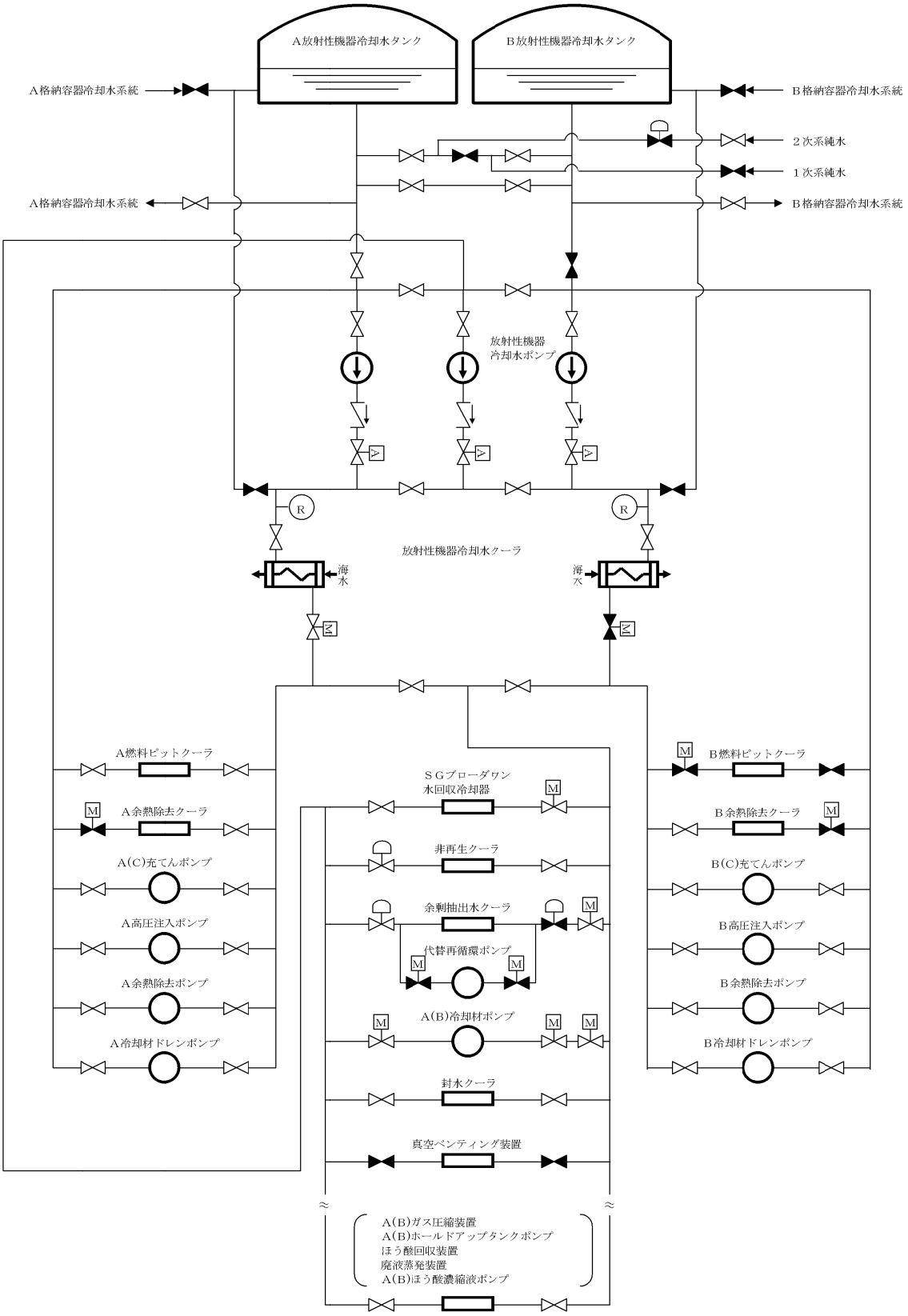
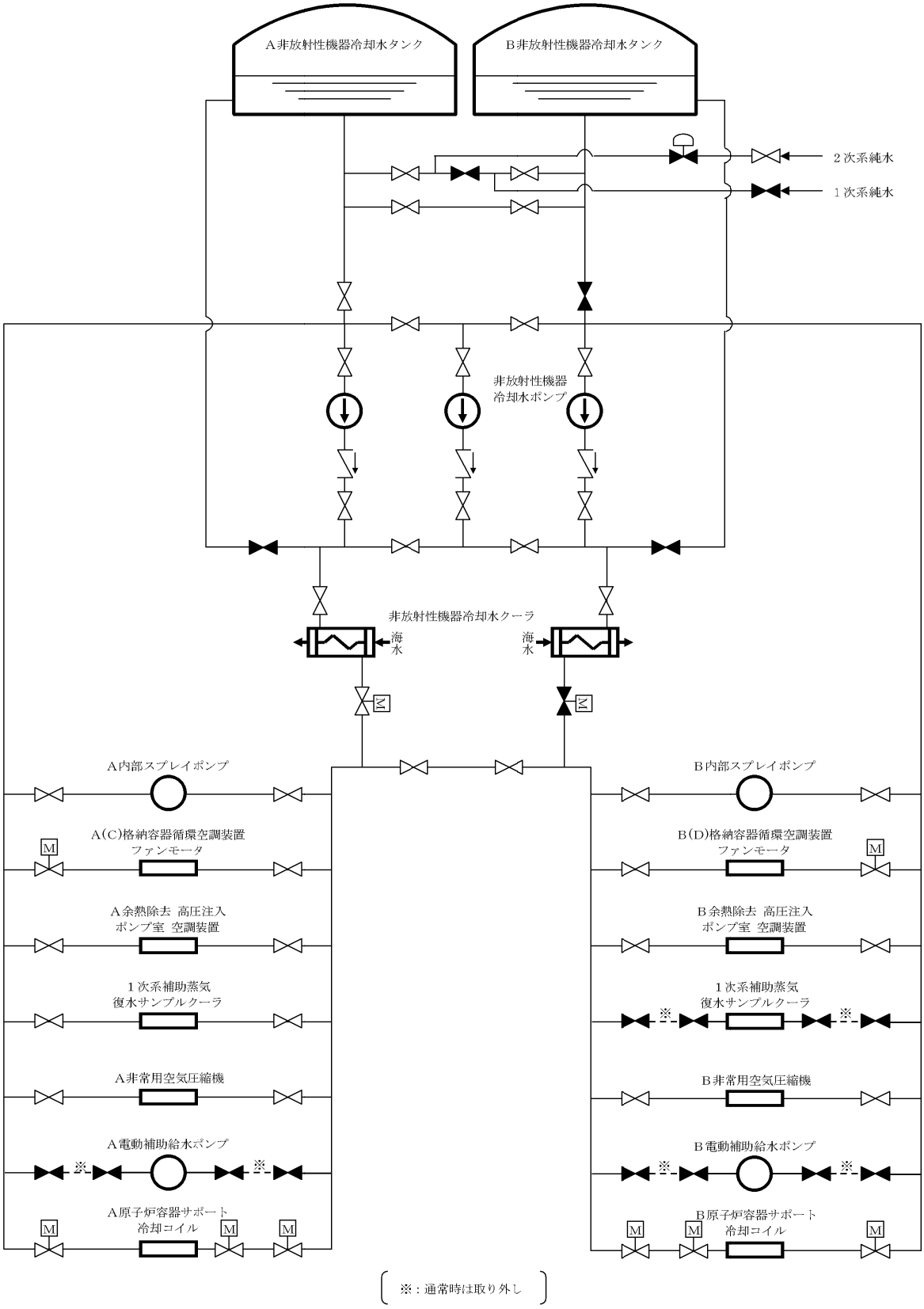
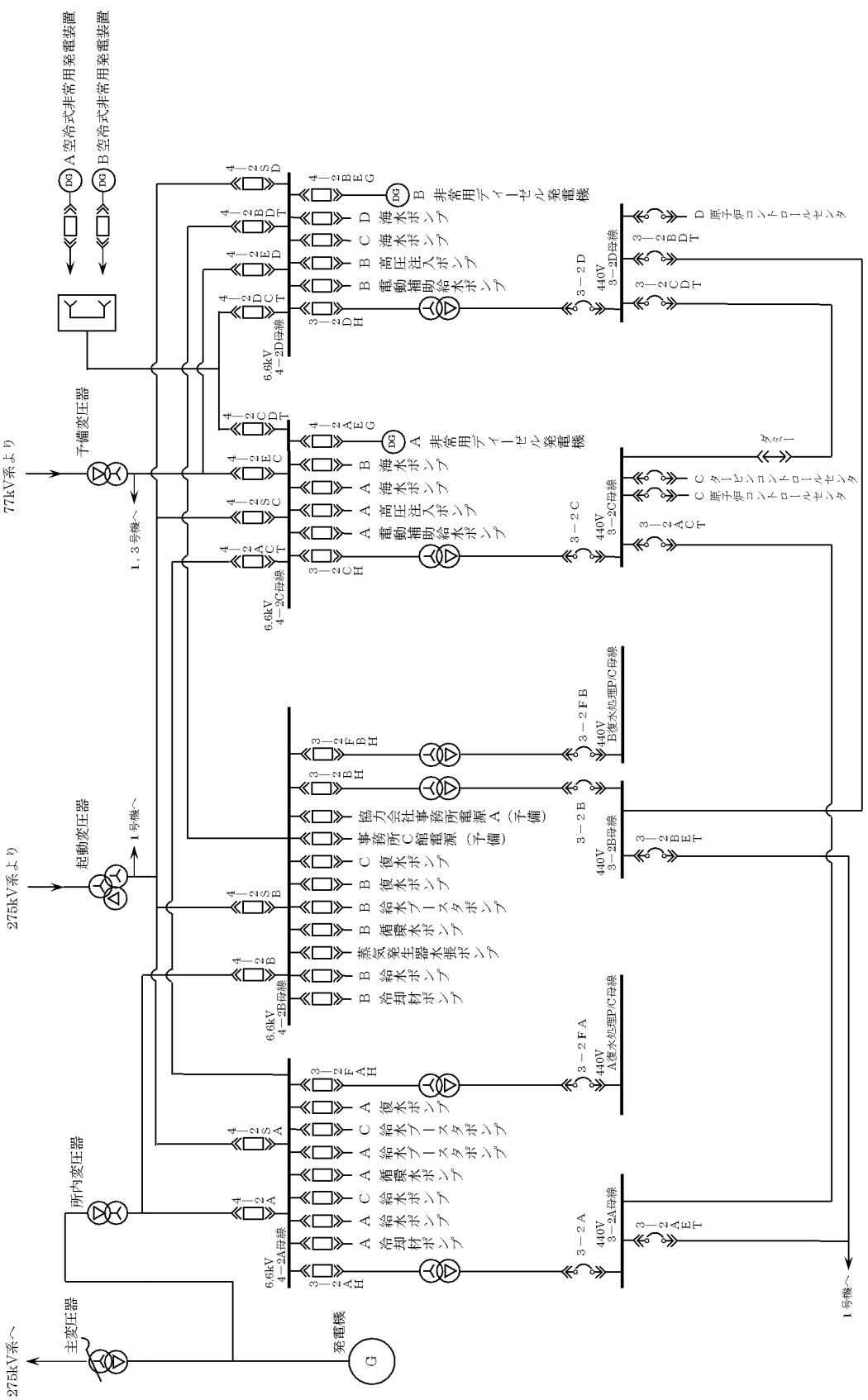


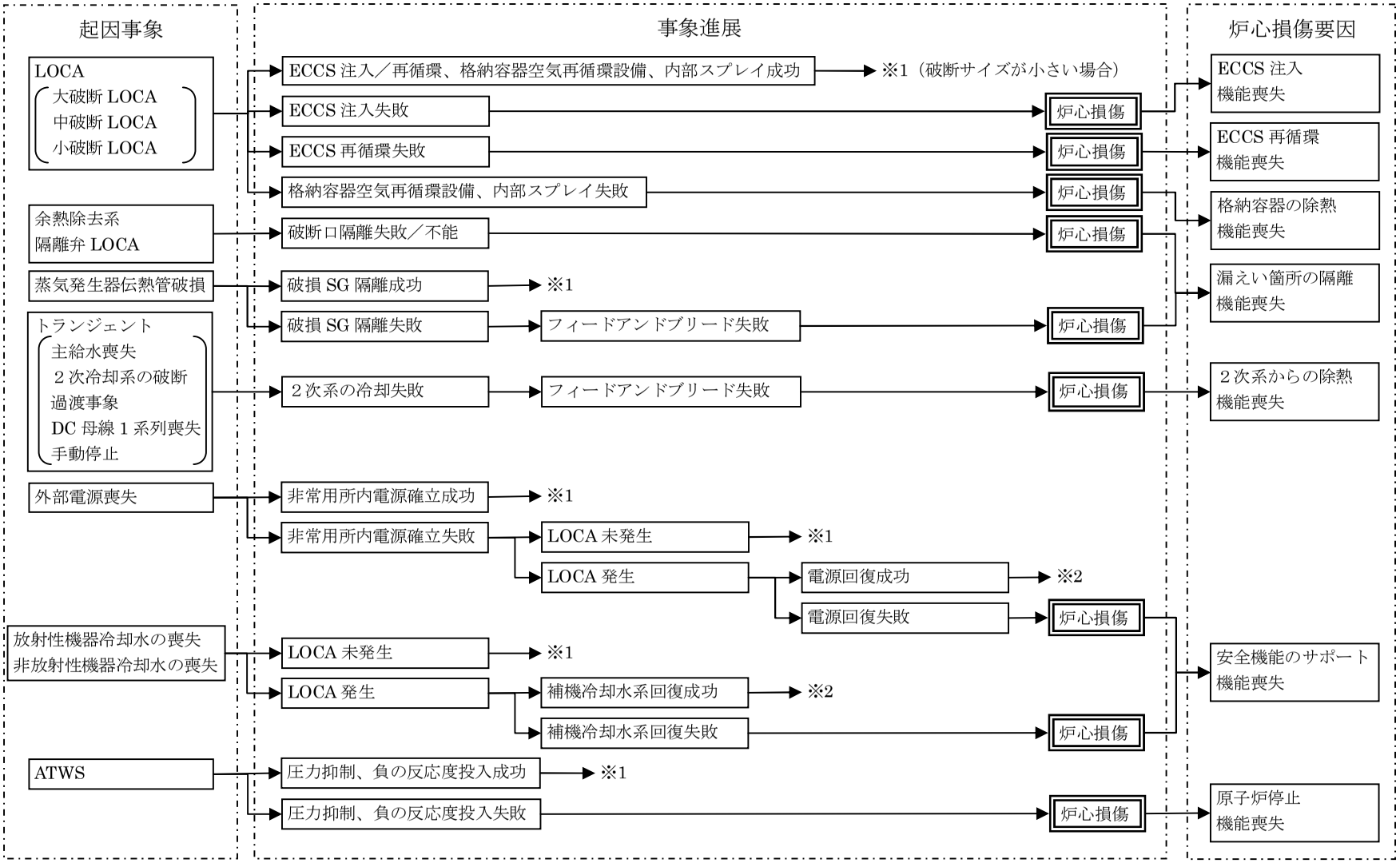
美浜発電所２号機の系統構成
（放射性機器冷却水系）



美浜発電所２号機の系統構成
（非放射性機器冷却水系）

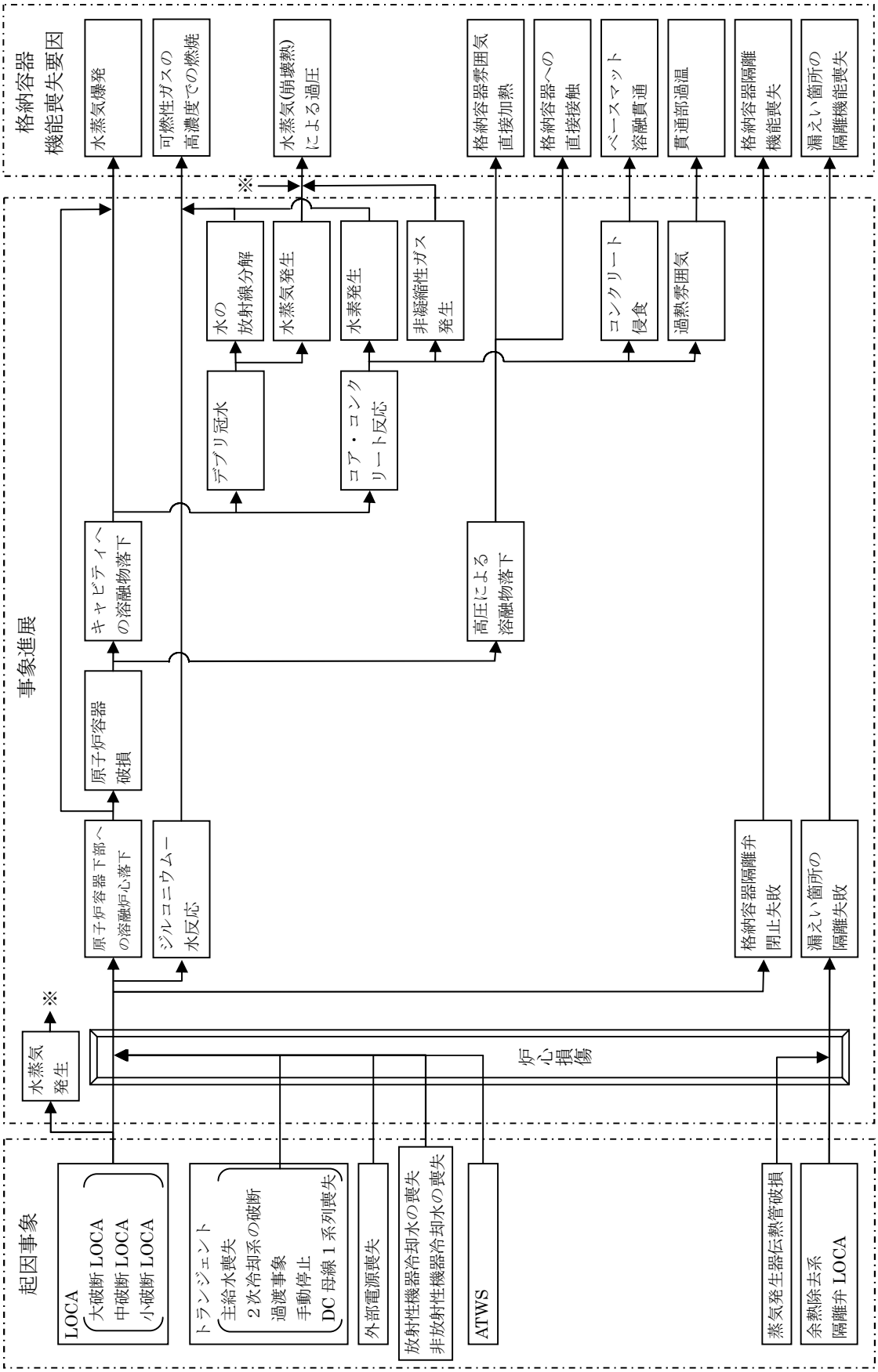


美浜発電所２号機の系統構成
(所内電源系)



※1：起因事象のトランジェントへ移行、※2：起因事象の LOCA へ移行

事象進展に係る分類
（炉心損傷）



事象進展に係る分類
(格納容器機能喪失)

AM 検討報告書及び AM 整備報告書で整備した防護措置

原子炉の停止機能に係る対策	①手動原子炉トリップ	負の反応度の投入機能の観点から、手動により制御棒を落下させると共にタービンを停止する。
	②緊急ほう酸注入	負の反応度の投入機能の観点から、化学体積制御系または非常用炉心冷却設備（ECCS）の高濃度のほう酸水を原子炉に注水する。
	③緊急２次系冷却	炉心発生熱の除去機能の観点から、補助給水系を手動起動する。
	④緊急２次系冷却の多様化	原子炉の停止及び補助給水系の起動に失敗した場合に、主給水系を手動起動し、蒸気発生器（SG）により炉心発生熱を除去する。
炉心冷却機能に係る対策	①代替注入	運転員が手動で ECCS や化学体積制御系のポンプを起動して原子炉へ注水する。
	②２次系強制冷却による低圧注入	原子炉が高圧状態において高圧注入系による注水に失敗した場合の対応として、主蒸気逃がし弁を使用した２次系からの除熱で原子炉を冷却・減圧し、蓄圧注入系及び低圧注入系により原子炉へ注水する。
	③２次系強制冷却による低圧再循環	高圧注入系の再循環に失敗した場合の対応として、主蒸気逃がし弁を使用した２次系からの除熱で原子炉を冷却・減圧し、低圧注入系の再循環により原子炉へ注水する。
	④２次系強制冷却によるサンプ水冷却	原子炉が高圧状態において非常用格納容器冷却系が作動失敗した場合の対応として、主蒸気逃がし弁を使用した２次系からの除熱で１次系を通じて格納容器に流出する再循環水を冷却し、沸騰を防止する。
	⑤水源補給による注入継続	注入水源である燃料取替用水タンク（RWST）へほう酸水を補給し、ECCS 注入機能により原子炉へ注水して、ECCS 再循環機能の復旧のための時間余裕を確保する。
	⑥１次系注水・減圧	原子炉へほう酸水を補給しながら減温・減圧して漏えいを抑制し、余熱除去系により長期的に冷却する。

