

## 2.2 高圧溶融物放出/格納容器雰囲気直接加熱

## 2.3 原子炉圧力容器外の溶融燃料-冷却材相互作用

## 2.5 溶融炉心・コンクリート相互作用

### 特徴

#### (2.2)

発電用原子炉の運転中に運転時の異常な過渡変化又は全交流動力電源喪失が発生するとともに、非常用炉心冷却系等の安全機能の喪失が重畳する。このため、緩和措置がとられない場合には、原子炉圧力が高い状態で原子炉圧力容器が損傷し、溶融炉心、水蒸気、水素ガス等が急速に放出され、原子炉格納容器雰囲気が直接加熱されることにより、急速に格納容器圧力が上昇する等、原子炉格納容器に熱的・機械的な負荷が発生して原子炉格納容器の破損に至る。

#### (2.3)

発電用原子炉の運転中に運転時の異常な過渡変化、原子炉冷却材喪失事故（LOCA）又は全交流動力電源喪失が発生するとともに、非常用炉心冷却系等の安全機能の喪失が重畳する。このため、緩和措置がとられない場合には、溶融炉心と原子炉圧力容器外の原子炉冷却材が接触して一時的な格納容器圧力の急上昇が生じ、このときに発生するエネルギーが大きい場合に構造物が破壊され原子炉格納容器の破損に至る。

#### (2.5)

発電用原子炉の運転中に運転時の異常な過渡変化、原子炉冷却材喪失事故（LOCA）又は全交流動力電源喪失が発生するとともに、非常用炉心冷却系等の安全機能の喪失が重畳する。このため、緩和措置がとられない場合には、原子炉圧力容器内の溶融炉心が原子炉格納容器内へ流れ出し、溶融炉心からの崩壊熱や化学反応によって、原子炉格納容器下部のコンクリートが侵食され、原子炉格納容器の構造材の支持機能を喪失し、原子炉格納容器の破損に至る。

### 基本的な考え方

#### (2.2)

溶融炉心、水蒸気及び水素ガスの急速な放出に伴い原子炉格納容器に熱的・機械的な負荷が加えられることを防止するため、原子炉圧力容器破損までに逃がし安全弁の自動開操作により原子炉減圧を実施することによって、原子炉格納容器の破損を防止する。

また、原子炉圧力容器の下部から溶融炉心が落下するまでに、格納容器下部注水系（常設）によって原子炉格納容器下部に溶融炉心の冷却に十分な水位及び水量を確保するとともに、溶融炉心が落下するまで、代替格納容器スプレー冷却系（常設）による原子炉格納容器冷却を実施する。溶融炉心の落下後は、格納容器下部注水系（常設）によって溶融炉心を冷却するとともに、代替格納容器スプレー冷却系（常設）による原子炉格納容器冷却を実施する。その後、代替循環冷却系又は格納容器圧力逃がし装置によって原子炉格納容器の圧力及び温度を低下させる。

#### (2.3)

原子炉格納容器を冷却及び除熱し、溶融炉心から原子炉格納容器下部の原子炉冷却材への伝熱による、水蒸気発生に伴う格納容器圧力の上昇を抑制することにより、原子炉格納容器の破損を防止する。

また、溶融炉心の落下後は、格納容器下部注水系（常設）によって溶融炉心を冷却するとともに、代替格納容器スプレー冷却系（常設）による原子炉格納容器冷却を実施する。その後、代替循環冷却系又は格納容器圧力逃がし装置によって原子炉格納容器の圧力及び温度を低下させる。

#### (2.5)

原子炉圧力容器の下部から溶融炉心が落下する時点で、原子炉格納容器下部に溶融炉心の冷却に十分な水位及び水量を確保し、かつ、溶融炉心の落下後は、格納容器下部注水系（常設）によって溶融炉心を冷却することにより、原子炉格納容器の破損を防止するとともに、溶融炉心・コンクリート相互作用による水素ガス発生を抑制する。

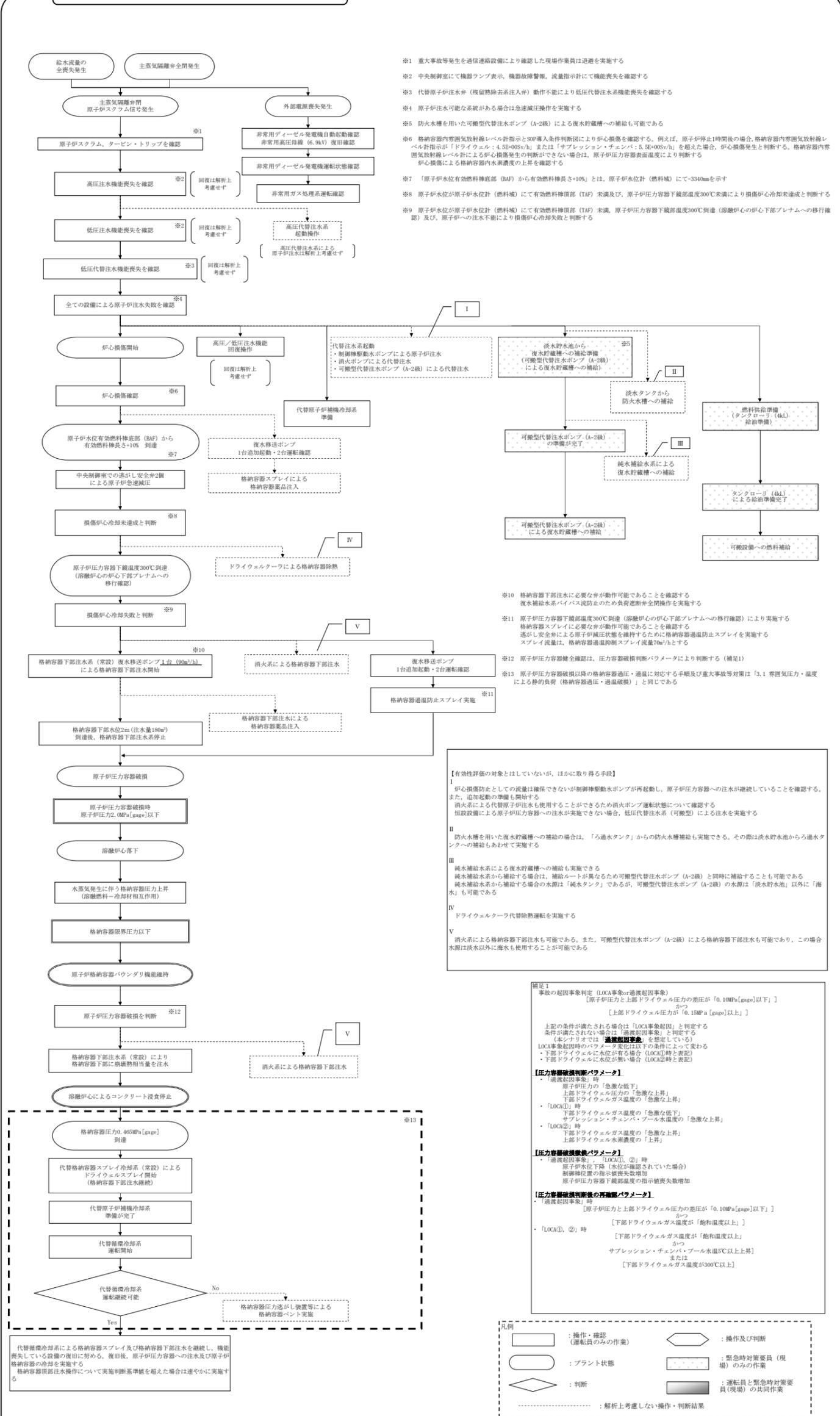
また、溶融炉心の落下後は、格納容器下部注水系（常設）によって溶融炉心を冷却するとともに、代替格納容器スプレー冷却系（常設）による原子炉格納容器冷却を実施する。その後、代替循環冷却系又は格納容器圧力逃がし装置によって原子炉格納容器の圧力及び温度を低下させる。

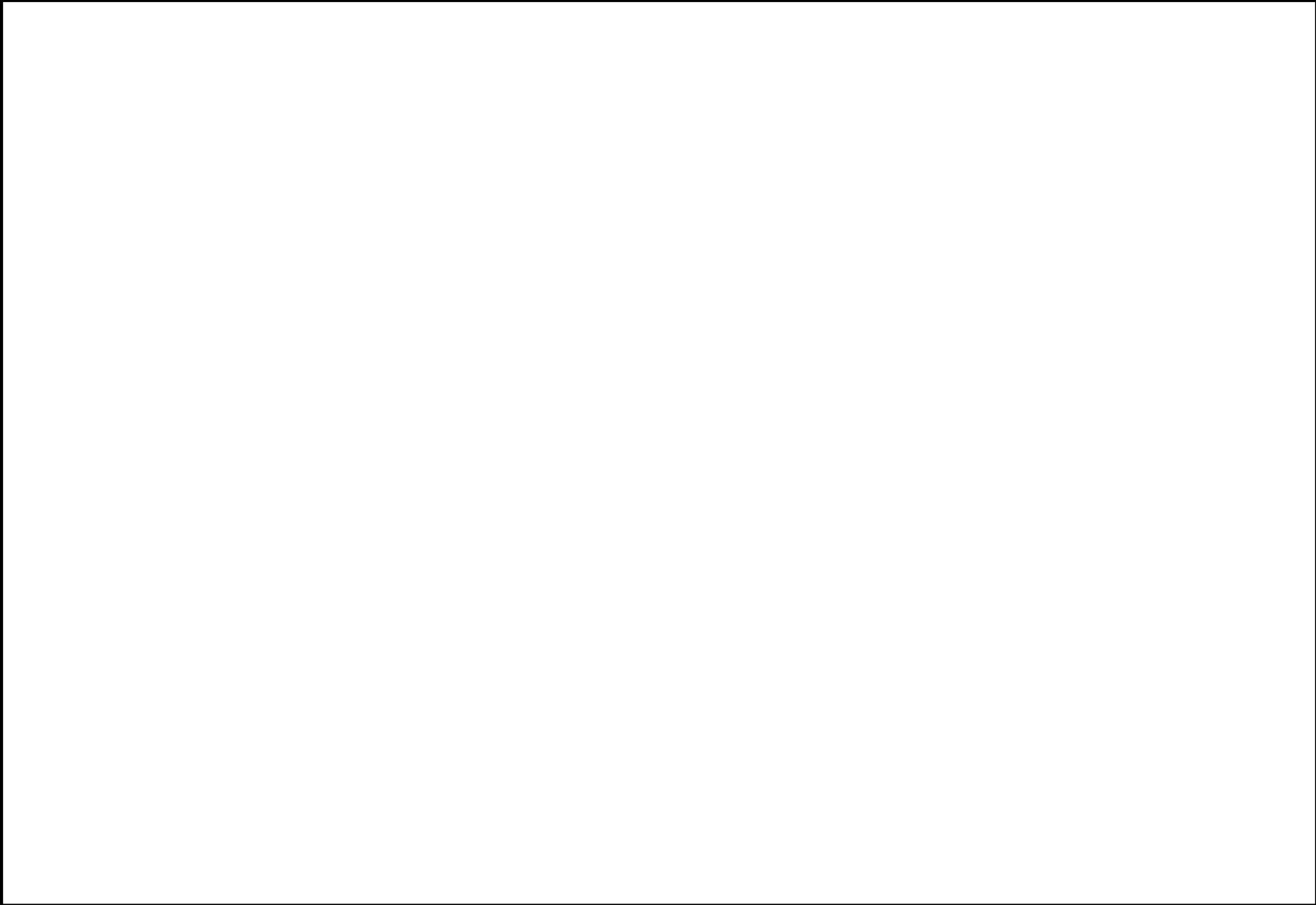
### 対応手順の概要

- 原子炉スクラム確認
- 高圧・低圧注水機能喪失確認
- 炉心損傷確認
- 水素濃度監視
- 逃がし安全弁による原子炉急速減圧
- 代替格納容器スプレー冷却系（常設）による原子炉格納容器冷却
- 原子炉格納容器下部への注水
- 原子炉圧力容器破損確認
- 溶融炉心への注水
- 代替循環冷却系による溶融炉心冷却及び原子炉格納容器除熱

