

【公開版】

提出年月日	令和2年1月30日 R42
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

目 次

1 章 基準適合性

1. 規則適合性
2. 重大事故等への拡大防止等（要旨）
3. 設計上定める条件より厳しい条件の設定及び重大事故の想定箇所の特定
4. （欠番）
5. 重大事故等の対処に係るの有効性評価の基本的な考え方
6. 臨界事故への対処
7. 冷却機能の喪失による蒸発乾固への対処
8. 放射線分解により発生する水素による爆発への対処
9. 有機溶媒等による火災又は爆発への対処
10. 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
11. 使用済燃料貯蔵槽における燃料損傷防止に係る対処
12. （欠番）
13. 重大事故が同時に又は連鎖して発生した場合の対処
14. 必要な要員及び資源の評価

2 章 補足説明資料

2. 重大事故等の拡大防止等（要旨）

目次

2. 重大事故等への拡大防止等（要旨）

- 2.1 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
- 2.2 臨界事故への対処
- 2.3 冷却機能の喪失による蒸発乾固への対処
- 2.4 放射線分解により発生する水素による爆発への対処
- 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
- 2.6 使用済燃料貯蔵槽における燃料損傷防止に係る対処
- 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
- 2.8 必要な要員及び資源の評価

2.1 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制（要旨）

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（要旨）

重大事故の想定箇所の特定に当たり、安全機能を有する施設の設計において想定した設計条件より厳しい条件である外的事象及び内的事象を要因とした場合の、機能喪失の範囲を整理し、重大事故とその想定箇所の検討を行った。

その際に設計基準を超える厳しい条件として、外的事象（自然現象と故意によるものを除く人為事象）と内的事象及びそれらの重ねあわせを考慮した。

外的事象の考慮として、安全機能を有する施設の設計において想定した地震、火山等の 55 の自然現象と、航空機落下、有毒ガス等の 24 の人為事象に対して

- ・ 発生頻度が極めて低い事象
- ・ 重大事故をひきおこす規模の事象が想定されない事象
- ・ 再処理施設周辺では起こりえない事象
- ・ 設計基準を超える厳しい条件を施設に与えても重大事故の誘因とならないことが明らかな事象

を除いた上で、設計基準を超える厳しい条件を施設に与えた場合に重大事故等の誘引となるおそれのある事象として、地震、火山（降下火砕物による荷重又はフィルタの目詰まり）、森林火災、草原火災、干ばつ、積雪、湖若しくは川の水位降下が残り、当該事象によって機能喪失するおそれのある安全上重要な施設を抽出して、重大事故が起こるかの可否を検討した。

その結果として、地震、火山（降下火砕物）について、設計基準を超える厳しい条件により重大事故が発生する。それ以外の事象については、それぞれ、消火活動を行うこと、堆積した雪や降下火砕物を除去すること、及び工程を停止した上で、必要に応じて外部からの給水を行うことにより、重大事故に至る前までに対処が可能であり、安全上重要な施設の機能喪失に至ることを防止でき、大気中への放射性物質の放出に至ることはない。

地震、火山の影響で考慮した条件は、

地震：常設の動的機器及び交流動力電源の機能は復旧に時間を要することが想定されることから全て機能喪失する。常設の静的機器の機能は、基準地震動の1.2倍の地震動を考慮した際に機能維持できる設計としたもの以外は機能喪失する。

火山：交流動力電源及び屋外の動的機器の機能及び屋内の外気を吸い込む常設の動的機器の機能は降下火砕物によるフィルタ目詰まり等により全て機能喪失する。

上記の前提により、安全上重要な施設の機能喪失に至り重大事故が発生する。

内の事象は、設計基準事故の想定において考慮した

- ・放射性物質を内包する液体の移送配管の貫通き裂と漏えいした液体の放射性物質の回収設備の単一故障の同時発生
- ・短時間の全交流動力電源の喪失
- ・動的機器の単一故障

に対してそれぞれの条件を超える条件として、

- ・腐食性の液体（溶液、有機溶媒等）を内包する液体の移送配管の全周破断と漏えいした液体の放射性物質の回収設備の単一故障の同時発生
- ・長時間の全交流動力電源の喪失
- ・動的機器の多重故障（多重の誤作動、多重の誤操作を含む）

配管の全周破断は、空気及び気送による粉末、定期的なサンプリングにより水質を管理している冷却水を内包する配管は劣化の進展が小さく、保守点検で維持できることから対象としない。配管が損傷した場合には早期に検知できて工程停止等の措置を行うことができるので、複数の配管の損傷は考慮しない。

動的機器の多重故障の想定は、共通要因故障が発生するおそれのない機器における関連性が認められない偶発的な同時発生は想定しない。

異なる機能喪失の重ね合わせについては、

- ・内の事象については事象発生時に速やかに対処を行うことと、関連性の認められない偶発的な事象となるので、重ね合わせを考慮する必要はない。
- ・外的事象については、それぞれの事象の発生頻度が極めて低いこと、また、動的機器の機能が全て喪失することを想定しており、重ね合わせたとしても結果は同じであることから必要はない。
- ・内の事象と外的事象の重ね合わせについては、発生頻度が極めて低いこと、関連性が認められないことから重ね合わせはしない。

重大事故の想定箇所の特定

上記のような設計上定める条件より厳しい条件である外的事象及び内的事象を要因とした場合の機能喪失の範囲を整理することで、発生のおそれがある重大事故と想定箇所が特定される。

その整理の中で、設計基準の設備により事象を収束させる他、安全機能の喪失後の事象の進展が極めて遅い、事象進展において一般公衆への影響が平常時と同程度のものについては、安全機能の喪失に対して復旧等の措置で対応する。

<結果>

1. 臨界事故

○外的事象発生時

外的事象の発生時には工程を停止すること、基準地震動を超える地震を考慮しても形状・寸法等を維持できる設計とすること、それ以外の設計の機器については内包する核燃料物質の濃度が平常時未臨界濃度以下であることから、プロセス量に変動は起こらず、核的制限値を超えることもないため、事故は発生しない。

○内的事象発生時

・配管破断+回収設備の単一故障

核燃料物質の漏えいは生じるが、漏えいする溶液が未臨界濃度であれば臨界の発生は想定されない。漏えいする溶液が未臨界濃度を越える場合は、漏えい液受皿の核的制限値の保持機能は維持される。

・長時間の全交流動力電源の喪失

工程が停止することで、プロセス量に変動は起こらず、核的制限値を

超えることもないため、臨界に至らない。

- ・ 動的機器の多重故障

工程を停止することで、プロセス量に変動は起こらず、核的制限値を超えることもない。多重誤操作においては、臨界に至る条件が成立しないので臨界に至らない。

臨界の場合は、上記の条件下では発生が想定はされない。しかし、臨界発生時には直ちに対策を講じる必要があることに加え、臨界事故は核分裂の連鎖反応によって放射性物質が新たに生成するといった特徴を有している。それらを踏まえて、さらに検知機能の異常、誤操作等の条件を厳しく想定し、溶解槽等の 8 つの貯槽等において重大事故（臨界事故）の発生を想定した。

2. 蒸発乾固

○外的事象発生時

冷却水のポンプ、冷却塔等の動的機器の直接的な機能喪失及び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。その結果、53 の貯槽で蒸発乾固の発生が想定される。

○内的事象発生時

冷却水のポンプ、冷却塔等の多重故障、長時間の全交流動力電源の喪失による間接的な機能喪失によって 53 の貯槽で蒸発乾固の発生が想定される。

- ・ 移送配管破断と回収機能の単一故障との同時発生

冷却対象の機器からの漏えいは発生するが、漏えい液の回収系統が多重化されていることから事故に至らない。

この重大事故は、全交流動力電源喪失や外部ループを構成する機器が機能喪失した場合は 53 のすべての貯槽等で同時に重大事故の発生が想定される。また、内部ループの冷却水のポンプが機能喪失した場合は、その内部ループに接続されている貯槽等で同時に重大事故の発生が想定され、機器グループ（対策が同じ重大事故の発生を想定する機器のグループ）の単位で、5 建屋 1 3 グループで発生する。

3. 水素爆発

○外的事象発生時

空気圧縮機の直接的な機能喪失並びに電源喪失及び空気圧縮機を冷却する安全冷却水系外部ループの冷却塔等の機能喪失による間接的な機能喪失により、掃気機能が喪失する。その結果、51 の貯槽で水素爆発の発生が想定される。

○内的事象発生時

空気圧縮機の多重故障、又はこれを冷却する安全冷却水系外部ループのポンプ、冷却塔の多重故障、長時間の全交流動力電源の喪失による間接的な機能喪失によって 51 の貯槽で水素爆発の発生が想定される。

- ・ 移送配管破断と回収機能の単一故障との同時発生

水素掃気対象機器からの漏えいは発生するが、セルの排気機能が維持されていることから事故に至らない。

この重大事故は、全交流動力電源喪失や、空気圧縮機、外部ループを構成する機器が機能喪失した場合は 51 のすべての貯槽等で同時に重大事故の発生が想定される。

4. 有機溶媒等による火災または爆発

○外的事象発生時

有機溶媒等による火災または爆発（放射線分解により発生する水素による爆発を除く）については、外的事象（地震及び火山の影響）において工程が停止、または動的機器が機能喪失することで、温度上昇が抑制され有機溶媒等の引火点、T B P 等の錯体の急激な分解反応の開始温度に至ることはない、または水素濃度が可燃限界濃度に至ることはないため、事故に至らない。

○内的事象発生時

- ・移送配管破断と回収機能の単一故障との同時発生

有機溶媒等の漏えいが生じるが、放熱を考慮すれば崩壊熱による温度上昇が抑制され、有機溶媒の引火点に至ることはなく、事故に至らない。

- ・長時間の全交流動力電源の喪失

工程が停止し、動的機器が機能喪失することで温度上昇は抑制され、有機溶媒等の引火点及びT B P 錯体の急激な分解反応の開始温度に至ることはない、または水素濃度が可燃限界濃度に至ることはないため、事故に至らない。

- ・ 動的機器の多重故障

長時間の全交流動力電源の喪失時と同様に事故に至らない。

有機溶媒等による火災または爆発（放射線分解により発生する水素による爆発を除く）については、合理的な範囲での多重の誤操作において、火災または爆発に係るプロセス量を逸脱するものの、火災または爆発に至る温度条件、水素濃度条件が成立しないことから、事故に至らない。

このため、設定した設計上定める条件より厳しい条件の下では有機溶媒等による火災または爆発は想定されないが、T B P等の錯体の急激な分解反応は過去に他の施設において発生していることを踏まえ、さらに異常検知機能、誤操作等の条件を厳しく想定し、プルトニウム濃縮缶において重大事故の発生を想定した。

5. 使用済燃料の損傷

- 5. 1 想定事故 1（非常用の補給水系が故障して、補給水の供給に失敗することにより、使用済燃料プール等の水の温度が上昇し、蒸発により水位が低下する事故）

○外的事象発生時

外的事象（火山の影響）において、冷却塔の直接機能喪失並びに電源喪失によるプール水冷却系、安全冷却水系及び補給水設備のポンプ等の動的機器の間接的な機能喪失により発生する。なお、外的事象（地震）においても、プール水冷却系、安全冷却水系及び補給水設備のポンプ等の動的機器の直接的な機能喪失及び電源喪失による間接的な機能喪失が発生するが、同時に「プール水の保持機能」も喪失すること及び燃料貯蔵プールの水面の揺動を踏まえ、想定事故 2 として発生を想定する。

○内的事象発生時

長時間の全交流動力電源の喪失によるプール水冷却系、安全冷却水系、補給水設備のポンプ等の間接的な機能喪失によって事故の発生が想定される。

- ・ 動的機器の多重故障

プール水冷却系のポンプ、安全冷却水系のポンプ又は冷却塔の多重故障により沸騰には至るものの、補給水設備からの給水を継続することにより燃料貯蔵プールの水位を維持でき事故に至らない。

また、補給水設備のポンプが多重故障しても、プール水冷却系及び安全冷却水系により冷却が継続される。自然蒸発による燃料貯蔵プールの水位低下に対しては、給水処理設備からの給水により、事故に至らない。

- ・ 移送配管破断と回収機能の単一故障との同時発生

冷却水及び補給水を内包する配管の破断は想定しないことから、事故に至らない。

5. 2 想定事故 2 (サイフォン効果等による燃料貯蔵プール等内の水の 小規模な喪失が発生し、燃料貯蔵プール等の水位が低下する事故)

○外的事象発生時

外的事象（地震）において、プール水冷却系の配管破断で発生するサイフォン効果及びプール水のスロッシングにより、想定事故 2 が発生する。

○内の事象発生時

プール水冷却系、安全冷却水系、補給水設備のポンプ等の多重故障、長時間の全交流動力電源の喪失による間接的な機能喪失では事故に至らない。また、冷却水及び補給水を内包する配管の破断は想定しないことから、事故に至らない。

6. その他漏えい

その他漏えいによる重大事故については、放射性物質の保持機能の機能喪失により発生する。液体又は固体放射性物質の保持機能の機能喪失は、基準地震動を超える地震動を考慮しても機能を維持できる設計とする、工程停止により漏えいを収束させることから、事故に至らない。火山の影響、機器の多重故障及び長時間の全交流動力電源喪失においては、機能喪失は考えられないことから事故に至らない。

また、内の事象において、放射性物質を内包する液体の移送配管の全周破断と液体の放射性物質の回収設備の単一故障の同時発生では、液体放射性物質の保持機能の機能喪失により漏えいが発生するが、液体の放射性物質の回収設備は多重化されており、安全が確保される貯槽等に回収できることから事象収束でき、事故に至らない。その他の内の事象においては、保持機能の喪失は考えられないことから事故に至らない。

気体の放射性物質の閉じ込め機能（放出経路維持機能、放射性物質の捕集及び浄化機能並びに排気機能）の機能喪失は、外的事象（地震及び火山の影響）を想定した場合、排風機、廃ガス洗浄器へ水を供給するポンプ等の動的機器の直接的な機能喪失、電源喪失による間接的な機能喪失により

閉じ込め機能が喪失するが、排気対象（貯槽等の機器、セル）で蒸発乾固等の事故が同時に発生していなければ、工程停止により放射性物質の気相への移行量が減少し、放射性物質の放出が抑制されることから事故に至らない。

内的事象として、長期間の全交流動力電源が喪失した場合も、排気対象（貯槽等の機器、セル）で蒸発乾固等の事故が同時に発生していなければ、外的事象と同様に工程が停止することから事故に至らない。また、動的機器の多重故障の場合は、当該系統の異常を検知し、工程を停止した上で建屋換気設備（セルからの排気系、汚染のおそれのある区域からの排気系）により代替排気を行うため、事故に至らない。

・ 重大事故の同時発生

重大事故が同時に発生する場合は、同種の重大事故が同時に発生する場合と、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。

同種の重大事故が同時に発生する場合は、個別の重大事故の事象選定にてその同時発生の対象を説明している。

異種の重大事故が同時に発生する場合については、機能喪失の誘引となる事象（地震等）と各重大事故との関係を踏まえて、外的事象を起因とした場合は、冷却機能の喪失による蒸発乾固と放射線分解により発生する水素爆発と使用済燃料の損傷の 3 つの重大事故が同時に発生することを想定している。

内的事象として、動的機器の多重故障を起因とした場合は、冷却機能の喪失による蒸発乾固と放射線分解により発生する水素爆発の 2 つの重大事故が同時に発生することを想定している。また、長時間の全交流動力電

源の喪失を起因とした場合は冷却機能の喪失による蒸発乾固と放射線分解により発生する水素爆発と使用済燃料の損傷の 3 つの重大事故が同時に発生することを想定している。

以 上

2.2 臨界事故への対処（要旨）

1. 事故の特徴

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

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

その過程において核分裂反応により核分裂生成物が生成され、希ガス、ヨウ素等の気体状の放射性物質が気相に移行する。また、核分裂反応のエネルギー放出による溶液の急激な温度上昇、及び溶液の放射線分解による水素発生で気泡が生じるため、気泡が液面に到達して飛沫の発生によりエアロゾル状の放射性物質が気相に移行する。

さらに、放射線分解により発生する水素（以下、「放射線分解水素」という。）は、臨界継続中は通常より多量であり、溶液を取り扱う貯槽等内の水素濃度が高くなると水素爆発が発生するおそれがある。水素爆発が発生すると、水素爆発での圧力変動による飛沫が発生することにより放射性エアロゾルが気相に移行するため、臨界継続中に水素爆発が同時に発生すると臨界事故が単独で発生したときよりも気相に移行する放射性物質が増加する。

臨界事故は、2 建屋で6 機器 2 貯槽で発生する。

2. 事故の特徴を踏まえた対策と考え方

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

さらに、臨界事故に伴い発生するおそれのある水素爆発を防止し気相に移行する放射性物質の量を抑制するため、水素掃気を実施し貯槽等内の水素濃度がドライ換算 8 v o 1 % に至ることを防止する。

また、気相中に移行した放射性物質の大気中への放出を防止するため、臨界事故発生後、速やかに、臨界事故が発生した貯槽等が接続されるせん断処理・溶解廃ガス処理設備又は精製建屋塔槽類廃ガス処理設備の塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）（以下、「廃ガス処理設備」という。）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貯留設備の貯留タンクに導き放射性物質を貯留タンクへ閉じ込める。

また、貯留タンクが所定の圧力に達した場合、排気経路を廃ガス処理設備に切り替え、廃ガス処理設備から主排気筒を介して放出する。

拡大防止対策による事態の収束は、未臨界が維持され、臨界事故による放射性物質の放出が止まり、水素濃度が平常運転時と同様に可燃限界濃度（ドライ換算 4 v o 1 %）未満となることとし、事態の安定化はこれらの事故対策により事態の収束が見込めることとする。

3. 具体的対策

臨界検知用放射線検出器により臨界事故の発生を検知した場合、重大事故時可溶性中性子吸収材供給槽から自動で貯槽等に可溶性中性子吸収材を重力流で供給する。

臨界検知用放射線検出器により臨界事故の発生を検知した場合、中央制御室における緊急停止機能操作によって速やかに固体状又は液体状の核燃料物質の移送を停止する。

また、安全圧縮空気系の水素掃気用の圧縮空気及び一般圧縮空気系の計測制御用の圧縮空気による水素掃気に加え、一般圧縮空気系の空気取出口と貯槽等に接続する配管（溶解設備、精製建屋一時貯留処理設備又は計測制御設備の配管）を可搬型建屋内ホースにより接続し、一般圧縮空気系から空気を貯槽等に供給し水素掃気を実施する。

臨界検知用放射線検出器により臨界事故の発生を検知した場合、貯留タンクに放射性物質を導出するため、貯留設備の隔離弁を自動開放するとともに貯留設備の空気圧縮機を自動で起動し貯留タンクに放射性物質を導く。同時に、廃ガス処理設備の流路を遮断するため、隔離弁を閉止する。精製建屋にあつては隔離弁の閉止に加え、排風機を自動で停止する。

上記の導出操作は、貯留タンクの圧力が所定の圧力（0.7MPa）に達するまで継続し、所定の圧力に達した場合には、排気経路を廃ガス処理設備に切り替える。

この操作は中央制御室からの操作で、廃ガス処理設備の隔離弁を開放するとともに廃ガス処理設備の排風機を起動する。この際、貯留タンクには逆止弁が設けられているため、貯留タンクから廃ガス処理設備への放射性物質の逆流はない。その後、中央制御室からの操作で貯留設備の隔離弁を閉止する。

これらの操作により、排気を廃ガス処理設備から主排気筒を介して放出する。

このため、臨界検知用放射線検出器、緊急停止系、緊急停止操作スイッチ、重大事故時可溶性中性子吸収材供給槽、空気圧縮機、貯留タンク、配管、可搬型ホース、弁、圧力計、流量計、放射線モニタ、サーベイメータ等を重大事故等対処設備として新たに整備する。また、廃ガス処理設備、安全圧縮空気系、一般圧縮空気系、監視制御盤、安全系監視制御盤、排気筒モニタ、電気設備、溶解設備、精製建屋一時貯留処理設備、建屋換気設備、主排気筒、一般冷却水系、低レベル廃液処理設備を常設重大事故等対処設備に位置づける。

4. 有効性評価

4.1 代表事例

臨界事故の発生を想定する貯槽等に対し、有効性評価の各項目において最も厳しい結果を与える貯槽等を代表として選定する。

4.2 代表事例の選定理由

未臨界に移行すること及び未臨界が維持されることの確認においては、未臨界に移行するために必要な可溶性中性子吸収材の量を最も多く要する機器である前処理建屋のエンドピース酸洗浄槽を代表とする。

水素濃度の確認においては、水素濃度が最も高くなる機器である前処理建屋のエンドピース酸洗浄槽を代表とする。

放射性物質の放出量の確認においては、プルトニウムの濃度が最も高く、気相部の容積が大きいため貯槽に残留する割合が大きくなり、放出量に対する影響が大きくなる貯槽である精製建屋の第7一時貯留処理槽を代表として選定する。

4.3 有効性評価の考え方

拡大防止対策に係る有効性については、未臨界に移行すること及び未臨界が維持されることを確認するため、可溶性中性子吸収材の供給後の貯槽等における実効増倍率を評価する。また、臨界時における水素爆発のおそれがないことを確認するため、貯槽等の水素濃度を評価する。この評価では発生した水素は気相に移行するとし、貯槽等の気相中の雰囲気の水素掃気として供給される空気と混合され、貯槽等から排気系に移行するとして評価する。

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、貯

槽等から気相へ移行する放射性物質の量，放出経路における低減割合，貯留タンクへの放射性物質の導出を考慮し，事態の収束までに大気中へ放出する放射性物質量をセシウム 137 換算として評価する。気体状の希ガス及びよう素については，これらの元素による長期的な被ばく影響が十分小さいことから，セシウム 137 換算の放出量については，長期的な被ばく影響を評価する観点から算出していることを踏まえ，溶液中に溶解している核燃料物質等の放射性物質を評価対象とする。

臨界事故時の核燃料物質を有する体系のうち，実効増倍率の評価においては，三次元の体系を取り扱うことができ，評価済みの核データライブラリを用いたモンテカルロ法による臨界評価計算が行え，臨界実験等により検証されている J A C S コードシステムを用いる。J A C S コードシステムで用いる核データライブラリは，E N D F / B - I V である。なお，非均質体系の臨界計算においては実効増倍率の計算に先立って体系の均質化を行う。

水素濃度の評価については水素発生量，機器の気相部容積等を用いた簡便な計算で実施する。

4.4 事故の条件

内部事象により臨界事象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。

臨界事故時の核分裂反応の規模については，過去に発生した臨界事故の規模を踏まえ，臨界状態を継続させた場合の全核分裂数を 1×10^{20} f i s s i o n s と設定した上で，臨界に達した直後の短時間の出力上昇時の核分裂数を 1×10^{18} f i s s i o n s ，臨界状態を継続している期間におけ

る核分裂率を 1×10^{15} f i s s i o n s / 秒に設定する。

4.5 機器の条件

前処理建屋のエンドピース酸洗浄槽に供給する可溶性中性子吸収材は、硝酸ガドリニウム、1 Lあたりガドリニウム 150 g を含む溶液とし、未臨界に移行するために十分な量として 28 L とする。これにより、前処理建屋のエンドピース酸洗浄槽に供給されるガドリニウム量は 4,200 g となる。また、可溶性中性子吸収材は、臨界検知用放射線検出器により、臨界検知後 10 分で自動で前処理建屋のエンドピース酸洗浄槽に供給を完了する。

臨界事故時に気相に移行した放射性物質は、臨界検知用放射線検出器により臨界事故の発生を検知し、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）の隔離弁を自動で閉止するとともに排風機を自動で停止することで流路を遮断し、空気圧縮機の自動起動によって臨界検知後 1 分で貯留タンク（容量約 11m^3 ）への導出を開始し、貯留タンクが所定の圧力へ達するまで継続し、その後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）に切り替える。

水素掃気の流量については、平常運転時に前処理建屋のエンドピース酸洗浄槽に供給されている一般圧縮空気系の計測制御用の圧縮空気による水素掃気は事故後も継続されるとして、 $0.2\text{m}^3/\text{h}$ とし、臨界検知後に一般圧縮空気系の空気取出口と溶解設備の配管又は計測制御設備の配管を、可搬型建屋内ホースにより接続し、一般圧縮空気系から供給する空気の流量は $6\text{m}^3/\text{h}$ とする。

貯槽に内包する核燃料物質及び放射性物質の組成、濃度、崩壊熱密度は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で考慮した条件を設定することとし、具体的には、実効増倍率の評価におい

ては、前処理建屋のエンドピース酸洗浄槽への燃料せん断片の過装荷が発生したとして、燃料集合体1体に相当する核燃料物質（質量約 550 kg・UO₂）が装荷されるとし、水素濃度の評価においては、前処理建屋のエンドピース酸洗浄槽内の溶液の崩壊熱密度が平常運転時の崩壊熱密度よりも上昇し、溶解液と同様となっていることを想定して崩壊熱密度（600W/m³）を設定する。

放射性物質の放出量評価においては、精製建屋の第3一時貯留処理槽から精製建屋の第7一時貯留処理槽へ誤移送が発生したとして、精製建屋の第3一時貯留処理槽の平常運転時の最大値とする。

また、核燃料物質の組成については臨界評価結果と放出量評価結果が厳しくなる組成を設定する。

4.6 操作の条件

緊急停止系を用いた操作は、中央制御室からの操作で、臨界検知後1分で完了できる。

前処理建屋のエンドピース酸洗浄槽への一般圧縮空気系からの水素掃気用空気の供給は、現場での操作で、臨界検知後40分で開始し、事態の収束まで継続する。

貯留タンクの圧力が所定の圧力に達した後に実施する廃ガス処理設備への切替え操作は、中央制御室からの操作で、圧力が所定の圧力に達したことを起点として、中央制御室からの操作により8分で完了できる。

4.7 放出量評価の条件

気相への移行割合については、核分裂で生成する核種のうち希ガスは100%、ヨウ素は25%、ルテニウムは溶液中の保有量の0.1%とし、その

他の放射性物質については核分裂反応の熱エネルギーによる蒸発量に相当する溶液中の保有量の 0.05%と設定する。

また蒸発量の算出においては核分裂により発生する熱エネルギーがすべて溶液の蒸発に使用されるとする。

臨界事故において気相中に移行した放射性物質は貯留タンクに閉じ込められるが、25%が貯槽に残留し、廃ガス処理設備への切替えに伴い廃ガス処理設備により放射性物質を低減したうえで主排気筒から放出するとする。

その際の放出経路における低減割合については、廃ガス処理設備の高性能粒子フィルタの2段による除染係数を 10^4 、放出経路構造物への沈着による除染係数を 10 とする。

放射性物質の放出量のセシウム 137 換算係数については 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等にかか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、プルトニウム等の一部の核種については、これに加え化学形態による影響の違いによる補正する係数を乗じる。

4.8 判断基準

臨界事故の拡大防止対策の有効性評価の判断基準については、可溶性中性子吸収材供給後、供給後における貯槽の実効増倍率が 0.95 を下回ること。

また、臨界事故時に貯槽の水素濃度がドライ換算 8 v o 1 %未満に維持できること。

放出量評価は、臨界事故発生から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 を下回るものであって、かつ実行可能な限り低いこと。

5. 有効性評価の結果

5.1 拡大防止対策

拡大防止対策の有効性については、臨界事故発生時には可溶性中性子吸収材の自動供給により臨界事故発生後 10 分以内に未臨界に移行するために必要な可溶性中性子吸収材を供給でき、この際、前処理建屋のエンドピース酸洗浄槽において、実効増倍率が 0.94 であり、未臨界に移行できる。また、緊急停止系により固体状及び液体状の核燃料物質の移送が停止するため、エンドピース酸洗浄槽の実効増倍率は 0.95 を下回り、未臨界を維持できる。

臨界事故の発生により貯槽内の水素濃度は上昇するが、平常運転時に前処理建屋のエンドピース酸洗浄槽に供給されている一般圧縮空気系の計測制御用の圧縮空気による水素掃気により、前処理建屋のエンドピース酸洗浄槽においてドライ換算 7 v o 1 %未満となり 8 %に至らない。臨界検知後 40 分の時点から実施する可搬型建屋内ホースを用いた一般圧縮空気系からの水素掃気用空気の供給及び平常運転時から貯槽等に供給される空気により、事態の安定化時点において可燃限界濃度未満の状態に移行する。

放出量評価においては、臨界事故の発生を検知してから貯留タンク内の圧力が規定の圧力である 0.7MP a に達するまでの期間においては、大気中への放射性物質の放出は生じない。貯留タンクの圧力が規定の圧力に達した後、排気経路を貯留タンクへの経路から廃ガス処理設備に切り替えることで、貯槽に残留した放射性物質が放出され、精製建屋の第 7 一時貯留処理槽において約 8×10^{-7} TBq となる。

5.2 不確かさの影響評価

5.2.1 解析コードの不確かさの影響

JACSコードシステムは臨界実験データの実効増倍率について、核データライブラリ等に起因して評価結果にばらつきを有する傾向にあることから、未臨界に移行したことの判断基準については、評価結果にばらつきがあることを踏まえ、体系の実効増倍率 0.95 以下としている。

このため、体系の実効増倍率 0.95 以下に必要な可溶性中性子吸収材が供給された体系は十分に未臨界な状態であり、解析コードの不確かさが未臨界に移行したことの判断に与える影響はない。

また、実効増倍率を起点としている操作はないことから解析コードにおける特有の傾向が運転員等の操作に直に与える影響はない。

5.2.2 事象、事故条件及び機器条件の不確かさの影響

臨界事故時に想定している全核分裂数は、過去の臨界実験の知見から不確かさとして、約 2 倍に増加するおそれがある。

この結果として、沸騰が継続することにより水と核燃料物質の減速比が変化した場合においても可溶性中性子吸収材の供給により実効増倍率が 0.95 を下回ることを解析により確認しているため、未臨界への移行について、判断基準を満足することには変わりはない。また、貯槽等の気相中に移行する放射性物質量は約 2 倍に増加するため、大気中への放射性物質の放出量は約 2×10^{-6} TBq となるおそれがあるが、判断基準を満足することには変わりはない。

臨界事故時における核分裂数については、供給完了までの時間に保守性を見込んでいること及び未臨界移行後の実効増倍率を 0.95 以下と評価していることから、評価時間より早期に未臨界状態に移行できると考えられ、

核分裂数が少なくなることで気相に移行する放射性物質や水素発生量が減少し、大気中への放射性物質の放出量や貯槽の水素濃度が低下す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、臨界事故により影響を受ける割合や放出経路における放射性物質の除染係数に不確かさがある。

非安全側な影響として、万一、廃ガス処理設備の水封部からセルに放射性物質が移行した場合には、経路上の除染係数が 2 桁程度低下する可能性がある。

また、仮に移行した放射性物質に揮発性のルテニウムが含まれていた場合には、経路上の除染係数が期待できず、1 桁未満の増加となる可能性がある。一方、安全側な影響として、溶液の沸騰量が想定よりも小さい場合や、放出量評価に用いた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、放出量が小さくなることも想定される。

このように不確かさを有するものの、これらを考慮した場合でも判断基準を満足することに変わりはない。

5.2.3 操作条件の不確かさの影響

一般圧縮空気系の空気取出口と溶解設備の配管又は計測制御設備の配管を、可搬型建屋内ホースにより接続し、一般圧縮空気系から空気を供給する操作においては、供給開始までの時間によらず、一般圧縮空気系の計測制御用の圧縮空気による水素掃気により、前処理建屋のエンドピース酸洗浄槽内の水素濃度はドライ換算 8 v o 1 % 未満を維持できることから、判断基準を満足することに変わりはない。

排気経路の廃ガス処理設備への切替えの操作については、切替えの操作

が想定よりも時間を要した場合においても、貯留タンクと廃ガス処理設備との間に設置する逆止弁により、貯留タンク内の放射性物質が廃ガス処理設備に移行することは無い。また、切替えの操作に想定よりも時間を要した場合には、貯留タンク内の圧力が空気圧縮機の吐出圧に達することで、貯留タンクへの放射性物質の導出が困難となり、廃ガス処理設備の水封部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建屋換気設備の高性能粒子フィルタにより除去されることから、判断基準を満足することに変わりはない。

6. 同時発生及び連鎖

臨界事故については、事象選定で示すとおり、動的機器の多重故障又は核燃料物質の誤移送等の誤操作が繰り返され、核燃料物質の異常な集積を検知できない場合に発生するものであり、その具体的な発生条件は貯槽等毎に異なるものの、それぞれの発生条件は同種の重大事故及び異種の重大事故の起因となる安全機能の喪失に当たらないことから、重大事故が同時に発生することは想定されない。

重大事故の連鎖について、臨界事故による平常運転時からの状態変化等は、平常運転時を上回る核燃料物質の集積、核分裂反応のエネルギー放出による溶液の急激な温度上昇、溶液が沸騰した場合の蒸気による放射性物質の貯留設備への導出経路内及び貯留設備での湿度の上昇、溶液の放射線分解による水素発生並びに水蒸気の発生等による貯槽等の圧力上昇となる。

具体的には、核燃料物質の集積については、プルトニウムが最も多量に蓄積する機器である精製建屋の第7一時貯留処理槽において、72 kg・Puを想定している。

核分裂反応のエネルギー放出による溶液の急激な温度上昇については、前処理建屋のハル洗浄槽及び精製建屋の第5一時貯留処理槽において沸点（約110℃）に至る。

溶液が沸騰した場合の蒸気による放射性物質の貯留設備への導出経路内及び貯留設備で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。

溶液の放射線分解による水素発生については、臨界事故時に水素濃度が最大となる前処理建屋のエンドピース酸洗浄槽においてドライ換算7 vol %未満となり、ドライ換算8 vol %には至らない。

水素発生等による貯槽等の圧力上昇については、3 k P a 程度まで圧力が上昇する。

これらの平常運転時からの状態の変化等は、貯槽等のバウンダリを超えて他の貯槽等に影響を及ぼすものではない。

これらの平常運転時からの状態の変化等を踏まえた場合に他の重大事故が連鎖して発生する可能性については以下のとおりである。

冷却機能の喪失による蒸発乾固への連鎖については、溶液が沸騰に至るかに関して、臨界事故に伴う核分裂反応の継続中に溶液の沸騰が一時的に生じる。また、平常運転時を上回る核燃料物質の集積等（F Pを含む）により崩壊熱密度が精製建屋の第7一時貯留処理槽で約3倍となる。しかし、事態の安定化後は、核分裂反応による溶液温度の上昇は無く、また、崩壊熱は貯槽等からの放熱により一定量が除去されるため、溶液の沸騰が継続することはない。また、臨界事故による溶液の沸騰量は約23Lと小さく、貯槽等内の水分が喪失することもない。

以上より、冷却機能の喪失による蒸発乾固への連鎖は想定されない。

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、核分裂反応によるエネルギー放出及び平常運転時を上回る核燃料物質の集積により水素発生量が増加し貯槽等内の水素濃度は上昇するが、臨界事故が発生する貯槽等の空間により水素が希釈されること及び水素掃気量は水素発生量に対して十分な余力を有しており、水素濃度が最も高くなる前処理建屋のエンドピース酸洗浄槽においてドライ換算7 v o 1 %未満となる。また、事態の収束時点の平衡状態における水素濃度は、最も高くなる機器である前処理建屋の溶解槽でドライ換算3.8 v o 1 %であって可

燃限界濃度未満に維持されることから、放射線分解により発生する水素による爆発は生じない。

T B P等の錯体の急激な分解反応への連鎖については、臨界事故の発生を想定する貯槽等には平常運転時において有意な量のT B Pを含む有機溶媒を貯留することはない、また、臨界事故の起因との関係でT B Pを含む有機溶媒を誤移送することもない。

さらに、臨界事故時において、貯槽等に接続する配管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等を含む有機溶媒が誤って混入することもないため、T B P等の錯体の急激な分解反応への連鎖は想定されない。

有機溶媒火災への連鎖については、臨界事故の発生を想定する貯槽等には平常運転時において有意な量の有機溶媒を貯留することはない、また、臨界事故の起因との関係で有機溶媒を誤移送することもない。

さらに、臨界事故時において、貯槽等に接続する配管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、有機溶媒が誤って混入することもないため、有機溶媒火災への連鎖は想定されない。

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、臨界事故の発生が想定される貯槽等と使用済燃料の受入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、臨界事故による事故影響が当該バウンダリを超えて波及することはないため、使用済燃料貯蔵槽における燃料損傷への連鎖は想定されない。

その他の放射性物質の漏えいについては、臨界事故が発生する貯槽等及びこれに接続する配管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、平常運転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、その他の放射性物質の漏えいの発生は考えられない。

7. 必要な要員及び資源

臨界事故対策に必要な要員及び燃料等については臨界事故の対処に水源を要する対策はなく、また、電気設備以外の電源の使用は必要ないことから、軽油等の燃料の消費はない。

臨界事故に対する拡大防止対策に必要な要員は、9名であり、これに対し実施組織要員は12名であり対応可能である。

2.3 冷却機能の喪失による蒸発乾固への対処（要旨）

1. 事故の特徴

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

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

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

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

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

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

2. 対処の基本方針

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

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

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

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

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

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

3. 具体的対策

3.1 発生防止対策

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

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

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

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

3.2 拡大防止対策

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

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

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

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

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

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

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

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

セルへの放射性物質の導出後においては、セル排気系の高性能粒子フィルタは一段であることから、セル排気系を代替する排気系（以下、「代替排気系」という。）として、可搬型排風機、可搬型発電機、可搬型ダクト、可搬型フィルタを2段敷設し、主排気筒へつながるよう、可搬型排風機、可搬型ダクト及び可搬型フィルタを接続し、可搬型ダクト及びセル排気系を接続した後、可搬型排風機を運転することで、放射性エアロゾルを可搬型フィルタの高性能粒子フィルタで除去しつつ主排気筒から大気中に

放出する。

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

4. 有効性評価

4.1 代表事例

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

4.2 代表事例の選定理由

冷却機能の喪失による蒸発乾固は、外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。

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

外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と全交流動力電源喪失が同時に発生する等、喪失する機器が多く、その範囲も広い。

また、外的事象の地震は、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、地震及び火山が考えられるが、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、地震による冷却機能の喪失を選定する。

4.3 有効性評価の考え方

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

拡大防止対策に係る有効性については、発生防止対策が有効に機能せ

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

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

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

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

4.4 機能喪失の条件

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

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

4.5 機器の条件

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

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

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

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

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

4.6 操作の条件

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

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

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

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

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

代替排気系による排気は、準備が完了次第実施し、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。

4.7 放出量評価の条件

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

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

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

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

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

を補正する係数を乗じる。

4.8 判断基準

発生防止対策については、高レベル廃液等が沸騰に至らず低下傾向を示すこと。

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

また、事態の収束までに発生する凝縮水の発生量が、凝縮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、 $Cs-137$ 換算で100TBqを下回るものであって、かつ、実行可能な限り低いこと。

5. 有効性評価の結果

5.1 発生防止対策

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

5.2 拡大防止対策

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

さらに、貯槽等への注水により液量及び温度を一定範囲に維持しつつ、冷却コイル等への通水を開始した以降は、高レベル廃液等の温度は沸点未満となり、低下傾向を示し、沸騰しない状態を継続して維持できる。また、事態の収束までに発生する凝縮水の量は、漏えい液受け皿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け皿等の容量を十分下回る。

セル導出経路の系統構成、凝縮器への通水、代替排気系による排気等により、事態の収束までに大気中へ放出される放射性物質の量（セシウム-137換算）は、前処理建屋において、 6×10^{-13} T B q、分離建屋において、 6×10^{-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} TBqであり、これらを合わせても約 1×10^{-5} TBqであり、100 TBqを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、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ればその影響はわずかであるが、上記の放出量は、この寄与分も含めた結果である。

5.3 不確かさの影響評価

5.3.1 事象、事故条件及び機器条件の不確かさの影響

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

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

高レベル廃液等の組成、濃度及び崩壊熱密度は、想定される最大値を設定しており、高レベル廃液等の温度評価では、セル雰囲気への放熱を考慮しない等、厳しい結果を与える条件で評価をしており、安全余裕を排除

したより現実的な条件とした場合には、対処の時間余裕が大きくなることから、判断基準を満足することには変わりはない。なお、貯槽等からセル雰囲気への放熱の効果は、機器に内包される高レベル廃液等の崩壊熱及び機器の表面積に依存し、崩壊熱の量に対して放熱に寄与する機器面積の大きい溶解液、抽出廃液及びプルトニウム溶液において30%を超え、放熱の効果を見込んだ場合には、これらの溶液を内包する貯槽等において、より時間余裕が増えることとなるが、これらの貯槽等はずもともと時間余裕の大きい貯槽等であり、各貯槽等での沸騰に至るまでの時間が逆転することはないため、本重大事故の対処の作業の優先順位に与える影響はない。

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

5.3.2 操作条件の不確かさの影響

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

6. 同時発生及び連鎖

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。本重大事故は、本重大事故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。異種の重大事故との同時発生の可能性については、重大事故等の選定等に示すとおり、動的機器の機能喪失及び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、本重大事故、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が同時に発生する。同種と異種の重大事故の同時発生が重畳した場合の対処に必要な要員及び燃料等については、「2.8 必要な要員及び資源の評価（要旨）」で評価している。

重大事故の連鎖については、本重大事故による通常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濃度の上昇、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、放射線量の上昇である。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（ルテニウムを含む高レベル廃液の場合は 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。さらに、高レベル廃液等の沸騰に伴い、G値が見かけ上、上昇し、水素の発生量は通常時の数倍程度となる。また、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 P u 濃度は約 360 g P u / L となる。貯槽等の圧力上昇については、事故時においても通常

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。放射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共に気相に移行するため、貯槽等外の放射線量は上昇するが、貯槽等内の放射線量は沸騰が生じても変わらない。これらの通常時からの状態の変化等を踏まえた場合の他の重大事故が連鎖して発生する可能性については以下のとおりである。

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G値が見かけ上、上昇し、水素の発生量が通常時の数倍程度となるものの、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、 $4 \text{ vol} \%$ に至ることはないことから、放射線分解により発生する水素による爆発は生じない。

T B P等の錯体の急激な分解反応への連鎖については、T B P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、TBP等があやまって混入することもないため、TBP等の錯体の急激な分解反応の発生は考えられない。

有機溶媒火災については、使用済みの有機溶媒は、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、有機溶媒があやまって混入することもないため、有機溶媒火災の発生は考えられない。

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の発生は考えられない。

その他の放射性物質の漏えいについては、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、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、その他の放射性物質の漏えいの発生は考えられない。

7. 必要な要員及び資源

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

7.1 要員

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

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、必要な要員は地震を要因とした場合の必要な人数以下である。

7.2 水源

貯槽等への注水に必要な水量は、貯槽等への注水を7日間継続した場合、合計で約310m³である。また内部ループへの通水、凝縮器への通水及び冷却コイル等への通水は、水源である貯水槽へ排水経路を構成して

循環させることから、基本的に水量に変化はなく、継続が可能である。なお、冷却コイル等への通水が完了するまでの貯槽等からの蒸発量は、全建屋の合計で約26m³となる。また、すべての建屋の高レベル廃液等の総崩壊熱量が1つの貯水槽に負荷された場合の1日あたりの貯水槽の温度上昇は、安全側に断熱で評価した場合においても3℃程度であり、貯水槽を最終ヒートシンクとして考慮することに問題はない。

7.3 電源

電動の可搬型排風機への給電は、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。

7.4 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合計で約63m³である。

2.4 放射線分解により発生する水素による爆発への対処（要旨）

1. 事故の特徴

重大事故の水素爆発の発生が想定される水素掃気が必要な溶解液，抽出廃液，硝酸プルトニウム溶液，プルトニウム濃縮液及び高レベル廃液（以下，「高レベル廃液等」という。）を内包する貯槽，及び缶（以下，「貯槽等」という。）は，高レベル廃液等の放射線分解により水素が発生するため，通常運転時には安全圧縮空気系により圧縮空気を供給することで水素掃気を行い，貯槽等内における水素爆発を防止している。

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

安全圧縮空気系の掃気機能が喪失した場合には，水素爆発の発生を想定する貯槽等の気相部の水素濃度が上昇し，水素濃度に応じて燃焼，爆燃又は爆轟が発生するおそれがある。この際の圧力変動による飛沫に放射性物質が同伴して気相に放射性エアロゾルとして移行することで大気中への放射性物質の放出量が増大する。また，爆発の規模によっては，貯槽等や附属する配管等の破損が生じ，内包する放射性物質の漏えいに至るおそれがある。

水素濃度と発生圧力の特徴として，以下の3つにまとめられる。

1つ目は，水素濃度がドライ換算で4 v o 1 %から8 v o 1 %の空気混合気が着火した場合であり，水素燃焼という。燃焼に伴う火炎が上方または水平方向に伝播する部分燃焼が支配的であり，この際に発生する圧力は小さい。そのためエアロゾル状の放射性物質の気相への移行量は少なく排気系で除去できる。

2つ目は、水素濃度がドライ換算で8 v o 1 %から12 v o 1 %の空気混合気が着火し、水素爆発が発生した場合、火炎が上方または水平方向のみならず、全方向に伝播し、爆燃するようになり、この際に発生する圧力は初期圧力の2倍以上となる可能性がある。そのため、エアロゾル状の放射性物質の気相部への移行量は大きくなる。

3つ目は、水素濃度がドライ換算で12 v o 1 %を超えると、条件によっては爆燃から爆轟へ遷移が生じ、火炎の伝播速度が音速を超えて衝撃波が発生する。爆轟が生じた場合には、エアロゾル状の放射性物質が大量に気相部への移行することのみならず、衝撃波による貯槽、配管、その他機器等の損傷や波及的な影響も考えられる。

水素爆発の発生防止としては放射性物質の放出の観点で爆轟を生じさせないこと、再処理施設内における爆燃から爆轟へ遷移に関する知見が少ないこと、排気系統が爆燃から爆轟へ遷移を発生しやすい形状であることを踏まえると、爆燃する領域である水素濃度がドライ換算8 v o 1 %から12 v o 1 %に対して、この下限値であるドライ換算8 v o 1 %に抑えるということが重要である。

水素掃気機能の喪失による水素爆発は、5建屋5機器グループ、合計49貯槽等で発生する。

2. 対処の基本方針

水素爆発の発生を未然に防止するため、喪失した水素掃気機能を代替する設備により、重大事故の水素爆発を想定する貯槽等の水素濃度が水素燃焼時においても貯槽等に影響を与えない8 v o 1 %（以下、「未然防止濃度」という。）に至る前に圧縮空気を供給し、水素濃度を可燃限界濃度未満とし、これを維持する。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しない場合、発生防止対策とは別の系統から重大事故の水素爆発を想定する貯槽等へ圧縮空気を供給し、水素濃度を可燃限界濃度未満とし、これを維持する。以下、この対策を拡大防止対策という。

また、水素爆発が発生すると、この際の圧力変動によって発生する飛沫に放射性物質が同伴して気相にエアロゾル状の放射性物質として移行する。これに伴い、大気中への放射性物質の放出量が増大するため、塔槽類廃ガス処理設備の流路を遮断し、気相中へ移行した放射性物質をセルに導出する。この際、放射性物質の低減のため、高性能粒子フィルタを経由してセルに導出する。

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

3. 具体的対策

3.1 発生防止対策

発生防止対策として、圧縮空気設備の安全圧縮空気系の水素掃気機能が喪失した場合、可搬型空気圧縮機、可搬型一括供給用建屋外ホース、可搬型一括供給用建屋内ホース、可搬型個別供給用建屋外ホース、可搬型個別供給用建屋内ホース、可搬型建屋外ホース、可搬型建屋内ホース及び圧縮空気供給系を水素掃気配管、機器圧縮空気供給配管（除染用配管等）に接続し、圧縮空気の供給による水素掃気を実施する。

可搬型空気圧縮機からの空気の供給開始前に未然防止濃度に至る可能性のある貯槽等においては、上記対策に先立ち、系統内の圧力が低下した場合、常設の圧縮空気貯槽又は圧縮空気ユニット並びに予備圧縮空気ユニット（以下、「圧縮空気貯槽等」という。）から圧縮空気を自動供給することにより、水素掃気を実施する。

このため、可搬型空気圧縮機、可搬型一括供給用建屋外ホース、可搬型一括供給用建屋内ホース、可搬型個別供給用建屋外ホース、可搬型個別供給用建屋内ホース、可搬型建屋外ホース及び可搬型建屋内ホースを可搬型重大事故対処設備として新たに整備する。圧縮空気貯槽、圧縮空気ユニット、予備圧縮空気ユニット及び圧縮空気供給系を常設重大事故等対処設備として新たに設置すると共に、水素掃気配管、機器圧縮空気供給配管を常設重大事故対処設備として位置づける。

3.2 拡大防止対策

拡大防止対策として、発生防止対策である水素掃気配管、機器圧縮空気供給配管（除染用配管等）からの圧縮空気の供給が機能しなかった場合、可搬型空気圧縮機、可搬型個別供給用建屋外ホース、可搬型個別供給用建

屋内ホース，可搬型建屋外ホース，可搬型建屋内ホース及び圧縮空気供給系を機器圧縮空気供給配管（かくはん用配管，計測制御用配管等）に接続し，可搬型空気圧縮機からの圧縮空気の供給による水素掃気を実施する。

可搬型空気圧縮機からの空気の供給開始前に未然防止濃度に至る可能性のある貯槽等においては，手動圧縮空気ユニットを発生防止対策に用いる水素掃気配管，機器圧縮空気供給配管（除染用配管等）とは異なる機器圧縮空気供給配管（かくはん用配管，計測制御用配管等）に接続し，圧縮空気による水素掃気を実施する。

また，水素爆発が発生すると，この際の圧力変動によって発生する飛沫に放射性物質が同伴して気相にエアロゾル状の放射性物質として移行する。これに伴い，大気中への放射性物質の放出量が増大するため，塔槽類廃ガス処理設備の流路を遮断し，気相中へ移行した放射性物質をセルに導出する。

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リークが生じるおそれがあるが，水素爆発等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，セル導出前に高性能粒子フィルタで除去する。

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段であることからセル排気系を代替する排気系（以下，「代替排気系」という。）として，可搬型排風機，可搬型発電機，可搬型ダクト及び2段の可搬型フィルタを敷設し，主排気筒につながるように可搬型排風機，可搬型ダクト及び可搬型フィルタを接続し，可搬型ダクト及びセル排気系を接続した後，可搬型排風機を運転することで，放射性エアロゾル

を可搬型フィルタの高性能粒子フィルタで除去しつつ主排気筒から大気中に放出する。

このため、可搬型空気圧縮機、可搬型個別供給用建屋外ホース、可搬型個別供給用建屋内ホース、可搬型建屋外ホース、可搬型建屋内ホース、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可搬型重大事故対処設備として新たに整備する。手動圧縮空気ユニット、圧縮空気供給系、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）を常設重大事故等対処設備として新たに設置するとともに、機器圧縮空気供給配管（かくはん用配管、計測制御用配管等）、代替換気設備のダクト、主排気筒等を常設重大事故対処設備として位置づける。

4. 有効性評価

4.1 代表事例

水素掃気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、設計上定める条件より厳しい条件における外的事象の「地震」を代表事象として選定する。

4.2 代表事例の選定理由

水素掃気機能の喪失による水素爆発は、設計上定める条件より厳しい条件における外的事象の地震において、安全圧縮空気系を構成する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、水素掃気機能が喪失する。

また、設計上定める条件より厳しい条件における外的事象の火山又は設計上定める条件より厳しい条件における内的事象において、長時間の全交流動力電源喪失による間接的な動的機器の機能喪失又は動的機能の多重故障による一部の動的機器の直接的な機能喪失により水素掃気機能が喪失する。

設計上定める条件より厳しい条件における外的事象の地震により発生する水素掃気機能の喪失の場合、動的機器の機能喪失と全交流動力電源喪失が同時に発生する等、喪失する機器が多く、その範囲も広い。

また、設計上定める条件より厳しい条件における外的事象の地震は、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、設計上定める条件より厳しい条件における外的事象は、地震及び火山が考えられるが、地震起因の方が、環境条件が厳しくなることから、有効性評価の代表としては、地震起因による水素掃気機能の喪失を選定する。

4.3 有効性評価の考え方

発生防止対策に係る有効性については、圧縮空気の供給により貯槽等内の水素濃度が未然防止濃度に至ることを防止でき、水素濃度が可燃限界濃度以上の場合は低下傾向を示して可燃限界濃度未満で平衡に達することについて確認するために、貯槽等内の水素濃度の推移を評価する。

拡大防止対策に係る有効性評価については、発生防止対策が有効に機能しない場合に、圧縮空気の供給により貯槽等内の水素濃度が未然防止濃度に至ることを防止でき、水素濃度が可燃限界濃度以上の場合は低下傾向を示して可燃限界濃度未満で平衡に達することについて確認するために、貯槽等内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、水素爆発を評価上見込んだ場合の放射性物質の放出量（ $Cs-137$ 換算）を、貯槽等から気相に移行する放射性物質の量、放出経路における低減割合を考慮し、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、水素発生G値等を用いた簡便な計算で実施する。

4.4 機能喪失の条件

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

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

4.5 機器の条件

分離建屋の圧縮空気貯槽は、内圧0.69MP a の5.5m³／基の貯槽 3 基及び安全圧縮空気系への接続配管で構成する。

精製建屋の圧縮空気貯槽は、内圧0.69MP a の2.5m³／基の貯槽 2 基、5 m³／基の貯槽 3 基及び安全圧縮空気系への接続配管で構成する。

上記の機器は、安全圧縮空気系の圧力が低下した場合、その差圧により自動で圧縮空気の供給を開始し、貯槽等内の溶液が非沸騰状態であることを前提に、機器内の圧力が大気圧程度になるまで24時間にわたりドライ換算で8 v o 1 %未満を維持するために必要な圧縮空気を供給する。

分離建屋の予備圧縮空気ユニットは、内圧14.7MP a の47Lポンベ 2 本、空気作動弁、減圧弁及び安全圧縮空気系への接続配管で構成する。

精製建屋の予備圧縮空気ユニットは、内圧14.7MP a の47Lポンベ10 本、空気作動弁、減圧弁及び安全圧縮空気系への接続配管で構成する。

ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋の圧縮空気ユニット及び予備圧縮空気ユニットは、内圧14.7MP a の47Lポンベ 3 本、減圧弁、空気作動弁及び安全圧縮空気系への接続配管で構成する。

上記の機器は、安全圧縮空気系の圧力が0.4MP a を下回った際に自動で圧縮空気の供給を開始し、貯槽等内の溶液が非沸騰状態であることを前提に、機器内の圧力が大気圧程度になるまで24時間にわたりドライ換算で8 v o 1 %未満を維持するために必要な圧縮空気を供給する。

分離建屋の手動圧縮空気ユニットは、内圧14.7MP a の47Lポンベ 2 本、減圧弁及び機器圧縮空気供給配管への接続ホースで構成する。

精製建屋の手動圧縮空気ユニットは、内圧14.7MP a の47Lポンベ10 本、減圧弁及び機器圧縮空気供給配管への接続ホースで構成する。

ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋の手動圧縮空気ユニットは、内圧14.7MPaの47Lボンベ3本、減圧弁及び機器圧縮空気供給配管への接続ホースで構成する。

