



JY-104-3

**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）に係る説明書
-炉心損傷防止措置並びに格納容器破損防止措置の資機材及び手順-**

2021年12月14日

**日本原子力研究開発機構 大洗研究所
高速実験炉部**

- 炉心損傷防止措置及び格納容器破損防止措置に係る資機材に対する設計方針
- 炉心損傷防止措置及び格納容器破損防止措置に係る資機材
 - ・ 炉心流量喪失時原子炉停止機能喪失（ULOF）に係る資機材
 - ・ 過出力時原子炉停止機能喪失（UTOP）に係る資機材
 - ・ 除熱源喪失時原子炉停止機能喪失（ULOHS）に係る資機材
 - ・ 局所的燃料破損（LF）に係る資機材
 - ・ 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）に係る資機材 【一部】
 - ・ 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）に係る資機材
 - ・ 全交流動力電源喪失による強制循環冷却機能喪失（SBO）に係る資機材
- 炉心損傷防止措置及び格納容器破損防止措置に係る手順
 - ・ 炉心流量喪失時原子炉停止機能喪失（ULOF）に係る手順
 - ・ 過出力時原子炉停止機能喪失（UTOP）に係る手順
 - ・ 除熱源喪失時原子炉停止機能喪失（ULOHS）に係る手順
 - ・ 局所的燃料破損（LF）に係る手順
 - ・ 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）に係る手順 【一部】
 - ・ 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）に係る手順
 - ・ 全交流動力電源喪失による強制循環冷却機能喪失（SBO）に係る手順

【炉心損傷防止措置及び格納容器破損防止措置に係る資機材に対する設計方針】

炉心損傷防止措置及び格納容器破損防止措置に係る資機材は、原則として、基準地震動による地震力に対して機能を喪失しないように整備するとともに、火災の発生防止並びに早期に火災の感知及び消火を行うことができるように必要な火災防護対策を講じることにより、地震や火災による損傷を防止することを基本とする。また、電源を必要とする資機材は、非常用電源設備より給電する。

【各レベルの独立性】

第3レベル以下の設計基準事故対処設備、第4レベルの1の炉心損傷防止措置及び第4レベルの2の格納容器破損防止措置をそれぞれ講じ、前段の措置の機能喪失を仮定して独立性を有するように設計

炉心損傷防止措置及び格納容器破損防止措置（1/4）

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。

炉心損傷防止措置及び格納容器破損防止措置（2/4）

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。

炉心損傷防止措置及び格納容器破損防止措置（3/4）

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	—

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。

炉心損傷防止措置及び格納容器破損防止措置（4/4）

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。

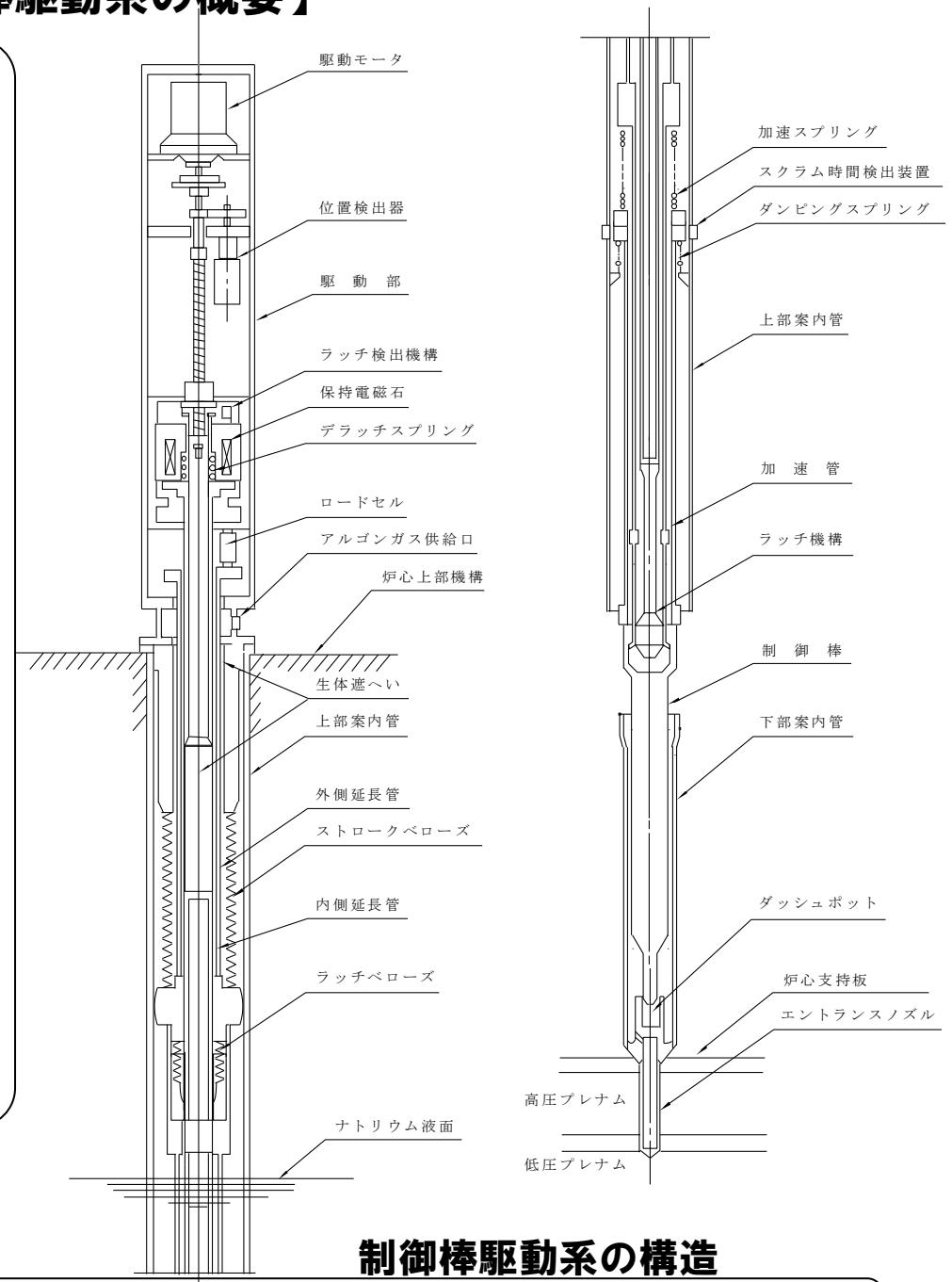
炉心流量喪失時原子炉停止機能喪失（ULOF）

ULOFの炉心損傷防止措置に係る資機材

要求機能	資機材		関連系	関連手順
	系統又は機器	機器		
原子炉の停止機能	代替原子炉トリップ信号(「1次主循環ポンプトリップ」)	検出器	非常用電源設備	後備炉停止系による原子炉自動停止手順(3.2.1節参照)
	後備炉停止系用論理回路	論理回路	非常用電源設備	
	後備炉停止制御棒	後備炉停止制御棒駆動系 1) 駆動機構 2) 上部案内管 3) 下部案内管	—	
	核計装、プロセス計装	検出器	非常用電源設備	
原子炉停止後の除熱機能	原子炉停止後の除熱機能(MS-1)の系統	原子炉冷却材バウンダリの一部(1次主冷却系及び原子炉容器)	—	
		1次主循環ポンプボニーモータ	非常用電源設備	
		冷却材バウンダリ	—	
		主冷却機	非常用電源設備 圧縮空気供給設備	
	プロセス計装	検出器	非常用電源設備	
原子炉の停止機能	手動スクラム	手動スクラムボタン	—	原子炉手動停止手順(3.2.2節参照)
	制御棒、後備炉停止制御棒	保持電磁石励磁スイッチ	—	
	制御棒、後備炉停止制御棒(駆動機構による挿入)	駆動機構操作スイッチ	非常用電源設備	
		制御棒駆動系 1) 駆動機構 2) 上部案内管 3) 下部案内管		
核計装、プロセス計装	検出器	非常用電源設備		

