

【公開版】

提出年月日	令和 2 年 3 月 31 日 R46
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

安全審査 整理資料

第 28 条：重大事故等の拡大防止等

2. 重大事故等の拡大防止等（要旨）

2.7 重大事故が同時に又は連鎖して発生した場合の対処（要旨）

(f) 重大事故が同時に又は連鎖して発生した場合の対処

(i) 重大事故等の同時発生

1) 同時発生が想定される重大事故等の種類と想定する条件

重大事故等の同時発生の範囲を考慮すると、外的事象の「地震」，「火山の影響」又は内的事象の「長時間の全交流動力電源の喪失」を要因とした場合が最も多くの重大事故等の発生が想定され，また，外的事象の「地震」が重大事故等の発生の要因として最も厳しいことから，重大事故等の同時発生の有効性評価は，外的事象の「地震」を代表事例として，「冷却機能の喪失による蒸発乾固」，「放射線分解により発生する水素による爆発」及び「使用済燃料貯蔵槽における燃料損傷（想定事故２）」の同時発生を対象に実施する。

2) 重大事故等が同時発生した場合の有効性評価の範囲

各重大事故等の重大事故等対策は、互いに異なる対策であり、各重大事故等対策が競合することはない。また、各重大事故等対策に使用する重大事故等対処設備は、重大事故等ごとに専用の設備を整備する又は兼用する場合であっても重大事故等の同時発生を前提として必要な容量を有する設計としている。

以上より、各重大事故等対策の有効性評価は、重大事故等が同時発生した場合であっても、個別に評価することが可能であるが、各重大事故等が発生した場合の事故環境が相互に与える影響を考慮する必要がある。

重大事故等の発生防止対策の観点では、発生防止対策が講じられる時点では、事故影響が健在化しておらず、重大事故等が単独で発生している状態と変わるものではないことから、重大事故等が同時発生した場合の発生防止対策の有効性評価における評価条件及び評価結果は、単独で重大事故等が発生した場合と同じである。

重大事故等の拡大防止対策の観点では、事故影響が健在化している状態となることから、同一の貯槽又は濃縮缶（以下ハ、(3) (i) (f) では「貯槽等」という。）において冷却機能の喪失による蒸発乾固及び放射線分解により発生する水素による爆発の発生が想定される場合には、相互に与える影響を考慮する必要がある。

冷却機能の喪失による蒸発乾固の拡大防止対策である貯槽等への注水及び冷却コイル等への通水に着目した場合、水素爆発に伴い生じるエネルギーによる影響を考慮する必要があるが、そのエネルギーは数十MJ程度であり、水素爆発により生じたエネルギーが全て高レベル廃液等に付加されることを仮定したとしても、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（以下ハ．(3) (i) (f) 「高レベル廃液等」という。）の温度上昇は1℃未満であり，実際の放熱による除熱効果を考慮すれば，その影響は無視できる程度であることから，重大事故等が同時発生した場合の冷却機能の喪失による蒸発乾固の拡大防止対策の有効性評価における評価条件及び評価結果は，単独で重大事故等が発生した場合と同じである。

放射線分解により発生する水素による爆発の拡大防止対策である水素爆発の再発を防止するための圧縮空気の供給に着目した場合，高レベル廃液等の沸騰の影響を考慮する必要がある。高レベル廃液等の沸騰に伴う高レベル廃液等の対流は，高レベル廃液等内の水素を気相部に追い出す効果となるため，沸騰により高レベル廃液等の水素発生G値が増加し，水素発生量が増加するという特徴を有する。したがって，重大事故等が同時発生した場合の放射線分解により発生する水素による爆発の拡大防止対策の有効性評価は，水素発生量の増加に着目し有効性評価を実施する。

使用済燃料貯蔵槽における燃料損傷（想定事故2）の燃料損傷防止対策に着目した場合，冷却機能の喪失による蒸発乾固及び放射線分解により発生する水素による爆発の事故影響が，貯槽等のバウンダリを超えて使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設へ波及することは想定されないことから，重大事故等が同時発生した場合の使用済燃料貯蔵槽における燃料損傷（想定事故2）の燃料損傷防止対策の有効性評価における評価条件及び評価結果は，単独で重大事故等が発生した場合と同じである。

大気中への放射性物質の放出量に着目した場合，冷却機能の喪失による蒸発乾固及び放射線分解により発生する水素による爆発が同

時に発生すると、大気中への放射性物質の放出量が増加することから、重大事故等の同時発生の大気中への放射性物質の放出量を評価する。

3) 有効性評価

i) 有効性評価の考え方

放射線分解により発生する水素による爆発の拡大防止対策である水素爆発の再発を防止するための圧縮空気の供給に係る有効性については、貯槽等内の高レベル廃液等の沸騰による水素発生G値の上昇に伴う水素発生量の増加を考慮しても、貯槽等内の水素濃度が未然防止濃度に至るまでの時間よりも前に、水素爆発が続けて生じることを防止するために必要な貯槽等への圧縮空気の供給の準備を完了でき、圧縮空気を供給することで、貯槽等の気相部の水素濃度が未然防止濃度に至らずに低下傾向を示し、可燃限界濃度未満で平衡に達するかについて確認するため、貯槽等の気相部の水素濃度の推移を評価する。

また、放射性物質の放出量評価として、重大事故等が同時発生した際の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、放出経路における除染係数を考慮し、事態収束までの大気中へ放出する放射性物質の放出量（セシウム-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水素発生量については、高レベル廃液等が沸騰した際の水素発生G値等を用いた簡便な計算で実施する。

ii) 機能喪失の条件

「ハ. (3) (i) (c) 放射線分解により発生する水素による爆発への対処」に記載した内容と同じである。

iii) 事故の条件及び機器の条件

「ハ. (3) (i) (c) 放射線分解により発生する水素による爆発への対処」に記載した内容と同じである。

iv) 操作の条件

「ハ. (3) (i) (c) 放射線分解により発生する水素による爆発への対処」に記載した内容と同じである。

v) 放出量評価に関連する事故、機器及び操作の条件の具体的な展開

「ハ. (3) (i) (b) 冷却機能の喪失による蒸発乾固への対処」及び「ハ. (3) (i) (c) 放射線分解により発生する水素による爆発への対処」に記載した内容と同じである。

vi) 判断基準

圧縮空気の供給により気相部の水素濃度が未然防止濃度に至らず、対策により水素濃度が可燃限界濃度以上の場合は低下傾向を示し可燃限界濃度未満で平衡値となること。

放出量評価は、冷却機能の喪失による蒸発乾固及び放射線分解により発生する水素による爆発の発生による放射性物質の放出量の合計がセシウム-137換算で100 T B q を十分下回るものであって、かつ、実行可能な限り低いこと。

4) 有効性評価の結果

i) 水素爆発の再発を防止するための圧縮空気の供給

高レベル廃液等が沸騰に至った場合、水素発生G値は大きくなり、水素の発生量は平常運転時より相当多くなるものの、発生防止対策である機器圧縮空気自動供給ユニット、拡大防止対策である圧縮空気手動供給ユニットによる水素掃気量は、水素の発生量に対してそれぞれ十分な流量を確保しており、水素濃度は最も高くなる精製建屋のプルトニウム濃縮液一時貯槽の場合であっても、貯槽等内の水素濃度は最大でドライ換算で約4.9 vol %まで上昇するが、貯槽等内の水素濃度は未然防止濃度に至ることはない。その後、可搬型空気圧縮機から圧縮空気を供給することにより、水素濃度は低下傾向を示し、貯槽等内の水素濃度を可燃限界濃度未満に維持できる。

ii) 大気中への放射性物質の放出量

重大事故ごとの大気中への放射性物質の放出量は、重大事故等が同時発生した場合でも単独発生の場合と同じであり、全ての建屋の冷却機能の喪失による蒸発乾固及び放射線分解により発生する水素による爆発による放出量を合計した場合、合計で約 2×10^{-3} TBq となり、100 TBq を 十分 下回るものであって、かつ、実行可能な限り低い。

iii) 不確かさの影響評価

a) 事象、事故の条件及び機器の条件の不確かさの影響

想定事象の違いが有効性評価結果に与える影響は、単独発生、同時発生の想定に因らないことから、単独発生の場合と同様に評

価結果は変わらず、判断基準を満足することに変わりはない。

高レベル廃液等の組成、濃度及び崩壊熱密度は、重大事故等の同時発生を前提とした場合であっても、想定される最大値を設定する等、厳しい結果を与える条件で評価をしており、最確条件とした場合には、より安全余裕が確保されることから、判断基準を満足することに変わりはない。

事態の収束までの大気中への放射性物質の放出量（セシウム-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ものの、その幅は、各パラメータにおいて1桁程度であり、100TBqに対する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）の寄与割合に与える影響が大きくないため、判断基準を満足することに変わりはない。

b) 操作の条件の不確かさの影響

水素爆発の再発を防止するための圧縮空気の供給の準備及び大気中への放射性物質の放出を低減するための対処の準備は、安全冷却水系の冷却機能の喪失及び水素掃気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、十分な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、重大事故等が同時発生した場合であっても、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。

5) 必要な要員及び資源

同時発生が想定される各重大事故等の必要な要員及び資源は、各重大事故等における必要な要員及び資源に記載したとおりである。

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ることに加え、重大事故等の対処に付帯して実施されるその他の作業に必要な要員及び資源を考慮して評価する必要があることから、「ハ. (3) (i) (g) 必要な要員及び資源の評価」において、関連する全ての作業を考慮した際の要員及び資源の有効性を評価する。

(ロ) 重大事故等の連鎖

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否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事象毎に確認する。また、特定に当たっては、高レベル廃液等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。想定する事故時の環境条件は、「温度」、「圧力」、「湿度」、「放射線」、「物質（水素、蒸気、煤煙、放射性物質、その他）及びエネルギーの発生」、「転倒又は落下による荷重」及び「腐食環境」を考慮する。

1) 臨界事故

臨界事故の発生が想定される2建屋，6機器2貯槽の全てに対して連鎖の検討を実施した。その結果、「ハ．(3) (i) (a) 臨界事故への対処」において記載した通り，想定される事故時環境において，臨界事故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，損傷又は機能喪失することはなく，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。

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貯槽の全てに対して連鎖の検討を実施した。その結果、「ハ．(3) (i) (b) 冷却機能の喪失による蒸発乾固への対処」において記載した通り，想定される事故時環境において，冷却機能の喪失による蒸発乾固の発生が想定される貯槽等に接続する安全機能

を有する機器が、損傷又は機能喪失することではなく、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。

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が想定される 5 建屋，5 機器グループ，49 貯槽の全てに対して連鎖の検討を実施した。その結果，「ハ．(3) (i) (c) 放射線分解により発生する水素による爆発への対処」において記載した通り，想定される事故時環境において，放射線分解により発生する水素による爆発の発生が想定される貯槽等に接続する安全機能を有する機器が，損傷又は機能喪失することではなく，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。

4) 有機溶媒等による火災又は爆発（T B P 等の錯体の急激な分解反応）

有機溶媒等による火災又は爆発（T B P 等の錯体の急激な分解反応）が想定される 1 建屋，1 機器に対して連鎖の検討を実施した。その結果，「ハ．(3) (i) (d) 有機溶媒等による火災又は爆発（T B P 等の錯体の急激な分解反応）への対処」において記載した通り，想定される事故時環境において，有機溶媒等による火災又は爆発（T B P 等の錯体の急激な分解反応）の発生が想定されるプルトニウム濃縮缶に接続する安全機能を有する機器が，損傷又は機能喪失することではなく，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。

5) 使用済燃料貯蔵槽における燃料損傷

使用済燃料貯蔵槽における燃料損傷が想定されるが想定される

1 建屋， 1 機器に対して連鎖の検討を実施した。その結果，「ハ．

(3) (i) (e) 使用済燃料貯蔵槽における燃料損傷防止に係る対処」において記載した通り， 想定される事故時環境において， 使用済燃料貯蔵槽における燃料損傷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， 損傷又は機能喪失することはなく， 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。

6) 分析結果

重大事故等の発生が想定される貯槽等の全てに対して連鎖の検討を実施した。 上述の通り， いずれの重大事故等においても想定される事故時環境において， 貯槽等に接続する安全機能を有する機器が， 損傷又は機能喪失することはなく， 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。

2.3 冷却機能の喪失による蒸発乾固への対処（要旨）

- (b) 冷却機能の喪失による蒸発乾固への対処
- (i) 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（以下ハ．(3) (i) (b)では「高レベル廃液等」という。）を内包する貯槽及び濃縮缶（以下ハ．(3) (i) (b)では「貯槽等」という。）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。

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（以下ハ．(3) (i) (b)では「セル排気系」という。），セル等以外の建屋内の気体を排気する建屋換気設備（以下ハ．(3) (i) (b)では「建屋排気系」という。）により換気され，貯槽等，セル，建屋の順に圧力を低くできる設計としている。

安全冷却水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。

さらに，ルテニウムを内包する高レベル廃液濃縮缶において蒸発濃縮した廃液（以下ハ．(3) (i) (b)では「高レベル濃縮廃液」とい

う。)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、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。

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。

(ロ) 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、気相中へ移行する放射性物質の量が増加する可能性がある。

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。

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（以下ハ.(3)(i)(b)では「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。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（以下ハ．(3) (i) (b)では「代替セル排気系」という。）により放射性物質を低減した上で、主排気筒を介して、大気中に放出する。

(ハ) 具体的対策

1) 発生防止対策

安全冷却水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、第1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第1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第1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、第1貯水槽か

ら内部ループへ通水する。冷却に用いた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第1貯水槽に移送し、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、可搬型排水受槽等を可搬型重大事故対処設備として配備する。第1貯水槽を常設重大事故等対処設備として設置するとともに、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。

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、弁等を敷設し、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、第1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、第1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第1貯水槽に移送し、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重大事故等対処設備の塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニット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通水するため、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、第1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し、発生する凝縮水は、回収先の漏えい液受皿等に貯留する。また、凝縮器下流側に設置したセル導出ユニット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第1貯水槽に移送し、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セル導出ユニットフィルタの差圧が、凝縮器通過後の排気の湿分により上昇する場合には、セル導出ユニット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、本重大事故等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、本重大事故等発生時には、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セル導出ユニットフィルタで除去する。

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、代替セル排気系として、可搬型排風機、可搬型発電機、可搬型ダクト及び可搬型フィルタを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、可搬型ダクトと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で除去しつつ、主排気筒を介して、大気中に管理しながら放出する。

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、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、可搬型フィルタ等を可搬型重大事故等対処設備として 配備 する。第１貯水槽、塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニット、凝縮器、凝縮下流の セル導出ユニットフィルタ を常設重大事故等対処設備として設置するとともに、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等対処設備として位置づける。

(二) 有効性評価

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、外的事象の「地震」を代表事象として選定する。

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、外的事象の「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ことで発生する。

また、外的事象の「火山の影響」又は内的事象の「長時間の全交流動力電源の喪失」において、動的機器の間接的な機能喪失により冷却機能が喪失し、内的事象の「動的機器の多重故障」において、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ことで発生する。

外的事象の「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及び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、外的事象の「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、外的事象は「地震」及び「火山の影響」が考えられるが、外的事象の「地震」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外的事象の「地震」による冷却機能の喪失を選定する。

3) 有効性評価の考え方

発生防止対策に係る有効性は、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の推移を評価する。

拡大防止対策に係る有効性は、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低下傾向を示す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を確認するため、凝縮器で発生する凝縮水量が回収先のセルの漏えい液受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、貯槽等から気相中に移行する放射性物質の量、放出経路における除染係数を考慮し、事態収束までの大気中へ放出する放射性物質の放出量（セシウム-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) 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。

5) 事故の条件及び機器の条件

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、当該設定値以上で通水する。

高レベル廃液等の核種組成は、再処理する使用済燃料の冷却期間を15年として得られる使用済燃料の核種組成を基に設定し、高レベル廃液等の濃度及び崩壊熱密度は、これを基準として、平常運転時における再処理する使用済燃料の変動幅を考慮した最大値を設定する。

貯槽等に内包する高レベル廃液等の液量は、貯槽等の公称容量とする。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、貯槽等の熱容量を考慮し断熱として評価する。

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液量の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、準備が完了次第実施し、沸騰の継続時間が最も長くなる精製建屋において、30時間40分で通水を開始する。

代替セル排気系による排気は、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6時間40分で開始する。

7) 放出量評価に関連する事故、機器及び操作の条件の具体的な展開

高レベル廃液等の放射性物質の組成、濃度、崩壊熱密度及び貯槽等の液量は機器の条件と同様である。

気相中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、沸騰開始から乾燥し固化するまでの移行割合を 5×10^{-5} に設定し、沸騰継続時間を貯槽等に内包する高レベル廃液等の液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除染係数については、可搬型フィルタ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セル導出ユニット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平常運転時の排気経路以外の経路からの放出に対しては，放出経路での除染係数を見込むとともに，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をセシウム-137換算した値については，I A E A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。

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，高レベル廃液等の温度が低下傾向を示すこと。

拡大防止対策については，高レベル廃液等が沸騰に至った場合に，貯槽等への注水により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の温度が沸点から低下傾向を示し，高レベル廃液等が未沸騰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水の回収先セルの漏えい液受皿等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，セシウム-137換算で100 T B q を十分下回るものであって，かつ，実行可能な限り低いこと。

(ホ) 有効性評価の結果

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余裕をもって低下傾向を示す。

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高レベル廃液等の温度を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、未沸騰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、漏えい液受皿等の容量に対して最も厳しくなる精製建屋において約3 m³であり、凝縮水の発生量は回収先セルの漏えい液受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、代替セル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 6×10^{-13} T

B q，分離建屋において 5×10^{-7} T B q，精製建屋において 5×10^{-6} T B q，ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋において 3×10^{-7} T B q 及び高レベル廃液ガラス固化建屋において 4×10^{-6} T B q であり，これらを合わせても約 1×10^{-5} T B q であり，100 T B q を十分下回るものであって，かつ，実行可能な限り低い。

なお，継続して実施される水素掃気空気の供給により，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。

その時間は，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。

3) 不確かさの影響評価

i) 事象，事故の条件及び機器の条件の不確かさの影響

内的事象で発生する「動的機器の多重故障」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。

内的事象で発生する「長時間の全交流動力電源の喪失」及び外的事象の「火山の影響」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，外的事象の「地震」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、実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響はなく、判断基準を満足することに変わりはない。

高レベル廃液等の核種組成、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、実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響はなく、判断基準を満足することに変わりはない。なお、貯槽等からセル雰囲気への放熱の効果は、貯槽等に内包される高レベル廃液等の崩壊熱及び貯槽等の表面積に依存し、崩壊熱に対して放熱に寄与する貯槽等の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、これらの貯槽等は元から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、本重大事故等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（セシウム-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。仮に移行した放射性物質に気体状の放射性物質が含まれていた場合、放射性物質の移行率に変動があった場合及び冷却コイル等への通水までの時間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、放出量評価に用いた高レベル廃液等の核種組成や放出経路上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。

ii) 操作の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、実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響はなく、判断基準を満足していることには変わりはない。

(h) 重大事故等の同時発生又は連鎖

1) 重大事故等の事象進展、事故規模の分析

本重大事故等の事象進展、事故規模の分析により明らかとなった平常運転時からの状態の変化等は、高レベル廃液等が沸騰することによる高レベル廃液等の温度上昇、液位低下による高レベル廃液等の放射性物質の濃度の上昇及び高レベル廃液等の硝酸濃度の上昇、貯槽等への注水による高レベル廃液等の硝酸濃度の低下、貯槽等の圧力上昇、蒸気の発生によるセル導出経路内や導出先セル内等の湿度の上昇、線量の上昇である。具体的には、高レベル廃液等の温度の上昇については、通常時は未沸騰状態であるが、事故時には沸騰状態となり、最高で120℃程度（高レベル濃縮廃液の場合は110℃程度）、凝縮器下流のセル導出経路内や導出先セル内等では廃ガスの温度は50℃程度となる。貯槽等の液量は、貯槽等への注水により最低でも初期液量の70%に維持され、その際のプルトニウム濃度は

約360 g Pu / Lとなる。高レベル廃液等の硝酸濃度は、最大でもプルトニウム濃縮液（250 g Pu / L）の約9規定であり、高レベル濃縮廃液の場合、約3規定である。また、冷却コイル等への通水が実施される時間が初期液量の70%に至るまでの時間より長いプルトニウム濃縮液（250 g Pu / L）は、貯槽等への注水により希釈され、希釈後のプルトニウム濃縮液（250 g Pu / L）の硝酸濃度は、約5規定となる。これに伴い、プルトニウム濃縮液（250 g Pu / L）の水素発生G値が平常時の1.3倍程度となる。さらに、高レベル廃液等の沸騰に伴い、水素発生G値が上昇し、水素の発生量は平常運転時と比べて相当多くなる。貯槽等の圧力上昇については、事故時においても平常時と変わらない。セル導出経路内や導出先セル内等の湿度の上昇については、発生する蒸気により多湿環境となる。線量の上昇については、沸騰に至った場合には、放射性物質が蒸気とともに気相中に移行するため貯槽等外の線量は上昇するが、貯槽等内の線量は沸騰が生じても変わらない。

これらの平常運転時からの状態の変化等を考慮した同時発生する重大事故等の重大事故等対策に与える影響及び連鎖して発生する可能性のある重大事故等は以下のとおりである。

2) 重大事故等の同時発生

重大事故等が同時に発生する場合については、同種の重大事故が同時に発生する場合、異種の重大事故が同時に発生する場合及びそれらの重畳が考えられる。

本重大事故等は、本重大事故等を想定する貯槽等にあるとおり、5 建屋13機器グループ53貯槽等で同時に発生する可能性があり、本

評価は同時発生するものとして評価した。

本重大事故と同時発生する可能性のある異種の重大事故は、「ハ、(3) (i) (a) 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」に示すとおり、外的事象の「地震」及び「火山の影響」、内的事象の「長時間の全交流動力電源の喪失」により、安全冷却水系、安全圧縮空気系、プール水冷却系及び補給水設備が同時に機能を喪失することから、放射線分解により発生する水素による爆発及び使用済燃料貯蔵槽における燃料損傷である。

同種と異種の重大事故の同時発生が重畳した場合の有効性評価は、「ハ、(3) (i) (f) 重大事故が同時に又は連鎖して発生した場合の対処」において評価し、対処に必要な要員及び燃料等については、「ハ、(3) (i) (g) 必要な要員及び資源の評価」において評価している。

3) 重大事故等の連鎖

臨界事故への連鎖については、高レベル廃液等の沸騰が発生する貯槽等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、沸騰の継続による液位の低下に伴う核燃料物質の濃度の上昇、その他のパラメータ変動を考慮しても、核的制限値を逸脱することはないため、臨界事故は生じない。

放射線分解により発生する水素による爆発への連鎖については、高レベル廃液等が沸騰に至った場合には、高レベル廃液等の水素発生G値が上昇し、水素の発生量が平常運転時に比べて相当多くなるものの、水素掃気量は発生水素量に対して十分な余力を有しており、

貯槽等内の水素濃度は ドライ換算で8 v o l %に至ることはない。
また、プルトニウム濃縮液（250 g P u / L）は、貯槽等への注水により希釈され、硝酸濃度が平常運転時より低下するが、硝酸濃度の変動が水素発生G値に与える影響は小さい。以上より、放射線分解により発生する水素による爆発は生じない。

有機溶媒等による火災又は爆発（T B P等の錯体の急激な分解反応）への連鎖については、分離建屋一時貯留処理設備の第1一時貯留処理槽、第6一時貯留処理槽、第7一時貯留処理槽及び第8一時貯留処理槽並びに精製建屋一時貯留処理設備の第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おいて、有意量のT B P等を受け入れる場合があるが、通常状態で受け入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 k W程度であり、溶液の濃縮又は温度上昇が想定されず、有機溶媒等による火災又は爆発（T B P等の錯体の急激な分解反応）は生じない。

上記以外の貯槽等においては、分離設備のT B P洗浄塔及びT B P洗浄器並びにプルトニウム精製設備のT B P洗浄器において、希釈材により除去され、溶媒再生系（分離・分配系）及び溶媒再生系（プルトニウム精製系）の第1洗浄器、第2洗浄器及び第3洗浄器において、炭酸ナトリウム溶液等により洗浄及び再生されることから、高レベル廃液等の沸騰が発生する貯槽等には、有意なT B P等を含む使用済みの有機溶媒が含まれることはない。また、事故時においても、沸騰が発生する貯槽等に接続する機器注水配管、冷却コイル等で構成されるバウンダリは、健全性を維持することから、T B P等が混入することもないため、有機溶媒等による火災又は爆発（T B P等の錯体の急激な分解反応）は生じない。

有機溶媒等による火災又は爆発（有機溶媒火災）については、分離建屋一時貯留処理設備の第1一時貯留処理槽、第6一時貯留処理槽、第7一時貯留処理槽及び第8一時貯留処理槽並びに精製建屋一時貯留処理設備の第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おいて、有意量の有機溶媒を受け入れる場合があるが、通常状態で受け入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ず、有機溶媒等による火災又は爆発（有機溶媒火災）は生じない。

上記以外の貯槽等においては、溶媒再生系（分離・分配系）及び（プルトニウム精製系）の第1洗浄器、第2洗浄器及び第3洗浄器において、炭酸ナトリウム溶液等により洗浄及び再生されることから、高レベル廃液等の沸騰が発生する貯槽等には、有意な使用済みの有機溶媒が含まれることはない。また、事故時においても、沸騰が発生する貯槽等に接続する機器注水配管、冷却コイル等で構成されるバウンダリは、健全性を維持することから、有機溶媒が混入することもないため、有機溶媒等による火災又は爆発（有機溶媒火災）は生じない。

使用済燃料貯蔵槽における燃料損傷への連鎖については、高レベル廃液等の沸騰が発生する貯槽等と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ていることから、高レベル廃液等の沸騰による事故影響は、当該バウンダリを超えて波及することはないことから、使用済燃料貯蔵槽における燃料損傷 は生じない。

放射性物質の漏えいへの連鎖については、沸騰が発生する貯槽等、これに接続する機器注水配管、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で構成されるバウンダリは、通常時からの状態の変化等を踏まえても、健全性を維持することから、放射性物質の漏えいの発生は生じない。

(ト) 必要な要員及び資源

外的事象の「地震」及び「火山の影響」を要因として冷却機能が喪失した場合には、「ハ. (3) (i) (a) 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」に示すとおり、「放射線分解により発生する水素による爆発」及び「使用済燃料貯蔵槽における燃料損傷」に対しても同時に対処することとなる。このため、重大事故等が同時発生した場合の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、「ハ. (3) (i) (g) 必要な要員及び資源の評価」において評価している。

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、外的事象の「地震」を要因とした場合、全建屋の合計で147名である。なお、外的事象の「火山の影響」を要因とした場合には、降灰予報を受けて建屋外での可搬型建屋外ホースの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外的事象の「地震」を要因とした場合を上回ることはなく、外的事象の「火山の影響」を要因とした場合、全建屋の合計で146名で対応できる。

また、内的事象を要因とした場合は、作業環境が外的事象の「地震」を要因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、必要な要員は外的事象の「地震」を要因とした場合の必要な人数以下である。

事業所内に常駐している実施組織要員は164名であり、必要な作業対応が可能である。

2) 水源

冷却コイル等への通水を開始し、高レベル廃液等が未沸騰状態に移行するまでに貯槽等への注水によって消費される水量は、合計で約26m³である。また、代替安全冷却水系と第1貯水槽間を循環させるために必要な水量は、約3,000m³である。

水源として、第1貯水槽の一区画に約10,000m³の水を保有しており、これにより、必要な水源は確保可能である。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、水源である第1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。

また、すべての建屋の高レベル廃液等の総崩壊熱が第1貯水槽に負荷された場合の1日あたりの第1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、第1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。

3) 電源

電動の可搬型排風機への給電は、可搬型排風機の起動及び運転に必要な容量を有する可搬型発電機を敷設するため、対応が可能であ

る。

4) 燃料

全ての建屋の冷却機能の喪失による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63m³である。

第1軽油貯槽から第8軽油貯槽にて約800m³の軽油を確保していることから，外部支援を考慮しなくとも7日間の対処の継続が可能である。

2.5 有機溶媒等による火災又は爆発（T B P 等の錯体の急激な分解反応）
への対処（要旨）

(d) 有機溶媒等による火災又は爆発（T B P等の錯体の急激な分解反応）への対処

(イ) 事象の特徴

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至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のいずれかを除去することで、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、プルトニウム精製設備のプルトニウム濃縮缶供給槽（以下(d)では「プルトニウム濃縮缶供給槽」という。）からプルトニウム濃縮缶へ供給される溶液（以下(d)では「供給液」という。）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、供給液には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等を収納するセル及びセルを取り囲む建屋は、それぞれ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）（以下(d)では「塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）」という。）、精製建屋換気設備のセル

