

【公開版】

提出年月日	令和元年 12 月 10 日	R23
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. 基本方針

追而

2. 重大事故等への対処の基本方針

3. 重大事故の選定

4. 重大事故の同時発生、連鎖の想定

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. 放射性物質の漏えいへの対処

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



# 1 章 基準適合性



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 水素爆発の発生の防止のための措置
    - 8.1.1 水素爆発の発生の防止のための措置の具体的内容
    - 8.1.2 水素爆発の発生の防止のための措置の有効性評価
  - 8.2 水素爆発の拡大の防止のための措置
    - 8.2.1 水素爆発の拡大の防止のための措置の具体的内容
    - 8.2.2 水素爆発の拡大の防止のための措置の有効性評価
  - 8.3 水素爆発の発生及び拡大の防止のための措置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

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（以下8.では「安全圧縮空気系」という。）等が機能喪失し、喪失した機能を代替する措置が講じられない場合には、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。）を想定する機器内の水素濃度は時間の経過に伴い上昇する。何らかの着火源により水素爆発が生じた場合には、水素爆発に伴う圧力波は、主に機器に接続する塔槽類廃ガス処理設備の配管へ伝播する。圧力波の伝播に伴う溶液の飛散及び急激な加圧及び減圧による溶存気体の放出等に伴い発生する放射性エアロゾルは、圧力波の伝播後に遅れて機器外に放出される。燃焼反応が終わると、圧力及び温度は低下し大気圧、常温程度まで戻ることから、放射性物質を押し出す流れは次第に減衰する。

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 v o 1 %（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10,000m Jのオーダーであり、水素－空気の化学量論比（水素濃度約30 v o 1 %（乾燥状態））の最小着火エネルギー0.02m J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<sup>(1)</sup>。さらに、水素濃度4 v o 1 %の空気の燃焼温度は水素の発火温度である約580℃<sup>(2)</sup>と比較しても低いため、水素濃度4 v o 1 %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 v o 1 %（乾燥状態）から8 v o 1 %（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<sup>(3)</sup>。一方、水素濃度約8 v o 1 %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、爆ごうに遷移する場合がある。爆ごう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 v o 1 % (乾燥状態) より爆ごうに遷移する可能性があると考えられる。このため、爆ごう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、爆ごうに至らせない水素濃度内、即ち8 v o 1 % (乾燥状態) から12 v o 1 % (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 v o 1 % (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、機器内において発生する圧力は小さく、機器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、当該濃度にいたるまでの時間は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、一部の機器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、機器の健全性を維持する観点から、水素濃度8 v o 1 % を水素爆発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られる。

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機器（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機器（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。

安全圧縮空気系の機能が喪失し、喪失した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。

また、再処理施設の水素爆発を想定する機器の気相部容積は最大でも数十m<sup>3</sup>であり、原子力発電所と水素量を比較すると小規模である。

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8 v o 1 %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。

(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及び拡大の防止のための措置を整備する。

水素爆発の発生の防止のための措置として、水素爆発の発生を未然に防止するための対策を整備する。

水素爆発の拡大の防止のための措置として、水素爆発が発生した場合において水素爆発が続けて生じるおそれがない状態を維持するための対策、水素爆発が発生した設備に接続する換気系統の配管の流路を遮断するために必要な対策及び換気系統の配管内が加圧状態になった場合にセル内に設置された配管の外部へ放射性物質を排出するために必要な対策を整備する。また、水素爆発が発生した場合において放射性物質の放出による影響を緩和するために必要な設備を整備する。

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。また、内部事象を起因とした場合の対処概要をc. に示す。

a. 水素爆発の発生の防止のための措置

「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、機器内の水素濃度が8 v o 1 % (乾燥状態) 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表に示す機器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8 v o 1 % (以下8.では「未然防止濃度」という。)に到達するまでの時間が短い建屋については、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。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。

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地上放散する可能性がある。このため、機器内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、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。

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地上放散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、その他再処理設備の附属施設の圧縮空気設備の水素掃気用安全圧縮空気系（以下8.では「水素掃気用安全圧縮空気系」という。）又はその他再処理設備の附属施設の圧縮空気設備のかくはん用安全圧縮空気系（以下8.では「かくはん用安全圧縮空気系」という。）へ可搬型空気圧縮機から圧縮空気を供給し、第8－1表に示す機器内で発生する水素を希釈する。ただし、水素掃気用安全圧縮空気系及びかくはん用安全圧縮空気系が機器に接続する前に合流する場合にはこれらから独立した系統（以下8.では「発生防止用圧縮空気供給系」という。）へ可搬型空気圧縮機から圧縮空気を供給する。

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。

これらの対策に使用する重大事故等対処施設は、対策実施時に想定される温度、圧力及び放射線の環境条件下においても必要な機能を発揮できる。

【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. 水素爆発の再発防止のための措置

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、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が24時間未満の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から圧縮空気を供給することで、最も短い場合においても24時間の時間余裕を確保する。

また、設計上定める条件より厳しい条件としては、圧縮空気配管の漏えいは想定しないが、圧縮空気貯槽又は圧縮空気ユニットによる圧縮空気の供給は水素爆発の発生を防止するために時間余裕を確保するための重要な機能であることから、設計上定める条件より厳しい条件を超える想定として、圧縮空気の漏えいを考える。この場合は、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を設置することで、最も短い場合においても24時間の時間余裕を確保する。

水素爆発の発生の防止のための措置により圧縮空気が供給できず、第8-1表に示す機器の水素掃気機能が回復しない場合は、水素爆発が続けて生じることを防止するため、水素爆発の発生の防止のための措置に用いた機器に接続する配管から独立した系統（以下8.では「拡大防止用圧縮空気供給系」という。）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。拡大防止用圧縮空気供給系は2系統以上とする。

また、水素爆発の再発防止のための措置は、水素爆発の発生の防止のための措置と並行して準備に着手し、第8-1表に示す機器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、水素爆発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。

上記の対策により圧縮空気が継続的に第8-1表に示す機器内に供給されることから機器内の溶液表面から圧縮空気中に放射性物質が移行する。圧縮空気中の放射性物質は、水素掃気機能が喪失した機器に接続する塔槽類廃ガス処理設備の配管に設置されている水封安全器からセル等へ移行した後、地上放散する可能性がある。このため、高性能粒子フィルタを設置した塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニットへ圧縮空気が流入するようにするため、当該設備の弁を開放するとともに、各建屋の塔槽類廃ガス処理設備の配管の流路を遮断する（前処理建屋の場合は、せん断処理・溶解廃ガス処理設備も遮断する。セルに気体を導出する場合は、以下同様である）。塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニットに設置する高性能粒子フィルタを介してセルに導出された空気は、排風機の起動後は、放射性物質は高性能粒子フィルタにより除去され、主排気筒から大気中に管理しながら放出する。

また、第8-1表に示す機器内で水素爆発が発生した場合には、各建屋の塔槽類廃ガス処理設備の配管の流路を遮断することにより、放射性物質をセルに導出し、爆発に伴う圧力上昇を緩和しつつ、放射性エアロゾルの沈着を図る。経路外放出を最小限に留めるため、排風機を運転し、高性能粒子フィルタにより放射性エアロゾルを除去することで主排気

筒から大気中へ放出される放射性物質を低減し，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。

これらの対策に係る重大事故等対処施設は，対策実施時に想定される温度，圧力及び放射線の環境条件下においても必要な機能を発揮できる。

【補足説明資料 8－5】

c. 内部事象により発生する動的機器の多重故障が発生した場合

設計上定める条件より厳しい条件における動的機器の多重故障として水素掃気機能が喪失した場合には、安全冷却水系又は安全圧縮空気系の動的機器の機能喪失であり、塔槽類廃ガス処理設備の排風機の運転は継続している。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までは水素爆発の発生が想定される建屋の塔槽類廃ガス処理設備の排風機の運転を継続した上で、可搬型空気圧縮機を用いて水素掃気機能を復旧する。

また、可搬型空気圧縮機を用いた水素掃気機能の復旧に時間を要し、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ことで塔槽類廃ガス処理設備の高性能粒子フィルタの性能が劣化する状況に備え、セル導出に必要な経路を構築した上で、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塔槽類廃ガス処理設備の配管の流路を遮断することにより、放射性物質をセルに導出する。同時に、重大事故等対処施設の水素爆発に対処するための設備の可搬型重大事故等対処設備の可搬型排風機を運転し、高性能粒子フィルタにより放射性エアロゾルを可能な限り除去し、主排気筒から大気中へ管理しながら放出する。

このように、内部事象を起因とする場合は、放射性物質の放出経路が他の起因の場合と異なるが、塔槽類廃ガス処理設備の排風機を運転している間は、放射性物質の放出の観点では平常時と変わりなく、セルへ導出した際にも同様の除染係数を有する可搬型フィルタを用いることから、常に管理された状態で放出可能である。

## 8.1 水素爆発の発生の防止のための措置

### 8.1.1 水素爆発の発生の防止のための措置の具体的内容

安全圧縮空気系の水素掃気機能が喪失した場合には、空気貯槽（水素掃気用）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地上放散する可能性がある。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、空気貯槽（水素掃気用）からの空気を遮断する。その後、水素掃気用安全圧縮空気系、かくはん用安全圧縮空気系又は発生防止用圧縮空気供給系に、可搬型空気圧縮機を接続し、水素掃気機能を回復させる。

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、機器内の水素濃度が未然防止濃度に到達する時間の短い機器があることから、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に、自動で圧縮空気を供給する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。

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24時間未満の重大事故の水素爆発を想定する機器は、圧縮空気貯槽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機器に近い位置から水素掃気用安全圧縮空気系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。

圧縮空気貯槽及び圧縮空気ユニットは、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8 v o 1 %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、水素掃気用安全圧縮空気系、かくはん用安全圧縮空気系又は発生防止用圧縮空気供給系に、可搬型空気圧縮

機を接続し、水素掃気機能を回復させる。

【補足説明資料 8-7】

【補足説明資料 8-8】

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地上放散する可能性がある。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。

前処理建屋の水素掃気用安全圧縮空気系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、精製建屋を例として、対策の系統概要図を第 8.1.1-1 図に、アクセスルート図を第 8.1.1-2 図から第 8.1.1-5 図に、ホース敷設ルート図を第 8.1.1-6 図から第 8.1-11 図に、溢水ハザードマップを第 7.1.1-25 図から第 7.1.1-33 図に、化学薬品ハザードマップを第 7.1.1-34 図から第 7.1.1-42 図に、火災ハザードマップを第 7.1.1-43 図から第 7.1.1-60 図に、対策の手順の概要を第 8.1.1-12 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 8.1.1-13 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、外部ループの冷却水循環ポンプ若しくは内部ループの冷却水を循環す

るためのポンプが多重故障し，安全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. 圧縮空気貯槽又は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，圧縮空気貯槽又は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圧縮空気の供給がない場合の時間余裕が24時間未満の重大事故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予備圧縮空気ユニットの圧力である。

d. 水素掃気用安全圧縮空気系，又はかくはん用安全圧縮空気系及び発生防止用圧縮空気供給系からの圧縮空気の供給

水素掃気用安全圧縮空気系，又はかくはん用安全圧縮空気系及び発生防止用圧縮空気供給系に，建屋外の可搬型空気圧縮機を，圧縮空気供給用のホース及び圧縮空気供給用の配管により接続し，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。

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系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。

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。

e. 水素掃気用安全圧縮空気系及び発生防止用圧縮空気供給系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，水素掃気用安全圧縮空気系，発生防止用圧縮空気供給系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機器内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機器に接続している水素掃気用安全圧縮空気系に設置する。

水素濃度の測定対象機器は、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大きい貯槽を候補とし、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、機器内の水素濃度の測定は、上記d.の作業の後に実施する。

## 8.1.2 水素爆発の発生の防止のための措置の有効性評価

### (1) 有効性評価の方法

水素爆発の発生の防止のための措置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、水素爆発の発生の防止のための措置の準備を完了させ、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。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。

未然濃度に至るまでの時間の評価条件を第8.1.2-1表に示す。

【補足説明資料8-7】

### (2) 有効性評価の条件

水素爆発の発生の防止のための措置の有効性評価は、第8-1表に示す機器のうち、平常運転時で溶液を保有する機器を対象に実施する。

主要な評価条件を以下に示す。

#### a. 事故条件

##### i. 起回事象

有効性評価の前提となる設計上定める条件より厳しい条件は、安全圧縮空気系に関連する動的機器の動的機能を広範囲に喪失させ、安全圧縮空気系の水素掃気機能が喪失する「地震」を条件とし、安全圧縮空気系を構成する動的機器が全て損傷することによって、安全圧縮空気系の水素掃気機能が喪失することを想定する。

ii. 安全機能の喪失に対する仮定

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

b. 重大事故等への対処に関連する機器条件

水素爆発の発生の防止のための措置に使用する機器を第 8.1.2-2 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、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水素掃気用安全圧縮空気系、かくはん用安全圧縮空気系、発生防止用圧縮空気供給系又は拡大防止用圧縮空気供給系への圧縮空気の供給に使用する。1台を2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一括で圧縮空気を供給する場合もある。

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

脱硝建屋の水素掃気用安全圧縮空気系，かくはん用安全圧縮空気系及び発生防止用圧縮空気供給系，又は，拡大防止用圧縮空気供給系への圧縮空気の供給に1台を使用する。

【補足説明資料8.1-4】

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，以下に示す水素掃気に必要な圧縮空気を供給できるもの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。

前処理建屋	1.9m <sup>3</sup> /h
分離建屋	5.9m <sup>3</sup> /h
精製建屋	2.5m <sup>3</sup> /h
ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋	0.61m <sup>3</sup> /h
高レベル廃液ガラス固化建屋	52m <sup>3</sup> /h

(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。安全圧縮空気系が機能喪失した後，水素掃気用安全圧縮空気系を經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。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、水素掃気用安全圧縮空気系を経由してウラン・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。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。

c. 重大事故等への対処に関連する操作条件

水素爆発を未然に防止するための対策である水素掃気用安全圧縮空気系又はかくはん用安全圧縮空気系及び発生防止用圧縮空気供給系への圧縮空気の供給は、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も約7時間 15分までに作業を完了できるものとする。重大事故の水素爆発を想定する機器が未然防止濃度に到達する前に開始又は作業を完了できるものとする。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、精製建屋を例として第 8.1.2-1 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 8.1.2-3 表に示す。

c. 評価シナリオ

安全圧縮空気系の水素掃気機能が喪失し、機器内水素濃度が上昇し始

める。水素爆発の発生を未然に防止するため、第 8-1 表に示す機器に圧縮空気貯槽又は圧縮空気ユニット及び可搬型空気圧縮機から圧縮空気を供給する。

d. 評価条件

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<sup>(4)</sup><sup>(5)</sup>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。

【補足説明資料 8.1-5】

(3) 有効性評価の判断基準

水素爆発の発生の防止のための措置の有効性評価の判断基準は以下のとおりとする。

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。

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、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、水素爆発の発生の防止のための措置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。

(4) 有効性評価の結果

a. 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

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水素掃気用安全圧縮空気系、又はかくはん用安全圧縮空気系及び発生防止用圧縮空気供給系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水素掃気用安全圧縮空気系、又はかくはん用安全圧縮空気系及び発生防止用圧縮空気供給系からの圧縮空気の供給は、水素掃気機能の喪失から 8名にて約7時間15分後に完了するため、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約24時間以内に実施可能である。圧縮空気の供給開始時の機器内の水素濃度は、圧縮空気貯槽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%で平衡に至る。

b. 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

水素掃気用安全圧縮空気系又はかくはん用圧縮空気供給系からの圧

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4 vol %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。機器内の初期水素濃度を8 vol %と厳しい値として設定した場合、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が最も長い機器はプラトニウム溶液供給槽であり、圧縮空気の供給開始後、約6.2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8.1.2-3表から第8.1.2-6表に、対策実施時のパラメータの変位を第8.1.2-1図に示す。

ただし、前処理建屋、高レベル廃液ガラス固化建屋については、圧縮空気の供給時点で機器内の水素濃度は可燃限界濃度を超えないことから、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は評価していない。

#### 【補足説明資料8-12】

#### (5) 評価条件の不確かさの影響評価

##### a. 実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響

水素掃気機能の喪失による水素爆発における実施組織要員の操作の時間余裕である未然防止濃度に至るまでの時間に与える影響を以下のとおり評価し、影響がないことを確認した。

##### (a) 外部電源の考慮の観点

安全圧縮空気系の水素掃気機能が喪失した後の機器内の水素濃度が未然防止濃度に至るまでの時間は、外部電源の有無によらず同じである。設計上定める条件より厳しい条件の想定に係らず、実施組織要員の操作

の時間余裕に与える影響はない。

(b) 実際の水素発生量，空間容量及び空間における混合の観点

機器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，機器の水素発生量及び空間容量が必要となる。機器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機器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、機器の空間容量の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、機器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、機器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、全ての機器が公称容量を保有しているわけではなく、公称容量よりも少ない容量を保有している状態が想定されるが、この場合、溶液の崩壊熱は小さくなり、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、全ての機器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。

(c) 実施組織要員の操作の観点

「認知」、「要員配置」、「移動」、「操作所要時間」、「他の並列操作有無」及び「操作の確実さ」が実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響を考慮し、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に計画することで、これら要因による影響を低減している。

また、作業計画の整備は、作業項目ごとに余裕を確保して整備しており、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。

(d) 作業環境の観点

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、圧縮空気貯槽又は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。

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。

b. 評価項目に与える影響

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に与える影響は、「a. 実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響」に記載したとおりである。

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に与える影響は、機器内の初期水素濃度を 8 v o 1 % と厳しい値として設定した。圧縮空気貯槽又は圧縮空気ユニットにより 24 時間は 8 v o 1 % 未満に維持されること、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 24 時間以内に水素爆発の発生の防止のための措置を完了できることから、機器内水素濃度は 8 v o 1 % より低くなる。更に、実際の水素発生量、空間容量及び空間における混合を考慮すると、更に水素濃度は低下し、可燃限界濃度未満になるまでの時間は短くなる。

機器内の水素濃度の平衡値は、液量が公称容量であり水素発生量が想定される範囲のうち最大の条件で計算した値である。実際の液量を考慮すると、水素濃度の平衡値は小さくなる。

c. 評価結果

解析条件の不確かさの影響評価の範囲として、実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響及び評価項目に与える影響を確認した。

解析条件の不確かさが実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響及び水素爆発の発生の防止のための措置の評価項目に与える影響は、より厳しい結果を与える条件で評価をしており、現実的な条件では未然防止濃度に到達するまでの時間余裕が伸びることとなり、より余裕が確保

される方向へ変動することを確認した。また、重大事故等の対処に使用する設備の偶発的な単一故障の想定及び作業環境の変化が実施組織要員の操作の時間余裕及び評価項目に影響を与える可能性があるものの、余裕を持って整備した作業計画の内数の変動に収まることを確認した。

(6) 必要な要員及び資源の評価

水素掃気機能の喪失による水素爆発への対策に必要な要員及び資源は、水素爆発の拡大の防止のための措置に必要な要員及び資源を合わせて8.3に示す。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。

(7) 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、設計上定める条件より厳しい条件における外部事象の「地震」を条件として有効性評価を行った。

可搬型空気圧縮機による圧縮空気の供給は、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に係る準備作業を完了し、水素掃気用安全圧縮空気系、かくはん用安全圧縮空気系又は発生防止用圧縮空気供給系経由で機器に圧縮空気を供給することで、機器内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、運転員等操作時間に与える影響及び評価項目となるパラメータに与える影響は小さい。

また、「地震」以外の設計上定める条件より厳しい条件のうち、「地

震」とは異なる特徴を有する「火山」を条件とした場合に有効性評価へ与える影響を分析した。

「火山」を条件とした場合には、建屋外における水素爆発の発生の防止のための措置の準備に要する時間に与える影響及び水素爆発の発生の防止のための措置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、水素爆発の発生の防止のための措置の有効性へ与える影響が小さくされていることを確認した。

以上のことから、水素爆発の発生の防止のための措置により水素爆発の発生を未然に防止できる。

以上より、「(3) 有効性評価の判断基準」を満足する。

## 8.2 水素爆発の拡大の防止のための措置

### 8.2.1 水素爆発の拡大の防止のための措置の具体的内容

#### 8.2.1.1 水素爆発の再発を防止するための空気の供給

設計上定める条件より厳しい条件としては、圧縮空気配管の漏えいは想定しないが、圧縮空気貯槽又は圧縮空気ユニットによる圧縮空気の供給は水素爆発の発生を防止するために時間余裕を確保するための重要な機能であることから、設計上定める条件より厳しい条件を超える想定として、圧縮空気の漏えいを考える。この場合は、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を設置することで、最も短い場合においても24時間の時間余裕を確保する。

水素爆発の発生を防止するための圧縮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、続けて水素爆発が生じるおそれがないよう拡大防止用圧縮空気供給系に建屋外の可搬型空気圧縮機を接続して水素掃気機能を回復させる。本対策は、手動圧縮空気ユニットが機能している間に実施する。

拡大防止用圧縮空気供給系からの圧縮空気の供給に期待できない場合には、上記の拡大防止用圧縮空気供給系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。

各建屋の対策の概要を以下に示す。また、精製建屋を例として、対策の系統概要図を第8.2.1-1図に、アクセスルート図を第8.2.1-2図から第8.2.1-6図に、ホース敷設ルート図を第8.2.1-7図から第8.2.1-12図に示す。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8.2.1-13図に示す。溢水ハザードマップ、化学薬品ハザードマップ、火災ハザードマップ及び対策の手順の概要は、8.1.1に示したとおりである。

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圧縮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d.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，系統内の圧力が低下した場合は，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24時間未満の重大事故の水素爆発を想定する機器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機器に内包する溶液中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. 拡大防止用圧縮空気供給系からの圧縮空気の供給

拡大防止用圧縮空気供給系に可搬型空気圧縮機を，可搬型個別供給用建屋内ホース及び可搬型個別供給用建屋外ホースにより接続し，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及びセル導出システムの廃ガス流量である。

d. 拡大防止用圧縮空気供給系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機器内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。

e. 可搬型水素濃度計の設置

水素濃度の測定対象機器内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機器の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機器は、「8.1.1 水素爆発に対する具体的対策」に対する具体的対策」のf.と同様である。

機器内の水素濃度の測定は、上記c.の作業の後に実施する。

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

圧縮空気の供給又は水素爆発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、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。

上記の操作は可能な限り速やかに実施し、高性能粒子フィルタを設置した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ことで、大気中への放射性物質の放出量を低減する。

また、主排気筒から大気中への放射性物質の放出量を低減するため、可搬型ダクトを用いて、可搬型フィルタを接続した上で、可搬型排風機を運転し、セル内の圧力上昇を緩和し経路外放出を抑制しつつ、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。

水素掃気用の圧縮空気が継続して供給されることに伴い、機器の気相部の放射性物質が圧縮空気により同伴され、水素爆発が発生した設備に接続する換気系統の配管に設置されている水封安全器からセル等へ移行した後、地上放散する可能性がある。このため、気相中に移行した放射性物質の大気中への放出を可能な限り低減するため、放射線分解により発生する水素による爆発を想定する機器内の水素濃度が8 v o 1 %に至る時間が長い前処理建屋及び高レベル廃液ガラス固化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、塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニットの経路を構築する。

放射線分解により発生する水素による爆発を想定する機器内の水素濃度が8 v o 1 %に至る時間が短い分離建屋、精製建屋及びウラン・プルトニウム混合脱硝建屋では、圧縮空気の供給を継続しつつ、塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニットの経路を速やかに構築し、同経路に設置される高性能粒子フィルタにより圧縮空気に同伴する放射性エアロゾルを除去し、大気中への放射性物質の放出量を低減する。

仮に、圧縮空気設備の安全圧縮空気系の空気圧縮機の多重故障又は給水施設の冷却水設備の安全冷却水系（再処理設備本体用）の冷却水循環ポンプの多重故障を起因として水素掃気機能が喪失した場合には、安全機能を有する施設の水素掃気機能の喪失とは関連のない各建屋の塔槽類廃ガス処理設備の排風機の運転を継続した上で、可搬型空気圧縮機を用いて水素掃気機能を復旧する。また、可搬型空気圧縮機を用いた水素掃気機能の復旧に時間を要し、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 %に至る状況に備え、異常な水準の放出防止対策に必要な経路を構築した上で、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 %に至る前に各建屋の塔槽類廃ガス処理設備の配管の流路を遮断することにより、放射性物質をセルに導出する。同時に、可搬型排風機を運転し、高性能粒子フィルタにより放射性エアロゾルを除去することで主排気筒から大気中へ放出される放射性物質を低減し、主排気筒から大気中へ管理しながら放出することもできる。

各建屋の対策の概要を以下にしめす。また、精製建屋を例として、対策の系統概要図を第8.2.1-13図に、アクセスルートを第8.2.1-14図から第8.2.1-20図に、ダクト敷設ルート図を第8.2.1-21図に、ケーブル敷設ルート図を第8.2.1-22図及び第8.2.1-23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8.2.1-24図に示す。溢水ハザードマップ、化学薬品ハザードマップ、火災ハザードマップ及び対策の手順の概要は、8.1.1に示したとおりである。

- 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

重大事故等の発生防止対策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準備

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

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経路構築作業の実施判断

塔槽類廃ガス処理設備の排風機が停止している場合には，沸騰に伴い気相中へ移行する放射性物質又は水素掃気用の圧縮空気の供給継続により移行する放射性物質を塔槽類廃ガス処理設備からセルに導くための経路構築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機器に供給する圧縮空気の流量が、機器内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、その機器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経路構築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. 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、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及び塔槽類廃ガス処理設備の手動弁を開放する。

これにより、水素掃気用の圧縮空気に同伴する放射性物質が塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニットを経由して第8.2.1-3表に示す導出先セルに導出される。また、沸騰に伴い塔槽類廃ガス処理設備の配管内の内圧が上昇した場合、発生した放射性物質は、塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニットを経由して第8.2.1-3表及び第8.2.1-4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、安全水封器を経由して第8.2.1-4表に示す安全水封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。

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 水素爆発の拡大の防止のための措置の有効性評価

### (1) 有効性評価の方法

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のための措置の有効性評価」(1) 有効性評価の方法に記載したとおりである。

水素爆発の拡大の防止のための措置の有効性評価は、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。

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、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、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圧縮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（セシウム-137換算）を評価する。

また、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（セシウム-137換

算) を評価する。

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

これらは、解析コードを用いずに評価する。

## (2) 有効性評価の条件

水素爆発の拡大の防止のための措置の有効性評価は、第8-1表に示す機器を対象に実施する。

主要な解析条件を以下に示す。

### a. 事故条件

#### (a) 起因事象

有効性評価の前提となる設計上定める条件より厳しい条件は、安全圧縮空気系を構成する動的機器を広範囲に喪失させ、安全圧縮空気系の水素掃気機能が喪失する「地震」を条件とし、水素掃気系統を構成する動的機器が全て損傷することによって、水素掃気系の水素掃気機能が喪失することを想定する。「多重故障」を条件とした場合は、放出経路が塔槽類廃ガス処理設備となり異なるため、不確実さにおいて影響を考察する。

#### (b) 安全機能の喪失に対する仮定

設計上定める条件より厳しい条件における外部事象の「地震」を条

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

b. 重大事故等への対処に関連する機器条件

水素爆発の拡大の防止のための措置に使用する機器を第8.1.2-2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(2) b. と同様である。

(b) 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、水素掃気用安全圧縮空気系を經由して分離建屋、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。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) 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の時間余裕が24時間未満の重大事故の水素爆発を想定する機器へ接続することにより、圧縮空気を供給する。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24時間以上供給できる設計としていることから、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) 塔槽類廃ガス処理設備の隔離弁

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

(g) 塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニット

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

(h) 塔槽類廃ガス処理設備の水封安全器

塔槽類廃ガス処理設備塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の廃ガス ポットの水封高さは約275mmであり、塔槽類廃ガス処理設備塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の内圧が上昇すると、塔槽類廃ガス処理設備塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の廃ガス ポットからプルトニウム系塔槽類廃ガス洗浄塔セルに放射性物質が導出される。

(i) 可搬型フィルタ

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

(j) 可搬型発電機

可搬型発電機は、1台当たり約80kVA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5.2kVA（起動時 約32kVA）

分離建屋の可搬型排風機 約5.2kVA（起動時 約32kVA）

精製建屋の可搬型排風機 約5.2kVA（起動時 約32kVA）

ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋の可搬型排風機

約5.2kVA（起動時 約32kVA）

高レベル廃液ガラス固化建屋の可搬型排風機

約5.2kVA（起動時 約32kVA）

【補足説明資料8-16】

(k) 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。

c. 重大事故等への対処に関連する操作条件

水素爆発の再発を防止するための空気の供給は、重大事故の水素爆発を想定する機器が、予備圧縮空気ユニットからの圧縮空気の供給を考慮しない状態で未然防止濃度に到達する前に作業を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機器を設置する精製建屋を例として第8.2.2-1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8.1.2-6表に示す。

空気貯槽（水素掃気用）から前処理建屋及び高レベル廃液ガラス固化建屋への圧縮空気の供給停止の操作は、安全圧縮空気系の機能喪失から45分後に完了するものとする。

手動圧縮空気ユニットからの圧縮空気の供給は、重大事故の水素爆発を想定する機器のうち、最も時間余裕の短い精製建屋のプルトニウム濃縮液一時貯槽が予備圧縮空気ユニットからの圧縮空気の供給を考慮しない状態で未然防止濃度に到達する時間である1.4時間の前に作業を開始し、完了できるものとする。

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10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、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 24 時間の前までに開始し、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も 5 時間 40 分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、精製建屋を例として第 8.2.2-1 図に示す。また、安全冷却水系の冷却機能の喪失から第 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 8.1.2-6 表に示す。

d. 評価シナリオ

安全圧縮空気系の水素掃気機能の喪失に伴い、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高性能粒子フィルタを備える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。

また、機器内水素濃度が上昇し始める。水素爆発の発生を未然に防止するため、第 8-1 表に示す機器に予備圧縮空気ユニット又は手動圧縮空気ユニット及び可搬型空気圧縮機から圧縮空気を供給する。

可搬型空気圧縮機による圧縮空気の供給に成功することで、水素爆発が発生するおそれがない状態となるものの、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に導出するユニットを經由してセルに導出される。可搬型排風機の稼働までの間は、導出先セルから地上放散する。その後、気相中の放射性物質は、可搬型排風機及び可搬型フィルタによる放射性物質量の低減の後、主排気筒から大気中へ管理しながら放出される。

また、安全圧縮空気系の水素掃気機能の喪失に対する水素爆発の発生の防止のための措置及び水素爆発の拡大の防止のための措置は、高い信頼性を確保しており水素爆発の発生を防止できると考えられるが、第8－1表に示す機器で爆発に至ることを想定する。

爆発によって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に導出するユニットを經由してセルに導出され、水素爆発に伴う圧力はセルの有する大容量の空間により緩和される。このため、可搬型フィルタの除去効率は低下することはない、セルに導出された放射性エアロゾルを可搬型発電機、可搬型排風機、可搬型ダクト及び可搬型フィルタを用いて除去することにより、主排気筒から大気中への異常な水準の放出を防止する。

e. 評価条件

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<sup>(4)(5)</sup>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（以下8.3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。

- 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地上放散する場合より安全側な結果となる。なお，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。
- iii. 水素爆発を想定した場合には、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。
- iv. 第8-1表に示す機器の濃度は、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。
- v. 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圧縮空気 $1\text{m}^3$ 当たり $10\text{mg}$ 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。
- vi. 水素掃気機能の喪失後に、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、予備圧縮空気ユニット及び手動圧縮空気ユニット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。

vii. 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及び水素爆発を想定した場合において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8-17】

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

ix. 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、機器内の水素濃度が8vol%の場合に水素爆発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4.2kPaであり、フィルタの健全性が確認されている圧力(9.3kPa)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8-18】

(3) 有効性評価の判断基準

水素爆発の拡大の防止のための措置の有効性評価の判断基準は以下のとおりとする。

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で事態を収束できること。

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、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、水素爆発の再発を防止するための措置の準備に必要な要員が確保されていることを確認する。

また、放射性物質のセルへの導出及び高性能粒子フィルタによる放射性エアロゾルの除去に関する対策の準備に要する時間、事態の収束までに大気中へ放出される放射性物質の放出量及び水素爆発時を有効性評価の評価項目として設定し、未然防止濃度到達前に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策の準備を完了できること、これらの対策の準備に必要な要員が確保されていること、事態の収束までに大気中へ放出される放射性物質の放出量がCs-137換算で100TBqを下回ることを確認する。

#### (4) 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の準備に要する時間

未然防止濃度に到達するまでの最も短い機器を設置する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は、水素掃気機能の喪失から約4名にて約9時間45分後に完了するため、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約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。

精製建屋の塔槽類廃ガス処理設備の隔離弁の閉止操作、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、水素掃気機能の喪失から約24名にて約5時間40分後に完了するため、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約24時間以内に放出経路の構築の完了が可能である。

また、仮に最も時間余裕の短い機器で水素爆発が発生した場合においても、水素爆発を未然に防止するための圧縮空気の供給と並行して水素爆発の再発を防止するための空気の供給の準備に着手することから、可搬型建屋内ホース敷設、接続及び可搬型貯槽掃気圧縮空気流量計設置は作業着手から30分で完了できる。このため、水素爆発の拡大を防止するための措置を実施可能である。圧縮空気の供給開始時の機器内の水素濃度は、予備圧縮空気ユニット又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%で平衡に至る。

b. 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

拡大防止用圧縮空気供給系からの圧縮空気の供給を実施した後に、機器内の水素濃度が可燃限界濃度未満になる時間を評価した。機器内の初期水素濃度を8vol%と厳しい値として設定した場合、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が最も長い機器はプルトニウム溶液供給槽であり，圧縮空気の供給開始後，約 6.2 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 8.1.2-3 表から第 8.1.2-6 表に，対策実施時のパラメータの変位を第 8.2.2-2 図に示す。

#### c. 大気中へ放出される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（セシウム-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表に示す。

水素爆発の発生後から事態の収束までの大気中へ放射性物質の放出量（セシウム-137換算）は，精製建屋において約  $3 \times 10^{-4}$  TBq となり，また，事態の収束までに主排気筒から大気中への放射性物質の吸入による敷地境界外の被ばく線量は，精製建屋において  $3 \times 10^{-4}$  mSv である。精製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 8.2.2-2 表に示す。また，主排気筒から大気中に放射性物質が放出されるまでの過程を第 8.2.2-3 図に示す。

以上より，事態が収束するまでの主排気筒から大気中へ放出される放射性物質の放出量（セシウム-137換算）が 100 TBq を下回ることから，安全圧縮空気系の水素掃気機能の喪失による圧縮空気の供給時及び水素爆発時の放射性物質の異常な水準の放出を防止することができる。

また、放射性物質をセルへ導出する手段及び放射性物質を除去し、セル及び高性能粒子フィルタによる放射性エアロゾルを除去する手段は、水素掃気及び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、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実行可能な限り早期に完了させ、これらを稼働させることで事態が収束するまでの主排気筒から大気中への放射性物質の放出量（セシウム-137換算）が100TBqを下回ることから、安全圧縮空気系の水素掃気機能の喪失による大気中への放射性物質の異常な水準の放出を防止することができる。

以上の有効性評価結果を第8.1.2-3表から第8.1.2-6表に、対策実施後の水素濃度の推移を第8.2.2-2図に示す。

(5) 評価条件の不確かさの影響評価

a. 実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響

「8.1.2.(5).a. 実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響」と同様である。

b. 評価項目に与える影響

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に与える影響については、「8.1.2.(5).b. 評価項目に与える影響」と同様である。

大気中への放射性物質の放出量に与える影響については、以下の「(a) 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」に示す通りである。

(a) 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。

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. 多重故障を起因とした場合の放出経路の影響

内部事象の多重故障を起因とする場合は、放射性物質の放出経路が他の起因の場合と異なるが、塔槽類廃ガス処理設備の排風機を運転している間は、放射性物質の放出の観点では平常時と変わりなく、放出量評価に与える影響は極めて小さい。

iii. 事故の影響を受ける割合

(i) 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又は拡大の防止のための措置が成功した場合

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。

(ii) 水素爆発を想定した場合

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。

iv. 気相に移行する割合

(i) 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を未然に防止するための圧縮空気の供給若しく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

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  $160\text{m}^3/\text{h} \sim 200\text{m}^3/\text{h}$  の空気ですり上げで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  $1\text{mg}/\text{m}^3$  <sup>(5.2)</sup> 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。

(ii) 水素爆発を想定した場合

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  $1 \times 10^{-4}$  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 $1 \times 10^{-5}$ から $6.0 \times 10^{-4}$ 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<sup>(2)</sup>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 $6.0 \times 10^{-4}$ 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 $4.0 \times 10^{-5}$ であることから、ARFが $6.0 \times 10^{-4}$ 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 $1 \times 10^{-8}$ であり $1 \times 10^{-5}$ 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。

#### v. 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。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。

- (i) 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を未然に防止するための圧縮空気の供給若しく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

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。

なお、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おいては、セルから部屋を介して地上放散する経路も想定されるが、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。

- (ii) 水素爆発を想定した場合

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。一方、粒子径分布によっては、設定値に対して1桁程度の下振れをする可能性がある。

(iii) 未然防止濃度を超過した水素爆発を想定した場合

重大事故の水素爆発を想定する機器内において、未然防止濃度を超過した状態で水素爆発が発生した場合、水素爆発の発生による圧力及び温度の急激な上昇により、設備の安全機能が喪失して他の事象が連鎖して発生することが想定される。未然防止濃度を超過した状態における水素爆発では、試験結果等に基づく、機器の健全性は維持されることから他の事象が連鎖して発生することはない。

また、水素爆発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ないことから、溶液が濃縮されること、引火点に到達するようなことはなく、他の事象が連鎖して発生することはない。

【補足説明資料 8-20】

【補足説明資料 8-21】

c. 評価結果

評価条件の不確かさの影響評価の範囲として、実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響及び評価項目に与える影響を確認した。

評価条件の不確かさが実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響については、より厳しい結果を与える条件で評価をしており、より余裕が確保される方向への変動することを確認した。また、重大事故等の対処に使用する設備の偶発的な単一故障の想定及び作業環境の変化が実施組織要員の操作の時間余裕及び評価項目に影響を与える可能性があるものの、余裕を持って整備した作業計画の内数の変動に収まることを確認した。

また、大気中への放射性物質の放出量評価では、放出量算出において考慮する各パラメータに上振れ又は下振れする可能性があるものの、

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ことを確認した。

(6) 必要な要員及び資源の評価

水素掃気機能の喪失による水素爆発への対策に必要な要員及び資源は、水素爆発の発生の防止のための措置に必要な要員及び資源を合わせて8.3に示す。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。

(7) 判断基準への適合性の検討

水素爆発の拡大を防止するための措置として、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、設計上定める条件より厳しい条件における外部事象の「地震」を条件として有効性評価を行った。

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系統の拡大防止用圧縮空気供給系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。

圧縮空気の供給が自動で行われることにより、水素掃気機能喪失後に放射性物質を含む気体が一部地上放散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機器内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。事態が収束するまでの水素爆発による主排気筒から大気中への放射性物質の放出量（セシウム-137換算）は、最も放出量の大きい高レベル廃液ガラス固化建屋においても約  $2 \times 10^{-3}$  TBq である。

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

また、「地震」以外の設計上定める条件より厳しい条件のうち、「地震」とは異なる特徴を有する「火山」を条件とした場合に有効性評価へ与える影響を分析した。この結果、「地震」以外の条件においても、水素爆発の拡大の防止のための措置が有効であることが確認した。

以上のことから、水素爆発を未然に防止するための圧縮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圧縮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る。また、有効性評価で示す大気中への放射性物質の放出量は妥当であると考えられ、大気中への異常な水準の放出を防止することができる。

以上より、「(3) 有効性評価の判断基準」を満足する。

### 8.3 水素爆発の発生及び拡大の防止のための措置に必要な要員及び資源

水素爆発の発生及び拡大の防止のための措置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

水素爆発の発生及び拡大の防止のための措置に必要な要員は、設計上定める条件より厳しい条件における外部事象の「地震」を条件として場合で合計80名である。

「地震」とは異なる環境条件をもたらす可能性のある設計上定める条件より厳しい条件における外部事象の「火山」を条件とした場合、合計80名となる。

また、設計上定める条件より厳しい条件における内部事象の「長時間の全交流動力電源の喪失」及び「動的機器の多重故障」を条件とした場合は、「地震」を条件とした場合に想定される環境条件より悪化することが想定されず、対処内容にも違いがないことから、必要な要員は合計80名以内である。

以上より、水素爆発の発生及び拡大の防止のための措置に必要な要員は、最大でも80名となる。

#### (2) 必要な資源の評価

水素爆発の発生及び拡大の防止のための措置に必要な燃料及び電源を以下に示す。

##### i. 燃料

水素爆発を未然に防止するための圧縮空気の供給に使用する可搬型空気圧縮機は、7日間の対応を考慮すると、運転継続に以下の軽油が必要である。

容量約450m<sup>3</sup>/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2.4kLの軽油が必要である。

容量約220m<sup>3</sup>/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1.4kL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の7日間の対応を考慮した場合、運転継続に必要な経由については、合計約9kLの軽油が必要である。

また、水素爆発の拡大の防止のための措置に使用する可搬型発電機は、7日間の対応を考慮すると、運転継続に以下の軽油が必要である。

前処理建屋	約2.5kL
分離建屋	約3.0kL
精製建屋及びウラン・プルトニウム混合脱硝理建屋	約3.0kL
高レベル廃液ガラス固化建屋	約2.9kL
全建屋合計	約12kL

以上より、全ての建屋の水素爆発の発生及び拡大の防止のための措置を7日間継続して実施するのに必要な軽油は合計で約33kLである。

#### 【補足説明資料8-15】

### iii. 電源

前処理建屋における水素爆発の拡大の防止のための措置に必要な負荷は、重大事故等対処施設の可搬型排風機の約5.2kVAであり、必

要な給電容量は、可搬型排風機の起動時を考慮しても約32 k V Aである。

分離建屋における水素爆発の拡大の防止のための措置に必要な負荷は、重大事故等対処施設の可搬型排風機の約5.2 k V Aであり、必要な給電容量は、可搬型排風機の起動時を考慮しても約32 k V A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水素爆発の拡大の防止のための措置に必要な負荷は、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 k V Aであり、必要な給電容量は、可搬型排風機の起動時を考慮しても約63 k V Aである。

高レベル廃液ガラス固化建屋における水素爆発の拡大の防止のための措置に必要な負荷は、重大事故等対処施設の可搬型排風機の約5.2 k V Aであり、必要な給電容量は、可搬型排風機の起動時を考慮しても約32 k V Aである。

【補足説明資料 8 - 1 6】

#### 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 TBP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 水素爆発の発生の防止のための措置の手順と重大事故等対処施設

	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"> <li>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、外部ループの冷却水循環ポンプ若しくは内部ループの冷却水を循環するためのポンプが多重故障し、安全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。</li> </ul>	—	—	—

(つづき)

	判断及び操作	手順	重大事故等対処施設		
			常設重大事故等対処設備	可搬型重大事故等対処設備	計装設備
b.	圧縮空気貯槽又は圧縮空気ユニットからの圧縮空気の供給	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 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，圧縮空気貯槽又は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機器へ自動で圧縮空気が供給される。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 圧縮空気貯槽</li> <li>・ 圧縮空気ユニット</li> <li>・ 各建屋の水素爆発対象機器</li> <li>・ 各建屋の水素掃気用安全圧縮空気系</li> </ul>	-	-
		<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 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。</li> </ul>	-	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 可搬型圧縮空気貯槽圧力計</li> <li>・ 可搬型圧縮空気ユニット圧力計</li> </ul>

(つづき)

	判断及び操作	手順	重大事故等対処施設		
			常設重大事故等対処設備	可搬型重大事故等対処設備	計装設備
c.	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"> <li>・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圧縮空気の供給がない場合の時間余裕が24時間未満の重大事故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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・予備圧縮空気ユニット</li> <li>・各建屋の水素爆発対象機器</li> <li>・各建屋の水素掃気用安全圧縮空気系</li> </ul>	—	—
		<ul style="list-style-type: none"> <li>・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。</li> </ul>	—	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>・可搬型予備圧縮空気ユニット圧力計</li> </ul>

(つづき)

	判断及び操作	手順	重大事故等対処施設		
			常設重大事故等対処設備	可搬型重大事故等対処設備	計装設備
d.	水素掃気用安全圧縮空気系，又はかくはん用安全圧縮空気系及び発生防止用圧縮空気供給系からの圧縮空気の供給	<ul style="list-style-type: none"> <li>水素掃気用安全圧縮空気系，又はかくはん用安全圧縮空気系及び発生防止用圧縮空気供給系に，建屋外の可搬型空気圧縮機を，圧縮空気供給用のホース及び圧縮空気供給用の配管により接続し，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。</li> <li>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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>各建屋の水素掃気用安全圧縮空気系</li> <li>各建屋のかくはん用安全圧縮空気系</li> <li>各建屋の発生防止用安全圧縮空気系</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>可搬型空気圧縮機</li> <li>可搬型建屋外ホース</li> <li>可搬型建屋内ホース</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>計測制御設備</li> </ul>

(つづき)

	判断及び操作	手順	重大事故等対処施設		
			常設重大事故等対処設備	可搬型重大事故等対処設備	計装設備
d.	水素掃気用安全圧縮空気系、又はかくはん用安全圧縮空気系及び発生防止用圧縮空気供給系からの圧縮空気の供給	<ul style="list-style-type: none"> <li>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系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。</li> </ul>	—	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>可搬型貯槽掃気圧縮空気流量計</li> <li>可搬型水素掃気系統圧縮空気圧力計</li> <li>可搬型セル導出ユニット流量計</li> </ul>
e.	水素掃気用安全圧縮空気系及び発生防止用圧縮空気供給系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"> <li>第8-1表に示す機器に供給する圧縮空気の流量を、水素掃気用安全圧縮空気系、発生防止用圧縮空気供給系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。</li> <li>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。</li> </ul>	—	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>可搬型貯槽掃気圧縮空気流量計</li> </ul>

(つづき)

	判断及び操作	手順	重大事故等対処施設		
			常設重大事故等対処設備	可搬型重大事故等対処設備	計装設備
f.	可搬型水素濃度計の設置	<ul style="list-style-type: none"><li>水素濃度の測定対象機器内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機器に接続している水素掃気用安全圧縮空気系に設置する。</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>—</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>—</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>可搬型水素濃度計</li><li>計測制御設備</li></ul>
		<ul style="list-style-type: none"><li>水素濃度の測定対象機器は、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大きい貯槽を候補とし、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、機器内の水素濃度の測定は、上記 e. の作業の後に実施する。</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>—</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>—</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>—</li></ul>

第8.1.2-2表 水素爆発への対処に使用する設備

機器グループ	設備		水素爆発の発生の防止のための措置	水素爆発の拡大の防止のための措置	
			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	放出低減対策
	設備名称	構成する機器			
			重大事故等対処設備		
前処理建屋 水素爆発	代替安全圧縮空気系	水素掃気配管〔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)	○	×	×
		計量補助槽	○	○	○
		計量補助槽(水素掃気配管)	○	×	×
	前処理建屋 代替塔槽類廃ガス処理設備	配管・弁〔流路〕	×	×	○
		隔離弁	×	×	○
		廃ガス洗浄塔シール ポット	×	×	○
		前処理建屋塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニット	×	×	○
		前処理建屋塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニット(フィルタ)	×	×	○
		可搬型ダクト〔流路〕	×	×	○
	前処理建屋 代替換気設備	ダクト・ダンパ〔流路〕	×	×	○
		主排気筒へ排出するユニット	×	×	○
		可搬型フィルタ	×	×	○
		可搬型ダクト〔流路〕	×	×	○
		可搬型排風機	×	×	○
		可搬型発電機	×	×	○
		重大事故対処用母線	×	×	○
		主排気筒	×	×	○
		排気モニタリング設備	×	×	○
軽油用タンク ローリ		×	×	○	

第8.1.2-2表 水素爆発への対処に使用する設備

機器グループ	設備		水素爆発の発生防止のための措置	水素爆発の拡大の防止のための措置	
			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	放出低減対策
	設備名称	構成する機器	重大事故等対処設備	重大事故等対処設備	
分離建屋 水素爆発	代替安全圧縮空気系	水素掃気配管〔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	抽出廃液供給槽(水素掃気配管)	○	×	×
		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	○	○	○
	分離建屋一時貯留処理設備	プルトニウム溶液中間貯槽(水素掃気配管)	○	×	×
		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)	○	×	×
	高レベル廃液濃縮系	第4一時貯留処理槽	○	○	○
		第4一時貯留処理槽(水素掃気配管)	○	×	×
		高レベル廃液供給槽	○	○	○
		高レベル廃液供給槽(水素掃気配管)	○	×	×
		高レベル廃液濃縮缶	○	○	○
	高レベル廃液濃縮缶(水素掃気配管)	○	×	×	

第8.1.2-2表 水素爆発への対処に使用する設備

機器グループ	設備		水素爆発の発生防止のための措置	水素爆発の拡大の防止のための措置			
			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	放出低減対策		
	設備名称	構成する機器	重大事故等対処設備	重大事故等対処設備			
分離建屋 水素爆発 (つづき)	分離建屋 代替塔槽類廃ガス処理設備	配管・弁〔流路〕	×	×	○		
		隔離弁	×	×	○		
		廃ガスリリーフポット	×	×	○		
		分離建屋塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニット	×	×	○		
	分離建屋 代替換気設備	分離建屋塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニット(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〕	×	×	○		
		可搬型排風機	×	×	○		
		可搬型発電機	×	×	○		
		重大事故対処用母線	×	×	○		
		主排気筒	×	×	○		
		排気モニタリング設備	×	×	○		
		軽油用タンクローリ	×	×	○		
		精製建屋 水素爆発	代替安全圧縮空気系	水素掃気配管〔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〕	○			○	×		
プルトニウム精製設備	プルトニウム溶液供給槽		○	○	○		
	プルトニウム溶液供給槽(水素掃気配管)		○	×	×		
	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)		○	×	×		
	油水分離槽		○	○	○		
	油水分離槽(水素掃気配管)		○	×	×		
	プルトニウム濃縮缶供給槽		○	○	○		
	プルトニウム濃縮缶供給槽(水素掃気配管)		○	×	×		
	プルトニウム溶液一時貯槽		○	○	○		
	プルトニウム溶液一時貯槽(水素掃気配管)		○	×	×		
	プルトニウム濃縮缶		○	○	○		
	プルトニウム濃縮缶(水素掃気配管)		○	×	×		
	プルトニウム濃縮液受槽		○	○	○		
	プルトニウム濃縮液受槽(水素掃気配管)		○	×	×		
プルトニウム濃縮液一時貯槽	○	○	○				

第8.1.2-2表 水素爆発への対処に使用する設備

機器グループ	設備		水素爆発の発生防止のための措置	水素爆発の拡大の防止のための措置	
			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	放出低減対策
	設備名称	構成する機器	重大事故等対処設備	重大事故等対処設備	
精製建屋 水素爆発 (つづき)		プルトニウム濃縮液一時貯槽(水素掃気配)	○	×	×
		プルトニウム濃縮液計量槽	○	○	○
		プ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)	○	×	×
		プルトニウム濃縮液中間貯槽	○	○	○
	精製建屋一時貯留処理設備	プルトニウム濃縮液中間貯槽(水素掃気配)	○	×	×
		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)	○	×	×
	精製建屋 代替塔槽類廃ガス処理設備	配管・弁[流路]	×	×	○
		隔離弁	×	×	○
		廃ガスポット	×	×	○
		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)からセルに導出するユニット	×	×	○
		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)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	×	×	○
		可搬型発電機	×	×	○
		重大事故対処用母線	×	×	○
		主排気筒	×	×	○
		排気モニタリング設備	×	×	○
		軽油用タンク ローリ	×	×	○

第8.1.2-2表 水素爆発への対処に使用する設備

機器グループ	設備		水素爆発の発生防止のための措置	水素爆発の拡大の防止のための措置	
			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	放出低減対策
	設備名称	構成する機器	重大事故等対処設備	重大事故等対処設備	
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〔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〕	○	○	×
		硝酸プルトニウム貯槽	○	○	○
	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(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	×	×	○
		ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニット	×	×	○
		ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニット(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	×	×	○
		可搬型発電機	×	×	○
		重大事故対処用母線	×	×	○
		主排気筒	×	×	○
		排気モニタリング設備	×	×	○
		軽油用タンク ローリ	×	×	○

第8.1.2-2表 水素爆発への対処に使用する設備

機器グループ	設備		水素爆発の発生防止のための措置	水素爆発の拡大の防止のための措置	
			水素爆発を未然に防止するための空気供給	水素爆発の再発を防止するための空気供給	放出低減対策
	設備名称	構成する機器	重大事故等対処設備	重大事故等対処設備	
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〔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)	○	×	×
		供給槽	○	○	○
	高レベル濃縮廃液貯蔵設備 高レベル濃縮廃液貯蔵系	高レベル濃縮廃液貯槽	○	○	○
		高レベル濃縮廃液貯槽(水素掃気配管)	○	×	×
		高レベル濃縮廃液一時貯槽	○	○	○
		高レベル濃縮廃液一時貯槽(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	不溶解残渣廃液貯槽	○	○	○
		不溶解残渣廃液貯槽(水素掃気配管)	○	×	×
		不溶解残渣廃液一時貯槽貯槽	○	○	○
		不溶解残渣廃液一時貯槽貯槽(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槽	○	○	○
		高レベル廃液共用貯槽(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	×	×	○
		高レベル廃液ガラス固化建屋塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニット	×	×	○
		高レベル廃液ガラス固化建屋塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニット(フィルタ)	×	×	○
	高レベル廃液ガラス固化建屋 代替換気設備	ダクト・ダンパ〔流路〕	×	×	○
		可搬型フィルタ	×	×	○
		可搬型ダクト〔流路〕	×	×	○
		可搬型排風機	×	×	○
可搬型発電機		×	×	○	
重大事故対処用母線		×	×	○	
主排気筒		×	×	○	
排気モニタリング設備		×	×	○	
軽油用タンクローリ	×	×	○		

第 8.1.2-3 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	水素爆発の発生の防止のための措置			水素爆発の拡大の防止のための措置				
			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	空気供給開始か ら未然防止濃度 に至るまでの時 間余裕	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	ブルトニウム溶液供給槽	45 時間	7 時間	7 時間 15 分	37 時間 45 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
	ブルトニウム溶液受槽	45 時間			37 時間 45 分					
	油水分離槽	45 時間			37 時間 45 分					
	ブルトニウム濃縮缶供給槽	24 時間			16 時間 45 分					
	ブルトニウム溶液一時貯槽	24 時間			16 時間 45 分					
	ブルトニウム濃縮缶	45 時間			37 時間 45 分					
	ブルトニウム濃縮液受槽	32 時間			24 時間 45 分					
	ブルトニウム濃縮液一時貯槽	30 時間			22 時間 45 分					
	ブルトニウム濃縮液計量槽	32 時間			24 時間 45 分					
	リサイクル槽	32 時間			24 時間 45 分					
	希釈槽	56 時間			48 時間 45 分					
	ブルトニウム濃縮液中間貯槽	32 時間			24 時間 45 分					
	第 2 一時貯留処理槽	45 時間			37 時間 45 分					
	第 3 一時貯留処理槽	33 時間			25 時間 45 分					
	第 7 一時貯留処理槽	27 時間			19 時間 45 分					

※ 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 8.1.2-4 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のための措置		
		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]	
精製建屋 水素爆発	プルトニウム溶液供給槽	12	18	24
	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 8.1.2-5 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 <sup>3</sup> /h]	沸騰の有無	沸騰を考慮した 水素発生量 [m <sup>3</sup> /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 <sup>3</sup> /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 <sup>3</sup> /h]	
				機器毎	建屋合計	機器毎	建屋合計
プルトニウム溶液供給槽*	1.5E-03		1.5E-03	0.037	1.5	0.037	2.5
抽出塔	1.7E-03		1.7E-03	0.043		0.043	
核分裂生成物洗浄塔	1.4E-03		1.4E-03	0.034		0.034	
逆抽出塔	2.5E-03		2.5E-03	0.062		0.062	
ウラン洗浄塔	6.0E-04		6.0E-04	0.020		0.020	
補助油水分離槽	2.8E-04		2.8E-04	0.020		0.020	
T B P 洗浄器	1.9E-04		1.9E-04	0.020		0.020	
プルトニウム溶液受槽*	1.4E-03	有	2.8E-03	0.035		0.0670	
油水分離槽*	1.4E-03	有	2.8E-03	0.035		0.070	
プルトニウム濃縮缶供給槽*	4.7E-03	有	9.3E-03	0.12		0.23	
プルトニウム溶液一時貯槽*	4.7E-03	有	9.3E-03	0.12		0.24	
プルトニウム濃縮缶*	7.1E-04		7.1E-04	0.020		0.020	
プルトニウム濃縮液受槽*	3.4E-03	有	6.7E-03	0.084		0.17	
プルトニウム濃縮液一時貯槽*	5.2E-03	有	1.1E-02	0.13		0.26	
プルトニウム濃縮液計量槽*	3.4E-03	有	6.7E-03	0.084		0.17	
リサイクル槽*	3.4E-03	有	6.8E-03	0.085		0.17	
希釈槽*	3.8E-03	有	7.7E-03	0.096		0.19	
プルトニウム濃縮液中間貯槽*	3.4E-03	有	6.8E-03	0.085		0.17	
第1一時貯留処理槽	2.9E-03	有	5.7E-03	0.072		0.15	
第2一時貯留処理槽*	1.3E-03	有	2.5E-03	0.031		0.062	
第3一時貯留処理槽*	2.4E-03	有	4.7E-03	0.059		0.12	
第4一時貯留処理槽	1.7E-04		1.7E-04	0.020		0.020	
第7一時貯留処理槽*	6.4E-03		6.4E-03	0.16		0.16	

\* : 重大事故の水素爆発を想定する機器

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 8.1.2-6 表 精製建屋の未然防止対策の有効性評価に関する評価結果（時間余裕）

機器名	未然防止濃度 到達時間 [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 <sup>3</sup> ]	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 [h]
プルトニウム溶液供給槽	45	0.055	6.2 ※
プルトニウム溶液受槽	45	0.11	0.77 ※
油水分離槽	45	0.11	0.96 ※
プルトニウム濃縮缶供給槽	24	0.35	0.47 ※
プルトニウム溶液一時貯槽	24	0.34	0.50 ※
プルトニウム濃縮缶	45	0.030	—
プルトニウム濃縮液受槽	32	0.26	0.47 ※
プルトニウム濃縮液一時貯槽	30	0.39	0.24 ※
プルトニウム濃縮液計量槽	32	0.26	0.47 ※
リサイクル槽	32	0.26	0.47 ※
希釈槽	56	0.29	0.47 ※
プルトニウム濃縮液中間貯槽	32	0.26	0.47 ※
第 2 一時貯留処理槽	45	0.093	1.2 ※
第 3 一時貯留処理槽	33	0.18	33 ※
第 7 一時貯留処理槽	27	0.24	—

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

※ 圧縮空気貯槽から機器内水素濃度を未然防止濃度（8 v o 1 %）に維持するために必要な圧縮空気流量が供給されるため、水素濃度は 8 v o 1 % 未満である。よって、圧縮空気供給開始時間における水素濃度を 8 v o 1 % とし、それが 4 v o 1 % に低下するまでの時間を示した。

第 8.2.1-1 表 水素爆発の拡大の防止のための措置の手順と重大事故等対処施設

	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"> <li>水素爆発の発生を防止するための圧縮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 b. へ移行する。</li> </ul>	—	—	—
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"> <li>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、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 24 時間未満の重大事故の水素爆発を想定する機器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。</li> <li>圧縮空気の供給に用いる系統は機器に内包する溶液中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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>手動圧縮空気ユニット</li> <li>各建屋の水素爆発対象機器</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>可搬型建屋内ホース</li> </ul>	—

(つづき)

	判断及び操作	手順	重大事故等対処施設		
			常設重大事故等 対処設備	可搬型重大事故 等対処設備	計装設備
c.	拡大防止用圧縮空気供給系からの圧縮空気の供給	<ul style="list-style-type: none"> <li>拡大防止用圧縮空気供給系に可搬型空気圧縮機を、可搬型個別供給用建屋内ホース及び可搬型個別供給用建屋外ホースにより接続し、<u>第8-1表</u>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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>各建屋の拡大防止用圧縮空気供給系</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>可搬型空気圧縮機</li> <li>可搬型個別供給用建屋内ホース</li> <li>可搬型個別供給用建屋外ホース</li> </ul>	—
		<ul style="list-style-type: none"> <li>本対策において確認が必要な監視項目は、<u>第8-1表</u>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及びセル導出系統の廃ガス流量である。</li> </ul>	—	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>可搬型貯槽掃気圧縮空気流量計</li> <li>可搬型セル導出ユニット流量計</li> </ul>
d.	拡大防止用圧縮空気供給系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"> <li><u>第8-1表</u>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機器内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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>各建屋の水素爆発を想定する機器</li> <li>計測制御設備</li> </ul>	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>可搬型貯槽掃気圧縮空気流量計</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>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、<u>第8-1表</u>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。</li> </ul>	—	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>可搬型貯槽掃気圧縮空気流量計</li> </ul>

	判断及び操作	手順	重大事故等対処施設		
			常設重大事故等 対処設備	可搬型重大事故 等対処設備	計装設備
e.	可搬型水素濃 度計の設置	<ul style="list-style-type: none"> <li>水素濃度の測定対象機器内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機器の計測制御系統施設の計測制御設備に設置する。</li> </ul>	—	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>可搬型水素濃度計</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>水素濃度の測定対象機器は、「8.1.1 水素爆発に対する具体的対策」に対する具体的対策」の <u>f.</u> と同様である。</li> </ul>	—	—	—

第 8.2.1-2 表 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の手順と重大事故等対処施設

	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"> <li>・ 重大事故等の発生防止対策の実施判断と同様である。</li> <li>・ 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. へ移行する。</li> </ul>	—	—	—
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準備	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 前処理建屋及び高レベル廃液ガラス固化建屋において，塔槽類廃ガス処理設備の排風機が停止している場合には，水素掃気用の圧縮空気の供給継続による大気中への放射性物質の放出を低減するため，機器へ圧縮空気を供給する水素掃気用安全圧縮空気系の手動弁を閉止する。</li> <li>・ 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，各建屋の対処用母線及び可搬型発電機を可搬型電源ケーブルで接続する。また，建屋排気系のダンパを閉止する。</li> </ul>	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 可搬型ダクト</li> <li>・ 可搬型フィルタ</li> <li>・ 可搬型排風機</li> <li>・ 可搬型発電機</li> <li>・ 可搬型電源ケーブル</li> </ul>	—

(つづき)

	判断及び操作	手順	重大事故等対処施設		
			常設重大事故等 対処設備	可搬型重大事故 等対処設備	計装設備
c.	塔槽類廃ガス処理設備からセルに導くための経路構築作業の実施判断	<ul style="list-style-type: none"> <li>塔槽類廃ガス処理設備の排風機が停止している場合には、沸騰に伴い気相中へ移行する放射性物質又は水素掃気用の圧縮空気の供給継続により移行する放射性物質を塔槽類廃ガス処理設備からセルに導くための経路構築作業の実施を判断し、以下のe.へ移行する。</li> <li>塔槽類廃ガス処理設備の排風機が運転状態を維持している場合には、水素掃気用の圧縮空気の供給継続により移行する放射性物質の大気中への放出量を低減するため、塔槽類廃ガス処理設備の排風機の運転を継続し、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、<u>第8-1表</u>に示すいずれかの機器に供給する圧縮空気の流量が、機器内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、その機器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経路構築作業の実施を判断し、以下のe.へ移行する。</li> <li>これらの実施を判断するために必要な監視項目は、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。</li> </ul>	—	—	—

	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.	塔槽類廃ガス処理設備の隔離弁の閉止及び塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニットの開放	<ul style="list-style-type: none"> <li>塔槽類廃ガス処理設備から第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、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及び塔槽類廃ガス処理設備の手動弁を開放する。</li> <li>これにより、水素掃気用の圧縮空気に同伴する放射性物質が塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニットを経由して第8.2.1-3表に示す導出先セルに導出される。また、沸騰に伴い塔槽類廃ガス処理設備の配管内の内圧が上昇した場合、発生した放射性物質は、塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニットを経由して第8.2.1-3表及び第8.2.1-4表に示す導出先セルに導出される。</li> <li>発生した放射性物質が、塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニットを経由して第8.2.1-3表に示す導出先セルに導出されない場合は、安全水封器を経由して第8.2.1-4表に示す安全水封器が設置されている導出先セルに導出される。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>各建屋の塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニット</li> <li>各建屋の塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニット(フィルタ)</li> <li>各建屋の代替塔槽類廃ガス処理設備の配管</li> <li>各建屋の代替塔槽類廃ガス処理設備の隔離弁</li> <li>各建屋の安全水封器</li> </ul>	—	—
e.	可搬型排風機の起動の判断	<ul style="list-style-type: none"> <li>可搬型排風機の運転準備が整い次第、可搬型排風機の起動を判断する。</li> </ul>	—	—	—
f.	可搬型排風機の運転	<ul style="list-style-type: none"> <li>可搬型排風機を運転することで、大気中への経路外放出を抑制し、セル内の圧力上昇を緩和しつつ、可搬型フィルタの高性能粒子フィルタにより放射性エアロゾルを除去し、主排気筒から大気中へ管理しながら放出する。また、可搬型フィルタ差圧計により、可搬型フィルタの差圧を監視する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>各建屋の代替換気設備のダクト</li> <li>各建屋の重大事故対処用母線)</li> <li>主排気筒</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>可搬型ダクト</li> <li>可搬型フィルタ</li> <li>可搬型デミスタ</li> <li>可搬型排風機</li> <li>可搬型発電機</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>可搬型フィルタ差圧計</li> </ul>

	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
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"> <li>排気モニタリング設備により、主排気筒から大気中への放射性物質の放出状況を監視する。排気モニタリング設備が機能喪失した場合は、可搬型排気モニタリング設備により、主排気筒から大気中への放射性物質の放出状況を監視する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>各建屋の代替換気設備のダクト</li> <li>主排気筒</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>可搬型排気モニタリング設備</li> </ul>	—

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 「地震発生による全交流動力電源の喪失を伴う  
精製建屋の水素掃気機能喪失事故」水素爆  
発時の大気中への放射性物質の放出量

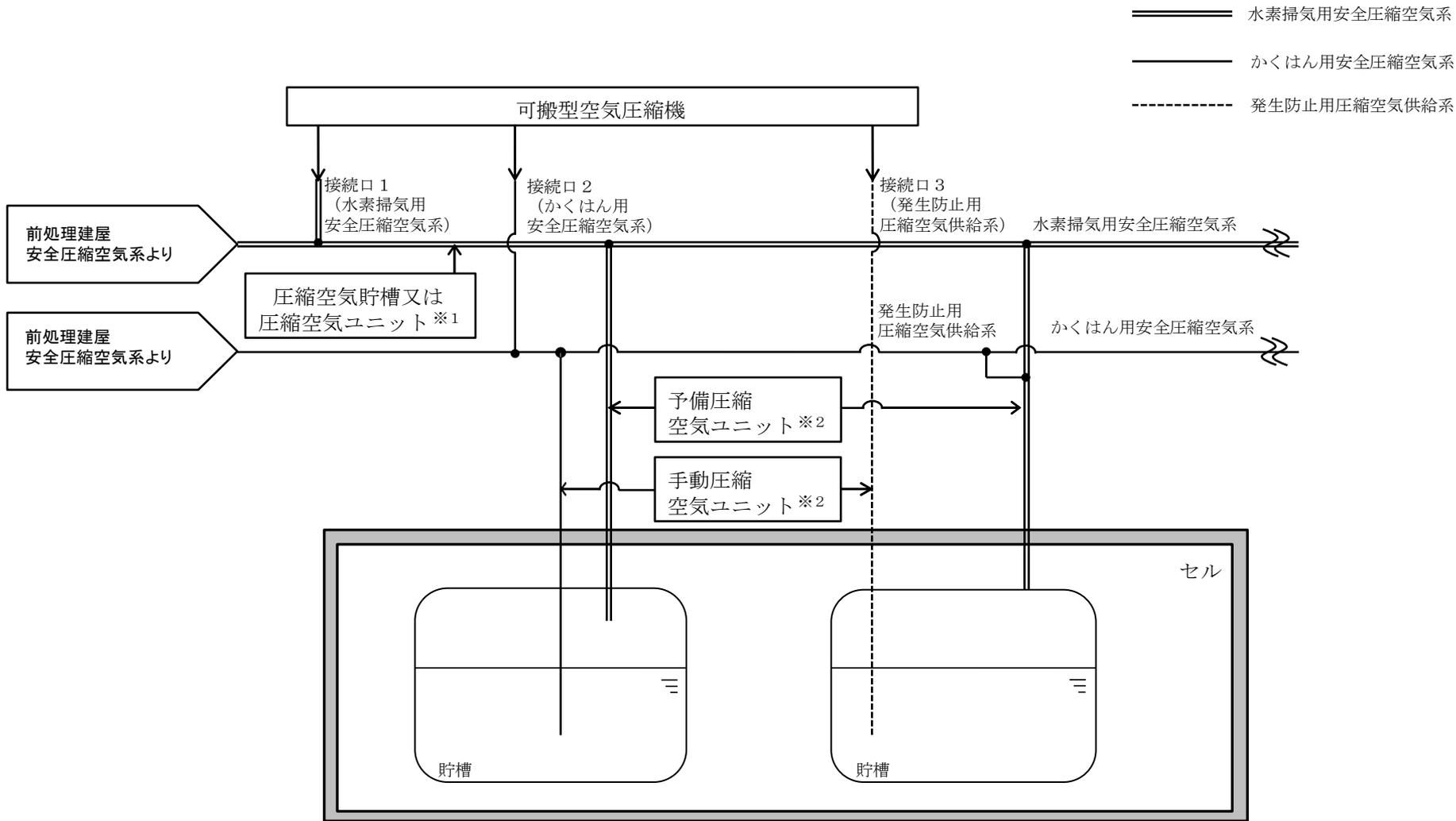
核 種	放出量(B q)
P u - 238	$7 \times 10^6$
P u - 239	$7 \times 10^5$
P u - 240	$2 \times 10^6$
P u - 241	$2 \times 10^8$

第8.2.2-2表 精製建屋の水素爆発時の大気中への放射性物質の放出量 (C s -137換算)

機器 グループ	機器	機器の 放出量 (T B q)	建屋合計 放出量 (T B q)
精製建屋 水素爆発	第1一時貯留処理槽	$1 \times 10^{-6}$	$3 \times 10^{-4}$
	第2一時貯留処理槽	$4 \times 10^{-6}$	
	第3一時貯留処理槽	$4 \times 10^{-6}$	
	第7一時貯留処理槽	$1 \times 10^{-5}$	
	第4一時貯留処理槽	$2 \times 10^{-8}$	
	抽出塔	$4 \times 10^{-7}$	
	核分裂生成物洗浄塔	$2 \times 10^{-7}$	
	逆抽出塔	$8 \times 10^{-7}$	
	ウラン洗浄塔	$3 \times 10^{-7}$	
	T B P 洗浄器	$3 \times 10^{-7}$	
	プルトニウム溶液供給槽	$3 \times 10^{-6}$	
	補助油水分離槽	$3 \times 10^{-7}$	
	プルトニウム溶液受槽	$3 \times 10^{-6}$	
	油水分離槽	$3 \times 10^{-6}$	
	プルトニウム濃縮缶	$5 \times 10^{-6}$	
	プルトニウム濃縮缶供給槽	$8 \times 10^{-6}$	
プルトニウム溶液一時貯槽	$8 \times 10^{-6}$		

