



**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、格納容器破損防止措置の資機材及び手順-**

2021年12月21日

**日本原子力研究開発機構 大洗研究所
高速実験炉部**

目次

■ 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、以下の方針で設計する。

- 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。
- 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。
- 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。
- 炉心損傷防止措置及び格納容器破損防止措置をそれぞれ講じ、格納容器破損防止措置は、炉心損傷防止措置の機能喪失を仮定して設計する。

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 () 内：主な関連系	手順 下線：自主対策
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)) 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))	・代替原子炉トリップ信号※ ・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	・代替原子炉トリップ信号※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) ※ 1次主循環ポンプトリップ	・後備炉停止系による原子炉自動停止時手順 ・ <u>原子炉手動停止手順 (①～③) *1</u> ①手動スクラムボタンによる停止 ②手動操作による制御棒、後備炉停止制御棒保持電磁石の励磁断 ③手動操作による制御棒、後備炉停止制御棒の駆動機構による挿入 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、①～③の順に実施する。
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))	・代替原子炉トリップ信号※ ・制御棒連続引抜き阻止インターロック ・上記以外は、ULOFに同じ ※ 原子炉出口冷却材温度高	・代替原子炉トリップ信号※検出器、計測装置 ・制御棒連続引抜き阻止インターロック ・上記以外は、ULOFに同じ ※ 原子炉出口冷却材温度高	同上
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)) 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))	・代替原子炉トリップ信号※ ・上記以外は、ULOFに同じ ※ 原子炉出口冷却材温度高	・代替原子炉トリップ信号※検出器、計測装置 ・上記以外は、ULOFに同じ ※ 原子炉出口冷却材温度高	同上 ・上記に加え、2次冷却材ナトリウム漏えい時の手順
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 ・ <u>原子炉手動停止手順 (①～②) *2</u> ①手動操作による制御棒又は後備炉停止制御棒保持電磁石の励磁切 ②手動操作による制御棒、後備炉停止制御棒の駆動機構による挿入 ・1次アルゴンガス系の排気側の隔離手順*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実施できるため、炉心の著しい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：原子炉手動スクラムにより炉心の著しい損傷は防止されるが、安全性向上のために、原子炉の出力を低下させる手順を整備する。

*3：炉心の著しい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、安全性向上のために、放射性物質の放出経路を閉止する手順を整備する。

本日ご説明

炉心損傷防止措置に係る資機材及び手順の概要 (2/3)

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 ()内：主な関連系	手順 下線：自主対策
	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））	<ul style="list-style-type: none"> 冷却材の安全容器内保持 補助冷却設備による強制循環冷却 	<ul style="list-style-type: none"> 安全容器 補助冷却設備※ （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） <p>※原子炉容器液面低低信号により、自動起動する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 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 補助冷却設備手動起動手順*1 <p>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実施する。</p>
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（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））	<ul style="list-style-type: none"> 主冷却系サイフォンブレイクによる冷却材保持 補助冷却設備による強制循環冷却 	<ul style="list-style-type: none"> 主冷却系サイフォンブレイク 補助冷却設備※ （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） <p>※原子炉容器液面低低信号により、自動起動する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 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 <p>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、①～②の順に実施する。</p>
	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））	<ul style="list-style-type: none"> 補助冷却系サイフォンブレイクによる冷却材の保持 主冷却系（2ループ）による自然循環冷却 	<ul style="list-style-type: none"> 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） <p>※原子炉容器液面低低及び1次補助冷却系ナトリウム漏えい信号により、補助冷却系サイフォンブレイク弁が自動動作する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 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*1 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*3 <p>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。</p>

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：本操作を実施すれば液位を確保できるため、補助冷却系（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。

炉心損傷防止措置に係る資機材及び手順の概要（3/3）

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 ()内：主な関連系	手順 下線：自主対策
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	<ul style="list-style-type: none"> ・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） 	<ul style="list-style-type: none"> ・自然循環崩壊熱除去手順 ・<u>1次主冷却系強制循環機能の復旧手順（外部電源復旧時）*1</u>
	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		<ul style="list-style-type: none"> ・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 ・<u>①1次主冷却系強制循環機能の復旧手順*1</u> ・<u>②原子炉容器外面冷却手順*2</u> <p>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実施する。</p>
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		<ul style="list-style-type: none"> ・全交流動力電源喪失時手順 ・<u>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。）*3</u> ・<u>ディーゼル発電機機能の復旧手順*4</u>

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、主冷却系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：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、全交流動力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、主冷却機ベーン等の手動操作、仮設発電機等を用いた監視等の手順を整備する。

*4：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。

本日ご説明

格納容器破損防止措置に係る資機材及び手順の概要（1/3）

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 ()内：主な関連系	手順 下線：自主対策
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))	<ul style="list-style-type: none"> 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） 	<ul style="list-style-type: none"> 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) 	<ul style="list-style-type: none"> 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 1次アルゴンガス系の排気側の隔離手順*1 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))	<ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> 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) 	<ul style="list-style-type: none"> ULOHSにおける炉心損傷防止措置の機能喪失時手順 原子炉手動停止手順（①～④） ①手動スクラムボタンによる停止*3 ②手動操作による制御棒、後備炉停止制御棒保持電磁石の励磁断*3 ③手動操作による制御棒、後備炉停止制御棒の駆動機構による挿入*3 ④制御棒駆動機構の軸押し込み手順*4 ①～③の対策は、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、①～③の順に実施する。④の対策は、①～③の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。
	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))	<ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> 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) 	<ul style="list-style-type: none"> ULOHSにおける炉心損傷防止措置の機能喪失時手順 原子炉手動停止手順（①～④） ①手動スクラムボタンによる停止*3 ②手動操作による制御棒、後備炉停止制御棒保持電磁石の励磁断*3 ③手動操作による制御棒、後備炉停止制御棒の駆動機構による挿入*3 ④制御棒駆動機構の軸押し込み手順*4 ①～③の対策は、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、①～③の順に実施する。④の対策は、①～③の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に同じ	同左	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、安全性向上のために、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、自動アイソレーションに加えて、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：本操作は運転員が中央制御室で数分以内の実施できるが、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。

*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。

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 () 内：主な関連系	手順 下線：自主対策
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))	<ul style="list-style-type: none"> ・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：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 	<ul style="list-style-type: none"> ・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) 	<ul style="list-style-type: none"> ・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 ・格納容器自動アイソレーション手順 ・<u>1次アルゴンガス系の排気側の隔離手順*1</u> ・<u>格納容器手動アイソレーション手順*2</u>
	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))	<ul style="list-style-type: none"> ・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 	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリート遮へい体冷却系 ・予熱窒素ガス系 (非常用電源設備) (補機冷却設備) 	<ul style="list-style-type: none"> ・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))	<ul style="list-style-type: none"> ・受動的 안전特性を活用した主冷却系 (1ループ) による自然循環冷却 	<ul style="list-style-type: none"> ・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) 	<ul style="list-style-type: none"> ・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 ・<u>① 1次主冷却系強制循環機能の復旧手順*3</u> ・<u>② 原子炉容器外面冷却手順*4</u> <p>②の対策は、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実施する。</p>

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、安全性向上のために、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、自動アイソレーションに加えて、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。

*3：1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、主冷却系による措置に加えて、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。

格納容器破損防止措置に係る資機材及び手順の概要（3/3）

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 ()内：主な関連系	手順 下線：自主対策
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)）	<ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> 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) 	<ul style="list-style-type: none"> 自然循環崩壊熱除去手順 <u>原子炉容器外面冷却手順*1</u> <p>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実施する。</p>
	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)）	<ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> 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) 	<ul style="list-style-type: none"> 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 格納容器自動アイソレーション手順 <u>1次アルゴンガス系の排気側の隔離手順*2</u> <u>格納容器手動アイソレーション手順*3</u>
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	<ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> 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) 	<ul style="list-style-type: none"> 全交流動力電源喪失時手順 <u>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。）*4</u> <u>ディーゼル発電機機能の復旧手順*5</u>

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：本操作を実施すれば炉心損傷を防止できるため、主冷却系による措置に加えて、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。