事故シーケンス「原子炉圧力容器外の溶融燃料-冷却材相互作用」及び「溶融炉心・コンクリート相互作用」は「高圧溶融物放出/格納容器雰囲気直接加熱」と同じ手順である。

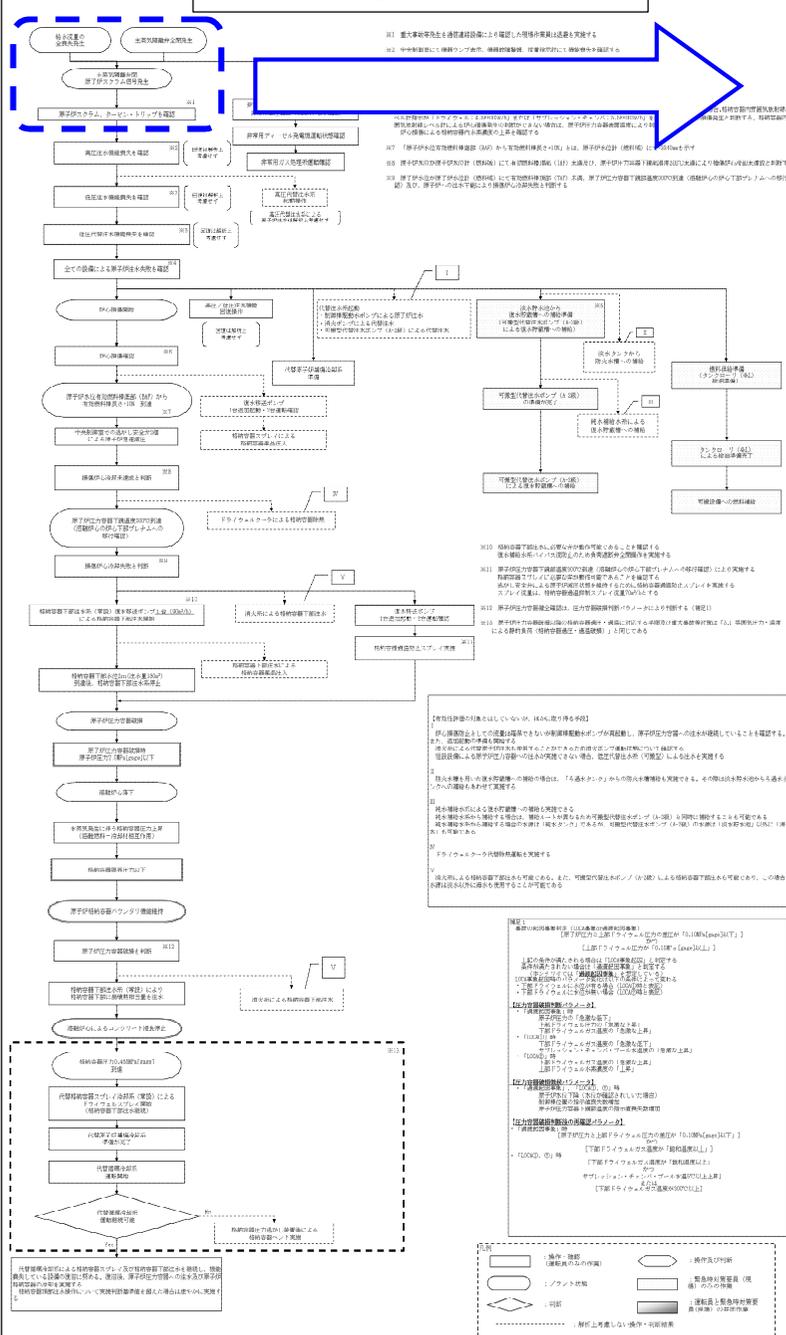
### 解析上の対応手順の概要フロー





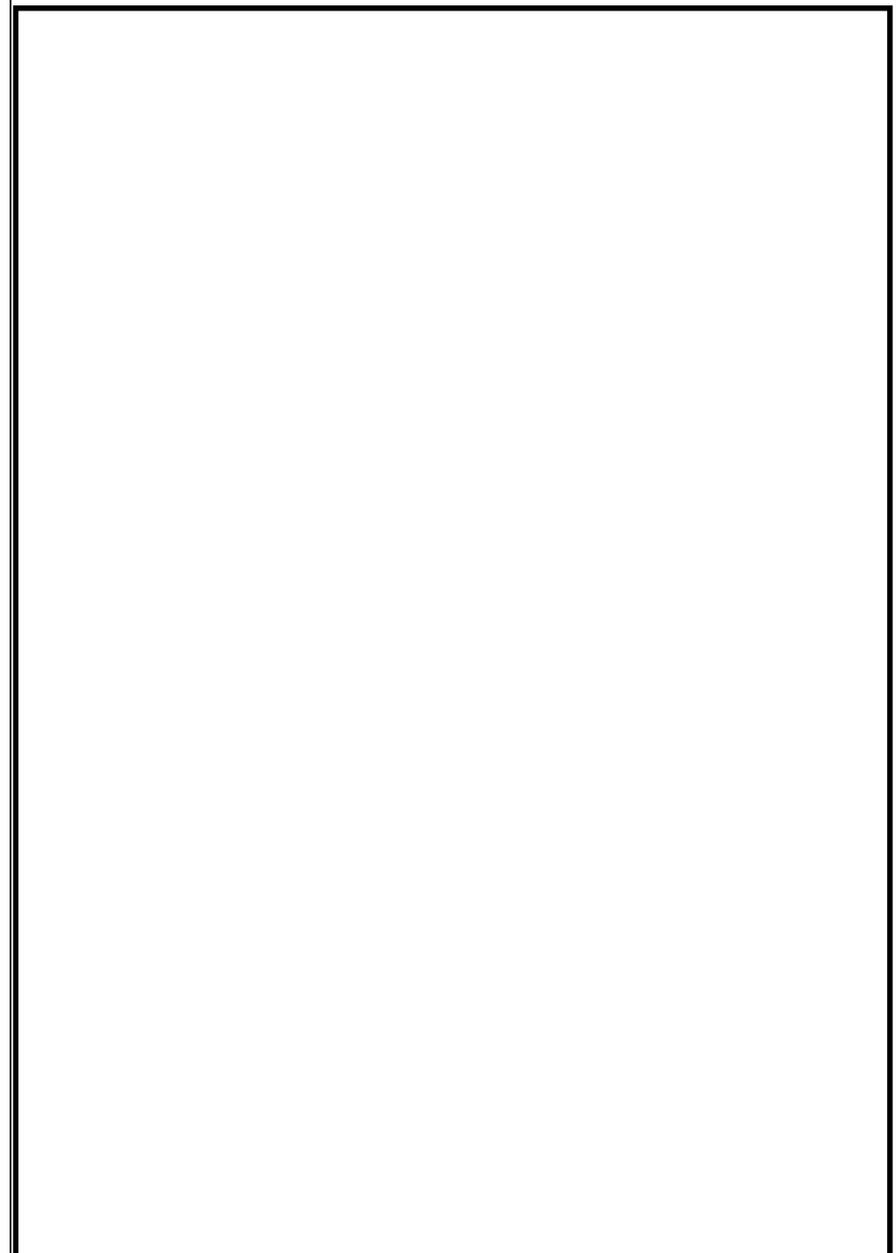
# 詳細手順説明

## 解析上の対応手順の概要フロー



## 事故時運転操作手順書

### 事故時運転操作手順書 (事象ベース) 「AOP」 「主蒸気隔離弁 閉」



## 操作補足事項

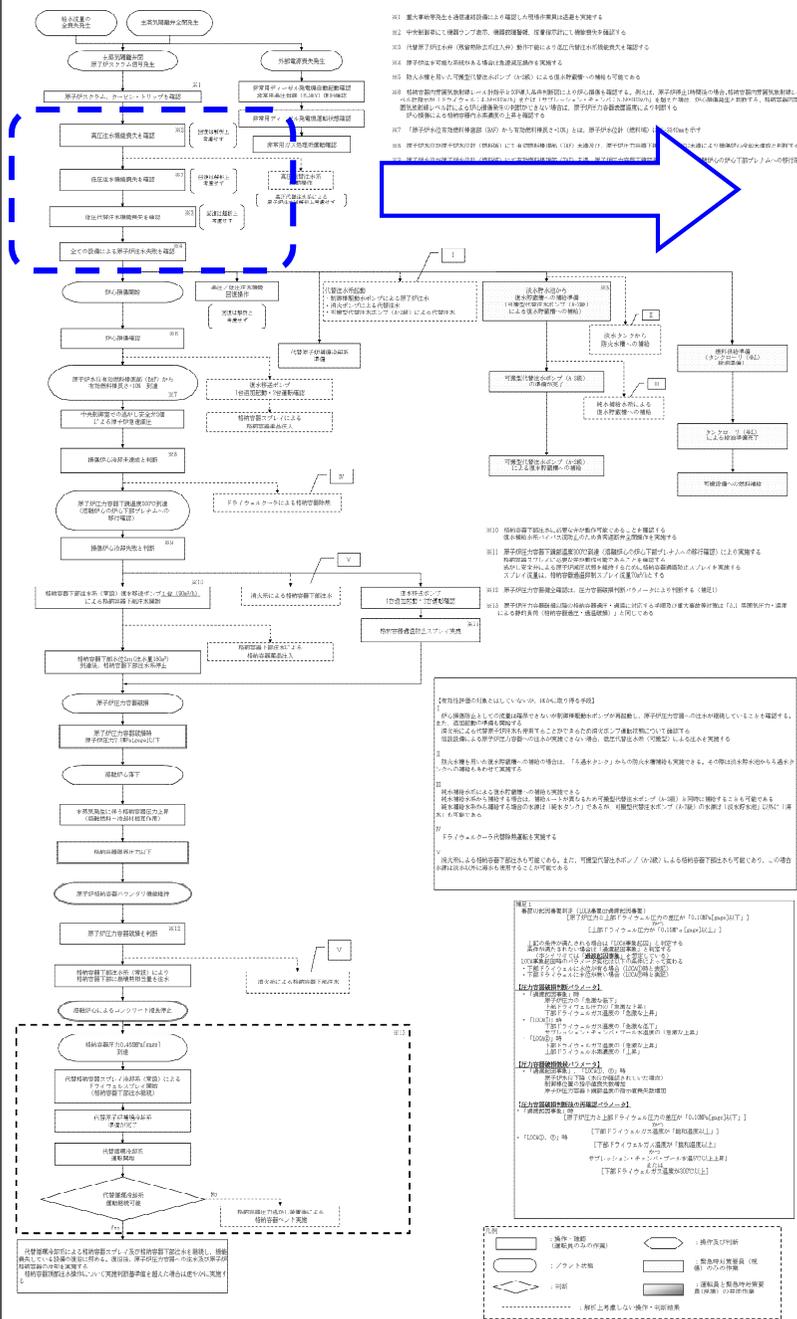
「外部電源喪失発生」, 「主蒸気隔離弁全閉発生」  
AOP「主蒸気隔離弁 閉」により対応する。  
主蒸気隔離弁閉信号により原子炉スクラムし EOP「スクラム」へ移行して対応する。  
その他の必要な操作で EOPに記載のない操作は引き続き AOP「主蒸気隔離弁 閉」事故手順で対応する。

## AM 設備別操作手順書



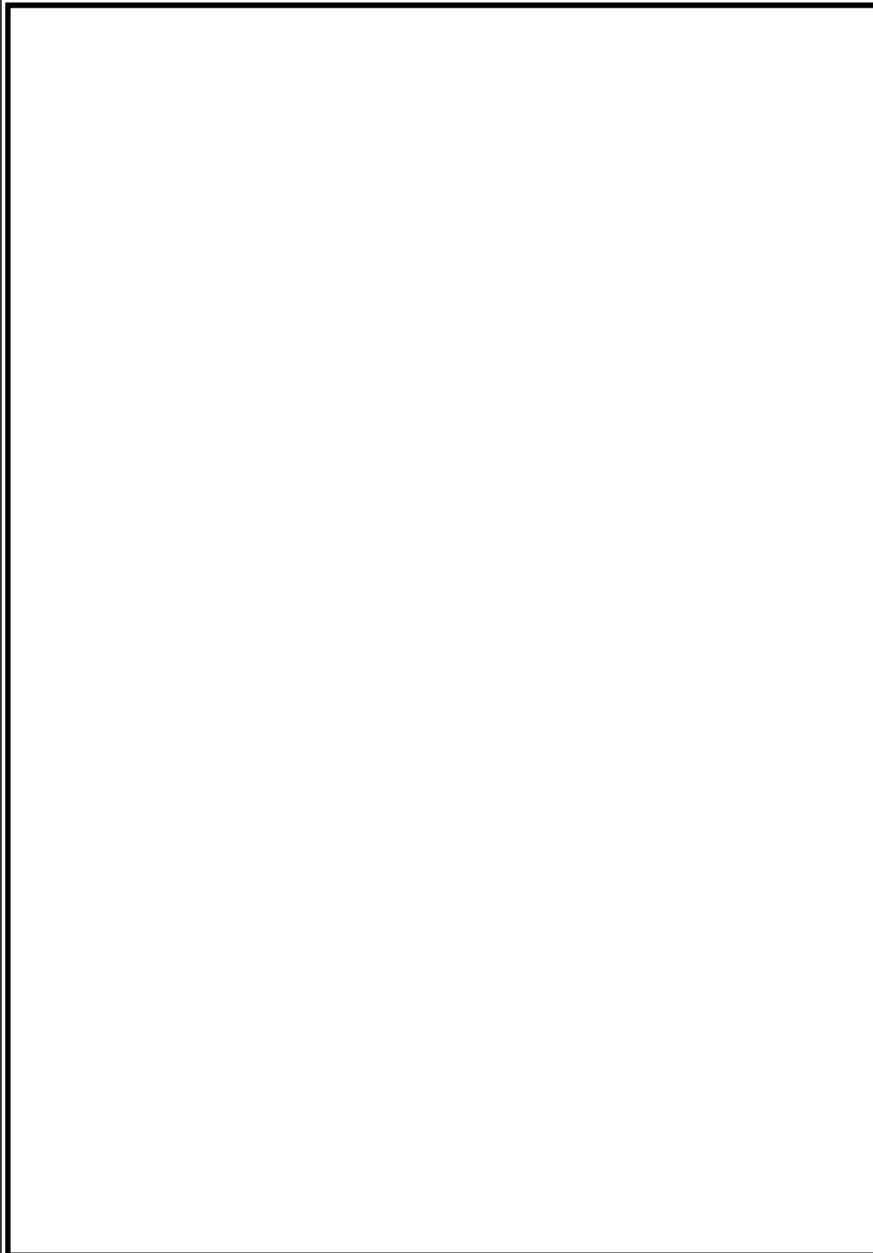


### 解析上の対応手順の概要フロー



### 事故時運転操作手順書

#### 事故時運転操作手順書 (徴候ベース) 「EOP」 原子炉制御「水位確保」



### 操作補足事項

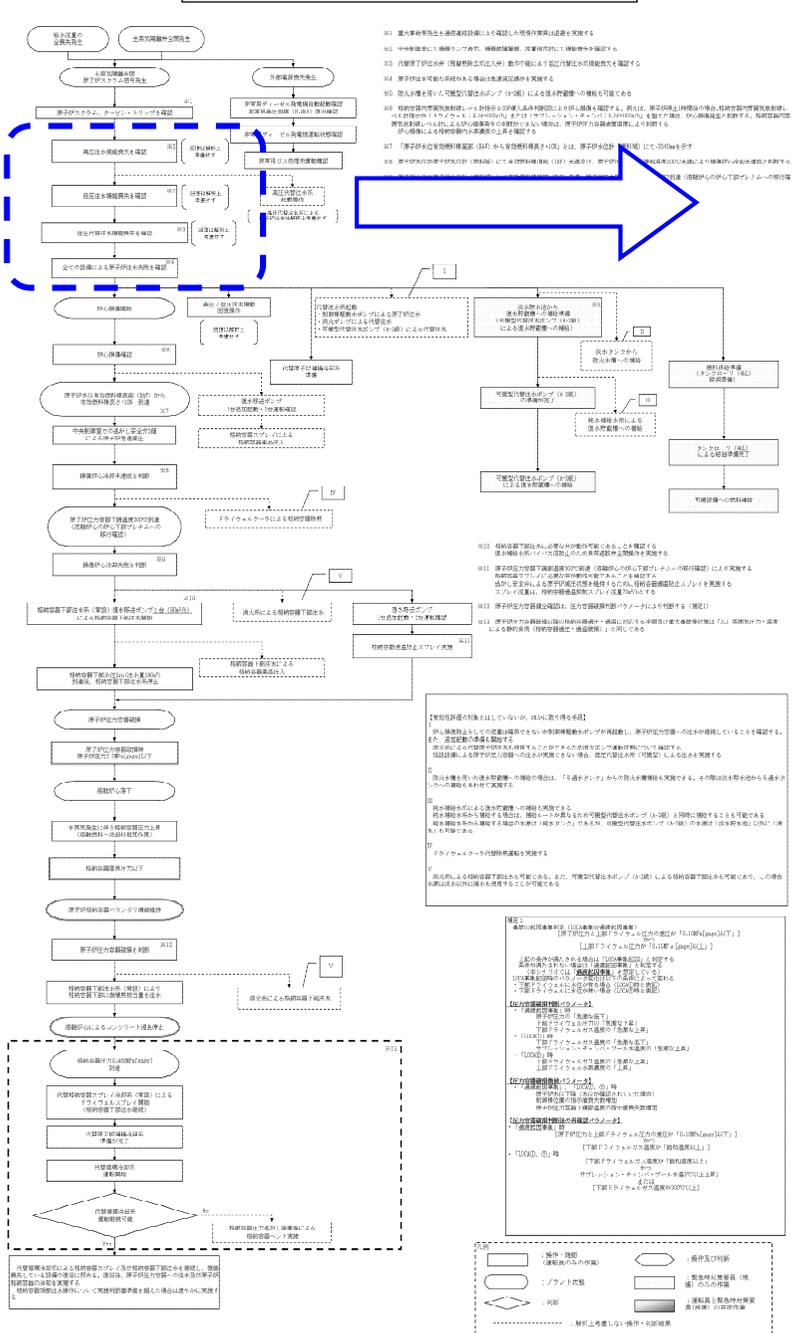
プラント状態を的確に把握し、作動すべきものが作動していない場合は手動作動させる。

全給水喪失及び高圧・低圧注水機能喪失により、原子炉圧力容器への注水ができず、原子炉水位をレベル 3～レベル 8 に維持できないことから、低圧代替注水系（常設）を準備する。