【制御棒及び制御棒駆動系並びに後備炉停止制御棒及び後備炉停止制御棒駆動系の概要】

- 独立した4式の制御棒及び制御棒駆動系を設置
制御棒4本を炉心第3列に配置
- 独立した2式の後備炉停止制御棒及び後備炉停止制御棒駆動系を設置
後備炉停止制御棒2本を炉心第5列に配置
- 原子炉スクラム時には、保持電磁石励磁断により、制御棒がデラッチ
制御棒は、自重で落下するとともにスプリングにより加速されて炉心に
落下・挿入され、原子炉は停止（バネ加速重力落下方式）
- 後備炉停止系は、主炉停止系による原子炉停止が不能の場合でも、原子
炉を停止するように設計
- 原子炉スクラムに必要な機能（バネ加速重力落下方式）は、炉心の反応
度（原子炉の出力）を制御するために使用する機能（ボールナットスク
リュ方式）の故障が発生した場合においても動作可能
- スクラム時挿入時間は、保持電磁石励磁断から反応度価値90%挿入まで
が0.8秒以下となるように設計（本原子炉施設では、異常事象発生時の事
象進展が速いため、制御棒による速やかな反応度投入が必要）
- 制御棒及び後備炉停止制御棒は、基準地震動 S_0 の設計用地震波に基づく
最大想定変位時においても十分な余裕をもって挿入できるように設計



制御棒駆動系の構造

【関連設備】

- 後備炉停止系用論理回路
原子炉保護系の論理回路とは別の論理回路を新設し、論理回路の動作に係る多様性及び独立性を確保
- 制御棒連続引抜き阻止インターロック
出力運転中に、制御棒の連続引抜き時間が3秒（有効性評価では連続引抜き時間として4秒を設定）となると、引抜きを自動的に阻止するタイマーリレーを新設し、「原子炉出口冷却材温度高」によるトリップ信号の発信までに出力が過度に上昇することを防止
- これらの設備は、基準地震動による地震力に対して機能を喪失しないように整備、また、非常用電源設備より給電

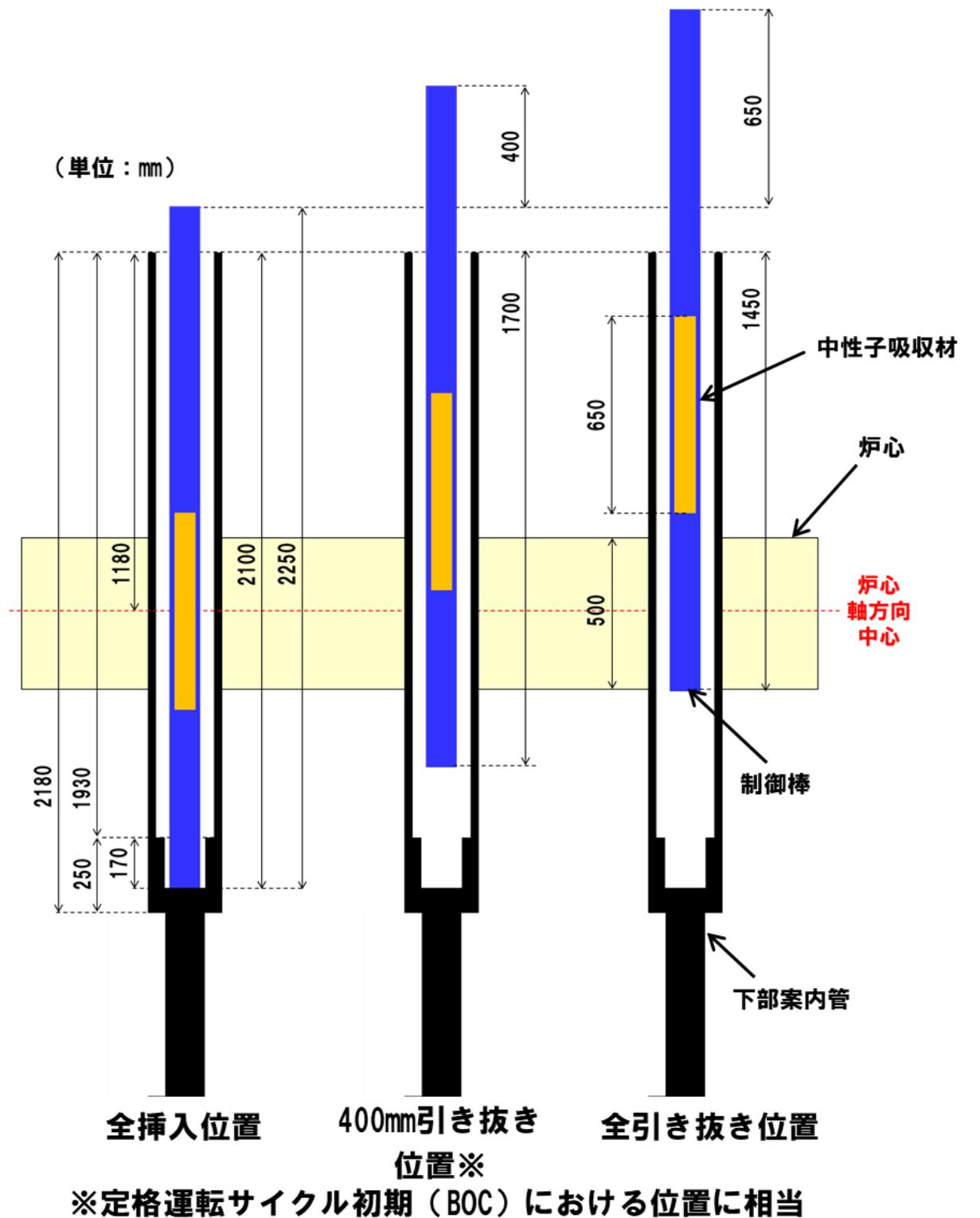
【原子炉停止系統の構造概要】

制御棒（後備炉停止制御棒含む。）
が全引き抜き位置にあっても、
60%以上が下部案内管内部に位置



- 制御棒の下方に、制御棒の下降を阻害するものは存在しない。
- 制御棒下部案内管は、他の集合体とは独立して設置され、制御棒の落下・挿入をガイドする役割を果たす。

駆動ストローク：約65cm



制御棒と制御棒下部案内管の相対位置関係

【原子炉停止システムの急速挿入失敗の原因として想定される共通原因故障 (1/3) -全体概要-】

① 原子炉トリップ信号

【設計基準】1種類の原子炉トリップ信号に対して、それぞれ独立した検出器を複数設けることで、原子炉トリップ信号発信に係る独立性及び多重性を確保
【BDBA】設計基準事故対処設備とは別の検出器により、原子炉トリップ信号発信に係る多様性及び独立性を確保