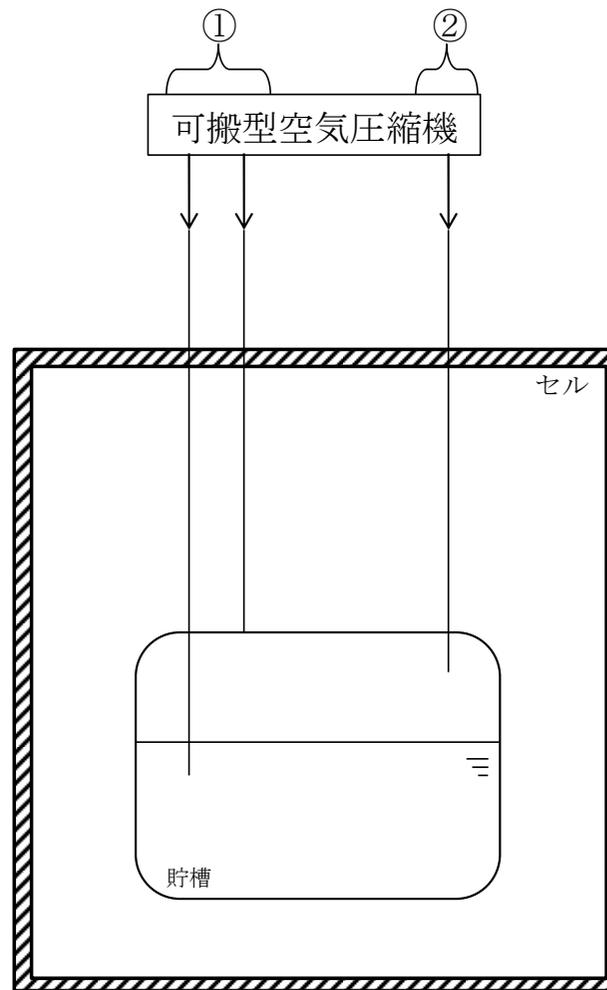
(つづき)

機器 グループ	機器	機器の 放出量 (T B q)	建屋合計 放出量 (T B q)
精製建屋 水素爆発	プルトニウム濃縮液受槽	$3 \times 10^{-5}$	$3 \times 10^{-4}$
	リサイクル槽	$3 \times 10^{-5}$	
	希釈槽	$7 \times 10^{-5}$	
	プルトニウム濃縮液一時貯槽	$5 \times 10^{-5}$	
	プルトニウム濃縮液計量槽	$3 \times 10^{-5}$	
	プルトニウム濃縮液中間貯槽	$3 \times 10^{-5}$	



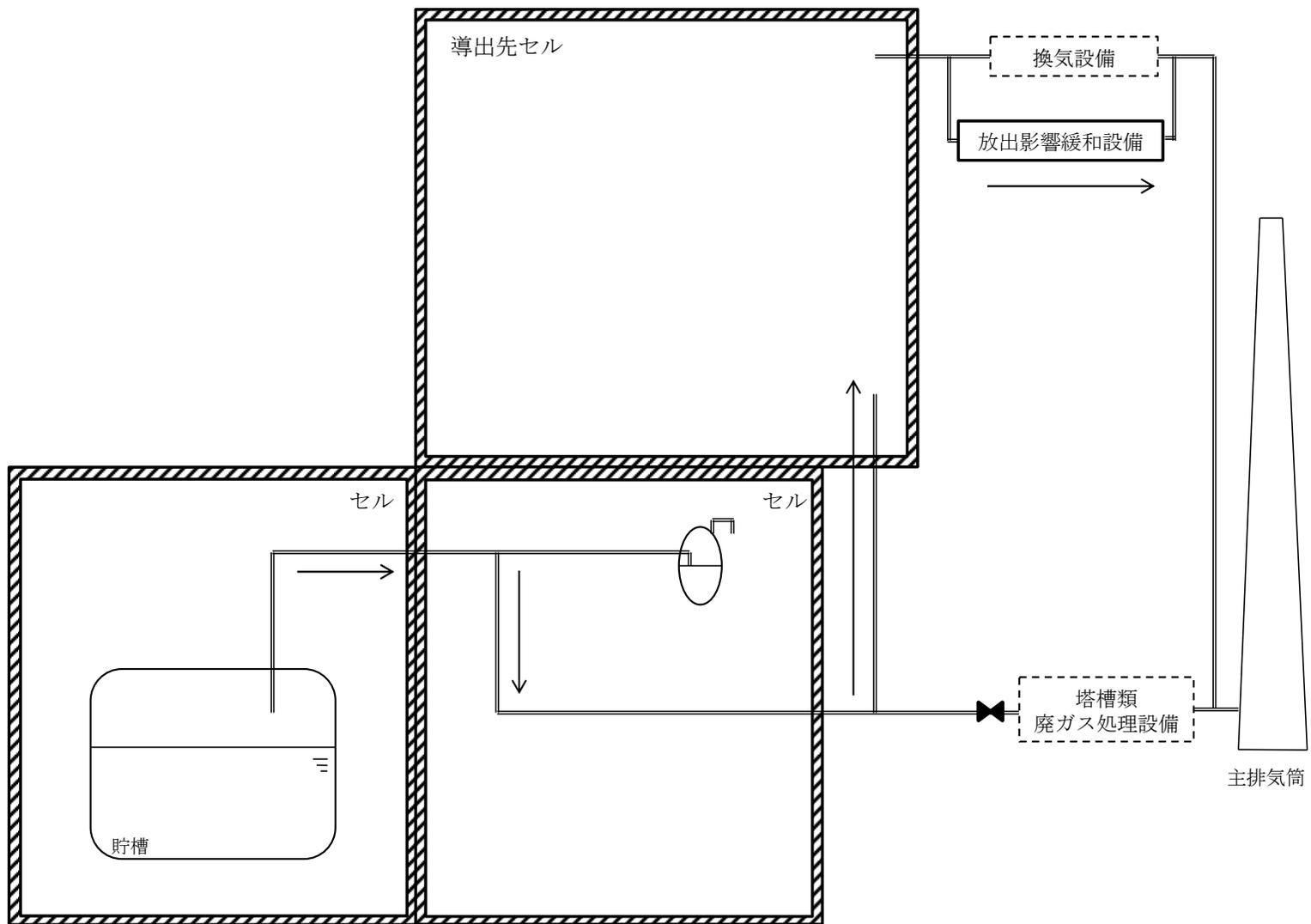
- ※1 分離建屋，精製建屋及びウラン・プルトニウム混合脱硝建屋に設置
- ※2 時間余裕が24時間未満の重大事故の水素爆発を想定する機器に設置

第8-1図 水素爆発の発生の防止のための措置の概要図

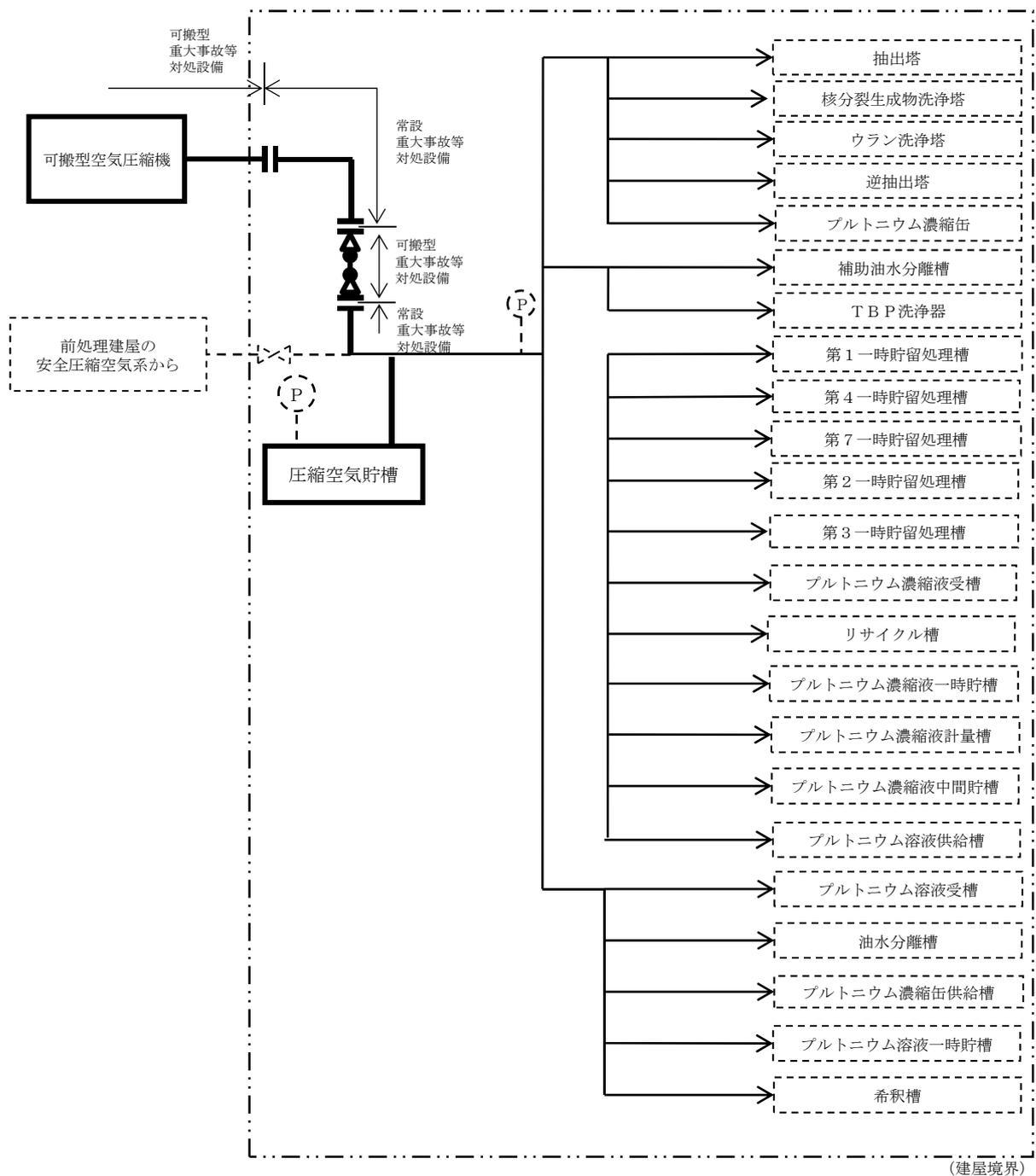


- ①拡大防止用圧縮空気供給系
- ②その他の配管

第 8-2 図 水素爆発の再発の防止のための措置の概要図



第 8-3 図 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の概要図



本図は、精製建屋水素爆発の2系統のうち1系統の第1接続口の接続例である。精製建屋水素爆発の他の1系統及び第2接続口に接続した場合も同様の系統である。ただし、接続金具等の個数及び位置は、ホース敷設ルート毎に異なる。

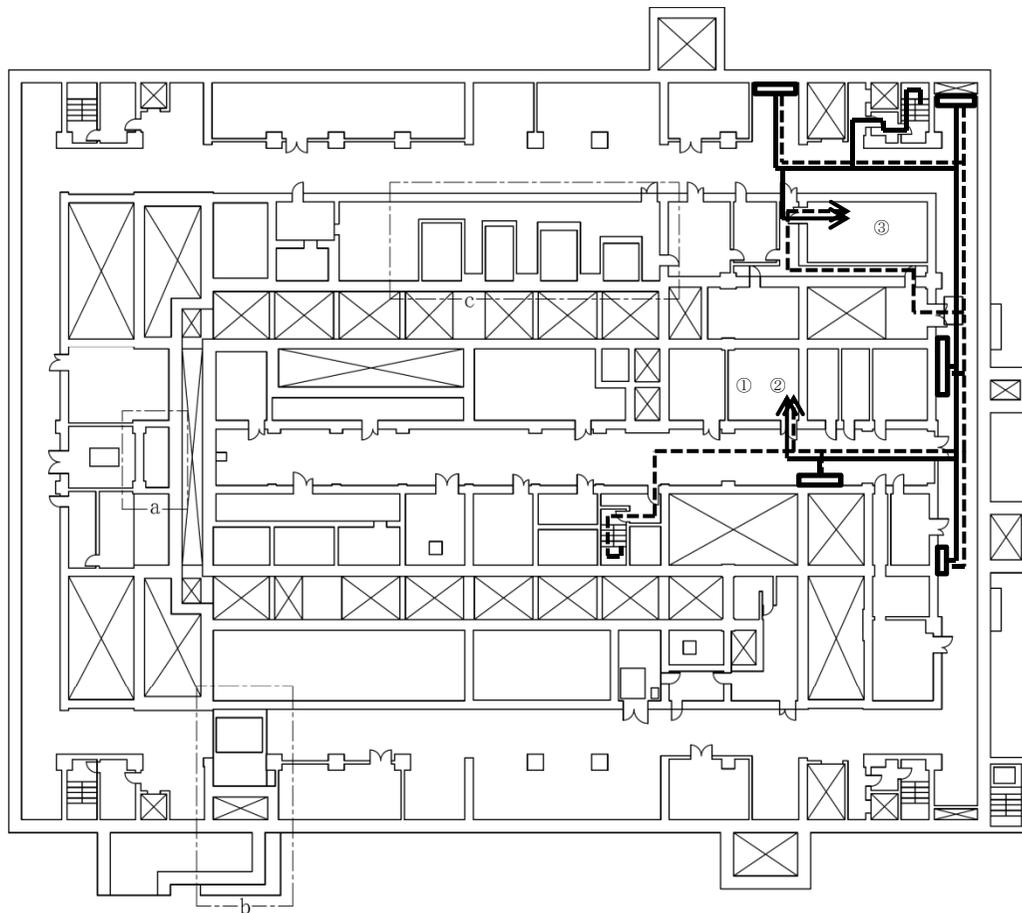
第8.1.1-1図 精製建屋の水素爆発を未然に防止するための空気の供給に使用する設備を用いた圧縮空気の供給系統概要図



→ : アクセスルート 南1

- -> : アクセスルート 南2

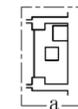
□ : 可搬型重大事故等対処設備  
保管場所



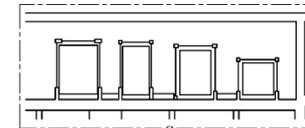
計測場所	監視項目
①	第1一時貯留処理槽掃気流量
	第2一時貯留処理槽掃気流量
	第3一時貯留処理槽掃気流量
	第4一時貯留処理槽掃気流量
	第7一時貯留処理槽掃気流量
	プルトニウム溶液供給槽掃気流量
	プルトニウム溶液受槽掃気流量
	油水分離槽掃気流量
	プルトニウム濃縮缶供給槽掃気流量
	プルトニウム溶液一時貯槽掃気流量
	プルトニウム濃縮液受槽掃気流量
	リサイクル槽掃気流量
	希釈槽掃気流量
	プルトニウム濃縮液一時貯槽掃気流量
プルトニウム濃縮液計量槽掃気流量	
プルトニウム濃縮液中間貯槽掃気流量	

計測場所	監視項目
②	プルトニウム濃縮液一時貯槽水素濃度
	プルトニウム濃縮液受槽水素濃度
	プルトニウム濃縮液計量槽水素濃度

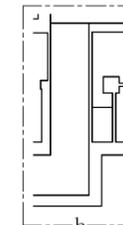
計測場所	監視項目
③	第3一時貯留処理槽掃気流量
	プルトニウム濃縮液受槽掃気流量
	リサイクル槽掃気流量
	希釈槽掃気流量
	プルトニウム濃縮液一時貯槽掃気流量
	プルトニウム濃縮液計量槽掃気流量
プルトニウム濃縮液中間貯槽掃気流量	



T.M.S.L. 約+50,000



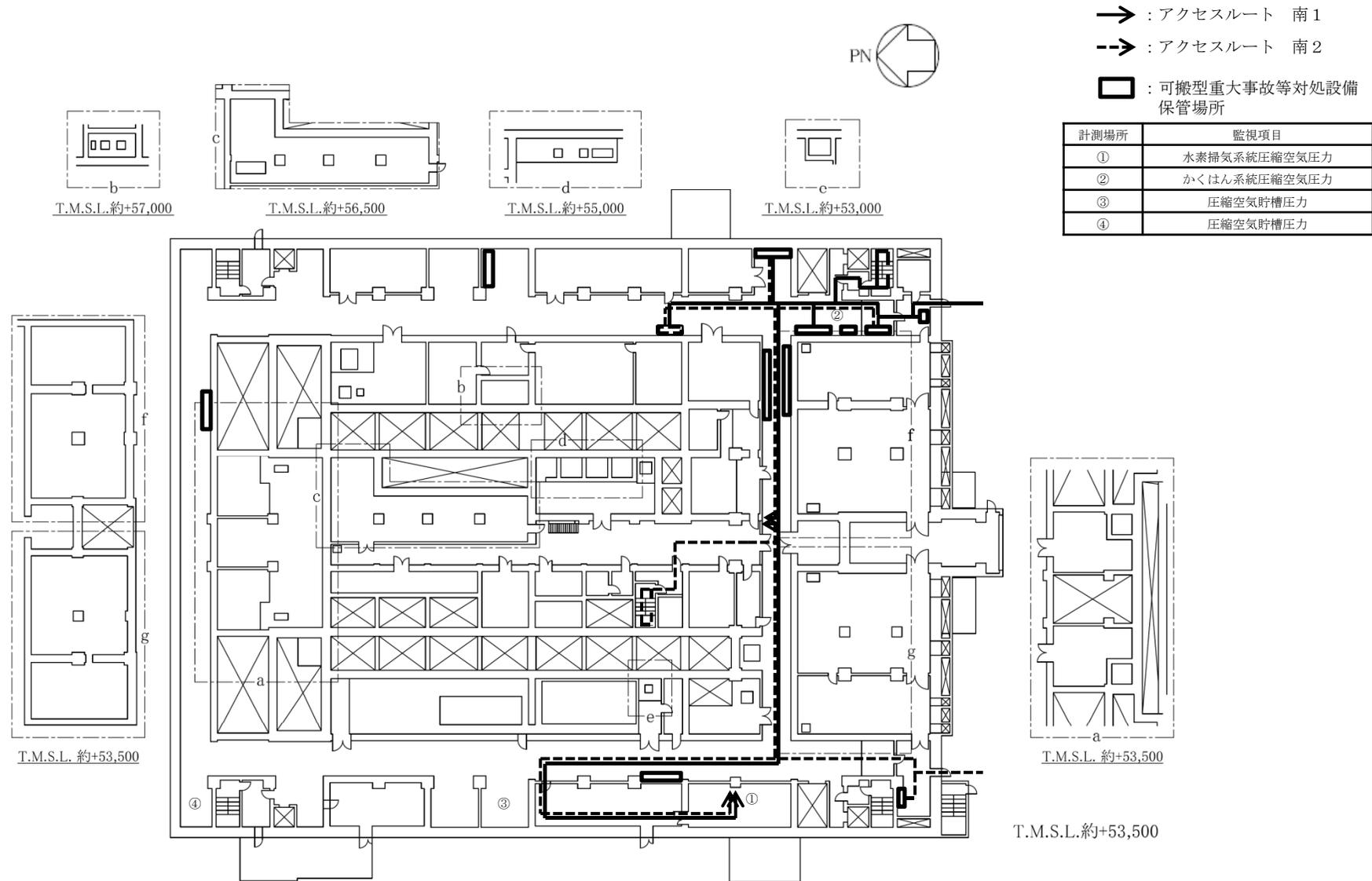
T.M.S.L. 約+51,500



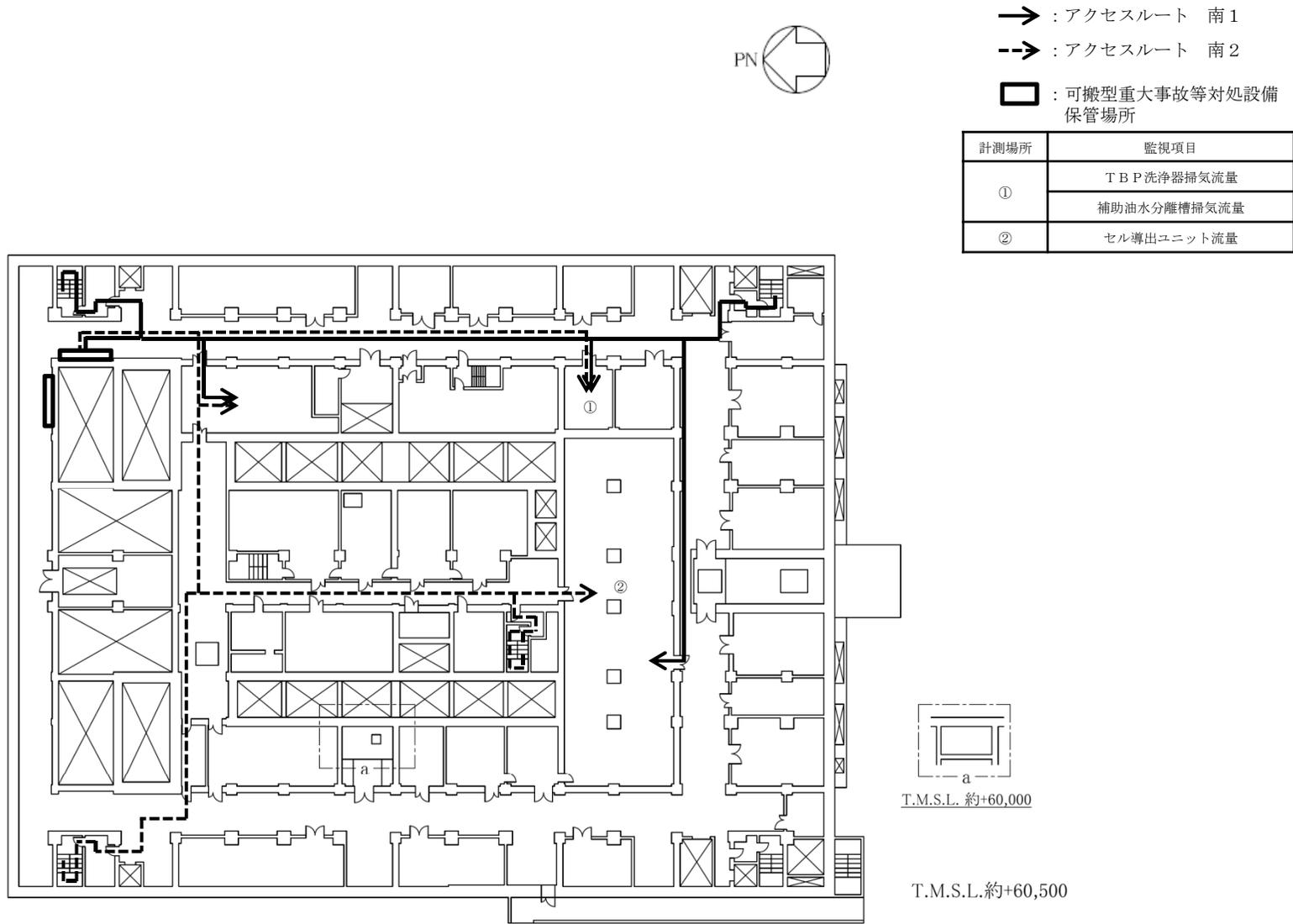
T.M.S.L. 約+51,500

T.M.S.L. 約+48,500

第8.1.1-2図 精製建屋の水素爆発の発生の防止の措置に係るアクセスルート  
(水素爆発を未然に防止するための空気の供給) (地下1階)



第8.1.1-3図 精製建屋の水素爆発の発生の防止の措置に係るアクセスルート  
 (水素爆発を未然に防止するための空気の供給) (地上1階)



第8.1.1-4図 精製建屋の水素爆発の発生の防止の措置に係るアクセスルート  
 (水素爆発を未然に防止するための空気の供給) (地上2階)

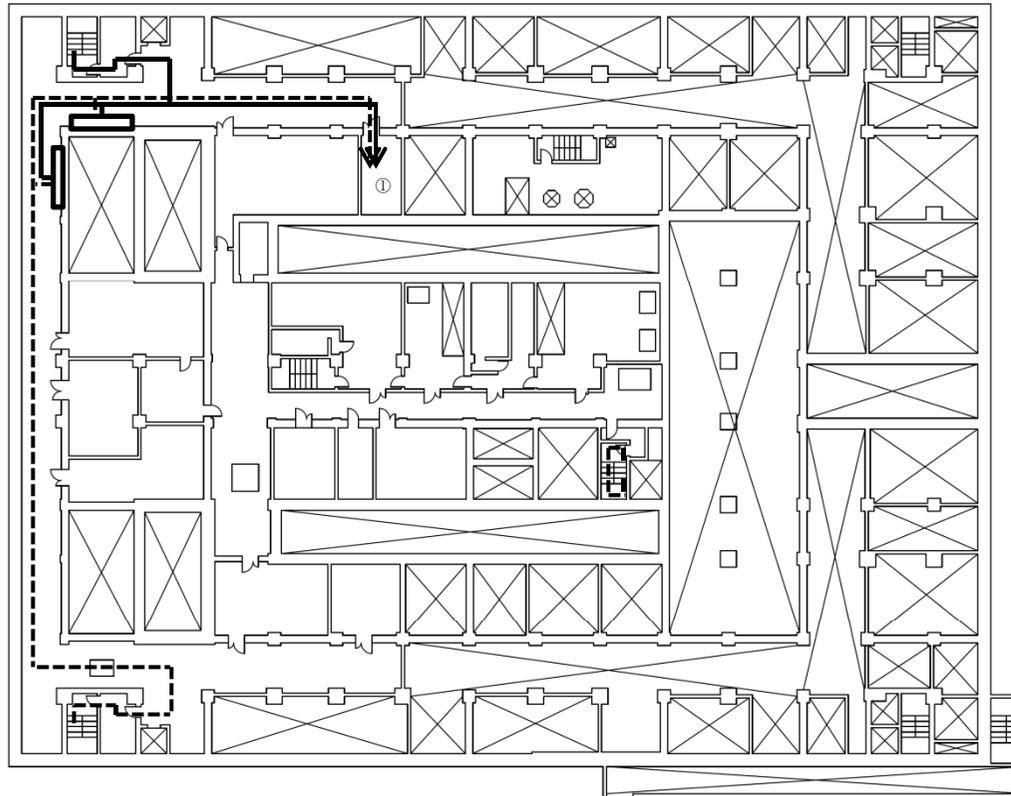


→ : アクセスルート 南1

- -> : アクセスルート 南2

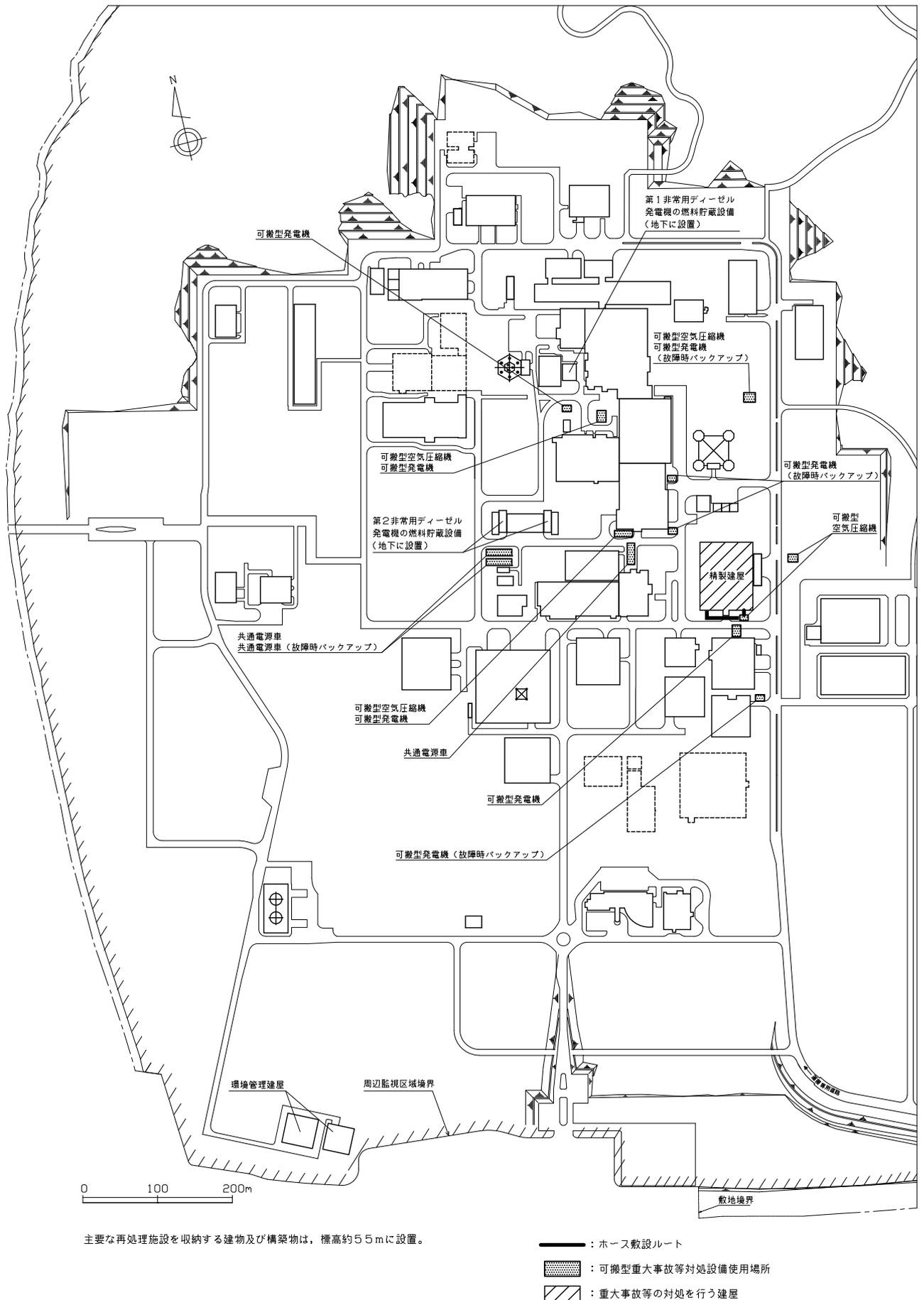
□ : 可搬型重大事故等対処設備  
保管場所

計測場所	監視項目
①	抽出塔掃気流量
	核分裂生成物洗浄塔掃気流量
	逆抽出塔掃気流量
	ウラン洗浄塔掃気流量
	プルトニウム濃縮缶掃気流量

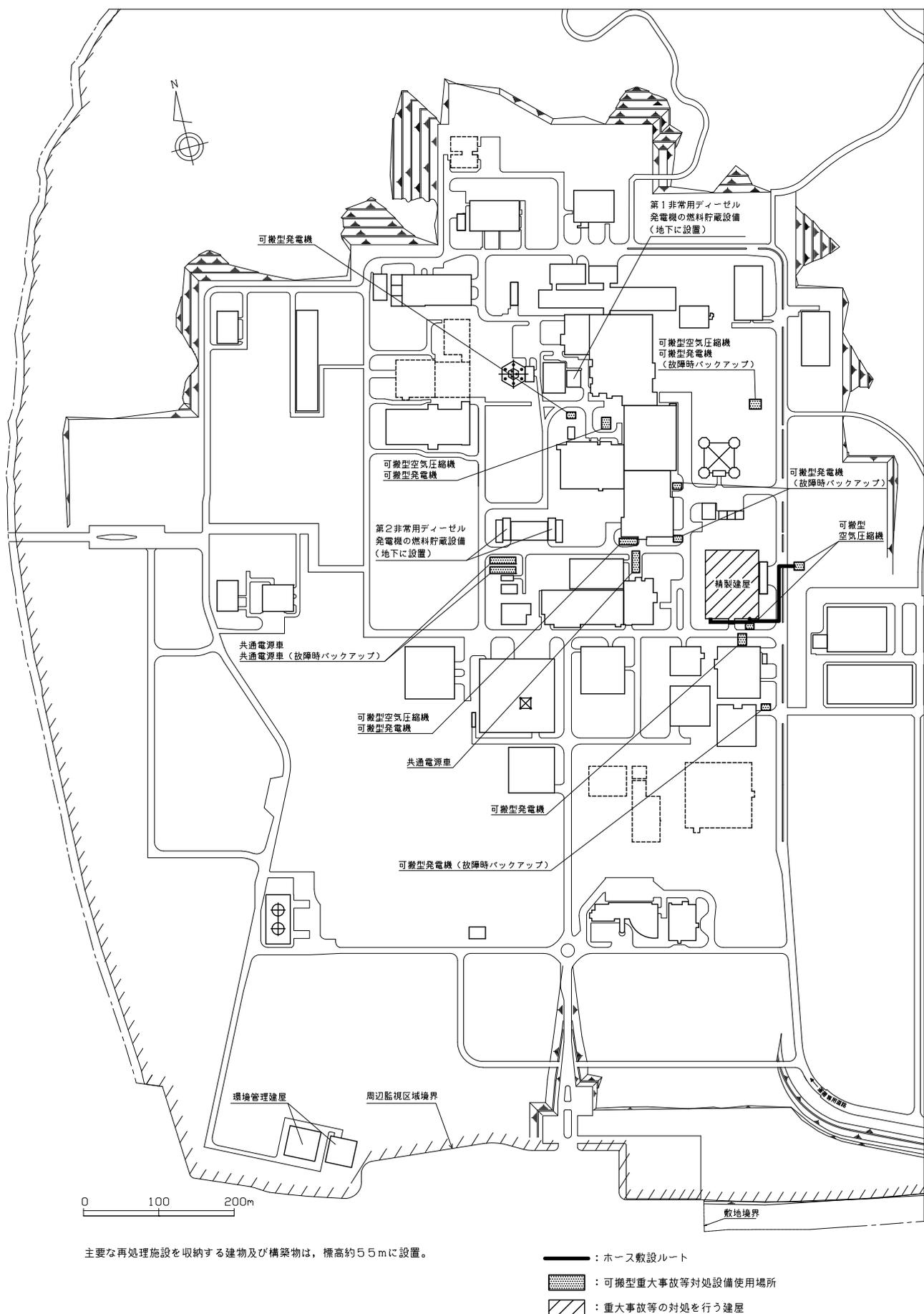


T.M.S.L.約+64,000

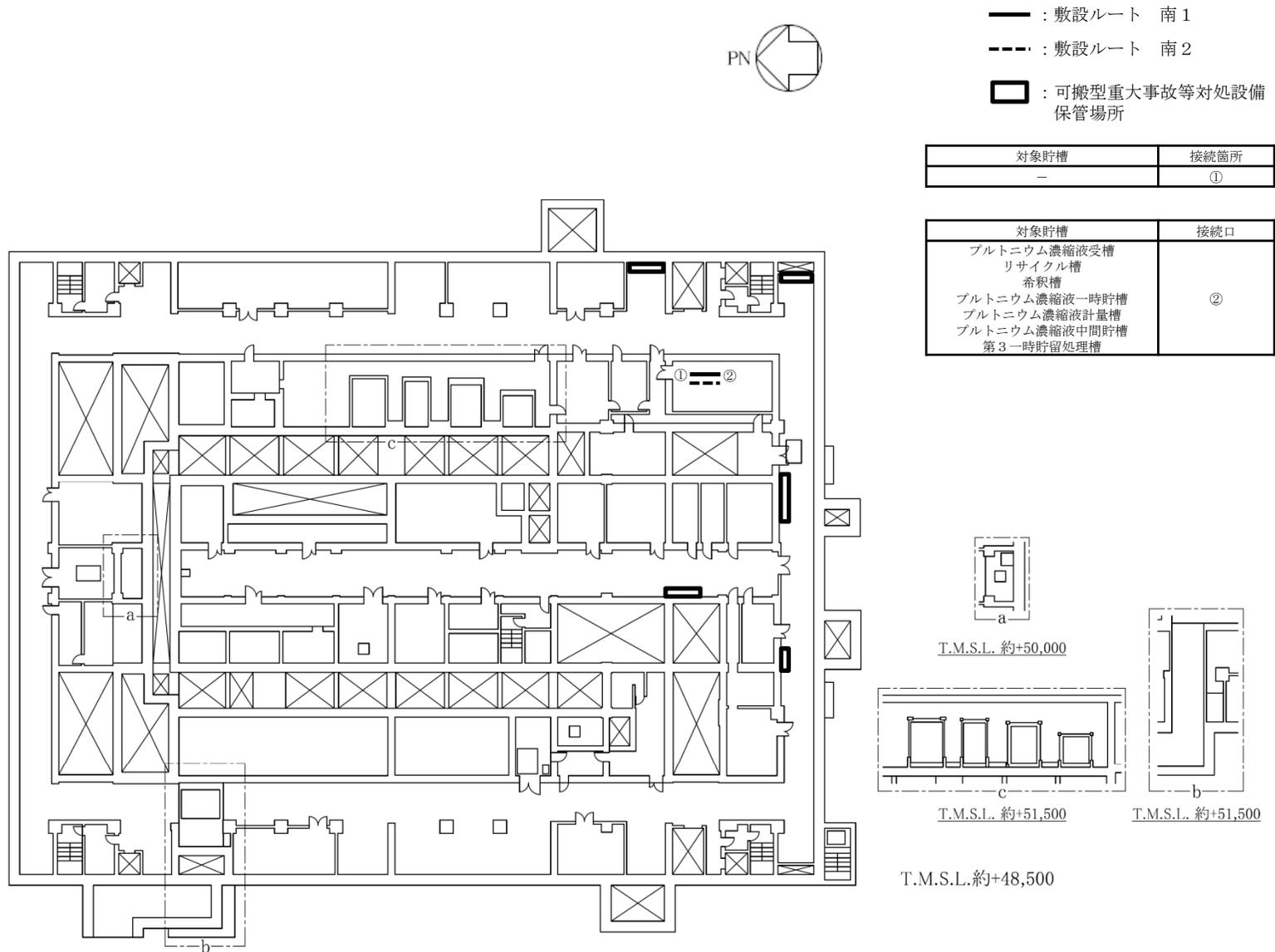
第8.1.1-5図 「精製建屋の水素爆発の発生の防止の措置に係るアクセスルート  
(水素爆発を未然に防止するための空気の供給) (地上3階)



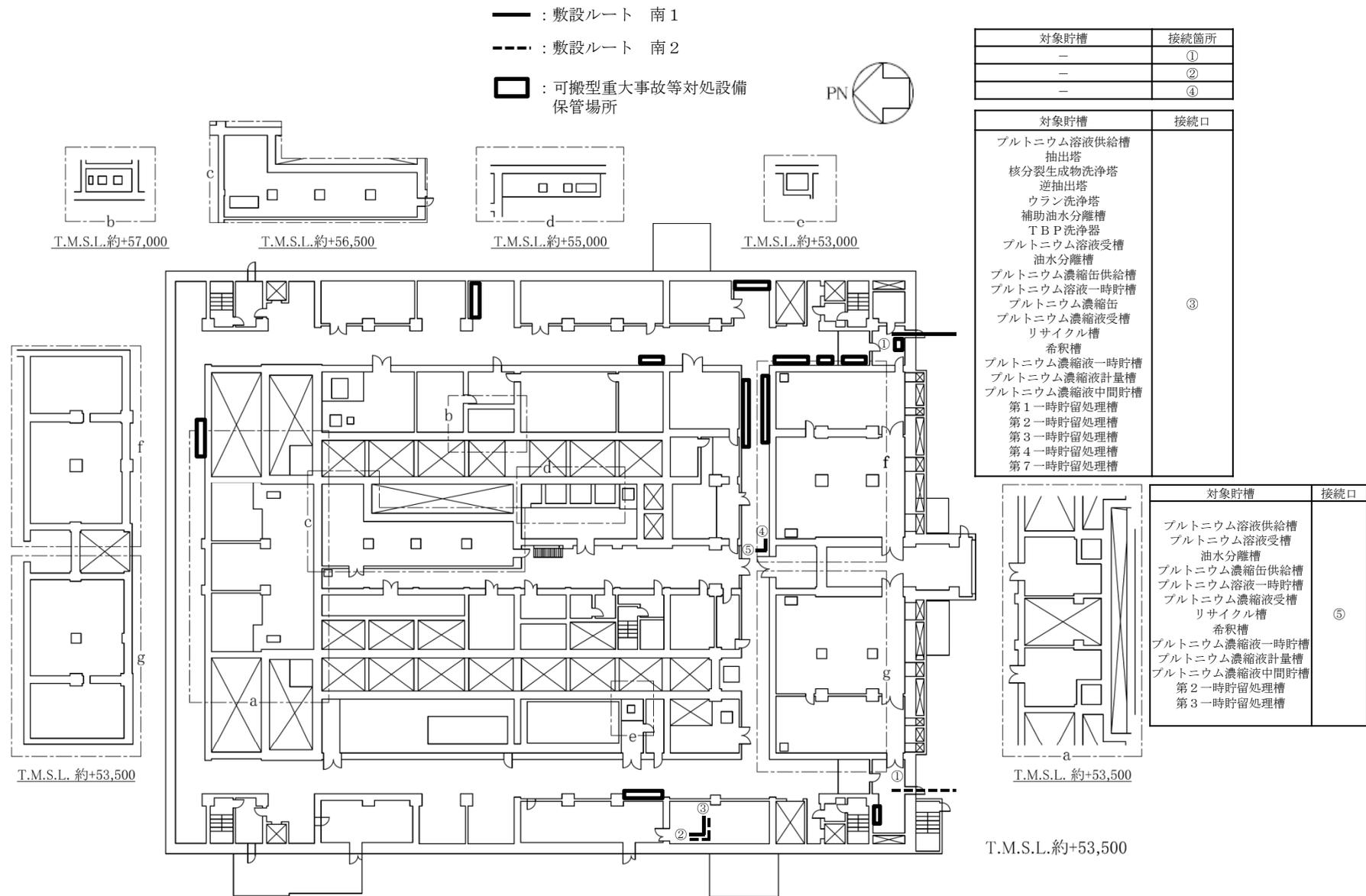
第8.1.1. - 6 図 精製建屋の水素爆発の発生の防止の措置及び水素爆発の再発の防止の措置に係るの建屋外ホース敷設ルート 屋外（南ルート）



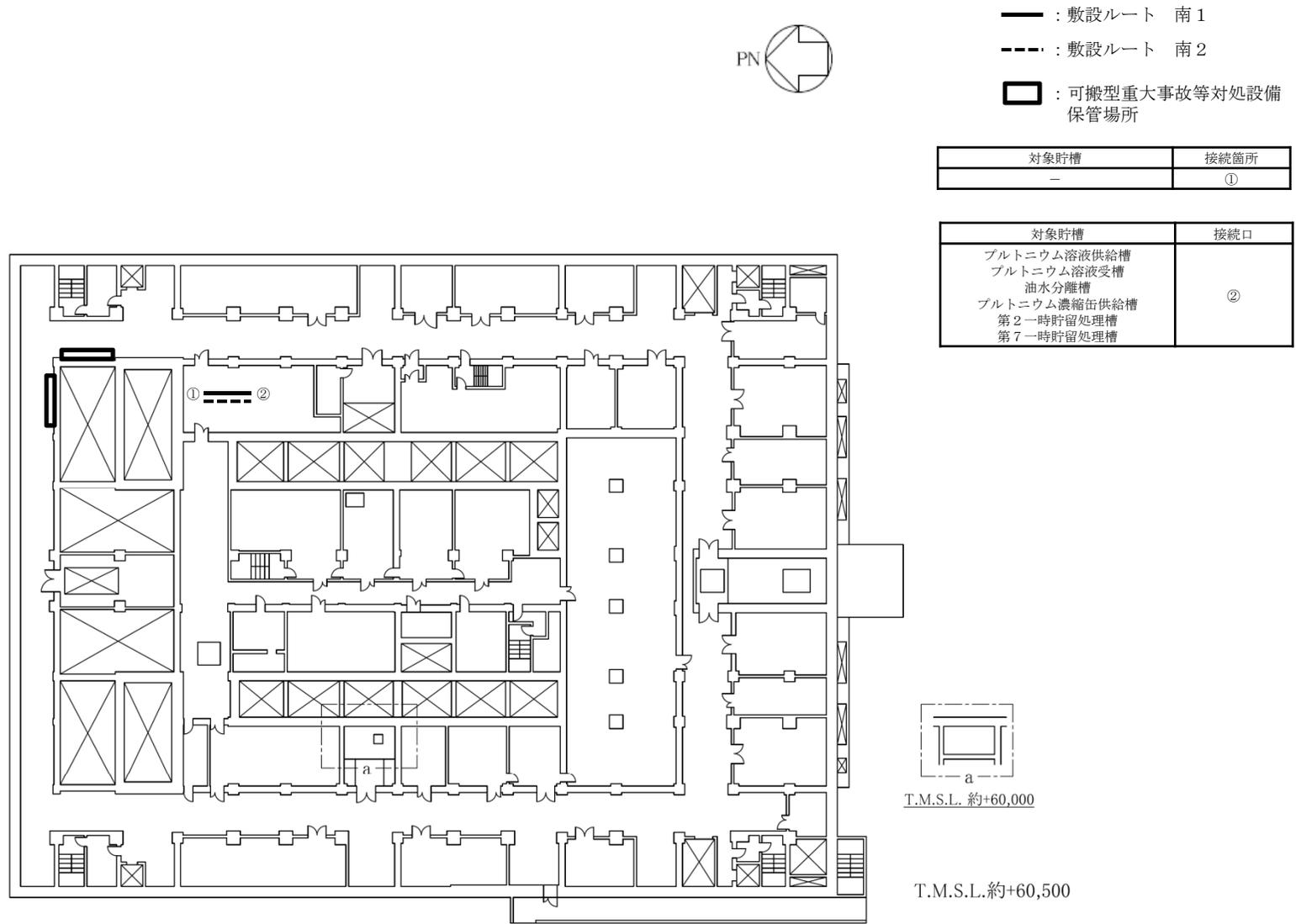
8.1"1 7図 精製建屋の水素爆発の発生の防止の措置及び水素爆発の再発の防止の措置に係る建屋外ホース敷設ルート 屋外（東ルート）



第8.1.1-8図 精製建屋の水素爆発の発生の防止の措置に係る建屋内ホース敷設ルート  
 (水素爆発を未然に防止するための空気の供給) (地下1階)



第8.1.1-9 図 精製建屋の水素爆発の発生の防止の措置に係る建屋内ホース敷設ルート  
 (水素爆発を未然に防止するための空気の供給) (地上1階)



第8.1.1-10図 精製建屋の水素爆発の発生の防止の措置に係る建屋内ホース敷設ルート  
 (水素爆発を未然に防止するための空気の供給) (地上2階)



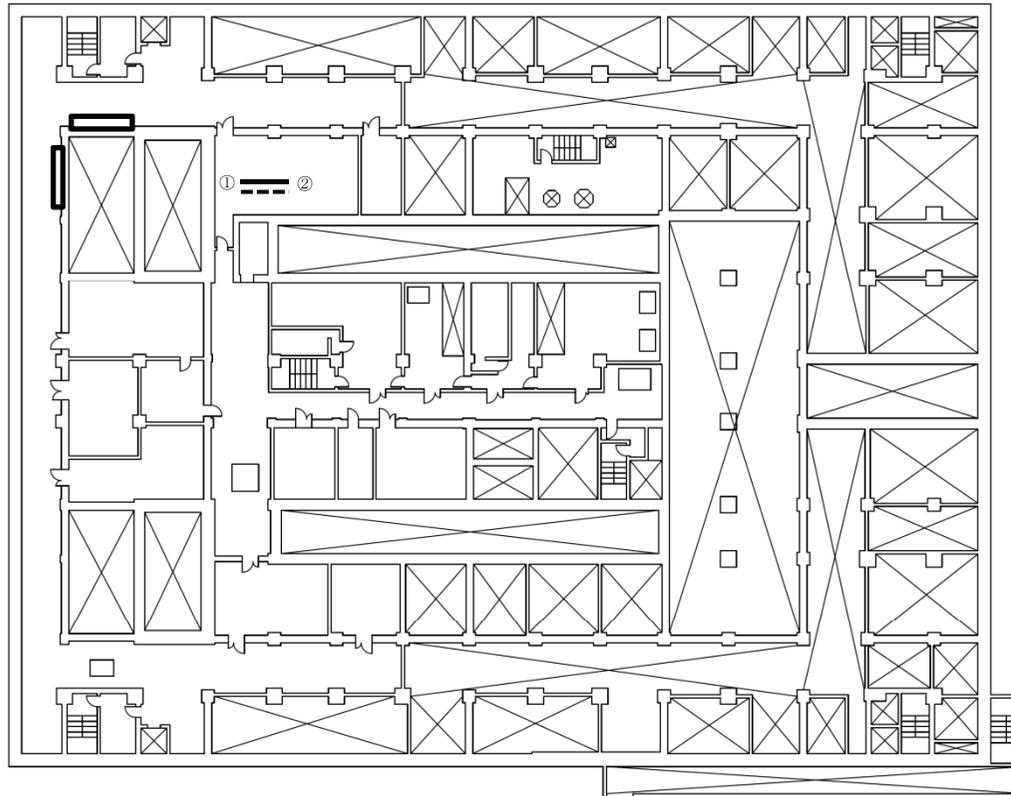
— : 敷設ルート 南1

- - - : 敷設ルート 南2

◻ : 可搬型重大事故等対処設備  
保管場所

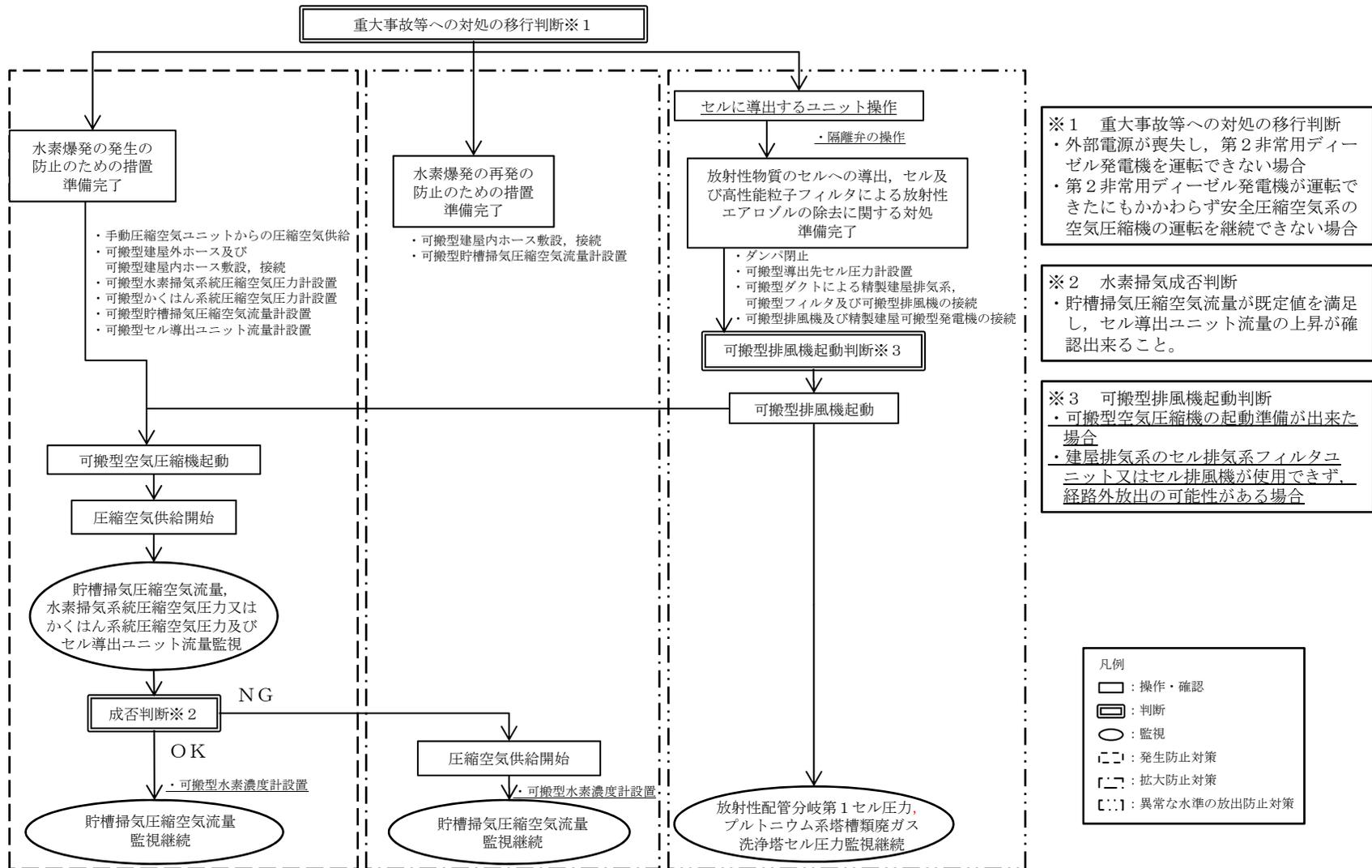
対象貯槽	接続箇所
-	①

対象貯槽	接続口
プルトニウム溶液一時貯槽 プルトニウム濃縮缶	②

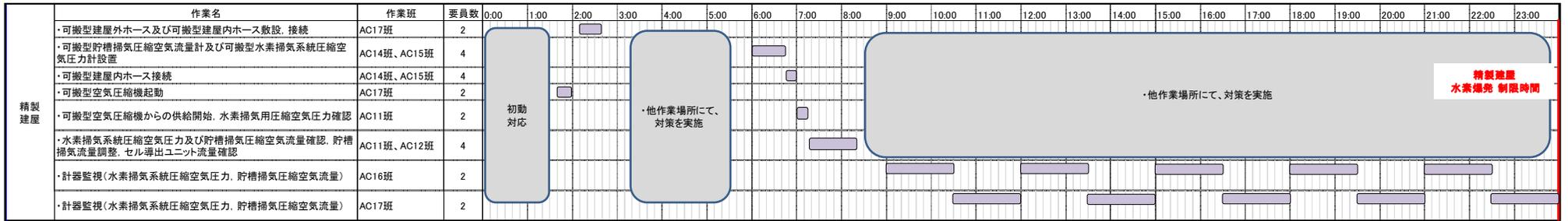


T.M.S.L.約+64,000

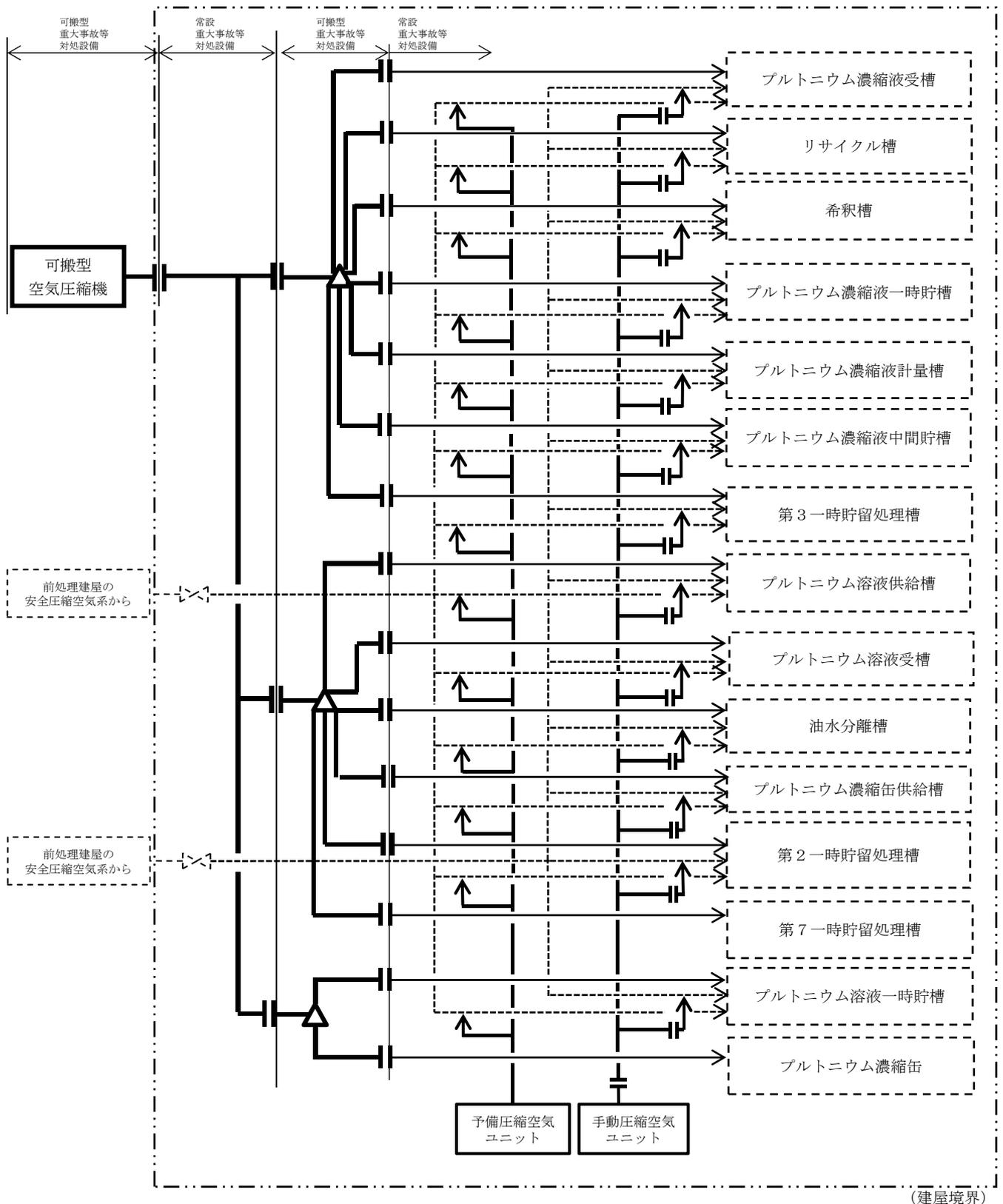
第8.1.1-11図 精製建屋の水素爆発の発生の防止の措置に係る建屋内ホース敷設ルート  
(水素爆発を未然に防止するための空気の供給) (地上3階)



第8.1.1-12図 精製建屋の水素爆発の発生の防止のための措置の手順の概要



第8.1.2-1 図 圧縮空気の供給に必要な作業と所要時間



本図は、精製建屋水素爆発の2系統のうち1系統の第1接続口の接続例である。精製建屋水素爆発の他の1系統及び第2接続口に接続した場合も同様の系統である。ただし、接続金具等の個数及び位置は、ホース敷設ルート毎に異なる。

第8.2.1-1 図 精製建屋の水素爆発の再発の防止のための措置に使用する設備を用いた圧縮空気の供給の系統概要図

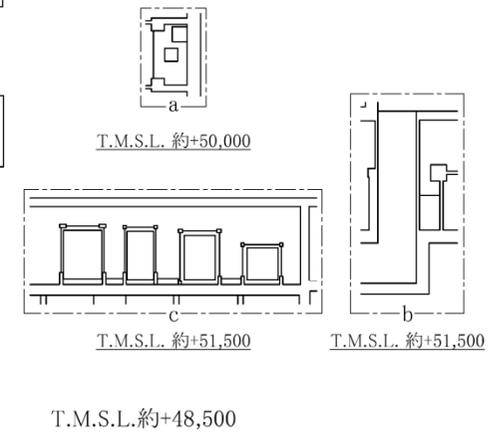
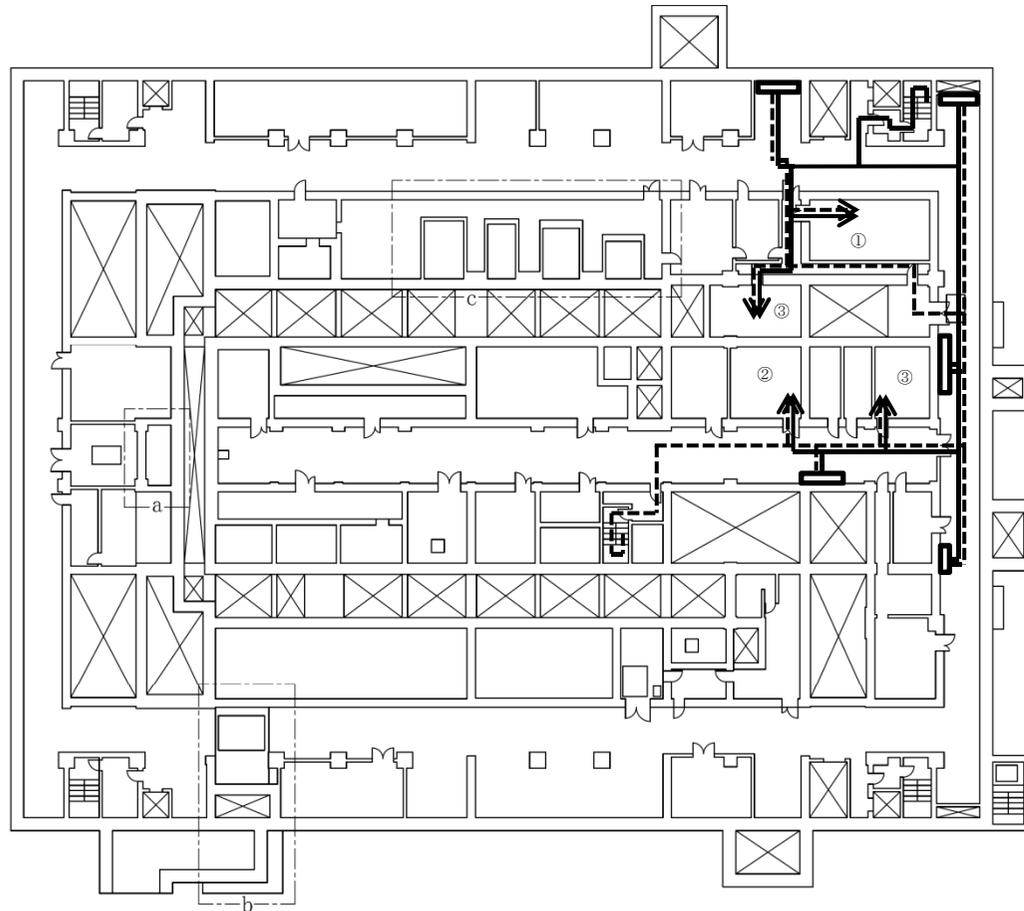


→ : アクセスルート 南1

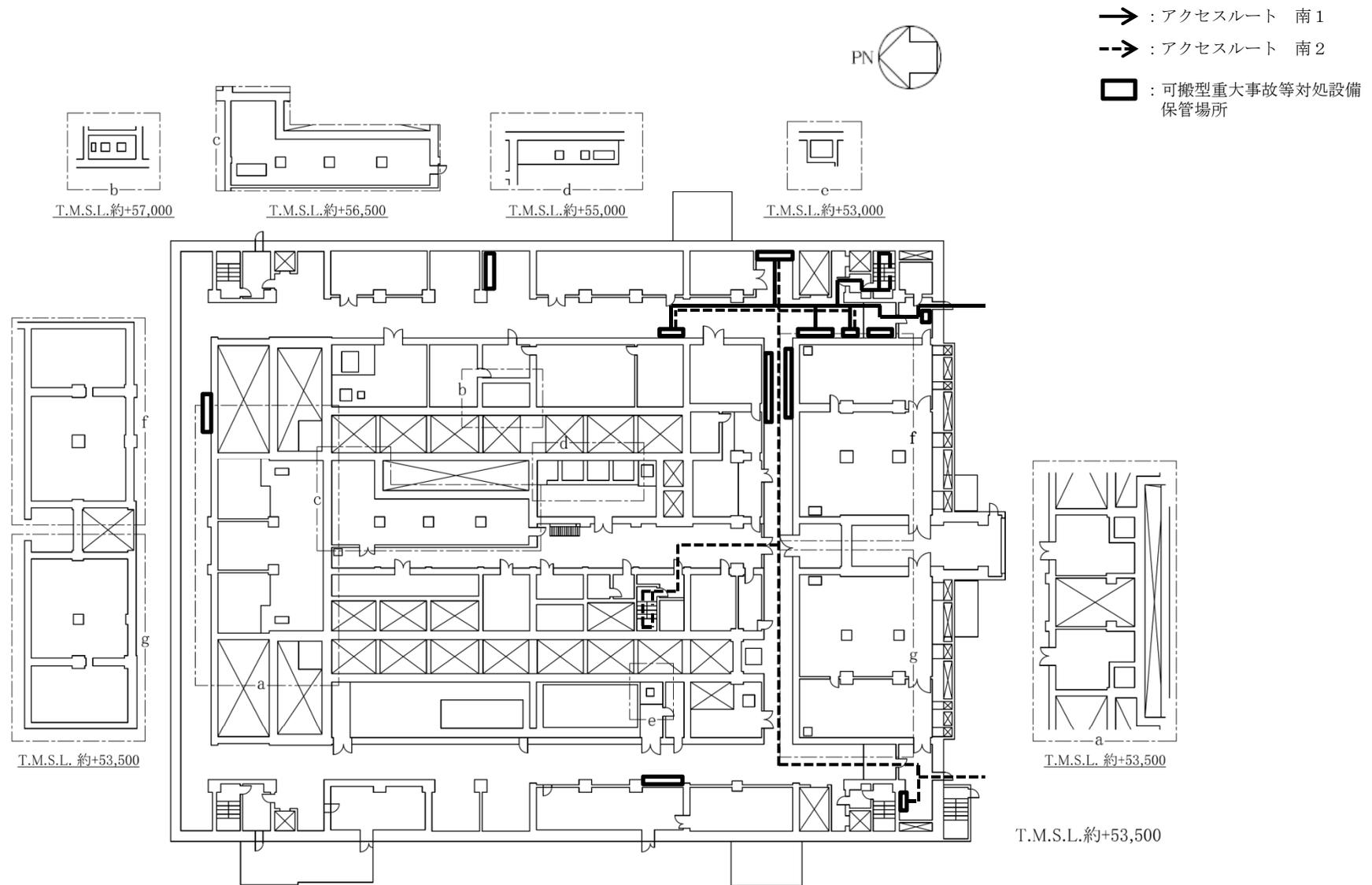
- -> : アクセスルート 南2

□ : 可搬型重大事故等対処設備  
保管場所

計測場所	監視項目
①	第3一時貯留処理槽掃気流量
	プルトニウム濃縮液受槽掃気流量
	リサイクル槽掃気流量
	希釈槽掃気流量
	プルトニウム濃縮液一時貯槽掃気流量
②	プルトニウム濃縮液計量槽掃気流量
	プルトニウム濃縮液中間貯槽掃気流量
	プルトニウム濃縮液一時貯槽水素濃度
③	プルトニウム濃縮液受槽水素濃度
	プルトニウム濃縮液計量槽水素濃度
④	手動圧縮空気ユニット接続系統圧力
④	予備圧縮空気ユニット圧力



第8.2.1-2図 精製建屋の水素爆発の再発の防止のための措置のアクセスルート  
(水素爆発の再発を防止するための空気の供給) (地下1階)



第8.2.1-3図 精製建屋の水素爆発の再発の防止のための措置のアクセスルート  
 (水素爆発の再発を防止するための空気の供給) (地上1階)

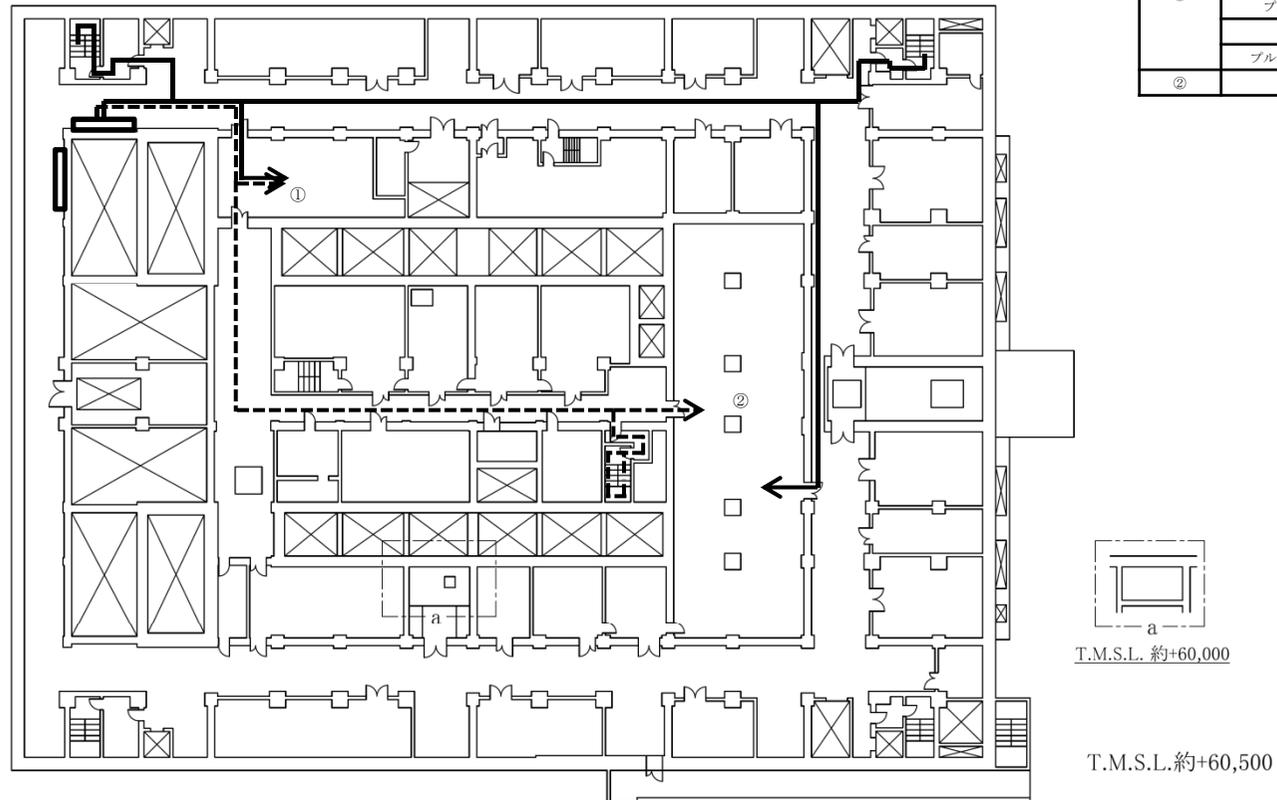


→ : アクセスルート 南1

- -> : アクセスルート 南2

□ : 可搬型重大事故等対処設備  
保管場所

計測場所	監視項目
①	第2一時貯留処理槽掃気流量
	第7一時貯留処理槽掃気流量
	プルトニウム溶液供給槽掃気流量
	プルトニウム溶液受槽掃気流量
	油水分離槽掃気流量
②	セル導出ユニット流量



第8.2.1-4図 精製建屋の水素爆発の再発の防止のための措置のアクセスルート  
(水素爆発の再発を防止するための空気の供給) (地上2階)

