



JY-116-1

**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-**

**2022年2月15日**

**日本原子力研究開発機構 大洗研究所**  
**高速実験炉部**

本日ご説明（指摘回答を含む。）

## 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
  - ・ 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
  - ・ 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
  - ・ 局所的燃料破損（LF）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
  - ・ 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
  - ・ 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
  - ・ 局所的燃料破損（LF）に係る手順

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))	<ul style="list-style-type: none"> <li>代替原子炉トリップ信号※</li> <li>後備炉停止系用論理回路</li> <li>後備炉停止系による原子炉自動停止</li> </ul> ※ 1次主循環ポンプトリップ	<ul style="list-style-type: none"> <li>代替原子炉トリップ信号※検出器、計測装置</li> <li>後備炉停止系用論理回路</li> <li>後備炉停止制御棒</li> <li>核計装検出器、計測装置</li> <li>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)</li> </ul> ※ 1次主循環ポンプトリップ	<ul style="list-style-type: none"> <li>後備炉停止系による原子炉自動停止時手順</li> <li>原子炉手動停止手順 (①~③) *1                             <ul style="list-style-type: none"> <li>①手動スクラムボタンによる停止</li> <li>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</li> <li>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</li> </ul> </li> </ul> 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。
	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"> <li>代替原子炉トリップ信号※</li> <li>制御棒連続引抜き阻止インターロック</li> <li>上記以外は、ULOFに同じ</li> </ul> ※ 原子炉出口冷却材温度高	<ul style="list-style-type: none"> <li>代替原子炉トリップ信号※検出器、計測装置</li> <li>制御棒連続引抜き阻止インターロック</li> <li>上記以外は、ULOFに同じ</li> </ul> ※ 原子炉出口冷却材温度高	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))	<ul style="list-style-type: none"> <li>代替原子炉トリップ信号※</li> <li>上記以外は、ULOFに同じ</li> </ul> ※ 原子炉出口冷却材温度高	<ul style="list-style-type: none"> <li>代替原子炉トリップ信号※検出器、計測装置</li> <li>上記以外は、ULOFに同じ</li> </ul> ※ 原子炉出口冷却材温度高	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))			<ul style="list-style-type: none"> <li>上記に加え、2次冷却材ナトリウム漏えい時の手順</li> </ul>
局所的燃料破損 (LF)	冷却材流路閉塞 (千鳥格子状) 事故	<ul style="list-style-type: none"> <li>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</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>カバーガス法燃料破損検出設備 (一式)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>燃料破損検知時原子炉手動スクラム手順</li> <li>原子炉手動停止手順 (①~②) *2                             <ul style="list-style-type: none"> <li>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断</li> <li>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</li> </ul> </li> <li>1次アルゴンガス系の排気側の隔離手順 *3</li> </ul>

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の実施できるため、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。

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
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"> <li>冷却材の安全容器内保持</li> <li>補助冷却設備による強制循環冷却</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>安全容器</li> <li>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）</li> </ul> <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"> <li>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</li> <li>補助冷却設備の手動起動手順*1</li> </ul> <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>
	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"> <li>主冷却系サイフォンブレイクによる冷却材保持</li> <li>補助冷却設備による強制循環冷却</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>主冷却系サイフォンブレイク</li> <li>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）</li> </ul> <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"> <li>安全容器外の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</li> <li>補助冷却設備の手動起動手順*1</li> </ul>
	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"> <li>1次補助冷却系サイフォンブレイクによる冷却材の保持</li> <li>主冷却系（2ループ）による自然循環冷却</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1次補助冷却系サイフォンブレイク※</li> <li>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）</li> </ul> <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、1次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"> <li>1次補助冷却系の配管（内管及び外管）の破損が重畳した場合の自然循環による崩壊熱除去手順</li> <li>① 1次主冷却系の強制循環機能の復旧手順*1</li> <li>② 1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*2</li> </ul> <p>②の自主対策は、1次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液位を確保できるため、1次補助冷却系（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。

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	・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"> <li>外部電源喪失及び強制循環冷却失敗が重畳した場合の自然循環 (2ループ) による崩壊熱除去手順</li> <li>①強制循環機能の復旧手順*1</li> <li>②原子炉容器外面冷却手順*2</li> </ul> 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。
	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"> <li>2次冷却材漏えい及び強制循環冷却失敗が重畳した場合の自然循環 (1ループ) による崩壊熱除去手順</li> <li>2次冷却材ナトリウム漏えい時手順</li> <li>①強制循環機能の復旧手順*1</li> <li>②原子炉容器外面冷却手順*2</li> </ul> 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。
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"> <li>全交流動力電源喪失時の自然循環 (2ループ) による崩壊熱除去手順</li> <li>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</li> <li>ディーゼル発電機機能の復旧手順*4</li> </ul>

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

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"> <li>非常用冷却設備による原子炉容器内強制循環冷却</li> <li>1次主冷却系：強制循環冷却</li> <li>2次主冷却系：自然循環冷却</li> <li>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</li> <li>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）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1次主冷却系強制循環設備</li> <li>2次主冷却系自然循環</li> <li>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)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>損傷炉心物質の原子炉容器内冷却手順</li> <li>格納容器自動アイソレーション手順</li> <li><u>1次アルゴンガス系の排気側の隔離手順*1</u></li> <li><u>格納容器手動アイソレーション手順*2</u></li> </ul>
	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"> <li>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</li> <li>1次主冷却系：強制循環冷却</li> <li>2次主冷却系：自然循環冷却</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1次主冷却系強制循環設備</li> <li>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)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>①原子炉停止失敗時手順（除熱源喪失時）</li> <li>②制御棒駆動機構の軸の直接回転手順*3</li> <li>②の自主対策は、原子炉手動停止操作によっても、制御棒が挿入でき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。</li> </ul>
	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"> <li>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</li> <li>1次主冷却系：強制循環冷却</li> <li>2次主冷却系：自然循環冷却</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1次主冷却系強制循環設備</li> <li>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)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>①原子炉停止失敗時手順（除熱源喪失時）</li> <li>②制御棒駆動機構の軸の直接回転手順*3</li> <li>②の自主対策は、原子炉手動停止操作によっても、制御棒が挿入でき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。</li> </ul>
	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、格納容器破損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"> <li>・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</li> <li>・安全板による原子炉冷却材バウンダリの過圧の防止</li> <li>・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</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・コンクリート遮へい体冷却系</li> <li>・安全容器</li> <li>・1次アルゴンガス系安全板</li> <li>・ヒートシンク材・断熱材（非常用電源設備） （補機冷却設備）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・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炉心損傷防止措置の機能喪失時手順</li> <li>・格納容器自動アイソレーション手順</li> <li>・<u>1次アルゴンガス系の排気側の隔離手順*1</u></li> <li>・<u>格納容器手動アイソレーション手順*2</u></li> </ul>
	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"> <li>・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</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・コンクリート遮へい体冷却系</li> <li>・予熱窒素ガス系（非常用電源設備） （補機冷却設備）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・安全容器外の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炉心損傷防止措置の機能喪失時手順</li> <li>・格納容器自動アイソレーション手順</li> <li>・<u>格納容器手動アイソレーション手順*2</u></li> </ul>
	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"> <li>・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</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・1次主冷却系、2次主冷却系</li> <li>・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）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・1次補助冷却系の配管（内管及び外管）の破損が重畳した場合の炉心損傷防止措置の機能喪失時手順</li> <li>・格納容器自動アイソレーション手順</li> <li>・<u>①格納容器手動アイソレーション手順*2</u></li> <li>・<u>②コンクリート遮へい体冷却系による原子炉容器外面冷却手順*3</u></li> </ul> <p>なお、上記の②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>

以下の自主対策は、格納容器破損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。

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"> <li>受動的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</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1 次主冷却系、2 次主冷却系</li> <li>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 )</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>外部電源喪失及び強制循環冷却失敗が重畳した場合の炉心損傷防止措置の機能喪失時手順</li> </ul>
	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"> <li>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</li> <li>安全板による原子炉冷却材バウンダリの過圧の防止</li> <li>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</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>コンクリート遮へい体冷却系</li> <li>安全容器</li> <li>1 次アルゴンガス系安全板</li> <li>ヒートシンク材・断熱材 ( 非常用電源設備 ) ( 補機冷却設備 )</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2 次冷却材漏えい及び強制循環冷却失敗が重畳した場合の炉心損傷防止措置の機能喪失時手順</li> <li>格納容器自動アイソレーション手順</li> <li><u>1 次アルゴンガス系の排気側の隔離手順*1</u></li> <li><u>格納容器手動アイソレーション手順*2</u></li> </ul>
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"> <li>受動的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</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1 次主冷却系、2 次主冷却系</li> <li>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 )</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>全交流動力電源喪失時の自然循環 ( 1 ループ ) による崩壊熱除去手順</li> <li>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</li> <li><u>ディーゼル発電機機能の復旧手順*4</u></li> </ul>

以下の自主対策は、格納容器破損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。

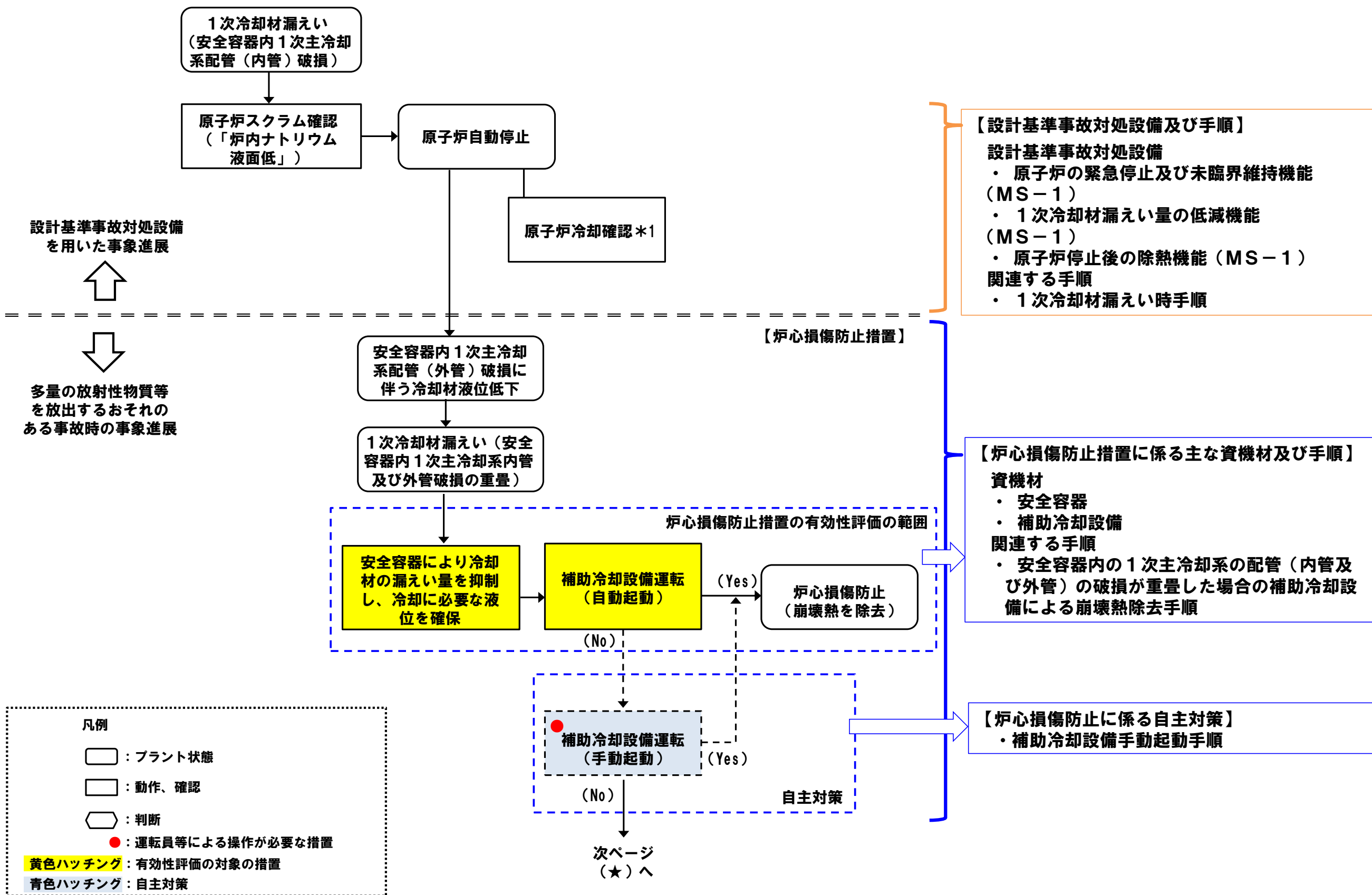
\*2：格納容器アイソレーションは自動で動作するが、自動アイソレーションに加えて、信頼性向上のためのバックアップの位置付けで整備する。

\*3：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に備え、主冷却機のインレット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。

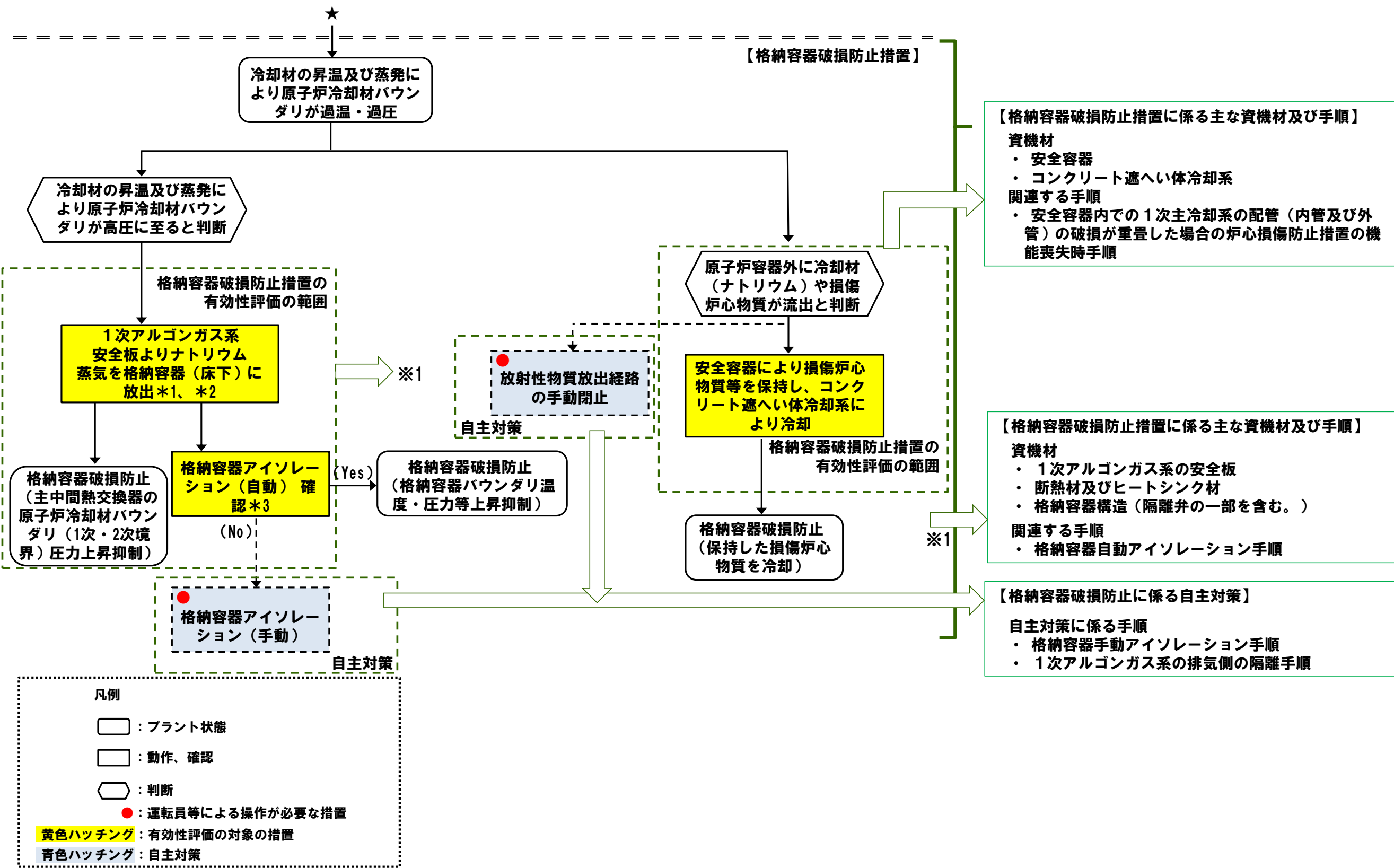
\*4：ディーゼル発電機機能喪失の要因によっては、機能を復旧できる可能性があるため、自主対策として実施する。



**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に係る資機材及び手順  
【（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、温度又は床上線量率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		関連設備 【】内：電源供給元*1	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
	計測制御系	原子炉容器液面計、計測装置	非常用電源設備【②/③】	
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。）	1次補助冷却系電磁ポンプ動力電源【①】 1次補助冷却系電磁ポンプ制御電源【②/③】 機器冷却ファン動力電源【①】 機器冷却ファン制御電源【①】	
		2次補助冷却系（補助冷却機及び循環ポンプを含む。）	2次補助冷却系電磁ポンプ動力電源【①】 2次補助冷却系電磁ポンプ制御電源【①/②/③】 2次補助冷却系電磁ポンプ冷却ファン動力電源【①】 2次補助冷却系電磁ポンプ冷却ファン制御電源【①/②/③】 補助送風機動力電源【①】 補助送風機制御電源【①/②/③】 インレットベーン・ダンパ駆動用圧縮空気供給設備*2 インレットベーン・ダンパ制御電源【②】	
	計測制御系	原子炉容器液面計、計測装置	非常用電源設備【②/③】	
	プロセス計装	検出器、計測装置	非常用電源設備【②/③】	
	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【②/③】	

