



JY-108-1

**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1月7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
  - ・ 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
  - ・ 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

| 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<br>( )内：主な関連系  | 手順<br>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>燃料破損検出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   | 格納容器破損防止措置  | 主な資機材<br>( )内：主な関連系  | 手順<br>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>1次アルゴンガス系の排気側の隔離手順*1</li> <li>格納容器手動アイソレーション手順*2</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原子炉自動停止失敗時手順 (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原子炉自動停止失敗時手順 (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、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。

原子炉施設は、「燃料体の損傷が想定される事故」について、炉心の著しい損傷に至る可能性があるとして想定する事故が発生した場合において、当該事故の拡大を防止するために炉心損傷防止措置及び格納容器破損防止措置を講じたものとする。原子炉施設には、プラント状態に応じて、以下の資機材をあらかじめ整備し、当該措置に使用できるものとする。

- ・ 制御棒及び制御棒駆動系
- ・ 後備炉停止制御棒及び後備炉停止制御棒駆動系
- ・ 制御棒連続引抜き阻止インターロック
- ・ 原子炉保護系（スクラム）
- ・ 原子炉保護系（アイソレーション）
- ・ 後備炉停止系用論理回路
- ・ 原子炉冷却材バウンダリ
- ・ 原子炉カバーガス等のバウンダリ
- ・ 格納容器バウンダリ
- ・ 非常用冷却設備及び補助冷却設備
- ・ 安全容器（コンクリート遮へい体冷却系を含む。）
- ・ 断熱材及びヒートシンク材
- ・ 関連する核計装
- ・ 関連するプロセス計装
- ・ 仮設電源設備（燃料油運搬設備を含む。）
- ・ 仮設計器

なお、発電炉の重大事故対策有効性評価ガイドに基づき、これらの資機材のうち、炉心の著しい損傷に至る可能性があるとして想定する事故の想定において、故障を想定した資機材を除き、資機材の機能を期待することの妥当性（原子炉の圧力、温度及び液位等）が確認できた場合には、その機能に期待している。例えば、原子炉停止機能喪失型の事故（ULOF、UTOP、ULOHS）における原子炉停止以後の除熱機能等、崩壊熱除去機能喪失型の事故（LORL、PLOHS、SBO）における原子炉停止機能等が該当する。

| 資機材          | 原子炉停止機能喪失型 | 崩壊熱除去機能喪失型        | 局所閉塞   |
|--------------|------------|-------------------|--------|
| 制御棒及び制御棒駆動系  | 機能喪失想定     | 設計基準拡張            | 設計基準拡張 |
| 原子炉保護系（スクラム） | 機能喪失想定     | 設計基準拡張            | 設計基準拡張 |
| 原子炉冷却材バウンダリ  | 設計基準拡張     | 機能喪失想定*1 / 設計基準拡張 | 設計基準拡張 |

\*1：LORLの場合  
 設計基準拡張：事象想定において、故障を想定した設備以外で、当該事象の事象推移に基づいて、機能が維持されることが妥当と判断されるもの。

| 機能、資機材【耐震クラス】 |   | 原子炉停止機能喪失 |      |       | 崩壊熱除去機能喪失 |       |     | 局所事故 |
|---------------|---|-----------|------|-------|-----------|-------|-----|------|
|               |   | ULOF      | UTOP | ULOHS | LORL      | PLOHS | SBO | LF   |
| 停止機能          | 制御棒及び制御棒駆動系<br>(主炉停止系【Sクラス】)                | ×         | ×    | ×     | ○※2       | ○※2   | ○※2 | ○※2  |
|               | 後備炉停止制御棒及び後備炉停止制御棒駆動系<br>【Sクラス】※1           | ○         | ○    | ○     | —         | —     | —   | —    |
|               | 原子炉保護系(スクラム(原子炉トリップ信号を<br>含む。))【Sクラス】       | ×         | ×    | ×     | ○※2       | ○※2   | ○※2 | ○※2  |
|               | 後備炉停止系用論理回路(代替原子炉トリップ信<br>号を含む。))【Ss機能維持】※1 | ○         | ○    | ○     | —         | —     | —   | —    |
|               | 制御棒連続引抜き阻止インターロック<br>【Ss機能維持】※1             | —         | ○    | —     | —         | —     | —   | —    |
| 冷却機能          | 原子炉冷却材バウンダリ【Sクラス】                           | ○         | ○    | ○     | ×※5       | ○     | ○   | ○    |
|               | 非常用冷却設備(強制循環)【Sクラス】                         | ○         | ○    | ○     | ×※5       | ×     | ×   | ○    |
|               | 非常用冷却設備(自然循環)【Sクラス】※1                       | —         | —    | —     | ×※5       | ○     | ○   | —    |
|               | 補助冷却設備【Ss機能維持】※1                            | —         | —    | —     | ○         | —     | —   | —    |
|               | 1次主循環ポンプ主電動機                                | ×         | ○※2  | ○※2   | —         | —     | —   | ○※2  |
| 閉じ込め<br>機能    | 安全容器【Ss機能維持】※1                              | —         | —    | —     | ○         | ○     | —   | —    |
|               | コンクリート遮へい体冷却系【Ss機能維持】※1                     | —         | —    | —     | ○         | ○     | —   | —    |
|               | 原子炉格納容器バウンダリ【Sクラス】※1                        | ○         | ○    | —     | ○         | ○     | —   | ○    |
|               | 原子炉カバーガス等のバウンダリ<br>【Ss機能維持】※1               | —         | —    | —     | ○         | ○     | —   | —    |
|               | 原子炉保護系(アイソレーション)<br>【Sクラス】※1                | ○         | ○    | —     | ○         | ○     | —   | ○    |
|               | ヒートシンク材、断熱材【Ss機能維持】※1                       | —         | —    | —     | ○         | ○     | —   | —    |
| 電源機能          | 常用電源※3                                      | ×※4       | ○※2  | ○※2   | ○※2       | ×※4   | ×   | ○※2  |
|               | 非常用交流動力電源系【Sクラス】                            | ○         | ○    | ○     | ○         | ○     | ×※6 | ○    |
|               | 可搬型電源※1                                     | —         | —    | —     | —         | —     | ○   | —    |
| 計装            | 関連するプロセス計装                                  | ○         | ○    | ○     | ○         | ○     | ○   | ○    |

凡例 ○:機能すると想定しているもの、×:機能喪失を想定しているもの、—:機能の有無が有効性評価に与える影響が小さく、機能が不要なもの

※1 炉心損傷防止措置又は格納容器破損防止措置

※2 設計基準拡張

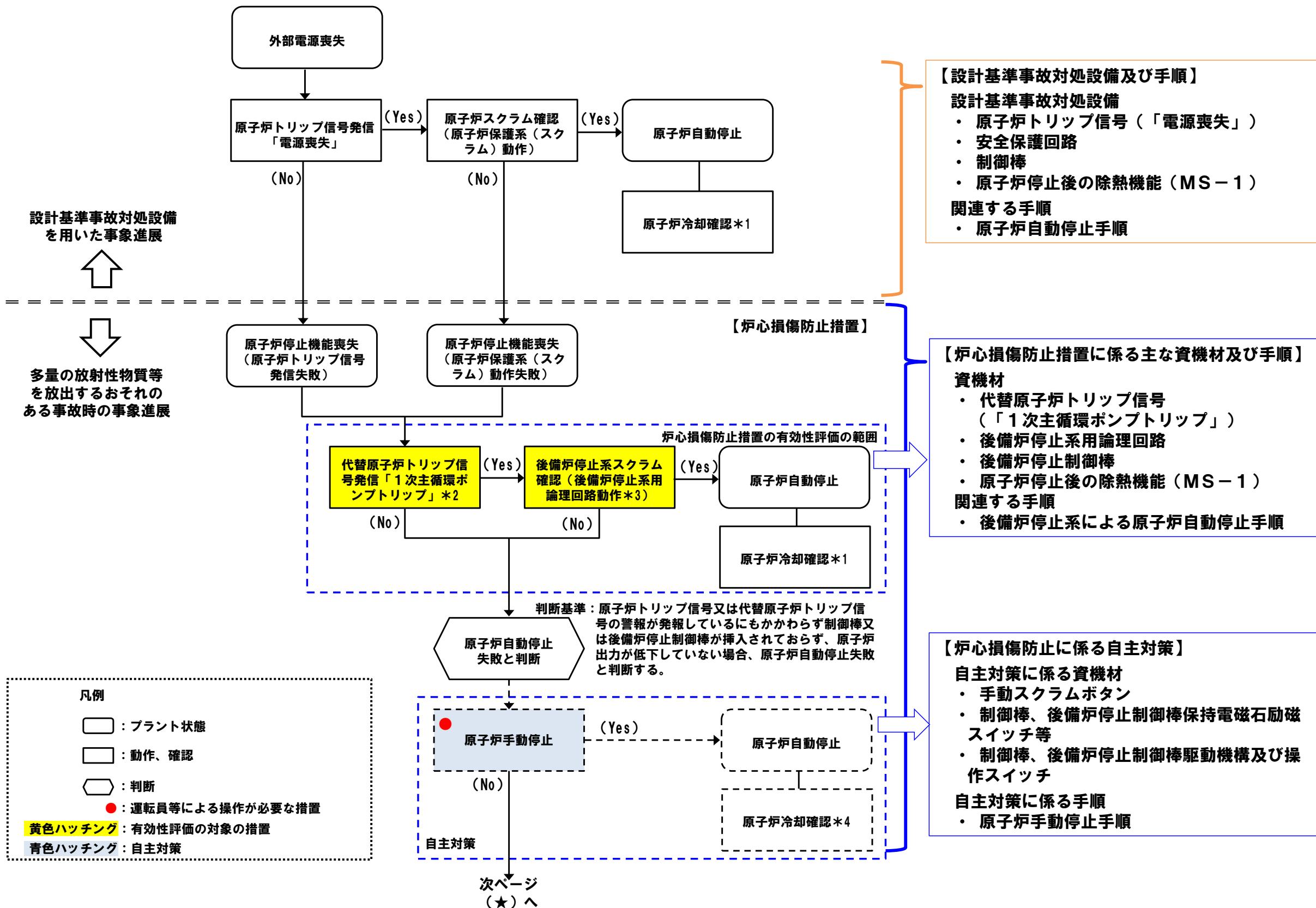
※3 措置は非常用電源設備から給電しており、常用電源を喪失してもそれらの安全機能に影響はない。