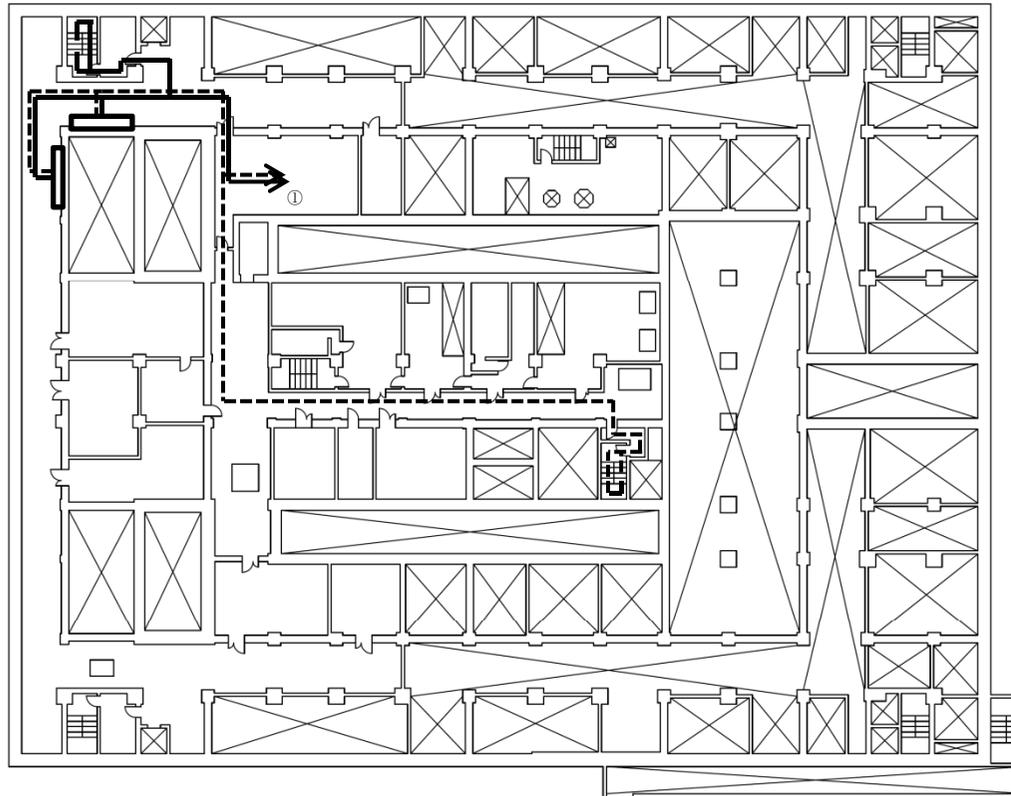


→ : アクセスルート 南1

- -> : アクセスルート 南2

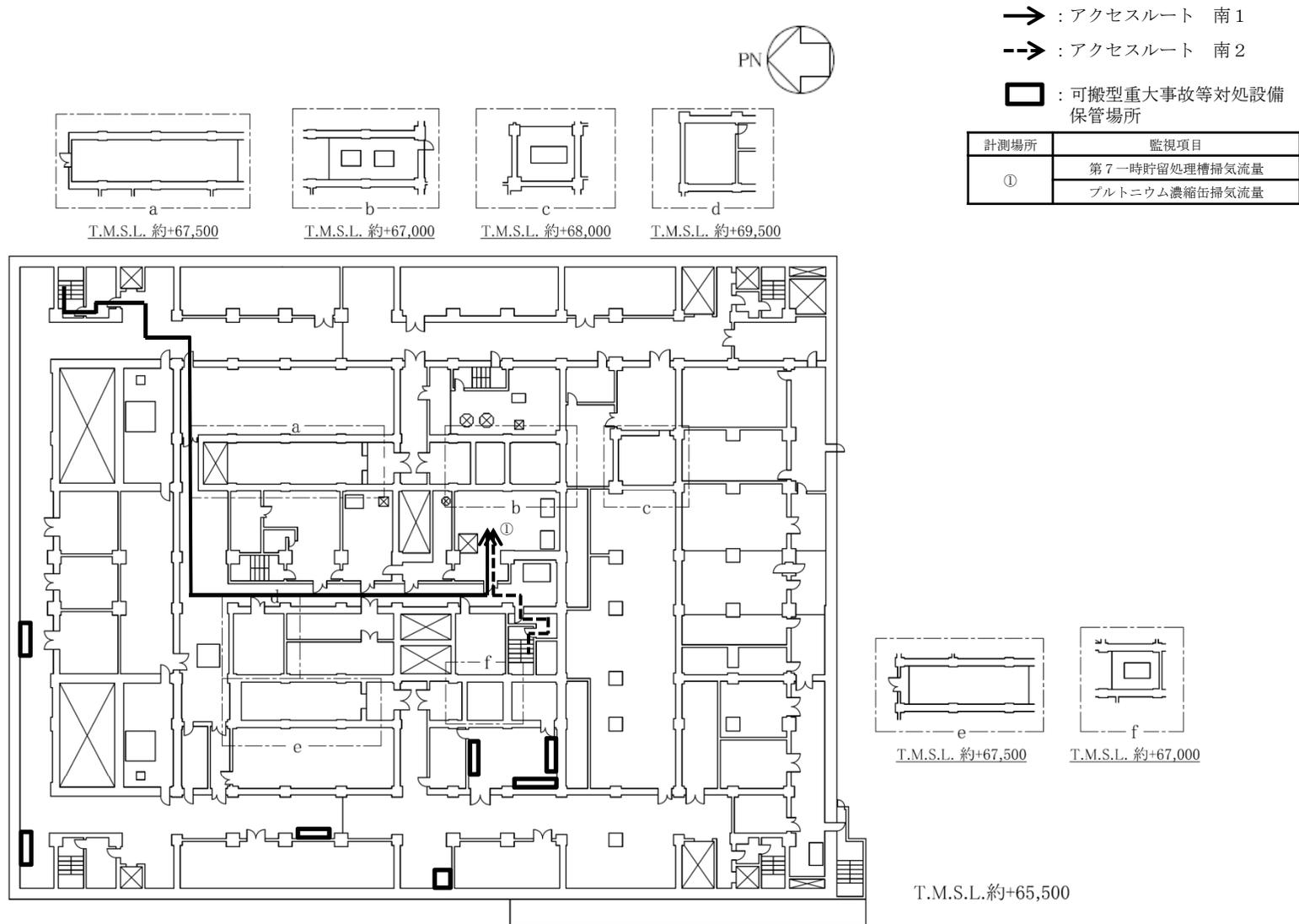
□ : 可搬型重大事故等対処設備  
保管場所

計測場所	監視項目
①	プルトニウム溶液一時貯槽掃気流量
	プルトニウム濃縮缶掃気流量



T.M.S.L.約+64,000

第8.2.1-5図 精製建屋の水素爆発の再発の防止のための措置のアクセスルート  
(水素爆発の再発を防止するための空気の供給) (地上3階)

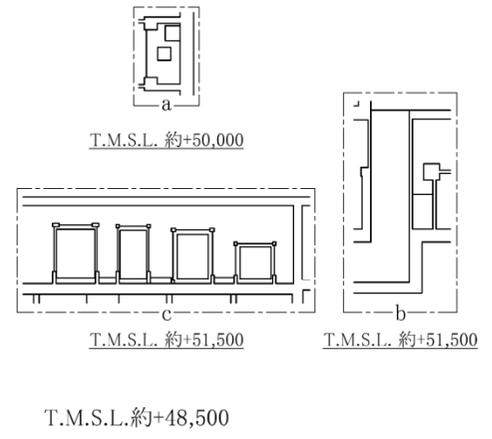
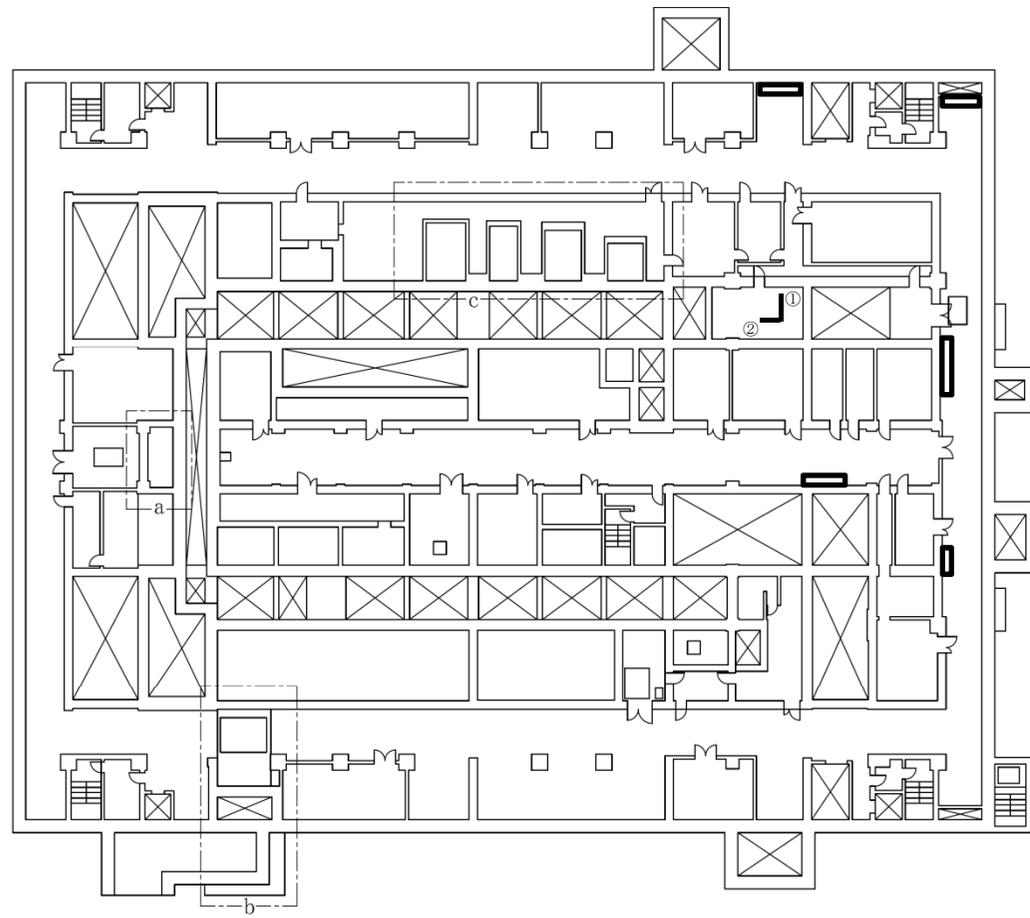


第8.2.1-6 図 精製建屋の水素爆発の再発の防止のための措置のアクセスルート  
 (水素爆発の再発を防止するための空気の供給) (地上4階)

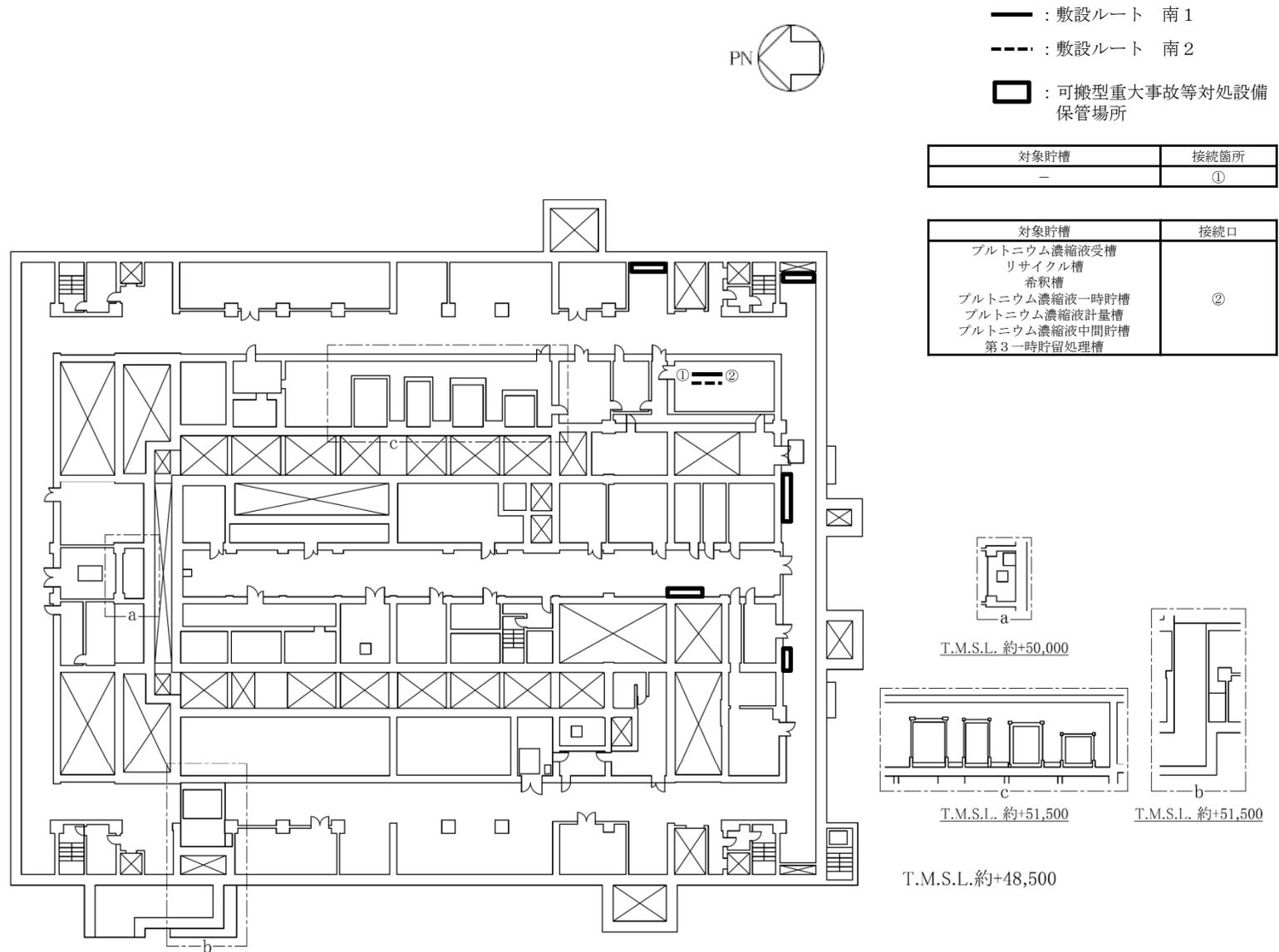


- : 敷設ルート
- : 可搬型重大事故等対処設備保管場所

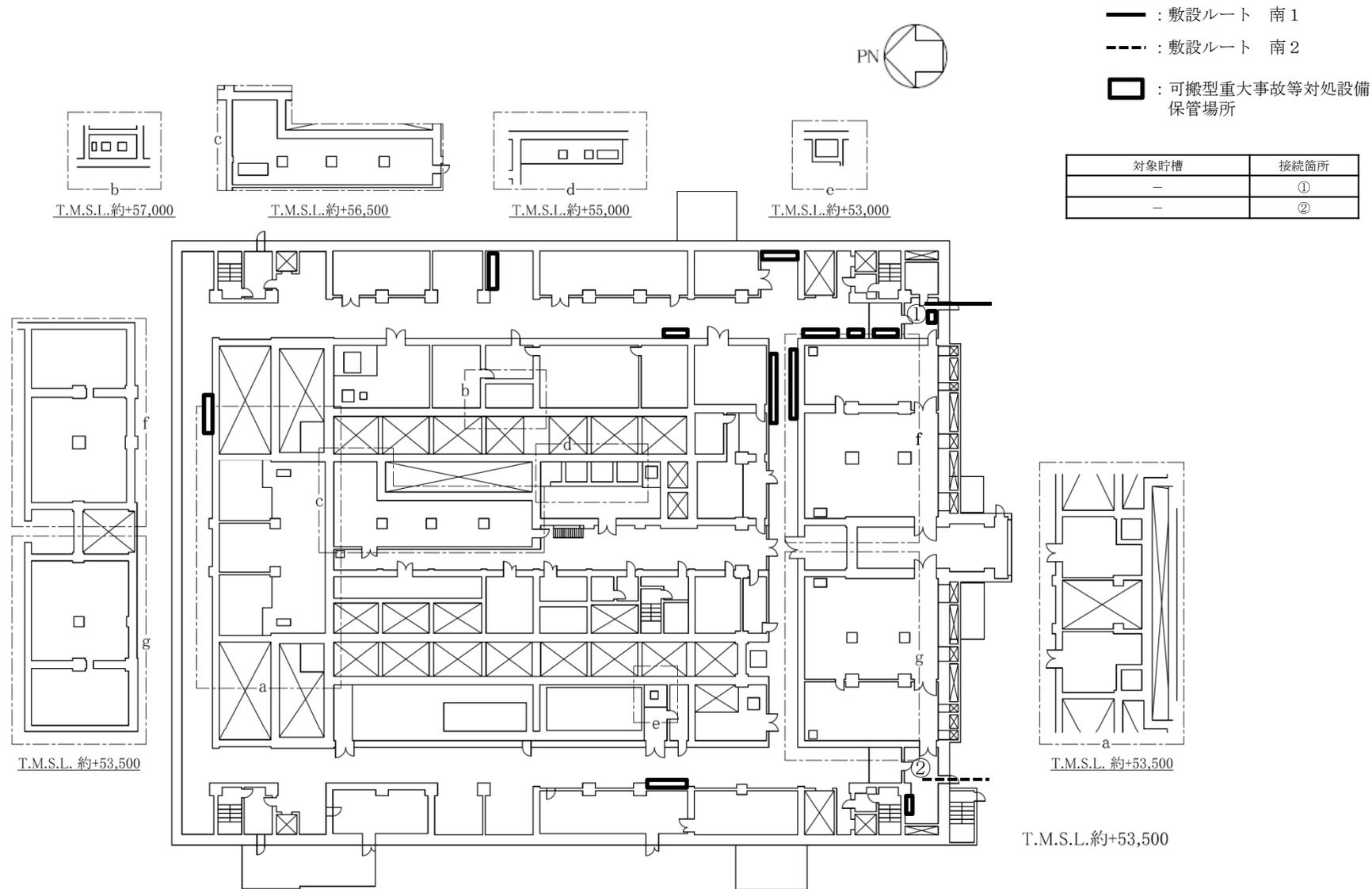
対象機器	接続箇所
—	①
対象貯槽	接続口
プルトニウム溶液供給槽 プルトニウム溶液受槽 油水分離槽 プルトニウム濃縮缶供給槽 プルトニウム溶液一時貯槽 プルトニウム濃縮液受槽 リサイクル槽 希釈槽 プルトニウム濃縮液一時貯槽 プルトニウム濃縮液計量槽 プルトニウム濃縮液中間貯槽 第2一時貯留処理槽 第3一時貯留処理槽	②



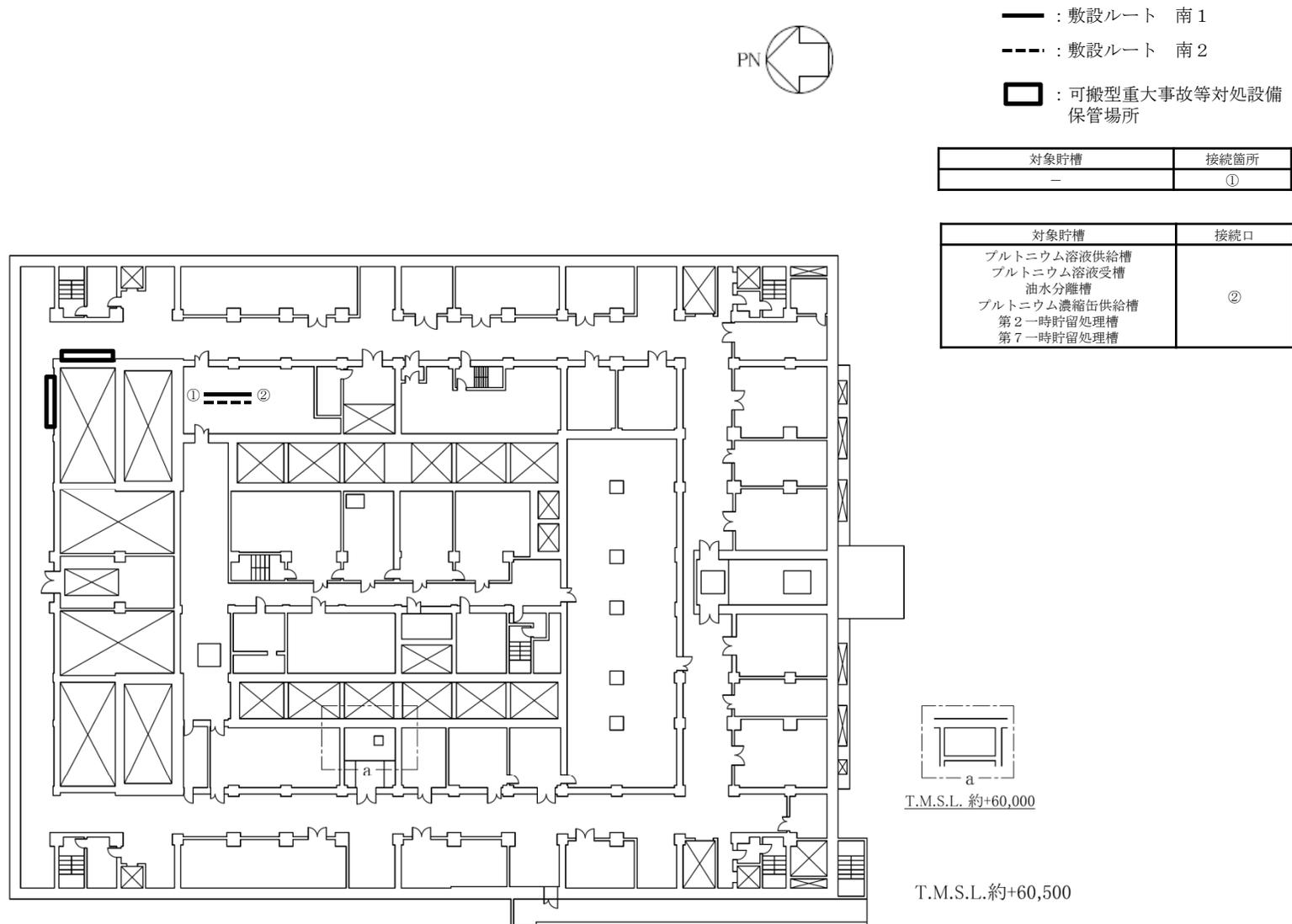
第8.2.1-7図 精製建屋の水素爆発の再発の防止のための措置  
 (手動圧縮空気ユニット供給)の建屋内ホース敷設ルート  
 (水素爆発の再発を防止するための空気の供給) (地下1階)



第8.2.1-8図 精製建屋の水素爆発の再発の防止のための措置の建屋内ホース敷設ルート  
 (水素爆発の再発を防止するための空気の供給) (地下1階)



第8.2.1-9図 精製建屋の水素爆発の再発の防止のための措置の建屋内ホース敷設ルート  
 (水素爆発の再発を防止するための空気の供給) (地上1階)



第8.2.1-10図 精製建屋の水素爆発の再発の防止のための措置の建屋内ホース敷設ルート  
 (水素爆発の再発を防止するための空気の供給) (地上2階)



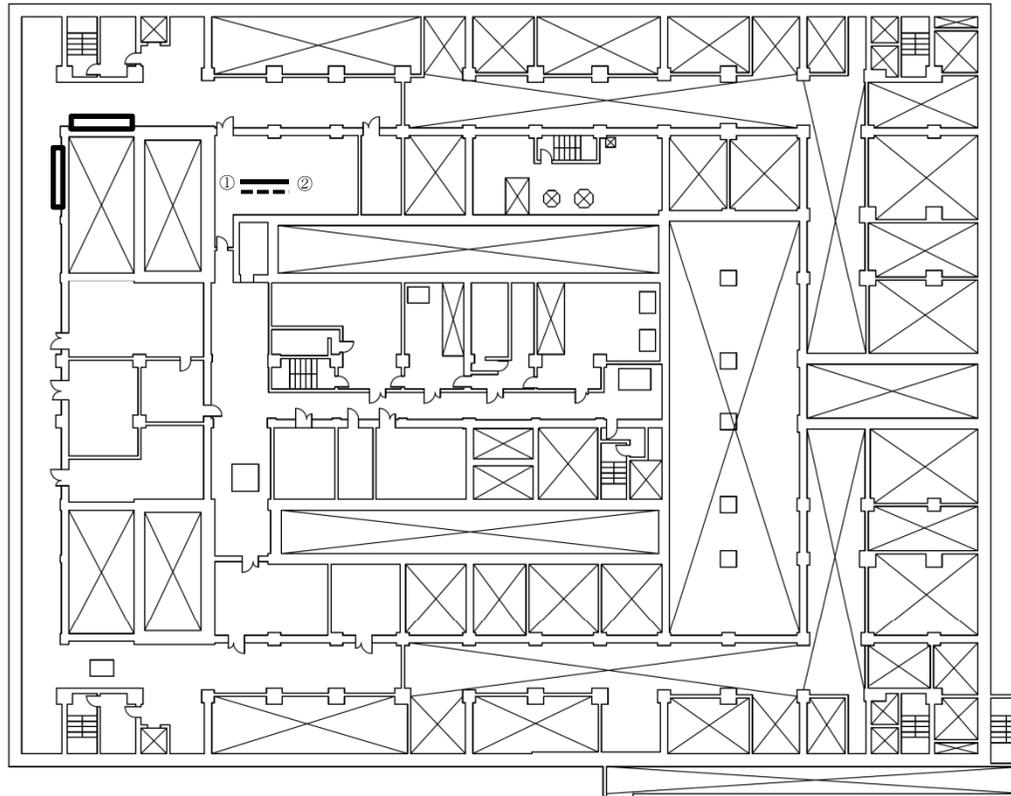
— : 敷設ルート 南1

- - - : 敷設ルート 南2

□ : 可搬型重大事故等対処設備  
保管場所

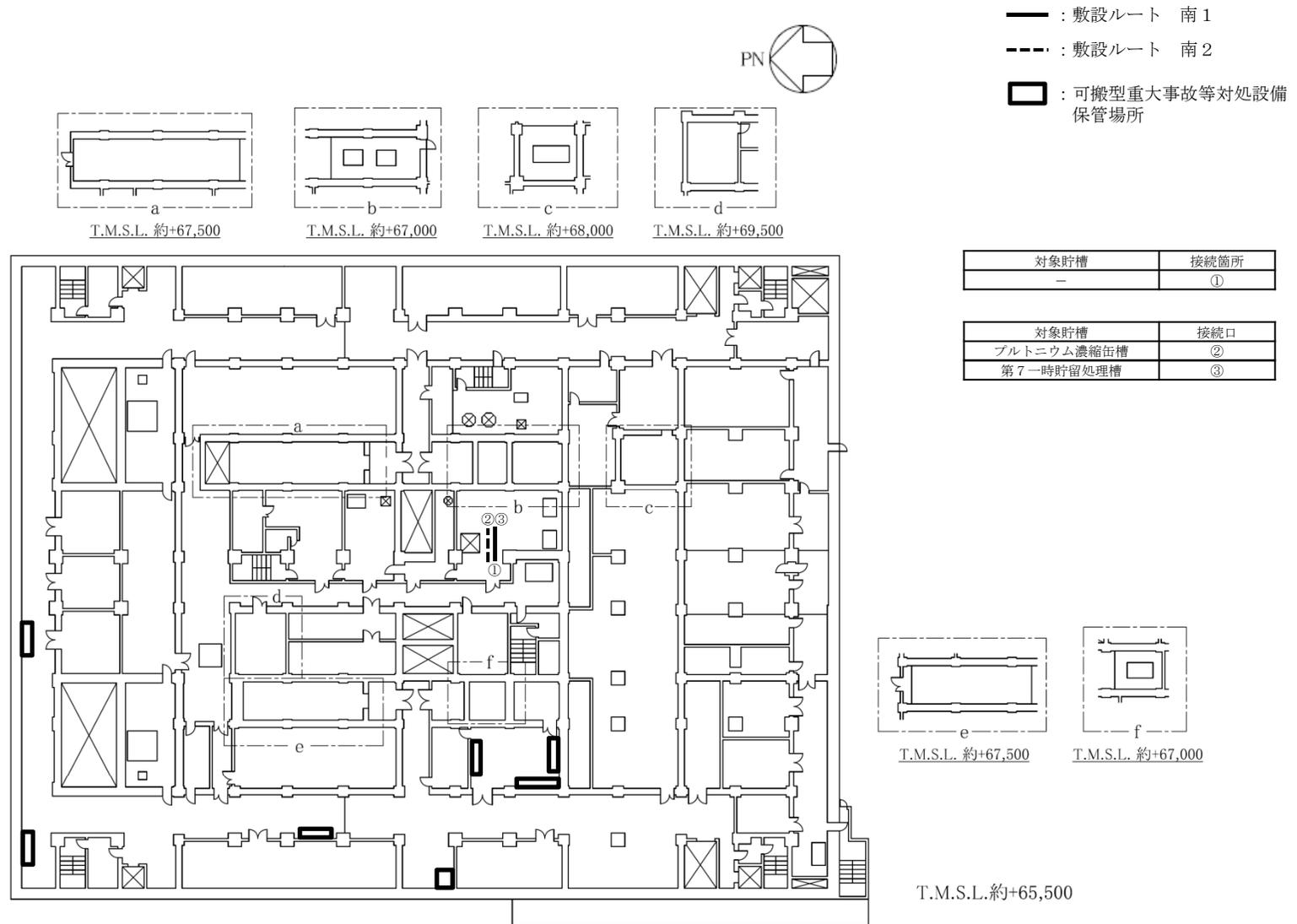
対象貯槽	接続箇所
-	①

対象貯槽	接続口
プルトニウム溶液一時貯槽 プルトニウム濃縮缶	②

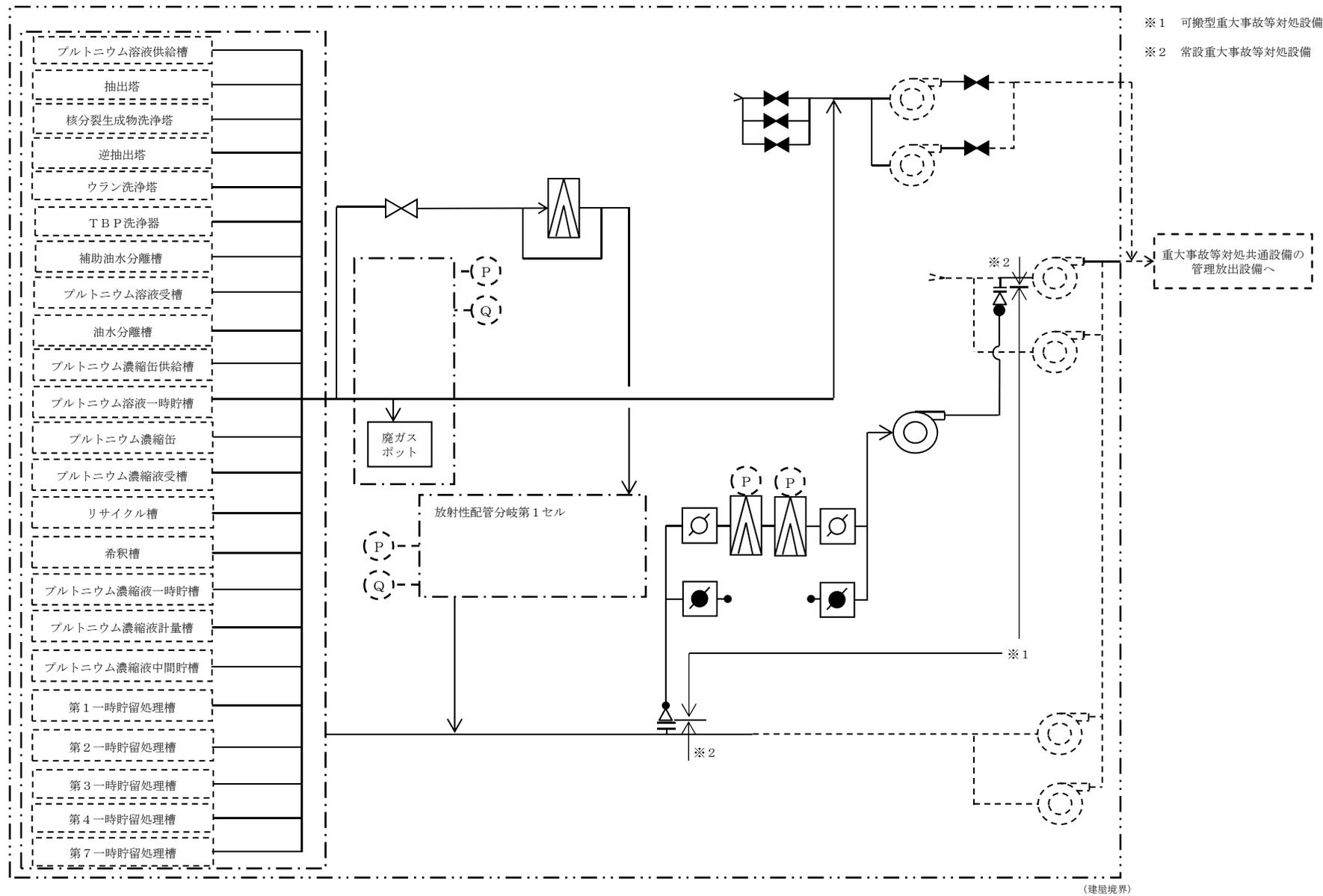


T.M.S.L.約+64,000

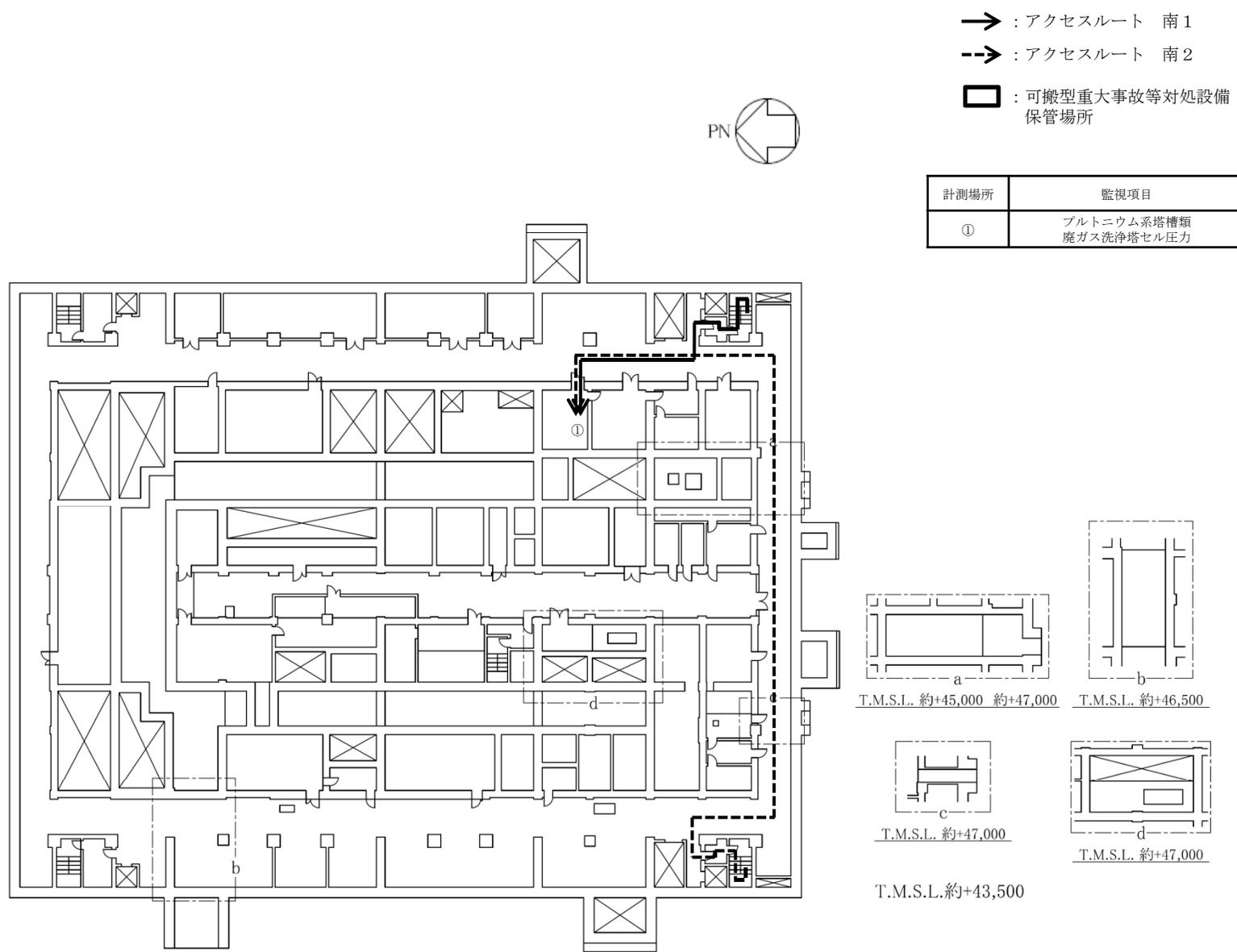
第8.2.1-11図 精製建屋の水素爆発の再発の防止のための措置の建屋内ホース敷設ルート  
(水素爆発の再発を防止するための空気の供給) (地上3階)



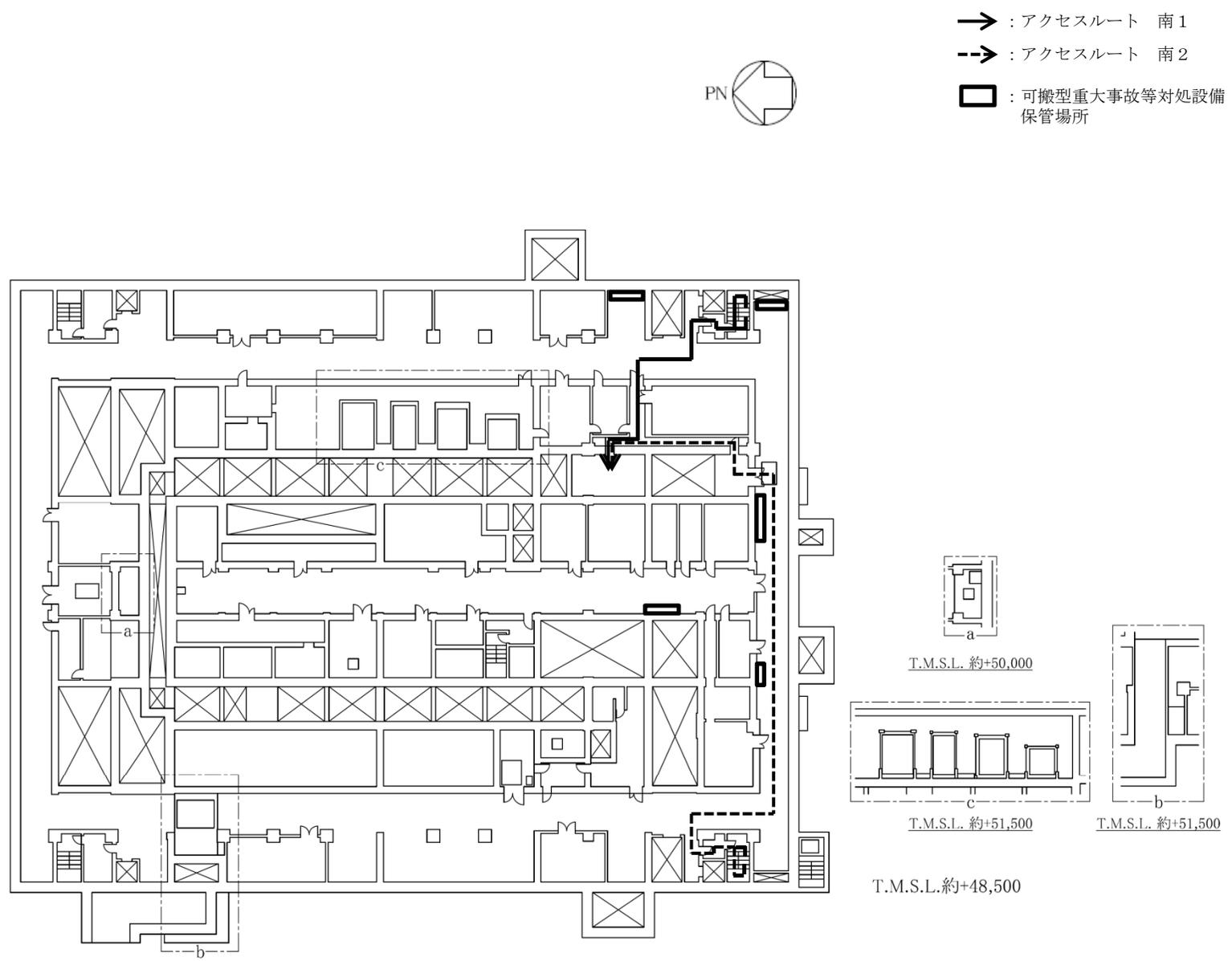
第8.2.1-12図 精製建屋の水素爆発の再発の防止のための措置の建屋内ホース敷設ルート  
 (水素爆発の再発を防止するための空気の供給) (地上4階)



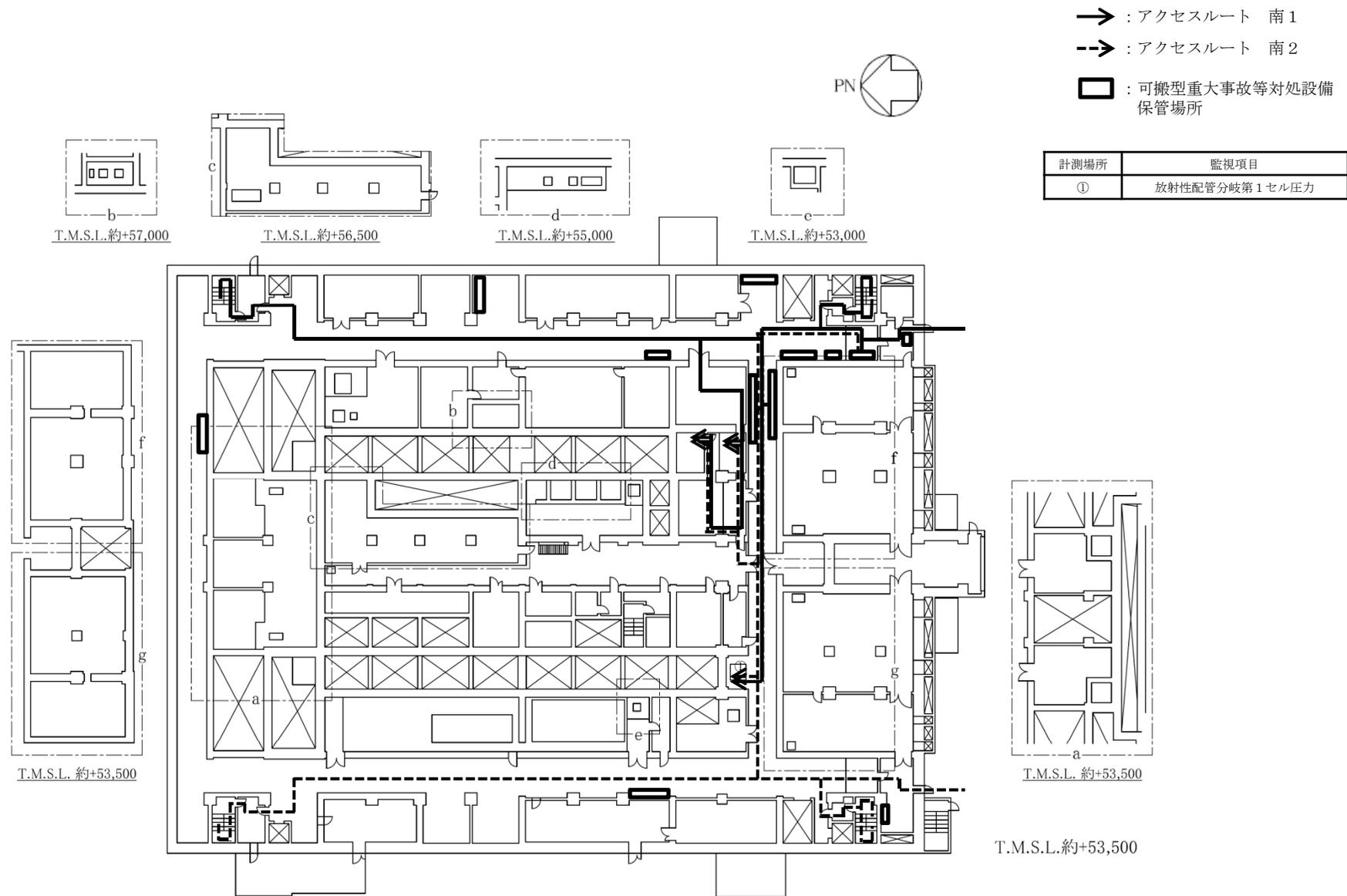
第8.2.1-13図 精製建屋の放射性物質のセルへの導出，セル及び高性能粒子フィルタによる放射性エアロゾルの除去に関する対処の系統概要図



第8.2.1-14図 精製建屋の水素爆発に係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対処のアクセスルート（地下2階）



第8.2.1-15図 精製建屋の水素爆発に係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対処のアクセスルート（地下1階）



第8.2.1-16図 精製建屋の水素爆発に係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対処のアクセスルート（地上1階）

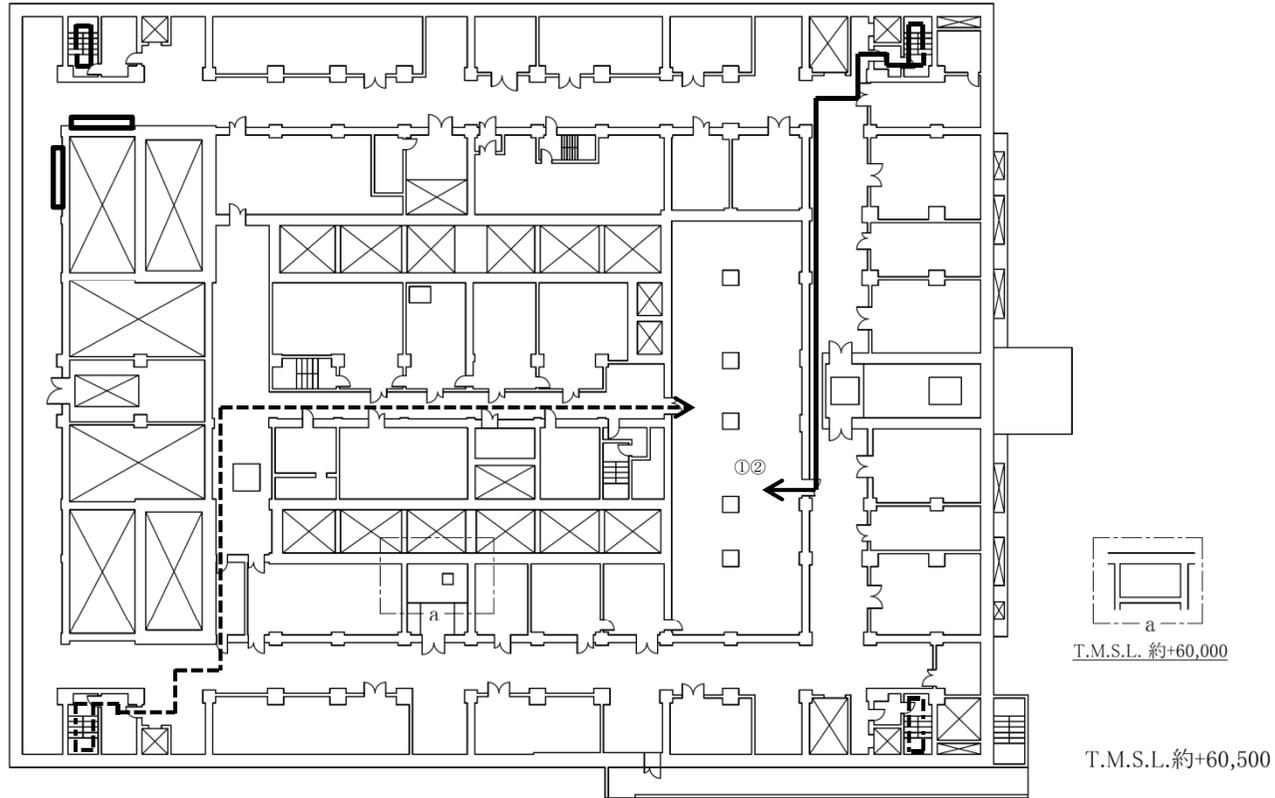


→ : アクセスルート 南1

- -> : アクセスルート 南2

□ : 可搬型重大事故等対処設備  
保管場所

計測場所	監視項目
①	放射性配管分岐第1セル水素濃度
②	可搬型フィルタ差圧



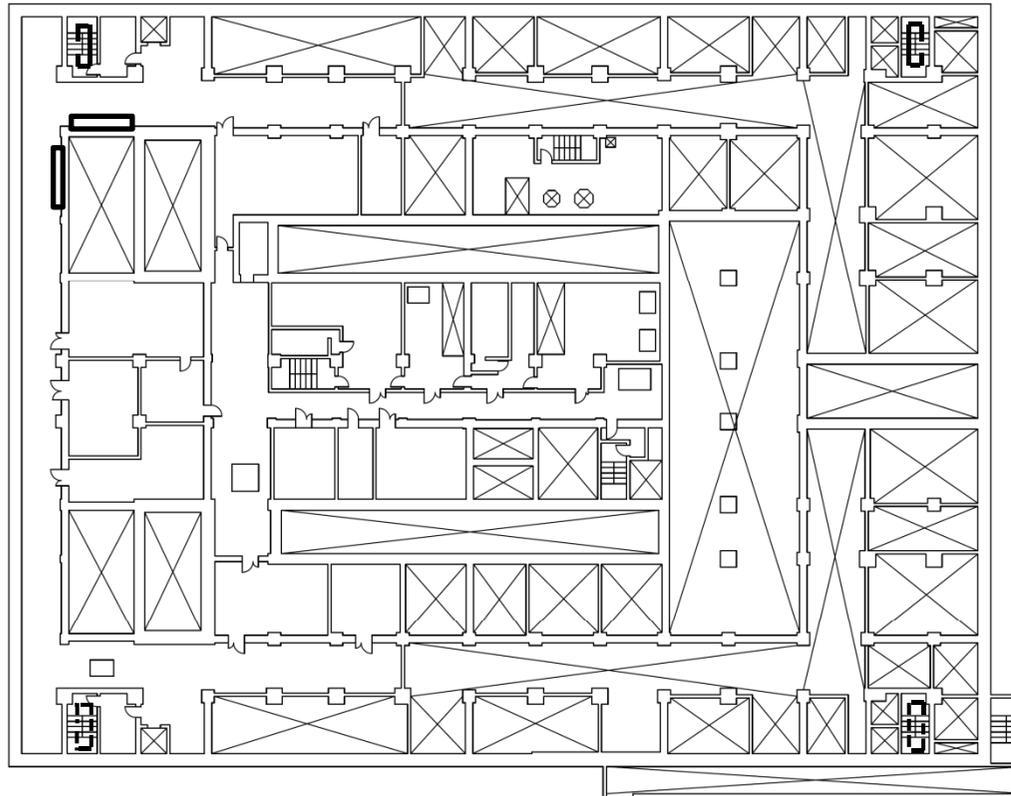
第8.2.1-17図 精製建屋の水素爆発に係る放射性物質のセルへの導出，セル及び高性能粒子フィルタによる放射性エアロゾルの除去に関する対処のアクセスルート（地上2階）



→ : アクセスルート 南1

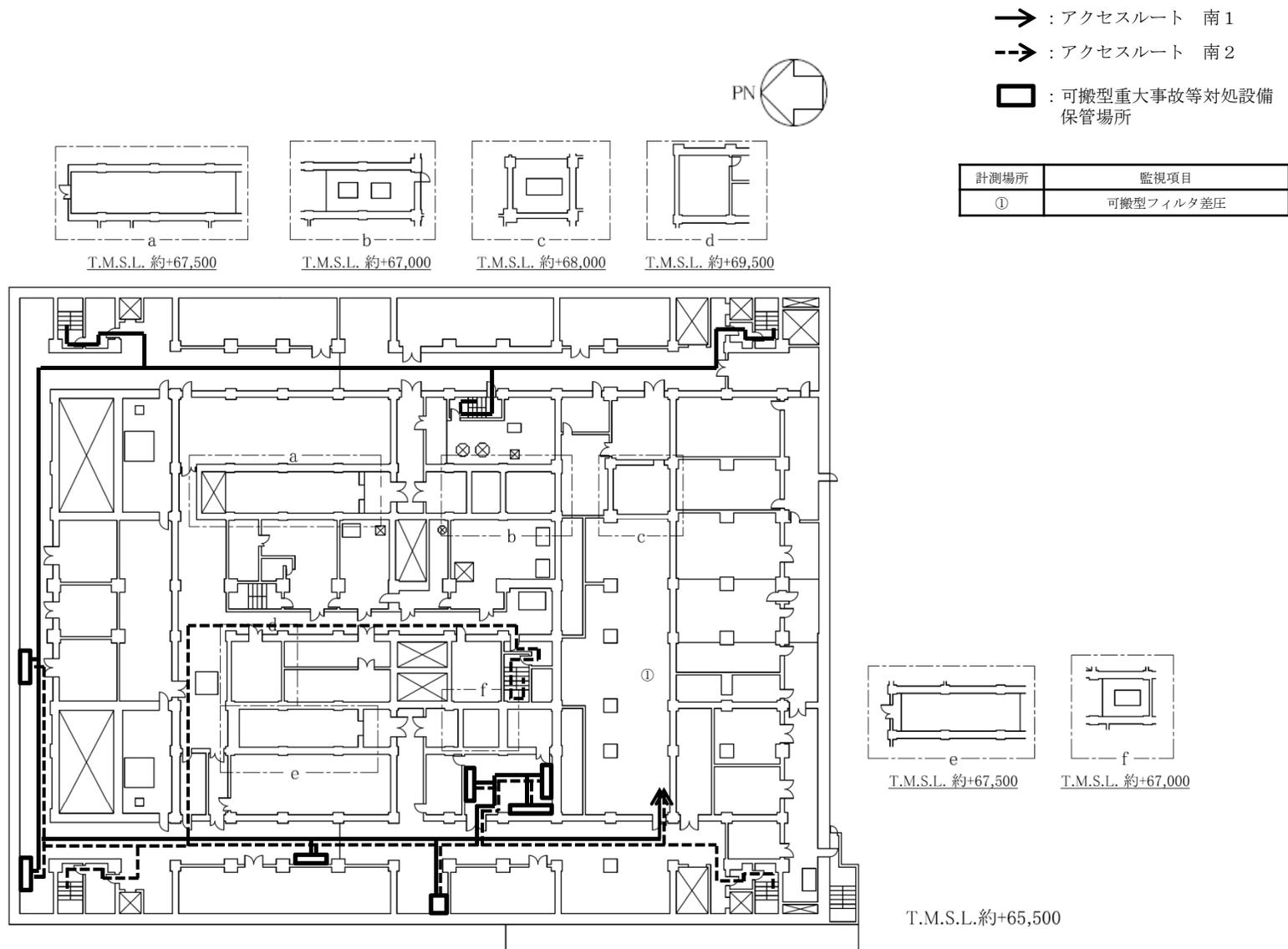
-> : アクセスルート 南2

□ : 可搬型重大事故等対処設備  
保管場所



T.M.S.L.約+64,000

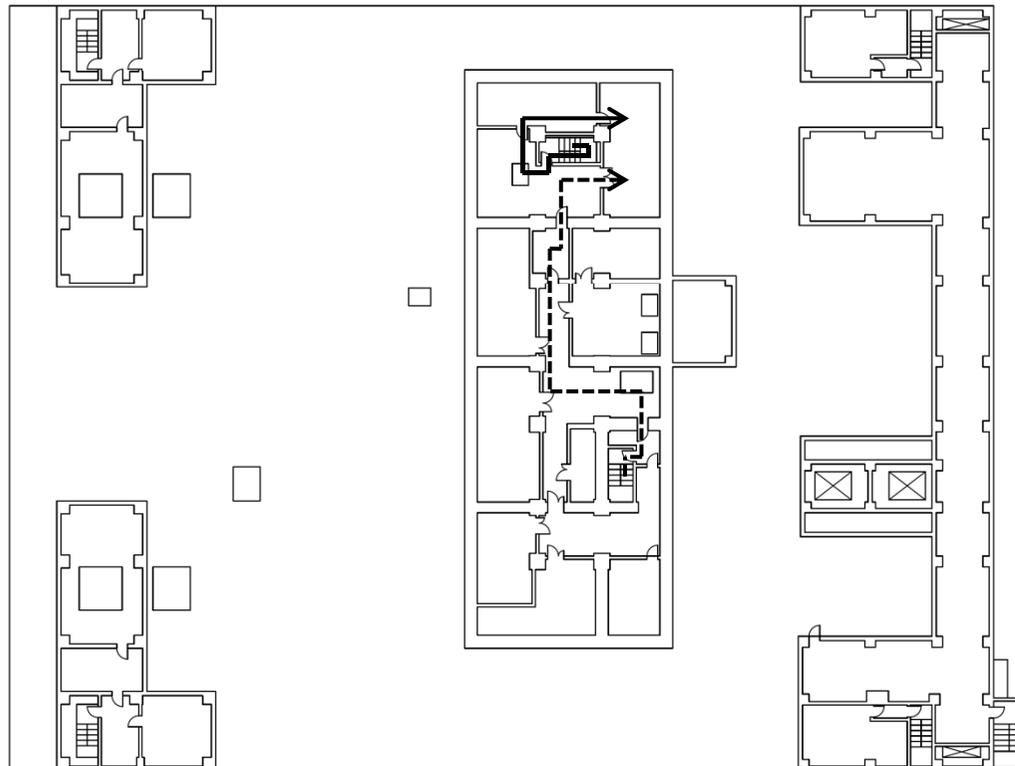
第8.2.1-18図 精製建屋の水素爆発に係る放射性物質のセルへの導出，セル及び高性能粒子フィルタによる放射性エアロゾルの除去に関する対処のアクセスルート（地上3階）



第8.2.1-19図 精製建屋の水素爆発に係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対処のアクセスルート（地上4階）

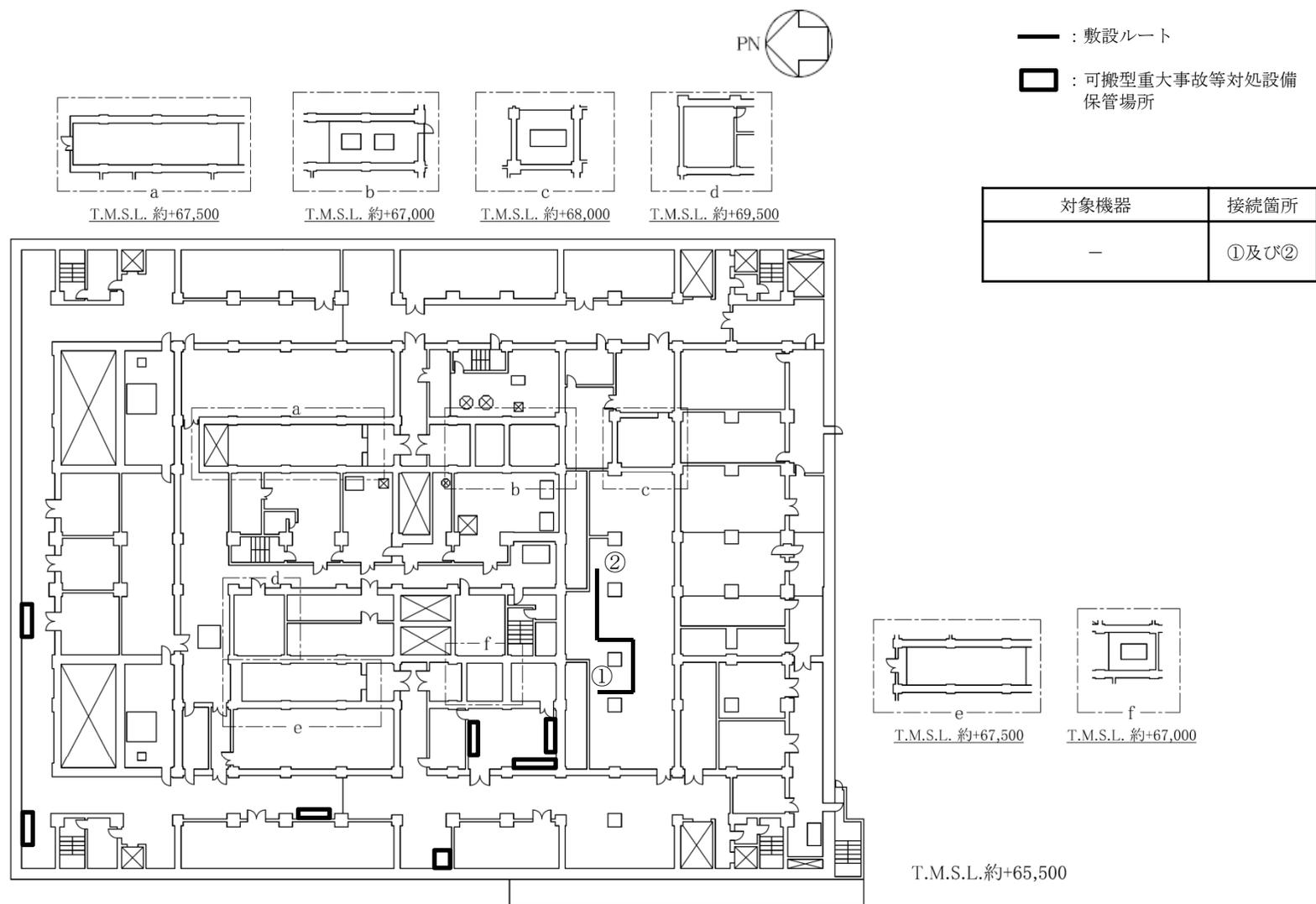


- : アクセスルート 南1
- -> : アクセスルート 南2
- : 可搬型重大事故等対処設備  
保管場所

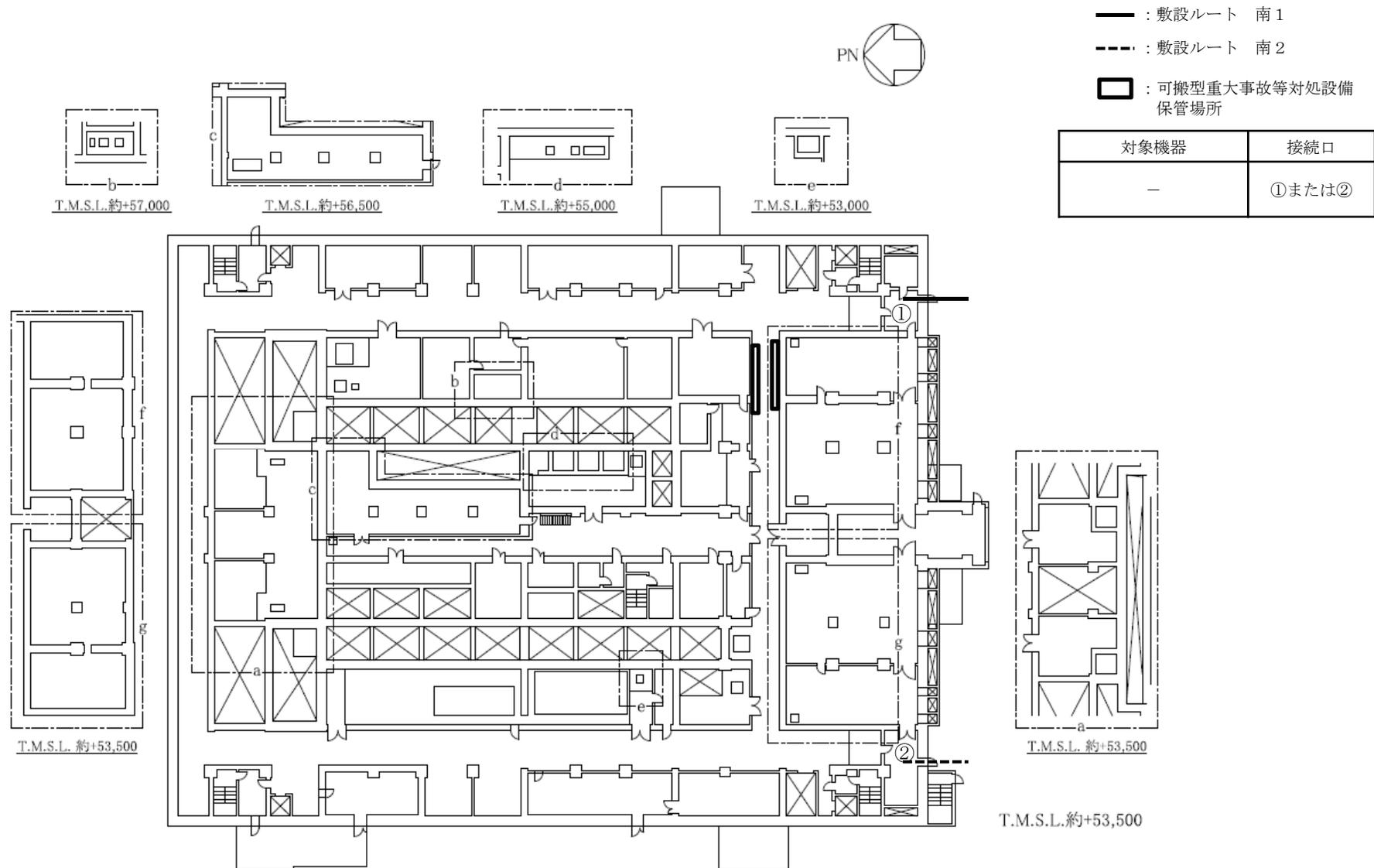


T.M.S.L.約+73,500

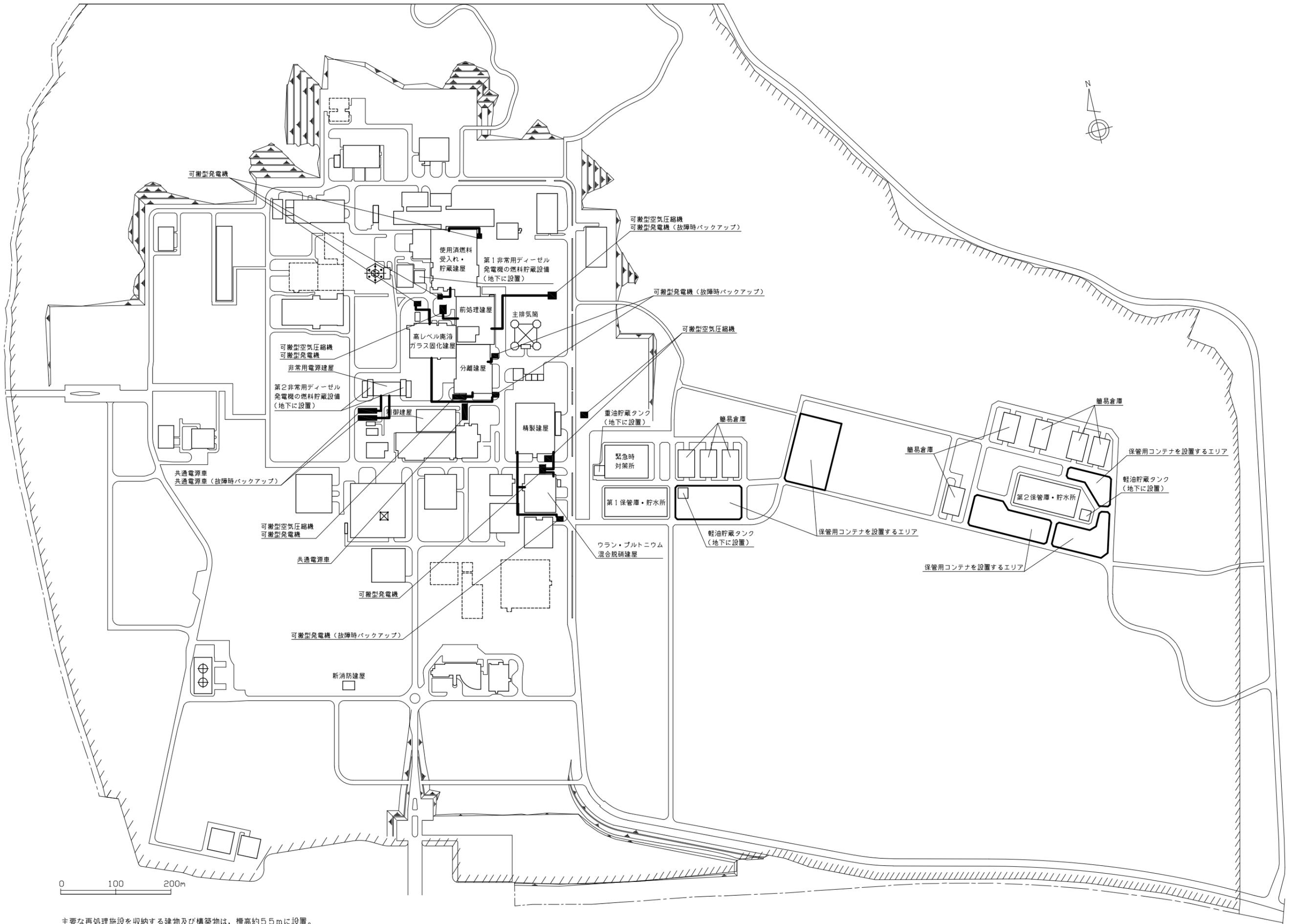
第8.2.1-20図 精製建屋の水素爆発に係る放射性物質のセルへの導出，セル及び高性能粒子フィルタによる放射性エアロゾルの除去に関する対処のアクセスルート（地上5階）



第8.2.1-21図 精製建屋の水素爆発に係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対処の可搬型ダクト敷設ルート（南1ルート及び南2ルート）（地上4階）

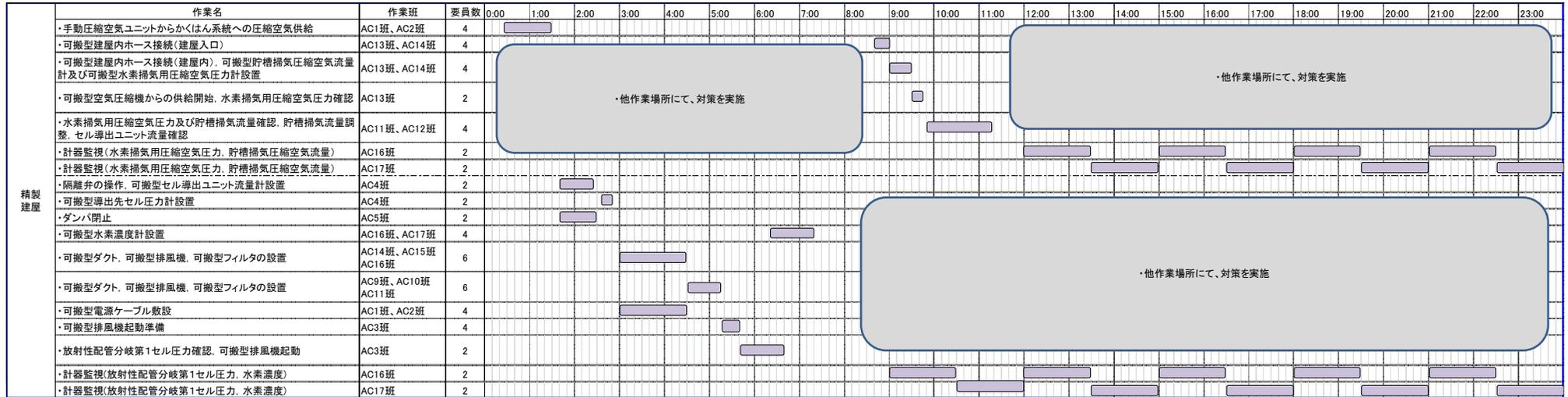


第8.2.1-22図 ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋可搬型発電機からの給電に係る精製建屋内可搬型電源ケーブル敷設ルート（第1接続口及び第2接続口）（地上1階）

