

北海道ポリ塩化ビフェニル廃棄物処理施設(増設)の
安全設計について

平成24年8月

日本環境安全事業株式会社

ポリ塩化ビフェニル廃棄物処理事業検討委員会

北海道事業部会

ポリ塩化ビフェニル廃棄物処理事業検討委員会

北海道事業部会委員名簿

空閑 良壽 室蘭工業大学／理事・副学長

細見 正明 東京農工大学大学院共生科学技術研究院／教授

松藤 敏彦 北海道大学大学院工学研究院／教授

主 査 森田 昌敏 愛媛大学農学部／客員教授

目 次

1. 安全設計の概要	
1. 1 安全設計の考え方	1
1. 2 全体処理工程図	2
1. 3 安全設計の具体的な内容	3
1. 4 前処理工程（1）	6
1. 4 前処理工程（2）	7
1. 5 プラズマ溶融分解工程	8
1. 6 排気処理工程	9
1. 7 気体状PCBの漏洩に対する安全設計	10
1. 8 爆発に対する安全設計	11
1. 9 ユーティリティ設備の安定供給対策（1）	12
1. 9 ユーティリティ設備の安定供給対策（2）	13
1. 10 自然災害に対する安全設計（1）	14
1. 10 自然災害に対する安全設計（2）	15
1. 11 火災に対する安全設計	16
1. 12 施設内レイアウト等に関する安全配慮	17
2. 安全解析の概要	18
（1）作業時における火災・爆発およびPCB暴露・漏洩に関するリスク評価	18
（2）プロセス排気中ダイオキシン類の定性評価	20
（3）作業従事者の誤操作等による施設への影響評価	20

1. 安全設計の概要

1. 1 安全設計の考え方

1. 1. 1 はじめに

北海道PCB廃棄物処理施設（増設）の安全設計に際しては、関連法令の順守に加え、「ポリ塩化ビフェニル廃棄物処理事業検討委員会」報告書の提言内容を反映させることにより、リスクマネジメントの考え方に立ち施設全体の安全性を確保した設計としています。すなわち、下図に示すようにプロセス安全設計、操業監視システム、フェイルセーフ、セーフティネットという多重防護構造を構築することにより、通常運転時の異常発生及び不可抗力的な自然災害・緊急事態に対しても安全な停止ならびに安定した操業への復帰が可能であるとともに、施設内外への影響を局限化する設備設計としています。

更に、安全解析を通して施設の安全性と施設外へ与える影響を評価し、その結果を施設設計および施設運用に活かすことにより安全性の一層の向上を図り、地域住民とのリスクコミュニケーションに役立てることとしています。

1. 1. 2 設備設計の基本思想

処理システムを構成する設備の特徴、重要度に応じて安全性向上のための措置を実施し、ハザードに対する多重防護を図ります。また、各先行事業における改善点を十分に反映した設計に配慮します。

1. 1. 3 安全設計概要

- ・基本思想に基づき安全に配慮した設備設計を行っています。
- ・安全解析を通して、施設に起因する潜在危険を洗い出し、問題点を抽出・定量化して、設備により対応可能な対策を設計にフィードバックしています。
- ・自然災害等による緊急事態に対する安全設計は、安全な停止が行えるように適切な対策を織り込んでいます。
- ・火災が発生した場合の対策として、粉末消火設備・消火栓などの防災設備を設置し被害の最小化と施設外への影響の局限化を図っています。
- ・施設の安全性評価として「火災・爆発」、「建屋内外へのPCB漏洩」、「建屋外気体状PCB漏洩」、「作業従事者のPCB暴露」のハザードを定量化しその発生頻度を求め、十分に低いことを確認しています。

◇以下に、右図中の項目に対応した代表的な内容を示します。

(4) セーフティネットの内容

- (4.1) 排気はそれぞれのプロセス内で処理した後、管理区域からの排気・換気は全て活性炭吸着塔を通して施設外へ排出。また、オンラインモニタリングにより活性炭吸着塔前の排気中のPCB濃度を常時監視。
- (4.2) 建屋内に管理区域を設定し、管理区分レベル毎に負圧管理。負圧バランスに配慮した管理
- (4.3) PCB油の地下浸透防止、被害拡大防止のためオイルパン・防液堤・不浸透性の塗床を施工。二重化スラグ受容器、スラグ受容器パンの設置。
- (4.4) スラグ流出防止のため耐火レンガ構造の防液堤の設置。

(3) フェイルセーフの内容

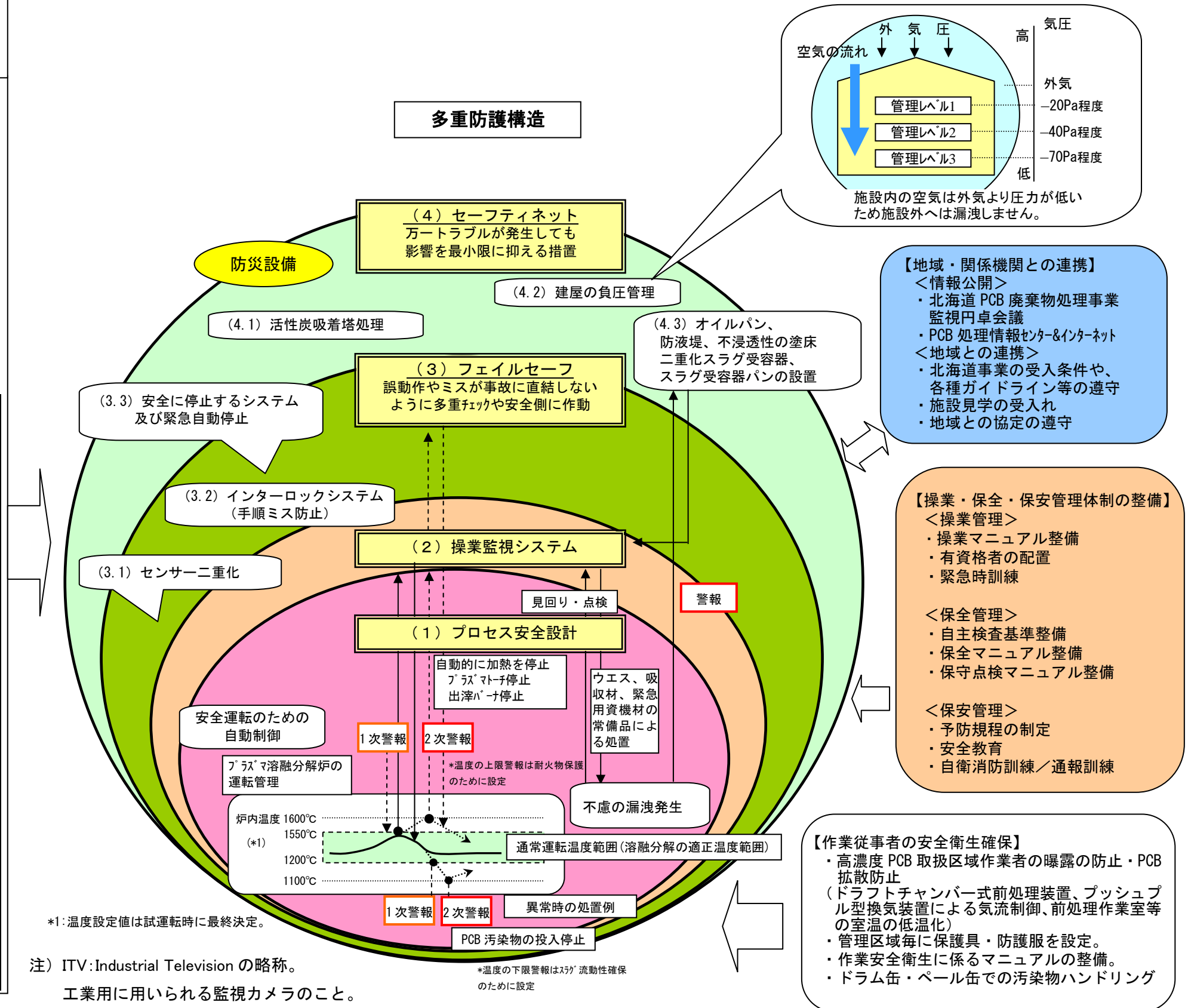
- (3.1) 温度・圧力・液面等の計器の中で安全上重要な計器は二重化。
- (3.2) 手順ミスを防止するためのインターロック（誤操作防止）組込み。
- (3.3) 警報と連動して緊急自動停止ができる設計。
- (3.4) 停電等異常時の弁類の開閉は安全側に作動するように設計。

(2) 操業監視システムの内容

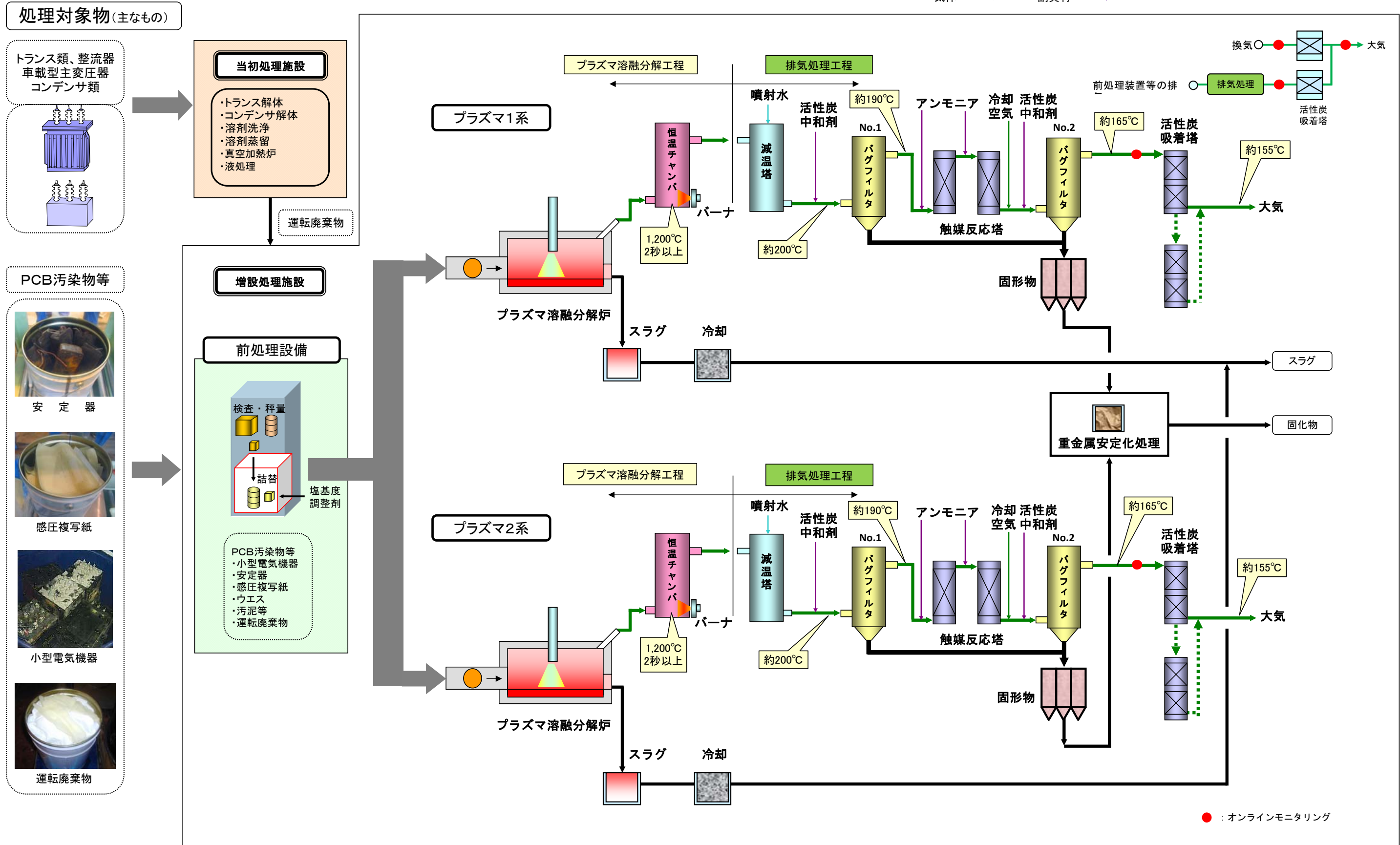
- (2.1) 中央制御室にて集中制御ができるように設計。
- (2.2) 運転状況の遠隔監視ができるようITV^(注)を設置。
- (2.3) オンラインモニタリングや漏洩検知器による監視。

(1) プロセス安全設計の内容

- (1.1) 安定した運転・操業を行うため、機械化および化学プロセスの制御として一般的な分散制御、自動制御を採用。
- (1.2) 耐熱性、腐食等を考慮した適正な材料選定。
- (1.3) 前処理段階でのPCB汚染物等の全数確認および詰替え調整。
- (1.4) ユーティリティ設備の安定供給対策を設計に織り込み。
- (1.5) プラズマ熔融分解におけるPCBの確実な分解とダイオキシン再合成を抑制したシステムの採用。