※4 起回事象が外部電源喪失のため

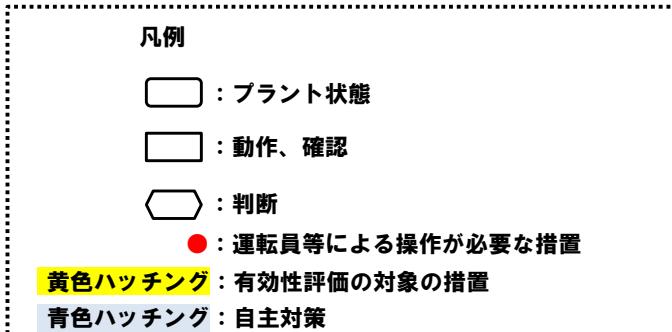
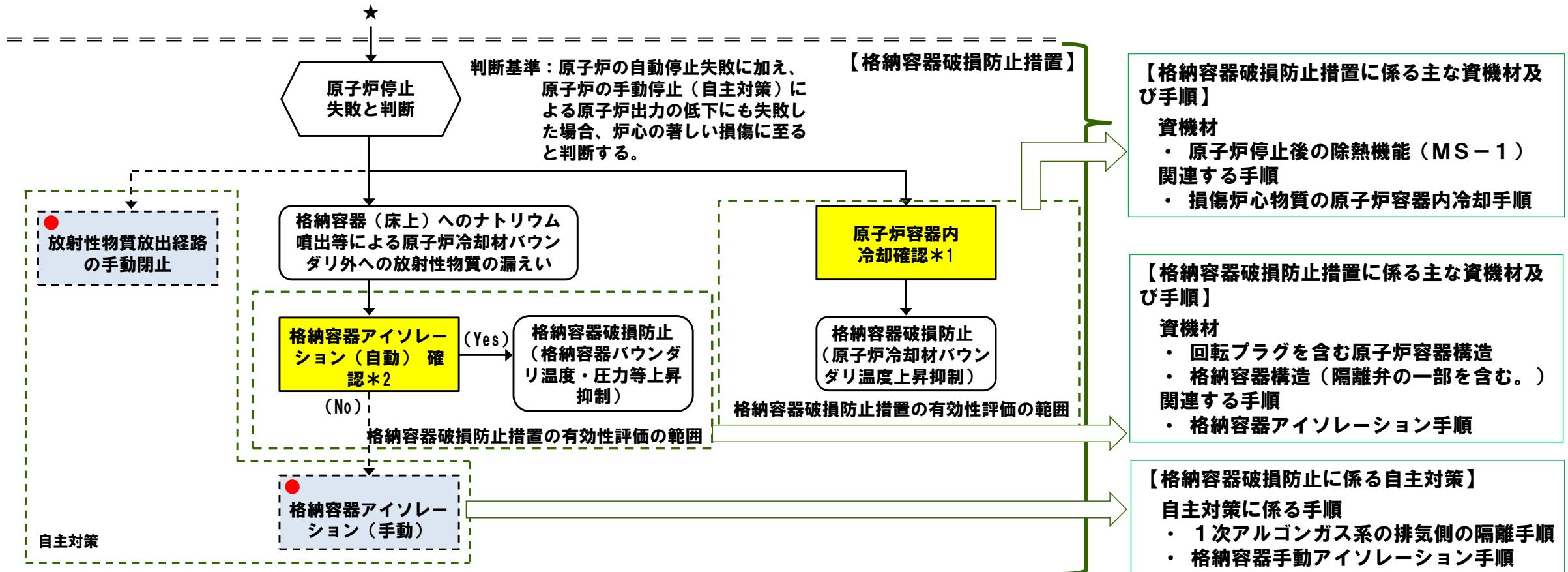
※5 起回事象が原子炉冷却材漏えいのため

※6 事象想定において、非常用発電機2台の起動失敗を想定しているため

## 炉心流量喪失時原子炉停止機能喪失（ULOF）の概要及び指摘回答



\*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

# ULOFの炉心損傷防止措置に係る資機材

下線：自主対策に係るもの

| 要求機能        | 資機材                             |  | 関連設備<br>【】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    | 代替原子炉トリップ信号<br>(「1次主循環ポンプトリップ」) | 検出器、計測装置                                       | —  | 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【②】   |                    |
|             | 後備炉停止制御棒                        | 後備炉停止制御棒駆動系<br>1) 駆動機構<br>2) 上部案内管<br>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】   |                    |
| 原子炉停止後の除熱機能 | 原子炉停止後の除熱機能<br>(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)                  | —  | 後備炉停止系による原子炉自動停止手順 |
|             |                                 | 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】<br>ポニーモータ制御電源【②/③】<br>オイルプレッシャーユニット動力電源【②】<br>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・ダンバ駆動用圧縮空気供給設備*2<br>インレットベーン・ダンバ制御電源【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    | 手動スクラム                          | 手動スクラムボタン                                      | —  | 原子炉手動停止手順          |
|             | 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<br>(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<br>1) 駆動機構<br>2) 上部案内管<br>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