しかし、低圧代替注水機能喪失により、原子炉圧力容器への注水機能が喪失し、**原子炉水位が有効燃料頂部以上に維持不可のため「水位回復」へ移行する。**

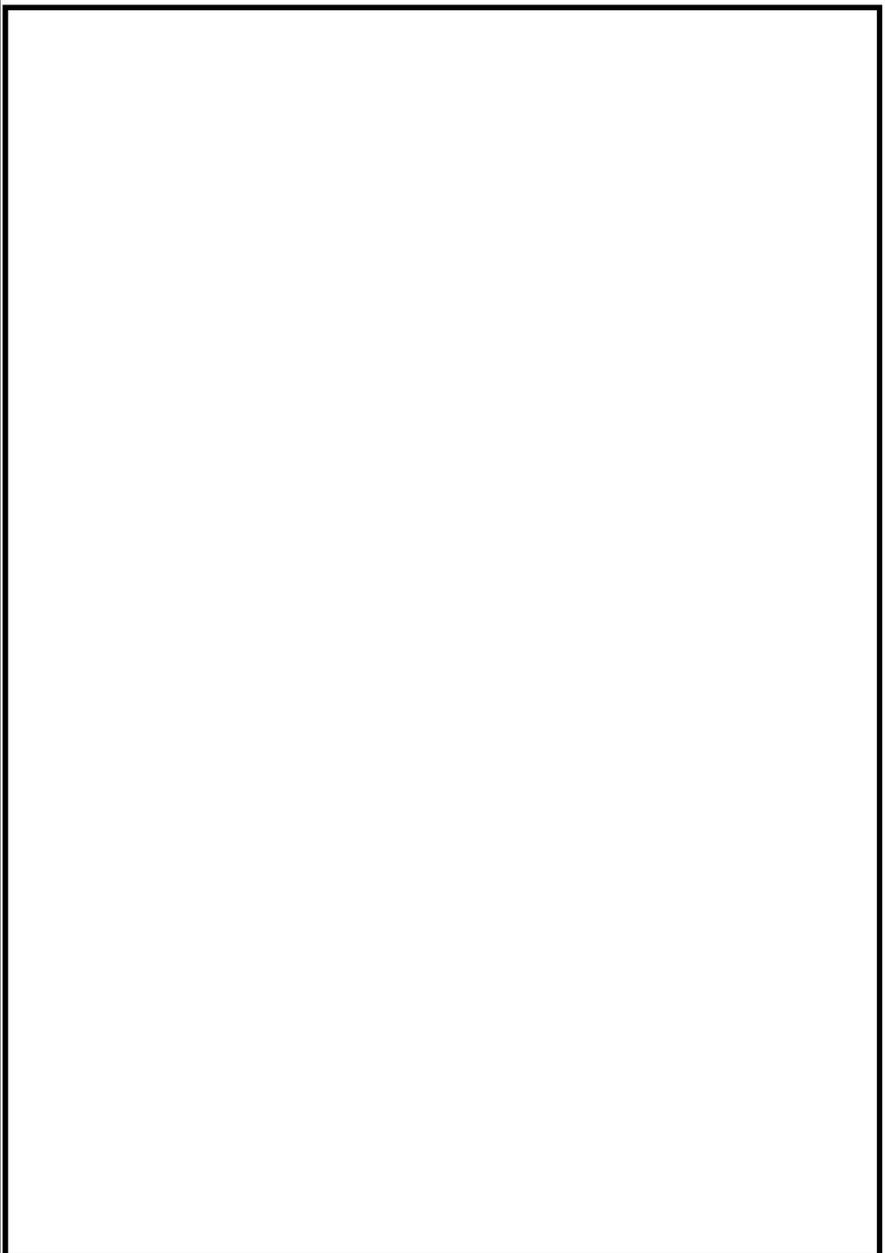
### AM 設備別操作手順書

### 解析上の対応手順の概要フロー



### 事故時運転操作手順書

#### 事故時運転操作手順書 (徴候ベース) 「EOP」 不測事態「水位回復」

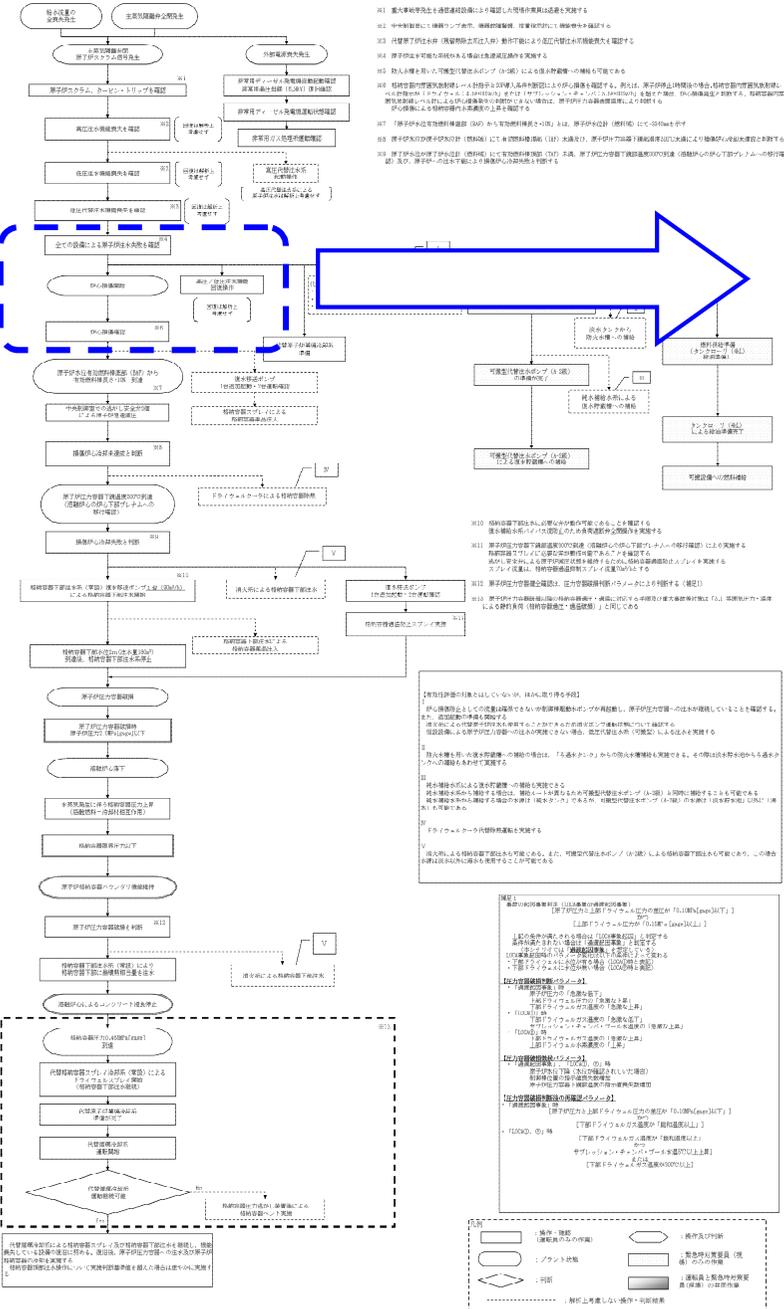


### 操作補足事項

原子炉圧力容器への注水機能の喪失により、原子炉水位は急減し、燃料が露出する。  
**代替注水設備を含め原子炉圧力容器への注水機能の喪失確認後、「EOP/SOP インターフェイス」に移行する。**

