

【公開版】

資料 10-1	令和元年 12 月 24 日
日本原燃株式会社	

六ヶ所再処 理 施 設 に お け る  
新 規 制 基 準 に 対 す る 適 合 性

### 第 28 条：重大事故等の拡大防止等

- ・ 重大事故等の対処に係る有効性評価の基本的な考え方
- ・ 冷却機能の喪失による蒸発乾固への対処

# 1 章 基準適合性

## 2. 重大事故等の拡大防止等（要旨）

## 2.2 冷却機能の喪失による蒸発乾固への対処（要旨）



## 1. 事故の特徴

冷却機能の喪失による蒸発乾固の発生が想定される冷却が必要な溶解液、抽出廃液、硝酸プルトニウム溶液及び高レベル廃液（以下、「高レベル廃液等」という。）を内包する貯槽及び缶（以下、「貯槽等」という。）は、崩壊熱を有するため、通常運転時には安全冷却水系により冷却を行い、高レベル廃液等の沸騰を防止している。

安全冷却水系は、貯槽等に内包する高レベル廃液等の崩壊熱を除去する内部ループ及び内部ループによって除かれた熱を外部ループに伝える熱交換器、外部ループに移行した熱を大気中へ逃がす最終ヒートシンクの冷却塔で構成される。

貯槽等、貯槽等を収納するセル及びセルを取り囲む建屋は、それぞれ塔槽類廃ガス処理設備、建屋換気設備のセルからの排気系（以下、「セル排気系」という。）、建屋換気設備の建屋排気系（以下、「建屋排気系」という。）により換気され、貯槽等、セル、建屋の順に圧力が低くなるように設計されている。

安全冷却系の冷却機能が喪失した場合には、高レベル廃液等の温度が崩壊熱により上昇し、沸騰に至った場合には、液相中の気泡が液面で消失する際に発生する飛まつが放射性エアロゾルとして蒸気と共に気相中に移行することで、大気中へ放出される放射性物質の量が増大する。

さらに、ルテニウムを内包する高レベル濃縮廃液については、沸騰の継続により硝酸濃度が約6規定以上でかつ温度が120℃以上に至った場合には、ルテニウムが揮発性の化学形態となり、気相中に移行する。さらに、高レベル廃液等の沸騰が継続した場合には、乾燥・固化に至る。

冷却機能の喪失による蒸発乾固は、5建屋13機器グループ、合計53の貯槽等で発生する。

## 2. 対処の基本方針

高レベル廃液等の沸騰を未然に防止するため、喪失した冷却機能を代替する設備により、沸騰に至る前に高レベル廃液等の冷却を実施する。以下、この対策を発生防止対策という。

発生防止対策が機能せず、高レベル廃液等が沸騰に至った場合には、事故の特徴に記載したとおり、気相へ移行する放射性物質の量が増大する可能性がある。

沸騰が継続した場合には、ルテニウムを内包する高レベル濃縮廃液において揮発性のルテニウムが発生する可能性があり、さらに、沸騰が継続することで乾燥・固化に至ることから、これらを防止するため、貯槽等内に注水する。

さらに、事態を収束させるため、発生防止対策とは異なる位置から貯槽等の冷却コイル又は冷却ジャケットへ通水することにより、高レベル廃液等を冷却し、未沸騰状態に導くとともに、これを維持する。以下、これらの対策を拡大防止対策という。

高レベル廃液等が沸騰に至ると、蒸気の影響により、塔槽類廃ガス処理設備の高性能粒子フィルタの処理能力が低下する可能性があることから、気相中に移行した放射性物質の大気中への放出を防止するため、塔槽類廃ガス処理設備の流路を遮断し、気相中に移行した放射性物質をセルに導出する。この際、セル内の圧力上昇を抑制するため、貯槽等内で発生した蒸気を、凝縮器で凝縮させると共に、放射性物質の低減のため、凝縮器の下流側に設置する高性能粒子フィルタを経由してセルに導出する。

さらに、セル排気系を代替する排気系により、放射性物質を低減した上で、主排気筒から大気中に放出する。

### 3. 具体的対策

#### 3.1 発生防止対策

安全冷却系の冷却機能が喪失した場合には、可搬型中型移送ポンプ、可搬型建屋外ホース、可搬型排水受槽、可搬型建屋内ホース、弁等を敷設し、内部ループに水を供給するために、可搬型建屋外ホース及び可搬型中型移送ポンプを接続し、貯水槽から建屋へ水を供給するための経路を構築する。また、可搬型建屋外ホース、可搬型建屋内ホース及び内部ループの給水口を接続することで、建屋へ供給された水を内部ループへ供給するための経路を構築する。

冷却に使用した排水を貯水槽へ移送するため、内部ループの排水口及び可搬型建屋内ホースを接続し、建屋近傍に設置した可搬型排水受槽への排水経路を構築する。また、可搬型排水受槽、可搬型建屋外ホース及び可搬型中型移送ポンプを接続し、可搬型排水受槽から貯水槽への排水経路を構築する。

給水側の可搬型中型移送ポンプを運転することで、貯水槽から内部ループへ通水する。冷却に用いた冷却水は、可搬型排水受槽に一旦貯留した後、排水側の可搬型中型移送ポンプを運転することで、敷設した排水経路を経由して貯水槽に排水し、再び、内部ループへの通水の水源として用いる。

このため、可搬型建屋外ホース、可搬型中型移送ポンプ、可搬型建屋内ホース、弁等及び可搬型排水受槽を可搬型重大事故対処設備として新たに整備する。貯水槽を常設重大事故等対処設備として新たに設置すると共に、内部ループを常設重大事故等対処設備として位置づける。

### 3.2 拡大防止対策

発生防止対策が機能しなかった場合に備え、発生防止対策で敷設する可搬型中型移送ポンプの下流側に、貯槽等内に注水するための可搬型建屋内ホース、弁等を施設し、可搬型建屋内ホースと機器注水配管の接続口を接続する。

高レベル廃液等が沸騰に至った場合には、液位低下及びこれによる濃縮の進行を防止するため、液位を一定範囲に維持するよう、貯水槽の水を貯槽等内へ注水する。

また、事態を収束させるため、発生防止対策で敷設する、可搬型中型移送ポンプの下流側に、冷却コイル等への通水のための可搬型建屋内ホース、弁等を敷設し、可搬型建屋内ホースと各貯槽等の冷却コイル等の接続口を接続した後、貯水槽の水を冷却コイル等へ通水する。貯槽等内の高レベル廃液等の冷却に用いた冷却水は、内部ループへの通水と同じように、排水経路を経由して貯水槽に排水し、再び、冷却コイル等への通水の水源として用いる。

また、高レベル廃液等が沸騰に至る場合に備え、塔槽類廃ガス処理設備の隔離弁を閉止することで、塔槽類廃ガス処理設備の流路を遮断し、貯槽等からの排気をセルに導出するための常設の排気経路に設置する弁を開く。本対応と並行して、当該排気経路に設置した凝縮器へ冷却水を供給するため、発生防止対策で敷設する可搬型中型移送ポンプの下流側に、凝縮器へ通水するための可搬型建屋内ホース、弁等を敷設し、可搬型建屋内ホース及び凝縮器の接続口を接続し、貯水槽の水を凝縮器に通水する。高レベル廃液等が沸騰に至った場合には、排気をセルに導出する前に、排気経路上の凝縮器により排気中の蒸気を凝縮させると共に、凝縮器下流側に設置した高性能粒子フィルタにより放射性物質を除去する。

凝縮器の冷却に用いた冷却水は、内部ループへの通水と同じように排水経路を経由して貯水槽に排水し、再び、凝縮器への通水の水源として用いる。

なお、凝縮器下流側に設置した高性能粒子フィルタの差圧が、凝縮器通過後の排気の湿分により上昇する場合には、高性能粒子フィルタをバイパスしてセルに導出する。

貯槽等内においては、放射線分解により常に水素が発生しているため、本重大事故が発生した場合においても、継続して水素掃気を実施する必要がある。一方、本重大事故時には、塔槽類廃ガス処理設備の流路を遮断し、貯槽等からの排気をセルに導出する。この際、セル排気系の排風機が機能喪失している場合、導出先セルの圧力が上昇し、排気系統以外の場所から、放射性物質を含む気体の漏えいが生じる可能性があるが、高レベル廃液等が沸騰に至る前であれば、排気に含まれる放射性物質の濃度は平常運転時と同程度であり、セルへ導出する前に、高性能粒子フィルタで除去すること、また、排気経路以外の経路から漏えいが生じる可能性がある時間も、最も長い建屋で約3時間程度であり、大気中への建屋内の移行経路を踏まればその影響はわずかである。

また、前処理建屋及び高レベル廃液ガラス固化建屋の貯槽等については、気相部の体積が大きく、水素濃度の上昇が緩やかであることから、導出先のセル圧力上昇を抑制するため、水素掃気用の圧縮空気の供給を停止し、セル内の圧力上昇を防止する。

セルへの放射性物質の導出後においては、セル排気系の高性能粒子フィルタは一段であることから、セル排気系を代替する排気系（以下、「代替排気系」という。）として、可搬型排風機、可搬型発電機、可搬型ダクト、可搬型フィルタを2段敷設し、主排気筒へつながるよう、可搬型排風

機，可搬型ダクト及び可搬型フィルタを接続し，可搬型ダクト及びセル排気系を接続した後，可搬型排風機を運転することで，放射性エアロゾルを可搬型フィルタの高性能粒子フィルタで除去しつつ主排気筒から大気中に放出する。

このため，可搬型建屋外ホース，可搬型中型移送ポンプ，可搬型建屋内ホース，弁等，可搬型排水受槽，可搬型排風機，可搬型発電機，可搬型ダクト，可搬型フィルタを可搬型重大事故対処設備として新たに整備する。貯水槽，セルに導出する経路，凝縮器，凝縮下流の高性能粒子フィルタを常設重大事故等対処設備として新たに設置すると共に，貯槽等の冷却コイル，冷却ジャケット，建屋換気設備のダクト，主排気筒等を常設重大事故対処設備として位置づける。

## 4. 有効性評価

### 4.1 代表事例

冷却機能が喪失する範囲及び環境条件を踏まえた対処内容を考慮し、地震起因事象を代表事象として選定する。

### 4.2 代表事例の選定理由

冷却機能の喪失による蒸発乾固は、外部事象の地震において、冷却水循環ポンプ、冷却塔等の動的機器の直接的な機能喪失及び全交流動力電源喪失による間接的な機能喪失により、冷却機能が喪失する。

また、外部事象の火山又は内部事象において、長時間の全交流動力電源喪失による間接的な動的機器の機能喪失又は動的機能の多重故障による一部の動的機器の直接的な機能喪失により冷却機能が喪失する。

外部事象の地震により発生する冷却機能の喪失の場合、動的機器の機能喪失と全交流動力電源喪失が同時に発生する等、喪失する機器が多く、その範囲も広い。

また、外部事象の地震は、環境条件の悪化も想定されることから、重大事故等対策としては厳しくなる。さらに、外部事象は、地震及び火山が考えられるが、地震起因の方が、環境条件が厳しくなることから、有効性評価の代表としては、地震起因による冷却機能の喪失を選定する。

### 4.3 有効性評価の考え方

発生防止対策に係る有効性については、高レベル廃液等の沸騰が未然に防止できるかについて確認するために、高レベル廃液等の温度上昇の推移を評価する。

拡大防止対策に係る有効性については、発生防止対策が有効に機能せ

ず高レベル廃液等が沸騰に至った場合に、貯槽等の液位を一定の範囲に維持でき、また、冷却コイル等への通水により高レベル廃液等の温度が安定して、低下傾向になるかについて確認するため、高レベル廃液等の温度及び液位の推移を評価する。

また、貯槽等からの排気をセルに導出する場合、凝縮器の機能が継続的に維持できるか確認するため、凝縮器で発生する凝縮水量が回収先のセルの漏えい受け皿等の容量を下回ることを確認する。

さらに、放射性物質の放出量評価として、拡大防止対策の実施状況を踏まえて、貯槽等から気相に移行する放射性物質の量、放出経路における低減割合を考慮し、事態収束までの大気中へ放出する放射性物質の放出量（ $Cs-137$ 換算）を評価する。

これらの評価における高レベル廃液等の温度、発熱量については、水の定圧比熱等を用いた簡便な計算で実施する。

#### 4.4 機能喪失の条件

代表事例において、基準地震動の1.2倍の地震動を入力した場合においても必要な機能を損なわない設計としていないものは、機能喪失するものとし、動的機器については耐震性によらず機能喪失を想定する。

また、代表事例では、外部電源を含めた全交流動力電源の喪失を想定しているため、追加での機能喪失は想定しない。

#### 4.5 機器の条件

可搬型中型移送ポンプは1台あたり $240\text{m}^3/\text{h}$ の容量を有し、内部ループへの通水、貯槽等への注水、冷却コイル等への通水及び凝縮器への通水に用いるものとし、前処理建屋で1台、分離建屋、精製建屋及びウラ



ン・プルトニウム混合脱硝建屋で1台，高レベル廃液ガラス固化建屋で1台を使用する。

各貯槽等への供給流量は，内包する高レベル廃液等の崩壊熱を踏まえて，設定した値に調整して，当該設定値で通水する。

高レベル廃液等の核種組成，濃度，崩壊熱密度は，再処理する使用済燃料の冷却条件を15年とし，これを基に算出される放射性物質の核種組成を基準に，濃度及び崩壊熱密度の最大値を設定する。

貯槽等の高レベル廃液等の保有量は，公称容量とする。高レベル廃液等の温度評価にあたっては，セルへの放熱を考慮せず，断熱として評価する。

#### 4.6 操作の条件

内部ループへの通水は，準備が整い次第実施するものとして，沸騰までの時間が最も短い精製建屋において，沸騰に至るまでの時間である11時間に対して8時間50分で内部ループへの通水を開始する。

セルへの導出経路への切替操作は，沸騰までの時間が最も短い精製建屋において，沸騰に至るまでの時間である11時間に対して2時間25分で完了する。

前処理建屋及び高レベル廃液ガラス固化建屋における水素掃気用の圧縮空気の停止操作は，45分後に完了する。

貯槽等の液位を監視しつつ，高レベル廃液等の液量が，初期保有量の70%に減少する前までに貯槽等への直接注水を開始する。また凝縮器への通水は，準備が完了次第実施し，沸騰までの時間が最も短い精製建屋において，沸騰に至るまでの時間である11時間に対して8時間30分で凝縮器への通水を開始する。

冷却コイル等への通水は準備が完了次第、開始するものとしており、沸騰の継続時間が最も長くなる精製建屋においては30時間40分で通水を開始する。

代替排気系による排気は、準備が完了次第実施するものとしており、沸騰までの時間が最も短い精製建屋において、沸騰に至るまでの時間である11時間に対して6時間40分で開始する。

#### 4.7 放出量評価の条件

高レベル廃液等の放射性物質の組成、濃度、崩壊熱密度と貯槽等の保有量は機器条件と同様である。

気相への移行割合については、蒸発乾固を模擬した気相移行量の測定の実験結果を参考に、沸騰開始から乾固までの移行割合を $5 \times 10^{-5}$ に設定し、沸騰継続時間を貯槽等の高レベル廃液等の保有量と崩壊熱密度から高レベル廃液等の潜熱を考慮して算出する。

放出経路における放射性物質の低減割合については、高性能粒子フィルタ2段による除染係数を $10^5$ 、放出経路構造物への沈着による除染係数を10、凝縮器の除染係数を10とする。なお、凝縮器下流に設置する高性能フィルタの除染係数については、蒸気によって劣化する可能性があるため、評価上考慮しない。

また、継続して実施される水素掃気空気の供給により生じる経路外放出に対しては、放出経路での除染係数を100見込むとともに、放出経路の空間における希釈効果を考慮して評価する。

放射性物質の放出量（ $Cs-137$ 換算）については、IAEAに示される換算係数を用いて、着目する核種の比から算出する。ただし、プルトニウム等の一部の核種については、それに加えて化学形態による影響の違い

を補正する係数を乗じる。

#### 4.8 判断基準

発生防止対策については、高レベル廃液等が沸騰に至らず低下傾向を示すこと。

拡大防止対策については、沸騰に至った場合に、液位を一定範囲に維持でき、冷却コイル等への通水により、高レベル廃液等が沸騰しない状態を継続して維持できること。

また、事態の収束までに発生する凝縮水の発生量が、凝縮の回収先セルの漏えい液受皿の容量を下回ること。

放出量評価は、拡大防止対策としての冷却コイル等への通水による事態の収束までの大気中への放射性物質の放出量がCs-137換算で100TBqを下回るものであって、かつ、実行可能な限り低いこと。

## 5. 有効性評価の結果

### 5.1 発生防止対策

安全冷却水系の冷却機能の喪失により、高レベル廃液等の温度が上昇し始め、沸騰に至るまでの時間の短い機器グループから優先的に内部ループへの通水を開始する。その結果、全ての機器グループにおいて沸騰に至る時間に対して2時間以上の余裕をもって低下傾向を示す。

### 5.2 拡大防止対策

発生防止対策が機能しなかった場合、高レベル廃液等は沸騰に至り液位が低下するが、液位を監視しつつ貯槽等への注水を適時実施することにより、液量は、貯槽等の事故発生直前の初期液量の70%を下回ることなく維持でき、液量を一定範囲に維持できる。また、ルテニウムを含む貯槽等において、溶液の温度を120℃未満に維持でき、揮発性のルテニウムが生成することはない。

さらに、貯槽等への注水により液量及び温度を一定範囲に維持しつつ、冷却コイル等への通水を開始した以降は、高レベル廃液等の温度は沸点未満となり、低下傾向を示し、沸騰しない状態を継続して維持できる。また、事態の収束までに発生する凝縮水の量は、漏えい液受け皿の容量に対して最も厳しくなる精製建屋において約3 m<sup>3</sup>であり、凝縮水の発生量は回収先セルの漏えい液受け皿等の容量を十分下回る。

セル導出経路の系統構成、凝縮器への通水、代替排気系による排気等により、事態の収束までに大気中へ放出される放射性物質の量（セシウム-137換算）は、前処理建屋において、 $8 \times 10^{-13}$  TBq、分離建屋において、 $5 \times 10^{-7}$  TBq、精製建屋において、 $5 \times 10^{-6}$  TBq、ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋において、 $3 \times 10^{-7}$  TBq及び高レベル廃液ガ

ラス固化建屋において、 $4 \times 10^{-6}$  T B q であり、これらを合わせても約  $9 \times 10^{-6}$  T B q であり、100 T B q を下回るものであって、かつ、実行可能な限り低い。

### 5.3 不確かさの影響評価

#### 5.3.1 事象、事故条件及び機器条件の不確かさの影響

内部事象で発生する動的機器の故障による冷却機能喪失の場合、対処が必要な設備、建屋の範囲が限定される。当該評価では、代表事例において、各建屋で並行して作業した場合の対策の成立性を確認していることから、評価結果は変わらない。

内部事象で発生する長時間の全交流動力電源の喪失事象及び外部事象の火山起因による冷却機能喪失の場合、初動対応での状況確認やアクセスルート確保等の作業において、地震起因と比較して早い段階で重大事故等対策に着手できるため、対処の時間余裕が大きくなることから、判断基準を満足することには変わりはない。

高レベル廃液等の組成、濃度及び崩壊熱密度は、想定される最大値を設定しており、高レベル廃液等の温度評価では、セル雰囲気への放熱を考慮しない等、厳しい結果を与える条件で評価をしており、安全余裕を排除したより現実的な条件とした場合には、対処の時間余裕が大きくなることから、判断基準を満足することには変わりはない。なお、貯槽等からセル雰囲気への放熱の効果は、機器に内包される高レベル廃液等の崩壊熱及び機器の表面積に依存し、崩壊熱の量に対して放熱に寄与する機器面積の大きい溶解液、抽出廃液及びプルトニウム溶液において30%を超え、放熱の効果を見込んだ場合には、これらの溶液を内包する貯槽等において、より時間余裕が増えることとなるが、これらの貯槽等とはもともと時間余裕の大き

い貯槽等であり，各貯槽等での沸騰に至るまでの時間が逆転することはないため，本重大事故の対処の作業の優先順位に与える影響はない。

事態の収束までの大気中への放射性物質の放出量（Cs-137換算）については，気相中に移行する放射性物質の移行割合や放出経路における放射性物質の除染係数に不確かさがある。非安全側な影響として，仮に移行した放射性物質に揮発性のルテニウムが含まれていた場合や放射性物質の移行率に変動があった場合，放出量が1桁程度増加する可能性がある。一方，安全側な影響として，放出量評価に用いた高レベル廃液等の核種組成や経路上での除染係数を評価が厳しくなるよう設定しており，放出量が小さくなることも想定される。このように，不確かさを有するものの，これらを考慮した場合でも判断基準を満足することに変わりはない。

### 5.3.2 操作条件の不確かさの影響

貯槽等への注水，凝縮器への通水等の準備は，安全冷却水系の冷却機能の喪失をもって着手し，高レベル廃液等が沸騰に至るまでの時間に対し，2時間の時間余裕をもって完了させる。また，各作業の作業項目は，余裕を確保して計画し，必要な時期までに操作できるよう体制を整えていることから判断基準を満足していることに変わりはない。

## 6. 同時発生及び連鎖

### 6.1 同時発生

複数の貯槽等で同時に蒸発乾固が発生することに対する重大事故等対策の有効性については、本章に記載したとおりである。

異なる種類の重大事故等の同時発生に対する重大事故等対策の有効性については、別章でまとめる。

### 6.2 連鎖

沸騰が発生する貯槽等に接続する冷却コイル，冷却ジャケット及びその他の安全機能を有する機器の材質は，ステンレス鋼又はジルコニウムであり，事象，事故条件及び機器条件の不確かさを考慮しても，沸騰が発生した場合の温度は，モル沸点上昇を考慮しても130℃程度であり，これらの安全機能を有する機器が損傷することはない。

沸騰時の機器内の圧力は，3 k P a 以下であり，その他の環境条件の変動を考慮しても，沸騰が発生する貯槽等に接続する機器が損傷することはない。他の重大事故等が連鎖して発生することはない。

また，高レベル廃液等が沸騰した場合には，高レベル廃液等のG値の上昇により，水素発生量が増加するが，通常運転時の安全圧縮空気系の水素掃気量は，水素発生量に対して十分な余力を有しており，高レベル廃液等が沸騰に至り，水素発生量が増えたとしても，機器気相分の水素濃度が4 v o l %に至ることなく，他の重大事故等が連鎖して発生することはない。

#### (1) 臨界事故への連鎖

高レベル廃液等の沸騰が発生する機器において講じられている臨界事故に係る安全機能は，全濃度安全形状寸法管理及び濃度管理であるが，

沸騰時の温度，圧力，核燃料物質の濃度変動，その他のパラメータ変動を考慮しても，臨界事故に係る安全機能が喪失することはない。

また，これらの事故影響が，貯槽等のバウンダリを超えて波及することは想定されないことから，当該貯槽等以外の貯槽等において臨界事故が連鎖して発生することはない。

## (2) 水素爆発への連鎖

高レベル廃液等の沸騰が発生する機器において講じられている水素爆発に係る安全機能は，安全圧縮空気系による水素掃気機能であるが，想定される温度，圧力，その他のパラメータ変動を考慮しても安全圧縮空気系による水素掃気機能が喪失することはない。

沸騰発生時には，高レベル廃液等のG値の増加により，高レベル廃液等の水素発生量が増加するが，安全圧縮空気系による水素掃気空気の供給量は余裕をもって設定されており，高レベル廃液等が沸騰に至り，水素発生量が増えたとしても，機器気相分の水素濃度が4 vol%に至ることはなく，他の重大事故等が連鎖して発生することはない。

また，これらの事故影響が，貯槽等のバウンダリを超えて波及することは想定されないことから，当該貯槽等以外の貯槽等において臨界事故が連鎖して発生することはない。

## (3) T B P等の錯体の急激な分解反応への連鎖

高レベル廃液等の沸騰が発生する機器において講じられているT B P等の錯体の急激な分解反応に係る安全機能はない。

また，高レベル廃液等の沸騰による事故影響が，貯槽等のバウンダリを超えて波及することは想定されないことから，T B P等の錯体の急激な分解反応が連鎖して発生することはない。

## (4) 使用済燃料貯蔵槽における燃料損傷への連鎖



高レベル廃液等の沸騰が発生する機器及び使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設は異なる建屋に位置し、高レベル廃液等の沸騰による事故影響が、貯槽等のバウンダリを超えて波及することは想定されないことから、使用済燃料貯蔵槽における燃料損傷が連鎖して発生することはない。

## 7. 必要な要員及び資源

地震起因及び火山起因による冷却機能の喪失の場合には、重大事故の選定に示すとおり、水素爆発及び使用済燃料貯蔵プールの冷却機能喪失に対しても同時に対処することとなる。このため、重大事故等対処に必要な要員及び燃料等の成立性については、それぞれの対処に必要な数量を重ね合わせて評価する必要がある、重大事故等が同時にまたは連鎖して発生した場合の対処において評価している。

### 7.1 要員

本重大事故における発生防止対策及び拡大防止対策に必要な要員は、冷却機能の喪失を受けて、各建屋で並行して対応することとなっており、地震起因の場合、全建屋の合計で128名である。なお、火山起因の場合には、降灰予報を受けて建屋外でのホース敷設等の準備作業に入ることから、建屋外の作業に要する要員数が地震起因の場合を上回ることはなく、地震起因と同じ人数で対応できる。

また、内部事象を起因とした場合は、作業環境が地震起因で想定される環境条件より悪化することが想定されず、対処内容にも違いがないことから、必要な要員は地震起因の場合に必要な人数以下である。

これらに対して、常時事業所内に確保している実施組織要員184名の中で当該対処にあたる要員を128名確保しており対応が可能である。

### 7.2 水源

貯槽等への注水に必要な水量は、貯槽等への注水を7日間継続した場合、合計で約310m<sup>3</sup>である。また内部ループへの通水、凝縮器への通水、及び冷却コイル等への通水は、水源である貯水槽へ排水経路を構成し

て循環させることから、基本的に水量に変化はなく、継続が可能である。  
なお、冷却コイル等への通水が完了するまでの貯槽等からの蒸発量は、全  
建屋の合計で約26m<sup>3</sup>となる。また、すべての建屋の高レベル廃液等の総崩  
壊熱量が1つの貯水槽に負荷された場合の1日あたりの貯水槽の温度上昇  
は、安全側に断熱で評価した場合においても3℃程度であり、貯水槽を最  
終ヒートシンクとして考慮することに問題はない。

### 7.3 電源

電動の可搬型排風機への給電は、専用の可搬型発電機を敷設するため、  
対応が可能である。

### 7.4 燃料

全ての建屋の蒸発乾固の発生及び拡大の防止のための措置を7日間継  
続して実施するのに必要な軽油は合計で約63m<sup>3</sup>であり、再処理施設全体  
で合計400m<sup>3</sup>保有しており、対応が可能である。

5. 重大事故等の対処に係る有効性評価の基本的な考え方

## 目次

### 5. 重大事故等の対処に係る有効性評価の基本的な考え方

#### 5.1 概要

5.1.1 評価対象の整理及び評価項目の設定

5.1.2 評価に当たって考慮する事項

5.1.3 有効性評価に使用する計算プログラム

5.1.4 有効性評価における評価の条件設定

5.1.5 評価の実施

5.1.6 解析コード及び評価条件の不確かさの影響評価

5.1.7 同時発生及び連鎖

5.1.8 必要な要員及び資源の評価

#### 5.2 評価対象の整理及び評価項目の設定

#### 5.3 評価に当たって考慮する事項

5.3.1 安全機能を有する施設の安全機能の喪失に対する想定

5.3.2 操作及び作業時間に対する仮定

5.3.3 環境条件の考慮

5.3.4 有効性評価の範囲

#### 5.4 有効性評価に使用する計算プログラム

5.4.1 臨界事故

5.4.2 冷却機能の喪失による蒸発乾固

- 5.4.3 放射線分解により発生する水素による爆発
- 5.4.4 有機溶媒等による火災又は爆発
- 5.4.5 燃料貯蔵プール等の冷却等の機能喪失
- 5.4.6 重大事故等の同時発生
  
- 5.5 有効性評価における評価の条件設定の方針
  - 5.5.1 評価条件設定の考え方
  - 5.5.2 共通的な条件
  
- 5.6 評価の実施
  
- 5.7 解析コード及び評価条件の不確かさの影響評価方針
  
- 5.8 同時発生又は連鎖
  
- 5.9 必要な要員及び資源の評価方針
  - 5.9.1 必要な要員
  - 5.9.2 必要な資源

## 5. 重大事故等の対処に係るの有効性評価の基本的な考え方

### 5.1 概要

再処理施設において、重大事故に至るおそれがある事故が発生した場合において、重大事故の発生防止対策及び重大事故の拡大防止対策（以下「重大事故等対策」という。）が有効であることを示すため、以下のとおり、評価対象を整理し、対応する評価項目を設定した上で、評価の結果を踏まえて、設備、手順及び体制の有効性を評価する。

有効性評価は、「3. 設計上定める条件より厳しい条件の設定及び重大事故の想定箇所の特定」において特定された重大事故ごとに、同じ種類の重大事故がどの範囲で発生するかを整理した上で実施し、各重大事故等の事故影響を明らかにする。また、異なる種類の重大事故が同時に発生する場合の有効性評価は、各重大事故等の事故影響の相互影響を考慮し実施するとともに、各重大事故等の事故影響が他の安全機能へ及ぼす影響を連鎖として評価する。

#### 5.1.1 評価対象の整理及び評価項目の設定

重大事故等の選定において考慮した設計上定める条件より厳しい条件を基に、各重大事故等の発生を防止している安全機能の喪失の範囲及び生じる環境変化に着目し、措置の有効性を確認するための各重大事故等の発生の起因事象及び起因事象の原因となる設計上定める条件より厳しい条件を特定して、対応する措置の有効性評価を行う。

有効性評価に際しては、事故の様相や設備の特徴を踏まえて有効性を確認するための評価項目を設ける。

具体的には「5.2 評価対象の整理及び評価項目の設定」による。

#### 5.1.2 評価に当たって考慮する事項

有効性評価は、重大事故等対処設備としている設備を用いたものを対象とする。手順及び体制としては、その他の措置との関係を含めて必要となる水源、燃料及び電源の資源や要員を整理した上で、安全機能の喪失に対する仮定、実施組織要員の操作時間に対する仮定、環境条件を考慮して、事態が収束する時点までを対象とする。

具体的には「5.3 評価に当たって考慮する事項」による。

#### 5.1.3 有効性評価に使用する計算プログラム

有効性評価において使用する計算プログラム（以下「解析コード」という。）は、重大事故等の特徴に応じて、着目している現象をモデル化でき、実験等を基に妥当性が確認され、適用範囲を含めてその不確かさが把握されているものを選定して使用する。

具体的には「5.4 有効性評価に使用する計算プログラム」に示す解析コードを使用する。

#### 5.1.4 有効性評価における評価の条件設定

有効性評価における評価の条件設定については、「5.3 評価に当たって考慮する事項」による仮定等を考慮するとともに、事象進展の不確かさを考慮して、設計値等の現実的な条件を設定することを基本とする。また、解析コードや評価条件の不確かさが大きい場合には、影響評価において感度解析等を行うことを前提に設定する。

具体的には「5.5 有効性評価における評価の条件設定の方針」による。



#### 5.1.5 評価の実施

有効性評価における解析は、発生を想定する重大事故の影響を把握し、設備の健全性を確認するとともに、対策の実施により事故が収束することを確認し、その結果を明示する。

#### 5.1.6 解析コード及び評価条件の不確かさの影響評価

評価条件の不確かさの影響評価の範囲として、運転員等操作時間に与える影響、評価項目に与える影響を確認し、それらの影響を踏まえても、措置の実現性に問題なく、評価項目を満足することを感度解析等により確認する。

具体的には「5.7 解析コード及び評価条件の不確かさの影響評価方針」による。

#### 5.1.7 同時発生又は連鎖

「3. 設計上定める条件より厳しい条件の設定及び重大事故の想定箇所の特定」の結果に基づき、重大事故等が同時に発生する範囲を特定し、有効性評価を実施する。また、各重大事故等の事故影響を明らかにし、事故影響が安全機能に及ぼす影響を評価する。

具体的には「5.8 同時発生又は連鎖」による。

#### 5.1.8 必要な要員及び資源の評価

必要な要員は、重大事故等が同時に又は連鎖して発生することを想定しても、再処理施設として評価項目を満たすために必要な要員を確保できる体制となっていることを評価する。資源は、重大事故等が同時に又は連鎖して発生することを想定しても、重大事故に至るおそれがある事故が発

生してから7日間は外部支援がないものとして、再処理施設単独での措置を継続して実施できることを確認する。

具体的には「5.9 必要な要員及び資源の評価方針」による。

## 5.2 評価対象の整理及び評価項目の設定

「3. 設計上定める条件より厳しい条件の設定及び重大事故の想定箇所の特定」では、フォールトツリー分析により、各機能喪失の要因となっている事象毎に機能喪失の範囲が整理されている。

有効性評価を実施する代表事例は、3章で体系的に整理された上記情報を基に、機能喪失の範囲、講じられる対策の網羅性及び生じる環境条件を考慮し選定する。

重大事故等対策の有効性を確認するため、重大事故等のそれぞれについて、有効性を確認するための評価項目を設定する。評価項目は、重大事故の特徴を踏まえた上で、重大事故の発生により、放射性物質の放出に寄与する重大事故等のパラメータ又はパラメータの推移とする。

これらの有効性を確認するための評価項目は、重大事故等の同時発生を想定する場合であっても変わらない。ただし、大気中への放射性物質の放出量に関する有効性については、同時発生を想定する重大事故等による大気中への放射性物質の放出量を合算した上で評価を実施する。

### 5.3 評価に当たって考慮する事項

有効性評価においては、共通して以下の事項を考慮する。

#### 5.3.1 安全機能を有する施設の安全機能の喪失に対する想定

網羅性を確保した有効性評価を実施するため、「5.2 評価対象の整理及び評価項目の設定」において選定した代表事例にて想定される機能喪失の範囲に加えて、更なる機能喪失を重ね合わせることが合理的な場合には、代表事例では想定されない安全機能の喪失を加えて仮定し、有効性評価を実施する。

#### 5.3.2 操作及び作業時間に対する仮定

重大事故等への対処のために実施する操作及び作業を開始する時間は、安全機能の機能喪失の要因となる事象によって異なり、事象の特徴を踏まえて以下のとおり想定する。

##### (1) 設計上定める条件より厳しい条件における外的事象（地震）

地震発生直後、要員は自らの身を守るための行為を実施し、揺れが収まったことを確認してから、安全機能が維持されているかの確認を実施する。したがって、地震の発生を起点として、その後10分間は要員による対処を期待しない。地震の発生から10分後以降、要員による安全系監視制御盤等の確認を実施し、その結果に基づき、安全機能の喪失を把握し、通常の体制から重大事故等への対処を実施するための実施組織に体制を移行するものと仮定する。その後、重大事故対処の体制に移行するために5分を要するものと仮定して、地震の発生から15分後以降、要員による現場状況の把握のための初動対応に移行し、地震発生から90分後まで現場状況確認を実施するものと仮定する。

(2) 設計上定める条件より厳しい条件における外的事象（降下火砕物）

安全系監視制御盤等の情報から安全機能の喪失又は事故の発生を把握するためには、一つの指示情報だけではなく、複数の指示情報から判断する必要がある。したがって、安全系監視制御盤等により安全機能の喪失を判断するための情報を把握した時点を起点として、安全機能の喪失の判断に10分間を要するものと想定し、重大事故等への対処のうち判断に基づき実施する操作及び作業は安全機能の喪失を判断するための情報の把握から10分後以降に実施するものと仮定する。ただし、火山による降下火砕物が発生している場合には、運転員は安全機能の喪失の可能性があるものと認識した上で安全系監視制御盤等の監視を行っており、判断に10分を要することはないと考えられる。

(3) 設計上定める条件より厳しい条件における内的事象

安全系監視制御盤等の情報から安全機能の喪失又は事故の発生を把握するためには、一つの指示情報だけではなく、複数の指示情報から判断する必要がある。したがって、安全系監視制御盤等により安全機能の喪失を判断するための情報を把握した時点を起点として、安全機能の喪失の判断に10分間を要するものと想定し、重大事故等への対処のうち判断に基づき実施する操作及び作業は安全機能の喪失を判断するための情報の把握から10分後以降に実施するものと仮定する。

ただし、判断に用いる指示情報が安全系監視制御盤等に集約されており、事故の発生を直ちに判断できる場合においては、上記の設定によらず、操作可能な時間を設定する。

(4) 設計上定める条件より厳しい条件における外的事象及び内的事象に共通する想定

重大事故等への対処のために実施する操作及び作業の所要時間は、

それぞれの訓練の実績に基づき想定する。

### 5.3.3 環境条件の考慮

「3. 設計上定める条件より厳しい条件の設定及び重大事故の想定箇所の特定制」に整理される自然現象の組み合わせを基に、設計基準において想定した規模の自然現象の発生を想定する。ただし、対処により事象を収束させるまでの時間が短い場合には、その間に自然現象が発生する可能性が十分に低いと考えられることから、対処実施中の自然現象の発生は想定しない。

### 5.3.4 有効性評価の範囲

有効性評価の範囲は、事態が収束するまでの期間を対象として実施する。

## 5.4 有効性評価に使用する計算プログラム

有効性評価に使用する解析コードは、重大事故等の特徴に応じて、着目している現象をモデル化でき、実験等を基に妥当性が確認され、適用範囲を含めてその不確かさが把握されているものとして、以下に示す解析コードを使用する。

### 5.4.1 臨界事故

臨界事故の有効性評価として J A C S コード システムを使用する。

#### (1) 概 要

J A C S コード システムは、臨界安全解析コード システムであり、モンテカルロ法による臨界安全解析を行うことができる。

核データ ライブラリは、評価済核データ E N D F / B - I V から作成された、M G C L 断面積セットを標準で使用する事が可能である。

J A C S コード システムは、1次元 S<sub>n</sub>法輸送計算コードである A N I S N - J R、3次元多群モンテカルロ法臨界計算コードである K E N O - I V により、核燃料物質を有する体系の実効増倍率を計算することができる。

また、M G C L 断面積セットを処理して A N I S N - J R 及び K E N O - I V で使用できる断面積を出力するための M A I L コード、A N I S N - J R で計算されたセル平均断面積を K E N O - I V 用の断面積形式に変換する R E M A I L コードを備えている。

#### (2) 妥当性確認及び不確かさの把握

J A C S コード システムは、多くのベンチマーク実験の解析により十分に検証されており、J A C S コード システムの不確かさを考慮して、計算した実効増倍率が0.95以下となることを未臨界の判断基準と

する。

#### 5.4.2 冷却機能の喪失による蒸発乾固

冷却機能の喪失による蒸発乾固の有効性評価において、計算プログラムは使用していない。

#### 5.4.3 放射線分解により発生する水素による爆発

放射線分解により発生する水素による爆発の有効性評価において、計算プログラムは使用していない。

#### 5.4.4 有機溶媒等による火災又は爆発

TBP等の錯体の急激な分解反応の有効性評価としてFluentを使用する。

##### (1) 概要

解析コードFluentは、汎用熱流体解析ソフトウェアである。航空機の翼に流れる気流、人体の血流、クリーンルーム設計、廃水処理プラント等様々な工業用途に対応し、活用されているソフトウェアであり、TBP等の錯体の急激な分解反応が発生した場合における配管内の圧力や温度解析を行うことができる。

解析コードFluentは、塔槽類内でのTBP等の錯体の急激な分解反応が発生した際の塔槽類及び塔槽類廃ガス処理設備の圧力及び温度の過渡変化を解析することができる。解析コードFluentは、塔槽類内の区間、塔槽類廃ガス処理設備の配管、洗浄塔及びフィルタを流れ方向に三次元に多ノードで模擬している。各ノードについて、圧縮性流体として質量、運動量及びエネルギーの保存則を適用し、流体



から塔槽類及び塔槽類廃ガス処理設備の配管への熱移行は考慮せず、塔槽類及び塔槽類廃ガス処理設備内の流体にのみ熱移行させることとし、流体の熱及び流体力学的挙動を計算する。

解析コード F l u e n t の入力は T B P 等の錯体の急激な分解反応としてのエネルギー、塔槽類内の空間温度、圧力、物性、塔槽類廃ガス処理設備の機器及び配管の幾何学的形状である。出力として、各ノードにおける圧力及び温度の時間変化が求められる。

#### (2) 妥当性確認及び不確かさの把握

解析コード F l u e n t は、多くのベンチマーク実験の解析により十分に検証されている。圧力損失として配管に通気した流体の圧力損失について解析結果と理論式を比較した結果、ほぼ等しい値となっており、その妥当性を確認している。

また、水素爆発を模擬した実験と解析結果を比較した結果、ほぼ同じ波形を示しているため、適切に評価されていることを確認している。

#### 5.4.5 燃料貯蔵プール等の冷却等の機能喪失

想定事故 1 及び想定事故 2 の有効性評価において、計算プログラムは使用していない。

#### 5.4.6 重大事故等の同時発生

地震発生による全交流動力電源の喪失を伴う重大事故等の同時発生の有効性評価において、計算プログラムは使用していない。

## 5.5 有効性評価における評価の条件設定の方針

### 5.5.1 評価条件設定の考え方

有効性評価における評価の条件設定については、事象進展の不確かさを考慮して、設計値及び運転状態の現実的な条件を設定することを基本とする。この際、5.4において把握した解析コードの持つ不確かさや評価条件の不確かさによって、有効性評価の評価項目に対する安全余裕が小さくなる可能性がある場合は、影響評価において感度解析を行うことを前提に設定する。

### 5.5.2 共通的な条件

#### 5.5.2.1 冷却期間

重大事故等への対処における時間余裕は崩壊熱密度による影響が大きいため、再処理する使用済燃料の使用済燃料最終取出し前の原子炉停止時からの期間（以下「冷却期間」という。）を現実的な期間に制限することにより、重大事故等への対処における対処の優先順位の設定をより現実的なものとすることができ、重大事故等への対処の確実性をより向上させることができる。

また、冷却期間を制限することで、崩壊熱密度の低減が図られ、重大事故等への対処における時間余裕が確保されることになり、大気中へ放射性物質を放出する事故に至ったとしても、溶液、廃液及び有機溶媒中の放射性物質量の総量を制限することにより、その影響を一定程度以下に抑制することが可能である。特に、蒸発乾固において特徴的に放出される放射性ルテニウムは、再処理する使用済燃料の冷却期間を制限することにより大きく減衰するため、抑制効果が大きい。

添付書類二に示す予定再処理数量の使用済燃料を冷却期間の長い順に

再処理することを想定した場合、平成28年3月31日時点において貯蔵する使用済燃料の約90%は冷却年数15年以上で再処理することが可能であり、現実的な運転を考慮すると、再処理する使用済燃料の冷却期間を15年以上にすることが可能である。

以上より、使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設の燃料貯蔵プールの容量 $3,000 \text{ t} \cdot U_{PR}$ のうち、冷却期間4年以上12年未満の使用済燃料の貯蔵量が $600 \text{ t} \cdot U_{PR}$ 未満、それ以外は冷却期間12年以上の使用済燃料となるように、新たに受け入れる使用済燃料の冷却期間を制限すること及び再処理する使用済燃料の冷却期間が15年以上となるように計画し管理することを前提とし、以下のとおり使用済燃料の冷却期間を設定する。

- (1) 使用済燃料の受入れ及び貯蔵に係る施設において発生を想定する重大事故等に対する評価では、使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設の燃料貯蔵プールで貯蔵する使用済燃料 $3,000 \text{ t} \cdot U_{PR}$ に対し、冷却期間12年の使用済燃料が $2,400 \text{ t} \cdot U_{PR}$ 及び冷却期間4年の使用済燃料が $600 \text{ t} \cdot U_{PR}$ 貯蔵された状態とする。
- (2) 使用済燃料の受入れ及び貯蔵に係る施設以外の施設において発生を想定する重大事故等に対する評価では、再処理する使用済燃料の冷却期間を15年とする。

#### 5.5.2.2 崩壊熱

- (1) 燃料仕様の領域区分

崩壊熱は、使用済燃料集合体を1体程度の量で取り扱う場合（以下「1体領域」という。）、1日あたりに再処理する使用済燃料を混合し、平均燃焼度が $45,000 \text{ MW d} / \text{ t} \cdot U_{PR}$ 以下になるように調整する溶解施設の計量・調整槽以降の溶解液等を取り扱う場合（以下「1日

平均領域」という。)及び使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設の崩壊熱除去等を考慮する場合(以下「1年平均領域」という。)に区分して、それぞれの領域について、再処理を行う使用済燃料の仕様を満たす範囲から、より厳しい結果を与える使用済燃料集合体燃焼度、照射前燃料濃縮度、比出力及び冷却期間を組み合わせた以下の崩壊熱量を評価するための燃料仕様にに基づき設定する。

- a. 使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設は、年間の最大再処理能力以上の貯蔵容量があるので1年平均領域とする。
- b. せん断処理施設から計量前中間貯槽までは、少数体の取扱量となることから1体領域とする。
- c. 計量・調整槽では、払い出す溶解液を1日当たり再処理する使用済燃料の平均燃焼度 $45,000\text{MW d} / \text{t} \cdot U_{PR}$ 以下に混合及び調整するので、計量・調整槽及び計量補助槽からは1日平均領域とする。
- d. ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵設備、ガラス固化体貯蔵設備及び低レベル固体廃棄物貯蔵設備では、年間の最大再処理能力以上の貯蔵容量があるので1年平均領域とする。
- e. プルトニウム溶液が支配的な溶液はBWR燃料とし、プルトニウム溶液以外の溶液はPWR燃料とする。

## (2) 燃料仕様

### a. 使用済燃料集合体燃焼度

使用済燃料集合体燃焼度の大きい使用済燃料ほど崩壊熱量が大きいので、1体領域では再処理を行う使用済燃料集合体最高燃焼度 $55,000\text{MW d} / \text{t} \cdot U_{PR}$ 、1日平均領域及び1年平均領域では1日当たり再処理する使用済燃料の平均燃焼度の最高値 $45,000\text{MW d} / \text{t} \cdot U_{PR}$ を

設定する。

b. 照射前燃料濃縮度

照射前燃料濃縮度が小さい使用済燃料ほど崩壊熱量が大きいので、1 体領域では高燃焼度実証燃料のような特異な場合を想定して3.0wt%，1 日平均領域では高燃焼度燃料の下限としての照射前燃料濃縮度として3.5wt%，1 年平均領域では高燃焼度燃料の平均的な照射前燃料濃縮度として、BWR燃料では4.0wt%，PWR燃料では4.5wt%を設定する。

c. 比出力

比出力の大きい使用済燃料ほど崩壊熱量が大きいので、1 体領域及び1 日平均領域ともBWR燃料は $40\text{MW}/\text{t} \cdot U_{\text{PR}}$ ，PWR燃料は $60\text{MW}/\text{t} \cdot U_{\text{PR}}$ を設定する。1 年平均領域では平均的な値としてBWR燃料は $26\text{MW}/\text{t} \cdot U_{\text{PR}}$ ，PWR燃料は $38\text{MW}/\text{t} \cdot U_{\text{PR}}$ を設定する。

また、1 日平均領域のうちプルトニウムの寄与が支配的な設備については、プルトニウムの単位重量当たりの崩壊熱量が大きくなる $10\text{MW}/\text{t} \cdot U_{\text{PR}}$ を設定する。

d. 冷却期間

使用済燃料の受入れ及び貯蔵に係る施設では、貯蔵する使用済燃料のうち、 $2,400\text{t} \cdot U_{\text{PR}}$ は冷却期間を12年、 $600\text{t} \cdot U_{\text{PR}}$ は冷却期間を4年とする。

また、使用済燃料の受入れ及び貯蔵に係る施設以外の施設では冷却期間を15年とする。

### 5.5.2.3 放射性物質質量

大気中への放射性物質の放出量（セシウム-137換算）の評価に用いる

放射性物質量は、機器の放射能濃度に容量を乗じたものであり、以下に示すとおりの条件とする。

機器に内包する溶液、廃液、粉末等の放射能濃度は、以下の標準燃料仕様（1年平均領域の使用済燃料のうち放射性物質量が大きいPWR燃料）を基に、ORIGEN2<sup>(1)</sup>コードにより算出される核種組成を基準に、工程内での平常運転時の組成変化及び濃度変化を考慮し設定する。

燃料型式：PWR

使用済燃料集合体燃焼度：45,000MWd / t · U<sub>PR</sub>

照射前燃料濃縮度：4.5wt%

比出力：38MW / t · U<sub>PR</sub>

冷却期間：15年

放射性物質量は、施設内での分離、分配、精製等に伴う挙動が同様であるいくつかの元素グループごとに、燃料仕様の変動に伴う放射能濃度の変動を包含できるように、放射能濃度を補正する係数（以下「補正係数」という。）を設定し、機器に内包する溶液、廃液、粉末等の放射能濃度に補正係数及び機器の容量を乗じて算出する。

#### 5.5.2.4 放射性物質の大気中への放出量

(1) 大気中への放射性物質の放出量は、重大事故等が発生する貯槽が保有する放射性物質量、事故の影響を受ける割合、機器の気相に移行する割合、大気中への放出経路における低減割合を用いて評価する。

(2) 大気中への放射性物質の放出量は、セシウム-137換算で評価する。放射性物質のセシウム-137換算係数は、IAEA-TECDOC-1162に記載されている、地表沈着した核種からのガンマ線による外部

被ばく及び再浮遊核種の吸入による内部被ばくを考慮した 50 年間の実効線量への換算係数並びに吸入核種の化学形態を線量告示に適合させるために、プルトニウム等の一部の核種について、IAEA-TECDOC-1162<sup>(3)</sup>に記載の吸入摂取換算係数をICRP Publication<sup>(4)</sup> 72の吸入摂取換算係数で補正するために設定する「吸入核種の化学形態に係る補正係数」を用いて、以下の計算式により算出する。

セシウム-137 換算係数

$$= (\text{ある核種のCF4換算係数}) / (\text{セシウム-137CF4換算係数}) \times (\text{吸入核種の化学形態に係る補正係数})$$

#### 5.5.2.5 溶液，廃液，有機溶媒の温度

安全機能を有する施設の安全機能の喪失時における溶液，廃液，有機溶媒の温度を考慮する場合には，安全冷却水系が1系列運転している状態を前提として設定する。

また，冷却機能喪失時の沸騰温度は，各溶液の硝酸濃度より硝酸濃度と沸点の関係から算出する。実際の溶液は，硝酸以外の溶質も溶存しており水-硝酸の沸点より高くなるが，時間余裕の算出に用いる沸点は，モル沸点上昇は考慮せずに，より厳しい結果を与えるように以下の近似式<sup>(8)</sup>に各溶液の硝酸濃度を代入し算出したものを用いる。

$$T_1 = -0.005447 \times c^3 + 0.1177 \times c^2 + 0.7849 \times c + 99.90$$

c : 硝酸濃度 [M]

#### 5.5.2.6 機器に内包する溶液，廃液，有機溶媒の液量

溶液，廃液，有機溶媒の液量は，当該機器の公称容量とする。

ただし、臨界事故については、臨界事故の発生条件を考慮し、個別に液量を設定する。



## 5.6 評価の実施

有効性評価は、発生を想定する重大事故の特徴を基に重大事故等の進展を考慮し、放射性物質の放出に寄与するパラメータ又はパラメータの推移を評価する。また、対策の実施により事態が収束することを確認する。

ただし、事象進展の特徴や厳しさを踏まえ、評価・解析以外の方法で施設が安定状態に導かれ、事態が収束することが合理的に説明できる場合はこの限りではない。

## 5.7 解析コード及び評価条件の不確かさの影響評価方針

評価条件の不確かさの影響評価の範囲として、対策を実施する実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響及び評価項目に与える影響を評価するものとする。

不確かさの影響確認は、評価項目に対する安全余裕が小さくなる場合に感度解析を行う。

### 5.7.1 解析コードにおける不確かさの影響評価

解析コードの不確かさは、重大事故等の特徴に応じて、着目している現象をモデル化でき、評価項目となるパラメータに与える影響を確認する。

### 5.7.2 評価条件の不確かさの影響評価

評価条件のうち、初期条件、事故条件及び機器条件並びに有効性評価の前提となる各安全機能の機能喪失の要因となる事象の違いに起因する不確かさについて、運転員等操作時間に与える影響及び評価項目となるパラメータに与える影響を確認する。なお、評価条件である操作条件の不確かさについては、重大事故等の同時発生の可能性を考慮した上で、操作の不確かさ要因である、「認知」、「要員配置」、「移動」、「操作所要時間」、「他の並列操作有無」、「操作の確実さ」及び「単一故障の想定」に起因して生じる運転員等操作の開始及び完了時間の変動が、実施組織要員の操作の時間余裕及び評価項目となるパラメータに与える影響を確認する。

## 5.8 重大事故等の同時発生又は連鎖

### 5.8.1 重大事故等の同時発生

「3. 設計上定める条件より厳しい条件の設定及び重大事故の想定箇所の特定」の結果を基に、同一の重大事故がどの範囲で発生するかを整理する。また、各安全機能の機能喪失の要因となる事象がもたらす機能喪失の範囲に基づき、異なる種類の重大事故がどの範囲で発生するかを整理する。

単一の重大事故等の同時発生は、複数の機器において重大事故等が同時発生することを前提として有効性評価を行う。

異なる種類の重大事故等の同時発生は、異なる種類の重大事故等の各々の相互影響を考慮し、「13. 重大事故が同時に又は連鎖して発生した場合の対処」において有効性評価を行う。

### 5.8.2 重大事故等の連鎖

#### 5.8.2.1 重大事故等の連鎖の整理の考え方

連鎖して発生する重大事故等の整理は、起因となる重大事故等の事故影響によって、他の重大事故等の発生を防止している安全機能が喪失するかどうか及び互いの重大事故等対策を阻害せず、有効に機能することを確認する。

#### 5.8.2.2 重大事故等の連鎖に係る検討方針

起因となる重大事故等の事故影響を受けて連鎖して発生する重大事故等の特定は、以下の流れに沿って実施する。

- (1) 起因となる重大事故等の抽出
- (2) 起因となる重大事故等の事象進展，事故規模の分析
- (3) 起因となる重大事故等の事故影響が及ぶ範囲の特定

#### (4) 安全機能の分析

##### (1) 起因となる重大事故等の抽出

起因となる重大事故等は、「3. 重大事故の事象選定」で抽出された重大事故等を対象に検討を行う。

##### (2) 起因となる重大事故等の事象進展，事故規模の分析

起因となる重大事故等の事象進展，事故規模を分析し，事故影響によって健在化する環境条件の変化を，起因となる重大事故等が発生している機器毎に特定する。特定にあたっては，溶液の性状等の変化に伴って健在化する可能性のある現象に留意する。環境条件は，「温度」，「圧力」，「湿度」，「放射線」，「物質（水素，煤煙，放射性物質）及びエネルギーの発生」，「落下・転倒による荷重」及び「腐食環境」を考慮する。

これらは，各重大事故等の有効性評価における事故時影響の分析により明らかにし，「13. 重大事故が同時に又は連鎖して発生した場合の対処」に全ての重大事故等の分析を整理する。

各環境条件の影響を考慮する主な観点は次のとおりである。

###### a. 温度

発熱する溶液等による直接加熱や構造材を通じた熱伝導，空間部を通じての熱伝達による熱影響を考慮する。

###### b. 圧力

閉空間の場合には，当該空間のバウンダリを構成する機器への圧力上昇に伴う応力を，また，配管・ダクト等を通じて空間が連結されている場合には圧力伝播によって発生する応力の影響を考慮する。

c. 湿度，放射線及び腐食環境

当該環境にさらされる機器の材質との関係から，脆化等が発生し得るかを考慮する。

d. 物質（水素，煤煙，放射性物質）及びエネルギーの発生

水素の燃焼を想定し「圧力」と同じ観点での影響を考慮する。煤煙及び放射性物質の発生は，当該環境にさらされる機器の材質，機器が有する機能との関係から脆化等が発生し得るかを考慮する。

また，物質の発生及びエネルギーの発生が，安全機能が有する容量を超えるか否かを考慮する。

e. 落下・転倒による荷重

落下・転倒物の衝突及び衝突に伴い発生する荷重の影響を考慮する。

f. 腐食環境

腐食性物質の発生等，当該環境にさらされる機器の材質，機器が有する機能との関係から腐食等が発生し得るかを考慮する。

(3) 起因となる重大事故等の事故影響が及ぶ範囲の特定

起因となる重大事故等の事故影響によって生じる環境条件の変化が及ぶ範囲を以下の観点で整理する。これらは，各重大事故等の有効性評価における事故時影響の分析により明らかにし，「13. 重大事故が同時に又は連鎖して発生した場合の対処」に全ての重大事故等の分析を整理する。

a. 起因となる重大事故等が発生している機器自体の損傷・劣化及び機器に接続している各種安全機能を担う機器・系統の損傷・劣化

b. a. の結果，起因となる重大事故等の事故影響が，起因となる重大事故等が発生している機器を超えて波及すると判断された場合には，隣接するその他機器の損傷・劣化

- c. a. の結果，起因となる重大事故等の事故影響が，起因となる重大事故等が発生している機器を超えて波及すると判断された場合には，機器が設置されるセルの損傷・劣化
- d. a. の結果，起因となる重大事故等の事故影響が，セルを超えて波及すると判断された場合には，起因となる重大事故等が発生する機器が設置されているセル外の機器の損傷・劣化
- e. a. 上記 a. から d. は，機器又はセルを通過している配管，ダクト等を通じた事故影響の伝播を考慮する。

#### (4) 安全機能喪失の分析

各機器に接続している各種安全機能を担う機器・系統の構造的な健全性について，「(2) 起因となる重大事故等の事象進展，事故規模の分析」に示した環境条件の変化に対して分析する。

また，構造的な健全性とは別に，各種安全機能の容量不足について，各種安全機能に対する「(2) 起因となる重大事故等の事象進展，事故規模の分析」に示した環境条件の変化の影響を分析する。各種安全機能は，「3. 設計上定める条件より厳しい条件の設定及び重大事故の想定箇所の特定」に示した安全機能となる。

これらに対し，「(2) 起因となる重大事故等の事象進展，事故規模の分析」に示した環境条件の変化を考慮した場合に，これらの安全機能が劣化又は喪失するかについて，各安全機能を構成する機器の特徴に応じて個別に評価する。また，同様の分析を各重大事故等対策を担う機器・系統に対して実施する。

これらは，各重大事故等の有効性評価における事故時影響の分析により明らかにし，「13. 重大事故が同時に又は連鎖して発生した場合

の対処」に全ての重大事故等の分析を整理する。

## 5.9 必要な要員及び資源の評価方針

重大事故等への対処に必要な要員及び資源の評価においては、設計上定める条件より厳しい条件毎に、同時に又は連鎖して発生することを想定する重大事故等が全て同時に又は連鎖して発生することを想定して評価を行う。具体的には、同時に又は連鎖して発生することが想定される重大事故等における必要な要員及び資源の有効性評価は、他の同時に又は連鎖して発生する事象の影響を考慮する必要があるため、「13. 重大事故が同時に又は連鎖して発生した場合の対処」に示す。また、設計上定める条件より厳しい条件における外的事象では発生が想定されず内的事象でのみ発生を想定する重大事故等については、単独で発生することを想定して評価を行う。

### 5.9.1 必要な要員

再処理施設として、評価項目を満たすために必要な要員を確保できる体制となっていることを評価する。

### 5.9.2 必要な資源

#### (1) 水 源

再処理施設として、重大事故等への対処に使用する水の流量及び使用開始時間から、敷地外水源からの取水までに使用する水量を算出することにより、敷地内水源が枯渇しないことを評価する。また、敷地外水源からの取水流量が、重大事故等への対処に使用する水の流量を上回ることを評価する。



## (2) 電 源

再処理施設として、使用する重大事故等対処施設の起動電流及び定格電流を考慮して、これらの起動順序を定めた上で、必要となる負荷の最大容量に対して電源設備の容量で給電が可能であることを評価する。

## (3) 燃 料

再処理施設として、軽油又は重油を燃料とする重大事故等対処施設の燃費及び使用開始時期から、安全機能を有する施設の安全機能の喪失から7日間で消費する軽油又は重油の総量を算出することにより、燃料補給設備が重大事故等対処施設への給油を継続できる容量を有していることを評価する。

また、軽油又は重油を燃料とする重大事故等対処施設の燃費及び機器付タンクの容量を考慮し、燃料貯蔵タンク及び燃料貯蔵設備からの燃料の運搬により使用を継続できることを評価する。

7. 冷却機能の喪失による蒸発乾固への対処

## 目次

- 7. 冷却機能の喪失による蒸発乾固への対処
  - 7.1 蒸発乾固の発生防止対策
    - 7.1.1 蒸発乾固の発生防止対策の具体的内容
    - 7.1.2 蒸発乾固の発生防止対策の有効性評価
  - 7.2 蒸発乾固の拡大防止対策
    - 7.2.1 蒸発乾固の拡大防止対策の具体的内容
    - 7.2.2 蒸発乾固の拡大防止対策の有効性評価
  - 7.3 蒸発乾固の発生防止対策及び拡大防止対策に必要な要員及び資源

## 7. 冷却機能の喪失による蒸発乾固への対処

### (1) 蒸発乾固の特徴

冷却機能の喪失による蒸発乾固の発生が想定される冷却が必要な溶解液，抽出廃液，硝酸プルトニウム溶液及び高レベル廃液（以下7.では「高レベル廃液等」という。）を内包する貯槽及び缶（以下7.では「貯槽等」という。）は，崩壊熱を有するため，通常運転時には，その他再処理設備の附属施設の給水施設の冷却水設備の再処理設備本体用の安全冷却水系（以下7.では「安全冷却水系」という。）により冷却を行い，高レベル廃液等の沸騰を防止している。

安全冷却水系は，貯槽等に内包する高レベル廃液等の崩壊熱を除去する内部ループ及び内部ループによって除かれた熱を外部ループに伝える熱交換器，外部ループに移行した熱を大気中へ逃がす最終ヒートシンクの冷却塔で構成される。

貯槽等，貯槽等を収納するセル及びセルを取り囲む建屋は，それぞれ塔槽類廃ガス処理設備，建屋換気設備のセルからの排気系（以下7.では「セル排気系」という。），建屋換気設備の建屋排気系（以下7.では「建屋排気系」という。）により換気され，貯槽等，セル，建屋の順に圧力が低くなるように設計されている。

安全冷却系の冷却機能が喪失した場合には，高レベル廃液等の温度が崩壊熱により上昇し，沸騰に至った場合には，液相中の気泡が液面で消失する際に発生する飛まつが放射性エアロゾルとして蒸気と共に気相中に移行することで，大気中へ放出される放射性物質の量が増大する。

さらに，ルテニウムを内包する高レベル濃縮廃液については，沸騰の継続により硝酸濃度が約6規定以上でかつ温度が120℃以上に至った場

合には、ルテニウムが揮発性の化学形態となり、気相中に移行する。さらに、高レベル廃液等の沸騰が継続した場合には、乾燥・固化に至る。

冷却機能の喪失による蒸発乾固は、5建屋13機器グループ、合計53の貯槽等で発生する。

冷却機能が喪失した状態が継続した場合の高レベル廃液等が沸騰に至るまでの時間は、前処理建屋の溶解液を保有する機器において約140時間、分離建屋の高レベル濃縮廃液を保有する機器において約15時間、精製建屋のプルトニウム濃縮缶で濃縮された後の硝酸プルトニウム溶液（以下7.では「プルトニウム濃縮液」という。）を保有する機器において約11時間、ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋のプルトニウム濃縮液を保有する機器において約19時間及び高レベル廃液ガラス固化建屋の高レベル濃縮廃液を保有する機器において約23時間である。

また、乾燥・固化に至るまでの時間は、前処理建屋の溶解液を保有する機器において約1,000時間、分離建屋の高レベル濃縮廃液を保有する機器において約110時間、精製建屋のプルトニウム濃縮液を保有する機器において約59時間、ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋のプルトニウム濃縮液を保有する機器において約65時間及び高レベル廃液ガラス固化建屋の高レベル濃縮廃液を保有する機器において約180時間である。

【補足説明資料7-1】

(2) 蒸発乾固への対処の基本方針

蒸発乾固への対処として、再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の第二十八条及び第三十五条に規定される要求を満足する蒸発乾固の発生防止対策及び拡大防止対策を整備する。

蒸発乾固の発生防止対策として、高レベル廃液等の沸騰を未然に防止するため、喪失した冷却機能を代替する設備により、沸騰に至る前に高レベル廃液等の冷却を実施するための対策を整備する。

蒸発乾固の発生防止対策が機能せず、高レベル廃液等が沸騰に至った場合には、(1) 蒸発乾固の特徴に記載したとおり、気相へ移行する放射性物質の量が増大する可能性があり、沸騰が継続した場合には、ルテニウムを内包する高レベル濃縮廃液において揮発性のルテニウムが発生する可能性があること、さらに、沸騰が継続することで乾燥・固化に至る可能性がある。

以上を考慮し、蒸発乾固の拡大防止対策として、沸騰が継続し、高レベル廃液等の濃縮を防止するための貯槽等への注水を実施するための対策を整備する。

さらに、事態を収束させるため、蒸発乾固の発生防止対策とは異なる位置から貯槽等の冷却コイル又は冷却ジャケットへ通水することにより、高レベル廃液等を冷却し、未沸騰状態に導くとともに、これを維持するための対策を整備する。

高レベル廃液等が沸騰に至ると、蒸気の影響により、塔槽類廃ガス処理設備の高性能粒子フィルタの処理能力が低下する可能性があることから、気相中に移行した放射性物質の大気中への放出を防止するため、塔槽類廃ガス処理設備の流路を遮断し、気相中に移行した放射性物質をセルに導出する。この際、セル内の圧力上昇を抑制するため、

貯槽等内で発生した蒸気を，凝縮器で凝縮させると共に，放射性物質の低減のため，凝縮器の下流側に設置する高性能粒子フィルタを経由してセルに導出する。

さらに，セル排気系を代替する排気系により，放射性物質を低減した上で，主排気筒から大気中に放出する。

冷却機能の喪失による蒸発乾固の発生を想定する機器を第7－1表に，各対策の概要図を第7－1図から第7－4図に示す。また，基本方針の詳細を以下に示す。

a. 蒸発乾固の発生防止対策

安全冷却水系の機器が損傷し、冷却機能が喪失した場合には、高レベル廃液等の沸騰を未然に防止するため、安全冷却水系の内部ループに通水し、蒸発乾固を想定する機器に内包する高レベル廃液等を冷却する。

本対策は、高レベル廃液等が沸騰に至る前までに対策を完了させる。

【補足説明資料 7-2】



## b. 蒸発乾固の拡大防止対策

内部ループへの通水が機能せず、機器に内包する高レベル廃液等が沸騰に至る場合には、機器に注水することにより、高レベル濃縮廃液において揮発性のルテニウムが発生することを防止し、高レベル廃液等が乾燥・固化に至ることを防止する。

さらに、蒸発乾固への対策に使用する常設重大事故等対処設備の配管以外に、機器に接続している重大事故等対処施設の放射線分解により発生する水素による爆発に対処するための設備の常設重大事故等対処設備の配管を始めとするその他の配管を活用した機器への注水手順書を整備することにより、機器への注水を確実なものとする。

本対策は、高レベル廃液等が沸騰に至る前までに対策の準備を完了させる。

また、機器に内包する高レベル廃液等の沸騰開始後の事態収束の観点から、冷却コイル又は冷却ジャケット（以下7. では「冷却コイル等」という。）への通水を実施し、蒸発乾固を想定する機器に内包する高レベル廃液等を冷却することで、未沸騰状態に導くとともに、これを維持する。冷却コイル等への通水は、対策の準備に要する作業が多いことから、機器への注水、機器において沸騰に伴い気相へ移行した放射性物質のセルへの導出、凝縮器による発生した蒸気及び放射性物質の除去、放射性物質の放出経路及び高性能粒子フィルタによる放射性エアロゾルの除去を優先して実施し、主排気筒から大気中への放射性物質の異常放出に至る可能性のある事態を防止した後に実施することを基本とする。

### 【補足説明資料 7-2】

設計上定める条件より厳しい条件としての外部事象の「地震」を条

件とした場合、動的機器が全て機能喪失するとともに、全交流動力電源も喪失し、塔槽類廃ガス処理設備の浄化機能及び排気機能が喪失する。従って、機器に内包する高レベル廃液等が沸騰に至り、機器に接続する塔槽類廃ガス処理設備内の圧力が上昇する場合には、塔槽類廃ガス処理設備の配管の流路を遮断し、放射性物質をセルに導出するための経路を構築することで、塔槽類廃ガス処理設備内の圧力を導出先セルに開放すると共に、放射性物質を導出先セルに導出する。

また、冷却機能が喪失している状況において、溶液が沸騰していない状態であっても、水素掃気用の圧縮空気が継続して供給されることに伴い、機器の気相部の放射性物質が圧縮空気により同伴され、冷却機能が喪失した機器に接続する塔槽類廃ガス処理設備の配管に設置されている水封安全器からセル等へ移行した後、地上放散する可能性がある。このため、気相中に移行した放射性物質の大気中への放出を可能な限り低減するため、放射線分解により発生する水素による爆発を想定する機器内の水素濃度が8 v o 1 %に至る時間が長い建屋への圧縮空気の供給を停止し、放射性物質の移行を停止するとともに、全ての建屋の塔槽類廃ガス処理設備から導出先セルに導出する経路を速やかに構築する。

導出先セルへ放射性物質を導出した場合、塔槽類廃ガス処理設備の浄化機能を期待できないため、塔槽類廃ガス処理設備における放射性物質の除去効率に相当する除染機器を設置し、放射性物質を可能な限り除去する。

具体的には、溶液が沸騰していない状態で機器の気相部へ移行し、水素掃気用の圧縮空気により同伴された放射性物質については、セルへの導出経路上に設置した高性能粒子フィルタにより放射性エアロゾル

を除去し、溶液の沸騰に伴い発生した蒸気及び放射性物質は、導出先セルに導出する前に、凝縮器により沸騰に伴い発生する蒸気を凝縮し、蒸気に同伴する放射性物質を凝縮水として回収する。

また、放射性物質を導出先セルへ導出した後は、放射性物質の大気中への経路外放出を防止するため、排風機を運転し、高性能粒子フィルタにより放射性エアロゾルを除去することで大気中へ放出される放射性物質量を低減し、主排気筒から大気中へ管理しながら放出する。

本対策は、高レベル廃液等が沸騰に至る前までに対策の準備を完了させる。

【補足説明資料 7 - 2】

## 7.1 蒸発乾固の発生防止対策

### 7.1.1 蒸発乾固の発生防止対策の具体的内容

安全冷却水系の冷却機能の喪失に対して、機器に内包する溶液が沸騰に至ることを防止するため、可搬型中型移送ポンプ、可搬型建屋外ホース、可搬型排水受槽、可搬型建屋内ホース、弁等を敷設し、内部ループに水を供給するために、可搬型建屋外ホース及び可搬型中型移送ポンプを接続し、貯水槽から建屋へ水を供給するための経路を構築する。また、可搬型建屋外ホース、可搬型建屋内ホース及び内部ループの給水口を接続することで、建屋へ供給された水を内部ループへ供給するための経路を構築する。

冷却に使用した排水を貯水槽へ移送するため、内部ループの排水口及び可搬型建屋内ホースを接続し、建屋近傍に設置した可搬型排水受槽への排水経路を構築する。また、可搬型排水受槽、可搬型建屋外ホース及び可搬型中型移送ポンプを接続し、可搬型排水受槽から貯水槽への排水経路を構築する。

給水側の可搬型中型移送ポンプを運転することで、貯水槽から内部ループへ通水する。冷却に用いた冷却水は、可搬型排水受槽に一旦貯留した後、排水側の可搬型中型移送ポンプを運転することで、敷設した排水経路を経由して貯水槽に排水し、再び、内部ループへの通水の水源として用いる。

また、可搬型漏えい液受血液位計を設置し、機器の損傷による安全冷却水や機器に保有する溶液の漏えいの発生の有無を確認する。

各建屋の対策の概要を以下に示す。また、対策の系統概要図を第7.1.1-1図に、対策の手順の概要を第7.1.1-2図に、また、各建屋の対策における手順及び設備の関係を第7.1.1-1表に、必要な要員及び作業項目を第7.1.1-3図及び第7.1.1-4図に示す。

#### a. 内部ループへの通水の実施判断

安全冷却水系の冷却塔，外部ループの冷却水循環ポンプ若しくは内部ループの冷却水を循環するためのポンプが多重故障し，安全冷却水系の冷却機能が喪失した場合，又は，外部電源が喪失し，第2非常用ディーゼル発電機を運転できない場合は，内部ループへの通水の実施を判断し，以下のb. 及びc. に移行する。

#### b. 建屋外の水供給経路の構築

各建屋に水を供給するために，可搬型中型移送ポンプを設置し，可搬型建屋外ホース及び可搬型中型移送ポンプを接続し，貯水槽から各建屋へ水を供給するための経路を構築する。また，可搬型排水受槽及び可搬型中型移送ポンプを設置し，可搬型建屋外ホース及び可搬型中型移送ポンプを接続し，冷却に使用した冷却水を貯水槽へ移送するための経路を構築する。

設計基準を超える条件より厳しい条件としての外部事象の「火山」を条件として冷却機能が喪失した場合には，降灰により可搬型中型移送ポンプが機能喪失することを防止するため，可搬型中型移送ポンプを各建屋内及び保管庫内に配置する。

#### c. 内部ループへの通水による冷却の準備

第7-1表に示す機器へ可搬型貯槽温度計を設置する。また，第7-1表に示す機器グループの内部ループの漏えいの有無を，安全冷却水系の内部ループに設置されている膨張槽の液位により確認する。ただし，分離建屋蒸発乾固1の内部ループの漏えいの有無は，当該内部ループを高レベル廃液濃縮缶の加熱運転時の加熱蒸気の供給経路と兼用しており，当該内部ループには膨張槽がないことから，貯水槽から安全冷却水系の内部ループへ水を供給するための経路を構築後，可搬型中型移送ポンプによる安全冷却水系の内部ループの加圧により確認

する。

可搬型建屋内ホースを敷設し，可搬型建屋内ホース及び可搬型建屋外ホースを安全冷却水系の内部ループに接続する。

建屋外の水供給経路の構築が完了した後，可搬型建屋内ホース及び可搬型建屋外ホースを接続する。

#### d．内部ループへの通水の実施判断

安全冷却水系の内部ループへの通水の準備が完了後直ちに，安全冷却水系の内部ループへの通水の実施を判断し，以下の e．へ移行する。

#### e．内部ループへの通水の実施

可搬型中型移送ポンプにより貯水槽から安全冷却水系の内部ループに通水する。通水流量は，可搬型冷却水流量計及び可搬型建屋内ホースの流量調節弁又は流量調整ユニットにより調整する。

安全冷却水系の内部ループへの通水時に必要な監視項目は，通水流量及び第 7－1 表に示す溶液の温度である。

内部ループへの通水に使用した冷却水は，可搬型冷却水排水線量計を用いて汚染の有無を監視する。また，可搬型排水受槽に回収し，可搬型放射能測定装置を用いて汚染の有無を確認した上で，貯水槽へ移送する。

#### f．内部ループへの通水の成功判断

第 7－1 表に示す機器に内包する溶液の温度が85℃以下で安定していることを確認することにより，安全冷却水系の内部ループへの通水による冷却機能が維持されていることを判断する。

冷却機能が維持されていることを判断するために必要な監視項目は，第 7－1 表に示す機器に内包する溶液の温度である。

## 7.1.2 蒸発乾固の発生防止対策の有効性評価

### 7.1.2.1 有効性評価

#### (1) 代表事例

冷却機能の喪失による蒸発乾固の想定的前提となる設計上定める条件より厳しい条件は、設計上定める条件より厳しい条件における外部事象の「地震」及び「火山」、設計上定める条件より厳しい条件における内部事象の「動的機器の多重故障」及び「長時間の全交流動力電源の喪失」である。

これらの条件において、安全冷却水系の冷却機能の喪失の範囲、重大事故等への対処の種類及び重大事故等への対処時の想定される作業環境の苛酷さを考慮すると、概ね「地震」を条件とした場合が厳しい結果を与えることから、設計上定める条件より厳しい条件における外部事象の「地震」を代表として有効性評価を実施する。

「地震」を代表として有効性評価を実施するのは、蒸発乾固の拡大防止対策も同様である。

#### (2) 代表事例の選定理由

##### a. 安全冷却水系の冷却機能の喪失の範囲

冷却機能の喪失による蒸発乾固の発生原因をフォールトツリー分析により明らかにする。安全冷却水系の冷却機能の喪失を頂上事象とした場合のフォールトツリーを第 7.1.2-1 図に示す。また、安全冷却水系の系統概要図を第 7.1.2-2 図に示す。

フォールトツリーにおいて明らかにしたとおり、安全冷却水系の冷却機能の喪失は、「地震」において、冷却塔、外部ループの冷却水循環ポンプ、内部ループの冷却水循環ポンプ、外部電源及び非常用ディーゼ

ル発電機の動的機器の直接的な機能喪失及び全交流動力電源の喪失による間接的な機能喪失により発生する。

また、「火山」及び「長時間の全交流動力電源の喪失」では、全交流動力電源の喪失による間接的な機能喪失により、安全冷却水系の冷却機能が喪失し、「動的機器の多重故障」では、同一機能を有する動的機器のいずれか1種類の動的機器における直接的な機能喪失により冷却機能が喪失する。

以上より、機能喪失の範囲の観点では、「地震」を条件とした場合が、動的機器の機能喪失及び全交流動力電源の喪失が同時に発生し、機能喪失する機器が多く、その範囲も広い。

本観点の分析は、蒸発乾固の拡大防止対策でも同様である。

#### b. 重大事故等対策の種類

重大事故等対策は、冷却塔、外部ループの冷却水循環ポンプ等の動的機器及び動的機器を起動させるために必要な電気設備等、多岐の設備故障に対応でき、かつ、複数の設備故障が発生した場合においても対処が可能となるような対策を選定している。

重大事故等対策がカバーする機能喪失の範囲は、第7.1.2-1図のフォールトツリーに示すとおりである。

整備した重大事故等対策が、「地震」を含む全ての設計上定める条件より厳しい条件で想定される機能喪失をカバーできており、重大事故等への対処の種類観点から、「地震」以外の条件に着目する必要性はない。

本観点の分析は、蒸発乾固の拡大防止対策でも同様である。



### c. 重大事故等への対処時の環境条件の観点

重大事故等への対処時の環境条件に着目すると、「地震」を条件とした場合には、基準地震動を1.2倍にした地震動を考慮する設計とした設備以外の設備の損傷及び動的機器の動的な機能の喪失が想定されることから、建屋内では、溢水、化学薬品漏えい及び内部火災のハザードが発生する可能性があり、また、全交流動力電源の喪失により換気空調が停止し、照明が喪失する。一方、建屋外では、不等沈下及び屋外構築物の倒壊による環境悪化が想定される。

「火山」を条件とした場合には、建屋内では、全交流動力電源の喪失に伴う換気空調の停止及び照明の喪失が発生するものの、「地震」の場合のように溢水、化学薬品漏えい及び内部火災のハザードの発生は想定されない。一方、建屋外では、降灰による環境悪化が想定される。

「長時間の全交流動力電源の喪失」及び「動的機器の多重故障」を条件とした場合には、「長時間の全交流動力電源の喪失」において建屋内の換気空調の停止及び照明の喪失が発生するものの、「地震」の場合のように溢水、化学薬品漏えい及び内部火災のハザードの発生は想定されず、また、「動的機器の多重故障」を条件とした場合には、建屋内の環境条件が有意に悪化することはない。また、これらを条件とした場合に、建屋外の環境条件が悪化することはない。

以上より、「地震」が建屋内外の作業環境を最も悪化させる可能性があるものの、建屋外の環境条件では、「地震」及び「火山」において想定される環境悪化要因の特徴が異なることを考慮し、これらの特徴の違いが重大事故等対策の有効性に与える影響を不確かさとして分析する。

本観点の分析は、蒸発乾固の拡大防止対策でも同様である。

(3) 有効性評価の考え方

高レベル廃液等の沸騰が未然に防止できるかについて確認するために、高レベル廃液等の温度上昇の推移を評価する。

高レベル廃液等の温度上昇の推移の評価にあたっては、セルへの放熱を考慮せず、断熱として評価し、解析コードを用いず、水の定圧比熱等を用いた簡便な計算に基づき算出する。

沸騰に至るまでの時間算出の前提となる溶液の沸点は、沸騰に至るまでの時間を安全側に評価するため、溶質によるモル沸点上昇を考慮せず、溶液の硝酸濃度のみを考慮することとし、溶解液及び抽出廃液では103℃、プルトニウム溶液（約24 g Pu / L）では101℃、プルトニウム濃縮液（約250 g Pu / L）では109℃、プルトニウム濃縮液（約154 g Pu / L）では105℃、高レベル濃縮廃液及び高レベル混合廃液では102℃とする。

高レベル廃液等の温度上昇の推移の評価条件を第7.1.2-1表から第7.1.2-5表に示す。

【補足説明資料7-3】

(4) 有効性評価の評価単位

冷却機能の喪失による蒸発乾固は、溶液が沸騰に至るまでの時間、講ずる対処及び沸騰に至った後の作業環境へ与える影響が機器グループ及び建屋単位で整理され、また、事故影響が他建屋へ及ぶことがないことを考慮し、有効性評価は、機器グループ及び建屋単位で以下のグループに整理し、重大事故等対策毎に実施する。冷却機能の喪失に

よる蒸発乾固の発生が想定される機器の機器グループの概要を第7.1.2-3図から第7.1.2-7図に示す。

有効性評価の評価単位の考え方は、蒸発乾固の拡大防止対策でも同様である。

#### (5) 機能喪失の条件

設計上定める条件より厳しい条件における外部事象の「地震」を条件とした場合の安全機能の喪失の想定は、基準地震動の1.2倍の地震動を入力した場合においても必要な機能を損なわない設計とした設備以外の設備は全て機能喪失するものとし、また、全ての動的機能の喪失を前提として、外部電源も含めた全ての電源喪失も想定していることから、更なる安全機能の喪失は想定しない。

機能喪失の条件の設定の考え方は、蒸発乾固の拡大防止対策でも同様である。

#### (6) 機器の条件

蒸発乾固の発生防止対策に使用する機器を第7.1.2-6表に示す。また、主要な機器の機器条件を以下に示す。

##### a. 可搬型中型移送ポンプ

可搬型中型移送ポンプは、1台当たり約 $240\text{m}^3/\text{h}$ の容量を有し、安全冷却水系の内部ループへの通水を実施する場合には、前処理建屋における蒸発乾固の発生防止対策の実施に対して1台、分離建屋、精製建屋及びウラン・プルトニウム混合脱硝建屋における蒸発乾固の発生防止対策の実施に対して1台を共用し、高レベル廃液ガラス固化建屋における蒸発乾固の発生防止対策の実施に対して1台を使用し、各

機器グループに属する機器の冷却に必要な水を供給できる設計としていることから、各機器への供給流量は、内包する高レベル廃液等の崩壊熱を踏まえて、以下に示す供給流量に調整し、当該設定値で通水する。また、「7.2 蒸発乾固の拡大防止対策」に示す機器への注水、冷却コイル等への通水及び凝縮器への通水の実施に必要な水の供給は、同じ可搬型中型移送ポンプを用いて実施する。

前処理建屋蒸発乾固 1	約13m <sup>3</sup> /h
前処理建屋蒸発乾固 2	約16m <sup>3</sup> /h
分離建屋蒸発乾固 1	約14m <sup>3</sup> /h
分離建屋蒸発乾固 2	約8.8m <sup>3</sup> /h
分離建屋蒸発乾固 3	約10m <sup>3</sup> /h
精製建屋蒸発乾固 1	約2.9m <sup>3</sup> /h
精製建屋蒸発乾固 2	約1.2m <sup>3</sup> /h
ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋蒸発乾固 1	約1.3m <sup>3</sup> /h
高レベル廃液ガラス固化建屋蒸発乾固 1	約17m <sup>3</sup> /h
高レベル廃液ガラス固化建屋蒸発乾固 2	約14m <sup>3</sup> /h
高レベル廃液ガラス固化建屋蒸発乾固 3	約13m <sup>3</sup> /h
高レベル廃液ガラス固化建屋蒸発乾固 4	約13m <sup>3</sup> /h
高レベル廃液ガラス固化建屋蒸発乾固 5	約13m <sup>3</sup> /h

【補足説明資料 7-2】

b. 高レベル廃液等の核種組成，濃度，崩壊熱密度

「5.5.2.1 冷却期間」に記載したとおり、高レベル廃液等の核種組成，濃度，崩壊熱密度は、再処理する使用済燃料の冷却条件を15年とし、これを基に算出される放射性物質の核種組成を基準に、濃度及び崩壊熱密度の最大値を設定する。

c. 高レベル廃液等の保有量

「5.5.2.6 機器に内包する溶液，廃液，有機溶媒の液量」に記載したとおり，機器の高レベル廃液等の保有量は，公称容量とする。

(7) 操作の条件

内部ループへの通水は，安全冷却水系の冷却機能の喪失から溶液が沸騰に至る前までに準備が整い次第開始し，沸騰に至るまでの時間が最も短い精製建屋において，沸騰に至るまでの時間である11時間に対して8時間50分までに内部ループへの通水を開始する。内部ループへの通水の準備作業及び実施時に想定される作業環境を考慮した内部ループへの通水に必要な作業と所要時間を，精製建屋を例として第7.1.1-3図及び第7.1.1-4図に示す。また，安全冷却水系の冷却機能の喪失から第7-1表に示す機器に内包する溶液が沸騰に至るまでの時間を第7.1.2-7表，第7.1.2-10表，第7.1.2-13表，第7.1.2-16表及び第7.1.2-19表に示す。

(8) 判断基準

蒸発乾固の発生防止対策の有効性評価の判断基準は以下のとおりとする。

a. 内部ループへの通水

高レベル廃液等が崩壊熱により温度上昇し，沸騰に至る前に，水源から内部ループに冷却水を通水することで，高レベル廃液等の温度が沸点に至らずに低下傾向を示すこと。

## 7.1.2.2 有効性評価の結果

### (1) 有効性評価の結果

建屋内及び建屋外における通水準備作業の完了を確認した上で、可搬型中型移送ポンプによる安全冷却水系の内部ループへの通水を開始する。

可搬型中型移送ポンプによる精製建屋蒸発乾固 1 及び精製建屋蒸発乾固 2 の安全冷却水系の内部ループへの通水は、安全冷却水系の冷却機能の喪失から55分にて8時間50分で完了するため、安全冷却水系の冷却機能の喪失から沸騰が開始するまでの時間である11時間以内に実施可能であり、内部ループへの通水開始時の溶液の温度は、沸騰までの時間が最も短い精製建屋蒸発乾固 1 のプルトニウム濃縮液一時貯槽において約96℃であり、また、内部ループへの通水実施後は、溶液の温度が低下傾向を示し、プルトニウム濃縮液一時貯槽において溶液温度が約59℃で平衡に至る。

内部ループへの通水開始時の溶液の温度と溶液の沸点の温度差が最も小さくなるウラン・プルトニウム混合脱硝建屋蒸発乾固 1 の硝酸プルトニウム貯槽の場合であっても、内部ループへの通水実施後の溶液温度は約102℃であり、また、内部ループへの通水実施後は、溶液の温度が低下傾向を示し、硝酸プルトニウム貯槽において溶液温度が約56℃で平衡に至る。