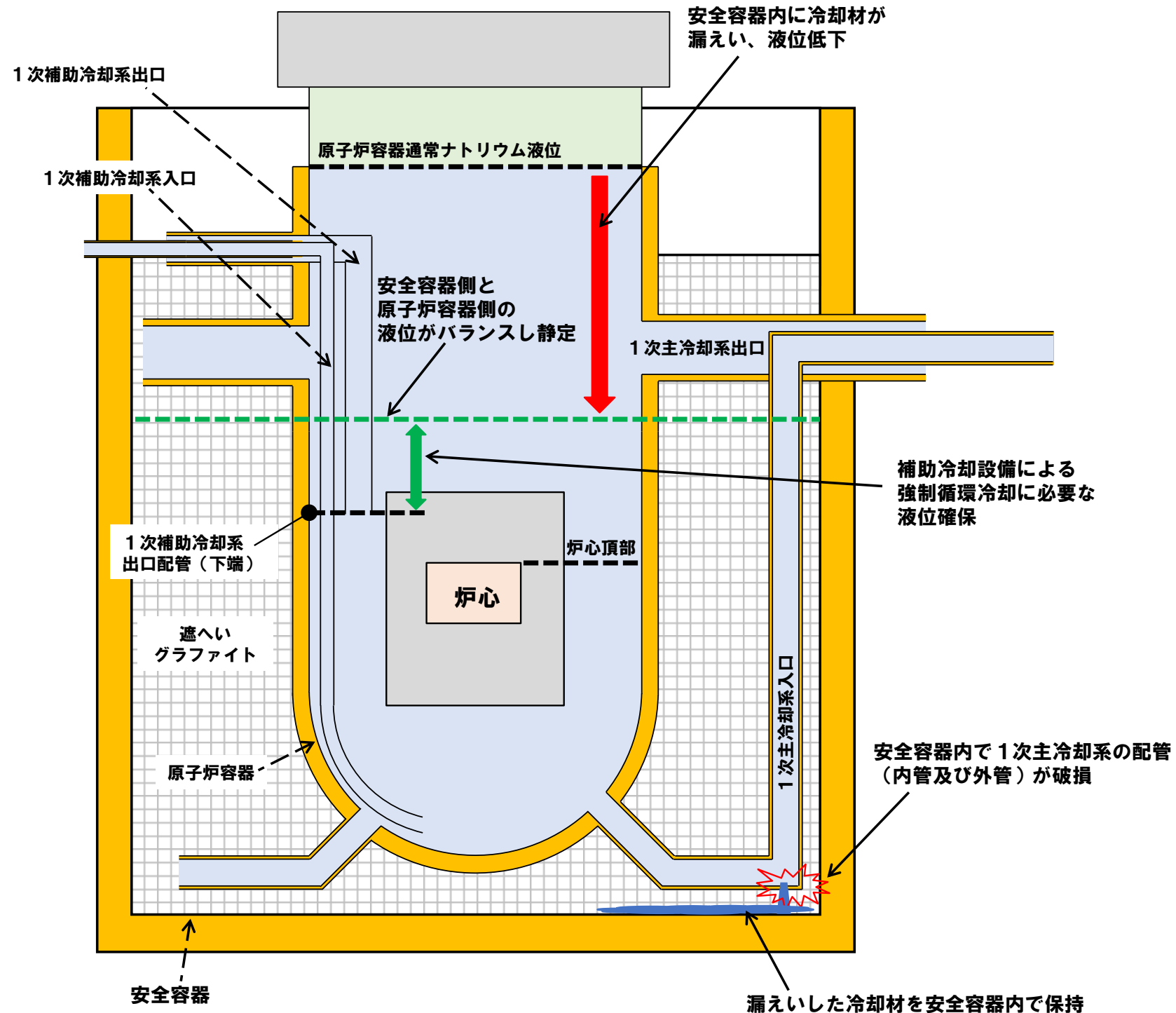
\*1：「① 非常用ディーゼル電源系」、「② 交流無停電電源系」、「③ 直流無停電電源系」

\*2：アキュムレータタンクより下流側が対象

# 冷却材液位の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）

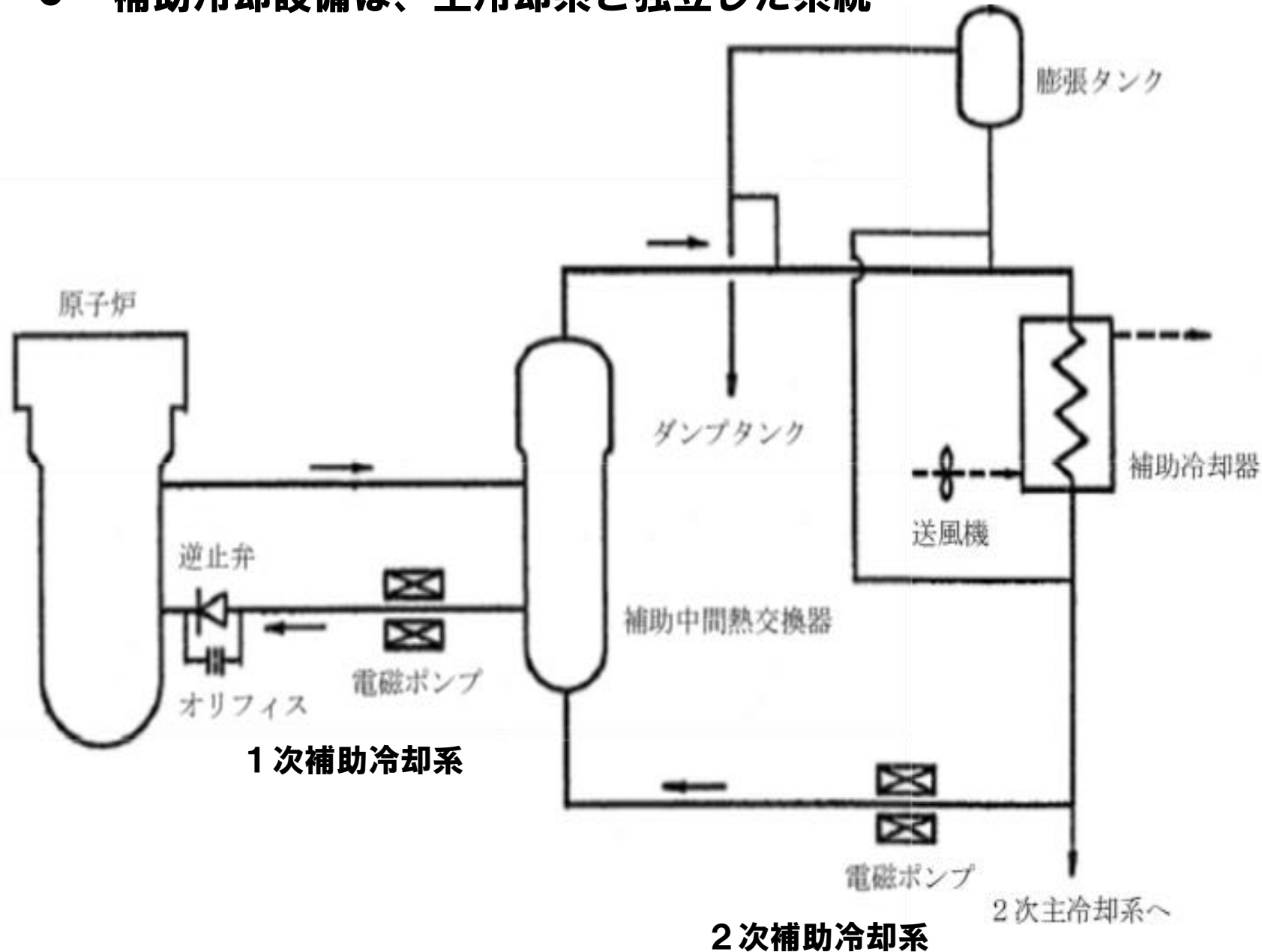


安全容器内での冷却材の保持の概念図

# 原子炉停止後の除熱機能に係る資機材

## -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

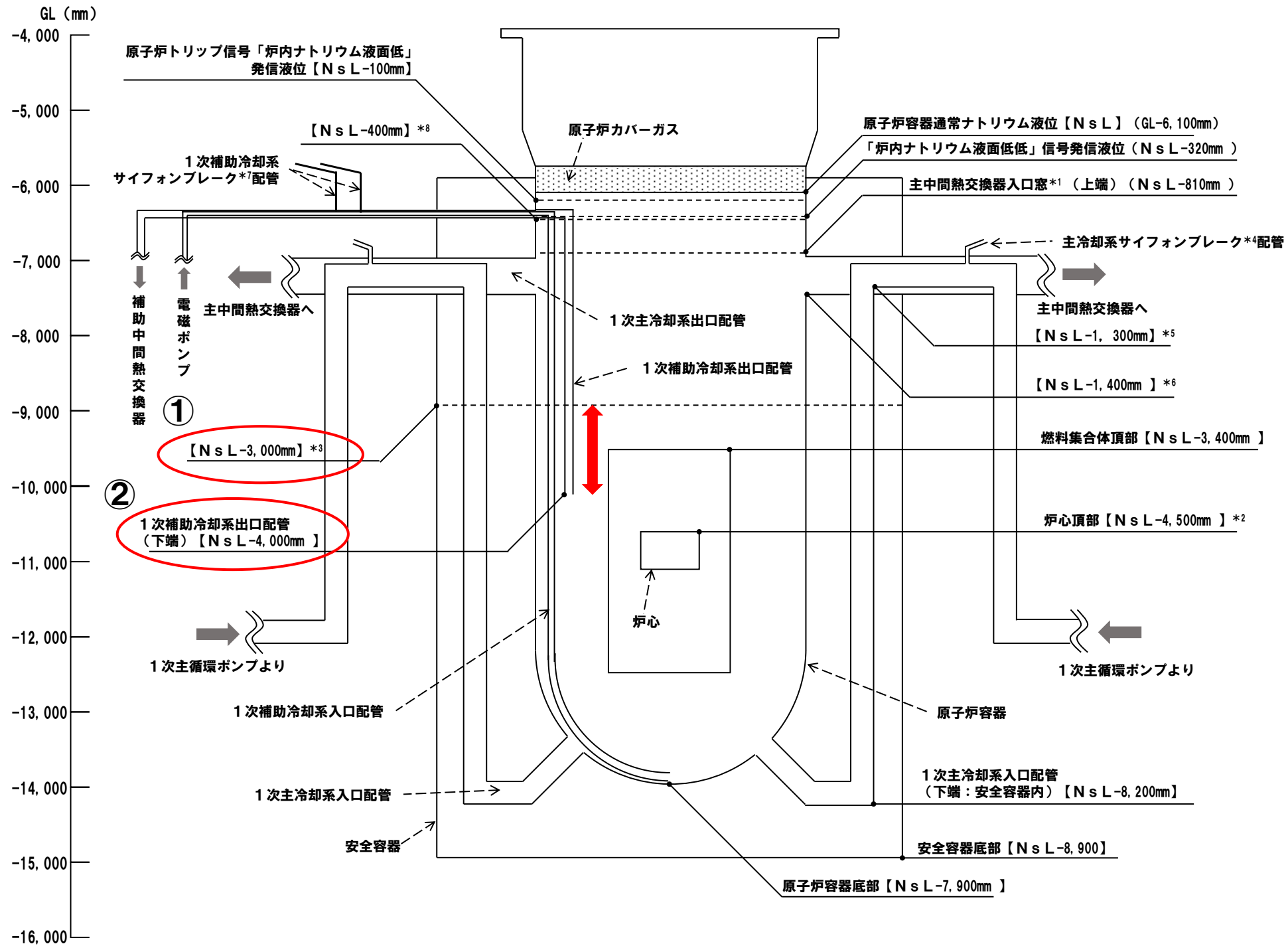


### 補助冷却設備の主要仕様

- ・1次補助冷却系流量 約56t/h
- ・2次補助冷却系流量 約56t/h
- ・補助中間熱交換器容量 約2.6MW
- ・補助冷却機容量 約2.6MW

補助冷却設備の概念図

- ① : LORLが生じた際の原子炉容器内の冷却材の最低液位 (LORL ( i ) )
- ② : 原子炉容器内の1次補助冷却系出口配管下端位置



\*1 : 主中間熱交換器内に流入した1次冷却材の伝熱管部への入口 (有効性評価では、1次冷却材の液位が入口窓 (上端) を下回った時点で、1次冷却材の流路を喪失すると仮定)

\*2 : LORL及びPLOHSにおける炉外事象過程の評価において、炉心の著しい損傷及び原子炉容器の破損を仮定する液位

\*3 : 安全容器内の配管 (内管及び外管) が破損し、安全容器内に1次冷却材が流出した場合に、原子炉容器冷却材液位と安全容器内に流出した冷却材の液位がバランスし、1次冷却材の漏えいが停止する液位

\*4 : 1次主循環ポンプの出口から原子炉容器の入口 (安全容器内を除く。) の低所に位置する配管 (内管及び外管) が破損した場合に、サイフォン現象による原子炉容器冷却材液位の低下を防止するため、1次アルゴンガスが流入することによりサイフォン現象をブレイク (オーバフローカラムの液位がNsL-950mmを下回ることにより受動的に1次アルゴンガスが流入し作動)

\*5 : 主冷却系サイフォンブレイクが作動した場合に1次冷却材の漏えいが静定する液位

\*6 : 原子炉容器の出口から1次主循環ポンプの入口の配管 (内管及び外管) が破損した場合に1次冷却材の漏えいが停止する液位

\*7 : 1次補助冷却系の低所に位置する配管 (内管及び外管) が破損し、サイフォン現象による原子炉容器冷却材液位の低下を防止するため、サイフォンブレイク弁が開となり1次アルゴンガスが流入することによりサイフォン現象をブレイク (「炉内ナトリウム液面低」信号により自動でサイフォンブレイク弁が作動)

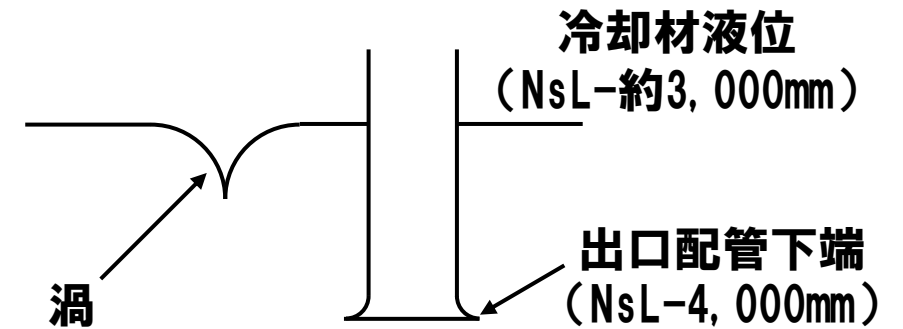
\*8 : 1次補助冷却系サイフォンブレイクが作動した場合に1次冷却材の漏えいが停止する液位

LORLにおける原子炉容器内の冷却材の最低液位はNsL-約3,000mmであるのに対して、1次補助冷却系の出口配管は、それよりも約1,000mm下方のNsL-4,000mmに位置する。

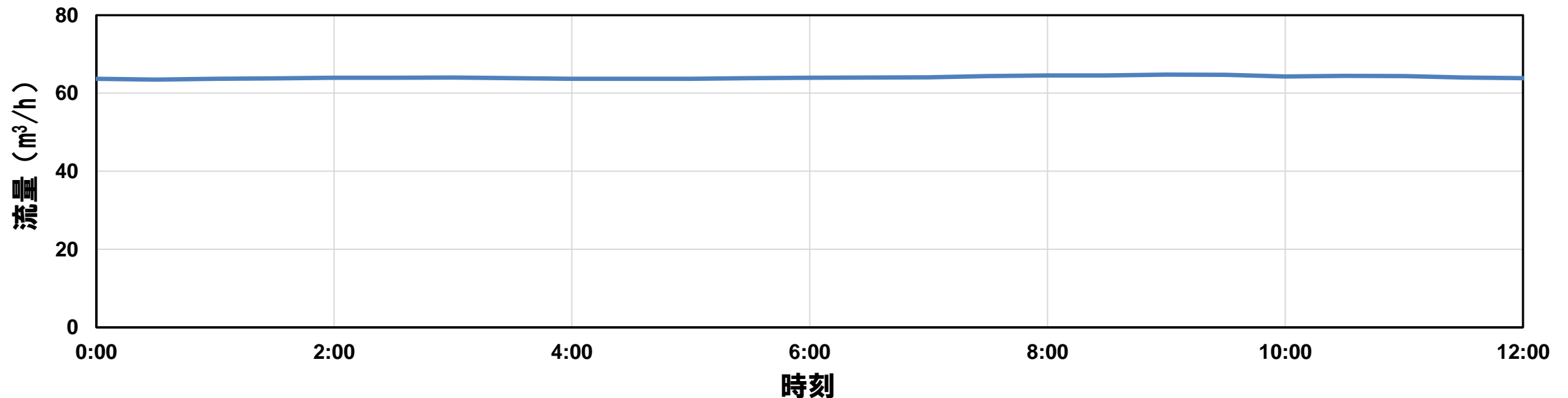
ガス巻込みに関する既往の知見<sup>[1]</sup>より、カバーガスの巻込み渦対策として推奨される液深は約800mm以上となり、LORL時の原子炉容器内の冷却材液位が低下した状態にあっても、1次補助冷却系の配管にカバーガスが巻き込まれ、冷却材の循環機能に異常が生じることはない。

評価に用いた条件

項目		条件
幾何形状	配管内径	約81mm
運転条件	配管内流速	約3.5m/s (定格運転時の流量56.5t/hより)



なお、以下に示す通り、原子炉容器内の冷却材液位をNsL-3,400mmまで低下させた状態で、1次補助冷却系を運転した際にあっても、1次補助冷却系の冷却材の循環に異常は生じていない。



原子炉容器内の冷却材液位NsL-3,400mmにおける1次補助冷却系流量の時刻歴 (2018年9月4日)

[1] ANSI and Hydraulic Institute. American National Standard for Pump Intake Design. 1998.