上記の機器は、手動で接続することにより圧縮空気の供給を開始し、貯槽等内の溶液が非沸騰状態であることを前提に、機器内の圧力が大気圧程度になるまで24時間にわたりドライ換算で8vol%未満を維持するために必要な圧縮空気を供給する。

手動圧縮空気ユニットは、弁操作により流量を調整することが可能であり、貯槽等内の溶液が沸騰状態であっても、精製建屋において13時間、ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋において14時間、必要な圧縮空気を供給できる。

可搬型空気圧縮機は、大型及び小型を準備する。大型の可搬型空気圧縮機は1台あたり約450m³/h、小型の可搬型空気圧縮機は1台あたり約220m³/hの容量を有し、水素爆発の発生の防止のための空気の供給、水素爆発の発生の防止のための空気の一括供給、水素爆発の再発の防止のための空気の供給に用いる。水素爆発の発生の防止のための空気の供給及び水素爆発の再発を防止するための空気の供給において、大型の可搬型空気圧縮機は、前処理建屋、分離建屋及び高レベル廃液ガラス固化建屋で2台、小型の可搬型空気圧縮機は、精製建屋及びウラン・プルトニウム混合脱硝建屋で1台を使用する。

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

高レベル廃液等の保有量は、公称容量とする。また、高レベル廃液等の硝酸イオン濃度が低いほど大きくなる水素発生G値については、全硝酸イ

オンのうち遊離硝酸濃度分の硝酸イオン濃度に対応する水素発生G値を設定することにより、現実的な水素発生G値よりも高い値を設定する。

4.6 操作の条件

水素爆発を未然に防止するための空気の供給は、可搬型空気圧縮機からの空気の供給開始前に未然防止濃度に至る可能性のある貯槽等においては、安全圧縮空気系の掃気機能が喪失し、系統内の圧力が低下した時点で、圧縮空気貯槽等から圧縮空気を自動供給できるものとする。

手動圧縮空気ユニットからの空気の供給は、高レベル廃液等が沸騰に至った場合には圧縮空気の供給量が不足し、水素濃度が上昇する可能性がある。このため、精製建屋において沸騰までの時間である 11 時間に対して、9 時間で流量調整を実施できるものとする。また、ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋において沸騰までの時間である 19 時間に対して、17 時間で流量調整を実施できるものとする。

また、可搬型空気圧縮機による圧縮空気の供給は、準備が整い次第、実施できるものとしており、沸騰を考慮した場合、圧縮空気貯槽等からの圧縮空気の供給により未然防止濃度未満を維持できなくなる時間である 19 時間に対し、開始までの時間を最も要するウラン・プルトニウム混合脱硝建屋においても、安全圧縮空気系の機能喪失から 15 時間 40 分で開始できるものとする。

予備圧縮空気ユニット及び手動圧縮空気ユニットを必要としない貯槽等においては、可搬型空気圧縮機による圧縮空気の供給は、未然防止濃度に至るまでの時間余裕が最も短い精製建屋において 26 時間に対し、7 時間 15 分で開始できるものとする。

水素爆発の再発を防止するための空気の供給は、可搬型空気圧縮機からの空気の供給開始前に未然防止濃度に至る可能性のある貯槽等においては、安全圧縮空気系の掃気機能が喪失した場合、速やかに手動圧縮空気ユニットの接続操作を行い、貯槽等内の溶液が非沸騰状態であることを前提に、手動圧縮空気ユニットから圧縮空気を 24 時間にわたり供給できるものとする。圧縮空気貯槽等からの圧縮空気の供給がない場合の時間余裕が 1 時間 20 分と最も短い精製建屋のプルトニウム濃縮液一時貯槽に対し、手動圧縮空気ユニットからの圧縮空気の供給は、50 分で完了する。

可搬型空気圧縮機による圧縮空気の供給は、準備が整い次第、実施できるものとしており、沸騰を考慮した場合、圧縮空気貯槽等からの圧縮空気の供給及び供給流量の調整により未然防止濃度未満を維持できなくなる時間である 25 時間に対し、開始までの時間を最も要するウラン・プルトニウム混合脱硝建屋においても、安全圧縮空気系の機能喪失から 18 時間で開始できるものとする。

予備圧縮空気ユニット及び手動圧縮空気ユニットを必要としない貯槽等においては、可搬型空気圧縮機による圧縮空気の供給は、未然防止濃度に至るまでの時間余裕が最も短い精製建屋において 26 時間に対し、9 時間 45 分で開始できるものとする。

発生防止対策として継続して実施する圧縮空気貯槽等からの圧縮空気の自動供給又は拡大防止対策として実施する手動圧縮空気ユニットからの圧縮空気の供給により、塔槽類廃ガス処理設備の圧力が上昇し、排気経路以外の場所から放射性物質を含む気体のリークが生じるおそれがある。

この時間は、全ての建屋で約 3 時間であり、大気中への放射性物質の放出量は、建屋内の移行経路を踏まえれば、わずかである。

貯槽等内の水素濃度が未然防止濃度に至るまでの時間が 24 時間未満の貯槽等においては、圧縮空気の供給又は水素燃焼に伴い気相中に移行する放射性物質を導出先セルに導出するための可搬型ダクトによる可搬型フィルタ及び可搬型排風機の接続並びに可搬型排風機及び可搬型発電機の接続は、開始までの時間を最も要するウラン・プルトニウム混合脱硝建屋において、沸騰を考慮した場合、圧縮空気貯槽等からの圧縮空気の供給及び供給流量の調整により未然防止濃度未満を維持できなくなる時間である 25 時間に対し、15 時間までに作業を完了する。

この時間における大気中への放射性物質の放出量は、建屋内の移行経路及び高性能粒子フィルタの除染効果を踏まえれば、わずかである。

予備圧縮空気ユニット及び手動圧縮空気ユニットを必要としない貯槽等においては、圧縮空気の供給又は水素燃焼に伴い気相中に移行する放射性物質を導出先セルに導出するための可搬型ダクトによる可搬型フィルタ及び可搬型排風機の接続並びに可搬型排風機及び可搬型発電機の接続は、未然防止濃度に至るまでの時間余裕が最も短い精製建屋において 26 時間に対し、6 時間 40 分までに作業を完了する。

4.7 放出量評価の条件

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

水素爆発を想定した場合の気相中に移行する放射性物質の割合については 0.01% とする。放出経路における放射性物質の低減割合については、高性能粒子フィルタ 2 段による除染係数を 10^5 、放出経路構造物への沈着による除染係数を 10 とする。

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

4.8 判断基準

発生防止対策については、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。

拡大防止対策については、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。

仮に水素爆発を想定した場合の大気中へ放出される放射性物質の放出量と、水素爆発の再発を防止するための空気の供給により大気中へ放出される放射性物質の放出量の合計値が $Cs-137$ 換算で $100TBq$ を下回るものであって、かつ、実行可能な限り低いこと。

5. 有効性評価の結果

5.1 発生防止対策

安全圧縮空気系の水素掃気機能が喪失により、貯槽等内の水素濃度が上昇し始める。貯槽等内の水素濃度が未然防止濃度に至るまでの時間が24時間以内の貯槽等においては、圧縮空気貯槽等からの圧縮空気の自動供給による水素掃気を実施される。また、貯槽等に対し、水素掃気配管、機器圧縮空気供給配管を用いた、可搬型空気圧縮機からの圧縮空気の供給による水素掃気を実施する。水素濃度が最も高くなる前処理建屋の計量前中間槽の場合、貯槽等内の水素濃度がドライ換算で約4.4vol%まで上昇するが、未然防止濃度に至ることは無く、その後、低下傾向を示すことから水素爆発の発生を防止することができる。

また、低下傾向を示した貯槽内の水素濃度は、可燃限界濃度未満に移行し、その状態が維持される。これ以外の貯槽等においても、貯槽等内の水素濃度は未然防止濃度に至ることは無く、その後は、低下傾向を示し、可燃限界濃度未満に移行し、その状態が維持される。

5.2 拡大防止対策

発生防止対策が機能しなかった場合、貯槽内の水素濃度が上昇する。貯槽等内の水素濃度が未然防止濃度に至るまでの時間が24時間以内の貯槽等においては、手動圧縮空気ユニットからの圧縮空気の供給による水素掃気を実施する。また、貯槽等に対し、機器圧縮空気供給配管（かくはん用配管、計測制御用配管等）を用いた、可搬型空気圧縮機からの圧縮空気の供給による水素掃気を実施する。水素濃度が最も高くなる精製建屋のプルトニウム濃縮液一時貯槽の場合、貯槽等内の水素濃度がドライ換算で約

7.5v o 1%まで上昇するが、未然防止濃度に至ることはなく、その後、低下傾向を示すことから水素爆発の発生を防止することができる。

また、低下傾向を示した貯槽内の水素濃度は、可燃限界濃度未満に移行し、その状態が維持される。これ以外の貯槽等においても、貯槽等内の水素濃度は未然防止濃度に至ることは無く、その後は、低下傾向を示し、可燃限界濃度未満に移行し、その状態が維持される。

セル導出システムの系統構成及び大気中へ放出される放射性物質の放出量評価に水素爆発を評価上見込んだ場合、大気中へ放出される放射性物質の放出量（C s -137 換算）は、前処理建屋において、 8×10^{-5} T B q、分離建屋において、 2×10^{-4} T B q、精製建屋において、約 3×10^{-4} T B q、ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋において、 7×10^{-5} T B q 及び高レベル廃液ガラス固化建屋において、 2×10^{-3} T B q であり、これらを合わせても約 2×10^{-3} T B q であり、100 T B q を下回るものであって、かつ、実行可能な限り低い。

なお、発生防止対策として継続して実施する圧縮空気貯槽等からの自動供給または拡大防止対策として実施する手動圧縮空気ユニットからの圧縮空気の供給により、塔槽類廃ガス処理設備の圧力が上昇し、排気系統以外の場所から放射性物質を含む気体のリークが生じるおそれがある。

この時間は、すべての建屋で約3時間であり、大気中への放出に至る建屋内の移行経路を踏まえ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。

5.3 不確かさの影響評価

5.3.1 事象、事故条件及び機器条件の不確かさの影響

設計上定める条件より厳しい条件における内的事象で発生する動的機器の故障による水素掃気機能喪失の場合、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。

設計上定める条件より厳しい条件における内的事象で発生する長時間の全交流動力電源の喪失事象及び 設計上定める条件より厳しい条件における外的事象の火山起因による水素掃気機能喪失の場合、初動対応での状況確認やアクセスルート確保等の作業において、地震起因と比較して早い段階で重大事故等対策の着手できるため、対処の時間余裕が大きくなることから、判断基準を満足することに変わりはない。

高レベル廃液等の組成、濃度及び崩壊熱密度は、想定される最大値を設定する等、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、対処の時間余裕が大きくなることから、判断基準を満足することに変わりはない。

水素発生G値は、硝酸溶液については硝酸濃度の変動に伴う不確かさがある。放射線分解により硝酸が減少する可能性はあるが、平常運転時には設計値を維持するように運用することから、大幅な減少は想定しがたい。また、仮に、プルトニウム濃縮液一時貯槽において硝酸濃度が10%減少したとしても、全硝酸イオン濃度は水素発生G値を設定するにあたって使用した硝酸イオン濃度以上であることから、水素発生量は設定した水素発生量を超過することはない。他の貯槽等においても、全硝酸イオン濃度は水素発生G値を設定する際に用いた硝酸イオン濃度以上とすることから、水素発生量は設定した水素発生量を超過することはない。このように不確かさを有するものの、これらを考慮した場合でも判断基準を満足することに変わりはない。

事態収束までの大気中への放射性物質の放出量（ $Cs-137$ 換算）については、放射性物質の気相中への移行割合や放出経路によって放射性物質の低減割合に不確かさがある。放射性物質の気相中への移行割合については、参考とした実験値に幅があり評価に用いた値よりも移行割合が1桁大きい実験結果があることから、放出量が1桁増加する可能性がある。

一方、評価に用いた高レベル廃液等の核組成等や経路上の除染係数を評価は厳しくなるよう設定しており放出量が1桁以上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変わりはない。

放出量評価においては、水素爆発が5建屋 49貯槽等で同時に発生するとし、それぞれ水素爆発が1回発生した場合における大気中への放射性物質の放出量を評価しているが、発生防止対策が機能しなかったとしても、拡大防止対策により水素爆発は発生しないことから判断基準を満足することに変わりはない。

5.3.2 操作条件の不確かさの影響

発生防止対策による可搬型空気圧縮機からの空気の供給が2時間遅延した場合、水素濃度の観点で最も厳しい前処理建屋の計量前中間貯槽の水素濃度は、水素掃気機能喪失から38時間35分後で4.6vol%である。

拡大防止対策による可搬型空気圧縮機からの空気の供給が2時間遅延した場合、水素濃度の観点で最も厳しい精製建屋のプルトニウム濃縮液一時貯槽の気相部の水素濃度は、水素掃気機能喪失から11時間45分後で約7.5vol%である。

水素爆発を未然に防止するための空気の供給、気相へ移行した放射性物質をセルへ導出する手段は、水素掃気機能の喪失をもって着手し、機器

内の水素濃度が未然防止濃度に至るまでの時間に対し、圧縮空気貯槽等の圧縮空気の供給がない建屋のうち、作業に時間を要する前処理建屋において26時間25分、圧縮空気貯槽等の圧縮空気の供給がある建屋のうち、作業に時間を要するウラン・プルトニウム混合脱硝建屋において8時間20分の時間余裕をもって完了させることから、十分時間余裕が確保され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。

なお、可搬型空気圧縮機などの可搬型重大事故等対処設備を用いた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ても、時間余裕で確保した時間以内に設置することで重大事故等対策を再開でき、事態を収束できる。

6. 同時発生及び連鎖

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。本重大事故は、本重大事故を想定する貯槽等にあるとおり、5 建屋 5 機器グループ⁴⁹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。異種の重大事故との同時発生の可能性については、重大事故等の選定等に示すとおり、動的機器の機能喪失及び全交流動力電源の喪失により、安全圧縮空気系、安全冷却水系、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、本重大事故、冷却機能の喪失による蒸発乾固及び使用済燃料貯蔵槽における燃料損傷（想定事故 2）が同時に発生する。同種と異種の重大事故の同時発生が重畳した場合の対処に必要な要員及び燃料等については、「2.8 必要な要員及び資源の評価（要旨）」で評価している。

重大事故の連鎖については、本重大事故による通常時からの状態の変化等は、水素燃焼による貯槽等の圧力上昇、高レベル廃液等の温度上昇、放射線量の上昇である。具体的には、貯槽等の圧力は一時的に約 50KPa 増加し、高レベル廃液等の温度は一時的に約 1℃増加する。放射線量の上昇については、水素燃焼が発生した場合には、放射性物質が気相中に移行するため、貯槽等外の放射線量は上昇するが、貯槽等内の放射線量は水素燃焼が生じても変わらない。これらの通常時からの状態の変化等を踏まえた場合の他の重大事故が連鎖して発生する可能性については以下のとおりである。

臨界事故への連鎖については、水素燃焼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、水素燃焼による温度及び圧力の上昇を考慮しても、これ

らの貯槽等のバウンダリの健全性が維持され、全濃度安全形状寸法が維持されること、核的制限値を逸脱することがないことから、臨界事故への連鎖は想定されない。

冷却機能の喪失による蒸発乾固への連鎖については、溶液が沸騰にいたるかに関しては、水素燃焼による溶液の崩壊熱に変化はなく、通常時の冷却能力及び機器からの放熱は溶液の崩壊熱に対して十分な余力を有しており、貯槽等内の溶液の温度は沸点にいたらず、溶液が沸騰することが無いことから、冷却機能の喪失による蒸発乾固への連鎖は想定されない。

T B P等の錯体の急激な分解反応への連鎖については、T B P等を含む使用済みの有機溶媒は、平常運転時には希釈剤により洗浄されるため、水素燃焼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い。また、事故時においても、水素燃焼が発生する貯槽等のバウンダリは健全性を維持することから、T B P等がややまって混入することもないこと、水素燃焼により高レベル廃液等の温度が上昇するが、高レベル廃液等の温度がT B P等の錯体の急激な分解反応の発生温度である135℃に至ることはないことから、T B P等の錯体の急激な分解反応の発生は考えられない。

有機溶媒火災への連鎖については、水素燃焼が発生した場合、有機溶媒が混入する可能性のある抽出廃液及び一時貯留処理液の温度が上昇するが、n-ドデカンの引火点である74℃に至ることはないから、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、水素燃焼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、水素燃焼による事故影響は、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（想定事故2）は生じない。

その他の放射性物質の漏えいについては、水素燃焼が発生する貯槽等、これに接続する水素掃気配管、機器圧縮空気供給配管、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、その他の放射性物質の漏えいは生じない。

7. 必要な要員及び資源

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

7.1 要員

本重大事故における発生防止対策および拡大防止対策に必要な要員は、水素掃気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122名である。なお、外的事象の「火山」を要因とした場合、降灰予報を受けて建屋外でのホース敷設等の準備作業に入ることから、建屋外の作業に要する要員数が地震起因の場合を上回ることはなく、地震起因と同じ人数で対応できる。

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

7.2 電源

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

7.3 燃料

全ての建屋の水素爆発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18m³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）

1. 事象の特徴

T B P 又はその分解生成物であるりん酸二ブチル，りん酸一ブチル（以下，これらの物質を「T B P 等」という。）と硝酸，硝酸ウラニル又は硝酸プルトニウムの錯体（以下，これらの錯体を「T B P 等の錯体」という。）の急激な分解反応のおそれのある機器には，加熱蒸気最高温度を設定するとともに供給液にはT B P が混入しないよう，T B P を除去する設計とすることで，濃縮缶又は蒸発缶における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。

希釈剤によるT B P 等の除去機能が喪失し，濃縮缶又は蒸発缶への加熱蒸気の制御にも異常が生じ，熱的制限値による停止機能が喪失した状態が継続し，濃縮缶又は蒸発缶内の溶液の温度がT B P 等の錯体の急激な分解反応の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，濃縮缶又は蒸発缶内に存在しているT B P 等は全て分解反応により消費されると想定すると，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ため，濃縮缶又は蒸発缶内及び濃縮缶又は蒸発缶に接続している塔槽類廃ガス処理設備内の圧力及び温度が急激に上昇するとともに濃縮缶又は蒸発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大する。

T B P 等の錯体の急激な分解反応発生後，濃縮缶又は蒸発缶へT B P 等を含む供給液の供給及び加熱が継続され，この分解

反応が発生する温度を超えた場合には、この分解反応が継続的に発生することが考えられる。

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精製設備のプルトニウム濃縮缶（以下、「プルトニウム濃縮缶」という。）で発生が想定される。

2. 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的に停止することで、T B P 等の錯体の急激な分解反応の再発を防止するとともに、プルトニウム濃縮缶を加熱するための蒸気発生器への蒸気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、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、「廃ガス処理設備」という。）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貯留タンクに閉じ込める。

また、貯留タンクが所定の圧力に達した場合、排気経路を貯留タンクから廃ガス処理設備に切り替えるとともに、貯留タンクの隔離弁を閉止し、空気圧縮機を停止する。貯留タンク入口には逆止弁を設置することで、貯留タンクから平常運転時の排気経路への放射性物質を含む気体の逆流を防止する。

3. 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高警報、プルトニウム濃縮缶圧力高高警報及びプルトニウム濃縮缶気相部温度高警報の3つのうち2つ以上の警報の発報により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的に停止するとともに、蒸気発生器へ蒸気を供給する系統の手動弁を閉止することで、連続的に供給液が供給されることによって発生するT B P 等の分解反応を停止させる。

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、貯留タンクに放射性物質を導出するため、貯留設備の隔離弁を自動開放するとともに貯留設備の空気圧縮機を自動で起動し、貯留タンクに放射性物質を導く。並行して、廃ガス処理設備の流路を遮断するため、自動で廃ガス処理設備の隔離弁を閉止するとともに排風機を停止する。

上記の導出操作は、貯留タンクの圧力が所定の圧力（0.7M P a）に達するまで継続し、所定の圧力に達した場合は、排気経路を貯留タンクから廃ガス処理設備に切り替える。

この操作は中央制御室からの操作で、廃ガス処理設備の隔離弁を開放するとともに廃ガス処理設備の排風機を起動する。この際、貯留タンクには逆止弁が設けられているため、貯留タンクから廃ガス処理設備への放射性物質の逆流はない。その後、中央制御室からの操作で貯留設備の隔離弁を閉止するとともに、空気圧縮機を停止する。

これらの操作により、排気を廃ガス処理設備から主排気筒を

介して放出する。

T B P 等の錯体の急激な分解反応の発生によって、系統内の雰囲気圧縮されることにより、廃ガスポットから廃ガスの一部がセルへ放出されることが考えられる。この際にセルへ放出される廃ガスには、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。セルへ放出された廃ガスは、精製建屋換気設備から主排気筒を介して放出する。

このため、プルトニウム濃縮缶供給槽ゲデオン、プルトニウム精製設備の配管、プルトニウム濃縮缶供給槽液位計、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、プルトニウム精製設備の蒸気発生器へ蒸気を供給する系統の手動弁、プルトニウム濃縮缶加熱蒸気温度計、廃ガス処理設備の配管、高性能粒子フィルタ、隔離弁、廃ガスポット、排風機、建屋換気設備のダクト、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、一般冷却水系、安全圧縮空気系、一般圧縮空気系、低レベル廃液処理設備、監視制御盤、安全系監視制御盤及び電気設備を常設重大事故等対処設備として位置付ける。

また、貯留設備の配管、隔離弁、逆止弁、空気圧縮機、貯留タンク、圧力計及び流量計を常設重大事故等対処設備として新たに設置する。

4. 有効性評価

4.1 代表事例及び代表事例の選定理由

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、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プルトニウム濃縮缶の1基とされていることから、有効性評価はプルトニウム濃縮缶を対象として実施する。

4.2 有効性評価の考え方

重大事故等の拡大の防止のための措置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、供給液の供給又は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。

また、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、廃ガス処理設備の系統内の放射性物質質量、プルトニウム濃縮缶から気相へ移行する割合、放出経路における除染係数、貯留タンクへの導出を考慮し、事態の収束までに大気中へ放出する放射性物質質量をセシウム-137換算として評価する。

これらは解析コードを用いずに評価する。

4.3 事故の条件

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。

T B P 等の錯体の急激な分解反応の規模については、プルトニウム濃縮缶へ供給される T B P 量を約 208 g 及び約 1 g と設定する。

4.4 機器の条件

プルトニウム濃縮缶供給槽ゲデオンは、プルトニウム濃縮缶の液相部温度高警報、プルトニウム濃縮缶の気相部圧力高高警報及びプルトニウム濃縮缶の気相部温度高警報の3つのうち2つ以上の警報の発報により、T B P 等の錯体の急激な分解反応の検知から1分以内に自動的に停止する。

蒸気発生器へ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。

貯留設備は、プルトニウム濃縮缶の液相部温度高警報、プルトニウム濃縮缶の気相部圧力高高警報及びプルトニウム濃縮缶の気相部温度高警報の3つのうち、2つ以上の警報の発報により、貯留タンクへの経路が確立され、放射性物質の導出が自動的に実施される。貯留タンクの容量は T B P 等の錯体の急激な分解反応の検知を起点として約2時間にわたって放射性物質を含む気体を貯留できる容量として約 11m^3 を有するものとする。

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

4.5 操作の条件

プルトニウム濃縮缶を加熱する蒸気発生器へ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の発生を検知してから 25 分後までに作業を完了できる。

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貯留タンクへ導出し、貯留タンクが規定圧力に到達後、排気経路を貯留設備から平常運転時の廃ガス処理設備に切り替える操作は、中央制御室から行い、貯留タンクの圧力が規定圧力に到達した時点から 8 分後までに作業を完了できる。

4.6 放出量評価の条件

プルトニウム濃縮缶が内包する放射性物質量は、T B P 等の錯体の急激な分解反応が発生する温度が沸点となるまで過濃縮されたプルトニウム濃度及び濃縮運転が行うことができる最大容量から算出した値とする。

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から廃ガスポットまでの廃ガスは廃ガスポットからセルへ導出され、セルの換気設備より排気されるものとする。

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物質は廃ガス処理設備より排気されるものとし、この放出量の他に、T B P 等の錯体の急激な分解反応の発生による供給液の供給停止に 1 分間を要するものとして、1 分間 T B P 等の錯体の急激な分解反応が継続することによる放射性物質の放出量を加味して評価する。

T B P 等の錯体の急激な分解反応において気相中に移行した放射性物質は貯留タンクに閉じ込められるが、約 4 % がプルトニウム濃縮缶に残留し、廃ガス処理設備への切替えに伴い廃ガス処理設備により放射性物質を低減したうえで主排気筒から放出されるものとする。

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は、事象発生時に発生するエネルギーを考慮し、プルトニウム濃縮缶内の溶液は約 4×10^{-3} 、T B P 等の錯体の急激な分解反応発生後、供給液の供給が 1 分間継続した際に供給される供給液は 5×10^{-5} を使用する。

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低減割合については、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 とし、合計 10^4 とする。

廃ガス処理設備から放出される又は貯留タンク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低減割合については、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、廃ガス処理設備の高性能粒子フィルタの除染係数は、1 段目を 10^3 、2 段目を 10^2 、合わせて除染係数は 10^6 とする。

放射性物質の放出量のセシウム-137 換算係数については 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等にかか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、プルトニウム等の一部の核種については、これに加え化学形態による影響の違いによる補正する係数を乗じる。

4.7 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。

また、T B P 等の錯体の急激な分解反応によって主排気筒から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。

5. 有効性評価の結果

5.1 拡大防止対策

T B P 等の錯体の急激な分解反応を検知した場合は、検知から 1 分以内に自動的にプルトニウム濃縮缶供給槽ゲデオンが停止することができる。

プルトニウム濃縮缶を加熱する蒸気発生器へ蒸気を供給する系統の手動弁の閉止操作は、T B P 等の錯体の急激な分解反応発生後 2 名にて 25 分以内で完了することができる。

プルトニウム濃縮缶供給槽ゲデオンを T B P 等の錯体の急激な分解反応発生後 1 分以内に停止することができるため、T B P 等の錯体の急激な分解反応の再発は速やかに防止できる。

放射性物質の放出量について、貯留タンクへの貯留が開始されてから貯留タンク内の圧力が規定の圧力である 0.7M P a に達するまでの期間においては、大気中への放射性物質の放出は生じない。貯留タンクの圧力が規定の圧力に達した後、排気経路を貯留タンクへの経路から廃ガス処理設備に切り替えることで、貯槽に残留した放射性物質が放出され、約 3×10^{-5} T B q となる。

5.2 不確かさの影響評価

5.2.1 事象，事故条件及び機器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放射性物質の気相中へ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、1 桁程度の下振れを有する。

一方、非安全側な影響として、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り発生する熱量及びTBP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。

TBP等の錯体の急激な分解反応の発生後、供給液の供給継続に伴う事象の再発に対して不確かさが存在することから、1桁程度の下振れを有する。

放射性物質の除染係数については、放出経路による除染係数について、放出経路の構造や放射性物質の粒子径分布の観点で不確か性があるが、1桁程度の変動に収まると考えられる。

TBP等の錯体の急激な分解反応の発生後において、プルトニウム濃縮缶内でのプルトニウム溶液の挙動に不確かさがあるとして、水素掃気用や計装用空気の空気によってプルトニウム濃縮缶外に放射性物質が移動するとして求めた割合を設定したが、プルトニウム濃縮缶内でプルトニウム溶液の蒸発が継続している場合には、水素掃気用の空気の他に水蒸気によってもプルトニウム濃縮缶外に放射性物質が移動することから、放出量に対して1桁未満の下振れを有する可能性がある。

非安全側な影響として、廃ガス処理設備から貯留タンクへの系統の切替えが万一機能しない場合には、廃ガス処理設備を再起動し、廃ガス処理設備から放出するため、設定値に対して2桁未満低下する可能性があるが、判断基準を満足することには変わりはない。

5.2.2 操作条件の不確かさの影響

排気経路の廃ガス処理設備への切替え操作については、切替

え操作が想定よりも時間を要した場合においても、貯留タンクと廃ガス処理設備との間に設置する逆止弁により、貯留タンク内の放射性物質が廃ガス処理設備に移行することはない。また、切替え操作に想定よりも時間を要した場合には、貯留タンク内の圧力が空気圧縮機の吐出圧に達することで、貯留タンクへの放射性物質の導出が困難となり、廃ガス処理設備の水封部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建屋換気設備の高性能粒子フィルタにより除染されることから、判断基準を満足することには変わりはない。

T B P 等の錯体の急激な分解反応の発生検知後に実施する加熱蒸気の供給停止操作に想定よりも時間を要した場合、プルトリウム濃縮缶の温度が高い状態が継続することとなるが、T B P 等を含む供給液の供給は停止しており、T B P 等の錯体の急激な分解反応の再発は防止できていることから、判断基準を満足することには変わりはない。

また、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おり、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。

6. 同時発生及び連鎖

T B P 等の錯体の急激な分解反応については、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、重大事故が同時に発生することは想定されない。

重大事故の連鎖については、本重大事故による通常時からの状態の変化等として、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廃ガス処理設備の温度及び圧力上昇、廃ガス処理設備の湿度及びプルトニウム濃縮液の濃度上昇による放射線量の上昇がある。具体的には、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温度は瞬間的に約 370℃まで上昇し、圧力も瞬間的に 840 k P a 上昇するが、その後速やかに低下する。廃ガス処理設備の高性能粒子フィルタに到達する際には温度として 50℃程度、差圧の上昇として 4 k P a 程度となることから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圧力が増加することから、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プルトニウム濃縮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、放射線量も増

加する。T B P 等の錯体の急激な分解反応に伴い気相中へ放射性物質が移行することから、廃ガス処理設備の放射線量も増加する。これらの通常時からの状態の変化等を踏まえた場合の他の重大事故が連鎖して発生する可能性については以下のとおりである。

臨界事故への連鎖については、プルトニウム濃縮缶において講じられている臨界事故に係る安全機能として全濃度安全形状寸法管理があるが、プルトニウム濃縮液は硝酸プルトニウム溶液の形で存在しており、T B P 等の錯体の急激な分解反応発生時の温度、圧力、その他のパラメータ変動を考慮しても、臨界事故に係る安全機能が喪失することはないため、臨界事故は生じない。

冷却機能の喪失による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、また、プルトニウム濃縮液は崩壊熱が平常時と比較して高いものの放熱を考慮すると沸騰は停止することから、冷却機能の喪失による蒸発乾固は発生しない。

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、プルトニウム濃縮缶において講じられている放射線分解により発生する水素による爆発に係る安全機能として安全圧縮空気系による水素掃気機能があるが、プルトニウム濃縮液が平常運転時よりも水素発生量が多くなるものの水素掃気流量が十分確保されており、想定される温度、圧力、その他のパラ

メータ変動を考慮しても安全圧縮空気系による水素掃気機能が喪失することはないため、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への連鎖については、プルトニウム濃縮缶において講じられている有機溶媒等による火災に係る安全機能はなく、n-ドデカンが供給されないこと、TBP等の錯体の急激な分解反応によりTBP等は消費されることからプルトニウム濃縮缶内には残っていないため、有機溶媒等による火災は生じない。

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、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、TBP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。

その他の放射性物質の漏えいについては、プルトニウム濃縮缶、これに接続する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、その他の放射性物質の漏えいの発生は考えられない。

7. 必要な要員及び資源

T B P 等の錯体の急激な分解反応への対処に必要な要員及び燃料等については，電気設備以外の使用は必要ない。また，軽油等の燃料の消費はない。

T B P 等の錯体の急激な分解反応への対処に必要な要員は，7名であり，これに対して実施組織要員は13名であることから，対応可能である。

2.6 使用済燃料貯蔵槽における燃料損傷防止に係る対処（要旨）

1. 事故の特徴

使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設では、燃料貯蔵プール（BWR燃料用）（1基：1,000 t・ U_{PR} ）、燃料貯蔵プール（PWR燃料用）（1基：1,000 t・ U_{PR} ）及び燃料貯蔵プール（BWR燃料及びPWR燃料用）（1基：1,000 t・ U_{PR} ）の合計3基の燃料貯蔵プールを設置している。この他に、原子力発電所から受け入れた使用済燃料を仮置きする燃料仮置きピット（2基：約35 t・ U_{PR} /基）及び前処理建屋へ使用済燃料を送り出すための燃料送出しピット（1基：最大約28 t・ U_{PR} ）を設置している（これらを総称して「燃料貯蔵プール等」という。）。これらの燃料貯蔵プール等では、合計で最大3,000 t・ U_{PR} の使用済燃料を貯蔵することができる。また、燃料貯蔵プール等の使用済燃料を仮置き又は貯蔵するラックは、形状寸法管理により未臨界を維持している。

燃料貯蔵プール等は燃料移送水路を介して全て連結され、繋がった状態で使用済燃料の取扱いを行うとともに、使用済燃料が有する崩壊熱を除去し、燃料貯蔵プール等の水の沸騰を防止するために、プール水冷却系及び安全冷却水系を設置している。また、自然蒸発による燃料貯蔵プール等の水位低下に対して、遮へい水位を維持するために補給水設備を設置している。なお、万一、燃料貯蔵プール等の補修が必要となった場合に備え、燃料仮置きピットを隔離するためのピットゲート及び燃料貯蔵プールを隔離するためのプールゲートを設置しているが、通常運転時は使用しない。

(1) 想定事故1の特徴

プール水冷却系又は安全冷却水系の冷却機能が喪失した場合、使用済燃料の崩壊熱により燃料貯蔵プール等の水の温度が上昇し、これが継続した場合には沸騰に至る。冷却機能が喪失している状態において補給水設備

による燃料貯蔵プール等の水の補給に失敗すると、蒸発により燃料貯蔵プール等の水が減少し、燃料貯蔵プール等の水位が低下することで遮蔽機能が低下し、放射線量が増加する。燃料貯蔵プール等の注水機能の回復が行われないと、やがて使用済燃料は露出し、損傷に至る。

(2) 想定事故2の特徴

燃料貯蔵プール等に接続するプール水冷却系の配管の破断によるサイフォン効果又はスロッシングにより燃料貯蔵プール等の水の小規模な漏えいが発生し、燃料貯蔵プール等の水位が低下した場合、プール水冷却系は、燃料貯蔵プール等の水の吸い込みができなくなること等により機能を喪失し、合わせて安全冷却水系の冷却機能が喪失する。この場合、使用済燃料の崩壊熱により燃料貯蔵プール等の水の温度が上昇し、これが継続した場合には沸騰に至る。また、沸騰の継続により燃料貯蔵プール等の水が減少し、燃料貯蔵プール等の水位が低下することで遮蔽機能が低下し、放射線量が増加する。燃料貯蔵プール等の注水機能の回復が行われないと、やがて使用済燃料は露出し、損傷に至る。

2. 対処の基本方針

蒸発により燃料貯蔵プール等の水が減少し，水位が低下することによる遮蔽機能の低下及び使用済燃料の露出により損傷に至ることから，これらを防止するため，燃料貯蔵プール等に注水し，水位を維持する。以下，この対策を燃料損傷防止対策という。

3. 具体的対策

3.1 燃料損傷防止対策

燃料貯蔵プール等のプール水冷却系の冷却機能、安全冷却水系の冷却機能及び補給水設備の注水機能の喪失又は燃料貯蔵プール等に接続するプール水冷却系の配管の破断によるサイフォン効果又はスロッシングにより燃料貯蔵プール等の水の小規模な漏えいが発生し、プール水冷却系の冷却機能、安全冷却水系の冷却機能及び補給水設備の注水機能が喪失した場合には、可搬型中型移送ポンプ、可搬型建屋内ホース、可搬型建屋外ホース、弁等を敷設し、これらを接続することで、第1貯水槽から燃料貯蔵プール等へ水を供給するための経路を構築する。

燃料貯蔵プール等の状態監視のため、監視設備を準備する。監視設備を設置するまでの間、燃料貯蔵プール等の状態監視は、実施組織要員により携行型の監視設備にて行う。また、水温上昇に伴い使用済燃料受入れ・貯蔵建屋内の温度が上昇した場合においても、線量率の測定及び燃料貯蔵プール等の状態監視を継続して実施するため、空冷設備を設置する。

可搬型中型移送ポンプを運転することで、第1貯水槽から燃料貯蔵プール等へ注水する。

想定事故1では、燃料貯蔵プール等の水位は、通常水位を目安に注水し、通常水位到達後は、使用済燃料貯槽プール等の水位を一定範囲に維持するよう、可搬型中型移送ポンプの間欠運転へ切り替え又は注水流量を調整する。

想定事故2では配管破断による使用済燃料貯槽プール等の水の小規模な漏えいの発生又はスロッシングによる使用済燃料貯槽プール等の水の小規模な漏えいの発生を想定している。

プール水冷却系の吐出し側配管が破断した場合、サイフォン効果によ

りプール水が漏えいするものの、サイフォンブレーカによりサイフォン効果が停止し、その後、当該配管内のプール水面より上の空間は、サイフォン孔から流入した空気へ置き換わる。この場合、通常水位を目安に注水し、通常水位到達後は、使用済燃料貯槽プール等の水位を一定範囲に維持するよう、可搬型中型移送ポンプの間欠運転へ切り替え又は注水流量を調整する。

プール水冷却系の吸込み側配管が破断した場合、当該配管はプール水面より下にある越流せきに接続されていることから、越流せきを介して小規模漏えいが発生し、プール水面の低下により越流せきに到達することで小規模漏えいが停止する。この場合、通常水位を目安に注水し、通常水位到達後は、使用済燃料貯槽プール等の水位を一定範囲に維持するよう、可搬型中型移送ポンプの間欠運転へ切り替え又は注水流量を調整する。

スロッシングが発生した場合、プール水冷却系配管の破断の有無、プール水冷却系配管が破断する場合には、破断箇所に応じて回復できる使用済燃料貯蔵プール等の水位が異なるため、通常水位又は越流せきを目安に注水し、目安とする水位に到達後は、使用済燃料貯槽プール等の水位を一定範囲に維持するよう、可搬型中型移送ポンプの間欠運転へ切り替え又は注水流量を調整する。

このため、可搬型建屋内ホース、可搬型中型移送ポンプ、可搬型建屋外ホース、弁等を可搬型重大事故等対処設備として新たに整備する。また、貯水槽を常設重大事故等対処設備として新たに設置する。

4. 有効性評価

4.1 代表事例

想定事故 1 では、冷却機能及び注水機能が喪失する範囲並びに環境条件を踏まえた対処内容を考慮し、火山を代表事象として選定する。

想定事故 2 は、小規模漏えい量、冷却機能及び注水機能が喪失する範囲並びに環境条件を踏まえた対処内容を考慮し、地震を代表事象として選定する。

4.2 代表事例の選定理由

想定事故 1 は、火山を要因として発生する全交流動力電源の喪失によるプール水冷却系のポンプ等の間接的な機能喪失により、冷却機能及び注水機能が喪失することで発生する。また、内的事象の全交流動力電源の喪失による間接的な動的機器の機能喪失により、冷却機能及び注水機能が喪失することで発生する。

想定事故 1 の場合、火山を要因とした方が、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、火山を要因とした想定事故 1 を選定する。

想定事故 2 は、内的事象の配管漏えいにおいて、燃料貯蔵プール等の水がサイフォン効果により小規模に漏えいした上で、プール水冷却系の機能喪失することで発生する。また、外的事象の地震において、燃料貯蔵プール等の水がサイフォン効果及びスロッシングにより小規模に漏えいした上で、プール水冷却系のポンプ等の動的機器の直接的な機能喪失及び全交流動力電源の喪失による間接的な機能喪失により発生する。

想定事故 2 の場合、地震を要因とした方が、動的機器の機能喪失と全交流動力電源喪失が同時に発生する等、喪失する機器が多く、その範囲も

広い。また、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ことから、有効性評価の代表としては、地震を要因とした想定事故2を選定する。

4.3 有効性評価の考え方

燃料貯蔵プール等の水位が低下した場合に、燃料貯蔵プール等への注水を開始することで水位を回復し、水位を一定の範囲に維持できることを確認するため、燃料貯蔵プール等の水位及び水温の推移を評価する。これらの評価は、水の比熱等を用いた簡便な計算により、燃料貯蔵プール等における全ての使用済燃料の燃料有効長頂部を冠水できる水位（通常水位－7.4m）を確保できること及び1作業あたりの被ばく線量の目安である10m S vを確保するために必要な放射線を遮蔽できる水位（通常水位－5.0m）を確保できることを評価する。また、未臨界を維持できることを評価する。

4.4 機能喪失の条件

想定事故1の場合、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。

想定事故2の場合、代表事例において、基準地震動の1.2倍の地震動を入力した場合においても必要な機能を損なわない設計としていないものは、機能喪失するものとし、動的機器については耐震性によらず機能喪失を想定する。

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

4.5 機器の条件

4.5.1 想定事故1の機器の条件

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、燃料貯蔵プール等への注水に1台を使用する。

燃料貯蔵プール等への注水流量は、貯蔵する使用済燃料の崩壊熱を踏まえて設定した値とし、当該設定値以上で注水する。

燃料貯蔵プール等の初期水位は、通常運転時の管理上の水位の下限値である通常水位 -0.05m とし、初期温度は、運転上許容されるプール水冷却系1系列運転時の最高温度である 65°C とする。

使用済燃料受入れ・貯蔵建屋において貯蔵する使用済燃料は、冷却期間が4年の使用済燃料が $600\text{t}\cdot U_{\text{PR}}$ 、冷却期間が12年の使用済燃料が $2,400\text{t}\cdot U_{\text{PR}}$ 、合計 $3,000\text{t}\cdot U_{\text{PR}}$ とする。また、BWR燃料とPWR燃料の割合は、それぞれ $1,500\text{t}\cdot U_{\text{PR}}$ ずつとする。

燃料貯蔵プール等は連結された通常状態とし、ピットゲート及びプールゲートは設置されていない状態を前提とするが、燃料貯蔵プール等の水が沸騰に至るまでの時間は、燃料貯蔵プールと隣接する燃料移送水路及びピット間の水の出入りに不確かさがあることから、隣接する燃料移送水路及びピットの保有水の混合は考慮しないこととし、燃料貯蔵プール等の保有水量は、燃料貯蔵プール（BWR燃料用）、燃料貯蔵プール（PWR燃料用）及び燃料貯蔵プール（BWR燃料及びPWR燃料用）の個別の容量から、使用済燃料及びラックの体積を除いた値とし、燃料貯蔵プール（BWR燃料用）は約 $2,392\text{m}^3$ 、燃料貯蔵プール（PWR燃料用）は約 $2,453\text{m}^3$ 及び燃料貯蔵プール（BWR燃料及びPWR燃料用）は約 $2,457\text{m}^3$ とする。

燃料貯蔵プール等の水が沸騰に至るまでの時間の算出に用いる崩壊熱量は、 $3,000\text{t}\cdot U_{\text{PR}}$ の使用済燃料が燃料貯蔵プール等において様々な組

合せて仮置き及び貯蔵されるものの、燃料貯蔵プール等の保有水量及び崩壊熱量の関係から、燃料貯蔵プール等の水が沸騰に至るまでの時間が最も短くなるよう、崩壊熱量が大きい冷却期間4年のPWR燃料600 t・ U_{PR} 及び冷却期間12年のPWR燃料400 t・ U_{PR} を燃料貯蔵プール（PWR燃料用）へ配置し、その他の燃料貯蔵プールには、冷却期間12年の使用済燃料を配置することを想定し設定する。このときの燃料貯蔵プール（PWR燃料用）の崩壊熱量は2,450 kWとなり、沸騰までの時間は約39時間、燃料貯蔵プール（BWR燃料用）の崩壊熱量は1,490 kWとなり、沸騰までの時間は約63時間、燃料貯蔵プール（BWR燃料及びPWR燃料用）崩壊熱量は1,480 kWとなり、沸騰までの時間は約65時間である。

以上より、想定事故1における燃料貯蔵プール等の水の沸騰に至るまでの時間は、燃料貯蔵プール（PWR燃料用）の約39時間を代表として設定する。

一方、燃料貯蔵プール等からの蒸発量は、崩壊熱量及び水の蒸発潜熱により算出される。燃料貯蔵プール等の水位は、燃料貯蔵プール等は燃料移送水路を介して全て連結されていることから、燃料貯蔵プール等の水の蒸発によって燃料貯蔵プール等全体が均一に低下する。このため、燃料貯蔵プール等からの蒸発量の算出に用いる崩壊熱量は、燃料貯蔵プール全体の貯蔵量である3,000 t・ U_{PR} が容量いっぱい貯蔵されたときの崩壊熱量として、5,420 kWを設定し、このときの蒸発量は約10m³/hとなる。

使用済燃料を仮置き又は貯蔵するラックは、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ものとし、重大事故等時においても形状寸法を維持できる。

4.5.2 想定事故2の機器の条件

「可搬型中型移送ポンプ」，「燃料貯蔵プール等の初期水位及び初期水温」，「燃料貯蔵プール等の貯蔵容量」，「燃料貯蔵プール等の沸騰時間」のうち崩壊熱量，「燃料貯蔵プール等からの蒸発量」及び「燃料貯蔵プール等における未臨界性」については「4.5.1 想定事故1の機器の条件」に記載したとおりである。

プール水冷却系配管に逆流防止のため設置されている逆止弁については、異物の噛みこみにより開固着し、逆止弁の機能が十分に働かない状態を仮定する。このとき、プール水冷却系の吐出し側配管及び吸込み側配管が損傷することを想定すると、サイフォン効果及び越流せきからの流出により燃料貯蔵プール等の水位は低下するが、より水位低下量が多くなるプール水冷却系の吐出し側配管のサイフォン効果により燃料貯蔵プール等の水の小規模な漏えいが発生することを想定した場合、通常水位から-0.45mの位置に設置されたサイフォンブレーカにより，通常水位から-0.45mの位置で水位低下は停止する。

スロッシングによる溢水量の評価では，燃料貯蔵プール等の周辺に設置する止水板及び蓋の効果による抑制効果を考慮するが，有効性評価におけるスロッシングによる溢水量の評価では，スロッシングによる溢水の抑制効果として止水板のみを考慮し，この場合，通常水位から-0.60mの位置で水位低下は停止する。

想定事故2で想定する燃料貯蔵プール等の水の小規模な漏えいは、プール水冷却系の配管の破断によるサイフォン効果及び燃料貯蔵プール等からのスロッシングによる溢水が同時に発生するものの，より漏えい量が多いスロッシングを代表とし，この場合，燃料貯蔵プール（PWR燃料用）の保有水量は約2,289m³，沸騰までの時間は約36時間となり，燃料貯蔵プール（BWR燃料用）の保有水量は約2,228m³，沸騰までの時間は約

58時間となり、燃料貯蔵プール（BWR燃料用）の保有水量は約2,289m³、沸騰までの時間は約60時間となる。

以上より、想定事故2における燃料貯蔵プール等の水の沸騰に至るまでの時間は、燃料貯蔵プール（PWR燃料用）の約36時間を代表として設定する。

4.6 操作の条件

想定事故1の場合、燃料貯蔵プール等への代替補給水設備（注水）による注水は、冷却機能及び注水機能の喪失から燃料貯蔵プール等が沸騰に至るまでの時間である約39時間に対して、他建屋における蒸発乾固及び水素爆発が同時に発生した場合における重大事故等の対処の優先順位を考慮し、21時間30分後から注水を開始する。

想定事故2の場合、燃料貯蔵プール等への代替補給水設備（注水）による注水は、燃料貯蔵プール等の冷却機能及び注水機能の喪失から燃料貯蔵プール等が沸騰に至るまでの時間である約36時間に対して、他建屋における蒸発乾固及び水素爆発が同時に発生した場合における重大事故等の対処の優先順位を考慮し、21時間30分後から注水を開始する。

4.7 判断基準

想定事故1については、燃料貯蔵プール等の冷却機能及び注水機能が喪失した場合でも、代替補給水設備（注水）による燃料貯蔵プール等への注水手段を確保することによって、燃料有効長頂部を冠水できる水位（通常水位－7.4m）を確保できること及び放射線を遮蔽できる水位（通常水位－5.0m）を確保できること。また、未臨界を維持できること。

想定事故2については、プール水冷却系の配管の破断によるサイフォ

ン効果及びスロッシングにより燃料貯蔵プール等の水の小規模な漏えいが発生するとともに、燃料貯蔵プール等の冷却機能及び注水機能が喪失した場合でも、代替補給水設備（注水）による燃料貯蔵プール等への注水手段を確保することによって、燃料有効長頂部を冠水できる水位（通常水位－7.4m）を確保できること及び放射線を遮蔽できる水位（通常水位－5.0m）を確保できること。また、未臨界を維持できること。

5. 有効性評価の結果

重大事故等の発生を検知し、燃料貯蔵プール等における水の沸騰により水位が低下した場合でも、代替補給水設備（注水）にて注水することにより、燃料有効長頂部を冠水できる水位（通常水位－7.4m）及び放射線を遮蔽できる水位（通常水位－5.0m）を維持し、安定状態を維持できる。使用済燃料は燃料貯蔵プール等のステンレス鋼製ラックに仮置き・貯蔵されており、水温が変化した場合やプール水が沸騰し、水密度が低下した場合においても、必要な燃料間距離を確保できることから、燃料貯蔵プール等の未臨界を維持できる。

5.1 不確かさの影響評価

5.1.1 事象、事故条件及び機器条件の不確かさの影響

5.1.1.1 想定事故1

内の事象で発生する長時間の全交流動力電源の喪失による想定事故1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、火山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ため、対処の時間余裕が大きくなることから、判断基準を満足することに変わりはない。

機器の条件として設定している初期水温は、設計上想定される最大値を採用しており、初期水位は、水位低警報値を採用している。実際の運転時には、評価条件で設定している初期水温より低くなり、初期水位は高い水位となることから、沸騰に至るまでの時間は延びることとなり、対処の時間余裕が大きくなることから、判断基準を満足することに変わりはない。

使用済燃料の崩壊熱密度は、想定される最大値を設定しており、燃料

貯蔵プール等の水の沸騰に至るまでの時間の評価では、燃料貯蔵プールと燃料移送水路との水の出入りを考慮しない等、厳しい結果を与える条件で評価をしており、安全余裕を排除したより現実的な条件とした場合には、対処の時間余裕が大きくなることから、判断基準を満足することに変わりはない。

燃料貯蔵プール等の補修時を想定して、ピットゲート及びプールゲートが設置されている状態において想定事故1が発生した場合、燃料貯蔵プール（BWR燃料用）、燃料貯蔵プール（PWR燃料用）及び燃料貯蔵プール（BWR燃料及びPWR燃料用）が独立した状態となるものの、燃料貯蔵プール等の水が沸騰に至るまでの時間は、燃料貯蔵プールごとの保有水量及び崩壊熱量を設定し評価していることから、沸騰に至るまでの時間は変わることはなく、また、燃料貯蔵プール等の水の蒸発は、ピットゲート及びプールゲートが設置されることにより、各燃料貯蔵プールが独立するため、燃料貯蔵プールごとに発生するが、その蒸発量は崩壊熱量が最も大きい燃料貯蔵プール（PWR燃料用）において約 $4\text{ m}^3/\text{h}$ である。この場合、燃料貯蔵プール（PWR燃料用）における水位低下速度が増加するものの、燃料貯蔵プール等の水が沸騰に至る前までに注水の準備を完了し、可搬型中型移送ポンプによる注水を実施し水位を維持することから、判断基準を満足することに変わりはない。

5.1.1.2 想定事故2

内的事象で発生する配管漏えいによる想定事故2の場合、地震を要因としたときに想定する動的機器の機能喪失や全交流動力電源喪失が発生せず、環境悪化も想定されない。このため、対処の時間余裕が大きくな

ることから、判断基準を満足することに変わりはない。

崩壊熱量、燃料貯蔵プール等の水が沸騰に至るまでの時間並びにピットゲート及びプールゲートの運用の違いによる蒸発量及び水位低下速度の不確かさの影響は、想定事故1の有効性評価に記載する不確かさの影響のとおりである。

スロッシングによる溢水量は、燃料貯蔵プール等の初期水位を、通常水位-0.05mとして評価しているが、実際の運転時には、評価条件で設定している初期水位よりも高い水位となることがある。このため、初期水位を、通常管理において最も高くなる水位である通常水位+0.02mとして、スロッシングによる溢水量を評価し、水位の低下を確認した結果、スロッシング後の水位は通常水位-0.57mとなり、初期水位を通常水位-0.05mとしてスロッシングによる溢水量を評価した場合に比べて高い水位となることから、判断基準を満足することに変わりはない。

燃料貯蔵プール等の補修時を想定して、各燃料貯蔵プールのピットゲート及びプールゲートが設置されている状態においてスロッシングが発生した場合の溢水量は、燃料貯蔵プール等が連結された状態と異なり、各燃料貯蔵プールのスロッシング後の水位は、通常水位-0.73mとなる。このときの燃料貯蔵プール（PWR燃料用）の保有水量は約2,235m³、沸騰までの時間は約35時間となる。燃料貯蔵プール（BWR燃料用）の保有水量は約2,174m³、沸騰までの時間は約57時間となる。燃料貯蔵プール（BWR燃料及びPWR燃料用）の保有水量は約2,239m³、沸騰までの時間は約59時間となる。

以上のとおり、各燃料貯蔵プールのピットゲート及びプールゲートが設置されている状態を想定した場合、設置しない状態に比べて沸騰

までの時間は短くなるものの、代替補給水設備（注水）による注水開始時間は21時間30分後であることから、判断基準を満足することによりは変わらない。

想定事故2では、プール水冷却系の配管の破断によるサイフォン効果及び燃料貯蔵プール等からのスロッシングが同時に発生したことを仮定し、小規模な漏えい量が多い燃料貯蔵プール等からのスロッシングによる漏えいが停止する位置としている。燃料貯蔵プール等からのスロッシングによる溢水量の評価では、評価方法及び評価条件に保守性があることから、スロッシングによる漏えいが停止する水位は高くなる可能性がある。この場合には、小規模漏えいによる水位の低下は、スロッシングによる水位の低下後、サイフォンブレーカ孔位置まで低下して停止することとなる。サイフォンブレーカ孔位置は通常水位から-0.45mの位置となることから、判断基準を満足することによりは変わらない。

想定事故2においては、水位低下量が大きいスロッシングによる水位低下を代表としているが、配管破断によるサイフォン効果及びスロッシングが同時することで、溢水量がさらに増加した場合の想定として、サイフォン効果によってサイフォンブレーカ孔位置（通常水位-0.45m）まで水位が低下した後、スロッシングによる小規模漏えいが発生することを想定した場合、スロッシング後の水位は通常水位-0.80mとなり、この場合、沸騰に至るまでの時間は約35時間となる。想定事故2における燃料貯蔵プール等の水の沸騰に至るまでの時間として設定した約36時間に対して約1時間短くなるものの、代替補給水設備（注水）による注水開始時間は21時間30分後であることから、判断基準を満足することによりは変わらない。

5.1.2 操作条件の不確かさの影響

燃料貯蔵プール等への注水等の準備は、燃料貯蔵プール等の冷却機能及び注水機能の喪失をもって着手し、燃料貯蔵プール等の水が沸騰に至るまでの時間に対し、2時間の時間余裕をもって完了させる。また、各作業の作業項目は、余裕を確保して計画し、必要な時期までに操作できるよう体制を整えていることから、判断基準を満足していることに変わりはない。