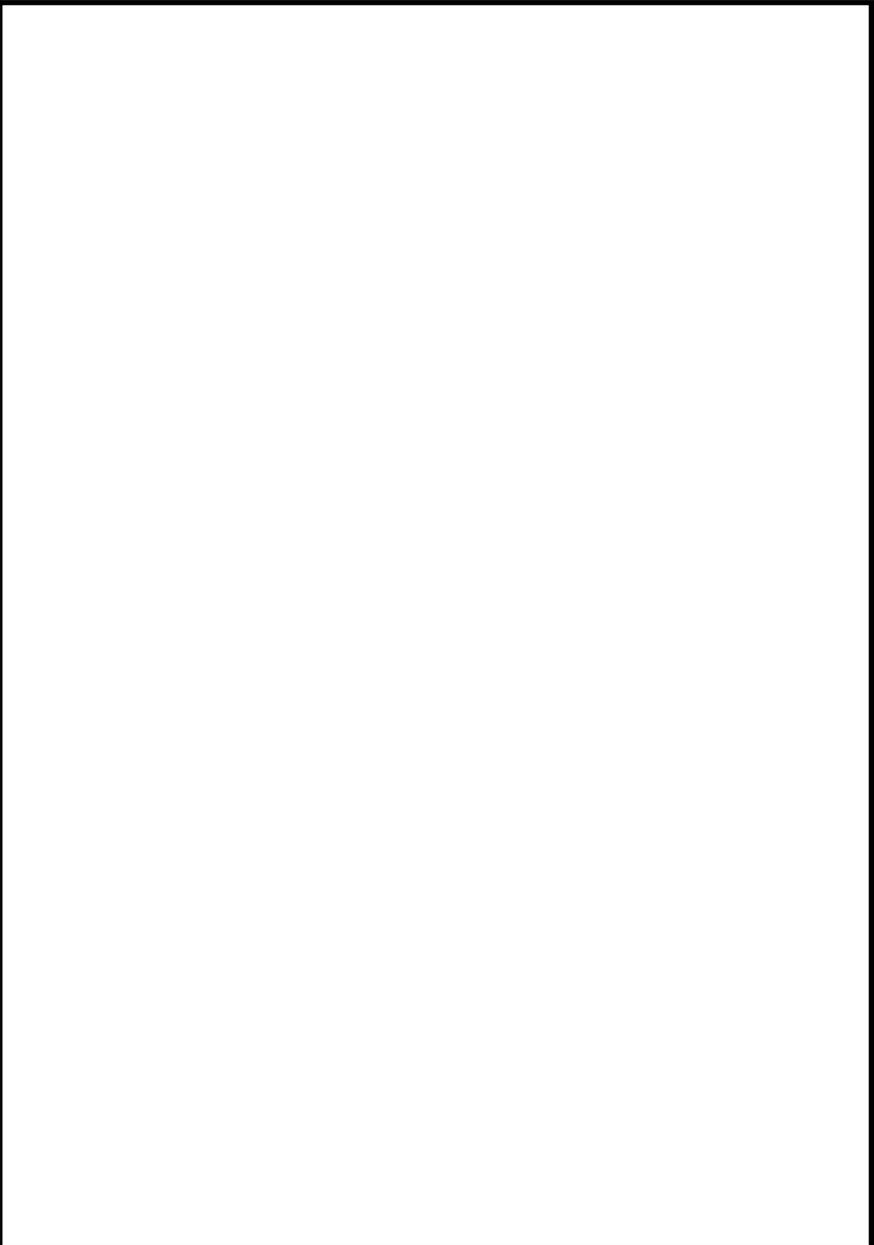
### AM 設備別操作手順書

### 解析上の対応手順の概要フロー



### 事故時運転操作手順書

#### 事故時運転操作手順書 (徴候ベース) 「EOP」 ES/I 「EOP/SOP インターフェイス」

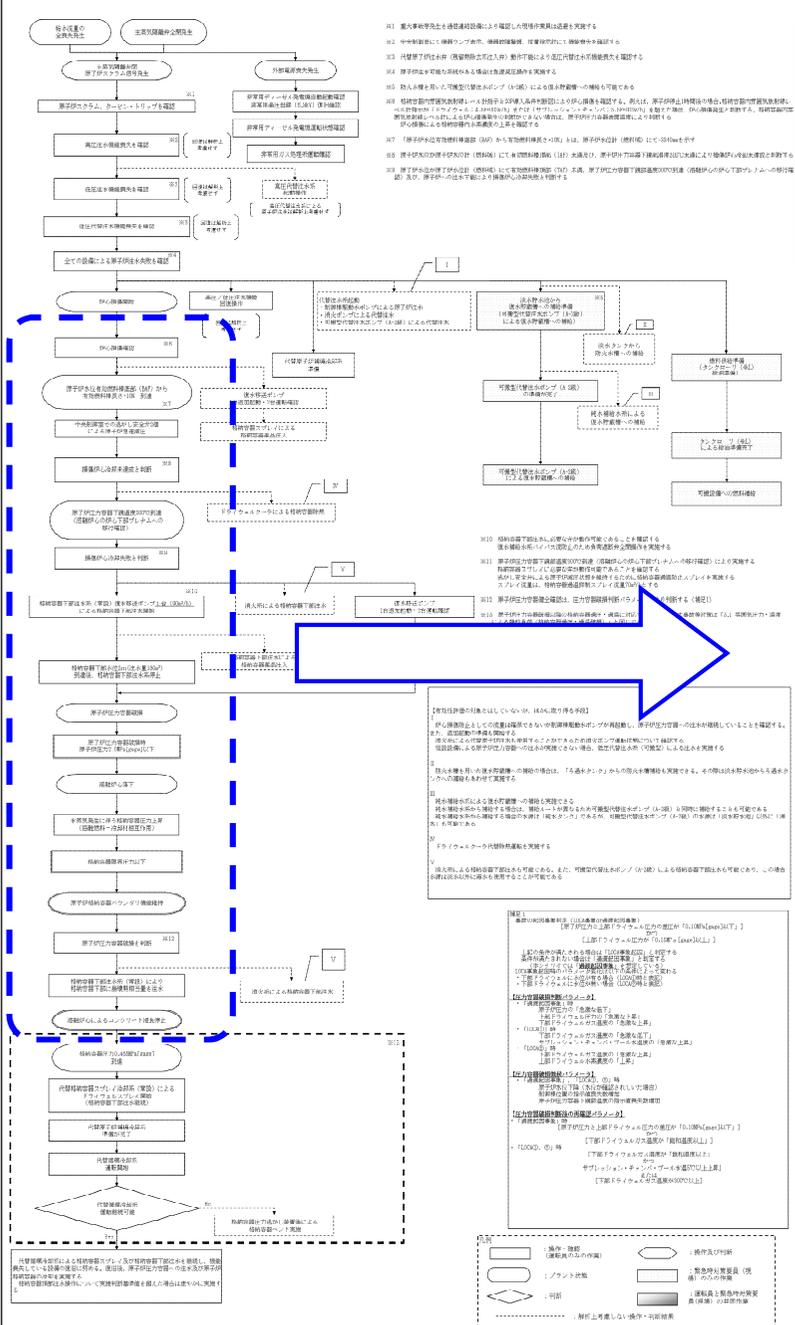


### 操作補足事項

格納容器雰囲気モニタを起動し、原子炉格納容器内のガンマ線量率を確認する。  
**各種注水系の再起動ができないことから、SOP に移行する。**

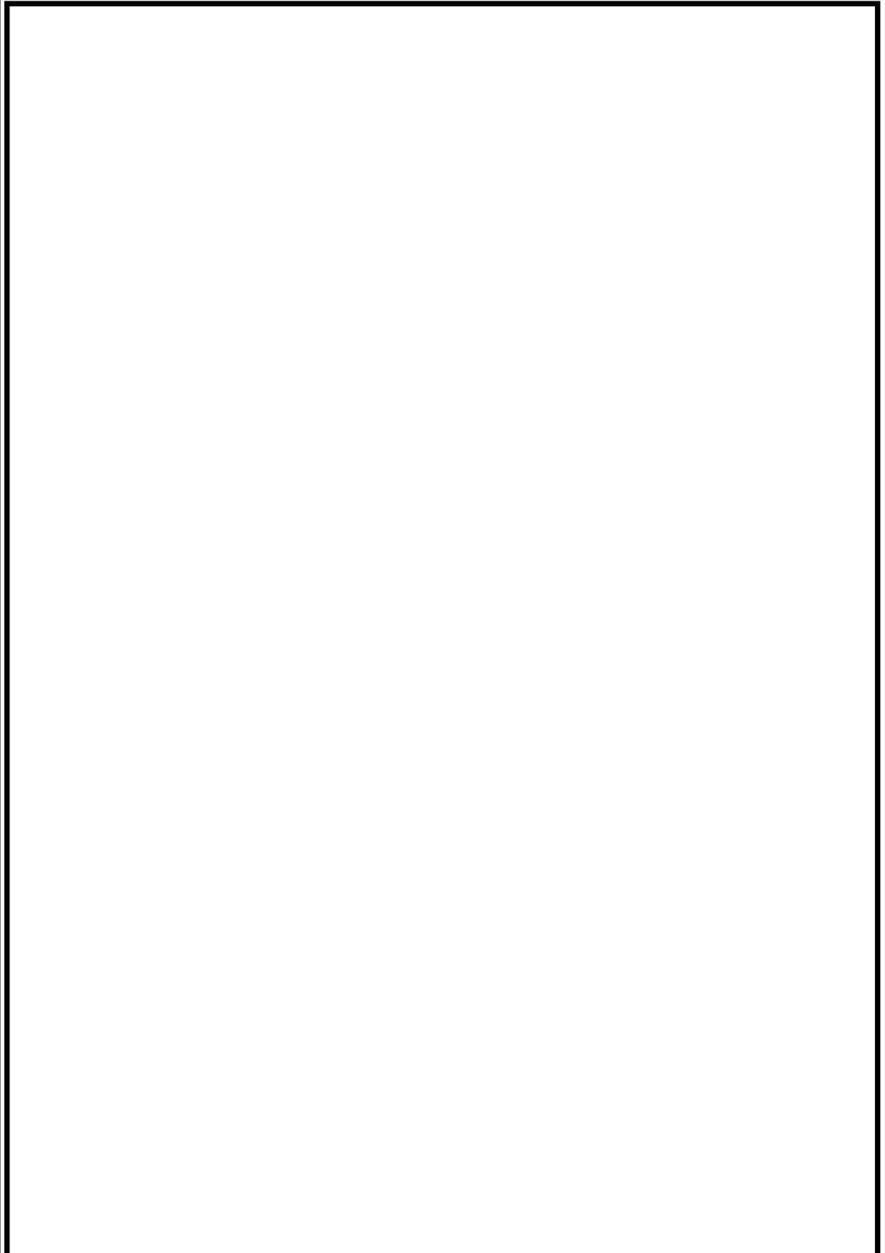
### AM 設備別操作手順書

### 解析上の対応手順の概要フロー



### 事故時運転操作手順書

### 事故時運転操作手順書 (シビアアクシデント) 「SOP」 SOP-1 「RPV 制御」



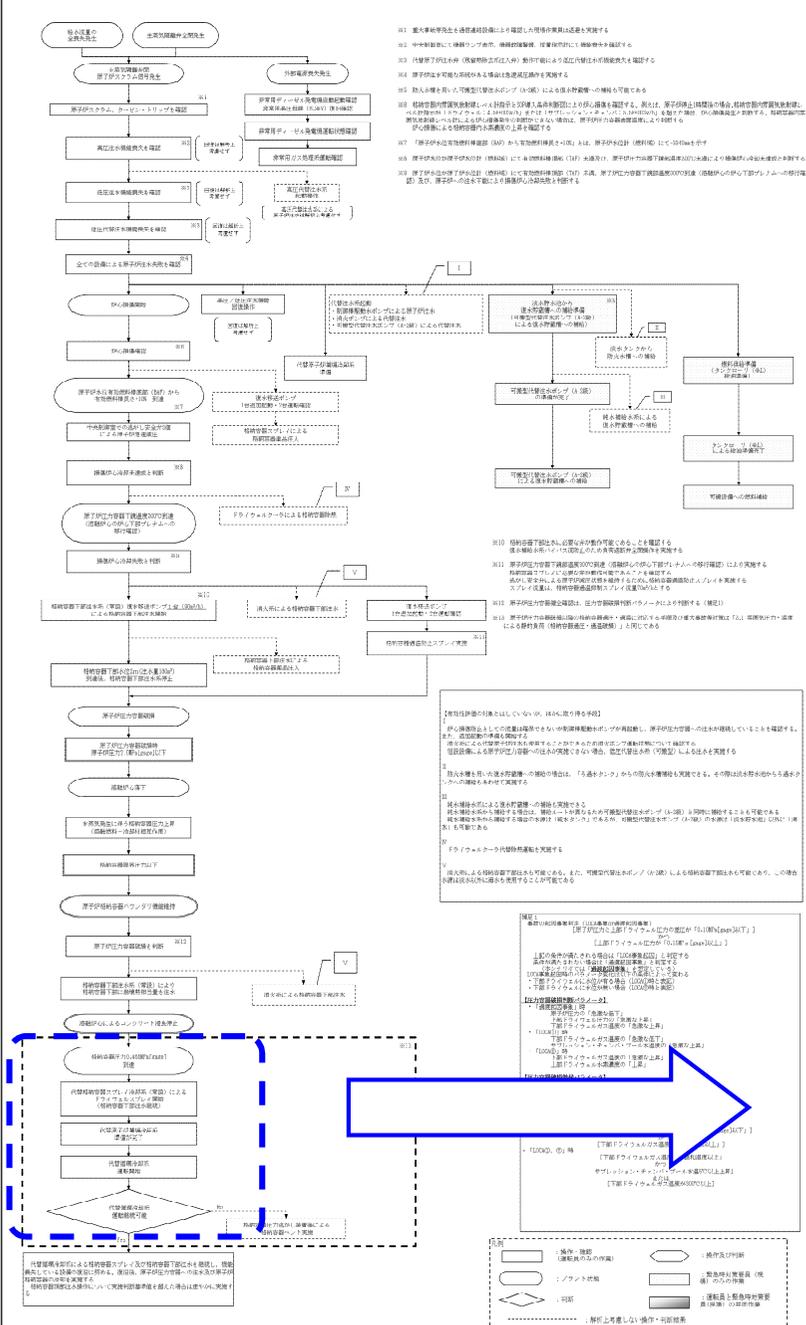
### 操作補足事項

**「減圧」操作**  
原子炉圧力容器への注水機能の喪失により原子炉水位が「有効燃料棒底部+10%燃料有効長」に到達した時点で、逃がし安全弁2個を開放し減圧を行う。

**「下部D/W注水」操作**  
損傷炉心の冷却に失敗したと判断した時点で、格納容器下部注水系（常設）による原子炉格納容器下部への注水を開始する。総注水量 180m<sup>3</sup>到達後、原子炉格納容器下部への注水を停止する。  
原子炉圧力容器の破損後、格納容器下部注水系（常設）により、原子炉格納容器下部に崩壊熱相当の注水を開始する。

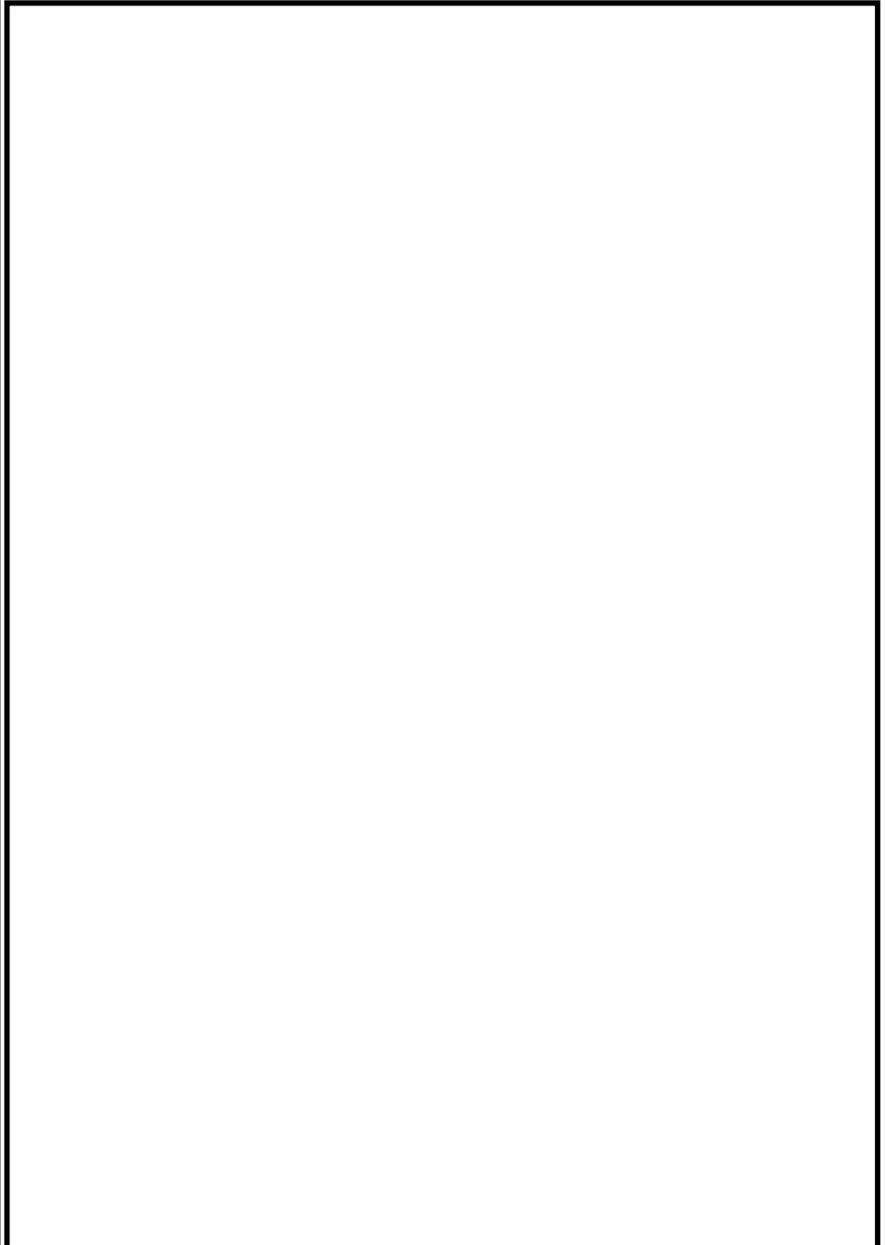
### AM 設備別操作手順書

### 解析上の対応手順の概要フロー



### 事故時運転操作手順書

### 事故時運転操作手順書 (シビアアクシデント)「SOP」 SOP-2「PCV 制御」



### 操作補足事項

**「除熱」操作**  
 原子炉格納容器内の圧力が 465kPa [gage] に到達後は、代替格納容器スプレイの間欠運転を実施する。  
 また、原子炉格納容器内の pH 制御のため薬品注入を実施する。  
 代替原子炉補機冷却系の準備が完了し、復水補給水系を用いた代替循環冷却が実施できる場合は、代替循環冷却運転を実施する。

### AM 設備別操作手順書

### 3.1 想定事故 1

**特徴**

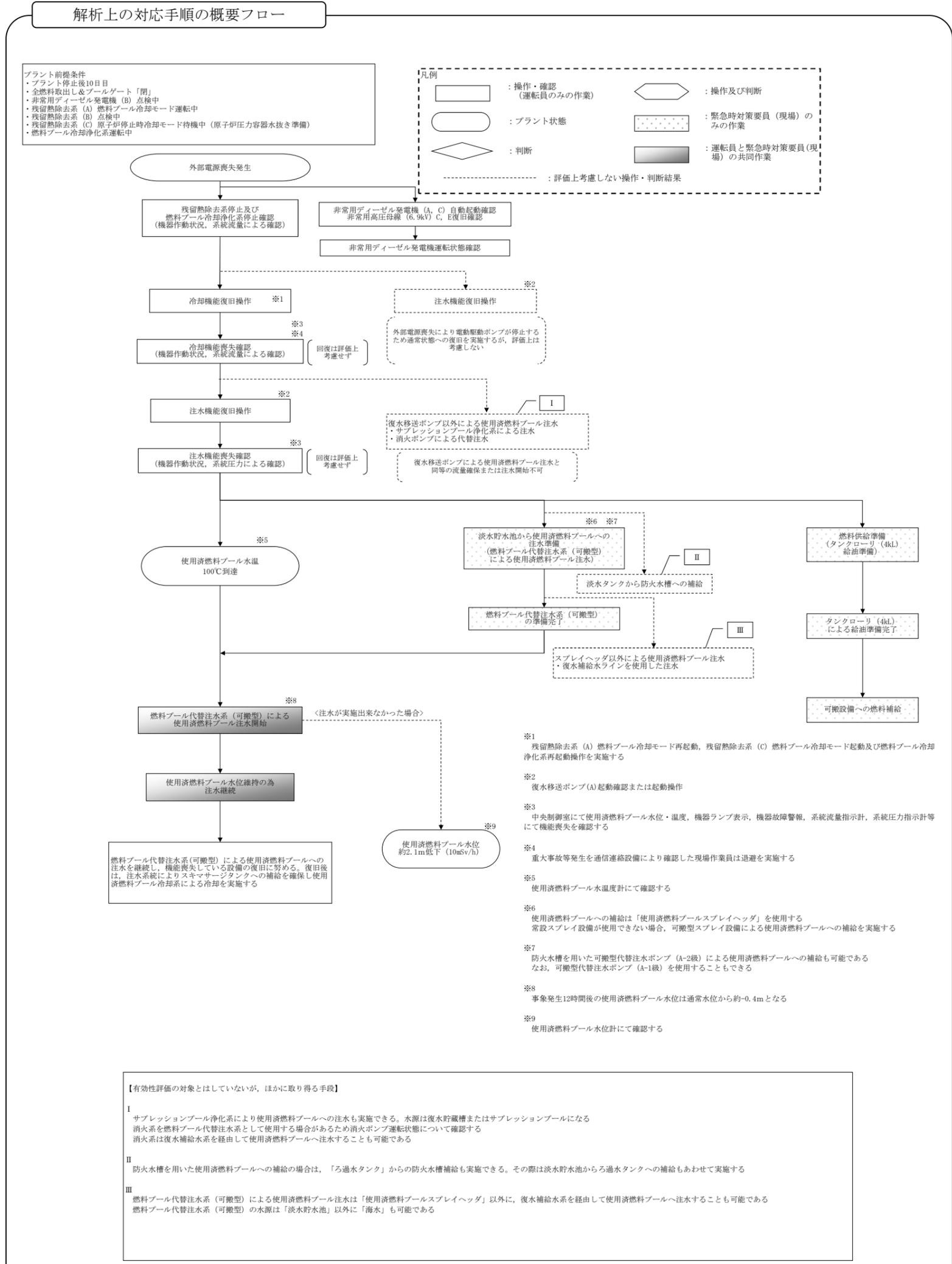
使用済燃料プールの冷却機能及び注水機能が喪失することを想定する。このため、使用済燃料プール水温が徐々に上昇し、やがて沸騰して蒸発することによって使用済燃料プール水位が緩慢に低下することから、緩和措置がとられない場合には、使用済燃料プール水位の低下により燃料が露出し、燃料損傷に至る。

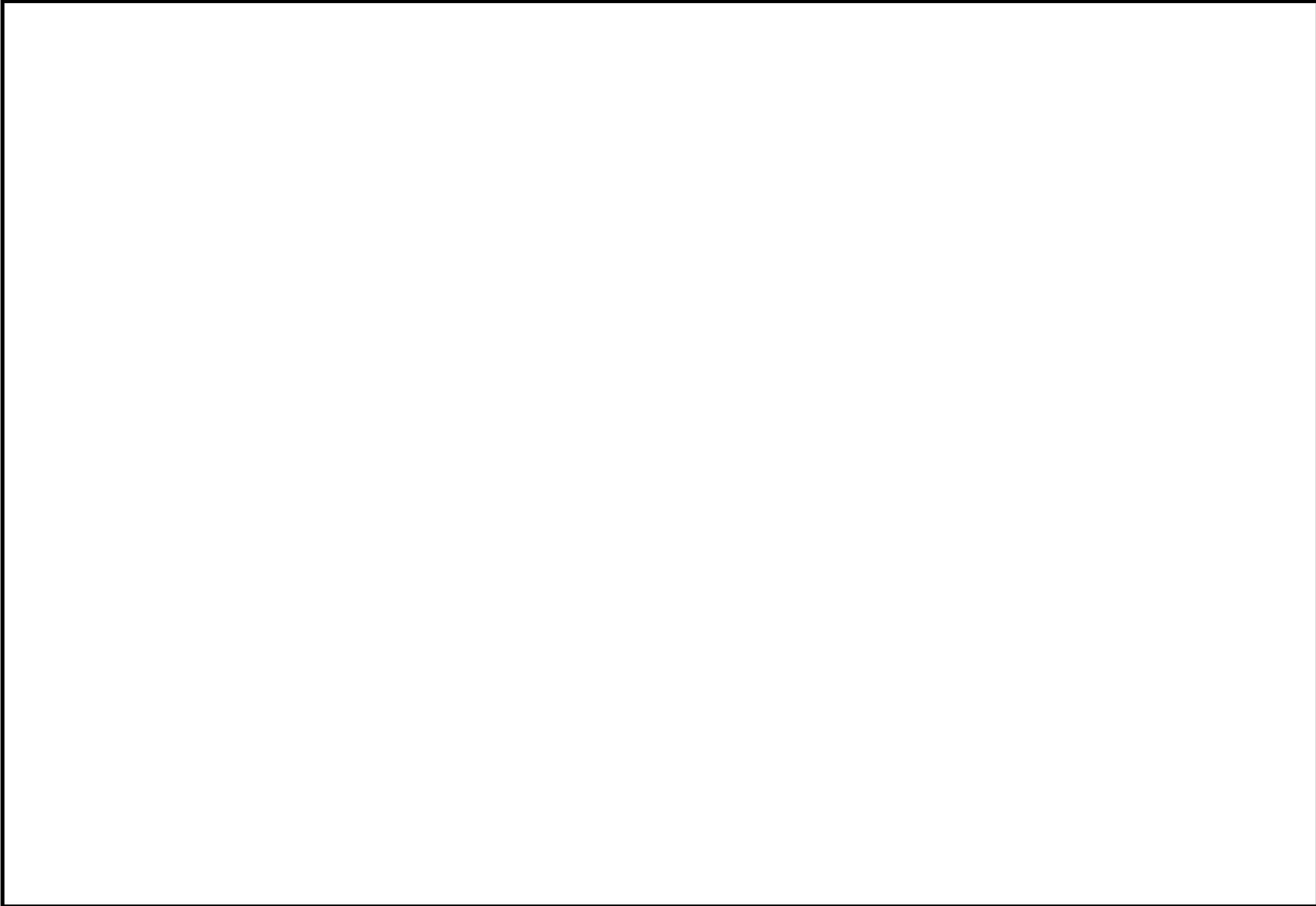
**基本的な考え方**

燃料プール代替注水系（可搬型）により使用済燃料プールへ注水することによって、燃料損傷の防止を図る。

また、燃料プール代替注水系（可搬型）により使用済燃料プール水位を維持する。

- 対応手順の概要**
- 使用済燃料プールの冷却機能喪失確認
  - 使用済燃料プールの注水機能喪失確認
  - 燃料プール代替注水系（可搬型）による使用済燃料プールへの注水