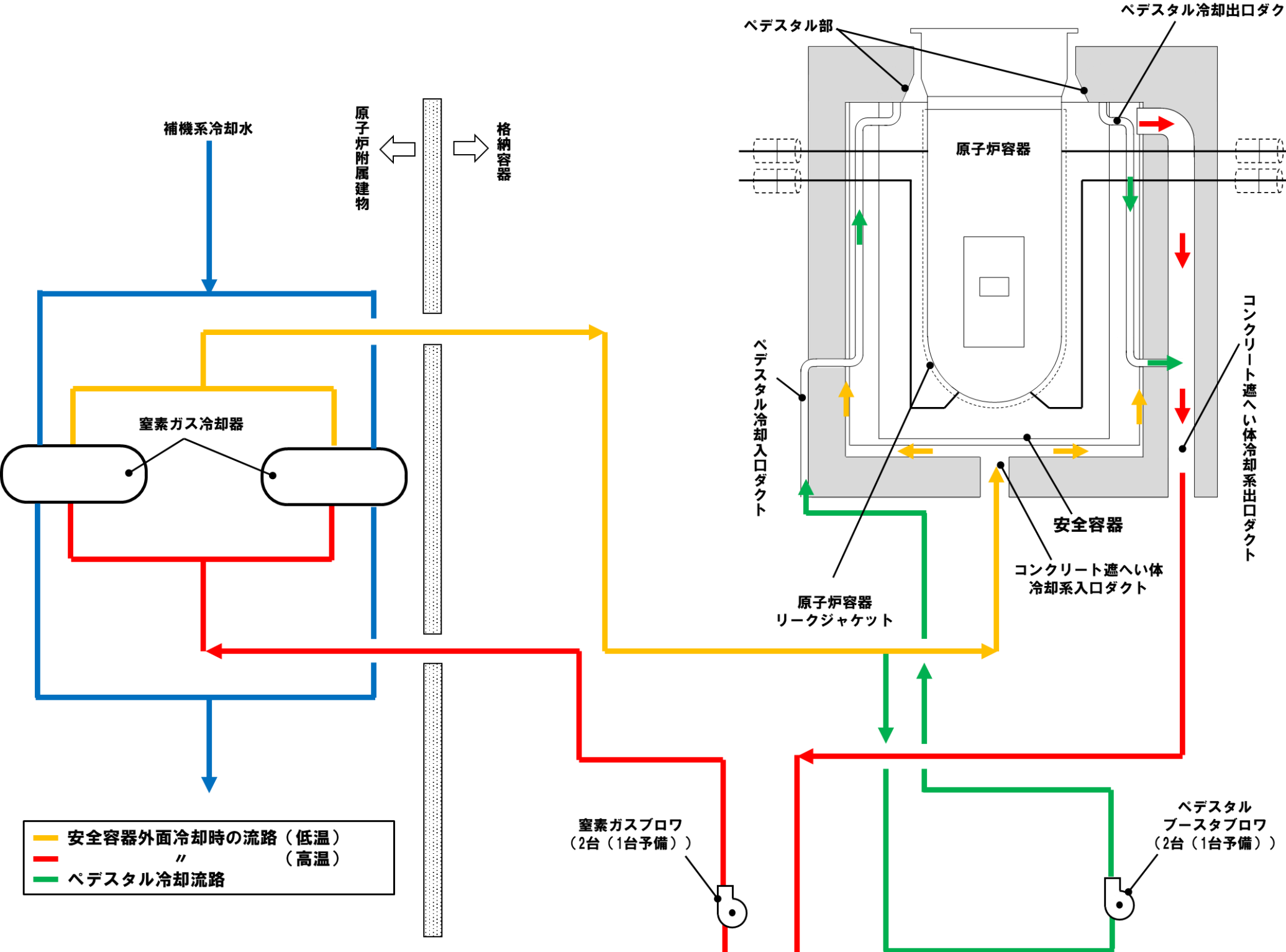
下線：自主対策に係るもの

要求機能	資機材		関連設備 【】内：電源供給元*1	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	—	安全容器内の1次主冷却系配管（内管及び外管）の破損が重畳した場合の炉心損傷防止措置の機能喪失時手順
	コンクリート遮へい体冷却系	窒素ガスブロワ	窒素ガスブロワ動力電源【①】 窒素ガスブロワ制御電源【①】 ピット部風量調節ダンパ動力電源【②】 ピット部風量調節ダンパ制御電源【②】	
		窒素ガス冷却器	補機系揚水ポンプ動力電源【①】 補機系揚水ポンプ制御電源【①】 補機系冷却塔ブロワ動力電源【①】 補機系冷却塔ブロワ制御電源【①】	
		ペDESTALブースタブロワ	ペDESTALブースタブロワ動力電源【①】 ペDESTALブースタブロワ制御電源【①】	
		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【②/③】	
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）【③】	
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【①/③】	
	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【①/②/③】	
		<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【②/③】		

\*1：「① 非常用ディーゼル電源系」、「② 交流無停電電源系」、「③ 直流無停電電源系」

## -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）。

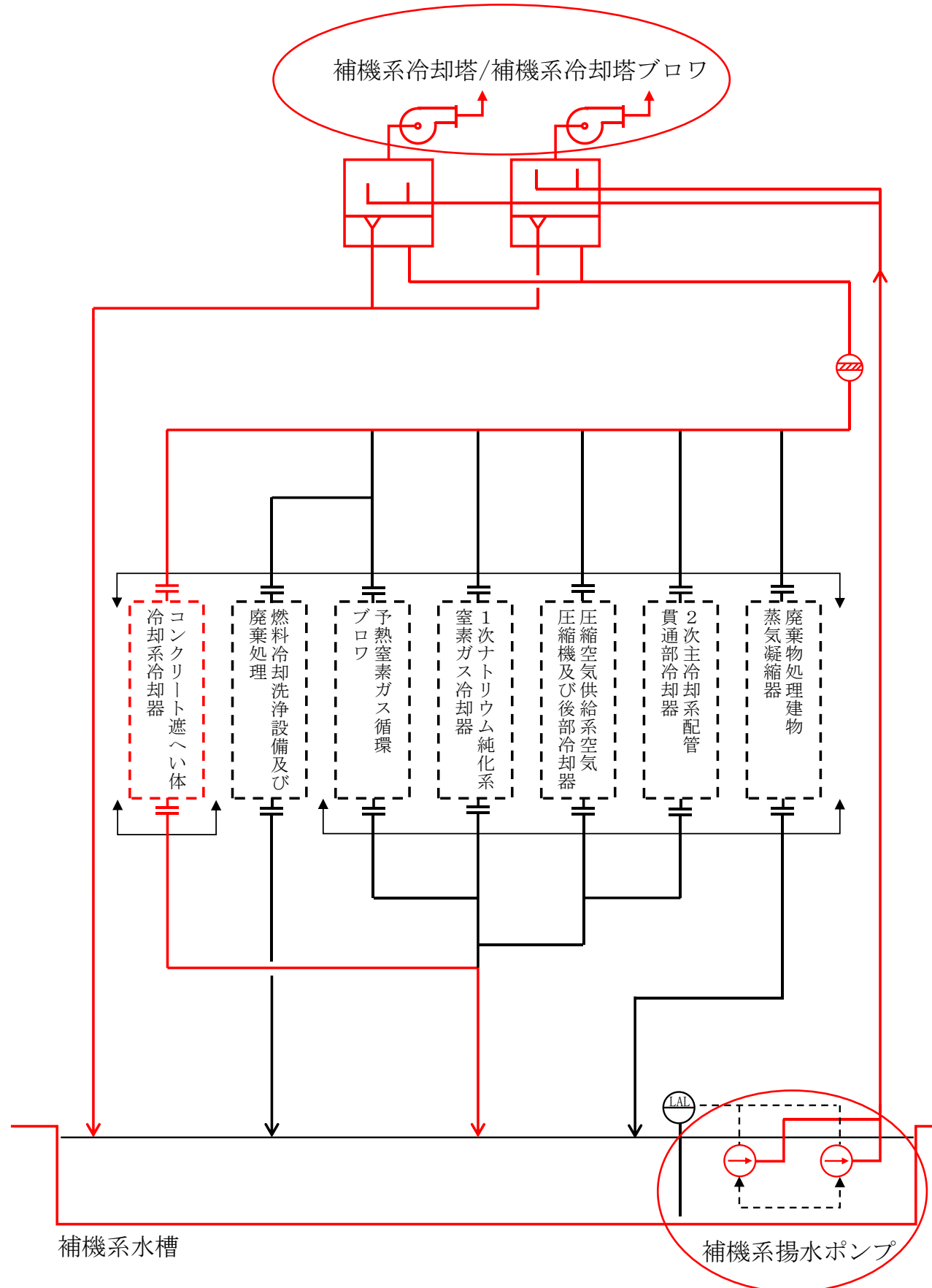


### コンクリート遮へい体冷却系の主要仕様

- 窒素ガスブロウ容量 約30,000m<sup>3</sup>/h
- ペDESTALブースタブロウ容量 約5,500m<sup>3</sup>/h
- 補機系冷却水量 約172ton/h/2基
- 補機系冷却塔ブロウ容量 約3,400m<sup>3</sup>/min
- 窒素ガス冷却器容量 約1MW/2基

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

-関連する補機冷却設備-



補機冷却系の主要仕様

・補機系冷却水量  
172ton/h/2基

・補機系冷却塔ブロワ容量  
約3,400m<sup>3</sup>/min

赤線：補機冷却設備のうち、炉心損傷防止措置及び格納容器破損防止で考慮する範囲（コンクリート遮へい体冷却系の冷却水の供給に使用）

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>

- **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炉心損傷防止措置の機能喪失時手順**

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、給水流量、窒素ガス流量の増大のための操作を除いて、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の格納容器破損防止措置と同じ。

- **格納容器手動アイソレーション手順**

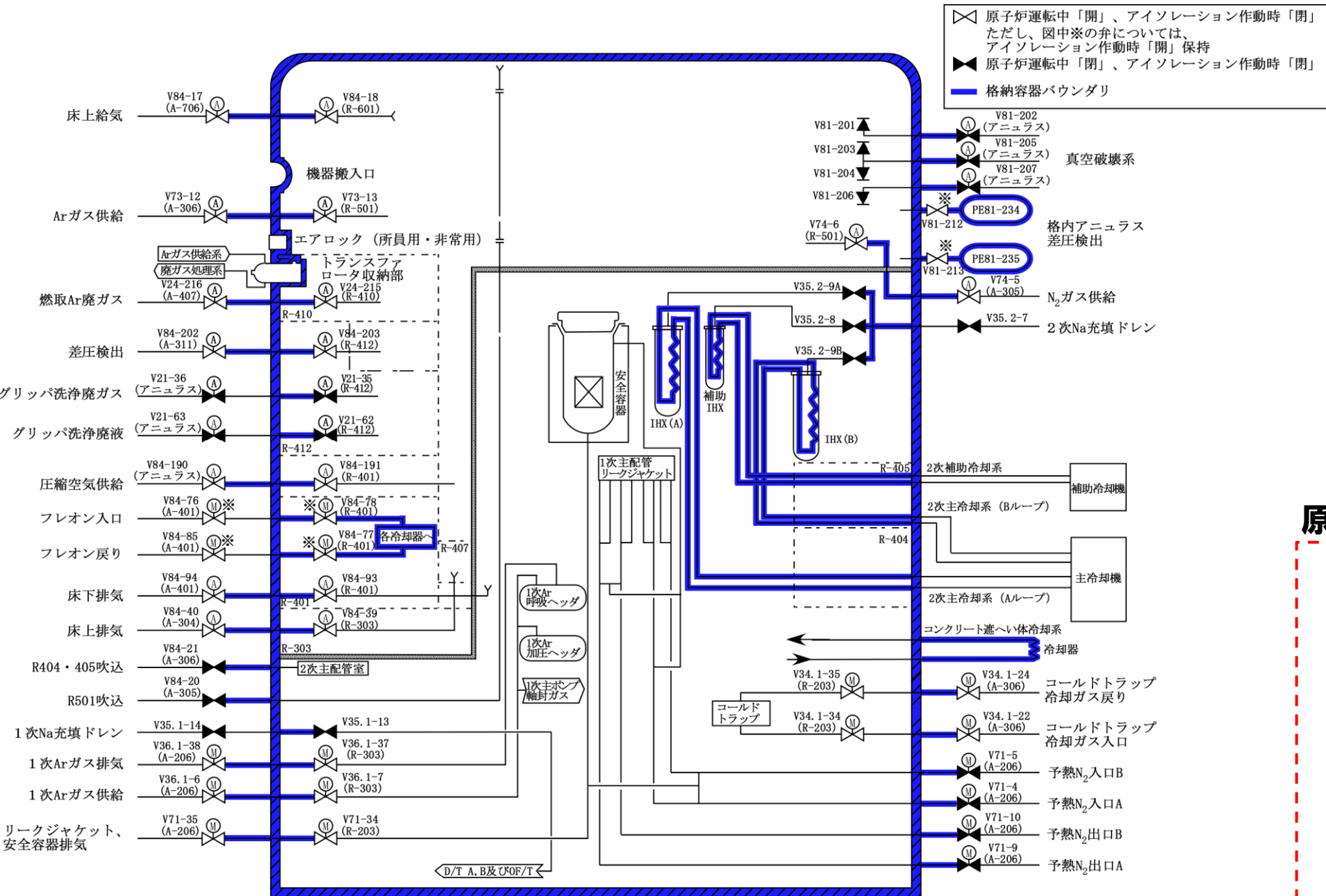
ULOFと同じ。

- **1次アルゴンガス系の排気側の隔離手順**

ULOFと同じ。

# 手動アイソレーションの設備

格納容器のアイソレーションが自動で作動しなかった場合に備え、手動アイソレーションボタンを整備している。手動アイソレーションボタンは、隔離弁にアイソレーション信号を発信し、格納容器をアイソレーションすることにより放射性物質の放出を抑制する。



格納容器バウンダリ及び隔離弁

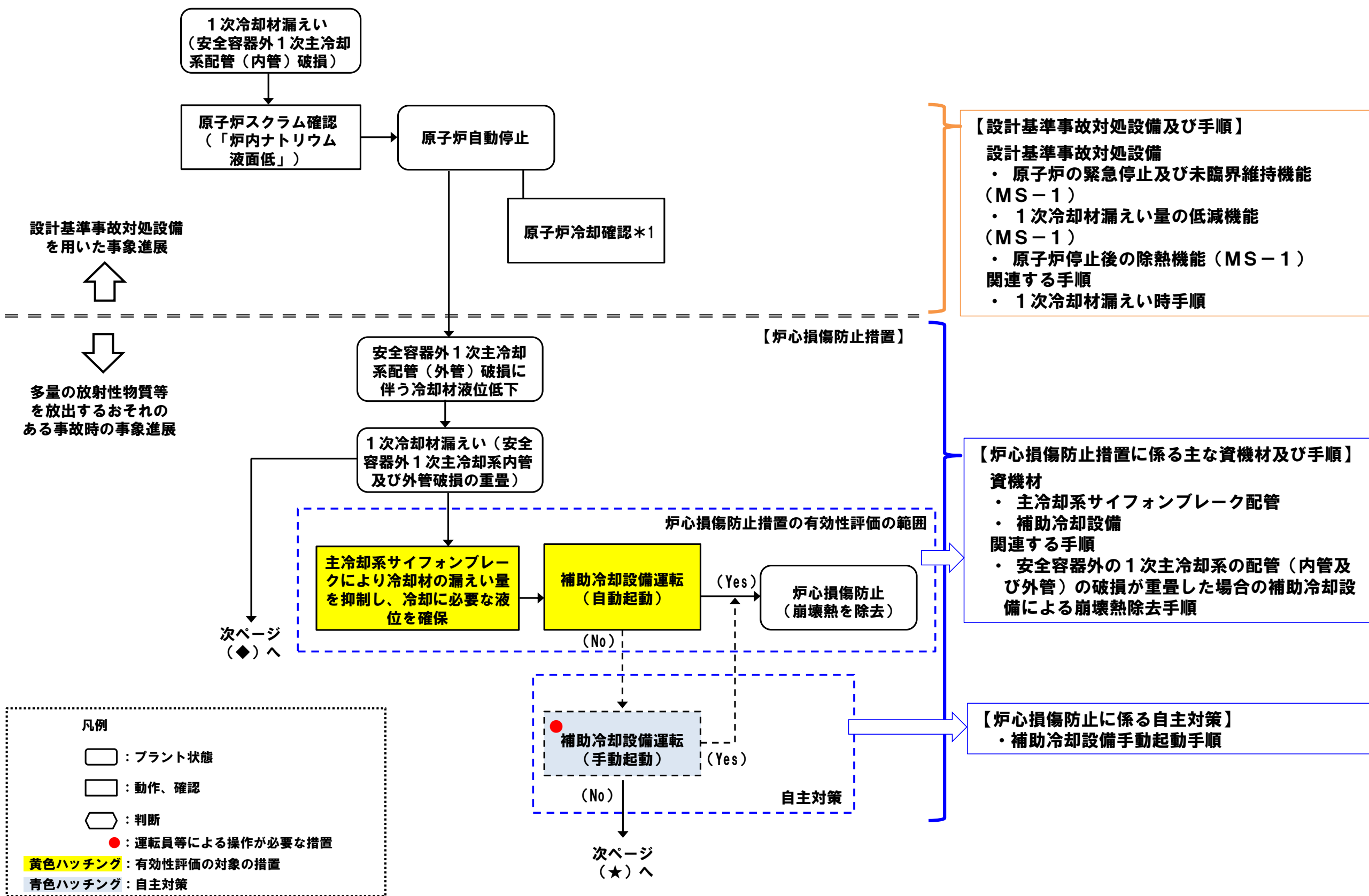
## 手動アイソレーションボタン

核物質防護情報（管理情報）が含まれているため公開できません。

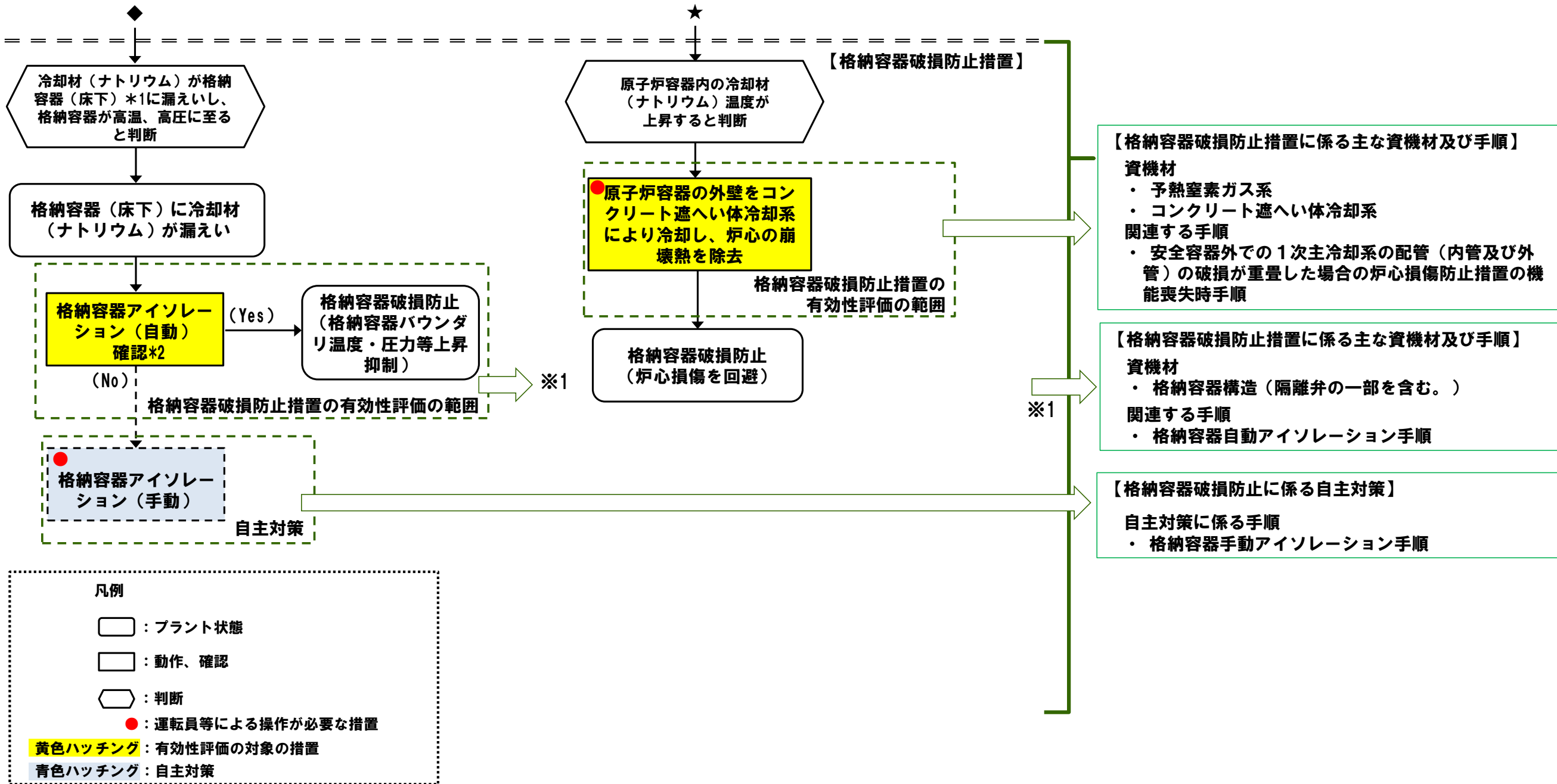
## 原子炉制御盤

核物質防護情報（管理情報）が含まれているため公開できません。

**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に係る資機材及び手順  
【（LORL（ii））】**



\*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：原子炉運転中は、格納容器（床下）を窒素雰囲気中に保持