1. 2 全体処理工程図



1. 3 安全設計の具体的な内容

「目的と項目」の欄の（ ）内の数値は1頁の「1. 1 安全設計の考え方」の中の番号に対応しています。

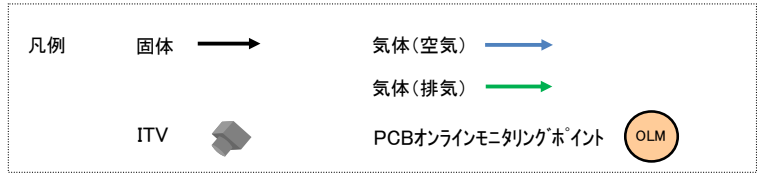
目的と項目	前処理工程	プラズマ熔融分解工程	排気処理工程
1. 運転状態安定化のための自動制御 ・集中管理・監視 ・自動制御 ・操作上の安全配慮 (1. 1) (2. 1)	① PCB汚染物等の内容を全数確認し、容器に詰替え。処理対象物の取出し、仕分、詰替え及び容器蓋の開閉等は手作業であるが、詰替容器の搬入・搬出及び反転・傾動、シャッターの開閉等は機械化。 (自動化) ② 現場作業が主体であるが、直接的なPCB廃棄物の手作業を低減するため機側操作機器により処理作業を行う。 (周辺作業エリアへのPCB拡散又は汚染の防止) ③ 安定器前処理装置及び多目的前処理装置はドラフトチャンバー式前処理装置で、気流制御されている装置内でPCB汚染物を収納した容器の開封、仕分、詰替えを行う。作業従事者は装置外から開口窓を通して上記の作業を行うことで、周辺作業エリアへのPCB拡散又は汚染を防止する。 ④ 大型前処理装置ではプッシュプル型換気装置にて気流制御を行った上で処理作業を行う。プッシュプル型換気装置は連続運転。 ⑤ 多目的前処理装置では、安定器及び大型前処理装置での前処理が困難なものの処理作業を行う他、感圧紙の浸漬処理及び詰替え処理作業を行う。	① プラズマ分解炉内圧力、恒温チャンバ酸素濃度制御、減温塔出口温度制御、は自動制御。 ② 中央制御室での集中制御管理。	① 排気処理工程は中央制御室で集中管理。 ② バグフィルタへの中和剤の定量切出装置による吹き込みは自動制御。 ③ バグフィルタへの活性炭の定量切出装置による吹き込みは自動制御。ダストモニタの設置。 ④ 触媒反応塔への脱硝用アンモニア供給は自動制御。 ⑤ No. 1及び2バグフィルタで発生した固形物については、固形物判定待ちホッパで卒業判定され、合格物は固形物貯留槽まで遠隔自動にて搬送。
2. 適正な材料選定 ・処理物による材料選定 ・処理条件による材料選定 (1. 2)	① 処理物と接触する部分(オイルパン等)は錆を生じさせないことを目的としてステンレス材(SUS304)を使用。 ② PCB汚染物を封入する容器は金属製密閉容器。	① プラズマ分解炉、恒温チャンバ、高温部ダクト、スラグ受容器パンは鋼板製内面耐火物張を使用。	① バグフィルタろ布は全て耐熱性のPTFE製(テフロン)を使用。 ② その他バグフィルタ以降の排気処理工程の機器は鋼板、不燃材を使用。 ③ 減温塔は鋼板製内面耐火物張を使用。
3. 安定運転継続のための監視強化と警報発信 ・ITV ・二重化・冗長化 ・工程監視モニタリング (1. 3) (2. 2) (2. 3) (3. 1)	① 作業状況確認のためにITVを設置。 ② プース外に設置している機器の作動前にはシグナルタワーが運転開始前合図(点灯)を発信。 ③ 中央制御室で故障信号を受け対応するなどの管理を行う。	① ドラム缶移送、炉内状況、スラグ出滓はITVを用いての遠隔監視・操作。 ② プラズマ分解炉内圧力計、バグフィルタ入口温度計、恒温チャンバ温度計は二重化。 ③ プラズマ分解炉内圧力計、恒温チャンバ温度計は一次警報、二次警報の設定が可能。	① 運転状況確認のためITVを設置 ② バグフィルタの損傷発生等監視のために差圧計、圧力計および温度計の設置。 ③ 排気筒におけるばいじん、塩化水素、SOxのオンライン分析装置による連続監視。 ④ No. 1及びNo. 2触媒反応塔出口、排気筒におけるNOxのオンライン分析装置による連続監視。 ⑤ 異常な高温発生監視のためにセーフティネット活性炭吸着塔に連続監視多点温度計を設置。 ⑥ 負圧維持および排気系統の安定化のために誘引通風機は冗長化して、2台設置し、通常は各々均等に運転。1台故障し停止した場合、健全な1台で故障した分を補う。 ⑦ 安定運転継続のため、DCSは二重化。 ⑧ ダストモニタによるNo. 1及び2バグフィルタ入口への活性炭投入状態の監視。 ⑨ 固形物搬送装置集じん装置の破損検知のため差圧検知器とダストモニタを設置。
4. 手順ミスを防止するためのインターロックシステムの構築 ・DCS内インターロック (3. 2)	① 反転機、自動扉など機器起動中の作業窓の開放禁止。 ② 作業窓の開放時に機器の起動不可。 ③ シャッターの開閉操作は1カ所に限定。 ④ 稼働時は換気空調No. 1排気系統の異常が無い事。 ⑤ 排気装置が停止した際の機器起動停止。 ⑥ DCS又はPLC内に整備されたインターロックシステムによる衝突防止。(安定器前処理装置等)	① 炉内温度が正常範囲を逸脱した場合は、DCS内のインターロックシステムが作動し、安全にプラズマトーチ等加熱設備を停止。 ② トーチ稼働範囲制限リミット設置による操作ミスの防止。 ③ プラズマ冷却水の出入り口温度・流量異常によるプラズマトーチ停止。固形物は、操業管理で合格となるまで、装置外には排出されない。固形物が卒業判定で不合格となった場合は、一旦ドラム缶に詰め替えた後、前処理設備の多目的前処理装置にて再処理した後プラズマ熔融分解処理。	① 排気筒ばいじん、塩化水素、SOxおよびNOx濃度が正常範囲を逸脱した場合は、DCS内にあらかじめ整備されたインターロックシステムが作動し、安全にPCB汚染物等の投入を停止。

PLC：シーケンス制御装置(プログラマブルロジックコントローラ) DCS：分散形制御システム(ディストリビューティッドコントロールシステム)

目的と項目	前処理工程	プラズマ溶融分解工程	排気処理工程
5. 安全に停止させるためのシステム ・地震・津波対策 ・停電対策 (3. 3) (3. 4)	<地震時> 一定震度（加速度：120gal 以上）で作業者の判断で各機器停止。 <停電時> 機器停止、各バルブの開閉は安全側に動作。（フェイルセーフ対応） ・各機器の駆動モータ ・エアシリンダ電磁弁 <停電時> 避難・誘導が確実にされるように、誘導灯・非常用照明灯を設置。 <津波時> 貯槽・配管系は緊急遮断弁等により閉鎖、反応・処理はすべて停止。	<地震時> 一定震度（加速度）以上で以下の処置を行う。 ① プラズマ電源自動停止。 設備保護のための機器は運転し、それ以外の設備は自動停止。 <停電時> ① 施設の安全監視のための制御・計装機器類には、無停電電源装置により電源供給される。プラズマ溶融分解設備には、設備保護用に無停電電源装置により電源供給される。 ② 停電と同時に非常用発電機が起動し、約 40 秒後には電源確立し、プラントの安全停止に必要な機器等所定の機器に電源供給される。 万一非常用発電装置からの電源供給が停止した場合は全ての機器を停止。なお、各バルブの開閉は安全側に作動。	<地震時> 設備保護のための機器は運転。 それ以外の設備は一定震度（加速度）以上で自動停止。 <停電時> 設備保護及びPCB等施設外排出防止のため下記の機器は運転。 ・無停電電源装置によるバックアップ機器 誘引通風機等 ・非常用発電機によるバックアップ機器 冷却空気用送風機等
6. 気体状PCB漏洩防止のための排気処理設備 ・PCBの拡散防止 ・PCBに対する曝露対策 ・排気モニタリング ・セーフティネット (2. 3) (4. 1)	① 各前処理装置はダウンフロー換気による気流制御を行う事で作業環境へのPCB拡散を防止。また排気は換気空調設備のNo. 1 系統排気ダクトを通して処理。 ② 差圧管理計器を設置し、装置内の負圧を前処理作業室内よりも低く維持する事により、PCBによる装置外の汚染を防止すると共に作業者のPCB暴露を低減。 ③ 前処理作業室内の温度はPCBの蒸散を抑制するため15℃以下とする。	① プラズマ分解炉ではPCBを熱分解し、炉内は負圧管理。プロセス排気は、恒温チャンバにより熱分解処理。	① 排気筒でのばいじん、塩化水素、NO _x 、SO _x のオンライン分析装置による連続監視。 ② 固形物搬送に関する環境集塵排気や室の排気は換気空調設備系統の活性炭吸着塔を通して排気。
7. 気体状PCB漏洩防止のための管理区域設定による気密性確保 ・管理レベル ・負圧管理 (4. 2)	① 処理施設は建屋で覆い、気体状PCBの漏洩を防止。 ② PCBを取り扱う区域には管理区域を設定し、管理区域に応じた負圧管理を行うことにより、気体状PCBの漏洩を防止。 ③ PCBの取扱管理レベルは下記のように区分し、管理区域のレベル毎に負圧管理を実施。 ・管理区域レベル3：-70Pa ・管理区域レベル2：-40Pa ・管理区域レベル1：-20Pa ・一般管理区域：微負圧	① 管理区域レベル2：プラズマ分解炉室、ドラム缶受入供給室 ② 管理区域レベル1：スラグ冷却室、プラズマ排気処理室、固形物搬送装置室	① 管理区域レベル1：プラズマ排気処理室、固形物判定待室
8. 液状PCB漏洩防止のための多重のバリア ・オイルパン ・防液堤 ・浸透防止 ・受熱部耐熱対策 (4. 3) (2. 3)	① PCBを取り扱う機器の下部に一次バリアとしてのオイルパン又は防液堤、二次バリアとしては、建築構造物の床面立ち上がり部が防液堤機能を有するものとしている。 ② 床面には耐薬品性、耐久性のあるエポキシ樹脂による不浸透性の塗床を施工し、地下浸透を防止。	① ドラム缶受入供給室はドラム缶破損時のバリアとして床面には耐薬品性、耐久性のあるエポキシ樹脂による不浸透性の塗床を施工し、地下浸透を防止。 ② プラズマ分解炉室及びスラグ冷却室は熱を受けること、液状PCBがないことから、耐火レンガ敷設（分解炉下部）及びコンクリート施工とし、加えて万が一スラグが流出した場合を想定し、防液堤構造としている。 ③ プラズマ固形物搬送室必要部床面には耐薬品性、耐久性のあるエポキシ樹脂による不浸透性の塗床を施工し、地下浸透を防止。 ④ スラグ受け容器が熱損傷した場合の対策として、二重容器、スラグ受け容器パンによりセーフティネット機能を確保。	—

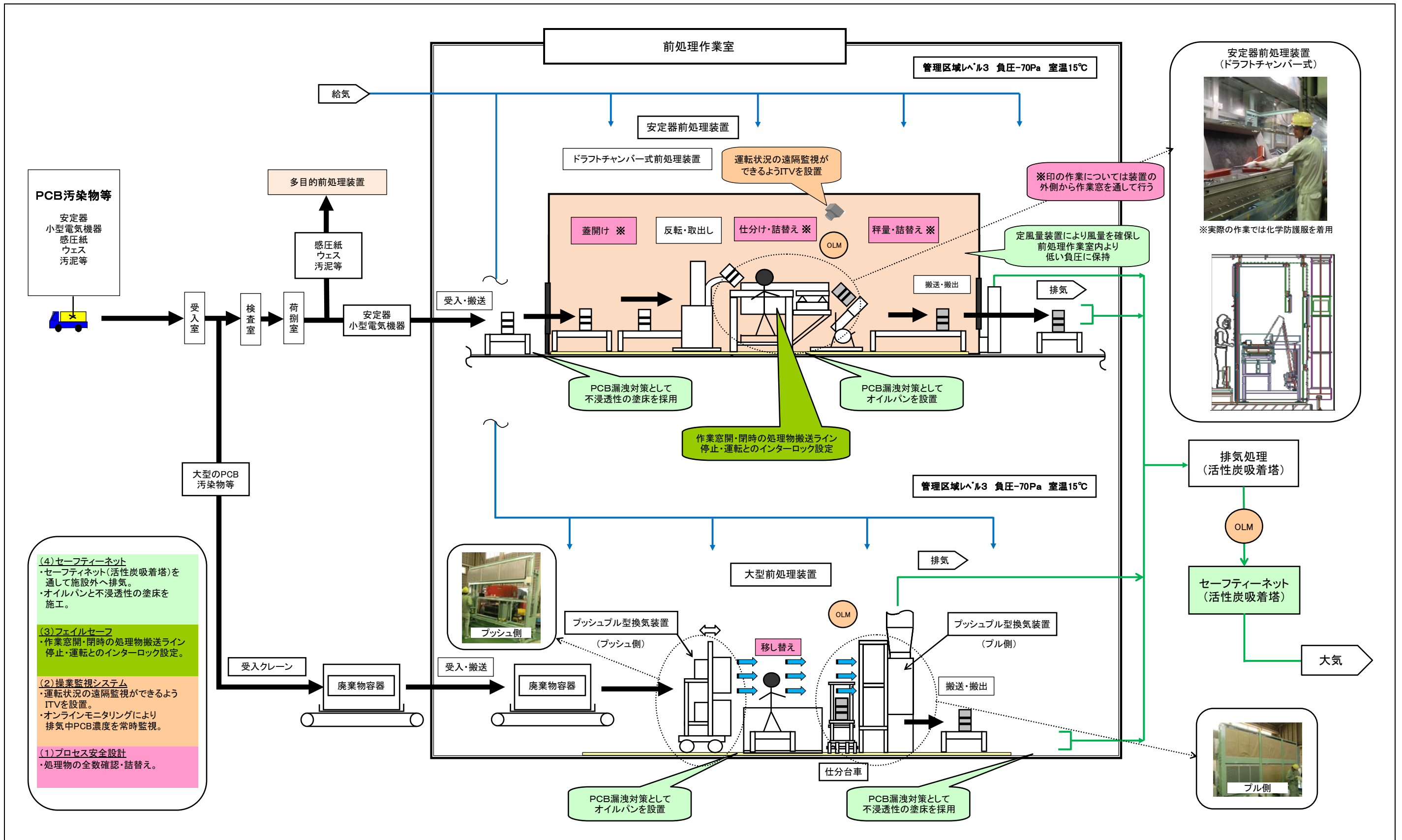
目的と項目	前処理工程	プラズマ溶融分解工程	排気処理工程
9. PCB油以外の油の漏洩対策	—	① L S A重油の移送についても流量計及び液面計を設置し、移送量を管理。 L S A重油サービスタンクのレベル計、入口弁の二重化及び塗床された防液堤に設置。	—
10. ダイオキシン対策 ・合成の抑制 ・効果的な除去 ・漏洩防止	—	① プラズマ溶融分解におけるダイオキシン分解及び再合成の抑制。 ・恒温チャンバにて1,200℃以上の高温で2秒以上保持することでダイオキシンを確実に分解。	① No. 2触媒反応塔後のガスの冷却によるダイオキシンの再合成の抑制。 ② バグフィルタ入口への活性炭吹き込み及びバグフィルタの二段化によるダイオキシン除去。 ③ バグフィルタ前活性炭供給のモニタリング。 ④ 誘引通風機は冗長化し、2台設置し、通常は各々均等に運転。1台故障し停止した場合、健全な1台で故障した分を補う。 ⑤ 減温塔噴射水の急冷効果によりダイオキシン再合成を抑制。
11. その他 (1. 4) (1. 5) (4. 4)	—	① 爆発リスクを最小化するとともに、1/10モデルでの爆発試験を実施した結果を炉フタ取付ボルトのサイズ、本数などの設計に反映。 ② トーチ稼動時および出滓作業（炉傾動）時は、パトライト等による注意喚起。 ③ ユーティリティ設備の安定供給対策の折込み。ユーティリティ設備の監視・警報、インターロックシステムの採用。	—

1. 4 前処理工程 (1)