AM 検討報告書及び AM 整備報告書で整備した防護措置（続き）

炉心冷却機能に係る対策	⑦代替給水	補助給水系が故障した場合に、主給水系を手動起動する。
	⑧２次系水源補給	補助給水系の水源へ水を補給または別の水源から水を供給する。
	⑨フィードアンドブリード	原子炉への高圧注入系による注水と加圧器逃がし弁からの排水により、炉心崩壊熱を除去する。
	⑩タービンバイパス系の活用	高圧注入系の多重故障等により炉心の冷却に失敗し、さらに主蒸気逃がし弁を用いた SG による除熱に失敗した場合に、タービンバイパス系を用いて SG による除熱を行い、原子炉を冷却・減圧することにより、低圧注入系で注入または再循環を行う。
	⑪代替再循環	ECCS 再循環に失敗した場合に、RWST にほう酸水を補給して ECCS による原子炉への注入を継続しつつ、代替再循環ポンプによる炉心注入を行う。
	⑫格納容器内自然対流冷却	内部スプレイ系等の作動に失敗し、格納容器圧力が異常に上昇した場合に、格納容器外部スプレイ系に消火水を通水し、格納容器内の水蒸気を凝縮させ格納容器内の雰囲気を冷却する。
	⑬代替補機冷却	放射性機器冷却水系の機能が喪失した場合に、放射性機器冷却水系で冷却している高圧注入ポンプ、余熱除去ポンプ等の機器の停止及び２次系強制冷却を実施すると共に、必要に応じてポンプ間欠運転を行うことにより時間余裕を確保し、その間に非放射性機器冷却水系を余熱除去ポンプの放射性機器冷却水系に接続し、余熱除去ポンプの運転を再開する。
	⑭クールダウン＆ リサーキュレーション	蒸気発生器伝熱管損傷等が発生し、漏えい箇所の隔離に失敗した場合に、ECCS 等により原子炉への注水を確保しつつ、主蒸気逃がし弁等を用いた SG による除熱及び加圧器逃がし弁等による原子炉の減圧を実施して漏えいを抑制すると共に、余熱除去系により長期的に炉心を冷却する。また、余熱除去系による冷却に失敗した場合は RWST へほう酸水の補給を行い、フィードアンドブリードを実施した後、ECCS 再循環を実施する。

AM 検討報告書及び AM 整備報告書で整備した防護措置（続き）

放射性物質の閉じ込め機能に係る対策	①格納容器手動隔離	格納容器隔離弁が自動的に閉止されていない場合に手動で閉止する。
	②格納容器内自然対流冷却	内部スプレイ系等の作動に失敗し、格納容器圧力が異常に上昇した場合に、格納容器外部スプレイ系に消火水を通水し、格納容器内の水蒸気を凝縮させ格納容器内の雰囲気を冷却する。
	③格納容器内注水	炉心損傷を検知し、さらに内部スプレイ系等の作動に失敗した場合に、淡水タンクの水を消火ポンプにより内部スプレイ系のスプレイヘッダからスプレイすることで格納容器内に注水し、崩壊熱により水蒸気を発生させた上で、その水蒸気を格納容器内自然対流冷却等により凝縮する。さらに、内部スプレイ及び格納容器内自然対流冷却等の全てに失敗した場合でも、消火ポンプにより淡水タンクの水を内部スプレイ系のスプレイヘッダからスプレイすることで、崩壊熱を格納容器内液相部に蓄熱して圧力上昇を抑制することができる。これにより、内部スプレイ系または格納容器内自然対流冷却の復旧のための時間余裕を確保する。
	④１次系強制減圧	高圧注入系の作動失敗及び SG による除熱失敗により原子炉が高圧状態となった場合に、加圧器逃がし弁を手動で開放して原子炉を減圧することにより格納容器雰囲気直接加熱の発生を防止する。

AM 検討報告書及び AM 整備報告書で整備した防護措置（続き）

安全機能のサポート機能に係る対策	①電源復旧	動力用の交流電源が全て喪失した場合に電源系の回復を図る。
	②直流電源確保	動力用の交流電源が全て喪失した場合に事象収束に不要な直流電源からの負荷を切り離して蓄電池を効果的に利用する。
	③補機冷却水系回復	補機冷却水系（放射性機器冷却水系、非放射性機器冷却水系）に異常が発生した場合に補機冷却水系の回復を図ると共に、必要な機器への冷却水を確保する。
	④代替制御用空気供給	計器用空気系喪失時に隣接の原子炉施設から計器用空気の供給を受ける。
	⑤代替補機冷却	放射性機器冷却水系の機能が喪失した場合に、放射性機器冷却水系で冷却している高圧注入ポンプ、余熱除去ポンプ等の機器の停止及び２次系強制冷却を実施すると共に、必要に応じてポンプ間欠運転を行うことにより時間余裕を確保し、その間に非放射性機器冷却水系を余熱除去ポンプの放射性機器冷却水系に接続し、余熱除去ポンプの運転を再開する。
	⑥号機間電源融通	動力用の交流電源が全て喪失した場合に、原子炉施設の安全系機器を手動に切り替えて自動起動しないよう措置した後、隣接する原子炉施設の安全系機器１系列の電源が確保されていることを確認してから、残りの１系列の非常用ディーゼル発電機から、動力用の交流電源が全て喪失した原子炉施設に電源を融通する。これにより、当該原子炉施設の安全系母線の電圧を確立させ、その後順次安全系機器を手動で起動していく。

防護措置に係る系統概要

機能	東日本大震災前に整備した防護措置	頁	東日本大震災後に整備した防護措置	頁
原子炉の停止機能	①手動原子炉トリップ	2		
	②緊急ほう酸注入	2		
	③緊急２次系冷却	2		
	④緊急２次系冷却の多様化	2		
炉心冷却機能	①代替注入	3	Ⅱ)緊急時の最終的な除熱機能の確保	7
	②２次系強制冷却による低圧注入	3		
	③２次系強制冷却による低圧再循環	3		
	④２次系強制冷却によるサンプ水冷却	3		
	⑤水源補給による注入継続	4		
	⑥１次系注水・減圧	5		
	⑦代替給水	6		
	⑧２次系水源補給	6		
	⑨フィードアンドブリード	6		
	⑩タービンバイパス系の活用	3		
	⑪代替再循環	4		
	⑫格納容器内自然対流冷却	8		
	⑬代替補機冷却	13		
	⑭クールダウン＆リサーキュレーション	5		
放射性物質の閉じ込め機能	①格納容器手動隔離	10	ⅳ)水素爆発防止対策	11
	②格納容器内自然対流冷却	8		
	③格納容器内注水	8		
	④１次系強制減圧	9		
安全機能のサポート機能	①電源復旧	12	Ⅰ)緊急時の電源確保	12
	②直流電源確保	12		
	③補機冷却水系回復	13		
	④代替制御用空気供給	14		
	⑤代替補機冷却	13		
	⑥号機間電源融通	12		
その他			Ⅲ)緊急時の使用済燃料貯蔵槽の冷却確保	15
			ⅰ)中央制御室の作業環境の確保	－
			ⅱ)緊急時における発電所構内通信手段の確保	－
			ⅲ)高線量対応防護服等の資機材の確保及び放射線管理のための体制の整備	－
			ⅴ)がれき撤去用の重機の配備	－

※各頁において、防護措置の識別番号を【　】で補記した。

１．原子炉の停止機能に係る対策

原子炉の停止が必要となる異常時には、様々な監視パラメータにより制御棒を挿入するよう信号が発信し、制御棒が自動的に原子炉へ挿入されることにより、原子炉は安全に停止する。

万一、原子炉が自動で停止しない場合には、

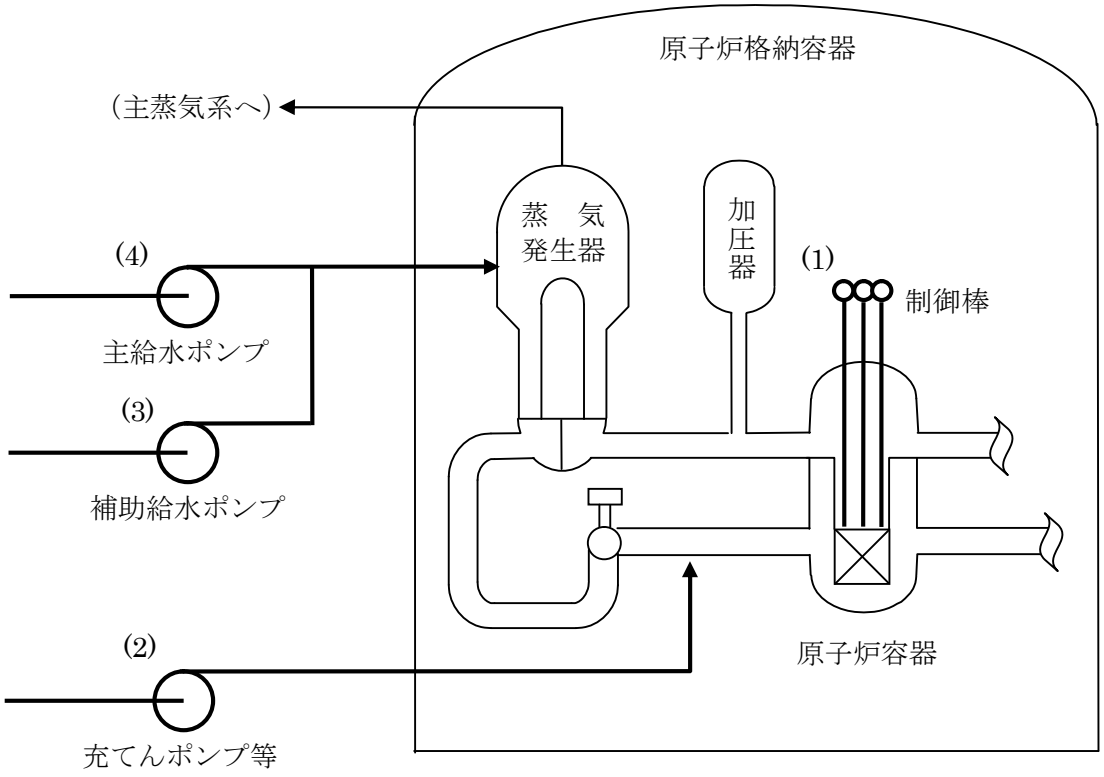
(1) 原子炉を手動で停止する。【①】

(2) 高濃度のほう酸水を炉心に緊急注入する。【②】

(3) 蒸気発生器（SG）への給水確保のため、補助給水ポンプが自動起動しない場合は手動起動する。【③】

(4) 補助給水ポンプが手動起動できない場合、主給水ポンプを再起動する。【④】

ことにより、原子炉の停止機能喪失時に炉心の健全性を維持する。



２．炉心冷却機能に係る対策(1)

原子炉冷却材喪失事故（LOCA）が発生した場合は、非常用炉心冷却設備（ECCS）が自動起動し、燃料取替用水タンク（RWST）のほう酸水を炉心へ注入・冷却する。

万一、ECCS が自動起動しない場合には、

(1) ECCS を手動起動する。【①】

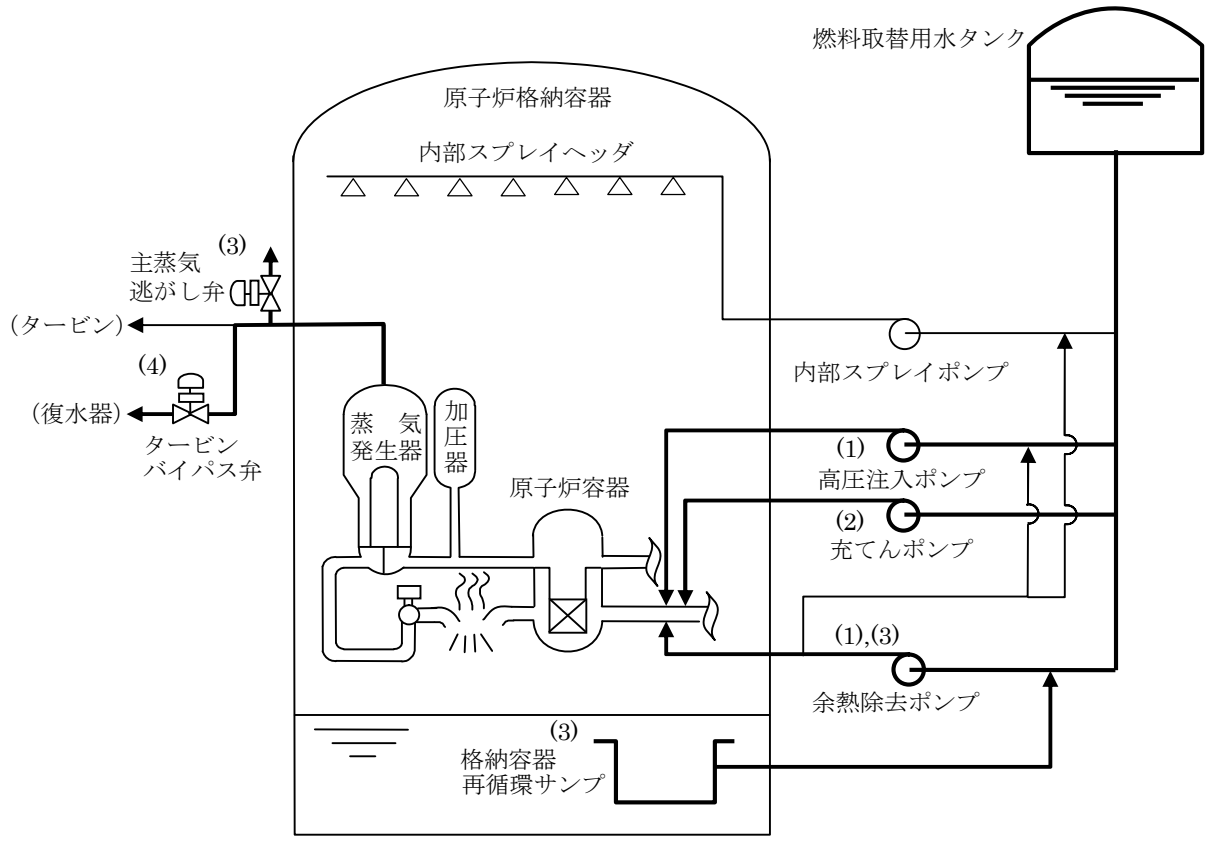
(2) 充てんポンプを手動起動する。【①】

ことにより、炉心冷却機能を確保する。さらに、１次系が高圧状態で高圧注入ポンプまたは内部スプレイポンプが使用できない場合には、

(3) 主蒸気逃がし弁を使用し、２次系からの除熱で１次系を冷却・減圧し、余熱除去ポンプにより炉心または再循環水を冷却する。【②、③及び④】

(4) 主蒸気逃がし弁が使用できない場合は、タービンバイパス弁を使用する。【⑩】

ことにより、炉心冷却機能喪失時に炉心の健全性を維持する。



２．炉心冷却機能に係る対策(2)

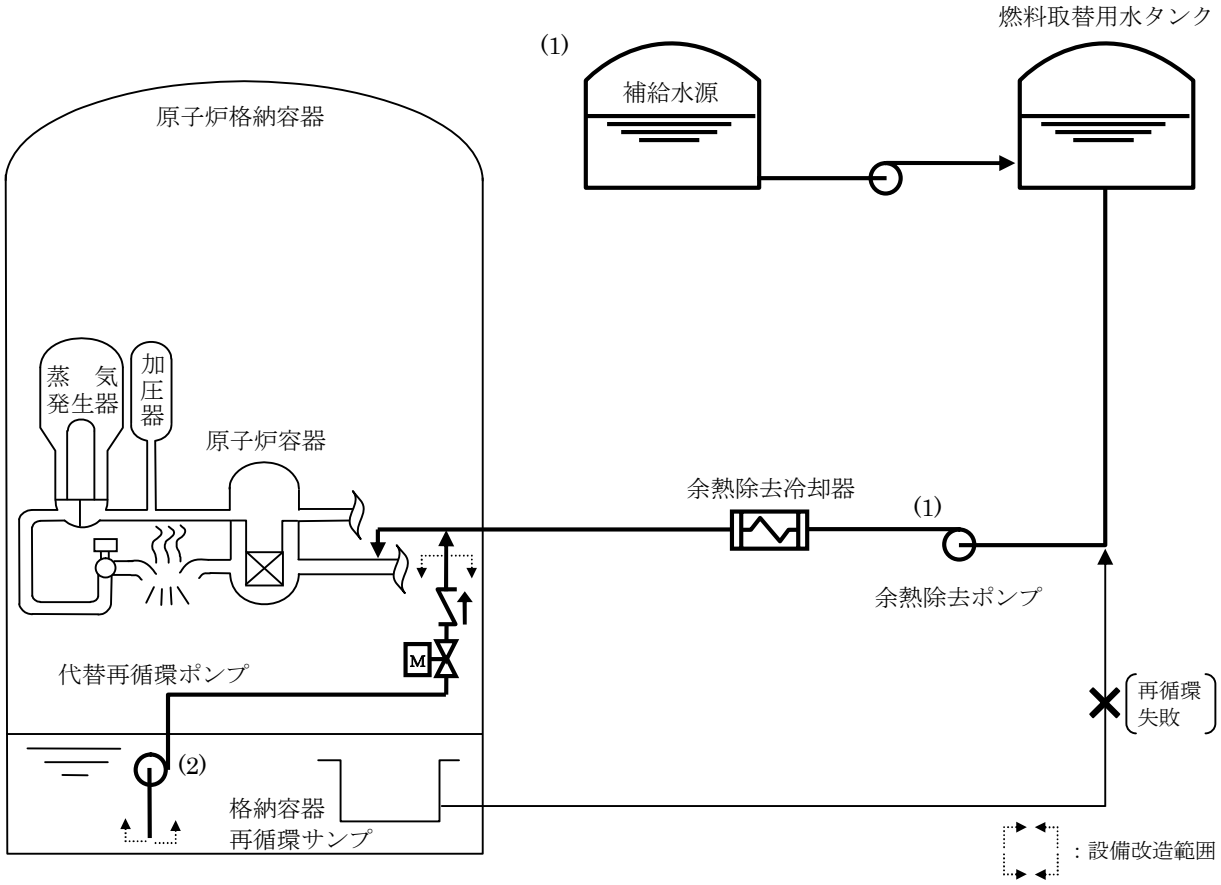
LOCA が発生した場合は、ECCS が自動起動し、RWST のほう酸水を炉心へ注入・冷却する。ECCS の水源は、RWST 水の注入を終了した時点で再循環サンプ側へ切り替えられ、長期的に炉心の冷却を確保する。

万一、ECCS の水源の切替えができない場合には、

(1) RWST にほう酸水を補給しながら、原子炉へ注入を継続する。【⑤】

(2) 代替再循環ポンプにより格納容器内から原子炉へほう酸水を再循環する。【⑪】

ことにより、長期的な炉心の冷却を確保して炉心冷却機能喪失時に炉心の健全性を維持する。



２．炉心冷却機能に係る対策(3)

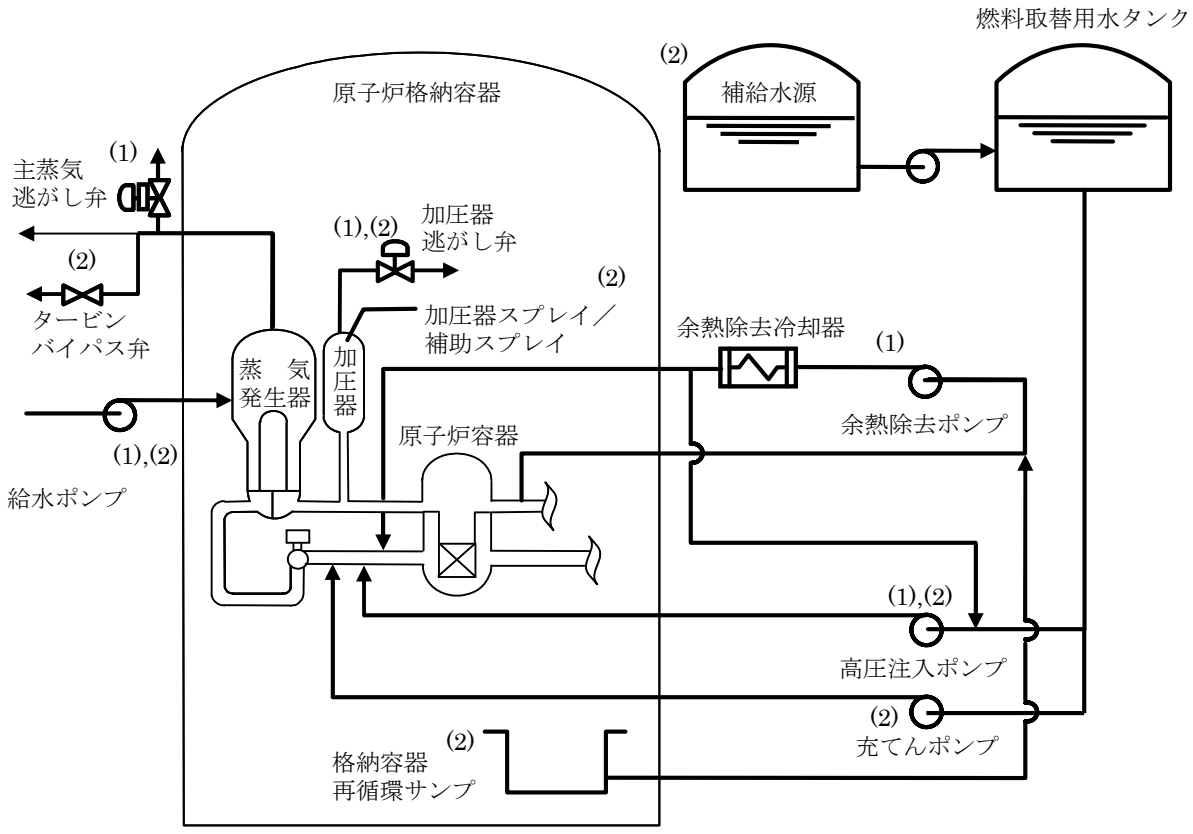
蒸気発生器伝熱管破損等が発生した場合は、１次系と２次系を均圧にして漏えい箇所を隔離し、１次系の保有水を維持する。

万一、漏えい箇所の隔離ができない場合には、

(1) ECCS により原子炉へほう酸水を注水し、主蒸気逃がし弁により原子炉を冷却すると共に加圧器逃がし弁等により１次系を減圧して漏えいを抑制し、余熱除去系を接続して炉心を冷却する。【⑥】

(2) 常用系が使用可能な場合は、充てんポンプにより原子炉へ注水を確保しつつ、タービンバイパス系により原子炉を冷却し、加圧器スプレイ等により原子炉を減圧して漏えいを抑制する。また、余熱除去系による冷却に失敗した場合は、RWST へほう酸水の補給を行いつつ、フィードアンドブリード操作により炉心を冷却した後、ECCS 再循環を実施する。【⑭】