また、ピットゲート及びプールゲートが設置されている状態を考慮した場合、燃料貯蔵プール等は連結していないことから、燃料仮置きピット、燃料貯蔵プール（BWR燃料用）、燃料貯蔵プール（PWR燃料用）及び燃料貯蔵プール（BWR燃料及びPWR燃料用）それぞれに注水し水位を維持する必要がある。なお、燃料送出しピットは燃料移送水路と連結していることから、ピットゲート及びプールゲートが設置されることによる影響はない。

この場合、可搬型建屋内ホースを燃料仮置きピット、燃料貯蔵プール（BWR燃料用）、燃料貯蔵プール（PWR燃料用）及び燃料貯蔵プール（BWR燃料及びPWR燃料用）ごとに個別に敷設する必要があることから、敷設に係る作業時間が長くなるものの、ピットゲート及びプールゲートが設置されている状態はあらかじめ分かっていることから、建屋内ホースの運搬が完了した時点で可搬型建屋内ホースの敷設を実施することで、これまでと同じ21時間30分後から注水を実施可能である。

6. 同時発生及び連鎖

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。本重大事故は、燃料貯蔵プール等の水位の低下が継続した場合には、使用済燃料を仮置き又は貯蔵する燃料仮置きピット、燃料貯蔵プール（BWR燃料用）、燃料貯蔵プール（PWR燃料用）、燃料貯蔵プール（BWR燃料及びPWR燃料用）及び燃料送出しピットで使用済燃料が損傷する事故が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。異種の重大事故との同時発生の可能性については、重大事故等の選定等に示すとおり、動的機器の機能喪失及び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、本重大事故、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が同時に発生する。同種と異種の重大事故の同時発生が重畳した場合の対処に必要な要員及び燃料等については、「2.8 必要な要員及び資源の評価（要旨）」で評価している。

重大事故の連鎖については、本重大事故による通常時からの状態の変化等は、燃料貯蔵プール等の水の温度上昇、蒸気の発生による湿度の上昇である。具体的には、プール水の温度上昇については、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、最大でも 100℃程度である。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。これらの通常時からの状態の変化等を踏まえた場合の他の重大事故が連鎖して発生する可能性については以下のとおりである。

臨界事故への連鎖については、燃料貯蔵プール等において講じられている臨界事故に係る安全機能は、同位体組成管理であるが、相互間隔を適

切に維持したラック等に使用済燃料を収納することで臨界事故の発生を防止しており、燃料貯蔵プール等の温度、圧力、その他のパラメータ変動を考慮しても、臨界事故に係る安全機能が喪失することはない。

また、燃料貯蔵プール等の水の沸騰による事故影響が、使用済燃料受入れ・貯蔵建屋のバウンダリを超えて、その他の臨界管理が実施されている前処理建屋、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波及することはないことから、臨界事故の発生は考えられない。

他建屋における冷却機能の喪失による蒸発乾固への連鎖については、想定事故1及び想定事故2が発生する燃料貯蔵プール等及び高レベル廃液等の沸騰が発生する貯槽等は異なる建屋に位置し、燃料貯蔵プール等の水の温度上昇による事故影響が、燃料貯蔵プール等のバウンダリを超えて波及することは想定されないことから、冷却機能の喪失による蒸発乾固は生じない。

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、燃料貯蔵プール等の水の温度上昇により、水素の発生量が増加するものの、大量の水蒸気とともに極めて低い濃度で気相部に移行する。また、代替補給水設備（注水）の可搬型建屋内ホースの敷設に伴う建屋の開口から、水蒸気とともに水素が排出されることから、建屋内に水素が蓄積することはない。水素による爆発は生じない。

他建屋における水素掃気機能の喪失による水素爆発への連鎖については、想定事故1及び想定事故2が発生する燃料貯蔵プール等及び水素爆発が発生する貯槽等は異なる建屋に位置し、燃料貯蔵プール等の水の温度上昇による事故影響が、燃料貯蔵プール等のバウンダリを超えて波及することは想定されないことから、水素掃気機能の喪失による水素爆発の発生は考えられない。

有機溶媒等による火災又は爆発への連鎖については、想定事故 1 及び想定事故 2 が発生する燃料貯蔵プール等及び T B P 等の錯体の急激な分解反応が発生する貯槽等は異なる建屋に位置し、また、燃料貯蔵プール等では有機溶媒を扱わないことから、T B P 等の錯体の急激な分解反応又は有機溶媒火災の発生は考えられない。

他建屋における有機溶媒等による火災又は爆発への連鎖については、想定事故 1 及び想定事故 2 が発生する燃料貯蔵プール等及び有機溶媒等による火災又は爆発が発生する貯槽等は異なる建屋に位置し、燃料貯蔵プール等の水の温度上昇による事故影響が、燃料貯蔵プール等のバウンダリを超えて波及することは想定されないことから、有機溶媒等による火災又は爆発の発生は考えられない。

その他の放射性物質の漏えいについては、燃料損傷防止対策実施時の燃料貯蔵プール等の水の状態を考慮しても、その他の放射性物質の漏えいの発生は想定されないことから、その他の放射性物質の漏えいの発生は考えられない。

7. 必要な要員及び資源

地震及び火山を要因として想定事故 1 及び想定事故 2 の燃料損傷防止対策を実施する場合には、重大事故の選定に示すとおり、冷却機能の喪失による蒸発乾固及び水素爆発に対しても同時に対処することとなる。このため、重大事故等対処に必要な要員及び燃料等の成立性については、それぞれの対処に必要な数量を重ね合わせて評価する必要があり、重大事故等が同時にまたは連鎖して発生した場合の対処において評価している。

7.1 要員

本重大事故における燃料損傷防止対策に必要な要員は、想定事故 1 及び想定事故 2 ともに、燃料貯蔵プール等の冷却等の機能喪失を受けて対応することとなっております、想定事故 1、想定事故 2 に因らず合計で53名である。

想定事故 1 において内的事象を要因とした場合は、作業環境が火山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、必要な要員は火山を要因とした場合に必要人数以下である。

7.2 水源

想定事故 1 の場合、代替補給水設備（注水）による燃料貯蔵プール等への注水に必要な水量は、7日間の対応を考慮すると、合計約1,600m³の水が必要となる。

想定事故 2 の場合、代替補給水設備（注水）による燃料貯蔵プール等への注水に必要な水量は、7日間の対応を考慮すると、合計約2,700m³の水が必要となる。

7.3 電源

監視設備及び可搬型空冷ユニットへの給電は、専用の可搬型発電機を敷設するため、対応が可能である。

7.4 燃料

燃料貯蔵プール等の冷却等の機能喪失へ対処するための措置を7日間継続して実施するのに必要な軽油は、合計で約17m³である。

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）

1. 重大事故等の同時発生

1.1 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、「地震」又は「火山」を条件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、「地震」が重大事故等の発生の条件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、「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「燃料貯蔵プール等の冷却等の機能喪失（想定事故2）」の同時発生を対象に実施する。

1.2 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、重大事故等対策に使用する設備も、重大事故等ごとに専用の設備を整備することで、設備が競合することはない。

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、同一の機器において蒸発乾固及び水素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。

蒸発乾固の拡大防止対策である機器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溶液に付加されることを仮定したとしても、溶液の温度上昇は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。

水素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見かけ上の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水素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。

想定事故2の燃料損傷防止対策に着目した場合、蒸発乾固及び水素爆発の事故影響が、貯槽等のバウンダリを超えて使用済み燃料貯蔵プール等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、蒸発乾固及び水素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。

1.3 有効性評価

1.3.1 有効性評価の考え方

水素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、沸騰によるG値上昇に伴う水素発生量の増加を考慮しても、機器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機器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、機器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、放出経路における低減割合を考慮し、事態収束までの大気中へ放出する放射性物質の放出量（Cs-137換算）を評価する。

これらの評価における高レベル廃液等の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。

1.3.2 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。

1.3.3 機器の条件

可搬型空気圧縮機の機器条件は、沸騰によるG値の上昇に伴う水素発生量の増加を見込んで設定された条件であることから、単独発生の場合も同時発生の場合も、可搬型空気圧縮機の機器条件に変更はない。また、手動圧縮空気ユニットからの圧縮空気の供給は、高レベル廃液等が沸騰に至る前に実施されるため、単独発生の場合も同時発生の場合も、手動圧縮空気ユニットの機器条件に変更はない。

1.3.4 操作の条件

各重大事故等が単独で発生した場合の操作条件は、重大事故等が同時発生した場合を前提として整備したものであることから、重大事故等が同時発生した場合においても同じである。

1.3.5 放出量評価の条件

沸騰及び水素爆発による放射性物質の移行形態は、互いに異なるメカニズムであり、重大事故等が同時発生した場合であっても、放射性物質の移行形態が変わるものではないことから、放射性物質の移行割合は、単独発生の場合と同じである。

また、放出経路における放射性物質の低減割合は、蒸発乾固及び水素爆発の事故影響に対して所定の性能を発揮でき、蒸発乾固及び水素爆発が同時に発生した場合であっても性能が劣化するものではないことから、単独発生の場合と同じである。

1.3.6 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低下

傾向を示すこと。

放出量評価は、蒸発乾固及び水素爆発の発生による放射性物質の放出量の合計がCs-137換算で100TBqを下回るものであって、かつ、実行可能な限り低いこと。

1.4 有効性評価の結果

1.4.1 水素爆発の再発を防止するための圧縮空気の供給

機器内の水素濃度の推移は、沸騰による溶液のG値の増加を考慮しても機器内の水素濃度を4 v o 1 %未満に維持することができる量の圧縮空気を供給することから、機器内水素濃度が4 v o 1 %を超えている場合は、圧縮空気の供給の開始と同時に水素濃度が低下し、未然防止濃度未満で平衡に達する。

1.4.2 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、全ての建屋の蒸発乾固及び水素爆発による放出量を合計した場合、合計約 2×10^{-3} T B q となり、100 T B q を下回るものであって、かつ、実行可能な限り低い。

1.4.3 不確かさの影響評価

1.4.3.1 事象、事故条件及び機器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、安全余裕を排除したより現実的な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（C s -137換算）に

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から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。

1.4.3.2 操作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、2時間の時間余裕をもって完了させる。また、各作業の作業項目は、余裕を確保して計画し、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。

1.5 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伴っ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、「2.8 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。

2. 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、特定にあたっては、溶液の性状等の変化に伴って健在化する可能性のある現象に留意する。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・落下による荷重」及び「腐食環境」を考慮する。

2.1 臨界事故

臨界事故の発生が想定される貯槽等である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、「2.2 臨界事故への対処（要旨）」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、損傷又は機能劣化することはなく、他の重大事故等が連鎖して発生することがないことを確認した。

2.2 冷却機能の喪失による蒸発乾固

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、「2.3 冷却機能の喪失による蒸発乾固への対処（要旨）」において記載した通り、想定される事故時環境において、蒸発乾固の発生が想定される機器に接続する安全機能を有する機器が、損傷又は機能劣化することはなく、他の重大事故等が連鎖して発生することがないことを確認した。

2.3 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、52貯槽の全てに対して連鎖の検討を実施した。その結果、「2.4 放射線分解により発生する水素による爆発への対処（要旨）」において記載した通り、想定される事故時環境において、蒸発乾固の発生が想定される機器に接続する安全機能を有する機器が、損傷又は機能劣化することではなく、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。

2.4 有機溶媒等による火災又は爆発（TBP等の錯体の急激な分解反応）

有機溶媒等による火災又は爆発（TBP等の錯体の急激な分解反応）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、「2.5 有機溶媒等による火災又は爆発（TBP等の錯体の急激な分解反応）への対処（要旨）」において記載した通り、想定される事故時環境において、蒸発乾固の発生が想定される機器に接続する安全機能を有する機器が、損傷又は機能劣化することではなく、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。

2.5 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、「2.6 使用済燃料貯蔵槽における燃料損傷防止に係る対処（要旨）」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、損傷又は機能劣化することではなく、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。

2.6 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，何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，損傷又は機能劣化することはなく，他の重大事故等が連鎖して発生することがないことを確認した。

2.8 必要な要員及び資源の評価（要旨）

1. 必要な要員及び資源の評価

1.1 必要な要員及び資源の評価条件

必要な要員及び資源の評価は、対処に必要な要員及び資源が最も多くなる重大事故等の同時発生に対して成立性を確認する。重大事故等の同時発生の有効性評価は、「地震」を代表事例としているため、必要な要員及び資源の評価についても「地震」を条件とした場合に同時発生が想定される各重大事故等対策及び対策に必要な付帯作業を含めた重大事故等の同時発生への対処を対象に実施する。

なお、重大事故等の連鎖は、「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）」に記載したとおり、発生が想定されない。

1.2 重大事故等の同時発生時に必要な要員の評価

「地震」を条件とした場合の重大事故等の同時発生では、同時に作業している要員数の最大値は、101名であり、重大事故等の同時発生の対処に必要な要員は132名である。

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。

1.3 重大事故等の同時発生時に必要な水源の評価

「地震」を条件とした場合の重大事故等の同時発生時に水源を必要とする対策としては、蒸発乾固への重大事故等対策及び使用済燃料貯蔵プール等への注水（想定事故2）であり、それぞれ第1貯水槽の異なる区画を水源として使用する。

蒸発乾固の重大事故等対策に必要な水量は、対応期間の7日間の対応を考慮すると、合計約310m³の水が必要である。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。

使用済燃料貯蔵プール等への注水（想定事故2）に必要な水量は、対応期間の7日間の対応を考慮すると、合計約2,700m³の水が必要である。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、蒸発乾固の重大事故等対策で冷却に使用した水を貯水槽へ戻し再利用するが、それに伴う水温の上昇は1日あたり約3℃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。

1.4 重大事故等の同時発生時に必要な燃料の評価

「地震」を条件とした場合の重大事故等の同時発生時に必要な燃料（軽油）は、合計約90m³であり、軽油貯蔵タンクにて約400m³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。また、「地震」を条件とした場合の重大事故等の同時発生時に必要な燃料（重油）は、合計約70m³であり、重油貯蔵タンクにて約200m³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。

なお、必要な燃料（軽油）の量については、「火山」を条件とした方が多くなるが、合計約90m³であり、軽油貯蔵タンクにて約400m³の軽油を確保していることから、「火山」を条件とした場合でも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。

1.5 重大事故等の同時発生時に必要な電源の評価

「地震」を条件とした場合の重大事故等の同時発生時に必要な電源で、電源負荷と供給容量で最も余裕が小さい排気監視測定設備可搬型発電機でも、必要負荷約2.7 kVAに対し、供給容量約3 kVAであり、必要負荷に対しての電源供給が可能である。

8. 放射線分解により発生する水素による爆発への対処

目次

- 8. 放射線分解により発生する水素による爆発への対処
 - 8.1 水素爆発の発生防止対策
 - 8.1.1 水素爆発の発生防止対策の具体的内容
 - 8.1.2 水素爆発の発生防止対策の有効性評価
 - 8.2 水素爆発の拡大防止対策
 - 8.2.1 水素爆発の拡大防止対策の具体的内容
 - 8.2.2 水素爆発の拡大防止対策の有効性評価
 - 8.3 水素爆発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
 - 8.4 参考文献

8. 放射線分解により発生する水素による爆発への対処

(1) 放射線分解により発生する水素による爆発の特徴

水素掃気機能の喪失による、放射線分解により発生する水素による爆発（以下8. では「水素爆発」という。）の発生が想定される水素掃気が必要な溶解液，抽出廃液，硝酸プルトニウム溶液，プルトニウム濃縮液及び高レベル廃液（以下，「高レベル廃液等」という。）を内包する貯槽及び缶（以下，「貯槽等」という。）は，高レベル廃液等の放射線分解により水素が発生するため，通常運転時には安全圧縮空気系により圧縮空気を供給することで水素掃気を行い，貯槽等内における水素爆発を防止している。

安全圧縮空気系は，貯槽等へ圧縮空気を供給する流路としての水素掃気配管・弁及び圧縮空気を製造する空気圧縮機で構成される。また，空気圧縮機は，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により冷却されている。

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8. では「セル排気系」という。），建屋換気設備の建屋排気系（以下8. では「建屋排気系」という。）により換気され，建屋，セル，貯槽等の順に圧力が低くなるように設計されている。

安全圧縮空気系の水素掃気機能が喪失した場合には，水素爆発の発生を想定する貯槽等の気相部の水素濃度が上昇し，水素濃度に応じて燃焼，爆燃又は爆轟が発生するおそれがある。この際の圧力変動による飛沫に放射性物質が同伴して気相に放射性エアロゾルとして移行することで大気中への放射性物質の放出量が増大する。また，爆発の規模によっては，貯槽等や附属する配管等の破損が生じ，内包する放射性物質の漏えいに至るおそ

れがある。

水素濃度と発生圧力の特徴として、以下の3つにまとめられる。

1つ目は、水素濃度がドライ換算で4 v o 1 %から8 v o 1 %の空気混合気が着火した場合であり、水素燃焼という。燃焼に伴う火炎が上方または水平方向に伝播する部分燃焼が支配的であり、この際に発生する圧力は小さい。そのためエアロゾル状の放射性物質の気相への移行量は少なく排気系で除去できる。

2つ目は、水素濃度がドライ換算で8 v o 1 %から12 v o 1 %の空気混合気が着火し、水素爆発が発生した場合、火炎が上方または水平方向のみならず、全方向に伝播し、爆燃するようになり、この際に発生する圧力は初期圧力の2倍以上となる可能性がある。そのため、エアロゾル状の放射性物質の気相部への移行量は大きくなる。

3つ目は、水素濃度がドライ換算で12 v o 1 %を超えると、条件によっては爆燃から爆轟へ遷移が生じ、火炎の伝播速度が音速を超えて衝撃波が発生する。爆轟が生じた場合には、エアロゾル状の放射性物質が大量に気相部への移行することのみならず、衝撃波による貯槽、配管、その他機器等の損傷や波及的な影響も考えられる。

水素爆発の発生防止としては放射性物質の放出の観点で爆轟を生じさせないこと、再処理施設内における爆燃から爆轟へ遷移に関する知見が少ないこと、排気系統が爆燃から爆轟へ遷移を発生しやすい形状であることを踏まえると、爆燃する領域である水素濃度がドライ換算8 v o 1 %から12 v o 1 %に対して、この下限値であるドライ換算8 v o 1 %に抑えるということが重要である。

水素掃気機能の喪失による水素爆発は、5建屋、5機器グループ、合計49貯槽等で発生する。

水素爆発が発生した場合の爆発圧力は主に水素濃度に依存する。

水素の可燃限界濃度は約4 vol %（乾燥状態）であるが、当該濃度の水素を燃焼させるために必要な着火エネルギーは約10,000mJのオーダーであり、水素－空気の化学量論比（水素濃度約30 vol %（乾燥状態））の最小着火エネルギー0.02mJと比較して相当に大きな着火エネルギーを与えない限り着火することはない⁽¹⁾。さらに、水素濃度4 vol %の空気の燃焼温度は水素の発火温度である約580℃⁽²⁾と比較しても低いため、水素濃度4 vol %の空気においては着火後の火炎は伝播し難い。水素濃度4 vol %（乾燥状態）から8 vol %（乾燥状態）の空気に着火した場合は、着火点から上方又は水平方向へ伝播する部分燃焼が支配的であり、水素の燃焼により発生する圧力は初期圧力の2倍以下であるため、その影響は小さい⁽³⁾。一方、水素濃度約8 vol %（乾燥状態）の空気に着火した場合は、火炎が上方及び水平方向のみでなく、全方向に伝播する可能性があり、水素の燃焼により発生する圧力は初期圧力の2倍を超える可能性があることから、圧力上昇に伴う影響を考慮する必要がある。

水素濃度が高くなった場合、水素の燃焼波は、配管のような狭い空間において圧力波の反射による燃焼波の乱れ等により波面が加速し、爆轟に遷移する場合がある。爆轟に遷移するか否かは、その燃焼環境に依存するが、水素濃度が約12 vol %（乾燥状態）より爆轟に遷移する可能性があると考えられる。このため、爆轟に遷移するような可能性を排除することが重要である。

水素爆発を防止するための対策は、爆轟に至らせない水素濃度内、即ち8 vol %（乾燥状態）から12 vol %（乾燥状態）の範囲において対処できる必要がある。重大事故等の対処に必要な作業の時間余裕及び爆発時の影響の観点から検討すると、水素濃度8 vol %（乾燥状態）

では、当該濃度に至るまでの時間が短くなり、対処の時間余裕という観点で厳しい想定となるが、再処理施設に設置される貯槽等の空間容積が小さい場合が多いため、貯槽等において発生する圧力は小さく、貯槽等の健全性は維持される。一方、水素濃度12 v o 1 %（乾燥状態）では、当該濃度に至るまでの時間は8 v o 1 %（乾燥状態）の場合と比較して1.5倍になり、対処が容易になる想定であるが、爆発時の構造物への影響を考えると、12 v o 1 %（乾燥状態）における爆発のほうが圧力が高く厳しく、一部の貯槽等において簡易的且つ厳しい結果を与える静的な計算では、健全性を維持できない可能性がある。

圧力上昇が大きくなるような水素爆発を発生させないという観点、貯槽等の健全性を維持する観点から、水素濃度8 v o 1 %の水素燃焼を防止するための対処の判断基準とすることが適切であると考える。

【補足説明資料 8-1】

重大事故等の事象選定結果に示すとおり、水素爆発を想定する機器は、水素爆発に伴い、一般公衆へ著しい影響を及ぼす可能性のあるような内蔵放射エネルギーが多い貯槽等（以下8.では「重大事故の水素爆発を想定する機器」という。）と、爆発が発生しても容積の小ささ又は内蔵放射エネルギーの少なさにより機能喪失時の一般公衆への影響が平常時の被ばく影響と比べて十分小さい貯槽、パルスカラム及びミキサセトラ（以下8.では「水素爆発を想定しても重大事故とならない機器」という。）に分類される。

安全圧縮空気系の水素掃気機能が喪失し、喪失した水素掃気機能を代替する措置が講じられない場合、重大事故の水素爆発を想定する機器内の水素濃度が8 v o 1 %に達するまでの時間は、前処理建屋内の最短の

機器において約73時間、分離建屋の最短の機器において約2.9時間、精製建屋の最短の機器において約1.4時間、ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋の最短の機器において約7.1時間及び高レベル廃液ガラス固化建屋の最短の機器において約84時間である。

以上のとおり、再処理施設における水素爆発の特徴を踏まえると、重大事故の水素爆発を想定する機器内の水素濃度が、水素燃焼時においても機器へ影響を与えない8 v o 1 %（以下8.では「未然防止濃度」という。）に至る前に対策を講ずることが最も効果的であることから、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三十六条に規定される要求に対して、整備した重大事故等の対策を講ずる。

【補足説明資料 8-2】

(2) 水素爆発への対処の基本方針

水素爆発への対処として、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三十六条に規定される要求を満足する水素爆発の発生防止対策及び拡大防止対策を整備する。

水素爆発の発生防止対策として、水素爆発の発生を未然に防止するため、喪失した水素掃気機能を代替する設備により、重大事故の水素爆発を想定する貯槽等の水素濃度が水素燃焼時においても貯槽等に影響を与えない8 v o 1 %に至る前に圧縮空気を供給し、水素濃度を可燃限界濃度未満とし、これを維持するための対策を整備する。

水素爆発の発生防止対策が機能しなかった場合には、重大事故の水素爆発を想定する機器内の水素濃度が上昇する可能性があるが、(1)放射線分解により発生する水素による爆発の特徴に記載したとおり、再処理施設における水素爆発の特徴を踏まえると、重大事故の水素爆発を想定する機器内の水素濃度が未然防止濃度に至る前に対策を講ずることが

最も効果的である。

このため、水素爆発の拡大防止対策として、水素爆発が続けて生じるおそれがない状態を維持するため、発生防止対策とは別の系統から重大事故の水素爆発を想定する機器へ圧縮空気を供給し、水素濃度を可燃限界濃度未満とし、これを維持するための対策を整備する。

また、水素爆発が発生すると、この際の圧力変動によって発生する飛沫に放射性物質が同伴して気相にエアロゾル状の放射性物質として移行する。これに伴い、大気中への放射性物質の放出量が増大するため、塔槽類廃ガス処理設備の流路を遮断し、気相中へ移行した放射性物質をセルに導出する。この際、放射性物質の低減のため、高性能粒子フィルタを経由してセルに導出する。

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

水素掃気機能の喪失による水素爆発を想定する機器を第8-1表に、各対策の概要図を第8-1図から第8-3図に示す。また、各対策の基本方針の詳細を、下記a. 及びb. に示す。

a. 水素爆発の発生防止対策

「8.(1) 放射線分解により発生する水素による爆発の特徴」に示すとおり、貯槽等の水素濃度が未然防止濃度以上になると、比較的高い爆発圧力が発生するおそれがある。このため、第8-1表に示す貯槽等のうち、可搬型空気圧縮機からの空気の供給開始前に未然防止濃度に至る可能性のある建屋については、圧縮空気貯槽又は圧縮空気ユニットを常設重大事故等対処設備として設置する。

また、代替安全圧縮空気系の圧縮空気貯槽又は圧縮空気ユニットからの圧縮空気を供給する弁類の故障を想定した場合に、可搬型空気圧縮機からの空気の供給開始前に未然防止濃度に至る可能性のある重大事故の水素爆発を想定する機器については、圧縮空気貯槽又は圧縮空気ユニットと同一系統上の機器に近い位置に設置する異なる圧縮空気ユニット（以下8.では「予備圧縮空気ユニット」という。）から圧縮空気を供給する。

その上で、重大事故の水素爆発を想定する機器が未然防止濃度に到達する前に、以下の対策を実施する。

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いては、未然防止濃度に到達するまでの時間余裕が短いため、圧縮空気の供給を継続するが、b.に示す放射性物質の放出低減の措置を講じる。

放射性物質が同伴する空気からの被ばくは、呼吸保護具により十分低減可能であり、作業に支障はない。また、放射性物質が建屋から経路外放出することを想定しても、一般公衆への影響は平常時程度である。

その後、代替安全圧縮空気系の水素掃気配管又は機器圧縮空気供給配管へ可搬型空気圧縮機から圧縮空気を供給し、第8-1表に示す貯槽等で発生する水素を希釈する。

本対策は、貯槽等の水素濃度が未然防止濃度に到達する前までに対策の準備を完了させる。

【補足説明資料 8-3】

【補足説明資料 8-4】

【補足説明資料 8-5】

b. 水素爆発の拡大防止対策

代替安全圧縮空気系の圧縮空気貯槽又は圧縮空気ユニット及び予備圧縮空気ユニットからの圧縮空気の供給機能の喪失により圧縮空気が供給できない場合、可搬型空気圧縮機からの空気の供給開始前に未然防止濃度に至る可能性のある重大事故の水素爆発を想定する機器については、圧縮空気貯槽又は圧縮空気ユニットと異なる系統に、速やかに接続できる圧縮空気供給源（以下8. では「手動圧縮空気ユニット」という。）を設置する。

また、可搬型空気圧縮機の故障、圧縮空気の供給経路が構築できない状態により水素爆発の発生防止対策が機能せず、圧縮空気が供給できない場合には、発生防止対策の代替安全圧縮空気系の水素掃気配管及び機器圧縮空気供給配管とは異なる機器圧縮空気供給配管へ可搬型空気圧縮機から圧縮空気を供給し、第8-1表に示す重大事故の水素爆発を想定する機器内で発生する水素を希釈する。拡大防止対策の代替安全圧縮空気系の機器圧縮空気供給配管は2系統以上とする。

また、水素爆発の拡大防止対策は、水素爆発の発生防止対策と並行して準備に着手し、第8-1表に示す貯槽等のうち水素掃気機能の喪失により重大事故の水素爆発を想定する機器内の水素濃度が未然防止濃度に到達する前に実施することから、水素燃焼による作業環境悪化の影響を受けずに実施できる。

水素爆発を想定しても重大事故とならない機器の一部は重大事故等対策が完了する際に可燃限界濃度を超過している可能性があるが、機器を接地することにより着火源を排除する設計としているため爆発は想定し難い。このため、水素爆発を想定しても重大事故とならない機器への対策は重大事故の水素爆発を想定する機器への対策の後に実施する。

外的事象の「地震」を起因とした場合、動的機器が全て機能喪失するとともに、全交流動力電源も喪失し、塔槽類廃ガス処理設備の浄化機能及び排気機能が喪失する。従って、圧縮空気の供給によ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、代替塔槽類廃ガス処理設備の配管の流路を遮断し、放射性物質をセルに導出するための経路を構築することで、塔槽類廃ガス処理設備内の圧力を導出先セルに開放すると共に、放射性物質を導出先セルに導出する。

安全圧縮空気系の空気圧縮機が動作不能となり、水素掃気機能が喪失した場合には、その他再処理設備の附属施設の圧縮空気設備の安全圧縮空気系の水素掃気用の空気貯槽（以下8.では「空気貯槽（水素掃気用）」という。）から圧縮空気が自動的に供給され、水素爆発を想定する機器の気相部を介して同伴する放射性物質がセルを介して経路外放出する可能性がある。このため、貯槽等の水素濃度が未然防止濃度に至るまでの時間が十分長い前処理建屋及び高レベル廃液ガラス固化建屋については、安全圧縮空気系からの空気の供給を遮断し、大気中への放射性物質の放出量を低減する。

また、水素掃気用の圧縮空気が継続して供給されることに伴い、貯槽等の気相部の放射性物質が圧縮空気により同伴され、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、経路外放出する可能性がある。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、水素爆発を想定する機器内の水素濃度が未然防止濃度に至る時間が長い建屋への圧縮空気の供給を停止し、放射性物質の移行を停止するとともに、全ての建屋の塔槽類廃ガス処理設備から導出先セルに導出する経路を速やかに構築する。

放射性物質を導出先セルへ導出した後は、放射性物質の大気中への経路外放出を防止するため、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、主排気筒から大気中へ管理しながら放出する。

本対策は、機器内の水素濃度が未然防止濃度に到達する前までに対策の準備を完了させる。

【補足説明資料 8 - 5】

【補足説明資料 8 - 6】

8.1 水素爆発の発生防止対策

8.1.1 水素爆発の発生防止対策の具体的内容

発生防止対策として、圧縮空気設備の安全圧縮空気系の水素掃気機能が喪失した場合、可搬型空気圧縮機、可搬型一括供給用建屋外ホース、可搬型一括供給用建屋内ホース、可搬型個別供給用建屋外ホース、可搬型個別供給用建屋内ホース、可搬型建屋外ホース、可搬型建屋内ホース及び圧縮空気供給系を水素掃気配管、機器圧縮空気供給配管（除染用配管等）に接続し、圧縮空気の供給による水素掃気を実施する。

可搬型空気圧縮機からの空気の供給開始前に未然防止濃度に至る可能性のある貯槽等においては、上記対策に先立ち、系統内の圧力が低下した場合、常設の圧縮空気貯槽又は圧縮空気ユニット並びに予備圧縮空気ユニット（以下、「圧縮空気貯槽等」という。）から圧縮空気を自動供給することにより、水素掃気を実施する。

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いては、可搬型空気圧縮機からの空気の供給開始前に未然防止濃度に至る可能性のある貯槽等があることから、圧縮空気貯槽を分離建屋及び精製建屋に設置するとともに、圧縮空気ユニットをウラン・プルトニウム混合脱硝建屋に設置する。

可搬型空気圧縮機からの空気の供給開始前に未然防止濃度に至る可能性のある貯槽等へは、圧縮空気貯槽及び圧縮空気ユニットが有効に機能しなかった場合であっても、水素掃気用安全圧縮空気系の圧力が減少した場合に、圧縮空気貯槽及び圧縮空気ユニットよりも貯槽等に近い位置から代替安全圧縮空気系の水素掃気配管に予備圧縮空気ユニットから自動で圧縮空気が供給される。

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いて

は、可搬型空気圧縮機からの空気の供給開始前に未然防止濃度に至る可能性のある貯槽等があることから、予備圧縮空気ユニットを分離建屋、精製建屋及びウラン・プルトニウム混合脱硝建屋に設置する。

圧縮空気貯槽、圧縮空気ユニット及び予備圧縮空気ユニットは、貯槽等内の溶液が非沸騰状態であることを前提に、24時間後においても水素爆発を想定する機器の水素濃度を未然防止濃度未満に維持できる圧縮空気を供給できるものとする。この間に、代替安全圧縮空気系の水素掃気配管又は機器圧縮空気供給配管に可搬型空気圧縮機を接続し、水素掃気機能を回復させる。

このため、可搬型空気圧縮機、可搬型一括供給用建屋外ホース、可搬型一括供給用建屋内ホース、可搬型個別供給用建屋外ホース、可搬型個別供給用建屋内ホース、可搬型建屋外ホース及び可搬型建屋内ホースを可搬型重大事故対処設備として新たに整備する。圧縮空気貯槽、圧縮空気ユニット、予備圧縮空気ユニット及び圧縮空気供給系を常設重大事故等対処設備として新たに設置すると共に、水素掃気配管、機器圧縮空気供給配管を常設重大事故対処設備として位置づける。

【補足説明資料 8－7】

【補足説明資料 8－8】

【補足説明資料 8－12】

前処理建屋の代替安全圧縮空気系の水素掃気配管に可搬型空気圧縮機を接続し、第 8－1 表の水素爆発を想定する機器に一括で圧縮空気を供給（以下 8.1 では「一括供給」という。）することにより、水素掃気機能を回復させる場合もある。

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 8.1.1

－ 1 図及び第8.1.1－ 2 図に， 対策の手順の概要を第8.1.1－ 3 図及び第8.1.1－ 4 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8.1.1－ 1 表に， 必要な要員及び作業項目を第8.1.1－ 5 図及び第8.1.1－ 6 図に示す。

a. 水素爆発を未然に防止するための空気の供給の実施判断

安全圧縮空気系の空気圧縮機が多重故障し， 安全圧縮空気系の水素掃気機能が喪失した場合， 空気圧縮機を冷却する安全冷却水系の冷却塔又は外部ループの冷却水循環ポンプが多重故障し， 安全圧縮空気系の水素掃気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， 又は， 第2非常用ディーゼル発電機を運転できたにもかかわらず安全圧縮空気系の空気圧縮機の運転を継続できない場合は， 重大事故等対策として以下の d. に移行する。

b. 圧縮空気貯槽及び圧縮空気ユニットからの圧縮空気の供給

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いて安全圧縮空気系の水素掃気機能が喪失し， 系統内の圧力が低下した場合は， 圧縮空気貯槽及び圧縮空気ユニットから第8－ 1 表に示す機器のうち分離建屋， 精製建屋及びウラン・プルトニウム混合脱硝建屋の水素爆発を想定する機器へ自動で圧縮空気が供給される。

本対策において確認が必要な監視項目は圧縮空気貯槽及び圧縮空気ユニットの圧力である。

c. 予備圧縮空気ユニットからの圧縮空気の供給

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いて安全圧縮空気系の水素掃気機能が喪失し， さらに圧縮空気貯槽及び圧縮空気ユニットからの圧縮空気の供給機能に期待せず， 系統内の圧力が低下した場合は， 予備圧縮空気ユニットから第8－ 1 表に示す機器のうち

分離建屋，精製建屋及びウラン・プルトニウム混合脱硝建屋に設置される可搬型空気圧縮機からの空気の供給開始前に未然防止濃度に至る可能性のある貯槽等へ自動で圧縮空気が供給される。

本対策において確認が必要な監視項目は予備圧縮空気ユニットの圧力である。

d. 代替安全圧縮空気系の水素掃気配管又は機器圧縮空気供給配管からの圧縮空気の供給

代替安全圧縮空気系の水素掃気配管又は機器圧縮空気供給配管に，建屋外の可搬型空気圧縮機を，可搬型個別供給用建屋外ホース，可搬型個別供給用建屋内ホース，可搬型建屋外ホース，可搬型建屋内ホース及び圧縮空気供給系により接続し，第8-1表に示す機器へ圧縮空気を供給する。圧縮空気を供給するための接続口をそれぞれ互いに異なる複数の場所に設置することにより，信頼性の向上を図る。

本対策の圧縮空気の供給は，可搬型排風機を起動した後に実施する。

設計基準を超える条件より厳しい条件としての外的事象の「火山」を要因として水素掃気機能が喪失することが考えられる場合には，降灰により可搬型空気圧縮機が機能喪失することを防止するため，あらかじめ可搬型空気圧縮機は各建屋内に配置する。

本対策において確認が必要な監視項目は，第8-1表に示す機器に供給される圧縮空気の流量，圧縮空気供給圧力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における廃ガスの流量である。

e. 代替安全圧縮空気系の水素掃気配管又は機器圧縮空気供給配管からの圧縮空気の供給による水素掃気機能維持の判断

第8-1表に示す機器に供給する圧縮空気の流量を，代替安全圧縮空気系の水素掃気配管，機器圧縮空気供給配管，可搬型個別供給用建屋内

ホース又は可搬型建屋内ホースに接続する可搬型貯槽掃気圧縮空気流量計により確認し、水素掃気機能が維持されていることを判断する。

水素掃気機能が維持されていることを判断するために確認が必要な監視項目は、第8-1表に示す機器に供給される圧縮空気の流量である。

f. 可搬型水素濃度計の設置

水素濃度の測定対象の貯槽等の水素濃度を測定及び監視するため、可搬型水素濃度計を測定対象の貯槽等に接続している水素掃気配管及び計測制御系統施設の計測制御設備に設置する。

水素濃度の測定対象の貯槽等は、水素爆発が発生した場合の主排気筒から大気中への放射性物質の放出量が多い貯槽等を候補とし、水素掃気機能の喪失直前の液位情報を基に選定する。また、貯槽等の水素濃度の測定は、上記d.の作業の後に実施する。

【補足説明資料8-9】

8.1.2 水素爆発の発生防止対策の有効性評価

8.1.2.1 有効性評価

(1) 代表事例

水素掃気機能の喪失による水素爆発の想定的前提となる外的事象の「地震」及び「火山」、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。

これらの条件において、安全圧縮空気系の水素掃気機能の喪失の範囲、重大事故等への対処の種類及び重大事故等への対処時の想定される作業環境の苛酷さを考慮すると、概ね「地震」を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。

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

(2) 代表事例の選定理由

a. 安全圧縮空気系の水素掃気機能の喪失の範囲

水素掃気機能の喪失による水素爆発の発生原因をフォールトツリー分析により明らかにする。安全圧縮空気系の水素掃気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 8.1.2-1 図に示す。また、安全圧縮空気系の系統概要図を第 8.1.2-2 図に示す。

フォールトツリーにおいて明らかにしたとおり、安全圧縮空気系の水素掃気機能の喪失は、「地震」において、空気圧縮機、冷却塔、外部ループの冷却水循環ポンプ、外部電源及び非常用ディーゼル発電機の動的機器の直接的な機能喪失及び全交流動力電源の喪失による間接的な機能喪失により発生する。

また、「火山」及び「長時間の全交流動力電源の喪失」では、全交流動力電源の喪失による間接的な機能喪失により、安全圧縮空気系の水素掃気機能が喪失し、「動的機器の多重故障」では、同一機能を有する動的機器のいずれか1種類の動的機器における直接的な機能喪失により水素掃気機能が喪失する。

以上より、機能喪失の範囲の観点では、「地震」を要因とした場合が、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、水素爆発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、空気圧縮機、冷却塔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 8.1.2-1 図のフォールトツリーに示すとおりである。

整備した重大事故等対策が、「地震」を含む全ての機能喪失をカバーできており、重大事故等への対処の種類観点から、「地震」以外の要因に着目する必要性はない。

本観点の分析は、水素爆発の拡大防止対策でも同様である。

c. 重大事故等への対処時の環境条件の観点

重大事故等への対処時の環境条件に着目すると、「地震」を要因とした場合には、基準地震動の1.2 倍の地震動を考慮した際に機能維持でき

る設計とした設備以外の設備の損傷及び動的機器の動的な機能の喪失が想定されることから、建屋内では、溢水、化学薬品漏えい及び内部火災のハザードが発生する可能性があり、また、全交流動力電源の喪失により換気空調が停止し、照明が喪失する。一方、建屋外では、不等沈下及び屋外構築物の倒壊による環境悪化が想定される。

「火山」を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う換気空調の停止及び照明の喪失が発生するものの、「地震」の場合のように溢水、化学薬品漏えい及び内部火災のハザードの発生は想定されない。一方、建屋外では、降灰による環境悪化が想定される。

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

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

本観点の分析は、水素爆発の拡大防止対策でも同様である。

(3) 有効性評価の考え方

水素爆発の発生防止対策に係る有効性評価については、取り扱う溶液の水素発生G値等を用いた簡便な計算に基づき算出される未然防止濃

度に至るまでの時間よりも前に、水素爆発の発生防止対策の準備を完了させ、圧縮空気が供給できることを評価する。

また、圧縮空気の供給により貯槽等内の水素濃度が未然防止濃度に至ることを防止でき、水素濃度が可燃限界濃度以上の場合は低下傾向を示して可燃限界濃度未満で平衡に達することについて確認するために、貯槽等内の水素濃度の推移を評価する。これらは、解析コードを用いずに評価する。

未然防止濃度に至るまでの時間算出の前提となる溶液量は、未然防止濃度に至るまでの時間を安全側に評価するため、平常運転時の最大の公称容量とし、水素発生量が多くなるように設定する。これに付随して機器の空間容量も小さくなることから、未然防止濃度に至るまでの時間は短くなるため厳しい条件である。また、硝酸濃度が低いほど、水素発生G値は大きくなる傾向を示すため、水素発生G値の決定に用いる硝酸濃度は遊離硝酸濃度とし、水素発生G値が高くなるように設定する。

また、安全圧縮空気系の水素掃気機能が喪失する直前まで、安全圧縮空気系から第8-1表に示す機器への水素掃気流量は水素掃気流量低の警報設定値相当であったとし、安全圧縮空気系の水素掃気機能の喪失から第8-1表に示す機器内の水素濃度が未然防止濃度に至るまでの時間は、冷却期間15年を基に算出した各機器の溶液の平常運転時の崩壊熱密度の最大値から算出する。

第8-1表の高レベル濃縮廃液貯槽、高レベル濃縮廃液一時貯槽、高レベル廃液混合槽、供給液槽及び供給槽の溶液のG値については、東海再処理工場の高レベル廃液から発生する水素の測定実績を踏まえ、当該貯槽の硝酸濃度と同じ硝酸溶液のG値の $\frac{1}{20}$ とする。

重大事故の水素爆発を想定する機器が未然防止濃度に至るまでの時

間の主要評価条件を第8.1.2-1表から第8.1.2-5表に示す。

(4) 有効性評価の評価単位

水素掃気機能の喪失による水素爆発の有効性評価は、事故影響が他建屋へ及ぶことがないことを考慮し、未然防止濃度に至るまでの時間及び講ずる対処を建屋単位で整理するとともに、重大事故等対策毎に実施する。

有効性評価の評価単位の考え方は、水素爆発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倍の地震動を考慮した際に機能維持できる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、水素爆発の拡大防止対策でも同様である。

(6) 機器の条件

水素爆発の発生防止対策に使用する機器を第8.1.2-6表に示す。また、主要な機器の機器条件を以下に示す。

a. 可搬型空気圧縮機

可搬型空気圧縮機は、大型及び小型を準備する。大型の可搬型空気圧縮機は、1台あたり、約450m³/h前処理建屋、分離建屋及び高レベル

廃液ガラス固化建屋の代替安全圧縮空気系の水素掃気配管又は機器圧縮空気供給配管への圧縮空気の供給に使用する。1台を2建屋，他の1台を1建屋に割り当てることとし，水素爆発を未然に防止するための圧縮空気の供給に2台を使用する。1台で前処理建屋，分離建屋，精製建屋，ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋及び高レベル廃液ガラス固化建屋に圧縮空気の一括供給をする場合もある。

小型の可搬型空気圧縮機は，精製建屋及びウラン・プルトニウム混合脱硝建屋の代替安全圧縮空気系の水素掃気配管又は機器圧縮空気供給配管への圧縮空気の供給に1台を使用する。

可搬型空気圧縮機は，各建屋に対し必要な圧縮空気を供給できる設計としていることから，水素爆発を想定する機器への供給流量は，内包する高レベル廃液等からの水素発生量を踏まえて，以下に示す供給流量に調整し，当該設定値で供給する。また，「8.2 水素爆発の拡大防止対策」に示す機器への圧縮空気の供給は，同じ可搬型空気圧縮機を用いて実施する。

前処理建屋	2.8m ³ /h
分離建屋	8.8m ³ /h
精製建屋	3.8m ³ /h
ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋	0.91m ³ /h
高レベル廃液ガラス固化建屋	78m ³ /h

【補足説明資料 8-10】

b. 圧縮空気貯槽

圧縮空気貯槽は，分離建屋及び精製建屋に設置する。安全圧縮空気系の水素掃気機能が喪失した後，代替安全圧縮空気系の水素掃気配管を経

由して分離建屋及び精製建屋の水素爆発を想定する機器へ圧縮空気を自動で供給する。水素爆発を想定する機器を未然防止濃度未満に維持するために必要な圧縮空気を、貯槽等内の溶液が非沸騰状態であることを前提に、24時間以上供給できる設計としていることから、圧縮空気貯槽により分離建屋及び精製建屋の水素爆発を想定する機器の水素濃度が24時間は未然防止濃度未満であるとして、水素爆発を未然に防止するための圧縮空気の供給の有効性を評価する。

c. 圧縮空気ユニット

圧縮空気ユニットは、安全圧縮空気系の水素掃気機能が喪失した後、代替安全圧縮空気系の水素掃気配管を経由してウラン・プルトニウム混合脱硝建屋の水素爆発を想定する機器へ圧縮空気を自動で供給する。水素爆発を想定する機器を未然防止濃度未満に維持するために必要な圧縮空気を、貯槽等内の溶液が非沸騰状態であることを前提に、24時間以上供給できる設計としていることから、圧縮空気ユニットによりウラン・プルトニウム混合脱硝建屋の水素爆発を想定する機器の水素濃度が24時間は未然防止濃度未満であるとして、水素爆発を未然に防止するための圧縮空気の供給の有効性を評価する。

d. 予備圧縮空気ユニット

予備圧縮空気ユニットは、安全圧縮空気系、圧縮空気貯槽及び圧縮空気ユニットが機能喪失した後、代替安全圧縮空気系の水素掃気配管を経由して分離建屋、精製建屋及びウラン・プルトニウム混合脱硝建屋に設置される圧縮空気貯槽及び圧縮空気ユニットによる圧縮空気の供給がない場合の時間余裕が、貯槽等内の溶液が非沸騰状態である前提におい

て、24時間未満の重大事故の水素爆発を想定する機器へ圧縮空気を自動で供給する。当該機器を未然防止濃度未満に維持するために必要な圧縮空気を、貯槽等内の溶液が非沸騰状態であることを前提に、24時間以上供給できる設計としていることから、予備圧縮空気ユニットにより分離建屋、精製建屋及びウラン・プルトニウム混合脱硝建屋の重大事故の水素爆発を想定する機器の水素濃度が24時間は未然防止濃度未満であるとして、水素爆発を未然に防止するための圧縮空気の供給の有効性を評価する。

e. 高レベル廃液等の核種組成，濃度，崩壊熱密度

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

f. 高レベル廃液等の保有量

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

(7) 操作の条件

水素爆発の発生防止対策である代替安全圧縮空気系の水素掃気配管又は機器圧縮空気供給配管への圧縮空気の供給は，沸騰を考慮した場合，圧縮空気貯槽等からの圧縮空気の供給により未然防止濃度を維持できなくなる時間である 19 時間に対し，開始までの時間を最も要するウラン・プルトニウム混合脱硝建屋において，安全圧縮空気系の機能喪失か

ら 15 時間 40 分までに開始する。

圧縮空気貯槽，圧縮空気ユニット及び予備圧縮空気ユニットを必要としない貯槽等においては，可搬型空気圧縮機による圧縮空気の供給は，未然防止濃度に至るまでの時間余裕が最も短い精製建屋において 26 時間に対し，7 時間 15 分で開始する。

水素爆発を未然に防止するための空気の供給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圧縮空気の供給に必要な作業と所要時間を，ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋及び精製建屋を例として第 8.1.1-3 図から第 8.1.1-6 図に示す。また，安全圧縮空気系の水素掃気機能の喪失から第 8-1 表に示す機器内の水素濃度が未然防止濃度に至るまでの時間を第 8.1.2-7 表，第 8.1.2-11 表，第 8.1.2-15 表，第 8.1.2-19 表及び第 8.1.2-23 表に示す。

【補足説明資料 8-7】

(8) 判断基準

水素爆発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. 水素爆発を未然に防止するための空気の供給の準備に要する時間

第 8-1 表に示す機器が，安全圧縮空気系の水素掃気機能が喪失してから未然防止濃度に到達するまでに圧縮空気を供給できること。

上記事項の確認にあたっては水素爆発を未然に防止するための圧縮空気の供給の準備に要する時間を有効性評価の評価項目として設定し，機器内の水素濃度が未然防止濃度に到達する前に，圧縮空気の供給の準備を完了でき実施できること，水素爆発の発生防止対策の準備に必要な要員が確保されていること，可搬型空気圧縮機の運転に必要な燃料が確

保されていることを確認する。

b. 機器内の水素濃度の推移

第8-1表に示す機器のうち重大事故の水素爆発を想定する機器に圧縮空気を供給することで、気相部の水素濃度が未然防止濃度に至らずに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に達することで事態を収束できること。

上記事項の確認にあたっては、対策により水素濃度が可燃限界濃度未満になることを確認する。

c. 重大事故等対策に使用する設備の健全性

水素爆発の発生防止対策を実施する環境下において、重大事故等対策に使用する設備の健全性が維持されること。

上記事項の確認にあたっては、水素爆発の発生防止対策の実施時に想定される温度、圧力、放射線及びその他の環境条件と貯槽等が有する耐力を比較し、健全性が損なわれないことを確認する。

8.1.2.2 有効性評価の結果

(1) 有効性評価の結果

a. 水素爆発を未然に防止するための空気の供給の準備に要する時間

水素掃気機能が喪失した場合には、建屋内及び建屋外における圧縮空気の供給に必要な作業の完了を確認した上で、可搬型空気圧縮機による代替安全圧縮空気系の水素掃気配管又は機器圧縮空気供給配管への圧縮空気の供給を開始する。

可搬型空気圧縮機を使用した精製建屋の代替安全圧縮空気系の水素

掃気配管又は機器圧縮空気供給配管からの圧縮空気の供給は、水素掃気機能の喪失から8名にて7時間15分後に完了するため、沸騰を考慮した場合、水素掃気機能の喪失から未然防止濃度を維持できなくなる時間である11時間以内に実施可能である。

b. 機器内の水素濃度の推移

圧縮空気の供給開始時の機器内の水素濃度は、貯槽等内の溶液が非沸騰状態であることを前提に、貯槽等内の水素濃度が未然防止濃度に至るまでの時間が24時間以内の貯槽等においては、圧縮空気貯槽等からの圧縮空気の自動供給による水素掃気が実施される。

また、貯槽等に対し、水素掃気配管、機器圧縮空気供給配管を用いた、可搬型空気圧縮機からの圧縮空気の供給による水素掃気を実施する。圧縮空気の供給を実施した時点において機器内水素濃度が4vol%を超える機器に対し、圧縮空気の供給を開始してから機器内の水素濃度が可燃限界濃度未満になるまでの時間を評価した。機器内の水素濃度が最も高くなる前処理建屋の計量前中間貯槽の場合、貯槽等内の水素濃度がドライ換算で約4.4vol%まで上昇するが、未然防止濃度に至ることは無く、その後低下傾向を示すことから水素燃焼の発生を防止することができる。

また、低下傾向を示した貯槽内の水素濃度は、可燃限界濃度未満に移行し、その状態が維持される。これ以外の貯槽等においても、貯槽等内の水素濃度は未然防止濃度に至ることは無く、その後は、低下傾向を示し、可燃限界濃度未満に移行し、その状態が維持される。

以上の有効性評価結果を第8.1.2-7表から第8.1.2-26表に、対策実施後の水素濃度の推移を第8.1.2-3図から第8.1.2-7図に示す。

c. 重大事故等対策に使用する設備の健全性

水素爆発の発生防止対策を実施する環境条件として、機器内の水素濃度が上昇している状態を想定するが、圧縮空気貯槽、圧縮空気ユニット及び予備圧縮空気ユニットからの圧縮空気の供給により水素濃度は可燃限界濃度未満であるため、水素の燃焼が生じることはなく、平常時と同等の環境である。このため、設備の健全性は維持される。

【補足説明資料 8-12】

(2) 不確かさの影響評価

a. 事象、事故条件及び機器条件の不確かさの影響

(a) 想定事象の違い

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

「火山」及び「長時間の全交流動力電源の喪失」を条件として安全圧縮空気系の水素掃気機能が喪失した場合、現場状況確認のための初動対応及びアクセスルート確保のための作業において、「地震」を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。

火山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

慮した圧縮空気の供給に必要な作業と所要時間を、ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋及び精製建屋を例として第8.1.1-7図及び第8.1.1-8図に示す。

(b) 実際の水素発生量，空間容量及び空間における混合の観点

貯槽等が未然防止濃度に到達するまでの時間を算出するに当たって，貯槽等の水素発生量及び空間容量が必要となる。貯槽等の水素発生量については平常運転時の最大の崩壊熱密度，平常運転時の最大の公称容量及び水素発生量が多くなる溶液性状を基に算出し，空間容量については貯槽等が平常運転時の最大の溶液量を取り扱っているものとして設定している。

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

また，時間余裕の評価は，貯槽等の空間容量の8 v o 1 %相当の水素が発生するまでの時間としており，気相部における気体の混合を考慮したものではない。発生した水素が，貯槽等の空間部で完全混合し，体積一定における水素濃度推移を評価すると，貯槽等の空間容量及び水素発生量に依存するが，数%程度時間余裕が伸びる結果になる。

さらに，実際の運転時には，全ての貯槽等が公称容量を保有しているわけではなく，公称容量よりも少ない容量を保有している状態が想定されるが，この場合，溶液の崩壊熱は小さくなり，水素濃度が未然防止濃度に至るまでの時間が延びることになる。

以上より，全ての貯槽等においてより長い時間となる可能性があるが，実施組織要員の操作に対しては余裕が生じる方向であることから，実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響は無視できる。

加えて，溶液性状については水素発生量が多くなる状態を設定してい

るものの、仮に貯槽等の水素濃度が上昇傾向を示した場合は、可搬型空気圧縮機からの圧縮空気の供給流量を増加させることで対応できる。

【補足説明資料 8-13】

b. 操作条件の不確かさの影響

(a) 実施組織要員の操作

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

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

(b) 作業環境

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ついては、圧縮空気貯槽及び圧縮空気ユニットにより機器に圧縮空気が供給される。機器を經由後の放射性物質を含む空気が漏えいすることによる汚染が考えられるが、防護具の装着により作業が可能であることから、作業環境が実施組織要員の操作の時間余裕に影響を与えることはない。

また、「火山」を想定した場合であっても、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。

8.1.2.3 同時発生又は連鎖

(1) 同時発生

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

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

(2) 連鎖

水素爆発を未然に防止するための空気の供給は、貯槽等の水素濃度が未然防止濃度に至る前に実施する。

以上の発生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の有無を明らかにする。

a. 起因となる重大事故等の事象進展，事故規模の分析

発生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以下のとおりである。

(a) 高レベル廃液等の状態

水素爆発の発生を想定する機器に内包されている溶液は、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），高レベル濃縮廃液，一時貯留処理液（有機相含む）及び