下線：自主対策に係るもの

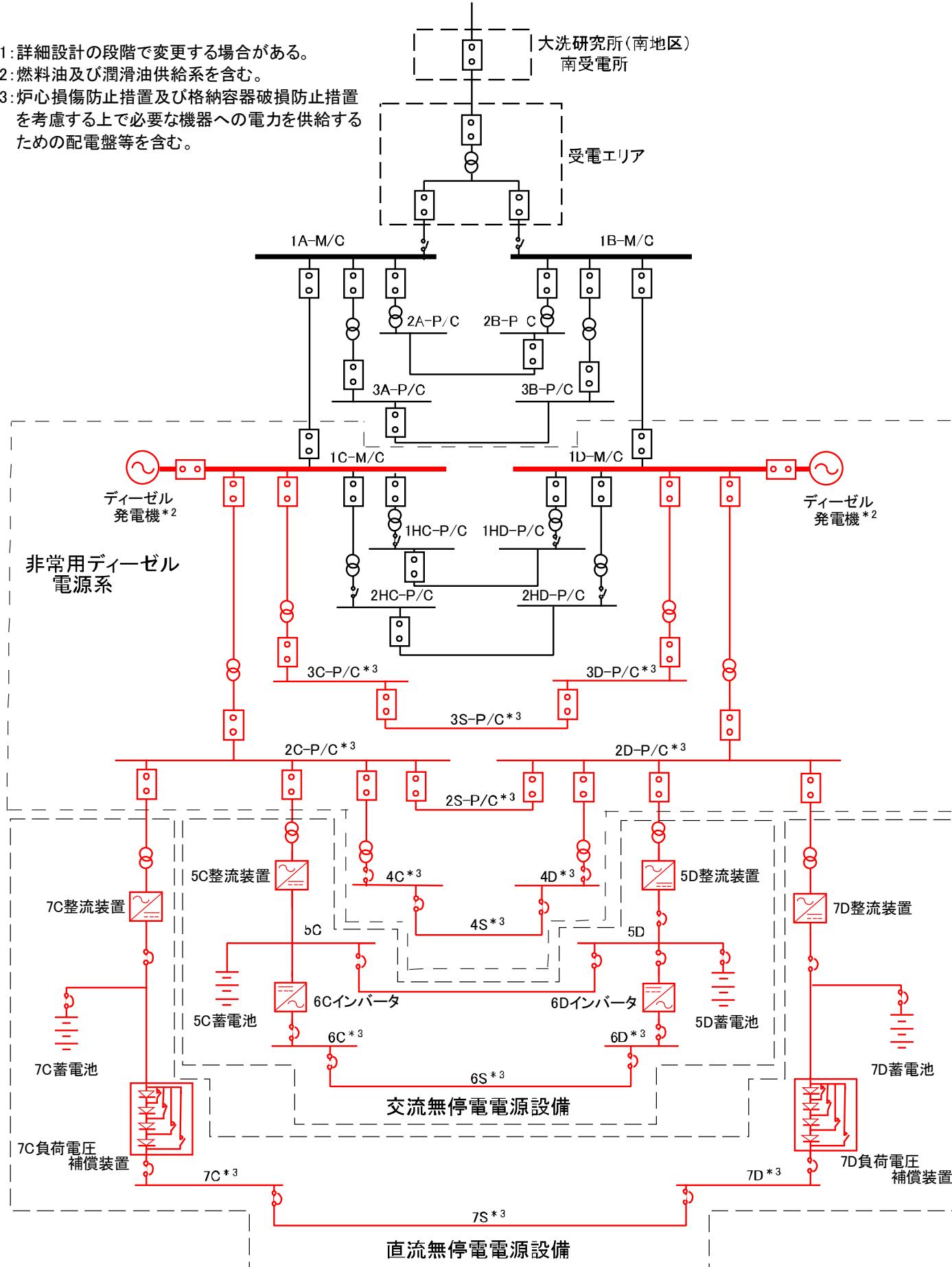
| 要求機能                       | 資機材                      |                                       | 関連設備<br>【】内：電源供給元*1  | 関連手順   |
|----------------------------|--------------------------|---------------------------------------|--|--|
|                            | 系統又は機器                   | 機器                                    |  |  |
| 原子炉容器内での<br>損傷炉心物質の冷却機能    | 原子炉停止後の除熱機能<br>(MS-1)の系統 | 原子炉冷却材バウンダリ<br>の一部(1次主冷却系及<br>び原子炉容器) | —  | 損傷炉心物質の原子炉容器<br>内冷却手順  |
|                            |                          | 1次主循環ポンプポニー<br>モータ                    | ポニーモータ動力電源【③】<br>ポニーモータ制御電源【②/③】<br>オイルプレッシャーユニット動力電源【②】<br>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<br>給設備*2<br>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<br>ナトリウムの噴出防止機能 | 原子炉カバーガス等のバウ<br>ンダリ      | 回転プラグ                                 | —  |  |
| 格納容器外への放射性物質<br>の移行量の低減機能  | 原子炉カバーガス等のバウ<br>ンダリ      | 1次アルゴンガス系隔離<br>弁(排気側)                 | 非常用電源設備【①/③】   | 格納容器アイソレーション<br>手順<br>格納容器手動アイソレー<br>ション手順<br>1次アルゴンガス系の排気<br>側の隔離手順 |
|                            | 原子炉格納施設                  | 格納容器、格納容器バウ<br>ンダリに属する配管・弁            | 非常用電源設備【①/③】<br>圧縮空気供給設備   |  |
|                            |                          | 手動アイソレーションボ<br>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」

\*2：アキュムレータタンクより下流側が対象

赤線:非常用電源設備のうち、炉心損傷防止措置及び格納容器破損防止措置の関連設備として考慮する範囲\*1

- \*1: 詳細設計の段階で変更する場合がある。
- \*2: 燃料油及び潤滑油供給系を含む。
- \*3: 炉心損傷防止措置及び格納容器破損防止措置を考慮する上で必要な機器への電力を供給するための配電盤等を含む。

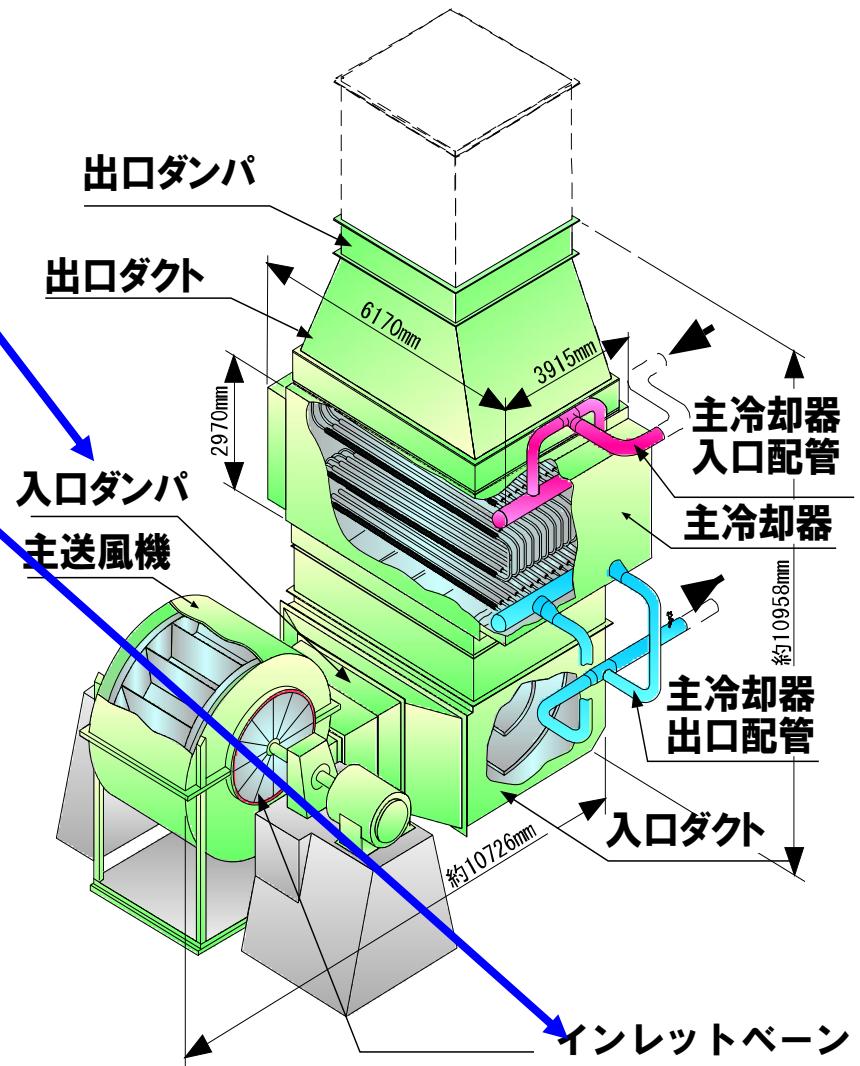
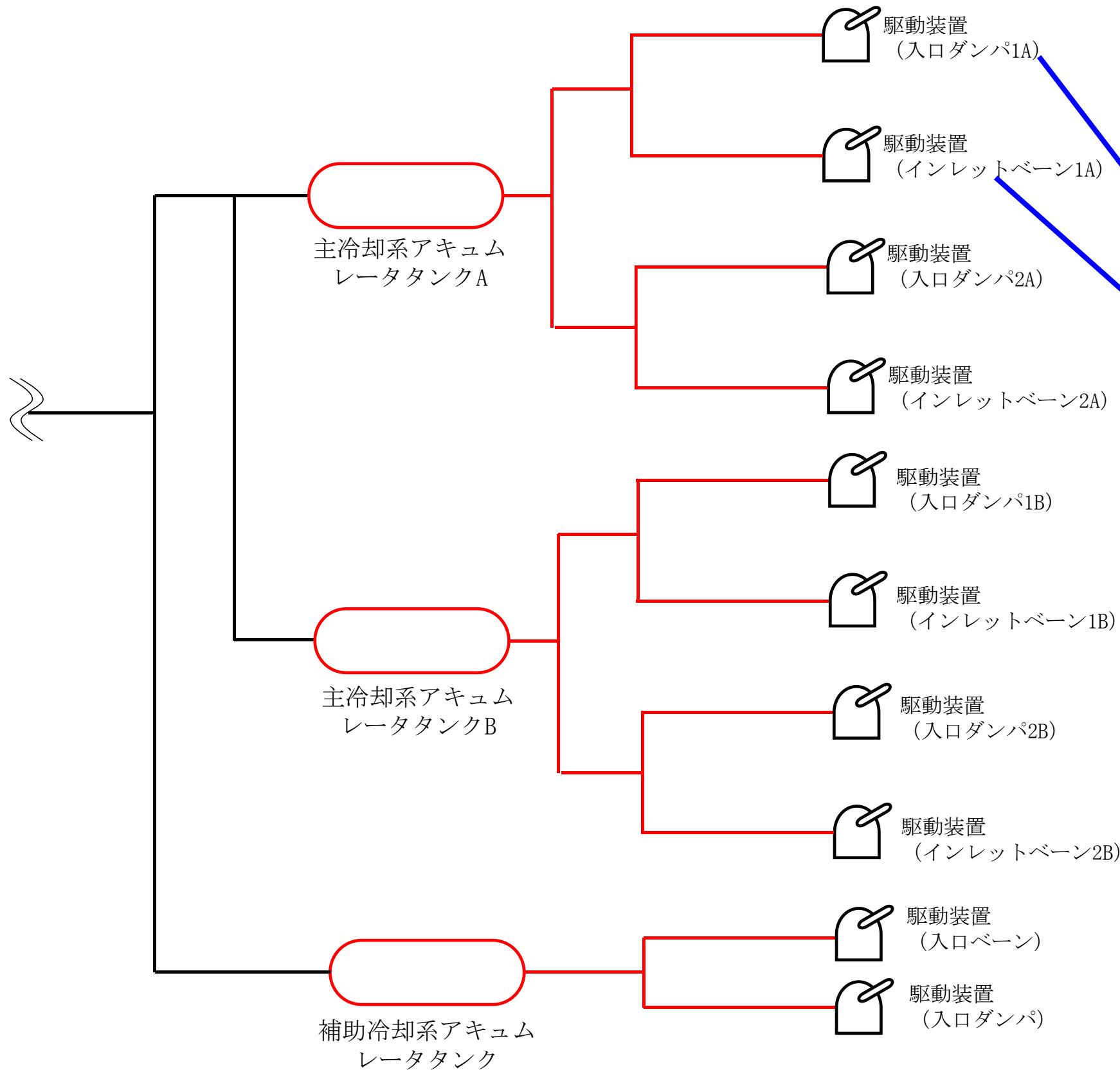