ことにより、長期的な炉心の冷却を確保して炉心冷却機能喪失時に炉心の健全性を維持する。



２．炉心冷却機能に係る対策(4)

過渡事象等が発生した場合は、SG に補助給水ポンプ等で給水し、主蒸気逃がし弁や主蒸気安全弁から蒸気を放出することにより炉心を冷却する。

万一、２次系からの除熱ができない場合には、

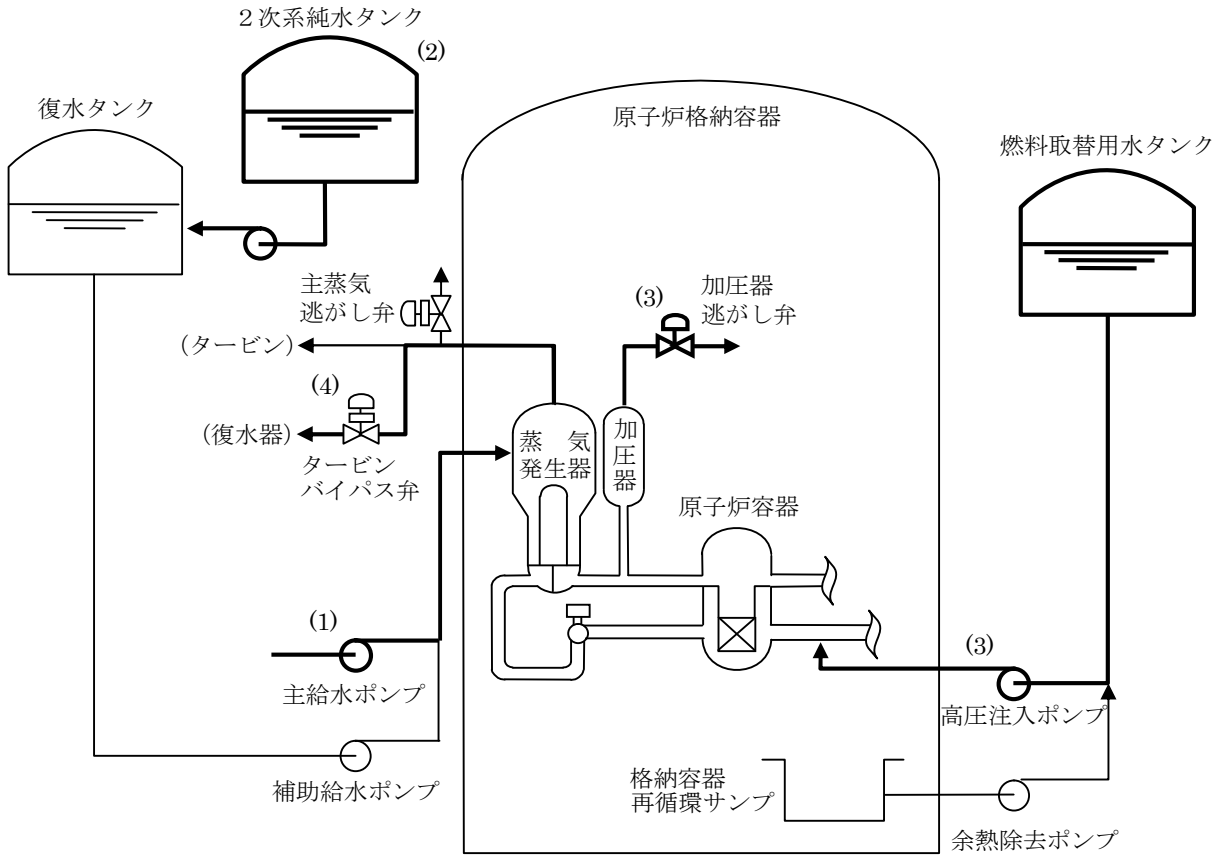
(1) 補助給水系が使用できない場合は、主給水系を手動起動する。【⑦】

(2) 補助給水系の水源が不足する場合は、他の水源から水を補給する。【⑧】

(3) SG で冷却できない場合は、高圧注入ポンプで原子炉へほう酸水を注水し、加圧器逃がし弁を開放する。【⑨】

(4) 蒸気放出経路が十分に確保できない場合、タービンバイパス弁を開放する。【⑩】

ことにより、炉心冷却機能喪失時に炉心の健全性を維持する。



２．炉心冷却機能に係る対策(5)

過渡事象等が発生した場合は、SG に補助給水ポンプ等で給水し、主蒸気逃がし弁や主蒸気安全弁から蒸気を放出することにより炉心を冷却する。

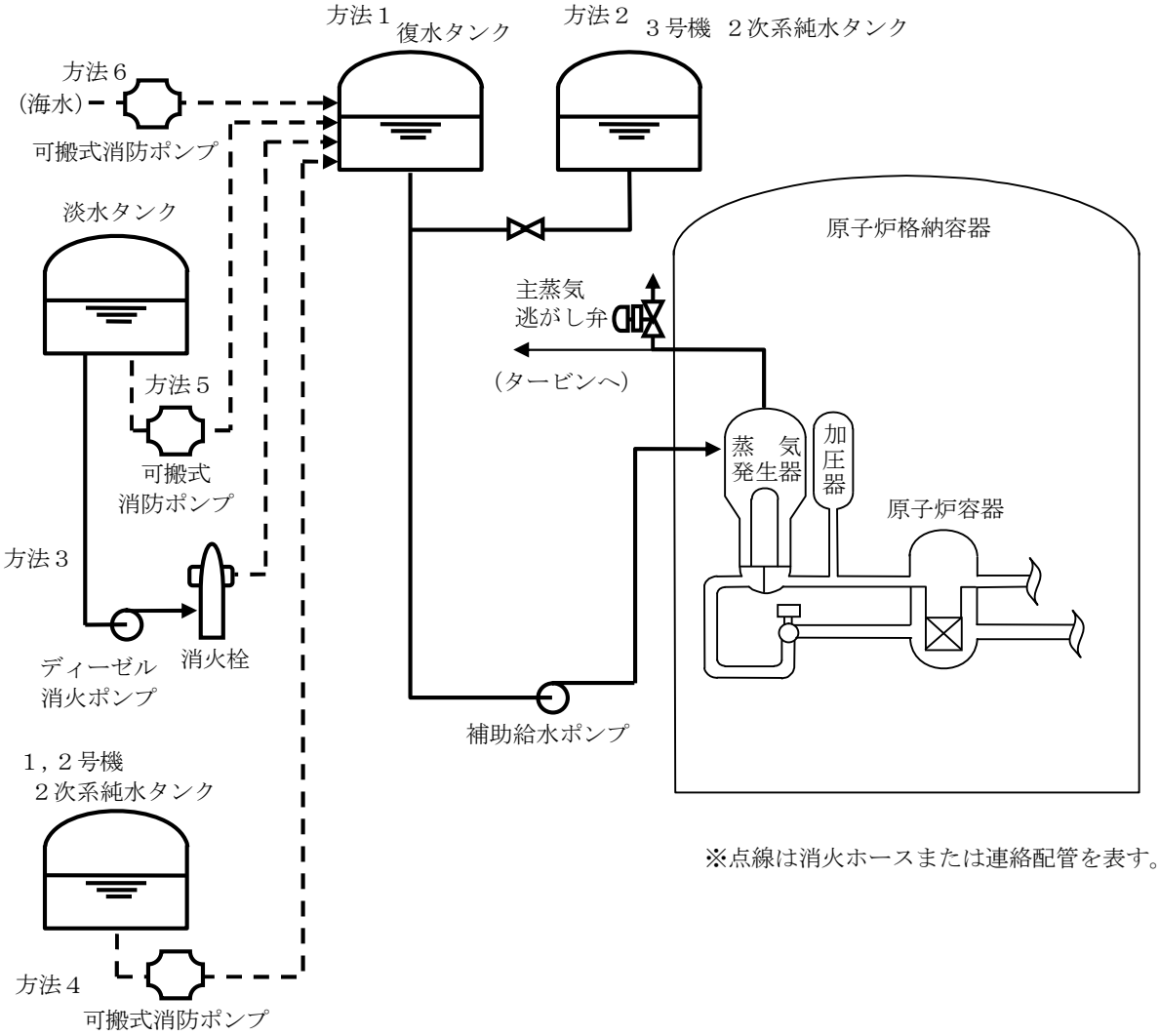
万一、全交流電源喪失が発生した場合には、

(1) タービン動補助給水ポンプ、または空冷式非常用発電装置により給電した電動補助給水ポンプによる冷却を継続する。【Ⅱ)】

ことにより継続的かつ安定的に冷却し、炉心の健全性を維持する。

(1)

方法１：復水タンクの水を使用する。
方法２：３号機　２次系純水タンクの水を使用する。
方法３：ディーゼル消火ポンプを使用した消火栓から、淡水タンクの水を補給する。
方法４：可搬式消防ポンプで 1, 2 号機　２次系純水タンクの水を復水タンクへ補給する。
方法５：可搬式消防ポンプで淡水タンクの水を復水タンクへ補給する。
方法６：可搬式消防ポンプで海水を汲み上げ、海水を復水タンクへ補給する。



※点線は消火ホースまたは連絡配管を表す。

３．放射性物質の閉じ込め機能に係る対策(1)

LOCA が発生した場合は、格納容器が水蒸気により加圧されるため、原子炉格納容器空気再循環設備、内部スプレイ系により水蒸気を凝縮して格納容器を冷却し、圧力上昇を抑制する。

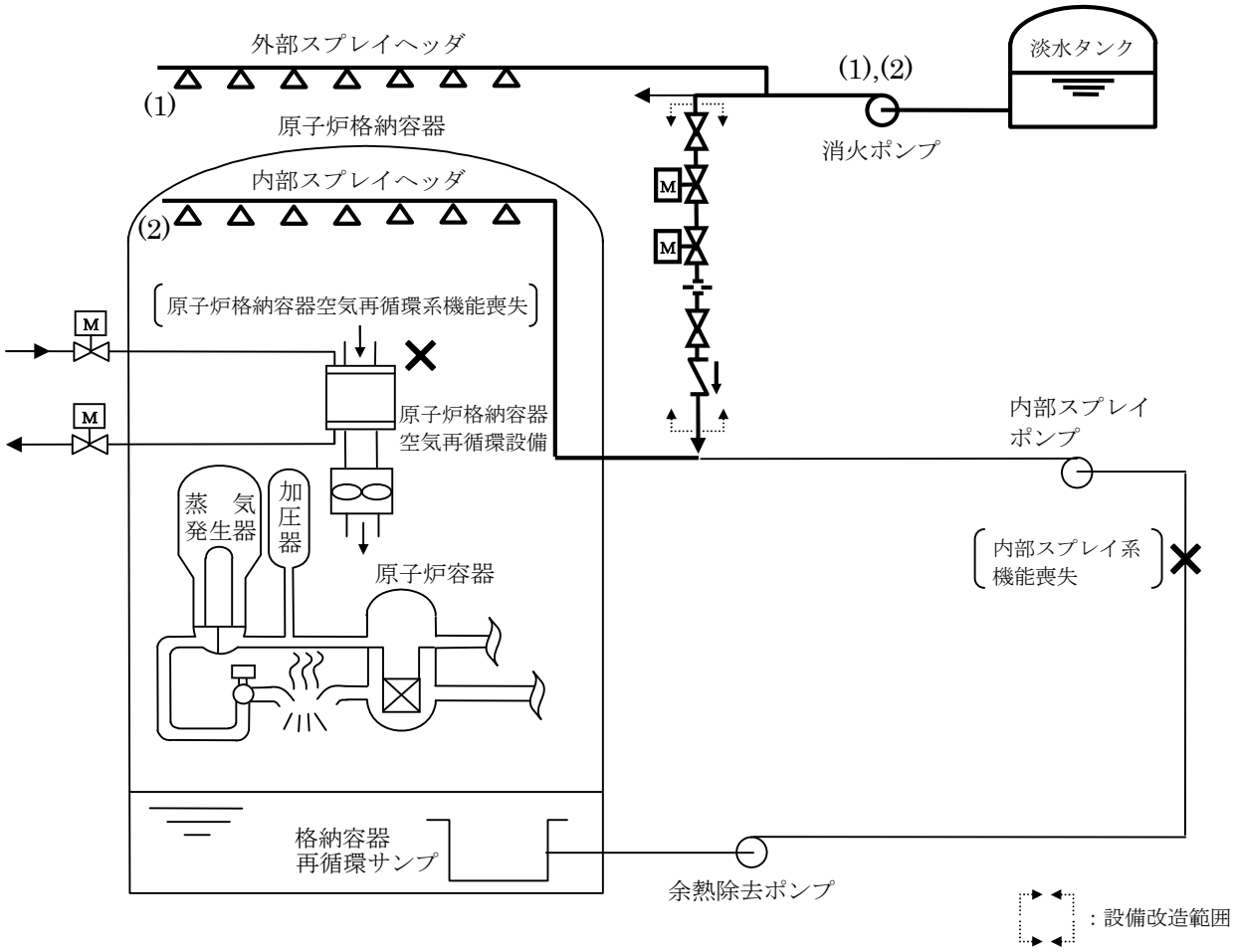
万一、炉心損傷が発生し、さらに原子炉格納容器空気再循環設備、内部スプレイ系が使用できない場合には、

(1) 格納容器外部スプレイ系に消火水を通水し、格納容器外頂部から放水する。【②】

(2) 格納容器自然対流冷却も使用できない場合は、消火水系と内部スプレイ系を接続し、消火ポンプを用いて淡水タンクの水を格納容器内に注水する。【③】

ことにより、格納容器内の圧力上昇を抑制し、放射性物質の閉じ込め機能を確保する。

なお、(1)は炉心冷却機能に係る対策（【⑫】）としても有効である。



３．放射性物質の閉じ込め機能に係る対策(2)

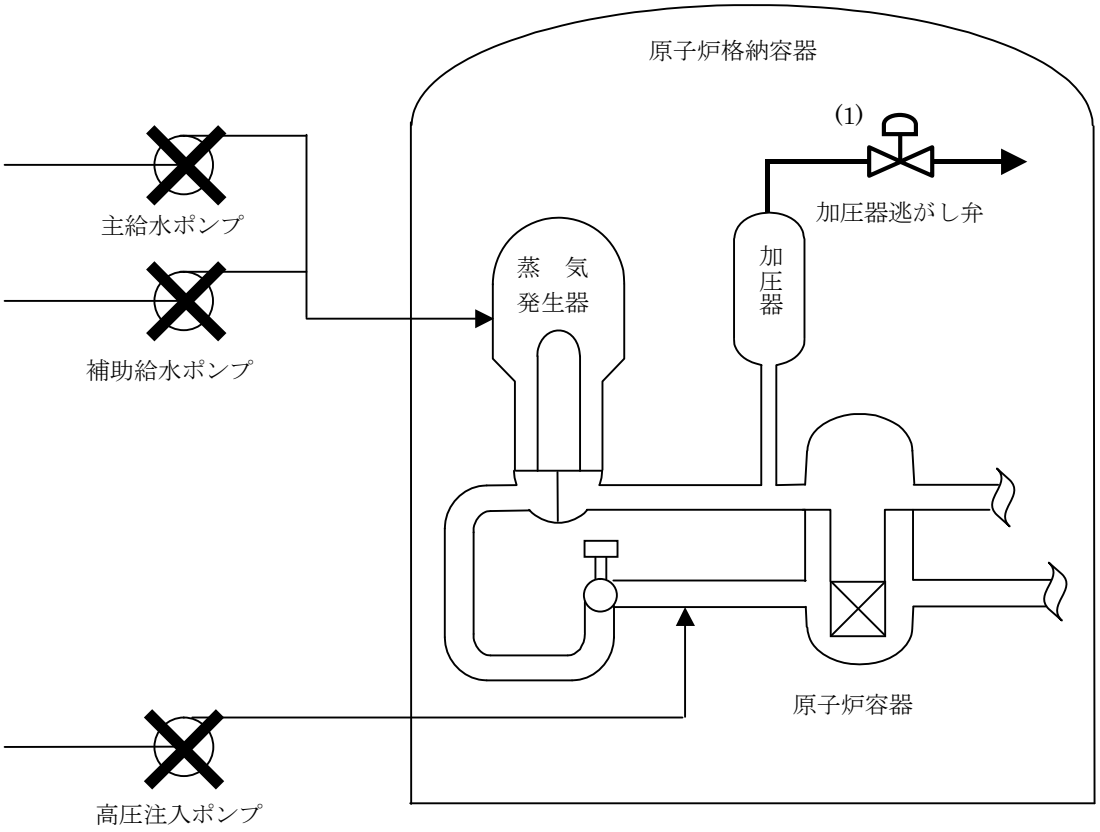
過渡事象等が発生した場合は、２次系からの除熱手段により炉心を冷却する。

万一、炉心損傷が発生し、さらに高圧注入系の機能喪失及び SG による冷却失敗により１次系が高圧状態のまま炉心を冷却できなくなった場合には、

(1) 加圧器逃がし弁を手動で開放し、原子炉を減圧する。【④】

ことにより格納容器雰囲気直接加熱*の発生を防止し、放射性物質の閉じ込め機能を確保する。

＊高圧で原子炉容器外へ放出された溶融炉心が微粒子化して表面積を増し、格納容器雰囲気（気相部）を急激に加温・加圧する現象。



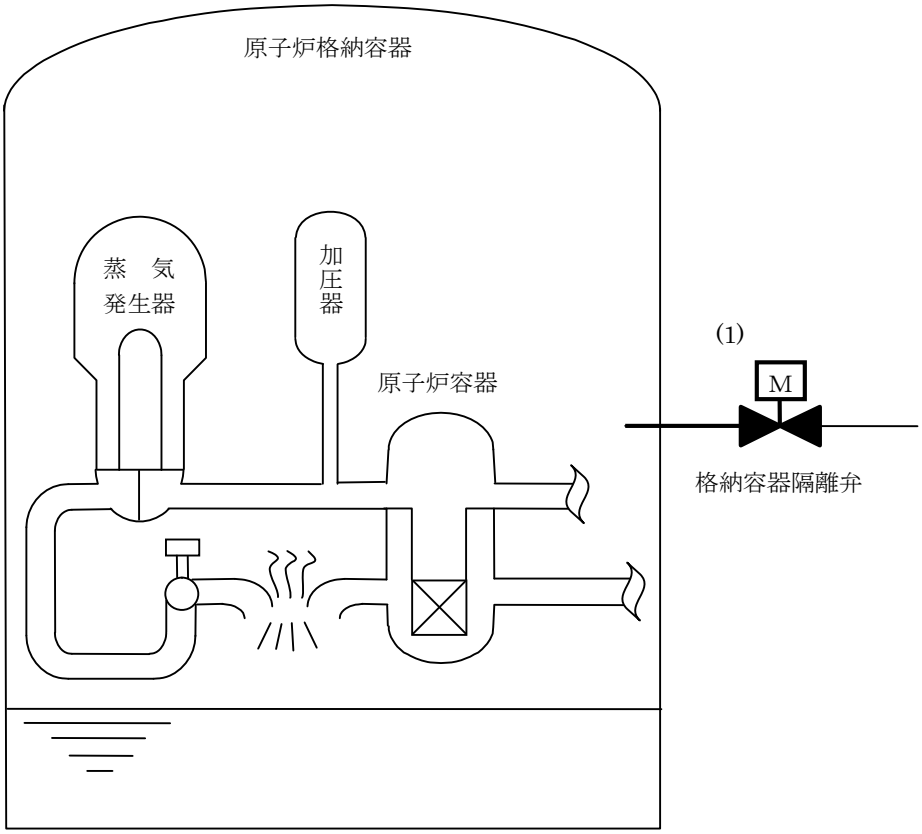
３．放射性物質の閉じ込め機能に係る対策(3)

LOCA が発生した場合は、格納容器貫通部に設けられた隔離弁等により格納容器を隔離する。

万一、炉心損傷が発生し、さらに隔離弁が自動的に閉止しない場合には、

(1) 隔離弁を手動で閉止する。【①】

ことにより、放射性物質の閉じ込め機能を確保する。



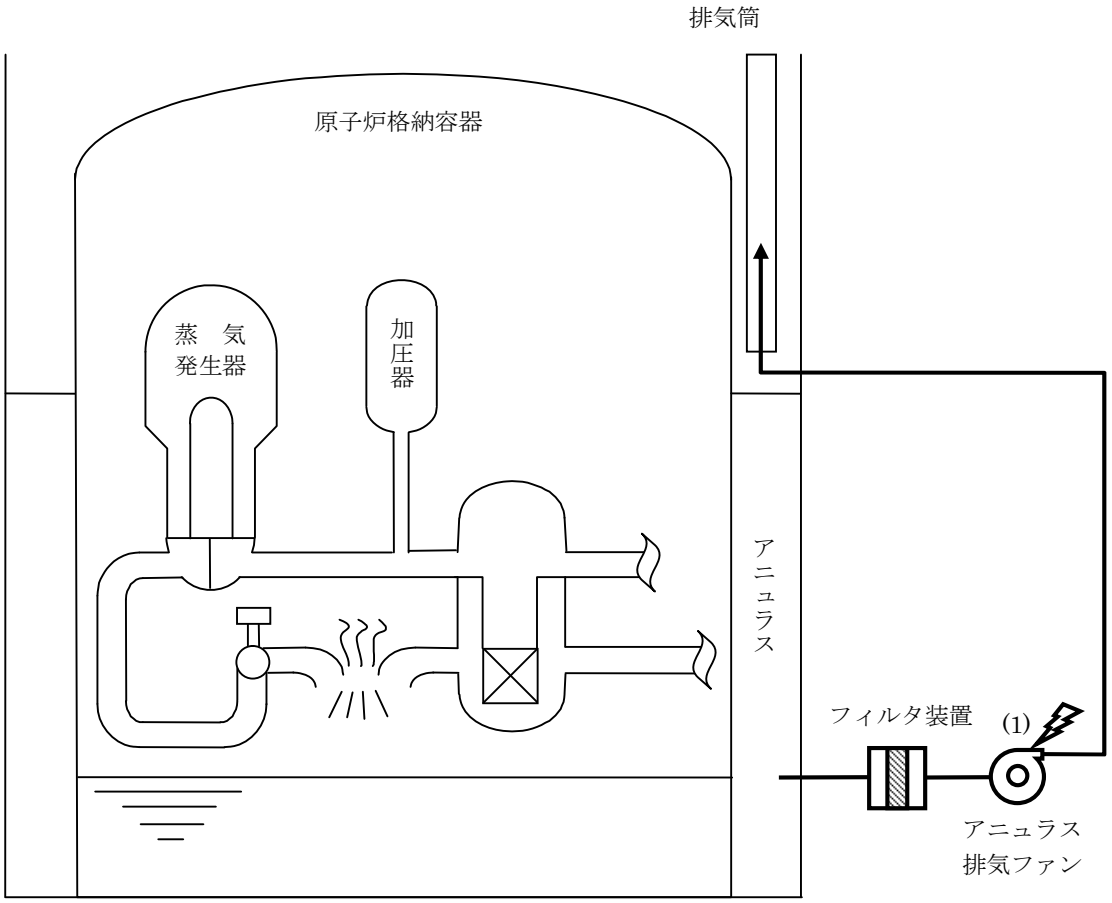
３．放射性物質の閉じ込め機能に係る対策(4)