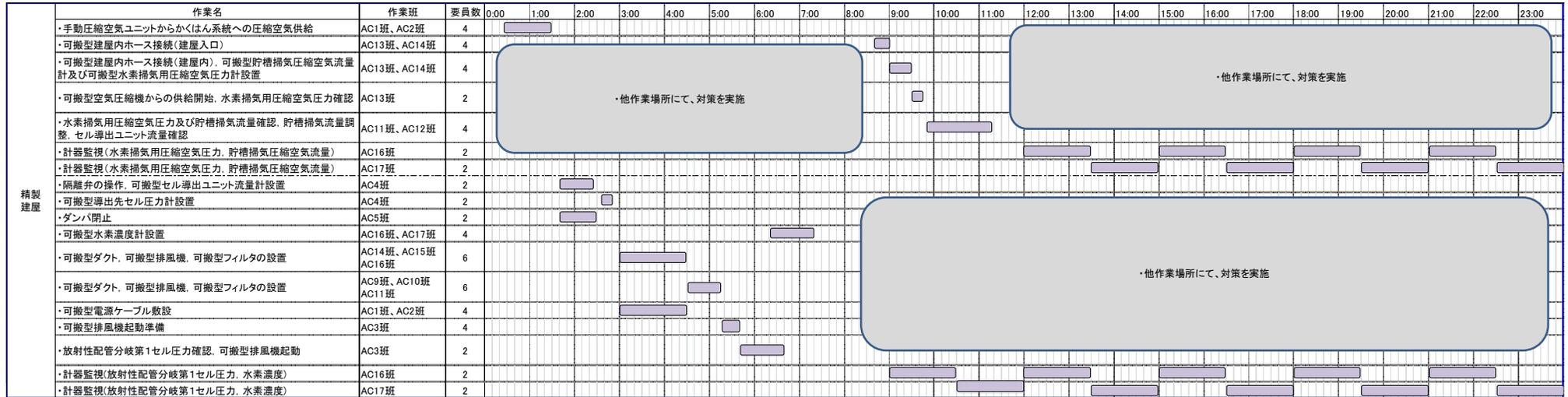


主要な再処理施設を収納する建物及び構築物は、標高約5.5mに設置。

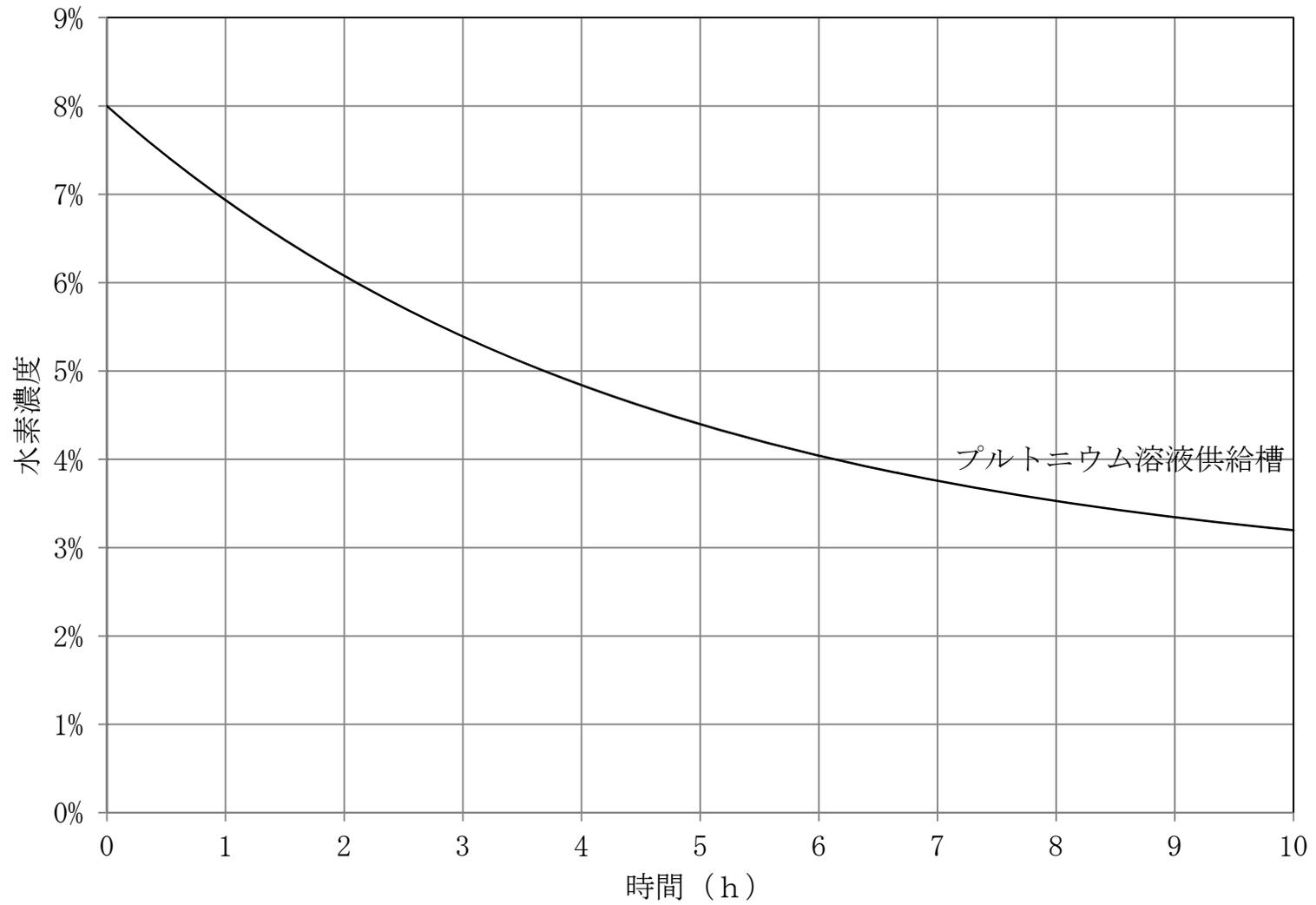
第8.2.1-23図 可搬型電源ケーブル敷設ルート 屋外（第1接続口及び第2接続口）



第8.2.2-24図 圧縮空気の供給に必要な作業と所要時間



第8.2.2-1図 圧縮空気の供給に必要な作業と所要時間



第8.2.2-2図 精製建屋の圧縮空気供給後の水素濃度の推移

未然防止濃度に到達するまでの時間が 1年以内の水素爆発を想定する機器内の 溶液中の放射性物質質量		
Pu-238	:	$6.7 \times 10^{16}$ Bq
Pu-239	:	$6.4 \times 10^{15}$ Bq
Pu-240	:	$1.1 \times 10^{16}$ Bq
Pu-241	:	$1.4 \times 10^{18}$ Bq



放射性物質の気相中への移行  
移行割合 : 0.010%



放出経路上のセル換気系統の高性能粒子フィルタの  
放射性エアロゾルの除去効率 : 99.999%  
放出経路上の構造物の放射性エアロゾルの除去効率 : 90%



放射性物質放出量		
Pu-238	:	$6.7 \times 10^6$ Bq
Pu-239	:	$6.4 \times 10^5$ Bq
Pu-240	:	$1.1 \times 10^6$ Bq
Pu-241	:	$1.4 \times 10^8$ Bq



主排気筒放出

第8.2.2-3図 精製建屋の水素爆発時の放射性物質の大気放出過程



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



## 目次

- 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
  - 10.1 火災又は爆発の拡大の防止のための措置
    - 10.1.1 火災又は爆発の拡大の防止のための措置の具体的内容
    - 10.1.2 火災又は爆発の拡大の防止のための措置の有効性評価

## 10. 有機溶媒等による火災又は爆発への対処

### (1) T B P等の錯体の急激な分解反応の特徴

有機溶媒等による火災又は爆発としてT B P等の錯体の急激な分解反応事象を対象とする。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。）がプルトニウム濃縮缶に多量に混入し、硝酸、硝酸ウラニル又は硝酸プルトニウムとT B P等の錯体を形成し、プルトニウム濃縮缶の加熱蒸気温度が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、且つプルトニウム濃縮缶内のプルトニウム溶液の沸点がT B P等の錯体の急激な分解反応の発生する温度になるまで過濃縮され、プルトニウム溶液の温度がT B P等の錯体の急激な分解反応の開始温度を超える条件に至る場合に、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より、プルトニウム濃縮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。T B P等の錯体の急激な分解反応の発生に伴い、二酸化炭素、水、窒素やりん酸といった分解生成物及び熱が発生するため、プルトニウム濃縮缶内の気相部は急激に圧力及び温度が上昇する。プルトニウム濃縮缶での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を含む廃ガスは、塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）において除染する。プルトニウム濃縮缶でのT B P等の錯体の急激な分解反応によって、プルトニウム濃縮缶内及びプルトニウム濃縮缶に接続している塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）内の廃ガスが圧縮され、塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の系統内の圧力及び温度が急激に上昇する。塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の系統内には廃ガス ポットがあるため、一部の廃ガスは廃ガス ポットからセルへ導出される可能性がある。廃ガスポットは速やかに水封を実施することで、水封が切れた状態を短くする。

プルトニウム濃縮缶内では、T B P等の錯体の急激な分解反応発生後、プルトニウムを含む放射性エアロゾルが気相中へ移行する。この放射性エアロゾルは塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の高性能粒子フィルタで除去する。放射性物質を低減後、T B P等の錯体の急激な分解反応が発生したプルトニウム濃縮缶から発生する放射性物質を貯留する貯槽（以下、「貯留タンク」という。）に放射性物質を貯留することで、可能な限り放射性物質の放出を低減する。

プルトニウム濃縮缶の加熱及び供給を継続した場合において、プルトニウム濃縮缶内に過濃縮したプルトニウム濃縮液が残っている場合には、供給液と接触し、加熱部で加熱されることにより、急激ではないことが考えられるが、T B P等の分解反応は継続的に発生することが考えられる。この分解反応による放射性物質の放出を低減するため、速やかに供給液の供給を停止する。

有機溶媒等による爆発に関しては、上述の通り、T B P等の錯体の急激な分解反応を対象事象とし、T B P等の錯体の急激な分解反応として発生し得る濃縮缶として、一般公衆及び従事者への影響を考慮し、安全上重要な施設を対象として重大事故等の選定を行い、2建屋4機器（分配設備のウラン濃縮缶、プルトニウム精製設備のプルトニウム濃縮缶、高レベル廃液濃縮設備の高レベル廃液濃縮缶及び酸回収設備の第2酸回収蒸発缶）を選定した。ここでウラン精製設備のウラン濃縮缶は安全上重要な施設ではないため選定の対象外となる。分配設備のウラン濃縮缶、プルトニウム精製設備のプルトニウム濃縮缶、高レベル廃液濃縮設備の高レベル廃液濃縮缶及び第2酸回収系の蒸発缶を対象として、設計上定める条件よりも厳しい条件を与えた場合に事象の発生の有無を確認した。その結果、事象は発生しないという評価になったが、過去に同事象が他プラントで発生してい

ること、事象が発生した場合の影響の大きさを考慮し、設計上定める条件よりも厳しい条件よりも更に厳しい条件を与え、事象の発生の有無を確認した。この結果、高レベル廃液濃縮設備の高レベル廃液濃縮缶、酸回収設備の第2酸回収蒸発缶では、減圧蒸発を採用することで運転温度を下げて運転していることから、T B P等の錯体の急激な分解反応の発生する温度に至ることはない。高レベル廃液濃縮缶については、供給液の供給が停止し、冷却運転をしている際に冷却機能の喪失が発生し、缶内の高レベル廃液が崩壊熱により沸騰した場合にT B Pを含む供給液を供給することはなく、沸点は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ず、また、蒸発乾固の対策として内部ループ通水等を実施することから、T B P等の錯体の急激な分解反応の発生する温度に達することはないため、選定対象から除外した。残る2建屋2機器として分配設備のウラン濃縮缶及びプルトニウム精製設備のプルトニウム濃縮缶において事象の発生が想定される結果となった。

分配設備のウラン濃縮缶は、T B P等の錯体の急激な分解反応が発生した場合に、除染機能の低下等の想定外事象が発生した場合であっても、一般公衆への影響は平常時を十分下回るため、評価対象から除外する。残ったプルトニウム精製設備のプルトニウム濃縮缶を重大事故の評価対象機器として選定する。

有機溶媒等による火災は、機器内及び機器外において、有機溶媒から気相やセルのコンクリートへの放熱を考慮すると、崩壊熱を考慮しても有機溶媒がn-ドデカンの引火点に到達しないことから発生しない。

以上のとおり、T B P等の錯体の急激な分解反応の発生及び工程の状況を見渡したときには、速やかにプルトニウム濃縮缶への供給液の供給を停止すること又はプルトニウム濃縮缶への加熱を停止することがT B P等の

錯体の急激な分解反応の再発を防止するために必要な措置であることから、T B P等の錯体の急激な分解反応が発生した際の重大事故等への対処として、再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の第二十八条及び第三十七条に規定される要求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 10－1】

【補足説明資料 10－2】

【補足説明資料 10－3】

(2) T B P等の錯体の急激な分解反応への対処の基本方針

T B P等の錯体の急激な分解反応が発生した際の重大事故等への対処として、再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の第二十八条及び第三十七条に規定される要求を満足するT B P等の錯体の急激な分解反応の拡大の防止のための措置を整備する。

T B P等の錯体の急激な分解反応の拡大の防止のための措置として、T B P等の錯体の急激な分解反応が発生した場合において、放射性物質の発生を抑制し、T B P等の錯体の急激な分解反応の再発を防止するための対策及びT B P等の錯体の急激な分解反応が発生した設備に接続する換気系統の配管の流路を遮断するために必要な対策並びに換気系統の配管が加圧状態になった場合にセル内に設置された配管の外部へ放射性物質を排出するために必要な対策を整備する。また、T B P等の錯体の急激な分解反応が発生した場合において放射性物質の放出による影響を緩和するために必要な対策を整備する。

T B P等の錯体の急激な分解反応を想定する機器はプルトニウム濃縮缶とし、各対策の概要図を第10-1図から第10-2図に示す。また、基本方針の詳細を以下に示す。

a. T B P等の錯体の急激な分解反応の拡大の防止のための措置

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。

これらの対策に使用する重大事故等対処施設は、対策実施時に想定される温度、圧力及び放射線の環境条件下においても必要な機能を発揮できる。

【補足説明資料10-4】

T B P等の錯体の急激な分解反応が発生した場合は、直ちに自動的に塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）を停止するとともに、T B P等の錯体の急激な分解反応が発生したプルトニウム濃縮缶から発生する放射性物質を貯留する貯槽（以下、「貯留タンク」という。）への経路を確立し、空気圧縮機を用いて貯留タンクに放射性物質を含む気体を貯留する。なお、プルトニウム濃縮缶から発生する放射性物質は、塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の高性能粒子フィルタで除去した後、その廃ガスを貯留タンクへ貯留する。貯留タンクでの放射性物質を含む気体の貯留が完了後、塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）は通常時の放出経路に復旧する。

これらの対策に使用する重大事故等対処施設は、対策実施時に想定される温度、圧力及び放射線の環境条件下においても必要な機能を発揮できる。

## 10.1 T B P等の錯体の急激な分解反応の拡大の防止のための措置

### 10.1.1 T B P等の錯体の急激な分解反応の防止の拡大のための措置の具体的内容

#### 10.1.1.1 プルトニウム濃縮缶への供給液の供給の停止及び加熱設備の停止

T B P等の錯体の急激な分解反応が発生した場合は、プルトニウム濃縮缶液相部温度高警報、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等の分解反応を抑制させる。並行して、プルトニウム濃縮缶の加熱設備の手動弁を閉止することで加熱を停止させる。

対策の概要を以下に示す。対策の系統概要図を第10.1.1-1図に、アクセスルート図を第10.1.1-2図から第10.1.1-8図に、対策の手順の概要を第10.1.1-9図に、対策における手順と設備の関係を第10.1.1-1表に、必要な要員と作業項目を第10.1.1-10図に示す。

#### a. T B P等の錯体の急激な分解反応の発生検知及び重大事故等の判断

プルトニウム濃縮缶の液相部温度高警報、気相部圧力高高警報及び気相部温度高警報の3つのうち2つ以上の警報により、T B P等の錯体の急激な分解反応の発生を検知する。

プルトニウム濃縮缶におけるT B P等の錯体の急激な分解反応の発生の検知により、供給液の供給が停止したことの確認及びプルトニウム濃縮缶への加熱蒸気の供給停止の実施を判断し、以下のb.及びc.に移行する。

b. 供給液の供給停止

プルトニウム濃縮缶の液相部温度高警報、気相部圧力高高警報及び気相部温度高警報の3つのうち2つ以上の警報により、プルトニウム濃縮缶供給槽ゲデオンを自動で停止する。

重大事故等対処施設のプルトニウム濃縮缶供給槽の液位計により、プルトニウム濃縮缶への供給液の供給が停止したことを確認する。

c. プルトニウム濃縮缶への加熱蒸気の供給停止

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

加熱蒸気温度計の指示値が低下することにより、プルトニウム濃縮缶への加熱蒸気の供給が停止したことを確認する。

10.1.1.2 放射性エアロゾルの除去及び貯留タンクへの放射性物質の貯留に関する対処

TBP等の錯体の急激な分解反応の発生を検知した場合には、直ちに自動的に塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の排風機を停止するとともに、TBP等の錯体の急激な分解反応が発生したプルトニウム濃縮缶から貯留タンクへの経路を確立し、塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の高性能粒子フィルタで放射性エアロゾルを除去後、空気圧縮機を用いて貯留タンクに放射性物質を含む気体を貯留する。

TBP等の錯体の急激な分解反応の発生によって、系統内の空気が圧縮されることにより、廃ガスポットから圧縮された空気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空気には、TBP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が、廃ガスポットの水封が一時的に切れる可能性があるため、速やか

に水封を実施する。

対策の概要を以下に示す。対策の系統概要図を第10.1.1-11図及び第10.1.1-12図に、対策の手順の概要を第10.1.1-9図に、対策における手順と設備の関係を第10.1.1-2表に、必要な要員と作業項目を第10.1.1-13図に示す。

a. T B P等の錯体の急激な分解反応の発生検知及び重大事故等の判断

プルトニウム濃縮缶の液相部温度高警報、気相部圧力高高警報及び気相部温度高警報の3つのうち2つ以上の警報により、T B P等の錯体の急激な分解反応の発生を検知する。

プルトニウム濃縮缶におけるT B P等の錯体の急激な分解反応の発生の検知により、塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の流路を自動的に遮断し、プルトニウム濃縮缶から貯留タンクへの流路を確立される。

T B P等の錯体の急激な分解反応の検知により、放射性物質の貯留タンクへの閉じ込めの実施を判断し、以下のb. 及びc. に移行する。

b. 貯留タンクへの放射性物質の貯留対策

T B P等の錯体の急激な分解反応の発生を検知後、プルトニウム濃縮缶の液相部温度高警報、気相部圧力高高警報及び気相部温度高警報の3つのうち2つ以上の警報により、塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の流路を自動で遮断するとともに、貯留タンクへの経路を確立し、T B P等の錯体の急激な分解反応で発生する放射性物質を貯留タンクへ導出する。

T B P等の錯体の急激な分解反応の発生により塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）内の空気の一部が廃ガス ポットに流入し、水封の一部が下流機器へ溢流し、廃ガス ポットの水封が切れる可能性がある

ため、自動的に廃ガス ポットへ水を供給し、水封を復旧させる。廃ガス ポットの水封が復旧することで、T B P等の錯体の急激な分解反応によって発生した放射性物質はセルへ導出されることはない。

c. 貯留タンクへの放射性物質の貯留対策完了判断

貯留タンクへの貯留開始後、貯留タンク内の圧力の上昇及び流量計の指示値の上昇により、放射性物質を含む気体の貯留が開始されたことを確認する。

プルトニウム濃縮缶への供給液の供給が停止し、T B P等の錯体の急激な分解反応の発生から1時間が経過し、貯留タンク内の圧力が規定の圧力に達した場合に貯留の完了と判断する。貯留完了の判断後、貯留タンクへの経路を閉止し、空気圧縮機を停止して貯留タンク内の放射性物質を貯留する。

d. 貯留タンクへの導出後の塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）による換気再開

貯留タンクへの放射性物質の導出完了後、塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の隔離弁の開操作を行い、塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の排風機を再起動して、高い除染能力が期待できる通常時の放出経路に復旧し、管理された状態において放出する。

## 10.1.2 T B P等の錯体の急激な分解反応の拡大の防止のための措置の有効性評価

### (1) 有効性評価の方法

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、速やかに供給液の供給及び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防止できることを評価する。

放射性物質の高性能粒子フィルタによる除去や貯留タンクへの貯留に係る有効性評価については、T B P等の錯体の急激な分解反応発生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、プルトニウム濃縮缶への供給液の供給停止によりT B P等の分解反応が収束するまでの間の大気中への放射性物質の放出量（セシウム-137換算）を評価する。

セシウム-137への換算係数は、I A E A - T E C D O C - 1162に示される、地表沈着した放射性物質からのガンマ線による外部被ばく及び再浮遊した放射性物質の吸入摂取による内部被ばくに係る実効線量への換算係数について、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を乗じて算出する。

T B P等の錯体の急激な分解反応の発生後に生ずる放射性物質を貯留設備の貯留タンクに貯留することで、外部への放射性物質の放出を低減する。なお、貯留タンクへ貯留する放射性物質は、プルトニウム濃縮缶から貯留タンクへの経路上にある塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の高性能粒子フィルタで除染した廃ガスである。

これらは解析コードを用いずに評価する。

(2) 有効性評価の条件

T B P等の錯体の急激な分解反応の拡大の防止のための措置の有効性評価はプルトニウム濃縮缶を対象に実施する。

主要な評価条件を以下に示す。

a. 事故条件

i. 起回事象

有効性評価の前提となる設計上定める条件より厳しい条件において、T B P等の錯体の急激な分解反応は発生しないため、更に厳しい条件における内部事象として、T B P等の錯体の急激な分解反応の起因となる異常の発生防止に係る安全機能が喪失することで、T B P等を多量に含有する硝酸プルトニウム溶液がプルトニウム濃縮缶に供給され、プルトニウム濃縮缶の加熱設備は加熱蒸気温度がT B P等の錯体の急激な分解反応が発生する温度を超える状況において停止せず、加熱が継続し、硝酸プルトニウム溶液の過濃縮が発生し、沸点が上昇し、T B P等の錯体の急激な分解反応が発生する温度に到達することを想定する。また、運転員による圧力、液位、温度、流量、分析結果の未確認、警報の監視不足及び誤操作の重ね合わせを想定する。

T B P等の錯体の急激な分解反応の発生時におけるプルトニウム濃縮缶内のプルトニウム濃度は800 g / L，T B P量は208 gとして評価する。これは、T B P等の錯体の急激な分解反応の発生する温度を沸点とするプルトニウム溶液の濃度が800 g / Lであること、100% T B Pの水への溶解度、濃縮倍率、T B Pの気相への留出率、プルトニウム濃縮缶の液量より算出したT B P量が208 gであることから設定した値である。

ii. 安全機能の喪失に対する仮定

プルトニウム濃縮缶におけるT B P等の錯体の急激な分解反応の発生防止に係る安全機能として、T B Pの洗浄機能、プルトニウム濃縮缶の加熱設備のT B P等の錯体の急激な分解反応が発生する温度を超える状況に対する加熱停止機能、プルトニウム濃縮缶における過濃縮防止の機能が喪失することを想定し、それ以外の施設は通常状態にあると仮定する。

【補足説明資料 10－5】

b. 重大事故等への対処に関連する機器条件

T B P等の錯体の急激な分解反応の拡大の防止のための措置に使用する機器を第 10.1.2－1 表に示す。また、主要な機器の機器条件を以下に示す。

i. プルトニウム濃縮缶供給槽ゲデオン

内部を減圧することで、溶液を汲み上げ、一定量で送液する設備である。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、自動的にプルトニウム濃縮缶供給槽ゲデオンを停止する。

ii. 蒸気発生器へ蒸気を供給する系統の手動弁

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、蒸気発生器への蒸気の供給を遮断され、プルトニウム濃縮缶の加熱が停止する。

iii. 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）の高性能粒子フィルタ

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) の高性能粒子フィルタは2段で構成し、1段当たりの除染係数は $10^3$ 以上 ( $0.3\mu\text{m}$  DOP粒子) とし、除染係数は $10^5$ とする。

【補足説明資料 10-6】

#### iv. 貯留設備

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つ以上の警報によりTBP等の錯体の急激な分解反応の発生を検知した場合に、1分以内に自動的に塔槽類廃ガス処理系(プルトニウム系)から貯留タンクへの経路が確立され且つ空気圧縮機が起動し、TBP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含む気体が貯留タンクに導出され、貯留完了後に貯留タンクへの経路から通常時の廃ガス処理設備に系統を切替えられるものとする。

貯留設備の貯留タンクは、TBP等の錯体の急激な分解反応の発生を起点として1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を有するものとする。

#### v. 電源設備

電源設備は、1系列当たり精製建屋で最小約120kVAの余裕を有し、TBP等の錯体の急激な分解反応への対処で1系列を用いる。

有効性評価においては、TBP等の錯体の急激な分解反応への対処に用いる設備が必要な電力を供給できる設計としていることから、以下に示す必要な電力を供給できるものとする。

精製建屋のTBP等の錯体の急激な分解反応に対処するための設備：約50kVa

#### c. 重大事故等への対処に関連する操作条件

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発生から 25 分後までに作業を完了できるものとする。

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た後に、塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の排気経路を貯留設備から通常時に切り替える操作は、中央制御室から行う。

#### d. 評価シナリオ

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の発生防止に係る安全機能であるT B Pの洗浄機能、プルトニウム濃縮缶の加熱設備のT B P等の錯体の急激な分解反応が発生する温度を超える状況に対する加熱停止機能、プルトニウム濃縮缶における過濃縮防止の機能が喪失し、各種警報や圧力、温度、密度、分析結果の確認が見逃された状況の中でしたまま供給液の供給及び異常な加熱を継続することにより、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発生後、プルトニウム濃縮缶内に800 g / Lの硝酸プルトニウム溶液は残っていることが考えられる。プルトニウム濃縮缶の加熱は継続しているため、供給液の供給を継続すると、800 g / Lの硝酸プルトニウム溶液と供給液が接触し、加熱部で加熱されることにより、急激ではないが、T B P等の分解反応は継続的に発生することが考えられる。

供給液の供給を速やかに停止するため、プルトニウム濃縮缶におけるT B P等の錯体の急激な分解反応の発生を自動的に検知し、インターロックによりプルトニウム濃縮缶供給槽ゲデオンを停止させ、プルトニウム濃縮缶への供給液の供給を停止する。

プルトニウム濃縮缶におけるT B P等の錯体の急激な分解反応によ

って発生した放射性エアロゾルは、塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の高性能粒子フィルタを経て、塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の排風機に到達する。プルトニウム濃縮缶におけるT B P等の錯体の急激な分解反応の発生を検知し、インターロックにより自動的に貯留タンクへ放射性物質を貯留するための経路を確立し、且つ貯留設備の空気圧縮機が自動的に起動することで、貯留タンクへの放射性物質の貯留を図る。

貯留タンクへの貯留が完了し次第、貯留設備の隔離弁の閉止及び空気圧縮機の停止操作を実施し、塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の隔離弁の開操作及び排風機の起動操作を実施することで、塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）を通常運転時の系統に復旧する。

#### e. 評価条件

プルトニウム濃縮缶のプルトニウム溶液が250 g / Lに至るまでは希釈剤によるT B P洗浄は実施されていたものとし、プルトニウム溶液が250 g / Lに到達後、T B P等の錯体の急激な分解反応の発生防止機能としてT B Pの洗浄機能、プルトニウム濃縮缶の加熱設備のT B P等の錯体の急激な分解反応が発生する温度を超える状況に対する加熱停止機能、プルトニウム濃縮缶における過濃縮防止の機能が喪失することを想定する。

有効性評価における大気中への放射性物質の放出量は、重大事故等が発生するプルトニウム濃縮缶が保有する放射性物質質量に対して、プルトニウム濃縮缶でT B P等の錯体の急激な分解反応が発生し、供給液の供給が停止するまでの期間に、T B P等の錯体の急激な分解反応又はT B P等の分解反応によって気相中に移行する放射性物質の割合、大気中への放出経路における低減割合を乗じて算出する。

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

- i. T B P 等の錯体の急激な分解反応の発生及び供給液の供給停止までの放射性物質の放出量評価

【補足説明資料 10-6】

- (i) プルトニウム濃縮缶を対象に大気中への放射性物質の放出量を評価する。
- (ii) プルトニウム濃縮缶が内包する放射性物質の濃度は、1日当たり処理する使用済燃料の平均燃焼度 $45,000\text{MW d} / \text{t} \cdot U_{PR}$ 、照射前燃料濃縮度 $4.5\text{wt} \%$ 、比出力 $38\text{MW} / \text{t} \cdot U_{PR}$ 、冷却期間15年を基に、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溶液から算出した値とする。
- (iii) プルトニウム濃縮缶が保有する放射性物質量は、(ii)において算出した放射性物質の濃度に機器が内包する溶液の体積を乗じて算出する。
- (iv) T B P 等の錯体の急激な分解反応の発生後、供給液の供給はインターロックにより速やかに停止するが、供給液の供給が停止するまでの時間を1分間とし、1分間に供給され続けた供給液に含まれる放射性物質量を加味して評価する。
- (v) T B P 等の錯体の急激な分解反応により発生する熱量は $1,400\text{kJ} / \text{kg} \cdot \text{T B P}$ とする。
- (vi) T B P 等の錯体の急激な分解反応発生時における放射性物質の気相中への移行率は、爆発事象を想定した実験結果を整理した式のうち最も厳しい結果を与える upper bound とされる計算式から算出した値とし、以下の通りとする。

・プルトニウム濃縮缶内の過濃縮溶液：約 $3.7 \times 10^{-3}$

これは、より厳しい条件として、 $3.5 \text{ MP a}$  を超える圧力をかけた場合における A R F の算出式を用いて評価した結果であり、安全余裕を見込んだ移行率として採用した。

また、T B P 等の錯体の急激な分解反応発生後、供給液の供給停止までの間における放射性物質の気相中への移行率は、爆発事象を想定した実験結果を整理した式の $0.35 \text{ MP a}$  未満における値とし、以下の通りとする。

・ T B P 等の錯体の急激な分解反応発生後、1 分間連続供給時に発生する分：約 $5 \times 10^{-5}$

これは、プルトニウム濃縮缶内に T B P 等が供給液の供給分しか無く、分解反応が発生した場合に、分解生成熱量は小さく、発生ガス量も少ないため、濃縮缶内の圧力の上昇が小さいことから、 $0.35 \text{ MP a}$  未満の圧力をかけた場合における A R F の値を採用した。

**【補足説明資料 10－7】**

- (vii) 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。
- (viii) プルトニウム濃縮缶に内包する溶液で、T B P 等の錯体の急激な分解反応によって発生した放射性物質及び蒸気は、塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の高性能粒子フィルタを経て塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の排風機に到達するものとする。
- (ix) 塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）から放出される放射性エアロゾルに対する塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の高性能粒子フィルタは2段であり、塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の高性能粒子フィルタの放射性エアロゾルの除染係数を1段目は $10^3$ 、2段目は $10^2$

の合計 $10^5$ とし、(ⅳ)と合わせて除染係数は $10^6$ とする。

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、機器に供給される水素掃気用の空気及びT B P 等の錯体の急激な分解反応により発生する分解生成物、加熱が継続することによって発生する蒸気により貯留タンクに導かれ、貯留タンクで貯留されるが、機器に供給される空気と機器内の放射性物質が完全混合状態になると仮定した場合、一定量の放射性物質が貯留タンクに貯留されずに機器内に残留する可能性がある。

このため、機器内に残留する放射性物質の割合は、T B P 等の錯体の急激な分解反応の発生時点においてプルトニウム溶液が沸騰状態にあり、T B P 等の錯体の急激な分解反応発生後は水素掃気用の空気により機器外に放射性物質が移動するとして求めた割合である約6%とする。

### (3) 有効性評価の判断基準

プルトニウム濃縮缶におけるプルトニウム濃度、T B P 量の推移を第T B P 等の錯体の急激な分解反応の拡大の防止のための措置の有効性評価の判断基準は以下のとおりとする。

プルトニウム濃縮缶への供給液の供給を停止することにより、T B P 等の錯体の急激な分解反応の再発を速やかに防止することができること。また、並行して加熱を停止することで異常な運転状態を停止することができ、T B P 等の錯体の急激な分解反応を収束することができること。

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 $100\text{TBq}$ 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。

上記事項の確認にあたっては、プルトニウム濃縮缶への供給液の供給停

止が速やかに完了すること,加熱停止に必要な要員が確保されていること,事態の収束までに大気中へ放出される放射性物質の放出量を有効性評価の評価項目として設定し,貯留設備による放射性物質の貯留に必要な資源及び要員が確保されていることを確認する。

#### (4) 有効性評価の結果

T B P等の錯体の急激な分解反応を検知した場合は,インターロックによりプルトニウム濃縮缶供給槽ゲデオンが停止することで,プルトニウム濃縮缶への供給液の供給をT B P等の錯体の急激な分解反応発生後1分以内に停止することができるため,プルトニウム濃縮缶内の濃縮液と供給液との混合液の加熱によるT B P等の分解反応によって発生する放射性物質を低減することが可能である。

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分以内で完了するため,加熱を停止することが可能である。

放射性物質の放出量について,塔槽類廃ガス処理系(プルトニウム系)の高性能粒子フィルタにより放射性エアロゾルを除去することで, $5 \times 10^{-4}$  T B qとなり,事態の収束までに主排気筒から大気中へ放出される放射性物質の吸入による敷地境界外の被ばく線量は,約 $4 \times 10^{-4}$  m S vである。貯留設備への放射性物質の貯留を自動的に実施することにより,主排気筒から大気中への放射性物質の放出量を実行可能な限り低減することができる。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10.1.2-2表及び第10.1.2-3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10.1.2-1図に示す。

以上より、T B P等の錯体の急激な分解反応の発生後、速やかに供給液の供給を停止することにより、プルトニウム濃縮缶内の濃縮液と供給液との混合液の加熱によるT B P等の分解反応によって発生する放射性物質を低減することができ、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を収束する事ができる。

また、高性能粒子フィルタにより放射性エアロゾルを除去することにより、主排気筒から大気中への放射性物質の放出量（セシウム-137換算）が100T B qを下回ることから、T B P等の錯体の急激な分解反応による大気中への放射性物質の異常な水準の放出を防止することができる。

(5) 評価条件の不確かさの影響評価

a. 実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響

T B P等の錯体の急激な分解反応への対処における実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響は、T B P等の錯体の急激な分解反応の発生を検知後直ちに自動及び手動によるT B P等の錯体の急激な分解反応への対策を開始することとしており、実施組織要員の操作の時間余裕には影響を与えない。

また、T B P等の錯体の急激な分解反応は内部事象を起因としており、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。

b. 評価項目に与える影響

T B P等の錯体の急激な分解反応への対処に要する時間に与える影響は、「a. 実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響」に記載したとおりである。

大気中への放射性物質の放出量に与える影響については、以下の「(a)

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」に示すとおりである。

【補足説明資料10-8】

(a) 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。

i. プルトニウム濃縮缶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、プルトニウム濃縮缶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MARとして設定する。

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. 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

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を算出する際に使用した式は、NUREG/CR-6410における爆発事象を想定した実験結果を整理した式のうち最も厳しい結果を与えるupper boundとされる計算式を使用しており、設定したARFが最大値であることから、実験結果に対するbest fitの計算式との比較により、実際には1桁程度の下振れを有する。

一方、この式にはT B P等の錯体の急激な分解反応による発生エネルギーを算出する必要があり、T B P等の錯体の急激な分解反応により発生

する熱量は、引用する分解反応によって発生する単位T B P量あたりの熱量によっては1桁未満の上振れを有する。また、T B Pの水への溶解度の幅を考慮すると、条件によっては1桁未満の上振れを有する可能性がある。

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

iii. T B P等の錯体の急激な分解反応が発生後の供給液の供給時間

T B P等の錯体の急激な分解反応を検知後、インターロックにより自動的にプルトニウム濃縮缶供給槽ゲデオンは停止するため、供給液の供給は速やかに停止することから、供給液の供給が停止するまでの時間には1桁未満の下振れがある。

iv. T B P等の錯体の急激な分解反応が発生後、連続供給時に発生する放射性物質

T B P等の錯体の急激な分解反応が発生するプルトニウム濃度は800 g/Lであり、プルトニウム溶液の粘性は高いと考えられ、この濃度での実験結果はないことから、気液分離部から加熱部への流動については不確かさが存在する。また、800 g/Lのプルトニウム溶液と供給液の混合液が加熱されることによる分解反応の発生についても不確かさが存在する。それぞれ、分解反応が発生することを前提とした設定した値であることから、体系に起因した不確かさとして1桁未満の下振れを有する。

v. 放出経路構造物による放射性物質の除染係数

プルトニウム濃縮缶から塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の排風機までの経路上のプルトニウム精製設備及び塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の配管は、曲がり部が多く、数十m以上の長い配管及び複数の機器で構成されることから、放射性物質を大気中へ押し出すエネルギーの減衰や放射性エアロゾルの沈着による除去が期待できる。

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について、プルトニウム精製設備及び塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の構造的な特徴による除去により設定値に対して1桁程度の上振れを有する。

一方、粒子径分布によっては、設定値に対して1桁程度の下振れを有する可能性がある。

#### vi. 貯留タンクへの放射性物質の貯留割合

T B P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、水素掃気用の空気のみ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、貯留設備への貯留量は1桁未満の上振れを有する可能性がある。

#### c. 評価結果

評価条件の不確かさの影響評価の範囲として、実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響及び評価項目に与える影響を確認した。

評価条件の不確かさが実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響は無いことを確認した。

また、大気中への放射性物質の放出量評価では、放出量算出において

考慮する各パラメータに上振れ又は下振れする可能性があるものの、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ことを確認した。

(6) 必要な要員及び資源の評価

a. 必要な要員の評価

TBP等の錯体の急激な分解反応において、プルトニウム濃縮缶への供給液の供給停止後の液位監視、加熱停止及び温度の監視、貯留設備への放射性物質の貯留時の監視、及び塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）を通常時の放出経路へ復旧させる操作に必要な要員は7名であり、実施組織要員で実施可能である。

b. 必要な資源の評価

起因事象及び安全機能の喪失に対する仮定に記載したとおり、プルトニウム濃縮缶におけるTBP等の錯体の急激な分解反応は、動的機器の機能喪失及び人為的な過失の重畳を起因として発生することから、電源等については平常時と同様に使用可能である。

(7) 判断基準への適合性の検討

TBP等の錯体の急激な分解反応の拡大の防止のための措置として、プルトニウム濃縮缶においてTBP等の錯体の急激な分解反応が発生した場合でのプルトニウム濃縮缶への供給液の供給を停止する手段、プルトニウム濃縮缶を加熱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手段、貯留設備へ放射性物質を貯留する手段及び塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）を通常時の放出経路へ復旧する手段を整備しており、これ

らの対策について有効性評価を行った。

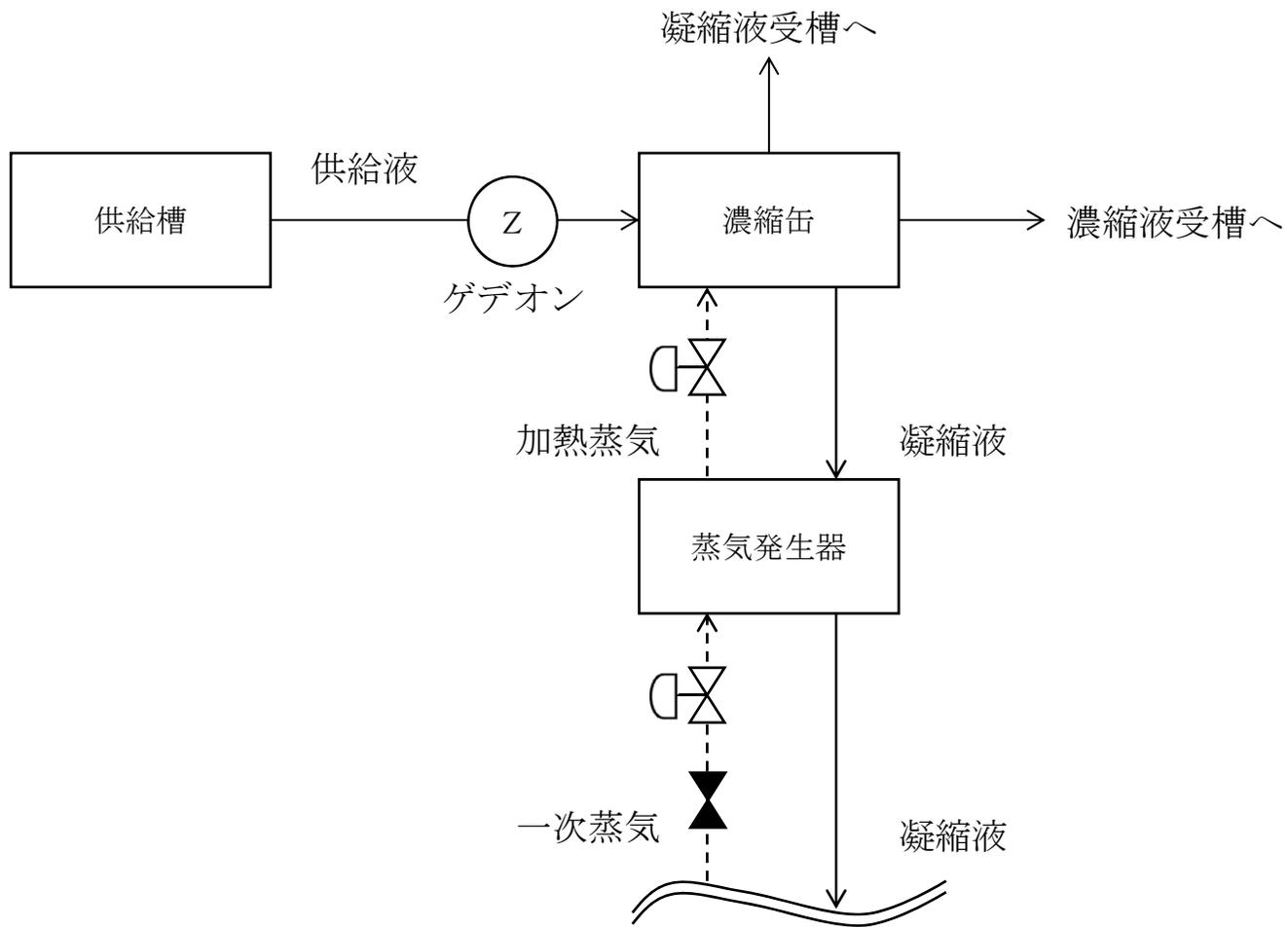
プルトニウム濃縮缶への供給液の供給は、T B P等の錯体の急激な分解反応を検知後、インターロックにより速やかに停止することができる。

プルトニウム濃縮缶への加熱は、T B P等の錯体の急激な分解反応を検知後、プルトニウム濃縮缶を加熱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停止することができる。

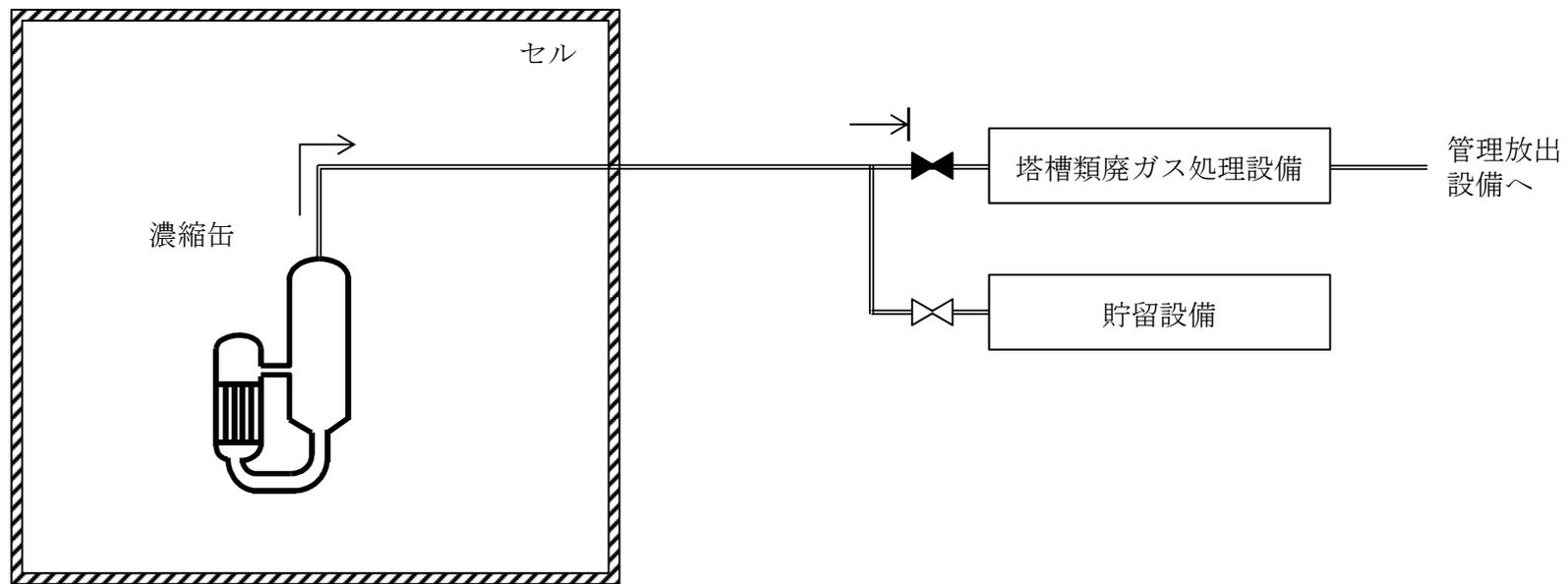
放射性物質を塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の高性能粒子フィルタで除去することにより、大気中へ放出される放射性物質の放出量（セシウム-137換算）は、約 $5 \times 10^{-4}$  T B qである。貯留設備による放射性物質の貯留を高ずることにより、T B P等の錯体の急激な分解反応による大気中への放射性物質の放出量（セシウム-137換算）は、約 $3 \times 10^{-5}$  T B qであり、設定した貯留設備による放射性物質の貯留の評価に用いるパラメータの不確かさの幅を考慮しても、100 T B qを下回る。このため、有効性評価で示す大気中への放射性物質の放出量は妥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。

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

以上より、「(3) 有効性評価の判断基準」を満足する。



第10-1図 拡大防止対策の概要図



第10-2図 異常な水準の放出防止対策の概要図（貯留設備への導出）  
（精製施設のプルトニウム精製設備のプルトニウム濃縮缶）

第 10-1 表 プルトニウム濃縮缶への供給液の供給停止及び加熱停止における手順と設備の関係

	判断及び操作	手順	重大事故等対処施設		
			常設重大事故等対処設備	可搬型重大事故等対処設備	計装設備
a.	T B P 等の錯体の急激な分解反応の発生検知及び重大事故等の判断	・プルトニウム濃縮缶圧力計における圧力高高警報の発報，プルトニウム濃縮缶気相部温度高警報及びプルトニウム濃縮缶液相部温度高警報の 3 つのうち 2 つ以上の警報により，T B P 等の錯体の急激な分解反応の発生を判断し，重大事故等対策として以下の b. に移行する。	・プルトニウム濃縮缶圧力計 ・プルトニウム濃縮缶気相部温度計 ・プルトニウム濃縮缶液相部温度計	—	—
b.	供給液の供給停止	・ <u>プルトニウム濃縮缶供給槽ゲデオンの停止によりプルトニウム濃縮缶への供給が停止したことをプルトニウム濃縮缶供給槽液位計により確認する。</u>	・プルトニウム濃縮缶供給槽ゲデオン ・プルトニウム濃縮缶供給槽液位計	—	—

(つづき)

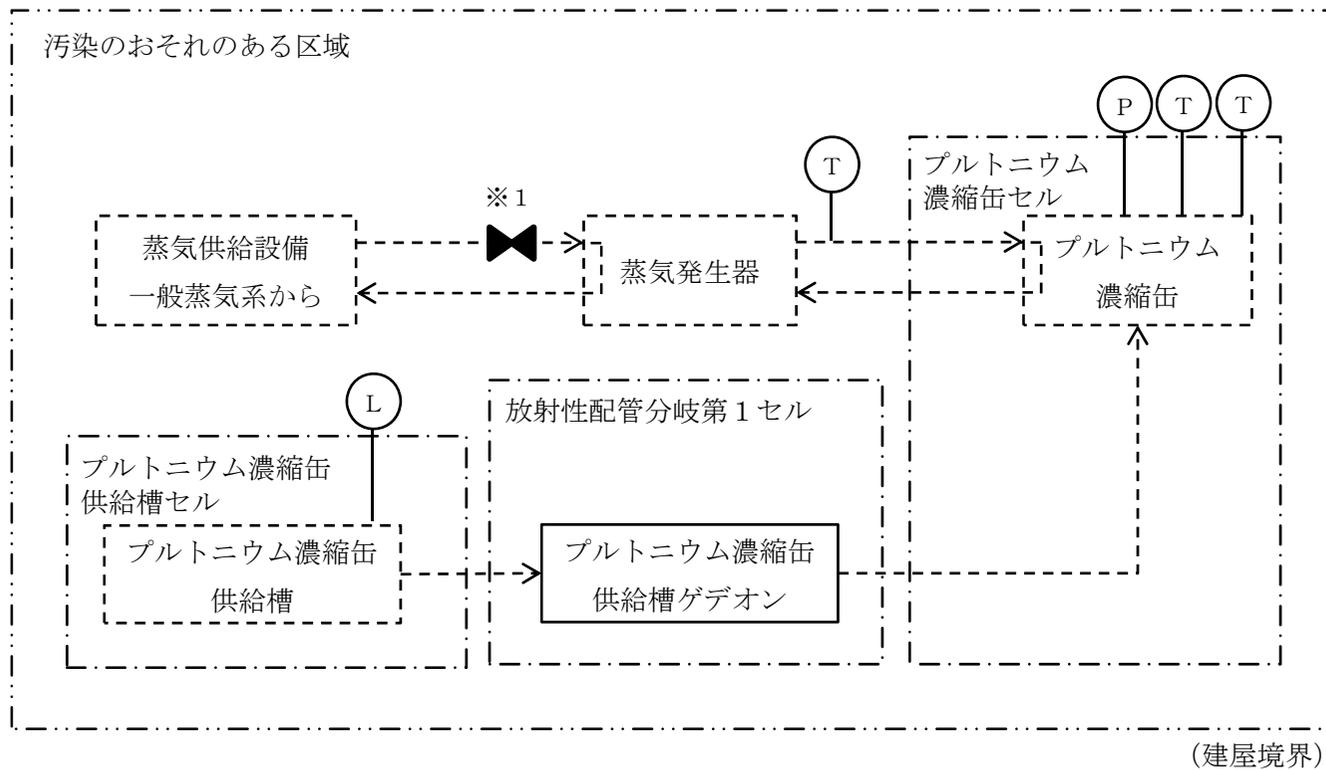
	判断及び操作	手順	重大事故等対処施設		
			常設重大事故等対処設備	可搬型重大事故等対処設備	計装設備
c.	プルトニウム濃縮缶への加熱蒸気の供給停止	<ul style="list-style-type: none"> <li>蒸気発生器へ蒸気を供給する系統の手動弁の閉止操作を実施する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>蒸気発生器へ蒸気を供給する系統の手動弁</li> </ul>	—	—
		<ul style="list-style-type: none"> <li>プルトニウム濃縮缶加熱蒸気温度計により、プルトニウム濃縮缶への蒸気の供給が停止したことを確認する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>プルトニウム濃縮缶加熱蒸気温度計</li> </ul>	—	—

第 10.1.1-2 表 貯留タンクへの放射性物質の貯留における手順と設備の関係

	判断及び操作	手順	重大事故等対処施設		
			常設重大事故等対処設備	可搬型重大事故等対処設備	計装設備
a.	T B P 等の錯体の急激な分解反応の発生検知及び重大事故等の判断	<ul style="list-style-type: none"> <li>プルトニウム濃縮缶圧力計における圧力高 <u>高警報の発報</u>, プルトニウム濃縮缶気相部温 <u>度高警報及びプルトニウム濃縮缶液相部温 度高警報の3つのうち2つ以上の警報</u>によ り, T B P 等の錯体の急激な分解反応の発生 を判断し, 重大事故等対策として以下の b. に移行する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>プルトニウム濃縮缶圧力計</li> <li>プルトニウム濃縮缶気相部温度計</li> <li>プルトニウム濃縮缶液相部温度計</li> </ul>	—	—
b.	<u>貯留タンクへの放射性物質の貯留対策</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li><u>貯留タンク内に放射性物質を含む廃ガスが入 っていることを確認するため, 流量及び圧力 を監視する。</u></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>貯留設備の圧力計</li> <li>貯留設備の流量計</li> <li>中央制御室の監視制御盤</li> </ul>	—	—
c.	<u>貯留タンクへの放射性物質の貯留対策完了判断</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>T B P 等の錯体の急激な分解反応発生から1 時間が経過し, 貯留タンク内の圧力が規定の 圧力に達した場合に, 貯留設備の隔離弁を閉 止し, 貯留設備の空気圧縮機を停止する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>貯留設備の隔離弁</li> <li>貯留設備の空気圧縮機</li> <li>中央制御室の監視制御盤</li> </ul>	—	—

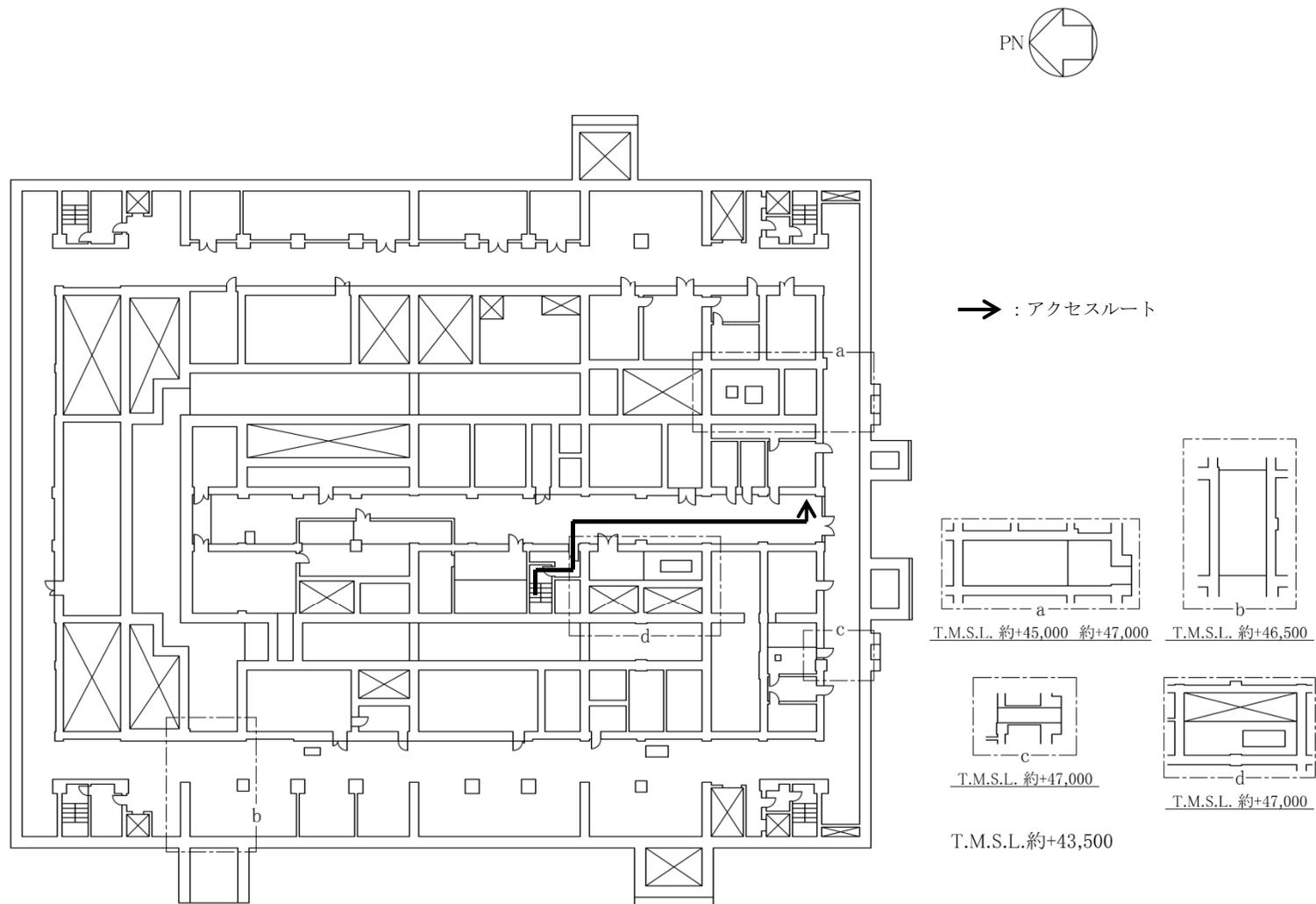
(つづき)

	判断及び操作	手順	重大事故等対処施設		
			常設重大事故等対処設備	可搬型重大事故等対処設備	計装設備
d.	貯留タンクへの導出後の塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）による換気再開	<ul style="list-style-type: none"> <li>貯留タンクへの放射性物質の導出完了後、塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の隔離弁の開操作を行い、塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の排風機を再起動して、高い除染能力が期待できる通常時の放出経路に復旧し、管理された状態において放出する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の高性能粒子フィルタ</li> <li>塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の隔離弁</li> <li>塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）の排風機</li> <li>中央制御室の計測制御装置の中央制御室の監視制御盤</li> </ul>	—	—

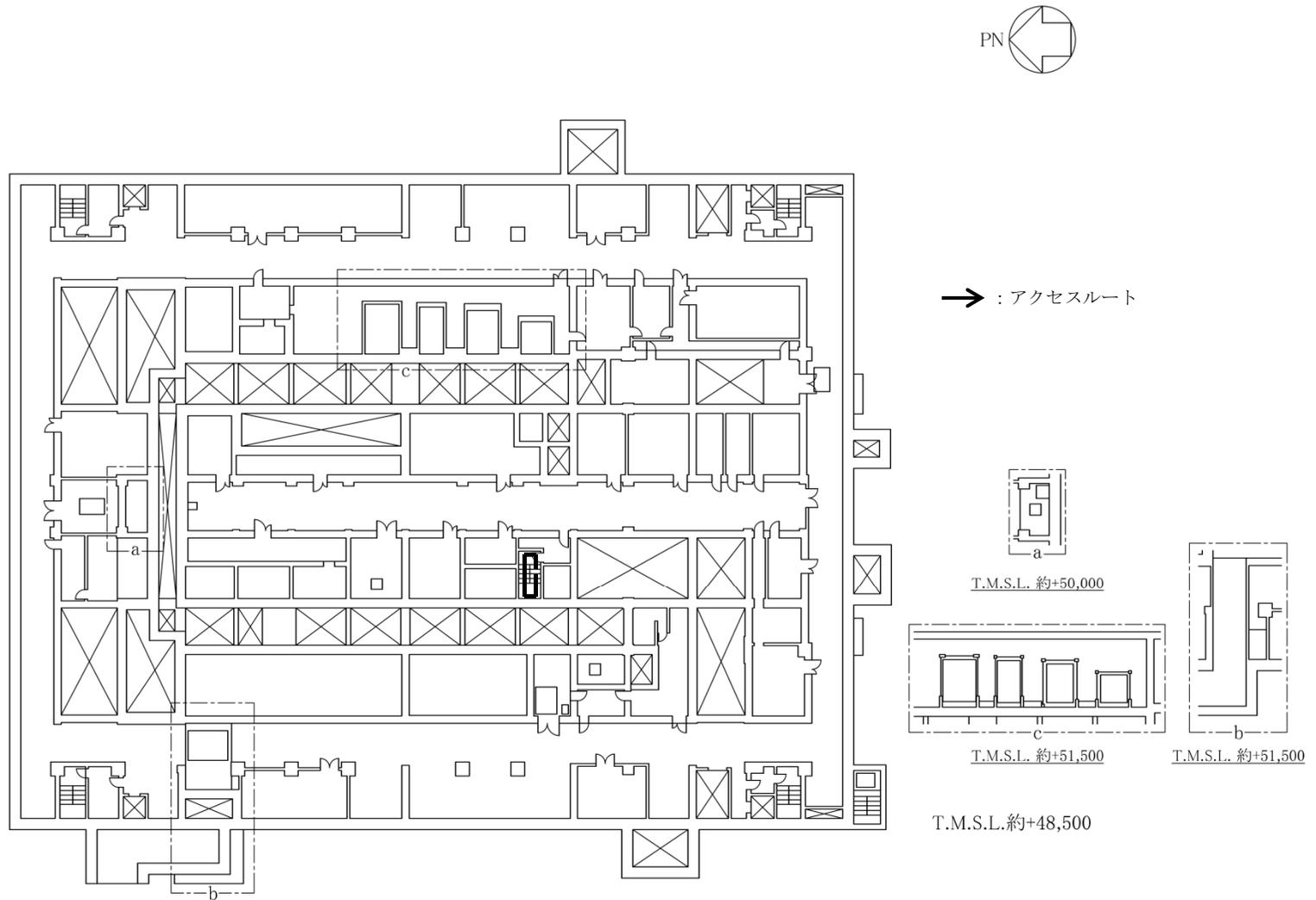


※1 精製施設のプルトニウム精製設備

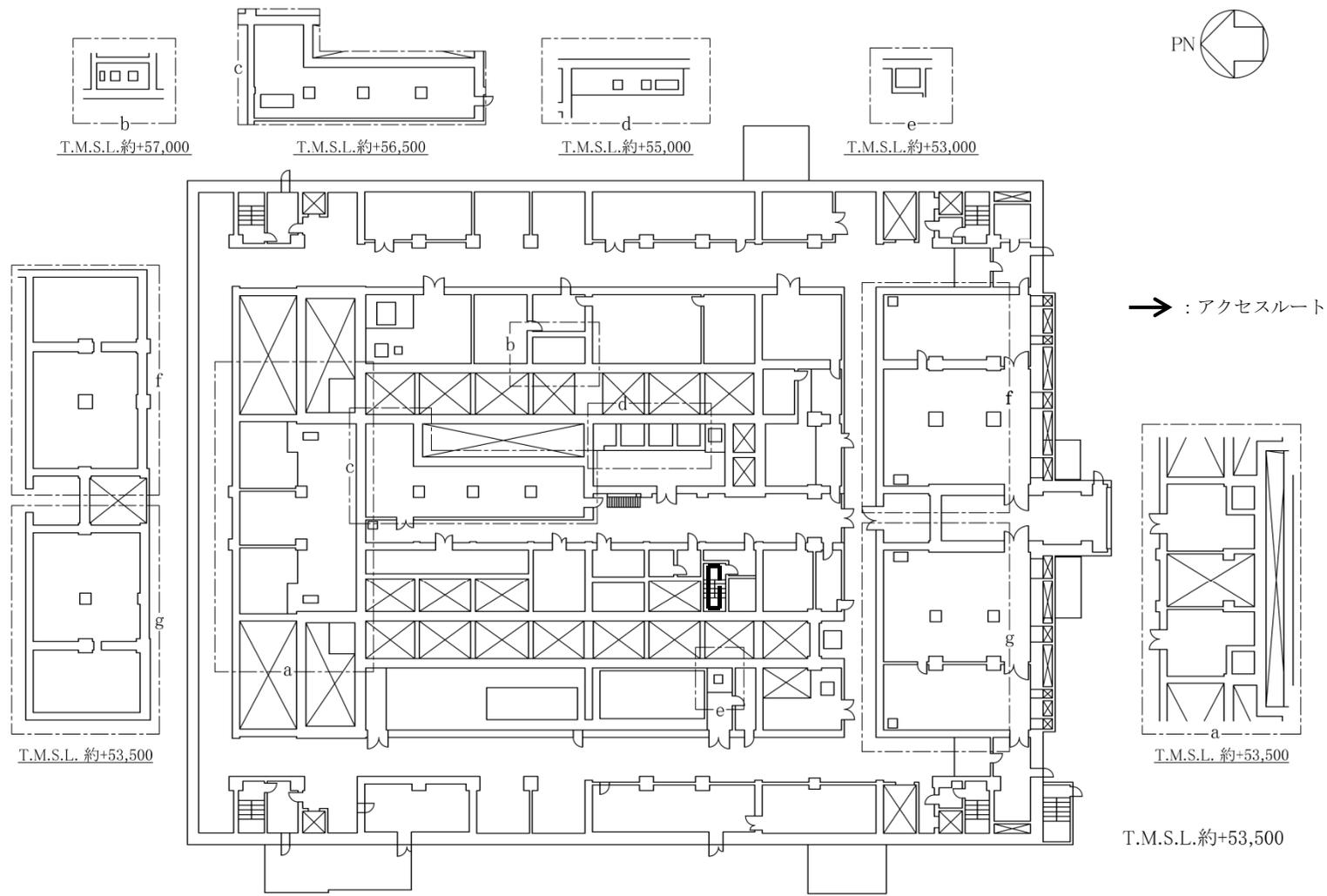
第10.1.1-1 図 TBP等の錯体の急激な分解反応に対処するための設備の系統概要図  
(TBP等の錯体の急激な分解反応収束設備)



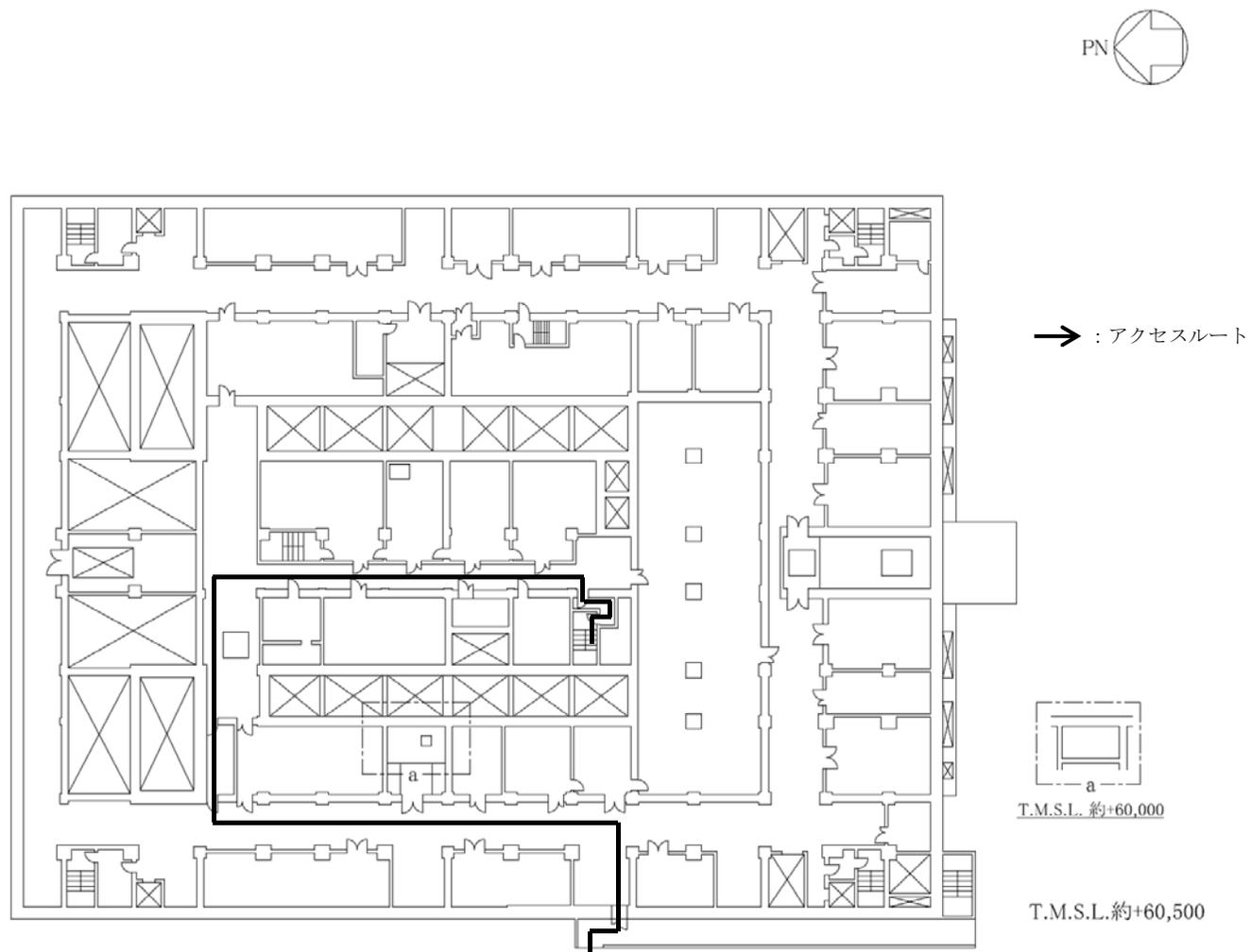
第10.1.1-2図 「精製施設のプルトニウム精製設備のプルトニウム濃縮缶のTBP等の錯体の急激な分解反応」の拡大防止対策のアクセスルート 精製建屋（西ルート）（地下2階）



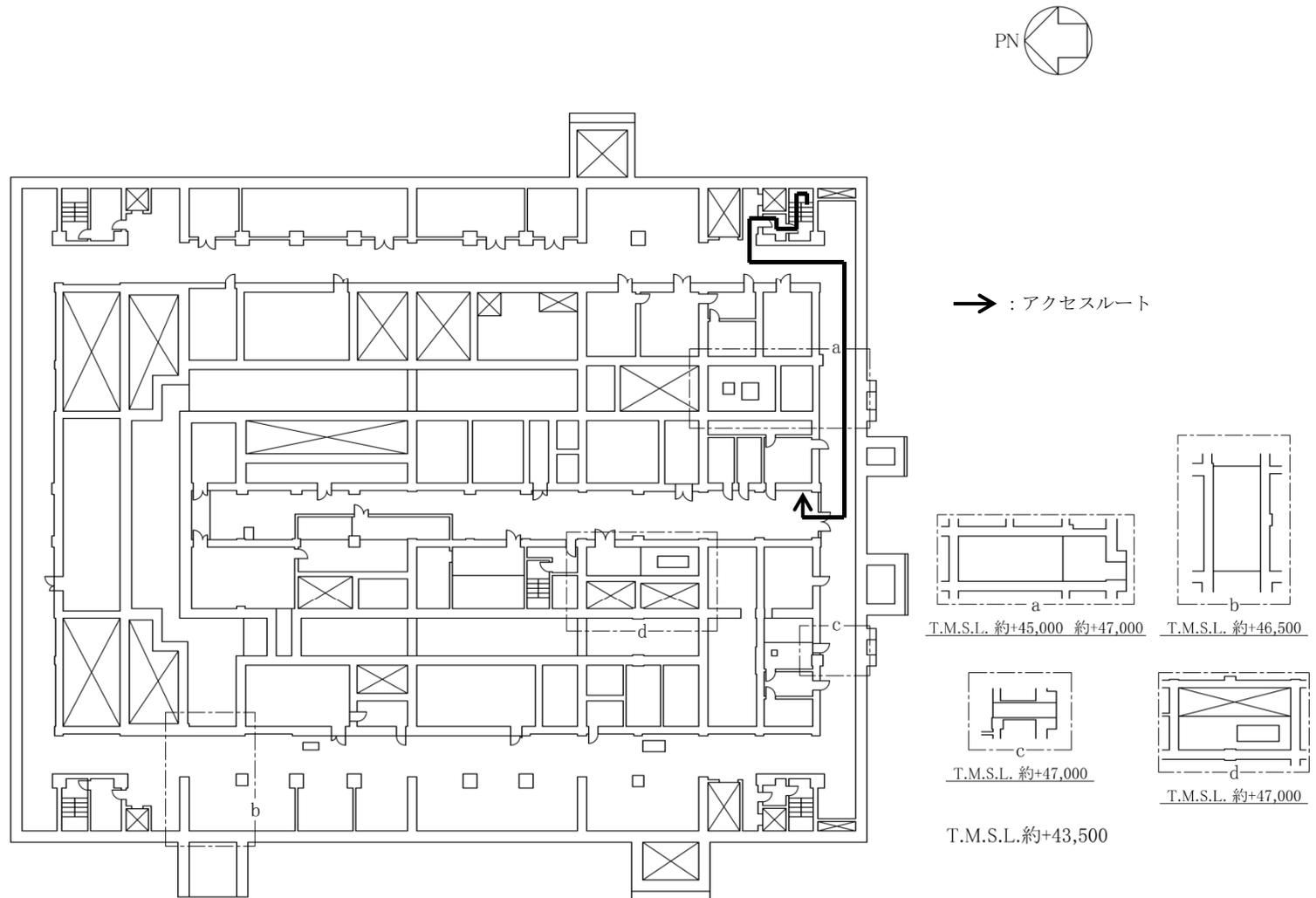
第10.1.1-3図 「精製施設のプルトニウム精製設備のプルトニウム濃縮缶のTBP等の錯体の急激な分解反応」の拡大防止対策のアクセスルート 精製建屋（西ルート）（地下1階）