非常用電源設備からの主な給電

| 名称             | 電源供給元*1、*2                          |
|----------------|-------------------------------------|
| ポニーモータA電動機     | 直流無停電電源系                            |
| ポニーモータB電動機     | 直流無停電電源系                            |
| ポニーモータA制御電源    | 交流無停電電源系<br>直流無停電電源系                |
| ポニーモータB制御電源    | 交流無停電電源系<br>直流無停電電源系                |
| 後備炉停止系用論理回路    | 交流無停電電源系<br>(主系と独立)                 |
| 核計装、プロセス計装     | 交流無停電電源系<br>直流無停電電源系                |
| インレットベーン・ダンパ制御 | 交流無停電電源系                            |
| 格納容器隔離弁        | 非常用ディーゼル電源系<br>直流無停電電源系<br>交流無停電電源系 |

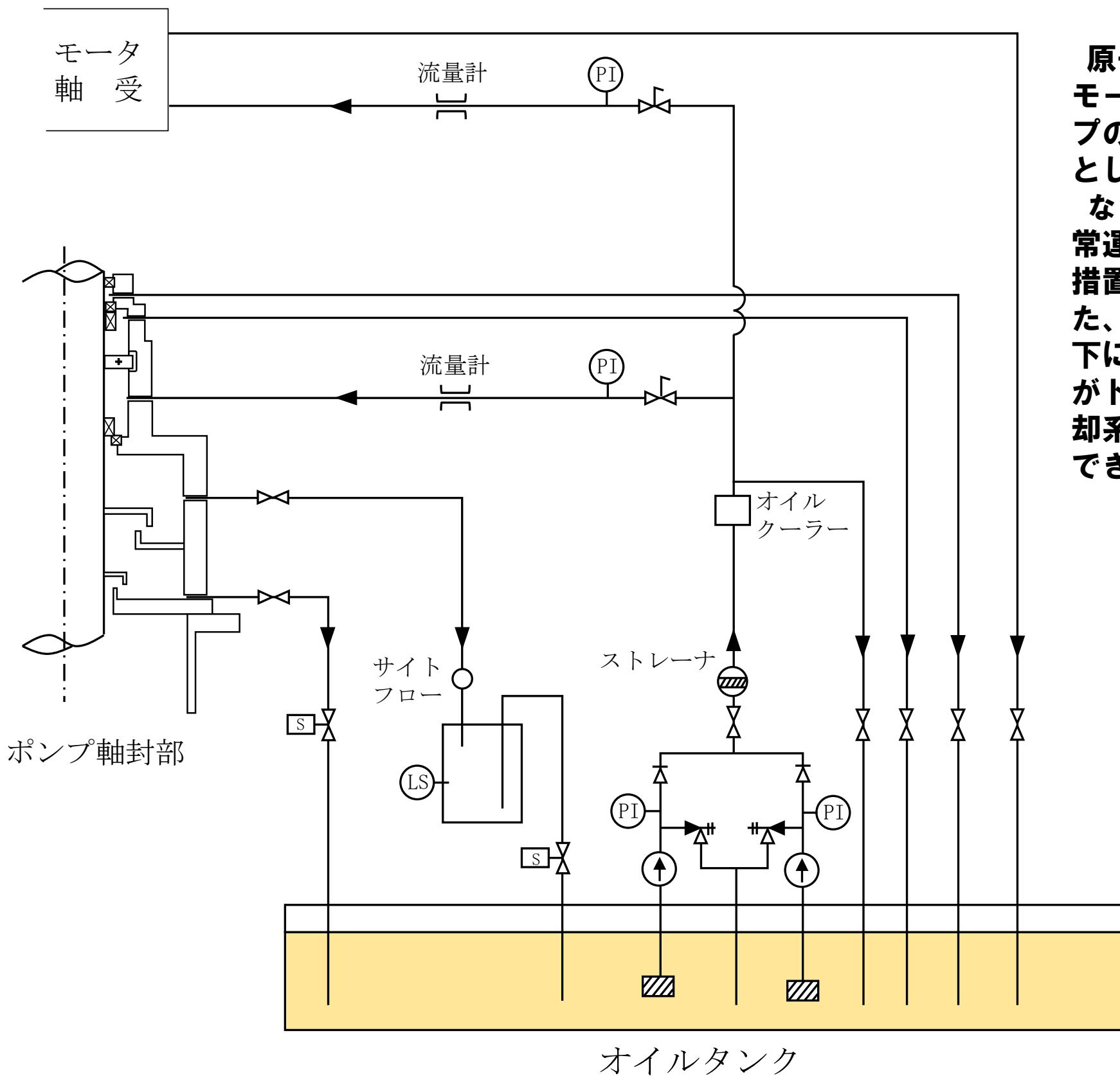
※1: 電源の供給元は、負荷を直接接続している系統を示す。  
 ※2: 炉心損傷防止及び格納容器破損防止のために新設する資機材等の電源の供給元は、詳細設計の段階で変更する場合がある。

赤線：圧縮空気供給設備のうち、炉心損傷防止措置及び格納容器破損防止措置で考慮する範囲



**原子炉停止後の圧縮空気の必要容量から、アキュムレータタンクから下流側を関連設備とする。**

**なお、アキュムレータタンクの圧縮空気が枯渇した場合には、運転員の手動操作も可能である。**



原子炉停止後の1次主循環ポンプポニーモータ運転に必要な動的機能はオイルポンプの運転継続であり、当該機能を関連設備として防護の対象とする。

なお、オイルプレッシャーユニットは通常運転時から運転を継続するものであり、措置の際の機能としての信頼性は高い。また、オイルプレッシャーユニットの圧力低下により、1次主循環ポンプポニーモータがトリップした場合であっても、1次主冷却系の自然循環により炉心の崩壊熱は除去できる。