高レベル混合廃液である。

水素爆発は、平常運転時に保有する溶液に対して、異なる溶液が混入して発生する事象ではなく、水素掃気機能の喪失により発生する事象であるため、溶液の性状が変化することはない。

水素燃焼を評価上見込んだ場合においても、高レベル廃液等の温度変化は約1℃である。また、水素燃焼による溶液の崩壊熱に変化はなく、通常時の冷却能力及び機器からの放熱は溶液の崩壊熱に対して十分な余力を有しており、貯槽等内の溶液の温度は沸点に至らず、溶液が沸騰することはない。

(b) 環境条件

i. 温度

水素爆発を未然に防止するための空気の供給により水素濃度は未然防止濃度未満であるが、「(a) 高レベル廃液等の状態」に記載したとおり、水素燃焼を評価上見込んだ場合の貯槽等の温度上昇は最大でも約1℃である。

プルトニウム濃縮液 (250 g Pu / L) : 約1℃

プルトニウム溶液 (24 g Pu / L) : 約1℃

溶解液 : 約1℃

抽出廃液 : 約1℃

高レベル濃縮廃液 : 約1℃

一時貯留処理液 (有機相含む) : 約1℃

高レベル混合廃液 : 約1℃

ii. 圧力

水素爆発を未然に防止するための空気の供給により水素濃度は未然

防止濃度未満であるが、水素燃焼を評価上見込んだ場合の貯槽等の圧力上昇は、最大でも約 50 k P a 程度である。

iii. 湿度

水素爆発を未然に防止するための空気の供給により水素濃度は未然防止濃度未満であるが、水素燃焼を評価上見込んだ場合、湿度に変化が生じる可能性がある。

iv. 放射線

水素爆発を未然に防止するための空気の供給により水素濃度は未然防止濃度未満であるが、水素燃焼を評価上見込んだ場合においても、貯槽等内の放射性物質が増加することはなく、放射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水素燃焼に伴い貯槽等外へ移行するため、貯槽等外の放射線量は上昇する。

v. 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

水素爆発を未然に防止するための空気の供給により水素濃度は未然防止濃度未満であるが、水素燃焼を評価上見込んだ場合においても、貯槽等の気相部の水素が燃焼するのみであり、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、平常運転時には希釈剤により洗浄されるため、高レベル廃液等の水素爆発を想定する貯槽等には、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い。また、有機溶媒が混入する可能性のある抽出廃液及び一時貯留処理液は、想定される温度は初期温度を 50℃ とすれば約 51℃ であ

り、n-ドデカンの引火点である74℃及びTBP等の錯体の急激な分解反応の発生温度である135℃に至らないことから、有機溶媒火災又はTBP等の錯体の急激な分解反応の発生は想定されず、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。

vi. 落下・転倒による荷重

水素爆発を未然に防止するための空気の供給により水素濃度は未然防止濃度未満であるが、水素燃焼を評価上見込んだ場合において、溶液の温度上昇、圧力上昇が生じたとしても、想定される環境において機器の材質の強度が有意に低下することはない、機器が落下・転倒することはない。

vii. 腐食環境

水素爆発を未然に防止するための空気の供給により水素濃度は未然防止濃度未満であるが、水素燃焼を評価上見込んだ場合においても、腐食環境は平常運転時から変化することはない。

b. 事故進展により自らの貯槽等において発生する重大事故

(a) 臨界事故

「a. 起因となる蒸発乾固の事象進展、事故規模の分析」に記載したとおり、水素燃焼を評価上見込んだ場合においても、高レベル廃液等の温度上昇は最大でも約1℃であり、圧力上昇は最大でも約50kPaである。プルトニウム濃縮液、プルトニウム溶液、溶解液及び一時貯留処理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、想定される圧力、温度、放射線量等の環境条件においても貯槽等のバウンダリの健全性が維持され、全濃度安全形状寸法が維持されること、核的制限値を逸脱することがない。

以上より、臨界事故への連鎖は想定されない。

(b) 蒸発乾固

「a. 起因となる蒸発乾固の事象進展，事故規模の分析」に記載したとおり，水素燃焼を評価上考慮した場合においても，高レベル廃液等の温度変化は最大でも約1℃であり，高レベル廃液等が沸騰に至ることはない。

また，未然防止濃度で水素燃焼が発生した場合の圧力は，最大でも約50 kPaであり，想定される圧力，温度，放射線量等の環境条件によって安全冷却水系の配管が損傷することはない。

以上より，蒸発乾固への連鎖は想定されない。

(c) 有機溶媒等による火災又は爆発

「a. 起因となる蒸発乾固の事象進展，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，高レベル廃液等の水素爆発が発生する貯槽等に混入することはない。

また，水素燃焼を評価上見込んだ場合においても，貯槽等のバウンダリは健全性を維持することから，TBP等があやまって混入することもないこと，有機溶媒が混入する可能性のある抽出廃液及び一時貯留処理液は，想定される温度は初期温度を50℃とすれば約51℃であり，n-ドデカンの引火点である74℃及びTBP等の錯体の急激な分解反応の発生温度である135℃に至らない。

以上より，有機溶媒火災又はTBP等の錯体の急激な分解反応への連鎖は想定されない。

(d) その他の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，ステンレス鋼であり，想定される圧力，温度，放射線量等の環境条件を踏まえても，これらのバ

ウンダリの健全性が維持されることから、放射性物質の漏えいが発生することは想定されない。

c. 重大事故が発生した貯槽等以外への影響

貯槽等及び貯槽等に接続する配管の材質は、ステンレス鋼であり、想定される圧力、温度、放射線量等の環境条件によってこれらのバウンダリが喪失することはない、圧力、温度及び放射線以外の貯槽等内の環境条件が、貯槽等外へ及ぶことはない。

圧力、温度及び放射線の影響は、貯槽等外へ及ぶものの、水素燃焼に伴う貯槽等の構造材の温度変化は数℃であり、圧力は最大でも約50 k P aである。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。

貯槽等に接続する配管を通じての貯槽等内の環境の伝播による安全機能への影響は次のとおりである。

(a) 安全冷却水系

未然防止濃度で水素燃焼が発生した場合の高レベル廃液等の温度上昇は、最大でも約1℃であり、圧力上昇は最大でも約50 k P aであることから、これらの環境条件で安全冷却水系の配管の健全性を損なうことはない。

以上より、水素爆発により安全冷却水系が機能喪失することはない。

(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（以下，「塔槽類廃ガス処理設備等」という。）に波及する。

未然防止濃度で水素燃焼が発生した場合の貯槽等の構造材の温度変化は数℃であり，圧力上昇は最大でも約50 k P a であることから，これらの環境条件によって塔槽類廃ガス処理設備等のバウンダリが喪失することはない。

一方，塔槽類廃ガス処理設備の高性能粒子フィルタは，水素燃焼による機能低下が想定されるものの，本現象は，水素爆発における想定条件そのものである。

以上より，水素爆発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。

(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を経由する際に放熱により低下するため，平常時の温度と同程度である。

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，可搬型排風機の運転により大気圧程度となり，平常時の圧力と同程度である。

以上より，水素爆発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。

d. 分析結果

水素爆発の発生が想定される5建屋，51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，想定される高レベル廃液等の状態及び事故時環境において，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た。

(a) 臨界事故への連鎖

発生防止対策実施時の高レベル廃液等の状態を考慮しても、臨界事故の発生は想定されない。

水素掃気機能の喪失による水素爆発が想定される機器において講じられている臨界事故に係る安全機能は、全濃度安全形状寸法管理及び濃度管理であるが、水素燃焼を評価上見込んだ場合の圧力及び温度の上昇を考慮しても、これらの貯槽等のバウンダリの健全性が維持され、全濃度安全形状寸法が維持されること、核的制限値を逸脱することがない。また、これらの事故影響が、貯槽等のバウンダリを超えて波及することは想定されないことから、臨界事故が連鎖して発生することはない。

(b) 蒸発乾固への連鎖

発生防止対策実施時の高レベル廃液等の状態を考慮した場合、水素燃焼を評価上見込んだ場合においては、高レベル廃液等の温度が上昇するが、水素燃焼による溶液の崩壊熱に変化はなく、通常時の冷却能力及び機器からの放熱は溶液の崩壊熱に対して十分な余力を有しており、高レベル廃液等が沸騰に至ることはない。

水素掃気機能の喪失による水素爆発が想定される機器において講じられている蒸発乾固に係る安全機能は、安全冷却水系による崩壊熱除去機能であるが、想定される圧力、温度、その他のパラメータ変動を考慮しても安全冷却水系による冷却機能が喪失することはない。

また、これらの事故影響が、貯槽等のバウンダリを超えて波及することは想定されないことから、蒸発乾固が連鎖して発生することはない。

(c) 有機溶媒等による火災又は爆発への連鎖

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は希釈剤

により洗浄されるため、高レベル廃液等の水素爆発を想定する貯槽等には、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い。

発生防止対策実施時の高レベル廃液等の状態を考慮した場合、水素燃焼を評価上見込んだ場合においても、有機溶媒が混入する可能性のある抽出廃液及び一時貯留処理液の温度は、n-ドデカンの引火点である74℃及びT B P等の錯体の急激な分解反応の発生温度である135℃を下回り、有機溶媒等による火災又は爆発が発生することはない。

また、事故時においても、貯槽等のバウンダリは健全性を維持することから、T B P等があやまって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連鎖して発生することはない。

(d) 使用済燃料貯蔵槽における燃料損傷への連鎖

水素爆発が発生する貯槽等及び使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設は異なる建屋に位置し、水素爆発による事故影響が、貯槽等のバウンダリ又はセルを超えて波及することは想定されないことから、使用済燃料貯蔵槽における燃料損傷が連鎖して発生することはない。

(e) その他の放射性物質の漏えいへの連鎖

発生防止対策実施時の高レベル廃液等の状態を考慮しても、その他の放射性物質の漏えいの発生は想定されない。

水素爆発が発生する貯槽等、これに接続する水素掃気配管、機器圧縮空気供給配管、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考慮しても、健全性が維持され、水素爆発による事故影響が、貯槽等のバウンダリを超えて波及することもない。

以上より、その他の放射性物質の漏えいが連鎖して発生することはない。

い。

8.1.2.4 判断基準への適合性の検討

水素爆発の発生を未然に防止することを目的として、可搬型空気圧縮機により圧縮空気を供給する手段を整備しており、この対策について、外的事象の「地震」を要因として有効性評価を行った。

可搬型空気圧縮機による圧縮空気の供給は、貯槽等の水素濃度が未然防止濃度に到達する前に圧縮空気の供給に係る準備作業を完了し、代替安全圧縮空気系の水素掃気配管又は機器圧縮空気供給配管経由で貯槽等に圧縮空気を供給することで、貯槽等の水素濃度を可燃限界濃度未満に維持し、水素爆発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項目となるパラメータに与える影響は小さい。

また、「地震」とは異なる特徴を有する「火山」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。

「火山」を要因とした場合には、建屋外における水素爆発を未然に防止するための空気の供給の準備に要する時間に与える影響及び水素爆発を未然に防止するための空気の供給の維持に与える影響を分析し、降灰予報を受けて建屋外作業に着手すること及び除灰作業を織り込んだ作業計画を整備していることで、水素爆発を未然に防止するための空気の供給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、水素爆発の発生が想定される5建屋、5機器グループ、51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、水素爆発の発生が想

定される機器に接続する安全機能を有する機器が、損傷又は機能劣化することはなく、他の重大事故等が連鎖して発生することがないことを確認した。

以上のことから、水素爆発を未然に防止するための空気の供給により水素爆発の発生を未然に防止できる。

以上より、「8.1.2.1 (8) 判断基準」を満足する。

8.2 水素爆発の拡大防止対策

8.2.1 水素爆発の拡大防止対策の具体的内容

8.2.1.1 水素爆発の再発を防止するための空気の供給

拡大防止対策として、発生防止対策である水素掃気配管，機器圧縮空気供給配管（除染用配管等）からの圧縮空気の供給が機能しなかった場合，可搬型空気圧縮機，可搬型個別供給用建屋外ホース，可搬型個別供給用建屋内ホース，可搬型建屋外ホース，可搬型建屋内ホース及び圧縮空気供給系を機器圧縮空気供給配管（かくはん用配管，計測制御用配管等）に接続し，可搬型空気圧縮機からの圧縮空気の供給による水素掃気を実施する。

可搬型空気圧縮機からの空気の供給開始前に未然防止濃度に至る可能性のある貯槽等においては，手動圧縮空気ユニットを発生防止対策に用いる水素掃気配管，機器圧縮空気供給配管（除染用配管等）とは異なる機器圧縮空気供給配管（かくはん用配管，計測制御用配管等）に接続し，圧縮空気による水素掃気を実施する。

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いては，水素濃度が未然防止濃度に至るまでの時間が短く，可搬型空気圧縮機からの空気の供給開始前に未然防止濃度に至る可能性のある貯槽等があることから，手動圧縮空気ユニットを分離建屋，精製建屋及びウラン・プルトニウム混合脱硝建屋に設置する。

圧縮空気貯槽，圧縮空気ユニット，予備圧縮空気ユニット及び手動圧縮空気ユニットからの圧縮空気の供給に伴い，水素爆発を想定する機器の気相部を介して同伴する放射性物質がセル又は部屋を介して経路外放出する可能性がある。このため，圧縮空気を塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニットへ導き，放出量を低減するための操作を可能な限り速やかに実施する。

代替安全圧縮空気系の機器圧縮空気供給配管からの圧縮空気の供給に期待できない場合には、上記の代替安全圧縮空気系の機器圧縮空気供給配管に相当する耐震性を有する機器付配管を必要に応じて加工し、圧縮空気を供給する。

このため、可搬型空気圧縮機、可搬型個別供給用建屋外ホース、可搬型個別供給用建屋内ホース、可搬型建屋外ホース及び可搬型建屋内ホースを可搬型重大事故対処設備として新たに整備する。手動圧縮空気ユニット及び圧縮空気供給系を常設重大事故等対処設備として新たに設置するとともに、機器圧縮空気供給配管（かくはん用配管、計測制御用配管等）を常設重大事故対処設備として位置づける。

各建屋の対策の概要を以下の a. から e. に示す。また、対策の系統概要図を第8.1.1-1図及び第8.1.1-2図に、各建屋の対策における手順及び設備の関係を第8.2.1-1表に、必要な要員及び作業項目を第8.2.1-1図及び第8.2.1-2図に示す。

【補足説明資料 8-12】

a. 水素爆発の再発を防止するための空気の供給の実施判断

水素爆発の発生を防止するための空気の供給の実施にもかかわらず水素掃気機能が回復しなかった場合には、水素爆発の再発を防止するための空気の供給として以下の c. へ移行する。

b. 手動圧縮空気ユニットからの圧縮空気の供給

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いて安全圧縮空気系の水素掃気機能が喪失した場合は、「8.1.1 a. 水素爆発を未然に防止するための空気の供給の実施判断」を受け、第8-1表に示す機器のうち分離建屋、精製建屋及びウラン・プルトニウム混合脱硝建屋

に設置される、圧縮空気の供給がない場合の時間余裕が短く、可搬型空気圧縮機からの空気の供給開始前に未然防止濃度に至る可能性のある貯槽等へ速やかに手動圧縮空気ユニットを可搬型建屋内ホースにより接続し、圧縮空気を供給する。

圧縮空気の供給に用いる系統は貯槽等に内包する高レベル廃液等に浸っている系統を選択する。圧縮空気の供給を開始する前に当該系統への圧縮空気供給圧力の変動を確認し、系統が健全であること及び圧縮空気の供給が行われていることを確認する。

本対策において確認が必要な監視項目は手動圧縮空気ユニットを接続する系統の圧力変化である。

c. 可搬型水素濃度計の設置

可搬型空気圧縮機からの空気の供給開始前に未然防止濃度に至る可能性のある貯槽等の水素濃度を測定及び監視するため、可搬型水素濃度計を測定対象の貯槽等に接続している水素掃気配管及び計測制御系統施設の計測制御設備に設置する。

d. 水素濃度の測定及び手動圧縮空気ユニットの流量調整

手動圧縮空気ユニットによる圧縮空気の供給により、貯槽等内の水素濃度が未然防止濃度未満に維持されていることを確認するため、可搬型空気圧縮機からの空気の供給開始前に未然防止濃度に至る可能性のある貯槽等の水素濃度を測定し、水素濃度の予測値を測定値が上回る場合、手動圧縮空気ユニットの弁の開度を変更し、必要な圧縮空気を供給する。

e. 代替安全圧縮空気系の機器圧縮空気供給配管からの圧縮空気の供給

代替安全圧縮空気系の機器圧縮空気供給配管に、建屋外の可搬型空気圧縮機を、可搬型個別供給用建屋外ホース、可搬型個別供給用建屋内ホース、可搬型建屋外ホース、可搬型建屋内ホース及び圧縮空気供給系により

接続し、第 8-1 表に示す機器の重大事故の水素爆発を想定する機器へ圧縮空気を供給する。また、作業部屋内の圧縮空気を供給するための接続口をそれぞれ互いに異なる複数の場所に設置することにより、信頼性の向上を図る。

本対策において確認が必要な監視項目は、第 8-1 表に示す機器の重大事故の水素爆発を想定する機器に供給される圧縮空気の流量、圧力及びセル導出系統の廃ガス流量である。

f. 代替安全圧縮空気系の機器圧縮空気供給配管からの圧縮空気の供給による水素掃気機能維持の判断

第 8-1 表に示す機器の重大事故の水素爆発を想定する機器に供給される圧縮空気の流量により貯槽等の水素を可燃限界濃度未満に希釈できる流量に維持されていることを確認し、水素掃気機能が維持されていることを判断する。

水素掃気機能が維持されていることを判断するために確認が必要な監視項目は、第 8-1 表に示す機器の重大事故の水素爆発を想定する機器に供給される圧縮空気の流量である。

8.2.1.2 放射性物質のセルへの導出、セル及び高性能粒子フィルタによる放射性エアロゾルの除去に関する対処

圧縮空気の供給により気相中に移行した放射性物質を導出先セルに導出するため、代替塔槽類廃ガス処理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し、塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニットの隔離弁を開放する。

また、水素爆発が発生すると、この際の圧力変動によって発生する飛沫に放射性物質が同伴して気相にエアロゾル状の放射性物質として移行す

る。これに伴い、大気中への放射性物質の放出量が増大するため、塔槽類廃ガス処理設備の流路を遮断し、気相中へ移行した放射性物質をセルに導出する。

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リークが生じるおそれがあるが、水素爆発等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、セル導出前に高性能粒子フィルタで除去する。

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

このため、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可搬型重大事故対処設備として新たに整備する。塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニット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）を常設重大事故等対処設備として新たに設置するとともに、代替換気設備のダクト、主排気筒等を常設重大事故対処設備として位置づける。

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8.1.1-1図及び第8.1.1-2図に、各建屋の対策における手順及び設備の関係を第8.2.1-2表に、必要な要員及び作業項目を第8.2.1-1図及び第8.2.1-2図に示す。

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

水素爆発を未然に防止するための空気の供給の実施判断と同様である。

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

- b. 放射性物質のセルへの導出，セル及び高性能粒子フィルタによる放射性エアロゾルの除去のための準備

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

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

第8.2.1-3表に示す導出先セルの圧力を監視するため，第8.2.1-3表に示す導出先セルに可搬型導出先セル圧力計を設置する。

また，前処理建屋及び高レベル廃液ガラス固化建屋においては，塔槽類廃ガス処理設備内の圧力を監視するため，塔槽類廃ガス処理設備に可搬型廃ガス洗浄塔入口圧力計を設置する。

- c. 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，水素掃気用の圧縮空気の供給継続により気相中へ移行する放射性物質を塔槽類廃ガ

ス処理設備からセルに導くための作業の実施を判断し、以下の e. へ移行する。

塔槽類廃ガス処理設備の排風機が運転状態を維持している場合には、水素掃気用の圧縮空気の供給継続により移行する放射性物質の大気中への放出量を低減するため、塔槽類廃ガス処理設備の排風機の運転を継続し、第 8-1 表に示す機器に供給する圧縮空気の流量の監視を継続する。圧縮空気の流量の監視の結果、第 8-1 表に示すいずれかの貯槽等に供給する圧縮空気の流量が、貯槽等の水素を可燃限界濃度未満に希釈できる流量に満たない場合には、その貯槽等が設置されている建屋について、水素掃気用の圧縮空気の供給継続により移行する放射性物質を塔槽類廃ガス処理設備からセルに導くための作業の実施を判断し、以下の e. へ移行する。

これらの実施を判断するために必要な監視項目は、第 8-1 表に示す機器に供給する圧縮空気の流量及び塔槽類廃ガス処理設備の排風機の運転状態である。

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

塔槽類廃ガス処理設備から第 8.2.1-3 表に示す導出先セルに放射性物質を導出するため、代替塔槽類廃ガス処理設備の隔離弁を閉止し、塔槽類廃ガス処理設備と第 8.2.1-3 表に示す導出先セルを接続している塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニットの手動弁を開放する。

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 8.2.1-3 表に示す導出先セルに導出される。また、圧縮空気の供給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經由して第8.2.1-3表に示す導出先セルに導出される。

発生した放射性物質が、塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニットを經由して第8.2.1-3表に示す導出先セルに導出されない場合は、水封安全器を經由して第8.2.1-4表に示す水封安全器が設置されている導出先セルに導出される。

e. 可搬型排風機の起動の判断

可搬型排風機の運転準備が整い次第、可搬型排風機の起動を判断する。

f. 可搬型排風機の運転

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

可搬型排風機の運転後、塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニットの高性能粒子フィルタの差圧が上昇傾向を示した場合、塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニットの高性能粒子フィルタを隔離し、バイパスラインへ切り替える。

これらの実施を判断するために必要な監視項目は、塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニットの高性能粒子フィルタの差圧である。

g. 大気中への放射性物質の放出の状態監視

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

8.2.2 水素爆発の拡大防止対策の有効性評価

8.2.2.1 有効性評価

(1) 有効性評価の考え方

未然防止濃度に至るまでの時間の評価の考え方は、「8.1.2 水素爆発の発生防止対策の有効性評価」(3) 有効性評価の考え方に記載したとおりである。

水素爆発の拡大防止対策の有効性評価は、発生防止対策が有効に機能しない場合に、圧縮空気の供給により、貯槽等内の水素濃度が未然防止濃度に至ることを防止でき、水素濃度が可燃限界濃度以上の場合は低下傾向を示して可燃限界濃度未満で平衡に達することについて確認するために、貯槽等内の水素濃度の推移を評価する。

放射性物質のセルへの導出、セル及び高性能粒子フィルタによる放射性エアロゾルの除去に関する有効性評価は、貯槽等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、これらの対策の準備を完了させ、これらの対策を実施できることを評価する。

水素爆発を未然に防止するための空気の供給が継続して実施されている状況を想定し、圧縮空気の供給に伴い気相中に移行する場合の放射性物質の割合、放出経路構造物への沈着による放射性エアロゾルの除染係数及び高性能粒子フィルタによる放射性エアロゾルの除染係数を考慮して、大気中への放射性物質の放出量（Cs-137換算）を評価する。

また、水素爆発の拡大防止対策の圧縮空気の供給は、貯槽等の水素濃度が未然防止濃度に到達する前に実施することから水素爆発が発生することはないが、仮に、水素爆発が発生した状況を想定し、水素爆発時の放射性物質の移行率、放出経路構造物への沈着による放射性エ

アロゾルの除染係数及び高性能粒子フィルタによる放射性エアロゾルの除染係数を考慮して、主排気筒から大気中への放射性物質の放出量（ C_{s-137} 換算）を評価する。

これらは、解析コードを用いずに評価する。

また、水素爆発の拡大防止対策の有効性評価では、対策実施時に想定される環境条件下において、重大事故等対策に使用する設備の健全性が維持されることを確認する。

(2) 機器の条件

「高レベル廃液等の核種組成，濃度，崩壊熱密度」及び「高レベル廃液等の保有量」設定の考え方は、「8.1.2 水素爆発の発生防止対策の有効性評価」に記載したとおりである。

水素爆発の拡大防止対策に使用する機器を第8.1.2-6表に示す。また、主要な機器の機器条件を以下に示す。

a. 可搬型空気圧縮機

8.1.2.1 (6) a. と同様である。

b. 手動圧縮空気ユニット

手動圧縮空気ユニットは、安全圧縮空気系が機能喪失した後、速やかに手動圧縮空気ユニットを第8-1表に示す機器のうち分離建屋、精製建屋及びウラン・プルトニウム混合脱硝建屋に設置される圧縮空気貯槽及び圧縮空気ユニットによる圧縮空気の供給がない場合に可搬型空気圧縮機からの空気の供給開始前に未然防止濃度に至る可能性のある貯槽等へ接続することにより、圧縮空気を供給する。貯槽等内の溶液が非沸騰状態であることを前提に、貯槽等を未然防止濃度未満に維持するために必要な圧縮空気を24時間以上供給できる設計としてい

ること、手動圧縮空気ユニットは、弁操作により流量を調整することが可能であり、貯槽等内の溶液が沸騰状態であっても、精製建屋において13時間、ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋において14時間にわたり必要な圧縮空気を供給できることから、手動圧縮空気ユニットを接続することにより分離建屋、精製建屋及びウラン・プルトニウム混合脱硝建屋の重大事故の水素爆発を想定する機器の水素濃度は未然防止濃度未満であるとして、水素爆発の再発を防止するための空気の供給の有効性を評価する。

c. 代替塔槽類廃ガス処理設備の隔離弁

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

d. 塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニット

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

e. 可搬型フィルタ

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

f. 可搬型発電機

可搬型発電機は、1台当たり約80 kVAの容量を有し、前処理建屋の可搬型排風機の運転に対して1台、分離建屋の可搬型排風機の運転に対して1台、精製建屋及びウラン・プルトニウム混合脱硝建屋の可搬型排風機の運転に対して1台、高レベル廃液ガラス固化建屋の可搬型排風機の運転に対して1台を使用し、可搬型排風機を起動し、運転

するのに必要な電力を供給できる設計としていることから、以下に示す必要な電力を供給できるものとして各対策の有効性を評価する。

前処理建屋の可搬型排風機 約5.2 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)

【補足説明資料 8-15】

g. 塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニットの高性能粒子フィルタ

塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニットの高性能粒子フィルタは、水素掃気用の圧縮空気に同伴される放射性物質に対して1段当たり 10^3 以上 ($0.3 \mu\text{mDOP}$ 粒子) の除染係数を有し、1段で構成する。

(3) 操作条件

手動圧縮空気ユニットからの圧縮空気の供給は、可搬型空気圧縮機からの空気の供給開始前に未然防止濃度に至る可能性のある貯槽等においては、安全圧縮空気系の掃気機能が喪失した場合、速やかに手動圧縮空気ユニットの接続操作を行い、手動圧縮空気ユニットから圧縮空気を貯槽等内の溶液が非沸騰状態である場合に 24 時間にわたり供給できるものとする。

手動圧縮空気ユニットからの空気の供給は、高レベル廃液等が沸騰に至った場合には圧縮空気の供給量が不足し、水素濃度が上昇する可能性がある。このため、精製建屋において沸騰までの時間である 11 時間に対して、9 時間で流量調整を実施できるものとする。また、ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋において沸騰までの時間である 19 時間に対して、17 時間で流量調整を実施できるものとする。

圧縮空気貯槽等からの圧縮空気の供給がない場合の時間余裕が 1 時間 20 分と最も短い精製建屋のプルトニウム濃縮液一時貯槽に対し、手動圧縮空気ユニットからの圧縮空気の供給は、50 分で完了する。

また可搬型空気圧縮機による圧縮空気の供給は、準備が整い次第、実施できるものとしており、沸騰を考慮した場合、手動圧縮空気ユニットからの圧縮空気の供給及び供給流量の調整により未然防止濃度未満を維持できなくなる時間である 25 時間に対し、開始までの時間を最も要するウラン・プルトニウム混合脱硝建屋においても、安全圧縮空気系の機能喪失から 18 時間で開始できるものとする。

予備圧縮空気ユニット及び手動圧縮空気ユニットを必要としない貯槽等においては、可搬型空気圧縮機による圧縮空気の供給は、未然防止濃度に至るまでの時間余裕が最も短い精製建屋において 26 時間に対し、9 時間 45 分で開始できるものとする。

水素爆発の再発を防止するための空気の供給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圧縮空気の供給に必要な作業と所要時間を、未然防止濃度に到達するまでの時間が最も短い貯槽等を設置するウラン・プルトニウム混合脱硝建屋及び精製建屋を例として第 8.2.1-1 図及び第 8.2.1-2 図に示す。

水素掃気に伴い気相中に移行する放射性物質を導出先セルに導出するための代替塔槽類廃ガス処理設備の隔離弁の閉止操作は、各建屋の操作完了時間を包含可能な時間として、安全圧縮空気系の機能喪失から3時間20分後に完了するものとする。

水素爆発に伴い気相中に移行する放射性物質を導出先セルに導出するための可搬型ダクトによる可搬型フィルタ及び可搬型排風機の接続並びに可搬型排風機及び可搬型発電機の接続は、開始までの時間を最も要するウラン・プルトニウム混合脱硝建屋において、沸騰を考慮した場合、手動圧縮空気ユニットからの圧縮空気の供給及び供給流量の調整により未然防止濃度未満を維持できなくなる時間である25時間に対して15時間で作業を完了できるものとする。

予備圧縮空気ユニット及び手動圧縮空気ユニットを必要としない貯槽等においては、圧縮空気の供給又は水素爆発に伴い気相中に移行する放射性物質を導出先セルに導出するための可搬型ダクトによる可搬型フィルタ及び可搬型排風機の接続並びに可搬型排風機及び可搬型発電機の接続は、未然防止濃度に至るまでの時間が最も短い精製建屋において26時間対し、6時間40時間までに作業を完了できるものとする。

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、ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋及び精製建屋を例として第8.2.1-1図及び第8.2.1-2図に示す。また、安全圧縮空気系の水素掃気機能の喪失から第8-1表に示す機器内の水素濃度が未然防止濃度に至るまでの時間を第8.1.2-7表、第8.1.2-11表、第8.1.2-15表、第8.1.2-19表及び第8.1.2-23表に示す。

【補足説明資料8-14】

(4) 放出量評価の条件

「高レベル廃液等の核種組成，濃度，崩壊熱密度」及び「高レベル廃液等の保有量」設定の考え方は，「8.1.2 水素爆発の発生防止対策の有効性評価」に記載したとおりである。

安全圧縮空気系の水素掃気機能が喪失する直前まで，安全圧縮空気系から第8-1表に示す機器の水素掃気流量は水素掃気流量低の警報設定値相当であったとし，安全圧縮空気系の水素掃気機能の喪失から第8-1表に示す機器内の水素濃度が未然防止濃度に至るまでの時間は，冷却期間15年を基に算出した各機器の溶液の平常運転時の崩壊熱密度の最大値から算出する。

第8-1表の高レベル濃縮廃液貯槽，高レベル濃縮廃液一時貯槽，高レベル廃液混合槽，供給液槽及び供給槽の溶液のG値については，東海再処理工場の高レベル廃液から発生する水素の測定実績⁽⁴⁾⁽⁵⁾を踏まえ，当該貯槽の硝酸濃度と同じ硝酸溶液のG値の1/20とする。

主排気筒から大気中への放射性物質の放出量の評価は，安全圧縮空気系の水素掃気機能の喪失が発生し，空気貯槽（水素掃気用），圧縮空気貯槽，圧縮空気ユニット，予備圧縮空気ユニット及び手動圧縮空気ユニット（以下8.では「空気貯槽等」という）から供給される圧縮空気に同伴する放射性物質の放出量評価，水素爆発を未然に防止するための空気の供給又は水素爆発の再発を防止するための空気の供給が成功した場合の主排気筒から大気中への放射性物質の放出量の評価及び水素爆発を想定する場合の主排気筒から大気中への放射性物質の放出量の評価に分けられる。

有効性評価における主排気筒から大気中への放射性物質の放出量は，重大事故等が発生する貯槽等が保有する放射性物質質量に対して，水素

掃気用の空気に同伴して気相に移行する割合，水素爆発に伴い気相に移行する割合，大気中への放出経路における低減割合を乗じて算出する。

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

i. 空気貯槽等から供給される圧縮空気に同伴する放射性物質の放出量
評価

空気貯槽等から供給される圧縮空気に同伴する放射性物質は，セル又は部屋で希釈された後，大部分が建屋内に滞留する。可搬型排風機の運転後，可搬型フィルタを介して主排気筒から放出されることを想定する。セル体積による希釈，セルの壁による除染効果を考慮した後に経路外放出する場合より安全側な結果となる。放出経路をセルへ導出するユニットに切り替えた後は，高性能粒子フィルタによる除染を考慮可能であることから，本経路は放出量に支配的な経路とはならない。

ii. 水素爆発を想定する場合の主排気筒から大気中への放射性物質の放出量
評価

(i) 水素爆発を未然に防止するための空気の供給又は水素爆発の再発を防止するための空気の供給が成功した場合には，供給した圧縮空気を

セルに導き、放射性エアロゾルを可搬型フィルタの高性能粒子フィルタで除去し、主排気筒から大気中へ管理しながら放出することを想定する。

- (ii) 第8-1表に示す機器のうち、未然防止濃度に到達するまでの時間が1年以内の機器で1回の爆発が起こると想定する。
- (iii) 第8-1表に示す機器に内包する溶液中の放射性物質の濃度は、1日当たり処理する使用済燃料の平均燃焼度 $45,000\text{MW d} / \text{t} \cdot \text{U}_{\text{Pr}}$ 、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。
- (iv) 空気貯槽等から圧縮空気が供給される場合、水素爆発を未然に防止するための空気の供給又は水素爆発の再発を防止するための空気の供給が成功した際に圧縮空気の供給に伴い気相中に移行する場合の放射性物質の割合は、水素爆発を想定する機器毎に設定し、時間あたり 1×10^{-8} から 1×10^{-12} の範囲とする。水素爆発を想定した場合において水素爆発に伴い気相中に移行する放射性物質の割合は 0.010% とする。
- (v) 水素掃気機能の喪失後に、空気貯槽等から圧縮空気が供給される場合、圧縮空気はセル又は建屋に漏えいするが、供給される圧縮空気の量は建屋の体積と比較して小さいため、大部分が建屋内に滞留する。このため、可搬型排風機の運転後、可搬型フィルタを介して主排気筒から放出されることを想定する。塔槽類廃ガス処理設備からセルへ導出するユニットに流路が切り替えられた後は、高性能粒子フィルタ1段を経てセルに導出され、可搬型排風機の運転後、可搬型フィルタを介して主排気筒から放出されることを想定する。
- (vi) 水素爆発を未然に防止するための空気の供給又は水素爆発の再発を防止するための空気の供給が成功した場合及び水素爆発を想定した場

合において代替塔槽類廃ガス処理設備の隔離弁の健全性が維持されることから、気相中に移行した放射性物質は、セル内へ導出され、可搬型フィルタ 2 段を経て主排気筒から大気中へ放出されるものとする。

【補足説明資料 8-16】

(vi) 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。

(vii) 可搬型フィルタの高性能粒子フィルタは 2 段である。また、貯槽等の水素濃度が未然防止濃度の場合に水素燃焼が起こったとしても、可搬型フィルタの差圧上昇値は 0.17 から 4.2 kPa であり、フィルタの健全性が確認されている圧力 (9.3 kPa) と比較し下回ることから可搬型フィルタの高性能粒子フィルタが有意な影響を受けない。放射性エアロゾルの除染係数は 10^5 とする。

【補足説明資料 8-17】

【補足説明資料 8-18】

(5) 判断基準

水素爆発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. 水素爆発の再発を防止するための空気の供給の準備に要する時間

第 8-1 表に示す機器のうち重大事故の水素爆発を想定する機器が、安全圧縮空気系の水素掃気機能が喪失してから、未然防止濃度に到達するまでに、水素爆発の再発を防止するための空気を供給できること。

上記事項の確認にあたっては、水素爆発の再発を防止するための空気の供給の準備に要する時間及び水素掃気開始後の平衡水素濃度を有

効性評価の評価項目として設定し、貯槽等の水素濃度が未然防止濃度に到達する前に、圧縮空気の供給の準備を完了でき実施できること。

b. 機器内の水素濃度の推移

第8-1表に示す機器のうち重大事故の水素爆発を想定する機器に圧縮空気を供給することで、気相部の水素濃度が未然防止濃度に至らずに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に達することで事態を収束できること。

上記事項の確認にあたっては、対策により水素濃度が可燃限界濃度未満になることを確認する。

c. 大気中への放射性物質の放出量

仮に水素爆発を想定した場合の大気中へ放出される放射性物質の放出量と、水素爆発の再発を防止するための空気の供給により大気中へ放出される放射性物質の放出量の合計値がセシウム-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。

d. 重大事故等対策に使用する設備の健全性

水素爆発の再発を防止するための空気の供給を実施する環境下において、重大事故等対策に使用する設備の健全性が維持されること。

上記事項の確認にあたっては、水素爆発の再発を防止するための空気の供給の実施時に想定される温度、圧力、放射線及びその他の環境条件と貯槽等が有する耐力を比較し、健全性が損なわれないことを確認する。

8.2.2.2 有効性評価の結果

(1) 有効性評価の結果

a. 水素爆発の再発を防止するための空気の供給の準備に要する時間

手動圧縮空気ユニットからの圧縮空気の供給が停止するまでの時間である 24 時間に対し、開始までの時間を最も要するウラン・プルトニウム混合脱硝建屋における水素爆発の再発を防止するための空気の供給準備は、水素掃気機能の喪失から 4 名にて 18 時間で完了するため、水素掃気機能の喪失から未然防止濃度に到達するまでの時間である 24 時間以内に圧縮空気の供給の準備の完了が可能である。

予備圧縮空気ユニット及び手動圧縮空気ユニットを必要としない貯槽等においては、可搬型空気圧縮機による圧縮空気の供給は、未然防止濃度に至るまでの時間余裕が最も短い精製建屋における水素爆発の再発を防止するための空気の供給準備は、水素掃気機能の喪失から 4 名にて 9 時間 45 分で完了するため、貯槽等内の高レベル廃液等が非沸騰状態である場合の、水素掃気機能の喪失から未然防止濃度に到達するまでの時間である 24 時間以内に圧縮空気の供給の準備の完了が可能である。

可搬型空気圧縮機からの空気の供給開始前に未然防止濃度に至る可能性のある貯槽等においては、圧縮空気の供給又は水素爆発に伴い気相中に移行する放射性物質を導出先セルに導出するための可搬型ダクトによる可搬型フィルタ及び可搬型排風機の接続並びに可搬型排風機及び可搬型発電機の接続は、開始までの時間を最も要するウラン・プルトニウム混合脱硝建屋において、未然防止濃度に至るまでの時間である 24 時間に対して、24 名にて 15 時間までに作業を完了するため、貯槽等内の高レベル廃液等が非沸騰状態である場合の、水素掃気機能の喪失から未然防止濃度に到達するまでの時間である 24 時間以内に放出経路の構築の完了が可能である。

貯槽等内の高レベル廃液等が非沸騰状態である場合において、水素濃度が未然防止濃度に至るまでの時間が 24 時間以上の貯槽等においては、圧縮空気の供給又は水素爆発に伴い気相中に移行する放射性物質を導出先セルに導出するための可搬型ダクトによる可搬型フィルタ及び可搬型排風機の接続並びに可搬型排風機及び可搬型発電機の接続は、未然防止濃度に至るまでの時間余裕が最も短い精製建屋において未然防止濃度に至るまでの時間である 26 時間に対して、24 名にて 6 時間 40 分で完了するため、水素掃気機能の喪失から未然防止濃度に到達するまでの時間である 26 時間以内に放出経路の構築の完了が可能である。

b. 機器内の水素濃度の推移

圧縮空気の供給開始時の貯槽等の水素濃度は、手動圧縮空気ユニットにより未然防止濃度未満となっており、また、圧縮空気の供給後は、水素濃度は低下傾向を示し、最も時間余裕の短いプルトニウム濃縮液一時貯槽において水素濃度が約 1.4 v o 1 % で平衡に至る。

また、代替安全圧縮空気系の機器圧縮空気供給配管からの圧縮空気の供給を実施した後に、貯槽等の水素濃度が可燃限界濃度未満になる時間を評価した。貯槽等の初期水素濃度を未然防止濃度の 8 v o 1 % と厳しい値として設定した場合、貯槽等の水素濃度が可燃限界濃度未満になるまでの時間が最も長い機器は計量前中間貯槽であり、圧縮空気の供給開始後、約 3 時間で可燃限界濃度未満になる。

以上の有効性評価結果を第 8.1.2-7 表から第 8.1.2-26 表に、対策実施時のパラメータの変位を第 8.2.2-1 図から第 8.2.2-5 図に示す。

c. 大気中への放射性物質の放出量

空気貯槽等から供給される圧縮空気に同伴する放射性物質の放出量及び水素爆発を未然に防止するための空気の供給又は水素爆発の再発

を防止するための空気の供給が成功した場合における大気中への放射性物質の放出量を第8.2.2-6表に示す。

空気貯槽等から供給される圧縮空気に同伴する放射性物質の放出量及び水素爆発を未然に防止するための空気の供給又は水素爆発の再発を防止するための空気の供給が成功した場合における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（C s -137換算）は平常運転時程度である。

水素爆発発生時の大気中への放射性物質の放出量を第8.2.2-1表から第8.2.2-6表に示す。

仮に水素爆発を想定した場合の大気中へ放出される放射性物質の放出量と、水素爆発の再発を防止するための空気の供給により大気中へ放出される放射性物質の放出量の合計値（C s -137換算）は、前処理建屋において約 8×10^{-5} T B q，分離建屋において約 2×10^{-4} T B q，精製建屋において約 3×10^{-4} T B q，ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋において約 7×10^{-5} T B q，高レベル廃液ガラス固化建屋において約 2×10^{-3} T B q となり，これらを合わせても約 3×10^{-3} T B q である。

以上より，放射性物質をセルへ導出する手段，セル及び高性能粒子フィルタによる放射性エアロゾルを除去する手段は，水素爆発に伴い気相部へ移行する放射性物質に対して各々十分な除染効率を確保している。また，放射性物質のセルへの導出に係る準備作業及び可搬型フィルタ，可搬型排風機，可搬型ダクトの建屋換気設備への接続並びに，主排気筒から大気中へ放射性物質を管理放出するための準備作業を未然防止濃度に至る前に実行可能な限り早期に完了させ，これらを稼動

させることで主排気筒から大気中への放射性物質の放出量（ $Cs-137$ 換算）が $100TBq$ を下回るものであって、かつ、実行可能な限り低い。

以上の有効性評価結果を第8.1.2-7表から第8.1.2-26表に、対策実施後の水素濃度の推移を第8.2.2-1図から第8.2.2-5図に示す。また、対策実施時の放出の傾向を第8.2.2-6図から第8.2.2-10図に示す。

各建屋の主排気筒から大気中への放射性物質の放出量及び大気中への放射性物質の放出量（ $Cs-137$ 換算）の詳細を第8.2.2-1表から第8.2.2-5表並びに第8.1.2-9表、第8.1.2-13表、第8.1.2-17表、第8.1.2-21表及び第8.1.2-25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8.2.2-11図から第8.2.2-15図に示す。

d. 重大事故等対策に使用する設備の健全性

水素爆発の再発を防止するための空気の供給を実施する環境条件として、貯槽等の水素濃度が上昇している状態を想定するが、手動圧縮空気ユニットからの圧縮空気の供給により水素濃度は未然防止濃度を超えることはない。万が一、未然防止濃度未満で水素の燃焼が発生したとしても、水素爆発の再発を防止するための空気の供給に使用する常設重大事故等対処設備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部材はステンレス鋼であり、想定される温度、圧力の環境において損傷することはなく、また、機器のバウンダリを超えて影響が波及することはない。

【補足説明資料8-12】

(2) 不確かさの影響評価

a. 事象、事故条件及び機器条件の不確かさの影響

(a) 想定事象の違い

「8.1.2 水素爆発の発生防止対策の有効性評価」に記載したとおりである。

(b) 実際の水素発生量，空間容量及び空間における混合の観点

「8.1.2 水素爆発の発生防止対策の有効性評価」に記載したとおりである。

(c) 放射性物質の放出量評価に用いるパラメータの不確かさ

放射性物質の放出量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。不確かさを考慮した各パラメータの幅を以下に示す。

1) 空気貯槽等からの圧縮空気に放射性物質が同伴する場合，又は，水素爆発の発生防止対策又は拡大防止対策が成功した場合

i. 貯槽が保有する放射性物質質量

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

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

ii. 事故の影響を受ける割合

機器に供給する圧縮空気によるかくはん，掃気の条件に依存するパラメータであり，かくはん，掃気により影響を受けるのは機器内の溶液の一部分に限られることから，1桁未満の下振れをする。さらに，機器の液深さが高く，掃気による影響範囲が小さい場合又はかくはん

に用いる配管が計装配管のような場合等の条件によっては1桁未満の下振れを見込める可能性がある。

iii. 気相に移行する割合

圧縮空気の供給時のARFは、気体廃棄物の推定放出量の評価における塔槽類からの廃ガスの移行量である $10\text{mg}/\text{m}^3$ を用いた。 $10\text{mg}/\text{m}^3$ は $440\text{m}^3/\text{h} \sim 3000\text{m}^3/\text{h}$ の空気がかくはんした場合や $160\text{m}^3/\text{h} \sim 200\text{m}^3/\text{h}$ の空気です液をエアリフトで移送した場合のエアロゾル濃度に相当する。水素掃気のために $150\text{m}^3/\text{h}$ の空気を気相部に圧縮空気を吹き込んだ場合、廃ガスへの溶液の移行量は $0.1\text{mg}/\text{m}^3$ から $1\text{mg}/\text{m}^3$ ^(5.2) である。水素爆発を未然に防止するための空気の供給における再処理工場全体の必要圧縮空気流量は約 $51\text{m}^3/\text{h}$ であり、さらに、移行量は低下すると考えられる。したがって、設定値に対して1桁程度の下振れをし、条件によっては更に1桁程度の下振れを見込める可能性がある。

iv. 貯槽から主排気筒までの除染係数

第8-1表に示す機器から導出先セルまでの経路上の塔槽類廃ガス処理設備の配管は、数十m以上の長さがあり、かつ、それが複雑に曲がっている。さらに、経路は多数の機器で構成されるため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。実際、水素爆発時における放射性物質移行率の調査において、塔槽類廃ガス処理設備の配管を模擬した配管の曲り部1ヶ所だけで9割程度の沈着効果があることが報告されている⁽²⁷⁾。また、放射性物質の導出先セルへの導出後においては、導出先セルに閉じ込めることによる放射性エアロゾルの重力沈降による除去、導出先セルから主排気筒までのダクトの曲り部における慣性沈着及び圧力損失に

伴う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物質は除去される。

塔槽類廃ガス処理設備の構造的な特徴による除去並びに導出先セル及び導出先セルから主排気筒までのダクトの構造的な特徴による除去により、除染係数の設定値は1桁程度の上振れをする。条件によっては更に1桁程度の上振れを見込める可能性がある。

空気貯槽等からの圧縮空気に放射性物質が同伴する場合には、セルから部屋を介して経路外放出することも想定されるが、本経路から放射性物質が放出する場合は、セルの体積による希釈を考慮できる。導出先セルから屋外への経路上では、建屋内における他の空間での希釈効果、障害物への沈着効果が見込めることから、更なる下振れを有することになるが、定量的な振れ幅を示すことは困難であり、ここでは議論しない。

2) 水素爆発を想定した場合

i. 貯槽が保有する放射性物質質量

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

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

ii. 事故の影響を受ける割合

水素爆発時の機器内の溶液の深さに依存するパラメータであり、爆発の影響を受けるのは液面付近の溶液に限られることから、1桁未満

の下振れをする。さらに、溶液が深い場合には1桁未満の下振れを見込める可能性がある。

iii. 気相に移行する割合

水素爆発時のARFは実験値に基づき、より厳しい結果を与えるように 1×10^{-4} と設定する。

実験値によれば、機器の形状の影響を受けないARFの幅は 1×10^{-5} から 6.0×10^{-4} 程度と考えられ、設定したARFとの比較により、1桁程度の下振れと1桁未満の上振れをする。

ただし、NUREG/CR-6410⁽²⁾における実験では、圧力開放条件を模擬しているものの水素爆発を模擬しているものではなく、ARFの上限とした 6.0×10^{-4} が取得された実験は、3.5MPaの圧力を穏やかに印加した後に破裂板を用いて急激に減圧したときの移行率である。さらに、水素爆発の条件に近いと思われる条件である、印加圧力を0.35MPaとしたときのARFは 4.0×10^{-5} であることから、ARFが 6.0×10^{-4} まで増加する可能性は低い。

さらに、機器の形状の影響を受ける実験値の最小値は 1×10^{-8} であり 1×10^{-5} に対し3桁小さいことから、条件によっては更に3桁程度の下振れを見込める可能性がある。

iv. 貯槽から主排気筒までの除染係数

塔槽類廃ガス処理設備の構造的な特徴による除去として曲りの数が多いこと、デミスタのような構造物が経路上に存在することから1桁程度、導出先セル及び導出先セルから主排気筒までのダクトの構造的な特徴による除去として曲りの数が多いことから1桁程度の上振れをする。水素爆発を想定する機器と、機器に接続する塔槽類廃ガス処理

設備の構造はそれぞれ異なることから、条件によっては、更に1桁程度の上振れを見込める可能性がある。

(d) 事故時環境の不確かさ

水素濃度の変動を考慮したとしても、水素発生量、空間容量、圧縮空気の供給量といったいずれのパラメータも、最も水素濃度が高くなる条件で評価を行っている。このため、水素濃度が未然防止濃度を超えることはなく、万が一、未然防止濃度未満で水素の燃焼を考慮したとしても設備が有する耐力の余裕の範囲内の変動幅に留まることから、事故時環境の不確かさが設備の健全性に与える影響は無視できる。

【補足説明資料 8-19】

【補足説明資料 8-20】

b. 操作条件の不確かさの影響

(a) 実施組織要員の操作

「8.1.2 水素爆発の発生防止対策の有効性評価」に記載したとおりである。

(b) 作業環境

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ついては、手動圧縮空気ユニットにより貯槽等に圧縮空気が供給される。貯槽等を経由後の放射性物質を含む空気が漏えいすることによる汚染が考えられるが、防護具の装着により作業が可能であることから、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。

8.2.2.3 同時発生又は連鎖

(1) 同時発生

複数の貯槽等で同時に水素掃気機能が喪失することに対する重大事故等対策の有効性については、本章に記載したとおりである。

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

(2) 連鎖

水素爆発の発生を防止するための空気の供給の実施にもかかわらず水素掃気機能が回復しなかった場合には、拡大防止対策として、水素爆発の再発を防止するための空気の供給を実施する。

水素爆発の再発を防止するための空気の供給は、貯槽等の水素濃度が未然防止濃度に至る前に実施する。

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の有無を明らかにする。

a. 起因となる重大事故等の事象進展，事故規模の分析

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以下のとおりである。

(a) 高レベル廃液等の状態

水素爆発の発生を想定する機器に内包されている溶液は、溶解液、抽出廃液、プルトニウム溶液（24 g P u / L）、プルトニウム濃縮液（250 g P u / L）、高レベル濃縮廃液、一時貯留処理液（有機相含む）及び高レベル混合廃液である。

水素爆発は、平常運転時に保有する溶液に対して、異なる溶液が混入して発生する事象ではなく、水素掃気機能の喪失により発生する事象であるため、溶液の性状が変化することはない。

水素燃焼を評価上見込んだ場合においても、高レベル廃液等の温度変化は約 1℃である。また、水素燃焼による溶液の崩壊熱に変化はなく、通常時の冷却能力及び機器からの放熱は溶液の崩壊熱に対して十分な余力を有しており、貯槽等内の溶液の温度は沸点に至らず、溶液が沸騰することはない。

(b) 環境条件

i. 温度

手動圧縮空気ユニットからの圧縮空気の供給により水素濃度は未然防止濃度未満であるが、「(a) 高レベル廃液等の状態」に記載したとおり、水素燃焼を評価上見込んだ場合の貯槽等の温度上昇は最大でも約 1℃である。

プルトニウム濃縮液（250 g P u / L）：約 1℃

プルトニウム溶液（24 g P u / L）：約 1℃

溶解液：約 1℃

抽出廃液：約 1℃

高レベル濃縮廃液：約 1℃

一時貯留処理液（有機相含む）：約 1℃

高レベル混合廃液 : 約 1℃

ii. 圧力

手動圧縮空気ユニットからの圧縮空気の供給により水素濃度は未然防止濃度未満であるが、水素燃焼を評価上見込んだ場合の貯槽等の圧力上昇は、最大でも約 50 k P a 程度である。

iii. 湿度

手動圧縮空気ユニットからの圧縮空気の供給により水素濃度は未然防止濃度未満であるが、水素燃焼を評価上見込んだ場合、湿度に変化が生じる可能性がある。

iv. 放射線

手動圧縮空気ユニットからの圧縮空気の供給により水素濃度は未然防止濃度未満であるが、水素燃焼を評価上見込んだ場合においても、貯槽等内の放射性物質が増加することはない、放射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水素燃焼に伴い貯槽等外へ移行するため、貯槽等外の放射線量は上昇する。

v. 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

手動圧縮空気ユニットからの圧縮空気の供給により水素濃度は未然防止濃度未満であるが、水素燃焼を評価上見込んだ場合においても、貯槽等の気相部の水素が燃焼するのみであり、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、平常運転時には希釈剤により洗浄されるため、高レベル廃液等の水素爆発を想定する

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い。また、有機溶媒が混入する可能性のある抽出廃液及び一時貯留処理液は、想定される温度は初期温度を 50℃とすれば約 51℃であり、n-ドデカンの引火点である 74℃及びT B P等の錯体の急激な分解反応の発生温度である 135℃に至らないことから、有機溶媒火災又はT B P等の錯体の急激な分解反応の発生は想定されず、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。

vi. 落下・転倒による荷重

手動圧縮空気ユニットからの圧縮空気の供給により水素濃度は未然防止濃度未満であるが、水素燃焼を評価上見込んだ場合において、溶液の温度上昇、圧力上昇が生じたとしても、想定される環境において機器の材質の強度が有意に低下することはない、機器が落下・転倒することはない。

vii. 腐食環境

手動圧縮空気ユニットからの圧縮空気の供給により水素濃度は未然防止濃度未満であるが、水素燃焼を評価上見込んだ場合においても、腐食環境は平常運転時から変化することはない。

b. 事故進展により自らの貯槽等において発生する重大事故

(a) 臨界事故

「a. 起因となる蒸発乾固の事象進展，事故規模の分析」に記載したとおり、水素燃焼を評価上見込んだ場合においても、高レベル廃液等の温度上昇は最大でも約 1℃であり、圧力上昇は最大でも約 50 k P a である。プルトニウム濃縮液，プルトニウム溶液，溶解液及び一時

貯留処理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、想定される圧力、温度、放射線量等の環境条件においても貯槽等のバウンダリの健全性が維持され、全濃度安全形状寸法が維持されること、核的制限値を逸脱することがない。