以上の有効性評価結果を第7.1.2-7表から第7.1.2-21表に、対策実施時のパラメータの変位を第7.1.2-8図及び第7.1.2-12図に示す。

【補足説明資料 7-3】

【補足説明資料 7-4】

(2) 不確かさの影響評価

a. 事象、事故条件及び機器条件の不確かさの影響

(a) 想定事象の違い

「動的機器の多重故障」を条件として安全冷却水系の冷却機能が喪失した場合、重大事故等への対処が必要な建屋、設備の範囲が限定される。当該有効性評価では、「地震」を条件として、安全冷却水系の冷却機能が5つの建屋で同時に発生することを前提に、各建屋で並行して作業した場合の対策の成立性を確認していることから、有効性評価の結果が変わることはない。

「火山」及び「長時間の全動力電源の喪失」を条件として安全冷却水系の冷却機能が喪失した場合、現場状況確認のための初動対応及びアクセスルート確保のための作業において、「地震」を条件とした場合と比較して、早い段階で重大事故等対策に着手できることから、実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響はない。

(b) 実際の熱条件

沸騰に至るまでの時間余裕の算出では、冷却水及び溶液の物性値の変動が影響を与えると考えられるものの、時間余裕の算出は、より厳しい結果を与えるように、各溶液の崩壊熱密度は、冷却期間15年を基に算出した平常運転時の最大値を設定した上で、機器内の溶液量は公称容量とし、機器からセル雰囲気への放熱を考慮せず断熱評価で実施している。

溶液の崩壊熱密度の平均値は、最大値に対して1.0倍から1.2倍程度の安全余裕を有している。

また、機器表面からセル雰囲気への放熱の効果は、機器表面温度及びセル雰囲気の温度差に依存し、温度差が20℃から80℃の範囲におい

て鉛直平板を仮定した場合，機器表面及びセル雰囲気間の熱伝達率は約 $1.8\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ から約 $3.3\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ となる。放熱の効果は，溶液の崩壊熱密度に溶液の容積を乗じて算出される崩壊熱を，放熱に寄与する機器の表面積で除して算出される値に依存し，この値が大きい高レベル濃縮廃液，高レベル廃液及びプルトニウム濃縮液に対する放熱効果は，温度差を $20^\circ\text{C}$ と仮定した場合，数%程度となる。一方，溶液の崩壊熱を放熱に寄与する機器の表面積で除して算出される値が小さくなる，溶解液，抽出廃液及びP u 溶液に対する放熱効果は，温度差を $20^\circ\text{C}$ と仮定した場合でも，溶解液に対して約30%程度，抽出廃液に対して約40%程度，P u 溶液に対しては放熱により全ての崩壊熱が除去される。

溶液の崩壊熱を放熱に寄与する機器の表面積で除して算出される値が大きい高レベル濃縮廃液，高レベル廃液及びプルトニウム濃縮液を保持する機器は，沸騰に至るまでの時間が短いという特徴を有しており，溶液の崩壊熱を放熱に寄与する機器の表面積で除して算出される値が小さい溶解液，抽出廃液及びP u 溶液を保持する機器は，沸騰に至るまでの時間が長いという特徴を有していることから，断熱条件においても沸騰に至るまでの時間が長い溶解液，抽出廃液及びP u 溶液を保持する機器が沸騰に至るまでの時間は，断熱条件においても沸騰に至るまでの時間が短い高レベル濃縮廃液，高レベル廃液及びプルトニウム濃縮液を保持する機器に比べてより長くなることになる。

さらに実際の運転時には，全ての機器が公称容量を保有しているわけではなく，公称容量よりも少ない容量を保有している状態が想定されるが，この場合，溶液の崩壊熱は小さくなり，沸騰に至るまでの時間が延びることになる。



以上より、実際の熱条件の下では、評価結果に示す沸騰に至るまでの時間は、全ての溶液においてより長い時間となる可能性があるが、その効果は、崩壊熱の小さな溶液ほど顕著であり、各溶液の沸騰までの時間が逆転することはないことから、蒸発乾固への対処の作業の優先順位及び実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響はない。

【補足説明資料 7-5】

(c) 機器が保有する溶液容量

時間余裕は、以下の（1式）により算出する。（1式）から、分母及び分子の溶液容量が打ち消し合い、評価結果は崩壊熱密度のみに依存する。そのため、溶液容量が変化したとしても、評価結果に影響することはない。

$$\text{時間余裕 [h]} = \frac{\text{溶液密度 [kg/m}^3\text{]} \times \text{溶液容量 [m}^3\text{]} \times \text{比熱 [J/kg/L]} \times (\text{沸点 [}^\circ\text{C]} - \text{初期温度 [}^\circ\text{C]})}{\text{崩壊熱密度 [W/m}^3\text{]} \times \text{溶液容量 [m}^3\text{]}} \quad (1 \text{ 式})$$

(d) 内部ループへの通水開始タイミングが溶液の平衡温度に与える影響

内部ループへの通水時の平衡温度は、内部ループへの通水の開始タイミング及び通水流量に応じて変動するため、内部ループへの通水開始初期において、特定の機器グループへ集中して通水している場合には、計画している流量を通水した場合よりも溶液温度の低下速度が速まるものの、計画している機器グループの内部ループへの通水が開始された後の定常状態では、溶液の平衡温度は評価値と同じ値となり、通水初期の流量が溶液の平衡温度に影響を与えることはない。

b. 操作条件の不確かさの影響

(a) 実施組織要員の操作

「認知」，「要員配置」，「移動」，「操作所要時間」，「他の並列操作有無」，「操作の確実さ」及び「単一故障の想定」が実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響を考慮し，対処の制限時間である沸騰に至るまでの時間に対して，重大事故等対策の実施に必要な準備作業を2時間前までに完了できるように計画することで，これら要因による影響を低減している。

また，作業計画の整備は，作業項目ごとに余裕を確保して整備しており，必要な時期までに操作できるよう体制を整えていることから，実際の重大事故等への対処では，より早く作業を完了することができる。また，可搬型重大事故等対処設備の偶発的な単一故障を仮定した場合であっても，予備の可搬型重大事故等対処設備を2時間以内に設置することができることから，余裕として確保した2時間以内に重大事故等対策を再開することができる。

#### (b) 作業環境

沸騰開始までは，有意な作業環境の悪化はなく，内部ループへの通水の準備及び実施は，沸騰開始前までに実施することから，作業環境が実施組織要員の操作の時間余裕に影響を与えることはない。

また，「火山」を想定した場であっても，建屋外における重大事故等対策に係る作業は，降灰予報を受けて作業に着手することから，降灰の影響を受けることはない。降灰発生後は，対策の維持に必要な燃料の運搬が継続して実施されるが，除灰作業を並行して実施することを前提に作業計画を整備しており，重大事故等対策を維持することが可能である。

### 7.1.2.3 同時発生又は連鎖

#### (1) 同時発生

複数の貯槽等で同時に蒸発乾固が発生することに対する重大事故等対策の有効性については、本章に記載したとおりである。

異なる種類の重大事故等の同時発生に対する重大事故等対策の有効性については、「13. 重大事故が同時に又は連鎖して発生した場合の対処」にまとめる。

#### (2) 連鎖

##### a. 起因となる重大事故等の事象進展，事故規模の分析

内部ループへの通水実施の事故時環境は、以下のとおりである。

##### (a) 温度

内部ループへの通水開始時の温度は、最大でも約 102℃であり、安全機能を有する機器の材質の強度が有意に低下することはなく、機器に接続する安全機能を有する機器が損傷又は機能劣化することはない。

##### (b) 圧力

溶液が沸騰していない状態であり、蒸気の発生もないことから、有意な圧力上昇はなく、安全機能を有する機器が損傷又は機能劣化することはない。

##### (c) 湿度

溶液の温度上昇に伴い多湿環境下となるが、機器自体及び機器に接続する安全機能を有する機器が損傷することはない、また、湿度の影響が機器のバウンダリを超えて波及することはない。

##### (d) 放射線

機器内の放射線環境は通常環境下から変化することはない、安全機能

を有する機器が損傷又は機能劣化することはない。

(e) 物質（水素，煤煙，放射性物質）及びエネルギーの発生

機器内の放射線環境は通常環境下から変化することはない，安全機能を有する機器が損傷又は機能劣化することはない。

(f) 落下・転倒による荷重

溶液が上昇したとしても，機器の材質の強度が有意に低下することはない，機器が落下・転倒することはない。

(g) 腐食環境

(c)と同様である。

b. 起因となる重大事故等の事故影響が及ぶ範囲の特定及び安全機能喪失の分析

蒸発乾固の発生の防止のための措置が講じられる状態は，溶液の温度が上昇している状態で，かつ，沸騰に至っていない状態である。この状態における溶液の温度は，事象，事故条件及び機器条件の不確かさを考慮しても，内部ループへの通水開始時の溶液の温度が最も高いウラン・プルトニウム混合脱硝建屋蒸発乾固 1 の硝酸プルトニウム貯槽の場合であっても約102℃である。その他の環境条件は，溶液が沸騰に至っていないことから，有意な環境変化は想定されない。

沸騰が発生する貯槽等に接続する常設重大事故等対処設備の内部ループ，冷却コイル及び冷却ジャケット並びにその他の安全機能を有する機器の材質は，ステンレス鋼又はジルコニウムであり，事象，事故条件及び機器条件の不確かさを考慮しても，蒸発乾固の発生防止対策が講じられる状態における温度は，100℃を超える程度であり，当該温度における部材の $S_u$ 値は，平常時温度の値に対して有意な減少はない。以上より，これらの安全機能を有する機器が，沸騰時に想定され

る温度，圧力，放射線等の環境において損傷することはなく，したがって，機器のバウンダリを超えて影響が波及することもないことから，他の重大事故等が連鎖して発生することはない。

#### 7.1.2.4 判断基準への適合性の検討

蒸発乾固の発生を未然に防止することを目的として、内部ループへの通水手段及び冷却コイル等への通水手段を整備しており、これらの対策について、設計上定める条件より厳しい条件における外部事象の「地震」を条件として有効性評価を行った。

内部ループへの通水は、沸騰開始前までに内部ループへの通水に係る準備作業を完了し、沸騰開始前に、内部ループへの通水することで、溶液の温度を沸点未満に維持し、溶液が沸騰に至ることを防止している。

評価条件の不確かさについて確認した結果、運転員等操作時間に与える影響及び評価項目となるパラメータに与える影響は小さい。

また、「地震」以外の設計上定める条件より厳しい条件のうち、「地震」とは異なる特徴を有する「火山」を条件とした場合に有効性評価へ与える影響を分析した。

「火山」を条件とした場合には、建屋外における内部ループへの通水の準備に要する時間に与える影響及び内部ループへの通水の維持に与える影響を分析し、降灰予報を受けて建屋外作業に着手すること及び除灰作業を織り込んだ作業計画を整備していることで、内部ループへの通水の有効性へ与える影響が排除されていることを確認した。

以上の有効性評価は、蒸発乾固の発生が想定される5建屋、13機器グループ、53貯槽の全てにおいて重大事故等が同時発生することを前提として評価を実施し、上述のとおり重大事故等対策が有効であることを確認した。また、想定される事故時環境において、蒸発乾固の発生が想定される機器に接続する安全機能を有する機器が、損傷又は機能劣化することはなく、他の重大事故等が連鎖して発生することがな

いことを確認した。

以上のことから、内部ループへの通水により蒸発乾固の発生を未然に防止できる。

以上より、「(3) 有効性評価の判断基準」を満足する。

## 7.2 蒸発乾固の拡大防止対策

### 7.2.1 蒸発乾固の拡大防止対策の具体的内容

#### 7.2.1.1 機器への注水及び冷却コイル等への通水

内部ループへの通水が機能しなかった場合に備え、蒸発乾固の発生防止対策で敷設する可搬型中型移送ポンプの下流側に、貯槽等内に注水するための可搬型建屋内ホース、弁等を施設し、可搬型建屋内ホースと機器注水配管の接続口を接続する。

高レベル廃液等が沸騰に至った場合には、液位低下及びこれによる濃縮の進行を防止するため、液位を一定範囲に維持するよう、貯水槽の水を貯槽等内へ注水する。

機器への注水は、間欠注水を前提として実施するため、余裕のある注水の作業時間を確保した上で、ルテニウムを内包する高レベル濃縮廃液からのルテニウムの揮発が発生することがないように、濃縮した状態であっても高レベル濃縮廃液の温度が115℃以下であって、硝酸濃度が4規定以下に収まる液量として、初期液量の70%に至る前までに機器に注水する。

また、事態を収束させるため、機器への注水により高レベル廃液等の濃縮の進行を防止しながら、蒸発乾固の発生防止対策で敷設する、可搬型中型移送ポンプの下流側に、冷却コイル等への通水のための可搬型建屋内ホース、弁等を敷設し、可搬型建屋内ホースと各貯槽等の冷却コイル等の接続口を接続した後、貯水槽の水を冷却コイル等へ通水する。

各建屋の対策の概要を以下に示す。また、対策の系統概要図を第7.1.1-1図に、各建屋の対策における手順及び設備の関係を第7.2.1-1表に、必要な要員及び作業項目を第7.2.1-1図に示す。

#### a. 機器への注水の準備判断



7.2.1 a. 「内部ループへの通水の実施判断」と同様である。

機器への注水の実施のための準備作業として以下の b. 及び c. へ移行する。

b. 建屋外の水供給経路の構築

7.2.1 b. 「建屋外の水供給経路の構築」と同様である。

c. 機器への注水の準備

可搬型建屋内ホースを敷設し，可搬型建屋内ホース及び機器注水配管を接続する。建屋外の水供給経路の構築が完了した後，可搬型建屋内ホース及び可搬型建屋外ホースを接続し，貯水槽から第7-1表に示す機器に注水するための系統を構築する。

また，第7-1表に示す機器に可搬型貯槽液位計を設置し，第7-1表に示す機器に内包する溶液の温度の監視を継続する。

d. 機器への注水の実施判断

溶液が沸騰に至り，溶液量が公称容量の70%まで減少する前に機器への通水開始を判断し，以下のe. へ移行する。

第7-1表に示す機器への注水の実施を判断するために必要な監視項目は，第7-1表に示す機器に内包する溶液の温度及び液位である。

e. 機器への注水の実施

第7-1表に示す機器の可搬型貯槽液位計の指示値から機器の液位を算出し，機器への注水量を決定した上で，可搬型中型移送ポンプにより，貯水槽から第7-1表に示す機器に注水する。注水流量は，可搬型機器注水流量計及び可搬型建屋内ホースの流量調節弁又は流量調整ユニットにより調整する。

決定した注水量の注水が完了した場合は，注水作業を停止し，第7-1表に示す機器の液位の監視を継続する。機器の液位監視の結果，

公称容量の70%に相当する液位に低下した場合には，第7－1表に示す機器への注水を再開する。

f. 機器への注水の成功判断

第7－1表に示す機器の液位から，第7－1表に示す機器に注水されていることを確認することで，蒸発乾固の進行が防止されていることを判断する。

蒸発乾固の進行が防止されていることを判断するために必要な監視項目は，第7－1表に示す機器の液位である。

g. 機器注水配管以外の配管を活用した機器への注水

機器注水配管から機器への注水ができない場合には，必要に応じて機器に接続しているその他の配管を加工し，機器へ注水する。

h. 冷却コイル等への通水による冷却の準備判断

内部ループへの通水が機能しないことをもって冷却コイル等への通水による冷却のための準備に着手することを判断する。

冷却コイル等への通水による冷却のための準備の着手を判断するために必要な監視項目は，第7－1表に示す機器に内包する溶液の温度及び内部ループへの通水流量である。

i. 冷却コイル等への通水による冷却の準備

第7－1表に示す機器グループの内部ループへの通水が機能しない場合には，冷却コイル又は冷却ジャケットの損傷の有無を確認するため，内部ループへの通水のために敷設した可搬型建屋内ホース及び必要に応じて予備の可搬型建屋内ホース並びに冷却コイル等への通水に必要な可搬型建屋内ホースを，沸騰に至るまでの時間が概ね100時間以内となる分離建屋蒸発乾固1，精製建屋蒸発乾固1，ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋蒸発乾固1及び高レベル廃液ガラス固化建屋蒸発乾固

1 から 5 の機器グループに属する機器の冷却コイル又は冷却ジャケットに接続する。沸騰に至るまでの時間が概ね100時間を超える前処理建屋蒸発乾固 1 及び 2，分離建屋蒸発乾固 2 及び 3，精製建屋蒸発乾固 2 の機器グループに属する機器については，上記の機器グループに属する機器への対応が完了した後に，可搬型建屋内ホースを冷却コイル又は冷却ジャケットに接続する。また，可搬型冷却コイル圧力計及び可搬型冷却コイル通水流量計を可搬型建屋内ホースの経路上に設置する。

冷却コイル又は冷却ジャケットの冷却水出口を閉め切った状態で，可搬型中型移送ポンプにより貯水槽から送水し，通水経路を加圧することで，可搬型冷却コイル圧力計の指示値から冷却コイル又は冷却ジャケットの健全性を確認する。

冷却コイル等への通水は，準備作業及び実施に要する作業が多いことから，機器への注水，凝縮器への冷却水の通水，塔槽類廃ガス処理設備からセルに導くための経路構築及び可搬型フィルタ，可搬型排風機を用いた放出影響緩和を優先して実施し，大気中への放射性物質の放出を抑制できる状態を整備してから実施する。

#### j. 冷却コイルへの通水による冷却の実施判断

冷却コイル等への通水の準備が完了後直ちに，冷却コイル等への通水の実施を判断し，以下の j. へ移行する。

#### k. 冷却コイルへの通水による冷却の実施

健全性が確認された冷却コイル又は冷却ジャケットに可搬型中型移送ポンプを用いて貯水槽から通水することにより，第 7 - 1 表に示す機器に内包する溶液を冷却する。通水流量は，必要に応じて可搬型冷却水流量計及び可搬型建屋内ホースの流量調節弁又は流量調整ユニッ

トにより調整する。

冷却コイル等への通水に必要な監視項目は、通水流量及び第7-1表に示す溶液の温度である。

冷却コイル等への通水に使用した冷却水は、可搬型冷却水排水線量計を用いて汚染の有無を監視する。また、可搬型排水受槽に回収し、可搬型放射能測定装置を用いて汚染の有無を確認した上で、貯水槽へ移送する

#### 1. 冷却コイル等への通水の成功判断

第7-1表に示す機器に内包する溶液の温度が85℃以下で安定していることを確認することにより、冷却コイル通水又は冷却ジャケット通水による冷却機能が維持されていることを判断する。

冷却機能が維持されていることを判断するために必要な監視項目は、第7-1表に示す機器に内包する溶液の温度である。

#### 7.2.1.2 放射性物質のセルへの導出，凝縮器による発生した蒸気及び放射性物質の除去，セル及び高性能粒子フィルタによる放射性エアロゾルの除去に関する対処

高レベル廃液等が沸騰に至る場合に備え、塔槽類廃ガス処理設備の隔離弁を閉止することで、塔槽類廃ガス処理設備の流路を遮断し、貯槽等からの排気をセルに導出するための常設の塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニットを開放する。本対応と並行して、当該排気経路に設置した凝縮器へ冷却水を供給するため、蒸発乾固の発生防止対策で敷設する可搬型中型移送ポンプの下流側に、凝縮器へ通水するための可搬型建屋内ホース、弁等を敷設し、可搬型建屋内ホース及び凝縮器の接続口を接続し、貯水槽の水を凝縮器に通水する。高レベル廃液等が沸騰に至った場合には、

排気をセルに導出する前に、排気経路上の凝縮器により排気中の蒸気を凝縮させると共に、凝縮器下流側に設置した高性能粒子フィルタにより放射性物質を除去する。

凝縮器の冷却に用いた冷却水は、内部ループへの通水と同じように排水経路を経由して貯水槽に排水し、再び、凝縮器への通水の水源として用いる。

なお、凝縮器下流側に設置した高性能粒子フィルタの差圧が、凝縮器通過後の排気の湿分により上昇する場合には、高性能粒子フィルタをバイパスしてセルに導出する。

貯槽等内においては、放射線分解により常に水素が発生しているため、本重大事故が発生した場合においても、継続して水素掃気を実施する必要がある。一方、本重大事故時には、塔槽類廃ガス処理設備の流路を遮断し、貯槽等からの排気をセルに導出する。この際、セル排気系の排風機が機能喪失している場合、導出先セルの圧力が上昇し、排気系統以外の場所から、放射性物質を含む気体の漏えいが生じる可能性があるが、高レベル廃液等が沸騰に至る前であれば、排気に含まれる放射性物質の濃度は平常運転時と同程度であり、セルへ導出する前に、高性能粒子フィルタで除去すること、また、排気経路以外の経路から漏えいが生じる可能性がある時間も、最も長い建屋で約3時間程度であり、大気中への建屋内の移行経路を踏まればその影響はわずかである。

また、前処理建屋及び高レベル廃液ガラス固化建屋の貯槽等については、気相部の体積が大きく、水素濃度の上昇が緩やかであることから、導出先のセル圧力上昇を抑制するため、水素掃気用の圧縮空気の供給を停止し、セル内の圧力上昇を防止する。

セルへの放射性物質の導出後においては、セル排気系の高性能粒子フ

フィルタは一段であることから、セル排気系を代替する排気系として、可搬型排風機、可搬型発電機、可搬型ダクト、可搬型フィルタを2段敷設し、主排気筒へつながるよう、可搬型排風機、可搬型ダクト及び可搬型フィルタを接続し、可搬型ダクト及びセル排気系を接続した後、可搬型排風機を運転することで、放射性エアロゾルを可搬型フィルタの高性能粒子フィルタで除去しつつ主排気筒から大気中に放出する。

各建屋の対策の概要を以下に示す。また、対策の系統概要図を第7.1.1-1図に、各建屋の対策における手順及び設備の関係を第7.2.1-2表に、必要な要員及び作業項目を第7.2.1-1図に示す。

- a. 放射性物質のセルへの導出，凝縮器による発生した蒸気及び放射性物質の除去，セル及び高性能粒子フィルタによる放射性エアロゾルの除去のための準備着手判断

内部ループへ通水の実施判断と同様である。

放射性物質のセルへの導出，凝縮器による発生した蒸気及び放射性物質の除去，セル及び高性能粒子フィルタによる放射性エアロゾルの除去のための準備作業として以下のb.，c.及びd.へ移行する。

- b. 建屋外の水供給経路の構築

7.2.1 b. 「建屋外の水供給経路の構築」と同様である。

- c. 放射性物質のセルへの導出，凝縮器による発生した蒸気及び放射性物質の除去，セル及び高性能粒子フィルタによる放射性エアロゾルの除去のための準備

前処理建屋及び高レベル廃液ガラス固化建屋において、塔槽類廃ガス処理設備の排風機が停止している場合には、水素掃気用の圧縮空気の供給継続による大気中への放射性物質の放出を低減するため、機器へ圧縮空気を供給する水素掃気用安全圧縮空気系の手動弁を閉止する。

第7-1表に示す機器に内包する溶液の沸騰に伴い発生する蒸気を凝縮し、放射性エアロゾルを除去するために、可搬型建屋内ホースを敷設し、可搬型建屋内ホース及び凝縮器を接続する。

建屋外の水供給経路の構築が完了した後、可搬型建屋内ホース及び可搬型建屋外ホースを接続することにより、貯水槽から凝縮器に冷却水を通水するための系統を構築する。また、可搬型凝縮器出口排気温度計を設置する。

可搬型ダクトにより、建屋排気系、可搬型フィルタ及び可搬型排風機を接続し、可搬型排風機、各建屋の重大事故対処用母線及び可搬型発電機を可搬型電源ケーブルで接続する。また、建屋排気系のダンパを閉止する。

また、塔槽類廃ガス処理設備内の圧力を監視するため、塔槽類廃ガス処理設備に可搬型廃ガス洗浄塔入口圧力計を設置し、第7.2.1-3表及び第7.2.1-4表に示す導出先セルの圧力を監視するため、第7.2.1-3表及び第7.2.1-4表に示す導出先セルに可搬型導出先セル圧力計を設置する。

#### d. 塔槽類廃ガス処理設備からセルに導くための作業の実施判断

塔槽類廃ガス処理設備の排風機が停止している場合には、沸騰に伴い気相中へ移行する放射性物質又は水素掃気用の圧縮空気の供給継続により移行する放射性物質を塔槽類廃ガス処理設備からセルに導くための作業の実施を判断し、以下のe.へ移行する。

塔槽類廃ガス処理設備の排風機が運転状態を維持している場合には、水素掃気用の圧縮空気の供給継続により移行する放射性物質の大気中への放出量を低減するため、塔槽類廃ガス処理設備の排風機の運転を継続し、第7-1表に示す機器に内包する溶液の温度の監視を継続す

る。温度監視の結果、第7-1表に示すいずれかの機器に内包する溶液の温度が85℃に至り、かつ、温度の上昇傾向が続く場合には、その機器が設置されている建屋について、沸騰に伴い気相中へ移行する放射性物質又は水素掃気用の圧縮空気の供給継続により移行する放射性物質を塔槽類廃ガス処理設備からセルに導くための作業の実施を判断し、以下のe.へ移行する。

これらの実施を判断するために必要な監視項目は、第7-1表に示す機器に内包する溶液の温度及び塔槽類廃ガス処理設備の排風機の運転状態である。

e. 塔槽類廃ガス処理設備の隔離弁の閉止及び塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニットの開放

塔槽類廃ガス処理設備から第7.2.1-3表に示す導出先セルに放射性物質を導出するため、塔槽類廃ガス処理設備の隔離弁を閉止し、塔槽類廃ガス処理設備と第7.2.1-3表に示す導出先セルを接続している塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニットの手動弁及び塔槽類廃ガス処理設備の手動弁を開放する。

これにより、水素掃気用の圧縮空気に同伴する放射性物質が塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニットを経由して第7.2.1-3表に示す導出先セルに導出される。また、沸騰に伴い塔槽類廃ガス処理設備の配管内の内圧が上昇した場合、発生した放射性物質は、塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニットを経由して第7.2.1-3表に示す導出先セルに導出される。

発生した放射性物質が、塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニットを経由して第7.2.1-3表に示す導出先セルに導出されない場合は、水封安全器を経由して第7.2.1-4表に示す水封安全器が設置さ



れている導出先セルに導出される。

f. 凝縮器への冷却水の通水の実施判断

凝縮器への通水の準備が完了後直ちに、凝縮器への通水の実施を判断し、以下の g. へ移行する。

g. 凝縮器への冷却水の通水

可搬型中型移送ポンプにより、貯水槽から凝縮器に通水する。通水流量は、可搬型凝縮器通水流量計及び可搬型建屋内ホースの流量調節弁又は流量調整ユニットにより調整する。

凝縮器への通水に使用した冷却水は、可搬型冷却水排水線量計を用いて汚染の有無を監視する。また、可搬型排水受槽に回収、可搬型放射能測定装置を用いて汚染の有無を確認した上で、貯水槽へ移送する。

凝縮器から発生する凝縮水は、第7.2.1-5表に示す凝縮水回収セル等に回収する。

凝縮器への通水時に必要な監視項目は、通水流量及び凝縮器出口の排気温度である。

h. 塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニットの高性能粒子フィルタの隔離

第7-1表に示す機器に内包する溶液が沸騰した後、可搬型フィルタ差圧計により、塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニットの高性能粒子フィルタの差圧を監視し、高性能粒子フィルタの差圧が上昇傾向を示した場合、塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニットの高性能粒子フィルタを隔離し、バイパスラインへ切り替える。

これらの実施を判断するために必要な監視項目は、第7-1表に示す機器に内包する溶液の温度及び塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニットの高性能粒子フィルタの差圧である。

i. 可搬型排風機の起動の判断

可搬型排風機の運転準備が整い次第、可搬型排風機の起動を判断する。

j. 可搬型排風機の運転

可搬型排風機を運転することで、大気中への経路外放出を抑制し、セル内の圧力上昇を緩和しつつ、可搬型フィルタの高性能粒子フィルタにより放射性エアロゾルを除去し、主排気筒から大気中へ管理しながら放出する。また、可搬型フィルタ差圧計により、可搬型フィルタの差圧を監視する。

k. 大気中への放射性物質の放出の状態監視

排気モニタリング設備により、主排気筒から大気中への放射性物質の放出状況を監視する。排気モニタリング設備が機能喪失した場合は、可搬型排気モニタリング設備により、主排気筒から大気中への放射性物質の放出状況を監視する。

## 7.2.2 蒸発乾固の拡大防止対策の有効性評価

### 7.2.2.1 有効性評価

#### (1) 有効性評価の考え方

内部ループへの通水が有効に機能せず、高レベル廃液等が沸騰に至った場合に、貯槽等の液位を一定の範囲に維持でき、また、冷却コイル等への通水により高レベル廃液等の温度が安定して、低下傾向になるかについて確認するため、高レベル廃液等の温度及び液位の推移を評価する。

高レベル廃液等の温度の推移の評価にあたっては、セルへの放熱を考慮せず、断熱として評価し、解析コードを用いず、水の定圧比熱等を用いた簡便な計算に基づき算出する。また、高レベル廃液等の液位の推移の評価にあたっては、溶液が濃縮する過程において沸点が上昇するため、崩壊熱の一部は顕熱として消費され、見かけ上、蒸発に寄与する崩壊熱が減少することで蒸発量が減少するが、評価上は顕熱としての消費を考慮せず、全ての崩壊熱が蒸発に寄与するものとして評価する。

高レベル廃液等の温度及び液位の推移の評価条件を第7.1.2-1表から第7.1.2-5表に示す。

また、貯槽等からの排気をセルにする場合、凝縮器の機能が継続的に維持できるか確認するため、凝縮器で発生する凝縮水量が回収先のセルの漏えい受け皿等の容量を下回ることを確認する。

さらに、大気中への放射性物質の放出量評価として、機器への注水及び冷却コイル等への通水の実施状況を踏まえて、貯槽等から気相に移行する放射性物質の量、放出経路における低減割合を考慮し、事態収束までの大気中へ放出する放射性物質の放出量（Cs-137換算）を

評価する。

(2) 機器の条件

「高レベル廃液等の核種組成，濃度，崩壊熱密度」及び「高レベル廃液等の保有量」設定の考え方は，「7.1.2 蒸発乾固の発生防止対策の有効性評価」に記載したとおりである。

蒸発乾固の拡大防止対策に使用する機器を第7.1.2-6表に示す。また，主要な機器の機器条件を以下に示す。

a. 可搬型中型移送ポンプ

可搬型中型移送ポンプは，1台当たり約 $240\text{m}^3/\text{h}$ の容量を有し，機器への注水，冷却コイル等への通水及び凝縮器への通水を実施する場合には，前処理建屋における蒸発乾固の拡大防止対策の実施に対して1台，分離建屋，精製建屋及びウラン・プルトニウム混合脱硝建屋における蒸発乾固の拡大防止対策の実施に対して1台を共用し，高レベル廃液ガラス固化建屋における蒸発乾固の拡大防止対策の実施に対して1台を使用し，機器への注水，冷却コイル等への通水及び凝縮器への通水を実施するのに必要な水を供給できる設計としていることから，各機器への供給流量は，内包する高レベル廃液等の崩壊熱を踏まえて，以下に示す供給流量に調整し，当該設定値で通水する。また，「7.2 蒸発乾固の発生防止対策」に示す内部ループへの通水の実施に必要な水の供給は，同じ可搬型中型移送ポンプを用いて実施する。

(i) 蒸発速度の3倍の流量を想定した場合の機器への注水流量

前処理建屋	約 $3.3 \times 10^{-1} \text{m}^3/\text{h}$
分離建屋	約 $6.1 \times 10^{-1} \text{m}^3/\text{h}$

精製建屋	約 $4.0 \times 10^{-1} \text{ m}^3 / \text{ h}$
ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋	約 $9.3 \times 10^{-2} \text{ m}^3 / \text{ h}$
高レベル廃液ガラス固化建屋	約 $5.5 \text{ m}^3 / \text{ h}$
(ii) 冷却コイル等への通水流量	
前処理建屋	約 $2.3 \text{ m}^3 / \text{ h}$
分離建屋	約 $5.2 \text{ m}^3 / \text{ h}$
精製建屋	約 $2.8 \text{ m}^3 / \text{ h}$
ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋	約 $1.0 \text{ m}^3 / \text{ h}$
高レベル廃液ガラス固化建屋	約 $51 \text{ m}^3 / \text{ h}$
(iii) 凝縮器への通水流量	
前処理建屋	約 $10 \text{ m}^3 / \text{ h}$
分離建屋	約 $30 \text{ m}^3 / \text{ h}$
精製建屋	約 $6 \text{ m}^3 / \text{ h}$
ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋	約 $6 \text{ m}^3 / \text{ h}$
高レベル廃液ガラス固化建屋	約 $45 \text{ m}^3 / \text{ h}$

【補足説明資料7-2】

b. 塔槽類廃ガス処理設備の隔離弁

塔槽類廃ガス処理設備に設置されている隔離弁を閉止することにより、塔槽類廃ガス処理設備の配管の流路が遮断される。

c. 塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニット

塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニットを開放することにより、塔槽類廃ガス処理設備の放射性物質が塔槽類廃ガス処理設備から凝縮器及び高性能粒子フィルタを經由して放射性物質の導出先セルに導出される。

d. 可搬型フィルタ

可搬型フィルタの高性能粒子フィルタは、1段当たり $10^3$ 以上（ $0.3\ \mu\text{m}$  DOP粒子）の除染係数を有し、2段で構成する。

e. 可搬型発電機

可搬型発電機は、1台当たり約80 kVAの容量を有し、前処理建屋の可搬型排風機の運転に対して1台、分離建屋の可搬型排風機の運転に対して1台、精製建屋及びウラン・プルトニウム混合脱硝建屋の可搬型排風機の運転に対して1台、高レベル廃液ガラス固化建屋の可搬型排風機の運転に対して1台を使用し、可搬型排風機を起動し、運転するのに必要な電力を供給できる設計としていることから、以下に示す必要な電力を供給できるものとして各対策の有効性を評価する。

前処理建屋の可搬型排風機 約5.2 kVA（起動時 約32 kVA）

分離建屋の可搬型排風機 約5.2 kVA（起動時 約32 kVA）

精製建屋の可搬型排風機 約5.2 kVA（起動時 約32 kVA）

ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋の可搬型排風機

約5.2 kVA（起動時 約32 kVA）

高レベル廃液ガラス固化建屋の可搬型排風機

約5.2 kVA（起動時 約32 kVA）

【補足説明資料7-2】

f. 凝縮器

凝縮器は、機器からの沸騰蒸気を凝縮させるために必要な除熱能力を有する。

g. 塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニットの高性能粒子フィルタ

塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニットの高性能粒子フィルタは、水素掃気用の圧縮空気に同伴される放射性物質に対して1

段当たり $10^3$ 以上 ( $0.3 \mu\text{mDOP}$  粒子) の除染係数を有し、1段で構成する。

#### h. 凝縮水回収先セルの漏えい液受皿

前処理建屋の凝縮水回収先セルである放射性配管分岐第1セルの漏えい液受皿容量は約 $\blacksquare \text{m}^3$ 、分離建屋の凝縮水回収先セルである廃液受槽セル及び放射性配管分岐第1セルの漏えい液受皿容量は各々約 $\blacksquare \text{m}^3$ 及び約 $\blacksquare \text{m}^3$ 、精製建屋の凝縮水回収先セルである精製建屋一時貯留処理槽第1セルの漏えい液受皿容量は約 $\blacksquare \text{m}^3$ 、ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋の凝縮水回収先セルである凝縮廃液受槽Aセル、凝縮廃液受槽Bセル及び凝縮廃液貯槽セルの漏えい液受皿容量は約 $\blacksquare \text{m}^3$ 、高レベル廃液ガラス固化建屋の凝縮水回収先セルである固化セルは、固化セル内がステンレス鋼の内張りが施されていることを考慮し、セル貫通部高さまでの容量として約 $\blacksquare \text{m}^3$ を凝縮水受入れ可能量として確保する。

### (3) 操作条件

機器への注水に係る準備作業は、安全冷却水系の冷却機能の喪失から溶液が沸騰に至る前までに開始し、沸騰に至るまでの時間が最も短い精製建屋においても9時間までに作業を完了する。また、貯槽等の液位を監視しつつ、高レベル廃液等の液量が、初期保有量の70%に減少する前までに貯槽等への直接注水を開始する。

冷却コイル等への通水に係る準備作業については、機器への注水により、沸騰継続による高レベル廃液等の濃縮を防止できていることから、冷却コイル等への通水実施に対する制限時間はないが、事態の収束のため速やかに準備作業を完了させる。冷却コイル等への通水の実

$\blacksquare$  については商業機密の観点から公開できません。

施は、準備作業が完了次第開始し、沸騰の継続時間が最も長くなる精製建屋においても、30時間40分で冷却コイル等への通水を開始する。

機器への注水の準備作業時に想定される作業環境を考慮した機器への注水に必要な作業と所要時間及び冷却コイル等への通水に必要な作業と所要時間を、精製建屋を例として第7.2.1-1図に示す。

沸騰に伴い気相中に移行する放射性物質を放射性物質の導出先セルに導くための塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニットへの切替操作は、沸騰に至るまでの時間が最も短い精製建屋においても2時間25分までに作業を完了する。また、前処理建屋及び高レベル廃液ガラス固化建屋における水素掃気用の圧縮空気の停止操作は、45分後に完了する。

凝縮器への通水は、安全冷却水系の冷却機能の喪失から溶液が沸騰に至る前までに準備が整い次第開始し、沸騰に至るまでの時間が最も短い精製建屋においても8時間30分までに凝縮器への通水を開始する。

代替排気系による排気は、準備作業が完了次第開始し、沸騰までの時間が最も短い精製建屋においても、6時間40分で開始する。

これらの対策の準備及び実施時に想定される作業環境を考慮した必要な作業と所要時間を、精製建屋を例として第7.2.1-1図に示す。また、安全冷却水系の冷却機能の喪失から第7-1表に示す機器に内包する溶液が沸騰に至るまでの時間を第7.1.2-7表、第7.1.2-10表、第7.1.2-13表、第7.1.2-16表及び第7.1.2-19表に示す。

#### (4) 放出量評価の条件

「高レベル廃液等の核種組成、濃度、崩壊熱密度」及び「高レベル廃液等の保有量」設定の考え方は、「7.1.2 蒸発乾固の発生防止対策の



有効性評価」に記載したとおりである。

主排気筒から大気中への放射性物質の放出量の評価は、溶液の沸騰前の水素掃気用の圧縮空気に同伴する放射性物質の放出量評価及び溶液の沸騰後の冷却コイル等への通水の実施により事態が収束するまでの主排気筒から大気中への放射性物質の放出量評価に分けられる。

有効性評価における大気中への放射性物質の放出量は、重大事故等が発生する貯槽が保有する放射性物質質量に対して、溶液が沸騰を開始してから乾燥・固化に至るまでの期間のうち、放射性物質の放出に寄与する時間割合、溶液の沸騰に伴い気相中に移行する放射性物質の割合、大気中への放出経路における低減割合を乗じて算出する。

また、評価した大気中への放射性物質の放出量にセシウム-137への換算係数を乗じて、大気中へ放出された放射性物質の放出量（セシウム-137換算）を算出する。セシウム-137への換算係数は、IAEA-TECDOC-1162<sup>(12)</sup>に示される、地表沈着した放射性物質からのガンマ線による外部被ばく及び再浮遊した放射性物質の吸入摂取による内部被ばくにかかる実効線量への換算係数<sup>(12)</sup>について、セシウム-137と着目核種との比から算出する。ただし、プルトニウム等一部の核種は、化学形態による影響の違いを補正する係数<sup>(12)</sup><sup>(13)</sup>を乗じて算出する。

i. 溶液の沸騰前の圧縮空気に同伴する放射性物質の放出量評価

溶液の沸騰前の圧縮空気に同伴する放射性物質の放出量評価の評価条件については、「8.2.2 水素爆発の拡大防止対策の有効性評価」に示すとおりである。

ii. 溶液の沸騰後の事態の収束までの主排気筒から大気中への放射性物質の放出量評価

(i) 第7-1表に示す機器を対象に大気中への放射性物質の放出量を

評価する。

- (ii) 安全冷却水系の冷却機能が喪失する直前まで、安全冷却水系が1系列運転されていたものとし、安全冷却水系の冷却機能の喪失から第7-1表に示す機器に内包する溶液が沸騰に至るまでの時間は、各機器の溶液の崩壊熱密度から算出する。
- (iii) 第7-1表に示す機器に内包する溶液中の放射性物質の濃度は、1日当たり処理する使用済燃料の平均燃焼度 $45,000\text{MW d} / \text{t} \cdot U_{PR}$ ，照射前燃料濃縮度 $4.5\text{wt}\%$ ，比出力 $38\text{MW} / \text{t} \cdot U_{PR}$ ，冷却期間15年を基に算出した平常運転時の最大値とする。
- (iv) 機器が保有する放射性物質量は、上記(iii)において算出した放射性物質の濃度に、第7-1表の機器に内包する溶液の体積を乗じて算出する。
- (v) 溶液の沸騰に伴い気相中に移行する放射性物質の割合は、模擬高レベル廃液 $400\text{mL}$ を蒸気流速が $1.1\text{cm} / \text{s}$ となるように沸騰させ、模擬高レベル廃液が乾燥・固化に至り、乾固物の温度が $140^\circ\text{C}$ に到達するまでの間に、試料容器以降で捕集された物質の割合を測定した試験に基づき積算移行率を $0.005\%^{(3)}$ とする。模擬高レベル廃液を沸騰させた試験では、ブローにより流量 $10\text{L} / \text{min}$ で吸引が行われ、吸引に伴い、試験装置内の圧力を一定に保つため $\text{N}_2$ ガスが自動的に供給されるため、掃気 $\text{N}_2$ ガスに起因する放射性物質の移行も含まれる。また、高さ約 $0.8\text{m}$ では、本来、移行率に含まれない粗大粒子を含むおそれがあるが、安全余裕を見込んだ移行率として採用している。
- (vi) 溶液が沸騰を開始してから乾燥・固化に至るまでの期間のうち、放射性物質の放出に寄与する時間割合は、個別機器毎に算出する。

算出方法は、沸騰開始から冷却コイル等への通水により事態が収束するまでの沸騰継続時間を、溶液が沸騰を開始してから乾燥・固化に至るまでの期間で除して算出する。沸騰継続時間は、貯槽等の高レベル廃液等の保有量と崩壊熱密度から高レベル廃液等の潜熱を考慮して算出する。個別機器毎の設定値を第7.2.2-1表から第7.2.2-5表に示す。また、沸騰開始前までに冷却コイル通水により事態が収束する機器については、放射性物質の放出がないため0とする。

(vii) 第7-1表に示す機器に内包する溶液で、事態の収束までに沸騰に伴い発生した放射性物質及び蒸気は、凝縮器による蒸気の凝縮及び放射性エアロゾルの除去を経て、精製建屋の塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニットから放射性物質の導出先セルに導出され、可搬型フィルタの高性能粒子フィルタを経て主排気筒から大気中へ放出されるものとする。

(viii) 放出経路構造物への沈着による放射性エアロゾルの除染係数を10とする。

(ix) 上記(viii)の凝縮器による放射性エアロゾルの除染係数を10とする。

また、可搬型フィルタの高性能粒子フィルタは2段であり、放射性エアロゾルの除染係数は、凝縮器による蒸気の凝縮により、高性能粒子フィルタが所定の性能を発揮できることから $10^5$ とする。

(x) 凝縮器下流に設置する塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニットの高性能粒子フィルタの除染係数は、蒸気によって劣化する可能性があるため、評価上考慮しない。

#### 【補足説明資料7-7】

#### (5) 判断基準

蒸発乾固の拡大防止対策の有効性評価の判断基準は以下のとおりと

する。

a. 機器への注水

溶液が沸騰に至ったとしても、水源から機器へ注水することで、機器の液位を一定範囲に維持でいること。

b. 冷却コイル等への通水

高レベル廃液等が沸騰に至ったとしても、冷却コイル等へ通水することにより、高レベル廃液等の温度が沸点から低下傾向を示し、高レベル廃液等が沸騰しない状態を継続して維持できること。

c. 凝縮器への通水

事態の収束までに発生する凝縮水の発生量が、凝縮の回収先セルの漏えい液受皿の容量を下回ること。

d. 大気中への放射性物質の放出量

冷却コイル等への通水による事態の収束までに大気中へ放出される放射性物質の放出量が、セシウム-137換算で100 T B q を下回るものであって、かつ、実行可能な限り低いこと。

## 7.2.2.2 有効性評価の結果

### (1) 有効性評価の結果

#### a. 機器への注水

沸騰に至るまでの時間が最も短い機器を有する精製建屋における可搬型中型移送ポンプによる機器への注水準備は、安全冷却水系の冷却機能の喪失から57名にて9時間で完了するため、安全冷却水系の冷却機能の喪失から沸騰が開始するまでの時間である11時間以内に注水準備の完了が可能である。

高レベル廃液等が沸騰に至り液位が低下するが、液位を監視しつつ貯槽等への注水を、蒸発速度を上回る注水流量で適時実施することにより、液量は、貯槽等の事故発生直前の初期液量の70%を下回ることなく維持でき、液量を一定範囲に維持できる。また、ルテニウムを含む貯槽等において、溶液の温度を120℃未満に維持でき、揮発性のルテニウムが生成することはない。

以上の有効性評価結果を第7.1.2-7表から第7.1.2-21表に、対策実施時のパラメータの変位を第7.2.2-1図から第7.2.2-5図に示す。

#### b. 冷却コイル等への通水

蒸発乾固の発生防止対策が機能しなかった場合に実施する冷却コイル等への通水による機器に内包する溶液の冷却は、健全な冷却配管が1本あれば可能であり、沸騰開始から冷却コイル等への通水が実施されるまでの時間が最も長い精製建屋蒸発乾固1に属する機器に対して冷却コイル等への通水を実施する場合、精製建屋で51名にて30時間40分で作業を完了でき、冷却コイル等への通水実施後は、溶液の温度が沸点から低下傾向を示し、溶液の平衡温度が最も高いプルトニウム濃縮液受槽で約75℃で平衡に至る。

同様に、上記以外の機器グループである精製建屋蒸発乾固 2 に属する機器に対して冷却コイル等への通水を実施する場合、精製建屋で53名にて37時間30分で作業を完了でき、溶液の平衡温度は、最も温度が高いプルトニウム溶液受槽で約70℃である。

以上の有効性評価結果を第7.1.2-7表から第7.1.2-21表に、対策実施時のパラメータの変位を第7.2.2-1図から第7.2.2-5図に示す。

#### c. 凝縮器への通水

沸騰に至るまでの時間が最も短い機器を有する精製建屋における可搬型中型移送ポンプによる凝縮器への通水は、安全冷却水系の冷却機能の喪失から47名にて8時間30分で実施できるため、安全冷却水系の冷却機能の喪失から沸騰が開始するまでの時間である11時間以内に凝縮器への通水が可能である。

溶液の沸騰から事態の収束までの凝縮水の発生量は、漏えい液受皿の容量に対して凝縮水発生量の占める割合が大きい精製建屋において約3 m<sup>3</sup>である、凝縮水の発生量は回収先セルの漏えい液受け皿等の容量を十分下回る。

事態が収束するまでに発生する凝縮水の発生量の詳細を第7.1.2-9表、第7.1.2-12表、第7.1.2-15表、第7.1.2-18表及び第7.1.2-21表に示す。

#### d. 大気中への放射性物質の放出量

溶液の沸騰前の水素掃気用の圧縮空気に同伴する放射性物質の放出量（セシウム-137換算）は平常運転時程度である。

代替排気系による排気の実施は、沸騰に至るまでの時間が最も短い精製建屋においても、安全冷却水系の冷却機能の喪失から63名にて5時間40分で実施できるため、安全冷却水系の冷却機能の喪失から沸騰

が開始するまでの時間である11時間以内に代替排気系による排気が可能である。

セル導出経路の系統構成，凝縮器への通水，代替排気系による排気により，高レベル廃液等の沸騰から事態の収束までの大気中への放射性物質の放出量（セシウム-137換算）は，前処理建屋において約  $8 \times 10^{-13}$  T B q，分離建屋において約  $5 \times 10^{-7}$  T B q，精製建屋において約  $5 \times 10^{-6}$  T B q，ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋において約  $3 \times 10^{-7}$  T B q，高レベル廃液ガラス固化建屋において約  $4 \times 10^{-6}$  T B q となり，これらを合わせても約  $9 \times 10^{-6}$  T B q である。

以上より，放射性物質をセルへ導出する手段，凝縮器により発生した蒸気及び放射性物質を除去し，セル及び高性能粒子フィルタによる放射性エアロゾルを除去する手段は，蒸発乾固に伴い気相部へ移行する放射性物質に対して各々十分な除染効率を確保し，また，放射性物質のセルへの導出に係る準備作業，凝縮器への冷却水の通水に係る準備作業及び可搬型フィルタ，可搬型デミスタ，可搬型排風機，可搬型ダクトを建屋換気設備に接続し，主排気筒から大気中へ放射性物質を管理放出するための準備作業を沸騰開始前で実行可能な限り早期に完了させ，これらを稼働させることで事態が収束するまでの主排気筒から大気中への放射性物質の放出量（セシウム-137換算）が100 T B q を下回るものであって，かつ，実行可能な限り低い。

以上の有効性評価結果を第7.1.2-7表から第7.1.2-21表に，対策実施時のパラメータの変位を第7.2.2-6図及び第7.2.2-15図に示す。

各建屋の主排気筒から大気中への放射性物質の放出量及び大気中への放射性物質の放出量（セシウム-137換算）の詳細を第7.2.2-6表から第7.2.2-9表並びに第7.1.2-9表，第7.1.2-12表，第7.1.2-

15表、第7.1.2-18表及び第7.1.2-21表に示す。また、放射性物質が大気中に放出されるまでの過程を第7.2.2-16図から第7.2.2-19図に示す。

【補足説明資料7-8】

(2) 不確かさの影響評価

a. 事象、事故条件及び機器条件の不確かさの影響

(a) 想定事象の違い

「7.1.2 蒸発乾固の発生防止対策の有効性評価」に記載したとおりである。

(b) 実際の熱条件の観点

沸騰に至るまでの時間に与える影響は、「7.1.2 蒸発乾固の発生防止対策の有効性評価」に記載したとおりである。

機器への注水の実施間隔に与える影響は、溶液の容量が初期容量の70%までの時間が影響するものの、沸点の上昇は5℃程度であり、例えばプルトニウム濃縮液1 m<sup>3</sup>の場合、30%の溶液に消費される熱量が約4.5×10<sup>8</sup> Jなのに対し、5℃の温度上昇に必要な熱量が約2×10<sup>7</sup> Jであり、崩壊熱の5%程度が顕熱として消費されることが想定される。

従って、初期容量から70%容量に至るまでの時間が数%延びることになるが。

以上より、実際の熱条件の下では、評価結果に溶液の容量が初期容量の70%に至るまでの時間は、全ての溶液においてより長い時間となる可能性があるが、時間余裕が延びる方向の変動であることから、実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響は無視できる。

(c) 機器が保有する溶液容量に対する不確かさ



時間余裕及び沸騰継続時間は、以下の（1式）及び（2式）により算出する。（1式）及び（2式）から、分母及び分子の溶液容量が打ち消し合い、評価結果は崩壊熱密度のみに依存する。そのため、溶液容量が変化したとしても、評価結果に影響することはない。

$$\text{時間余裕 [h]} = \frac{\text{溶液密度 [kg/m}^3\text{]} \times \text{溶液容量 [m}^3\text{]} \times \text{比熱 [J/kg/L]} \times (\text{沸点 [}^\circ\text{C]} - \text{初期温度 [}^\circ\text{C]})}{\text{崩壊熱密度 [W/m}^3\text{]} \times \text{溶液容量 [m}^3\text{]}} \quad (1 \text{ 式})$$

$$\text{沸騰継続時間 [h]} = \frac{\text{溶液容量 [m}^3\text{]} \times \text{溶液密度 [kg/m}^3\text{]}}{\text{蒸発速度 [kg/h]}} \times \frac{\text{蒸発潜熱 [J/kg]}}{\text{崩壊熱密度 [W/m}^3\text{]} \times \text{溶液容量 [m}^3\text{]}} \quad (2 \text{ 式})$$

(d) 放射性物質の放出量評価に用いるパラメータの不確かさ

事態の収束までの大気中への放射性物質の放出量（Cs-137換算）については、気相中に移行する放射性物質の移行割合や放出経路における放射性物質の除染係数に不確かさがある。非安全側な影響として、仮に移行した放射性物質に揮発性のルテニウムが含まれていた場合や放射性物質の移行率に変動があった場合、放出量が1桁程度増加する可能性がある。一方、安全側な影響として、放出量評価に用いた高レベル廃液等の核種組成や経路上での除染係数を評価が厳しくなるよう設定しており、放出量が小さくなることも想定される。このように、不確かさを有するものの、これらを考慮した場合でも判断基準を満足することには変わりはない。不確かさを考慮した各パラメータの幅を以下に示す。

1) 溶液の沸騰前の水素掃気用の圧縮空気に同伴する放射性物質の放出量評価

溶液の沸騰前の水素掃気用の圧縮空気に同伴する放射性物質の放出量評価の設定パラメータの不確かさについては、「8.2.2 水素爆発の拡大防止対策の有効性評価」に示すとおりである。

2) 溶液の沸騰後の事態の収束までの放射性物質の放出量評価

i. 貯槽が保有する放射性物質質量

再処理する使用済燃料の冷却期間を15年、機器が取り扱うことができる最大液量を保有しているものとして算出する放射性物質質量の最大値を設定する。

再処理する使用済燃料の燃焼条件の変動幅を考慮すると、放射性物質質量の最大値は、1桁未満の下振れを有する。また、再処理する使用済燃料の冷却年数によっては、減衰による放射性物質質量のさらなる低減効果を見込める可能性がある。

ii. 溶液が沸騰を開始から乾燥・固化に至るまでの期間のうち、放射性物質の放出に寄与する時間割合

蒸発乾固の発生が想定される溶液の崩壊熱密度に依存するパラメータであり、再処理する使用済燃料の燃焼条件の変動幅を考慮すると、崩壊熱密度の最大値は、1桁未満の下振れを有する。また、再処理する使用済燃料の冷却年数によっては、減衰による崩壊熱密度のさらなる低減効果を見込める可能性がある。

一方、溶液が沸騰を開始から乾燥・固化に至るまでの期間のうち、放射性物質の放出に寄与する時間割合は、冷却コイル等への通水が実施されるタイミングに依存する。冷却コイル等への通水の準備及び実施は、沸騰開始後に実施されることから、作業環境が悪化している可能性があり、これに伴い冷却コイル等への通水の準備及び実施が遅れる可能性があり、大気中への放射性物質の放出量に対する感度が大きいと考えられる。この感度を把握するため、冷却コイル等への通水の準備の計画値である30時間40分に対し、安全側の想定として、冷却コイル等への通水の準備にさらに24時間の時間を要し、54時間40分後に

冷却コイル等への通水が開始されたと想定した場合、放射性物質の放出量は約3倍※となり、条件によっては、設定値に対して1桁未満の上振れを有する可能性がある。

$$\text{※}54\text{時間}40\text{分} \div (30\text{時間}40\text{分} - 11\text{時間}) = 2.78$$

#### iii. 溶液の沸騰に伴い気相中に移行する放射性物質の割合

実験値に基づき安全余裕を見込んで0.005%を設定しているが、実験体系が実機の体系を全て網羅できておらず、体系に起因した不確かさが存在する。上限としては、臨界に伴う沸騰時の移行率である0.05%があり、また、実験値に対して安全余裕を見込んで設定しているため、1桁未満の下振れを有する。

また、設定した移行割合は、沸騰開始から乾燥・固化までの間の積算移行率を確認した実験に基づき設定したものであり、沸騰初期と乾燥・固化に至る沸騰晩期とでは、溶液の性状が異なり、性状に応じた移行率の変化の可能性がある。これについては、移行割合の設定にあたって参照した実験における積算移行率の時間変化を確認し、沸騰初期と沸騰晩期において有意な差を確認できなかったことから、溶液の性状の差が移行割合に与える影響は無視できると判断できる。

以上より、設定値に対して1桁未満の下振れを有し、条件によっては、設定値に対して1桁程度の上振れを有する可能性がある。

#### iv. 貯槽から主排気筒までの放射性物質の除染係数

設定値に対して、凝縮器による除去効果として1桁程度の下振れ並びに各建屋の塔槽類廃ガス処理設備の構造的な特徴、放射性物質の導出先セル及び各建屋の建屋排気系の構造的な特徴として1桁程度の下振れを有する。

さらに、第7-1表に示す機器から放射性物質の導出先セルまでの

経路上の精製建屋の塔槽類廃ガス処理設備の配管は、曲がり部が多く数十m以上の長さがあり、多数の機器で構成されるほか、凝縮器による蒸気の凝縮効果により、放射性物質を大気中へ押し出すエネルギーの減衰や放射性エアロゾルの沈着による除去が期待できる。また、放射性物質の導出先セルへの導出後においては、放射性物質を導出先セルへ導出することによる放射性エアロゾルの重力沈降による除去、精製建屋の建屋排気系のダクトの曲がり部における慣性沈着及び圧力損失による放射性物質を大気中へ押し出すエネルギーの減衰により放射性エアロゾルは除去されるため、条件によっては1桁程度の下振れを見込める可能性がある。

一方、条件によっては、設定値に対して、凝縮器による除去効果、精製建屋の塔槽類廃ガス処理設備の構造的な特徴、放射性物質の導出先セル及び各建屋の建屋排気系の構造的な特徴全体で1桁程度の上振れを有する可能性がある。

なお、沸騰に伴い気相中へ移行する放射性物質のうち、ルテニウムについては、気相中への移行が沸騰による飛まつ同伴であり、エアロゾルとして移行すると考えられるものの、仮に揮発性の化学形態であった場合、凝縮器、放出経路構造物及び高性能粒子フィルタの除染係数が期待できない可能性がある。ルテニウムの除染係数がまったく期待できないとした場合、大気中への放射性物質の放出量（セシウム-137換算）は、高レベル廃液ガラス固化建屋の場合で1桁程度増加する。

(e) 機器への注水による溶液温度低下に起因する不確かさ

沸騰している溶液へ注水することにより、沸騰状態にある溶液が未沸騰状態へ移行することで、放出量が低減する可能性がある。

機器注水により溶液の温度を沸点未満に下げするためには、溶液が有する崩壊熱に対して、注水により投入される水が沸点に至るまでの熱量（顕熱）が大きくなければならず、蒸発速度の約8倍以上の注水速度で注水する必要がある。

機器への注水では、過剰な量の注水による機器内溶液のオーバーフローの可能性もあり、いかなる条件においても蒸発速度の8倍以上の注水速度を確保することが困難であることから、機器への注水による放出量低減に係る不確かさの幅の設定は行わない。

【補足説明資料7－9】

## b. 操作条件の不確かさの影響

### (a) 実施組織要員の操作

「7.1.2 蒸発乾固の発生防止対策の有効性評価」に記載したとおりである。

### (b) 作業環境

沸騰開始までは、有意な作業環境の悪化はなく、機器への注水の準備、放射性物質のセルへの導出、凝縮器による発生した蒸気及び放射性物質の除去、セル及び高性能粒子フィルタによる放射性エアロゾルの除去に関する対策の準備及び実施は、沸騰開始前までに実施することから、作業環境が実施組織要員の操作の時間余裕に影響を与えることはない。

### 7.2.2.3 同時発生又は連鎖

#### (1) 同時発生

複数の貯槽等で同時に蒸発乾固が発生することに対する重大事故等対策の有効性については、本章に記載したとおりである。

異なる種類の重大事故等の同時発生に対する重大事故等対策の有効性については、「13. 重大事故が同時に又は連鎖して発生した場合の対処」にまとめる。

#### (2) 連鎖

##### a. 起因となる重大事故等の事象進展，事故規模の分析

高レベル廃液等が沸騰した場合の事故時環境は、以下のとおりである。

##### (a) 温度

溶質によるモル沸点上昇を考慮したとしても、溶液沸騰時の温度は130℃程度であり、凝縮器下流では、廃ガスの温度が50℃以下となる。これらの温度では、安全機能を有する機器の材質の強度が有意に低下することはない。機器に接続する安全機能を有する機器が損傷又は機能劣化することはない。

##### (b) 圧力

溶液沸騰時の圧力は、導出先セルに導出されるまでの間の経路における圧力は、水封安全器の水頭圧（～3 kPa）以下であり、導出先セル以降は大気圧程度であり、安全機能を有する機器が損傷又は機能劣化することはない。

##### (c) 湿度

溶液が沸騰に至った場合、沸騰蒸気により多湿環境下となるが、機器自体及び機器に接続する安全機能を有する機器が損傷することはない。

また、湿度の影響が機器のバウンダリを超えて波及することはない。

(d) 放射線

溶液が沸騰に至ったとしても、機器内の放射線環境は通常環境下から変化することはない。一方、溶液中の放射性物質が沸騰蒸気に伴い機器外へ移行するため、機器外の放射線量は上昇するものの、安全機能を有する機器が損傷又は機能劣化することはない。

(e) 物質（水素，煤煙，放射性物質）及びエネルギーの発生

溶液の沸騰に伴いG値が上昇し、水素発生量が増加するが、安全圧縮空気供給系からの圧縮空気の供給量は、十分な余裕が確保されており、沸騰時であっても機器の気相部の水素濃度が4 vol %を超えることはない。一方、溶液が沸騰に至ったとしても、煤煙及び新たな放射性物質が発生することはない。

(f) 落下・転倒による荷重

溶液が上昇したとしても、機器の材質の強度が有意に低下することなく、機器が落下・転倒することはない。

(g) 腐食環境

沸騰により、機器気相部が硝酸雰囲気になるが、凝縮器において蒸気が除去されるため、凝縮器下流では硝酸の存在比率がほぼゼロとなり、安全機能を有する機器が損傷することはない。

b. 起因となる重大事故等の事故影響が及ぶ範囲の特定及び安全機能喪失の分析

蒸発乾固の拡大防止対策が講じられる状態は、溶液が沸騰している状態であり、機器への注水が実施される場合には、溶液が濃縮している状態となる。この状態における溶液の温度は、事象、事故条件及び

機器条件の不確かさを考慮しても130°C程度である。

沸騰が発生する貯槽等に接続する常設重大事故等対処設備の機器注水配管、冷却コイル等、塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニット及び凝縮器並びにその他の安全機能を有する機器の材質は、ステンレス鋼又はジルコニウムであり、事象、事故条件及び機器条件の不確かさを考慮しても、蒸発乾固の拡大防止対策が講じられる状態における温度は、最大でも130°C程度であり、当該温度における部材のSu値は、平常時温度の値に対して有意な減少はない。以上より、これらの安全機能を有する機器が、沸騰時に想定される温度、圧力、放射線等の環境において損傷することはなく、したがって、機器のバウンダリを超えて影響が波及することもないことから、他の重大事故等が連鎖して発生することはない。

高レベル廃液等が沸騰に至った場合には、高レベル廃液等のG値の増加に伴い、水素発生量が増加するものの、通常運転時の安全圧縮空気系の水素掃気量は、水素発生量に対して十分な余力を有しており、高レベル廃液等が沸騰に至り、水素発生量が増えたとしても、機器気相分の水素濃度が4 vol %に至ることはなく、他の重大事故等が連鎖して発生することはない。

また、凝縮器下流では、凝縮器による蒸気の除去及び廃ガスの温度低下によって、環境条件はほぼ平常状態となることから、高性能粒子フィルタによる放射性エアロゾルを除去する手段に使用する常設重大事故等対処設備及び可搬型重大事故等対処設備が損傷することはない。

(a) 臨界事故への連鎖

高レベル廃液等の沸騰が発生する機器において講じられている臨界事故に係る安全機能は、全濃度安全形状寸法管理及び濃度管理であるが、



沸騰時の温度，圧力，核燃料物質の濃度変動，その他のパラメータ変動を考慮しても，臨界事故に係る安全機能が喪失することはない。

また，これらの事故影響が，貯槽等のバウンダリを超えて波及することは想定されないことから，当該貯槽等以外の貯槽等において臨界事故が連鎖して発生することはない。

(b) 水素爆発への連鎖

高レベル廃液等の沸騰が発生する機器において講じられている水素爆発に係る安全機能は，安全圧縮空気系による水素掃気機能であるが，想定される温度，圧力，その他のパラメータ変動を考慮しても安全圧縮空気系による水素掃気機能が喪失することはない。

沸騰発生時には，高レベル廃液等のG値の増加により，高レベル廃液等の水素発生量が増加するが，安全圧縮空気系による水素掃気空気の供給量は余裕をもって設定されており，高レベル廃液等が沸騰に至り，水素発生量が増えたとしても，機器気相分の水素濃度が4 vol%に至ることはなく，他の重大事故等が連鎖して発生することはない。

また，これらの事故影響が，貯槽等のバウンダリを超えて波及することは想定されないことから，当該貯槽等以外の貯槽等において臨界事故が連鎖して発生することはない。

(c) T B P等の錯体の急激な分解反応への連鎖

高レベル廃液等の沸騰が発生する機器において講じられているT B P等の錯体の急激な分解反応に係る安全機能はない。

また，高レベル廃液等の沸騰による事故影響が，貯槽等のバウンダリを超えて波及することは想定されないことから，T B P等の錯体の急激な分解反応が連鎖して発生することはない。

(d) 使用済燃料貯蔵槽における燃料損傷への連鎖

高レベル廃液等の沸騰が発生する機器及び使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設は異なる建屋に位置し、高レベル廃液等の沸騰による事故影響が、貯槽等のバウンダリを超えて波及することは想定されないことから、使用済燃料貯蔵槽における燃料損傷が連鎖して発生することはない。

#### 7.2.2.4 判断基準への適合性の検討

蒸発乾固の拡大防止対策として、蒸発乾固の発生が想定される機器への注水手段、冷却コイル等への通水手段、機器において沸騰に伴い気相へ移行した放射性物質をセルへ導出する手段、凝縮器により発生した蒸気及び放射性物質を除去し、セル及び高性能粒子フィルタによる放射性エアロゾルを除去する手段を整備しており、これらの対策について、設計上定める条件より厳しい条件における外部事象の「地震」を条件として有効性評価を行った。

機器への注水は、沸騰開始前までに機器への注水に係る準備作業を完了し、沸騰後、沸騰に伴い減少した溶液を補填するため、定期的に機器へ注水することで、蒸発乾固が進行することを防止している。

また、実施組織要員に余裕ができた時点で、機器への注水により蒸発乾固が進行するのを防止している状態を維持しながら、冷却コイル等への通水の準備に着手し、準備が完了した後に実施することで、溶液の温度を沸点未満へ移行させることで、蒸発乾固の事態の収束を図り、安定状態を維持できる。

放射性物質をセルへ導出する手段、凝縮器により発生した蒸気及び放射性物質を除去し、セル及び高性能粒子フィルタによる放射性エアロゾルを除去する手段は、蒸発乾固に伴い気相部へ移行する放射性物質に対して各々十分な除染効率を確保し、大気中への放射性物質の放出量を可能な限り低減している。また、放射性物質のセルへの導出に係る準備作業、凝縮器への冷却水の通水に係る準備作業及び可搬型フィルタ、可搬型デミスタ、可搬型排風機、可搬型ダクトを建屋換気設備に接続し、主排気筒から大気中へ放射性物質を管理放出するための準備作業を沸騰開始前で実行可能な限り早期に完了させ、これらを稼

動させることで主排気筒から大気中への放射性物質の放出量を低減できる。事態が収束するまでの沸騰による主排気筒から大気中への放射性物質の放出量（セシウム-137 換算）は、5 建屋合計で約  $9 \times 10^{-6}$  TBq である。

評価条件の不確かさについて確認した結果、運転員等操作時間に与える影響及び評価項目となるパラメータに与える影響は無視できる又は小さいことを確認した。

また、「地震」以外の設計上定める条件より厳しい条件のうち、「地震」とは異なる特徴を有する「火山」を条件とした場合に有効性評価へ与える影響を分析した。

「火山」を条件とした場合には、建屋外における蒸発乾固の拡大防止対策の準備に要する時間に与える影響及び蒸発乾固の拡大防止対策の維持に与える影響を分析し、降灰予報を受けて建屋外作業に着手すること及び除灰作業を織り込んだ作業計画を整備していることで、蒸発乾固の拡大防止対策の有効性へ与える影響が排除されていることを確認した。

以上の有効性評価は、蒸発乾固の発生が想定される 5 建屋、13 機器グループ、53 貯槽の全てにおいて重大事故等が同時発生することを前提として評価を実施し、上述のとおり重大事故等対策が有効であることを確認した。また、想定される事故時環境において、蒸発乾固の発生が想定される機器に接続する安全機能を有する機器が、損傷又は機能劣化することはない、他の重大事故等が連鎖して発生することがないことを確認した。

以上のことから、内部ループへの通水が機能しなかったとしても機器への注水により放射性物質の発生を抑制し、蒸発乾固の進行を防止

でき、冷却コイル等への通水により事態を収束させることができる。  
また、有効性評価で示す大気中への放射性物質の放出量は妥当である  
と考えられ、大気中への異常な水準の放出を防止することができる。

以上より、「(3) 有効性評価の判断基準」を満足する。

### 7.3 蒸発乾固の発生防止対策及び拡大防止対策に必要な要員及び資源

蒸発乾固の発生防止対策及び拡大防止対策に必要な要員及び資源を以下に示す。

また、要員及び資源の有効性評価については、他の同時に又は連鎖して発生する事象の影響を考慮する必要があるため、「13. 重大事故が同時に又は連鎖して発生した場合の対処」において示す。

#### (1) 必要な要員の評価

蒸発乾固の発生防止対策及び拡大防止対策において、設計上定める条件より厳しい条件における外部事象の「地震」を条件として場合で、同時に作業する要員が最も多い時の要員数は、91名であり、蒸発乾固の発生防止対策及び拡大防止対策に必要な要員は128名である。

「地震」とは異なる環境条件をもたらす可能性のある設計上定める条件より厳しい条件における外部事象の「火山」を条件とした場合、同時に作業する要員が最も多い時の要員数は、91名であり、蒸発乾固の発生防止対策及び拡大防止対策に必要な要員は128名である。

また、設計上定める条件より厳しい条件における内部事象の「長時間の全交流動力電源の喪失」及び「動的機器の多重故障」を条件とした場合は、「地震」を条件とした場合に想定される環境条件より悪化することが想定されず、対処内容にも違いがないことから、必要な要員は合計128名以内である。

以上より、蒸発乾固の発生防止対策及び拡大防止対策に必要な要員は、最大でも128名となる。

#### (2) 必要な資源の評価

蒸発乾固の発生防止対策及び拡大防止対策に必要な水源及び電源を以下に示す。

## i. 水源

蒸発乾固の発生防止対策及び拡大防止対策で使用した排水は、貯水槽へ戻し再利用する。この場合、貯水槽の水量は、機器への注水、可搬型排水受槽及び貯水槽からの蒸発によって水量が減少するため、この減少分を考慮した貯水槽の温度上昇程度を推定するとともに、冷却への影響を分析した。

貯水槽及び通水経路からの放熱を考慮せず断熱を仮定した場合であっても、蒸発乾固の発生防止対策及び拡大防止対策で使用する第1貯水槽Aの水温の上昇は1日あたり約 $3.1^{\circ}\text{C}$ であり、実際の放熱を考慮すれば冷却を維持することは可能である。

貯水槽の水温の上昇は以下の仮定により算出した。

冷却対象貯槽の総熱負荷	:	1,470 kW
貯水槽の水量	:	$9,970\text{m}^3$ ※1
貯水槽の初期水温	:	$29^{\circ}\text{C}$
貯水槽の水の密度	:	$996\text{kg}/\text{m}^3$ ※2
貯水槽の水の比熱	:	$4,179\text{J}/\text{kg}/\text{K}$ ※2

※1 機器に内包する溶液が沸騰することによって消費する蒸発量を $30\text{m}^3$ とし、貯水槽の1区画分（第1貯水槽A）の容積 $10,000\text{m}^3$ から減じて設定。

貯水槽からの自然蒸発分を考慮した場合、現実的には想定し得ない条件として、冷却対象貯槽の総熱負荷により貯水槽の水が蒸発する前提を置いた場合、蒸発量は約 $310\text{m}^3$ となる。これを考慮した場合であっても、貯水槽の温度上昇は約 $3.2^{\circ}\text{C}/\text{日}$ である。

※2 伝熱工学資料第4版 300Kの水の物性を引用

貯槽から回収した熱量はそのまま貯水槽の水に与えられることから、貯水槽の1日あたりの水温上昇 $\Delta T$ は次のとおり算出される。

$$\begin{aligned} \Delta T [^{\circ}\text{C}/\text{日}] &= 1470000 [\text{J}/\text{s}] \times 86400 [\text{s}/\text{日}] \\ &\quad / (9,970 [\text{m}^3] \times 996 [\text{kg}/\text{m}^3] \times 4179 [\text{J}/\text{kg}/\text{K}]) \\ &= \text{約 } 3.1^{\circ}\text{C}/\text{日} \end{aligned}$$

機器への注水に必要な水量は、7日間の対応を考慮すると、以下に示す量の水が必要である。

前処理建屋	約1.1m <sup>3</sup>
分離建屋	約20m <sup>3</sup>
精製建屋	約20m <sup>3</sup>
ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋	約4.4m <sup>3</sup>
高レベル廃液ガラス固化建屋	約270m <sup>3</sup>
全建屋合計	約310m <sup>3</sup>

## ii. 燃料

蒸発乾固の発生防止対策及び拡大防止対策に使用する可搬型中型移送ポンプによる各建屋の水の給排水については、7日間の対応を考慮すると、運転継続に合計約40m<sup>3</sup>の軽油が必要である。

### 【貯水槽から建屋への水供給及び建屋から貯水槽への排水】

前処理建屋	約12m <sup>3</sup>
分離建屋，精製建屋 及びウラン・プルトニウム混合脱硝理建屋	約14m <sup>3</sup>
高レベル廃液ガラス固化建屋	約14m <sup>3</sup>



全建屋合計	約40m <sup>3</sup>
-------	-------------------

また、蒸発乾固の拡大の防止のための措置に使用する可搬型発電機は、7日間の対応を考慮すると、運転継続に合計約12m<sup>3</sup>の軽油が必要である。

前処理建屋	約2.5m <sup>3</sup>
分離建屋	約3.0m <sup>3</sup>
精製建屋及びウラン・プルトニウム混合脱硝理建屋	約3.0m <sup>3</sup>
高レベル廃液ガラス固化建屋	約3.0m <sup>3</sup>
全建屋合計	約12m <sup>3</sup>

また、可搬型空気圧縮機による重大事故等計装設備の可搬型液位計への圧縮空気の供給に使用する可搬型空気圧縮機は、7日間の対応を考慮すると、運転継続に合計約5.9m<sup>3</sup>の軽油が必要である。

前処理建屋	約1.4m <sup>3</sup>
分離建屋	約1.7m <sup>3</sup>
精製建屋及びウラン・プルトニウム混合脱硝理建屋	約1.4m <sup>3</sup>
高レベル廃液ガラス固化建屋	約1.6m <sup>3</sup>
全建屋合計	約5.9m <sup>3</sup>

また、燃料及び可搬型重大事故等対処設備の運搬及び設置並びにアクセスルートの整備等に使用する軽油用タンクローリ、中型移送ポンプ運搬車、ホース展張車、運搬車及びホイールローダによる燃料及び可搬型重大事故等対処設備の運搬及び設置並びにアクセスルートの整備については、事象発生直後から使用することを想定

すると、対応期間の7日間の運転継続に合計約 $5.9\text{m}^3$ の軽油が必要となる。

以上より、全ての建屋の蒸発乾固の発生防止対策及び拡大防止対策を7日間継続して実施するのに必要な軽油は合計で約 $63\text{m}^3$ である。

軽油貯蔵タンクにて約 $400\text{m}^3$ の軽油を保有しており、この使用が可能であることから、蒸発乾固の発生及び拡大の防止のための措置について、7日間の継続が可能である。

【補足説明資料7-6】

### iii. 電源

前処理建屋可搬型発電機の電源負荷については、前処理建屋における蒸発乾固の拡大の防止のための措置に必要な負荷として、重大事故等対処施設の可搬型排風機の約 $5.2\text{kVA}$ であり、必要な給電容量は、可搬型排風機の起動時を考慮しても約 $39\text{kVA}$ である。

分離建屋可搬型発電機の電源負荷については、分離建屋における蒸発乾固の拡大の防止のための措置に必要な負荷として、重大事故等対処施設の可搬型排風機の約 $5.2\text{kVA}$ であり、必要な給電容量は、可搬型排風機の起動時を考慮しても約 $39\text{kVA}$ である。

ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋可搬型発電機の電源負荷については、精製建屋及びウラン・プルトニウム混合脱硝建屋における蒸発乾固の拡大の防止のための措置に必要な負荷として、精製建屋及びウラン・プルトニウム混合脱硝建屋の重大事故等対処施設の可搬型排風機の約 $11\text{kVA}$ であり、可搬型排風機1台運転中にもう1台の可搬型排風機の起動時を考慮すると約 $45\text{kVA}$ の給電が必要である。機器の

起動については、起動の順番を決め、同時起動しないようにしているが、仮に可搬型排風機の同時起動時を考慮した場合、約78 k V Aの給電が必要である。

高レベル廃液ガラス固化建屋可搬型発電機の電源負荷については、高レベル廃液ガラス固化建屋における蒸発乾固の拡大の防止のための措置に必要な負荷として、重大事故等対処施設の可搬型排風機の約5.2 k V Aであり、必要な給電容量は、可搬型排風機の起動時を考慮しても約39 k V Aである。

各可搬型発電機（前処理建屋可搬型発電機、分離建屋可搬型発電機、ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋可搬型発電機、高レベル廃液ガラス固化建屋可搬型発電機）の供給容量は約80 k V Aあり、必要負荷に対しての電源供給が可能である。

【補足説明資料 7－6】

## 添付資料：機器への注水が機能しない場合の放出量評価

### (1) 放出量評価の方法

安全冷却水系の冷却機能の喪失に対して、内部ループへの通水及び機器への注水が機能しない場合の放出量評価については、沸騰時の放射性物質の移行率、凝縮器による放射性エアロゾルの除染係数、放出経路構造物への沈着による放射性エアロゾルの除染係数及び高性能粒子フィルタによる放射性エアロゾルの除染係数を考慮して、溶液が沸騰から乾燥・固化に至るまでの大気中への放射性物質の放出量（セシウム-137換算）を評価する。

セシウム-137への換算係数は、IAEA-TECDOC-1162<sup>(1)</sup>に示される、地表沈着した放射性物質からのガンマ線による外部被ばく及び再浮遊した放射性物質の吸入摂取による内部被ばくにかかる実効線量への換算係数<sup>(1)</sup>について、セシウム-137と着目核種との比から算出する。ただし、プルトニウム等一部の核種は、化学形態による影響の違いを補正する係数<sup>(1)</sup><sup>(2)</sup>を乗じて算出する。

### (2) 放出量評価の条件

放出量評価は、第7-1表に示す機器を対象に実施する。

主要な評価条件を以下に示す。

#### a. 事故条件

##### i. 起因事象

放出量評価の前提となる設計上定める条件より厳しい条件は、安全冷却水系を構成する動的機器の動的機能を広範囲に喪失させ、安全冷却水系の冷却機能が喪失する「地震」を条件とし、安全冷却水系を構成する動的機器が全て損傷することによって、安全冷却水系の冷却機能

が喪失することを想定する。

ii. 安全機能の喪失に対する仮定

設計上定める条件より厳しい条件における外部事象の「地震」を条件とした場合の安全機能の喪失の想定は、基準地震動の1.2倍の地震動を入力した場合においても必要な機能を損なわない設計とした設備以外の設備は全て機能喪失するものとし、また、全ての動的機能の喪失を前提として、外部電源も含めた全ての電源喪失も想定していることから、更なる安全機能の喪失は想定しない。

b. 評価シナリオ

安全冷却水系の冷却機能が喪失し、溶液の温度が上昇し始める。

安全冷却水系の冷却機能の喪失に対し、内部ループへの通水及び機器への注水が機能せず、溶液が沸騰し、蒸発・濃縮の過程を経て乾燥・固化に至る。沸騰開始前に、凝縮器に冷却水を通水することで、蒸気を凝縮し、放射性エアロゾルを除去する。

各建屋の塔槽類廃ガス処理設備の隔離弁を閉止すること及び各建屋の塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニットを開放することにより、内圧上昇により各建屋の塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニットから放射性物質の導出先セルに放射性物質が導出され、気相中の放射性エアロゾルはセルへの導出経路及び大容量のセルへ沈着する。仮に、各建屋の塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニットから放射性物質の導出先セルに放射性物質が導出されない場合であっても、水封安全器から放射性物質の導出先セルに放射性物質が導出され、気相中の放射性エアロゾルは大容量のセルに沈着する。導出先セルに導出された放射性物質は、可搬型排風機及び可搬型フィルタによる放射性物質量の低減の後、主排気筒から大気中へ管理しながら

ら放出される。

また、蒸発乾固の進展に伴い、溶液中に含まれるルテニウムが揮発性の化学形態に変化し、主排気筒から大気中に放出されるものとする。

c. 評価条件

主排気筒から大気中への放射性物質の放出量は、重大事故等が発生する貯槽に保有される放射性物質質量に対して、溶液の沸騰に伴い気相中に移行する放射性物質の割合、貯槽から主排気筒までに除去される放射性物質の割合及び溶液が沸騰を開始から乾燥・固化に至るまでの期間のうち、放射性物質の放出に寄与する時間割合を乗じて算出する。

また、評価した大気中への放射性物質の放出量にセシウム-137への換算係数を乗じて、大気中へ放出された放射性物質の放出量（セシウム-137換算）を算出する。

i. 溶液が沸騰から乾燥・固化に至るまでの放射性物質の放出量評価

- (a) 第7-1表のうち平常運転時に溶液を保有しない一時貯槽及び第高レベル廃液共用貯槽以外の機器で沸騰が発生し、乾燥・固化に至ることを想定する。
- (b) 安全冷却水系の冷却機能が喪失する直前まで、安全冷却水系が1系列運転されていたものとし、安全冷却水系の冷却機能の喪失から第7-1表のうち平常運転時に溶液を保有しない一時貯槽及び第高レベル廃液共用貯槽以外の機器に内包する溶液が沸騰に至るまでの時間は、各機器の溶液の崩壊熱密度から算出する。
- (c) 第7-1表のうち平常運転時に溶液を保有しない一時貯槽及び第高レベル廃液共用貯槽以外の機器に内包する溶液中の放射性物質の濃度は、1日当たり処理する使用済燃料の平均燃焼度 $45,000\text{MW d} / \text{t} \cdot U_{\text{PR}}$ 、照射前燃料濃縮度 $4.5\text{wt}\%$ 、比出力 $38\text{MW} / \text{t} \cdot U_{\text{PR}}$ 、冷却

期間15年を基に算出した平常運転時の最大値とする。

- (d) 貯槽に保有される放射性物質量は、上記(c)において算出した放射性物質の濃度に、第7-1表のうち平常運転時に溶液を保有しない一時貯槽及び第高レベル廃液共用貯槽以外の機器に内包する溶液の体積を乗じて算出する。
- (e) 溶液の沸騰に伴い気相中に移行する放射性物質の割合は、模擬高レベル廃液400mLを蒸気流速1.1cm/sで沸騰させ、模擬高レベル廃液が乾燥・固化に至り、乾固物が140°Cに到達するまでの間に、高さ約0.8mの位置のフィルタ及びフィルタ以降へ、物質が到達した割合を測定した試験に基づき積算移行率を0.005%<sup>(3)</sup>とする。試験では、ブローにより流量10L/minで吸引が行われ、吸引に伴い、試験装置内の圧力を一定に保つためN<sub>2</sub>ガスが自動的に供給されるため、掃気N<sub>2</sub>ガスに起因する放射性物質の移行も含まれる。また、高さ約0.8mでは、本来、移行率に含まれない粗大粒子を含むおそれがあるが、安全余裕を見込んだ移行率として採用している。また、溶液に含まれるルテニウムについては、蒸発乾固の進展に伴い、揮発性の化学形態となっていることを考慮して文献値から12%<sup>(4)</sup>とする。
- (f) 溶液が沸騰を開始から乾燥・固化に至るまでの期間のうち、放射性物質の放出に寄与する時間割合は、溶液が乾燥・固化に至ることから1とする。
- (g) 第7-1表のうち平常運転時に溶液を保有しない一時貯槽及び第高レベル廃液共用貯槽以外の機器に内包する溶液で、乾燥・固化に至るまでに沸騰に伴い発生した放射性物質及び蒸気は、凝縮器による蒸気の凝縮及び放射性エアロゾルの除去を経て、各建屋の建屋塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニットから放射性物質の導出先セル

に導出され、可搬型フィルタの高性能粒子フィルタを経て主排気筒から大気中へ放出されるものとする。

- (h) 放出経路構造物への沈着による放射性エアロゾルの除染係数は、10とする。
- (i) 上記(g)の凝縮器による放射性エアロゾルの除染係数は、10とする。  
また、可搬型フィルタの高性能粒子フィルタは2段であり、放射性エアロゾルの除染係数は、凝縮器による蒸気の凝縮及び高レベル廃液ガラス固化建屋においては、高性能粒子フィルタの上流に設置する可搬型デミスタによるミストの除去により、高性能粒子フィルタが所定の性能を発揮できることから $10^5$ とする。
- (j) 上記(h)及び(i)の放射性エアロゾルの除染係数に対して、揮発性ルテニウムについては除去し難いことを考慮して、放出経路構造物への沈着、凝縮器の効果及び可搬型フィルタの効果の全体で除染係数を10とする。

【補足資料7-10】

d. 使用する解析コード

解析コードは用いない。

(3) 放出量評価の結果

溶液の沸騰から乾燥・固化に至るまでの大気中への放射性物質の放出量（セシウム-137換算）は、前処理建屋では約 $2 \times 10^{-2}$  TBq，分離建屋では約 $6 \times 10^{-2}$  TBq，精製建屋では約 $2 \times 10^{-5}$  TBq，ウラン・プルトニウム混脱硝建屋では約 $4 \times 10^{-6}$  TBq及び高レベル廃液ガラス固化建屋では約 $6 \times 10^{-1}$  TBqである。

【補足資料7-10】



第7—1表 「冷却機能の喪失による蒸発乾固」の  
発生を想定する対象機器

建屋	機器グループ	機器名	
前処理建屋	前処理建屋蒸発乾固 1	中継槽 A	
		中継槽 B	
		リサイクル槽 A	
		リサイクル槽 B	
	前処理建屋蒸発乾固 2	中間ポット A	
		中間ポット B	
		計量前中間貯槽 A	
		計量前中間貯槽 B	
		計量後中間貯槽	
		計量・調整槽	
		計量補助槽	
	分離建屋	分離建屋蒸発乾固 1	高レベル廃液濃縮缶
		分離建屋蒸発乾固 2	高レベル廃液供給槽
			第6一時貯留処理槽
分離建屋蒸発乾固 3		溶解液中間貯槽	
		溶解液供給槽	
		抽出廃液受槽	
		抽出廃液中間貯槽	
		抽出廃液供給槽 A	
		抽出廃液供給槽 B	
		第1一時貯留処理槽	
		第8一時貯留処理槽	
		第7一時貯留処理槽	
		第3一時貯留処理槽	
第4一時貯留処理槽			

(つづき)