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

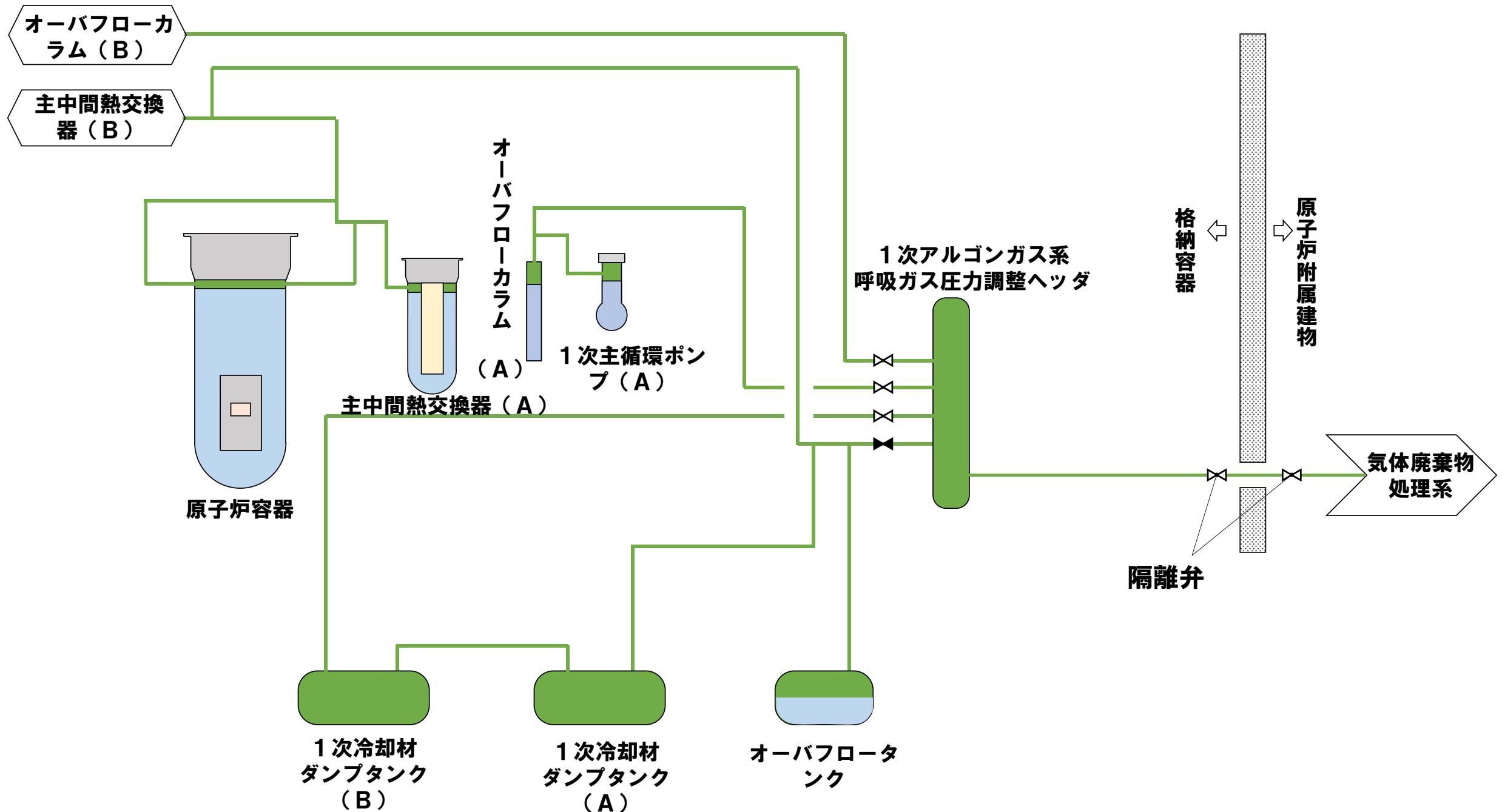
本手順は、格納容器の温度、圧力又は線量率が原子炉保護系（アイソレーション）の作動設定値に達した場合に格納容器が自動で隔離されなかった際の手動による隔離に係る手順であり、安全性向上のために自主的に講じるものである。

#### ・ 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。

## 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。

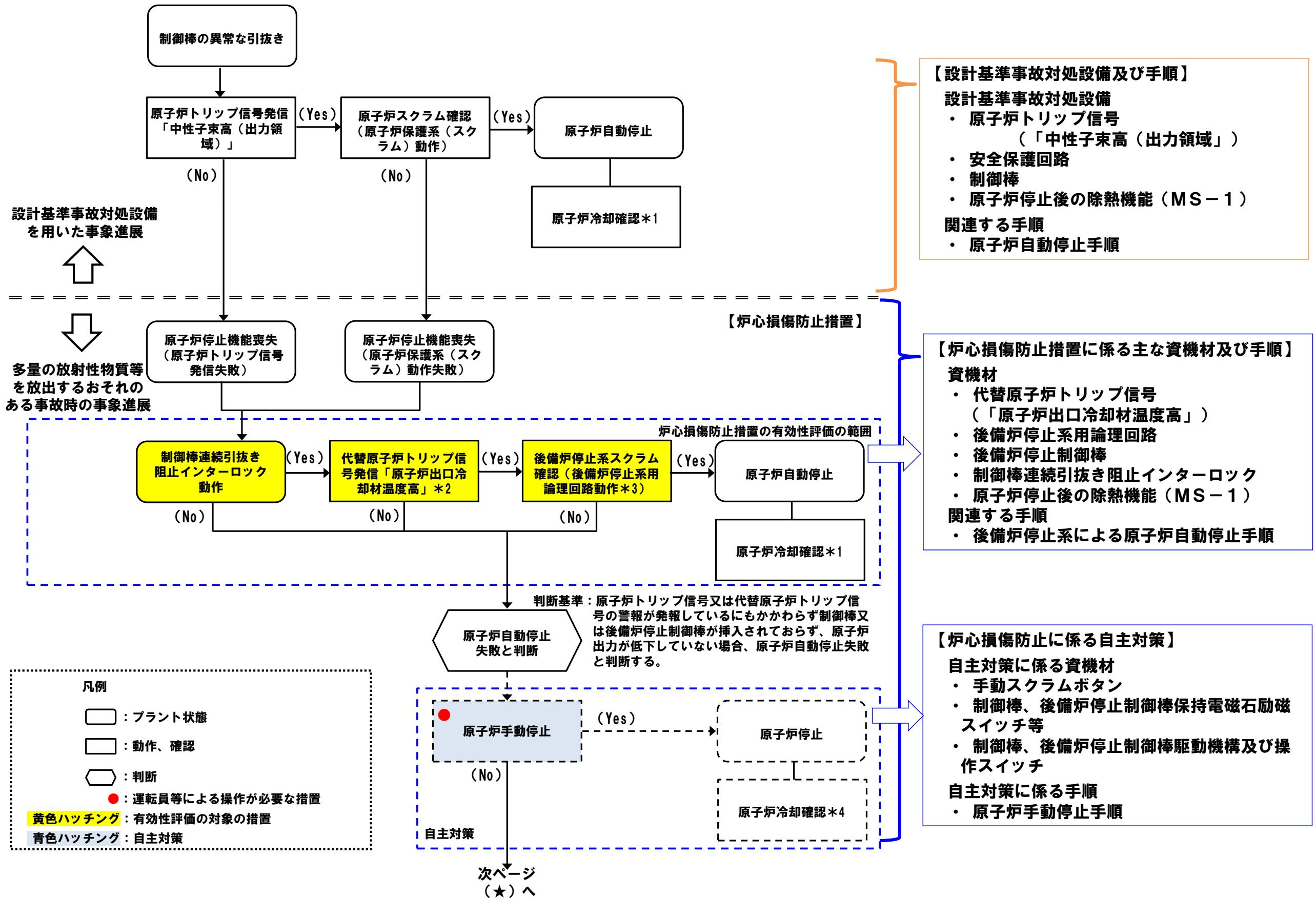


原子炉冷却材バウンダリ又は原子炉カバーガス等バウンダリから放射性物質等が放出された場合は、格納容器（自動）アイソレーションにより、1次アルゴンガス系の隔離弁も閉止される。