以上より、臨界事故への連鎖は想定されない。

(b) 蒸発乾固

「a. 起因となる蒸発乾固の事象進展，事故規模の分析」に記載したとおり、水素燃焼を評価上見込んだ場合の高レベル廃液等の温度変化は最大でも約1℃であり、高レベル廃液等が沸騰に至ることはない。

また、未然防止濃度で水素燃焼が発生した場合の圧力は、最大でも約50kPaであり、想定される圧力、温度、放射線量等の環境条件によって安全冷却水系の配管が損傷することはない。

以上より、蒸発乾固への連鎖は想定されない。

(c) 有機溶媒等による火災又は爆発

「a. 起因となる蒸発乾固の事象進展，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、高レベル廃液等の水素爆発を想定する貯槽等に混入することはない。

また、水素燃焼を評価上見込んだ場合においても、貯槽等のバウンダリは健全性を維持することから、TBP等があやまって混入することもないこと、有機溶媒が混入する可能性のある抽出廃液及び一時貯留処理液は、想定される温度は初期温度を50℃とすれば約51℃であり、n-ドデカンの引火点である74℃及びTBP等の錯体の急激な分解反応の発生温度である135℃に至らない。

以上より、有機溶媒火災又はTBP等の錯体の急激な分解反応への

連鎖は想定されない。

(d) その他の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、ステンレス鋼であり、想定される圧力、温度、放射線量等の環境条件を踏まえても、これらのバウンダリの健全性が維持されることから、放射性物質の漏えいが発生することは想定されない。

c. 重大事故が発生した貯槽等以外への影響

貯槽等及び貯槽等に接続する配管の材質は、ステンレス鋼であり、想定される圧力、温度、放射線量等の環境条件によってこれらのバウンダリが喪失することはない。圧力、温度及び放射線以外の貯槽等内の環境条件が、貯槽等外へ及ぶことはない。

圧力、温度及び放射線の影響は、貯槽等外へ及ぶものの、水素燃焼に伴う貯槽等の構造材の温度変化は数℃であり、圧力は最大でも約50 kPaである。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。

貯槽等に接続する配管を通じての貯槽等内の環境の伝播による安全機能への影響は次のとおりである。

(a) 安全冷却水系

未然防止濃度で水素燃焼が発生した場合の高レベル廃液等の温度上昇は、最大でも約1℃であり、圧力上昇は最大でも約50 kPaであることから、これらの環境条件で安全冷却水系の配管の健全性を損なうことはない。

以上より、水素燃焼により安全冷却水系が機能喪失することはない。

(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（以下、「塔槽類廃ガス処理設備等」という。）に波及する。

未然防止濃度で水素燃焼が発生した場合の貯槽等の構造材の温度変化は数℃であり、圧力上昇は最大でも約50 k P a であることから、これらの環境条件によって塔槽類廃ガス処理設備等のバウンダリが喪失することはない。

一方、塔槽類廃ガス処理設備の高性能粒子フィルタは、水素燃焼による機能低下が想定されるものの、本現象は、水素爆発における想定条件そのものである。

以上より、水素燃焼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。

(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を経由する際に放熱により低下するため、平常時の温度と同程度である。

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、可搬型排風機の運転により大気圧程度となり、平常時の圧力と同程度である。

以上より、水素燃焼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。

d. 分析結果

水素爆発の発生が想定される 5 建屋， 5 機器グループ， 51 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， 想定される高レベル廃液等の状態及び事故時環境において， 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た。

(a) 臨界事故への連鎖

拡大防止対策実施時の高レベル廃液等の状態を考慮しても， 臨界事故の発生は想定されない。

水素掃気機能の喪失による水素爆発が想定される機器において講じられている臨界事故に係る安全機能は， 全濃度安全形状寸法管理及び濃度管理であるが， 水素燃焼を評価上見込んだ場合の圧力及び温度の上昇を考慮しても， これらの貯槽等のバウンダリの健全性が維持され， 全濃度安全形状寸法が維持されること， 核的制限値を逸脱することがない。また， これらの事故影響が， 貯槽等のバウンダリを超えて波及することは想定されないことから， 臨界事故が連鎖して発生することはない。

(b) 蒸発乾固への連鎖

拡大防止対策実施時の高レベル廃液等の状態を考慮した場合， 水素燃焼を評価上見込んだ場合においては， 高レベル廃液等の温度が上昇するが， 水素燃焼による溶液の崩壊熱に変化はなく， 通常時の冷却能力及び機器からの放熱は溶液の崩壊熱に対して十分な余力を有しており， 高レベル廃液等が沸騰に至ることはない。

水素掃気機能の喪失による水素爆発が想定される機器において講じ

られている蒸発乾固に係る安全機能は、安全冷却水系による崩壊熱除去機能であるが、想定される圧力、温度、その他のパラメータ変動を考慮しても安全冷却水系による冷却機能が喪失することはない。

また、これらの事故影響が、貯槽等のバウンダリを超えて波及することは想定されないことから、蒸発乾固が連鎖して発生することはない。

(c) 有機溶媒等による火災又は爆発への連鎖

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は希釈剤により洗浄されるため、高レベル廃液等の水素爆発を想定する貯槽等には、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い。

拡大防止対策実施時の高レベル廃液等の状態を考慮した場合、水素燃焼を評価上見込んだ場合においても、有機溶媒が混入する可能性のある抽出廃液及び一時貯留処理液の温度は、n-ドデカンの引火点である74℃及びT B P 等の錯体の急激な分解反応の発生温度である135℃を下回り、有機溶媒等による火災又は爆発が発生することはない。

また、事故時においても、貯槽等のバウンダリは健全性を維持することから、T B P 等があやまって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連鎖して発生することはない。

(d) 使用済燃料貯蔵槽における燃料損傷への連鎖

水素爆発が発生する貯槽等及び使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設は異なる建屋に位置し、水素爆発による事故影響が、貯槽等のバウンダリ又はセルを超えて波及することは想定されないことから、使用済燃料貯蔵槽における燃料損傷が連鎖して発生することはない。

(e) その他の放射性物質の漏えいへの連鎖

拡大防止対策実施時の高レベル廃液等の状態を考慮しても、その他の放射性物質の漏えいの発生は想定されない。

水素爆発が発生する貯槽等、これに接続する水素掃気配管、機器圧縮空気供給配管、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考慮しても、健全性が維持され、水素爆発による事故影響が、貯槽等のバウンダリを超えて波及することもない。

以上より、その他の放射性物質の漏えいが連鎖して発生することはない。

8.2.2.4 判断基準への適合性の検討

水素爆発の拡大防止対策として、水素爆発の再発を防止するための空気の供給、気相へ移行した放射性物質をセルへ導出する手段、セル及び高性能粒子フィルタによる放射性エアロゾルを除去する手段を整備しており、これらの対策について、外的事象の「地震」を要因として有効性評価を行った。

水素爆発の再発を防止するための空気の供給は、水素爆発を未然に防止するための空気の供給と同様、圧縮空気貯槽、圧縮空気ユニット、予備圧縮空気ユニット及び手動圧縮空気ユニットからの圧縮空気の供給により、実施組織要員の対処時間を確保し、2系統の代替安全圧縮空気系の機器圧縮空気供給配管からの圧縮空気の供給を行い、重大事故の水素爆発を想定する機器内の水素濃度を可燃限界濃度未満にすることにより、水素爆発の事態の収束を図り、安定状態を維持できる。

空気貯槽等による圧縮空気の供給により、水素掃気機能喪失後に放射性物質を含む気体が一部経路外放出する可能性があるが、その放出量は平常時程度であることを確認した。しかし、可能な限り放出量を低減するために、未然防止濃度に到達するまでの時間余裕が長い建屋においては、可能な限り速やかに圧縮空気の供給を停止し、放射性物質の移行を停止する措置を講じている。また、供給された圧縮空気を、高性能粒子フィルタを備えた塔槽類廃ガス処理設備からセルへ導出するユニットに導くため、可能な限り速やかに経路を構築し、圧縮空気の放出経路を切り替えて放射性物質の放出量を低減することとしている。

放射性物質をセルへ導出する手段、セル及び高性能粒子フィルタによる放射性エアロゾルを除去する手段は、水素爆発に伴い気相部へ移行する放射性物質に対して各々十分な除染効率を確保し、大気中への放射性物質の放出量を可能な限り低減している。また、放射性物質のセルへの導出に係る準備作業及び可搬型フィルタ、可搬型排風機、可搬型ダクトを建屋換気設備に接続し、主排気筒から大気中へ放射性物質を管理放出するための準備作業を貯槽等の水素濃度が未然防止濃度に到達す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から大気中への放射性物質の放出量を低減できる。仮に水素爆発を想定した場合の大気中へ放出される放射性物質の放出量と、水素爆発の再発を防止するための空気の供給により大気中へ放出される放射性物質の放出量の合計値（セシウム-137換算）は、5建屋合計で約 3×10^{-3} TBq である。

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項目となるパラメータに与える影響は無視できる又は小さいことを確認した。

また、「地震」とは異なる特徴を有する「火山」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。

「火山」を要因とした場合には、建屋外における水素爆発の拡大防止対策の準備に要する時間に与える影響及び水素爆発の拡大防止対策の維持に与える影響を分析し、降灰予報を受けて建屋外作業に着手すること及び除灰作業を織り込んだ作業計画を整備していることで、水素爆発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、水素爆発の発生が想定される5建屋、51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、水素爆発の発生が想定される機器に接続する安全機能を有する機器が、損傷又は機能劣化することはなく、他の重大事故等が連鎖して発生することがないことを確認した。

以上のことから、水素爆発を未然に防止するための空気の供給が機能しなかったとしても水素爆発の再発を防止するための空気の供給により水素爆発が発生するおそれがない状態を維持することができ、事態を収束させることができる。また、有効性評価で示す大気中への放射性物質の放出量は妥当であると考えられ、大気中への異常な水準の放出を防止することができる。

以上より、「8.2.2.1 (5) 判断基準」を満足する。

8.3 水素爆発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

水素爆発の発生防止対策及び拡大防止対策に必要な要員及び資源を以下に示す。

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

(1) 必要な要員の評価

水素爆発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、同時に作業する要員が最も多い時の要員数は、85名であり、水素爆発の発生防止対策及び拡大防止対策に必要な要員は122名である。

「地震」とは異なる環境条件をもたらす可能性のある外的事象の「火山」を要因とした場合、同時に作業する要員が最も多い時の要員数は、85名であり、水素爆発の発生防止対策及び拡大防止対策に必要な要員は122名である。

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、「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、必要な要員は合計122名以内である。

以上より、水素爆発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122名となる。

(2) 必要な資源の評価

水素爆発の発生防止対策及び拡大防止対策に必要な燃料及び電源を以下に示す。

i. 燃料

水素爆発の発生防止対策及び拡大防止対策に使用する可搬型空気圧縮機は、7日間の対応を考慮すると、運転継続に以下の軽油が必要である。

容量約450m³/hの可搬型空気圧縮機は、3台による7日間の対応を考慮し、運転継続に約4.7m³の軽油が必要である。

容量約220m³/hの可搬型空気圧縮機は、1台による7日間の対応を考慮し、運転継続に約1.4m³の軽油が必要である。

全ての建屋の水素爆発の発生防止対策及び拡大防止対策の7日間の対応を考慮した場合、運転継続に必要な軽油については、合計約6m³の軽油が必要である。

また、水素爆発の拡大防止対策に使用する可搬型発電機は、7日間の対応を考慮すると、運転継続に合計約12m³の軽油が必要である。

前処理建屋	約2.5m 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理建屋	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

以上より、全ての建屋の水素爆発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18m³である。

軽油貯蔵タンクにて約400m³の軽油を保有しており、この使用が可能であることから、水素爆発の発生防止対策及び拡大防止対策について、7日間の継続が可能である。

【補足説明資料8-15】

iii. 電源

前処理建屋可搬型発電機の電源負荷については、前処理建屋における水素爆発の拡大防止対策に必要な負荷として、重大事故等対処施設の可搬型排風機の約5.2 kVAであり、必要な給電容量は、可搬型排風機の起動時を考慮しても約39 kVAである。

分離建屋可搬型発電機の電源負荷については、分離建屋における水素爆発の拡大防止対策に必要な負荷として、重大事故等対処施設の可搬型排風機の約5.2 kVAであり、必要な給電容量は、可搬型排風機の起動時を考慮しても約39 kVAである。

ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋可搬型発電機の電源負荷については、精製建屋及びウラン・プルトニウム混合脱硝建屋における水素爆発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重大事故等対処施設の可搬型排風機の約11 kVAであり、可搬型排風機1台運転中にもう1台の可搬型排風機の起動時を考慮すると約45 kVAの給電が必要である。機器の起動については、起動の順番を決め、同時起動しないようにしているが、仮に可搬型排風機の同時起動時を考慮した場合、約78 kVAの給電が必要である。

高レベル廃液ガラス固化建屋可搬型発電機の電源負荷については、高レベル廃液ガラス固化建屋における水素爆発の拡大防止対策に必要な負荷として、重大事故等対処施設の可搬型排風機の約5.2 kVAであり、必要な給電容量は、可搬型排風機の起動時を考慮しても約39 kVAである。

各可搬型発電機（前処理建屋可搬型発電機、分離建屋可搬型発電機、ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋可搬型発電機、高レベル廃液ガラ

ス固化建屋可搬型発電機) の供給容量は約80 k V Aあり, 必要負荷に対しての電源供給が可能である。

【補足説明資料 8 - 15】

8.4 参考文献

- (1) 産業安全技術協会. “水素混合ガスの安全性に関する研究 (I)”. 研究開発成果検索・閲覧システム (JOPSS). 日本原子力研究開発機構.
<http://jolissrch-inter.tokai-sc.jaea.go.jp/pdfdata/PNC-TJ8655-96-001.pdf>, (参照 2016-10-23).
- (2) 新エネルギー・産業技術総合開発機構. “水素の有効利用ガイドブック”. 日本産業・医療ガス協会.
<http://www.jimga.or.jp/front/bin/ptlist.phtml?Category=7130>, (参照 2016-10-23).
- (3) 柳生昭三, 松田東栄. 産業安全研究所研究報告 水素の爆発危険性についての研究 (第 2 報) 水素 - 空気混合物の爆発圧力. 労働省産業安全研究所, 1973-03, RIIS-RR-21-4.
- (4) HIROSHI KINUHATA et al. STUDY ON THE BEHAVIOR OF RADIOLYTICALLY PRODUCED HYDROGEN IN A HIGH-LEVEL LIQUID WASTE TANK OF A REPROCESSING PLANT : COMPARISON BETWEEN ACTUAL AND SIMULATED SOLUTIONS. Nuclear Technology. 2015-11, vol. 192, no. 2.
- (5) HIROSHI KINUHATA et al. THE BEHAVIOR OF RADIOLYTICALLY PRODUCED HYDROGEN IN A HIGH-LEVEL LIQUID WASTE TANK OF A REPROCESSING PLANT : HYDROGEN CONCENTRATION IN THE VENTILATED TANK AIR. Nuclear Technology. 2015-02, vol. 189, no. 2.
- (6) IAEA. Generic Procedures for Assessment and Response during a Radiological Emergency. 2000-08, IAEA-TECDOC-1162.

- (7) 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.
- (8) F. J. Herrmann, E. Lang, J. Furrer, E. Henrich “Some Aspects of Aerosol Production and Removal During Spent Fuel Processing Steps” ,16th DOE Nuclear Air Cleaning Conference, San Diego, California, 20-23 October 1980
- (9) Science Applications International. Nuclear Fuel Cycle Facility Accident Analysis Handbook. United States Nuclear Regulatory Commission, 1998-03, NUREG/CR-6410.
- (10) 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. <https://confit.atlas.jp/guide/event/aesj2016s/proceedings/list>, (参照 2016-10-23).

第 8 - 1 表 水素爆発を想定する機器

建屋	施設名	設備名	機器名
前処理建屋	溶解施設	溶解設備	ハル洗浄槽 中間ポット 水バッファ槽
		清澄・計量設備	中継槽* 不溶解残渣回収槽 リサイクル槽 計量前中間貯槽* 計量・調整槽* 計量補助槽* 計量後中間貯槽*
分離建屋	分離施設	分離設備	溶解液中間貯槽* 溶解液供給槽* 抽出塔 第1洗浄塔 第2洗浄塔 T B P 洗浄塔 抽出廃液受槽* 抽出廃液中間貯槽* 抽出廃液供給槽*
		分配設備	プルトニウム分配塔 ウラン洗浄塔 プルトニウム洗浄器 プルトニウム溶液受槽* プルトニウム溶液中間貯槽*

(つづき)

建屋	施設名	設備名	機器名
分離建屋	分離施設	分離建屋一時貯留処理設備	第1一時貯留処理槽 第2一時貯留処理槽* 第3一時貯留処理槽* 第4一時貯留処理槽* 第5一時貯留処理槽 第6一時貯留処理槽 第7一時貯留処理槽 第8一時貯留処理槽 第9一時貯留処理槽 第10一時貯留処理槽
精製建屋	精製施設	プルトニウム精製設備	プルトニウム溶液供給槽* 抽出塔 核分裂生成物洗浄塔 逆抽出塔 ウラン洗浄塔 補助油水分離槽 T B P 洗浄器 プルトニウム溶液受槽* 油水分離槽* プルトニウム濃縮缶供給槽* プルトニウム濃縮缶* プルトニウム溶液一時貯槽* プルトニウム濃縮液受槽* プルトニウム濃縮液計量槽* プルトニウム濃縮液中間貯槽* プルトニウム濃縮液一時貯槽* リサイクル槽* 希釈槽*
		精製建屋一時貯留処理設備	第1一時貯留処理槽 第2一時貯留処理槽* 第3一時貯留処理槽* 第4一時貯留処理槽 第7一時貯留処理槽*

(つづき)

建屋	施設名	設備名	機器名
分離建屋	酸及び溶媒の回収施設	溶媒回収設備 溶媒再生系 分離・分配系	第1洗浄器
ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋	脱硝施設	ウラン・プルトニウム混合脱硝設備	硝酸プルトニウム貯槽* 混合槽* 一時貯槽*
分離建屋	液体廃棄物の廃棄施設	高レベル廃液処理設備	高レベル廃液濃縮設備 高レベル廃液供給槽 高レベル廃液濃縮缶* 高レベル廃液貯蔵設備 高レベル濃縮廃液貯槽* 不溶解残渣廃液貯槽 不溶解残渣廃液一時貯槽 高レベル濃縮廃液一時貯槽* 高レベル廃液共用貯槽*
高レベル廃液ガラス固化建屋			
高レベル廃液ガラス固化建屋	固体廃棄物の廃棄施設	高レベル廃液ガラス固化設備	高レベル廃液混合槽* 供給液槽* 供給槽*

注) *印の機器は、重大事故の水素爆発を想定する機器である。

第 8.1.1-1 表 水素爆発を未然に防止するための空気の供給における手順及び設備の関係

	判断及び操作	手順	重大事故等対処施設		
			常設重大事故等対処設備※	可搬型重大事故等対処設備	計装設備
a.	水素爆発を未然に防止するための空気の供給の実施判断	<ul style="list-style-type: none"> 安全圧縮空気系の空気圧縮機が多重故障し、安全圧縮空気系の水素掃気機能が喪失した場合、空気圧縮機を冷却する安全冷却水系の冷却塔又は外部ループの冷却水循環ポンプが多重故障し、安全圧縮空気系の水素掃気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、又は、第2非常用ディーゼル発電機を運転できたにもかかわらず安全圧縮空気系の空気圧縮機の運転を継続できない場合は、重大事故等対策として以下の d. に移行する。 	—	—	—

(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
b.	圧縮空気貯槽及び圧縮空気ユニットからの圧縮空気の供給	<ul style="list-style-type: none"> ・ 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いて安全圧縮空気系の水素掃気機能が喪失し，系統内の圧力が低下した場合は，圧縮空気貯槽及び圧縮空気ユニットから第8-1表に示す機器のうち分離建屋，精製建屋及びウラン・プルトニウム混合脱硝建屋の水素爆発を想定する機器へ自動で圧縮空気が供給される。 ・ 本対策において確認が必要な監視項目は圧縮空気貯槽及び圧縮空気ユニットの圧力である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 圧縮空気貯槽 ・ 圧縮空気ユニット ・ 各建屋の水素爆発対象機器 ・ 各建屋の水素掃気配管 	—	<ul style="list-style-type: none"> ・ 可搬型圧縮空気貯槽圧力計 ・ 可搬型圧縮空気ユニット圧力計

(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
c.	予備圧縮空気ユニットからの圧縮空気の供給	<ul style="list-style-type: none"> ・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いて安全圧縮空気系の水素掃気機能が喪失し，さらに圧縮空気貯槽及び圧縮空気ユニットからの圧縮空気機能に期待せず，系統内の圧力が低下した場合は，予備圧縮空気ユニットから第8-1表に示す機器のうち分離建屋，精製建屋及びウラン・プルトニウム混合脱硝建屋に設置される可搬型空気圧縮機からの空気の供給開始前に未然防止濃度に至る可能性のある貯槽等へ自動で圧縮空気が供給される。 ・本対策において確認が必要な監視項目は予備圧縮空気ユニットの圧力である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・予備圧縮空気ユニット ・各建屋の水素爆発対象機器 ・各建屋の水素掃気配管 	—	<ul style="list-style-type: none"> ・可搬型予備圧縮空気ユニット圧力計

(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
d.	代替安全圧縮空気系の水素掃気配管又は機器圧縮空気供給配管からの圧縮空気の供給	<ul style="list-style-type: none"> 代替安全圧縮空気系の水素掃気配管又は機器圧縮空気供給配管に、建屋外の可搬型空気圧縮機を、可搬型個別供給用建屋外ホース、可搬型個別供給用建屋内ホース、可搬型建屋外ホース、可搬型建屋内ホース及び圧縮空気供給系により接続し、第8-1表に示す機器へ圧縮空気を供給する。圧縮空気を供給するための接続口をそれぞれ互いに異なる複数の場所に設置することにより、信頼性の向上を図る。 本対策の圧縮空気の供給は、可搬型排風機を起動した後に実施する。設計基準を超える条件より厳しい条件としての外部事象の「火山」を条件として水素掃気機能が喪失することが考えられる場合には、降灰により可搬型空気圧縮機が機能喪失することを防止するため、あらかじめ可搬型空気圧縮機は各建屋内に配置する。 	<ul style="list-style-type: none"> 各建屋の水素掃気配管 各建屋の機器圧縮空気供給配管 圧縮空気供給系 	<ul style="list-style-type: none"> 可搬型空気圧縮機 可搬型個別供給用建屋外ホース 可搬型個別供給用建屋内ホース 可搬型建屋外ホース 可搬型建屋内ホース 	—

(つづき)

	判断及び操作	手順	重大事故等対処施設		
			常設重大事故等対処設備※	可搬型重大事故等対処設備	計装設備
d.	代替安全圧縮空気系の水素掃気配管又は機器圧縮空気供給配管からの圧縮空気の供給	<ul style="list-style-type: none"> 本対策において確認が必要な監視項目は、第8-1表に示す機器に供給される圧縮空気の流量、圧縮空気供給圧力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における廃ガスの流量である。 	—	—	<ul style="list-style-type: none"> 可搬型貯槽掃気圧縮空気流量計 可搬型水素掃気系統圧縮空気圧力計 可搬型かくはん系統圧縮空気圧力計 可搬型セル導出ユニット流量計
e.	代替安全圧縮空気系の水素掃気配管又は機器圧縮空気供給配管からの圧縮空気の供給による水素掃気機能維持の判断	<ul style="list-style-type: none"> 第8-1表に示す機器に供給する圧縮空気の流量を、代替安全圧縮空気系の水素掃気配管、機器圧縮空気供給配管、可搬型個別供給用建屋内ホース又は可搬型建屋内ホースに接続する可搬型貯槽掃気圧縮空気流量計により確認し、水素掃気機能が維持されていることを判断する。 水素掃気機能が維持されていることを判断するために確認が必要な監視項目は、第8-1表に示す機器に供給される圧縮空気の流量である。 	—	—	<ul style="list-style-type: none"> 可搬型貯槽掃気圧縮空気流量計

(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
f.	可搬型水素濃度計の設置	<ul style="list-style-type: none"> 水素濃度の測定対象の貯槽等の水素濃度を測定及び監視するため、可搬型水素濃度計を測定対象の貯槽等に接続している水素掃気配管及び計測制御系統施設の計測制御設備に設置する。 水素濃度の測定対象の貯槽等は、水素爆発が発生した場合の主排気筒から大気中への放射性物質の放出量が多い貯槽等を候補とし、水素掃気機能の喪失直前の液位情報を基に選定する。また、貯槽等の水素濃度の測定は、上記 d. の作業の後に実施する。 	<ul style="list-style-type: none"> 水素掃気配管（精製建屋） 	—	<ul style="list-style-type: none"> 計測制御設備 可搬型水素濃度計

※下線が引かれているものは新規設置設備

第 8.1.2-1 表 有効性評価に係る主要評価条件（前処理建屋）

建屋	機器名	水相						有機相						評価用 空間容 量 (m ³)
		液量 (m ³)	NO ₃ ⁻ 濃度 (mol /L)	崩壊熱密度		G 値		液量 (m ³)	崩壊熱密度		G 値			
				α (W/m ³)	β γ (W/m ³)	α	β γ		α (W/m ³)	β γ (W/m ³)	α	β γ		
													(Molecules /100 eV)	
前処理 建屋	ハル洗浄槽	0.020	0.0	1.2×10 ¹	1.1×10 ²	1.4	0.45	—	—	—	—	—	0.038	
	水バッファ槽	■	0.0	6.2	1.4×10 ¹	1.4	0.45	—	—	—	—	—	0.69	
	中間ポット	■	3.0	1.7×10 ²	4.4×10 ²	0.11	0.042	—	—	—	—	—	0.060	
	中継槽	7.0	3.0	1.7×10 ²	4.4×10 ²	0.11	0.042	—	—	—	—	—	2.7	
	リサイクル槽	2.0	3.0	1.7×10 ²	4.4×10 ²	0.11	0.042	—	—	—	—	—	0.47	
	不溶解残渣回収槽	5.0	0.17	1.7×10 ⁻²	3.3	0.86	0.24	—	—	—	—	—	2.4	
	計量前中間貯槽	25	3.0	1.7×10 ²	4.4×10 ²	0.11	0.042	—	—	—	—	—	7.8	
	計量・調整槽	25	3.0	1.2×10 ²	3.5×10 ²	0.11	0.042	—	—	—	—	—	7.8	
	計量後中間貯槽	25	3.0	1.2×10 ²	3.5×10 ²	0.11	0.042	—	—	—	—	—	7.8	
	計量補助槽	7.0	3.0	1.2×10 ²	3.5×10 ²	0.11	0.042	—	—	—	—	—	1.6	

■ については商業機密の観点から公開できません。

第 8.1.2-2 表 有効性評価に係る主要評価条件（分離建屋）

建屋	機器名	水相						有機相						評価用 空間容量 (m ³)
		液量 (m ³)	NO ₃ ⁻ 濃度 (mol/L)	崩壊熱密度		G 値		液量 (m ³)	崩壊熱密度		G 値			
				α (W/m ³)	$\beta \gamma$ (W/m ³)	α	$\beta \gamma$		α	$\beta \gamma$				
											(Molecules/100eV)		(Molecules/100eV)	
分離 建屋	抽出塔	■	3.0	7.9×10 ¹	3.2×10 ²	0.11	0.042	■	3.8×10 ¹	1.8×10 ¹	3.0	3.0	0.22	
	第1洗浄塔	■	3.0	2.9×10 ¹	8.6×10 ¹	0.11	0.042	■	3.8×10 ¹	1.8×10 ¹	3.0	3.0	0.22	
	第2洗浄塔	■	4.2	1.1×10 ¹	1.1	0.059	0.034	■	3.1×10 ¹	3.5×10 ⁻¹	3.0	3.0	0.22	
	TBP洗浄塔	■	2.8	4.1×10 ¹	3.2×10 ²	0.11	0.044	■	—	2.2	—	7.0	0.058	
	溶解液中間貯槽	25	3.0	1.2×10 ²	3.5×10 ²	0.11	0.042	—	—	—	—	—	11	
	溶解液供給槽	6.0	3.0	1.2×10 ²	3.5×10 ²	0.11	0.042	—	—	—	—	—	2.3	
	抽出廃液受槽	15	2.8	4.1×10 ¹	2.5×10 ²	0.11	0.044	—	—	—	—	—	4.4	
	抽出廃液中間貯槽	20	2.8	4.1×10 ¹	2.5×10 ²	0.11	0.044	—	—	—	—	—	4.1	
	抽出廃液供給槽	60	2.6	4.1×10 ¹	2.5×10 ²	0.12	0.045	—	—	—	—	—	18	
	プルトニウム分配塔	■	1.5	2.9×10 ²	5.2×10 ⁻¹	0.22	0.065	■	3.5×10 ¹	1.7×10 ⁻¹	3.0	3.0	0.29	
	ウラン洗浄塔	■	1.5	2.9×10 ²	5.2×10 ⁻¹	0.22	0.065	■	8.1×10 ¹	1.4×10 ⁻¹	3.0	3.0	0.049	
	プルトニウム洗浄器	■	0.5	3.8	4.6×10 ⁻¹	0.63	0.16	■	3.5	1.6×10 ⁻¹	3.0	3.0	1.1	
	プルトニウム溶液受槽	3.0	1.7	2.4×10 ²	—	0.19	—	—	—	—	—	—	0.15	
	プルトニウム溶液中間貯槽	3.0	1.7	2.4×10 ²	—	0.19	—	—	—	—	—	—	0.15	
	第1一時貯留処理槽	■	3.0	7.9×10 ¹	3.2×10 ²	0.11	0.042	■	3.8×10 ¹	1.8×10 ¹	3.0	3.0	0.15	
	第2一時貯留処理槽	3.0	1.5	2.9×10 ²	5.2×10 ⁻¹	0.22	0.065	—	—	—	—	—	0.15	
	第3一時貯留処理槽	20	3.0	8.9×10 ¹	3.2×10 ²	0.11	0.042	—	—	—	—	—	11	
	第4一時貯留処理槽	20	2.8	4.9×10 ¹	3.2×10 ²	0.11	0.044	—	—	—	—	—	11	
	第5一時貯留処理槽	—	—	—	—	—	—	3.0	4.3×10 ⁻¹	1.8×10 ¹	3.0	3.0	0.15	
	第6一時貯留処理槽	■	2.8	2.0×10 ²	1.3×10 ³	0.11	0.044	■	2.6	7.1×10 ¹	3.0	3.0	1.0	
	第7一時貯留処理槽	■	3.0	8.9×10 ¹	3.2×10 ²	0.11	0.042	—	—	—	—	—	0.020	
	第8一時貯留処理槽	■	1.5	2.9×10 ²	5.2×10 ⁻¹	0.22	0.065	■	3.5×10 ¹	1.7×10 ⁻¹	3.0	3.0	0.070	
	第9一時貯留処理槽	—	—	—	—	—	—	10	4.3×10 ⁻¹	1.8×10 ¹	3.0	3.0	3.6	
	第10一時貯留処理槽	■	0.15	1.2×10 ⁻²	3.8×10 ⁻¹	0.89	0.30	■	1.4×10 ⁻²	3.5×10 ⁻²	3.0	3.0	3.6	
	第1洗浄器	■	0.15	—	5.3×10 ⁻¹	—	0.30	■	—	2.9×10 ⁻²	—	3.0	1.9	
	高レベル廃液供給槽	20	2.6	1.7×10 ¹	1.1×10 ²	0.12	0.046	—	—	—	—	—	4.5	
	高レベル廃液濃縮缶	22	2.0	5.0×10 ²	3.2×10 ³	0.17	0.053	—	—	—	—	—	31	

■ については商業機密の観点から公開できません。

第 8.1.2-3 表 有効性評価に係る主要評価条件（精製建屋）

建屋	機器名	水相						有機相						評価用 空間容量 (m ³)
		液量 (m ³)	NO ₃ ⁻ 濃度 (mol /L)	崩壊熱密度		G 値		液量 (m ³)	崩壊熱密度		G 値			
				α (W/m ³)	β γ (W/m ³)	α (Molecules /100eV)	β γ (Molecules /100eV)		α (W/m ³)	β γ (W/m ³)	α (Molecules /100eV)	β γ (Molecules /100eV)		
精製 建屋	プルトニウム溶液供給槽	■	1.7	2.4×10 ²	—	0.19	—	—	—	—	—	—	0.26	
	抽出塔	■	4.3	1.8×10 ²	—	0.060	—	■	3.9×10 ²	—	3.0	—	0.019	
	核分裂生成物洗浄塔	■	1.0	9.0×10 ¹	—	0.43	—	■	3.9×10 ²	—	3.0	—	0.019	
	逆抽出塔	■	0.27	9.3×10 ²	—	0.77	—	■	4.2×10 ²	—	3.0	—	0.019	
	ウラン洗浄塔	■	0.91	9.3×10 ²	—	0.46	—	■	4.4×10 ²	—	3.0	—	0.0016	
	補助油水分離槽	■	0.91	9.3×10 ²	—	0.46	—	—	—	—	—	—	0.0076	
	TBP 洗浄器	■	0.91	9.3×10 ²	—	0.46	—	■	3.5	—	7.0	—	0.059	
	プルトニウム溶液受槽	■	1.5	9.3×10 ²	—	0.20	—	—	—	—	—	—	0.088	
	油水分離槽	■	1.5	9.3×10 ²	—	0.20	—	—	—	—	—	—	0.11	
	プルトニウム濃縮缶供給槽	3.0	1.5	9.3×10 ²	—	0.20	—	—	—	—	—	—	0.18	
	プルトニウム溶液一時貯槽	3.0	1.5	9.3×10 ²	—	0.20	—	—	—	—	—	—	0.19	
	プルトニウム濃縮缶	■	7.0	8.6×10 ³	—	0.048	—	—	—	—	—	—	0.24	
	プルトニウム濃縮液受槽	■	7.0	8.6×10 ³	—	0.048	—	—	—	—	—	—	0.13	
	プルトニウム濃縮液一時貯槽	1.5	7.0	8.6×10 ³	—	0.048	—	—	—	—	—	—	0.10	
	プルトニウム濃縮液計量槽	■	7.0	8.6×10 ³	—	0.048	—	—	—	—	—	—	0.13	
	リサイクル槽	■	7.0	8.6×10 ³	—	0.048	—	—	—	—	—	—	0.13	
	希釈槽	2.5	1.5	9.3×10 ²	—	0.20	—	—	—	—	—	—	0.11	
	プルトニウム濃縮液中間貯槽	■	7.0	8.6×10 ³	—	0.048	—	—	—	—	—	—	0.13	
	第 1 一時貯留処理槽	■	1.5	4.3×10 ¹	—	0.23	—	■	2.5×10 ²	—	3.0	—	0.12	
	第 2 一時貯留処理槽	■	1.5	4.1×10 ²	—	0.23	—	■	3.7×10 ¹	—	3.0	—	0.12	
第 3 一時貯留処理槽	3.0	1.5	4.1×10 ²	—	0.23	—	—	—	—	—	—	0.18		
第 4 一時貯留処理槽	—	—	—	—	—	—	■	3.7	—	3.0	—	0.13		
第 7 一時貯留処理槽	■	1.5	3.3×10 ²	—	0.23	—	—	—	—	—	—	2.8		

■については商業機密の観点から公開できません。

第 8.1.2-4 表 有効性評価に係る主要評価条件（ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋）

建屋	機器名	水相						有機相						評価用 空間容量 (m ³)
		液量 (m ³)	NO ₃ ⁻ 濃度 (mol/L)	崩壊熱密度		G 値		液量 (m ³)	崩壊熱密度		G 値			
				α (W/m ³)	β γ (W/m ³)	α	β γ		α (W/m ³)	β γ (W/m ³)	α	β γ		
						(Molecules / 100 eV)					(Molecules / 100 eV)			
ウラン・ プルトニウム混合 脱硝建屋	硝酸プルトニウム貯槽	1.0	7.0	8.6×10 ³	—	0.048	—	—	—	—	—	—	0.33	
	混合槽	1.0	4.3	5.3×10 ³	—	0.059	—	—	—	—	—	—	0.33	
	一時貯槽	1.0	7.0	8.6×10 ³	—	0.048	—	—	—	—	—	—	0.33	

第 8.1.2-5 表 有効性評価に係る主要評価条件（高レベル廃液ガラス固化建屋）

建屋	機器名	水相						有機相						評価用 空間容量 (m ³)
		液量 (m ³)	NO ₃ ⁻ 濃度 (mol/L)	崩壊熱密度		G 値		液量 (m ³)	崩壊熱密度		G 値			
				α (W/m ³)	β γ (W/m ³)	α	β γ		α (W/m ³)	β γ (W/m ³)	α	β γ		
						(Molecules / 100 eV)					(Molecules / 100 eV)			
高レベル 廃液 ガラス 固化建 屋	高レベル濃縮廃液貯槽	120	2.0	4.4×10 ²	2.8×10 ³	0.0085	0.0030	—	—	—	—	—	—	12
	高レベル濃縮廃液一時貯槽	25	2.0	5.0×10 ²	3.2×10 ³	0.0085	0.0030	—	—	—	—	—	—	7.6
	不溶解残渣廃液一時貯槽	5.0	0.17	1.7×10 ⁻²	3.3	0.86	0.24	—	—	—	—	—	—	3.8
	不溶解残渣廃液貯槽	70	0.090	7.5×10 ⁻³	1.5	0.97	0.30	—	—	—	—	—	—	20
	高レベル廃液共用貯槽 (高レベル濃縮廃液貯蔵時)	120	2.0	4.4×10 ²	2.8×10 ³	0.0085	0.0030	—	—	—	—	—	—	7.3
	高レベル廃液共用貯槽 (不溶解残渣廃液貯蔵時)	70	0.090	7.5×10 ⁻³	1.5	0.97	0.30	—	—	—	—	—	—	57
	高レベル廃液混合槽	20	1.0	5.0×10 ²	3.2×10 ³	0.014	0.0050	—	—	—	—	—	—	7.9
	供給液槽	5.0	1.0	5.0×10 ²	3.2×10 ³	0.014	0.0050	—	—	—	—	—	—	3.3
	供給槽	2.0	1.0	5.0×10 ²	3.2×10 ³	0.014	0.0050	—	—	—	—	—	—	1.1

第8.1.2-6表 水素爆発への対処に使用する設備

機器 グループ	設備		発生防止対策	拡大防止対策	
	設備名称	構成する機器		水素爆発の再発を防止するための空気の供給	セルへの導出経路の構築及びセル排気系を代替する排気系による対応
前処理建屋 水素爆発	代替安全圧縮 空気系	水素掃気配管・弁[流路]	○	×	×
		可搬型空気圧縮機	○	○	×
		可搬型一括供給用建屋外ホース[流路]	×	×	×
		可搬型一括供給用建屋内ホース[流路]	×	×	×
		可搬型個別供給用建屋外ホース[流路]	○	○	×
		可搬型個別供給用建屋内ホース[流路]	○	○	×
	機器圧縮空気供給配管・弁[流路]	○	○	×	
	清澄・計量設 備	中継槽	○	○	○
		中継槽(水素掃気配管)	○	×	×
		計量前中間貯槽	○	○	○
		計量前中間貯槽(水素掃気配管)	○	×	×
		計量後中間貯槽	○	○	○
		計量後中間貯槽(水素掃気配管)	○	×	×
		計量・調整槽	○	○	○
		計量・調整槽(水素掃気配管)	○	×	×
	前処理建屋 代替塔槽類廃 ガス処理設備	計量補助槽	○	○	○
		計量補助槽(水素掃気配管)	○	×	×
		配管・弁[流路]	×	×	○
		隔離弁	×	×	○
		廃ガス洗浄塔シール ボット	×	×	○
		塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出する ユニット	×	×	○
	前処理建屋 代替換気設備	塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出する ユニット(フィルタ)	×	×	○
		可搬型ダクト[流路]	×	×	○
		ダクト・ダンパ[流路]	×	×	○
		主排気筒へ排出するユニット	×	×	○
		可搬型フィルタ	×	×	○
		可搬型ダクト[流路]	×	×	○
	主排気筒	可搬型排風機	×	×	○
		主排気筒	×	×	○
	代替所内電源 系統	可搬型発電機	×	×	○
		重大事故対処用母線	×	×	○
		軽油貯蔵タンク	○	○	○
	重大事故等対 処計装設備	軽油用タンク ローリ	○	○	○
		可搬型貯槽掃気圧縮空気流量計	○	○	×
		可搬型水素掃気系統圧縮空気圧力計	○	○	×
		可搬型セル導出ユニット流量計	○	○	×
		可搬型水素濃度計	○	○	○
		可搬型廃ガス洗浄塔入口圧力計	×	×	○
		可搬型導出先セル圧力計	×	×	○
		可搬型セル導出ユニットフィルタ差圧計	×	×	○
可搬型フィルタ差圧計	×	×	○		

第8.1.2-6表 水素爆発への対処に使用する設備

(つづき)

機器 グループ	設備		発生防止対策	拡大防止対策	
	設備名称	構成する機器		水素爆発を未然に防止するための空気の供給	水素爆発の再発を防止するための空気の供給
分離建屋 水素爆発	代替安全圧縮 空気系	水素掃気配管・弁[流路]	○	×	×
		可搬型空気圧縮機	○	○	×
		可搬型建屋外ホース[流路]	○	○	×
		可搬型建屋内ホース[流路]	○	○	×
		圧縮空気貯槽	○	×	×
		予備圧縮空気ユニット	○	×	×
		手動圧縮空気ユニット	×	○	×
		圧縮空気供給系[流路]	○	○	×
		機器圧縮空気供給配管・弁[流路]	○	○	×
	分離設備	溶解液中間貯槽	○	○	○
		溶解液中間貯槽(水素掃気配管)	○	×	×
		溶解液供給槽	○	○	○
		溶解液供給槽(水素掃気配管)	○	×	×
		抽出廃液受槽	○	○	○
		抽出廃液受槽(水素掃気配管)	○	×	×
		抽出廃液中間貯槽	○	○	○
		抽出廃液中間貯槽(水素掃気配管)	○	×	×
		抽出廃液供給槽	○	○	○
	分配設備	プルトニウム溶液受槽	○	○	○
		プルトニウム溶液受槽(水素掃気配管)	○	×	×
		プルトニウム溶液中間貯槽	○	○	○
		プルトニウム溶液中間貯槽(水素掃気配管)	○	×	×
	分離建屋一時 貯留処理設備	第2一時貯留処理槽	○	○	○
		第2一時貯留処理槽(水素掃気配管)	○	×	×
		第3一時貯留処理槽	○	○	○
		第3一時貯留処理槽(水素掃気配管)	○	×	×
		第4一時貯留処理槽	○	○	○
	高レベル廃液 濃縮系	高レベル廃液濃縮缶	○	○	○
		高レベル廃液濃縮缶(水素掃気配管)	○	×	×
	分離建屋 代替塔槽類廃 ガス処理設備	配管・弁[流路]	×	×	○
		隔離弁	×	×	○
		廃ガスリーフポット	×	×	○
		塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出する ユニット	×	×	○
	分離建屋 代替換気設備	塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出する ユニット(フィルタ)	×	×	○
		ダクト・ダンパ[流路]	×	×	○
		可搬型フィルタ	×	×	○
		可搬型ダクト[流路]	×	×	○
	主排気筒	可搬型排風機	×	×	○
		主排気筒	×	×	○
	代替所内電源 系統	可搬型発電機	×	×	○
		重大事故対処用母線	×	×	○
		軽油貯蔵タンク	○	○	○
軽油用タンクローリ		○	○	○	
重大事故等対 処計装設備	可搬型圧縮空気貯槽圧力計	○	×	×	
	可搬型予備圧縮空気ユニット圧力計	○	×	×	
	可搬型手動圧縮空気ユニット接続系統 圧力計	×	○	×	
	可搬型貯槽掃気圧縮空気流量計	○	○	×	
	可搬型水素掃気系統圧縮空気圧力計	○	×	×	
	可搬型セル導出ユニット流量計	○	○	×	
	可搬型水素濃度計	○	○	○	
	可搬型導出先セル圧力計	×	×	○	
可搬型セル導出ユニットフィルタ差圧計	×	×	○		
可搬型フィルタ差圧計	×	×	○		

第8.1.2-6表 水素爆発への対処に使用する設備

(つづき)

機器 グループ	設備		発生防止対策	拡大防止対策	
	設備名称	構成する機器		水素爆発を未然に防止するための空気の供給	水素爆発の再発を防止するための空気の供給
代替安全圧縮空気系		水素掃気配管・弁〔流路〕	○	×	×
		可搬型空気圧縮機	○	○	×
		可搬型建屋外ホース〔流路〕	○	○	×
		可搬型建屋内ホース〔流路〕	○	○	×
		圧縮空気貯槽	○	×	×
		予備圧縮空気ユニット	○	×	×
		手動圧縮空気ユニット	×	○	×
		圧縮空気供給系〔流路〕	○	○	×
		機器圧縮空気供給配管・弁〔流路〕	○	○	×
	ブルトニウム精製設備		ブルトニウム溶液供給槽	○	○
		ブルトニウム溶液供給槽(水素掃気配管)	○	×	×
		ブルトニウム溶液受槽	○	○	○
		ブルトニウム溶液受槽(水素掃気配管)	○	×	×
		油水分離槽	○	○	○
		油水分離槽(水素掃気配管)	○	×	×
		ブルトニウム濃縮缶供給槽	○	○	○
		ブルトニウム濃縮缶供給槽(水素掃気配管)	○	×	×
		ブルトニウム溶液一時貯槽	○	○	○
		ブルトニウム溶液一時貯槽(水素掃気配管)	○	×	×
		ブルトニウム濃縮缶	○	○	○
		ブルトニウム濃縮缶(水素掃気配管)	○	×	×
		ブルトニウム濃縮液受槽	○	○	○
		ブルトニウム濃縮液受槽(水素掃気配管)	○	×	×
		ブルトニウム濃縮液一時貯槽	○	○	○
		ブルトニウム濃縮液一時貯槽(水素掃気配管)	○	×	×
		ブルトニウム濃縮液計量槽	○	○	○
		ブルトニウム濃縮液計量槽(水素掃気配管)	○	×	×
		リサイクル槽	○	○	○
		リサイクル槽(水素掃気配管)	○	×	×
	希釈槽	○	○	○	
	希釈槽(水素掃気配管)	○	×	×	
	ブルトニウム濃縮液中間貯槽	○	○	○	
	ブルトニウム濃縮液中間貯槽(水素掃気配管)	○	×	×	
精製建屋水素爆発	精製建屋一時貯留処理設備	第2一時貯留処理槽	○	○	○
		第2一時貯留処理槽(水素掃気配管)	○	×	×
		第3一時貯留処理槽	○	○	○
		第3一時貯留処理槽(水素掃気配管)	○	×	×
		第7一時貯留処理槽	○	○	○
		第7一時貯留処理槽(水素掃気配管)	○	×	×
		配管・弁〔流路〕	×	×	○
精製建屋代替塔槽類廃ガス処理設備	隔離弁	×	×	○	
	廃ガスポット	×	×	○	
	塔槽類廃ガス処理設備の塔槽類廃ガス処理系(ブルトニウム系)からセルに導出するユニット	×	×	○	
	塔槽類廃ガス処理設備の塔槽類廃ガス処理系(ブルトニウム系)からセルに導出するユニット(フィルタ)	×	×	○	
精製建屋代替換気設備	ダクト・ダンパ〔流路〕	×	×	○	
	可搬型フィルタ	×	×	○	
	可搬型ダクト〔流路〕	×	×	○	
	可搬型排風機	×	×	○	
主排気筒	主排気筒	×	×	○	
代替所内電源系統	可搬型発電機	×	×	○	
	重大事故対処用母線	×	×	○	
	軽油貯蔵タンク	○	○	○	
	軽油用タンクローリ	○	○	○	
重大事故等対処計装設備	可搬型圧縮空気貯槽圧力計	○	×	×	
	可搬型予備圧縮空気ユニット圧力計	○	×	×	
	可搬型手動圧縮空気ユニット接続系統圧力計	×	○	×	
	可搬型貯槽掃気圧縮空気流量計	○	○	×	
	可搬型水素掃気系統圧縮空気圧力計	○	×	×	
	可搬型かくはん系統圧縮空気圧力計	×	○	×	
	可搬型セル導出ユニット流量計	○	○	×	
	可搬型水素濃度計	○	○	○	
	可搬型導出先セル圧力計	×	×	○	
	可搬型セル導出ユニットフィルタ差圧計	×	×	○	
可搬型フィルタ差圧計	×	×	○		

第8.1.2-6表 水素爆発への対処に使用する設備

(つづき)

機器 グループ	設備		発生防止対策	拡大防止対策	
	設備名称	構成する機器		水素爆発を未然に防止するための空気の供給	水素爆発の再発を防止するための空気の供給
ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋 水素爆発	代替安全圧縮空気系	水素掃気配管・弁[流路]	○	×	×
		可搬型空気圧縮機	○	○	×
		可搬型建屋外ホース[流路]	○	○	×
		可搬型建屋内ホース[流路]	○	○	×
		圧縮空気ユニット	○	×	×
		予備圧縮空気ユニット	○	×	×
		手動圧縮空気ユニット	×	○	×
		圧縮空気供給系[流路]	○	○	×
		機器圧縮空気供給配管・弁[流路]	○	○	×
	ウラン・プルトニウム混合脱硝設備 溶液系	硝酸プルトニウム貯槽	○	○	○
		硝酸プルトニウム貯槽(水素掃気配管)	○	×	×
		混合槽A	○	○	○
		混合槽A(水素掃気配管)	○	×	×
		混合槽B	○	○	○
		混合槽B(水素掃気配管)	○	×	×
		一時貯槽	○	○	○
	一時貯槽(水素掃気配管)	○	×	×	
	ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋 代替塔槽類廃ガス処理設備	配管・弁[流路]	×	×	○
		隔離弁	×	×	○
		塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニット	×	×	○
		塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニット(フィルタ)	×	×	○
	ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋 代替換気設備	ダクト・ダンパ[流路]	×	×	○
		可搬型フィルタ	×	×	○
		可搬型ダクト[流路]	×	×	○
		可搬型排風機	×	×	○
		主排気筒	×	×	○
	代替所内電源系統	可搬型発電機	×	×	○
		重大事故対処用母線	×	×	○
		軽油貯蔵タンク	○	○	○
	重大事故等対処計装設備	軽油用タンク ローリ	○	○	○
		可搬型圧縮空気ユニット圧力計	○	×	×
		可搬型予備圧縮空気ユニット圧力計	○	×	×
		可搬型手動圧縮空気ユニット接続系統圧力計	×	○	×
		可搬型貯槽掃気圧縮空気流量計	○	○	×
		可搬型水素掃気系統圧縮空気圧力計	○	○	×
		可搬型かくはん系統圧縮空気圧力計	×	○	×
		可搬型セル導出ユニット流量計	○	○	×
		可搬型水素濃度計	○	○	○
		可搬型導出先セル圧力計	×	×	○
		可搬型セル導出ユニットフィルタ差圧計	×	×	○
	可搬型フィルタ差圧計	×	×	○	

第8.1.2-6表 水素爆発への対処に使用する設備

(つづき)

機器 グループ	設備		発生防止対策	拡大防止対策	
	設備名称	構成する機器		水素爆発を未然に防止するための空気の供給	水素爆発の再発を防止するための空気の供給
高レベル廃液ガラス固化建屋 水素爆発	代替安全圧縮空気系	水素掃気配管・弁[流路]	○	×	×
		可搬型空気圧縮機	○	○	×
		可搬型建屋外ホース[流路]	○	○	×
		可搬型建屋内ホース[流路]	○	○	×
		圧縮空気供給系[流路]	○	○	×
		機器圧縮空気供給配管・弁[流路]	○	○	×
	高レベル廃液ガラス固化設備	高レベル廃液混合槽	○	○	○
		高レベル廃液混合槽(水素掃気配管)	○	×	×
		供給液槽	○	○	○
		供給液槽(水素掃気配管)	○	×	×
	高レベル濃縮廃液貯蔵設備	高レベル濃縮廃液貯蔵槽	○	○	○
		高レベル濃縮廃液貯蔵槽(水素掃気配管)	○	×	×
	高レベル濃縮廃液貯蔵系	高レベル濃縮廃液一時貯蔵槽	○	○	○
		高レベル濃縮廃液一時貯蔵槽(水素掃気配管)	○	×	×
	高レベル濃縮廃液貯蔵設備 不溶解残渣廃液貯蔵系	不溶解残渣廃液貯蔵槽	○	○	○
		不溶解残渣廃液貯蔵槽(水素掃気配管)	○	×	×
		不溶解残渣廃液一時貯蔵槽貯蔵槽	○	○	○
		不溶解残渣廃液一時貯蔵槽貯蔵槽(水素掃気配管)	○	×	×
	高レベル濃縮廃液貯蔵設備 共用貯蔵系	高レベル廃液共用貯蔵槽	○	○	○
		高レベル廃液共用貯蔵槽(水素掃気配管)	○	×	×
高レベル廃液ガラス固化建屋 代替塔槽類廃ガス処理設備	配管・弁[流路]	×	×	○	
	隔離弁	×	×	○	
	廃ガスシールポット	×	×	○	
	塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニット	×	×	○	
高レベル廃液ガラス固化建屋 代替換気設備	塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニット(フィルタ)	×	×	○	
	ダクト・ダンパ[流路]	×	×	○	
主排気筒	可搬型フィルタ	×	×	○	
	可搬型ダクト[流路]	×	×	○	
代替所内電源系統	可搬型排風機	×	×	○	
	主排気筒	×	×	○	
	可搬型発電機	×	×	○	
	重大事故対処用母線	×	×	○	
重大事故等対処計装設備	軽油貯蔵タンク	○	○	○	
	軽油用タンクローリ	○	○	○	
	可搬型貯槽掃気圧縮空気流量計	○	○	×	
	可搬型水素掃気系統圧縮空気圧力計	○	○	×	
	可搬型かくはん系統圧縮空気圧力計	○	×	×	
	可搬型セル導出ユニット流量計	○	○	×	
	可搬型水素濃度計	○	○	○	
	可搬型廃ガス洗浄塔入口圧力計	×	×	○	
	可搬型導出先セル圧力計	×	×	○	
	可搬型セル導出ユニットフィルタ差圧計	×	×	○	
可搬型フィルタ差圧計	×	×	○		

第 8.1.2-7 表 前処理建屋における水素爆発への各対策に係る時間

機器 グループ	機器名	時間 余裕 ※1	水素爆発の発生防止対策		水素爆発の拡大防止対策				
			水素爆発を未然 に防止するた めの空気の供給準 備完了時間※2	空気供給 開始時間 ※2	水素爆発の再発を 防止するための空 気の供給準備完了 時間※2	空気供給 開始時間 ※2	セル導出 準備完了 時間※2	可搬型排風機起 動準備完了時間 ※2	可搬型排風機起 動開始時間※2
前処理 建屋 水素爆発	中継槽	94 時間	36 時間 15 分	36 時間 35 分	38 時間 45 分	39 時間 5 分	2 時間 25 分	31 時間 45 分	32 時間 10 分
	計量前中間貯槽	73 時間							
	計量・調整槽	97 時間							
	計量後中間貯槽	97 時間							
	計量補助槽	75 時間							