\*2：格納容器（床下）へのナトリウムの漏えい等により、格納容器内の圧力、温度又は床上線量率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		関連設備 【】内：電源供給元*1	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	原子炉冷却系統施設	1次主冷却系サイフォンブレイク配管	—	安全容器外の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
	計測制御系	原子炉容器液面計、計測装置	非常用電源設備【②/③】	
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。）	1次補助冷却系電磁ポンプ動力電源【①】 1次補助冷却系電磁ポンプ制御電源【②/③】 機器冷却ファン動力電源【①】 機器冷却ファン制御電源【①】	
		2次補助冷却系（補助冷却機及び循環ポンプを含む。）	2次補助冷却系電磁ポンプ動力電源【①】 2次補助冷却系電磁ポンプ制御電源【①/②/③】 2次補助冷却系電磁ポンプ冷却ファン動力電源【①】 2次補助冷却系電磁ポンプ冷却ファン制御電源【①/②/③】 補助送風機動力電源【①】 補助送風機制御電源【①/②/③】 インレットベーン・ダンパ駆動用圧縮空気供給設備*2 インレットベーン・ダンパ制御電源【②】	
	計測制御系	原子炉容器液面計、計測装置	非常用電源設備【②/③】	
	プロセス計装	検出器、計測装置	非常用電源設備【②/③】	
	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【②/③】	

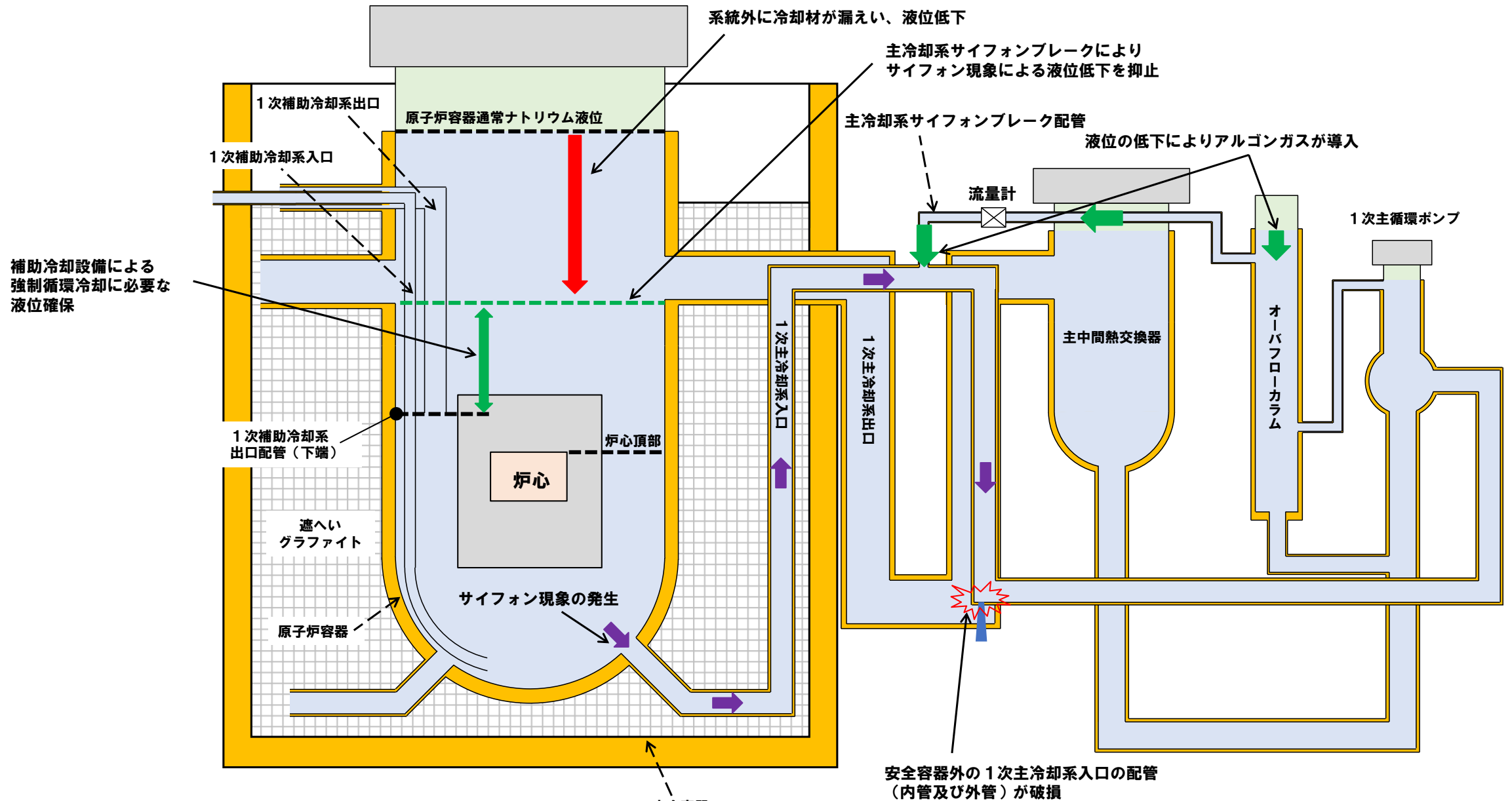
\*1：「① 非常用ディーゼル電源系」、「② 交流無停電電源系」、「③ 直流無停電電源系」

\*2：アキュムレータタンクより下流側が対象

# 冷却材液位の確保機能に係る資機材

## -主冷却系サイフォンブレーク-

- 安全容器より外側の1次主冷却系入口の低所配管（内管及び外管）が破損した際に、主冷却系サイフォンブレーク配管からアルゴンガスが導入されることにより、サイフォン現象による原子炉容器の冷却材液位の低下を抑止し、補助冷却設備の強制循環冷却に必要な液位を確保する。
- アルゴンガスは、配管等の適切な配置により、オーバフローカラムの液位低下に伴い、受動的に導入され（電源及び運転員操作不要）、運転員は炉内ナトリウム液面計の指示値により、主冷却系サイフォンブレークの成否を確認する。
- 主冷却系サイフォンブレーク配管は、通常運転時に凝固・閉塞が生じることを防止するため、差圧により常時ナトリウムを流動させる設計とするとともに、配管内のナトリウムの流動を確認できるよう電磁流量計を設置し、運転員が常時監視している。なお、サイフォンブレーク配管内の流量が異常に低下した場合には、中央制御室に警報を発し、異常を検知できる設計としている。



下線：自主対策に係るもの

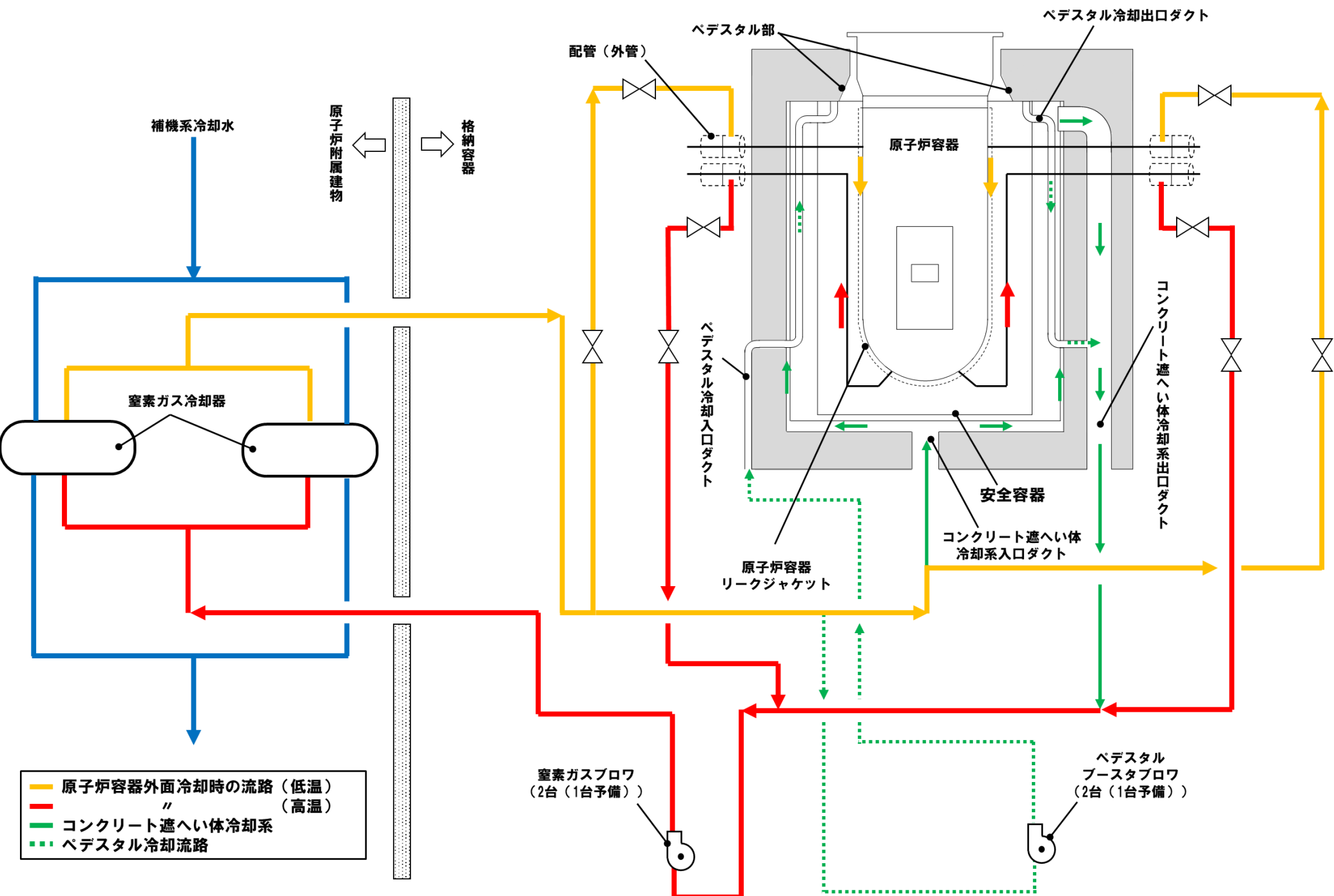
要求機能	資機材		関連設備 【】内：電源供給元*1	関連手順
	系統又は機器	機器		
原子炉停止後の除熱機能	原子炉冷却材バウンダリ	原子炉容器	—	安全容器外での1次主冷却系の配管（内管及び外管）の破損が重畳した場合の炉心損傷防止措置の機能喪失時手順
	コンクリート遮へい体冷却系	窒素ガスブロワ	窒素ガスブロワ動力電源【①】 窒素ガスブロワ制御電源【①】 ピット部風量調節ダンパ動力電源【②】 ピット部風量調節ダンパ制御電源【②】	
		窒素ガス冷却器	補機系揚水ポンプ動力電源【①】 補機系揚水ポンプ制御電源【①】 補機系冷却塔ブロワ動力電源【①】 補機系冷却塔ブロワ制御電源【①】	
		ペDESTALブースタブロワ	ペDESTALブースタブロワ動力電源【①】 ペDESTALブースタブロワ制御電源【①】	
		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【②/③】	
	予熱窒素系	予熱窒素ガス系の弁	非常用電源設備【②/③】	
格納容器外への放射性物質の移行量の低減機能	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【①/②/③】 圧縮空気供給設備	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
		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【②/③】	

\*1：「① 非常用ディーゼル電源系」、「② 交流無停電電源系」、「③ 直流無停電電源系」

# 原子炉停止後の除熱機能

## -コンクリート遮へい体冷却系による原子炉容器外面冷却-

- 1次冷却材の漏えいにより窒素ガス流路を喪失する場合を除く事故時に使用可能（コンクリート遮へい体冷却系を予熱窒素ガス系と接続し、原子炉容器等の二重構造の間隙部に窒素ガスを通気）
- コンクリート遮へい体冷却系は、主冷却系と独立した系統

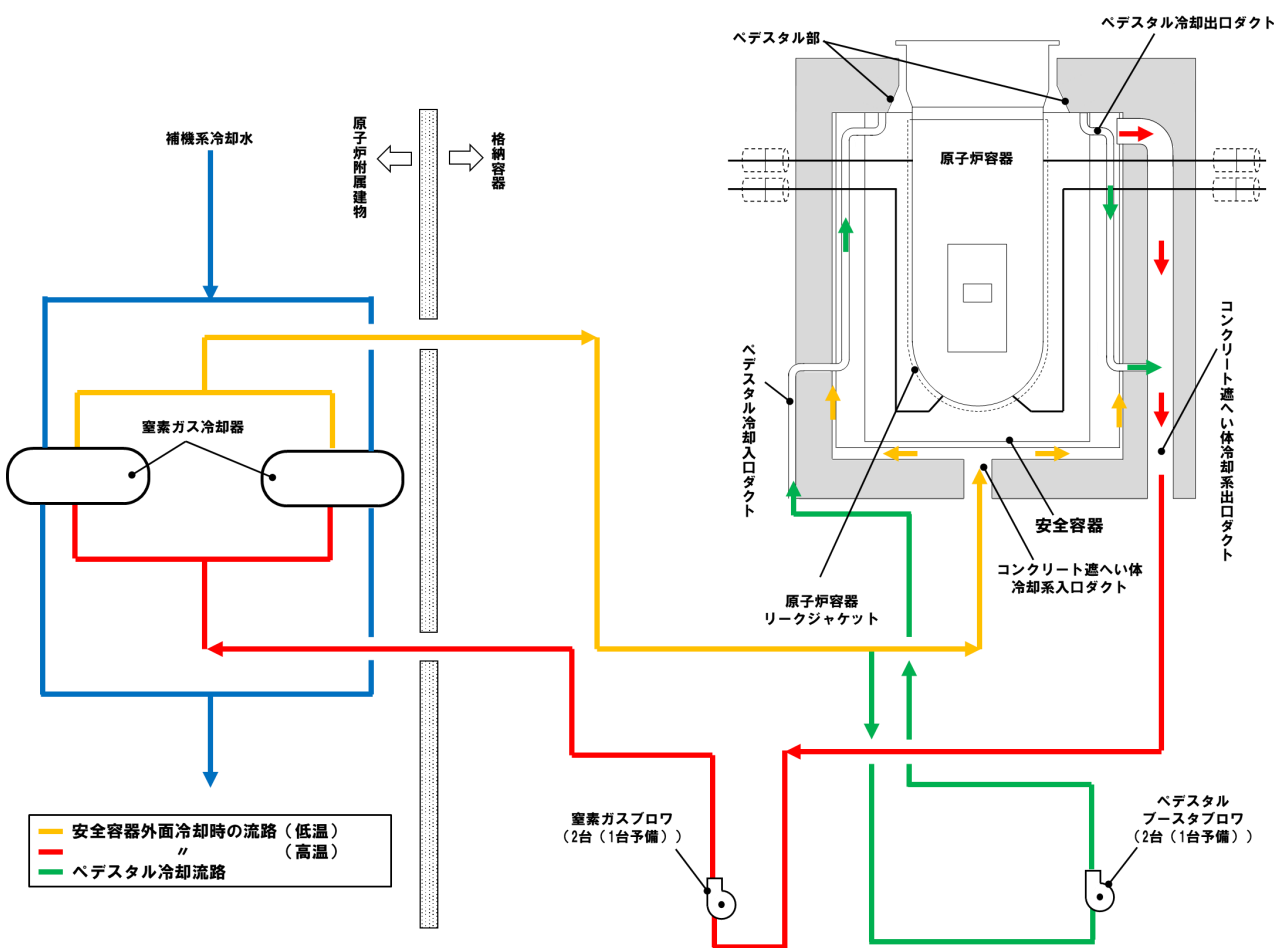


### コンクリート遮へい体冷却系の主要仕様

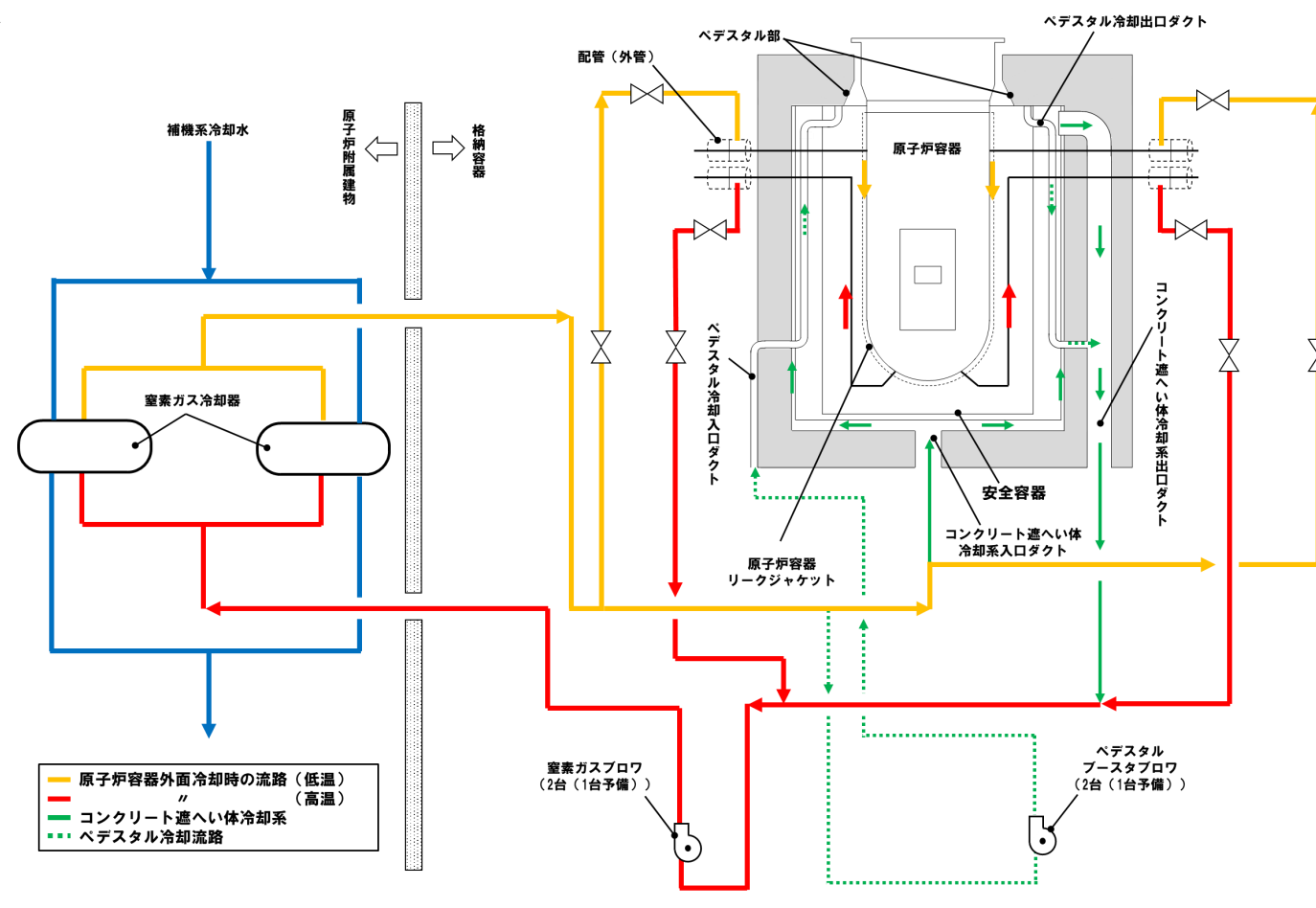
- ・窒素ガスブロウ容量 約30,000m<sup>3</sup>/h
- ・ペDESTALブースタブロウ容量 約5,500m<sup>3</sup>/h
- ・補機系冷却水量 172ton/h/2基
- ・補機系冷却塔ブロウ容量 約3,400m<sup>3</sup>/min
- ・窒素ガス冷却器容量 約1MW/2基

