主冷却系強制循環冷却、2次主冷却系自然循環冷却)	1次主冷却系強制循環設備 2次主冷却系自然循環(非常用電源設備) (圧縮空気供給設備)	ULOHSにおける炉心損傷防止措置の機能喪失時手順 (①手動スクラムボタンにより原子炉保護系を動作させて原子炉を停止させる手順)※3 (②手動操作による制御棒駆動機構の制御棒保持電磁石励磁断又は後備炉停止制御棒駆動機構の後備炉停止制御棒保持電磁石励磁断により制御棒又は後備炉停止制御棒を挿入する手順)※3 (③制御棒駆動機構又は後備炉停止制御棒駆動機構により手動操作にて制御棒又は後備炉停止制御棒を挿入する手順。)※3 (④制御棒駆動機構の軸押し込み手順。)※4 なお、①～③の自主対策は、炉心損傷防止措置の機能を喪失したと判断した場合に、炉心の状態によらず実施し、①～③の順に実施する。④の自主対策は、①～③の自主対策が機能しなかった場合において、原子炉が高温で安定静定している場合に実施する。
	2次冷却材流量減少及び原子炉保護系(スクラム)動作失敗の重畳事故(ULOHS(ii))			
	2次冷却材漏えい及び原子炉トリップ信号発信失敗の重畳事故(ULOHS(iii))			
局所的燃料破損(LF)	冷却材流路閉塞(千鳥格子状)事故	ULOF及びUTOPと同じ	同左	— 上記及び2次冷却材ナトリウム漏えい時手順

以下の自主対策は、炉心損傷防止措置の有効性を確認した上で、安全性向上のために自主的に講じる措置である。

※1: 格納容器アイソレーションにより、多量の放射性物質の放出は防止されるが、さらなる安全性の向上のため、放射性物質の放出経路を閉止する手順である。

※2: 格納容器アイソレーションは自動で動作するが、本操作を実施すればアイソレーション可能であるため、信頼性向上のためのバックアップの位置付けで整備する。

※3: 本操作は運転員が中央制御室で数分以内に実施できるが、操作に時間を要する可能性を考慮し、自主対策としている。なお、炉心損傷防止措置の機能を喪失しても高温での安定状態に移行するため、操作を実施するための時間は確保される。

※4: 本操作は現場対応班員が原子炉格納容器内で実施する手順であり、操作に時間を要する可能性を考慮し、自主対策としている。なお、炉心損傷防止措置の機能を喪失しても高温での安定状態に移行するため、操作を実施するための時間は確保される。

格納容器破損防止措置に係る、措置、資機材、手順、自主対策（理由及び優先順位を含む）の整理（2/2）

事象グループ	評価事故シーケンス	格納容器破損防止措置	主な資機材(括弧内は主な関連系を示す。)	手順(括弧内は主な自主対策を示す。)
原子炉容器液位確保機能喪失による崩壊熱除去機能喪失(LORL)	1次冷却材漏えい(安全容器内配管(内管)破損)及び安全容器内配管(外管)破損の重畳事故(LORL(i))	コンクリート遮へい体冷却系を用いた安全容器外面冷却による損傷炉心物質の安全容器内保持・冷却 安全板による原子炉冷却材バウンダリの過圧の防止 ナトリウム流出位置(安全板設置位置:原子炉格納容器内(床下))における熱的影響緩和措置として、ヒートシンク材・断熱材を敷設	コンクリート遮へい体冷却系 安全容器 1次アルゴンガス系 安全板 ヒートシンク材・断熱材 (非常用電源設備) (補機冷却設備)	安全容器内での1次主冷却系内管及び外管からの漏えい事故における炉心損傷防止措置の機能喪失時手順 (①1次アルゴンガス系排気ラインの隔離弁閉止手順)※1 (②格納容器手動アイソレーション手順)※2
	1次冷却材漏えい(1次主冷却系配管(内管)破損)及び1次主冷却系配管(外管)破損の重畳事故(LORL(ii))	コンクリート遮へい体冷却系を用いた原子炉容器外面冷却による炉心損傷の防止	コンクリート遮へい体冷却系 予熱室素ガス系 (非常用電源設備) (補機冷却設備)	安全容器外での1次主冷却系内管及び外管からの漏えい事故における炉心損傷防止措置の機能喪失時手順
	1次冷却材漏えい(1次補助冷却系配管(内管)破損)及び1次補助冷却系配管(外管)破損の重畳事故(LORL(iii))	受動的な安全特性を活用した主冷却系(1ループ)による自然循環冷却	1次主冷却系、2次主冷却系 関連するプロセス計装検出器、計測装置 (非常用電源設備) (圧縮空気供給設備)	1次補助冷却系での内管及び外管からの漏えい事故における炉心損傷防止措置の機能喪失時手順 (①1次主冷却系強制循環機能の復旧手順)※3 (②原子炉容器外面冷却手順)※4 なお、②の自主対策は、主冷却系(1ループ)による自然循環冷却機能を喪失したと判断した場合に、炉心の状態によらず実施する。
交流動力電源が存在し、かつ原子炉容器液位が確保された状態での崩壊熱除去機能喪失(PLOHS)	外部電源喪失及び強制循環冷却失敗の重畳事故(PLOHS(i))	受動的な安全特性を活用した主冷却系(1ループ)による自然循環冷却	同上	自然循環崩壊熱除去手順 (①原子炉容器外面冷却手順)※4 なお、上記の自主対策は、主冷却系(1ループ)による自然循環冷却機能を喪失したと判断した場合に、炉心の状態によらず実施する。
	2次冷却材漏えい及び強制循環冷却失敗の重畳事故(PLOHS(ii))	コンクリート遮へい体冷却系を用いた安全容器外面冷却による損傷炉心物質の安全容器内保持・冷却 安全板による原子炉冷却材バウンダリの過圧の防止 ナトリウム流出位置(安全板設置位置:原子炉格納容器内(床下))における熱的影響緩和措置として、ヒートシンク材・断熱材を敷設	コンクリート遮へい体冷却系 安全容器 1次アルゴンガス系 安全板 ヒートシンク材・断熱材 (非常用電源設備) (補機冷却設備)	2次冷却材漏えい及び強制循環冷却失敗事故における炉心損傷防止措置の機能喪失時手順 (①1次アルゴンガス系排気ラインの隔離弁閉止手順)※1 (②格納容器手動アイソレーション手順)※2
全交流動力電源喪失による強制循環冷却機能喪失(SBO)	全交流動力電源喪失(外部電源喪失及びディーゼル発電機起動失敗)事故	受動的な安全特性を活用した主冷却系(1ループ)による自然循環冷却	1次主冷却系、2次主冷却系 関連するプロセス計装検出器、計測装置 (非常用電源設備) (圧縮空気供給設備)	全交流動力電源喪失時手順 (①手動による崩壊熱除去手順(仮設発電機又は仮設計器による監視を含む。))※5 (②ディーゼル発電機機能の復旧手順)※6

