

【公開版】

資料 8-1	令和元年 12 月 17 日
日本原燃株式会社	

六ヶ所再処理施設における
新規制基準に対する適合性

第 28 条：重大事故等の拡大防止等
放射線分解により発生する水素による爆発への対処

8. 放射線分解により発生する水素による爆発への対処

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⁽¹⁾。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℃⁽²⁾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⁽³⁾。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、再処理施設に設置される機器の空間容積が小さい場合が多いため、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、当該濃度に至るまでの時間は8 v o 1 % (乾燥状態) の場合と比較して1.5倍になり、対処が容易になる想定であるが、爆発時の構造物への影響を考えると、12 v o 1 % (乾燥状態) における爆発のほうが圧力が高く厳しく、一部の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。

【補足説明資料 8-1】

重大事故等の事象選定結果に示すとおり、水素爆発を想定する機器は、水素爆発に伴い、一般公衆へ著しい影響を及ぼす可能性のあるような内蔵放射エネルギーが多い機器（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。

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。

【補足説明資料 8-2】

(2) 水素爆発への対処の基本方針

水素爆発への対処として、再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の第二十八条及び第三十六条に規定される要求を満足する水素爆発の発生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、水素燃焼時においても機器へ影響を与えない8 v o 1 % (以下8.では「未然防止濃度」という。)に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。

また、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。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。

【補足説明資料8－3】

【補足説明資料8－4】

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及び予備圧縮空気ユニットからの圧縮空気の供給機能の喪失により圧縮空気が供給できない場合、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。

また、可搬型空気圧縮機の故障、圧縮空気の供給経路が構築できない状態により水素爆発の発生の防止のための措置が機能せず、圧縮空気が供給できない場合に、第8-1表に示す機器の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。

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。

【補足説明資料 8 - 5】

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8vol%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 8-6】

【補足説明資料 8-7】

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が多い貯槽を候補とし、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。

【補足説明資料 8－8】

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。

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

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。

(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。

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

【補足説明資料8-9】

(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經由してウラン・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。

(d) 予備圧縮空気ユニット

予備圧縮空気ユニットは、安全圧縮空気系、圧縮空気貯槽及び圧縮空気ユニットが機能喪失した後、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. 重大事故等への対処に関連する操作条件

水素爆発の発生の防止の措置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8.1.1-13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。

【補足説明資料8-6】

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⁽⁴⁾⁽⁵⁾を踏まえ，当該貯槽の硝酸濃度と同じ硝酸溶液のG値の1/20とする。

(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。

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及び機器内の水素濃度

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

上記事項の確認にあたっては水素爆発を未然に防止するための圧縮空気の供給の準備に要する時間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。

b. 機器内の水素濃度の推移

第8-1表に示す機器のうち重大事故の水素爆発を想定する機器に圧縮空気を供給することで，気相部の水素濃度が未然防止濃度に至らずに低下傾向を示し，可燃限界濃度未満で平衡に達することで事態を収束できること。

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

c. 重大事故等対策に使用する設備の健全性

水素爆発の発生を防止するための措置を実施する環境下において、重大事故等対策に使用する設備の健全性が維持されること。

上記事項の確認にあたっては、水素爆発の発生を防止するための措置の実施時に想定される温度、圧力、放射線及びその他の環境条件と機器が有する耐力を比較し、健全性が損なわれないことを確認する。

(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。

b. 機器内の水素濃度の推移

圧縮空気の供給開始時の機器内の水素濃度は、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。

また、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8.1.2-1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8-10】

c. 重大事故等対策に使用する設備の健全性

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

【補足説明資料8-11】

(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。

【補足説明資料 8－12】

(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することから、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

圧縮空気貯槽又は圧縮空気ユニット及び予備圧縮空気ユニットからの圧縮空気の供給機能の喪失により圧縮空気が供給できない場合、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手動圧縮空気ユニットを設置することで、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、可搬型空気圧縮機の故障、圧縮空気の供給経路が構築できない状態により水素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8.2.1-24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. 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系統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未然防止濃度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未然防止濃度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未然防止濃度に至る状況に備え、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未然防止濃度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8.2.1-13図に、アクセスルートを図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図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b.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、水素爆発の拡大の防止のための措置の圧縮空気の供給は、機器内の水素濃度が未然防止濃度に到達する前に実施することから水素爆発が発生することはないが、仮に、水素爆発が発生した状況を想定し、水素爆発時の放射性物質の移行率、放出経路構造物への沈着によ

る放射性エアロゾルの除染係数及び高性能粒子フィルタによる放射性エアロゾルの除染係数を考慮して、主排気筒から大気中への放射性物質の放出量（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⁽¹²⁾に示される、地表沈着した放射性物質からのガンマ線による外部被ばく及び再浮遊した放射性物質の吸入摂取による内部被ばくにかかる実効線量への換算係数⁽¹²⁾について、セシウム-137と着目核種との比から算出する。ただし、プルトニウム等一部の核種は、化学形態による影響の違いを補正する係数⁽¹²⁾⁽¹³⁾を乗じて算出する。

これらは、解析コードを用いずに評価する。

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

(2) 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起因事象は、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

起因事象として外部事象の「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) 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。

(c) 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。

(d) 塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニット

塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニットを開放することにより、塔槽類廃ガス処理設備の放射性物質が塔槽類廃ガス処理設備から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。

(e) 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。

(f) 可搬型フィルタ

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

(g) 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5.2 k V A (起動時 約32 k V A)

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

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

ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋の可搬型排風機

約5.2 k V A (起動時 約32 k V A)

高レベル廃液ガラス固化建屋の可搬型排風機

約5.2 k V A (起動時 約32 k V A)

【補足説明資料8-12】

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

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 ($0.3 \mu \text{m DOP}$ 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8.1.1-13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8.2.1-24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。

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、水素爆発の発生を未然に防止するため、第 8-1 表に示す機器のうち、未然防止濃度に至るまでの時間余裕が 24 時間未満の重大事故の水素爆発を想定する機器へ手動圧縮空気ユニットから圧縮空気を供給し、圧縮空気の供給のための時間を確保した上で、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経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。

上記のとおり、水素爆発の拡大の防止のための措置により水素爆発に至ることはないが、異常な水準の放出を防止するために必要な措置の有効性を評価するため、仮に、第8-1表に示す機器で水素爆発が発生した場合の影響を評価する。

水素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経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なく、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を踏まえ、⁽⁴⁾⁽⁵⁾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. 異常な水準の放出を防止するための措置の有効性評価のため、水素爆発を想定する場合には、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 1m^3 当たり 10mg 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 8-14】

- 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 8 v o 1 % 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 4.2 k P a であり、フィルタの健全性が確認されている圧力 (9.3 k P a) 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 8-15】

【補足説明資料 8-16】

(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。

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及び機器内の水素濃度

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

上記事項の確認にあたっては、水素爆発の再発を防止するための空気の供給の準備に要する時間及び水素掃気開始後の平衡水素濃度を有効性評価の評価項目として設定し、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。

b. 機器内の水素濃度の推移

第8-1表に示す機器のうち重大事故の水素爆発を想定する機器に圧縮空気を供給することで、気相部の水素濃度が未然防止濃度に至らずに低下傾向を示し、可燃限界濃度未満で平衡に達することで事態を収束できること。

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

c. 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

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。

d. 重大事故等対策に使用する設備の健全性

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

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

(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。

b. 機器内の水素濃度の推移

圧縮空気の供給開始時の機器内の水素濃度は、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。

また、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、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 8 v o 1 % 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 8.1.2-1 図に示す。

c. 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

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 3×10^{-4} T B q 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 $3 \times 10^{-4} \text{ mSv}$ 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8.2.2-1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8.1.2-1図に示す。

d. 重大事故等対策に使用する設備の健全性

水素爆発の再発を防止するための措置を実施する環境条件として、

機器内の水素濃度が上昇している状態を想定するが、手動圧縮空気ユニットからの圧縮空気の供給により水素濃度は未然防止濃度を超えることはない。万が一、未然防止濃度未満で水素の燃焼が発生したとしても、水素爆発の再発を防止するための措置に使用する常設重大事故等対処設備及び塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニットの部材はステンレス鋼であり、想定される温度、圧力の環境において損傷することはない。また、機器のバウンダリを超えて影響が波及することはない。

【補足説明資料 8-11】

(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、掃気の状態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を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 $1\text{mg}/\text{m}^3$ ^(5.2) である。水素爆発を未然に防止するための空気の供給における再処理工場全体の必要圧縮空気流量は約 $51\text{m}^3/\text{h}$ であり、さらに、移行量は低下すると考えられる。したがって、設定値に対して1桁程度の下振れをし、条件によっては更に1桁程度の下振れを見込める可能性がある。

- (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 1×10^{-4} と設定する。

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

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

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

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⁽²⁷⁾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。

- (b) 事故時環境の不確かさ

水素濃度の変動を考慮したとしても、水素発生量、空間容量、圧縮空

気の供給量といったいずれのパラメータも、最も水素濃度が高くなる条件で評価を行っている。このため、水素濃度が未然防止濃度を超えることはなく、万一、水素の燃焼を考慮したとしても設備が有する耐力の余裕の範囲内に変動の幅に留まることから、事故時環境の不確かさが設備の健全性に与える影響は無視できる。

【補足説明資料 8-17】

【補足説明資料 8-18】

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いことを確認した。

(6) 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 2×10^{-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450m³/hの可搬型空気圧縮機は、3台による7日間の対応を考慮し、運転継続に約2.4kLの軽油が必要である。

容量約220m³/hの可搬型空気圧縮機は、1台による7日間の対応を考慮し、運転継続に約1.4kL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8-19】

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 kVA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 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 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 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。

【補足説明資料 8－13】

8.4 参考文献

- (1) 産業安全技術協会. “水素混合ガスの安全性に関する研究 (I)”. 研究開発成果検索・閲覧システム (JOPSS). 日本原子力研究開発機構.
<http://jolissrch-inter.tokai-sc.jaea.go.jp/pdfdata/PNC-TJ8655-96-001.pdf>, (参照 2016-10-23).
- (2) 新エネルギー・産業技術総合開発機構. “水素の有効利用ガイドブック”. 日本産業・医療ガス協会.
<http://www.jimga.or.jp/front/bin/ptlist.phtml?Category=7130>, (参照 2016-10-23).
- (3) 柳生昭三, 松田東栄. 産業安全研究所研究報告 水素の爆発危険性についての研究 (第2報) 水素-空気混合物の爆発圧力. 労働省産業安全研究所, 1973-03, RIIS-RR-21-4.
- (4) HIROSHI KINUHATA et al. STUDY ON THE BEHAVIOR OF RADIOLYTICALLY PRODUCED HYDROGEN IN A HIGH-LEVEL LIQUID WASTE TANK OF A REPROCESSING PLANT : COMPARISON BETWEEN ACTUAL AND SIMULATED SOLUTIONS. Nuclear Technology. 2015-11, vol. 192, no. 2.
- (5) HIROSHI KINUHATA et al. THE BEHAVIOR OF RADIOLYTICALLY PRODUCED HYDROGEN IN A HIGH-LEVEL LIQUID WASTE TANK OF A REPROCESSING PLANT: HYDROGEN CONCENTRATION IN THE VENTILATED TANK AIR. Nuclear Technology. 2015-02, vol. 189, no. 2.
- (6) IAEA. Generic Procedures for Assessment and Response during a Radiological Emergency. 2000-08, IAEA-TECDOC-1162.

- (7) ICRP. Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides : Part 5 Compilation of Ingestion and Inhalation Dose Coefficients. Annals of the ICRP, ICRP Publication 72. 1996, vol. 26, no. 1.
- (8) F. J. Herrmann, E. Lang, J. Furrer, E. Henrich “Some Aspects of Aerosol Production and Removal During Spent Fuel Processing Steps” ,16th DOE Nuclear Air Cleaning Conference, San Diego, California, 20-23 October 1980
- (9) Science Applications International. Nuclear Fuel Cycle Facility Accident Analysis Handbook. United States Nuclear Regulatory Commission, 1998-03, NUREG/CR-6410.
- (10) 小林卓志ほか. “再処理工場水素爆発事故時における放射性物質移行率の調査 (5) 環状容器試験 その2”. 日本原子力学会 2016 年春の年会, 日本原子力学会, 2016-03. <https://confit.atlas.jp/guide/event/aesj2016s/proceedings/list>, (参照 2016-10-23).

第8-1表 水素爆発を想定する機器

建屋	施設名	設備名	機器名
前処理建屋	溶解施設	溶解設備	ハル洗浄槽 中間ポット 水バッファ槽
		清澄・計量設備	中継槽* 不溶解残渣回収槽 リサイクル槽 計量前中間貯槽* 計量・調整槽* 計量補助槽* 計量後中間貯槽*
分離建屋	分離施設	分離設備	溶解液中間貯槽* 溶解液供給槽* 抽出塔 第1洗浄塔 第2洗浄塔 T B P 洗浄塔 抽出廃液受槽* 抽出廃液中間貯槽* 抽出廃液供給槽*
		分配設備	プルトニウム分配塔 ウラン洗浄塔 プルトニウム洗浄器 プルトニウム溶液受槽* プルトニウム溶液中間貯槽*

(つづき)

建屋	施設名	設備名	機器名
分離建屋	分離施設	分離建屋一時貯留処理設備	第1一時貯留処理槽 第2一時貯留処理槽* 第3一時貯留処理槽* 第4一時貯留処理槽* 第5一時貯留処理槽 第6一時貯留処理槽 第7一時貯留処理槽 第8一時貯留処理槽 第9一時貯留処理槽 第10一時貯留処理槽
精製建屋	精製施設	プルトニウム精製設備	プルトニウム溶液供給槽* 抽出塔 核分裂生成物洗浄塔 逆抽出塔 ウラン洗浄塔 補助油水分離槽 T B P 洗浄器 プルトニウム溶液受槽* 油水分離槽* プルトニウム濃縮缶供給槽* プルトニウム濃縮缶* プルトニウム溶液一時貯槽* プルトニウム濃縮液受槽* プルトニウム濃縮液計量槽* プルトニウム濃縮液中間貯槽* プルトニウム濃縮液一時貯槽* リサイクル槽* 希釈槽*
		精製建屋一時貯留処理設備	第1一時貯留処理槽 第2一時貯留処理槽* 第3一時貯留処理槽* 第4一時貯留処理槽 第7一時貯留処理槽*

(つづき)

建屋	施設名	設備名	機器名
分離建屋	酸及び溶媒の回収施設	溶媒回収設備 溶媒再生系 分離・分配系	第1洗浄器
ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋	脱硝施設	ウラン・プルトニウム混合脱硝設備	硝酸プルトニウム貯槽* 混合槽* 一時貯槽*
分離建屋	液体廃棄物の廃棄施設	高レベル廃液処理設備	高レベル廃液濃縮設備 高レベル廃液供給槽* 高レベル廃液濃縮缶* 高レベル廃液貯蔵設備 高レベル濃縮廃液貯槽* 不溶解残渣廃液貯槽* 不溶解残渣廃液一時貯槽 高レベル濃縮廃液一時貯槽* 高レベル廃液共用貯槽*
高レベル廃液ガラス固化建屋			
高レベル廃液ガラス固化建屋	固体廃棄物の廃棄施設	高レベル廃液ガラス固化設備	高レベル廃液混合槽* 供給液槽* 供給槽*

注) *印の機器は、重大事故の水素爆発を想定する機器である。

第 8.1.1-1 表 水素爆発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"> 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。 	—	—	—

(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"> ・ 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<u>第8-1表</u>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。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 圧縮空気貯槽 ・ 圧縮空気ユニット ・ 各建屋の水素爆発対象機器 ・ 各建屋の水素掃気用安全圧縮空気系 	—	—
		<ul style="list-style-type: none"> ・ 本対策において確認が必要な監視項目は圧縮空気貯槽及び圧縮空気ユニットの圧力である。 	—	—	<ul style="list-style-type: none"> ・ 可搬型圧縮空気貯槽圧力計 ・ 可搬型圧縮空気ユニット圧力計

(つづき)

	判断及び操作	手順	重大事故等対処施設		
			常設重大事故等対処設備	可搬型重大事故等対処設備	計装設備
c.	予備圧縮空気ユニットからの圧縮空気の供給	<ul style="list-style-type: none"> ・分離建屋，精製建屋及びウラン・プルトニウム混合脱硝建屋において安全圧縮空気系の水素掃気機能が喪失し，さらに圧縮空気貯槽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。 	<ul style="list-style-type: none"> ・予備圧縮空気ユニット ・各建屋の水素爆発対象機器 ・各建屋の水素掃気用安全圧縮空気系 	—	—
		<ul style="list-style-type: none"> ・本対策において確認が必要な監視項目は予備圧縮空気ユニットの圧力である。 	—	—	<ul style="list-style-type: none"> ・可搬型予備圧縮空気ユニット圧力計

(つづき)

	判断及び操作	手順	重大事故等対処施設		
			常設重大事故等対処設備	可搬型重大事故等対処設備	計装設備
d.	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"> 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。設計基準を超える条件より厳しい条件としての外部事象の「火山」を条件として水素掃気機能が喪失することが考えられる場合には，降灰により可搬型空気圧縮機が機能喪失することを防止するため，あらかじめ可搬型空気圧縮機は各建屋内に配置する。 	<ul style="list-style-type: none"> 各建屋の水素掃気用安全圧縮空気系 各建屋のかくはん用安全圧縮空気系 各建屋の発生防止用安全圧縮空気系 	<ul style="list-style-type: none"> 可搬型空気圧縮機 可搬型建屋外ホース 可搬型建屋内ホース 	<ul style="list-style-type: none"> 計測制御設備

(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"> 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。 	—	—	<ul style="list-style-type: none"> 可搬型貯槽掃気圧縮空気流量計 可搬型水素掃気系統圧縮空気圧力計 可搬型セル導出ユニット流量計
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"> 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。 	—	—	<ul style="list-style-type: none"> 可搬型貯槽掃気圧縮空気流量計

(つづき)

	判断及び操作	手順	重大事故等対処施設		
			常設重大事故等対処設備	可搬型重大事故等対処設備	計装設備
f.	可搬型水素濃度計の設置	<ul style="list-style-type: none"> 水素濃度の測定対象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。 	・ —	・ —	<ul style="list-style-type: none"> 可搬型水素濃度計 計測制御設備
		<ul style="list-style-type: none"> 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。 	・ —	・ —	・ —

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	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・弁〔流路〕	○	×	×
		可搬型空気圧縮機	○	○	×
		可搬型一括供給用建屋外ホース〔流路〕	×	×	×
		可搬型一括供給用建屋内ホース〔流路〕	×	×	×
		可搬型個別供給用建屋外ホース〔流路〕	○	○	×
		可搬型個別供給用建屋内ホース〔流路〕	○	○	×
		機器圧縮空気供給配管・弁〔流路〕	○	○	×
	清澄・計量設備	中継槽	○	○	○
		中継槽(水素掃気配管)	○	×	×
		計量前中間貯槽	○	○	○
		計量前中間貯槽(水素掃気配管)	○	×	×
		計量後中間貯槽	○	○	○
		計量後中間貯槽(水素掃気配管)	○	×	×
		計量・調整槽	○	○	○
		計量・調整槽(水素掃気配管)	○	×	×
	前処理建屋 代替塔槽類廃ガス処理設備	計量補助槽	○	○	○
		計量補助槽(水素掃気配管)	○	×	×
		配管・弁〔流路〕	×	×	○
		隔離弁	×	×	○
		廃ガス洗浄塔シールポット	×	×	○
		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 代替換気設備	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〕	×	×	○
		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	×	×	○
		主排気筒	×	×	○
	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	
	設備名称	構成する機器	水素爆発の拡大の防止のための措置		
			重大事故等対処設備	放出低減対策	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・弁〔流路〕	○	×	×
		可搬型空気圧縮機	○	○	×
		可搬型建屋外ホース〔流路〕	○	○	×
		可搬型建屋内ホース〔流路〕	○	○	×
		圧縮空気貯槽	○	×	×
		予備圧縮空気ユニット	○	×	×
		手動圧縮空気ユニット	×	○	×
		圧縮空気供給系〔流路〕	○	○	×
		機器圧縮空気供給配管・弁〔流路〕	○	○	×
	分離設備	溶解液中間貯槽	○	○	○
		溶解液中間貯槽(水素掃気配管)	○	×	×
		溶解液供給槽	○	○	○
		溶解液供給槽(水素掃気配管)	○	×	×
		抽出廃液受槽	○	○	○
		抽出廃液受槽(水素掃気配管)	○	×	×
		抽出廃液中間貯槽	○	○	○
		抽出廃液中間貯槽(水素掃気配管)	○	×	×
	分配設備	抽出廃液供給槽	○	○	○
		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)	○	×	×
	分離建屋一時貯留処理設備	プルトニウム溶液中間貯槽	○	○	○
		プルトニウム溶液中間貯槽(水素掃気配管)	○	×	×
		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	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)	×	×	○	
	分離建屋 代替換気設備	ダクト・ダンパ[流路]	×	×	○	
		可搬型フィルタ	×	×	○	
		可搬型ダクト[流路]	×	×	○	
		可搬型排風機	×	×	○	
		主排気筒	×	×	○	
		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・弁[流路]	○	×	×	
		可搬型空気圧縮機	○	○	×	
		可搬型建屋外ホース[流路]	○	○	×	
		可搬型建屋内ホース[流路]	○	○	×	
		圧縮空気貯槽	○	×	×	
		予備圧縮空気ユニット	○	×	×	
		手動圧縮空気ユニット	×	○	×	
		圧縮空気供給系[流路]	○	○	×	
		機器圧縮空気供給配管・弁[流路]	○	○	×	
	プルトリウム精製設備	プルトリウム溶液供給槽	○	○	○	
		プルトリウム溶液供給槽(水素掃気配管)	○	×	×	
		プルトリウム溶液受槽	○	○	○	
		プルトリウム溶液受槽(水素掃気配管)	○	×	×	
		油水分離槽	○	○	○	
		油水分離槽(水素掃気配管)	○	×	×	
		プルトリウム濃縮缶供給槽	○	○	○	
		プルトリウム濃縮缶供給槽(水素掃気配管)	○	×	×	
		プルトリウム溶液一時貯槽	○	○	○	
		プルトリウム溶液一時貯槽(水素掃気配管)	○	×	×	
		プルトリウム濃縮缶	○	○	○	
		プルトリウム濃縮缶(水素掃気配管)	○	×	×	
		プルトリウム濃縮液受槽	○	○	○	
		プルトリウム濃縮液受槽(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
			○	○	○	
精製建屋 水素爆発 (つづき)	プルトニウム精製設備	プルトニウム濃縮液一時貯槽	○	○	○	
		プルトニウム濃縮液一時貯槽 (水素掃気配管)	○	×	×	
		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	○	○	○	
		プルトニウム濃縮液中間貯槽 (水素掃気配管)	○	×	×	
	精製建屋一時貯留処理設備	第2一時貯留処理槽	○	○	○	
		第2一時貯留処理槽(水素掃気配管)	○	×	×	
		第3一時貯留処理槽	○	○	○	
		第3一時貯留処理槽(水素掃気配管)	○	×	×	
		第7一時貯留処理槽	○	○	○	
		第7一時貯留処理槽(水素掃気配管)	○	×	×	
	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	×	×	○	
		主排気筒	×	×	○	
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	
	設備名称	構成する機器	放出低減対策		
			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・弁〔流路〕	○	×	×
		可搬型空気圧縮機	○	○	×
		可搬型建屋外ホース〔流路〕	○	○	×
		可搬型建屋内ホース〔流路〕	○	○	×
		圧縮空気ユニット	○	×	×
		予備圧縮空気ユニット	○	×	×
		手動圧縮空気ユニット	×	○	×
		圧縮空気供給系〔流路〕	○	○	×
		機器圧縮空気供給配管・弁〔流路〕	○	○	×
	ウラン・プルトニウム混合脱硝設備 溶液系	硝酸プルトニウム貯槽	○	○	○
		硝酸プルトニウム貯槽(水素掃気配管)	○	×	×
		混合槽A	○	○	○
		混合槽A(水素掃気配管)	○	×	×
		混合槽B	○	○	○
		混合槽B(水素掃気配管)	○	×	×
		一時貯槽	○	○	○
	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	一時貯槽(水素掃気配管)	○	×	×
		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 代替換気設備	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)	×	×	○
		ダクト・ダンパ〔流路〕	×	×	○
		可搬型フィルタ	×	×	○
		可搬型ダクト〔流路〕	×	×	○
		可搬型排風機	×	×	○
		主排気筒	×	×	○
		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	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・弁〔流路〕	○	×	×
		可搬型空気圧縮機	○	○	×
		可搬型建屋外ホース〔流路〕	○	○	×
		可搬型建屋内ホース〔流路〕	○	○	×
		圧縮空気供給系〔流路〕	○	○	×
		機器圧縮空気供給配管・弁〔流路〕	○	○	×
	高レベル廃液ガラス固化設備	高レベル廃液混合槽	○	○	○
		高レベル廃液混合槽(水素掃気配管)	○	×	×
		供給液槽	○	○	○
		供給液槽(水素掃気配管)	○	×	×
		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	×	×	○
主排気筒		×	×	○	
	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 ³ /h]	沸騰の有無	沸騰を考慮した 水素発生量 [m ³ /h]	可燃限界濃度未満に維持するために必要な水素掃気流量 [m ³ /h]		沸騰を考慮した可燃限界濃度未満に維持するために必要な水素掃気流量 [m ³ /h]	
				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 ³]	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"> 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。 	—	—	—
b.	手動圧縮空気ユニットからの圧縮空気の供給	<ul style="list-style-type: none"> 分離建屋、精製建屋及びウラン・プルトニウム混合脱硝建屋において安全圧縮空気系の水素掃気機能が喪失し、系統内の圧力が低下した場合は、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。 	<ul style="list-style-type: none"> 手動圧縮空気ユニット 各建屋の水素爆発対象機器 	<ul style="list-style-type: none"> 可搬型建屋内ホース 	—

(つづき)

	判断及び操作	手順	重大事故等対処施設		
			常設重大事故等 対処設備	可搬型重大事故 等対処設備	計装設備
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"> 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。 	<ul style="list-style-type: none"> 各建屋の拡大防止用圧縮空気供給系 	<ul style="list-style-type: none"> 可搬型空気圧縮機 可搬型個別供給用建屋内ホース 可搬型個別供給用建屋外ホース 	—
		<ul style="list-style-type: none"> 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システムの廃ガス流量である。 	—	—	<ul style="list-style-type: none"> 可搬型貯槽掃気圧縮空気流量計 可搬型セル導出ユニット流量計
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"> <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。 	<ul style="list-style-type: none"> 各建屋の水素爆発を想定する機器 計測制御設備 	—	<ul style="list-style-type: none"> 可搬型貯槽掃気圧縮空気流量計
		<ul style="list-style-type: none"> 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。 	—	—	<ul style="list-style-type: none"> 可搬型貯槽掃気圧縮空気流量計

	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"> 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。 	—	—	<ul style="list-style-type: none"> 可搬型水素濃度計
		<ul style="list-style-type: none"> 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。 	—	—	—

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"> ・ 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 b. 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	<ul style="list-style-type: none"> ・ 前処理建屋及び高レベル廃液ガラス固化建屋において，塔槽類廃ガス処理設備の排風機が停止している場合には，水素掃気用の圧縮空気の供給継続による大気中への放射性物質の放出を低減するため，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。 	—	<ul style="list-style-type: none"> ・ 可搬型ダクト ・ 可搬型フィルタ ・ 可搬型排風機 ・ 可搬型発電機 ・ 可搬型電源ケーブル 	—

(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"> ・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、<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。 ・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。 	—	—	—

	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"> 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。 	<ul style="list-style-type: none"> 各建屋の塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニット 各建屋の塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニット(フィルタ) 各建屋の代替塔槽類廃ガス処理設備の配管 各建屋の代替塔槽類廃ガス処理設備の隔離弁 各建屋の安全水封器 	—	—
e.	可搬型排風機の起動の判断	<ul style="list-style-type: none"> 可搬型排風機の運転準備が整い次第、可搬型排風機の起動を判断する。 	—	—	—
f.	可搬型排風機の運転	<ul style="list-style-type: none"> 可搬型排風機を運転することで、大気中への経路外放出を抑制し、セル内の圧力上昇を緩和しつつ、可搬型フィルタの高性能粒子フィルタにより放射性エアロゾルを除去し、主排気筒から大気中へ管理しながら放出する。また、可搬型フィルタ差圧計により、可搬型フィルタの差圧を監視する 	<ul style="list-style-type: none"> 各建屋の代替換気設備のダクト 各建屋の重大事故対処用母線) 主排気筒 	<ul style="list-style-type: none"> 可搬型ダクト 可搬型フィルタ 可搬型デミスタ 可搬型排風機 可搬型発電機 	<ul style="list-style-type: none"> 可搬型フィルタ差圧計

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

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

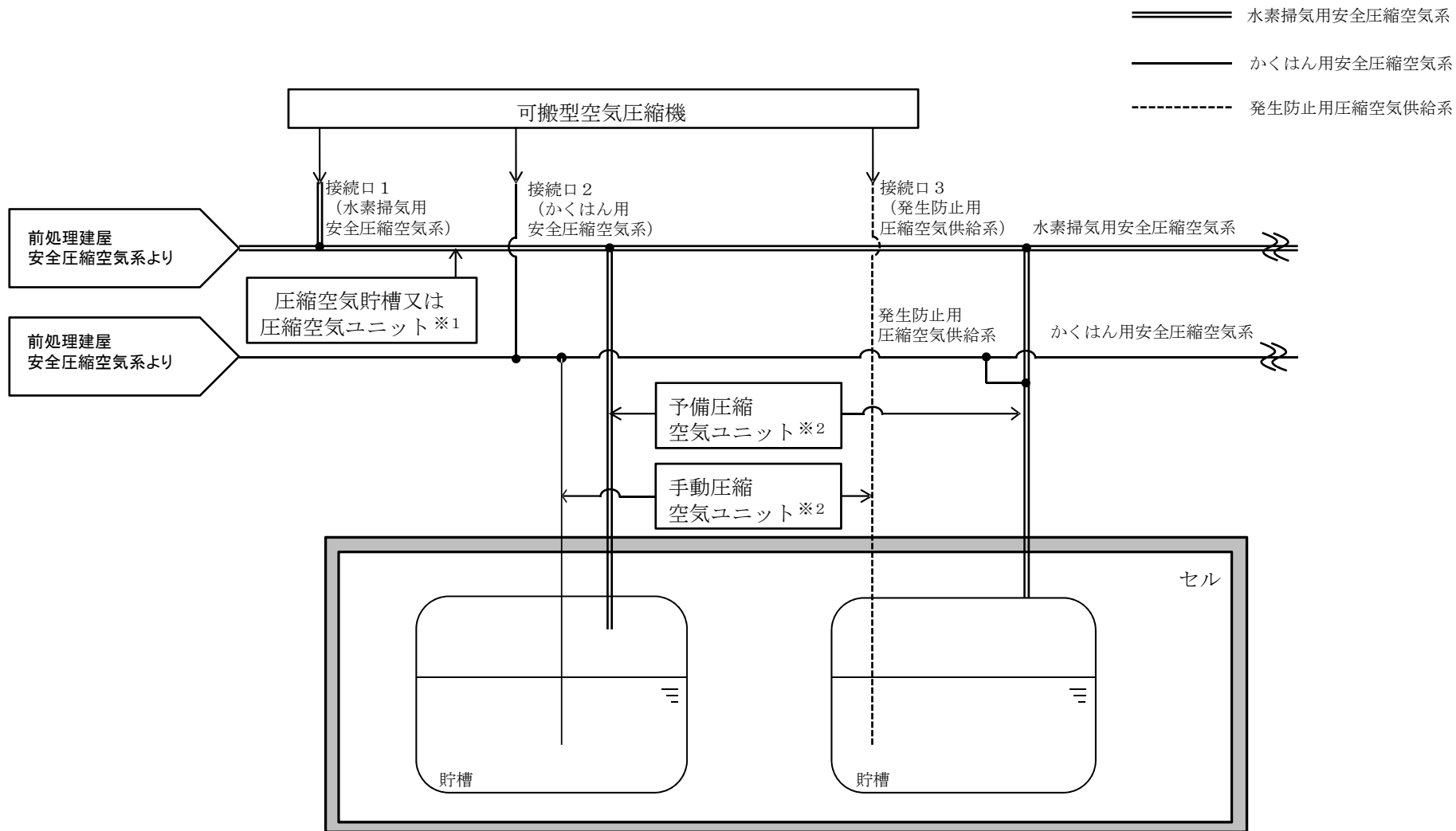
核 種	放出量(B q)
P u - 238	7×10^6
P u - 239	7×10^5
P u - 240	2×10^6
P u - 241	2×10^8

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	1×10^{-6}	3×10^{-4}
	第2一時貯留処理槽	4×10^{-6}	
	第3一時貯留処理槽	4×10^{-6}	
	第7一時貯留処理槽	1×10^{-5}	
	第4一時貯留処理槽	2×10^{-8}	
	抽出塔	4×10^{-7}	
	核分裂生成物洗浄塔	2×10^{-7}	
	逆抽出塔	8×10^{-7}	
	ウラン洗浄塔	3×10^{-7}	
	T B P 洗浄器	3×10^{-7}	
	プルトニウム溶液供給槽	3×10^{-6}	
	補助油水分離槽	3×10^{-7}	
	プルトニウム溶液受槽	3×10^{-6}	
	油水分離槽	3×10^{-6}	
	プルトニウム濃縮缶	5×10^{-6}	
	プルトニウム濃縮缶供給槽	8×10^{-6}	
プルトニウム溶液一時貯槽	8×10^{-6}		

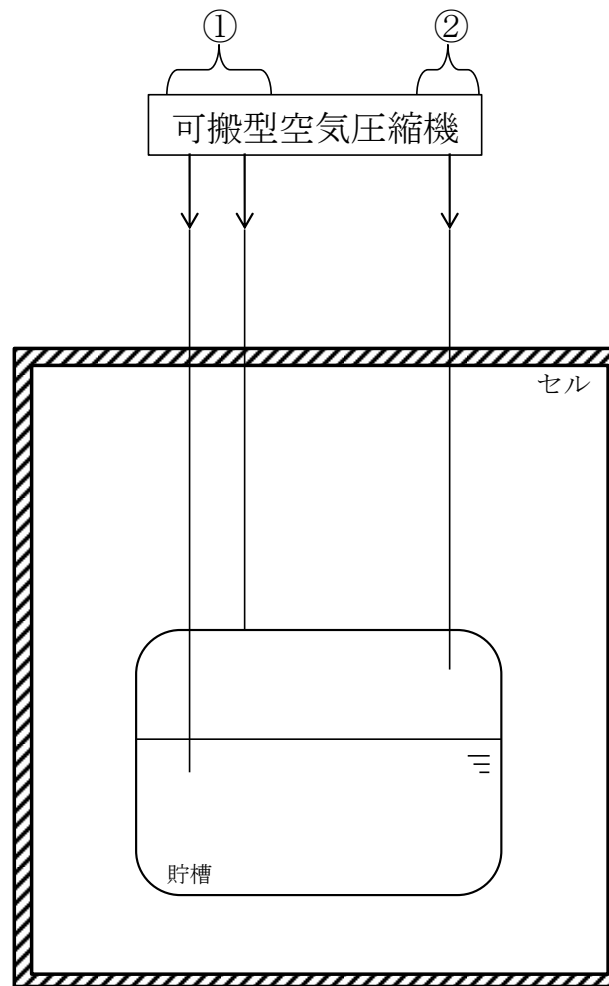
(つづき)

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	3×10^{-5}	3×10^{-4}
	リサイクル槽	3×10^{-5}	
	希釈槽	7×10^{-5}	
	プルトニウム濃縮液一時貯槽	5×10^{-5}	
	プルトニウム濃縮液計量槽	3×10^{-5}	
	プルトニウム濃縮液中間貯槽	3×10^{-5}	



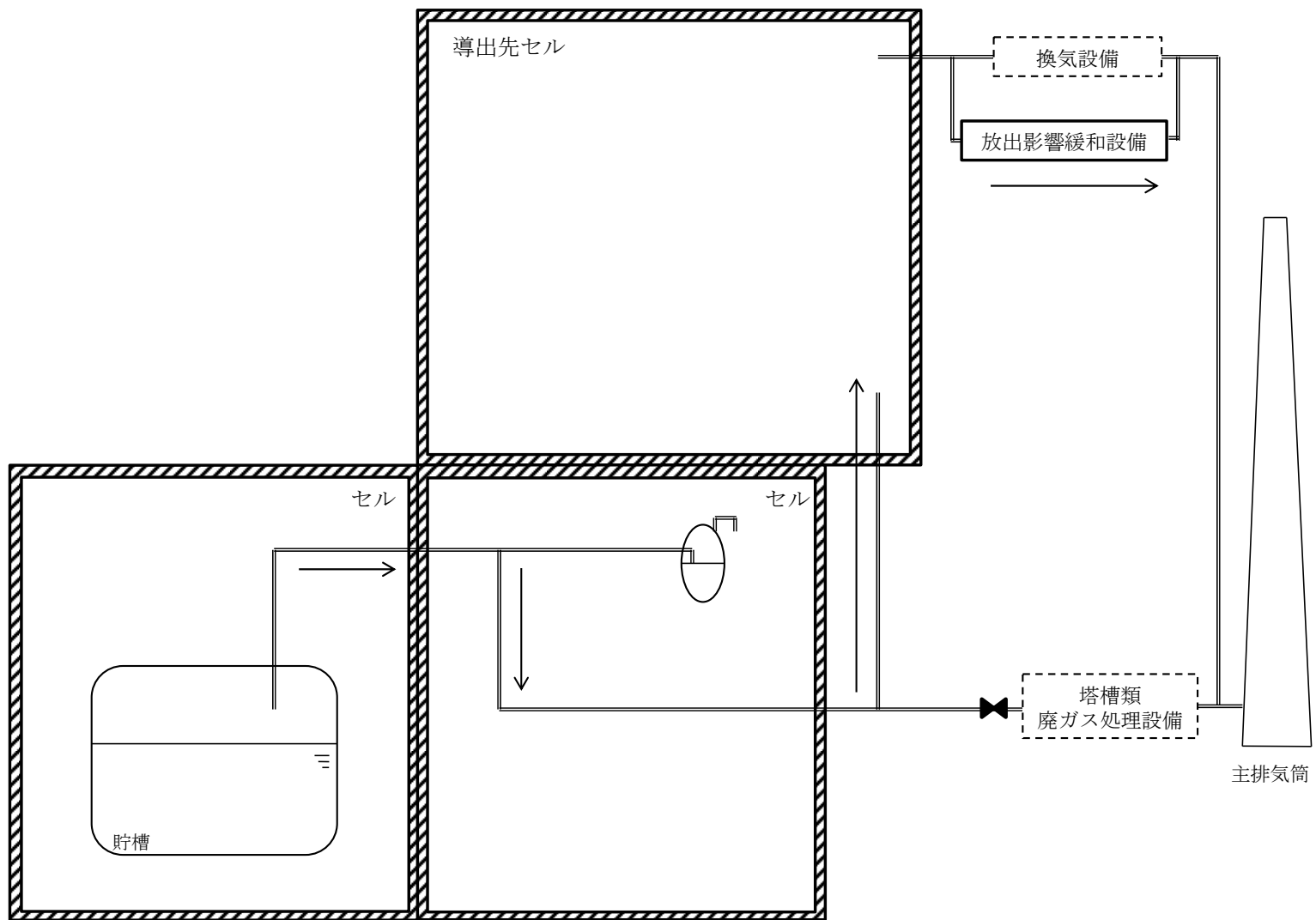
- ※1 分離建屋、精製建屋及びウラン・プルトニウム混合脱硝建屋に設置
- ※2 時間余裕が24時間未満の重大事故の水素爆発を想定する機器に設置

第8-1図 水素爆発の発生の防止のための措置の概要図

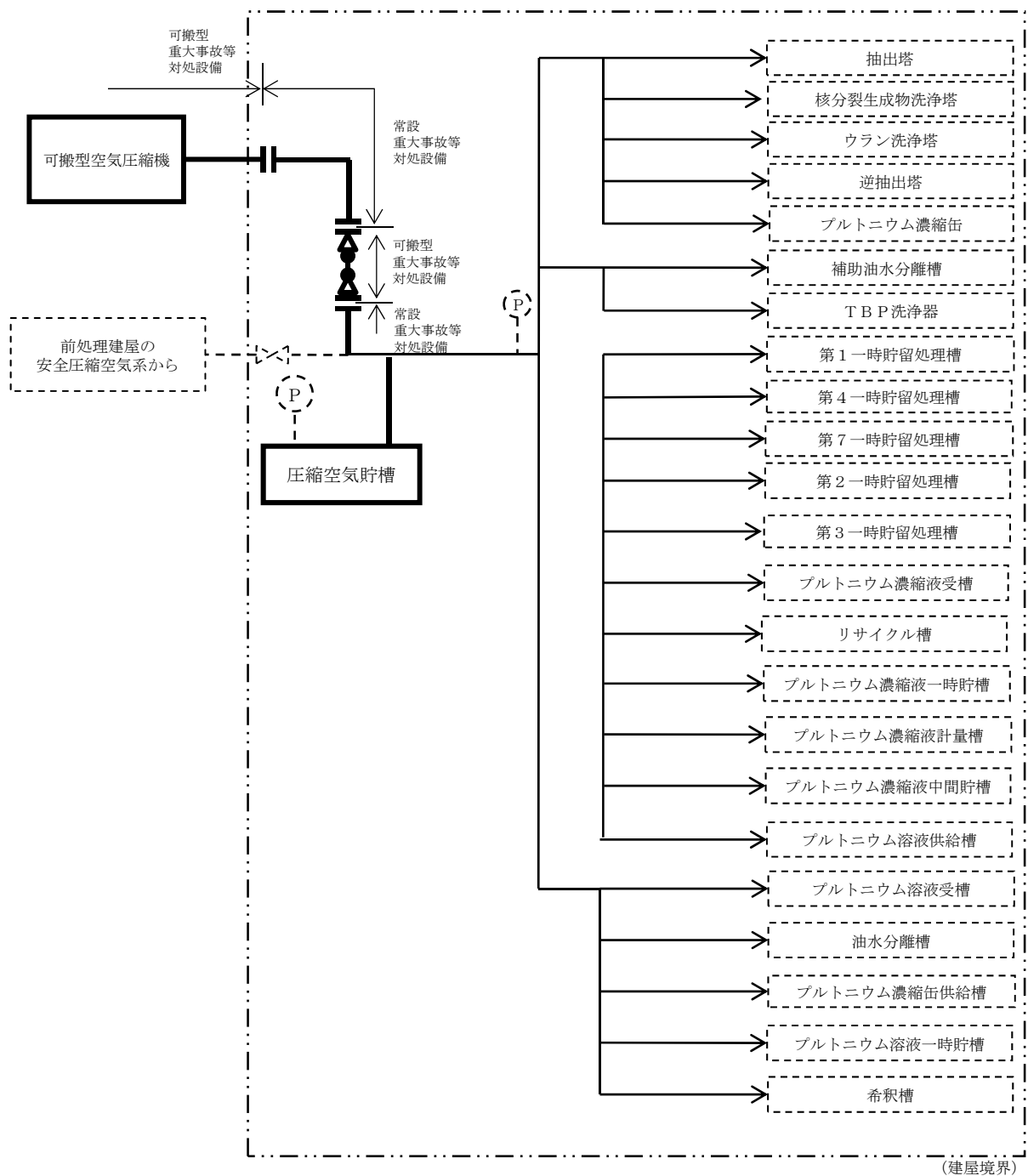


- ①拡大防止用圧縮空気供給系
- ②その他の配管

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。

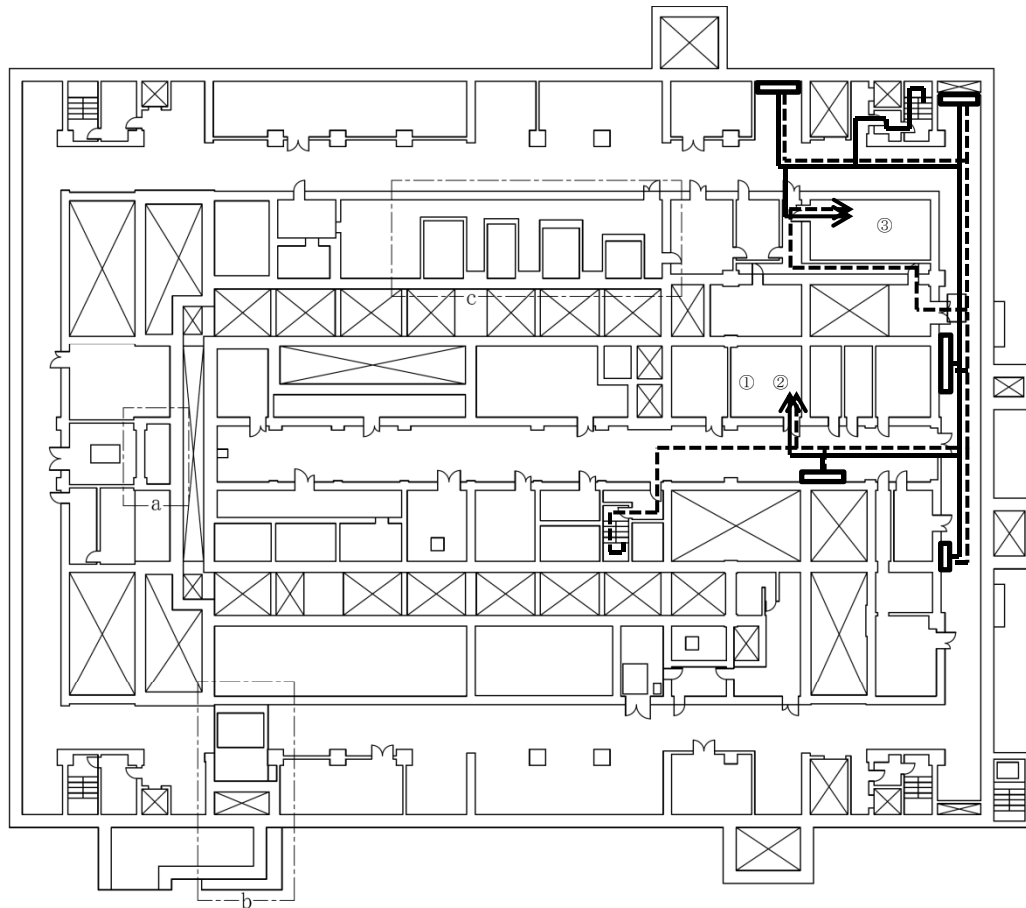
第8.1.1-1図 精製建屋の水素爆発を未然に防止するための空気の供給に使用する設備を用いた圧縮空気の供給系統概要図



→ : アクセスルート 南1

- -> : アクセスルート 南2

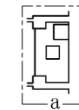
□ : 可搬型重大事故等対処設備
保管場所



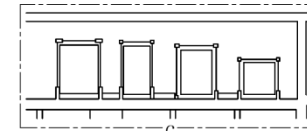
計測場所	監視項目
①	第1一時貯留処理槽掃気流量
	第2一時貯留処理槽掃気流量
	第3一時貯留処理槽掃気流量
	第4一時貯留処理槽掃気流量
	第7一時貯留処理槽掃気流量
	プルトニウム溶液供給槽掃気流量
	プルトニウム溶液受槽掃気流量
	油水分離槽掃気流量
	プルトニウム濃縮缶供給槽掃気流量
	プルトニウム溶液一時貯槽掃気流量
	プルトニウム濃縮液受槽掃気流量
	リサイクル槽掃気流量
	希釈槽掃気流量
	プルトニウム濃縮液一時貯槽掃気流量
	プルトニウム濃縮液計量槽掃気流量
プルトニウム濃縮液中間貯槽掃気流量	

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

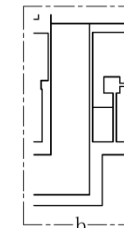
計測場所	監視項目
③	第3一時貯留処理槽掃気流量
	プルトニウム濃縮液受槽掃気流量
	リサイクル槽掃気流量
	希釈槽掃気流量
	プルトニウム濃縮液一時貯槽掃気流量
	プルトニウム濃縮液計量槽掃気流量
プルトニウム濃縮液中間貯槽掃気流量	