コンクリート遮へい体冷却系による原子炉容器外面冷却の概念図

安全施設、資機材	目的	冷却材窒素ガス流路	運転条件
通常運転時	遮へいコンクリート及びペDESTAL部を冷却し、制限温度以下に保持する。	原子炉容器ピットの遮へいコンクリートと安全容器の間隙部（第1図）	通常運転時の遮へいコンクリート及びペDESTAL部におけるガンマ発熱の冷却であり、除熱量は小さい。
原子炉容器外面冷却による崩壊熱除去運転時	原子炉容器内の健全炉心の崩壊熱を除去し、炉心損傷を防止する。	原子炉容器とリークジャケットの間隙部（第2図）	原子炉停止後の崩壊熱の冷却であり、除熱量が大きい。窒素ガス流路の切替えに係る操作が必要である。
安全容器外面冷却による損傷炉心物質冷却時	安全容器内に移行した損傷炉心物質の崩壊熱を除去し、安全容器内で損傷炉心物質を安定冷却保持する。	原子炉容器ピットの遮へいコンクリートと安全容器の間隙部（第1図）	原子炉停止後の崩壊熱の冷却であり、除熱量が大きい。通常運転時と窒素ガスの流路は同じであるが、冷却水流量及び窒素ガス流量の増大に係る操作が必要である。



第1図 遮へいコンクリート冷却、安全容器外面冷却



第2図 原子炉容器外面冷却

LORL (ii) 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>

- **安全容器外の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、安全容器外の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。1次主冷却系サイフォンブレイク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1次主冷却系サイフォンブレイク、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>

- **安全容器外の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炉心損傷防止措置の機能喪失時手順**

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た場合に、コンクリート遮へい体冷却系による原子炉容器外面冷却により、炉心の崩壊熱を除去するための手順である。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、給水流量の増大、窒素ガス流路の切り替えのための操作を除いて、基本的な手順は監視となる。

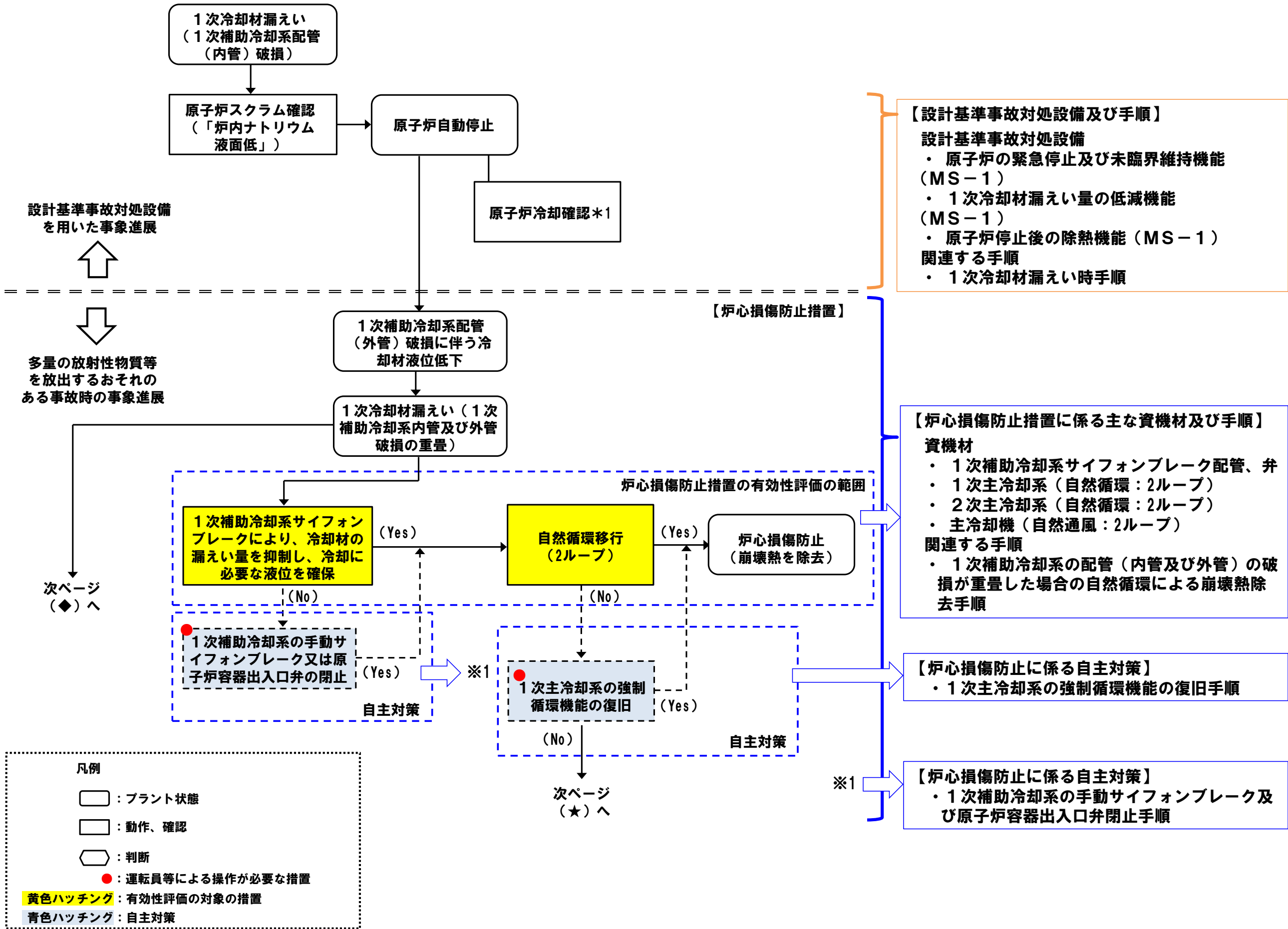
- **格納容器自動アイソレーション手順**

ULOFの格納容器破損防止措置と同じ。

- **格納容器手動アイソレーション手順**

ULOFと同じ。

**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に係る資機材及び手順  
【（LORL（iii））】**

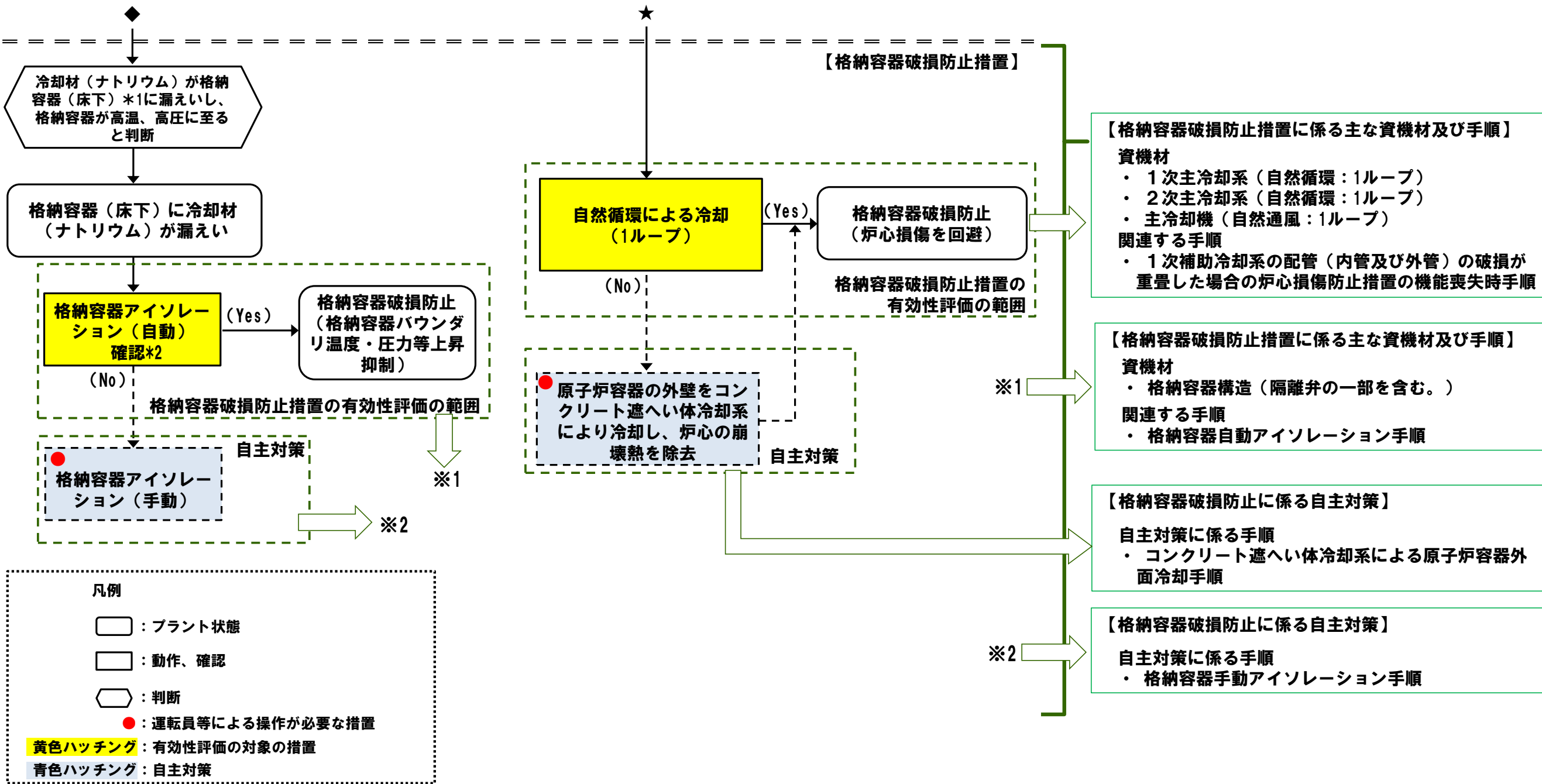


**凡例**

- : プラント状態
- ▭ : 動作、確認
- ◇ : 判断
- : 運転員等による操作が必要な措置
- 黄色ハッチング : 有効性評価の対象の措置
- 青色ハッチング : 自主対策

\*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：原子炉運転中は、格納容器（床下）を窒素雰囲気中に保持

\*2：格納容器（床下）へのナトリウムの漏えい等により、格納容器内の圧力、温度又は床上線量率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		関連設備 【】内：電源供給元*1	関連手順
	系統又は機器	機器		
非常用冷却設備（主冷却系自然循環）に必要な冷却材液位の確保機能	原子炉冷却系統施設	1次補助系サイフォンブレイク配管、止弁	非常用電源設備【②/③】	1次補助冷却系の配管（内管及び外管）の破損が重畳した場合の自然循環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	原子炉冷却系統	原子炉冷却材バウンダリ	—	
		冷却材バウンダリ	—	
	主冷却機	インレットベーン・ダンパ駆動用圧縮空気供給設備*2 インレットベーン・ダンパ制御電源【②】		
	核計装、プロセス計装	検出器、計測装置	非常用電源設備【②/③】	
非常用冷却設備（主冷却系自然循環）に必要な冷却材液位の確保機能	原子炉冷却系統施設	1次補助系サイフォンブレイク止弁、手動操作スイッチ	非常用電源設備【②/③】	1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
		1次補助系原子炉容器出入口弁、手動操作スイッチ	非常用電源設備【②/③】	
原子炉停止後の除熱機能	1次主循環ポンプ	1次主循環ポンプ主電動機	主電動機動力電源【常用電源】 主電動機制御電源【②/③】 オイルプレッシャーユニット動力電源【②】 オイルプレッシャーユニット制御電源【②】	1次主冷却系の強制循環冷却機能の復旧手順

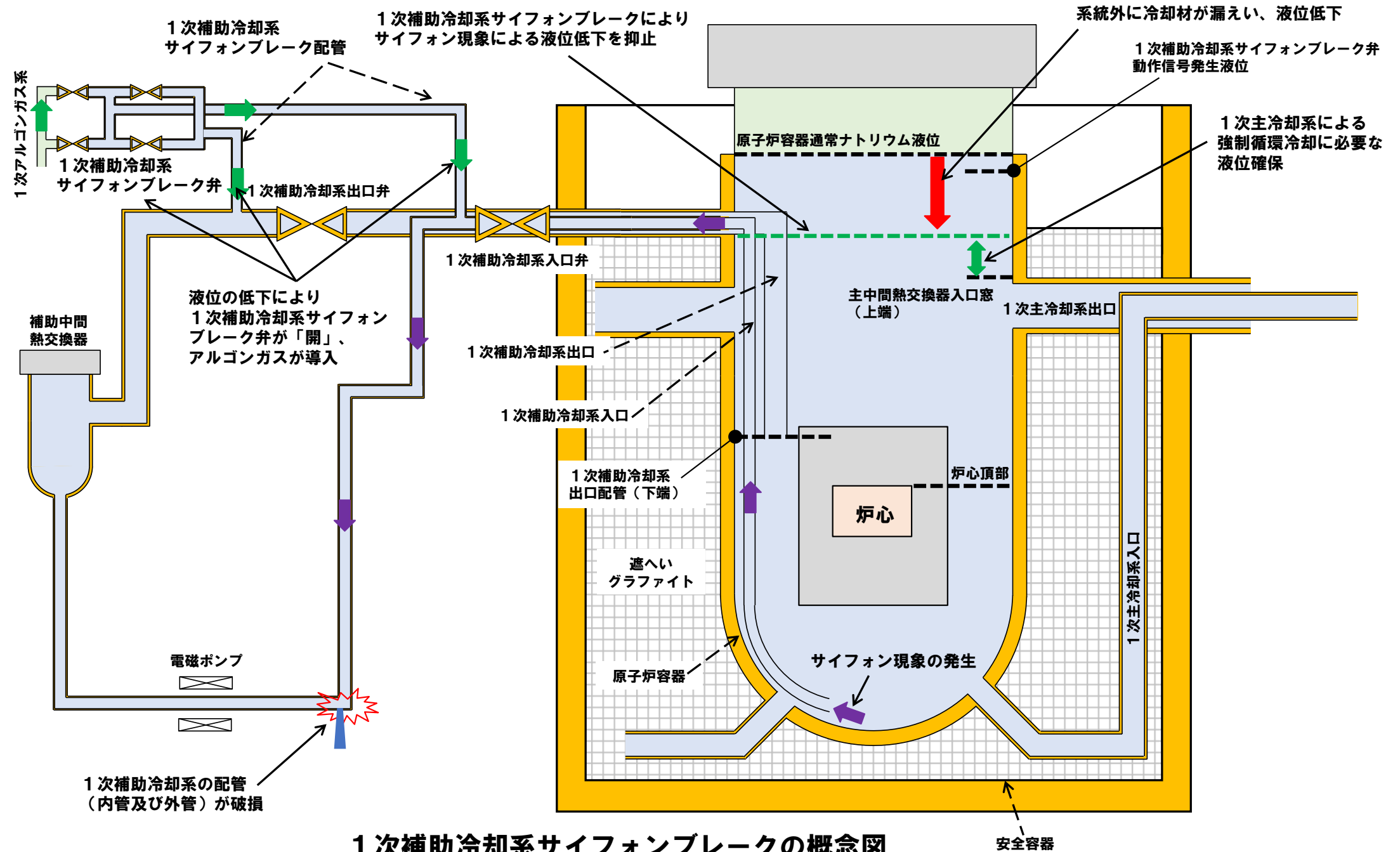
\*1：「① 非常用ディーゼル電源系」、「② 交流無停電電源系」、「③ 直流無停電電源系」

\*2：アキュムレータタンクより下流側が対象

# 冷却材液位の確保機能に係る資機材

## - 1次補助冷却系サイフォンブレーク-

- 1次補助冷却系の低所配管（内管及び外管）が破損した際に、1次補助冷却系サイフォンブレーク配管からアルゴンガスを導入することにより、サイフォン現象による原子炉容器の冷却材液位の低下を抑止し、1次主冷却系の循環に必要な液位を確保する。
- 1次補助冷却系のナトリウム漏えいの検知（2 out of 28）、原子炉容器の冷却材液位低低（NsL-320mm）、ポンモータ1台停止の条件が成立した時点で、自動で1次補助冷却系サイフォンブレーク弁が「開」となりアルゴンガスが導入される。また、1次補助冷却系サイフォンブレーク弁は、中央制御室での操作、及び現場での直接操作を可能とする。
- 1次補助冷却系サイフォンブレーク失敗を仮想した場合であっても、1次補助冷却系の出入口弁（電源：直流無停電電源系）を「閉」とすることにより、1次主冷却系の循環に必要な液位の確保が可能である。



1次補助冷却系サイフォンブレークの概念図

下線：自主対策に係るもの

要求機能	資機材		関連設備 【】内：電源供給元*1	関連手順
	系統又は機器	機器		
原子炉停止後の 除熱機能	原子炉冷却系統	原子炉冷却材バウンダリ	—	1次補助冷却系の 配管（内管及び外 管）の破損が重畳 した場合の炉心損 傷防止措置の機能 喪失時手順
		冷却材バウンダリ	—	
		主冷却機	インレットベーン・ダンパ駆動用圧縮空気供給設備*2 インレットベーン・ダンパ制御電源【②】	
	核計装、プロセス 計装	検出器、計測装置	非常用電源設備【②/③】	
格納容器外への 放射性物質の移 行量の低減機能	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【①/②/③】 圧縮空気供給設備	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
		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【②/③】	
原子炉停止後の 除熱機能	<u>コンクリート遮へ い体冷却系</u>	<u>窒素ガスブロワ</u>	窒素ガスブロワ動力電源【①】 窒素ガスブロワ制御電源【①】 ピット部風量調節ダンパ動力電源【②】 ピット部風量調節ダンパ制御電源【②】	<u>コンクリート遮へ い体冷却系による 原子炉容器外面冷 却手順</u>
		<u>窒素ガス冷却器</u>	補機系揚水ポンプ動力電源【①】 補機系揚水ポンプ制御電源【①】 補機系冷却塔ブロワ動力電源【①】 補機系冷却塔ブロワ制御電源【①】	
		<u>ペDESTALブースタブロワ</u>	ペDESTALブースタブロワ動力電源【①】 ペDESTALブースタブロワ制御電源【①】	
	プロセス計装	検出器、計測装置	非常用電源設備【②/③】	
	<u>予熱窒素系</u>	<u>予熱窒素ガス系仕切弁</u>	非常用電源設備【②/③】	