<プラズマ前処理工程の概要>

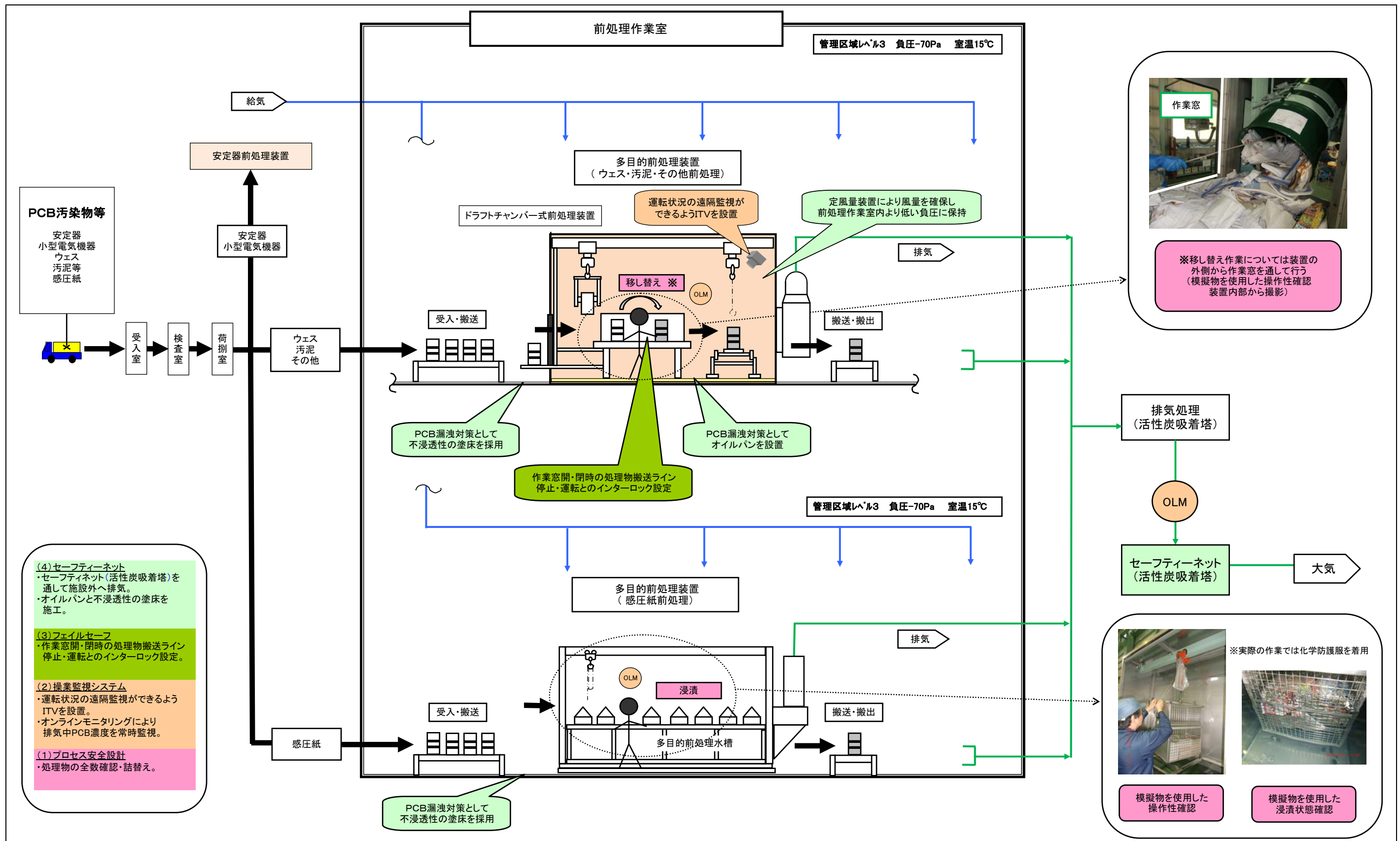
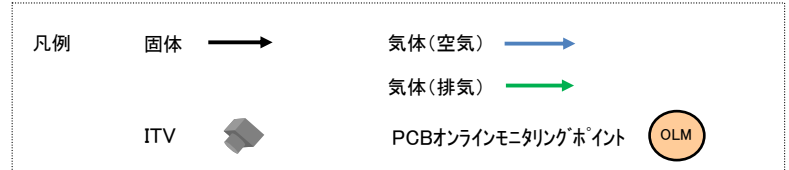
プラズマ溶融分解工程での処理を安全確実にを行うための前処理工程で、処理対象物の内容物の確認(水分及び可燃物の有無)、仕分け・詰替え・秤量等を行い、ドラム缶等につめてプラズマ溶融分解工程へ運ぶためのものです。



1. 4 前処理工程 (2)

<プラズマ前処理工程の概要>

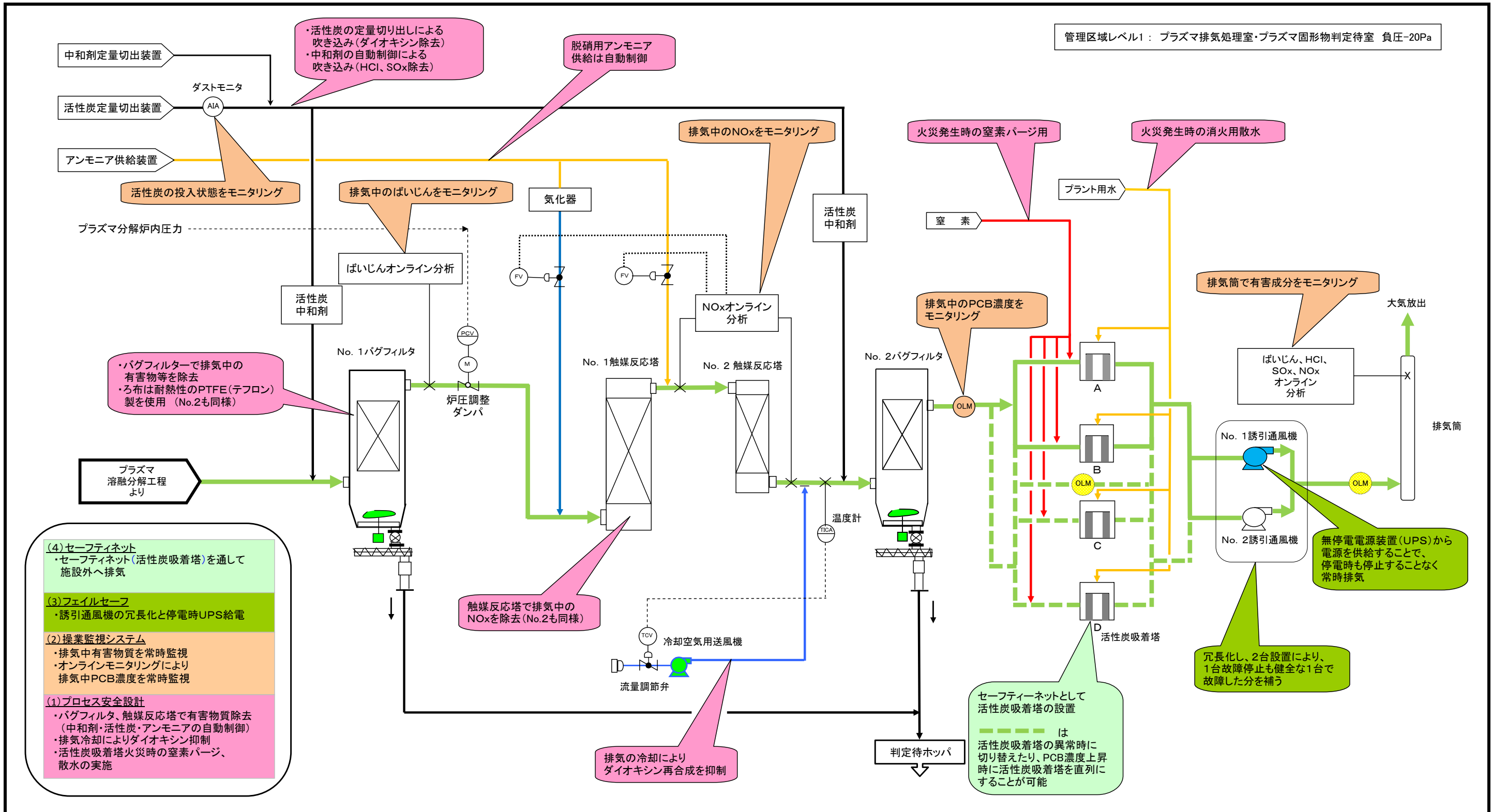
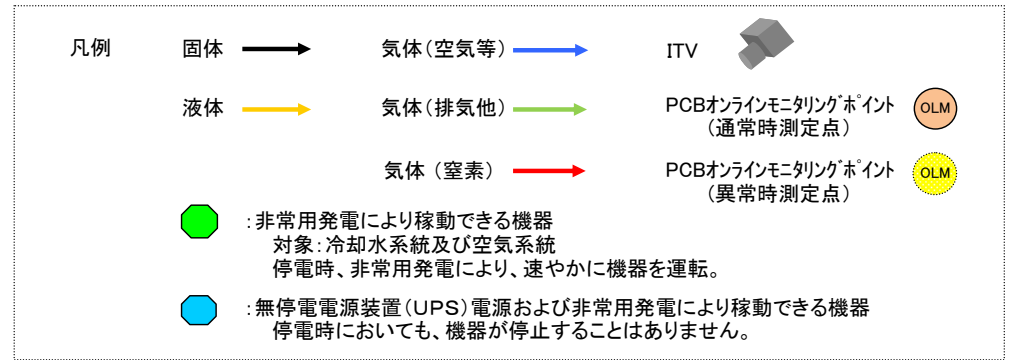
プラズマ溶融分解工程での処理を安全確実にを行うための前処理工程で、処理対象物の内容物の確認(水分及び可燃物の有無)、仕分け・詰替え・秤量等を行い、ドラム缶等につめてプラズマ溶融分解工程へ運ぶためのものです。



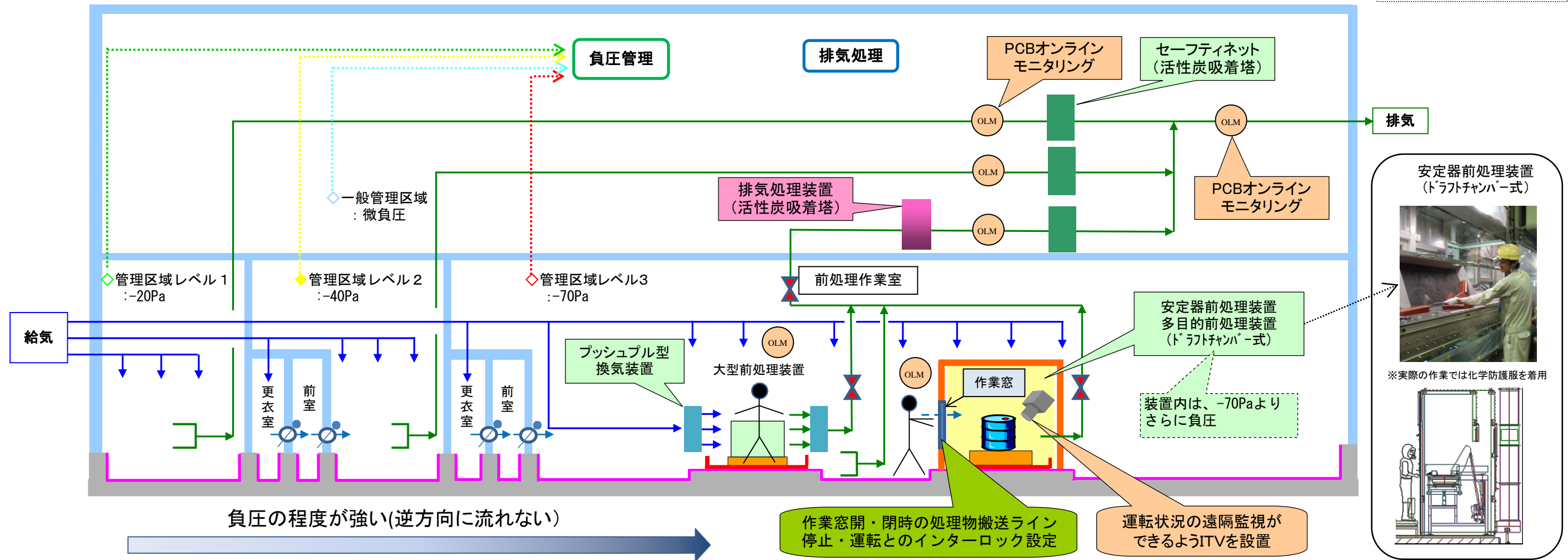
1. 6 排気処理工程

<排気処理工程の概要>

排気処理工程はプラズマ溶融分解工程から発生した排気中の有害成分を除去する工程です。



1. 7 気体状PCBの漏洩に対する安全設計



- (4)セーフティネット
 - ・セーフティネット(活性炭吸着塔)を通して施設外へ排気
 - ・オイルパンと不浸透性の塗床を施工
- (3)フェイルセーフ
 - ・作業窓開・閉時の処理物搬送ライン停止・運転とのインターロック設定。
- (2)操業監視システム
 - ・運転状況の遠隔監視ができるようITVを設置
 - ・オンラインモニタリングにより排気中PCB濃度を常時監視
- (1)プロセス安全設計
 - ・排気処理装置(活性炭吸着塔)を通してPCBを除去して排気。