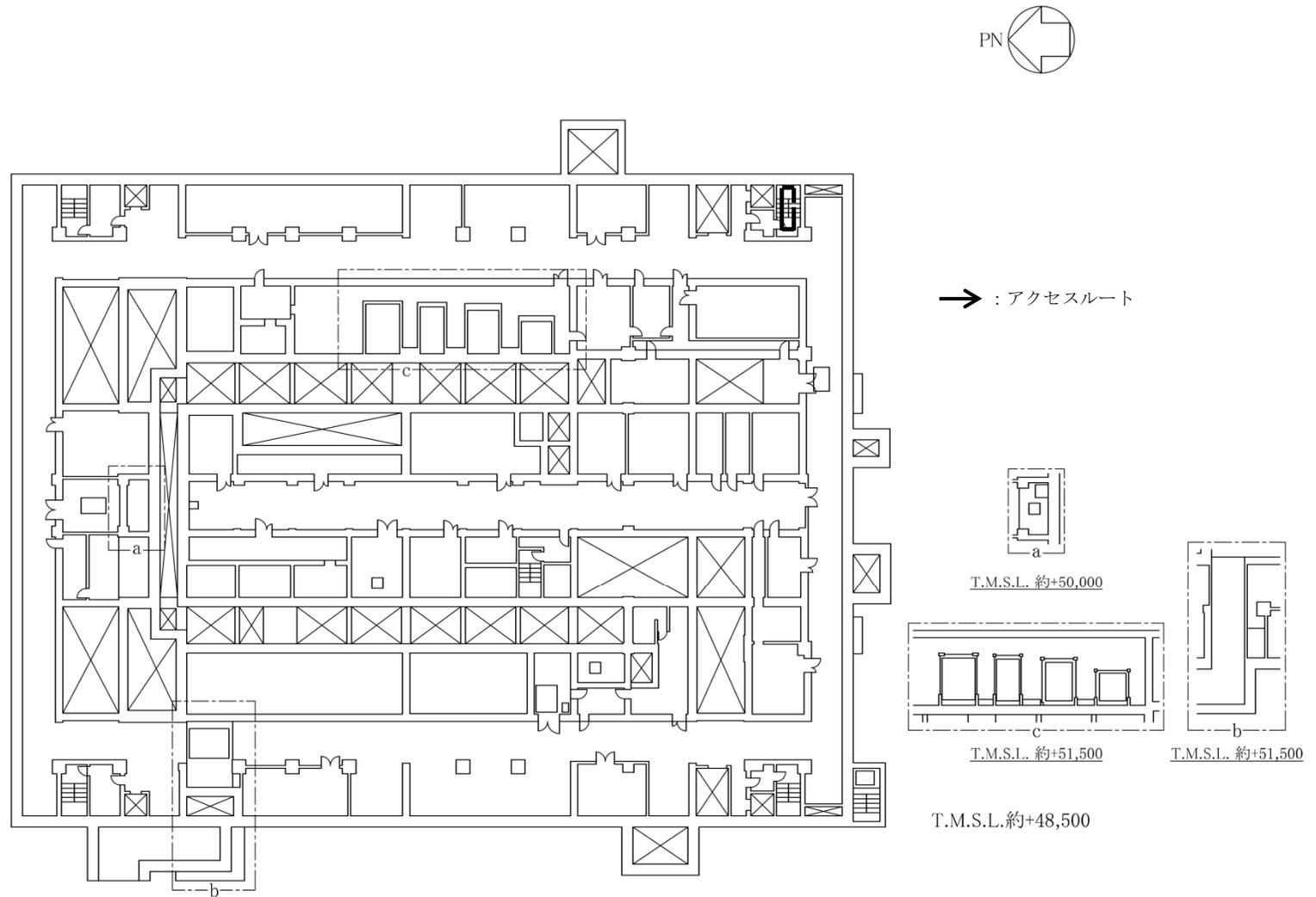
第10.1.1-4図 「精製施設のプルトニウム精製設備のプルトニウム濃縮缶のT B P等の錯体の急激な分解反応」の拡大防止対策のアクセスルート 精製建屋（西ルート）（地上1階）



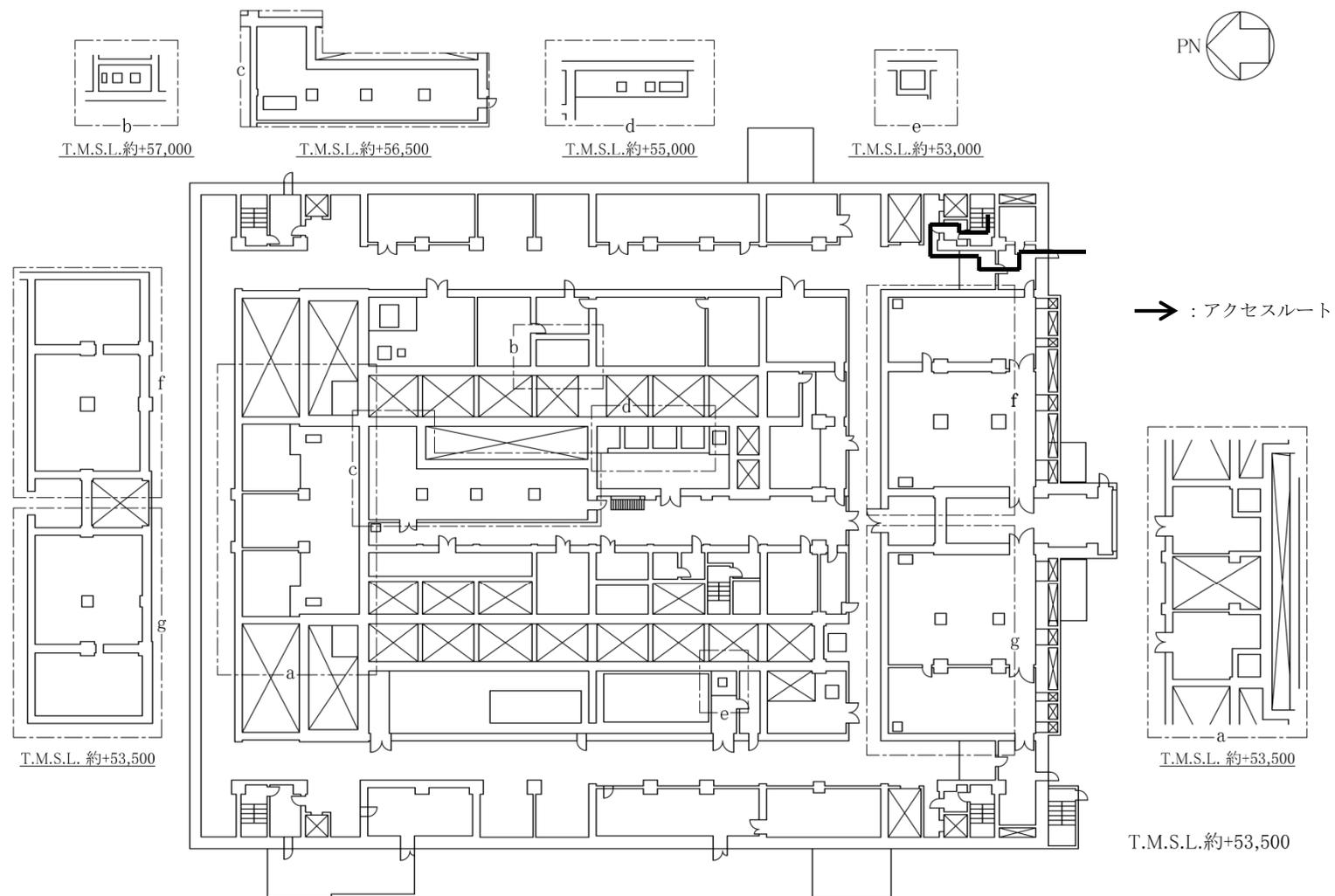
第10.1.1-5図 「精製施設のプルトニウム精製設備のプルトニウム濃縮缶のTBP等の錯体の急激な分解反応」の拡大防止対策のアクセスルート 精製建屋（西ルート）（地上2階）



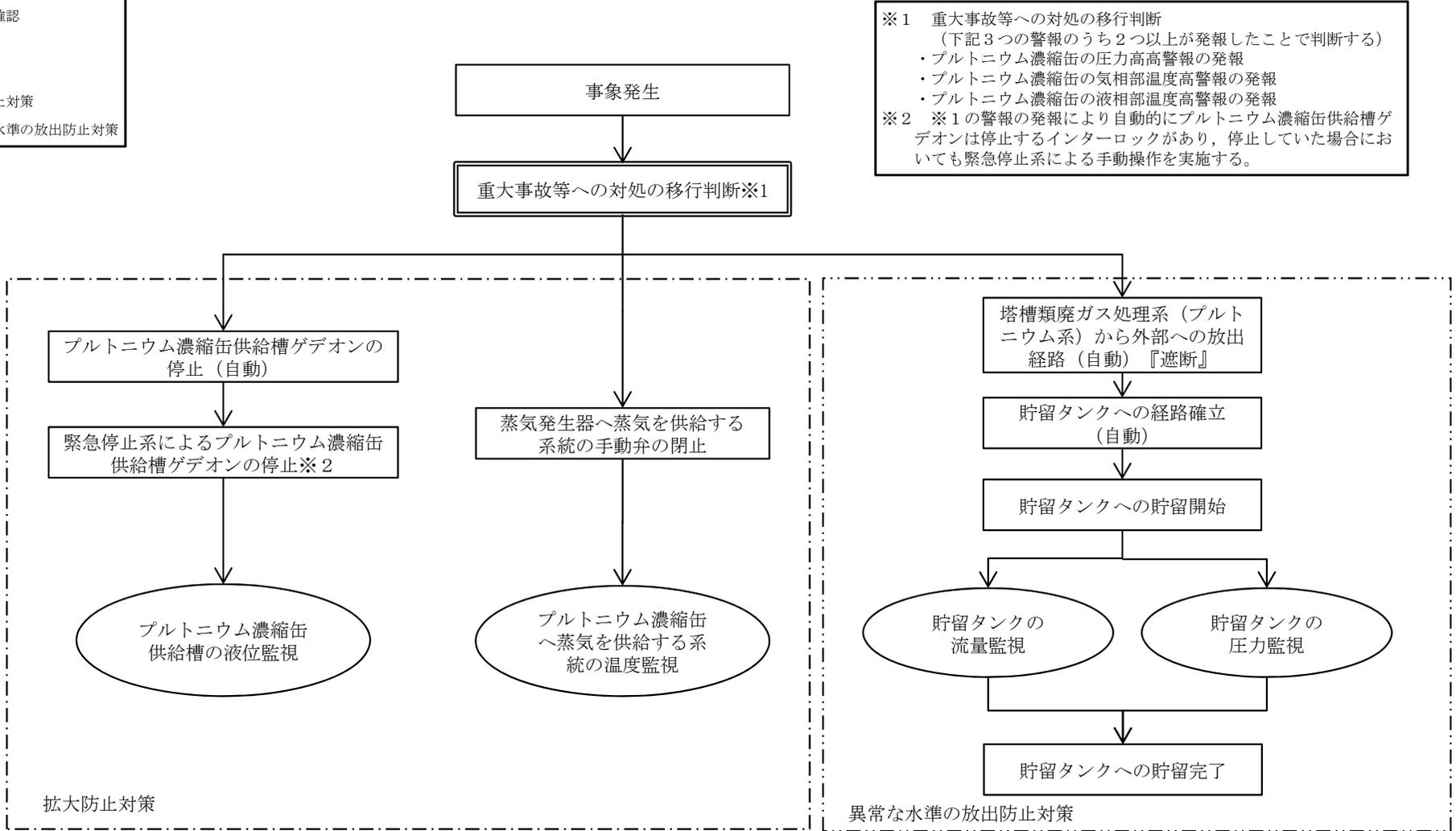
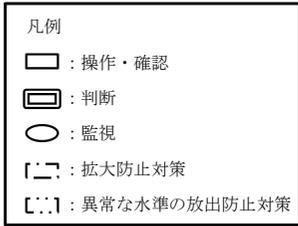
第10.1.1-6図 「精製施設のプルトニウム精製設備のプルトニウム濃縮缶のTBP等の錯体の急激な分解反応」の拡大防止対策のアクセスルート 精製建屋（南ルート）（地下2階）



第10.1.1-7図 「精製施設のプルトニウム精製設備のプルトニウム濃縮缶のTBP等の錯体の急激な分解反応」の拡大防止対策のアクセスルート 精製建屋（南ルート）（地下1階）



第10.1.1-8図 「精製施設のプルトニウム精製設備のプルトニウム濃縮缶のTBP等の錯体の急激な分解反応」の拡大防止対策のアクセスルート 精製建屋（南ルート）（地上1階）



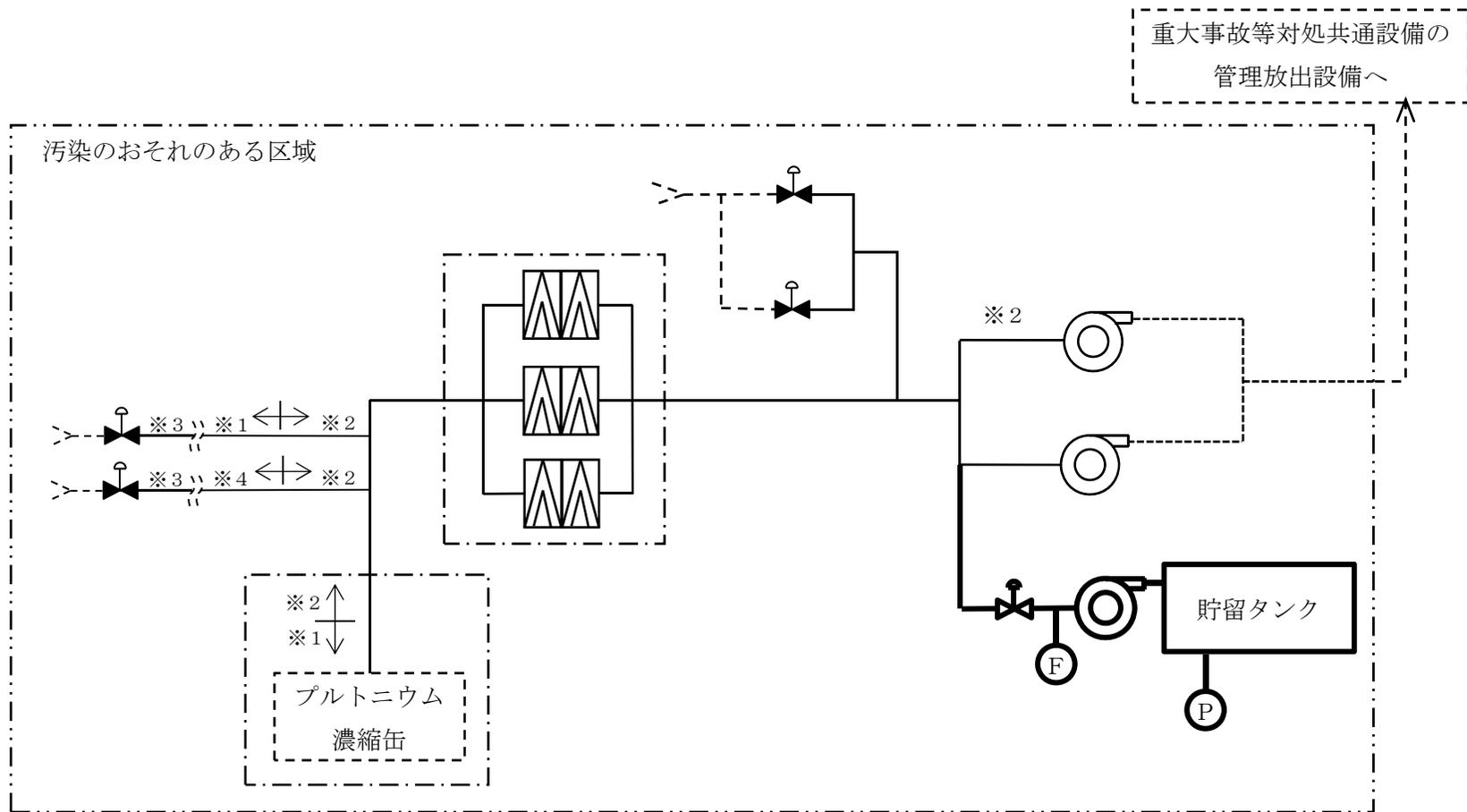
※1 重大事故等への対処の移行判断  
 (下記3つの警報のうち2つ以上が発報したことで判断する)  
 ・プルトニウム濃縮缶の圧力高高警報の発報  
 ・プルトニウム濃縮缶の気相部温度高警報の発報  
 ・プルトニウム濃縮缶の液相部温度高警報の発報

※2 ※1の警報の発報により自動的にプルトニウム濃縮缶供給槽ゲデオンは停止するインターロックがあり、停止していた場合においても緊急停止系による手動操作を実施する。

第10.1.1-9 図 「精製建屋におけるプルトニウム精製設備のプルトニウム濃縮缶のTBP等の錯体の急激な分解反応」の手順の概要

対策	作業		要員数		経過時間 (分)												備考		
					0:10	0:20	0:30	0:40	0:50	1:00									
					▽事象発生														
拡大防止	発生検知	・プルトニウム濃縮缶の圧力高高警報, プルトニウム濃縮缶の気相部温度高警報及びプルトニウム濃縮缶の液相部温度高警報のうち2つが発報した場合にT B P等の錯体の急激な反応分解の発生を判断	建屋 責任者	1	0:01														
	液位監視	・プルトニウム濃縮缶供給槽液位の監視	A, B	2															
	加熱蒸気の供給停止	・蒸気発生器へ蒸気を供給する系統の手動弁の閉止	C, D	2															
	温度監視	・加熱蒸気温度の監視	A, B	2															

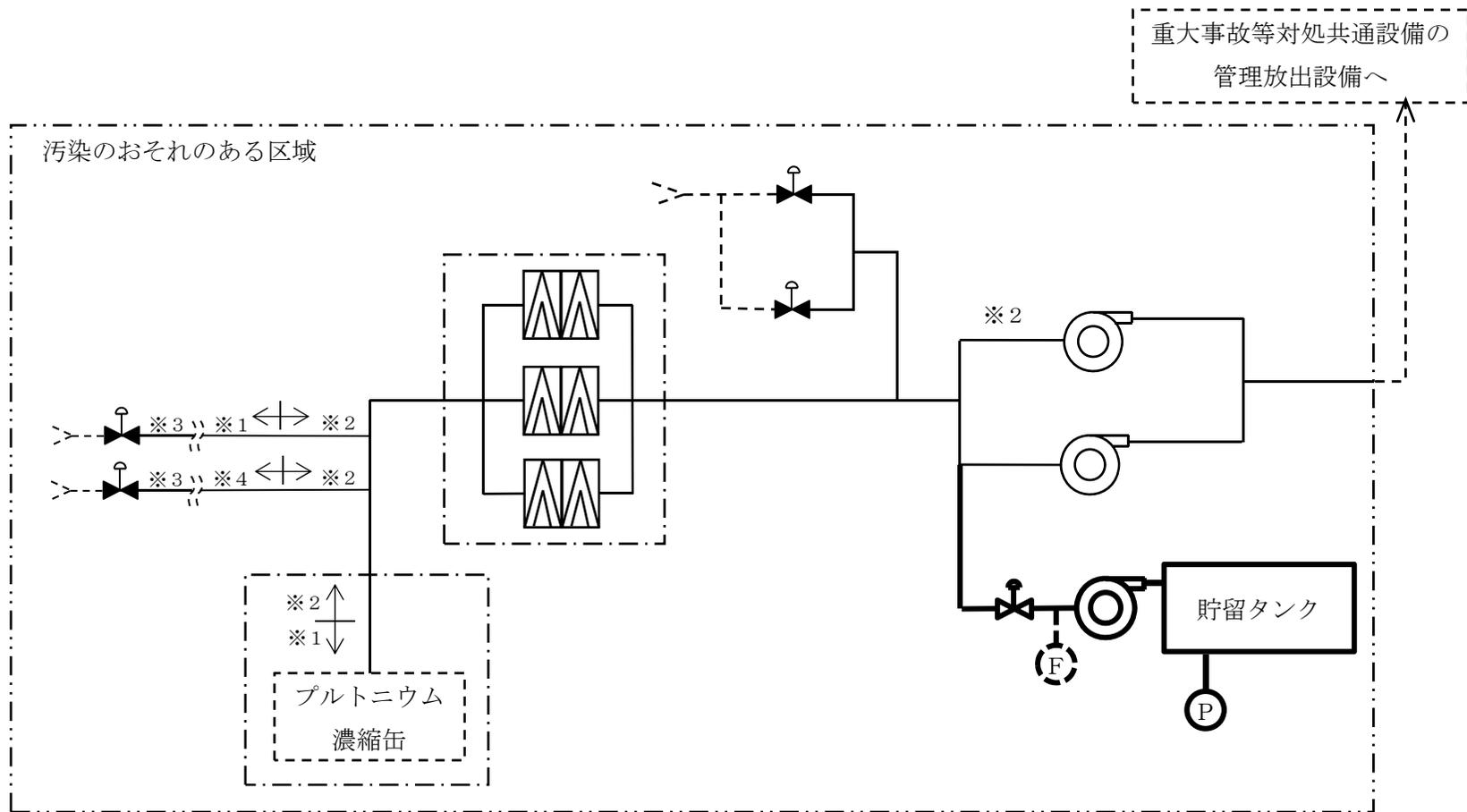
第10.1.1-10図 「精製建屋のプルトニウム精製設備のプルトニウム濃縮缶のT B P等の錯体の分解反応」のプルトニウム濃縮缶への供給を停止するための設備と加熱蒸気の供給を停止するための設備の作業と所要時間



(建屋境界)

- ※1 精製施設のプルトニウム精製設備
- ※2 気体廃棄物の廃棄施設の塔槽類廃ガス処理設備の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）
- ※3 その他再処理施設の付属設備の蒸気供給設備の一般蒸気系
- ※4 精製施設の精製建屋一時貯留処理設備

第10.1.1-11図 TBP等の錯体の急激な分解反応に対処するための設備の系統概要図  
(換気系統遮断・貯留設備) (プルトニウム濃縮缶)



- ※1 精製施設のプルトニウム精製設備
- ※2 気体廃棄物の廃棄施設の塔槽類廃ガス処理設備の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）
- ※3 その他再処理施設の附属設備の蒸気供給設備の一般蒸気系
- ※4 精製施設の精製建屋一時貯留処理設備

第10.1.1-12図 TBP等の錯体の急激な分解反応に対処するための設備の系統概要図  
(放出影響緩和設備)

対策	作業	要員数	経過時間 (分)												備考		
			0:10	0:20	0:30	0:40	0:50										
異常な水準の放出防止対策	貯留設備による放射性物質の貯留	・ プルトニウム濃縮缶の圧力高高警報, プルトニウム濃縮缶の気相部温度高警報及びプルトニウム濃縮缶の液相部温度高警報のうち2つが発報した場合にT B P等の錯体の急激な反応分解の発生を判断	建屋責任者	1	0:01												
	貯留状況確認	・ 貯留タンク内圧力及び流量の監視	E, F	2													
	放出経路構築	・ 貯留タンク内圧力が規定圧力になったことにより、貯留設備の隔離弁を閉止する	A, B	2									0:01				
		・ 塔槽類廃ガス処理系 (プルトニウム系) の隔離弁の操作	A, B	2									0:05				
		・ 塔槽類廃ガス処理系 (プルトニウム系) の排風機の起動	A, B	2								0:05					

第10.1.1-13図 「精製建屋のプルトニウム精製設備のプルトニウム濃縮缶のT B P等の錯体の分解反応」  
貯留設備による放射性物質の貯留に使用する設備と放出低減対策に使用する設備の作業と所要時間

第10.1.2-1表 TBP等の錯体の急激な分解反応の対処に必要な設備

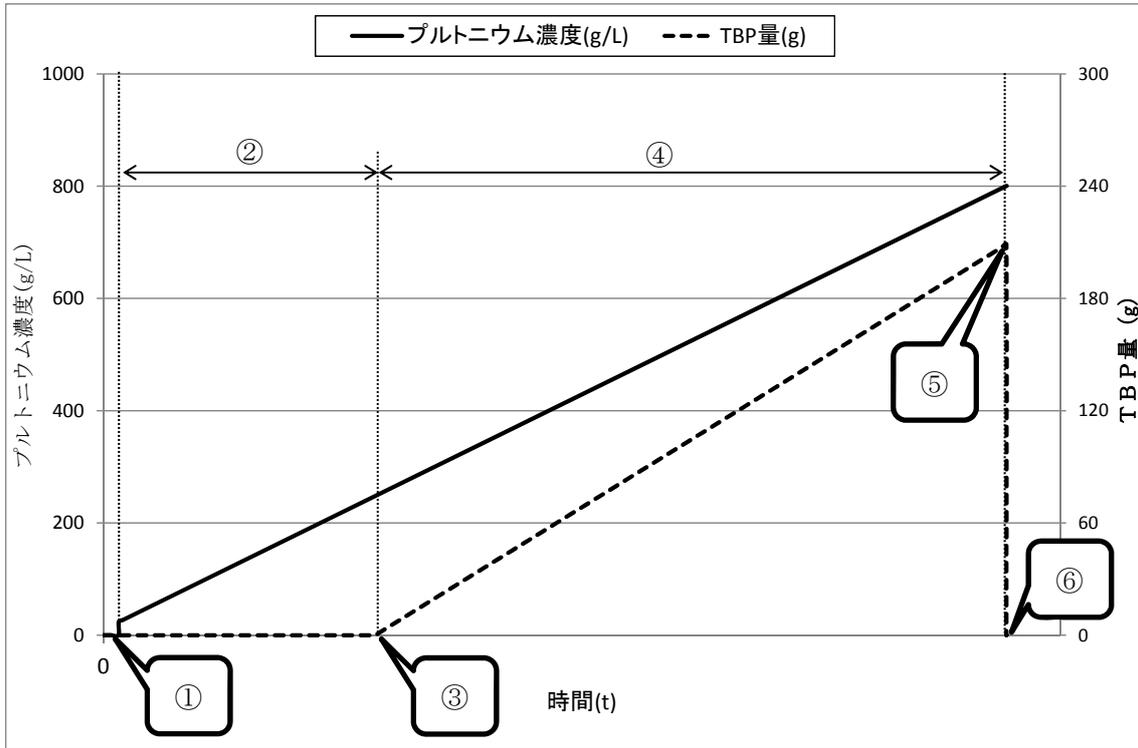
機器グループ	設備		TBP爆発に対処するための措置				
			プルトニウム濃縮缶への供給停止		加熱蒸気の供給停止	貯留設備による放射性物質の滞留	放出低減対策
	設備名称	構成する機器	重大事故等対処設備	自主対策設備	重大事故等対処設備	重大事故等対処設備	重大事故等対処設備
精製建屋 プルトニウム濃縮缶	計測制御系統施設	緊急停止操作スイッチ(精製施設用) (電路含む)	×	○	×	×	×
		緊急停止系(精製建屋) (工程制御盤、電路含む)	×	○	×	×	×
		監視制御盤(精製建屋)	○	×	○	○	○
		プルトニウム濃縮缶供給槽液位計	○	×	×	×	×
		プルトニウム濃縮缶圧力計	○	×	○	○	×
		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	○	×	○	○	×
		プルトニウム濃縮缶加熱蒸気温度計	×	×	○	×	×
	プルトニウム精製設備	プルトニウム精製設備配管・弁[流路]	○	×	○	○	○
		プルトニウム濃縮缶供給槽ゲデオン 蒸気発生器へ蒸気を供給する系統の手动弁	×	×	×	×	×
	精製建屋 塔槽類廃ガス処理設備	精製建屋塔槽類廃ガス処理設備 (プルトニウム系)主配管・弁[流路]	×	×	×	○	○
		高性能粒子フィルタ	×	×	×	○	○
		隔離弁	×	×	×	○	×
		排風機	×	×	×	○	×
	-	貯留設備の主配管・弁[流路]	×	×	×	○	○
		貯留設備の隔離弁	×	×	×	○	○
		貯留設備の空気圧縮機	×	×	×	○	×
		貯留設備の貯留タンク	×	×	×	○	○
		貯留設備の圧力計	×	×	×	○	○
		貯留設備の流量計	×	×	×	○	×

第10.1.2-2表 「精製施設のプルトニウム精製設備のプルトニウム濃縮  
缶のTBP等の錯体の急激な分解反応」時の放射性物質の  
放出量

核種	放出量(Bq)
Pu-238	$1.3 \times 10^7$
Pu-239	$1.2 \times 10^6$
Pu-240	$2.0 \times 10^6$
Pu-241	$2.7 \times 10^8$

第10.1.2-3表 「精製施設のプルトニウム精製設備のプルトニウム濃縮缶のTBP等の錯体の急激な分解反応」時の放射性物質の放出量（Cs-137換算値）

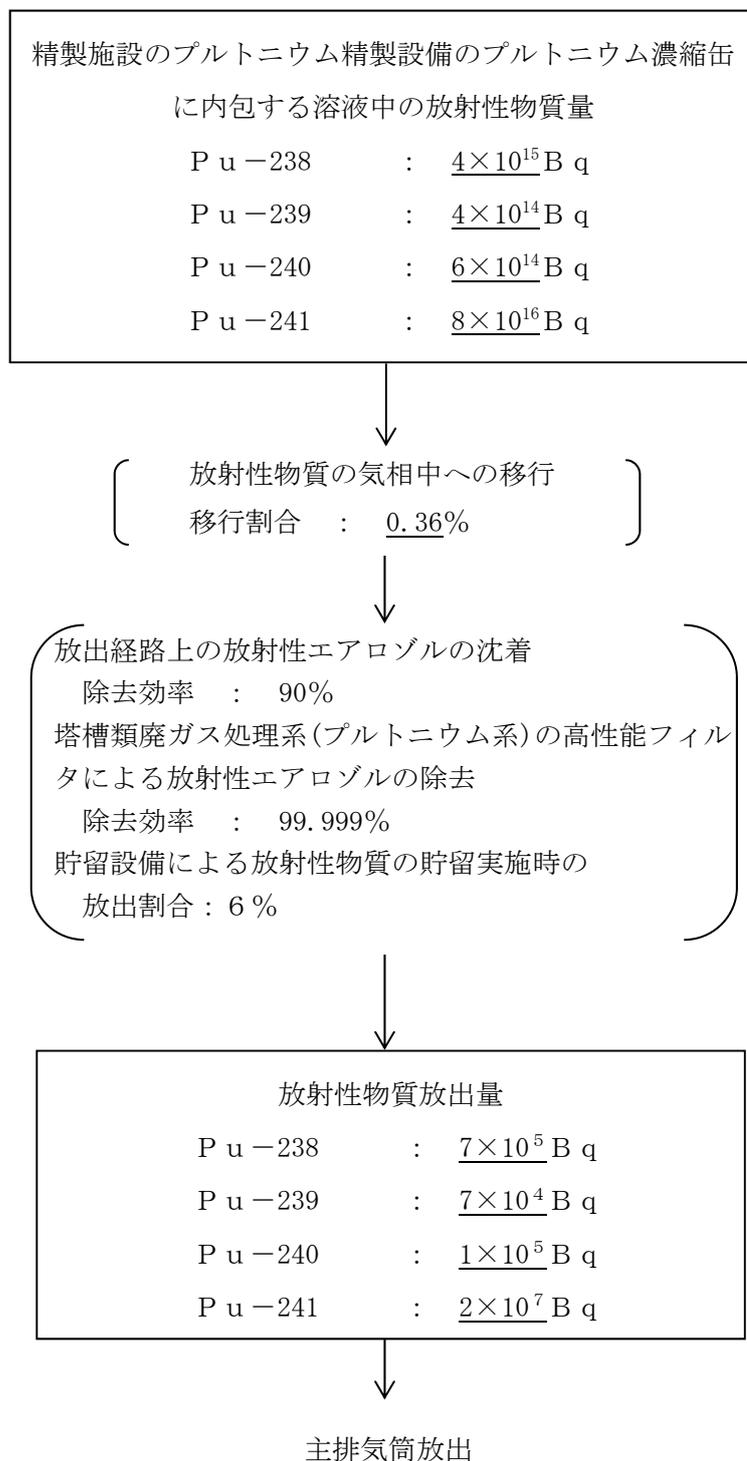
評価対象	放出量(TBq)
Cs-137換算値	$3 \times 10^{-5}$



【運転状態及び発生を想定する異常】

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

第 10.1.2-1 図 プルトニウム濃縮缶の運転概要及び濃度推移



第 10.1.2-2 図 「精製施設のプルトニウム精製設備のプルトニウム濃縮缶の T B P 等の錯体の急激な分解反応」時の放射性物質の大気放出過程



## 2 章 補足説明資料



## 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(8月提出済みの資料については、資料番号を記載)
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	12/10	1	新規作成
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	11/15	0	新規作成
補足説明資料8-3	圧縮空気の地上放散に伴う被ばく線量	12/5	0	新規作成
補足説明資料8-4	空気漏えい時の作業環境	12/5	0	新規作成
補足説明資料8-5	事故環境における重大事故等対処施設の機能維持	12/5	0	新規作成
補足説明資料8-6	水素爆発時の塔槽類廃ガスフィルタの健全性について	12/5	0	新規作成
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	11/15	0	新規作成
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	12/6	0	新規作成
補足説明資料8-9	水素濃度計について	11/15	0	新規作成
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	11/15	0	新規作成
補足説明資料8-11	圧縮空気供給経路の概略圧力損失評価	12/5	0	新規作成
補足説明資料8-12	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低下の傾向について	11/15	0	新規作成
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	12/5	0	新規作成
補足説明資料8-14	水素爆発事象単独発生時の各対策に必要な要員について	12/5	0	新規作成
補足説明資料8-15	可搬型空気圧縮機の燃料について	12/5	0	新規作成
補足説明資料8-16	可搬型発電機について	12/10	1	新規作成
補足説明資料8-17	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	12/5	0	新規作成
補足説明資料8-18	可搬型フィルタの健全性について	12/5	0	新規作成

## 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(8月提出済みの資料については、資料番号を記載)
資料No.	名称	提出日	Rev	
補足説明資料8-19	5因子法において採用した値の適用性について	12/5	0	新規作成
補足説明資料8-20	水素爆発発生時の機器の健全性について	12/10	0	新規作成
補足説明資料8-21	水素爆発が機器内の溶液性状に与える影響について	12/10	0	新規作成

## 第28条: 重大事故等の拡大防止(10. 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)

再処理施設 安全審査 整理資料 補足説明資料				備考(8月提出済みの資料については、資料番号を記載)
資料No.	名称	提出日	Rev	
補足説明資料10-1	有機溶媒等による火災又は爆発に関する事象選定及びTBP等の錯体の急激な分解反応に関する事象発生シナリオ等について	12/10	1	新規作成
補足説明資料10-2	プルトニウム精製設備プルトニウム濃縮缶におけるTBP等の錯体の急激な分解反応発生時の温度・圧力等の経時変化	12/10	1	新規作成
補足説明資料10-3	TBP等の錯体の急激な分解反応に関する知見	12/10	0	新規作成
補足説明資料10-4	プルトニウム濃縮缶でのTBP等の錯体の急激な分解反応における拡大の防止のための措置の概要	追而		新規作成
補足説明資料10-5	プルトニウム濃縮缶でのTBP等の錯体の急激な分解反応における関連機器の機能及び機能喪失の想定	12/10	1	新規作成
補足説明資料10-6	事態の収束までの放出量及び被ばく線量評価	追而		新規作成
補足説明資料10-7	TBP等の錯体の急激な分解反応発生時における放射性物質の気相中への移行率	12/10	0	新規作成
補足説明資料10-8	不確かさの設定	12/10	0	新規作成



補足説明資料 8-1 (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



## 水素爆発発生時の燃焼挙動について

### 1. 文献において報告されている内容

火炎の伝播速度が音速を超える爆ごうについては、強力な爆ごう波で直接起爆したときに得られた爆ごう範囲は水素濃度 12 v o 1 % から 70 v o 1 % であるとされている<sup>(1)</sup>。また、無限大管径における水素の爆ごう範囲は 11 v o 1 % から 71 v o 1 % であるとされている<sup>(1)</sup>。矩形管路の片端又は両端を閉鎖した実験装置において障害物を矩形管路内に設置し、乾燥状態の水素濃度 12.5 v o 1 % の空気に着火する爆発試験を実施したところ、爆ごうが発生したとされている<sup>(2)</sup>。一方、同一体系で水蒸気を含有した水素濃度 15 v o 1 % の空気においては、爆ごうが発生しなかったとされている<sup>(2)</sup>。

仏国の A R E V A のストレス テスト報告書においては、水素爆発を想定する機器内の空間容量が 200 L を下回る場合は、機器の健全性に影響を与えないことが示されている<sup>(3)</sup>。

### 2. 空間容積 200 L の容器の爆発試験

#### 2.1 対象機器

仏国の A R E V A における検討結果の妥当性を確認するために空間容積が 200 L 未満の機器について以下の機器について、水素爆発試験を実施した。対象機器を第 1 表に示す。

第 1 表 対象機器一覧

機器名	選定理由	形状	着火方法
円筒型貯槽	ラ・アーク再処理工場の取扱妥当性を確認するため	円筒型	溶断着火
TBP洗浄塔	パルスカラムのうち、径が大きく最も爆ごうに遷移しやすい構造であるため	パルス カラム型	放電着火
補助油水分離槽	唯一板型機器であるため	板型	放電着火

## 2.2 試験概要と結果

### (1) 円筒型貯槽

#### a. 試験概要

試験の概要を第 2 表に示す。

#### b. 試験結果

爆発前後の機器の写真を第 1 図に示す。歪みを観察するための変形確認用の線に 1～2mm 程度の変化が見られたのみであり、有意な塑性変形は観察されなかった。また、気密性確認試験により、機器の健全性を確認した。

以上の結果より、AREVA の評価の妥当性を実験的に確認した。60L の水素による閉じ込め機能への影響はないことから

水素60L分のエネルギーは容器が吸収できると考えられる。

第2表 試験の概要

対象	円筒型貯槽 (220L, 300L。容器厚さは3mmとした。)	
	なお、容積は200Lに余裕を見込んだ値とした。	
混合気水素濃度	30vol% (水素量は66Lとなり、AREVAの試験条件を包含する)	
着火	方法	溶断着火
	エネルギー	二
液量	0 (220L容器の場合) 80L (300L容器の場合)	
試験装置の開放/非開放	密封系の貯槽	
試験回数	n=1	
取得データ	容器変形確認、動画、水素濃度、表面温度	
試験後の確認	残水素量、容器健全性	



爆発前 (300L 容器) → 爆発後 (300L 容器)

第1図 試験前後の容器の写真

## (2) T B P 洗淨塔

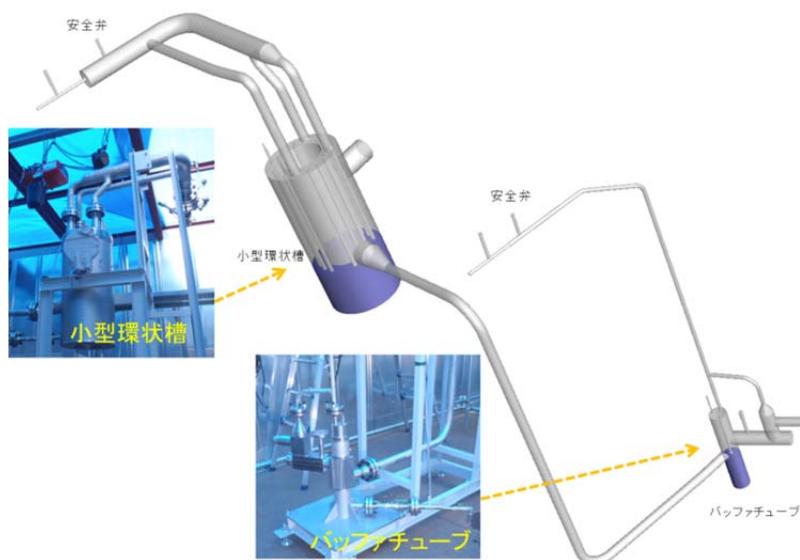
### a. 試験概要

試験の概要を第3表に示す。また、容器の概要を第2図に示す。

第3表 試験の概要

対象	TBP洗淨塔	
水素濃度	30vol%	
着火	方法	放電着火
	エネルギー	100mJ, 500mJ
液量	設計値※	
試験装置の開放/非開放	塔槽類廃ガス処理系の圧損を模擬した安全弁で開放	
試験回数	n=3	
取得データ	圧力、光、ひずみ、動画、水素濃度、湿度	
試験後の確認	残水素量、容器健全性、ファイバースコープによる内部構造物観察	

※空間容量が最小となる、時間余裕と同じ液位とする。



第3図 T B P 洗淨塔を模擬した容器

## b. 試験結果

最大発生圧力は0.64MPa程度であった。また、最大歪みは600  $\mu$  strain程度であり、塑性変形することは無かった。機器内のノズルの健全性は維持された。気密性確認試験および歪みの測定結果から、機器の健全性を確認した。

### (3) 補助油水分離槽

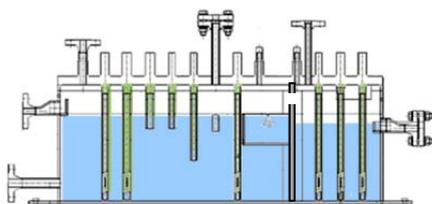
#### a. 試験概要

試験の概要を第4表に示す。また、容器の概要を第3図に示す。

第4表 試験の概要

対象	補助油水分離槽	
水素濃度	30vol%	
着火	方法	放電着火
	エネルギー	100mJ, 500mJ
液量	設計値*	
試験装置の開放/非開放	塔槽類廃ガス処理系の圧損を模擬した安全弁で開放	
試験回数	n=3	
取得データ	圧力、光、ひずみ、動画、水素濃度、湿度	
試験後の確認	残水素量、容器健全性、ファイバースコープによる内部構造物観察	

※空間容量が最小となる、時間余裕と同じ液位とする。



第3図 補助油水分離槽を模擬した容器

## b. 試験結果

最大発生圧力は2.8MPa程度であった。また、最大歪みは1300  $\mu$  strain程度であり、塑性変形することは無かった。機器内のノズルの健全性は維持された。気密性確認試験および歪みの測定結果から、機器の健全性を確認した。

---

### 3. 再処理施設の機器を対象とした水素爆発の試験及び解析

#### 3.1 対象機器

水素爆発を想定する機器のうち、複数機器間の接続、塔槽類廃ガス処理設備の一部を含めて忠実に再現した容器に、水素濃度12vol%の空気を封入し水素爆発を発生させ圧力、ひずみ等を確認した。対象機器を第5表に示す。

第5表 試験及び解析の対象機器

機器名	選定理由	形状	着火方法
第1、2不溶解残渣廃液一時貯槽	オーバーフロー配管で水平に貯槽同士が接続する構造であり、ジェット着火による爆ごう遷移が起こりやすいと考えられるため。	円筒型	放電着火
Pu濃縮液受槽 リサイクル槽	環状型貯槽のうち、貯槽間の塔槽類廃ガス処理設備の配管の距離が最も短い組合せであるため。	環状型	放電着火
不溶解残渣回収槽、リサイクル槽	円筒型貯槽のうち、貯槽間の塔槽類廃ガス処理設備の配管の距離が最も短い組合せであるため。 なお、途中に小型ポットを含み、燃焼に乱れが生じやすい構造である。	円筒型	放電着火

#### 3.2 試験概要と結果

##### (1) 第1、2不溶解残渣廃液一時貯槽

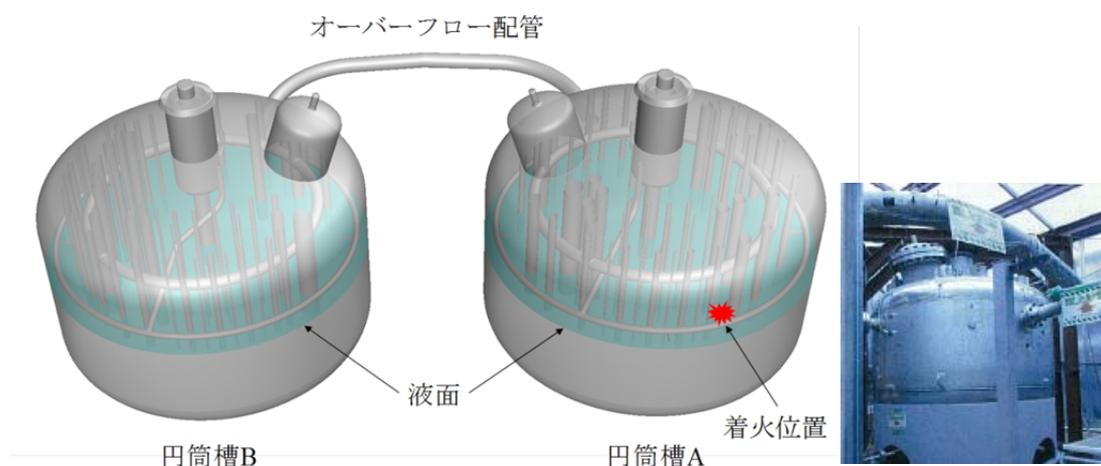
##### a. 試験概要

試験の概要を第6表に示す。また、容器の概要を第4図に示す。

第6表 試験の概要

対象	第1、2不溶解残渣廃液一時貯槽 (オーバーフロー配管で連結)	
水素濃度	12vol%	
着火	方法	放電着火
	エネルギー	100mJ, 500mJ
液量	設計値*	
試験装置の開放/ 非開放	密封系	
試験回数	n=3	
取得データ	圧力、光、ひずみ、動画、水素濃度、湿度	
試験後の確認	残水素量、容器健全性、ファイバースコープによる内部構造物観察	

※空間容量が最小となる、時間余裕と同じ液位とする。



第4図 第1、2不溶解残渣廃液一時貯槽のモデル

#### b. 試験結果

最大発生圧力は0.3MPa程度であった。また、最大歪みは400 $\mu$  strain程度であり、塑性変形することは無かった。機器内のノズルの健全性は維持された。気密性確認試験および歪

みの測定結果から、機器の健全性を確認した。

(2) プルトニウム濃縮液受槽，リサイクル槽

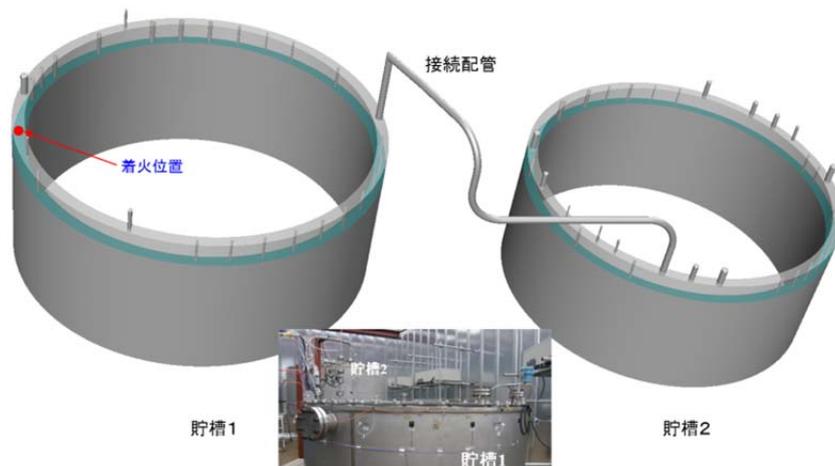
a. 試験概要

試験の概要を第7表に示す。また，容器の概要を第5図に示す。

第7表 試験の概要

対象	Pu濃縮液受槽、リサイクル槽	
水素濃度	12vol%	
着火	方法	放電着火
	エネルギー	100mJ, 500mJ
液量	設計値※	
試験装置の開放/非開放	密封系	
試験回数	n=3	
取得データ	圧力、光、ひずみ、動画、水素濃度、湿度	
試験後の確認	残水素量、容器健全性、ファイバースコープによる内部構造物観察	

※空間容量が最小となる、時間余裕と同じ液位とする。



第5図 Pu濃縮液受槽、リサイクル槽のモデル

## b. 試験結果

最大発生圧力は0.2MPa程度であった。また、最大歪みは100  $\mu$  strain程度であり、塑性変形することは無かった。機器内のノズルの健全性は維持された。気密性確認試験および歪みの測定結果から、機器の健全性を確認した。

## (3) 不溶解残渣回収槽，リサイクル槽

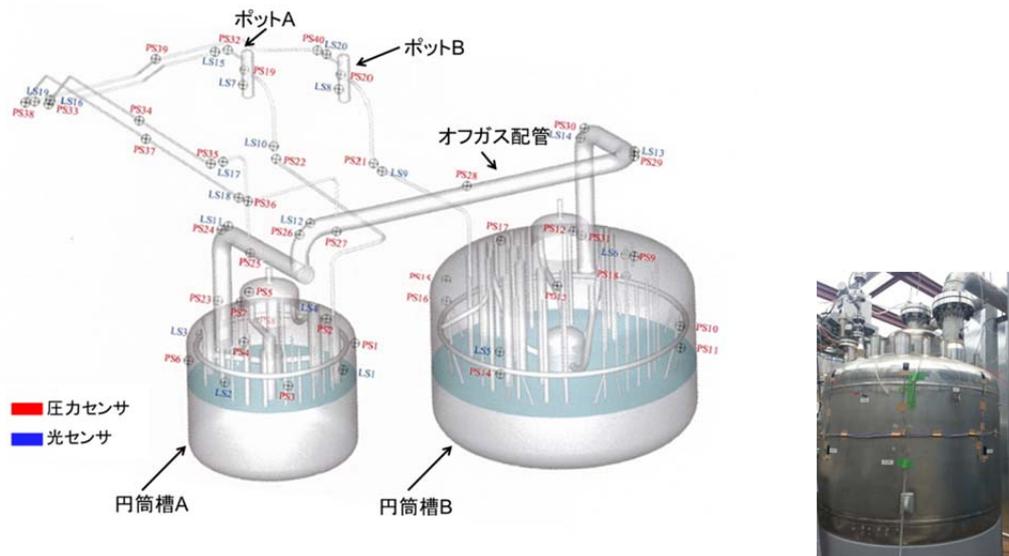
### a. 試験概要

試験の概要を第8表に示す。また、容器の概要を第6図に示す。

第8表 試験の概要

対象	不溶解残渣回収槽、リサイクル槽	
水素濃度	12vol%	
着火	方法	放電着火
	エネルギー	100mJ, 500mJ
液量	設計値※	
試験装置の開放/非開放	密封系	
試験回数	n=3	
取得データ	圧力、光、ひずみ、動画、水素濃度、湿度	
試験後の確認	残水素量、容器健全性、ファイバースコープによる内部構造物観察	

※空間容量が最小となる、時間余裕と同じ液位とする。



第 6 図 不溶解残渣回収槽、リサイクル槽のモデル

## b. 試験結果

最大発生圧力は0.5MPa程度であった。また、最大歪みは250  $\mu$  strain程度であり、塑性変形することは無かった。機器内のノズルの健全性は維持された。気密性確認試験および歪みの測定結果から、機器の健全性を確認した。

## 2. 参考文献

- (1) 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).
- (2) S. B. Dorofeev. et al. Effect of scale on the onset of detonations. Shock Waves. 2000-05, vol. 10. issue. 2.

- (3) “Evaluation complémentaire de la sûreté des installations nucléaires de base, Site de La Hague”, AREVA Paris, Septembre 2011.

補足説明資料 8-16 (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



## 可搬型発電機について

## 1. 必要な電力について

地震発生による全交流動力電源の喪失を伴う水素掃気機能喪失時の重大事故等の対処において、可搬型排風機を運転するために、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及び高レベル廃液ガラス固化建屋可搬型発電機（以下、「可搬型発電機」という）から給電する。

各建屋で必要な電源負荷容量と可搬型発電機の電源容量を下表に示す。可搬型発電機の電源容量は、必要な電源負荷容量を上回っており、電源供給が可能である。

建屋名／設備名	必要な電源負荷容量 <sup>※2</sup> (kVA)	可搬型発電機の電源容量 (kVA)
前処理建屋	約40	約80
分離建屋	約50	約80
精製建屋/ ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋 <sup>※1</sup>	約50	約80
高レベル廃液ガラス固化建屋	約40	約80

※1：精製建屋とウラン・プルトニウム混合脱硝建屋は可搬型発電機の発電機本体を共用する。

※2：必要な電源負荷容量には、起動電力、計器等で必要となる電源負荷容量を含む。

## 2. 可搬型発電機の共用について

可搬型発電機については、水素爆発の拡大の防止のための措置の放出低減

対策での可搬型排風機の運転に使用する。建屋間の共用については、精製建屋とウラン・プルトニウム混合脱硝建屋のみ共用している。

前処理建屋における放出低減対策に必要な負荷は、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 32 kVA である。

分離建屋における放出低減対策に必要な負荷は可搬型排風機の約 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 32 kVA 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放出低減対策に必要な負荷は、可搬型排風機の約 11 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 63 kVA である。

高レベル廃液ガラス固化建屋における放出低減対策に必要な負荷は、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 32 kVA である。

可搬型発電機は、80 kVA の給電容量を有することから、放出低減対策に必要な負荷を賄うことができる。

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、放出低減対策で使用する可搬型発電機を共用している。仮に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を同時に起動した場合でも、必要な給電容量は、約 63 kVA であり、2 建屋合わせても可搬型発電機の容量(80 kVA)以下であるため、対応可能である。

補足説明資料 8-20 (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



水素爆発発生時の機器の健全性について

1. 評価に用いる式

評価に用いる計算式を第 1 表に示す。

第 1 表 (1) 評価に用いる計算式

No.	形状	許容圧力の計算式*	記号の説明
1	容器の管台 (内面に圧力を受ける管)	$P = \frac{2tS_a\eta}{D_o - 0.8t}$	t : 板厚(mm) S <sub>a</sub> : 許容応力 (MPa) η : 継手効率(-) D <sub>o</sub> : 管台の外径 (mm)
2	熱交換器の管 (外面に圧力を受ける管)	$P = \frac{4tB\alpha}{300D_o}$	t : 板厚(mm) B: 構造等に関する設計方針別図第4から別第21までにより求めた値(-) α : 重力加速度(m/s <sup>2</sup> ) D <sub>o</sub> : 管の外径 (mm)
3	円筒形の胴	$P = \frac{2tS_a\eta}{D_i + 1.2t}$	t : 板厚(mm) S <sub>a</sub> : 許容応力 (MPa) η : 継手効率(-) D <sub>i</sub> : 胴の内径 (mm)
4	円すい形鏡板	$P = \frac{2t\cos\theta S_a\eta}{D_i + 1.2t\cos\theta}$	t : 板厚(mm) S <sub>a</sub> : 許容応力 (MPa) η : 継手効率(-) D <sub>i</sub> : 円すいの部分がその丸みの部分に接続する部分の軸に垂直な断面の内径 (mm) θ : 円すいの頂角の2分の1(°)
5	容器の平板 (環状型槽、パルスラム)	$P = \frac{t^2 S_a}{d^2 CZ}$	t : 板厚(mm) S <sub>a</sub> : 許容応力 (MPa) d: 直径または最小スパン(mm) C: 平板の取り付け方法によって定まる定数 Z: 平板の形状により定まる定数で、次の式により計算。ただし、その値が2.5を超える場合は、2.5とする。 $Z = 3.4 - \frac{2.4d}{D}$ D: 最小スパンに直角に測った最大スパン(mm)

※ 「V-1 主要な容器及び管の耐圧強度及び耐食性に関する設計の基本方針」

又は「再処理設備規格 設計規格(2010年版), 日本機械学会, JSME S RA1-2010」に記載の式を変形

第 1 表 (2) 評価に用いる計算式

No.	形状	許容圧力の計算式※1	記号の説明
6	平板※2	$P = \frac{S_a}{2.25ZC} \left(\frac{t}{d}\right)^2$	t : 板厚(mm) S <sub>a</sub> : 許容応力 (MPa) η : 継手効率 (-) d : 直径または最小スパン(mm) C : 取り付け方法によって定まる定数 Z : 形状により定まる定数
7	さら形鏡板	$P = \frac{2tS_a\eta}{RW + 0.2t}$	t : 板厚(mm) S <sub>a</sub> : 許容応力 (MPa) η : 継手効率 (-) R : 鏡板の中央部における内面の半径 (mm) W : さら形鏡板の形状による係数 (-)
8	半だ円形鏡板	$P = \text{MIN} \left( \frac{2tS_a\eta}{D_i + 1.2t}, \frac{2tS_a\eta}{KD_{IL} + 0.2t} \right)$	t : 板厚(mm) S <sub>a</sub> : 許容応力 (MPa) η : 継手効率 (-) D <sub>i</sub> : 胴の内径 (mm) D <sub>IL</sub> : 鏡板の内面における長径 (mm) K : 半だ円鏡板の形状による係数 (-)
9	さら形フランジ部	$P = \frac{2tS_a\eta}{D_i + 1.2t}$	t : 板厚(mm) S <sub>a</sub> : 許容応力 (MPa) η : 継手効率 (-) D <sub>i</sub> : 胴の内径 (mm)

※ 1 「V-1 主要な容器及び管の耐圧強度及び耐食性に関する設計の基本方針」又は「再処理設備規格 設計規格(2010年版), 日本機械学会, JSME S RA1-2010」に記載の式を変形

※ 2 平板の取り付け方により計算式は変化するが、ここでは高レベル濃縮廃液貯槽に用いられた例を示す。

## 2. 評価結果

前処理建屋の機器の耐圧計算結果の例を第2表に示す。

第2表 各機器の耐圧計算結果例

機器名	許容圧力 <sup>※1</sup> (MPa)	発生圧力 <sup>※2</sup> (MPa)	判定
中継槽 A	■	0.05	○
中継槽 B	■	0.05	○
計量前中間貯槽 A	■	0.05	○
計量前中間貯槽 B	■	0.05	○

※1：最も弱い部位の結果を記載している。

※2：0.05は水素濃度8vol%未満に対応。

■については商業機密の観点から公開できません。



補足説明資料 8-21 (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



## 水素爆発が機器内の溶液性状に与える影響について

### 1. はじめに

水素爆発が水素爆発を想定する機器内で発生した場合に、爆発により溶液性状に影響を与え、他の事象に連鎖するか否かを考察する。

### 2. 水素爆発の発生の防止のための措置が機能しない場合

起因事象発生後、水素爆発の発生の防止のための措置が失敗し、水素爆発の再発の防止のための措置及び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が成功した場合を検討する。

実際、水素爆発の発生の防止のための措置及び水素爆発の再発の防止のための措置を未然防止濃度（水素濃度8vol%）到達前に実施するため、機器内に水素は蓄積しない。また、機器内に着火源は存在しないため、仮に水素が蓄積したとしても、水素爆発は発生しない。

ここでは、連鎖の有無の確認の観点で、8vol%で1度爆発が発生した場合を想定する。

#### 2.1 連鎖により発生する可能性のある重大事故等の確認するパラメータ

連鎖により発生する可能性のある重大事故等の確認するパラメータを以下に事故毎に示す。また、爆発時のエネルギー

が溶液に与える影響を第1表に示す。

①臨界事故

水素爆発によるエネルギーが全て溶液に付加された場合の温度上昇を評価し、溶液中の核燃料物質の濃度が未臨界濃度を超えるかどうか確認する。また、水素爆発により機器の形状に影響を与えるかを確認する。

②蒸発乾固

水素爆発によるエネルギーが全て溶液に付加された場合の温度上昇を評価し、溶液が沸騰し、乾燥・固化に至るか確認する。

③溶媒火災

水素爆発によるエネルギーが全て溶媒に付加された場合の温度上昇を評価し、火災・爆発等の反応に進展するか確認する。

④T B P等の錯体の急激な分解反応

水素爆発によるエネルギーが全て溶媒に付加された場合の温度上昇を評価し、火災・爆発等の反応に進展するか確認する。

⑤その他

水素爆発事象としての事象推移から健在化する可能性のある①から④以外の事象を考察する。

第1表 水素濃度8 v o 1 %の爆発時のエネルギーが溶液に与える影響

水素爆発を想定する機器	起因事象		連鎖により発生する可能性のある重大事故					
	水素爆発		臨界	蒸発乾固	溶媒火災	T B P	燃料損傷 ／漏えい	その他
	気相部 容積 [m <sup>3</sup> ]	発生エネルギー [MJ]	核燃料物質の濃度	温度上昇 [°C]	温度上昇 [°C]	温度上昇 [°C]	-	-
中継槽A	2.7	2.4	有意な変動なし	1°C未満	-※1	-※1	-※2	-
中継槽B	2.7	2.4	有意な変動なし	1°C未満	-※1	-※1	-※2	-
計量前中間貯槽A	7.8	6.8	有意な変動なし	1°C未満	-※1	-※1	-※2	-
計量前中間貯槽B	7.8	6.8	有意な変動なし	1°C未満	-※1	-※1	-※2	-
計量後中間貯槽	7.8	6.8	有意な変動なし	1°C未満	-※1	-※1	-※2	-
計量・調整槽	7.8	6.8	有意な変動なし	1°C未満	-※1	-※1	-※2	-
計量補助槽	1.6	1.4	有意な変動なし	1°C未満	-※1	-※1	-※2	-
溶解液中間貯槽	11.1	9.7	有意な変動なし	1°C未満	-※1	-※1	-※2	-
溶解液供給槽	2.3	2.1	有意な変動なし	1°C未満	-※1	-※1	-※2	-
ABプルトニウム溶液受槽	0.15	0.13	有意な変動なし	1°C未満	-※1	-※1	-※2	-
ABプルトニウム溶液中間貯槽	0.15	0.13	有意な変動なし	1°C未満	-※1	-※1	-※2	-
抽出廃液中間貯槽	4.1	3.6	有意な変動なし	1°C未満	-※1	-※1	-※2	-
抽出廃液供給槽A	18	16.3	有意な変動なし	1°C未満	-※1	-※1	-※2	-
抽出廃液供給槽B	18	16.3	有意な変動なし	1°C未満	-※1	-※1	-※2	-
AB第7一時貯留処理槽	0.020	0.02	有意な変動なし	1°C未満	1°C未満	1°C未満	-※2	-
AB第2一時貯留処理槽	0.15	0.13	有意な変動なし	1°C未満	-※1	-※1	-※2	-
高レベル廃液濃縮缶A	31	27.6	有意な変動なし	1°C未満	-※1	-※1	-※2	-

(つづき)

水素爆発を想定する機器	起因事象		連鎖により発生する可能性のある重大事故					
	水素爆発		臨界	蒸発乾固	溶媒火災	T B P	燃料損傷 ／漏えい	その他
	気相部 容積[m <sup>3</sup> ]	発生エネルギー [MJ]	核燃料物質 の濃度	温度上昇 [℃]	温度上昇 [℃]	温度上昇 [℃]	-	-
AC第2一時貯留処理槽	0.12	0.11	有意な変動なし	1℃未満	1℃未満	1℃未満	-※2	-
AC第3一時貯留処理槽	0.18	0.16	有意な変動なし	1℃未満	1℃未満	1℃未満	-※2	-
AC第7一時貯留処理槽	2.8	2.5	有意な変動なし	1℃未満	-※1	-※1	-※2	-
プルトニウム溶液供給槽	0.26	0.23	有意な変動なし	1℃未満	-※1	-※1	-※2	-
ACプルトニウム溶液受槽	0.088	0.08	有意な変動なし	1℃未満	-※1	-※1	-※2	-
油水分離槽	0.11	0.10	有意な変動なし	1℃未満	-※1	-※1	-※2	-
プルトニウム濃縮缶	0.24	0.21	有意な変動なし	1℃未満	-※1	-※1	-※2	-
プルトニウム濃縮缶供給槽	0.18	0.16	有意な変動なし	1℃未満	-※1	-※1	-※2	-
プルトニウム溶液一時貯槽	0.19	0.17	有意な変動なし	1℃未満	-※1	-※1	-※2	-
プルトニウム濃縮液受槽	0.13	0.12	有意な変動なし	1℃未満	-※1	-※1	-※2	-
リサイクル槽	0.13	0.12	有意な変動なし	1℃未満	-※1	-※1	-※2	-
希釈槽	0.11	0.10	有意な変動なし	1℃未満	-※1	-※1	-※2	-
プルトニウム濃縮液一時貯槽	0.10	0.09	有意な変動なし	1℃未満	-※1	-※1	-※2	-
プルトニウム濃縮液計量槽	0.13	0.12	有意な変動なし	1℃未満	-※1	-※1	-※2	-
プルトニウム濃縮液中間貯槽	0.13	0.12	有意な変動なし	1℃未満	-※1	-※1	-※2	-
硝酸プルトニウム貯槽	0.33	0.29	有意な変動なし	1℃未満	-※1	-※1	-※2	-
混合槽A	0.33	0.29	有意な変動なし	1℃未満	-※1	-※1	-※2	-
混合槽B	0.33	0.29	有意な変動なし	1℃未満	-※1	-※1	-※2	-
一時貯槽	0.33	0.29	有意な変動なし	1℃未満	-※1	-※1	-※2	-
第1高レベル濃縮廃液貯槽	12	11.1	有意な変動なし	1℃未満	-※1	-※1	-※2	-
第2高レベル濃縮廃液貯槽	12	11.1	有意な変動なし	1℃未満	-※1	-※1	-※2	-
高レベル廃液共用貯槽	57	49.5	有意な変動なし	1℃未満	-※1	-※1	-※2	-

※1 有機溶媒を保有することはない。又は、仮に存在する場合であっても極微量である。

※2 水素爆発の発生が想定される機器において燃料損傷及び放射性物質の漏えいは発生しない。

A B : 分離建屋, A C : 精製建屋

## 2.2 連鎖の検討結果

### ① 水素爆発⇒臨界

着目する現象は、水素爆発により発生するエネルギーによる溶液の組成変化である。

臨界の誘発の観点では、水素爆発により発生するエネルギーは数十MJ程度であることから、仮に全エネルギーが溶液に付加されたとしても、溶液の温度上昇は数℃程度であり、溶液中の核燃料物質の濃度が有意に変動することはないため、臨界が発生することはない。

### ② 水素爆発⇒蒸発乾固

着目する現象は、水素爆発により発生するエネルギーによる溶液の温度上昇である。

蒸発乾固の誘発の観点では、水素爆発により発生するエネルギーは数十MJ程度であることから、仮に全エネルギーが溶液に付加されたとしても、溶液の温度上昇は数℃程度であり、溶液が沸騰に至ることはない。

### ③ 水素爆発⇒有機溶媒火災

着目する現象は、水素爆発により発生するエネルギーによる溶液の温度上昇（74℃到達）である。

有機溶媒火災の誘発の観点では、水素爆発により発生するエネルギーは数十MJ程度であることから、仮に全エネルギーが溶液に付加されたとしても、溶液の温度上昇は数℃程度であり、火災・爆発等の反応に進展することはない。

### ④ 水素爆発⇒T B P等の錯体の急激な分解反応

着目する現象は、水素爆発により発生するエネルギーによる溶液の温度上昇（135℃到達）である。

TBP等の錯体の急激な分解反応の誘発の観点では、水素爆発により発生するエネルギーは最大でも数十MJ程度であることから、仮に全エネルギーが溶液に付加されたとしても、溶液の温度上昇は数℃程度であり、火災・爆発等の反応に進展することはない。

### 3. 水素爆発の発生の防止のための措置及び水素爆発の再発の防止のための措置が機能しない場合

起因事象発生後、水素爆発の発生の防止のための措置及び水素爆発の再発の防止のための措置が失敗し、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が成功した場合を検討する。

実際、水素爆発の発生の防止のための措置及び水素爆発の再発の防止のための措置を未然防止濃度（水素濃度8vol%）到達前に実施するため、機器内に水素は蓄積しない。また、機器内に着火源は存在しないため、仮に水素が蓄積したとしても、水素爆発は発生しない。

事象の拡大の観点から水素濃度30vol%(空気との混合で化学量論比)の爆発を想定する。

#### 3.1 連鎖により発生する可能性のある重大事故等の確認するパラメータ

連鎖により発生する可能性のある重大事故等の確認するパラメータを以下に事故毎に示す。また、爆発時のエネルギーが溶液に与える影響を第2表に示す。

##### ①臨界事故

水素爆発によるエネルギーが全て溶液に付加された場合の温度上昇を評価し、溶液中の核燃料物質の濃度が未臨界濃度を超えるかどうか確認する。また、水素爆発により機器の形状に影響を与えるかを確認する。

##### ②蒸発乾固

水素爆発によるエネルギーが全て溶液に付加された場合

の温度上昇を評価し、溶液が沸騰し、乾燥・固化に至るか確認する。

③ 溶媒火災

水素爆発によるエネルギーが全て溶媒に付加された場合の温度上昇を評価し、火災・爆発等の反応に進展するか確認する。

④ T B P 等の錯体の急激な分解反応

水素爆発によるエネルギーが全て溶媒に付加された場合の温度上昇を評価し、火災・爆発等の反応に進展するか確認する。

⑤ その他

水素爆発事象としての事象推移から健在化する可能性のある①から④以外の事象を考察する。

第2表 水素濃度30 v o 1 %の爆発時のエネルギーが溶液に与える影響

水素爆発を想定する機器	起因事象		連鎖により発生する可能性のある重大事故					
	水素爆発		臨界	蒸発乾固	溶媒火災	T B P	燃料損傷 ／漏えい	その他
	気相部 容積 [m <sup>3</sup> ]	発生エネルギー [MJ]	核燃料物質の濃 度	温度上昇 [°C]	温度上昇 [°C]	温度上昇 [°C]	-	-
中継槽A	2.7	8.8	有意な変動なし	1 °C未満	-※1	-※1	-※2	-
中継槽B	2.7	8.8	有意な変動なし	1 °C未満	-※1	-※1	-※2	-
計量前中間貯槽A	7.8	26	有意な変動なし	1 °C未満	-※1	-※1	-※2	-
計量前中間貯槽B	7.8	26	有意な変動なし	1 °C未満	-※1	-※1	-※2	-
計量後中間貯槽	7.8	26	有意な変動なし	1 °C未満	-※1	-※1	-※2	-
計量・調整槽	7.8	26	有意な変動なし	1 °C未満	-※1	-※1	-※2	-
計量補助槽	1.6	5.2	有意な変動なし	1 °C未満	-※1	-※1	-※2	-
溶解液中間貯槽	11.1	37	有意な変動なし	1 °C未満	-※1	-※1	-※2	-
溶解液供給槽	2.3	7.6	有意な変動なし	1 °C未満	-※1	-※1	-※2	-
ABプルトニウム溶液受槽	0.15	0.49	有意な変動なし	1 °C未満	-※1	-※1	-※2	-
ABプルトニウム溶液中間貯槽	0.15	0.49	有意な変動なし	1 °C未満	-※1	-※1	-※2	-
抽出廃液中間貯槽	4.1	14	有意な変動なし	1 °C未満	-※1	-※1	-※2	-
抽出廃液供給槽A	18	61	有意な変動なし	1 °C未満	-※1	-※1	-※2	-
抽出廃液供給槽B	18	61	有意な変動なし	1 °C未満	-※1	-※1	-※2	-
AB第7一時貯留処理槽	0.020	0.065	有意な変動なし	1 °C未満	1 °C未満	1 °C未満	-※2	-
AB第2一時貯留処理槽	0.15	0.49	有意な変動なし	1 °C未満	-※1	-※1	-※2	-
高レベル廃液濃縮缶A	31	110	有意な変動なし	1 °C程度	-※1	-※1	-※2	-

(つづき)

水素爆発を想定する機器	起因事象		連鎖により発生する可能性のある重大事故					
	水素爆発		臨界	蒸発乾固	溶媒火災	T B P	燃料損傷 ／漏えい	その他
	気相部容積 [m <sup>3</sup> ]	発生エネルギー [MJ]	核燃料物質 の濃度	温度上昇 [°C]	温度上昇 [°C]	温度上昇 [°C]		
AC第2一時貯留処理槽	0.12	0.39	有意な変動なし	1°C未満	1°C未満	1°C未満	-※2	-
AC第3一時貯留処理槽	0.18	0.59	有意な変動なし	1°C未満	1°C未満	1°C未満	-※2	-
AC第7一時貯留処理槽	2.8	9.1	有意な変動なし	1°C未満	-※1	-※1	-※2	-
プルトニウム溶液供給槽	0.26	0.85	有意な変動なし	1°C未満	-※1	-※1	-※2	-
ACプルトニウム溶液受槽	0.088	0.29	有意な変動なし	1°C未満	-※1	-※1	-※2	-
油水分離槽	0.11	0.36	有意な変動なし	1°C未満	-※1	-※1	-※2	-
プルトニウム濃縮缶	0.24	0.78	有意な変動なし	1°C未満	-※1	-※1	-※2	-
プルトニウム濃縮缶供給槽	0.18	0.59	有意な変動なし	1°C未満	-※1	-※1	-※2	-
プルトニウム溶液一時貯槽	0.19	0.62	有意な変動なし	1°C未満	-※1	-※1	-※2	-
プルトニウム濃縮液受槽	0.13	0.43	有意な変動なし	1°C未満	-※1	-※1	-※2	-
リサイクル槽	0.13	0.43	有意な変動なし	1°C未満	-※1	-※1	-※2	-
希釈槽	0.11	0.36	有意な変動なし	1°C未満	-※1	-※1	-※2	-
プルトニウム濃縮液一時貯槽	0.10	0.33	有意な変動なし	1°C未満	-※1	-※1	-※2	-
プルトニウム濃縮液計量槽	0.13	0.43	有意な変動なし	1°C未満	-※1	-※1	-※2	-
プルトニウム濃縮液中間貯槽	0.13	0.43	有意な変動なし	1°C未満	-※1	-※1	-※2	-
硝酸プルトニウム貯槽	0.33	1.1	有意な変動なし	1°C未満	-※1	-※1	-※2	-
混合槽A	0.33	1.1	有意な変動なし	1°C未満	-※1	-※1	-※2	-
混合槽B	0.33	1.1	有意な変動なし	1°C未満	-※1	-※1	-※2	-
一時貯槽	0.33	1.1	有意な変動なし	1°C未満	-※1	-※1	-※2	-
第1高レベル濃縮廃液貯槽	12	42	有意な変動なし	1°C未満	-※1	-※1	-※2	-
第2高レベル濃縮廃液貯槽	12	42	有意な変動なし	1°C未満	-※1	-※1	-※2	-
高レベル廃液共用貯槽	57	190	有意な変動なし	1°C未満	-※1	-※1	-※2	-