### 3.2 想定事故2

#### 特徴

使用済燃料プールの冷却系の配管損傷によるサイフォン現象等により使用済燃料プール内の水の小規模な漏えいが発生するとともに、使用済燃料プール注水機能が喪失することを想定する。このため、使用済燃料プール水位が低下することから、緩和措置がとられない場合には、燃料は露出し、燃料損傷に至る。

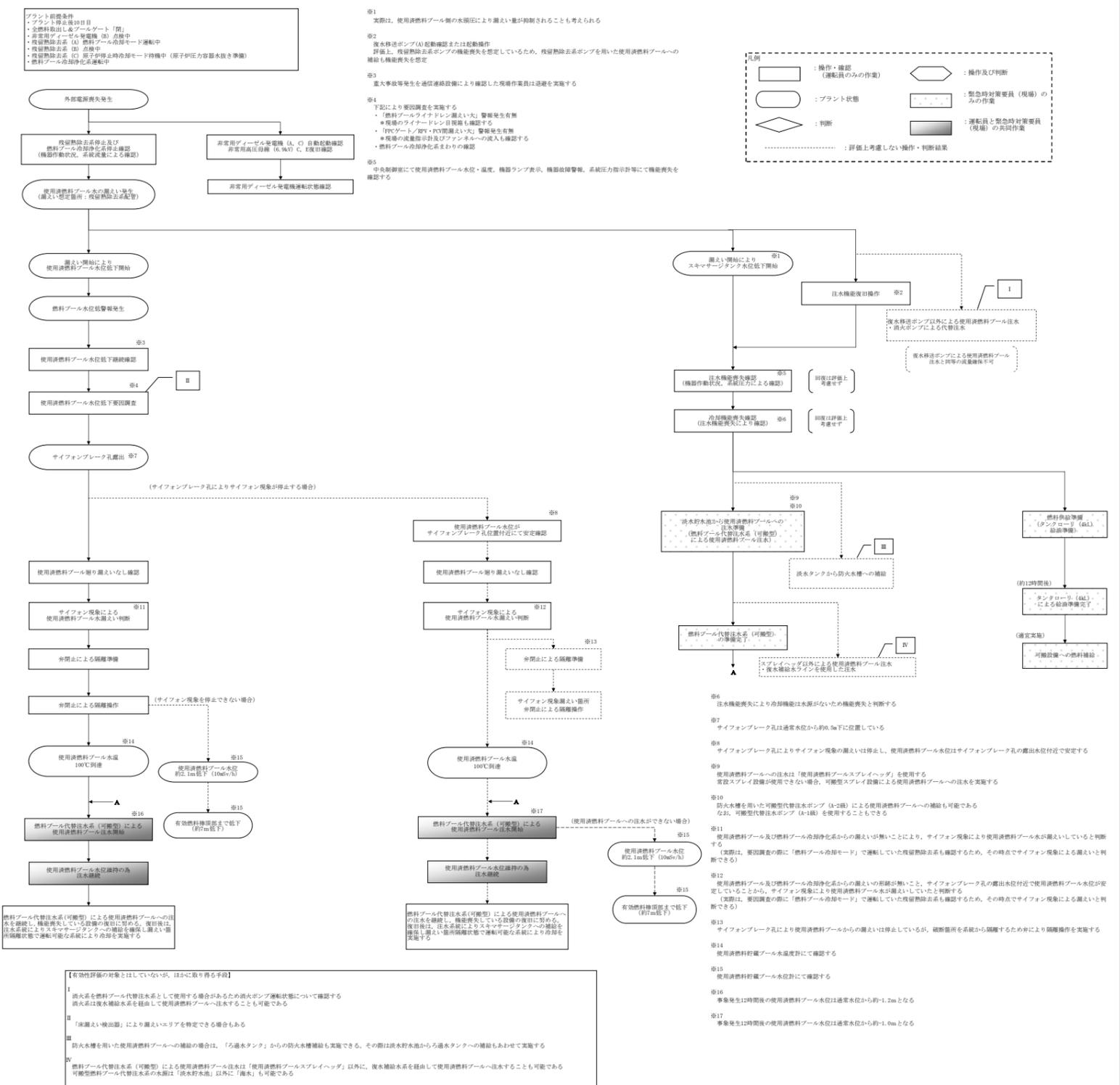
#### 基本的な考え方

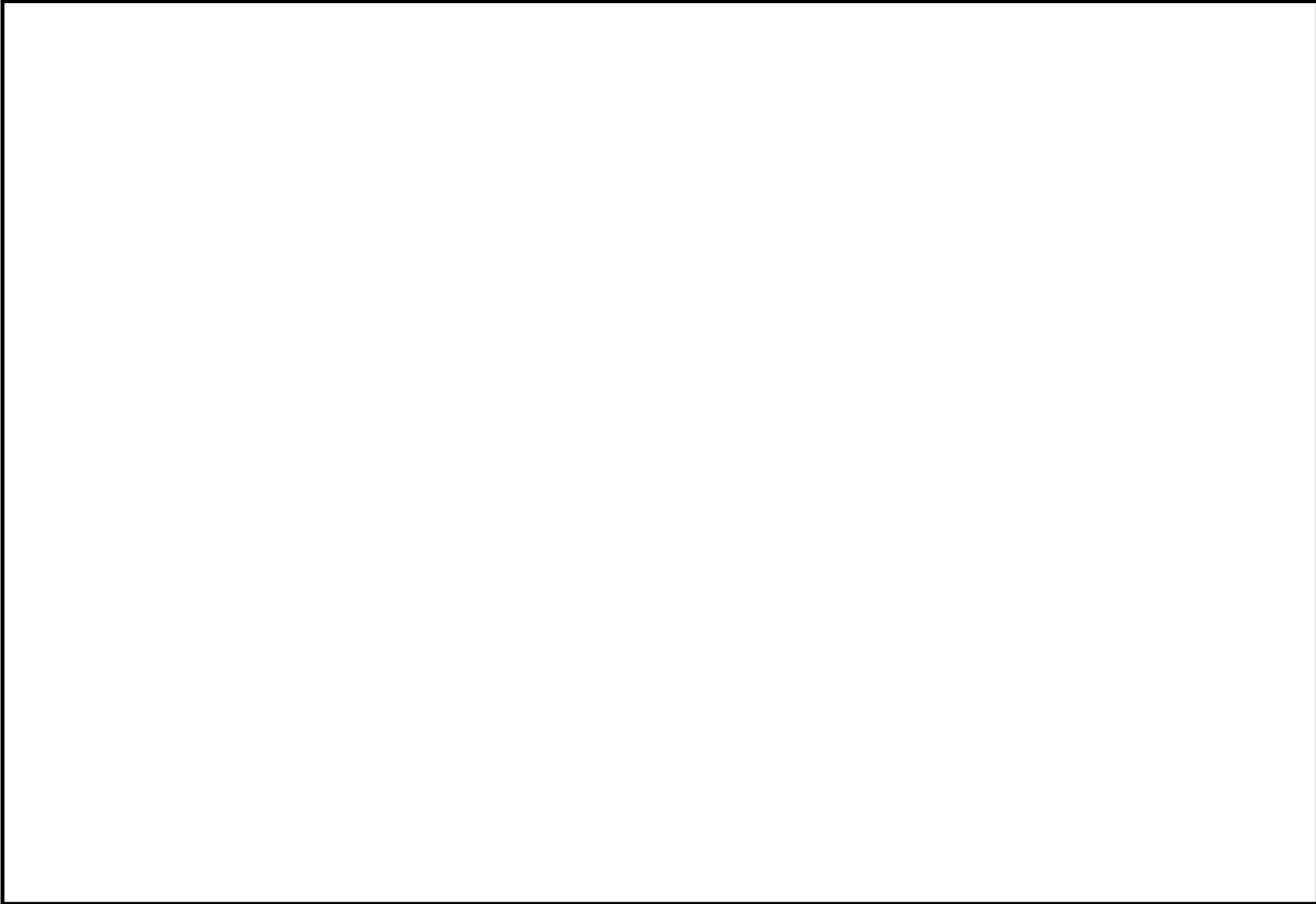
使用済燃料プール水の漏えいの停止及び燃料プール代替注水系（可搬型）による使用済燃料プールへの注水によって、燃料損傷の防止を図る。また、燃料プール代替注水系（可搬型）により使用済燃料プール水位を維持する。

#### 対応手順の概要

- 使用済燃料プール水位低下確認
- 使用済燃料プールの注水機能喪失確認
- 使用済燃料プール漏えい箇所の隔離
- 燃料プール代替注水系（可搬型）による使用済燃料プールへの注水