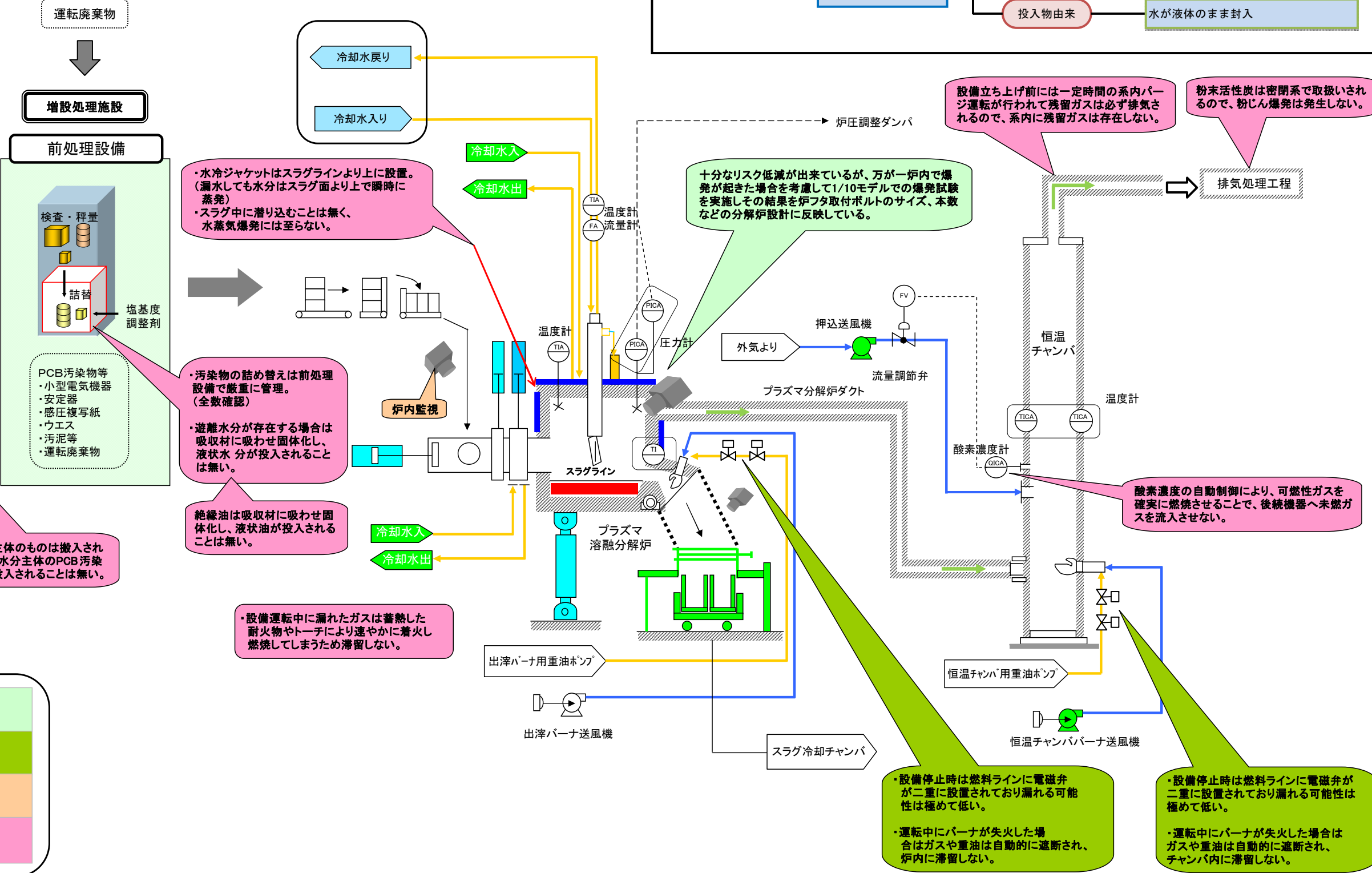
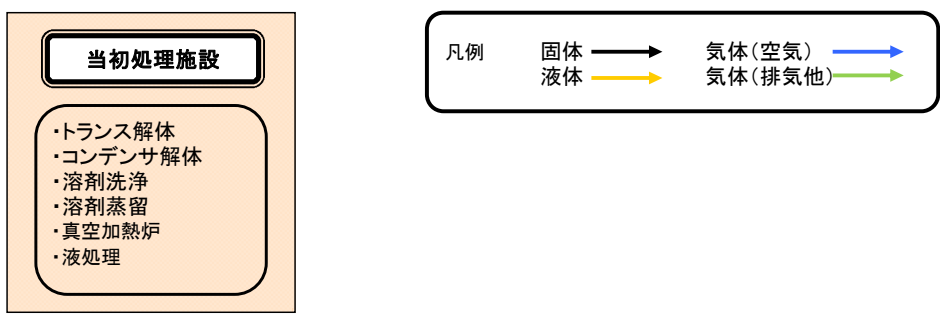
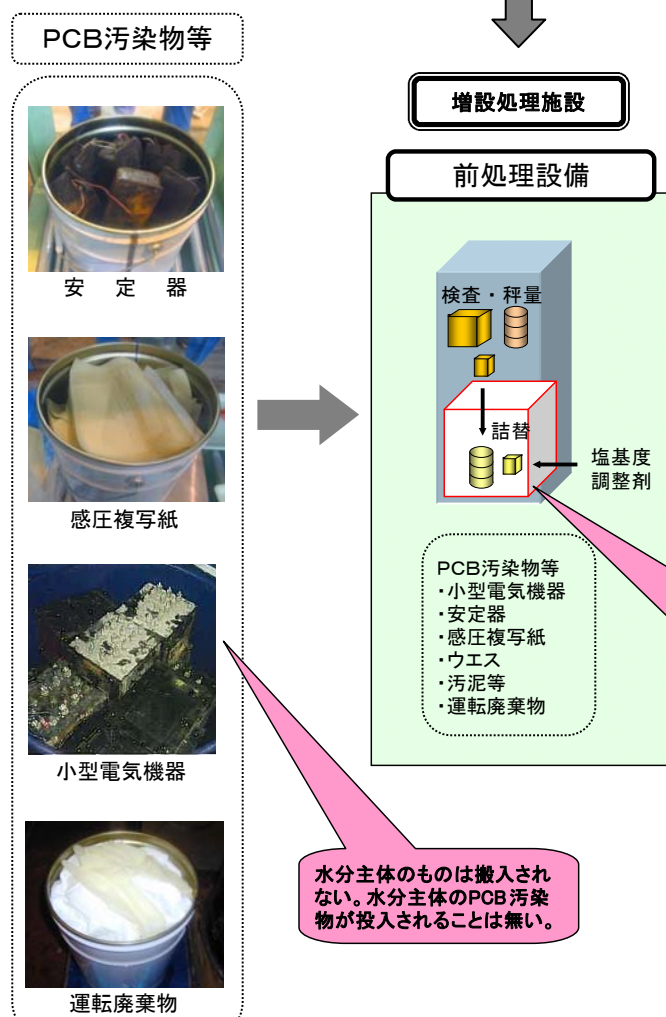
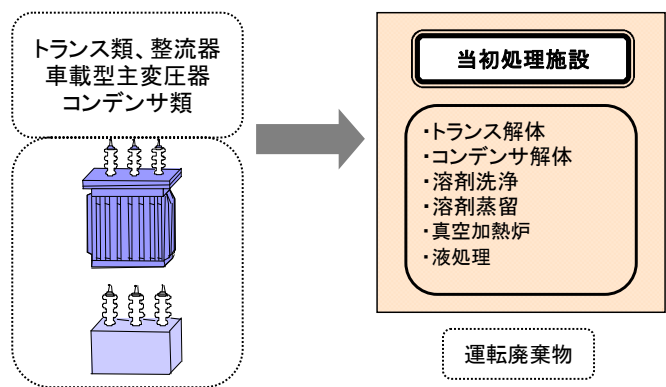
- ### 1. プロセス安全設計
- ① 前処理でのPCB取り扱い作業は、ドラフトチャンバー式前処理装置またはプッシュプル型換気装置を設置し、室内汚染を防ぎ、排気は排気処理装置を通してPCBを除去して排気。
 - ② 室全体を換気空調設備より給気し、排気は排気処理装置を通してPCBを除去して排気。

- ### 2. 操業監視システム
- ① 運転状況の遠隔監視ができるようITVを設置。
 - ② 中央制御室における集中制御システム管理。

- ### 3. フェイルセーフ
- ① 作業窓を開、閉する時に、処理物を搬送する機器(安定器コンベア等)の停止、運転とのインターロックを設定。

- ### 4. セーフティネット
- ① 活性炭吸着塔
設備排気は排気処理(PCB除去)後、更にセーフティネットとしての活性炭を通して施設外へ排出。
換気空調排気はセーフティネットとしての活性炭を通して施設外へ排出。
 - ② 負圧管理
各室を管理区域レベルに応じて確実に負圧管理することにより、施設内の未処理空気の施設外漏洩防止。

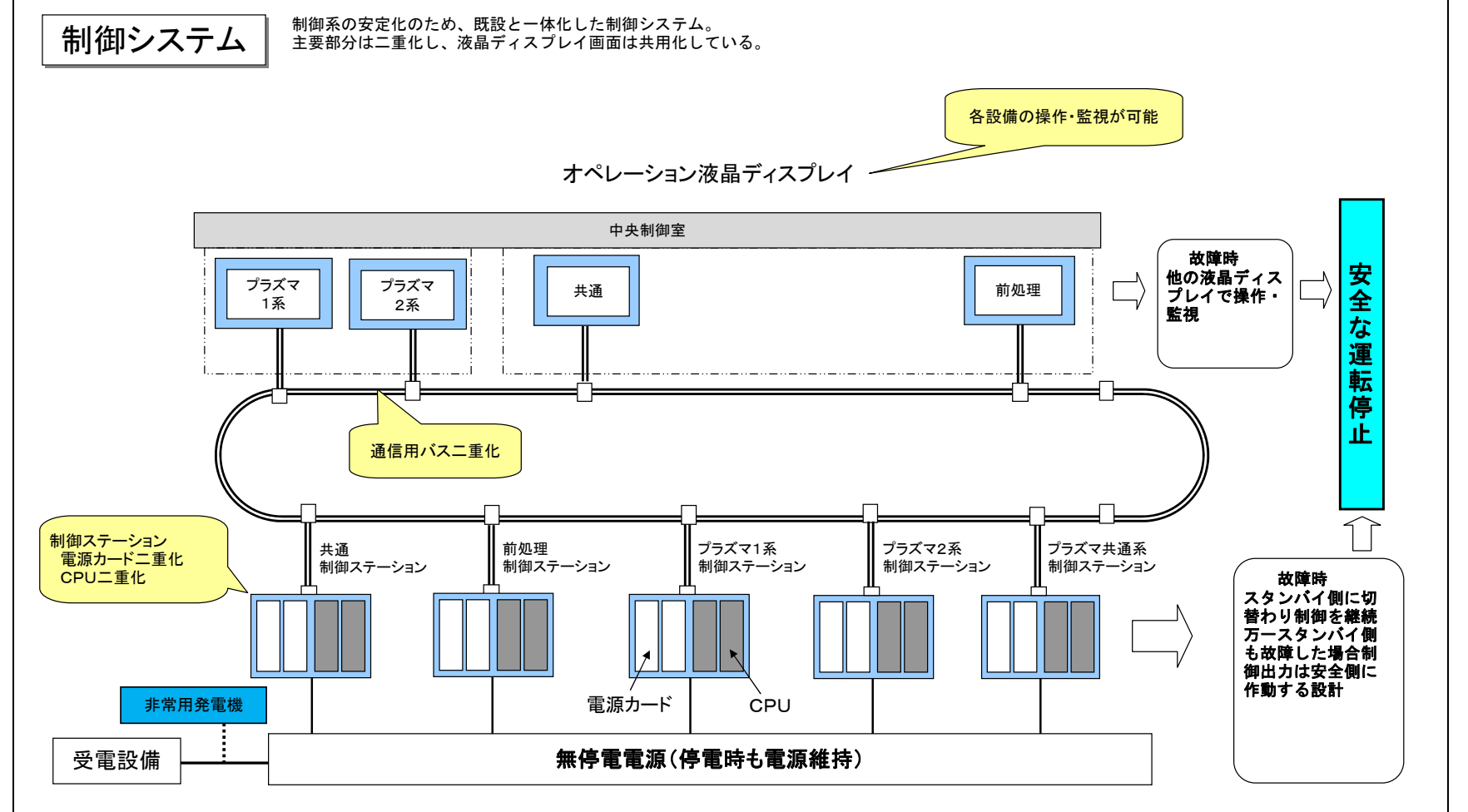
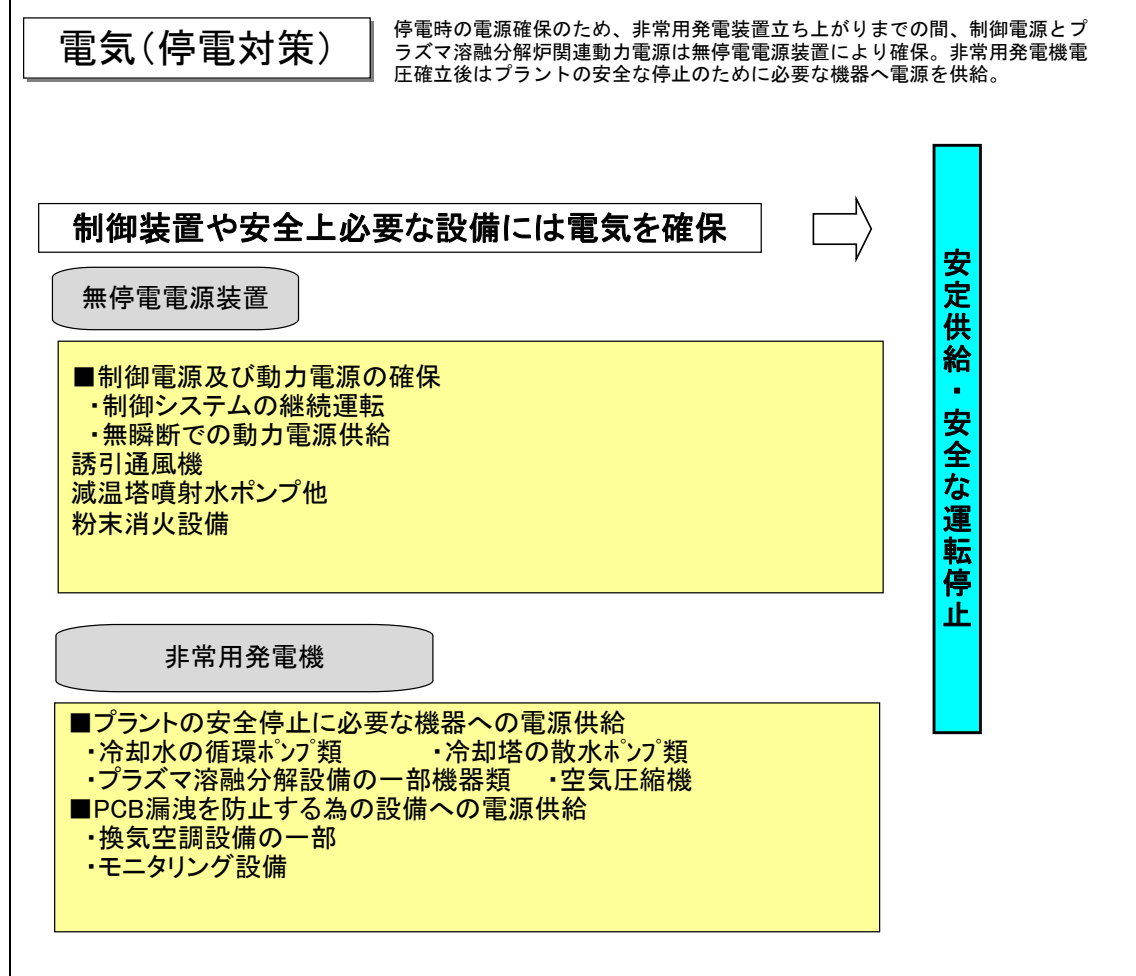
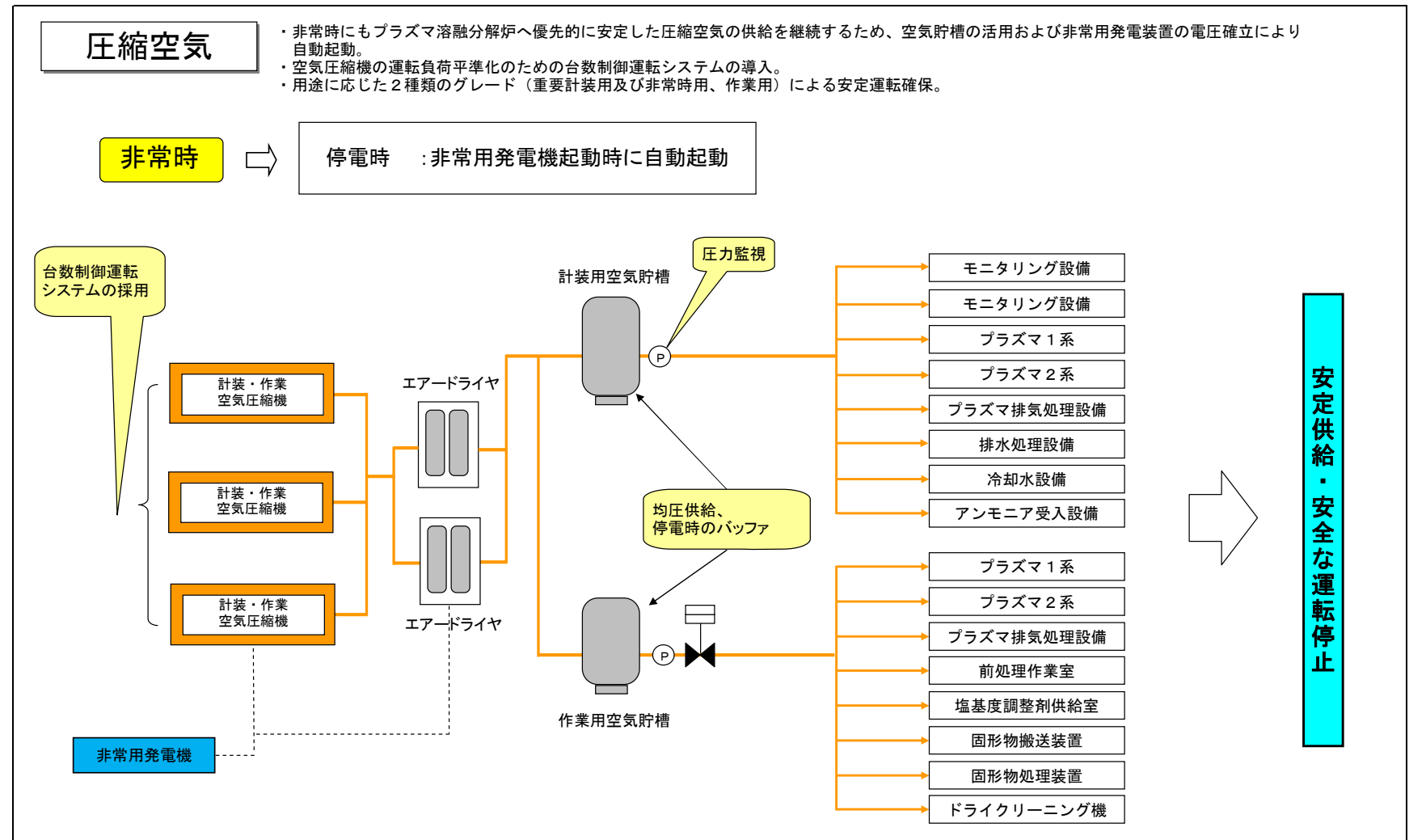
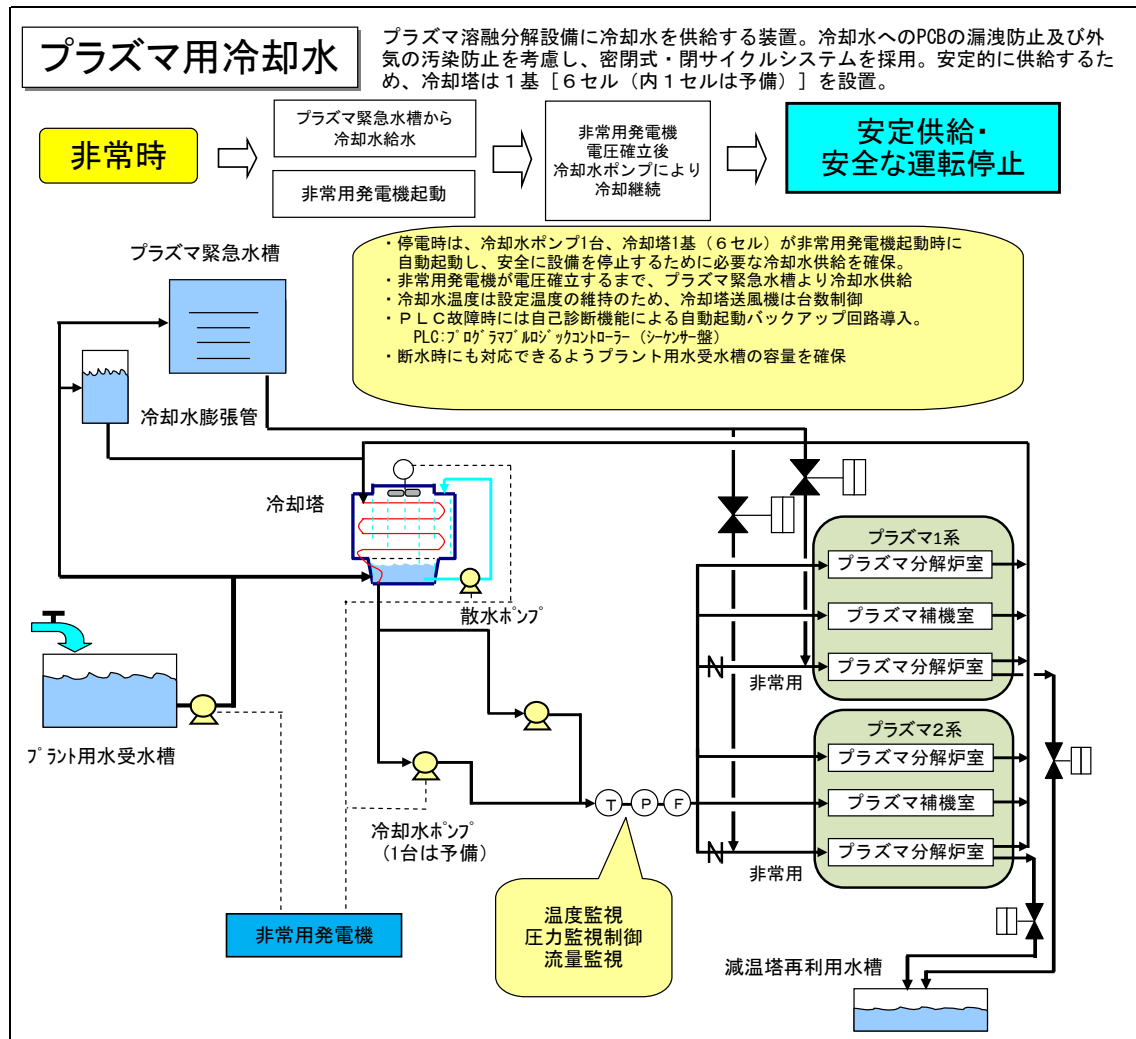
1. 8 爆発に対する安全設計