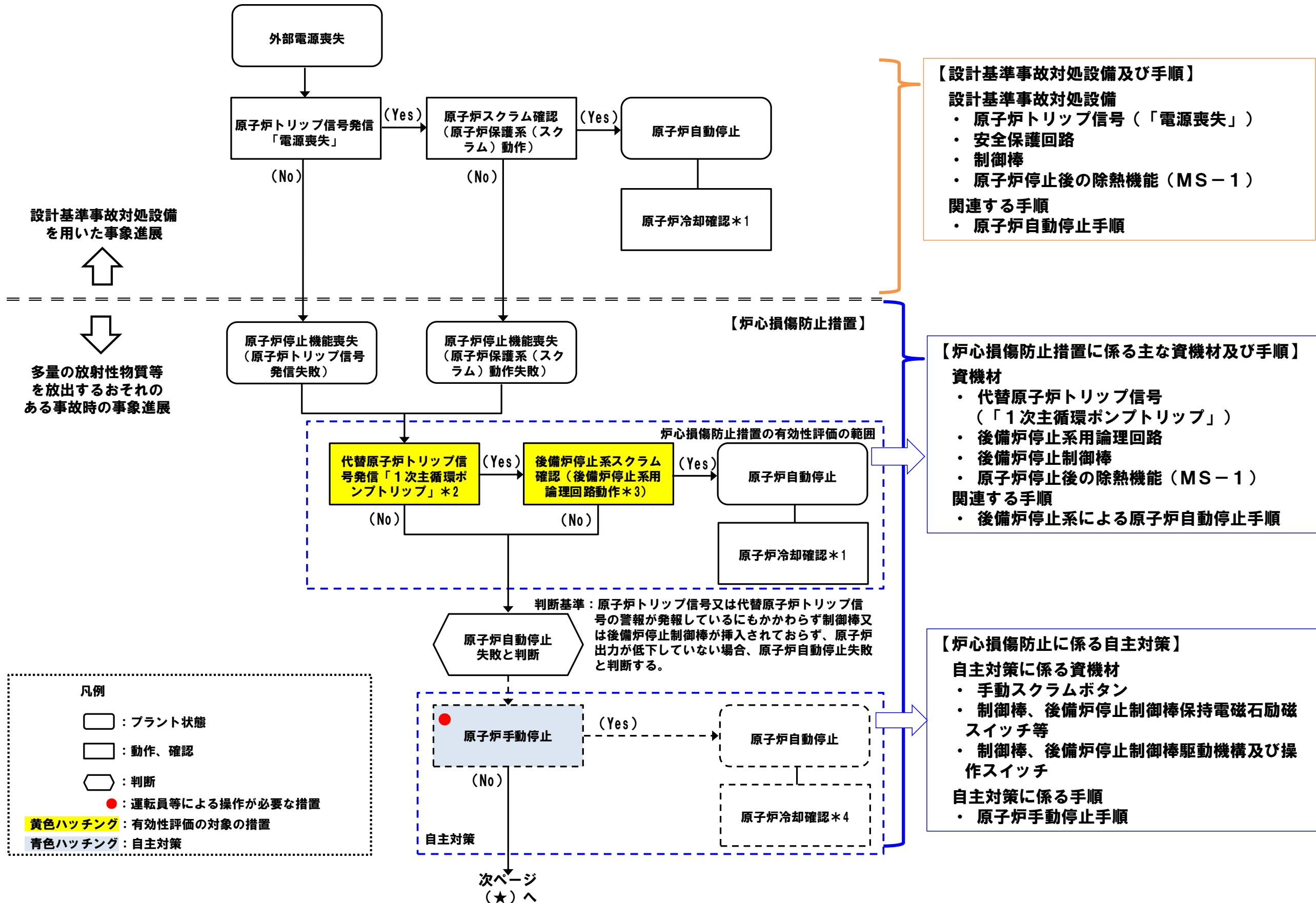
*2：格納容器アイソレーションにより、多量の放射性物質の放出は防止されるが、安全性向上のために、放射性物質の放出経路を閉止する手順である。

*3：格納容器アイソレーションは自動で動作するが、自動アイソレーションに加えて、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。

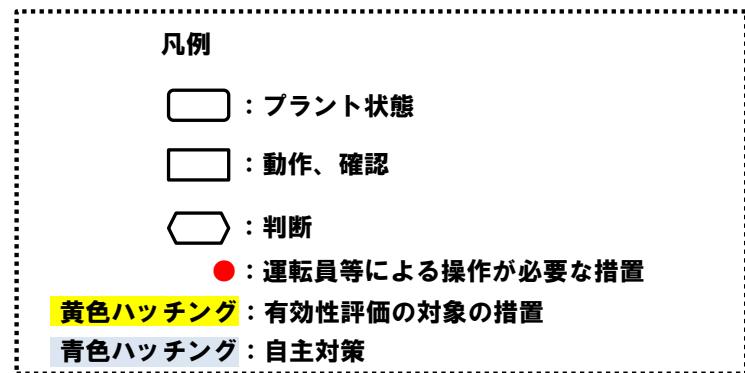
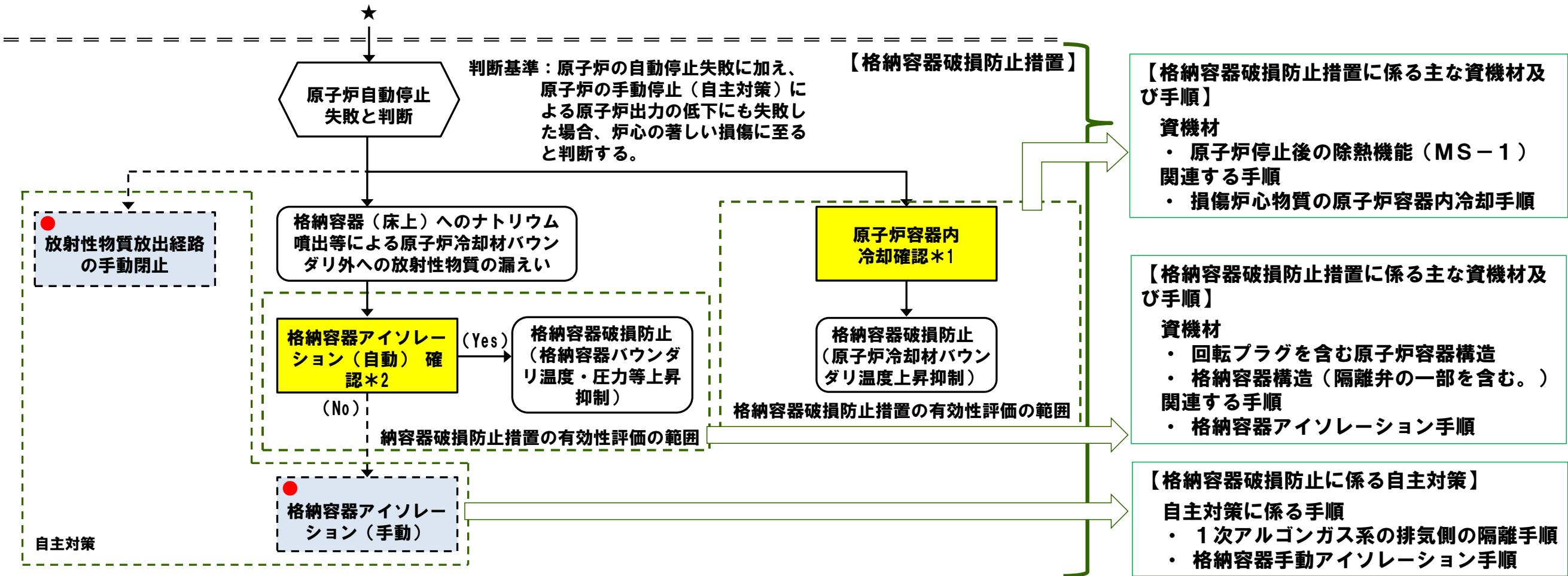
*4：全交流動力電源喪失時にあっても崩壊熱の除去に必要な機能は喪失しない設計とするが、全交流動力電源喪失が長期化し、駆動源や監視系の電源が枯渇した場合の対応の信頼性向上のために、主冷却機ベン等を手動操作、仮設発電機等を用いた監視等の手順を整備する。