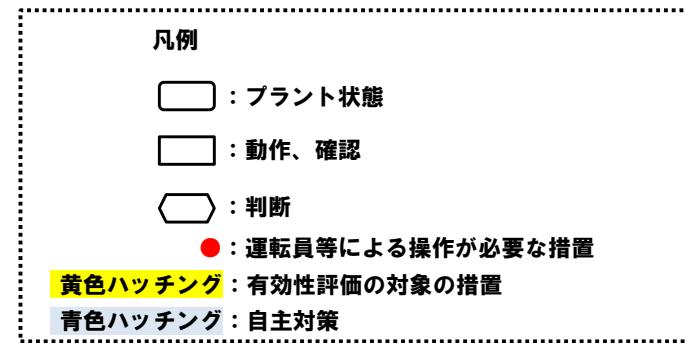
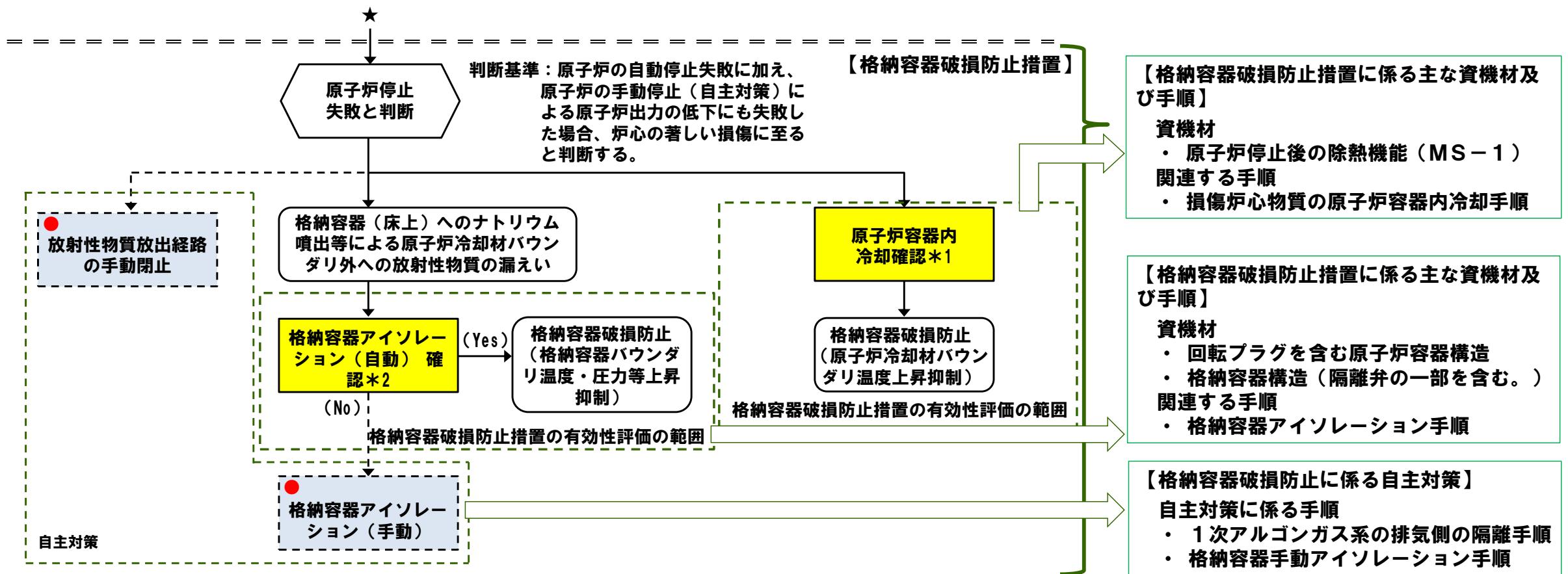
他方、原子炉冷却材バウンダリ又は原子炉カバーガス等バウンダリが健全な場合は、原子炉カバーガス中に放出された希ガスの放射性物質等は、1次アルゴンガス系の配管を通じて、ダンプタンク、圧力調整ヘッダを経由して、気体廃棄物処理系に流出し、廃ガス貯留タンクに圧入貯蔵され、多量の放射性物質の放出は防止される。なお、大容量（約100m<sup>3</sup>）のダンプタンクを経由させることにより、放出までに数十時間程度の時間遅れが期待できる。

以上のとおり、本手順は、格納容器（自動）アイソレーションに先立って、主な放射性物質の放出経路となりうる1次アルゴンガス系を自主対策として閉止し、頑健な格納容器内で閉じ込めることにより安全性を向上させるための手順である。

**過出力時原子炉停止機能喪失（UTOP）**



\*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：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 青字：ULOFと異なるもの

| 要求機能        | 資機材                            |  | 関連設備<br>【】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    | 代替原子炉トリップ信号<br>(「原子炉出口冷却材温度高」) | 検出器、計測装置                                       | 非常用電源設備【②】   | 後備炉停止系による原子炉自動停止手順 |
|             | 制御棒連続引抜き阻止インターロック              | タイマリレー   | 非常用電源設備【②】   |                    |
|             | 後備炉停止系用論理回路                    | 論理回路   | 非常用電源設備【②】   |                    |
|             | 後備炉停止制御棒                       | 後備炉停止制御棒駆動系<br>1) 駆動機構<br>2) 上部案内管<br>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】   |                    |
| 原子炉停止後の除熱機能 | 原子炉停止後の除熱機能<br>(MS-1)の系統       | 原子炉冷却材ハウンドリの一部(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                                 | ポニーモータ動力電源【③】<br>ポニーモータ制御電源【②/③】<br>オイルプレッシャーユニット動力電源【②】<br>オイルプレッシャーユニット制御電源【②】 |                    |
|             |                                | 冷却材ハウンドリ                                       | -  |                    |
|             |                                | 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<br>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    | 手動スクラム                         | 手動スクラムボタン                                      | -  | 原子炉手動停止手順          |
|             | 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<br>(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<br>1) 駆動機構<br>2) 上部案内管<br>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

下線：自主対策に係るもの

| 要求機能                       | 資機材                      |                                       | 関連設備<br>【】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<br>損傷炉心物質の冷却機能    | 原子炉停止後の除熱機能<br>(MS-1)の系統 | 原子炉冷却材バウンダリ<br>の一部(1次主冷却系及<br>び原子炉容器) | -  | 損傷炉心物質の原子炉容器<br>内冷却手順  |
|                            |                          | 1次主循環ポンプポニー<br>モータ                    | ポニーモータ動力電源【③】<br>ポニーモータ制御電源【②/③】<br>オイルプレッシャーユニット動力電源【②】<br>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<br>給設備*2<br>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<br>ナトリウムの噴出防止機能 | 原子炉カバーガス等のバウ<br>ンダリ      | 回転プラグ                                 | -  |  |
| 格納容器外への放射性物質<br>の移行量の低減機能  | 原子炉カバーガス等のバウ<br>ンダリ      | <u>1次アルゴンガス系隔離<br/>弁(排気側)</u>         | 非常用電源設備【①/③】   | 格納容器アイソレーション<br>手順<br>格納容器手動アイソレー<br>ション手順<br><u>1次アルゴンガス系の排気<br/>側の隔離手順</u> |
|                            | 原子炉格納施設                  | 格納容器、格納容器バウ<br>ンダリに属する配管・弁            | 非常用電源設備【①/③】<br>圧縮空気供給設備   |  |
|                            |                          | <u>手動アイソレーションボ<br/>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