からの排気系（以下(d)では「セル排気系」という。）、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、セル、建屋の順に圧力を低くできる設計としている。

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内及びプルトニウム濃縮缶に接続している精製建屋塔槽類廃ガス処理設備塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）

（以下(d)では「塔槽類廃ガス処理設備」という。）の機器へ圧力波が伝播することで、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、以下(d)では「T B P等の錯体の急激な分解反応の再発」という。

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、T B P等の錯体の急激な分解反応はプルトニウム
濃縮缶で発生が想定される。

(ロ) 事故の特徴を踏まえた対策と考え方

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。

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（精製建屋）の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。

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。

(ハ) 具体的対策

T B P 等の錯体の急激な分解反応が発生した場合は、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異常を検知し、警報を発する。また、論理回路が 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。また、論理回路は、上述の 3 つの検出器のうち同時に 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。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。

T B P 等の錯体の急激な分解反応の発生を検知した場合は、プルトニウム濃縮缶への供給液の供給を自動で停止する又は緊急停止系を手動にて作動させることで、プルトニウム濃縮缶への供給液の供給を停止する。また、蒸気発生器へ一次蒸気を供給する系統の手動弁を閉止することで、プルトニウム濃縮缶の加熱を停止する。

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。

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（精製建屋）の廃ガス貯留槽に放射性物質を導出する。そのため、廃ガス貯留設備（精製建屋）の隔離弁を自動で開けるとともに廃ガス貯留設備（精製建屋）の空気圧縮機を自動で起動する。同時に、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。

上記の導出操作は、廃ガス貯留槽の圧力が所定の圧力（0.7MPa）に至るまで継続し、所定の圧力に達した場合は、排気経路を廃ガス貯留設備（精製建屋）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。

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する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（精製建屋）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（精製建屋）の隔離弁を閉止するとともに、廃ガス貯留設備（精製建屋）の空気圧縮機を停止する。

これらの操作により、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。

TBP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、塔槽類廃ガス処理設備系統内の雰囲気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物質は、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。

このため、手動弁、配管、隔離弁、逆止弁、空気圧縮機、廃ガス貯留槽、圧力計、流量計及び緊急停止系を常設重大事故等対処設備として設置する。

また、プルトニウム精製設備、計測制御設備、安全保護系、制御室、塔槽類廃ガス処理設備、建屋換気設備、主排気筒、低レベル廃液処理設備、試料分析関係設備、放射線監視設備、環境管理設備、電気設備、圧縮空気設備の安全圧縮空気系及び一般圧縮空気系、冷却水設備等を常設重大事故等対処設備として位置付ける。

(二) 有効性評価

1) 代表事例

T B P 等の錯体の急激な分解反応の発生が想定される機器は、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を代表事例とする。

2) 代表事例の選定理由

T B P 等の錯体の急激な分解反応については、重大事故等が発生する機器がプルトニウム濃縮缶のみであることから、プルトニウム濃縮缶を代表事例として選定した。

3) 有効性評価の考え方

拡大防止対策に係る有効性評価は、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の供給液の供給停止又はプルトニウム濃縮缶の加熱を停止することで、T B P 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ことを評価する。

廃ガス貯留設備による放射性物質の貯留に係る有効性評価は、大気中への放射性物質の放出量を算出し、これをセシウム-137 換算した値（以下(d)では「大気中への放射性物質の放出量（セシウム-137 換算）」という。）を評価する。大気中への放射性物質の放出量は、廃ガスポットからセルへ導出され、主排気筒を介して大気中へ放出される放射性物質及び廃ガス貯留設備による放射性物質の貯留完了時にプルトニウム濃縮缶に残留しており、塔槽類廃ガス処理設備による換気の再開に伴って大気中に放出される放射性物質を評価対象とする。

この評価においては、機器に内包する溶液の放射性物質質量、事故時の放射性物質の移行率、塔槽類廃ガス処理設備の高性能粒子フィルタ及び放出経路構造物による除染係数並びに廃ガス貯留設備による放射性物質の貯留の効果により期待される放出低減効果を考慮する。

大気中への放射性物質の放出量（セシウム-137 換算）の算出において用いる塔槽類廃ガス処理設備の高性能粒子フィルタの除染係数は、T B P等の錯体の急激な分解反応による塔槽類廃ガス処理設備の高性能粒子フィルタの圧力及び温度について、解析コードF l u e n tを用いて解析した結果に基づき設定する。

廃ガス貯留設備による放射性物質の貯留の有効性評価においては、解析コードは用いず、簡便な計算に基づき評価する。

4) 機能喪失の条件

内的事象を要因とした安全機能の喪失の想定では、T B P等の錯体の急激な分解反応の発生の起因となる異常の発生防止に係る安全機能及び異常の拡大防止に係る安全機能が喪失することを想定し、それ以外の安全機能の喪失は想定しない。

5) 事故の条件及び機器の条件

プルトニウム濃縮缶内の硝酸プルトニウム溶液の核種組成、濃度、崩壊熱密度は、再処理する使用済み燃料の冷却期間を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した上で、さらにT B P等の錯体の急激な分解反応が発生する温度が硝酸プルトニウム溶液の沸点となる濃縮

倍率を考慮した値とする。

プルトニウム濃縮缶に内包する硝酸プルトニウム溶液の液量は、プルトニウム濃縮缶の公称容量とする。

T B P 等の錯体の急激な分解反応が発生する際のプルトニウム濃縮缶内の T B P 量は 208 g とし、T B P 等の錯体の急激な分解反応発生後からプルトニウム濃縮缶への供給液の供給停止までに供給された T B P 量は約 1 g とする。

論理回路が T B P 等の錯体の急激な分解反応の発生を判定し、T B P 等の錯体の急激な分解反応の検知から 1 分以内にプルトニウム濃縮缶供給槽ゲデオンを自動停止する又は T B P 等の錯体の急激な分解反応の発生を知らせる 警報の発報により、T B P 等の錯体の急激な分解反応の検知から 1 分以内に緊急停止系により手動にて停止する。

蒸気発生器へ一次蒸気を供給する系統の手動弁を閉止することにより、プルトニウム濃縮缶の加熱が停止する。

廃ガス貯留設備（精製建屋） は、論理回路が 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に、廃ガス貯留槽への経路が自動で確立され、廃ガス貯留槽への放射性物質の導出が自動で開始される。

プルトニウム濃縮缶へ供給される安全圧縮空気系及び一般圧縮空気系からの圧縮空気は、それぞれ約 $0.4\text{m}^3/\text{h}$ 、約 $0.05\text{m}^3/\text{h}$ とする。

内的事象により T B P 等の錯体の急激な分解反応が発生することを想定する。

事故の起因と関連性のない安全機能を有する施設については、そ

の安全機能の喪失を想定しない。

6) 操作の条件

プルトニウム濃縮缶への供給液の供給停止において必要となる緊急停止系による移送停止操作は、T B P 等の錯体の急激な分解反応の検知から 1 分以内で操作を完了する。

プルトニウム濃縮缶の加熱の停止において必要となる蒸気発生器へ一次蒸気を供給する系統の手動弁の閉止操作は、プルトニウム濃縮缶において T B P 等の錯体の急激な分解反応が発生してから速やかに開始し、T B P 等の錯体の急激な分解反応を検知してから 25 分以内で作業を完了する。

廃ガス貯留設備による放射性物質の貯留において必要となる、プルトニウム濃縮缶からの排気経路を、廃ガス貯留設備（精製建屋）から平常運転時の塔槽類廃ガス処理設備に切り替える操作は、中央制御室から行う操作で、廃ガス貯留設備（精製建屋）の廃ガス貯留槽への放射性物質を含む気体の導出完了から、塔槽類廃ガス処理設備の排風機の再起動完了まで 3 分で完了し、その後、廃ガス貯留設備（精製建屋）の空気圧縮機を停止する操作を、塔槽類廃ガス処理設備の排風機の起動操作後、5 分で完了する。

7) 放出量評価の条件

主排気筒を介して大気中へ放出される放射性物質の放出量の評価は、廃ガスポットからセルへ導出され、セル排気系から主排気筒を介して大気中へ放出される放射性物質の放出量評価（以下(d)では「セル排気系からの放射性物質の放出量評価」という。）及びプル

トニウム濃縮缶内に残留し、廃ガス貯留設備（精製建屋）への放射性物質の導出完了後に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される放射性物質の放出量評価（以下(d)では「塔槽類廃ガス処理設備からの放射性物質の放出量評価」という。）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のうち、セル排気系からの放射性物質の放出量評価は、セルへ導出されるプルトリウム濃縮缶から廃ガスポットまでの放射性物質質量に対して、大気中への放出経路における除染係数の逆数を乗じて算出する。また、塔槽類廃ガス処理設備からの放射性物質の放出量評価は、プルトリウム濃縮缶に内包する放射性物質質量に対して、T B P等の錯体の急激な分解反応により影響を受ける割合、濃縮運転に伴い気相中に移行する放射性物質の割合及び大気中への放出経路における除染係数の逆数を乗じて算出する。

また、算出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、I A E A - T E C D O C - 1162 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係る実効線量への換算係数を用いて、セシウム-137 と着目核種との比から算出する。ただし、プルトリ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を乗じて算出する。

i) セル排気系からの放射性物質の放出量評価

プルトリウム濃縮缶気相部から塔槽類廃ガス処理設備の廃ガスポ

ットまでの放射性物質の全量がセルへ導出されたことを想定し、セル排気系から大気中への放射性物質の放出量を評価する。

平常運転時に塔槽類廃ガス処理設備へ移行する放射性物質の割合は、空気 1 m^3 当たり 10 mg が移行することとし、 1×10^{-8} とする。

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。

セル排気フィルタユニットの高性能粒子フィルタは1 段で、セル排気フィルタユニットの高性能粒子フィルタの放射性エアロゾルの除染係数を 10^3 とする。

ii) 塔槽類廃ガス処理設備からの放射性物質の放出量評価

廃ガス貯留槽への導出が完了した後に、塔槽類廃ガス処理設備を起動することで、プルトニウム濃縮缶内の気相部に残留している放射性物質は、塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）から主排気筒を介して大気中へ放出される。

プルトニウム濃縮缶に内包する硝酸プルトニウム溶液の放射性物質の組成、濃度、崩壊熱密度及び液量は、事故の条件及び機器の条件と同様である。

T B P 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気相中への移行率は、爆発事象を想定した実験結果を整理した式のうち最も厳しい結果を与える upper bound とされる計算式から算出した値である約 4×10^{-3} 及び爆発事象を想定した実験結果を整理した式の 0.35 MPa 未満における値である 5×10^{-5} を用いる。

セルへ導出される放射性物質に対する放出経路における放射性物質の除染係数について、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，セル排気フィルタユニットの高性能粒子フィルタの除染係数は 10^3 とする。

塔槽類廃ガス処理設備から放出される又は廃ガス貯留槽へ導出される放射性物質に対する放出経路における放射性物質の除染係数について，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，塔槽類廃ガス処理設備の高性能粒子フィルタの除染係数は，解析コード F l u e n t により塔槽類廃ガス処理設備の高性能粒子フィルタの健全性を維持できることを確認したため，1 段目を 10^3 ，2 段目を 10^2 とする。

T B P 等の錯体の急激な分解反応に伴い大気中へ放出される放射性物質のうち廃ガス貯留設備（精製建屋）の廃ガス貯留槽へ貯留されずプルトニウム濃縮缶内に残留する放射性物質の割合は，約 4 % とする。

8) 判断基準

T B P 等の錯体の急激な分解反応の拡大防止対策の判断基準は，T B P 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こと。

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 T B P 等の錯体の急激な分解反応の再発を防止し，廃ガス貯留槽での貯留が完了した上で，塔槽類廃ガス処理設備を起動して平常運転時の放出経路に復旧した状況下での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 を十分下回るものであって，かつ，実行可能な限り低いこと。

(ホ) 有効性評価の結果

1) 拡大防止対策

T B P 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 T B P 等の錯体の急激な分解反応発生の判定後 1 分以内に自動又は手動にて停止できるため、T B P 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 T B P 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、T B P 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、T B P 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} T B q であり、100 T B q を十分に下回る。

また、T B P 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。

2) 不確かさの影響評価

i) 解析コードの不確かさの影響

解析コードによる高性能粒子フィルタの健全性確認の解析結果においては、系統を断熱とし、蒸気の凝縮、塔槽類廃ガス処理設備を介した他機器への廃ガスの流出経路及び機器の内部構造物を考慮しないことで、塔槽類廃ガス処理設備の高性能粒子フィルタに対し、圧力及び温度が影響を及ぼしやすいモデルとしており、より厳しい結果を与える条件を設定していることから、解析コードの不確かさが高性能粒子フィルタの健全性評価の結果に与える影響はない。

ii) 事象、事故の条件及び機器の条件の不確かさの影響

T B P 等の錯体の急激な分解反応発生時におけるプルトニウム濃縮缶の気相中への放射性物質の移行率には引用した文献の条件による不確実性があることから、大気中への放射性物質の放出量は小さくなることが想定される。

一方、移行率の計算に使用する T B P 等の錯体の急激な分解反応による発熱量及び T B P の水への溶解度の幅を考慮すると、条件によって大気中への放射性物質の放出量は 1 桁程度の増加となる可能性がある。

プルトニウム濃縮缶から塔槽類廃ガス処理設備の排風機までの経路上のプルトニウム精製設備及び塔槽類廃ガス処理設備の配管は、曲がり部が多く、数十m以上の長い配管及び複数の機器で構成されることから、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ため、大気中への放射性物質の放出量は小さくなることが想定される。

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。

iii) 操作の条件の不確かさの影響

プルトニウム濃縮缶の加熱の停止操作については、蒸気発生器へ一次蒸気を供給する系統の手動弁の閉止操作が想定よりも時間を要した場合においても、プルトニウム濃縮缶への供給液の供給が停止することから、T B P等の錯体の急激な分解反応の再発に与える影響はない。

このように不確かさを有するものの、判断基準を満足することに変わりはない。

(ハ) 重大事故等の同時発生又は連鎖

1) 重大事故等の事象進展，事故規模の分析

本重大事故等の事象進展，事故規模の分析により明らかとなった平常運転時からの状態の変化等は，プルトニウム濃縮缶内のプルトニウム濃度の上昇，供給液に溶存分としてT B P等が多量に存在すること，T B P等の錯体の急激な分解反応によるプルトニウム濃縮缶気相部及び塔槽類廃ガス処理設備の温度及び圧力上昇，塔槽類廃ガス処理設備の湿度上昇及びプルトニウム濃縮缶内のプルトニウム溶液の濃度上昇による線量率の上昇がある。

具体的には，F l u e n t解析の結果より，T B P等の錯体の急激な分解反応の発生により，プルトニウム濃縮缶内の気相部温度は瞬間的に約 370℃まで上昇し，気相部圧力も平常運転時の圧力に対して瞬間的に約 0.9MP a 上昇するが，プルトニウム濃縮缶は変形及び損傷することはない。プルトニウム濃縮缶気相部の廃ガスは，塔槽類廃ガス処理設備へ速やかに移行することから，プルトニウム濃縮缶気相部の温度及び圧力は速やかに低下し，T B P等の錯体の急激な分解反応が発生する前の温度及び圧力に戻る。その後，プルトニウム濃縮缶への供給液の供給が継続している場合，T B P等の錯体の分解反応が再発しても，T B P等の量が少ないため分解反応により発生する分解生成物は少なく，エネルギーは小さいため，気相部の圧力はほぼ一定であり，平常運転時と同程度である。

塔槽類廃ガス処理設備の高性能粒子フィルタの温度は約 50℃，差圧の上昇は約 4 k P a であり，塔槽類廃ガス処理設備の高性能粒子フィルタの健全性を損なうことはない。

T B P等の錯体の急激な分解反応により塔槽類廃ガス処理設備の

系統内の圧力が増加することから、一時的に塔槽類廃ガス処理設備の高性能粒子フィルタへ到達する水ミスト量が増加するが、高性能粒子フィルタは水ミストにより健全性を損なうことはない。

プルトニウム濃縮缶内の硝酸プルトニウム溶液の濃度が平常運転時よりも高い状態であることから、水素発生量は平常運転時よりも増加し、線量率も増加する。

これらの平常運転時からの状態の変化等を考慮した同時発生する重大事故等の重大事故等対策に与える影響及び連鎖して発生する可能性のある重大事故等は以下のとおりである。

2) 重大事故等の同時発生

重大事故等が同時に発生する場合については、同種の重大事故等が同時に発生する場合、異種の重大事故等が同時に発生する場合及びそれらの重畳が考えられる。

T B P 等の錯体の急激な分解反応については、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を要因とした複数の発生防止機能の喪失により発生するものであり、その具体的な発生の条件は同種の重大事故等及び異種の重大事故等の要因となる安全機能の喪失に当たらないことから、重大事故等が同時に発生することは想定されない。

3) 重大事故等の連鎖

臨界事故への連鎖については、プルトニウム濃縮缶内の硝酸プルトニウム溶液は約 800 g Pu/L と平常運転時 (250 g Pu/L) と比べてプルトニウム濃度が高い状態であるが、プルトニウム濃縮

缶は全濃度安全形状寸法管理により臨界事故の発生を防止していること、T B P等の錯体の急激な分解反応により、硝酸プルトニウム溶液が析出する又は酸化プルトニウムが生成しないことから、臨界は発生しない。

蒸発乾固への連鎖については、安全機能として冷却機能はなく、T B P等の錯体の急激な分解反応によるエネルギーを全て溶液に与えたとしても、溶液の性状が変化するような温度変化は生じないこと、硝酸プルトニウム溶液の崩壊熱が平常時よりも高いものの崩壊熱のみでは放熱により沸騰しないこと、また、プルトニウム濃縮缶の加熱の停止により硝酸プルトニウム溶液の沸騰は停止することから、蒸発乾固は発生しない。

水素爆発への連鎖については、プルトニウム濃縮缶内の硝酸プルトニウム溶液の濃度が平常運転時よりも高く水素発生量が多くなるものの、プルトニウム濃縮缶において講じられている安全圧縮空気系による水素掃気流量は十分な余裕が確保されていることから、放射線分解により発生する水素による爆発は生じない。

使用済燃料貯蔵槽における燃料損傷への連鎖については、プルトニウム濃縮缶と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、T B P等の錯体の急激な分解反応による事故影響が、プルトニウム濃縮缶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（想定事故2）の発生は考えられない。

放射性物質の漏えいへの連鎖については、プルトニウム濃縮缶、これに接続する塔槽類廃ガス処理設備配管及びその他の安全機能を有する機器で構成されるバウンダリは、通常時からの状態の変化等

を踏まえても、健全性を維持することから、放射性物質の漏えいの発生は考えられない。

(h) 必要な要員及び資源

1) 要 員

T B P 等の錯体の急激な分解反応に対する拡大防止対策として実施するプルトニウム濃縮缶への供給液の供給停止，プルトニウム濃縮缶の加熱の停止，廃ガス貯留設備による放射性物質の貯留に必要な要員は 8 人（実施責任者を含む）である。さらに，重大事故等の発生時に実施する大気中への放出状況監視等及び電源の確保に必要な要員は 14 人（実施責任者を除く）である。

上記より，T B P 等の錯体の急激な分解反応の拡大防止対策に要する実施組織要員数は 22 人である。

これに対し実施組織要員は 41 人であるため，実施組織要員の要員数は，必要な要員数を上回っており，必要な作業が可能である。

2) 必要な資源

i) 電 源

T B P 等の錯体の急激な分解反応への対処に必要な負荷は，最小余裕約 110 k V A に対し最大でも廃ガス貯留設備（精製建屋）の空気圧縮機の約 40 k V Aである。また，空気圧縮機の起動時を考慮しても約 80 k V A であり最小余裕に対して余裕があることから，必要電源容量を確保できる。

ii) 圧縮空気

T B P 等の錯体の急激な分解反応への対処として水素掃気，圧力及び液位の測定に圧縮空気が必要になる。これらの圧縮空気は，平常運転時においても継続的に常設重大事故等対処設備に供給されているものであり，T B P 等の錯体の急激な分解反応への対処におい

ても平常運転時と同様に使用可能である。

iii) 冷却水

冷却水については、平常運転時においても継続的に常設重大事故等対処設備に供給されているものであり、T B P 等の錯体の急激な分解反応への対処においても平常運転時と同様に使用可能である。

7. 冷却機能の喪失による蒸発乾固への対処

7.2 冷却機能の喪失による蒸発乾固への対処

(1) 冷却機能の喪失による蒸発乾固の特徴

冷却機能の喪失による蒸発乾固（以下7.2では「蒸発乾固」という。）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7.2では「高レベル廃液等」という。）を内包する貯槽及び濃縮缶（以下7.2では「貯槽等」という。）は，崩壊熱を有するため，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7.2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。

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7.2では「セル排気系」という。），セル等以外の建屋内の気体を排気する建屋換気設備（以下7.2では「建屋排気系」という。）により換気され，貯槽等，セル，建屋の順に圧力を低くできる設計としている。

安全冷却水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。

さらに，ルテニウムを内包する高レベル廃液濃縮缶において蒸発濃縮

した廃液（以下7.2では「高レベル濃縮廃液」という。）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、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、高レベル廃液等は、沸騰が継続した場合には、乾燥し固化に至る。

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。

冷却機能喪失の状態が継続した場合、高レベル廃液等が沸騰に至るまでの最短の時間は、前処理建屋の溶解液を内包する貯槽等において約140時間、分離建屋の高レベル濃縮廃液を内包する貯槽等において約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7.2では「プルトニウム濃縮液」という。）を内包する貯槽等において約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内包する貯槽等において約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内包する貯槽等において約23時間である。

また、乾燥し固化に至るまでの最短の時間は、前処理建屋の溶解液を内包する貯槽等において約1,000時間、分離建屋の高レベル濃縮廃液を内包する貯槽等において約110時間、精製建屋のプルトニウム濃縮液を内包する貯槽等において約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内包する貯槽等において約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内包する貯槽等において約180時間である。

(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、「7.2 (1) 蒸発乾固の特徴」に記載したとおり、気相中へ移行する放射性物質の量が増加する可能性があり、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し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、蒸気の影響によって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ための対策を整備する。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し、発生する凝縮水は、セル又は貯槽に回収し貯留する。また、放出される放射性物質量の低減のため、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ための対策を整備する。

さらに、セル排気系を代替する排気系（以下7.2では「代替セル排気系」という。）により、放射性物質を低減した上で、主排気筒を介して、大気中に放出するための対策を整備する。

蒸発乾固の発生を想定する貯槽等を第7.2－1表に、各対策の概要図を第7.2－1図から第7.2－4図に示す。また、各対策の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。

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、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、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し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、貯槽等に接続しているその他の配管を活用した貯槽等への注水手順書を整備することにより、貯槽等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、貯槽等に内包する高レベル廃液等の沸騰開始後の事態の収束の観点から、冷却コイル又は冷却ジャケット（以下7.2では「冷却コイ

ル等」という。)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の準備は、対策の準備に要する作業が多く、他の拡大防止対策と同時に準備作業を実施した場合、大気中への放射性物質の放出を抑制できる状態を整備する前に高レベル廃液等が沸騰する可能性があることから、貯槽等への注水、貯槽等において沸騰に伴い気相中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並びに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に関する対処を優先して実施し、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実施することを基本とする。

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、安全冷却水系の冷却機能以外にも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。

したがって、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ともに、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、高レベル廃液等が未沸騰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は、水素掃気用の圧縮空気に同伴し、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。

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貯槽等内の水素濃度がドライ換算 8 v o 1 %に至る時間が長い建屋への水素掃気用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、各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、高レベル廃液等が未沸騰状態で貯槽等の気相中へ移行し、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、セルへの導出経路である塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニット上に設置したセル導出ユニット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し貯留する。

また、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。

本対策は、高レベル廃液等が沸騰に至る前までに対策を実施する。

7.2.1 蒸発乾固の発生防止対策

7.2.1.1 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、貯槽等に内包する高レベル廃液等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と可搬型中型移送ポンプを接続し、第1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と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第1貯水槽へ移送するため、内部ループの排水口と可搬型建屋内ホースを接続し、建屋近傍に敷設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と可搬型中型移送ポンプを接続し、可搬型排水受槽から第1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、第1貯水槽から内部ループへ通水する。冷却に用いた水は、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、排水経路を経由して第1貯水槽に移送し、再び、内部ループへの通水の水源として用いる。

本対策は、貯槽等に内包する高レベル廃液等が沸騰に至るまでの時間が短い機器グループを優先して実施する。

また、可搬型漏えい液受皿液位計を設置し、貯槽等の損傷による安全冷却水及び貯槽等に内包する高レベル廃液等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7.2-

5図に、対策の手順の概要を第7.2-6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7.2-2表に、必要な要員及び作業項目を第7.2-7図及び第7.2-8図に示す。

(1) 内部ループへの通水の着手判断

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させ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着手を判断し、以下の(2)及び(3)に移行する。

(2) 建屋外の水の給排水経路の構築

第1貯水槽から各建屋に水を供給するために、可搬型中型移送ポンプを第1貯水槽近傍に敷設する。

可搬型中型移送ポンプに可搬型屋外ホースを接続し、第1貯水槽から各建屋まで水を供給するための経路を構築する。

また、可搬型建屋供給冷却水流量計を可搬型建屋外ホースの経路上に設置する。

冷却に使用した水を第1貯水槽へ移送するために、可搬型排水受槽及び可搬型中型移送ポンプを各建屋近傍に敷設する。

可搬型中型移送ポンプ及び可搬型排水受槽に可搬型建屋外ホースを接続し、各建屋から第1貯水槽まで水を移送するための経路を構築する。

外的事象の「火山の影響」を要因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、給水用及び排水用の可搬型移送ポンプを保管庫内に敷設し、給排水経路を構築する。

可搬型中型移送ポンプは可搬型中型移送ポンプ運搬車，可搬型建屋外ホースはホース展張車及び運搬車，可搬型排水受槽及び可搬型建屋供給冷却水流量計は運搬車により運搬する。

(3) 内部ループへの通水による冷却の準備

常設重大事故等対処設備により貯槽等の温度を計測できない場合は，第7.2－1表に示す貯槽等へ可搬型貯槽温度計を設置し，高レベル廃液等の温度を計測する。

また，膨張槽に可搬型膨張槽液位計を設置し，第7.2－1表に示す機器グループの内部ループの損傷の有無を膨張槽の液位により確認する。

ただし，分離建屋内部ループ1の内部ループの損傷の有無は，当該内部ループが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を兼ねており，当該内部ループには膨張槽がないことから，第1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，可搬型冷却コイル圧力計を可搬型建屋内ホースの経路上に設置し，可搬型中型移送ポンプにより安全冷却水系の内部ループを加圧することで，可搬型冷却コイル圧力計の指示値から確認する。

建屋内の通水経路を構築するために，可搬型建屋内ホースを敷設し，可搬型冷却水流量計を可搬型建屋内ホースの経路上に設置する。

可搬型建屋内ホースを安全冷却水系の内部ループの給水側の接続口に接続し，可搬型建屋内ホースと可搬型建屋外ホースを接続することで，第1貯水槽から各建屋の内部ループに通水するための経路を構築する。

冷却に使用した水を可搬型排水受槽へ移送するために，可搬型建屋内ホースを敷設する。

可搬型建屋内ホースを安全冷却水系の内部ループの排水側の接続口

に接続し，可搬型建屋内ホースと可搬型建屋外ホースを接続することで，冷却に使用した水を可搬型排水受槽に排水するための経路を構築する。

また，高レベル廃液ガラス固化建屋においては，水の給排水経路として冷却水給排水系も用いる。

(4) 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(5)へ移行する。

(5) 内部ループへの通水の実施

可搬型中型移送ポンプを運転し第1貯水槽の水を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の指示値を基に調整する。

内部ループへの通水に使用した水は，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，第1貯水槽へ移送する。

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，内部ループ通水流量，第7.2－1表に示す貯槽等の貯槽等温度，建屋給水流量及び排水線量である。

(6) 内部ループへの通水の成否判断

第7.2－1表に示す貯槽等に内包する高レベル廃液等の温度が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7.2－1表に示す貯槽等の貯槽等温度である。

7.2.1.2 蒸発乾固の発生防止対策の有効性評価

7.2.1.2.1 有効性評価

(1) 代表事例

蒸発乾固の発生の 前提となる 要因は、「6.1 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」で示したとおり、外的事象の「地震」及び「火山 の影響」並びに内的事象の「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。

これらの要因において、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に想定される作業環境の苛酷さを考慮すると、外的事象の「地震」を要因とした場合が厳しい結果を与えることから、外的事象の「地震」を代表として有効性評価を実施する。

外的事象の「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

蒸発乾固の発生の 前提となる 要因は、「6.1 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、フォールトツリー分析により明らかにした。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 7.2-9 図に示す。また、安全冷却水系の系統概要図を第 7.2-10 図に示す。

フォールトツリー分析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、外的事象の「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並びに全交