LOCA が発生した場合は、環境への放射性物質の放出を抑制するため、アニュラス排気設備によりアニュラス部を負圧に保ちながら、フィルタ装置により放射性よう素を除去する。

万一、全交流電源喪失に伴って炉心損傷が発生し、さらに格納容器内で発生した水素がアニュラスに漏えいした場合には、

(1) アニュラス排気ファンに空冷式非常用発電装置で給電し、アニュラス部の空気をフィルタ装置を通して排気筒から放出する。【iv)】

ことにより水素爆発の発生を防止し、放射性物質の閉じ込め機能を確保する。



４．安全機能のサポート機能に係る対策(1)

外部電源が喪失した場合は、非常用所内電源系、直流電源系から安全系機器へ電源を供給する。

万一、全交流電源の喪失により非常用所内電源系の機能が喪失した場合には、

(1) 非常用ディーゼル発電機（D/G）を手動で起動する等、電源系統の回復を図る。【①】

(2) 直流電源から不要な負荷を切り離し、蓄電池を効果的に利用する。【②】

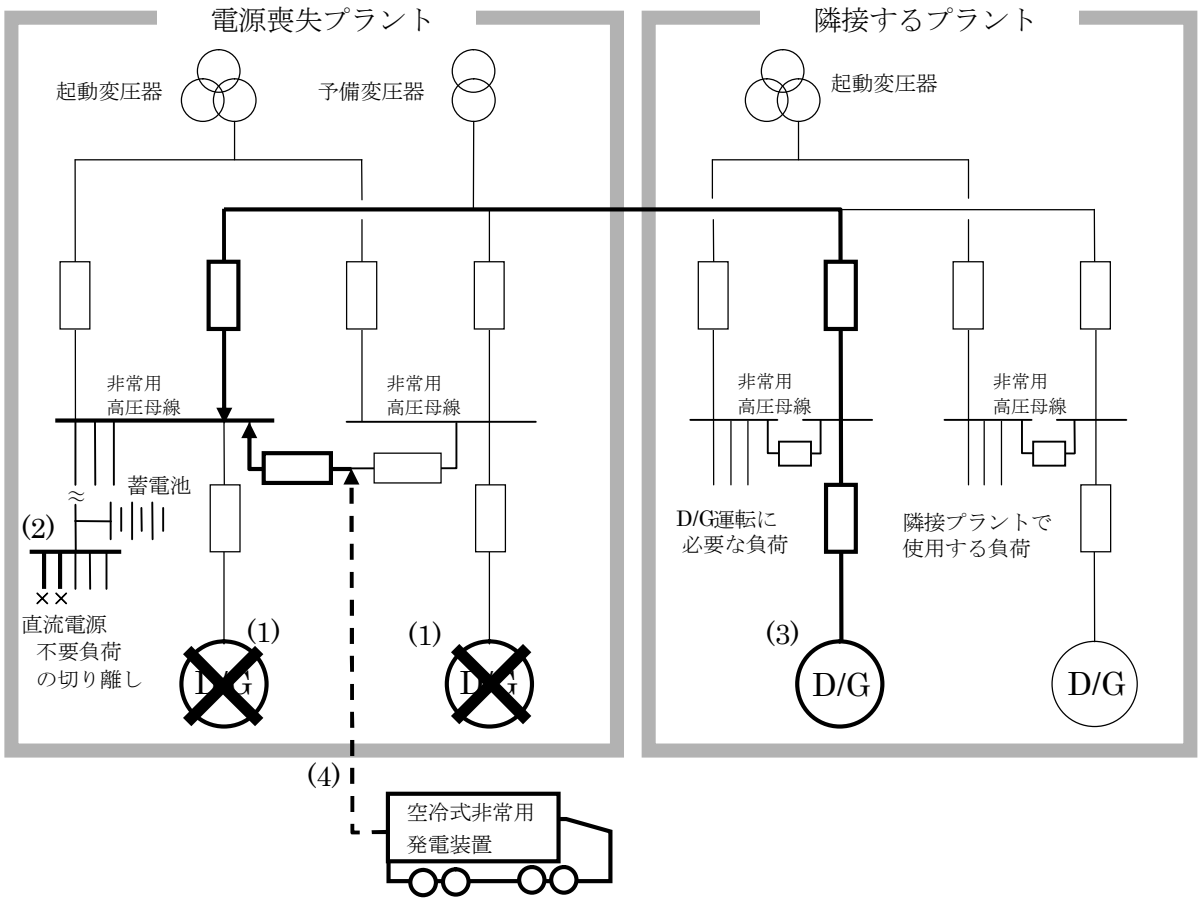
(3) 隣接プラントの非常用 D/G から、動力用の交流電源を融通する。【⑥】

ことにより、非常用所内電源系の機能喪失時に安全機能のサポート機能を維持する。

なお、隣接プラントを含めて全交流電源喪失が発生した場合には、

(4) 非常用高圧母線へ空冷式非常用発電装置をつなぎ込んで給電する。【Ⅰ)】

ことにより、緊急時の電源を確保する。



４．安全機能のサポート機能に係る対策(2)

安全機能を有するポンプ等には、補機冷却水系（放射性機器冷却水系、非放射性機器冷却水系）から軸受等を冷却する冷却水が供給されている。

万一、補機冷却水系から冷却水が供給できない場合には、

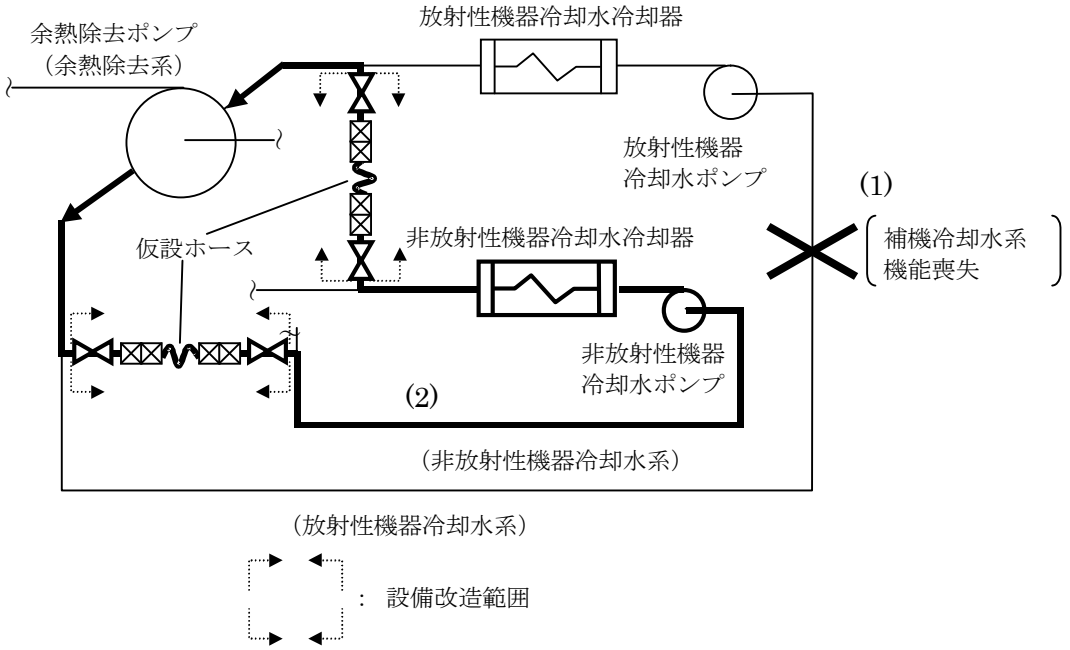
(1) 補機冷却水系の回復を図ると共に、必要な機器への冷却水を確保する。【③】

放射性機器冷却水系から冷却水が供給できない場合には、

(2) 非放射性機器冷却水系を余熱除去ポンプの放射性機器冷却水系に接続し、余熱除去ポンプの冷却を確保する。【⑤】

ことにより、補機冷却水系の機能喪失時に安全機能のサポート機能を維持する。

なお、(2)は炉心冷却機能に係る対策（【⑬】）としても有効である。



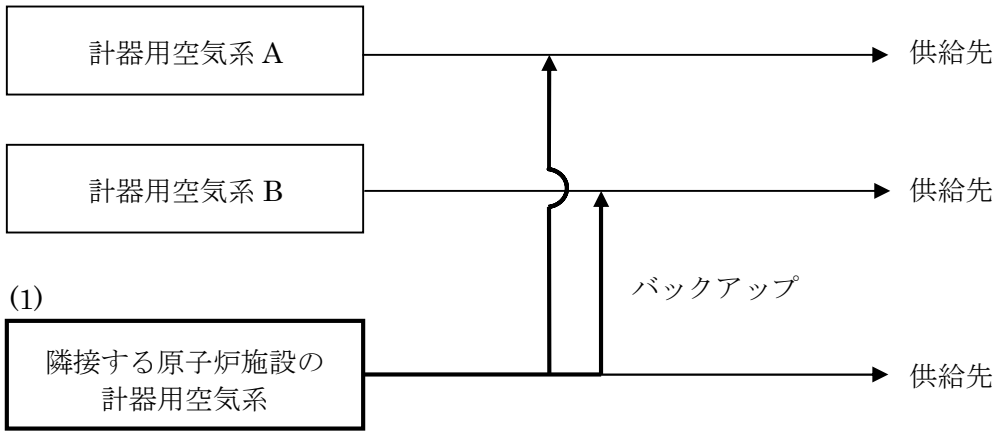
４．安全機能のサポート機能に係る対策(3)

安全機能を有する計測系や空気作動弁等には、計器用空気系から駆動用の空気が供給されている。

万一、計器用空気系から空気が供給できない場合には、

(1) 隣接する原子炉施設の計器用空気系から空気を供給する。【④】

ことにより、計器用空気系の機能喪失時に安全機能のサポート機能を維持する。



５．その他

使用済燃料ピット（SFP）では、通常 SFP 浄化冷却系により保管している使用済燃料から発生する崩壊熱を除去する。

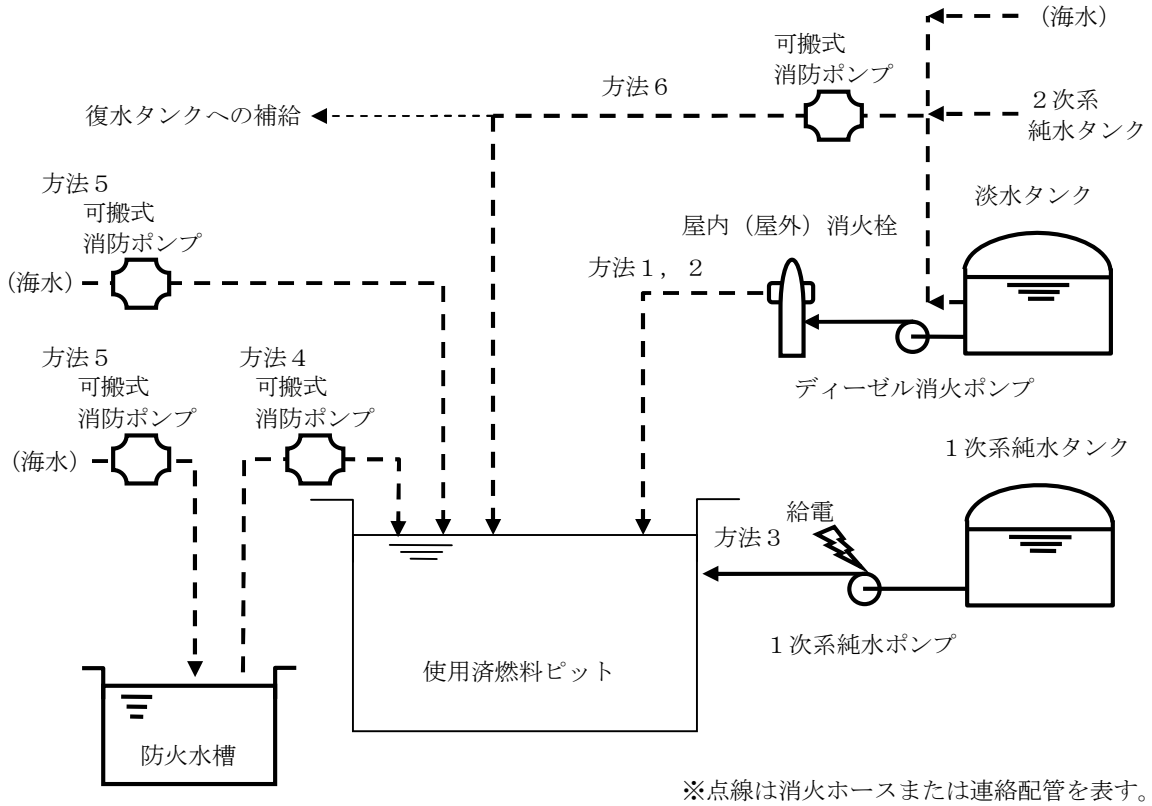
万一、全交流電源喪失に伴って SFP の冷却機能が喪失し、通常の系統を用いて使用済燃料を冷却できなくなった場合には、

(1) SFP 水量の減少を補うため、SFP へ水の補給を行う。【Ⅲ)】

ことにより SFP 水量を確保し、放射性物質の閉じ込め機能を確保する。

(1)

方法１：ディーゼル消火ポンプを使用した屋内の消火栓から、淡水タンクの水を補給する。
方法２：ディーゼル消火ポンプを使用した屋外の消火栓から、淡水タンクの水を補給する。
方法３：１次系純水ポンプに空冷式非常用発電装置で給電し、１次系純水タンクの水を補給する。
方法４：可搬式消防ポンプにより防火水槽の水を補給する。
方法５：可搬式消防ポンプにより海水を防火水槽経由、または直接補給する。
方法６：可搬式消防ポンプによる復水タンクへの補給ラインを経由し、２次系純水タンク、淡水タンクの水、または海水を補給する。



※点線は消火ホースまたは連絡配管を表す。

防護措置の整備状況
（燃料の重大な損傷を防止するための措置（1/2））

機能	目的	防護措置	対策概要	主要な必要系統等	設置時期等	
原子炉の停止機能	原子炉停止機能喪失の影響緩和	①手動原子炉トリップ	既存設備の利用、手順書の整備	直流電源系（遠隔操作の場合）	イ	
		②緊急ほう酸注入	既存設備の利用、手順書の整備	化学体積制御系、安全注入系	イ	
		③緊急２次系冷却	既存設備の利用、手順書の整備	補助給水系	イ	
		④緊急２次系冷却の多様化	既存設備の利用、手順書の整備	主給水系、復水系、２次系純水系	イ	
炉心冷却機能	ECCS 注入機能喪失の影響緩和	①代替注入	既存設備の利用、手順書の整備	化学体積制御系、安全注入系	イ	
		②２次系強制冷却による低圧注入	既存設備の利用、手順書の整備	補助給水系、主蒸気系、安全注入系、余熱除去系	イ	
		⑩タービンバイパス系の活用	既存設備の利用、手順書の整備	主蒸気系、循環水系、復水系	イ	
	ECCS 再循環機能喪失の影響緩和	③２次系強制冷却による低圧再循環	既存設備の利用、手順書の整備	補助給水系、主蒸気系、余熱除去系、放射性機器冷却水系、海水系	イ	
		⑤水源補給による注入継続	既存設備の利用、手順書の整備	化学体積制御系、１次系純水系、SFP 冷却系、廃液処理系、２次系純水系、消火水系	イ	
		⑩タービンバイパス系の活用	既存設備の利用、手順書の整備	主蒸気系、循環水系、復水系	イ	
		⑪代替再循環	既存設備の利用、代替再循環ポンプの設置、手順書の整備	余熱除去系、放射性機器冷却水系、海水系 代替再循環ポンプ	イ ロ	 第 18 回定検
		⑬代替補機冷却	既存設備の利用、非放射性機器冷却水系から余熱除去ポンプの放射性機器冷却水系への供給・戻り連絡配管の設置、手順書の整備	非放射性機器冷却水系、海水系 仮設ホース	イ ロ	 第 18 回定検
	格納容器の除熱機能喪失の影響緩和	④２次系強制冷却によるサンプ水冷却	既存設備の利用、手順書の整備	補助給水系、主蒸気系	イ	
		⑩タービンバイパス系の活用	既存設備の利用、手順書の整備	主蒸気系、循環水系、復水系	イ	
		⑫格納容器内自然対流冷却	既存設備の利用、監視計器の追加設置、手順書の整備	消火水系、格納容器外部スプレイ系	イ	
	漏えい箇所の隔離機能喪失の影響緩和	⑥１次系注水・減圧	既存設備の利用、手順書の整備	安全注入系、原子炉冷却系、補助給水系、主蒸気系、余熱除去系、放射性機器冷却水系、海水系	イ	
		⑭クールダウン＆リサーキュレーション	既存設備の利用、手順書の整備	化学体積制御系、原子炉冷却系、主蒸気系、補助給水系、復水系、循環水系、余熱除去系、放射性機器冷却水系、海水系	イ	
	２次系からの除熱機能喪失の影響緩和	⑦代替給水	既存設備の利用、手順書の整備	主給水系、復水系、２次系純水系	イ	
		⑧２次系水源補給	既存設備の利用、手順書の整備	２次系純水系	イ	
		⑨フィードアンドブリード	既存設備の利用、手順書の整備	安全注入系、原子炉冷却系	イ	
		⑩タービンバイパス系の活用	既存設備の利用、手順書の整備	主蒸気系、循環水系、復水系	イ	
		Ⅱ)緊急時の最終的な除熱機能の確保（復水タンクへの給水の多様化）	既存設備の利用、可搬式消防ポンプ及び消火ホースの配置、可搬式消防ポンプから復水タンクへの連絡配管の設置、３号機２次系純水タンクから２号機補助給水系への連絡配管の設置、手順書の整備	補助給水系、２次系純水系、消火水系 可搬式消防ポンプ及び消火ホース 連絡配管（可搬式消防ポンプから復水タンク） 連絡配管（２次系純水タンクから補助給水系）	イ ハ ニ ニ	 H23.4 H24.5 H24.5

防護措置の整備状況
（燃料の重大な損傷を防止するための措置（2/2））

機能	目的	防護措置	対策概要	主要な必要系統等	設置時期等	
安全機能のサポート機能	電源喪失の影響緩和	①電源復旧	既存設備の利用、手順書の整備	所内電源系、送電系	イ	
		②直流電源確保	既存設備の利用、手順書の整備	－	－	
		⑥号機間電源融通	既存設備の利用、手順書の整備	所内電源系	イ	
		Ⅰ)緊急時の電源確保（空冷式非常用発電装置による給電）	既存設備の利用、空冷式非常用発電装置及び電源ケーブルの配置、手順書の整備	所内電源系 空冷式非常用発電装置及び電源ケーブル	イ ニ	 H23.9
	補機冷却水喪失の影響緩和	③補機冷却水系回復	既存設備の利用、手順書の整備	放射性機器冷却水系、非放射性機器冷却水系、海水系、２次系純水系、１次系純水系	イ	
		⑤代替補機冷却	既存設備の利用、非放射性機器冷却水系から余熱除去ポンプの放射性機器冷却水系への供給・戻り連絡配管の設置、手順書の整備	非放射性機器冷却水系、海水系 仮設ホース	イ ロ	 第 18 回定検
	制御用空気喪失の影響緩和	④代替制御用空気供給	既存設備の利用、手順書の整備	計器用空気系	イ	
その他	SFP の冷却機能喪失の影響緩和	Ⅲ)緊急時の使用済燃料貯蔵槽の冷却確保（使用済燃料ピットへの給水の多様化）	既存設備の利用、可搬式消防ポンプ及び消火ホースの配置、消火栓から使用済燃料ピットへの連絡配管の設置、可搬式消防ポンプから復水タンクへの連絡配管の設置、手順書の整備	消火水系、１次系純水系、２次系純水系 可搬式消防ポンプ及び消火ホース 連絡配管（消火栓から使用済燃料ピット） 連絡配管（可搬式消防ポンプから復水タンク）	イ ハ ニ ニ	 H23.4 H23.12 H24.5
	事故対応環境の強化	ⅱ)緊急時における発電所構内通信手段の確保	通信機器（トランシーバ、衛星携帯電話、携行型通話装置）の配備	通信機器（トランシーバ、衛星携帯電話、携行型通話装置）	ハ	H23.6
		ⅴ)がれき撤去用の重機の配備	トラクターショベル（ホイールローダー）の配備	トラクターショベル（ホイールローダー）	ハ	H23.6