建屋	機器グループ	機器名
精製建屋	精製建屋蒸発乾固 1	プルトニウム濃縮液受槽
		リサイクル槽
		希釈槽
		プルトニウム濃縮液一時貯槽
		プルトニウム濃縮液計量槽
		プルトニウム濃縮液中間貯槽
	精製建屋蒸発乾固 2	プルトニウム溶液受槽
		油水分離槽
		プルトニウム濃縮缶供給槽
		プルトニウム溶液一時貯槽
		第1一時貯留処理槽
		第2一時貯留処理槽
		第3一時貯留処理槽
	ウラン・ プルトニウム 混合脱硝建屋	ウラン・ プルトニウム 混合脱硝建屋 蒸発乾固
混合槽A		
混合槽B		
一時貯槽※		

※平常運転時は空運用

(つづき)

建屋	機器グループ	機器名
高レベル廃液 ガラス 固化建屋	高レベル廃液ガラス 固化建屋蒸発乾固 1	高レベル廃液混合槽 A
		高レベル廃液混合槽 B
		供給液槽 A
		供給液槽 B
		供給槽 A
		供給槽 B
	高レベル廃液ガラス 固化建屋蒸発乾固 2	第 1 高レベル濃縮廃液貯槽
	高レベル廃液ガラス 固化建屋蒸発乾固 3	第 2 高レベル濃縮廃液貯槽
	高レベル廃液ガラス 固化建屋蒸発乾固 4	第 1 高レベル濃縮廃液一時貯槽
		第 2 高レベル濃縮廃液一時貯槽
	高レベル廃液ガラス 固化建屋蒸発乾固 5	高レベル廃液共用貯槽※

※平常運転時は空運用

第7.1.1—1表 内部ループへの通水における手順及び設備の関係

	判断及び操作	手順	重大事故等対処施設		
			常設重大事故等対処設備※	可搬型重大事故等対処設備	計装設備
a.	内部ループへの通水の実施判断	<ul style="list-style-type: none"> <li>安全冷却水系の冷却塔，外部ループの冷却水循環ポンプ若しくは内部ループの冷却水を循環するためのポンプが多重故障し，安全冷却水系の冷却機能が喪失した場合，又は，外部電源が喪失し，第2非常用ディーゼル発電機を運転できない場合は，内部ループへの通水の実施を判断し，以下のb.及びc.に移行する。</li> </ul>	—	—	—
b.	建屋外の水供給経路の構築	<ul style="list-style-type: none"> <li>各建屋に水を供給するために，可搬型中型移送ポンプを設置し，可搬型建屋外ホース及び可搬型中型移送ポンプを接続し，貯水槽から各建屋へ水を供給するための経路を構築する。また，可搬型排水受槽及び可搬型中型移送ポンプを設置し，可搬型建屋外ホース及び可搬型中型移送ポンプを接続し，冷却に使用した冷却水を貯水槽へ移送するための経路を構築する。</li> <li>設計基準を超える条件より厳しい条件としての外部事象の「火山」を条件として冷却機能が喪失した場合には，降灰により可搬型中型移送ポンプが機能喪失することを防止するため，可搬型中型移送ポンプを各建屋内及び保管庫内に配置する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>貯水槽</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>可搬型中型移送ポンプ</li> <li>可搬型建屋外ホース</li> <li>可搬型排水受槽</li> <li>可搬型中型移送ポンプ運搬車</li> <li>ホース展張車</li> <li>運搬車</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>可搬型建屋供給冷却水流量計</li> </ul>
c.	内部ループへの通水による冷却の準備	<ul style="list-style-type: none"> <li>機器へ可搬型貯槽温度計を設置する。また，機器グループの内部ループの漏えいの有無を，安全冷却水系の内部ループに設置されている膨張槽の液位により確認する。ただし，分離建屋蒸発乾固1の内部ループの漏えいの有無は，当該内部ループを高レベル廃液濃縮缶の加熱運転時の加熱蒸気の供給経路と兼用しており，当該内部ループには膨張槽がないことから，貯水槽から安全冷却水系の内部ループへ水を供給するための経路を構築後，可搬型中型移送ポンプによる安全冷却水系の内部ループの加圧により確認する。</li> <li>可搬型建屋内ホースを敷設し，可搬型建屋内ホース及び可搬型建屋外ホースを安全冷却水系の内部ループに接続する。</li> <li>建屋外の水供給経路の構築が完了した後，可搬型建屋内ホース及び可搬型建屋外ホースを接続する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>各建屋の内部ループ配管</li> <li>各建屋の冷却コイル配管及び冷却ジャケット配管</li> <li>冷却水給排水系</li> <li>各建屋の蒸発乾固対象機器</li> <li>貯水槽</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>可搬型中型移送ポンプ</li> <li>可搬型建屋外ホース</li> <li>可搬型建屋内ホース</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>計測制御設備</li> <li>可搬型貯槽温度計</li> <li>可搬型膨張槽液位計</li> <li>可搬型冷却コイル圧力計</li> <li>可搬型建屋供給冷却水流量計</li> <li>可搬型冷却水流量計</li> </ul>

(つづき)

	判断及び操作	手順	重大事故等対処施設		
			常設重大事故等対処設備※	可搬型重大事故等対処設備	計装設備
d.	内部ループへの通水の実施判断	・安全冷却水系の内部ループへの通水の準備が完了後直ちに、安全冷却水系の内部ループへの通水の実施を判断し、以下のe.へ移行する。	—	—	—
e.	内部ループへの通水の実施	<ul style="list-style-type: none"> <li>・可搬型中型移送ポンプにより貯水槽から安全冷却水系の内部ループに通水する。通水流量は、可搬型冷却水流量計及び可搬型建屋内ホースの流量調節弁又は流量調整ユニットにより調整する。</li> <li>・安全冷却水系の内部ループへの通水時に必要な監視項目は、通水流量及び機器に内包する溶液の温度である。</li> <li>・内部ループへの通水に使用した冷却水は、可搬型冷却水排水線量計を用いて汚染の有無を監視する。また、可搬型排水受槽に回収し、可搬型放射能測定装置を用いて汚染の有無を確認した上で、貯水槽へ移送する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・各建屋の内部ループ配管</li> <li>・各建屋の冷却コイル配管及び冷却ジャケット配管</li> <li>・<u>冷却水給排水系</u></li> <li>・各建屋の蒸発乾固対象機器</li> <li>・<u>貯水槽水系</u></li> <li>・<u>貯水槽</u></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・可搬型中型移送ポンプ</li> <li>・可搬型建屋外ホース</li> <li>・可搬型建屋内ホース</li> <li>・可搬型排水受槽</li> <li>・可搬型放射能測定装置</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・可搬型貯槽温度計</li> <li>・可搬型建屋供給冷却水流量計</li> <li>・可搬型冷却水排水線量計</li> <li>・可搬型冷却水流量計</li> </ul>
f.	内部ループへの通水の成功判断	<ul style="list-style-type: none"> <li>・機器に内包する溶液の温度が85℃以下で安定していることを確認することにより、安全冷却水系の内部ループへの通水による冷却機能が維持されていることを判断する。</li> <li>・冷却機能が維持されていることを判断するために必要な監視項目は、機器に内包する溶液の温度である。</li> </ul>	—	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>・計測制御設備</li> <li>・可搬型貯槽温度計</li> </ul>

※下線が引かれているものは新規設置設備

第 7.1.2-1 表 有効性評価に係る主要評価条件（前処理建屋）

機器	貯槽材質	崩壊熱密度 Q [W/m <sup>3</sup> ]	貯液量 V [m <sup>3</sup> ]	貯槽質量 M [k g]	貯槽比熱 C [J/k g/K]	溶液密度 $\rho$ [k g/m <sup>3</sup> ]	溶液比熱 C' [k c a l/k g/K]	溶液 硝酸濃度 [M]	溶液 沸点 T <sub>1</sub> [°C]	溶液 初期温度 T <sub>0</sub> [°C]
中継槽 A	ステンレス鋼	600	7	12100	499	1410	0.7	3	103	34
中継槽 B	ステンレス鋼	600	7	12100	499	1410	0.7	3	103	34
リサイクル槽 A	ステンレス鋼	600	2	3750	499	1410	0.7	3	103	33
リサイクル槽 B	ステンレス鋼	600	2	3750	499	1410	0.7	3	103	33
計量前中間貯槽 A	ステンレス鋼	600	25	19100	499	1410	0.7	3	103	32
計量前中間貯槽 B	ステンレス鋼	600	25	19100	499	1410	0.7	3	103	32
計量後中間貯槽	ステンレス鋼	460	25	19800	499	1410	0.7	3	103	32
計量・調整槽	ステンレス鋼	460	25	7950	499	1410	0.7	3	103	32
計量補助槽	ステンレス鋼	460	7	5100	499	1410	0.7	3	103	32
中間ポット A	ジルコニウム	600	■	385	288	1400	0.7	3	103	30
中間ポット B	ジルコニウム	600	■	385	288	1400	0.7	3	103	30

■ については商業機密の観点から公開できません。

第 7.1.2-2 表 有効性評価に係る主要評価条件（分離建屋）

機器	貯槽材質	崩壊熱密度 Q [W/m <sup>3</sup> ]	貯液量 V [m <sup>3</sup> ]	貯槽質量 M [kg]	貯槽比熱 C [J/kg/K]	溶液密度 $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	溶液比熱 C' [kcal/kg/K]	溶液 硝酸濃度 [M]	溶液 沸点 T <sub>1</sub> [°C]	溶液 初期温度 T <sub>0</sub> [°C]
溶解液中間貯槽	ステンレス鋼	460	25	10950	499	1410	0.7	3	103	32
溶解液供給槽	ステンレス鋼	460	6	3360	499	1410	0.7	3	103	32
抽出廃液受槽	ステンレス鋼	290	15	5040	499	1073	0.845	2.8	103	35
抽出廃液中間貯槽	ステンレス鋼	290	20	6140	499	1073	0.845	3	103	35
抽出廃液供給槽 A	ステンレス鋼	290	60	20700	499	1073	0.845	2.6	103	35
抽出廃液供給槽 B	ステンレス鋼	290	60	21050	499	1073	0.845	2.6	103	35
第 1 一時貯留処理槽	ステンレス鋼	290	3	6200	499	1073	0.845	2.8	103	35
第 8 一時貯留処理槽	ステンレス鋼	290	■	7500	499	1073	0.845	2.8	103	35
第 7 一時貯留処理槽	ステンレス鋼	290	■	5800	499	1073	0.845	2.8	103	35
第 3 一時貯留処理槽	ステンレス鋼	290	20	7130	499	1073	0.845	2.8	103	35
第 4 一時貯留処理槽	ステンレス鋼	290	20	7430	499	1073	0.845	2.8	103	35
第 6 一時貯留処理槽	ステンレス鋼	290	■	2780	499	1073	0.845	2.8	103	32
高レベル廃液供給槽 A	ステンレス鋼	120	20	18000	499	1050	0.87	2.6	103	30
高レベル廃液濃縮缶 A	ステンレス鋼	5800	■	63400	499	1460	0.58	4	104	50

■ については商業機密の観点から公開できません。

第 7.1.2-3 表 有効性評価に係る主要評価条件 (精製建屋)

機器	貯槽材質	崩壊熱密度 Q [W/m <sup>3</sup> ]	貯液量 V [m <sup>3</sup> ]	貯槽質量 M [k g]	貯槽比熱 C [J/k g/K]	溶液密度 $\rho$ [k g/m <sup>3</sup> ]	溶液比熱 c' [k c a l/k g/K]	溶液 硝酸濃度 [M]	溶液 沸点 T <sub>1</sub> [°C]	溶液 初期温度 T <sub>0</sub> [°C]
プルトニウム溶液受槽	ステンレス鋼	930	■	3400	499	1080	0.89	1.58	101	36
油水分離槽	ステンレス鋼	930	■	3500	499	1080	0.89	1.58	101	36
プルトニウム濃縮缶供給槽	ステンレス鋼	930	3	8700	499	1080	0.89	1.58	101	42
プルトニウム溶液一時貯槽	ステンレス鋼	930	3	9000	499	1080	0.89	1.58	101	41
プルトニウム濃縮液受槽	ステンレス鋼	8600	1	4500	499	1620	0.59	7	109	49
リサイクル槽	ステンレス鋼	8600	1	4500	499	1620	0.59	7	109	49
希釈槽	ステンレス鋼	8600	2.5	8300	499	1620	0.59	7	109	45
プルトニウム濃縮液一時貯槽	ステンレス鋼	8600	1.5	5800	499	1620	0.59	7	109	49
プルトニウム濃縮液計量槽	ステンレス鋼	8600	1	4500	499	1620	0.59	7	109	49
プルトニウム濃縮液中間貯槽	ステンレス鋼	8600	1	4500	499	1620	0.59	7	109	49
第 1 一時貯留処理槽	ステンレス鋼	930	1.5	4600	499	1080	0.89	1.58	101	38
第 2 一時貯留処理槽	ステンレス鋼	930	1.5	4600	499	1080	0.89	1.58	101	38
第 3 一時貯留処理槽	ステンレス鋼	930	3	8700	499	1080	0.89	1.58	101	42

■ については商業機密の観点から公開できません。



第7.1.2-4表 有効性評価に係る主要評価条件（ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋）

機器	貯槽材質	崩壊熱密度 Q [W/m <sup>3</sup> ]	貯液量 V [m <sup>3</sup> ]	貯槽質量 M [k g]	貯槽比熱 C [J/k g/K]	溶液密度 $\rho$ [k g/m <sup>3</sup> ]	溶液比熱 C' [k c a l/k g/K]	溶液 硝酸濃度 [M]	溶液 沸点 T <sub>1</sub> [°C]	溶液 初期温度 T <sub>0</sub> [°C]
硝酸プルトニウム貯槽	ステンレス鋼	8600	1	9600	499	1580	0.59	7	109	41
混合槽A	ステンレス鋼	5300	1	9600	499	1570	0.59	4.38	105	37
混合槽B	ステンレス鋼	5300	1	9600	499	1570	0.59	4.38	105	37
一時貯槽	ステンレス鋼	8600	1	9600	499	1580	0.59	7	109	41

第 7.1.2-5 表 有効性評価に係る主要評価条件（高レベル廃液ガラス固化建屋）

機器	貯槽材質	崩壊熱密度 Q [W/m <sup>3</sup> ]	貯液量 V [m <sup>3</sup> ]	貯槽質量 M [k g]	貯槽比熱 C [J/k g/K]	溶液密度 $\rho$ [k g/m <sup>3</sup> ]	溶液比熱 C' [k c a l/k g/K]	溶液 硝酸濃度 [M]	溶液 沸点 T <sub>1</sub> [°C]	溶液 初期温度 T <sub>0</sub> [°C]
第 1 高レベル濃縮廃液貯槽	ステンレス鋼	3200	120	70000	499	1300	0.8	2	102	41
第 2 高レベル濃縮廃液貯槽	ステンレス鋼	3200	120	70000	499	1300	0.8	2	102	41
第 1 高レベル濃縮廃液一時貯槽	ステンレス鋼	3600	25	20600	499	1300	0.8	2	102	39
第 2 高レベル濃縮廃液一時貯槽	ステンレス鋼	3600	25	20600	499	1300	0.8	2	102	39
高レベル廃液混合槽 A	ステンレス鋼	3600	20	22200	499	1300	0.8	2	102	41
高レベル廃液混合槽 B	ステンレス鋼	3600	20	22200	499	1300	0.8	2	102	41
供給液槽 A	ステンレス鋼	3600	5	8300	499	1300	0.8	2	102	41
供給液槽 B	ステンレス鋼	3600	5	8300	499	1300	0.8	2	102	41
供給槽 A	ステンレス鋼	3600	2	3300	499	1300	0.8	2	102	41
供給槽 B	ステンレス鋼	3600	2	3300	499	1300	0.8	2	102	41
高レベル廃液共用貯槽	ステンレス鋼	3200	120	70000	499	1300	0.8	2	102	41

第7.1.2-6表 蒸発乾固への対処に使用する設備

機器グループ	設備		発生防止対策	拡大防止対策		
	設備名称	構成する機器		内部ループへの通水	機器への注水	冷却コイル等への通水
前処理建屋蒸発乾固1	代替安全冷却水系	内部ループ配管・弁[流路]	○	×	×	×
		冷却ジャケット配管・弁[流路]	○	×	○	×
		機器注水配管・弁[流路]	×	○	×	×
		可搬型中型移送ポンプ	○	○	○	×
		可搬型建屋外ホース[流路]	○	○	○	×
		可搬型建屋内ホース[流路]	○	○	○	×
		可搬型排水受槽	○	×	○	×
		可搬型中型移送ポンプ運搬車	○	○	○	×
		ホース展張車	○	○	○	×
	運搬車	○	○	○	×	
	清澄・計量設備	中継槽A	○	○	○	○
		中継槽A (冷却ジャケット)	○	×	○	×
		中継槽B	○	○	○	○
		中継槽B (冷却ジャケット)	○	×	○	×
		リサイクル槽A	○	○	○	○
		リサイクル槽A (冷却ジャケット)	○	×	○	×
		リサイクル槽B (冷却ジャケット)	○	×	○	×
	前処理建屋代替塔槽類廃ガス処理設備	配管・弁[流路]	×	×	×	○
		隔離弁	×	×	×	○
		廃ガス洗浄塔シール ポット	×	×	×	○
		塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニット	×	×	×	○
		塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニット (フィルタ)	×	×	×	○
		凝縮器	×	×	×	○
		予備凝縮器	×	×	×	○
		可搬型配管[流路]	×	×	×	○
		凝縮液回収系	×	×	×	○
		可搬型中型移送ポンプ	×	×	×	○
		可搬型建屋外ホース[流路]	×	×	×	○
		可搬型建屋内ホース[流路]	×	×	×	○
		可搬型排水受槽	×	×	×	○
		可搬型中型移送ポンプ運搬車	×	×	×	○
	ホース展張車	×	×	×	○	
	運搬車	×	×	×	○	
	前処理建屋代替換気設備	ダクト・ダンパ[流路]	×	×	×	○
		主排気筒へ排出するユニット	×	×	×	○
		可搬型フィルタ	×	×	×	○
		可搬型ダクト[流路]	×	×	×	○
	主排気筒	可搬型排風機	×	×	×	○
		主排気筒	×	×	×	○
	代替所内電源系統	可搬型発電機	×	×	×	○
重大事故対処用母線		×	×	×	○	
軽油貯蔵タンク		○	○	○	○	
	軽油用タンク ローリ	○	○	○	○	

(つづき)

機器グループ	設備		発生防止対策	拡大防止対策		
	設備名称	構成する機器		内部ループへの通水	機器への注水	冷却コイル等への通水
前処理 建屋蒸 発乾固 2	代替安全 冷却水系	内部ループ配管・弁[流路]	○	×	×	×
		冷却コイル配管・弁[流路]	○	×	○	×
		冷却ジャケット配管・弁[流路]	○	×	○	×
		機器注水配管・弁[流路]	×	○	×	×
		可搬型中型移送ポンプ	○	○	○	×
		可搬型建屋外ホース[流路]	○	○	○	×
		可搬型建屋内ホース[流路]	○	○	○	×
		可搬型排水受槽	○	×	○	×
		可搬型中型移送ポンプ運搬車	○	○	○	×
		ホース展張車	○	○	○	×
		運搬車	○	○	○	×
	清澄・計 量設備	計量前中間貯槽A	○	○	○	○
		計量前中間貯槽A (冷却コイル)	○	×	○	×
		計量前中間貯槽B	○	○	○	○
		計量前中間貯槽B (冷却コイル)	○	×	○	×
		計量後中間貯槽	○	○	○	○
		計量後中間貯槽 (冷却コイル)	○	×	○	×
		計量・調整槽	○	○	○	○
		計量・調整槽 (冷却コイル)	○	×	○	×
		計量補助槽	○	○	○	○
		計量補助槽 (冷却コイル)	○	×	○	×
	溶解設備	中間ポットA	○	○	○	○
		中間ポットA (冷却ジャケット)	○	×	○	×
		中間ポットB	○	○	○	○
		中間ポットB (冷却ジャケット)	○	×	○	×
	前処理建 屋 代替塔槽 類廃ガス 処理設備	配管・弁[流路]	×	×	×	○
		隔離弁	×	×	×	○
		廃ガス洗浄塔シール ポット	×	×	×	○
		塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニット	×	×	×	○
		塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニット (フィルタ)	×	×	×	○
		凝縮器	×	×	×	○
		予備凝縮器	×	×	×	○
		可搬型配管[流路]	×	×	×	○
		凝縮液回収系	×	×	×	○
		可搬型中型移送ポンプ	×	×	×	○
		可搬型建屋外ホース[流路]	×	×	×	○
		可搬型建屋内ホース[流路]	×	×	×	○
		可搬型排水受槽	×	×	×	○
		可搬型中型移送ポンプ運搬車	×	×	×	○
	ホース展張車	×	×	×	○	
	運搬車	×	×	×	○	
	前処理建 屋 代替換気 設備	ダクト・ダンパ[流路]	×	×	×	○
		主排気筒へ排出するユニット	×	×	×	○
可搬型フィルタ		×	×	×	○	
可搬型ダクト[流路]		×	×	×	○	
主排気筒	可搬型排風機	×	×	×	○	
	主排気筒	×	×	×	○	
代替所内 電源系統	可搬型発電機	×	×	×	○	
	重大事故対処用母線	×	×	×	○	
	軽油貯蔵タンク	○	○	○	○	
	軽油用タンク ローリ	○	○	○	○	

(つづき)

機器グループ	設備		発生防止対策	拡大防止対策		
	設備名称	構成する機器		内部ループへの通水	機器への注水	冷却コイル等への通水
分離建屋蒸発乾固1	代替安全冷却水系	内部ループ配管・弁[流路]	○	×	×	×
		冷却コイル配管・弁[流路]	○	×	○	×
		機器注水配管・弁[流路]	×	○	×	×
		可搬型中型移送ポンプ	○	○	○	×
		可搬型建屋外ホース[流路]	○	○	○	×
		可搬型建屋内ホース[流路]	○	○	○	×
		可搬型排水受槽	○	×	○	×
		可搬型中型移送ポンプ運搬車	○	○	○	×
		ホース展張車	○	○	○	×
		運搬車	○	○	○	×
	高レベル廃液濃縮系	高レベル廃液濃縮缶	○	○	○	○
		高レベル廃液濃縮缶(冷却コイル)	○	×	○	×
	分離建屋代替塔槽類廃ガス処理設備	配管・弁[流路]	×	×	×	○
		隔離弁	×	×	×	○
		廃ガス リリーフ ポット	×	×	×	○
		塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニット	×	×	×	○
		塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニット(フィルタ)	×	×	×	○
		高レベル廃液濃縮缶凝縮器	×	×	×	○
		第1エジェクタ凝縮器	×	×	×	○
		可搬型中型移送ポンプ	×	×	×	○
		可搬型建屋外ホース[流路]	×	×	×	○
		可搬型建屋内ホース[流路]	×	×	×	○
		可搬型排水受槽	×	×	×	○
		可搬型中型移送ポンプ運搬車	×	×	×	○
		ホース展張車	×	×	×	○
	運搬車	×	×	×	○	
	分離建屋代替換気設備	ダクト・ダンパ[流路]	×	×	×	○
		可搬型フィルタ	×	×	×	○
		可搬型ダクト[流路]	×	×	×	○
		可搬型排風機	×	×	×	○
	主排気筒	主排気筒	×	×	×	○
		可搬型発電機	×	×	×	○
		重大事故対処用母線	×	×	×	○
		軽油貯蔵タンク	○	○	○	○
	代替所内電源系統	軽油貯蔵タンク	○	○	○	○
		軽油用タンク ローリ	○	○	○	○

(つづき)

機器グループ	設備		発生防止対策	拡大防止対策		
	設備名称	構成する機器		内部ループへの通水	機器への注水	冷却コイル等への通水
代替安全冷却水系		内部ループ配管・弁[流路]	○	×	×	×
		冷却コイル配管・弁[流路]	○	×	○	×
		冷却ジャケット配管・弁[流路]	○	×	○	×
		機器注水配管・弁[流路]	×	○	×	×
		可搬型中型移送ポンプ	○	○	○	×
		可搬型建屋外ホース[流路]	○	○	○	×
		可搬型建屋内ホース[流路]	○	○	○	×
		可搬型排水受槽	○	×	○	×
		可搬型中型移送ポンプ運搬車	○	○	○	×
		ホース展張車	○	○	○	×
高レベル廃液濃縮系		高レベル廃液供給槽	○	○	○	○
		高レベル廃液供給槽(冷却コイル)	○	×	○	×
分離建屋一時貯留処理設備		第6一時貯留処理槽	○	○	○	○
		第6一時貯留処理槽(冷却ジャケット)	○	×	○	×
分離建屋蒸発乾固2	分離建屋代替塔槽類廃ガス処理設備	配管・弁[流路]	×	×	×	○
		隔離弁	×	×	×	○
		廃ガス リリーフ ポット	×	×	×	○
		塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニット	×	×	×	○
		塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニット(フィルタ)	×	×	×	○
		凝縮器	×	×	×	○
		可搬型配管[流路]	×	×	×	○
		凝縮液回収系	×	×	×	○
		可搬型中型移送ポンプ	×	×	×	○
		可搬型建屋外ホース[流路]	×	×	×	○
		可搬型建屋内ホース[流路]	×	×	×	○
		可搬型排水受槽	×	×	×	○
		可搬型中型移送ポンプ運搬車	×	×	×	○
		ホース展張車	×	×	×	○
	運搬車	×	×	×	○	
分離建屋代替換気設備		ダクト・ダンパ[流路]	×	×	×	○
		可搬型配管・弁[流路]	×	×	×	○
		可搬型フィルタ	×	×	×	○
		可搬型ダクト[流路]	×	×	×	○
	可搬型排風機	×	×	×	○	
主排気筒	主排気筒	×	×	×	○	
代替所内電源系統		可搬型発電機	×	×	×	○
		重大事故対処用母線	×	×	×	○
		軽油貯蔵タンク	○	○	○	○
	軽油用タンク ローリ	○	○	○	○	

(つづき)

機器グループ	設備		発生防止対策	拡大防止対策		
	設備名称	構成する機器		内部ループへの通水	機器への注水	冷却コイル等への通水
分離建屋蒸発乾固3	代替安全冷却水系	内部ループ配管・弁[流路]	○	×	×	×
		冷却コイル配管・弁[流路]	○	×	○	×
		機器注水配管・弁[流路]	×	○	×	×
		可搬型中型移送ポンプ	○	○	○	×
		可搬型建屋外ホース[流路]	○	○	○	×
		可搬型建屋内ホース[流路]	○	○	○	×
		可搬型排水受槽	○	×	○	×
		可搬型中型移送ポンプ運搬車	○	○	○	×
		ホース展張車	○	○	○	×
		運搬車	○	○	○	×
	分離建屋一時貯留処理設備	第1一時貯留処理槽	○	○	○	○
		第1一時貯留処理槽(冷却コイル)	○	×	○	×
		第3一時貯留処理槽	○	○	○	○
		第3一時貯留処理槽(冷却コイル)	○	×	○	×
		第4一時貯留処理槽	○	○	○	○
		第4一時貯留処理槽(冷却コイル)	○	×	○	×
		第7一時貯留処理槽	○	○	○	○
		第7一時貯留処理槽(冷却コイル)	○	×	○	×
	分離設備	溶解液中間貯槽	○	○	○	○
		溶解液中間貯槽(冷却コイル)	○	×	○	×
		溶解液供給槽	○	○	○	○
		溶解液供給槽(冷却コイル)	○	×	○	×
		抽出廃液受槽	○	○	○	○
		抽出廃液受槽(冷却コイル)	○	×	○	×
		抽出廃液中間貯槽	○	○	○	○
		抽出廃液中間貯槽(冷却コイル)	○	×	○	×
		抽出廃液供給槽A	○	○	○	○
		抽出廃液供給槽A(冷却コイル)	○	×	○	×
	分離建屋代替塔槽類廃ガス処理設備	配管・弁[流路]	×	×	×	○
		隔離弁	×	×	×	○
		廃ガス リリーフ ポット	×	×	×	○
		塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニット	×	×	×	○
		塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニット(フィルタ)	×	×	×	○
		凝縮器	×	×	×	○
		可搬型配管[流路]	×	×	×	○
		凝縮液回収系	×	×	×	○
		可搬型中型移送ポンプ	×	×	×	○
		可搬型建屋外ホース[流路]	×	×	×	○
		可搬型建屋内ホース[流路]	×	×	×	○
		可搬型排水受槽	×	×	×	○
		可搬型中型移送ポンプ運搬車	×	×	×	○
	分離建屋代替換気設備	ダクト・ダンパ[流路]	×	×	×	○
		可搬型フィルタ	×	×	×	○
可搬型ダクト[流路]		×	×	×	○	
可搬型排風機		×	×	×	○	
主排気筒	主排気筒	×	×	×	○	
	可搬型発電機	×	×	×	○	
代替所内電源系統	重大事故対処用母線	×	×	×	○	
	軽油貯蔵タンク	○	○	○	○	
	軽油用タンク ローリ	○	○	○	○	

(つづき)

機器グループ	設備		発生防止対策	拡大防止対策		
	設備名称	構成する機器		内部ループへの通水	機器への注水	冷却コイル等への通水
精製建屋蒸発乾固1	代替安全冷却水系	内部ループ配管・弁[流路]	○	×	×	×
		冷却コイル配管・弁[流路]	○	×	○	×
		機器注水配管・弁[流路]	×	○	×	×
		可搬型中型移送ポンプ	○	○	○	×
		可搬型建屋外ホース[流路]	○	○	○	×
		可搬型建屋内ホース[流路]	○	○	○	×
		可搬型排水受槽	○	×	○	×
		可搬型中型移送ポンプ運搬車	○	○	○	×
		ホース展張車	○	○	○	×
		運搬車	○	○	○	×
	ブルトニウム精製設備	ブルトニウム濃縮液受槽	○	○	○	○
		ブルトニウム濃縮液受槽(冷却コイル)	○	×	○	×
		リサイクル槽	○	○	○	○
		リサイクル槽(冷却コイル)	○	×	○	×
		希釈槽	○	○	○	○
		希釈槽(冷却コイル)	○	×	○	×
		ブルトニウム濃縮液一時貯槽	○	○	○	○
		ブルトニウム濃縮液一時貯槽(冷却コイル)	○	×	○	×
		ブルトニウム濃縮液計量槽	○	○	○	○
		ブルトニウム濃縮液計量槽(冷却コイル)	○	×	○	×
	ブルトニウム濃縮液中間貯槽	○	○	○	○	
	ブルトニウム濃縮液中間貯槽(冷却コイル)	○	×	○	×	
	精製建屋代替塔槽類廃ガス処理設備	配管・弁[流路]	×	×	×	○
		隔離弁	×	×	×	○
		廃ガスポット	×	×	×	○
		塔槽類廃ガス処理設備の塔槽類廃ガス処理系(ブルトニウム系)からセルに導出するユニット	×	×	×	○
		塔槽類廃ガス処理設備の塔槽類廃ガス処理系(ブルトニウム系)からセルに導出するユニット(フィルタ)	×	×	×	○
		凝縮器	×	×	×	○
		予備凝縮器	×	×	×	○
		可搬型配管[流路]	×	×	×	○
		凝縮液回収系	×	×	×	○
		可搬型中型移送ポンプ	×	×	×	○
		可搬型建屋外ホース[流路]	×	×	×	○
		可搬型建屋内ホース[流路]	×	×	×	○
		可搬型排水受槽	×	×	×	○
		可搬型中型移送ポンプ運搬車	×	×	×	○
		ホース展張車	×	×	×	○
	運搬車	×	×	×	○	
	精製建屋代替換気設備	ダクト・ダンパ[流路]	×	×	×	○
		可搬型フィルタ	×	×	×	○
		可搬型ダクト[流路]	×	×	×	○
	主排気筒	可搬型排風機	×	×	×	○
主排気筒		×	×	×	○	
代替所内電源系統	可搬型発電機	×	×	×	○	
	重大事故対処用母線	×	×	×	○	
	軽油貯蔵タンク	○	○	○	○	
	軽油用タンク ローリ	○	○	○	○	



(つづき)

機器グループ	設備		発生防止対策	拡大防止対策		
	設備名称	構成する機器		内部ループへの通水	機器への注水	冷却コイル等への通水
精製建屋蒸発乾固2	代替安全冷却水系	内部ループ配管・弁[流路]	○	×	×	×
		冷却コイル配管・弁[流路]	○	×	○	×
		機器注水配管・弁[流路]	×	○	×	×
		可搬型中型移送ポンプ	○	○	○	×
		可搬型建屋外ホース[流路]	○	○	○	×
		可搬型建屋内ホース[流路]	○	○	○	×
		可搬型排水受槽	○	×	○	×
		可搬型中型移送ポンプ運搬車	○	○	○	×
		ホース展張車	○	○	○	×
	運搬車	○	○	○	×	
	プルトニウム精製設備	プルトニウム溶液受槽	○	○	○	○
		プルトニウム溶液受槽 (冷却コイル)	○	×	○	×
		油水分離槽	○	○	○	○
		油水分離槽 (冷却コイル)	○	×	○	×
		プルトニウム濃縮缶供給槽	○	○	○	○
		プルトニウム濃縮缶供給槽 (冷却コイル)	○	×	○	×
		プルトニウム溶液一時貯槽	○	○	○	○
	プルトニウム溶液一時貯槽 (冷却コイル)	○	×	○	×	
	精製建屋一時貯留処理設備	第1一時貯留処理槽	○	○	○	○
		第1一時貯留処理槽 (冷却コイル)	○	×	○	×
		第2一時貯留処理槽	○	○	○	○
		第2一時貯留処理槽 (冷却コイル)	○	×	○	×
		第3一時貯留処理槽	○	○	○	○
	精製建屋代替塔槽類廃ガス処理設備	第3一時貯留処理槽 (冷却コイル)	○	×	○	×
		配管・弁[流路]	×	×	×	○
		隔離弁	×	×	×	○
		廃ガスポット	×	×	×	○
		塔槽類廃ガス処理設備の塔槽類廃ガス処理系 (プルトニウム系) からセルに導出するユニット	×	×	×	○
		塔槽類廃ガス処理設備の塔槽類廃ガス処理系 (プルトニウム系) からセルに導出するユニット (フィルタ)	×	×	×	○
		凝縮器	×	×	×	○
		予備凝縮器	×	×	×	○
		可搬型配管[流路]	×	×	×	○
		凝縮液回収系	×	×	×	○
		可搬型中型移送ポンプ	×	×	×	○
		可搬型建屋外ホース[流路]	×	×	×	○
		可搬型建屋内ホース[流路]	×	×	×	○
		可搬型排水受槽	×	×	×	○
	可搬型中型移送ポンプ運搬車	×	×	×	○	
	ホース展張車	×	×	×	○	
	運搬車	×	×	×	○	
精製建屋代替換気設備	ダクト・ダンパ[流路]	×	×	×	○	
	可搬型フィルタ	×	×	×	○	
	可搬型ダクト[流路]	×	×	×	○	
主排気筒	可搬型排風機	×	×	×	○	
	主排気筒	×	×	×	○	
代替所内電源系統	可搬型発電機	×	×	×	○	
	重大事故対処用母線	×	×	×	○	
	軽油貯蔵タンク	○	○	○	○	
	軽油用タンク ローリ	○	○	○	○	

(つづき)

機器グループ	設備		発生防止対策	拡大防止対策			
	設備名称	構成する機器		内部ループへの通水	機器への注水	冷却コイル等への通水	放出低減対策
ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋蒸気乾固	代替安全冷却水系	内部ループ配管・弁[流路]	○	×	×	×	
		冷却ジャケット配管・弁[流路]	○	×	○	×	
		機器注水配管・弁[流路]	×	○	×	×	
		可搬型中型移送ポンプ	○	○	○	×	
		可搬型建屋外ホース[流路]	○	○	○	×	
		可搬型建屋内ホース[流路]	○	○	○	×	
		可搬型排水受槽	○	×	○	×	
		可搬型中型移送ポンプ運搬車	○	○	○	×	
		ホース展張車	○	○	○	×	
	運搬車	○	○	○	×		
	ウラン・プルトニウム混合脱硝設備の溶液系	硝酸プルトニウム貯槽	○	○	○	○	
		硝酸プルトニウム貯槽(冷却ジャケット)	○	×	○	×	
		混合槽A	○	○	○	○	
		混合槽A(冷却ジャケット)	○	×	○	×	
		混合槽B	○	○	○	○	
		混合槽B(冷却ジャケット)	○	×	○	×	
		一時貯槽	○	○	○	○	
	一時貯槽(冷却ジャケット)	○	×	○	×		
	ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋蒸気乾固	ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋代替塔槽類廃ガス処理設備	配管・弁[流路]	×	×	×	○
			隔離弁	×	×	×	○
			塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニット	×	×	×	○
			塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニット(フィルタ)	×	×	×	○
			凝縮器	×	×	×	○
			予備凝縮器	×	×	×	○
			可搬型配管[流路]	×	×	×	○
			凝縮液回収系	×	×	×	○
			可搬型中型移送ポンプ	×	×	×	○
			可搬型建屋外ホース[流路]	×	×	×	○
			可搬型建屋内ホース[流路]	×	×	×	○
			可搬型排水受槽	×	×	×	○
			可搬型中型移送ポンプ運搬車	×	×	×	○
	ホース展張車	×	×	×	○		
	運搬車	×	×	×	○		
ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋代替換気設備	主排気筒	ダクト・ダンパ[流路]	×	×	×	○	
		可搬型フィルタ	×	×	×	○	
		可搬型ダクト[流路]	×	×	×	○	
		可搬型排風機	×	×	×	○	
代替所内電源系統	主排気筒	主排気筒	×	×	×	○	
		可搬型発電機	×	×	×	○	
		重大事故対処用母線	×	×	×	○	
		軽油貯蔵タンク	○	○	○	○	
		軽油用タンク ローリ	○	○	○	○	

(つづき)

機器グループ	設備		発生防止対策	拡大防止対策		
	設備名称	構成する機器		内部ループへの通水	機器への注水	冷却コイル等への通水
代替安全冷却水系		内部ループ配管・弁[流路]	○	×	×	×
		冷却コイル配管・弁[流路]	○	×	○	×
		機器注水配管・弁[流路]	×	○	×	×
		冷却水給排水系	○	×	○	×
		冷却水注水配管・弁[流路]	×	○	×	×
		可搬型中型移送ポンプ	○	○	○	×
		可搬型建屋外ホース[流路]	○	○	○	×
		可搬型建屋内ホース[流路]	○	○	○	×
		可搬型排水受槽	○	×	○	×
		可搬型中型移送ポンプ運搬車	○	○	○	×
	ホース展張車	○	○	○	×	
	運搬車	○	○	○	×	
高レベル廃液ガラス固化設備		高レベル廃液混合槽 A	○	○	○	○
		高レベル廃液混合槽 A (冷却コイル)	○	×	○	×
		高レベル廃液混合槽 B	○	○	○	○
		高レベル廃液混合槽 B (冷却コイル)	○	×	○	×
		供給液槽 A	○	○	○	○
		供給液槽 A (冷却コイル)	○	×	○	×
		供給液槽 B	○	○	○	○
		供給液槽 B (冷却コイル)	○	×	○	×
		供給槽 A	○	○	○	○
		供給槽 A (冷却コイル)	○	×	○	×
高レベル廃液ガラス固化建屋発乾 1		供給槽 B	○	○	○	○
		供給槽 B (冷却コイル)	○	×	○	×
		配管・弁[流路]	×	×	×	○
		隔離弁	×	×	×	○
		廃ガス シール ポット	×	×	×	○
		塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニット	×	×	×	○
		塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニット (フィルタ)	×	×	×	○
		凝縮器	×	×	×	○
		予備凝縮器	×	×	×	○
		可搬型配管[流路]	×	×	×	○
高レベル廃液ガラス固化建屋代替塔槽類廃ガス処理設備		凝縮液回収系	×	×	×	○
		凝縮器冷却水給排水系	×	×	×	○
		気液分離器	×	×	×	○
		可搬型中型移送ポンプ	×	×	×	○
		可搬型建屋外ホース[流路]	×	×	×	○
		可搬型建屋内ホース[流路]	×	×	×	○
		可搬型排水受槽	×	×	×	○
		可搬型中型移送ポンプ運搬車	×	×	×	○
		ホース展張車	×	×	×	○
		運搬車	×	×	×	○
高レベル廃液ガラス固化建屋代替換気設備		ダクト・ダンパ[流路]	×	×	×	○
		可搬型フィルタ	×	×	×	○
		可搬型デミスタ	×	×	×	○
		可搬型ダクト[流路]	×	×	×	○
		可搬型排風機	×	×	×	○
主排気筒		主排気筒	×	×	×	○
代替所内電源系統		可搬型発電機	×	×	×	○
		重大事故対処用母線	×	×	×	○
		軽油貯蔵タンク	○	○	○	○
	軽油用タンク ローリ	○	○	○	○	

(つづき)

機器グループ	設備		発生防止対策	拡大防止対策			
	設備名称	構成する機器		内部ループへの通水	機器への注水	冷却コイル等への通水	放出低減対策
高レベル廃液ガラス固化建屋蒸発乾固2	代替安全冷却水系	内部ループ配管・弁[流路]	○	×	×	×	
		冷却コイル配管・弁[流路]	○	×	○	×	
		機器注水配管・弁[流路]	×	○	×	×	
		冷却水給排水系	○	×	○	×	
		冷却水注水配管・弁[流路]	×	○	×	×	
		可搬型中型移送ポンプ	○	○	○	×	
		可搬型建屋外ホース[流路]	○	○	○	×	
		可搬型建屋内ホース[流路]	○	○	○	×	
		可搬型排水受槽	○	×	○	×	
		可搬型中型移送ポンプ運搬車	○	○	○	×	
		ホース展張車	○	○	○	×	
		運搬車	○	○	○	×	
		高レベル濃縮廃液貯蔵系	第1 高レベル濃縮廃液貯槽	○	○	○	○
	第1 高レベル濃縮廃液貯槽 (冷却コイル)		○	×	○	×	
	高レベル廃液ガラス固化建屋蒸発乾固2	高レベル廃液ガラス固化建屋代替塔槽類廃ガス処理設備	配管・弁[流路]	×	×	×	○
			隔離弁	×	×	×	○
			廃ガス シール ポット	×	×	×	○
			塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニット	×	×	×	○
			塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニット (フィルタ)	×	×	×	○
			凝縮器	×	×	×	○
			予備凝縮器	×	×	×	○
			可搬型配管[流路]	×	×	×	○
			凝縮液回収系	×	×	×	○
			凝縮器冷却水給排水系	×	×	×	○
			気液分離器	×	×	×	○
			可搬型中型移送ポンプ	×	×	×	○
			可搬型建屋外ホース[流路]	×	×	×	○
			可搬型建屋内ホース[流路]	×	×	×	○
			可搬型排水受槽	×	×	×	○
			可搬型中型移送ポンプ運搬車	×	×	×	○
			ホース展張車	×	×	×	○
	運搬車	×	×	×	○		
	高レベル廃液ガラス固化建屋代替換気設備	主排気筒	ダクト・ダンパ[流路]	×	×	×	○
			可搬型フィルタ	×	×	×	○
			可搬型デミスタ	×	×	×	○
			可搬型ダクト[流路]	×	×	×	○
	代替所内電源系統	主排気筒	可搬型排風機	×	×	×	○
			可搬型発電機	×	×	×	○
			重大事故対処用母線	×	×	×	○
			軽油貯蔵タンク	○	○	○	○
		軽油用タンク ローリ	○	○	○	○	

(つづき)

機器グループ	設備		発生防止対策	拡大防止対策			
	設備名称	構成する機器		内部ループへの通水	機器への注水	冷却コイル等への通水	放出低減対策
高レベル廃液ガラス固化建屋蒸発乾固3	代替安全冷却水系	内部ループ配管・弁[流路]	○	×	×	×	
		冷却コイル配管・弁[流路]	○	×	○	×	
		機器注水配管・弁[流路]	×	○	×	×	
		冷却水給排水系	○	×	○	×	
		冷却水注水配管・弁[流路]	×	○	×	×	
		可搬型中型移送ポンプ	○	○	○	×	
		可搬型建屋外ホース[流路]	○	○	○	×	
		可搬型建屋内ホース[流路]	○	○	○	×	
		可搬型排水受槽	○	×	○	×	
		可搬型中型移送ポンプ運搬車	○	○	○	×	
		ホース展張車	○	○	○	×	
		運搬車	○	○	○	×	
	高レベル濃縮廃液貯蔵系	第2高レベル濃縮廃液貯槽	○	○	○	○	
		第2高レベル濃縮廃液貯槽(冷却コイル)	○	×	○	×	
	高レベル廃液ガラス固化建屋蒸発乾固3	高レベル廃液ガラス固化建屋代替塔槽類廃ガス処理設備	配管・弁[流路]	×	×	×	○
			隔離弁	×	×	×	○
			廃ガス シール ポット	×	×	×	○
			塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニット	×	×	×	○
			塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニット(フィルタ)	×	×	×	○
			凝縮器	×	×	×	○
			予備凝縮器	×	×	×	○
			可搬型配管[流路]	×	×	×	○
			凝縮液回収系	×	×	×	○
			凝縮器冷却水給排水系	×	×	×	○
			気液分離器	×	×	×	○
			可搬型中型移送ポンプ	×	×	×	○
			可搬型建屋外ホース[流路]	×	×	×	○
			可搬型建屋内ホース[流路]	×	×	×	○
			可搬型排水受槽	×	×	×	○
			可搬型中型移送ポンプ運搬車	×	×	×	○
			ホース展張車	×	×	×	○
			運搬車	×	×	×	○
	高レベル廃液ガラス固化建屋代替換気設備	主排気筒	ダクト・ダンパ[流路]	×	×	×	○
			可搬型フィルタ	×	×	×	○
			可搬型デミスタ	×	×	×	○
			可搬型ダクト[流路]	×	×	×	○
	代替所内電源系統	主排気筒	可搬型排風機	×	×	×	○
			可搬型発電機	×	×	×	○
			重大事故対処用母線	×	×	×	○
			軽油貯蔵タンク	○	○	○	○
		軽油用タンク ローリ	○	○	○	○	

(つづき)

機器グループ	設備		発生防止対策	拡大防止対策		
	設備名称	構成する機器		内部ループへの通水	機器への注水	冷却コイル等への通水
代替安全冷却水系		内部ループ配管・弁[流路]	○	×	×	×
		冷却コイル配管・弁[流路]	○	×	○	×
		機器注水配管・弁[流路]	×	○	×	×
		冷却水給排水系	○	×	○	×
		冷却水注水配管・弁[流路]	×	○	×	×
		可搬型中型移送ポンプ	○	○	○	×
		可搬型建屋外ホース[流路]	○	○	○	×
		可搬型建屋内ホース[流路]	○	○	○	×
		可搬型排水受槽	○	×	○	×
		可搬型中型移送ポンプ運搬車	○	○	○	×
高レベル濃縮廃液貯蔵系		第1高レベル濃縮廃液一時貯槽	○	○	○	○
		第1高レベル濃縮廃液一時貯槽(冷却コイル)	○	×	○	×
		第2高レベル濃縮廃液一時貯槽	○	○	○	○
		第2高レベル濃縮廃液一時貯槽(冷却コイル)	○	×	○	×
高レベル廃液ガラス固化建屋蒸発乾固4		配管・弁[流路]	×	×	×	○
		隔離弁	×	×	×	○
		廃ガス シール ポット	×	×	×	○
		塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニット	×	×	×	○
		塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニット(フィルタ)	×	×	×	○
		凝縮器	×	×	×	○
		予備凝縮器	×	×	×	○
		可搬型配管[流路]	×	×	×	○
		凝縮液回収系	×	×	×	○
		凝縮器冷却水給排水系	×	×	×	○
		気液分離器	×	×	×	○
		可搬型中型移送ポンプ	×	×	×	○
		可搬型建屋外ホース[流路]	×	×	×	○
		可搬型建屋内ホース[流路]	×	×	×	○
		可搬型排水受槽	×	×	×	○
		可搬型中型移送ポンプ運搬車	×	×	×	○
		ホース展張車	×	×	×	○
		運搬車	×	×	×	○
高レベル廃液ガラス固化建屋代替換気設備		ダクト・ダンパ[流路]	×	×	×	○
		可搬型フィルタ	×	×	×	○
		可搬型デミスタ	×	×	×	○
		可搬型ダクト[流路]	×	×	×	○
主排気筒		可搬型排風機	×	×	×	○
		主排気筒	×	×	×	○
代替所内電源系統		可搬型発電機	×	×	×	○
		重大事故対処用母線	×	×	×	○
		軽油貯蔵タンク	○	○	○	○
	軽油用タンク ローリ	○	○	○	○	

(つづき)

機器グループ	設備		発生防止対策	拡大防止対策			
	設備名称	構成する機器		内部ループへの通水	機器への注水	冷却コイル等への通水	放出低減対策
高レベル廃液ガラス固化建屋蒸発乾固5	代替安全冷却水系	内部ループ配管・弁[流路]	○	×	×	×	
		冷却コイル配管・弁[流路]	○	×	○	×	
		機器注水配管・弁[流路]	×	○	×	×	
		冷却水給排水系	○	×	○	×	
		冷却水注水配管・弁[流路]	×	○	×	×	
		可搬型中型移送ポンプ	○	○	○	×	
		可搬型建屋外ホース[流路]	○	○	○	×	
		可搬型建屋内ホース[流路]	○	○	○	×	
		可搬型排水受槽	○	×	○	×	
		可搬型中型移送ポンプ運搬車	○	○	○	×	
		ホース展張車	○	○	○	×	
	運搬車	○	○	○	×		
	共用貯蔵系	高レベル廃液共用貯槽	○	○	○	○	
		高レベル廃液共用貯槽(冷却コイル)	○	×	○	×	
	高レベル廃液ガラス固化建屋蒸発乾固5	代替塔槽類廃ガス処理設備	配管・弁[流路]	×	×	×	○
			隔離弁	×	×	×	○
			廃ガス シール ポット	×	×	×	○
			塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニット	×	×	×	○
			塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニット(フィルタ)	×	×	×	○
			凝縮器	×	×	×	○
			予備凝縮器	×	×	×	○
			可搬型配管[流路]	×	×	×	○
			凝縮液回収系	×	×	×	○
			凝縮器冷却水給排水系	×	×	×	○
			気液分離器	×	×	×	○
			可搬型中型移送ポンプ	×	×	×	○
			可搬型建屋外ホース[流路]	×	×	×	○
			可搬型建屋内ホース[流路]	×	×	×	○
			可搬型排水受槽	×	×	×	○
	可搬型中型移送ポンプ運搬車	×	×	×	○		
	ホース展張車	×	×	×	○		
	運搬車	×	×	×	○		
	高レベル廃液ガラス固化建屋	代替換気設備	ダクト・ダンパ[流路]	×	×	×	○
			可搬型フィルタ	×	×	×	○
			可搬型デミスタ	×	×	×	○
			可搬型ダクト[流路]	×	×	×	○
	主排気筒	主排気筒	可搬型排風機	×	×	×	○
			可搬型排風機	×	×	×	○
	代替所内電源系統	代替所内電源系統	可搬型発電機	×	×	×	○
			重大事故対処用母線	×	×	×	○
			軽油貯蔵タンク	○	○	○	○
			軽油用タンク ローリ	○	○	○	○

第 7.1.2—7 表 前処理建屋における蒸発乾固への各対策に係る時間

機器 グループ	機器名	時間 余裕 ※ 1	発生防止対策 (内部ループ通水による冷却)			拡大防止対策 (貯水槽から機器への注水, 冷却コイル等通水による冷却及び放出低減対策)									
			内部ループ 通水準備 完了時間 ※ 2	内部ループ 通水開始 時間 ※ 2	内部ループ 通水開始から 沸騰に至るまでの 時間余裕	機器注水 準備完了 時間 ※ 2	機器注水 開始時間 ※ 3	冷却コイル等 通水準備 完了時間 ※ 2	冷却コイル等 通水開始時間 ※ 2	セル導出 準備完了 時間 ※ 2	可搬型排風機 起動準備完了 時間※ 2	可搬型排風機 起動開始時間 ※ 2	凝縮器への 通水準備 完了時間 ※ 2	凝縮器への 通水開始 時間 ※ 2	
			前処理建屋 蒸発乾固 1	中継槽 A	150	35 時間 10 分	35 時間 40 分	114 時間 20 分	39 時間	418 時間	45 時間 40 分	46 時間 15 分	2 時間 25 分	31 時間 45 分	33 時間 10 分
中継槽 B	150	114 時間 20 分		418 時間											
リサイクル槽 A	160	124 時間 20 分		441 時間											
リサイクル槽 B	160	124 時間 20 分		441 時間											
前処理建屋 蒸発乾固 2	計量前中間貯槽 A	140	104 時間 20 分	406 時間	44 時間 30 分			45 時間							
	計量前中間貯槽 B	140	104 時間 20 分	406 時間											
	計量後中間貯槽	190	154 時間 20 分	531 時間											
	計量・調整槽	180	144 時間 20 分	521 時間											
	計量補助槽	190	154 時間 20 分	529 時間											
	中間ポット A	160	124 時間 20 分	425 時間											
中間ポット B	160	124 時間 20 分	425 時間												

※ 1 冷却機能の喪失から溶液が沸騰に至るまでの時間

※ 2 冷却機能の喪失からの時間

※ 3 冷却機能の喪失から溶液が公称容量の 70%になるまでの時間



第 7.1.2—8 表 前処理建屋における蒸発乾固への各対策に係る要員

機器グループ	機器名	発生防止対策 (内部ループ通水による冷却)	拡大防止対策 (貯水槽から機器への注水, 冷却コイル等通水による冷却及び放出低減対策)		
		内部ループ通水に 必要な要員数 [人]	機器注水に 必要な要員数 [人]	冷却コイル等通水に 必要な要員数 [人]	放出低減対策に 必要な要員数 [人]
前処理建屋蒸発乾固 1	中継槽 A	53 (建屋内 14, 建屋外 20, 統括 19)	65 (建屋内 26, 建屋外 20, 統括 19)	67 (建屋内 28, 建屋外 20, 統括 19)	65 (建屋内 26, 建屋外 20, 統括 19)
	中継槽 B				
	リサイクル槽 A				
	リサイクル槽 B				
前処理建屋蒸発乾固 2	計量前中間貯槽 A				
	計量前中間貯槽 B				
	計量後中間貯槽				
	計量・調整槽				
	計量補助槽				
	中間ボット A				
中間ボット B					

第 7.1.2—9 表 前処理建屋における蒸発乾固への各対策に係る評価結果

機器 グループ	機器名	発生防止対策 (内部ループ通水による冷却)				
		必要流量 [m <sup>3</sup> /h]	内部ループ 通水開始時温度 [°C]	平衡温度 [°C]	沸点 [°C]	沸点と内部ループ 通水開始時温度 の温度差 [°C]
前処理建屋蒸 発乾固 1	中継槽 A	約 13	50	36	103	53
	中継槽 B		50	36	103	53
	リサイクル槽 A		49	35	103	54
	リサイクル槽 B		49	35	103	54
前処理建屋蒸 発乾固 2	計量前中間貯槽 A	約 16	49	33	103	54
	計量前中間貯槽 B		49	33	103	54
	計量後中間貯槽		45	34	103	58
	計量・調整槽		46	34	103	57
	計量補助槽		46	35	103	57
	中間ポット A		46	31	103	57
	中間ポット B		46	31	103	57

(つづき)

機器 グループ	機器名	拡大防止対策 (貯水槽から機器への注水)			拡大防止対策 (冷却コイル等通水による冷却)	
		蒸発速度 [m <sup>3</sup> /h]	供給流量 [m <sup>3</sup> /h] ※1	機器注水の実施	平衡温度 [°C]	必要流量 [m <sup>3</sup> /h]
前処理建屋蒸 発乾固 1	中継槽 A	6.8×10 <sup>-3</sup>	2.1×10 <sup>-2</sup>	※2	63	1.4×10 <sup>-1</sup>
	中継槽 B	6.8×10 <sup>-3</sup>	2.1×10 <sup>-2</sup>	※2	63	1.4×10 <sup>-1</sup>
	リサイクル槽 A	2.4×10 <sup>-2</sup>	5.8×10 <sup>-3</sup>	※2	58	4.1×10 <sup>-2</sup>
	リサイクル槽 B	2.4×10 <sup>-2</sup>	5.8×10 <sup>-3</sup>	※2	58	4.1×10 <sup>-2</sup>
前処理建屋蒸 発乾固 2	計量前中間貯槽 A	2.5×10 <sup>-3</sup>	7.3×10 <sup>-2</sup>	※2	55	2.6×10 <sup>-3</sup>
	計量前中間貯槽 B	2.5×10 <sup>-3</sup>	7.3×10 <sup>-2</sup>	※2	55	2.6×10 <sup>-3</sup>
	計量後中間貯槽	1.9×10 <sup>-2</sup>	5.6×10 <sup>-2</sup>	※2	56	5.1×10 <sup>-1</sup>
	計量・調整槽	1.9×10 <sup>-2</sup>	5.6×10 <sup>-2</sup>	※2	56	3.9×10 <sup>-1</sup>
	計量補助槽	5.3×10 <sup>-3</sup>	1.6×10 <sup>-2</sup>	※2	56	3.9×10 <sup>-1</sup>
	中間ポット A	1.3×10 <sup>-4</sup>	3.8×10 <sup>-4</sup>	※2	58	1.1×10 <sup>-1</sup>
	中間ポット B	1.3×10 <sup>-4</sup>	3.8×10 <sup>-4</sup>	※2	58	1.1×10 <sup>-1</sup>

※1 蒸発速度に対して3倍の流量で注水した場合

※2 沸騰開始前までに、冷却コイル等通水が完了する貯槽

(つづき)

機器 グループ	機器名	拡大防止対策 (放出低減対策)					
		凝縮水発生量 [m <sup>3</sup> ]	凝縮水回収 セル容量 [m <sup>3</sup> ]	必要流量 [m <sup>3</sup> /h]	放出量 (C s -137 換算) [T B q]	機器グループ毎の放出量 (C s -137 換算) [T B q]	建屋合計放出量 (C s -137 換算) [T B q]
前処理建屋蒸 発乾固 1	中継槽 A	-※ 3	■	約 10	-※ 4	-※ 4	-※ 4
	中継槽 B				-※ 4		
	リサイクル槽 A				-※ 4		
	リサイクル槽 B				-※ 4		
前処理建屋蒸 発乾固 2	計量前中間貯槽 A				-※ 4	-※ 4	
	計量前中間貯槽 B				-※ 4		
	計量後中間貯槽				-※ 4		
	計量・調整槽				-※ 4		
	計量補助槽				-※ 4		
	中間ポット A				-※ 4		
	中間ポット B	-※ 4					

※ 3 沸騰に至る前までに、冷却コイル等通水を実施して事態の収束を図るため、凝縮水は発生しない。

※ 4 沸騰に至る前までに、冷却コイル等通水を実施して事態の収束を図るため、放出無し。

■ については商業機密の観点から公開できません。

第 7.1.2—10 表 分離建屋における蒸発乾固への各対策に係る時間

	機器名	時間 余裕 ※ 1	発生防止対策 (内部ループ通水による冷却)			拡大防止対策 (貯水槽から機器への注水, 冷却コイル等通水による冷却及び放出低減対策)													
			内部ループ 通水準備 完了時間 ※ 2	内部ループ 通水開始 時間 ※ 2	内部ループ 通水開始から 沸騰に至るまで の時間余裕	機器注水 準備完了 時間※ 2	機器注水 開始時間 ※ 3	冷却コイル 等通水準備 完了時間 ※ 2	冷却コイル等 通水開始時間 ※ 2	セル導出 準備完了 時間 ※ 2	可搬型排風機 起動準備完了 時間※ 2	可搬型排風 機起動開始 時間※ 2	凝縮器への 通水準備 完了時間 ※ 2	凝縮器への 通水開始 時間 ※ 2					
分離建屋 蒸発乾固 1	高レベル廃液濃縮缶	15	12 時間 25 分	13 時間	2 時間	11 時間 15 分	63 時間	25 時間 25 分	25 時間 55 分				7 時間 10 分	10 時間					
分離建屋 蒸発乾固 2	高レベル廃液供給槽	720	39 時間 30 分	40 時間 5 分	679 時間 55 分		2152 時間	47 時間	47 時間 40 分				2 時間 30 分	5 時 10 間分	6 時間 10 分	49 時間 10 分	51 時間		
	第 6 一時貯留処理槽	330			289 時間 55 分		929 時間												
分離建屋 蒸発乾固 3	溶解液中間貯槽	180	45 時間 10 分	45 時間 45 分	134 時間 15 分	517 時間 55 分	524 時間	62 時間 5 分	65 時間 45 分										
	溶解液供給槽	180			134 時間 15 分		526 時間												
	抽出廃液受槽	250			204 時間 15 分		846 時間												
	抽出廃液中間貯槽	250			204 時間 15 分		844 時間												
	抽出廃液供給槽	250			204 時間 15 分		850 時間												
	第 1 一時貯留処理槽	310			264 時間 15 分		906 時間												
	第 8 一時貯留処理槽	310			264 時間 15 分		907 時間												
	第 7 一時貯留処理槽	310			264 時間 15 分		906 時間												
	第 3 一時貯留処理槽	250			204 時間 15 分		851 時間												
第 4 一時貯留処理槽	250	204 時間 15 分	851 時間																

※ 1 冷却機能の喪失から溶液が沸騰に至るまでの時間

※ 2 冷却機能の喪失からの時間

※ 3 冷却機能の喪失から溶液が公称容量の 70%になるまでの時間

第 7.1.2—11 表 分離建屋における蒸発乾固への各対策に係る要員

機器グループ	機器名	発生防止対策 (内部ループ通水による冷却)	拡大防止対策 (貯水槽から機器への注水, 冷却コイル等通水による冷却及び放出低減対策)		
		内部ループ通水に 必要な要員数 [人]	機器注水に 必要な要員数 [人]	冷却コイル等通水に 必要な要員数 [人]	放出低減対策に 必要な要員数 [人]
分離建屋 蒸発乾固 1	高レベル廃液濃縮缶	85 (建屋内 46, 建屋外 20, 統括 19)	53 (建屋内 14, 建屋 外 20, 統括 19)	75 (建屋内 36, 建屋外 20, 統括 19)	61 (建屋内 22, 建屋外 20, 統括 19)
分離建屋 蒸発乾固 2	高レベル廃液供給槽				
	第 6 一時貯留処理槽				
分離建屋 蒸発乾固 3	溶解液中間貯槽				
	溶解液供給槽				
	抽出廃液受槽				
	抽出廃液中間貯槽				
	抽出廃液供給槽				
	第 1 一時貯留処理槽				
	第 8 一時貯留処理槽				
	第 7 一時貯留処理槽				
	第 3 一時貯留処理槽				
	第 4 一時貯留処理槽				

第 7.1.2—12 表 分離建屋における蒸発乾固への各対策に係る評価結果

機器 グループ	機器名	発生防止対策 (内部ループ通水による冷却)				
		必要流量 [m <sup>3</sup> /h]	内部ループ 通水開始時温度 [°C]	平衡温度 [°C]	沸点 [°C]	沸点と内部ループ 通水開始時温度 の温度差 [°C]
分離建屋 蒸発乾固 1	高レベル廃液濃縮缶	約14	97	52	104	7
分離建屋 蒸発乾固 2	高レベル廃液供給槽	約8.8	32	31	103	71
	第6一時貯留処理槽		53	33	103	50
分離建屋 蒸発乾固 3	溶解液中間貯槽	約10	37	33	103	66
	溶解液供給槽		37	33	103	66
	抽出廃液受槽		39	42	103	64
	抽出廃液中間貯槽		39	42	103	64
	抽出廃液供給槽		39	42	103	64
	第1一時貯留処理槽		38	41	103	65
	第8一時貯留処理槽		38	40	103	65
	第7一時貯留処理槽		38	41	103	65
	第3一時貯留処理槽		39	42	103	64
	第4一時貯留処理槽		39	42	103	64

(つづき)

機器 グループ	機器名	拡大防止対策 (貯水槽から機器への注水)			拡大防止対策 (冷却コイル等通水による冷却)	
		蒸発速度 [m <sup>3</sup> /h]	供給流量 [m <sup>3</sup> /h] ※1	機器注水の実施	平衡温度 [°C]	必要流量 [m <sup>3</sup> /h]
分離建屋 蒸発乾固 1	高レベル廃液濃縮缶	1.3×10 <sup>-1</sup>	2.4×10 <sup>-1</sup>	※2	83	2.7
分離建屋 蒸発乾固 2	高レベル廃液供給槽	3.9×10 <sup>-3</sup>	1.2×10 <sup>-2</sup>	※3	57	8.1×10 <sup>-2</sup>
	第6一時貯留処理槽	5.7×10 <sup>-3</sup>	1.7×10 <sup>-3</sup>	※3	66	1.2×10 <sup>-2</sup>
分離建屋 蒸発乾固 3	溶解液中間貯槽	1.9×10 <sup>-2</sup>	5.6×10 <sup>-2</sup>	※3	56	3.9×10 <sup>-1</sup>
	溶解液供給槽	4.5×10 <sup>-3</sup>	1.4×10 <sup>-2</sup>	※3	65	9.3×10 <sup>-2</sup>
	抽出廃液受槽	7.1×10 <sup>-3</sup>	2.1×10 <sup>-2</sup>	※3	57	1.5×10 <sup>-1</sup>
	抽出廃液中間貯槽	9.4×10 <sup>-3</sup>	2.8×10 <sup>-2</sup>	※3	57	2.0×10 <sup>-1</sup>
	抽出廃液供給槽	2.9×10 <sup>-2</sup>	8.4×10 <sup>-2</sup>	※3	57	5.9×10 <sup>-1</sup>
	第1一時貯留処理槽	1.4×10 <sup>-3</sup>	4.2×10 <sup>-3</sup>	※3	69	2.9×10 <sup>-2</sup>
	第8一時貯留処理槽	1.7×10 <sup>-3</sup>	5.1×10 <sup>-3</sup>	※3	77	3.5×10 <sup>-2</sup>
	第7一時貯留処理槽	1.4×10 <sup>-3</sup>	3.9×10 <sup>-3</sup>	※3	71	2.8×10 <sup>-2</sup>
	第3一時貯留処理槽	9.4×10 <sup>-3</sup>	2.8×10 <sup>-3</sup>	※3	57	2.0×10 <sup>-1</sup>
	第4一時貯留処理槽	9.4×10 <sup>-3</sup>	2.8×10 <sup>-3</sup>	※3	57	2.0×10 <sup>-1</sup>

※1 蒸発速度に対して3倍の流量で注水した場合

※2 溶液が沸騰するものの機器注水開始前までに、冷却コイル等通水が完了する貯槽

※3 沸騰開始前までに、冷却コイル等通水が完了する貯槽



(つづき)

機器 グループ	機器名	拡大防止対策 (放出低減対策)					
		凝縮水発生量 [m <sup>3</sup> ]	凝縮水回収 セル容量 [m <sup>3</sup> ]	必要流量 [m <sup>3</sup> /h]	放出量 (Cs-137換算) [TBq]	機器グループ毎の放出量 (Cs-137換算) [TBq]	建屋合計放出量 (Cs-137換算) [TBq]
分離建屋 蒸発乾固1	高レベル廃液濃縮缶	2	■	約30	5×10 <sup>-7</sup>	5×10 <sup>-7</sup>	5×10 <sup>-7</sup>
分離建屋 蒸発乾固2	高レベル廃液供給槽	-※5	■	約30※6	-※4	-※4	
	第6一時貯留処理槽				-※4		
分離建屋 蒸発乾固3	溶解液中間貯槽				-※4	-※4	
	溶解液供給槽				-※4		
	抽出廃液受槽				-※4		
	抽出廃液中間貯槽				-※4		
	抽出廃液供給槽				-※4		
	第1一時貯留処理槽				-※4		
	第8一時貯留処理槽				-※4		
	第7一時貯留処理槽				-※4		
	第3一時貯留処理槽	-※4					
	第4一時貯留処理槽	-※4					

- ※4 沸騰に至る前までに、冷却コイル等通水を実施して事態の収束を図るため、放出無し。
- ※5 沸騰に至る前までに、冷却コイル等通水を実施して事態の収束を図るため、凝縮水は発生しない。
- ※6 沸騰に至る前までに、冷却コイル等通水を実施して事態の収束を図るため、凝縮器が稼働することはない。

■については商業機密の観点から公開できません。

第 7.1.2—13 表 精製建屋における蒸発乾固への各対策に係る時間

機器 グループ	機器名	時間 余裕 ※ 1	発生防止対策 (内部ループ通水による冷却)			拡大防止対策 (貯水槽から機器への注水、冷却コイル等通水による冷却及び放出低減対策)									
			内部ループ 通水準備 完了時間 ※ 2	内部ループ 通水開始 時間 ※ 2	内部ループ 通水開始から 沸騰に至るまで の時間余裕	機器注水 準備完了 時間※ 2	機器注水 開始時間 ※ 3	冷却コイル 等通水準備 完了時間 ※ 2	冷却コイル 等通水開始 時間※ 2	セル導出 準備完了 時間※ 2	可搬型排風機 起動準備完了 時間※ 2	可搬型排風機 起動開始時間 ※ 2	凝縮器への 通水準備 完了時間 ※ 2	凝縮器への 通水開始 時間 ※ 2	
															30 時間 20 分
精製建屋 蒸発乾固 1	ブルトニウム濃縮液受槽	12	8 時間 10 分	8 時間 50 分	3 時間 10 分	9 時間	26 時間	30 時間 20 分	30 時間 40 分	2 時間 25 分	5 時間 40 分	6 時間 40 分	8 時間	8 時間 30 分	
	リサイクル槽	12			3 時間 10 分		26 時間								
	希釈槽	11			2 時間 10 分		26 時間								
	ブルトニウム濃縮液一時貯槽	11			2 時間 10 分		26 時間								
	ブルトニウム濃縮液計量槽	12			3 時間 10 分		26 時間								
	ブルトニウム濃縮液中間貯槽	12			3 時間 10 分		26 時間								
精製建屋 蒸発乾固 2	ブルトニウム溶液受槽	110	8 時間 10 分	8 時間 50 分	101 時間 10 分	9 時間	300 時間	37 時間 30 分	37 時間 30 分	2 時間 25 分	5 時間 40 分	6 時間 40 分	8 時間	8 時間 30 分	
	油水分離槽	110			101 時間 10 分		300 時間								
	ブルトニウム濃縮缶供給槽	96			87 時間 10 分		280 時間								
	ブルトニウム溶液一時貯槽	98			89 時間 10 分		280 時間								
	第 2 一時貯留処理槽	100			91 時間 10 分		290 時間								
	第 3 一時貯留処理槽	96			87 時間 10 分		280 時間								
	第 1 一時貯留処理槽	100			91 時間 10 分		290 時間								

※ 1 冷却機能の喪失から溶液が沸騰に至るまでの時間

※ 2 冷却機能の喪失からの時間

※ 3 冷却機能の喪失から溶液が公称容量の 70%になるまでの時間

第 7.1.2—14 表 精製建屋における蒸発乾固への各対策に係る要員

機器グループ	機器名	発生防止対策 (内部ループ通水による冷却)	拡大防止対策 (貯水槽から機器への注水, 冷却コイル等通水による冷却及び放出低減対策)		
		内部ループ通水に 必要な要員数 [人]	機器注水に 必要な要員数 [人]	冷却コイル等通水に 必要な要員数 [人]	放出低減対策に 必要な要員数 [人]
精製建屋蒸発乾固 1	プルトニウム濃縮液受槽	55 (建屋内 16, 建屋外 20, 統括 19)	57 (建屋内 18, 建屋外 20, 統括 19)	55 (建屋内 26, 建屋外 20, 統括 19)	63 (建屋内 24, 建屋外 20, 統括 19)
	リサイクル槽				
	希釈槽				
	プルトニウム濃縮液一時貯槽				
	プルトニウム濃縮液計量槽				
	プルトニウム濃縮液中間貯槽				
精製建屋蒸発乾固 2	プルトニウム溶液受槽				
	油水分離槽				
	プルトニウム濃縮缶供給槽				
	プルトニウム溶液一時貯槽				
	第 2 一時貯留処理槽				
	第 3 一時貯留処理槽				
	第 1 一時貯留処理槽				

第 7.1.2—15 表 精製建屋における蒸発乾固への各対策に係る評価結果

機器 グループ	機器名	発生防止対策 (内部ループ通水による冷却)				
		必要流量 [m <sup>3</sup> /h]	内部ループ 通水開始時温度 [°C]	平衡温度 [°C]	沸点 [°C]	沸点と内部ループ 通水開始時温度 の温度差 [°C]
精製建屋 蒸発乾固 1	プルトニウム濃縮液受槽	約 2.9	93	60	109	16
	リサイクル槽		93	60	109	16
	希釈槽		94	54	109	15
	プルトニウム濃縮液一時貯槽		96	59	109	13
	プルトニウム濃縮液計量槽		93	60	109	16
	プルトニウム濃縮液中間貯槽		93	60	109	16
精製建屋 蒸発乾固 2	プルトニウム溶液受槽	約 1.2	41	39	101	60
	油水分離槽		41	39	101	60
	プルトニウム濃縮缶供給槽		48	50	101	53
	プルトニウム溶液一時貯槽		47	49	101	54
	第 2 一時貯留処理槽		44	42	101	57
	第 3 一時貯留処理槽		48	50	101	53
	第 1 一時貯留処理槽		44	42	101	57

(つづき)

機器 グループ	機器名	拡大防止対策 (貯水槽から機器への注水)			拡大防止対策 (冷却コイル通水等による冷却)	
		蒸発速度 [m <sup>3</sup> /h]	供給流量 [m <sup>3</sup> /h] ※1	機器注水の実施	平衡温度 [°C]	必要流量 [m <sup>3</sup> /h]
精製建屋 蒸発乾固 1	プラトニウム濃縮液受槽	1.4×10 <sup>-2</sup>	4.2×10 <sup>-2</sup>	※2	75	2.9×10 <sup>-1</sup>
	リサイクル槽	1.4×10 <sup>-2</sup>	4.2×10 <sup>-2</sup>	※2	73	2.9×10 <sup>-1</sup>
	希釈槽	3.5×10 <sup>-2</sup>	1.1×10 <sup>-1</sup>	※2	67	7.2×10 <sup>-1</sup>
	プラトニウム濃縮液一時貯槽	2.1×10 <sup>-2</sup>	6.2×10 <sup>-2</sup>	※2	73	4.4×10 <sup>-1</sup>
	プラトニウム濃縮液計量槽	1.4×10 <sup>-2</sup>	4.2×10 <sup>-2</sup>	※2	74	2.9×10 <sup>-1</sup>
	プラトニウム濃縮液中間貯槽	1.4×10 <sup>-2</sup>	4.2×10 <sup>-2</sup>	※2	74	2.9×10 <sup>-1</sup>
精製建屋 蒸発乾固 2	プラトニウム溶液受槽	1.4×10 <sup>-3</sup>	4.1×10 <sup>-3</sup>	※3	70	2.8×10 <sup>-2</sup>
	油水分離槽	1.4×10 <sup>-3</sup>	4.1×10 <sup>-3</sup>	※3	70	2.8×10 <sup>-2</sup>
	プラトニウム濃縮缶供給槽	4.6×10 <sup>-3</sup>	1.4×10 <sup>-2</sup>	※3	64	9.4×10 <sup>-2</sup>
	プラトニウム溶液一時貯槽	4.6×10 <sup>-3</sup>	1.4×10 <sup>-2</sup>	※3	62	9.4×10 <sup>-2</sup>
	第2一時貯留処理槽	2.3×10 <sup>-3</sup>	6.7×10 <sup>-3</sup>	※3	63	4.7×10 <sup>-2</sup>
	第3一時貯留処理槽	4.6×10 <sup>-3</sup>	1.4×10 <sup>-2</sup>	※3	63	4.7×10 <sup>-2</sup>
	第1一時貯留処理槽	2.3×10 <sup>-3</sup>	6.7×10 <sup>-3</sup>	※3	64	9.4×10 <sup>-2</sup>

※1 蒸発速度に対して3倍の流量で注水した場合

※2 機器注水が必要な貯槽

※3 沸騰開始前までに、冷却コイル通水が完了する貯槽

(つづき)

機器 グループ	機器名	拡大防止対策 (放出低減対策)					
		凝縮水発生量 [m <sup>3</sup> ]	凝縮水回収セル容量 [m <sup>3</sup> ]	必要流量 [m <sup>3</sup> /h]	放出量 (C s -137 換算) [T B q]	機器グループ毎の放出量 (C s -137 換算) [T B q]	建屋合計放出量 (C s -137 換算) [T B q]
精製建屋 蒸発乾固 1	プルトニウム濃縮液受槽	3	■	約6	6 × 10 <sup>-7</sup>	5 × 10 <sup>-6</sup>	5 × 10 <sup>-6</sup>
	リサイクル槽				6 × 10 <sup>-7</sup>		
	希釈槽				2 × 10 <sup>-6</sup>		
	プルトニウム濃縮液一時貯槽				9 × 10 <sup>-7</sup>		
	プルトニウム濃縮液計量槽				6 × 10 <sup>-7</sup>		
	プルトニウム濃縮液中間貯槽				6 × 10 <sup>-7</sup>		
精製建屋 蒸発乾固 2	プルトニウム溶液受槽	3	■	約6	-※4	-※4	5 × 10 <sup>-6</sup>
	油水分離槽				-※4		
	プルトニウム濃縮液供給槽				-※4		
	プルトニウム溶液一時貯槽				-※4		
	第2一時貯留処理槽				-※4		
	第3一時貯留処理槽				-※4		
	第1一時貯留処理槽				-※4		

※4 沸騰に至る前までに、冷却コイル通水を実施して事態の収束を図るため、放出無し。

■ については商業機密の観点から公開できません。

第 7.1.2—16 表 ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋における蒸発乾固への各対策に係る時間

機器 グループ	機器名	時間 余裕 ※ 1	発生防止対策 (内部ループ通水による冷却)			拡大防止対策 (貯水槽から機器への注水、冷却コイル等通水による冷却及び放出低減対策)								
			内部ループ 通水準備 完了時間 ※ 2	内部ループ 通水開始 時間 ※ 2	内部ループ 通水開始から 沸騰に至るまでの 時間余裕	機器注水 準備完了 時間※ 2	機器注水 開始時間 ※ 3	冷却コイル等 通水準備完了 時間 ※ 2	冷却コイル等 通水開始時間 ※ 2	セル導出 準備完了 時間※ 2	可搬型排風機 起動準備完了 時間※ 2	可搬型排風機 起動開始時間 ※ 2	凝縮器への 通水準備 完了時間 ※ 2	凝縮器への 通水開始 時間 ※ 2
			ウラン・ プルトニウム 混合脱硝建屋 蒸発乾固	硝酸プルトニウム 貯槽	19	16 時間 50 分	17 時間	2 時間	16 時間	33 時間	25 時間 30 分	26 時間 20 分	3 時間 10 分	14 時間
混合槽	30	13 時間	57 時間											
一時貯槽	19	2 時間	33 時間											

※ 1 冷却機能の喪失から溶液が沸騰に至るまでの時間

※ 2 冷却機能の喪失からの時間

※ 3 冷却機能の喪失から溶液が公称容量の 70%になるまでの時間

第7.1.2—17表 ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋における蒸発乾固への各対策に係る要員

機器グループ	機器名	発生防止対策 (内部ループ通水による冷却)	拡大防止対策 (貯水槽から機器への注水, 冷却コイル等通水による冷却及び放出低減対策)		
		内部ループ通水に 必要な要員数 [人]	機器注水に 必要な要員数 [人]	冷却コイル等通水に 必要な要員数 [人]	放出低減対策に 必要な要員数 [人]
ウラン・プルトニウム 混合脱硝建屋 蒸発乾固	硝酸プルトニウム貯槽	59 (建屋内 20, 建屋外 20, 統括 19)	53 (建屋内 14, 建屋 外 20, 統括 19)	57 (建屋内 18, 建屋外 20, 統括 19)	65 (建屋内 26, 建屋外 20, 統括 19)
	混合槽				
	一時貯槽				



第 7.1.2—18 表 ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋における蒸発乾固への各対策に係る評価結果

機器 グループ	機器名	発生防止対策 (内部ループ通水による冷却)				
		必要流量 [m <sup>3</sup> /h]	内部ループ 通水開始時温度 [°C]	通水実施時 平衡温度 [°C]	沸点 [°C]	沸点と内部ループ 通水開始時温度 の温度差 [°C]
ウラン・プルトニウム 混合脱硝建屋 蒸発乾固	硝酸プルトニウム貯槽	約1.3	102	56	109	7
	混合槽		75	47	105	30
	一時貯槽		102	56	109	7

(つづき)

機器 グループ	機器名	拡大防止対策 (貯水槽から機器への注水)			拡大防止対策 (冷却コイル等通水による冷却)	
		蒸発速度 [m <sup>3</sup> /h]	供給流量 [m <sup>3</sup> /h] ※1	機器注水の実施	平衡温度 [°C]	必要流量 [m <sup>3</sup> /h]
ウラン・ プルトニウム 混合脱硝建屋 蒸発乾固	硝酸プルトニウム貯槽	1.4×10 <sup>-2</sup>	4.2×10 <sup>-2</sup>	※2	64	2.9×10 <sup>-1</sup>
	混合槽	8.6×10 <sup>-3</sup>	2.6×10 <sup>-2</sup>	※3	61	1.8×10 <sup>-1</sup>
	一時貯槽	1.4×10 <sup>-2</sup>	4.2×10 <sup>-2</sup>	※2	64	2.9×10 <sup>-1</sup>

※1 蒸発速度に対して3倍の流量で注水した場合

※2 溶液が沸騰するものの機器注水開始前までに、冷却コイル等通水が完了する貯槽

※3 沸騰開始前までに、冷却コイル等通水が完了する貯槽

(つづき)

機器 グループ	機器名	拡大防止対策 (放出低減対策)					
		凝縮水発生量 [m <sup>3</sup> ]	凝縮水回収 セル容量 [m <sup>3</sup> ]	必要流量 [m <sup>3</sup> /h]	放出量 (C s -137 換算) [T B q]	機器グループ毎の放出量 (C s -137 換算) [T B q]	建屋合計放出量 (C s -137 換算) [T B q]
ウラン・ プルトニウム 混合脱硝建屋 蒸発乾固	硝酸プルトニウム貯槽	2 × 10 <sup>-1</sup>	■	約 6	3 × 10 <sup>-7</sup>	3 × 10 <sup>-7</sup>	3 × 10 <sup>-7</sup>
	混合槽				-※ 4		
	一時貯槽				-※ 5		

※ 4 沸騰に至る前までに、冷却コイル等通水を実施して事態の収束を図るため、放出無し。

※ 5 平常運転時は空運用のため放出無し

■ については商業機密の観点から公開できません。

第 7.1.2—19 表 高レベル廃液ガラス固化建屋における蒸発乾固への各対策に係る時間

機器 グループ	機器名	時間 余裕 ※ 1	発生防止対策 (内部ループ通水による冷却)			拡大防止対策 (貯水槽から機器への注水, 冷却コイル等通水による冷却及び放出低減対策)								
			内部ループ 通水準備 完了時間 ※ 2	内部ループ 通水開始 時間 ※ 2	内部ループ 通水開始から 沸騰に至るまでの 時間余裕	機器注水 準備完了 時間 ※ 2	機器注水 開始時間 ※ 3	冷却コイル等 通水準備完了 時間 ※ 2	冷却コイル等 通水開始時間 ※ 2	セル導出 準備完了 時間 ※ 2	可搬型排風機 起動準備完了 時間※ 2	可搬型排風機 起動開始時間 ※ 2	凝縮器への 通水準備 完了時間 ※ 2	凝縮器への 通水開始 時間 ※ 2
高レベル廃液 ガラス固化建 屋 蒸発乾固 1	高レベル廃液混 合槽	23	18 時間	20 時間	3 時間	20 時間 20 分	72 時間	37 時間 45 分	37 時間 55 分	3 時間 20 分	11 時間 45 分	13 時間	17 時間 10 分	19 時間 55 分
	供給液槽	24			4 時間		74 時間							
	供給槽	24			4 時間		74 時間							
高レベル廃液 ガラス固化建 屋 蒸発乾固 2	高レベル濃縮廃 液貯槽	24			4 時間		80 時間	34 時間 25 分	34 時間 35 分					
高レベル廃液 ガラス固化建 屋 蒸発乾固 3	高レベル濃縮廃 液貯槽	24			4 時間		80 時間	35 時間 55 分	36 時間 5 分					
高レベル廃液 ガラス固化建 屋 蒸発乾固 4	高レベル濃縮廃 液一時貯槽	23			3 時間		72 時間	37 時間 25 分	37 時間 35 分					
高レベル廃液 ガラス固化建 屋 蒸発乾固 5	高レベル廃液共 用貯槽	24	4 時間	80 時間	35 時間 55 分	36 時間 5 分								

※ 1 冷却機能の喪失から溶液が沸騰に至るまでの時間

※ 2 冷却機能の喪失からの時間

※ 3 冷却機能の喪失から溶液が公称容量の 70%になるまでの時間

第 7.1.2—20 表 高レベル廃液ガラス固化建屋における蒸発乾固への各対策に係る要員

機器グループ	機器名	発生防止対策 (内部ループ通水による冷却)	拡大防止対策 (貯水槽から機器への注水, 冷却コイル等通水による冷却及び放出低減対策)		
		内部ループ通水に 必要な要員数 [人]	機器注水に 必要な要員数 [人]	冷却コイル等通水に 必要な要員数 [人]	放出低減対策に 必要な要員数 [人]
高レベル廃液 ガラス固化建屋 蒸発乾固 1	高レベル廃液混合槽 供給液槽 供給槽	59 (建屋内 20, 建屋外 20, 統括 19)	61 (建屋内 22, 建屋外 20, 統括 19)	67 (建屋内 28, 建屋外 20, 統括 19)	67 (建屋内 28, 建屋外 20, 統括 19)
高レベル廃液 ガラス固化建屋 蒸発乾固 2	高レベル濃縮廃液貯槽				
高レベル廃液 ガラス固化建屋 蒸発乾固 3	高レベル濃縮廃液貯槽				
高レベル廃液 ガラス固化建屋 蒸発乾固 4	高レベル濃縮廃液一時貯槽				
高レベル廃液 ガラス固化建屋 蒸発乾固 5	高レベル廃液共用貯槽				

第 7.1.2—21 表 高レベル廃液ガラス固化建屋における蒸発乾固への各対策に係る評価結果

機器 グループ	機器名	発生防止対策 (内部ループ通水による冷却)				
		必要流量 [m <sup>3</sup> /h]	内部ループ 通水開始時温度 [°C]	平衡温度 [°C]	沸点 [°C]	沸点と内部ループ 通水開始時 温度の温度差 [°C]
高レベル廃液 ガラス固化建屋 蒸発乾固 1	高レベル廃液混合槽	約17m <sup>3</sup>	94	60	102	8
	供給液槽		91	60	102	11
	供給槽		91	59	102	11
高レベル廃液 ガラス固化建屋 蒸発乾固 2	高レベル濃縮廃液貯槽	約14m <sup>3</sup>	91	60	102	11
高レベル廃液 ガラス固化建屋 蒸発乾固 3	高レベル濃縮廃液貯槽	約13m <sup>3</sup>	91	60	102	11
高レベル廃液 ガラス固化建屋 蒸発乾固 4	高レベル濃縮廃液一時貯槽	約13m <sup>3</sup>	94	58	102	8
高レベル廃液 ガラス固化建屋 蒸発乾固 5	高レベル廃液共用貯槽	約 13m <sup>3</sup>	91	60	102	11

(つづき)