② 安全保護回路

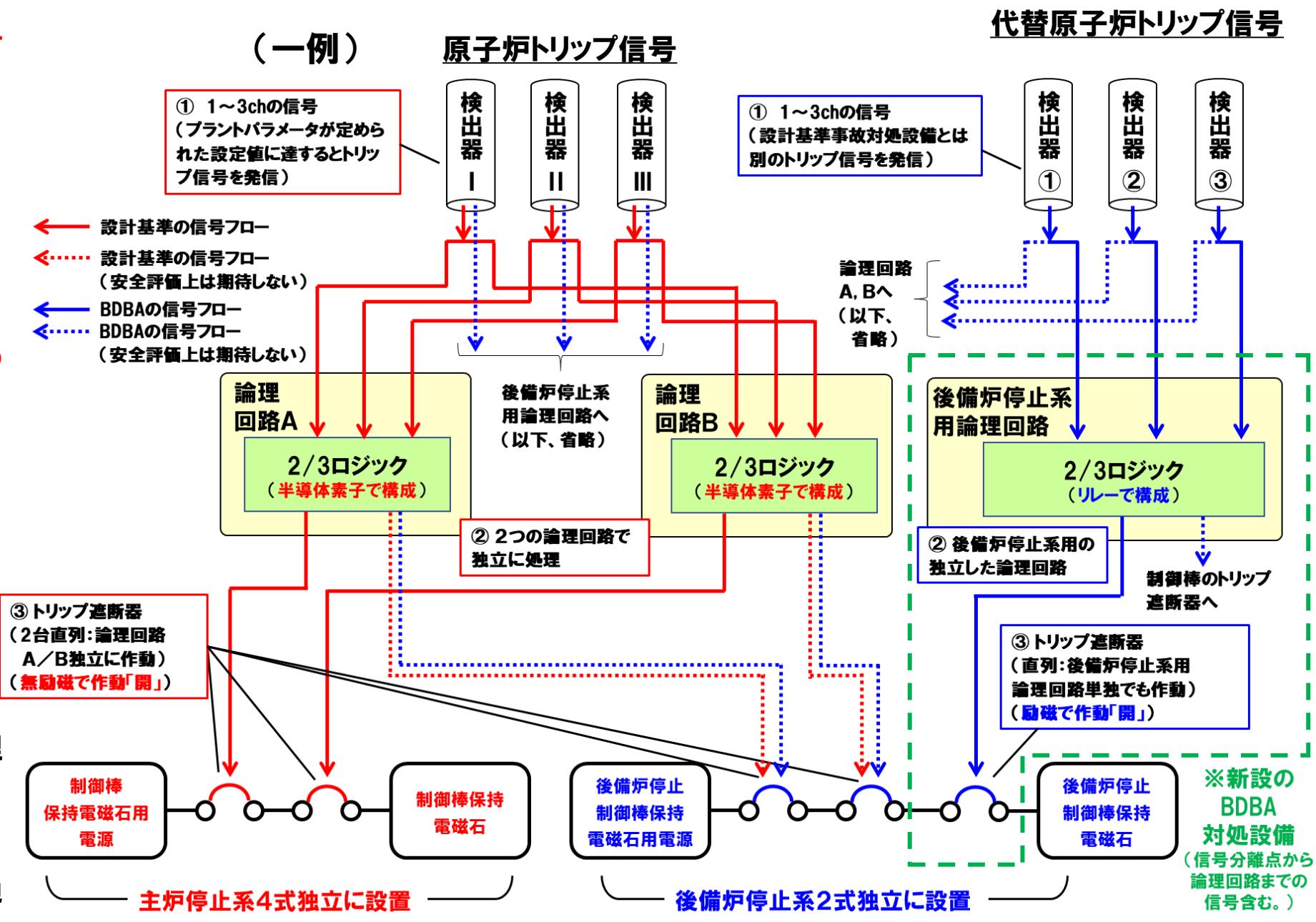
【設計基準】原子炉保護系（スクラム）の論理回路は、それぞれ独立した2台を設けることで、ロジック回路の作動に係る独立性及び多重性を確保
【BDBA】設計基準事故対処設備とは別の後備炉停止系用論理回路を設け、後備炉停止系用論理回路からのトリップ遮断器を設けることで、論理回路の作動に係る多様性及び独立性を確保

③ 制御棒の急速挿入

制御棒等の保持電磁石用電源は、論理回路に対応してトリップ遮断器を設けることで、制御棒等の切離しに係る独立性及び多重性を確保
また、制御棒等の急速挿入に係る共通原因故障の防止対策を講じ、必要な信頼性を確保

- 原子炉停止に係る施設は独立性及び多重性を確保しており、単一故障を想定しても、停止機能を喪失することはない、必要な信頼性を確保
- 運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故では、主炉停止系の反応度価値の最も大きな制御棒一本が全引き抜き位置に固着した場合を想定し、主炉停止系のみで原子炉を安全に停止できることを確認
- BDBAでは、後備炉停止系の急速挿入のみで炉心損傷を防止できることを確認

※「BDBA」：多量の放射性物質等を放出するおそれのある事故
第403回核燃料施設等の新規規制基準適合性に関する審査会合：資料-1の内容に同じ



【原子炉停止システムの急速挿入失敗の原因として想定される共通原因故障（2/3）-原子炉トリップ信号の多様化の確保-】

- 設計基準事故対処設備として考慮した原子炉トリップ信号^{※2}の発信失敗を想定したとしても、残された既設の原子炉トリップ信号を活用することにより、選定した異常事象の全てに対して独立で多様な代替原子炉トリップ信号^{※4}を確保

既設の原子炉保護系の作動項目	過渡・事故事象 ^{※1}	設計基準事故対処設備 (原子炉トリップ信号 ^{※2})	BDBAの事象Gr ^{※3}	BDBA対処設備 (代替原子炉トリップ 信号 ^{※4})	第3信号
中性子束高（出力領域）	未臨界状態からの制御棒の異常な引抜き 出力運転中の制御棒の異常な引抜き 主冷却器空気流量の増大	中性子束高（出力領域）	過出力時 原子炉停止機能喪失	原子炉出口冷却材温度高	手動スクラム
中性子束高（中間領域／起動領域）	—	—	—	—	—
炉周期短（中間領域／起動領域）	—	—	—	—	—
原子炉出口冷却材温度高	—	—	—	—	—
原子炉入口冷却材温度高	主冷却器空気流量の減少 2次冷却材漏えい事故 主送風機風量瞬時低下事故	原子炉入口冷却材温度高	除熱源喪失時 原子炉停止機能喪失	原子炉出口冷却材温度高	2次主循環ポンプトリップ、手動スクラム
1次冷却材流量低	1次冷却材流量減少 1次主循環ポンプ軸固着事故	1次冷却材流量低	炉心流量喪失時 原子炉停止機能喪失	1次主循環ポンプトリップ	原子炉出口冷却材温度高、手動スクラム
2次冷却材流量低	2次冷却材流量減少 2次主循環ポンプ軸固着事故	2次冷却材流量低	除熱源喪失時 原子炉停止機能喪失	原子炉出口冷却材温度高	2次主循環ポンプトリップ、手動スクラム
炉内ナトリウム液面低	1次冷却材漏えい事故	炉内ナトリウム液面低	炉心流量喪失時 原子炉停止機能喪失	1次主循環ポンプトリップ	原子炉出口冷却材温度高、手動スクラム
炉内ナトリウム液面高	—	—	—	—	—
1次主循環ポンプトリップ	—	—	—	—	—
2次主循環ポンプトリップ	—	—	—	—	—
電源喪失	外部電源喪失	電源喪失	炉心流量喪失時 原子炉停止機能喪失	1次主循環ポンプトリップ	2次主循環ポンプトリップ、手動スクラム
手動スクラム	—	—	—	—	—