※網掛けは、緊急安全対策またはシビアアクシデントへの対応に関する措置として、東日本大震災後新たに整備したもの。

※「設置時期等」におけるイ～ニの分類については以下のとおり。

イ）緊急安全対策以前に、手順の追加によって整備したもの

ロ）緊急安全対策以前に、AM 策として設置した設備を用いたもの

ハ）緊急安全対策（短期）またはシビアアクシデントへの対応に関する措置

ニ）設備強化対策（緊急安全対策に係る実施状況報告書にて計画されているもののうち設置済みの設備）

防護措置の整備状況

（放射性物質の大規模な放出を防止するために原子炉格納容器の健全性を維持するための措置）

機能	目的	防護措置	対策概要	主要な必要系統等	設置時期等	
放射性物質の閉じ込め機能	格納容器の除熱機能喪失の影響緩和	②格納容器内自然対流冷却	既存設備の利用、監視計器の追加設置、手順書の整備	消火水系、格納容器外部スプレイ系	イ	
		③格納容器内注水	既存設備の利用、消火水系－内部スプレイ系接続ライン、積算流量計の設置及び原子炉キャビティへの浸水性向上のための炉内計装用シンブル配管室への浸水経路の確保、手順書の整備	消火水系、内部スプレイ系 消火水系－内部スプレイ系接続ライン	イ ロ	第 18 回定検
		④１次系強制減圧	既存設備の利用、手順書の整備	原子炉冷却系	イ	
	格納容器隔離機能喪失の影響緩和	①格納容器手動隔離	既存設備の利用、手順書の整備	格納容器隔離弁を有する系統	イ	
	水素発生の影響緩和	ⅳ)水素爆発防止対策（アニュラスの排気）	既存設備の利用、手順書の整備	アニュラス排気系	イ	
安全機能のサポート機能	電源喪失の影響緩和	①電源復旧	既存設備の利用、手順書の整備	所内電源系、送電系	イ	
		②直流電源確保	既存設備の利用、手順書の整備	－	－	
		⑥号機間電源融通	既存設備の利用、手順書の整備	所内電源系	イ	
		Ⅰ)緊急時の電源確保（空冷式非常用発電装置による給電）	既存設備の利用、空冷式非常用発電装置及び電源ケーブルの配置、手順書の整備	所内電源系 空冷式非常用発電装置及び電源ケーブル	イ ニ	H23.9
	補機冷却水喪失の影響緩和	③補機冷却水系回復	既存設備の利用、手順書の整備	放射性機器冷却水系、非放射性機器冷却水系、海水系、２次系純水系、１次系純水系	イ	
		⑤代替補機冷却	既存設備の利用、非放射性機器冷却水系から余熱除去ポンプの放射性機器冷却水系への供給・戻り連絡配管の設置、手順書の整備	非放射性機器冷却水系、海水系 仮設ホース	イ ロ	第 18 回定検
	制御用空気喪失の影響緩和	④代替制御用空気供給	既存設備の利用、手順書の整備	計器用空気系	イ	
その他	事故対応環境の強化	ⅰ)中央制御室の作業環境の確保	既存設備の利用、手順書の整備	中央制御室換気空調系	イ	
		ⅱ)緊急時における発電所構内通信手段の確保	通信機器（トランシーバ、衛星携帯電話、携行型通話装置）の配備	通信機器（トランシーバ、衛星携帯電話、携行型通話装置）	ハ	H23.6
		ⅲ)高線量対応防護服等の資機材の確保及び放射線管理のための体制の整備	高線量対応防護服の配備、高線量対応防護服等の原子力事業者間の融通、放射線管理要員を助勢する仕組みの整備	高線量対応防護服	ハ	H23.6
		ⅴ)がれき撤去用の重機の配備	トラクターショベル（ホイールローダー）の配備	トラクターショベル（ホイールローダー）	ハ	H23.6

※網掛けは、緊急安全対策またはシビアアクシデントへの対応に関する措置として、東日本大震災後新たに整備したもの。

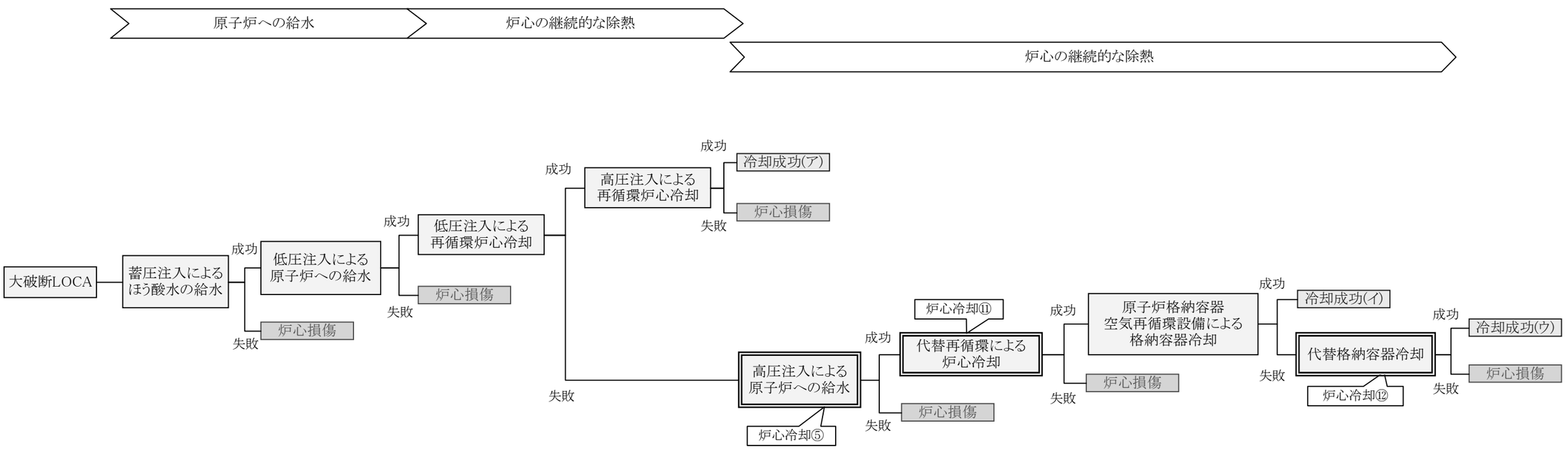
※「設置時期等」におけるイ～ニの分類については以下のとおり。

イ）緊急安全対策以前に、手順の追加によって整備したもの

ロ）緊急安全対策以前に、AM 策として設置した設備を用いたもの

ハ）緊急安全対策（短期）またはシビアアクシデントへの対応に関する措置

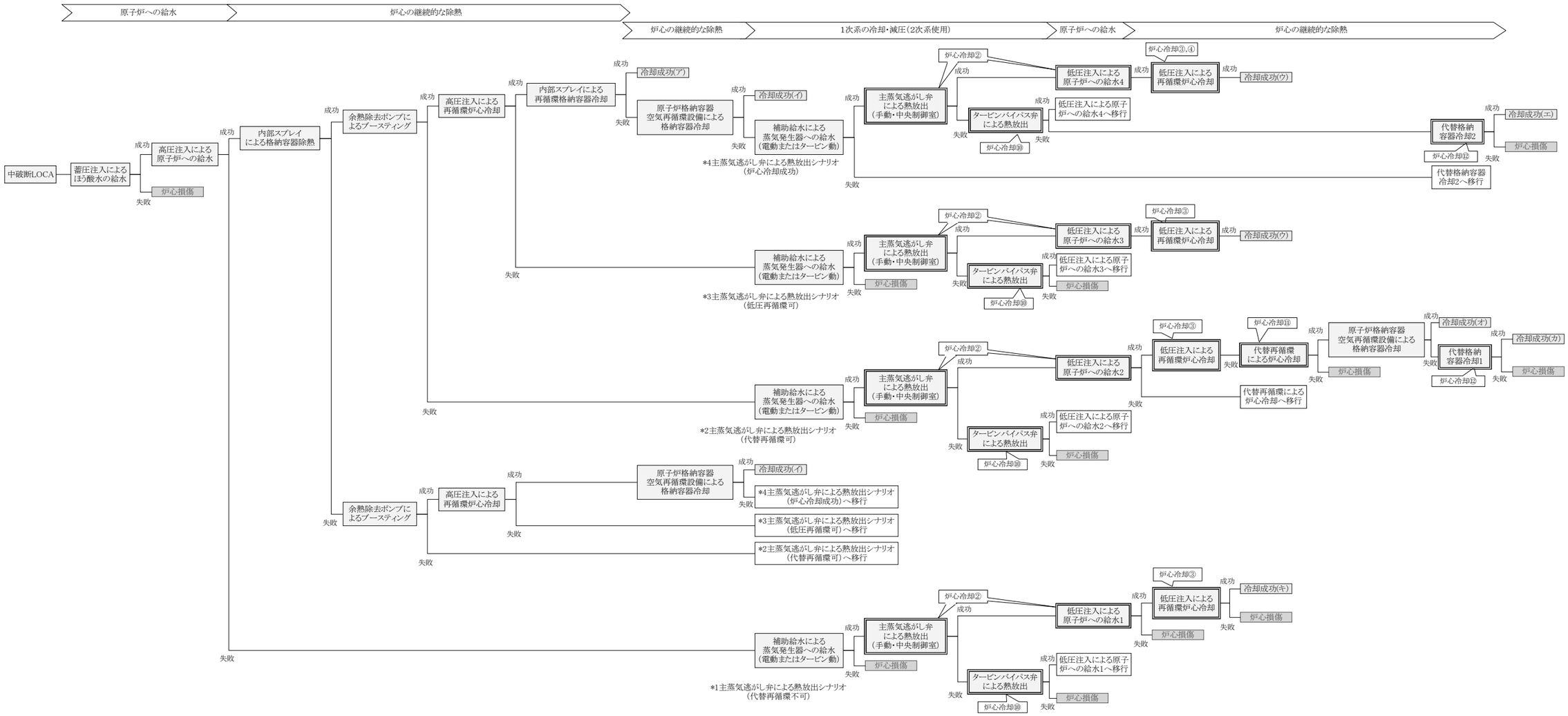
ニ）設備強化対策（緊急安全対策に係る実施状況報告書にて計画されているもののうち設置済みの設備）



炉心損傷に係るイベントツリー
（カテゴリ１：大破断 LOCA）

・二重枠は AM 策に係る手段を表す。
・吹き出しは防護措置の識別番号（添付 5-(7)-4）を記載している。
・冷却成功に付した片仮名は、本文のシナリオと対応している。

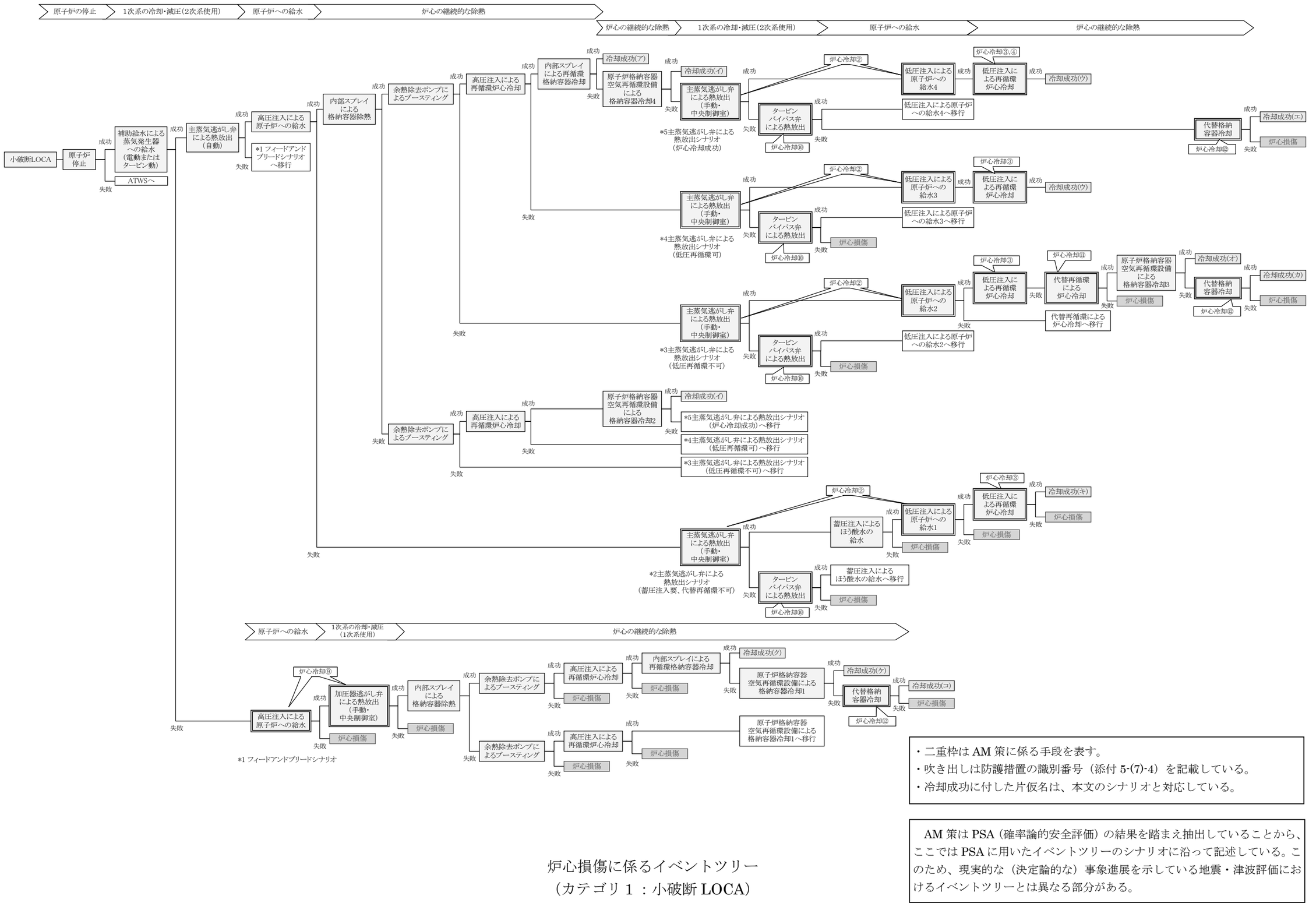
AM 策は PSA（確率論的安全評価）の結果を踏まえ抽出していることから、ここでは PSA に用いたイベントツリーのシナリオに沿って記述している。このため、現実的な（決定論的な）事象進展を示している地震・津波評価におけるイベントツリーとは異なる部分がある。



炉心損傷に係るイベントツリー
（カテゴリ１：中破断 LOCA）

・二重枠は AM 策に係る手段を表す。
・吹き出しは防護措置の識別番号（添付 5-(7)-4）を記載している。
・冷却成功に付した片仮名は、本文のシナリオと対応している。

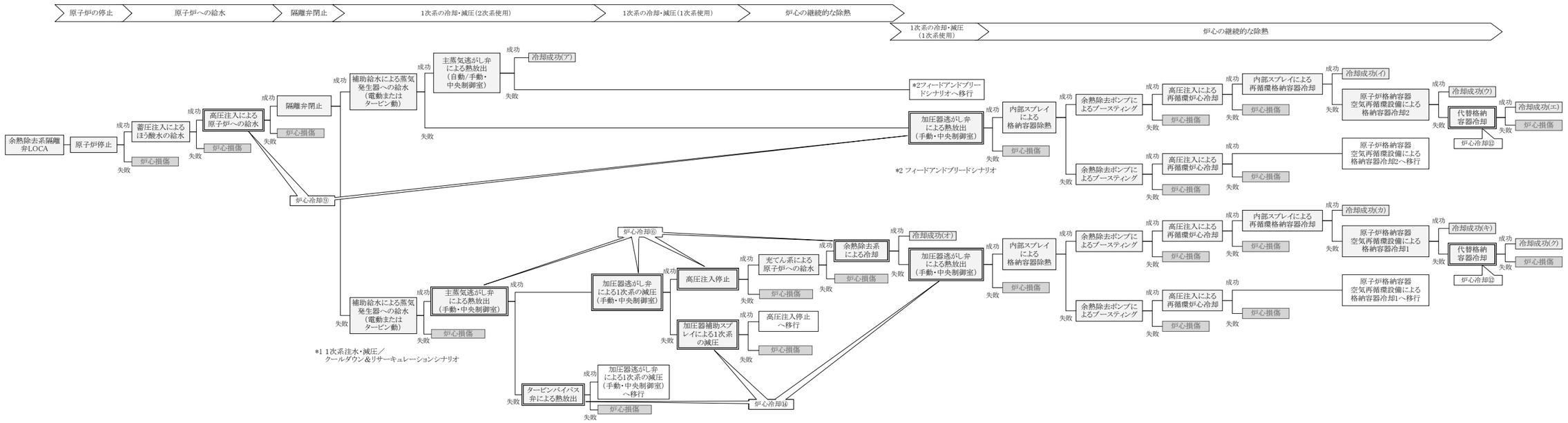
AM 策は PSA（確率論的安全評価）の結果を踏まえ抽出していることから、ここでは PSA に用いたイベントツリーのシナリオに沿って記述している。このため、現実的な（決定論的な）事象進展を示している地震・津波評価におけるイベントツリーとは異なる部分がある。



炉心損傷に係るイベントツリー
（カテゴリ１：小破断 LOCA）

・二重枠は AM 策に係る手段を表す。
・吹き出しは防護措置の識別番号（添付 5-(7)-4）を記載している。
・冷却成功に付した片仮名は、本文のシナリオと対応している。

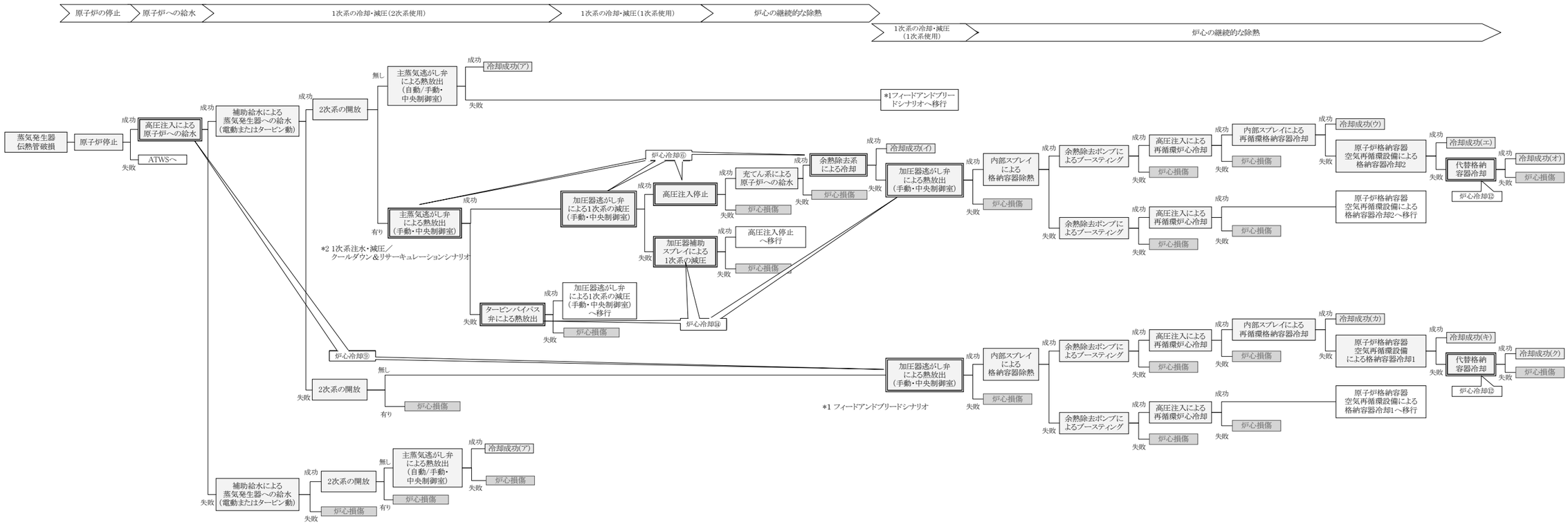
AM 策は PSA（確率論的安全評価）の結果を踏まえ抽出していることから、ここでは PSA に用いたイベントツリーのシナリオに沿って記述している。このため、現実的な（決定論的な）事象進展を示している地震・津波評価におけるイベントツリーとは異なる部分がある。



・二重枠は AM 策に係る手段を表す。
・吹き出しは防護措置の識別番号（添付 5-(7)-4）を記載している。
・冷却成功に付した片仮名は、本文のシナリオと対応している。

AM 策は PSA（確率論的安全評価）の結果を踏まえ抽出していることから、ここでは PSA に用いたイベントツリーのシナリオに沿って記述している。このため、現実的な（決定論的な）事象進展を示している地震・津波評価におけるイベントツリーとは異なる部分がある。