機器 グループ	機器名	拡大防止対策 (貯水槽から機器への注水)			拡大防止対策 (冷却コイル等通水による冷却)	
		蒸発速度 [m <sup>3</sup> /h]	供給流量 [m <sup>3</sup> /h] ※1	機器注水の実施	平衡温度 [°C]	必要流量 [m <sup>3</sup> /h]
高レベル廃液	高レベル廃液混合槽	1.2×10 <sup>-1</sup>	3.5×10 <sup>-1</sup>	※2	60	2.4
ガラス固化建屋	供給液槽	3.0×10 <sup>-2</sup>	8.7×10 <sup>-2</sup>	※2	60	6.1×10 <sup>-1</sup>
蒸発乾固1	供給槽	1.2×10 <sup>-2</sup>	3.5×10 <sup>-2</sup>	※2	60	2.4×10 <sup>-1</sup>
高レベル廃液 ガラス固化建屋 蒸発乾固2	高レベル濃縮廃液貯槽	6.3×10 <sup>-1</sup>	1.9	※2	82	13
高レベル廃液 ガラス固化建屋 蒸発乾固3	高レベル濃縮廃液貯槽	6.3×10 <sup>-1</sup>	1.9	※2	82	13
高レベル廃液 ガラス固化建屋 蒸発乾固4	高レベル濃縮廃液一時貯槽	1.5×10 <sup>-1</sup>	4.4×10 <sup>-1</sup>	※2	62	3.0
高レベル廃液 ガラス固化建屋 蒸発乾固5	高レベル廃液共用貯槽	6.3×10 <sup>-1</sup>	1.9	※2	82	13

※1 蒸発速度に対して3倍の流量で注水した場合

※2 溶液が沸騰するものの機器注水開始前までに、冷却コイル等通水が完了する貯槽

(つづき)

機器 グループ	機器名	拡大防止対策 (放出低減対策)					
		凝縮水発生量 [m <sup>3</sup> ]	凝縮水回収 セル容量 [m <sup>3</sup> ]	必要流量 [m <sup>3</sup> /h]	放出量 (C s -137 換算) [T B q]	機器グループ毎の放出量 (C s -137 換算) [T B q]	建屋合計放出量 (C s -137 換算) [T B q]
高レベル廃液 ガラス固化建屋 蒸発乾固 1	高レベル廃液混合槽	30	■	約 45	7 × 10 <sup>-7</sup>	9 × 10 <sup>-7</sup>	4 × 10 <sup>-6</sup>
	供給液槽				2 × 10 <sup>-7</sup>		
	供給槽				6 × 10 <sup>-8</sup>		
高レベル廃液 ガラス固化建屋 蒸発乾固 2	高レベル濃縮廃液貯槽				2 × 10 <sup>-6</sup>	2 × 10 <sup>-6</sup>	
高レベル廃液 ガラス固化建屋 蒸発乾固 3	高レベル濃縮廃液貯槽				2 × 10 <sup>-6</sup>	2 × 10 <sup>-6</sup>	
高レベル廃液 ガラス固化建屋 蒸発乾固 4	高レベル濃縮廃液一時貯槽				8 × 10 <sup>-7</sup>	8 × 10 <sup>-7</sup>	
高レベル廃液 ガラス固化建屋 蒸発乾固 5	高レベル廃液共用貯槽				—※ 3	—※ 3	

※ 3 平常運転時は空運用のため放出無し

■ については商業機密の観点から公開できません。



第7.2.1—1表 機器への注水及び冷却コイル等への通水の手順及び設備の関係

	判断及び操作	手順	重大事故等対処施設		
			常設重大事故等対処設備※	可搬型重大事故等対処設備	計装設備
a.	・機器への注水の準備判断	・安全冷却水系の冷却塔，外部ループの冷却水循環ポンプ若しくは内部ループの冷却水を循環するためのポンプが多重故障し，安全冷却水系の冷却機能が喪失した場合，又は，外部電源が喪失し，第2非常用ディーゼル発電機を運転できない場合は，内部ループへの通水の実施を判断し，以下のb. 及びc. に移行する。	—	—	—
b.	・建屋外の水供給経路の構築	・各建屋に水を供給するために，可搬型中型移送ポンプを設置し，可搬型建屋外ホース及び可搬型中型移送ポンプを接続し，貯水槽から各建屋へ水を供給するための経路を構築する。また，可搬型排水受槽及び可搬型中型移送ポンプを設置し，可搬型建屋外ホース及び可搬型中型移送ポンプを接続し，冷却に使用した冷却水を貯水槽へ移送するための経路を構築する。 ・設計基準を超える条件より厳しい条件としての外部事象の「火山」を条件として冷却機能が喪失した場合には，降灰により可搬型中型移送ポンプが機能喪失することを防止するため，可搬型中型移送ポンプを各建屋内及び保管庫内に配置する。	・貯水槽	・可搬型中型移送ポンプ ・可搬型建屋外ホース ・可搬型中型移送ポンプ運搬車 ・ホース展張車 ・運搬車	・可搬型建屋供給冷却水流量計
c.	・機器への注水の準備	・可搬型建屋内ホースを敷設し，可搬型建屋内ホース及び機器注水配管を接続する。建屋外の水供給経路の構築が完了した後，可搬型建屋内ホース及び可搬型建屋外ホースを接続し，貯水槽から機器に注水するための系統を構築する。 ・また，機器に可搬型貯槽液位計を設置し，機器に内包する溶液の温度の監視を継続する。	・各建屋の機器注水配管 ・冷却水注水配管 ・各建屋の蒸発乾固対象機器 ・貯水槽 ・	・可搬型中型移送ポンプ ・可搬型建屋外ホース ・可搬型建屋内ホース	・計測制御設備 ・可搬型貯槽液位計 ・可搬型建屋供給冷却水流量計 ・可搬型機器注水流量計 ・可搬型貯槽温度計
d.	機器への注水の実施判断	・溶液が沸騰に至り，溶液量が公称容量の70%まで減少する前に機器への通水開始を判断し，以下のe. へ移行する。 ・機器への注水の実施を判断するために必要な監視項目は，機器に内包する溶液の温度及び液位である。	—	—	・計測制御設備 ・可搬型貯槽液位計 ・可搬型貯槽温度計

(つづき)

	判断及び操作	手順	重大事故等対処施設		
			常設重大事故等対処設備※	可搬型重大事故等対処設備	計装設備
e.	機器への注水の実施	<ul style="list-style-type: none"> <li>・機器の可搬型貯槽液位計の指示値から機器の液位を算出し、機器への注水量を決定した上で、可搬型中型移送ポンプにより、貯水槽から機器に注水する。注水流量は、可搬型機器注水流量計及び可搬型建屋内ホースの流量調節弁又は流量調整ユニットにより調整する。</li> <li>・決定した注水量の注水が完了した場合は、注水作業を停止し、機器の液位の監視を継続する。機器の液位監視の結果、公称容量の70%に相当する液位に低下した場合には、機器への注水を再開する。</li> <li>・</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・各建屋の機器注水配管</li> <li>・<u>冷却水注水配管</u></li> <li>・各建屋の蒸発乾固対象機器</li> <li>・<u>貯水槽</u></li> <li>・</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・可搬型中型移送ポンプ</li> <li>・可搬型建屋外ホース</li> <li>・可搬型建屋内ホース</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・計測制御設備</li> <li>・可搬型貯槽液位計</li> <li>・可搬型建屋供給冷却水流量計</li> <li>・可搬型機器注水流量計</li> <li>・</li> </ul>
f.	機器への注水の成功判断	<ul style="list-style-type: none"> <li>・機器の液位から、機器に注水されていることを確認することで、蒸発乾固の進行が防止されていることを判断する。</li> <li>・蒸発乾固の進行が防止されていることを判断するために必要な監視項目は、機器の液位である。</li> <li>・</li> </ul>	—	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>・計測制御設備</li> <li>・可搬型貯槽液位計</li> </ul>
g.	機器注水配管以外の配管を活用した機器への注水	<ul style="list-style-type: none"> <li>・機器注水配管から機器への注水ができない場合には、必要に応じて機器に接続しているその他の配管を加工し、機器へ注水する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・<u>貯水槽</u></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・可搬型中型移送ポンプ</li> <li>・可搬型建屋外ホース</li> <li>・可搬型建屋内ホース</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・計測制御設備</li> <li>・可搬型貯槽液位計</li> <li>・可搬型建屋供給冷却水流量計</li> <li>・可搬型機器注水流量計</li> <li>・可搬型貯槽温度計</li> </ul>

(つづき)

	判断及び操作	手順	重大事故等対処施設		
			常設重大事故等対処設備※	可搬型重大事故等対処設備	計装設備
h.	冷却コイル等への通水による冷却の準備判断	<ul style="list-style-type: none"> <li>内部ループへの通水が機能しないことをもって冷却コイル等への通水による冷却のための準備に着手することを判断する。</li> <li>冷却コイル等への通水による冷却のための準備の着手を判断するために必要な監視項目は、機器に内包する溶液の温度及び内部ループへの通水流量である。</li> </ul>	—	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>計測制御設備</li> <li>可搬型冷却水流量計</li> <li>可搬型貯槽温度計</li> </ul>
i.	冷却コイル等への通水による冷却の準備	<ul style="list-style-type: none"> <li>機器グループの内部ループへの通水が機能しない場合には、冷却コイル又は冷却ジャケットの損傷の有無を確認するため、内部ループへの通水のために敷設した可搬型建屋内ホース及び必要に応じて予備の可搬型建屋内ホース並びに冷却コイル等への通水に必要な可搬型建屋内ホースを、沸騰に至るまでの時間が概ね100時間以内となる分離建屋蒸発乾固1、精製建屋蒸発乾固1、ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋蒸発乾固1及び高レベル廃液ガラス固化建屋蒸発乾固1から5の機器グループに属する機器の冷却コイル又は冷却ジャケットに接続する。沸騰に至るまでの時間が概ね100時間を超える前処理建屋蒸発乾固1及び2、分離建屋蒸発乾固2及び3、精製建屋蒸発乾固2の機器グループに属する機器については、上記の機器グループに属する機器への対応が完了した後に、可搬型建屋内ホースを冷却コイル又は冷却ジャケットに接続する。また、可搬型冷却コイル圧力計及び可搬型冷却コイル通水流量計を可搬型建屋内ホースの経路上に設置する。</li> <li>冷却コイル又は冷却ジャケットの冷却水出口を閉め切った状態で、可搬型中型移送ポンプにより貯水槽から送水し、通水経路を加圧することで、可搬型冷却コイル圧力計の指示値から冷却コイル又は冷却ジャケットの健全性を確認する。</li> <li>冷却コイル等への通水は、準備作業及び実施に要する作業が多いことから、機器への注水、凝縮器への冷却水の通水、塔槽類廃ガス処理設備からセルに導くための経路構築及び可搬型フィルタ、可搬型排風機を用いた放出影響緩和を優先して実施し、大気中への放射性物質の放出を抑制できる状態を整備してから実施する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>各建屋の冷却コイル配管及び冷却ジャケット配管</li> <li>冷却水給排水系</li> <li>各建屋の蒸発乾固対象機器</li> <li>貯水槽</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>可搬型中型移送ポンプ</li> <li>可搬型建屋外ホース</li> <li>可搬型建屋内ホース</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>計測制御設備</li> <li>可搬型冷却コイル圧力計</li> <li>可搬型冷却コイル流量計</li> <li>可搬型建屋供給冷却水流量計</li> <li>可搬型貯槽温度計</li> </ul>
j.	冷却コイルへの通水による冷却の実施判断	<ul style="list-style-type: none"> <li>冷却コイル等への通水の準備が完了後直ちに、冷却コイル等への通水の実施を判断し、以下のj.へ移行する。</li> </ul>	—	—	—

(つづき)

	判断及び操作	手順	重大事故等対処施設		
			常設重大事故等対処設備※	可搬型重大事故等対処設備	計装設備
k.	冷却コイルへの通水による冷却の実施	<ul style="list-style-type: none"> <li>健全性が確認された冷却コイル又は冷却ジャケットに可搬型中型移送ポンプを用いて貯水槽から通水することにより、機器に内包する溶液を冷却する。通水流量は、必要に応じて可搬型冷却水流量計及び可搬型建屋内ホースの流量調節弁又は流量調整ユニットにより調整する。</li> <li>冷却コイル等への通水に必要な監視項目は、通水流量及び機器に内包する溶液の温度である。</li> <li>冷却コイル等への通水に使用した冷却水は、可搬型冷却水排水線量計を用いて汚染の有無を監視する。また、可搬型排水受槽に回収し、可搬型放射能測定装置を用いて汚染の有無を確認した上で、貯水槽へ移送する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>各建屋の冷却コイル配管及び冷却ジャケット配管</li> <li>冷却水給排水系</li> <li>各建屋の蒸発乾固対象機器</li> <li>貯水槽</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>可搬型中型移送ポンプ</li> <li>可搬型建屋外ホース</li> <li>可搬型建屋内ホース</li> <li>可搬型排水受槽</li> <li>可搬型放射能測定装置</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>可搬型冷却コイル流量計</li> <li>可搬型建屋供給冷却水流量計</li> <li>可搬型冷却水排水線量計</li> </ul>
l.	冷却コイル等への通水の成功判断	<ul style="list-style-type: none"> <li>機器に内包する溶液の温度が85℃以下で安定していることを確認することにより、冷却コイル通水又は冷却ジャケット通水による冷却機能が維持されていることを判断する。</li> <li>冷却機能が維持されていることを判断するために必要な監視項目は機器に内包する溶液の温度である。</li> </ul>	—	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>計測制御設備</li> <li>可搬型貯槽温度計</li> </ul>

※下線が引かれているものは新規設置設備

第7.2.1—2表 放出低減対策の手順及び設備の関係

	判断及び操作	手順	重大事故等対処施設		
			常設重大事故等対処設備※	可搬型重大事故等対処設備	計装設備
a.	放射性物質のセルへの導出，凝縮器による発生した蒸気及び放射性物質の除去，セル及び高性能粒子フィルタによる放射性エアロゾルの除去のための準備着手判断	<ul style="list-style-type: none"> <li>安全冷却水系の冷却塔，外部ループの冷却水循環ポンプ若しくは内部ループの冷却水を循環するためのポンプが多重故障し，安全冷却水系の冷却機能が喪失した場合，又は，外部電源が喪失し，第2非常用ディーゼル発電機を運転できない場合は，内部ループへの通水の実施を判断し，以下のb. 及びc. に移行する。</li> <li>放射性物質のセルへの導出，凝縮器による発生した蒸気及び放射性物質の除去，セル及び高性能粒子フィルタによる放射性エアロゾルの除去のための準備作業として以下のb. ， c. 及びd. へ移行する。</li> </ul>	—	—	—
b.	建屋外の水供給経路の構築	<ul style="list-style-type: none"> <li>各建屋に水を供給するために，可搬型中型移送ポンプを設置し，可搬型建屋外ホース及び可搬型中型移送ポンプを接続し，貯水槽から各建屋へ水を供給するための経路を構築する。また，可搬型排水受槽及び可搬型中型移送ポンプを設置し，可搬型建屋外ホース及び可搬型中型移送ポンプを接続し，冷却に使用した冷却水を貯水槽へ移送するための経路を構築する。</li> <li>設計基準を超える条件より厳しい条件としての外部事象の「火山」を条件として冷却機能が喪失した場合には，降灰により可搬型中型移送ポンプが機能喪失することを防止するため，可搬型中型移送ポンプを各建屋内及び保管庫内に配置する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>貯水槽</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>可搬型中型移送ポンプ</li> <li>可搬型建屋外ホース</li> <li>可搬型排水受槽</li> <li>可搬型中型移送ポンプ運搬車</li> <li>ホース展張車</li> <li>運搬車</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>可搬型建屋供給冷却水流量計</li> </ul>

(つづき)

	判断及び操作	手順	重大事故等対処施設		
			常設重大事故等対処設備※	可搬型重大事故等対処設備	計装設備
c.	放射性物質のセルへの導出、凝縮器による発生した蒸気及び放射性物質の除去、セル及び高性能粒子フィルタによる放射性エアロゾルの除去のための準備	<ul style="list-style-type: none"> <li>前処理建屋及び高レベル廃液ガラス固化建屋において、塔槽類廃ガス処理設備の排風機が停止している場合には、水素掃気用の圧縮空気の供給継続による大気中への放射性物質の放出を低減するため、機器へ圧縮空気を供給する水素掃気用安全圧縮空気系の手動弁を閉止する。</li> <li>機器に内包する溶液の沸騰に伴い発生する蒸気を凝縮し、放射性エアロゾルを除去するために、可搬型建屋内ホースを敷設し、可搬型建屋内ホース及び凝縮器を接続する。</li> <li>建屋外の水供給経路の構築が完了した後、可搬型建屋内ホース及び可搬型建屋外ホースを接続することにより、貯水槽から凝縮器に冷却水を通水するための系統を構築する。また、可搬型凝縮器出口排気温度計を設置する。</li> <li>可搬型ダクトにより、建屋排気系、可搬型フィルタ及び可搬型排風機を接続し、可搬型排風機、各建屋の重大事故対処用母線及び可搬型発電機を可搬型電源ケーブルで接続する。また、建屋排気系のダンパを閉止する。</li> <li>塔槽類廃ガス処理設備内の圧力を監視するため、塔槽類廃ガス処理設備に可搬型廃ガス洗浄塔入口圧力計を設置し、導出先セルの圧力を監視するため、導出先セルに可搬型導出先セル圧力計を設置する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>凝縮器</li> <li>高レベル廃液濃縮缶凝縮器</li> <li>第1エジェクタ凝縮器</li> <li>凝縮器冷却水給排水系</li> <li>主排気筒へ排出するユニット</li> <li>各建屋の代替塔槽類廃ガス処理設備の配管</li> <li>各建屋の重大事故対処用母線</li> <li>各建屋の代替換気設備のダクト</li> <li>各建屋の蒸発乾固対象機器</li> <li>貯水槽</li> <li>水素掃気用安全圧縮空気系の手動弁（前処理建屋、高レベル廃液ガラス固化建屋）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>可搬型中型移送ポンプ</li> <li>可搬型建屋外ホース</li> <li>可搬型建屋内ホース</li> <li>可搬型配管</li> <li>可搬型ダクト</li> <li>可搬型フィルタ</li> <li>可搬型デミスタ</li> <li>可搬型排風機</li> <li>可搬型発電機</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>計測制御設備</li> <li>可搬型建屋供給冷却水流量計</li> <li>可搬型凝縮器通水流量計</li> <li>可搬型凝縮器出口排気温度計</li> <li>可搬型廃ガス洗浄塔入口圧力計</li> <li>可搬型導出先セル圧力計</li> <li>可搬型フィルタ差圧計</li> </ul>
d.	塔槽類廃ガス処理設備からセルに導くための作業の実施判断	<ul style="list-style-type: none"> <li>塔槽類廃ガス処理設備の排風機が停止している場合には、沸騰に伴い気相中へ移行する放射性物質又は水素掃気用の圧縮空気の供給継続により移行する放射性物質を塔槽類廃ガス処理設備からセルに導くための作業の実施を判断し、以下のe.へ移行する。</li> <li>塔槽類廃ガス処理設備の排風機が運転状態を維持している場合には、水素掃気用の圧縮空気の供給継続により移行する放射性物質の大気中への放出量を低減するため、塔槽類廃ガス処理設備の排風機の運転を継続し、機器に内包する溶液の温度の監視を継続する。温度監視の結果、いずれかの機器に内包する溶液の温度が85℃に至り、かつ、温度の上昇傾向が続く場合には、その機器が設置されている建屋について、沸騰に伴い気相中へ移行する放射性物質又は水素掃気用の圧縮空気の供給継続により移行する放射性物質を塔槽類廃ガス処理設備からセルに導くための作業の実施を判断し、以下のe.へ移行する。</li> <li>これらの実施を判断するために必要な監視項目は、機器に内包する溶液の温度及び塔槽類廃ガス処理設備の排風機の運転状態である。</li> </ul>	—	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>計測制御設備</li> <li>可搬型貯槽温度計</li> </ul>



(つづき)

	判断及び操作	手順	重大事故等対処施設		
			常設重大事故等対処設備※	可搬型重大事故等対処設備	計装設備
e.	塔槽類廃ガス処理設備の隔離弁の閉止及び塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニットの開放	<ul style="list-style-type: none"> <li>・塔槽類廃ガス処理設備から導出先セルに放射性物質を導出するため、塔槽類廃ガス処理設備の隔離弁を閉止し、塔槽類廃ガス処理設備と導出先セルを接続している塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニットの手動弁及び塔槽類廃ガス処理設備の手動弁を開放する。</li> <li>・これにより、水素掃気用の圧縮空気に同伴する放射性物質が塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニットを経由して導出先セルに導出される。また、沸騰に伴い塔槽類廃ガス処理設備の配管内の内圧が上昇した場合、発生した放射性物質は、塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニットを経由して導出先セルに導出される。</li> <li>・発生した放射性物質が、塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニットを経由して導出先セルに導出されない場合は、水封安全器を経由して水封安全器が設置されている導出先セルに導出される。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・<u>各建屋の塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニット</u></li> <li>・<u>各建屋の塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニット (フィルタ)</u></li> <li>・各建屋の代替塔槽類廃ガス処理設備の配管</li> <li>・各建屋の代替塔槽類廃ガス処理設備の隔離弁</li> <li>・各建屋の水封安全器</li> </ul>	—	—
f.	凝縮器への冷却水の通水の実施判断	<ul style="list-style-type: none"> <li>・凝縮器への通水の準備が完了後直ちに、凝縮器への通水の実施を判断し、以下の g. へ移行する。</li> </ul>	—	—	—
g.	凝縮器への冷却水の通水	<ul style="list-style-type: none"> <li>・可搬型中型移送ポンプにより、貯水槽から凝縮器に通水する。通水流量は、可搬型凝縮器通水流量計及び可搬型建屋内ホースの流量調節弁又は流量調整ユニットにより調整する。</li> <li>・凝縮器への通水に使用した冷却水は、可搬型冷却水排水線量計を用いて汚染の有無を監視する。また、可搬型排水受槽に回収、可搬型放射能測定装置を用いて汚染の有無を確認した上で、貯水槽へ移送する。</li> <li>・凝縮器から発生する凝縮水は、凝縮水回収セル等に回収する。</li> <li>・凝縮器への通水時に必要な監視項目は、通水流量及び凝縮器出口の排気温度である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・<u>凝縮器</u></li> <li>・高レベル廃液濃縮缶凝縮器</li> <li>・第1エジェクタ凝縮器</li> <li>・<u>凝縮器冷却水給排水系</u></li> <li>・<u>各建屋の凝縮液回収系</u></li> <li>・<u>気液分離器</u></li> <li>・<u>貯水槽</u></li> <li>・</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・可搬型中型移送ポンプ</li> <li>・可搬型建屋外ホース</li> <li>・可搬型建屋内ホース</li> <li>・可搬型配管</li> <li>・可搬型排水受槽</li> <li>・可搬型放射能測定装置</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・計測制御設備</li> <li>・可搬型建屋供給冷却水流量計</li> <li>・可搬型凝縮器通水流量計</li> <li>・可搬型凝縮器出口排気温度計</li> <li>・可搬型冷却水排水線量計</li> </ul>

(つづき)

	判断及び操作	手順	重大事故等対処施設		
			常設重大事故等対処設備※	可搬型重大事故等対処設備	計装設備
h.	塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニットの高性能粒子フィルタの隔離	<ul style="list-style-type: none"> <li>機器に内包する溶液が沸騰した後、可搬型フィルタ差圧計により、塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニットの高性能粒子フィルタの差圧を監視し、高性能粒子フィルタの差圧が上昇傾向を示した場合、塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニットの高性能粒子フィルタを隔離し、バイパスラインへ切り替える。</li> <li>これらの実施を判断するために必要な監視項目は、機器に内包する溶液の温度及び塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニットの高性能粒子フィルタの差圧である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>各建屋の塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニット</li> <li>各建屋の塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニット (フィルタ)</li> </ul>	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>計測制御設備</li> <li>可搬型貯槽温度計</li> <li>可搬型フィルタ差圧計</li> </ul>
i.	可搬型排風機の起動の判断	<ul style="list-style-type: none"> <li>可搬型排風機の運転準備が整い次第、可搬型排風機の起動を判断する。</li> </ul>	—	—	—
j.	可搬型排風機の運転	<ul style="list-style-type: none"> <li>可搬型排風機を運転することで、大気中への経路外放出を抑制し、セル内の圧力上昇を緩和しつつ、可搬型フィルタの高性能粒子フィルタにより放射性エアロゾルを除去し、主排気筒から大気中へ管理しながら放出する。また、可搬型フィルタ差圧計により、可搬型フィルタの差圧を監視する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>各建屋の代替換気設備のダクト</li> <li>各建屋の重大事故対処用母線)</li> <li>主排気筒</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>可搬型ダクト</li> <li>可搬型フィルタ</li> <li>可搬型デミスタ</li> <li>可搬型排風機</li> <li>可搬型発電機</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>可搬型フィルタ差圧計</li> </ul>
k.	大気中への放射性物質の放出の状態監視	<ul style="list-style-type: none"> <li>排気モニタリング設備により、主排気筒から大気中への放射性物質の放出状況を監視する。排気モニタリング設備が機能喪失した場合は、可搬型排気モニタリング設備により、主排気筒から大気中への放射性物質の放出状況を監視する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>各建屋の代替換気設備のダクト</li> <li>主排気筒</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>可搬型排気モニタリング設備</li> </ul>	—

※下線が引かれているものは新規設置設備



第 7.2.1—3 表 導出先セル

建屋	導出先セル
前処理建屋	放射性配管分岐第 1 セル
分離建屋	放射性配管分岐第 1 セル
精製建屋	放射性配管分岐第 1 セル
ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋	硝酸プルトニウム貯槽セル
高レベル廃液ガラス固化建屋	放射性配管分岐セル

第 7. 2. 1—4 表 水封安全器が設置されている導出先セル

建屋	導出先セル
前処理建屋 (廃ガス洗浄塔シール ポット)	溶解槽 A セル
分離建屋 (廃ガス リリーフ ポ ット)	塔槽類廃ガス洗浄塔セル
精製建屋 (廃ガス ポット)	プルトニウム系塔槽類廃ガス 洗浄塔セル
ウラン・プルトニウム混 合脱硝建屋	—※
高レベル廃液ガラス固 化建屋 (高レベル濃縮廃液廃 ガス処理系の廃ガス シ ール ポット)	塔槽類廃ガス処理第 1 セル

※水封安全器なし

第 7.2.1—5 表 凝縮水回収セル等

建屋	凝縮水回収セル等
前処理建屋	放射性配管分岐第 1 セル
分離建屋 (高レベル廃液濃縮缶 凝縮器又は第 1 エジェ クタ凝縮器)	液体廃棄物の廃棄施設の高レベル 廃液処理設備の高レベル廃液濃縮 設備の高レベル廃液濃縮系
分離建屋 (凝縮器)	放射性配管分岐第 1 セル
精製建屋	精製建屋一時貯留処理槽第 1 セル
ウラン・プルトニウム 混合脱硝建屋	凝縮廃液貯槽セル, 凝縮廃液受槽 Aセル又は凝縮廃液受槽 Bセル
高レベル廃液ガラス固 化建屋	固化セル

第 7.2.2—6 表 放射性物質の放出量 (分離建屋)

核 種	放出量 (B q)
S r -90	$9 \times 10^4$
C s -137	$2 \times 10^5$
E u -154	$9 \times 10^3$
A m -241	$9 \times 10^3$
C m -244	$7 \times 10^3$

第 7.2.2—7 表 放射性物質の放出量 (精製建屋)

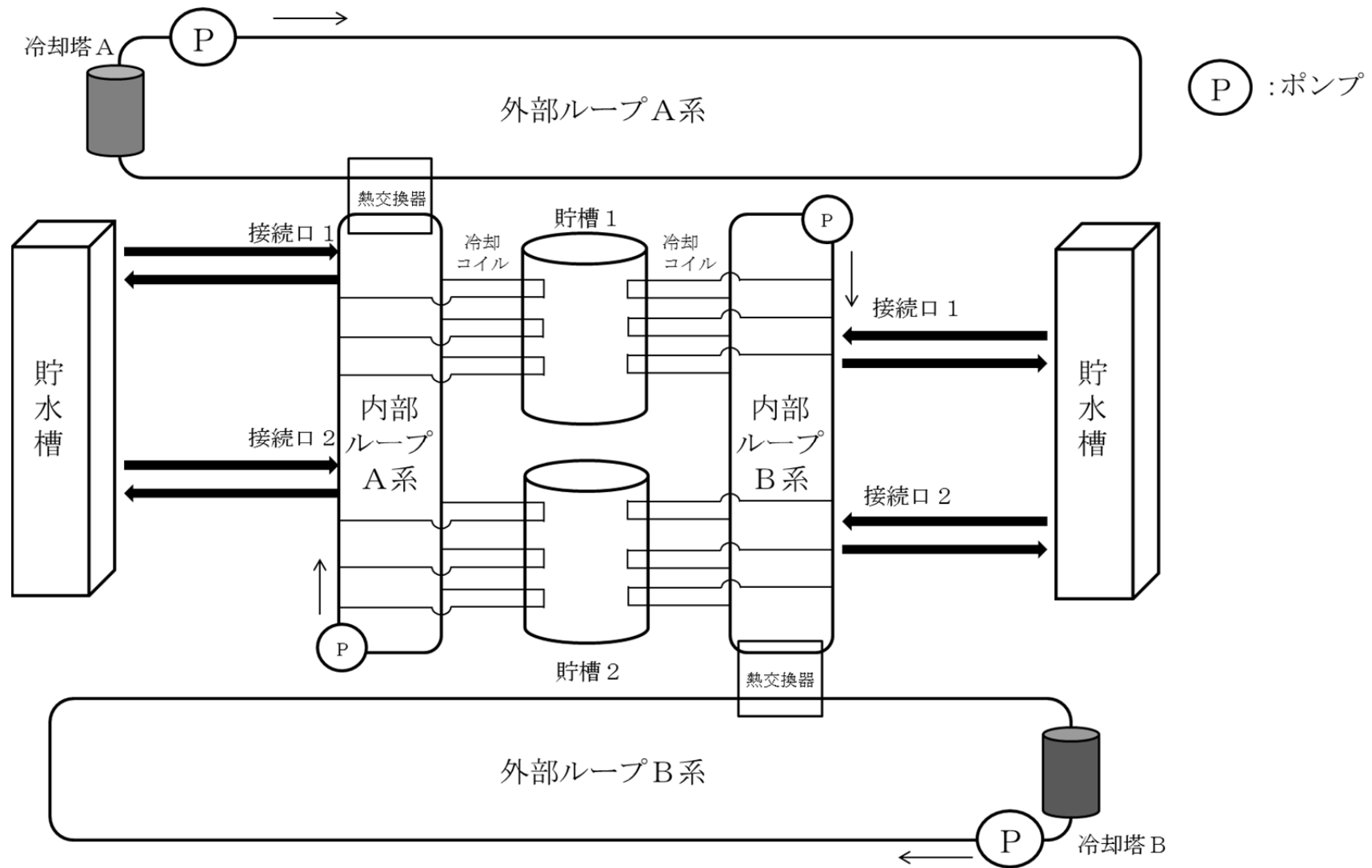
核 種	放出量 (B q)
P u - 238	$1 \times 10^5$
P u - 239	$1 \times 10^4$
P u - 240	$2 \times 10^4$
P u - 241	$3 \times 10^6$

第 7.2.2—8 表 放射性物質の放出量(ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋)

核 種	放出量 (B q)
P u - 238	$6 \times 10^3$
P u - 239	$6 \times 10^2$
P u - 240	$9 \times 10^2$
P u - 241	$2 \times 10^5$
A m - 241	$2 \times 10^2$

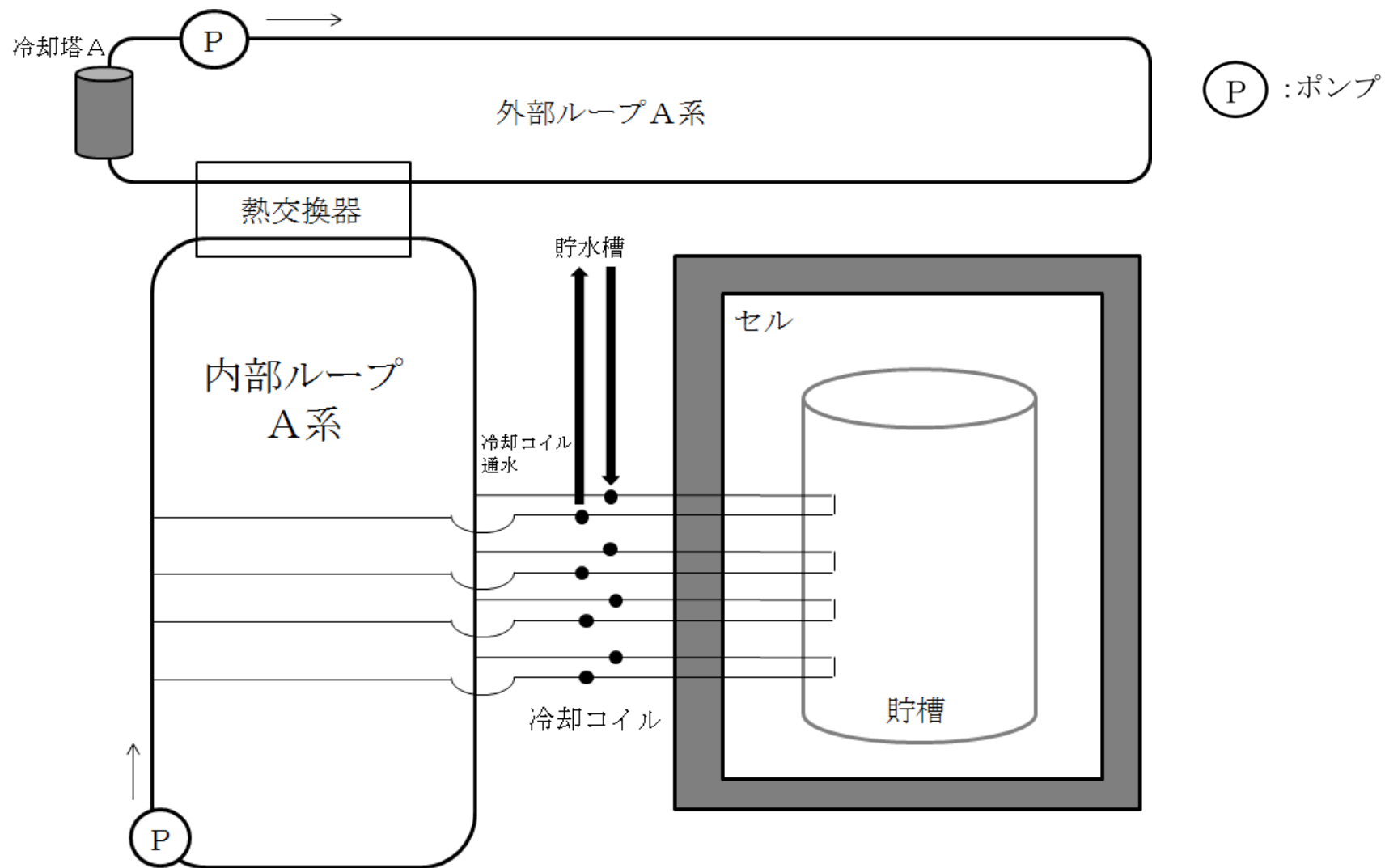
第 7.2.2—9 表 放射性物質の放出量（高レベル廃液ガラス固化建屋）

核 種	放出量 (Bq)
Sr-90	$9 \times 10^5$
Cs-137	$2 \times 10^6$
Eu-154	$8 \times 10^4$
Am-241	$9 \times 10^4$
Cm-244	$6 \times 10^4$

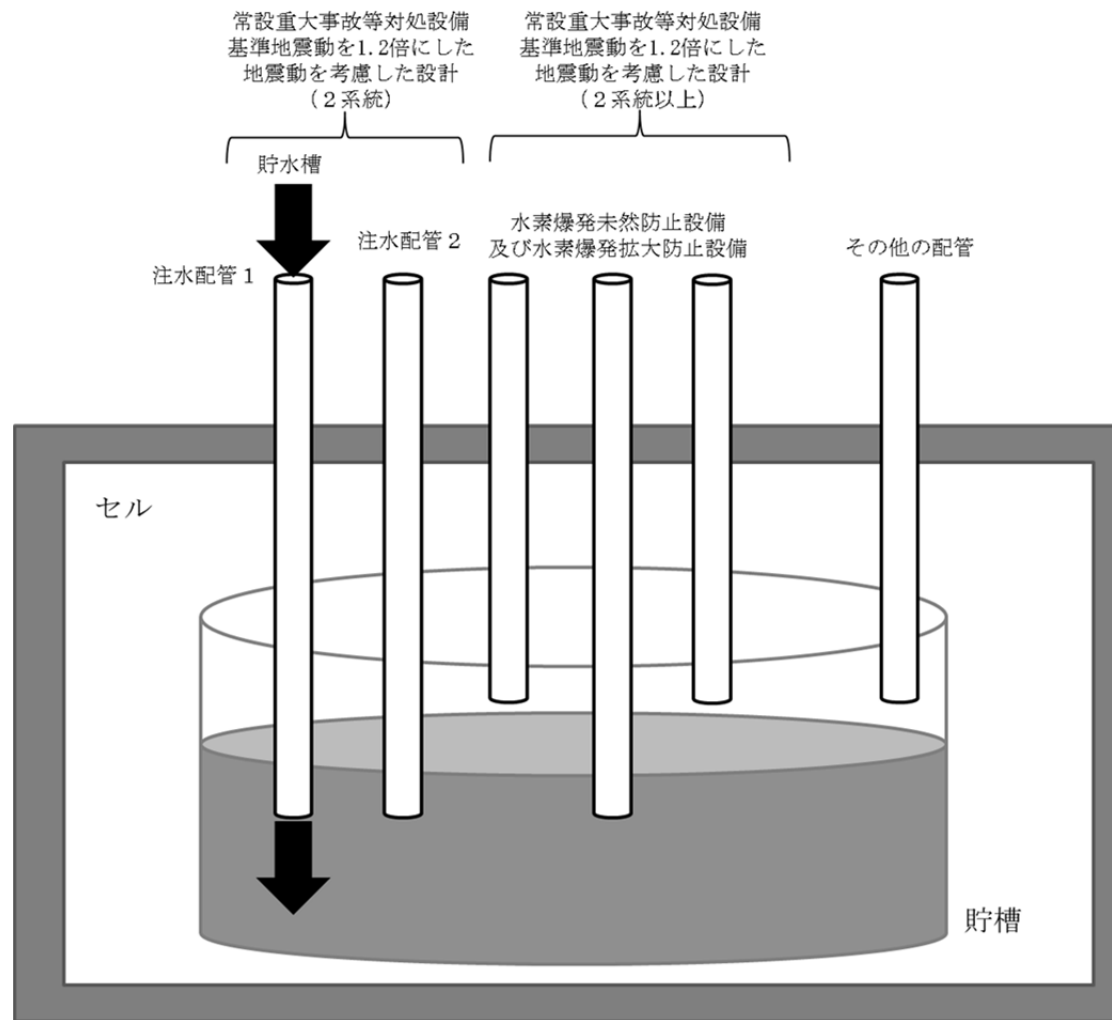


第 7 - 1 図 内部ループへの通水の概要図

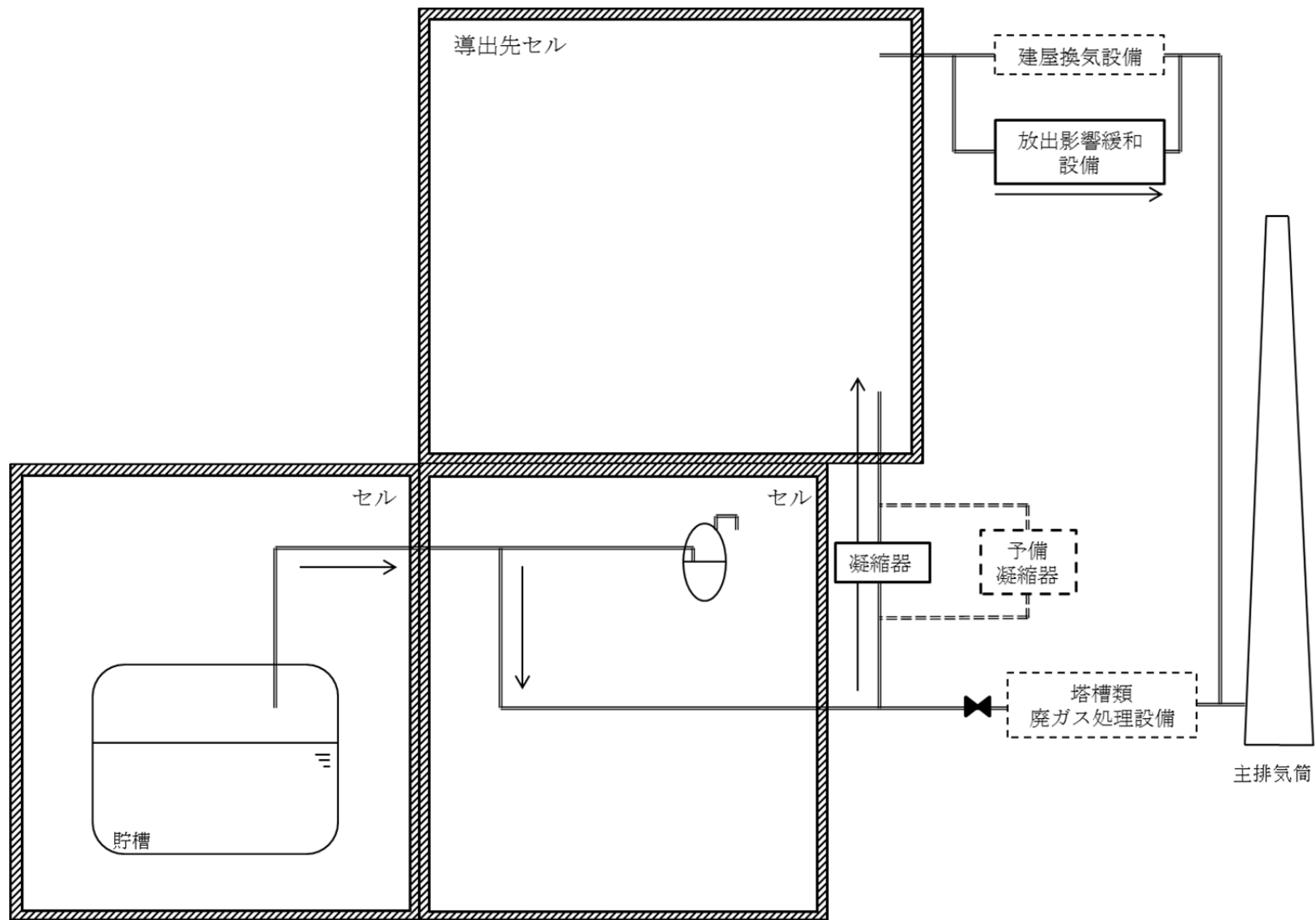




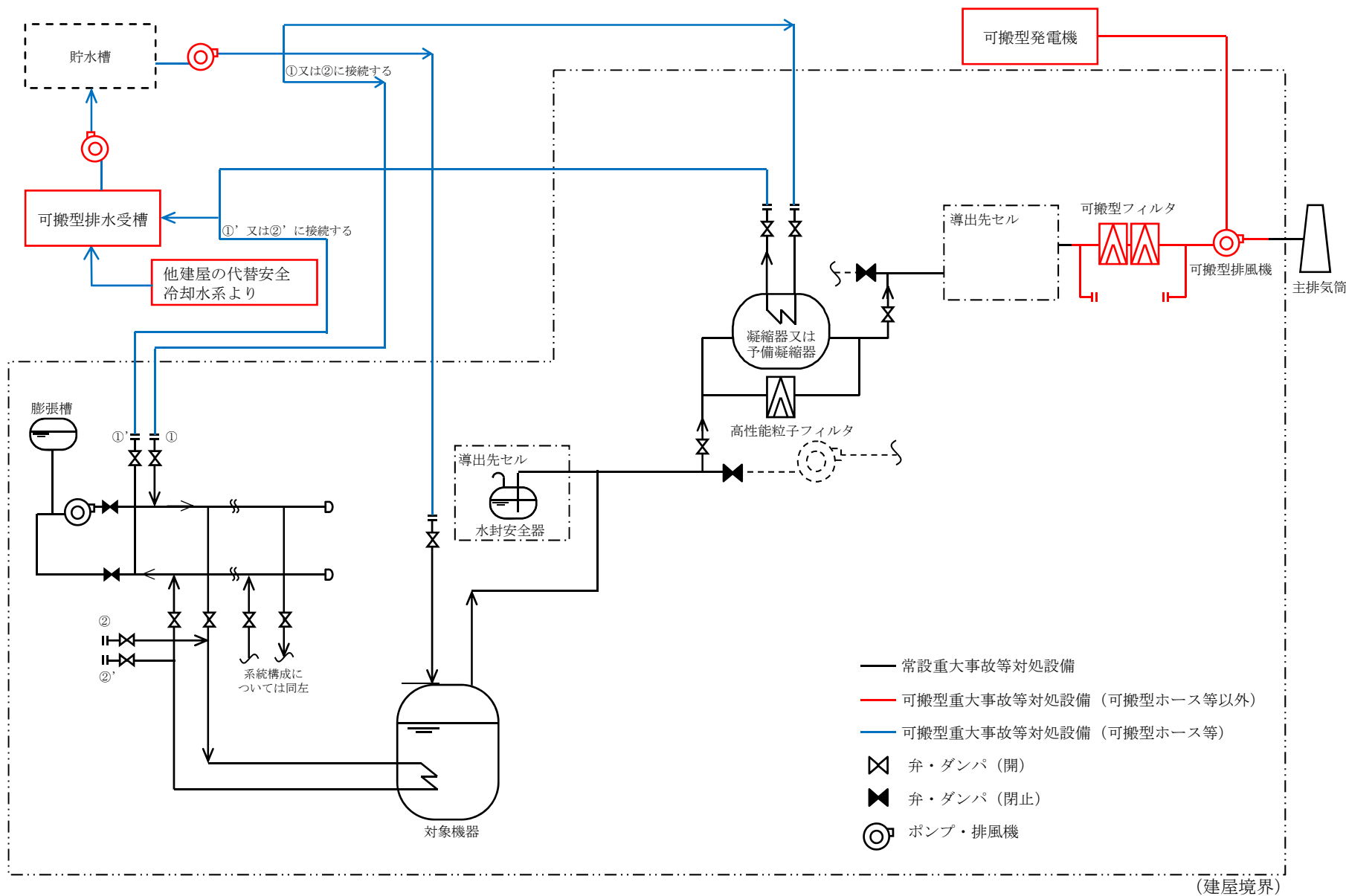
第 7 - 2 図 冷却コイル等への通水の概要図



第 7 - 3 図 機器への注水の概要図

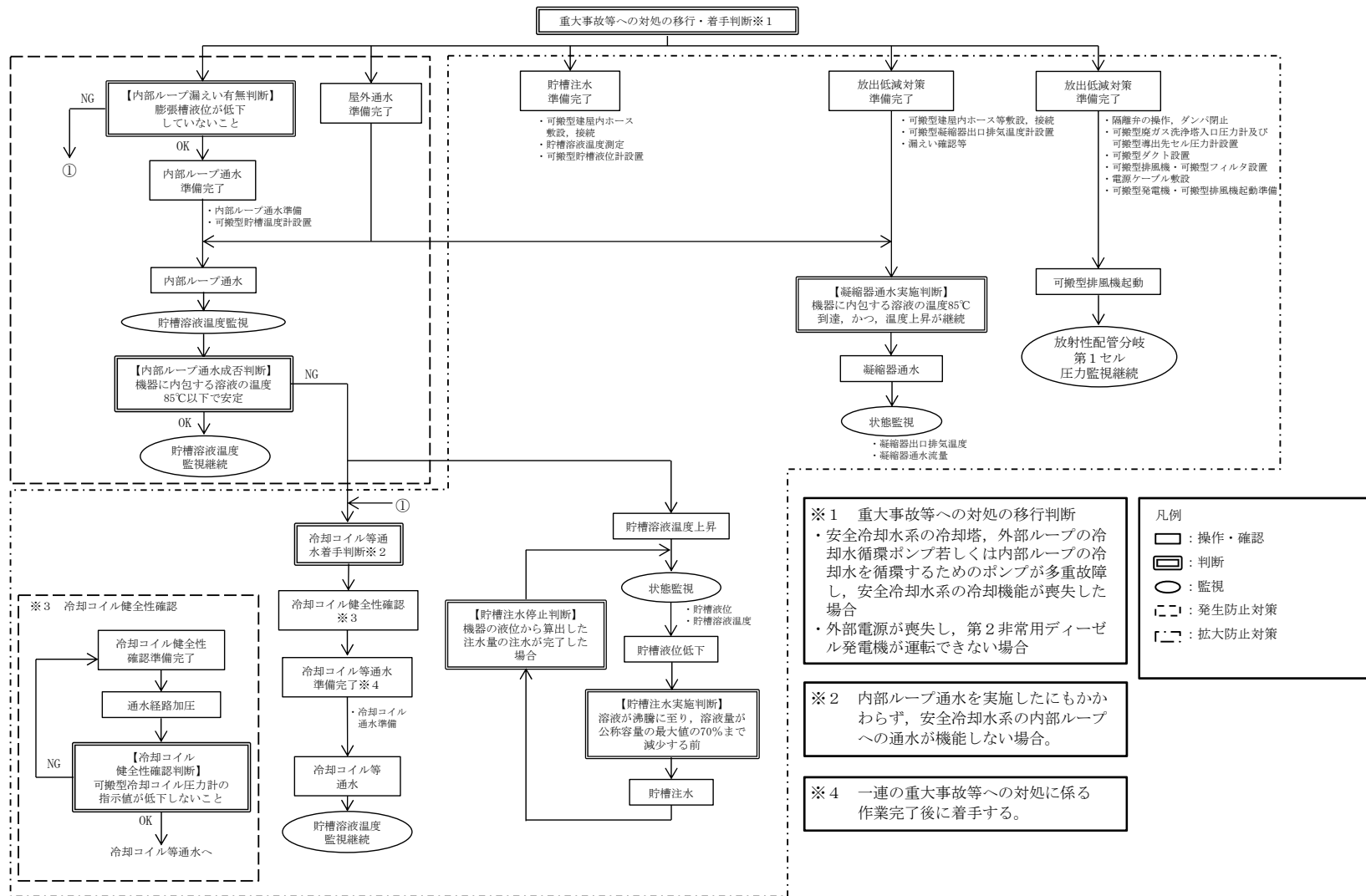


第7-4図 放出低減対策の概要図



本図は、蒸発乾固に対処するための処置の系統概要である。可搬型ホース等及び可搬型ダクト等の敷設ルート、接続箇所、個数及び位置については、ホース敷設ルート毎に異なる。

第7.1.1-1図 冷却機能の喪失による蒸発乾固に対処するための処置の系統概要図



第7.1.1-2 図 冷却機能の喪失による蒸発乾固の手順の概要（精製建屋）















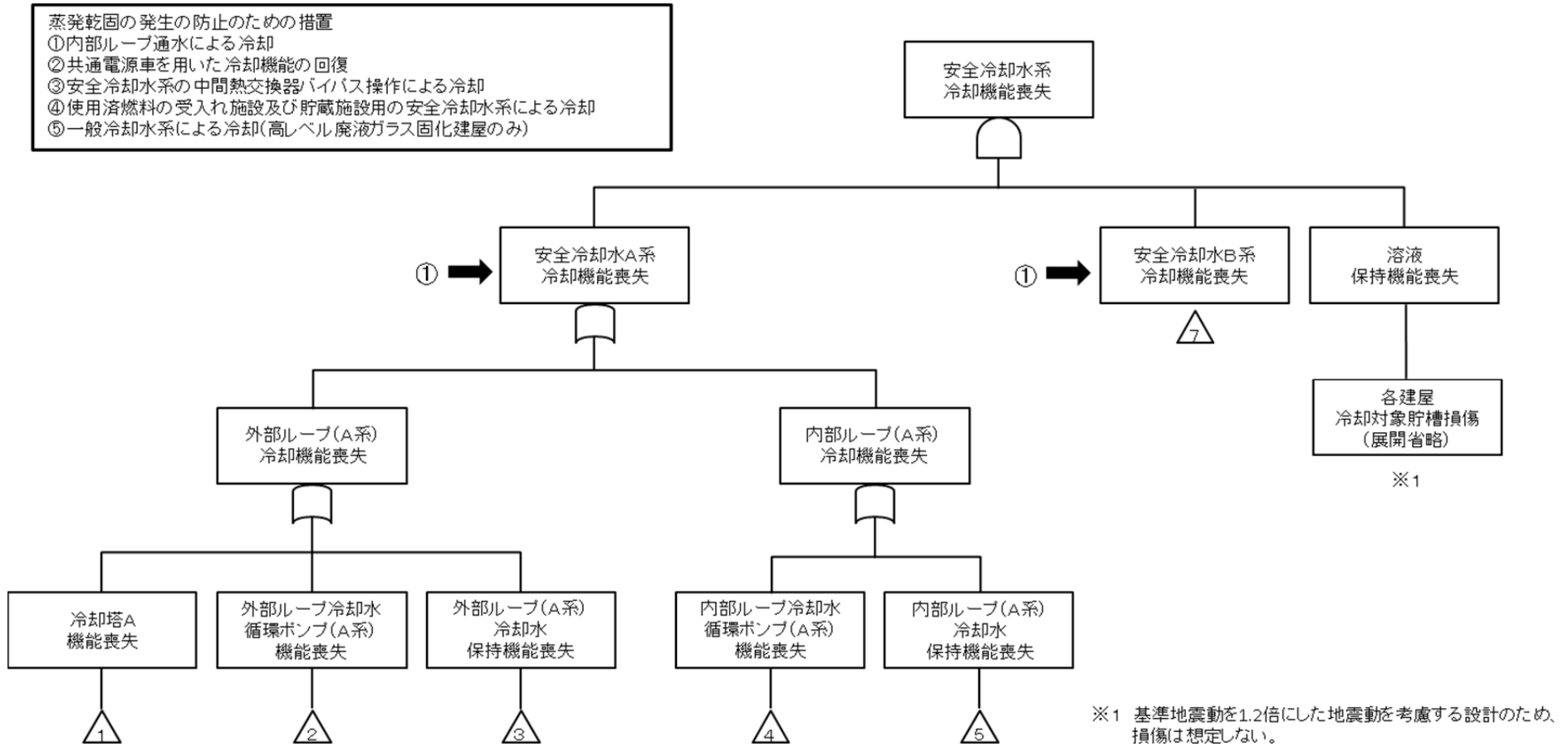




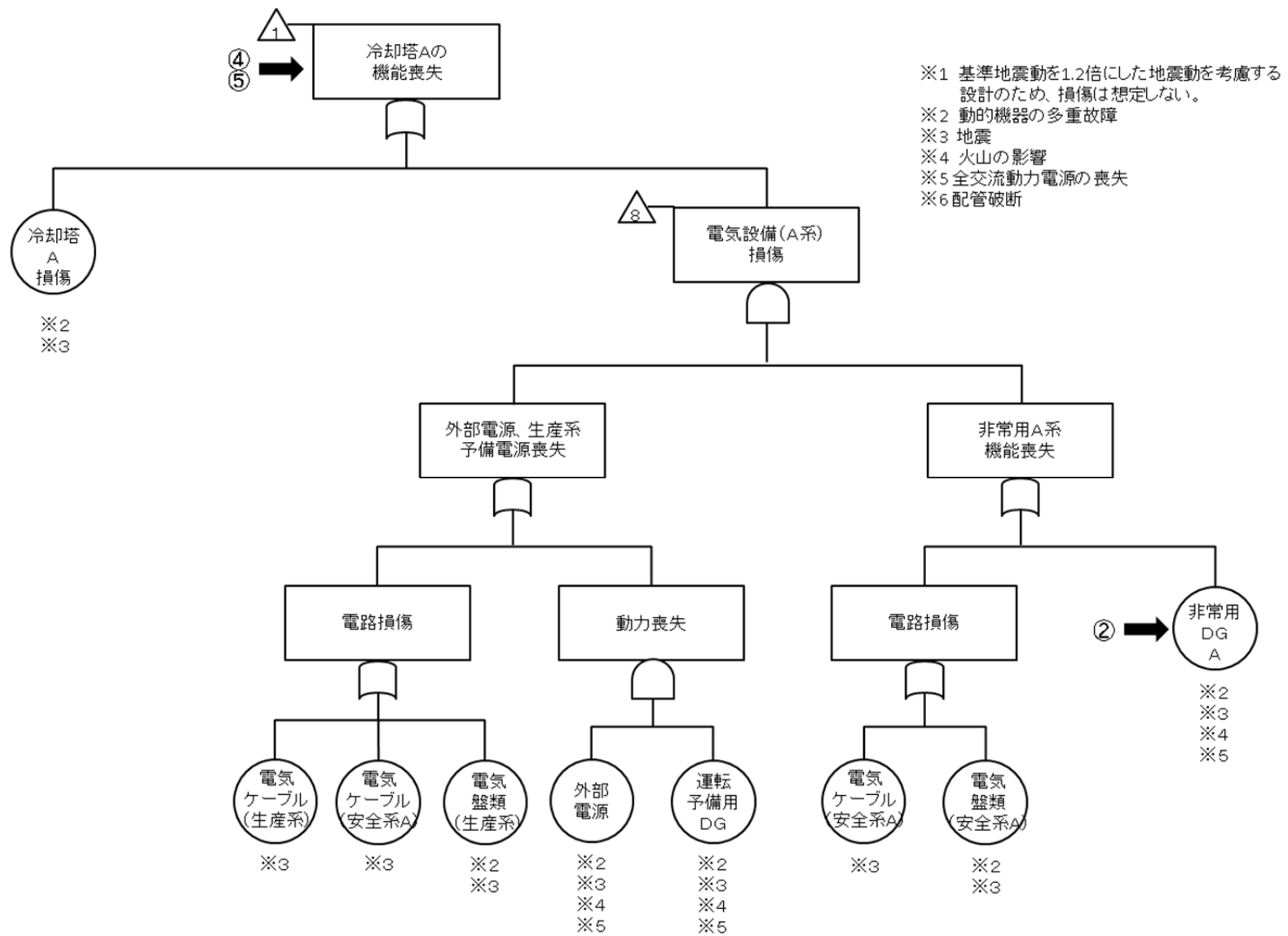
## 蒸発乾固の発生の防止のための措置に関するフォールトツリー

前処理建屋蒸発乾固1  
分離建屋蒸発乾固1  
分離建屋蒸発乾固2  
精製建屋蒸発乾固1  
ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋蒸発乾固1  
高レベル廃液ガラス固化建屋蒸発乾固1  
高レベル廃液ガラス固化建屋蒸発乾固2  
高レベル廃液ガラス固化建屋蒸発乾固3  
高レベル廃液ガラス固化建屋蒸発乾固4  
高レベル廃液ガラス固化建屋蒸発乾固5

第 7.1.2-1 図 フォールトツリー（蒸発乾固）（その 1）

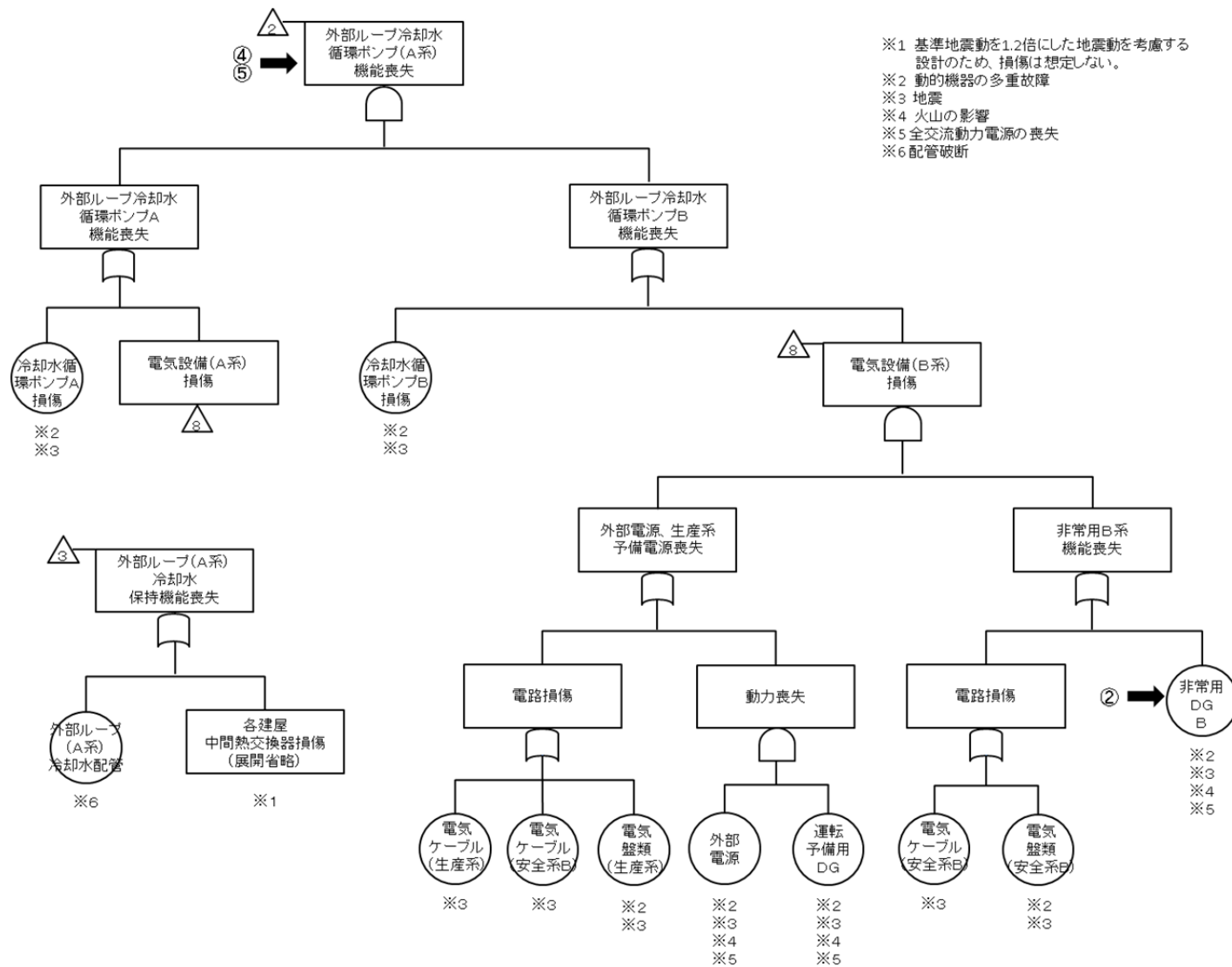


第 7.1.2-1 図フォールトツリー（蒸発乾固）（その 2）

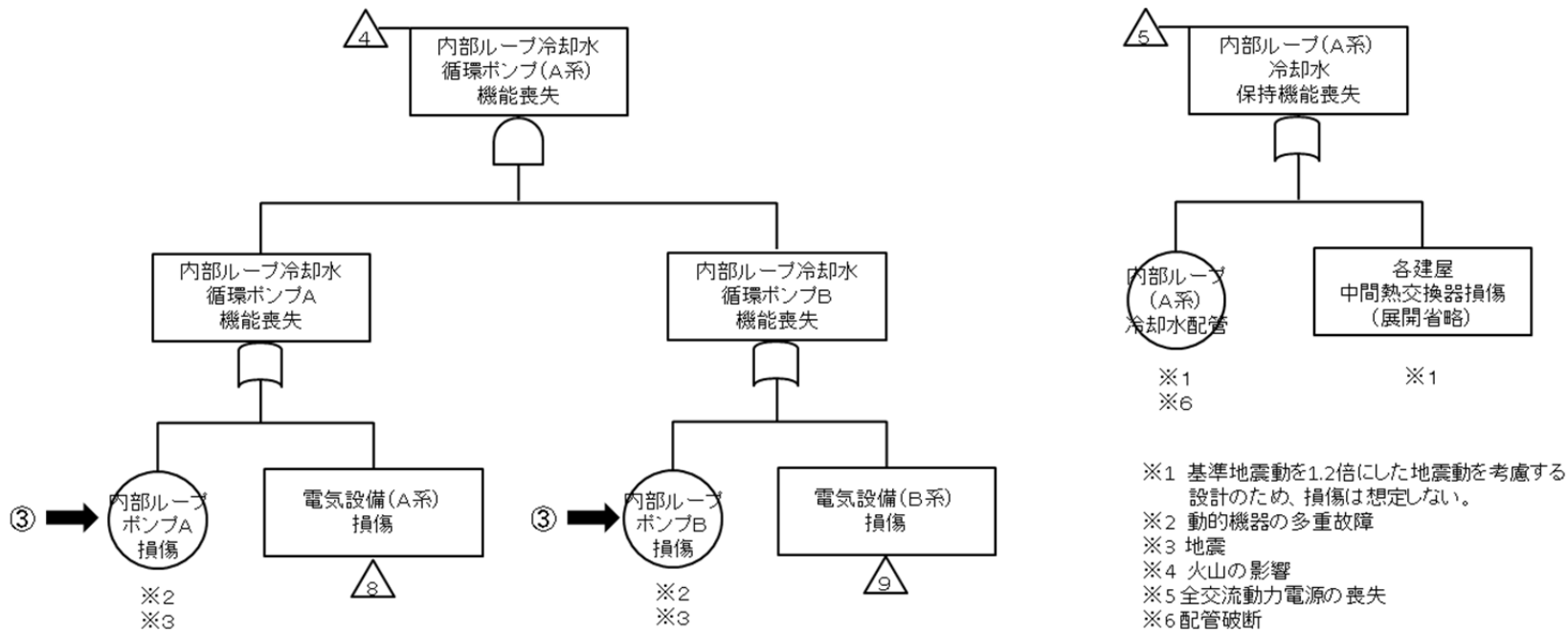


第 7.1.2-1 図 フォールトツリー (蒸発乾固) (その 3)

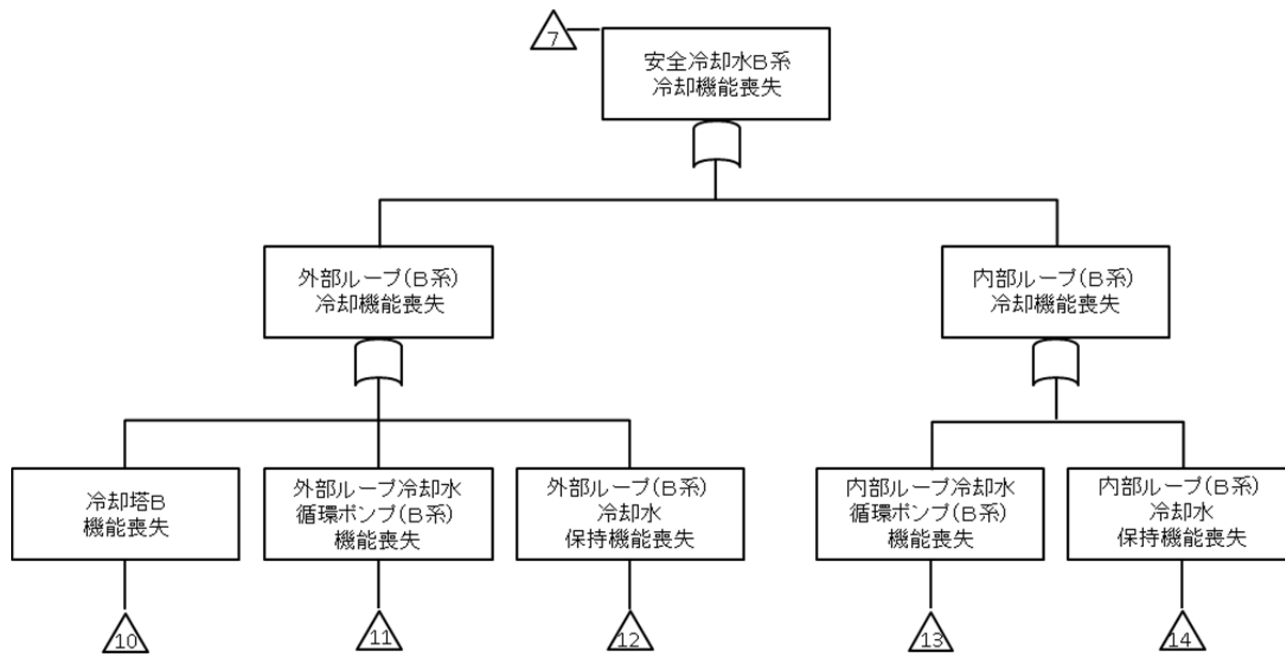




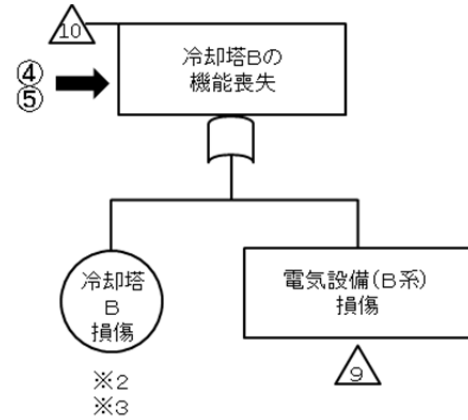
第 7.1.2-1 図 フォールトツリー (蒸発乾固) (その 4)



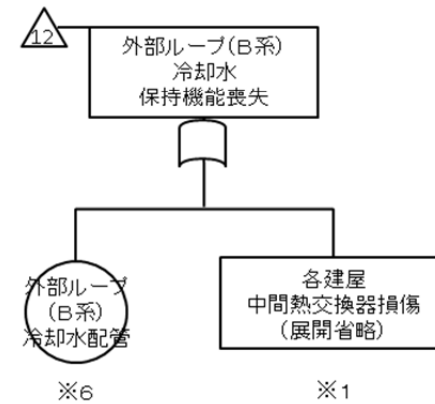
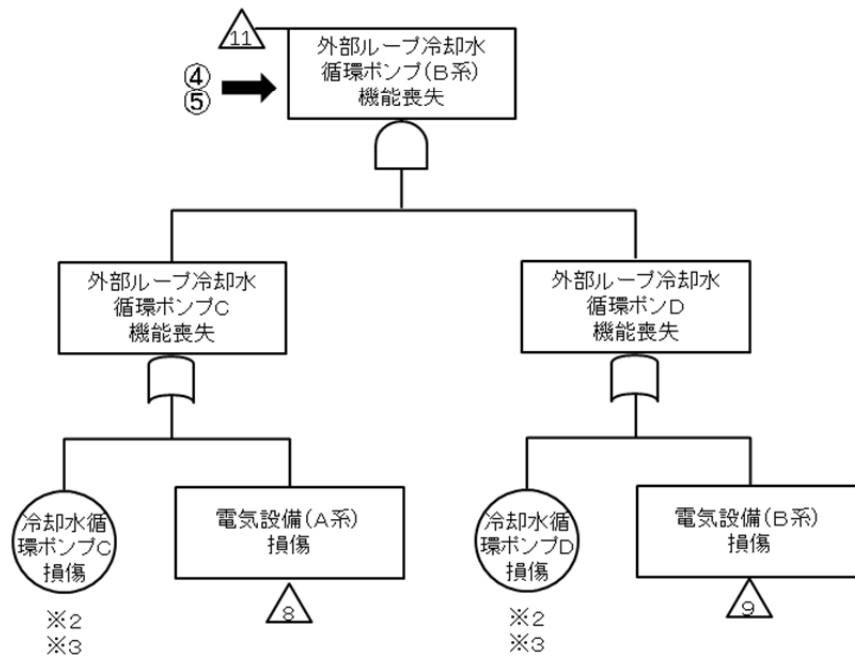
第 7.1.2-1 図 フォールトツリー (蒸発乾固) (その 5)



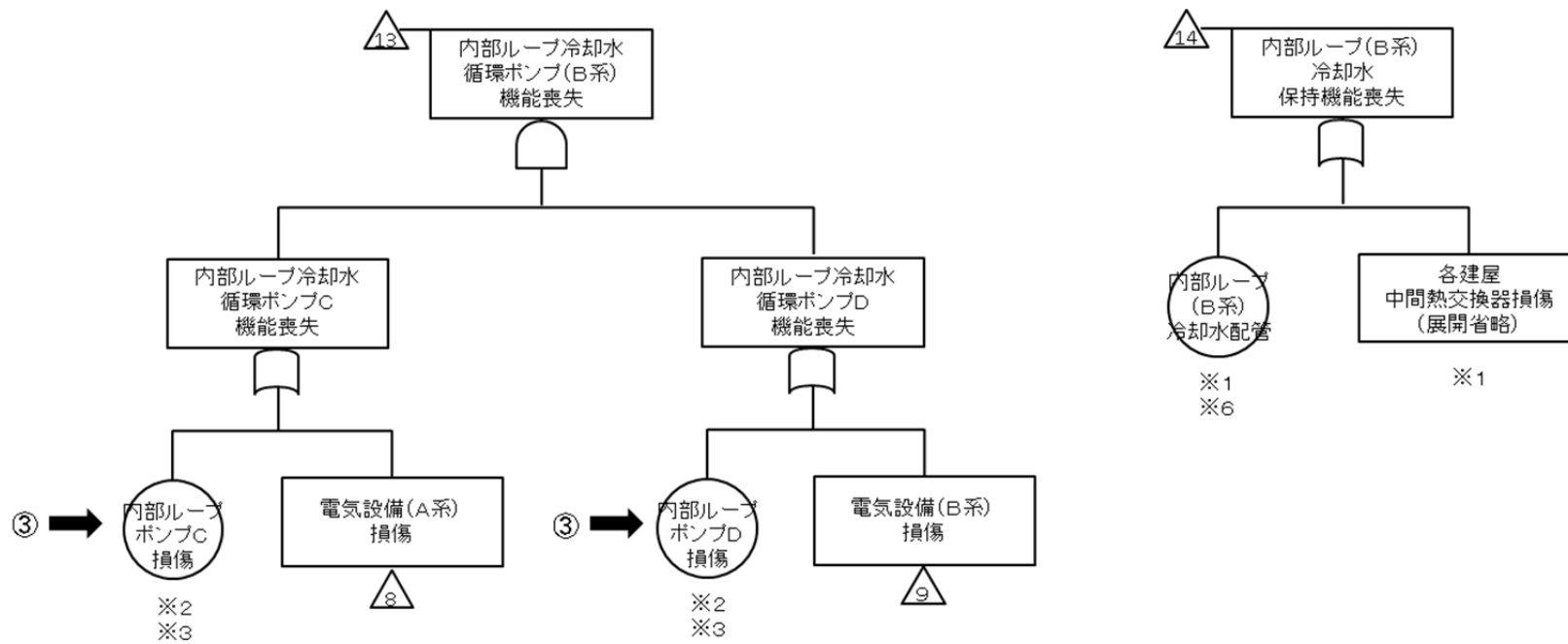
第 7.1.2-1 図 フォールトツリー (蒸発乾固) (その 6)



- ※1 基準地震動を1.2倍にした地震動を考慮する設計のため、損傷は想定しない。
- ※2 動的機器の多重故障
- ※3 地震
- ※4 火山の影響
- ※5 全交流動力電源の喪失
- ※6 配管破断



第 7.1.2-1 図 フォールトツリー (蒸発乾固) (その 7)



第 7.1.2-1 図 フォールトツリー (蒸発乾固) (その 8)

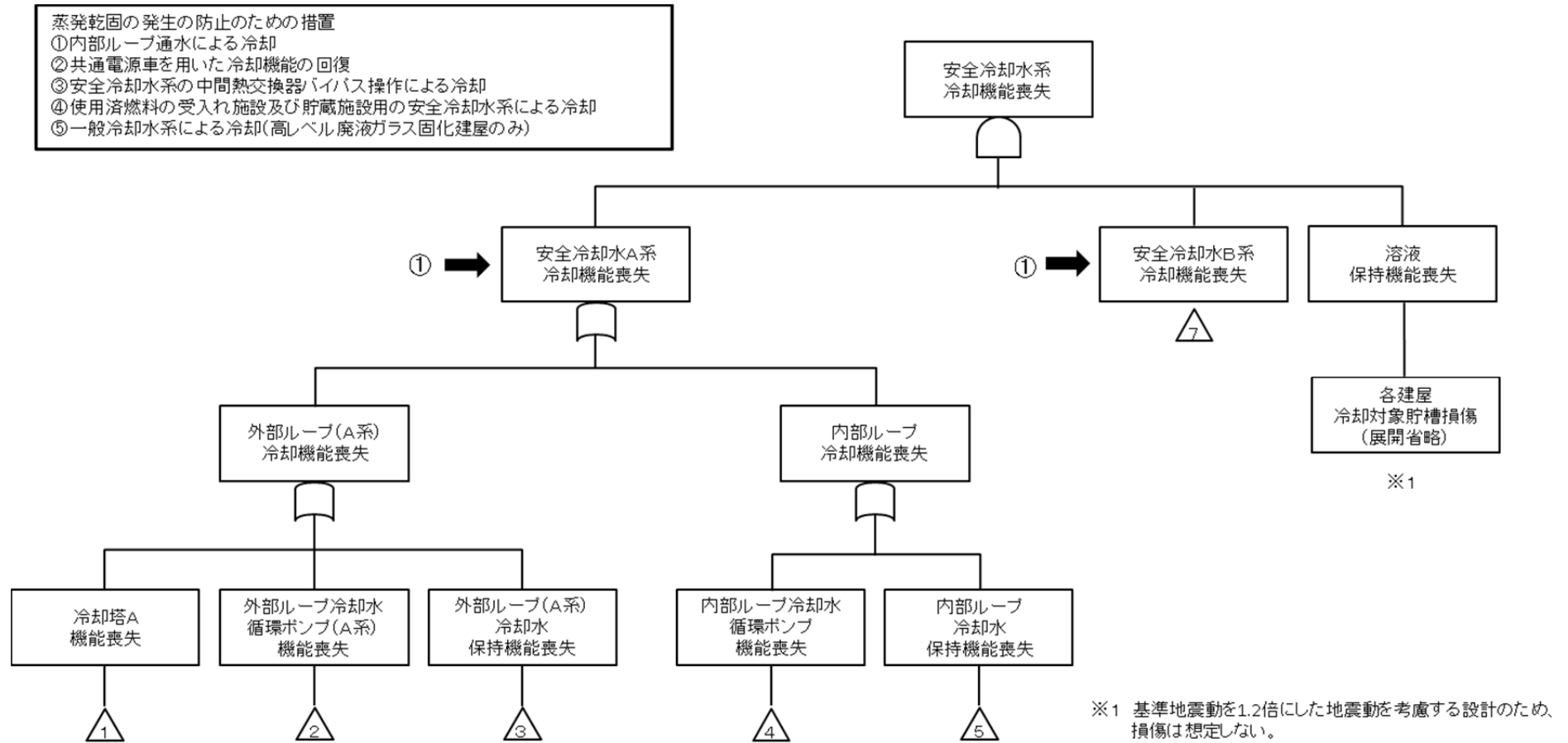
## 蒸発乾固の発生の防止のための措置に関するFT

前処理建屋蒸発乾固2

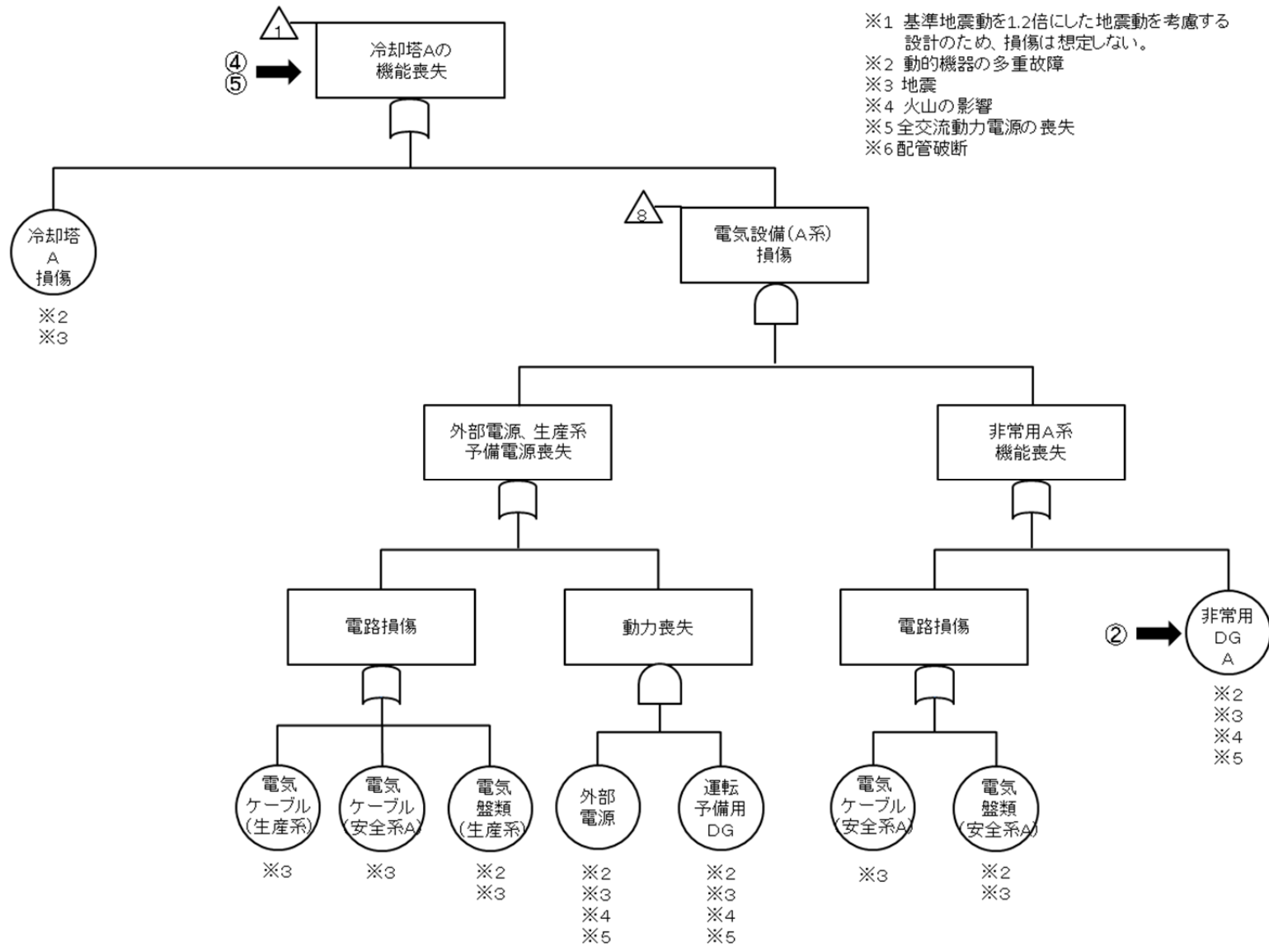
分離建屋蒸発乾固2

精製建屋蒸発乾固2

第 7.1.2-1 図 フォールトツリー（蒸発乾固）（その 9）

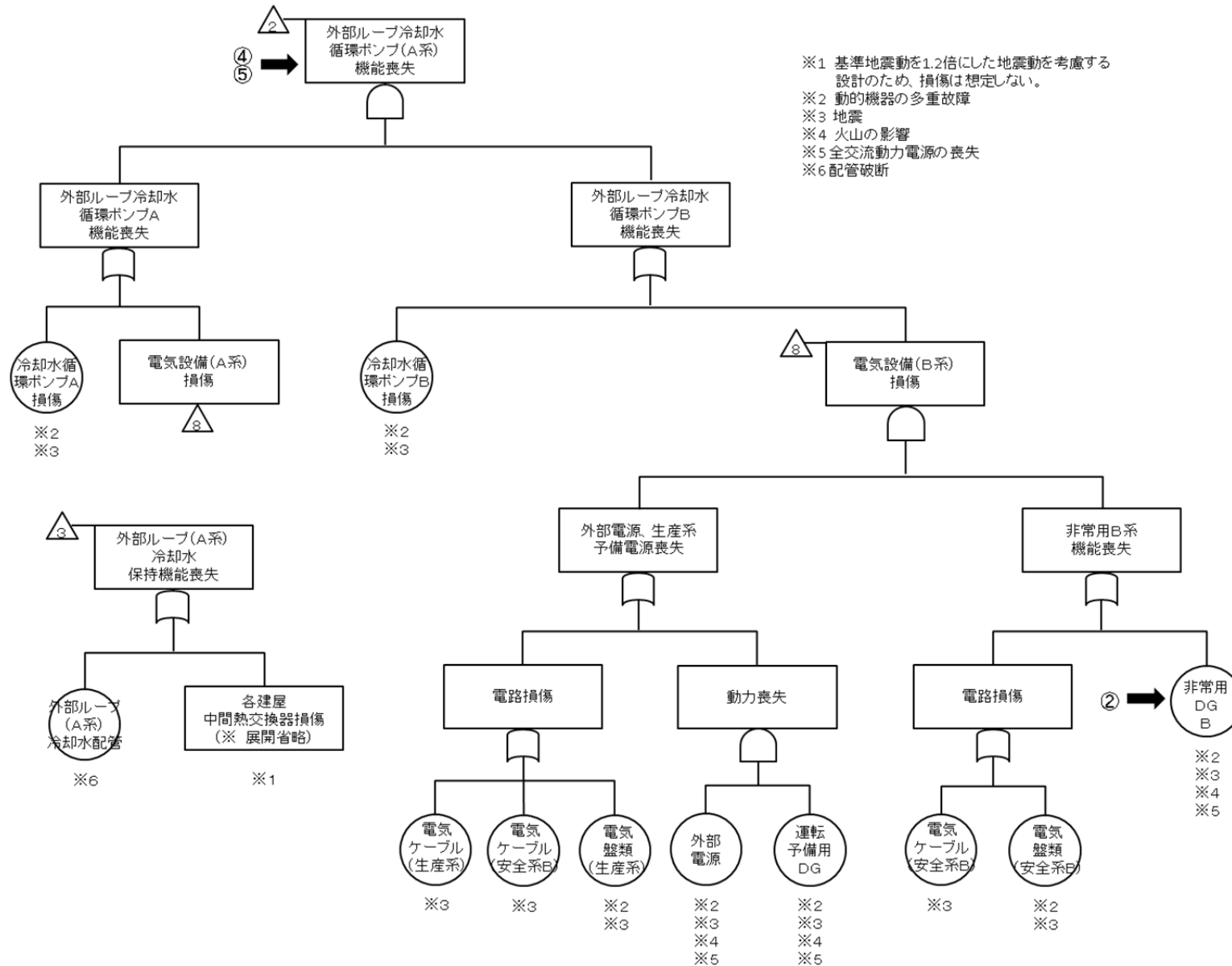


第 7.1.2-1 図 フォールトツリー (蒸発乾固) (その 10)