流動力電源の喪失による動的機器の間接的な機能喪失により発生する。

また、外的事象の「火山 の影響」及び内的事象の「長時間の全交流動力電源の喪失」において、全交流動力電源の喪失による動的機器の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する。内的事象の「動的機器の多重故障」において、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、外的事象の「地震」を要因とした場合が、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 7.2－9 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、外的事象の「地震」を含む全ての要因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の観点から、外的事象の「地震」以外の要因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、外的事象の「地震」を要因とした場合には、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、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。

外的事象の「火山の影響」を要因とした場合には、建屋内では、全交流動力電源の喪失に伴い換気空調が停止し、照明が喪失するものの、外的事象の「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。

内的事象の「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が停止し、照明が喪失するものの、外的事象の「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、内的事象の「動的機器の多重故障」を要因とした場合には、建屋内の環境条件が有意に悪化することはない。

また、これらを要因とした場合に、建屋外の環境条件が悪化することはない。

以上より、外的事象の「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外的事象の「地震」及び「火山の影響」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の推移を評価する。

高レベル廃液等の温度の推移は、貯槽等からセルへの放熱を考慮せず、断熱として評価する。

沸騰に至るまでの時間算出の前提となる高レベル廃液等の沸点は、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、高レベル廃液等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 P u / L）では101℃、プルトニウム濃縮液（約250 g P u / L）では109℃、プルトニウム濃縮液（約154 g P u / L）では105℃、高レベル濃縮廃液では102℃とし、高レベル廃液等が沸騰に至るまでの時間は、貯槽等の熱容量を考慮して評価する。

高レベル廃液等の温度の推移の評価は、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。

(4) 有効性評価の評価単位

蒸発乾固は、高レベル廃液等が沸騰に至るまでの時間及び講ずる対処が機器グループ及び建屋単位で整理されることを考慮し、有効性評価は機器グループ及び建屋単位で整理し、重大事故等対策ごとに実施する。蒸発乾固の発生が想定される貯槽等の機器グループを第7.2-1表に、機器グループの概要を第7.2-11図から第7.2-15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

外的事象の「地震」を要因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) 事故の条件及び機器の条件

高レベル廃液等の温度上昇の推移の評価条件を第7.2－3表から第7.2－7表に示す。

蒸発乾固の発生防止対策に使用する機器を第7.2－8表に示す。また、主要な機器の条件を以下に示す。

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台を兼用し、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貯槽等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、各機器グループへの水の供給流量は、内包する高レベル廃液等の崩壊熱を踏まえて調整し、以下に示す設定値以上で通水する。また、「7.2.2 蒸発乾固の拡大防止対策」に示す貯槽等への注水、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。

前処理建屋内部ループ1	$13\text{m}^3/\text{h}$
前処理建屋内部ループ2	$16\text{m}^3/\text{h}$
分離建屋内部ループ1	$14\text{m}^3/\text{h}$

分離建屋内部ループ 2	8.8m ³ ／h
分離建屋内部ループ 3	10m ³ ／h
精製建屋内部ループ 1	2.9m ³ ／h
精製建屋内部ループ 2	1.2m ³ ／h
ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋内部ループ	1.3m ³ ／h
高レベル廃液ガラス固化建屋内部ループ 1	17m ³ ／h
高レベル廃液ガラス固化建屋内部ループ 2	14m ³ ／h
高レベル廃液ガラス固化建屋内部ループ 3	13m ³ ／h
高レベル廃液ガラス固化建屋内部ループ 4	13m ³ ／h
高レベル廃液ガラス固化建屋内部ループ 5	13m ³ ／h

b. 高レベル廃液等の核種組成、濃度及び崩壊熱密度

「6.5.2.1 使用済燃料の冷却期間」に記載したとおり、高レベル廃液等の核種組成は、再処理する使用済燃料の冷却期間を15年として得られる使用済燃料の核種組成を基に設定し、高レベル廃液等の濃度及び崩壊熱密度は、これを基準として、平常運転時における再処理する使用済燃料の変動幅を考慮した最大値を設定する。

c. 高レベル廃液等の液量

「6.5.2.9 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、貯槽等に内包する高レベル廃液等の液量は、貯槽等の公称容量とする。

(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高レベル廃液等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分後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7.2-7図及び第7.2-8図に示す。また、安全冷却水系の冷却機能の喪失から第7.2-1表に示す貯槽等に内包する高レベル廃液等が沸騰に至るまでの時間を第7.2-9表、第7.2-12表、第7.2-15表、第7.2-18表及び第7.2-21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

蒸発乾固の発生を未然に防止できること。

具体的には、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、第1貯水槽から内部ループに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。

7.2.1.2.2 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内部ループへの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内部ループ1及び精製建屋内部ループ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59人にて8時間50分で作業を完了するため、安全冷却水系の冷却機能の喪失から沸騰に至るまでの時間である11時間以内に内部ループへの通水が可能である。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内部ループ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、プルトニウム濃縮液一時貯槽に内包するプルトニウム濃縮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プルトニウム濃縮液の温度が約59℃で平衡に至る。

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内部ループの硝酸プルトニウム貯槽の場合、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、また、内部ループへの通水実施後は、硝酸プルトニウム貯槽に内包するプルトニウム濃縮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プルトニウム濃縮液の温度が約56℃で平衡に至る。

以上の有効性評価の結果を第7.2-9表から第7.2-23表に、対策実施時のパラメータの推移を第7.2-16図から第7.2-20図に示す。

(2) 不確かさの影響評価

a. 事象、事故の条件及び機器の条件の不確かさの影響

(a) 想定事象の違い

内的事象の「動的機器の多重故障」を要因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、外的事象の「地震」を要因として、安全冷却水系の冷却機能の喪失が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、有効性評価の結果は変わらない。

外的事象の「火山の影響」及び内的事象の「長時間の全動力電源の喪失」を要因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、外的事象の「地震」を要因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。

外的事象の「火山の影響」を想定した場合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蒸発乾固への対処に必要な作業と所要時間を、精製建屋を例として第7.2－8図に示す。

(b) 実際の熱条件の影響

沸騰に至るまでの時間余裕の算出では、水及び高レベル廃液等の物性値の変動が影響を与えると考えられるものの、より厳しい結果を与えるように、高レベル廃液等の崩壊熱密度は、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、貯槽等に内包する高レベル廃液等の液量は貯槽等の公称容量とし、貯槽等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。

これらのうち、高レベル廃液等の崩壊熱密度の最大値が有する安全余裕は、高レベル廃液等の崩壊熱密度の中央値に対して1.0倍から約1.2倍となる。

貯槽等に内包する高レベル廃液等の液量に着目すると、実際の運転時には、全ての貯槽等が公称容量の高レベル廃液等を内包しているわけではなく、公称容量よりも少ない液量を内包している状態が想定されるが、この場合、高レベル廃液等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。

また、貯槽等の表面からセル雰囲気への放熱の効果は、貯槽等の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、貯槽等の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、高レベル廃液等の崩壊熱密度に高レベル廃液等の体積を乗じて算出された崩壊熱を、放熱に寄与する貯槽等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°C と仮定した場合、数%となる。一方、高レベル廃液等の崩壊熱を放熱に寄与する貯槽等の表面積で除して算出される値が小さくなる溶解液、抽出廃液及びプルトニウム溶液に対する放熱効果は、温度差を 20°C と仮定した場合、溶解液に対して約30%、抽出廃液に対して約40%、プルトニウム溶液に対して100%となる。

高レベル廃液等の崩壊熱を放熱に寄与する貯槽等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及びプルトニウム濃縮液を内包する貯槽等は、沸騰に至るまでの時間が短いという特徴を有しており、高レベル廃液等の崩壊熱を放熱に寄与する貯槽等の表面積で除して算出される値が小さい溶解液、抽出廃液及びプルトニウム溶液を内包する貯槽等は、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、抽出廃液及びプルトニウム溶液を内包する貯槽等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及びプルトニウム濃縮液を内包する貯槽等に比べて沸騰に至るまでの時間がより長くなることになる。

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、全ての高レベル廃液等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高レベル廃液等ほど顕著であり、高レベル廃液等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。

(c) 内部ループへの通水開始タイミングが高レベル廃液等の平衡温度に与える影響

内部ループへの通水時の高レベル廃液等の温度は、内部ループへの通水の開始時間及び通水流量に応じて変動する。内部ループへの通水は、通水の準備が完了した内部ループから順次通水を開始するため、内部ループへの通水開始初期において、複数系統ある内部ループのうち、特定の内部ループへ集中して通水する時間帯が生じる。

この場合、計画している流量以上が通水されることにより、当該内部ループによって冷却されている貯槽等に内包する高レベル廃液等の温度の低下速度が速まるものの、その他の内部ループへの通水が開始された後の定常状態では、高レベル廃液等の平衡温度は評価値と同じ値となり、通水初期の流量が高レベル廃液等の平衡温度に影響を与えることはない。

b. 操作の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」及び「操作の確実さ」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、重大事故等対策の実施に必要な準備作業は、安全冷却水系の冷却機能の喪失をもって着手し、対処の制限時間である高レベル廃液等が沸騰に至るまでの時間に対して、時間余裕を確保して完了できるよう計画することで、これら要因による影響を低減した。

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、可搬型中型移送ポンプ等の可搬型重大事故等対処設備の設置等の対処に時間を要した場合や、予備の可搬型重大事故等対処設備による対処を想定したとしても、確保した余裕の範囲で対処を再開することができる。

(b) 作業環境

沸騰開始までは放射性物質の放出による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、外的事象の「火山の影響」を要因とした場合であっても、建屋外における重大事故等対策に係る作業は降灰予報（「やや多量」以上）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。

7.2.1.2.3 重大事故等の同時発生又は連鎖

(1) 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時の事故時環境は、平常運転時と大きく変わるものではなく、また、高レベル廃液等の状態も平常運転時と大きく変わるものではない。

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、貯槽等に接続する安全機能を有する機器が損傷又は機能が喪失することはない。

b. 圧力

高レベル廃液等が未沸騰状態であり、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が喪失することはない。

c. 湿度

高レベル廃液等の温度上昇に伴い多湿環境下となるが、貯槽等自体及び貯槽等に接続する安全機能を有する機器が損傷又は機能が喪失することはなく、また、湿度の影響が貯槽等のバウンダリを超えて波及することはない。

d. 放射線

貯槽等内の放射線環境は平常運転時の環境下から変化することはなく、安全機能を有する機器が損傷又は機能が喪失することはない。

e. 物質（水素、蒸気、煤煙、放射性物質及びその他）及びエネルギーの発生

新たな物質及びエネルギーが発生することはなく、安全機能を有する機器が損傷又は機能が喪失することはない。

f. 落下又は転倒による荷重

高レベル廃液等の温度が上昇したとしても、貯槽等の材質の強度が有意に低下することはなく、貯槽等が落下又は転倒することはない。

g. 腐食環境

(c)と同様である。

(2) 重大事故等の同時発生

重大事故等が同時に発生する場合には、同種の重大事故等が

同時に発生する場合、異種の重大事故等が同時に発生する場合及びそれらの重畳が考えられる。

蒸発乾固は、蒸発乾固の発生を想定する貯槽等にあるとおり、5 建屋13機器グループ53貯槽等で同時に発生する可能性があり、本評価は同時発生するものとして評価した。

蒸発乾固と同時発生する可能性のある異種の重大事故等は、「6.1 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」に示すとおり、外的事象の「地震」及び「火山の影響」並びに内的事象の「長時間の全交流動力電源の喪失」により、安全冷却水系、安全圧縮空気系、プール水冷却系及び補給水設備が同時に機能を喪失することから、これらの機能喪失により発生する放射線分解により発生する水素による爆発及び使用済燃料貯蔵槽における燃料損傷である。

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、「7.6 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。

(3) 重大事故等の連鎖

「7.2.1.2.3(1) 重大事故等の事象進展、事故規模の分析」に記載したとおり、内部ループへの通水実施時の事故時環境は、平常運転時と大きく変わるものではなく、また、高レベル廃液等の状態も平常運転時と大きく変わるものではないため、他の重大事故等が連鎖して発生することはない。

7.2.1.2.4 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

水手段を整備しており，これらの対策について，外的事象の「地震」を要因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通水することで高レベル廃液等の温度を沸点未満に維持し，高レベル廃液等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，実施組織要員の操作時間に与える影響及び評価結果に与える影響がないことを確認した。

また，外的事象の「地震」とは異なる特徴を有する外的事象の「火山の影響」を要因とした場合に有効性評価へ与える影響を分析した。

外的事象の「火山の影響」を要因とした場合には，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（「やや多量」以上）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 ことから，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 貯槽等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，想定される高レベル廃液等の状態において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，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貯槽等に接続する安全機能を有する機器が損傷又は機能喪失することはなく，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，「7.2.1.2.1(8) 判断基準」を満足する。

7.2.2 蒸発乾固の拡大防止対策

7.2.2.1 蒸発乾固の拡大防止対策の具体的内容

7.2.2.1.1 貯槽等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、弁等を敷設し、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、第1貯水槽の水を貯槽等内へ注水する。

貯槽等への注水は、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%に至る前までに貯槽等への注水を開始する。

また、事態を収束させるため、貯槽等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、第1貯水槽の水を冷却コイル等へ通水する。冷却に用いた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第1貯水槽に移送し、再び、冷却コイル等への通水の水源として用いる。

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7.2-

5図に、対策の手順の概要を第7.2-6図に、各建屋の対策における手順及び設備の関係を第7.2-24表及び第7.2-25表に、必要な要員及び作業項目を第7.2-21図に示す。

7.2.2.1.1.1 貯槽等への注水

(1) 貯槽等への注水の着手判断

「7.2.1.1(1) 内部ループへの通水の着手判断」と同様である。

貯槽等への注水の実施のための準備作業として以下の(2)及び(3)へ移行する。

(2) 建屋外の水の給排水経路の構築

「7.2.1.1(2) 建屋外の水供給経路の構築」と同様である。

(3) 貯槽等への注水の準備

建屋内の注水経路を構築するために、給水用の可搬型中型移送ポンプの下流側に可搬型建屋内ホースを敷設し、可搬型機器注水流量計を可搬型建屋内ホースの経路上に設置する。

可搬型建屋内ホースと機器注水配管を接続し、可搬型建屋内ホースと可搬型建屋外ホースを接続することで、第1貯水槽から第7.2-1表に示す貯槽等に注水するための経路を構築する。また、高レベル廃液ガラス固化建屋においては、水の注水経路として冷却水注水配管も用いる。

常設重大事故等対処設備により貯槽等の液位を計測できない場合は、第7.2-1表に示す貯槽等に可搬型貯槽液位計を設置し、第7.2-1表に示す貯槽等に内包する高レベル廃液等の液位を計測する。また、第7.2-1表に示す貯槽等に内包する高レベル廃液等の温度の監視を継続する。

(4) 貯槽等への注水の実施判断

高レベル廃液等が沸騰に至り，高レベル廃液等の液量が初期液量の70%まで減少する前に貯槽等への注水開始を判断し，以下の(5)へ移行する。

第7.2－1表に示す貯槽等への注水の実施を判断するために必要な監視項目は，第7.2－1表に示す貯槽等の貯槽等液位及び貯槽等温度である。

(5) 貯槽等への注水の実施

第7.2－1表に示す貯槽等の可搬型貯槽液位計の指示値から貯槽等の液位を算出し，貯槽等への注水量を決定した上で，可搬型中型移送ポンプを運転し第1貯水槽の水を第7.2－1表に示す貯槽等に注水する。注水流量は，可搬型機器注水流量計の指示値を基に調整する。

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7.2－1表に示す貯槽等の液位及び温度の監視を継続する。貯槽等の温度の監視により沸騰が継続していることを確認し，かつ，貯槽等の液位の監視により，貯槽等の液位が低下している場合には，高レベル廃液等の初期液量の70%に相当する液位に至る前までに，第7.2－1表に示す貯槽等への注水を再開する。

貯槽等への注水時に確認が必要な監視項目は，貯槽等注水流量，第7.2－1表に示す貯槽等の貯槽等液位及び貯槽等温度である。

(6) 貯槽等への注水の成否判断

第7.2－1表に示す貯槽等の液位から，第7.2－1表に示す貯槽等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7.2－1表に示す貯槽等の貯槽等液位である。

7.2.2.1.1.2 冷却コイル等への通水

(1) 冷却コイル等への通水による冷却の着手判断

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7.2－1表に示す貯槽等の貯槽等温度である。

(2) 建屋外の水の給排水経路の構築

「7.2.1.1(2) 建屋外の水供給経路の構築」と同様である。

(3) 冷却コイル等への通水による冷却の準備

第7.2－1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、冷却コイル等の損傷の有無を確認するため、給水用の可搬型中型移送ポンプの下流側に、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の他に、冷却コイル等への通水のために必要な可搬型建屋内ホースを敷設し、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。

可搬型建屋内ホースを冷却コイル等の給水側の接続口に接続し、冷却コイル等の排水側の接続口の弁を閉め切った状態で、可搬型中型移送ポンプにより第1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等の健全性を確認する。

冷却に使用した水を可搬型排水受槽へ移送するために、可搬型建屋内ホースを敷設する。

可搬型建屋内ホースを冷却コイル等の排水側の接続口に接続し、可

搬型建屋内ホースと可搬型建屋外ホースを接続することで、冷却に使用した水を可搬型排水受槽に排水するための経路を構築する。

また、高レベル廃液ガラス固化建屋においては、水の給排水経路として冷却水給排水系も用いる。

本対応は、貯槽等に内包する高レベル廃液等が沸騰に至るまでの時間が短い貯槽等を優先して実施する。

冷却コイル等への通水の準備は、準備作業及び実施に要する作業が多く、他の拡大防止対策と同時に準備作業を実施した場合、大気中への放射性物質の放出を抑制できる状態を整備する前に高レベル廃液等が沸騰する可能性があることから、貯槽等への注水、凝縮器による発生した蒸気及び放射性物質の除去、塔槽類廃ガス処理設備からセルへの導出経路の構築並びに可搬型フィルタ及び可搬型排風機を用いた代替セル排気系による対応を優先して実施し、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。

(4) 冷却コイル等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(5)へ移行する。

(5) 冷却コイル等への通水による冷却の実施

可搬型中型移送ポンプを運転し第1貯水槽の水を健全性が確認された冷却コイル等に通水する。

通水流量は、可搬型冷却コイル通水流量計の指示値を基に調整する。

冷却コイル等への通水に使用した水は、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、第1貯水槽へ移送する。

冷却コイル等への通水に必要な監視項目は、建屋給水流量、冷却コイル通水流量、第7.2－1表に示す貯槽等の貯槽等温度及び排水線量である。

(6) 冷却コイル等への通水の成否判断

第7.2－1表に示す貯槽等に内包する高レベル廃液等の温度が沸点から低下傾向を示していることを確認することにより、冷却コイル等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7.2－1表に示す貯槽等の貯槽等温度である。

7.2.2.1.2 セルへの導出経路の構築及び代替セル排気系による対応

高レベル廃液等が沸騰に至る場合に備え、セル導出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重大事故等対処設備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通水するため、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と凝縮器の接続口を接続し、第1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ともに、凝縮器下流側に設置したセル導出ユニットフィルタにより放射性物質を除去する。

また、凝縮器で蒸気を凝縮させることにより発生する凝縮水は、セル又は貯槽に回収し貯留する。

回収先のセル又は貯槽の液位及び凝縮器下流側に設置している凝縮器

出口温度を確認することにより凝縮器が稼働していることを確認する。

凝縮器の冷却に用いた水は、内部ループへの通水と同じ様に排水経路を経由して第1貯水槽に移送し、再び、凝縮器への通水の水源として用いる。

凝縮器下流側に設置したセル導出ユニットフィルタの差圧が、凝縮器通過後の排気の湿分により上昇する場合には、セル導出ユニット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、蒸発乾固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、蒸発乾固発生時には、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、セル導出ユニットフィルタで除去する。

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、導出先セルの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、可搬型発電機、可搬型ダクト及び可搬型フィルタを2段敷設し、主排気筒へつながるよう、可搬型排風機、可搬型ダクトと可搬型フィルタを接続し、可搬型ダクトと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で除去しつつ、主排気筒を介して、大気中に管理しながら放出する。

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7.2－5図に、対策の手順の概要を第7.2－6図に、各建屋の対策における手順及び設備の関係を第7.2－26表に、必要な要員及び作業項目を第7.2－21図に示す。

- (1) セルへの導出経路の構築及び代替セル排気系による対応のための着手判断

「7.2.1.1(1) 内部ループへの通水の着手判断」と同様である。

セルへの導出経路の構築及び代替セル排気系による対応のための準備作業として以下の(2)、(3)及び(4)へ移行する。

- (2) 建屋外の水供給経路の構築

「7.2.1.1(2) 建屋外の水供給経路の構築」と同様である。

- (3) セルへの導出経路の構築及び代替セル排気系による対応のための準備

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、貯槽等へ水素掃気用の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7.2－1表に示す貯槽等に内包する高レベル廃液等の沸騰に伴い発生する蒸気を凝縮し、放射性物質を除去するために、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を敷設し、可搬型建屋内ホース及び凝縮器を接続する。

高レベル廃液ガラス固化建屋においては、凝縮器への水の供給経路

として凝縮器冷却水給排水系を用いるとともに、凝縮器通過後の排気の排気経路として気液分離器も用いる。

前処理建屋においては、凝縮器からの凝縮水の排水経路を構築するため、可搬型建屋内ホースも用いる。

可搬型凝縮器通水流量計を可搬型建屋内ホースの経路上に設置する。

常設重大事故等対処設備を用いて凝縮水回収セル等の液位を計測できない場合は、第7.2-27表に示す凝縮水回収セル等に可搬型漏えい液受皿液位計及び可搬型凝縮水槽液位計を設置する。

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、第1貯水槽から凝縮器に水を通水するための経路を構築する。また、可搬型凝縮器出口排気温度計を塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニットに設置する。

セル排気系、可搬型フィルタ、可搬型ダクトと可搬型排風機を接続する。また、可搬型フィルタ差圧計を可搬型フィルタに設置する。

前処理建屋においては、排気経路を構築するため、主排気筒へ排出するユニットを用いる。高レベル廃液ガラス固化建屋においては、蒸気量が多いため、排気経路上に可搬型デミスタを設置する。

可搬型排風機、各建屋の重大事故対処用母線（常設分電盤及び常設電源ケーブル）、可搬型分電盤、可搬型電源ケーブル及び各建屋の可搬型発電機を接続する。

常設重大事故等対処設備を用いて塔槽類廃ガス処理設備の圧力を計測できない場合は、塔槽類廃ガス処理設備内の圧力を監視するため、可搬型廃ガス洗浄塔入口圧力計を塔槽類廃ガス処理設備に設置する。

また、常設重大事故等対処設備を用いて導出先セルの圧力を計測できない場合は、第7.2-28表に示す導出先セルの圧力を監視するため、

可搬型導出先セル圧力計を第7.2-28表に示す導出先セルに設置する。

セル導出ユニットフィルタの差圧を監視するため、可搬型セル導出ユニットフィルタ差圧計をセル導出ユニットフィルタに設置する。

外的事象の「火山の影響」を要因として冷却機能が喪失した場合には、降灰により可搬型発電機が機能喪失することを防止するため、運搬車を用いて可搬型発電機を各建屋内に敷設する。

(4) 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(5)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7.2-1表に示す貯槽等に内包する高レベル廃液等の温度の監視を継続する。温度の監視により、第7.2-1表に示すいずれかの貯槽等に内包する高レベル廃液等の温度が85℃に至り、かつ、温度の上昇傾向が続く場合には、その貯槽等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(5)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7.2-1表に示す貯槽等の貯槽等温度である。

(5) セル導出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7.2-28表に示す導出先セルに放射性物質を導出するため、セル導出設備の隔離弁を閉止し、塔槽類廃ガス処理設備と第7.2-28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セル導出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7.2-28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7.2-28表に示す導出先セルに導出される。

(6) 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(7)へ移行する。

(7) 凝縮器への冷却水の通水

可搬型中型移送ポンプにより、第1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の指示値を基に調整する。

凝縮器への通水に使用した水は、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た後、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、第1貯水槽へ移送する。

凝縮器から発生する凝縮水は、第7.2-27表に示す凝縮水回収セル等に回収し貯留する。

凝縮器への通水時に必要な監視項目は、建屋給水流量、凝縮器通水

流量，凝縮水回収セル液位，凝縮水槽液位，凝縮器出口排気温度及び排水線量である。

(8) セル導出ユニットフィルタの隔離

第7.2－1表に示す貯槽等に内包する高レベル廃液等が沸騰した後，可搬型セル導出ユニットフィルタ差圧計により，セル導出ユニットフィルタの差圧を監視し，セル導出ユニットフィルタの差圧が上昇傾向を示した場合，セル導出ユニットフィルタを隔離し，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，セル導出ユニットフィルタ差圧である。

(9) 可搬型排風機の起動の判断

可搬型排風機の運転の準備完了後，可搬型排風機の起動を判断する。

(10) 可搬型排風機の運転

可搬型排風機を運転することで，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抑制し，セル内の圧力上昇を緩和しつつ，可搬型フィルタにより放射性エアロゾルを除去し，主排気筒を介して，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。

(11) 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，主排気筒を介した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，主排気筒を介した大気中への放射性物質の放出状況を監視する。

7.2.2.2 蒸発乾固の拡大防止対策の有効性評価

7.2.2.2.1 有効性評価

(1) 代表事例

「7.2.1.2.1(1) 代表事例」に示したとおりである。

(2) 代表事例の選定理由

「7.2.1.2.1(2) 代表事例の選定理由」に示したとおりである。

(3) 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、貯槽等への注水により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低下傾向を示す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、高レベル廃液等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速度が減少するが、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する。

また、貯槽等からの蒸気をセルに導出する際、凝縮器の機能が継続的に維持できているか確認するため、凝縮器で発生する凝縮水量が回収先のセルの漏えい液受皿等の容量を下回ることを確認する。

セルへの導出経路の構築及び代替セル排気系による対応に係る有効性評価は、大気中への放射性物質の放出量を算出し、これをセシウム

－137換算した値（以下7.2では「大気中への放射性物質の放出量（セシウム－137換算）」という。）を評価する。

この評価においては、貯槽等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、貯槽等に内包する高レベル廃液等の放射性物質、事故時の放射性物質の移行率、可搬型フィルタ、凝縮器及び放出経路構造物による除染係数を考慮する。

塔槽類廃ガス処理設備からセルへの導出経路の構築、凝縮器による発生した蒸気及び放射性物質の除去、可搬型フィルタ及び可搬型排風機を用いた代替セル排気系による対応に係る有効性評価においては、解析コードを用いず、簡便な計算に基づき評価する。

(4) 有効性評価の評価単位

「7.2.1.2.1(4) 有効性評価の評価単位」に示したとおりである。

(5) 機能喪失の条件

「7.2.1.2.1(5) 機能喪失の条件」に示したとおりである。

(6) 事故の条件及び機器の条件

「高レベル廃液等の核種組成、濃度、崩壊熱密度」及び「高レベル廃液等の液量」設定の考え方は、「7.2.1.2.1(6) 事故の条件及び機器の条件」に記載したとおりである。

高レベル廃液等の温度及び液位の推移の評価条件を第7.2－3表から第7.2－7表に示す。

蒸発乾固の拡大防止対策に使用する機器を第7.2－8表に示す。また、主要な機器の条件を以下に示す。

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、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台を兼用し、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、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、各貯槽等への水の供給流量は、内包する高レベル廃液等の崩壊熱を踏まえて調整し、以下に示す設定値以上で通水する。

また、「7.2.1 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。

(a) 蒸発速度の3倍の流量を想定した場合の貯槽等への注水流量

前処理建屋	$3.3 \times 10^{-1} \text{ m}^3 / \text{h}$
分離建屋	$6.1 \times 10^{-1} \text{ m}^3 / \text{h}$
精製建屋	$4.0 \times 10^{-1} \text{ m}^3 / \text{h}$
ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋	$9.3 \times 10^{-2} \text{ m}^3 / \text{h}$
高レベル廃液ガラス固化建屋	$5.5 \text{ m}^3 / \text{h}$

(b) 冷却コイル等への通水流量

前処理建屋	$2.3 \text{ m}^3 / \text{h}$
分離建屋	$5.2 \text{ m}^3 / \text{h}$
精製建屋	$2.8 \text{ m}^3 / \text{h}$
ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋	$1.0 \text{ m}^3 / \text{h}$
高レベル廃液ガラス固化建屋	$51 \text{ m}^3 / \text{h}$

(c) 凝縮器への通水流量

前処理建屋	$10 \text{ m}^3 / \text{h}$
-------	-----------------------------

分離建屋	$30\text{m}^3/\text{h}$
精製建屋	$6.0\text{m}^3/\text{h}$
ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋	$6.0\text{m}^3/\text{h}$
高レベル廃液ガラス固化建屋	$45\text{m}^3/\text{h}$

b. セル導出設備の隔離弁

セル導出設備の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を遮断する。

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を塔槽類廃ガス処理設備から凝縮器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（フィルタ）を経由して放射性物質の導出先セルに導出する。

d. 可搬型発電機

可搬型発電機は1台当たり約80 k V A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台を兼用し、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台を使用することで、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。