\*1：「① 非常用ディーゼル電源系」、「② 交流無停電電源系」、「③ 直流無停電電源系」

\*2：アキュムレータタンクより下流側が対象

LORL (iii) 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>

- **1次補助冷却系の配管（内管及び外管）の破損が重畳した場合の自然循環による崩壊熱除去手順**

本手順は、1次補助冷却系の配管（内管及び外管）が破損した際の主冷却設備（2ループ）による崩壊熱除去に係る手順である。1次補助冷却系サイフォンブレイクによる液位の確保は自動的に達成されるとともに、運転員の操作を介在しなくても、主冷却設備は自動的に自然循環に移行するように設計しているため、運転員による1次補助冷却系サイフォンブレイク、主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。

- **1次主冷却系強制循環機能復旧の手順**

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、手動での強制循環機能の復旧に係る手順であり、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**

本手順は、1次補助冷却系の自動サイフォンブレイクに失敗した際の手動サイフォンブレイク及び原子炉容器出入口弁の閉止に係る手順であり、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>

- **1次補助冷却系の配管（内管及び外管）の破損が重畳した場合の炉心損傷防止措置の機能喪失時手順**

本手順は、1次補助冷却系の配管（内管及び外管）が破損した際の主冷却設備（1ループ）による崩壊熱除去に係る手順である。運転員の操作を介在しなくても、主冷却設備は自動的に自然循環に移行するように設計しているため、運転員による主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。

- **格納容器自動アイソレーション手順**

ULOFの格納容器破損防止措置と同じ。

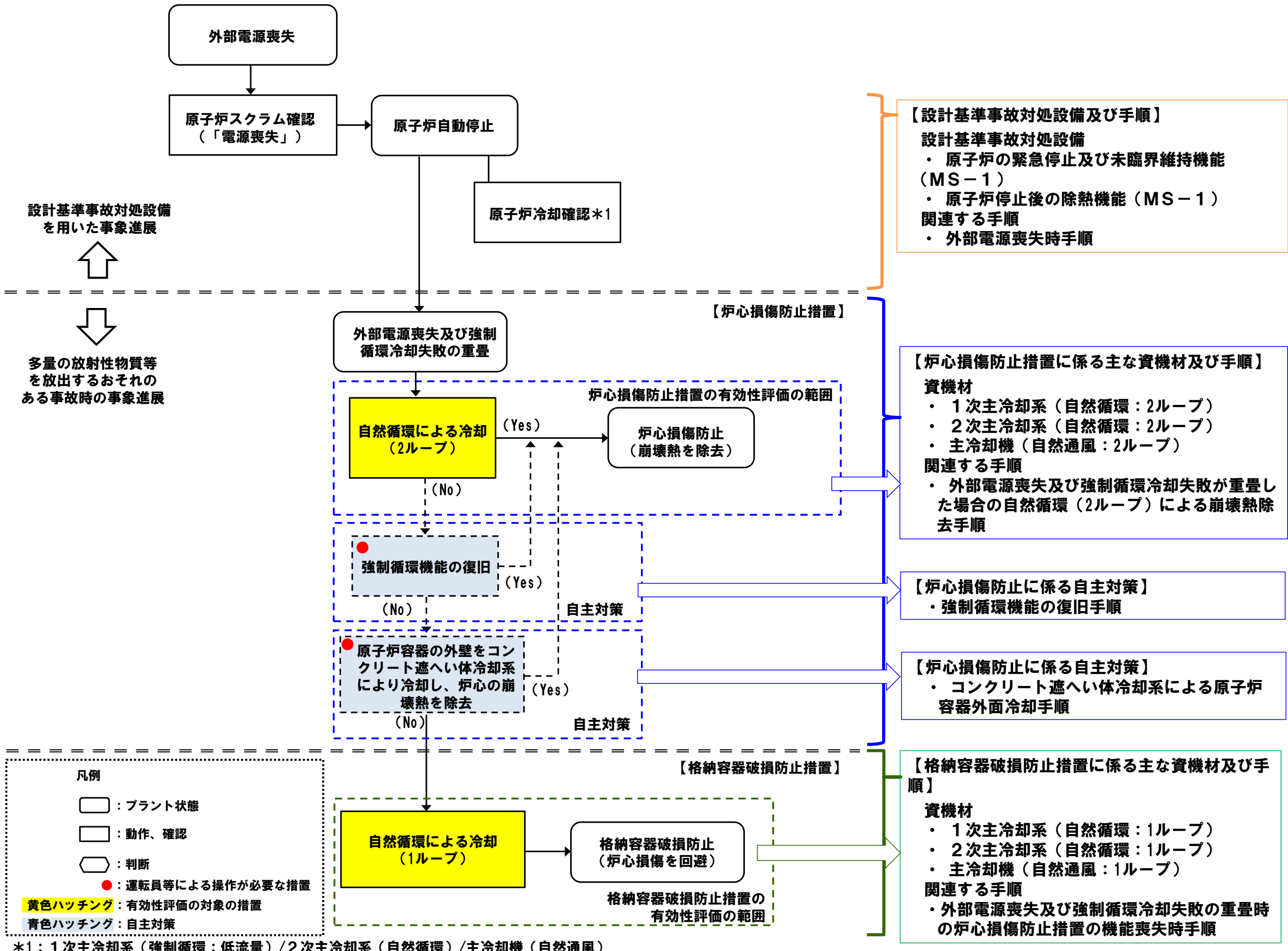
- **格納容器手動アイソレーション手順**

ULOFと同じ。

- **コンクリート遮へい体冷却系による原子炉容器外面冷却手順**

LORL (ii) の格納容器破損防止措置と同じ。

**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に係る資機材及び手順 【（PLOHS（i））】**



設計基準事故対処設備  
を用いた事象進展



多量の放射性物質等  
を放出するおそれ  
のある事故時の事象進展



凡例

□ : プラント状態

□ : 動作、確認

◇ : 判断

● : 運転員等による操作が必要な措置

黄色ハッチング : 有効性評価の対象の措置

青色ハッチング : 自主対策

\*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)

【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)
- ・ 原子炉停止後の除熱機能 (MS-1)

関連する手順

- ・ 外部電源喪失時手順

【炉心損傷防止措置に係る主な資機材及び手順】

資機材

- ・ 1次主冷却系 (自然循環: 2ループ)
- ・ 2次主冷却系 (自然循環: 2ループ)
- ・ 主冷却機 (自然通風: 2ループ)

関連する手順

- ・ 外部電源喪失及び強制循環冷却失敗が重畳した場合の自然循環 (2ループ) による崩壊熱除去手順

【炉心損傷防止に係る自主対策】

- ・ 強制循環機能の復旧手順

【炉心損傷防止に係る自主対策】

- ・ コンクリート遮へい体冷却系による原子炉容器外面冷却手順

【格納容器破損防止措置に係る主な資機材及び手順】

資機材

- ・ 1次主冷却系 (自然循環: 1ループ)
- ・ 2次主冷却系 (自然循環: 1ループ)
- ・ 主冷却機 (自然通風: 1ループ)

関連する手順

- ・ 外部電源喪失及び強制循環冷却失敗の重畳時の炉心損傷防止措置の機能喪失時手順

下線：自主対策に係るもの

要求機能	資機材		関連設備 【】内：電源供給元*1	関連手順
	系統又は機器	機器		
原子炉停止後の除熱機能	原子炉冷却系統	原子炉冷却材バウンダリ	—	外部電源喪失及び強制循環冷却失敗が重畳した場合の自然循環（2ループ）による崩壊熱除去手順
		冷却材バウンダリ	—	
		主冷却機	インレットベーン・ダンパ駆動用圧縮空気供給設備*2 インレットベーン・ダンパ制御電源【②】	
	核計装、プロセス計装	検出器、計測装置	非常用電源設備【②/③】	
	1次主循環ポンプ	1次主循環ポンプ主電動機	主電動機動力電源【常用電源】 主電動機制御電源【②/③】 オイルプレッシャーユニット動力電源【②】 オイルプレッシャーユニット制御電源【②】	強制循環機能の復旧手順
	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。）	1次補助冷却系電磁ポンプ動力電源【①】 1次補助冷却系電磁ポンプ制御電源【②/③】 機器冷却ファン動力電源【①】 機器冷却ファン制御電源【①】	
		2次補助冷却系（補助冷却機及び循環ポンプを含む。）	2次補助冷却系電磁ポンプ動力電源【①】 2次補助冷却系電磁ポンプ制御電源【①/②/③】 2次補助冷却系電磁ポンプ冷却ファン動力電源【①】 2次補助冷却系電磁ポンプ冷却ファン制御電源【①/②/③】 補助送風機動力電源【①】 補助送風機制御電源【①/②/③】 インレットベーン・ダンパ駆動用圧縮空気供給設備*2 インレットベーン・ダンパ制御電源【②】	

\*1：「① 非常用ディーゼル電源系」、「② 交流無停電電源系」、「③ 直流無停電電源系」

\*2：アキュムレータタンクより下流側が対象



下線：自主対策に係るもの

要求機能	資機材		関連設備 【】内：電源供給元*1	関連手順	
	系統又は機器	機器			
原子炉停止後の 除熱機能	<u>コンクリート遮 へい体冷却系</u>	<u>窒素ガスブロフ</u>	窒素ガスブロフ動力電源【①】 窒素ガスブロフ制御電源【①】 ピット部風量調節ダンパ動力電源【②】 ピット部風量調節ダンパ制御電源【②】	<u>コンクリート遮へ い体冷却系による 原子炉容器外面冷 却手順*2</u>	
		<u>窒素ガス冷却器</u>	補機系揚水ポンプ動力電源【①】 補機系揚水ポンプ制御電源【①】 補機系冷却塔ブロフ動力電源【①】 補機系冷却塔ブロフ制御電源【①】		
		<u>ペDESTALブースタブロ ワ</u>	ペDESTALブースタブロフ動力電源【①】 ペDESTALブースタブロフ制御電源【①】		
		<u>窒素ガスダクト</u>	窒素ガスブロフ動力電源【①】 窒素ガスブロフ制御電源【①】 ピット部風量調節ダンパ動力電源【②】 ピット部風量調節ダンパ制御電源【②】		
		<u>プロセス計装</u>	<u>検出器、計測装置</u>		非常用電源設備【②/③】
		<u>予熱窒素系</u>	<u>予熱窒素ガス系仕切弁</u>		非常用電源設備【②/③】

\*1：「① 非常用ディーゼル電源系」、「② 交流無停電電源系」、「③ 直流無停電電源系」

\*2：自主対策として、LORL ( ii ) の格納容器破損防止措置として整備するコンクリート遮へい体冷却系による原子炉容器外面冷却手順を適用する。

要求機能	資機材		関連設備 【】内：電源供給元*1	関連手順
	系統又は機器	機器		
原子炉停止後の 除熱機能	原子炉冷却系統	原子炉冷却材バウンダリ	—	外部電源喪失及び 強制循環冷却失敗 が重畳した場合の 炉心損傷防止措置 の機能喪失時手順
		冷却材バウンダリ	—	
	主冷却機	インレットペーン・ダンパ駆動用圧縮空気供給設備*2 インレットペーン・ダンパ制御電源【②】		
	核計装、プロセス計装	検出器、計測装置	非常用電源設備【②/③】	

\*1：「① 非常用ディーゼル電源系」、「② 交流無停電電源系」、「③ 直流無停電電源系」

\*2：アキュムレータタンクより下流側が対象

PLOHS ( 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>

- **外部電源喪失及び強制循環冷却失敗が重畳した場合の自然循環（2ループ）による崩壊熱除去手順**

本手順は、外部電源喪失及び強制循環冷却失敗が重畳した際の主冷却設備による崩壊熱除去に係る手順である。主冷却設備は、運転員の操作を介在しなくても、自動的に自然循環に移行するように設計しているため、運転員による主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。

- **強制循環機能の復旧手順**

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、手動で強制循環機能を復旧させる手順であり、安全性向上のために自主的に講じるものである。

- **コンクリート遮へい体冷却系による原子炉容器外面冷却手順**

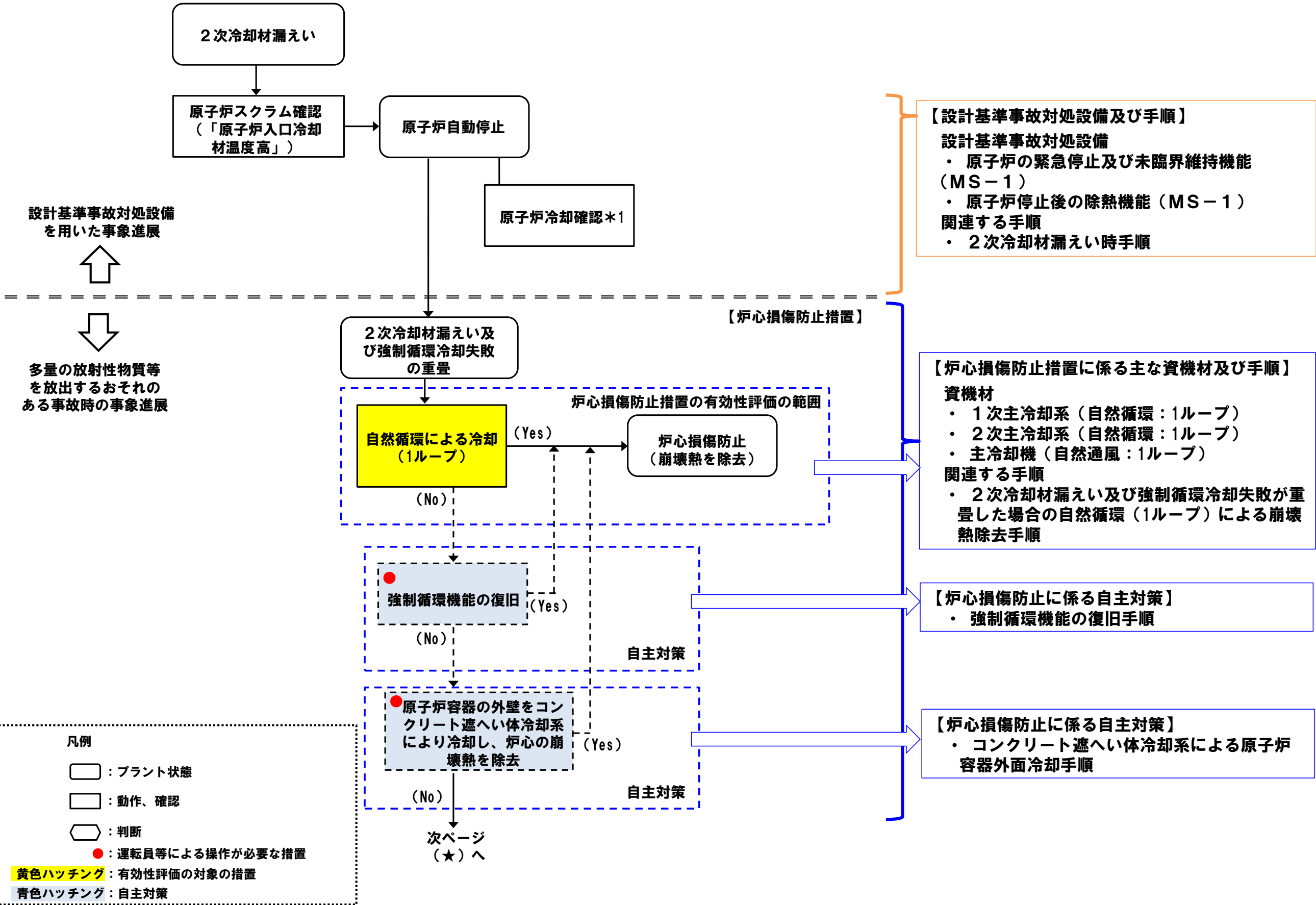
LORL ( ii ) の格納容器破損防止措置と同じ。

### <格納容器破損防止措置>

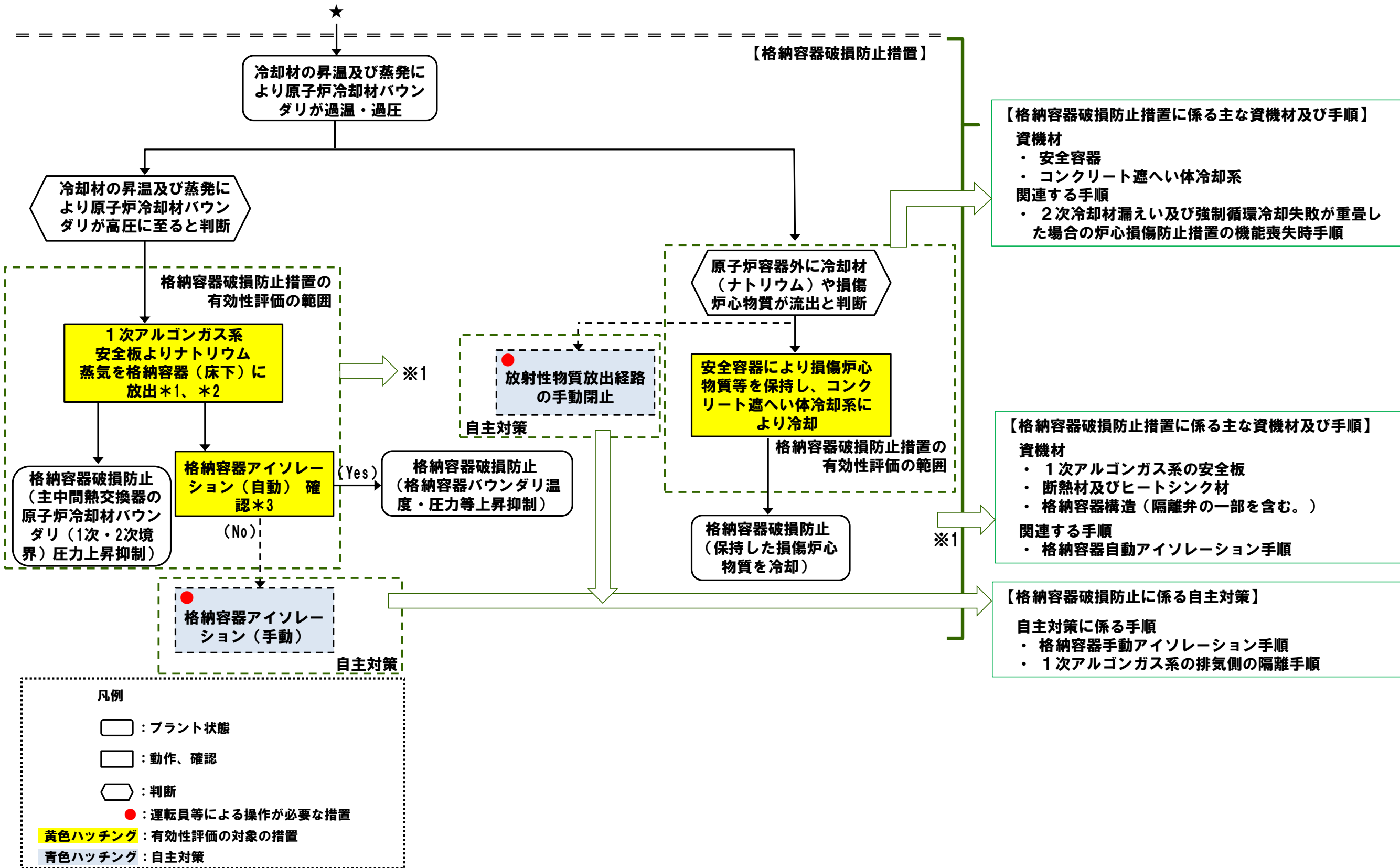
- **外部電源喪失及び強制循環冷却失敗が重畳した場合の炉心損傷防止措置の機能喪失時手順**