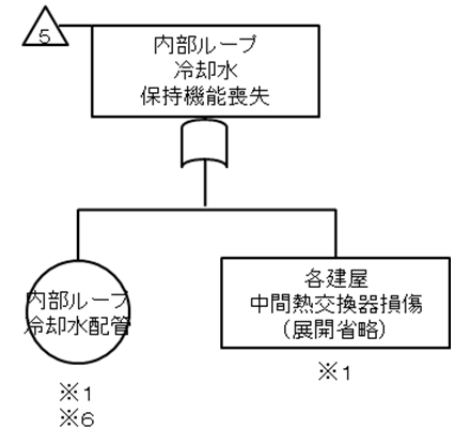
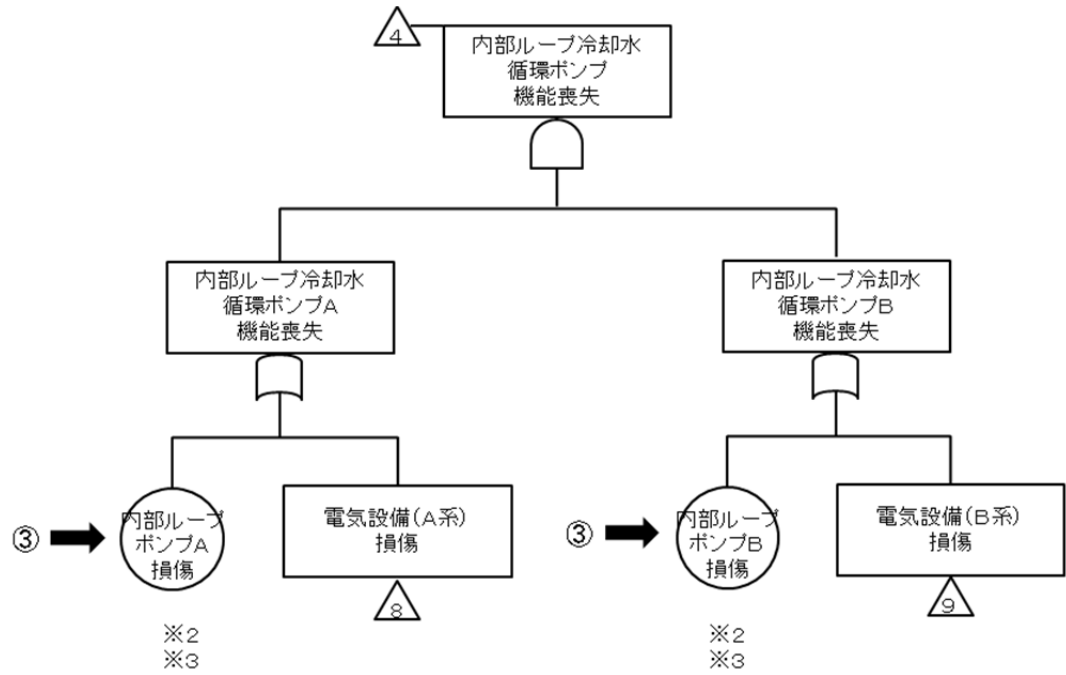


第 7.1.2-1 図 フォールトツリー (蒸発乾固) (その 11)



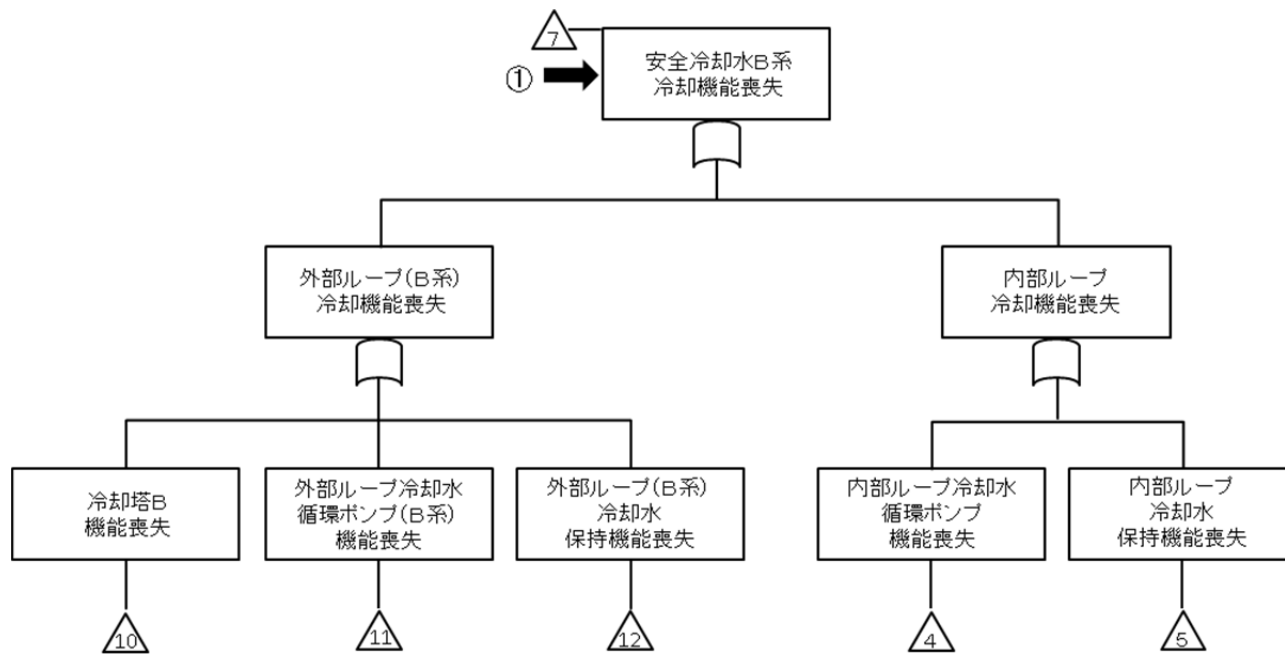


第 7.1.2-1 図 フォールトツリー (蒸発乾固) (その 12)

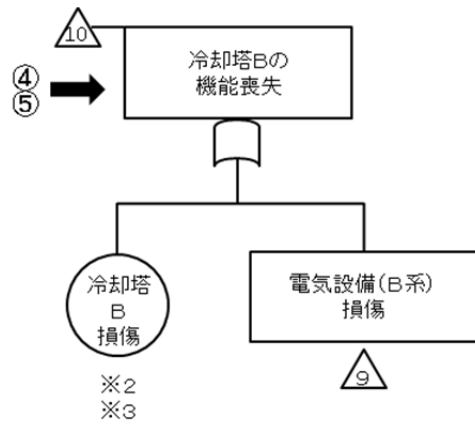


- ※1 基準地震動を1.2倍にした地震動を考慮する設計のため、損傷は想定しない。
- ※2 動的機器の多重故障
- ※3 地震
- ※4 火山の影響
- ※5 全交流動力電源の喪失
- ※6 配管破断

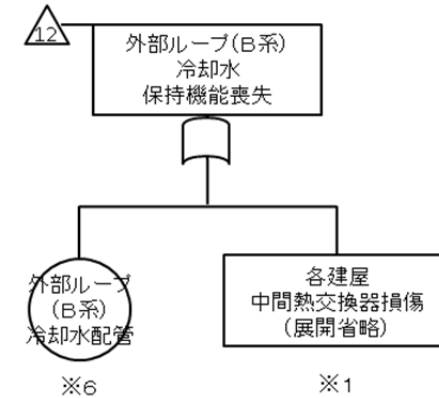
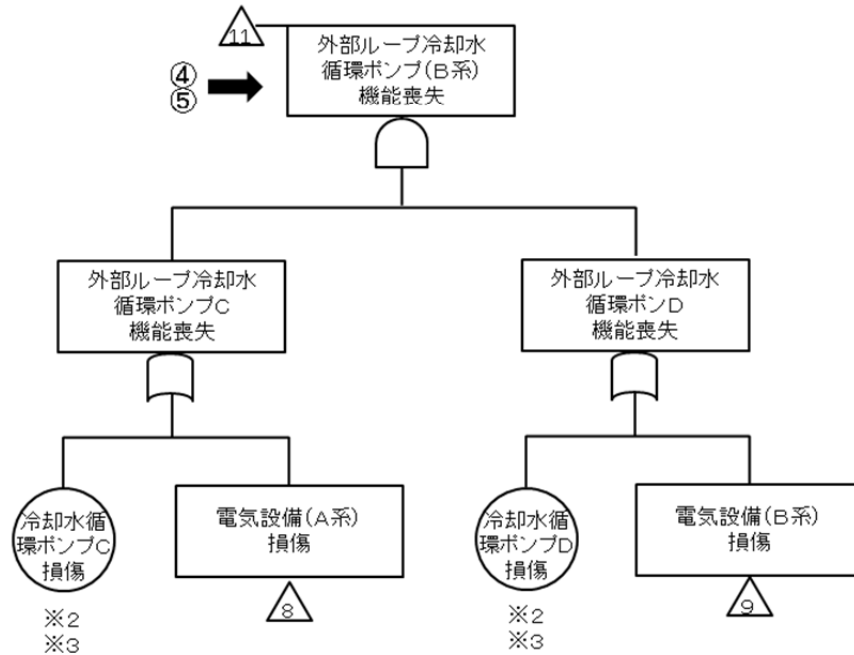
第 7.1.2-1 図 フォールトツリー (蒸発乾固) (その 13)



第 7.1.2-1 図 フォールトツリー (蒸発乾固) (その 14)



- ※1 基準地震動を1.2倍にした地震動を考慮する設計のため、損傷は想定しない。
- ※2 動的機器の多重故障
- ※3 地震
- ※4 火山の影響
- ※5 全交流動力電源の喪失
- ※6 配管破断

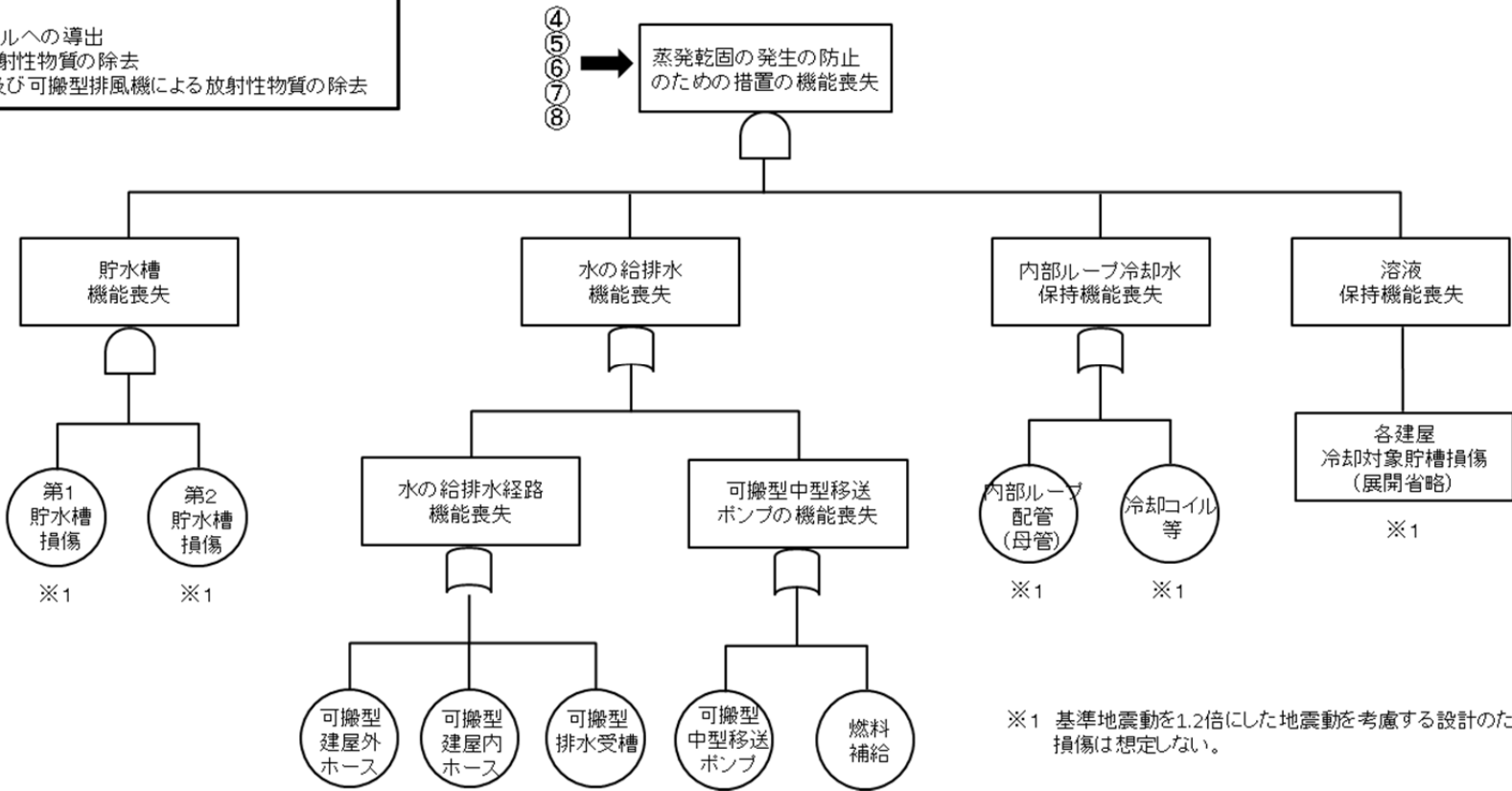


第 7.1.2-1 図 フォールトツリー (蒸発乾固) (その 15)

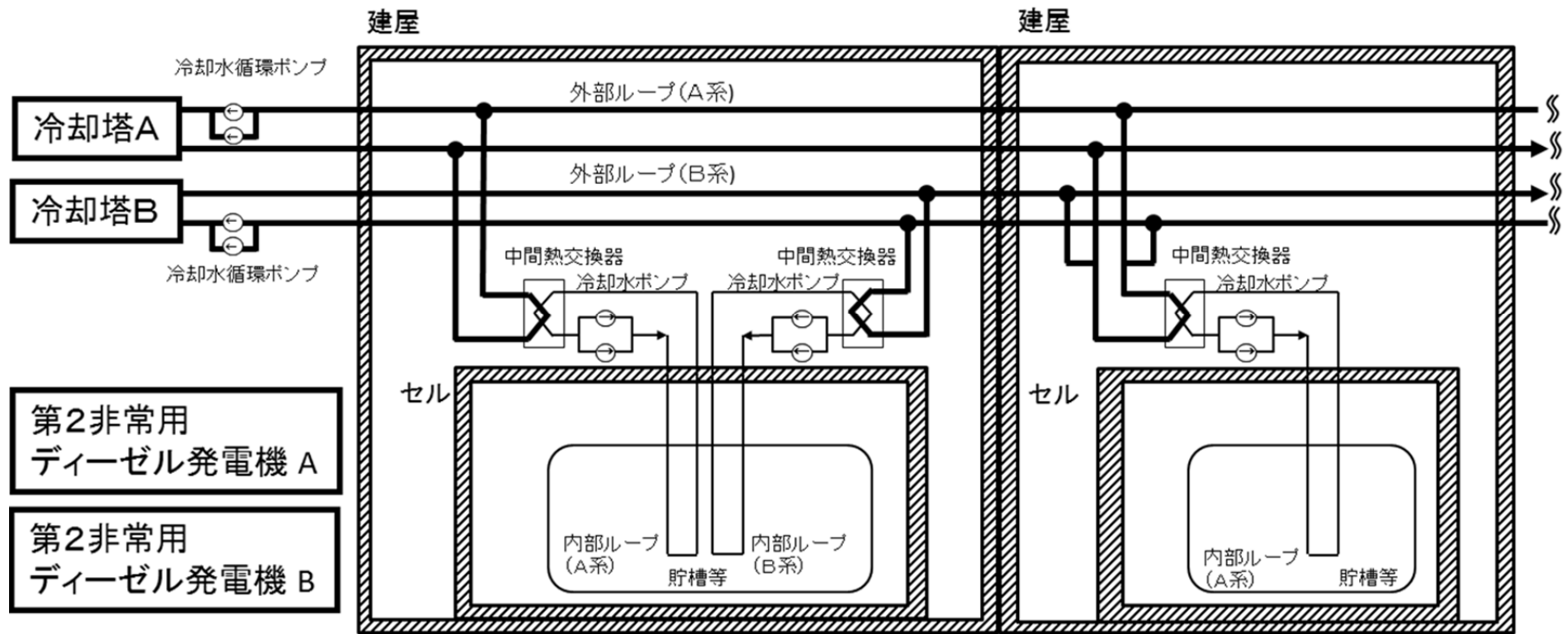
## 蒸発乾固の拡大の防止のための措置に関するFT

第 7.1.2-1 図 フォールトツリー（蒸発乾固）（その 16）

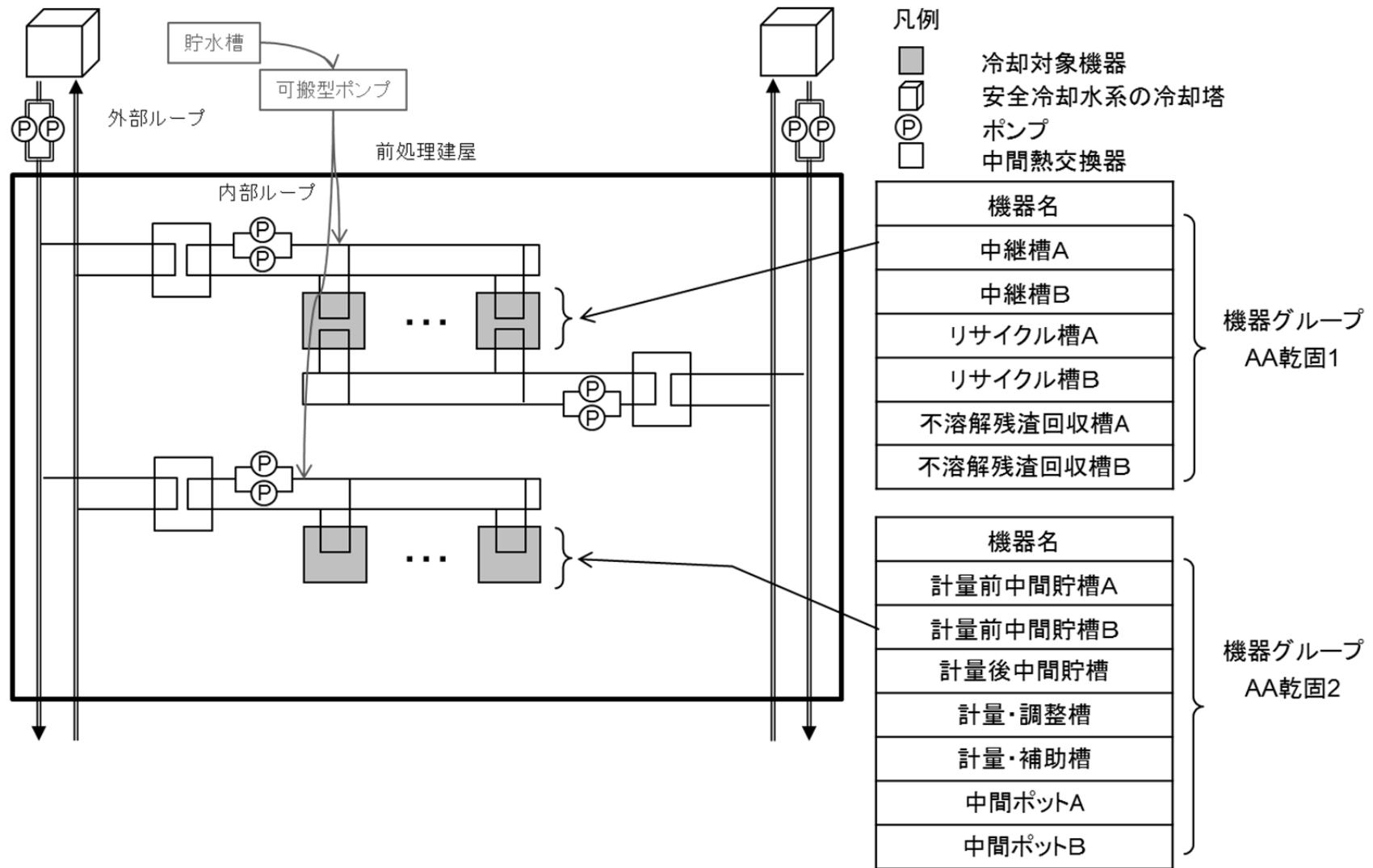
蒸発乾固の拡大の防止のための措置  
 ④ 冷却コイル等への通水  
 ⑤ 機器への注水  
 ⑥ 放射性物質のセルへの導出  
 ⑦ 凝縮器による放射性物質の除去  
 ⑧ 可搬型フィルタ及び可搬型排風機による放射性物質の除去



第 7.1.2-1 図 フォールトツリー (蒸発乾固) (その 17)

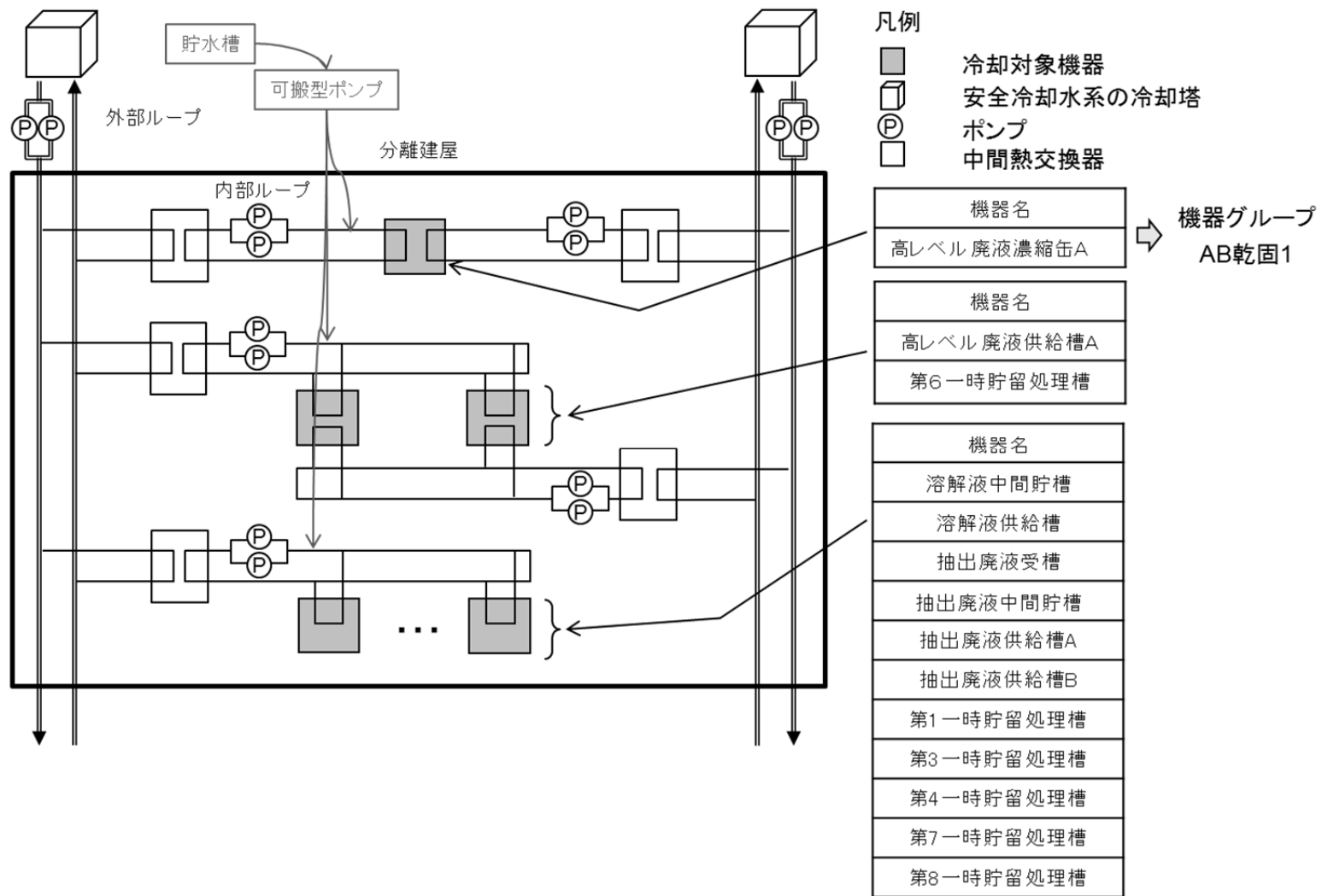


第 7.1.2-2 図 安全冷却水系の系統概要図

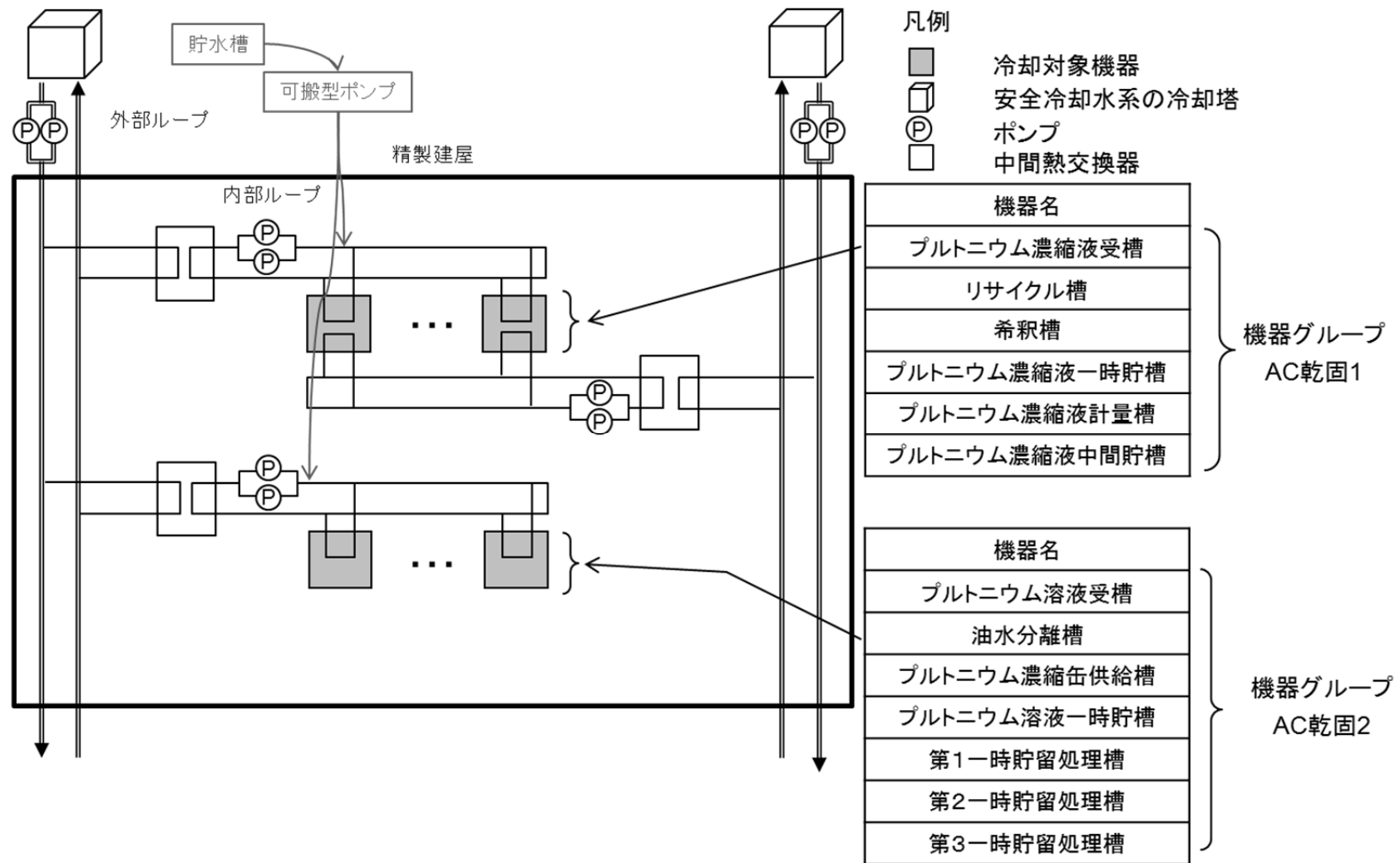


第 7.1.2-3 図 前処理建屋内部ループ構成概要図(機器グループ)

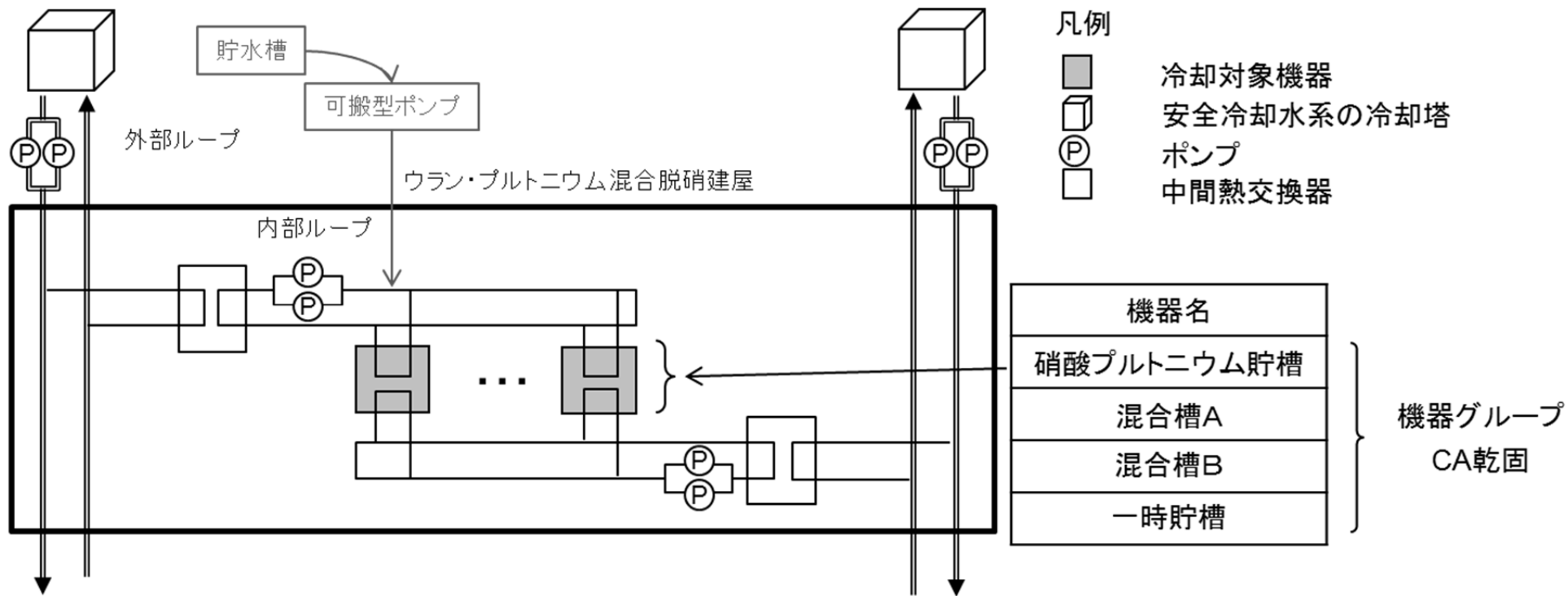




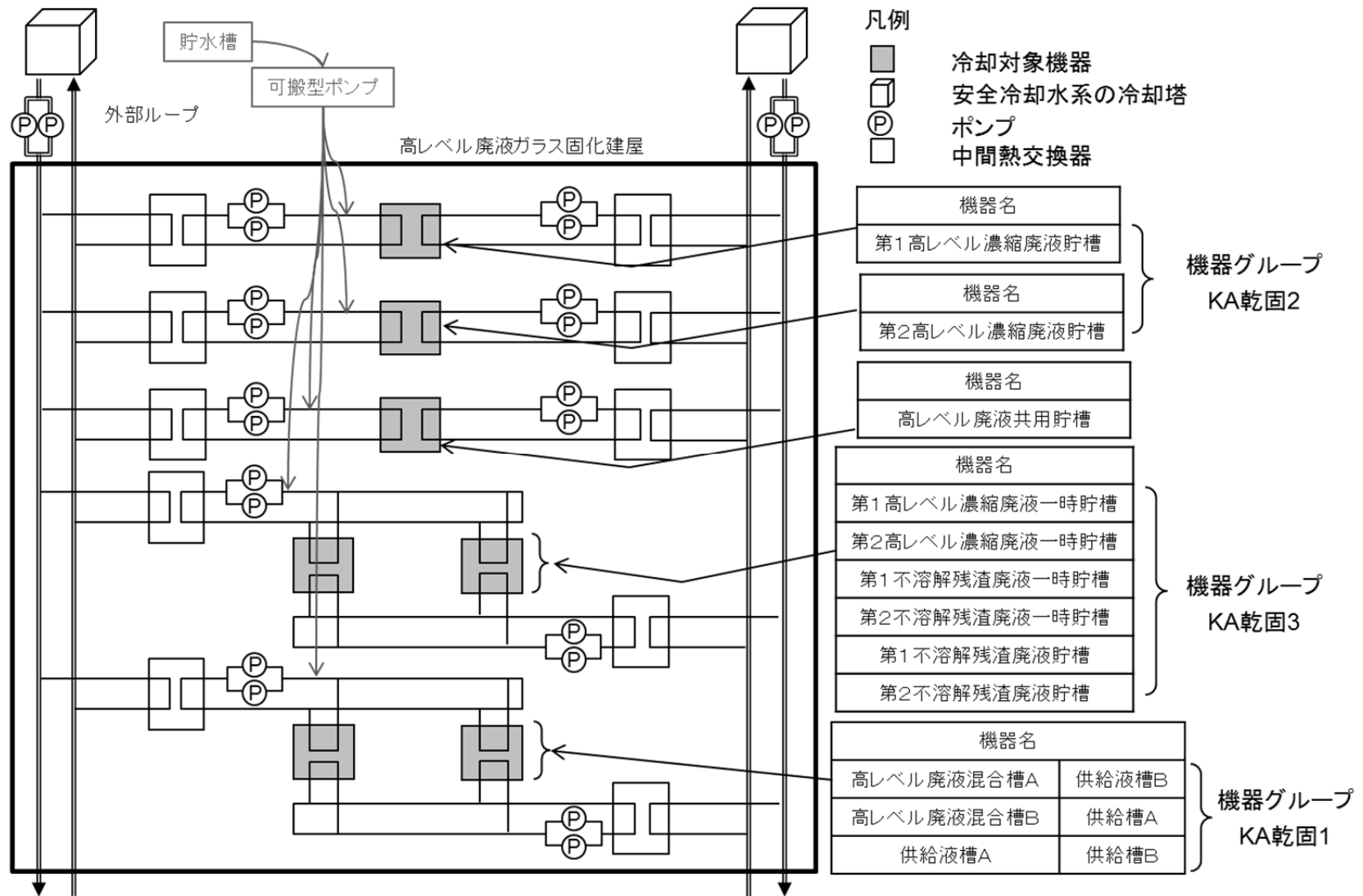
第 7.1.2-4 図 分離建屋内部ループ構成概要図(機器グループ)



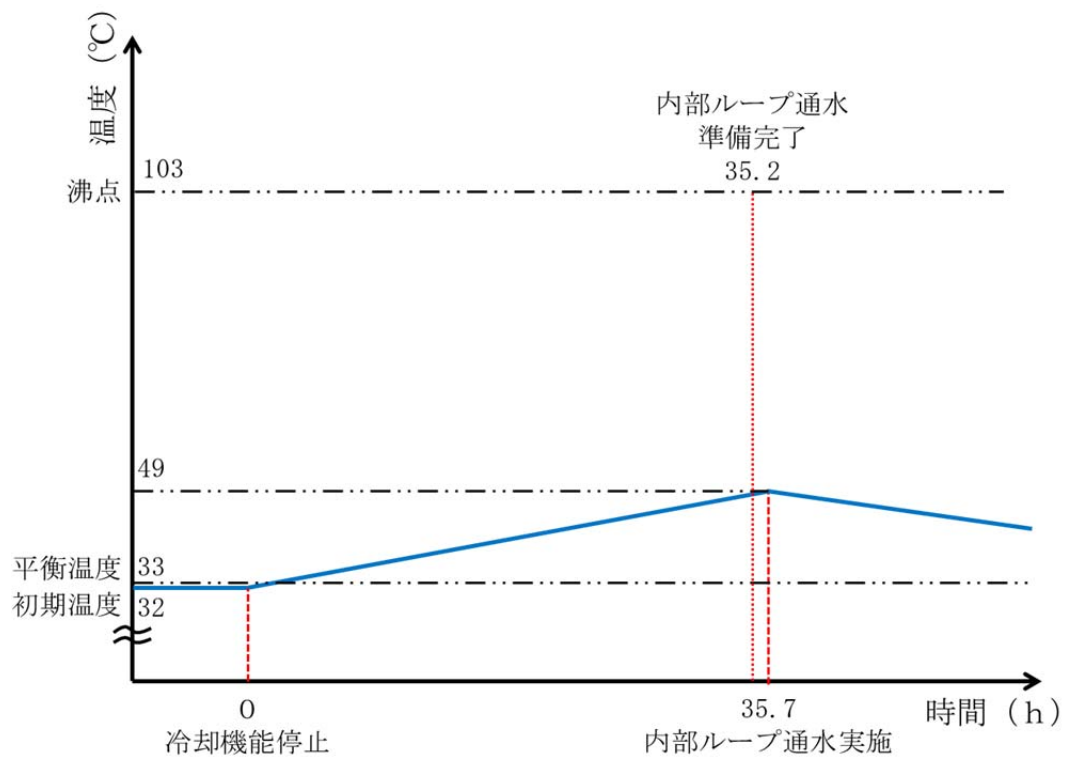
第 7.1.2-5 図 精製建屋内部ループ構成概要図(機器グループ)



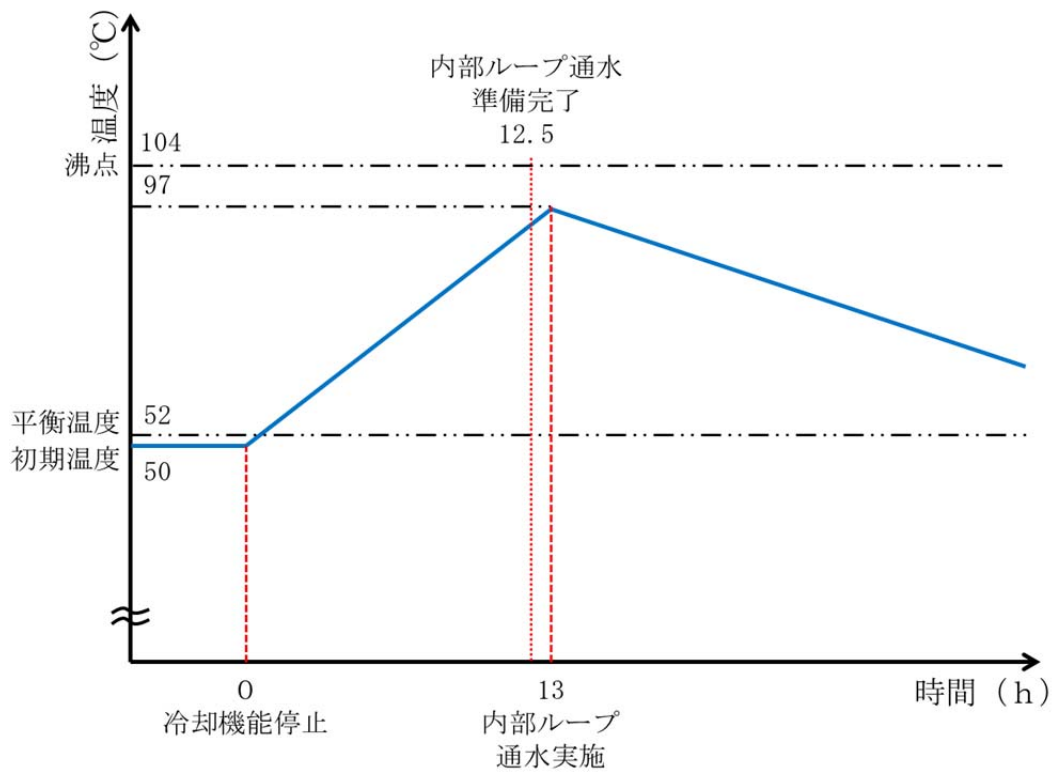
第 7.1.2-6 図 ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋内部ループ構成概要図(機器グループ)



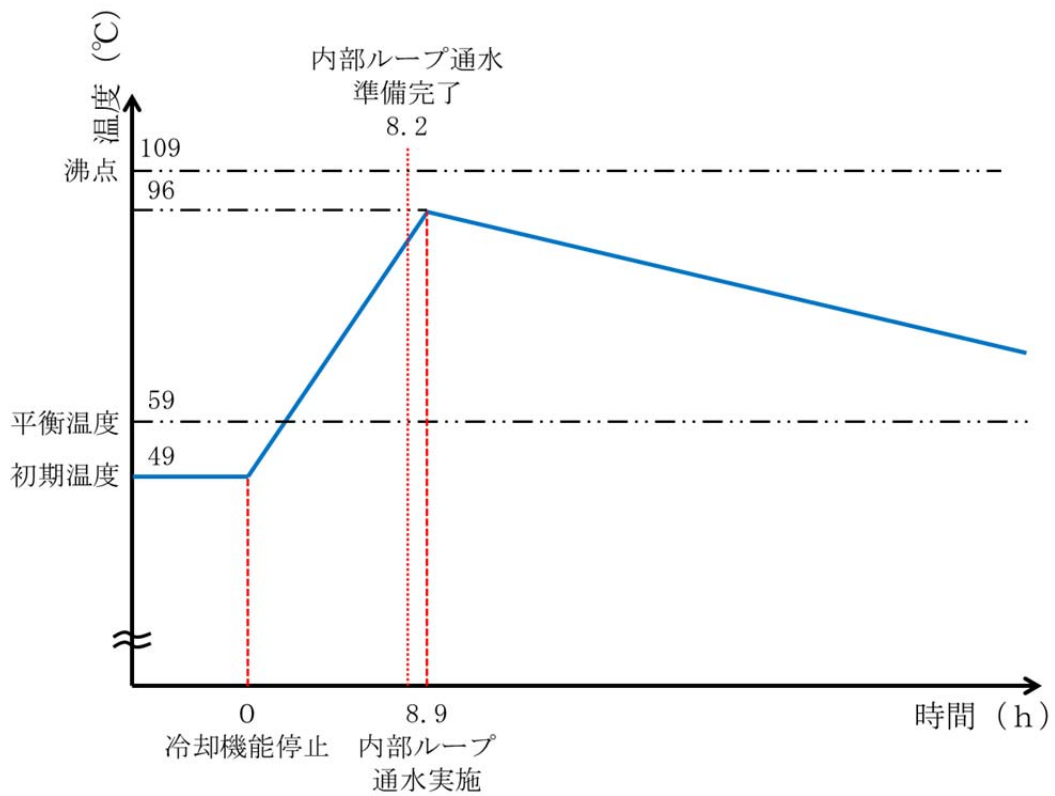
第 7. 1. 2- 7 図 高レベル廃液ガラス固化建屋内部ループ構成概要図(機器グループ)



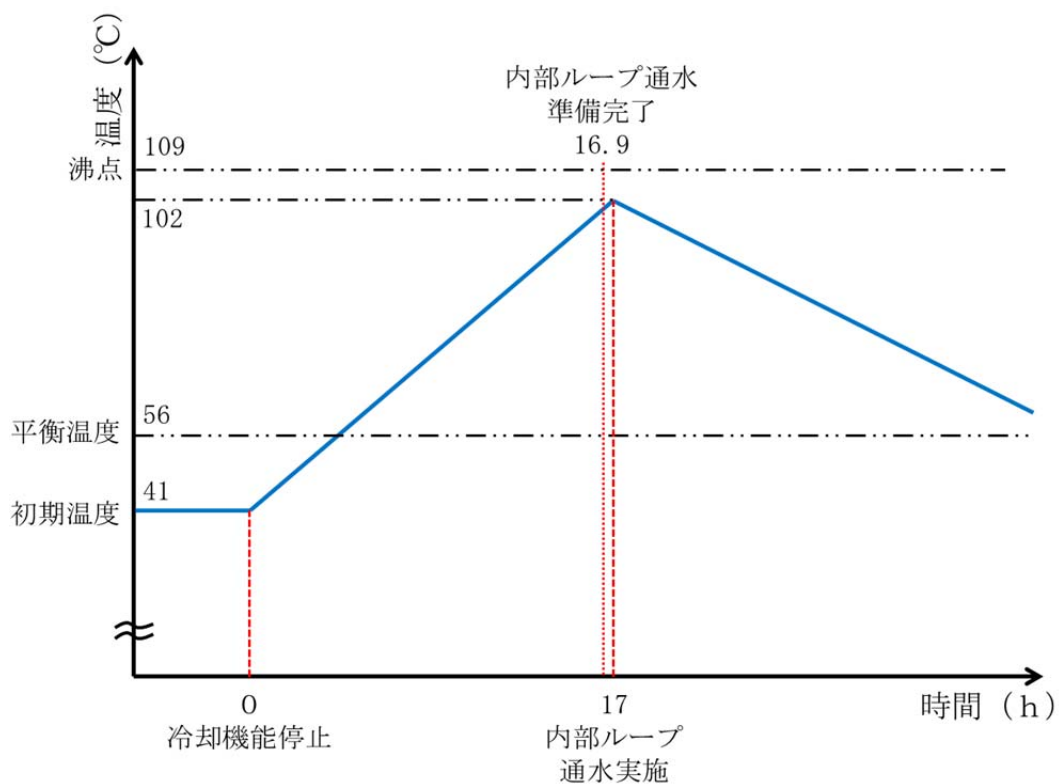
第 7.1.2-8 図 内部ループ通水実施時の計量前中間貯槽に内包する溶液の温度傾向



第 7.1.2-9 図 内部ループ通水実施時の高レベル廃液濃縮缶に内包する溶液の温度傾向

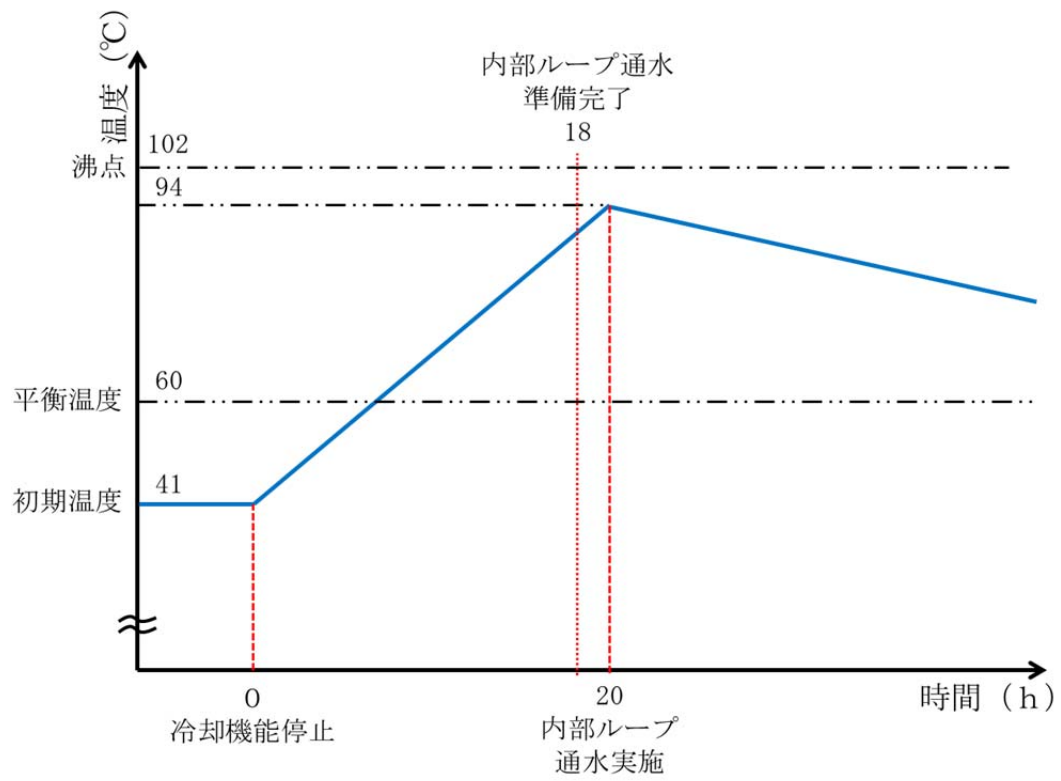


第 7.1.2-10 図 内部ループ通水実施時のプルトニウム濃縮液一時貯槽に内包する溶液の温度傾向

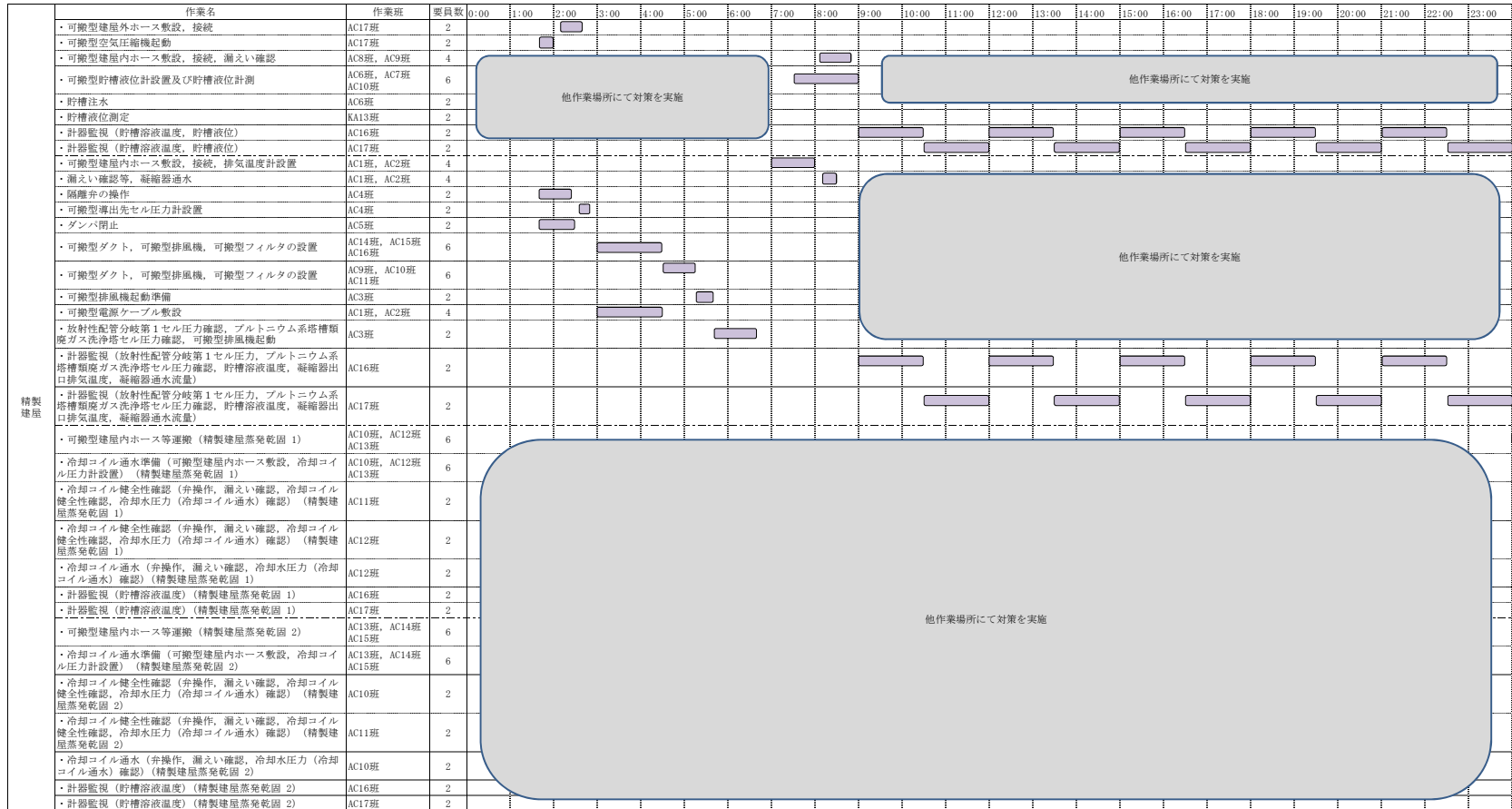


第 7.1.2-11 図 内部ループ通水実施時の硝酸プルトニウム貯槽に内包する溶液の温度傾向





第 7. 1. 2-12 図 内部ループ通水実施時の高レベル廃液混合槽に内包する溶液の温度傾向



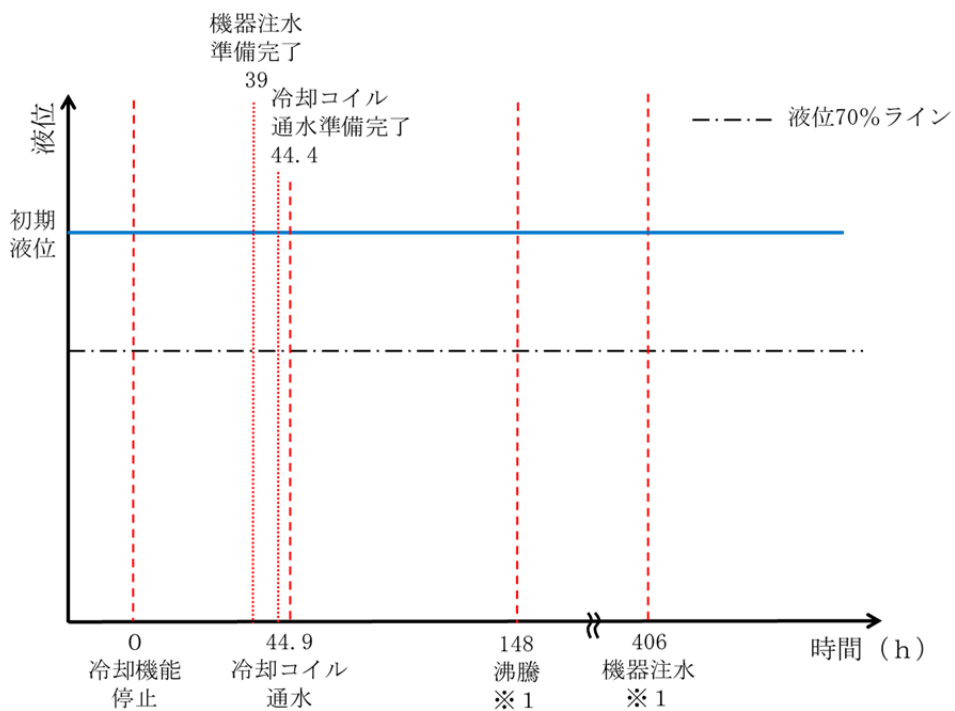
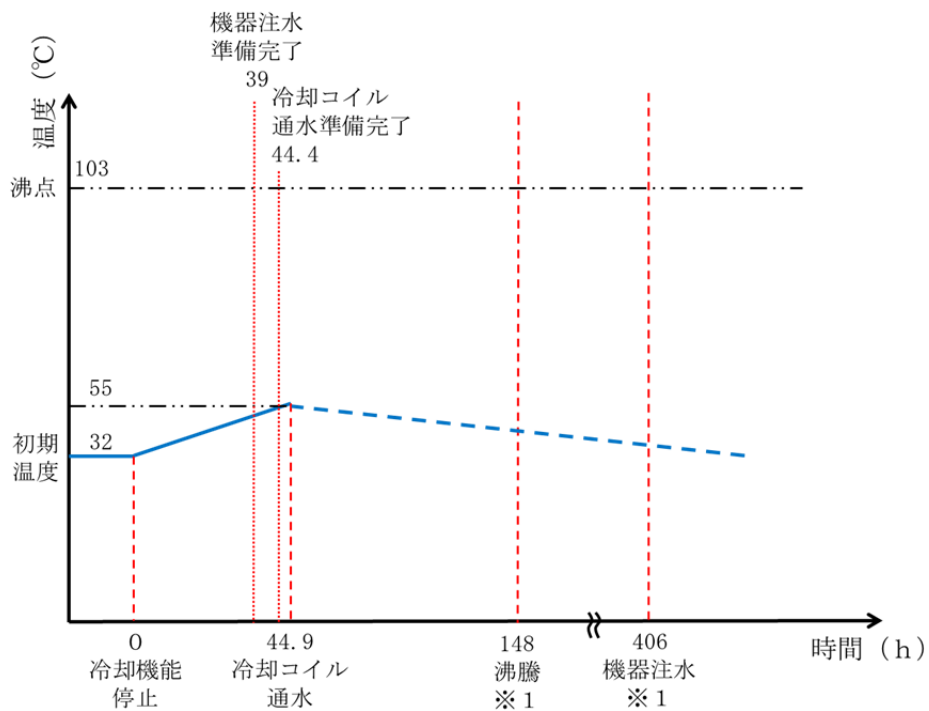
第7.2.1-1 図 精製建屋における機器への注水、冷却コイル等通水及び放出低減対策に必要な要員及び作業項目 (その1)

	作業名	作業班	要員数	24:00	25:00	26:00	27:00	28:00	29:00	30:00	31:00	32:00	33:00	34:00	35:00	36:00	37:00	38:00	39:00	40:00	41:00	42:00	43:00	44:00	45:00	46:00	47:00	
精製 建屋	・可搬型建屋外ホース敷設、接続	AC17班	2																									
	・可搬型空気圧縮機起動	AC17班	2																									
	・可搬型建屋内ホース敷設、接続、漏えい確認	AC8班, AC9班	4																									
	・可搬型貯槽液位計設置及び貯槽液位計測	AC6班, AC7班 AC10班	6																									
	・貯槽注水	AC6班	2																									
	・貯槽液位測定	KA13班	2																									
	・計器監視 (貯槽溶液温度, 貯槽液位)	AC16班	2																									
	・計器監視 (貯槽溶液温度, 貯槽液位)	AC17班	2																									
	・可搬型建屋内ホース敷設、接続、排気温度計設置	AC1班, AC2班	4																									
	・漏えい確認等、凝縮器通水	AC1班, AC2班	4																									
	・隔離弁の操作	AC4班	2																									
	・可搬型薄出先セル圧力計設置	AC4班	2																									
	・ダンパ閉止	AC5班	2																									
	・可搬型ダクト、可搬型排風機、可搬型フィルタの設置	AC14班, AC15班 AC16班	6																									
	・可搬型ダクト、可搬型排風機、可搬型フィルタの設置	AC9班, AC10班 AC11班	6																									
	・可搬型排風機起動準備	AC3班	2																									
	・可搬型電源ケーブル敷設	AC1班, AC2班	4																									
	・放射性配管分岐第1セル圧力確認、プルトニウム系塔槽類 底ガス洗浄塔セル圧力確認、可搬型排風機起動	AC3班	2																									
	・計器監視 (放射性配管分岐第1セル圧力、プルトニウム系 塔槽類底ガス洗浄塔セル圧力確認、貯槽溶液温度、凝縮器出 口排気温度、凝縮器通水流量)	AC16班	2																									
	・計器監視 (放射性配管分岐第1セル圧力、プルトニウム系 塔槽類底ガス洗浄塔セル圧力確認、貯槽溶液温度、凝縮器出 口排気温度、凝縮器通水流量)	AC17班	2																									
	・可搬型建屋内ホース等運搬 (精製建屋蒸発乾固 1)	AC10班, AC12班 AC13班	6																									
	・冷却コイル通水準備 (可搬型建屋内ホース敷設、冷却コイ ル圧力計設置) (精製建屋蒸発乾固 1)	AC10班, AC12班 AC13班	6																									
	・冷却コイル健全性確認 (弁操作、漏えい確認、冷却コイル 健全性確認、冷却水圧力 (冷却コイル通水) 確認) (精製建 屋蒸発乾固 1)	AC11班	2																									
	・冷却コイル健全性確認 (弁操作、漏えい確認、冷却コイル 健全性確認、冷却水圧力 (冷却コイル通水) 確認) (精製建 屋蒸発乾固 1)	AC12班	2																									
	・冷却コイル通水 (弁操作、漏えい確認、冷却水圧力 (冷却 コイル通水) 確認) (精製建屋蒸発乾固 1)	AC12班	2																									
	・計器監視 (貯槽溶液温度) (精製建屋蒸発乾固 1)	AC16班	2																									
	・計器監視 (貯槽溶液温度) (精製建屋蒸発乾固 1)	AC17班	2																									
	・可搬型建屋内ホース等運搬 (精製建屋蒸発乾固 2)	AC13班, AC14班 AC15班	6																									
	・冷却コイル通水準備 (可搬型建屋内ホース敷設、冷却コイ ル圧力計設置) (精製建屋蒸発乾固 2)	AC13班, AC14班 AC15班	6																									
	・冷却コイル健全性確認 (弁操作、漏えい確認、冷却コイル 健全性確認、冷却水圧力 (冷却コイル通水) 確認) (精製建 屋蒸発乾固 2)	AC10班	2																									
・冷却コイル健全性確認 (弁操作、漏えい確認、冷却コイル 健全性確認、冷却水圧力 (冷却コイル通水) 確認) (精製建 屋蒸発乾固 2)	AC11班	2																										
・冷却コイル通水 (弁操作、漏えい確認、冷却水圧力 (冷却 コイル通水) 確認) (精製建屋蒸発乾固 2)	AC10班	2																										
・計器監視 (貯槽溶液温度) (精製建屋蒸発乾固 2)	AC16班	2																										
・計器監視 (貯槽溶液温度) (精製建屋蒸発乾固 2)	AC17班	2																										

第7.2.1-1 図 精製建屋における機器への注水、冷却コイル等通水及び放出低減対策に必要な要員及び作業項目 (その2)

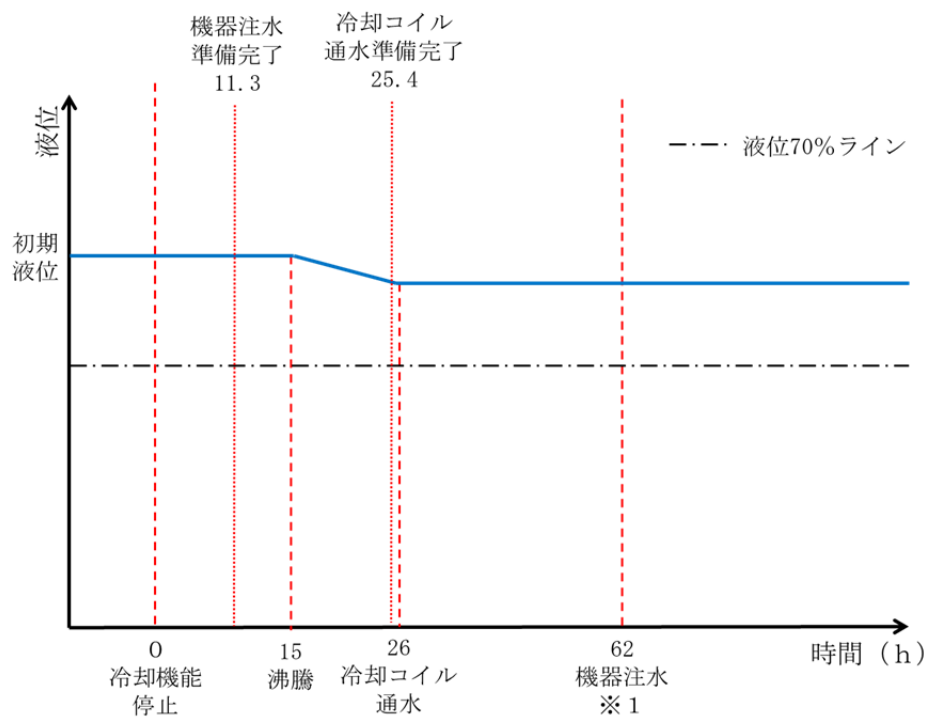
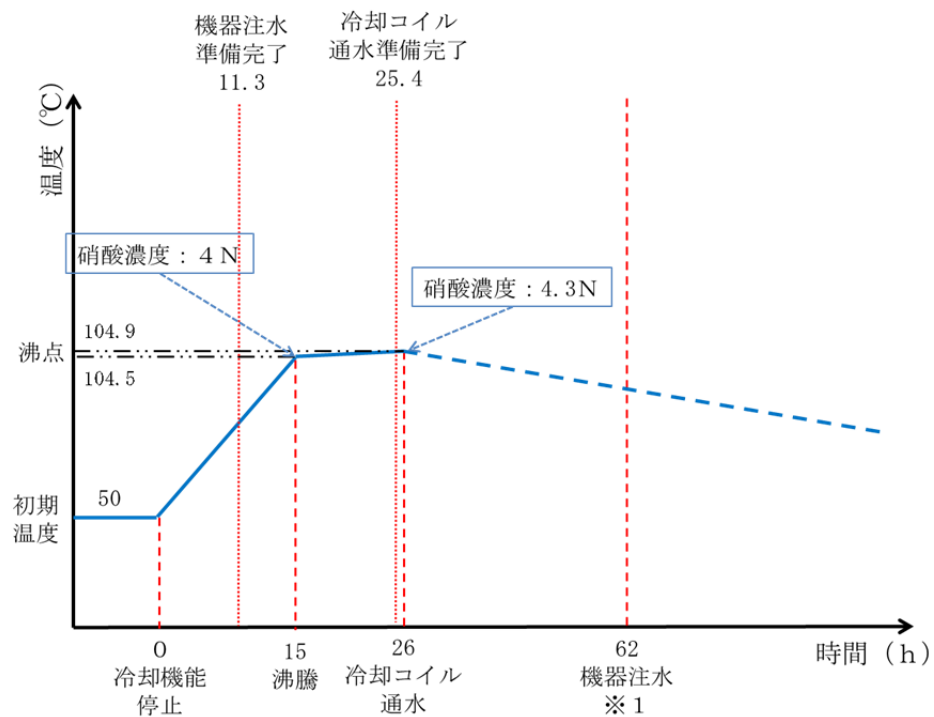
	作業名	作業班	要員数	48:00	49:00	50:00	51:00	52:00	53:00	54:00	55:00	56:00	57:00	58:00	59:00	60:00	61:00	62:00	63:00	64:00	65:00	66:00	67:00	68:00	69:00	70:00	71:00	
精製 建屋	・可搬型建屋外ホース敷設、接続	AC17班	2																									
	・可搬型空気圧縮機起動	AC17班	2																									
	・可搬型建屋内ホース敷設、接続、漏えい確認	AC8班, AC9班	4																									
	・可搬型貯槽液位計設置及び貯槽液位計測	AC6班, AC7班 AC10班	6																									
	・貯槽注水	AC6班	2																									
	・貯槽液位測定	KA13班	2																									
	・計器監視(貯槽溶液温度、貯槽液位)	AC16班	2																									
	・計器監視(貯槽溶液温度、貯槽液位)	AC17班	2																									
	・可搬型建屋内ホース敷設、接続、排気温度計設置	AC1班, AC2班	4																									
	・漏えい確認等、凝縮器通水	AC1班, AC2班	4																									
	・隔離弁の操作	AC4班	2																									
	・可搬型薄出先セル圧力計設置	AC4班	2																									
	・ダンパ閉止	AC5班	2																									
	・可搬型ダクト、可搬型排風機、可搬型フィルタの設置	AC14班, AC15班 AC16班	6																									
	・可搬型ダクト、可搬型排風機、可搬型フィルタの設置	AC9班, AC10班 AC11班	6																									
	・可搬型排風機起動準備	AC3班	2																									
	・可搬型電源ケーブル敷設	AC1班, AC2班	4																									
	・放射性配管分岐第1セル圧力確認、プルトニウム系塔槽類 底ガス洗浄塔セル圧力確認、可搬型排風機起動	AC3班	2																									
	・計器監視(放射性配管分岐第1セル圧力、プルトニウム系 塔槽類底ガス洗浄塔セル圧力確認、貯槽溶液温度、凝縮器出 口排気温度、凝縮器通水流量)	AC16班	2																									
	・計器監視(放射性配管分岐第1セル圧力、プルトニウム系 塔槽類底ガス洗浄塔セル圧力確認、貯槽溶液温度、凝縮器出 口排気温度、凝縮器通水流量)	AC17班	2																									
	・可搬型建屋内ホース等運搬(精製建屋蒸発乾固 1)	AC10班, AC12班 AC13班	6																									
	・冷却コイル通水準備(可搬型建屋内ホース敷設、冷却コイ ル圧力計設置)(精製建屋蒸発乾固 1)	AC10班, AC12班 AC13班	6																									
	・冷却コイル健全性確認(弁操作、漏えい確認、冷却コイ ル健全性確認、冷却水圧力(冷却コイル通水)確認)(精製建 屋蒸発乾固 1)	AC11班	2																									
	・冷却コイル健全性確認(弁操作、漏えい確認、冷却コイ ル健全性確認、冷却水圧力(冷却コイル通水)確認)(精製建 屋蒸発乾固 1)	AC12班	2																									
	・冷却コイル通水(弁操作、漏えい確認、冷却水圧力(冷 却コイル通水)確認)(精製建屋蒸発乾固 1)	AC12班	2																									
	・計器監視(貯槽溶液温度)(精製建屋蒸発乾固 1)	AC16班	2																									
	・計器監視(貯槽溶液温度)(精製建屋蒸発乾固 1)	AC17班	2																									
	・可搬型建屋内ホース等運搬(精製建屋蒸発乾固 2)	AC13班, AC14班 AC15班	6																									
	・冷却コイル通水準備(可搬型建屋内ホース敷設、冷却コイ ル圧力計設置)(精製建屋蒸発乾固 2)	AC13班, AC14班 AC15班	6																									
	・冷却コイル健全性確認(弁操作、漏えい確認、冷却コイ ル健全性確認、冷却水圧力(冷却コイル通水)確認)(精製建 屋蒸発乾固 2)	AC10班	2																									
・冷却コイル健全性確認(弁操作、漏えい確認、冷却コイ ル健全性確認、冷却水圧力(冷却コイル通水)確認)(精製建 屋蒸発乾固 2)	AC11班	2																										
・冷却コイル通水(弁操作、漏えい確認、冷却水圧力(冷 却コイル通水)確認)(精製建屋蒸発乾固 2)	AC10班	2																										
・計器監視(貯槽溶液温度)(精製建屋蒸発乾固 2)	AC16班	2																										
・計器監視(貯槽溶液温度)(精製建屋蒸発乾固 2)	AC17班	2																										

第7.2.1-1 図 精製建屋における機器への注水、冷却コイル等通水及び放出低減対策に必要な要員及び作業項目(その3)



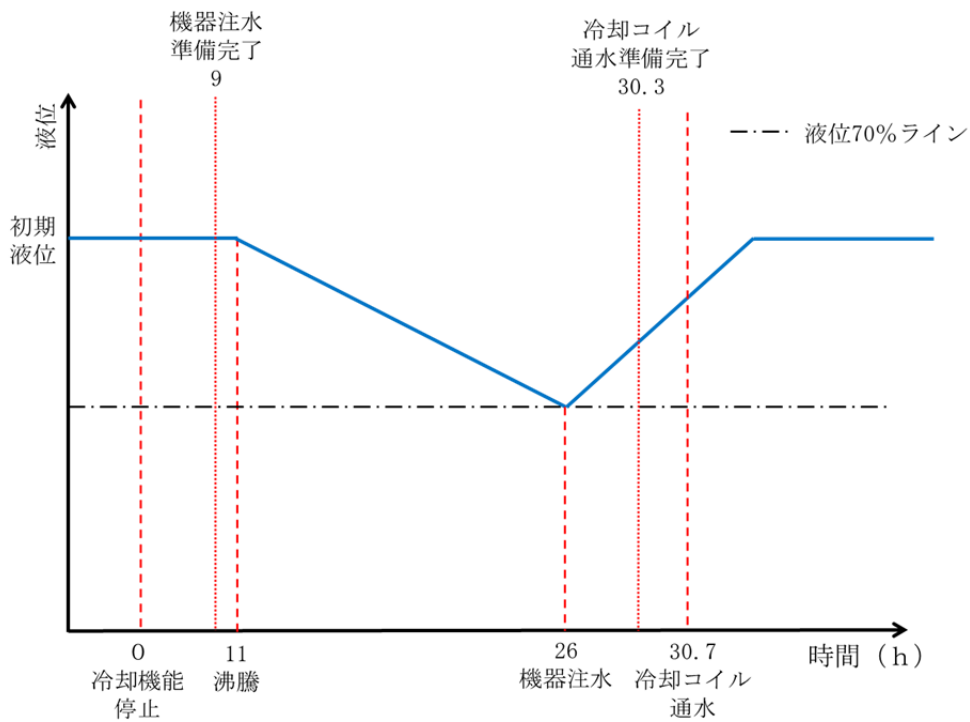
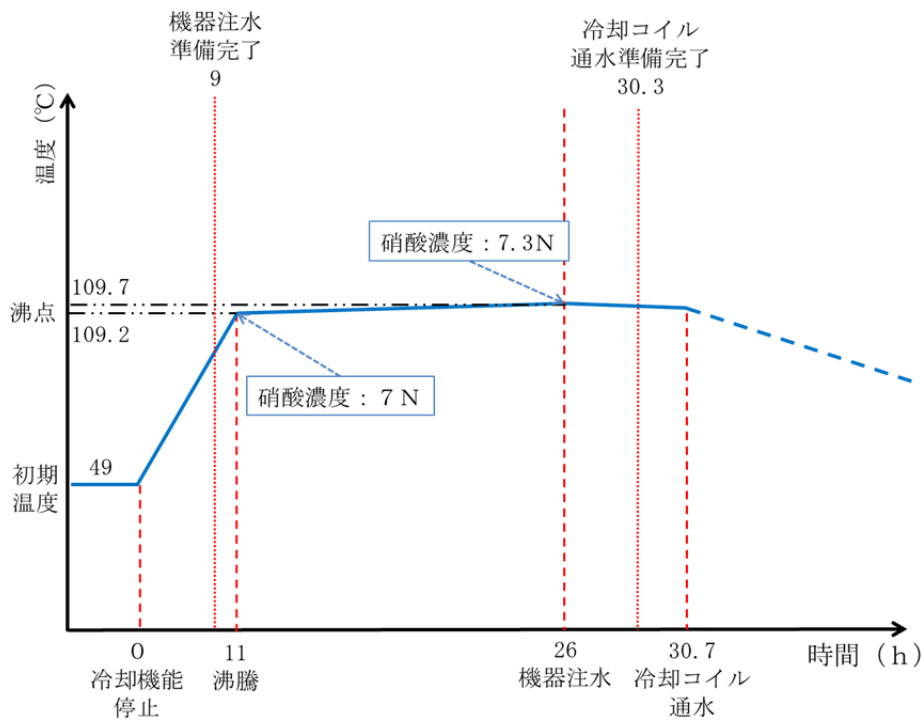
※1 冷却コイル通水により事態の収束を図るため、沸騰及び機器注水には至らない

第 7. 2. 2- 1 図 冷却コイル等通水及び機器注水実施時の計量前中間貯槽に内包する溶液の温度及び液位傾向



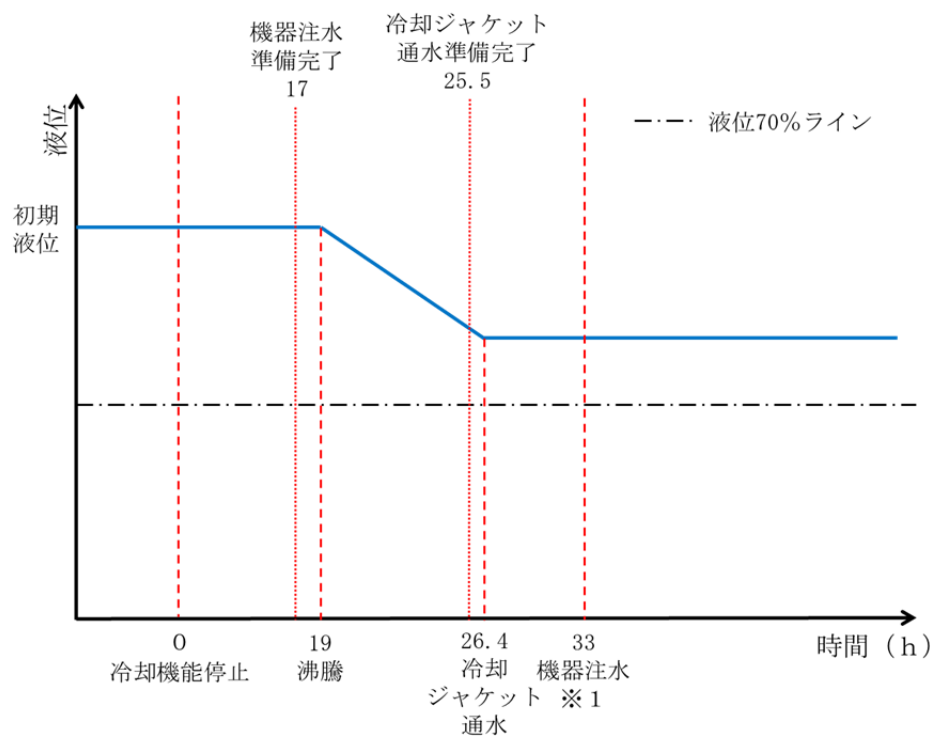
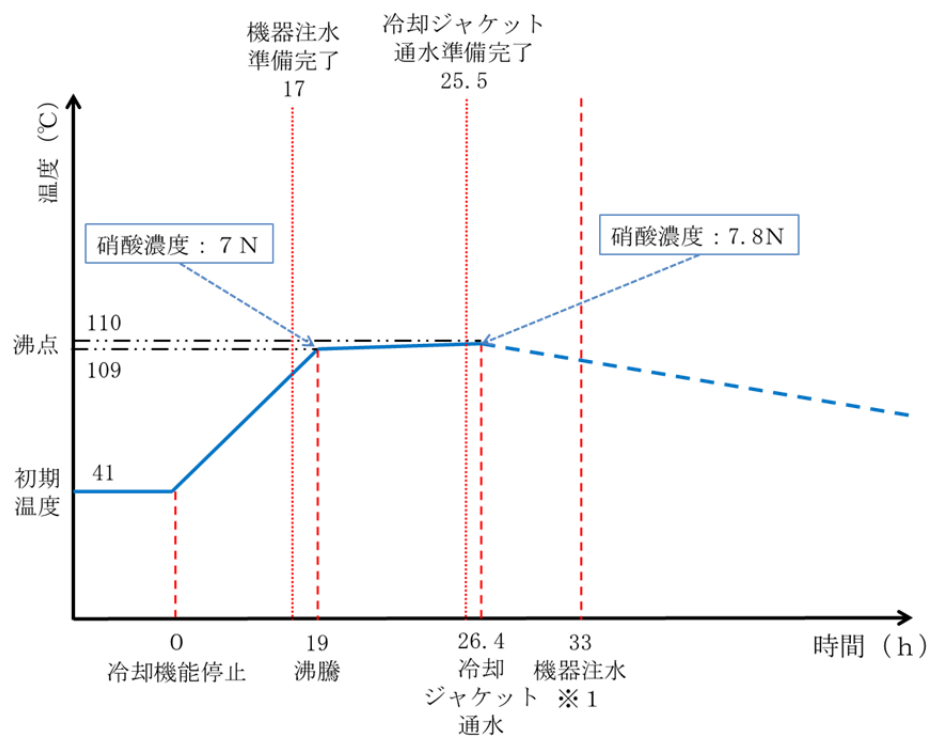
※1 冷却コイル通水により事態の収束を図るため、機器注水には至らない

第 7. 2. 2- 2 図 冷却コイル等通水及び機器注水実施時の高レベル廃液濃縮缶に内包する溶液の温度及び液位傾向



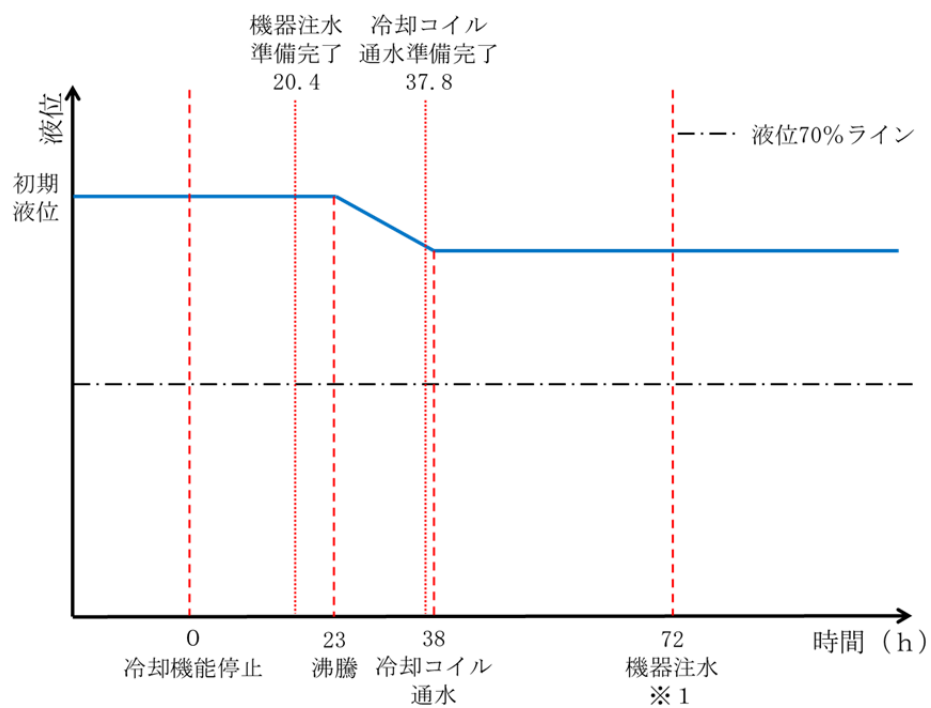
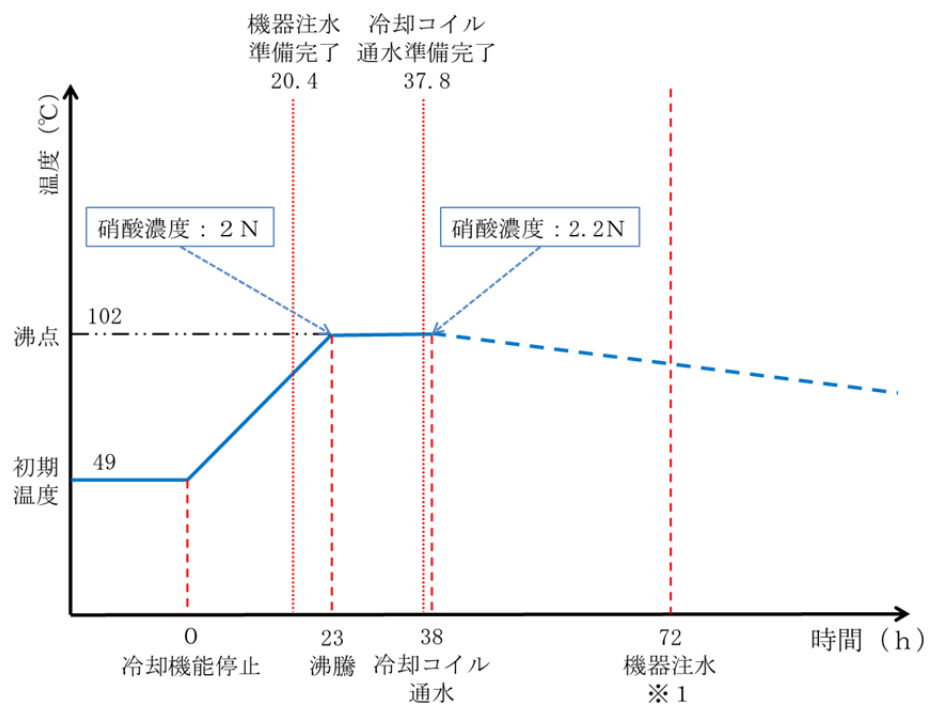
※1 機器注水は蒸発速度に対して3倍の流量で実施した場合を想定する

第7.2.2-3図 冷却コイル等通水及び機器注水実施時のプルトニウム濃縮液一時貯槽に内包する溶液の温度及び液位傾向

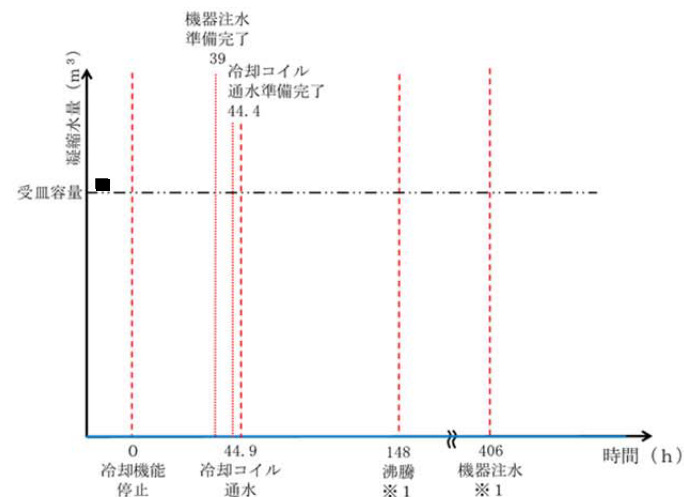
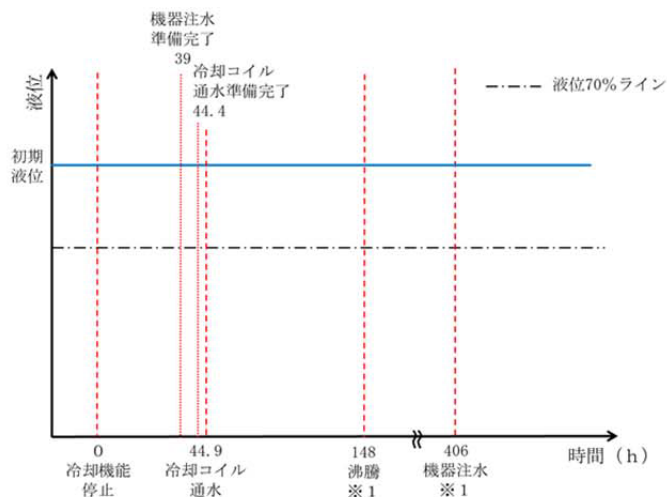
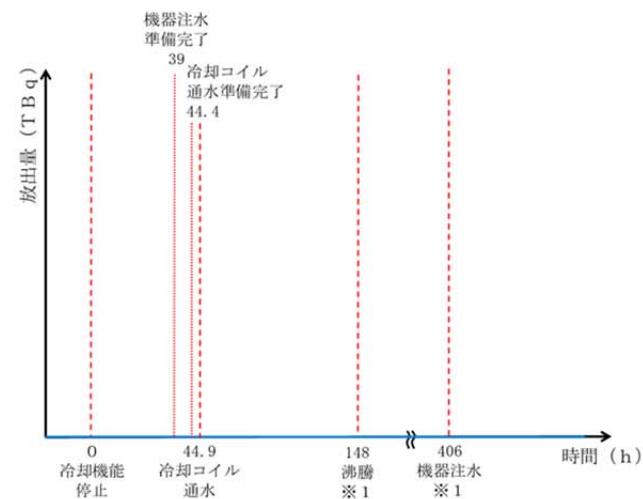
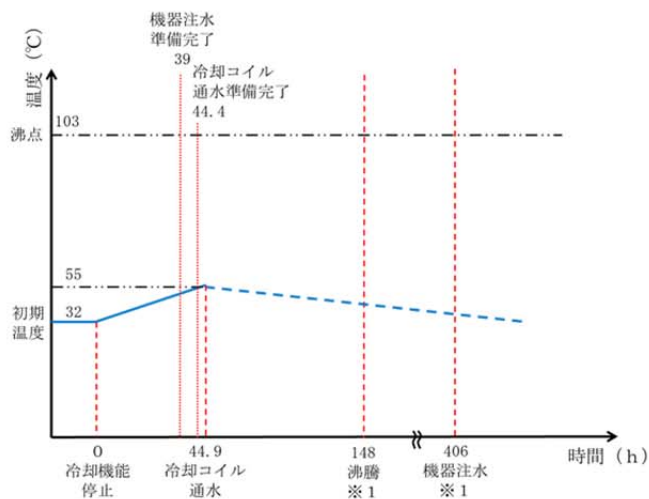