※1 水素掃気機能の喪失から機器内の水素濃度が未然防止濃度に達するまでの時間

※2 水素掃気機能の喪失から時間

第 8.1.2－8 表 前処理建屋における水素爆発の各対策に係る要員

機器グループ	機器名	水素爆発の発生防止対策		水素爆発の拡大防止対策	
		水素爆発を未然に防止するための空気の供給に必要な要員数 [人]	水素爆発の再発を防止するための空気の供給に必要な要員数 [人]	放出低減対策に必要な要員数 [人]	放出低減対策に必要な要員数 [人]
前処理建屋 水素爆発	中継槽	42 (建屋内 14, 建屋外 9, 統括 19)	40 (建屋内 12, 建屋外 9, 統括 19)	50 (建屋内 22, 建屋外 9, 統括 19)	
	計量前中間貯槽				
	計量・調整槽				
	計量後中間貯槽				
	計量補助槽				

第 8.1.2-9 表 前処理建屋における水素爆発への各対策に係る評価結果

機器名	水素発生量 [m ³ /h]	沸騰の 有無	沸騰を考慮した 水素発生量 [m ³ /h]	可燃限界濃度未満に維持する ために必要な水素掃気流量 [m ³ /h]		沸騰を考慮した可燃限界濃度 未満に維持するために必要な 水素掃気流量 [m ³ /h]		拡大防止対策 (放出低減対策)	
				機器毎	建屋合計	機器毎	建屋合計	放出量 (C s -137 換算) [T B q]	建屋合計放出量 (C s -137 換算) [T B q]
ハル洗浄槽 *2	1.1E-05		1.1E-05	0.020	0.99	0.020	1.9	-*3	8E-05
水バッファ槽	6.3E-04		6.3E-04	0.020		0.020		-*3	
中継槽 *1 *2	2.2E-03	有	4.3E-03	0.053		0.11		1E-05	
リサイクル槽 *2	6.1E-04	有	1.2E-03	0.020		0.031		-*3	
不溶解残渣回収槽 *2	3.4E-05		3.4E-05	0.020		0.020		-*3	
計量前中間貯槽 *1 *2	7.6E-03	有	1.5E-02	0.19		0.38		4E-05	
計量・調整槽 *1	5.7E-03	有	1.2E-02	0.15		0.29		2E-05	
計量後中間貯槽 *1	5.7E-03	有	1.2E-02	0.15		0.29		2E-05	
計量補助槽 *1	1.6E-03	有	3.2E-03	0.040		0.080		5E-06	
中間ポット *2	4.0E-05	有	7.9E-05	0.020		0.020		-*3	

*1：重大事故の水素爆発を想定する機器

*2：2基ある機器（水素発生量と水素掃気流量は1機器分を記載した。ただし、建屋合計においては2基であることを考慮済。）

*3：重大事故の水素爆発を想定する機器ではないため、放出量を記載していない。

注）拡大防止における必要な水素掃気流量は本表と同じ。ただし、対象機器は、重大事故の水素爆発を想定する機器。

第 8.1.2-10 表 前処理建屋における水素爆発への各対策に係る評価結果（水素濃度）

機器名	水素掃気流量 (沸騰を考慮した 可燃限界濃度未満 に維持するために 必要な水素掃気流 量×1.5) [m ³ /h]	水素爆発の発生防止対策		水素爆発の拡大防止対策		可搬型空気圧縮機か らの圧縮空気供給時 の平衡水素濃度 (v o 1%)
		可搬型空気圧縮機か らの圧縮空気供給時 の機器内の水素濃度 (v o 1%)	圧縮空気の供給後, 機器内水素濃度が 4 v o 1%に低下する までの時間	可搬型空気圧縮機か らの圧縮空気供給時 の機器内の水素濃度 (v o 1%)	圧縮空気の供給後, 機器内水素濃度が 4 v o 1%に低下する までの時間	
中継槽	0.42	3.4	—	3.6	—	1.4
計量前中間貯槽	0.42	4.4	1 時間 45 分	4.6	2 時間 45 分	1.4
計量・調整槽	0.058	3.5	—	3.7	—	1.4
計量後中間貯槽	0.28	3.5	—	3.7	—	1.4
計量補助槽	0.23	4.0	—	4.3	1 時間 10 分	1.4

注) — 圧縮空気供給開始時間において機器内水素濃度は 4 v o 1%未満のため、時間の評価をしていない

第 8.1.2-11 表 分離建屋における水素爆発への各対策に係る時間

機器 グループ	機器名	時間 余裕 ※1	水素爆発の発生防止対策		水素爆発の拡大防止対策				
			水素爆発を未然 に防止するた めの空気の供給準 備完了時間※2	空気供給 開始時間 ※2	水素爆発の再発を 防止するための空 気の供給準備完了 時間※2	空気供給 開始時間 ※2	セル導出 準備完了 時間※2	可搬型排風機起 動準備完了時間 ※2	可搬型排風機起 動開始時間※2
分離建屋 水素爆発	プルトニウム溶液受槽	24 時間	6 時間 25 分	6 時間 40 分	9 時間	9 時間 10 分	2 時間 30 分	5 時間 10 分	6 時間 10 分
	プルトニウム溶液中間貯槽	24 時間							
	第 2 一時貯留処理槽	24 時間							
	第 3 一時貯留処理槽	200 時間							
	第 4 一時貯留処理槽	240 時間							
	高レベル廃液濃縮缶	48 時間							
	溶解液中間貯槽	130 時間							
	溶解液供給槽	130 時間							
	抽出廃液受槽	170 時間							
	抽出廃液中間貯槽	110 時間							
	抽出廃液供給槽	160 時間							

※1 水素掃気機能の喪失から機器内の水素濃度が未然防止濃度に達するまでの時間

※2 水素掃気機能の喪失から時間

第 8.1.2-12 表 分離建屋における水素爆発の各対策に係る要員

機器グループ	機器名	水素爆発の発生防止対策		水素爆発の拡大防止対策	
		水素爆発を未然に防止するための空気の供給に必要な要員数 [人]	水素爆発の再発を防止するための空気の供給に必要な要員数 [人]	放出低減対策に必要な要員数 [人]	放出低減対策に必要な要員数 [人]
分離建屋 水素爆発	プルトニウム溶液受槽	40 (建屋内 12, 建屋外 9, 統括 19)	42 (建屋内 14, 建屋外 9, 統括 19)	42 (建屋内 14, 建屋外 9, 統括 19)	
	プルトニウム溶液中間貯槽				
	第 2 一時貯留処理槽				
	第 3 一時貯留処理槽				
	第 4 一時貯留処理槽				
	高レベル廃液濃縮缶				
	溶解液中間貯槽				
	溶解液供給槽				
	抽出廃液受槽				
	抽出廃液中間貯槽				
	抽出廃液供給槽				

第 8.1.2-13 表 分離建屋における水素爆発への各対策に係る評価結果

機器毎	水素発生量 [m ³ /h]	沸騰の 有無	沸騰を考慮した 水素発生量 [m ³ /h]	可燃限界濃度未満に維持するために必要 な水素掃気流量 [m ³ /h]		沸騰を考慮した可燃限界濃度未満に維 持するために必要な水素掃気流量 [m ³ /h]		拡大防止対策 (放出低減対策)	
				機器毎	建屋合計	機器毎	建屋合計	放出量 (C s -137 換算) [T B q]	建屋合計放出量 (C s -137 換算) [T B q]
抽出塔	5.3E-03		5.3E-03	0.14	1.5	0.14	2.5	-*3	2E-04
第1洗浄塔	3.3E-03		3.3E-03	0.082		0.082		-*3	
第2洗浄塔	1.6E-03		1.6E-03	0.039		0.039		-*3	
T B P 洗浄塔	4.9E-03		4.9E-03	0.13		0.13		-*3	
プルトニウム分配塔	2.6E-03		2.6E-03	0.065		0.065		-*3	
ウラン洗浄塔	5.4E-04		5.4E-04	0.020		0.020		-*3	
プルトニウム洗浄器	2.1E-04		2.1E-04	0.020		0.020		-*3	
プルトニウム溶液受槽 * 1	1.2E-03		1.2E-03	0.029		0.029		2E-06	
プルトニウム溶液中間貯槽 * 1	1.2E-03		1.2E-03	0.028		0.029		2E-06	
第1一時貯留処理槽	6.8E-03	有	1.4E-02	0.17		0.34		-*3	
第2一時貯留処理槽 * 1	1.6E-03		1.6E-03	0.039		0.039		3E-06	
第3一時貯留処理槽 * 1	3.8E-03	有	7.6E-03	0.095		0.19		1E-05	
第4一時貯留処理槽 * 1	3.2E-03	有	6.4E-03	0.080		0.16		6E-06	
第5一時貯留処理槽	1.4E-03		1.4E-03	0.034		0.034		-*3	
第6一時貯留処理槽	1.1E-02	有	2.1E-02	0.26		0.52		-*3	
第7一時貯留処理槽	5.4E-04	有	1.1E-03	0.020		0.027		-*3	
第8一時貯留処理槽	3.0E-03	有	5.9E-03	0.074		0.15		-*3	
第9一時貯留処理槽	4.6E-03		4.6E-03	0.12		0.12		-*3	
第10一時貯留処理槽	3.7E-05		3.7E-05	0.020		0.020		-*3	
第1洗浄器	4.3E-05		4.3E-05	0.020		0.020		-*3	
高レベル廃液供給槽	1.2E-03	有	2.3E-03	0.029		0.057		-*3	
高レベル廃液濃縮缶 * 1	4.6E-02	有	9.2E-02	1.15		2.3		8E-05	
溶解液中間貯槽 * 1	5.7E-03	有	1.2E-02	0.15		0.29		2E-05	
溶解液供給槽 * 1	1.4E-03	有	2.8E-03	0.035		0.069		4E-06	
抽出廃液受槽 * 1	2.0E-03	有	3.9E-03	0.049		0.097		4E-06	
抽出廃液中間貯槽 * 1	2.6E-03	有	5.2E-03	0.065		0.13		6E-06	
抽出廃液供給槽 * 1 * 2	8.1E-03	有	1.7E-02	0.21		0.41		3E-05	

* 1 : 重大事故の水素爆発を想定する機器

* 2 : 2基ある機器（水素発生量と水素掃気流量は1機器分を記載した。ただし、建屋合計においては2基であることを考慮済。）

* 3 : 重大事故の水素爆発を想定する機器ではないため、放出量を記載していない。

注) 拡大防止における必要な水素掃気流量は本表と同じ。ただし、対象機器は、重大事故の水素爆発を想定する機器。

第 8.1.2-14 表 分離建屋における水素爆発への各対策に係る評価結果（水素濃度）

機器名	水素掃気流量 (沸騰を考慮した 可燃限界濃度未満 に維持するために 必要な水素掃気流 量×1.5) [m ³ /h]	水素爆発の発生防止対策		水素爆発の拡大防止対策		可搬型空気圧縮機か らの圧縮空気供給時 の平衡水素濃度 (v o l %)
		可搬型空気圧縮機か らの圧縮空気供給時 の機器内の水素濃度 (v o l %)	圧縮空気の供給後, 機器内水素濃度が 4 v o l %に低下する までの時間	可搬型空気圧縮機か らの圧縮空気供給時 の機器内の水素濃度 (v o l %)	圧縮空気の供給後, 機器内水素濃度が 4 v o l %に低下する までの時間	
プルトニウム溶液受槽	0.42	1.9	—	5.1	1 時間 5 分	2.6
プルトニウム溶液中間貯槽	0.42	1.9	—	5.1	1 時間 5 分	2.6
第 2 一時貯留処理槽	0.058	2.5	—	6.1	1 時間 20 分	2.6
第 3 一時貯留処理槽	0.28	1.3	—	1.4	—	1.4
第 4 一時貯留処理槽	0.23	1.1	—	1.1	—	1.4
高レベル廃液濃縮缶	0.084	1.9	—	2.1	—	1.4
溶解液中間貯槽	3.4	1.3	—	1.4	—	1.4
溶解液供給槽	0.42	0.70	—	0.87	—	1.4
抽出廃液受槽	0.10	0.78	—	0.90	—	1.4
抽出廃液中間貯槽	0.14	1.1	—	1.2	—	1.4
抽出廃液供給槽	0.19	1.3	—	1.3	—	1.4

注) — 圧縮空気供給開始時間において機器内水素濃度は 4 v o l %未満のため、時間の評価をしていない

第 8.1.2-15 表 精製建屋における水素爆発への各対策に係る時間

機器 グループ	機器名	時間 余裕 ※1	水素爆発の発生防止対策		水素爆発の拡大防止対策				
			水素爆発を未然 に防止するた めの空気の供給準 備完了時間※2	空気供給 開始時間 ※2	水素爆発の再発を 防止するための空 気の供給準備完了 時間※2	空気供給 開始時間 ※2	セル導出 準備完了 時間※2	可搬型排風機起 動準備完了時間 ※2	可搬型排風機起 動開始時間※2
精製建屋 水素爆発	プラトニウム溶液供給槽	45 時間	7 時間	7 時間 15 分	9 時間 30 分	9 時間 45 分	2 時間 25 分	5 時間 40 分	6 時間 40 分
	プラトニウム溶液受槽	45 時間							
	油水分離槽	45 時間							
	プラトニウム濃縮缶供給槽	24 時間							
	プラトニウム溶液一時貯槽	24 時間							
	プラトニウム濃縮缶	45 時間							
	プラトニウム濃縮液受槽	32 時間							
	プラトニウム濃縮液一時貯槽	30 時間							
	プラトニウム濃縮液計量槽	32 時間							
	リサイクル槽	32 時間							
	希釈槽	56 時間							
	プラトニウム濃縮液中間貯槽	32 時間							
	第 2 一時貯留処理槽	45 時間							
	第 3 一時貯留処理槽	33 時間							
	第 7 一時貯留処理槽	27 時間							

※1 水素掃気機能の喪失から機器内の水素濃度が未然防止濃度に達するまでの時間

※2 水素掃気機能の喪失から時間

第 8.1.2-16 表 精製建屋における水素爆発の各対策に係る要員

機器グループ	機器名	水素爆発の発生防止対策		水素爆発の拡大防止対策	
		水素爆発を未然に防止するための空気の供給に必要な要員数 [人]	水素爆発の再発を防止するための空気の供給に必要な要員数 [人]	放出低減対策に必要な要員数 [人]	放出低減対策に必要な要員数 [人]
精製建屋 水素爆発	プルトニウム溶液供給槽	40 (建屋内 12, 建屋外 9, 統括 19)	44 (建屋内 16, 建屋外 9, 統括 19)	52 (建屋内 24, 建屋外 9, 統括 19)	
	プルトニウム溶液受槽				
	油水分離槽				
	プルトニウム濃縮缶供給槽				
	プルトニウム溶液一時貯槽				
	プルトニウム濃縮缶				
	プルトニウム濃縮液受槽				
	プルトニウム濃縮液一時貯槽				
	プルトニウム濃縮液計量槽				
	リサイクル槽				
	希釈槽				
	プルトニウム濃縮液中間貯槽				
	第 2 一時貯留処理槽				
	第 3 一時貯留処理槽				
第 7 一時貯留処理槽					

第 8.1.2-17 表 精製建屋における水素爆発への各対策に係る評価結果

機器名	水素発生量 [m ³ /h]	沸騰の有無	沸騰を考慮した 水素発生量 [m ³ /h]	可燃限界濃度未満に維持する ために必要な水素掃気流量 [m ³ /h]		沸騰を考慮した可燃限界濃度 未満に維持するために必要な 水素掃気流量 [m ³ /h]		拡大防止対策 (放出低減対策)	
				機器毎	建屋合計	機器毎	建屋合計	放出量 (C _s -137 換算) [TBq]	建屋合計放出量 (C _s -137 換 算) [TBq]
プルトニウム溶液供給槽*1	1.5E-03		1.5E-03	0.037		0.037		3E-06	3E-04
抽出塔	1.7E-03		1.7E-03	0.043		0.043		—*2	
核分裂生成物洗浄塔	1.4E-03		1.4E-03	0.034		0.034		—*2	
逆抽出塔	2.5E-03		2.5E-03	0.062		0.062		—*2	
ウラン洗浄塔	6.0E-04		6.0E-04	0.020		0.020		—*2	
補助油水分離槽	2.8E-04		2.8E-04	0.020		0.020		—*2	
TBP 洗浄器	1.9E-04		1.9E-04	0.020		0.020		—*2	
プルトニウム溶液受槽*1	1.4E-03	有	2.8E-03	0.035		0.0670		3E-06	
油水分離槽*1	1.4E-03	有	2.8E-03	0.035		0.070		3E-06	
プルトニウム濃縮缶供給槽*1	4.7E-03	有	9.3E-03	0.12		0.23		8E-06	
プルトニウム溶液一時貯槽*1	4.7E-03	有	9.3E-03	0.12		0.24		8E-06	
プルトニウム濃縮缶*1	7.1E-04		7.1E-04	0.020		0.020		5E-06	
プルトニウム濃縮液受槽*1	3.4E-03	有	6.7E-03	0.084		0.17		3E-05	
プルトニウム濃縮液一時貯槽*1	5.2E-03	有	1.1E-02	0.13		0.26		5E-05	
プルトニウム濃縮液計量槽*1	3.4E-03	有	6.7E-03	0.084		0.17		3E-05	
リサイクル槽*1	3.4E-03	有	6.8E-03	0.085		0.17		3E-05	
希釈槽*1	3.8E-03	有	7.7E-03	0.096		0.19		7E-05	
プルトニウム濃縮液中間貯槽*1	3.4E-03	有	6.8E-03	0.085		0.17		3E-05	
第1一時貯留処理槽	2.9E-03	有	5.7E-03	0.072		0.15		—*2	
第2一時貯留処理槽*1	1.3E-03	有	2.5E-03	0.031		0.062		4E-06	
第3一時貯留処理槽*1	2.4E-03	有	4.7E-03	0.059		0.12		4E-06	
第4一時貯留処理槽	1.7E-04		1.7E-04	0.020		0.020		—*2	
第7一時貯留処理槽*1	6.4E-03		6.4E-03	0.16		0.16		1E-05	

*1：重大事故の水素爆発を想定する機器

*2：重大事故の水素爆発を想定する機器ではないため、放出量を記載していない。

注) 拡大防止における必要な水素掃気流量は本表と同じ。ただし、対象機器は、重大事故の水素爆発を想定する機器。

第 8.1.2-18 表 精製建屋における水素爆発への各対策に係る評価結果（水素濃度）

機器名	水素掃気流量 (沸騰を考慮した 可燃限界濃度未満 に維持するために 必要な水素掃気流 量×1.5) [m ³ /h]	水素爆発の発生防止対策		水素爆発の拡大防止対策		可搬型空気圧縮機か らの圧縮空気供給時 の平衡水素濃度 (v o l %)
		可搬型空気圧縮機か らの圧縮空気供給時 の機器内の水素濃度 (v o l %)	圧縮空気の供給後, 機器内水素濃度が 4 v o l %に低下する までの時間	可搬型空気圧縮機か らの圧縮空気供給時 の機器内の水素濃度 (v o l %)	圧縮空気の供給後, 機器内水素濃度が 4 v o l %に低下する までの時間	
プルトニウム溶液供給槽	0.055	1.3	—	4.2	15分	2.6
プルトニウム溶液受槽	0.11	1.3	—	6.6	30分	1.4
油水分離槽	0.11	1.3	—	6.2	35分	1.4
プルトニウム濃縮缶供給槽	0.35	3.0	—	7.3	25分	1.4
プルトニウム溶液一時貯槽	0.34	3.0	—	7.2	25分	1.4
プルトニウム濃縮缶	0.030	0.60	—	2.5	—	2.3
プルトニウム濃縮液受槽	0.26	2.2	—	7.2	25分	1.4
プルトニウム濃縮液一時貯槽	0.39	2.4	—	7.4	15分	1.4
プルトニウム濃縮液計量槽	0.26	2.2	—	7.3	25分	1.4
リサイクル槽	0.26	2.2	—	7.3	20分	1.4
希釈槽	0.29	1.2	—	7.4	20分	1.4
プルトニウム濃縮液中間貯槽	0.26	2.2	—	7.3	25分	1.4
第2一時貯留処理槽	0.093	1.2	—	5.7	35分	1.4
第3一時貯留処理槽	0.18	2.1	—	6.3	35分	1.4
第7一時貯留処理槽	0.24	2.7	—	3.3	—	2.6

注) — 圧縮空気供給開始時間において機器内水素濃度は 4 v o l %未満のため、時間の評価をしていない

第 8.1.2-19 表 ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋における水素爆発への各対策に係る時間

機器 グループ	機器名	時間 余裕 ※1	水素爆発の発生防止対策		水素爆発の拡大防止対策				
			水素爆発を未然 に防止するた めの空気の供給準 備完了時間※2	空気供給 開始時間 ※2	水素爆発の再発を 防止するための空 気の供給準備完了 時間※2	空気供給 開始時間 ※2	セル導出 準備完了 時間※2	可搬型排風機起 動準備完了時間 ※2	可搬型排風機起 動開始時間※2
ウラン・プ ルトニウ ム混合脱 硝建屋 水素爆発	硝酸プルトニウム貯槽 *1	24 時間	15 時間 20 分	15 時間 40 分	17 時間 40 分	18 時間	3 時間 10 分	14 時間	15 時間
	混合槽 *1 *2	33 時間							
	一時貯槽 *1	24 時間							

※1 水素掃気機能の喪失から機器内の水素濃度が未然防止濃度に達するまでの時間

※2 水素掃気機能の喪失から時間

第 8.1.2-20 表 ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋における水素爆発の各対策に係る要員

機器グループ	機器名	水素爆発の発生防止対策	水素爆発の拡大防止対策	
		水素爆発を未然に防止するための空気の供給に必要な要員数 [人]	水素爆発の再発を防止するための空気の供給に必要な要員数 [人]	放出低減対策に必要な要員数 [人]
ウラン・プルトニウム 混合脱硝建屋 水素爆発	硝酸プルトニウム貯槽	38 (建屋内 10, 建屋外 9, 統括 19)	38 (建屋内 10, 建屋外 9, 統括 19)	52 (建屋内 24, 建屋外 9, 統括 19)
	混合槽			
	一時貯槽			

第 8.1.2-21 表 ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋における水素爆発への各対策に係る評価結果

機器名	水素発生量 [m ³ /h]	沸騰の有無	沸騰を考慮した 水素発生量 [m ³ /h]	可燃限界濃度未満に維持するために必要な水素掃気流量 [m ³ /h]		沸騰を考慮した可燃限界濃度未満に維持するために必要な水素掃気流量 [m ³ /h]		拡大防止対策 (放出低減対策)	
				機器毎	建屋合計	機器毎	建屋合計	放出量 (C s -137 換算) (T B q)	建屋合計放出量 (C s -137 換算) (T B q)
硝酸プルトニウム貯槽*1	3.5E-03	有	6.9E-03	0.087	0.31	0.31	0.61	3E-05	7E-05
混合槽 *1 *2	2.7E-03	有	5.3E-03	0.066		0.31		4E-05	
一時貯槽*1	3.5E-03	有	6.9E-03	0.087		0.31		—*3	

*1：重大事故の水素爆発を想定する機器

*2：2基ある機器（水素発生量と水素掃気流量は1機器分を記載した。ただし、建屋合計においては2基であることを考慮済。）

*3：平常運転時は空運用のため放出無し。

注）拡大防止における必要な水素掃気流量は本表と同じ。ただし、対象機器は、重大事故の水素爆発を想定する機器。

第 8.1.2-22 表 ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋における水素爆発への各対策に係る評価結果（水素濃度）

機器名	水素掃気流量 (沸騰を考慮した 可燃限界濃度未満 に維持するために 必要な水素掃気流 量×1.5) [m ³ /h]	水素爆発の発生防止対策		水素爆発の拡大防止対策		可搬型空気圧縮機か らの圧縮空気供給時 の平衡水素濃度 (v o 1%)
		可搬型空気圧縮機か らの圧縮空気供給時 の機器内の水素濃度 (v o 1%)	圧縮空気の供給後, 機器内水素濃度が 4 v o 1%に低下する までの時間	可搬型空気圧縮機か らの圧縮空気供給時 の機器内の水素濃度 (v o 1%)	圧縮空気の供給後, 機器内水素濃度が 4 v o 1%に低下する までの時間	
硝酸プルトニウム貯槽	0.25	3.4	—	6.9	50 分	1.4
混合槽	0.19	2.6	—	6.4	55 分	1.4
一時貯槽	0.25	3.4	—	6.9	50 分	1.4

注) — 圧縮空気供給開始時間において機器内水素濃度は 4 v o 1%未満のため、時間の評価をしていない

第 8.1.2-23 表 高レベル廃液ガラス固化建屋における水素爆発への各対策に係る時間

機器 グループ	機器名	時間 余裕 ※1	水素爆発の発生防止対策		水素爆発の拡大防止対策				
			水素爆発を未然 に防止するた めの空気の供給準 備完了時間※2	空気供給 開始時間 ※2	水素爆発の再発を 防止するための空 気の供給準備完了 時間※2	空気供給 開始時間 ※2	セル導出 準備完了 時間※2	可搬型排風機起 動準備完了時間 ※2	可搬型排風機起 動開始時間※2
高レベル 廃液ガラ ス固化建 屋 水素爆発	高レベル濃縮廃液貯槽	84 時間	13 時間 55 分	14 時間 15 分	19 時間 30 分	19 時間 45 分	3 時間 10 分	11 時間 45 分	13 時間
	高レベル濃縮廃液一時貯槽	210 時間							
	高レベル廃液混合槽	160 時間							
	供給液槽	280 時間							
	供給槽	230 時間							
	不溶解残渣廃液貯槽	6100 時間							

※1 水素掃気機能の喪失から機器内の水素濃度が未然防止濃度に達するまでの時間

※2 水素掃気機能の喪失から時間

第 8.1.2-24 表 高レベル廃液ガラス固化建屋における水素爆発の各対策に係る要員

機器グループ	機器名	水素爆発の発生防止対策		水素爆発の拡大防止対策	
		水素爆発を未然に防止するための空気の供給に必要な要員数 [人]	水素爆発の再発を防止するための空気の供給に必要な要員数 [人]	放出低減対策に必要な要員数 [人]	放出低減対策に必要な要員数 [人]
高レベル廃液ガラス 固化建屋 水素爆発	高レベル濃縮廃液貯槽	56 (建屋内 28, 建屋外 9, 統括 19)	44 (建屋内 16, 建屋外 9, 統括 19)	56 (建屋内 28, 建屋外 9, 統括 19)	
	高レベル濃縮廃液一時貯槽				
	高レベル廃液混合槽				
	供給液槽				
	供給槽				
	不溶解残渣廃液貯槽				

第 8.1.2-25 表 高レベル廃液ガラス固化建屋における水素爆発への各対策に係る評価結果

機器名	水素発生量 [m ³ /h]	沸騰の有無	沸騰を考慮した 水素発生量 [m ³ /h]	可燃限界濃度未満に維持する ために必要な水素掃気流量 [m ³ /h]		沸騰を考慮した可燃限界濃度 未満に維持するために必要な 水素掃気流量 [m ³ /h]		拡大防止対策 (放出低減対策)	
				機器毎	建屋合計	機器毎	建屋合計	放出量 (C s -137 換算) [T B q]	建屋合計放出量 (C s -137 換算) [T B q]
高レベル濃縮廃液貯槽 *1 *2	1.2E-02	有	4.9E-01	0.31	1.4	12	52	9E-04	2E-03
高レベル濃縮廃液一時貯槽 *1 *2	2.9E-03	有	1.2E-01	0.071		2.9		2E-04	
高レベル廃液混合槽 *1 *2	3.8E-03	有	1.5E-01	0.094		3.8		2E-04	
供給液槽 *1 *2	9.4E-04	有	3.8E-02	0.024		0.94		4E-05	
供給槽 *1 *2	3.8E-04	有	1.5E-02	0.020		0.38		2E-05	
不溶解残渣廃液一時貯槽 *2	3.4E-05		3.4E-05	0.020		0.020		—*4	
不溶解残渣廃液貯槽 *1 *2	2.7E-04		2.7E-04	0.020		0.020		5E-06	
高レベル廃液共用貯槽 *1	1.2E-02	有	4.9E-01	0.31		12		—*3	

*1：重大事故の水素爆発を想定する機器

*2：2基ある機器（水素発生量と水素掃気流量は1機器分を記載した。ただし、建屋合計においては2基であることを考慮済。）

*3：平常運転時は空運用のため放出無し。

*4：重大事故の水素爆発を想定する機器ではないため、放出量を記載していない。

注) 拡大防止における必要な水素掃気流量は本表と同じ。ただし、対象機器は、重大事故の水素爆発を想定する機器。

第 8.1.2-26 表 高レベル廃液ガラス固化建屋における水素爆発への各対策に係る評価結果（水素濃度）

機器名	水素掃気流量 (沸騰を考慮した 可燃限界濃度未満 に維持するために 必要な水素掃気流 量×1.5) [m ³ /h]	水素爆発の発生防止対策		水素爆発の拡大防止対策		可搬型空気圧縮機か らの圧縮空気供給時 の平衡水素濃度 (v o l %)
		可搬型空気圧縮機か らの圧縮空気供給時 の機器内の水素濃度 (v o l %)	圧縮空気の供給後, 機器内水素濃度が 4 v o l %に低下する までの時間 [h]	可搬型空気圧縮機か らの圧縮空気供給時 の機器内の水素濃度 (v o l %)	圧縮空気の供給後, 機器内水素濃度が 4 v o l %に低下する までの時間 [h]	
高レベル濃縮廃液貯槽	18	1.4	—	1.9	—	0.067
高レベル濃縮廃液一時貯槽	4.3	0.58	—	0.78	—	0.067
高レベル廃液混合槽	5.7	0.72	—	0.98	—	0.067
供給液槽	1.4	0.44	—	0.59	—	0.067
供給槽	0.57	0.53	—	0.72	—	0.067
不溶解残渣廃液貯槽	0.030	0.020	—	0.027	—	0.88

注) — 圧縮空気供給開始時間において機器内水素濃度は 4 v o l %未満のため、時間の評価をしていない

第 8.2.1-1 表 水素爆発の再発を防止するための空気の供給の手順及び設備の関係

	判断及び操作	手順	重大事故等対処施設		
			常設重大事故等 処設備※	可搬型重大事故等 対処設備	計装設備
a.	水素爆発の再発を防止するための空気の供給の実施判断	<ul style="list-style-type: none"> 水素爆発の発生を防止するための空気の供給の実施にもかかわらず水素掃気機能が回復しなかった場合には、水素爆発の再発を防止するための空気の供給として以下の c. へ移行する。 	—	—	—
b.	手動圧縮空気ユニットからの圧縮空気の供給	<ul style="list-style-type: none"> 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いて安全圧縮空気系の水素掃気機能が喪失し、系統内の圧力が低下した場合は、「8.1.1 a. 水素爆発を未然に防止するための空気の供給の実施判断」を受け、第 8-1 表に示す機器のうち分離建屋、精製建屋及びウラン・プルトニウム混合脱硝建屋に設置される、圧縮空気の供給がない場合の時間余裕が短く、<u>可搬型空気圧縮機からの空気の供給開始前に未然防止濃度に至る可能性のある貯槽へ</u>速やかに手動圧縮空気ユニットを可搬型建屋内ホースにより接続し、圧縮空気を供給する。 圧縮空気の供給に用いる系統は貯槽等に内包する高レベル廃液等に浸っている系統を選択する。圧縮空気の供給を開始する前に当該系統への圧縮空気供給圧力の変動を確認し、系統が健全であること及び圧縮空気の供給が行われていることを確認する。 本体策において確認が必要な監視項目は手動圧縮空気ユニットを接続する系統の圧力変化である。 	<ul style="list-style-type: none"> 手動圧縮空気ユニット 各建屋の水素爆発対象機器 機器圧縮空気供給配管 	<ul style="list-style-type: none"> 可搬型建屋内ホース 	<ul style="list-style-type: none"> 手動圧縮空気ユニット接続系統 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
c.	可搬型水素濃度計の設置	<ul style="list-style-type: none"> 可搬型空気圧縮機からの空気の供給開始前に未然防止濃度に至る可能性のある貯槽等の水素濃度を測定及び監視するため、可搬型水素濃度計を測定対象の貯槽等に接続している水素掃気配管及び計測制御系統施設の計測制御設備に設置する。 	<ul style="list-style-type: none"> 水素掃気配管(精製建屋) 	二	<ul style="list-style-type: none"> 計測制御設備 可搬型水素濃度計
d.	水素濃度の測定及び手動圧縮空気ユニットの流量調整	<ul style="list-style-type: none"> 手動圧縮空気ユニットによる圧縮空気の供給により、貯槽等内の水素濃度が未然防止濃度未満に維持されていることを確認するため、可搬型空気圧縮機からの空気の供給開始前に未然防止濃度に至る可能性のある貯槽等の水素濃度を測定し、水素濃度の予測値を測定値が上回る場合、手動圧縮空気ユニットの弁の開度を変更し、必要な圧縮空気を供給する。 	<ul style="list-style-type: none"> 水素掃気配管(精製建屋) 手動圧縮空気ユニット 	二	<ul style="list-style-type: none"> 計測制御設備 可搬型水素濃度計
e.	代替安全圧縮空気系の機器圧縮空気供給配管からの圧縮空気の供給	<ul style="list-style-type: none"> 代替安全圧縮空気系の機器圧縮空気供給配管に、建屋外の可搬型空気圧縮機を、可搬型個別供給用建屋外ホース、可搬型個別供給用建屋内ホース、可搬型建屋外ホース、可搬型建屋内ホース及び圧縮空気供給系により接続し、第8-1表に示す機器の重大事故の水素爆発を想定する機器へ圧縮空気を供給する。また、作業部屋内の圧縮空気を供給するための接続口をそれぞれ互いに異なる複数の場所に設置することにより、信頼性の向上を図る。 本対策において確認が必要な監視項目は、第8-1表に示す機器の重大事故の水素爆発を想定する機器に供給される圧縮空気の流量、圧力及びセル導出系統の廃ガス流量である。 	<ul style="list-style-type: none"> 各建屋の機器圧縮空気供給配管 圧縮空気供給系 	<ul style="list-style-type: none"> 可搬型空気圧縮機 可搬型個別供給用建屋外ホース 可搬型個別供給用建屋内ホース 可搬型建屋外ホース 可搬型建屋内ホース 	<ul style="list-style-type: none"> 可搬型貯槽掃気圧縮空気流量計 可搬型かくはん系統圧縮空気圧力計 可搬型セル導出ユニット流量計

(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
<u>f.</u>	代替安全圧縮 空気系の機器 圧縮空気供給 配管からの圧 縮空気の供給 による水素掃 気機能維持の 判断	<ul style="list-style-type: none"> 第8-1表に示す機器の重大事故の水素爆発を想定する機器に供給される圧縮空気の流量により貯槽等の水素を可燃限界濃度未満に希釈できる流量に維持されていることを確認し、水素掃気機能が維持されていることを判断する。 水素掃気機能が維持されていることを判断するために確認が必要な監視項目は、第8-1表に示す機器の重大事故の水素爆発を想定する機器に供給される圧縮空気の流量である。 	—	—	<ul style="list-style-type: none"> 可搬型貯槽掃気 圧縮空気流量計

※下線が引かれているものは新規設置設備

第 8.2.1-2 表 放出低減対策の手順及び設備の関係

	判断及び操作	手順	重大事故等対処施設		
			常設重大事故等対 処設備※	可搬型重大事故等 対処設備	計装設備
a.	放射性物質のセルへの導出，セル及び高性能粒子フィルタによる放射性エアロゾルの除去のための準備着手判断	<ul style="list-style-type: none"> ・水素爆発を未然に防止するための空気の供給の実施判断と同様である。 ・放射性物質のセルへの導出，セル及び高性能粒子フィルタによる放射性エアロゾルの除去のための準備作業として以下の b. 及び c. へ移行する。 	—	—	—

(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
b.	放射性物質のセルへの導出，セル及び高性能粒子フィルタによる放射性エアロゾルの除去のための準備	<ul style="list-style-type: none"> 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，水素爆発を想定する機器へ圧縮空気を供給する水素掃気用安全圧縮空気系の手動弁を閉止する。 可搬型ダクトにより，建屋排気系，可搬型フィルタ及び可搬型排風機を接続し，可搬型排風機，各建屋の重大事故対処用母線及び可搬型発電機を可搬型電源ケーブルで接続する。また，建屋排気系のダンプを閉止する。 第8.2.1－3表に示す導出先セルの圧力を監視するため，第8.2.1－3表に示す導出先セルに可搬型導出先セル圧力計を設置する。 また，前処理建屋及び高レベル廃液ガラス固化建屋においては，塔槽類廃ガス処理設備に可搬型廃ガス洗浄塔入口圧力計を設置する。 	<ul style="list-style-type: none"> 主排気筒へ排出するユニット 各建屋の代替塔槽類廃ガス処理設備の配管 各建屋の重大事故対処用母線 各建屋の代替換気設備のダクト 各建屋の水素爆発対象機器 水素掃気用安全圧縮空気系の手動弁（前処理建屋，高レベル廃液ガラス固化建屋） 	<ul style="list-style-type: none"> 可搬型ダクト 可搬型フィルタ 可搬型排風機 可搬型発電機 	<ul style="list-style-type: none"> 計測制御設備 可搬型導出先セル圧力計 可搬型廃ガス洗浄塔入口圧力計 可搬型フィルタ差圧計

(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
c.	塔槽類廃ガス処理設備からセルに導くための作業の実施判断	<ul style="list-style-type: none"> ・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り気相中へ移行する放射性物質を塔槽類廃ガス処理設備からセルに導くための作業の実施を判断し、以下のe.へ移行する。 ・塔槽類廃ガス処理設備の排風機が運転状態を維持している場合には、水素掃気用の圧縮空気の供給継続により移行する放射性物質の大気中への放出量を低減するため、塔槽類廃ガス処理設備の排風機の運転を継続し、第8-1表に示す機器に供給する圧縮空気の流量の監視を継続する。圧縮空気の流量の監視の結果、第8-1表に示すいずれかの貯槽等に供給する圧縮空気の流量が、貯槽等の水素を可燃限界濃度未満に希釈できる流量に満たない場合には、その貯槽等が設置されている建屋について、水素掃気用の圧縮空気の供給継続により移行する放射性物質を塔槽類廃ガス処理設備からセルに導くための作業の実施を判断し、以下のe.へ移行する。 ・これらの実施を判断するために必要な監視項目は、第8-1表に示す機器に供給する圧縮空気の流量及び塔槽類廃ガス処理設備の排風機の運転状態である。 	—	—	<ul style="list-style-type: none"> ・計測制御設備 ・可搬型貯槽掃気圧縮空気流量計

(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
d.	代替塔槽類廃ガス処理設備の隔離弁の閉止及び塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニットの開放	<ul style="list-style-type: none"> ・塔槽類廃ガス処理設備から第8.2.1-3表に示す導出先セルに放射性物質を導出するため、代替塔槽類廃ガス処理設備の隔離弁を閉止し、塔槽類廃ガス処理設備と第8.2.1-3表に示す導出先セルを接続している塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニットの手动弁及び塔槽類廃ガス処理設備の手动弁を開放する。 ・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8.2.1-3表に示す導出先セルに導出される。また、圧縮空気の供給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8.2.1-3表に示す導出先セルに導出される。 ・発生した放射性物質が、塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニットを経由して第8.2.1-3表に示す導出先セルに導出されない場合は、水封安全器を経由して第8.2.1-4表に示す水封安全器が設置されている導出先セルに導出される。 	<ul style="list-style-type: none"> ・各建屋の塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニット ・各建屋の塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニット(フィルタ) ・各建屋の代替塔槽類廃ガス処理設備の配管 ・各建屋の代替塔槽類廃ガス処理設備の隔離弁 ・各建屋の安全水封器 	—	—
e.	可搬型排風機の起動の判断	<ul style="list-style-type: none"> ・可搬型排風機の運転準備が整い次第、可搬型排風機の起動を判断する。 	—	—	—

(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
f.	可搬型排風機の運転	<ul style="list-style-type: none"> 可搬型排風機を運転することで、大気中への経路外放出を抑制し、セル内の圧力上昇を緩和しつつ、可搬型フィルタの高性能粒子フィルタにより放射性エアロゾルを除去し、主排気筒から大気中へ管理しながら放出する。また、可搬型フィルタ差圧計により、可搬型フィルタの差圧を監視する。 可搬型排風機の運転後、塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニットの高性能粒子フィルタの差圧が上昇傾向を示した場合、塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニットの高性能粒子フィルタを隔離し、バイパスラインへ切り替える。 これらの実施を判断するために必要な監視項目は、塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニットの高性能粒子フィルタの差圧である。 	<ul style="list-style-type: none"> 各建屋の代替換気設備のダクト 各建屋の重大事故対処用母線 主排気筒 	<ul style="list-style-type: none"> 可搬型ダクト 可搬型フィルタ 可搬型排風機 可搬型発電機 	<ul style="list-style-type: none"> 可搬型フィルタ差圧計 可搬型セル導出ユニットフィルタ差圧計
g.	大気中への放射性物質の放出の状態監視	<ul style="list-style-type: none"> 排気モニタリング設備により、主排気筒から大気中への放射性物質の放出状況を監視する。排気モニタリング設備が機能喪失した場合は、可搬型排気モニタリング設備により、主排気筒から大気中への放射性物質の放出状況を監視する。 	<ul style="list-style-type: none"> 各建屋の代替換気設備のダクト 主排気筒 	<ul style="list-style-type: none"> 可搬型排気モニタリング設備 	—

※下線が引かれているものは新規設置設備

第 8.2.1—3 表 導出先セル

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

第 8. 2. 1—4 表 安全水封器が設置されている導出先セル

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

※安全水封器なし

第8.2.2-1表 放射性物質の放出量（C s -137換算）

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

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

第8.2.2-2表 放射性物質の放出量（前処理建屋）

核種	放出量(Bq)
Sr-90	1×10^7
Cs-137	2×10^7
Eu-154	6×10^5
Pu-238	9×10^5
Pu-239	9×10^4
Pu-240	2×10^5
Pu-241	2×10^7
Am-241	1×10^6
Cm-244	7×10^5

第8.2.2-3表 放射性物質の放出量（分離建屋）

核種	放出量 (Bq)
Sr-90	3×10^7
Cs-137	4×10^7
Eu-154	3×10^6
Pu-238	6×10^5
Pu-239	6×10^4
Pu-240	9×10^4
Pu-241	2×10^7
Am-241	3×10^6
Cm-244	2×10^6

第8.2.2-4表 放射性物質の放出量（精製建屋）

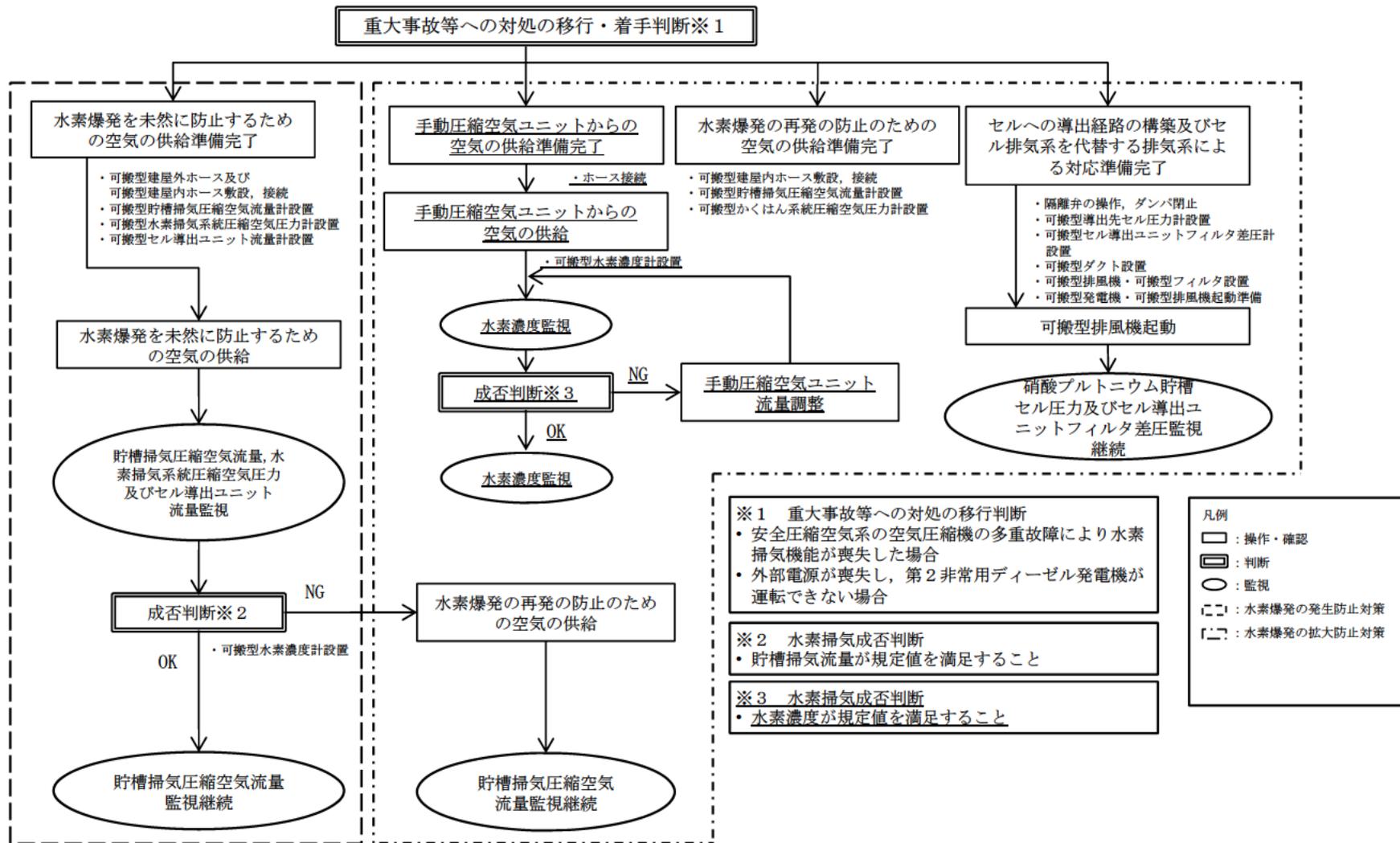
核 種	放出量(B q)
P u - 238	7×10^6
P u - 239	7×10^5
P u - 240	1×10^6
P u - 241	2×10^8

第8.2.2-5表 放射性物質の放出量（ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋）

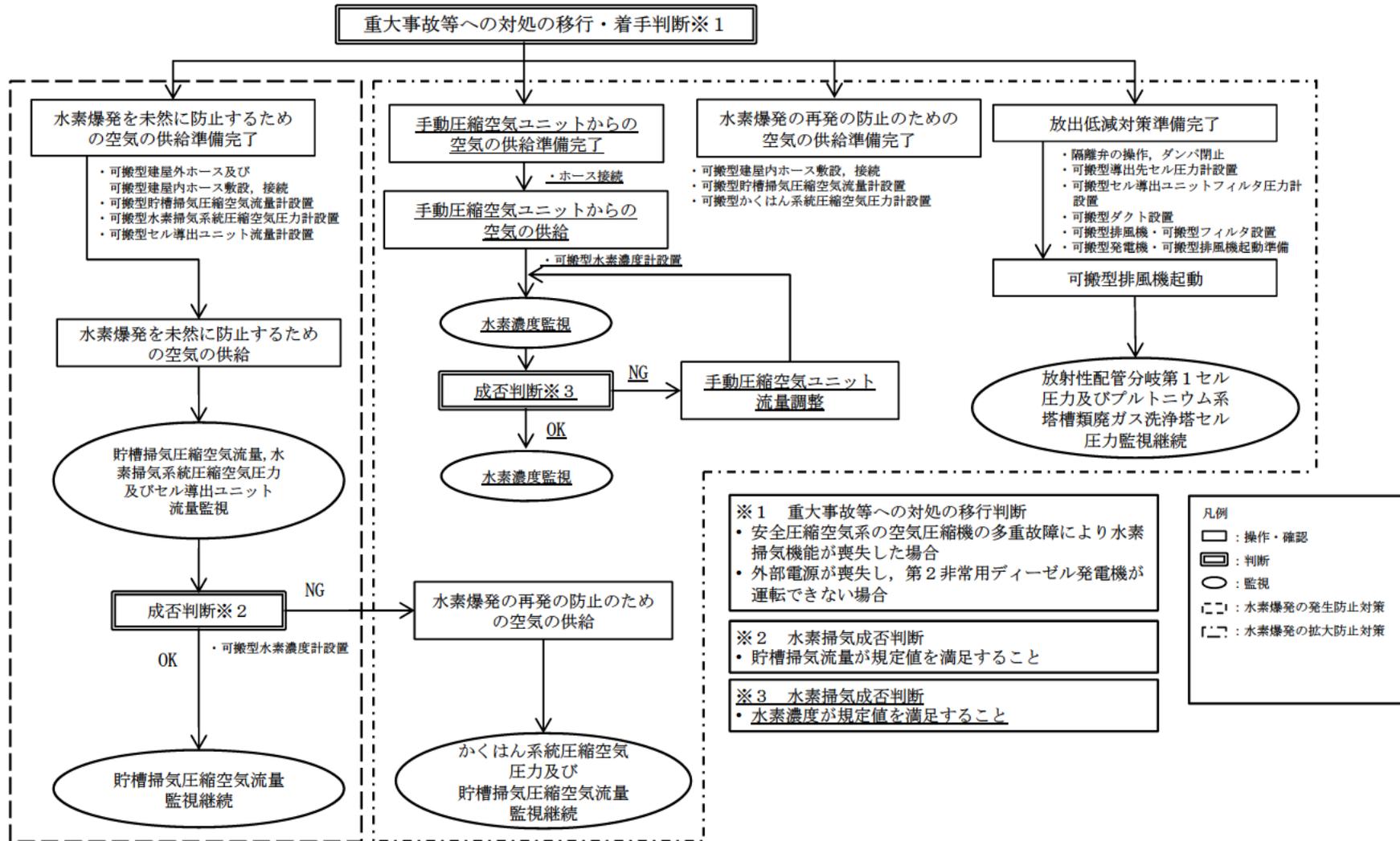
核 種	放出量(B q)
P u - 238	2×10^6
P u - 239	2×10^5
P u - 240	3×10^5
P u - 241	4×10^7
A m - 241	4×10^4

第8.2.2-6表 放射性物質の放出量（高レベル廃液ガラス固化建屋）

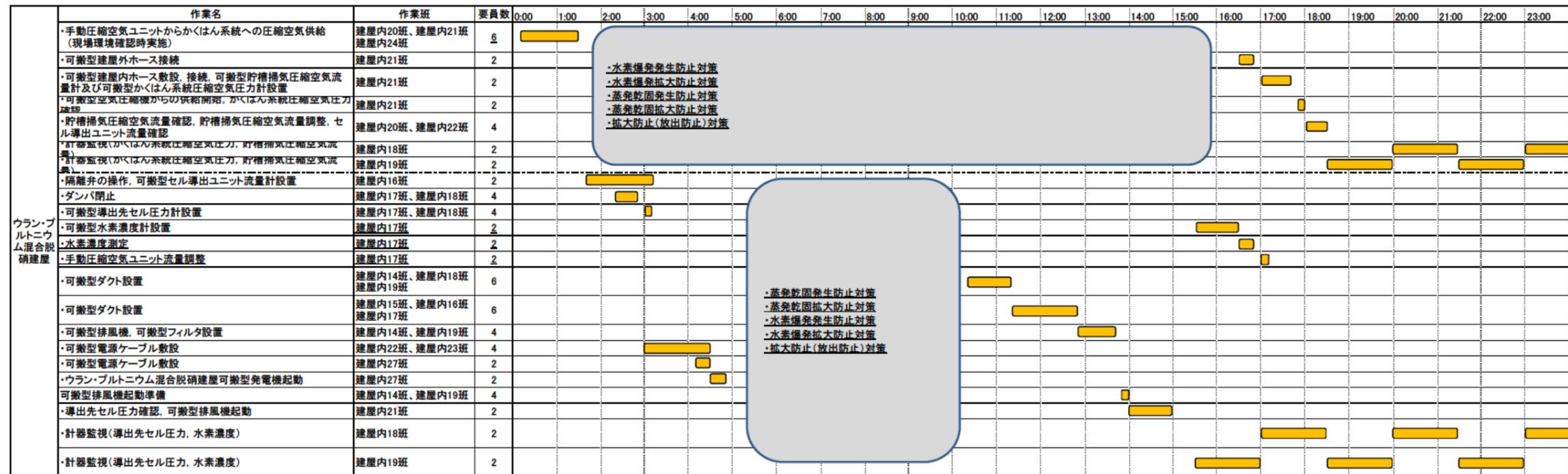
核種	放出量(Bq)
Sr-90	3×10^8
Cs-137	4×10^8
Eu-154	3×10^7
Am-241	3×10^7
Am-243	3×10^5
Cm-243	2×10^5
Cm-244	2×10^7



第8.1.1-3図 水素掃気機能の喪失による水素爆発に対処するための手順の概要
(ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋)



第8.1.1-4図 水素掃気機能の喪失による水素爆発に対処するための手順の概要（精製建屋）



第8.2.1-1図 ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋における水素爆発の再発を防止するための空気の供給及び放出低減対策に必要な要員及び作業項目

作業名	作業班	要員数	24:00	25:00	26:00	27:00	28:00	29:00	30:00	31:00	32:00	33:00	34:00	35:00	36:00	37:00	38:00	39:00	40:00	41:00	42:00	43:00	44:00	45:00	46:00	47:00		
・手動圧縮空気ユニットからかくはん系統への圧縮空気供給 (現場環境確認時実施)	建屋内20班、建屋内21班 建屋内24班	6	<ul style="list-style-type: none"> ・使用済燃料損傷対策 ・蒸発乾固発生防止対策 ・蒸発乾固拡大防止対策 																									
・可搬型建屋外ホース接続	建屋内21班	2																										
・可搬型建屋内ホース敷設、接続、可搬型貯槽掃気圧縮空気流量計及び可搬型かくはん系統圧縮空気圧力計設置	建屋内21班	2																										
・可搬型空気圧縮機からの供給開始、かくはん系統圧縮空気圧力確認	建屋内21班	2																										
・貯槽掃気圧縮空気流量確認、貯槽掃気圧縮空気流量調整、セル導出ユニット流量確認	建屋内20班、建屋内22班	4	<ul style="list-style-type: none"> ・使用済燃料損傷対策 ・蒸発乾固発生防止対策 ・蒸発乾固拡大防止対策 ・拡大防止(放出防止)対策 																									
・計器監視(かくはん系統圧縮空気圧力、貯槽掃気圧縮空気流量)	建屋内18班	2																										
・計器監視(かくはん系統圧縮空気圧力、貯槽掃気圧縮空気流量)	建屋内19班	2																										
・隔離弁の操作、可搬型セル導出ユニット流量計設置	建屋内16班	2																										
・ダンパ閉止	建屋内17班、建屋内18班	4																										
・可搬型導出先セル圧力計設置	建屋内17班、建屋内18班	4																										
・可搬型水素濃度計設置	建屋内17班	2																										
・水素濃度測定	建屋内17班	2																										
・手動圧縮空気ユニット流量調整	建屋内17班	2																										
・可搬型ダクト設置	建屋内14班、建屋内18班 建屋内19班	6																										
・可搬型ダクト設置	建屋内15班、建屋内16班 建屋内17班	6																										
・可搬型排風機、可搬型フィルタ設置	建屋内14班、建屋内19班	4																										
・可搬型電源ケーブル敷設	建屋内22班、建屋内23班	4																										
・可搬型電源ケーブル敷設	建屋内27班	2																										
・ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋可搬型発電機起動	建屋内27班	2																										
可搬型排風機起動準備	建屋内14班、建屋内19班	4																										
・導出先セル圧力確認、可搬型排風機起動	建屋内21班	2																										
・計器監視(導出先セル圧力、水素濃度)	建屋内18班	2																										
・計器監視(導出先セル圧力、水素濃度)	建屋内19班	2																										

