

再処理工場の重大事故への対応等について

～重大事故への対応～

(事業規則第三十四条～第三十八条)

令和2年 5月8日

日本原燃株式会社

目 次

1. 臨界への対応（事業規則三十四条）	3
1. 1 要求事項	
1. 2 対処方針	
(1) 拡大防止対策	
1. 3 臨界事故の特徴	
1. 4 拡大防止対策	
(1) 中性子吸収材の供給	
(2) 水素掃気	
(3) 廃ガスの貯留	
1. 5 臨界への対応手順	
2. 蒸発乾固への対応（事業規則第三十五条）	9
2. 1 要求事項	
2. 2 対処方針	
(1) 発生防止対策	
(2) 拡大防止対策	
2. 3 蒸発乾固の特徴	
2. 4 蒸発乾固の発生防止対策	
2. 5 蒸発乾固の拡大防止対策	
(1) 貯槽等への注水	
(2) 冷却コイル等への注水	
(3) セルへの導出経路の構築	
(4) 凝縮器による発生した蒸気及び放射性物質の除去	
(5) 代替セル排気系による対応	
2. 6 蒸発乾固への対応手順	
3. 水素爆発への対応（事業規則第三十六条）	21
3. 1 要求事項	
3. 1 対処方針	
(1) 発生防止対策	
(2) 拡大防止対策	
3. 3 水素爆発の特徴	
3. 4 水素爆発の発生防止対策	
(1) 可搬型空気圧縮機による掃気	
(2) 圧縮空気自動供給系及び機器圧縮空気自動供給ユニットによる掃気	
3. 5 水素爆発の拡大防止	
(1) 異なる接続口からの掃気	
(2) 廃ガスのセル導出	
(3) 代替セル排気系による対応	
3. 6 水素爆発への対応手順	
4. 有機溶媒火災への対応（事業規則第三十七条）	30
4. 1 要求事項	
4. 2 対処方針	
(1) 拡大防止対策	
4. 3 有機溶媒等による火災又は爆発の特徴	
4. 4 拡大防止対策	
(1) プルトニウム濃縮缶への供給液の供給停止又は加熱の停止	
(2) 廃ガス貯留設備による放射性物質の貯留	
4. 5 T B P等の錯体の急激な分解反応への対応手順	
5. 燃料損傷への対応（事業規則第三十八条）	36
5. 1 要求事項	
5. 2 対処方針	
5. 3 燃料損傷の特徴	
5. 4 燃料損傷防止対策	
(1) 想定事故1の燃料損傷防止対策	
(2) 想定事故2の燃料損傷防止対策	
5. 5 燃料損傷への対応手順	

1. 臨界への対応（事業規則三十四条）

第三十四条：臨界事故の拡大を防止するための設備

1. 1 要求事項

事業規則
<p>（臨界事故の拡大を防止するための設備）</p> <p>第三十四条 セル内において核燃料物質が臨界に達することを防止するための機能を有する施設には，再処理規則第一条の三第一号に規定する重大事故の拡大を防止するために必要な次に掲げる重大事故等対処設備を設けなければならない。</p> <p>一 未臨界に移行し，及び未臨界を維持するために必要な設備</p> <p>二 臨界事故が発生した設備に接続する換気系統の配管の流路を遮断するために必要な設備及び換気系統の配管内が加圧状態になった場合にセル内に設置された配管の外部へ放射性物質を排出するために必要な設備</p> <p>三 臨界事故が発生した場合において放射性物質の放出による影響を緩和するために必要な設備</p>

1. 2 対処方針

（1）拡大防止対策

臨界事故が発生した場合，拡大防止対策として速やかに未臨界に移行し，それを維持するため可溶性中性子吸収材を臨界事故の発生した機器に自動で供給する（第1図中㉑，1.4（1）参照）。また，臨界事故が発生した機器への更なる核燃料物質の供給を防止するため，固体状又は液体状の核燃料物質の移送を停止する。

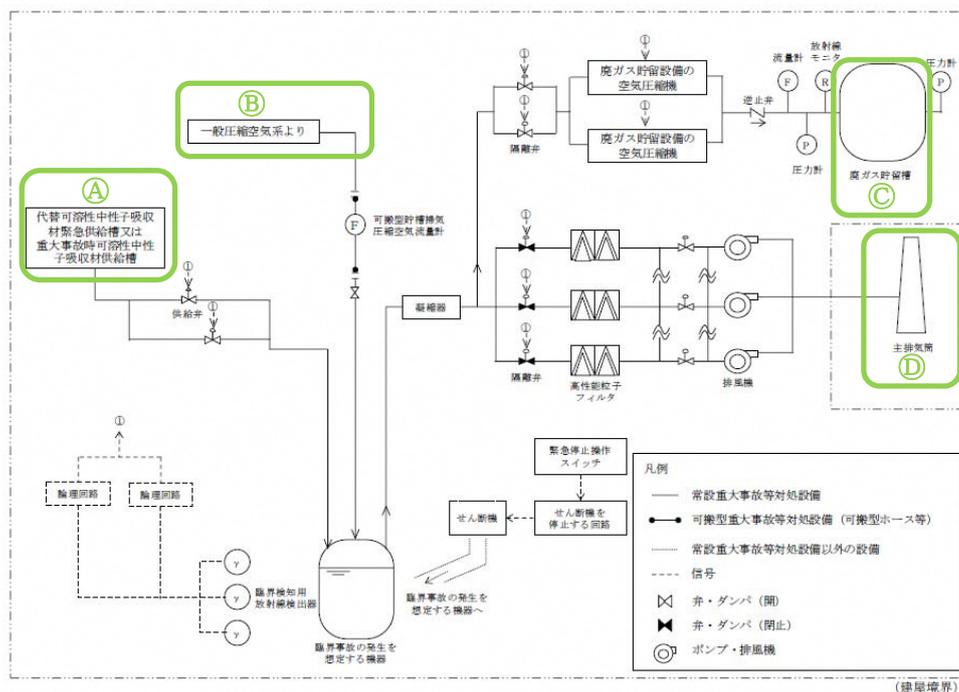
さらに，臨界事故に伴い発生するおそれのある水素爆発を防止し気相に移行する放射性物質の量を抑制するため，水素掃気を実施し機器内の水素濃度がドライ換算8vol%に至ることを防止し，可燃限界濃度（ドライ換算4vol%）未満とし，これを維持する（第1図中㉒，1.4（2）参照）。

また，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，臨界事故発生後，速やかに，臨界事故が発生した機器が接続されるせん断処理・溶解廃ガス処理設備又は精製建屋塔槽類廃ガス処理設備の流路を遮断するとともに気相中に移行した放射性物質を廃ガス貯留槽に導き放射性物質を廃ガス貯留槽へ閉じ込める（第1図中㉓，1.4（3）参照）。

また，廃ガス貯留槽が所定の圧力に達した場合，排気経路を廃ガス処理設備に切り替え，廃ガス処理設備から主排気筒を介して，管理しながら，大気中へ放出する。（第1図中㉔，1.4（3）参照）

拡大防止対策による事態の収束は，未臨界が維持され，臨界事故による放射性物

質の放出が止まり、水素濃度が平常運転時と同様に可燃限界濃度（ドライ換算 4 v o 1 %）未滿となることとする。



第 1 図. 臨界事故の拡大防止のための措置の系統概要図

1. 3 臨界事故の特徴

核燃料物質を内包する機器においては、技術的に見て想定されるいかなる場合でも臨界を防止するため、形状、寸法、溶液中の核燃料物質濃度等の適切な核的制限値をもって核的制限値を超えないよう管理することで未臨界を維持するよう設計している。

臨界事故の発生を仮定する機器，臨界事故の発生を仮定する機器を収納するセル及びセルを取り囲む建屋は，それぞれせん断処理・溶解廃ガス処理設備又は精製建屋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），建屋換気設備のセルからの排気系並びにセル等以外の建屋内の気体を排気する建屋換気設備により換気され，臨界事故の発生を仮定する機器，セル，建屋の順に圧力を低くできる設計としている。

核的制限値に係る管理が機能せず，核燃料物質が含まれる溶液において臨界事故が発生した場合，臨界に達した直後に短時間の出力上昇を何回か繰り返しながら核分裂反応が継続する。

その過程において核分裂反応により核分裂生成物が生成され，気体状の希ガス及びよう素が気相に移行する。また，核分裂反応のエネルギー放出による溶液の急激な温度上昇及び溶液の放射線分解による水素発生で気泡が生じるため，気泡が液面に到達して飛まつが発生することでエアロゾル状の放射性物質が気相に移行する。

さらに，放射線分解水素は，臨界継続中は通常より多量であり，溶液を取り扱う

機器内の水素濃度が高くなると水素爆発が発生するおそれがある。水素爆発が発生すると、水素爆発での圧力変動による飛まつが発生により放射性エアロゾルが気相中に移行するため、臨界継続中に水素爆発が同時に発生すると臨界事故が単独で発生したときよりも気相に移行する放射性物質質量が増加する。

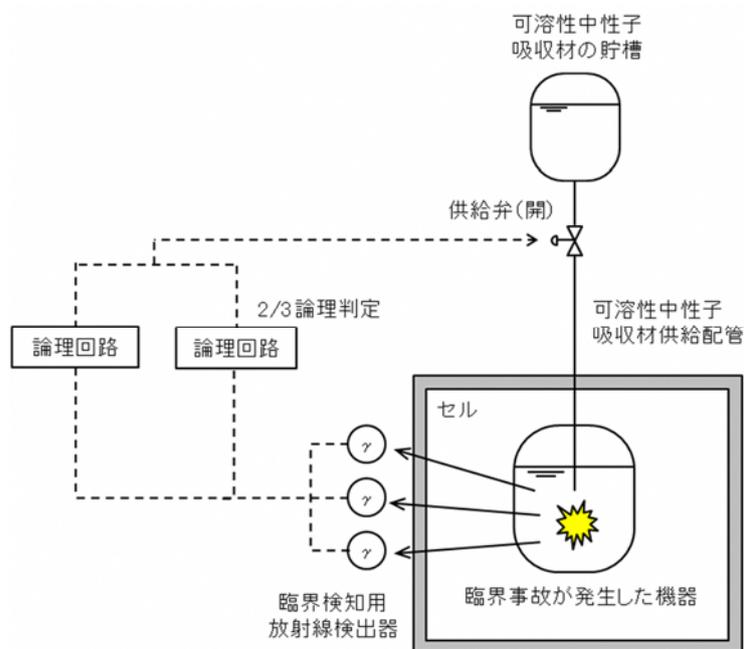
臨界事故は、2 建屋、8 機器で発生する。

1. 4 拡大防止対策

(1) 中性子吸収材の供給 (第2図)

臨界検知用放射線検出器により臨界事故の発生を検知した場合、重大事故時可溶性中性子吸収材供給槽 (溶解槽における臨界事故の場合は、代替可溶性中性子吸収材緊急供給槽) から自動で臨界事故が発生した機器に可溶性中性子吸収材を重力流で供給する。

また、中央制御室における緊急停止機能操作によって速やかに固体状又は液体状の核燃料物質の移送を停止する。



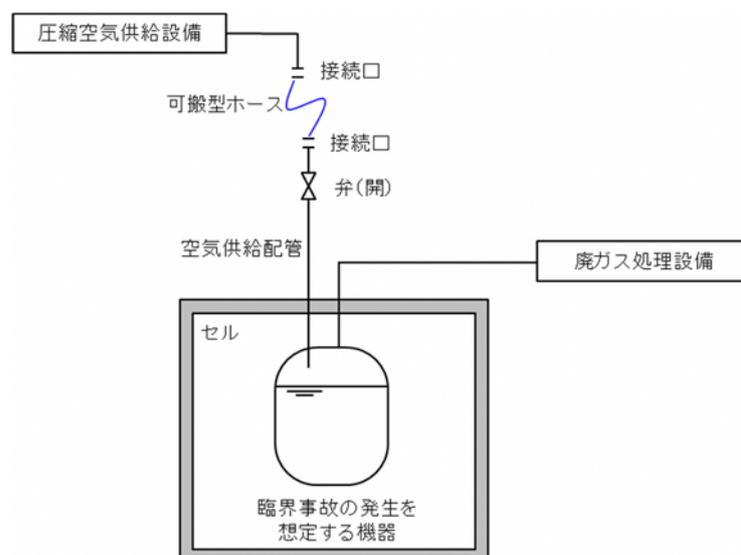
第2図. 可溶性中性子吸収材の供給系統図

本対策では臨界事故が発生した機器への可溶性中性子吸収材の供給が直ちに自動で開始され、臨界事故の発生検知後10分以内に未臨界に移行するために必要な量の可溶性中性子吸収材を供給でき、速やかに未臨界に移行できる。

(2) 水素掃気 (第3図)

臨界検知用放射線検出器により臨界事故の発生を検知した場合、安全圧縮空気系の水素掃気用の圧縮空気並びに安全圧縮空気系及び一般圧縮空気系の計測制御用の圧縮空気による水素掃気に加え、一般圧縮空気系の空気取出口と臨界事故が

発生した機器に接続する配管（溶解設備，精製建屋一時貯留処理設備又は計測制御設備の配管）を可搬型建屋内ホースにより接続し，一般圧縮空気系から臨界事故が発生した機器に空気を供給し水素掃気を実施する。



第3図. 水素掃気用空気の供給系統図

本対策により，ドライ換算7vol%未満となりドライ換算8vol%に至らない。臨界検知後40分の時点から実施する可搬型建屋内ホースを用いた一般圧縮空気系からの水素掃気用空気の供給及び平常運転時から機器に供給される空気により，廃ガス貯留槽への放射性物質の導出完了時点において可燃限界濃度未満の状態に移行する。

(3) 廃ガスの貯留 (第4図)

臨界検知用放射線検出器により臨界事故の発生を検知した場合，廃ガス貯留槽に放射性物質を導出するため，直ちに自動で廃ガス貯留設備の隔離弁（第4図中①）を開くとともに廃ガス貯留設備の空気圧縮機（第4図中②）を自動で起動し廃ガス貯留槽に放射性物質を導く。その後，廃ガス処理設備の流路を遮断するため，隔離弁（第4図中③）を自動で閉止し，排風機（第4図中④）を自動で停止する。

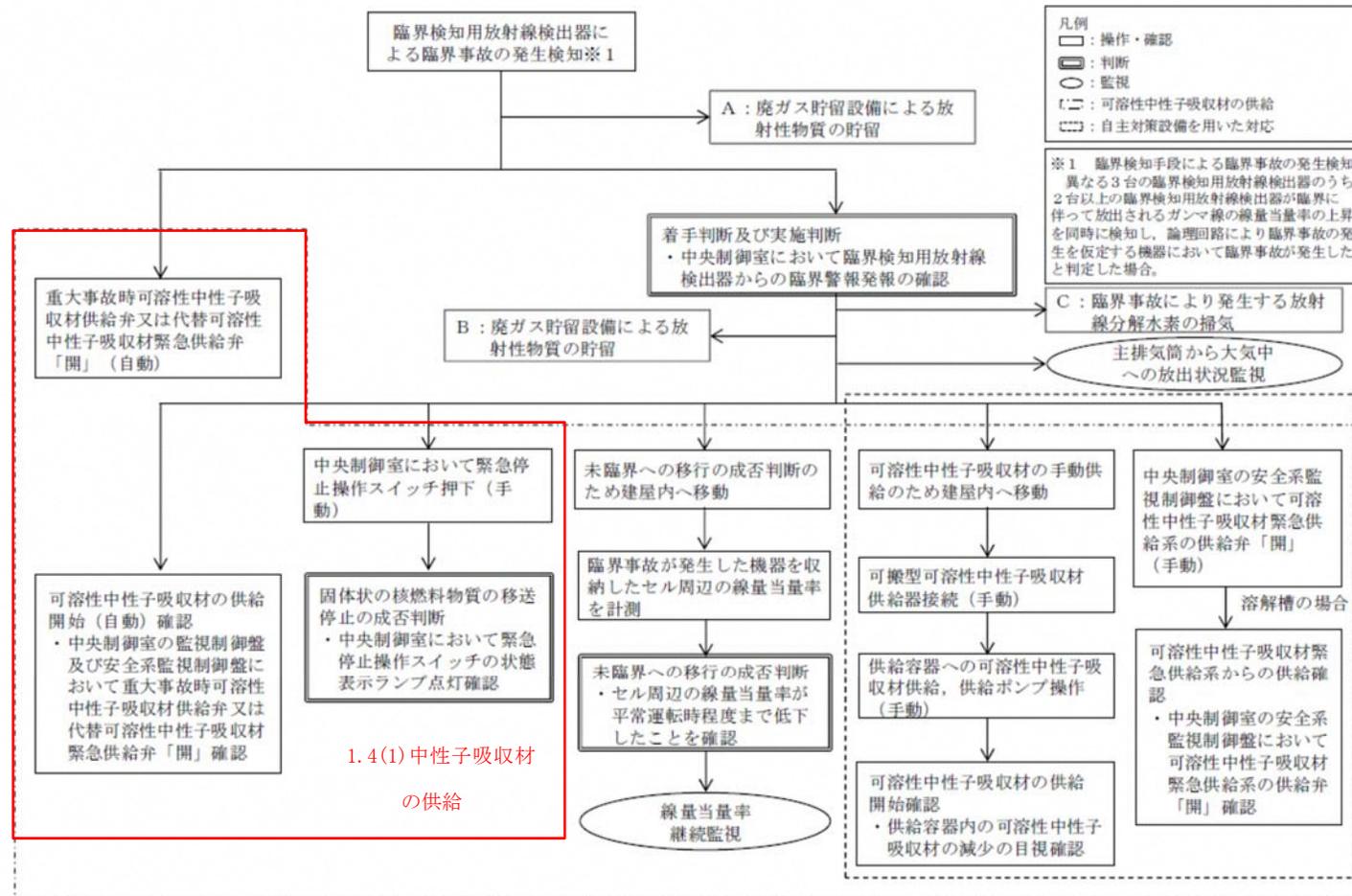
上記の導出操作は，廃ガス貯留槽の圧力が所定の圧力に達するまで継続し，所定の圧力に達した場合には，排気経路を廃ガス処理設備に切り替える。