T.M.S.L. 約+50,000



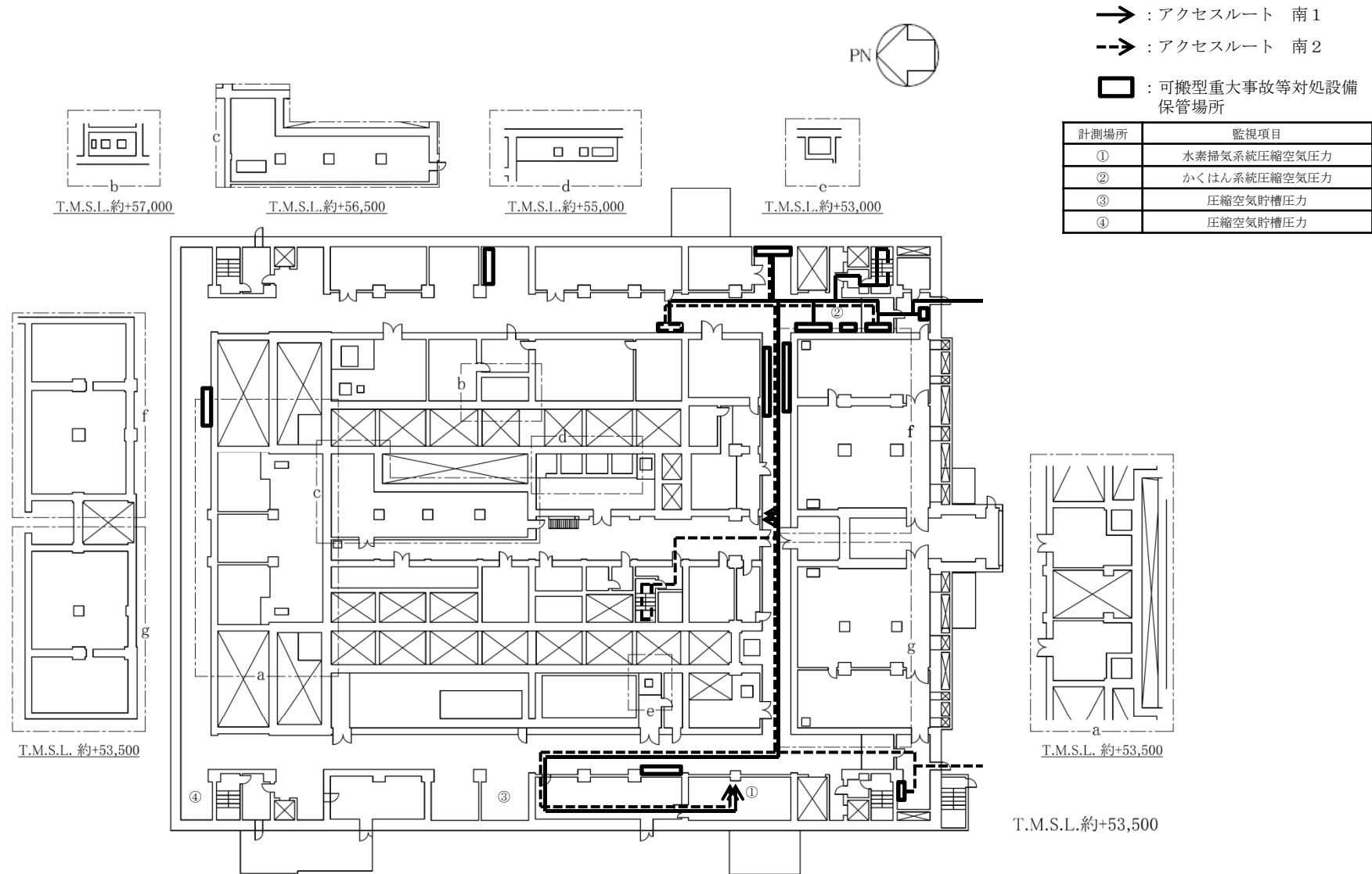
T.M.S.L. 約+51,500



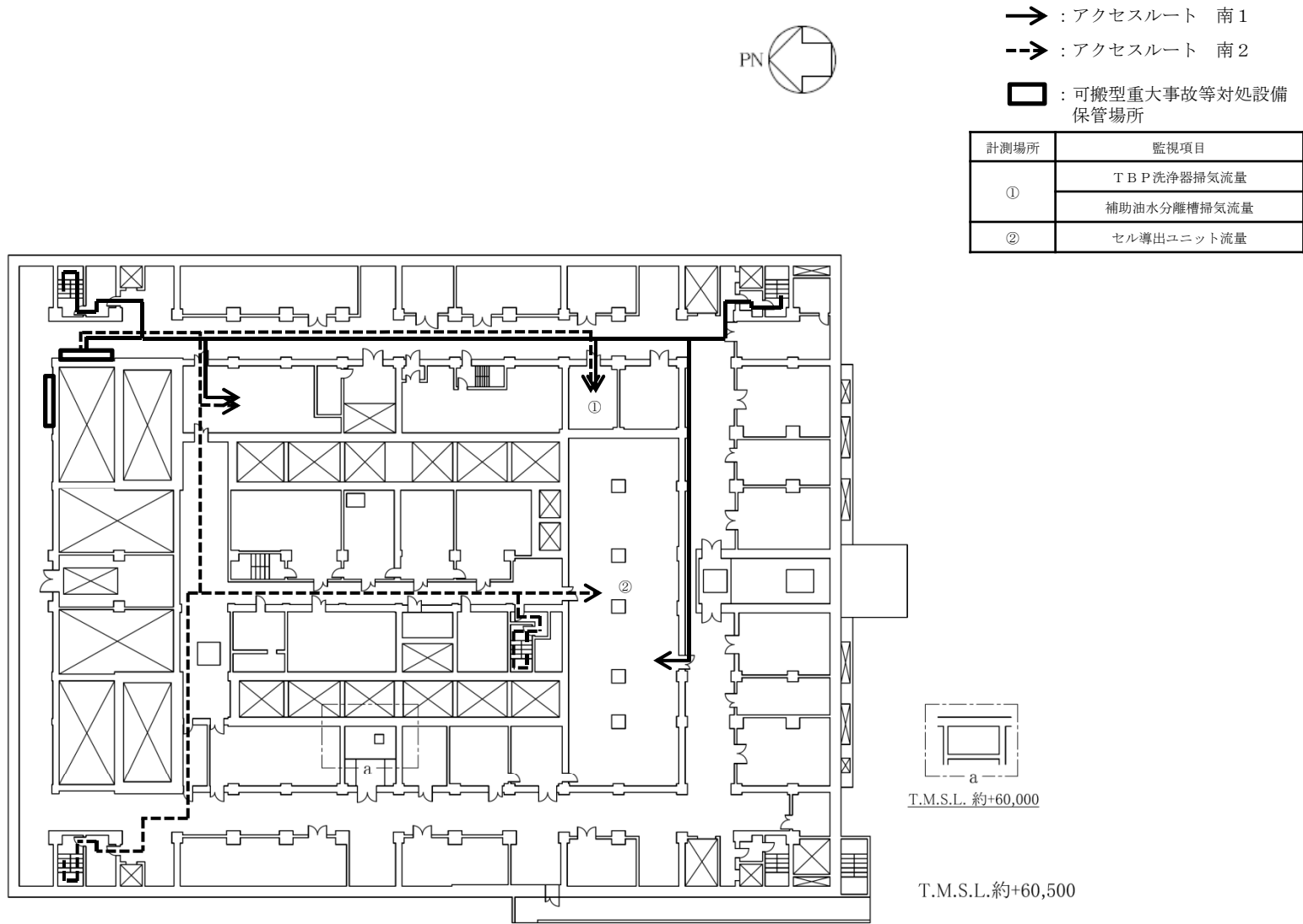
T.M.S.L. 約+51,500

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)

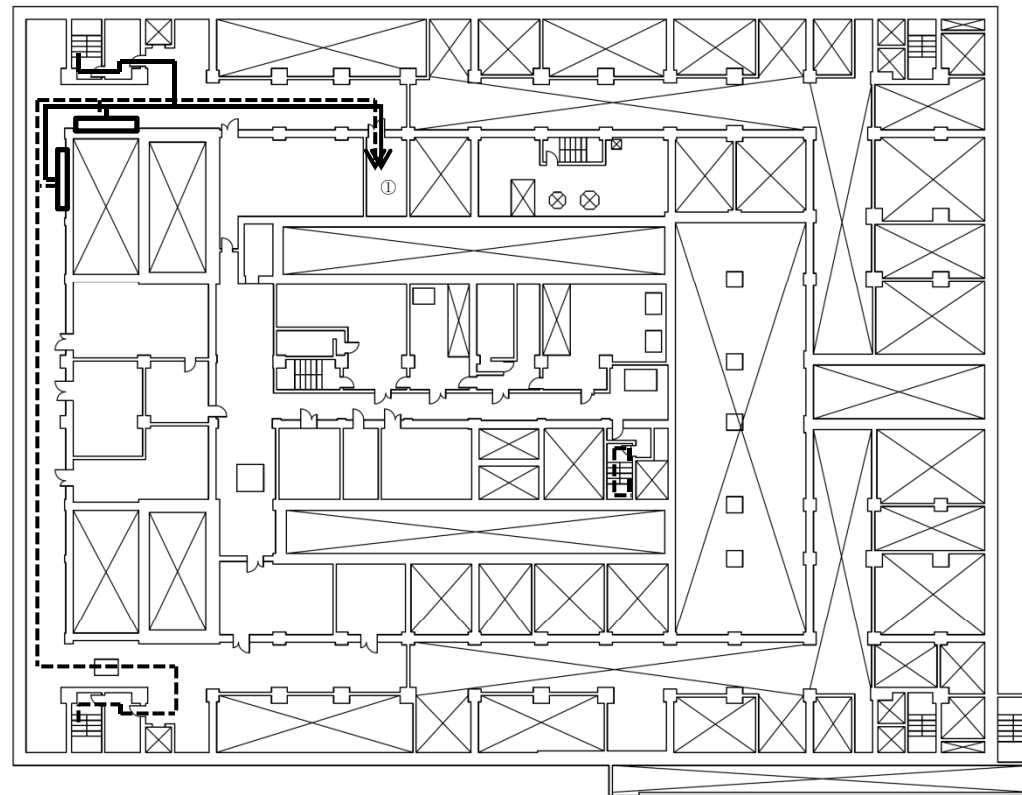


→ : アクセスルート 南1

- -> : アクセスルート 南2

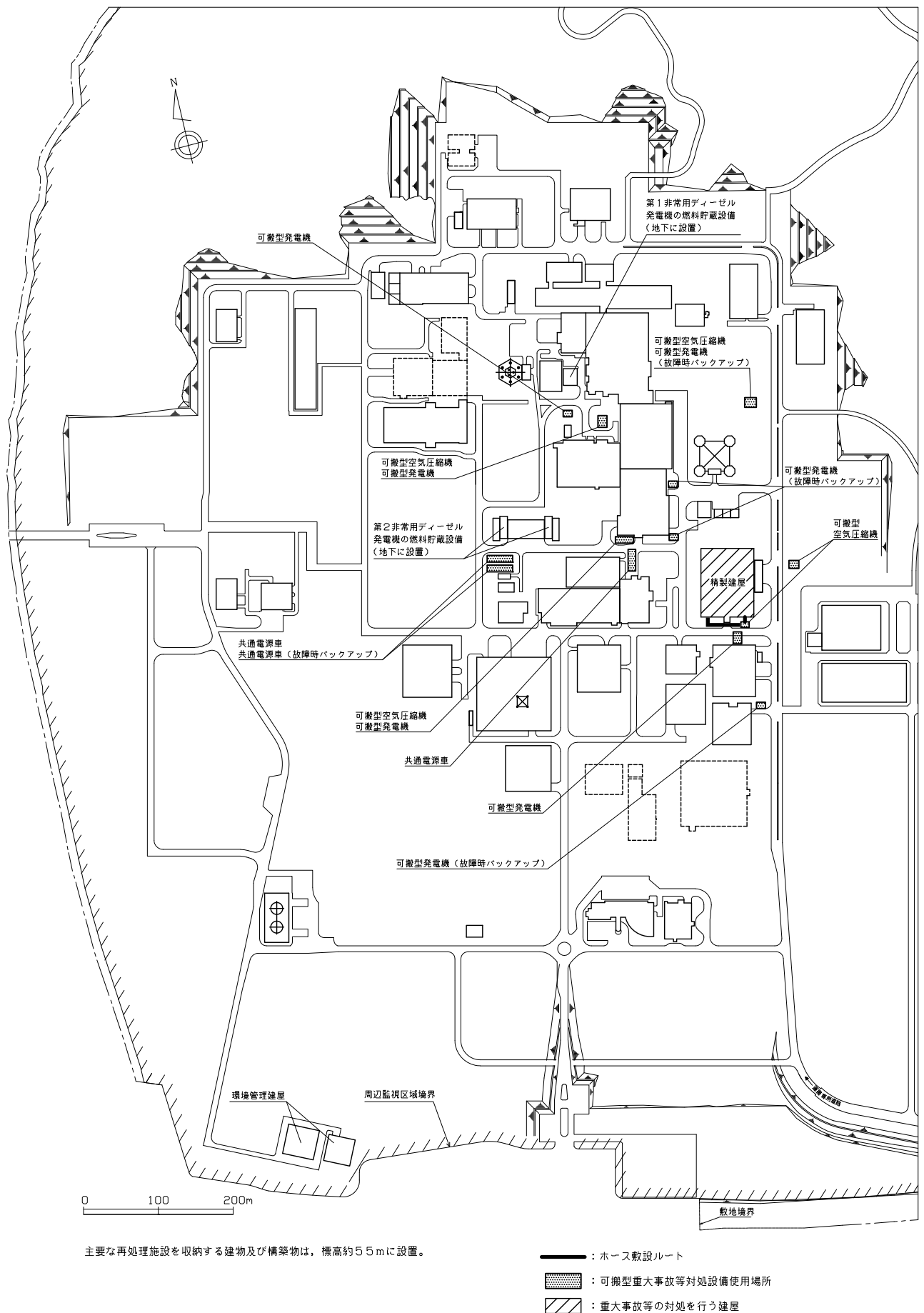
□ : 可搬型重大事故等対処設備
保管場所

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

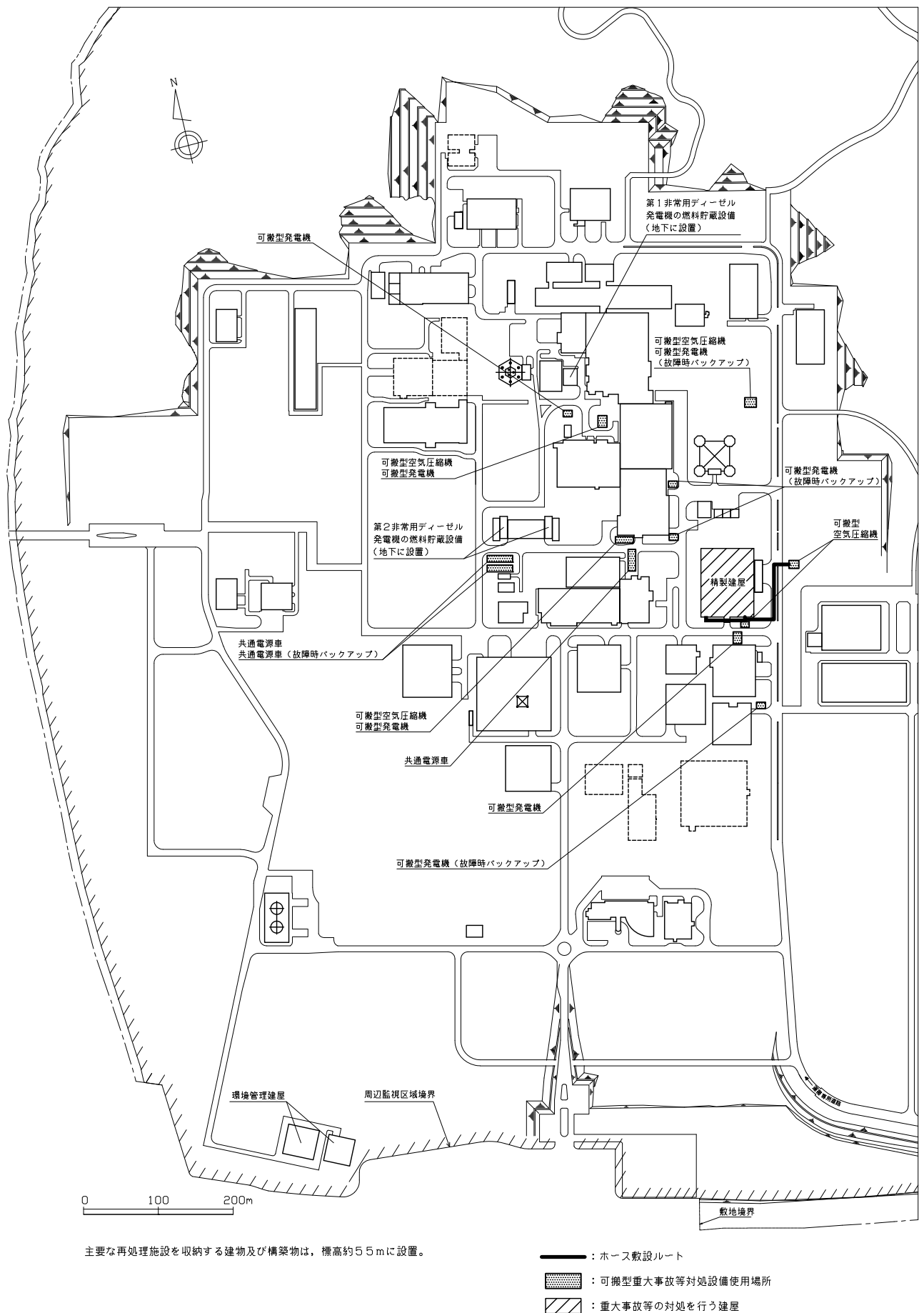


T.M.S.L.約+64,000

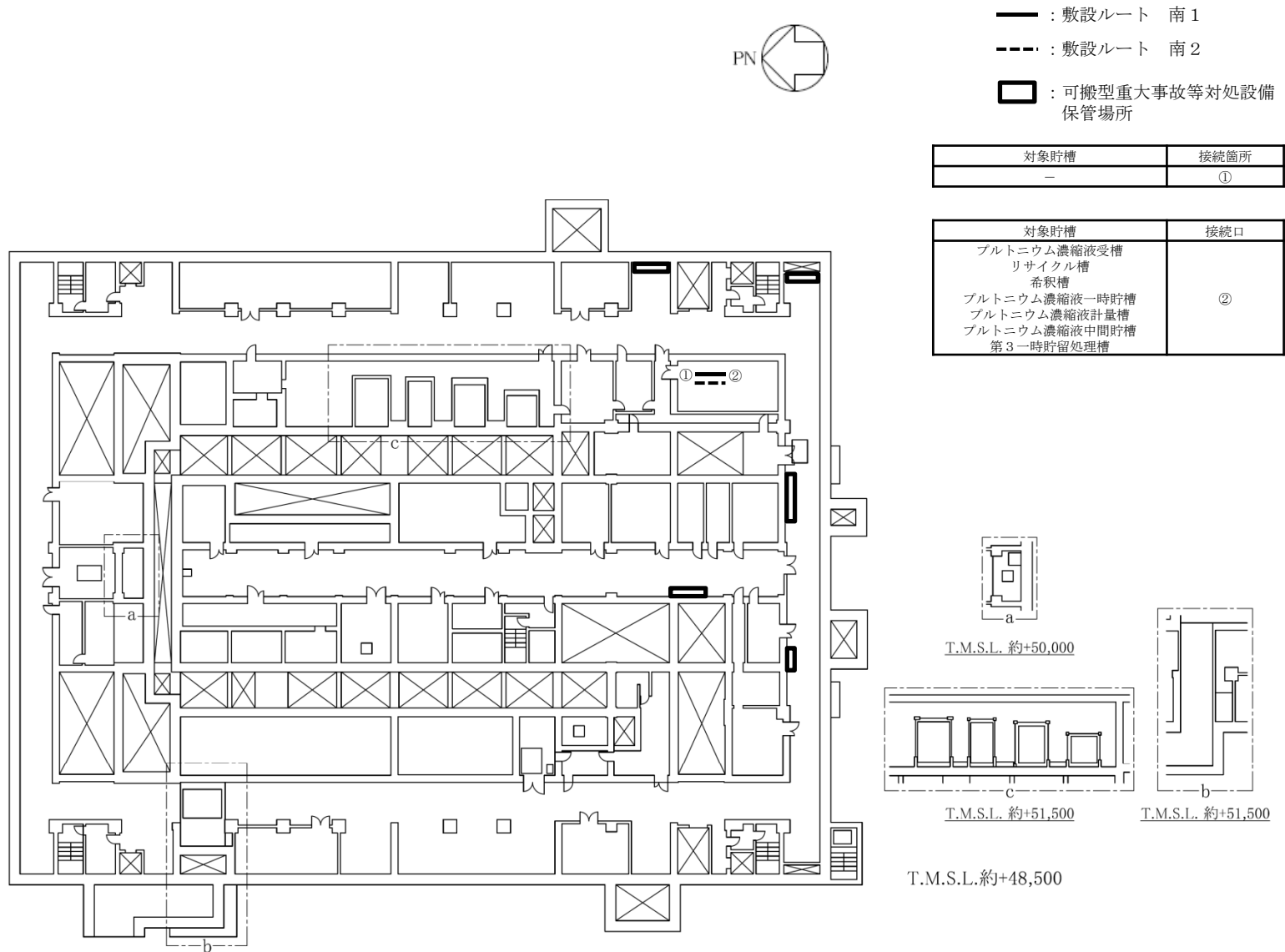
第8.1.1-5図 「精製建屋の水素爆発の発生の防止の措置に係るアクセスルート
(水素爆発を未然に防止するための空気の供給) (地上3階)



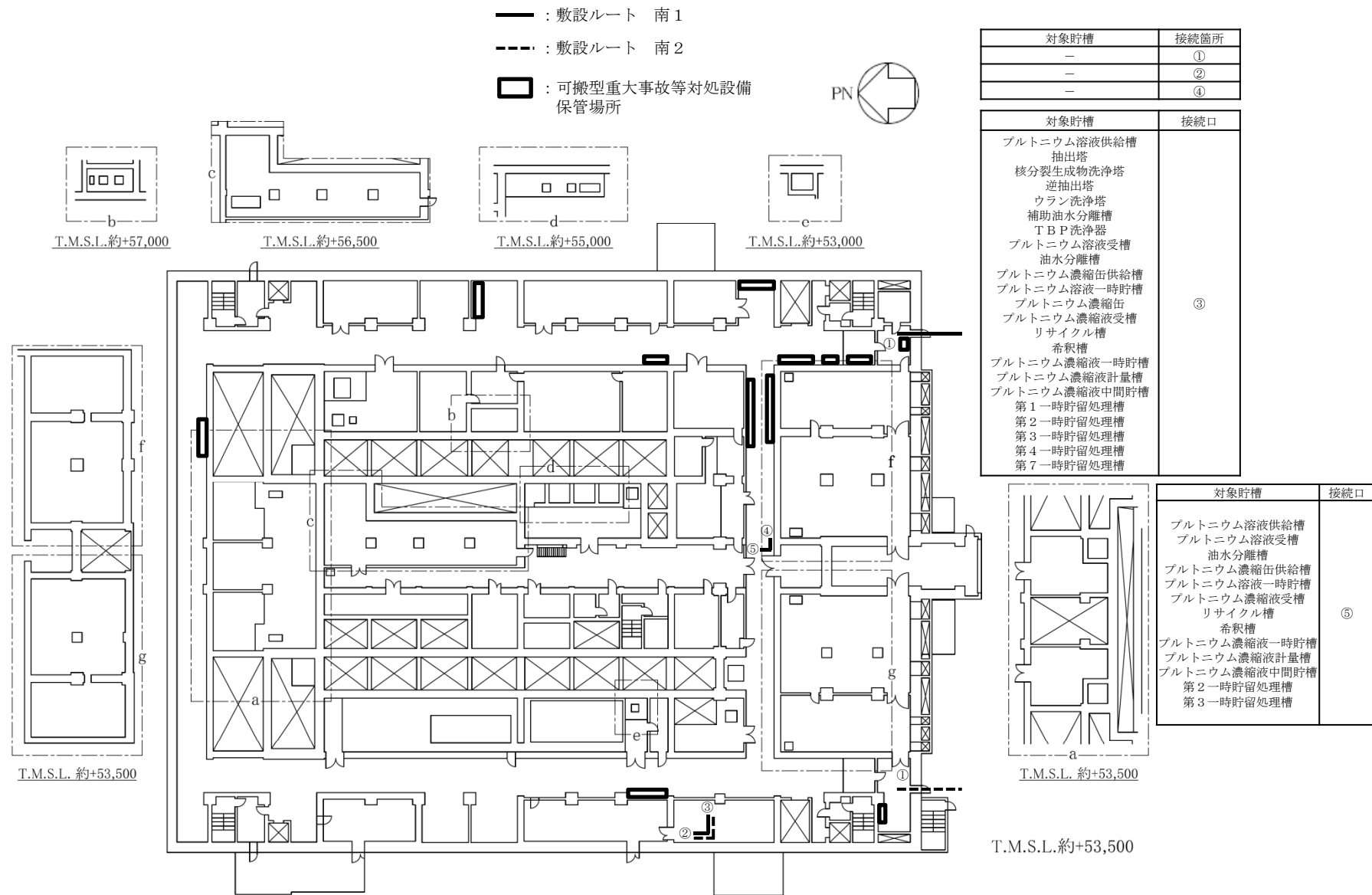
第8.1.1. - 6 図 精製建屋の水素爆発の発生の防止の措置及び水素爆発の再発の防止の措置に係るの建屋外ホース敷設ルート 屋外（南ルート）



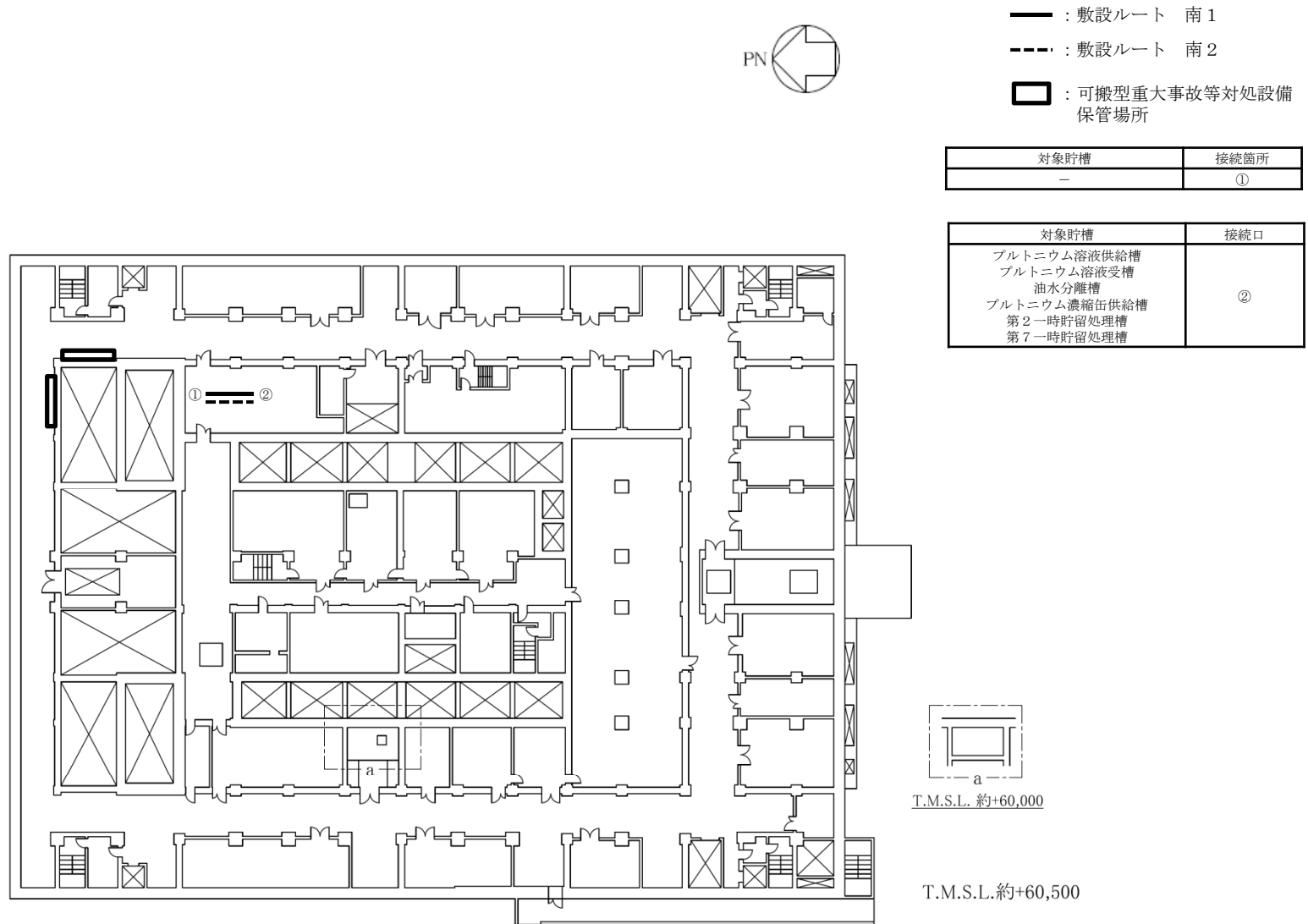
8.1"1 7図 精製建屋の水素爆発の発生の防止の措置及び水素爆発の再発の防止の措置に係る建屋外ホース敷設ルート 屋外 (東ルート)



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)



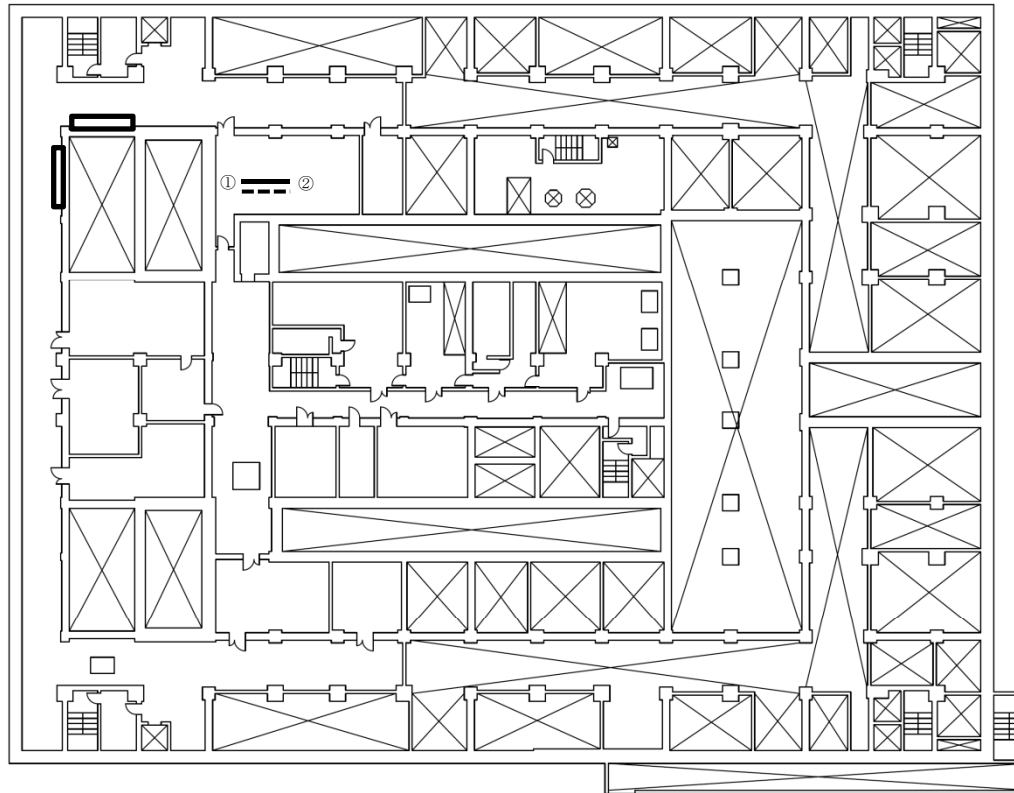
— : 敷設ルート 南1

- - - : 敷設ルート 南2

□ : 可搬型重大事故等対処設備
保管場所

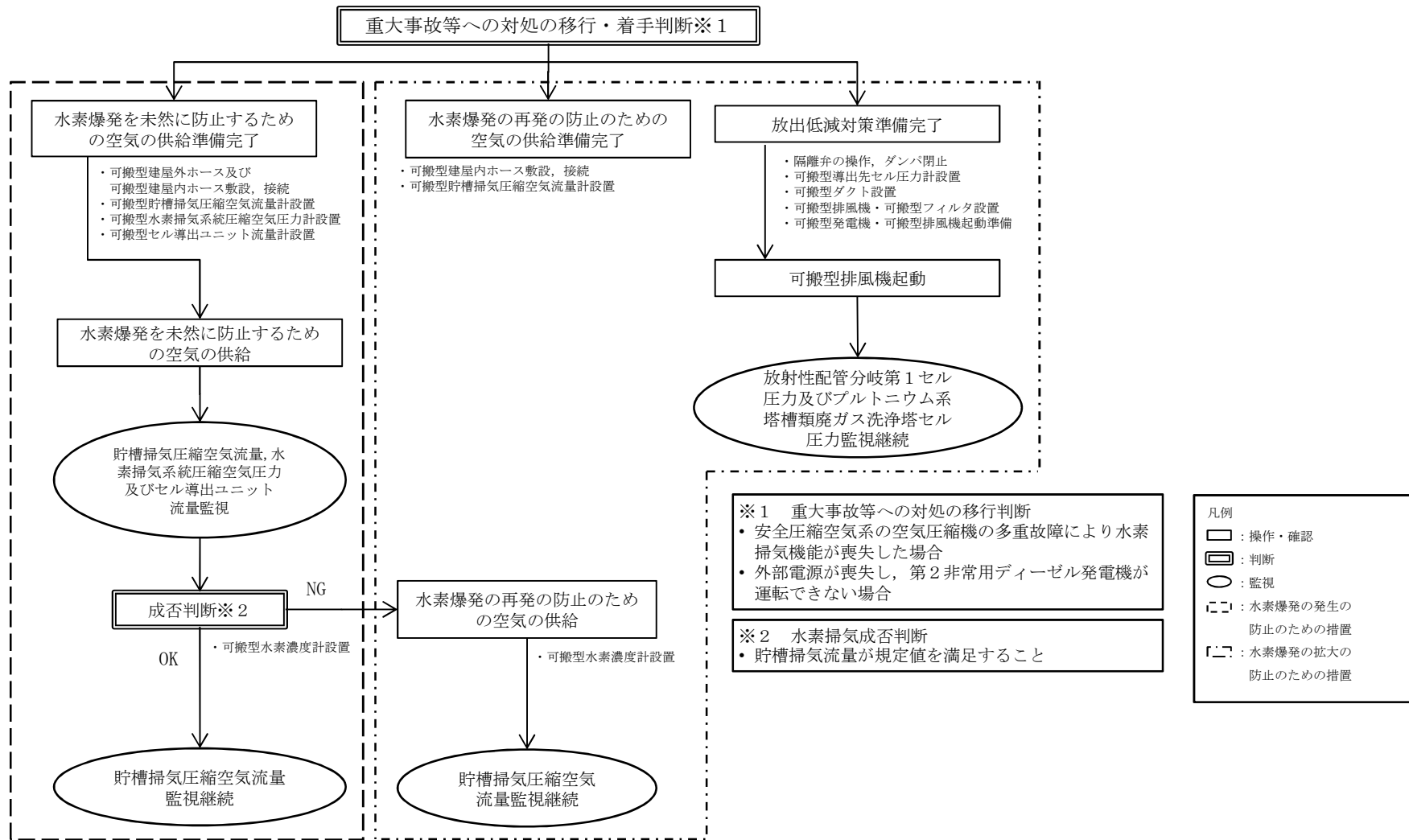
対象貯槽	接続箇所
-	①

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

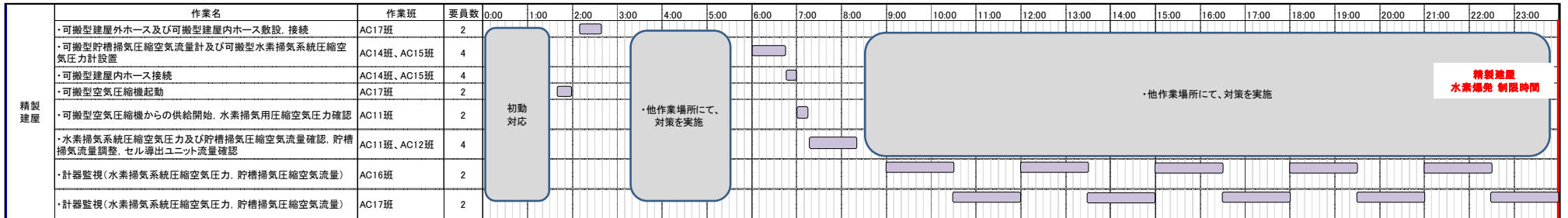


T.M.S.L.約+64,000

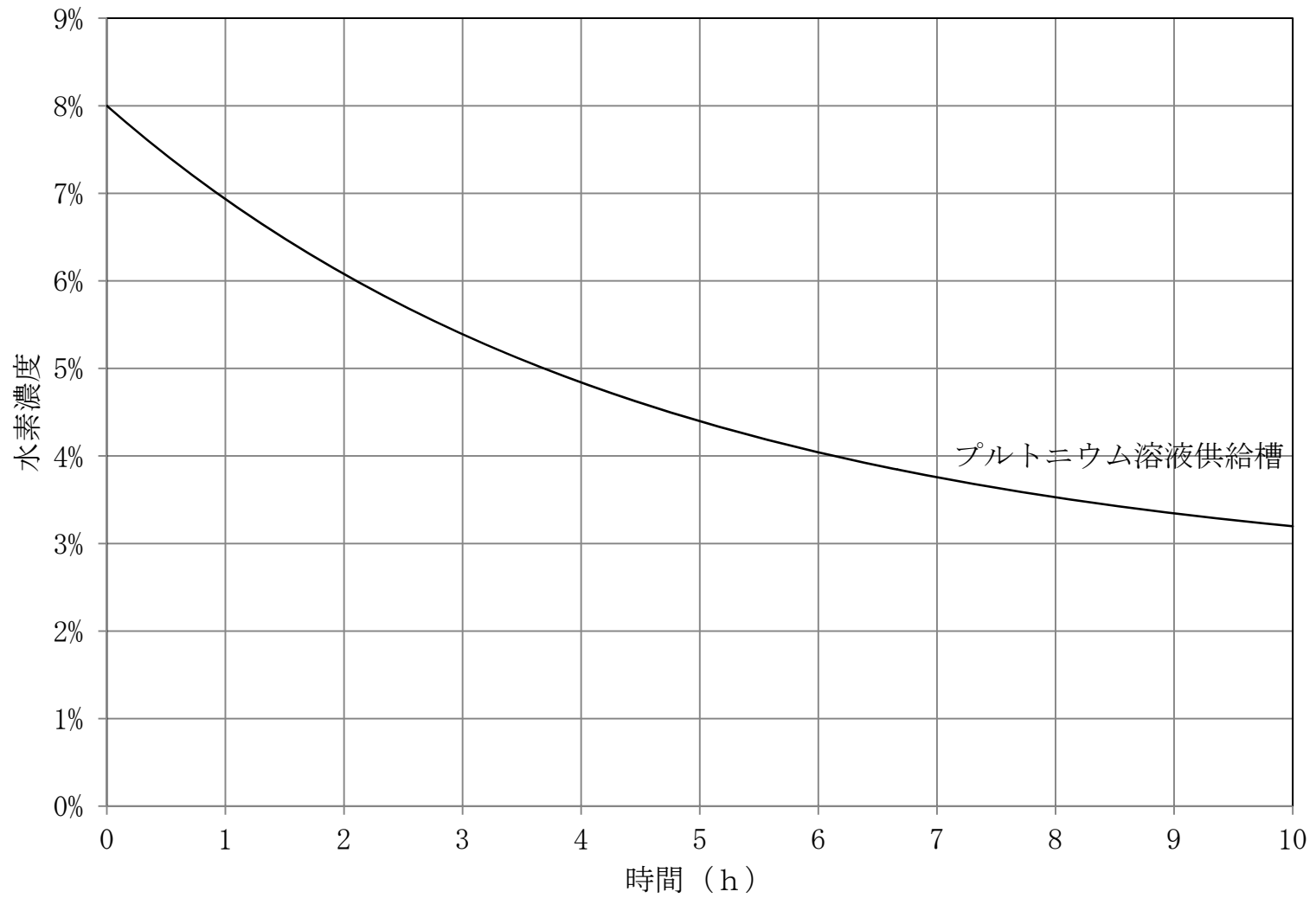
第8.1.1-11図 精製建屋の水素爆発の発生の防止の措置に係る建屋内ホース敷設ルート
(水素爆発を未然に防止するための空気の供給) (地上3階)



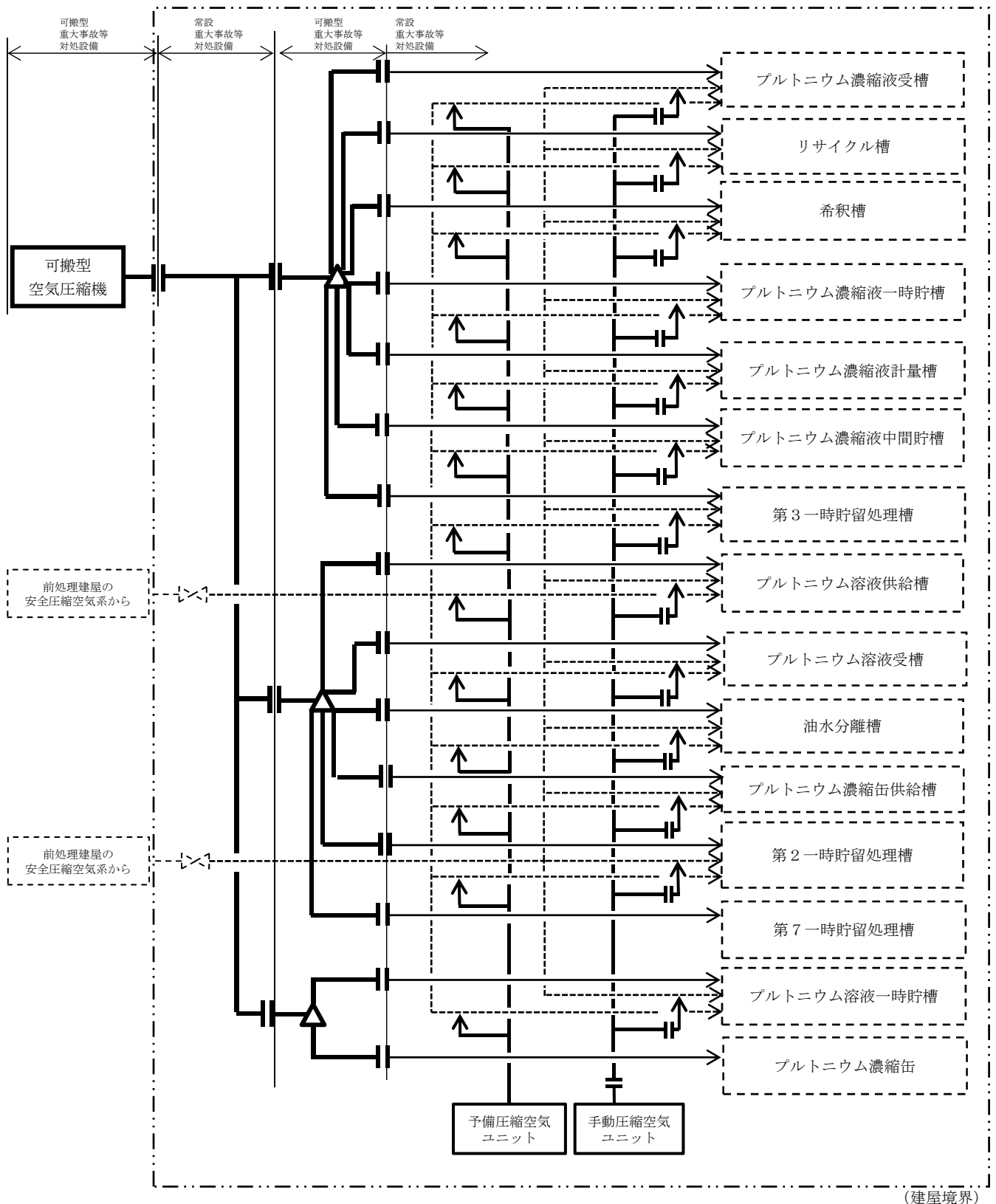
第8.1.1-12図 精製建屋の水素爆発の発生及び拡大の防止のための措置の手順の概要



第8.1.1-13図 圧縮空気の供給に必要な作業と所要時間

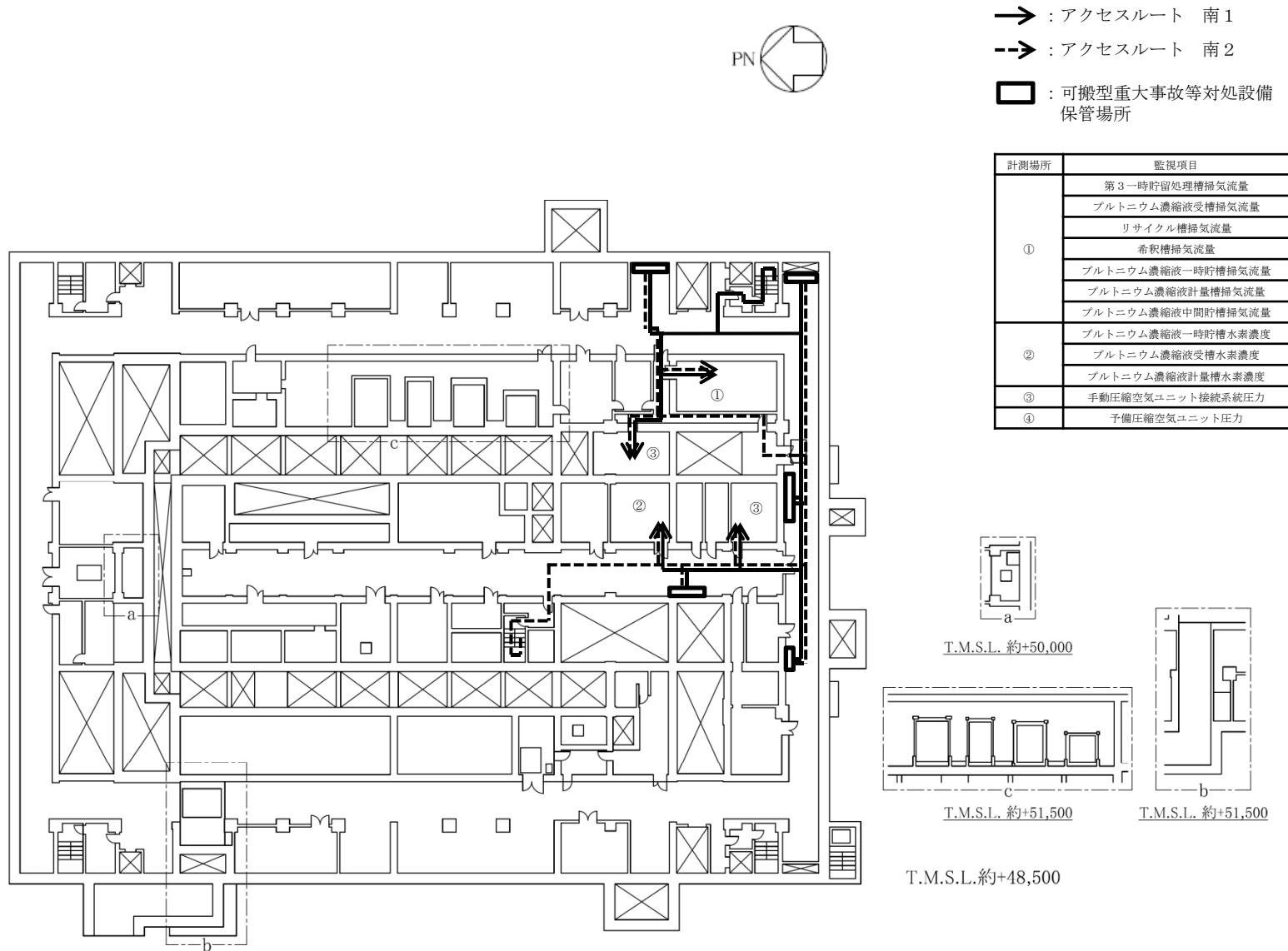


第8.1.2-1図 精製建屋の圧縮空気供給後の水素濃度の推移

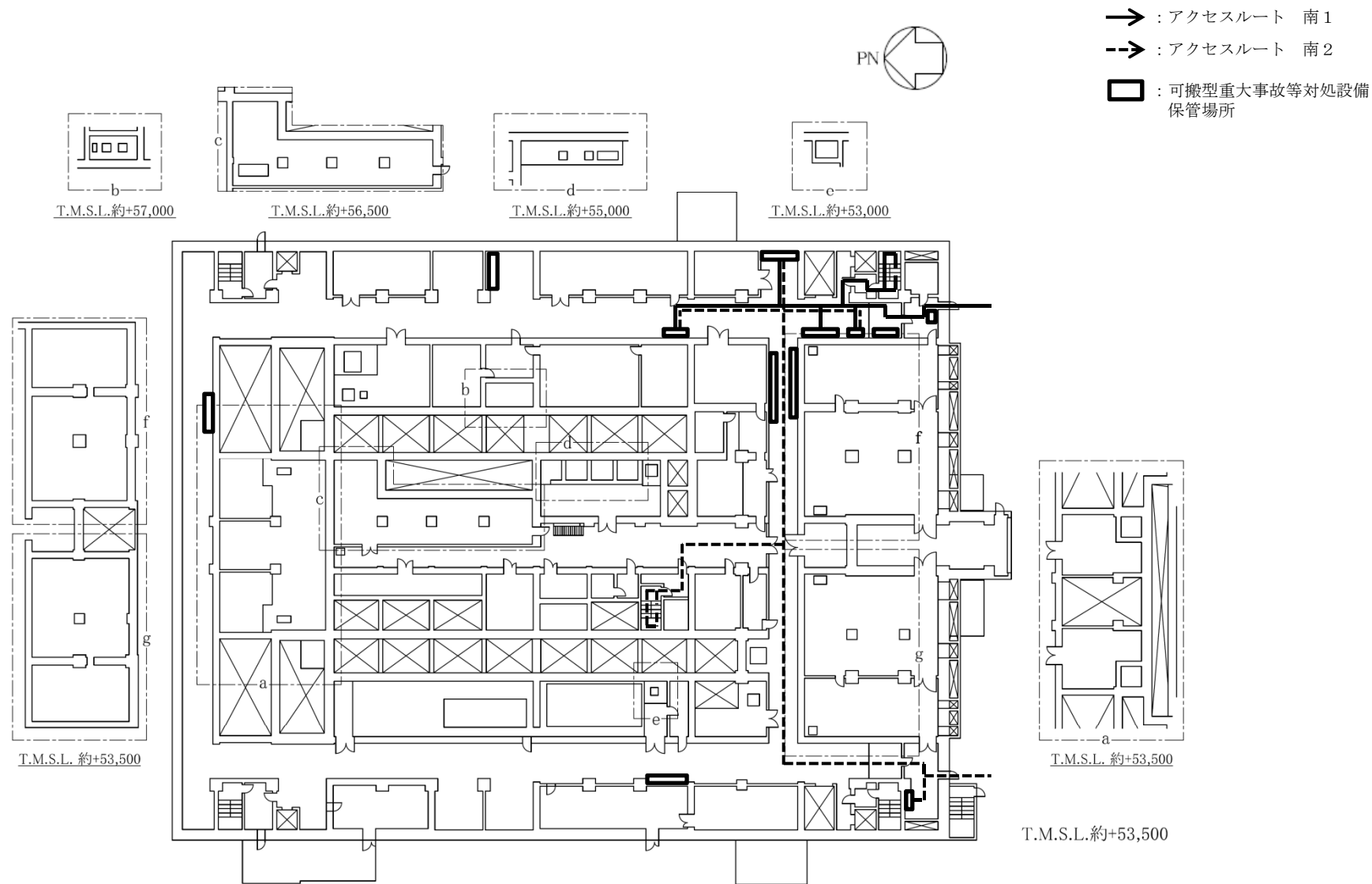


本図は、精製建屋水素爆発の2系統のうち1系統の第1接続口の接続例である。精製建屋水素爆発の他の1系統及び第2接続口に接続した場合も同様の系統である。ただし、接続金具等の個数及び位置は、ホース敷設ルート毎に異なる。