第 7. 2. 2- 4 図 冷却コイル等通水及び機器注水実施時の硝酸プルトニウム貯槽に内包する溶液の温度及び液位傾向





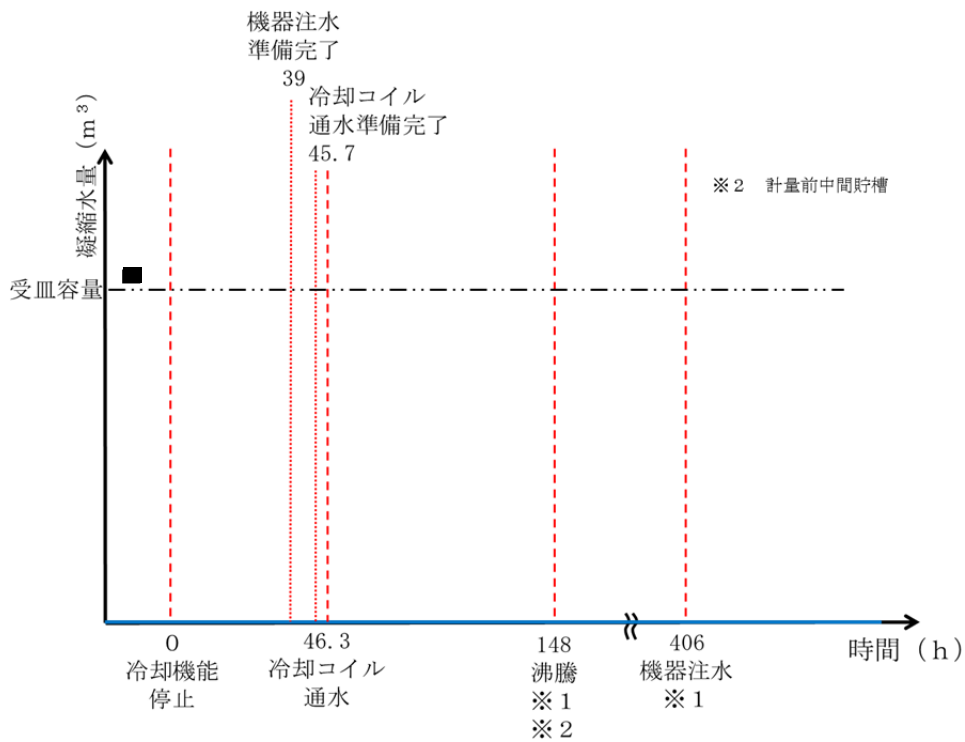
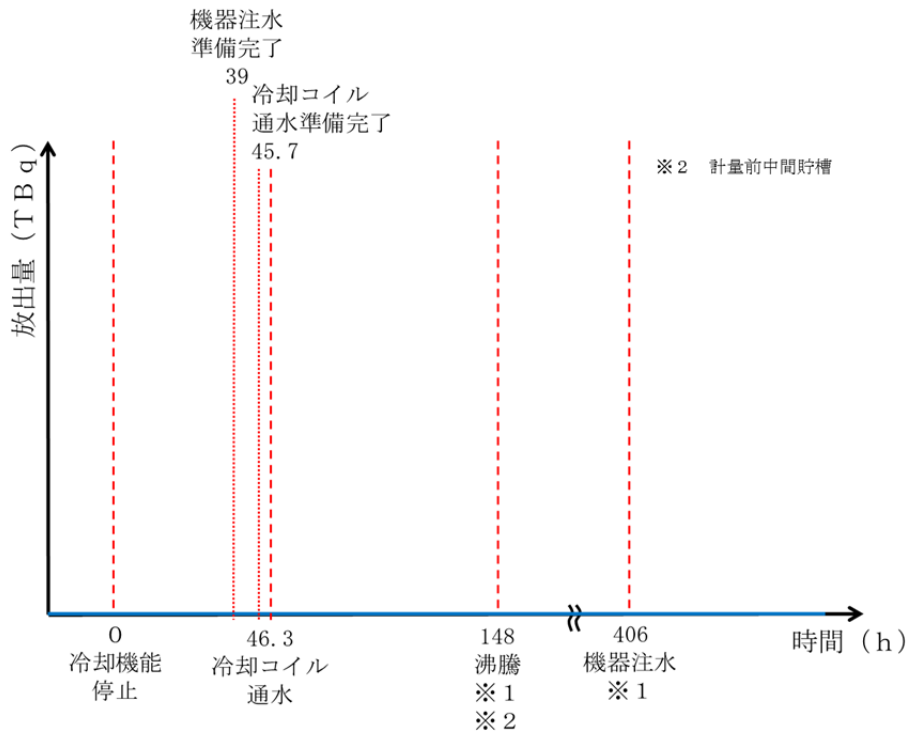
第 7.2.2-5 図 冷却コイル等通水及び機器注水実施時の高レベル廃液混合槽に内包する溶液の温度及び液位傾向



※1 冷却コイル通水により事態の収束を図るため、沸騰及び機器注水には至らない

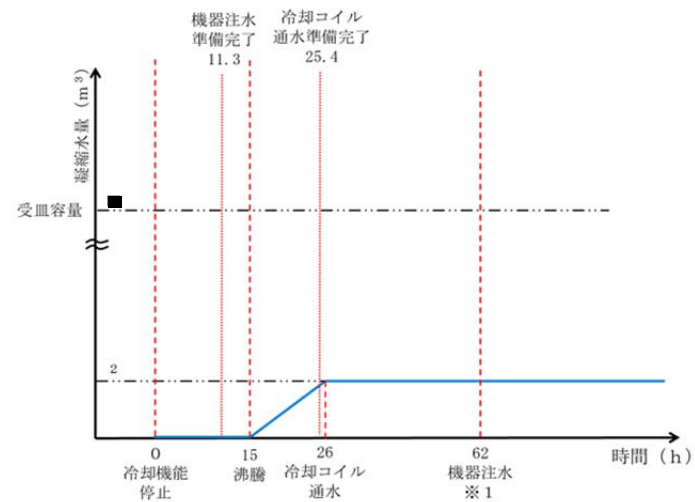
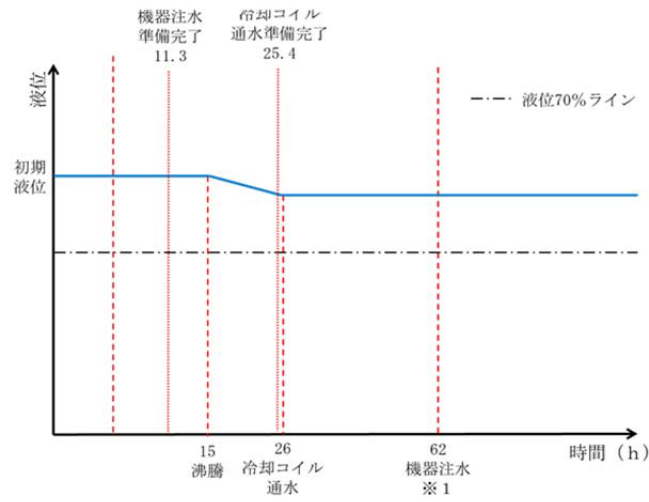
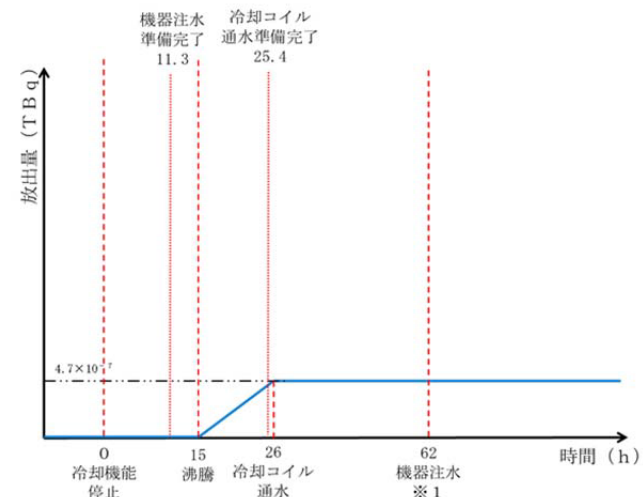
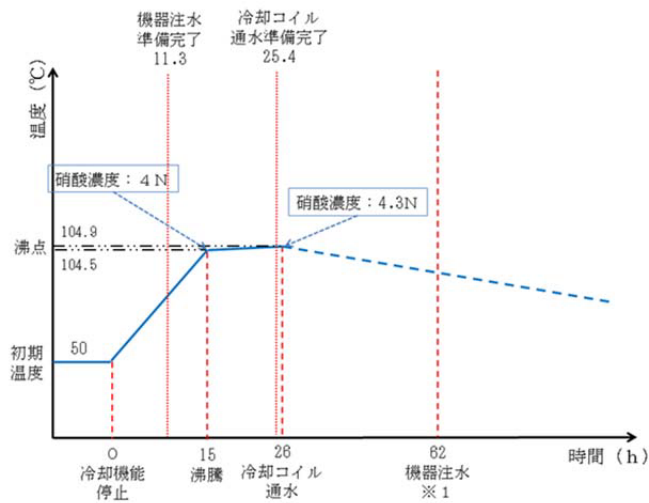
第 7.2.2-6 図 放出低減対策実施時の計量前中間貯槽に内包する  
溶液の温度、液位、放出及び蒸気の凝縮傾向

■ については商業機密の観点から公開できません。



※1 冷却コイル通水により事態の収束を図るため、沸騰及び機器注水には至らない  
 第 7.2.2-7 図 放出低減対策実施時の前処理建屋からの放出及び蒸気の凝縮傾向

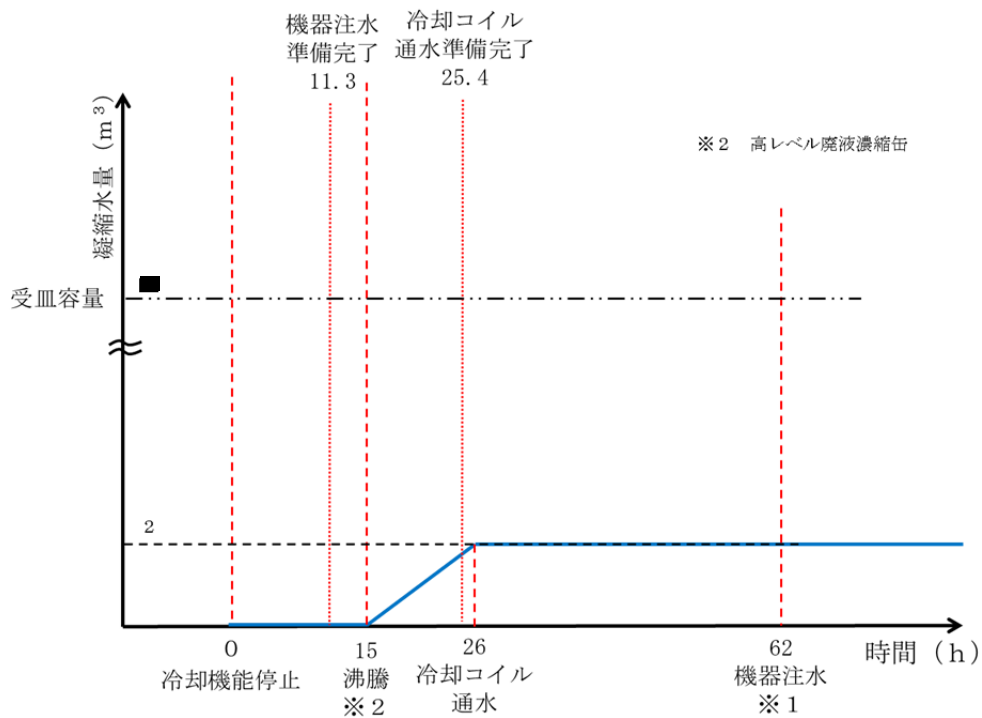
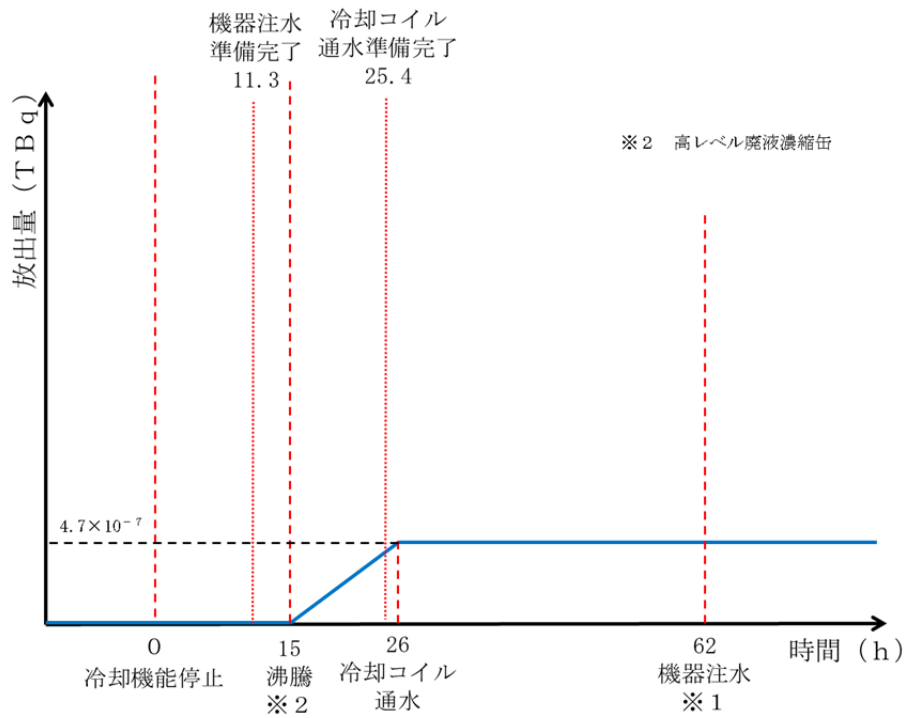
■ については商業機密の観点から公開できません。



※1 冷却コイル通水により事態の収束を図るため、機器注水には至らない

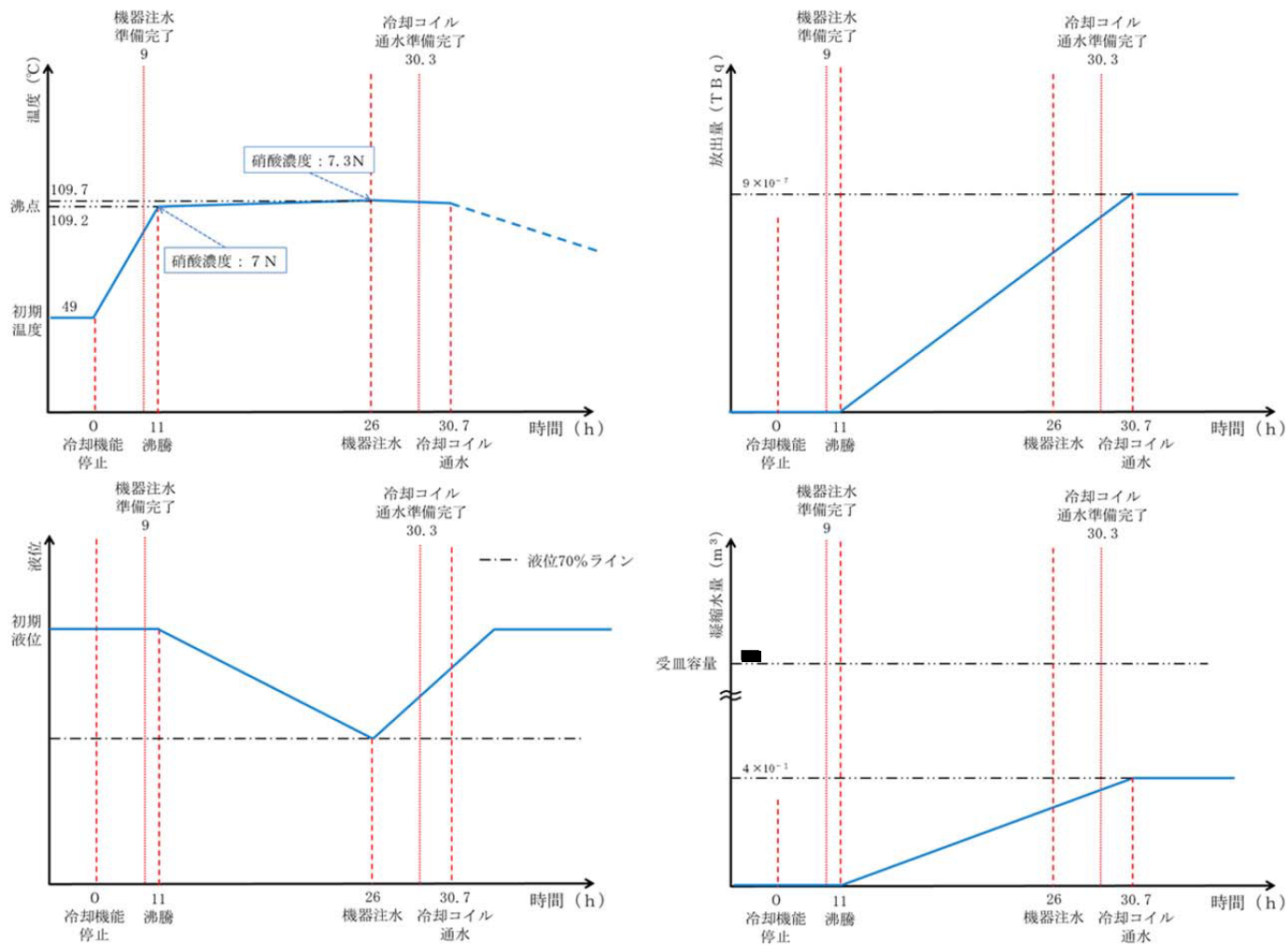
第 7.2.2-8 図 放出低減対策実施時の高レベル廃液濃縮缶に  
内包する溶液の温度，液位，放出及び蒸気の凝縮傾向

■ については商業機密の観点から公開できません。



※1 冷却コイル通水により事態の収束を図るため、機器注水には至らない  
 第 7.2.2-9 図 放出低減対策実施時の分離建屋からの放出及び蒸気の凝縮傾向

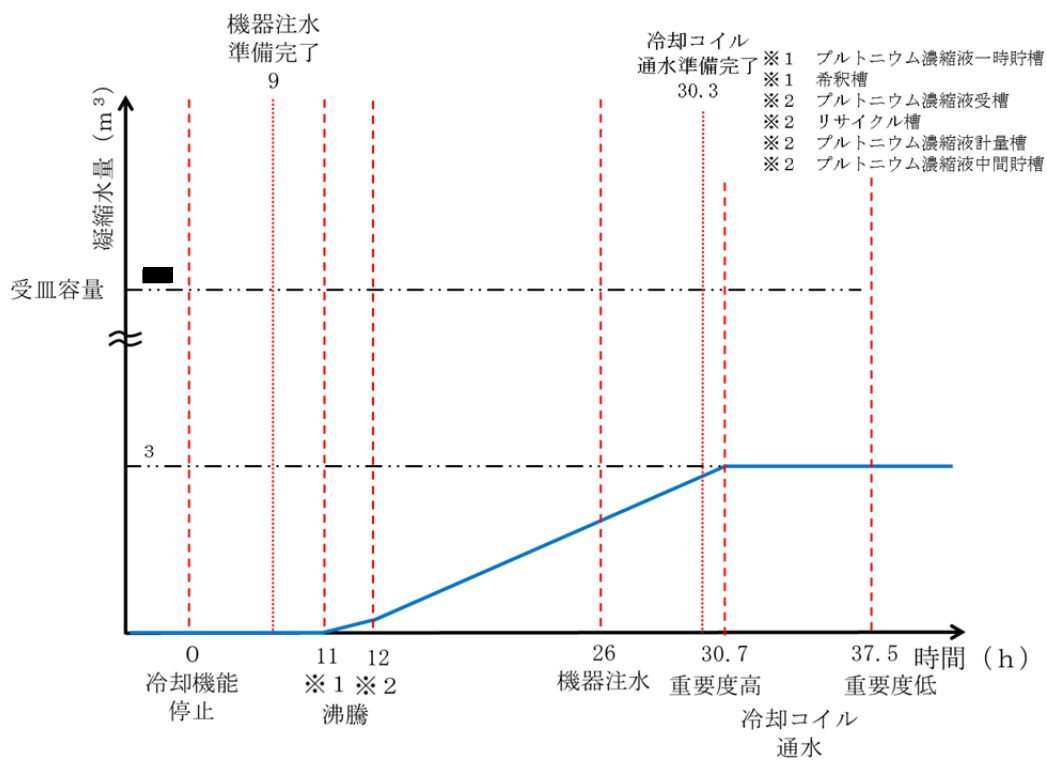
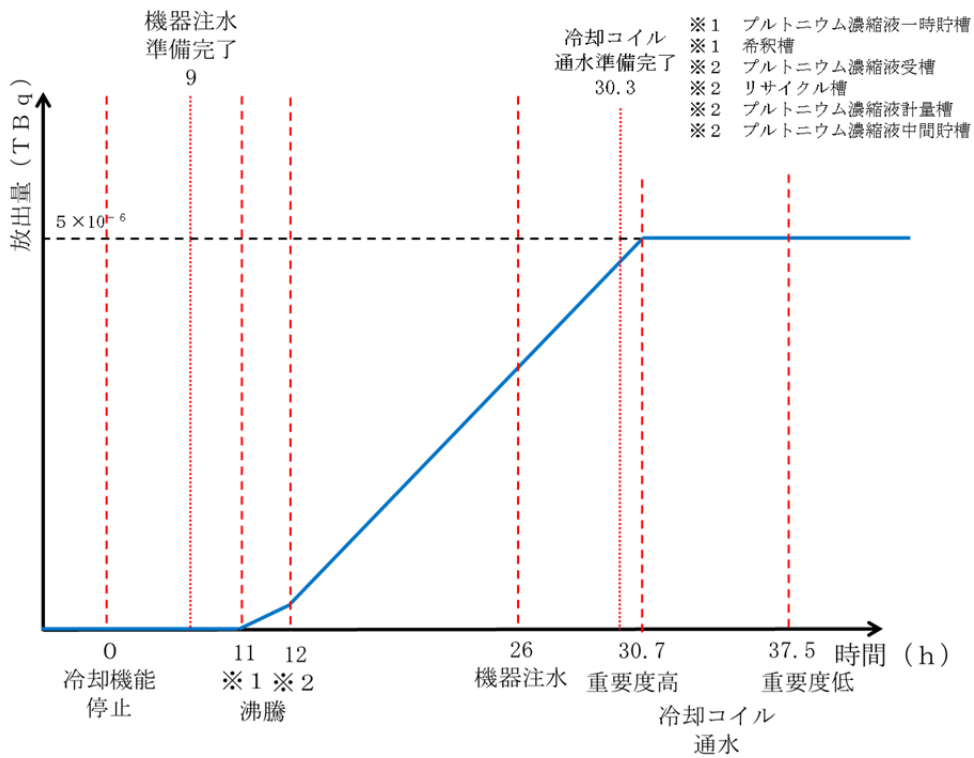
■については商業機密の観点から公開できません。



※1 機器注水は蒸発速度に対して3倍の流量で実施した場合を想定する

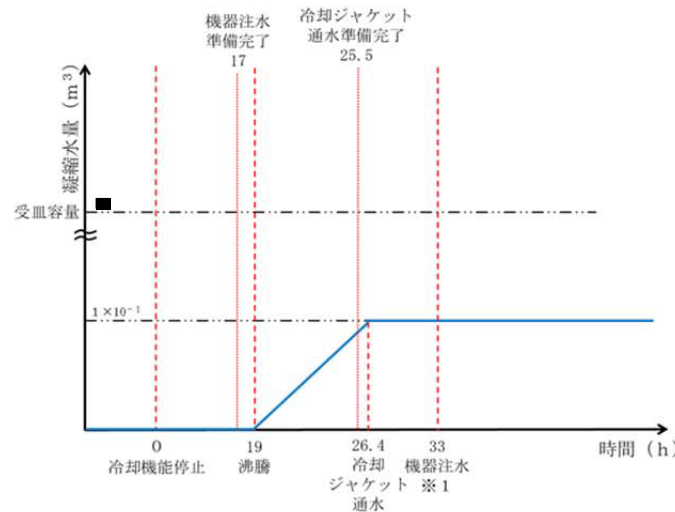
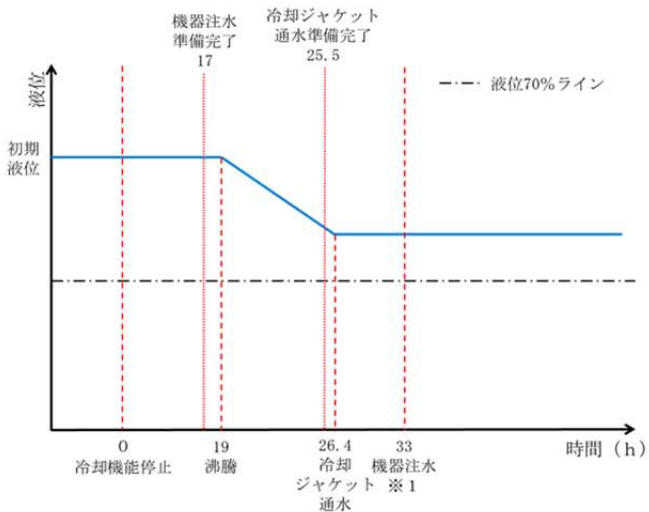
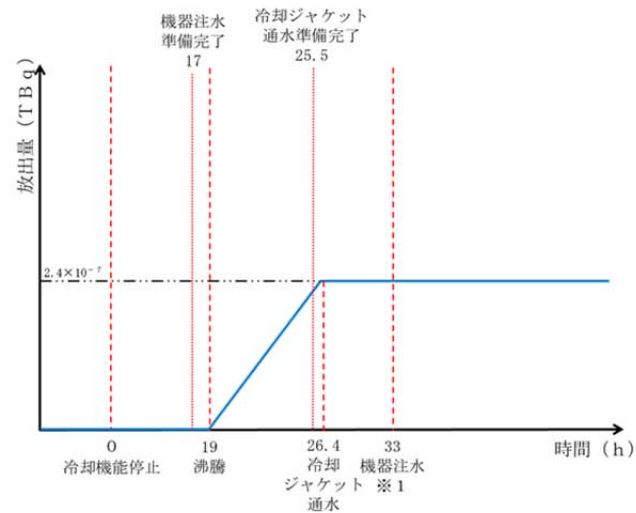
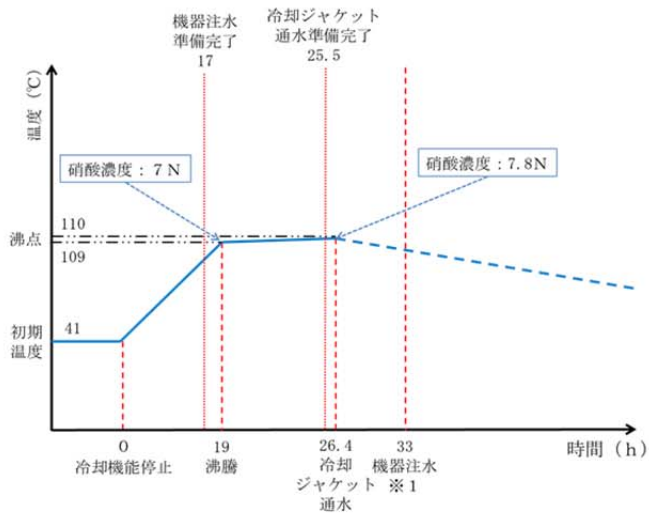
第 7.2.2-10 図 放出低減対策実施時のプルトニウム濃縮液一時貯槽に内包する溶液の温度，液位，放出及び蒸気の凝縮傾向

■ については商業機密の観点から公開できません。



第 7.2.2-11 図 放出低減対策実施時の精製建屋からの放出及び蒸気の凝縮傾向

■については商業機密の観点から公開できません。

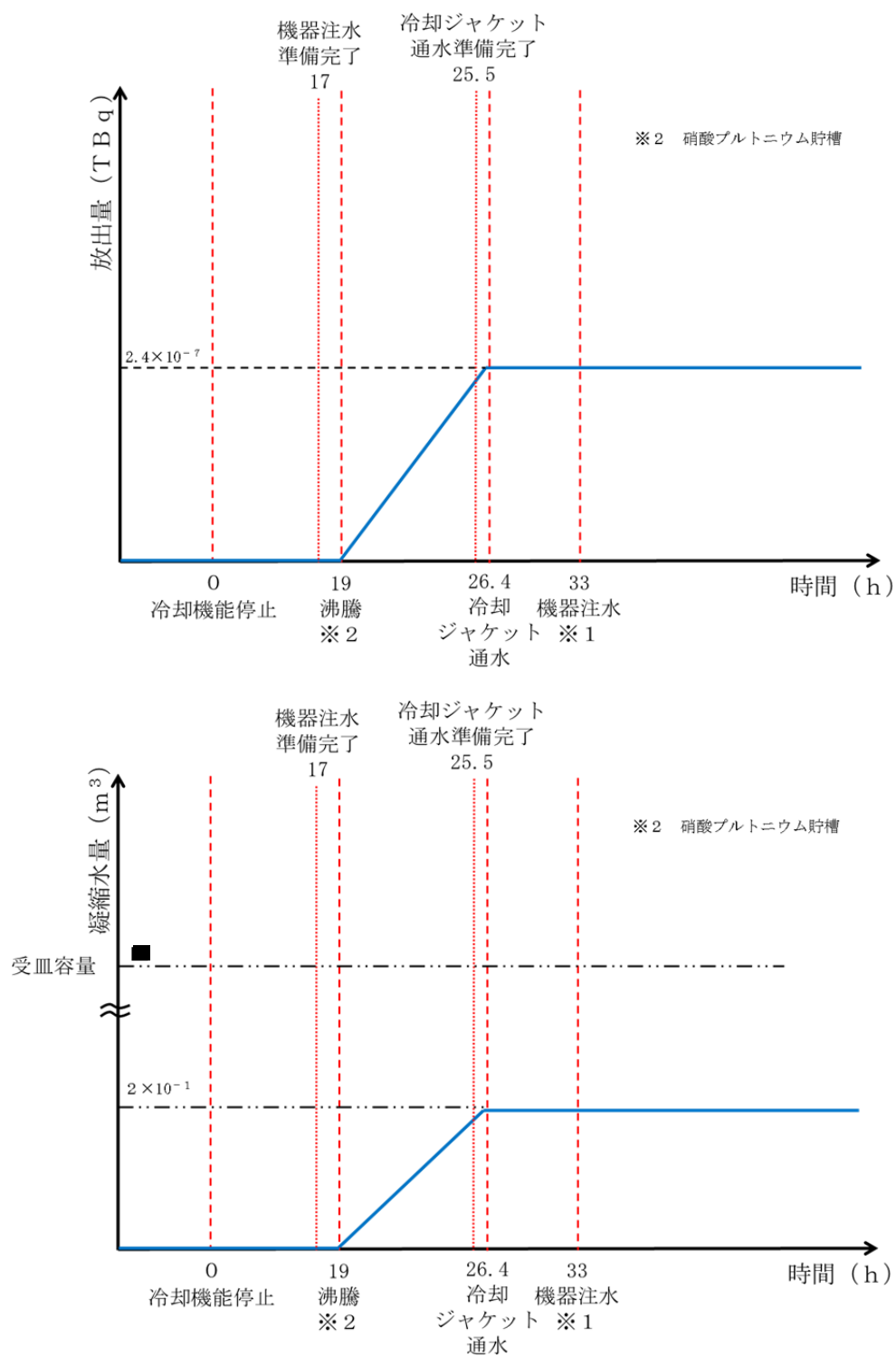


※1 冷却ジャケット通水により事態の収束を図るため、機器注水には至らない

第 7.2.2-12 図 放出低減対策実施時の硝酸プルトニウム貯槽に  
内包する溶液の温度，液位，放出及び蒸気の凝縮傾向

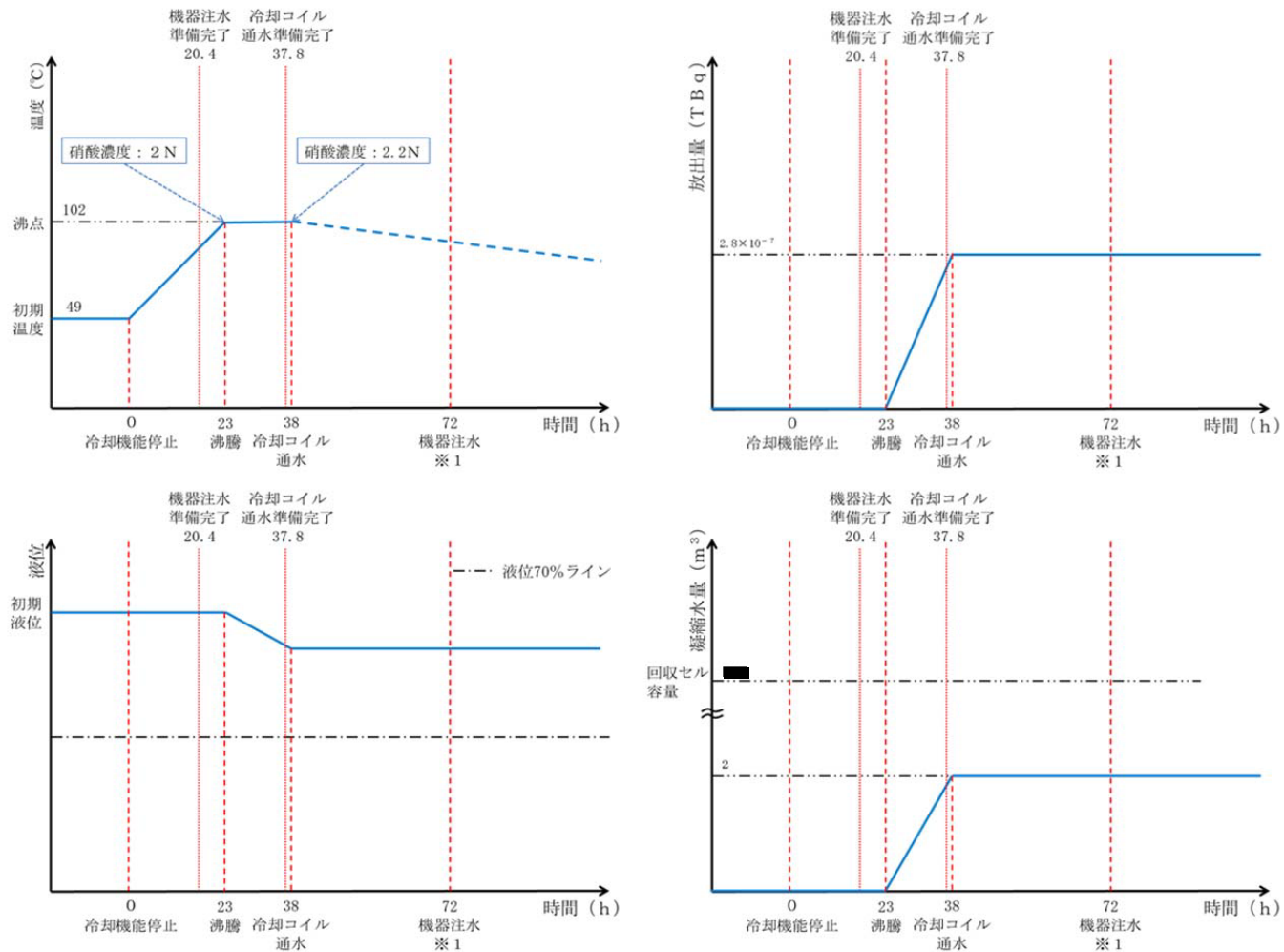
■ については商業機密の観点から公開できません。





※1 冷却ジャケット通水により事態の収束を図るため、機器注水には至らない  
 第 7.2.2-13 図 放出低減対策実施時のウラン・プルトニウム混合脱硝  
 建屋からの放出及び蒸気の凝縮傾向

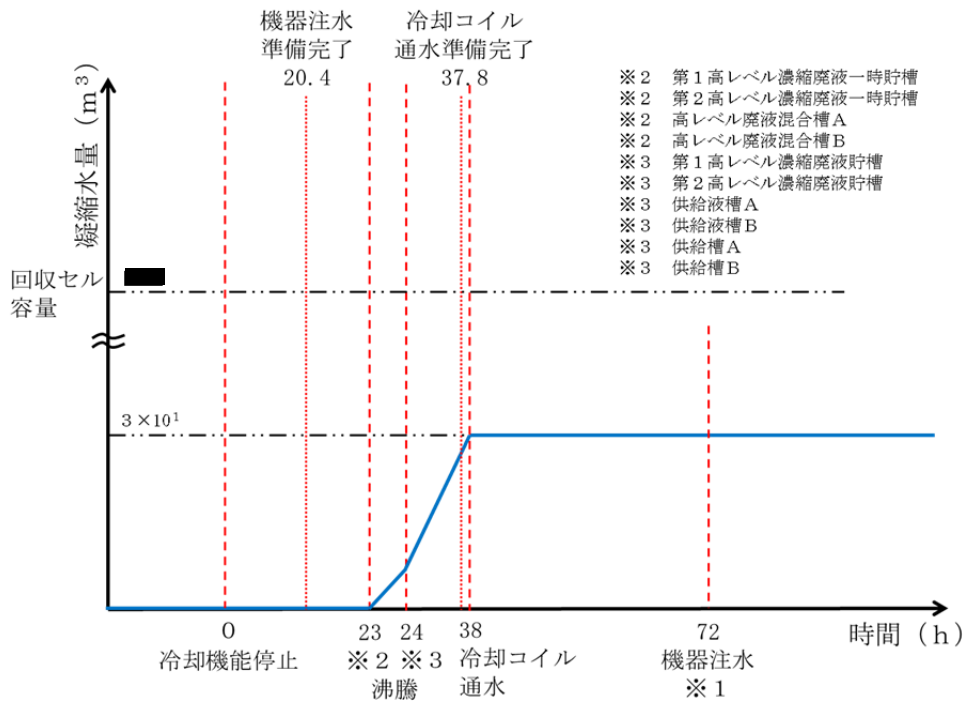
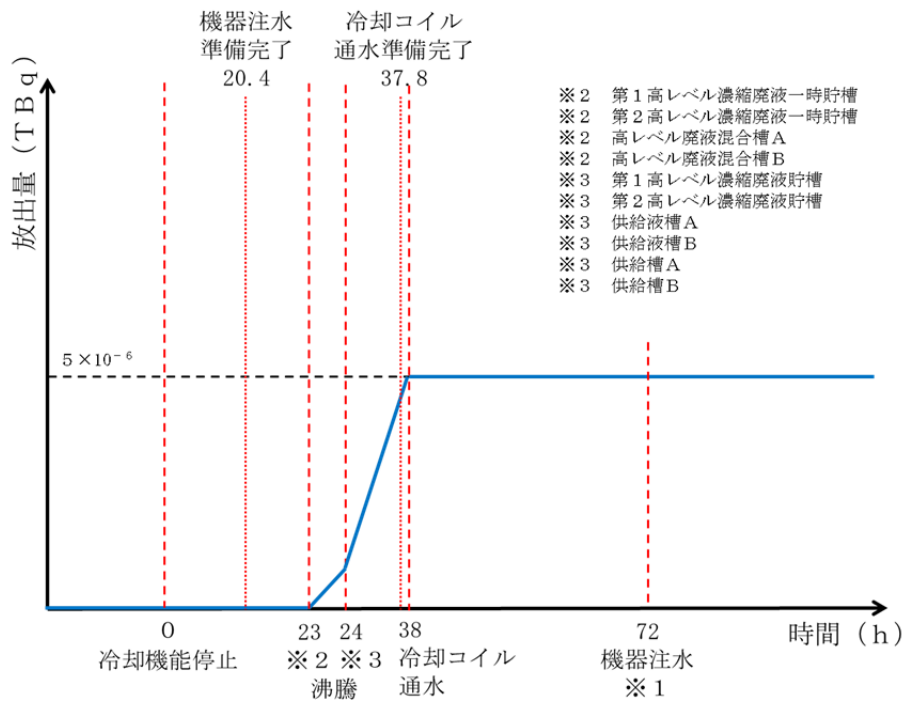
■については商業機密の観点から公開できません。



※1 冷却コイル通水により事態の収束を図るため、機器注水には至らない

第 7.2.2-14 図 放出低減対策実施時の高レベル廃液混合槽に  
内包する溶液の温度、液位、放出及び蒸気の凝縮傾向

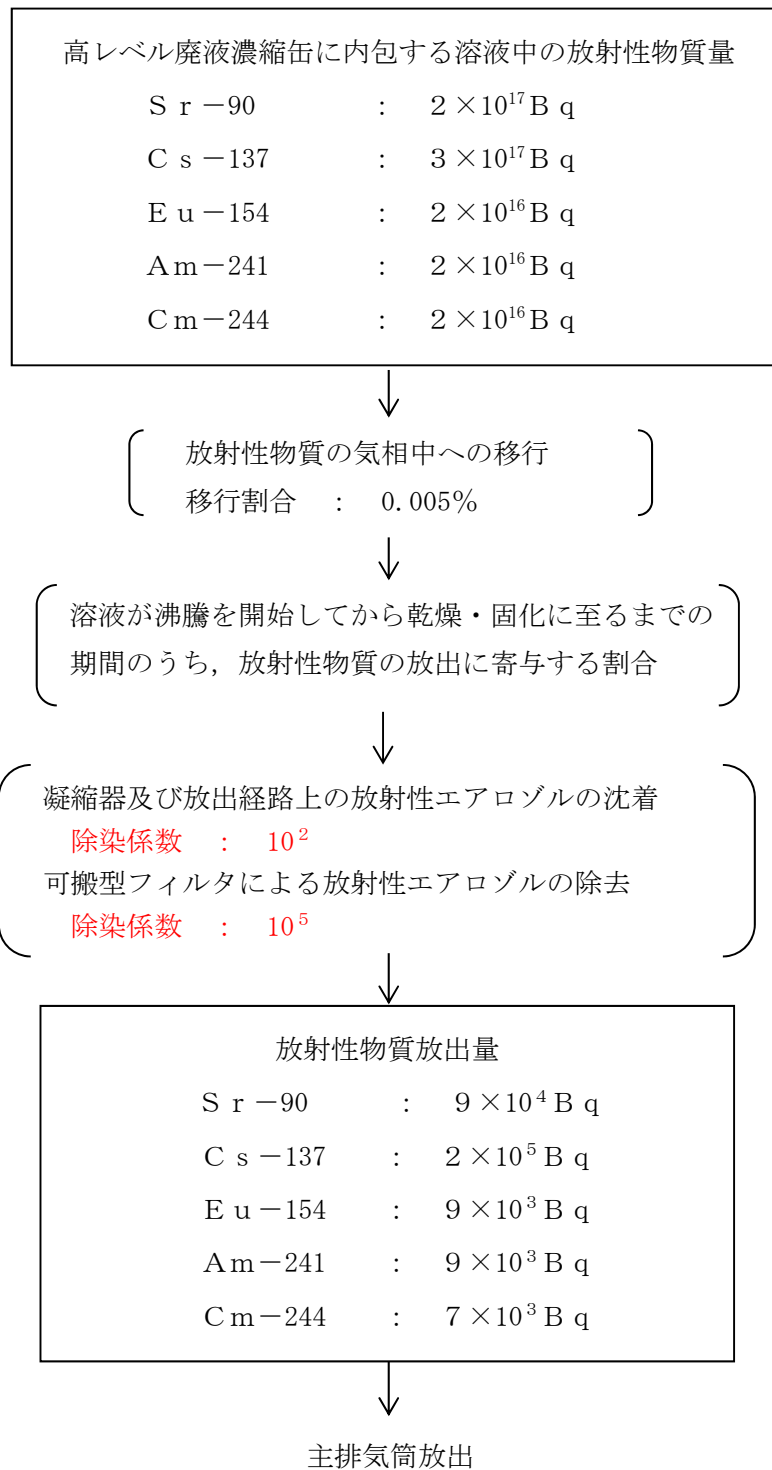
■ については商業機密の観点から公開できません。



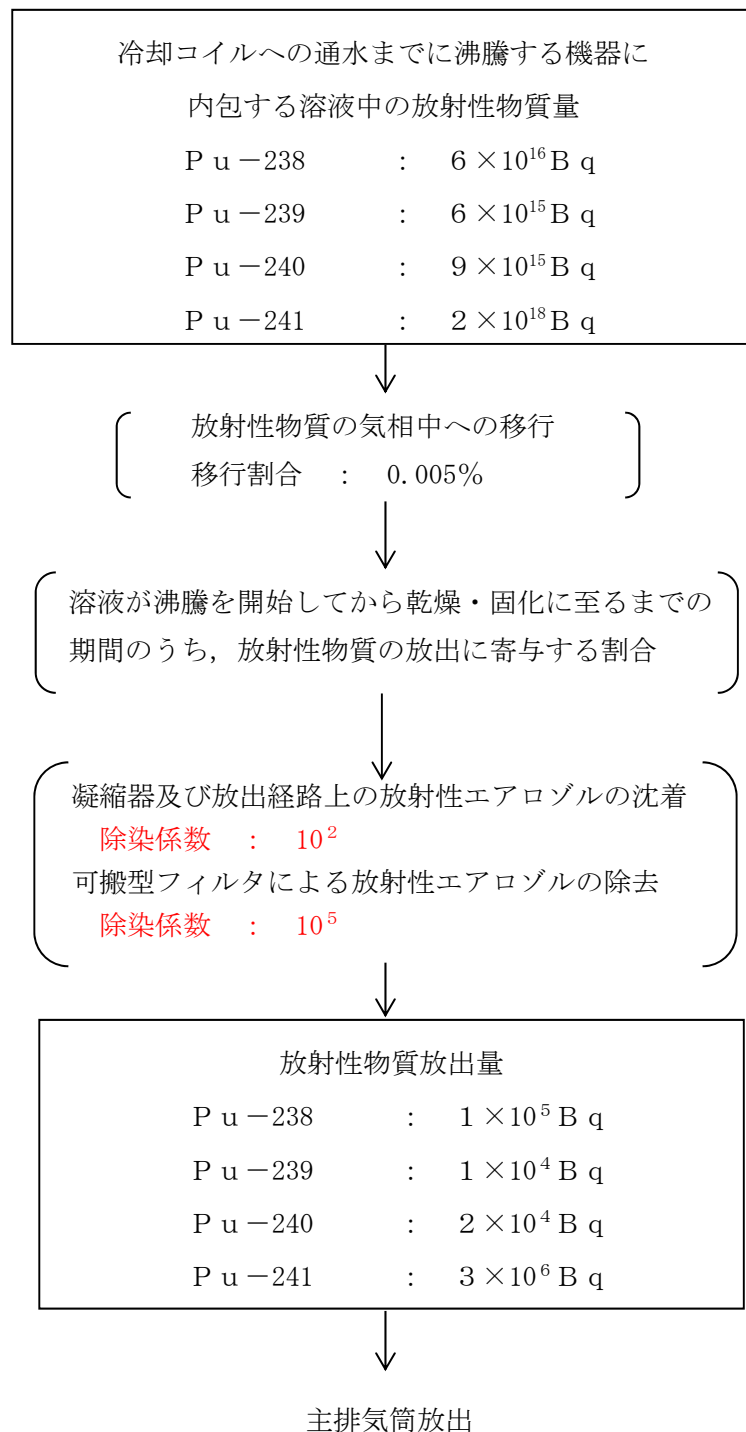
※1 冷却コイル通水により事態の収束を図るため、機器注水には至らない

第 7.2.2-15 図 放出低減対策実施時の高レベル廃液ガラス固化建屋からの放出及び蒸気の凝縮傾向

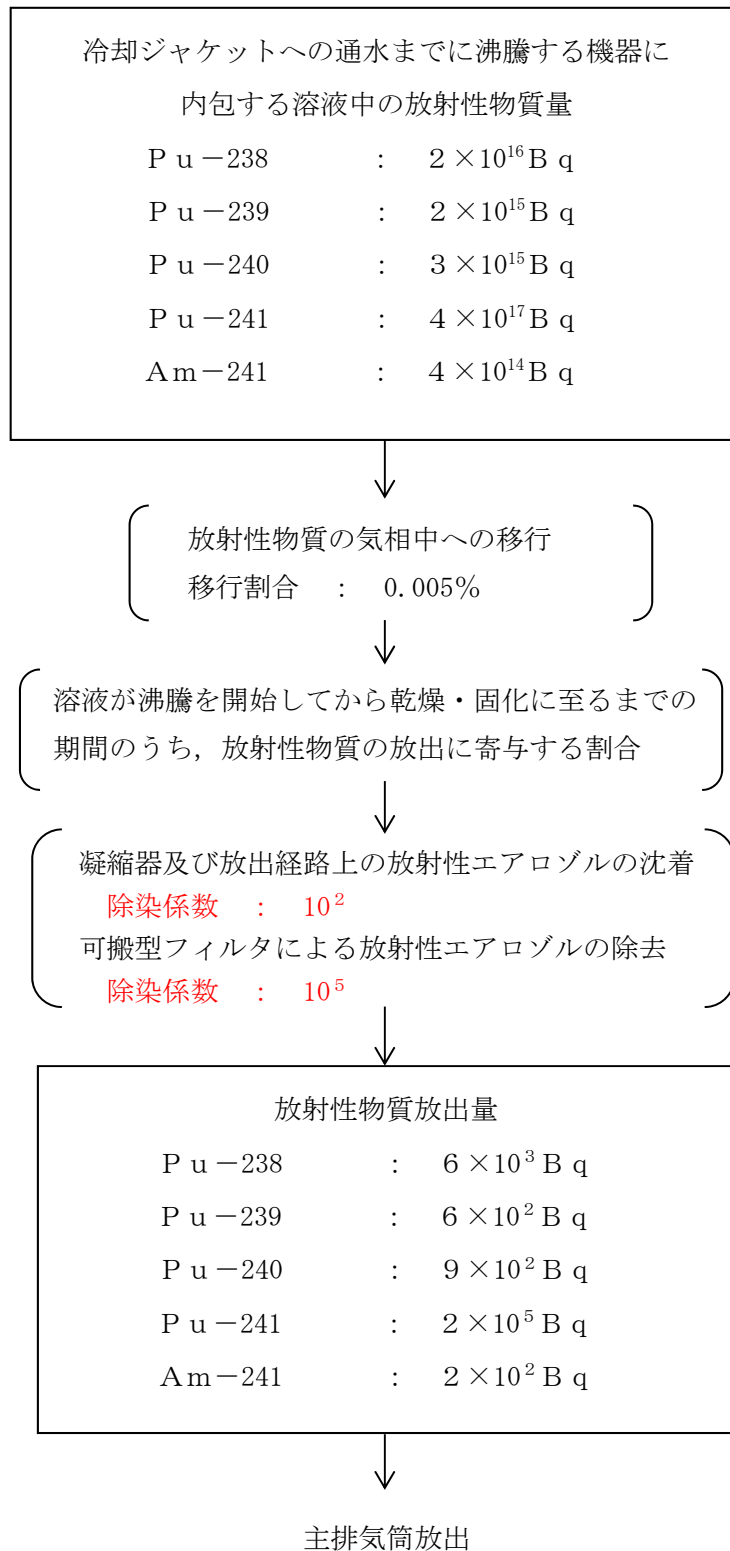
■については商業機密の観点から公開できません。



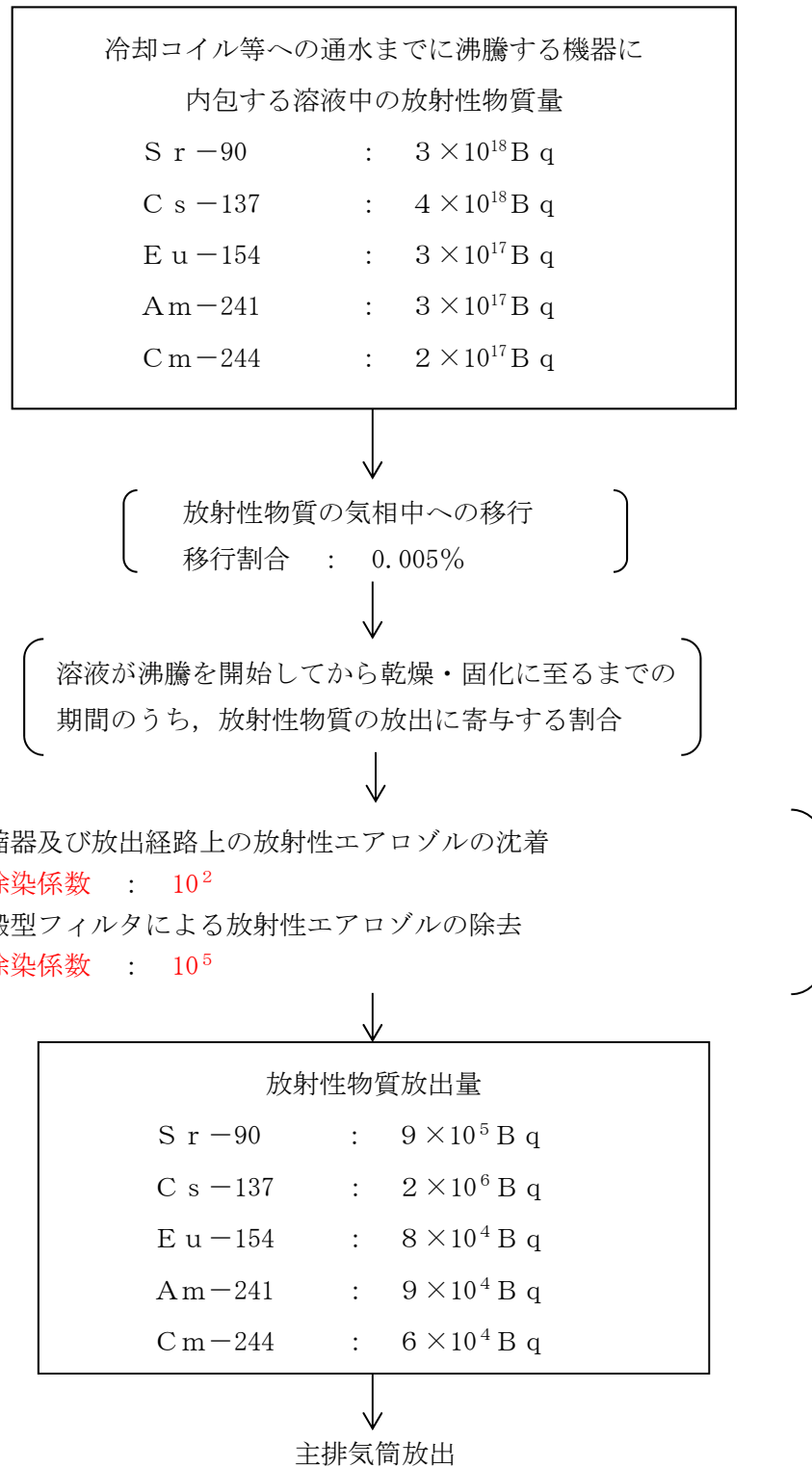
第 7.2.2-16 図 放射性物質の大気放出過程（分離建屋）



第 7.2.2-17 図 放射性物質の大気放出過程（精製建屋）



第 7.2.2-18 図 放射性物質の大気放出過程  
(ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋)



第 7.2.2-19 図 放射性物質の大気放出過程  
(高レベル廃液ガラス固化建屋)

## 2 章 補足説明資料



再処理施設 補足説明資料リスト

第28条:重大事故等の拡大防止(7. 冷却機能の喪失による蒸発乾固)

再処理施設 補足説明資料		備考
資料No.	名称	
補足説明資料7-1	冷却機能の喪失による蒸発乾固の特徴	
補足説明資料7-2	冷却機能の喪失による蒸発乾固への対処	
補足説明資料7-3	沸騰までの時間余裕評価	
補足説明資料7-4	内部ループ通水及び冷却コイル等への通水による除熱評価	
補足説明資料7-5	貯槽からの放熱による影響の考察	
補足説明資料7-6	要員及び資源等の評価	
補足説明資料7-7	事態の収束までの放出量及び被ばく線量評価	
補足説明資料7-8	事態の収束までの凝縮水発生量評価	
補足説明資料7-9	機器注水による溶液の温度への影響の考察	
補足説明資料7-10	拡大防止対策が機能しない場合の放出量評価	
補足説明資料7-12	蒸発乾固の図一覧	

## 補足説明資料 7 - 1

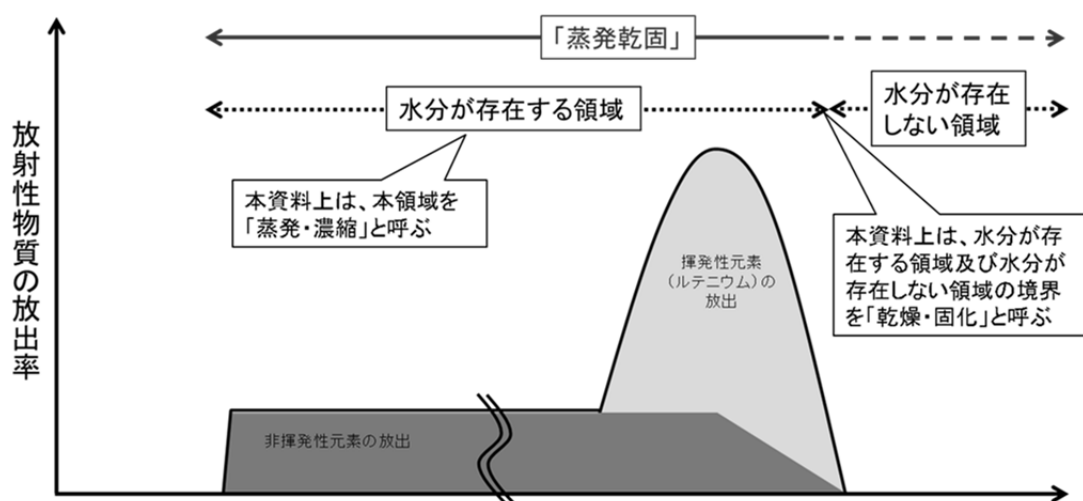
## 1. 蒸発乾固の特徴

「蒸発乾固」とは、冷却機能の喪失により溶液の温度上昇、蒸発・濃縮、乾燥・固化及び乾燥・固化した後のさらなる温度上昇により、物理化学的な形態を変えながら進行する事象である。

重大事故等への対処は、最も効果を発揮するタイミングで実施することが重要であり、「蒸発乾固」の進行の全体を見渡した時には、「水分が存在する領域」の間に対策を講ずることが最も効果的である。これは、溶液を冷却するためにも、蒸発乾固の進行を緩和するためにも一定量以上の水分が必要であり、水分を維持することが重要だからである。

このため「水分が存在する領域」に対して事業指定基準規則第35条に適合する信頼性の高い対策を整備し、これを確実に実施することで放射性物質の発生を抑制し、「水分が存在しない領域」へ進行することを緩和する。

上記対応にも係らず、「水分が存在しない領域」に「蒸発乾固」の状態が進行した場合には、事業指定基準規則第40条に基づく放射性物質の放出を抑制するための対策を講ずる。



第 1. - 1 図 蒸発乾固の事象進展

## 2. 蒸発乾固の進展により発生する可能性のある事象の検討

蒸発乾固の発生が想定される機器に内包する溶液は、高レベル濃縮廃液、プルトニウム濃縮缶において濃縮されたプルトニウム濃縮液、濃縮される前のプルトニウム溶液、溶解液、抽出廃液及び高レベル混合廃液の6種類に分類される。

蒸発乾固の進展に伴う温度上昇、蒸発・濃縮、乾燥・固化及び乾燥・固化した後のさらなる温度上昇の各段階で発生する可能性がある事象について、溶液の性状に応じて検討する。

- (1) 沸騰が継続することで、高レベル濃縮廃液、溶解液及び抽出廃液の硝酸濃度が約6規定以上及び溶液の温度が約120℃以上に至った場合、高レベル濃縮廃液等のルテニウムが揮発性の化学形態となり、ルテニウムが大量に気相中に移行する。また、高レベル濃縮廃液等の沸騰及び濃縮が継続し、蒸発乾固が進行した場合には、溶解液、抽出廃液及び高レベル廃液を内包する機器において、ルテニウム、セシウムその他の放射性物質の揮発が発生する可能性がある。
- (2) プルトニウムを含む溶液（溶解液を含む）を内包する機器においては、核燃料物質の濃度が相対的に上昇すること又は機器の中性子吸収材が損傷することに伴い臨界が発生する可能性がある。
- (3) 有機物を含む溶液を内包する機器において硝酸又は硝酸塩及び有機物が共存することに伴う爆発が発生する可能性がある。
- (4) 乾燥・固化後のさらなる温度上昇により貯槽損傷が発生する可能性がある。

### 2.1 各溶液の事象進展及び事象発生の可能性について

崩壊熱が大きく事象進展が比較的早い溶液は、高レベル濃縮廃液、プルトニウム濃縮液及び高レベル混合廃液であり、発生が想定される事象

を第 2. - 1 表に示す。その他の溶液は崩壊熱が小さく、事象進展が非常に緩慢であるため、乾固が進展する可能性は小さい。各溶液の検討結果を第 2. - 1 図～第 2. - 6 図に示す。また、プルトニウム濃縮液を内包する貯槽において蒸発乾固が進行し乾燥・固化に至った場合には、貯槽損傷の発生の可能性はあるが、貯槽損傷に至るまでのいかなる条件においても臨界が発生することがないことを確認している。

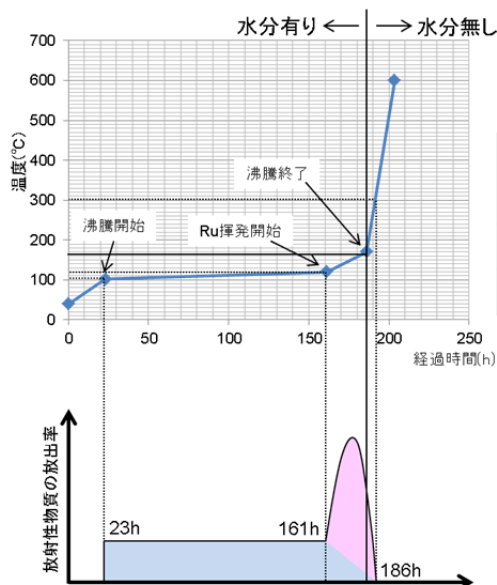
第 2. - 1 表 発生が想定される事象の検討

	放射性物質の揮発	臨界	爆発	貯槽損傷
高レベル濃縮廃液	○ ※ 1	—	—	○ ※ 2
プルトニウム濃縮液	—	—	—	○ ※ 2
高レベル混合廃液	○ ※ 1	—	○ ※ 1	○ ※ 2

※ 1 : 乾燥・固化付近及び乾燥・固化後に発生が想定されるもの。

※ 2 : 乾燥・固化後に発生が想定されるもの。

高レベル廃液ガラス固化建屋 高レベル濃縮廃液一時貯槽の例



状態	発生の可能性のある事象			
	揮発	臨界	爆発	貯槽損傷
水分有り	○※1	—	—※3	—
水分無し	○※2	—	—※3	○※4

※ 1 高濃度の硝酸が有する酸化力に因る揮発性Ru化学種の生成。

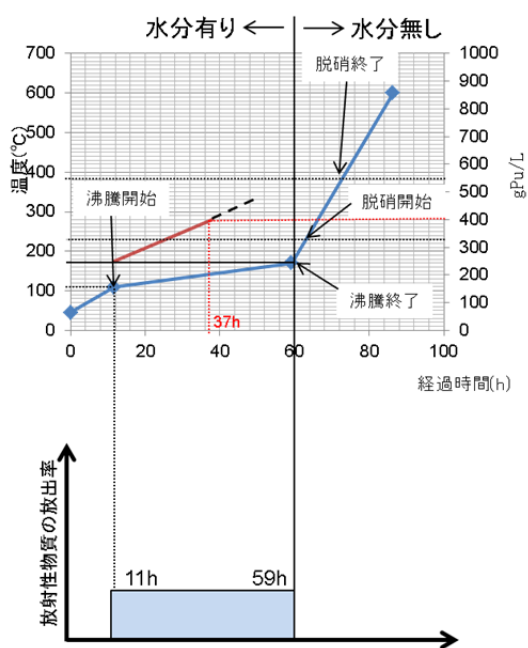
※ 2 Ru硝酸塩の熱分解に因る揮発性Ru化学種の生成。また、乾固物の温度上昇に伴い、Csの揮発が発生する。

※ 3 有機物等を有しないため爆発の可能性なし。

※ 4 乾固物の温度上昇に伴う貯槽損傷の可能性あり。

第 2. - 1 図 高レベル濃縮廃液の事象進展

精製建屋 希釈槽の例



状態	発生の可能性のある事象			
	揮発	臨界	爆発	貯槽損傷
水分有り	—※1	—	—※2	—
水分無し	—※1	—	—※2	○※3

- ※1 極微量のRuの揮発の発生が想定される。
- ※2 有機物等を有しないため爆発の可能性なし。
- ※3 乾固物の温度上昇に伴う貯槽損傷の可能性あり。

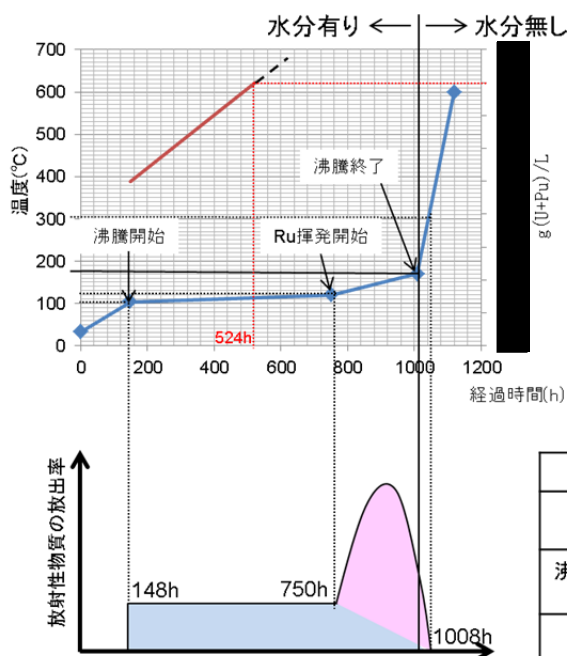
臨界の発生に係るパラメータ

	遊離硝酸	硝酸Puの脱硝	中性子吸収材	臨界
沸騰初期 ~400gPu/L*	有	無	有	未
沸騰中期~ 沸騰終了 400gPu/L*~	無	無	有	未
乾燥・固化 以降	無	有	無	発生 の 可能性

\* 溶液中からの硝酸の離脱を考慮する必要がある濃度  
出典: 再処理プロセス・化学ハンドブック第3版

第 2. - 2 図 プルトニウム濃縮液の事象進展

前処理建屋 計量前中間貯槽の例



状態	発生の可能性のある事象			
	揮発	臨界	爆発	貯槽損傷
水分有り	—※1	—※1	—※2	—
水分無し	—※1	—※1	—※2	—※3

- ※1 事象進展が非常に緩慢であり発生は想定されない。
- ※2 有機物等を有しないため爆発の可能性なし。
- ※3 崩壊熱が小さく貯槽損傷の可能性は十分低い。

臨界の発生に係るパラメータ

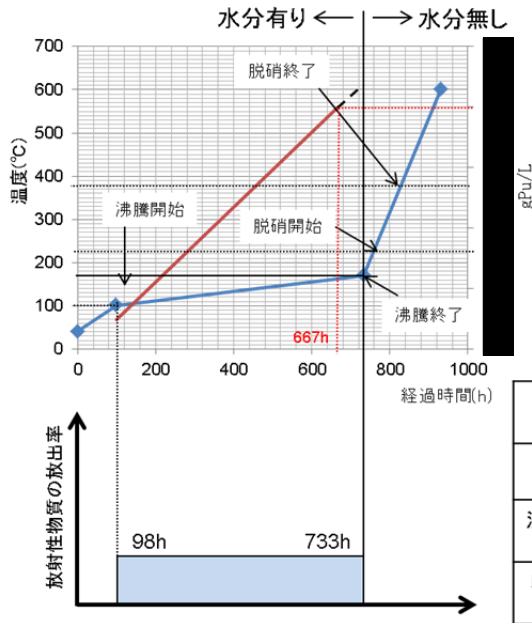
	U,Pu濃度の上昇	硝酸Puの脱硝	臨界
沸騰初期 (~■g・U+Pu/L*)	有	無	未
沸騰中期~沸騰 終了 (■g・U+Pu/L~)	有	無	未
乾燥・固化 以降	有	有	未

\* 臨界安全設計条件を超える濃度。本濃度を越えた場合に直ちに臨界に至るものではないが、本濃度を未臨界性判断のホールドポイントとした。

■ については商業機密の観点から公開できません。

第 2. - 3 図 溶解液の事象進展

精製建屋 プルトニウム溶液一時貯槽の例



状態	発生の可能性がある事象			
	揮発	臨界	爆発	貯槽損傷
水分有り	—※1	—	—※2	—
水分無し	—※1	—	—※2	—※3

※1 事象進展が非常に緩慢であり発生は想定されない。  
 ※2 有機物等を有しないため爆発の可能性なし。  
 ※3 崩壊熱が小さく貯槽損傷の可能性は十分低い。

臨界の発生に係るパラメータ

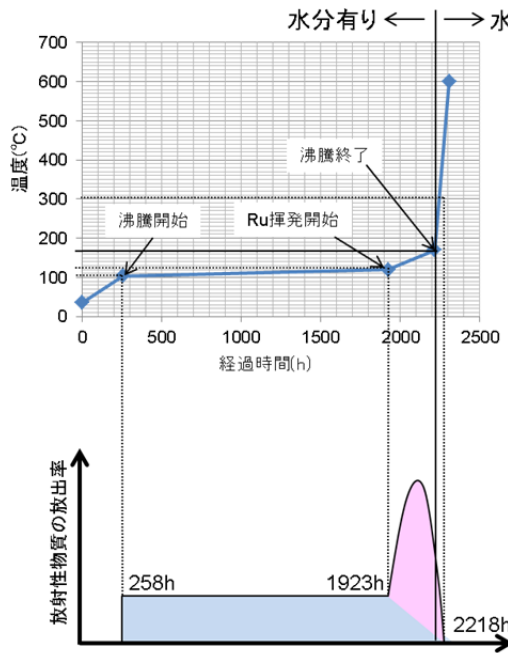
	Pu濃度の上昇	硝酸Puの脱硝	中性子吸収材	臨界
沸騰初期	有 (~ $\blacksquare$ g・Pu/L <sup>*</sup> )	無	有	未
沸騰中期～沸騰終了	有 ( $\blacksquare$ g・Pu/L <sup>*</sup> ~)	無	有	未
乾燥・固化以降	有	有	無	未

\* 臨界安全設計において計算を行った最も高い濃度。Pu溶液(24gPu/L)を内包する貯槽は全濃度安全形状寸法管理機器であり、取り扱う溶液の濃度に制約を設ける必要はないが、本濃度を未臨界性判断のホールポイントとした。

■については商業機密の観点から公開できません。

第2-4図 プルトニウム溶液の事象進展

分離建屋 抽出廃液受槽の例

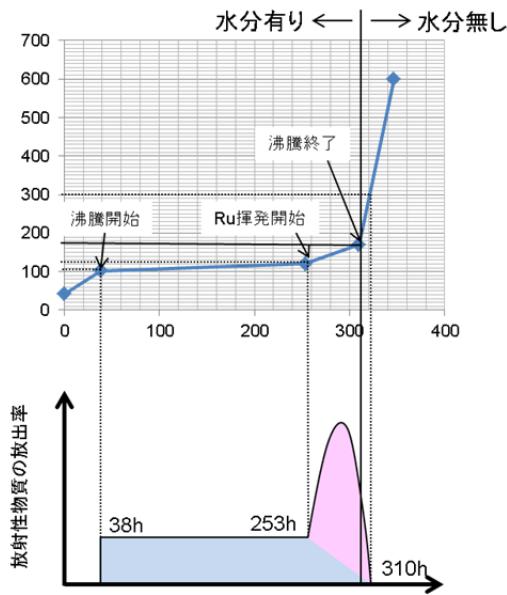


状態	発生の可能性がある事象			
	揮発	臨界	爆発	貯槽損傷
水分有り	—※1	—	—※1	—
水分無し	—※1	—	—※1	—※2

※1 事象進展が非常に緩慢であり発生は想定されない。  
 ※2 崩壊熱が小さく貯槽損傷の可能性は十分低い。

第2-5図 抽出廃液の事象進展

高レベル廃液ガラス固化建屋 高レベル廃液混合槽の例



状態	発生のある可能性がある事象			
	揮発	臨界	爆発	貯槽損傷
水分有り	○※1	—	○※3	—
水分無し	○※2	—	○※3	○※4

- ※1 高濃度の硝酸が有する酸化力に因る揮発性Ru化学種の生成。
- ※2 Ru硝酸塩の熱分解に因る揮発性Ru化学種の生成。また、乾固物の温度上昇に伴い、Csの揮発が発生する。
- ※3 爆発の発生の可能性を排除できない。考察を2.3に示す。
- ※4 乾固物の温度上昇に伴う貯槽損傷の可能性あり。また、乾固物の温度上昇に伴い、Csの揮発が発生する。

※高レベル混合廃液については、アルカリ濃縮廃液等の成分割合を考慮し、高レベル濃縮廃液の崩壊熱密度に対して補正を行った。

第2. - 6 図 高レベル混合廃液の事象進展

2.2 貯槽損傷の判定について

乾燥・固化後の物理的な性質が不明なため、 $UO_2$ と同じ熱物性と仮定し、密度  $11 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 、比熱  $300 \text{ J/kgK}$ 、熱伝導率  $10 \text{ W/mK}$  とする。精製建屋の希釈槽 ( $2.5 \text{ m}^3$   $21.5 \text{ kW}$ ) の場合、乾燥・固化後の温度挙動が、貯槽壁面の温度で  $1250^\circ\text{C}$  から  $1500^\circ\text{C}$  程度となり、貯槽損傷の可能性はある。

蒸発乾固期間中の溶液濃縮に伴う腐食影響については、より厳しい評価結果となるよう評価しても  $0.1 \text{ mm}$  にも満たないことから、沸騰開始から乾燥・固化に至るまでの間に、腐食によって貯槽が損傷することは想定し難い。



## 2.3 温度上昇に伴う爆発事象への進展の検討

爆発の発生の可能性について、以下の分析を実施する。

- (1) 過去の国内外事故事例を分析し、蒸発・濃縮期間中及び乾燥・固化後の状態において類似事象の発生の調査をした結果、六ヶ所再処理施設は、プロセスの違いや爆発に寄与する物質の使用の観点から、報告されているような爆発の発生はしないが、硝酸/硝酸塩と有機物が混在している状態で、かつ、冷却機能を喪失し液温が上昇し水分が蒸発して硝酸/硝酸塩が濃縮する場合や硝酸ヒドロキシルアミンが存在している状態で、かつ、冷却機能が喪失し、液温が上昇し水分が蒸発して硝酸ヒドロキシルアミンが濃縮する場合においては、爆発の可能性は否定できないと判断する。(別紙1参照)
- (2) 類似事象の発生の可能性について、再処理施設で扱う化学物質の共存性に着目し、爆発等への進展の可能性のある化学物質の組み合わせについて調査した。
  - (a) 各建屋において扱う化学物質の種類と爆発への進展の可能性  
各建屋において扱う可能性のある化学物質を第2. - 2表に示す。

第2. - 2表 各建屋において扱う化学物質の種類

前処理建屋	分離建屋	精製建屋	ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋	高レベル廃液ガラス固化建屋
<ul style="list-style-type: none"> <li>・硝酸(水)</li> <li>・硝酸塩</li> <li>・不溶解残渣(ジルコニウム)</li> <li>・不溶解残渣(ジルコニウム以外)</li> <li>・水酸化ナトリウム</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・硝酸(水)</li> <li>・硝酸塩</li> <li>・水酸化ナトリウム</li> <li>・炭酸ナトリウム</li> <li>・亜硝酸ナトリウム</li> <li>・硝酸ヒドラジン</li> <li>・n-ドデカン</li> <li>・TBP</li> <li>・DBP</li> <li>・MBP</li> <li>・リン酸</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・硝酸(水)</li> <li>・硝酸塩</li> <li>・水酸化ナトリウム</li> <li>・炭酸ナトリウム</li> <li>・亜硝酸ナトリウム</li> <li>・硝酸ヒドラジン</li> <li>・硝酸ヒドロキシルアミン</li> <li>・n-ドデカン</li> <li>・TBP</li> <li>・DBP</li> <li>・MBP</li> <li>・リン酸</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・硝酸(水)</li> <li>・硝酸塩</li> <li>・硝酸ヒドラジン</li> <li>・硝酸ヒドロキシルアミン</li> <li>・n-ドデカン</li> <li>・TBP</li> <li>・DBP</li> <li>・MBP</li> <li>・リン酸</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・硝酸(水)</li> <li>・硝酸塩</li> <li>・水酸化ナトリウム</li> <li>・n-ドデカン</li> <li>・TBP</li> <li>・DBP</li> <li>・MBP</li> <li>・リン酸</li> <li>・亜硝酸ナトリウム</li> <li>・不溶解残渣(ジルコニウム)</li> <li>・不溶解残渣(ジルコニウム以外)</li> </ul>

- (3) 各建屋の爆発等へ進展する可能性のある貯槽の抽出
- (a) 化学物質の爆発への進展の可能性について

再処理施設において使用する化学物質の性質を第 2. - 3 表に示す。

化学物質の自己反応及び共存性の検討を第 2. - 4 表に示す。検討結果、「硝酸ヒドラジン/硝酸ヒドロキシルアミンの自己反応」、「硝酸塩及び有機物の混合による反応」及び「有機物の分解反応」が爆発への進展の可能性を有すると整理される。

第 2. - 3 表 再処理施設において使用する化学物質の性質

化学物質	性質	カテゴリー
硝酸(水)	酸化性液体	①'
硝酸塩	酸化性固体	①
不溶解残渣(ジルコニウム)	金属粉末(可燃物), 高温で水と反応し水素発生	②
不溶解残渣(ジルコニウム以外)	-	
水酸化ナトリウム	強塩基	⑤
炭酸ナトリウム	-	
亜硝酸ナトリウム	酸化性固体	①
硝酸ヒドラジン	自己反応性物質	③
n-ドデカン	可燃物	④
T B P	可燃物	④
D B P	可燃物	④
M B P	可燃物	④
リン酸	-	
硝酸ヒドロキシルアミン	自己反応性物質	③

第 2. - 4 表 化学物質の自己反応及び共存性の検討

反応の可能性	反応種		理由
自己反応性物質による反応	③	単独で反応の可能性有り	建屋ごとに発生の可能性を検討する。
酸化性物質と可燃物の混合による反応	①+④	混合, 接触により反応の可能性有り	建屋ごとに発生の可能性を検討する。
可燃性のガスの発生による爆発	②+水+酸素	高温でジルコニウム粉末と水で水素発生。酸素と反応し爆発	水-Zr 反応は 800℃程度的高温条件下で発生するが, 蒸発乾固の事象進展の特徴からこのような状況は想定されない。
	④+酸素	高温で可燃物が(分解し, ガス発生), 酸素と反応し爆発。	建屋ごとに発生の可能性を検討する。
	③+⑤+酸素	可燃性のガスが発生し, 酸素と反応し爆発	水酸化ナトリウムについては, 除染を行う際に非定常で使用する試薬であり, 使用する際は内包している液を払出してから除染を行うため, 今回の蒸発乾固の想定からは外れるため, 検討から除外する。
強酸と強塩基	①'+⑤	中和熱が発生し, 急激な温度上昇の可能性	

(b) 各建屋における化学物質の爆発への進展の可能性について

(i) 前処理建屋

前処理建屋では有意な反応へ進展する可能性のある機器は無い。

第 2. - 5 表 前処理建屋における化学物質の爆発への進展の可能性

機器名	化学物質が存在する可能性				
	硝酸 (水)	硝酸塩	水酸化ナトリウム	不溶解残渣 (ジルコニウム)	不溶解残渣 (ジルコニウム以外)
中継槽A・B	○	○	×	○	○
リサイクル槽A・B	○	○	×	○	○
不溶解残渣回収槽A・B	○	○	×	○	○
計量前中間貯槽A・B	○	○	×	△※	△※
計量後中間貯槽	○	○	×	△※	△※
計量・調整槽	○	○	×	△※	△※
計量補助槽	○	○	×	△※	△※
中間ポットA・B	○	○	×	○	○

※: 流入する経路が存在するものの上流の機器で除去されることから、仮に存在する場合であっても極微量である。

(ii) 分離建屋

分離建屋において有意な反応へ進展する可能性のある機器を以下に示す。

- ・ 第 1 一時貯留処理槽（酸化性物質と可燃物の混合による反応，可燃性のガスの発生による爆発）
- ・ 第 8 一時貯留処理槽（自己反応性物質による反応，酸化性物質と可燃物の混合による反応，可燃性のガスの発生による爆発）
- ・ 第 7 一時貯留処理槽（自己反応性物質による反応）
- ・ 第 6 一時貯留処理槽（酸化性物質と可燃物の混合による反応，可燃性のガスの発生による爆発）

第2. - 6表 分離建屋における化学物質の爆発への進展の可能性

機器名	化学物質が存在する可能性										
	硝酸(水)	硝酸塩	水酸化ナトリウム	炭酸ナトリウム	亜硝酸ナトリウム	硝酸ヒドラジン	n-ドデカン	TBP	DBP	MBP	リン酸
溶解液中間貯槽	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×
溶解液供給槽	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×
抽出廃液受槽	○	○	×	×	×	×	△※	△※	△※	△※	△※
抽出廃液中間貯槽	○	○	×	×	×	×	△※	△※	△※	△※	△※
抽出廃液供給槽A・B	○	○	×	×	×	×	△※	△※	△※	△※	△※
第1一時貯留処理槽 (有機相)	○	○	×	×	×	×	○	○	△※	△※	△※
第1一時貯留処理槽 (水相)	○	○	×	×	×	×	△※	△※	△※	△※	△※
第8一時貯留処理槽 (有機相)	○	○	×	×	×	×	○	○	△※	△※	△※
第8一時貯留処理槽 (水相)	○	○	×	×	×	○	△※	△※	△※	△※	△※
第7一時貯留処理槽	○	○	×	×	○	○	△※	△※	△※	△※	△※
第3一時貯留処理槽	○	○	×	×	○	△※	△※	△※	△※	△※	△※
第4一時貯留処理槽	○	○	×	×	○	△※	△※	△※	△※	△※	△※
第6一時貯留処理槽 (有機相)	○	○	×	×	×	×	○	○	△※	△※	△※
第6一時貯留処理槽 (水相)	○	○	×	×	×	×	△※	△※	△※	△※	△※
高レベル廃液供給槽A	○	○	×	×	×	×	△※	△※	△※	△※	△※
高レベル廃液濃縮缶A	○	○	×	×	×	×	△※	△※	△※	△※	△※

※: 流入する経路が存在するものの上流の機器で除去されることから、仮に存在する場合であっても極微量である。

(iii) 精製建屋

精製建屋において有意な反応へ進展する可能性のある機器を以下に示す。

- ・ 第1一時貯留処理槽（酸化性物質と可燃物の混合による反応，可燃性のガスの発生による爆発）
- ・ 第2一時貯留処理槽（自己反応性物質による反応，酸化性物質と可燃物の混合による反応，可燃性のガスの発生による爆発）
- ・ 第3一時貯留処理槽（自己反応性物質による反応，酸化性物質と可燃物の混合による反応，可燃性のガスの発生による爆発）

第2. - 7表 精製建屋における化学物質の爆発への進展の可能性

機器名	化学物質が存在する可能性											
	硝酸(水)	硝酸塩	水酸化ナトリウム	炭酸ナトリウム	亜硝酸ナトリウム	n-ドデカン	TBP	DBP	MBP	リン酸	硝酸ヒドロキシルアミン	硝酸ヒドラジン
プルトニウム溶液受槽	○	○	×	×	×	△※	△※	△※	△※	△※	△※	△※
油水分離槽	○	○	×	×	×	△※	△※	△※	△※	△※	△※	△※
プルトニウム濃縮缶供給槽	○	○	×	×	×	△※	△※	△※	△※	△※	△※	△※
プルトニウム溶液一時貯槽	○	○	×	×	×	△※	△※	△※	△※	△※	△※	△※
プルトニウム濃縮液受槽	○	○	×	×	×	△※	△※	△※	△※	△※	△※	△※
リサイクル槽	○	○	×	×	×	△※	△※	△※	△※	△※	△※	△※
希釈槽	○	○	×	×	×	△※	△※	△※	△※	△※	△※	△※
プルトニウム濃縮液一時貯槽	○	○	×	×	×	△※	△※	△※	△※	△※	△※	△※
プルトニウム濃縮液計量槽	○	○	×	×	×	△※	△※	△※	△※	△※	△※	△※
プルトニウム濃縮液中間貯槽	○	○	×	×	×	△※	△※	△※	△※	△※	△※	△※
第1一時貯留処理槽 有機相	○	○	×	×	×	○	○	△※	△※	△※	×	×
第1一時貯留処理槽 水相	○	○	×	×	×	△※	△※	△※	△※	△※	△※	△※
第2一時貯留処理槽 有機相	○	○	×	×	×	○	○	△※	△※	△※	×	×
第2一時貯留処理槽 水相	○	○	×	×	×	△※	△※	△※	△※	△※	○	○
第3一時貯留処理槽	○	○	×	×	×	○	○	△※	△※	△※	○	○

※: 流入する経路が存在するものの上流の機器で除去されることから、仮に存在する場合であっても極微量である。

(iv) ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋

ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋では有意な反応へ進展する可能性のある機器は無い。

第2. - 8表 ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋における化学物質の爆発への進展の可能性

機器名称	化学物質が存在する可能性									
	硝酸(水)	硝酸塩	n-ドデカン	TBP	DBP	MBP	リン酸	硝酸ヒドロキシルアミン	硝酸ヒドラジン	
硝酸プルトニウム貯槽	○	○	△※1	△※1	△※1	△※1	△※1	△※1	△※1	
混合槽A・B	○	○	△※1	△※1	△※1	△※1	△※1	△※1	△※1	
一時貯槽※2	○	○	△※1	△※1	△※1	△※1	△※1	△※1	△※1	

※1: 流入する経路が存在するものの上流の機器で除去されることから、仮に存在する場合であっても極微量である。  
 ※2: プルトニウム濃縮液を貯蔵している場合

(v) 高レベル廃液ガラス固化建屋

高レベル廃液ガラス固化建屋において有意な反応へ進展する可能性のある機器を以下に示す。

- ・高レベル廃液混合槽（酸化性物質と可燃物の混合による反応，可燃性のガスの発生による爆発）
- ・供給液槽（酸化性物質と可燃物の混合による反応，可燃性のガスの発生による爆発）
- ・供給槽（酸化性物質と可燃物の混合による反応，可燃性のガスの発生による爆発）