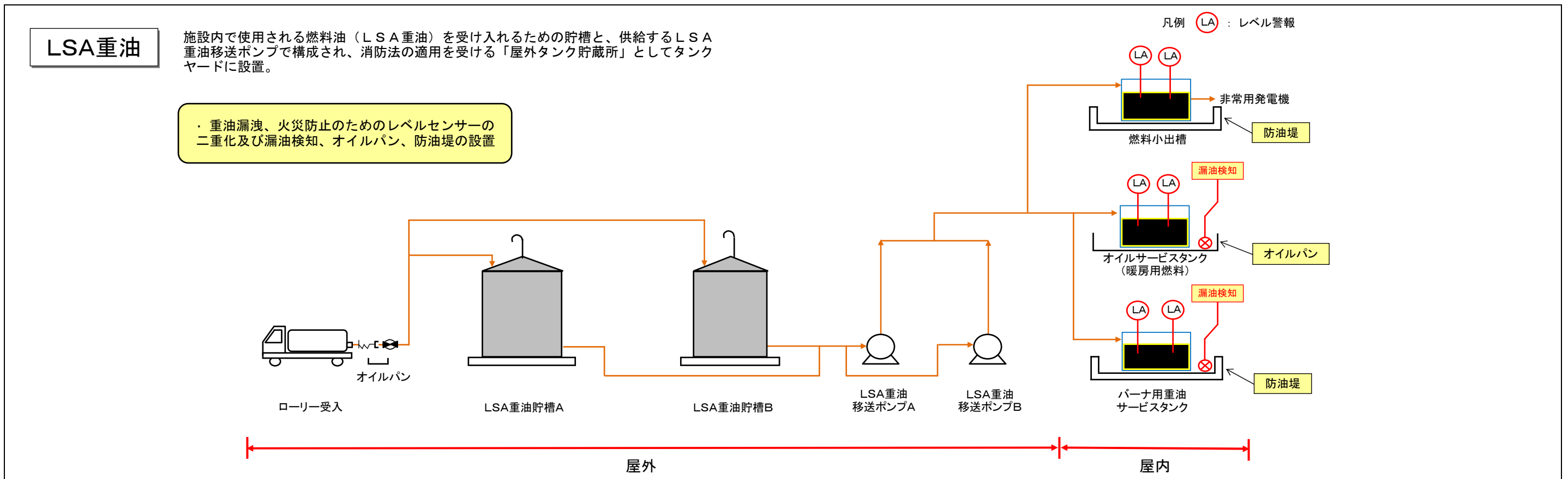
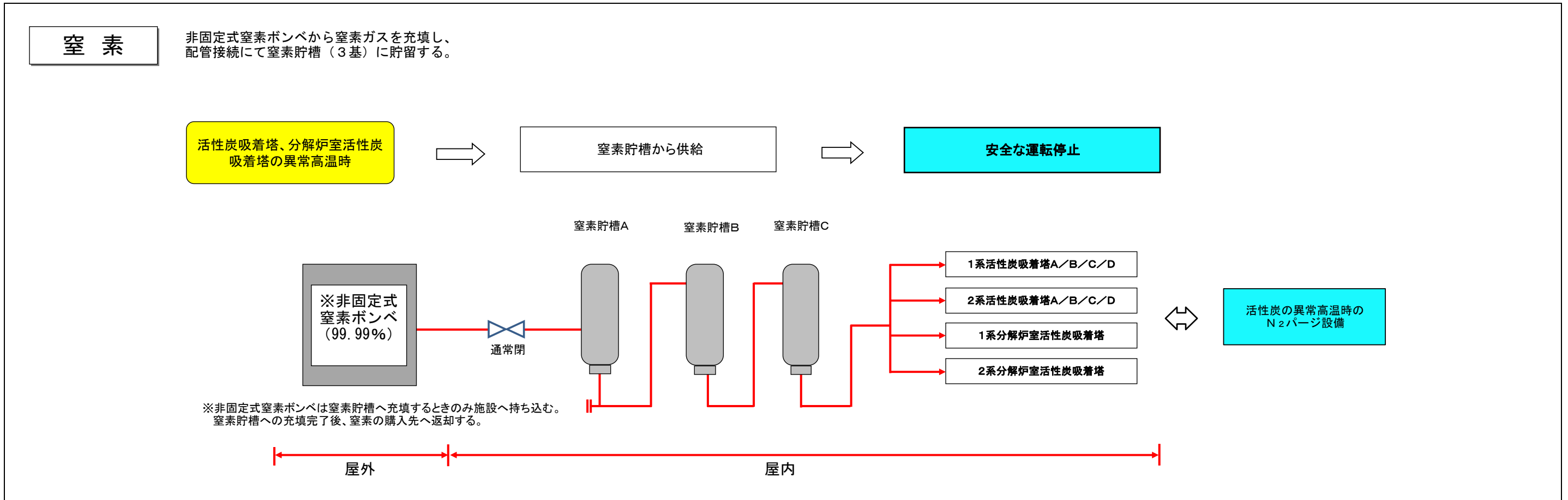
- (4) セーフティネット
 - 爆発試験による機器設計
- (3) フェイルセーフ
 - 燃料ライン電磁弁二重化
- (2) 操業監視システム
 - ITVIによる炉内監視
- (1) プロセス安全設計
 - 処理物の全数確認・詰替え

1. 9 ユーティリティ設備の安定供給対策 (1)

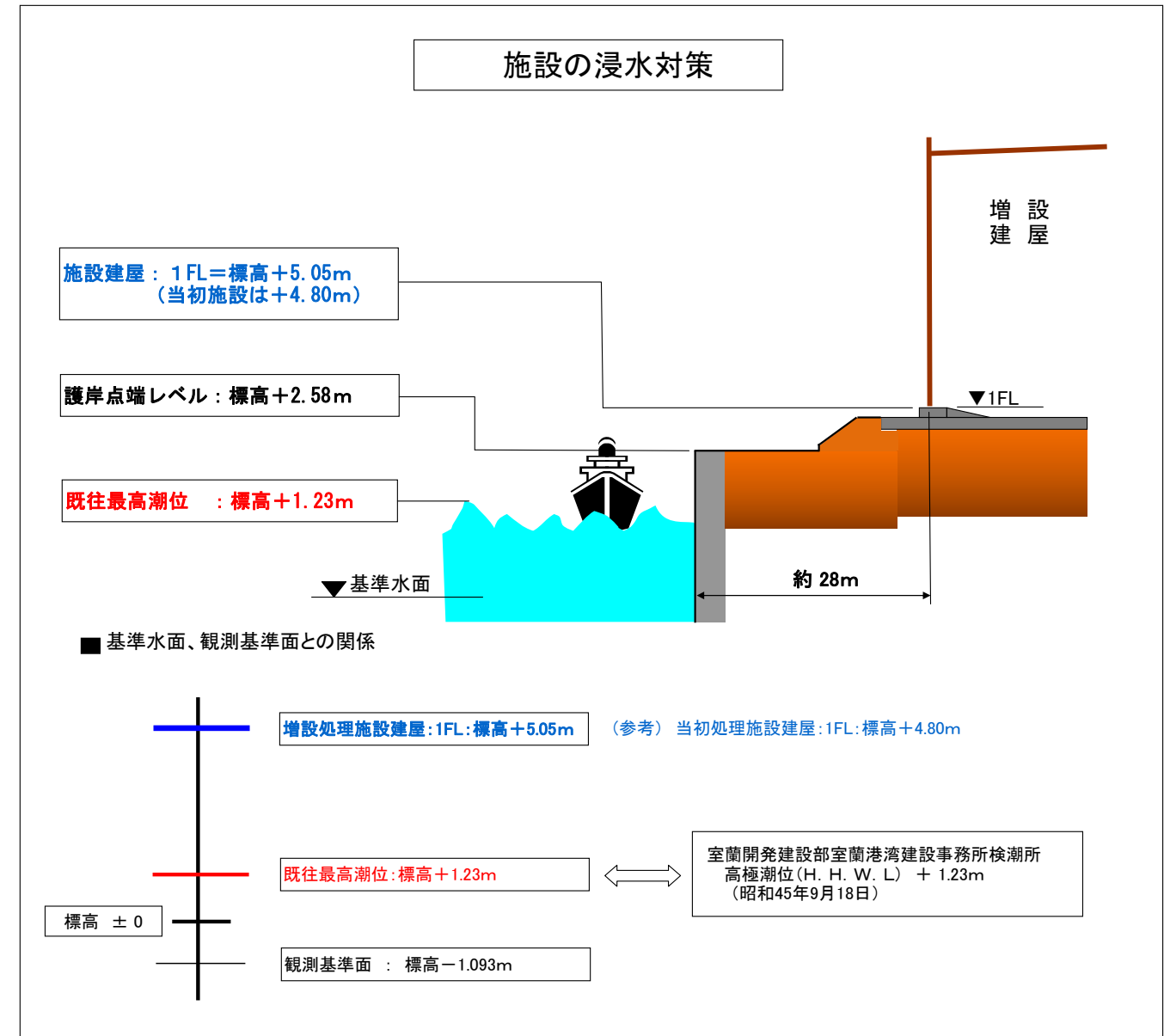
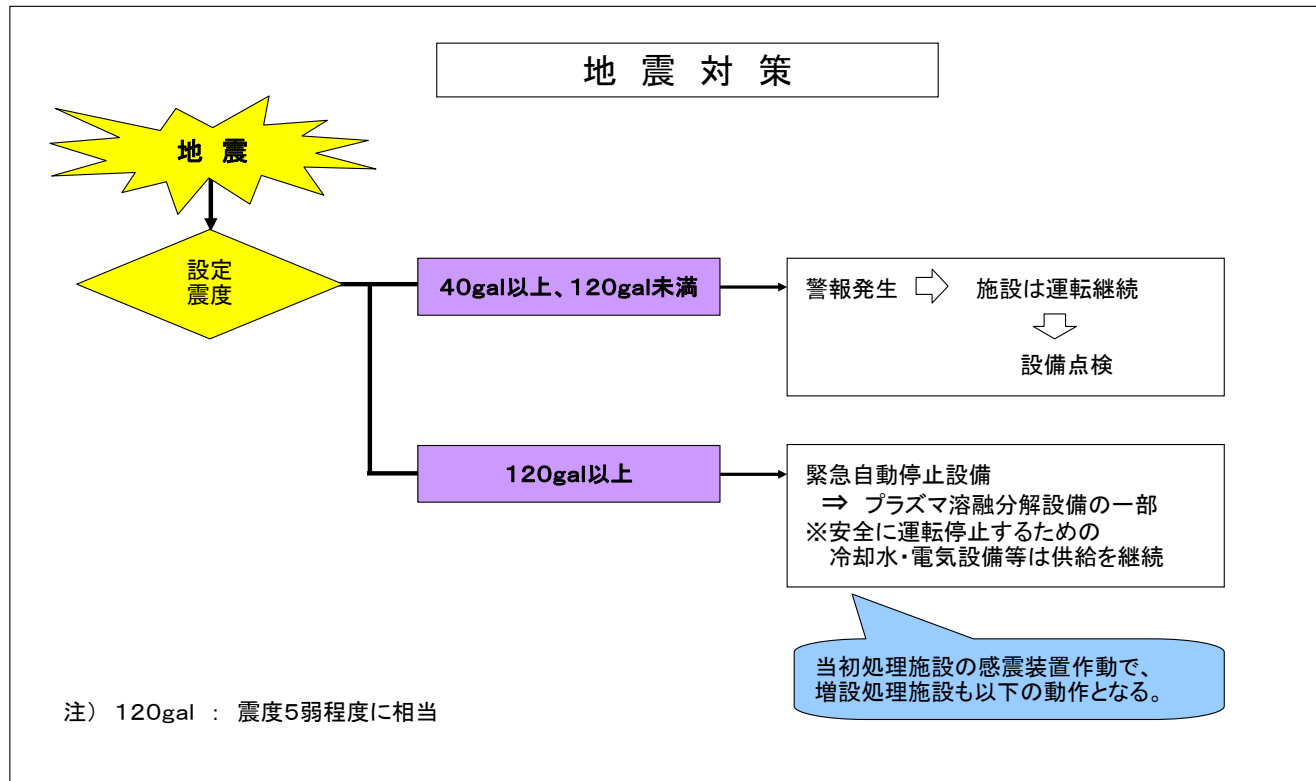
凡例 (P) : 圧力計 (T) : 温度計 (F) : 流量計