*5：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）



*1: 炉心（健全）/1次主冷却系（強制循環：低流量）/2次主冷却系（自然循環）/主冷却機（自然通風）
 *2: 代替原子炉トリップ信号により原子炉保護系（スクラム）が動作し、原子炉が自動停止する場合がある。
 *3: 原子炉トリップ信号により後備炉停止系用論理回路が動作し、原子炉が自動停止する場合がある。
 *4: 炉心（健全又は損傷）/1次主冷却系（強制循環：低流量）/2次主冷却系（自然循環）/主冷却機（自然通風）



*1：炉心（著しい損傷）/1次主冷却系（強制循環：低流量）/2次主冷却系（自然循環）/主冷却機（自然通風）

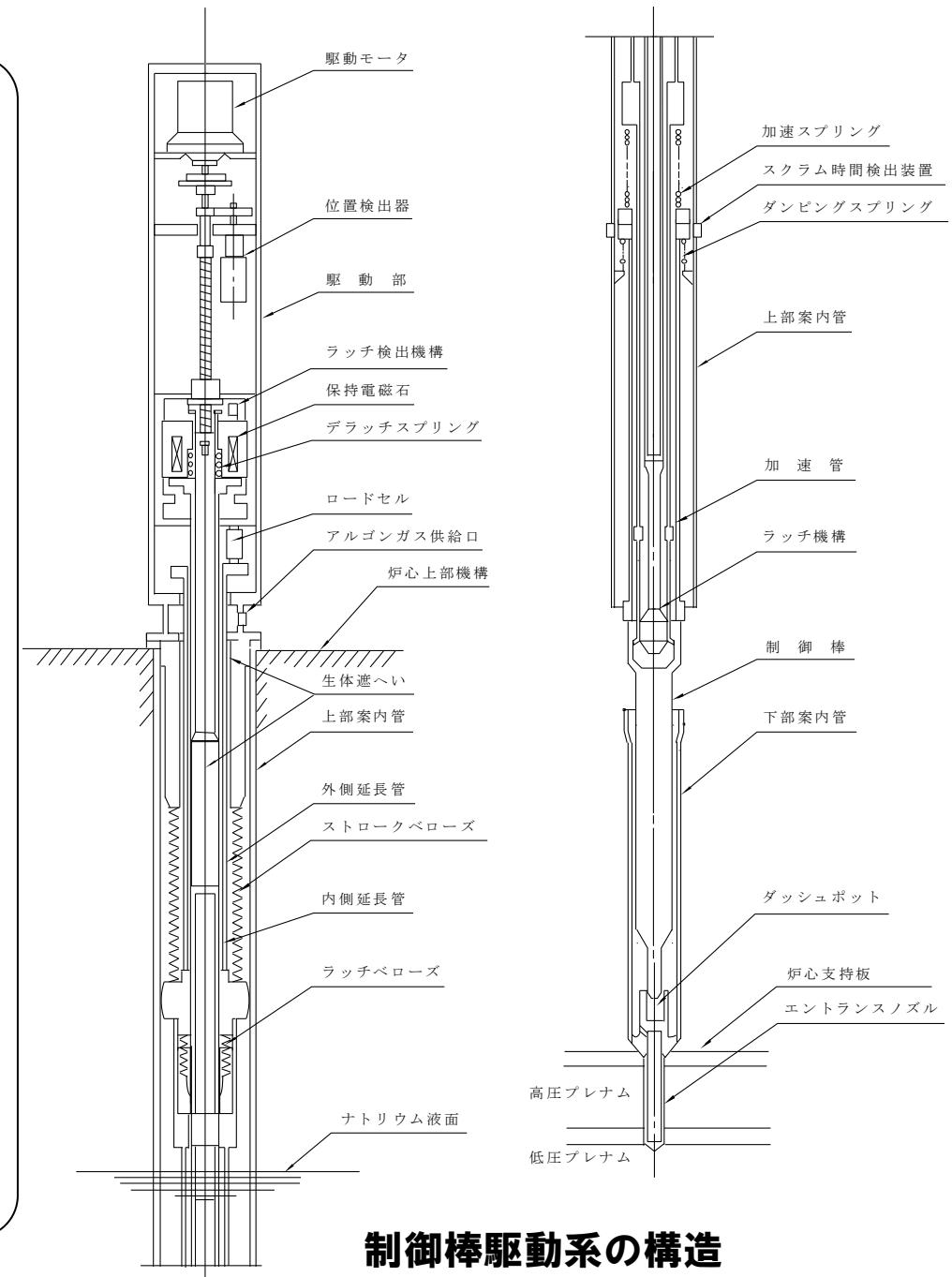
*2：炉心の著しい損傷、格納容器（床上）へのナトリウム噴出等により、格納容器内の圧力、温度又は床上放射能レベルが異常に上昇した場合

下線：自主対策に係るもの

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、計測装置	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
	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、計測装置	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、計測装置	非常用電源設備	
原子炉の停止機能	手動スクラム	<u>手動スクラムボタン</u>	—	
	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）	制御棒駆動機構スイッチ	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、計測装置	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_s 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**