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



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)

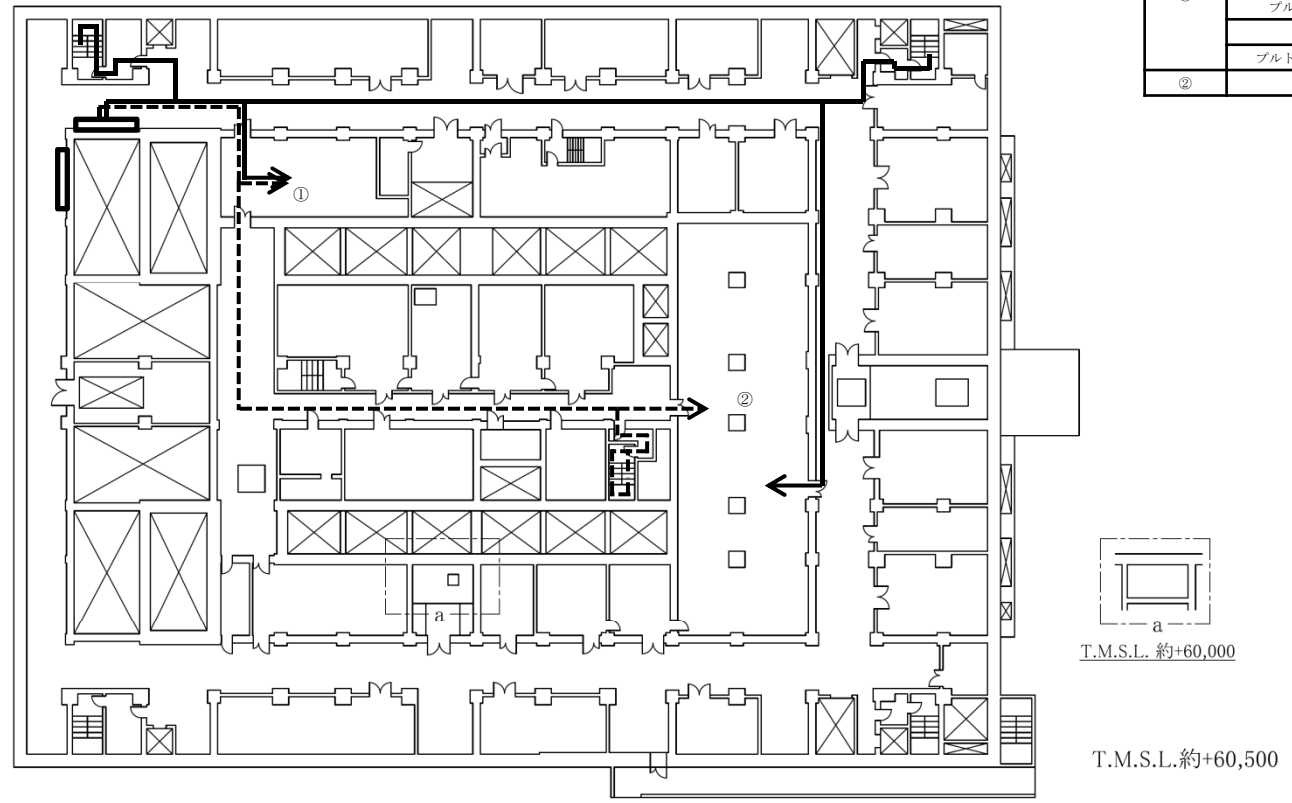


→ : アクセスルート 南1

- -> : 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)

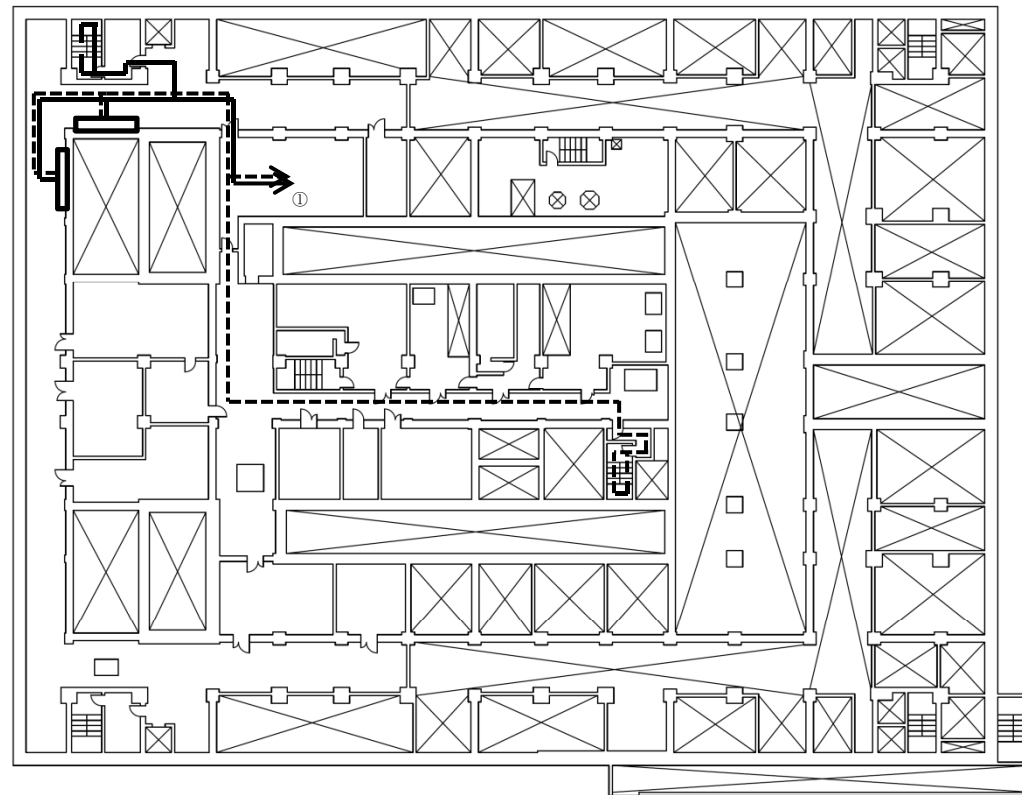


→ : アクセスルート 南1

- -> : アクセスルート 南2

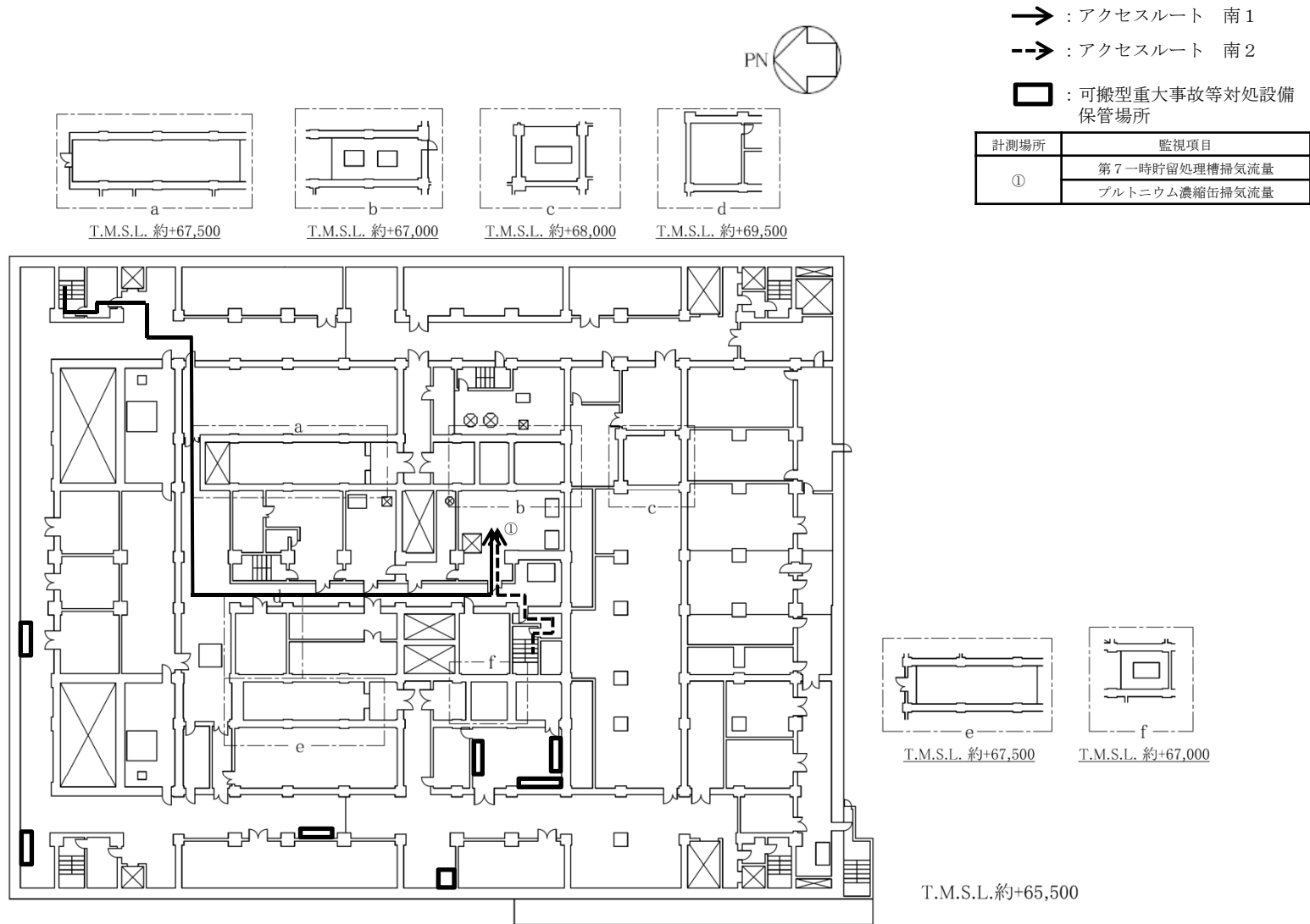
□ : 可搬型重大事故等対処設備
保管場所

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

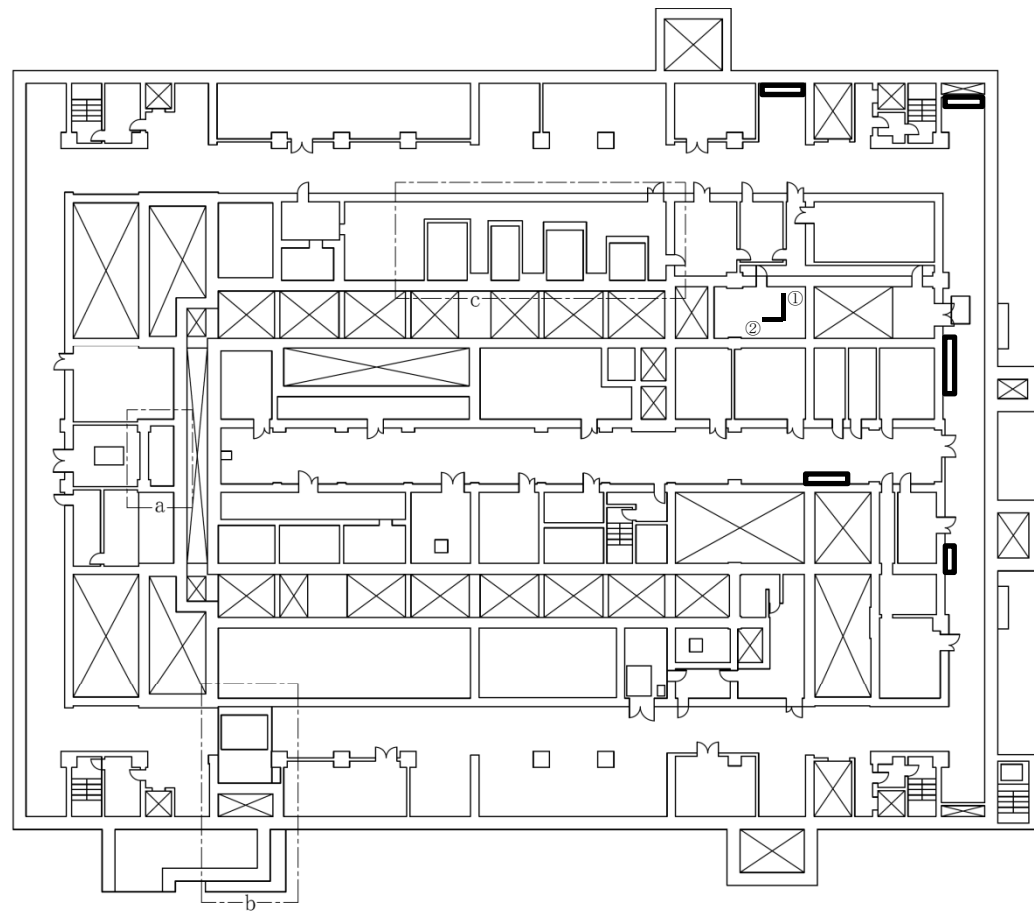
第8.2.1-5図 精製建屋の水素爆発の再発の防止のための措置のアクセスルート
(水素爆発の再発を防止するための空気の供給) (地上3階)



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

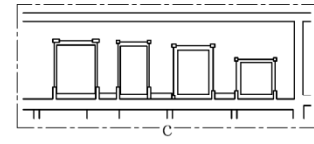


対象機器	接続箇所
—	①

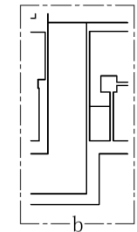
対象貯槽	接続口
プルトニウム溶液供給槽 プルトニウム溶液受槽 油水分離槽 プルトニウム濃縮缶供給槽 プルトニウム溶液一時貯槽 プルトニウム濃縮液受槽 リサイクル槽 希釈槽 プルトニウム濃縮液一時貯槽 プルトニウム濃縮液計量槽 プルトニウム濃縮液中間貯槽 第2一時貯留処理槽 第3一時貯留処理槽	②



T.M.S.L. 約+50,000



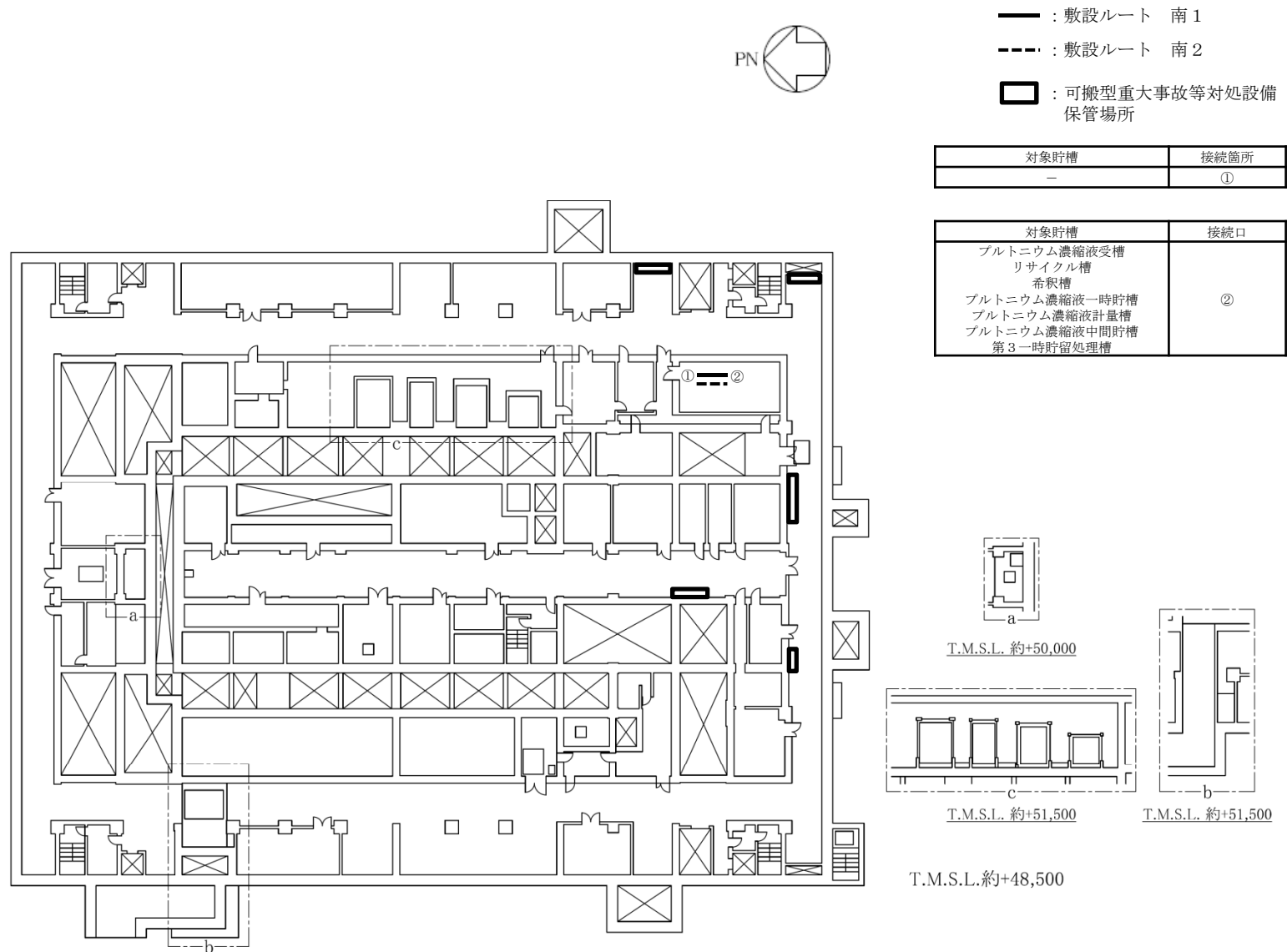
T.M.S.L. 約+51,500



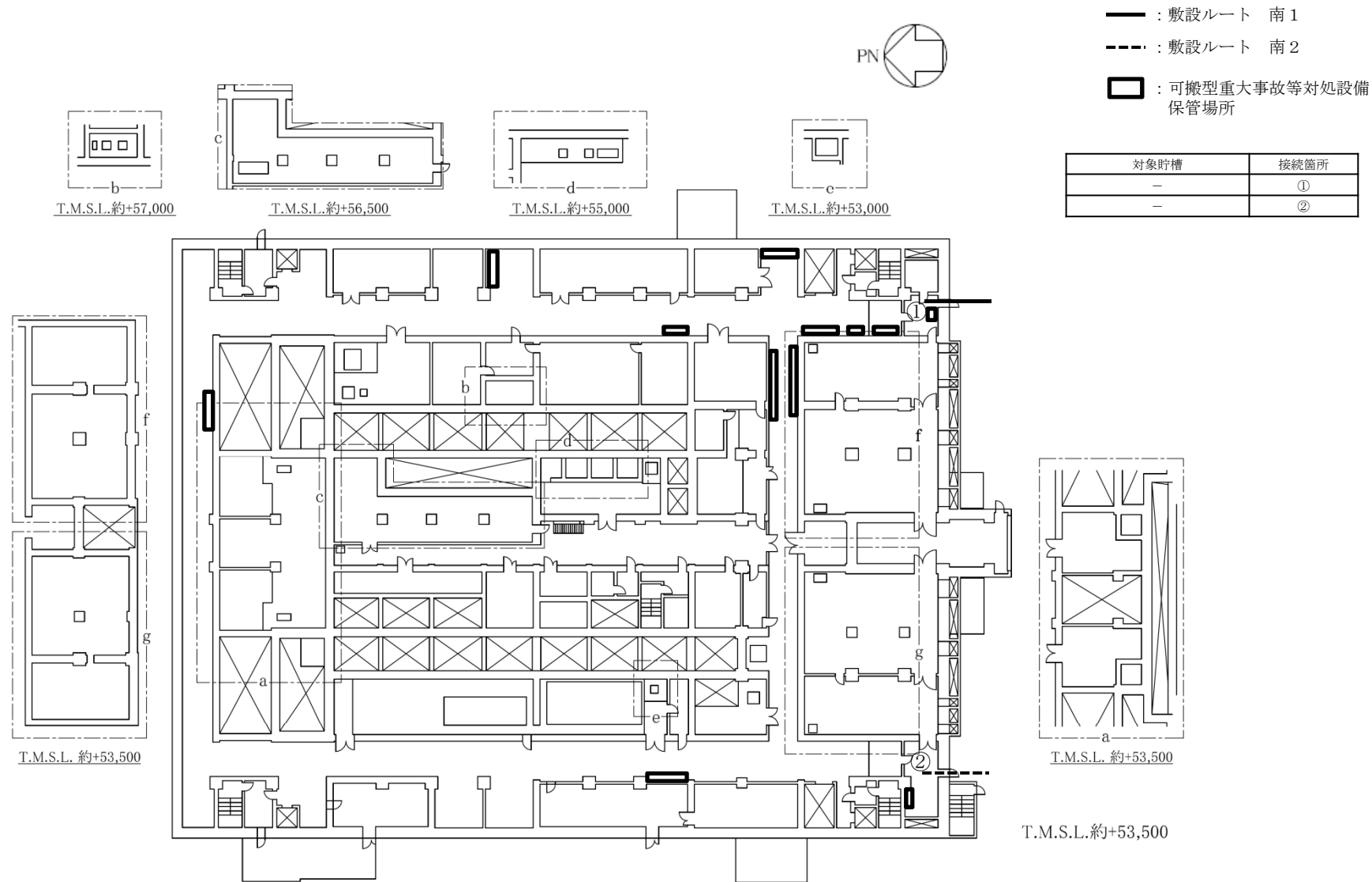
T.M.S.L. 約+51,500

T.M.S.L. 約+48,500

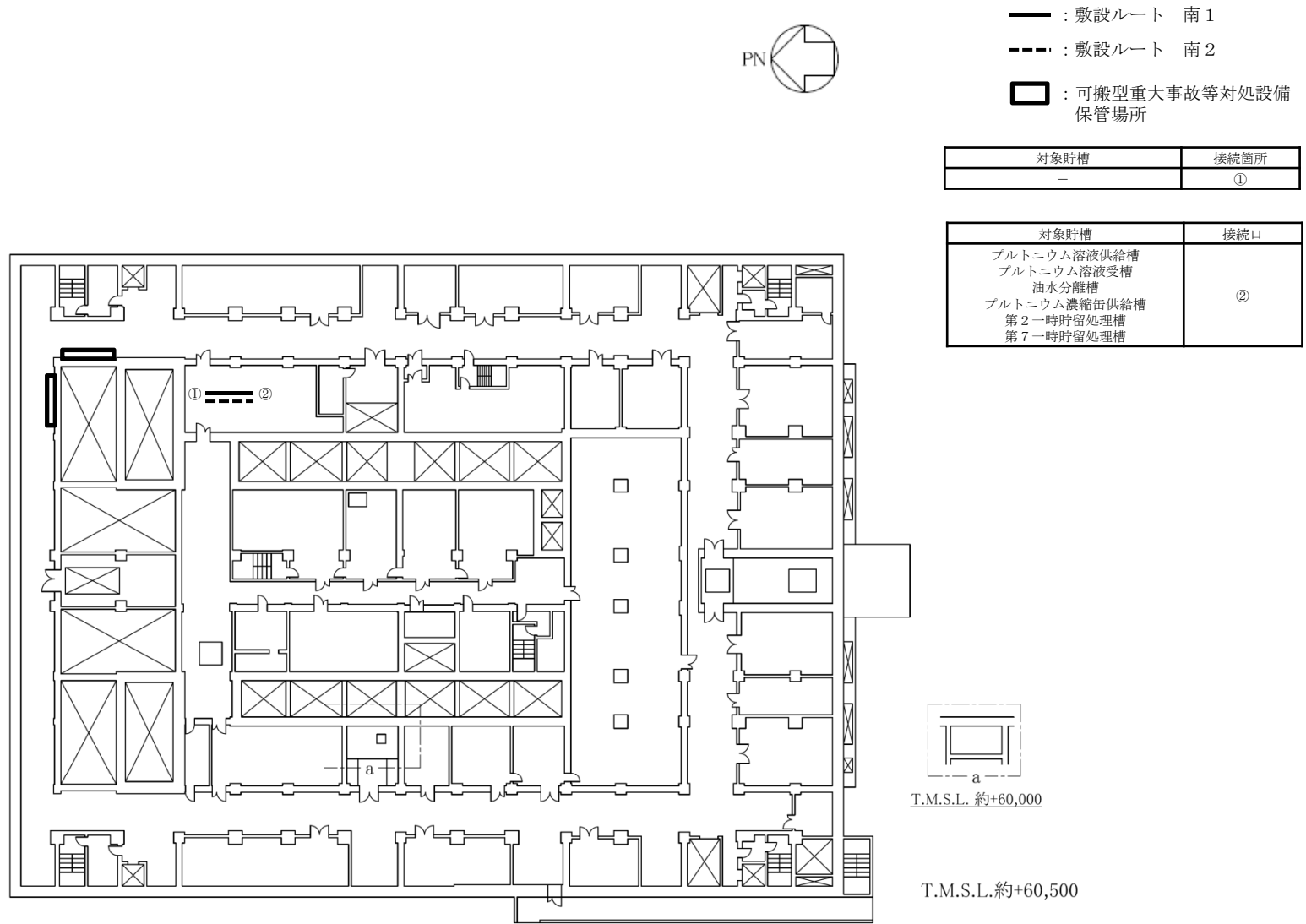
第8.2.1-7図 精製建屋の水素爆発の再発の防止のための措置
 (手動圧縮空気ユニット供給) の建屋内ホース敷設ルート
 (水素爆発の再発を防止するための空気の供給) (地下1階)



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)



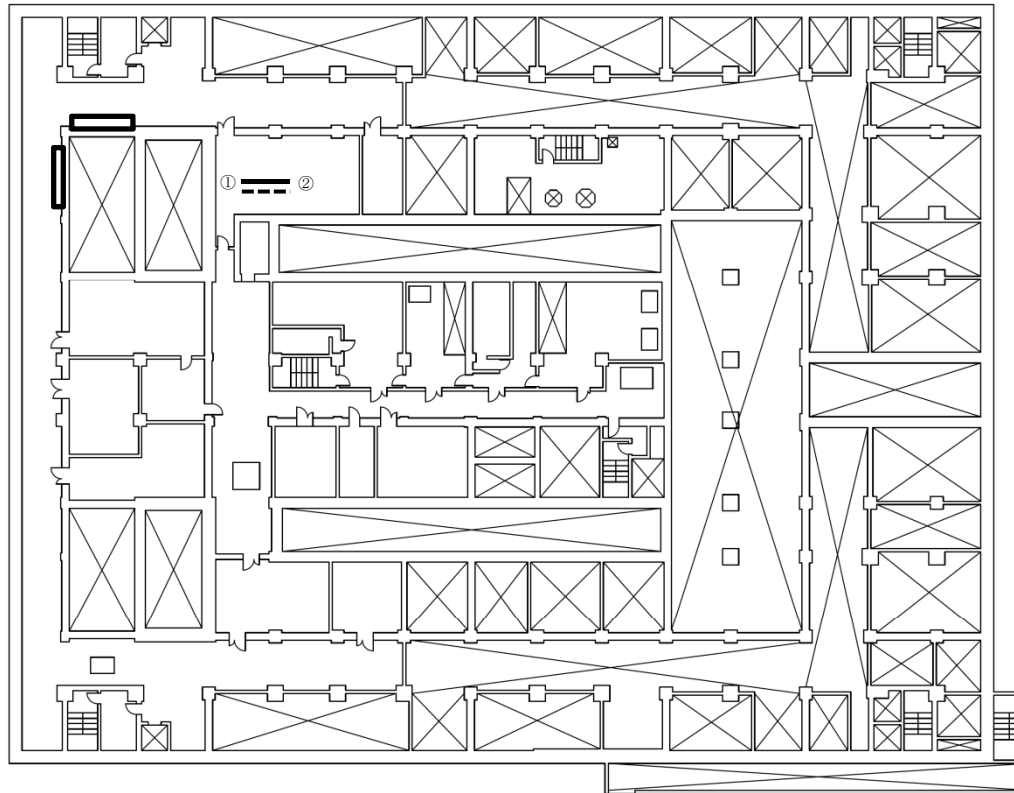
— : 敷設ルート 南1

- - - : 敷設ルート 南2

□ : 可搬型重大事故等対処設備
保管場所

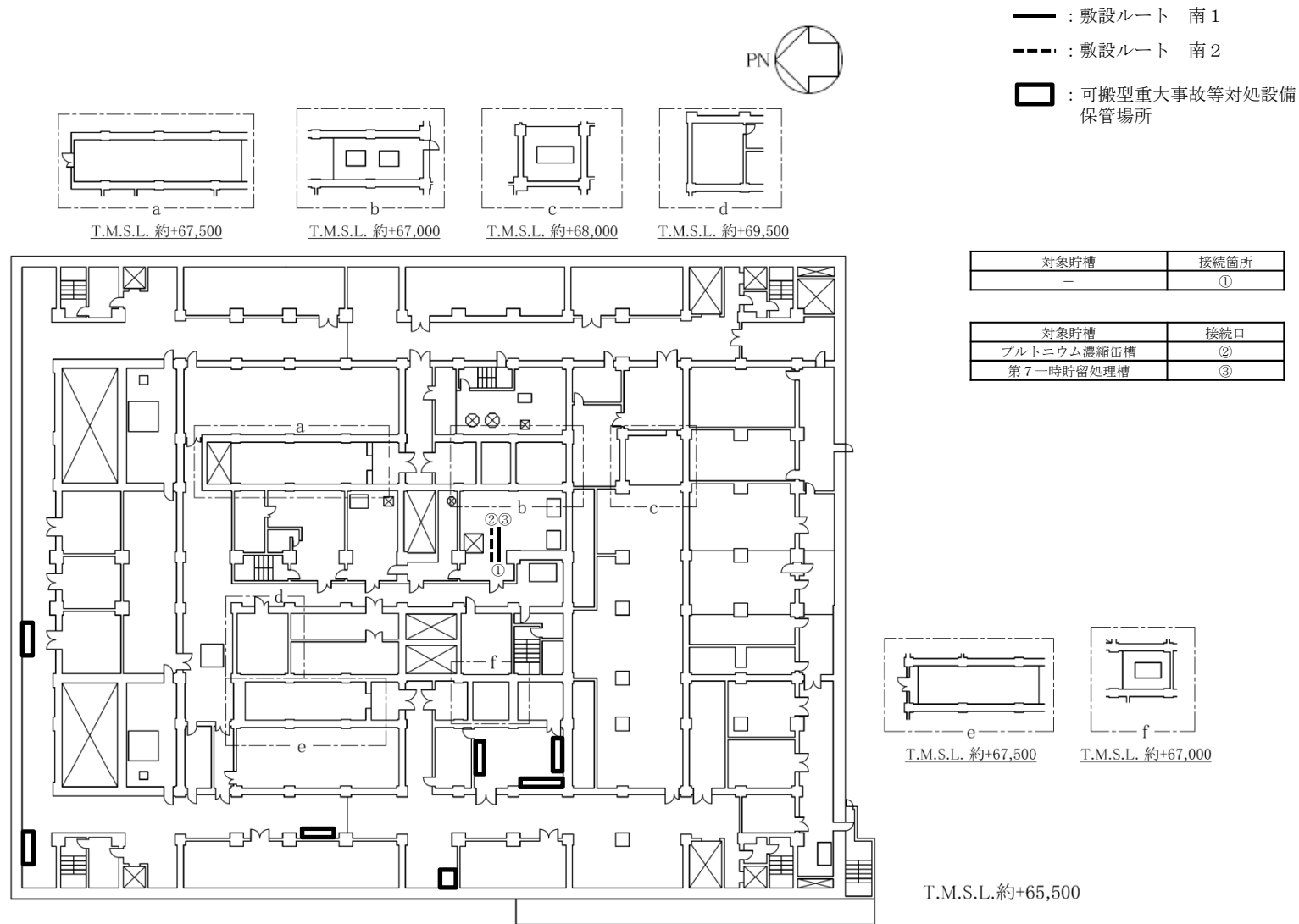
対象貯槽	接続箇所
-	①

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

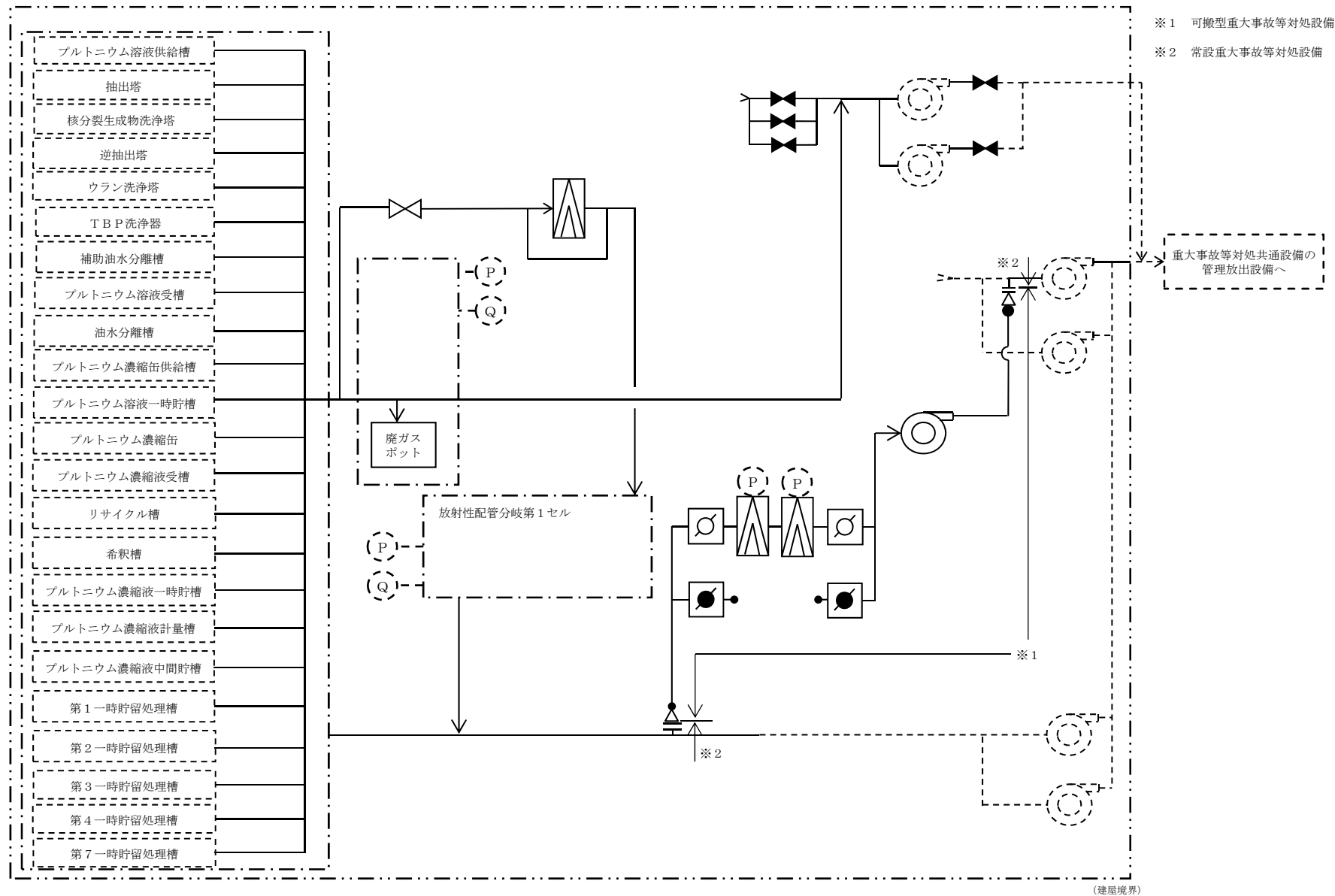


T.M.S.L.約+64,000

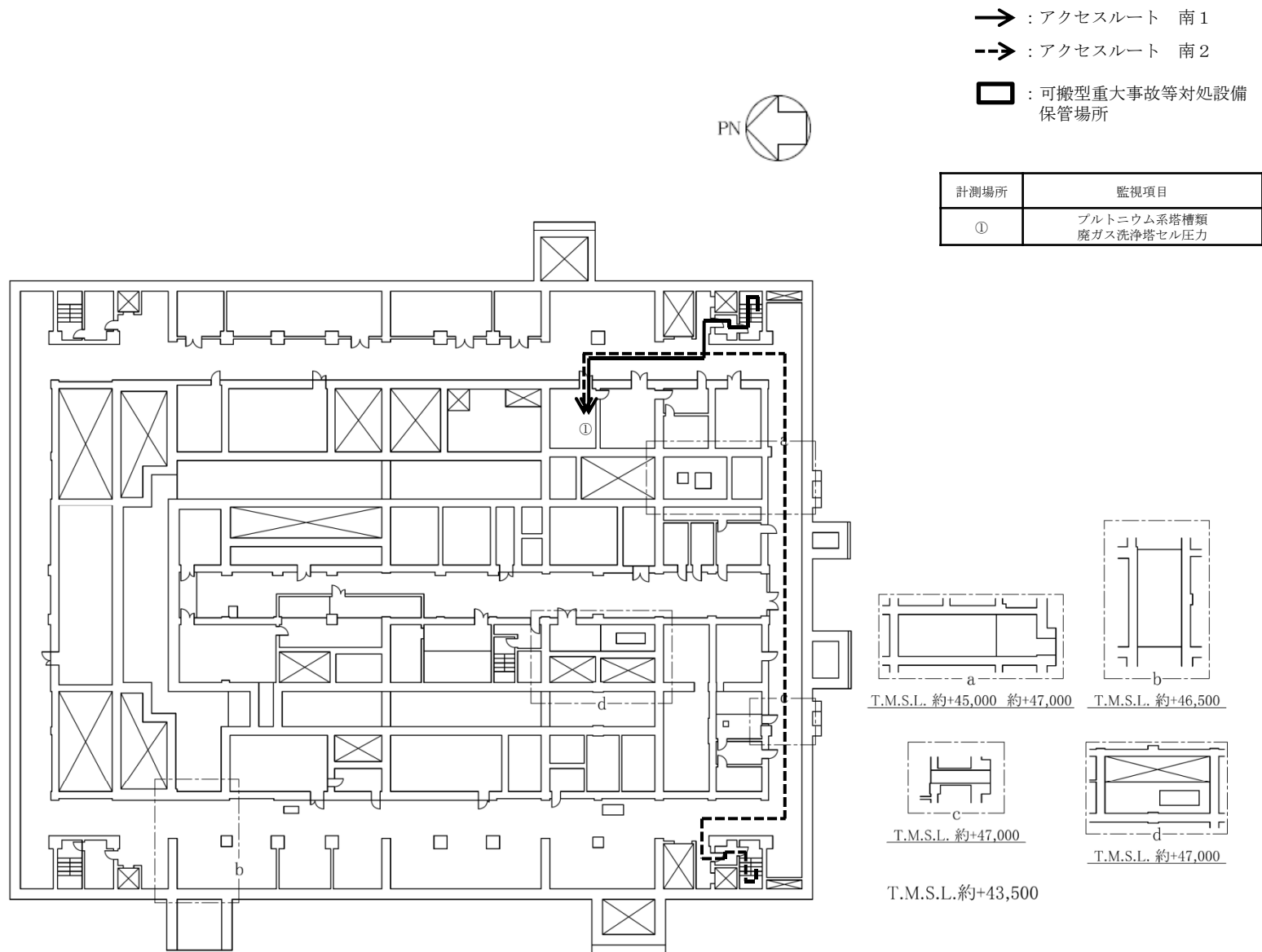
第8.2.1-11図 精製建屋の水素爆発の再発の防止のための措置の建屋内ホース敷設ルート
(水素爆発の再発を防止するための空気の供給) (地上3階)



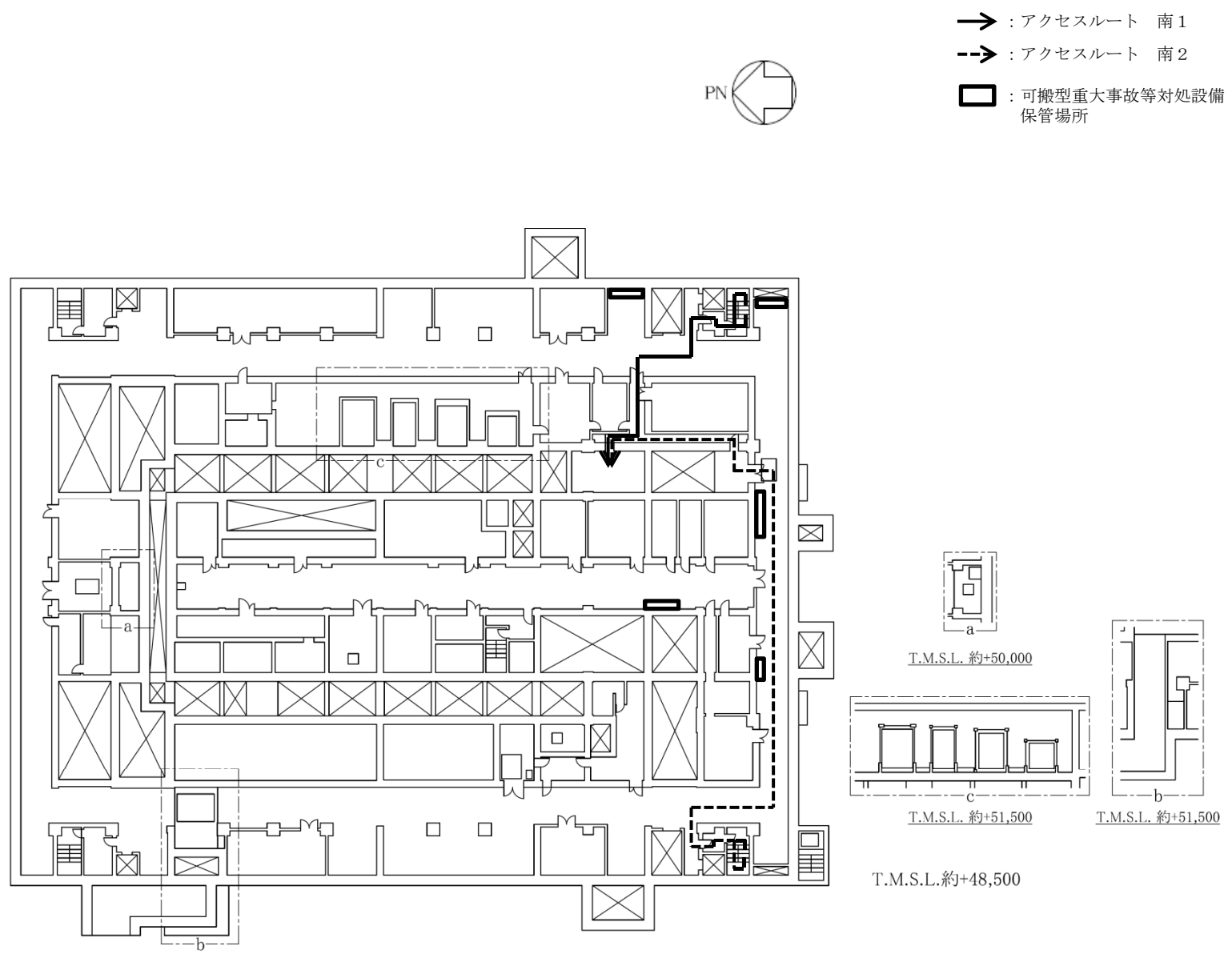
第8.2.1-12図 精製建屋の水素爆発の再発の防止のための措置の建屋内ホース敷設ルート
 (水素爆発の再発を防止するための空気の供給) (地上4階)



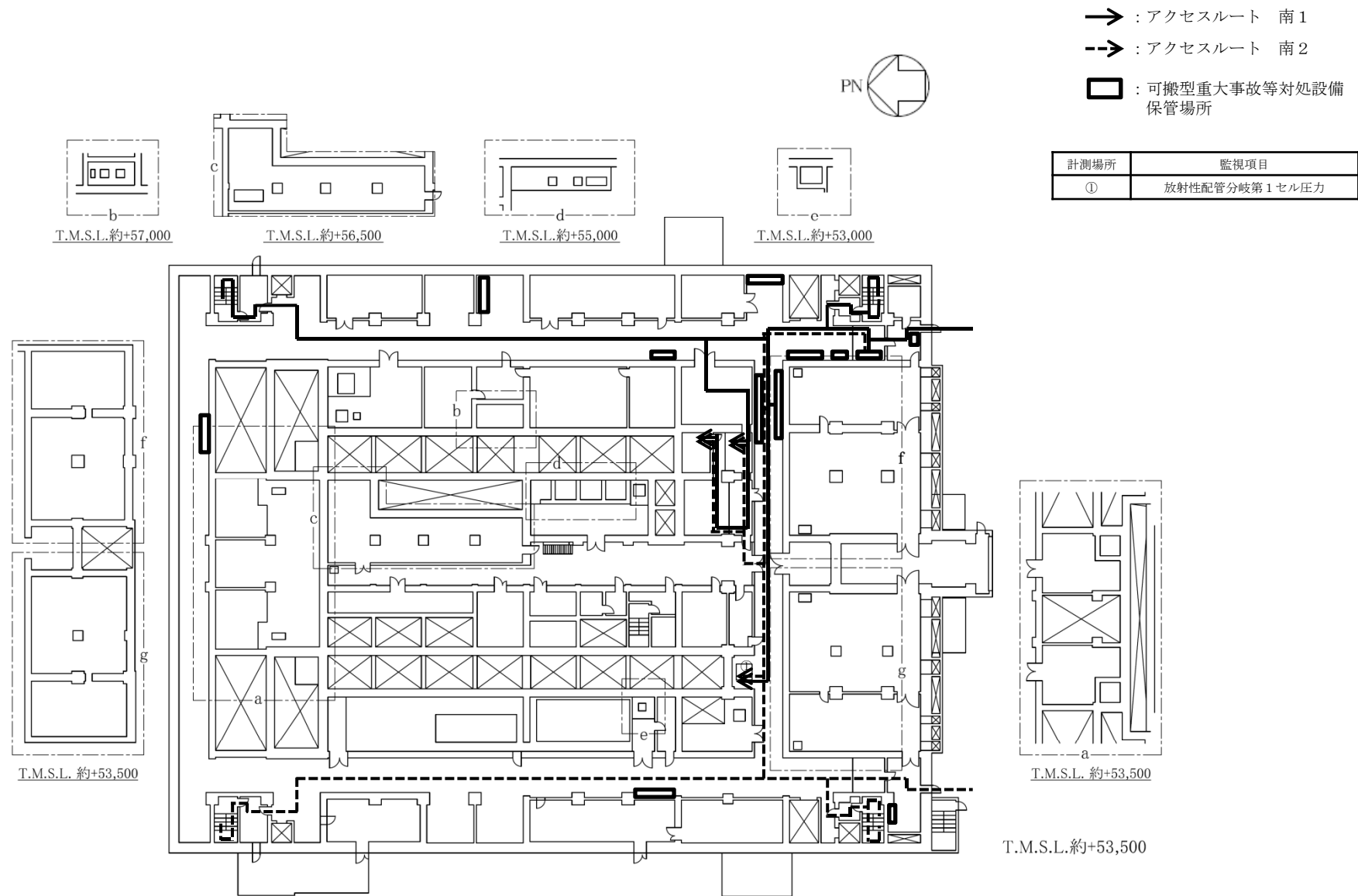
第8.2.1-13図 精製建屋の放射性物質のセルへの導出，セル及び高性能粒子フィルタによる放射性エアロゾルの除去に関する対処の系統概要図