※1：原子炉保護系の作動設定値に至らないものを除く

※2：既設の原子炉トリップ信号のうち、設計基準事故対処設備として考慮（「過渡変化の解析」及び「事故経過の解析」において考慮）する信号

※3：原子炉停止機能の喪失を想定する事象Grに対して整理

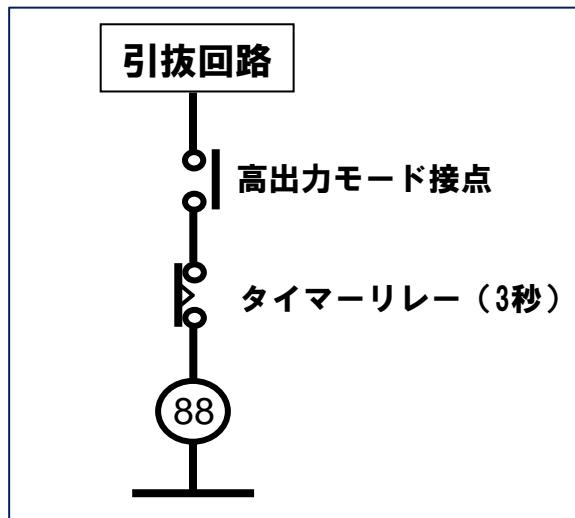
※4：既設の原子炉トリップ信号のうち炉心損傷防止措置として考慮する信号

【制御棒連続引抜き阻止インターロック】

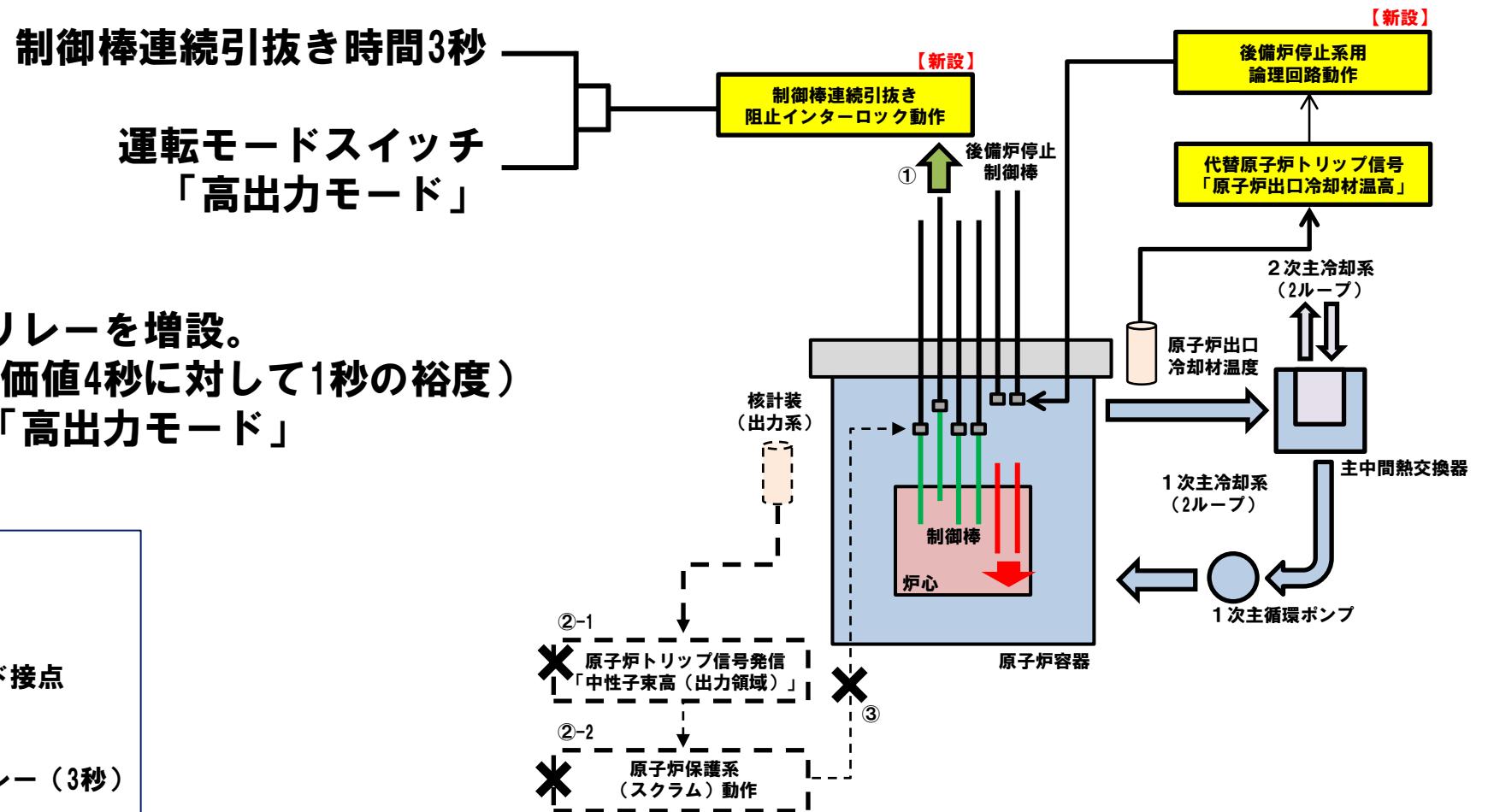
- ・出力運転中に、制御棒の連続引抜き時間が3秒となると、引抜きを自動的に阻止するタイマーリレー（約3秒）を設けることにより、UTOP有効性評価で設定する連続引抜き時間4秒を超えない設計とする。
- ・制御棒駆動機構駆動回路と同じ非常用電源設備より給電するものとする。

【基本設計】

基本構成：引抜回路にタイマーリレーを増設。
 設定：タイマー設定3秒（評価値4秒に対して1秒の裕度）
 作動条件：運転モードスイッチ「高出力モード」
 待機条件：限時動作b接点