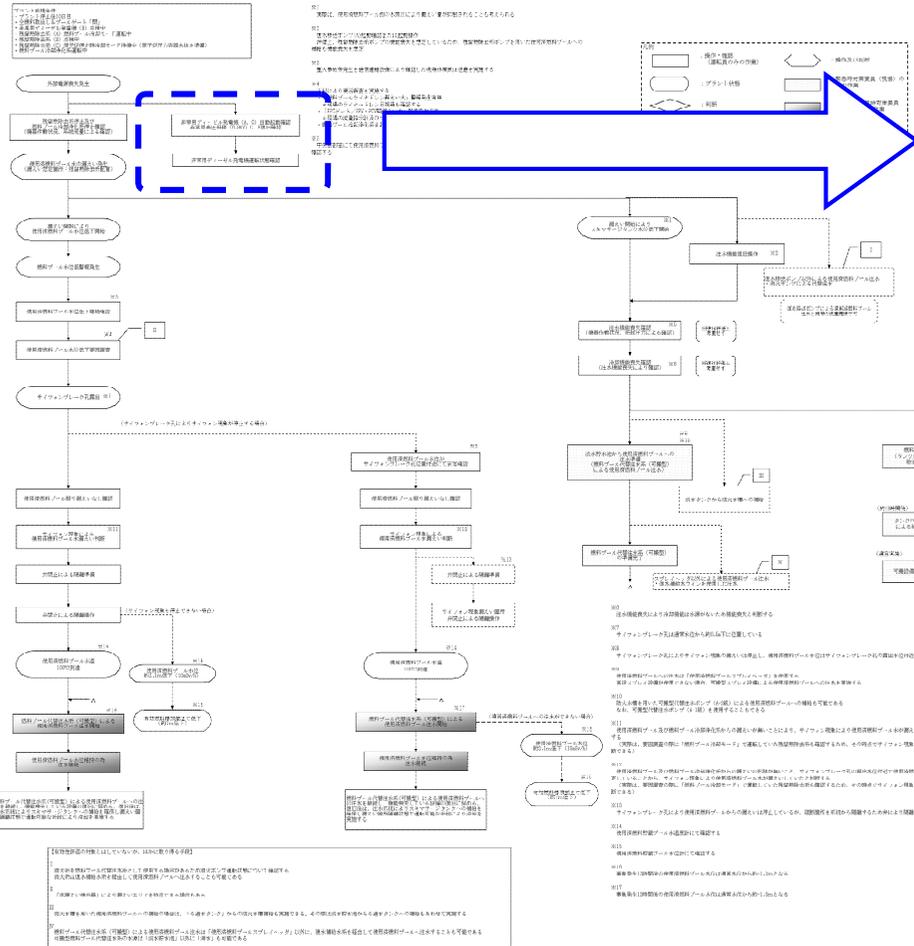
#### 解析上の対応手順の概要フロー





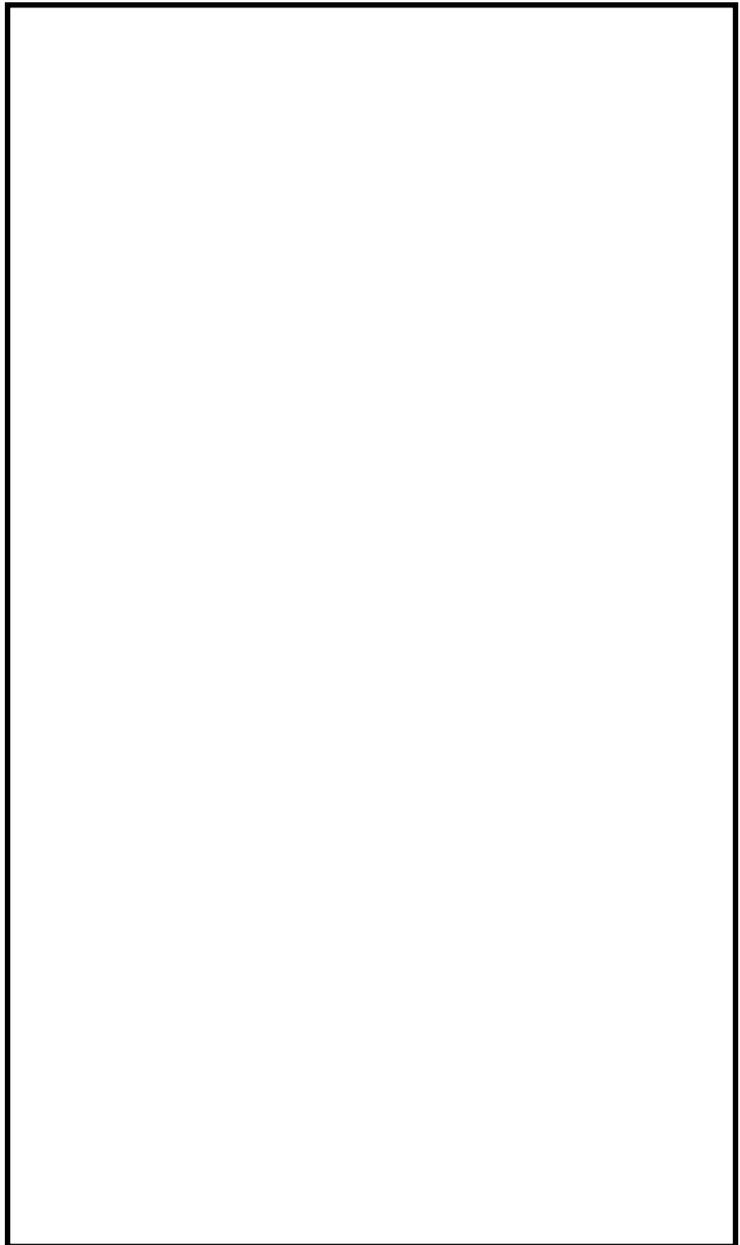
# 詳細手順説明

## 解析上の対応手順の概要フロー



# 事故時運転操作手順書

事故時運転操作手順書 (停止時微候ベース)「停止時 EOP」  
「交流/直流電源供給回復」



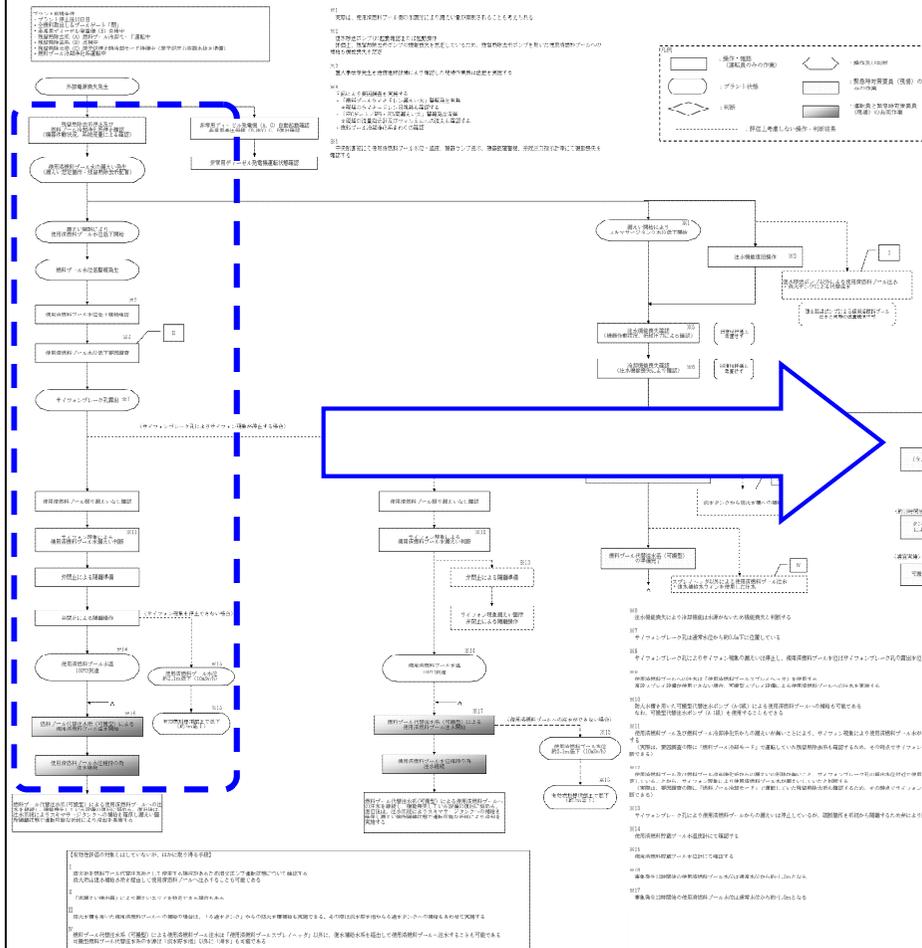
# 操作補足事項

## 「外部電源喪失発生」

外部電源喪失が発生したことから、停止時 EOP「交流/直流電源供給回復」により対応する。  
外部電源喪失により非常用ディーゼル発電機が自動起動する。

# AM 設備別操作手順書

### 解析上の対応手順の概要フロー



### 事故時運転操作手順書

事故時運転操作手順書 (停止時徴候ベース) 「停止時 EOP」  
「SFP 原子炉水位・温度制御」



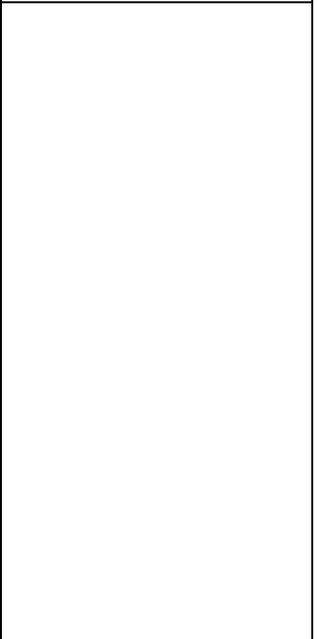
### 操作補足事項

外部電源喪失により、使用済燃料プールの冷却系が停止する。また、残留熱除去系配管破断が発生し、サイフォン現象により使用済燃料プール水位が低下する。

燃料プール代替注水系(可搬型)を用いた注水により使用済燃料プールの水位を回復する。その後は、使用済燃料プールの冷却系を復旧しつつ、蒸発量に応じた水量を補給することで、使用済燃料プール水位を維持する。

原子炉建屋パラメータの変化から、破損箇所を特定し、隔離を実施する。

### AM 設備別操作手順書



# 4.1 崩壊熱除去機能喪失

**特徴**

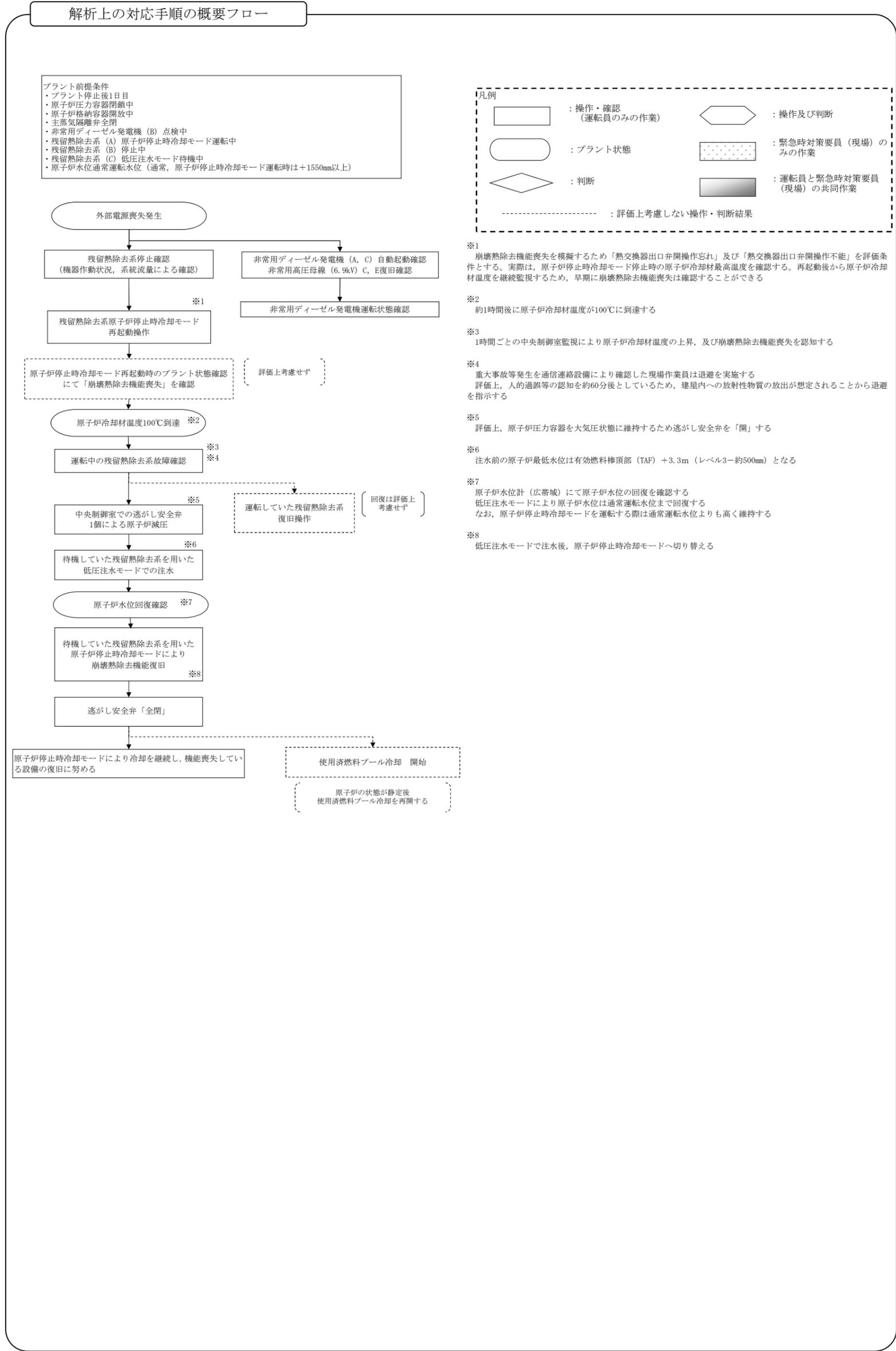
原子炉の運転停止中に残留熱除去系の故障により、崩壊熱除去機能が喪失することを想定する。このため、燃料の崩壊熱により原子炉冷却材が蒸発することから、緩和措置がとられない場合には、原子炉水位の低下により燃料が露出し燃料損傷に至る。

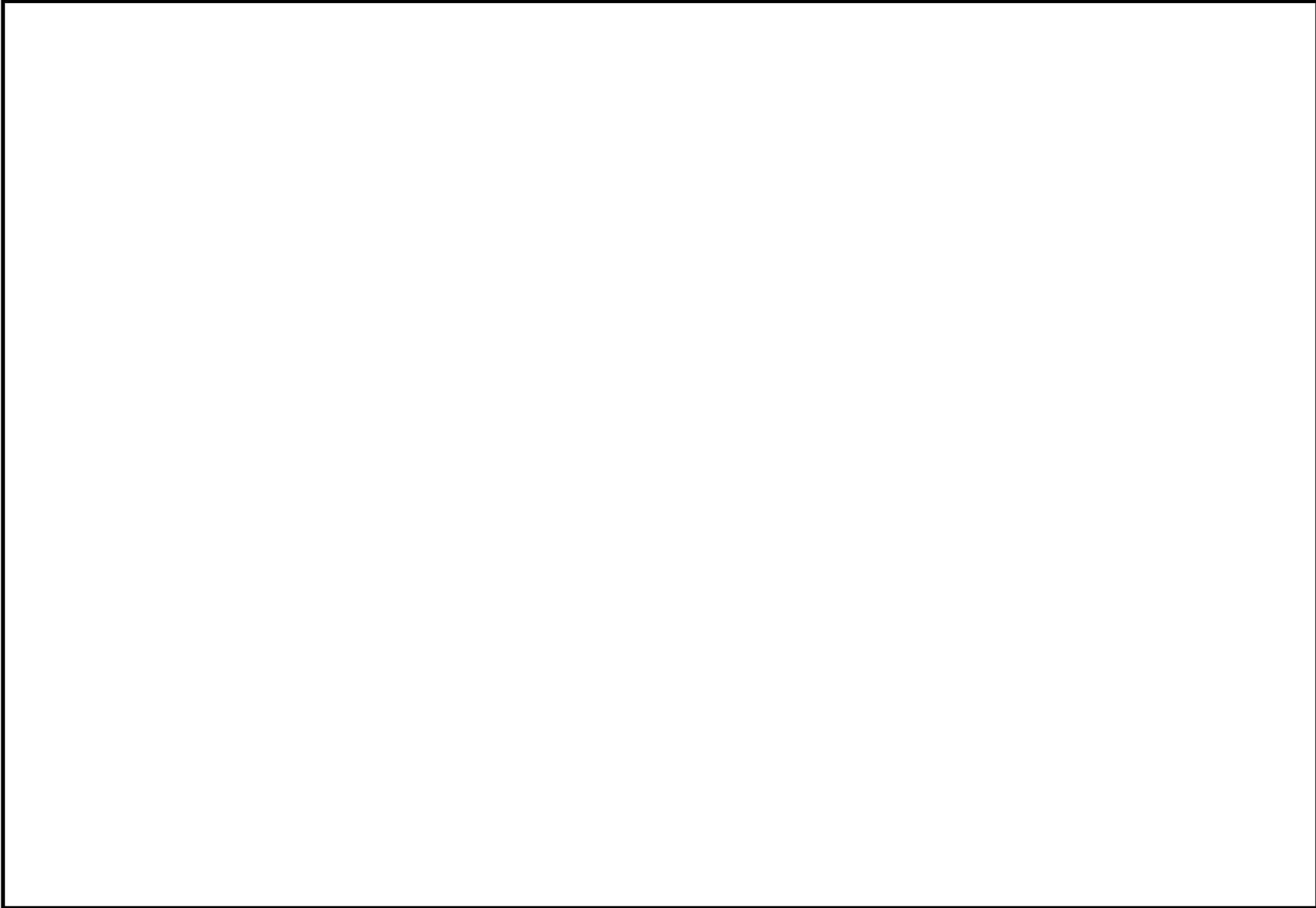
**基本的な考え方**

運転員が異常を認知して、待機中の残留熱除去系（低圧注水モード）による原子炉注水を行うことによって、燃料損傷の防止を図る。

また、残留熱除去系（原子炉停止時冷却モード）運転による最終的な熱の逃がし場へ熱の輸送を行うことにより、原子炉を除熱する。

- 対応手順の概要**
- 残留熱除去系（原子炉停止時冷却モード）の故障に伴う崩壊熱除去機能喪失確認
  - 逃がし安全弁による原子炉の低圧状態維持
  - 残留熱除去系（低圧注水モード）による原子炉注水
  - 残留熱除去系（原子炉停止時冷却モード）運転による崩壊熱除去機能回復

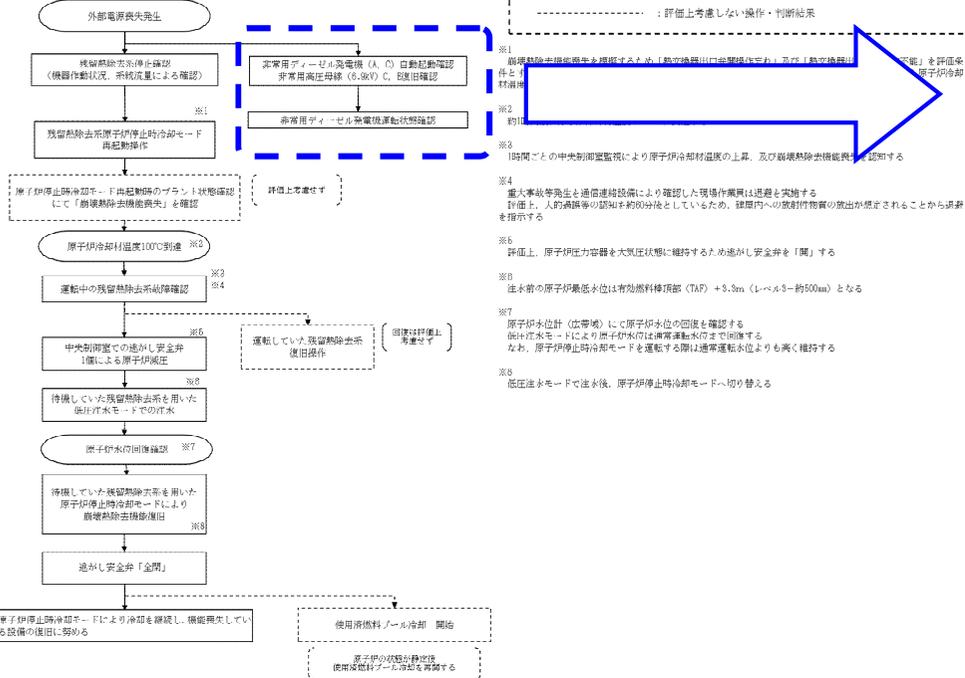
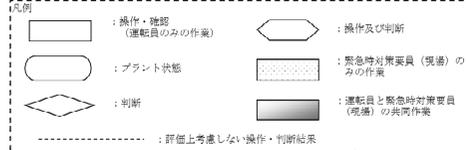