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）

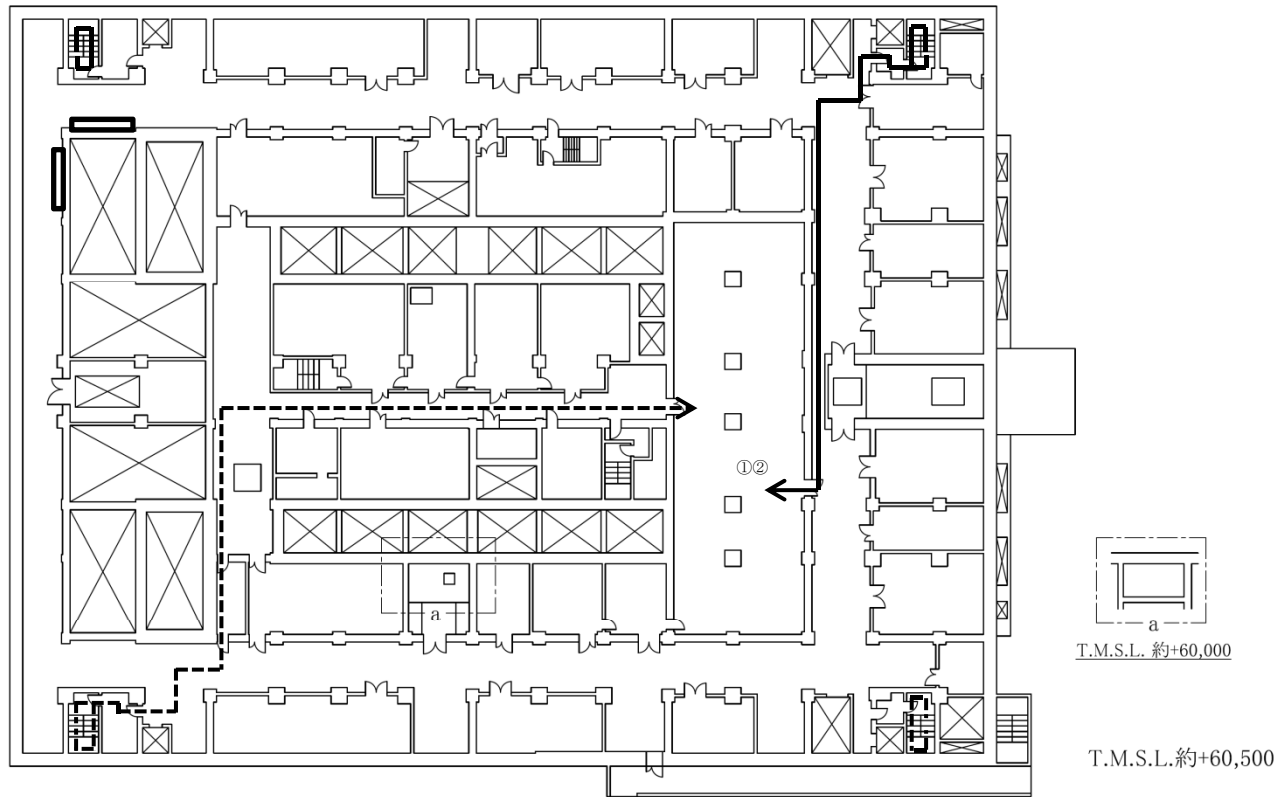


→ : アクセスルート 南1

- -> : 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

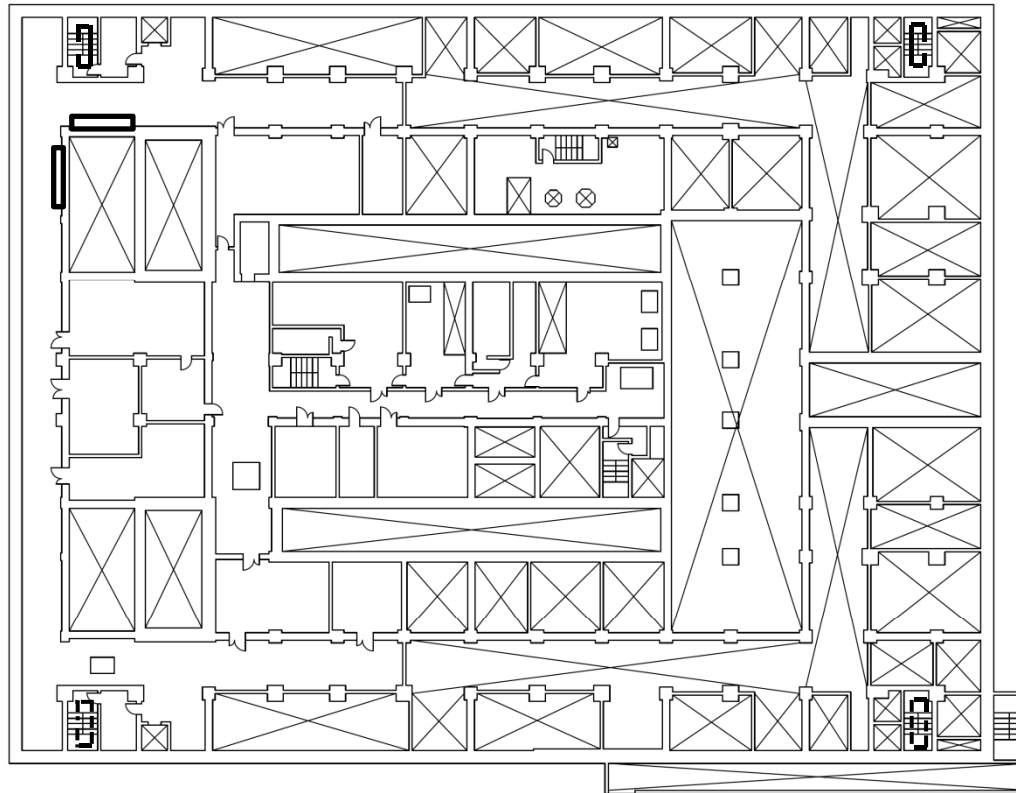
計測場所	監視項目
①	放射性配管分岐第1セル水素濃度
②	可搬型フィルタ差圧



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）

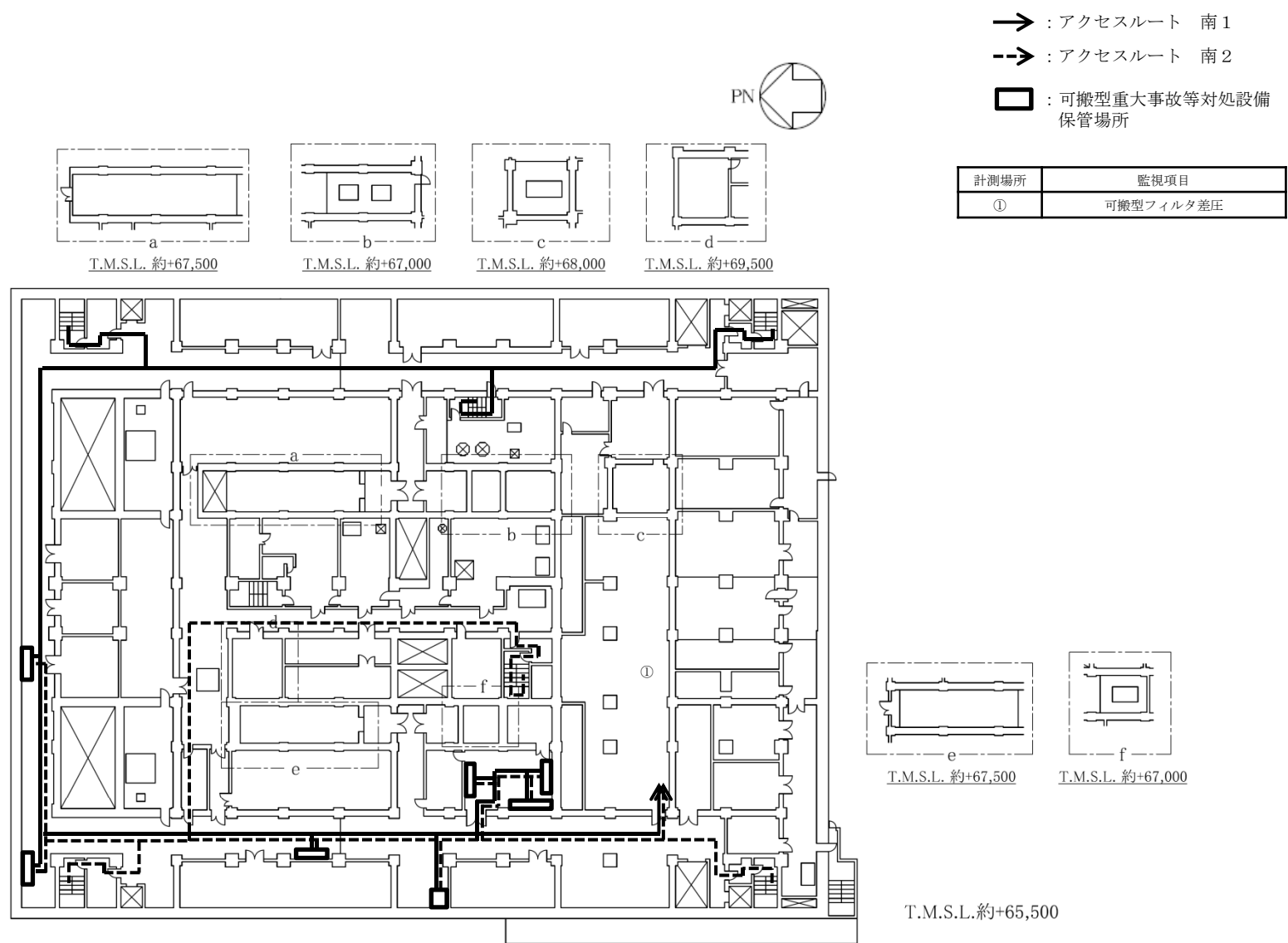


- : アクセスルート 南1
- > : アクセスルート 南2
- : 可搬型重大事故等対処設備
保管場所



T.M.S.L.約+64,000

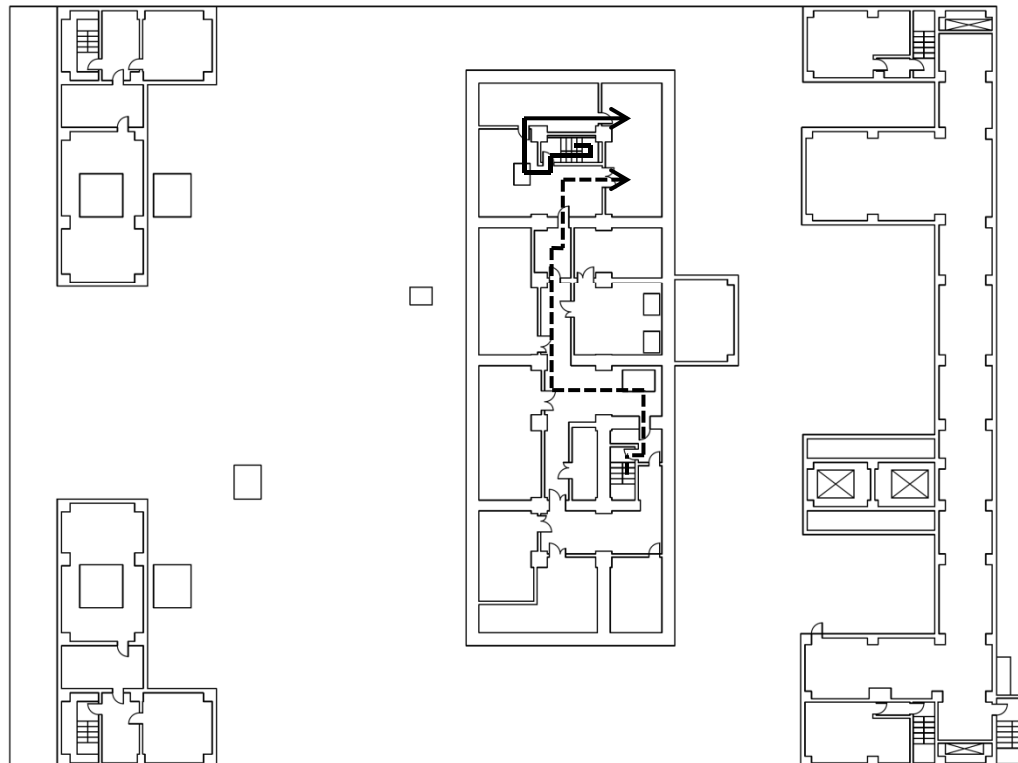
第8.2.1-18図 精製建屋の水素爆発に係る放射性物質のセルへの導出，セル及び高性能粒子フィルタによる放射性エアロゾルの除去に関する対処のアクセスルート（地上3階）



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）

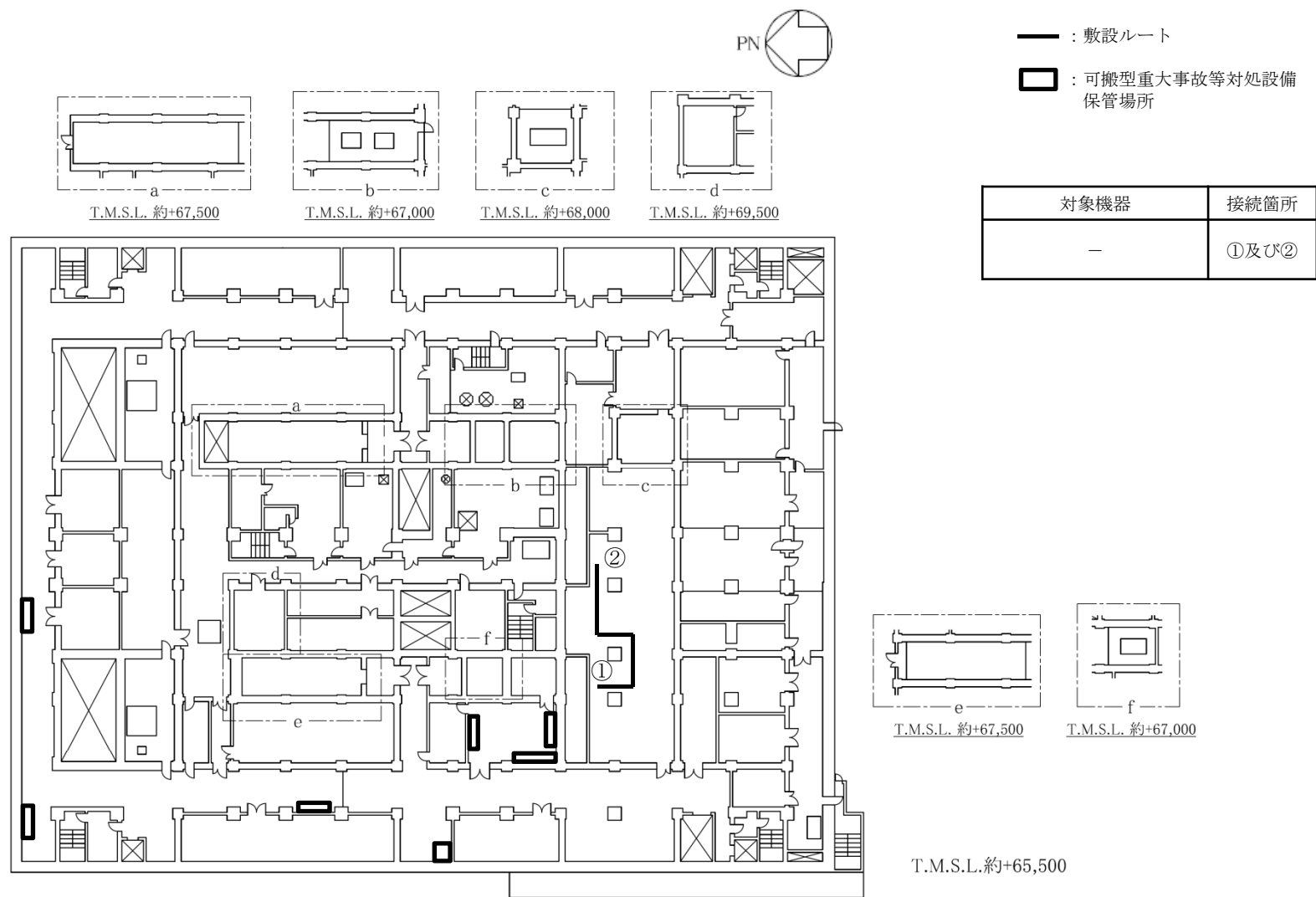


- : アクセスルート 南1
- -> : アクセスルート 南2
- : 可搬型重大事故等対処設備
保管場所

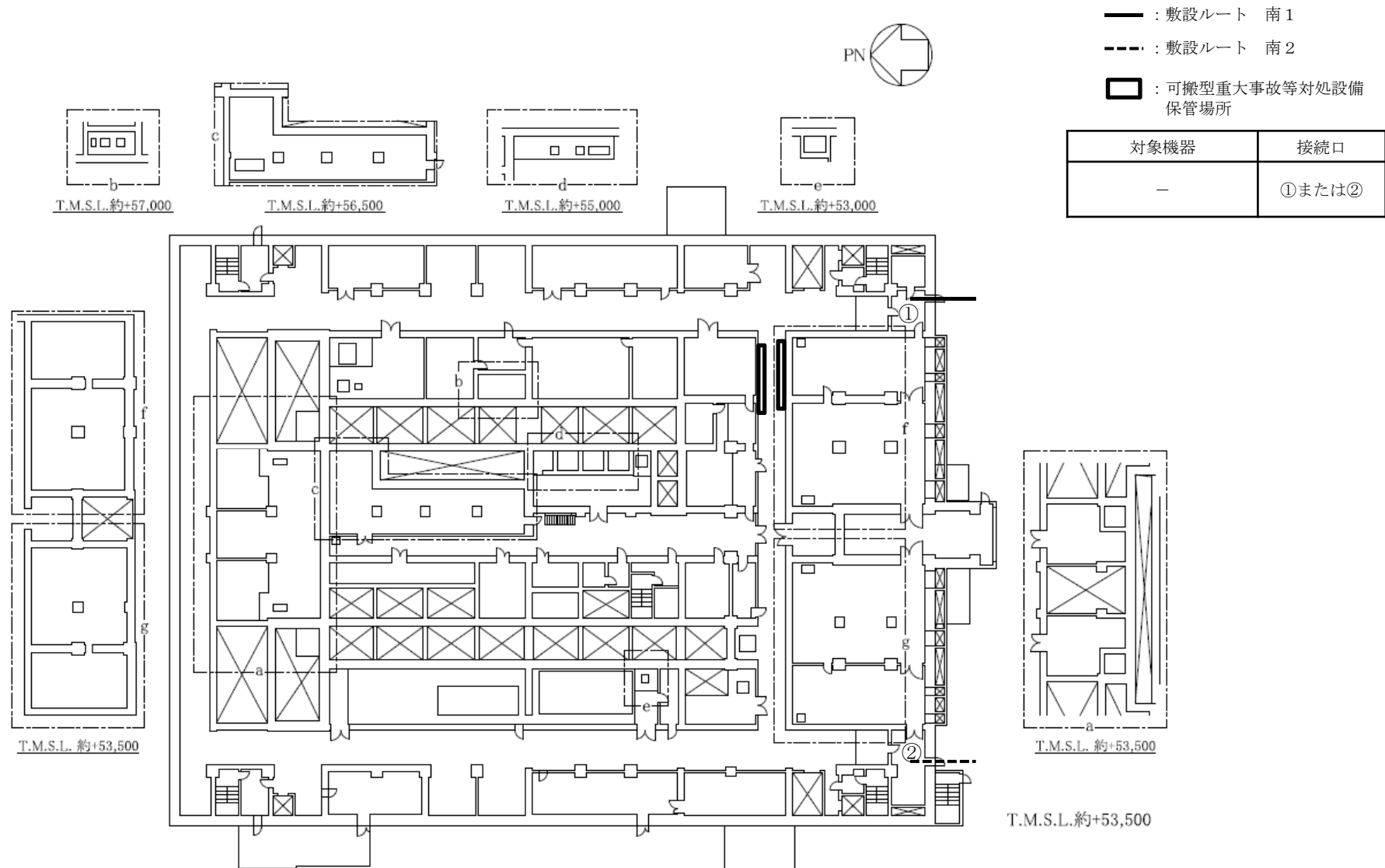


T.M.S.L.約+73,500

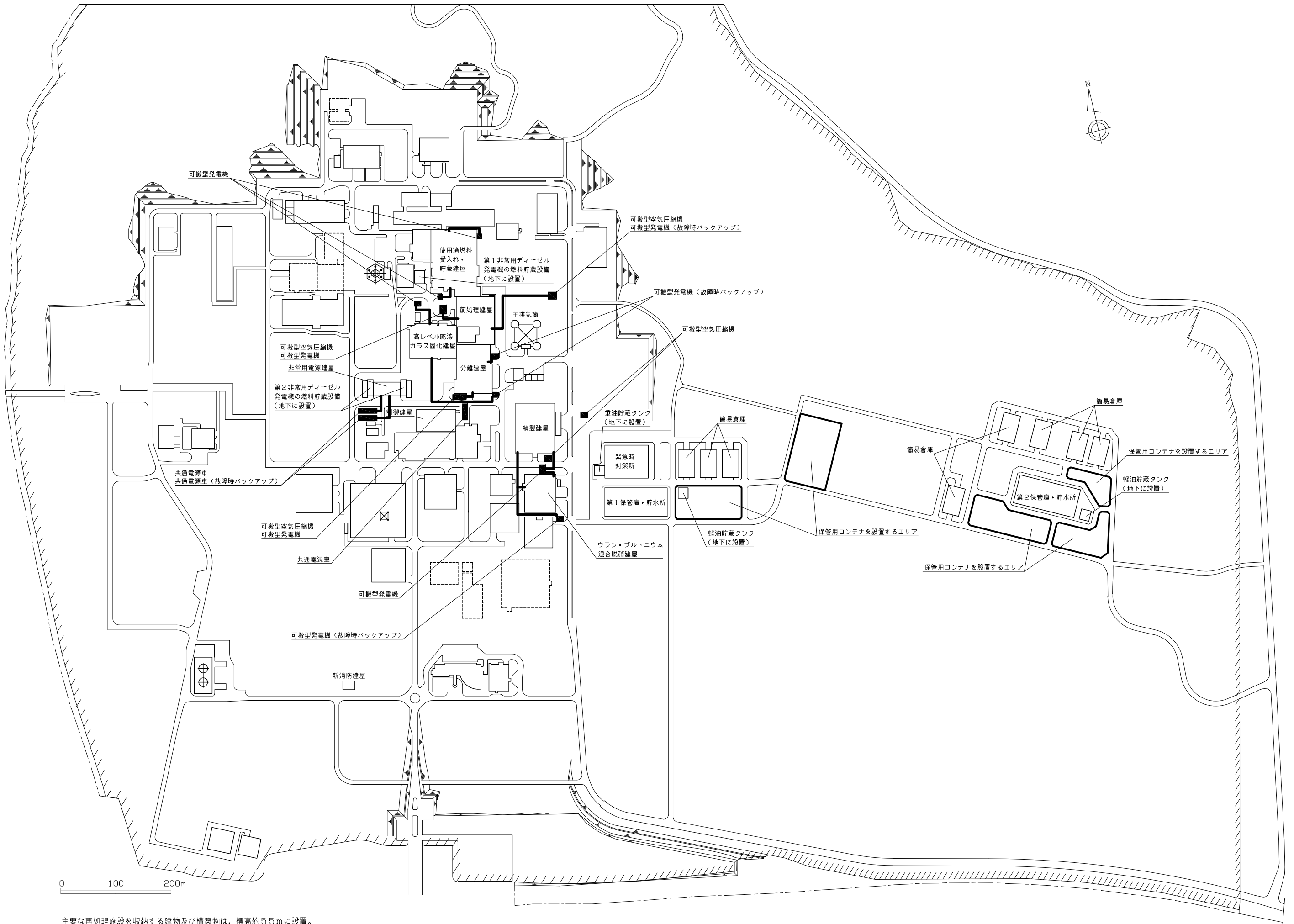
第8.2.1-20図 精製建屋の水素爆発に係る放射性物質のセルへの導出，セル及び高性能粒子フィルタによる放射性エアロゾルの除去に関する対処のアクセスルート（地上5階）



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）

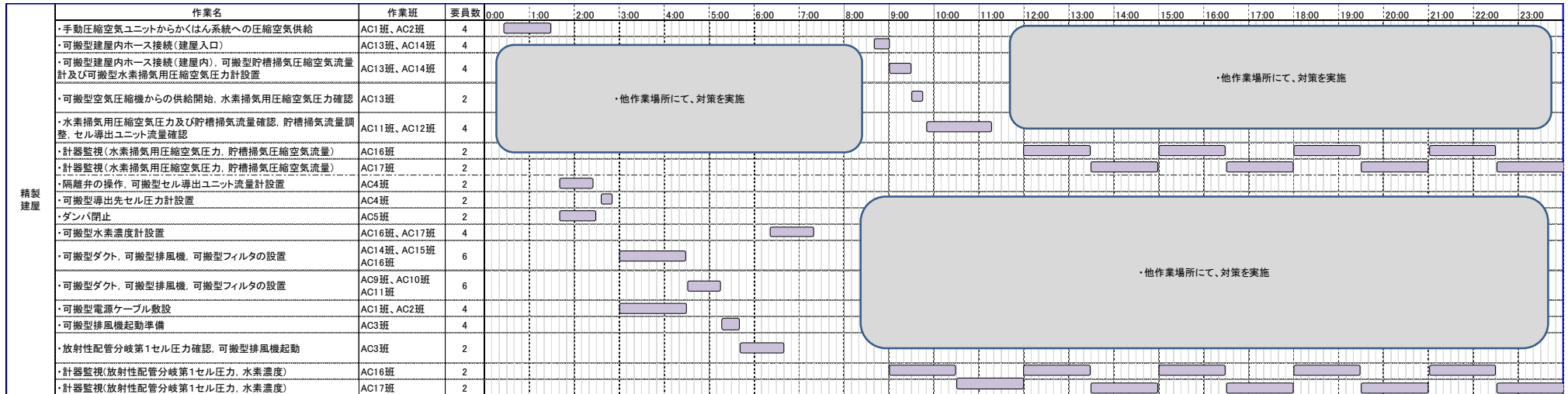


第8.2.1-22図 ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋可搬型発電機からの給電に係る精製建屋内可搬型電源ケーブル敷設ルート（第1接続口及び第2接続口）（地上1階）

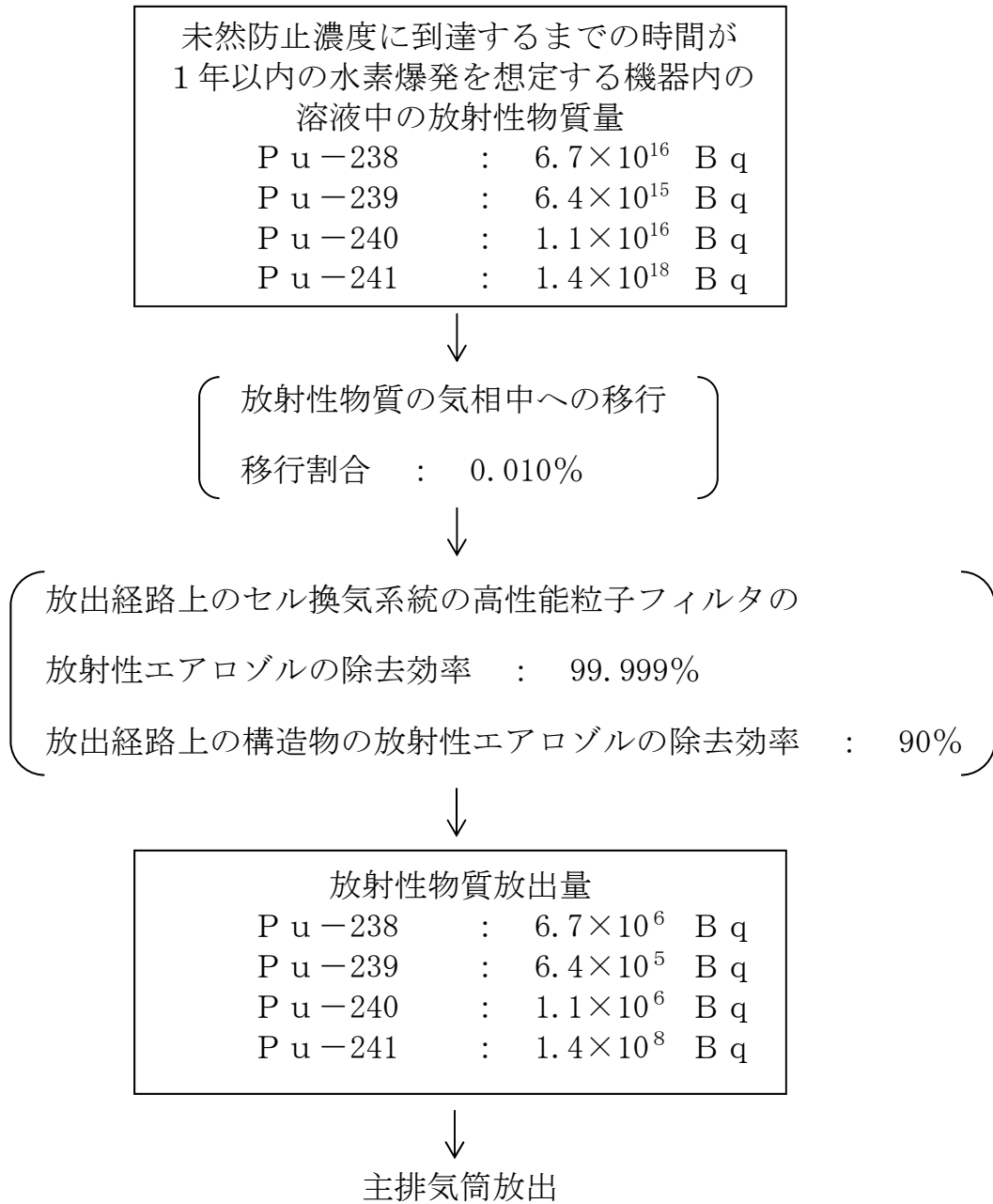


主要な再処理施設を収納する建物及び構築物は、標高約55mに設置。

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. 1-24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 精製建屋の水素爆発時の放射性物質の大気放出過程

再処理施設 補足説明資料リスト

第28条: 重大事故等の拡大防止(8. 放射線分解により発生する水素による爆発への対処)

資料No.	再処理施設 補足説明資料 名称	備考
補足説明資料8-1	水素爆発発生時の燃焼挙動について	
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	
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	
補足説明資料8-4	空気漏えい時の作業環境	
補足説明資料8-5	水素爆発時の塔槽類廃ガスフィルタの健全性について	
補足説明資料8-6	未然防止濃度に到達するまでの時間余裕の評価方法	
補足説明資料8-7	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	
補足説明資料8-8	水素濃度計について	
補足説明資料8-9	水素掃気に必要な空気流量の計算方法について	
補足説明資料8-10	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	
補足説明資料8-11	事故環境における重大事故等対処施設の機能維持	
補足説明資料8-12	時間余裕計算方法の有する安全余裕について	
補足説明資料8-13	可搬型発電機について	
補足説明資料8-14	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	
補足説明資料8-15	可搬型フィルタの健全性について	
補足説明資料8-16	5因子法において採用した値の適用性について	
補足説明資料8-17	水素爆発発生時の機器の健全性について	
補足説明資料8-18	水素爆発が機器内の溶液性状に与える影響について	

再処理施設 補足説明資料リスト

第28条: 重大事故等の拡大防止(8. 放射線分解により発生する水素による爆発への対処)

資料No.	再処理施設 補足説明資料 名称	備考
補足説明資料8-19	可搬型空気圧縮機の燃料について	

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⁽¹⁾。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⁽¹⁾。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⁽²⁾。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⁽²⁾。

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⁽³⁾。

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	-
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 (300 L 容器) → 爆発後 (300 L 容器)

第1図 試験前後の容器の写真

(2) T B P 洗 浄 塔

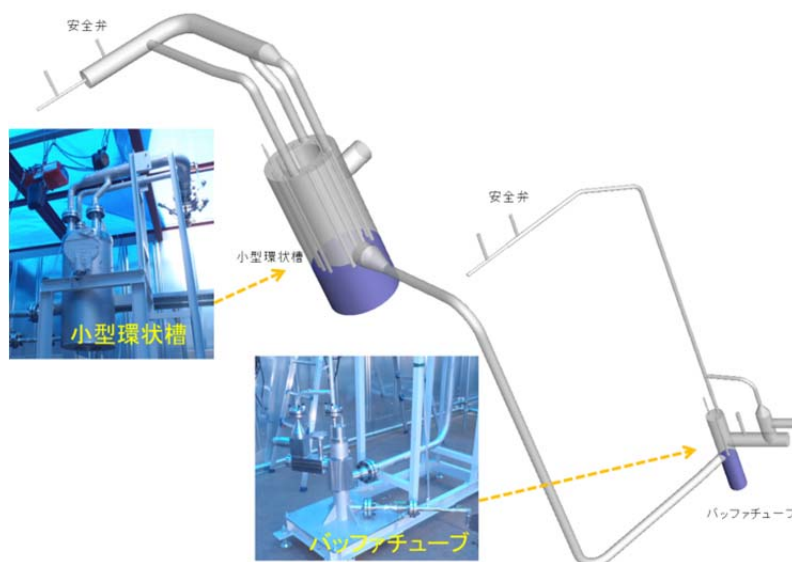
a . 試 験 概 要

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 浄 塔	
水 素 濃 度	30vol%	
着 火	方 法	放 電 着 火
	エ ネ ル ギ	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 浄 塔 を 模 擬 し た 容 器

補 8-1-4

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 μ 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

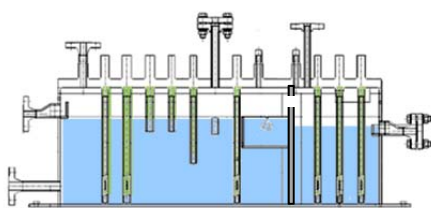
a. 試験概要

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

補8-1-5

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 μ 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

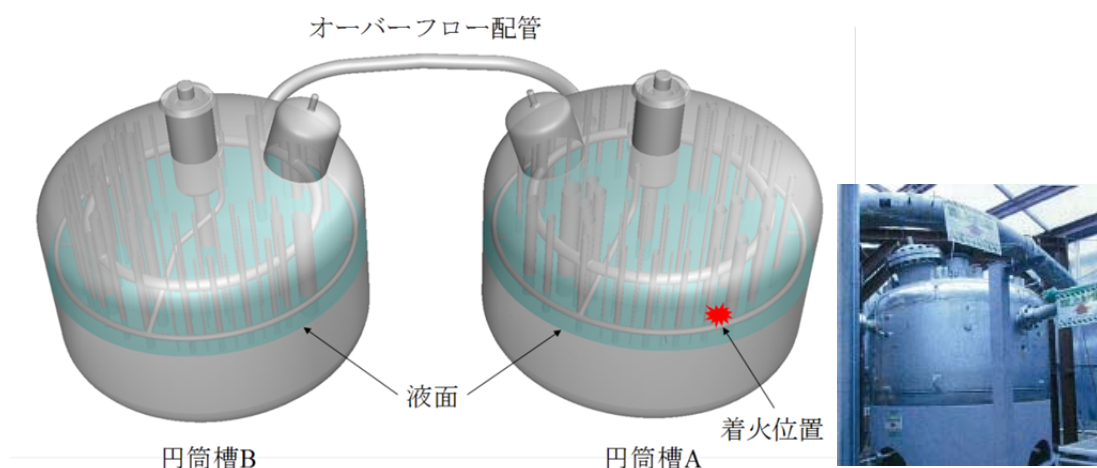
a. 試験概要

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 μ 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

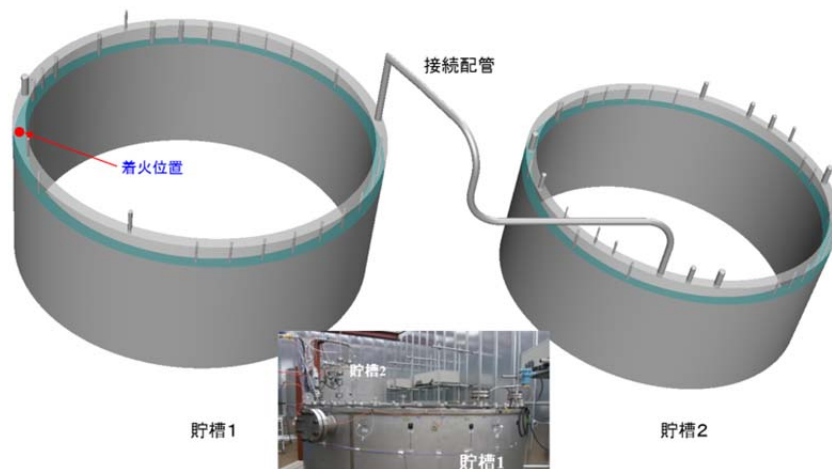
a. 試験概要

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 μ 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

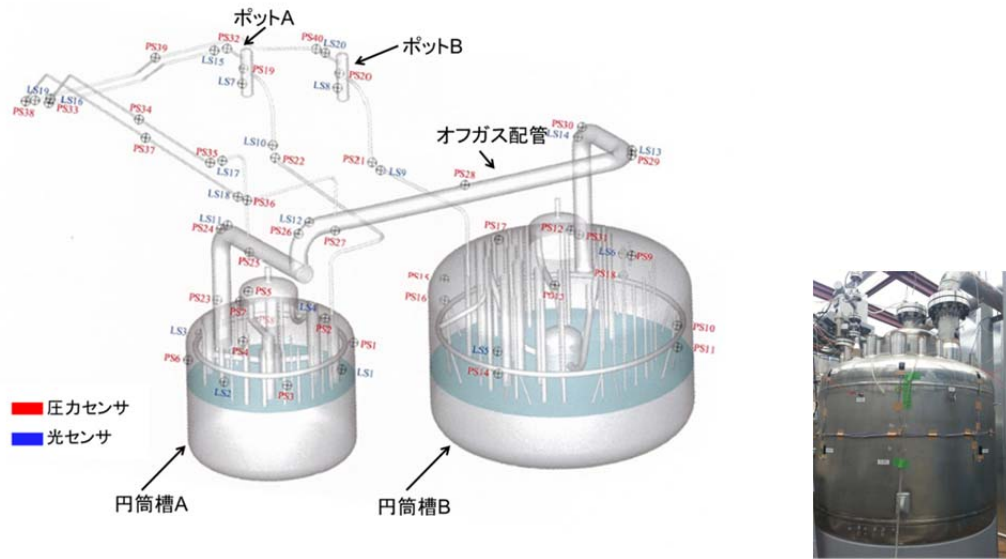
a. 試験概要

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 μ 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 8-2 (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

機能喪失時の一般公衆への被ばく影響評価方法

1. はじめに

重大事故の事象選定において、設計上定める条件より厳しい条件により安全機能が喪失したとしても、機能喪失時の一般公衆への被ばく影響が平常時と同程度であるため、設計基準として整理する事象を「×3」として整理した。本資料では、機能喪失時の一般公衆への被ばく影響評価方法について説明する。

2. 判断基準

再処理工場の平常時の年間の被ばく線量は $22 \mu \text{Sv}$ と評価されている。本評価値を十分下回る値として $0.1 \mu \text{Sv}$ を判断基準とする。以下の理由から妥当と考えられる。

- ▶ 安全上重要な施設を選定する判断基準として、一般公衆に対して 5mSv とされているが本値を十分下回ること
- ▶ 生涯にわたる平均の年被ばく線量を 1mSv 以下に抑えている場合は、 5mSv の数年間の適用は許容できるとされていること
- ▶ $0.1 \mu \text{Sv}$ をテラベクレルに換算すると、地上放散を前提とした場合で 10^{-6} オーダーTBq、主排気筒放出の場合で 10^{-4} オーダーTBq となり、 100TBq と比較して極めて小さいこと

3. 評価方法

3.1 基本方針

塔槽類廃ガス処理設備の排風機及び換気設備の建屋排気系が機能しない場

合に想定される地上放散時の敷地境界における最大個人線量を評価する。また、内の事象の場合に想定される、塔槽類廃ガス処理設備を經由し、主排気筒から放出される場合の敷地境界における最大個人線量を評価する。

これらの被ばく線量値を比較し、被ばく線量評価結果が大きな値と判断基準を比較する。

3.2 具体的評価手法

事故により生じたエネルギーによって放射性物質が気相へ移行する割合や、設備により除染される割合及び人間が呼吸しうる粒径の割合などをファクターとして考慮することによって放射性物質の放出量を簡易的に評価する手法、5因子⁽¹⁾法を参考として放射性物質放出量を評価する。以下に計算式を示す。

$$STi = MARi \times DR \times ARFi \div DFi \quad (1)$$

$$MARi = Ci \times M$$

ここで、

STi : 核種グループ i の放射性物質放出量 (Bq)

MARi : 対象機器等における核種グループ i の放射性物質質量 (Bq)

DR : MAR のうち、各事象で影響を受ける割合 (-)

ARFi : 核種グループ i の放射性物質の気相への移行割合 (-)

DFi : 核種グループ i の放出経路における除染係数 (-)

Ci : 溶液組成の核種グループ i の濃度 (Bq/m³)

M: 溶液量 (m³)

核種グループは、事故時に支配的になる核種として、Zr/Nb, Ru/R

h, C s / B a, C e / P r, S r / Y, その他 F P, P u (α), A m / C m (α), U (α) 及び N p (α) を設定した。

放射性物質吸入による敷地境界外の実効線量 DI (Sv) は、放射性物質放出量に相対濃度、呼吸率及び実効線量換算係数を乗じて求める。以下に計算式を示す。

$$D_i = \sum_i H_i \cdot B \cdot \chi / Q \cdot S T_i \quad (2)$$

ここで、

H: 実効線量換算係数 (Sv/Bq)

B: 呼吸率 (m³/s)

χ / Q: 相対濃度 (s/m³)

4. 評価条件

4.1. MAR の設定

評価対象機器に内包する溶液中の放射性物質の濃度は、1日当たり処理する使用済燃料の平均燃焼度 45,000MW d / t · U P r, 照射前燃料濃縮度 4.5 w t %, 比出力 38MW / t · U P r, 冷却期間 15 年を基に算出した平常運転時の最大値とする。MAR は、上記の放射性物質の濃度に基づき機器ごとに設定する。

4.2 DR の設定

DR は事故時に発生するストレスにより放射性物質放出に寄与する割合であり、気相部の水素爆発では溶液表面部分のみの影響であると想定される。このため、DR は 1 を下回ると考えられるが、厳しい結果を与える設定として DR = 1 (機器内または対象となる場所に存在する放射性物質の全数が事象

に寄与)と設定する。

4.3 A R F の設定

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

実験値によれば、機器の形状の影響を受けないA R Fの幅は 1×10^{-5} から 6.0×10^{-4} 程度と考えられる。

また、NUREG/CR-6410⁽¹⁾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、A R Fの上限とした 6.0×10^{-4} が取得された実験は、3.5MPaの圧力を穏やかに印加した後に破裂板を用いて急激に減圧したときの移行率である。さらに、水素爆発の条件に近いと思われる条件である、印加圧力を0.35MPaとしたときのA R Fは 4.0×10^{-5} であることから、A R Fが 6.0×10^{-4} まで増加する可能性は低い。

上記を踏まえ、水素爆発のA R Fは 1×10^{-5} から 6.0×10^{-4} の間であり、水素濃度8vol%から30vol%の発生圧力を包含可能な値として、 1×10^{-4} とする。

4.5 D F の設定

4.5.1 地上放散の場合

地上放散の場合は、爆発により気相部に移行した放射性物質は水封安全器を介してセルに放出された後、複数のセル又は部屋を介して屋外に到達する。放射性物質が屋外に到達するまでの最短経路上のセル又は部屋の体積による希釈、セル又は部屋間のD F₁₀を考慮して、放出パスの総合的な除染係数(D F_gとする)を計算する。D F_gは以下の式より計算する。計算に用いたパラ

メータを表3に示す。

$$DF_{g,j} = \prod_i \left(V_{cell,i} \cdot \frac{1}{V_{leak,j}} \cdot DF_{i \rightarrow i+1} \right)$$
$$V_{leak,j} = V_{gas,j} \times 7$$

ここで、

$DF_{g,j}$: 機器 j の総合的な除染係数

$V_{leak,j}$ (m³) : 機器 j から爆発により膨張し、放出する気体の体積。爆燃を想定している。

$V_{cell,i}$ (m³) : 通過セル i の体積

$V_{gas,j}$ (m³) : 機器 j の気相部体積

$DF_{i \rightarrow i+1}$: 通過セル i から次の通過セル i+1 間の除染係数。壁一枚につき 10 とする⁽²⁾。

表3. DF_gの算出に用いたパラメータ

建屋 ※	機器名称	気相部体積	膨張後体積	導出先体積 1	導出先体積 2	導出先体積 3	導出先体積 4	DF _g
		V _{gasj} [m ³]	V _{leakj} [m ³]	V _{cell i} [m ³]	V _{cell i} [m ³]	V _{cell i} [m ³]	V _{cell i} [m ³]	(-)
AA	ハル洗浄槽 A,B	0.038	0.27	3300	4700	—	—	4.6E-11
AA	水バフファ槽	0.69	4.8	3300	4700	—	—	1.5E-08
AA	中継槽 A,B	2.7	19	3300	4700	—	—	2.3E-07
AA	リサイクル槽 A,B	0.47	3.3	3300	4700	—	—	7.0E-09
AA	不溶解残渣回収槽 A,B	2.4	17	3300	4700	—	—	1.9E-07
AA	計量前中間貯槽 A,B	7.8	55	3300	4700	—	—	2.0E-06
AA	計量・調整槽	7.8	55	3300	4700	—	—	2.0E-06
AA	計量後中間貯槽	7.8	55	3300	4700	—	—	2.0E-06
AA	計量補助槽	1.6	11	3300	4700	—	—	8.1E-08
AA	中間ポット A,B	0.060	0.42	3300	4700	—	—	1.2E-10
AB	抽出塔	0.22	1.5	2800	6400	—	—	1.3E-09
AB	第1洗浄塔	0.22	1.5	2800	6400	—	—	1.3E-09
AB	第2洗浄塔	0.22	1.5	2800	6400	—	—	1.3E-09
AB	TBP洗浄塔	0.058	0.41	2800	6400	—	—	9.0E-11
AB	プルトニウム分配塔	0.29	2.0	2800	6400	—	—	2.3E-09
AB	ウラン洗浄塔	0.049	0.34	2800	6400	—	—	6.4E-11
AB	プルトニウム洗浄器	1.1	7.7	2800	6400	—	—	3.3E-08
AB	プルトニウム溶液受槽	0.15	1.1	2800	6400	—	—	6.0E-10
AB	プルトニウム溶液中間貯槽	0.15	1.1	2800	6400	—	—	6.0E-10
AB	第1一時貯留処理槽	0.15	1.1	2800	6400	—	—	6.0E-10
AB	第2一時貯留処理槽	0.15	1.1	2800	6400	—	—	6.0E-10
AB	第3一時貯留処理槽	11	77	2800	6400	—	—	3.3E-06
AB	第4一時貯留処理槽	11	77	2800	6400	—	—	3.3E-06
AB	第5一時貯留処理槽	0.15	1.1	2800	6400	—	—	6.0E-10
AB	第6一時貯留処理槽	1.0	7.0	2800	6400	—	—	2.7E-08
AB	第7一時貯留処理槽	0.020	0.14	2800	6400	—	—	1.1E-11

建屋 ※	機器名称	気相部体積	膨張後体積	導出先体積 1	導出先体積 2	導出先体積 3	導出先体積 4	DFg
		Vgasj[m ³]	Vleakj[m ³]	Vcell i[m ³]	Vcell i[m ³]	Vcell i[m ³]	Vcell i[m ³]	(-)
AB	第8一時貯留処理槽	0.070	0.49	2800	6400	—	—	1.3E-10
AB	第9一時貯留処理槽	3.6	25	2800	6400	—	—	3.5E-07
AB	第10一時貯留処理槽	3.6	25	2800	6400	—	—	3.5E-07
AB	第1洗浄器	1.9	13	2800	6400	—	—	9.7E-08
AB	高レベル廃液供給槽A	4.5	32	2800	6400	—	—	5.4E-07
AB	高レベル廃液濃縮缶A	32	220	2800	6400	—	—	2.8E-05
AB	溶解液中間貯槽	11	78	2800	6400	—	—	3.4E-06
AB	溶解液供給槽	2.3	16	2800	6400	—	—	1.5E-07
AB	抽出廃液受槽	4.5	31	2800	6400	—	—	5.3E-07
AB	抽出廃液中間貯槽	4.2	29	2800	6400	—	—	4.6E-07
AB	抽出廃液供給槽 A,B	19	130	2800	6400	—	—	9.4E-06
AC	プルトニウム溶液供給槽	0.26	1.8	7600	8700	—	—	5.0E-10
AC	抽出塔	0.019	0.13	7600	8700	—	—	2.7E-12
AC	核分裂生成物洗浄塔	0.019	0.13	7600	8700	—	—	2.7E-12
AC	逆抽出塔	0.019	0.13	7600	8700	—	—	2.7E-12
AC	ウラン洗浄塔	0.0016	0.011	7600	8700	—	—	1.9E-14
AC	補助油水分離槽	0.0076	0.053	7600	8700	—	—	4.3E-13
AC	TBP洗浄器	0.059	0.41	7600	8700	—	—	2.6E-11
AC	プルトニウム溶液受槽	0.088	0.62	7600	8700	—	—	5.7E-11
AC	油水分離槽	0.11	0.77	7600	8700	—	—	8.9E-11
AC	プルトニウム濃縮缶供給槽	0.18	1.3	7600	8700	—	—	2.4E-10
AC	プルトニウム溶液一時貯槽	0.19	1.3	7600	8700	—	—	2.7E-10
AC	プルトニウム濃縮缶	0.24	1.7	7600	8700	—	—	4.3E-10
AC	プルトニウム濃縮液受槽	0.13	0.91	7600	8700	—	—	1.3E-10
AC	プルトニウム濃縮液一時貯槽	0.10	0.70	7600	8700	—	—	7.4E-11
AC	プルトニウム濃縮液計量槽	0.13	0.91	7600	8700	—	—	1.3E-10
AC	リサイクル槽	0.13	0.91	7600	8700	—	—	1.3E-10
AC	希釈槽	0.11	0.77	7600	8700	—	—	8.9E-11