前処理建屋の可搬型排風機	約5.2 k V A（起動時 約32 k V A）
分離建屋の可搬型排風機	約5.2 k V A（起動時 約32 k V A）
精製建屋の可搬型排風機	約5.2 k V A（起動時 約32 k V A）
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 k V A（起動時 約32 k V A）

高レベル廃液ガラス固化建屋の可搬型排風機

約5.2 k V A（起動時 約32 k V A）

e. 凝縮器

凝縮器は貯槽等からの蒸気を凝縮させるために必要な除熱能力を有する。

f. 凝縮水回収先セルの漏えい液受皿等

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の容量は約20m³，分離建屋の凝縮水回収先貯槽である第1供給槽及び第2供給槽の容量は合計で約27m³，分離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の容量は約22m³，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の容量は約5.3m³，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の容量は合計で約17m³であり，これらを凝縮水受入可能量として確保する。また，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1,300m³を凝縮水受入れ可能量として確保する。

(3) 操作の条件

貯槽等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高レベル廃液等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では9時間後までに準備作業を完了する。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液量の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，貯槽等への注水

により沸騰継続による高レベル廃液等の濃縮を防止することから、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する。冷却コイル等への通水の実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安全冷却水系の冷却機能の喪失から30時間40分後までに冷却コイル等への通水を開始する。

貯槽等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貯槽等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7.2-21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、安全冷却水系の冷却機能の喪失から高レベル廃液等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では2時間25分後までに作業を完了する。

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分後までに完了する。

凝縮器への通水は、安全冷却水系の冷却機能の喪失から高レベル廃液等が沸騰に至る前までに準備作業が完了次第開始し、沸騰に至るまでの時間が最も短い精製建屋では8時間30分後までに凝縮器への通水を開始する。

代替セル排気系による排気は、安全冷却水系の冷却機能の喪失から高レベル廃液等が沸騰に至る前までに準備が整い次第開始し、沸騰までの時間が最も短い精製建屋では6時間40分後までに開始する。

精製建屋を例として、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第7.2-21図に示す。また、

安全冷却水系の冷却機能の喪失から第7.2-1表に示す貯槽等に内包する高レベル廃液等が沸騰に至るまでの時間を第7.2-9表、第7.2-12表、第7.2-15表、第7.2-18表及び第7.2-21表に示す。

(4) 放出量評価に関連する事故、機器及び操作の条件の具体的な展開

「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、「7.2.1.2.1(6) 事故の条件及び機器の条件」に記載したとおりである。

主排気筒を介した大気中への放射性物質の放出量の評価は、高レベル廃液等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高レベル廃液等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を介した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等に内包する放射性物質質量に対して、高レベル廃液等が沸騰を開始してから乾燥し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、高レベル廃液等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除染係数の逆数を乗じて算出する。

また、算出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、大気中への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-TECD C-1162⁽¹⁾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係る実効線量への換算係数⁽¹⁾を用いて、セシウム-137と着目核種との比から算出する。ただし、プルトニウム等の一部の核種は、化学形態

による影響の違いを補正する係数^{(1) (2)} を乗じて算出する。

a. 高レベル廃液等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

高レベル廃液等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評価条件については、「7.3.2.2 水素爆発の拡大防止対策の有効性評価」の「(4) 放出量評価に関連する機器の条件及び操作の条件の具体的な展開」の「i. 空気貯槽等から供給する圧縮空気に同伴する放射性物質の放出量評価」に示すとおりである。

b. 高レベル廃液等の沸騰後の事態の収束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評価

(a) 貯槽等に内包する放射性物質質量

第7.2-1表に示す貯槽等に内包する高レベル廃液等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 $45,000\text{MW d} / \text{t} \cdot \text{U}_{\text{PR}}$ 、照射前燃料濃縮度 $4.5\text{wt} \%$ 、比出力 $38\text{MW} / \text{t} \cdot \text{U}_{\text{PR}}$ 、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。

また、貯槽等に内包する放射性物質質量は、上記において算出した放射性物質の濃度に、第7.2-1表の貯槽等に内包する高レベル廃液等の体積を乗じて算出する。

(b) 高レベル廃液等が沸騰を開始してから乾燥し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

高レベル廃液等が沸騰を開始してから乾燥し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、貯槽等ごとに算出する。

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高レベル廃液等が沸騰を開始してから乾燥

し固化に至るまでの時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液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。

貯槽等ごとの設定値を第7.2-29表から第7.2-33表に示す。また、高レベル廃液等が沸騰に至る前までに冷却コイル等への通水により事態が収束する貯槽等については、沸騰に至らず、気相中への放射性物質の移行がないため設定値は0とする。

また、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7.2-1表に示す貯槽等に内包する高レベル廃液等が沸騰に至るまでの時間は、各貯槽等の高レベル廃液等の崩壊熱密度から算出する。

(c) 高レベル廃液等の沸騰に伴い気相中に移行する放射性物質の割合

高レベル廃液等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を蒸気流速が1.1 cm/sとなるように沸騰させ、模擬高レベル廃液が乾燥し固化に至り、乾固物の温度が140℃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、ブロアにより流量10 L/minでの吸引及び試験装置内の圧力を一定に保つためのN₂ガスの自動供給が実施されるため、積算移行率には、N₂ガスによる掃気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、積算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積算移行率として0.005%を採用している。

(d) 大気中への放出経路における除染係数

第7.2-1表に示す貯槽等に内包する高レベル廃液等で、事態の収束

までに沸騰に伴い発生した放射性物質を含む蒸気は、凝縮器による蒸気の凝縮及び放射性物質の除去を経て、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、可搬型フィルタ及び主排気筒を介して、大気中へ管理しながら放出する。

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⁽⁴⁾は、10とする。

凝縮器による放射性エアロゾルの除染係数⁽⁵⁾は、10とする。

また、可搬型フィルタは、1 段あたり 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。可搬型フィルタの放射性エアロゾルの除染係数⁽⁶⁾は、凝縮器による蒸気の凝縮により可搬型フィルタが設計上の除染能力を発揮できることから 10^5 とする。

凝縮器下流に設置するセル導出ユニットフィルタの除染係数は、蒸気によって劣化する可能性を考慮し評価上考慮しない。

(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. 貯槽等への注水

高レベル廃液等が沸騰に至った場合であっても、第1貯水槽から貯槽等へ注水することで、貯槽等の液位を一定範囲に維持できること。

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場合であっても、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、高レベル廃液等が未沸騰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、凝縮水の回収先セルの

漏えい液受皿等の容量を下回ること。

d. セルへの導出経路の構築及び代替セル排気系による対応

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 を十分下回るものであって、かつ、実行可能な限り低いこと。

7.2.2.2.2 有効性評価の結果

(1) 有効性評価の結果

a. 貯槽等への注水

沸騰に至るまでの時間が最も短い貯槽等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貯槽等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55人にて9時間で作業を完了するため、安全冷却水系の冷却機能の喪失から沸騰に至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高レベル廃液等の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、液位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生成することはない。

以上の有効性評価結果を第7.2-9表から第7.2-23表に、対策実施時のパラメータの推移を第7.2-22図から第7.2-26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貯槽等に内包する高レベル廃液等の冷却は、健全な冷却配管が1本あれば可能であり、高レベル廃液等が沸騰に至って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内部ループ1に属する貯槽等に対して冷却コイル等への通水を実施する場合、精製建屋における可搬型中型移送ポンプによる冷却コイル等への通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51人にて30時間40分で作業を完了できる。

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沸点から低下傾向を示し、高レベル廃液等の平衡温度が最も高いプルトニウム濃縮液受槽において約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内部ループ2に属する貯槽等に対して冷却コイル等への通水を実施する場合、精製建屋で安全冷却水系の冷却機能の喪失から53人にて37時間30分で作業を完了し実施できる。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沸点から低下傾向を示し、高レベル廃液等の平衡温度は最も温度が高いプルトニウム溶液受槽において約70℃である。

以上の有効性評価結果を第7.2-9表から第7.2-23表に、対策実施時のパラメータの推移を第7.2-22図から第7.2-26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貯槽等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人にて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に至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。

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、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^3 であり、凝縮水の発生量は回収先セルの漏えい液受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7.2-11表、第7.2-14表、第7.2-17表、第7.2-20表及び第7.2-23表に示す。

d. セルへの導出経路の構築及び代替セル排気系による対応

セルへの導出経路の構築及び代替セル排気系による対応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人にて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に至るまでの時間である11時間以内に代替セル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 $6 \times 10^{-13} \text{ TBq}$ 、分離建屋において約 $5 \times 10^{-7} \text{ TBq}$ 、精製建屋において約 $5 \times 10^{-6} \text{ TBq}$ 、ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋において約 $3 \times 10^{-7} \text{ TBq}$ 、高レベル廃液ガラス固化建屋において約 $4 \times 10^{-6} \text{ TBq}$ となり、合計で約 $1 \times 10^{-5} \text{ TBq}$ となる。

なお、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3時間10分であり、大気中への放出に至る建屋内の移行経路を踏まればその影響はわずかである。

セルへの導出経路の構築及び代替セル排気系による対応は、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は、高レベル廃液等が沸騰に至る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）は、100 T B q を十分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7.2-9表から第7.2-23表に、対策実施時のパラメータの推移を第7.2-27図から第7.2-36図に示す。

各建屋の主排気筒を介した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7.2-34表から第7.2-37表及び第7.2-38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7.2-37図から第7.2-40図に示す。

(2) 不確かさの影響評価

a. 事象、事故の条件及び機器の条件の不確かさの影響

(a) 想定事象の違い

「7.2.1.2.2(2) a. (a) 想定事象の違い」に記載したとおりである。

(b) 実際の熱条件の影響

沸騰に至るまでの時間に与える影響は、「7.2.1.2.2(2) a. (b) 実際の熱条件の影響」に記載したとおりである。

貯槽等への注水の実施間隔に与える影響は、高レベル廃液等の液量が初期液量の70%に減少するまでの時間が影響する。高レベル廃液等の濃縮に伴う沸点の上昇は5℃程度であり、例えばプルトニウム濃縮液1 m³の場合、30%分の水の蒸発に消費される熱量が約 4.5×10^8 Jなのに対し、5℃の温度上昇に必要な熱量が約 2×10^7 Jであり、崩壊熱の約5%が顕熱として消費されることが想定される。

したがって、初期液量から70%の液量に至るまでの時間が数%延びることになる。

以上より、実際の熱条件の下では、高レベル廃液等の液量が初期液量の70%に至るまでの時間は、全ての高レベル廃液等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ない。

(c) セルへの導出経路の構築及び代替セル排気系による対応の有効性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（セシウム-137換算）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。

仮に移行した放射性物質に気体状の放射性物質が含まれていた場合、放射性物質の移行率に変動があった場合及び冷却コイル等への通水までの時間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、放出量評価に用いた高レベル廃液等の核種組成や放出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、放出量がさらに小さくなることが想定される。

この様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。

i. 高レベル廃液等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

高レベル廃液等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、

「7.3.2.2 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. 高レベル廃液等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) 貯槽等に内包する放射性物質質量

貯槽等に内包する放射性物質質量は、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期間によっては、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) 高レベル廃液等が沸騰を開始してから乾燥し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

高レベル廃液等が沸騰を開始してから乾燥し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、蒸発乾固の発生が想定される高レベル廃液等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期間によっては、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、高レベル廃液等が沸騰を開始してから乾燥し固化に至るまで

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、高レベル廃液等が沸騰に至った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る。

このため、放射性物質の放出に寄与する時間割合は、大気中への放射性物質の放出量（セシウム-137換算）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。

(iii) 高レベル廃液等の沸騰に伴い気相中に移行する放射性物質の割合

高レベル廃液等の沸騰に伴い気相中に移行する放射性物質の割合は、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いないため、体系に起因した不確かさが存在する。

上限値としては、臨界に伴う沸騰時の移行率である0.05%がある。

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、設定した移行率は、沸騰開始から乾燥し固化に至るまでの間の積算移行率を確認した実験に基づき設定しているため、沸騰初期と乾燥し固化に至る沸騰晩期とでは、高レベル廃液等の性状が異なり、

性状に応じて移行率が変化する可能性がある。

これについては、移行率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、高レベル廃液等の性状の差が移行割合に与える影響は無視できる。

以上より、設定値に対して1桁未満の下振れを有するとともに、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) 大気中への放出経路における除染係数

大気中への放出経路における除染係数は、設定値に対して、凝縮器による除去効果として1桁程度の下振れを有するとともに、各建屋の塔槽類廃ガス処理設備の構造的な特徴並びに放射性物質の導出先セル及び各建屋のセル排気系の構造的な特徴として、大気中への放射性物質の放出量は1桁程度の下振れを有する。

さらに、第 7.2-1 表に示す貯槽等から放射性物質の導出先セルまでの放出経路上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、塔槽類廃ガス処理設備は多数の機器で構成されることにより、放射性エアロゾルの沈着による除去が期待できる。

また、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、代替セル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の除去が期待できるため、条件によっては、大気中

への放射性物質の放出量は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、塔槽類廃ガス処理設備の構造的な特徴並びに放射性物質の導出先セル及び各建屋の 代替セル排気系 の構造的な特徴全体で、大気中への放射性物質の放出量は1桁程度の上振れを有する可能性がある。

沸騰に伴い気相中へ移行する放射性物質に気体状の放射性物質が含まれていた場合には、放出経路上の除染係数が期待できず、大気中への放射性物質の放出量は、高レベル廃液ガラス固化建屋の場合で大気中への放射性物質の放出量は1桁程度増加する可能性がある。

(d) 貯槽等への注水による高レベル廃液等の温度低下に起因する不確かさ

沸騰している高レベル廃液等へ注水することにより、沸騰状態にある高レベル廃液等が未沸騰状態へ移行することで放射性物質の放出量が低減する可能性がある。

貯槽等への注水により高レベル廃液等の温度を沸点未満に下げするためには、高レベル廃液等が有する崩壊熱に対して、注水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。

貯槽等への注水では、過剰な量の注水による貯槽等内の高レベル廃液等のオーバーフローの可能性があるが、いかなる条件においても蒸発速度の8倍以上の注水流量を確保することが困難であることから、貯槽等への注水による放射性物質の放出量低減に係る不確かさの幅は設定しない。

b. 操作の条件の不確かさの影響

(a) 実施組織要員の操作

「7.2.1.2.1(2) b. (a) 実施組織要員の操作」に記載したとおりであ

る。

(b) 作業環境

高レベル廃液等が沸騰に至るまでは有意な作業環境の悪化はなく，貯槽等への注水の準備，セルへの導出経路の構築及び代替セル排気系による対応に関する対策の準備及び実施は，高レベル廃液等が沸騰に至る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。

7.2.2.2.3 重大事故等の同時発生又は連鎖

(1) 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に至った場合には，拡大防止対策として，第1貯水槽から貯槽等へ水を注水する。

貯槽等への注水は，貯槽等に内包する高レベル廃液等が初期液量の70%まで減少する前に実施する。

さらに，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ため，冷却コイル等への通水を実施し，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ことで，未沸騰状態に導くとともに，これを維持する。

以上の拡大防止対策を考慮した時の高レベル廃液等の状態及び高レベル廃液等の状態によって生じる事故時環境は次のとおりである。

a. 高レベル廃液等の状態

蒸発乾固の発生を想定する貯槽等に内包されている高レベル廃液等は，溶解液，抽出廃液，プルトニウム溶液（24 g Pu / L），プルトニウム濃縮液（250 g Pu / L）及び高レベル濃縮廃液である。

蒸発乾固は，平常運転時に貯槽等に内包する高レベル廃液等に対して，

異なる溶液が混入して発生する事象ではなく，冷却機能の喪失により発生する事象であるため，高レベル廃液等の組成が変化することはない。

一方，拡大防止対策である貯槽等への注水は間欠注水にて実施するため，高レベル廃液等が濃縮及び希釈を繰り返す。

この過程における高レベル廃液等の状態変化のうち温度は，プルトニウム濃縮液（250 g Pu / L）において最大で約120℃まで上昇する。

また，ルテニウムを内包する高レベル濃縮廃液において約110℃まで上昇する。

核燃料物質等の濃度及び崩壊熱密度は，プルトニウム濃縮液（250 g Pu / L）において初期値の約1.5倍まで，高レベル濃縮廃液において初期値の約1.2倍まで上昇する。

一方，溶解液，抽出廃液及びプルトニウム溶液（24 g Pu / L）は，高レベル廃液等が沸騰に至る前に冷却コイル等への通水が開始されるため，溶解液，抽出廃液及びプルトニウム溶液（24 g Pu / L）が濃縮することはない。

また，高レベル廃液等は温度上昇及び濃縮するのみであり，貯槽等に内包する放射性物質質量及び崩壊熱自体が変わることはない。高レベル廃液等の硝酸濃度は，最大でもプルトニウム濃縮液（250 g Pu / L）の約9規定であり，高レベル濃縮廃液の場合，約3規定である。また，冷却コイル等への通水が実施される時間が初期液量の70%に至るまでの時間より長いプルトニウム濃縮液（250 g Pu / L）は，貯槽等への注水により希釈され，この時のプルトニウム濃縮液の硝酸濃度は約5規定となる。

b．高レベル廃液等の状態によって生じる事故時環境

(a) 温度

高レベル廃液等の温度は、各貯槽等における冷却コイル等への通水を開始した時の温度又は高レベル廃液等が初期液量の 70%まで減少した時の温度を基に設定しており、「7.2.2.2.3(1) a. 高レベル廃液等の状態」に記載したとおり最大でも約 122℃である。

高レベル廃液等の具体的な温度は、以下のとおりである。

プルトニウム濃縮液 (250 g P u / L)

: 122℃ (70%濃縮時の温度)

プルトニウム溶液 (24 g P u / L)

: 65℃ (冷却コイル等通水開始時の温度)

溶解液 : 57℃ (冷却コイル等通水開始時の温度)

抽出廃液 : 53℃ (冷却コイル等通水開始時の温度)

高レベル濃縮廃液 : 105℃ (冷却コイル等通水開始時の温度)

(b) 圧力

高レベル廃液等が沸騰に至り、貯槽等内及び貯槽等に接続する塔槽類廃ガス処理設備内が加圧された場合には、水封安全器から圧力が減圧される設計となっている。

以上のことから、高レベル廃液等が沸騰に至ったとしても、系統内の圧力は最大でも約 3 k P a であり、平常運転時と同程度である。

(c) 湿度

高レベル廃液等が沸騰に至った場合、蒸気により多湿環境となる。

(d) 放射線

高レベル廃液等が沸騰に至ったとしても、高レベル廃液等が濃縮するのみであり、貯槽等内の放射性物質が増加することはない。また、高レベル廃液等が濃縮する過程において臨界の発生は想定されないこ

とから、線量は平常運転時から変化することはない。

一方、貯槽等外に着目した場合には、高レベル廃液等に含まれる放射性物質が蒸気に同伴され、貯槽等外へ移行するため、貯槽等外の 線量は上昇する。

- (e) 物質（水素、蒸気、煤煙、放射性物質、その他）及びエネルギーの発生

高レベル廃液等の沸騰に伴い、水素発生量G値が上昇し、プルトニウム濃縮液（250 g P u / L）の場合には、貯槽等への注水により硝酸濃度が低下するため水素発生量が増加する。

また、高レベル廃液等の沸騰に伴い蒸気が発生する。

一方、高レベル廃液等が沸騰に至ったとしても、高レベル廃液等の放射性物質の濃度が上昇するのみであり、臨界の発生は想定されないことから、新たな放射性物質の生成はない。

T B P 等を含む使用済みの有機溶媒は、平常運転時において、分離建屋一時貯留処理設備の第1一時貯留処理槽、第6一時貯留処理槽、第7一時貯留処理槽及び第8一時貯留処理槽並びに精製建屋一時貯留処理設備の第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おいて、有意量を受け入れる場合があるが、通常状態で受け入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 k W程度であり、高レベル廃液等の濃縮又は温度上昇が想定されず、有機溶媒等による火災又は爆発の発生は想定されないことから、これらの反応により生成する煤煙及びその他の物質が発生することはない。

また、上記以外の貯槽等においては、分離設備のT B P 洗浄塔及びT B P 洗浄器並びにプルトニウム精製設備のT B P 洗浄器において、希釈材により除去され、溶媒再生系（分離・分配系）の第1洗浄器、第2洗浄器及び第3洗浄器並びに溶媒再生系（プルトニウム精製系）

の第1洗浄器、第2洗浄器及び第3洗浄器において、炭酸ナトリウム溶液等により、洗浄及び再生されることから、高レベル廃液等の沸騰が発生する貯槽等には、有意量のT B P等を含む使用済みの有機溶媒が含まれることはなく、有機溶媒等による火災又は爆発の発生は想定されないことから、これらの反応により生成する煤煙及びその他の物質が発生することはない。

(f) 落下又は転倒による荷重

高レベル廃液等の温度が上昇したとしても、貯槽等の材質の強度が有意に低下することはない、貯槽等が落下又は転倒することはない。

(g) 腐食環境

高レベル廃液等の沸騰により、高レベル廃液等の硝酸濃度は、プルトリウム濃縮液（250 g P u / L）の場合は最大で約9規定となり、高レベル濃縮廃液の場合は最大で約3規定となる。そのため、蒸気及び凝縮水の硝酸濃度が最大で約8規定となる。

(2) 重大事故等の同時発生

「7.2.1.2.3(2) 重大事故等の同時発生」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、「7.6 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。

(3) 重大事故等の連鎖

拡大防止対策を考慮した時の高レベル廃液等の状態及び高レベル廃液等の状態によって生じる事故時環境を明らかにし、高レベル廃液等の状態によって新たに連鎖して発生する重大事故等の有無及び事故時環境が安全機能の喪失をもたらすことによって連鎖して発生する重大事故等の有無を明らかにする。

- a. 事故進展により自らの貯槽等において連鎖して発生する重大事故等の
特定

(a) 臨界事故

「7.2.2.2.3(1) 重大事故等の事象進展，事故規模の分析」に記載したとおり，プルトニウム濃縮液（250 g Pu / L）の濃度が上昇し，70%濃縮時には約360 g Pu / Lまでプルトニウムの濃度が上昇するが，プルトニウム濃縮液を内包する貯槽等は全濃度安全形状寸法管理により臨界事故の発生を防止しており，また，貯槽等の材質はステンレス鋼又はジルコニウムであり，想定される温度，圧力，腐食環境等の環境条件によって貯槽等のバウンダリの健全性が損なわれることはなく，貯槽等の胴部の外側に設置されている全濃度安全形状寸法管理を担う中性子吸収材が損傷することはない。

以上より，臨界事故が発生することはない。

(b) 水素爆発

「7.2.2.2.3(1) 重大事故等の事象進展，事故規模の分析」に記載したとおり，高レベル廃液等が沸騰した場合の水素発生量は，平常運転時と比べて相当多くなる。

蒸発乾固の発生が想定される貯槽等は，全て安全圧縮空気供給系から水素掃気用の圧縮空気が供給されており，安全圧縮空気供給系からの水素掃気用の圧縮空気の供給量は，十分な余裕が確保されていることから，沸騰時であっても貯槽等の気相部の水素濃度がドライ換算 8 v o 1 %を超えることはない。

さらに，プルトニウム濃縮液（250 g Pu / L）の場合には，貯槽等への注水により硝酸濃度が平常運転時の 7 規定から 5 規定に低下し，これにより水素発生量が増加するが，各々の硝酸濃度における水素発

生G値は0.048及び0.059であり、希釈後のプルトニウム濃縮液の水素発生量は平常運転時の約1.3倍になる程度である。これに対し、安全圧縮空気供給系からの水素掃気用の圧縮空気の供給量は十分な余裕が確保されていることから、沸騰時であっても貯槽等の気相部の水素濃度がドライ換算8vol%を超えることはない。

また、高レベル廃液等の沸騰に伴い発生する蒸気により、貯槽等内の圧力が上昇するが、圧力の上昇は最大でも約3kPaと平常運転時と同程度であり、貯槽等内の圧力上昇により安全圧縮空気供給系からの水素掃気用の圧縮空気の供給が阻害されることはない。

また、安全圧縮空気系の配管の材質はステンレス鋼であり、想定される温度、圧力、腐食環境等の環境条件によって安全圧縮空気系の配管が損傷することはない。

以上より、水素爆発が発生することはない。

(c) 有機溶媒等による火災又は爆発

「7.2.2.2.3(1) 重大事故等の事象進展、事故規模の分析」に記載したとおり、有意な量のTBP等を含む使用済みの有機溶媒が、高レベル廃液等の沸騰が発生する貯槽等に混入することはない。

また、沸騰が発生する貯槽等に接続する機器注水配管、冷却コイル等の材質は、ステンレス鋼又はジルコニウムであり、想定される温度、圧力、腐食環境等の環境条件によってこれらのバウンダリの健全性が損なわれることはないことから、有機溶媒が混入することもない。

以上より、有機溶媒等による火災又は爆発が発生することはない。

(d) 放射性物質の漏えい

貯槽等及び貯槽等に接続する配管の材質はステンレス鋼又はジルコニウムであり、想定される温度、圧力、腐食環境等の環境条件によって

これらのバウンダリの健全性が損なわれることはなく、放射性物質の漏えいが発生することはない。

b. 重大事故等が発生した貯槽等以外の安全機能への影響及び連鎖して発生する重大事故等の特定

貯槽等及び貯槽等に接続する配管の材質はステンレス鋼又はジルコニウムであり、想定される温度、圧力等の環境条件によってこれらのバウンダリの健全性が損なわれることはなく、温度及び放射線以外の貯槽等内の環境条件が貯槽等及び貯槽等に接続する機器の外へ及ぶことはないことから、温度及び放射線以外の環境条件の変化によってその他の重大事故等が連鎖して発生することはない。

温度及び放射線の影響は貯槽等及び貯槽等に接続する機器の外へ及ぶものの、温度は最大でも120℃程度であり、また、放射線は平常運転時と変わらず、これらの影響が十分な厚さを有するセルを超えてセル外へ及ぶことはない。

また、セル内の安全機能を有する機器もこれらの環境条件で健全性を損なうことはないことから、温度及び放射線の環境条件の変化によってその他の重大事故等が連鎖して発生することはない。

貯槽等に接続する配管を通じた貯槽等内の環境の伝播による安全機能への影響の詳細は次のとおりである。

(a) 安全圧縮空気系

安全圧縮空気系からの水素掃気用の圧縮空気の供給圧は、貯槽等内の圧力より高いことから、安全圧縮空気系配管を通じて貯槽等内の影響が波及することはない、高レベル廃液等の沸騰により安全圧縮空気系が機能喪失することはない。

以上より、高レベル廃液等の沸騰により安全圧縮空気系が機能喪失

することはなく、水素爆発が発生することはない。

(b) 塔槽類廃ガス処理設備等

貯槽等に接続する塔槽類廃ガス処理設備の配管を通じて、貯槽等内の環境が塔槽類廃ガス処理設備、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凝縮水回収配管（以下7.2では「塔槽類廃ガス処理設備等」という。）に波及する。

塔槽類廃ガス処理設備等の材質はステンレス鋼であり、貯槽等内の環境条件によってバウンダリの健全性が損なわれることはない。

一方、塔槽類廃ガス処理設備の高性能粒子フィルタは蒸気による機能低下が想定されるものの、本現象は、蒸発乾固における想定条件そのものである。

以上より、高レベル廃液等の沸騰により塔槽類廃ガス処理設備等が機能喪失することはない、放射性物質の漏えいが発生することはない。

(c) 放射性物質の放出経路（建屋換気設備等）

導出先セル及び導出先セル以降の排気経路の温度は、塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニット上の凝縮器による蒸気の除去及び除熱により 50℃以下となり、平常運転時の温度と同程度であるが、水素掃気用の圧縮空気に溶存する湿分が導出先セルへ導出され多湿環境となるものの、蒸気に含まれる硝酸成分のほとんどが凝縮水として回収されることから、導出先セル及び導出先セル以降の排気経路の腐食環境は、平常運転時と同じである。

また、導出先セル及び導出先セル以降の排気経路の圧力は、塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニット上の凝縮器による蒸気の除去及び可搬型排風機の運転により大気圧と同程度となり、平常運転時の圧力と同程度である。

以上より，高レベル廃液等の沸騰により放射性物質の放出経路（建屋換気設備）が機能喪失することではなく，放射性物質の漏えいが発生することはない。

d．分析結果

蒸発乾固の発生が想定される5建屋13機器グループ，53貯槽等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た。高レベル廃液等が沸騰し，濃縮及び希釈を繰り返す過程において，放射線分解により発生する水素の生成量が増加するが，安全圧縮空気供給系からの水素掃気用の圧縮空気の供給量は，十分な余裕が確保されており，沸騰時であっても貯槽等の気相部の水素濃度がドライ換算8 v o 1 %を超えることがないこと等，蒸発乾固の発生によって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。