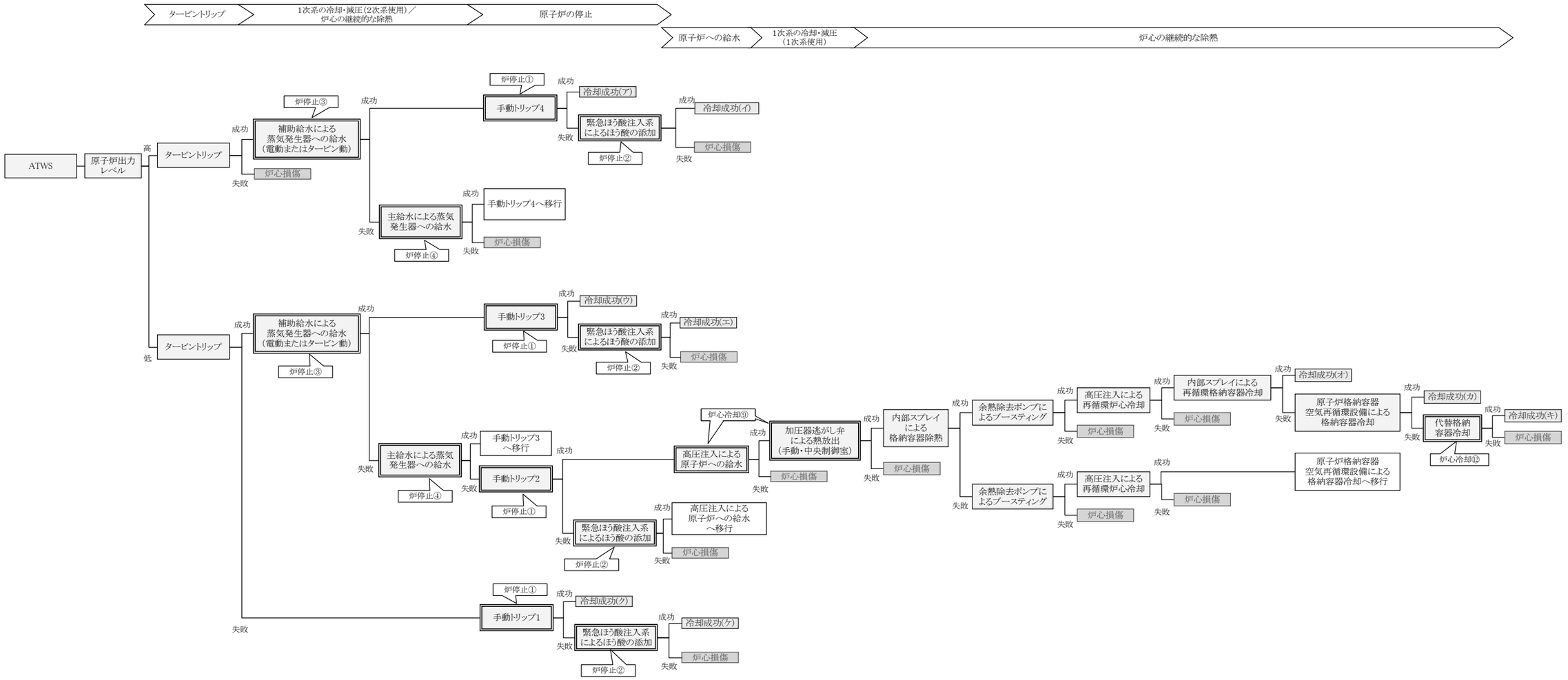
炉心損傷に係るイベントツリー
（カテゴリ２：余熱除去系隔離弁 LOCA）



炉心損傷に係るイベントツリー
（カテゴリ２：蒸気発生器伝熱管破損）

・二重枠は AM 策に係る手段を表す。
・吹き出しは防護措置の識別番号（添付 5-(7)-4）を記載している。
・冷却成功に付した片仮名は、本文のシナリオと対応している。

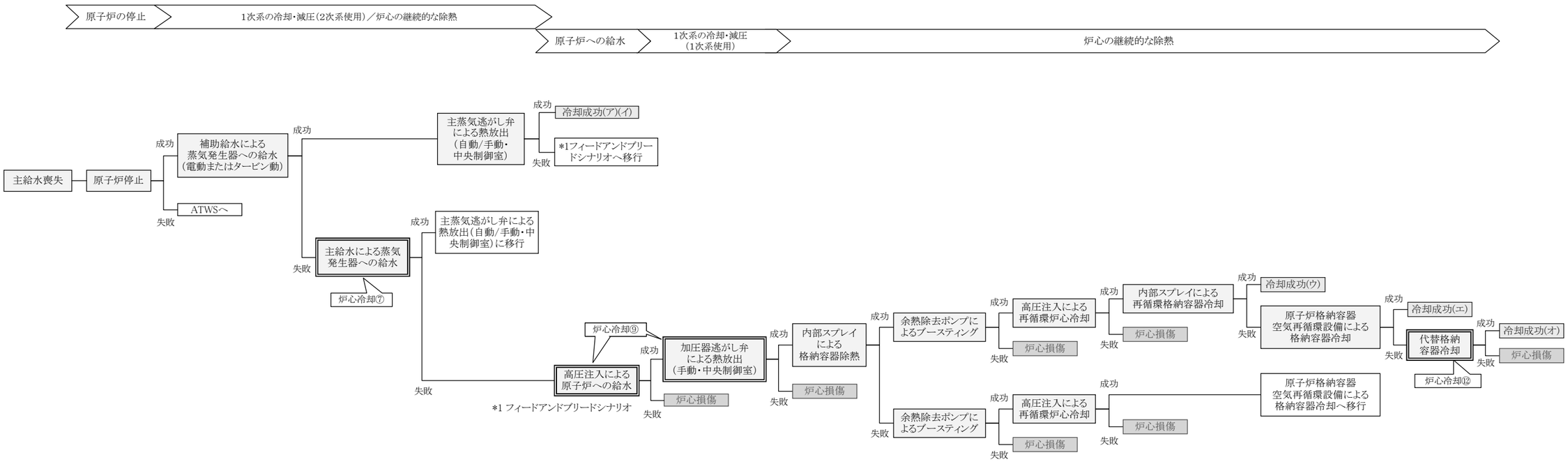
AM 策は PSA（確率論的安全評価）の結果を踏まえ抽出していることから、ここでは PSA に用いたイベントツリーのシナリオに沿って記述している。このため、現実的な（決定論的な）事象進展を示している地震・津波評価におけるイベントツリーとは異なる部分がある。



炉心損傷に係るイベントツリー
（カテゴリ３：ATWS）

・二重枠は AM 策に係る手段を表す。
・吹き出しは防護措置の識別番号（添付 5-(7)-4）を記載している。
・冷却成功に付した片仮名は、本文のシナリオと対応している。

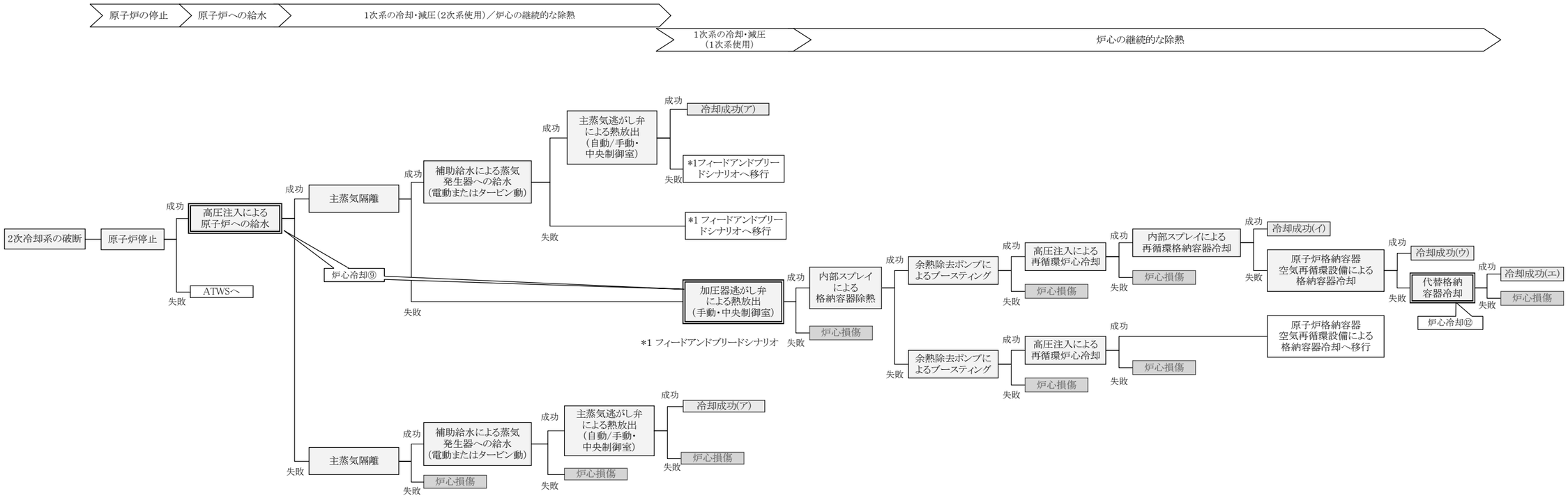
AM 策は PSA（確率論的安全評価）の結果を踏まえ抽出していることから、ここでは PSA に用いたイベントツリーのシナリオに沿って記述している。このため、現実的な（決定論的な）事象進展を示している地震・津波評価におけるイベントツリーとは異なる部分がある。



炉心損傷に係るイベントツリー
（カテゴリ４：主給水喪失）

・二重枠は AM 策に係る手段を表す。
・吹き出しは防護措置の識別番号（添付 5-(7)-4）を記載している。
・冷却成功に付した片仮名は、本文のシナリオと対応している。

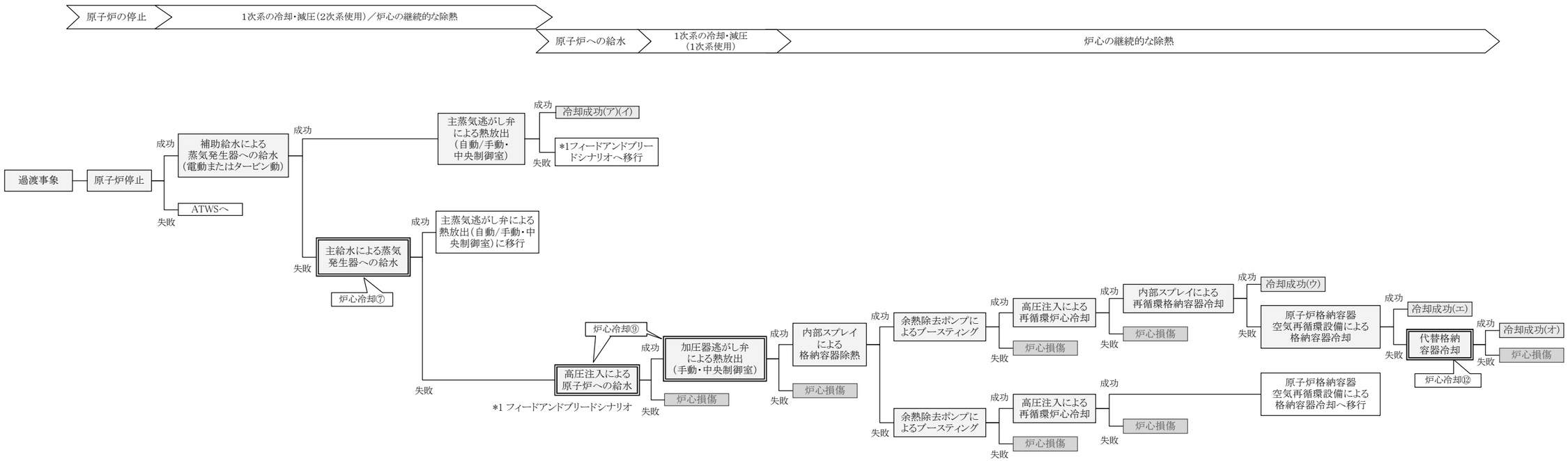
AM 策は PSA（確率論的安全評価）の結果を踏まえ抽出していることから、ここでは PSA に用いたイベントツリーのシナリオに沿って記述している。このため、現実的な（決定論的な）事象進展を示している地震・津波評価におけるイベントツリーとは異なる部分がある。



炉心損傷に係るイベントツリー
（カテゴリ４：２次冷却系の破断）

・二重枠は AM 策に係る手段を表す。
・吹き出しは防護措置の識別番号（添付 5-(7)-4）を記載している。
・冷却成功に付した片仮名は、本文のシナリオと対応している。

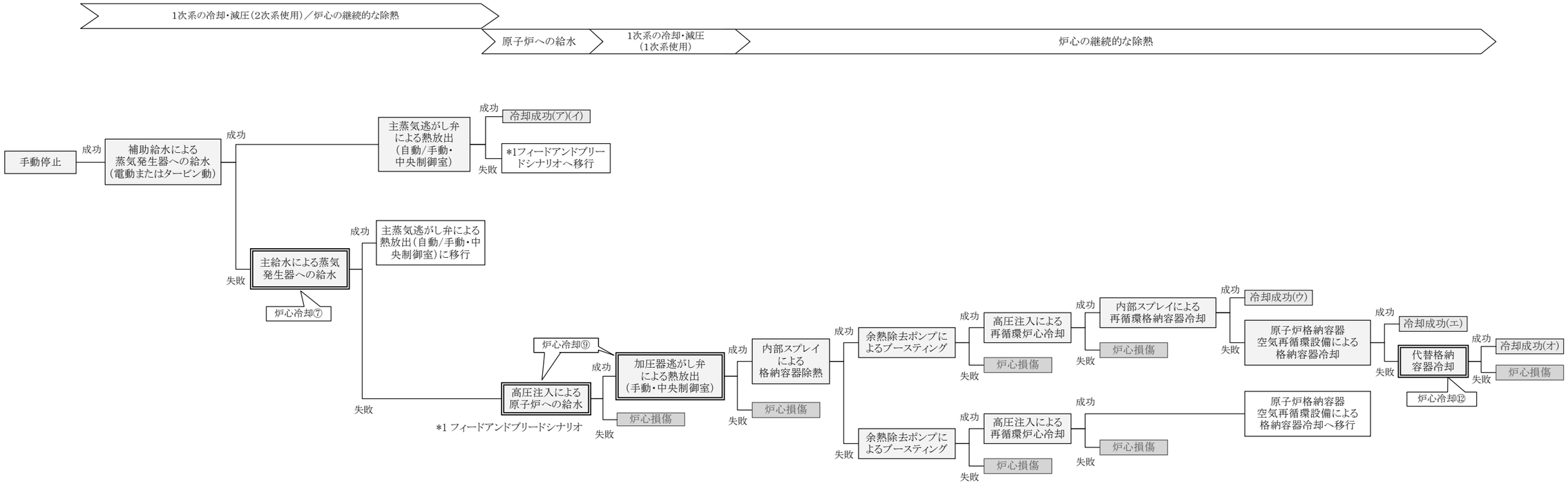
AM 策は PSA（確率論的安全評価）の結果を踏まえ抽出していることから、ここでは PSA に用いたイベントツリーのシナリオに沿って記述している。このため、現実的な（決定論的な）事象進展を示している地震・津波評価におけるイベントツリーとは異なる部分がある。



炉心損傷に係るイベントツリー
（カテゴリ４：過渡事象）

・二重枠は AM 策に係る手段を表す。
・吹き出しは防護措置の識別番号（添付 5-(7)-4）を記載している。
・冷却成功に付した片仮名は、本文のシナリオと対応している。

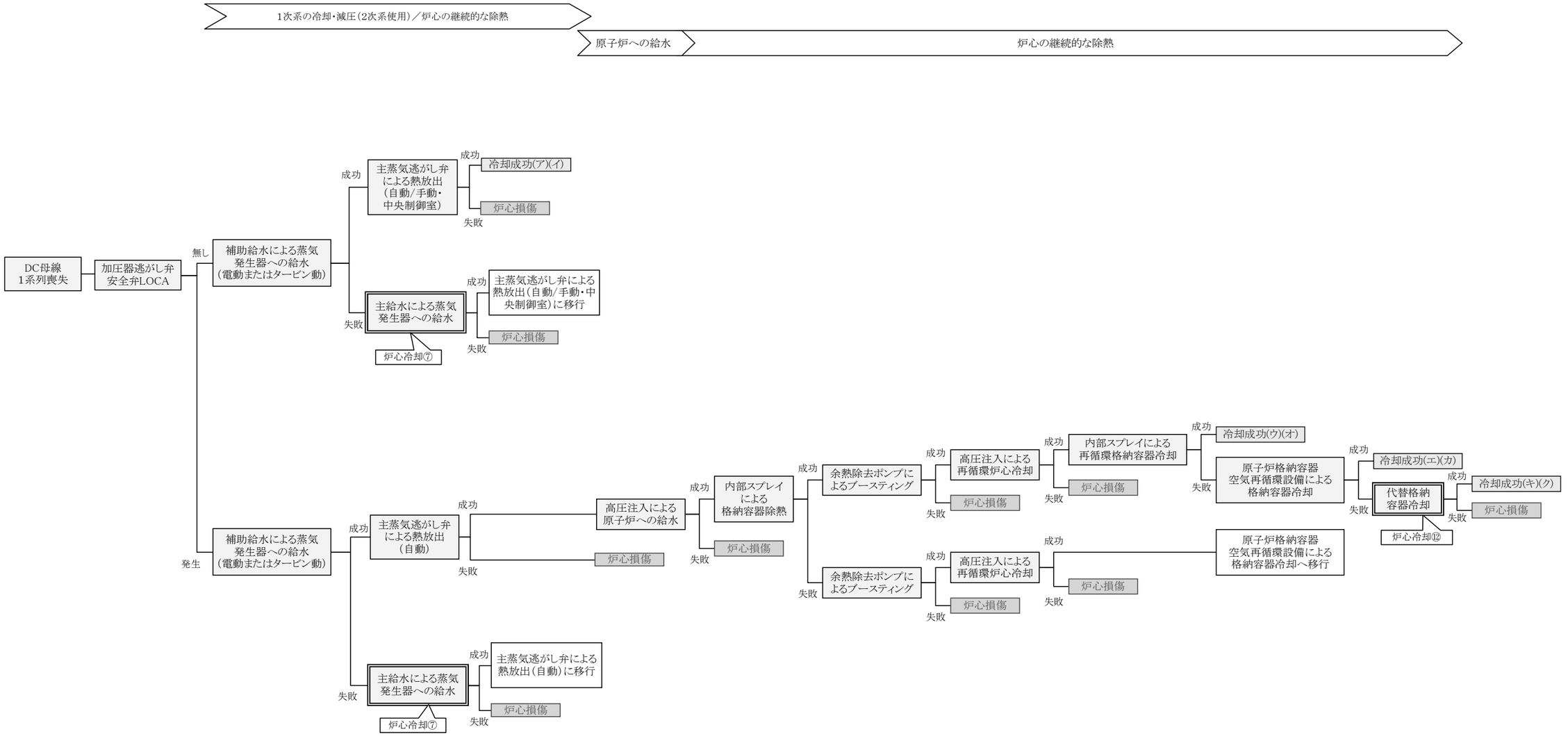
AM 策は PSA（確率論的安全評価）の結果を踏まえ抽出していることから、ここでは PSA に用いたイベントツリーのシナリオに沿って記述している。このため、現実的な（決定論的な）事象進展を示している地震・津波評価におけるイベントツリーとは異なる部分がある。



炉心損傷に係るイベントツリー
（カテゴリ４：手動停止）

・二重枠は AM 策に係る手段を表す。
・吹き出しは防護措置の識別番号（添付 5-(7)-4）を記載している。
・冷却成功に付した片仮名は、本文のシナリオと対応している。

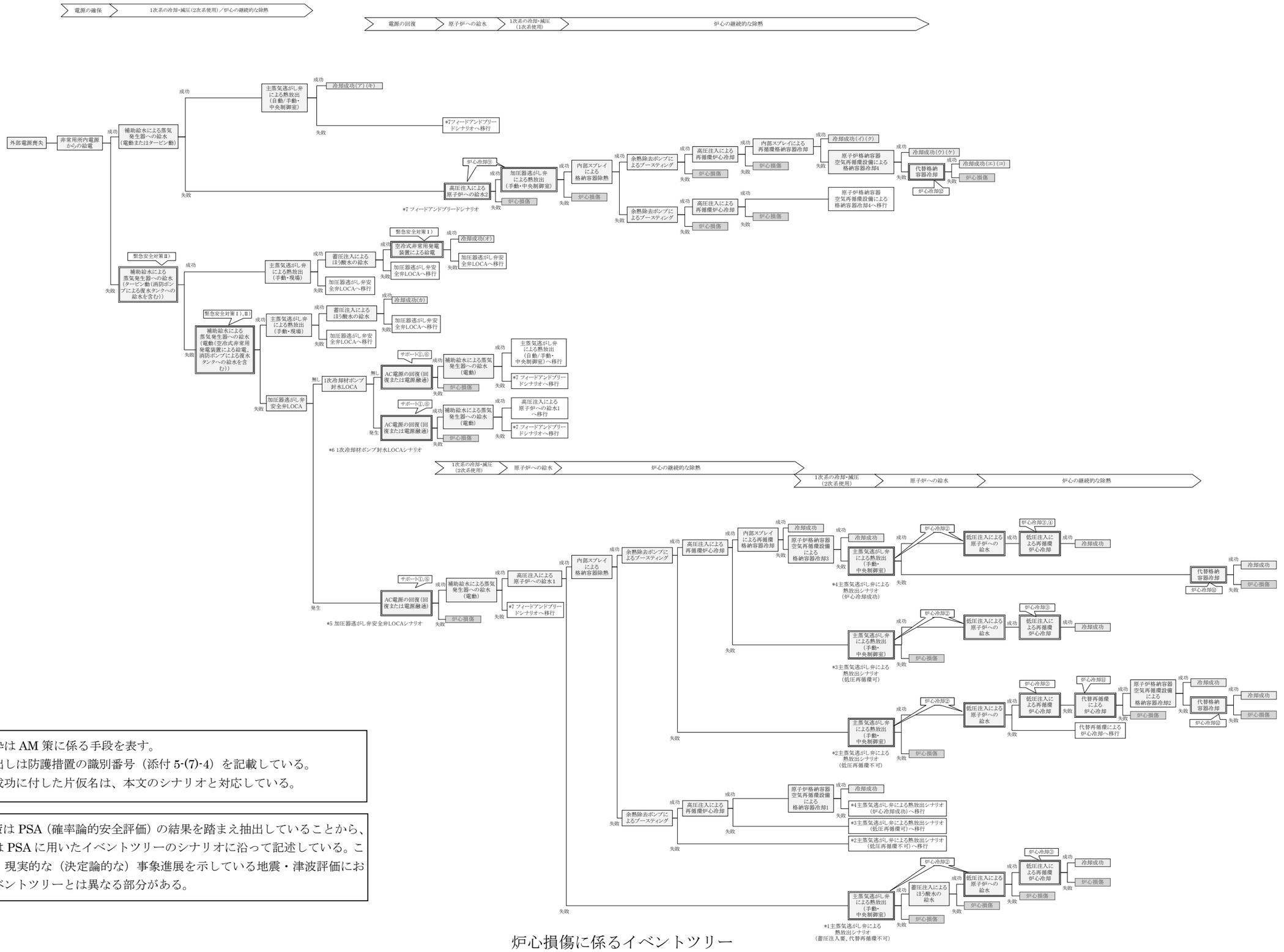
AM 策は PSA（確率論的安全評価）の結果を踏まえ抽出していることから、ここでは PSA に用いたイベントツリーのシナリオに沿って記述している。このため、現実的な（決定論的な）事象進展を示している地震・津波評価におけるイベントツリーとは異なる部分がある。



炉心損傷に係るイベントツリー
（カテゴリ 4 ：DC 母線 1 系列喪失）

・二重枠は AM 策に係る手段を表す。
・吹き出しは防護措置の識別番号（添付 5-(7)-4）を記載している。
・冷却成功に付した片仮名は、本文のシナリオと対応している。