この操作は中央制御室からの操作で，廃ガス処理設備の隔離弁（第4図中③）を開放するとともに廃ガス処理設備の排風機（第4図中④）を起動する。この際，廃ガス貯留槽には逆止弁（第4図中⑤）が設けられているため，廃ガス貯留槽から廃ガス処理設備への放射性物質の逆流はない。その後，中央制御室からの操作で廃ガス貯留設備の隔離弁（第4図中①）を閉止する。

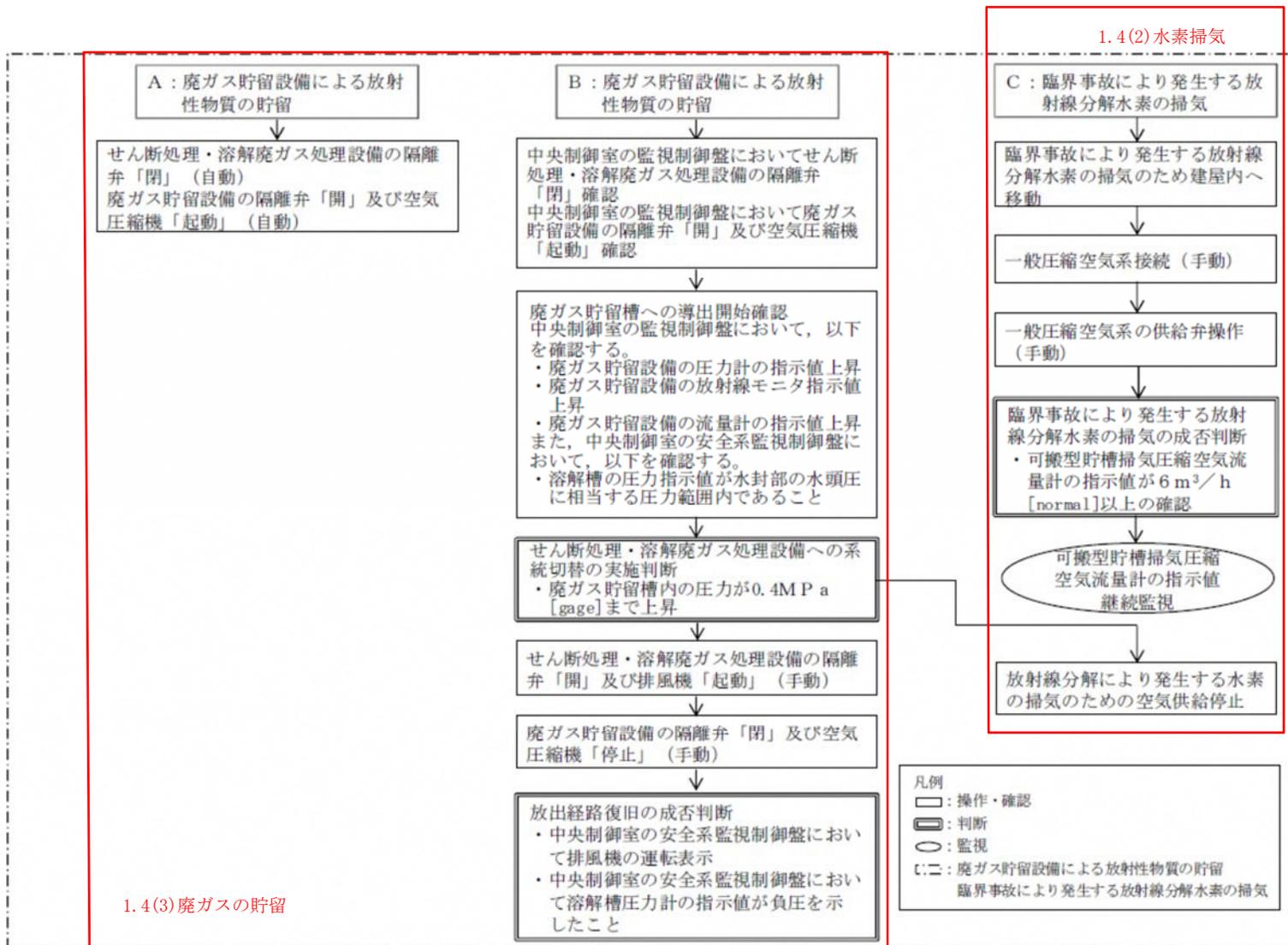
これらの操作により，排気を廃ガス処理設備から主排気筒を介して放出する。

1. 5 臨界への対応手順

臨界事故への対処の概要について、第6図に前処理建屋の例を示す。



第6図 (1 / 2). 臨界事故への対処の概要 (前処理建屋)



第6図(2/2). 臨界事故への対処の概要(前処理建屋)

2. 蒸発乾固への対応（事業規則第三十五条）

第三十五条：冷却機能の喪失による蒸発乾固に対処するための設備

2. 1 要求事項

事業規則
(冷却機能の喪失による蒸発乾固に対処するための設備) 第三五条 セル内において使用済燃料から分離された物であって液体状のもの又は液体状の放射性廃棄物を冷却する機能を有する施設には、再処理規則第一条の三第二号に規定する重大事故の発生又は拡大を防止するために必要な次に掲げる重大事故等対処設備を設けなければならない。 一 蒸発乾固の発生を未然に防止するために必要な設備 二 蒸発乾固が発生した場合において、放射性物質の発生を抑制し、及び蒸発乾固の進行を緩和するために必要な設備 三 蒸発乾固が発生した設備に接続する換気系統の配管の流路を遮断するために必要な設備及び換気系統の配管内が加圧状態になった場合にセル内に設置された配管の外部へ放射性物質を排出するために必要な設備 四 蒸発乾固が発生した場合において放射性物質の放出による影響を緩和するために必要な設備

2. 2 対処方針

(1) 発生防止対策

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である代替安全冷却水系により、沸騰に至る前に高レベル廃液等の冷却を実施する（2. 4 参照）。

(2) 拡大防止対策

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、気相中へ移行する放射性エアロゾルの量が増加する可能性がある。

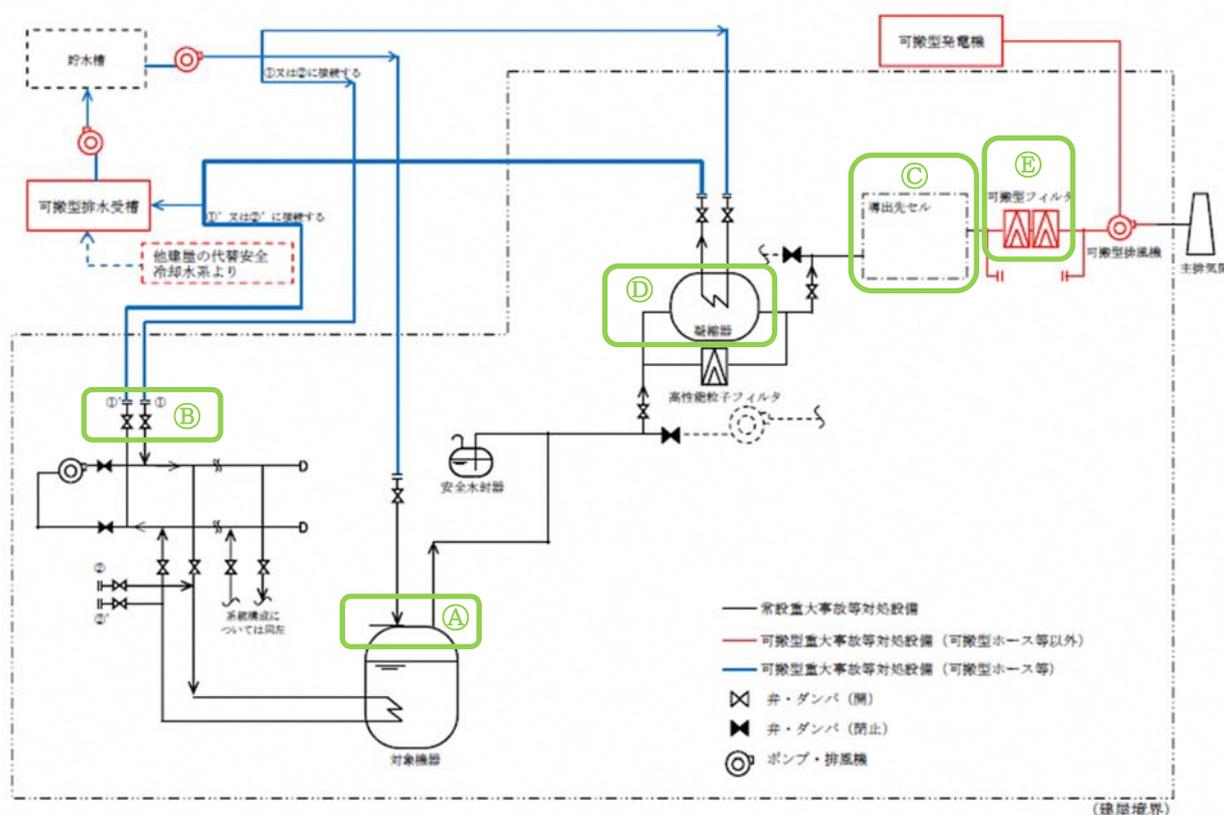
沸騰が継続し、貯槽等の液位が低下した場合には、ルテニウムを内包する高レベル濃縮廃液において揮発性のルテニウムが発生する可能性があり、さらに、沸騰が継続することで乾燥し固化に至ることから、これらを防止するため、貯槽等内に注水する（第1 図中④、2. 5（1）参照）。

さらに、事態を収束させるため、安全冷却水系による冷却及び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（以下「冷却コイル等」という。）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（第1 図中⑤、2. 5（2）参照）。

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（第1図中㉔，2.5

(3)参照)。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ともに、放射性物質の低減のため、凝縮器の下流側に設置するセル導出ユニットフィルタの高性能粒子フィルタを経由してセルに導出する（第1図中㉕，2.5(4)参照)。

さらに、代替セル排気系により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低減した上で、主排気筒を介して、大気中に放出する（第1図中㉖，2.5(5)参照)。



第1図：蒸発乾固対策の概要図

2.3 蒸発乾固の特徴

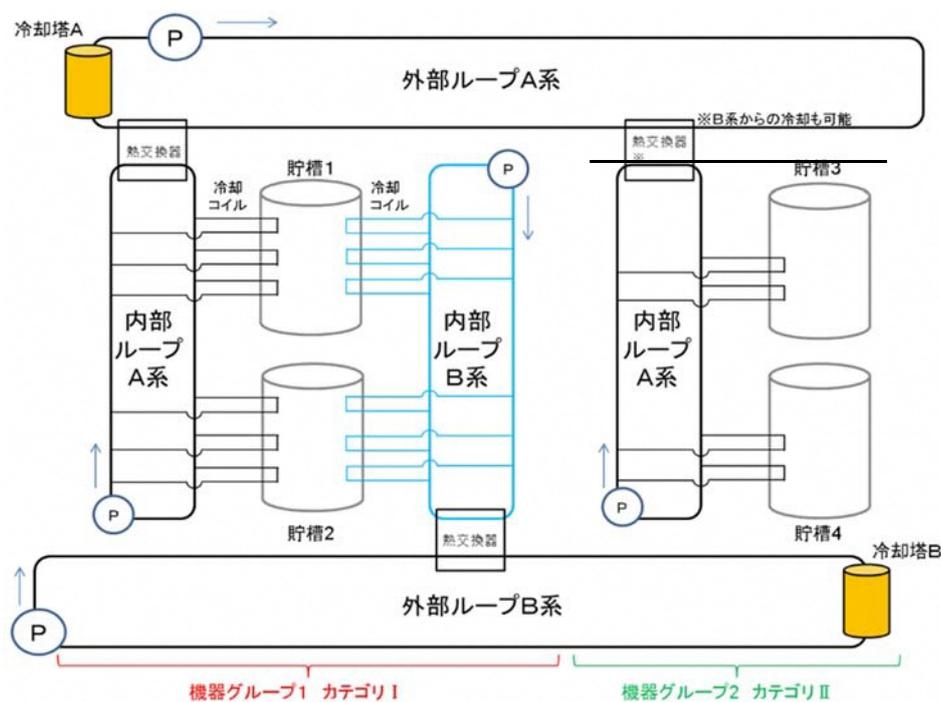
蒸発乾固を想定する貯槽等に内包する高レベル廃液等は、崩壊熱を有するため、平常運転時には、安全冷却水系によって冷却し、高レベル廃液等の沸騰を防止している。安全冷却水系は、貯槽等に内包する高レベル廃液等の崩壊熱を除去する内部ループ及び内部ループによって除かれた熱を外部ループに伝える熱交換器並びに外部ループに移行した熱を最終ヒートシンクである大気中へ逃がす冷却塔で構成される。また、安全冷却水系は、基準地震動を1.2倍にした地震動を考慮する設計とすることで、系統地震の堅牢性を十分に確保している。蒸発乾固を想定

する貯槽等に対して、カテゴリ 1 の機器グループで 2 系統，カテゴリ 2 の機器グループで 1 系統整備しており，位置的分散及び独立性を考慮している。安全冷却水系の概要図を第 2 図に示す。

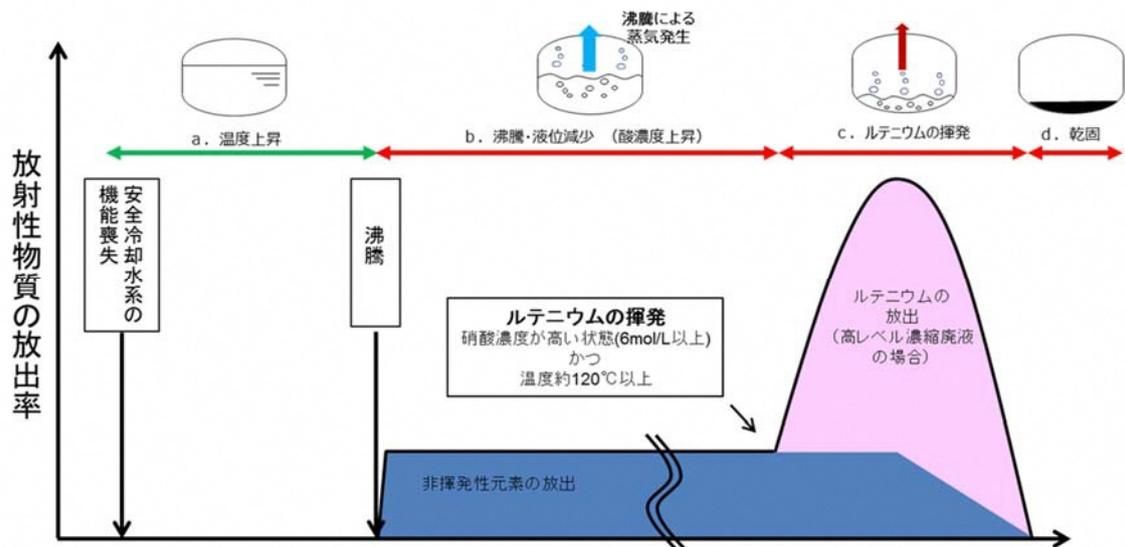
全交流動力電源喪失や機器の多重故障等によって，安全冷却水系の冷却機能が喪失した場合には，蒸発乾固を想定する貯槽等に内包する高レベル廃液等の温度が崩壊熱により上昇し，沸騰に至る。沸騰に至った場合には，液相中の気泡が液面で消失する際に発生する飛まつが放射性エアロゾルとして蒸気と共に気相中に移行することで，大気中へ放出される放射性物質の量が増加する。

さらに，沸騰が継続することで高レベル廃液等の硝酸濃度が上昇し，かつ，高レベル廃液等の温度が上昇すると，溶液中に含まれる核分裂生成物であるルテニウムと硝酸の反応が促進され，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，乾燥し固化に至る（第 3 図）。

蒸発乾固を想定する機器は，前処理建屋で 11 基，分離建屋で 14 基，精製建屋で 13 基，ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋で 4 基，高レベル廃液ガラス固化建屋で 11 基の計 53 基である。