7.2.2.2.4 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貯槽等への注水手段，冷却コイル等への通水手段，貯槽等において沸騰に伴い気相中へ移行した放射性物質をセルへの導出経路の構築及び代替セル排気系による対応により除去する手段を整備しており，これらの対策について，外的事象の「地震」を要因として有効性評価を行った。

貯槽等への注水は，高レベル廃液等が沸騰に至る前までに貯槽等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高レベル廃液等の液量を回復するため，定期的に貯槽等へ注水することで，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，貯槽等への注水により蒸発乾固の進行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、準備が完了次第実施することで、高レベル廃液等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。

セルへの導出経路の構築及び代替セル排気系による対応により放射性物質を除去する手段は、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、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、セルへの導出経路の構築及び代替セル排気系による対応を高レベル廃液等が沸騰に至る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主排気筒 を介した 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 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）は、5 建屋合計で約 1×10^{-5} T B q であり、セルへの導出経路の構築及び代替セル排気系による対応の評価に用いるパラメータの不確かさの幅を考慮しても、100 T B q を十分下回る。

評価条件の不確かさについて確認した結果、実施組織要員の操作時間に与える影響及び評価結果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、外的事象の「地震」とは異なる特徴を有する外的事象の「火山の影響」を要因とした場合に有効性評価へ与える影響を分析した。

外的事象の「火山 の影響」を要因とした場合には、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（「やや多量」以上）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 ことから，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 貯槽等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貯槽等に接続する安全機能を有する機器が，損傷又は機能喪失することではなく，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が機能しなかったとしても，貯槽等への注水により放射性物質の発生を抑制し，及び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実行可能な限り低く，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，「7.2.2.2.1(5) 判断基準」を満足する。

7.2.3 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。

(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、外的事象の「地震」を要因とした場合で、同時に作業する要員が最も多い場合の要員数は98人であり、待機している要員を含めた場合の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147人である。

外的事象の「地震」とは異なる環境条件をもたらす可能性のある外的事象の「火山の影響」を要因とした場合、同時に作業する要員が最も多い場合の要員数は96人であり、待機している要員を含めた場合の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146人である。

また、内的事象の「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」を要因とした場合は、外的事象の「地震」を要因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、重大事故等対策の内容にも違いがないことから、必要な要員は合計147人以内である。

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147人であるが、事業所内に常駐している実施組織要員は164人であり、必要な作業が可能である。

(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。

a. 水源

- (a) 内部ループへの通水，冷却コイル等への通水及び凝縮器への通水による水の温度影響評価

第1貯水槽の一区画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，内部ループへの通水，冷却コイル等への通水及び凝縮器への通水で使用する第1貯水槽の一区画の水温の上昇は1日あたり約 3.1°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。

水の温度影響評価の詳細を以下に示す。

内部ループへの通水，冷却コイル等への通水及び凝縮器への通水に使用した排水は，第1貯水槽の一区画へ戻し再利用する。

この場合，第1貯水槽の水量は，貯槽等への注水並びに第1貯水槽及び可搬型排水受槽の開口部からの自然蒸発によって減少するが，第1貯水槽及び可搬型排水受槽の開口部は小さく，自然蒸発の影響は小さいことから，貯槽等への注水による減少分を考慮した第1貯水槽の一区画の温度上昇を算出するとともに，冷却への影響を分析した。

第1貯水槽の水の温度への影響の評価の条件は，外的事象の「地震」又は「火山 の影響」の想定によらず同じである。

第1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 k W
第1貯水槽の水量	: $9,970\text{m}^3 \times 1$
第1貯水槽の初期水温	: 29°C
第1貯水槽の水の密度	: $996\text{ k g} / \text{m}^3 \times 2$
第1貯水槽の水の比熱	: $4,179\text{ J} / \text{ k g} / \text{K} \times 2$

※1 貯槽等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

約 26m³を切り上げて 30m³とし、第 1 貯水槽の一区画分の容積 10,000m³から減じて設定。

※ 2 伝熱工学資料第 4 版 300Kの水の物性を引用

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

$$\begin{aligned}\Delta T [^{\circ}\text{C}/\text{日}] &= 1,470,000 [\text{J}/\text{s}] \times 86,400 [\text{s}/\text{日}] \\ &\quad / (9,970 [\text{m}^3] \times 996 [\text{kg}/\text{m}^3] \times 4,179 [\text{J}/\text{kg}/\text{K}]) \\ &= \text{約 } 3.1^{\circ}\text{C}/\text{日}\end{aligned}$$

なお、上記に示したとおり、自然蒸発による第 1 貯水槽の水の減少は、第 1 貯水槽及び可搬型排水受槽の開口部の構造上の特徴から、有意な量の水が蒸発することは考え難いが、自然蒸発による第 1 貯水槽の水の減少が第 1 貯水槽の水の温度に与える影響を把握する観点から、現実的には想定し得ない条件として、冷却対象貯槽等の総熱負荷により第 1 貯水槽の水が蒸発する想定を置いた場合の第 1 貯水槽の水の温度上昇を評価する。

本想定における第 1 貯水槽の水の蒸発量は約 310m³となる。これを考慮し、第 1 貯水槽の水量を 9,690m³と設定した場合、第 1 貯水槽の温度上昇は約 3.2 $^{\circ}\text{C}/\text{日}$ であり、自然蒸発による第 1 貯水槽の水の減少が第 1 貯水槽の水の温度に与える影響は小さいと判断できる。

(b) 水の使用量の評価

貯槽等への注水によって消費される水量は、冷却コイル等への通水を

開始し、高レベル廃液等が未沸騰状態に移行するまでの期間を考慮すると、外的事象の「地震」又は「火山の影響」の想定によらず、合計約 26m^3 の水が必要である。また、代替安全冷却水系と第1貯水槽間を循環させるために必要な水量は、約 $3,000\text{m}^3$ である。

水源として、第1貯水槽の一区画に約 $10,000\text{m}^3$ の水を保有しており、これにより、必要な水源は確保可能である。

貯槽等への注水によって消費される水量についての詳細を以下に示す。

前処理建屋	約 0m^3
分離建屋	約 1.4m^3
精製建屋	約 2.1m^3
ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋	約 0.2m^3
高レベル廃液ガラス固化建屋	約 23m^3
全建屋合計	約 26m^3

b. 燃料

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、外的事象の「地震」を想定した場合、合計で約 62m^3 である。また、外的事象の「火山の影響」を想定した場合、合計で約 63m^3 である。

第1軽油貯槽から第8軽油貯槽にて合計約 800m^3 の軽油を確保していることから、外部支援を考慮しなくとも7日間の対処の継続が可能である。

必要な燃料についての詳細を以下に示す。

- (a) 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使用する可搬型中型移送ポンプ

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、可搬型中型移送ポンプの起動から7日間の対応を考慮すると、外的事象の「地震」又は「火山の影響」の想定によらず、運転継続に合計約40m³の軽油が必要である。

【第1貯水槽から建屋への水供給及び建屋から第1貯水槽への排水】

前処理建屋	約12m ³
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	約14m ³
高レベル廃液ガラス固化建屋	約14m ³
全建屋合計	約40m ³

(b) 可搬型排風機の運転に使用する可搬型発電機

蒸発乾固の拡大防止対策に使用する可搬型発電機は、可搬型発電機の起動から7日間の対応を考慮すると、外的事象の「地震」又は「火山の影響」の想定によらず、運転継続に合計約12m³の軽油が必要である。

前処理建屋	約2.9m ³
分離建屋	約3.0m ³
精製建屋及びウラン・プルトニウム混合脱硝建屋	約3.0m ³
高レベル廃液ガラス固化建屋	約3.0m ³
全建屋合計	約12m ³

(c) 代替排気モニタリング設備の可搬型発電機

代替排気モニタリング設備の可搬型発電機による電源供給は、可搬型発電機の起動から7日目までの運転を想定すると、外的事象の「地震」又は「火山の影響」の想定によらず、運転継続に合計約0.22m³の軽油が必要となる。

(d) 可搬型空気圧縮機

代替計測制御設備の可搬型貯槽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、可搬型空気圧縮機の起動から7日間の対応を考慮すると、外的事象の「地震」又は「火山の影響」の想定によらず、運転継続に合計約 5.9m^3 の軽油が必要である。

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

(e) 蒸発乾固対応時の運搬等に必要な車両

燃料の運搬、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、可搬型中型移送ポンプ運搬車、ホース展張車及び運搬車並びにホイールローダは、外的事象の「地震」を想定した場合、車両の使用開始から7日間の対応を考慮すると、運転継続に合計約 4.7m^3 の軽油が必要となる。また、外的事象の「火山の影響」を想定した場合、車両の使用開始から7日間の対応を考慮すると、運転継続に合計約 4.8m^3 の軽油が必要となる。

c. 電源

前処理建屋可搬型発電機の電源負荷は、前処理建屋における蒸発乾固の拡大防止対策に必要な負荷として、可搬型排風機の約 5.2kVA 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 39kVA である。

前処理建屋可搬型発電機の供給容量は、約80 k V Aであり、必要負荷に対しての電源供給が可能である。

分離建屋可搬型発電機の電源負荷は、分離建屋における蒸発乾固の拡大防止対策に必要な負荷として、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。

分離建屋可搬型発電機の供給容量は、約80 k V Aであり、必要負荷に対しての電源供給が可能である。

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防止対策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可搬型排風機の約11 k V Aである。精製建屋の可搬型排風機の起動は、冷却機能の喪失から6時間40分後、ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋の可搬型排風機の起動は、冷却機能の喪失から15時間後であり、可搬型排風機の起動タイミングの違いを考慮すると、約45 k V Aの給電が必要である。

ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋可搬型発電機の供給容量は、約80 k V Aであり、必要負荷に対しての電源供給が可能である。

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防止対策に必要な負荷として、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。

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であり、必要負荷に対しての電源供給が可能である。

代替排気モニタリング設備の可搬型発電機の電源負荷は、主排気筒

を介した大気中への放射性物質の放出状況の監視に必要な負荷として、約1.8 k V Aであり、対象負荷の起動時を考慮しても約1.8 k V Aである。

代替排気モニタリング設備の可搬型発電機の供給容量は、約3 k V Aであり、必要負荷に対しての電源供給が可能である。

7.2.4 参考文献

- (1) GENERIC PROCEDURES FOR ASSESSMENT AND RESPONSE DURING A RADIOLOGICAL EMERGENCY. IAEA, VIENNA, 2000 IAEA-TECDOC-1162
- (2) ICRP. Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides : Part 5 Compilation of Ingestion and Inhalation Dose Coefficients. Annals of the ICRP, ICRP Publication 72. 1996, vol. 26, no. 1.
- (3) 「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. 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. 2014-02
- (4) “Siting of fuel Reprocessing Plants and Waste Management Facilities”, ORNL-4451, 1970 (P8-45～)
- (5) J. D. Christian, D. T. Pence: “Critical Assessment of Method for Treating Airborne fluents from High-Level Waste Solidification Processes” PNL-2486 (1977)
- (6) Science Applications International. Nuclear Fuel Cycle Facility Accident Analysis Handbook. United States Nuclear Regulatory Commission, 1998-03, NUREG/CR-6410

10. 有機溶媒等による火災又は爆発への対処

ロ．再処理施設の一般構造

(7) その他の主要な構造

(i) 安全機能を有する施設

(ii) 重大事故等対処施設

(f) 有機溶媒等による火災又は爆発に対処するための設備

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おいて、有機溶媒等による火災又は爆発の発生を想定する機器は、重大事故等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施設を設ける設計とする。

有機溶媒等による火災又は爆発に対処するための設備は、「T B P等の錯体の急激な分解反応の拡大の防止のための設備」で構成し、T B P等の錯体の急激な分解反応の拡大の防止のための設備は、「プルトニウム濃縮缶への供給液の供給停止に使用する設備」、
「プルトニウム濃縮缶の加熱の停止に使用する設備」及び「貯留設備による放射性物質の貯留に使用する設備」で構成する。

(ロ) 重大事故時プルトニウム濃縮缶供給・加熱停止系

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において、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再発を防止するために必要な重大事故等対処設備を設置する。

重大事故時プルトニウム濃縮缶供給・加熱停止系は、プルトニウム濃縮缶、プルトニウム濃縮缶供給槽ゲデオン及び蒸気発生器へ一次蒸気を供給する系統の手動弁で構成する。

計測制御設備の一部及び安全保護系の一部を常設重大事故等対処設備として設置する。

また、プルトニウム精製設備の一部、計測制御設備の一部、制御室の一部、電気設備の一部及び圧縮空気設備の一部を常設重大事故等対処設備として位置付ける。

計測制御設備及び制御室については、「へ．計測制御系統施設の設備」に、電気設備については、「リ．その他再処理設備の附属施設 (1) 動力装置及び非常用動力装置の構造及び設備 (i) 電気設備」に、圧縮空気設備は「リ．その他再処理設備の附属施設 (1) 動力装置及び非常用動力装置の構造及び設備 (ii) 圧縮空気設備」に示す。

重大事故時プルトニウム濃縮缶供給・加熱停止系は、T B P 等の錯体の急激な分解反応の発生を検知した場合に、プルトニウム濃縮缶への供給液の供給停止により事象の拡大を防止するため、検知から 1 分以内にプルトニウム濃縮缶供給槽ゲデオンを自動で停止するとともに計測制御設備の緊急停止系を手動で作動させることでプルトニウム濃縮缶供給槽ゲデオンを停止できる設計とする。

重大事故時プルトニウム濃縮缶供給・加熱停止系は、プルトニウ

ム濃縮缶の加熱の停止により事象の拡大を防止するため、蒸気発生器へ一次蒸気を供給する系統の手動弁を閉止することにより、一次蒸気の供給を停止できる設計とする。

重大事故時プルトニウム濃縮缶供給・加熱停止系は、安全機能を有する施設として使用する系統構成と同じ系統構成で使用することで、他の設備に悪影響を及ぼさない設計とする。また、設計基準事故に対処するための設備である蒸気発生器へ一次蒸気を供給する系統の遮断弁とは別の室に設置することで、共通要因によって同時に機能を損なわない設計とする。

T B P等の錯体の急激な分解反応は内的事象を要因として発生を想定するため、外的事象（地震等）を要因とした設備の損傷は想定しない。

蒸気発生器へ一次蒸気を供給する系統の手動弁は、設計基準事故に対処するための設備である加熱停止のための遮断弁と共通要因によって同時に機能を損なわれるおそれがないよう、動作原理の異なる弁を設けることで、多様性を有する設計とする。

また、蒸気発生器へ一次蒸気を供給する系統の手動弁は、加熱停止のための遮断弁と地震に伴う溢水、化学薬品漏えい及び火災によって同時にその機能が損なわれるおそれがないよう、加熱停止のための遮断弁を設置する部屋と異なる部屋に設置することにより、加熱停止のための遮断弁と位置的分散を図る設計とする。

重大事故時プルトニウム濃縮缶供給・加熱停止系は、安全機能を有する施設として使用する場合と同じ系統構成で重大事故等対処設備として使用することにより、他の設備に悪影響を及ぼさない設計とする。

プルトニウム濃縮缶供給槽ゲデオンは、T B P等の錯体の急激な分解反応が発生した場合に論理回路が発する停止信号により自動で停止する設計とする。

蒸気発生器へ一次蒸気を供給する系統の手動弁は、プルトニウム濃縮缶の加熱を停止するために必要な個数を有する設計とする。

重大事故時プルトニウム濃縮缶供給・加熱停止系は、T B P等の錯体の急激な分解反応による瞬間的に上昇する温度及び圧力の影響を考慮しても機能を維持できる設計とする。

重大事故時プルトニウム濃縮缶供給・加熱停止系は、外部からの衝撃による損傷を防止できる精製建屋に設置し、風（台風）等により機能を損なわない設計とする。

蒸気発生器へ一次蒸気を供給する系統の手動弁は、想定される重大事故等が発生した場合においても操作に支障がないように、線量率の高くなるおそれの少ない場所を選定して設置する。

蒸気発生器へ一次蒸気を供給する系統の手動弁は、操作し易い構造とし、確実に操作が可能な設計とする。

重大事故時プルトニウム濃縮缶供給・加熱停止系は、安全機能を有する施設として使用する場合と同じ系統構成で重大事故等対処設備として使用するため、系統の切替えは発生しない。

(ロ) 重大事故時プルトニウム濃縮缶供給・加熱停止系

- 1) プルトニウム濃縮缶 1基（設計基準対象の施設と兼用）
- 2) プルトニウム濃縮缶供給槽ゲデオン 1基
（設計基準対象の施設と兼用）
- 3) 蒸気発生器へ一次蒸気を供給する系統の手動弁 1基

7.4 有機溶媒等による火災又は爆発への対処

(1) 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至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のいずれかを除去することで、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ことから、プルトニウム精製設備のプルトニウム濃縮缶供給槽（以下 7.4 では「プルトニウム濃縮缶供給槽」という。）からプルトニウム濃縮缶へ供給される溶液（以下 7.4 では「供給液」という。）から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、供給液には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。

T B Pを除去する設備は、T B Pを含む硝酸プルトニウム溶液に希釈剤を接触させることで水相中のT B Pを除去するミキサセトラ、希釈剤を供給する試薬設備及びT B Pを含む硝酸プルトニウム溶液を供給する設備で構成する。

プルトニウム濃縮缶の加熱を停止するための設備は、加熱蒸気の温度が熱的制限値に至る場合に一次蒸気、加熱蒸気を遮断するための加熱停止回路及び遮断弁で構成する。

プルトニウム濃縮缶，プルトニウム濃縮缶等を収納するセル及びセルを取り囲む建屋は，それぞれ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）（以下 7.4 では「塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）」という。），精製建屋換気設備のセルからの排気系（以下 7.4 では「セル排気系」という。），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，セル，建屋の順に圧力を低くできる設計としている。

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 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継続する（以下 7.4 では 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。）。

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，窒素やりん酸といった分解生成物が生成され⁽¹⁾るとともに熱が発生するため，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系（プルトニウム系）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。塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の系統内には塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の廃ガスポット（以下 7.4 では「廃ガスポット」という。）があるため，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廃ガスポットからセルへ導出される可能性がある。また，

プルトニウム濃縮缶では、T B P等の錯体の急激な分解反応に伴う圧力波の伝播による溶液の飛散や急激な加圧により発生する放射性エアロゾルが、圧力波の伝播後から遅れて機器外に放出される。T B P等の錯体の急激な分解反応が終わると、プルトニウム濃縮缶内の圧力及び温度は速やかに低下する。

仮にT B P等の錯体の急激な分解反応への対処を行わないとした場合には、T B P等の錯体の急激な分解反応発生によりT B P等の錯体が消費され、プルトニウム濃縮缶へのT B P等の供給及び加熱が継続されることによりT B P等の錯体の急激な分解反応が再発し、放射性物質の放出量が増加する。

T B P等の錯体の急激な分解反応は、1 建屋1 機器において発生を想定する。

(2) T B P等の錯体の急激な分解反応への対処の基本方針

T B P等の錯体の急激な分解反応への対処として、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三十七条に規定される要求を満足するT B P等の錯体の急激な分解反応の拡大防止対策を整備する。

T B P等の錯体の急激な分解反応が発生した場合には、「(1) T B P等の錯体の急激な分解反応の特徴」に記載したとおり、放射性物質の気相中への移行量が増加する。プルトニウム濃縮缶への供給液の供給及びプルトニウム濃縮缶の加熱が継続した場合には、T B P等の錯体の急激な分解反応が再発することで放射性物質の放出量が増加する。

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、

T B P等の錯体の急激な分解反応の拡大防止対策として、T B P等の供給源を除去するためにプルトニウム濃縮缶への供給液の供給を停止する対策及び加熱源を除去するためにプルトニウム濃縮缶の加熱を停止する対策を整備する。

また、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、直ちに自動でT B P等の錯体の急激な分解反応が発生した設備に接続される塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の流路を遮断し、放射性物質を含む気体を貯留する対策を整備する。

各対策の概要図を第7.4－1図及び第7.4－2図に示す。また、各対策の基本方針の詳細を以下に示す。

7.4.1 T B P 等の錯体の急激な分解反応の拡大防止対策

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、T B P 等の錯体の急激な分解反応が発生した場合は、T B P 等の錯体の急激な分解反応の発生を検知し、プルトニウム濃縮缶への供給液の供給を自動又は手動で停止する。また、プルトニウム濃縮缶の加熱の停止のために、蒸気発生器への一次蒸気の手動弁を閉止する。これらの対応により、T B P 等の錯体の急激な分解反応の再発を防止する。

T B P 等の錯体の急激な分解反応の発生を検知した場合には、直ちに自動で塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の流路を遮断するとともに、プルトニウム濃縮缶から廃ガス貯留設備（精製建屋）の廃ガス貯留槽（以下7.4では「廃ガス貯留槽」という。）への流路を確立し、空気圧縮機を用いて廃ガス貯留槽に放射性物質を含む気体を導出する。

廃ガス貯留槽への放射性物質を含む気体の導出完了後、放出経路の切替えを実施し、プルトニウム濃縮缶気相部に残留している放射性物質を、高い除染能力を有する塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）から主排気筒を介して大気中へ放出する。その場合でも貯留タンク前に設けられた逆止弁により、貯留タンク内の放射性物質を含む気体が逆流することはない。

その後、廃ガス貯留槽の隔離弁を閉止し、空気圧縮機を停止する。

7.4.1.1 T B P 等の錯体の急激な分解反応の拡大防止対策の具体的内容

7.4.1.1.1 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

T B P 等の錯体の急激な分解反応が発生した場合は、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異常を検知し、警報を発する。また、論理回路は、上述の 3 つの検出器のうち同時に 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。論路回路は、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。

論理回路が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、供給液がプルトニウム濃縮缶へ連続的に供給されることによって T B P 等の錯体の急激な分解反応が再発することを防止するため、プルトニウム濃縮缶への供給液の供給を 1 分以内に自動で停止する。

上記操作と並行して、中央制御室からの操作により、緊急停止系を作動させプルトニウム濃縮缶への供給液の供給を停止する。また、プルトニウム濃縮缶の加熱を停止するため蒸気発生器へ一次蒸気を供給する系統の手動弁を現場で閉止する。

対策の概要を以下に示す。また、対策の系統概要図を第7.4.1-1 図に、対策の手順の概要を第7.4.1-2 図に、対策における手順及び設備の関係を第7.4.1-1 表に、必要な要員及び作業項目を第7.4.1-3 図に示す。

- (1) T B P 等の錯体の急激な分解反応の発生を検知、T B P 等の錯体の急激な分解反応への対処の着手及び実施判断

論理回路が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

合には、T B P等の錯体の急激な分解反応への対処の着手及び実施を判断し、以下の(2)及び(4)に移行する。

T B P等の錯体の急激な分解反応への対処の着手判断及び実施判断に必要な監視項目は、プルトニウム濃縮缶気相部の温度、圧力及びプルトニウム濃縮缶液相部の温度である。

(2) プルトニウム濃縮缶への供給液の供給停止及び状態確認

論理回路が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は、自動でプルトニウム濃縮缶への供給液の供給を停止する。

並行して、中央制御室からの操作により、緊急停止系を作動させ、プルトニウム濃縮缶への供給液の供給を停止するとともに、プルトニウム濃縮缶圧力、プルトニウム濃縮缶気相部温度及びプルトニウム濃縮缶液相部温度の指示値を確認する。

プルトニウム濃縮缶への供給液の供給停止時に確認が必要な監視項目は、緊急停止操作スイッチの状態表示ランプ、プルトニウム濃縮缶圧力、プルトニウム濃縮缶気相部温度及びプルトニウム濃縮缶液相部温度である。

(3) プルトニウム濃縮缶への供給液の供給停止の成否判断

プルトニウム濃縮缶供給槽の液位計により、プルトニウム濃縮缶への供給液の供給が停止したことの成否を判断する。

プルトニウム濃縮缶への供給液の供給停止の成否判断に必要な監視項目は、プルトニウム濃縮缶供給槽の液位である。

(4) プルトニウム濃縮缶の加熱の停止

プルトニウム濃縮缶の加熱を停止するため、蒸気発生器へ一次蒸気を供給する系統の手動弁の閉止操作を実施する。

(5) プルトニウム濃縮缶の加熱の停止の成否判断

プルトニウム濃縮缶加熱蒸気温度計により、加熱蒸気温度がT B P等の錯体の急激な分解反応が発生する温度未満になったことを確認することで、プルトニウム濃縮缶の加熱の停止の成否を判断する。

プルトニウム濃縮缶の加熱の停止の成否を判断するために必要な監視項目は、プルトニウム濃縮缶加熱蒸気の温度である。

7.4.1.1.2 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、廃ガス貯留槽に放射性物質を導出する。そのため、廃ガス貯留設備（精製建屋）の隔離弁を自動で開とするとともに廃ガス貯留設備（精製建屋）の空気圧縮機を自動で起動し廃ガス貯留槽に放射性物質を導く。同時に、塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の流路を遮断するため、自動で塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の隔離弁を閉止するとともに、自動で塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の排風機を停止する。

廃ガス貯留設備（精製建屋）の圧力計により、廃ガス貯留槽が規定圧力に至ることを確認した場合には、手動で塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の排風機を起動するとともに、塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の隔離弁を開とすることで、高い除染能力を有する平常運転時の放出経路に復旧し、プルトニウム濃縮缶内に残留している放射性物質を管理された状態において主排気筒を介して大気中に放出する。

T B P等の錯体の急激な分解反応の発生によって、塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の系統内の圧力が瞬間的に上昇することにより、平常運転時に気相中に移行した放射性物質が廃ガスポットからセルへ導出される。その後、塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の系統内の圧力は速

やかに低下する。T B P 等の錯体の急激な分解反応に伴い発生する放射性エアロゾルは、T B P 等の錯体の急激な分解反応の発生後遅れて発生することから、廃ガスポットからセルへ導出される放射性物質には、T B P 等の錯体の急激な分解反応によって発生する放射性物質は含まれない。

セルへ導出された放射性エアロゾルは、セル排気系のセル排気フィルタユニットの高性能粒子フィルタにより除去された上で、主排気筒を介して大気中へ放出される。

対策の概要を以下に示す。また、対策の系統概要図を第 7.4.1－4 図に、対策の手順の概要を第 7.4.1－2 図に、対策における手順及び設備の関係を第 7.4.1－2 表に、必要な要員及び作業項目を第 7.4.1－3 図に示す。

(1) 廃ガス貯留設備による放射性物質の貯留の着手及び実施の判断

「7.4.1.1.1(1) T B P 等の錯体の急激な分解反応の発生の検知，T B P 等の錯体の急激な分解反応への対処の着手及び実施判断」と同様である。

論理回路が 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は、廃ガス貯留設備による放射性物質の貯留の着手及び実施を判断し、以下の(3)へ移行する。

(2) 廃ガス貯留槽への導出

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、廃ガス貯留設備（精製建屋）の隔離弁を自動で開けるとともに廃ガス貯留設備（精製建屋）の空気圧縮機を自動で起動し、廃ガス貯留槽に放射性物質を導く。同時に、塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の流路を遮断するため、自動で塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の隔離弁を閉止するとともに、自動で塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）

の排風機を停止する。

(3) 廃ガス貯留槽への導出開始の確認

廃ガス貯留槽への放射性物質を含む気体の導出完了後，廃ガス貯留槽内の圧力の上昇及び廃ガス貯留設備（精製建屋）の流量計の指示値の上昇により，放射性物質を含む気体の廃ガス貯留槽への導出が開始されたことを確認する。

また，塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の廃ガス洗浄塔入口圧力計により，塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の廃ガス洗浄塔入口の圧力が負圧に維持され，廃ガス貯留設備（精製建屋）による圧力の制御が機能していることを確認する。

廃ガス貯留槽への放射性物質の導出開始の確認に必要な監視項目は，廃ガス貯留設備（精製建屋）の圧力，廃ガス貯留設備（精製建屋）の流量及び塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の廃ガス洗浄塔入口の圧力である。

(4) 塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）による換気再開の実施判断

廃ガス貯留槽内の圧力が規定の圧力（0.7MP a）に達した場合に，廃ガス貯留設備（精製建屋）への導出を完了することとし，塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）による換気再開の実施を判断し，以下の(5)へ移行する。

廃ガス貯留設備（精製建屋）への導出完了後，塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）による換気再開の実施判断において必要な監視項目は，廃ガス貯留設備（精製建屋）の圧力である。

(5) 塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）による換気再開

塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）による換気再開の実施判断後，中央制御室において塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の隔離弁の

開操作を行い、塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の排風機を再起動して、高い除染能力を有する平常運転時の放出経路に復旧し、プルトニウム濃縮缶内に残留している放射性物質を管理された状態において主排気筒を介して大気中へ放出する。

塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の再起動後、廃ガス貯留設備（精製建屋）の隔離弁を閉止し、空気圧縮機を停止する。

(6) 塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）による換気再開の成否判断

塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）による換気が再開されたことを、塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の排風機の運転表示及び廃ガス洗浄塔入口圧力計の指示値で確認し、成否を判断する。

塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）による換気の再開の成否判断において必要な監視項目は、安全系監視制御盤における塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の排風機の運転表示及び廃ガス洗浄塔入口圧力である。

(7) 大気中への放射性物質の放出の状態監視

主排気筒の排気モニタリング設備により、主排気筒を介して大気中への放射性物質の放出状況を監視する。

7.4.1.2 T B P等の錯体の急激な分解反応の拡大防止対策の有効性評価

7.4.1.2.1 有効性評価

(1) 代表事例

「6.1 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」で示したとおり、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を代表事例とする。

(2) 代表事例の選定理由

T B P等の錯体の急激な分解反応については、重大事故等が発生する機器がプルトニウム濃縮缶のみであることから、プルトニウム濃縮缶を代表事例として選定した。

(3) 有効性評価の考え方

T B P等の錯体の急激な分解反応の再発を防止するための対策に係る有効性評価では、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ができることを評価する。T B P等の錯体の急激な分解反応の再発を防止するための対策の有効性評価においては、解析コードは用いない。

廃ガス貯留設備による放射性物質の貯留に係る有効性評価は、大気中への放射性物質の放出量を算出し、これをセシウム-137換算した値（以下7.4では「大気中への放射性物質の放出量（セシウム-137換算）」という。）を評価する。大気中への放射性物質の放出量は、廃ガスポットからセルへ導出され、主排気筒を介して大気中へ放出される放射性物質及び廃ガス貯留設備による放射性物質の貯留完了時にプルトニウム濃縮缶に残留しており、塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）による換

気の再開に伴って大気中に放出される放射性物質を評価対象とする。

この評価においては、機器に内包する溶液の放射性物質量、事故時の放射性物質の移行率、塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の高性能粒子フィルタ及び放出経路構造物による除染係数並びに廃ガス貯留設備による放射性物質の貯留の効果により期待される放出低減効果を考慮する。

大気中への放射性物質の放出量（セシウム-137換算）の算出において用いる塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の高性能粒子フィルタの除染係数は、T B P等の錯体の急激な分解反応による塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の高性能粒子フィルタの圧力及び温度について、汎用熱流体解析ソフトウェアであり、航空機の翼周りの流れ、炉内の燃焼、血流及びクリーンルームの設計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る解析コードF l u e n tを用いて解析した結果に基づき設定する。

廃ガス貯留設備による放射性物質の貯留の有効性評価においては、解析コードは用いず、簡便な計算に基づき評価する。

(4) 有効性評価の評価単位

「(1) 代表事例」で示したとおり、T B P等の錯体の急激な分解反応の発生が想定される機器はプルトニウム濃縮缶のみであることから、機器グループや建屋単位による整理はない。

(5) 機能喪失の条件

内的事象を要因とした安全機能の喪失の想定では、T B P等の錯体の急激な分解反応の発生の起因となる異常の発生防止に係る安全機能及

び異常の拡大防止に係る安全機能が喪失することを想定し、それ以外の安全機能の喪失は想定しない。

(6) 事故の条件及び機器の条件

T B P 等の錯体の急激な分解反応における事故の条件として、プルトリウム濃縮缶内の T B P 量は、T B P の水への溶解度⁽²⁾⁽³⁾、平常運転時の硝酸プルトリウム溶液のプルトリウム濃度である 250 g Pu/L から T B P 等の錯体の急激な分解反応が発生する温度を沸点とする硝酸プルトリウム溶液の濃度である 800 g Pu/L まで濃縮するのに必要な供給液量及びプルトリウム濃縮缶運転時における T B P の液相中の残留率⁽³⁾より算出し、約 208 g とする。

また、T B P 等の錯体の急激な分解反応が 1 分間継続する際に供給される T B P 量は、T B P の水への溶解度⁽²⁾⁽³⁾及び 1 分間の供給量より算出し、約 1 g とする。

T B P 等の錯体の急激な分解反応の拡大防止対策に使用する設備を第 7.4.2-1 表に示す。また、主要な機器の条件を以下に示す。

a. プルトリウム濃縮缶供給槽ゲデオン

内部を減圧することで、供給液を汲み上げ、プルトリウム濃縮缶に一定流量で供給液を供給する設備である。

プルトリウム濃縮缶供給槽ゲデオンは、プルトリウム濃縮缶に対して、約 $0.1 \text{ m}^3/\text{h}$ で供給液を供給する。

論理回路が 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に、内部を減圧するための圧縮空気の供給を自動で遮断させることでプルトリウム濃縮缶供給槽ゲデオンを停止する。

b. 蒸気発生器へ一次蒸気を供給する系統の手動弁

蒸気発生器へ一次蒸気を供給する系統の手動弁を閉止することにより、プルトニウム濃縮缶の加熱が停止する。

c. 安全圧縮空気系

安全圧縮空気系は、プルトニウム濃縮缶に対して、平常運転時に供給される圧縮空気流量である約 $0.4\text{m}^3/\text{h}$ で空気を供給する。

d. 一般圧縮空気系

一般圧縮空気系は、プルトニウム濃縮缶に対して、平常運転時に供給される圧縮空気流量である約 $0.05\text{m}^3/\text{h}$ で空気を供給する。

e. プルトニウム濃縮缶

プルトニウム濃縮缶は、プルトニウム濃縮缶供給槽ゲデオンにより供給液を供給され、蒸気発生器の加熱蒸気により加熱されることで、プルトニウム溶液を濃縮する。

プルトニウム濃縮缶に内包する硝酸プルトニウム溶液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 $45,000\text{MW d}/\text{t} \cdot \text{U}_{\text{PR}}$ ，照射前燃料濃縮度 $4.5\text{wt}\%$ ，比出力 $38\text{MW}/\text{t} \cdot \text{U}_{\text{PR}}$ ，冷却期間 15 年を基に算出した平常運転時の最大値に、TBP等の錯体の急激な分解反応が発生する温度が硝酸プルトニウム溶液の沸点となる濃縮倍率を乗じた値とする。

プルトニウム濃縮缶に内包する硝酸プルトニウム溶液の液量は、プルトニウム濃縮缶の公称容量とする。

f. セルへ導出される放射性物質を含む気体の体積

TBP等の錯体の急激な分解反応の発生に伴い、標準状態で約 0.8m^3 の気体状の分解生成物や熱が発生することでプルトニウム濃縮缶に接続する塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の廃ガスの圧力が上昇する。TBP等の錯体の急激な分解反応が発生する前にプルトニウム濃縮

缶から廃ガスポットまでの間にある放射性物質は、塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の廃ガスの圧力上昇に伴い、廃ガスポットからセルへ導出されるものと塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の高性能粒子フィルタ及び排風機を介して主排気筒につながる流路を流れるものに分けられるが、より厳しい条件として放射性物質の全量がセルへ導出されるものとして評価する。セルへ導出される放射性物質の体積は、プルトニウム濃縮缶の気相部体積及びプルトニウム濃縮缶と廃ガスポットを接続する塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の機器の体積の合計である約 0.8m^3 とする。

g. 電源設備

電源設備は、1 系列当たり精製建屋で最小約 110 kVA の余裕を有し、TBP 等の錯体の急激な分解反応への対処で 1 系列を用いる。

有効性評価においては、TBP 等の錯体の急激な分解反応への対処に用いる設備が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。

精製建屋の TBP 等の錯体の急激な分解反応に対処するための設備
約 40 kVA

(7) 操作の条件

プルトニウム濃縮缶への供給液の供給停止において必要となる緊急停止系の操作は、TBP 等の錯体の急激な分解反応の検知から 1 分以内で操作を完了する。

プルトニウム濃縮缶の加熱の停止において必要となる蒸気発生器へ一次蒸気を供給する系統の手動弁の閉止操作は、TBP 等の錯体の急激な分解反応の発生を検知してから速やかに開始し、TBP 等の錯体の急

激な分解反応の検知から25分以内で作業を完了する。

T B P 等の錯体の急激な分解反応により発生した放射性物質の廃ガス貯留槽への導出完了後に実施するプルトニウム濃縮缶からの放出経路を、廃ガス貯留設備（精製建屋）から平常運転時の塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）に切り替える操作は、中央制御室から行う操作で、廃ガス貯留設備（精製建屋）の廃ガス貯留槽への放射性物質を含む気体の導出完了から、塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の排風機の再起動完了まで3分で完了し、その後、廃ガス貯留設備（精製建屋）の空気圧縮機を停止する操作を、塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の排風機の起動操作後、5分で完了する。

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、第7.4.1－3図に示す。

(8) 放出量評価に関連する事故、機器及び操作の条件の具体的な展開

主排気筒を介した大気中への放射性物質の放出量の評価は、廃ガスポットからセルへ導出され、セル排気系から主排気筒を介して大気中へ放出される放射性物質の放出量評価（以下7.4では「セル排気系からの放射性物質の放出量評価」という。）及びプルトニウム濃縮缶内に残留し、廃ガス貯留設備への放射性物質の導出完了後に塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）から主排気筒を介して大気中へ放出される放射性物質の放出量評価（以下7.4では「塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）からの放射性物質の放出量評価」という。）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のうち、セル排気系からの放射性物質の放出量評価は、セルへ導出されるプルトニウム濃縮缶から廃ガスポットまでの廃ガスの放射性物質質量に対して、大気中へ

の放出経路における除染係数の逆数を乗じて算出する。また、塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）からの放射性物質の放出量評価は、プルトニウム濃縮缶に内包する放射性物質質量に対して、T B P等の錯体の急激な分解反応により影響を受ける割合、濃縮運転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除染係数の逆数を乗じて算出する。

また、算出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、大気中への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、I A E A-T E C D O C-1162⁽⁸⁾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係る実効線量への換算係数⁽⁹⁾を用いて、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を乗じて算出する。

a. セル排気系からの放射性物質の放出量評価

(a) プルトニウム濃縮缶から廃ガスポットまでの廃ガスの放射性物質質量

プルトニウム濃縮缶気相部から塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の廃ガスポットまでの廃ガスの放射性物質の全量がセルへ導出されたことを想定し、セル排気系から大気中への放射性物質の放出量を評価する。

塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）で平常運転時に処理する廃ガス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 $4.5 \text{ w t} \%$ 、比出力 $38 \text{ MW} / \text{ t} \cdot U_{\text{Pr}}$ 、冷却期間15年を基に算出した値とする。

(b) T B P等の錯体の急激な分解反応の影響を受ける割合

セルへ導出される廃ガス中に含まれる放射性物質量のうち、T B P 等の錯体の急激な分解反応により影響を受ける割合は1とする。

(c) 平常運転時に気相中へ移行する放射性物質の割合

平常運転時に塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）へ移行する放射性物質の割合は、空気 1 m^3 当たり 10 mg が移行することとし、 1×10^{-8} とする。

(d) 大気中への放出経路における除染係数

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は10とする。

セル排気系のセル排気フィルタユニットの高性能粒子フィルタは1段で、セル排気系のセル排気フィルタユニットの高性能粒子フィルタの放射性エアロゾルの除染係数を 10^3 とする。

b. 塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）からの放射性物質の放出量評価

(a) プルトニウム濃縮缶に内包する硝酸プルトニウム溶液の放射性物質量

プルトニウム濃縮缶に内包する硝酸プルトニウム溶液の放射性物質の組成、濃度、崩壊熱密度及びプルトニウム濃縮缶の液量は、事故の条件及び機器の条件と同様であるため、硝酸プルトニウム溶液の放射性物質の濃度とプルトニウム濃縮缶の液量を乗じた値とする。

(b) T B P 等の錯体の急激な分解反応の影響を受ける割合

プルトニウム濃縮缶に内包する放射性物質量のうち、T B P 等の錯体の急激な分解反応により影響を受ける割合は1とする。

(c) T B P 等の錯体の急激な分解反応に伴い機器の気相中に移行する放射性物質の割合

T B P 等の錯体の急激な分解反応による発熱量は $1,400 \text{ k J} / \text{ k g} \cdot$
T B P⁽⁴⁾とする。

プルトニウム濃縮缶内のT B P量は、「(6) 事故の条件及び機器の条件」に示すとおり、約208 g とする。

T B P 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気相中への移行率⁽⁷⁾は、爆発事象を想定した実験結果を整理した式のうち最も厳しい結果を与えるu p p e r b o u n dとされる計算式から算出した値として、 4×10^{-3} とする。

この値は、より厳しい条件として、3.5MP a を超える圧力をかけた場合における放射性物質の気相中への移行率の算出式を用いて評価した結果であり、安全余裕を見込んだ移行率である。

また、T B P 等の錯体の急激な分解反応が1 分間継続する際に供給されるT B P量は、(6) 事故の条件及び機器の条件に示すとおり、約1 g とする。

T B P 等の錯体の急激な分解反応発生後、供給液の供給停止までの1 分間における放射性物質の気相中への移行率⁽⁷⁾は、爆発事象を想定した実験結果を整理した式の0.35MP a 未満における値とし、 5×10^{-5} とする。

プルトニウム濃縮缶内に存在するT B P等は、供給液の供給分のみであり、T B P 等の錯体の分解反応が発生した場合の発熱量は小さく、分解生成物の発生量も少ないため、プルトニウム濃縮缶内の圧力の上昇が小さいことから、この値とした。

(d) 大気中への放出経路における除染係数

廃ガス貯留槽への導出が完了した後に、塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）を起動することで、プルトニウム濃縮缶内の気相部に残留している放射性物質は、塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）から主排

気筒を介して大気中へ放出される。

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⁽⁵⁾10とする。

塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の高性能粒子フィルタは2段であり、塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の高性能粒子フィルタの放射性エアロゾルの除染係数は、解析コードF l u e n tにより塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の高性能粒子フィルタの健全性を維持できることを確認したため、1段目を 10^3 、2段目を 10^2 とする。

廃ガス貯留槽へ貯留されずプルトニウム濃縮缶内に残留する放射性物質の割合は、機器に供給される安全圧縮空気系及び一般圧縮空気系の圧縮空気により機器外に放射性物質が移行する効果を考慮して求めた割合である約4%とする。

(9) 判断基準

T B P等の錯体の急激な分解反応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. 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

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等の錯体の急激な分解反応の再発を速やかに防止できること。

- b. 廃ガス貯留設備による放射性物質の貯留

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T B P等の錯体の急激な分解反応の再発を防止し、廃ガス貯留槽での貯留が完了した上で、塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）を起動して平

常運転時の放出経路に復旧した状況下での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。

7.4.1.2.2 有効性評価の結果

(1) 有効性評価の結果

a. 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の加熱の停止

T B P 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 T B P 等の錯体の急激な分解反応発生の判定後 1 分以内に自動又は手動にて停止できるため、T B P 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 T B P 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、T B P 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、T B P 等の錯体の急激な分解反応の再発防止は維持できる。

b. 廃ガス貯留設備による放射性物質の貯留

セル排気系からの放射性物質の放出量及び塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）からの放射性物質の放出量（セシウム-137換算）は、約 3×10^{-5} T B q であり、100 T B q を十分に下回る。

また、T B P 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。

具体的な評価結果を第7.4.2－2表から第7.4.2－3表に示す。また、大気中への放射性物質の放出率の推移の概念図を第7.4.2－1図に示す。

放射性物質が大気中に放出されるまでの過程を第7.4.2－2図に、プルトニウム濃縮缶におけるプルトニウム濃度及びT B P 量の推移を第7.4.2－3図に示す。

(2) 不確かさの影響評価

a. 解析コードの不確かさの影響

解析コードによる高性能粒子フィルタの健全性確認の解析結果においては、系統を断熱とし、蒸気の凝縮、塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）を介した他機器への廃ガスの流出経路並びに機器の内部構造物を考慮していないことから、塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の高性能粒子フィルタに対し、圧力及び温度が影響を及ぼしやすいモデルとしており、より厳しい結果を与える条件を設定しているため、解析コードの不確かさが高性能粒子フィルタの健全性評価の結果に与える影響はない。

b. 事象、事故の条件及び機器の条件の不確かさの影響

(a) 廃ガス貯留設備による放射性物質の貯留

廃ガス貯留設備による放射性物質の貯留の評価に用いるパラメータは、不確かさを有するため、大気中への放射性物質の放出量に影響を与えるが、その場合でも、大気中への放射性物質の放出量がセシウム－137換算で100 T B q を十分下回り、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

i. プルトニウム濃縮缶に内包する放射性物質質量

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期間によっては、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。

T B P 等の錯体の急激な分解反応を検知後、プルトニウム濃縮缶供給槽ゲデオンは自動又は手動にて停止するため、供給液の供給は速やかに停止することから、供給液の供給が停止するまでの時間には1桁未満の下振れがある。

以上より、設定値に対して1桁未満の下振れを有する。

ii. T B P 等の錯体の急激な分解反応の影響を受ける割合

沸点がT B P 等の錯体の急激な分解反応が発生する温度となるプルトニウム濃度は800 g P u / L であり、プルトニウム溶液の粘性は高いと考えられることから、気液分離部から加熱部への流動については不確かさが存在する。また、800 g P u / L のプルトニウム溶液と供給液の混合液が加熱されることによる分解反応の発生についても不確かさが存在する。それぞれ、T B P 等の錯体の全量が急激な分解反応を引き起こすことを前提とした割合であることから、体系に起因した不確かさとして1桁未満の下振れを有する。

iii. T B P 等の錯体の急激な分解反応に伴い機器の気相中に移行する放射性物質の割合

T B P 等の錯体の急激な分解反応に伴いプルトニウム濃縮缶の気相中に移行する放射性物質の割合を算出する際に使用した式は、N U R E G / C R - 6410における爆発事象を想定した実験結果を整理した式のうち最も厳しい結果を与えるu p p e r b o u n d とされる計算

式を使用しており、実験結果に対する *best fit* の計算式との比較により、実際には 1 桁程度の下振れを有する。

一方、この式では T B P 等の錯体の急激な分解反応による発生エネルギーを算出する必要があり、T B P 等の錯体の急激な分解反応による発熱量は、引用する文献によって発生する単位 T B P 量当たりの発熱量が 1 桁未満の上振れを有する。また、T B P の水への溶解度の幅を考慮すると、条件によっては 1 桁未満の上振れを有する可能性がある。

T B P 等の錯体の急激な分解反応発生後、供給液の供給停止までの間における放射性物質の気相中への移行率は、T B P 量が少なく、発熱量及び分解生成物のガス量が小さいことから爆発事象を想定した実験結果を整理した式の 0.35MP a 未満における値を用いているため、不確かさは考慮しない。

以上より、設定値に対して 1 桁程度の下振れを有し、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。

iv. 大気中への放出経路における除染係数

プルトニウム濃縮缶から塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の排風機までの経路上のプルトニウム精製設備及び塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の配管は、曲がり部が多く、数十m以上の長い配管及び複数の機器で構成されることから、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ため、大気中への放射性物質の放出量は 1 桁程度の下振れを有する。

c. 操作の条件の不確かさの影響

(a) 実施組織要員の操作

排気経路の塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）への切替えの操作については、切替えの操作に想定よりも時間を要した場合においても、

廃ガス貯留槽と塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）との間に設置する逆止弁により，廃ガス貯留槽内の放射性物質が塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）に移行することはない。また，切替えの操作に想定よりも時間を要した場合には，廃ガス貯留槽内の圧力が空気圧縮機の吐出圧に達することで，廃ガス貯留槽への放射性物質の導出が困難となり，塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の廃ガスポットからセルに放射性物質が導出される可能性はあるが，それらの放射性物質はセル排気系の高性能粒子フィルタ（１段）により除去された上で，主排気筒を介して，大気中へ放出される。

その場合の大気中への放射性物質の放出量への影響は，高性能粒子フィルタの除染係数の低下により，設定値に対して３桁未満の上振れとなるが，その場合でも，大気中への放射性物質の放出量がセシウム－137換算で100 T B q を十分下回り，判断基準を満足することには変わりはない。

(b) 作業環境

T B P 等の錯体の急激な分解反応が発生した場合，T B P 等の錯体の急激な分解反応により発生する放射性物質を内包する機器周辺の線量率が上昇するが，T B P 等の錯体の急激な分解反応への対処の操作場所はそれらの線源から離れた位置にあり，セルによる遮蔽を考慮できると，セルへ導出される放射性物質はセル排気系で換気されるため，アクセスルート及び作業場所において，有意な作業環境の悪化はないことから，実施組織要員の操作の時間余裕には影響を与えない。

7.4.1.2.3 重大事故等の同時発生又は連鎖

(1) 重大事故等の事象進展，事故規模の分析

T B P 等の錯体の急激な分解反応の発生を検知した場合には、プルトリウム濃縮缶への供給液の供給停止及びプルトリウム濃縮缶の加熱を停止する。

プルトリウム濃縮缶への供給液の供給停止は、T B P 等の錯体の急激な分解反応の発生を検知した後、1 分以内に実施する。

プルトリウム濃縮缶の加熱の停止は、T B P 等の錯体の急激な分解反応の発生を検知した後、25分以内に実施する。

以上の拡大防止対策を考慮したときのプルトリウム濃縮缶内の硝酸プルトリウム溶液等の状態及び硝酸プルトリウム溶液等の状態によって生じる事故時環境は次のとおりである。

a. 硝酸プルトリウム溶液等の状態

T B P 等の錯体の急激な分解反応は、プルトリウム濃縮缶にT B P 等が多量に混入したことでT B P 等の錯体が形成された状態において、加熱蒸気温度の制御機能が喪失することで、プルトリウム濃縮缶内の硝酸プルトリウム溶液の過濃縮生じ、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ることにより発生する事象である。このときのプルトリウム濃縮缶内の硝酸プルトリウム溶液の状態は、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、硝酸プルトリウム溶液の濃度が $800 \text{ g Pu} / \text{L}$ 、硝酸濃度は最大で約 8 規定、T B P 等の混入量は 209 g である。T B P 等の錯体の急激な分解反応により、プルトリウム濃縮缶内のT B P 等は全量消費されることから、これ以上のT B P 等の錯体の急激な分解反応は発生しないが、プルトリウム濃縮缶への供給液には溶存しているT B P 等が含まれており、加熱も継続しているため、プルトリウム濃縮缶への供給液の供給が継続すると、T B P 等の錯体の急激な分解反応は再発することが想定される。これらのT B P 等の錯体の急

激な分解反応によって二酸化炭素，水，窒素及びりん酸といった分解生成物が発生する。また，T B P等の錯体の急激な分解反応は発熱反応であるためエネルギーが発生する。

T B P等の錯体の急激な分解反応に伴うプルトニウム濃縮液等の状態変化は，わずかではあるが硝酸量が低下する。T B P等の錯体の急激な分解反応については，T B Pに 14 規定の硝酸を作用させた場合に，T B P 1 モルに対して硝酸 14.4 モルが消費されるという知見があることから，T B P 209 gは約 0.8 モルであり，このT B P量が分解反応をした際に消費される硝酸量は約 12 モルとなる。プルトニウム濃縮缶内の硝酸量は1,000 モル以上あることを考慮すると，硝酸の減少量による影響は極めて小さいことから，硝酸量の減少によるプルトニウムの析出や酸化プルトニウムの生成はない。

b. 硝酸プルトニウム溶液等の状態によって生じる事故時影響

(a) 温度

拡大防止対策である加熱の停止が実施されるまではプルトニウム濃縮缶の加熱が継続するため，プルトニウム濃縮缶内の硝酸プルトニウム溶液はT B P等の錯体の急激な分解反応が発生する温度に維持されている。

T B P等の錯体の急激な分解反応により発生するエネルギーは約0.3MJであり，F l u e n t解析の結果より，プルトニウム濃縮缶気相部は，瞬間的に約370℃まで上昇するが，塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）へ廃ガスが移行することにより温度は速やかに低下し，T B P等の錯体の急激な分解反応が発生する前の温度に戻る。

T B P等の錯体の急激な分解反応により発生するエネルギーを全てプルトニウム濃縮缶に与えたとしても，プルトニウム濃縮缶は変形及び損

傷することはない。

その後、供給液の供給が継続している場合、T B P等の錯体の急激な分解反応が再発しても、T B P等の量が少ないため分解反応により発生するエネルギーは小さく、気相部の温度はほぼ一定であり、T B P等の錯体の急激な分解反応が発生する温度に維持される。

(b) 圧力

T B P等の錯体の急激な分解反応の発生により分解生成物が生成することを考慮したF l u e n t解析の結果より、プルトニウム濃縮缶気相部は平常運転時の圧力に対して瞬間的に約0.9MP a上昇するが、塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）へ廃ガスが移行することにより圧力は速やかに低下し、T B P等の錯体の急激な分解反応が発生する前の圧力に戻る。

T B P等の錯体の急激な分解反応による圧力の上昇を考慮しても、プルトニウム濃縮缶は変形及び損傷することはない。

その後、供給液の供給が継続している場合、T B P等の錯体の急激な分解反応が再発しても、T B P等の量が少ないため分解反応により発生する分解生成物は少なく、エネルギーは小さいため、気相部の圧力はほぼ一定であり、平常運転時と同程度である。

(c) 湿度

プルトニウム濃縮缶は硝酸プルトニウム溶液を蒸発濃縮する設備であるため、平常運転時及び事故時においても多湿環境下であり、平常運転時と同程度である。

(d) 放射線

プルトニウム濃縮缶内では、平常運転時（約250 g P u / L）よりもプルトニウム濃度が高いため、線量率は平常運転時よりも高い。放射性

物質は、T B P等の錯体の急激な分解反応の発生に伴い気相中へ移行するため、塔槽類廃ガス処理系（プルトリウム系）における線量率も上昇する。

- (e) 物質（水素，蒸気，煤煙，放射性物質，その他）及びエネルギーの発生
プルトリウム濃縮缶内では，平常運転時（約250 g P u / L）よりもプルトリウム濃度が高いため，平常運転時と比較すると水素発生量が増加する。

T B P等の錯体の急激な分解反応では，二酸化炭素，水，窒素やりん酸といった分解生成物及びエネルギーが発生するが，T B P等はT B P等の錯体の急激な分解反応により全量が分解してなくなることから，有機溶媒による火災は発生しないため，煤煙が発生することはない。

T B P等の錯体の急激な分解反応が発生した場合に，プルトリウム濃縮缶内の硝酸プルトリウム溶液は約800 g P u / Lと平常運転時（250 g P u / L）と比べてプルトリウム濃度が高い状態であるが，プルトリウム濃縮缶は全濃度安全形状寸法管理により臨界事故の発生を防止しており，T B P等の錯体の急激な分解反応によりプルトリウム濃縮缶は変形・損傷することはないため，臨界は発生しない。T B P等の錯体の急激な分解反応により，硝酸プルトリウム溶液が析出する又は酸化プルトリウムとして生成することはない，硝酸プルトリウム溶液の形で存在しているため，臨界は発生しない。したがって，臨界による新たな放射性物質の生成はない。

T B P等以外の有機溶媒として，n-ドデカン（ノドデカン）は水へ不溶でありプルトリウム濃縮缶への供給液には含まれないため，火災が発生することはない，煤煙及びその他の物質が発生することはない。

- (f) 落下又は転倒による荷重

T B P 等の錯体の急激な分解反応による発熱量によってプルトニウム濃縮缶の温度が上昇することを考慮したとしても、材質の強度が有意に低下することはないため、プルトニウム濃縮缶が落下又は転倒することはない。

(g) 腐食環境

プルトニウム濃縮缶内の硝酸濃度は最大約 8 規定となる。蒸気の硝酸濃度は 1 ～ 2 規定となる。

(2) 重大事故等の同時発生

T B P 等の錯体の急激な分解反応については、「5.1 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」で示すとおり、動的機器の多重故障及び誤作動並びに運転員等の誤操作を起因とした複数の発生防止機能の喪失により発生するものであり、その具体的な発生の条件は同種の重大事故及び異種の重大事故の要因となる安全機能の喪失に当たらないことから、重大事故等が同時に発生することは想定されない。

(3) 重大事故等の連鎖

プルトニウム濃縮缶において T B P 等の錯体の急激な分解反応が発生した場合には、拡大防止対策として、プルトニウム濃縮缶への供給液の供給を停止するとともに、プルトニウム濃縮缶の加熱を停止する。

プルトニウム濃縮缶への供給液の供給停止は、速やかに自動又は手動にて実施される。また、T B P 等の錯体の急激な分解反応の検知後、現場にてプルトニウム濃縮缶への加熱を停止する。