建屋 ※	機器名称	気相部体積	膨張後体積	導出先体積 1	導出先体積 2	導出先体積 3	導出先体積 4	DFg
		Vgasj[m ³]	Vleakj[m ³]	Vcell i[m ³]	Vcell i[m ³]	Vcell i[m ³]	Vcell i[m ³]	(-)
AC	プルトニウム濃縮液中間貯槽	0.13	0.91	7600	8700	—	—	1.3E-10
AC	第1一時貯留処理槽	0.12	0.84	7600	8700	—	—	1.1E-10
AC	第2一時貯留処理槽	0.12	0.84	7600	8700	—	—	1.1E-10
AC	第3一時貯留処理槽	0.18	1.3	7600	8700	—	—	2.4E-10
AC	第4一時貯留処理槽	0.13	0.91	7600	8700	—	—	1.3E-10
AC	第7一時貯留処理槽	2.8	20	7600	8700	—	—	5.8E-08
CA	硝酸プルトニウム貯槽	0.33	2.3	1	1100	—	—	1.1E-06
CA	混合槽A,B	0.33	2.3	1	1100	—	—	1.1E-06
CA	一時貯槽	0.33	2.3	1	1100	—	—	1.1E-06
KA	高レベル濃縮廃液貯槽	13	89	1800	1200	3900	690	1.0E-09
KA	高レベル濃縮廃液一時貯槽	7.7	54	1800	1200	3900	690	1.3E-10
KA	高レベル廃液混合槽 A,B	8.0	56	1800	1200	3900	690	1.6E-10
KA	供給液槽 A,B	3.4	24	1800	1200	3900	690	4.9E-12
KA	供給槽 A,B	1.1	7.8	1800	1200	3900	690	5.9E-14
KA	不溶解残渣廃液一時貯槽	3.8	27	1800	1200	3900	690	8.1E-12
KA	不溶解残渣廃液貯槽	21	140	1800	1200	3900	690	6.8E-09
KA	高レベル廃液共用貯槽 (HALW)	7.3	51	1800	1200	3900	690	1.1E-10
KA	高レベル廃液共用貯槽 (FINE)	57	400	1800	1200	3900	690	4.1E-07

※AA:前処理建屋、AB:分離建屋、AC:精製建屋、CA:ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋、

KA:高レベル廃液ガラス固化建屋

4.5.2 主排気筒放出の場合

以下に示す根拠から経路上の除染係数を 10000 として設定する。なお、ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋については、フィルタ段数が 2 段多いことから、1E+6 とする。

主排気筒放出の場合は、爆発により気相部に移行した放射性物質は塔槽類廃ガス処理設備の廃ガス洗浄塔等を経て、高性能粒子フィルタへ到達する。

廃ガス洗浄塔、凝縮器及びデミスタが経路上に存在することから、これらの除染係数を総合して 10 とする。

高性能粒子フィルタへ至る前の配管の曲り及び機器による除染を考慮して、除染係数 10 を期待する。これは、水素爆発時であっても配管の曲り 1 つで除染係数 10 程度の効果があることが報告されていることに基づく⁽³⁾。

高性能粒子フィルタでは、定格風量を上回る流れが想定される。塔槽類廃ガス処理設備の容量は前処理建屋で $400\text{m}^3/\text{h}/\text{基}[\text{normal}]$ 、分離建屋で $390\text{m}^3/\text{h}/\text{基}[\text{normal}]$ 、精製建屋で $320\text{m}^3/\text{h}/\text{基}[\text{normal}]$ 、ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋で $220\text{m}^3/\text{h}/\text{基}[\text{normal}]$ 、高レベル廃液ガラス固化建屋で $1000\text{m}^3/\text{h}/\text{基}[\text{normal}]$ である。爆風として想定されるのは、爆燃範囲であるため数十 $\text{cm}/\text{s e c}$ (1m として $3600\text{m}/\text{h}$) から $10\text{m}/\text{s e c}$ ($36000\text{m}/\text{h}$) であり、塔槽類廃ガス処理設備の断面積を約 0.37m^2 と想定すると、594 から $2700\text{m}/\text{h}$ となる。定格風量の 10 から 20 倍で除染係数は 0.01 倍になると報告があることから、おおよそ適用範囲に入ると考えて、フィルタ 2 段分の除染係数として 100 を期待する⁽⁵⁾。

4.6 実効線量換算係数

実効線量換算係数は ICRP Pub 72 から核種毎の係数を調査し設定した⁽⁶⁾。実効線量換算係数を表 4 に示す。

表4 実効線量換算係数

核種グループ	呼吸摂取実効線量換算係数 (Sv/Bq)
Zr/Nb	1.7×10^{-8}
Ru/Rh	3.3×10^{-8}
Cs/Ba	2.4×10^{-9}
Ce/Pr	2.6×10^{-8}
Sr/Y	8.1×10^{-8}
その他 FP	2.9×10^{-8}
Pu	3.5×10^{-6}
Am/Cm	3.6×10^{-5}
U	5.1×10^{-6}
Np	4.19×10^{-7}

4.7 相対濃度及び呼吸率

相対濃度は「再処理施設の設計基準事象選定⁽⁷⁾」に記載の値を用いた(表5参照)。呼吸率は再処理事業指定申請書に記載の $3.33 \times 10^{-4} \text{m}^3/\text{s}$ とした。

表5 相対濃度一覧

放出点	$\chi/Q(\text{s}/\text{m}^3)$
主排気筒	1.2×10^{-6}
前処理建屋	9.5×10^{-5}
分離建屋	9.3×10^{-5}
精製建屋	7.7×10^{-5}
ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋	7.8×10^{-5}
高レベル廃液ガラス固化建屋	1.1×10^{-4}

5. 評価結果

評価結果を表6に示す。

表6 被ばく線量評価結果

機器名称	地上放散	主排気筒	1E-4mSv を超える 対象機器
	線量(mSv)	線量(mSv)	
ハル洗浄槽 A(内側)	2.4E-11	6.6E-07	
ハル洗浄槽 B(内側)	2.4E-11	6.6E-07	
水バッファ槽	7.3E-08	6.1E-06	
中継槽 A	5.5E-05	3.0E-04	対象
中継槽 B	5.5E-05	3.0E-04	対象
リサイクル槽 A	1.2E-07	2.1E-05	
リサイクル槽 B	1.2E-07	2.1E-05	
不溶解残渣回収槽 A	4.9E-06	3.4E-05	
不溶解残渣回収槽 B	4.9E-06	3.4E-05	
計量前中間貯槽 A	1.6E-03	1.0E-03	対象
計量前中間貯槽 B	1.6E-03	1.0E-03	対象
計量・調整槽	1.6E-03	1.0E-03	対象
計量後中間貯槽	1.6E-03	1.0E-03	対象
計量補助槽	1.9E-05	2.9E-04	対象
中間ポット A	5.0E-10	5.5E-06	
中間ポット B	5.0E-10	5.5E-06	
抽出塔	3.1E-08	3.0E-05	
第1洗浄塔	2.1E-08	2.1E-05	
第2洗浄塔	1.6E-08	1.6E-05	
TBP洗浄塔	3.3E-10	4.6E-06	
プルトニウム分配塔	6.4E-08	3.7E-05	
ウラン洗浄塔	1.3E-09	2.5E-05	
プルトニウム洗浄器	4.1E-08	1.6E-06	
プルトニウム溶液受槽	6.8E-08	1.5E-04	対象
プルトニウム溶液中間貯槽	6.8E-08	1.5E-04	対象
第1一時貯留処理槽	1.8E-08	3.9E-05	
第2一時貯留処理槽	8.2E-08	1.8E-04	対象
第3一時貯留処理槽	1.6E-03	6.1E-04	対象
第4一時貯留処理槽	7.2E-04	2.9E-04	対象
第5一時貯留処理槽	2.2E-10	4.6E-07	
第6一時貯留処理槽	1.8E-07	8.6E-06	
第7一時貯留処理槽	7.0E-10	8.5E-05	
第8一時貯留処理槽	6.4E-09	6.3E-05	
第9一時貯留処理槽	4.2E-07	1.5E-06	
第10一時貯留処理槽	1.2E-09	4.3E-09	
第1洗浄器	4.5E-10	5.9E-09	
高レベル廃液供給槽 A	4.9E-05	1.2E-04	対象
高レベル廃液濃縮缶 A	8.6E-02	4.1E-03	対象
溶解液中間貯槽	2.7E-03	1.0E-03	対象
溶解液供給槽	2.9E-05	2.5E-04	対象
抽出廃液受槽	8.6E-05	2.1E-04	対象
抽出廃液中間貯槽	9.9E-05	2.8E-04	対象
抽出廃液供給槽 A	4.4E-03	5.9E-04	対象

機器名称	地上放散	主排気筒	1E-4mSv を超える 対象機器
	線量(mSv)	線量(mSv)	
抽出廃液供給槽 B	4.4E-03	5.9E-04	対象
プルトニウム溶液供給槽	6.4E-08	2.0E-04	対象
抽出塔	5.3E-11	3.1E-05	
核分裂生成物洗浄塔	2.3E-11	1.3E-05	
逆抽出塔	9.9E-11	5.8E-05	
ウラン洗浄塔	2.3E-13	1.9E-05	
補助油水分離槽	4.5E-12	1.6E-05	
T B P 洗浄器	3.5E-10	2.1E-05	
プルトニウム溶液受槽	6.7E-09	1.8E-04	対象
油水分離槽	1.1E-08	1.8E-04	対象
プルトニウム濃縮缶供給槽	9.3E-08	6.1E-04	対象
プルトニウム溶液一時貯槽	1.1E-07	6.1E-04	対象
プルトニウム濃縮缶	9.5E-08	3.5E-04	対象
プルトニウム濃縮液受槽	1.7E-07	2.1E-03	対象
プルトニウム濃縮液一時貯槽	1.6E-07	3.3E-03	対象
プルトニウム濃縮液計量槽	1.7E-07	2.1E-03	対象
リサイクル槽	1.7E-07	2.1E-03	対象
希釈槽	3.1E-07	5.3E-03	対象
プルトニウム濃縮液中間貯槽	1.7E-07	2.1E-03	対象
第1一時貯留処理槽	5.2E-09	7.6E-05	
第2一時貯留処理槽	1.7E-08	2.5E-04	対象
第3一時貯留処理槽	4.1E-08	2.7E-04	対象
第4一時貯留処理槽	1.3E-10	1.6E-06	
第7一時貯留処理槽	2.7E-05	7.2E-04	対象
硝酸プルトニウム貯槽	1.5E-03	2.2E-05	対象
混合槽 A	9.1E-04	1.3E-05	対象
混合槽 B	9.1E-04	1.3E-05	対象
一時貯槽	1.5E-03	2.2E-05	対象
第1高レベル濃縮廃液貯槽	2.1E-05	2.2E-02	対象
第2高レベル濃縮廃液貯槽	2.1E-05	2.2E-02	対象
第1高レベル濃縮廃液一時貯槽	5.5E-07	4.6E-03	対象
第2高レベル濃縮廃液一時貯槽	5.5E-07	4.6E-03	対象
高レベル廃液混合槽 A	5.2E-07	3.7E-03	対象
高レベル廃液混合槽 B	5.2E-07	3.7E-03	対象
供給液槽 A	4.2E-09	9.3E-04	対象
供給液槽 B	4.2E-09	9.3E-04	対象
供給槽 A	2.0E-11	3.7E-04	対象
供給槽 B	2.0E-11	3.7E-04	対象
第1不溶解残渣廃液一時貯槽	-※	-※	
第2不溶解残渣廃液一時貯槽	-※	-※	
第1不溶解残渣廃液貯槽	1.3E-06	2.0E-04	対象
第2不溶解残渣廃液貯槽	1.3E-06	2.0E-04	対象
高レベル廃液共用貯槽（高レベル濃縮廃液貯蔵時）	2.2E-06	2.2E-02	対象

※未然防止濃度に達する時間が1年以上のため線量評価をしていない。

6. 参考文献

- (1) Nuclear Fuel Cycle Facility Accident Analysis Handbook, NUREG/CR-6410, 1998.
- (2) Elizabeth M. Flew, B. A. J. Lister, “Assessment of the potential release of radioactivity from installations at AERE,” *HARWELL. Implications for Emergency Planning*, IAEA-SM-119/7, p653, 1969.
- (3) 小林卓志ほか. “再処理工場水素爆発事故時における放射性物質移行率の調査 (5) 環状容器試験 その2”. 日本原子力学会 2016 年春の年会 , 日本原子力学会 , 2016-03 .
<https://confit.atlas.jp/guide/event/aesj2016s/proceedings/list>, (参照 2016-10-23).
- (4) 三宅淳巳、水素の爆発と安全性、水素エネルギーシステム、Vol.22、No.2 (1997)
- (5) 尾崎誠, 金川昭, 高性能エアフィルタの苛酷条件下における性能, 空気清浄第 25 巻第 6 号, 昭和 63 年
- (6) ICRP publication 72: Age-dependent Doses to the Members of the Public from Intake of Radionuclides: Part 5 Compilation of Ingestion and Inhalation Coefficients, ICRP Publication 72. Ann. ICRP 26 (1) (1995)
- (7) 再処理施設の設計基準事象の選定(J/M-1004 改 7)、日本原燃(株)、三菱重工業(株)(平成 3 年 4 月)

補足説明資料 8-3 (28条)

8. 放射線分解により発生する水素による
爆発への対処

圧縮空気の地上放散に伴う被ばく線量

1. はじめに

安全圧縮空気系の水素掃気機能が喪失し、同時に全交流動力電源が喪失した場合は、安全圧縮空気系の空気貯槽（水素掃気用）から圧縮空気が自動的に供給される。圧縮空気の供給によって機器内の液面から気相中に移行した放射性物質は各建屋の塔槽類廃ガス処理設備からセル又は部屋に放出される。このため、前処理建屋及び高レベル廃液ガラス固化建屋においては圧縮空気の供給を停止するとともに、各建屋では放出経路を塔槽類廃ガス処理設備からセルに導出するユニットに切り替えることで、放射性エアロゾルを高性能粒子フィルタにより除去することにより、空気の放出に伴う大気中への放射性物質の放出量を最低限に留める。

分離建屋、精製建屋及びウラン・プルトニウム混合脱硝建屋においては、圧縮空気貯槽及び圧縮空気ユニットにより空気の供給が継続するため、セルに導出するユニットの高性能粒子フィルタを介してセルに導出された空気の地上放散は、可搬型排風機が起動するまでの間継続することになる。

上述の状態について、一般公衆への被ばく線量を評価する。

2. 事象の推移及び放出経路の同定

各建屋について、圧縮空気の放出の推移を整理する。

2.1 前処理建屋及び高レベル廃液ガラス固化建屋

前処理建屋及び高レベル廃液ガラス固化建屋に設置される機器は、機器

内の水素濃度が未然防止濃度に到達するまでに1日以上の時間余裕を有するという特徴がある。このため、放射性物質を含む圧縮空気の放出を防止するために、圧縮空気を停止し、圧縮空気の放出を停止した上で重大事故への対処が可能である。

このため、放射性物質の放出による被ばく線量の対象となる経路は、図1に示す経路①（以下、経路①-AA, KA）のみとなる。評価期間は、弁の手動閉止が可能な事故後45分となる。

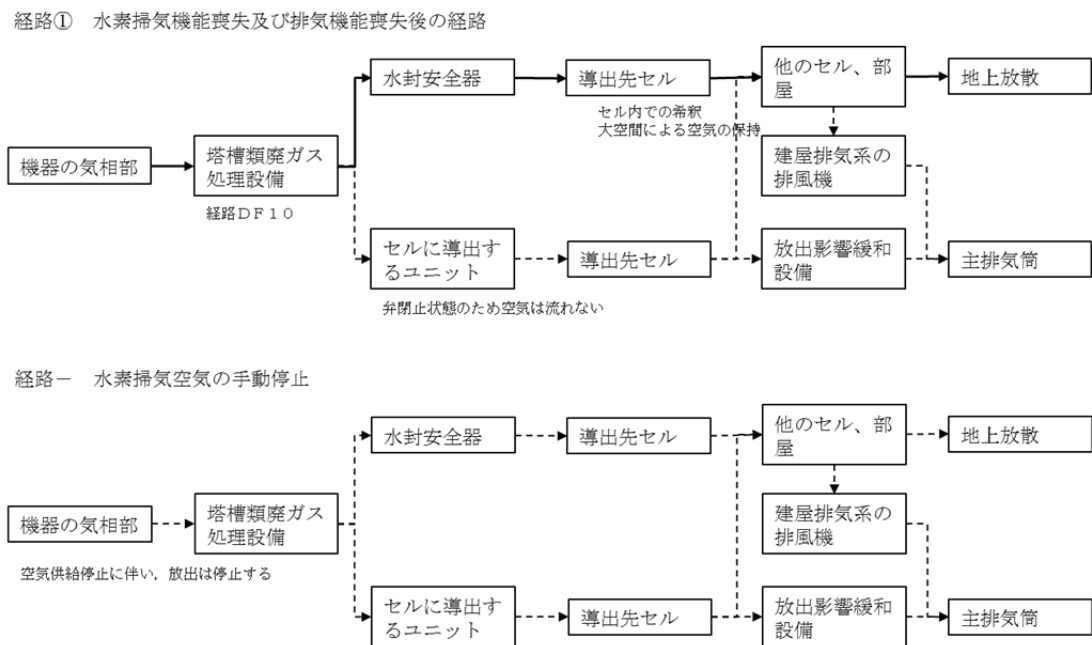


図1. 前処理建屋及び高レベル廃液ガラス固化建屋の放出経路

現実的には、45分間に供給される圧縮空気量は 250m^3 程度（概略ではあるが、空気貯槽容量 35m^3 に圧力比 $0.7\text{MPa}/0.1\text{MPa}$ を乗じると 245m^3 となる）であり、建屋の体積は 10^5m^3 オーダーであることを考慮すると、ほとんどの空気は建屋内に留まると想定される。この場合、建屋内の空気は放出緩和設備の可搬型排風機が起動した後に緩やかに排風機側に引き込まれ、可搬型フィルタを介して主排気筒放出するものと想定される（経路②

-AA, KA と呼ぶ)。

2.2 分離建屋及び精製建屋

分離建屋及び精製建屋に設置される機器は、機器内の水素濃度が未然防止濃度に到達するまでの時間余裕が短いため、圧縮空気貯槽を水素掃気系統上に設けることにより、水素掃気機能喪失後でも自動的に圧縮空気が供給される設計とすることで時間余裕を1日以上に延長しているという特徴がある。

このため、水素掃気機能喪失後に圧縮空気を停止すると、機器内における水素爆発が発生する可能性があるため、圧縮空気の供給を継続することから、2.1と同じ経路①（経路①-AB, AC）が想定される。

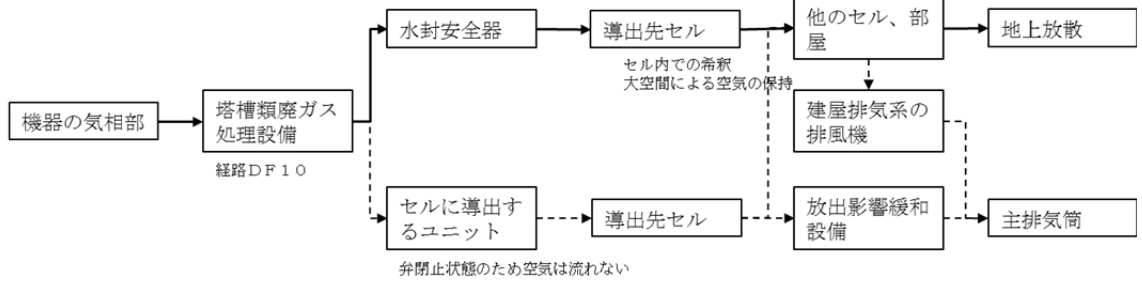
その後、圧縮空気に同伴する放射性物質量を低減するために、高性能粒子フィルタを設けたセルに導出するユニットに放出経路を切り替える。セルに導出するユニットを介してセルへ放出された放射性物質は、可搬型排風機が起動する前は地上放散する（経路②-AB, AC）。

可搬型排風機が起動すると、放出影響緩和設備の可搬型フィルタを介して主排気筒から放出される。（経路③-AB, AC）

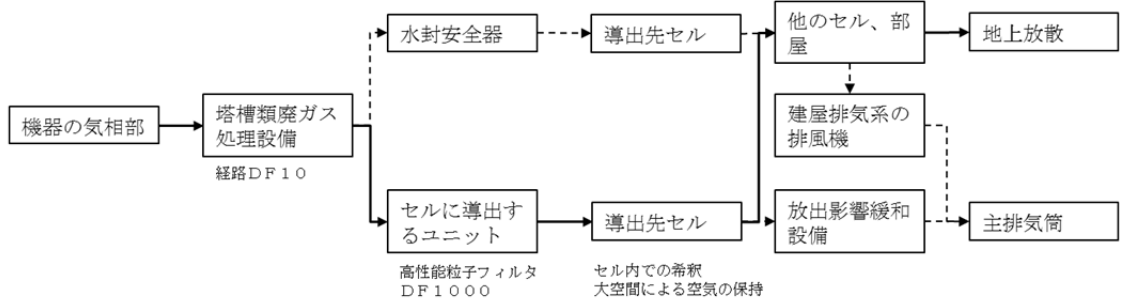
以上の放出経路をまとめて図2に示す。

現実的には、圧縮空気貯槽の圧縮空気量は分離建屋で120m³程度（概略ではあるが、空気貯槽容量16m³に圧力比0.7MPa/0.1MPaを乗じると112m³となる）、精製建屋で140m³程度であり、建屋の体積は十万m³オーダーであることを考慮すると、ほとんどの空気は建屋内に留まると想定される。この場合、建屋内の空気は放出緩和設備の可搬型排風機が起動した後に緩やかに排風機側に引き込まれ、可搬型フィルタを介して主排気筒放出するものと想定される（経路④-AB, AC と呼ぶ）。

経路① 水素掃気機能喪失及び排気機能喪失後の経路



経路② セルに導出するユニット解放後の経路



経路③ 放出影響緩和設備の運転後の経路

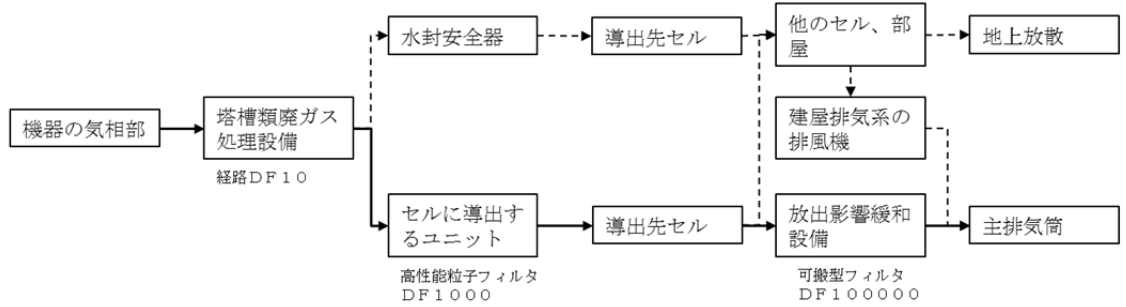


図 2. 分離建屋及び精製建屋の放出経路

2.3 ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋

ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋に設置される機器は、分離建屋及び精製建屋に設置される機器と同様、機器内の水素濃度が未然防止濃度に到達するまでの時間余裕が短いため、圧縮空気ユニットを水素掃気系統上に設けることにより、水素掃気機能喪失後でも自動的に圧縮空気が供給される設計とすることで時間余裕を1日以上に延長しているという特徴がある。また、ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋には水封安全器が無い、かつ、塔槽類廃ガス処理設備の排風機がルーツブローではなく排風機の停止時に構造的に閉塞しないという特徴を有する。このため、主な放出経路は、塔槽類廃ガス処理設備の排風機前に存在する排風機の流量を調整するためのインリーク経路から部屋への放出である。インリーク経路は電源喪失時にフェイルオープンとなるため、大部分の空気はインリーク経路から放出されると考えられる。

また、ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋においても、水素掃気機能喪失後に圧縮空気を停止すると、機器内における水素爆発が発生する可能性があるため、圧縮空気の供給を継続することから、圧縮空気は塔槽類廃ガス処理設備から部屋へ放出され地上放散する（経路①-CA）。

その後、圧縮空気に同伴する放射性物質量を低減するために、高性能粒子フィルタを設けたセルに導出するユニットに放出経路を切り替える。セルに導出するユニットを介してセルへ放出された放射性物質は、可搬型排風機が起動する前は地上放散する（経路②-CA）。

可搬型排風機が起動すると、放出影響緩和設備の可搬型フィルタを介して主排気筒から放出される。（経路③-CA）

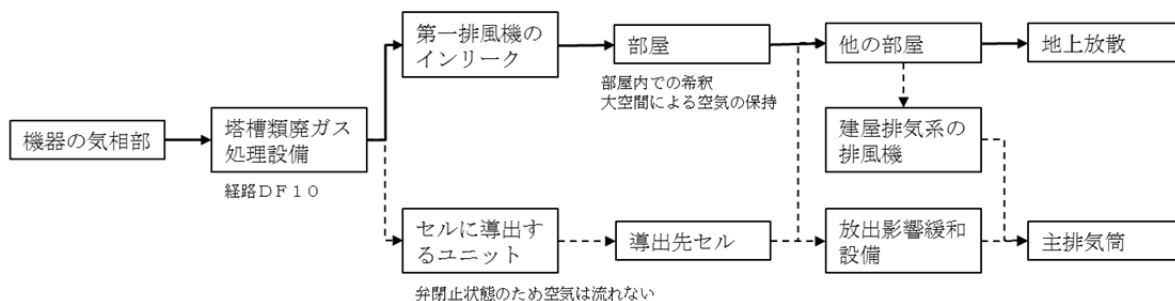
以上の放出経路をまとめて図3に示す。

現実的には、圧縮空気ユニットの圧縮空気量は20m³程度（概略ではある

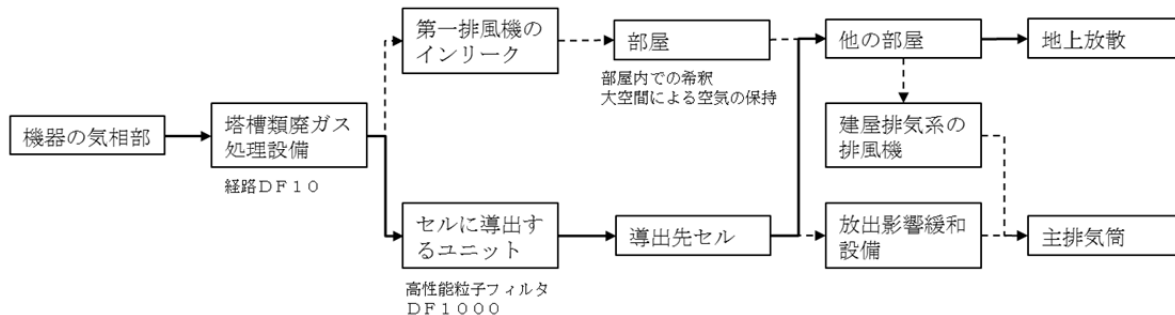
が、ボンベ3本分の容量 0.14m^3 に圧力比 $14\text{MPa}/0.1\text{MPa}$ を乗じると 19.6m^3 となる) であり、建屋の体積は十万 m^3 オーダーであることを考慮すると、ほとんどの空気は建屋内に留まると想定される。この場合、建屋内の空気は放出緩和設備の可搬型排風機が起動した後に緩やかに排風機側に引き込まれ、可搬型フィルタを介して主排気筒放出するものと想定される (経路④-CA と呼ぶ)。

ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋の場合

経路① 水素掃気機能喪失及び排気機能喪失後の経路



経路② セルに導出するユニット解放後の経路



経路③ 放出影響緩和設備の運転後の経路

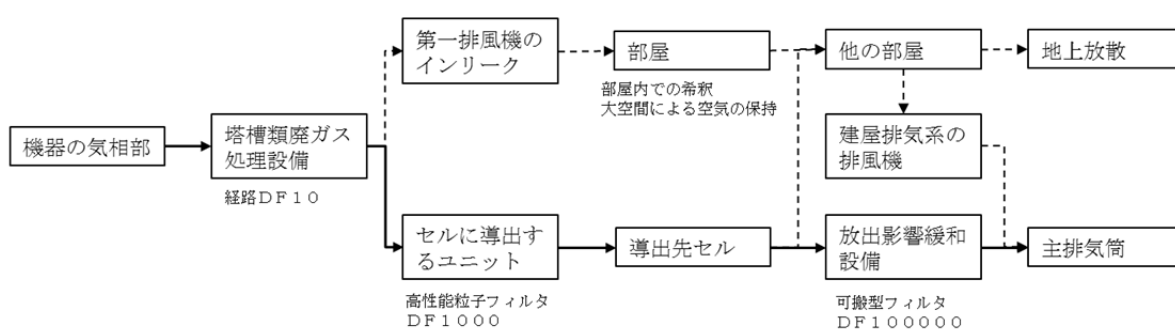


図3. ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋の放出経路

3. 評価方法

3.1 基本方針

各経路について敷地境界における最大個人線量を評価する。

これらの被ばく線量値を比較し、被ばく線量評価結果が大きな経路を、圧縮空気供給時の各建屋の代表線量とする。

3.2 具体的評価手法

事故により生じたエネルギーによって放射性物質が気相へ移行する割合や、設備により除染される割合及び人間が呼吸しうる粒径の割合などをファクターとして考慮することによって放射性物質の放出量を簡易的に評価する手法、5因子⁽¹⁾法を参考として放射性物質放出量を評価する。以下に計算式を示す。

$$STi = MARi \times DR \times ARFi \div DFi \quad (1)$$

$$MARi = Ci \times M$$

ここで、

STi : 核種グループ i の放射性物質放出量 (Bq)

MARi : 対象機器等における核種グループ i の放射性物質質量 (Bq)

DR : MAR のうち、各事象で影響を受ける割合 (-)

ARFi : 核種グループ i の放射性物質の気相への移行割合 (-)

DFi : 核種グループ i の放出経路における除染係数 (-)

Ci : 溶液組成の核種グループ i の濃度 (Bq/m³)

M: 溶液量 (m³)

核種グループは、事故時に支配的になる核種として、Zr/Nb, Ru/Rh, Cs/Ba, Ce/Pr, Sr/Y, その他FP, Pu(α), Am/Cm(α), U(α)及びNp(α)を設定した。

放射性物質吸入による敷地境界外の実効線量DI(Sv)は、放射性物質放出量に相対濃度、呼吸率及び実効線量換算係数を乗じて求める。以下に計算式を示す。

$$D_i = \sum_i H_i \cdot B \cdot \chi / Q \cdot ST_i \quad (2)$$

ここで、

H:実効線量換算係数(Sv/Bq)

B:呼吸率(m³/s)

χ / Q :相対濃度(s/m³)

4. 評価条件

4.1. MARの設定

評価対象機器に内包する溶液中の放射性物質の濃度は、1日当たり処理する使用済燃料の平均燃焼度45,000MWd/t \cdot UPr,照射前燃料濃縮度4.5wt%,比出力38MW/t \cdot UPr,冷却期間15年を基に算出した平常運転時の最大値とする。MARは、上記の放射性物質の濃度に基づき機器ごとに設定する。

4.2 DRの設定

DRは事故時に発生するストレスにより放射性物質放出に寄与する割合であり、気相部の水素爆発では溶液表面部分のみの影響であると想定される。このため、DRは1を下回ると考えられるが、厳しい結果を与える設定とし

て $DR=1$ (機器内または対象となる場所に存在する放射性物質の全数が事象に寄与)と設定する。

4.3 ARFの設定

圧縮空気の供給に伴い気相中に移行する場合の放射性物質の割合は圧縮空気 1 m^3 当たり 10 mg ($1\times 10^{-5}\text{ kg/m}^3$)とし、ARFは本値に応じて機器ごとに設定する。

$$ARF_i = \frac{1 \times 10^{-5} \times Q_i \times T}{V_i \rho_i} \quad (3)$$

ここで、

Q_i : 機器 i に供給される圧縮空気流量 (m^3/h)

T : 評価時間 (h)

V_i : 機器 i 内の溶液量 (m^3)

ρ_i : 機器 i 内の溶液の密度 (kg/m^3)

ARFの算出に用いたパラメータを表1に示す。

4.4 DFの設定

4.4.1 地上放散の場合

地上放散の場合は、気相部に移行した放射性物質は水封安全器を介してセルに放出された後、複数のセル又は部屋を介して屋外に到達する。放射性物質が屋外に到達するまでの最短経路上のセル又は部屋の体積による希釈、セル又は部屋間の DF_{10} を考慮して、放出パスの総合的な除染係数(DF_g とする)を計算する。 DF_g は以下の式より計算する。計算に用いたパラメー

タを表2に示す。

$$DF_{g,j} = \prod_i \left(V_{cell,i} \cdot \frac{1}{V_{leak,j}} \cdot DF_{i \rightarrow i+1} \right) \quad (4)$$

ここで、

$DF_{g,j}$: 機器 j の総合的な除染係数

$V_{leak,j}$ (m³) : 機器 j から爆発により膨張し、放出する気体の体積。爆燃を想定している。

$V_{cell,i}$ (m³) : 通過セル i の体積

$V_{gas,j}$ (m³) : 機器 j の気相部体積

$DF_{i \rightarrow i+1}$: 通過セル i から次の通過セル i+1 間の除染係数。壁一枚につき 10 とする⁽²⁾。

4.4.2 主排気筒放出の場合

圧縮空気を供給することにより平常時の流量を超えることは無いため、高性能粒子フィルタの劣化は考慮しない。以下の通り除染係数を設定し、放出経路上に存在する機器を組み合わせることで経路ごとに除染係数を定める。

セルへ導出するユニットの高性能粒子フィルタ : 10³

可搬型フィルタ : 10⁵

塔槽類廃ガス処理設備の配管 : 10

高性能粒子フィルタへ至る前の配管の曲り及び機器による除染を考慮して、除染係数 10 を期待する。これは、水素爆発時であっても配管の曲り 1 つで除

染係数 10 程度の効果があることが報告されていることに基づく⁽³⁾。

表1. A R Fの算出に用いたパラメータ

建屋 ※	機器	掃気流量 (m ³ /h)	液量 (m ³)	密度 (k g /m ³)	A R F (/h)
AA	ハル洗浄槽	2	0.2	1000	1.0E-07
AA	水バッファ槽	0.5		1000	1.0E-09
AA	中継槽	0.5	7	1410	5.1E-10
AA	リサイクル槽	0.5	2	1410	1.8E-09
AA	不溶解残渣回収槽	5	5	976	1.1E-08
AA	計量前中間貯槽	1.1	25	1410	3.2E-10
AA	計量・調整槽	0.9	25	1410	2.6E-10
AA	計量後中間貯槽	0.9	25	1410	2.6E-10
AA	計量補助槽	0.5	7	1410	5.1E-10
AA	中間ポット	0.5		1400	2.8E-08
AB	抽出塔	2.3		824	1.5E-08
AB	第1洗浄塔	1.4		824	8.8E-09
AB	第2洗浄塔	0.7		824	4.4E-09
AB	T B P洗浄塔	2.1		824	2.0E-08
AB	プルトニウム分配塔	1.1		760	5.2E-09
AB	ウラン洗浄塔	0.7		824	5.0E-08
AB	プルトニウム洗浄器	0.5		824	3.5E-09
AB	プルトニウム溶液受槽	0.7	3	1010	2.4E-09
AB	プルトニウム溶液中間貯槽	0.7	3	1100	2.2E-09
AB	第1一時貯留処理槽	2.9		824	1.5E-08
AB	第2一時貯留処理槽	0.7	3	760	3.1E-09
AB	第3一時貯留処理槽	0.5	20	1073	2.4E-10
AB	第4一時貯留処理槽	0.5	20	1073	2.4E-10
AB	第5一時貯留処理槽	0.7	3	1100	2.2E-09
AB	第6一時貯留処理槽	4.4		824	8.90E-08
AB	第7一時貯留処理槽	0.7		1073	2.4E-09
AB	第8一時貯留処理槽	1.3		824	5.4E-09
AB	第9一時貯留処理槽	0.5	10	1100	4.6E-10
AB	第10一時貯留処理槽	0.5		824	1.1E-09
AB	第1洗浄器	0.5		824	1.1E-09
AB	高レベル廃液供給槽	0.5	20	1050	2.4E-10
AB	高レベル廃液濃縮缶	5.7	22	1460	1.8E-09
AB	溶解液中間貯槽	0.8	25	1410	2.3E-10
AB	溶解液供給槽	0.5	6	1410	6.0E-10
AB	抽出廃液受槽	0.5	15	1073	3.2E-10
AB	抽出廃液中間貯槽	0.5	20	1073	2.4E-10
AB	抽出廃液供給槽	1.1	60	1073	1.8E-10
AC	プルトニウム溶液供給槽	0.5		1100	1.2E-09
AC	抽出塔	0.5		824	3.6E-08
AC	核分裂生成物洗浄塔	0.5		824	4.7E-08
AC	逆抽出塔	0.5		824	5.1E-08
AC	ウラン洗浄塔	0.5		824	1.9E-07
AC	補助油水分離槽	0.5		1150	5.6E-08
AC	T B P洗浄器	0.5		1150	8.7E-08
AC	プルトニウム溶液受槽	0.5		1080	5.2E-09
AC	油水分離槽	0.5		1080	5.2E-09

補-8-3-12

■ については商業機密の観点から公開できません。

建屋 ※	機器	掃気流量 (m ³ /h)	液量 (m ³)	密度 (kg /m ³)	ARF (/h)
AC	プルトニウム濃縮缶供給槽	0.7	■	1080	2.2E-09
AC	プルトニウム溶液一時貯槽	0.7		1080	2.2E-09
AC	プルトニウム濃縮缶	0.5		1700	1.5E-08
AC	プルトニウム濃縮液受槽	0.7		1620	4.5E-09
AC	プルトニウム濃縮液一時貯槽	1	1.5	1620	4.2E-09
AC	プルトニウム濃縮液計量槽	0.7	■	1620	4.5E-09
AC	リサイクル槽	0.7		1620	4.5E-09
AC	希釈槽	1.6		1620	4.1E-09
AC	プルトニウム濃縮液中間貯槽	0.7		1620	4.5E-09
AC	第1一時貯留処理槽	0.5		824	1.4E-08
AC	第2一時貯留処理槽	0.5		824	1.3E-08
AC	第3一時貯留処理槽	0.5		1080	1.6E-09
AC	第4一時貯留処理槽	0.5		1200	2.4E-09
AC	第7一時貯留処理槽	0.5		1080	4.6E-10
CA	硝酸プルトニウム貯槽	1		1	1580
CA	混合槽	1	1	1570	6.4E-09
CA	一時貯槽	1	1	1580	6.4E-09
KA	高レベル濃縮廃液貯槽	32	120	1300	2.1E-09
KA	高レベル濃縮廃液一時貯槽	7.3	25	1300	2.3E-09
KA	高レベル廃液混合槽	10	20	1300	3.9E-09
KA	供給液槽	3	5	1300	4.7E-09
KA	供給槽	1	2	1300	3.9E-09
KA	不溶解残渣廃液一時貯槽	4.5	5	976	9.3E-09
KA	不溶解残渣廃液貯槽	27	70	976	4.0E-09
KA	高レベル廃液共用貯槽	32	120	1300	2.1E-09

※AA：前処理建屋，AB：分離建屋，AC：精製建屋，CA：ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋，KA：高レベル廃液ガラス固化建屋

■については商業機密の観点から公開できません。

表 2. DF_g の算出に用いたパラメータ

建屋 ※	機器	V_{leak} (m^3)	V_{cell1} (m^3)	V_{cell2} (m^3)	V_{cell3} (m^3)	V_{cell4} (m^3)	1 / DF_g (-)
AA	ハル洗浄槽	2	3304	4720	—	—	1.5E-10
AA	水バッファ槽	0.5	3304	4720	—	—	9.1E-12
AA	中継槽	0.5	3304	4720	—	—	9.1E-12
AA	リサイクル槽	0.5	3304	4720	—	—	9.1E-12
AA	不溶解残渣回収槽	5	3304	4720	—	—	9.1E-10
AA	計量前中間貯槽	1.1	3304	4720	—	—	4.4E-11
AA	計量・調整槽	0.9	3304	4720	—	—	3.0E-11
AA	計量後中間貯槽	0.9	3304	4720	—	—	3.0E-11
AA	計量補助槽	0.5	3304	4720	—	—	9.1E-12
AA	中間ポット	0.5	3304	4720	—	—	9.1E-12
AB	抽出塔	2.3	2832	6497	—	—	2.6E-09
AB	第1洗浄塔	1.4	2832	6497	—	—	9.6E-10
AB	第2洗浄塔	0.7	2832	6497	—	—	2.4E-10
AB	TBP洗浄塔	2.1	2832	6497	—	—	2.2E-09
AB	プルトニウム分配塔	1.1	2832	6497	—	—	6.0E-10
AB	ウラン洗浄塔	0.7	2832	6497	—	—	2.4E-10
AB	プルトニウム洗浄器	0.5	2832	6497	—	—	1.3E-10
AB	プルトニウム溶液受槽	0.7	2832	6497	—	—	2.4E-10
AB	プルトニウム溶液中間貯槽	0.7	2832	6497	—	—	2.4E-10
AB	第1一時貯留処理槽	2.9	2832	6497	—	—	4.2E-09
AB	第2一時貯留処理槽	0.7	2832	6497	—	—	2.4E-10
AB	第3一時貯留処理槽	0.5	2832	6497	—	—	1.3E-10
AB	第4一時貯留処理槽	0.5	2832	6497	—	—	1.3E-10
AB	第5一時貯留処理槽	0.7	2832	6497	—	—	2.4E-10

建屋 ※	機器	V_{leak} (m^3)	V_{cell1} (m^3)	V_{cell2} (m^3)	V_{cell3} (m^3)	V_{cell4} (m^3)	1/DFg (-)
AB	第6一時貯留処理槽	4.4	2832	6497	—	—	9.47E-09
AB	第7一時貯留処理槽	0.7	2832	6497	—	—	2.40E-10
AB	第8一時貯留処理槽	1.3	2832	6497	—	—	8.27E-10
AB	第9一時貯留処理槽	0.5	2832	6497	—	—	1.22E-10
AB	第10一時貯留処理槽	0.5	2832	6497	—	—	1.22E-10
AB	第1洗浄器	0.5	2832	6497	—	—	1.22E-10
AB	高レベル廃液供給槽	0.5	2832	6497	—	—	1.22E-10
AB	高レベル廃液濃縮缶	5.7	2832	6497	—	—	1.59E-08
AB	溶解液中間貯槽	0.8	2832	6497	—	—	3.13E-10
AB	溶解液供給槽	0.5	2832	6497	—	—	1.22E-10
AB	抽出廃液受槽	0.5	2832	6497	—	—	1.22E-10
AB	抽出廃液中間貯槽	0.5	2832	6497	—	—	1.22E-10
AB	抽出廃液供給槽	1.1	2832	6497	—	—	5.92E-10
AC	プルトニウム溶液供給槽	0.5	7645	8710	—	—	3.38E-11
AC	抽出塔	0.5	7645	8710	—	—	3.38E-11
AC	核分裂生成物洗浄塔	0.5	7645	8710	—	—	3.38E-11
AC	逆抽出塔	0.5	7645	8710	—	—	3.38E-11
AC	ウラン洗浄塔	0.5	7645	8710	—	—	3.38E-11
AC	補助油水分離槽	0.5	7645	8710	—	—	3.38E-11
AC	T B P 洗浄器	0.5	7645	8710	—	—	3.38E-11
AC	プルトニウム溶液受槽	0.5	7645	8710	—	—	3.38E-11
AC	油水分離槽	0.5	7645	8710	—	—	3.38E-11
AC	プルトニウム濃縮缶供給槽	0.7	7645	8710	—	—	6.62E-11
AC	プルトニウム溶液一時貯槽	0.7	7645	8710	—	—	6.62E-11
AC	プルトニウム濃縮缶	0.5	7645	8710	—	—	3.38E-11
AC	プルトニウム濃縮液受槽	0.7	7645	8710	—	—	6.62E-11

補-8-3-15

建屋 ※	機器	V_{leak} (m^3)	V_{cell1} (m^3)	V_{cell2} (m^3)	V_{cell3} (m^3)	V_{cell4} (m^3)	1/DFg (-)
AC	プルトニウム濃縮液一時貯槽	1	7645	8710	—	—	1.35E-10
AC	プルトニウム濃縮液計量槽	0.7	7645	8710	—	—	6.62E-11
AC	リサイクル槽	0.7	7645	8710	—	—	6.62E-11
AC	希釈槽	1.6	7645	8710	—	—	3.46E-10
AC	プルトニウム濃縮液中間貯槽	0.7	7645	8710	—	—	6.62E-11
AC	第1一時貯留処理槽	0.5	7645	8710	—	—	3.38E-11
AC	第2一時貯留処理槽	0.5	7645	8710	—	—	3.38E-11
AC	第3一時貯留処理槽	0.5	7645	8710	—	—	3.38E-11
AC	第4一時貯留処理槽	0.5	7645	8710	—	—	3.38E-11
AC	第7一時貯留処理槽	0.5	7645	8710	—	—	3.38E-11
CA	硝酸プルトニウム貯槽	1	1	1183	—	—	7.61E-06
CA	混合槽	1	1	1183	—	—	7.61E-06
CA	一時貯槽	1	1	1183	—	—	7.61E-06
KA	高レベル濃縮廃液貯槽	32	1801	1289	3923	697	2.48E-07
KA	高レベル濃縮廃液一時貯槽	7.3	1801	1289	3923	697	1.29E-08
KA	高レベル廃液混合槽	10	1801	1289	3923	697	2.42E-08
KA	供給液槽	3	1801	1289	3923	697	2.18E-09
KA	供給槽	1	1801	1289	3923	697	2.42E-10
KA	不溶解残渣廃液一時貯槽	4.5	1801	1289	3923	697	4.91E-09
KA	不溶解残渣廃液貯槽	27	1801	1289	3923	697	1.77E-07
KA	高レベル廃液共用貯槽	32	1801	1289	3923	697	2.48E-07

※AA:前処理建屋、AB:分離建屋、AC:精製建屋、CA:ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋、KA:高レベル廃液ガラス固化建屋

4.6 実効線量換算係数

実効線量換算係数は ICRP Pub 72⁽⁴⁾ から核種毎の係数を調査し設定した。実効線量換算係数を表 3 に示す。

表 3 実効線量換算係数

核種グループ	呼吸摂取実効線量換算係数 (Sv/Bq)
Zr/Nb	1.7×10^{-8}
Ru/Rh	3.3×10^{-8}
Cs/Ba	2.4×10^{-9}
Ce/Pr	2.6×10^{-8}
Sr/Y	8.1×10^{-8}
その他 FP	2.9×10^{-8}
Pu	3.5×10^{-6}
Am/Cm	3.6×10^{-5}
U	5.1×10^{-6}
Np	4.19×10^{-7}

4.7 相対濃度及び呼吸率

相対濃度は「再処理施設の設計基準事象選定⁽⁵⁾」に記載の値を用いた(表 4 参照)。呼吸率は再処理事業指定申請書に記載の $3.33 \times 10^{-4} \text{m}^3/\text{s}$ とした。

表 4 相対濃度一覧

放出点	$\chi/Q(\text{s}/\text{m}^3)$
主排気筒	1.2×10^{-6}
前処理建屋	9.5×10^{-5}
分離建屋	9.3×10^{-5}
精製建屋	7.7×10^{-5}
ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋	7.8×10^{-5}
高レベル廃液ガラス固化建屋	1.1×10^{-4}

5. 評価結果

評価結果を表 5 に示す。各建屋で支配的となる放出経路は初期の地上放散であるが、平常時の年間の被ばく線量 $22 \mu \text{Sv}$ を下回ることを確認した。

表5 被ばく線量評価結果

建屋	経路名	評価時間	除染係数	被ばく線量 (mSv)
AA, KA	経路①-AA, KA	45分 (0.75h)	表2に示す	AA:8E-12 KA:5E-7
	経路②-AA, KA	1年	1E+6	平常時と同等
AB, AC	経路①-AB, AC	3時間	表2に示す値	AB:3E-10 AC:3E-11
	経路②-AB, AC	4時間 (可搬型排風機起動まで)	表2の値× 1E+3	AB:4E-13 AC:4E-14
	経路③-AB, AC	1年	1E+9	平常時と同等
	経路④-AB, AC	1年	1E+6	平常時と同等
CA	経路①-CA	3時間	表2に示す値	8E-7
	経路②-CA	4時間 (可搬型排風機起動まで)	表2の値× 1E+3	1E-9
	経路③-CA	1年	1E+9	平常時と同等
	経路④-CA	1年	1E+6	平常時と同等