制御棒連続引き抜き阻止インターロックの基本構成等（待機条件を含む）



UTOPの事象進展及び炉心損傷防止措置の概要図

要求機能	資機材		関連系	関連手順
	系統又は機器	機器		
原子炉容器内での損傷炉心物質の冷却機能	原子炉停止後の除熱機能(MS-1)の系統	原子炉冷却材バウンダリの一部(1次主冷却系及び原子炉容器)	—	損傷炉心物質の原子炉容器内冷却手順(3.2.3節参照)
		1次主循環ポンプポニーモータ	非常用電源設備	
		冷却材バウンダリ	—	
		主冷却機	非常用電源設備 圧縮空気供給設備	
	核計装、プロセス計装	検出器	非常用電源設備	
格納容器(床上)へのナトリウムの噴出防止機能	原子炉カバーガス等のバウンダリ	回転プラグ	—	
格納容器外への放射性物質の移行量の低減機能	原子炉カバーガス等のバウンダリ	1次アルゴンガス系隔離弁(排気側)	非常用電源設備	格納容器自動アイソレーション手順(3.2.4節参照) 格納容器手動アイソレーション手順(3.2.5節参照) 1次アルゴンガス系の排気側の隔離手順(3.2.6節参照)
	原子炉格納施設	格納容器、格納容器バウンダリに属する配管・弁	非常用電源設備 圧縮空気供給設備	
		手動アイソレーションボタン	—	
	プロセス計装	検出器	非常用電源設備	

ULOFに対する炉心損傷防止措置及び格納容器破損防止措置に係る手順を以下に示す（下線：自主対策）。

<炉心損傷防止措置>

- 後備炉停止系による原子炉自動停止手順
- 原子炉手動停止手順

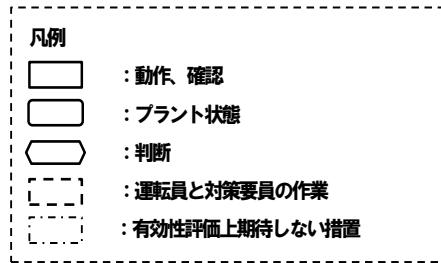
<格納容器破損防止措置>

- 損傷炉心物質の原子炉容器内冷却手順
- 格納容器自動アイソレーション手順
- 格納容器手動アイソレーション手順
- 1次アルゴンガス系の排気側の隔離手順

**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）に係る資機材
【一部】**

LORLの資機材及び手順の概要

黄色ハッチング：有効性評価の対象としている措置
 ●：運転員等による操作が必要な措置
 【】内時間：事象発生からの経過時間



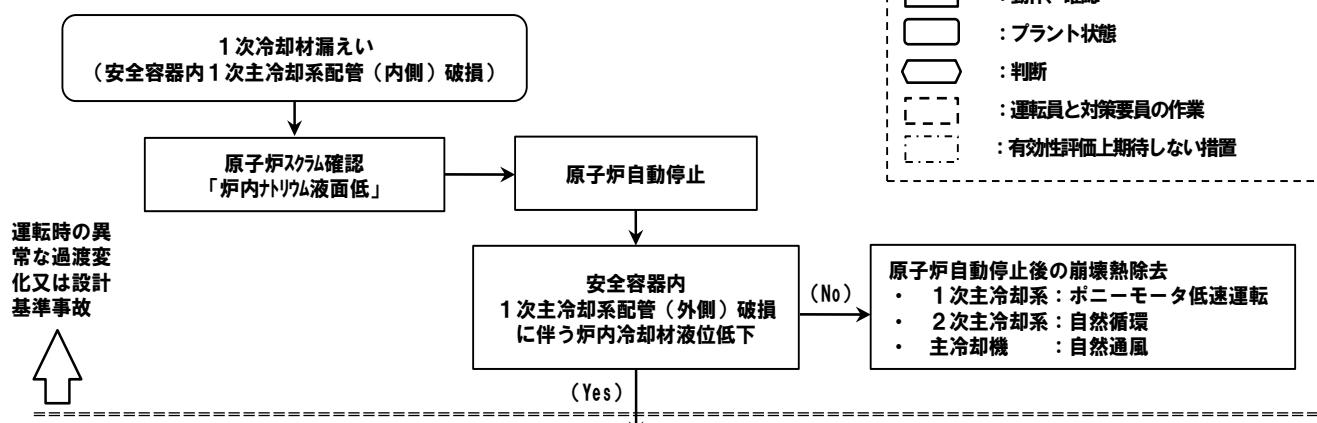
【設計基準事故対処設備及び手順】

設計基準事故対処設備

- 原子炉の緊急停止及び未臨界維持機能（MS-1）
- 1次冷却材漏えい量の低減機能（MS-1）
- 原子炉停止後の除熱機能（MS-1）

関連する手順

- 1次冷却材漏えい時手順



【炉心損傷防止措置に係る主な資機材及び手順】

資機材

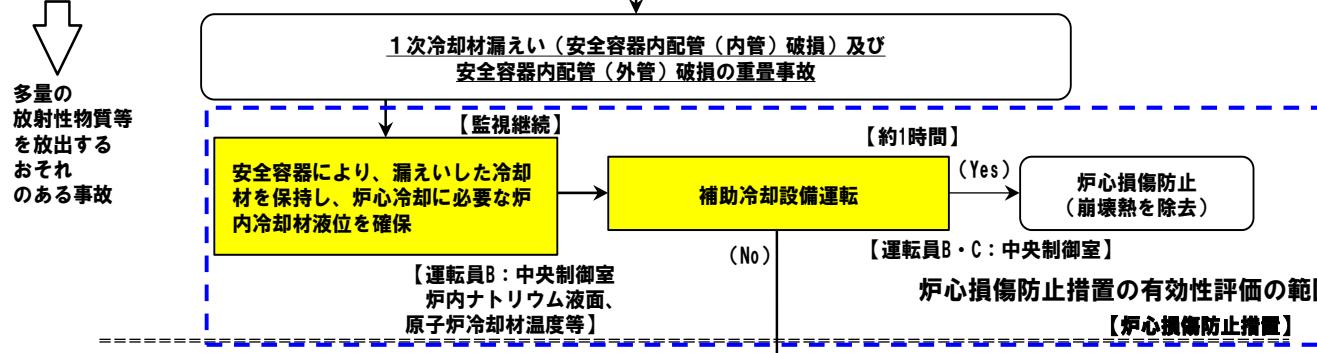
- 安全容器
- 補助冷却設備

関連する手順

- 安全容器内1次主冷却系内外管破損時の補助冷却設備による崩壊熱除去手順

【炉心損傷防止に係る自主対策】

- 補助冷却設備手動起動手順



【CV破損防止措置に係る主な資機材及び手順】

資機材

- 安全容器
- コンクリート遮へい体冷却系

関連する手順

- コンクリート遮へい体冷却系による安全容器外面冷却手順

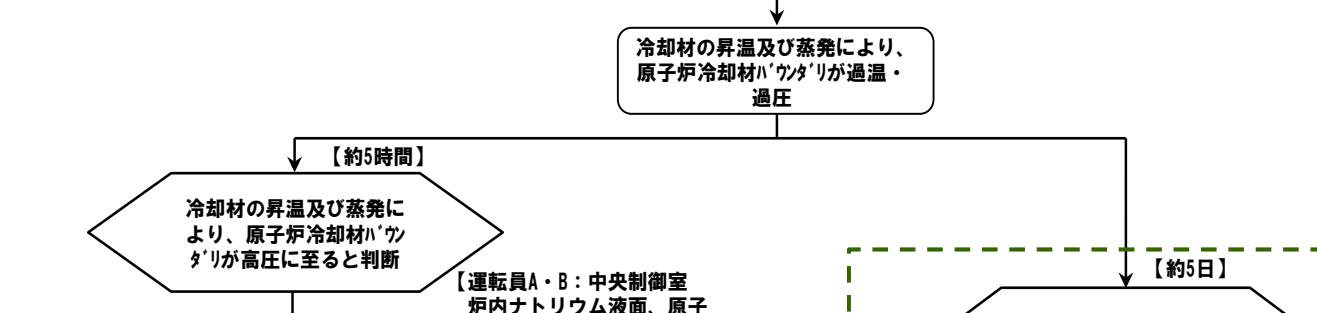
【CV破損防止措置に係る主な資機材及び手順】

資機材

- 1次アルゴンガス系の安全板
- 断熱材及びヒートシンク材
- 格納容器構造(隔離弁の一部を含む。)