第8.2.1-1図 ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋における水素爆発の再発を防止するための空気の供給及び放出低減対策に必要な要員及び作業項目

		(時間)																									
作業名		作業班	要員数	48:00	49:00	50:00	51:00	52:00	53:00	54:00	55:00	56:00	57:00	58:00	59:00	60:00	61:00	62:00	63:00	64:00	65:00	66:00	67:00	68:00	69:00	70:00	71:00
ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋	・手動圧縮空気ユニットからかくはん系統への圧縮空気供給 (現場環境確認時実施)	建屋内20班、建屋内21班 建屋内24班	6																								
	・可搬型建屋外ホース接続	建屋内21班	2																								
	・可搬型建屋内ホース敷設、接続、可搬型貯槽掃気圧縮空気流量計及び可搬型かくはん系統圧縮空気圧力計設置	建屋内21班	2																								
	・可搬型空気圧縮機からの供給開始、かくはん系統圧縮空気圧力計設置	建屋内21班	2																								
	・貯槽掃気圧縮空気流量確認、貯槽掃気圧縮空気流量調整、セル導出ユニット流量確認	建屋内20班、建屋内22班	4																								
	・計器監視(かくはん系統圧縮空気圧力、貯槽掃気圧縮空気流量)	建屋内18班	2																								
	・計器監視(かくはん系統圧縮空気圧力、貯槽掃気圧縮空気流量)	建屋内19班	2																								
	・隔離弁の操作、可搬型セル導出ユニット流量計設置	建屋内16班	2																								
	・ダンパ閉止	建屋内17班、建屋内18班	4																								
	・可搬型導出先セル圧力計設置	建屋内17班、建屋内18班	4																								
	・可搬型水素濃度計設置	建屋内17班	2																								
	・水素濃度測定	建屋内17班	2																								
	・手動圧縮空気ユニット流量調整	建屋内17班	2																								
	・可搬型ダクト設置	建屋内14班、建屋内16班 建屋内19班	6																								
	・可搬型ダクト設置	建屋内15班、建屋内16班 建屋内17班	6																								
	・可搬型排風機、可搬型フィルタ設置	建屋内14班、建屋内19班	4																								
	・可搬型電源ケーブル敷設	建屋内22班、建屋内23班	4																								
	・可搬型電源ケーブル敷設	建屋内27班	2																								
	・ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋可搬型発電機起動	建屋内27班	2																								
	可搬型排風機起動準備	建屋内14班、建屋内19班	4																								
	・導出先セル圧力確認、可搬型排風機起動	建屋内21班	2																								
	・計器監視(導出先セル圧力、水素濃度)	建屋内18班	2																								
	・計器監視(導出先セル圧力、水素濃度)	建屋内19班	2																								

第8.2.1-1図 ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋における水素爆発の再発を防止するための空気の供給及び放出低減対策に必要な要員及び作業項目

作業名	作業班	要員数	0:00 1:00 2:00 3:00 4:00 5:00 6:00 7:00 8:00 9:00 10:00 11:00 12:00 13:00 14:00 15:00 16:00 17:00 18:00 19:00 20:00 21:00 22:00 23:00																							
			Gantt chart showing task duration across a 24-hour period.																							
・手動圧縮空気ユニットからかくはん系統への圧縮空気供給	建屋内11班、建屋内12班	4	[Task bar from 0:00 to 1:00]																							
・可搬型建屋内ホース接続(建屋入口)	建屋内23班、建屋内24班	4	[Task bar from 0:00 to 1:00]																							
・可搬型建屋内ホース接続(建屋内)、可搬型貯槽掃気圧縮空気流量計及び可搬型かくはん系統圧縮空気圧力計設置	建屋内23班、建屋内24班	4	[Task bar from 0:00 to 1:00]																							
・可搬型空気圧縮機からの供給開始、かくはん系統圧縮空気圧力確認	建屋内23班	2	[Task bar from 0:00 to 1:00]																							
・かくはん系統圧縮空気圧力及び貯槽掃気流量確認、貯槽掃気流量調整、セル導出ユニット流量確認	建屋内21班、建屋内22班	4	[Task bar from 0:00 to 1:00]																							
・計器監視(かくはん系統圧縮空気圧力、貯槽掃気圧縮空気流量)	建屋内26班	2	[Task bar from 0:00 to 1:00]																							
・計器監視(かくはん系統圧縮空気圧力、貯槽掃気圧縮空気流量)	建屋内27班	2	[Task bar from 0:00 to 1:00]																							
・隔離弁の操作、可搬型セル導出ユニット流量計設置	建屋内14班	2	[Task bar from 0:00 to 1:00]																							
・可搬型導出先セル圧力計設置	建屋内14班	2	[Task bar from 0:00 to 1:00]																							
・ダンパ閉止	建屋内15班	2	[Task bar from 0:00 to 1:00]																							
・可搬型水素濃度計設置	建屋内26班	2	[Task bar from 0:00 to 1:00]																							
・水素濃度測定	建屋内27班	2	[Task bar from 0:00 to 1:00]																							
・手動圧縮空気ユニット流量調整	建屋内25班	2	[Task bar from 0:00 to 1:00]																							
・可搬型ダクト、可搬型排風機、可搬型フィルタの設置	建屋内24班、建屋内25班 建屋内26班	6	[Task bar from 0:00 to 1:00]																							
・可搬型ダクト、可搬型排風機、可搬型フィルタの設置	建屋内19班、建屋内20班 建屋内21班	6	[Task bar from 0:00 to 1:00]																							
・可搬型電源ケーブル敷設	建屋内11班、建屋内12班	4	[Task bar from 0:00 to 1:00]																							
・可搬型排風機起動準備	建屋内13班	2	[Task bar from 0:00 to 1:00]																							
・放射性配管分岐第1セル圧力確認、可搬型排風機起動	建屋内13班	2	[Task bar from 0:00 to 1:00]																							
・計器監視(放射性配管分岐第1セル圧力、水素濃度)	建屋内26班	2	[Task bar from 0:00 to 1:00]																							
・計器監視(放射性配管分岐第1セル圧力、水素濃度)	建屋内27班	2	[Task bar from 0:00 to 1:00]																							

・現場環境確認
 ・水素爆発発生防止対策
 ・水素爆発拡大防止対策
 ・蒸発乾固発生防止対策
 ・拡大防止(放出防止)対策

・使用済燃料損傷対策
 ・蒸発乾固発生防止対策
 ・蒸発乾固拡大防止対策
 ・水素爆発発生防止対策
 ・水素爆発拡大防止対策

・蒸発乾固発生防止対策
 ・蒸発乾固拡大防止対策
 ・拡大防止(放出防止)対策
 ・使用済燃料損傷対策

・水素爆発発生防止対策
 ・水素爆発拡大防止対策
 ・蒸発乾固発生防止対策
 ・蒸発乾固拡大防止対策
 ・拡大防止(放出防止)対策
 ・使用済燃料損傷対策

第8.2.1-2図 精製建屋における水素爆発の再発を防止するための空気の供給及び放出低減対策に必要な要員及び作業項目

作業名	作業班	要員数	24:00	25:00	26:00	27:00	28:00	29:00	30:00	31:00	32:00	33:00	34:00	35:00	36:00	37:00	38:00	39:00	40:00	41:00	42:00	43:00	44:00	45:00	46:00	47:00	
			・手動圧縮空気ユニットからかくはん系統への圧縮空気供給	建屋内11班、建屋内12班	4																						
・可搬型建屋内ホース接続(建屋入口)	建屋内23班、建屋内24班	4																									
・可搬型建屋内ホース接続(建屋内)、可搬型貯槽掃気圧縮空気流量計及び可搬型かくはん系統圧縮空気圧力計設置	建屋内23班、建屋内24班	4	<ul style="list-style-type: none"> ・使用済燃料損傷対策 ・蒸発乾固発生防止対策 ・蒸発乾固拡大防止対策 																								
・可搬型空気圧縮機からの供給開始、かくはん系統圧縮空気圧力確認	建屋内23班	2																									
・かくはん系統圧縮空気圧力及び貯槽掃気流量確認、貯槽掃気流量調整、セル導出ユニット流量確認	建屋内21班、建屋内22班	4																									
・計器監視(かくはん系統圧縮空気圧力、貯槽掃気圧縮空気流量)	建屋内26班	2																									
・計器監視(かくはん系統圧縮空気圧力、貯槽掃気圧縮空気流量)	建屋内27班	2																									
・隔離弁の操作、可搬型セル導出ユニット流量計設置	建屋内14班	2																									
・可搬型導出先セル圧力計設置	建屋内14班	2																									
・ダンパ閉止	建屋内15班	2																									
・可搬型水素濃度計設置	建屋内26班	2																									
・水素濃度測定	建屋内27班	2																									
・手動圧縮空気ユニット流量調整	建屋内25班	2																									
・可搬型ダクト、可搬型排風機、可搬型フィルタの設置	建屋内24班、建屋内25班 建屋内26班	6	<ul style="list-style-type: none"> ・使用済燃料損傷対策 ・蒸発乾固発生防止対策 ・蒸発乾固拡大防止対策 																								
・可搬型ダクト、可搬型排風機、可搬型フィルタの設置	建屋内19班、建屋内20班 建屋内21班	6																									
・可搬型電源ケーブル敷設	建屋内11班、建屋内12班	4																									
・可搬型排風機起動準備	建屋内13班	2																									
・放射性配管分岐第1セル圧力確認、可搬型排風機起動	建屋内13班	2																									
・計器監視(放射性配管分岐第1セル圧力、水素濃度)	建屋内26班	2																									
・計器監視(放射性配管分岐第1セル圧力、水素濃度)	建屋内27班	2																									

第8.2.1-2図 精製建屋における水素爆発の再発を防止するための空気の供給及び放出低減対策に必要な要員及び作業項目

		(時間)																										
作業名		作業班	要員数	48:00	49:00	50:00	51:00	52:00	53:00	54:00	55:00	56:00	57:00	58:00	59:00	60:00	61:00	62:00	63:00	64:00	65:00	66:00	67:00	68:00	69:00	70:00	71:00	
精製 建屋	・手動圧縮空気ユニットからかくはん系統への圧縮空気供給	建屋内11班、建屋内12班	4																									
	・可搬型建屋内ホース接続(建屋入口)	建屋内23班、建屋内24班	4																									
	・可搬型建屋内ホース接続(建屋内)、可搬型貯槽掃気圧縮空気流量計及び可搬型かくはん系統圧縮空気圧力計設置	建屋内23班、建屋内24班	4																									
	・可搬型空気圧縮機からの供給開始、かくはん系統圧縮空気圧力確認	建屋内23班	2																									
	・かくはん系統圧縮空気圧力及び貯槽掃気流量確認、貯槽掃気流量調整、セル導出ユニット流量確認	建屋内21班、建屋内22班	4																									
	・計器監視(かくはん系統圧縮空気圧力、貯槽掃気圧縮空気流量)	建屋内26班	2																									
	・計器監視(かくはん系統圧縮空気圧力、貯槽掃気圧縮空気流量)	建屋内27班	2																									
	・隔離弁の操作、可搬型セル導出ユニット流量計設置	建屋内14班	2																									
	・可搬型導出先セル圧力計設置	建屋内14班	2																									
	・ダンパ閉止	建屋内15班	2																									
	・可搬型水素濃度計設置	建屋内26班	2																									
	・水素濃度測定	建屋内27班	2																									
	・手動圧縮空気ユニット流量調整	建屋内25班	2																									
	・可搬型ダクト、可搬型排風機、可搬型フィルタの設置	建屋内24班、建屋内25班 建屋内26班	6																									
	・可搬型ダクト、可搬型排風機、可搬型フィルタの設置	建屋内19班、建屋内20班 建屋内21班	6																									
	・可搬型電源ケーブル敷設	建屋内11班、建屋内12班	4																									
	・可搬型排風機起動準備	建屋内13班	2																									
	・放射性配管分岐第1セル圧力確認、可搬型排風機起動	建屋内13班	2																									
	・計器監視(放射性配管分岐第1セル圧力、水素濃度)	建屋内26班	2																									
	・計器監視(放射性配管分岐第1セル圧力、水素濃度)	建屋内27班	2																									

第8.2.1-2図 精製建屋における水素爆発の再発を防止するための空気の供給及び放出低減対策に必要な要員及び作業項目

第28条: 重大事故等の拡大防止(8. 放射線分解により発生する水素による爆発への対処)

再処理施設 安全審査 整理資料 補足説明資料				備考
資料No.	名称	提出日	Rev	
補足説明資料8-1	水素爆発発生時の燃焼挙動について	1/10	2	
補足説明資料8-2	機能喪失時の一般公衆への被ばく影響評価方法	1/10	2	
補足説明資料8-3	圧縮空気の経路外放出に伴う被ばく線量	1/30	3	DF値の変更
補足説明資料8-4	空気漏えい時の作業環境	12/5	0	
補足説明資料8-5	水素掃気機能の喪失による水素爆発への対処	1/10	0	
補足説明資料8-6	水素爆発時の塔槽類廃ガス処理設備のフィルタの健全性について	1/10	2	
補足説明資料8-7	未然防止濃度に到達するまでの時間余裕の評価方法	1/10	2	
補足説明資料8-8	圧縮空気貯槽及び圧縮空気ユニットと予備圧縮空気ユニットの動作原理について	1/10	2	
補足説明資料8-9	水素濃度計について	1/10	2	
補足説明資料8-10	水素掃気に必要な空気流量の計算方法について	1/10	2	
補足説明資料8-11	可搬型空気圧縮機による圧縮空気の供給による水素濃度の推移について	1/10	2	
補足説明資料8-12	事故環境における重大事故等対処施設の機能維持	1/10	2	
補足説明資料8-13	時間余裕計算方法の有する安全余裕について	1/28	4	
補足説明資料8-14	手動圧縮空気ユニットの信頼性について	1/30	1	沸騰時を考慮した圧縮空気流量の追記
補足説明資料8-15	要員及び資源等の評価	1/23	1	
補足説明資料8-16	塔槽類廃ガス処理設備の隔離弁の爆発時健全性について	1/23	3	
補足説明資料8-17	可搬型フィルタの健全性について	1/23	3	
補足説明資料8-18	5因子法において採用した値の適用性について	1/23	3	

第28条:重大事故等の拡大防止(8.放射線分解により発生する水素による爆発への対処)

再処理施設 安全審査 整理資料 補足説明資料				備考
資料No.	名称	提出日	Rev	
補足説明資料8-19	水素爆発発生時の機器の健全性について	1/23	3	
補足説明資料8-20	水素爆発が機器内の溶液性状に与える影響について	1/23	3	
補足説明資料8-21	水素爆発の図一覧(系統概要図、アクセスルート、建屋内ホース等、敷設ルート図、溢水/化学薬品/火災ハザードマップ)	1/23	1	

補足説明資料8-3（28条）

8. 放射線分解により発生する水素による
爆発への対処

圧縮空気の経路外放出に伴う被ばく線量

1. はじめに

全交流動力電源が喪失し、同時に安全圧縮空気系の水素掃気機能が喪失した場合は、安全圧縮空気系の空気貯槽（水素掃気用）から圧縮空気が自動的に供給される。圧縮空気の供給によって機器内の液面から気相中に移行した放射性物質は各建屋の塔槽類廃ガス処理設備からセル又は部屋に放出される。このため、前処理建屋及び高レベル廃液ガラス固化建屋においては圧縮空気の供給を停止するとともに、各建屋では放出経路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切り替えることで、放射性エアロゾルを高性能粒子フィルタにより除去することにより、空気の放出に伴う大気中への放射性物質の放出量を最低限に留める。

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いては、圧縮空気貯槽及び圧縮空気ユニットにより空気の供給が継続するため、セルに導出するユニットの高性能粒子フィルタを介してセルに導出された空気の経路外放出は、可搬型排風機が起動するまでの間、継続することになる。

上述の状態について、一般公衆への被ばく線量を評価する。

2. 事象の推移及び放出経路の同定

各建屋について、圧縮空気の放出の推移を整理する。

2.1 前処理建屋及び高レベル廃液ガラス固化建屋

前処理建屋及び高レベル廃液ガラス固化建屋に設置される機器は、機器

内の水素濃度が未然防止濃度に到達するまでに1日以上の時間余裕を有するという特徴がある。このため、放射性物質を含む圧縮空気の放出を防止するために、圧縮空気を停止し、圧縮空気の放出を停止した上で重大事故への対処が可能である。

したがって、放射性物質の放出による被ばく線量の対象となる経路は、図1に示す経路①（以下、経路①-AA, KA）のみとなる。評価期間は、弁の手动閉止が可能な事故後45分となる。

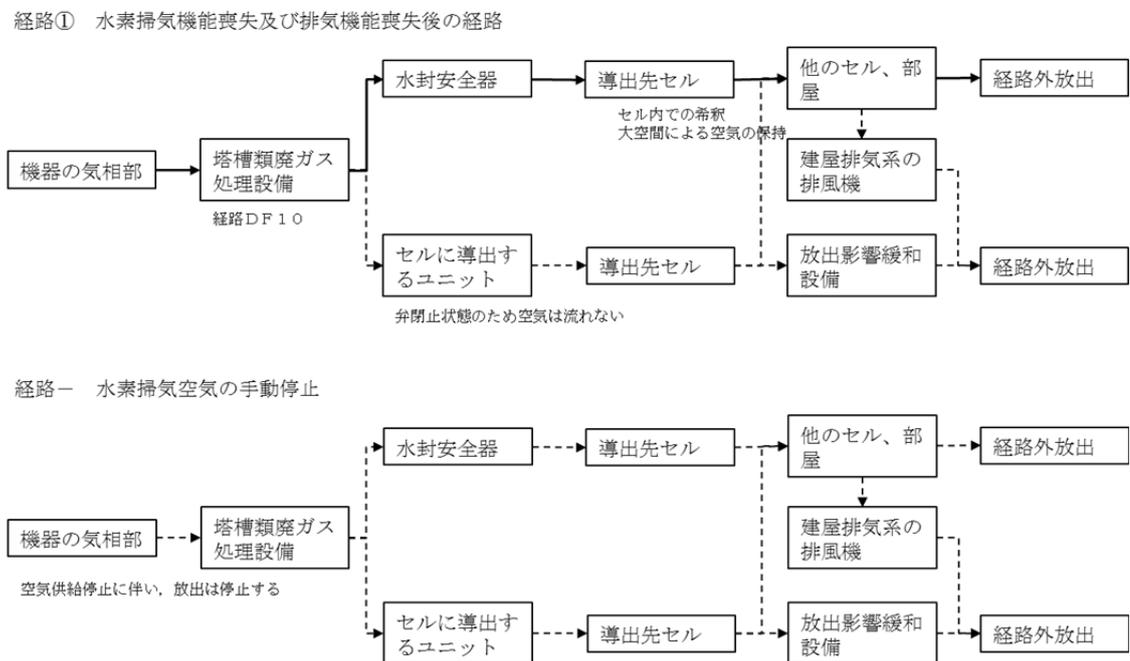


図1. 前処理建屋及び高レベル廃液ガラス固化建屋の放出経路

現実的には、45分間に供給される圧縮空気量は 250m^3 程度（概略ではあるが、空気貯槽容量 35m^3 に圧力比 $0.7\text{MPa}/0.1\text{MPa}$ を乗じると 245m^3 となる）であり、建屋の体積は 10^5m^3 オーダーであることを考慮すると、ほとんどの空気は建屋内に留まると想定される。この場合、建屋内の空気は放出緩和設備の可搬型排風機が起動した後に緩やかに排風機側に引き込まれ、可搬型フィルタを介して主排気筒放出するものと想定される（経路②-AA, KAと呼ぶ）。

2.2 分離建屋及び精製建屋

分離建屋及び精製建屋に設置される機器は、機器内の水素濃度が未然防止濃度に到達するまでの時間余裕が短いため、圧縮空気貯槽を安全圧縮空気系に設けることにより、水素掃気機能喪失後でも自動的に圧縮空気が供給される設計とすることで時間余裕を1日以上に延長しているという特徴がある。

このため、水素掃気機能喪失後に圧縮空気を停止すると、機器内における水素爆発が発生する可能性があるため、圧縮空気の供給を継続することから、2.1と同じ経路①（経路①-AB, AC）が想定される。

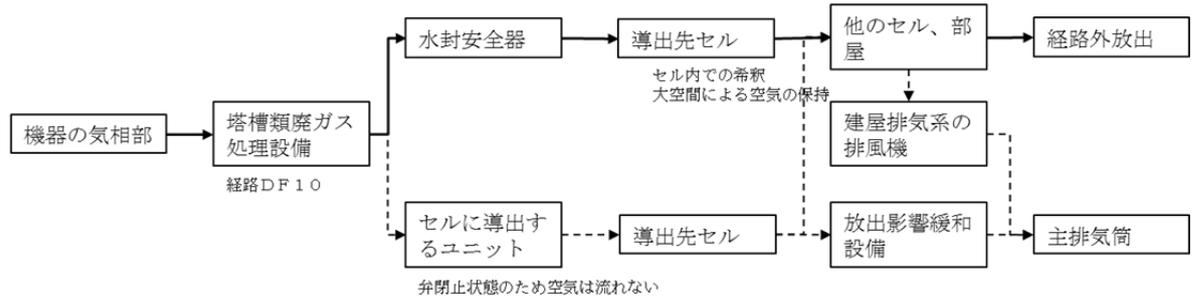
その後、圧縮空気に同伴する放射性物質量を低減するために、高性能粒子フィルタを設けたセルに導出するユニットに放出経路を切り替える。セルに導出するユニットを介してセルへ放出された放射性物質は、可搬型排風機が起動する前は経路外放出する。（経路②-AB, AC）

可搬型排風機が起動すると、放出影響緩和設備の可搬型フィルタを介して主排気筒から放出される。（経路③-AB, AC）

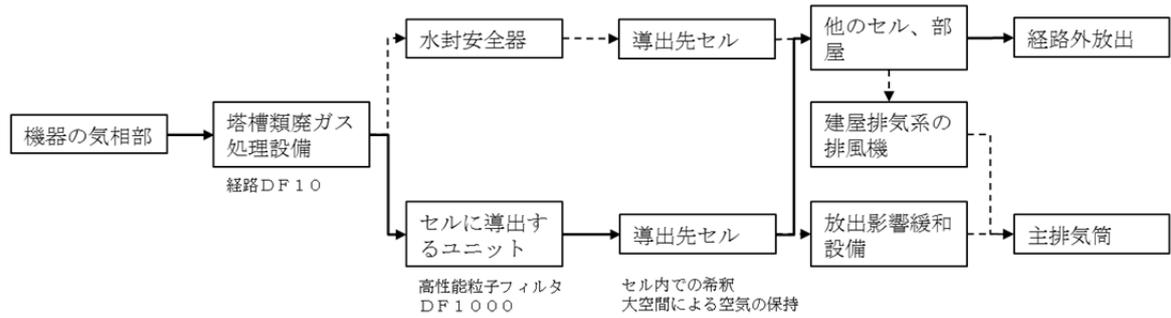
以上の放出経路をまとめて図2に示す。

現実的には、圧縮空気貯槽の圧縮空気量は分離建屋で120m³程度（概略ではあるが、空気貯槽容量16m³に圧力比0.7MPa/0.1MPaを乗じると112m³となる）、精製建屋で140m³程度であり、建屋の体積は十万m³オーダーであることを考慮すると、ほとんどの空気は建屋内に留まると想定される。この場合、建屋内の空気は放出影響緩和設備の可搬型排風機が起動した後に緩やかに排風機側に引き込まれ、可搬型フィルタを介して主排気筒放出するものと想定される。

経路① 水素掃気機能喪失及び排気機能喪失後の経路



経路② セルに導出するユニット解放後の経路



経路③ 放出影響緩和設備の運転後の経路

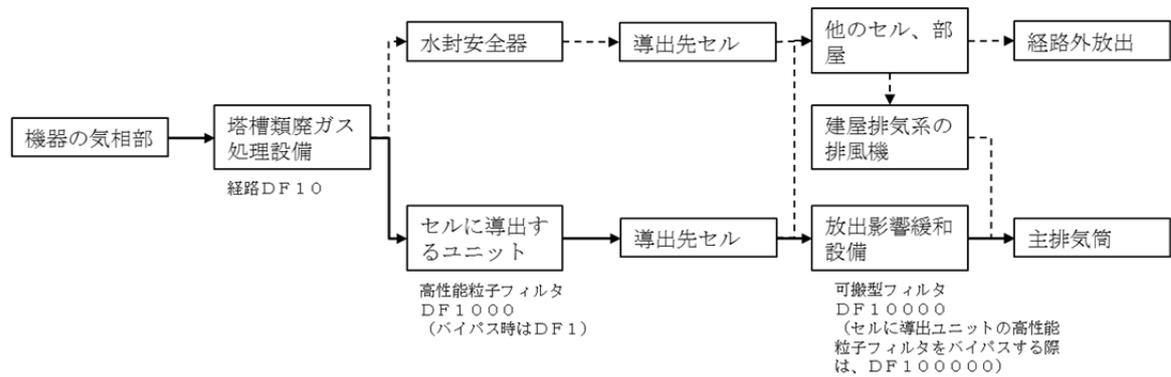


図 2. 分離建屋及び精製建屋の放出経路

2.3 ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋

ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋に設置される機器は、分離建屋及び精製建屋に設置される機器と同様、機器内の水素濃度が未然防止濃度に到達するまでの時間余裕が短いため、圧縮空気ユニットを水素掃気系統上に設けることにより、水素掃気機能喪失後でも自動的に圧縮空気が供給される設計とすることで時間余裕を1日以上に延長しているという特徴がある。また、ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋には水封安全器が無い、かつ、塔槽類廃ガス処理設備の排風機がルーツブローではなく排風機の停止時に構造的に閉塞しないという特徴を有する。このため、主な放出経路は、塔槽類廃ガス処理設備の排風機前に存在する排風機の流量を調整するためのインリーク経路から部屋への放出である。インリーク経路は電源喪失時にフェイルオープンとなるため、大部分の空気はインリーク経路から放出されると考えられる。

また、ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋においても、水素掃気機能喪失後に圧縮空気を停止すると、機器内における水素爆発が発生する可能性があるため、圧縮空気の供給を継続することから、圧縮空気は塔槽類廃ガス処理設備から部屋へ放出され経路外放出する（経路①-CA）。

その後、圧縮空気に同伴する放射性物質量を低減するために、高性能粒子フィルタを設けたセルに導出するユニットに放出経路を切り替える。セルに導出するユニットを介してセルへ放出された放射性物質は、可搬型排風機が起動する前は経路外放出する（経路②-CA）。

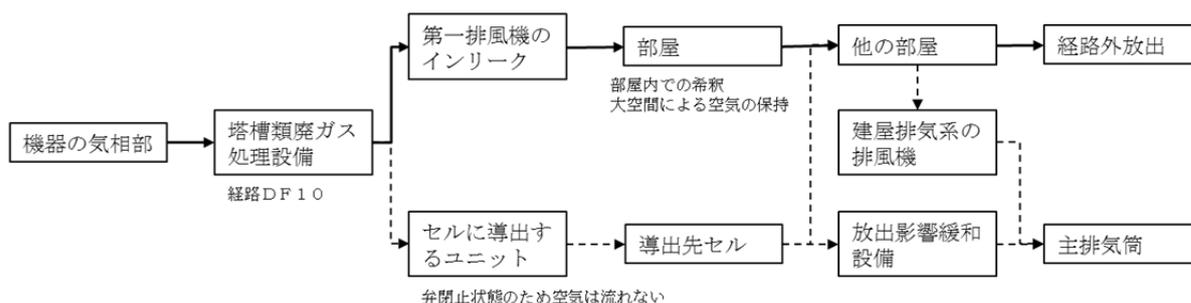
可搬型排風機が起動すると、放出影響緩和設備の可搬型フィルタを介して主排気筒から放出される。（経路③-CA）

以上の放出経路をまとめて図3に示す。

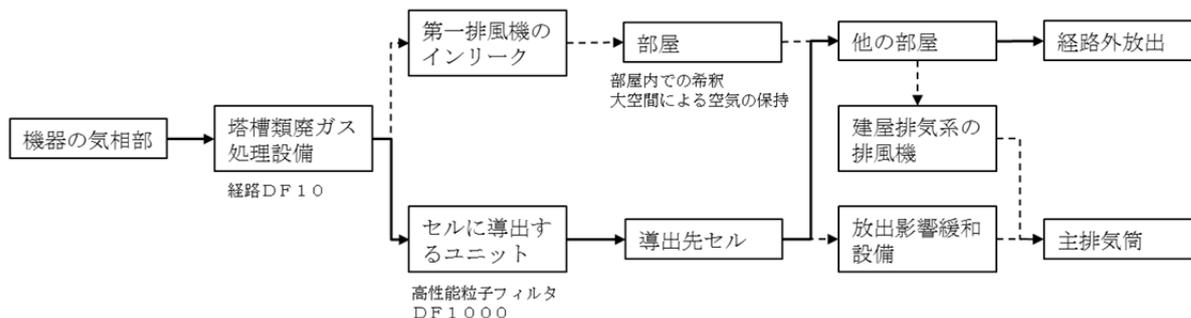
現実的には、圧縮空気ユニットの圧縮空気量は20m³程度（概略ではある

が、ポンベ3本分の容量 0.14m^3 に圧力比 $14\text{MPa}/0.1\text{MPa}$ を乗じると 19.6m^3 となる) であり、建屋の体積は十万 m^3 オーダーであることを考慮すると、ほとんどの空気は建屋内に留まると想定される。この場合、建屋内の空気は放出影響緩和設備の可搬型排風機が起動した後に緩やかに排風機側に引き込まれ、可搬型フィルタを介して主排気筒放出するものと想定される。

経路① 水素掃気機能喪失及び排気機能喪失後の経路



経路② セルに導出するユニット解放後の経路



経路③ 放出影響緩和設備の運転後の経路

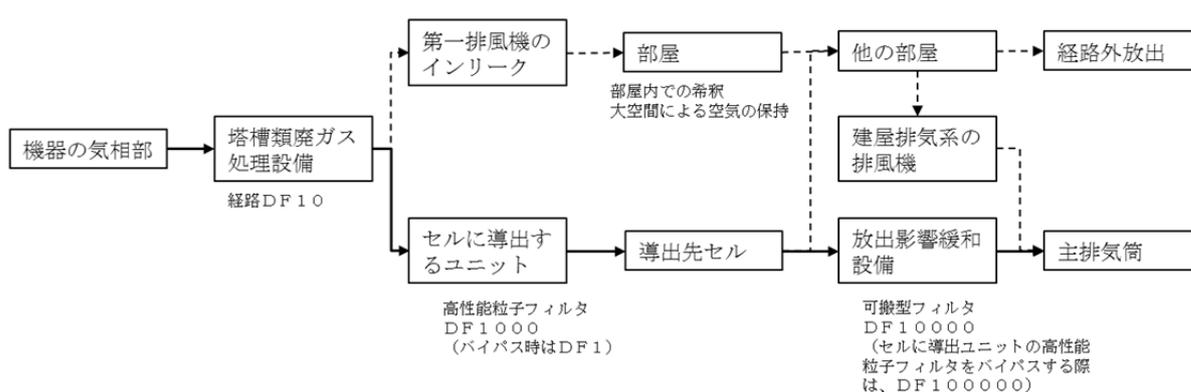


図3. ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋の放出経路

3. 評価方法

3.1 基本方針

各経路について敷地境界における最大個人線量を評価する。

これらの被ばく線量値を比較し、被ばく線量評価結果が大きな経路を、圧縮空気供給時の各建屋の代表線量とする。

3.2 具体的評価手法

事故により生じたエネルギーによって放射性物質が気相へ移行する割合や、設備により除染される割合及び人間が呼吸しうる粒径の割合などをファクターとして考慮することによって放射性物質の放出量を簡易的に評価する手法、5因子⁽¹⁾法を参考として放射性物質放出量を評価する。以下に計算式を示す。

$$STi = MARi \times DR \times ARFi \div DFi \quad (1)$$

$$MARi = Ci \times M$$

ここで、

STi :核種グループ i の放射性物質放出量(Bq)

MARi :対象機器等における核種グループ i の放射性物質質量 (Bq)

DR :MARのうち、各事象で影響を受ける割合(-)

ARFi :核種グループ i の放射性物質の気相への移行割合(-)

DFi :核種グループ i の放出経路における除染係数(-)

Ci : 溶液組成の核種グループ i の濃度(Bq/m³)

M: 溶液量(m³)

核種グループは、事故時に支配的になる核種として、Zr/Nb, Ru/Rh, Cs/Ba, Ce/Pr, Sr/Y, その他FP, Pu(α), Am/Cm(α), U(α)及びNp(α)を設定した。

放射性物質吸入による敷地境界外の実効線量DI(Sv)は、放射性物質放出量に相対濃度、呼吸率及び実効線量換算係数を乗じて求める。以下に計算式を示す。

$$D_i = \sum_i H_i \cdot B \cdot \chi / Q \cdot ST_i \quad (2)$$

ここで、

H:実効線量換算係数(Sv/Bq)

B:呼吸率(m³/s)

χ / Q :相対濃度(s/m³)

4. 評価条件

4.1. MARの設定

評価対象機器に内包する溶液中の放射性物質の濃度は、1日当たり処理する使用済燃料の平均燃焼度 45,000MWd / t・UPr, 照射前燃料濃縮度 4.5wt%, 比出力 38MW / t・UPr, 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。MARは、上記の放射性物質の濃度に基づき機器ごとに設定する。

4.2 DRの設定

DRは事故時に発生するストレスにより放射性物質の放出に寄与する割合であり、気相部の水素爆発では溶液表面部分のみの影響であると想定される。このため、DRは1を下回ると考えられるが、厳しい結果を与える設定とし

て $DR=1$ (機器内または対象となる場所に存在する放射性物質の全数が事象に寄与)と設定する。

4.3 ARFの設定

圧縮空気の供給に伴い気相中に移行する場合の放射性物質の割合は圧縮空気 1 m^3 当たり 10 mg ($1\times 10^{-5}\text{ kg/m}^3$)とし、ARFは本値に応じて機器ごとに設定する。

$$ARF_i = \frac{1 \times 10^{-5} \times Q_i \times T}{V_i \rho_i} \quad (3)$$

ここで、

Q_i : 機器 i に供給される圧縮空気流量 (m^3/h)

T : 評価時間 (h)

V_i : 機器 i 内の溶液量 (m^3)

ρ_i : 機器 i 内の溶液の密度 (kg/m^3)

ARFの算出に用いたパラメータを表1に示す。

4.4 DFの設定

4.4.1 経路外放出の場合

経路外放出の場合は、気相部に移行した放射性物質は水封安全器を介してセルに放出された後、複数のセル又は部屋を介して屋外に到達する。経路外放出は、放出経路が構築されるまでの時間に限定されることから、放射性物質が屋外に到達するまでの最短経路上のセル又は部屋の体積による希釈を考慮するとともに、セル又は部屋間の壁のDF10を考慮して、放出パスの総合

的な除染係数（ DF_g とする）を計算する。 DF_g は以下の式より計算する。
計算に用いたパラメータを表2に示す。

$$DF_{g,j} = \prod_i \left(V_{cell,i} \cdot \frac{1}{V_{leak,j}} \cdot DF_{i \rightarrow i+1} \right) \quad (4)$$

ここで、

$DF_{g,j}$ ：機器 j の総合的な除染係数

$V_{leak,j}$ (m^3)：機器 j から爆発により膨張し、放出する気体の体積。爆燃を想定している。

$V_{cell,i}$ (m^3)：通過セル i の体積

$V_{gas,j}$ (m^3)：機器 j の気相部体積

$DF_{i \rightarrow i+1}$ ：通過セル i から次の通過セル i+1 間の除染係数。壁一枚につき 10⁽²⁾とする。

4.4.2 主排気筒放出の場合

圧縮空気を供給することにより平常時の流量を超えることは無いため、高性能粒子フィルタの劣化は考慮しない。以下の通り除染係数を設定し、放出経路上に存在する機器を組み合わせることで経路ごとに除染係数を定める。

セルへ導出するユニットの高性能粒子フィルタ：10³

可搬型フィルタ（セルへ導出するユニットの高性能粒子フィルタをバイパスしている場合）：10⁵

可搬型フィルタ（セルへ導出するユニットの高性能粒子フィルタをバイパ

スしていない場合) : 10^4

塔槽類廃ガス処理設備の配管 : 10

高性能粒子フィルタへ至る前の配管の曲り及び機器による除染を考慮して、除染係数 10 を期待する。これは、水素爆発時であっても配管の曲り 1 つで除染係数 10 程度の効果があることが報告されていることに基づく⁽³⁾。

表1. A R F の算出に用いたパラメータ

建屋 ※	機器	掃気流量 (m ³ /h)	液量 (m ³)	密度 (k g /m ³)	A R F (/h)
AA	ハル洗浄槽	2	0.2	1000	1.0E-07
AA	水バッファ槽	0.5		1000	1.0E-09
AA	中継槽	0.5	7	1410	5.1E-10
AA	リサイクル槽	0.5	2	1410	1.8E-09
AA	不溶解残渣回収槽	5	5	976	1.1E-08
AA	計量前中間貯槽	1.1	25	1410	3.2E-10
AA	計量・調整槽	0.9	25	1410	2.6E-10
AA	計量後中間貯槽	0.9	25	1410	2.6E-10
AA	計量補助槽	0.5	7	1410	5.1E-10
AA	中間ポット	0.5		1400	2.8E-08
AB	抽出塔	2.3		824	1.5E-08
AB	第1洗浄塔	1.4		824	8.8E-09
AB	第2洗浄塔	0.7		824	4.4E-09
AB	T B P 洗浄塔	2.1		824	2.0E-08
AB	プルトニウム分配塔	1.1		760	5.2E-09
AB	ウラン洗浄塔	0.7		824	5.0E-08
AB	プルトニウム洗浄器	0.5		824	3.5E-09
AB	プルトニウム溶液受槽	0.7	3	1010	2.4E-09
AB	プルトニウム溶液中間貯槽	0.7	3	1100	2.2E-09
AB	第1一時貯留処理槽	2.9		824	1.5E-08
AB	第2一時貯留処理槽	0.7	3	760	3.1E-09
AB	第3一時貯留処理槽	0.5	20	1073	2.4E-10
AB	第4一時貯留処理槽	0.5	20	1073	2.4E-10
AB	第5一時貯留処理槽	0.7	3	1100	2.2E-09
AB	第6一時貯留処理槽	4.4		824	8.90E-08
AB	第7一時貯留処理槽	0.7		1073	2.4E-09
AB	第8一時貯留処理槽	1.3		824	5.4E-09
AB	第9一時貯留処理槽	0.5	10	1100	4.6E-10
AB	第10一時貯留処理槽	0.5		824	1.1E-09
AB	第1洗浄器	0.5		824	1.1E-09
AB	高レベル廃液供給槽	0.5	20	1050	2.4E-10
AB	高レベル廃液濃縮缶	5.7	22	1460	1.8E-09
AB	溶解液中間貯槽	0.8	25	1410	2.3E-10
AB	溶解液供給槽	0.5	6	1410	6.0E-10
AB	抽出廃液受槽	0.5	15	1073	3.2E-10
AB	抽出廃液中間貯槽	0.5	20	1073	2.4E-10
AB	抽出廃液供給槽	1.1	60	1073	1.8E-10
AC	プルトニウム溶液供給槽	0.5		1100	1.2E-09
AC	抽出塔	0.5		824	3.6E-08
AC	核分裂生成物洗浄塔	0.5		824	4.7E-08
AC	逆抽出塔	0.5		824	5.1E-08
AC	ウラン洗浄塔	0.5		824	1.9E-07
AC	補助油水分離槽	0.5		1150	5.6E-08
AC	T B P 洗浄器	0.5		1150	8.7E-08
AC	プルトニウム溶液受槽	0.5		1080	5.2E-09
AC	油水分離槽	0.5		1080	5.2E-09

補-8-3-12

■については商業機密の観点から公開できません。

建屋 ※	機器	掃気流量 (m ³ /h)	液量 (m ³)	密度 (kg /m ³)	ARF (/h)
AC	プルトニウム濃縮缶供給槽	0.7		1080	2.2E-09
AC	プルトニウム溶液一時貯槽	0.7		1080	2.2E-09
AC	プルトニウム濃縮缶	0.5		1700	1.5E-08
AC	プルトニウム濃縮液受槽	0.7		1620	4.5E-09
AC	プルトニウム濃縮液一時貯槽	1	1.5	1620	4.2E-09
AC	プルトニウム濃縮液計量槽	0.7		1620	4.5E-09
AC	リサイクル槽	0.7		1620	4.5E-09
AC	希釈槽	1.6		1620	4.1E-09
AC	プルトニウム濃縮液中間貯槽	0.7		1620	4.5E-09
AC	第1一時貯留処理槽	0.5		824	1.4E-08
AC	第2一時貯留処理槽	0.5		824	1.3E-08
AC	第3一時貯留処理槽	0.5		1080	1.6E-09
AC	第4一時貯留処理槽	0.5		1200	2.4E-09
AC	第7一時貯留処理槽	0.5		1080	4.6E-10
CA	硝酸プルトニウム貯槽	1	1	1580	6.4E-09
CA	混合槽	1	1	1570	6.4E-09
CA	一時貯槽	1	1	1580	6.4E-09
KA	高レベル濃縮廃液貯槽	32	120	1300	2.1E-09
KA	高レベル濃縮廃液一時貯槽	7.3	25	1300	2.3E-09
KA	高レベル廃液混合槽	10	20	1300	3.9E-09
KA	供給液槽	3	5	1300	4.7E-09
KA	供給槽	1	2	1300	3.9E-09
KA	不溶解残渣廃液一時貯槽	4.5	5	976	9.3E-09
KA	不溶解残渣廃液貯槽	27	70	976	4.0E-09
KA	高レベル廃液共用貯槽	32	120	1300	2.1E-09

※AA：前処理建屋，AB：分離建屋，AC：精製建屋，CA：ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋，KA：高レベル廃液ガラス固化建屋

■については商業機密の観点から公開できません。

表2. DF_g の算出に用いたパラメータ

(水封安全器経由の場合)

建屋 ※1	塔槽類 廃ガス 処理設 備経 路DF (-)	セル・室による希釈					DF (-)	建屋/ セル壁 DF (-)	DFg (-)
		V_{leak} (m^3)	V_{cell1} (m^3)	V_{cell2} (m^3)	V_{cell3} (m^3)	V_{cell4} (m^3)			
AA	10	17	1239	1071	1981	—	5×10^5	100	5×10^8
AB	10	109	161	110	4277	—	50	100	5×10^4
AC	10	37	129	119	6097	—	700	100	7×10^5
CA※2	10	16	1183	1127	—	—	500	10	5×10^5
KA	10	152	254	1801	902	2746	7000	10000	7×10^8

(セル導出ユニット経由の場合)

建屋 ※1	塔槽類 廃ガス 処理設 備経 路DF (-)	セル導 出ユニ ット (-)	セル・室による希釈					DF (-)	建屋/ セル壁 DF (-)	DFg (-)
			V_{leak} (m^3)	V_{cell1} (m^3)	V_{cell2} (m^3)	V_{cell3} (m^3)	V_{cell4} (m^3)			
AB	10	1000	103	2832	4547	—	—	1000	10	1×10^8
AC	10	1000	60	6486	6097	—	—	10000	10	1×10^9
CA	10	1000	10	115	1183	—	—	1000	10	1×10^8

※1 AA:前処理建屋、AB:分離建屋、AC:精製建屋、CA:ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋、KA:高レベル廃液ガラス固化建屋

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

4.6 実効線量換算係数

実効線量換算係数は ICRP Pub 72⁽⁴⁾ から核種毎の係数を調査し設定した。実効線量換算係数を表 3 に示す。

表 3 実効線量換算係数

核種グループ	呼吸摂取実効線量換算係数 (Sv/Bq)
Zr/Nb	1.7×10^{-8}
Ru/Rh	3.3×10^{-8}
Cs/Ba	2.4×10^{-9}
Ce/Pr	2.6×10^{-8}
Sr/Y	8.1×10^{-8}
その他 FP	2.9×10^{-8}
Pu	3.5×10^{-6}
Am/Cm	3.6×10^{-5}
U	5.1×10^{-6}
Np	4.2×10^{-7}

4.7 相対濃度及び呼吸率

相対濃度は「再処理施設の設計基準事象選定⁽⁵⁾」に記載の値を用いた(表 4 参照)。呼吸率は再処理事業指定申請書に記載の $3.33 \times 10^{-4} \text{m}^3/\text{s}$ とした。

表 4 相対濃度一覧

放出点	$\chi/Q(\text{s}/\text{m}^3)$
主排気筒	1.2×10^{-6}
前処理建屋	9.5×10^{-5}
分離建屋	9.3×10^{-5}
精製建屋	7.7×10^{-5}
ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋	7.8×10^{-5}
高レベル廃液ガラス固化建屋	1.1×10^{-4}

5. 評価結果

評価結果を表 5 に示す。各建屋で支配的となる放出経路は初期の経路外放出であるが、平常時の年間の被ばく線量 $22 \mu \text{Sv}$ を下回ることを確認した。

表5 被ばく線量評価結果

建屋	経路名	除染係数	放出量 (TBq)	被ばく線量 (mSv)
AA, KA	経路①-AA, KA	表2の水封安全器経由の場合の値	AA: 6×10^{-13} KA: 4×10^{-11}	AA: 3×10^{-11} KA: 2×10^{-9}
AA, KA	経路②-AA, KA	1×10^8	AA: $6 \times 10^{-11} \times 3$ KA: $5 \times 10^{-10} \times 3$	AA: $4 \times 10^{-11} \times 3$ KA: $3 \times 10^{-10} \times 3$
AB, AC	経路①-AB, AC	表2の水封安全器経由の場合の値	AB: 1×10^{-7} AC: 4×10^{-8}	AB: 5×10^{-6} AC: 2×10^{-6}
AB, AC	経路②-AB, AC	表2のセル導出ユニット経由の場合の値	AB: 5×10^{-11} AC: 5×10^{-11}	AB: 3×10^{-9} AC: 3×10^{-9}
AB, AC	経路③-AB, AC	1×10^8	AB: $4 \times 10^{-10} \times 3$ AC: $2 \times 10^{-9} \times 3$	AB: $3 \times 10^{-10} \times 3$ AC: $2 \times 10^{-9} \times 3$
CA	経路①-CA	表2水封安全器経由の場合の値	2×10^{-8}	1×10^{-6}
CA	経路②-CA	表2のセル導出ユニット経由の場合の値	9×10^{-11}	5×10^{-9}
CA	経路③-CA	1×10^8	$6 \times 10^{-10} \times 3$	$5 \times 10^{-10} \times 3$

※1：最初の1時間は平常時流量、その後、3時間10分経過までは8 vol% 維持流量で評価した。

※2：セル導出ユニットのフィルタを経由していることを想定。

※3：1日当たりの値

6. 参考文献

- (1) Nuclear Fuel Cycle Facility Accident Analysis Handbook, NUREG/CR-6410, 1998.
- (2) Elizabeth M. Flew, B.A.J. Lister, “Assessment of the potential release of radioactivity from installations at AERE,” *HARWELL. Implications for Emergency Planning*, IAEA-SM-119/7, p653, 1969.
- (3) 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 . <https://confit.atlas.jp/guide/event/aesj2016s/proceedings/list>, (参照 2016-10-23).
- (4) ICRP publication 72: Age-dependent Doses to the Members of the Public from Intake of Radionuclides: Part 5 Compilation of Ingestion and Inhalation Coefficients, ICRP Publication 72. Ann. ICRP 26 (1) (1995)
- (5) 再処理施設の設計基準事象の選定(J/M-1004 改 7)、日本原燃(株)、三菱重工業(株)(平成 3 年 4 月)

補足説明資料 8-14 (28条)

8. 放射線分解により発生する水素による
爆発への対処

手動圧縮空気ユニットの信頼性について

1. はじめに

水素掃気機能の喪失により重大事故の水素爆発を想定する貯槽等内の水素濃度が未然防止濃度に到達するまでの時間余裕が短い分離建屋，精製建屋，ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋については，圧縮空気貯槽，圧縮空気ユニット及び予備圧縮空気ユニットを常設重大事故等対処設備として設置するが，これらの機能喪失により圧縮空気が供給できない場合を想定し，圧縮空気貯槽，圧縮空気ユニット及び予備圧縮空気ユニットと異なる系統に，速やかに接続できる手動圧縮空気ユニットを設置することで，貯槽内の水素濃度が未然防止に至るまでの時間が 24 時間以内の貯槽等においても 24 時間の時間余裕を確保することとしている。

本書では，手動圧縮空気ユニットからの圧縮空気の供給に係る信頼性について説明する。

2. 手動圧縮空気ユニットの設備概要

分離建屋，精製建屋及びウラン・プルトニウム混合脱硝建屋に設置する手動圧縮空気ユニットの概要図を図 1 に示す。

分離建屋の手動圧縮空気ユニットは，内圧 14.7MP a，容量 47L の空気ボンベ 2 本，減圧弁及び機器圧縮空気供給配管への接続ホースで構成する。

精製建屋の手動圧縮空気ユニットは，内圧 14.7MP a，容量 47L の空気ボンベ 10 本，減圧弁及び機器圧縮空気供給配管への接続ホースで構成する。

ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋の手動圧縮空気ユニットは、内圧 14.7MP a、容量 47L の空気ボンベ 3 本、減圧弁及び機器圧縮空気供給配管への接続ホースで構成する。

圧縮空気を供給する際は、接続ホースを機器圧縮空気供給配管へカップラにより接続し、手動弁を開操作することにより、容易に接続及び圧縮空気の供給が可能である。

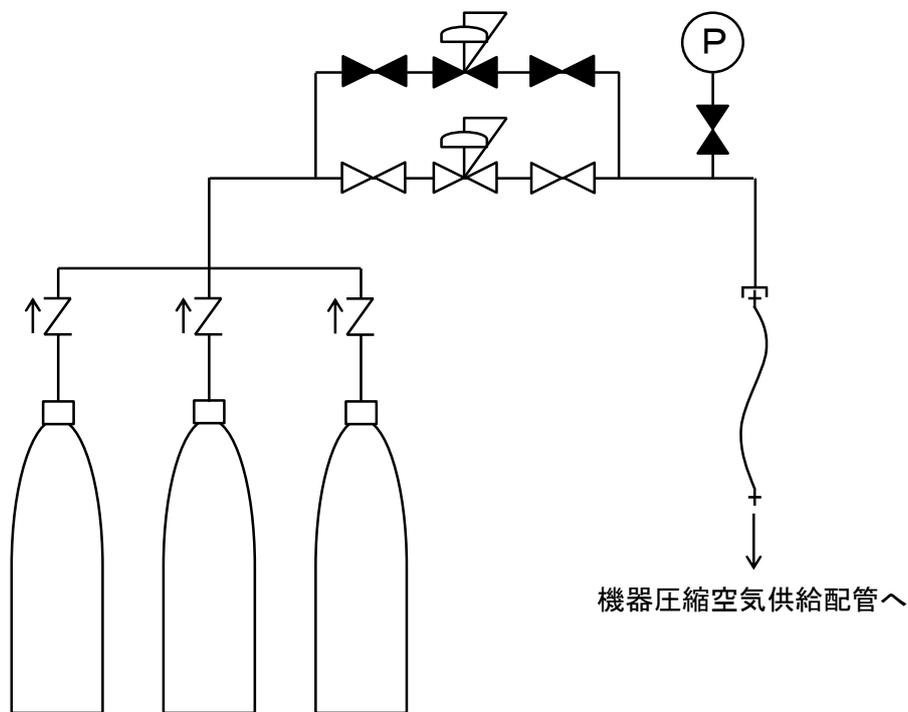


図 1. 手動圧縮空気ユニットの概要図

3. 手動圧縮空気ユニットからの圧縮空気供給に要する時間について

手動圧縮空気ユニットからの圧縮空気の供給に要する時間は、訓練実績により、2名/班で、1箇所あたり約5分で接続及び弁操作が実施できることを確認している。このため、事象発生後の待機時間15分及び建屋内への移動時間30分を考慮すると、圧縮空気貯槽、圧縮空気ユニット及び予備圧縮空気ユニットからの圧縮空気の供給がない場合の時間余裕が1時間20分と最も短い精製建屋のプルトニウム濃縮液一時貯槽に対し、手動圧縮空気ユニットからの圧縮空気の供給は、約50分で完了することが可能である。

また、手動圧縮空気ユニットからの圧縮空気供給に係る要員は、4名/班としており、訓練時の2倍の要員数としている。

さらに、水素掃気機能喪失時には、前処理建屋に設置している安全圧縮空気系の空気貯槽から水素掃気用の圧縮空気の供給が継続される設計としており、試験実績より、機器内の水素濃度を可燃限界濃度未満に維持するために必要な圧縮空気を約30分間供給可能であることを確認している。

このため、手動圧縮空気ユニットからの圧縮空気の供給時には、未然防止濃度に至るまでの時間余裕が延長される可能性がある。

4. 沸騰時を考慮した手動圧縮空気ユニットからの圧縮空気流量について

貯槽等に内包する溶液が沸騰した場合、水素発生量が上昇する可能性がある。可搬型空気圧縮機からの圧縮空気供給時は、沸騰による水素発生量の上昇を考慮した圧縮空気流量にて供給するが、拡大防止対策において、可搬型空気圧縮機からの圧縮空気の供給開始前までに沸騰に至るおそれがある貯槽等については、手動圧縮空気ユニットからの圧縮空気流量を増加させることで、沸騰時においても未然防止濃度に至ることを防止する。

これらの対応が必要な貯槽等は、精製建屋のプルトニウム濃縮液受槽，リサイクル槽，希釈槽，プルトニウム濃縮液一時貯槽，プルトニウム濃縮液計量槽，プルトニウム濃縮液中間貯槽，ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋の硝酸プルトニウム貯槽，一時貯槽である。