第2. - 9表 高レベル廃液ガラス固化建屋における化学物質の爆発への進展の可能性

機器名称	化学物質が存在する可能性										
	硝酸(水)	硝酸塩	水酸化ナトリウム	亜硝酸ナトリウム	n-ドデカン	TBP	DBP	MBP	リン酸	不溶解残渣(ジルコニウム)	不溶解残渣(ジルコニウム以外)
第1・第2高レベル濃縮廃液貯槽	○	○	×	×	△※1	△※1	△※1	△※1	△※1	×	×
第1・第2高レベル濃縮廃液一時貯槽	○	○	×	×	△※1	△※1	△※1	△※1	△※1	×	×
第1・第2不溶解残渣廃液一時貯槽	○	○	×	×	×	×	×	×	×	○	○
第1・第2不溶解残渣廃液貯槽	○	○	×	×	×	×	×	×	×	○	○
高レベル廃液共用貯槽※2	○	○	×	×	△※1	△※1	△※1	△※1	△※1	×	×
高レベル廃液混合槽A・B	○	○	×	×	△※1	△※1	○	○	○	○	○
供給液槽A・B	○	○	×	×	△※1	△※1	○	○	○	○	○
供給槽A・B	○	○	×	×	△※1	△※1	○	○	○	○	○

※1: 流入する経路が存在するものの上流の機器で除去されることから、仮に存在する場合であっても極微量である。

※2: 高レベル濃縮廃液を貯蔵している場合

(c) 各建屋の各貯槽における化学物質の爆発への進展の可能性について

(i) 分離建屋

分離建屋の爆発の可能性のある貯槽は、第1一時貯留処理槽、第8一時貯留処理槽、第7一時貯留処理槽及び第6一時貯留処理槽である。想定される反応は以下のとおりである。

1) 自己反応性物質による反応（硝酸ヒドラジン）

第8一時貯留処理槽に入る硝酸ヒドラジンを含む溶液の液性を考慮すると、総崩壊熱は最大でも1 kW程度であり、溶液の濃縮又は温度上昇が想定されないことから、爆発等の反応に進展することはない。また、第7一時貯留処理槽に入る可能性のある硝酸ヒドラジンは、プルトニウム溶液中間貯槽からのオーバーフローによるものであり、当該溶液が流入することは基本的になく、硝酸ヒドラジンを原因とした爆発等の発生は想定されない。

2) 酸化性物質と可燃物の混合による反応（硝酸塩と可燃物（n-ドデカン，TBP，DBP，MBP））

第1一時貯留処理槽、第8一時貯留処理槽及び第6一時貯留処理槽に入る可燃物（n-ドデカン，TBP，DBP，MBP）を含む溶液の液性を考慮すると、総崩壊熱は最大でも1 kW程度であり、溶液の濃縮又は温度上昇が想定されないことから、爆発等の反応に進展することはない。

3) 可燃性のガスが発生し爆発（可燃物（n-ドデカン，TBP，DBP，MBP））

第1一時貯留処理槽、第8一時貯留処理槽及び第6一時貯留処理槽に入る可燃物（n-ドデカン，TBP，DBP，MBP）を

含む溶液の液性を考慮すると、総崩壊熱は最大でも 1kW 程度であり、溶液の濃縮又は温度上昇が想定されないことから、爆発等の反応に進展することはない。

4) 分離建屋の各貯槽における化学物質の爆発への進展の可能性

複数の機器から溶液を受入れる分離建屋一時貯留処理設備で有意な反応へ進展する可能性のある機器について、通常状態で受入れられる可能性のある溶液の混合を考慮しても、総崩壊熱は最大でも 1kW 程度であり、溶液の濃縮又は温度上昇が想定されないことから、爆発等の反応に進展することはない。

また、第7一時貯留処理槽については、通常状態で受入れる可能性のある溶液では、爆発等の反応に進展することはない。

第2. -10表 分離建屋の化学物質の爆発へ進展の可能性のある貯槽での受入れについて

機器名	受入れ機器名称	受入れる機器からの溶液		受入れ先の機器での総崩壊熱※1
		TBP、n-ドデカン	硝酸ヒドラジン	
第1一時貯留処理槽 (有機相/水相)	抽出塔	○	×	低
	第1洗浄塔	○	×	低
	第2洗浄塔	○	×	低
	補助抽出器	○	×	低
	TBP洗浄器	○	×	低
第7一時貯留処理槽	第1一時貯留処理槽 (水相)	△※2	×	低
	溶解液中間貯槽※3	×	×	高
	プルトニウム溶液中間貯槽※3	×	○	低
第8一時貯留処理槽 (有機相/水相)	プルトニウム分配塔	○	○	低
	ウラン洗浄塔	○	○	低
	プルトニウム溶液TBP洗浄器	○	○	低
	プルトニウム洗浄器	○	○	低
第6一時貯留処理槽 (有機相/水相)	抽出塔	○	×	低
	TBP洗浄塔	○	×	低

※1: 受入れ先での総崩壊熱量が、1kW未満のものを低、1kW以上のものを高。

※2: 流入する経路が存在するものの上流の機器で除去されることから、仮に存在する場合であっても極微量である。

※3: 当該機器からの受入れラインはオーバーフローラインのみであり、当該溶液が流入することは基本的に無いことから対象外。



(ii) 精製建屋

精製建屋の爆発の可能性がある貯槽は、第1一時貯留処理槽、第2一時貯留処理槽及び第3一時貯留処理槽である。想定される反応は以下のとおりである。

- 1) 自己反応性物質による反応（硝酸ヒドラジン，硝酸ヒドロキシルアミン）

第2一時貯留処理槽及び第3一時貯留処理槽に入る硝酸ヒドラジン，硝酸ヒドロキシルアミンを含む溶液の液性を考慮すると，総崩壊熱は最大でも1kW程度であり，溶液の濃縮又は温度上昇が想定されないことから，爆発等の反応に進展することはない。

- 2) 酸化性物質と可燃物の混合による反応（硝酸塩と可燃物（n-ドデカン，TBP，DBP，MBP））

第1一時貯留処理槽，第2一時貯留処理槽及び第3一時貯留処理槽に入る可燃物（n-ドデカン，TBP，DBP，MBP）を含む溶液の液性を考慮すると，総崩壊熱は最大でも1kW程度であり，溶液の濃縮又は温度上昇が想定されないことから，爆発等の反応に進展することはない。

- 3) 可燃性のガスが発生し爆発（可燃物（n-ドデカン，TBP，DBP，MBP））

第1一時貯留処理槽，第2一時貯留処理槽及び第3一時貯留処理槽に入る可燃物（n-ドデカン，TBP，DBP，MBP）を含む溶液の液性を考慮すると，総崩壊熱は最大でも1kW程度であり，溶液の濃縮又は温度上昇が想定されないことから，爆発等の反応に進展することはない。

- 4) 精製建屋の各貯槽における化学物質の爆発への進展の可能性

複数の機器から溶液を受入れる精製建屋一時貯留処理設備で有意な反応へ進展する可能性のある機器について、通常状態で受入れられる可能性のある溶液の混合を考慮しても、総崩壊熱は最大でも1 kW程度であり、溶液の濃縮又は温度上昇が想定されないことから、爆発等の反応に進展することはない。

第2. -11 表 精製建屋の化学物質の爆発へ進展の可能性がある貯槽での受入れについて

機器名	受入れ機器名称	受入れる機器からの溶液		受入れ先の機器での総崩壊熱※1
		TBP、n-ドデカン	硝酸ヒドラジン、硝酸ヒドロキシルアミン	
第1一時貯留処理槽 (有機相/水相)	抽出塔	○	×	低
	核分裂生成物洗浄塔	○	×	低
	TBP洗浄塔	○	×	低
	低濃度プルトニウム溶液受槽※3	△※2	△※2	-
	プルトニウム溶液受槽※3	△※2	△※2	-
	油水分離槽※3	△※2	△※2	-
	プルトニウム濃縮缶供給槽※3	△※2	△※2	-
第2一時貯留処理槽 (有機相/水相)	逆抽出塔	○	○	低
	ウラン洗浄塔	○	○	低
	TBP洗浄器	○	○	低
	補助油水分離槽	△※2	○	低
	プルトニウム洗浄器	○	○	低
	プルトニウム溶液供給槽※3	×	○	-
第3一時貯留処理槽	第1一時貯留処理槽 (水相)	△※2	×	低
	第2一時貯留処理槽 (水相)	△※2	○	低
	抽出廃液受槽	○	×	低

※1: 受入れ先での総崩壊熱量が、1kW未満のものを低、1kW以上のものを高。  
 ※2: 流入する経路が存在するものの上流の機器で除去されることから、仮に存在する場合であっても極微量である。  
 ※3: 当該機器からの受入れる溶液は、機器内洗浄した後の極薄い溶液であり、通常受入れることはないため対象外。

### (iii) 高レベル廃液ガラス固化建屋

高レベル廃液ガラス固化建屋の爆発の可能性がある貯槽は、高レベル廃液混合槽、供給液槽及び供給槽である。想定される反応は以下のとおりである。

- 1) 酸化性物質と可燃物の混合による反応（硝酸塩と可燃物（n-ドデカン，TBP，DBP，MBP））

高レベル廃液混合槽，供給液槽及び供給槽に入る可燃物（*n*-ドデカン，TBP，DBP，MBP）を含む溶液の液性を考慮し，反応が想定される温度以上になるまでの時間を算出すると，約270時間となる。

- 2) 可燃性のガスが発生し爆発（可燃物（*n*-ドデカン，TBP，DBP，MBP））

高レベル廃液混合槽，供給液槽及び供給槽に入る可燃物（*n*-ドデカン，TBP，DBP，MBP）を含む溶液の液性を考慮し，反応が想定される温度以上になるまでの時間を算出すると，約270時間となる。

- 3) 高レベル廃液ガラス固化建屋の各貯槽における化学物質の爆発への進展の可能性

高レベル廃液ガラス固化建屋の3貯槽についても，事象進展は比較的緩慢ではあるが，爆発等により高レベル廃液が飛散する可能性を有しており，環境影響を悪化させる潜在的なリスクがあることから，「(4) 高レベル廃液混合槽，供給液槽，供給槽における爆発の可能性及び爆発の影響について」においてさらに考察を加える。

- (4) 高レベル廃液混合槽，供給液槽，供給槽における爆発の可能性及び爆発の影響について

高レベル廃液ガラス固化建屋の3貯槽（高レベル廃液混合槽，供給液槽，供給槽）について，内包している供給廃液の模擬液により，TGA-DTAで熱分解挙動を確認・評価した結果，急激な重量変動や熱反応は確認されなかった。また，供給廃液の模擬液を加熱し，冷却後の外観から爆発に起因する飛散物は確認されなかった。

模擬供給廃液を使用した新型ガラス溶融炉のモックアップ試験（以下、K2MOC試験という。）において、パラメータから、急激な温度変動や圧力変動の有無を確認した結果、急激な温度変動や圧力変動は見られなかった。また、模擬廃液供給の観察から急激な反応は観察されなかった。

以上より、高レベル廃液ガラス固化建屋の3貯槽において、冷却機能の喪失により溶液の温度が上昇した場合であっても、爆発に至る可能性は低いものと考えられる。万が一爆発に至った場合における爆発規模は、最も容量が大きい高レベル廃液混合槽においてもTNT換算で2kg程度であり、機器や可搬型フィルタの健全性を損なうものではない。（別紙2参照）

## 2.4 蒸発乾固の進展による臨界の発生の可能性について

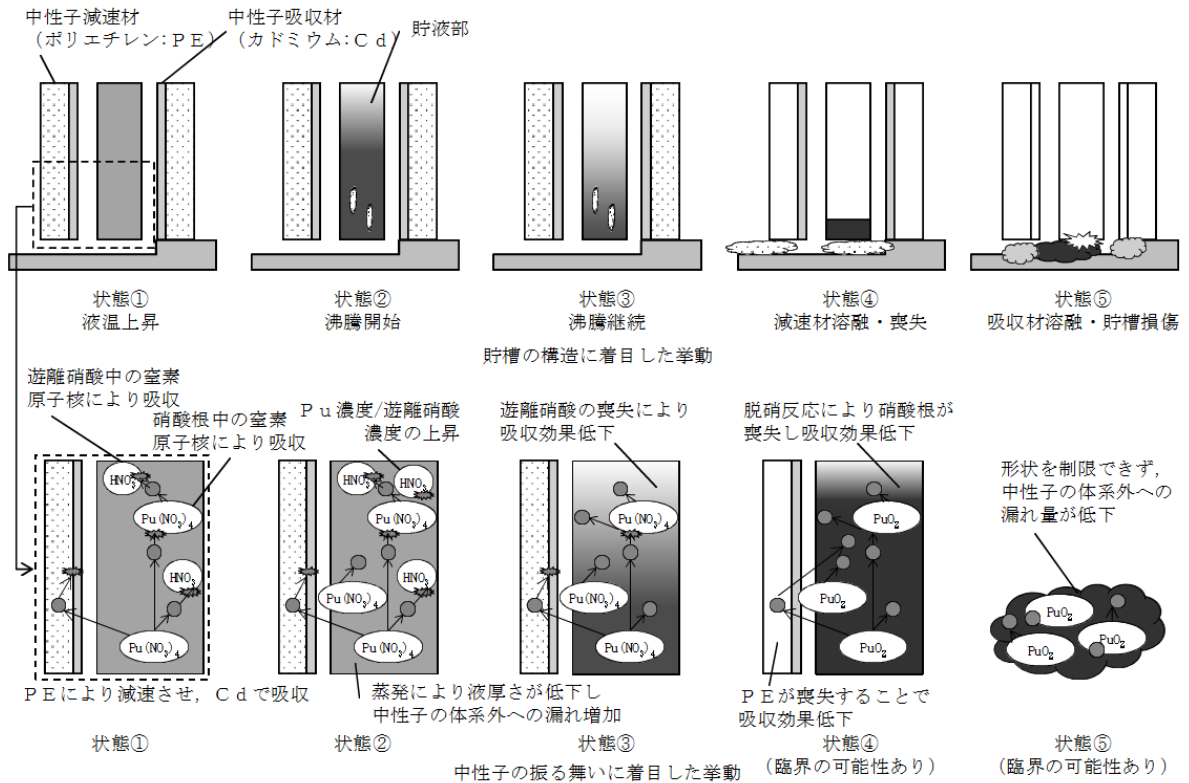
### 2.4.1 蒸発乾固の進展に伴うプルトニウム濃縮液の未臨界性の整理

#### 2.4.1.1 プルトニウム濃縮液を内包する環状形槽の蒸発乾固の進展について

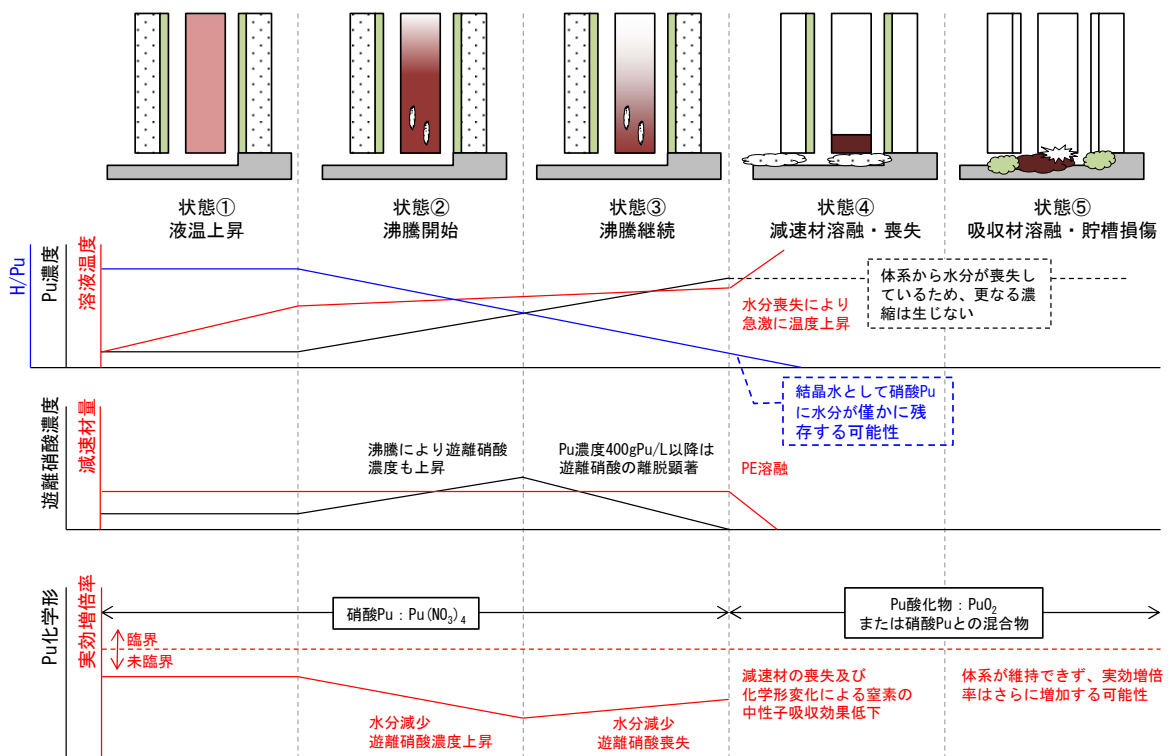
再処理施設で取り扱われる溶液のうち、崩壊熱密度が比較的大きい溶液であるプルトニウム濃縮液は、精製建屋及びウラン・プルトニウム混合脱硝建屋の環状形槽において貯留される。

精製建屋の環状形槽は、蒸発乾固への対策が十分に機能しないことを想定した場合、蒸発乾固が進展し、崩壊熱により溶液の温度が上昇することで水分が喪失し、硝酸プルトニウムの脱硝反応が生じるとともに、中性子減速材であるポリエチレン及び中性子吸収材であるカドミウム（以下、中性子吸収材等という）が溶融・喪失するおそれがある。進展の概念を第 2-7 図、第 2-8 図及び第 1 表に示す。

ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋の環状形槽においても同様に脱硝反応が生じることが予想されるが、軟化点が低いポリエチレンは使用していない。



第2-7図 プルトニウム濃縮液を内包する環状形槽における概念図



第2-8図 環状形槽におけるパラメータ変化の概念図

第 2-12 表 プルトニウム濃縮液の環状形槽におけるパラメータ変化

状態	解説	臨界安全設計条件との関係	Pu の化学形	平均 Pu 濃度 (密度)	H/Pu	中性子吸収材等の有無
状態①	崩壊熱により液温が上昇していくが、沸騰には至っておらず、Pu 濃度の変化もない。	設計条件内	Pu(NO <sub>3</sub> ) <sub>4</sub>	~250gPu/L	~約 90	PE : 有り Cd : 有り
状態②	沸騰が生じ、プルトニウム濃度が上昇していく。この状態では、Pu 濃度と酸濃度の関係から、遊離硝酸濃度は維持される。また、蒸発により液厚さは低下していき、体系外への中性子の漏れが大きくなる。	設計条件内	Pu(NO <sub>3</sub> ) <sub>4</sub>	~約 400gPu/L	~約 40	PE : 有り Cd : 有り
状態③	Pu 濃度が一定以上に上昇した場合、蒸発により失われる酸の量が大きくなり、溶液中の遊離硝酸濃度が低下していくことで、中性子の吸収効果が低下する。	設計条件内	Pu(NO <sub>3</sub> ) <sub>4</sub>	~約 1200gPu/L(硝酸 Pu 五水和物 (H/Pu=10)の理論密度に相当する Pu 密度 (濃度))	~10	PE : 有り Cd : 有り
状態④	水分が失われ※、急激に温度が上昇することにより脱硝反応が生じ、Pu の化学形が変化することで硝酸根による中性子吸収効果が低下する。また、温度上昇により、中性子減速材が溶融し、喪失する。 ※硝酸 Pu は水和物を形成するため、結晶水としての水分が残存する可能性がある。	設計条件を超過	PuO <sub>2</sub> または Pu(NO <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> との混合物	H/Pu=10 に相当する Pu 密度 (硝酸 Pu においては約 1200gPu/L、二酸化 Pu においては約 2100gPu/L) ~ H/Pu=0 に相当する Pu 密度 (硝酸 Pu においては約 2190gPu/L、二酸化 Pu においては約 10000gPu/L)	10 未満	PE : 無し Cd : 有り

状態	解説	臨界安全設計条件との関係	Pu の化学形	平均 Pu 濃度 (密度)	H/Pu	中性子吸収材等の有無
状態⑤	構造材 (ステンレス鋼) の融点に到達し、貯槽の構造が維持できなくなることにより、Pu を含む溶融物がセルに漏出する。これにより、貯槽によって制限されていた燃料形状が維持できなくなる。	設計条件を超過	PuO <sub>2</sub> または Pu(NO <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> との混合物	—	—	PE : 無し Cd : 無し

略称

PE : ポリエチレン

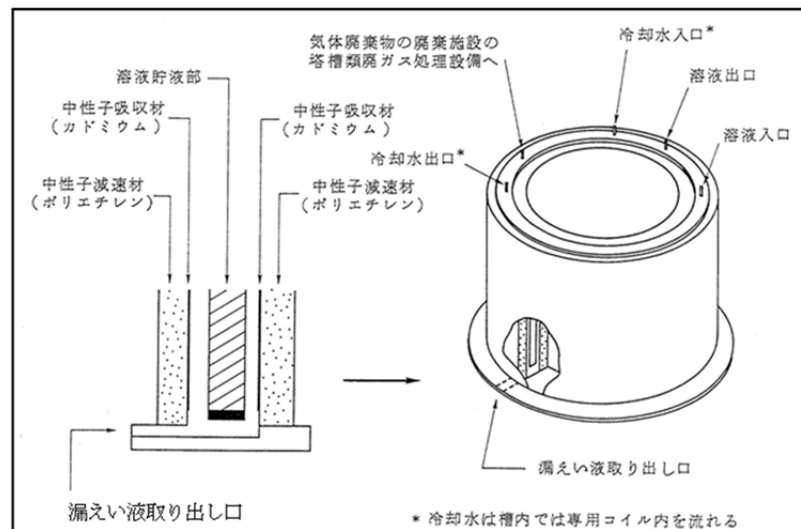
Cd : カドミウム



## 2.4.2 蒸発乾固の進展に伴うプルトニウム濃縮液の未臨界性の整理（精製建屋）

### 2.4.2.1 精製建屋の機器の特徴

精製建屋のプルトニウム濃縮液を内包する機器の構造は、第 2. -9 図に示す環状形槽であり、全濃度安全形状寸法管理及び中性子吸収材管理により未臨界を確保しており、中性子吸収材としてカドミウムを用いるとともに、ポリエチレンにより中性子を減速させ、中性子吸収効果を確保している。ポリエチレンの軟化点は約 120℃、カドミウムの融点は約 320℃である。内包する溶液のプルトニウムは、硝酸プルトニウムとして存在（化学形： $\text{Pu}(\text{NO}_3)_4$ ）し、プルトニウム濃度は～約 250 g Pu / L である。遊離硝酸の濃度は～約 7 mol / L である。



第 2. - 9 図 精製建屋の環状形槽

#### 2.4.2.2 臨界計算モデルの設定

臨界計算モデルを第 2. -10 図から第 2. -12 図に示す。また、臨界計算モデルにおいて設定した数値とその根拠を第 2. -13 表に示すとともに、臨界計算上のプルトニウムの性状、中性子吸収材等に係る設定値とその根拠を第 2. -14 表に示す。

臨界計算モデルの設定においては、可能な限り実現象と整合した計算結果が得られるよう、現実的な条件を設定するが、現象の不確実性を考慮して、パラメータに幅を持たせて計算を行う。

第 2-13 表 精製建屋におけるプルトニウム濃縮液を内包する環状形槽の  
臨界計算モデルの設定値等とその根拠

項目	設定値	条件設定の根拠	設定の不確かさ	実際の条件に対する余裕														
配置	複数ユニット（2 貯槽）	精製建屋において Pu 濃縮液を内包する環状形槽は 6 貯槽存在し、1 セルに 2 貯槽ずつ配置されていることから、現実的な条件として設定。	—	—														
燃料領域の高さ	250gPu/L において ■■■mm とし、Pu 濃度に応じて Pu 質量が保存されるよう設定	精製建屋で Pu 濃縮液を内包する環状形槽のうち、Pu 濃縮液の保持可能な量が最大となる Pu 濃縮液一時貯槽の公称液位を基に設定。	冷却機能喪失時に貯槽内の液高さが設定値以下である場合、実効増倍率は低下する。	<p>精製建屋で Pu 濃縮液を内包する環状形槽の公称液位は以下のとおりであり、設定値は希釈槽を除く貯槽の液位を包絡できるよう設定。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>機器</th> <th>公称液位 (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>希釈槽</td> <td>■■■</td> </tr> <tr> <td>プルトニウム濃縮液一時貯槽</td> <td>■■■</td> </tr> <tr> <td>プルトニウム濃縮液受槽</td> <td>■■■</td> </tr> <tr> <td>リサイクル槽</td> <td>■■■</td> </tr> <tr> <td>プルトニウム濃縮液計量槽</td> <td>■■■</td> </tr> <tr> <td>プルトニウム濃縮液中間貯槽</td> <td>■■■</td> </tr> </tbody> </table> <p>希釈槽は運用上、他の貯槽に移送する場合は移送する溶液中の Pu 濃度が 24gPu/L 以下</p>	機器	公称液位 (mm)	希釈槽	■■■	プルトニウム濃縮液一時貯槽	■■■	プルトニウム濃縮液受槽	■■■	リサイクル槽	■■■	プルトニウム濃縮液計量槽	■■■	プルトニウム濃縮液中間貯槽	■■■
機器	公称液位 (mm)																	
希釈槽	■■■																	
プルトニウム濃縮液一時貯槽	■■■																	
プルトニウム濃縮液受槽	■■■																	
リサイクル槽	■■■																	
プルトニウム濃縮液計量槽	■■■																	
プルトニウム濃縮液中間貯槽	■■■																	

■■■ については商業機密の観点から公開できません。

項目	設定値	条件設定の根拠	設定の不確かさ	実際の条件に対する余裕
				となるよう管理されている。したがって、希釈槽において貯留可能な最大 Pu 量を貯槽内に内包した状態は、24gPu/L の Pu 溶液を満載した場合であり、その場合、Pu 濃縮液（250gPu/L）に相当する液高さは約 ■■■cm 程度であることから、臨界計算モデルとして設定した燃料領域の高さは希釈槽の燃料領域の高さより高くなる。
貯槽間距離	■■■mm	貯槽間距離が狭い方が両貯槽間の中性子相互干渉が大きくなり、臨界評価上より厳しい結果を与えるため、6 貯槽の貯槽間距離のうち最も狭い距離を設定。	—	貯槽間距離が最短となるのは Pu 濃縮液受槽セルに設置される Pu 濃縮液受槽-リサイクル槽であって、約 ■■■mm であるが、より厳しい結果を与えるよう貯槽間距離を短く設定する。
水平方向境界条件	コンクリート反射	セル壁における反射を考慮し設定	—	実際には貯槽-コンクリート間に空間が存在するが、より厳しい結果を与えるよう評価上は空間を設けていない。

■■■については商業機密の観点から公開できません。

項目	設定値	条件設定の根拠	設定の不確かさ	実際の条件に対する余裕
垂直方向境界条件	コンクリート反射	セル壁における反射を考慮し設定		実際には貯槽-コンクリート間に空間が存在するが、より厳しい結果を与えるよう評価上は空間を設けていない。
計算コード	SCALE コードシステム	—	—	—

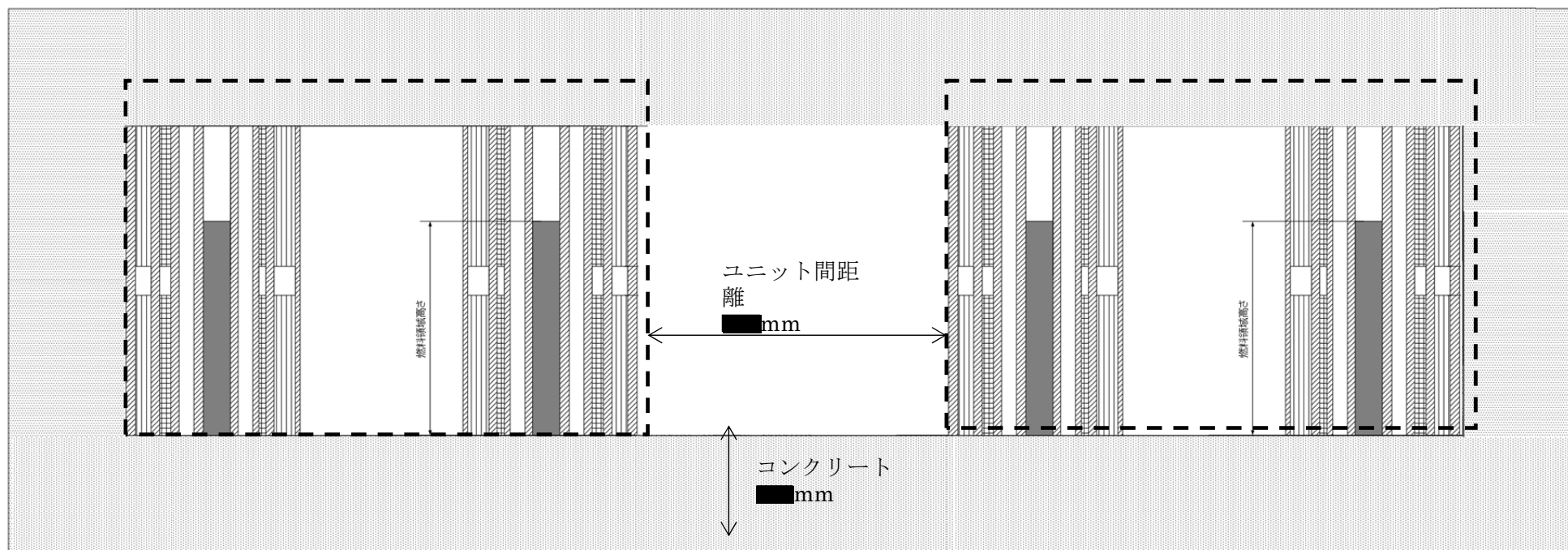
第 2.-14 表 精製建屋のプルトニウム濃縮液を内包する環状形槽の臨界計算モデルにおける  
プルトニウムの性状、中性子吸収材等の設定値等とその根拠

項目	状態①～状態③ (第 1 表と対応)	状態④ (第 1 表と対応)	条件設定の根拠	設定の不確かさ	実際の条件に対する余裕
Pu の 化学形	$\text{Pu}(\text{NO}_3)_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	$\text{PuO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	水分が喪失した状態になった場合、急激に温度が上昇することにより脱硝反応が生じ、Pu の化学形が変化することで窒素原子による中性子吸収効果が低下する。	状態④では硝酸 Pu と $\text{PuO}_2$ が混在した状況も想定される。	状態④では硝酸 Pu と $\text{PuO}_2$ が混在した状況も想定されるが、より厳しい結果を与えるよう $\text{PuO}_2$ とする。

項目	状態①～状態③ (第1表と対応)	状態④ (第1表と対応)	条件設定の根拠	設定の不確かさ	実際の条件に対する余裕
Pu濃度	250gPu/L～ 2190gPu/L (硝酸Puの理論密度に相当)	2100gPu/L (PuO <sub>2</sub> -H <sub>2</sub> OにおいてH/Pu=10に相当するPu濃度)～ 10000gPu/L (PuO <sub>2</sub> の理論密度に相当するPu濃度)	状態に応じてとりうるPu濃度を考慮した上で設定。	状態④は水分が喪失した状態であり、脱硝反応によるPu濃度の更なる上昇は考え難い。	脱硝反応によるPu濃度の更なる上昇は考え難いが、脱硝体の不確実性を包絡できるように、状態④の評価においては、H/Pu=10に相当するPu濃度からPuO <sub>2</sub> 理論密度に相当するPu濃度までを評価の対象とする。
Pu同位体組成	Pu-239 : 71wt% Pu-240 : 17wt% Pu-241 : 12wt%	Pu-239 : 71wt% Pu-240 : 17wt% Pu-241 : 12wt%	臨界安全管理として実施する同位体組成管理の条件を基に設定	—	非核分裂性物質であるPu-238、Pu-242を零とする。







項目	状態①～状態③ (第1表と対応)	状態④ (第1表と対応)	条件設定の根拠	設定の不確かさ	実際の条件に対する余裕
遊離硝酸	0 N	0 N	より厳しい結果を与えるよう、遊離硝酸は考慮しない。	脱硝反応開始前の貯槽内の遊離硝酸の濃度は～約7 mol/Lであり、状態②において徐々に上昇、状態③において徐々に低下する。	脱硝反応開始前の貯槽内の遊離硝酸の濃度は～約7 mol/Lであり、遊離硝酸が存在する状態①～③においては、硝酸根中の窒素原子による中性子吸収効果が期待できるが、より厳しい結果を与えるよう、遊離硝酸は考慮しない。
中性子吸収材等の有無	PE：有り Cd：有り	PE：無し Cd：無し	状態④は水分が喪失した状態であり、急激に温度が上昇することにより中性子吸収材等が熔融し、喪失した設定とする。	—	状態④においては中性子吸収材であるCdは喪失していないが、より厳しい結果を与えるよう中性子吸収材を考慮していない。



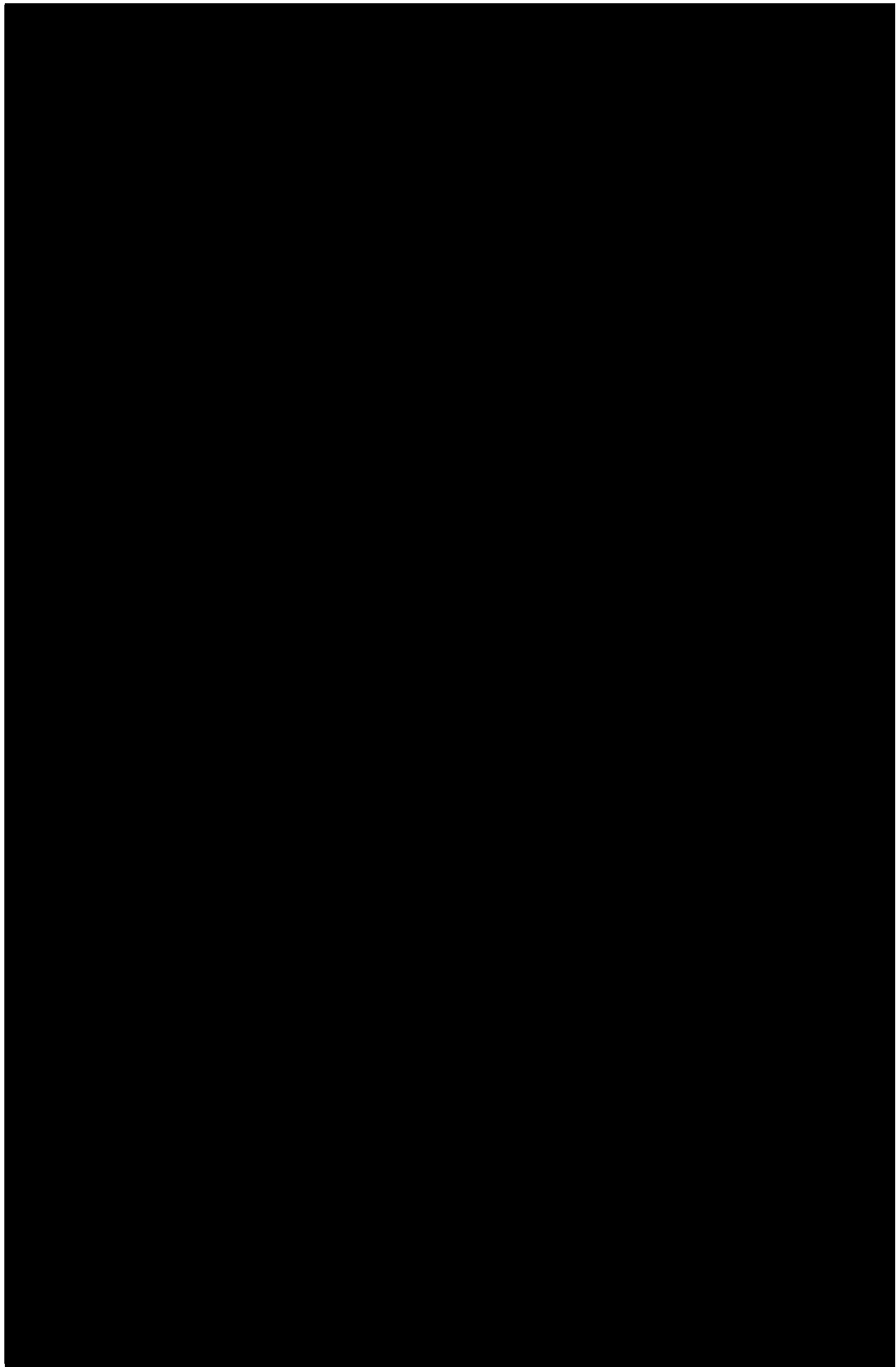


※破線は単一ユニットを表す。

第 2-10 図 臨界解析モデル図 (断面・状態①～③)

-  SUS304L
-  ポリエチレン
-  ガドミウム
-  燃料領域
-  コンクリート
-  真空

■ については商業機密の観点から公開できません。



第 2.-11 図 環状形槽の臨界解析モデル図（単一ユニット、状態①～状態③）

■ については商業機密の観点から公開できません。



第 2. -12 図 環状形槽の臨界解析モデル図 (単一ユニット、状態④)

■ については商業機密の観点から公開できません。

### 2.4.2.3 臨界計算結果

臨界計算結果を第 2-13 図に示す。また、実効増倍率へ影響を与える現象とその影響を第 2-15 表に示す。

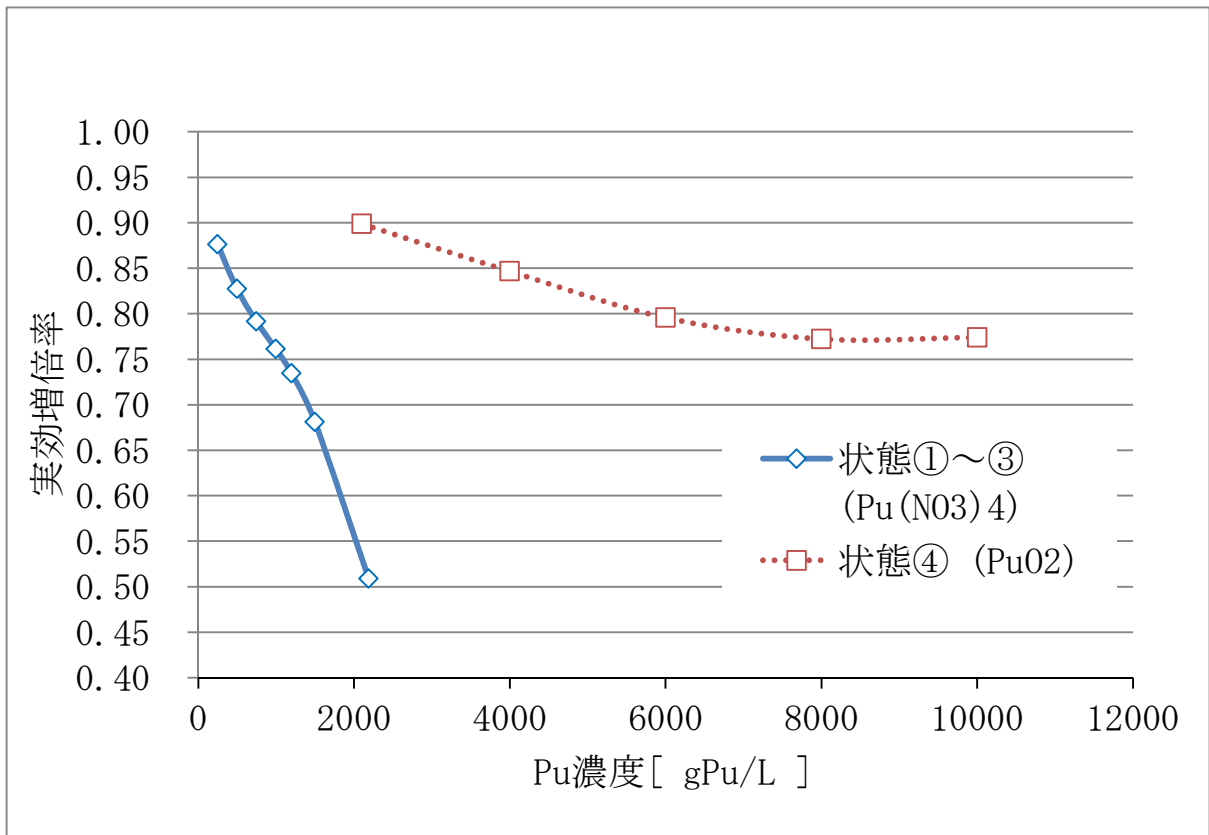
状態①～状態③においては、中性子吸収材等が健全であり、脱硝反応も発生していないことから、蒸発による燃料領域中の水素原子の減少により実効増倍率は低下していく。

状態④においては、中性子吸収材等が溶融し、体系から喪失するとともに脱硝反応が生じることで、実効増倍率が增加するが、Pu 濃度が上昇するにつれて水素原子が減少し実効増倍率は減少する。この過程において、中性子吸収材等がなく、かつ、窒素がなくなり PuO<sub>2</sub> となった状態 (プルトニウム濃度 2100gPu/L) の場合であっても、実効増倍率は 0.95 を下回る。

以上の結果より、状態④までの範囲においては、蒸発乾固が進展した場合であっても未臨界が維持される。

第 2-15 表 実効増倍率へ影響を与える現象とその影響

現象	Pu 濃度上昇による水素原子の減少	Pu 濃度上昇による体系の縮小	中性子吸収材等の喪失	脱硝反応
現象の説明	Pu 濃度上昇により、中性子減速効果を持つ水素原子が減少することで実効増倍率が低下する。	Pu 濃度 (密度) が上昇し体系が縮小することにより燃料領域の表面積が減少するため、実効増倍率が上昇する。	中性子吸収材等が喪失することで中性子吸収効果が低下する。	脱硝反応により Pu の化学形が変化することで硝酸根中の窒素原子による中性子吸収効果が低下する。
実効増倍率への影響				
状態①～③	低下	上昇	—	—
状態④	低下	上昇	上昇	上昇

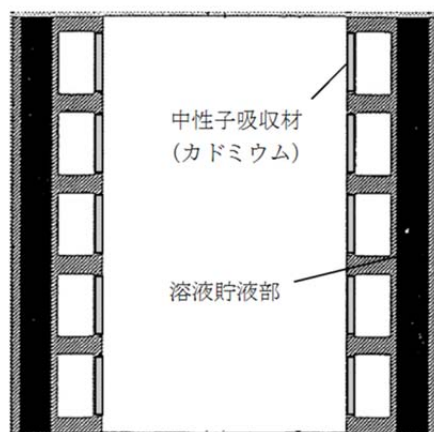


第 2. - 13 図 精製建屋の環状形槽における臨界計算結果

### 2.4.3 蒸発乾固の進展に伴うプルトニウム濃縮液の未臨界性の整理（ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋）

#### 2.4.3.1 ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋の機器の特徴

ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋のプルトニウム濃縮液を内包する機器の構造は、第2-14図に示す環状形槽であり、全濃度安全形状寸法管理及び中性子吸収材管理により未臨界を確保しており、中性子吸収材としてカドミウムを用いるが、ポリエチレンは使用していない。内包する溶液のプルトニウムは、硝酸プルトニウムとして存在（化学形： $\text{Pu}(\text{NO}_3)_4$ ）し、プルトニウム濃度は～約  $250 \text{ g Pu/L}$  である。遊離硝酸の濃度は～約  $7 \text{ mol/L}$  である。また、混合槽においては、硝酸ウラニルと共存している。



第2-14図 ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋の環状形槽の断面図

#### 2.4.3.2 臨界計算モデルの設定

臨界計算モデルを第 2-15 図に示す。また、臨界計算モデルにおいて設定した数値とその根拠を第 2-16 表に示すとともに、臨界計算上のプルトニウムの性状、中性子吸収材等に係る設定値とその根拠を第 2-17 表に示す。

臨界計算モデルの設定においては、可能な限り実現象と整合した計算結果を得られるよう、現実的な条件を設定するが、現象の不確実性を考慮して、パラメータに幅を持たせて計算を行う。

第 2.-16 表 ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋におけるプルトニウム濃縮液を内包する環状形槽の  
計算モデルの設定値等とその根拠

項目	設定値	条件設定の根拠	設定の不確かさ	実際の条件に対する余裕									
配置	単一ユニット（1貯槽）	ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋において Pu 濃縮液を内包する環状形槽は 4 貯槽存在し、1セル毎に 1 貯槽ずつ配置されていることから現実的な条件として設定。	—	—									
燃料領域の高さ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・状態①～状態③ 250gPu/L において ■mm とし、Pu 濃度に応じて Pu 質量が保存されるよう設定</li> <li>・状態④ 250gPu/L において ■mm とし、Pu 濃度に応じて Pu 質量が保存されるよう設定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・状態①～状態③ ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋で Pu 濃縮液を内包する環状形槽の公称液位を基に設定</li> <li>・状態④ ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋で Pu 濃縮液を内包する環状形槽の公称寸法を基に設定</li> </ul>	冷却機能喪失時に貯槽内の液高さが設定値以下である場合、実効増倍率は低下する。	<p>ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋で Pu 濃縮液を内包する環状形槽の公称液位・公称寸法は以下のとおりであり、計算モデルはこれらを包絡している。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>機器</th> <th>公称液位(mm)</th> <th>公称寸法(mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>硝酸プルトニウム貯槽</td> <td rowspan="4">■</td> <td rowspan="4">■</td> </tr> <tr> <td>混合槽 A</td> </tr> <tr> <td>混合槽 B</td> </tr> <tr> <td>一時貯槽</td> </tr> </tbody> </table>	機器	公称液位(mm)	公称寸法(mm)	硝酸プルトニウム貯槽	■	■	混合槽 A	混合槽 B	一時貯槽
機器	公称液位(mm)	公称寸法(mm)											
硝酸プルトニウム貯槽	■	■											
混合槽 A													
混合槽 B													
一時貯槽													
水平・垂直方向境界条件	全方向 30cm 水反射 水平方向鏡面反射	貯槽容器壁外側に設置される冷却ジャケット中の冷却水等の反射効果を考慮し設定。	—	蒸発乾固の事象進展に伴い冷却ジャケット中の冷却水が蒸発に至った場合には、水反射効果は低下する。									
計算コード	JACS コードシステム	—	—	—									

■ については商業機密の観点から公開できません。

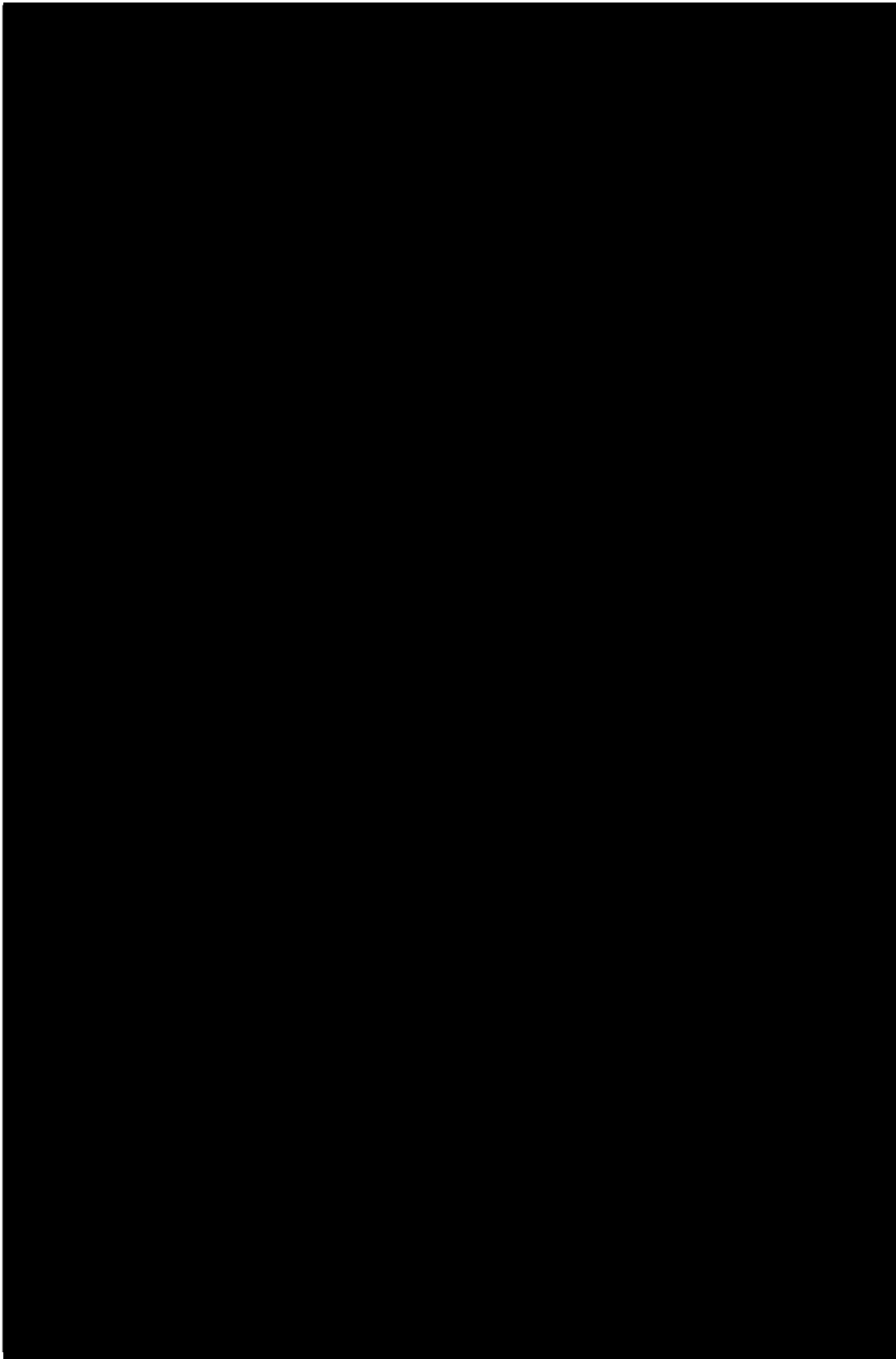


項目	設定値	条件設定の根拠	設定の不確かさ	実際の条件に対する余裕
	又は <b>SCALE</b> コードシステム			

第2-17表 ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋のプルトニウム濃縮液を内包する環状形槽の  
 臨界計算モデルにおけるプルトニウムの性状、中性子吸収材等の設定値等とその根拠

項目	状態①～状態③ (第1表と対応)	状態④ (第1表と対応)	条件設定の根拠	設定の不確かさ	実際の条件に対する余裕
Puの化学形	$\text{Pu}(\text{NO}_3)_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	$\text{PuO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	水分が喪失した状態になった場合、急激に温度が上昇することにより脱硝反応が生じ、Puの化学形が変化することで窒素原子による中性子吸収効果が低下する。	状態④では硝酸Puと $\text{PuO}_2$ が混在した状況も想定される。	状態④では硝酸Puと $\text{PuO}_2$ が混在した状況も想定されるが、より厳しい結果を与えるよう $\text{PuO}_2$ とする。
Pu濃度	250gPu/L～ 2190gPu/L (硝酸Puの理論密度に相当)	2100gPu/L ( $\text{PuO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ においてH/Pu=10に相当するPu濃度)～ 10000gPu/L ( $\text{PuO}_2$ の理論密度に相当するPu濃度)	状態に応じてとりうるPu濃度を考慮した上で設定。	状態④は水分が喪失した状態であり、脱硝反応によるPu濃度の更なる上昇は考え難い。	脱硝反応によるPu濃度の更なる上昇は考え難いが、脱硝体の不確実性を包絡できるよう、状態④の評価においては、H/Pu=10に相当するPu濃度から $\text{PuO}_2$ 理論密度に相当するPu濃度までを評価の対象とする。
Pu同位体組成	Pu-239：71wt% Pu-240：17wt% Pu-241：12wt%	Pu-239：71wt% Pu-240：17wt% Pu-241：12wt%	臨界安全管理として実施する同位体組成管理の条件を基に設定	—	非核分裂性物質であるPu-238、Pu-242を零とする。

項目	状態①～状態③ (第1表と対応)	状態④ (第1表と対応)	条件設定の根拠	設定の不確かさ	実際の条件に対する余裕
遊離硝酸	0 N	0 N	より厳しい結果を与えるよう、遊離硝酸は考慮しない。	脱硝反応開始前の貯槽内の遊離硝酸の濃度は～約7 mol/Lであり、状態②において徐々に上昇、状態③において徐々に低下する。	脱硝反応開始前の貯槽内の遊離硝酸の濃度は～約7 mol/Lであり、遊離硝酸が存在する状態①～③においては、硝酸根中の窒素原子による中性子吸収効果が期待できるが、より厳しい結果を与えるよう、遊離硝酸は考慮しない。
中性子吸収材等の有無	Cd : 有り	Cd : 無し	状態④は水分が喪失した状態であり、急激に温度が上昇することにより中性子吸収材等が溶融し、喪失した設定とする。	—	状態④においては中性子吸収材であるCdは喪失していないが、より厳しい結果を与えるよう中性子吸収材を考慮していない。



第 2.-15 図 ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋におけるプルトニウム濃縮液を内包する環状形槽の解析モデル図

■ については商業機密の観点から公開できません。

### 2.4.3.3 臨界計算結果

臨界計算の結果を第 2-16 図に示す。また、実効増倍率へ影響を与える現象とその影響を第 2-18 表に示す。

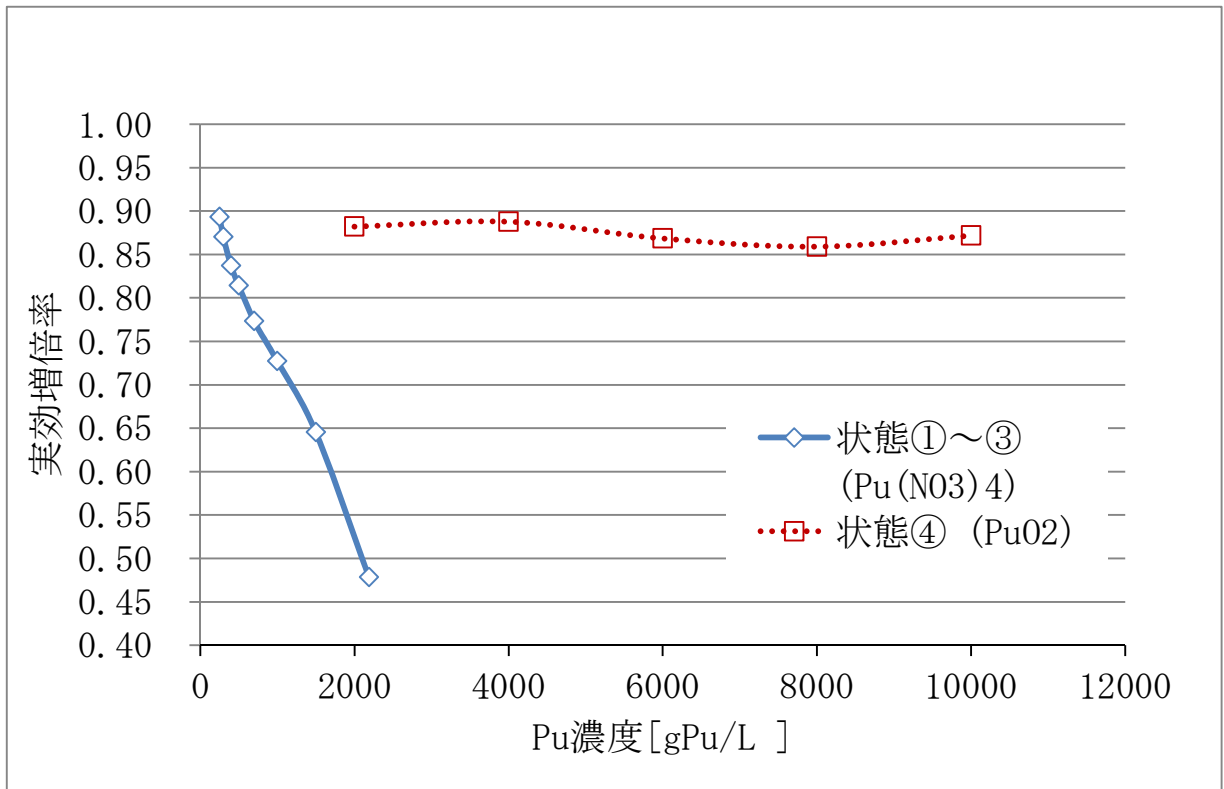
状態①～状態③においては、中性子吸収材等が健全であり、脱硝反応も発生していないことから、蒸発による燃料領域中の水素原子の減少により実効増倍率は低下していく。

状態④においては、中性子吸収材等が溶融し、体系から喪失するとともに脱硝反応が生じることで、実効増倍率が増加するが、Pu 濃度が上昇しても実効増倍率はあまり変化せず、いずれの濃度においても実効増倍率は 0.95 を下回る。

以上の結果より、状態④までの範囲においては、蒸発乾固が進展した場合であっても未臨界が維持される。

第 2-18 表 実効増倍率へ影響を与える現象とその影響

現象	Pu 濃度上昇による水素原子の減少	Pu 濃度上昇による体系の縮小	中性子吸収材等の喪失	脱硝反応
現象の説明	Pu 濃度上昇により、中性子減速効果を持つ水素原子が減少することで実効増倍率が低下する。	Pu 濃度（密度）が上昇し体系が縮小することにより燃料領域の表面積が減少するため、実効増倍率が上昇する。	中性子吸収材等が喪失することで中性子吸収効果が低下する。	脱硝反応により Pu の化学形が変化することで硝酸根中の窒素原子による中性子吸収効果が低下する。
実効増倍率への影響				
状態①～③	低下	上昇	—	—
状態④	低下	上昇	上昇	上昇



第 2.-16 図 蒸発乾固時の臨界計算結果

## 2.4.4 本臨界評価に用いた条件の許認可上の扱い

### 2.4.4.1 設計基準における評価条件に対する本評価に用いた評価条件の相違点

設計基準に対する本評価に用いた評価条件の相違点として、精製建屋の環状形槽に対する比較を第2-19表に示す。臨界計算モデルの設定においては、実現象と整合した計算結果を得られるよう、設計基準における臨界安全設計に比べ現実的な条件を設定した。

第2-19表 設計基準に対する本評価に用いた評価条件の相違点（精製建屋）

項目	設計基準上の解析	本解析
燃料領域の高さ（液位）	無限長	250gPu/Lにおいて■■■■mmとし、Pu濃度に応じてPu質量が保存されるよう設定
貯槽間距離	0mm	■■■■mm
境界条件	鏡面反射	コンクリート反射 貯槽-コンクリート間距離：0mm
Puの化学形	Pu(NO3)4-H2O	Pu(NO3)4-H2O 又はPuO2-H2O
中性子吸収材等	健全	健全又は喪失

本評価において、設計基準上の解析条件よりも現実的な条件としている項目は以下の2項目である。

- ① 貯槽間距離：■■■■mm 以上
- ② 貯槽液位：■■■■mm 以下

■■■■については商業機密の観点から公開できません。

#### 2.4.4.2 貯槽間距離の設定について

検討対象とした貯槽については、設置段階において計画通りに適切に据え付けられていることを確認しているとともに、使用前検査においても確認されている。

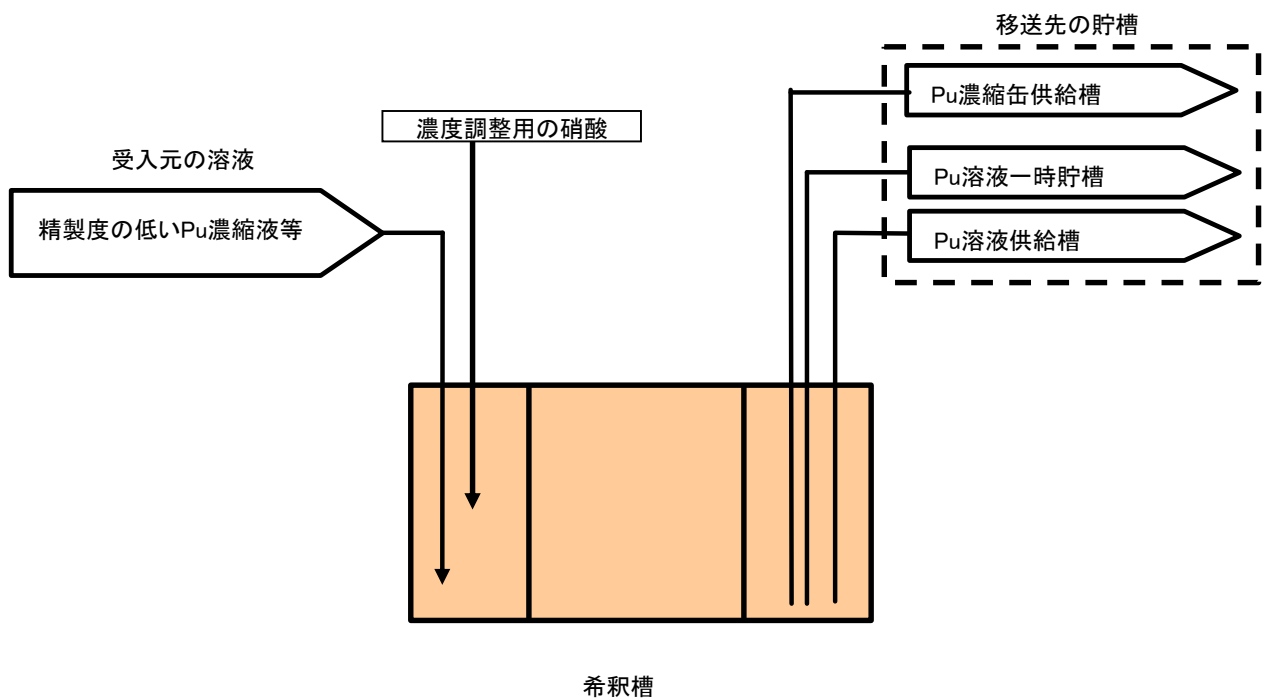
また、貯槽の据付状態は変化するものではなく、今後においても貯槽間距離は維持される。さらに、本評価においては実際の貯槽間距離に余裕をもって解析条件を設定している。

以上より、今回の評価において前提とした条件は特段の措置を要せずに、現実的な条件として見込めるものとする。



### 2.4.4.3 貯槽液位について

希釈槽は第2. -17図に示すように、Pu濃縮工程よりも上流の工程に溶液を移送する際にPu濃度を調整する目的で設置されており、希釈槽から他の貯槽に移送する場合は移送する溶液中のPu濃度が24gPu/L以下となるよう管理されていることから、希釈槽が液高さ■■■■mmに相当する液量のPu濃縮液を保有することは不可能である。

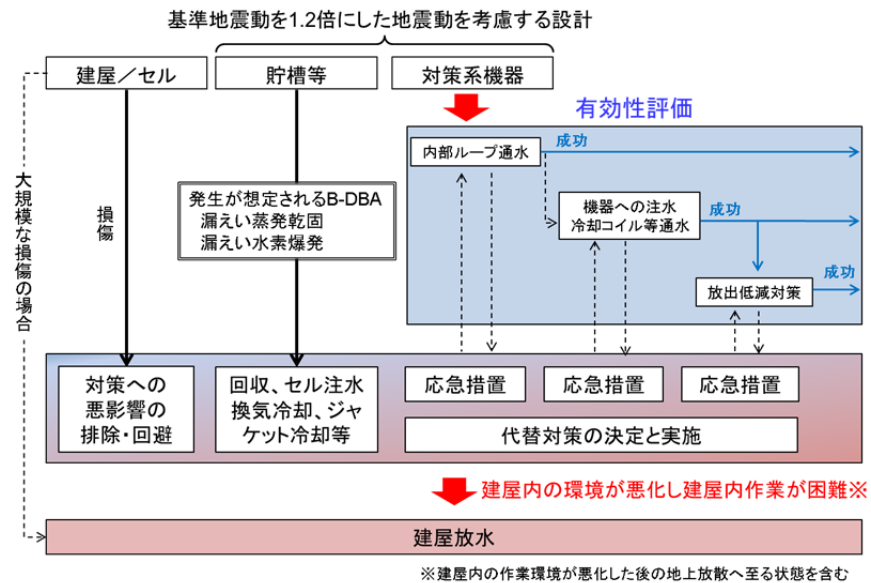


第2. -17図 希釈槽と移送先貯槽の系統概念図

■■■■については商業機密の観点から公開できません。

### 3. 乾燥・固化後の状態への対処と評価

事象進展が比較的早いP u濃縮液（250 g P u / L）及び高レベル濃縮廃液に対しては，乾燥・固化後の状態に対して，本状態に至ることを防止又は至った場合の緩和措置を講ずる。対処の概要図を第 3. - 1 図に示す。



第 3. - 1 図 対処の概要図

乾燥・固化後の状態では，P u濃縮液（250 g P u / L）は固体化しており，崩壊熱により乾固物の温度が上昇する。乾固物の熱物性は不確実な点が多く，乾固物の温度上昇挙動を明確に推定することは困難であるが，想定しうる熱物性条件下において貯槽の材料であるステンレス鋼の融点を超える状態に至る可能性がある。

また，乾燥・固化後の状態では，高レベル濃縮廃液は固体化しており，崩壊熱により乾固物の温度が上昇する。乾固物の熱物性は不確実な点が多く，乾固物の温度上昇挙動を明確に推定することは困難であるが，想定しうる熱物性条件下において貯槽の材料であるステンレス鋼の融点を超える状態に至る可能性がある。貯槽損傷に至る可能性については，貯槽周りの放熱環境に因るところも大きく，必ずしも貯槽損傷まで進展すると言い切れるものではないが，貯槽の健全性が維持された場合であっても，貯槽内

に保持されている乾固物の温度が上昇し、乾固物中の比較的融点が高い酸化セシウムの揮発及び他核種のさらなる放出の可能性が想定される。

### 3.1 乾固物の温度上昇挙動

温度評価において不確かさが内在する物性値は、密度、比熱及び熱伝導率の3点である。

これらの物性値に対する既往の知見は少ないが、これら知見を包含する条件を設定し、高レベル廃液ガラス固化建屋の高レベル濃縮廃液貯槽（120m<sup>3</sup>）を対象に温度評価を実施する。第3. - 1表に既往の知見を示す。

第3. - 1表 既往の知見

密度	2060 kg / m <sup>3</sup> <sup>(1)</sup> ~ 4800 kg / m <sup>3</sup> <sup>(2)</sup>
比熱	300 J / kg K <sup>(3)</sup> ~ 897 J / kg K <sup>(2)</sup>
熱伝導率	0.17W / m K <sup>(2)</sup> ~ 10W / m K <sup>(3)</sup>

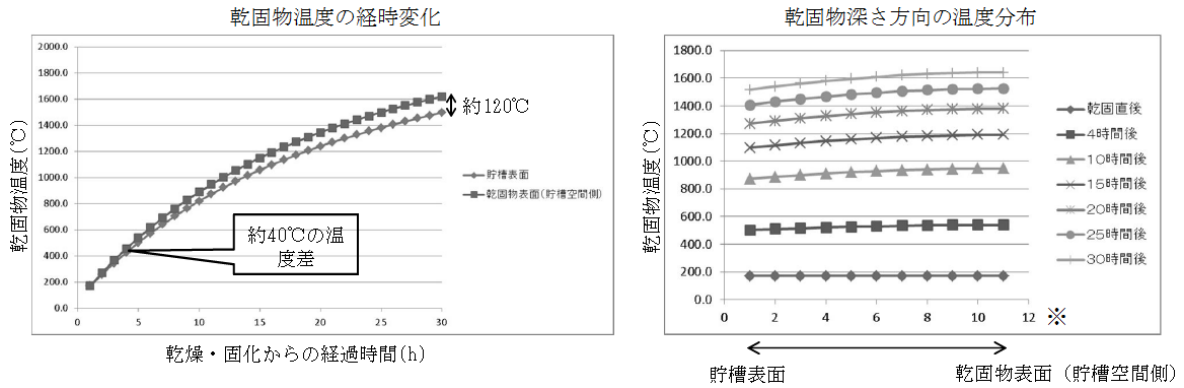
#### (1) 評価1

乾固物の温度を高め評価する目的で第3. - 2表に示す評価条件を設定する。

乾固物の熱伝導率の低さから、貯槽表面位置（放熱部）と乾固物表面（評価上断熱）部に温度差が生じるものの、貯槽表面位置が1500℃に達する時点で貯槽表面位置（放熱部）と乾固物表面（評価上断熱）部の温度差は約120℃となる。Csの揮発が開始されると考えられる乾燥・固化から4時間経過後の貯槽表面位置（放熱部）と乾固物表面（評価上断熱）部の温度差は約40℃となる。評価結果を第3. - 4図に示す。

第3. - 2表 評価条件 (評価1)

密度	2000 k g / m <sup>3</sup>
比熱	300 J / k g K
熱伝導率	0.15W / m K



※乾固物を深さ方向に差分近似した際の節点番号を示す。

第3. - 2図 乾固物温度の経時変化と温度分布 (評価1)

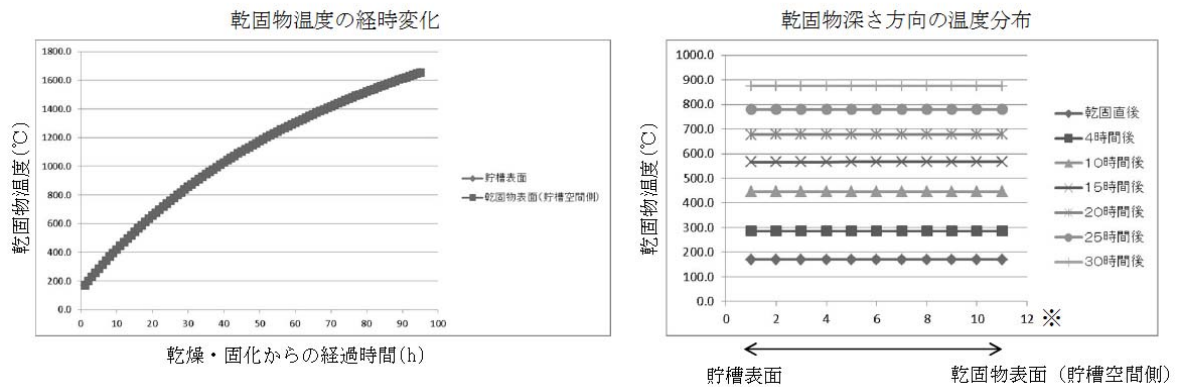
(2) 評価2

乾固物の温度上昇を緩やかに評価する目的として評価条件を設定する。評価条件を第3表に示す。

熱伝導率及び密度が高いため、貯槽表面位置 (放熱部) と乾固物表面 (評価上断熱) 部に有意な温度差は生じない。また、評価1に対して熱容量が大きいため、温度上昇速度が緩やかである。評価結果を第3. - 5図に示す。

第3. - 3表 評価条件 (評価2)

密度	5000 k g / m <sup>3</sup>
比熱	1000 J / k g K
熱伝導率	10W / m K



※乾固物を深さ方向に差分近似した際の節点番号を示す。

### 第3. - 3 図 乾固物温度の経時変化と温度分布（評価2）

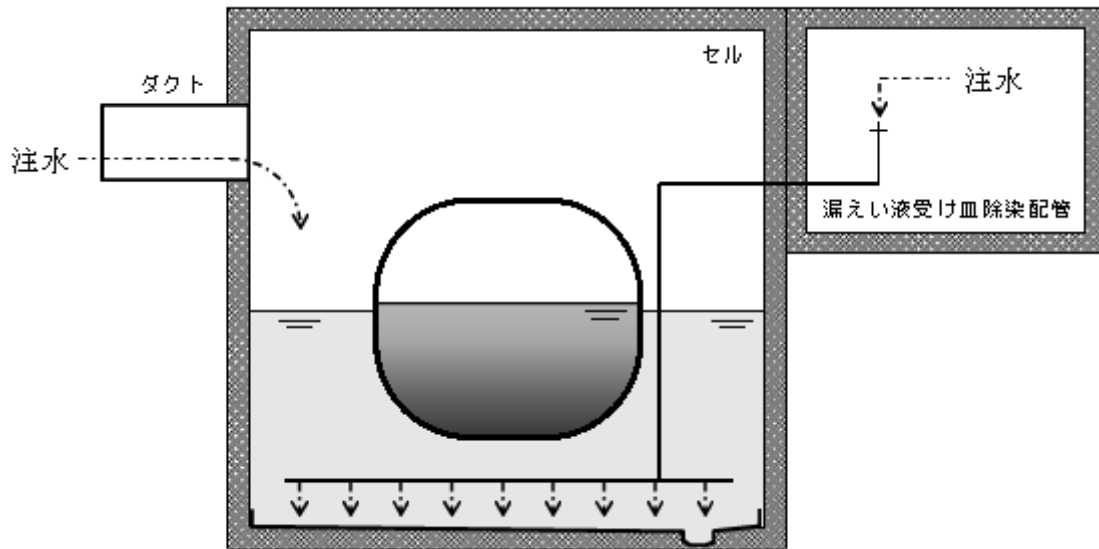
#### (3) 温度評価における考察

熱物性のうち、熱容量に係る不確かさから、乾固物の温度上昇挙動にはばらつきがあるものの、乾固物の温度は確実に上昇することが想定され、冷却機能喪失から約 216 時間から 264 時間後（乾燥・固化から約 30 時間から 78 時間後）に貯槽温度が 1500°C に到達する可能性がある。また、乾固物の熱伝導率の不確かさから乾固物内に温度分布が生じる可能性があるものの、その温度差は約 40°C 程度と想定され、C s の揮発という観点からは大きな影響を与えるものではないと推定される。ここで、熱伝導率の乾固物内の温度分布に与える影響が限定されているのは、乾固物自体が発熱体であることに因る。

#### 3.2 セル冠水による貯槽冷却の概要

内部ループ通水並びに貯水槽から機器への注水及び冷却コイル等通水が機能しない場合、高レベル濃縮廃液を内包する貯槽については、セルに接続しているダクトや漏えい液受け皿除染配管からセル内へ注水を行いセ

ルを冠水させ、貯槽を直接冷却する。セル冠水の概要図を第 3. - 4 図に示す。



第 3. - 4 図 セル冠水の概要図

### 3.3 Cs の揮発に対する対応

乾固物中の Cs は酸化セシウムの化学形態であると考えられ、その融点は 500°C 程度であり、揮発することで気相部へ移行する。また、この温度帯では、乾固物の脱硝反応が継続している状態ではあるものの、脱硝反応が終息に向かっている状況である。<sup>4)</sup> こうした特長から、Cs が大規模に揮発する状態に対しては、換気を停止し、できるだけ建屋内に滞留させることで、Cs を固体化させ建屋内に沈降させることが有効であり、建屋から漏れ出る放射性物質に対しては建屋放水による放出抑制を講ずる。本対応により大気中への放射性物質の放出を抑制することができる。

#### 4. 事業指定基準規則第 40 条対応準備への移行判断

貯水槽から機器への注水が機能していないことが確認された場合は、事業指定基準規則第 40 条への対応の準備に着手する。

#### 5. 準備完了までの目安となる時間

事業指定基準規則第 40 条対応は、乾燥・固化以降の進行を緩和することを目的として実施するため、乾固に至るまでの時間が準備完了までの目安となる。Pu 濃縮液 (250 g Pu / L) の場合、断熱評価で冷却機能の喪失から約 59 時間 (2.5 日) となる。高レベル濃縮廃液の場合、断熱評価で冷却機能の喪失から約 186 時間 (7.7 日) となる。

#### 6. 参考文献

- 1) 弊社の試験結果
- 2) 平成 29 年度原子力規制庁委託成果報告書「再処理施設内での放射性物質の移行挙動に係る試験等」
- 3) UO<sub>2</sub> の物性値 (伝熱工学資料 第 4 版)
- 4) 天野ら, 「高レベル濃縮廃液中硝酸塩の熱分解に伴う窒素酸化物発生挙動」 日本原子力学会誌 (2015)

事故事例調査



## 1. 国内外で発生した爆発事故調査

六ヶ所再処理施設における爆発の発生の可能性を考察するために、国内外で発生した爆発事故の事例を調査した。

- ✓ サバンナ・リバー・サイト 蒸発缶爆発事故 (1953 年)
- ✓ オークリッジ国立研究所 ジルコニウム粉末屑入りドラム缶の爆発 (1956 年)
- ✓ ウラル核惨事 (1957 年)
- ✓ オークリッジ国立研究所 蒸発缶爆発事故 (1959 年)
- ✓ ウィンズケール 有機溶媒の槽内火災 (1973 年)
- ✓ サバンナ・リバー・サイト 可燃性ガス爆発事故 (1975 年)
- ✓ ハンフォード・サイト 化学爆発事故 (1976 年)
- ✓ トムスク爆発事故 (1993 年)
- ✓ 旧動燃 アスファルト爆発事故 (1997 年)
- ✓ ハンフォード・サイト 試薬貯槽爆発事故 (1997 年)
- ✓ 国内化学工場での無水フタル酸の爆発 (1966 年)

六ヶ所再処理施設においては、プロセスの違いや爆発に寄与する物質の使用の観点から、報告されているような爆発は発生しないが

- 硝酸/硝酸塩と有機物が混在している状態で、かつ、冷却機能を喪失し液温が上昇し水分が蒸発して硝酸/硝酸塩が濃縮する場合
- 硝酸ヒドロキシルアミンが存在している状態で、かつ、冷却機能を喪失し液温が上昇し水分が蒸発して硝酸ヒドロキシルアミンが濃縮する場合

においては、爆発の可能性は否定できない。

## 2. 国内外で発生した爆発事故調査の詳細

### 2.1 サバンナ・リバー・サイト 蒸発缶爆発事故（1953年）

#### <事故概要>

硝酸ウラニル溶液の蒸発濃縮中に蒸発缶が爆発した。

#### <原因>

回分式蒸発缶の供給液に有機溶媒（TBP、ケロシン）が多量（約80ポンド）に混入されていたことに加えて、過濃縮により溶液の温度が高温になり、TBP-硝酸ウラン錯体の急激な熱分解反応が起こったと推定される。

#### <検討結果>

六ヶ所再処理施設においても有機溶媒を使用していることから、冷却機能を喪失し液温が上昇し水分が蒸発して硝酸/硝酸塩が濃縮する場合には、爆発の可能性は否定できない。

[1] T. J. Colven et al., TNX Evaporator Incident January. 12, 1953, Interim Technical Report, DP-25, 1953.

[2] W. S. Durant, "RED OIL" EXPLOSIONS AT THE SAVANNAH RIVER PLANT. DP-MS-83-142, DOE/ANL training course on prevention of significant nuclear events; Augusta, GA (USA); 12-15 Mar 1984.

## 2.2 オークリッジ国立研究所 ジルコニウム粉末屑入りドラム缶の爆発 (1956年)

### <事故概要>

ジルコニウム粉末屑が入ったドラム缶が爆発した。

### <原因>

オークリッジ国立研究所では、ジルコニウム金属はドラム缶に入れた上で、ドラム缶を水中に保管していたが、このドラム缶が腐食したため内部に水が入り、接触により激しく反応したと推定される。

### <検討結果>

六ヶ所再処理施設では、ジルコニウム合金を材料とする燃料被覆管せん断片（ハル）は硝酸で溶解せず、ハル・エンドピースドラムに詰めて水中保管している。

せん断時に発生するジルコニウム粉末は、不溶解残渣として清澄機で分離し、不溶解残渣廃液として高レベル廃液処理設備へ移送される。冷却機能喪失により蒸発乾固に至る場合であっても、粉体状態にはならないことから、本事例のような爆発事故は発生しないと考えられる。

[1] 大西他, 「原子力施設の事故〔調査報告〕」, JAERI-4052, p. 81 (1970).

## 2.3 ウラル核惨事（1957年）

### <事故概要>

廃液中に硝酸ナトリウム及びアセテート塩（硝酸アセテート）が残存し、加熱によって発熱反応の酸化還元を起こして爆発に至った。

### <原因>

抽出にウラニル酢酸塩沈殿法を用いていることから、廃液中に酢酸ナトリウムが残存することになる。

一方、貯蔵タンクは、各タンクの周囲に空間があって、この部分に冷却水を満たすことで冷却をしていた。冷却水は時々変えるだけであった。

放射性液体の移送配管に漏えいが発生したため、タンクまわりの冷却水が汚染し、この冷却水を排出したが、交換はしなかった。これは、誤った評価により、冷却不要と判断したことによる。

上記の結果、タンク内が加熱され、大部分の水分が蒸発し、爆発性の硝酸ナトリウム及び酢酸ナトリウムが残存。この残存物の温度が350℃程度に達し、化学爆発を起こしたと推定される。

### <検討結果>

六ヶ所再処理施設においては、酢酸ナトリウムを使用していないことから、本事例のような爆発事故は発生しないと考えられるが、有機物を使用していることから、冷却機能を喪失し液温が上昇し水分が蒸発して硝酸/硝酸塩が濃縮する場合には、爆発の可能性は否定できない。

[1] IAEA, "Report on a radiological accident in the southern Urals on 29 September 1957", IAEA-INF/CIRC/368, 28 July 1989.

[2] Jim Thomson, "The Mayak Plant, Chelyabinsk - a brief historical review" Nuclear Future Volume 12 issue 2.

## 2.4 オークリッジ国立研究所 蒸発缶爆発事故（1959年）

### <事故概要>

除染剤により蒸発缶を除染し、遠隔操作にて排出した後、硝酸を蒸発缶に移送して加熱したところ、爆発した。

### <原因>

遠隔操作では蒸発缶から完全に除染液を抜き出すことができない設計となっていたため、蒸発缶内に約15リットルのヒールが残った。また、この除染剤中にフェノールが存在していたことから、濃縮された硝酸と急激に反応を起こしたものと推定される。

### <検討結果>

六ヶ所再処理施設においては、フェノールを使用していないことから、本事例のような爆発事故は発生しないと考えられるが、有機物を使用していることから、冷却機能を喪失し液温が上昇し水分が蒸発して硝酸/硝酸塩が濃縮する場合においては、爆発の可能性は否定できない。

[1] IAEA. Significant incidents in nuclear fuel cycle facilities, 1996. IAEA-TECDOC-867.

## 2.5 ウィンズケール 有機溶媒の槽内火災（1973年）

### <事故概要>

有機溶媒を移送した際に貯槽内で火災が発生した。

### <原因>

当該貯槽を、不溶解残渣（ジルコニウム粉末）等を含む廃液の処理に使用した後に洗浄を行わなかったため、貯槽底部に高温の固体沈殿物

（ $^{106}\text{Ru}$  を含む核分裂生成物及びジルコニウム粉末）溜まった。その後、抽出塔から有機溶媒が流れ込んで発火したものと推定される。

### <検討結果>

六ヶ所再処理施設においては、せん断時に発生するジルコニウム粉末は、不溶解残渣として清澄機で分離し、不溶解残渣廃液として高レベル廃液処理設備へ移送される。

不溶解残渣を含む貯槽に有機溶媒を直接移送することはなく、溶液として移送することから、本事例のような発火による火災は発生しないと考えられる。

[1] UKDOE, Report by the Chief Inspector of Nuclear Installation on the Incident in Building B204 at the Windscale Works of British Nuclear Fuel Limited on 26 September 1973, CMND-5703(1974).

## 2.6 サバンナ・リバー・サイト 可燃性ガス爆発事故（1975年）

### <事故概要>

脱硝器での硝酸ウラニル溶液の加熱脱硝中に、室内の可燃性ガスに引火して爆発した。

### <原因>

多量の有機溶媒が蒸発缶に混入したことで、硝酸ウラニルが TBP の錯体の状態で脱硝器に供給されたことが原因と推定される。

### <検討結果>

六ヶ所再処理施設においても有機溶媒を使用していることから、冷却機能を喪失し液温が上昇し水分が蒸発して硝酸/硝酸塩が濃縮する場合には、爆発の可能性は否定できない。

[1] McKibben, J. M. et, Explosion and fire in the uranium trioxide production facilities at the Savannah River Plant on February 12, 1975.

## 2.7 ハンフォード・サイト 化学爆発事故（1976年）

### <事故概要>

アメリカシウムを回収する陽イオン交換樹脂カラムが爆発した。

### <原因>

イオン交換樹脂にアメリカシウムが蓄積した状態で、ストライキのため長期間放置された。この間に樹脂が劣化したため、操業を再開した日に洗浄のため濃硝酸をカラムに流通させたところ爆発が起きたものと推定される。

### <検討結果>

六ヶ所再処理施設においては、硝酸を使用する系統においてイオン交換樹脂を使用していないことから、本事例のような爆発事故は発生しないと考えられるが、有機物を使用していることから、冷却機能を喪失し液温が上昇し水分が蒸発して硝酸/硝酸塩が濃縮する場合には、爆発の可能性は否定できない。

[1] Richland. Washington, Investigation of the chemical explosion of an ion exchange resin column and resulting americium contamination of personnel in the 242-Z building, August 30, 1976, Richland Operation Office, Oct. 1976.



## 2.8 トムスク爆発事故（1993年）

### <事故概要>

調整タンク（抽出工程へ供給する溶液の酸濃度を調整するための貯槽）において、濃硝酸と TBP を含む有機物が接触することで発熱反応を起し、135°C以上に上昇して、TBP の急激な分解反応が起こった。

### <原因>

調整タンク内には TBP 等を含む多量の有機物（濃硝酸と反応しやすい芳香族炭化水素を含む）が存在していたが、別のタンクから TBP 等を含む有機物と一緒に加熱されたままのウラン溶液（約 105°C）が移送され、さらにその際に規則で定められている攪拌を実施しなかった。

また、規定で定められている以上の濃度の濃硝酸を調整タンクに注入し、さらにその際に規則で定められている攪拌を実施しなかった。

その結果、濃硝酸と有機物が接触した状態で層を形成し、接触面で局所的に発熱反応を起した。

さらに、排気機能低下も重なって、発生した蒸気やガスにより調整タンク内が加圧され、溶液温度が 135°Cを超えたため、急激な分解反応に至ったと推定される。

### <検討結果>

六ヶ所再処理施設においても有機溶媒を使用していることから、冷却機能を喪失し液温が上昇し水分が蒸発して硝酸/硝酸塩が濃縮する場合には、爆発の可能性は否定できない。

[1] “ロシアのトムスク再処理施設の事故に関する調査報告書” 科学技術庁，平成6年9月8日

## 2.9 旧動燃 アスファルト爆発事故（1997年）

### <事故概要>

低レベルの放射能廃棄物をアスファルトに閉じこめる施設で、時間あたりの供給量を下げる実験中にアスファルト固化体の温度が上がり、放冷中に酸化反応を起こし、発火した。さらにその消火が不十分だったため、アスファルトが燻り、軽質ガスを放出し爆発に至った。

### <火災の原因>

アスファルト固化体の放冷中、ドラム缶内での遅い化学反応により蓄熱が進行し、アスファルト固化体の温度が局所的に上昇、硝酸塩／亜硝酸塩とアスファルトの反応が急激に進んだ。遅い反応の要因は、放冷開始温度が高めであったことなどによる。放冷開始温度が高くなったのは、アスファルト供給量を20%減らしたことにより、アスファルトと廃棄物を混練するエクストルーダーの特性で温度が上がった。

### <爆発の原因>

消火が不十分であったためアスファルト固化体から可燃性物質が放出され、さらに火災により換気機能が停止していたため可燃性物質が充填室内と隣接室内に充満した。この状態で空気と混合し、アスファルト固化体の発火により着火した。

### <検討結果>

六ヶ所再処理施設においては、低レベル廃液の処理方法にアスファルト固化方式を採用していないことから、本事例のような爆発事故は発生しないと考えられる。

[1] “アスファルト固化処理施設課再爆発事故の原因究明結果について

（技術報告）”，JNC TN8410 99-027，核燃料サイクル開発機構東海事業所，1999年12月。

## 2.10 ハンフォード・サイト 試薬貯槽爆発事故（1997年）

### <事故概要>

プルトニウム回収施設で、プルトニウムの還元剤として使用する硝酸ヒドロキシルアミン（HAN）と硝酸を貯留した貯槽が爆発した。

### <原因>

試薬調整後に施設を長期停止したことにより、約4年間試薬が貯留された状態のままになり、水分が蒸発して濃縮され、かつ、鉄等の触媒により化学反応が促進されて急激にガスを放出し、貯槽を爆発させたものと推定される。

### <検討結果>

六ヶ所再処理施設で使用している硝酸ヒドロキシルアミンは濃度が低く、かつプロセスでは分解温度(177℃)まで加熱することはないため、爆発することはないが、冷却機能を喪失し液温が上昇する場合には、爆発の可能性は否定できない。

[1] L. P. Lyoyd, Accident investigation board report on the May 14, 1997, chemical explosion at the Plutonium Reclamation Facility, Hanford Site, Richland, Washington - summary report, August 7, 1997.