第 2 図：安全冷却水系の概要図

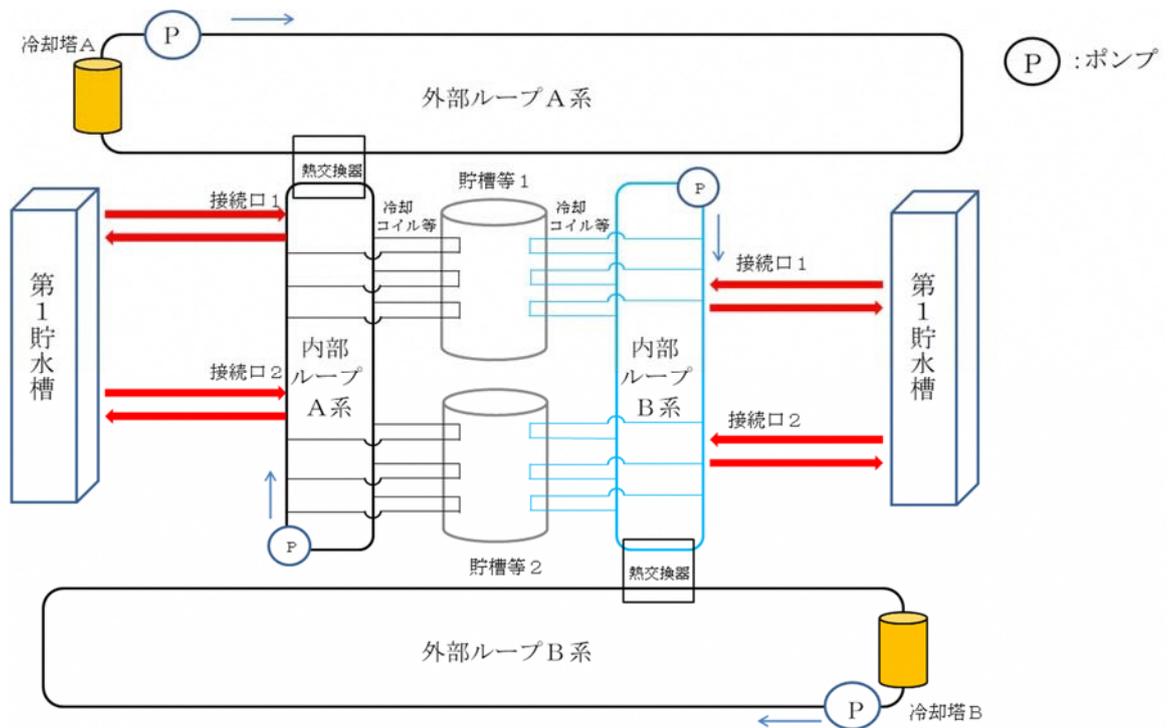


第3図：蒸発乾固の特徴

2. 4 蒸発乾固の発生防止対策（第4図）

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、貯水槽から内部ループに通水し、蒸発乾固を想定する貯槽等に内包する高レベル廃液等を冷却する。

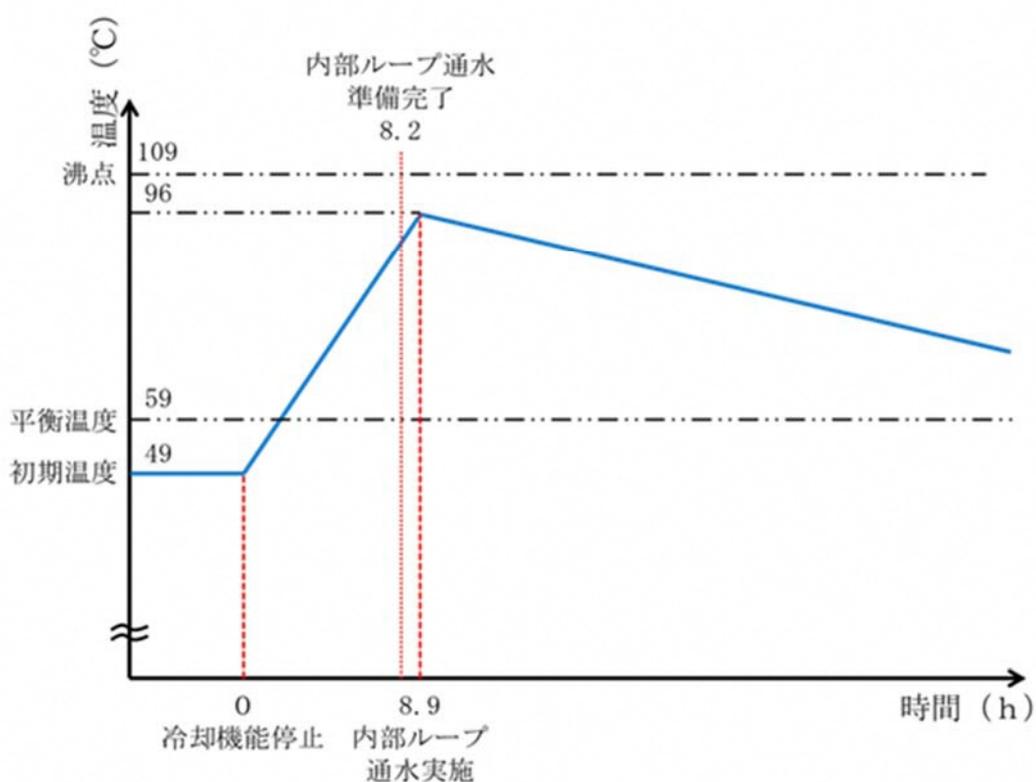
本対策は、高レベル廃液等が沸騰に至る前までに対策を完了させる。



第4図：発生防止対策の概要図

当対策により，内部ループへの通水開始時の高レベル廃液等の温度は，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，内部ループへの通水開始時の高レベル廃液等の温度と高レベル廃液等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開始時のプルトニウム濃縮液の温度は約102℃であり，すべての貯槽において，沸騰が開始するまでの時間以内に内部ループへの通水を実施できる（第5図）。

また，内部ループへの通水実施後の高レベル廃液等の温度は低下傾向を示し，全ての貯槽において高レベル廃液等の温度が沸点未満の温度で平衡に至る。

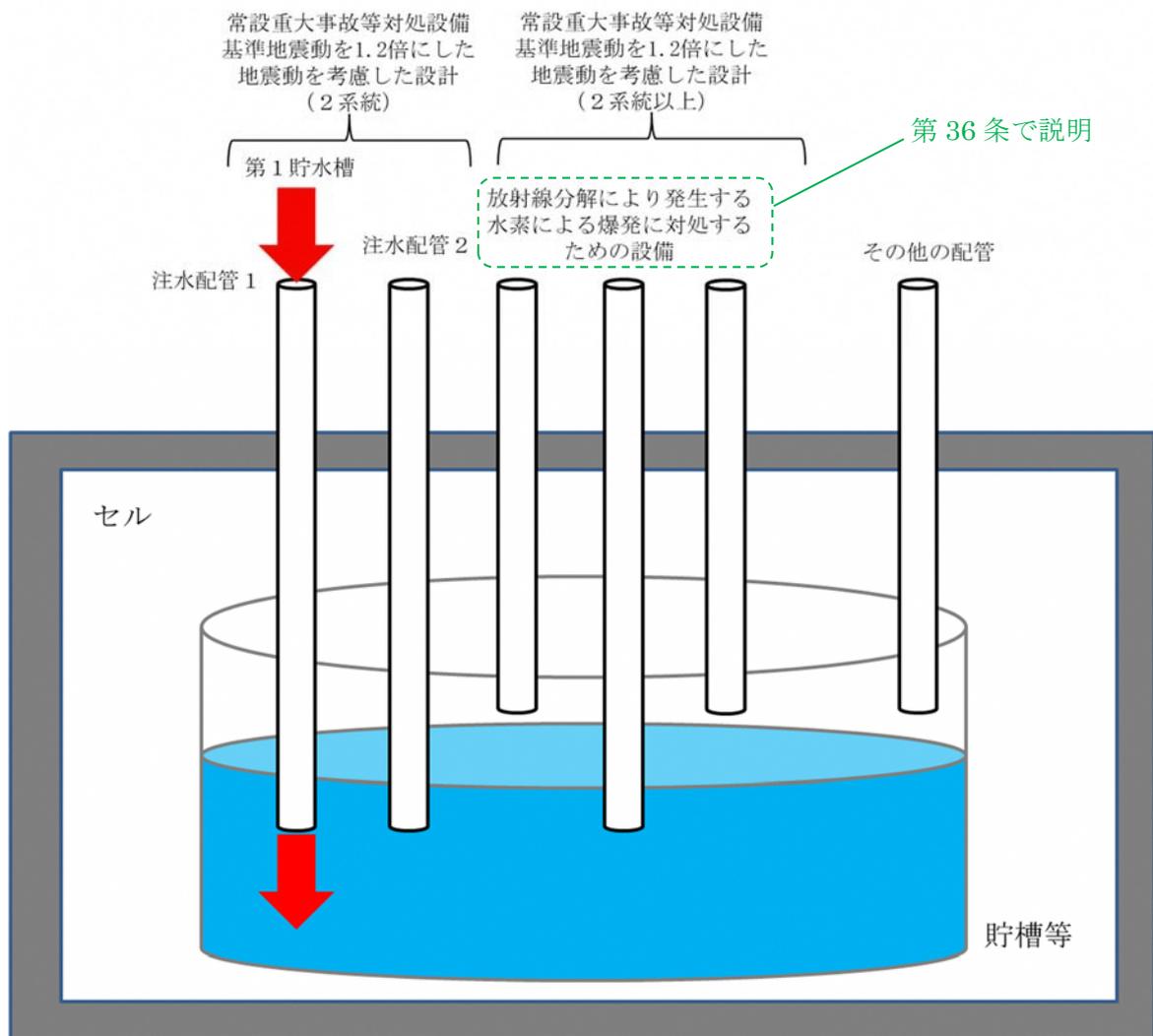


第5図：プルトニウム濃縮液一時貯槽温度トレンド

2. 5. 蒸発乾固の拡大防止対策

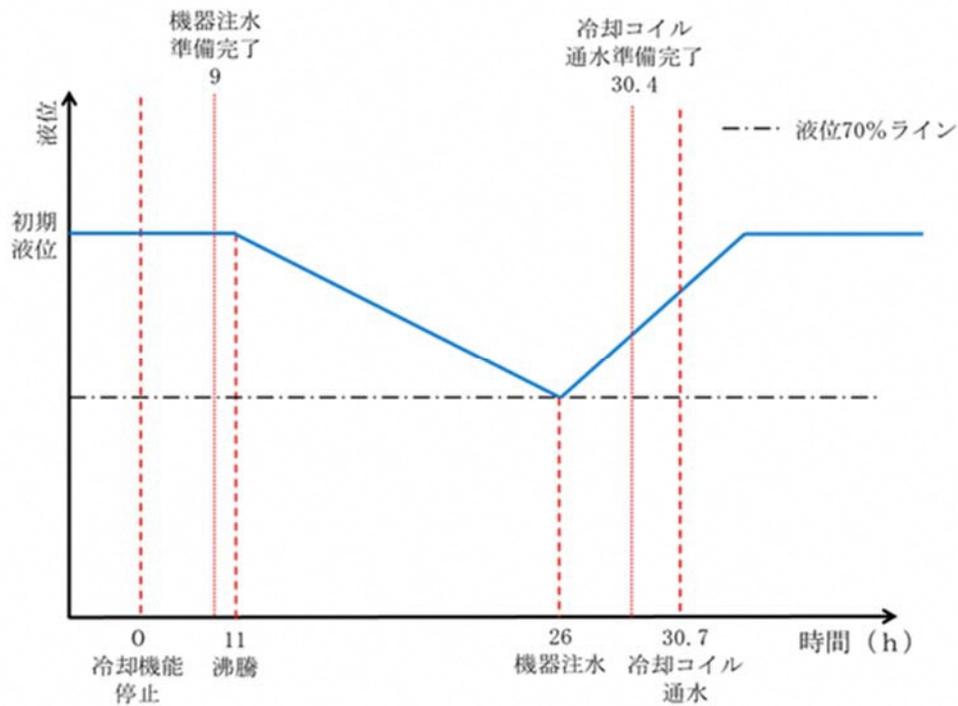
(1) 貯槽等への注水（第6図）

内部ループへの通水が機能せず，貯槽等に内包する高レベル廃液等が沸騰に至る場合には，貯槽等に注水することにより，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。



第 6 図：拡大防止対策（貯槽等への注水）の概要図

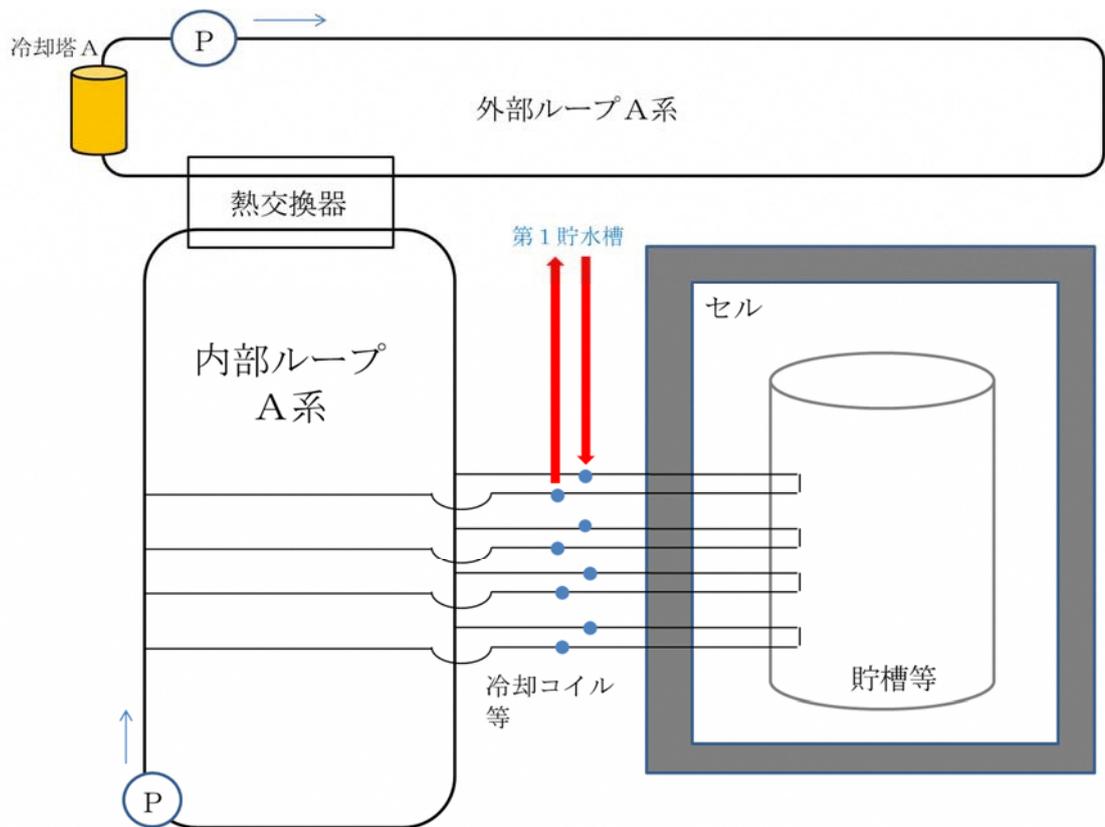
高レベル廃液等が沸騰に至り液位が低下するが、液位を監視しつつ貯槽等への注水を蒸発速度を上回る注水流量で適時実施することにより、高レベル廃液等の液量は貯槽等の事故発生直前の初期液量の 70% を下回ることなく維持でき、液量を一定範囲に維持できる。また、ルテニウムを含む高レベル濃縮廃液を内包する貯槽等において、高レベル濃縮廃液の温度を 120℃未満に維持でき、揮発性のルテニウムが大量に生成することはない（第 7 図）。



第7図：プルトニウム濃縮液一時貯槽液位トレンド

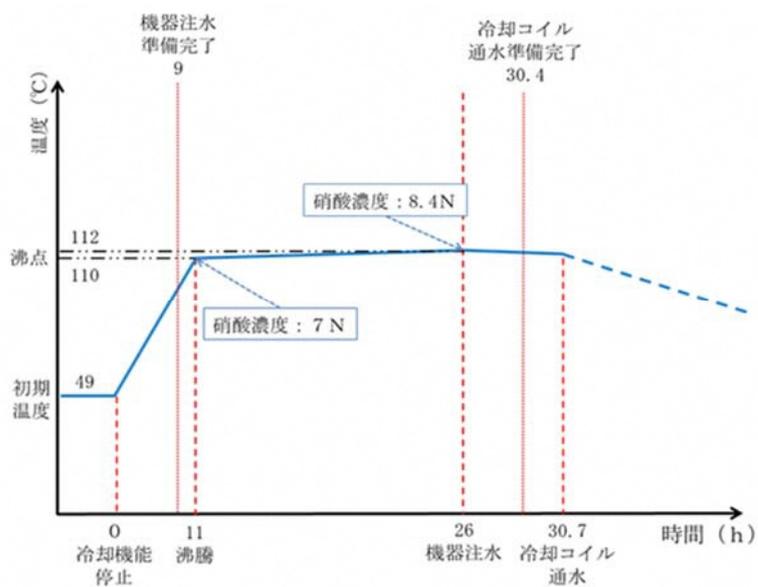
(2) 冷却コイル等への通水 (第8図)