※1 有機溶媒を保有することはない。又は、仮に存在する場合であっても極微量である。

※2 水素爆発の発生が想定される機器において燃料損傷及び放射性物質の漏えいは発生しない。

A B : 分離建屋, A C : 精製建屋

### 3.3 連鎖の検討結果

水素爆発の発生が想定される重要度高の機器に内包する溶液は大きく以下の6種類に整理される。

- ① 高レベル濃縮廃液
- ② Pu濃縮液 (250gPu/L)
- ③ 溶解液
- ④ Pu溶液 (24gPu/L)
- ⑤ 抽出廃液
- ⑥ 一時貯留処理液 (有機相含む)

これらのうち、崩壊熱が大きく事象進展が比較的早い溶液は「Pu濃縮液 (250gPu/L)」である。また、放射エネルギーが多く、事故時の影響が比較的大きい溶液は「高レベル濃縮廃液」である。発生が想定される事象は以下の第3表のとおりである。全溶液の事象進展及び事象発生の可能性についての分析を次頁以降に示す。

第3表 発生が想定される事象

	臨界	乾固	火災	TBP	その他	
					貯槽損傷	セル, 建屋への水素漏えい*
高レベル濃縮廃液	—	○	—	—	○	○ 各建屋の水封安全器設置セルにて
プルトニウム濃縮液	○	○	—	—	○	
溶解液	○	○	—	—	○	
硝酸プルトニウム溶液	○	○	—	—	○	
抽出廃液	—	—	—	—	○	
一時貯留処理液 (有機相含む)	○	○	○	—	○	

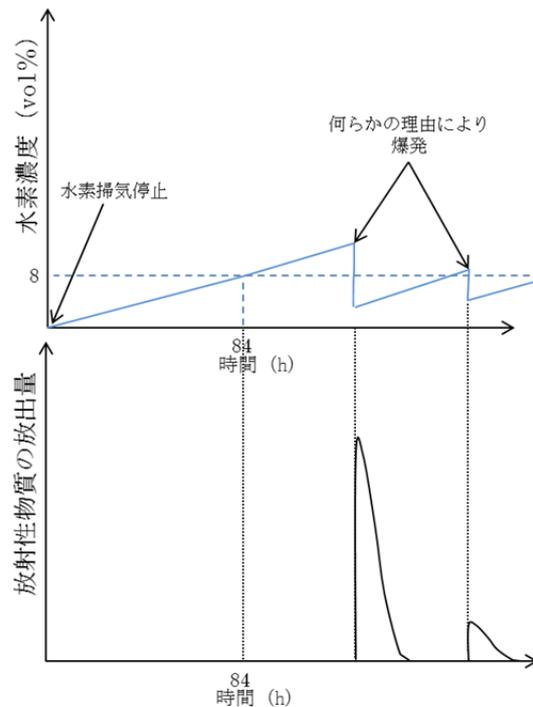
※長期にわたり、機器内から発生する水素を拡散させた場合、水

封安全器を介して水素がセル内および建屋内に漏えいする可能性がある。連鎖とは観点異なるが、想定される事象としてその他の事象に整理する。

### 3.3.1 高レベル濃縮廃液について

高レベル濃縮廃液を貯蔵する機器についての事象の推移と放射性物質の放出量の推移の概要を第1図に示す。また、連鎖の検討結果を以下に示す。

高レベル廃液ガラス固化建屋 高レベル濃縮廃液貯槽の例



状態	発生可能性がある事象			
	臨界	乾固	火災	貯槽損傷
—	—※1	—※2	—※3	—※4

- ※1 有意量の核分裂性物質を含まないことから、臨界は想定されない。
- ※2 水素の燃焼に伴うエネルギーが全て溶液に与えられたとしても、温度上昇は僅かであるため、蒸発乾固は想定されない。
- ※3 有意量の有機溶媒は含まれないため、火災は想定されない。
- ※4 水素濃度が30vol%に達するまでの時間は極めて長く、爆発は想定しがたいが、仮に、機器内の爆発を想定したとしても健全性は維持される。

第1図 高レベル濃縮廃液に関する事象推移

#### ① 水素爆発⇒臨界

着目する現象は、水素爆発により発生するエネルギーによる溶液の組成変化である。

臨界の誘発の観点では、核分裂性の物質を含まれないことから、臨界に進展しない。

#### ②水素爆発⇒蒸発乾固

着目する現象は、水素爆発により発生するエネルギーによる溶液の温度上昇である。

蒸発乾固の誘発の観点では、水素爆発により発生するエネルギーは最大でも200MJ程度であることから、仮に全エネルギーが溶液に付加されたとしても、溶液の温度上昇は数℃程度であり、溶液が沸騰に至ることはない。

#### ③水素爆発⇒有機溶媒火災

着目する現象は、水素爆発により発生するエネルギーによる溶液の温度上昇（74℃到達）である。

有機溶媒火災の誘発の観点では、有意量の有機溶媒は含まれないことから、火災に進展しない。

#### ④水素爆発⇒T B P等の錯体の急激な分解反応

着目する現象は、水素爆発により発生するエネルギーによる溶液の温度上昇（135℃到達）である。

T B P等の錯体の急激な分解反応の誘発の観点では、水素爆発により発生するエネルギーは最大でも200MJ程度であることから、仮に全エネルギーが溶液に付加されたとしても、溶液の温度上昇は数℃程度であり、火災・爆発等の反応に進展することはない。

#### ⑤水素爆発⇒貯槽損傷

着目する現象は、水素爆発により発生する圧力波による機

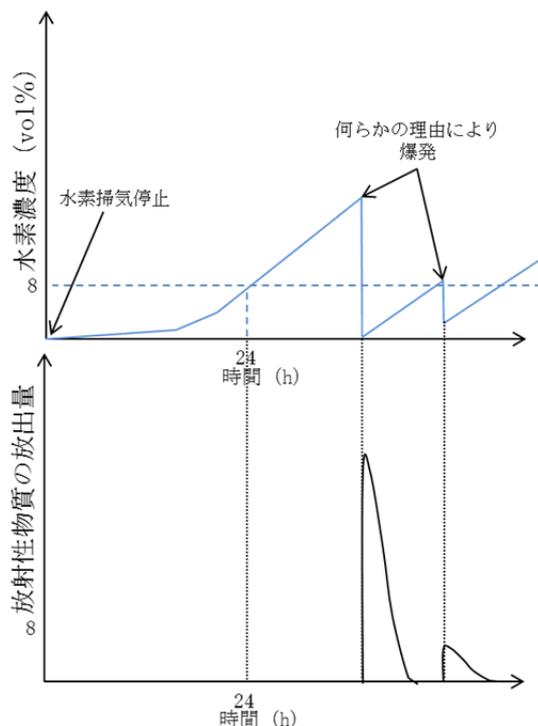
器構造物の変形，破断である。

水素爆発の誘発の観点では，水素濃度が高レベル濃縮廃液貯槽で30vol%に達するまでには，310時間を要する。このため，水素濃度が30vol%に達することは極めて考え難いが，万一，水素爆発が発生した場合，機器内の圧力は0.7MPa程度と想定され，機器の健全性は維持されると考えられる。

### 3.3.2 プルトニウム濃縮液について

プルトニウム濃縮液を貯蔵する機器についての事象の推移と放射性物質の放出量の推移の概要を第2図に示す。また，連鎖の検討結果を以下に示す。

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の例



状態	発生の可能性のある事象			
	臨界	乾固	火災	貯槽損傷
—	—※1	—※2	—※3	—※4

- ※1 爆発実験の結果から、爆発による貯槽変形は考えがたいことから、臨界は起こらない。
- ※2 水素の燃焼に伴うエネルギーが全て溶液に与えられたとしても、温度上昇は僅かであるため、蒸発乾固は想定されない。
- ※3 有意量の有機溶媒は含まれないため、火災は想定されない。
- ※4 爆発実験で爆発による貯槽変形が起きなかったこと等から、貯槽損傷が起こることは考え難い。

第2図 プルトニウム濃縮液に関する事象推移

#### ① 水素爆発⇒臨界

着目する現象は、水素爆発により発生するエネルギーによる溶液の組成変化である。

臨界の誘発の観点では、水素爆発により発生するエネルギーは1MJ程度であることから、仮に全エネルギーが溶液に付加されたとしても、溶液の温度上昇は数℃程度であり、溶液中の核燃料物質の濃度が有意に変動することはないため、臨界が発生することはない。

#### ② 水素爆発⇒蒸発乾固

着目する現象は、水素爆発により発生するエネルギーによる溶液の温度上昇である。

蒸発乾固の誘発の観点では、水素爆発により発生するエネルギーは1MJ程度であることから、仮に全エネルギーが溶液に付加されたとしても、溶液の温度上昇は数℃程度であり、溶液が沸騰に至ることはない。

#### ③ 水素爆発⇒貯槽損傷

着目する現象は、水素爆発により発生する圧力波による機器構造物の変形、破断である。

水素爆発の誘発の観点では、水素爆発により発生する圧力は1～2MPa程度であるが、試験結果から機器の健全性は維持できる。

### 3.3.3 溶解液

溶解液を内蔵する機器からの連鎖については、以下の理由からプルトニウム濃縮液に包含される。

- ① 連鎖で想定される事象が同様（臨界、乾固、貯槽損傷）であること

- ② 水素濃度が溶解液を貯蔵する機器で30vol%に達するまでには、約300時間を要することから、事象が健在化しがたいこと
- ③ 爆発が発生したとしても、臨界、乾固、貯槽損傷の連鎖は発生しないこと

#### 3.3.4 硝酸プルトニウム溶液について

硝酸プルトニウム溶液を内蔵する機器からの連鎖については、以下の理由からプルトニウム濃縮液に包含される。

- ① 連鎖で想定される事象が同様（臨界、乾固、貯槽損傷）であること
- ② 爆発が発生したとしても、臨界、乾固、貯槽損傷の連鎖は発生しないこと

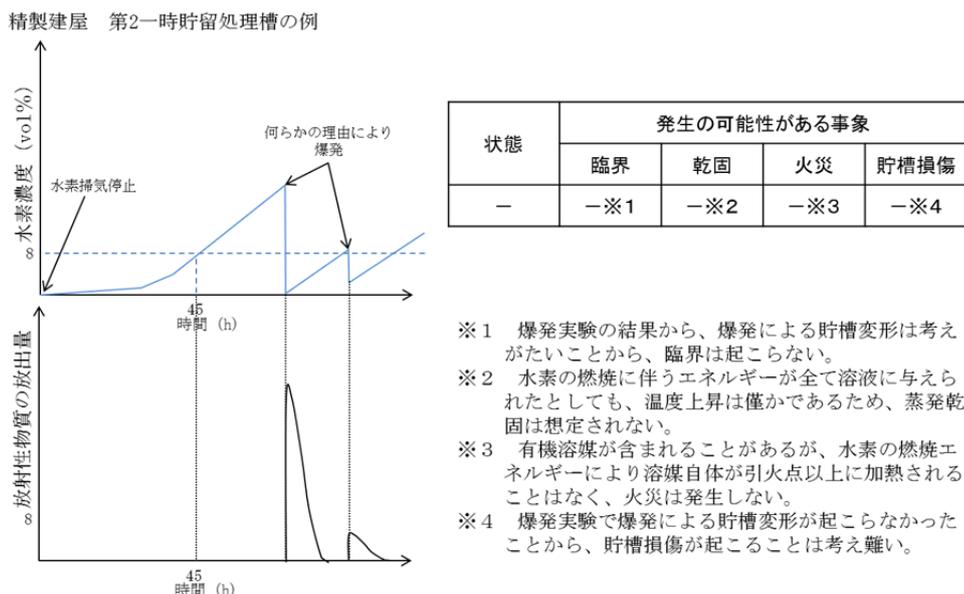
#### 3.3.4 抽出廃液について

抽出廃液を内蔵する機器からの連鎖については、以下の理由から高レベル濃縮廃液に包含される。

- ① 連鎖で想定される事象が同様（乾固、貯槽損傷）であること
- ② 水素濃度が抽出廃液を貯蔵する機器で30vol%に達するまでには、470時間以上を要することから、事象が健在化しがたいこと
- ③ 爆発が発生したとしても、乾固、貯槽損傷の連鎖は発生しないこと

### 3.3.3 一時貯留処理溶液について

プルトニウム濃縮液を貯蔵する機器についての事象の推移と放射性物質の放出量の推移の概要を第3図に示す。また、連鎖の検討結果を以下に示す。



第3図 一時貯留処理溶液に関する事象推移

#### ① 水素爆発⇒臨界

着目する現象は、水素爆発により発生するエネルギーによる溶液の組成変化である。

臨界の誘発の観点では、水素爆発により発生するエネルギーは1MJ程度であることから、仮に全エネルギーが溶液に付加されたとしても、溶液の温度上昇は数℃程度であり、溶液中の核燃料物質の濃度が有意に変動することはないため、臨界が発生することはない。

#### ② 水素爆発⇒蒸発乾固

着目する現象は、水素爆発により発生するエネルギーによ

る溶液の温度上昇である。

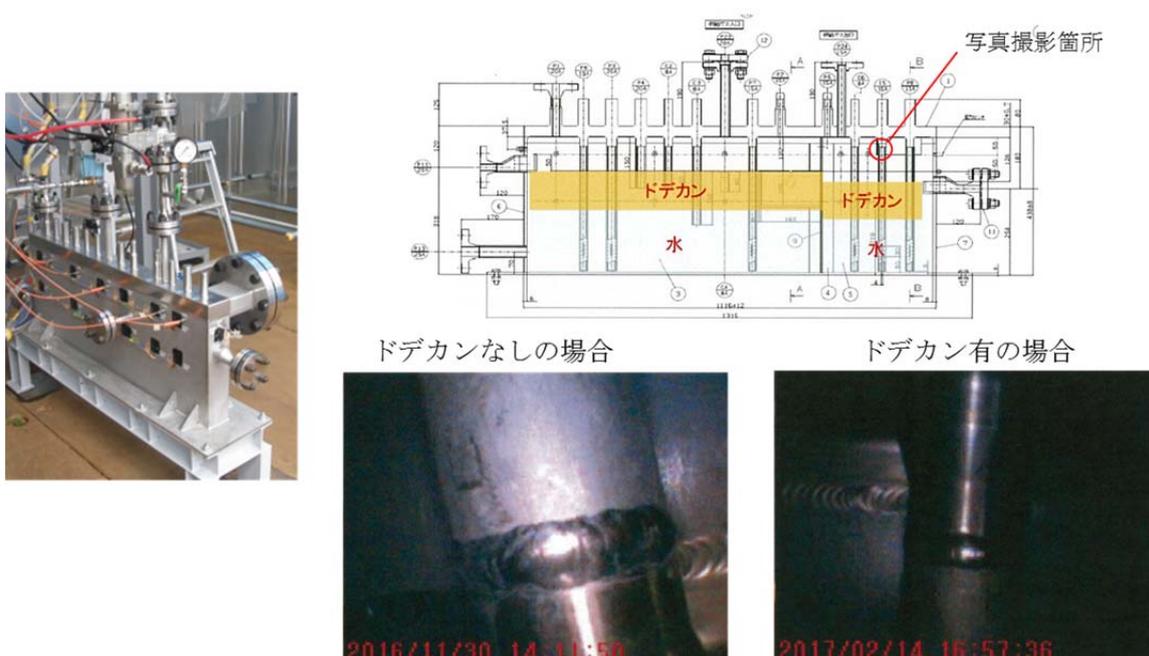
蒸発乾固の誘発の観点では、水素爆発により発生するエネルギーは1MJ程度であることから、仮に全エネルギーが溶液に付加されたとしても、溶液の温度上昇は数℃程度であり、溶液が沸騰に至ることはない。

### ③水素爆発⇒有機溶媒火災

着目する現象は、水素爆発により発生するエネルギーによる溶液の温度上昇（74℃到達）である。

有機溶媒火災の誘発の観点では、水素爆発により発生するエネルギーは1MJ程度であることから、仮に全エネルギーが溶液に付加されたとしても、溶液の温度上昇は数℃程度であり、火災・爆発等の反応に進展することはない。

また、板型貯槽に水、ドデカン及び30%水素を封入して水素爆発させる試験を実施したが、爆発後の内部は、金属光沢が認められた。（第4図参照）このため、ドデカンの継続的な燃焼は起こらなかったと考えられる。



第4図 有機溶媒を内蔵する板型貯槽の水素爆発試験結果

#### ④ 水素爆発⇒T B P等の錯体の急激な分解反応

着目する現象は、水素爆発により発生するエネルギーによる溶液の温度上昇（135℃到達）である。

T B P等の錯体の急激な分解反応の誘発の観点では、水素爆発により発生するエネルギーは1MJ程度であることから、仮に全エネルギーが溶液に付加されたとしても、溶液の温度上昇は数℃程度であり、火災・爆発等の反応に進展することはない。

#### ⑤ 水素爆発⇒貯槽損傷

着目する現象は、水素爆発により発生する圧力波による機器構造物の変形、破断である。

水素爆発の誘発の観点では、水素爆発により発生する圧力は1～2MPa程度であるが、試験結果から機器の健全性は維持できる。

### 3.3.4 セル内及び建屋内への水素の漏えい

水素爆発の発生の防止のための措置及び水素爆発の再発の防止のための措置が失敗していることを想定する。

長期にわたり、機器内から発生する水素を拡散させた場合であり、セル導出ユニットの開放操作を行わない場合、水封安全器を介して水素がセル内および建屋内に漏えいする可能性がある。連鎖とは観点が異なるが、想定される事象としてその他の事象に整理する。

#### ①セル内水素爆発

水封安全器を介してセル内に放出された水素が蓄積し、セ  
補8-21-21

ル内水素爆発に至るか確認する。

## ② 建屋内水素爆発

セルから漏えいした水素が建屋内に蓄積し、建屋内水素爆発に至るか確認する。

検討結果を以下に示す。

### (1) セル内水素爆発

着目する現象は、水封安全器設置セルへ放出された水素による爆発である。

セル内水素爆発の誘発の観点では、セル内の水素濃度の上昇は、以下に示す通り緩慢である。このため、水素濃度が可燃限界濃度に到達する前に、換気設備の復旧対応等を行うことが可能であることから、セル内水素爆発が発生する可能性は極めて小さいと考えられる。

第4表 セル内の水素濃度が4vol%に至る時間

建屋	4vol%までの時間余裕 (日)
前処理建屋の水封安全器設置セル	60
分離建屋の水封安全器設置セル	2
精製建屋の水封安全器設置セル	3
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 の水封安全器設置セル	89

※水封安全器がないこと、塔槽類廃ガス処理設備の排風機は遠心式であり間隙を有することから、水素はセル等に放出されずに主排気筒側に拡散する。

## (2) 建屋内水素爆発

着目する現象は、建屋内に漏えいした水素濃度の上昇である。

建屋内水素爆発の誘発の観点では、建屋内に漏えいした水素が蓄積する場所を特定することは困難であるが、ここでは各建屋の水封安全器設置セルの給気ダクト接続部屋に水素が漏えいすることを想定して、部屋内の水素濃度が可燃限界濃度である4vol%に達するまでの時間を評価した。結果を結果を第5表に示す。

時間余裕が1日程度の建屋もあるが、扉の開放により十分な時間余裕の確保が可能である。

この間に換気設備の復旧対応等を行うことが可能であることから、建屋内水素爆発が発生する可能性は極めて小さいと考えられる。

第5表 建屋内の水素濃度が4vol%に至る時間

建屋	4vol%までの時間余裕 (日) (括弧内の数値は、 扉開放時)
前処理建屋	52
分離建屋	1 (48)
精製建屋	3 (180)
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	37

※水封安全器がないこと、塔槽類廃ガス処理設備の排風機は遠心式であり間隙を有することから、水素はセル等に放出されずに主排気筒側に拡散する。

#### 4. まとめ

水素爆発の水素爆発の発生の防止のための措置及び水素爆発の再発の防止のための措置に失敗した場合、他事象への連鎖は無いが、セル及び建屋への水素の漏えいが否定できない。ただし、水素爆発の発生の防止のための措置に使用する系統は、基準地震動を1.2倍とした地震動を考慮する設計とすることで、系統自身の堅牢性を十分確保した上で、さらに信頼性を高めるための設計としているため、発生防止対策が失敗する可能性は低い。

また、水素爆発の再発の防止のための措置に使用する系統は、基準地震動を1.2倍とした地震動を考慮する設計とすることで、系統自身の堅牢性を十分確保した上で、さらに信頼性を高めるための設計としているため、水素爆発の再発の防止のための措置が失敗する可能性は低い。

水素掃気機能喪失の継続により、セル及び建屋への水素の漏えいが発生する可能性は低い。万一、セル及び建屋への水素の漏えいが発生したとしても、扉の開放や換気機能の復旧により対処が可能である。



令和元年12月10日R1

補足説明資料 10－1



有機溶媒等による火災又は爆発に関する  
事象選定及びT B P等の錯体の急激な分解  
反応に関する事象発生シナリオ等について

## 目次

1. 有機溶媒等による火災又は爆発の事象選定
1. 1 概要
2. T B P 等の錯体の急激な分解反応の事象発生シナリオ及び対策
2. 1 概要
2. 2 事象発生シナリオの再検討
2. 2. 1 プルトニウム濃縮缶の運転方法
2. 2. 2 起因の整理
2. 2. 3 事象発生シナリオ
2. 4 事象発生シナリオ変更による影響
2. 4. 1 T B P 等の錯体の急激な分解反応を起こす T B P 等の量の増加による影響
2. 4. 2 事故対策

## 1. 有機溶媒等による火災又は爆発の事象選定

有機溶媒等による火災について、設計上定める条件より厳しい条件では、漏えいした有機溶媒の温度は引火点には到達しないため、更に厳しい条件を与えた評価として、放熱評価（気相部への放熱を考慮）を用いるとともに換気停止を考慮した。

有機溶媒から気相部及びセルコンクリートへ熱伝達することで、漏えいした有機溶媒が引火点に到達しないことを確認した。

したがって、漏えいした有機溶媒の温度は引火点に到達しないため、有機溶媒等による火災は重大事故として発生しないとの選定結果とした。

また、有機溶媒等による爆発の対象事象であるTBP等の錯体の急激な分解反応については、一般公衆及び従事者への影響を考慮し、安全上重要な施設を対象として重大事故等の選定を行った結果、ウラン精製設備のウラン濃縮缶は安全上重要な施設ではないため選定の対象外とした。分配設備のウラン濃縮缶、プルトニウム精製設備のプルトニウム濃縮缶、高レベル廃液濃縮設備の高レベル廃液濃縮缶及び第2酸回収蒸発缶を対象として、設計上定める条件よりも厳しい条件を与えた場合に事象の発生の有無を確認した結果、事象は発生しないという評価になったが、過去に同事象が他プラントで発生していること、事象が発生した場合の影響の大きさを考慮し、設計上定める条件よりも厳しい条件よりも更に厳しい条件を与え、事象の発生の有無を確認した。この結果、物理的に事象が発生しない機器として減圧蒸発を採用することで運転温度を下げて運転していることで缶内の溶液が 135℃

には至らない高レベル廃液濃縮缶及び酸回収設備の第2酸回収蒸発缶を除いた分配設備のウラン濃縮缶及びプルトニウム精製設備のプルトニウム濃縮缶において事象の発生が想定される機器とした。T B P等の錯体の急激な分解反応事象が発生した場合の両機器の一般公衆への影響は、プルトニウム精製設備のプルトニウム濃縮缶では  $0.4 \mu S v$  となる。分配設備のウラン濃縮缶では、除染機能の低下等の想定外事象が発生した場合であっても、一般公衆への影響は  $6.8 \times 10^{-5} \mu S v$  であり、平常時を十分下回るため、プルトニウム精製設備のプルトニウム濃縮缶を対象機器として選定した。

なお、高レベル廃液濃縮缶については、供給液の供給が停止し、冷却運転をしている際に冷却機能の喪失が発生し、缶内の高レベル廃液が崩壊熱により沸騰した場合にT B Pを含む供給液を供給することはなく、沸点は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ず、また、蒸発乾固の対策として内部ループ通水等を実施することから、T B P等の錯体の急激な分解反応の発生する温度に達することはないため、選定対象から除外した。

なお、分配設備のウラン濃縮缶では、事象発生シナリオの見直しによりT B P等の錯体の急激な分解反応に寄与するT B P量が、従来の事象発生シナリオでは約1.8kgであったものが、約4.3kgに増加する。この状態でT B P等の錯体の急激な分解反応の発生による圧力及び温度の上昇については、T B P量が約6.4kgの場合のFluentによる解析結果において、ウラン濃縮缶の出口における圧力が約480kPaであり、許容圧力を超えない。分離建屋塔槽類廃ガス処理設備の塔槽類廃ガス処理系の

高性能粒子フィルタについては、フィルタ差圧が約 0.29 k P a 、  
温度が約 170℃であり、フィルタの健全性が確認されている 9.3  
k P a 及び 200℃を下回る。このため、ウラン濃縮缶及び分離建  
屋塔槽類廃ガス処理設備の塔槽類廃ガス処理系の高性能粒子フ  
ィルタの健全性は担保できる。

表－１（１／２）：分配設備のウラン濃縮缶とプルトニウム精製設備のプルトニウム濃縮缶における事象発生時の放出放射能量

核種グループ	C s 換算放出放射能量 (T B q)	
	ウラン濃縮缶	プルトニウム濃縮缶
Z r / N b	0.0E+00	0.0E+00
R u / R h	3.9E-14	1.2E-15
C s / B a	0.0E+00	0.0E+00
C e / P r	0.0E+00	0.0E+00
S r / Y	0.0E+00	0.0E+00
その他 F P	2.0E-11	6.1E-13
P u ( α )	1.6E-10	5.1E-04
A m / C m ( α )	7.7E-08	0.0E+00
U ( α )	1.8E-08	1.2E-12
N p ( α )	3.5E-09	0.0E+00
合計	9.8E-08	5.1E-04

表－１（２／２）：分配設備のウラン濃縮缶とプルトニウム精製設備のプルトニウム濃縮缶における事象発生時の線量

核種グループ	被ばく線量（ $\mu$ Sv）	
	ウラン濃縮缶	プルトニウム濃縮缶
Zr / Nb	0.0E+00	0.0E+00
Ru / Rh	2.8E-11	8.9E-13
Cs / Ba	0.0E+00	0.0E+00
Ce / Pr	0.0E+00	0.0E+00
Sr / Y	0.0E+00	0.0E+00
その他FP	4.6E-10	1.4E-11
Pu（ $\alpha$ ）	1.3E-07	4.0E-01
Am / Cm（ $\alpha$ ）	6.2E-05	0.0E+00
U（ $\alpha$ ）	5.0E-06	3.3E-10
Np（ $\alpha$ ）	1.7E-06	0.0E+00
合計	6.8E-05	4.0E-01

## 2. T B P 等の錯体の急激な分解反応の事象発生シナリオ及び対策

### 2. 1 概要

T B P 等の錯体の急激な分解反応については、事象発生に至るシナリオを網羅的に確認した結果、プルトニウム溶液を連続供給しながら過濃縮が発生するシナリオとした。

### 2. 2 事象発生シナリオ

事象発生シナリオについて、プルトニウム濃縮缶の運転方法を踏まえ、考え得るシナリオを検討した。

#### 2. 2. 1 プルトニウム濃縮缶の運転方法

プルトニウム濃縮缶の運転は、立ち上げ、液位制御による硝酸プルトニウム溶液の濃縮、密度制御による濃縮運転、待機運転、停止に大別される。

立ち上げでは、プルトニウム濃縮缶に硝酸又は硝酸プルトニウム溶液を張り込み、加熱を開始する。

液位制御による硝酸プルトニウム溶液の濃縮では、プルトニウム濃縮缶内の溶液密度を所定の値まで上昇させるため、濃縮缶内の液位が一定となるよう硝酸プルトニウム溶液の供給量を制御しながら濃縮を行う。

密度制御による濃縮運転では、濃縮缶内の硝酸プルトニウム溶液の濃度が  $250 \text{ g / L}$  に相当する密度となるよう、プルトニウム溶液の供給流量を制御するとともに濃縮した硝酸プルトニウム溶液（以下、「プルトニウム濃縮液」と言う。）の抜き出しを実施する。液位制御による濃縮から密度制御による濃縮は、液位制御

と密度制御がともに自動制御モードであり、硝酸プルトニウム溶液の供給流量制御がカスケードモード(液位制御と密度制御の両方からの信号を受け付け、制御を行うモード)となっている状態で自動的に切り替わる。

待機運転は、上流工程からのプルトニウム溶液の移送が遅れる等の理由により短期的に濃縮運転の継続が困難となった場合に実施し、プルトニウム濃縮缶の加熱を継続しながら硝酸プルトニウム溶液の供給は停止し、プルトニウム濃縮缶から発生する凝縮液の全量をプルトニウム濃縮缶に戻すことで、プルトニウム濃縮缶内の液位を保ちながら待機する。

工程停止は、加熱を停止するとともにプルトニウム濃縮液をプルトニウム濃縮缶から抜き出し、硝酸を張り込んで終了となる。

上記運転の概要を図-1に示す。

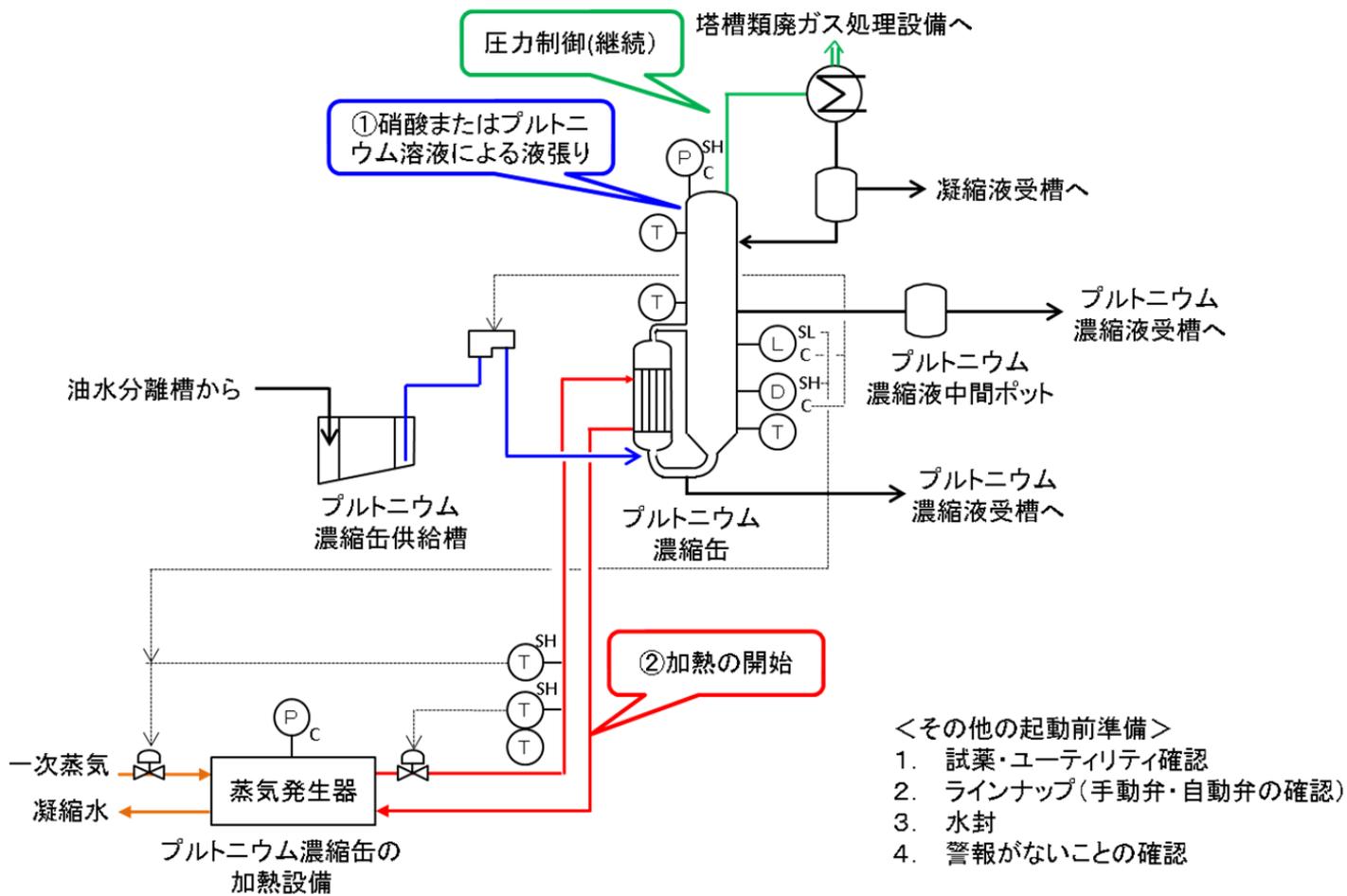


図-1 (1 / 5) プルトニウム濃縮缶の運転概要 (立ち上げ)

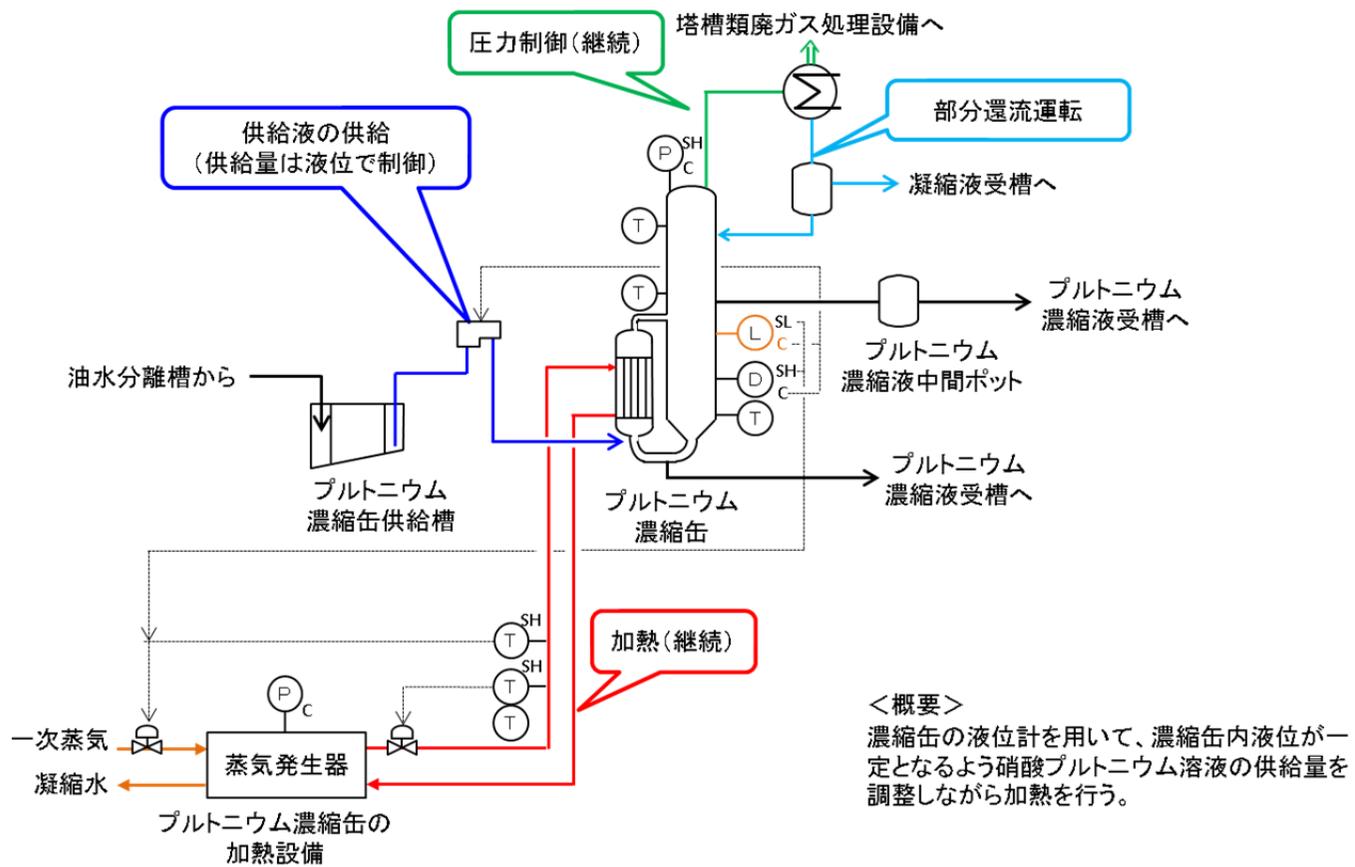
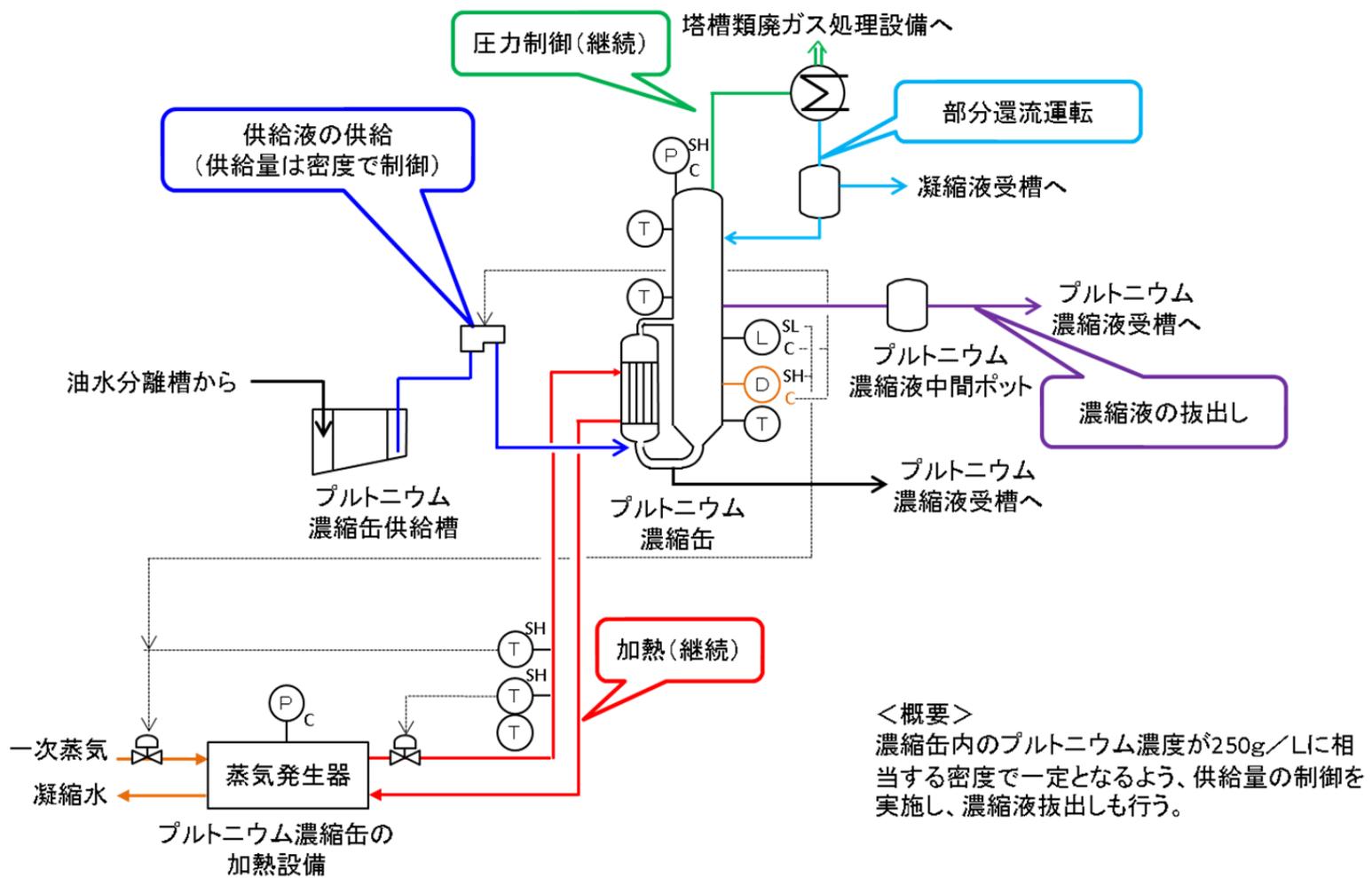


図-1 (2 / 5) プルトニウム濃縮缶の運転概要 (液位制御運転)



<概要>  
 濃縮缶内のプルトニウム濃度が250g/Lに相当する密度で一定となるよう、供給量の制御を実施し、濃縮液抽出も行う。

図-1 (3 / 5) プルトニウム濃縮缶の運転概要 (密度制御運転)

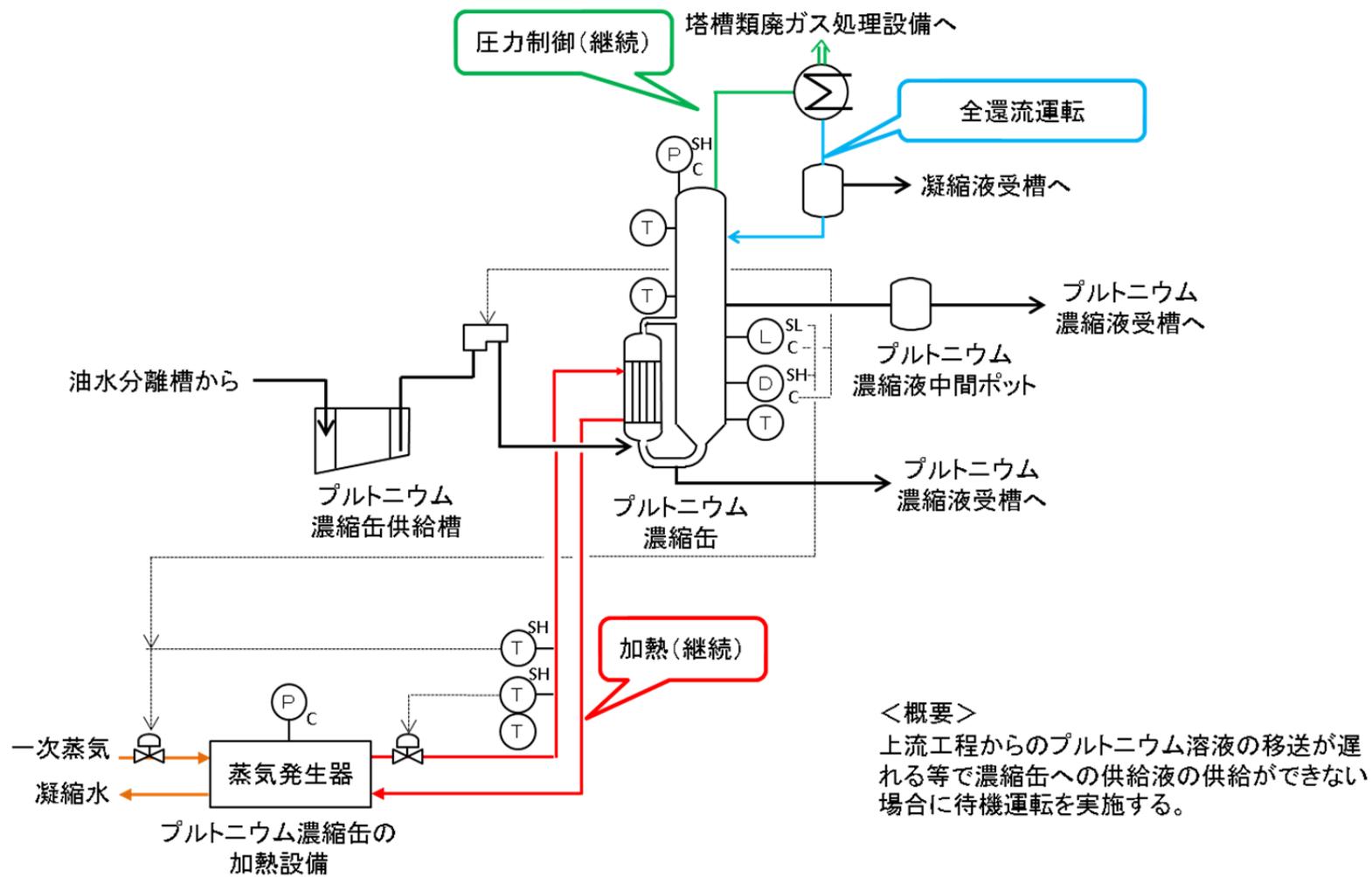


図-1 (4 / 5) プルトニウム濃縮缶の運転概要 (待機運転)

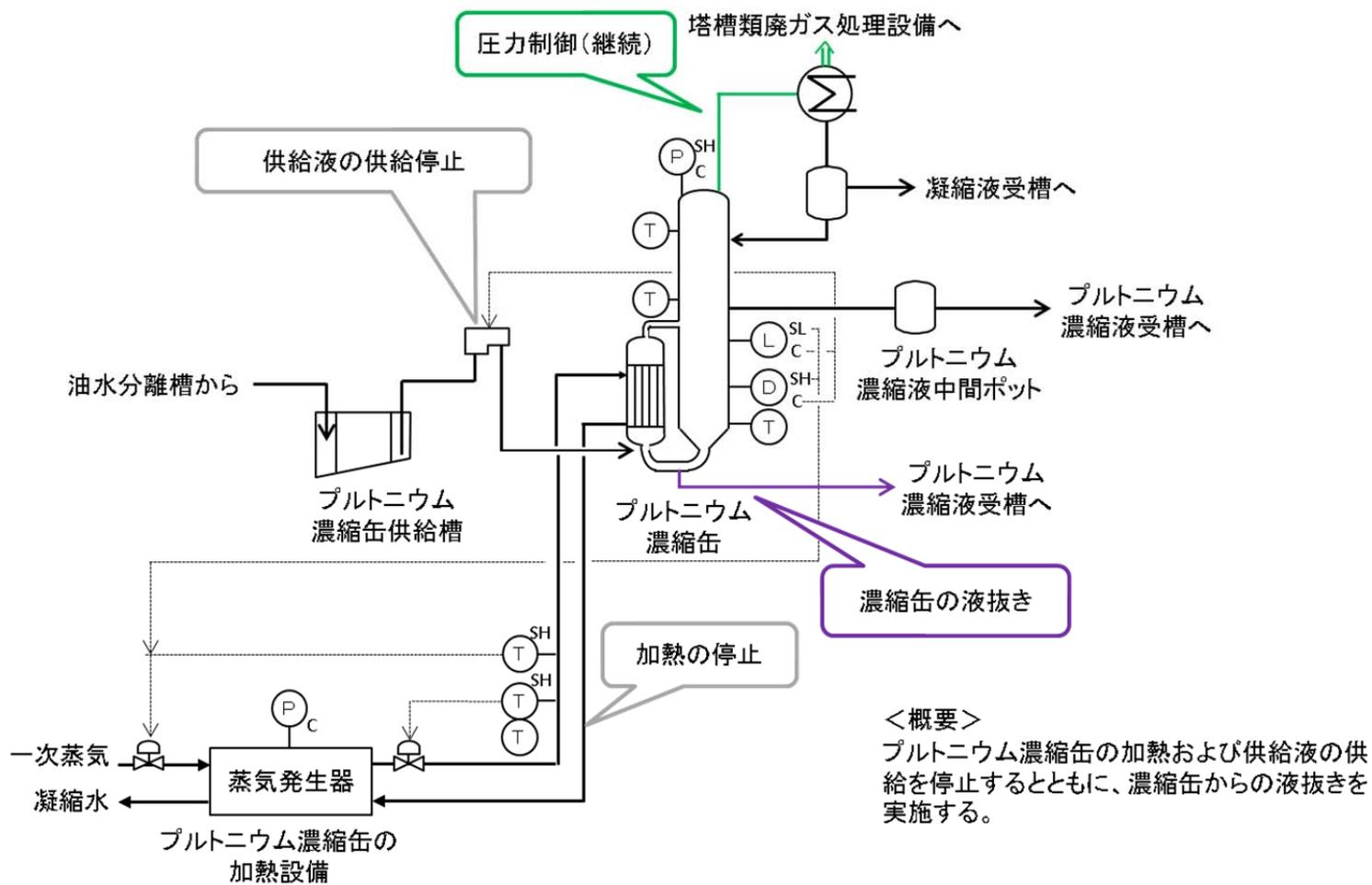


図-1 (5 / 5) プルトニウム濃縮缶の運転概要 (停止)

## 2. 2. 2 起因の整理

プルトニウム濃縮缶での T B P 等の錯体の急激な分解反応に対して、発生防止を期待できる機能としては、以下のものがある。

図-2 に発生防止機能を図示する。

### ① T B P 等の濃縮缶への持ち込み防止

- ・ T B P 洗浄器における希釈剤洗浄
- ・ 貯槽の下部からの溶液の抜き出し
- ・ 下流工程への移送前における溶液の T B P 濃度の確認
- ・ 油水分離槽からプルトニウム濃縮缶供給槽への移送機器の液位低信号による移送停止

### ② 加熱蒸気温度の T B P 等の錯体の急激な分解反応が発生する温度への到達防止

- ・ 蒸気発生器における加熱蒸気の圧力（温度）制御
- ・ 加熱蒸気圧力高警報に基づく運転員による対処
- ・ 加熱蒸気温度高警報に基づく運転員による対処
- ・ 加熱蒸気の温度が更に上昇した場合に、インターロックによる蒸気発生器への一次蒸気の供給停止
- ・ 加熱蒸気の温度が更に上昇した場合に、インターロックによる濃縮缶等への加熱蒸気の供給停止
- ・ 運転員による加熱蒸気温度、加熱蒸気圧力の確認

### ③ 過濃縮（溶液温度の T B P 等の錯体の急激な分解反応が発生する温度への到達）防止

- ・ 濃縮缶の密度制御
- ・ 濃縮缶の密度が異常に上昇した場合に、警報を発するとともにインターロックにより蒸気発生器への一次蒸気の供給停止

止

- ・濃縮缶の液位が異常に低下した場合に、警報を発するとともにインターロックにより蒸気発生器への一次蒸気の供給停止
- ・運転員による定期的なログシートの採取による、濃縮缶の密度、液位、温度の確認

T B P 等の錯体の急激な分解反応が発生する場合の、上記の発生防止機能の喪失については、以下の考え方にに基づき選定した。

- ・上記①、②及び③の機能を担う主要な機能は喪失する。また、この機能喪失による事象の進展を防止する機能は 2 つまで機能喪失を想定する。
- ・運転員による異常の検知及び対処については、期待しない。

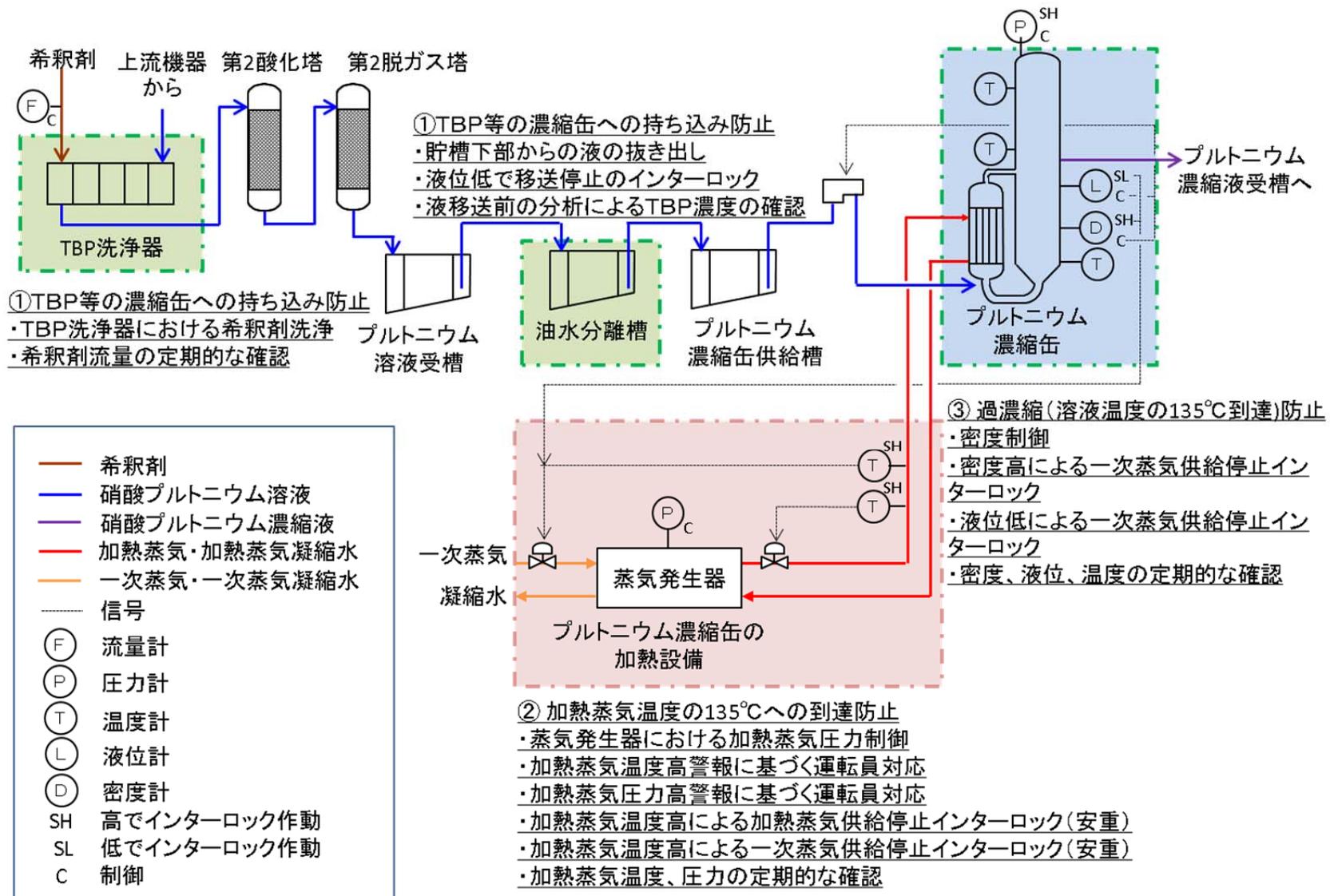


図-2 発生防止機能一覧

## 2. 2. 3 事象発生シナリオ

事故の起因の中で、その状態に至るまでの過程の違いにより事故の規模や対処が変わるものとして、過濃縮により T B P 等の錯体の急激な分解反応が発生する温度に至るまでのシナリオが挙げられる。

過濃縮はプルトニウム濃縮缶内に硝酸プルトニウム溶液があり、加熱を行っている状態でプルトニウム濃縮液の抜き出しが行われない状態でなければ発生しない。2. 2. 1 に記載したプルトニウム濃縮缶の運転方法を踏まえると、過濃縮に至るシナリオは、待機運転の実施中に凝縮液が下流工程へ流出する場合と、硝酸プルトニウム溶液の濃縮運転中に硝酸プルトニウム溶液の供給は継続するがプルトニウム濃縮液の抜き出しが行われない場合の2ケースのみが想定される。各ケースの詳細を以下に示す。

### (1) ケース1：待機運転時の過濃縮

待機運転時、プルトニウム濃縮缶の加熱により発生した蒸発蒸気は、凝縮器において凝縮させ、全量を凝縮液としてプルトニウム濃縮缶に戻すが、何らかの誤操作により一部の凝縮液が下流工程に移送される状態で待機運転が継続されることを想定する。時間の経過とともに濃縮缶内の液位が低下し、プルトニウム濃縮液の濃度が高まることで沸点が上昇し、最終的にT B P 等の錯体の急激な分解反応が発生する温度を超える状態に至る。

なお、プルトニウム濃縮液は、希釈剤洗浄が行われず T B P 濃度が高い状態の硝酸プルトニウム溶液を処理することでプルトニウム濃度は 250 g / L、濃縮缶内の T B P 量は 94 g となっており、加熱蒸気温度は、待機運転が開始され凝縮液の一部が下流

工程に移送される状態が始まった時点でT B P等の錯体の急激な分解反応が発生する温度を超えていると想定する。

このケースでは、異常の発生（待機運転状態で凝縮液の一部が下流工程に移送される）から事象の発生（800 g / Lへの到達）までの時間は約 29 時間となる。

ケース 1 の運転状態を図 - 3、事象発生の起因となる発生防止機能の喪失状態を図 - 4 に示す。

ケース 1 の場合、事象発生時にはプルトリウム溶液の供給は停止している状態であり、事象発生後の再供給は実施しない。また、T B P 等の錯体の急激な分解反応により、T B P 等の錯体は全てが分解されてしまうことから、事象発生後はプルトリウム濃縮缶内には T B P 等が存在しないこととなるため、T B P 等の錯体の急激な分解反応は再発しない。

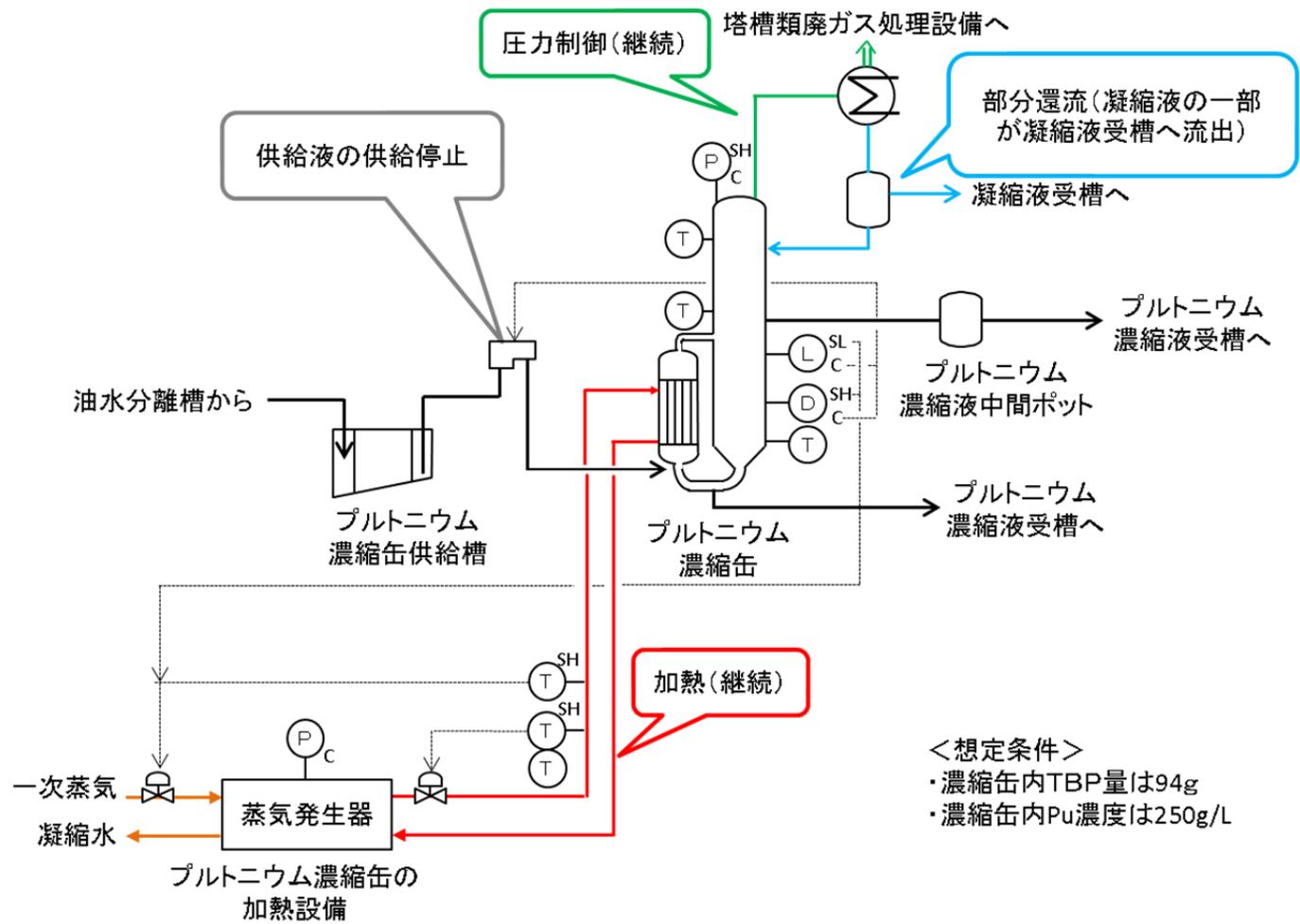


図-3 想定シナリオケース1の運転状態

## TBP等の混入防止に係る機能の喪失

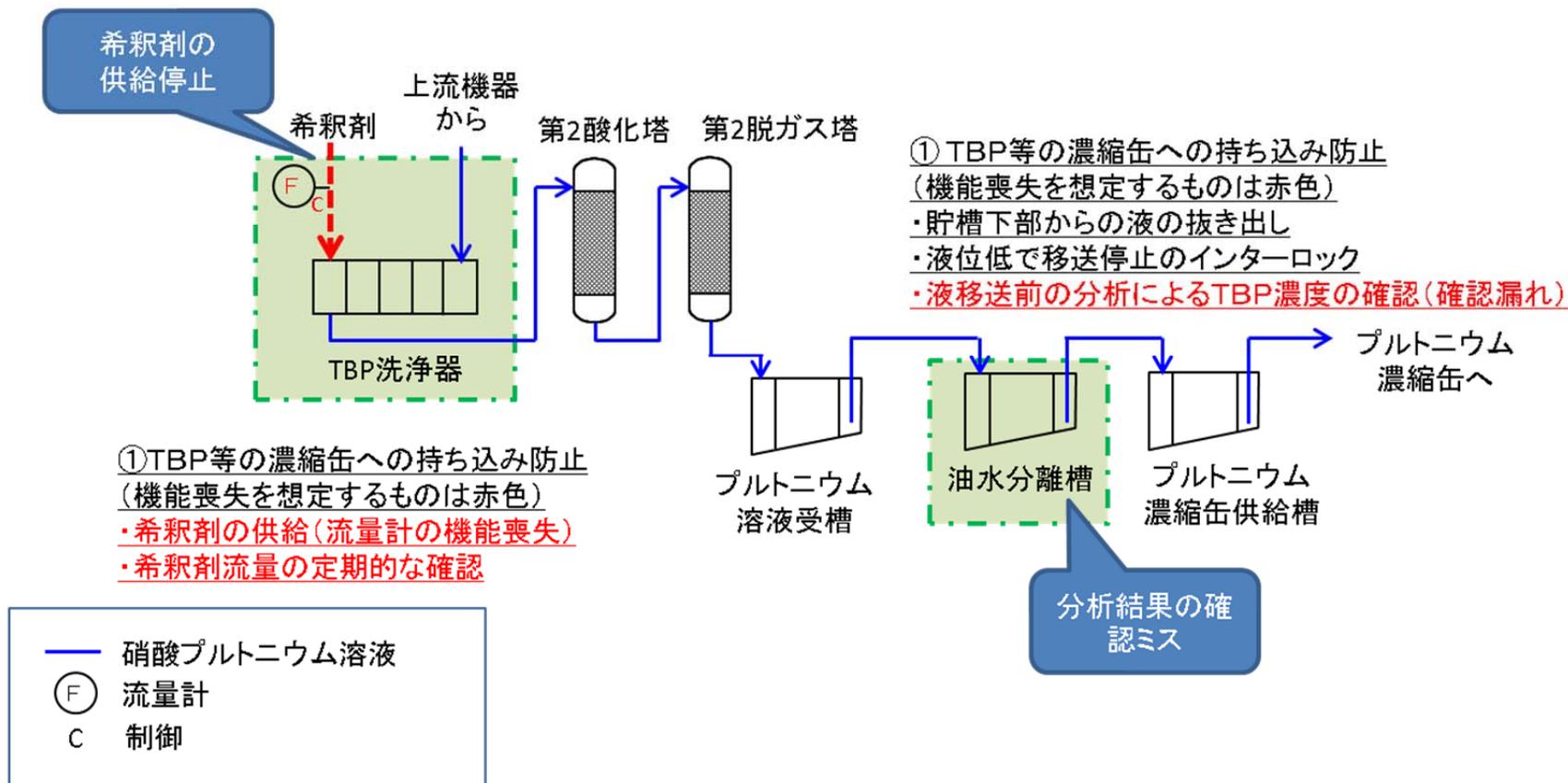
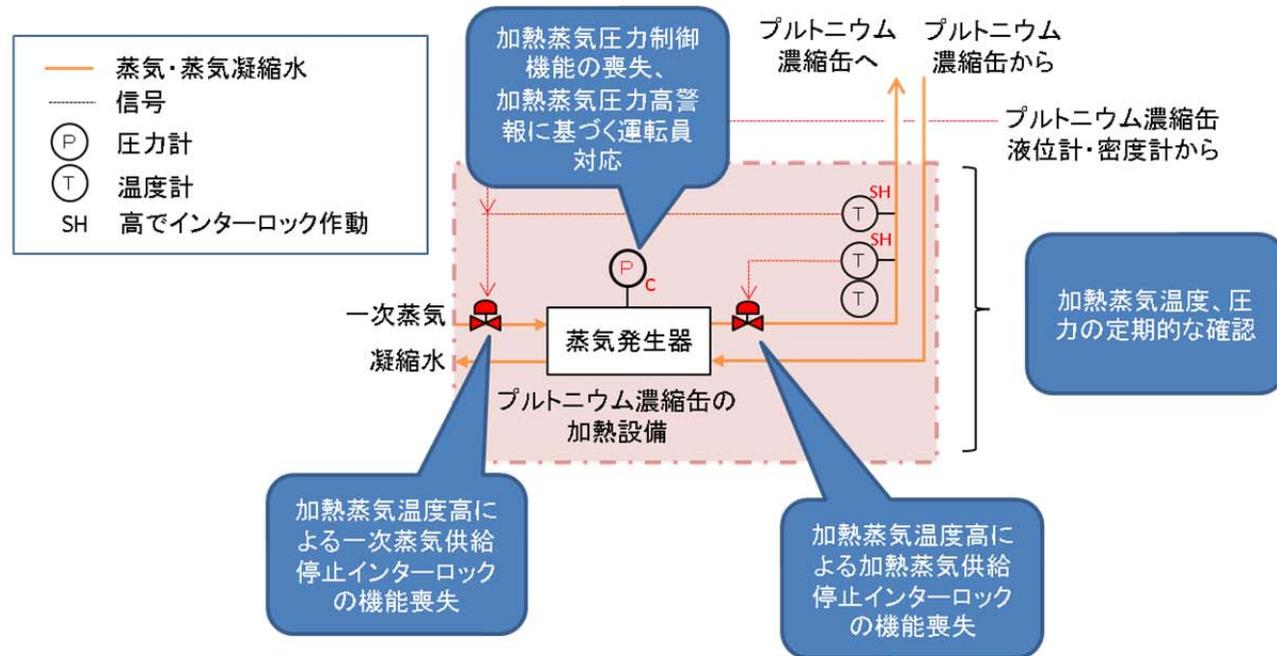


図-4 想定シナリオケース1の事象発生の起因となる発生防止機能の喪失状態 (1 / 3)

## 加熱蒸気温度の135°C到達防止に係る機能の喪失



### ② 加熱蒸気温度の135°C到達防止(機能喪失を想定するものは赤色)

- ・蒸気発生器における加熱蒸気圧力計による加熱蒸気圧力制御(圧力計の機能喪失)
- ・加熱蒸気温度高警報に基づく運転員の対応(運転員の認知漏れ)
- ・加熱蒸気圧力高警報に基づく運転員の対応(圧力計の機能喪失)
- ・加熱蒸気温度高による加熱蒸気供給停止インターロック(安重)(遮断弁の機能喪失)
- ・加熱蒸気温度高による一次蒸気供給停止インターロック(安重)(遮断弁の機能喪失)
- ・加熱蒸気温度、圧力の定期的な確認(運転員の認知漏れ)

図-4 想定シナリオケース1の事象発生の起因となる発生防止機能の喪失状態(2/3)

## 過濃縮防止に係る機能の喪失

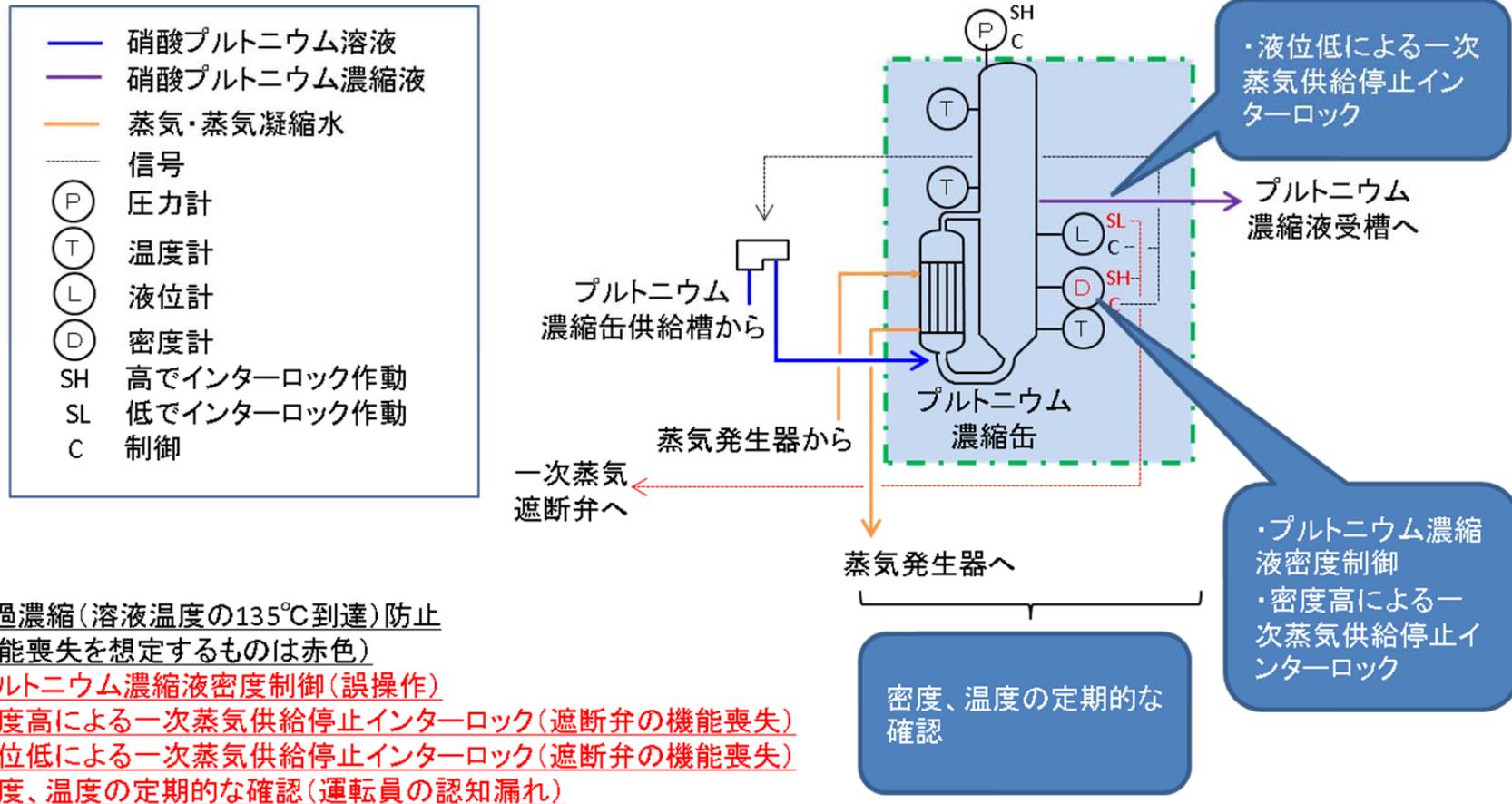


図-4 想定シナリオケース1の事象発生の起因となる発生防止機能の喪失状態 (3 / 3)