LORL ( iii ) の格納容器破損防止措置と同じ。

**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に係る資機材及び手順 【（PLOHS（ii））】**



\*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、温度又は床上線量率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		関連設備 【】内：電源供給元*1	関連手順
	系統又は機器	機器		
原子炉停止後の除熱機能	原子炉冷却系統	原子炉冷却材バウンダリ	—	2次冷却材漏えい及び強制循環冷却失敗が重畳した場合の自然循環(1ループ)による崩壊熱除去手順 2次冷却材ナトリウム漏えい時手順*3
		冷却材バウンダリ	—	
		主冷却機	インレットベーン・ダンパ駆動用圧縮空気供給設備*2 インレットベーン・ダンパ制御電源【②】	
	核計装、プロセス計装	検出器、計測装置	非常用電源設備【②/③】	
	1次主循環ポンプ	1次主循環ポンプ主電動機	主電動機動力電源【常用電源】 主電動機制御電源【②/③】 オイルプレッシャーユニット動力電源【②】 オイルプレッシャーユニット制御電源【②】	
	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。)	1次補助冷却系電磁ポンプ動力電源【①】 1次補助冷却系電磁ポンプ制御電源【②/③】 機器冷却ファン動力電源【①】 機器冷却ファン制御電源【①】	強制循環機能の復旧手順
		2次補助冷却系(補助冷却機及び循環ポンプを含む。)	2次補助冷却系電磁ポンプ動力電源【①】 2次補助冷却系電磁ポンプ制御電源【①/②/③】 2次補助冷却系電磁ポンプ冷却ファン動力電源【①】 2次補助冷却系電磁ポンプ冷却ファン制御電源【①/②/③】 補助送風機動力電源【①】 補助送風機制御電源【①/②/③】 インレットベーン・ダンパ駆動用圧縮空気供給設備*2 インレットベーン・ダンパ制御電源【②】	

\*1：「① 非常用ディーゼル電源系」、「② 交流無停電電源系」、「③ 直流無停電電源系」

\*2：アキュムレータタンクより下流側が対象

\*3：2次冷却材ナトリウム漏えい時手順の詳細は第8条の火災による損傷の防止において説明する。

下線：自主対策に係るもの

要求機能	資機材		関連設備 【】内：電源供給元*1	関連手順
	系統又は機器	機器		
原子炉停止後の除熱機能	<u>コンクリート遮へい体冷却系</u>	<u>窒素ガスブロワ</u>	窒素ガスブロワ動力電源【①】 窒素ガスブロワ制御電源【①】 ピット部風量調節ダンパ動力電源【②】 ピット部風量調節ダンパ制御電源【②】	<u>コンクリート遮へい体冷却系による原子炉容器外面冷却手順</u> *2
		<u>窒素ガス冷却器</u>	補機系揚水ポンプ動力電源【①】 補機系揚水ポンプ制御電源【①】 補機系冷却塔ブロワ動力電源【①】 補機系冷却塔ブロワ制御電源【①】	
		<u>ペDESTALブースタブロワ</u>	ペDESTALブースタブロワ動力電源【①】 ペDESTALブースタブロワ制御電源【①】	
		<u>窒素ガスダクト</u>	窒素ガスブロワ動力電源【①】 窒素ガスブロワ制御電源【①】 ピット部風量調節ダンパ動力電源【②】 ピット部風量調節ダンパ制御電源【②】	
	<u>予熱窒素系</u>	<u>予熱窒素ガス系仕切弁</u>	非常用電源設備【②/③】	

\*1：「① 非常用ディーゼル電源系」、「② 交流無停電電源系」、「③ 直流無停電電源系」

\*2：自主対策として、LORL (ii) の格納容器破損防止措置として整備するコンクリート遮へい体冷却系による原子炉容器外面冷却手順を適用する。



下線：自主対策に係るもの

要求機能	資機材		関連設備 【】内：電源供給元*1	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	—	2次冷却材漏えい及び強制循環冷却失敗が重畳した場合の炉心損傷防止措置の機能喪失時手順
	コンクリート遮へい体冷却系	窒素ガスブロワ	窒素ガスブロワ動力電源【①】 窒素ガスブロワ制御電源【①】 ピット部風量調節ダンパ動力電源【②】 ピット部風量調節ダンパ制御電源【②】	
		窒素ガス冷却器	補機系揚水ポンプ動力電源【①】 補機系揚水ポンプ制御電源【①】 補機系冷却塔ブロワ動力電源【①】 補機系冷却塔ブロワ制御電源【①】	
		ペDESTALブースタブロワ	ペDESTALブースタブロワ動力電源【①】 ペDESTALブースタブロワ制御電源【①】	
		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【②/③】	
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）【③】	
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【①/③】	
	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【①/②/③】 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【②/③】		

\*1：「① 非常用ディーゼル電源系」、「② 交流無停電電源系」、「③ 直流無停電電源系」

PLOHS (ii) の格納容器破損防止措置はLORL (i) の格納容器破損防止措置と同じ。

PLOHS (ii) 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>

- **2次冷却材漏えい及び強制循環冷却失敗が重畳した場合の自然循環（1ループ）による崩壊熱除去手順**

本手順は、2次冷却材漏えい及び強制循環冷却失敗が重畳した際の主冷却設備（1ループ）による崩壊熱除去に係る手順である。主冷却設備は、運転員の操作を介在しなくても、自動的に自然循環に移行するように設計しているため、運転員による主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。

- **強制循環機能の復旧手順**

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、手動で強制循環機能を復旧させる手順であり、安全性向上のために自主的に講じるものである。

- **コンクリート遮へい体冷却系による外面冷却手順**

本手順は、主冷却設備（1ループ）による自然循環冷却機能を喪失した場合のコンクリート遮へい体冷却系による原子炉容器外面冷却による崩壊熱除去に係る手順であり、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>

- **2次冷却材漏えい及び強制循環冷却失敗が重畳した場合の炉心損傷防止措置の機能喪失時手順**

LORL (i) の格納容器破損防止措置と同じ。

- **格納容器自動アイソレーション手順**

ULOFの格納容器破損防止措置と同じ。

- **格納容器手動アイソレーション手順**

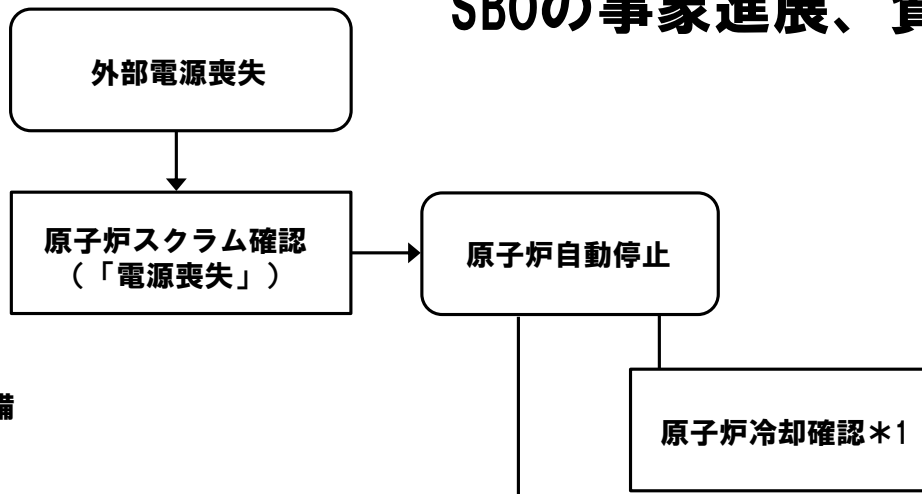
ULOFと同じ。

- **1次アルゴンガス系の排気側の隔離手順**

ULOFと同じ。

## **全交流動力電源喪失による強制循環冷却機能喪失（SBO）に係る資機材及び手順**

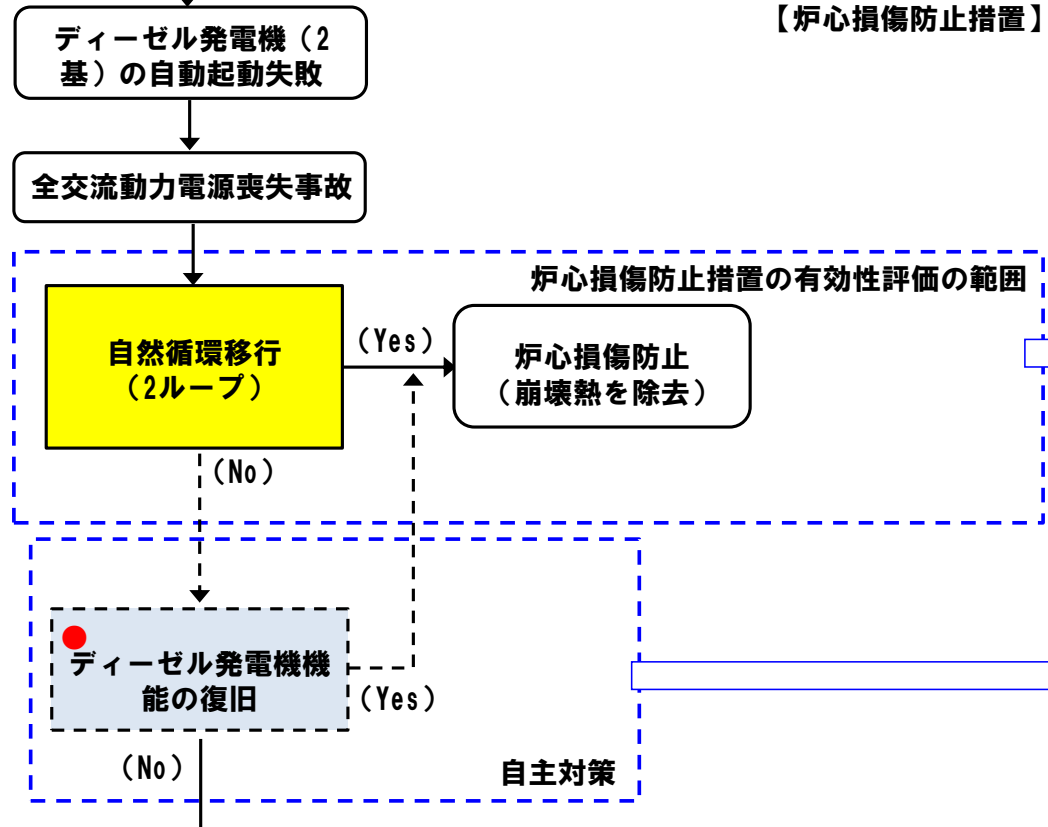
# SBOの事象進展、資機材及び手順の概要



設計基準事故対処設備を用いた事象進展



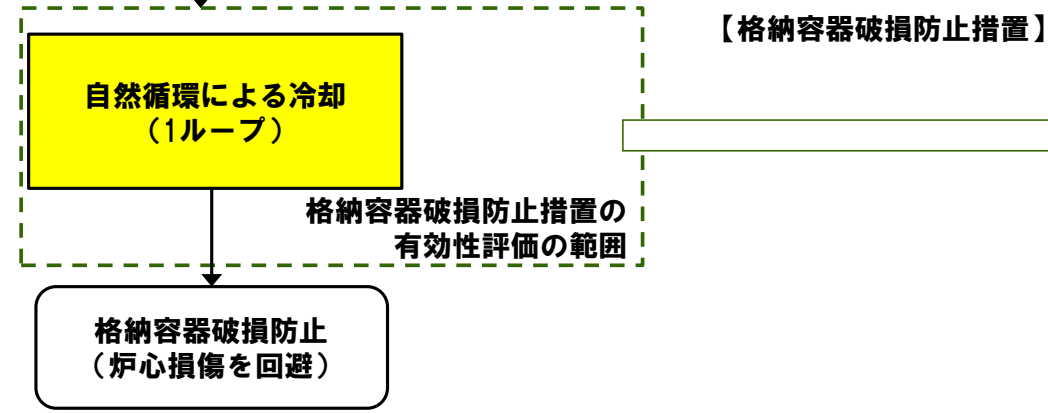
多量の放射性物質等を放出するおそれのある事故時の事象進展



**【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)  
 ・ 原子炉停止後の除熱機能 (MS-1)  
 関連する手順  
 ・ 外部電源喪失時手順

**【炉心損傷防止措置に係る主な資機材及び手順】**  
 資機材  
 ・ 1次主冷却系 (自然循環: 2ループ)  
 ・ 2次主冷却系 (自然循環: 2ループ)  
 ・ 主冷却機 (自然通風: 2ループ)  
 関連する手順  
 ・ 全交流動力電源喪失時の自然循環 (2ループ) による崩壊熱除去手順  
 ・ 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。)

**【炉心損傷防止に係る自主対策】**  
 ・ ディーゼル発電機機能の復旧手順



**【格納容器破損防止措置に係る主な資機材及び手順】**  
 資機材  
 ・ 1次主冷却系 (自然循環: 1ループ)  
 ・ 2次主冷却系 (自然循環: 1ループ)  
 ・ 主冷却機 (自然通風: 1ループ)  
 関連する手順  
 ・ 全交流動力電源喪失時の自然循環 (1ループ) による崩壊熱除去手順  
 ・ 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。)

**凡例**

- : プラント状態
- ▭ : 動作、確認
- ◇ : 判断
- : 運転員等による操作が必要な措置
- 黄色ハッチング : 有効性評価の対象の措置
- 青色ハッチング : 自主対策

\*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)

下線：自主対策に係るもの

要求機能	資機材		関連設備 【】内：電源供給元*1	関連手順
	系統又は機器	機器		
原子炉停止後の除熱機能	原子炉冷却系統	原子炉冷却材バウンダリ	—	・全交流動力電源喪失時手順（1ループの自然循環による格納容器破損防止措置を含む。）
		冷却材バウンダリ	—	
		主冷却機	インレットベーン・ダンパ駆動用圧縮空気供給設備*2 インレットベーン・ダンパ制御電源【②】	
	核計装、プロセス計装	検出器、計測装置	非常用電源設備【②/③】	・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。）
	仮設発電機	仮設発電機（1.6kVA*3）	燃料油運搬設備	
	仮設計器	仮設計器	—	
<u>ディーゼル電源系</u>	<u>ディーゼル発電機</u>	<u>燃料油、潤滑油供給系</u> <u>関連する空調換気設備</u> <u>補機冷却設備</u> <u>配電盤</u>	<u>ディーゼル発電機機能の復旧手順</u>	

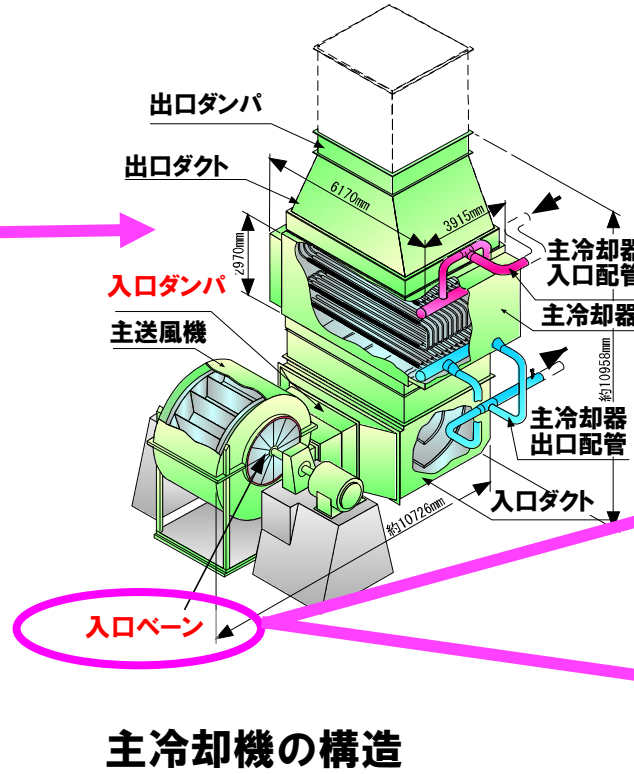
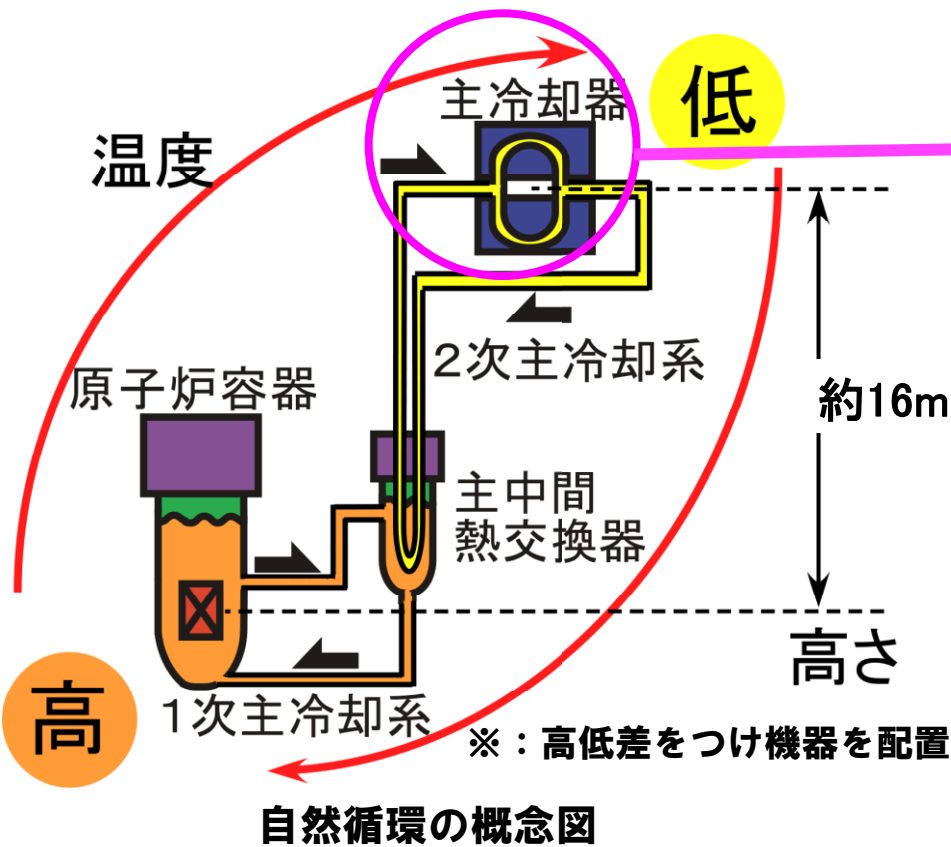
\*1：「① 非常用ディーゼル電源系」、「② 交流無停電電源系」、「③ 直流無停電電源系」