貯槽等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、冷却コイル等への通水を実施し、貯槽等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、貯槽等への注水、貯槽等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可搬型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、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。



第8図：拡大防止対策（冷却コイル等への通水）の概要図

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貯槽等に内包する高レベル廃液等の冷却は、健全な冷却コイル配管・弁又は冷却ジャケット配管・弁が1本あれば可能であり、冷却コイル等への通水実施後は、高レベル廃液等の温度が低下傾向を示す（第9図）。



第9図：プルトニウム濃縮液一時貯槽温度トレンド

(3) セルへの導出経路の構築 (第10図中対策(3))

外的事象の「地震」を要因とした場合、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、貯槽等に内包する高レベル廃液等が沸騰に至り、貯槽等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、高レベル廃液等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、貯槽等の気相部の放射性物質が圧縮空気により同伴し、冷却機能が喪失した貯槽等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、平常運転時の排気経路以外の経路から漏えいする可能性がある。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貯槽等内の水素濃度がドライ換算8vol%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。

(4) 凝縮器による発生した蒸気及び放射性物質の除去 (第10図中対策(4))

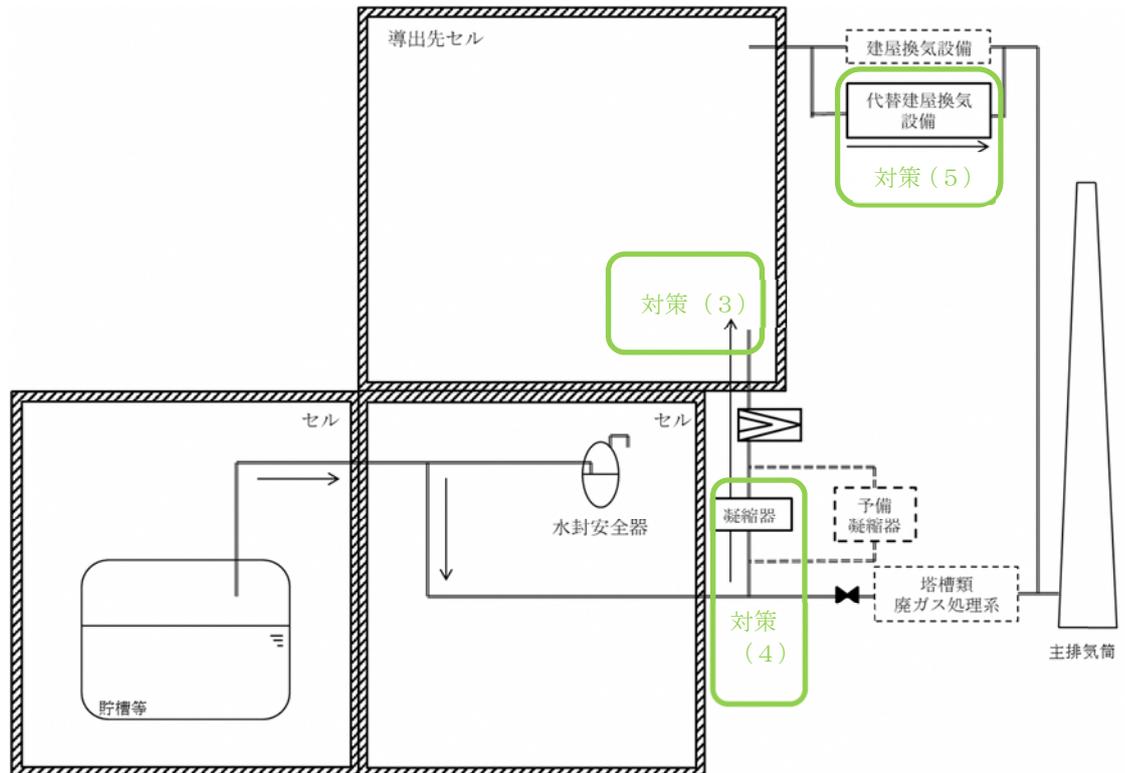
導出先セルへ放射性物質を導出した場合、塔槽類廃ガス処理設備の浄化機能を期待できないため、塔槽類廃ガス処理設備における放射性物質の除去効率に相当する代替換気設備を設置及び配置し、放射性物質を可能な限り除去する。具体的には、高レベル廃液等が沸騰していない状態で貯槽等の気相部へ移行し、水素掃気用の圧縮空気により同伴された放射性物質については、セルへの導出経路上に設置した高性能粒子フィルタにより放射性エアロゾルを除去し、高レベル廃液等の沸騰に伴い発生した蒸気及び放射性物質は、導出先セルに導出する前に、凝縮器により沸騰に伴い発生する蒸気を凝縮し、蒸気に同伴する放射性物質を凝縮水として回収する。

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沸騰が開始するまでの時間以内に凝縮器への通水が可能である。

また、高レベル廃液等の沸騰から事態の収束までの凝縮水の発生量は、凝縮水回収先セルの漏えい液受皿等の容量を十分下回る。

(5) 代替セル排気系による対応(第10図中対策(5))

放射性物質を導出先セルへ導出した後は、平常運転時の排気経路以外の経路からの大気中への放射性物質の放出を防止するため、可搬型排風機を運転し、可搬型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、主排気筒を介して、大気中へ管理しながら放出する。



第10図：拡大防止対策（セルへの導出経路の構築，凝縮器による凝縮，セル排気系を代替する排気系による対応）

代替セル排気系による排気の実施は，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以内に代替セル排気系による排気が可能である。

対策（3）：セル導出経路の系統構成，対策（4）：凝縮器への通水，対策（5）：代替セル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 6×10^{-13} TBq，分離建屋において約 5×10^{-7} TBq，精製建屋において約 5×10^{-6} TBq，ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋において約 3×10^{-7} TBq，高レベル廃液ガラス固化建屋において約 4×10^{-6} TBq，合計で約 1×10^{-5} TBqとなる（第1表）。

継続して実施される水素掃気用の圧縮空気の供給により，導出先セルの圧力が上昇し，平常運転時の排気経路以外の場所から放射性物質を含む気体の漏えいのおそれがあるが，上記の放出量は，この寄与分も含めた結果である。平常運転時の排気経路以外の場所からの放射性物質の放出継続時間は，最も長い分離建屋，精製建屋及びウラン・プルトニウム混合脱硝建屋で約3時間程度であり，大気中への放出に至る建屋内の移行経路を踏まえればその影響はわずかである。

以上より，放射性物質を塔槽類廃ガス処理設備からセルへ導出し，凝縮器により発生した蒸気及び放射性物質を除去し，放出経路及び可搬型フィルタによ

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中へ移行する放射性物質に対して各々十分な除染係数を確保し、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、可搬型ダクトをセル排気系に接続し、主排気筒を介して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を介した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。

第 1 表. 5 建屋放出量内訳

建屋	水素掃気用の圧縮空気に同伴する放射性物質の放出量			蒸発範囲による放出量 [T B q]	建屋 合計放出量 [T B q]	合計 放出量 [T B q]
	放出経路以外の 経路からの放出 (水封安全器経由) ※ 1 [T B q]	放出経路以外の 経路からの放出 (セル導出ユニット 経由) [T B q]	主排気筒経由 の放出量 [T B q/日] ※ 3			
前処理建屋	6×10^{-10}	-	1×10^{-10}	- ※ 2	6×10^{-10}	1×10^{-9}
分離建屋	4×10^{-9}	3×10^{-11}	5×10^{-10}	5×10^{-7}	5×10^{-7}	
精製建屋	4×10^{-9}	5×10^{-11}	3×10^{-9}	5×10^{-6}	5×10^{-6}	
ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋	5×10^{-9}	6×10^{-10}	2×10^{-9}	3×10^{-7}	3×10^{-7}	
高レベル廃液ガラス固化建屋	4×10^{-11}	-	9×10^{-9}	4×10^{-6}	4×10^{-6}	

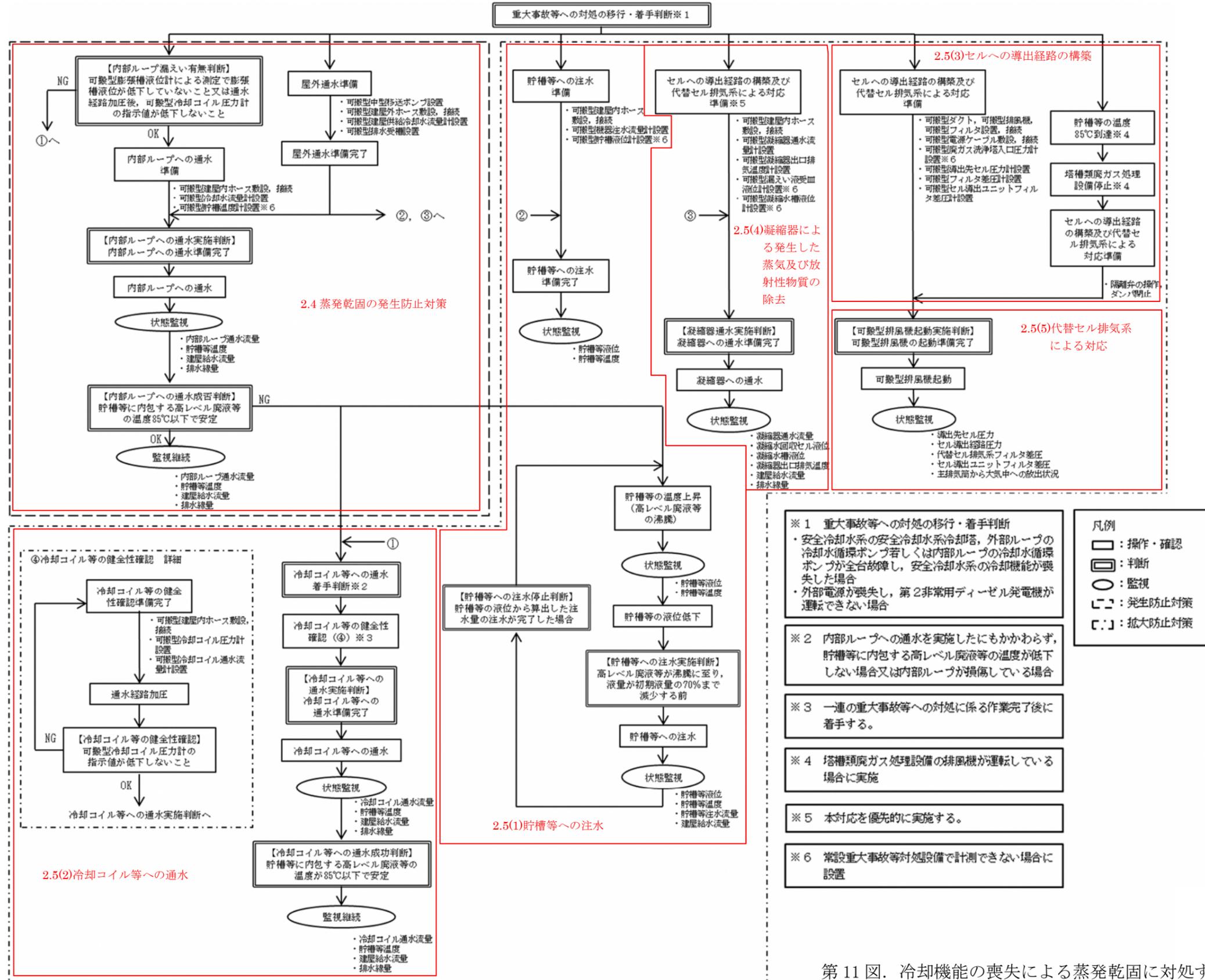
※ 1 : ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋においては、塔槽類廃ガス処理設備のインリーク経由

※ 2 : 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。

※ 3 事態収束後の放出率のため、合計放出量には加算しない。

2. 6 蒸発乾固への対応手順

冷却機能の喪失による蒸発乾固に対処するための手順の概要について、第11図に示す。



第11図. 冷却機能の喪失による蒸発乾固に対処するための手順の概要

3. 水素爆発への対応（事業規則第三十六条）

第三十六条：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

3. 1 要求事項

事業規則
(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) 第三十六条 セル内において放射線分解によって発生する水素が再処理設備の内部に滞留することを防止する機能を有する施設には、再処理規則第一条の三第三号に規定する重大事故の発生又は拡大を防止するために必要な次に掲げる重大事故等対処設備を設けなければならない。
一 放射線分解により発生する水素による爆発（以下この条において「水素爆発」という。）の発生を未然に防止するために必要な設備
二 水素爆発が発生した場合において水素爆発が続けて生じるおそれがない状態を維持するために必要な設備
三 水素爆発が発生した設備に接続する換気系統の配管の流路を遮断するために必要な設備及び換気系統の配管内が加圧状態になった場合にセル内に設置された配管の外部へ放射性物質を排出するために必要な設備
四 水素爆発が発生した場合において放射性物質の放出による影響を緩和するために必要な設備

3. 2 対処方針

(1) 発生防止対策

水素爆発の発生を未然に防止するため、喪失した水素掃気機能を代替する設備により、重大事故の水素爆発を仮定する貯槽等の水素濃度が未然防止濃度に至る前に圧縮空気を供給し、水素濃度を可燃限界濃度未満とし、これを維持する（第1図中④、3.4(1)参照）。さらに、貯槽等内の水素濃度の上昇速度が速く、圧縮空気の供給前に未然防止濃度に至る可能性のある貯槽等は、圧縮空気を自動供給するとともに、水素発生量の不確かさが大きくなる場合には、水素発生量の不確かさを踏まえて未然防止濃度未満に維持できる十分な量の圧縮空気を供給する（第1図中⑤、3.4(2)参照）。この対策により未然防止濃度未満を維持している期間中に、貯槽等へ圧縮空気を供給し、水素濃度を可燃限界濃度未満とする。

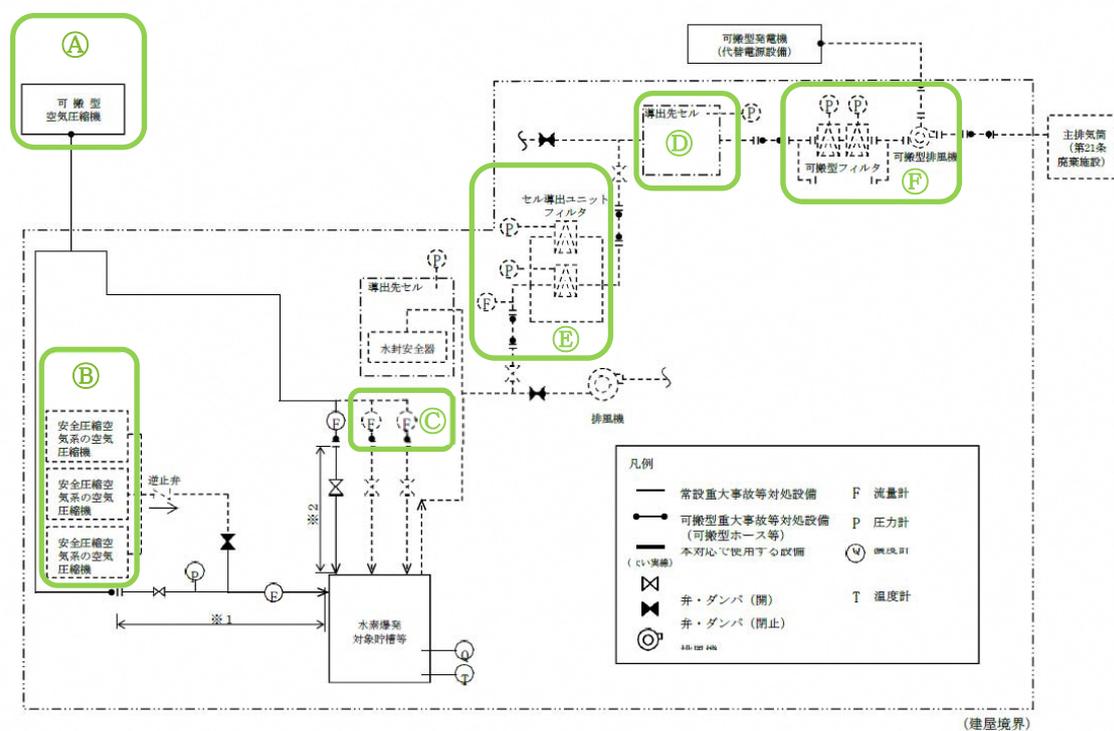
(2) 拡大防止対策

水素爆発の発生防止対策が機能せず、水素爆発が発生した場合において水素爆発が続けて生じるおそれがない状態を維持するため、発生防止対策とは別の系統から重大事故の水素爆発を仮定する貯槽等へ圧縮空気を供給し、水素濃度を可燃限界濃