UTOP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。

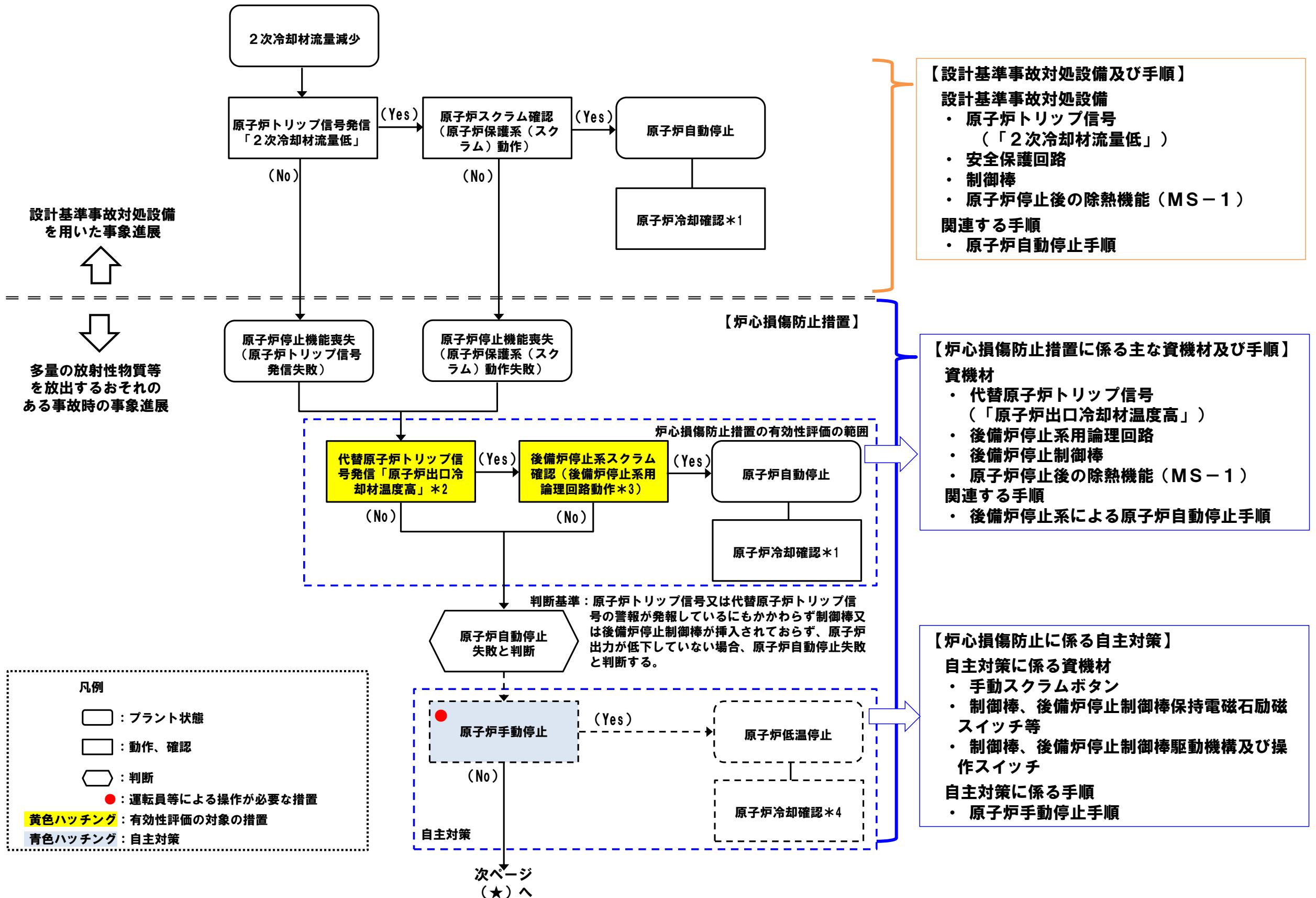
#### ・ 格納容器手動アイソレーション手順

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。

**除熱源喪失時原子炉停止機能喪失（ULOHS）**



**凡例**

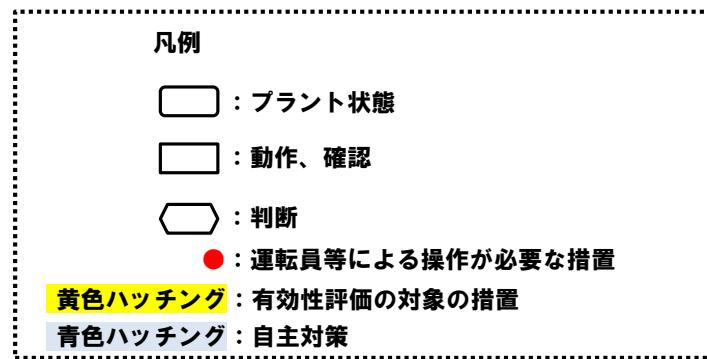
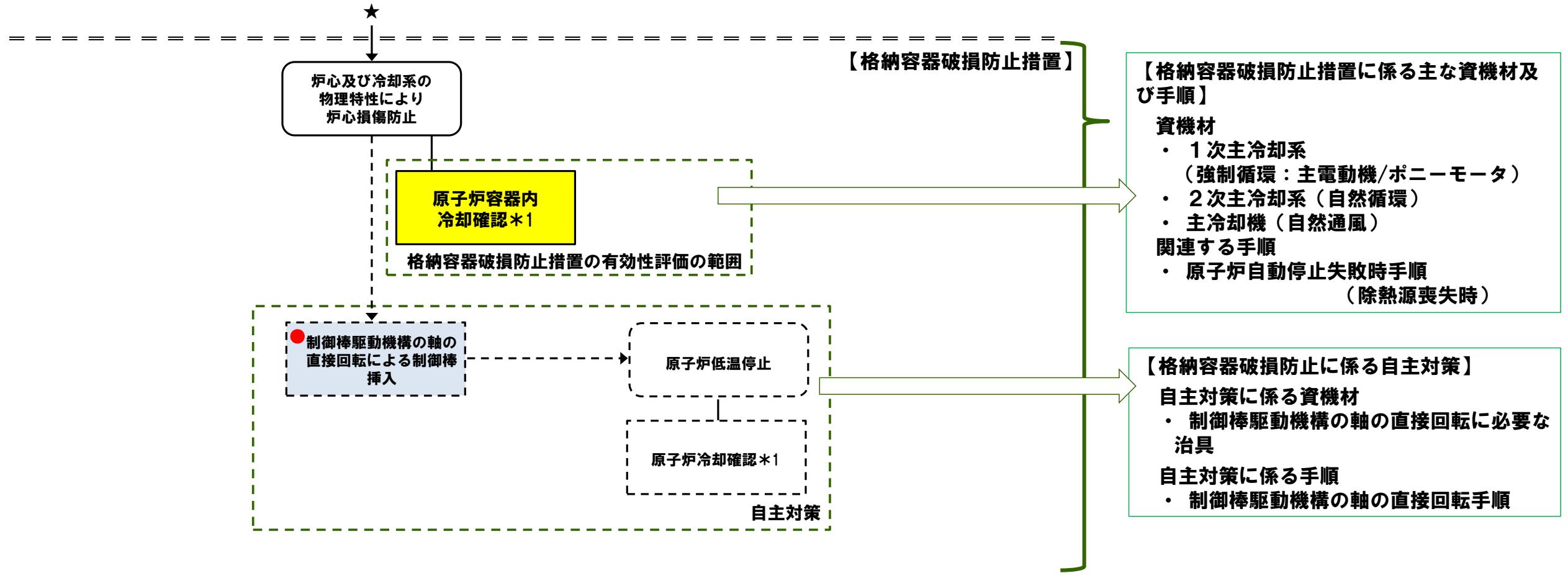
- : プラント状態
- : 動作、確認
- ◇ : 判断
- : 運転員等による操作が必要な措置
- 黄色ハッチング : 有効性評価の対象の措置
- 青色ハッチング : 自主対策

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



\*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 (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<br>【】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    | 代替原子炉トリップ信号<br>(「原子炉出口冷却材温度高」) | 検出器、計測装置                                       | 非常用電源設備【②】   |                    |
|             | 後備炉停止系用論理回路                    | 論理回路   | 非常用電源設備【②】   |                    |
|             | 後備炉停止制御棒                       | 後備炉停止制御棒駆動系<br>1) 駆動機構<br>2) 上部案内管<br>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】   |                    |
| 原子炉停止後の除熱機能 | 原子炉停止後の除熱機能<br>(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)                  | -  | 後備炉停止系による原子炉自動停止手順 |
|             |                                | 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】<br>ポニーモータ制御電源【②/③】<br>オイルプレッシャーユニット動力電源【②】<br>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<br>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    | 手動スクラム                         | 手動スクラムボタン                                      | -  | 原子炉手動停止手順          |
|             | 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<br>(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<br>1) 駆動機構<br>2) 上部案内管<br>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

# ULOHSの格納容器破損防止措置に係る資機材

下線：自主対策に係るもの 青字：ULOFと異なるもの

| 要求機能               | 資機材                              |  | 関連設備<br>【】内：電源供給元*1   | 関連手順                                 |
|--------------------|----------------------------------|--|---|--------------------------------------|
|                    | 系統又は機器                           | 機器   |   |                                      |
| 原子炉の高温停止状態<br>への移行 | 原子炉停止後の除熱機能<br>(MS-1)の系統         | 原子炉冷却材バウンダリ<br>の一部(1次主冷却系及<br>び原子炉容器)                | —   | 原子炉自動停止失敗時手順<br>(除熱源喪失時)             |
|                    |                                  | 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<br>給設備*2<br>インレットベーン・ダンパ制御電源【②】 |   |                                      |
|                    | 1次主循環ポンプ                         | 主電動機   | 主電動機動力電源【常用電源】<br>主電動機制御電源【②/③】<br>オイルプレッシャーユニット動力電源【②】<br>オイルプレッシャーユニット制御電源【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           | <u>制御棒駆動機構の軸の直接<br/>回転に必要な治具</u> | <u>チェーンブロック等</u>                                     | —   | <u>制御棒駆動機構の軸の直接<br/>回転による制御棒挿入手順</u> |
|                    | 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

ULOHS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、短時間で事象を収束させる可能性があるが、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。