6. 参考文献

- (1) Nuclear Fuel Cycle Facility Accident Analysis Handbook, NUREG/CR-6410, 1998.
- (2) Elizabeth M. Flew, B.A.J. Lister, “Assessment of the potential release of radioactivity from installations at AERE,” *HARWELL. Implications for Emergency Planning*, IAEA-SM-119/7, p653, 1969.
- (3) 小林卓志ほか. “再処理工場水素爆発事故時における放射性物質移行率の調査（5）環状容器試験 その2”. 日本原子力学会 2016 年春の年会 , 日本原子力学会 , 2016-03 . <https://confit.atlas.jp/guide/event/aesj2016s/proceedings/list>, (参照 2016-10-23).
- (4) ICRP publication 72: Age-dependent Doses to the Members of the Public from Intake of Radionuclides: Part 5 Compilation of Ingestion and Inhalation Coefficients, ICRP Publication 72. Ann. ICRP 26 (1) (1995)
- (5) 再処理施設の設計基準事象の選定(J/M-1004 改 7)、日本原燃(株)、三菱重工業(株)(平成 3 年 4 月)

補足説明資料 8-4 (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

空気漏えい時の作業環境

1. はじめに

重大事故時に対処に当たる要員の作業環境を評価するため、発生防止対策又は拡大防止対策成功時において、供給した空気が部屋へ漏えいした場合の事象発生建屋内の要員の外部被ばくの線量率を算出する。

2. 評価対象となる建屋及び作業部屋

評価対象の建屋は、圧縮空気貯槽又は圧縮空気ユニットにより継続的に空気が供給される分離建屋、精製建屋及びウラン・プルトニウム混合脱硝建屋を対象とする。評価対象の部屋は、セル導出先のセルに隣接する部屋とする。

3. 評価方法

3.1 内部被ばく

内部被ばくについては、重大事故等の対処時に酸素呼吸器を装備していることから被ばく経路に考慮しない。

3.2 外部被ばく

外部被ばくの線量率は、サブマージョン計算式を用い評価する。供給された圧縮空気は、厳しい結果となるように全量が漏えいすることを想定する。

(1) 流出する放射エネルギーの算出

補 8-4-1

核種グループ i の放出インベントリ $S T_i$ は,

$$S T_i = M A R_i \times D R \times A R F / D F$$

ここで,

$S T_i$: 核種グループ i の放出インベントリ (Bq)

$M A R_i$: 核種グループ i の貯槽の放射性物質質量 (Bq)

$D R$: 原因事象の影響を受ける割合 (—) (= 1)

$A R F$: 気相への移行率 (—) ($10 \text{ mg} / \text{m}^3$ とする)

$D F$: 除染係数 (—) (= 1)

(2) $A R F$ の評価方法

圧縮空気の供給に伴い気相中に移行する場合の放射性物質の割合は圧縮空気 1 m^3 当たり 10 mg ($1 \times 10^{-5} \text{ kg} / \text{m}^3$) とし、 $A R F$ は本値に応じて機器ごとに設定する。

$$A R F_i = \frac{1 \times 10^{-5} \times Q_i \times T}{V_i \rho_i} \quad (3)$$

ここで,

Q_i : 機器 i に供給される圧縮空気流量 (m^3 / h)

T : 評価時間 (h)

V_i : 機器 i 内の溶液量 (m^3)

ρ_i : 機器 i 内の溶液の密度 (kg / m^3)

$A R F$ の算出に用いたパラメータを表 1 に示す。

表 1. A R F の算出に用いたパラメータ

建屋※	機器	掃気流量 (m^3/h)	液量 (m^3)	密度 (k g / m^3)	A R F ($/h$)
AB	抽出塔	2.3		824	1.5E-08
AB	第1洗浄塔	1.4		824	8.8E-09
AB	第2洗浄塔	0.7		824	4.4E-09
AB	T B P 洗浄塔	2.1		824	2.0E-08
AB	プルトニウム分配塔	1.1		760	5.2E-09
AB	ウラン洗浄塔	0.7		824	5.0E-08
AB	プルトニウム洗浄器	0.5		824	3.5E-09
AB	プルトニウム溶液受槽	0.7	3	1010	2.4E-09
AB	プルトニウム溶液中間貯槽	0.7	3	1100	2.2E-09
AB	第1一時貯留処理槽	2.9		824	1.5E-08
AB	第2一時貯留処理槽	0.7	3	760	3.1E-09
AB	第3一時貯留処理槽	0.5	20	1073	2.4E-10
AB	第4一時貯留処理槽	0.5	20	1073	2.4E-10
AB	第5一時貯留処理槽	0.7	3	1100	2.2E-09
AB	第6一時貯留処理槽	4.4		824	8.90E-08
AB	第7一時貯留処理槽	0.7		1073	2.4E-09
AB	第8一時貯留処理槽	1.3		824	5.4E-09
AB	第9一時貯留処理槽	0.5	10	1100	4.6E-10
AB	第10一時貯留処理槽	0.5		824	1.1E-09
AB	第1洗浄器	0.5		824	1.1E-09
AB	高レベル廃液供給槽	0.5	20	1050	2.4E-10
AB	高レベル廃液濃縮缶	5.7	22	1460	1.8E-09
AB	溶解液中間貯槽	0.8	25	1410	2.3E-10
AB	溶解液供給槽	0.5	6	1410	6.0E-10
AB	抽出廃液受槽	0.5	15	1073	3.2E-10
AB	抽出廃液中間貯槽	0.5	20	1073	2.4E-10
AB	抽出廃液供給槽	1.1	60	1073	1.8E-10
AC	プルトニウム溶液供給槽	0.5		1100	1.2E-09
AC	抽出塔	0.5		824	3.6E-08
AC	核分裂生成物洗浄塔	0.5		824	4.7E-08
AC	逆抽出塔	0.5		824	5.1E-08
AC	ウラン洗浄塔	0.5		824	1.9E-07
AC	補助油水分離槽	0.5		1150	5.6E-08
AC	T B P 洗浄器	0.5		1150	8.7E-08
AC	プルトニウム溶液受槽	0.5		1080	5.2E-09
AC	油水分離槽	0.5		1080	5.2E-09
AC	プルトニウム濃縮缶供給槽	0.7		1080	2.2E-09
AC	プルトニウム溶液一時貯槽	0.7		1080	2.2E-09
AC	プルトニウム濃縮缶	0.5		1700	1.5E-08
AC	プルトニウム濃縮液受槽	0.7		1620	4.5E-09
AC	プルトニウム濃縮液一時貯槽	1	1.5	1620	4.2E-09
AC	プルトニウム濃縮液計量	0.7		1620	4.5E-09

補 8-4-3

■については商業機密の観点から公開できません。

建屋※	機器	掃気流量 (m^3/h)	液量 (m^3)	密度 (k g/ m^3)	A R F ($/h$)
	槽				
AC	リサイクル槽	0.7	■	1620	4.5E-09
AC	希釈槽	1.6		1620	4.1E-09
AC	プルトニウム濃縮液中間貯槽	0.7		1620	4.5E-09
AC	第1一時貯留処理槽	0.5		824	1.4E-08
AC	第2一時貯留処理槽	0.5		824	1.3E-08
AC	第3一時貯留処理槽	0.5		1080	1.6E-09
AC	第4一時貯留処理槽	0.5		1200	2.4E-09
AC	第7一時貯留処理槽	0.5		1080	4.6E-10
CA	硝酸プルトニウム貯槽	1		1	1580
CA	混合槽	1	1	1570	6.4E-09
CA	一時貯槽	1	1	1580	6.4E-09

※ A B : 分離建屋, A C : 精製建屋, C A : ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋

■ については商業機密の観点から公開できません。

(3) ガンマ線の線源強度の算出

爆発によりリークする核種グループ i の放射エネルギー M_i は、以下の式より求める。

$$M_i = M A R_i \times D R \times A R F_i$$

$$S_{\gamma, i} = E \times M_i / 0.5 / V_{d i f}$$

ここで、

M_i : リークする核種グループ i の放射エネルギー (Bq)

$S_{\gamma, i}$: 核種グループ i の線源強度 ($\gamma / \text{cm}^3 / \text{s}$)

E_i : 核種グループ i のガンマ線実効エネルギー (MeV/dis)

0.5 : エネルギー換算係数 (0.5MeV換算) (MeV/ γ)

$V_{d i f}$: 拡散範囲 (cm^3)

用いたガンマ線実効エネルギー⁽¹⁾⁽²⁾を表2に示す。

表2 ガンマ線実効エネルギー一覧

元素(代表核種)	ガンマ線実効エネルギー (MeV/dis)
Zr/Nb(Zr-93)	8.009×10^{-5}
Ru/Rh(Rh-106)	2.050×10^{-1}
Cs/Ba(Cs-137)	5.970×10^{-1}
Ce/Pr(Pr-144)	3.200×10^{-2}
Sr/Y(Y-90)	7.488×10^{-2}
その他 FP(Eu-154)	1.242

(4) 外部被ばくの線量率の算出

サブマージョンモデルを用いて外部被ばくの線量率を計

算する⁽³⁾。

$$D_{\gamma, i} = (K / \mu) \times [(A / (1 + \alpha_1)) \times \{ 1 - \exp(- (1 + \alpha_1) \cdot \mu \cdot R_2) \} + ((1 - A) / (1 + \alpha_2)) \times \{ 1 - \exp(- (1 + \alpha_2) \cdot \mu \cdot R_0) \}] \times S_{\gamma, i} \times 0.5$$

ここで、

$D_{\gamma, i}$: 核種グループ i の外部被ばくの線量率 (m S v / h)

K : 線量率換算係数 ((m S v / h) / (γ / c m² / s))
(= 8.92206×10^{-6})

A, α_1, α_2 : テーラ型ビルドアップ係数 (-)
($A = 24.0, \alpha_1 = -0.138, \alpha_2 = 0.0$)
(空気に対する 0.5M e V ガンマ線の値)

μ : 線吸収係数 (c m⁻¹) (= 質量減衰係数 0.087 (c m² / g) $\times \rho$)

R_0 : 放射性物質拡散範囲の半球換算時等価半径 (c m)

$$D_{\gamma} = \Sigma (D_{\gamma, i})$$

ここで、

D_{γ} : 全核種グループの外部被ばくの線量率 (m S v / h)

4. 評価結果

ガンマ線の線源強度の評価結果を表 3 に示す。また、建屋毎の線量率を表 4 に示す。評価結果からわかるように、可搬型排風機の起動までの作業に支障はないと判断できる。

表 3 . ガンマ線の線源強度

元素グループ	分離建屋	精製建屋	ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋
	S γ (Bq)	S γ (Bq)	S γ (Bq)
Zr/Nb	2.1E+04	0.0E+00	0.0E+00
Ru/Rh	3.5E+05	3.7E+00	4.3E-02
Cs/Ba	1.1E+09	0.0E+00	8.3E+00
Ce/Pr	2.4E+04	0.0E+00	1.7E-03
Sr/Y	7.8E+08	0.0E+00	1.0E+01
other FPs	6.9E+07	7.0E+01	1.3E+02
Pu	4.9E+08	6.8E+09	3.2E+09
Am/Cm	6.4E+07	0.0E+00	3.1E+06
U	7.7E+03	5.8E+00	3.3E+02
Np	4.4E+04	0.0E+00	5.6E+00

表 4 . 線量率の評価結果

建屋		線量率 (mSv/h)
分離建屋		0.03
精製建屋	隣接部屋 1	5×10^{-9}
	隣接部屋 2	2×10^{-10}
ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋		9×10^{-10}

5 . 参考文献

- (1) K. F. Echerman and J. C. Ryman “FEDERAL GUIDANCE REPORT NO.12 EXTERNAL EXPOSURE TO RADIONUCLIDES IN AIR, WATER AND SOIL (1993).
- (2) 原子力安全委員会「被曝計算に用いる放射線エネルギー等について」(平成 13 年)
- (3) W.H. Guilinger, N. D. Cook and P. A. Gills, “SPAN-3” ; A Shield Design Program for the PHILCO-2000 Computer” , WAPD-TM-235 (1962)

補足説明資料 8-5 (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

水素爆発時の塔槽類廃ガスフィルタの健全性について

1. 目的

機器内において放射線分解により発生した水素が爆発した場合、機器から塔槽類廃ガス処理設備へ水素の燃焼が伝播し、塔槽類廃ガス処理設備の高性能粒子フィルタへ圧力波、高温ガスが到達する可能性がある。水素爆発を想定する機器内で水素爆発が発生した場合における塔槽類廃ガス処理設備の高性能粒子フィルタに与える影響を定性的に検討する。

2. 塔槽類廃ガス処理設備内の水素爆発の様態

2.1 水素爆発時の燃焼伝播モードについて

一般的に、可燃性ガスの燃焼の伝播には、爆燃及び爆轟の2つのモードがある。概略ではあるが、爆燃とは亜音速で伝播する火炎伝播現象であり、爆轟とは超音速で伝播する火炎伝播現象である⁽¹⁾。爆轟は強いエネルギーで直接起爆し発生する場合と、爆燃から配管のような狭い空間において圧力波の反射による燃焼波の乱れ等により波面が加速し、爆轟に遷移する（以下、「DDT」という。）ことがある。再処理工場においては、着火源が排除されていることから、何らかの原因で水素が着火するとしても、着火エネルギーが大きくなるとは考えがたい。このため、火炎の伝播は爆燃から始まると考えられる。この場合は、爆発前後の圧力比は空気の場合で約7程度である⁽¹⁾。一方、水素と空気の理論混合比における爆轟の圧

力は、1.58MPa⁽¹⁾程度に達する。

2.2 再処理工場の特徴を考慮した爆発現象

水素爆発を想定する機器と、塔槽類廃ガス処理設備の高性能粒子フィルタの間には、塔槽類廃ガス処理設備の配管、洗浄塔、凝縮器等の機器が存在する。

配管のような閉空間では、2.1で述べたように燃焼に伴う圧力波が散逸せず、反射することにより部分的に高圧になり、火炎の速度を加速させ爆轟に転移する可能性がある。一方、洗浄塔のように機器内部に水を含む場合は圧力波及び火炎を減衰させる。このため、塔槽類廃ガス処理設備内での圧力伝播挙動は、機器内の水素の濃度、塔槽類廃ガス処理設備内の水素濃度分布、着火位置など様々な要因により変化すると考えられる。

高性能粒子フィルタの健全性について、定量的な結果を得るためには、水素爆発を想定する機器それぞれ86機器分の経路をモデル化した拡散解析、水素燃焼解析を実施する必要があるが現実的ではない。このため、着火から爆轟波が形成されるまでの距離である爆轟誘導距離（経路長さ÷経路の径、以下 L/D という。）を用いて定性的な検討を行う。水素の爆轟誘導距離は、文献（1）では100とされている。原子力発電所の検討例では、 L/D の目安として20が使用されている実績がある⁽²⁾。配管径を50Aから150Aと想定し、 $L/D=20$ となるように配管長さを求めた結果を表1に示す。水素が理想的に滞留するような条件では、表1に示すように比較的短い距離で爆轟に遷移する可能性がある。

このため、発生防止対策又は拡大防止対策が成立せず、水素が蓄積するような状況となった場合には、配管内での爆轟

を想定する必要がある。

表 1 . 配管径と爆轟誘導距離 20 の場合の配管長さ

配管径	Sch20S の時の内径 (mm)	L/D=20 相当の管長さ (m)
50A	53.5	1.07
65A	69.3	1.386
80A	81.1	1.622
90A	93.6	1.872
100A	106.3	2.126
125A	129.8	2.596
150A	155.2	3.104

3. 高性能粒子フィルタの健全性

高性能粒子フィルタの健全性を議論する場合，着目すべき物理現象及び要因は，主にガス温度，ガス流速，差圧，湿度，流入する化学物質である。水素爆発の場合，ガス温度，ガス流速，差圧に着目する必要がある。

3.1 健全性の判断基準

ガス温度は報告されている高温試験に基づき 200℃とする⁽³⁾。

ガス流速は N U R E G / C R - 6 4 1 0⁽⁴⁾ に基づき定常流速の 10 倍とする。

フィルタの差圧は報告されている圧力変化試験に基づき 9.3 k P a とする⁽⁵⁾。

3.2 ガス温度

爆轟に達した場合，ガス温度は 3000℃前後に達する。燃焼後のガスが持つ熱は，配管や構造物へ放熱しつつ伝播し，高性能粒子フィルタに到達するころには大きく温度は低下すると想定されるが，厳しい結果となるように断熱条件で考えれば 200℃を超過する場合があると考ええる。

3.3 ガス流速

爆轟の場合、ガス流速は音速を超える。音速を約 340m/s とし、フィルタの断面積を約 0.37m^2 と仮定すると、 $450,000\text{m}^3/\text{h}$ となり、高性能粒子フィルタの定格風量 $2000\text{m}^3/\text{h}$ の 10 倍を大きく上回ることから、フィルタの健全性を担保するためには詳細な検討が必須となる。

3.4 差圧

判断基準とした 9.3kPa に相当する流量は $400\text{m}^3/\text{h}$ 程度である。差圧は大風量下では風速の 2 乗に比例するため、3.3 で想定したような風量では明らかに 9.3kPa を超過する。このため、フィルタの健全性を担保するためには詳細な検討が必須となる。

4. まとめ

水素爆発を想定する機器に接続する塔槽類廃ガス処理設備の高性能粒子フィルタの水素爆発時の健全性について定性的に検討した。定性的な検討の範囲では、爆発時の温度、ガス流速及び差圧の全ての観点で厳しい条件となることから、高性能粒子フィルタが爆発時に健全であるとは断言できない。

5. 参考文献

- (1) 「水素の有効利用ガイドブック」、(独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構、平成 20 年 3 月
- (2) 玄海原子力発電所 3 号炉及び 4 号炉 重大事故等対策の有効性評価に係る説明資料、平成 28 年 6 月、九州電力株式会社
- (3) 尾崎誠，金川昭．高性能エアフィルタの苛酷条件下における性能．空気清浄．1988-03，vol. 25，no. 6.

- (4) Nuclear Fuel Cycle Facility Accident Analysis Handbook, NUREG/CR-6410, 1998.
- (5) 尾崎他、「高性能エアフィルタの苛酷時健全性試験, (VII), 圧力変化試験」、日本原子力学会誌、Vol. 30, No. 4, 1988 年

補足説明資料 8-6 (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

未然防止濃度に到達するまでの時間余裕の評価方法

1. はじめに

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までの時間の評価方法を以下に示す。

また、分離建屋及び精製建屋に設置する圧縮空気貯槽並びにウラン・プルトニウム混合脱硝建屋に設置する圧縮空気ユニットから、安全圧縮空気系の系内の圧力の低下に伴い空気が自動供給される。これらの機器が、24 時間後においても、水素爆発を想定する機器内の水素濃度を未然防止濃度に維持できることを以下に示す。

2. 評価の方法

2.1 圧縮空気貯槽及び圧縮空気ユニットを考慮しない場合

機器内の水素濃度が未然防止濃度に到達する時間を以下の通り評価する。

水素発生速度を下式より求める。以下の式は、再処理施設の設計及び工事の方法の認可申請書における火災及び爆発の防止設計の水素発生量の評価式と同等である。

水相のみの場合、

$$F_{H_2} = 8.36 \times 10^{-6} \times V_{aq} \times (Q_{\alpha, aq} \times G_{\alpha, aq} + Q_{\beta\gamma, aq} \times G_{\beta\gamma, aq})$$

ここで、

F_{H_2} : 水素発生速度 (m³/h [normal])

V_{aq} : 水相の液量 (m^3)

$Q_{\alpha, aq}$: 機器内の水相の単位液量あたりの α 崩壊熱量 (W/m^3)

$Q_{\beta\gamma, aq}$: 機器内の水相の単位液量あたりの $\beta\gamma$ 崩壊熱量
(W/m^3)

$G_{\alpha, aq}$: 水相での α 線のG値 (Molecules/100eV)

$G_{\beta\gamma, aq}$: 水相での $\beta\gamma$ 線のG値 (Molecules/100eV)

有機相のみの場合,

$$F_{H_2} = 8.36 \times 10^{-6} \times V_{org} \times \left(Q_{\alpha, org} \times G_{\alpha, org} + Q_{\beta\gamma, org} \times G_{\beta\gamma, org} \right)$$

ここで,

V_{org} : 有機相の液量 (m^3)

$Q_{\alpha, org}$: 機器内の有機相の単位液量あたりの α 崩壊熱量
(W/m^3)

$Q_{\beta\gamma, org}$: 機器内の有機相の単位液量あたりの $\beta\gamma$ 崩壊熱量
(W/m^3)

$G_{\alpha, org}$: 有機相での α 線のG値 (Molecules/100eV)

$G_{\beta\gamma, org}$: 有機相での $\beta\gamma$ 線のG値
(Molecules/100eV)

水相及び有機相が混在する場合,

$$F_{H_2} = 8.36 \times 10^{-6} \times \left\{ V_{aq} \times \left(Q_{\alpha, aq} \times G_{\alpha, aq} + \frac{V_{aq} \times Q_{\beta\gamma, aq} + V_{org} \times Q_{\beta\gamma, org}}{V_{aq} + V_{org}} \times G_{\beta\gamma, aq} \right) + V_{org} \times \left(Q_{\alpha, org} \times G_{\alpha, org} + \right. \right.$$

$$\left. \frac{V_{aq} \times Q_{\beta\gamma, aq} + V_{org} \times Q_{\beta\gamma, org}}{V_{aq} + V_{org}} \times G_{\beta\gamma, org} \right\}$$

次に、水素発生速度を用いて、気相部の初期水素濃度を下式より求める。評価に用いる水素掃気用安全圧縮空気流量は、水素掃気空気の流量計の警報設定値とし、初期水素濃度を高めに評価する。

$$C_0 = \frac{F_{H_2}}{F_{H_2} + f_{air}} \times 100$$

ここで、

C_0 : 初期水素濃度 (vol%)

f_{air} : 水素掃気用安全圧縮空気流量 (m³/h [normal])

さらに、水素発生速度及び気相部の初期水素濃度を用いて、未然防止濃度到達までの時間を下式より求める。

$$t_{mar} = \frac{8 - C_0}{100} \times \frac{V_{gas}}{F_{H_2}}$$

ここで、

t_{mar} : 未然防止濃度到達までの時間 (h)

V_{gas} : 機器の空間容量 (m³)

評価に用いるパラメータを第1表に示す。

2.2 圧縮空気貯槽及び圧縮空気ユニットを考慮する場合

水素掃気機能が喪失した場合に、圧縮空気貯槽及び圧縮空気ユニット（以下、圧縮空気貯槽等）から水素爆発を想定する機器に圧縮空気の供給が継続される時間を以下のとおり評価する。

圧縮空気貯槽及び圧縮空気ユニットから圧縮空気を供給する流路は、平常運転時に圧縮空気を供給する流路と大部分を共有している。このため、平常運転時の経路の抵抗を用いて水素爆発を想定する機器内の水素濃度を8 vol %以下に維持するために必要な圧縮空気流量を供給するための圧縮空気貯槽等の出口流量を求める。

水素爆発を想定する機器内の水素濃度を8 vol %以下に維持するために必要な圧縮空気流量及び平常運転時の水素掃気用安全圧縮空気系からの圧縮空気流量の比率を下式により求める。

$$F_{ratio} = \frac{F_{8vol\%}}{F_{design}}$$

ここで、

F_{ratio} : 水素爆発を想定する機器内の水素濃度を8 vol %以下に維持するために必要な圧縮空気流量及び平常運転時の水素掃気用安全圧縮空気系からの圧縮空気流量の比率 (—)

$F_{8vol\%}$: 水素爆発を想定する機器内の水素濃度を8 vol %以下に維持するために必要な圧縮空気流量 (m³/h [normal])

F_{design} : 平常運転時の水素掃気用安全圧縮空気系からの圧縮空気流量 (m³/h [normal])

得られた比率に、平常運転時において水素爆発を想定する機器にそれぞれ供給されている圧縮空気の流量の建屋毎の和をかけることで、水素爆発を想定する機器内の水素濃度を8 vol %以下に維持できる圧縮空気を供給するために必要な建屋入口での圧縮空気流量を求めることができる。

水素掃気機能が喪失した直後に、圧縮空気貯槽又は圧縮空気ユニットから

供給される圧縮空気流量を初期圧縮空気流量とする。圧縮空気の供給に伴い圧縮空気貯槽又は圧縮空気ユニットの圧縮空気ポンベの圧力が減少し、供給される空気流量も減少する。圧縮空気貯槽又は圧縮空気ユニットからの供給開始後 1 分毎の圧縮空気貯槽又は圧縮空気ユニットの圧縮空気ポンベの圧力の減少は下式により求める。

$$\Delta P = P_0 \times \frac{F_{\text{serve}}}{60} \times \frac{1}{V} \times \frac{T + 273.15}{273.15}$$

ここで、

ΔP : 同一の空気流量で圧縮空気を 1 分間供給したときの圧力の減少量 (MPa)

P_0 : 初期圧力 (MPa), 0.1013 とした。

F_{serve} : 圧縮空気貯槽又は圧縮空気ユニットから供給される各建屋入口での圧縮空気流量 (m^3/h)

V : 圧縮空気貯槽又は圧縮空気ユニットの圧縮空気ポンベの体積 (m^3)

T : 空気温度 ($^{\circ}\text{C}$)

安全圧縮空気系は、オリフィスにより減圧し、減圧後の圧力で各機器に必要な圧縮空気が流れる設計としている。圧縮空気貯槽等の圧力によって、オリフィスにおける空気の流れが臨界流又は乱流と変わることから、いずれの場合においても適用可能な流量と圧力の関係式である以下の式から、圧力減少に伴う空気供給流量の減少を求める。

$$F'_{\text{serve}} = F_{\text{serve}} \times \left(\frac{P_{\text{header}} - \Delta P}{P_{\text{header}}} \right)^2$$

ここで、

F'_{serve} : 圧縮空気貯槽又は圧縮空気ユニットから供給される

減圧後の各建屋入口での圧縮空気流量 (m^3/h)

P_{header} : 圧縮空気貯槽又は圧縮空気ユニットの圧縮空気ポンプの圧力 (MPa)

圧縮空気貯槽又は圧縮空気ユニットから供給される減圧後の各建屋入口での圧縮空気流量が水素爆発を想定する機器内の水素濃度を 8 vol % 以下に維持できる圧縮空気を供給するために必要な建屋入口での圧縮空気流量を下回るまで圧力減少及び供給流量減少の評価を繰り返し、圧縮空気貯槽又は圧縮空気ユニットから水素爆発を想定する機器に圧縮空気の供給が継続される時間を求める。

圧縮空気貯槽又は圧縮空気ユニットは、各建屋の水素掃気用安全圧縮空気系に設置するため、水素掃気機能が喪失した場合に、各建屋に設置されている全ての水素爆発を想定する機器に圧縮空気を自動で供給する。一方で、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ている水素爆発を想定する機器の時間余裕は最短で 0.20 時間、最長で 7800 時間であり、全ての機器に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がなされ、時間余裕の延長が期待される。上記の計算により得られた圧縮空気貯槽又は圧縮空気ユニットから水素爆発を想定する機器に圧縮空気の供給が継続される時間及び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を期待しない場合の未然防止濃度到達までの時間を比較し、大きい方を時間余裕として採用する。以上の評価の流れを図 1 に示す。

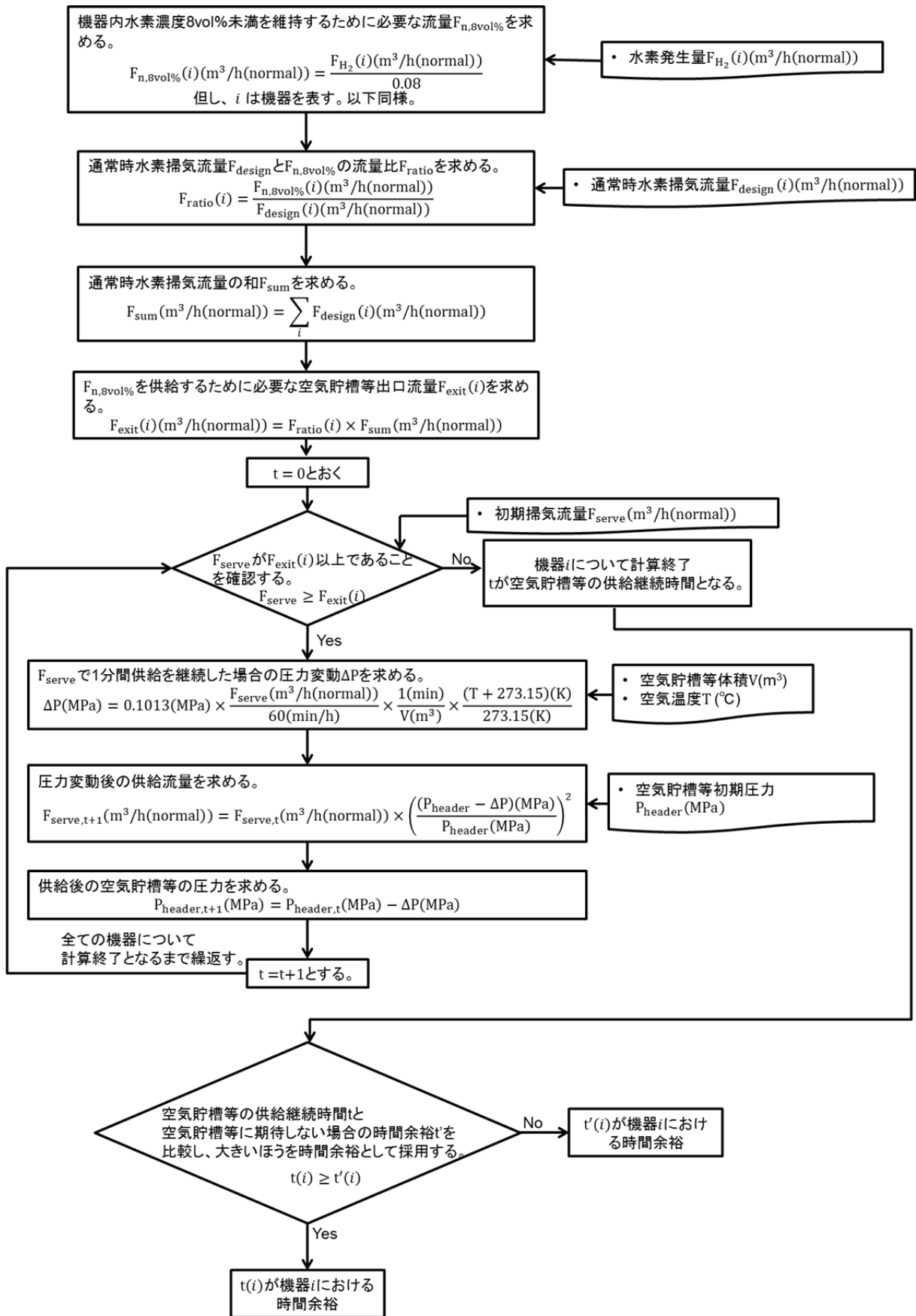


図1. 計算フロー

3. 圧縮空気の供給が継続される時間の評価条件

水素爆発を想定する機器についての条件を第1表に示す。また、圧縮空気貯槽又は圧縮空気ユニットから水素爆発を想定する機器に圧縮空気の供給が継続される時間を求めるために用いる主要な評価条件を第2表に示す。

4. 評価の結果

圧縮空気貯槽又は圧縮空気ユニットから水素爆発を想定する機器に圧縮空気の供給が継続されない場合とされる場合の未然防止濃度到達までの時間を第3表に示す。

第1表 放射線分解により発生する水素による爆発の未然防止濃度到達時間の評価条件

建屋	機器名	水相						有機相						水素掃気用安全 圧縮空気流量 (m ³ /h [normal])	評価用 空間 容量 (m ³)
		液量 (m ³)	NO ₃ ⁻ 濃度 (mol /L)	崩壊熱密度		G値		液量 (m ³)	崩壊熱密度		G値				
				α (W/m ³)	βγ (W/m ³)	α	βγ		α (W/m ³)	βγ (W/m ³)	α	βγ			
						(Molecules /100eV)					(Molecules /100eV)				
前処 理建 屋	ハル洗浄槽	0.020	0.0	1.2×10 ¹	1.1×10 ²	1.4	0.45	—	—	—	—	—	0.12	0.038	
	水バッファ槽	■	0.0	6.2	1.4×10 ¹	1.4	0.45	—	—	—	—	—	0.36	0.69	
	中間ポット	■	3.0	1.7×10 ²	4.4×10 ²	0.11	0.042	—	—	—	—	—	0.37	0.060	
	中継槽	7.0	3.0	1.7×10 ²	4.4×10 ²	0.11	0.042	—	—	—	—	—	0.36	2.7	
	リサイクル槽	2.0	3.0	1.7×10 ²	4.4×10 ²	0.11	0.042	—	—	—	—	—	0.36	0.47	
	不溶解残渣回収槽	5.0	0.17	1.7×10 ⁻²	3.3	0.86	0.24	—	—	—	—	—	3.6	2.4	
	計量前中間貯槽	25	3.0	1.7×10 ²	4.4×10 ²	0.11	0.042	—	—	—	—	—	0.83	7.8	
	計量・調整槽	25	3.0	1.2×10 ²	3.5×10 ²	0.11	0.042	—	—	—	—	—	0.63	7.8	
	計量後中間貯槽	25	3.0	1.2×10 ²	3.5×10 ²	0.11	0.042	—	—	—	—	—	0.63	7.8	
	計量補助槽	7.0	3.0	1.2×10 ²	3.5×10 ²	0.11	0.042	—	—	—	—	—	0.36	1.6	

■については商業機密の観点から公開できません。

(つづき)

建屋	機器名	水相						有機相						水素掃気用安全 圧縮空気流量 (m ³ /h [normal])	評価用 空間 容量 (m ³)
		液量 (m ³)	NO ₃ ⁻ 濃度 (mol/L)	崩壊熱密度		G 値		液量 (m ³)	崩壊熱密度		G 値				
				α (W/m ³)	βγ (W/m ³)	α (Molecules /100eV)	βγ (Molecules /100eV)		α (W/m ³)	βγ (W/m ³)	α (Molecules /100eV)	βγ (Molecules /100eV)			
分離 建屋	抽出塔	■	3.0	7.9×10 ¹	3.2×10 ²	0.11	0.042	■	3.8×10 ¹	1.8×10 ¹	3.0	3.0	0.50	0.22	
	第1洗浄塔	■	3.0	2.9×10 ¹	8.6×10 ¹	0.11	0.042	■	3.8×10 ¹	1.8×10 ¹	3.0	3.0	0.36	0.22	
	第2洗浄塔	■	4.2	1.1×10 ¹	1.1	0.059	0.034	■	3.1×10 ¹	3.5×10 ⁻¹	3.0	3.0	0.36	0.22	
	TBP洗浄塔	■	2.8	4.1×10 ¹	3.2×10 ²	0.11	0.044	■	—	2.2	—	7.0	0.68	0.058	
	溶解液中間貯槽	25	3.0	1.2×10 ²	3.5×10 ²	0.11	0.042	—	—	—	—	—	0.59	11	
	溶解液供給槽	6.0	3.0	1.2×10 ²	3.5×10 ²	0.11	0.042	—	—	—	—	—	0.36	2.3	
	抽出廃液受槽	15	2.8	4.1×10 ¹	2.5×10 ²	0.11	0.044	—	—	—	—	—	0.36	4.4	
	抽出廃液中間貯槽	20	2.8	4.1×10 ¹	2.5×10 ²	0.11	0.044	—	—	—	—	—	0.36	4.1	
	抽出廃液供給槽	60	2.6	4.1×10 ¹	2.5×10 ²	0.12	0.045	—	—	—	—	—	0.83	18	
	プルトニウム分配塔	■	1.5	2.9×10 ²	5.2×10 ⁻¹	0.22	0.065	■	3.5×10 ¹	1.7×10 ⁻¹	3.0	3.0	0.36	0.29	
	ウラン洗浄塔	■	1.5	2.9×10 ²	5.2×10 ⁻¹	0.22	0.065	■	8.1×10 ¹	1.4×10 ⁻¹	3.0	3.0	0.36	0.049	
	プルトニウム洗浄器	■	0.5	3.8	4.6×10 ⁻¹	0.63	0.16	■	3.5	1.6×10 ⁻¹	3.0	3.0	0.36	1.1	
	プルトニウム溶液受槽	3.0	1.7	2.4×10 ²	—	0.19	—	—	—	—	—	—	0.36	0.15	
	プルトニウム溶液中間貯槽	3.0	1.7	2.4×10 ²	—	0.19	—	—	—	—	—	—	0.36	0.15	
	第1一時貯留処理槽	■	3.0	7.9×10 ¹	3.2×10 ²	0.11	0.042	■	3.8×10 ¹	1.8×10 ¹	3.0	3.0	0.50	0.15	
	第2一時貯留処理槽	3.0	1.5	2.9×10 ²	5.2×10 ⁻¹	0.22	0.065	—	—	—	—	—	0.36	0.15	
	第3一時貯留処理槽	20	3.0	8.9×10 ¹	3.2×10 ²	0.11	0.042	—	—	—	—	—	0.36	11	
	第4一時貯留処理槽	20	2.8	4.9×10 ¹	3.2×10 ²	0.11	0.044	—	—	—	—	—	0.36	11	
	第5一時貯留処理槽	—	—	—	—	—	—	3.0	4.3×10 ⁻¹	1.8×10 ¹	3.0	3.0	0.36	0.15	
	第6一時貯留処理槽	■	2.8	2.0×10 ²	1.3×10 ³	0.11	0.044	■	2.6	7.1×10 ¹	3.0	3.0	1.1	1.0	
	第7一時貯留処理槽	■	3.0	8.9×10 ¹	3.2×10 ²	0.11	0.042	—	—	—	—	—	0.36	0.020	
	第8一時貯留処理槽	■	1.5	2.9×10 ²	5.2×10 ⁻¹	0.22	0.065	■	3.5×10 ¹	1.7×10 ⁻¹	3.0	3.0	0.36	0.070	
	第9一時貯留処理槽	—	—	—	—	—	—	10	4.3×10 ⁻¹	1.8×10 ¹	3.0	3.0	0.36	3.6	
	第10一時貯留処理槽	■	0.15	1.2×10 ⁻²	3.8×10 ⁻¹	0.89	0.30	■	1.4×10 ⁻²	3.5×10 ⁻²	3.0	3.0	0.36	3.6	
	第1洗浄器	■	0.15	—	5.3×10 ⁻¹	—	0.30	■	—	2.9×10 ⁻²	—	3.0	0.36	1.9	
	高レベル廃液供給槽	20	2.6	1.7×10 ¹	1.1×10 ²	0.12	0.046	—	—	—	—	—	3.8	4.5	
	高レベル廃液濃縮缶	22	2.0	5.0×10 ²	3.2×10 ³	0.17	0.053	—	—	—	—	—	4.2	31	

■については商業機密の観点から公開できません。

(つづき)

建屋	機器名	水相						有機相						水素掃気用安全 圧縮空気流量 (m ³ /h [normal])	評価用 空間 容量 (m ³)
		液量 (m ³)	NO ₃ ⁻ 濃度 (mol /L)	崩壊熱密度		G値		液量 (m ³)	崩壊熱密度		G値				
				α (W/m ³)	βγ (W/ m ³)	α (Molecules /100eV)	βγ		α (W/m ³)	βγ (W/ m ³)	α (Molecules /100eV)	βγ			
													(Molecules /100eV)		
精製 建屋	プルトニウム溶液供給槽	■	1.7	2.4×10 ²	—	0.19	—	—	—	—	—	—	0.36	0.26	
	抽出塔	■	4.3	1.8×10 ²	—	0.060	—	■	3.9×10 ²	—	3.0	—	0.36	0.019	
	核分裂生成物洗浄塔	■	1.0	9.0×10 ¹	—	0.43	—	■	3.9×10 ²	—	3.0	—	0.36	0.019	
	逆抽出塔	■	0.27	9.3×10 ²	—	0.77	—	■	4.2×10 ²	—	3.0	—	0.36	0.019	
	ウラン洗浄塔	■	0.91	9.3×10 ²	—	0.46	—	■	4.4×10 ²	—	3.0	—	0.36	0.0016	
	補助油水分離槽	■	0.91	9.3×10 ²	—	0.46	—	—	—	—	—	—	0.040	0.0076	
	TBP洗浄器	■	0.91	9.3×10 ²	—	0.46	—	■	3.5	—	7.0	—	0.36	0.059	
	プルトニウム溶液受槽	■	1.5	9.3×10 ²	—	0.20	—	—	—	—	—	—	0.36	0.088	
	油水分離槽	■	1.5	9.3×10 ²	—	0.20	—	—	—	—	—	—	0.36	0.11	
	プルトニウム濃縮缶供給槽	3.0	1.5	9.3×10 ²	—	0.20	—	—	—	—	—	—	0.36	0.18	
	プルトニウム溶液一時貯槽	3.0	1.5	9.3×10 ²	—	0.20	—	—	—	—	—	—	0.36	0.19	
	プルトニウム濃縮缶	■	7.0	8.6×10 ³	—	0.048	—	—	—	—	—	—	0.36	0.24	
	プルトニウム濃縮液受槽	■	7.0	8.6×10 ³	—	0.048	—	—	—	—	—	—	0.50	0.13	
	プルトニウム濃縮液一時貯槽	1.5	7.0	8.6×10 ³	—	0.048	—	—	—	—	—	—	0.72	0.10	
	プルトニウム濃縮液計量槽	■	7.0	8.6×10 ³	—	0.048	—	—	—	—	—	—	0.50	0.13	
	リサイクル槽	■	7.0	8.6×10 ³	—	0.048	—	—	—	—	—	—	0.50	0.13	
	希釈槽	2.5	1.5	9.3×10 ²	—	0.20	—	—	—	—	—	—	1.1	0.11	
	プルトニウム濃縮液中間貯槽	■	7.0	8.6×10 ³	—	0.048	—	—	—	—	—	—	0.50	0.13	
	第1一時貯留処理槽	■	1.5	4.3×10 ¹	—	0.23	—	■	2.5×10 ²	—	3.0	—	0.36	0.12	
	第2一時貯留処理槽	■	1.5	4.1×10 ²	—	0.23	—	■	3.7×10 ¹	—	3.0	—	0.36	0.12	
	第3一時貯留処理槽	3.0	1.5	4.1×10 ²	—	0.23	—	—	—	—	—	—	0.36	0.18	
第4一時貯留処理槽	—	—	—	—	—	—	■	3.7	—	3.0	—	0.36	0.13		
第7一時貯留処理槽	■	1.5	3.3×10 ²	—	0.23	—	—	—	—	—	—	0.36	2.8		

■ については商業機密の観点から公開できません。

(つづき)

建屋	機器名	水相						有機相						水素掃気用安全 圧縮空気流量 (m ³ /h [normal])	評価用 空間容 量 (m ³)
		液量 (m ³)	NO ₃ ⁻ 濃度 (mol /L)	崩壊熱密度		G 値		液量 (m ³)	崩壊熱密度		G 値				
				α (W/m ³)	β γ (W/m ³)	α (Molecules /100 eV)	β γ		α (W/m ³)	β γ (W/m ³)	α (Molecules /100 eV)	β γ			
ウラン・ プルトニ ウム混合 脱硝建屋	硝酸プルトニウム貯槽	1.0	7.0	8.6×10 ³	—	0.048	—	—	—	—	—	—	0.66	0.33	
	混合槽	1.0	4.3	5.3×10 ³	—	0.059	—	—	—	—	—	—	0.66	0.33	
	一時貯槽	1.0	7.0	8.6×10 ³	—	0.048	—	—	—	—	—	—	0.66	0.33	
高レベル 廃液ガラ ス固化建 屋	高レベル濃縮廃液貯槽	120	2.0	4.4×10 ²	2.8×10 ³	0.0085	0.0030	—	—	—	—	—	25	12	
	高レベル濃縮廃液一時貯槽	25	2.0	5.0×10 ²	3.2×10 ³	0.0085	0.0030	—	—	—	—	—	5.7	7.6	
	高レベル廃液混合槽	20	0.17	5.0×10 ²	3.2×10 ³	0.014	0.0050	—	—	—	—	—	7.7	7.9	
	供給液槽	5.0	0.090	5.0×10 ²	3.2×10 ³	0.014	0.0050	—	—	—	—	—	2.1	3.3	
	供給槽	2.0	2.0	5.0×10 ²	3.2×10 ³	0.014	0.0050	—	—	—	—	—	0.73	1.1	
	不溶解残渣廃液一時貯槽	5.0	0.090	1.7×10 ⁻²	3.3	0.86	0.24	—	—	—	—	—	3.5	3.8	
	不溶解残渣廃液貯槽	70	1.0	7.5×10 ⁻³	1.5	0.97	0.30	—	—	—	—	—	21	20	
	高レベル廃液共用貯槽 (高レベル濃縮廃液貯蔵時)	120	1.0	4.4×10 ²	2.8×10 ³	0.0085	0.0030	—	—	—	—	—	25	7.3	
高レベル廃液共用貯槽 (不溶解残渣廃液貯蔵時)	70	1.0	7.5×10 ⁻³	1.5	0.97	0.30	—	—	—	—	—	25	57		

第2表 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継続時間の評価条件

	必要貯槽体積	蓄積圧力	圧縮空気貯槽／ 圧縮空気ポンベ体積	基数／本数
分離建屋	16m ³	約0.7MP a	5.5m ³ ／基	3基
精製建屋	20m ³	約0.7MP a	2.5m ³ ／基 5m ³ ／基	2基 3基
ウラン・ プルトニウム 混合脱硝建屋	0.14m ³	約14MP a	0.047m ³ ／本	3本

第3表 未然防止濃度到達までの時間

建屋	機器名	圧縮空気貯槽又は圧縮空気ユニットがない場合の 時間余裕 (h)	圧縮空気貯槽又は圧縮空気ユニットがある場合の 時間余裕 (h)
前処理建屋	ハル洗浄槽	280	—
	水バッファ槽	86	—
	中間ポット	120	—
	中継槽	94	—
	リサイクル槽	60	—
	不溶解残渣回収槽	5700	—
	計量前中間貯槽	73	—
	計量・調整槽	97	—
	計量後中間貯槽	97	—
	計量補助槽	75	—

(つづき)

建屋	機器名	圧縮空気貯槽又は圧縮空気ユニットがない場合の 時間余裕 (h)	圧縮空気貯槽又は圧縮空気ユニットがある場合の 時間余裕 (h)
分離建屋	抽出塔	2.8	24
	第1洗浄塔	4.7	24
	第2洗浄塔	10	24
	T B P 洗浄塔	0.80	24
	溶解液中間貯槽	130	130
	溶解液供給槽	130	130
	抽出廃液受槽	170	170
	抽出廃液中間貯槽	110	110
	抽出廃液供給槽	160	160
	プルトニウム分配塔	8.1	24
	ウラン洗浄塔	7.1	24
	プルトニウム洗浄器	430	430
	プルトニウム溶液受槽	10	24
	プルトニウム溶液中間貯槽	10	24

(つづき)

建屋	機器名	圧縮空気貯槽又は圧縮空気ユニットがない場合の 時間余裕 (h)	圧縮空気貯槽又は圧縮空気ユニットがある場合の 時間余裕 (h)
分離建屋	第1 一時貯留処理槽	1.4	24
	第2 一時貯留処理槽	7.2	24
	第3 一時貯留処理槽	200	200
	第4 一時貯留処理槽	240	240
	第5 一時貯留処理槽	8.3	24
	第6 一時貯留処理槽	6.8	24
	第7 一時貯留処理槽	2.9	24
	第8 一時貯留処理槽	1.7	25
	第9 一時貯留処理槽	53	53
	第10 一時貯留処理槽	7800	7800
	第1 洗浄器	3500	3500
	高レベル廃液供給槽	310	310
	高レベル廃液濃縮缶	48	48

(つづき)

建屋	機器名	圧縮空気貯槽又は圧縮空気ユニットがない場合の 時間余裕 (h)	圧縮空気貯槽又は圧縮空気ユニットがある場合の 時間余裕 (h)
精製建屋	プルトニウム溶液供給槽	13	45
	抽出塔	0.80	43
	核分裂生成物洗浄塔	1.0	45
	逆抽出塔	0.50	32
	ウラン洗浄塔	0.20	45
	補助油水分離槽	1.9	45
	T B P 洗浄器	24	45
	プルトニウム溶液受槽	4.8	45
	油水分離槽	6.0	45
	プルトニウム濃縮缶供給槽	2.6	24
	プルトニウム溶液一時貯槽	2.7	24
	プルトニウム濃縮缶	26	45
	プルトニウム濃縮液受槽	2.8	32
	プルトニウム濃縮液一時貯槽	1.4	30
	プルトニウム濃縮液計量槽	2.8	32
	リサイクル槽	2.8	32
	希釈槽	2.2	56
	プルトニウム濃縮液中間貯槽	2.8	32

(つづき)

建屋	機器名	圧縮空気貯槽又は圧縮空気ユニットがない場合の 時間余裕 (h)	圧縮空気貯槽又は圧縮空気ユニットがある場合の 時間余裕 (h)
精製建屋	第1 一時貯留処理槽	3.0	28
	第2 一時貯留処理槽	7.4	45
	第3 一時貯留処理槽	5.6	33
	第4 一時貯留処理槽	61	61
	第7 一時貯留処理槽	27	27

(つづき)

建屋	機器名	圧縮空気貯槽又は圧縮空気ユニットがない場合の 時間余裕 (h)	圧縮空気貯槽又は圧縮空気ユニットがある場合の 時間余裕 (h)
ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋	硝酸プルトニウム貯槽	7.1	24
	混合槽	9.6	33
	一時貯槽	7.1	24
高レベル廃液ガラス固化建屋	高レベル濃縮廃液貯槽	84	—
	高レベル濃縮廃液一時貯槽	210	—
	高レベル廃液混合槽	160	—
	供給液槽	280	—
	供給槽	230	—
	不溶解残渣廃液一時貯槽	9100	—
	不溶解残渣廃液貯槽	6100	—
高レベル廃液共用貯槽 ※ (高レベル濃縮廃液貯蔵時)	48	—	