## 2.11 国内化学工場での無水フタル酸の爆発（1966年）

### <事故概要>

無水フタル酸製造装置の蒸留缶で、ナイター（溶融硝酸塩で、 $\text{KNO}_3$ 、 $\text{NaNO}_3$ 、 $\text{NaNO}_2$ 等の混合物）を熱媒体として真空蒸留をした際に爆発した。

### <原因>

蒸留缶の欠陥により、ナイターが缶内に漏れ、加熱状態にあることから無水フタル酸と反応したと推定される。

### <検討結果>

六ヶ所再処理施設においては、無水フタル酸を使用していないことから、本事例のような爆発事故は発生しないと考えられるが、有機物を使用していることから、冷却機能を喪失し液温が上昇し水分が蒸発して硝酸/硝酸塩が濃縮する場合においては、爆発の可能性は否定できない。

### [1] 失敗知識データベース

<http://www.shippai.org/fkd/cf/CC0000122.html>

蒸発乾固の過程における爆発の可能性について

## 1. はじめに

蒸発乾固の過程における爆発の可能性について検討を行う。

- ▶ 再処理の工程においては硝酸を使用していることから、工程内には硝酸塩が含まれる。
- ▶ 硝酸及び硝酸塩は、酸化剤として作用し得る物質であるため、有機物と混合した状態で加熱すると、激しく反応する可能性がある。

<過去の事件事例>

- ・ 溶解硝酸塩と無水フタル酸による爆発事故
  - ・ 硝酸塩とアスファルトによる発火事故
  - ・ 硝酸と TBP 混合液による爆発事故
- ▶ 冷却機能の喪失により液温が上昇し、かつ水分が蒸発することにより硝酸/硝酸塩が濃縮されると、有機物との反応の可能性が大きくなると考えられる。

TBP/DBP/MBP を対象とし、これらの工程内での特性や移行挙動を整理した。

また、これにより、爆発の発生が完全に否定できない DBP 及び MBP に関しては、DBP を代表に試験結果等により発生し難いことを示すとともに、万が一爆発に至った場合における爆発規模を評価した。

## 2. 再処理工程における有機物の整理

### 2.1 TBP について

TBP は、りん酸三ブチル (Tri-butyl phosphate) の略で、PUREX 法において硝酸溶液中のウラン、プルトニウムを溶媒抽出するために使用される抽出剤である。

ウランとプルトニウムの抽出を十分に行うことが可能なこと、放射線分解及び硝酸との反応に対して良い安定性を持つこと等を理由に、TBP を希釈剤であるノルマルドデカン（n-ドデカン）で希釈して使用する。

その割合は

- ・ TBP : 30%
- ・ n-ドデカン:70%

である。

TBP は水に可溶であるため、抽出廃液等にもわずかに溶ける。濃縮缶等で加熱すると急激な分解反応を起こす可能性があることから、加熱を行う前に n-ドデカンと接触させ TBP を除去する。

○n-ドデカンの主な供給先

- ・ TBP 洗浄塔（分離設備）（プルトニウム精製設備）
- ・ TBP 洗浄器（分離設備）（プルトニウム精製設備）
- ・ ウラン溶液 TBP 洗浄器（分配設備）（ウラン精製設備）
- ・ プルトニウム溶液 TBP 洗浄器（分配設備）
- ・ 逆抽出液 TBP 洗浄器
- ・ 抽出廃液 TBP 洗浄器

n-ドデカンにより除去しきれない TBP があつた場合には、溶液中に溶存した状態で濃縮缶等に供給されることになるが、加水分解、放射線分解や沸騰蒸気への同伴により濃縮液では有意な TBP は検出されておらず、アクティブ試験等の実績では、問題となるような急激な分解反応は発生していない。

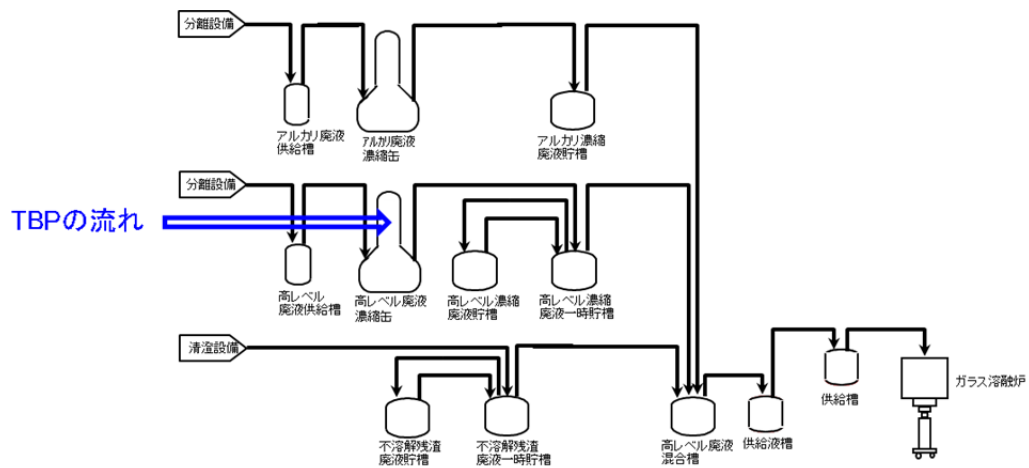
<TBP が供給される可能性がある濃縮缶等>

- ・ 高レベル廃液濃縮缶

- ・ 第2酸回収蒸発缶
- ・ 分配設備のウラン濃縮缶
- ・ ウラン精製設備のウラン濃縮缶
- ・ プルトニウム濃縮缶

⇒これらの濃縮缶等の下流機器において、有意な TBP はない。

第2. - 1 図に示す例のとおり、高レベル廃液濃縮缶の下流機器（高レベル濃縮廃液一時貯槽以降）では、有意な TBP はない。



第2. - 1 図 TBPの流れ

⇒高レベル濃縮廃液一時貯槽、高レベル濃縮廃液貯槽、高レベル廃液混合槽、供給液槽、供給槽は、蒸発乾固の対象機器ではあるものの、有意な TBP はない。

第2酸回収蒸発缶、分配設備のウラン濃縮缶及びウラン精製設備のウラン濃縮缶から下流には、蒸発乾固の対象機器はない。

プルトニウム濃縮缶の下流では、以下の機器が蒸発乾固の対象となるが、有意な TBP はない。



## ○プルトニウム精製設備

- ・プルトニウム濃縮液受槽
- ・プルトニウム濃縮液一時受槽
- ・プルトニウム濃縮液計量槽
- ・プルトニウム濃縮液中間貯槽
- ・リサイクル槽
- ・希釈槽

## ○ウラン・プルトニウム混合脱硝設備

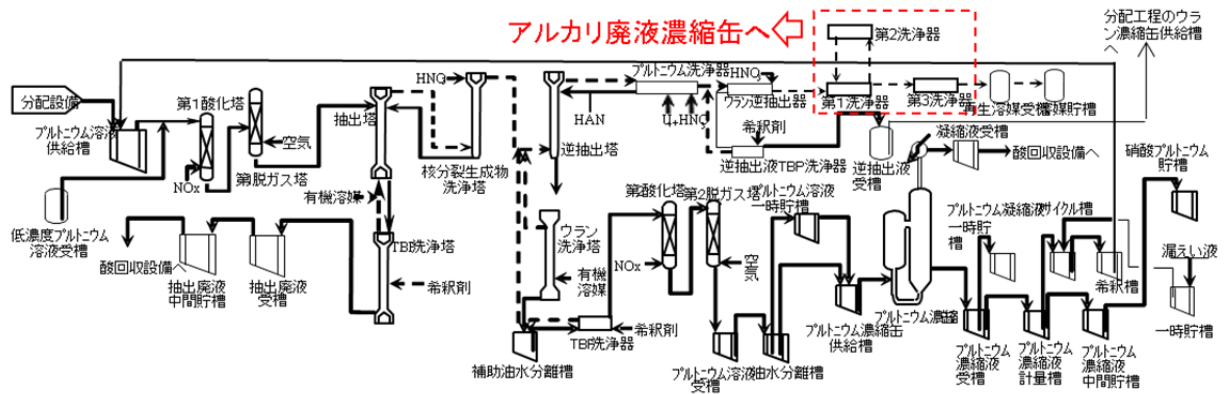
- ・硝酸プルトニウム貯槽
- ・混合槽
- ・一時貯槽

## 2.2 DBP 及び MBP

再処理工程における DBP 及び MBP については、以下のとおりである。

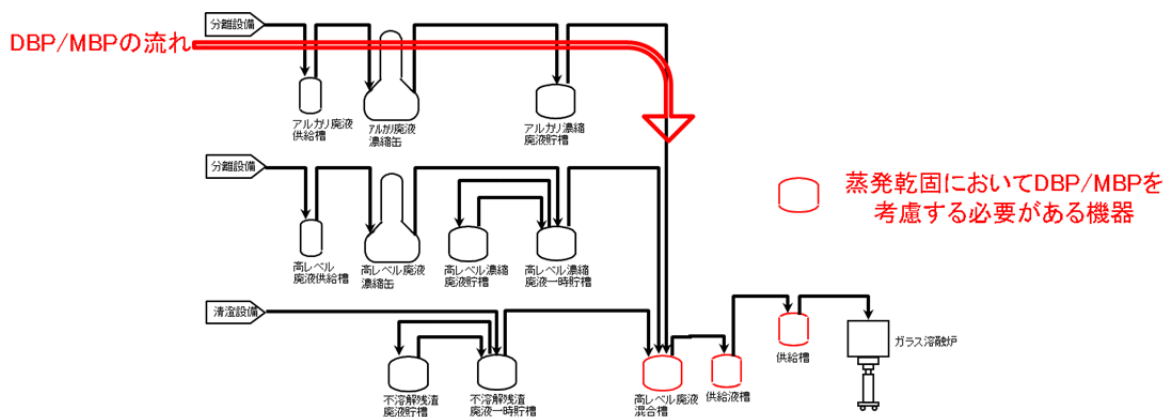
- ▶ 分離設備、分配設備、ウラン精製設備及びプルトニウム精製設備において使用済みの有機溶媒には、n-ドデカン・TBP の他に、微量のウラン・プルトニウム・核分裂生成物、DBP や MBP 等の加水分解又は放射線分解による分解生成物を含む。
- ▶ ウラン・プルトニウムの損失を防ぎ、核分裂生成物によるその後の工程での製品の汚染を防ぐ観点から、分解生成物を除去する必要がある。
- ▶ 特に DBP や MBP はジルコニウム (IV) やプルトニウム (IV) と強く錯形成するため、ウランの逆抽出後の使用済みの有機溶媒中の残留ウラン、プルトニウム濃度の増加及び核分裂生成物濃度の増加という悪影響を及ぼすことから除去する必要がある。

- そのため、使用済みの有機溶媒は、第 2. - 2 図に示すとおり、第 1 ~ 第 3 洗浄器において炭酸ナトリウム溶液等により洗浄して、再生して回収して再利用する。(DBP 及び MBP は、水に可溶性なナトリウム塩として除去し、アルカリ廃液濃縮缶へ移送する。)



第 2. - 2 図 プルトニウム精製設備での DBP/MBP の流れ

- アクティブ試験等の実績では、DBP は、アルカリ廃液濃縮缶での加熱によっても揮発せず、濃縮液としてアルカリ濃縮廃液貯槽へ移送される。
- ガラス固化工程において、アルカリ濃縮廃液、高レベル濃縮廃液及び不溶解残渣廃液を高レベル廃液混合槽で混合し、第 2. - 3 図に示すとおり、供給液槽及び供給槽を経てガラス溶融炉に供給する。
- したがって、蒸発乾固において DBP 及び MBP を考慮する必要があるのは、高レベル廃液混合槽、供給液槽及び供給槽である。(アルカリ廃液濃縮缶及びアルカリ濃縮廃液貯槽は蒸発乾固の対象外)



第 2. - 3 図 ガラス固化工程でのDBP/MBPの流れ

- DBP 及び MBP は、TBP と同様に水に可溶であることから、抽出廃液等にわずかに溶ける（アルカリ廃液の系統以外でも存在する）。
- DBP 及び MBP は、抽出塔において有機相/水相の両方に存在する。
- 水相に溶存している DBP 及び MBP は、TBP 洗浄塔や TBP 洗浄器において n-ドデカンにより除去される。図 4 に示す例のとおり、仮に除去しきれなかった場合には、抽出廃液受槽以降に存在することになり、高レベル廃液濃縮缶においても分解せず、高レベル濃縮廃液一時貯槽以降でも存在することになるが、その量はごく微量である。

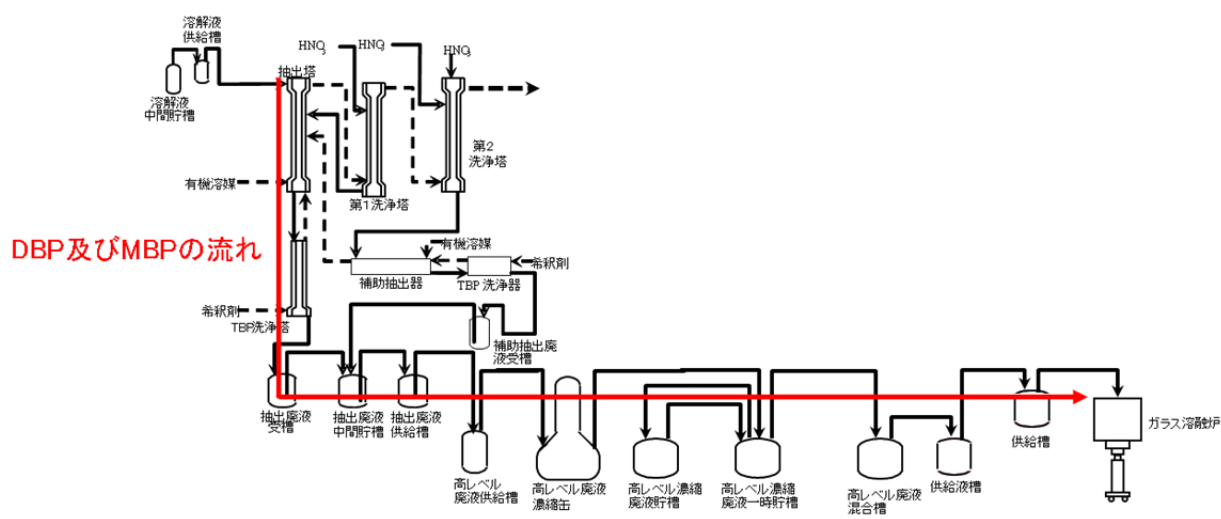


図 4 抽出塔からのDBP/MBPの流れ

### 3. 試験による考察

#### 3.1 加熱試験

前項より、DBP 及び MBP に関しては、その存在下において液温が上昇し、かつ水分が蒸発することにより硝酸/硝酸塩が濃縮される条件が成立し得る。

高レベル廃液混合槽において、高レベル濃縮廃液及びアルカリ濃縮廃液を混合することを踏まえ、アクティブ試験の実績を参考に DBP 濃度を 300ppm とした場合に模擬供給廃液を加熱した場合の挙動を自社試験により確認した。

また、高レベル廃液混合槽で混合する前の高レベル濃縮廃液についても、模擬液を加熱してその挙動を試験により確認した。

#### <確認試験>

○TG-DTA による熱分解挙動の確認・評価

○加熱後の乾固物の外観確認

模擬供給廃液及び模擬高レベル濃縮廃液の加熱蒸発、更に継続した昇温過程において、爆発の発生は確認されていない。

#### <参考：TBP 濃度>

重大事故等対策の有効性評価のうち、TBP 等の錯体の急激な分解反応の評価における TBP 濃度は、140ppm である。これは、濃縮缶の前段の TBP 洗浄器及び油水分離槽での TBP 洗浄が機能しない場合を想定したものであり、運転においては、油水分離槽で溶液の TBP 濃度を分析により確認している。

#### (1) 熱分解挙動の確認・評価

#### <試験目的>

爆発により生じる急激な重量変動や熱反応の有無を確認するとともに、得

られた結果から熱分解挙動のメカニズムを考察する。

### <試験概要>

TG-DTA により廃液仮焼物の熱分解挙動を確認・評価

### <試験条件>

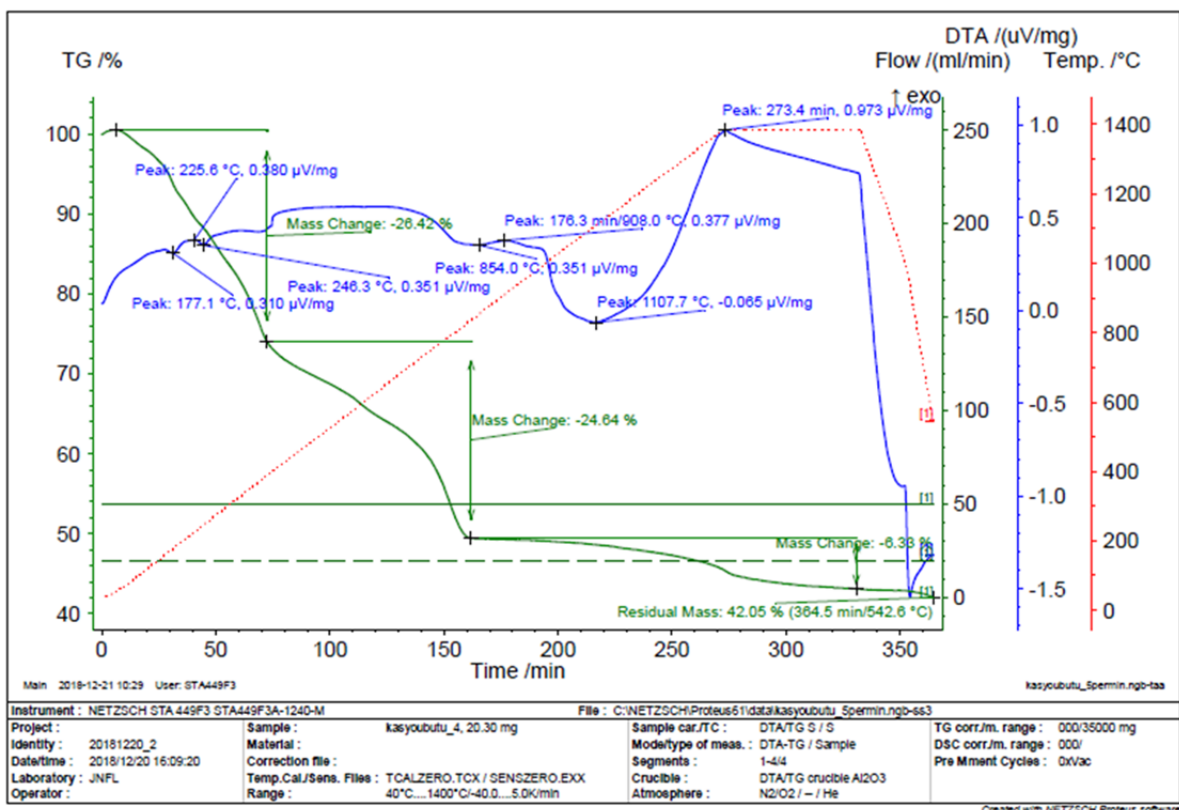
試料：

- ・ DBP を含む溶融炉への模擬供給廃液
- ・ 模擬高レベル濃縮廃液

昇温速度：5°C/min

雰囲気：空気 50ml/min

### <模擬供給廃液の TG-DTA>



### 試験結果 (TG)

- ✓ 室温～900°C付近までの重量減少は脱水及び脱硝反応である。

- ✓ 1000℃～1400℃の緩やかな重量減少については、他のTG-DTA分析の結果等より、金属酸化物又はリン酸金属塩の揮発と推測される。
- ✓ 急激な重量減少はなく、ノイズのような秤量値のブレもないことから、急激なガスの発生等を伴う反応（≒爆発）は発生していないものと考えられる。

#### 試験結果（DTA）

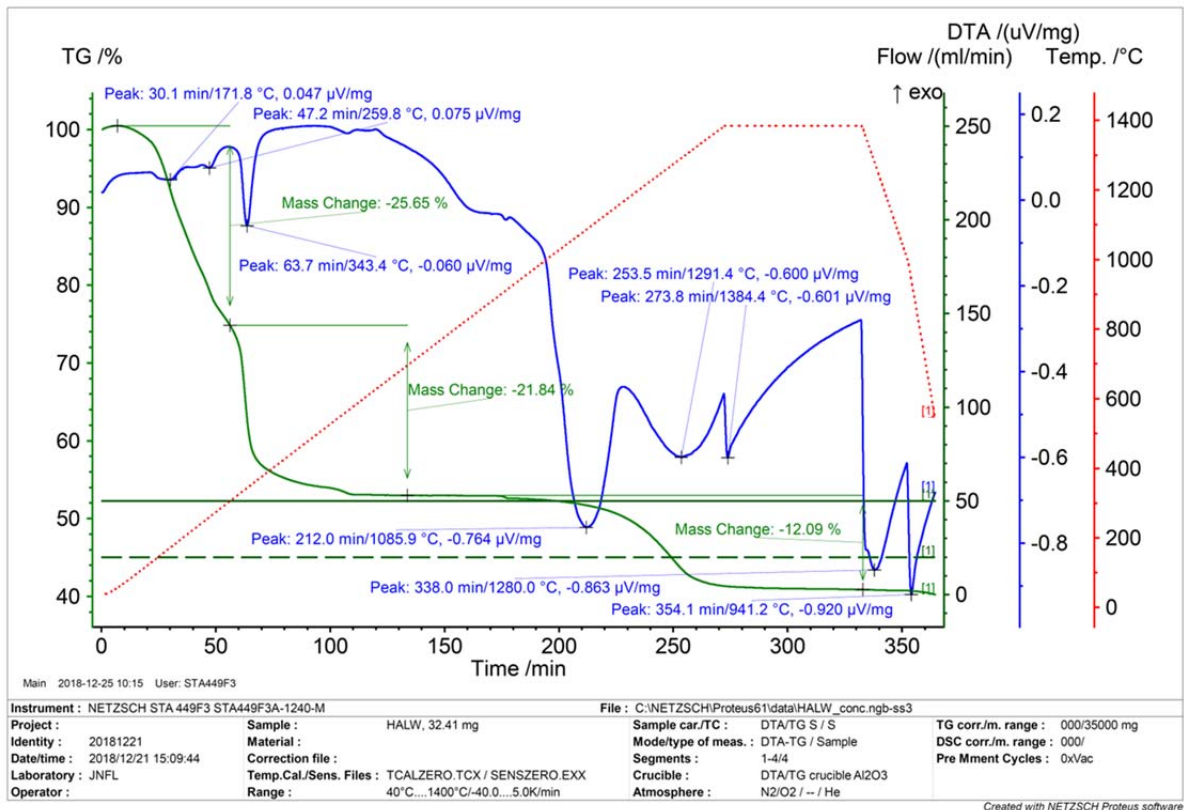
- ✓ 室温～900℃付近までは脱水及び脱硝反応に伴う吸熱反応が認められた。

多数の化合物が含まれているため、各ピークの同定は困難であるが、報告書<sup>1)</sup>の3-9項以降に示された各化合物の脱硝反応の温度と一致する。

1) 再処理施設における放射性物質移行挙動に係る研究報告書、  
「再処理施設における放射性物質移行挙動に係る研究」運営管理グループ、2014.

- ✓ 反応に伴う発熱ピークは認められなかったことから、爆発は発生していないものと考えられる。

## < 模擬高レベル濃縮廃液の TG-DTA >



### 試験結果 (TG)

- ✓ 室温～900℃付近までの重量減少は脱水及び脱硝反応である。
- ✓ 模擬供給廃液との差異として、400℃～800℃における重量減少が少ない。
- ✓ 1000℃～1400℃の緩やかな重量減少については、他のTG-DTA分析の結果等より、金属酸化物又はリン酸金属塩の揮発と推測される。
- ✓ 急激な重量減少はなく、ノイズのような秤量値のブレもないことから、急激なガスの発生等を伴う反応（≒爆発）は発生していないものと考えられる。

### 試験結果 (DTA)

- ✓ 室温～900℃付近までは脱水及び脱硝反応に伴う吸熱反応が認められた。

- ✓ 多数の化合物が含まれているため、各ピークの同定は困難であるが、報告書<sup>1)</sup>の3-9項以降に示された各化合物の脱硝反応の温度と一致する。

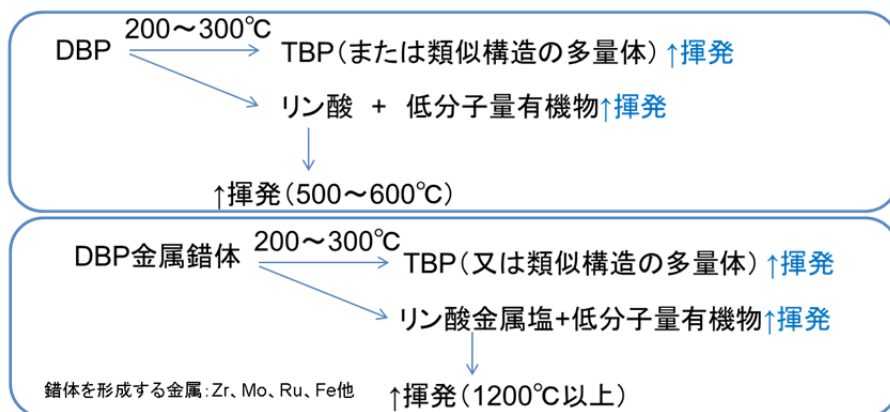
1) 再処理施設における放射性物質移行挙動に係る研究報告書、「再処理施設における放射性物質移行挙動に係る研究」運営管理グループ、2014.

- ✓ 1100°C～1400°Cの挙動については測定方法に由来するピークであり、試料に由来するピークではない。
- ✓ 反応に伴う発熱ピークは認められなかったことから、爆発は発生していないものと考えられる。

以下のメカニズムにより、DBPは急激な反応は生じないものとする。

- DBP 金属錯体は 200～300°Cで熱分解し、T B P等の熱分解物は揮発する。
- 熱分解反応は急激なものではなく、ガスの発生量も（燃焼に比べて）少ない。
- 発熱を伴い、多量のガスを排出する燃焼反応が生じる前に有機物は全て残渣（＝熱源）外に排出される。

<予想されるDBPの分解反応>

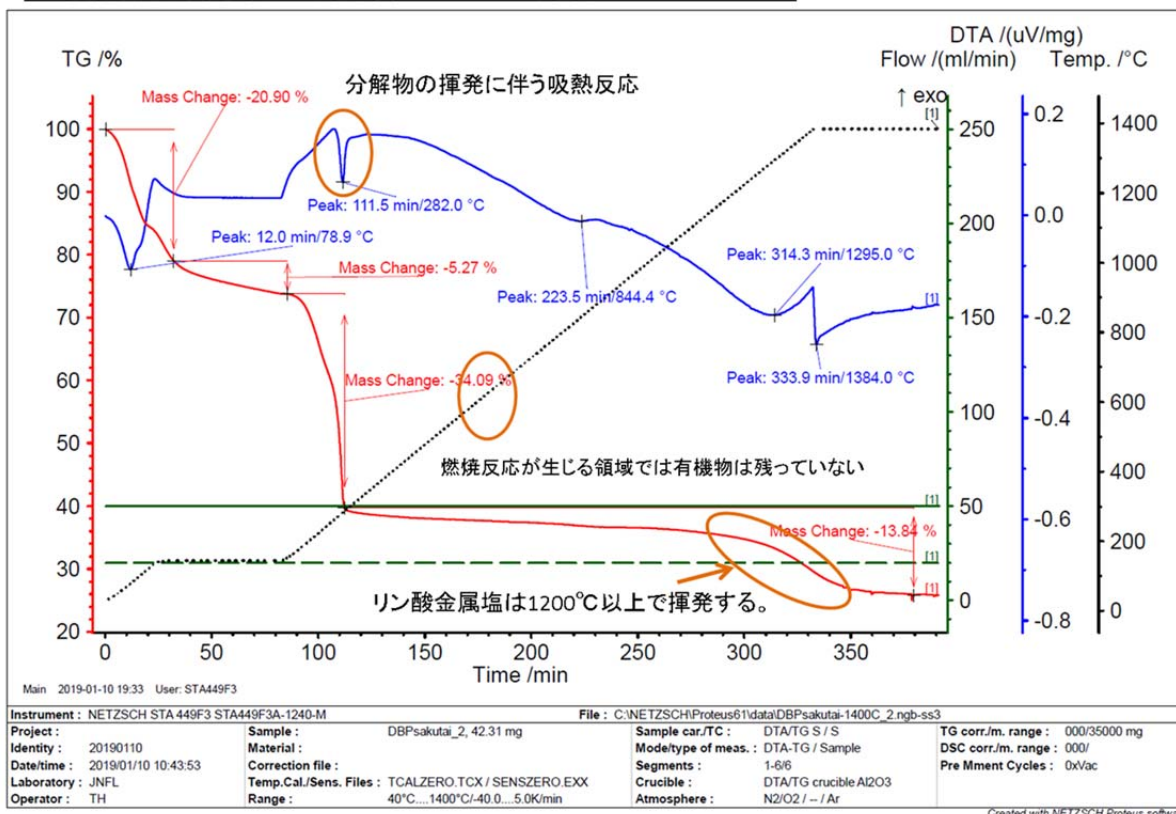




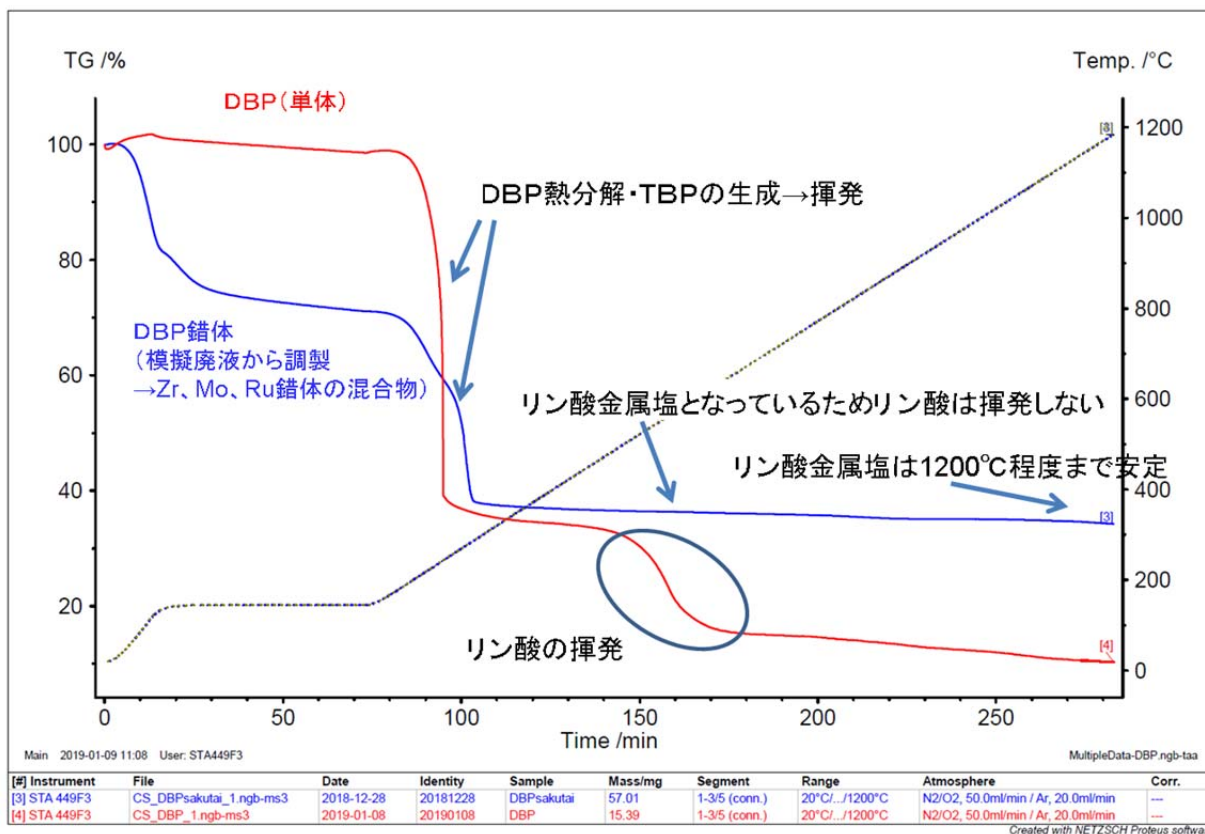
<考察>

- ▶ DBP は金属と錯体を形成し、この錯体は凝集しやすく、有機物の濃度が局所的に高くなることから、もっとも爆発的な反応を生じる可能性のある状態と想定した。
- ▶ DBP 錯体は 200～300℃で熱分解し、TBP と低分子量の有機化合物及びリン酸金属塩を生じる。DBP 錯体の TG-DTA 分析より、これらの反応は急激なものではなく、蒸発熱を上回る発熱も生じない。
- ▶ DBP 錯体は分解過程でリン酸金属塩が生成される点が単体と異なる。TG-DTA 分析より、リン酸金属塩は 1200℃程度まで安定で、揮発しない。
- ▶ 200～300℃の温度領域で、DBP 中の有機成分は TBP 又は低分子量有機物として蒸発残渣から揮発する。
- ▶ 上記の知見は DBP 錯体の分析結果であるが、DBP を含む模擬混合廃液の TG 測定結果においても、矛盾するデータは示されていない。

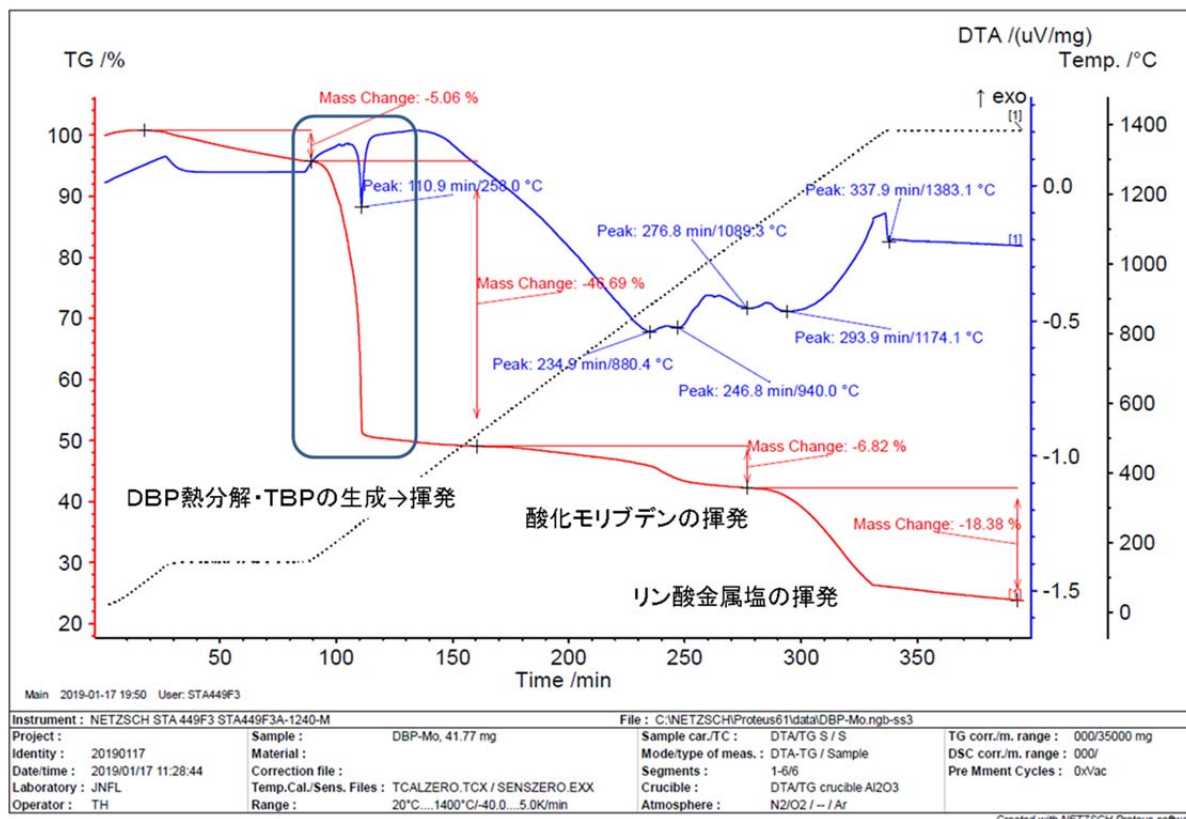
## <模擬混合廃液から調製したDBP錯体のTG-DTA>



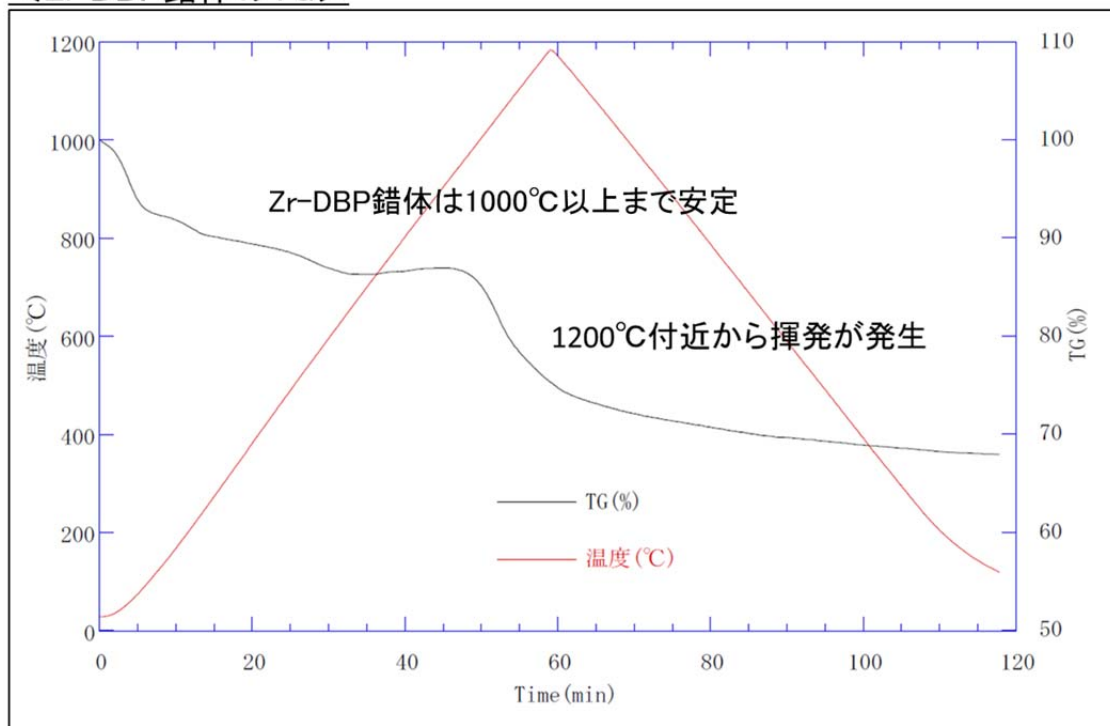
## <DBP及びDBP錯体のTG-DTAの比較>



## <Mo-DBP錯体のTG-DTA>



## <Zr-DBP錯体のTG>

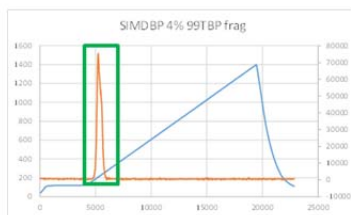


⇒DBPは空気中においても、200～300°Cで熱分解(主にTBPを生成)し、発熱を伴う燃焼反応の発生や多量の二酸化炭素の生成は確認できない。(TBPの自然発火温度は410°C)

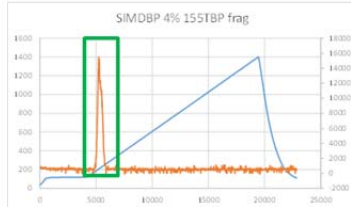
<TG-MSによる分析(TBPの発生温度領域の確認)>

DBP 4% 添加

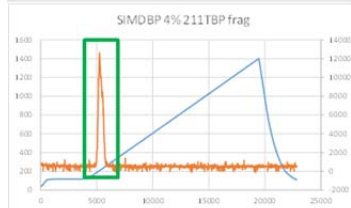
m/z=99



m/z=155



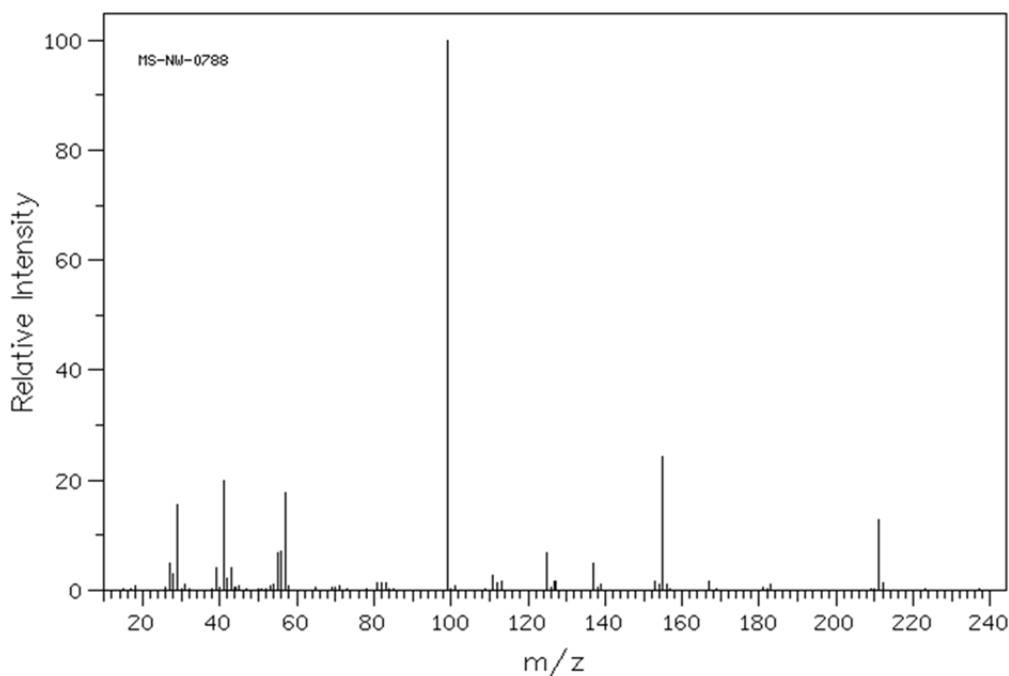
m/z=211



- 条件: He 90mL/min+希ガスSTD(Heベ-ス2000ppmNe+500ppmAr+500ppmKr) 10mL/min
- 昇温プログラム: 室温-(10°C/min)→120(60min保持)-(1°C/min)→1400°C
- 試料: 模擬混合廃液

200~300°C付近でTBPの主なフラグメントイオンピークが検出されており、各ピークの強度比もおおよそ一致する。

<参考 TBPのMSスペクトル>



TBP MSピークリスト

27.0	4.9
28.0	3.0
29.0	15.4
31.0	1.1
39.0	4.0
41.0	19.9
42.0	2.1
43.0	4.1
54.0	1.1
55.0	6.9
56.0	7.2
57.0	17.6
81.0	1.2
82.0	1.4
83.0	1.2
99.0	100.0
111.0	2.6
112.0	1.3
113.0	1.6
125.0	6.7
127.0	1.7
137.0	5.0
139.0	1.1
153.0	1.6
154.0	1.0
155.0	24.4
156.0	1.0
167.0	1.7
183.0	1.0
211.0	12.8
212.0	1.2

(国立研究開発法人産業技術総合研究所 有機化合物のスペクトルデータベース SDBSより)

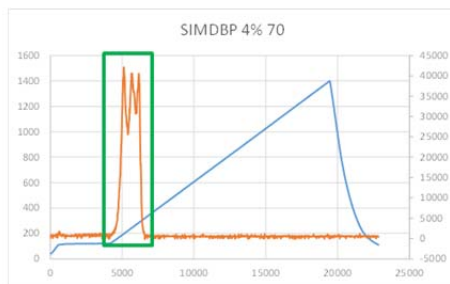
<TG-MSによる分析(その他の有機物の発生温度)>

DBP 4% 添加

m/z=56



m/z=70



- 条件: He 90mL/min+希ガスSTD(He+ベース2000ppmNe+500ppmAr+500ppmKr) 10mL/min
- 昇温プログラム: 室温-(10 °C/min)→120 (60min保持) -(1°C/min)→1400°C
- 試料: 模擬混合廃液

TBP以外の有機物(ブタノール等の直鎖有機化合物等)成分も主に200~300°C付近で揮発していると推測される。

## (2) 加熱後の乾固物の外観確認

### <試験目的>

模擬液を加熱し、冷却後の外観から、爆発に起因する飛散物の有無を確認する。

### <試験概要>

- ①ホットプレート上において加熱し、水分を蒸発させる
- ②サンドバスにて仮焼
- ③電気炉にて 1400℃まで加熱し、冷却後に取り出して外観を観察

### <試験条件>

試料：




- ・ DBP を含む溶融炉への模擬供給廃液
- ・ 模擬高レベル濃縮廃液

### <試験結果>

- ✓ 爆発による飛散物は見られなかった
- ✓ ふた（アルミナるつぼ）にも、爆発による飛散物は見られなかった




## <模擬混合廃液仮焼物作製及び電気炉による加熱>

仮焼物作製		
濃縮前	濃縮後、仮焼前	仮焼後
		

・模擬混合廃液にSとして0.117g/Lとなるように硫酸ナトリウムを添加したものをアルミナ匣鉢に400mL分取し、そこにDBPを300mg/Lとなるように添加した。

・ホットプレートにて約2時間加熱し、乾固直前まで水分を蒸発させた。

・サンドバスにて設定温度200℃で約7時間仮焼した。  
・仮焼物の重量は89.6gであった。

電気炉による加熱試験		
加熱前	加熱後	加熱時の容器設置方法
		

・作製した仮焼物のうち、一部をアルミナるつぼ(B3)に取り分けた。  
・取り分けた仮焼物の重量は19.15gであった。

・炉床昇降式電気炉内で加熱した。加熱条件は以下のとおり。  
空温→1400℃:3時間  
1400℃保持:2時間  
炉内にて放冷  
・加熱後の試料重量は9.13gであった(仕込み重量の約48%)。

・仮焼物を入れたアルミナるつぼ(B3)の上にアルミナるつぼ(B6)を被せた。  
・アルミナるつぼ(B6)の一方の下側にはアルミナポートを挟み、仮焼物への空気供給が遮断されないようにした。

## <模擬高レベル廃液仮焼物作製>



仮焼物作製		
マントルヒータによる濃縮前	マントルヒータによる濃縮後	ホットプレートによる濃縮前
		

・模擬HALWにSとして0.234g/Lとなるように硫酸を添加したものをセパラブルフラスコに500mL分取した。

・マントルヒータにて約4時間半加熱し、液量約10分の1程度まで水分を蒸発させた。

・マントルヒータにて濃縮した液をアルミナ匣鉢に全量移した。

※模擬HALW 500mLに1M硫酸(factor:0.960、Sとして30.79g/L)3.90mLを添加した。

仮焼物作製	
匣鉢による濃縮後	仮焼後
	

・ホットプレートにて約1時間半加熱し、乾固直前まで水分を蒸発させた。

・サンドバスにて設定温度200℃で約7時間仮焼した。  
・仮焼物の重量は98.43gであった。

## ＜模擬高レベル廃液仮焼物の電気炉による加熱＞

電気炉による加熱試験		
加熱前	加熱後	加熱時の容器設置方法
		
<ul style="list-style-type: none"> <li>・作製した仮焼物のうち、一部をアルミナるつぼ (B3) に取り分けた。</li> <li>・取り分けた仮焼物の重量は9.07gであった。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・伊床昇降式電気炉にて加熱した。加熱条件は以下のとおり。 室温→1400℃:3時間 1400℃保持:28時間 炉内にて放冷</li> <li>・加熱後の試料重量は4.37gであった(仕込み重量の約48%)。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・仮焼物を入れたアルミナるつぼ (B3) の上にアルミナるつぼ (B6) を被せた。</li> <li>・アルミナるつぼ (B6) の一方の下側にはアルミナボートを挟み、仮焼物への空気供給が遮断されないようにした。</li> </ul>



### 3.2 K2MOC のパラメータ変動等からの推定

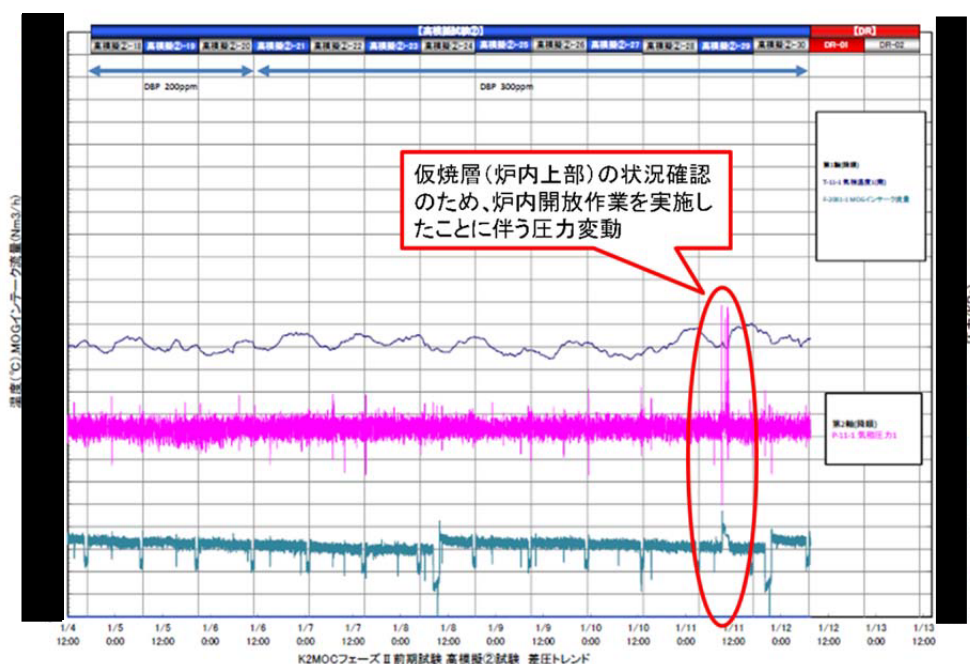
新型ガラス溶融炉のモックアップ試験（K2MOC 試験）について以下に示す。

- ▶ 新型ガラス溶融炉のモックアップ試験（K2MOC 試験）では、ガラス溶融炉の安定運転を確認するため、DBP を混入させた供給液を使った運転を実施している。
- ▶ そこで、模擬供給廃液時のパラメータから、急激な温度変動や圧力変動の有無を確認する。
- ▶ また、K2MOC における廃液供給時の仮焼層の観察から、急激な反応の有無を確認する。

パラメータから急激な温度変動や圧力変動は見られなかった。

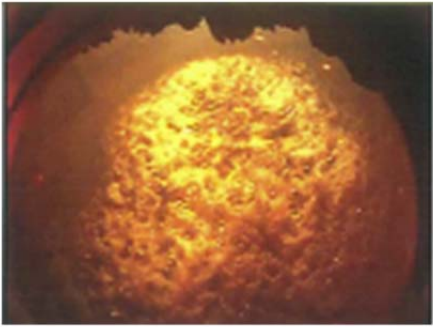
また、廃液供給時に仮焼層において急激な反応は観察されなかった。

ガラス溶融炉内の温度は廃液供給時点で約 1200℃であり、かつガラス溶融炉への廃液供給は最大 70L/h で少量ずつ継続して行うことから、供給された廃液に含まれる DBP は、ガラス溶融炉内で瞬時に分解し揮発するものと推定される。

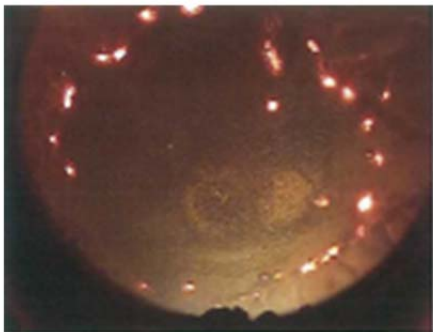


■ については商業機密の観点から公開できません。

<K2MOC試験による仮焼層の状況>



- ✓ 仮焼層温度は300°Cから600°C程度
- ✓ DBP由来の発泡現象が見られる
- ✓ 急激な燃焼のような反応はない



- ✓ DBPなしの場合の仮焼層状況
- ✓ DBP添加時にみられた発泡なし

#### 4. DBP の分解による爆風過圧の評価

##### 4.1 爆風による過圧発生評価

<想定>

蒸発が進行し、残渣物（TNT 火薬相当）が貯槽底に溜まる

⇒TNT 等価法に基づき、爆風による過圧発生を評価

<評価対象>

蒸発乾固において DBP を考慮する必要がある機器のうち、最も容量が大きい高レベル廃液混合槽を対象とする。

容量：20m<sup>3</sup>

DBP 濃度：300ppm ⇒ 約 6kg-DBP

<TNT 等価法>

二つの爆薬の直径比を  $d_1/d_2=\lambda$  とすると、爆薬  $W_2$  の爆発により、距離  $R_2$  の位置 B における爆風圧  $P_B$  と、爆薬  $W_1$  の爆発により距離  $R_1 (= \lambda R_2)$  の位置 A における爆風圧  $P_A$  は等しくなる。

$$\frac{d_1}{d_2} = \frac{\lambda d_2}{d_2} = \frac{R_1}{R_2} = \left( \frac{W_1}{W_2} \right)^{1/3}$$

換算距離  $Z$  として次の関係が導かれる。

$$Z = \frac{R}{W^{1/3}}$$

W: TNT等価薬量 [kg]

R: 爆薬中心からの離隔距離 [m]

< TNT 等価薬量 >

TBP等の錯体の急激な分解反応により発生する熱量としての  
1,400kJ/kg-TBP（文献値）をDBPに適用した場合には、

$$6\text{kg-DBP} \text{ で } 8,400\text{kJ} \doteq 2,000\text{kcal}$$

1,000cal = 1gTNT 換算より、TNT 等価薬量は 2kg と設定

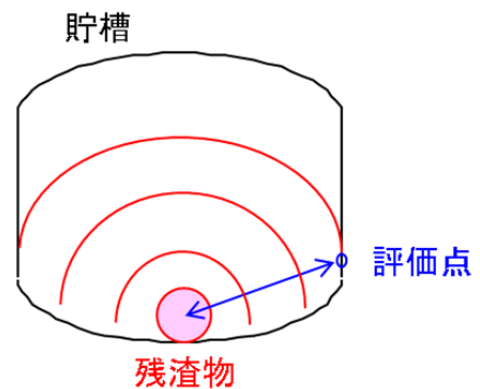
< 爆薬中心からの離隔距離 >

蒸発が進行し、残渣物（TNT 火薬相当）が貯槽底に溜まる状態を想定  
爆発により爆風は同心円状に広がるため貯槽壁面にて評価する

⇒残渣物の中心から貯槽壁面までの距離は 1.7[m]

換算距離

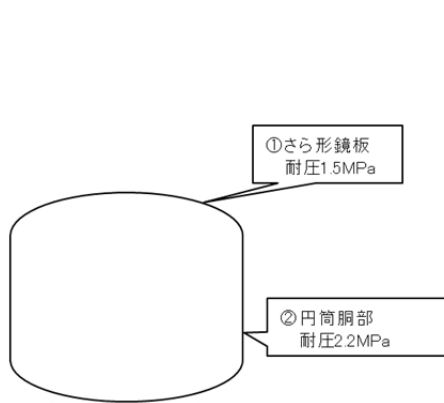
$$Z = \frac{1.7}{2^{1/3}} \doteq 1.35$$



出典：大野編著、基礎からの爆発安全工学、森北出版、2011

### <判断基準>

以下のとおり、貯槽部位の形状に応じた耐圧評価を実施した結果、評価部位である貯槽壁面における健全性維持の判断基準は2.2MPaとする。



#### ①さら形鏡板の耐圧

$$P = \frac{2tS_a\eta}{RW + 0.2t}$$

$$\text{ただし, } W = \frac{1}{4} \left( 3 + \sqrt{\frac{R}{r}} \right)$$

t : 板厚 (=10.17mm)  
 S<sub>a</sub> : 許容応力 (=359.1MPa)  
 η : 継手効率 (=1)  
 R : さら形鏡板中央部の半径 (=3155.83mm)  
 r : さら形鏡板すみの丸みの内半径 (=0.1R)  
 より、  
 P=1.5MPa

#### ②円筒胴部の耐圧

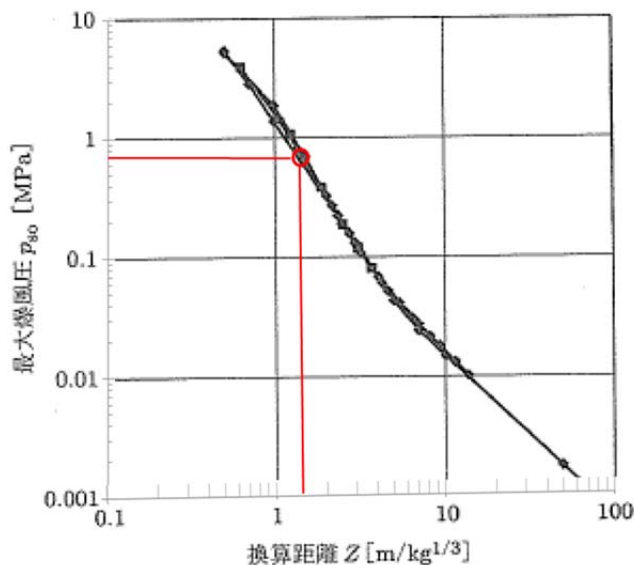
$$P = \frac{2tS_a\eta}{D_i + 1.2t}$$

t : 板厚 (=10.17mm)  
 S<sub>a</sub> : 許容応力 (=359.1MPa)  
 η : 継手効率 (=1)  
 D<sub>i</sub> : 機器内径 (=3189.66mm)  
 よりP=2.2MPa

### <評価結果>

第4. - 1 図より、最大爆風圧は0.7MPa程度である。

したがって、本条件における評価においては、機器の健全性を大きく損なうことはないと考えられる。



出典：大野編著、基礎からの爆発安全工学、森北出版、2011

第4. - 1 図 最大爆風圧と換算距離の関係

## 4.2 可搬型フィルタへの影響評価

<想定>

TBP等の錯体の急激な分解反応により発生する熱量としての1,400kJ/kg-TBP（文献値）をDBPに適用し、発熱分が全てセルの空気を温めるものとして簡易計算を行う。

計算式は以下のとおり

$$\Delta T = \frac{QM}{V\rho C_p}$$

$$\Delta P = P_0 \left( \frac{T_1}{T_0} - 1 \right)$$

$\Delta T$ : 反応に伴う温度差 (K)

Q: DBPの反応熱(kJ/kg-DBP)

M: DBPの重量(kg)、6kg

V: 導出対象セルの体積(m<sup>3</sup>)、2176.3m<sup>3</sup>

$\rho$ : 空気密度(kg/m<sup>3</sup>)、 $\Delta T$ を大きく評価するように100°C、0.1MPaにおける0.933kg/m<sup>3</sup>を用いる[1]

$C_p$ : 空気比熱(kJ/kg/K)、空気密度に合わせて100°C、0.1MPaにおける1.012kJ/kg/Kを用いる[1]

$\Delta P$ : 温度上昇に伴う圧力上昇(kPa)

$P_0$ : 初期圧力 101.3kPa

$T_1$ :  $T_0 + \Delta T$  (K)

$T_0$ : 初期温度 323K

### <判定基準>

可搬型フィルタの健全性が維持される温度は 200℃未満[2]，可搬型フィルタの健全性が維持される差圧は 9.8 kPa 未満[3]とする。

### <評価結果>

導出先セルの温度上昇は 4.1℃、圧力上昇は 1.3kPa であることから、可搬型フィルタは健全性が維持される。

[1]伝熱工学資料、改訂第5版、日本機械学会、丸善(株)、ISBN978-4-88898-184-2

[2] 尾崎誠、金川昭、“高性能エアフィルタの苛酷条件下における性能、”日本空気清浄協会機関誌、25[6]、(1988)

[3]尾崎誠、安藤昇、金川昭、“高性能エアフィルタの苛酷時健全性試験、(Ⅶ) 圧力変化試験、”日本原子力学会誌、30、551-558(1988)

## 5. まとめ

- 再処理工程における移行挙動を整理すると、TBP/DBP/MBP の工程内での存在は以下のとおりとなる。
  - ・ TBP は希釈剤により洗浄することにより、それ以降には有意量は存在しない。
  - ・ DBP 及び MBP は、溶媒洗浄により除去することから、アルカリ廃液に存在する。その他の工程にも存在する可能性はあるが、その量はごく微量である。
- DBP 及び MBP に関しては、その存在下の硝酸／硝酸塩溶液の液温が上昇し、かつ水分が蒸発することにより熱分解する条件が成立し得るが、

- ・加熱試験

- 熱分解挙動の確認・評価

- 加熱後の乾固物の外観確認

- ・K2MOC のパラメータ変動等からの推定

- から、爆発は発生し難いと考えられる。

- 万が一爆発に至った場合における爆発規模は、TNT 換算で 2kg 程度であり、機器や可搬型フィルタの健全性を損なうものではない。



## 補足説明資料 7 - 2

1. 冷却機能の喪失による蒸発乾固の対処概要
- 1.1 蒸発乾固の発生の防止のための措置の概要

安全冷却水系の機器が損傷し、冷却機能が喪失した場合には、蒸発乾固の発生を未然に防止するため、重大事故等対処施設の冷却機能の喪失による蒸発乾固に対処するための設備の蒸発乾固未然防止設備の常設重大事故等対処設備の給水施設の冷却水設備の安全冷却水系の内部ループに通水し、蒸発乾固を想定する機器に内包する高レベル廃液等を冷却する。

冷却機能が喪失した状態が継続した場合の高レベル廃液等が沸騰に至るまでの時間は、前処理建屋において約 140 時間、分離建屋において約 15 時間、精製建屋において約 11 時間、ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋において約 19 時間及び高レベル廃液ガラス固化建屋において約 23 時間である。

各建屋の対策の概要等を以下に示す。

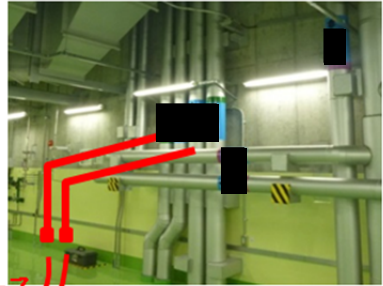


**1 膨張槽液位確認**

【作業概要】  
安全冷却水系内部ループ配管の破損有無の確認のため、膨張槽液位計の指示値を確認する。

**2 内部ループ通水準備(ホース敷設、ホース接続、隔離)**

【作業概要】  
外部からの通水を実施するためのホース敷設、弁隔離、可搬型流量計設置等を実施する。



**3 内部ループ通水(弁操作、漏えい確認、ループ健全性確認、流量確認)**

【作業概要】  
注排水弁を徐々に開とし開始する。必要に応じて通水流量を調整する。また、敷設したホース等からの漏えいがないことを確認する。



**4 温度計設置(可搬型温度計設置による貯槽温度測定、温度確認)**

**5 貯槽温度測定**

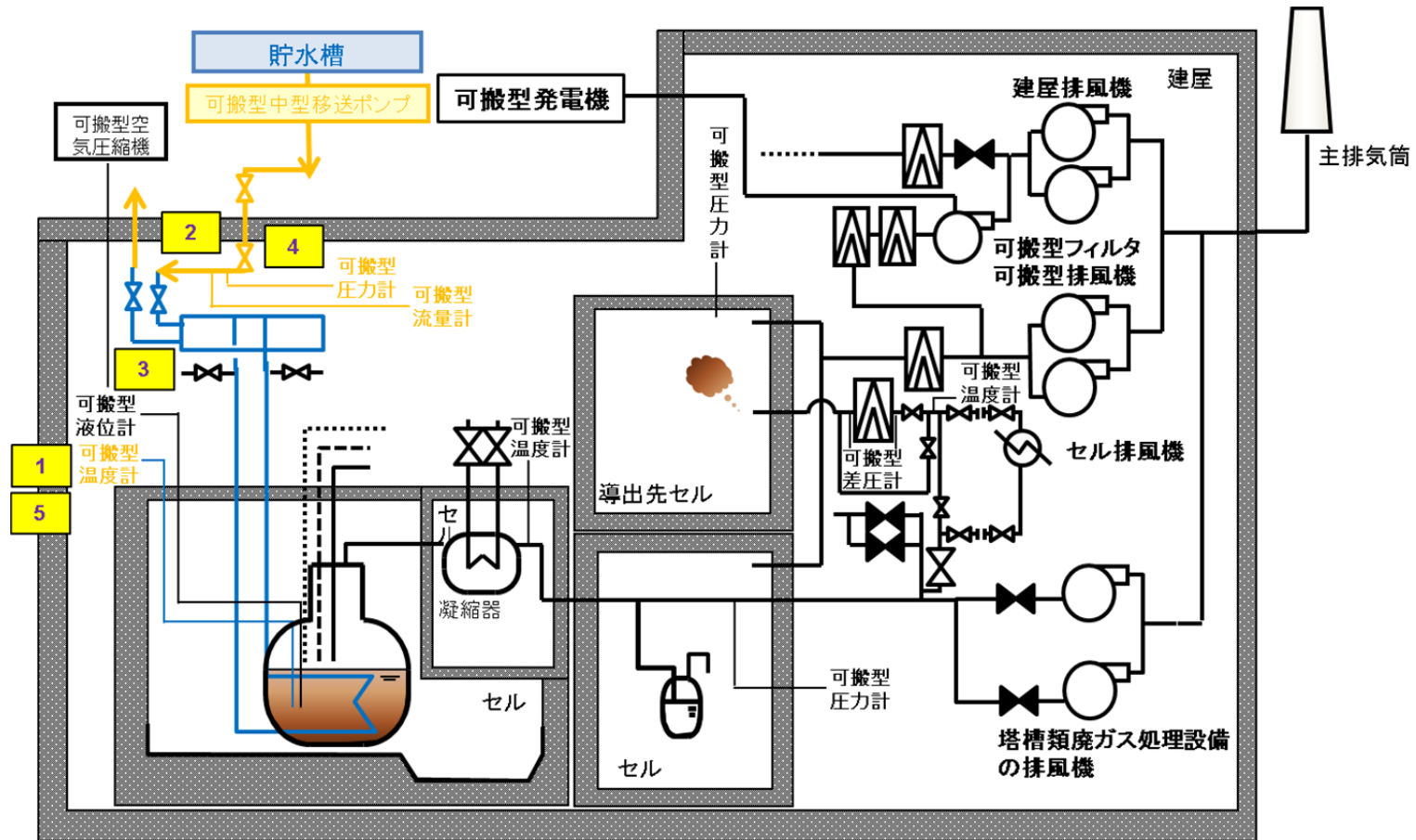
【作業概要】  
溶解液等の温度推移を監視するため及び蒸発乾固の拡大の防止のための措置への移行判断のために可搬型温度計を設置し、冷却停止による温度上昇の有無を確認する。また、通水作業後においては、対策実施後の温度推移を確認する。



第 1. - 2 図 前処理建屋の内部ループ通水による冷却概要

■ については商業機密の観点から公開できません。

【分離建屋の蒸発乾固の発生の防止のための措置の概要】




※ 経路構成については、設計進捗により変更の可能性が有り  
 水色: 対策で使用する系統(常設) 橙: 可搬型設備

第 1. - 3 図 分離建屋の内部ループ通水による冷却概要図

**1** 温度計設置(可搬型温度計による濃縮缶温度測定)

**5** 温度計測



【作業概要】  
高レベル廃液の温度推移を監視するため及び蒸発乾固の拡大の防止のための措置への移行判断のために温度計を設置し、冷却停止による温度上昇の有無を確認する。また、通水作業後においては、対策実施後の温度推移を確認する。

**4** 内部ループ通水(弁操作、漏えい確認、ループ健全性確認、流量確認)

【作業概要】  
出口弁を閉止した状態で一度通水して加圧し、通水経路の健全性を確認した後に、注排水弁を徐々に開とし通水を開始する。必要に応じて通水流量を調整する。また、敷設したホース等からの漏えいがないことを確認する。



**2、3** 内部ループ通水準備(ホース敷設、ホース接続、隔離)

【作業概要】  
外部からの通水を実施するためのホース敷設、弁隔離、可搬型流量計設置等を実施する。



接続口(排水側)

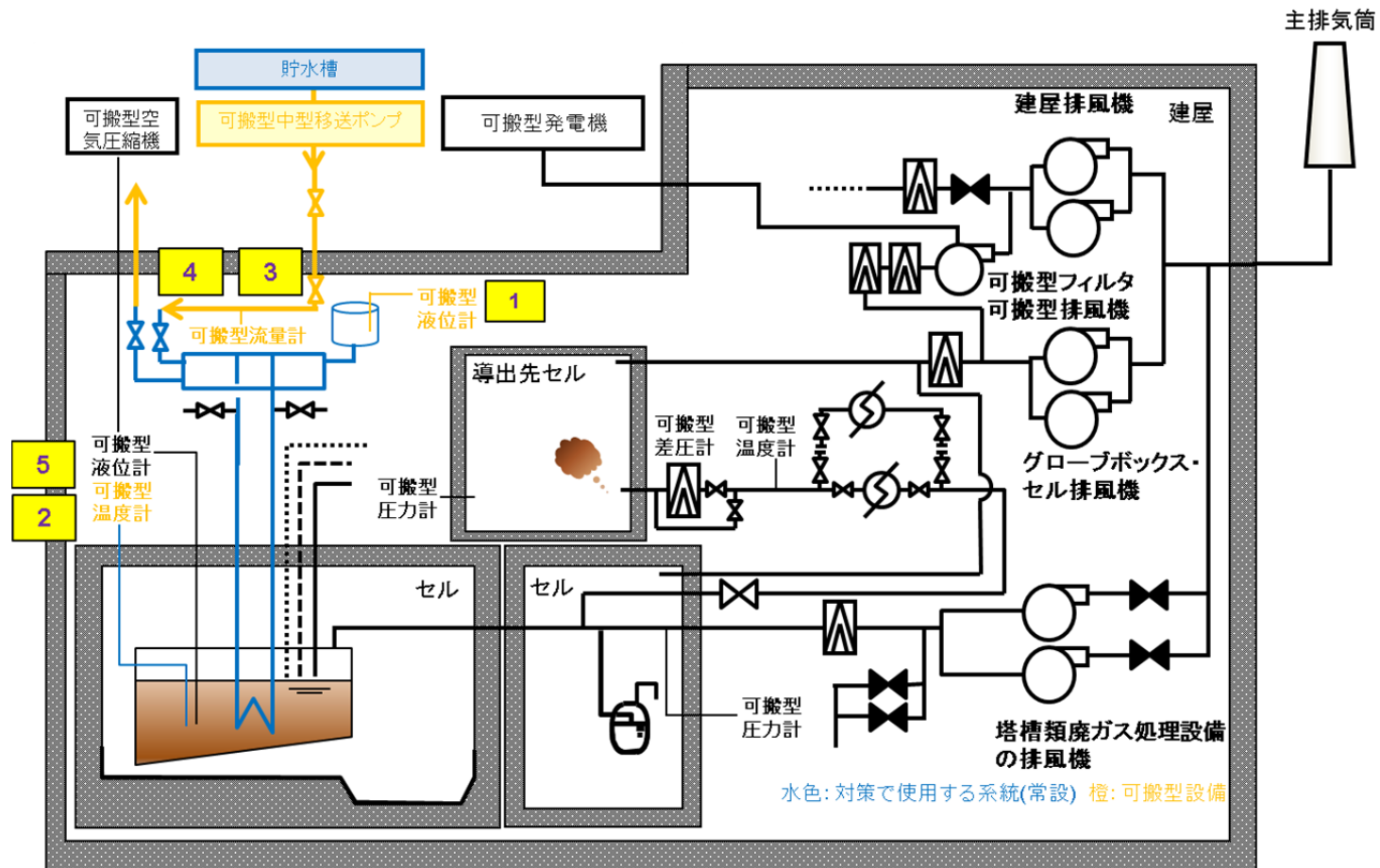
隔離弁

第 1. - 4 図 分離建屋の内部ループ通水による冷却概要

■については商業機密の観点から公開できません。



【精製建屋の蒸発乾固の発生の防止のための措置の概要】



※ 経路構成については、設計進捗により変更の可能性が有り

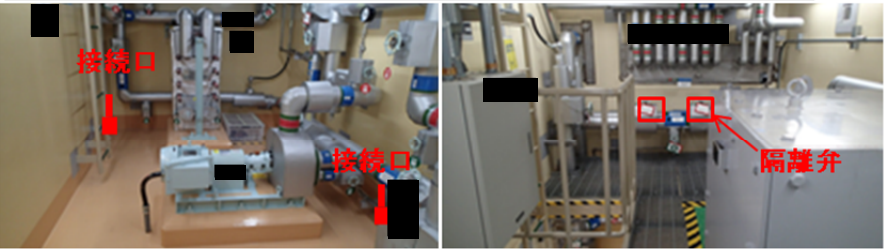
第 1. - 5 図 精製建屋の内部ループ通水による冷却概要図

**1 膨張槽液位確認**

【作業概要】  
安全冷却水系内部ループ配管の破損有無の確認のため、膨張槽液位計の指示値を確認する。

**3 内部ループ通水準備(ホース敷設、ホース接続、隔離)**

【作業概要】  
外部からの通水を実施するためのホース敷設、弁隔離、可搬型流量計設置等を実施する。



**2 温度計設置(可搬型温度計による貯槽温度測定)**

**5 貯槽温度測定、温度確認**

【作業概要】  
プルトニウム濃縮液一時貯槽等の温度推移を監視するため及び蒸発乾固の拡大の防止のための措置への移行判断のために温度計を設置し、冷却停止による温度上昇の有無を確認する。また、通水作業後においては、対策実施後の温度推移を確認する。



**4 内部ループ通水(弁操作、漏えい確認、ループ健全性確認、流量確認)**

【作業概要】  
弁を徐々に開とし通水を開始する。必要に応じて通水流量を調整する。また、敷設したホース等からの漏えいがないことを確認する。



第 1. - 6 図 精製建屋の内部ループ通水による冷却概要

■ については商業機密の観点から公開できません。





### 1 膨張槽液位確認

#### 【作業概要】

安全冷却水系内部ループ配管の破損有無の確認のため、膨張槽液位計の指示値を確認する。

### 2 温度計設置(可搬型温度計による貯槽温度測定、温度確認)



#### 【作業概要】

硝酸プルトニウム溶液等の温度推移を監視するため及び蒸発乾固の拡大の防止のための措置への移行判断のために温度計を設置し、冷却停止による温度上昇の有無を確認する。  
また、通水作業後においては、対策実施後の温度推移を確認する。

### 4 内部ループ通水(弁操作、漏えい確認、ループ健全性確認、流量確認)

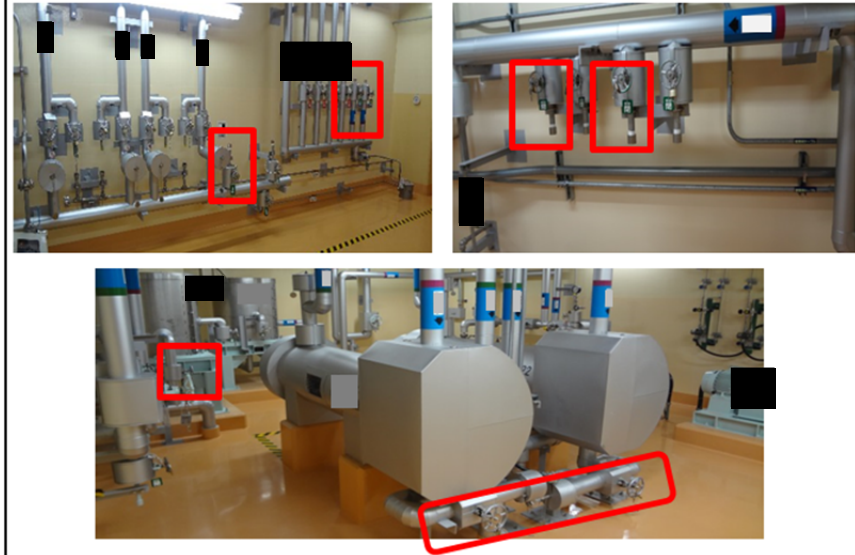
#### 【作業概要】

注排水弁を徐々に開とし開始する。必要に応じて通水流量を調整する。また、敷設したホース等からの漏えいがないことを確認する。

### 3 内部ループ通水準備(ホース敷設、ホース接続、隔離)

#### 【作業概要】

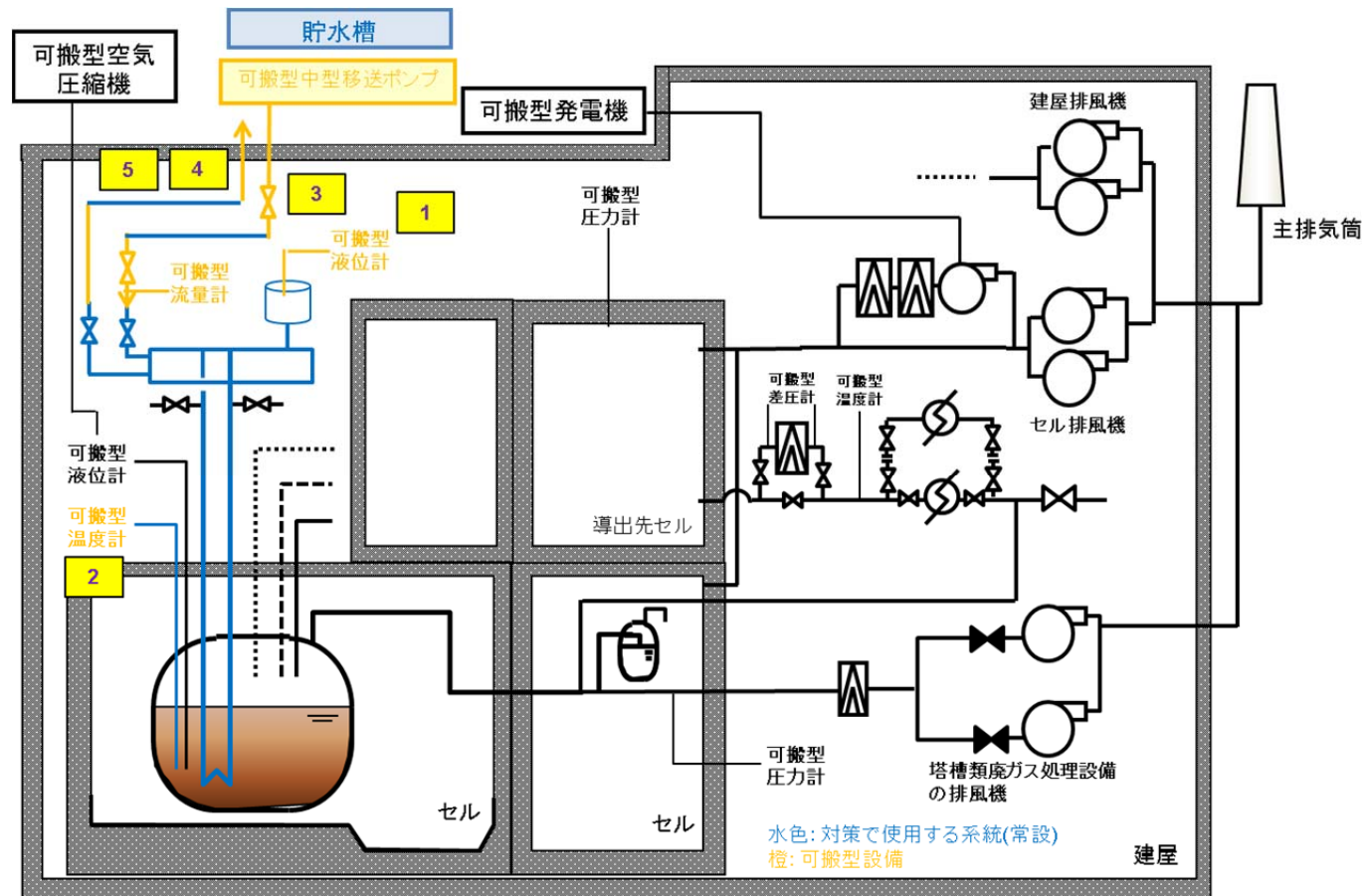
外部からの通水を実施するためのホース敷設、弁隔離、可搬型流量計設置等を実施する。



第 1. - 8 図 ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋の内部ループ通水による冷却概要


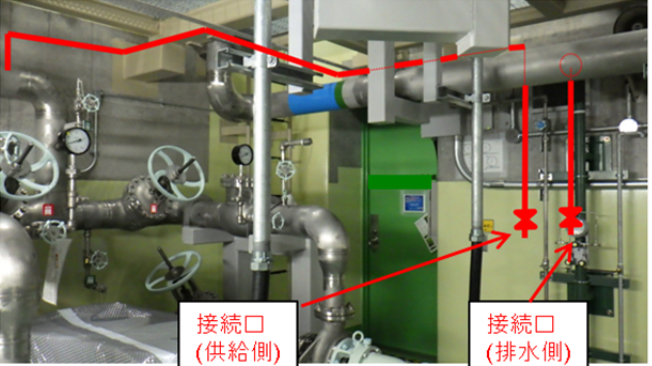


■については商業機密の観点から公開できません。

【高レベル廃液ガラス固化建屋の蒸発乾固の発生の防止のための措置の概要】



※ 経路構成については、設計進捗により変更の可能性が有り

第 1. - 9 図 高レベル廃液ガラス固化建屋の内部ループ通水による冷却概要図

<p><b>1</b> 膨張槽液位確認</p>  <p>【作業概要】 安全冷却水系内部ループ配管の破損有無の確認のため、膨張槽液位計の指示値を確認する。</p>	<p><b>3、4</b> 内部ループ通水準備(ホース敷設、ホース接続、隔離)</p> <p>【作業概要】 外部からの通水を実施するためのホース敷設、弁隔離、可搬型流量計設置等を実施する。</p>  <p>接続口 (供給側)</p> <p>接続口 (排水側)</p>
<p><b>2</b> 温度計設置及び温度計測</p>  <p>【作業概要】 高レベル廃液の温度推移を監視するため及び蒸発乾固の拡大の防止のための措置への移行判断のために可搬型の温度計を設置し、冷却停止による温度上昇の有無を確認する。 また、通水作業後においては、対策実施後の温度推移を確認する。</p>	<p><b>5</b> 内部ループ通水(弁操作、漏えい確認、ループ健全性確認、流量確認)</p> <p>【作業概要】 注排水弁を徐々に開とし開始する。必要に応じて通水流量を調整する。また、敷設したホース等からの漏えいがないことを確認する。</p> 

第 1. -10 図 高レベル廃液ガラス固化建屋の内部ループ通水による冷却概要



## 1.2 蒸発乾固の発生の防止のための措置の信頼性

### 1.2.1 内部ループ通水による冷却に使用する設備の設計

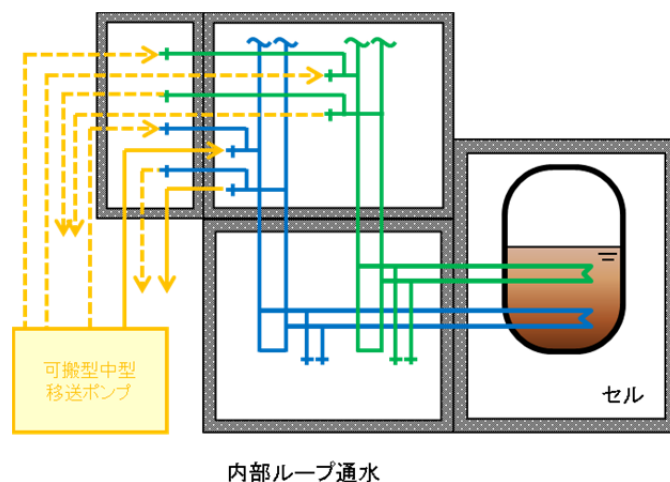
内部ループ通水に使用する系統は、基準地震動を 1.2 倍にした地震動を考慮する設計とすることで、系統自身の堅牢性を十分確保した上で、乾燥・固化後の状態におけるリスクの大きさを考慮し、さらに信頼性を高めるための設計としている。

- ✓ 位置的分散及び独立性を考慮した系統を 2 系統整備※ ⇒ 多重性確保
- ✓ 1 系統あたり 2 口、合計 4 口の接続口を整備※ ⇒ 通水のための多様な空間を確保

※ 通常運転時、1 系統の安全冷却水系で冷却を行っている貯槽を除く。これらの貯槽は、沸騰に至るまでの時間が概ね 100 時間を超えることから、仮に内部ループへの通水が機能しない場合においては、冷却コイル又は冷却ジャケットへの通水へ切り替える。

### ○接続口の信頼性

内部ループ通水に使用する配管は、独立した系統に複数の接続口を設け、複数の部屋で通水できるように設計している。



第 1. - 11 図 内部ループ通水の接続口概要図

### 1.2.2 内部ループ通水による冷却に使用する設備の有効性について

蒸発乾固への対処は、安全冷却水系の冷却機能の喪失が発生した場合に実施するため、蒸発乾固への対処に使用する重大事故等対処施設には、安全冷却水系の冷却機能の喪失に伴って生じる環境条件の変化を想定した場合でも、必要な機能を有効に発揮することが求められる。

以下に、重大事故等対処施設が機能を発揮できることを説明する。

#### a. 温度

##### 1) 常設重大事故等対処設備

内部ループ通水は、溶液の沸騰前に実施することから、その温度は最大でも溶液の沸点程度であり、設備の機能を損なうことはない。

- ✓ 内部ループ通水は、基本的に沸騰開始前までに実施されることから、温度条件としては沸点以下が基本。

##### 2) 可搬型重大事故等対処設備

可搬型重大事故等対処設備は、直接溶液と接することではなく、外部から供給される冷却水又は除熱後の排水を通水するのみである。内部ループへの通水時の供給水量は、除熱後の排水温度が 55℃以下となる水量で供給することから、設備の機能を損なうことはない。

- ✓ 可搬型ホース等は直接溶液と接することではなく、外部から供給される冷却水又は除熱後の排水を通水するのみである。
- ✓ 可搬型ホース（消防ホース）の耐熱温度 60℃に対し、内部ループへの通水時の供給水量は、除熱後の排水温度が 55℃以下となる水量で供給することから、想定される使用条件において有意な影響を与えることはない。