度未満とし、これを維持する。貯槽等内の水素濃度の上昇速度が速く、圧縮空気の供給前に未然防止濃度に至る可能性のある貯槽等は、水素発生量の不確かさを踏まえて未然防止濃度未満に維持できる十分な量の圧縮空気を、未然防止濃度に至る前に、準備ができ次第供給する。この対策により未然防止濃度未満を維持している期間中に、貯槽等へ圧縮空気を供給し、水素濃度を可燃限界濃度未満とする（第1図中㉔、3.5(1)参照）。

水素爆発が発生すると、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をセルに導出する（第1図中㉕、3.5(2)参照）。

さらに、代替セル排気系により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低減したうえで、主排気筒を介して、大気中に放出する（第1図中㉖、3.5(3)参照）。



第1図. 水素爆発対策の概要図

3.3 水素爆発の特徴

水素爆発の発生を仮定する高レベル廃液等を内包する貯槽等は、高レベル廃液等の放射線分解により水素が発生するため、平常運転時にはその他再処理設備の附属施設の圧縮空気設備の安全圧縮空気系により圧縮空気を供給することで水素掃気を行い、貯槽等内における水素爆発を防止している（第1図中㉔参照）。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、セル排気系、セル等以外の建屋内の気体を排気する建屋換気設備により換気され、貯槽等の圧力を最も低くし、次いでセル、建屋の順に圧力を低くできる設計としている。

安全圧縮空気系の水素掃気機能が喪失した場合には、水素爆発の発生を仮定する

貯槽等の気相部の水素濃度が上昇し、水素濃度に応じて燃焼、爆燃又は爆ごうが発生するおそれがある。この際の圧力変動による飛まつに放射性物質が同伴して気相中に放射性エアロゾルとして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加する。また、爆発の規模によっては、貯槽等や附属する配管等の破損が生じ、内包する放射性物質の漏えいに至るおそれがある。水素掃気機能の喪失による水素爆発は、5建屋、5機器グループ、合計49貯槽等で発生する。

3. 4 水素爆発の発生防止対策

(1) 可搬型空気圧縮機による掃気

安全圧縮空気系の水素掃気機能が喪失した場合は、発生防止対策として、屋外に可搬型空気圧縮機を設置し、及び可搬型建屋外ホースを敷設するとともに、屋内に可搬型建屋内ホースを敷設し、可搬型建屋内ホースを、安全機能を有する施設の安全圧縮空気系の水素掃気配管の接続口又は機器圧縮空気供給配管（除染用配管等）に接続する（第2図中④参照）。この際、分離建屋等においては、機器圧縮空気供給配管（除染用配管等）の接続口までの系統構成に当たって、可搬型建屋内ホースのほか、常設の建屋内の圧縮空気供給用の配管である建屋内空気中継配管を使用する。その後、可搬型空気圧縮機に附属する弁を開放し、水素掃気を実施する。

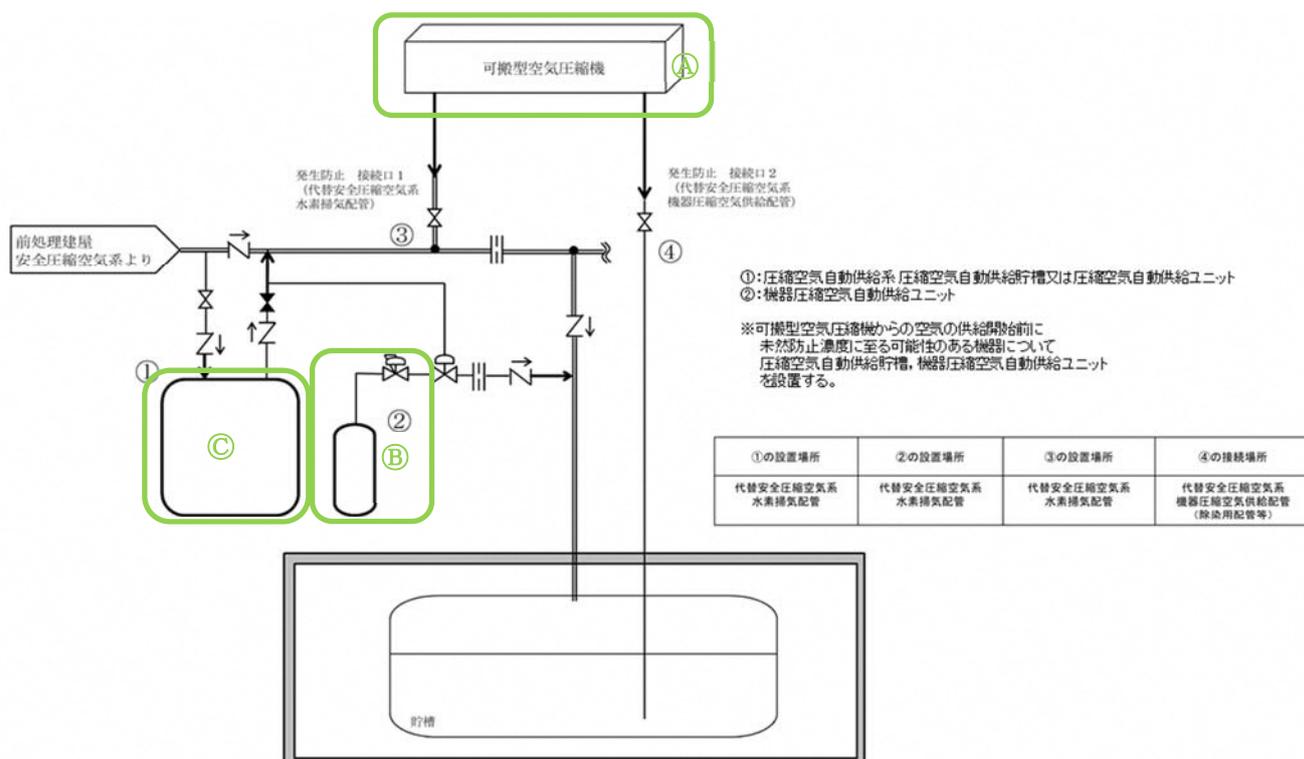
(2) 圧縮空気自動供給系及び機器圧縮空気自動供給ユニットによる掃気

可搬型空気圧縮機からの空気の供給開始前に未然防止濃度に至る可能性のある貯槽等においては、貯槽等内の水素濃度を未然防止濃度未満に維持するため、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設置する常設の圧縮空気自動供給系から圧縮空気を自動供給する（第2図中⑤参照）。未沸騰状態においては、圧縮空気自動供給系の圧縮空気自動供給貯槽、圧縮空気自動供給ユニットから未然防止濃度に維持するために十分な量の圧縮空気を供給する（第2図中⑥参照）。その後、分離建屋において沸騰の10時間35分前である事象発生後から4時間25分後に、精製建屋において沸騰の8時間40分前である事象発生後から2時間20分後に、ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋において沸騰の12時間20分前である事象発生後から6時間40分後に、圧縮空気の供給源を機器圧縮空気自動供給ユニットに切り替えることで、水素発生量の不確かさを考慮しても未然防止濃度に維持するために十分な量の圧縮空気を供給する。

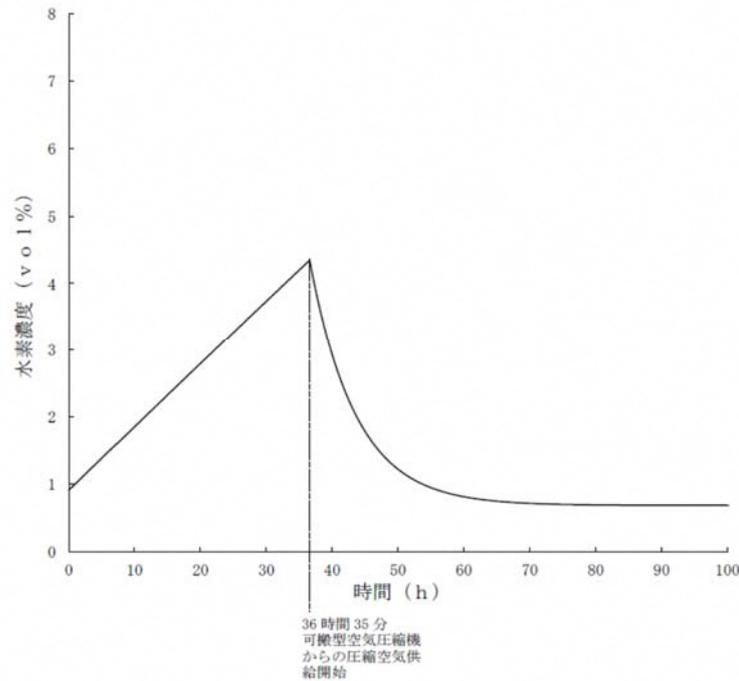
可搬型空気圧縮機からの圧縮空気の供給は、平常運転時の安全圧縮空気系の掃気量相当とし、水素濃度の増加を見込んで、貯槽等内の水素濃度を可燃限界濃度未満に維持する。また、水素濃度の推移を把握するために、可搬型水素濃度計を用いて水素濃度を所定の頻度（1時間30分）で確認するとともに、変動が想定される期間において、余裕をもって変動程度を確認する。また、対策の効果を確認するため、対策実施後に水素濃度の測定を行う。対策実施前に水素濃度の測定が可能であれば水素濃度の測定を実施する。

当対策により可搬型空気圧縮機からの空気の供給開始前に未然防止濃度に至る可

能性のある貯槽等においては、圧縮空気自動供給系及び機器圧縮空気自動供給ユニットからの圧縮空気の自動供給による水素掃気が実施される。また、貯槽等に対し、水素掃気配管、機器圧縮空気供給配管（除染用配管等）を用いた、可搬型空気圧縮機からの圧縮空気の供給による水素掃気を実施する。水素濃度が最も高くなる前処理建屋の計量前中間貯槽の場合、貯槽等内の水素濃度がドライ換算約4.4vol%まで上昇するが、未然防止濃度に至ることはなく、その後、低下傾向を示すことから水素爆発の発生を防止することができる。また、低下傾向を示した貯槽内の水素濃度は、可燃限界濃度未満に移行し、その状態が維持される。これ以外の貯槽等においても、貯槽等内の水素濃度は未然防止濃度に至ることはなく、その後は、低下傾向を示し、可燃限界濃度未満に移行し、その状態を維持する。（第3図参照）



第2.図. 発生防止対策概要図



第3図. 発生防止対策の有効性評結果（前処理建屋の例）

3. 5 水素爆発の拡大防止対策

(1) 異なる接続口からの掃気

発生防止対策としての代替安全圧縮空気系による水素掃気が機能しなかった場合は、拡大防止対策として可搬型建屋内ホースを発生防止対策用の接続口とは異なる機器圧縮空気供給配管（かくはん用配管，計測制御用配管等）に接続する。その後，可搬型空気圧縮機に附属する弁を開放し，水素掃気を実施する（図4 ㉔参照）。

可搬型空気圧縮機からの空気の供給開始前に未然防止濃度に至る可能性のある貯槽等においては，圧縮空気手動供給ユニットを発生防止対策に用いる水素掃気配管，機器圧縮空気供給配管（除染用配管等）とは異なる機器圧縮空気供給配管（かくはん用配管，計測制御用配管等）に接続し，水素発生量の不確かさを考慮しても未然防止濃度未満に維持するために十分な量の圧縮空気を供給する（図4 ㉕参照）。

発生防止対策と同様に，水素濃度の推移を把握するために，可搬型水素濃度計を用いて貯槽等内の水素濃度を測定する。

(2) 廃ガスのセル導出

水素爆発が発生すると，この際の圧力変動によって発生する飛まつに放射性物質が同伴して気相中に放射性エアロゾルとして移行する。これに伴い，大気中へ放出される放射性物質の量が増加する。このため，水素爆発が発生した場合に備え，塔槽類廃ガス処理設備の流路を遮断し，気相中へ移行した放射性物質をセルに導出する（第1図中㉖参照）。

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おそれがあるが、水素爆発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セル導出ユニットフィルタの高性能粒子フィルタで除去する（第1図中㊸参照）。

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、代替セル排気系を構築するまでの間、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。

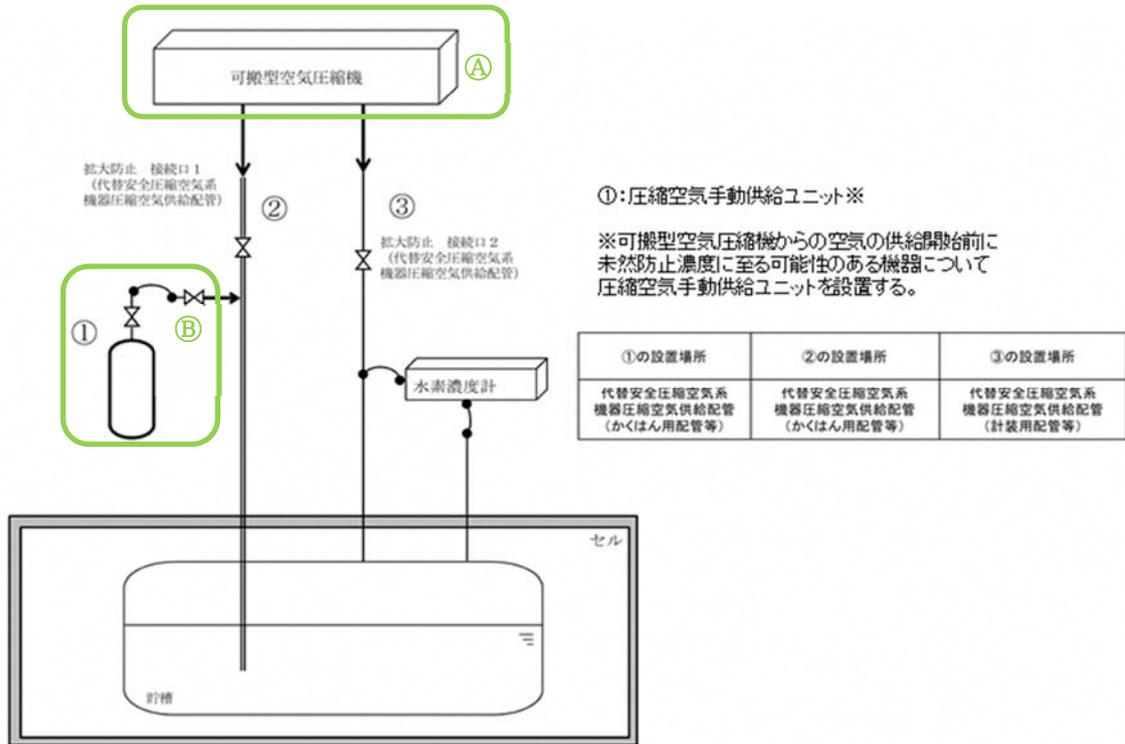
（3）代替セル排気系による対応

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1段であることから、代替セル排気系として、可搬型排風機、可搬型ダクト及び2段の可搬型フィルタを敷設し、主排気筒につながるように可搬型排風機、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、主排気筒を介して、大気中に放出する（第1図中㊸参照）。

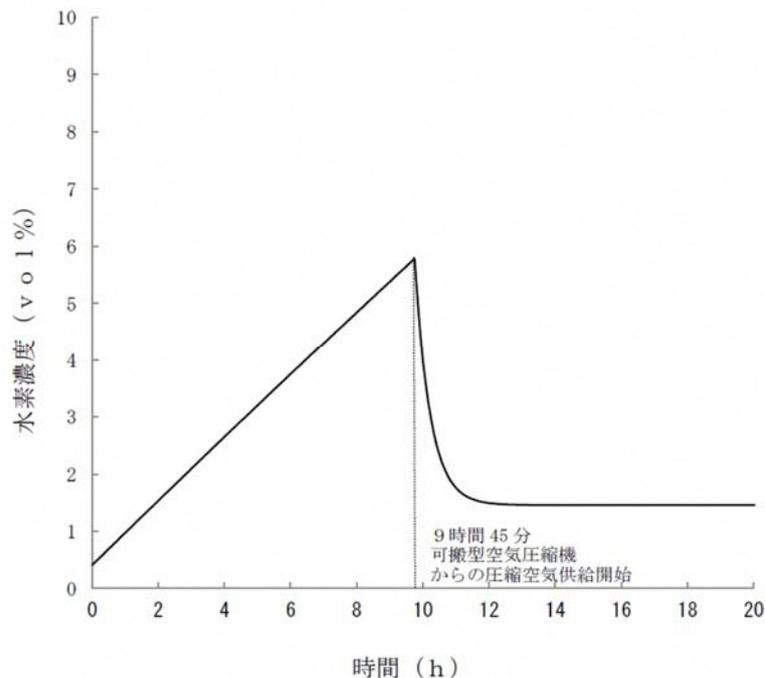
当対策により可搬型空気圧縮機からの空気の供給開始前に未然防止濃度に至る可能性のある貯槽等においては、圧縮空気手動供給ユニットからの圧縮空気の供給による水素掃気を実施する。また、貯槽等に対し、機器圧縮空気供給配管（かくはん用配管、計測制御用配管等）を用いた、可搬型空気圧縮機からの圧縮空気の供給による水素掃気を実施する。水素濃度が最も高くなる精製建屋のプルトニウム溶液供給槽の場合、貯槽等内の水素濃度がドライ換算で約5.8vol%まで上昇するが、未然防止濃度に至ることはなく、その後、低下傾向を示すことから水素爆発の発生を防止することができる。また、低下傾向を示した貯槽内の水素濃度は、可燃限界濃度未満に移行し、その状態が維持される。これ以外の貯槽等においても、貯槽等内の水素濃度は未然防止濃度に至ることはなく、その後は、低下傾向を示し、可燃限界濃度未満に移行し、その状態を維持する（図5参照）。