# 詳細手順説明

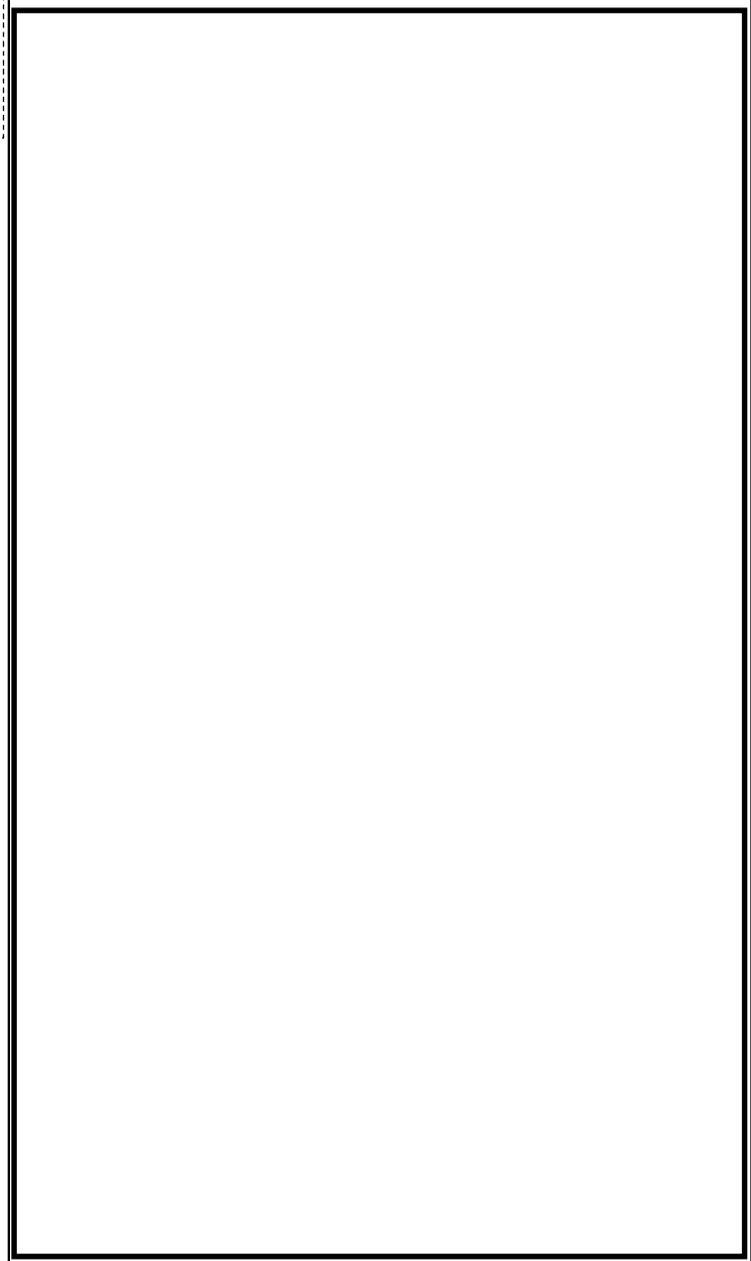
## 解析上の対応手順の概要フロー

プラント前提条件  
 ・プラント停止後1日目  
 ・原子炉圧/系統制御中  
 ・原子炉格納容器開放中  
 ・主蒸気循環停止中  
 ・非常用ディーゼル発電機 (B) 点検中  
 ・残留熱除去系 (A) 原子炉停止時冷却モード運転中  
 ・残留熱除去系 (B) 停止中  
 ・残留熱除去系 (C) 低圧注水モード待機中  
 ・原子炉水位通常運転水位 (通常、原子炉停止時冷却モード運転時は+150mm以上)



## 事故時運転操作手順書

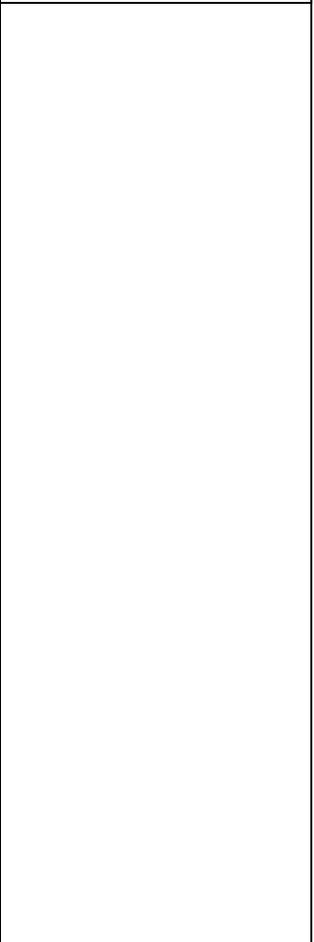
### 事故時運転操作手順書 (停止時徴候ベース) 「停止時 EOP」 「交流/直流電源供給回復」



## 操作補足事項

**「外部電源喪失発生」**  
 外部電源喪失が発生したことから、停止時 EOP「交流/直流電源供給回復」により対応する。  
 外部電源喪失により非常用ディーゼル発電機が自動起動する。

## AM 設備別操作手順書



解析上の対応手順の概要フロー

事故時運転操作手順書

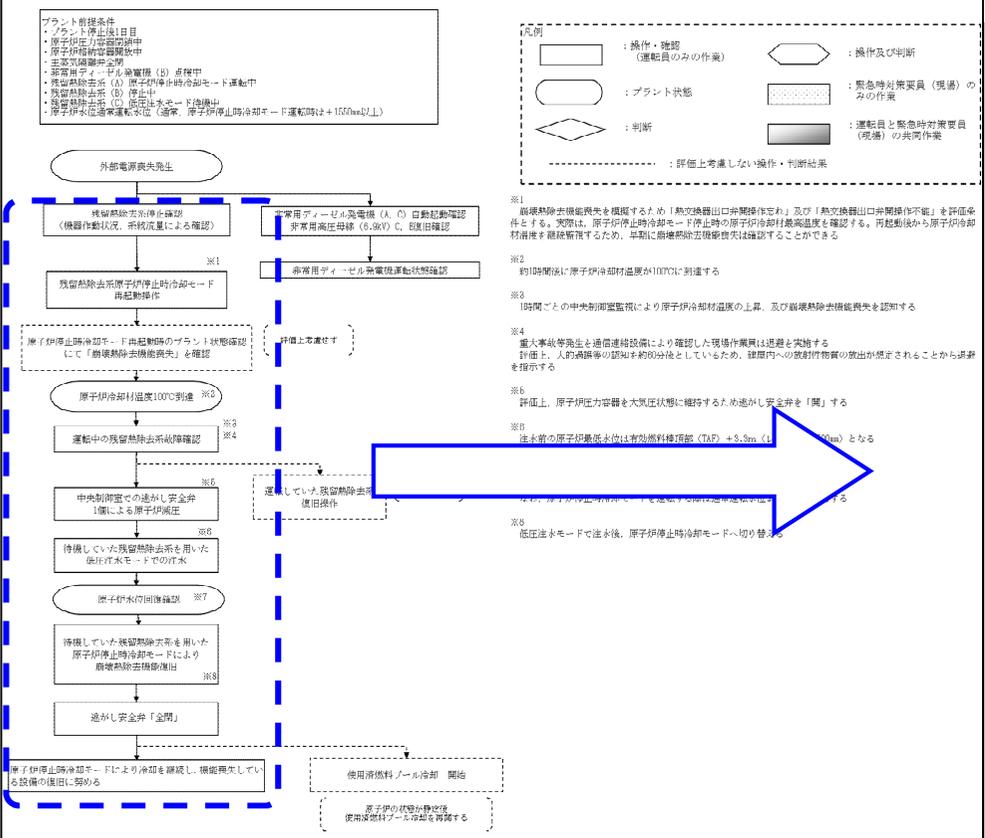
操作補足事項

事故時運転操作手順書（停止時徴候ベース）「停止時 EOP」  
「SFP 原子炉水位・温度制御」



外部電源喪失前に運転していた残留熱除去系（原子炉停止時冷却モード）を再起動するが、熱交換器出口弁の異常により崩壊熱除去機能が喪失し、原子炉水温度が上昇することから、運転中の残留熱除去系の動作状況を確認する。  
待機中の残留熱除去系（低圧注水モード）による原子炉圧力容器への注水を実施し、原子炉水位の上昇を確認後、残留熱除去系を低圧注水モードから原子炉停止時冷却モードへ切り替える。

AM 設備別操作手順書



## 4.2 全交流動力電源喪失

### 特徴

原子炉の運転停止中に全交流動力電源が喪失することにより、原子炉の注水機能及び除熱機能が喪失することを想定する。このため、燃料の崩壊熱により原子炉冷却材が蒸発することから、緩和措置がとれない場合には、原子炉炉水位の低下により燃料が露出し、燃料損傷に至る。

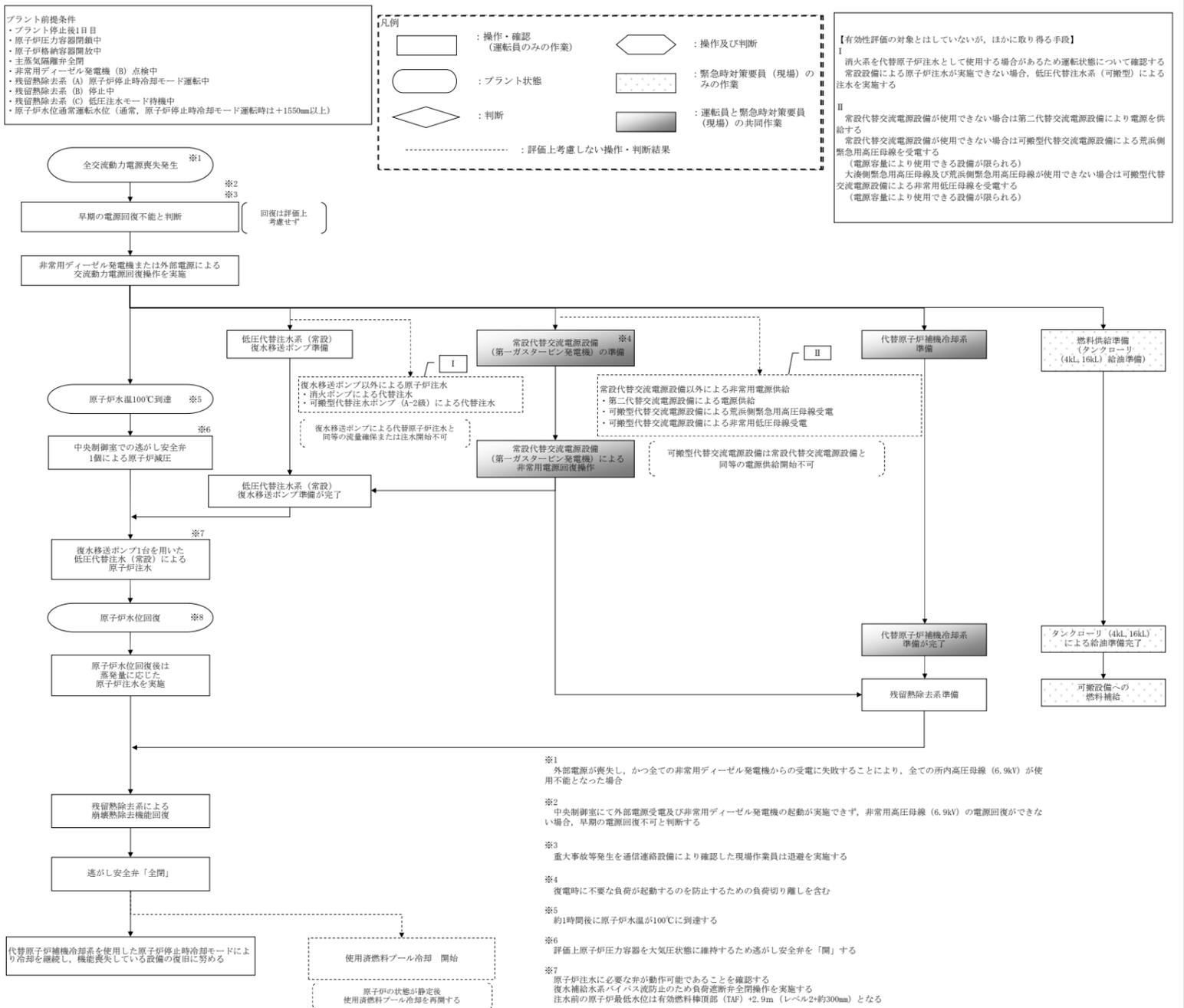
### 基本的な考え方

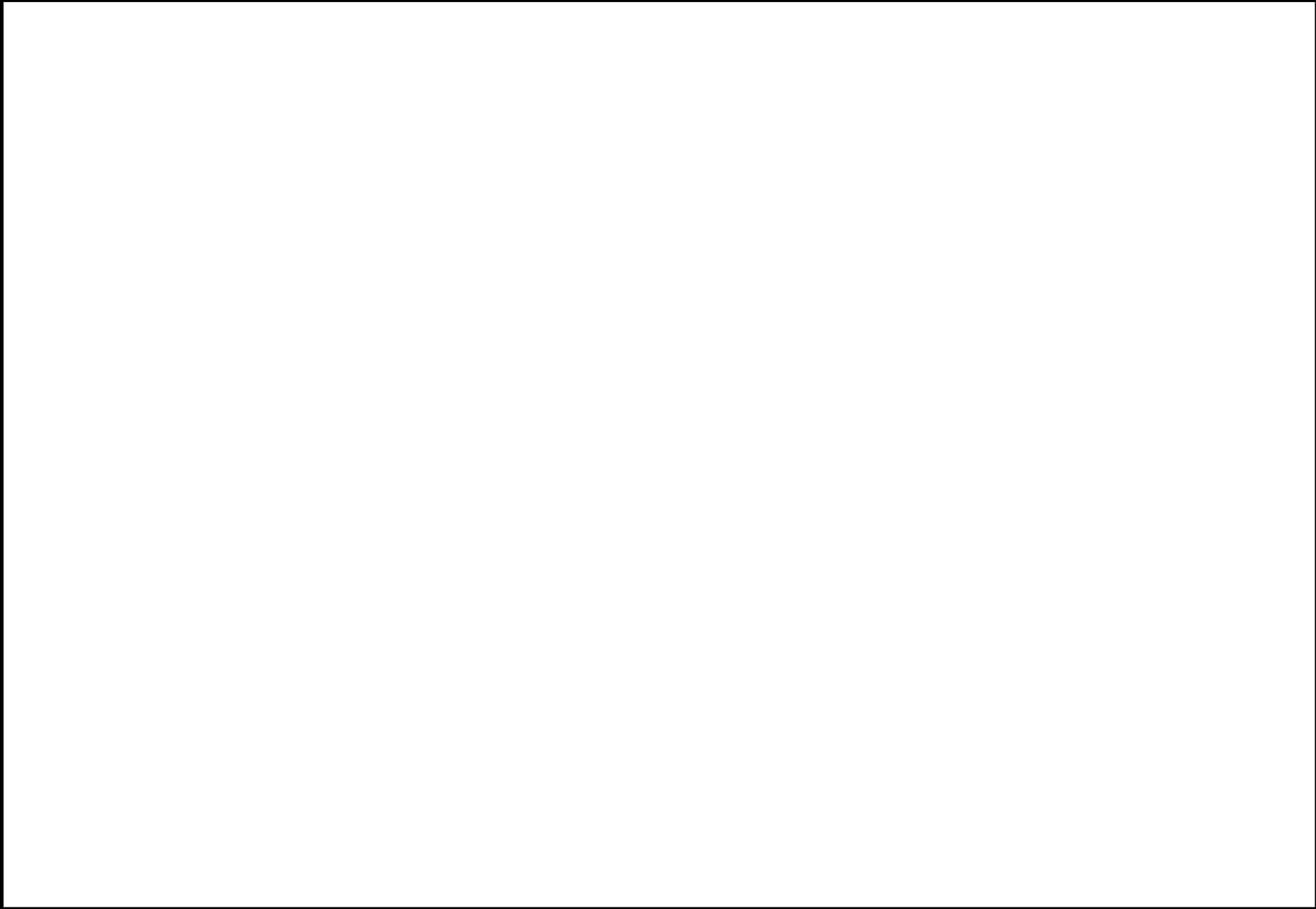
運転員が異常を認知して、常設代替交流電源設備による電源供給、低圧代替注水系（常設）による原子炉注水を行うことによって、燃料損傷の防止を図る。  
また、代替原子炉補機冷却系を介した残留熱除去系（原子炉停止時冷却モード）による最終的な熱の逃がし場へ熱の輸送を行うことにより、原子炉を除熱する。

### 対応手順の概要

- 全交流動力電源喪失による残留熱除去系（原子炉停止時冷却モード）停止確認
- 早期の電源回復不能判断及び対応準備
- 逃がし安全弁による原子炉の低圧状態維持
- 低圧代替注水系（常設）による原子炉注水
- 残留熱除去系（原子炉停止時冷却モード）運転による崩壊熱除去機能回復