1. 9 ユーティリティ設備の安定供給対策（2）



1. 10 自然災害に対する安全設計（1）



1. 耐震設計

基礎 : 大地震時の液状化現象を考慮した基礎構造形式 (N値50以上を支持層とする杭) を採用する。横揺れに対しては、耐震性の優れた杭を採用する。

建屋構造 : 層せん断力係数は法定値 (建築基準法施行令) を遵守する。

2. 地震発生時の対応

① 設定震度(加速度)以上の場合には感震装置により警報発生 ⇒ 緊急自動停止

② 設定震度(加速度)以下でも震度の大小に関わらず、直ちに現場確認・安全確保実施。

地震防災規程等の整備	: 操業基準・点検基準、連絡・通報体制、対策組織体制
地震を想定した訓練の実施	: 緊急停止訓練、避難・誘導訓練
地域・関係組織との連携	: 公的機関・地域への連絡体制の構築と合同訓練の実施

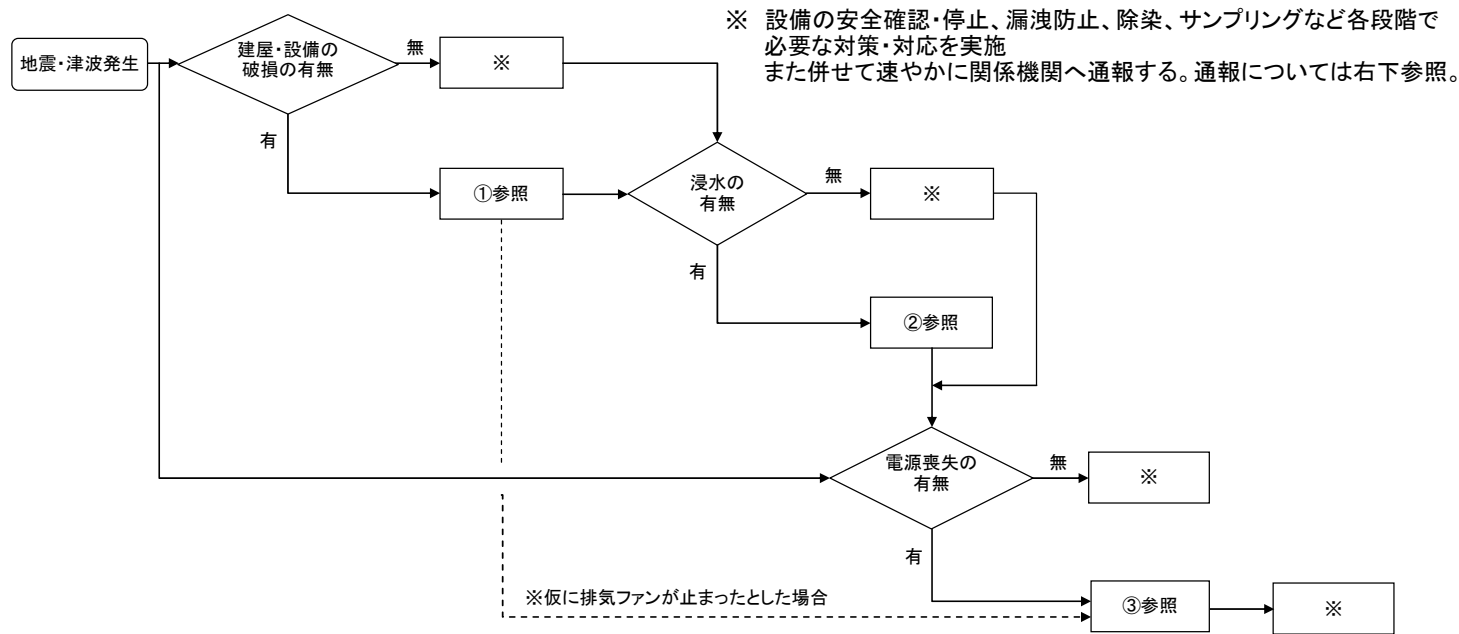
施設設計

施設の浸水対策として、増設処理施設建屋の1階床面を標高+5.05m (過去の最高潮位+3.82m高い位置) としている。

1. 10 自然災害に対する安全設計 (2)

(1)により、地震・津波等の対策が講じられているが、万が一の場合を想定した自然災害に対する考え方を以下に記載する。

地震・津波による建屋・設備の破損、浸水及び電源喪失時の影響について、フローチャートを用いて以下に示す。



①建屋・設備の破損の影響

安全設計		火災爆発・漏洩の可能性(周辺への影響)	
地震	貯槽・配管系は閉鎖 反応・処理は全て停止	液体	槽・配管内に液状のPCBはない。その他の溶液は防液堤等に留まり施設外への流出はない。
		気体	排気ファンは稼働し負圧管理により損傷部からの排出はない。
		火災爆発	冷却配管損傷により炉の一部が赤熱する可能性はあるが、反応は停止し進行しないこと、また周囲に可燃物はないことから火災には至らない。

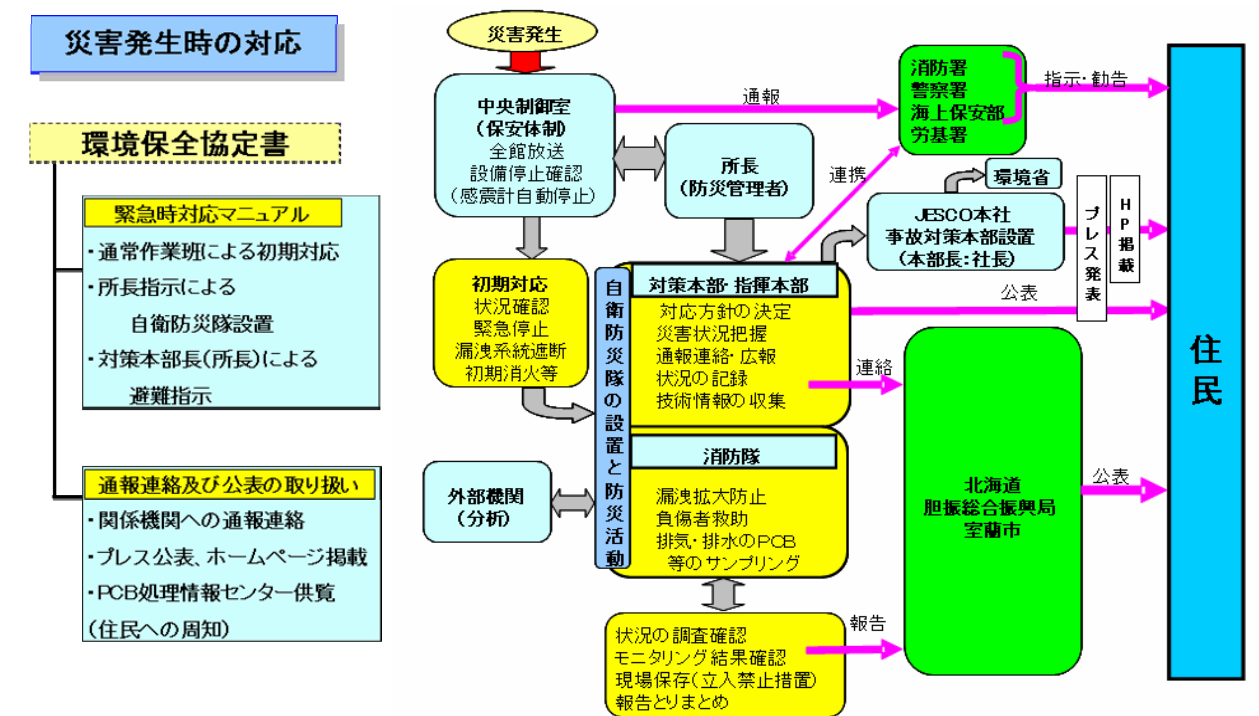
②浸水の影響

安全設計		火災爆発・漏洩の可能性(周辺への影響)	
津波	貯槽・配管系は閉鎖 反応・処理は全て停止	液体	槽・配管内に液状のPCBはない。屋外タンクについては緊急遮断弁を設置し、漏洩の可能性は低く、万が一漏洩したとしても少量に留まる。屋内の溶液は浸水により少量ではあるが施設外へ流出する可能性はあるが、有害性は低く、環境への影響は少ない。
		気体	排気ファンは稼働し負圧管理により損傷部からの排出はない。
		火災爆発	溶融スラグが浸水により水蒸気爆発の可能性はあるが、量が少なく一部に留まるため、建屋内の限られた区域を超える火災にはならない。

③電源喪失時の影響

系統	主設備	目的	火災爆発・漏洩の可能性(周辺への影響)
プラズマ溶融分解装置	プラズマ溶融分解炉、恒温チャンバ、減温塔	炉内ガス適正処理 機器保護	反応は停止する。緊急高架水(電源断で降水)及び自然冷却にて火災には至らない。
プラズマ排気処理装置	排気ファン	排気	排気ファン停止による封じ込めのため環境中への影響なし。
	減温塔噴射水ポンプ	排気温度制御	バグフィルタのろ布が損傷する恐れがあるが装置内であり、周囲に可燃物がないことから火災には至らない。
スラグ出滓設備	スラグ出滓チャンバ、出滓ゲート	機器保護、立上準備	スラグは自然冷却され影響なし。浸水により水蒸気爆発の恐れがあるが装置内であり、かつ少量で周囲に可燃物がないことから火災には至らない。
換気空調設備	各系統排気ファン	管理レベル負圧保持	負圧がくずれ、PCBを取り扱っている詰め替え室(レベル3)の空気がドア部等の損傷部から排出する恐れがあるが、空気中のPCB濃度が低いことから環境中への影響なし。
モニタリング設備	OLM設備	気中PCB監視	ダクト出口にてオフラインサンプリング可能である。影響なし。
冷水・冷却水	冷却塔、冷水ユニット、ポンプ	処理設備の冷却化 安全停止	供給先対象設備の停止により影響なし。(プラズマ炉の冷却には緊急高架水槽あり)
計装用空気・窒素製造	コンプレッサー、窒素発生装置	処理設備の防爆、 停止操作	供給先対象設備の停止により影響なし。
非常用照明	誘導灯、非常用照明	避難・誘導	照明器具内バッテリーにて照明確保され、影響なし。
消火設備	排煙ファン(事務エリア)、消火栓ポンプ	排煙、消火	手動による粉末消火等となるが、(前報告において)地震・津波による火災発生のおそれはない。

○通報については緊急時対応マニュアル他に定められた方法により適切に実施する。(下図参照。)



1. 1.1 火災に対する安全設計

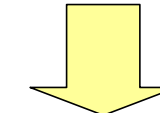
設備上の火災予防対策

施設を火災から守るため、以下のような設備対策を講じます。
 なお、建屋の消防法上の取り扱いは、「危険物一般取扱所」であり、主な取扱対象危険物は第4類第3石油類（PCB類、LSA重油）です。