原子炉の停止機能に係る資機材（2/5）

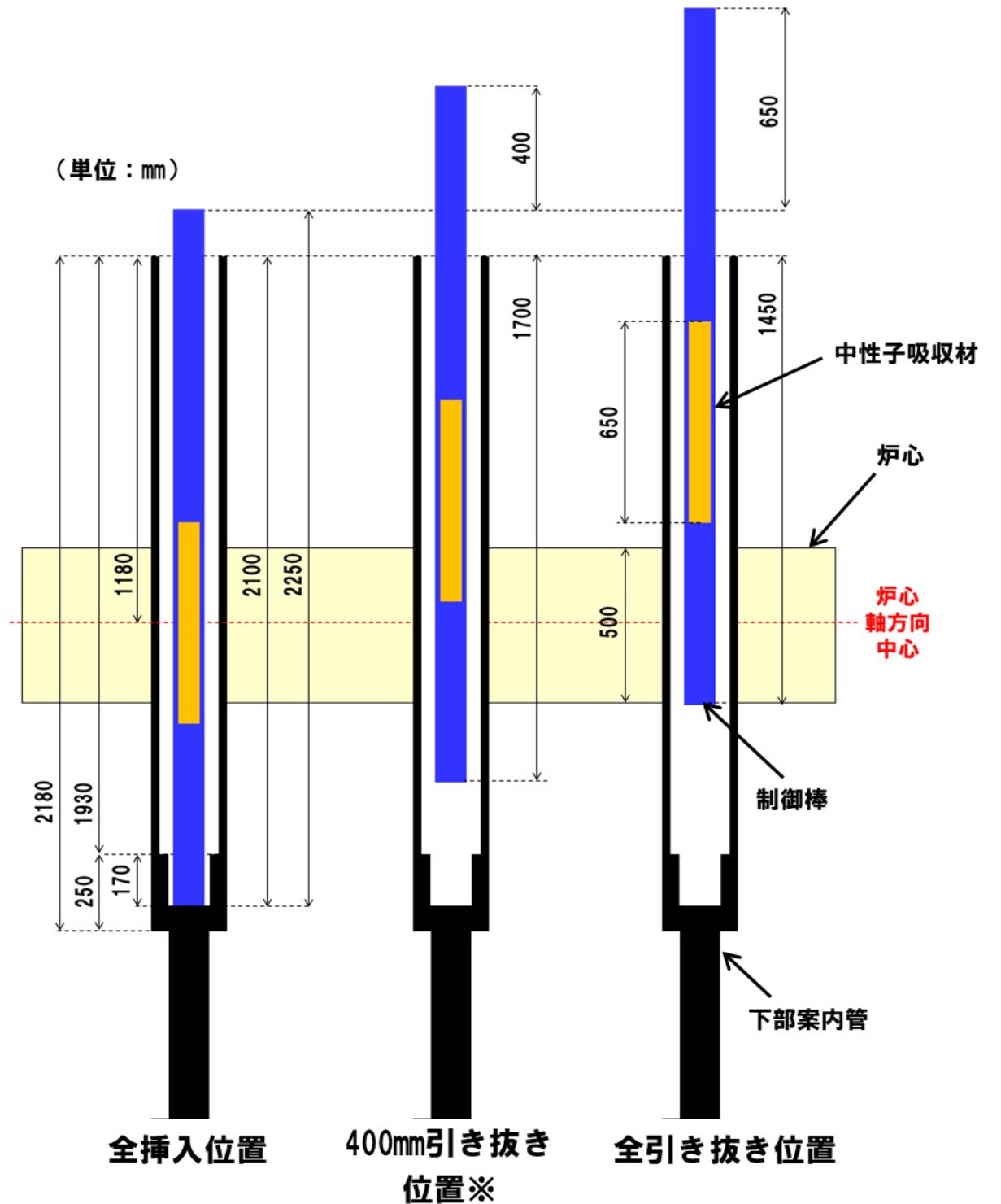
— 制御棒、後備炉停止制御棒と下部案内管の相対位置関係 —

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



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

駆動ストローク：約65cm



※定格運転サイクル初期（BOC）における位置に相当

— 原子炉停止システムの急速挿入失敗に対する措置の全体概要 —

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

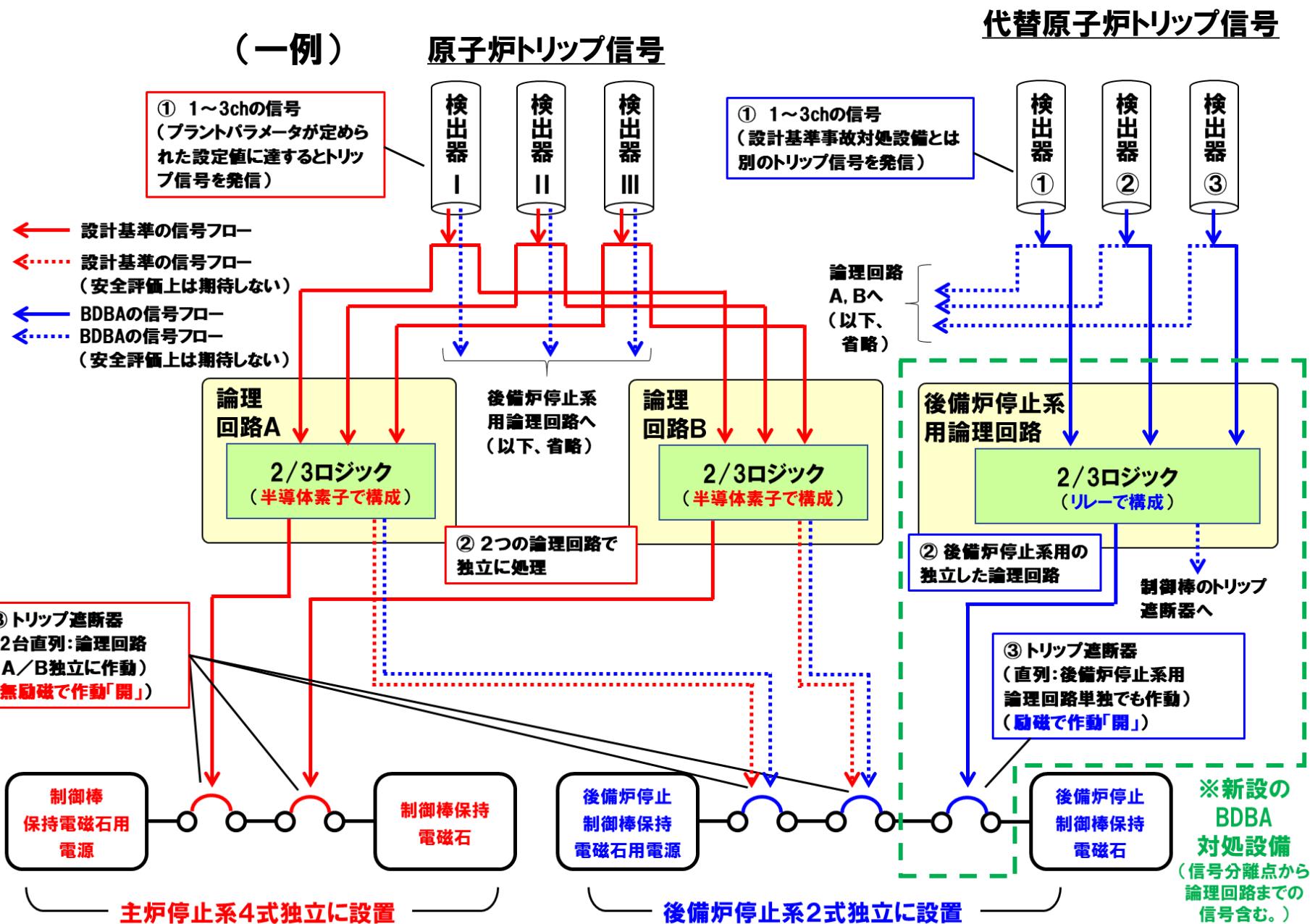
【BDBA】設計基準事故対処設備とは別の後備炉停止系用論理回路を設け、後備炉停止系用論理回路からのトリップ遮断器を設けることで、論理回路の作動に係る多様性及び独立性を確保

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、主炉停止系の制御棒のみで原子炉を安全に停止できることを確認
- 炉心損傷防止措置の有効性評価では、後備炉停止制御棒のみで炉心の著しい損傷を防止できることを確認



原子炉の停止機能に係る資機材（4/5）

－ 原子炉停止系統の急速挿入失敗に係る原子炉トリップ信号の多様化 －

- 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)	事象グループ※3	資機材 (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グループに対して整理

※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

原子炉の停止機能に係る資機材 (5/5)