## <格納容器破損防止措置>

### ・ 原子炉自動停止失敗時手順（除熱源喪失時）

本手順は、除熱源喪失時に原子炉の自動停止に失敗した際の炉心及び冷却系の物理特性による炉心損傷防止に係る手順である。炉心及び冷却系の物理特性による炉心損傷防止は、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、運転員による冷却状態の確認及び監視に係る手順とする。

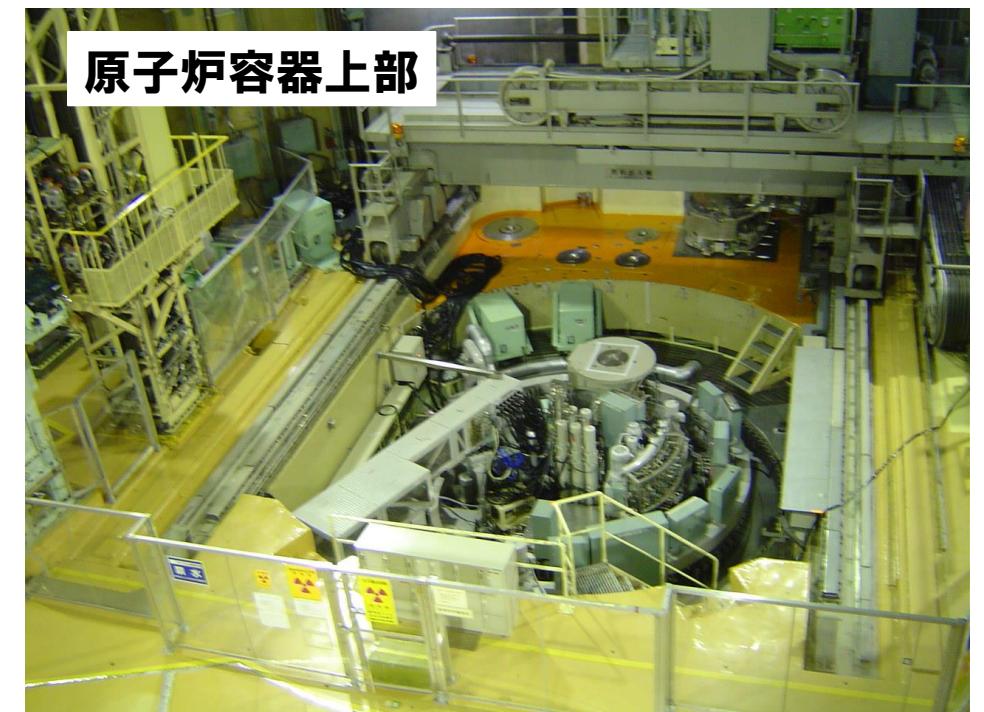
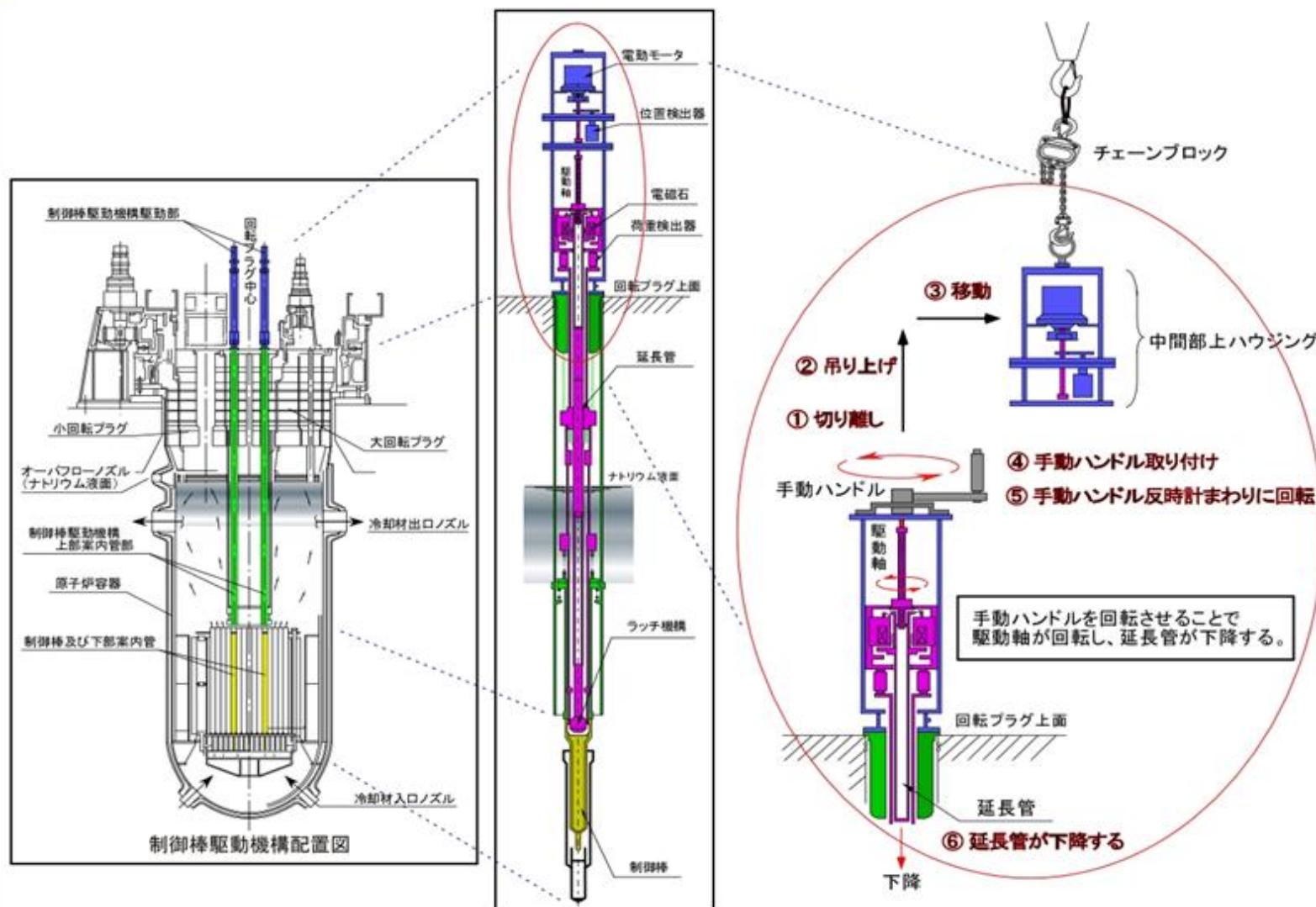
なお、ULOHSにおいては、炉心損傷防止措置が機能しないと仮定した場合にあっても、固有の物理メカニズム（負の反応度係数等）による出力低減及び冷却系による冷却によって、炉心の著しい損傷が防止され、格納容器の破損及び施設からの多量の放射性物質等の放出も防止される。

### ・ 制御棒駆動機構の軸の直接回転による制御棒挿入

固有の物理メカニズム（負の反応度係数等）による出力低減及び冷却系による冷却の状態は、比較的高温での安定静定状態であるため、本手順では、自主対策設備を用いて、現場（格納容器内）にて、直接、制御棒駆動機構の軸を回転させることにより、制御棒を炉心に挿入し原子炉を低温の安定静定状態へ移行させるように努める。

## 物理的特性による格納容器破損防止状態における自主対策（制御棒駆動機構の軸の回転操作）

- ULOHSにおいては、炉心損傷防止措置が機能しないと仮定した場合であっても、固有の物理メカニズム（負の反応度係数等）による出力低減及び冷却系による冷却によって、炉心の著しい損傷が防止され、格納容器の破損及び施設からの多量の放射性物質等の放出も防止される。
- 上記の状態は、比較的高温での安定静定状態であるため、中央制御室での以下の操作により低温の安定静定状態に移行させる。
  - ・ 手動スクラム
  - ・ 制御棒又は後備炉停止制御棒保持電磁石励磁断
  - ・ 制御棒駆動機構又は後備炉停止制御棒駆動機構の手動挿入
- さらに、自主対策として、直接、制御棒駆動機構の軸を回転させ制御棒を炉心に挿入する設備、手順を整備する。対策実施時は、作業場所（原子炉容器上部）の線量率を測定し、異常がないことを確認するとともに、局所排風機の設置、半面マスク等の防護具、線量計の着用により作業者の被ばくを管理・低減する措置を講じる。



【現場へのアクセス性】  
作業場所（原子炉容器上部）は、特別な装備を必要とせず、地上階フロアから入域が可能。

【作業性】  
作業は、仮設足場等を必要とせず、原子炉容器上部において、必要な手順の実施が可能。

制御棒駆動機構の軸の回転操作（自主対策）の概念図