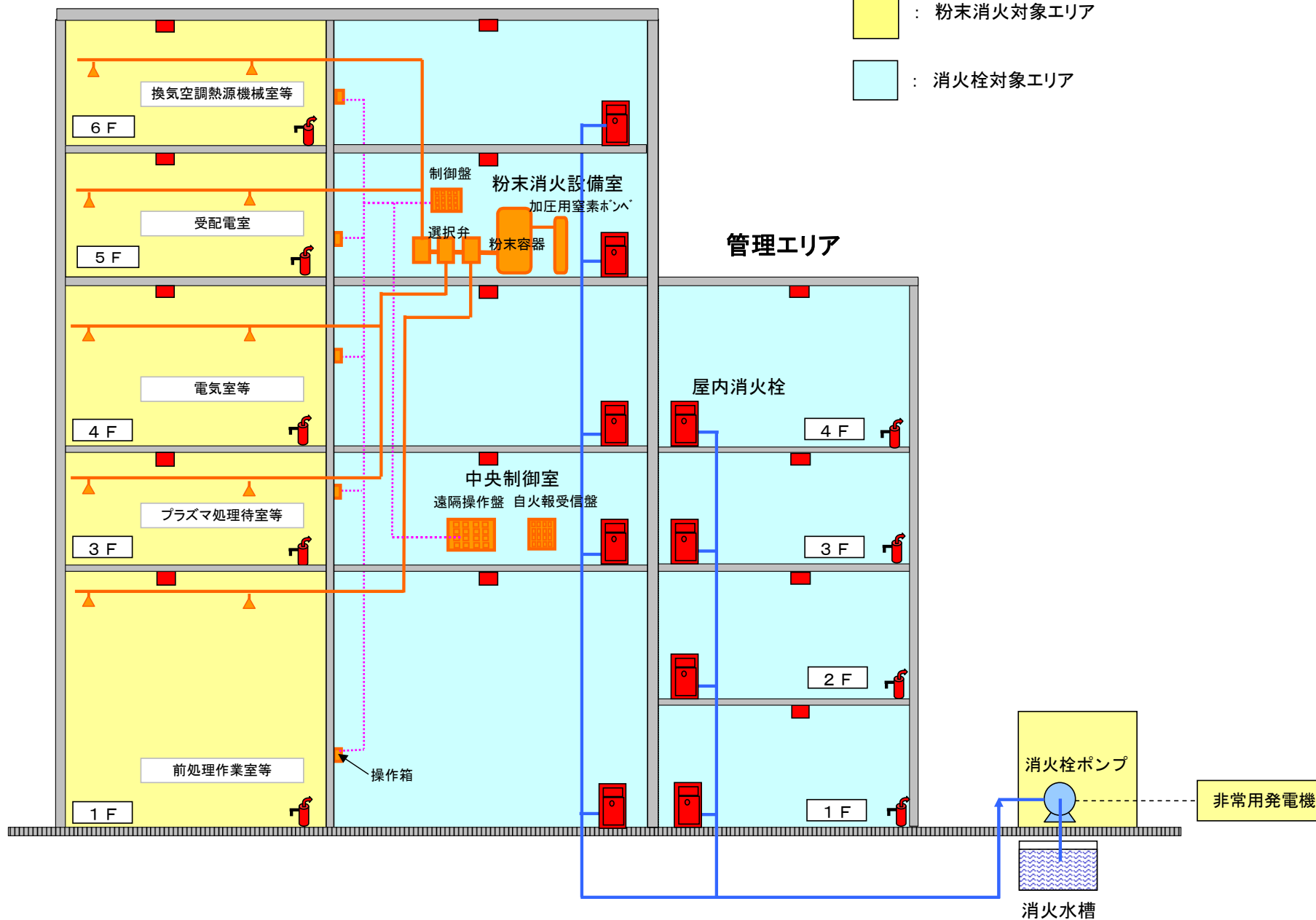
1. 建築物の構造：鉄骨準耐火構造。
2. 壁の仕様：石膏ボード、金属サンドイッチパネルなど不燃材料を使用。
3. 防火区画：施設内に防火区画を設定し防火壁で区切っている。
4. 避雷設備：建屋には避雷導体及び避雷針を設置。
5. 警報設備：自動火災報知（自火報）設備を設置。
6. 消火設備：粉末消火設備、消火設備、消火器を設置。

消火方法

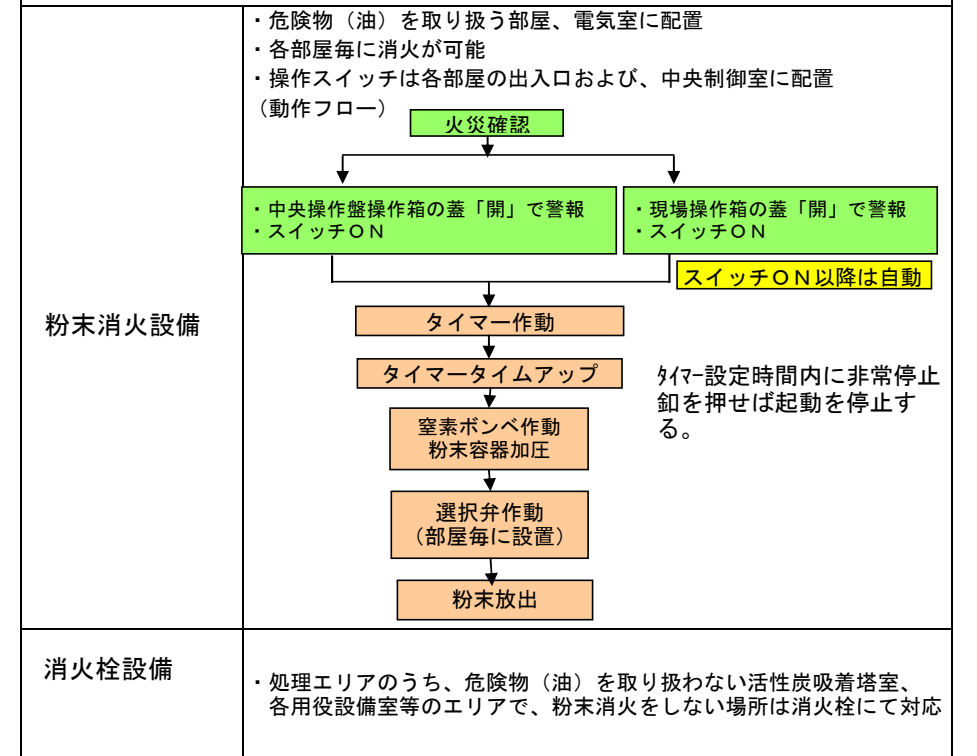
1. 危険物の取扱部屋及び電気室 ⇒ **粉末消火**
2. 上記以外の部屋 ⇒ **消火栓**



処理エリア

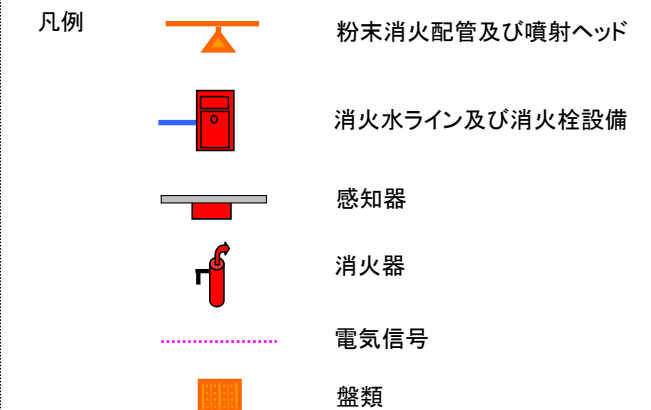


固定消火設備

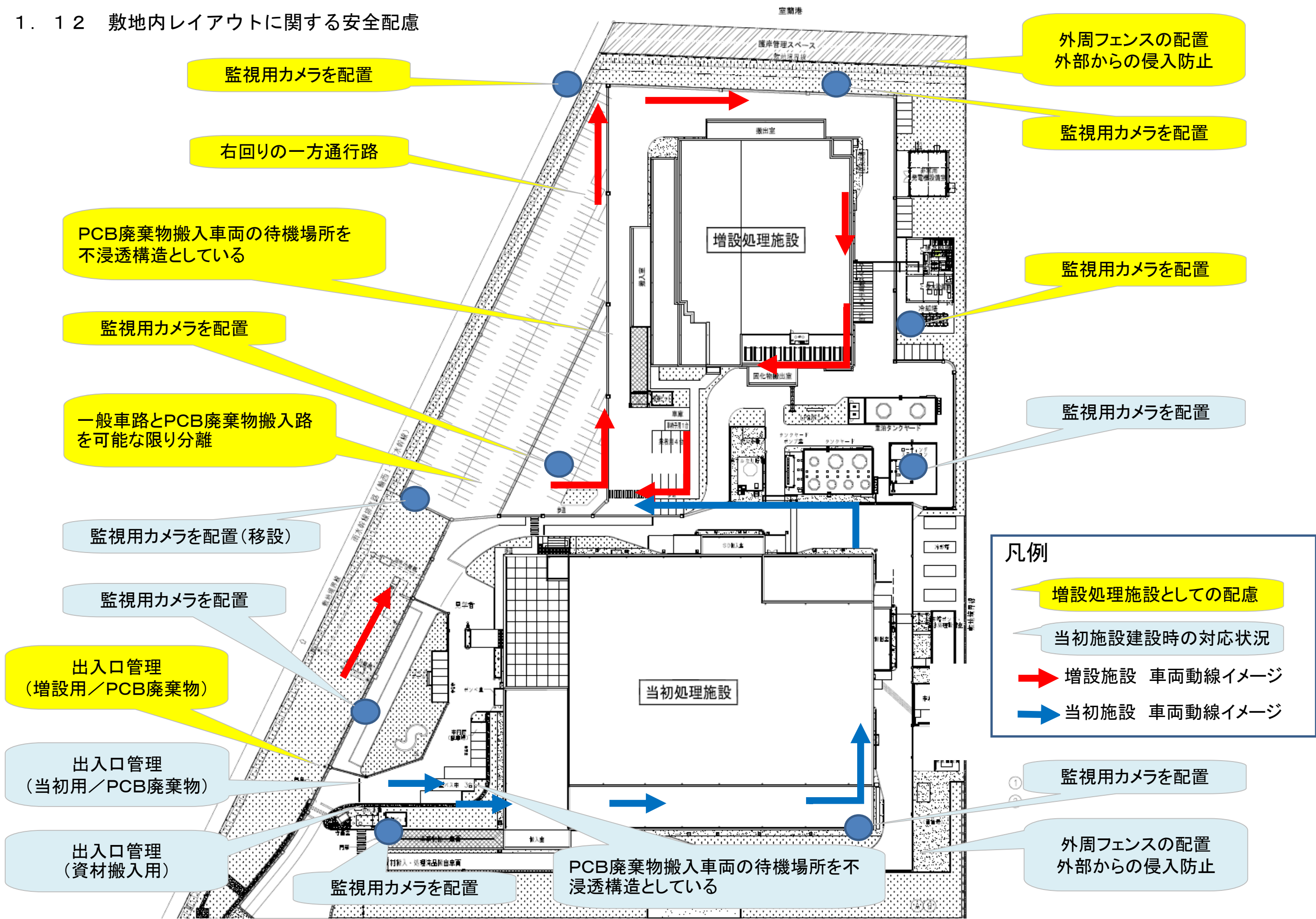


自動火災報知器、消火器

・消防法に従い、所定のエリア毎に感知器、消火器を配置



1. 1.2 敷地内レイアウトに関する安全配慮



2. 安全解析の内容

目的 北海道PCB廃棄物処理施設(増設)の設備設計において、(1)作業時における火災・爆発およびPCB暴露・漏洩に関するリスク評価、(2)プロセス排気中ダイオキシン類の定性評価、(3)作業従事者の誤操作等による施設への影響評価、を実施し、施設の安全性の確認を行う。

(1) 作業時における火災・爆発およびPCB暴露・漏洩に関するリスク評価(1/2)

○ 安全解析手順

- 1) 施設の特性同定
対象施設の特性を把握するため安全解析担当は設計者にヒアリングを実施、スクリーニング協議を行う
- 2) 定性的リスク評価
プロセス設備や自動化されたシステムにはHAZOP^{※1}を実施し、ハザードに至る可能性のある不具合シナリオを抽出。作業従事者が介在する作業などの条件を伴った事象が想定される設備には、What-If^{※2}を実施。評価指標(表2-1)に基づき定性的リスク評価を実施。(表2-2)。
- 3) リスクの定量化
2)で抽出したハザードに至る不具合シナリオについて、その発生頻度を算出。複雑なシーケンスについては、ETA^{※3}やFTA^{※4}を実施する。
- 4) リスク評価・安全対策検討
各ハザードでリスク目標をクリアするように、必要な安全対策を立案し、その結果を確認。発生頻度の評価指標を 1×10^{-6} 回/年^{※5}として定量評価を実施。

○ 安全解析条件

- ・対象事象は火災・爆発、PCBの建屋外漏洩および作業従事者のPCB暴露
- ・対象設備は全設備
- ・原因事象は通常作業状態での機器故障および作業従事者の誤操作・未操作
- ・作業従事者による仕分け・詰替作業も対象
- ・外的要因(地震、津波、溢流等の自然災害および延焼等の火災)に起因する事象は対象外

○ 用語説明

- ※1 HAZOP(Hazard and Operability Study) : プロセスの各部位において、流量、温度といったプロセスパラメータの正常状態からのズレがシステムに及ぼす影響を抽出する手法 (プロセスパラメータを用いた自動化システムへの適用に向いている)
- ※2 What-if: 「もし...ならば」と質問を繰り返すことで潜在危険を洗い出し、その安全対策を確認、安全化を図っていく手法(「〇〇の作業時に」といった限定条件や複数の原因事象が重なる場合など単純な機器故障とは異なり原因事象を定型化し難いシナリオの抽出に適する。)
- ※3 ETA(Event Tree Analysis) : 事故の引き金となる事象を出発点に、事故に至るシーケンスを成功/失敗の確率を使ってその発生頻度を解析する手法
- ※4 FTA(Fault Tree Analysis) : システムに起こってはならない事象を頂上事象として設定し、発生原因を次々と掘り下げてシステム・機器を構成する要素の故障を、基本事象まで展開して解析する手法
- ※5 1×10^{-6} 回/年: 英国安全衛生庁(Health and Safety Executive)が発行している「Reducing risks, protecting people HSE's decision-making process」(2001)では、個人死亡リスクが 1×10^{-6} 死亡/年・人以下であれば「広く受容される領域」とされている。