\*2：アキュムレータタンクより下流側が対象

\*3：原子炉停止後の原子炉の監視に必要な容量

# SBO時の主冷却系の自然循環冷却

- 原子炉停止後の崩壊熱除去期間中に、全交流動力電源が喪失し、強制循環冷却に失敗した場合に、主冷却系の自然循環により崩壊熱を除去
- 適切な高低差で機器を配置し、冷却材の密度差を駆動力とした信頼性の高い措置であり、強制循環機能喪失に伴い、受動的に自然循環冷却に移行し（運転員操作不要）、運転員は1次主冷却系及び2次主冷却系の温度及び流量等により、自然循環冷却状態を監視する。



インレットベンドライブユニット



仮設計器による冷却材温度測定

夜間のSBOを想定した訓練

## 【全交流動力電源喪失時の主冷却機の自然通風除熱の制御】

- SBO時の原子炉停止直後は、無停電電源により機能する温度制御系及びタンクに蓄えられている圧縮空気により駆動するインレットベーン等により、冷却材温度は自動で制御され、自然循環により崩壊熱を除去する。この際、インレットベーンの開度は、自動的に9.5%を上限に制御し、過冷却を防止する。
- 全交流動力電源喪失が長期間続いた場合、無停電電源系による自動制御機能を喪失する。このため、仮設発電機からの給電又は仮設計器により冷却材温度等を監視し、手動でインレットベーン等の開度を調整する手順を整備する。
- 自動制御機能の喪失前に、運転員を必要個所に配置することにより、自動制御機能の喪失直後に手動操作を実施可能な手順とする。また、手動操作時であってもインレットベーンの開度は、9.5%を上限とし、過冷却を防止する手順とする。

SBO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>

- **全交流動力電源喪失時の自然循環（2ループ）による崩壊熱除去手順**

本手順は、全交流動力電源喪失が発生した際の主冷却設備（2ループ）による崩壊熱除去に係る手順である。主冷却設備は、運転員の操作を介在しなくても、自動的に自然循環に移行するように設計しているため、運転員による主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。

- **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。）**

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主冷却機のインレットペーン等の手動操作、仮設発電機等を用いた監視等に係る手順である。

- **ディーゼル発電機機能の復旧手順**

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、手動でディーゼル発電機の機能を復旧させる手順であり、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>

- **全交流動力電源喪失時の自然循環（1ループ）による崩壊熱除去手順**

LORL（iii）の格納容器破損防止措置と同じ。

## 局所的燃料破損（LF）に係る資機材及び手順



設計基準事故対処設備  
を用いた事象進展

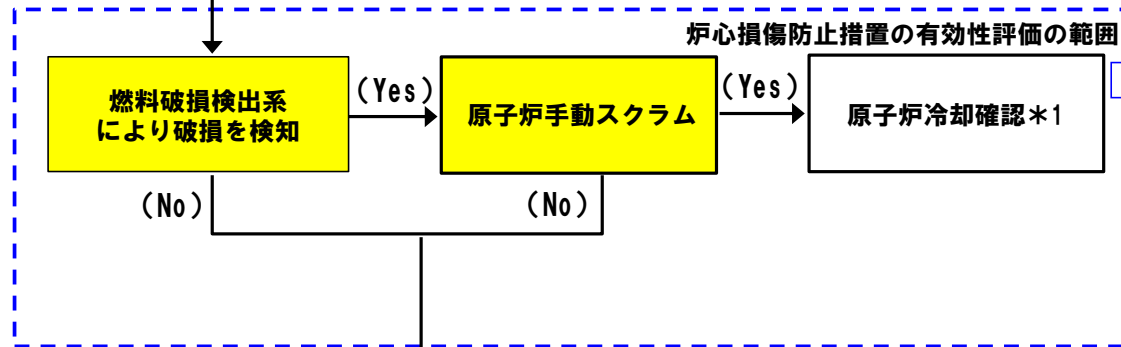


多量の放射性物質等  
を放出するおそれのある事故時の事象進展



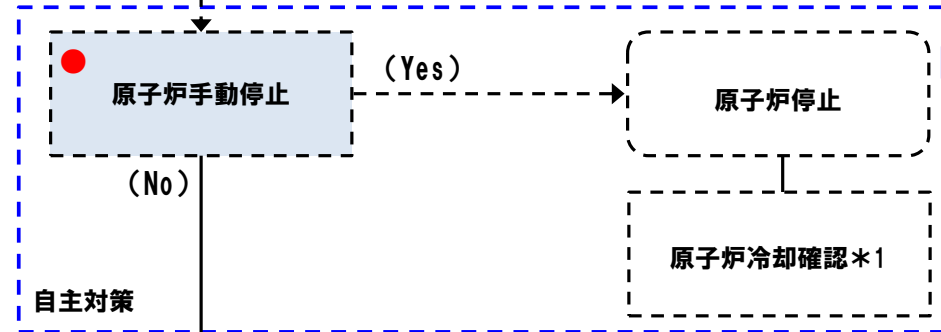
冷却材流路閉塞 (1サブチャンネル) 事故

冷却材流路閉塞 (千鳥格子状) 事故



原子炉手動スクラム  
失敗と判断

判断基準：燃料破損検出系の警報の発報等、  
燃料破損が推定される状態において、  
原子炉を手動スクラムできない場合、  
原子炉手動スクラム失敗と判断する。



次ページ  
(★)へ

凡例

- : プラント状態
- ▭ : 動作、確認
- ◇ : 判断
- : 運転員等による操作が必要な措置
- 黄色ハッチング : 有効性評価の対象の措置
- 青色ハッチング : 自主対策

【設計基準事故対処設備及び手順】

設計基準事故対処設備

- 燃料破損検出系による検知
- 原子炉手動スクラム
- 原子炉停止後の除熱機能 (MS-1)

関連する手順

- 燃料破損検知時手順

【炉心損傷防止措置に係る主な資機材及び手順】

資機材

- 燃料破損検出系による検知
- 原子炉手動スクラム
- 原子炉停止後の除熱機能 (MS-1)

関連する手順

- 燃料破損検知時原子炉手動スクラム手順

【炉心損傷防止に係る自主対策】

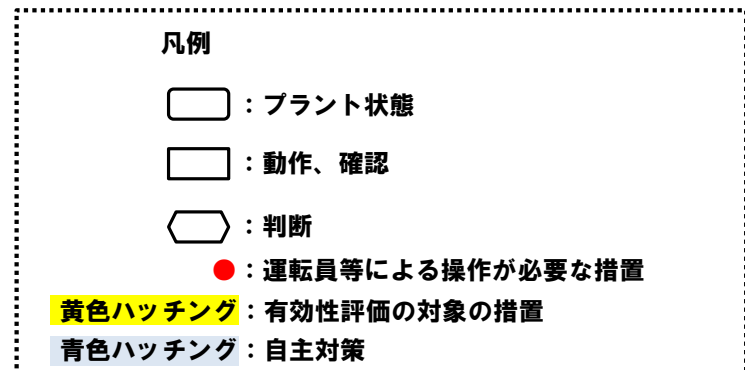
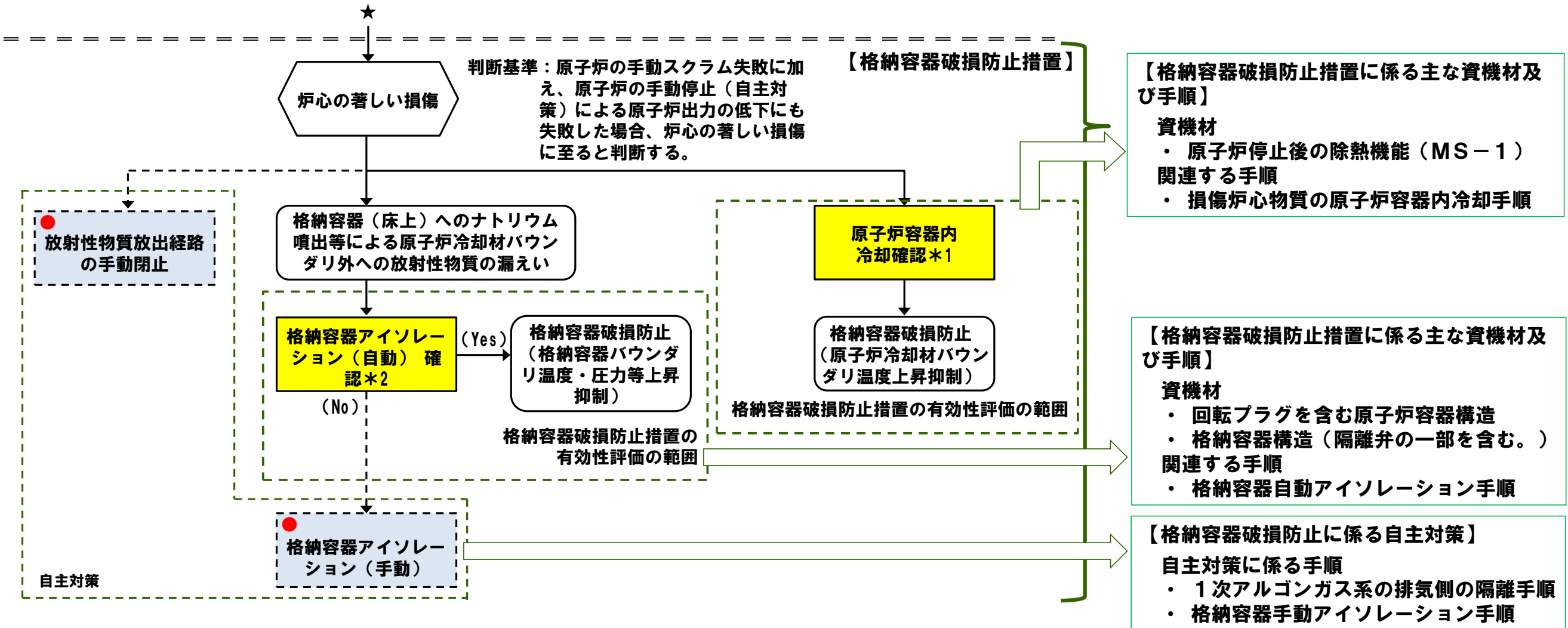
自主対策に係る資機材

- 制御棒、後備炉停止制御棒保持電磁石励磁スイッチ等
- 制御棒、後備炉停止制御棒駆動機構及び操作スイッチ

自主対策に係る手順

- 原子炉手動停止手順

\*1：炉心（健全） / 1次主冷却系（強制循環：定格流量/低流量） / 2次主冷却系（強制循環/自然循環） / 主冷却機（強制通風/自然通風）



\*1：炉心（著しい損傷）/ 1次主冷却系（強制循環：定格流量/低流量）/ 2次主冷却系（強制循環/自然循環）/ 主冷却機（強制通風/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、温度又は床上線量率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		関連設備 【】内：電源供給元*1	関連手順
	系統又は機器	機器		
原子炉の停止機能	燃料破損検出系	遅発中性子法検出設備 (検出器、計測装置)	非常用電源設備【②】	
	燃料破損検出系	カバーガス法検出設備 (検出器、計測装置)	非常用電源設備【②】	
	手動スクラム	手動スクラムボタン	—	
	制御棒、後備炉停止制御棒	保持電磁石励磁スイッチ	—	
	核計装、プロセス計装	検出器、計測装置	非常用電源設備【②/③】	
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	—	燃料破損検知時原子炉手動スクラム手順
		1次主循環ポンプポニーモータ	ポニーモータ動力電源【③】 ポニーモータ制御電源【②/③】 オイルプレッシャーユニット動力電源【②】 オイルプレッシャーユニット制御電源【②】	
		冷却材バウンダリ	—	
		主冷却機	インレットベーン・ダンパ駆動用圧縮空気供給設備*2 インレットベーン・ダンパ制御電源【②】	
	核計装、プロセス計装	検出器、計測装置	非常用電源設備【②/③】	
原子炉の停止機能	制御棒、後備炉停止制御棒	保持電磁石励磁スイッチ	—	原子炉手動停止手順
	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【②】	
		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【②/③】		

\*1：「① 非常用ディーゼル電源系」、「② 交流無停電電源系」、「③ 直流無停電電源系」

\*2：アキュムレータタンクより下流側が対象

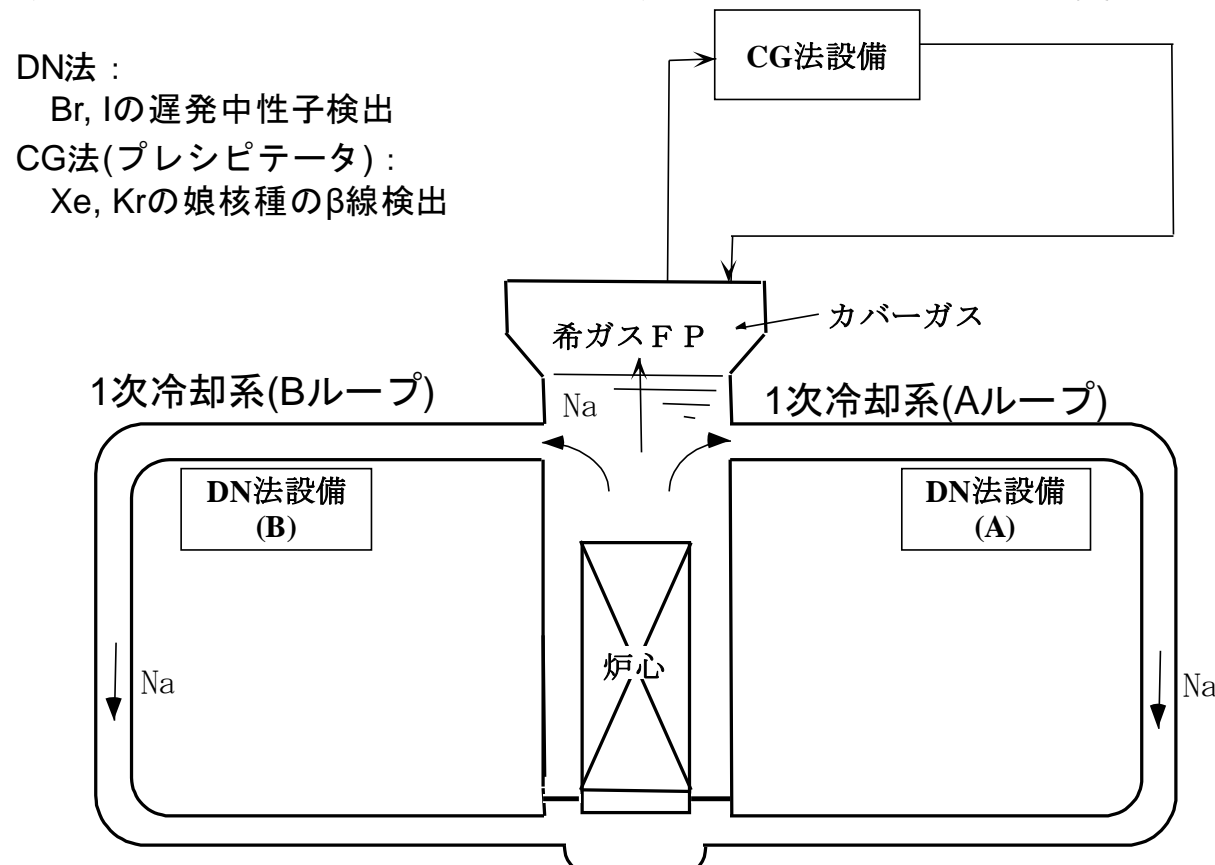
# 燃料破損検出に係る資機材

## 1. 遅発中性子法(DN法)燃料破損検出設備

- DN法は、検出器及びこれを収納するグラフィットブロック並びに計測装置等から構成し、1次主冷却系配管の近傍に設置する。検出器には、BF<sub>3</sub>比例計数管等を使用する。
- DN法は、燃料要素1本で開口破損が生じれば、大洗研究所（南地区）原子炉施設保安規定に定める運転上の制限（バックグラウンドの値の5倍）を超過する検出感度を有することを確認している<sup>[1]</sup>。
- 遅発中性子先行核の検出器までの輸送時間遅れは約1分であり、開口破損発生約1分後には、燃料破損を検知し、中央制御室に警報を発することが可能である。運転員が燃料破損と判断し、原子炉を手動スクラムするまでに要する時間は、燃料破損検出系の検出時間及び運転員操作時間の合計の約10分であり、照射試験で得られている燃料破損後の継続照射期間（最大320日）と比較して十分な猶予時間が確保される。

## 2. カバーガス法(CG法)燃料破損検出設備

- CG法は、検出器及び計測装置等から構成し、カバーガス中の希ガス核分裂生成物（FP）の娘核種の放射能を測定する。検出器には、ヨウ化ナトリウムシンチレータを使用する。
- CG法は、燃焼初期の燃料要素1本に蓄積される希ガスFPの放出が生じれば、大洗研究所（南地区）原子炉施設保安規定に定める運転上の制限（バックグラウンドの値の10倍）を超過する検出感度を有することを確認している<sup>[2]</sup>。



燃料破損検出系の概念図

[1] 「常陽」における燃料破損検出技術の開発と実証試験」動燃技報 No.68,p.45-51 (1988)

[2] 「常陽」における燃料破損模擬試験」JNC TN 9410 2005-003

下線：自主対策に係るもの

要求機能	資機材		関連設備 【】内：電源供給元*1	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	-	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	ポニーモータ動力電源【③】 ポニーモータ制御電源【②/③】 オイルプレッシャーユニット動力電源【②】 オイルプレッシャーユニット制御電源【②】	
		冷却材バウンダリ	-	
		主冷却機	インレットベーン・ダンパ駆動用圧縮空気供 給設備*2 インレットベーン・ダンパ制御電源【②】	
	核計装、プロセス計装	検出器、計測装置	非常用電源設備【②/③】	
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【①/③】	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 <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【①/②/③】 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【②/③】	

\*1：「① 非常用ディーゼル電源系」、「② 交流無停電電源系」、「③ 直流無停電電源系」

\*2：アキュムレータタンクより下流側が対象

**指摘：No.288**

後備炉停止系用論理回路の耐震設計に関して、Ss機能維持としているが、高速炉の停止系の重要性を十分に踏まえて、地震に対する信頼性が確保できる耐震設計について検討すること。

**回答**

原子炉停止機能の重要性を踏まえ、すでに、Sクラスとしている後備炉停止制御棒及び後備炉停止制御棒駆動系に加え、後備炉停止系用論理回路もSクラスとする。

**指摘：No.268**

資機材に対する設計方針において、「原則として」と記載されているが、この設計方針に基づかないものがある場合は、機能を喪失したとしても措置が成立するか資料で説明すること。局所的燃料破損（LF）における資機材（カバーガス法燃料破損検出設備）等がこの設計方針に基づかないのであれば、燃料破損検出設備の機能分担及び事象進展との関係を含めて、その場合でも措置が成立することを丁寧に説明すること。

**回答**

地震時には、原子炉は地震加速度により自動停止するため、局所的燃料破損（LF）の原子炉手動スクラムに係るカバーガス法燃料破損検出設備の検知機能は地震時に要求されない。このため、カバーガス法燃料破損検出設備はSs機能維持としない方針であった。

審査会合における指摘を踏まえて、再度検討した結果、炉心の著しい損傷の監視機能として、Ss機能維持とする計画であった遅発中性子法燃料破損検出設備を炉心損傷防止措置の資機材とすることにより、地震時においても炉心損傷防止措置に係る燃料破損検出機能を維持することとする。