関連する手順

- 格納容器アイソレーション手順



【CV破損防止に係る自主対策】

自主対策に係る手順

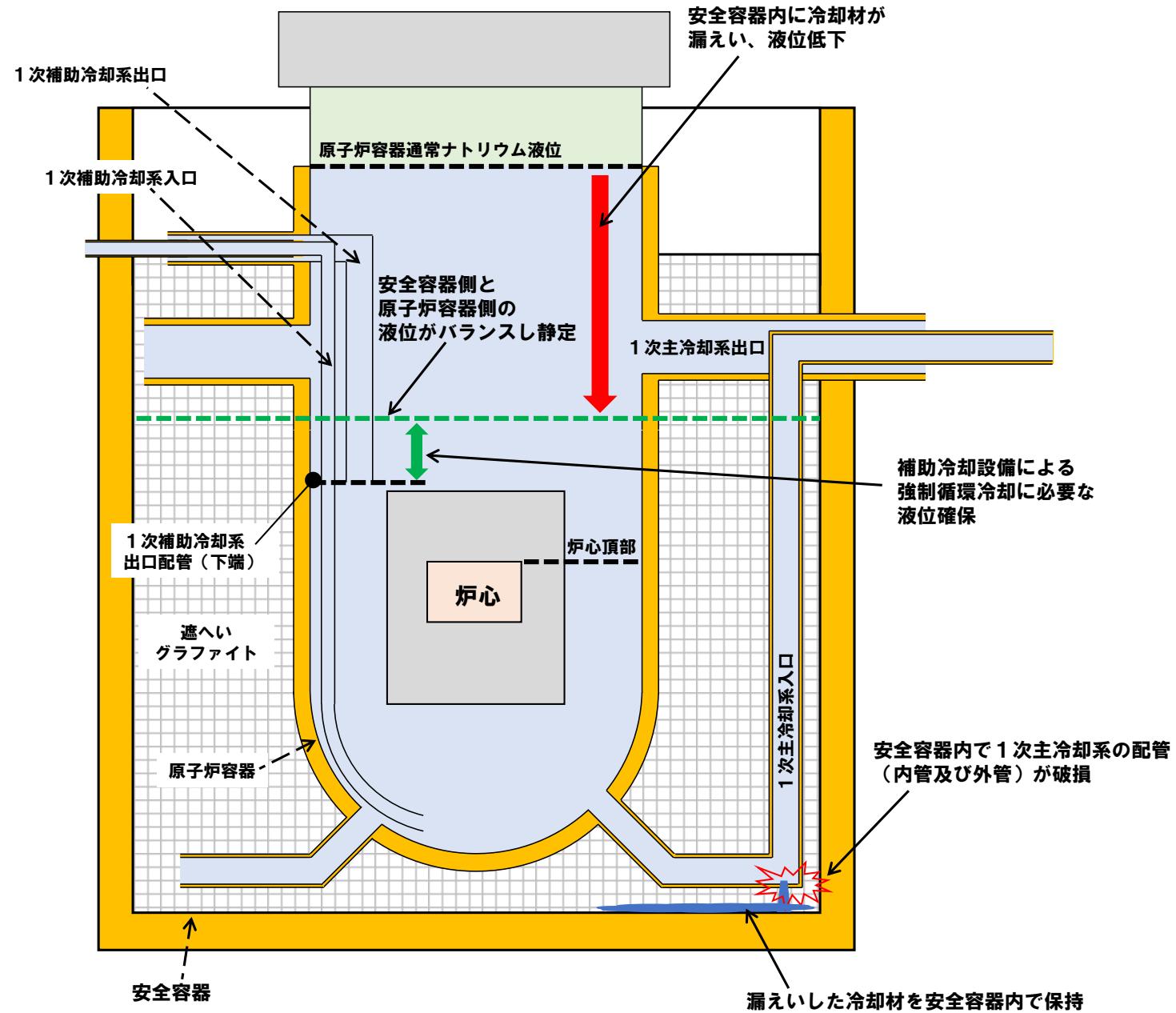
- 格納容器手動アイソレーション手順



*1：ナトリウムによる熱的影響を緩和するため、断熱材及びヒートシンク材を整備
 *2：原子炉運転中は格納容器(床下)を窒素雰囲気保持

要求機能	資機材		関連系	関連手順
	系統又は機器	機器		
補助冷却設備の運転に必要な冷却材液位の確保機能	原子炉格納施設	安全容器	—	安全容器内1次主冷却系内外管破損時の補助冷却設備による崩壊熱除去手順 (3.6.1.1節参照)
	計測制御系	原子炉容器液面計	非常用電源設備	
原子炉停止後の除熱機能	補助冷却設備	1次補助冷却系(補助中間熱交換器及び循環ポンプを含む。)	非常用電源設備 補機冷却設備 圧縮空気供給設備	
		2次補助冷却系(補助冷却機及び循環ポンプを含む。)		
	計測制御系	原子炉容器液面計	非常用電源設備	
	補助冷却設備	循環ポンプ・補助送風機起動スイッチ	非常用電源設備	