以下の自主対策は、炉心損傷防止措置の有効性を確認した上で、安全性向上のために自主的に講じる措置である。

※1:格納容器アイソレーションにより、多量の放射性物質の放出は防止されるが、さらなる安全性の向上のため、放射性物質の放出経路を閉止する手順である。

※2:格納容器アイソレーションは自動で動作するが、本操作を実施すればアイソレーション可能であるため、信頼性向上のためのバックアップの位置付けで整備する。

※3:1次主冷却系強制循環機能喪失の要因によっては、機能を復旧できる可能性があるため、自主対策として実施する。

※4:本操作を実施すれば炉心損傷を防止できるため、1次主冷却系(1ループ)による自然循環措置に加えて、信頼性向上のためのバックアップの位置付けで整備する。

※5:全交流動力電源喪失時にあっても崩壊熱の除去に必要な機能は喪失しない設計とするが、全交流電源喪失が長期化し、駆動源や監視系の電源が枯渇した場合の対応の信頼性向上のために、主冷却機ベーンの手動操作手順の整備、仮設発電機等を用いた監視を実施する。

※6:ディーゼル発電機機能喪失の要因によっては、機能を復旧できる可能性があるため、自主対策として実施する。

安全板に係るご指摘への回答

資料番号	資料の該当箇所	コメント	コメント回答
JY92-2	p24	<p>・※1に、設置前に破壊試験を実施するとあるが、ナトリウムを使用して試験を実施するのか。</p> <p>・安全板が破裂する前に、安全板内側にある程度ナトリウムが付着すると思うが、このナトリウムが固着して安全板の破裂を阻害することはないのか。</p> <p>・安全板が破裂すると、ナトリウムは何メートル先まで到達するのか。</p> <p>・安全板の設置位置はどういう部屋か。安全板が吹いた先に、設備、機器等はないのか。</p>	<p>・安全板が破裂するまでの温度範囲において、ナトリウムが多量に蒸発することはない。また、安全板を設置する1次アルゴンガス系の上流部には、ベーパーラップを設置していることから、通常運転時に多量のナトリウムが安全板に付着することはない。以上を踏まえ、安全板の破裂試験に、ナトリウムは使用しない計画である。</p> <p>・安全板は低圧で破裂するため、破裂時にナトリウムが飛散することはない。</p> <p>・安全板は格納容器(床下)の最下層のダンプタンク室に設置する計画であり、安全板の破裂時の放出先に、防護が必要な設備、機器等はない。</p>
JY92-2	p24	<p>安全板について、ロットで定期検査ごとに破壊試験するとしているが、ロットが尽きた時の対応はどうするのか。本設の安全板を取り替え、ロットとして再度、定期検査に備えるのか。</p>	<p>製作ロットごとに破壊試験を実施し、ロットごとに信頼性を確認する。</p>
JY92-2	p24	<p>安全板が開いた際にその動作を検出するとあるが、信頼性のある方法が必要と考えられるが、検出はどのような方法で行うのか。圧力変化の検出、ナトリウムが噴出したことによる電気伝導を検出する等の物理的にナトリウムの有無を検出するのか。</p>	<p>安全板の破裂検出器は、安全板に沿って配置する導線が、安全板破裂時に破損したディスクにより切断(断線)されることにより検知する。</p>
JY92-2	p24	<p>安全板は、炉内側の圧力と床下の安全板を設置する部屋の圧力差により受動的に動作すると考えられるが、安全板を設置する部屋の圧力の変動はどの程度と考えているのか？(台風等の外気の低気圧等の部屋の圧力変動の影響は受けないのか？)</p>	<p>格納容器(床下)の圧力は、大気圧に応じて制御している。また、炉内側の1次アルゴンガス系の圧力は、格納容器(床下)の圧力との差圧で制御している。このため、1次アルゴンガス系の圧力と格納容器(床下)圧力との差圧が急激に変動することはない。</p> <p>【制御値】 格納容器(床下)圧力 : 大気圧+約80Pa 1次アルゴンガス系圧力 : 格納容器(床下)+約0.5kPa±約0.2kPa</p>