※ 不溶解残渣廃液貯蔵時は 17000 h。

補足説明資料 8-7 (28条)

8. 放射線分解により発生する水素による
爆発への対処

圧縮空気貯槽及び圧縮空気ユニットと予備圧縮空気ユニットの動作原理について

1. 圧縮空気貯槽

分離建屋及び精製建屋には圧縮空気貯槽を設置し、水素掃気機能が喪失した場合に直ちに圧縮空気が供給される設計とする。圧縮空気貯槽の概要図を図1に示す。

圧縮空気貯槽には通常運転時に安全圧縮空気系からの約 0.7MPa の圧縮空気で蓄圧し、空気を蓄える。圧縮空気を供給する経路にはオリフィス又は減圧弁が設置され、安全圧縮空気系の圧力が低下した場合に、母管との差圧で圧縮空気が自動的に供給される。

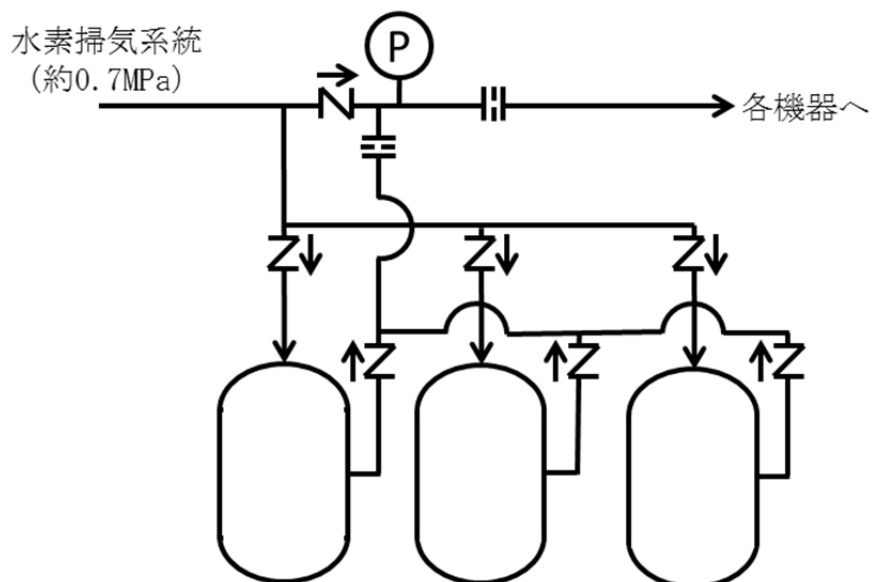


図1. 圧縮空気貯槽の概要図

2. 圧縮空気ユニット

ウラン・プルトニウム混合建屋には圧縮空気ユニットを設置し、水素掃気機能が喪失した場合に直ちに圧縮空気が供給される設計とする。圧縮空気ユニットの概要図を図2に示す。

圧縮空気ユニット及び安全圧縮空気系の間には、安全圧縮空気系からの圧縮空気により閉となるON-OFF弁を設置する。安全圧縮空気系の圧力が低下すると、ON-OFF弁が開放し、自動で空気を供給する。

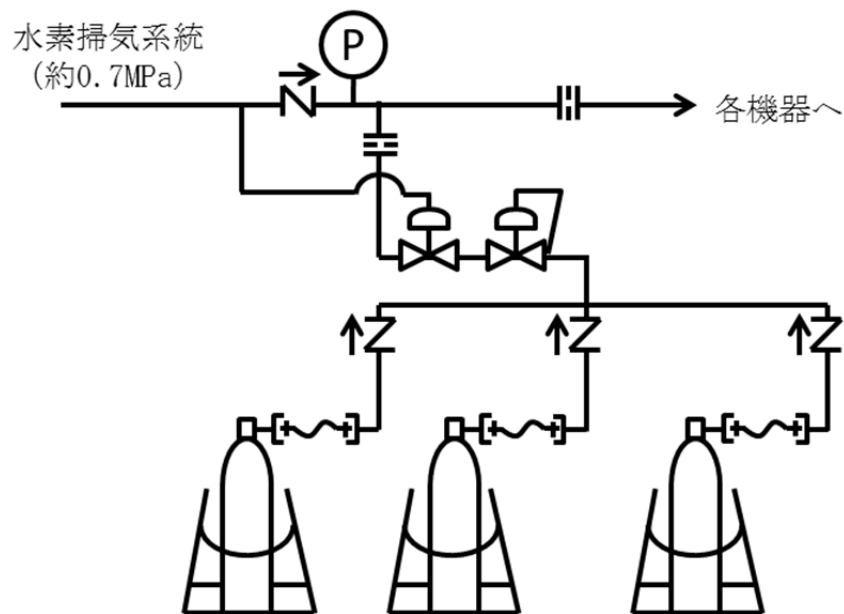


図2. 圧縮空気ユニットの概要図

3. 予備圧縮空気ユニット

予備圧縮空気ユニットは、未然防止濃度に到達するまでの時間が 24 時間未満である重大事故の水素爆発を想定する機器の安全圧縮空気系に設置する。予備圧縮空気ユニットの概要図を図 3 に示す。

予備圧縮空気ユニット及び安全圧縮空気系の間には、安全圧縮空気系からの圧縮空気により閉となる ON-OFF 弁を設置する。安全圧縮空気系の圧力が低下すると、ON-OFF 弁が開放し、自動で空気を供給する。

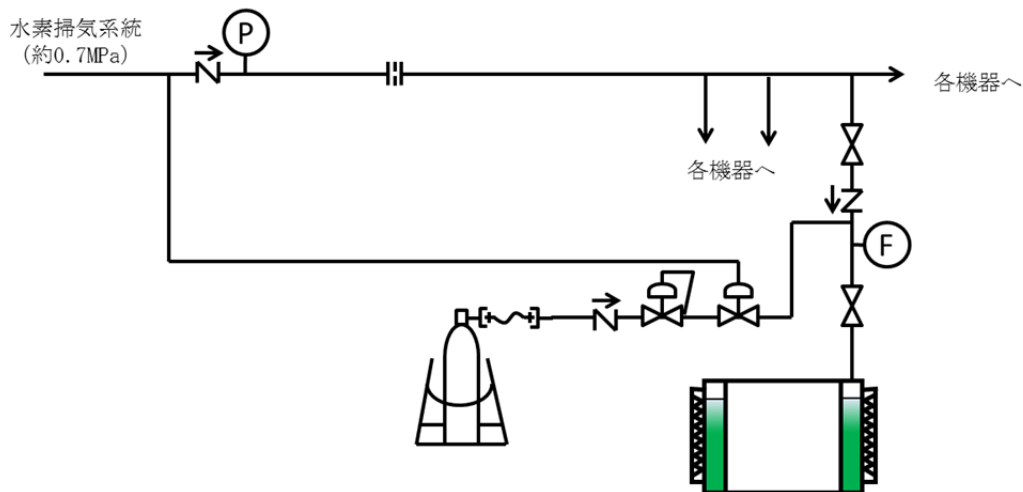


図 3. 予備圧縮空気ユニットの概要図

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系統構成について

上記のとおり，圧縮空気貯槽及び圧縮空気ユニット，また，これらの代替設備としての予備圧縮空気ユニットは安全圧縮空気系へ接続する。以下に，これらの系統構成の妥当性を示す。

図4に，例として，分離建屋及び精製建屋における圧縮空気貯槽及び予備圧縮空気ユニットが接続する機器の一般的な系統構成を示す。

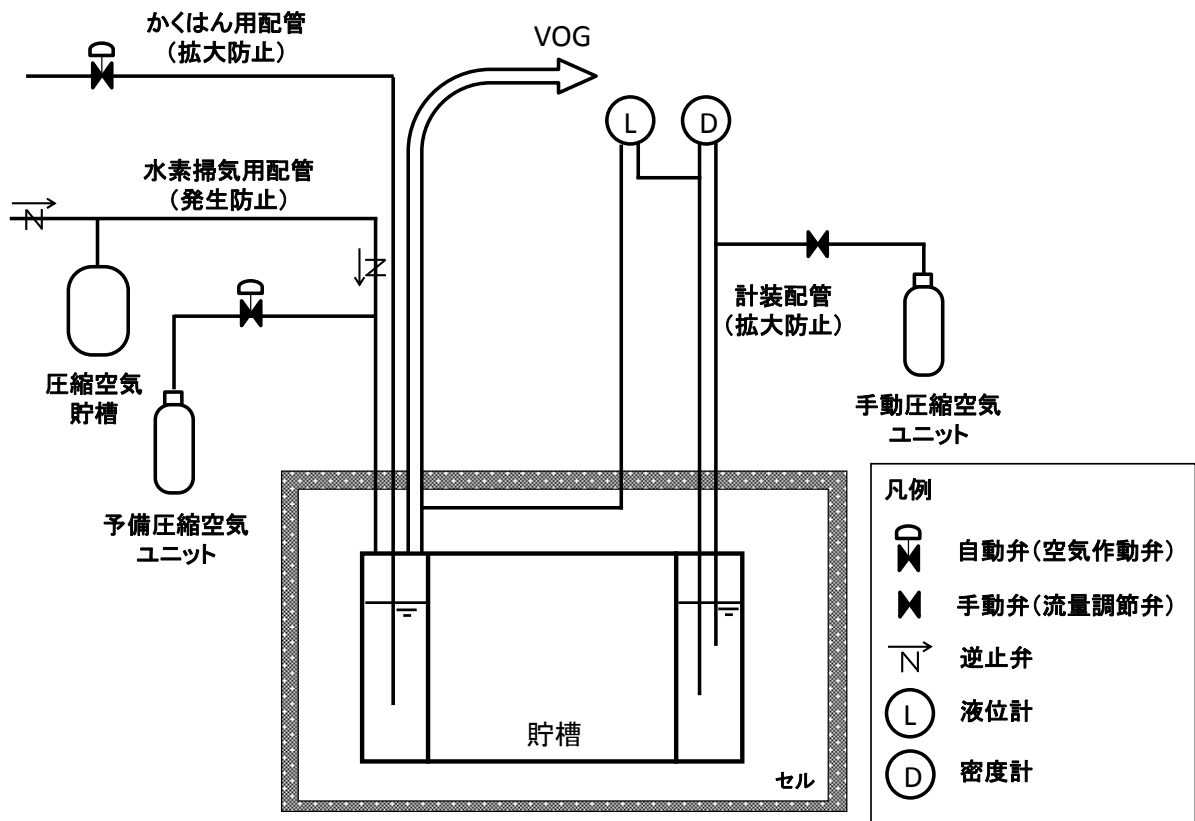


図4．分離建屋及び精製建屋において圧縮空気貯槽及び予備圧縮空気ユニットが接続する機器の一般的な系統構成

図4に示すように，分離建屋及び精製建屋において，圧縮空気貯槽及び予備圧縮空気ユニットが接続する機器の気相部へ直接圧縮空気を供給可能な配

管は安全圧縮空気系のみであり、その他の配管は液浸配管である。なお、液位計の気相部の計装配管は機器の VOG 配管に接続しており、圧縮空気を機器内の気相部へ直接供給することができない。

機器内の液位は運転により変動するため、液浸配管から圧縮空気を供給する場合は、その水頭圧により圧縮空気の流量が変動するため、必要な水素掃気流量を確保するための流量調整が必要となる。このため、水素爆発未然防止濃度に至る時間余裕を確実に確保するため、圧縮空気供給を人の操作に頼ることなく、自動で速やかに供給する必要がある圧縮空気貯槽及び予備圧縮空気ユニットについては、溶液の水頭圧の影響を受けない機器内の気相部へ供給することが適切である。

なお、手動圧縮空気ユニットについては、液浸配管に圧縮空気を供給するが、人の操作により流量調整を実施するため、必要な水素掃気流量を確保することができる。

補足説明資料 8-8 (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

水素濃度計について

1. 水素濃度計の測定原理

水素掃気系統から圧縮空気が各機器に供給されていることは、各機器への水素掃気配管に設置される可搬型貯槽掃気圧縮空気流量計により確認する。また、セル導出ユニットに設置する可搬型セル導出ユニット流量計を用いて、供給した圧縮空気が水素爆発を想定する機器を經由して排出されることを確認する。さらに、代表機器の水素濃度を測定することで、水素濃度が上昇しないことを監視する。

機器内の水素濃度を測定するために用いる可搬型水素濃度計は、熱伝導式のものを用いる。熱伝導式の水素検出器は、第1図に示すとおり、白金線コイルにより加熱された検知素子にガスが接触すると、ガス固有の熱伝導率により熱放散の状態が変わり、検知素子の温度が変化する。この変化はガス濃度にほぼ比例することから、白金線の抵抗値の変化をブリッジ回路の偏差電圧として取り出し水素濃度を測定することができる。なお、機器内水素濃度の計測範囲0～25vol%において、計器仕様は最大±1.25vol%の誤差を生じる可能性があるが、この誤差があることを理解した上で、水素爆発を想定する機器内の水素濃度の推移、傾向（トレンド）を監視する。

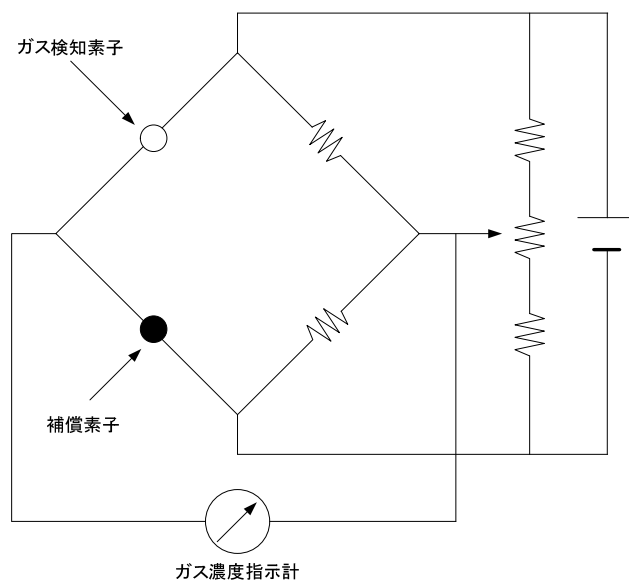


図 1 . 可搬型水素濃度計の測定原理の概要図

2. 可搬型水素濃度計の構成について

機器内の水素濃度の測定においては、以下の装置をユニット化した可搬型水素濃度計を用いて測定を行う。各装置及び配管は可能な限りステンレス鋼製とし、硝酸の影響を受け難いように設計する。

これにより使用する条件下において水素濃度測定への影響は十分小さい設計とする。

(1) 冷却器

自然空冷式のコイル型冷却器である。冷却器はサンプリングガスを可搬型水素濃度計入口において予め冷却することにより、機器から吸入する可能性のある水蒸気及び硝酸蒸気を除去することで、水素濃度計本体の検出器の劣化を防止する。

(2) 凝縮液回収容器

凝縮液回収容器は冷却器において発生した凝縮液を回収する容器である。凝縮液回収容器は凝縮液の液位をサイドグラスから目視できる設計とし、必要に応じて遮へい材を設置できる構成とする。凝縮水が蓄積した場合には、凝縮液を水素爆発を想定する機器内へ排出できる設計とする。

(3) 吸着剤カラム

吸着剤カラムはソーダ石灰により硝酸蒸気を吸着する機能を有する。これにより、水素濃度計本体の劣化を防止する。

(4) 真空ポンプ

真空ポンプは、水素濃度を測定する機器に設置される配管を介して、水素濃度の測定に必要なサンプリングガスを水素濃度計に導入する容量を有する。真空ポンプは防爆構造のポンプを採用し、必要に応じて

交換可能な設計とする。

(5) 水素濃度計

水素濃度計は、熱伝導式の汎用品を用いる。水素濃度計は防爆構造とし、ボルト操作等で容易に交換可能な設計とする。

(6) 電源装置及び指示計ユニット

電源装置は、バッテリー、DC/ACインバータ、充電器、AC/DCパワーサプライから構成され、外部電源からの給電無しで動作可能な設計とする。また、外部電源復旧後は、100Vの電源により充電及び動作可能な設計とする。指示計ユニットは水素濃度を容易に目視できるように設置する。

3. 可搬型水素濃度計内での水素燃焼及び爆轟の可能性について

可搬型水素濃度計では、以下の理由から水素燃焼及び爆轟が生じないことを確認した。

機器内の水素濃度の測定は、水素爆発を想定する機器内に圧縮空気が供給されている状態に限定する。これにより、サンプリングガスは可燃限界濃度である4 v o 1 %を超えないことから、可搬型水素濃度計内での水素燃焼及び爆轟は生じない。

4. 可搬型水素濃度計からの水素漏えい防止及び汚染拡大対策

可搬型水素濃度計を用いた水素爆発を想定する機器内の水素濃度の計測は、計測後のガスを水素爆発を想定する機器内又は塔槽類廃ガス処理設備に戻す構成となっており、外部に対して閉じた系とし、系外への漏えいが発生しないよう、ステンレス鋼チューブと構成機器をカップラで接続する。

よって、可搬型水素濃度計からの水素漏えい及び汚染拡大の可能性は低い。

5. 可搬型水素濃度計の計測タイミングについて

圧縮空気供給前において、分離建屋、精製建屋およびウラン・プルトニウム混合脱硝建屋の水素爆発を想定する機器へ空気貯槽等から圧縮空気が供給されるため、初動から対策における水素濃度推移は緩慢である。また、水素濃度の上昇傾向を把握するためには、複数回の間隔を設けた測定が必要であり、時間を要する。

前処理建屋、ガラス固化建屋においては、水素濃度の上昇が非常に緩慢であり、水素濃度の上昇傾向を把握できない。

分離建屋、精製建屋およびウラン・プルトニウム混合脱硝建屋において、何らかの原因により空気貯槽等から圧縮空気が供給されない場合、制限時間までの時間が極端に短くなる可能性がある。

このため、水素爆発を想定する機器へ圧縮空気を供給することを優先し、当該対策後に水素濃度が下がっていることを確認し、対策が成功している状態を監視する。

水素濃度の上昇速度の速い精製建屋の重要度高機器の水素濃度推移の例を図1に示す。空気貯槽からの圧縮空気に対して水素の発生のみを考慮している。実際は酸素等の発生があるため、初動対応から対策を実施する期間における水素濃度の傾向は横ばいに近くなると考えられる。

前処理建屋、高レベル廃液ガラス固化建屋の例を図2に示す。水素の発生のみを考慮した水素濃度推移でも、ほぼ横ばいであり、初動対応から対策を実施する期間において水素濃度の傾向に変化はない。

このため、対策を優先し、対策後に水素濃度推移に上昇傾向が無いことを監視する。

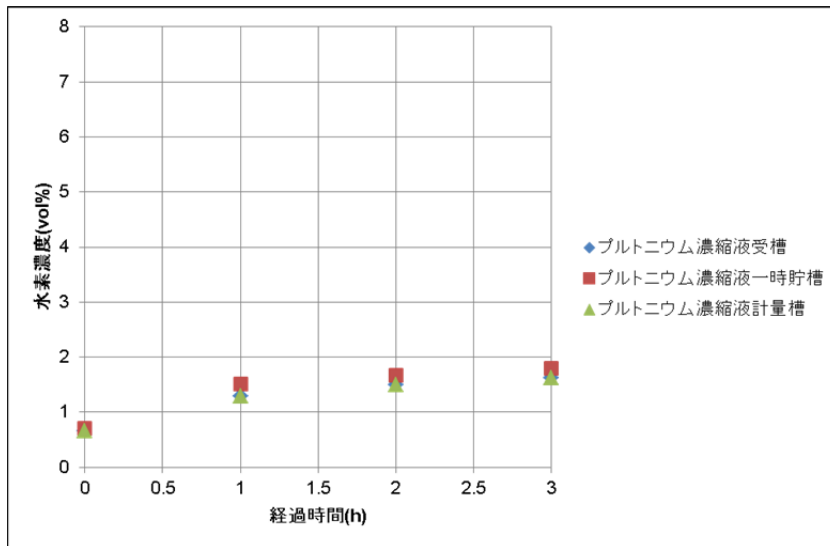


図 1. 精製建屋の代表機器の水素濃度の推移

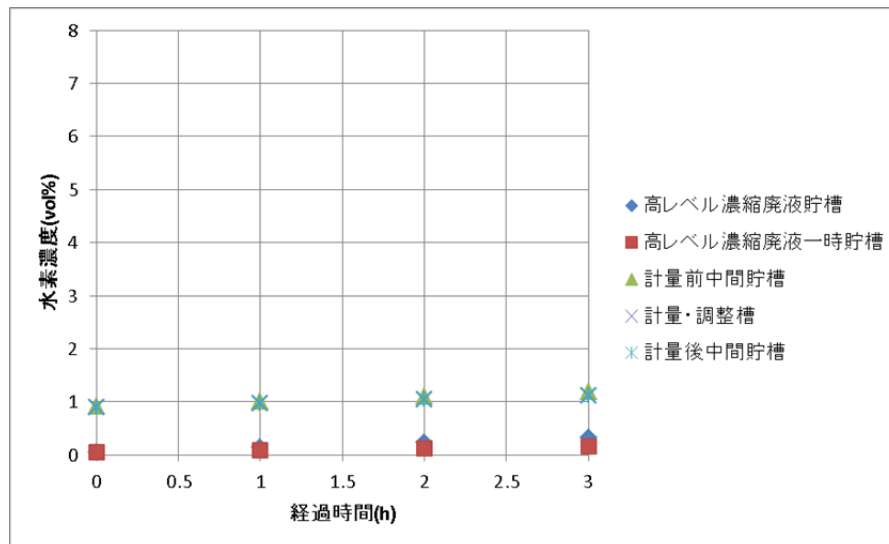


図 2. 前処理建屋，高レベル廃液ガラス固化建屋の代表機器の水素濃度の推移の例

補足説明資料 8-9 (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

水素掃気に必要な空気流量の計算方法について

1. はじめに

水素爆発を想定する機器について、機器内の気相部の水素濃度を可燃限界濃度未満に維持するために必要な空気流量の評価方法を概説する。

2. 評価の方法

2.1 非沸騰時の評価

機器内の水素濃度を可燃限界濃度未満に維持するために必要な空気流量を以下のとおり評価する。

水素発生速度を下式より求める。以下の式は、再処理施設の設計及び工事の方法の認可申請書における火災及び爆発の防止設計の水素発生量の評価式と同等である。

方法

水相のみの場合、

$$F_{H_2} = 8.36 \times 10^{-6} \times V_{aq} \times (Q_{\alpha, aq} \times G_{\alpha, aq} + Q_{\beta\gamma, aq} \times G_{\beta\gamma, aq})$$

ここで、

F_{H_2} : 水素発生速度 (m^3/h [normal])

V_{aq} : 水相の液量 (m^3)

$Q_{\alpha, aq}$: 機器内の水相の単位液量あたりの α 崩壊熱量 (W/m^3)

$Q_{\beta\gamma, aq}$: 機器内の水相の単位液量あたりの $\beta\gamma$ 崩壊熱量 (W/m^3)

$G_{\alpha, aq}$: 水相での α 線の G 値 (Molecules/100eV)

$G_{\beta\gamma, aq}$: 水相での $\beta\gamma$ 線のG値 (Molecules/100eV)

有機相のみの場合,

$$F_{H_2} = 8.36 \times 10^{-6} \times V_{org} \times \left(Q_{\alpha, org} \times G_{\alpha, org} + Q_{\beta\gamma, org} \times G_{\beta\gamma, org} \right)$$

ここで,

V_{org} : 有機相の液量 (m^3)

$Q_{\alpha, org}$: 機器内の有機相の単位液量あたりの α 崩壊熱量 (W/m^3)

$Q_{\beta\gamma, org}$: 機器内の有機相の単位液量あたりの $\beta\gamma$ 崩壊熱量 (W/m^3)

$G_{\alpha, org}$: 有機相での α 線のG値 (Molecules/100eV)

$G_{\beta\gamma, org}$: 有機相での $\beta\gamma$ 線のG値 (Molecules/100eV)

水相及び有機相が混在する場合,

$$F_{H_2} = 8.36 \times 10^{-6} \times \left\{ V_{aq} \times \left(Q_{\alpha, aq} \times G_{\alpha, aq} + \frac{V_{aq} \times Q_{\beta\gamma, aq} + V_{org} \times Q_{\beta\gamma, org}}{V_{aq} + V_{org}} \times G_{\beta\gamma, aq} \right) + V_{org} \times \left(Q_{\alpha, org} \times G_{\alpha, org} + \frac{V_{aq} \times Q_{\beta\gamma, aq} + V_{org} \times Q_{\beta\gamma, org}}{V_{aq} + V_{org}} \times G_{\beta\gamma, org} \right) \right\}$$

水素発生速度を用いて、以下の式より機器を可燃限界濃度未満に維

持するために必要な空気流量を求める。

$$F = \frac{F_{H2}}{0.04}$$

ここで、

F : 可燃限界濃度未満に維持するために必要な空気流量
(m^3/h [normal])

2.2 沸騰時の評価

評価方法は基本的には 2.1 に記した方法と同様である。しかし、機器内の溶液が沸騰している場合、沸騰に伴う溶液の攪拌により水素発生量が気相部に追い出されやすくなり、みかけ上のG値が大きくなる。この効果を反映するために、沸騰を想定する機器のG値を2倍する。

また、高レベル濃縮廃液について、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⁽¹⁾⁽²⁾を踏まえてG値を 1/20 としているが、沸騰環境では同様の効果が持続するかは不明である。このため、沸騰時の評価では本低減効果も考慮しない。

以上を踏まえて、以下の式から沸騰時に必要な水素掃気流量を評価する。沸騰時の水素発生量の不確かさを考慮し、1.5倍の安全余裕を見込む。

$$F_{boil} = \frac{F'_{H2}}{0.04} \times 1.5$$

ここで、

F_{boil} : 沸騰時の水素発生量に対して可燃限界濃度未満に維持するために必要な空気流量 (m^3/h [normal])

F'_{H2} : 沸騰時の水素発生量 (m^3/h [normal])

3. 対策において供給する流量

水素掃気機能喪失は、空気圧縮機の多重故障、安全冷却水系の外部ループの機能喪失又は全交流動力電源の喪失により発生することから、多くの場合、冷却機能の喪失と同時に発生する。

このため、対策時に供給する圧縮空気の流量は、2.2 で求めた流量とし、沸騰蒸気の凝縮とともに水素が凝縮器近傍等で濃縮することを防止することとする。

4. 参考文献

- (1) 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.
- (2) 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.

補足説明資料 8-10 (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

1. はじめに

重大事故の水素爆発を想定する機器のうち、拡大防止対策が終了した時点において機器内水素濃度が 4 v o 1 % を越えている場合がある。可搬型空気圧縮機による圧縮空気の供給開始後の水素濃度の低下の傾向について示す。

水素爆発未然防止濃度 (v o 1 %) 到達までの時間余裕が 24 時間未満の機器に対して、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、圧縮空気ユニットにより、24 時間は機器内水素濃度を 8 v o 1 % に維持するために必要な圧縮空気が供給される。機器内水素濃度が 8 v o 1 % に到達した瞬間に可搬型空気圧縮機から圧縮空気を供給した際の水素濃度の低下の傾向について示す。

2. 評価方法

(1) 条件

①対象機器

拡大防止対策が完了するまでに、機器内水素濃度が重大事故の水素爆発を想定する機器のうち、拡大防止対策が完了するまでに機器内水素濃度が 4 v o 1 % を超える機器とする。

②初期水素濃度

前処理建屋の計量前中間貯槽は、水素掃気機能喪失から約 34 時間後に拡大防止対策が完了する。このときの水素濃度が約 4.2 vol%^{※1}であるため、機器内の初期水素濃度を 4.2 vol%とする。

分離建屋、精製建屋、ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋の機器については、24 時間は機器内水素濃度を 8 vol%に維持するために必要な圧縮空気が供給されること及び拡大防止対策は 24 時間以内に完了することから、機器内の初期水素濃度を 8.0 vol%とする。

※1 水素発生速度 $7.6E-03\text{m}^3/\text{h}$ 、空間容量 7.8m^3 、水素掃気機能停止の前の水素掃気流量 $0.36\text{m}^3/\text{h}$ より評価。水素掃気機能停止時の水素濃度は $0.902\text{vol}\%$ ($7.55E-03(\text{m}^3) / (7.55E-03(\text{m}^3/\text{h}) + 0.83(\text{m}^3)) = 0.009014$ より)、1 時間あたりの水素濃度の上昇率 $9.68E-2\text{vol}\%/\text{h}$ ($=0.755E-03(\text{m}^3/\text{h}) / 7.8(\text{m}^3) = 0.09679$ より)であることから、拡大防止対策が完了する 34 時間後の水素濃度は、約 4.2%となる ($0.902\text{vol}\% + 9.68E-2\text{vol}\%/\text{h} \times 34 = 4.193$ より)

③圧縮空気の供給流量

機器内水素濃度を 4%に維持するための流量の 1.5 倍とする。沸騰のおそれのある機器については沸騰による溶液のかくはんに伴い、水素発生量が増加する可能性があることから、更に 2 倍とする。数値は表-1 に示す。

④空間容量

未然防止濃度に到達するまでの時間を評価する際に用いた空間容量を用いる。数値は表-1 に示す。(満液状態を考慮した。液量が少ないと水素発生量が少なくなり、24 時間で 8%に到達しないため。)

⑤水素発生速度

未然防止濃度に到達するまでの時間を評価する際に用いた空間容量を用いる。数値は表-1 に示す。(満液状態を考慮しており、水素発生量が多くなるため、濃度が低下しにくくなる側の想定となる。)

(2) 評価方法

0分における機器内の水素量 $Q_{H_2 t_0}$ は、水素濃度が8vol%であることから空間容量 $V \times 0.08$ (m³) とする。

Δt 分後における機器内の水素量 $m_{H_2 t_0 + \Delta t}$ を

$$Q_{H_2 t_0} + Q_{H_2 in} - Q_{H_2 out}$$

により評価する。

ここで、

$$Q_{H_2 in} : \Delta t \text{ 分間に発生した水素量 (m}^3\text{)}$$

$$= R_{H_2} / 60 \times \Delta t \text{ (m}^3\text{)}$$

$$R_{H_2} : \text{水素発生量速度 (m}^3\text{/h)}$$

$$Q_{H_2 out} : \Delta t \text{ 分間で機器から出る水素量}$$

$$= C_0 \times (R_{H_2} + R_{AIR}) / 60 \times \Delta t$$

$$C_0 : \text{初期水素濃度 (-)}$$

$$R_{AIR} : \text{圧縮空気供給流量 (m}^3\text{/h)}$$

(Δt 分間において、発生した水素と供給した圧縮空

気により、機器外に水素量が押し出されると想定)

同様に、さらに Δt 分後の機器内の水素量 $Q_{H_2 t_0 + \Delta t + \Delta t}$ を評価し、必要な回数を繰り返すことにより、機器内の水素量の変化を評価する。

表－1 個別評価条件

建屋	機器名称	初期 水素 濃度	水素 発生 速度	空間 容量	圧縮 空気 供給 流量
		[vol%]	[m ³ /h]	[m ³]	[m ³ /h]
前処理 建屋	計量前中間貯槽	4.2	7.6E-03	7.8	4.2E-02
分離建屋	プルトニウム溶液受槽	8.0	1.2E-03	0.15	4.2E-02
	プルトニウム溶液中間貯槽	8.0	1.2E-03	0.15	4.2E-02
	第2一時貯留処理槽	8.0	1.6E-03	0.15	5.8E-02
精製建屋	プルトニウム溶液供給槽	8.0	1.5E-03	0.26	5.5E-02
	プルトニウム溶液受槽	8.0	1.4E-03	0.088	1.0E-01
	油水分離槽	8.0	1.4E-03	0.11	1.0E-01
	プルトニウム濃縮缶供給槽	8.0	4.7E-03	0.18	3.4E-01
	プルトニウム溶液一時貯槽	8.0	4.7E-03	0.19	3.4E-01
	プルトニウム濃縮液受槽	8.0	3.4E-03	0.13	2.5E-01
	プルトニウム濃縮液一時貯槽	8.0	5.2E-03	0.10	3.8E-01
	プルトニウム濃縮液計量槽	8.0	3.4E-03	0.13	2.5E-01
	リサイクル槽	8.0	3.4E-03	0.13	2.5E-01
	希釈槽	8.0	3.9E-03	0.11	2.8E-01
	プルトニウム濃縮液中間貯槽	8.0	3.4E-03	0.13	2.5E-01
	第2一時貯留処理槽	8.0	1.3E-03	0.12	9.2E-02
	第3一時貯留処理槽	8.0	2.4E-03	0.18	1.7E-01
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	8.0	3.5E-03	0.33	2.5E-01
	混合槽	8.0	2.7E-03	0.33	1.9E-01
	一時貯槽	8.0	2.6E-03	0.33	1.9E-01

3. 評価結果

機器内水素濃度が4 vol %に低下するまでに要する時間を表-2に示す。

また、各建屋において4 vol %に低下するまでに要する時間が長い機器について、水素濃度の低下の傾向を図-1及び図-2に示す。

建屋	機器名称	4 vol %に低下するまでに要する時間
		[hr]
前処理建屋	計量前中間貯槽	0.99
分離建屋	プルトニウム溶液受槽	4.6
	プルトニウム溶液中間貯槽	4.6
	第2一時貯留処理槽	3.4
精製建屋	プルトニウム溶液供給槽	6.2
	プルトニウム溶液受槽	0.77
	油水分離槽	0.96
	プルトニウム濃縮缶供給槽	0.47
	プルトニウム溶液一時貯槽	0.50
	プルトニウム濃縮液受槽	0.47
	プルトニウム濃縮液一時貯槽	0.24
	プルトニウム濃縮液計量槽	0.47
	リサイクル槽	0.47
	希釈槽	0.35
	プルトニウム濃縮液中間貯槽	0.47
	第2一時貯留処理槽	1.17
	第3一時貯留処理槽	0.93
ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋	硝酸プルトニウム貯槽	1.2
	混合槽	1.6
	一時貯槽	1.2

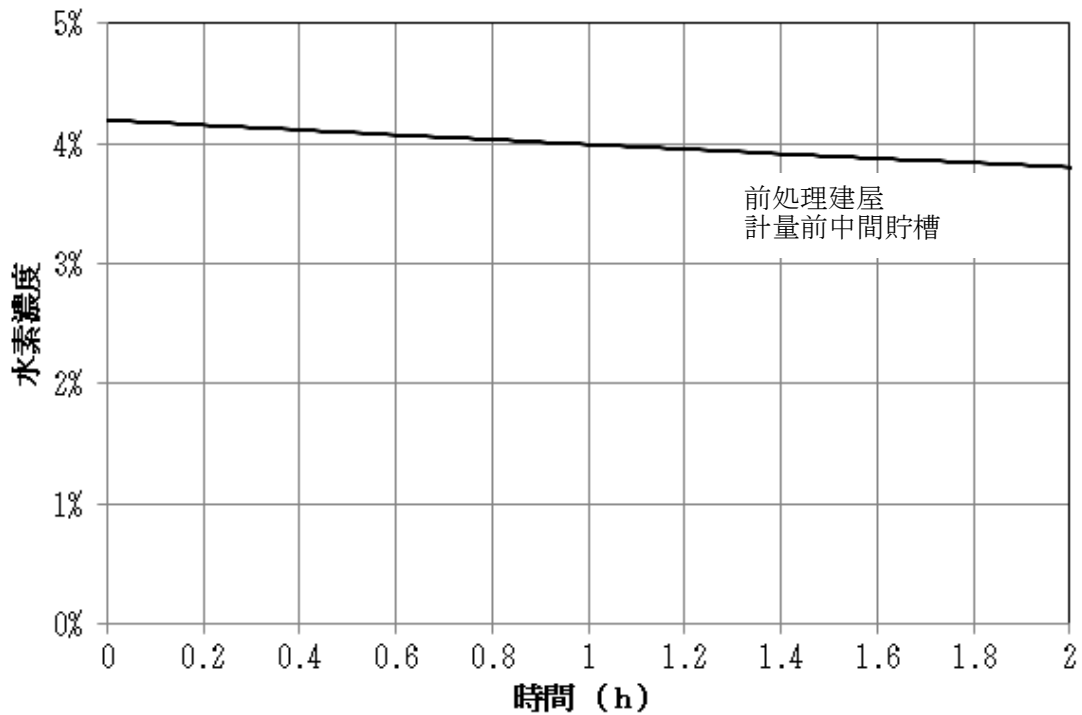


図-1 水素濃度の低下の傾向 (前処理建屋)

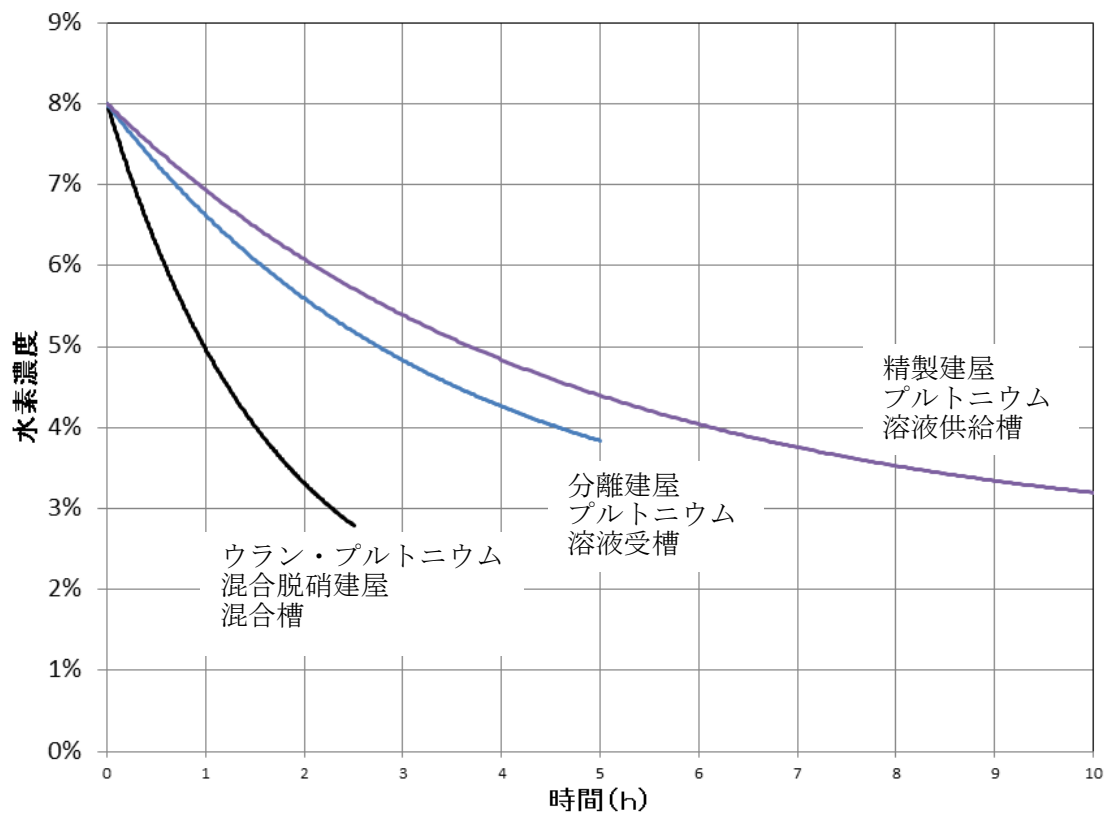


図-2 水素濃度の低下の傾向

(分離建屋, 精製建屋, ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋)

補足説明資料 8-11 (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

事故環境における重大事故等対処施設の機能維持

1. はじめに

水素爆発への対処は、安全圧縮空気系の水素掃気機能の喪失が発生した場合に実施するため、水素爆発への対処に使用する重大事故等対処施設には、安全圧縮空気系の水素掃気機能の喪失に伴って生じる環境条件の変化を想定した場合でも、必要な機能を有効に発揮することが求められる。

以下に、重大事故等対処施設が機能を有効に発揮できることを説明する。

2. 水素爆発未然防止設備

(1) 常設重大事故等対処設備（圧縮空気貯槽，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，圧縮空気設備の水素掃気用安全圧縮空気系，発生防止用圧縮空気供給系，その他圧縮空気を供給するための系統）

a. 温度

水素爆発の発生防止対策は水素爆発前に実施されることから、温度条件としては平常時と同じであり、重大事故の影響を受けることはない。

b. 圧力

重大事故等対処設備に供給される圧縮空気の圧力は重大事故等対処設備の使用圧力に対して小さいこと、または

重大事故等対処設備に供給される圧縮空気の圧力※を必要に応じて減圧し、供給することから、設備の機能を損なうことはない。

※圧縮空気貯槽及び可搬型空気圧縮機：約 0.69MPa

圧縮空気ユニット：約 14MPa

c. 放射線

水素爆発の発生防止対策は、水素爆発発生前に実施することから、その放射線環境は平常時と同じであり、設備の機能を損なうことはない。

- (2) 可搬型重大事故等対処設備（可搬型空気圧縮機，可搬型個別供給用建屋外ホース，可搬型個別供給用建屋内ホース，可搬型建屋外ホース，可搬型建屋内ホース）

a. 温度

可搬型個別供給用建屋外ホース等は可搬型空気圧縮機から供給される圧縮空気を送気するのみである。

発生防止対策は、水素爆発前に実施されることから、温度条件としては平常時と同じであり、重大事故の影響を受けることはない。

b. 圧力

可搬型個別供給用建屋外ホース等は、可搬型空気圧縮機からの圧縮空気の供給圧力（約 0.69MPa 程度）を必要に応じて減圧し、供給することから有意な影響はない。

c. 放射線

水素爆発の発生防止対策は、水素爆発発生前に実施することから、その放射線環境は平常時と同じであり、設備の機能を損なうことはない。

補 8-11-3

3. 水素爆発拡大防止設備

(1) 常設重大事故等対処設備（圧縮空気供給系，拡大防止用圧縮空気供給系）

a. 温度

水素爆発の拡大防止対策は水素爆発前に実施されることから，水素爆発の影響を受けることはなく，温度条件は平常時と同じであるため，設備の機能を損なうことはない。また，仮に水素爆発が発生した場合でも，水素爆発による温度の上昇は一時的なものであることから，設備の機能を損なうことはない。

b. 圧力

圧縮空気を供給するための常設重大事故等対処設備の配管は，可搬型空気圧縮機からの圧縮空気の供給圧力（約 0.69MPa 程度）を必要に応じて減圧し，供給することから有意な影響はない。

仮に水素爆発が発生した場合でも，建屋外に配備する重大事故等対処設備は水素爆発の影響を受けることはないこと，水素爆発の発生を想定する機器の近傍に設置される重大事故等対処設備は水素爆発の影響を受ける可能性があるが，水素爆発が発生した場合の爆発圧力に対して十分な強度を有することから，設備の機能を損なうことはない*。

* 爆発の圧力が太めの配管の内側から加わった場合
耐圧は下式*¹より約 29MPa となる。

$$P = \frac{2tS\eta}{D_o - 0.8t}$$

D_o : 外径 (mm) = 114.3mm

η : 継手効率 = 1.0

S : 許容引張応力 (MPa) = 404.1MPa

(SUS304 の引張り強さの 0.9 倍)

補 8-11-4

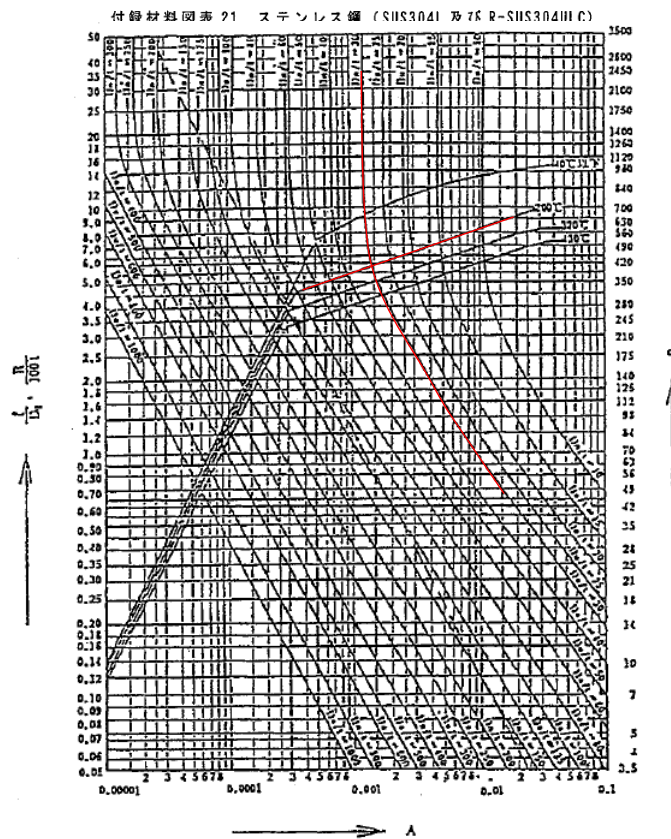
t : 厚さ (mm) = 4.0mm

補 8-11-5

爆発の圧力が配管の外側から加わった場合
 耐圧は下式*1より約19MPaとなる。

$$t = \frac{3PeD_0}{4B}$$

t : 管の計算上必要な厚さ (mm) = 4.0mm
 D₀ : 管の外径 = 114.3mm
 Pe : 外面に受ける最高の圧力 (MPa)
 B : 付録材料図表 21 から求めた値 = 420



仮に水素爆発が起こったとしても圧力はせいぜい数 MPa であるため、拡大防止用圧縮空気供給系が使用できなくなることはない。

* 1 「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

c. 放射線

水素爆発により気相中へ移行する放射性物質からの放射線に曝されるが、材質又は設備の設置場所を適切に考慮することから、設備の機能を損なうことはない。

- (2) 可搬型重大事故等対処設備（可搬型空気圧縮機，可搬型個別供給用建屋外ホース，可搬型個別供給用建屋内ホース，可搬型建屋外ホース，可搬型建屋内ホース）

a. 温度

可搬型個別供給用建屋外ホース等は，可搬型空気圧縮機から供給される圧縮空気を送気するのみである。

拡大防止対策は，水素爆発開始までに実施されることから，温度条件としては平常時と同じであり，重大事故の影響を受けることはない。

可搬型空気圧縮機は，建屋外に配備するため，仮に水素爆発が起こったとしても，セル内の機器の爆発による影響を受けない。

b. 圧力

可搬型個別供給用建屋外ホース等の使用圧力が1 MPa程度であるのに対し，可搬型空気圧縮機からの圧縮空気の供給圧力(約0.69MPa程度)はそれよりも小さいことから，有意な影響はない。

可搬型空気圧縮機は，建屋外に配備するため，仮に水素爆発が起こったとしても，セル内の機器の爆発による影響を受けない。

4. 換気系統遮断・セル内導出設備

- (1) 常設及び可搬型重大事故等対処設備（塔槽類廃ガス処理設備の配管，セル導出ユニットの配管，可搬型ダクト）

a. 温度

異常な水準の放出防止対策（セル導出）は，水素爆発前に実施されるため，温度条件としては蒸発乾固時における各溶液の沸点程度（100℃を上回る程度）であることから，常設重大事故等対処設備である塔槽類廃ガス処理設備の配管及びセル導出ユニットが有意な影響を受けることはなく，また，可搬型重大事故等対処設備である可搬型ダクトについても，想定される使用温度において有意な影響はない。

仮に水素爆発が起こった場合，瞬間的に気体の温度は上昇するが，貯槽温度を有意に上昇させる熱量ではなく数度の温度上昇に留まること，過渡的な現象であることから有意な影響はない。

b. 圧力

仮に水素爆発が起こった場合，塔槽類廃ガス処理設備の配管及びセル導出ユニットの配管内の圧力上昇の可能性はあるが，十分な強度を持つことから，有意な影響はない*。

隔離弁については，耐圧性能が水素濃度8vol%の爆発による圧力上昇を上回るため，経路維持可能であり有意な影響はない（補足8-17）。

*爆発の圧力が太めの配管の内側から加わった場合
耐圧は下式⁽¹⁾より約16MPaとなる。

$$P = \frac{2tS\eta}{D_o - 0.8t}$$

D_o : 外径 (mm) = 812.8mm

補8-11-8

η : 継手効率 = 1.0

S : 許容引張応力 (MPa) = 336.6MPa

(100°Cの R-SUS304ULC の引張り強さの 0.9 倍)

t : 厚さ (mm) = 20mm

c. 放射線

水素爆発により気相中へ移行する放射性物質からの放射線に曝されるが、材質又は設備の設置場所を適切に考慮することから、設備の機能を損なうことはない。

5. 放出影響緩和設備

(1) 常設重大事故等対処設備（換気系統のダクト）

a. 温度

異常な水準の放出防止対策は、水素爆発前に実施されるため、温度条件としては蒸発乾固の各溶液の沸点程度（100°Cを上回る程度）であることから、常設重大事故等対処設備である換気系統のダクトが有意な影響を受けることはない。

仮に水素爆発が起こった場合においては、導出先のセルの容積により発生圧力は緩和されることから、温度上昇は僅かであり換気系のダクトが有意な影響を受けることはない。

b. 圧力

異常な水準の放出防止対策は、水素爆発前に実施されるため、有意な圧力上昇はないと考えられるが、万一水素爆発により逆止ダンパから放射性物質が漏えいしたとしても、可搬型排風機を起動することにより管理しながら放出することが可能である。