水素爆発の発生防止対策又は拡大防止対策の圧縮空気の供給は、貯槽等の水素濃度が未然防止濃度に至る前に実施することから爆発が発生することはないが、仮に、大気中へ放出される放射性物質の放出量評価に、水素爆発を評価上見込んだ場合、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、約 8×10^{-5} TBq、分離建屋において、約 2×10^{-4} TBq、精製建屋において、約 3×10^{-4} TBq、ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋において、約 7×10^{-5} TBq及び高レベル廃液ガラス固化建屋において、約 2×10^{-3} TBqであり、これらを合わせても約 2×10^{-3} TBqであり、100TBqを十分下回るものであって、かつ、実行可能な限り低い（第1表）。なお、発生防止対策として継続して実施する圧縮空気自動供給系及び機器圧縮空気自動供給ユニットからの圧縮空気の自動供給又は拡大防止対策として実施する圧縮空気手動供給ユニットからの圧縮空気の供給により、塔槽類廃ガス処理設備の圧力が上昇し、排気系統以外の場所か

ら放射性物質を含む気体が漏えいするおそれがある。この時間は、最も長い分離建屋，精製建屋及びウラン・プルトニウム混合脱硝建屋で約3時間であり，大気中への放出に至る建屋内の移行経路を踏まえればその影響はわずかであるが，上記の放出量は，この寄与分も含めた結果である。



第4図. 拡大防止対策概要図



第5図. 拡大防止対策の有効性評価結果

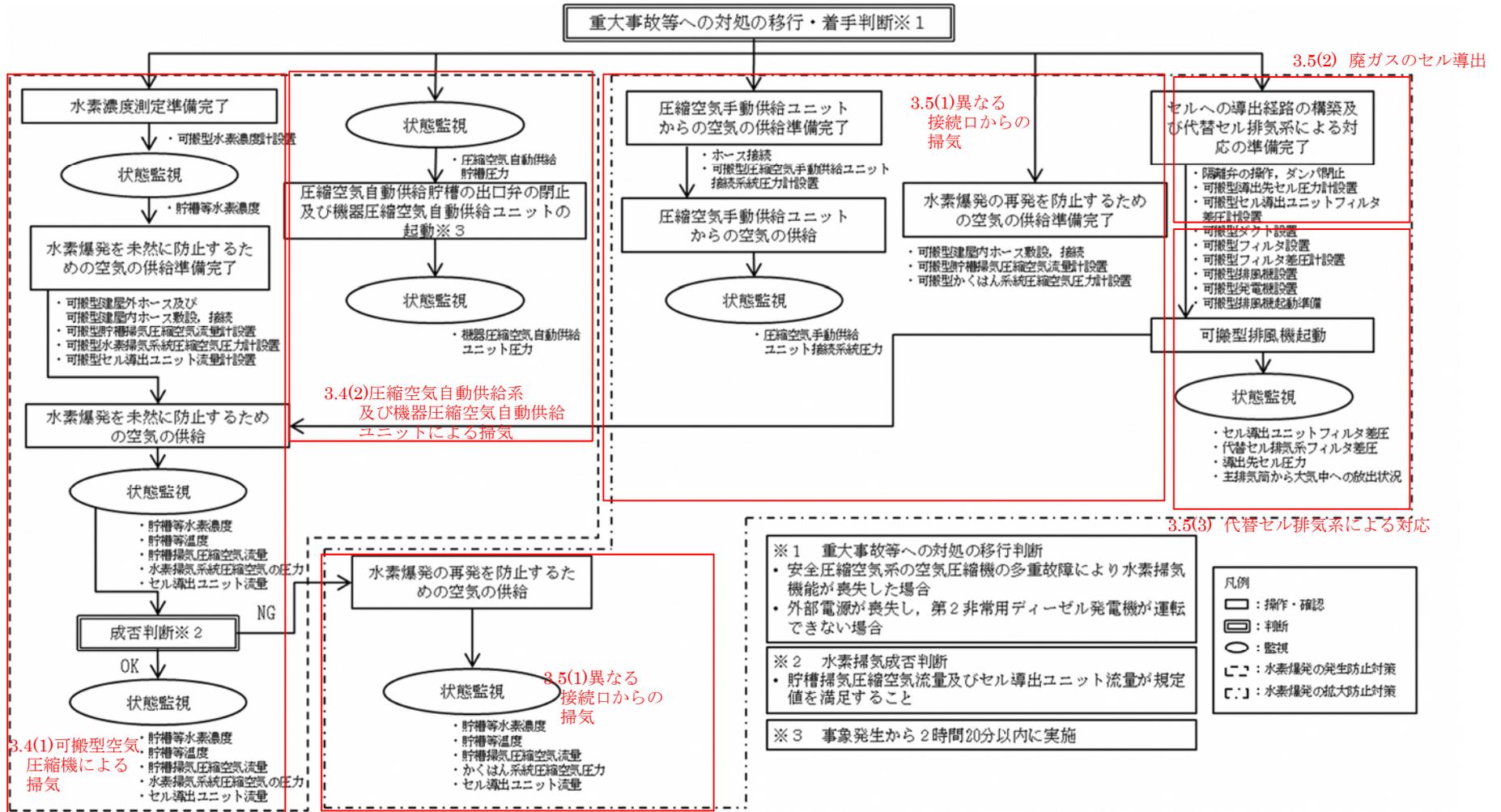
第1表. 5建屋放出量内訳

建屋	水素掃気用の圧縮空気に同伴する放射性物質の放出量			水素爆発による放出量 [TBq]	建屋合計放出量 [TBq]	合計放出量 [TBq]
	放出経路以外の経路からの放出 (水封安全器経由) ※1 [TBq]	放出経路以外の経路からの放出 (セル導出ユニット経由) [TBq]	主排気筒経由の放出量 [TBq/日]			
前処理建屋	6×10^{-13}	—	1×10^{-10}	8×10^{-5}	8×10^{-5}	2×10^{-3}
分離建屋	4×10^{-8}	3×10^{-11}	5×10^{-10}	2×10^{-4}	2×10^{-4}	
精製建屋	4×10^{-8}	5×10^{-11}	3×10^{-9}	3×10^{-4}	3×10^{-4}	
ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋	5×10^{-8}	6×10^{-10}	2×10^{-9}	7×10^{-5}	7×10^{-5}	
高レベル廃液ガラス固化建屋	4×10^{-11}	—	9×10^{-9}	2×10^{-3}	2×10^{-3}	

※1 ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋においては、塔槽類廃ガス処理設備のインリーク経由

3. 6 水素爆発への対応手順

精製建屋の水素爆発の発生及び拡大の防止のための措置の手順の概要について、第6図に示す。



第6図. 精製建屋の水素爆発の発生及び拡大の防止のための措置の手順の概要

4. 有機溶媒火災への対応（事業規則第三十七条）

第三十七条：有機溶媒等による火災又は爆発に対処するための設備

4. 1 要求事項

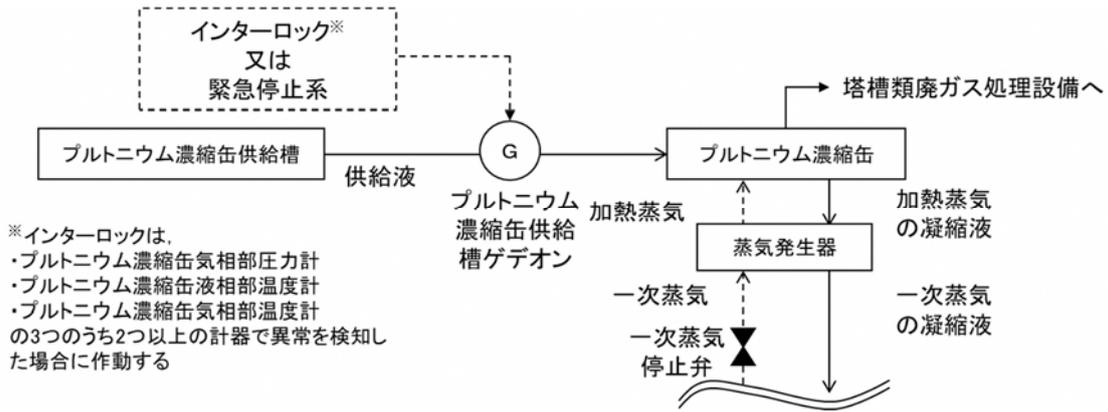
事業規則
(有機溶媒等による火災又は爆発に対処するための設備) 第三十七条 セル内において有機溶媒その他の物質を内包する施設には、再処理規則第一条の三第四号に規定する重大事故の発生又は拡大を防止するために必要な次に掲げる重大事故等対処設備を設けなければならない。 一 火災又は爆発の発生（リン酸トリブチルの混入による急激な分解反応により発生するものを除く。）を未然に防止するために必要な設備 二 火災又は爆発が発生した場合において火災又は爆発を収束させるために必要な設備 三 火災又は爆発が発生した設備に接続する換気系統の配管の流路を遮断するために必要な設備及び換気系統の配管内が加圧状態になった場合にセル内に設置された配管の外部へ放射性物質を排出するために必要な設備 四 火災又は爆発が発生した場合において放射性物質の放出による影響を緩和するために必要な設備

4. 2 対処方針

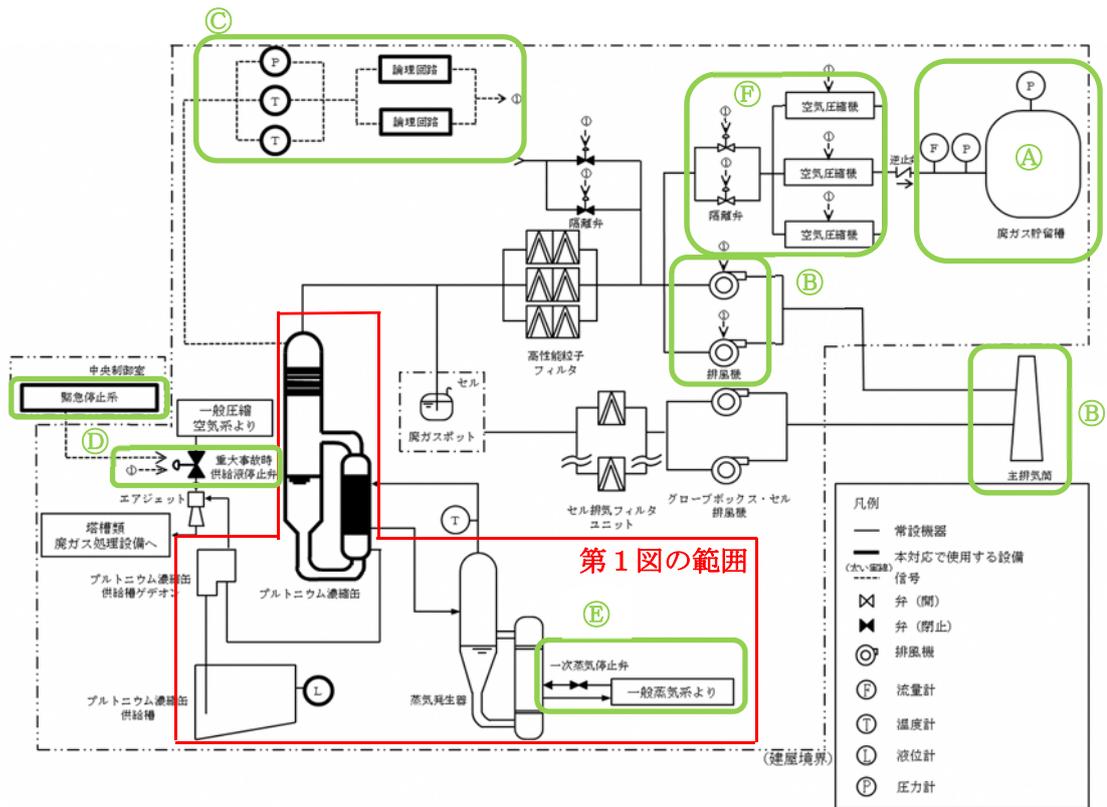
(1) 拡大防止対策

T B P等の錯体の急激な分解反応の発生を防止するためには、T B P等の供給源又は加熱源のいずれかを除去する必要があることを考慮し、この分解反応の再発を防止するため、T B P等の供給源の除去としてプルトニウム濃縮缶への供給液の供給を自動又は手動にて停止するとともに加熱源の除去としてプルトニウム濃縮缶を加熱するための蒸気発生器への一次蒸気の供給を手動にて停止する（第1図，4.4（1）参照）。

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、T B P等の錯体の急激な分解反応の発生後、速やかに塔槽類廃ガス処理設備の流路を遮断するとともに気相中に移行した放射性物質を廃ガス貯留設備の廃ガス貯留槽に導き放射性物質を廃ガス貯留設備の廃ガス貯留槽へ閉じ込める（第2図中④，4.4（2）参照）。また、廃ガス貯留設備の廃ガス貯留槽が所定の圧力に達した場合、排気経路を塔槽類廃ガス処理設備に切り替え、塔槽類廃ガス処理設備から主排気筒を介して大気中へ放出する（第2図中⑤，4.4（2）参照）。



第1図. プルトニウム濃縮缶への供給液の供給停止，加熱停止にかかる系統図



第2図. T B P等の錯体の急激な分解反応の拡大防止のための設備の系統概要図

4. 3 有機溶媒等による火災又は爆発の特徴

T B P等の錯体の急激な分解反応には、T B P等の錯体の存在及びT B P等の錯体の急激な分解反応が発生する温度に達するための加熱源が必要であるため、T B P等の供給源又は加熱源を除去することで、T B P等の錯体の急激な分解反応の発生は防止できる。

プルトニウム濃縮缶には、硝酸プルトニウム及び硝酸が既に存在するため、プルトニウム濃縮缶供給槽からプルトニウム濃縮缶へ供給液に含まれるT B Pを除去することにより、T B P等の錯体の形成を防止することができる。

プルトニウム精製設備では、供給液にT B Pが混入しないよう、供給液からT B

Pを除去する設計としている。

また、加熱源の除去として、プルトニウム濃縮缶を加熱する設備に熱的制限値を設定するとともに、熱的制限値に達した場合に加熱を停止するための設備を有する設計としている。

これらにより、プルトニウム濃縮缶におけるT B P等の錯体の急激な分解反応の発生を防止する設計としている。

プルトニウム濃縮缶、プルトニウム濃縮缶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、セル排気系、セル等以外の建屋内の気体を排気する精製建屋換気設備により換気され、プルトニウム濃縮缶の圧力を最も低くし、次いでセル、建屋の順に圧力を低くできる設計としている。

技術的な想定を超え、動的機器の多重故障及び誤作動並びに運転員等の多重誤操作により、希釈剤によるT B P等の除去機能が喪失し、供給液にT B Pが多量に含まれる状況で供給液の供給が継続するとともに、プルトニウム濃縮缶への加熱蒸気の制御にも異常が生じ、熱的制限値によるプルトニウム濃縮缶を加熱する設備の停止機能が喪失した状態で加熱が継続することで、プルトニウム濃縮缶内の溶液の温度がT B P等の錯体の急激な分解反応が発生する温度を超えた場合にT B P等の錯体の急激な分解反応が発生する。

T B P等の錯体の急激な分解反応の発生に伴い、プルトニウム濃縮缶内に存在しているT B P等から二酸化炭素、水、窒素及びりん酸といった分解生成物が生成されるとともに熱が発生するため、プルトニウム濃縮缶の気相部の圧力が瞬間的に上昇することで、プルトニウム濃縮缶内及びプルトニウム濃縮缶に接続している塔槽類廃ガス処理設備の機器へ圧力波が伝播し、圧力及び温度が急激に上昇する。

その後、プルトニウム濃縮缶内の溶液中の飛まつが放射性エアロゾルとして蒸気ととも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加する。

T B P等の錯体の急激な分解反応の発生後、プルトニウム濃縮缶へT B P等を含む供給液の供給及びプルトニウム濃縮缶の加熱が継続され、T B P等の錯体の急激な分解反応が発生する温度を超えた場合には、T B P等の錯体の急激な分解反応が継続する。ここで、T B P等の錯体の急激な分解反応が継続することを、「T B P等の錯体の急激な分解反応の再発」という。

重大事故の発生を仮定する際の条件の設定及び重大事故の発生を仮定する機器の特定において、T B P等の錯体の急激な分解反応はプルトニウム濃縮缶での発生を仮定する。

4. 4 拡大防止対策

(1) プルトニウム濃縮缶への供給液の供給停止又は加熱の停止

T B P等の錯体の急激な分解反応が発生した場合は、重大事故時供給停止回路の

分解反応検知機器であるプルトニウム濃縮缶液相部温度計、プルトニウム濃縮缶圧力計及びプルトニウム濃縮缶気相部温度計によりプルトニウム濃縮缶の異常を検知し、警報を発する。分解反応検知機器である論理回路は、上述の3台の検出器の誤作動を考慮して、同時に2台以上の検出器においてプルトニウム濃縮缶の異常を検知した場合に、T B P等の錯体の急激な分解反応が発生したと判定する。分解反応検知機器の論理回路は、T B P等の錯体の急激な分解反応が発生したと判定した場合に警報を発報する（第2 図中◎参照）。