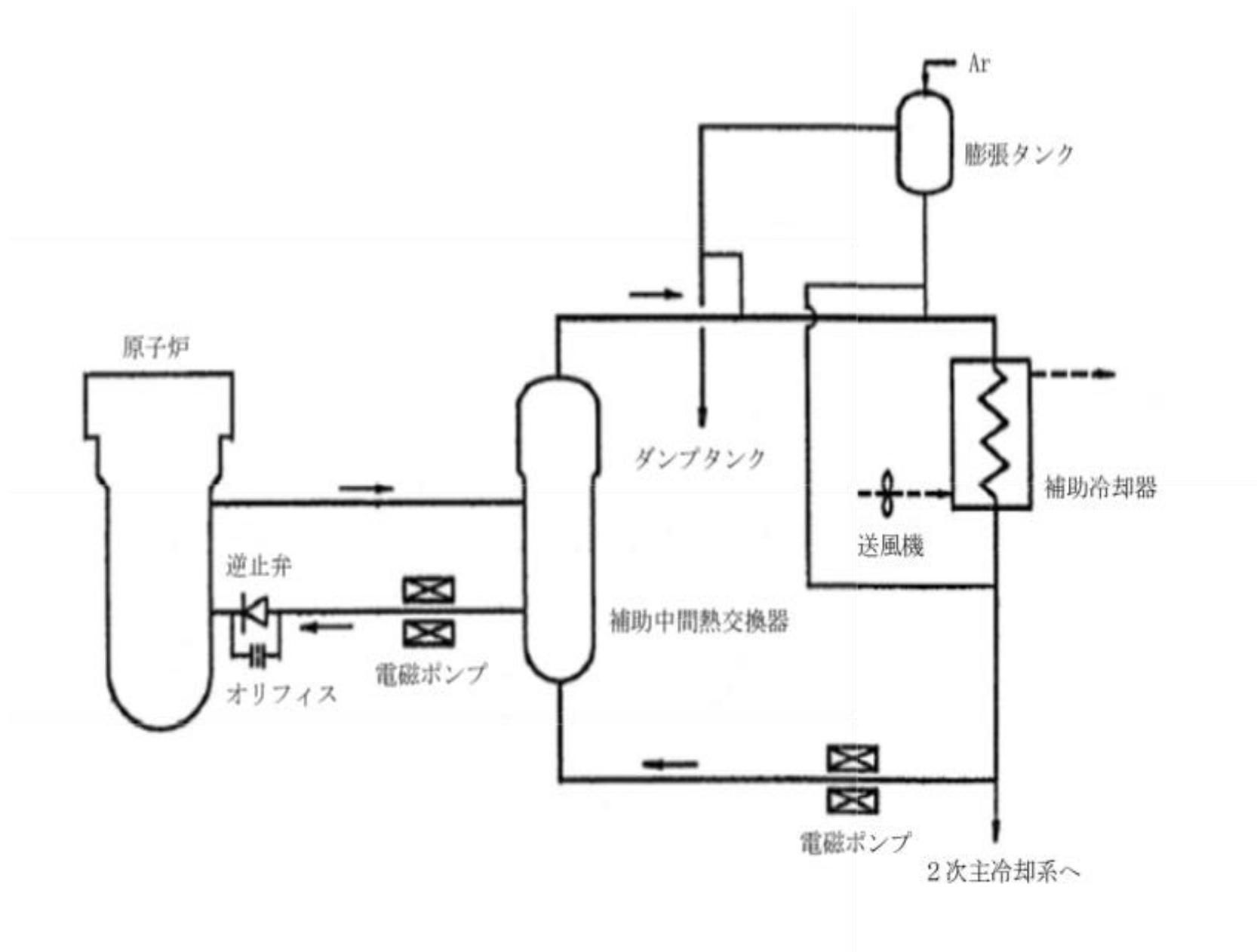
- 安全容器内に設置される1次主冷却系の配管（内管及び外管）が破損した際に、安全容器内で漏えいした冷却材を保持することで、補助冷却設備の強制循環冷却に必要な液位を確保（電源及び運転員操作不要）
- 安全容器は、基準地震動による地震力に対して機能を喪失しないように整備



安全容器内での冷却材の保持の概念図

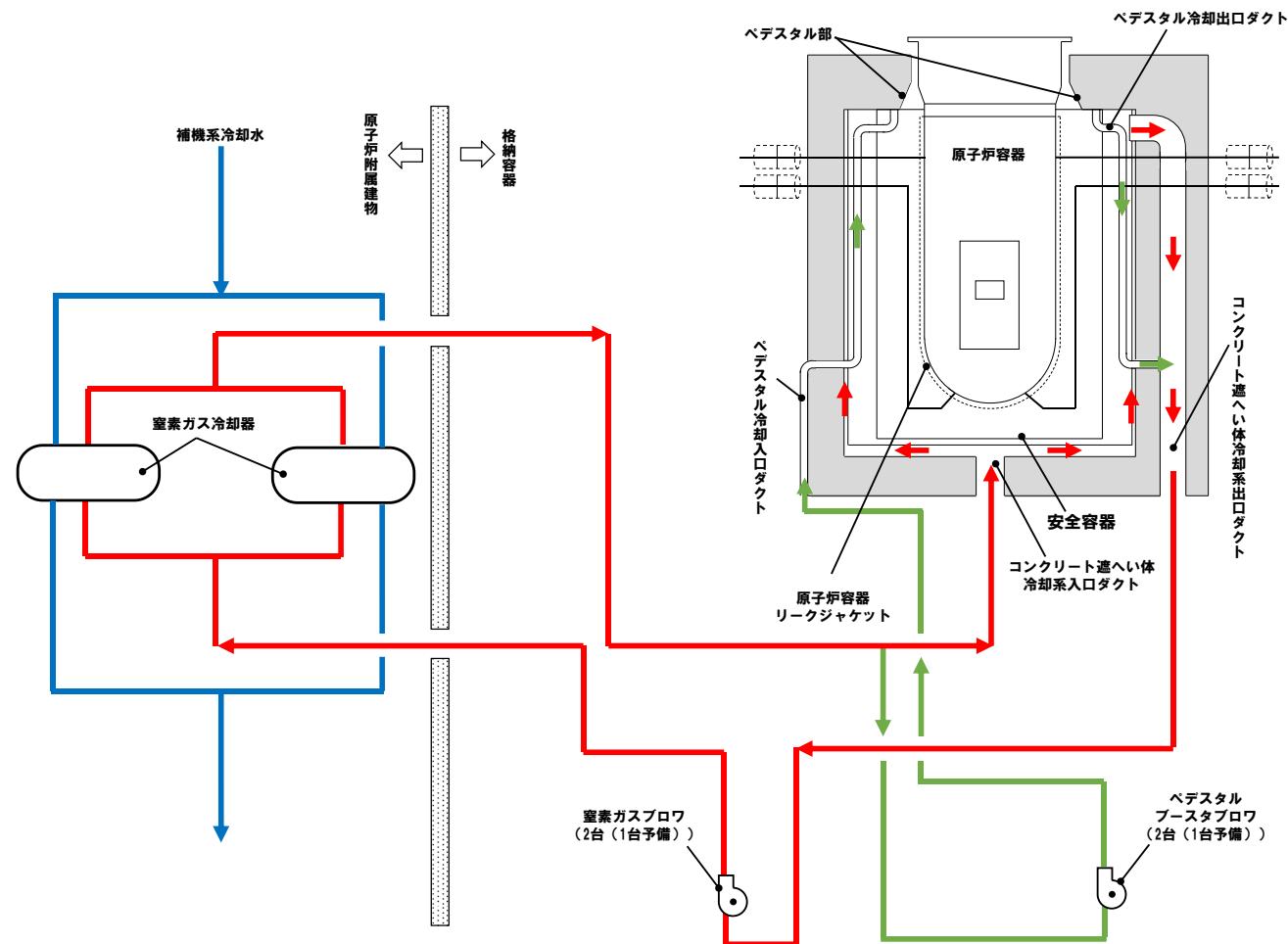
補助冷却設備による強制循環冷却

- 原子炉停止後の崩壊熱除去期間中に原子炉容器の冷却材液位が1次主冷却系の循環に必要な液位を下回る等、主冷却系による冷却に失敗した際に使用（基本的に原子炉容器冷却材の液位が所定の液位まで低下した時点で自動で起動）
- 補助冷却設備は、主冷却系と独立した系統
- 使用する機器等は、基準地震動による地震力に対して機能を喪失しないように整備、また、電源を必要とするものは、非常用電源設備より給電