以上の拡大防止対策を考慮した時のプルトニウム濃縮缶内の硝酸プ

ルトニウム溶液等の状態及び硝酸プルトニウム溶液等の状態によって生じる事故時環境を明らかにし、硝酸プルトニウム溶液等の状態によって新たに連鎖して発生する重大事故等の有無及び事故時環境が安全機能の喪失をもたらすことによって連鎖して発生する重大事故等の有無を明らかにする。

a. 事故進展によりプルトニウム濃縮缶において発生する重大事故等の特定

(a) 臨界事故

プルトニウム濃縮缶の材質はジルコニウムであり、T B P等の錯体の急激な分解反応によって想定される温度、圧力、腐食環境等の環境条件によってプルトニウム濃縮缶のバウンダリが喪失することではなく、プルトニウム濃縮缶は変形しない。「(1) 重大事故等の事象進展，事故規模の分析」に記載したとおり、プルトニウム濃縮缶内の硝酸プルトニウム溶液は約 800 g P u / L と平常運転時 (250 g P u / L) と比べてプルトニウム濃度が高い状態であるが、プルトニウム濃縮缶は全濃度安全形状寸法管理により臨界事故の発生を防止しており、T B P等の錯体の急激な分解反応により、硝酸プルトニウム溶液が析出する又は酸化プルトニウムとして生成することではなく、硝酸プルトニウム溶液の形で存在しているため、臨界は発生しない。

以上より、臨界事故が発生することはない。

(b) 蒸発乾固

プルトニウム濃縮缶は安全冷却水等による冷却はしていない機器である。

「(1) 重大事故等の事象進展，事故規模の分析」に記載したとおり、

プルトニウム濃縮缶内の硝酸プルトニウム溶液は約 800 g Pu / L と平常運転時 (250 g Pu / L) と比べてプルトニウム濃度が高い状態であり、崩壊熱密度が平常運転時よりも高いが、セルへの放熱を考慮すると、崩壊熱のみでは沸騰せず、プルトニウム濃縮缶の加熱の停止により硝酸プルトニウム溶液の温度は沸点を下回る。

以上より、蒸発乾固が発生することはない。

(c) 水素爆発

「(1) 重大事故等の事象進展、事故規模の分析」に記載したとおり、プルトニウム濃縮缶内の硝酸プルトニウム溶液は約 800 g Pu / L と平常運転時 (250 g Pu / L) と比べてプルトニウム濃度が高い状態であり、水素発生量が平常運転時よりも多い。プルトニウム濃縮缶には、安全圧縮空気系から圧縮空気が供給されており、安全圧縮空気系からの圧縮空気の供給量は、十分な余裕が確保されていることから、ドライ換算 4 v o 1 % を超えることはない。

以上より、水素爆発が発生することはない。

(d) 放射性物質の漏えい

プルトニウム濃縮缶に接続する機器の材質はジルコニウム又はステンレス鋼であり、想定される温度、圧力、腐食環境等の環境条件によって、これらのバウンダリの健全性が損なわれることはなく、放射性物質の漏えいが発生することはない。

b. 重大事故が発生した機器以外の安全機能への影響及び連鎖して発生する重大事故の特定

プルトニウム濃縮缶及びプルトニウム濃縮缶に接続する配管の材質はジルコニウム又はステンレス鋼であり、想定される温度、圧力等の環境条件によってこれらのバウンダリ の健全性が損なわれることはなく、

温度及び放射線以外のプルトニウム濃縮缶内の環境条件が、プルトニウム濃縮缶外へ及ぶことはないことから、温度及び放射線以外の環境条件の変化によってその他の重大事故が連鎖して発生することはない。

温度及び放射線の影響は、プルトニウム濃縮缶外へ及ぶものの、塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の高性能粒子フィルタの温度は約50℃であり、放射線は平常運転時よりは高いものの、これらの影響が十分な厚さを有するセルを超えてセル外へ及ぶことはない。

また、セル内の安全機能を有する機器も、これらの環境条件で健全性を損なうことはないことから、温度及び放射線の環境条件の変化によってその他の重大事故が連鎖して発生することはない。

プルトニウム濃縮缶に接続する配管を通じたプルトニウム濃縮缶内の環境条件の伝播による安全機能への影響の詳細は次のとおりである。

(a) 安全圧縮空気系及び一般圧縮空気系

安全圧縮空気系及び一般圧縮空気系は配管長が長いため、安全圧縮空気系及び一般圧縮空気系の配管を通じてプルトニウム濃縮缶気相部の圧力上昇による影響の波及はない。

以上より、T B P等の錯体の急激な分解反応により安全圧縮空気系及び一般圧縮空気系が機能喪失することはなく、水素爆発が発生することはない。

(b) 塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）等

プルトニウム濃縮缶に接続する塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の配管を通じて、プルトニウム濃縮缶内の環境が各機器に波及する。

T B P等の錯体の急激な分解反応により発生するエネルギーは約 0.3MJ であり、T B P等の錯体の急激な分解反応による環境条件が塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の配管を通じて各機器に波及した場合で

も、塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）等の材質はステンレス鋼であり、プルトニウム濃縮缶内の環境条件によってバウンダリが喪失することはない。

塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の高性能粒子フィルタは、T B P 等の錯体の急激な分解反応による温度及び圧力の上昇を考慮しても、温度は約 50℃、差圧の上昇は約 4 k P a であるため、温度上昇及び圧力上昇により健全性を損なうことはない。

T B P 等の錯体の急激な分解反応による瞬間的な圧力上昇により、プルトニウム濃縮缶及び塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の系統内の蒸気を凝縮する機能が一時的に喪失し、塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の高性能粒子フィルタに水ミストが到達することが想定される。より厳しい条件としてプルトニウム濃縮缶から塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の高性能粒子フィルタまでの全ての気体を湿度 100% として、プルトニウム濃縮缶気相部から塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の高性能粒子フィルタまでの廃ガス量の容量を約 6 m³、平常運転時の塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）内の廃ガス温度として 40℃とした場合に、高性能粒子フィルタにプルトニウム濃縮缶から塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の高性能粒子フィルタまでの全ての気体に含まれる水ミストが付着することを想定した場合において、水ミスト量は約 300 g である。プルトニウム濃縮缶凝縮器の冷却機能喪失時における高性能粒子フィルタの機能維持時間の評価結果（第 15 条安全機能を有する施設）より、水ミストが存在する条件下でフィルタ差圧が 250mmA q を超えたところから高性能粒子フィルタのリークが始まるため、試験で用いたフィルタの定格風量と実機における定格風量の比から、高性能粒子フィルタのリークが始まる水ミスト量を 1,300 g と

評価しており，T B P等の錯体の急激な分解反応に伴い高性能粒子フィルタへ付着する水分による除染機能の低下や喪失はない。

以上より，T B P等の錯体の急激な分解反応により塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）が機能喪失することはない，放射性物質の漏えいが発生することはない。

(c) 放射性物質の放出経路（建屋換気設備等）

廃ガスポットから放出される廃ガス量は約 0.8m^3 であり，廃ガスが有するエネルギーをセルへ放出したとしても，導出先セル及び導出先セル以降の放出経路の温度，圧力及び湿度は平常運転時と同程度であることから，T B P等の錯体の急激な分解反応により放射性物質の放出経路が機能喪失することはない。

一方，廃ガスポットから導出先セル及び導出先セル以降へ放射性物質が移行するため，その放出経路では放射性物質質量が増加するが，放射性物質の放出経路は鋼材であり，損傷することはない。また，放射性物質の放出経路の下流側に設置しているセル排気系のセル排気フィルタユニットの高性能粒子フィルタへの影響が考えられるが，セル排気系のセル排気フィルタユニットの高性能粒子フィルタのろ材はガラス繊維であり，放射線によって劣化することはないため，放射性物質の漏えいが発生することはない。

以上より，T B P等の錯体の急激な分解反応により放射性物質の放出経路（建屋換気設備）が機能喪失することはない，放射性物質の漏えいが発生することはない。

d. 分析結果

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について評価を実施した。安全圧縮空気系及び一般圧縮空気系は配管長が長

いため、安全圧縮空気系及び一般圧縮空気系の配管を通じたプルトニウム濃縮缶内の環境条件の波及はない。また、プルトニウム濃縮缶への圧縮空気の供給量は十分な余裕が確保されており、プルトニウム濃縮缶の気相部の水素濃度がドライ換算 4 v o 1 %を超えることがないこと等、T B P 等の錯体の急激な分解反応の発生によって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。

7.4.1.2.4 判断基準への適合性の検討

T B P 等の錯体の急激な分解反応の拡大防止対策として、プルトニウム濃縮缶において T B P 等の錯体の急激な分解反応が発生した場合におけるプルトニウム濃縮缶への供給液の供給を停止する手段、プルトニウム濃縮缶の加熱を停止する手段及び廃ガス貯留設備へ放射性物質を貯留する手段を整備しており、これらの対策について有効性評価を行った。

プルトニウム濃縮缶への供給液の供給は、T B P 等の錯体の急激な分解反応を検知後、自動又は手動により速やかに停止することで、T B P 等の錯体の急激な分解反応の再発を防止することができる。

プルトニウム濃縮缶の加熱の停止は、T B P 等の錯体の急激な分解反応を検知後、蒸気発生器へ一次蒸気を供給する系統の手動弁を閉止することで、T B P 等の錯体の急激な分解反応の再発を防止することができる。

セルへ導出された放射性物質をセル排気系のセル排気フィルタユニットの高性能粒子フィルタ及び塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の高性能粒子フィルタで除去し、廃ガス貯留設備（精製建屋）による貯留を講ずることにより、大気中への放射性物質の放出量（セシウム-137 換算）は、約 3×10^{-5} T B q となり、廃ガス貯留設備による放射性物質の貯留の評価に用いるパラメータの不確かさの幅を考慮しても、100 T B q を十分下回る。

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結果に与える影響は無視できる又はないことを確認した。

また、想定される事故時環境において、プルトニウム濃縮缶に接続する安全機能を有する機器が、損傷又は機能喪失することはなく、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、T B P 等の錯体の急激な分解反応が発生した場合にお

いても、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 等の錯体の急激な分解反応の再発を防止することができる。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実行可能な限り低く、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、「7.4.1.2.1(9) 判断基準」を満足する。

7.4.2 T B P 等の錯体の急激な分解反応の拡大防止対策に必要な要員及び資源

T B P 等の錯体の急激な分解反応の拡大防止対策に必要な要員及び資源を以下に示す。

(1) 必要な要員の評価

T B P 等の錯体の急激な分解反応に対する拡大防止対策として実施するプルトニウム濃縮缶への供給液の供給停止，プルトニウム濃縮缶の加熱の停止，廃ガス貯留設備による放射性物質の貯留に必要な要員は 8 人（実施責任者を含む）である。さらに，重大事故等の発生時に実施する大気中への放出状況監視等及び電源の確保に必要な要員は 14 人（実施責任者を除く）である。

上記より，T B P 等の錯体の急激な分解反応の拡大防止対策に要する実施組織要員数は 22 人である。

これに対し実施組織要員は 41 人であるため，実施組織要員の要員数は，必要な要員数を上回っており，必要な作業が可能である。

(2) 必要な資源の評価

T B P 等の錯体の急激な分解反応は，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を発生の原因とした内的事象により発生することから，電源，圧縮空気及び冷却水については平常運転時と同様に使用可能である。

a. 電源

T B P 等の錯体の急激な分解反応への対処に必要な負荷は，最小余裕約 110 k V A に対し最大でも廃ガス貯留設備（精製建屋）の空気圧縮機の約 40 k V A である。また，空気圧縮機の起動時を考慮しても約 80 k V A であり最小余裕に対して余裕があることから，必要電源容量を確保

できる。

b．圧縮空気

T B P等の錯体の急激な分解反応への対処として水素掃気，圧力及び液位の監視に圧縮空気が必要になる。これらの圧縮空気は，平常運転時においても継続的に常設重大事故等対処設備に供給されているものであり，T B P等の錯体の急激な分解反応への対処においても平常運転時と同様に使用可能である。

c．冷却水

冷却水については，平常運転時においても継続的に常設重大事故等対処設備に供給されているものであり，T B P等の錯体の急激な分解反応への対処においても平常運転時と同様に使用可能である。

7.4.3 参考文献

- (1) 日本原子力研究所. 再処理施設における溶媒と硝酸の熱分解反応に関する安全性実証試験 (受託研究). 1995-02, JAERI-Tech 95-005.
- (2) Wallace W. Schulz, James D. Navratil, Andrea E. Talbot. Science and Technology of Tributyl Phosphate Volume I. CRC Press, 1984.
- (3) 住友金属鉱山. ウラン濃縮缶等での TBP 挙動検討試験 報告書. 1991-07, TR91-01.
- (4) G.S. Nichols, “Decomposition of the Tributyl Phosphate- Nitrate Complexes”, DP-526, November 1960.
- (5) 小林卓志ほか. “再処理工場水素爆発事故時における放射性物質の移行率の調査(5) 環状容器試験その2”. 日本原子力学会 2016 年春の年会, 日本原子力学会, 2016-03
- (6) 尾崎, 金川, “高性能エアフィルタの苛酷時健全性試験, (IV) 多湿試験” 日本原子力学会誌, Vol.28 No. 6 (1986)
- (7) Science Applications International. Nuclear Fuel Cycle Facility Accident Analysis Handbook. United States Nuclear Regulatory Commission, 1998-03, NUREG/CR-6410.
- (8) GENERIC PROCEDURES FOR ASSESSMENT AND RESPONSE DURING A RADIOLOGICAL EMERGENCY. IAEA, VIENNA, 2000 IAEA-TECDOC-1162
- (9) ICRP. Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides : Part 5 Compilation of Ingestion and Inhalation Dose Coefficients. Annals of the ICRP, ICRP Publication 72. 1996, vol. 26, no. 1.
- (10) F.J. Herrmann, et. al., Some Aspects of Aerosol Production and Removal During Spent Fuel Processing Steps, Proceedings of the 16th

DOE Nuclear air cleaning conference held in San Diego, California,
20-23 October 1980.

第 7.4.1－1 表 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における手順と設備の関係

	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 放射線計測設備
a .	T B P 等の錯体の急激な分解反応の発生を検知，T B P 等の錯体の急激な分解反応への対処の着手及び実施判断	・論理回路が 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は，T B P 等の錯体の急激な分解反応への対処の着手及び実施を判断し，以下の b . 及び d . に移行する。	・プルトニウム濃縮缶	—	・監視制御盤 ・プルトニウム濃縮缶圧力計 ・プルトニウム濃縮缶気相部温度計 ・プルトニウム濃縮缶液相部温度計
b .	プルトニウム濃縮缶への供給液の供給停止	・中央制御室からの操作により，緊急停止系を起動させ，プルトニウム濃縮缶への供給液の供給を停止する。	・プルトニウム濃縮缶供給槽ゲデオン	—	・緊急停止系
c .	プルトニウム濃縮缶への供給液の供給停止の成否判断	・プルトニウム濃縮缶供給槽液位計により，プルトニウム濃縮缶への供給液の供給が停止したことの成否を判断する。	・プルトニウム濃縮缶供給槽ゲデオン	—	・監視制御盤 ・プルトニウム濃縮缶供給槽液位計

(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 放射線計測設備
d.	プルトニウム濃縮缶への加熱の停止	・ 蒸気発生器へ一次蒸気を供給する系統の手動弁の閉止操作を実施する。	・ 蒸気発生器へ一次蒸気を供給する系統の手動弁	—	—
e.	プルトニウム濃縮缶への加熱の停止の成否判断	・ プルトニウム濃縮缶加熱蒸気温度計により、加熱蒸気温度が T B P 等の錯体の急激な分解反応が発生する温度未満になったことを確認することにより、プルトニウム濃縮缶の加熱の停止の成否を判断する。	—	—	・ 安全系監視制御盤 ・ プルトニウム濃縮缶加熱蒸気温度計

第 7. 4. 1－ 2 表 廃ガス貯留設備による放射性物質の貯留における手順と設備の関係

	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 放射線計測設備
<u>a .</u>	<u>廃ガス貯留設備による放射性物質の貯留の着手及び実施の判断</u>	<u>・論理回路が 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には, 廃ガス貯留設備による放射性物質の貯留の着手及び実施を判断し, 以下の b . へ移行する。</u>	二	二	<u>・監視制御盤</u> <u>・安全系監視制御盤</u> <u>・廃ガス貯留設備（精製建屋）の圧力計</u> <u>・廃ガス貯留設備（精製建屋）の流量計</u> <u>・廃ガス洗浄塔入口圧力計</u>

(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 放射線計測設備
b.	廃ガス貯留槽への導出開始の確認	・<u>廃ガス貯留設備（精製建屋）</u>の圧力計の指示値の上昇及び<u>廃ガス貯留設備（精製建屋）</u>の流量計の指示値の上昇により、放射性物質を含む気体の廃ガス貯留槽への導出が開始されたことを確認する。 ・塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の圧力計により、塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の系統内の圧力が負圧に維持され、<u>廃ガス貯留設備（精製建屋）</u>による圧力の制御が機能していることを確認する。	・<u>塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）</u>の隔離弁 ・塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の排風機 ・塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の高性能粒子フィルタ ・<u>廃ガス貯留設備（精製建屋）</u>の隔離弁 ・<u>廃ガス貯留設備（精製建屋）</u>の空気圧縮機 ・<u>廃ガス貯留設備（精製建屋）</u>の逆止弁 ・<u>廃ガス貯留設備（精製建屋）</u>の廃ガス貯留槽	—	・監視制御盤 ・安全系監視制御盤 ・<u>廃ガス貯留設備（精製建屋）</u>の圧力計 ・<u>廃ガス貯留設備（精製建屋）</u>の流量計 ・廃ガス洗浄塔入口圧力計

(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 放射線計測設備
<u>c.</u>	廃ガス貯留槽への導出完了判断	・廃ガス貯留槽内の圧力が規定の圧力 (0.7MP a) に達した場合に、導出の完了と判断する。	—	—	・監視制御盤 ・ <u>廃ガス貯留設備 (精製建屋)</u> の圧力計
<u>d.</u>	塔槽類廃ガス処理系 (プルトニウム系) による換気再開	・廃ガス貯留槽への放射性物質の導出完了後、中央制御室において塔槽類廃ガス処理系 (プルトニウム系) の隔離弁の開操作を行い、塔槽類廃ガス処理系 (プルトニウム系) の排風機を再起動して、高い除染能力が期待できる平常運転時の放出経路に復旧し、機器内に残留している放射性物質を管理された状態において主排気筒を介して放出する。	・ <u>塔槽類廃ガス処理系 (プルトニウム系)</u> の隔離弁 ・塔槽類廃ガス処理系 (プルトニウム系) の排風機 ・塔槽類廃ガス処理系 (プルトニウム系) の高性能粒子フィルタ ・ <u>廃ガス貯留設備 (精製建屋)</u> の隔離弁 ・ <u>廃ガス貯留設備 (精製建屋)</u> の空気圧縮機 ・ <u>廃ガス貯留設備 (精製建屋)</u> の逆止弁 ・ <u>廃ガス貯留設備 (精製建屋)</u> の廃ガス貯留槽 ・ <u>主排気筒</u>	—	・監視制御盤 ・安全系監視制御盤

(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 放射線計測設備
d.	塔槽類廃ガス処理系（プルトリウム系）による換気再開	・塔槽類廃ガス処理系（プルトリウム系）の再起動後、 <u>廃ガス貯留設備（精製建屋）</u> の隔離弁を閉止し、空気圧縮機を停止する。	・ <u>廃ガス貯留設備（精製建屋）</u> の隔離弁 ・ <u>廃ガス貯留設備（精製建屋）</u> の空気圧縮機	—	・監視制御盤
e.	換気再開の成否判断	・塔槽類廃ガス処理系（プルトリウム系）の再起動が完了したことを、塔槽類廃ガス処理系（プルトリウム系）の排風機の運転表示及び <u>廃ガス洗浄塔入口圧力計の指示値</u> により確認する。	・塔槽類廃ガス処理系（プルトリウム系）の排風機	—	・安全系監視制御盤 ・廃ガス洗浄塔入口圧力計

第7. 4. 2－1表 TBP等の錯体の錯体の急激な分解反応の対処に使用する設備

機器グループ	設備		TBP等の錯体の急激な分解反応の拡大の防止のための設備		
			プルトニウム濃縮缶への供給液の供給停止	プルトニウム濃縮缶の加熱の停止	廃ガス貯留設備による放射性物質の貯留
	設備名称	構成する機器	重大事故等対処設備	重大事故等対処設備	重大事故等対処設備
精製建屋 TBP等の錯体の急激な分解反応	プルトニウム精製設備	プルトニウム濃縮缶	○	○	×
		プルトニウム濃縮缶供給槽ゲデオン	○	×	×
		蒸気発生器へ一次蒸気を供給する系統の手動弁	×	○	×
	計測制御設備	プルトニウム濃縮缶供給槽液位計	○	×	×
		供給槽ゲデオン流量計	○	×	×
		プルトニウム濃縮缶加熱蒸気温度計	×	○	×
		廃ガス洗浄塔入口圧力計	×	×	○
		廃ガス貯留設備の圧力計(精製施設用)	×	×	○
		廃ガス貯留設備の流量計(精製施設用)	×	×	○
	重大事故時供給停止回路	プルトニウム濃縮缶圧力計	○	○	○
		プルトニウム濃縮缶気相部温度計	○	○	○
		プルトニウム濃縮缶液相部温度計	○	○	○
		緊急停止系(精製施設用， 電路含む)	○	×	×
	制御室	監視制御盤(精製施設用)	○	○	○
		安全系監視制御盤(精製施設用)	×	○	○
	廃ガス貯留設備(精製建屋)	隔離弁	×	×	○
		空気圧縮機	×	×	○
		逆止弁	×	×	○
		廃ガス貯留槽	×	×	○
	精製建屋塔槽類廃ガス処理設備塔槽類廃ガス処理系(プルトニウム系)	高性能粒子フィルタ	×	×	○
		排風機	×	×	○
		隔離弁	×	×	○
		廃ガスポット	×	×	○
	精製建屋換気設備	セル排気フィルタユニット	×	×	○
		グローブボックス・セル排風機	×	×	○
	主排気筒	主排気筒	×	×	○
	低レベル廃液処理設備	第1低レベル廃液処理系	×	×	○
	放射線監視設備	主排気筒の排気モニタリング設備	×	×	○
		環境モニタリング設備	×	×	○
	試料分析関係設備	放出管理分析設備	×	×	○
		環境試料測定設備	×	×	○
	環境管理設備	放射能観測車	×	×	○
		気象観測設備	×	×	○
	受電開閉設備・受電変圧器	受電開閉設備	○	○	○
		受電変圧器	○	○	○
	所内高圧系統	6.9kV非常用主母線	○	○	○
		6.9kV運転予備用主母線	○	○	○
		6.9kV常用主母線	×	×	○
		6.9kV非常用母線	○	○	○
		6.9kV運転予備用母線	○	○	○
		6.9kV常用母線	×	×	○
	所内低圧系統	460V非常用母線	○	○	○
		460V運転予備用母線	○	○	○
	直流電源設備	第1非常用直流電源設備	×	×	○
		第2非常用直流電源設備	○	○	○
		常用直流電源設備	○	○	○
	計測制御用交流電源設備	計測制御用交流電源設備	○	○	○
	圧縮空気設備	一般圧縮空気系	○	○	○
		安全圧縮空気系	×	×	○
	冷却水設備	一般冷却水系	×	×	○

第7.4.2－2表(1) 「精製施設の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」時の放射性物質の放出量（セル排気系からの放射性物質の放出量）

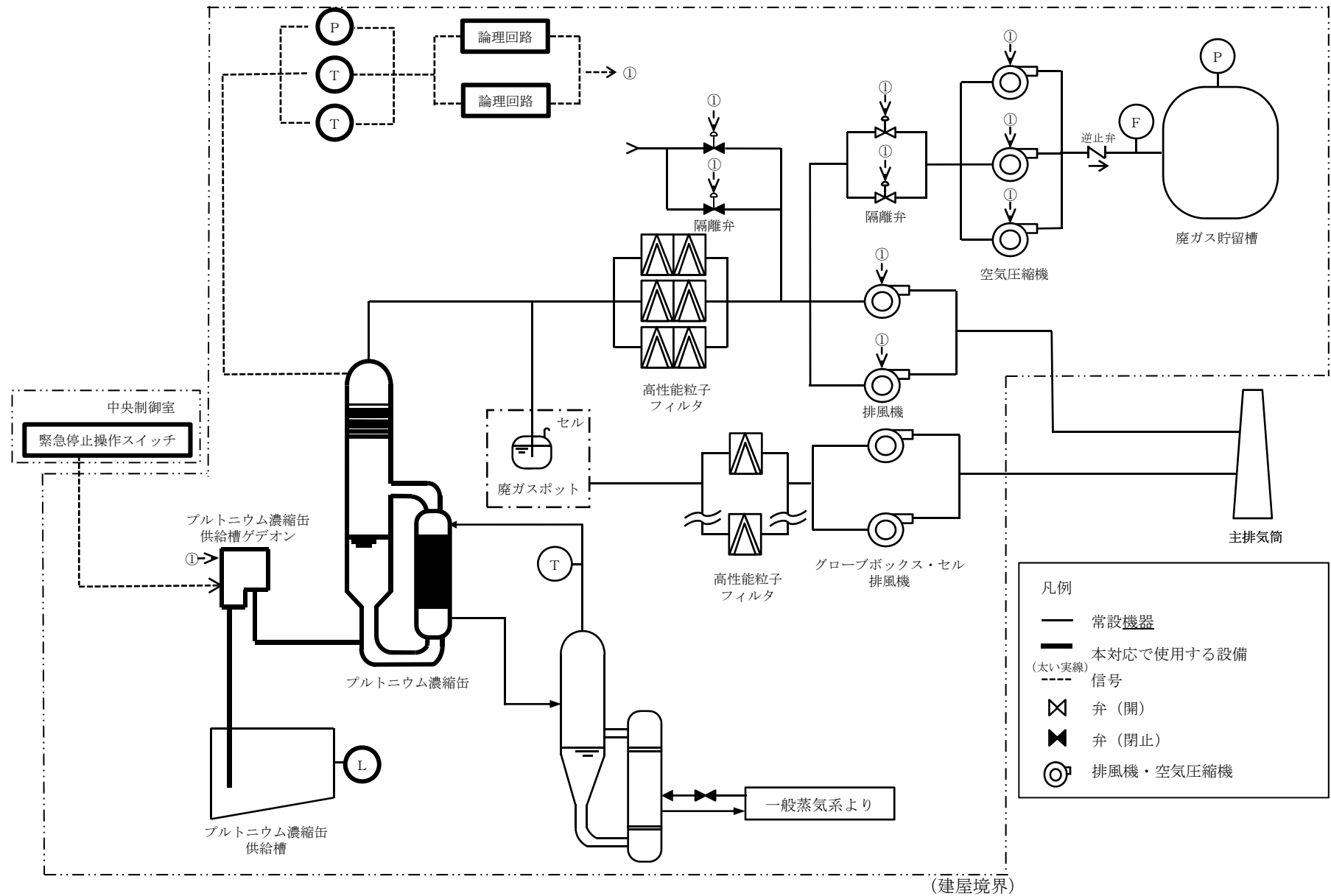
核 種	放出量(B q)
P u－238	6×10^3
P u－239	6×10^2
P u－240	9×10^2
P u－241	2×10^5

第7.4.2－2表(2) 「精製施設の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」時の放射性物質の放出量（塔槽類廃ガス処理系(プルトニウム系)からの放射性物質の放出量)