制御棒連続引抜き阻止インターロック

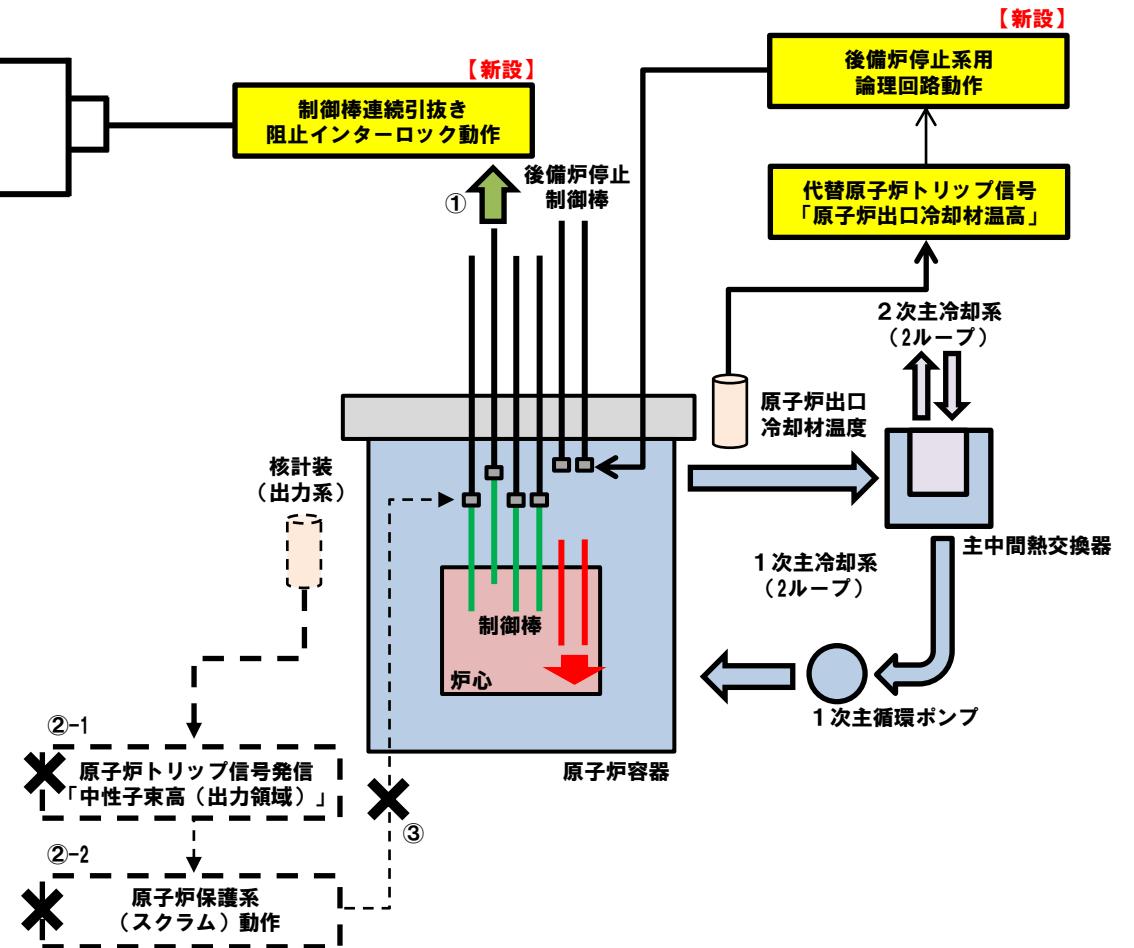
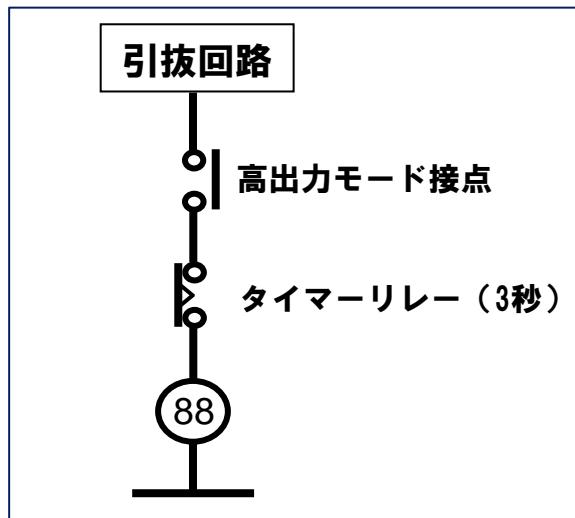
- 出力運転中に、制御棒の連続引抜き時間が3秒となると、引抜きを自動的に阻止するタイマーリレー（約3秒）を設けることにより、UTOP有効性評価で設定する連続引抜き時間4秒を超えない設計とする。
- 制御棒駆動機構駆動回路と同じ非常用電源設備より給電するものとする。

制御棒連続引抜き時間3秒

運転モードスイッチ
「高出力モード」

【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



UTOPの事象進展及び炉心損傷防止措置の概要図

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）

下線：自主対策に係るもの

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
		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、計測装置	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	<u>1次アルゴンガス系隔離弁(排気 側)</u>	非常用電源設備	格納容器アイソレーショ ン手順 格納容器手動アイソレー ション手順 <u>1次アルゴンガス系の排 気側の隔離手順</u>
	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	
		<u>手動アイソレーションボタン</u>	—	
	プロセス計装	検出器、計測装置	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

本手順は、原子炉の緊急停止が必要な異常事象が生じた場合に原子炉トリップ信号や原子炉保護系（スクラム）の動作による原子炉自動停止に失敗した際の後備炉停止系による原子炉自動停止に係る手順である。後備炉停止系による原子炉自動停止は、運転員の操作を介在しなくても、自動的に機能するように設計しているため、運転員による原子炉自動停止の確認及び原子炉自動停止後の除熱の監視に係る手順とする。

・ 原子炉手動停止手順

本手順は、原子炉の自動停止に失敗した際の原子炉手動停止に係る手順である。本手順は、中央制御室で運転員が短時間で実施できるため、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すると、炉心損傷の防止に間に合わない場合があるため、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、原子炉の出力を低下させ、影響を緩和する手段となり得ることから、本手順は、炉心の状態によらず実施する。

<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

本手順は、炉心流量の喪失時に原子炉の停止に失敗し、炉心の著しい損傷に至ると判断した際の損傷炉心物質の原子炉容器内冷却に係る手順である。損傷炉心物質の冷却は、運転員の操作を介在しなくても、自動的に機能するように設計しているため、運転員による原子炉の冷却状態の確認及び監視に係る手順とする。

・ 格納容器自動アイソレーション手順

本手順は、炉心の著しい損傷等により格納容器の温度、圧力又は線量率が原子炉保護系（アイソレーション）の作動設定値に達した際の格納容器自動アイソレーションに係る手順である。格納容器自動アイソレーションは、運転員の操作を介在しなくても、自動的に機能するように設計しているため、運転員による隔離状態の確認及び監視に係る手順とする。

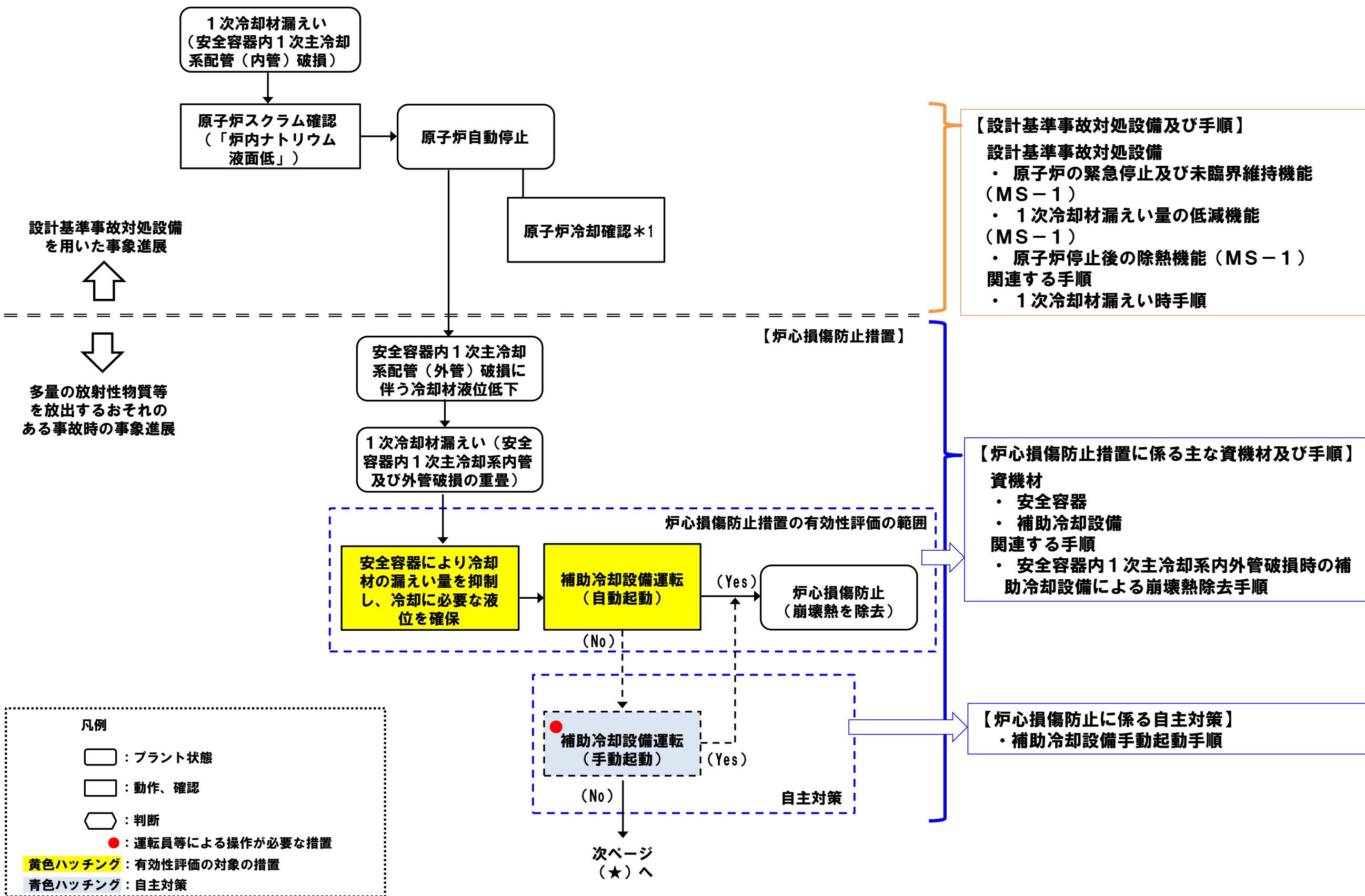
・ 格納容器手動アイソレーション手順

本手順は、格納容器の温度、圧力又は線量率が原子炉保護系（アイソレーション）の作動設定値に達した場合に格納容器が自動で隔離されなかった際の手動による隔離に係る手順であり、安全性向上のために自主的に講じるものである。