要求機能	資機材		関連系	関連手順
	系統又は機器	機器		
安全容器内での損傷炉心物質の冷却機能	原子炉格納施設	安全容器	—	コンクリート遮へい体冷却系による安全容器外面冷却手順 (3.6.1.3節参照)
	コンクリート遮へい体冷却系	窒素ガスブロフ	非常用電源設備	
		窒素ガス冷却器	非常用電源設備 補機冷却設備	
		ペDESTALブースタブロフ	非常用電源設備	
		窒素ガスダクト	—	
	プロセス計装	検出器	非常用電源設備	
原子炉冷却材バウンダリ、カバーガスバウンダリの過圧防止機能	1次アルゴンガス系	安全板	非常用電源設備(作動検知)	
格納容器外への放射性物質の移行量の低減機能	断熱材及びヒートシンク材	断熱材及びヒートシンク材	—	
	原子炉格納施設	格納容器、格納容器バウンダリに属する配管・弁	非常用電源設備 圧縮空気供給設備	格納容器自動アイソレーション手順 (3.2.4節参照) 格納容器手動アイソレーション手順 (3.2.5節参照)
		手動アイソレーションボタン	—	
プロセス計装	検出器	非常用電源設備		

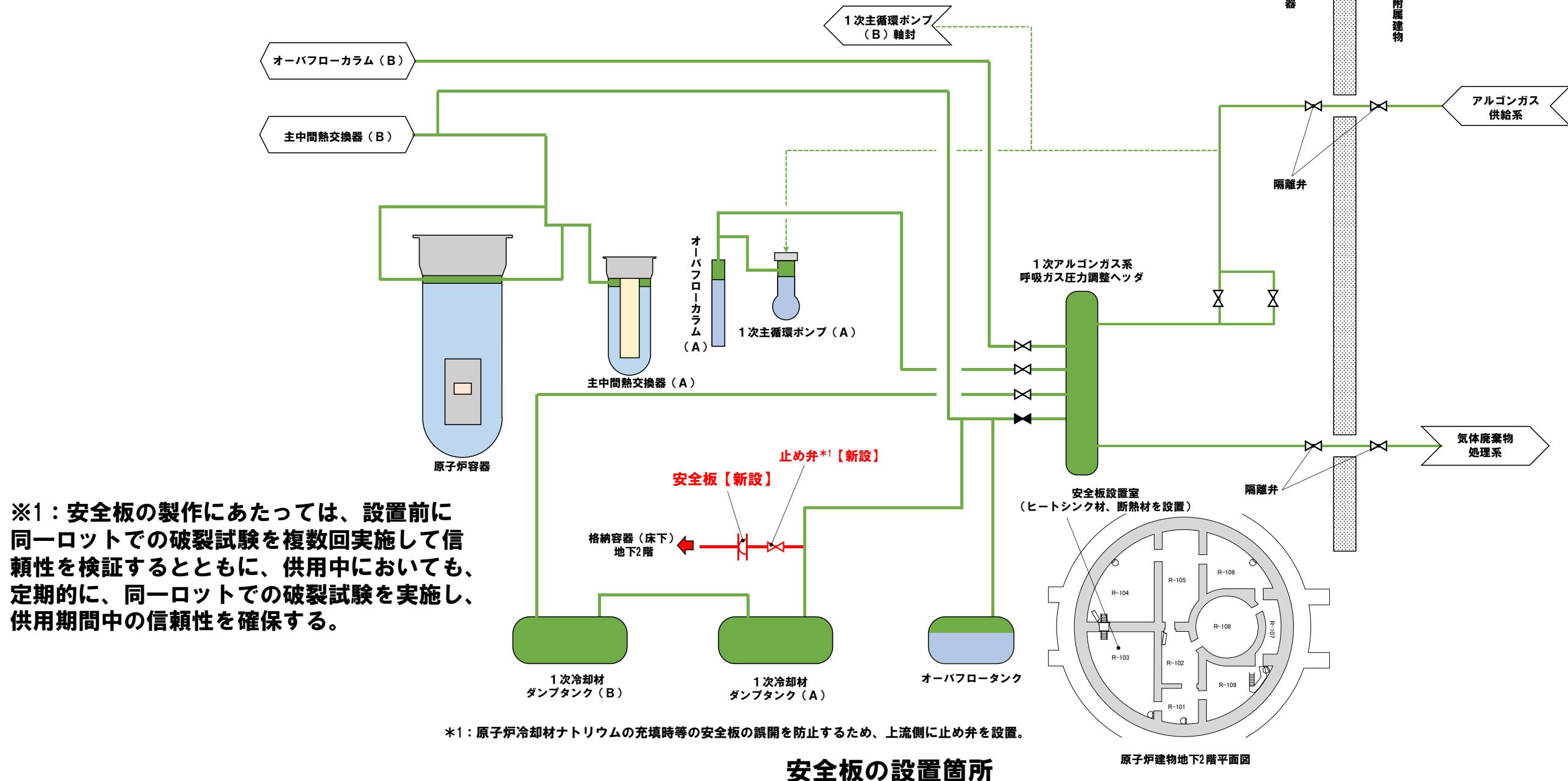
- LORL及びPLOHSにおいて、炉心損傷防止措置が機能しないと仮定した場合、炉心の著しい損傷に至る可能性がある。
- 格納容器の破損を防止し、施設からの多量の放射性物質等の放出を防止するため以下の措置を講じる。
 - ① 原子炉容器外に流出した損傷炉心物質等をコンクリート遮へい体冷却系を用いた安全容器外面冷却により安全容器内で保持・冷却
 - ② 安全板によって主中間熱交換器の原子炉冷却材バウンダリ（1次・2次境界）の過圧破損を防止
 - ③ 安全板を通じて格納容器（床下）に流出した冷却材の熱的影響をヒートシンク材及び断熱材で緩和
- 使用する機器等は、基準地震動による地震力に対して機能を喪失しないように整備
- 電源を必要とするものは、非常用電源設備より給電
- ①について、コンクリート遮へい体冷却系の窒素ガスの流路は、通常運転時に同じ（基本的に操作不要）



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の概念図

1次アルゴンガス系安全板の動作

- ②について、安全板※1は、1次アルゴンガス系に新たに配置（原子炉建物地下2階）
- 安全板までの配管部はヒータ等を設置し、ナトリウムの凝縮による閉塞を防止
- 安全板の破裂圧力は、約9.8kPaに設定（通常運転時の原子炉カバーガス圧力：約0.98kPa）
- 安全板が破裂した際には、中央制御室に警報を発報
- 原子炉冷却材の充填時等の安全板の誤開を防止するため止め弁を設置
- ③について、ヒートシンク材には、流出したナトリウムからの吸熱効果を大きくするため、比熱が大きく、かつ、無機質で安定で耐ナトリウム性が良好なアルミナを使用
- ヒートシンク材及び断熱材は、安全板を設置する部屋に設置



**安全容器内の1次主冷却系の配管（内管及び外管）の破損が重畳した場合
LORLのうち、安全容器内の1次主冷却系の配管（内管及び外管）の破損が重畳した
場合に対する炉心損傷防止措置及び格納容器破損防止措置に係る手順を以下に
示す（下線：自主対策）。**

<炉心損傷防止措置>

- **安全容器内の1次主冷却系の配管（内管及び外管）の破損が重畳した場合
の補助冷却設備による崩壊熱除去手順**
- **補助冷却設備の手動起動手順**

<格納容器破損防止措置>

- **コンクリート遮へい体冷却系による安全容器外面冷却手順**
- **格納容器自動アイソレーション手順**
- **格納容器手動アイソレーション手順**