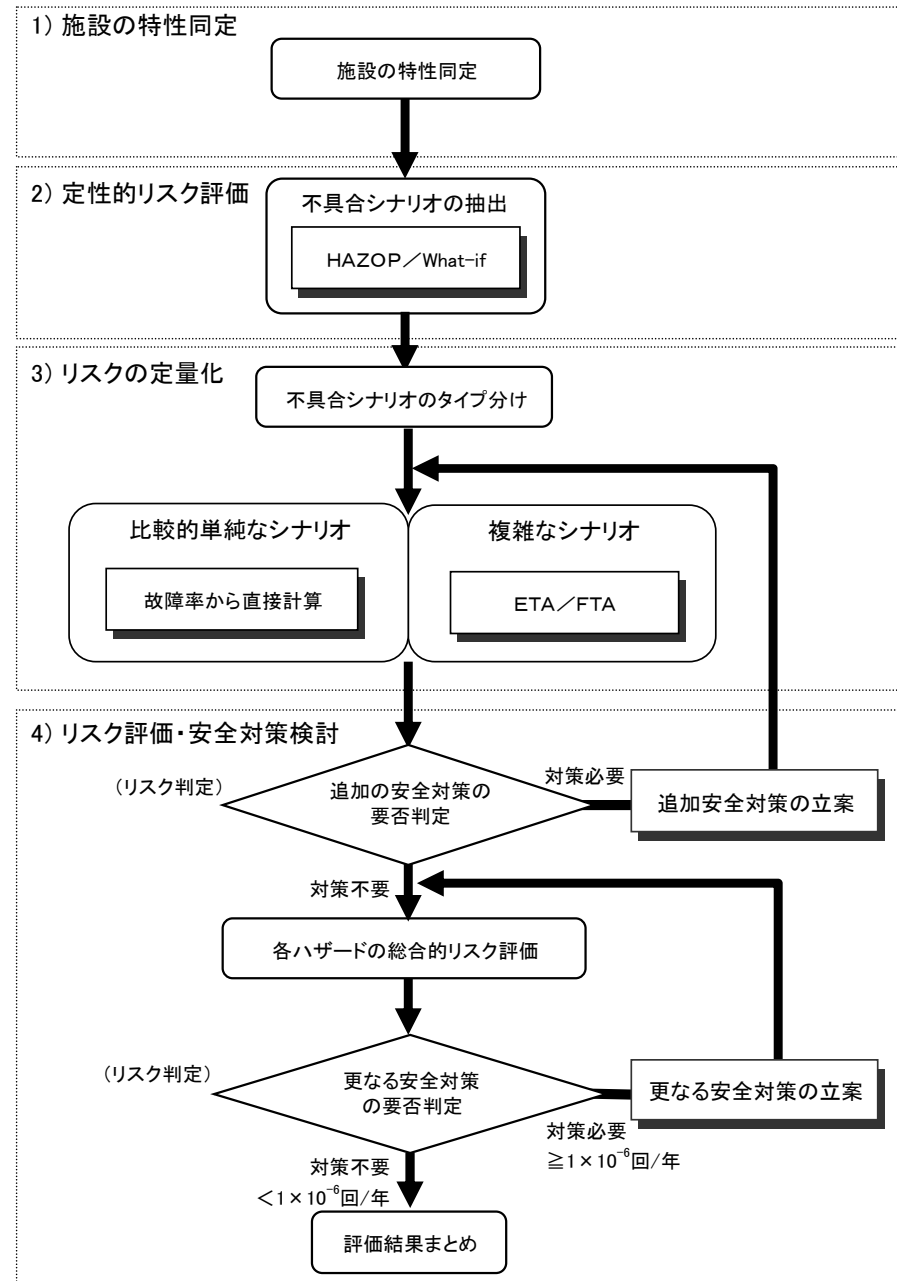


図2-1 作業時における火災・爆発およびPCB暴露・漏洩に関するリスクの定量評価の安全解析手順

表2-1 作業時における火災・爆発およびPCB暴露・漏洩に関するリスク評価の定性的リスク評価の評価指標

建屋外に影響が及ぶ火災・爆発(大)	3	影響度	建屋外でのPCB暴露(大)	3	発生頻度	A3	B3	C3	設計変更が必要なレベル
建屋内の管理区域を超える火災・爆発(中)	2		建屋内の作業従事者等のPCB暴露(中)	2		A2	B2	C2	発生頻度の評価が必要なレベル
建屋内の管理区域を超えない火災・爆発(小)	1		建屋内の限定されたエリア内の作業従事者のPCB暴露(小)	1		A1	B1	C1	リスクレベル 1 リスクレベル 2
被害なし	0		作業従事者のPCB暴露なし	0		A0	B0	C0	十分な安全対策がとられているレベル
火災・爆発			対人のPCB暴露(漏洩)			発生頻度			
						A	B	C	
						当該設備の作業期間中に起こる可能性はまずない(小)			当該設備の作業期間中に起こる可能性が考えられる(中)
									当該設備の作業期間中に1回程度は起こり得る(大)

表2-2 作業時における火災・爆発およびPCB暴露・漏洩に関するリスク評価の定性的リスク評価結果

	設計者との協議前	設計者との協議後
リスクレベル3	0件	0件
リスクレベル2	6件	4件
リスクレベル1	429件	426件
合計	435件	430件

(1) 作業時における火災・爆発およびPCB暴露・漏洩に関するリスク評価(2/2)

○ 安全解析結果

定量評価の対象とする不具合シナリオは定性的リスク評価でリスクレベル2に該当した2件(表2-3 No.1-6ならびに1-7)及びリスクレベル1に該当した不具合シナリオの中でその影響度が比較的大きいと判断されたもの9件とし、定量的リスク評価を行った結果、発生頻度が 1×10^{-6} 回/年以上となるシナリオについてリスク低減策を実施し、 1×10^{-6} 回/年未満となることを確認。

表2-3 作業時における火災・爆発およびPCB暴露・漏洩に関するリスク評価のリスク評価結果・安全対策検討結果

ハザード	No.	該当設備	不具合シナリオ	発生頻度 ($\times 10^{-6}$ 回/年)	リスク低減策	リスク低減策後の発生頻度 ($\times 10^{-6}$ 回/年)	
1. 火災・爆発 (混合気形成)	1-1	PCB汚染物等処理設備	減温塔温度制御機能喪失による下流設備の焼失	0.020	—	0.020	0.83
	1-2	PCB汚染物等処理設備	バーナ用重油サービスタンクからのLSA重油の漏洩	0.001	—	0.001	
	1-3	PCB汚染物等処理設備	活性炭吸着塔の自然発火	0.405	—	0.405	
	1-4	PCB汚染物等処理設備	環境集じん装置の熱交換器冷却水供給不可による焼失	0.114	—	0.114	
	1-5	換気空調設備	オイルサービスタンクからのLSA重油の漏洩	164	空調熱源用のオイルサービスタンクには、当初1つのレベルスイッチによって受け入れるオイルの流量を制御していたため、このレベルスイッチが機能を喪失すると受入オイル量が過剰となり、オイルサービスタンクのオーバーフローラインから流出する。 そこで、レベル制御システムを二重化することで一つのレベルスイッチが故障してもオイルが系外に流出することが無いようにした。	0.028	
	1-6	タンクヤード	LSA重油貯槽からのLSA重油の漏洩	0.264	—	0.264	
	1-7	タンクヤード	燃料小出槽からのLSA重油の漏洩	0.000	—	0.000	
2. 作業従事者のPCB暴露	2-1	PCB汚染物等処理設備	炉内圧力制御不能による未処理ガスの施設内漏洩	0.107	—	0.107	0.74
	2-2	PCB汚染物等処理設備	炉の耐熱性低下し、損傷による未処理ガスの施設内漏洩	0.286	—	0.286	
	2-3	前処理設備	局所排気装置の故障停止によりPCB汚染を生じ施設内漏洩	0.348	—	0.348	
3. 建屋外気体状PCB漏洩 (排気中のPCB濃度上昇)	3-1	PCB汚染物等処理設備	活性炭吸着塔の自然発火による吸着PCBの脱着によるPCB濃度上昇	0.041	—	0.041	0.39
	3-2	前処理設備	局所排気装置の故障停止によりPCB汚染を生じPCB濃度上昇	0.348	—	0.348	

これらの結果を整理し、当処理設備における以下の発生頻度を得た。

「火災・爆発」:一部の不具合シナリオでは混合気形成までの発生頻度を示し、着火源の存在や着火の可能性を考慮すると火災・爆発に至る可能性はさらに2から3桁程度小さくなる。

「作業従事者のPCB暴露」:作業環境値を直ちに越えることなく、作業従事者がPCB汚染を認知しないで暴露してしまう可能性を示唆しており、確実な個人用保護具の着用によってその発生頻度は極めて低減される。

「PCBの建屋外漏洩」:排気中のPCB濃度上昇については、①セーフティネット活性炭の発火の影響はセーフティネット活性炭の定期的な交換によって低減できる。②局所排気装置の故障ではセーフティネット活性炭の吸着効果によってさらに発生頻度は小さくなる。

(2) プロセス排気中ダイオキシン類の定性評価

北海道PCB廃棄物処理施設(増設)の厳守すべき仕様としてプラズマ熔融分解炉設備に関わるダイオキシン類の排出基準値があげられる。この排出基準値を厳守するべく、設計段階において構成機器の機能喪失を原因とした不具合シナリオの抽出をPCBと同様に行い、定性評価を実施。

○ 安全解析手順

- 1) ハザードの同定
ダイオキシン類の建屋外への排出経路の内、ハザードとして排出基準値を超える恐れがある経路を同定
- 2) 原因事象の同定(不具合シナリオの抽出)
1)で同定されたハザードに至る不具合シナリオをWhat-Ifにより同定
- 3) 定性評価の実施
表2-4に示すリスクマトリクスを用いて、十分な安全対策が取られているか評価

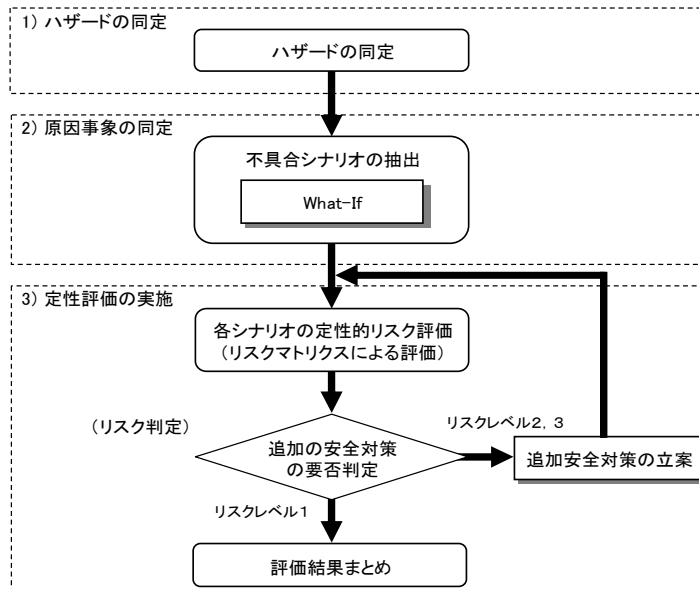


表2-4 プロセス排気中ダイオキシン類定性評価の評価指標

排出基準値を超える(大)	3	設計変更が必要なレベル		
排出基準値を超える可能性がある(中)	2	詳細検討が必要なレベル		
排出基準値未満(小)	1	リスクレベル 1 リスクレベル 2		
影響なし(排出値に変化なし)	0	十分な安全対策がとられているレベル		
ダイオキシン類の排出(屋外)		発生頻度		
		A	B	C
		当該設備の稼働期間中に起こる可能性はまずない(小)	当該設備の稼働期間中に起こる可能性が考えられる(中)	当該設備の稼働期間中に1回程度は起こり得る(大)

○ 安全解析条件

- ・プロセス異常事象が早期に検知され、是正作業もしくは操業停止操作が直ちに実施される場合は排出基準値を超えることはなく、影響なしと判断。
- ・プロセス制御値の変動範囲が運転条件範囲内で収まり、設計条件を満足している場合、排出基準値を超えることはないと判断。再合成量の異常増加や活性炭による吸着除去性能も同様。

○ 安全解析結果

ハザードの同定	不具合シナリオ	評価結果
プロセス排気中のダイオキシン類の濃度上昇	減温塔温度制御の2重化された温度計の同時故障	リスクレベル1
	No.2バグフィルタのろ布一部破損かつ排気筒出口ばいじん濃度計の機能喪失	リスクレベル1
	活性炭定量切出装置の故障による活性炭供給不良かつダストモニタの機能喪失	リスクレベル1

(4) まとめ

- ① 安全解析の結果、「火災・爆発」、「PCBの漏洩・暴露」のハザードの発生頻度は、いずれも 1×10^{-6} 回/年未満であり極めて低いと評価され、当該施設は十分な安全性を有していることを確認した。
- ② プラズマ熔融分解炉設備のプロセス排気中ダイオキシン類の排出濃度がセーフティネット活性炭入口で排出基準値を超える可能性は十分低減されていることを確認した。
- ③ 作業従事者の誤操作・未操作が及ぼす施設への影響評価の結果、作業従事者の作業を原因として「PCB・ダイオキシン類を含む物質の漏洩・暴露」や「火災・爆発」の甚大な事故に繋がる可能性は十分低減されることを確認した。

(3) 作業従事者の誤操作・未操作が及ぼす施設への影響評価

通常操業時における作業従事者の誤操作・未操作が及ぼす施設や作業従事者への影響を評価。

○ 安全解析手順

- 1) ハザードの同定
作業従事者の誤操作や未操作により施設に影響を与える可能性のあるハザードを抽出
- 2) 原因事象の同定(不具合シナリオの抽出)
1)で同定されたハザードに至る可能性のある作業を抽出し、不具合シナリオとしてWhat-Ifにより同定
- 3) 影響評価の実施
表2-5に示すリスクマトリクスを用いて、十分な安全対策が取られているか評価

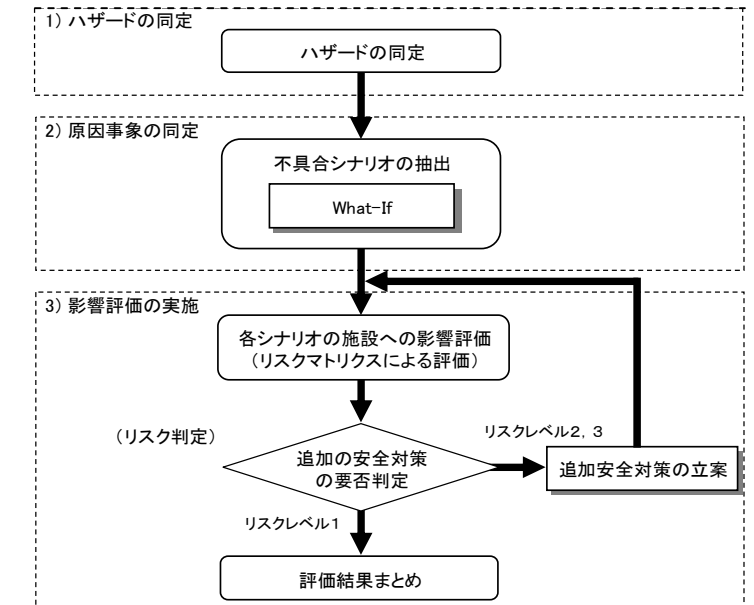


表2-5 作業従事者の誤操作・未操作が及ぼす施設への影響評価の評価指標

建屋外に影響が及ぶ火災・爆発(大)	3	設備的対応を伴う変更が必要なレベル		
建屋内の管理区域を超える火災・爆発(中)	2	運転方案の見直しが必要なレベル		
建屋内の管理区域を超えない火災・爆発(小)	1	リスクレベル 1 リスクレベル 2		
被害なし	0	十分な安全対策がとられているレベル		
火災・爆発		発生頻度		
		A	B	C
		当該設備の稼働期間中に起こる可能性はまずない(小)	当該設備の稼働期間中に起こる可能性が考えられる(中)	当該設備の稼働期間中に1回程度は起こり得る(大)

○ 安全解析条件

- ・PCBもしくはダイオキシン類を含む物質の暴露とは、その漏洩時の濃度や規制値の超過の有無に関わらず、対象者が認知せずに想定外の作業環境条件を越える暴露条件にさらされることを想定。
- ・プロセス制御値の変動範囲が運転条件範囲内で収まっている場合は設計条件を満足と判断。その間のプロセス排気、スラグやプラズマ固形物に含まれるPCB・ダイオキシン類濃度は排出基準値を超えないと仮定。

○ 安全解析結果

ハザードの同定	不具合シナリオ	評価結果
「PCBの漏洩・暴露」	作業前の排気装置の起動忘れ他、31件	リスクレベル1
「ダイオキシン類を含む物質の漏洩・暴露」	活性炭供給停止の誤操作他、6件	リスクレベル1
「火災・爆発」	スラグ出滓チャンバ付近への可燃物の放置他、21件	リスクレベル1

ポリ塩化ビフェニル廃棄物処理事業検討委員会事務局
〒105-0014
東京都港区芝一丁目7番17号 住友不動産芝ビル3号館
日本環境安全事業株式会社 事業部事業企画課
TEL:03-5765-1919 FAX:03-5765-1940
<http://www.jesconet.co.jp>



グリーン購入法に定められた再生紙を使用しています