T B P等の錯体の急激な分解反応の発生を判定した場合は、プルトニウム濃縮缶へ供給液を供給するプルトニウム濃縮缶供給槽ゲデオンを停止するための重大事故時供給液停止弁の閉信号を自動で発することによりプルトニウム濃縮缶への供給を停止する又は緊急停止系を手動にて作動することで同信号を発することにより停止する（第2 図中④参照）。また、一次蒸気停止弁を手動にて閉止することで、プルトニウム濃縮缶の加熱を停止する（第2 図中⑤参照）。プルトニウム濃縮缶への供給液の供給停止又はプルトニウム濃縮缶の加熱の停止により、T B P等の錯体の分解反応の再発を防止する。

（2）廃ガス貯留設備による放射性物質の貯留

T B P等の錯体の急激な分解反応が発生したと判定された場合には、T B P等の錯体の急激な分解反応により気相中に移行した放射性物質の大気中への放出量を低減するため、廃ガス貯留設備の廃ガス貯留槽に放射性物質を導出する（第2 図中④参照）。そのため、廃ガス貯留設備の隔離弁を自動で開くとともに廃ガス貯留設備の空気圧縮機を自動で起動する（第2 図中⑥参照）。並行して、塔槽類廃ガス処理設備の流路を遮断するため、自動で塔槽類廃ガス処理設備の隔離弁を閉止するとともに塔槽類廃ガス処理設備の排風機を停止する。（第2 図中⑧参照）

上記の導出操作は、廃ガス貯留設備の廃ガス貯留槽の圧力が所定の圧力（0.4MP a [gage]）に達するまで継続し、所定の圧力に達した場合は、排気経路を廃ガス貯留設備の廃ガス貯留槽から塔槽類廃ガス処理設備に切り替える（第2 図中⑧参照）。この操作は中央制御室からの操作で、塔槽類廃ガス処理設備の隔離弁を開くとともに塔槽類廃ガス処理設備の排風機を起動する。この際、廃ガス貯留設備（精製建屋）には逆止弁が設けられているため、廃ガス貯留設備の廃ガス貯留槽に導出した放射性物質が塔槽類廃ガス処理設備へ逆流することはない。その後、中央制御室からの操作で廃ガス貯留設備の隔離弁を閉止するとともに、廃ガス貯留設備の空気圧縮機を停止する。

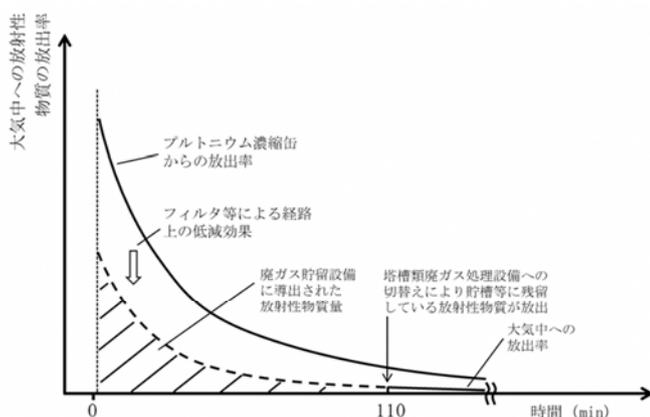
これらの操作により、放射性エアロゾルを塔槽類廃ガス処理設備の高性能粒子フィルタにより低減した上で、放射性物質を塔槽類廃ガス処理設備から主排気筒を介して大気中へ放出する。

T B P等の錯体の急激な分解反応の発生によって分解生成物及び熱が発生することから、プルトニウム濃縮缶の気相部の圧力が瞬間的に上昇するため、プルトニウム濃縮缶に接続する塔槽類廃ガス処理設備系統内の雰囲気は圧縮されることによ

り、一時的に一部の平常運転時に気相中に移行した放射性物質が塔槽類廃ガス処理設備の廃ガスポットからセルへ導出される。セルへ導出された放射性エアロゾルを、精製建屋換気設備のセル排気フィルタユニットにより低減した上で、放射性物質を精製建屋換気設備から主排気筒を介して大気中へ放出する。

当対策によりTBP等の錯体の急激な分解反応の再発を防止するために必要なプルトニウム濃縮缶への供給液の供給停止又はプルトニウム濃縮缶の加熱の停止は、プルトニウム濃縮缶への供給液の供給をTBP等の錯体の急激な分解反応発生の判定後1分以内に自動及び手動にて停止できるため、TBP等の錯体の急激な分解反応の再発を速やかに防止できる。また、プルトニウム濃縮缶の加熱をTBP等の錯体の急激な分解反応の発生後25分以内に停止できるため、TBP等の錯体の急激な分解反応の再発を防止できる。プルトニウム濃縮缶への供給液の供給停止及びプルトニウム濃縮缶の加熱の停止の状態を維持することで、TBP等の錯体の急激な分解反応の再発防止は維持できる。

セルへ導出され、セル排気系から放出される放射性物質の放出量及び廃ガス貯留設備による放射性物質の貯留後に、塔槽類廃ガス処理設備の起動によって、プルトニウム濃縮缶内の気相部に残存している放射性物質が放出された場合の放出量（セシウム-137換算）は、約 3×10^{-5} TBqであり、100 TBqを十分に下回る。また、TBP等の錯体の急激な分解反応で発生した放射性物質については、廃ガス貯留設備（精製建屋）により、可能な限り外部に放出されないよう措置することから、大気中への放射性物質の放出量（セシウム-137換算）は、実行可能な限り低くなっている（第3図参照）。



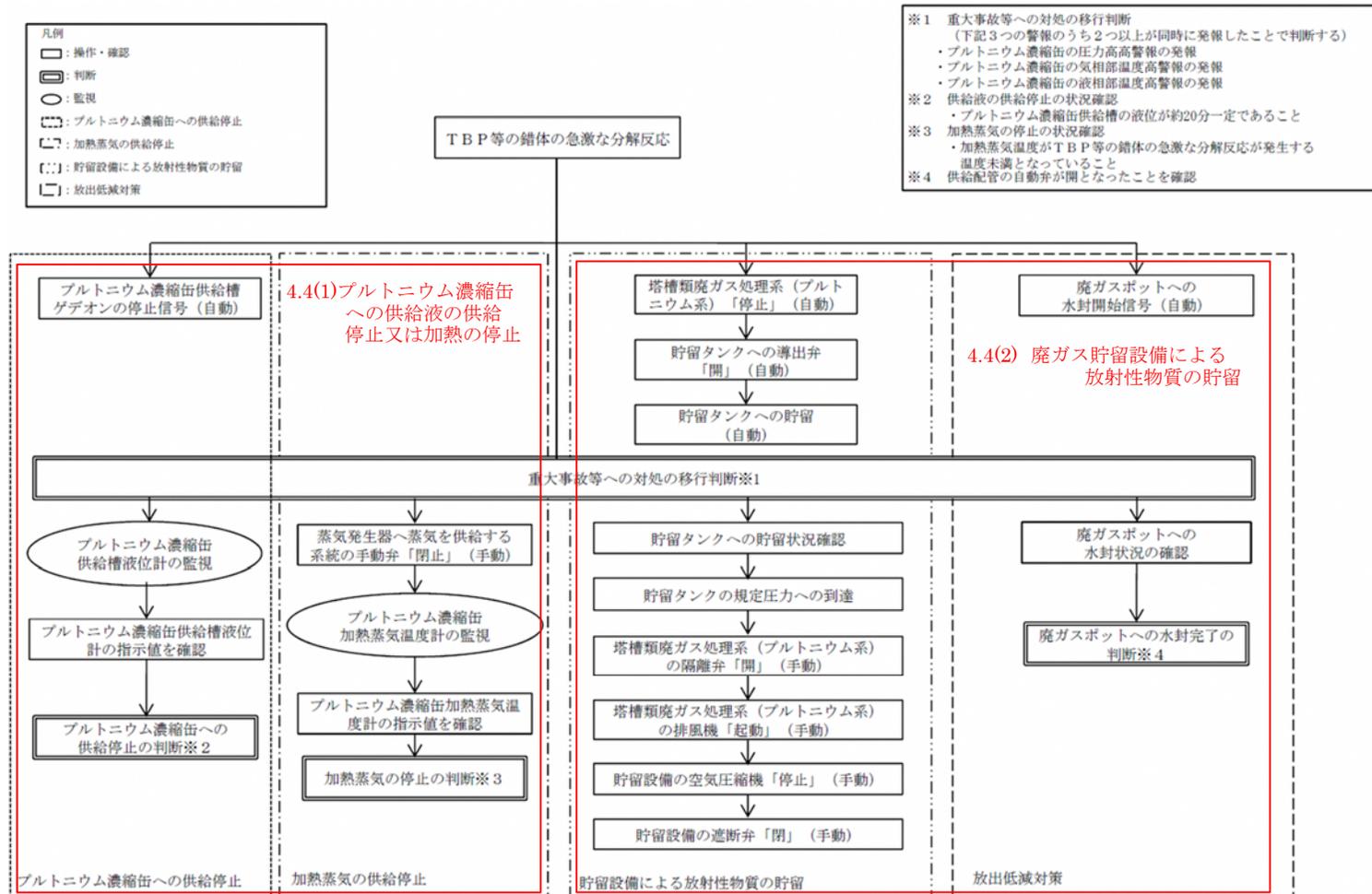
TBP等の錯体の急激な分解反応発生時における放射性物質の放出率の推移 概念図

建屋	セルの換気系統からの放出 (水封安全器経由)[TBq]	塔槽類廃ガス処理系(プルトニウム系)からの放出量[TBq]	廃ガス貯留槽への貯留量[TBq]	TBP等の錯体の急激な分解反応による放出量[TBq]
精製建屋	3×10^{-7}	3×10^{-5}	5×10^{-4}	5×10^{-4}

第3図. 拡大防止対策の有効性評価結果

4. 5 T B P等の錯体の急激な分解反応への対応手順

精製建屋におけるプルトニウム精製設備のT B P等の錯体の急激な分解反応の手順の概要について、第4図に示す。



第4図. 「精製建屋におけるプルトニウム精製設備のプルトニウム濃縮缶のT B P等の錯体の急激な分解反応」の手順の概要

5. 燃料損傷への対応（事業規則第三十八条）

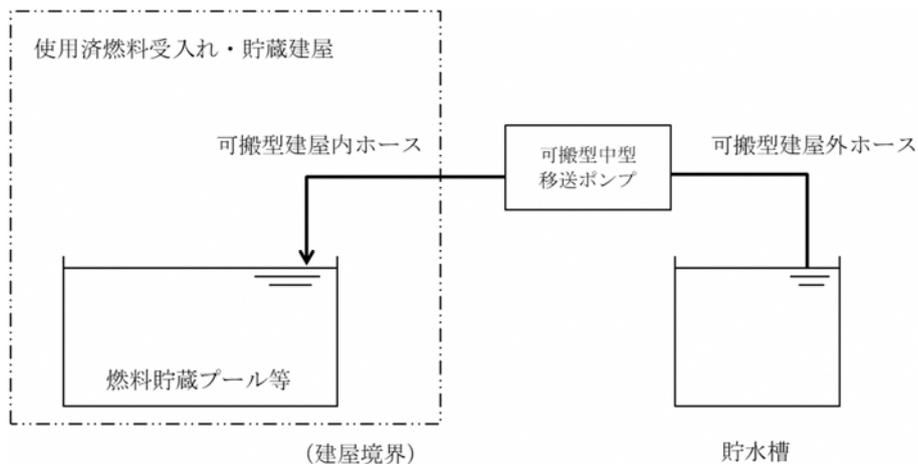
第三十八条：使用済燃料貯蔵槽の冷却等のための設備

5. 1 要求事項

事業規則
<p>（使用済燃料貯蔵槽の冷却等のための設備）</p> <p>第三十八条 再処理施設には，使用済燃料貯蔵槽の冷却機能又は注水機能が喪失し，又は使用済燃料貯蔵槽からの水の漏えいその他の要因により当該使用済燃料貯蔵槽の水位が低下した場合において使用済燃料貯蔵槽内の使用済燃料を冷却し，放射線を遮蔽し，及び臨界を防止するために必要な設備を設けなければならない。</p> <p>2 再処理施設には，使用済燃料貯蔵槽からの大量の水の漏えいその他の要因により当該使用済燃料貯蔵槽の水位が異常に低下した場合において使用済燃料貯蔵槽内の使用済燃料の著しい損傷の進行を緩和し，及び臨界を防止するために必要な設備を設けなければならない。</p>

5. 2 対処方針

燃料貯蔵プール等の水位が低下することによる遮蔽機能の低下及び使用済燃料の損傷に至ることを防止するため，燃料貯蔵プール等へ注水し，水位を維持する。以下，この対策を燃料損傷防止対策という（第1図参照）。



第1図．燃料損傷防止対策概要図

5.3 燃料損傷の特徴

使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設では、燃料貯蔵プール（BWR燃料用）、燃料貯蔵プール（PWR燃料用）及び燃料貯蔵プール（BWR燃料及びPWR燃料用）の合計3基の燃料貯蔵プールを設置している。この他に、原子力発電所から受け入れた使用済燃料を仮置きする燃料仮置きピットA及び燃料仮置きピットB並びに前処理建屋へ使用済燃料を送り出すための燃料送出しピットを設置している。これらの燃料貯蔵プール等では、合計で最大3,000 t・UPrの使用済燃料を貯蔵することができる。平常運転時は、燃料貯蔵プール等は燃料移送水路を介して全て連結された状態で使用済燃料の取扱いを行う。

万一、燃料貯蔵プール等に異常が発生した場合に備え、燃料仮置きピットを隔離するためのピットゲート及び燃料貯蔵プールを隔離するためのプールゲートを設置しているが、平常運転時は使用しない。燃料貯蔵プール等の使用済燃料は、使用済燃料の平均濃縮度に応じて適切な燃料間隔をとることにより未臨界を維持している。

燃料貯蔵プール等に貯蔵されている使用済燃料の崩壊熱は、プール水冷却系によって除去され、プール水冷却系によって除去された熱は熱交換器を介しその他再処理設備の附属施設の冷却水設備の安全冷却水系に移行し、安全冷却水系の冷却塔により大気中へ放出される。また、自然蒸発による燃料貯蔵プール等の水位低下に対して、補給水設備により水位を維持できる設計としている。

プール水冷却系又は安全冷却水系の冷却機能が喪失した場合、使用済燃料が有する崩壊熱により燃料貯蔵プール等の水の温度が上昇し、これが継続すると燃料貯蔵プール等の水が沸騰に至る。この状態において、補給水設備による燃料貯蔵プール等への注水ができない場合には、燃料貯蔵プール等の水の沸騰及び蒸発が継続し、水位低下に伴う遮蔽機能の低下により、燃料貯蔵プール等の上部の線量率が上昇する。さらにこの状態が継続すると、やがて使用済燃料の有効長頂部が露出し、使用済燃料の損傷に至る。これを想定事故1という。

燃料貯蔵プール等に接続するプール水冷却系の配管の破断によるサイフォン効果等による燃料貯蔵プール・ピット等からの水の小規模な漏えい、及び地震によるスロッシングにより燃料貯蔵プール・ピット等の水の小規模な漏えいが発生した場合、燃料貯蔵プール等の水位が低下する。この状態において、プール水冷却系又は安全冷却水系の冷却機能及び補給水設備の注水機能が喪失している場合は、使用済燃料が有する崩壊熱により燃料貯蔵プール等の水の温度が上昇し、燃料貯蔵プール等の水が沸騰に至る。また、蒸発により燃料貯蔵プール等の水位が低下することで遮蔽機能が低下し、燃料貯蔵プール等の上部の線量率が上昇する。さらにこの状態が継続すると、やがて使用済燃料の有効長頂部が露出し、使用済燃料の損傷に至る。これを想定事故2という。

5. 4 燃料損傷防止対策

燃料貯蔵プール等のプール水冷却系又は安全冷却水系の冷却機能及び補給水設備の注水機能が喪失した場合、又は燃料貯蔵プール等に接続するプール水冷却系の配管の破断によるサイフォン効果等及びスロッシングにより燃料貯蔵プール・ピット等の水の小規模な漏えいが発生し、プール水冷却系又は安全冷却水系の冷却機能及び補給水設備の注水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、可搬型建屋内ホース及び可搬型代替注水設備流量計を敷設し、これらを接続することで、第1貯水槽から燃料貯蔵プール等へ水を供給するための経路を構築する。また、燃料貯蔵プール等の状態監視のため、監視設備を設置する。監視設備を設置するまでの間、燃料貯蔵プール等の状態監視は、携行型の監視設備にて行う。