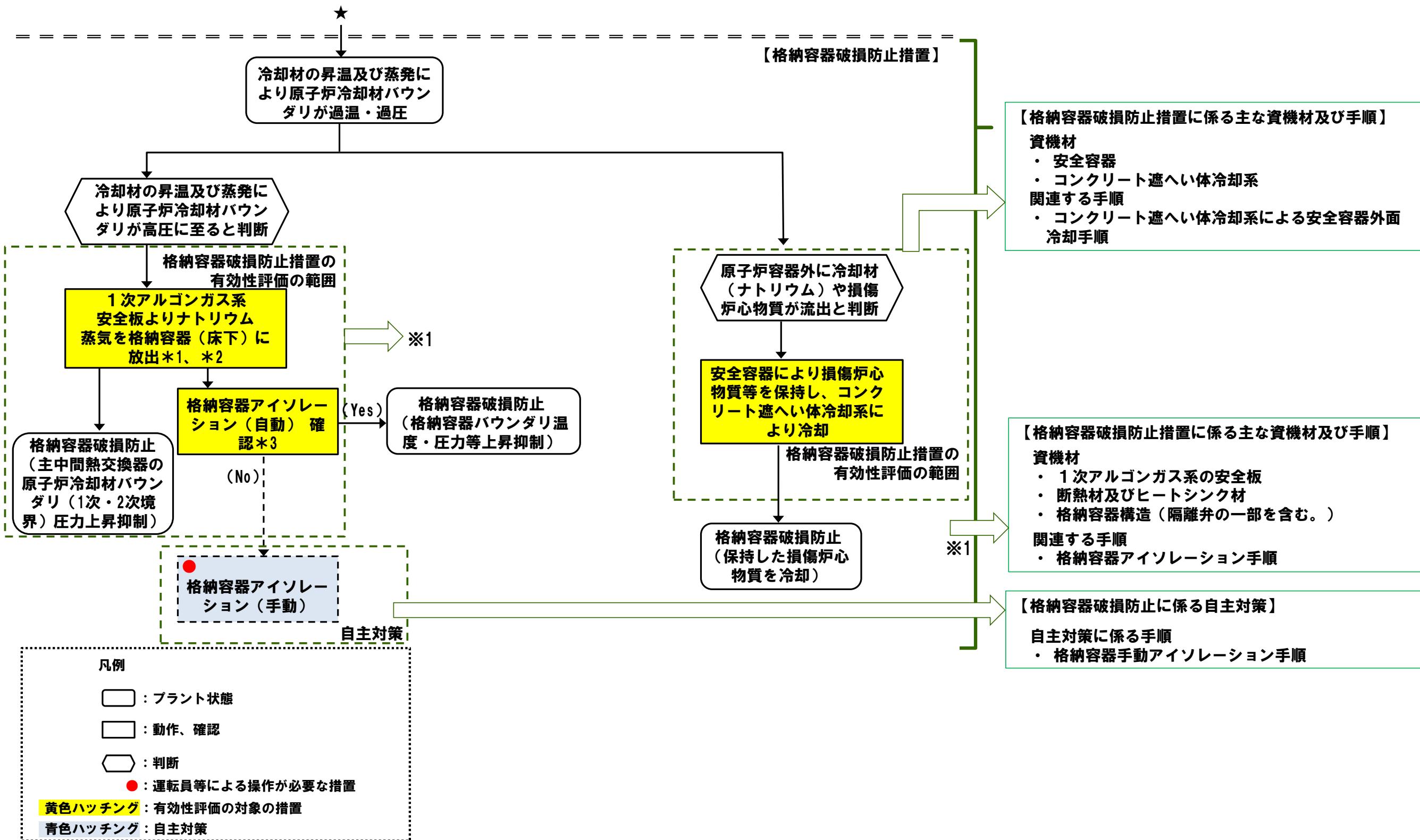
・ 1次アルゴンガス系の排気側の隔離手順

本手順は、燃料の破損が推定される際に原子炉カバーガス中の放射性物質を閉じ込めるための1次アルゴンガス系の排気側の隔離に係る手順であり、安全性向上のために自主的に講じるものである。

**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
【（LORL（i））】**



*1 : 1次主冷却系(強制循環:低流量)/2次主冷却系(自然循環)/主冷却機(自然通風)