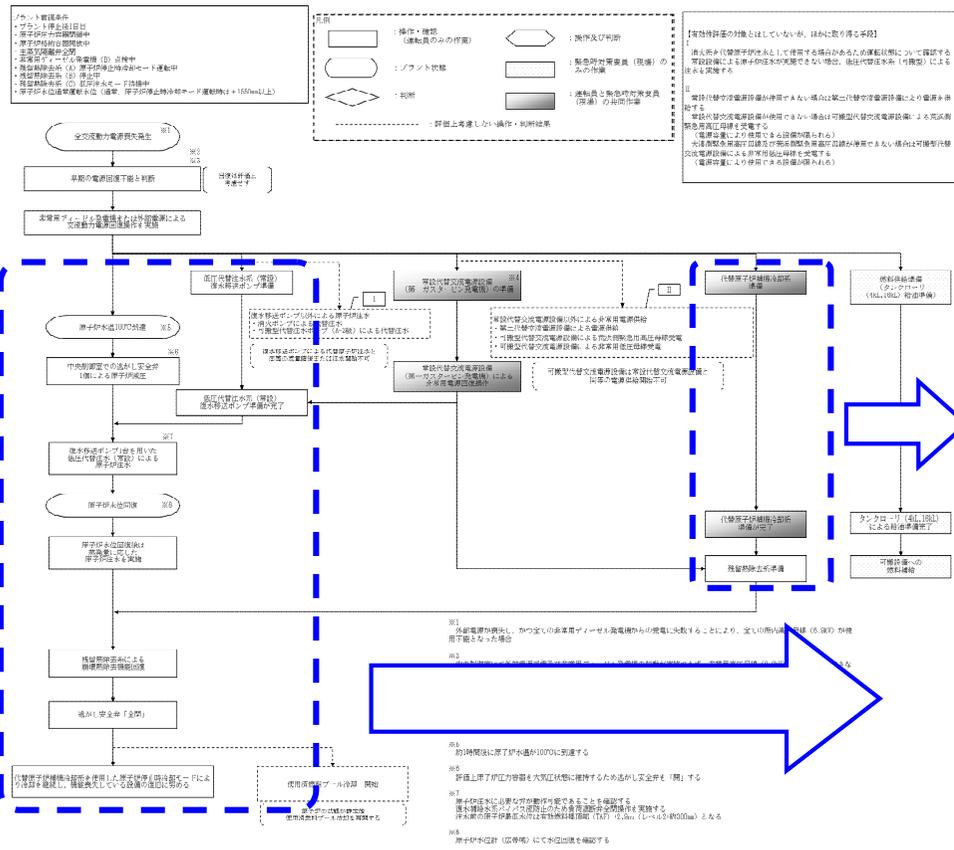
### 解析上の対応手順の概要フロー







### 解析上の対応手順の概要フロー



### 事故時運転操作手順書

事故時運転操作手順書 (停止時徴候ベース) 「停止時 EOP」  
「SFP 原子炉水位・温度制御」



### 操作補足事項

第一ガスタービン発電機からの交流電源供給を確認後、低圧代替注水系 (常設) による原子炉注力容器への注水を開始し、原子炉水位が上昇することを確認する。  
また、代替原子炉補機冷却系の準備完了後、残留熱除去系 (原子炉停止時冷却モード) により原子炉の除熱を行う。

### AM 設備別操作手順書

- ③ 「原子炉注水戦略」
    - ・ MUWC による原子炉注水
  - ⑨ 「原子炉除熱戦略」
    - ・ RHR (A) による原子炉除熱
- 「代替除熱戦略」
- ・ 代替 Hx による補機冷却系 (A) 確保

### 4.3 原子炉冷却材の流出

#### 特徴

原子炉の運転停止中に原子炉冷却材圧力バウンダリに接続された系統から、運転員の誤操作等により系外への原子炉冷却材の流出が発生し、崩壊熱除去機能が喪失することを想定する。このため、原子炉冷却材の流出及び燃料の崩壊熱による蒸発に伴い原子炉冷却材が減少することから、緩和措置がとられない場合には、原子炉水位の低下により燃料が露出し、燃料損傷に至る。

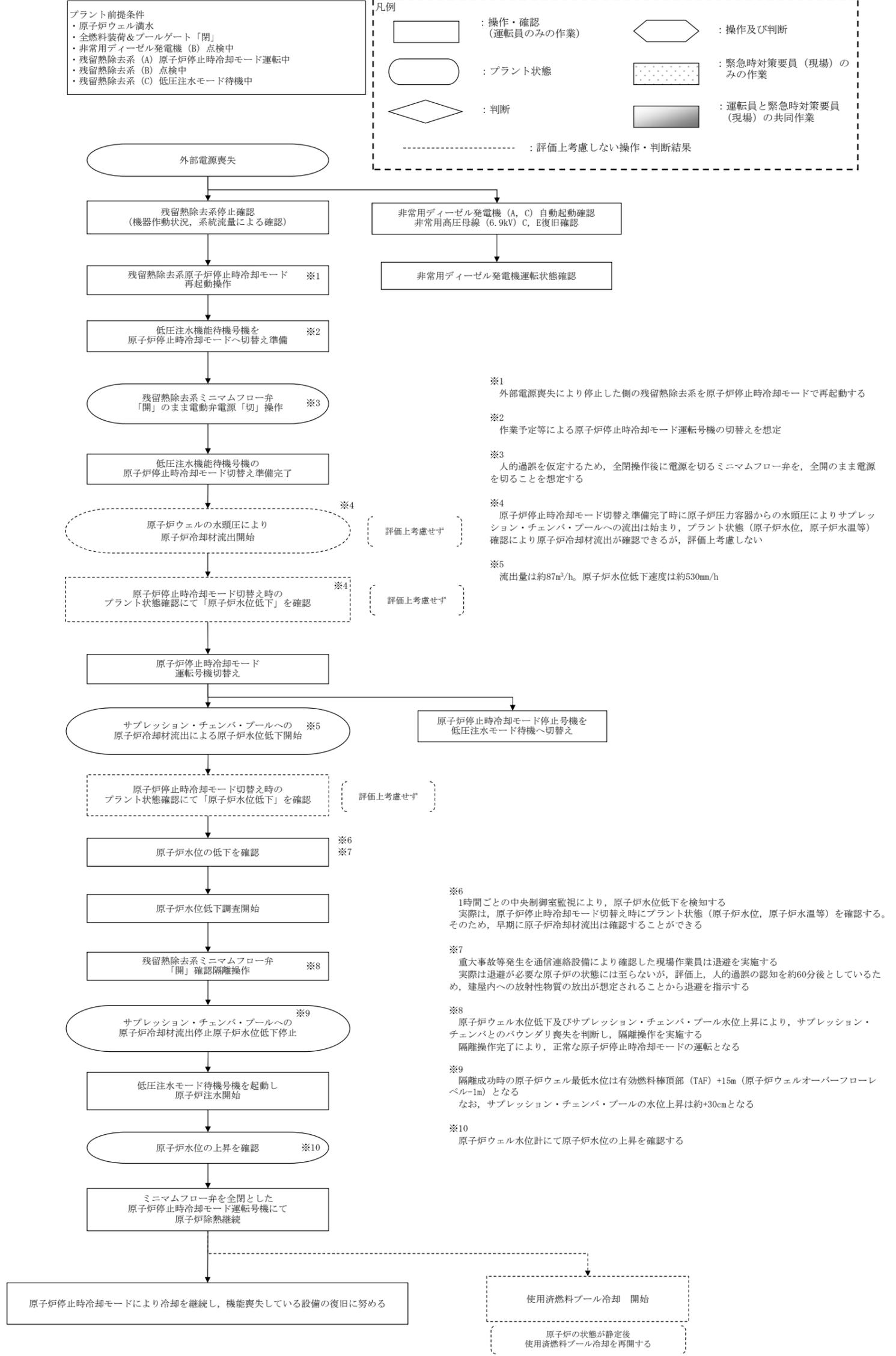
#### 基本的な考え方

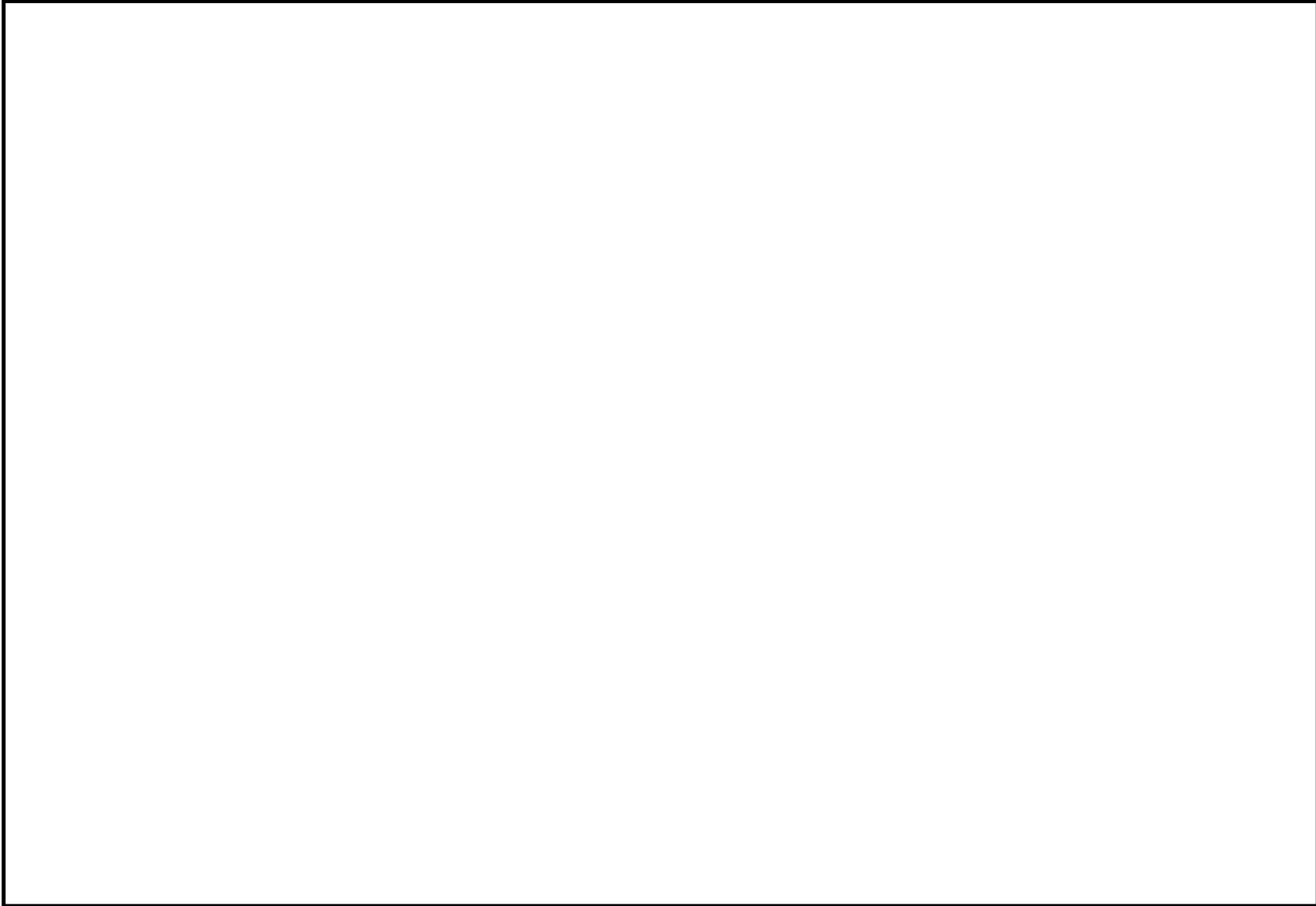
原子炉圧力容器からの原子炉冷却材流出の停止や、残留熱除去系（低圧注水モード）による原子炉注水を行うことで必要量の原子炉冷却材を確保することによって、燃料損傷の防止を図る。  
また、残留熱除去系（原子炉停止時冷却モード）運転による最終的な熱の逃がし場へ熱の輸送を行うことにより、原子炉を除熱する。

#### 対応手順の概要

- 原子炉冷却材圧力バウンダリ外への原子炉冷却材流出確認
- 原子炉冷却材圧力バウンダリ外への原子炉冷却材流出停止確認
- 残留熱除去系（低圧注水モード）運転による原子炉注水

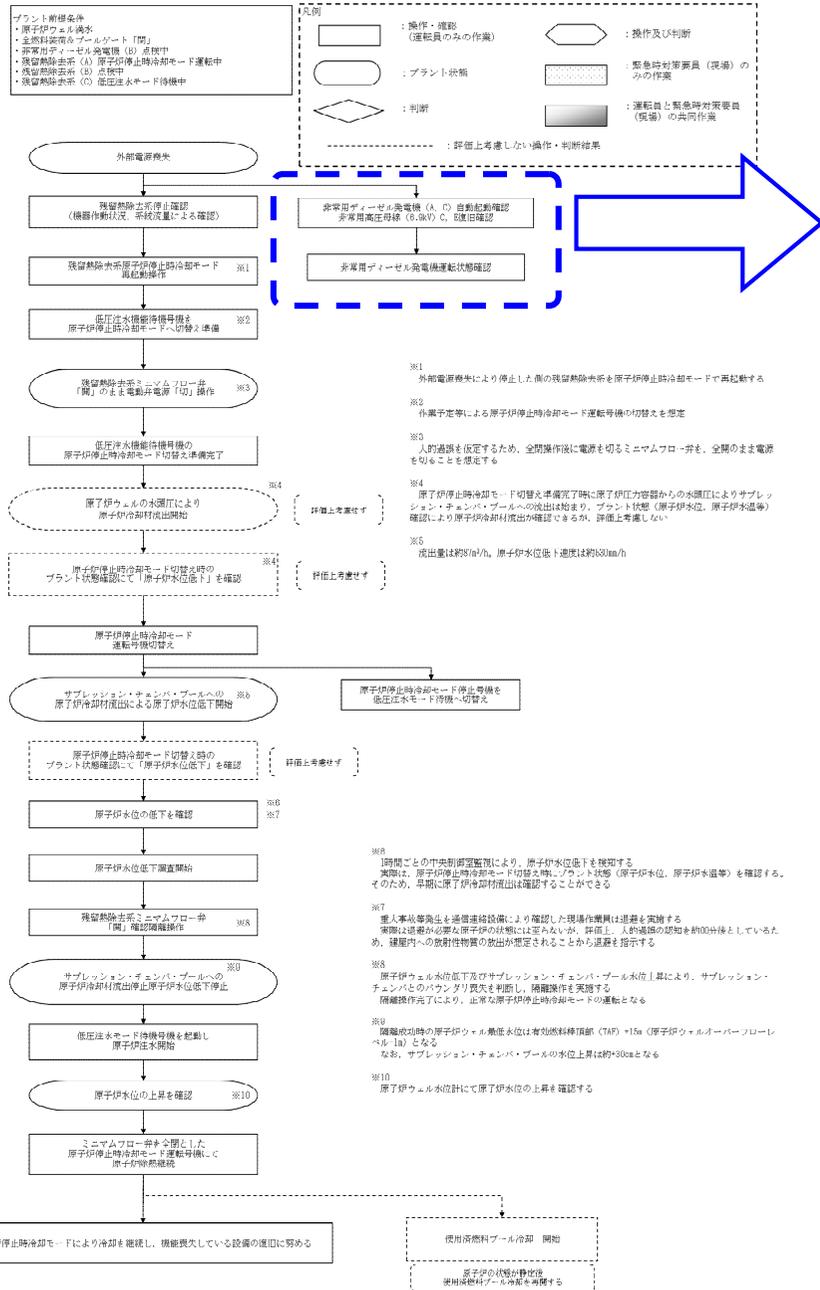
#### 解析上の対応手順の概要フロー





# 詳細手順説明

## 解析上の対応手順の概要フロー



## 事故時運転操作手順書

事故時運転操作手順書 (停止時徴候ベース) 「停止時 EOP」  
「交流/直流電源供給回復」



## 操作補足事項

外部電源喪失が発生したことから、停止時 EOP「交流/直流電源供給回復」により対応する。  
外部電源喪失により非常用ディーゼル発電機が自動起動する。

## AM 設備別操作手順書

解析上の対応手順の概要フロー

事故時運転操作手順書

操作補足事項

事故時運転操作手順書 (停止時徴候ベース) 「停止時 EOP」  
「SFP 原子炉ウエル水位・温度制御」



原子炉水位低下を確認後、原因調査を実施する。  
原因が判明次第、実施前の状態に復旧する。  
また、待機中の残留熱除去系 (低圧注水モード) による原子炉压力容器への注水を実施し、原子炉水位の上昇を確認する。

AM 設備別操作手順書