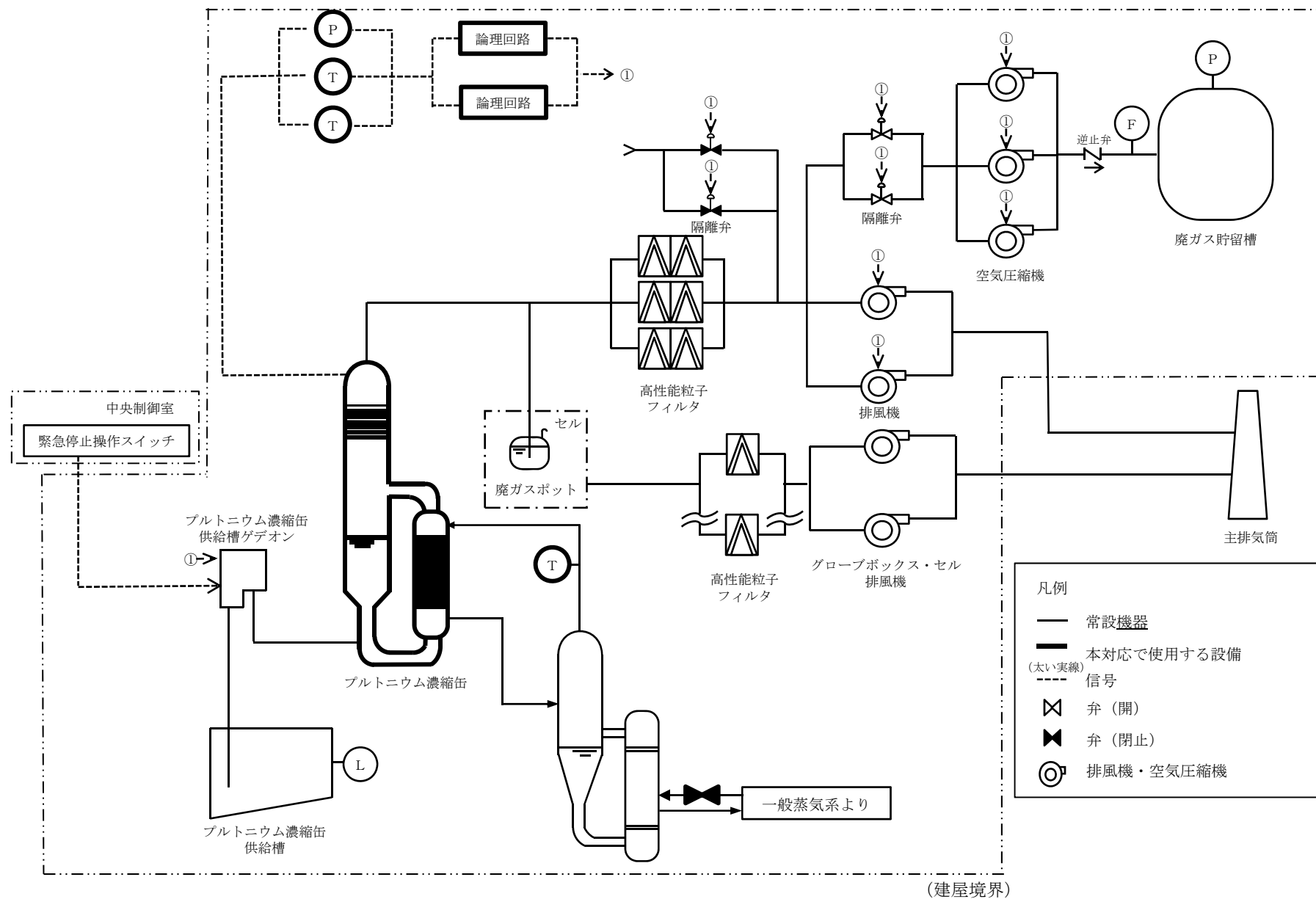
核 種	放出量(B q)
P u－238	6×10^5
P u－239	6×10^4
P u－240	9×10^4
P u－241	2×10^7

第7.4.2－3表 「精製施設の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」時の放射性物質
の放出量（セシウム－137換算値）

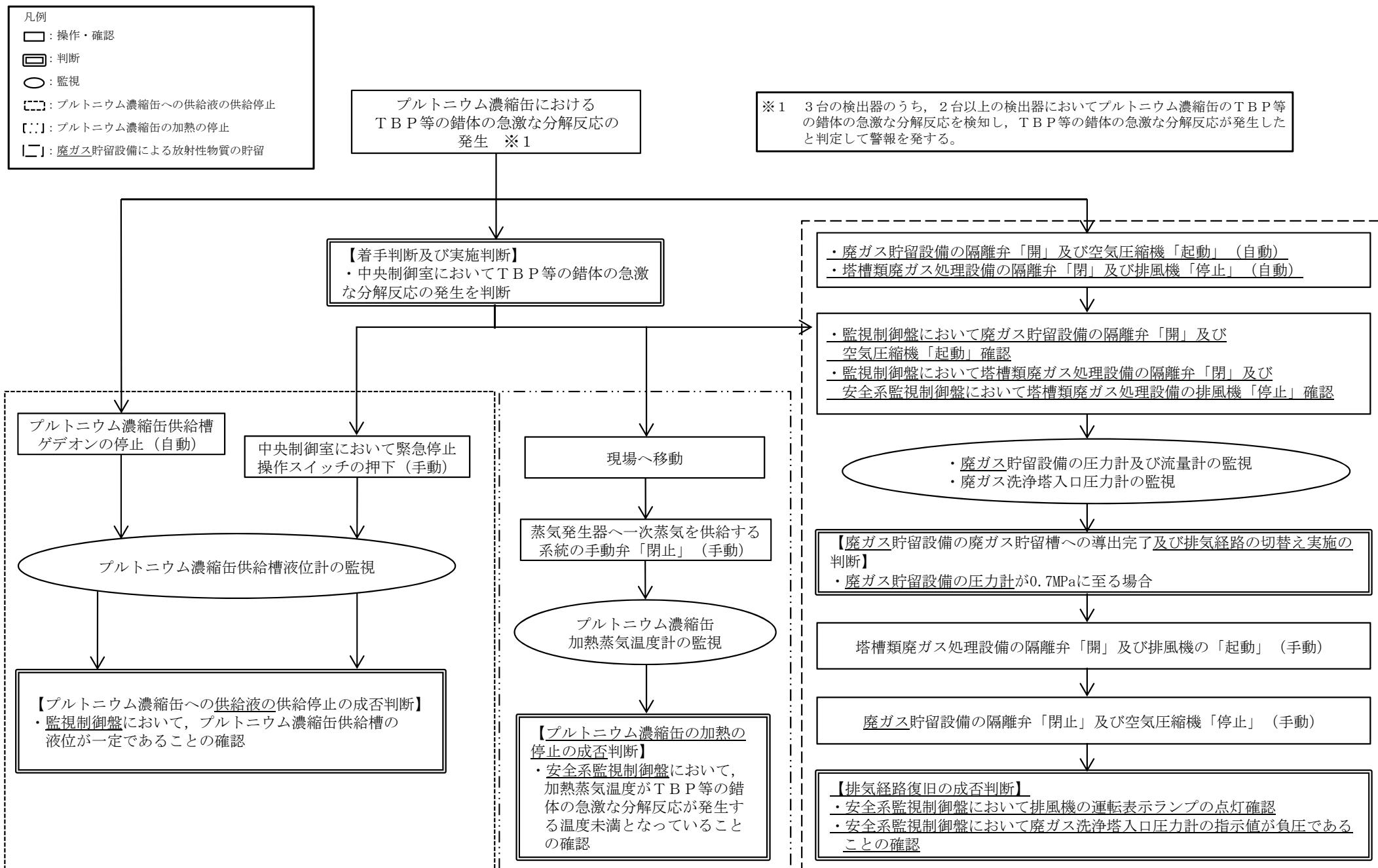
評価対象	放出量(T B q)
セシウム－137換算値	3×10^{-5}



第7.4.1-1 図(1) T B P等の錯体の急激な分解反応に対処するための設備の系統概要図
(プルトニウム濃縮缶への供給液の供給停止)



第7.4.1-1図(2) T B P等の錯体の急激な分解反応に対処するための設備の系統概要図
(プルトニウム濃縮缶の加熱の停止)



第7.4.1－2 図「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

班名	作業番号	作業内容	要員数	所要時間 (時:分)	経過時間(時:分)																		
					0:00	0:10	0:20	0:30	0:40	0:50	1:00	1:10	1:20	1:30	1:40	1:50	2:00	2:10	2:20	2:30	2:40	2:50	
実施責任者	1	・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のうち2つ以上の計器で同時に警報が発報したことを検知した場合に、TBP等の錯体の急激な分解反応の発生を判断	1	0:01																			
	2	・対策活動の指揮		1:56																			
建屋対策班長	3	・緊急停止系の作動によるプルトニウム濃縮缶への供給液の供給停止	1	0:01																			
	4	・対策の実施、対策作業の進捗管理		1:56																			
小計			2																				

班名		作業番号	作業内容	要員数	所要時間 (時:分)	経過時間(時:分)																	
						0:00	0:10	0:20	0:30	0:40	0:50	1:00	1:10	1:20	1:30	1:40	1:50	2:00	2:10	2:20	2:30	2:40	2:50
放射線 対応班	放射線対応班長	5	・放射線監視盤の状態確認及び監視	1	—																		
	放管1班	6	・放射線監視盤の状態確認及び監視	2	0:10																		
		7	・主排気筒管理建屋ダストろ紙回収及び測定 ※初回測定以降、事象継続状況を踏まえ、測定・報告を繰り返す。		—																		
	放管2班	8	・放射線監視盤の状態確認及び監視	2	0:10																		
		9	・建屋周辺サーベイ ※初回測定以降、事象継続状況を踏まえ、測定・報告を繰り返す。		—																		
小計				5																			

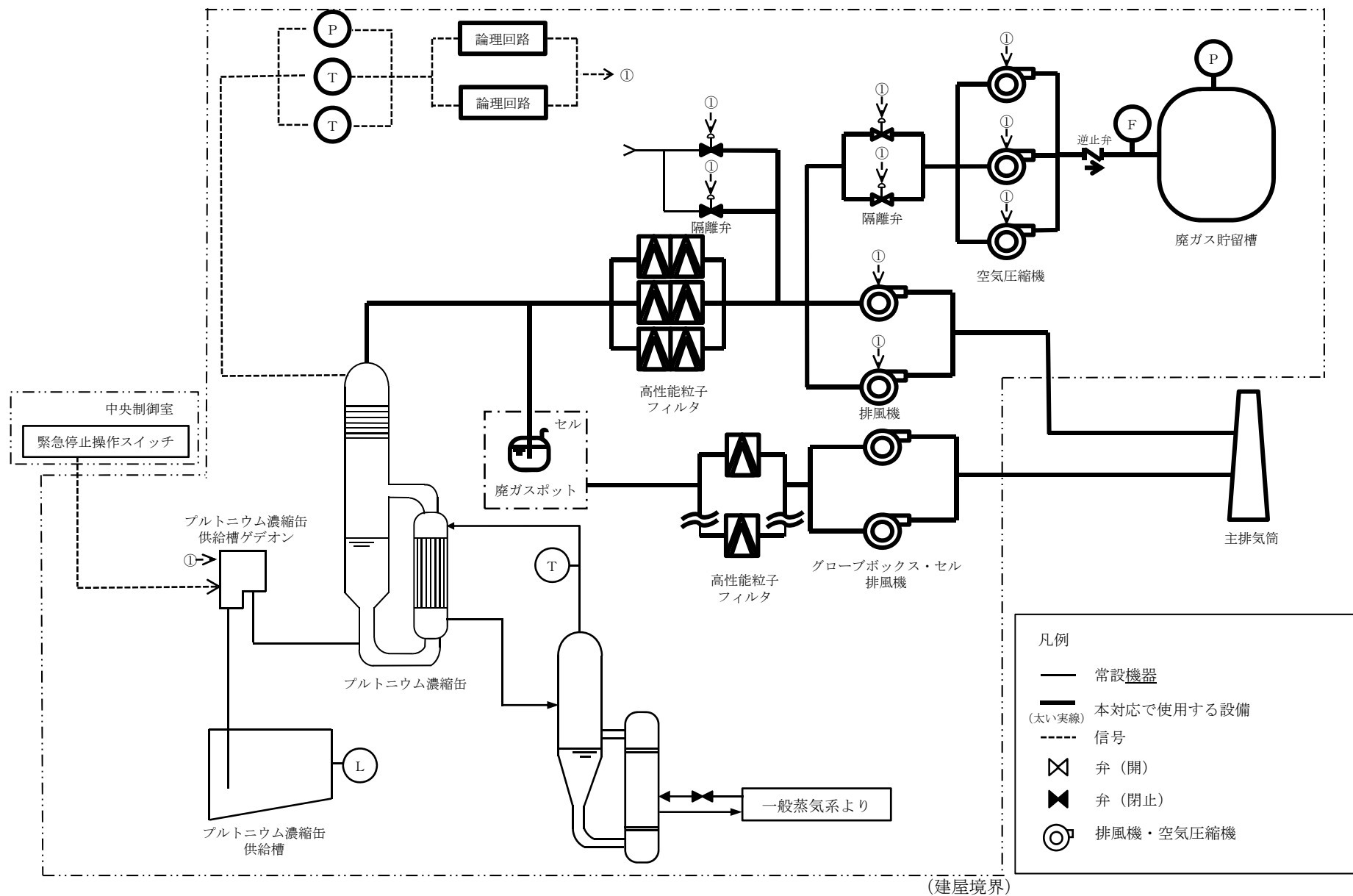
班名		作業番号	作業内容	要員数	所要時間 (時:分)	経過時間(時:分)																	
						0:00	0:10	0:20	0:30	0:40	0:50	1:00	1:10	1:20	1:30	1:40	1:50	2:00	2:10	2:20	2:30	2:40	2:50
建屋 対策班	建屋内1班	10	・プルトニウム濃縮缶供給槽液位等の監視	2	0:20																		
		11	・加熱蒸気温度等の監視		0:25																		
		12	・塔槽類廃ガス処理系(プルトニウム系)の隔離弁の操作及び塔槽類廃ガス処理系(プルトニウム系)の排風機の起動		0:03																		
		13	・貯留設備の隔離弁の操作及び貯留設備の空気圧縮機の停止		0:05																		
	建屋内2班	14	・蒸気発生器へ一次蒸気を供給する系統の手動弁の閉止	2	0:05																		
	建屋内3班	15	・貯留設備の圧力及び流量の監視	2	1:56																		
	建屋内4班	16	・精製建屋各工程の運転状態確認	2	0:15																		
	小計				8																		

班名	作業番号	作業内容	要員数	所要時間 (時:分)	経過時間(時:分)																
					0:00	0:10	0:20	0:30	0:40	0:50	1:00	1:10	1:20	1:30	1:40	1:50	2:00	2:10	2:20	2:30	2:40
実施組織要員	17	・非常用電源建屋の受電状態確認	3	0:10	■																
	18	・制御建屋の受電状態確認	3	0:10	■																
	19	・ユーティリティ建屋の受電状態確認	3	0:10	■																
小計			9																		

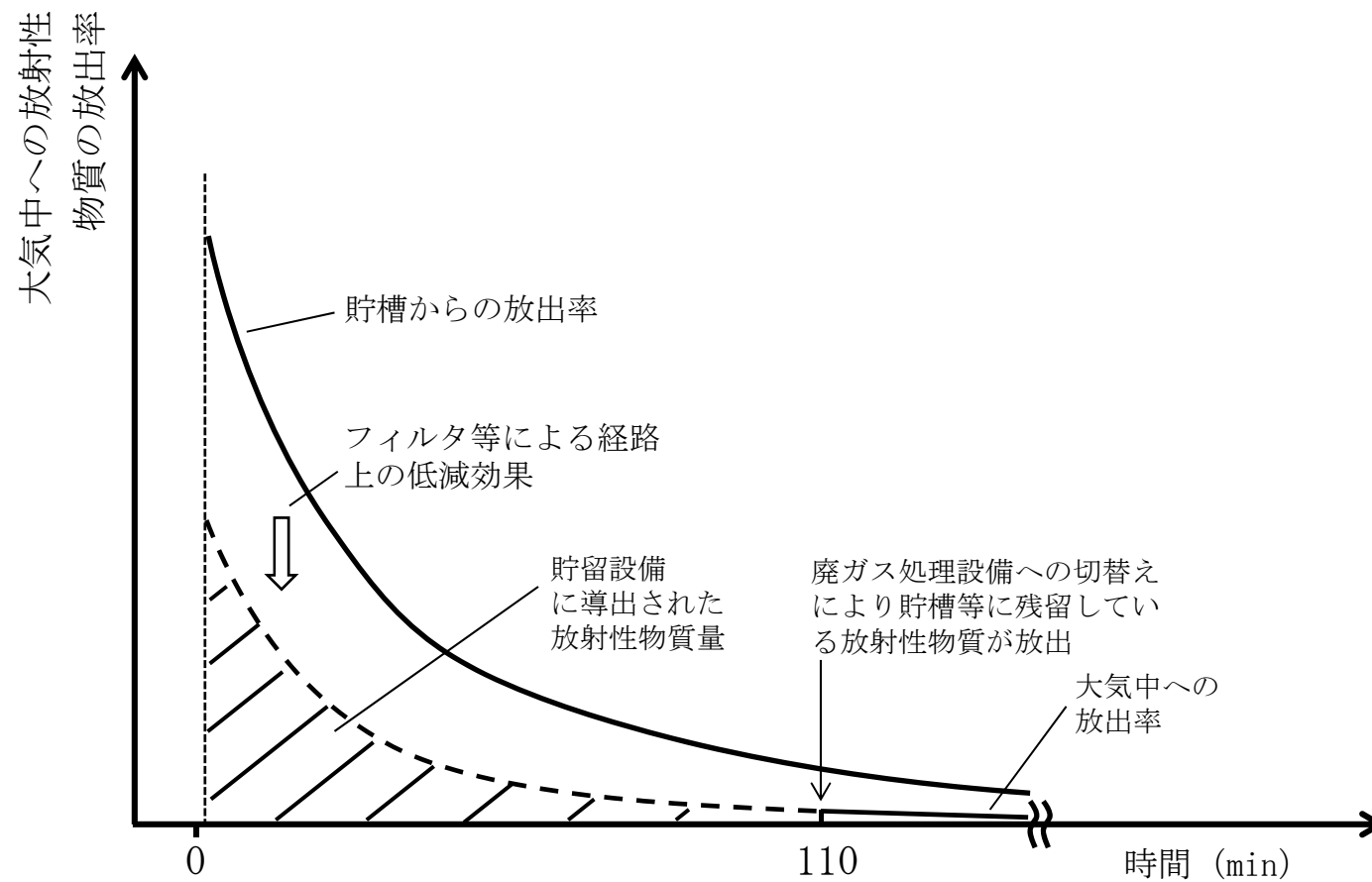
合計

24

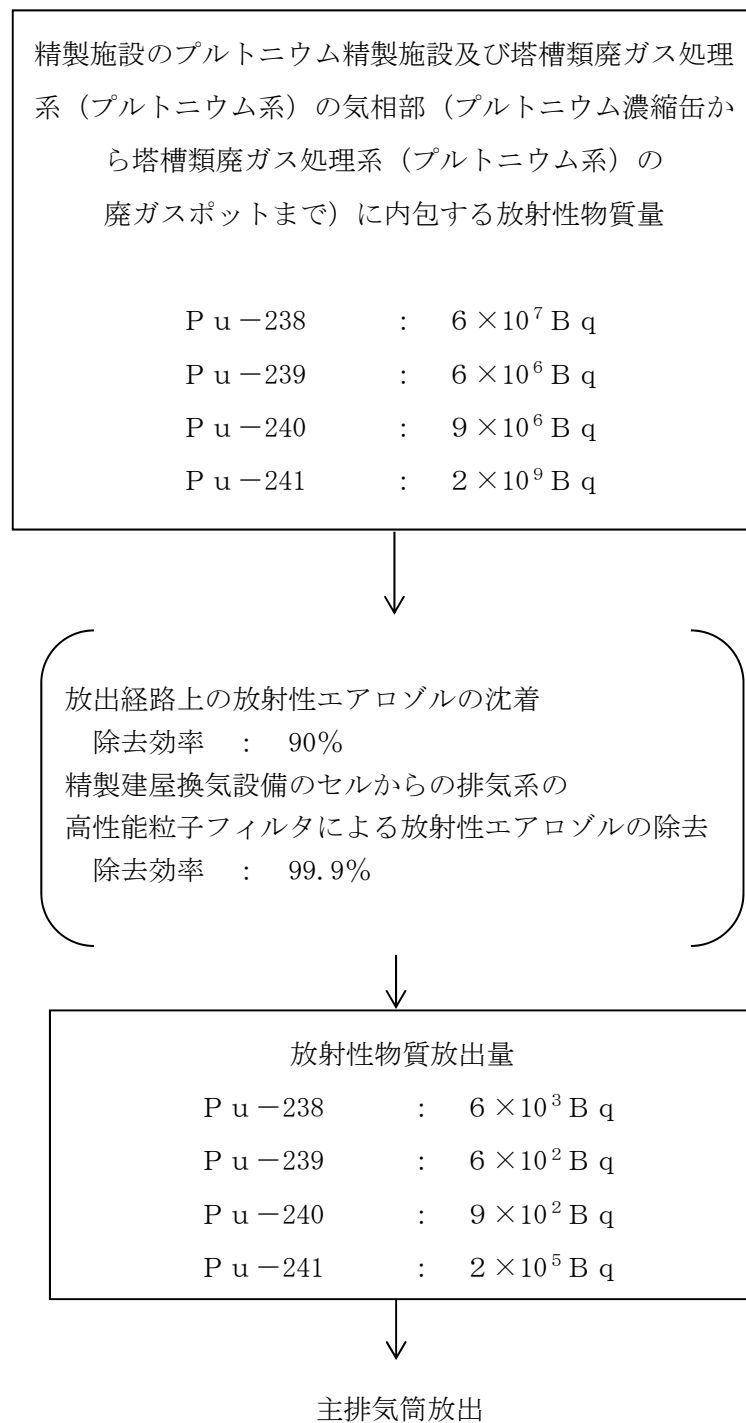
第Ⅶ.4.1-3図 TBP等の錯体の急激な分解反応の拡大防止のための措置の作業と所要時間
(プルトニウム濃縮缶への供給液の供給停止、プルトニウム濃縮缶の加熱の停止、貯留設備による放射性物質の貯留)



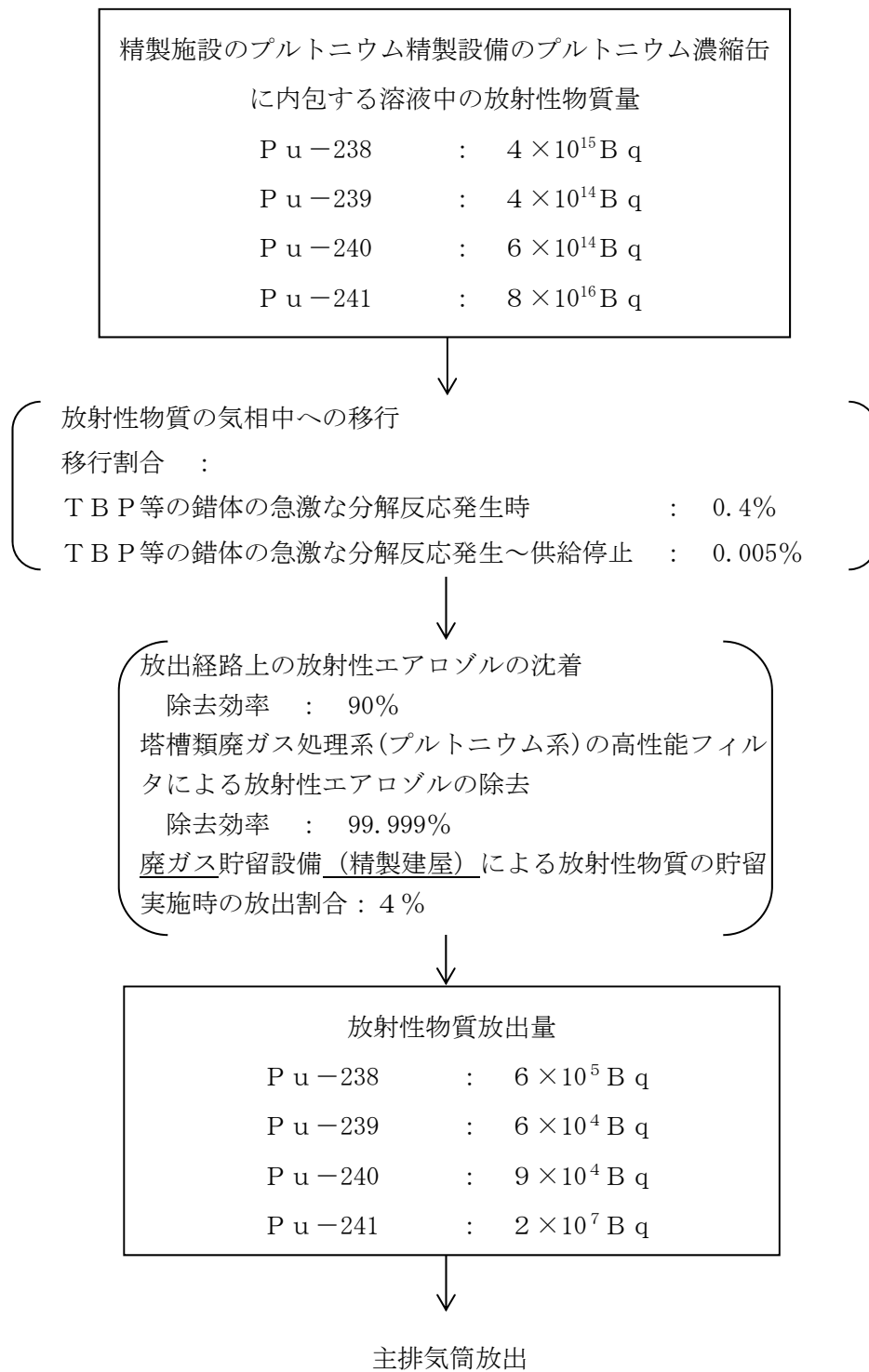
第7.4.1－4図 TBP等の錯体の急激な分解反応に対処するための設備の系統概要図
(貯留設備による放射性物質の貯留)



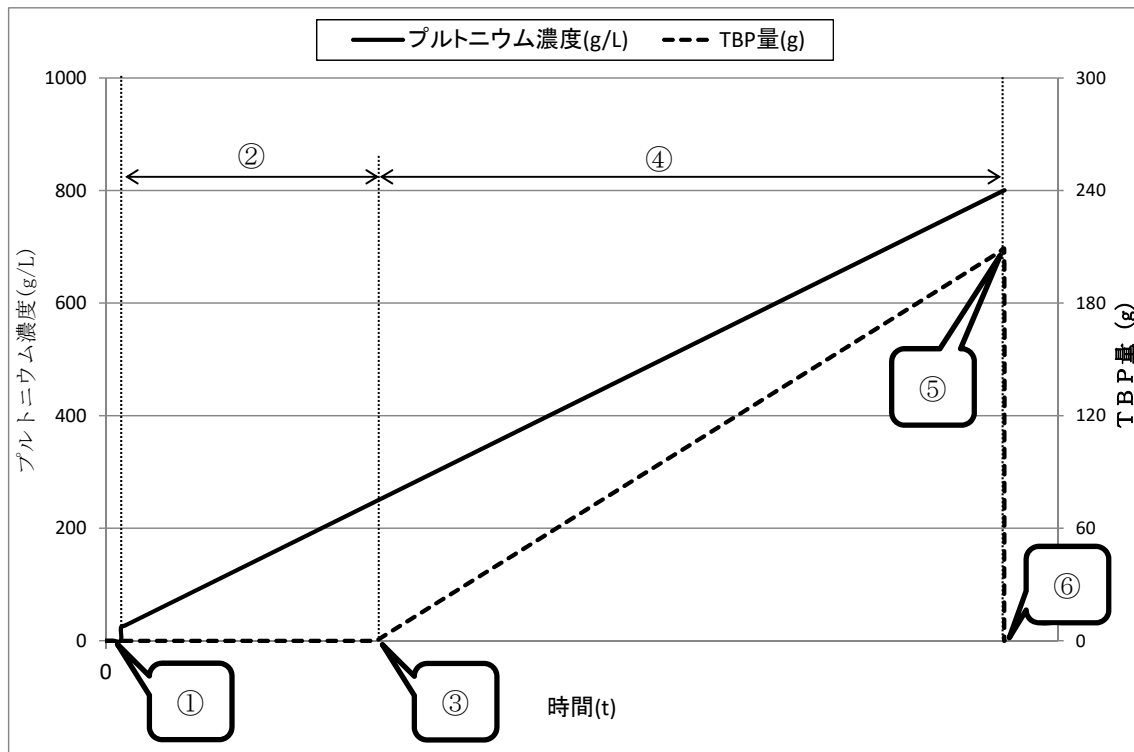
第7.4.2-1図 TBP等の錯体の急激な分解反応発生時における放射性物質の放出量の推移



第 7.4.2-2 図(1) 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による放射性物質の大気放出過程(セルからの排気系からの放射性物質の放出量)



第 7.4.2-2 図(2) 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による放射性物質の大気放出過程(塔槽類廃ガス処理系(プルトニウム系)からの放射性物質の放出量)



【運転状態及び発生を想定する異常】

- ①：プルトニウム濃縮缶への液張り及びプルトニウム濃縮工程の立ち上げ
- ②：液位制御運転による所定濃度までの濃縮
- ③：液位制御から密度制御への切り替え不能（液位制御の継続）及びTBP等を含む供給液の供給開始
- ④：過濃縮の進展及びTBP等の蓄積
- ⑤：TBP等の錯体の急激な分解反応の発生
- ⑥：供給液の供給停止（TBP等の錯体の急激な分解反応の検知から1分以内）

第 7.4.2-3 図 プルトニウム濃縮缶の運転概要並びに
プルトニウム濃度及びTBP量の推移

12. 放射性物質の漏えい

(f) 放射性物質の漏えいへの対処

「(i) 重大事故等の対処に係る有効性評価の基本的な考え方

(a) 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 (ハ) 重大事故の想定箇所の特定結果 6) 放射性物質の
漏えい」に示すとおり、放射性物質の漏えいは発生が想定されない
ことから、放射性物質の漏えいに対処に関する有効性評価は不要で
ある。