*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）を窒素雰囲気中に保持

*3: 格納容器（床下）へのナトリウム蒸気の放出等により、格納容器内の圧力、温度又は床上放射能レベルが異常に上昇した場合

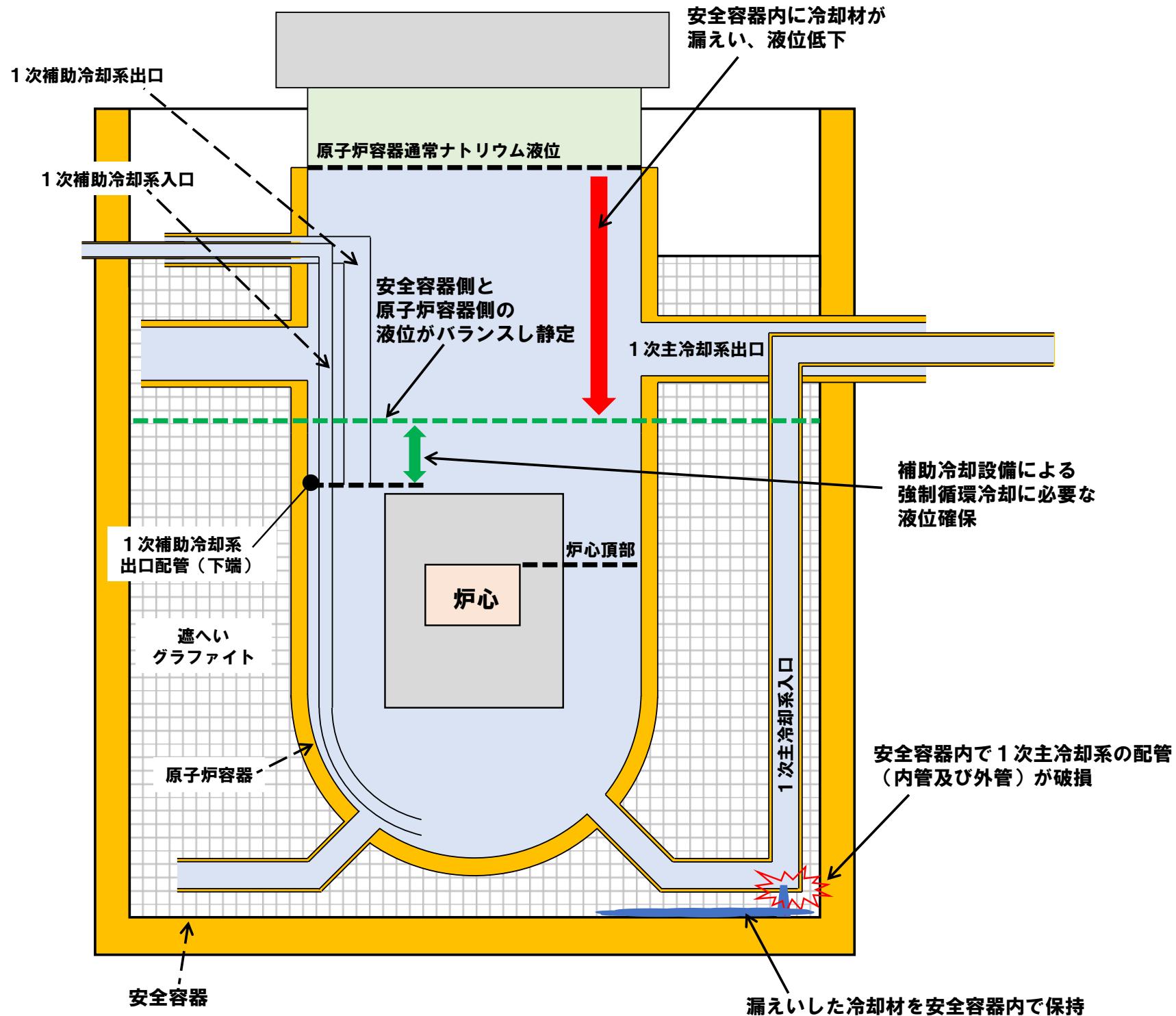
下線：自主対策に係るもの

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
	計測制御系	原子炉容器液面計、計測装置	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	
		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、計測装置	非常用電源設備	
	プロセス計装	検出器、計測装置	非常用電源設備	
補助冷却設備	<u>循環ポンプ・補助送風機起動スイッチ</u>	非常用電源設備	<u>補助冷却設備手動起動手順</u>	

原子炉の液位確保機能に係る資機材

— 安全容器内での冷却材の保持 —

- 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）

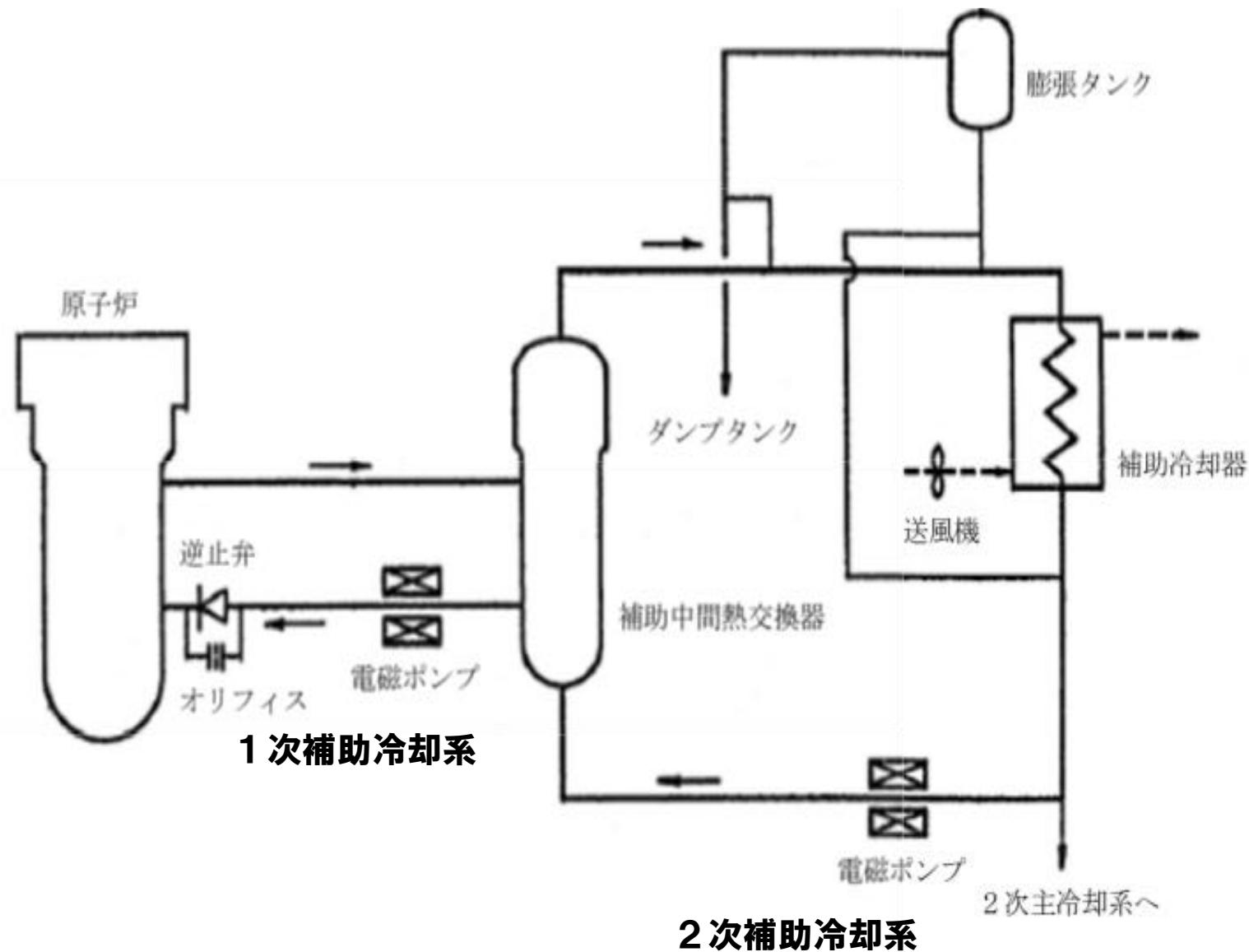


安全容器内での冷却材の保持の概念図

原子炉の崩壊熱除去に係る資機材

－ 補助冷却設備の強制循環冷却－

- 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
- 原子炉容器液面低低信号により、補助冷却設備は自動で起動
- 補助冷却設備が自動起動しない場合に備え、補助冷却設備を手動起動する手順を整備【自主対策】
- 補助冷却設備は、主冷却系と独立した系統