精製建屋及びウラン・プルトニウム混合脱硝建屋の拡大防止対策に係る対処の推移の概要を図2及び図3に示す。

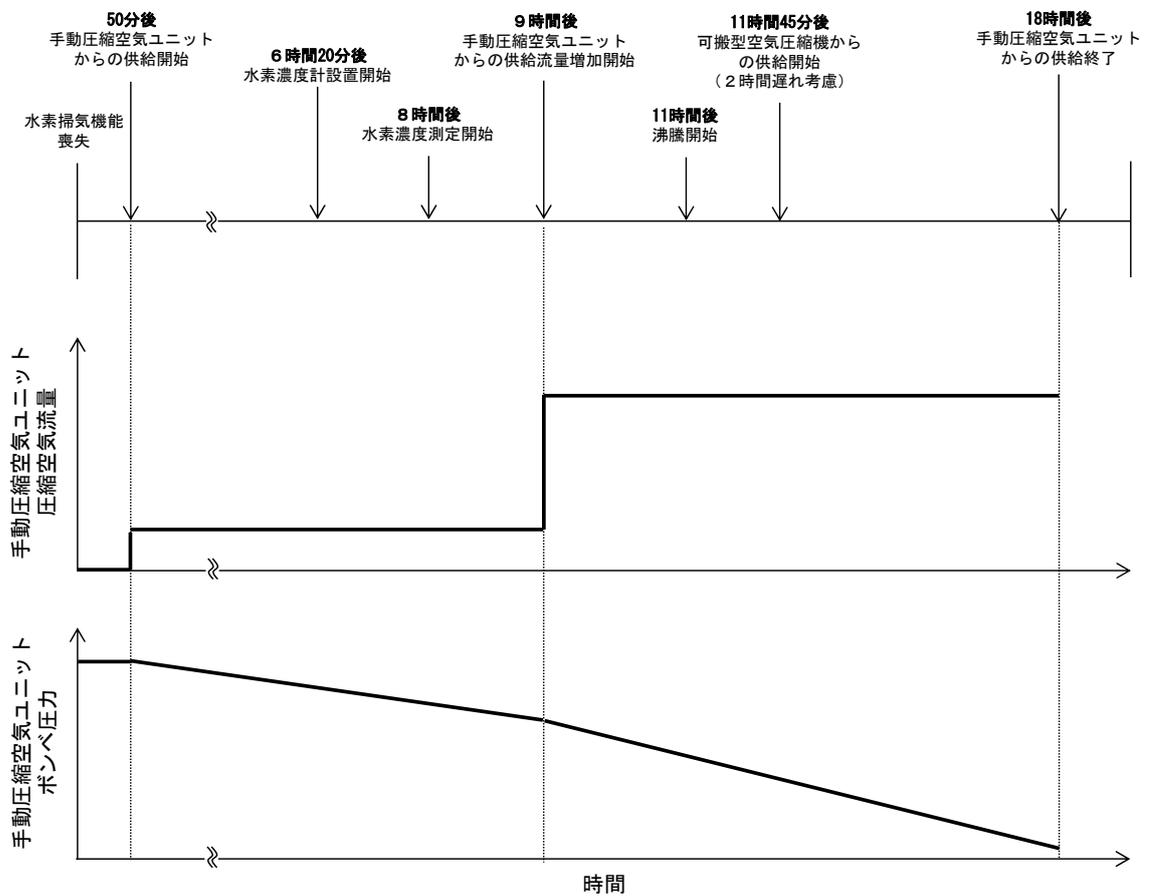


図2 精製建屋の拡大防止対策に係る対処の推移の概要

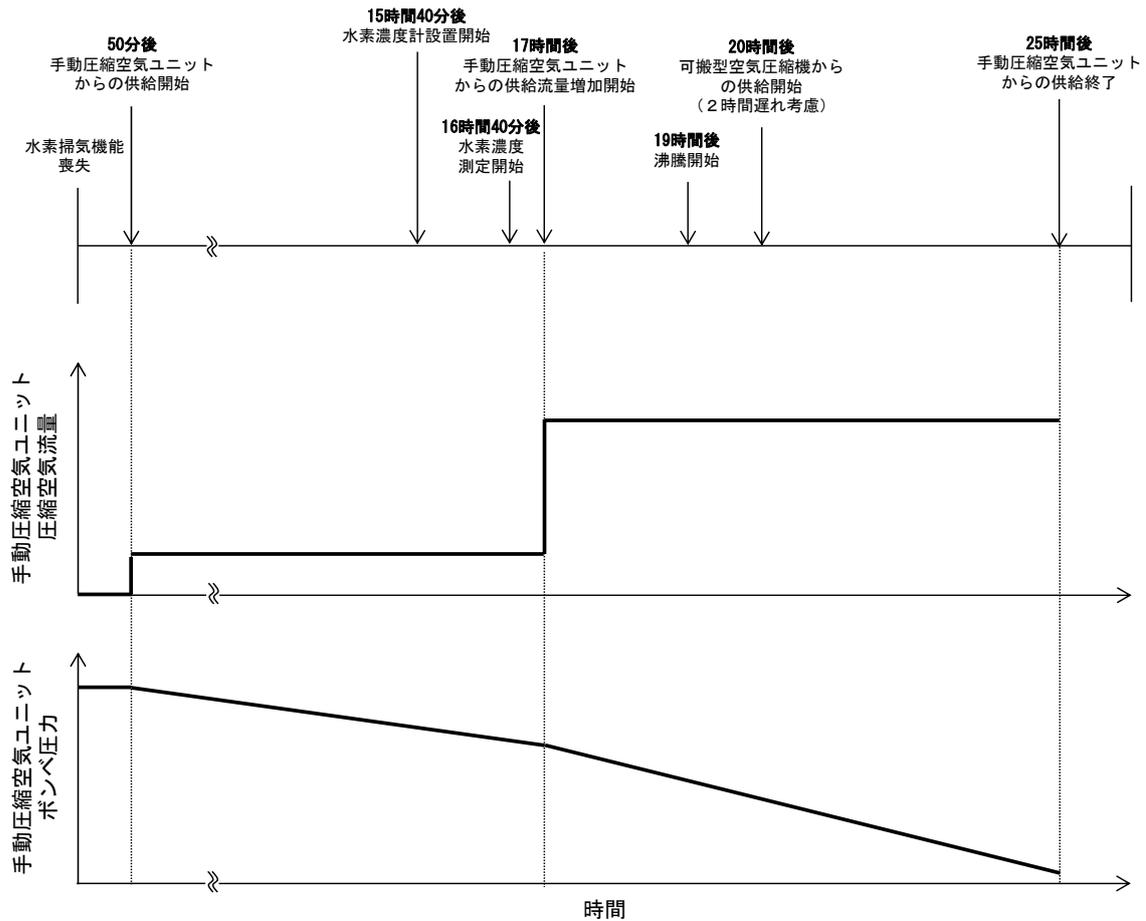


図3 ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋の拡大防止対策に係る
 対処の推移の概要

図2及び図3に示すように、貯槽等の溶液が沸騰する前に水素濃度を測定し、水素濃度の測定結果に応じて、手動圧縮空気ユニットからの圧縮空気流量を増加させる対応を行うことで、可搬型空気圧縮機からの圧縮空気の供給開始が遅れた場合でも、沸騰による水素発生量の上昇を考慮した圧縮空気を供給することが可能である。

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手動圧縮空気ユニットからの圧縮空気の供給可能時間の考え方は以下のとおりである。

<精製建屋>

手動圧縮空気ユニットの設計値は以下のとおりである。

設計流量 $0.14\text{m}^3/\text{h} \times 13$ 基 $= 1.82\text{m}^3/\text{h}$ (非沸騰時の未然防止濃度を維持するための流量の約 3.6 倍)

供給可能時間：28 時間

水素発生量の増加を考慮した貯槽等への圧縮空気流量は以下のとおりである。

・プラトニウム溶液供給槽： $0.14\text{m}^3/\text{h}$

・プラトニウム溶液受槽： $0.14\text{m}^3/\text{h}$

・油水分離槽： $0.14\text{m}^3/\text{h}$

・プラトニウム濃縮缶供給槽： $0.14\text{m}^3/\text{h}$

・プラトニウム溶液一時貯槽： $0.14\text{m}^3/\text{h}$

・プラトニウム濃縮液受槽※：

$0.04\text{m}^3/\text{h}$ (非沸騰時 8vol%維持流量) $\times 10 = 0.4\text{m}^3/\text{h}$

・プラトニウム濃縮液一時貯槽※：

$0.06\text{m}^3/\text{h}$ (非沸騰時 8vol%維持流量) $\times 10 = 0.6\text{m}^3/\text{h}$

・プラトニウム濃縮液計量槽※：

$0.04\text{m}^3/\text{h}$ (非沸騰時 8vol%維持流量) $\times 10 = 0.4\text{m}^3/\text{h}$

・リサイクル槽※： $0.04\text{m}^3/\text{h}$ (非沸騰時 8vol%維持流量) $\times 10 = 0.4\text{m}^3/\text{h}$

・希釈槽※： $0.05\text{m}^3/\text{h}$ (非沸騰時 8vol%維持流量) $\times 10 = 0.5\text{m}^3/\text{h}$

・プラトニウム濃縮液中間貯槽※：

$0.04\text{m}^3/\text{h}$ (非沸騰時 8vol%維持流量) $\times 10 = 0.4\text{m}^3/\text{h}$

・第 2 一時貯留処理槽： $0.14\text{m}^3/\text{h}$

・第 3 一時貯留処理槽： $0.14\text{m}^3/\text{h}$

※可搬型空気圧縮機からの供給開始前に沸騰に至る可能性のある貯槽等

合計：3.68m³/h

水素発生量の増加を考慮した圧縮空気流量にて供給可能な時間を，設計流量との比で以下のように求める。

28 時間 / (3.68m³/h / 1.82m³/h) × ≒ 13.8 時間

図 2 より，手動圧縮空気ユニットからの供給流量増加開始（9 時間後）までに，設計流量で供給した圧縮空気が消費されるため，手動圧縮空気ユニットからの供給開始（50 分後）から手動圧縮空気ユニットの流量増加開始（9 時間後）までの 8 時間 10 分（≒8.167 時間）に消費される圧縮空気の割合を，手動圧縮空気ユニットの設計供給可能時間との比で以下のように求める。

8.167 時間 / 28 時間 ≒ 0.292

手動圧縮空気ユニットの流量増加開始（9 時間後）から手動圧縮空気ユニットからの供給終了（18 時間）までの供給可能時間を，水素発生量の増加を考慮した圧縮空気流量にて供給可能な時間と手動圧縮空気ユニットの流量増加開始時（9 時間後）に残留している圧縮空気の割合から以下のように求める。

13.8 時間 × (1 - 0.292) ≒ 9 時間

<ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋>

手動圧縮空気ユニットの設計値は以下のとおりである。

設計流量 0.1m³/h × 4 基 = 0.4m³/h（非沸騰時の未然防止濃度を維持するための流量の約 2.6 倍）

供給可能時間：39 時間

水素発生量の増加を考慮した貯槽等への圧縮空気流量は以下のとおりである。

・硝酸プルトニウム貯槽：

$$\underline{0.043\text{m}^3/\text{h}(\text{非沸騰時 } 8\text{vol}\% \text{維持流量}) \times 10 = 0.43\text{m}^3/\text{h}}$$

・混合槽 A：

$$\underline{0.033\text{m}^3/\text{h}(\text{非沸騰時 } 8\text{vol}\% \text{維持流量}) \times 10 = 0.33\text{m}^3/\text{h}}$$

・混合槽 B：

$$\underline{0.033\text{m}^3/\text{h}(\text{非沸騰時 } 8\text{vol}\% \text{維持流量}) \times 10 = 0.33\text{m}^3/\text{h}}$$

・一時貯槽：

$$\underline{0.043\text{m}^3/\text{h}(\text{非沸騰時 } 8\text{vol}\% \text{維持流量}) \times 10 = 0.43\text{m}^3/\text{h}}$$

※可搬型空気圧縮機からの供給開始前に沸騰に至る可能性のある貯槽等

合計：1.06m³/h

水素発生量の増加を考慮した圧縮空気流量にて供給可能な時間を，設計流量との比で以下のように求める。

$$\underline{39 \text{ 時間} / (1.06\text{m}^3/\text{h} / 0.4\text{m}^3/\text{h}) \times \doteq 14.7 \text{ 時間}}$$

図 3 より，手動圧縮空気ユニットからの供給流量増加開始（17 時間後）までに，設計流量で供給した圧縮空気が消費されるため，手動圧縮空気ユニットからの供給開始（50 分後）から手動圧縮空気ユニットの流量増加開始（17 時間後）までの 16 時間 10 分（ $\doteq 16.167$ 時間）に消費される圧縮空気の割合を，手動圧縮空気ユニットの設計供給可能時間との比で以下のように求める。

$$\underline{16.167 \text{ 時間} / 39 \text{ 時間} \doteq 0.415}$$

手動圧縮空気ユニットの流量増加開始（17 時間後）から手動圧縮空気ユニットからの供給終了（25 時間）までの供給可能時間を，水素発生量の増加を考慮した圧縮空気流量にて供給可能な時間と手動圧縮空気ユニットの流量増加開始時（17 時間後）に残留している圧縮空気の割合から以下のように求める。

$$\underline{14.7 \text{ 時間} \times (1 - 0.415) \div 8 \text{ 時間}}$$

13. 重大事故が同時に又は連鎖して発生した場合の対処

目次

13. 重大事故が同時に又は連鎖して発生した場合の対処

13.1 重大事故等の同時発生

13.1.1 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

13.1.2 重大事故等が同時発生した場合の有効性評価の範囲

13.1.3 重大事故等が同時発生した場合の拡大防止対策の有効性評価

13.1.4 重大事故等が同時発生した場合に必要な要員及び資源

13.2 重大事故等の連鎖

13. 重大事故が同時に又は連鎖して発生した場合の対処

13.1 重大事故等の同時発生

13.1.1 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は、「地震」又は「火山」による安全機能の喪失によって、「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「燃料貯蔵プール等の冷却等の機能喪失」が同時に発生する事象であり、また、「動的機器の多重故障」又は「長時間の全交流動力電源の喪失」により、安全冷却水系の冷却塔又は冷却水循環ポンプが機能喪失することによって、「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」が同時に発生する事象である。

重大事故等の同時発生の範囲を考慮すると、「地震」又は「火山」を条件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、「地震」が重大事故等の発生の条件として最も厳しい。

以上より、重大事故等の同時発生の有効性評価は、「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「燃料貯蔵プール等の冷却等の機能喪失（想定事故2）」の同時発生を対象に実施する。

重大事故等の同時発生が想定される機器と重大事故等の種類の関係を第13-1表に示す。

13.1.2 重大事故等が同時発生した場合の有効性評価の範囲

各重大事故等へ講じられる対策は、蒸発乾固の場合は、機器に内包する高レベル廃液等の温度を沸点未満に維持する又は機器の液位を維持する観点で、水素爆発の場合は、高レベル廃液等を内包する機器の気相部の水素濃度を未然防止濃度未満に維持する観点で、燃料貯蔵プール等の冷却等の機能喪失（想定事故2）の場合は、燃料貯蔵プール等の水位を維持する観点で実施され、各々違う観点である。これらの観点及び重大事故等対策は、重大事故等が同時発生した場合であっても同じであり、各重大事故等対策が競合することはない。また、重大事故等対策に使用する設備も重大事故等ごとに専用の設備を整備することから、設備が競合することなく、各設備の操作条件も、重大事故等が同時発生した場合を前提として整備している。

以上より、重大事故等が同時発生した場合であっても、各重大事故等対策の有効性評価は、個別に評価することが可能だが、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。

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及び有効性評価の要否の詳細を以下に示す。また、発生が想定される重大事故等と設備又は機器の関係は第13-1表のとおりである。

(1) 重大事故等の発生防止対策

発生防止対策が講じられる時点は、事故影響が健在化していない状態であり、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、「7.1.2 蒸発乾固の発生防止対策の有効性評価」及び「8.1.2 水素爆発の発生防止対策の有効性評

価」に記載した内容と同じである。

なお、燃料貯蔵プール等の冷却等の機能喪失（想定事故2）の事故影響は、「11.1.2.3 同時発生又は連鎖」に記載したとおり、使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設を超えて蒸発乾固又は水素爆発の発生が想定される前処理建屋、分離建屋、精製建屋、ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋及び高レベル廃液ガラス固化建屋に及ぶことはなく、以下の(2)においても同様である。

(2) 重大事故等の拡大防止対策

拡大防止対策が講じられる時点は、事故影響が健在化している状態となる。したがって、蒸発乾固及び水素爆発が同一の機器内で発生する場合には、拡大防止対策の有効性評価において、相互に与える影響を考慮する必要がある。

(a) 蒸発乾固の拡大防止対策

水素爆発が蒸発乾固の拡大防止対策に与える影響は、仮に水素爆発が発生すると想定した場合、水素爆発に伴い生じるエネルギーは数十MJ程度であり、水素爆発により生じたエネルギーが全て溶液に付加されることを仮定したとしても、溶液の温度上昇は1℃未満であり、貯槽からの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、水素爆発の影響によって蒸発乾固の拡大防止対策に影響を与えることはなく、重大事故等が同時発生した場合の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、「7.1.2 蒸発乾固の発生防止対策の有効性評価」に記載した内容と同じである。

(b) 水素爆発の拡大防止対策

溶液の沸騰に伴う溶液の対流は、溶液内の水素を気相部に追い出す効果となるため、沸騰により溶液の見かけ上の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。

以上より、重大事故等が同時発生した場合の水素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。

(c) 大気中への放射性物質の放出量

蒸発乾固及び水素爆発が同時に発生した場合には、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。

(d) 想定事故2の燃料損傷防止対策

「7.2.2.3 同時発生又は連鎖」及び「8.2.2.3 同時発生又は連鎖」に記載したとおり、蒸発乾固及び水素爆発の事故影響が、貯槽等のバウンダリを超えて波及することは想定されないことから、重大事故等が同時発生した場合の想定事故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、「11.2.2 想定事故2の燃料損傷防止対策の有効性評価」に記載した内容と同じである。

13.1.3 重大事故等が同時発生した場合の拡大防止対策の有効性評価

(1) 有効性評価

a. 有効性評価の考え方

水素爆発の再発を防止するための空気の供給は、沸騰によるG値上昇に伴う水素発生量の増加を考慮しても、機器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機器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、機器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ことを評価する。

また、大気中への放射性物質の放出量の評価は、重大事故等が同時発生した影響を考慮して評価する。

b. 機器の条件

(a) 可搬型空気圧縮機

「8.1.2 水素爆発の発生防止対策の有効性評価」に記載した可搬型空気圧縮機の機器条件は、沸騰によるG値の上昇に伴う水素発生量の増加を見込んで設定された条件であることから、単独発生の場合も同時発生の場合も、可搬型空気圧縮機の機器条件に変更はなく、「8.2.2 水素爆発の拡大防止対策の有効性評価」に記載した内容と同じである。

(b) 手動圧縮空気ユニット

手動圧縮空気ユニットからの圧縮空気の供給は、高レベル廃液等が沸騰に至る前に実施されるため、単独発生の場合も同時発生の場合も、手動圧縮空気ユニットの機器条件に変更はなく、「8.2.2 水素爆発の拡大防止対策の有効性評価」に記載した内容と同じである。

(c) 放射性物質の放出量評価に関する機器条件

単独発生の場合も同時発生の場合も、事故時環境に有意な変化がないことから、塔槽類廃ガス処理設備の隔離弁の機器条件に変更はなく、「7.2.2 蒸発乾固の拡大防止対策の有効性評価」及び「8.2.2 水素爆発の拡大防止対策の有効性評価」に記載した内容と同じである。

c. 操作条件

「7.2.2 蒸発乾固の拡大防止対策の有効性評価」、 「8.2.2 水素爆発の拡大防止対策の有効性評価」及び「11.2.2 想定事故2に対する有効性評価」に記載している各重大事故等の操作条件は、重大事故等が同時発生した場合を前提として整備したものであることから、重大事故等が同時発生した場合においても同じである。

重大事故等の発生が想定される機器における沸騰に至るまでの時間及び未然防止濃度、プール水が沸騰に至るまでの時間は第13-1表に示すとおりである。

d. 放出量評価の条件

単独発生を想定した場合であっても、同時発生を想定した場合であっても、大気中への放射性物質の放出量の評価条件に変わりはなく、

「7.2.2 蒸発乾固の拡大防止対策の有効性評価」及び「8.2.2 水素爆発の拡大防止対策の有効性評価」に記載したとおりである。

(a) 溶液の沸騰前の水素掃気用の圧縮空気に同伴する放射性物質の放出量評価

空気貯槽（水素掃気用）、圧縮空気貯槽又は圧縮空気ユニット及び手動圧縮空気ユニット（以下13.では「空気貯槽等」という）から供給

される圧縮空気に同伴する放射性物質は、事故影響が健在化する前の平常運転状態における機器気相部の放射性物質が対象であり、重大事故等が同時発生した場合であっても、溶液が沸騰する等、事故影響が健在化するまでの間の機器気相部の状態に変化はなく、「8.2.2 水素爆発の拡大防止対策の有効性評価」に記載した内容と同じである。

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

- i. 重大事故等が同時発生した場合でも、放射性物質の放出量評価の対象となる機器が保有する放射性物質質量に違いはない。
- ii. 溶液の沸騰に伴い気相中に移行する放射性物質の割合は、溶液が沸騰している状態において、機器気相部で水素爆発が発生することで、機器外への移行量が増大する可能性があるものの、溶液の沸騰を対象として設定している移行割合は、試料容器以降で捕集された物質も対象とし、本来、移行率に含まれない粗大粒子を含めて設定している。以上より、重大事故等の同時発生を想定した場合であっても溶液の沸騰に伴い気相中に移行する放射性物質の割合に違いはなく、「7.2.2 蒸発乾固の拡大防止対策の有効性評価」に記載した内容と同じである。
- iii. 溶液が沸騰を開始してから乾燥・固化に至るまでの期間のうち、放射性物質の放出に寄与する時間割合は、冷却コイル等への通水実施までの時間に依存するが、冷却コイル等への通水実施のための作業計画は、重大事故等が同時発生した場合を前提として構築されており、「7.2.2 蒸発乾固の拡大防止対策の有効性評価」に記載した内容と同じである。
- iv. 放射性物質の除染係数は、水素爆発による風量増加が影響する可能

性があるものの、風量増加は瞬時の現象であり、恒常的に除染係数が悪化することは想定されないことから、「7.2.2 蒸発乾固の拡大防止対策の有効性評価」に記載した内容と同じである。

- (c) 水素爆発を未然に防止するための圧縮空気の供給又は水素爆発の再発を防止するための圧縮空気の供給が成功した場合の主排気筒から大気中への放射性物質の放出量評価

沸騰開始前までは、機器気相部の放射性物質の濃度に変化はなく、「8.2.2 水素爆発の拡大防止対策の有効性評価」に記載した内容と同じである。また、溶液が沸騰した後は、沸騰に伴う放射性物質の移行に包含され、その影響は上記(b)に記載したとおりである。

- (d) 水素爆発を想定する場合の主排気筒から大気中への放射性物質の放出量評価

- i. 重大事故等が同時発生した場合でも、放射性物質の放出量評価の対象となる機器が保有する放射性物質質量に違いはなく、「8.2.2 水素爆発の拡大防止対策の有効性評価」に記載した内容と同じである。
- ii. 気相中に移行する放射性物質の割合は、沸騰している状態では蒸気により機器の気相部の気体が掃気され水素濃度が低下することにより、爆発により発生する圧力が低下するが、設定した気相に移行する割合は厳しい結果を与える設定としているため、「8.2.2 水素爆発の拡大防止対策の有効性評価」に記載した内容と同じとする。
- iii. 事故の影響を受ける割合は、水素爆発時の機器内の溶液の深さに依存するパラメータであり、沸騰をしている状態で液深さが減少するものではないことから、「8.2.2 水素爆発の拡大防止対策の有効性評

価」に記載した内容と同じである。

iv. 放射性物質の除染係数は、凝縮器による蒸気の凝縮により、高性能粒子フィルタが所定の性能を発揮できることから、「8.2.2 水素爆発の拡大防止対策の有効性評価」に記載した内容と同じである。

e. 判断基準

重大事故等が同時発生した場合、水素発生量に違いが生じるものの、拡大防止対策の内容に違いはなく、「7.2.2 蒸発乾固の拡大防止対策の有効性評価」及び「8.2.2 水素爆発の拡大防止対策の有効性評価」に記載した内容と同じである。

(2) 有効性評価の結果

a. 有効性評価の結果

(a) 水素爆発の再発を防止するための圧縮空気の供給

水素爆発の再発を防止するための圧縮空気の供給に関する作業計画は、重大事故等の同時発生を前提として整備していることから、「8.2.2 水素爆発の拡大防止対策の有効性評価」に記載した内容と同じである。

機器内の水素濃度の推移は、沸騰による溶液のG値の増加を考慮しても機器内の水素濃度を4 vol %未満に維持することができる量の圧縮空気を供給することから、機器内水素濃度が4 vol %を超えている場合においては圧縮空気の供給の開始と同時に水素濃度が低下する。

以上の有効性評価結果を第13.1.3-1表から第13.1.3-5表に、対策実施時のパラメータの推移を第13.1.3-1図に示す。

(b) 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、全ての建屋の蒸発乾固及び水素爆発による放出量を合計した場合、合計約 2×10^{-3} TBqとなり、100 TBqを下回るものであって、かつ、実行可能な限り低い。

重大事故等が同時発生した場合の各建屋の主排気筒から大気中への放射性物質の放出量及び大気中への放射性物質の放出量（セシウム-137換算）の詳細を第13.1.3-6表に示す。

b. 不確かさの影響評価

(a) 事象、事故条件及び機器条件の不確かさの影響

i. 想定事象の違い

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、「7.1.2.2 有効性評価の結果」及び「8.1.2.2 有効性評価の結果」に記載した内容と同じである。

ii. 実際の水素発生量、空間容量及び空間における混合の観点

拡大防止対策が講じられるタイミングでは、機器内の溶液は沸騰前ではあるが、温度が上昇している可能性がある。このため、水素発生量は溶液の対流に伴い見かけ上大きくなる可能性があるが、沸騰前であり水素発生量に与える影響は小さい。また、空間容量及び空間における混合の条件は、単独発生の場合も同時発生の場合もその影響が変わることはないため、「8.2.2.2 有効性評価の結果」に記載した内容と同じである。

iii. 放射性物質の放出量評価に用いるパラメータの不確かさ

(i) 溶液の沸騰前の水素掃気用の圧縮空気に同伴する放射性物質の放出量評価

1) 貯槽が保有する放射性物質量

貯槽が保有する放射性物質量の設定は、単独発生、同時発生の想定に因らないことから、「8.2.2.2 有効性評価の結果」に記載したとおりである。

2) 事故の影響を受ける割合

機器に供給する圧縮空気によるかくはん、掃気の条件に依存するパラメータであり、溶液の沸騰前の場合、単独発生、同時発生の想定に因らないことから、「8.2.2.2 有効性評価の結果」に記載した内容と同じである。

3) 気相中に移行する放射性物質の割合

気相中に移行する放射性物質の割合は、溶液の沸騰前の場合、単

独発生，同時発生の想定に因らないことから，「8.2.2.2 有効性評価の結果」に記載した内容と同じである。

4) 貯槽から主排気筒までの除染係数

貯槽から主排気筒までの除染係数の設定は，溶液の沸騰前の場合，単独発生，同時発生の想定に因らないことから，「8.2.2.2 有効性評価の結果」に記載した内容と同じである。

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

1) 貯槽が保有する放射性物質質量

貯槽が保有する放射性物質質量の設定は，単独発生，同時発生の想定に因らないことから，「7.2.2.2 有効性評価の結果」に記載したとおりである。

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

水素爆発により生じるエネルギーは数十MJ程度であり，水素爆発により生じたエネルギーが全て溶液に付与されたとしても，溶液温度上昇は1℃未満と限定的であり，実際の放熱条件の安全余裕の内数であると判断できることから，「7.2.2.2 有効性評価の結果」に記載した内容と同じである。

3) 溶液の沸騰に伴い気相中に移行する放射性物質の割合

溶液の沸騰に伴い気相中に移行する放射性物質の割合は，溶液が沸騰している状態において，機器気相部で水素爆発が発生することで，機器外への移行量が増大する可能性があるものの，その増加の影響は，水素爆発による放射性物質の移行率に含まれることから，単独発生の場合に上振れとして参照した臨界に伴う沸騰時の移行率

である0.05%上回ることは想定し難く、「7.2.2.2 有効性評価の結果」に記載した内容と同じである。

4) 貯槽から主排気筒までの放射性物質の除染係数

放射性物質の除染係数は、水素爆発による風量増加が影響する可能性があるものの、風量増加は瞬時の現象であり、恒常的に除染係数が悪化することは想定されないことから、「7.2.2 蒸発乾固の拡大防止対策の有効性評価」に記載した内容と同じである。

5) 機器への注水による溶液温度低下に起因する不確かさ

機器への注水による溶液温度低下による放出量への影響は、単独発生、同時発生の想定に因らないことから、「7.2.2.2 有効性評価の結果」に記載した内容と同じである。

(iii) 水素爆発を未然に防止するための圧縮空気の供給又は水素爆発の再発を防止するための圧縮空気の供給が成功した場合の主排気筒から大気中への放射性物質の放出量評価

1) 貯槽が保有する放射性物質質量

貯槽が保有する放射性物質質量の設定は、単独発生、同時発生の想定に因らないことから、「8.2.2.2 有効性評価の結果」に記載したとおりである。

2) 事故の影響を受ける割合

機器に供給する圧縮空気によるかくはん、掃気の状態に依存するパラメータであり、沸騰をしている状態で液深さが減少するものではないことから、「8.2.2.2 有効性評価の結果」に記載した内容と同じである。

3) 気相中に移行する放射性物質の割合

圧縮空気の供給に伴い気相中に移行する放射性物質の割合は、沸

騰により増加する可能性はあるが、溶液の沸騰により気相中へ移行する割合と比較すると十分小さく、沸騰に包含される。

4) 貯槽から主排気筒までの放射性物質の除染係数

放射性物質の除染係数は、溶液の沸騰による蒸気発生が影響する可能性があるものの、凝縮器による蒸気の凝縮により、高性能粒子フィルタが所定の性能を発揮できることから、「8.2.2.2 有効性評価の結果」に記載した内容と同じである。

(iv) 水素爆発を想定する場合の主排気筒から大気中への放射性物質の放出量評価

1) 貯槽が保有する放射性物質質量

貯槽が保有する放射性物質質量の設定は、単独発生、同時発生の想定に因らないことから、「8.2.2.2 有効性評価の結果」に記載したとおりである。

2) 事故の影響を受ける割合

水素爆発により溶液が影響を受ける割合は、単独発生、同時発生の想定に因らないことから、「8.2.2.2 有効性評価の結果」に記載したとおりである。

3) 気相中に移行する放射性物質の割合

気相中に移行する放射性物質の割合は、沸騰している状態では蒸気により機器の気相部の気体が掃気され水素濃度が低下することにより、爆発により発生する圧力が低下するが、厳しい結果を与える設定であることから、「8.2.2.2 有効性評価の結果」に記載した内容と同じとする。

4) 貯槽から主排気筒までの放射性物質の除染係数

放射性物質の除染係数は、溶液の沸騰による蒸気発生が影響する

可能性があるものの、凝縮器による蒸気の凝縮により、高性能粒子フィルタが所定の性能を発揮できることから、「8.2.2.2 有効性評価の結果」に記載した内容と同じである。

(b) 操作条件の不確かさの影響

i. 実施組織要員の操作

重大事故等が同時発生することを前提として、対処の制限時間に対して、重大事故等対策の実施に必要な準備作業を2時間前までに完了できるように計画しており、実施組織要員の操作が有効性評価に与える影響は、「7.1.2.2 有効性評価の結果」, 「8.1.2.2 有効性評価の結果」及び「11.2.2 想定事故2に対する有効性評価」に記載した内容と同じである。

ii. 作業環境

作業環境の不確かさが有効性評価に与える影響は、単独発生、同時発生の想定に因らないことから、「7.1.2.2 有効性評価の結果」, 「8.1.2.2 有効性評価の結果」及び「11.2.2 想定事故2に対する有効性評価」に記載した内容と同じである。

(3) 判断基準への適合性の検討

水素爆発の再発を防止するための空気の供給は、重大事故等が同時発生した場合であっても、水素爆発を未然に防止するための圧縮空気の供給と同様、圧縮空気貯槽又は圧縮空気ユニット、予備圧縮空気ユニット及び手動圧縮空気ユニットからの圧縮空気の供給により、実施組織要員の対処時間を確保し、2系統の代替安全圧縮空気系の機器圧縮空気供給配管からの圧縮空気の供給を行い、重大事故の水素爆発を想定する機器内の水素濃度を可燃限界濃度未満にすることにより、水素爆発の事態の収束を図り、安定状態を維持できることを確認した。

事態が収束するまでの主排気筒から大気中への放射性物質の放出量（セシウム-137 換算）は、使用済燃料貯蔵建屋以外の全ての建屋で合計約 2×10^{-3} TBq であり、100TBq を下回るものであって、かつ、実行可能な限り低いことを確認した。

不確かさの影響評価として、「事象、事故条件及び機器条件の不確かさの影響」及び「操作条件の不確かさの影響」が有効性評価へ与える影響を確認し、重大事故等が同時発生した場合であっても、単独で発生した場合と同様に、影響は小さく、判断基準を満足することにより変わりはないことを確認した。

13.1.4 重大事故等が同時発生した場合に必要な要員及び資源

重大事故等が同時発生した場合に必要な要員及び資源は、「7.3 蒸発乾固の発生防止対策及び拡大防止対策に必要な要員及び資源」, 「8.3 水素爆発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」及び「11.3 想定事故1及び想定事故2のための措置に必要な要員及び資源」に記載したとおりである。

要員及び資源の有効性評価については、同時に又は連鎖して発生する事象の影響の考慮の他、付帯する対処の影響を考慮する必要があるため、「14. 必要な要員及び資源の評価」において示す。

13.2 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、特定にあたっては、溶液の性状等の変化に伴って健在化する可能性のある現象に留意する。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・落下による荷重」及び「腐食環境」を考慮する。

13.2.1 臨界事故

- (1) 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の特定

臨界事故発生的前提となる核燃料物質の集積及び臨界事故発生後の核分裂生成物の生成を考慮しても、未臨界移行後は、放熱によって溶液温度が低下すること、有機溶媒があやまって混入することがないこと及び想定される温度、圧力、腐食環境等の環境条件によってバウンダリが喪失することがないことから、その他の重大事故が連鎖して発生することはない。

- (2) 重大事故が発生した貯槽等以外へ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

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が喪失することはない。温度及び放射線以外の貯槽等内の環境条件が、貯槽等外へ及ぶことはない。

温度及び放射線の影響は、貯槽等外へ及ぶものの、温度は最大でも110℃程度であり、放射線については躯体による遮蔽によって、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く、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。

13.2.2 冷却機能の喪失による蒸発乾固

(1) 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の特定

蒸発乾固は、沸騰による高レベル廃液等の濃縮により、放射性物質及び核燃料物質の濃度が上昇するものの、想定される変動範囲において核的制限値を逸脱することがないこと、水素発生量が増えるものの、安全圧縮空気系の圧縮空気供給量が水素発生量に対して十分な余力を有していること、有機溶媒があやまって混入することがないこと及び想定される温度、圧力、腐食環境等の環境条件によってバウンダリが喪失することがないことから、その他の重大事故が連鎖して発生することはない。

(2) 重大事故が発生した貯槽等以外へ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

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が喪失することはない。温度及び放射線以外の貯槽等内の環境条件が、貯槽等外へ及ぶことはない。

温度及び放射線の影響は、貯槽等外へ及ぶものの、温度は最大でも120℃程度であり、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く、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。

13.2.3 放射線分解により発生する水素による爆発

- (1) 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の特定

未然防止濃度で水素爆発が発生したとしても、高レベル廃液等の温度及び圧力が上昇するものの、想定される変動範囲において核的制限値を逸脱することがないこと、有機溶媒があやまって混入することがないこと及び想定される温度、圧力、腐食環境等の環境条件によってバウンダリが喪失することがないことから、その他の重大事故が連鎖して発生することはない。

- (2) 重大事故が発生した貯槽等以外へ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

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が喪失することはない、温度、圧力及び放射線以外の貯槽等内の環境条件が、貯槽等外へ及ぶことはない。

温度、圧力及び放射線の影響は、貯槽等外へ及ぶものの、水素爆発に伴う貯槽等の構造材の温度変化は数℃であり、圧力は最大でも 0.05MPa 程度である。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。

13.2.4 有機溶媒等による火災又は爆発（TBP等の錯体の急激な分解反応）

(1) 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

プルトニウム濃縮液は約 800 g Pu / L と平常運転時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、セルへの放熱を考慮すると、加熱蒸気の供給停止によりプルトニウム濃縮液の温度は沸点を下回ることで、水素発生量が平常運転時よりも多いものの、安全圧縮空気系の圧縮空気供給量が水素発生量に対して十分な余力を有していること、有機溶媒があやまって混入することがないこと、プルトニウム濃縮缶内に n-ドデカンはなく、TBP等の錯体の急激な分解反応によりTBP等は全量が消費されること及び想定される温度、圧力、腐食環境等の環境条件によってバウンダリが喪失することがないことから、その他の重大事故が連鎖して発生することはない。

(2) 重大事故が発生したプルトニウム濃縮缶以外への影響

プルトニウム濃縮缶に接続する機器、配管の材質はジルコニウム及び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、機器、配管等のバウンダリが喪失することはない。

温度、圧力、湿度、放射線及び物質（水素、蒸気、煤煙、放射性物質、その他）及びエネルギーの発生は、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ものの、TBP等の錯体の急激な分解反応により発生するエネルギーが0.3MJ程度であり、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。

13.2.5 使用済燃料貯蔵槽における燃料損傷

(1) 事故進展により自らの燃料貯蔵プール等において発生する重大事故

燃料貯蔵プール等の水の温度が上昇するが、使用済燃料は同位体組成管理により相互間隔を適切に維持したラック又はバスケット（収納することで臨界事故の発生を防止していること、水の温度上昇により水素の発生量が増加するものの、大量の水蒸気とともに極めて低い濃度で気相部に移行し、また、代替補給水設備（注水）の可搬型建屋内ホースの敷設に伴う建屋の開口から、水蒸気とともに水素が排出されること及び想定される温度、圧力、腐食環境等の環境条件によってバウンダリが喪失することがないことから、その他の重大事故が連鎖して発生することはない。

(2) 重大事故が発生した燃料貯蔵プール等以外への影響

燃料貯蔵プール等のライニング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損傷することはない。温度及び放射線以外の影響が燃料貯蔵プール等内の環境条件が燃料貯蔵プール等外へ及ぶことはない。

温度及び放射線の影響は燃料貯蔵プール等外へ及ぶものの、温度は最大でも100℃程度であり、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建屋躯体を超えて燃料貯蔵プール等外へ及ぶことはない。また、燃料貯蔵プール等及び燃料貯蔵プール等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。

13.2.6 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、何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、その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。

第 13-1 表 重大事故等の同時発生が想定される機器と重大事故等の種類の関係

建屋	機器	冷却機能の喪失による蒸発乾固	沸騰までの時間 (h)	放射線分解により発生する水素による爆発	未然防止濃度到達時間 (h)	燃料貯蔵プール等における使用済燃料の損傷	沸騰までの時間 (h)	
使用済み燃料受入れ・貯蔵建屋	燃料貯蔵プール	—	—	—	—	○	36	
前処理建屋	中継槽 A	○	150	○	94			
	中継槽 B	○	150	○	94			
	リサイクル槽 A	○	160	△	60			
	リサイクル槽 B	○	160	△	60			
	計量前中間貯槽 A	○	140	○	73			
	計量前中間貯槽 B	○	140	○	73			
	計量後中間貯槽	○	190	○	97			
	計量・調整槽	○	180	○	97			
	計量補助槽	○	190	○	75			
	中間ポット A	○	160	△	120			
	中間ポット B	○	160	△	120			
	不溶解残渣回収槽				△	5700		
	ハル洗浄槽				△	280		
	水バッファ槽				△	86		

○：有効性評価対象機器

△：有効性評価対象外の機器

(つづき)

建屋	機器	冷却機能の喪失による蒸発乾固	沸騰までの時間 (h)	放射線分解により発生する水素による爆発	未然防止濃度到達時間 (h)	燃料貯蔵プール等における使用済燃料の損傷	沸騰までの時間 (h)
分離建屋	溶解液中間貯槽	○	180	○	130	—	—
	溶解液供給槽	○	180	○	130	—	—
	抽出廃液受槽	○	250	○	170	—	—
	抽出廃液中間貯槽	○	250	○	110	—	—
	抽出廃液供給槽A	○	250	○	160	—	—
	抽出廃液供給槽B	○	250	○	160	—	—
	第1一時貯留処理槽	○	310	△	24	—	—
	第8一時貯留処理槽	○	310	△	25	—	—
	第7一時貯留処理槽	○	310	△	24	—	—
	第3一時貯留処理槽	○	250	○	200	—	—
	第4一時貯留処理槽	○	250	○	240	—	—
	第6一時貯留処理槽	○	330	△	24	—	—
	高レベル廃液供給槽A	○	720	○	310	—	—
	高レベル廃液濃縮缶A	○	15	○	48	—	—
	抽出塔	—	—	△	24	—	—
	第1洗浄塔	—	—	△	24	—	—
	第2洗浄塔	—	—	△	24	—	—
	T B P 洗浄塔	—	—	△	24	—	—
	プルトニウム分配塔	—	—	△	24	—	—
	ウラン洗浄塔	—	—	△	24	—	—
	プルトニウム洗浄器	—	—	△	430	—	—
	プルトニウム溶液受槽	—	—	○	24	—	—
	プルトニウム溶液中間貯槽	—	—	○	24	—	—
	第2一時貯留処理槽	—	—	○	24	—	—
	第5一時貯留処理槽	—	—	△	24	—	—
	第9一時貯留処理槽	—	—	△	53	—	—
第10一時貯留処理槽	—	—	△	7800	—	—	
第1洗浄器	—	—	△	3500	—	—	

○：有効性評価対象機器

△：有効性評価対象外の機器

(つづき)

建屋	機器	冷却機能の喪失による蒸発乾固	沸騰までの時間 (h)	放射線分解により発生する水素による爆発	未然防止濃度到達時間 (h)	燃料貯蔵プール等における使用済燃料の損傷	沸騰までの時間 (h)
精製建屋	プルトニウム溶液受槽	○	110	○	45	—	—
	油水分離槽	○	110	○	45	—	—
	プルトニウム濃縮缶供給槽	○	96	○	24	—	—
	プルトニウム溶液一時貯槽	○	98	○	24	—	—
	プルトニウム濃縮液受槽	○	12	○	32	—	—
	リサイクル槽	○	12	○	32	—	—
	希釈槽	○	11	○	56	—	—
	プルトニウム濃縮液一時貯槽	○	11	○	30	—	—
	プルトニウム濃縮液計量槽	○	12	○	32	—	—
	プルトニウム濃縮液中間貯槽	○	12	○	32	—	—
	第1 一時貯留処理槽	○	100	△	28	—	—
	第2 一時貯留処理槽	○	100	○	45	—	—
	第3 一時貯留処理槽	○	96	○	33	—	—
	プルトニウム溶液供給槽	—	—	○	45	—	—
	抽出塔	—	—	△	43	—	—
	核分裂生成物洗浄塔	—	—	△	45	—	—
	逆抽出塔	—	—	△	32	—	—
	ウラン洗浄塔	—	—	△	45	—	—
	補助油水分離槽	—	—	△	45	—	—
	T B P 洗浄器	—	—	△	45	—	—
	プルトニウム濃縮缶	—	—	○	45	—	—
	第4 一時貯留処理槽	—	—	△	61	—	—
	第7 一時貯留処理槽	—	—	○	27	—	—

○：有効性評価対象機器

△：有効性評価対象外の機器

(つづき)

建屋	機器	冷却機能の喪失による蒸発乾固	沸騰までの時間 (h)	放射線分解により発生する水素による爆発	未然防止濃度到達時間 (h)	燃料貯蔵プール等における使用済燃料の損傷	沸騰までの時間 (h)
ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋	硝酸プルトニウム貯槽	○	19	○	24	—	—
	混合槽A	○	30	○	33	—	—
	混合槽B	○	30	○	33	—	—
	一時貯槽	○	19	○	24	—	—

○：有効性評価対象機器

△：有効性評価対象外の機器

(つづき)

建屋	機器	冷却機能の喪失による蒸発乾固	沸騰までの時間 (h)	放射線分解により発生する水素による爆発	未然防止濃度到達時間 (h)	燃料貯蔵プール等における使用済燃料の損傷	沸騰までの時間 (h)
高レベル廃液 ガラス固化建屋	第1 高レベル濃縮廃液貯槽	○	24	○	84	—	—
	第2 高レベル濃縮廃液貯槽	○	24	○	84	—	—
	第1 高レベル濃縮廃液一時貯槽	○	23	○	210	—	—
	第2 高レベル濃縮廃液一時貯槽	○	23	○	210	—	—
	高レベル廃液共用貯槽	○	24	○	48	—	—
	高レベル廃液混合槽A	○	23	○	160	—	—
	高レベル廃液混合槽B	○	23	○	160	—	—
	供給液槽A	○	24	○	280	—	—
	供給液槽B	○	24	○	280	—	—
	供給槽A	○	24	○	230	—	—
	供給槽B	○	24	○	230	—	—
	第1 不溶解残渣廃液貯槽	—	—	○	6100	—	—
	第2 不溶解残渣廃液貯槽	—	—	○	6100	—	—
	第1 不溶解残渣廃液一時貯槽	—	—	△	9100	—	—
	第2 不溶解残渣廃液一時貯槽	—	—	△	9100	—	—

第 13.1.3-1 表 前処理建屋における同時発生時の水素爆発に係る評価結果

機器名	水素発生量 [m ³ /h]	沸騰の 有無	沸騰を考慮した 水素発生量 [m ³ /h]	沸騰を考慮した可 燃限界濃度未満に 維持するために必 要な水素掃気流量 [m ³ /h]	水素掃気流量 (沸騰を考慮した可 燃限界濃度未満に維 持するために必要な 水素掃気流量×1.5) [m ³]
中継槽	2.2E-03	有	4.3E-03	0.11	0.15
計量前中間貯槽	7.6E-03	有	1.5E-02	0.38	0.56
計量・調整槽	5.7E-03	有	1.2E-02	0.29	0.42
計量後中間貯槽	5.7E-03	有	1.2E-02	0.29	0.42
計量補助槽	1.6E-03	有	3.2E-03	0.080	0.11

第 13.1.3-2 表 分離建屋における同時発生時の水素爆発に係る評価結果

機器名	水素発生量 [m ³ /h]	沸騰の 有無	沸騰を考慮した 水素発生量 [m ³ /h]	沸騰を考慮した可 燃限界濃度未満に 維持するために必 要な水素掃気流量 [m ³ /h]	水素掃気流量 (沸騰を考慮した可 燃限界濃度未満に維 持するために必要な 水素掃気流量×1.5) [m ³]
プルトニウム溶液受槽	1.2E-03		1.2E-03	0.029	0.42
プルトニウム溶液中間貯槽	1.2E-03		1.2E-03	0.029	0.42
第2一時貯留処理槽	1.6E-03		1.6E-03	0.039	0.058
第3一時貯留処理槽	3.8E-03	有	7.6E-03	0.19	0.28
第4一時貯留処理槽	3.2E-03	有	6.4E-03	0.16	0.23
高レベル廃液供給槽	1.2E-03	有	2.3E-03	0.057	0.084
高レベル廃液濃縮缶	4.6E-02	有	9.2E-02	2.3	3.4
溶解液中間貯槽	5.7E-03	有	1.2E-02	0.29	0.42
溶解液供給槽	1.4E-03	有	2.8E-03	0.069	0.10
抽出廃液受槽	2.0E-03	有	3.9E-03	0.097	0.14
抽出廃液中間貯槽	2.6E-03	有	5.2E-03	0.13	0.19
抽出廃液供給槽	8.1E-03	有	1.7E-02	0.41	0.60

第 13.1.3-3 表 精製建屋における同時発生時の水素爆発に係る評価結果

機器名	水素発生量 [m ³ /h]	沸騰の 有無	沸騰を考慮した 水素発生量 [m ³ /h]	沸騰を考慮した可 燃限界濃度未満に 維持するために必 要な水素掃気流量 [m ³ /h]	水素掃気流量 (沸騰を考慮した可 燃限界濃度未満に維 持するために必要な 水素掃気流量×1.5) [m ³]
プルトニウム溶液供給槽	1.5E-03		1.5E-03	0.037	0.0555
プルトニウム溶液受槽	1.4E-03	有	2.8E-03	0.0670	0.1038
油水分離槽	1.4E-03	有	2.8E-03	0.070	0.1038
プルトニウム濃縮缶供給槽	4.7E-03	有	9.3E-03	0.23	0.3464
プルトニウム溶液一時貯槽	4.7E-03	有	9.3E-03	0.24	0.3475
プルトニウム濃縮缶	7.1E-04		7.1E-04	0.020	0.0300
プルトニウム濃縮液受槽	3.4E-03	有	6.7E-03	0.17	0.2511
プルトニウム濃縮液一時貯槽	5.2E-03	有	1.1E-02	0.26	0.3882
プルトニウム濃縮液計量槽	3.4E-03	有	6.7E-03	0.17	0.2511
リサイクル槽	3.4E-03	有	6.8E-03	0.17	0.2536
希釈槽	3.8E-03	有	7.7E-03	0.19	0.2857
プルトニウム濃縮液中間貯槽	3.4E-03	有	6.8E-03	0.17	0.2536
第2一時貯留処理	1.3E-03	有	2.5E-03	0.062	0.0927
第3一時貯留処理槽	2.4E-03	有	4.7E-03	0.12	0.1756

第 13.1.3-4 表 ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋における同時発生時の水素爆発に係る評価結果

機器名	水素発生量 [m ³ /h]	沸騰の 有無	沸騰を考慮した 水素発生量 [m ³ /h]	沸騰を考慮した可 燃限界濃度未満に 維持するために必 要な水素掃気流量 [m ³ /h]	水素掃気流量 (沸騰を考慮した可 燃限界濃度未満に維 持するために必要な 水素掃気流量×1.5) [m ³]
硝酸プルトニウム貯槽 *1	3.5E-03	有	6.9E-03	0.18	0.25
混合槽 *1 *2	2.7E-03	有	5.3E-03	0.13	0.19
一時貯槽 *1	3.5E-03	有	6.9E-03	0.18	0.25

第 13.1.3-5 表 高レベル廃液ガラス固化建屋における同時発生時の水素爆発に係る評価結果

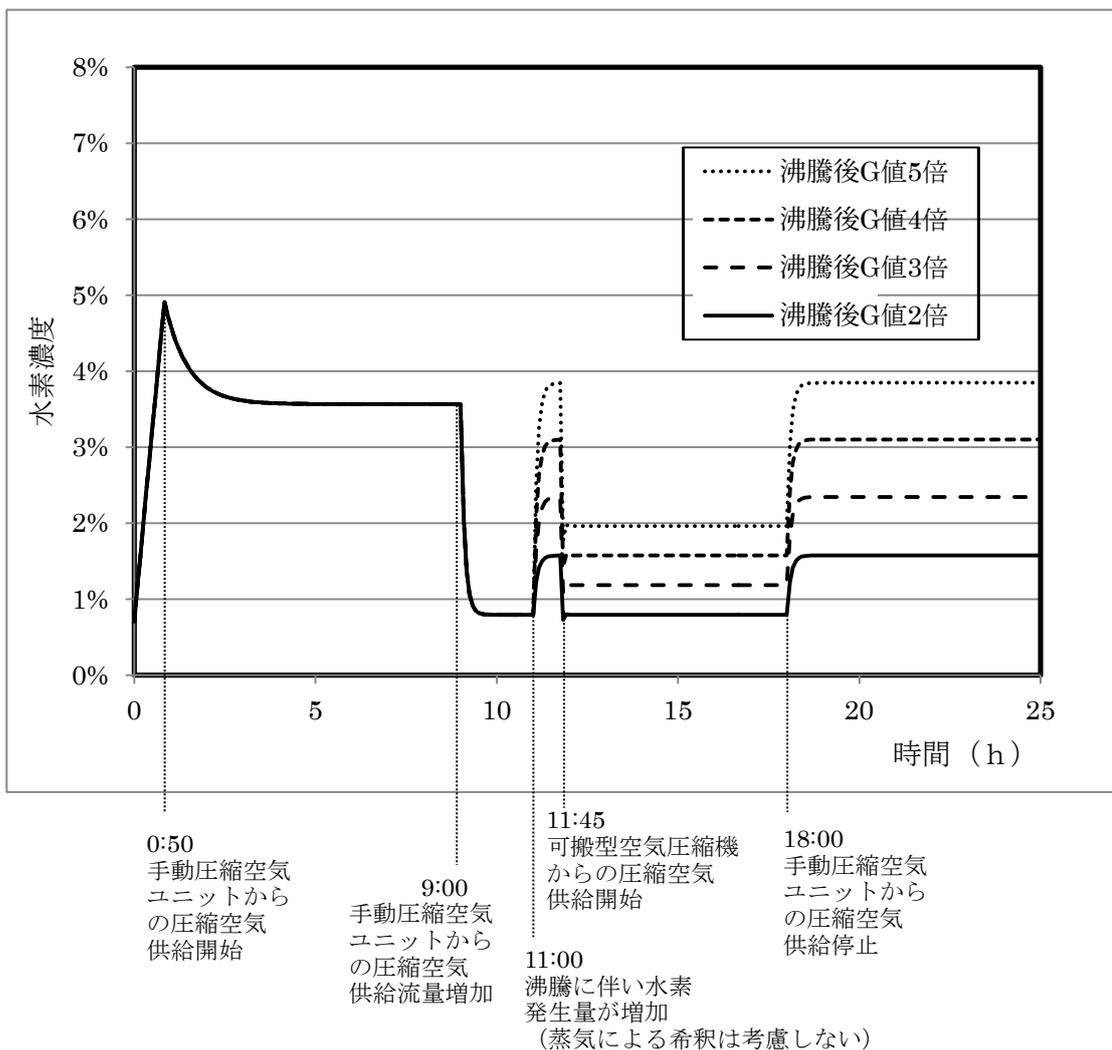
機器名	水素発生量 [m ³ /h]	沸騰の 有無	沸騰を考慮した 水素発生量 [m ³ /h]	沸騰を考慮した可 燃限界濃度未満に 維持するために必 要な水素掃気流量 [m ³ /h]	水素掃気流量 (沸騰を考慮した可 燃限界濃度未満に維 持するために必要な 水素掃気流量×1.5) [m ³]
高レベル濃縮廃液貯槽	1.2E-02	有	4.9E-01	12	18
高レベル濃縮廃液一時貯槽	2.9E-03	有	1.2E-01	2.9	4.3
高レベル廃液混合槽	3.8E-03	有	1.5E-01	3.8	5.7
供給液槽	9.4E-04	有	3.8E-02	0.94	1.4
供給槽	3.8E-04	有	1.5E-02	0.38	0.57
不溶解残渣廃液一時貯槽	3.4E-05		3.4E-05	0.020	0.030
不溶解残渣廃液貯槽	2.7E-04		2.7E-04	0.020	0.030
高レベル廃液共用貯槽	1.2E-02	有	4.9E-01	12	18

第13.1.3-6表 重大事故等が同時発生した場合の大気中への放射性物質の放出量（C s -137換算）

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

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

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



第 13.1.3-1 図 パラメータ (水素濃度) の変位
(プルトニウム濃縮液一時貯槽の例)