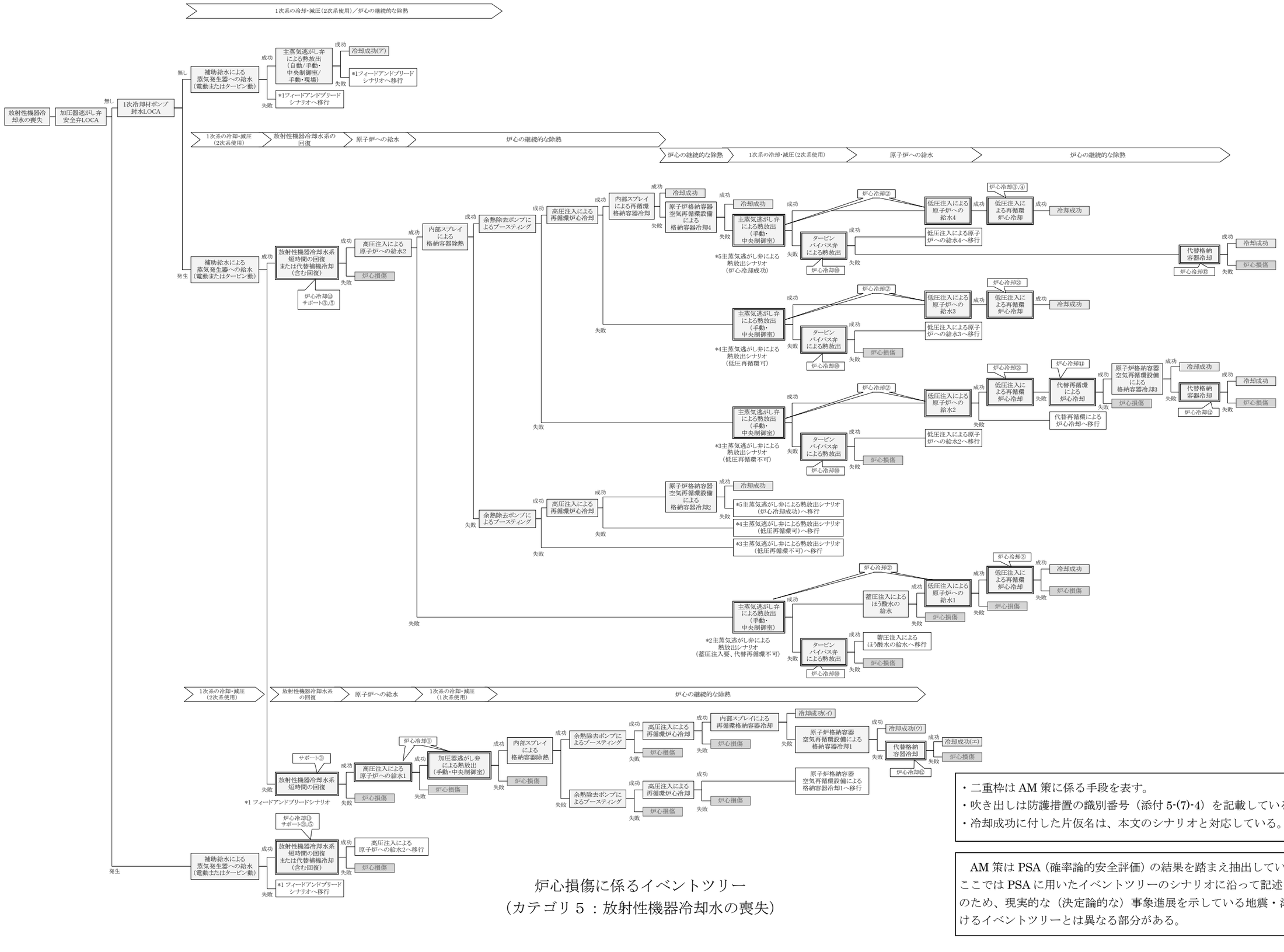
AM 策は PSA（確率論的安全評価）の結果を踏まえ抽出していることから、ここでは PSA に用いたイベントツリーのシナリオに沿って記述している。このため、現実的な（決定論的な）事象進展を示している地震・津波評価におけるイベントツリーとは異なる部分がある。



・二重枠は AM 策に係る手段を表す。
・吹き出しは防護措置の識別番号（添付 5-(7)-4）を記載している。
・冷却成功に付した片仮名は、本文のシナリオと対応している。

AM 策は PSA（確率論的安全評価）の結果を踏まえ抽出していることから、ここでは PSA に用いたイベントツリーのシナリオに沿って記述している。このため、現実的な（決定論的な）事象進展を示している地震・津波評価におけるイベントツリーとは異なる部分がある。

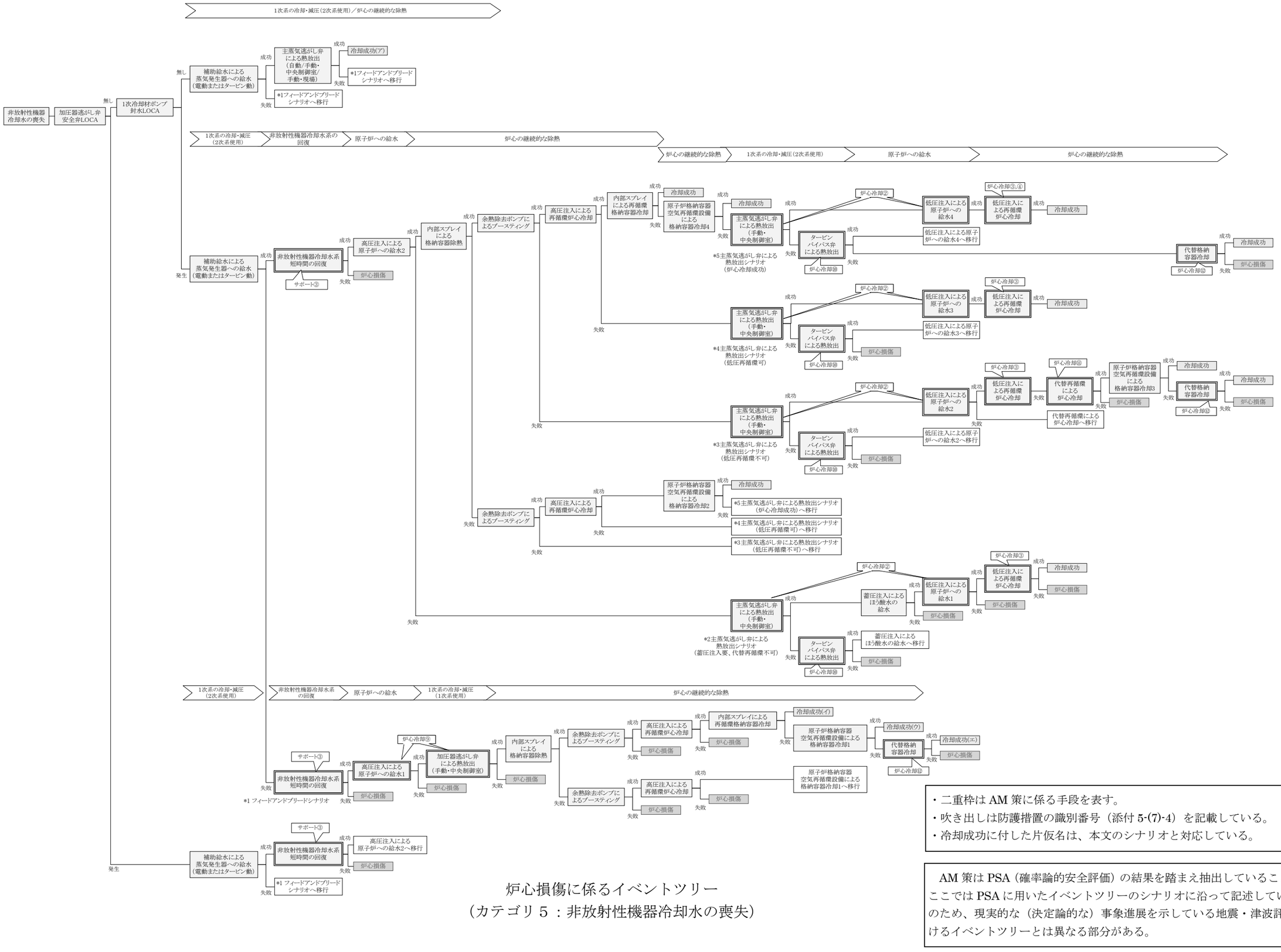
炉心損傷に係るイベントツリー
（カテゴリ５：外部電源喪失）



炉心損傷に係るイベントツリー
（カテゴリ５：放射性機器冷却水の喪失）

・二重枠は AM 策に係る手段を表す。
・吹き出しは防護措置の識別番号（添付 5-(7)-4）を記載している。
・冷却成功に付した片仮名は、本文のシナリオと対応している。

AM 策は PSA（確率論的安全評価）の結果を踏まえ抽出していることから、ここでは PSA に用いたイベントツリーのシナリオに沿って記述している。このため、現実的な（決定論的な）事象進展を示している地震・津波評価におけるイベントツリーとは異なる部分がある。



炉心損傷に係るイベントツリー
（カテゴリ５：非放射性機器冷却水の喪失）

・二重枠は AM 策に係る手段を表す。
・吹き出しは防護措置の識別番号（添付 5-(7)-4）を記載している。
・冷却成功に付した片仮名は、本文のシナリオと対応している。

AM 策は PSA（確率論的安全評価）の結果を踏まえ抽出していることから、ここでは PSA に用いたイベントツリーのシナリオに沿って記述している。このため、現実的な（決定論的な）事象進展を示している地震・津波評価におけるイベントツリーとは異なる部分がある。

炉心損傷に係るイベントツリーと防護措置の関係

機能	目的	防護措置	カテゴリ１			カテゴリ２		カテゴリ３	カテゴリ４					カテゴリ５		
			大破断 LOCA	中破断 LOCA	小破断 LOCA	余熱除去系隔離弁 LOCA	蒸気発生器伝熱管破損	ATWS	主給水喪失	２次冷却系の破断	過渡事象	手動停止	DC 母線１系列喪失	外部電源喪失	放射性機器冷却水の喪失	非放射性機器冷却水の喪失
原子炉の停止機能	原子炉停止機能喪失の影響緩和	①手動原子炉トリップ						○								
		②緊急ほう酸注入						○								
		③緊急２次系冷却						○								
		④緊急２次系冷却の多様化						○								
炉心冷却機能	ECCS 注入機能喪失の影響緩和	①代替注入	ECCS が自動起動しない場合及び高圧注入系が使用できる場合の防護措置として有効である。													
		②２次系強制冷却による低圧注入		○	○									○	○	○
		⑩タービンバイパス系の活用		○	○										○	○
	ECCS 再循環機能喪失の影響緩和	③２次系強制冷却による低圧再循環		○	○									○	○	○
		⑤水源補給による注入継続	○													
		⑩タービンバイパス系の活用		○	○										○	○
		⑪代替再循環	○	○	○									○	○	○
		⑬代替補機冷却													○	○
	格納容器の除熱機能喪失の影響緩和	④２次系強制冷却によるサンプ水冷却		○	○									○	○	○
		⑩タービンバイパス系の活用		○	○										○	○
		⑫格納容器内自然対流冷却	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	漏えい箇所の隔離機能喪失の影響緩和	⑥１次系注水・減圧				○	○									
		⑭クールダウン＆リサーキュレーション				○	○									
	２次系からの除熱機能喪失の影響緩和	⑦代替給水							○		○	○	○			
		⑧２次系水源補給														
		⑨フィードアンドブリード			○	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○
		⑩タービンバイパス系の活用		○	○										○	○
		Ⅱ)緊急時の最終的な除熱機能の確保（復水タンクへの給水の多様化）												○		
安全機能のサポート機能	電源喪失の影響緩和	①電源復旧												○		
		②直流電源確保	全交流電源喪失時に蓄電池を効果的に利用するための防護措置として有効である。													
		⑥号機間電源融通												○		
		Ⅰ)緊急時の電源確保（空冷式非常用発電装置による給電）												○		
	補機冷却水喪失の影響緩和	③補機冷却水系回復													○	○
		⑤代替補機冷却													○	
	制御用空気喪失の影響緩和	④代替制御用空気供給	空気作動弁の作動等制御用空気が要求される場合の代替措置として有効である。													

※表中、起因事象毎に有効な防護措置を○で示した。

※網掛けは、緊急安全対策またはシビアアクシデントへの対応に関する措置として、東日本大震災後新たに整備したもの。

格納容器雰囲気直接加熱

１次系が高圧状態で原子炉容器が破損し、高温の溶融物が噴出・分散放出されると、溶融物の微細化により雰囲気ガスへの熱移動及び化学反応が促進され、格納容器内雰囲気が溶融物から直接加熱される。

格納容器直接接触

１次系が高圧状態で原子炉容器が破損し、噴出･分散放出された高温の溶融物が格納容器に直接接触する。

ホットレグクリープ破損

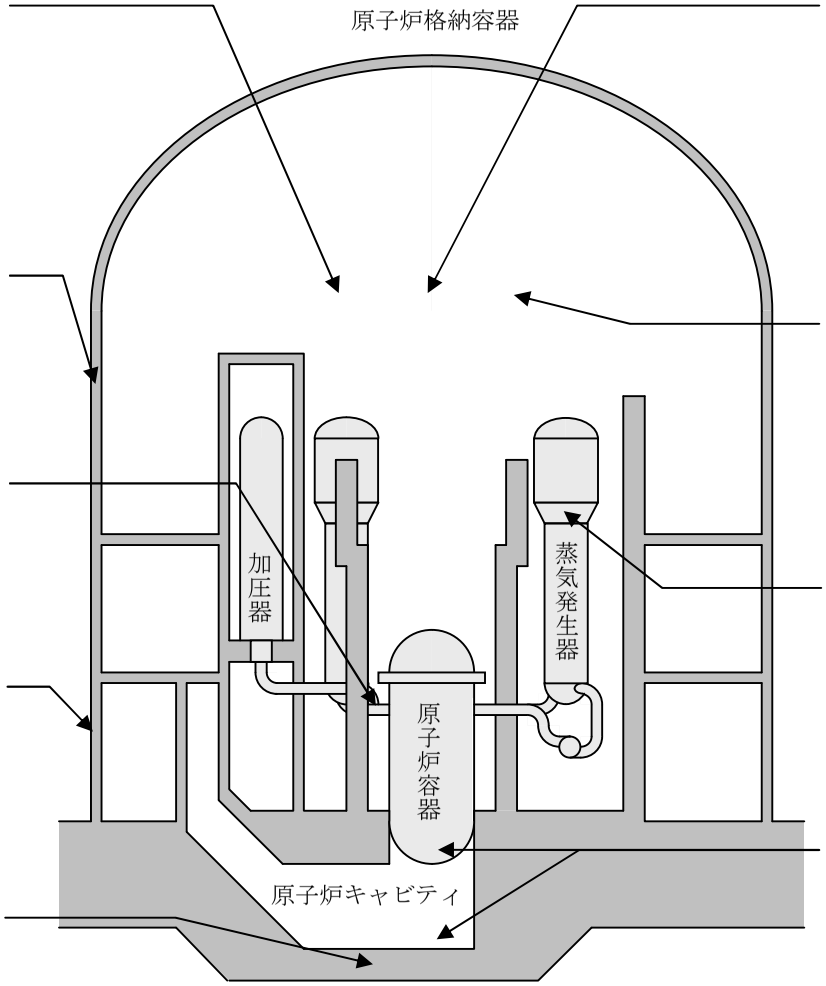
炉心部で加熱されたガスの流れにより高温となったホットレグに荷重が加わり、クリープ変形を起こし、破損する。

過温

格納容器内に水が十分に存在しない状態で崩壊熱により格納容器内雰囲気が加熱され、格納容器内の温度が異常に上昇して過熱状態となり、貫通部などが破損する。

ベースマット溶融貫通

原子炉キャビティに水がない状態で高温の溶融炉心が落下し、床面のコンクリートが熱分解されて溶融・侵食が起こり、ベースマットの貫通に至る。



可燃性ガスの高濃度での燃焼

燃料被覆管のジルコニウムと水蒸気との反応及びコアーコンクリート反応等で発生した水素が高濃度となり、何らかの着火源の存在により着火、燃焼する。

準静的過圧

格納容器内での水蒸気及び非凝縮性ガスの蓄積、格納容器内の温度上昇等により格納容器内の圧力が上昇し、耐圧限界を超える。

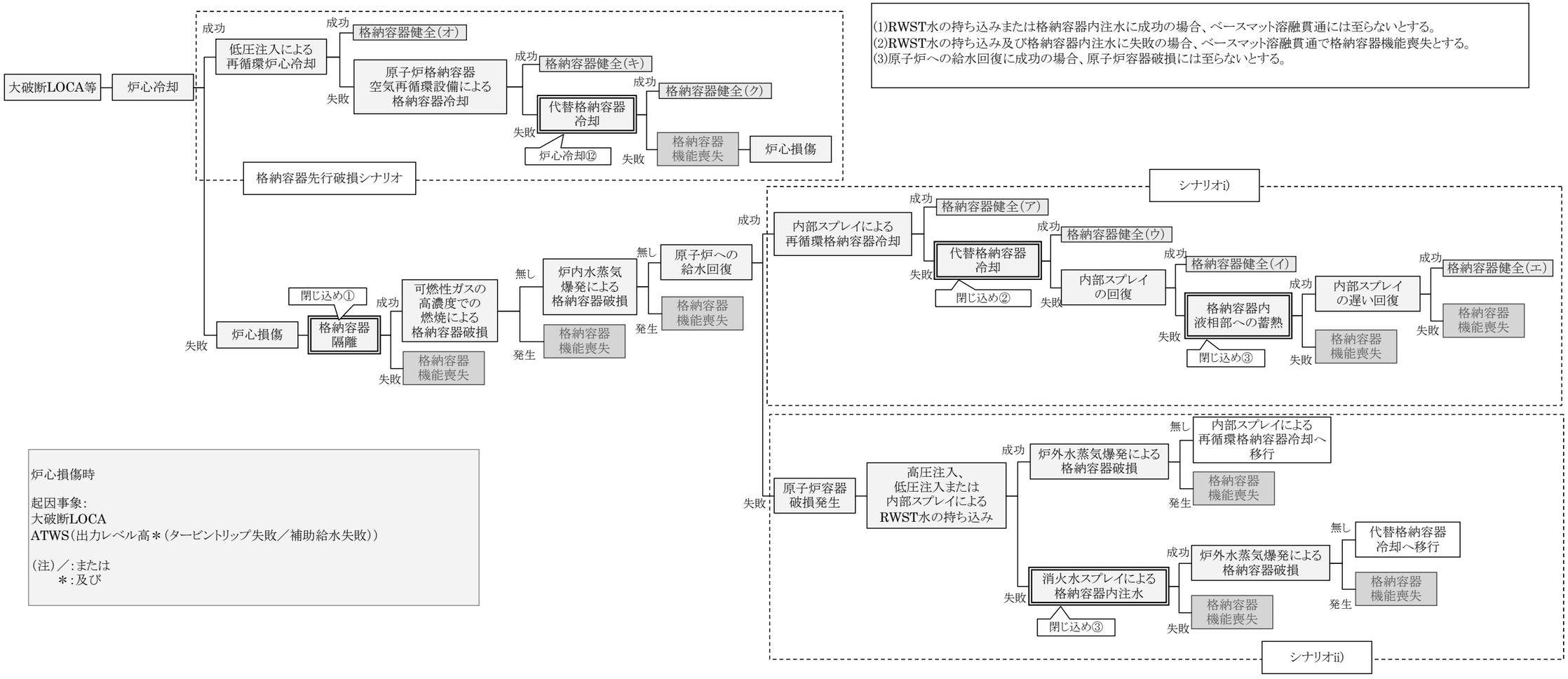
誘因蒸気発生器伝熱管破損

炉心部で加熱されたガスの流れにより高温となった蒸気発生器伝熱管に荷重が加わり、クリープ変形を起こし、破損する。

水蒸気爆発（炉内・炉外）

高温の溶融物が原子炉容器下部（炉内）及び原子炉キャビティ（炉外）に落下し、落下先にある水と接触することで激しい水蒸気生成が起こり、圧力スパイクが発生する。

格納容器内での事象進展に係る物理現象



(1)RWST水の持ち込みまたは格納容器内注水に成功の場合、ベースマット溶融貫通には至らないとする。
(2)RWST水の持ち込み及び格納容器内注水に失敗の場合、ベースマット溶融貫通で格納容器機能喪失とする。
(3)原子炉への給水回復に成功の場合、原子炉容器破損には至らないとする。