補助冷却設備の概念図

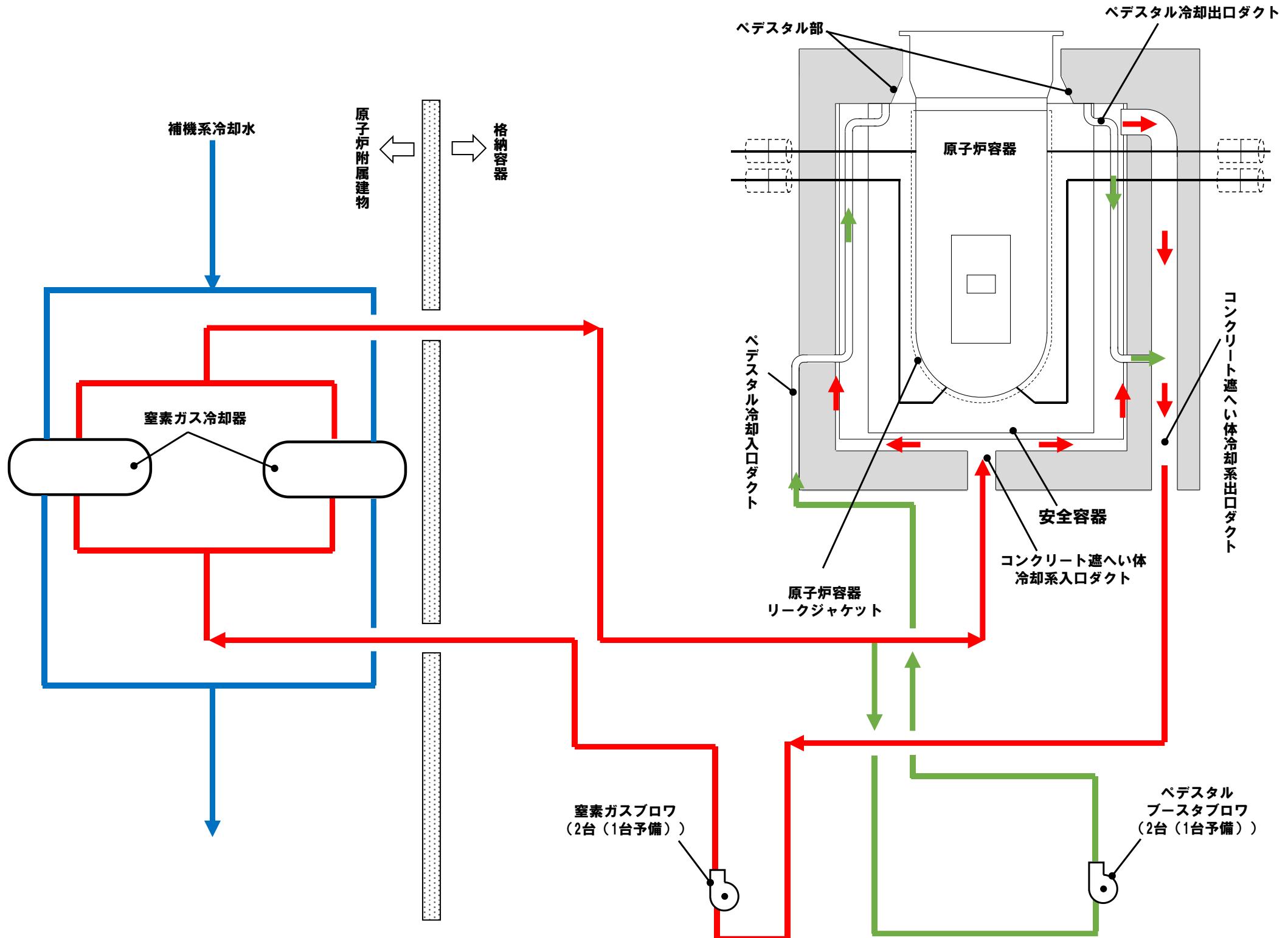
下線：自主対策に係るもの

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
	コンクリート遮へい体冷却系	窒素ガスブロワ	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ブースタブロワ	非常用電源設備	
		窒素ガスダクト	—	
プロセス計装	検出器、計測装置	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	—	格納容器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
	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、計測装置	非常用電源設備		

原子炉容器外での損傷炉心物質の保持・冷却に係る資機材

－ コンクリート遮へい体冷却系による安全容器外面冷却 －

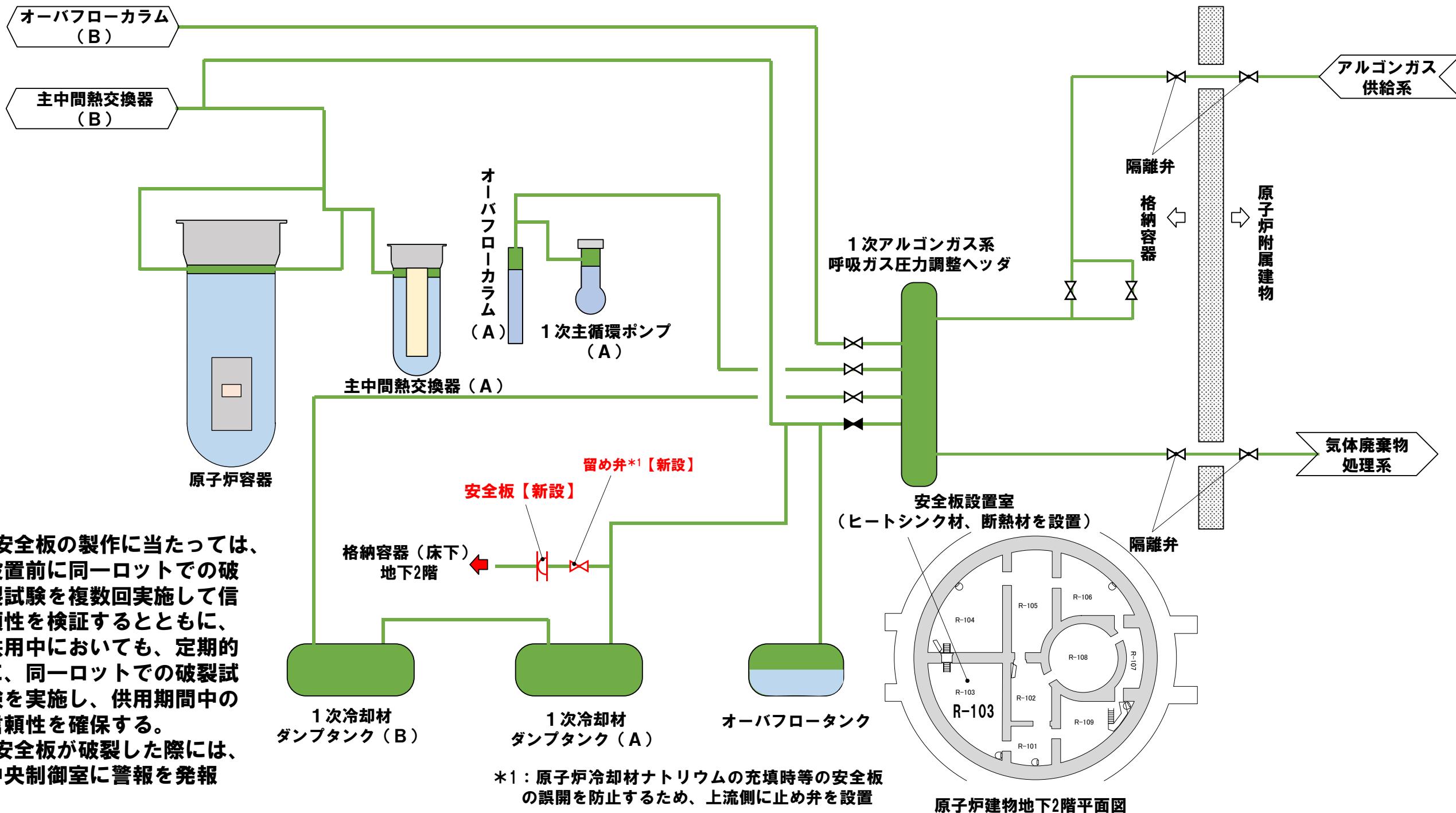
- 格納容器破損防止措置として、原子炉容器外に流出した損傷炉心物質等をコンクリート遮へい体冷却系を用いた安全容器外面冷却により安全容器内で保持・冷却する措置を講じる。
- 本措置について、コンクリート遮へい体冷却系の窒素ガスの流路は、通常運転時に同じ（基本的に操作不要）



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

— 安全板、ヒートシンク材及び断熱材の設置 —

- 格納容器破損防止措置として、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）の過圧破損を防止する措置を講じるとともに、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
- 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）
- ヒートシンク材には、比熱が大きく、耐ナトリウム性が良好なアルミナを使用。ヒートシンク材等は、安全板を設置する部屋に設置



※1：安全板の製作に当たっては、設置前に同一ロットでの破裂試験を複数回実施して信頼性を検証するとともに、供用中においても、定期的に、同一ロットでの破裂試験を実施し、供用期間中の信頼性を確保する。

※2：安全板が破裂した際には、中央制御室に警報を発報

*1：原子炉冷却材ナトリウムの充填時等の安全板の誤開を防止するため、上流側に止め弁を設置

LORL (i) 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**

本手順は、安全容器内の1次主冷却系の配管（内管及び外管）が破損した際の補助冷却設備による崩壊熱除去に係る手順である。安全容器による液位の確保は受動的に達成されるとともに、原子炉容器のナトリウム液位が低下した場合、補助冷却設備は、運転員の操作を介在しなくても、自動的に起動するように設計しているため、運転員による補助冷却設備の運転状態及び原子炉の冷却状態の確認並びに崩壊熱除去の監視に係る手順とする。

- **補助冷却設備の手動起動手順**

本手順は、補助冷却設備の自動起動に失敗した際の手動起動に係る手順であり、安全性向上のために自主的に講じるものである。

<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**

本手順は、原子炉容器液位確保機能喪失時に、補助冷却設備による崩壊熱除去に失敗し、損傷炉心物質等を安全容器内で保持・冷却するためのコンクリート遮へい体冷却系による安全容器外面冷却に係る手順である。コンクリート遮へい体冷却系は通常運転時から継続して運転するものであり、基本的な手順は監視となる。

- **格納容器自動アイソレーション手順**

ULOFと同じ。

- **格納容器手動アイソレーション手順**

ULOFと同じ。