6. 結果

2. ～ 5. より，安全圧縮空気系の水素掃気機能の喪失に伴って生じる環境条件の変化を想定した場合でも，重大事故等対処施設は機能を有効に発揮する。

以上

補足説明資料 8-12 (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

時間余裕計算方法の有する安全余裕について

1. はじめに

圧縮空気貯槽や圧縮空気貯槽からの圧縮空気の供給がない場合の機器内水素濃度が未然防止濃度（8 v o 1 %）に到達するまでの時間余裕は，機器の溶液量，溶液の崩壊熱密度及び水素のG値から決まる水素発生速度，水素発生速度と水素掃気機能喪失前の水素掃気用安全圧縮空気流量から決まる初期水素濃度並びに機器の空間容量から評価している。（詳細は，補足資料 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に記す。）

2. 各種パラメータの安全余裕について

(1) 溶液量及び空間容量

時間余裕の評価に用いた機器の溶液量は平常運転時の最大の溶液量としている。平常運転時は最大の溶液量とは限らず，平常運転時に対し水素発生量を大きくし，空間容量を小さくするため，通常の運転時と比べ時間余裕を短くする想定である。（ただし，平常運転時において最大の溶液量で取り扱う機器については，液量設定による安全余裕がとれない場合がある。）

参考に機器の液量が最大の溶液量に対し 80%にした場合の時間余裕の評価例を下表に示す。

表 未然防止濃度到達時間の比較（溶液量 100%と 80%）

建屋	機器	時間余裕 [h]	
		液量 100%	液量 80%
高レベル 廃液ガラ ス固化建 屋	高レベル濃縮廃液貯槽	84	300
	高レベル濃縮廃液一時貯槽	210	440
	高レベル廃液混合槽	160	310
	供給液槽	280	460
	供給槽	230	—*
	不溶解残渣廃液一時貯槽	9100	14000
	不溶解残渣廃液貯槽	6100	12000

※ 供給槽は平常運転時において最大の溶液量で取り扱う機器であるため、80%での時間余裕は評価しない。

(2) 水素のG値

時間余裕の評価に用いた水相の水素のG値は、平常運転時の最低の硝酸イオン濃度を想定して設定している。G値は硝酸イオン濃度が低いほど大きくなるため、水素発生量が大きくなり時間余裕を短くする想定である。

(3) 水素掃気用安全圧縮空気流量

時間余裕の評価に用いた水素掃気機能喪失前の水素掃気用安全圧縮空気流量は、警報設定値を元に設定しており、平常運転時の水素掃気流量より小さい値である。水素掃気用安全圧縮空気流量が小さいほど初期水素濃度が大きくなるため、時間余裕を短くする想定である。

ただし、下表に示すとおり、警報設定値を元に設定した流量に基づく時間余裕と平常運転時の流量に基づく時間余裕に有意な差はない。

表 未然防止濃度到達時間の比較（水素掃気用安全圧縮空気流量を警報設定値に基づく流量とした場合と平常運転時の流量とした場合の比較）

建屋	機器	時間余裕 [h]	
		警報設定値に基づく流量の場合	平常運転時の流量の場合
高レベル 廃液ガラス 固化建 屋	高レベル濃縮廃液貯槽	84	84
	高レベル濃縮廃液一時貯槽	210	210
	高レベル廃液混合槽	160	160
	供給液槽	280	280
	供給槽	230	230
	不溶解残渣廃液一時貯槽	9100	9100
	不溶解残渣廃液貯槽	6100	6100

3. 時間余裕の計算方法による時間余裕について

未然防止濃度到達までの時間は、水素掃気機能喪失の前に機器に存在していた水素と発生した水素が全て機器内に蓄積しつづけるという想定で、未然防止濃度到達までの時間を評価している。

$$t_{\text{mar}} = \frac{8 - C_0}{100} \times \frac{V_{\text{gas}}}{F_{\text{H}_2}}$$

t_{mar} : 未然防止濃度到達までの時間 (h)

C_0 : 初期水素濃度 (v o l %)

V_{gas} : 機器の空間容量 (m^3)

実際には、機器内の水素の一部が機器内で発生した水素によって機器外の押し出されるが、水素が全て蓄積し続けると想定することは、より未然防止濃度に到達する時間が短くなるという点で安全側である。

比較のために、空間容量を 0.1m^3 、水素発生速度を $0.001\text{m}^3/\text{h}$ とした架空の貯槽における機器外への水素の押し出しを考慮した水素濃度の変化を評価した。評価方法は、「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」と同じ方法を用いた。ただし、初期水素濃度を 0 v o l % に、圧縮空気供給流量を 0

m³/hに変更した。評価結果を下図に示す。未然防止濃度に到達する時間は、水素が機器内に全て蓄積すると想定することで、約4%短くなる。

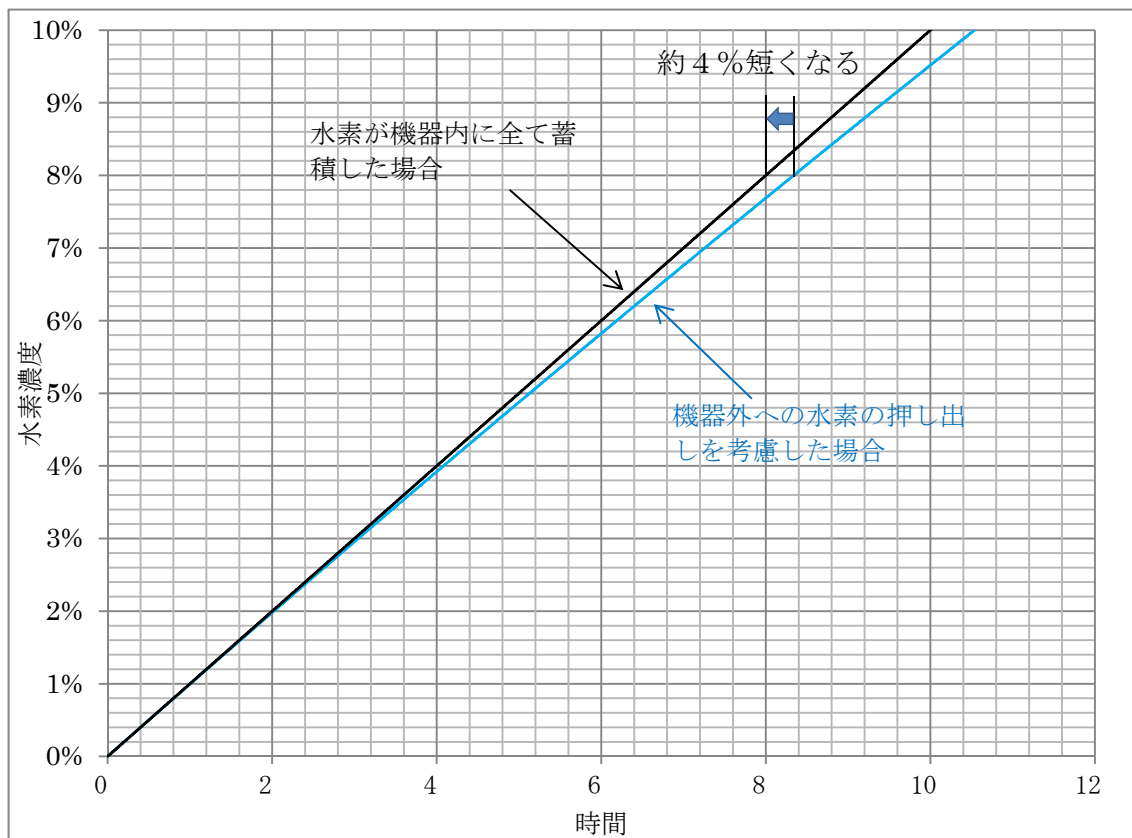


図 水素が機器内に全て蓄積すると想定した場合の水素濃度推移と機器外への水素の追出しを考慮した場合の水素濃度推移の比較

補足説明資料 8-13 (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 ^{※2} (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 ^{※1}	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 8-14 (28条)

8. 放射線分解により発生する水素による
爆発への対処

塔槽類廃ガス処理設備の隔離弁の爆発時健全性について

1. 水素濃度の想定について

水素爆発の未然防止や拡大防止は、機器内水素濃度が 8 v o 1 % に到達するまでに実施する。このため、機器内で 8 v o 1 % の水素濃度での爆発が起こることを想定する。

2. 爆発時の圧力上昇について

密閉状態で爆発が起こった場合の圧力上昇を以下にしめす⁽¹⁾。初期圧力 8 v o 1 % における爆発圧力は、初期圧力の約 2.7 倍となる。初期圧力は大気圧 (=0.1013MP a) であるため、爆発時の圧力は 0.1013MP a × 2.7=0.273 より約 0.28MP a である。なお、当社の機器形状を模擬して 8 v o 1 % で爆発させた実験を行ったときの爆発圧力は 0.05MP a 未満であり、2.7MP a より小さい。

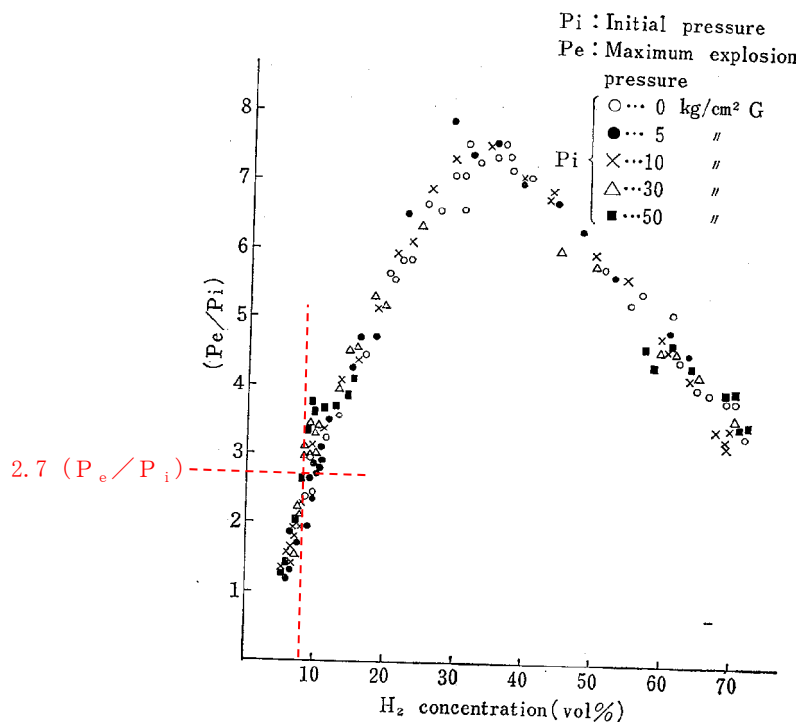


Fig.2 Ratio of explosion pressure to initial pressure and hydrogen concentration.
(爆発圧力比と水素濃度の関係)

3. 隔離弁の健全性について

隔離弁の耐圧性能を以下に示す。

分類	前処理建屋	分離建屋	精製建屋	U・Pu 混合 脱硝建屋	高レベル 廃液 ガラス固化 建屋
耐圧性能 (MPa)	2.3/3.0	2.0	1.5	1.5	2.9
隔離弁 種類	バタフライ弁 /ニードル弁	バタフライ弁	バタフライ弁	ゲート弁	バタフライ弁

各建屋の隔離弁の耐圧性能は、0.28MPaより十分大きいことから、
隔離弁の健全性は維持される。

4. 参考文献

- (1) 柳生，松田：“水素の爆発危険性についての研究（第2報）”，
産業安全研究所報告，RIIS-PR-21-4（1973）

補足説明資料 8-15 (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

可搬型フィルタの健全性について

(1) 方法

各建屋において未然防止濃度に到達するまでの時間が最も短い水素爆発を想定する機器が未然防止濃度に到達するまでの時間において、建屋内の機器から発生した水素の全量が爆発することを想定する。水素爆発によって生じたエネルギーは全て導出先のセル及び連結するセルの温度上昇に使われると仮定し、爆発前後の気体のエンタルピの収支計算を行って爆発後の温度を評価する。爆発前の水素のエンタルピについてはわずかであるため考慮しない。また窒素は酸素より、同一の温度に対して内部エネルギーが小さいので、爆発後の温度は高めに算出されることから、酸素の内部エネルギーは窒素の内部エネルギーに置き換えて評価する。

$$E_{O_2 1} + E_{N_2 1} = E_{O_2 2} + E_{N_2 2} + E_{H_2O 2} + E_D$$

ここで、

$E_{O_2 1}$: 水素爆発発生前の酸素のエンタルピ (k J)

$E_{N_2 1}$: 水素爆発発生前の窒素のエンタルピ (k J)

$E_{O_2 2}$: 水素爆発発生後の酸素のエンタルピ (k J)

$E_{N_2 2}$: 水素爆発発生後の窒素のエンタルピ (k J)

$E_{H_2O 2}$: 水素爆発発生後の蒸気のエンタルピ (k J)

E_D : 爆発 (燃焼) による生成エンタルピ (k J)

ただし、

$$E = \frac{V}{V_N} \times H(T)$$

ここで、

E:エンタルピー (kJ)

V:ガス体積 (m³)

V_N:標準モル体積 (m³/mol)

H(T):比エンタルピー (kJ/mol)

爆発後の圧力については、状態方程式から求める。

$$P = P_0 \times \frac{T}{T_0}$$

ここで、

P₀:初期圧力 (101.3 kPa)

T:爆発後の温度 (K)

T₀:初期温度 (323K)

爆発後の温度T及び圧力上昇P - P₀を評価し、可搬型フィルタの健全性が維持される差圧及び温度と比較することにより、可搬型フィルタの健全性を確認する。

(2) 可搬型フィルタの健全性の評価条件

爆発を想定する水素量

前処理建屋	: 2.5m ³
分離建屋	: 4.3m ³
精製建屋	: 1.5m ³
ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋	: 0.22m ³
高レベル廃液ガラス固化建屋	: 3.5m ³

(3) 評価結果

可搬型フィルタの健全性が維持される温度は 200℃未満，可搬型フィルタの健全性が維持される差圧は 9.8 k P a 未満である。

以下に示すとおり，各建屋における爆発後のセル内温度は 200℃未満であり，圧力上昇は 9.8 k P a 未満である。このため，可搬型フィルタの健全性は維持される。

前処理建屋 : セル内温度 53℃，圧力上昇 0.72 k P a

分離建屋 : セル内温度 52℃，圧力上昇 0.46 k P a

精製建屋 : セル内温度 51℃，圧力上昇 0.17 k P a

ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋

: セル内温度 64℃，圧力上昇 4.2 k P a

高レベル廃液ガラス固化建屋

: セル内温度 61℃，圧力上昇 3.5 k P a

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

5 因子法において採用した値の適用性について

1. はじめに

放出量評価において、文献から値を引用して評価に適用している。文献における試験の実施条件、適用範囲を確認し、文献引用の適用性について確認した。

2. 評価に用いた値と引用文献の関係について

対策成功時の放出量評価においては、下表の値を使用している。

分類	項目	採用した値	引用元、参考元
M A R	重大事故等が発生する貯槽に保有される放射性物質質量	放射性物質量の最大値	—
D R	貯槽に保有される放射性物質質量のうち事故の影響を受ける割合	1	—
A R F	圧縮空気の供給に伴い気相中に移行する放射性物質の割合	圧縮空気 1 m ³ 当たり 10 m g	F.J. Herrmann, et. al., Some Aspects of Aerosol Production and Removal During Spent Fuel Processing Steps, Proceedings of the 16 th DOE Nuclear air cleaning conference held in San Diego, California, 20-23 October 1980.
D F	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	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.
D F	高性能粒子フィルタの除染係数	10 ³ /フィルタ 1 段	尾崎誠，金川昭．高性能エアフィルタの苛酷時健全性試験，（I）DOPエアロゾルの捕集性能．日本原子力学会誌．1985，vol. 27，no. 7.

重大事故等が発生する貯槽に保有される放射性物質量は、六ヶ所再処理施設の設計で決めるべきものであるため、文献を引用していない。なお、貯槽に保有される放射性物質量のうち事故の影響を受ける割合については、圧縮空気の供給に伴い気相中に移行する放射性物質の割合の設定「圧縮空気 1 m³ 当たり 10mg」の中で既に考慮されているため 1 とした。R F は放出後の放射性物質の粒径分布の情報がないため、放出量を多くする想定として 1 と設定した。

水素爆発時の放出量評価においては、下表の値を使用している。

分類	項目	採用した値	引用元、参考元
M A R	重大事故等が発生する貯槽に保有される放射性物質量	放射性物質量の最大値	—
D R	貯槽に保有される放射性物質量のうち事故の影響を受ける割合	1	—
A R F	水素爆発に伴い気相中に移行する放射性物質の割合	1×10^{-4}	Nuclear Fuel Cycle Facility Accident Analysis Handbook, NUREG/CR-6410, 1998. 他
D F	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	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.
D F	大風量負荷時のフィルタの健全性の判断基準	9.3kPa	尾崎他、「高性能エアフィルタの苛酷時健全性試験, (VII), 圧力変化試験」、日本原子力学会誌、Vol. 30, No. 4, 1988 年

爆発の影響を受けるのは液面付近の溶液に限られると考えられるが、事故の影響を受ける割合に関する情報がないことから放出量を多くする想定として貯槽に保有される放射性物質量の全量が影響を受けるものとした。

3. 文献引用の妥当性について

- (1) 圧縮空気の供給に伴い気相中に移行する放射性物質の割合について

試験条件と実機の条件を以下に示す。試験条件と実機条件は同様であり、適用できる。

項目	試験条件	実機条件	考察
設備	再処理工場の第1抽出サイクル (①参照)	再処理工場	試験条件と実機条件は同様であり、適用できる。
内包液	実液	実液	試験条件と実機条件は同様であり、適用できる。
掃気流量	$150\text{m}^3/\text{h} \sim 3000\text{m}^3/\text{h}$ (②参照)	数～数十 m^3/h (建屋により異なる)	実機条件よりも試験条件の掃気流量が多いことから、エアロゾル濃度についてもより厳しい結果を与える試験条件の $10\text{mg}/\text{m}^3$ としている。(②参照)

Table II Contribution of Stirring, Transferring, Scavenging Processes and Pulse Air to the Total Quantity of Off-Gas from Vessels in the 1st Extraction Cycle ①

Aerosol Sources	Air m^3/h	Aerosol Loading $(\text{mg}/\text{m}^3 \text{ air})$
Stirring Air	440 - 3000	10
Transfer Air (Airlift)	160 - 200	10
Pulse Air	600	0,1
Scavenging Air	150	0,1 - 1

- (2) 水素爆発に伴い気相中に移行する放射性物質の割合について

水素爆発による気相への移行率を直接測定した例は少ないため、緩やかに加圧したあと急激に減圧させた場合の気相への移行を参考に設定した。根拠となる試験はNUREG/CR-3093に記されている。

爆発の場合には急激な圧力上昇とその後の減圧に伴う気泡の発生により放射性物質が気相へ移行する。一方、緩やかに加圧した試験は、加圧されたガスが爆発に比べてより多く液に溶存し、爆発に比べ多くの気泡が生じることから、文献は爆発より厳しい条件となる。文献による気相への移行率 $4 \times 10^{-5} \sim 6 \times 10^{-4}$ に対し爆発による移行率は小さい値をとると考えられる。

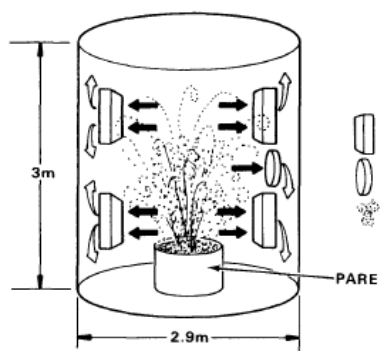
したがって、当該文献は適用できる。




【NUREG/CR-3093の試験概要】

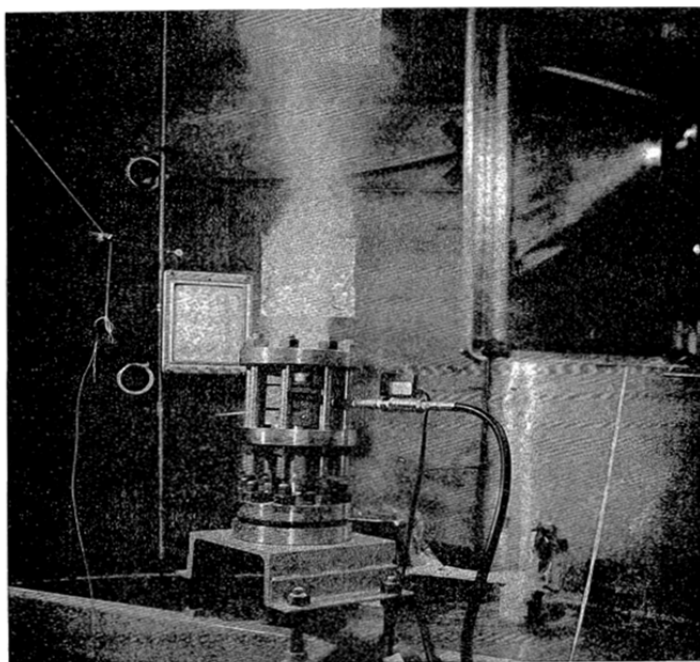
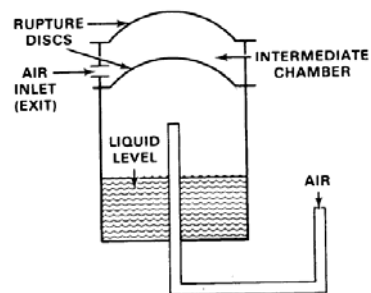
- ▶ 硝酸ウラニル溶液を含む容器内に空気を封入・加圧し、容器を開放した際に容器外に放出される溶液を回収し、移行率を算出した。

$$\text{移行率} = \frac{\text{気相へ移行した溶質量}}{\text{容器に投入した初期溶質量}}$$

- ▶ 溶液量、溶液組成は明らかであるが、試験容器の具体的なサイズは不明である。
- ▶ 試験時の圧力は明らかではあるが、加圧した時間は不明であり、緩やかな加圧と想定される。
- ▶ 一方、ラプチャーディスク破損時の放出挙動は右図の通りであり、容器上部が開放していると考えられる。



-  HIGH VOLUME FILTER SAMPLES
-  HIGH VOLUME IMPACTOR
-  RELEASE ZONE



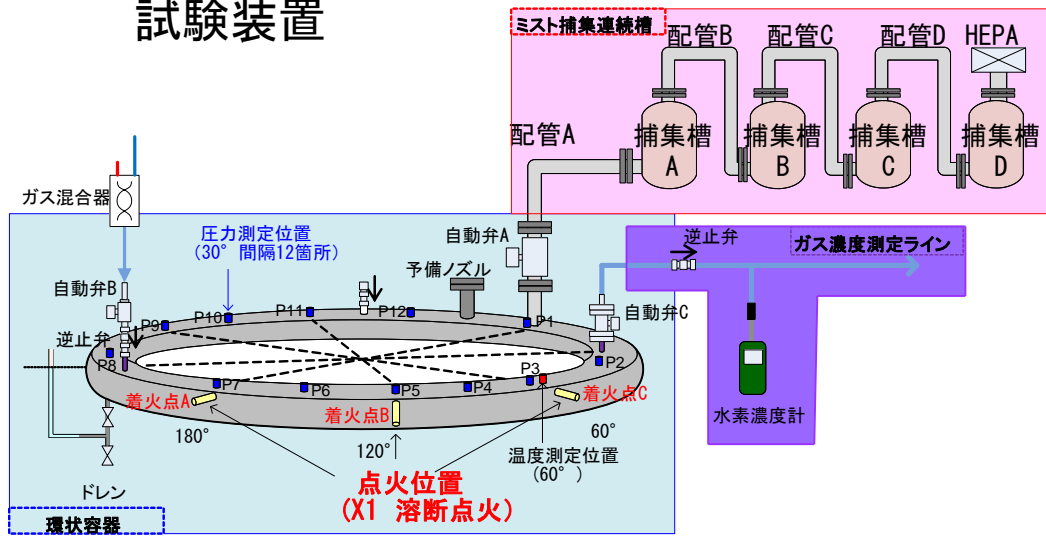
NUREG/CR-3093¹⁾より引用

(3) 放出経路構造物への沈着による放射性エアロゾルの除去効率について

試験条件と実機の条件を以下に示す。試験から得られた配管曲り部の除染係数は、より複雑かつ配管の長い実機条件と比較して厳しい結果を与えると考えられ、除染係数 10 は適用可能である

項目	試験条件	実機条件	考察
容器のサイズ	直径約 3.8m の円環形状	水素爆発を想定する機器により様々	発生圧力が高いのは、壁面の圧力波の反射により火炎が加速しやすい円環形状の場合であり、飛沫が飛びやすい条件であり適用できると考える。
配管長さ	1m～2m	数十 m	試験条件の方が曲り箇所が極めて少なく、除染係数としては厳しい結果となると考えられるため適用できる。(下図参照)
爆発時圧力	3.5MPa	0.7～2.9MPa (水素濃度 30vol%における着火側機器の圧力)	試験の最大圧力は実機を想定して実施した試験結果である 0.7～2.9MPa を包含しており、適用できると判断した。

試験装置



実機イメージ

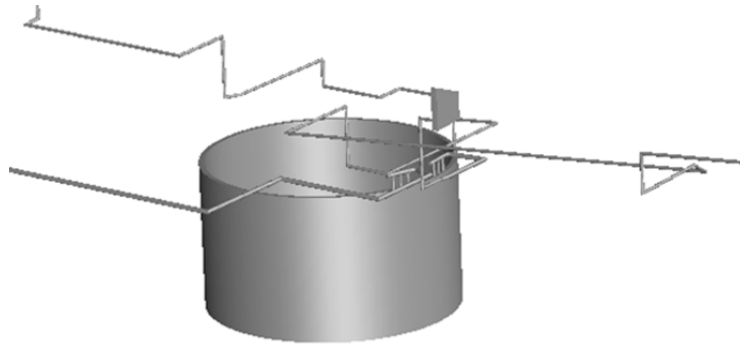


図 試験装置と実機の比較

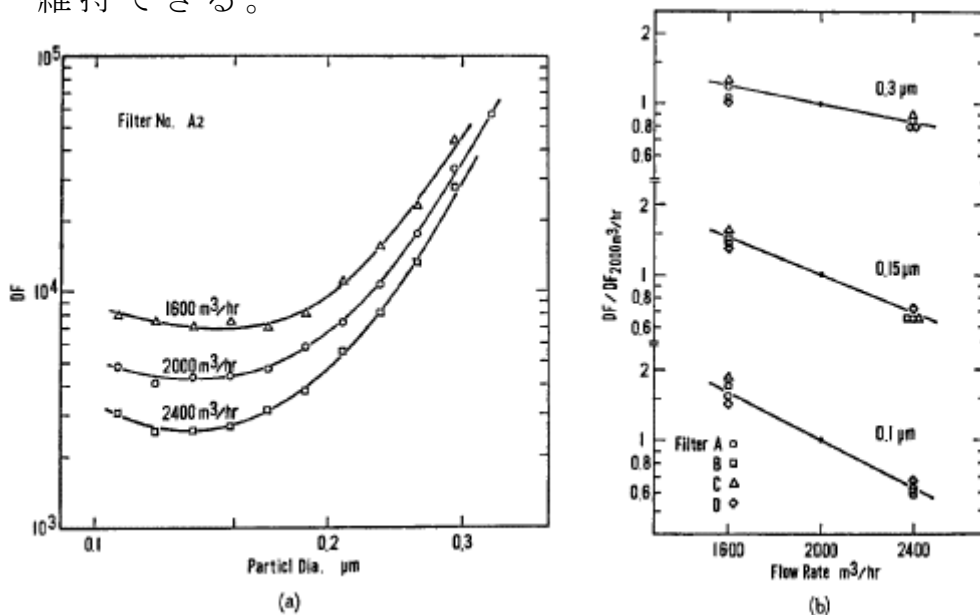
(4) 高性能粒子フィルタの除染係数について(対策成功時)

試験で用いられた高性能粒子フィルタと実機(可搬型フィルタ)の条件を以下に示す。試験で用いられたフィルタと実機(可搬型フィルタ)の仕様は同様であり適用できる。

項目	試験条件	実機条件 (可搬型フィルタ)	考察
ろ材	グラスファイバー	グラスファイバー	同一の素材であり適用可能である。
サイズ	幅-高さ-奥行き： 610-610-292(mm)	幅-高さ-奥行き： 610-610-約300(mm)	同様のサイズであり適用可能である。 (実機奥行きは構造図に記載ないため構造図から推測)
耐熱温度(℃)	200	180 (連続使用最高温度)	実機条件の温度に比べて、試験条件の耐熱温度が高いことから適用可能である。
定格風量(m ³ /h)	定格風量：2,000	約2,500	風量が異なる場合でも所定の除染効率を期待できることから適用可能である。(①参照)
試験温度(℃)	25～45	50～100℃程度	試験に用いられているフィルタの最高使用温度を下回ることから適用可能である。
粒径	0.024～0.750μm で試験	エアロゾルの径は事象により異なるが、μmオーダーと想定	試験より0.13μm近辺で最も除染係数が低くなるが、この場合でも10 ³ に余裕があること、実機条件のエアロゾル径は0.13μmより大きいと想定されることから、適用可能と考える。(②参照)

①風量と捕集効率の関係

以下に示す通り，さまざまな風量、粒径において DF_{10}^3 を維持できる。



②粒径と捕集効率の関係

以下に示す通り，さまざまな粒径において DF_{10}^3 を維持できる。

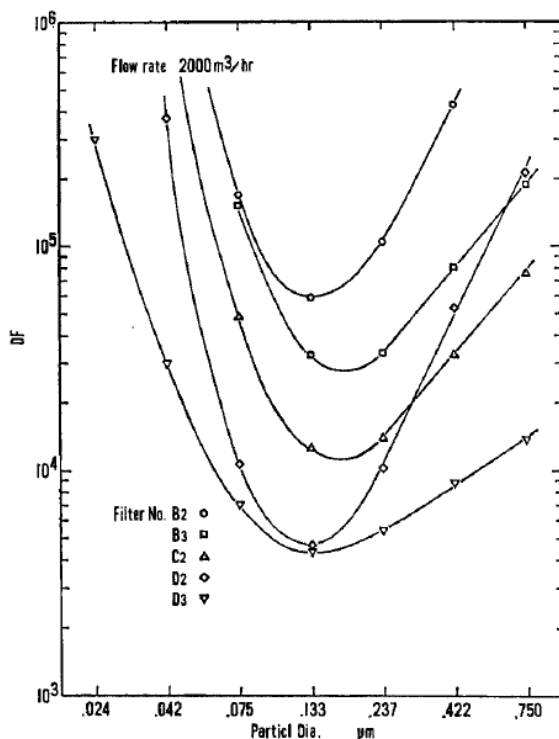


Fig. 3 Decontamination factor of HEPA filters measured by CNC/DB system

(4) 大風量負荷時のフィルタの健全性の判断基準

試験で用いられた高性能粒子フィルタと実機（可搬型フィルタ）のフィルタサイズは同様である。水素爆発時の差圧上昇は試験範囲を超える可能性があるが、試験では差圧上昇速度が低いほどリークが発生する差圧が小さくなる傾向があり、差圧上昇速度が低い場合のフィルタリーク発生差圧を採用することは厳しい結果となることから、適用可能である。

項目	試験条件	実機条件 (可搬型フィルタ)	考察
フィルタサイズ	幅-高さ-奥行き： 610-610-292(mm) (①参照)	幅-高さ-奥行き： 610-610-約300(mm)	同様のサイズであり適用可能である。 (実機奥行きは構造図に記載ないため構造図から推測)
差圧上昇速度	1kPa/s～ 50kPa/s	水素爆発想定時： 数 kPa/s～数十 kPa/s	差圧上昇速度が速いほどフィルタが破損する圧力が上昇する傾向を有すること、水素爆発時の差圧上昇は試験範囲を超える可能性があるが、差圧上昇速度が低い場合のフィルタリーク発生差圧を採用することは厳しい結果となる(②参照)ことから、適用可能である。

Table1 Specification of test filters

	Tested Filter (PNC)	HEPA Filter (JIS Z 4812)
Size (mm)	610*610*292	610*610*292
Frame material	Steel	Plywood
Filter medium	Glass fiber paper	Glass fiber paper
Separators	Stainless steel	Aluminum
Sealants	Silicon rubber	Polyurethane
Gasket material	Neoprene	Neoprene
Capacity (m ³ /h)	2000	1860
Resistance to air flow (mmAq)	≦30	≦25
DOP smoke penetration (%)	≦0.02	≦0.03
Resistance to heated air (t)	200	~100
Resistance to pressure (mmAq)	250	250

①

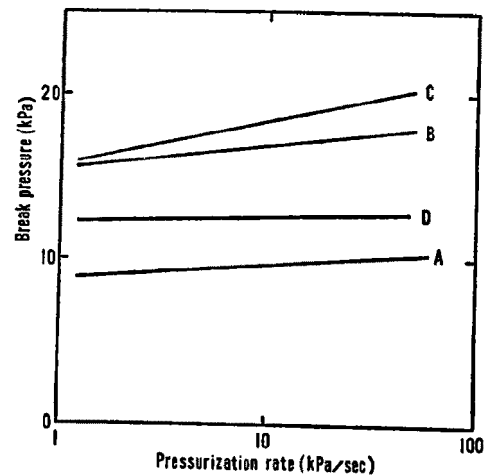


Fig. 4 Pressure at structural limits vs. pressurization rate of HEPA filters

②(差圧上昇速度が低いほどリーク発生差圧が小さくなる傾向がある。)

補足説明資料 8-17 (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 _a : 許容応力 (MPa) η : 継手効率(-) D _o : 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 ²) D _o : 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 _a : 許容応力 (MPa) η : 継手効率(-) D _i : 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 _a : 許容応力 (MPa) η : 継手効率(-) D _i : 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、パルスカラム)	$P = \frac{t^2 S_a}{d^2 CZ}$	t : 板厚(mm) S _a : 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 _a : 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 _a : 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 _a : 許容応力 (MPa) η : 継手効率 (-) D _i : 胴の内径 (mm) D _{IL} : 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 _a : 許容応力 (MPa) η : 継手効率 (-) D _i : 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 ^{※1} (MPa)	発生圧力 ^{※2} (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 8-18 (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 ³]	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 ³]	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	-

補8-18-4

※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 ³]	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 ³]	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	-

補8-18-11

※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)	○	○	○	—	○	

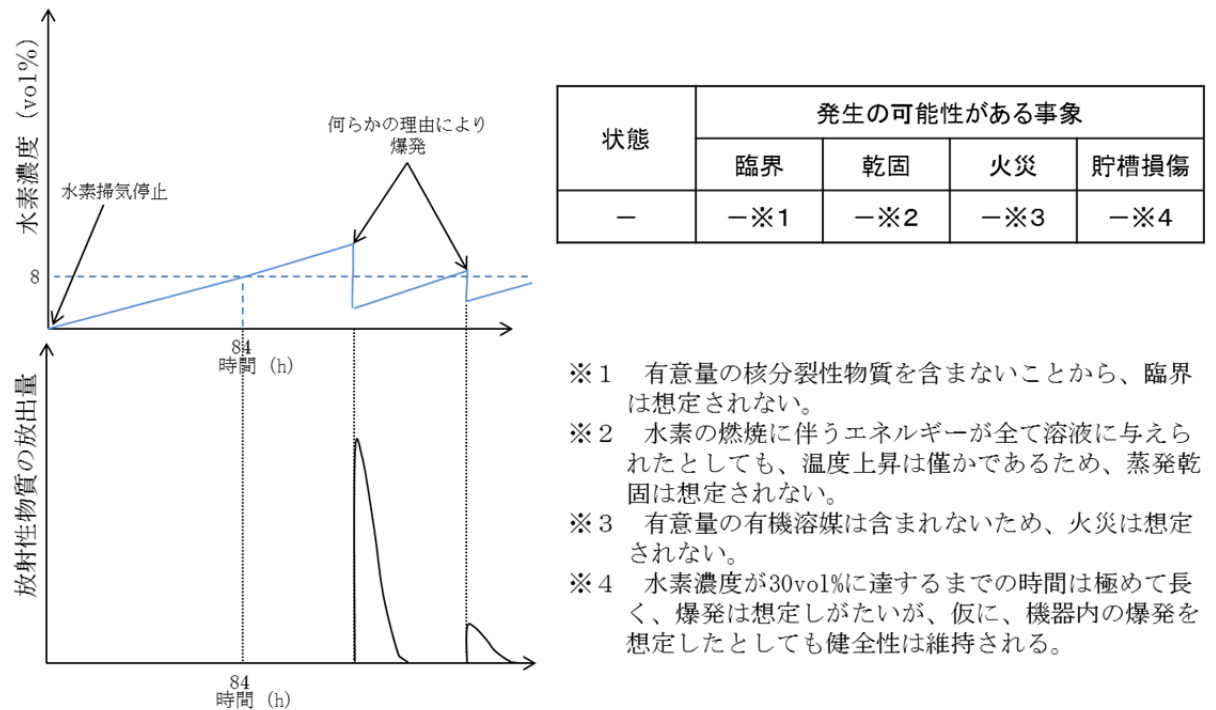
※長期にわたり、機器内から発生する水素を拡散させた場合、水

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



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

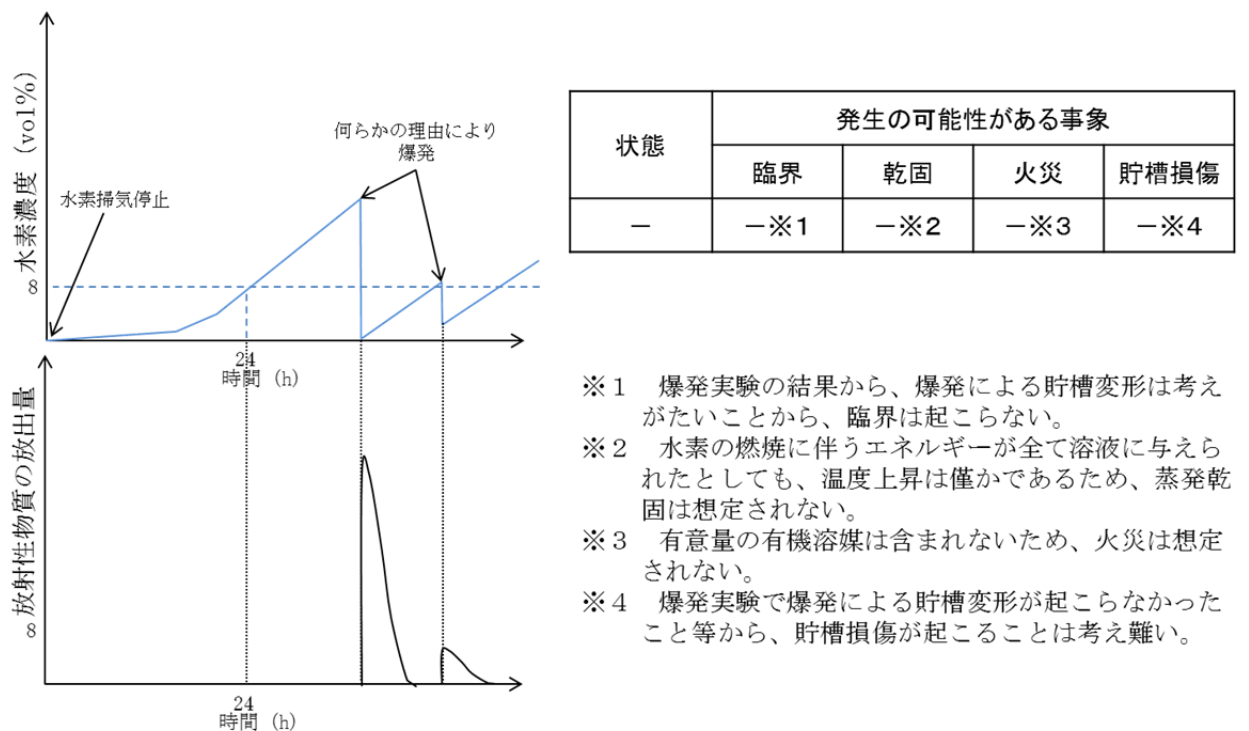
器構造物の変形，破断である。

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



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

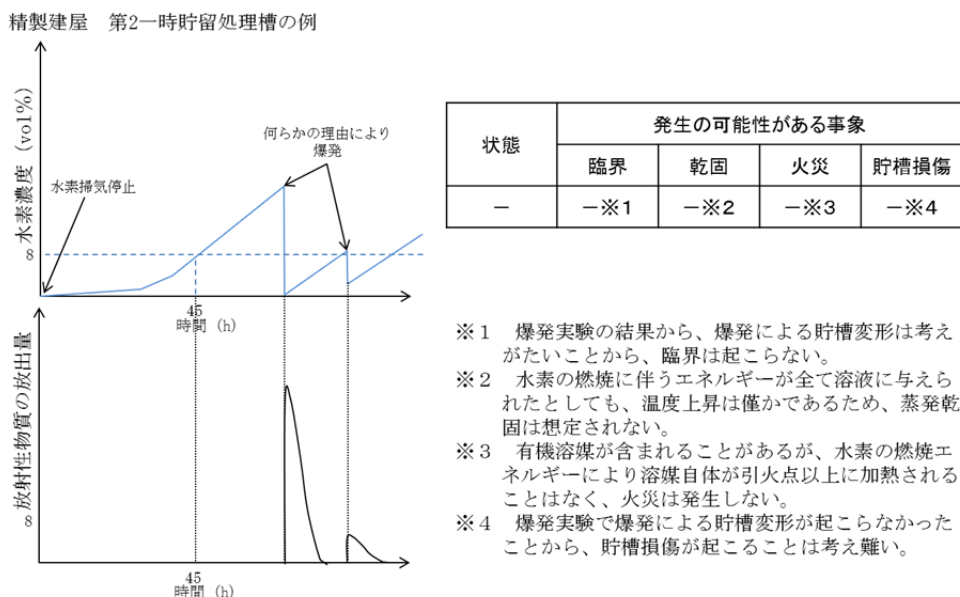
3.3.4 抽出廃液について

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。

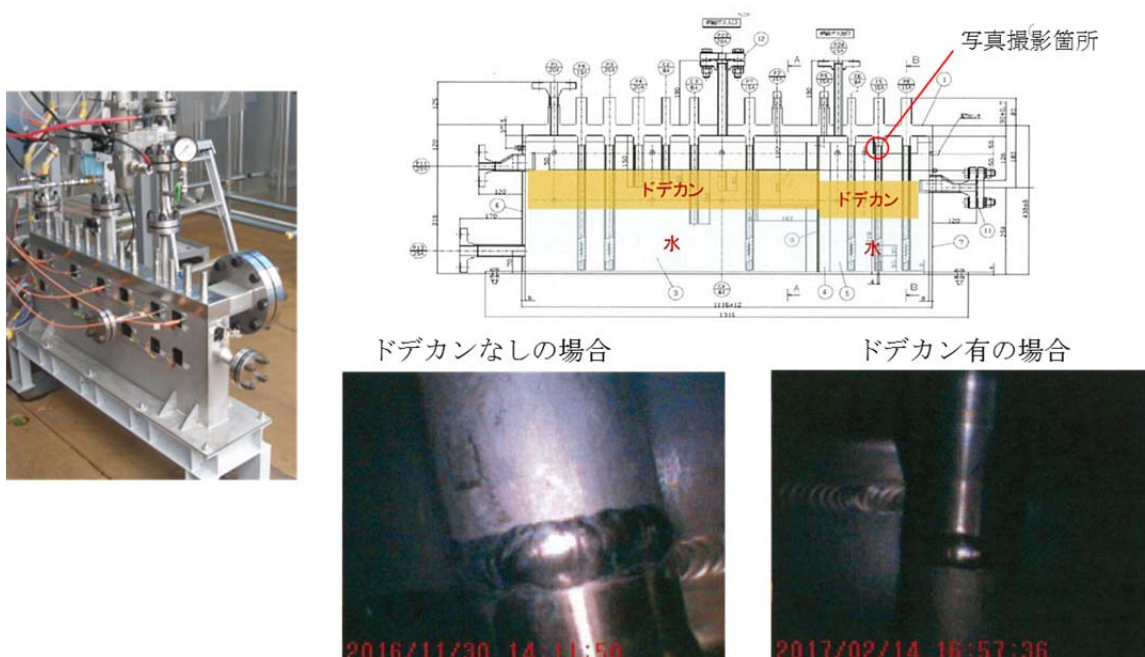
蒸発乾固の誘発の観点では、水素爆発により発生するエネルギーは1MJ程度であることから、仮に全エネルギーが溶液に付加されたとしても、溶液の温度上昇は数℃程度であり、溶液が沸騰に至ることはない。

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
補8-18-20

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8-18-21

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。

補足説明資料 8-19 (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

可搬型空気圧縮機の燃料について

1. 目的

可搬型空気圧縮機を稼働させるため、燃料として軽油を用いる。可搬型空気圧縮機の稼働に必要な燃料の算出方法を概説する。

2. 必要な燃料の算出方法

2.1 計算の前提

発生防止対策，拡大防止対策に用いる可搬型空気圧縮機に必要な燃料は，1時間あたりの燃料消費量 0.015kL/h/台と燃料を必要とする機器の使用開始から対応時間 7日間（168時間）までの時間の差の積とする。

機器付タンク容量は、燃料運搬の頻度を算定するために考慮するが、総使用量に対する容量としては保守的に考慮せず、燃料貯蔵タンクの容量のみを考慮する。

燃料の消費量は、可搬型空気圧縮機が最大稼働している場合を想定する。

燃費は 100% 負荷時の値にて算出する。

2.2 評価対象

可搬型空気圧縮機の配置と建屋間の共用関係を第 1 図に示す。大型の可搬型空気圧縮機を 5 台，小型の可搬型空気圧縮機を 4 台配備する。大型 1 の可搬型空気圧縮機は，前処理建屋及び高レベル廃液ガラス固化建屋で共用する。大型 2 の可搬型空気圧縮機は，前処理建屋及び分離建屋で共用する。大型 3 の可搬型空気圧縮機は，分離建屋及び高レベル廃液ガラ

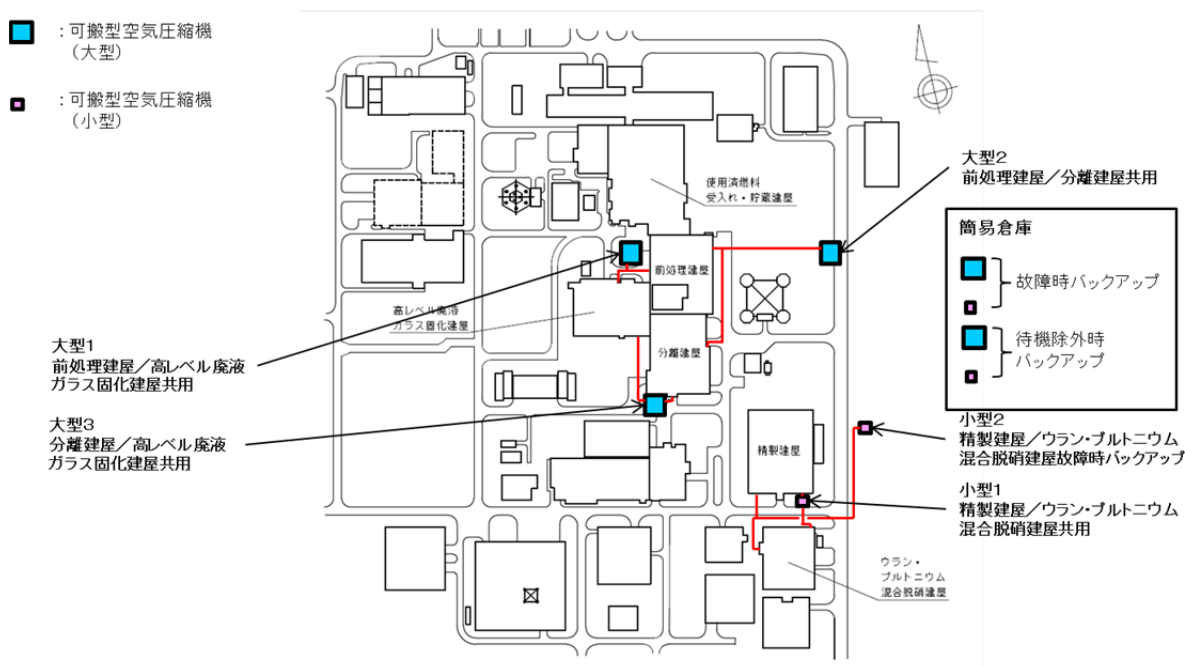
ス固化建屋で共用する。小型の可搬型空気圧縮機は、精製建屋及びウラン・プルトニウム混合脱硝建屋で共用する。

評価対象とする可搬型空気圧縮機は、大型3台、小型1台とする。

3. 評価結果

評価結果を第1表に示す。必要な軽油は、8.53k Lである。

軽油は、軽油貯蔵タンクに約4,000k L保管しており、水素爆発の発生防止対策に必要な燃料について、7日間の継続が可能である。



第1図. 可搬型空気圧縮機の配置

第1表. 可搬型空気圧縮機の燃料消費量

燃料補給対象設備	運転開始時間 (h)	運転時間 (h)	燃費 (L/h)	消費量 (L)	運転開始時間 設定理由
可搬型空気圧縮機 1(大型)	6	162	15	2,430	ホース布設後 起動
可搬型空気圧縮機 2(大型)	6	162	15	2,430	ホース布設後 起動
可搬型空気圧縮機 3(大型)	6	162	15	2,430	ホース布設後 起動
可搬型空気圧縮機 (小型)	1	167	7.4	1,236	ホース布設後 起動
			合計	8,526	8.53kL