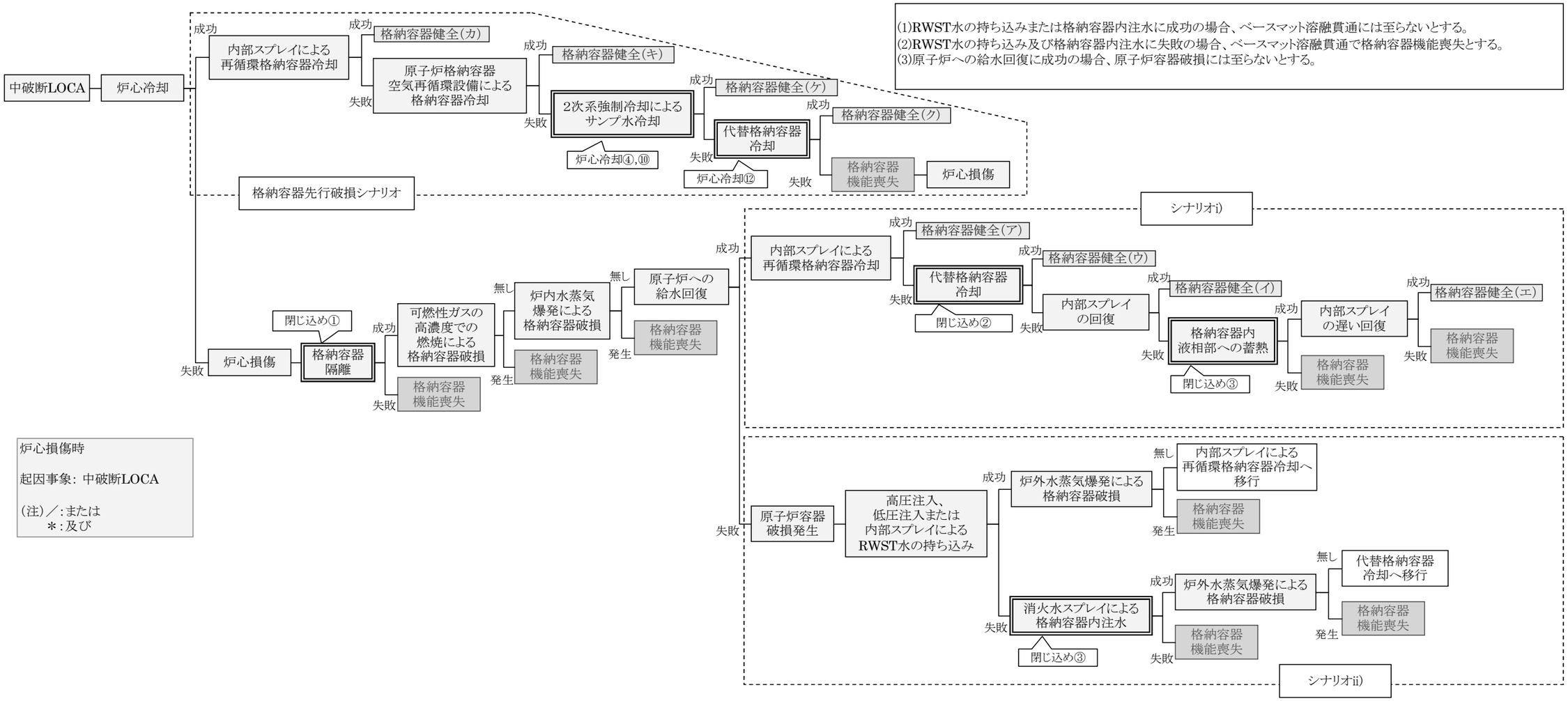
炉心損傷時

起因事象:
大破断LOCA
ATWS(出力レベル高＊(タービントリップ失敗／補助給水失敗))

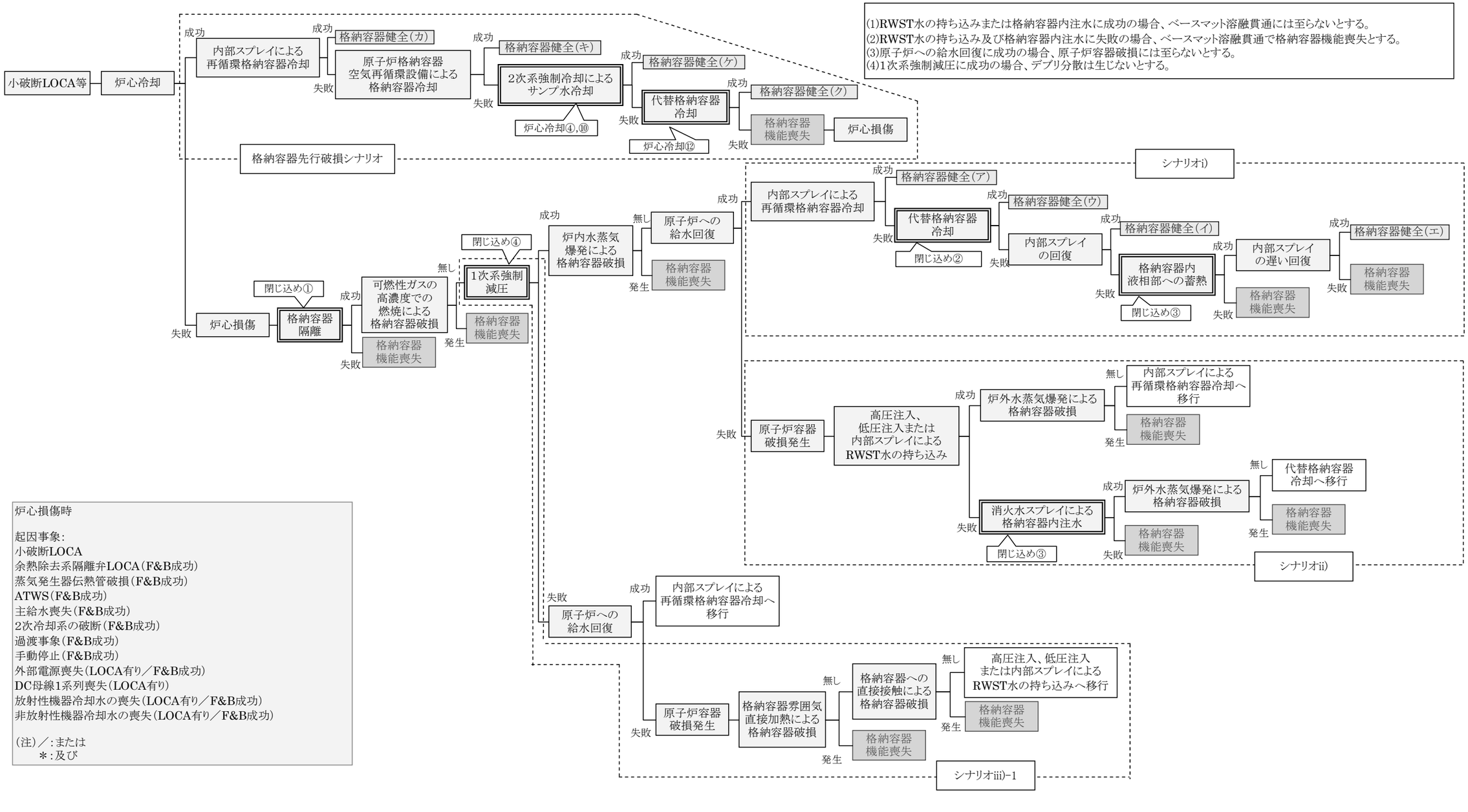
(注)／:または
＊:及び

・二重枠は AM 策に係る手段を表す。
・吹き出しは防護措置の識別番号（添付 5-(7)-4）を記載している。
・格納容器健全に付した片仮名は、本文のシナリオと対応している。

格納容器機能喪失に係るイベントツリー
（グループ１：大破断 LOCA 等）



格納容器機能喪失に係るイベントツリー
（グループ 2：中破断 LOCA）



炉心損傷時

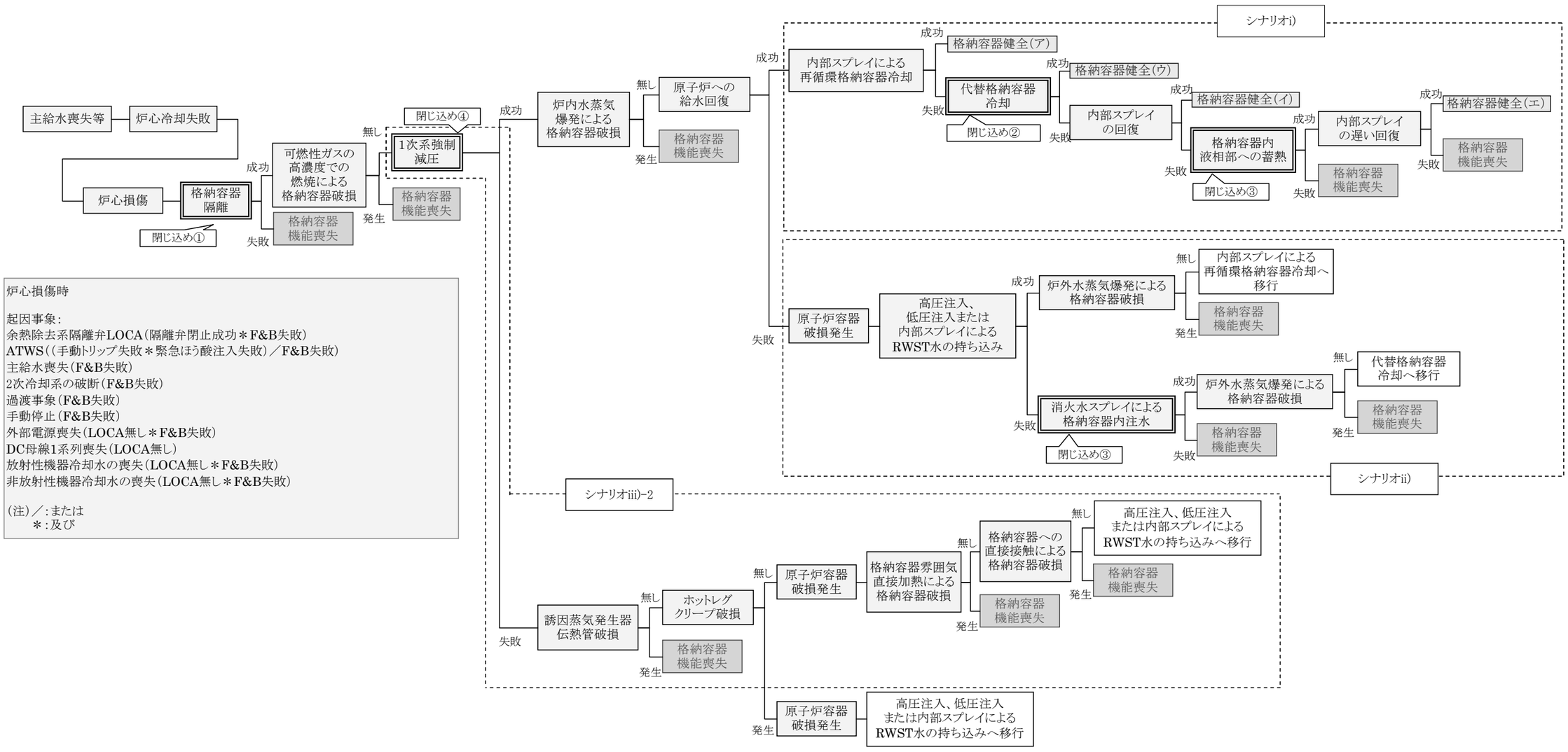
起因事象:
小破断LOCA
余熱除去系隔離弁LOCA(F&B成功)
蒸気発生器伝熱管破損(F&B成功)
ATWS(F&B成功)
主給水喪失(F&B成功)
2次冷却系の破断(F&B成功)
過渡事象(F&B成功)
手動停止(F&B成功)
外部電源喪失(LOCA有り／F&B成功)
DC母線1系列喪失(LOCA有り)
放射性機器冷却水の喪失(LOCA有り／F&B成功)
非放射性機器冷却水の喪失(LOCA有り／F&B成功)

(注)／:または
＊:及び

・二重枠は AM 策に係る手段を表す。
・吹き出しは防護措置の識別番号（添付 5-(7)-4）を記載している。
・格納容器健全に付した片仮名は、本文のシナリオと対応している。

格納容器機能喪失に係るイベントツリー
（グループ 3：小破断 LOCA 等）

(1)RWST水の持ち込みまたは格納容器内注水に成功の場合、ベースマット溶融貫通には至らないとする。
(2)RWST水の持ち込み及び格納容器内注水に失敗の場合、ベースマット溶融貫通で格納容器機能喪失とする。
(3)原子炉への給水回復に成功の場合、原子炉容器破損には至らないとする。
(4)1次系強制減圧に成功の場合、デブリ分散は生じないとする。
(5)1次系強制減圧に失敗の場合、原子炉への給水回復は失敗とする。



炉心損傷時

起因事象:
余熱除去系隔離弁LOCA(隔離弁閉止成功＊F&B失敗)
ATWS((手動トリップ失敗＊緊急ほう酸注入失敗)／F&B失敗)
主給水喪失(F&B失敗)
2次冷却系の破断(F&B失敗)
過渡事象(F&B失敗)
手動停止(F&B失敗)
外部電源喪失(LOCA無し＊F&B失敗)
DC母線1系列喪失(LOCA無し)
放射性機器冷却水の喪失(LOCA無し＊F&B失敗)
非放射性機器冷却水の喪失(LOCA無し＊F&B失敗)

(注)／:または
　　＊:及び

・二重枠は AM 策に係る手段を表す。
・吹き出しは防護措置の識別番号（添付 5-(7)-4）を記載している。
・格納容器健全に付した片仮名は、本文のシナリオと対応している。

格納容器機能喪失に係るイベントツリー
（グループ 4：主給水喪失等）

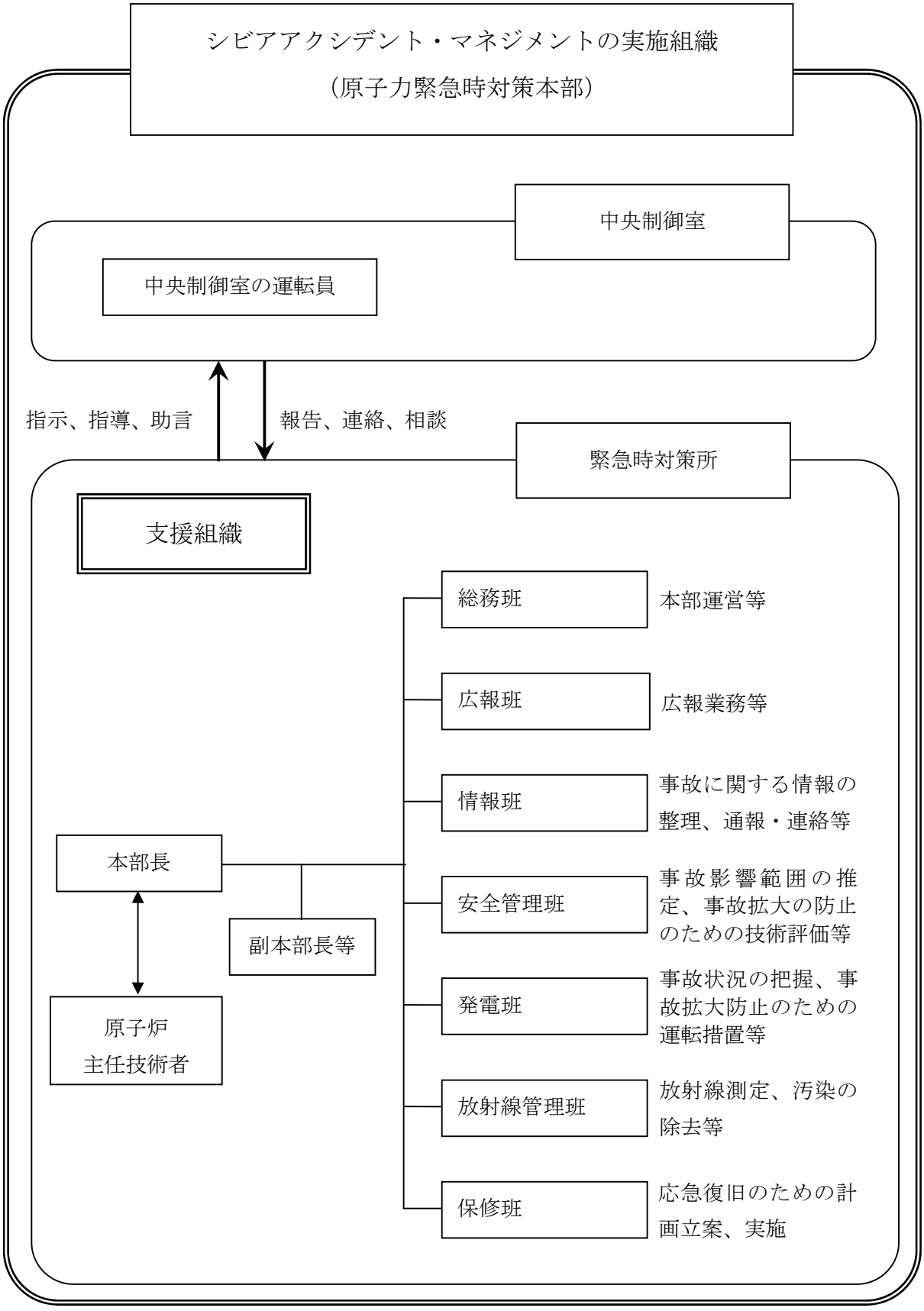
格納容器機能喪失に係るイベントツリーと防護措置の関係

機能	目的	防護措置	グループ１	グループ２	グループ３	グループ４	グループ５
炉心冷却機能	格納容器の除熱機能喪失の影響緩和	④２次系強制冷却によるサンプ水冷却		○	○		
		⑩タービンバイパス系の活用		○	○		
		⑫格納容器内自然対流冷却	○	○	○		○
	漏えい箇所の隔離機能喪失の影響緩和	⑥１次系注水・減圧					○
		⑭クールダウン＆リサーキュレーション					○
	２次系からの除熱機能喪失の影響緩和	⑨フィードアンドブリード					○
放射性物質の閉じ込め機能	格納容器の除熱機能喪失の影響緩和	②格納容器内自然対流冷却	○	○	○	○	
		③格納容器内注水	○	○	○	○	
		④１次系強制減圧			○	○	
	格納容器隔離機能喪失の影響緩和	①格納容器手動隔離	○	○	○	○	
	水素発生の影響緩和	ⅳ)水素爆発防止対策（アニュラスの排気）	格納容器外に水素が漏えいした場合の防護措置として有効である。				
安全機能のサポート機能	電源喪失の影響緩和	①電源復旧	サポート機能が喪失している場合は、添付 5-(7)-4 にまとめた安全機能のサポート機能に係る防護措置が有効である。				
		②直流電源確保					
		⑥号機間電源融通					
		Ⅰ)緊急時の電源確保（空冷式非常用発電装置による給電）					
	補機冷却水喪失の影響緩和	③補機冷却水系回復					
		⑤代替補機冷却					
	制御用空気喪失の影響緩和	④代替制御用空気供給					

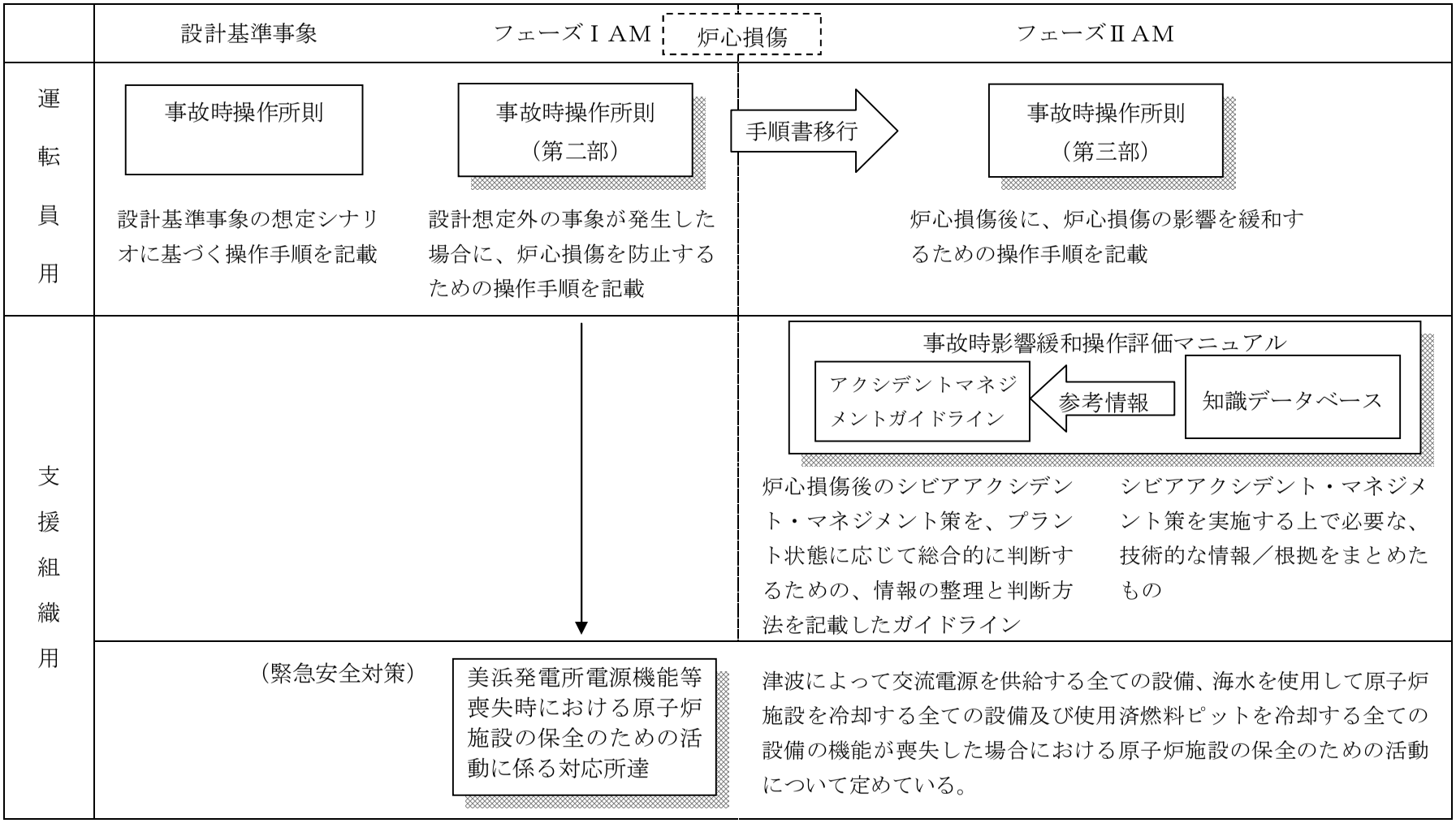
※表中、グループ毎に有効な防護措置を○で示した。

※グループ５は、「炉心損傷に係るイベントツリーと防護措置の関係」における「余熱除去系隔離弁 LOCA」及び「蒸気発生器伝熱管破損」に同じ。

※網掛けは、緊急安全対策またはシビアアクシデントへの対応に関する措置として、東日本大震災後新たに整備したもの。



シビアアクシデント・マネジメントの実施組織の概要



シビアアクシデント・マネジメント関連手順書類の構成概要