水温上昇に伴い使用済燃料受入れ・貯蔵建屋内の温度が上昇した場合においても、線量率の測定及び燃料貯蔵プール等の状態監視を継続して実施するため、空冷設備を設置する。

想定事故1では、注水による回復の目安とする燃料貯蔵プール等の水位は、燃料貯蔵プール底面から11.50m（以下「通常水位」という。）とし、通常水位到達後は、可搬型中型移送ポンプの間欠運転により水位を維持する。

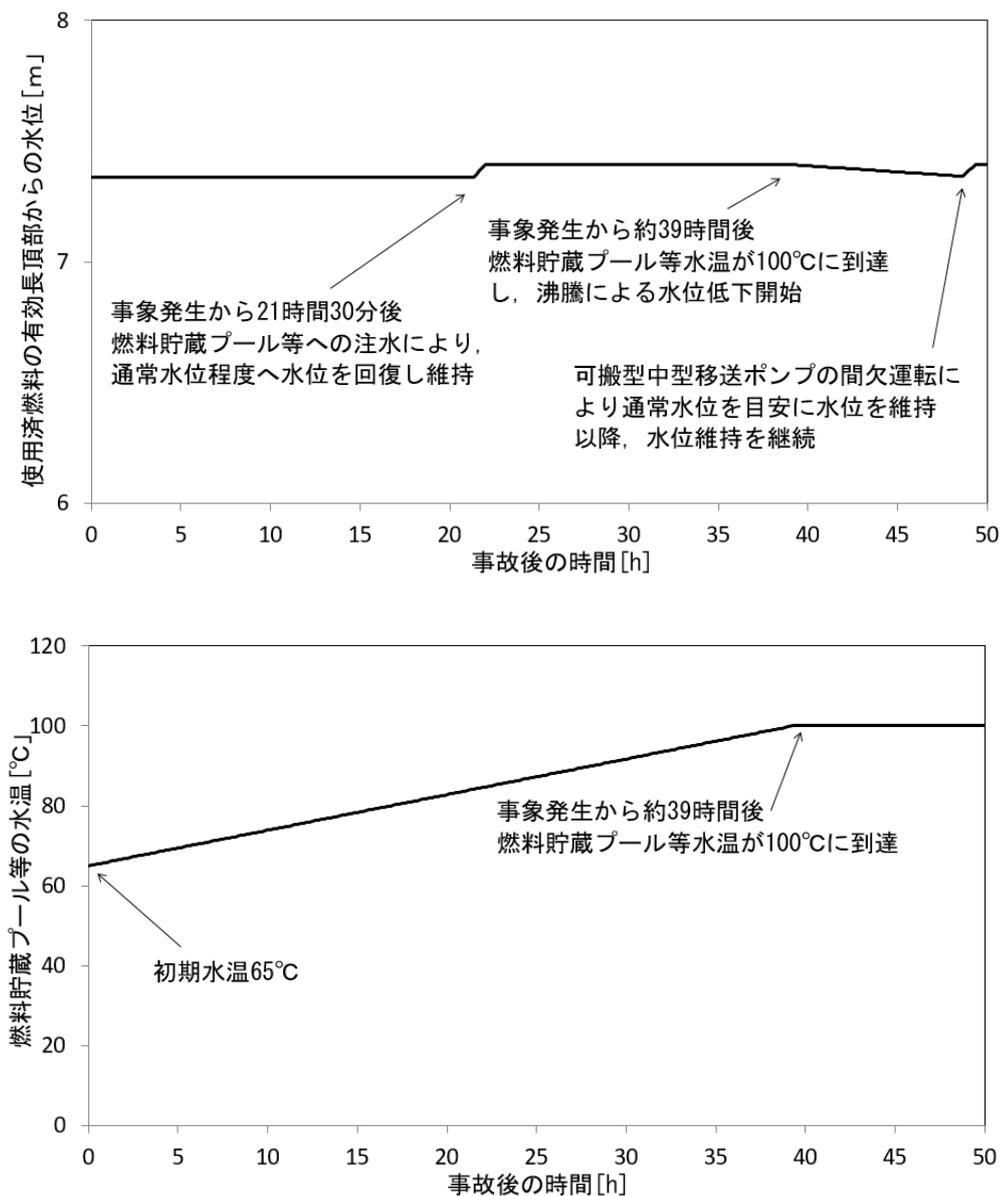
想定事故2では、注水による回復の目安とする燃料貯蔵プール等の水位は、越流せき上端（通常水位-0.40m）とし、越流せき上端到達後は、可搬型中型移送ポンプの間欠運転により水位を維持する。

（1） 想定事故1の燃料損傷防止対策

燃料貯蔵プール（PWR燃料用）、燃料貯蔵プール（BWR燃料用）及び燃料貯蔵プール（BWR燃料及びPWR燃料用）の水の温度が100℃に到達するのは、プール水冷却系及び安全冷却水系の冷却機能並びに補給水設備の注水機能の喪失から約39時間、約63時間及び約65時間である。これに対し、可搬型中型移送ポンプによる燃料貯蔵プール等への注水の準備は、プール水冷却系及び安全冷却水系の冷却機能並びに補給水設備の注水機能の喪失から21時間30分後で完了するため、プール水冷却系及び安全冷却水系の冷却機能並びに補給水設備の注水機能の喪失から燃料貯蔵プール等の水の沸騰が開始するまでの時間のうち、最も短い39時間以内に燃料貯蔵プール等への注水の準備の完了が可能である。また、監視設備による監視及び監視設備の保護は、プール水冷却系及び安全冷却水系の冷却機能並びに補給水設備の注水機能の喪失から30時間40分後から開始が可能となる。

燃料貯蔵プール等の水が沸騰に至ると水位が低下するが、水位を監視しつつ燃料貯蔵プール等への注水を蒸発速度である約10m³/hを上回る注水流量で適時実施することにより、燃料貯蔵プール等の水位は放射線の遮蔽が維持される水位（通常水位-5.0m）を下回ることなく維持できる。なお、放射線の遮蔽が維持される水位を確保することで、燃料貯蔵プール等における全ての使用済燃料の有効長頂部を冠水できる水位（通常水位-7.4m）も確保される。

また、使用済燃料はステンレス鋼製の臨界防止設備に仮置き又は貯蔵されており、燃料貯蔵プール等の水の温度が上昇し、沸騰により水密度が低下した場合においても、必要な燃料間距離を確保する等の設計により、燃料貯蔵プール等への注水実施においても未臨界を維持できる（第2図参照）。



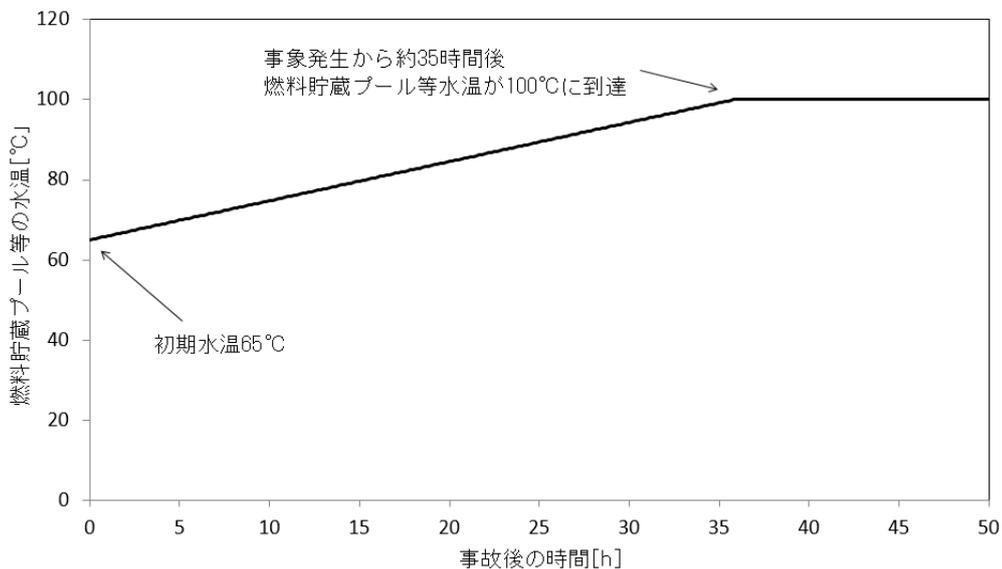
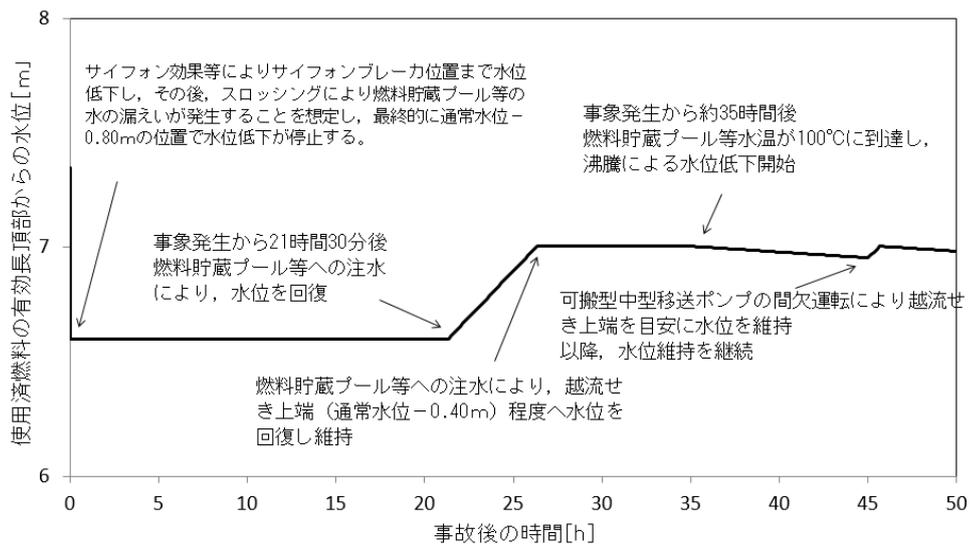
第2図. 想定事故1における燃料貯蔵プール等の水位，水温の推移

(2) 想定事故2の燃料損傷防止対策

燃料貯蔵プール（PWR燃料用）、燃料貯蔵プール（BWR燃料用）及び燃料貯蔵プール（BWR燃料及びPWR燃料用）の水の温度が100℃に到達する時間は、プール水冷却系の配管の破断によるサイフォン効果等及び地震によるスロッシングにより燃料貯蔵プール・ピット等の水の小規模な漏えいが発生し、プール水冷却系及び安全冷却水系の冷却機能並びに補給水設備の注水機能の喪失から約35時間、約57時間及び約59時間である。これに対し、可搬型中型移送ポンプによる燃料貯蔵プール等への注水の準備は、プール水冷却系の配管の破断によるサイフォン効果等及び地震によるスロッシングにより燃料貯蔵プール・ピット等の水の小規模な漏えいが発生し、プール水冷却系及び安全冷却水系の冷却機能並びに補給水設備の注水機能の喪失から、21時間30分後で完了するため、プール水冷却系の配管の破断によるサイフォン効果等及び地震によるスロッシングにより燃料貯蔵プール・ピット等の水の小規模な漏えいが発生し、プール水冷却系及び安全冷却水系の冷却機能並びに補給水設備の注水機能の喪失から燃料貯蔵プール等の水の沸騰が開始するまでの時間のうち、最も短い35時間以内に燃料貯蔵プール等への注水の準備の完了が可能である。また、監視設備による監視及び監視設備の保護は、プール水冷却系及び安全冷却水系の冷却機能並びに補給水設備の注水機能の喪失から30時間40分後から開始が可能となる。

燃料貯蔵プール等の水が沸騰に至ると水位が低下するが、水位を監視しつつ燃料貯蔵プール等への注水を蒸発速度である約 $10\text{m}^3/\text{h}$ を上回る注水流量で適時実施することにより、燃料貯蔵プール等の水位は放射線の遮蔽が維持される水位（通常水位-5.0m）を下回ることなく維持できる。なお、放射線の遮蔽が維持される水位を確保することで、燃料貯蔵プール等における全ての使用済燃料の有効長頂部を冠水できる水位（通常水位-7.4m）も確保される。

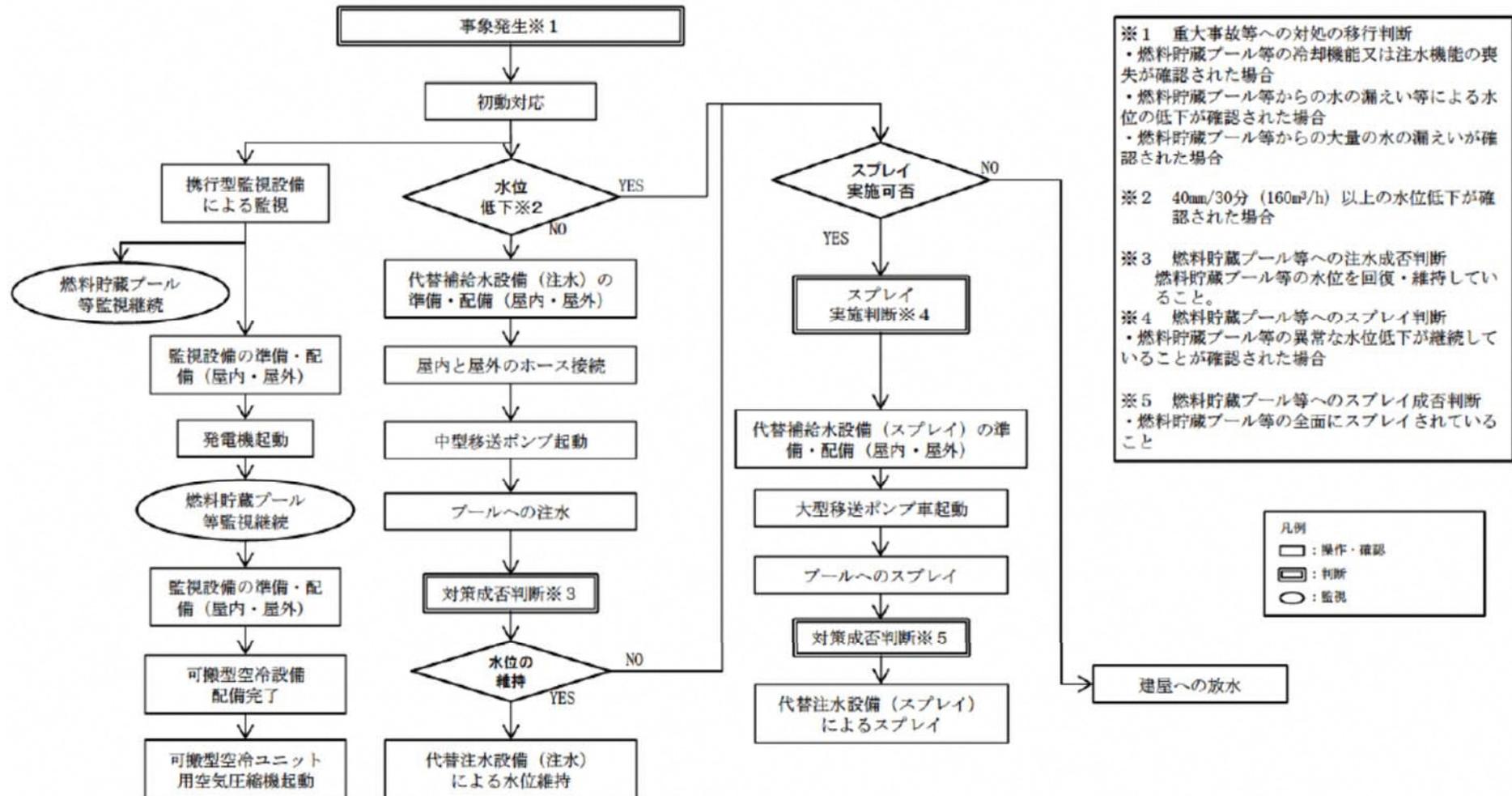
また、使用済燃料はステンレス鋼製の臨界防止設備に仮置き又は貯蔵されており、燃料貯蔵プール等の水の温度が上昇し、沸騰により水密度が低下した場合においても、必要な燃料間距離を確保する等の設計により、燃料貯蔵プール等への注水実施においても未臨界を維持できる（第3図参照）。



第3図. 想定事故2における燃料貯蔵プール等の水位，水温の推移

5. 5 燃料損傷への対応手順

燃料損傷への対応の手順（想定事故1，想定事故2共通）の概要について第4図に示す。



※1 重大事故等への対処の移行判断
 ・燃料貯蔵プール等の冷却機能又は注水機能の喪失が確認された場合
 ・燃料貯蔵プール等からの水の漏えい等による水位の低下が確認された場合
 ・燃料貯蔵プール等からの大量の水の漏えいが確認された場合

※2 40mm/30分(160m³/h)以上の水位低下が確認された場合

※3 燃料貯蔵プール等への注水成否判断
 燃料貯蔵プール等の水位を回復・維持していること。

※4 燃料貯蔵プール等へのスプレー判断
 ・燃料貯蔵プール等の異常な水位低下が継続していることが確認された場合

※5 燃料貯蔵プール等へのスプレー成否判断
 ・燃料貯蔵プール等の全面にスプレーされていること

凡例
 □ : 操作・確認
 ◻ : 判断
 ○ : 監視

第4図. 燃料損傷への対応手順の概要