## (2) ケース2：濃縮運転中の過濃縮

液位制御による硝酸プルトニウム溶液の濃縮運転を実施しており、所定の密度に到達したことから、通常であれば自動で密度制御に切り替わるところが、液位制御の制御モードが手動制御モードとなっており、密度制御への自動切り替えが行われず、液位制御による運転が継続することを想定する。さらに、加熱蒸気についても、この異常の発生と同時に圧力制御機能が喪失し、温度が上昇すると想定する。この状態では、硝酸プルトニウム溶液の供給は継続されるがプルトニウム濃縮液の抜き出しは行われないため、過濃縮が進むと想定する。プルトニウム濃縮液の密度の上昇が継続し、沸点が T B P 等の錯体の急激な分解反応が発生する温度 に相当する  $800 \text{ g} / \text{L}$  に到達した時点で事象が発生する。

このケースでは、異常の発生（密度制御機能の自動切り替えの未実施及び加熱蒸気温度の上昇）から事象の発生（ $800 \text{ g} / \text{L}$  への到達）までの時間は、硝酸プルトニウム溶液の供給流量（ $\blacksquare \text{ L} / \text{h}$ ）と供給する硝酸プルトニウム溶液のプルトニウム濃度（ $24 \text{ g} / \text{L}$ ）から、約  $\blacksquare$  時間となる。

ケース2の運転状態を図-5、事象発生の起因となる発生防止機能の喪失状態を図-6に示す。

ケース2の場合、事象発生時にはプルトニウム溶液の供給が継続しており、事象の継続（再発）が想定される。

$\blacksquare$  について商業機密の観点から公開できません。

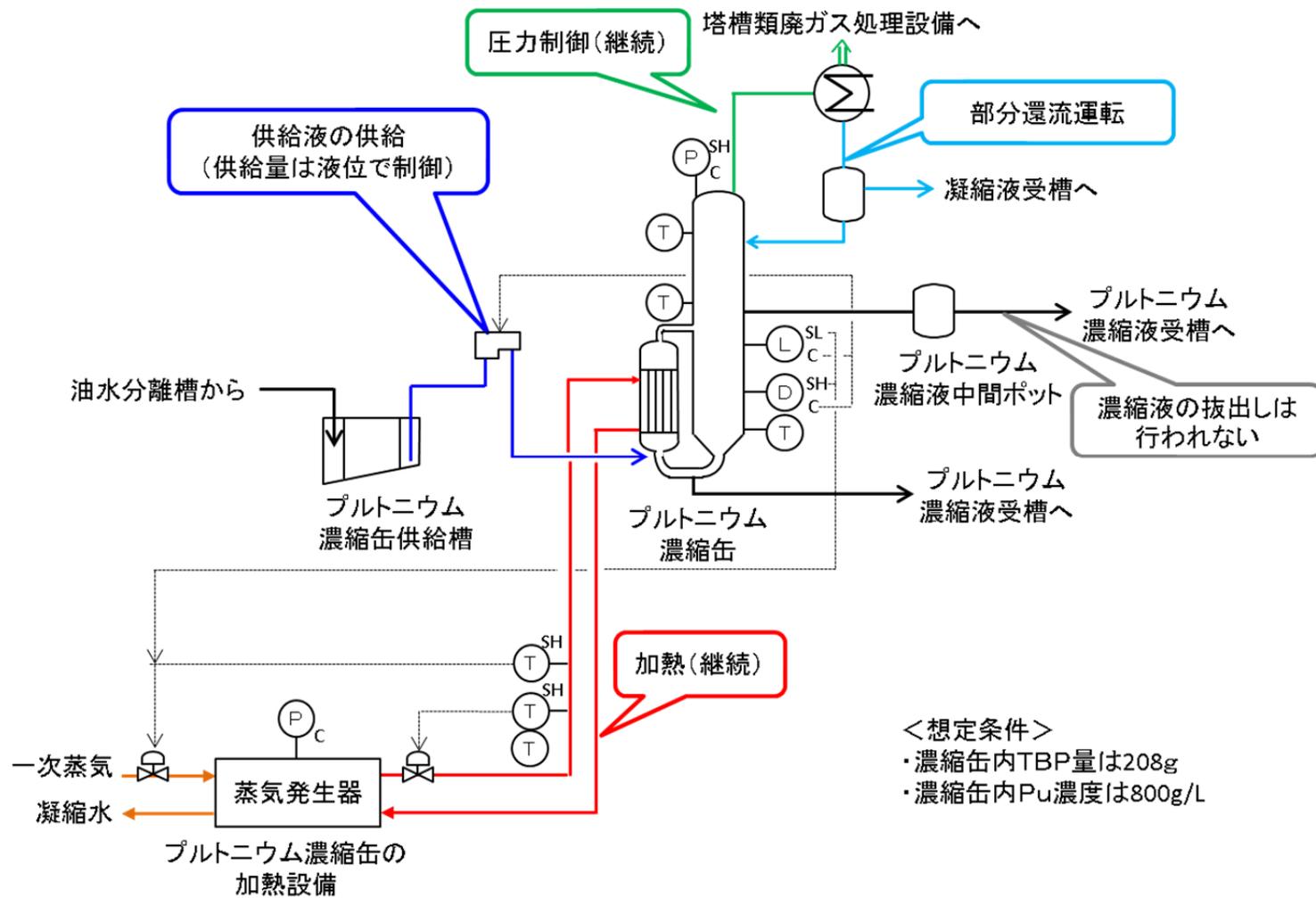


図-5 想定シナリオケース2の運転状態

## TBP等の混入防止に係る機能の喪失

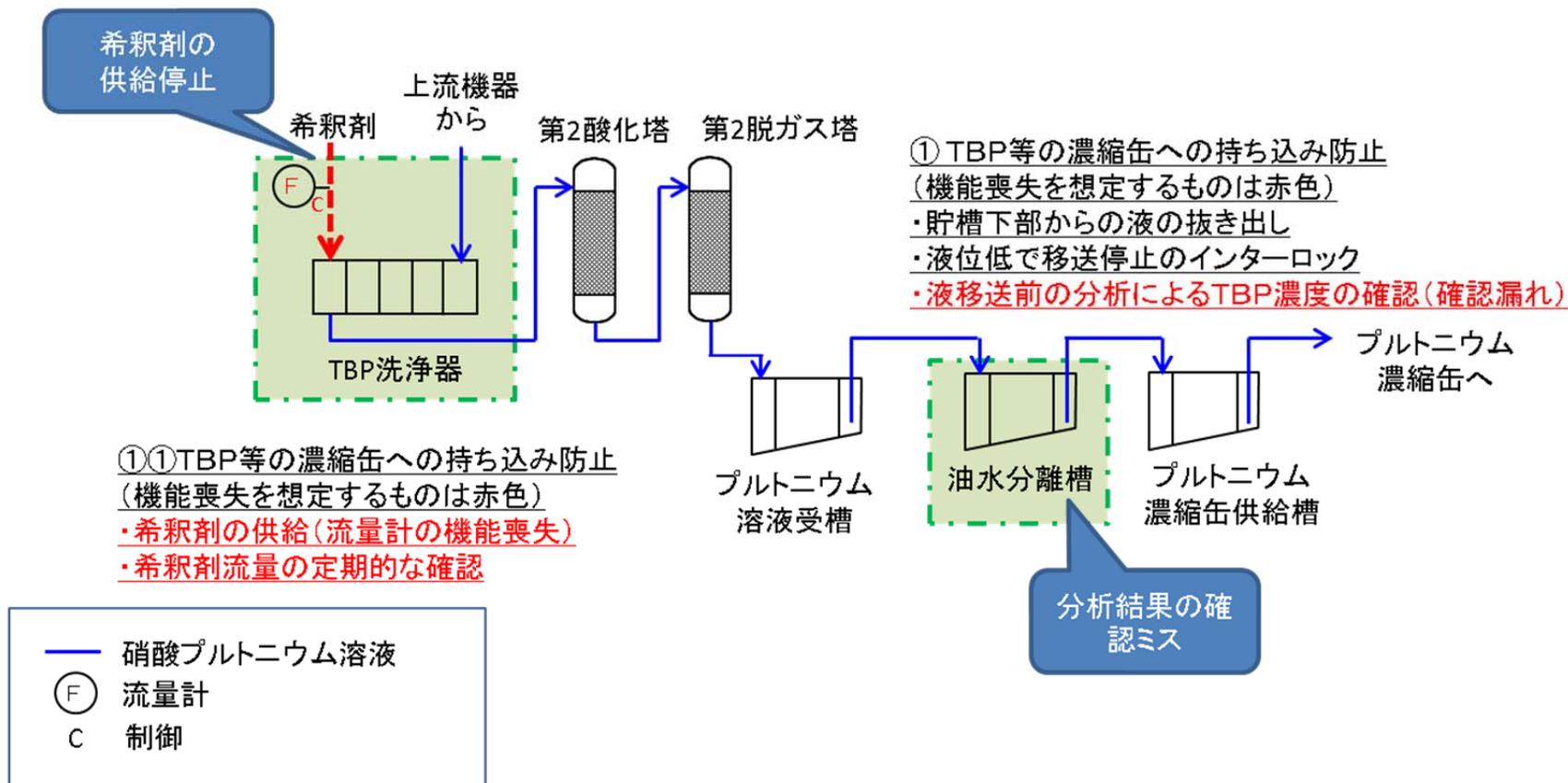
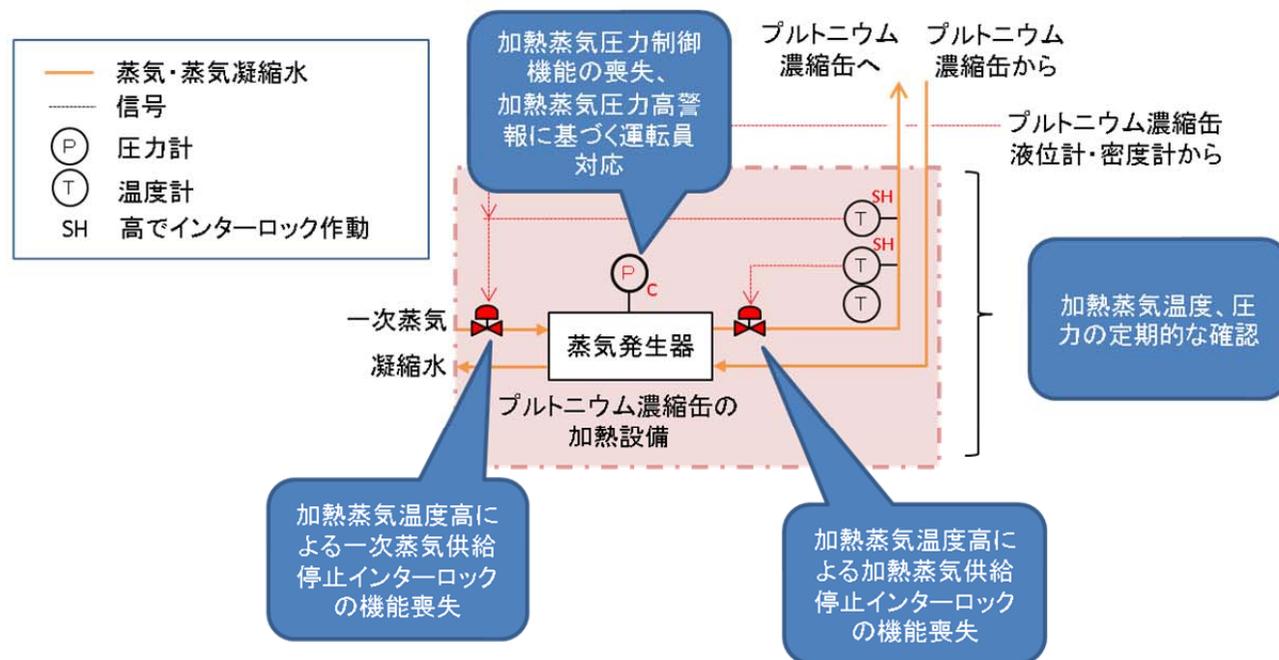


図-6 想定シナリオケース2の事象発生の原因となる発生防止機能の喪失状態(1/3)

## 加熱蒸気温度の135°C到達防止に係る機能の喪失

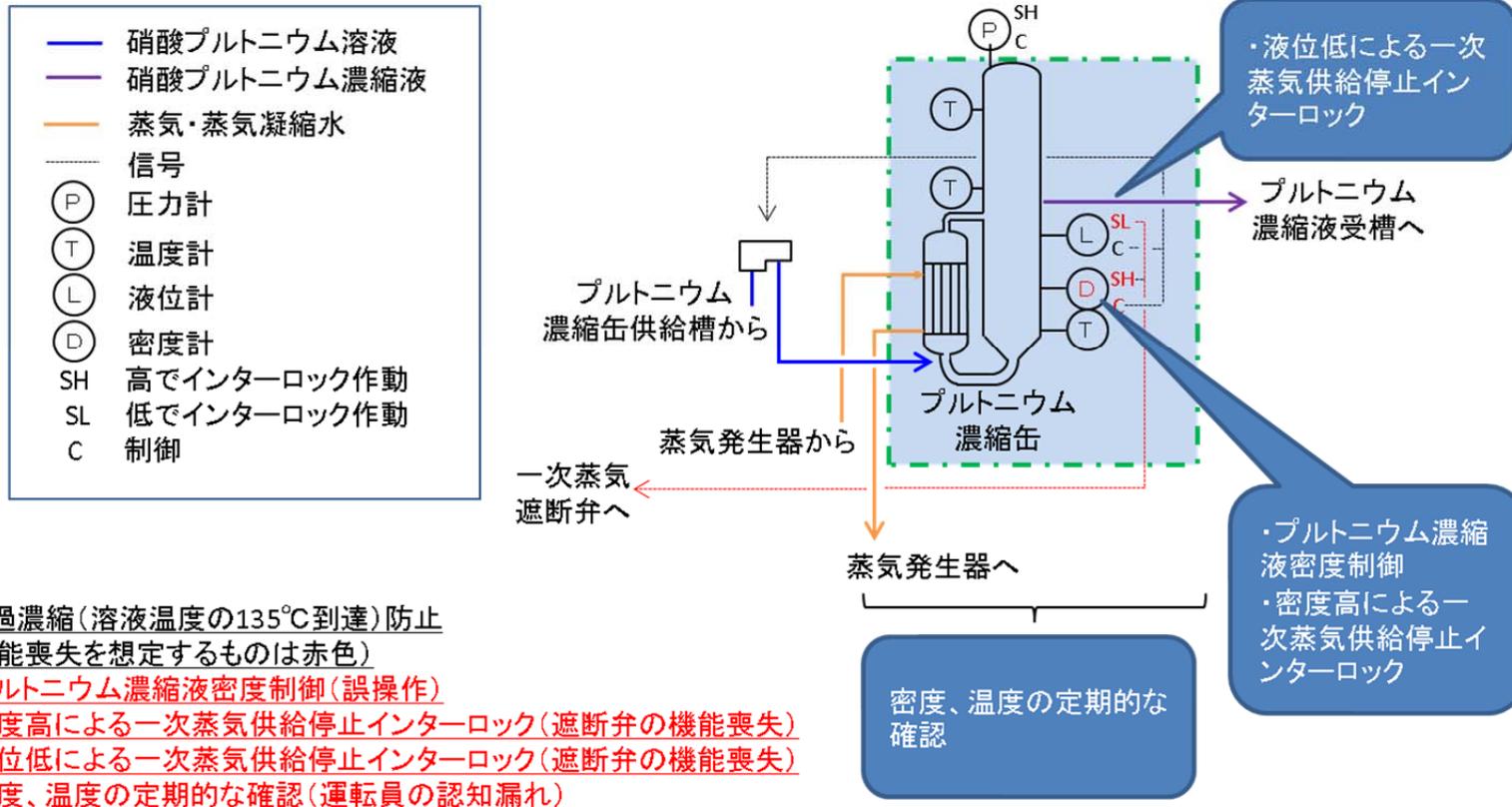


### ② 加熱蒸気温度の135°C到達防止 (機能喪失を想定するものは赤色)

- ・蒸気発生器における加熱蒸気圧力計による加熱蒸気圧力制御(圧力計の機能喪失)
- ・加熱蒸気温度高警報に基づく運転員の対応(運転員の認知漏れ)
- ・加熱蒸気圧力高警報に基づく運転員の対応(圧力計の機能喪失)
- ・加熱蒸気温度高による加熱蒸気供給停止インターロック(安重)(遮断弁の機能喪失)
- ・加熱蒸気温度高による一次蒸気供給停止インターロック(安重)(遮断弁の機能喪失)
- ・加熱蒸気温度、圧力の定期的な確認(運転員の認知漏れ)

図-6 想定シナリオケース2の事象発生の起因となる発生防止機能の喪失状態 (2 / 3)

## 過濃縮防止に係る機能の喪失



- ③ 過濃縮(溶液温度の135°C到達)防止  
(機能喪失を想定するものは赤色)
- ・プルトニウム濃縮液密度制御(誤操作)
  - ・密度高による一次蒸気供給停止インターロック(遮断弁の機能喪失)
  - ・液位低による一次蒸気供給停止インターロック(遮断弁の機能喪失)
  - ・密度、温度の定期的な確認(運転員の認知漏れ)

図-6 想定シナリオケース2の事象発生の原因となる発生防止機能の喪失状態 (3 / 3)

ケース 1 とケース 2 について、事象発生までの時間、事象の大きさ、再発の可能性等について比較を行った。結果を表 3 に示す。

比較の結果、以下の観点からケース 2 を対象とする。

- ・ケース 2 は、反応する T B P 等の量及び放出放射エネルギーが多い
- ・ケース 2 は、事象発生時にもプルトニウム溶液をプルトニウム濃縮缶へ供給しており事象が再発（継続）する可能性があるため、拡大防止対策として実施すべき事項がケース 1 よりも多く、ケース 2 の拡大防止対策を行うことでケース 1 においても拡大防止が可能

表－２：ケース１とケース２の比較（１／３）

項目	ケース１	ケース２
事象発生までの時間	異常の発生（待機運転状態で凝縮液の一部が下流工程に移送される）から事象の発生（800 g / L への到達）までの時間は約 29 時間となる。	異常の発生（液位制御から密度制御へ切り替わるべき状態で液位制御が継続）から事象の発生（800 g / L への到達）までの時間は約 ■ 時間となる。
反応に使われる T B P 量	反応に使われる T B P 等の錯体量（T B P 等の量）は、約 24 g / L のプルトリウム溶液を 250 g / L に濃縮するために必要なプルトリウム溶液量に相当する量（94 g）	反応に使われる T B P 等の錯体量（T B P 等の量）は、250 g / L のプルトリウム濃縮液を、約 24 g / L のプルトリウム溶液を用いて 800 g / L に濃縮するために必要な硝酸プルトリウム溶液量に相当する量（約 208 g）
事象の大きさ（圧力、温度、放出放射エネルギー）	濃縮缶の健全性は保たれ、V O G の高性能粒子フィルタの健全性も維持できる。放出放射エネルギーは現状と同じ。	濃縮缶の健全性は保たれ、V O G の高性能粒子フィルタの健全性も維持できる。放出放射エネルギーは、T B P 等の量が増えるため A R F が上昇することから増加する。

■ について商業機密の観点から公開できません。

表－２：ケース１とケース２の比較（２／３）

項目	ケース１	ケース２
再発の可能性	<p>事象発生時にはプルトニウム溶液の供給は停止している状態であり、事象発生後の再供給は実施しない。また、T B P等の錯体の急激な分解反応により、T B P等の錯体は全てが分解されてしまうことから、事象発生後はプルトニウム濃縮缶内にはT B P等が存在しないこととなるため、再発しない。</p>	<p>事象発生時にもT B P濃度が高いプルトニウム溶液をプルトニウム濃縮缶へ供給しており、缶内が高温、高硝酸濃度であることを踏まえると、供給したプルトニウム溶液に含まれるT B P等が、プルトニウム濃縮缶に供給した瞬間に分解反応を起こす可能性が否定できないため、再発（事象の継続）を想定する。</p>
拡大防止対策	<p>拡大防止対策は、プルトニウム溶液の供給が停止していることから、拡大防止対策は不要。</p>	<p>拡大防止対策は、プルトニウム溶液の供給の停止及び加熱の停止が必要。</p>

表－２：ケース１とケース２の比較（３／３）

項目	ケース１	ケース２
異常な水準の放出防止対策	<p>１回の反応による放射性物質の放出を考慮する。再発しないため、再発を考慮した対策は不要。</p>	<p>プルトニウム溶液の供給を止めるまでは放射性物質の放出が継続する可能性があるため、プルトニウム溶液の供給停止までを考慮した対策（再発を考慮した対策）が必要。</p>
対策に対する時間余裕	<p>拡大防止対策については、事象の再発がないことから、時間制限はない。</p>	<p>事象が再発（継続）していることから、拡大防止対策は速やかに実施する必要がある。</p>

## 2.3 事象発生シナリオとしてケース2を使用することについて

### 2.3.1 TBP等の錯体の急激な分解反応を起こすTBP等の量

プルトニウム濃縮缶に供給されるTBP等の量は、TBP等の濃度の高いプルトニウム溶液を供給しながら過濃縮に至ることから、約208gとなる。

TBP等の量がケース1と比べて増加することにより、TBP等の錯体の急激な分解反応が発生した場合の放射性物質の気相への移行割合（ARF）が増大し、放出放射エネルギーが増大する。また、プルトニウム濃縮缶内のプルトニウム量が従来の評価よりも増えるため、MARも増大する。TBP等の錯体の急激な分解反応によるプルトニウム濃縮缶から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、「VOG」と言う。）の高性能粒子フィルタまでの経路の温度及び圧力の上昇、濃縮缶の健全性、VOGの高性能粒子フィルタの健全性に関する評価も変更になる。それぞれの影響は以下のとおり。

#### ①放出放射エネルギー

放出放射エネルギーについては、TBP等の錯体の急激な分解反応に使われるTBP量が増加することに伴いARFが約2倍、プルトニウム濃縮缶に供給される硝酸プルトニウム溶液の液量が増えることからMARが3.2倍となり、 $5.1 \times 10^{-4}$  TBq（従来の放出放射エネルギーは  $8.2 \times 10^{-5}$  TBq）となる。また、被ばく線量については、 $4.0 \times 10^{-1}$   $\mu$ Svとなる。

#### ②プルトニウム濃縮缶からVOGの高性能粒子フィルタまでの

温度、圧力及び濃縮缶

T B P 等の錯体の急激な分解反応を起こす T B P 等の量が増えているため、それぞれの温度、圧力も上昇する。

T B P 等の量を 240 g とした場合の F l u e n t を用いた解析では、当該濃縮缶の出口における圧力は約 840 k P a となり、この圧力においてもプルトニウム濃縮缶の健全性は維持されると評価している。V O G の高性能粒子フィルタについても、最大差圧が約 3.6 k P a 、温度は約 44℃ となり、健全性が確認されている 9.3 k P a 及び 200℃ を下回るため、健全性は確保できる。

## 2. 4. 2 事故対策

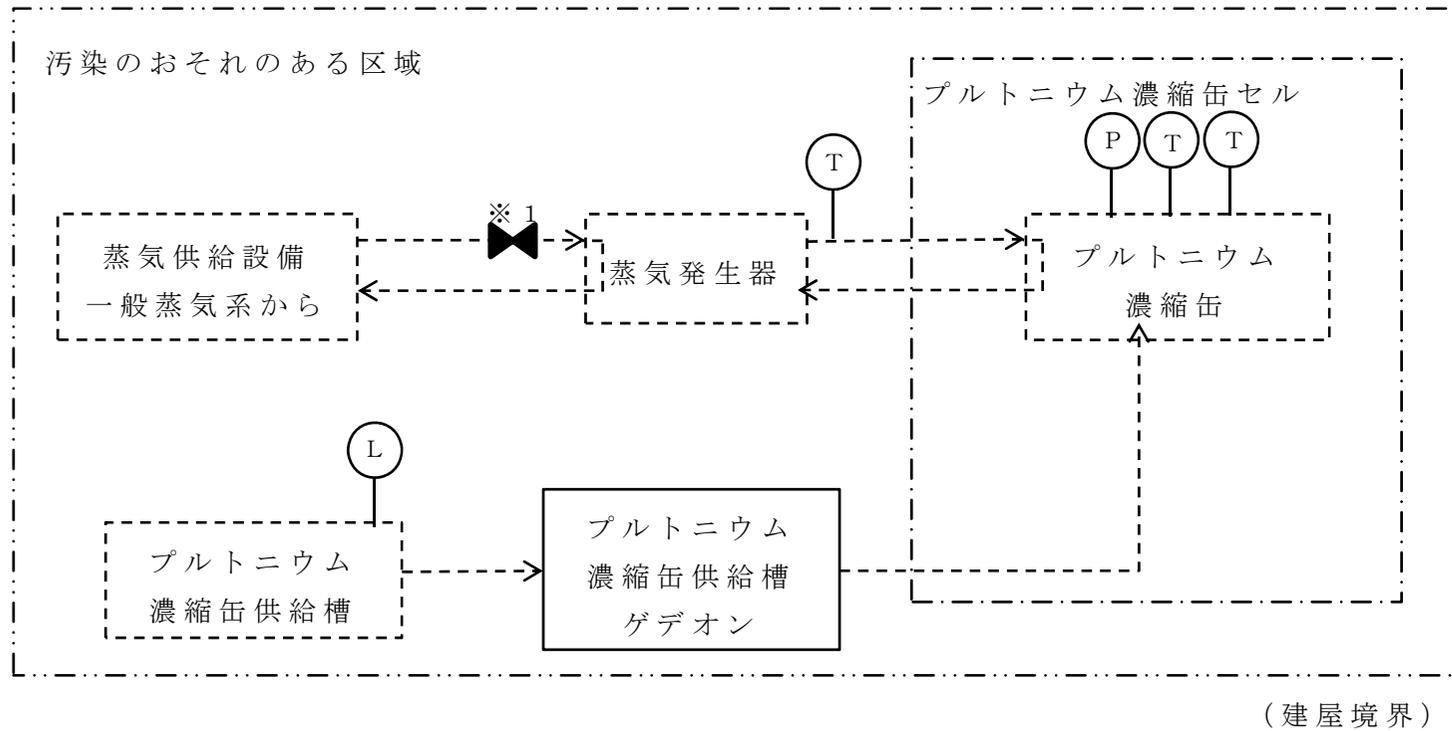
### (1) 拡大防止対策

ケース 2 の事象の特徴として、事象発生後もプルトニウム濃縮缶へのプルトニウム溶液の供給が継続している。このプルトニウム溶液は T B P 等を含んでいることから、プルトニウム濃縮缶への供給が継続する間は、規模は小さいが、T B P 等の錯体の急激な分解反応が継続的に発生する可能性がある。このため、対策としては速やかにプルトニウム溶液の供給を停止し、事象の再発（継続）を防止する必要がある。

以上を考慮し、プルトニウム溶液の濃縮缶への供給はインターロックによる自動停止を実施する。蒸気発生器への一次蒸気の供給停止は、運転員が手動弁を操作することにより実施する。インターロックによる供給停止操作は、既存のインターロックの作動時間を踏まえると、事象発生から 30 秒程度で実施可能と考えられる。

この対策で使用するインターロックは、プルトニウム濃縮缶の気相部及び液相部の温度を測定する2つの独立した温度計を用い、T B P等の錯体の急激な分解が発生した場合の温度に相当する設定値により速やかに作動させることを検討している。

また、2. 2. 3で検討したケース1の場合、硝酸プルトニウム溶液の供給は行われないため、全てのシナリオにおいて本対策を行うことで事象の拡大が防止できる。対策の概要を図- 7に示す。

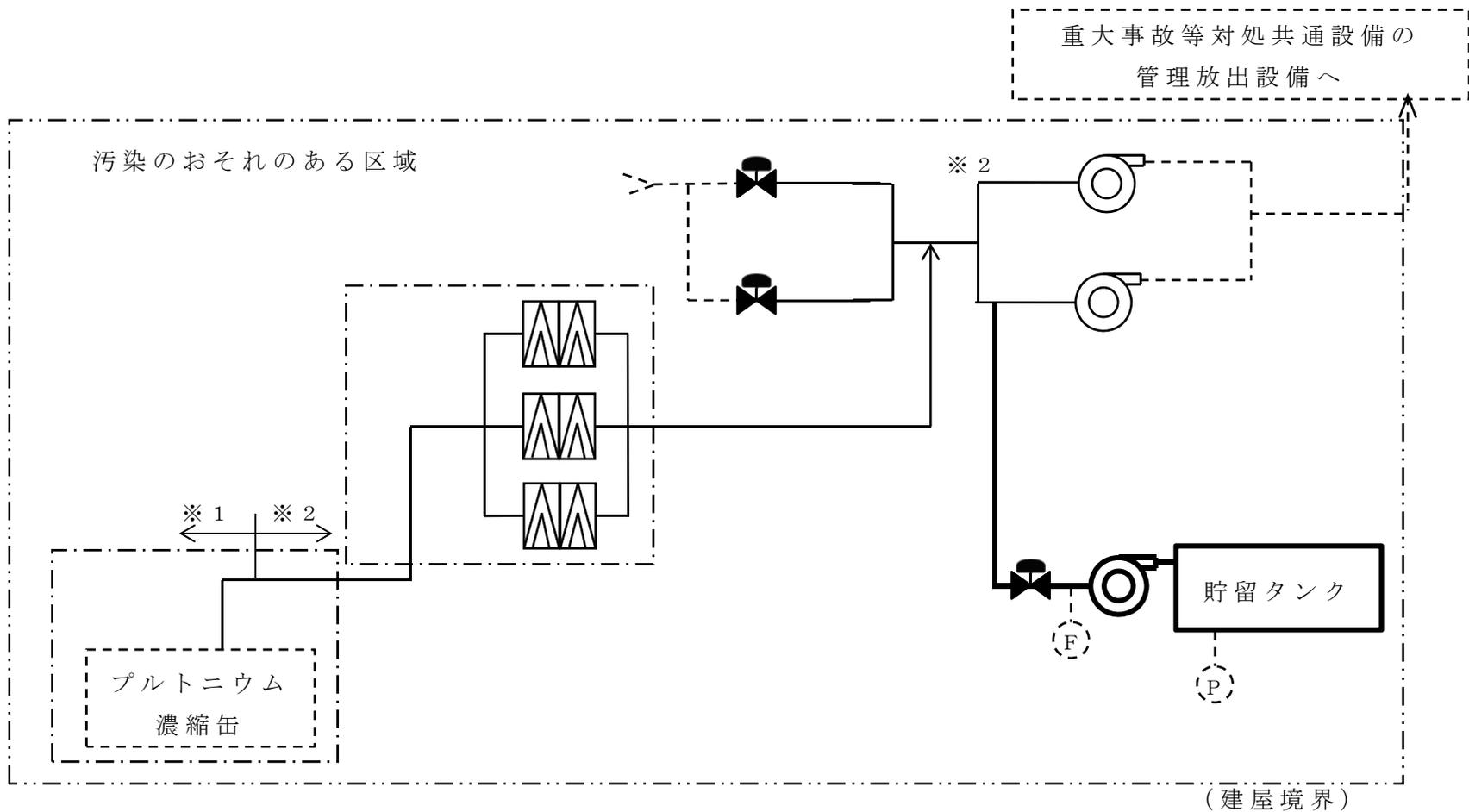


※1 精製施設のプルトニウム精製設備

図-7 見直し後の拡大防止対策の概要

## (2) 異常な水準の放出防止対策

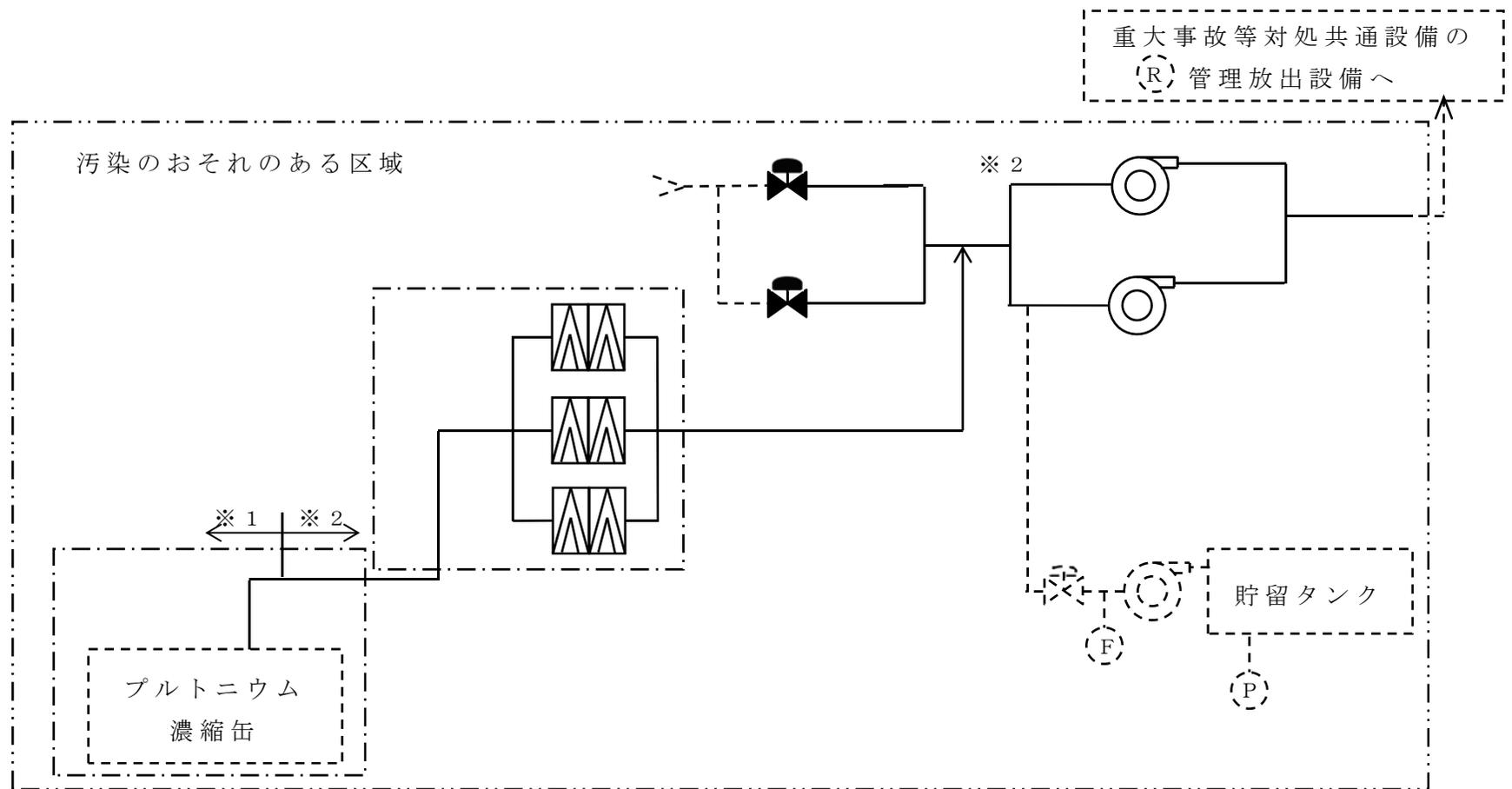
ケース 2 の場合、事象発生からプルトニウム溶液の供給停止までの間は分解反応が継続する可能性があるため、この期間は放射性物質の放出が継続すると想定する。万一、拡大防止対策が失敗し供給が継続する場合には、供給される T B P 等の量に応じて放出放射エネルギーが増加することになる。このような状態であっても、放出放射エネルギーを低減できるよう、本事象により気相に移行する放射性物質は、容器に一旦閉じ込め、その後、V O G の系統から放出する対策に変更する。対策の概要図を図 - 8 に示す。



※1 精製施設のプルトニウム精製設備

※2 気体廃棄物の廃棄施設の塔槽類廃ガス処理設備の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)

図-8 (1 / 2) 見直し後の異常な水準の放出防止対策の概要



(建屋境界)

※1 精製施設のプルトニウム精製設備

※2 気体廃棄物の廃棄施設の塔槽類廃ガス処理設備の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)

図-8 (2/2) 見直し後の異常な水準の放出防止対策の概要

容器への閉じ込めはインターロックにより作動させる。この対策で使用するインターロックは、プルトニウム濃縮缶の気相部の温度を測定する2つの独立した温度計を用い、T B P等の錯体の急激な分解が発生した場合の温度に相当する設定値により作動させることを検討している。

インターロックは、事象の検知から1分以内に作動させるよう検討する。

異常な水準の放出防止対策で使用する容器閉じ込めに使用する系統、機器、プルトニウム濃縮缶の気相部温度計は、事象の発生防止機能を有しておらず、事象発生時にも機能喪失を想定していないため、対策として使用できる。

また、2. 2. 3で検討したケース1の場合、事象に寄与するT B P量に差はあるが、放射性エアロゾルが気相部に移行するメカニズムは同じと考えられることから、ケース1の場合でも事象の発生を検知し、容器閉じ込めを作動させることで異常な水準の放出を防止することができる。

この対策で使用する容器及び容器への導出ラインは臨界事故で準備する予定のものであるが、以下の評価により、T B P等の錯体の急激な分解反応でも使用できると判断した。  
①事象により発生する放射性物質を含む廃ガスが閉じ込めの容器に到達するまでの時間

T B P等の錯体の急激な分解反応では、事象発生から約

0.3 秒で高性能粒子フィルタにて圧力上昇のピークが発生し、約 3 秒後には圧力上昇は収束する。これは、分解反応によって発生した圧力の伝播の様子を表すものであり、放射性エアロゾルの移動は、これとは別の挙動を示す。

放射性エアロゾルは、主に V O G 排風機による排気で生まれる廃ガスの流れに乗り高性能粒子フィルタ等の機器まで移動していく。この挙動は臨界、水素と同様と考えられる。

この速度は V O G 排風機の排気風量と同等と考えられ、プルトニウム濃縮缶から V O G 排風機までの距離は、約 ■■■ m であるため、V O G 排風機までの到達時間は約 1 分と考えられる。

臨界における、放射性物質の V O G 排風機までの到達時間は約 1 分であり、この時間余裕の中で V O G 排風機を停止し容器への閉じ込めラインを形成するインターロックを作動させる。

T B P 等の錯体の急激な分解反応における時間余裕は臨界と同程度であるため、臨界において準備する容器閉じ込めは、時間余裕の観点では適用可能である。

## ② ガス発生量

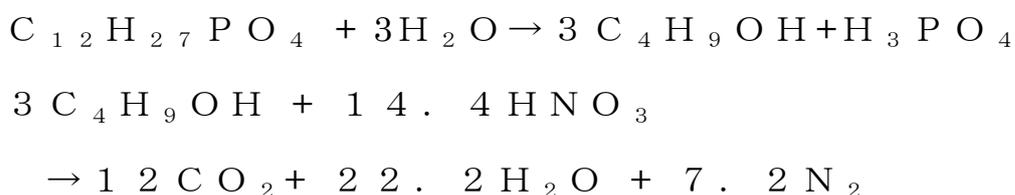
臨界では、事象発生から 1 時間は容器閉じ込めを実施する計画であり、この間に発生するガスとしては、水素掃気用圧縮空気と臨界によって発生するガス（水蒸気、放射性エアロ

■■■ について商業機密の観点から公開できません。

ゾル) を考慮している。

T B P 等の錯体の急激な分解反応では、主要なガスとして酸素、窒素、水が発生する。

T B P に作用させる硝酸濃度が 14M の場合における T B P 等の錯体の分解反応について、以下の反応式がある。<sup>1)</sup>



T B P 等の錯体の急激な分解反応で反応する T B P 量は約 208 g (約 0.8m o l) であり、分解ガスとしては約 43m o l が発生する。ガスの体積としては、標準状態で約 740 リットルとなる。

水素掃気用圧縮空気の発生量は同じであり、ガス量は臨界よりも少ないことから、臨界で準備する容器閉じ込めは利用可能である。

#### 参考文献

- 1) 日本原子力研究所．再処理施設における溶媒と硝酸の熱分解反応に関する安全性実証試験(受託研究)．1995-02, JAERI-Tech 95-005.

令和元年12月10日 R1

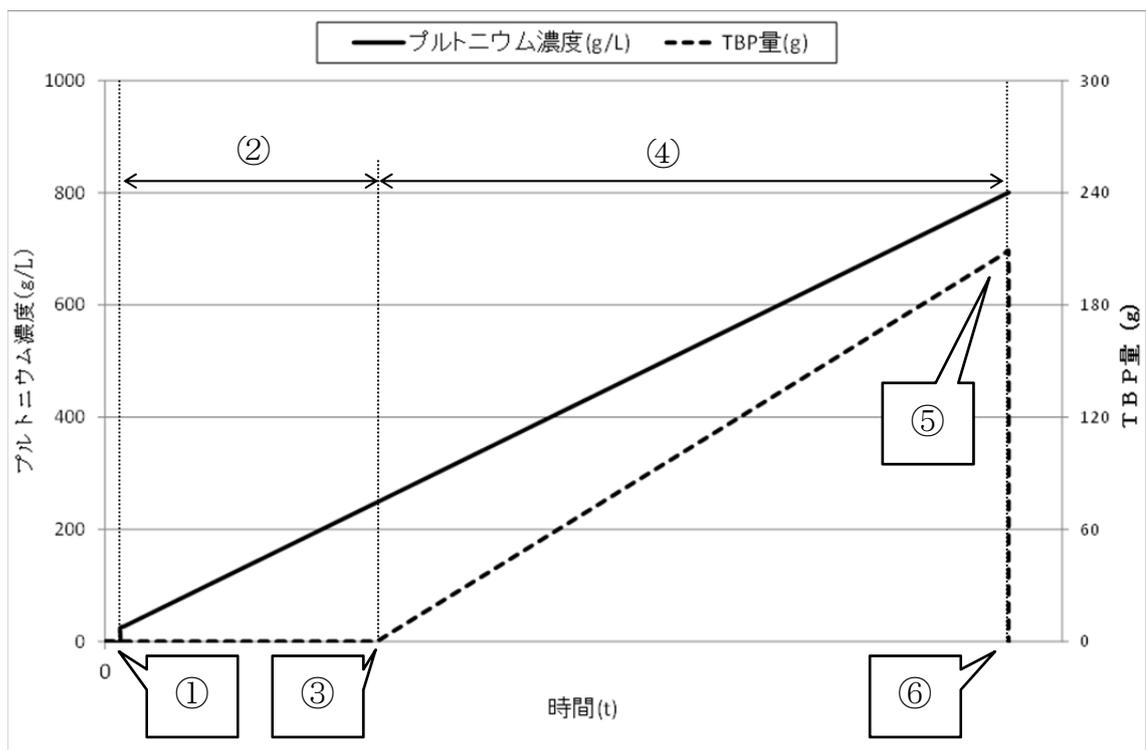
## 補足説明資料 10－2



プルトニウム精製設備プルトニウム濃縮缶におけるT B P等の錯体の急激な分解反応発生時の温度・圧力等の経時変化

1. T B P等の錯体の急激な分解反応発生前の状況

T B P等の錯体の急激な分解反応の発生に至るまでの濃縮缶内の液量、P u濃度及びT B P量のトレンドグラフのイメージ図を第1図に示す。



【運転状態及び発生を想定する異常】

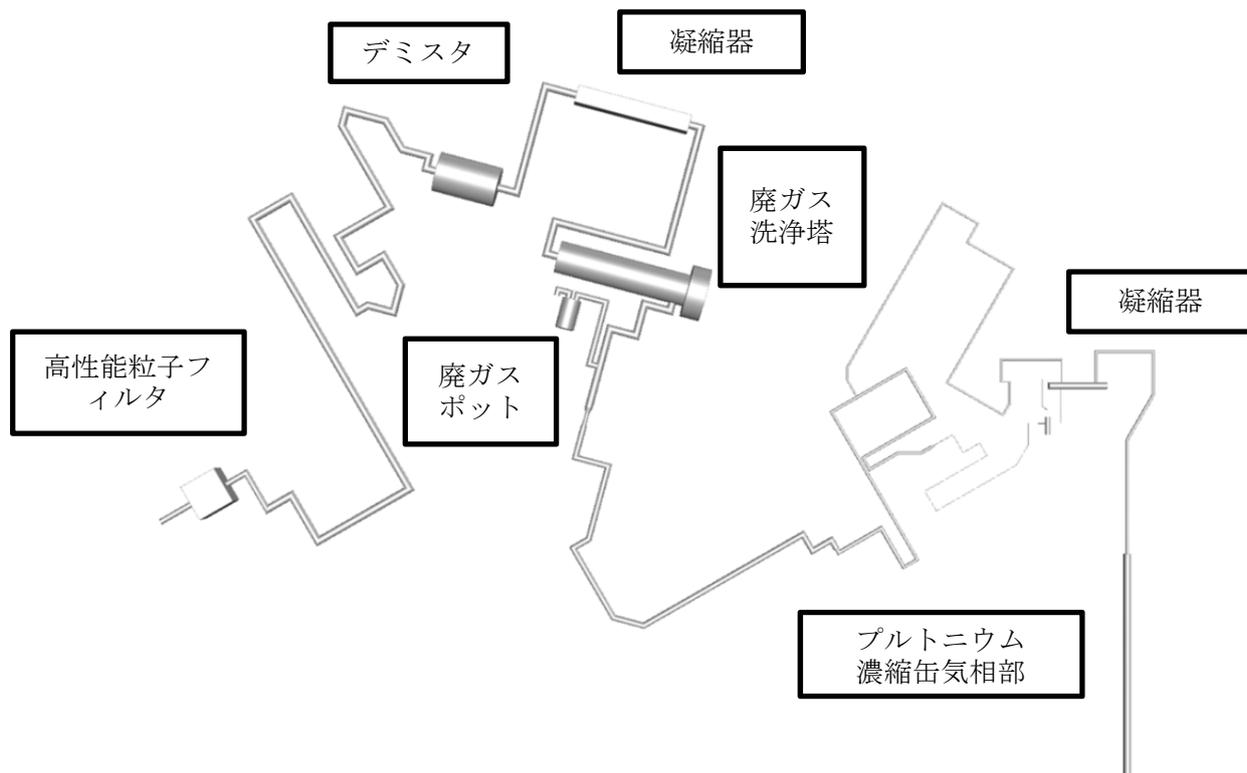
- ①：プルトニウム濃縮缶への液張り及びプルトニウム濃縮工程の立ち上げ
- ②：液位制御運転による所定濃度までの濃縮
- ③：液位制御から密度制御への切り替え不能（液位制御の継続）及びT B P等を含む供給液の供給開始
- ④：過濃縮の進展及びT B P等の蓄積
- ⑤：T B P等の錯体の急激な分解反応の発生
- ⑥：供給液の供給停止（T B P等の錯体の急激な分解反応の検知から1分以内）

第1図 プルトニウム濃縮缶のトレンドグラフのイメージ図

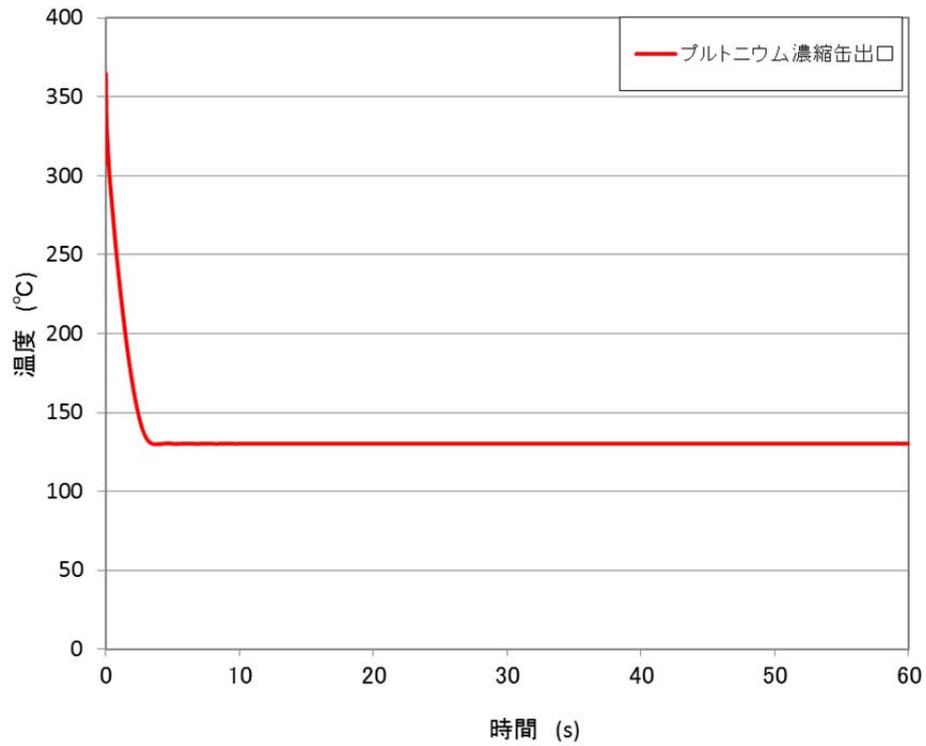
規定の P u 濃度に達した場合は、液位を一定に制御する運転から、密度を一定に制御する運転に切替えるが、液位制御運転が継続し、濃縮缶内の P u 濃度が上昇することを想定する。この時、併せて T B P 洗浄器での希釈剤洗浄機能が喪失し、濃縮缶内に T B P が飽和している供給液が供給される状態となる（図中①）。この状態が継続すると、濃縮缶内は過濃縮状態となり、P u 濃度が上昇し、T B P 等の錯体の急激な分解反応が起こる状態となる（図中②）。

## 2. T B P 等の錯体の急激な分解反応発生時の状況

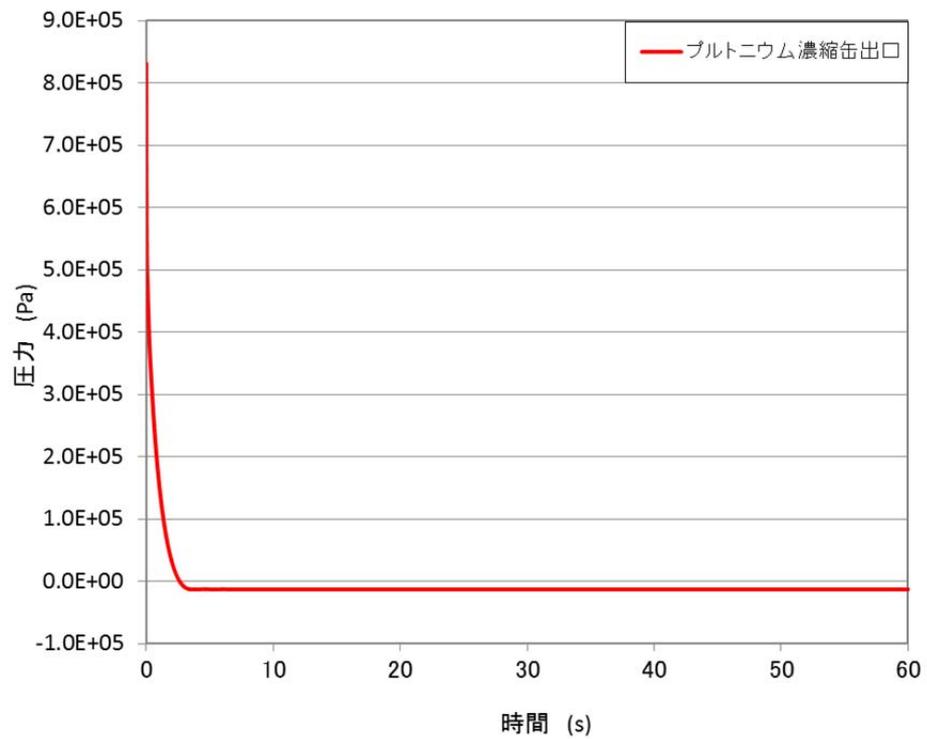
T B P 等の錯体の急激な分解反応が発生した際の温度及び圧力状態については、塔槽類廃ガス処理系の高性能粒子フィルタが健全であるか確認することを目的として、解析コード F l u e n t を用いた解析を行っている。解析コード F l u e n t 解析結果に基づき、プルトニウム精製設備のプルトニウム濃縮缶で T B P 等の錯体の急激な分解反応が発生した際の高性能粒子フィルタやプルトニウム濃縮缶出口部等の各部位の温度・圧力の経時変化を以下のとおりまとめた。なお、濃縮缶内 T B P 量は 208 g が想定シナリオの評価量であるが、F l u e n t 解析では 240 g をインプットした結果を引用している。プルトニウム精製設備のプルトニウム濃縮缶の解析モデルを第 2 図に示す。図で示されている各部位における温度・圧力の経時変化を第 3 図から第 16 図に示す。T B P 等の錯体の急激な分解反応が発生した場合、プルトニウム濃縮缶気相部から高性能粒子フィルタまで、圧力及び温度は数秒のオーダーで伝播していく。なお、本解析モデルでは、高性能粒子フィルタへの影響を最も厳しく評価するため、T B P 等の錯体の急激な分解反応発生後の廃ガス及び系統内の空気が全て高性能粒子フィルタへ到達し、廃ガスポットからセルへは導出しないモデルで解析している。



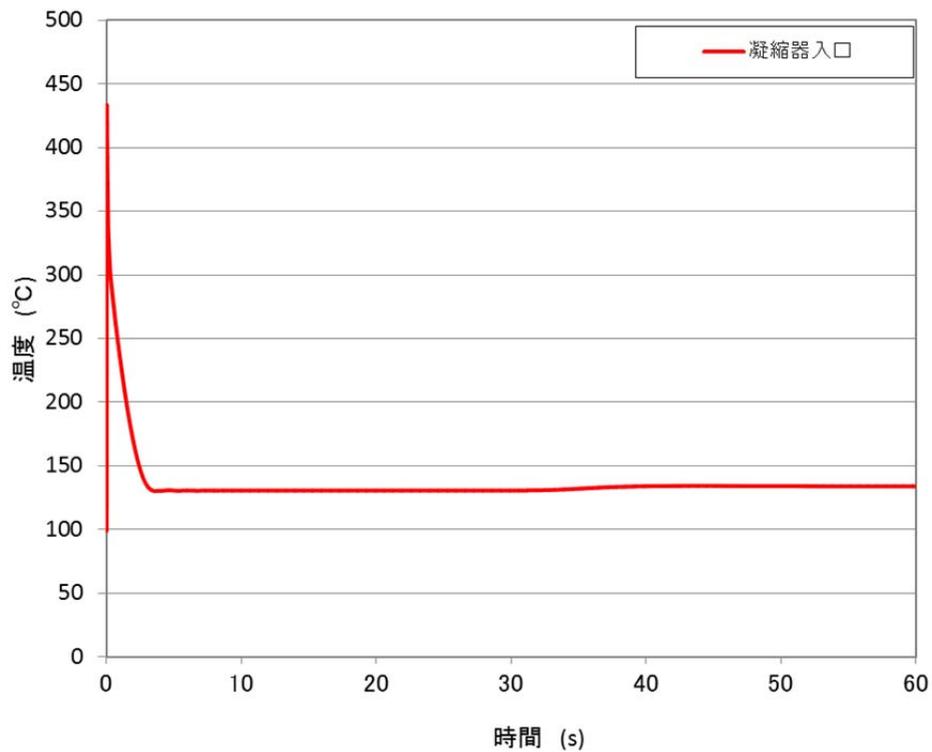
第2図 プルトニウム精製設備のプルトニウム濃縮缶周りの解析モデル



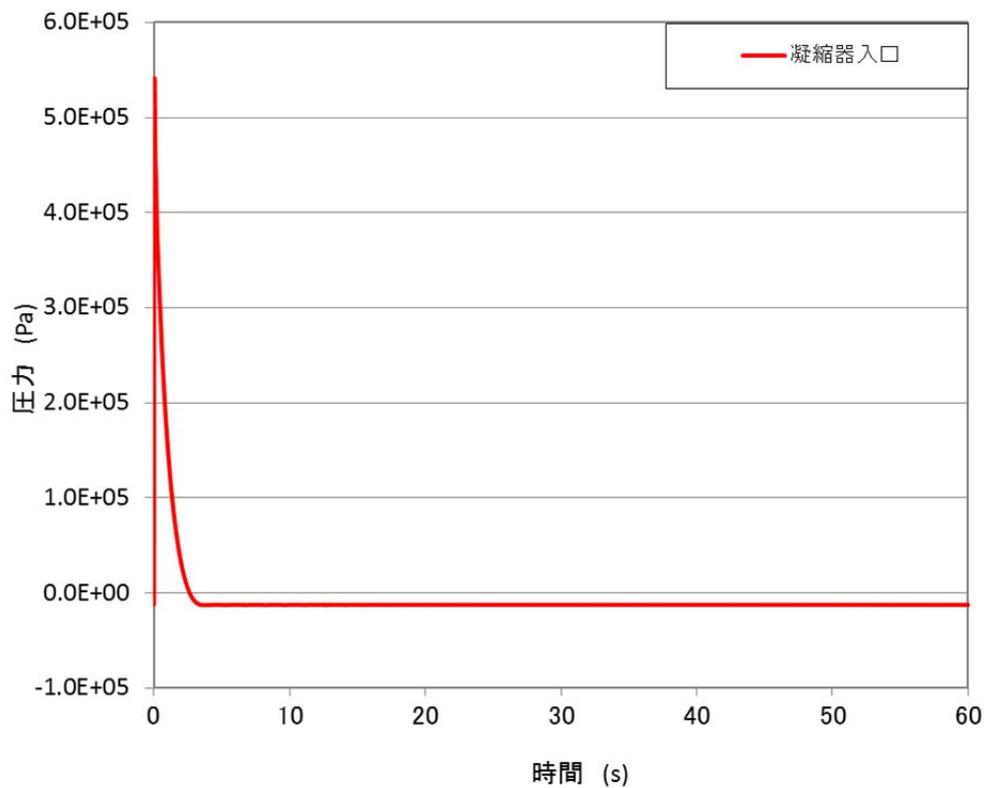
第3図 プルトニウム濃縮缶気相部の温度（全体）



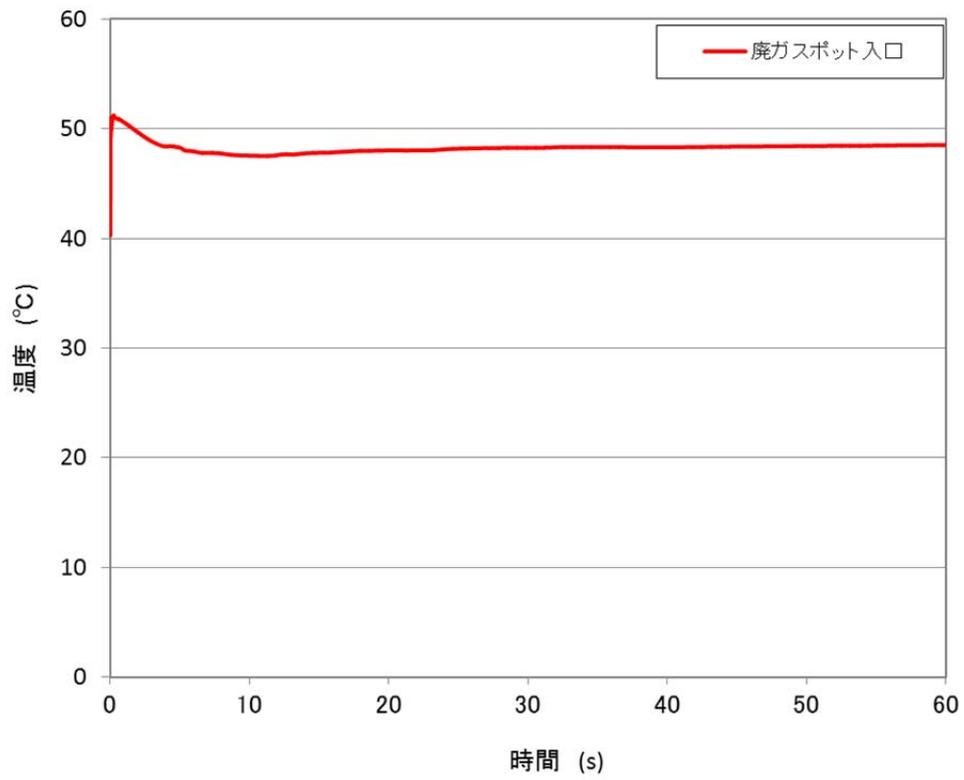
第4図 プルトニウム濃縮缶気相部の圧力（全体）



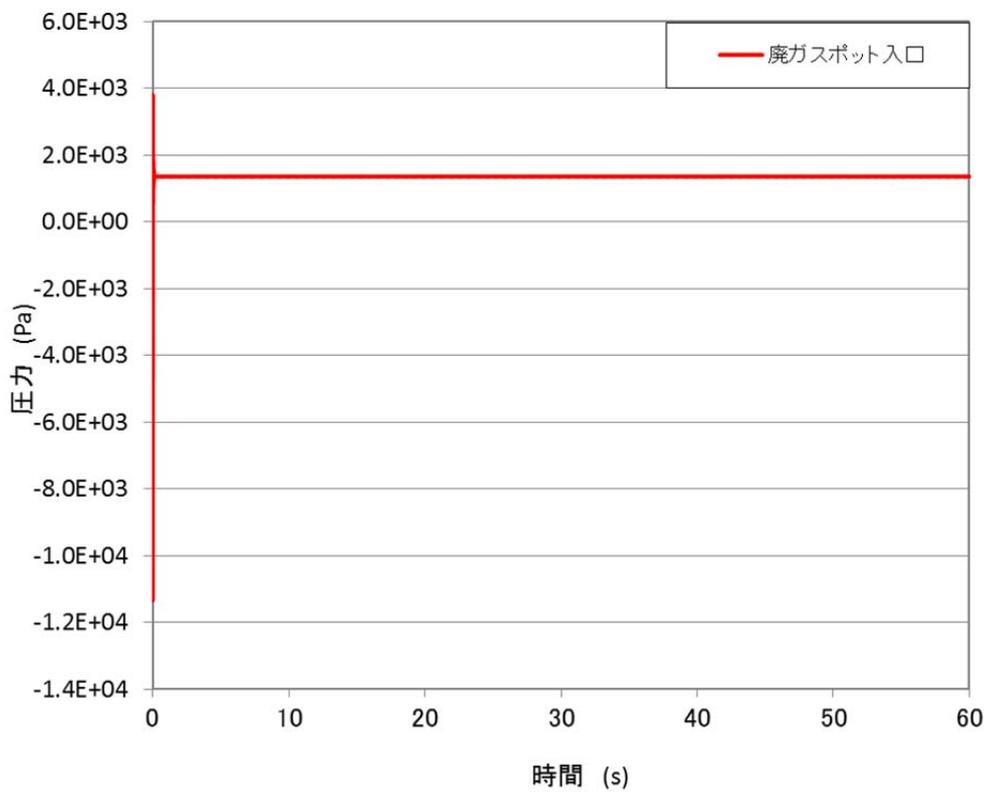
第 5 図 凝縮器入口部の温度 (全体)



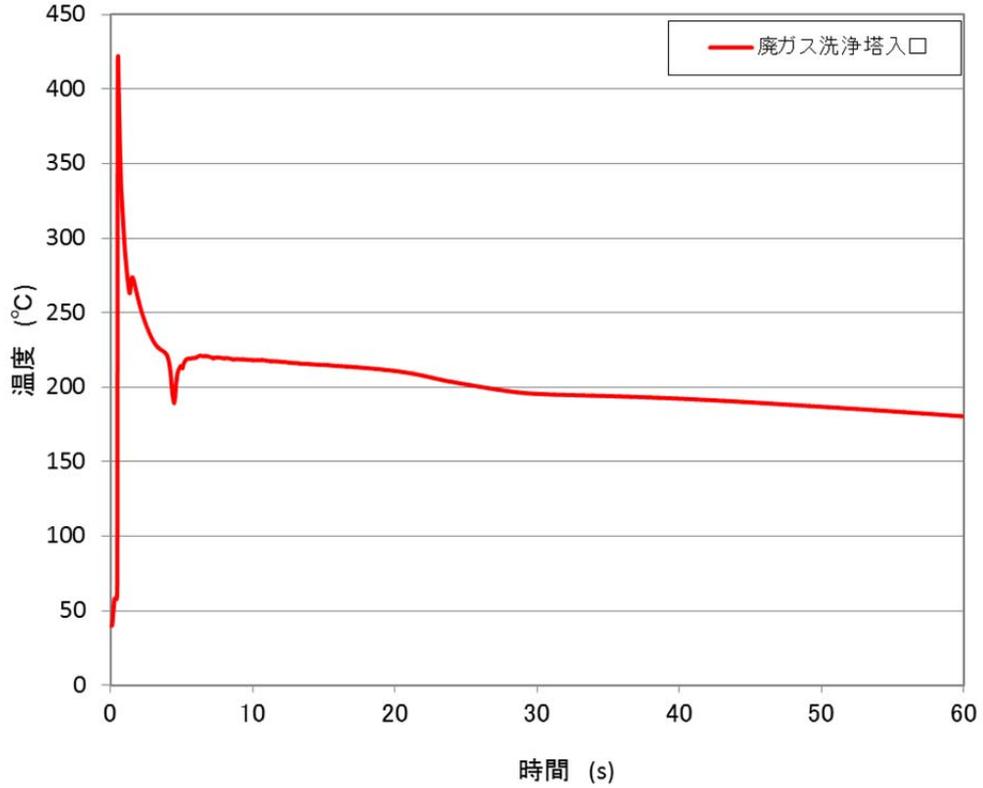
第 6 図 凝縮器入口部の圧力 (全体)



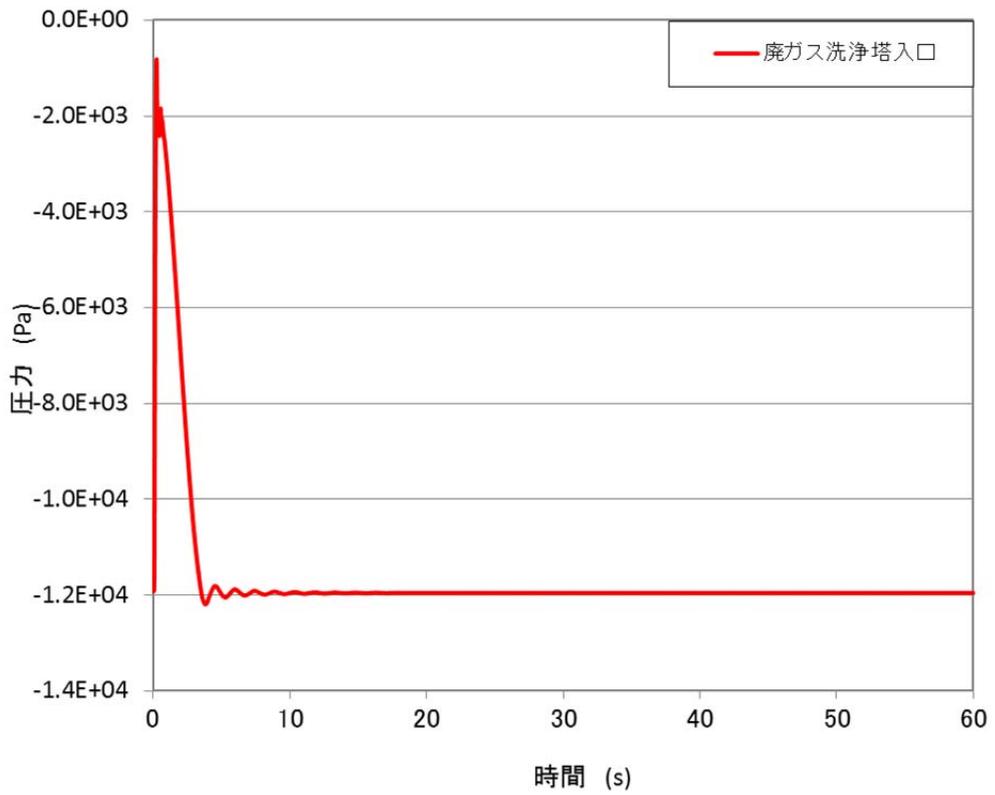
第7図 廃ガススポット入口部の温度（全体）



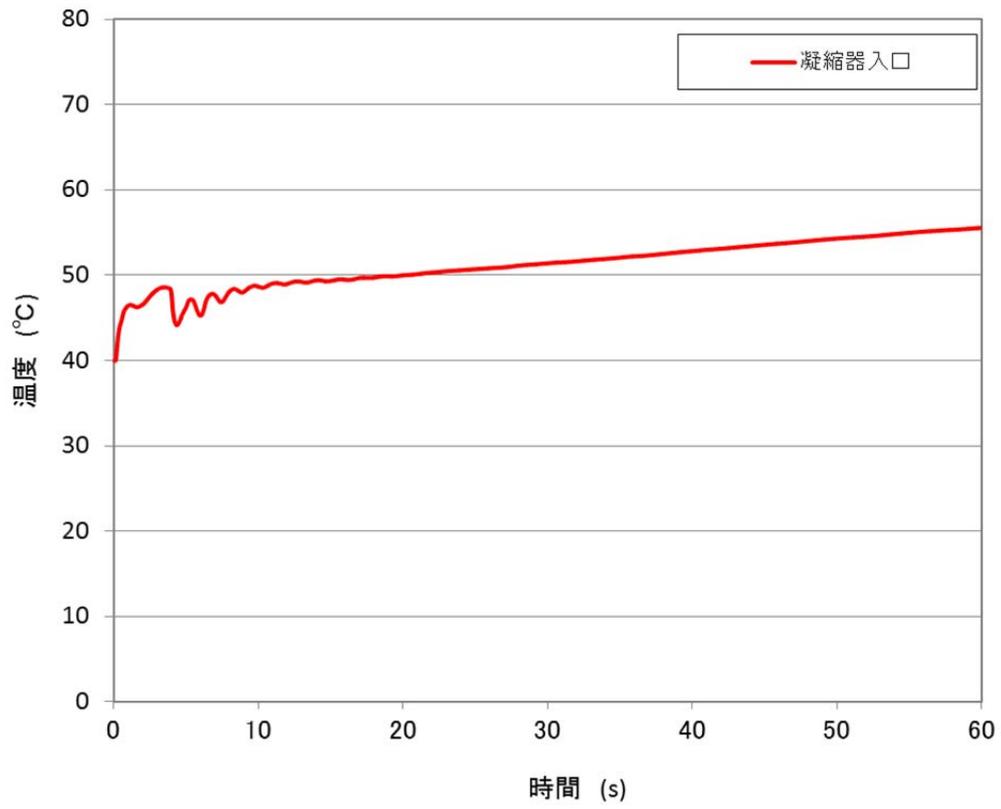
第8図 廃ガススポット入口部の圧力（全体）



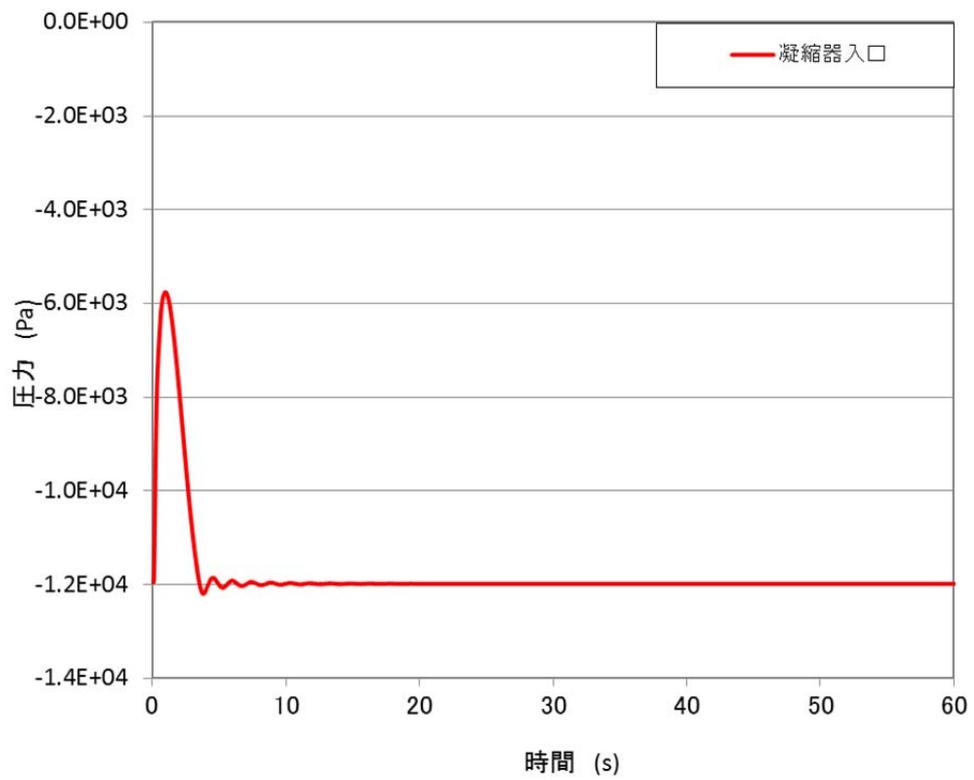
第9図 廃ガス洗浄塔入口部の温度（全体）



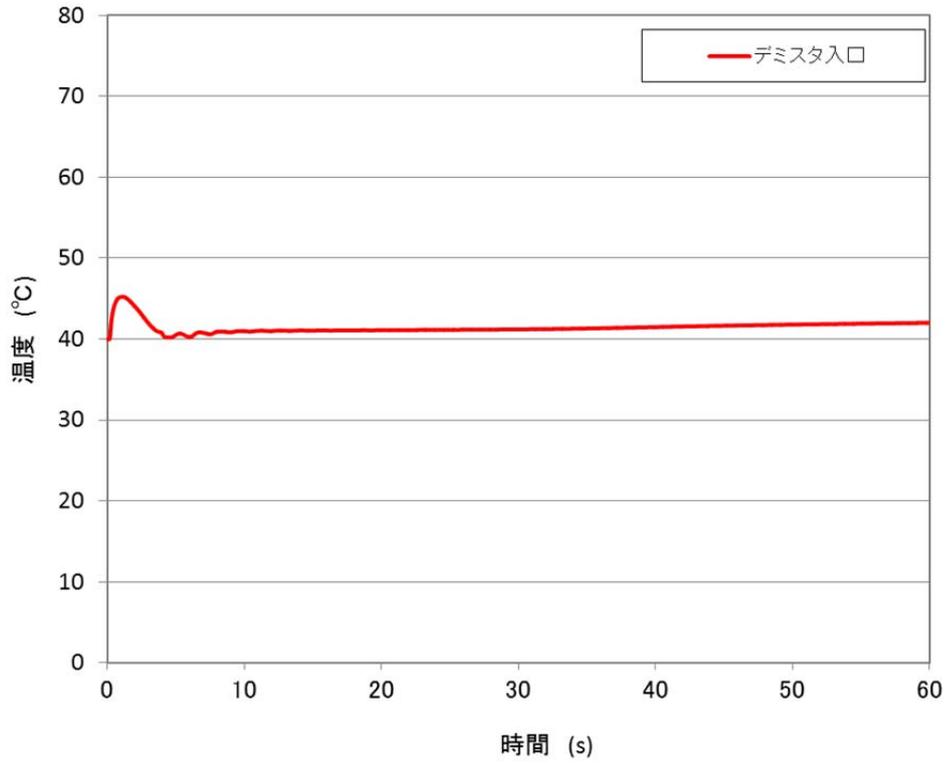
第10図 廃ガス洗浄塔入口部の圧力（全体）



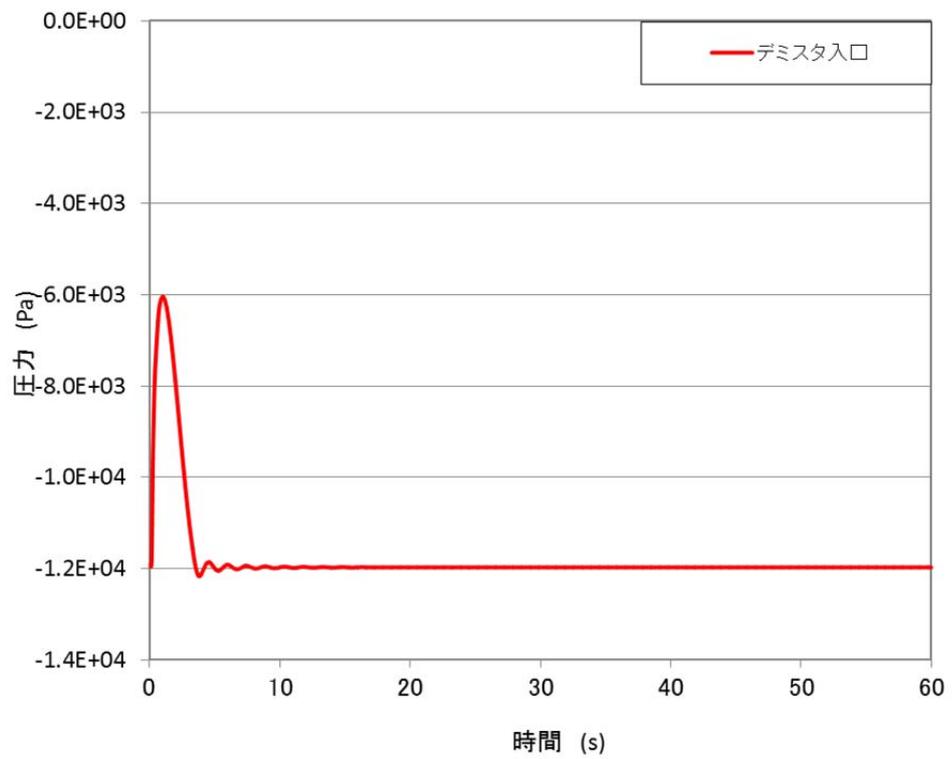
第11図 凝縮器入口部の温度 (全体)



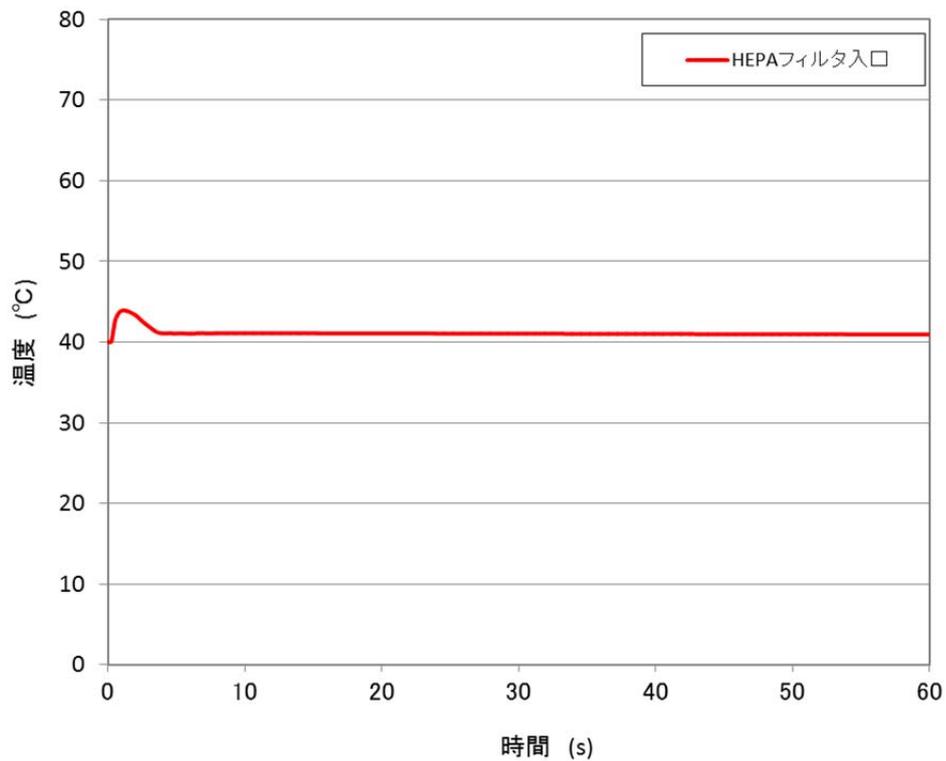
第12図 凝縮器入口部の圧力 (全体)



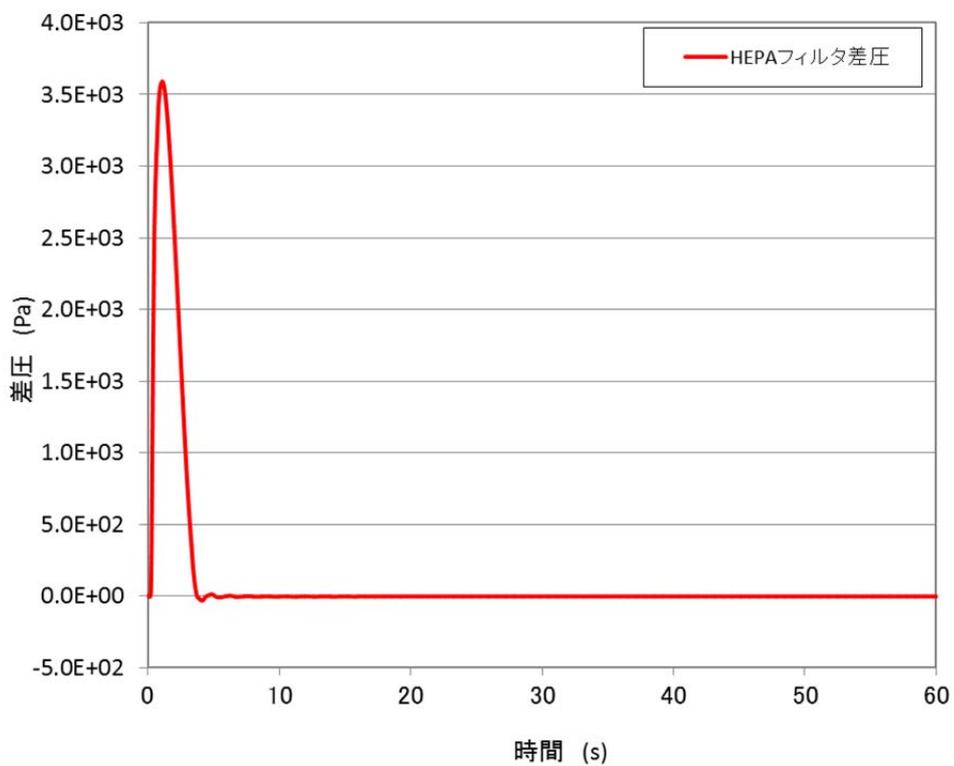
第13図 デミスタ入口部の温度（全体）



第14図 デミスタ入口部の圧力（全体）



第15図 高性能粒子フィルタ入口部の温度（全体）



第16図 高性能粒子フィルタ入口部の圧力（全体）

### 3. T B P等の錯体の急激な分解反応発生後から供給液停止までの状況

T B P等の錯体の急激な分解反応発生後、万が一T B P等の錯体の急激な分解反応の発生検知によるインターロックが機能しなかった場合には、T B P等の錯体の急激な分解反応発生から緊急停止系による供給液の停止までの約1分間、T B Pが飽和している供給液の供給が継続される。供給液の供給流量及び飽和T B P濃度より、1分間に濃縮缶内に供給されるT B P量は0.3g程度となる。濃縮缶内がT B P等の錯体の急激な分解反応が起こる温度条件で成立している場合は、極小規模の爆発が起こることが想定されるが、T B P等の分解量が少ないことから、濃縮缶内の圧力及び温度に対して有意な影響を与えるものではない。



令和元年12月10日 R0

補足説明資料 10－3



# T B P 等の錯体の急激な分解反応に関する知見



## 1. 文献から得られた知見

T B P 等の錯体の急激な分解反応については、これまでに多くの研究が行われており、ここから得られた知見もまとめられている。

サバンナ・リバー・サイトにおける M O X 燃料製造工場の建設許可申請に関する最終安全評価報告書<sup>[1]</sup>では、廃液処理及び酸回収設備で使用する蒸発缶において想定するリスクの一つとして T B P 等の錯体の急激な分解反応が取り上げられており、T B P 等の錯体の急激な分解反応の開始温度等に関する情報が記載されている。

○重金属の硝酸化合物，又は硝酸溶液の存在下で T B P は錯体を形成し，この錯体は発熱を伴う分解反応を起こす。

○この錯体は，T B P 及び硝酸プルトニウム，硝酸，T B P の劣化物等との錯体で構成されている。

○T B P 等の錯体の急激な分解反応に関して重要な反応として以下を挙げている。

- ・加水分解（ゆっくりと起きるが，温度の上昇に伴い反応速度は上昇）
- ・アルキル化及びニトロ化（ゆっくりと起きるが，温度の上昇に伴い反応速度は上昇）
- ・熱分解（ほとんど水がない状態で 150℃にて顕著となる）
- ・ブチルアルコール及び硝酸ブチルのニトロ化／酸化反応（90℃から 100℃で顕著となる）
- ・T B P のニトロ化／酸化（135℃近辺で顕著となる）
- ・ウラン及びプルトニウムの付加反応（15℃から 175℃で

顕著となる)

○ T B P 等の錯体の急激な分解反応の開始温度については、複数の記述がある。

- ・ T B P の分解生成物の内、揮発性を有するブチルアルコール等が蒸発していかない状態であれば、分解反応は 90℃ から 100℃ での加熱で顕著となり、急激な分解反応は 135℃ で発生する。
  - ・ Paddleford と Fauske によれば、T B P 等の錯体の急激な分解反応はよく換気された系でも発生し、自己発熱はおおよそ 130℃ で確認された。<sup>[2]</sup>
  - ・ Hyder によれば、よく換気された系では、120℃ までは、n-ブタノール (T B P の分解性生物) の蒸発及び蒸発に伴う攪拌による冷却が反応を抑制するのに十分な効果を持ち、130℃ から 150℃ の範囲で分解反応が急速となる。<sup>[3]</sup>
  - ・ The Defense Nuclear Facilities Safety Board (DNFSB) によれば、T B P 等の錯体の急激な分解反応の開始温度は 130℃ である。<sup>[4]</sup>
- なお、この文献において開始温度を 130℃ とした根拠となっている実験データについては、他の文献において異常値であったと結論付けられており、著者が確認した最も低い開始温度は 137℃ であった。<sup>[5]</sup>
- ・ 実験において確認された T B P 等の錯体の急激な分解反応の開始温度の平均値は 137℃ であった。

○ T B P 等の錯体の急激な分解反応の発生防止及び影響緩

和の観点で重要な項目として温度，圧力（換気系の配管断面積の和と文献値との比較），有機相の蒸発缶等への持ち込み量，硝酸濃度を挙げている。

- [1]U.S. Nuclear Regulatory Commission, Final Safety Evaluation Report on the Construction Authorization Request for the Mixed Oxide Fuel Fabrication Facility at the Savannah River Site, South Carolina, NUREG-1821, 2011
- [2]D.F.Paddleford, H.K.Fauske, Safe Venting of “Red Oil” Runaway Reactions (U), WSRC-MS-94-0649, 1994.
- [3]M.L.Hyder, Safe Conditions for Contacting Nitric Acid or Nitrates with Tri-n-Butyl Phosphate (TBP)”, WSRC-TR-94-059, 1994
- [4]J.T.Conway, Control of Red Oil Explosions in Defense Nuclear Facilities, DNFSB/TECH-33, 2003
- [5]Rudisill, T.S. and W.J.Crooks III, Initiation Temperature for Runaway Tri-n-Butyl Phosphate/Nitric Acid Reaction, WSRC-MS-2001-00214, 2001

## 2. 過去の事故

T B P 等の錯体の急激な分解反応は、これまでに海外のプラントにおいて複数回発生している。主なものを以下に示す。

### ○サバンナ・リバー・サイト（1953年）

#### < 事故概要 >

硝酸ウラニル溶液の蒸発濃縮中に蒸発缶が爆発した。

#### < 原因 >

回分式蒸発缶の供給液に有機溶媒（T B P，ケロシン）が多量（約 80 ポンド）に混入されていたことに加えて、過濃縮により溶液の温度が高温になり、T B P - 硝酸ウラン錯体の急激な熱分解反応が起こったと推定される。

[1] T.J. Colven at al., TNX Evaporator Incident January. 12, 1953, Interrim Technical Report, DP-25, 1953

[2] W. S. Durant, "RED OIL" EXPLOSIONS AT THE SAVANNAH RIVER PLANT. DP-MS-83-142, DOE/ANL training course on prevention of significant nuclear events; Augusta, GA(USA); 12-15 Mar 1984.

○サバンナ・リバー・サイト可燃性ガス爆発事故（1975年）

< 事故概要 >

脱硝器での硝酸ウラニル溶液の加熱脱硝中に、室内の可燃性ガスに引火して爆発した。

< 原因 >

多くの有機溶媒が蒸発缶に混入したことで、硝酸ウラニルがT B Pの錯体の状態で脱硝器に供給されたことが原因と推定される。

[1] McKibben, J. M. et, Explosion and fire in the uranium trioxide protection facilities at the Savannah River Plant On February 12, 1975.

○トムスクー 7 (1993 年)

< 事故概要 >

調整タンク（抽出肯定へ供給する溶液の酸濃度を調整するための貯槽）において、濃硝酸と T B P を含む有機物が接触することで発熱反応を起こし、135℃以上に上昇して T B P の急激な分解反応が起こった。

< 原因 >

調整タンク内には T B P 等を含む多量の有機物（濃硝酸と反応しやすい芳香族炭化水素を含む）が存在していたが、別のタンクから T B P 等を吹く有機物と一緒に加熱されたままのウラン溶液（約 105℃）が移送され、さらにその際に規則で定められている攪拌を実施しなかった。

また、規定で定められている以上の濃度の濃硝酸を調整タンクに注入し、さらにその際に規則で定められている攪拌を実施しなかった。

その結果、濃硝酸と有機物が接触した状態で層を形成し、接触面で局所的に発熱反応を起こした。

さらに、排気機能低下も重なって、発生した蒸気やガスにより調整タンク内が加圧され、溶液温度が 135℃を超えたため、急激な分解反応に至ったと推定される。

[1]“ロシアのトムスク際処理施設の事故に関する調査報告書”

科学技術庁，平成 6 年 9 月 8 日

以上

令和元年12月10日 R1

補足説明資料 10 - 5



1. プルトニウム濃縮缶での T B P 等の錯体の急激な分解反応における関連機器の機能及び機能喪失の想定

プルトニウム濃縮缶における T B P 等の錯体の急激な分解反応は、複数ある当該事象の発生防止機能について多重故障及び誤操作を想定した場合に、発生が想定される。

このため、プルトニウム濃縮缶における T B P 等の錯体の急激な分解反応の発生防止機能だけではなく、T B P 等の錯体の急激な分解反応の拡大の防止のための措置に用いる設備及び工程上のつながりのある機器を対象として、関連する機能、T B P 等の錯体の急激な分解反応が発生する場合に機能喪失を想定した機器、機能を維持すると想定した機器及びその理由について表－1 にまとめた。

表－1 TBP等の錯体の急激な分解反応に関連のある機器の機能と事象発生時における機能の状況（1/34）

機器	機能	TBP等の錯体の急激な分解反応の発生防止に対する機能	他機能（設備）とのつながり	機能喪失の有無*	理由
TBP洗浄器	発生防止機能 (濃縮缶へのTBP等の持込み防止)	濃縮缶へ供給する硝酸プルトニウム溶液について、希釈剤を用いてTBPを洗浄する。(TBPの混入防止)	－	○ 維持1	静的機器であり、機能喪失する設備(希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御)との取り合いはないため、これらの機能喪失の影響は受けない。
希釈剤供給配管	発生防止機能 (濃縮缶へのTBP等の持込み防止)	TBP洗浄器への希釈剤の供給	TBP洗浄器(供給先)	○ 維持2	静的機器であり、機能喪失する設備(加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御)とは異なる設備に設置されているため機能に影響はない。希釈剤流量計の機能が喪失しても配管が壊れる・変形することはないため、機能に影響はない。
希釈剤流量計	発生防止機能 (濃縮缶へのTBP等の持込み防止)	希釈剤供給流量の計測	希釈剤供給流量制御	× 喪失1	流量計の詰まりや気泡の混入により正しい値を示さない(実際よりも高い値を示す)ことを想定

表-1 TBP等の錯体の急激な分解反応に関連のある機器の機能と事象発生時における機能の状況 (2/34)

機器	機能	TBP等の錯体の急激な分解反応の発生防止に対する機能	他機能(設備)とのつながり	機能喪失の有無*	理由
希釈剤供給流量制御	発生防止機能 (濃縮缶へのTBP等の持込み防止)	希釈剤の供給流量の制御	希釈剤流量計	▲ 波及影響	流量制御機能は維持できているが、流量計からの誤った値に基づき制御が行われるため、発生防止機能(希釈剤の供給)としては喪失すると判断。
プルトニウム溶液受槽	発生防止機能 (濃縮缶へのTBP等の持込み防止) 連続受入れ	貯槽上部に滞留する有機溶媒の下流機器への移送防止 (貯槽下部からの液の抜き出しによる)	—	○ 維持1	機能喪失する設備(希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御)とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもないため機能に影響はない。
プルトニウム溶液受槽液位計	発生防止機能 (濃縮缶へのTBP等の持込み防止)	貯槽上部に滞留する有機溶媒の下流機器への移送防止 (貯槽下部からの液の抜き出しによる)	プルトニウム溶液受槽液位低インターロック	○ 維持1	機能喪失する設備(希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御)とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもないため機能に影響はない。 液位計は定期的に点検を行い、機能を維持している。

表-1 TBP等の錯体の急激な分解反応に関連のある機器の機能と事象発生時における機能の状況 (3/34)

機器	機能	TBP等の錯体の急激な分解反応の発生防止に対する機能	他機能(設備)とのつながり	機能喪失の有無*	理由
プルトニウム溶液受槽液位低インターロック	発生防止機能 (濃縮缶へのTBP等の持込み防止)	貯槽上部に滞留する有機溶媒の下流機器への移送防止 (貯槽下部からの液の抜き出しによる)	プルトニウム溶液受槽液位計移送用エアリフト	○ 維持1	機能喪失する設備(希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御)とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもないため機能に影響はない。
移送用エアリフト	発生防止機能 (濃縮缶へのTBP等の持込み防止)	貯槽上部に滞留する有機溶媒の下流機器への移送防止 (貯槽下部からの液の抜き出しによる)	プルトニウム溶液受槽液位低インターロック	○ 維持1	機能喪失する設備(希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御)とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもないため機能に影響はない。
油水分離槽	発生防止機能 (濃縮缶へのTBP等の持込み防止) バッチ受入れ	貯槽上部に滞留する有機溶媒の下流機器への移送防止 (貯槽下部からの液の抜き出しによる)	—	○ 維持1	静的機器であり、機能喪失する設備(希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御)とは異なる設備に設置されているため機能に影響はない。

表－1 TBP等の錯体の急激な分解反応に関連のある機器の機能と事象発生時における機能の状況（4/34）

機器	機能	TBP等の錯体の急激な分解反応の発生防止に対する機能	他機能（設備）とのつながり	機能喪失の有無※	理由
油水分離槽液位計	発生防止機能 （濃縮缶へのTBP等の持込み防止）	貯槽上部に滞留する有機溶媒の下流機器への移送防止 （貯槽下部からの液の抜き出しによる）	油水分離槽液位低インターロック	○ 維持1	機能喪失する設備（希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御）とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもないため機能に影響はない。液位計は定期的に点検を行い、機能を維持している。
油水分離槽液位低インターロック	発生防止機能 （濃縮缶へのTBP等の持込み防止）	貯槽上部に滞留する有機溶媒の下流機器への移送防止 （貯槽下部からの液の抜き出しによる）	油水分離槽液位計 移送用エアリフト	○ 維持1	機能喪失する設備（希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御）とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもないため機能に影響はない。インターロックは定期的に点検を行い、機能を維持している。
移送用エアリフト	発生防止機能 （濃縮缶へのTBP等の持込み防止）	貯槽上部に滞留する有機溶媒の下流機器への移送防止 （貯槽下部からの液の抜き出しによる）	油水分離槽液位低インターロック	○ 維持1	機能喪失する設備（希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御）とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもないため機能に影響はない。

表－1 TBP等の錯体の急激な分解反応に関連のある機器の機能と事象発生時における機能の状況（5/34）

機器	機能	TBP等の錯体の急激な分解反応の発生防止に対する機能	他機能（設備）とのつながり	機能喪失の有無※	理由
サンプリングベンチ	発生防止機能 （濃縮缶へのTBP等の持込み防止）	貯槽からの分析用試料の採取	－	○ 維持1	機能喪失する設備（希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御）とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもないため機能に影響はない。サンプリングベンチは定期的な点検の対象となっている。
分析装置	発生防止機能 （濃縮缶へのTBP等の持込み防止）	試料の分析	－	○ 維持1	機能喪失する設備（希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御）とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもないため機能に影響はない。分析装置は定期的な点検の対象となっている。
プルトニウム濃縮缶供給槽	発生防止機能 （濃縮缶へのTBP等の持込み防止） バッチ受入れ	貯槽上部に滞留する有機溶媒の下流機器への移送防止 （貯槽下部からの液の抜き出しによる）	－	○ 維持1	静的機器であり、機能喪失する設備（希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御）とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもないため機能に影響はない。

表－1 TBP等の錯体の急激な分解反応に関連のある機器の機能と事象発生時における機能の状況（6/34）

機器	機能	TBP等の錯体の急激な分解反応の発生防止に対する機能	他機能（設備）とのつながり	機能喪失の有無※	理由
プルトニウム濃縮缶供給槽液位計	発生防止機能（濃縮缶へのTBP等の持込み防止）	貯槽上部に滞留する有機溶媒の下流機器への移送防止（貯槽下部からの液の抜き出しによる）	プルトニウム濃縮缶供給槽液位低インターロック	○ 維持1	機能喪失する設備（希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御）とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもないため機能に影響はない。 液位計は定期的に点検を行い、機能を維持している。
プルトニウム濃縮缶供給槽液位低インターロック	発生防止機能（濃縮缶へのTBP等の持込み防止）	貯槽上部に滞留する有機溶媒の下流機器への移送防止（貯槽下部からの液の抜き出しによる）	プルトニウム濃縮缶供給相ゲデオン	○ 維持1	機能喪失する設備（希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御）とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもないため機能に影響はない。

表-1 TBP等の錯体の急激な分解反応に関連のある機器の機能と事象発生時における機能の状況 (7/34)

機器	機能	TBP等の錯体の急激な分解反応の発生防止に対する機能	他機能(設備)とのつながり	機能喪失の有無*	理由
プルトニウム濃縮缶供給槽ゲデオン	TBP等の錯体の急激な分解反応の拡大の防止のための設備 (供給液の供給停止)	なし	プルトニウム濃縮缶供給槽液位高インターロック プルトニウム濃縮缶気相部圧力高高インターロック プルトニウム濃縮缶への供給液の供給停止インターロック(新設) 緊急停止系	○ 維持1	ゲデオンによる移送を行うために必要な真空は、エアジェットに圧縮空気を供給することにより製造するが、エアジェットへの圧縮空気の供給系は、希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもないため機能に影響はない。

表－1 T B P等の錯体の急激な分解反応に関連のある機器の機能と事象発生時における機能の状況（8/34）

機器	機能	T B P等の錯体の急激な分解反応の発生防止に対する機能	他機能（設備）とのつながり	機能喪失の有無※	理由
プルトニウム濃縮缶供給槽ゲデオン流量制御	発生防止機能（過濃縮防止）	なし	プルトニウム濃縮缶密度制御 プルトニウム濃縮缶液位制御	○ 維持3	ゲデオンによる移送を行うために必要な真空は、エアジェットに圧縮空気を供給することにより製造するが、エアジェットへの圧縮空気の供給系は、希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもない。プルトニウム濃縮缶の密度制御とは信号の取り合いがあるが、本シナリオでは密度計からの信号ではなく液位計からの信号を受けて流量を調整することとなる。受け取る信号自体は通常の範囲であるため、機能への影響はない。
蒸気発生器	その他	なし		○ 維持1	静的機器であり、機能喪失する設備（希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御）とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもないため機能に影響はない。

表－1 T B P等の錯体の急激な分解反応に関連のある機器の機能と事象発生時における機能の状況（9/34）

機器	機能	T B P等の錯体の急激な分解反応の発生防止に対する機能	他機能（設備）とのつながり	機能喪失の有無※	理由
加熱蒸気圧力計	T B P等の錯体の急激な分解反応の拡大の防止のための設備 （加熱蒸気の供給停止）	加熱蒸気圧力が135℃を超えないよう、蒸気発生器への一次蒸気圧力の供給流量を制御	加熱蒸気圧力制御	× 喪失1	圧力計の故障により、実際の値よりも低い値を示している状態を想定。正しい値を示さないことから、機能喪失。
加熱蒸気圧力高警報	発生防止機能 （加熱蒸気温度の異常な上昇防止）	加熱蒸気圧力が所定の値に到達したことに關する注意喚起	加熱蒸気圧力計	▲ 波及影響	実際よりも低い蒸気発生器圧力計指示値となっており、警報設定値には届かない値になっており警報は吹鳴しないと想定。警報機能は喪失していないが、発生防止機能としては機能喪失していると想定。
加熱蒸気圧力制御	発生防止機能 （加熱蒸気温度の異常な上昇防止）	加熱蒸気圧力が135℃を超えないよう、蒸気発生器への一次蒸気圧力の供給流量を制御	加熱蒸気圧力計	▲ 波及影響	実際よりも低い蒸気発生器圧力計指示値に基づき圧力制御を行っており、圧力制御としては加熱蒸気圧力を上げるよう制御するため、加熱蒸気温度が135℃を超えるような圧力となっている。制御機能は喪失していないが、発生防止機能としては機能喪失していると想定。

表－1 TBP等の錯体の急激な分解反応に関連のある機器の機能と事象発生時における機能の状況（10/34）

機器	機能	TBP等の錯体の急激な分解反応の発生防止に対する機能	他機能（設備）とのつながり	機能喪失の有無*	理由
加熱蒸気温度計 1	発生防止機能 (加熱蒸気温度の異常な上昇防止)	加熱蒸気温度の計測(生産系)	加熱蒸気温度 1 温度高警報	○ 維持 1	機能喪失する設備（希釈剤流量計、一次蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御）とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもない。加熱蒸気圧力計、加熱蒸気遮断弁とは、同じ加熱蒸気系に設置されているが、加熱蒸気圧力計、加熱蒸気遮断弁との取り合いはないため、機能喪失の影響は受けない。本温度計 1 は定期的な点検の対象となっている。
加熱蒸気温度 1 温度高警報	発生防止機能 (加熱蒸気温度の異常な上昇防止)	加熱蒸気温度が通常範囲を外れていることに対する注意喚起	加熱蒸気温度計 1	○ 維持 1	機能喪失する設備（希釈剤流量計、一次蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御）とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもない。加熱蒸気圧力計、加熱蒸気遮断弁とは、同じ加熱蒸気系に設置されているが、加熱蒸気圧力計、加熱蒸気遮断弁との取り合いはないため、機能喪失の影響は受けない。本警報は定期的な点検の対象となっている。

表－1 T B P等の錯体の急激な分解反応に関連のある機器の機能と事象発生時における機能の状況（11/34）

機器	機能	T B P等の錯体の急激な分解反応の発生防止に対する機能	他機能（設備）とのつながり	機能喪失の有無※	理由
加熱蒸気温度計 2 (安重)	発生防止機能 (加熱蒸気温度の異常な上昇防止)	加熱蒸気温度計 2 が所定値に到達した場合の加熱蒸気供給停止	加熱蒸気温度高による加熱蒸気供給停止インターロック	○ 維持 3	機能喪失する設備（希釈剤流量計、一次蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御）とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもない。加熱蒸気圧力計、加熱蒸気遮断弁とは、同じ加熱蒸気系に設置されているが、加熱蒸気圧力計との取り合いはないため、機能喪失の影響は受けない。温度計 2 と加熱蒸気遮断弁は、インターロックを介した信号の取り合いはあるが、加熱蒸気遮断弁から温度計 2 へ向かう信号はないため、加熱蒸気遮断弁の機能喪失の影響は受けない。本温度計 2 は定期的な点検の対象となっている。

表－1 T B P等の錯体の急激な分解反応に関連のある機器の機能と事象発生時における機能の状況（12/34）

機器	機能	T B P等の錯体の急激な分解反応の発生防止に対する機能	他機能（設備）とのつながり	機能喪失の有無※	理由
加熱蒸気温度計2 （安重）温度高警報	発生防止機能 （加熱蒸気温度の異常な上昇防止）	加熱蒸気温度が所定の値に到達したことを運転員に対して注意喚起する	加熱蒸気温度計2（安重）	○ 維持3	機能喪失する設備（希釈剤流量計、一次蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御）とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもない。加熱蒸気圧力計、加熱蒸気遮断弁とは、同じ加熱蒸気系に設置されているが、加熱蒸気圧力計との取り合いはないため、機能喪失の影響は受けない。本警報と加熱蒸気遮断弁は、インターロックを介した信号の取り合いはあるが、加熱蒸気遮断弁から警報へ向かう信号はないため、加熱蒸気遮断弁の機能喪失の影響は受けない。本警報は定期的な点検の対象となっている。

表-1 TBP等の錯体の急激な分解反応に関連のある機器の機能と事象発生時における機能の状況 (13/34)

機器	機能	TBP等の錯体の急激な分解反応の発生防止に対する機能	他機能(設備)とのつながり	機能喪失の有無*	理由
加熱蒸気温度計2温度高による加熱蒸気供給停止インターロック	発生防止機能 (加熱蒸気温度の異常な上昇防止)	加熱蒸気温度が所定値に到達した場合の加熱蒸気供給停止	加熱蒸気遮断弁 加熱蒸気温度計2(安重)	▲ 波及影響	機能喪失する設備(希釈剤流量計、一次蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御)とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもない。加熱蒸気圧力計、加熱蒸気遮断弁とは、同じ加熱蒸気系に設置されているが、加熱蒸気圧力計との取り合いはないため、機能喪失の影響は受けない。加熱蒸気遮断弁と当該インターロックは信号の取り合いがあるが、加熱蒸気遮断弁からインターロックに向かう信号はなく、加熱蒸気遮断弁が故障することにより当該弁が閉止できない状態を想定していることから、インターロック自体は機能を維持しているが、発生防止機能としては機能喪失していると想定する。
加熱蒸気遮断弁	発生防止機能 (加熱蒸気温度の異常な上昇防止)	加熱蒸気温度計2が所定値に到達した場合の加熱蒸気供給停止	加熱蒸気温度高による加熱蒸気供給停止インターロック	× 喪失1	弁の故障により閉止できない状態を想定する。

表－1 T B P等の錯体の急激な分解反応に関連のある機器の機能と事象発生時における機能の状況（14/34）

機器	機能	T B P等の錯体の急激な分解反応の発生防止に対する機能	他機能（設備）とのつながり	機能喪失の有無※	理由
加熱蒸気温度計3 （安重）	発生防止機能 （加熱蒸気温度の異常な上昇防止）	加熱蒸気温度の計測（安全系2）	加熱蒸気温度高による一次蒸気供給停止インターロック	○ 維持3	機能喪失する設備（希釈剤流量計、プルトニウム濃縮缶密度制御）とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもない。加熱蒸気圧力計、加熱蒸気遮断弁とは、同じ加熱蒸気系に設置されているが、加熱蒸気圧力計および加熱蒸気遮断弁との取り合いはないため、機能喪失の影響は受けない。一次蒸気遮断弁と温度計3は、インターロックを介した信号の取り合いはあるが、一次蒸気遮断弁から温度計3へ向かう信号はないため、一次蒸気遮断弁の機能喪失の影響は受けない。本温度計3は定期的な点検の対象となっている。

表－1 T B P等の錯体の急激な分解反応に関連のある機器の機能と事象発生時における機能の状況（15／34）

機器	機能	T B P等の錯体の急激な分解反応の発生防止に対する機能	他機能（設備）とのつながり	機能喪失の有無※	理由
加熱蒸気温度計3 （安重）温度高警報	発生防止機能 （加熱蒸気温度の異常な上昇防止）	加熱蒸気温度が所定の値に到達したことを運転員に対して注意喚起する	加熱蒸気温度計3（安重）	○ 維持3	機能喪失する設備（希釈剤流量計、プルトニウム濃縮缶密度制御）とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもない。加熱蒸気圧力計、加熱蒸気遮断弁とは、同じ加熱蒸気系に設置されているが、加熱蒸気圧力計および加熱蒸気遮断弁との取り合いはないため、機能喪失の影響は受けない。一次蒸気遮断弁と警報とはインターロックを介した信号の取り合いはあるが、一次蒸気遮断弁から警報へ向かう信号はないため、一次蒸気遮断弁の機能喪失の影響は受けない。本警報は定期的な点検の対象となっている。

表-1 TBP等の錯体の急激な分解反応に関連のある機器の機能と事象発生時における機能の状況 (16/34)

機器	機能	TBP等の錯体の急激な分解反応の発生防止に対する機能	他機能(設備)とのつながり	機能喪失の有無*	理由
加熱蒸気温度計3温度高による一次蒸気供給停止インターロック	発生防止機能 (加熱蒸気温度の異常な上昇防止)	加熱蒸気温度3温度高による一次蒸気遮断弁の閉止による一次蒸気供給停止	一次蒸気遮断弁 加熱蒸気温度計3(安重)	▲ 波及影響	機能喪失する設備(希釈剤流量計、プルトニウム濃縮缶密度制御)とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもない。加熱蒸気圧力計、加熱蒸気遮断弁とは、同じ加熱蒸気系に設置されているが、加熱蒸気圧力計および加熱蒸気遮断弁との取り合いはないため、機能喪失の影響は受けない。一次蒸気遮断弁と当該インターロックは信号の取り合いがあるが、一次蒸気遮断弁からインターロックに向かう信号はなく、一次蒸気遮断弁が故障することにより当該弁が閉止できない状態を想定していることから、インターロック自体は機能を維持しているが、発生防止機能としては機能喪失していると想定する。

表-1 TBP等の錯体の急激な分解反応に関連のある機器の機能と事象発生時における機能の状況 (17/34)

機器	機能	TBP等の錯体の急激な分解反応の発生防止に対する機能	他機能(設備)とのつながり	機能喪失の有無*	理由
一次蒸気遮断弁	発生防止機能 (加熱蒸気温度の異常な上昇防止)	加熱蒸気温度3温度高による一次蒸気遮断弁の閉止による一次蒸気供給停止	加熱蒸気温度高による一次蒸気供給停止インターロック プルトニウム濃縮缶密度高インターロック プルトニウム濃縮缶液位低インターロック	× 喪失1	弁の故障により閉止できない状態を想定する。
加熱蒸気安全弁	その他	なし	—	○ 維持1	機能喪失する設備(希釈剤流量計、一次蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御)とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもない。加熱蒸気圧力計、加熱蒸気遮断弁とは同じ加熱蒸気系に設置されているが、取り合いはないため、これら機器の機能喪失による影響は受けない。本安全弁は定期的な点検の対象となっている。

表-1 TBP等の錯体の急激な分解反応に関連のある機器の機能と事象発生時における機能の状況 (18/34)

機器	機能	TBP等の錯体の急激な分解反応の発生防止に対する機能	他機能(設備)とのつながり	機能喪失の有無*	理由
一次蒸気元弁	拡大防止対策	なし	—	○ 維持1	機能喪失する設備(希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、加熱蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御)とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもない。一次蒸気遮断弁と同じ一次蒸気系に設置されているが、取り合いはないため、一次蒸気遮断弁の機能喪失の影響を受けない。 本弁は定期的な点検の対象とする予定。
プルトニウム濃縮缶	その他 連続受入れ	なし	—	○ 維持2	静的機器であり、機能喪失する設備(希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御)とは異なる設備に設置されているため機能に影響はない。

表－１ T B P等の錯体の急激な分解反応に関連のある機器の機能と事象発生時における機能の状況（19／34）

機器	機能	T B P等の錯体の急激な分解反応の発生防止に対する機能	他機能（設備）とのつながり	機能喪失の有無※	理由
プルトニウム濃縮缶密度計	発生防止機能（過濃縮防止）	過濃縮防止（プルトニウム濃縮液の濃度を一定値に保つよう流量を制御）	プルトニウム濃縮缶密度制御 プルトニウム濃縮缶密度高インターロック	○ 維持 4	機能喪失する設備（希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁）とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもない。プルトニウム濃縮缶密度制御機能は喪失するが、原因は運転員の誤操作であり、密度計の機能は維持できていると想定する。密度計は定期的な点検の対象となっている。
プルトニウム濃縮缶密度制御	発生防止機能（過濃縮防止）	過濃縮防止（プルトニウム濃縮液の濃度を一定値に保つよう流量を制御）	プルトニウム濃縮缶密度計 プルトニウム濃縮缶供給槽ゲデオン流量制御	× 喪失 2	機能喪失する設備（希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁）とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもない。プルトニウム濃縮缶密度制御機能は喪失するが、原因は運転員の誤操作であり、設備としての異常は発生しないが、機能としては喪失していることを想定する。

表－1 T B P等の錯体の急激な分解反応に関連のある機器の機能と事象発生時における機能の状況 (20/34)

機器	機能	T B P等の錯体の急激な分解反応の発生防止に対する機能	他機能（設備）とのつながり	機能喪失の有無*	理由
プルトニウム濃縮缶密度高警報	発生防止機能（過濃縮防止）	過濃縮防止（プルトニウム濃縮液の濃度が所定の値を超えたことについて注意喚起を行う）	プルトニウム濃縮缶密度計	○ 維持その他 （取り合いのある密度制御に設備故障はないため機能は維持）	機能喪失する設備（希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁）とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもない。プルトニウム濃縮缶密度制御機能は喪失するが、原因は運転員の誤操作であり、密度計の機能は維持できていると想定する。密度高警報は定期的な点検の対象となっている。
プルトニウム濃縮缶密度計密度高によるインターロック	発生防止機能（過濃縮防止）	過濃縮防止（プルトニウム濃縮液の濃度を一定値に保つよう流量を制御）	プルトニウム濃縮缶密度計 一次蒸気遮断弁	▲ 波及影響	本インターロックにより作動する一次蒸気遮断弁は機能喪失することを想定する。このため、インターロックとしても機能しないと想定する。

表-1 TBP等の錯体の急激な分解反応に関連のある機器の機能と事象発生時における機能の状況 (21/34)

機器	機能	TBP等の錯体の急激な分解反応の発生防止に対する機能	他機能(設備)とのつながり	機能喪失の有無*	理由
プルトニウム濃縮缶液位計	発生防止機能(過濃縮防止)	過濃縮防止(プルトニウム濃縮液が一定量以下となった場合に加熱を停止する)	プルトニウム濃縮缶液位制御 プルトニウム濃縮缶液位低インターロック	○ 維持1	機能喪失する設備(希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁)とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもない。プルトニウム濃縮缶に設置されており、密度計の計装配管を一部共用しているが、密度計は機能喪失せず、密度制御の信号と液位計とは取り合いがないため、密度制御機能の喪失の影響は受けない。本液位計は定期的な点検の対象となっている。
プルトニウム濃縮缶液位制御	その他	なし	プルトニウム濃縮缶液位計 プルトニウム濃縮缶供給槽ゲデオン流量制御	○ 維持3	機能喪失する設備(希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁)とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもない。プルトニウム濃縮缶の密度制御機能からの出力される制御信号は、液位制御機能から出力される制御信号も受け取る事となっており、ここで取り合いが発生するが、信号の逆流は発生しないため1機能は維持できる。

表－1 T B P等の錯体の急激な分解反応に関連のある機器の機能と事象発生時における機能の状況（22/34）

機器	機能	T B P等の錯体の急激な分解反応の発生防止に対する機能	他機能（設備）とのつながり	機能喪失の有無*	理由
プルトニウム濃縮缶液位計液位低によるインターロック	発生防止機能（過濃縮防止）	過濃縮防止（プルトニウム濃縮液が一定量以下となった場合に加熱を停止する）	プルトニウム濃縮缶液位計 一次蒸気遮断弁	▲ 波及影響	本インターロックにより作動する一次蒸気遮断弁は機能喪失することを想定する。このため、インターロックとしても機能しないと想定する。
プルトニウム濃縮缶液相部温度計	その他	なし	プルトニウム濃縮缶液相部温度高警報（新設）	○ 維持1	機能喪失する設備（希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁）とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもない。プルトニウム濃縮缶に設置されているが、密度計および密度制御機能との取り合いはないため、機能は維持される。液相部温度計は定期的な点検の対象となっている。

表-1 TBP等の錯体の急激な分解反応に関連のある機器の機能と事象発生時における機能の状況 (23/34)

機器	機能	TBP等の錯体の急激な分解反応の発生防止に対する機能	他機能(設備)とのつながり	機能喪失の有無*	理由
プルトニウム濃縮缶液相部温度高警報(新設)	TBP等の錯体の急激な分解反応の拡大の防止のための設備(供給液の供給停止、貯留タンクへの放射性物質の貯留)	なし	貯留タンクへの貯留起動インターロック(新設) プルトニウム濃縮缶への供給停止インターロック(新設)	○ 維持1	機能喪失する設備(希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁)とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもない。プルトニウム濃縮缶に設置されているが、密度計および密度制御機能との取り合いはないため、機能は維持される。液相部温度高警報は定期的な点検の対象とする予定。
プルトニウム濃縮缶気相部温度計	TBP等の錯体の急激な分解反応の拡大の防止のための設備(供給液の供給停止、貯留タンクへの放射性物質の貯留)	なし	プルトニウム濃縮缶気相部温度高警報(新設) 貯留タンクへの貯留起動インターロック(新設) プルトニウム濃縮缶への供給停止インターロック(新設)	○ 維持1	機能喪失する設備(希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁)とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもない。プルトニウム濃縮缶に設置されているが、密度計および密度制御機能のと取り合いはないため、機能は維持される。気相部温度計1は定期的な点検の対象となっている。

表－1 T B P 等の錯体の急激な分解反応に関連のある機器の機能と事象発生時における機能の状況 (24/34)

機器	機能	T B P 等の錯体の急激な分解反応の発生防止に対する機能	他機能（設備）とのつながり	機能喪失の有無※	理由
プルトニウム濃縮缶 気相部温度高警報 (新設)	T B P 等の錯体の急激な分解反応の拡大の防止のための設備 (供給液の供給停止、貯留タンクへの放射性物質の貯留)	なし	貯留タンクへの貯留起動インターロック (新設) プルトニウム濃縮缶への供給停止インターロック (新設)	○ 維持 1	機能喪失する設備 (希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁) とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもない。プルトニウム濃縮缶に設置されているが、密度計および密度制御機能との取り合いはないため、機能は維持される。気相部温度高警報は定期的な点検の対象とする予定。
プルトニウム濃縮缶 気相部圧力計	その他	なし	—	○ 維持 1	機能喪失する設備 (希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁) とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもない。プルトニウム濃縮缶に設置されているが、密度計および密度制御機能との取り合いはないため、機能は維持される。気相部圧力計 1 は定期的な点検の対象となっている。

表-1 TBP等の錯体の急激な分解反応に関連のある機器の機能と事象発生時における機能の状況 (25/34)

機器	機能	TBP等の錯体の急激な分解反応の発生防止に対する機能	他機能(設備)とのつながり	機能喪失の有無*	理由
プルトニウム濃縮缶気相部圧力制御	その他	なし	プルトニウム濃縮缶気相部圧力計1	○ 維持1	機能喪失する設備(希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁)とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもない。プルトニウム濃縮缶に設置されているが、密度計および密度制御機能との取り合いはないため、機能は維持される。気相部圧力制御は定期的な点検の対象となっている。
プルトニウム濃縮缶気相部圧力計圧力高によるインターロック	その他	なし	プルトニウム濃縮缶気相部圧力計1 プルトニウム濃縮缶供給槽ゲデオン 一次蒸気遮断弁	▲ 波及影響	機能喪失する設備(希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁)とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもない。プルトニウム濃縮缶に設置されているが、密度計および密度制御機能との取り合いはない。但し、一次蒸気遮断弁が機能喪失することから、インターロック機能の一部は喪失する。 (供給ゲデオンの停止は機能する)

表-1 TBP等の錯体の急激な分解反応に関連のある機器の機能と事象発生時における機能の状況 (26/34)

機器	機能	TBP等の錯体の急激な分解反応の発生防止に対する機能	他機能(設備)とのつながり	機能喪失の有無*	理由
プルトニウム濃縮缶 気相部圧力高高警報 (新設)	TBP等の錯体の急激な分解反応の拡大の防止のための設備 (供給液の供給停止、貯留タンクへの放射性物質の貯留)	なし	貯留タンクへの貯留起動インターロック (新設) プルトニウム濃縮缶への供給停止インターロック (新設)	○ 維持1	機能喪失する設備(希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁)とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもない。プルトニウム濃縮缶に設置されているが、密度計および密度制御機能との取り合いはないため、機能は維持される。気相部圧力高高警報は定期的な点検の対象とする予定。
プルトニウム濃縮缶 凝縮器	TBP等の錯体の急激な分解反応の拡大の防止のための設備 (放射性エアロゾルの除去、貯留タンクへの放射性物質の貯留)	なし	—	○ 維持1	静的機器であり、機能喪失する設備(希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御)とは異なる設備に設置されているため機能に影響はない。

表-1 TBP等の錯体の急激な分解反応に関連のある機器の機能と事象発生時における機能の状況 (27/34)

機器	機能	TBP等の錯体の急激な分解反応の発生防止に対する機能	他機能(設備)とのつながり	機能喪失の有無*	理由
凝縮液流量制御	その他	なし	—	○ 維持1	機能喪失する設備(希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御)とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもないため機能に影響はない。
プルトニウム濃縮液受槽 (バッチ受入れ)	その他	なし	—	○ 維持1	静的機器であり、機能喪失する設備(希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御)とは異なる設備に設置されているため機能に影響はない。
凝縮液受槽A/B (連続受入れ)	その他 (連続受入れ)	なし	—	○ 維持1	静的機器であり、機能喪失する設備(希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御)とは異なる設備に設置されているため機能に影響はない。

表－1 T B P等の錯体の急激な分解反応に関連のある機器の機能と事象発生時における機能の状況（28／34）

機器	機能	T B P等の錯体の急激な分解反応の発生防止に対する機能	他機能（設備）とのつながり	機能喪失の有無※	理由
塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）洗浄塔	その他	なし	－	○ 維持1	静的機器であり、機能喪失する設備（希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御）とは異なる設備に設置されているため機能に影響はない。
廃ガスポット	その他	なし	水封用純水供給インターロック（新設）	○ 維持1	機能喪失する設備（希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御）とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもないため機能に影響はない。
隔離弁（塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系））	T B P等の錯体の急激な分解反応の拡大の防止のための設備（貯留タンクへの放射性物質の貯留）	なし	貯留タンクへの貯留起動インターロック（新設）	○ 維持1	機能喪失する設備（希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御）とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもないため機能に影響はない。 当該隔離弁は定期的な点検の対象とする予定。

表－1 T B P等の錯体の急激な分解反応に関連のある機器の機能と事象発生時における機能の状況（29／34）

機器	機能	T B P等の錯体の急激な分解反応の発生防止に対する機能	他機能（設備）とのつながり	機能喪失の有無※	理由
塔槽類廃ガス処理系 （プルトニウム系） 排風機	T B P等の錯体の急激な分解反応の拡大の防止のための設備 （貯留タンクへの放射性物質の貯留）	なし	貯留タンクへの貯留起動インターロック （新設）	○ 維持1	機能喪失する設備（希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御）とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもないため機能に影響はない。 排風機は定期的な点検の対象となっている。
隔離弁（貯留設備）	T B P等の錯体の急激な分解反応の拡大の防止のための設備 （放射性エアロゾルの除去、貯留タンクへの放射性物質の貯留）	なし	貯留タンクへの貯留起動インターロック （新設）	○ 維持1	機能喪失する設備（希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御）とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもないため機能に影響はない。 本弁は定期的な点検の対象とする予定。

表-1 TBP等の錯体の急激な分解反応に関連のある機器の機能と事象発生時における機能の状況 (30/34)

機器	機能	TBP等の錯体の急激な分解反応の発生防止に対する機能	他機能(設備)とのつながり	機能喪失の有無*	理由
空気圧縮機	TBP等の錯体の急激な分解反応の拡大の防止のための設備 (貯留タンクへの放射性物質の貯留)	なし	貯留タンクへの貯留起動インターロック (新設)	○ 維持1	機能喪失する設備(希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御)とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもないため機能に影響はない。 圧縮機は定期的な点検の対象とする予定
貯留タンク	TBP等の錯体の急激な分解反応の拡大の防止のための設備 (放射性エアロゾルの除去、貯留タンクへの放射性物質の貯留)	なし	貯留タンクへの貯留起動インターロック (新設)	○ 維持1	静的機器であり、機能喪失する設備(希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御)とは異なる設備に設置されるため、機能に影響はない。

表-1 TBP等の錯体の急激な分解反応に関連のある機器の機能と事象発生時における機能の状況 (31/34)

機器	機能	TBP等の錯体の急激な分解反応の発生防止に対する機能	他機能(設備)とのつながり	機能喪失の有無*	理由
圧力計(貯留タンク)	TBP等の錯体の急激な分解反応の拡大の防止のための設備 (放射性エアロゾルの除去、貯留タンクへの放射性物質の貯留)	なし	貯留タンクへの貯留起動インターロック (新設)	○ 維持1	機能喪失する設備(希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御)とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもないため機能に影響はない。 圧力計は定期的な点検の対象とする予定。
流量計(貯留タンク)	TBP等の錯体の急激な分解反応の拡大の防止のための設備 (貯留タンクへの放射性物質の貯留)	なし	貯留タンクへの貯留起動インターロック (新設)	○ 維持1	機能喪失する設備(希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御)とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもないため機能に影響はない。 流量計は定期的な点検の対象とする予定。

表-1 TBP等の錯体の急激な分解反応に関連のある機器の機能と事象発生時における機能の状況 (32/34)

機器	機能	TBP等の錯体の急激な分解反応の発生防止に対する機能	他機能(設備)とのつながり	機能喪失の有無*	理由
緊急停止系	自主対策設備(供給液の供給停止)	なし	希釈剤供給流量制御 加熱蒸気圧力制御 プルトニウム濃縮缶気相部圧力制御 一次蒸気遮断弁 加熱蒸気遮断弁 供給ゲデオン	○ 維持3	機能喪失する設備(希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、プルトニウム濃縮缶密度制御)とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもない。一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁とは信号の取り合いがあるが、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁から緊急停止系に向かう信号はないため、これら弁の機能喪失による影響は受けない。緊急停止系は定期的な点検の対象となっている。

表-1 TBP等の錯体の急激な分解反応に関連のある機器の機能と事象発生時における機能の状況 (33/34)

機器	機能	TBP等の錯体の急激な分解反応の発生防止に対する機能	他機能(設備)とのつながり	機能喪失の有無*	理由
プルトニウム濃縮缶への供給液の供給停止インターロック (新設)	TBP等の錯体の急激な分解反応の拡大の防止のための設備 (供給液の供給停止)	なし	プルトニウム濃縮缶気相部温度高警報 (新設) プルトニウム濃縮缶気液相部温度高警報 (新設) プルトニウム濃縮缶気相部圧力高警報 (新設) プルトニウム濃縮缶供給槽ゲデオン	○ 維持1	機能喪失する設備(希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御)とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもないため機能に影響はない。 当該インターロックは定期的な点検の対象となる予定。

表-1 TBP等の錯体の急激な分解反応に関連のある機器の機能と事象発生時における機能の状況 (34/34)

機器	機能	TBP等の錯体の急激な分解反応の発生防止に対する機能	他機能(設備)とのつながり	機能喪失の有無*	理由
貯留タンクへの貯留起動インターロック(新設)		なし	プルトニウム濃縮缶気相部温度高警報(新設) プルトニウム濃縮缶気液相部温度高警報(新設) プルトニウム濃縮缶気相部圧力高警報(新設) 塔槽類廃ガス処理系(プルトニウム系)排風機 塔槽類廃ガス処理系(プルトニウム系)漏れ込みラインの自動弁閉止 空気圧縮機	○ 維持1	機能喪失する設備(希釈剤流量計、加熱蒸気圧力計、一次蒸気遮断弁、加熱蒸気遮断弁、プルトニウム濃縮缶密度制御)とは異なる設備に設置されており、信号の取り合いもないため機能に影響はない。 当該インターロックは定期的な点検の対象となる予定。

※ 「機能喪失の有無」に記載している事項の意味は以下のとおり。

維持1：機能喪失を想定する機能との取り合いがない

維持2：機能喪失する機能（機器）との取り合いがあるが、静的機器であるため影響は受けない

維持3：機能喪失する機能（機器）との取り合いがあるが、信号の取り合いであり、機能喪失した機器から信号を受けないため、  
機能喪失の影響は受けない

維持4：機能喪失する機能との取り合いがあるが、機能喪失の原因が誤操作であり機器の故障は発生しないため、影響は受けない。

波及影響：機能喪失する機能（機器）の影響により、当該機能（機器）の発生防止機能が喪失する

喪失1：機器の故障・異常による機能喪失

喪失2：誤操作による機能喪失

令和元年12月10日 R0

補足説明資料 10－7



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



## 1. はじめに

本資料は、T B P等の錯体の急激な分解反応における大気中への放射性物質の放出量（セシウム-137換算）の算定にあたって使用する気相中への移行率（A R F）について説明するものである。

## 2. A R Fについて

A R Fは、N U R E G / C R 6 4 1 0において 0.35MP a 未満、0.35～3.5MP a、3.5MP a を超える圧力によるA R F 値又は式があり、最も高い値となる 3.5MP a を超える圧力によるA R F 式を厳しい条件として適用した。この式は、容器内に液体を入れ、容器の排気部を破裂板で閉止し、空間部を加圧したことにより破裂板が破裂した場合における容器内の液体のA R F の式である。

**Calculating the ARF.** The ARF can be obtained as a best fit of the pressurized release data. This best fit curve is

$$ARF = 0.115 MF_g^{0.827} \quad (3.6)$$

where  $MF_g$  is the mole fraction of pressurizing gas or vapor. This is the number of moles of gas or vapor produced upon depressurization, divided by the total moles of solvent plus dissolved gas before the depressurization. The ARF equation is the best fit and is shown in Figure 3-8. Upper and lower bound equations are

$$ARF_{ub} = 1.28 MF_g^{0.827} \quad (3.7)$$

$$ARF_{lb} = 2.23E-03 MF_g^{0.827} \quad (3.8)$$

A R FはU p p e r B o u n d, B e s t F i t, L o w e r B o u n dの3種類があり、それを図示したものが次頁の図である。

放射性物質の放出量に対し、より厳しい条件を設定するため、U p p e r B o u n dの式を用いてA R Fを算出した。

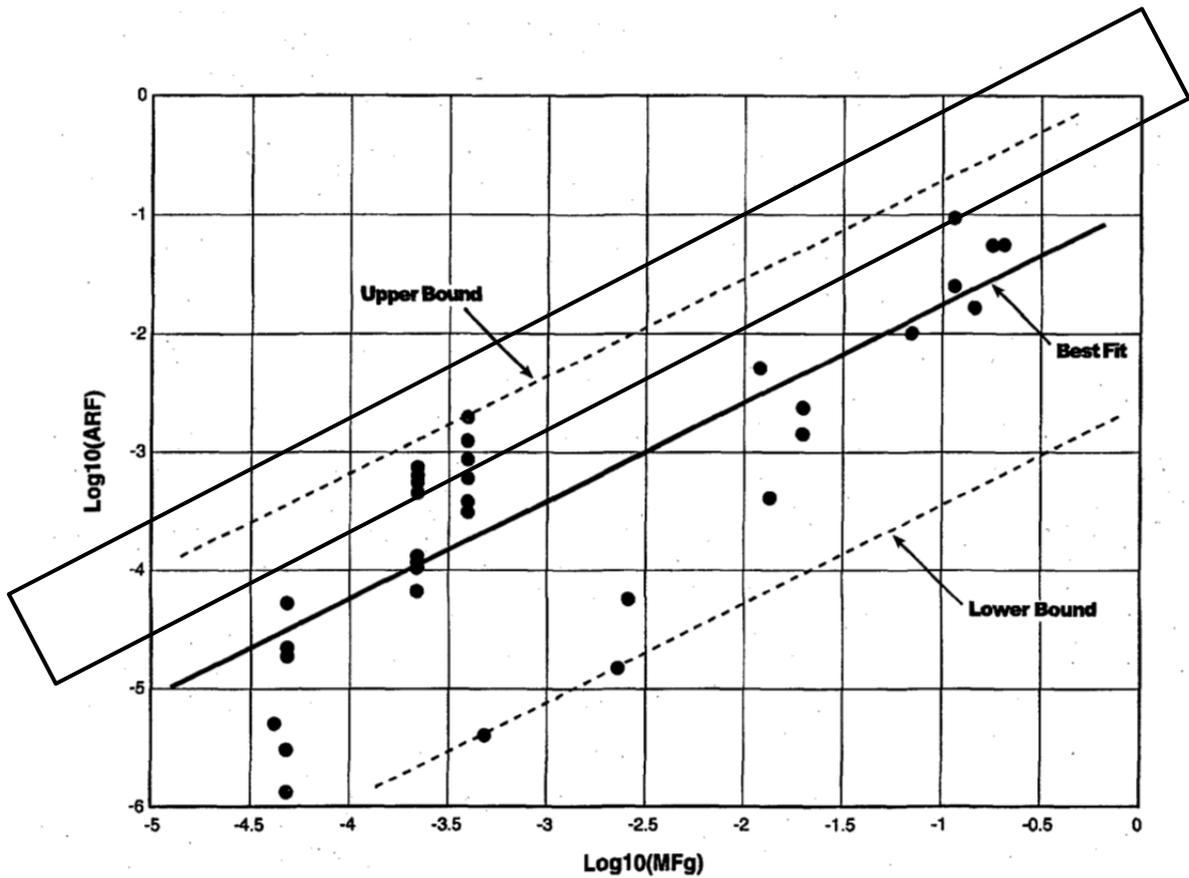


Figure 3-8. Fraction airborne vs. mole fraction of pressurizing gas for liquid pressurized releases

一方、T B P 等の錯体の急激な分解反応発生後の連続供給時における T B P 等の分解反応として適用した A R F は、T B P 等の量が少なく、分解反応によって発生する熱やガス量が少ないため、気相部の圧力上昇が小さいことから、0.35MP a 未満の A R F 値として  $5 \times 10^{-5}$  を適用した。

### 3.3.1.8 Overpressurization to Rupture

#### A. Liquid, Confined (in vessel/container): Bounding Values

*Slow Build up of Pressure:*

a. *Vented above the surface level of liquid, failure pressure < 0.35 MPa<sub>g</sub> (50.9 psig)*

<p><b>ARF 5E-5</b> <b>RF (0.8)</b></p>
--

令和元年12月10日 R0

補足説明資料 10－8



不確かさの設定



## 1. はじめに

本資料は、T B P等の錯体の急激な分解反応における大気中への放射性物質の放出量（セシウム-137換算）の算定にあたって使用する各パラメータの不確かさについて説明するものである。

## 2. 各パラメータの不確かさについて

### (1) 重大事故等が発生する機器に保有される放射性物質質量（MAR）

#### a. 上振れ効果

MARの上振れとなる要因はない。

#### b. 下振れ効果

第1表に示す再処理する使用済燃料の冷却年数を15年に制限した条件を用いて放射能濃度を算出し、第2表のとおり燃料仕様の変動に係る補正係数を考慮した場合、1桁未満の下振れとなる。

第1表 使用済燃料の条件

燃料型式	PWR
初期濃縮度	4.5w t %
燃焼度	45,000MW d / t · U <sub>Pr</sub>
比出力	38MW / t · U <sub>Pr</sub>
冷却年数	15年

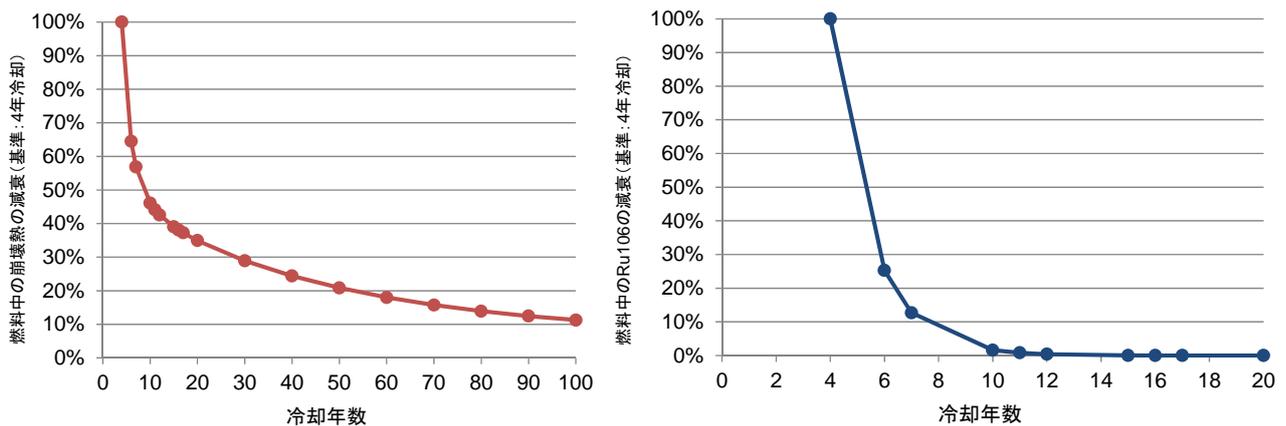
第2表 燃料仕様の変動に係る補正係数

元素グループ		燃料仕様の変動に係る補正係数
R u / R h		1.7 * <sup>2</sup>
その他F P * <sup>1</sup>		1.1
P u	$\alpha$	2.0
	$\beta$	
A m, C m		2.7

\*1 その他F Pとは、核分裂生成物のうち、K r -85, I -129 及びR u / R h を除いたものを示す。

\*2 R u 及びR h の合算値を示す。

再処理施設で保有する使用済燃料には、冷却期間 15 年以上となるものも含まれ、冷却期間 15 年以上の燃料を処理した場合、第1図に示すとおり放射能の減衰による放射性物質量のさらなる低減効果を見込める。



第1図 使用済燃料の冷却年数による崩壊熱及びR u -106 の減衰

T B P 等の錯体の急激な分解反応を検知後、インターロックにより自動的にプルトニウム濃縮缶供給槽ゲデオンは停止するため、供給液の供給は速やかに停止することから、1 分間とした供給液の供給が停止するまでの時間には1 桁未満の下振れがある。

T B P 等の錯体の急激な分解反応が発生するプルトニウム濃度は 800 g / L であり、プルトニウム溶液の粘性は高いと考えられ、この濃度での実験結果はないことから、気液分離部から加熱部への流動については不確かさが存在する。また、800 g / L のプルトニウム溶液と供給液の混合液が加熱されることによる分解反応の発生についても不確かさが存在する。それぞれ分解反応が発生することを想定した設定値として評価していることから、体系に起因した1 桁未満の下振れを有する。

(2) T B P 等の錯体の急激な分解反応により影響を受ける割合 (D R)

D R は 1 とし、不確かさの幅の設定は行わない。

(3) 機器の気相に移行する割合 (A R F)

a. 上振れ効果

第 3 表に示すように、A R F の算出には、T B P 等の錯体の急激な分解反応による発生エネルギーが必要となる。

N U R E G / C R - 6410 における爆発事象を想定した実験結果を整理した式には T B P 等の錯体の急激な分解反応による発生エネルギーを使用するため、引用する分解反応によって発生する単位 T B P 量あたりの熱量によっては 1 桁未満の上振れを有する可能性がある。また、T B P の水への溶解度の幅を考慮すると、T B P 量について、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。

第3表 ARFの計算フロー

①	TBP等の錯体の急激な分解反応による発生エネルギー $E_1$ [kJ]算出	$E_1$ [kJ]= $1400[\text{J/g TBP}] \times \text{TBP量}[\text{kg}]$
②	水蒸気発生量算出 $W$ [kg]	$W$ [kg]= $E_1/2200[\text{kJ/kg steam}]$
③	発生水蒸気のマール分率算出 $MF$ [-]	$MF =$ $W / (V_L \times 1000[\text{kg/m}^3 \text{H}_2\text{O}])$ $V_L$ : 塔槽内液相部体積[m <sup>3</sup> ]
④	ARF算出[-]	$ARF = 1.28 \times MF^{0.827}$

b. 下振れ効果

算出に用いる式については、NUREG/CR-6410における爆発事象を想定した実験結果を整理した式のうち最も厳しい結果を与えるupper boundとされる計算式を使用しており、設定したARFが最大値であることから、実験結果に対するbest fitの計算式との比較により、実際には1桁程度の下振れを有する。

(4) 大気中への放出経路における除染係数(LPF)

a. 上振れ効果

粒子径分布によっては、除染係数に対して1桁程度下振れする可能性がある。

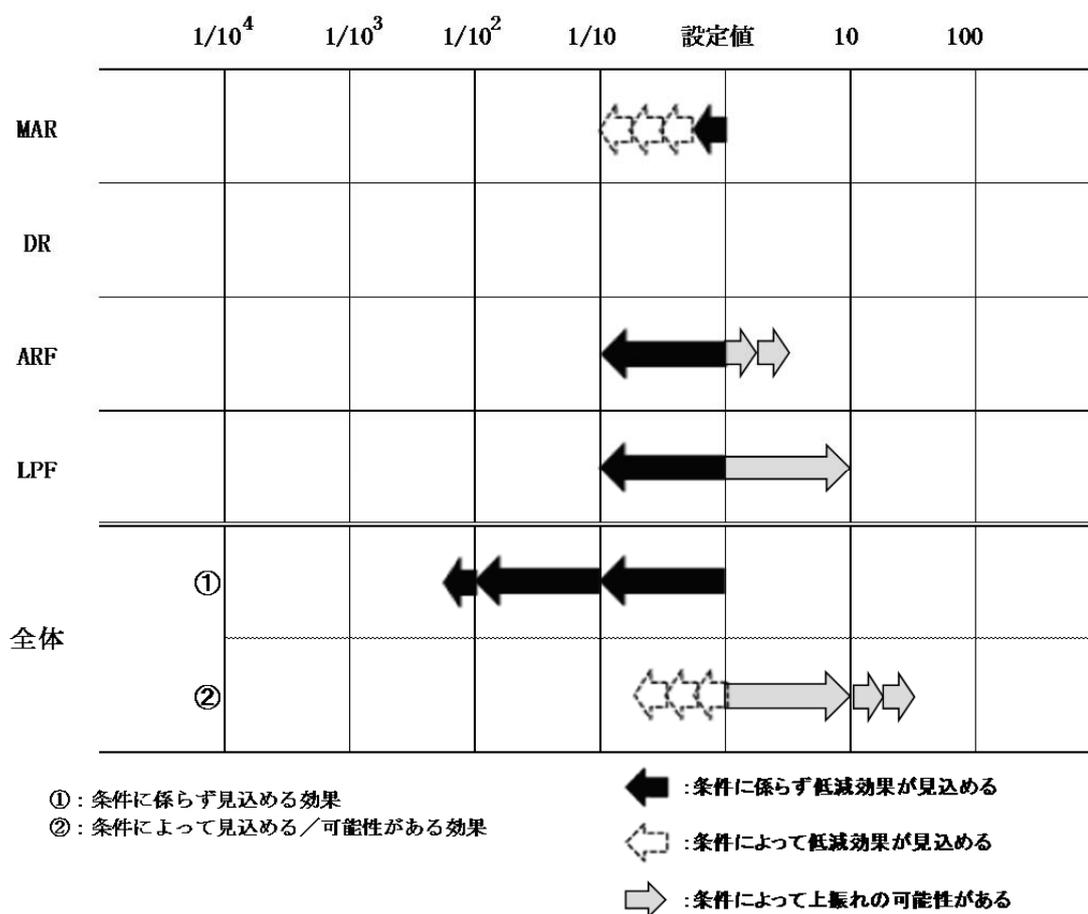
b. 下振れ効果

プルトニウム濃縮缶から塔槽類廃ガス処理系(プルトニウム系)の排風機までの経路上の配管は、曲がり部が多く、数十m以上の長い配

管及び複数の機器で構成されることから、放射性物質を大気中へ押し出すエネルギーの減衰や放射性エアロゾルの沈着による除去が期待できる。

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効果について、塔槽類廃ガス処理系（プルトニウム系）による除去効果として1桁程度の下振れを有する。

(1)～(4)の不確かさをまとめると、第2図のようになる。



※LPF = (1 / 除染係数)

第2図 TBP等の錯体の急激な分解反応の放出量評価における不確かさ