

北九州ポリ塩化ビフェニル廃棄物処理施設(第2期)の  
安全設計について

平成 20 年 6 月

ポリ塩化ビフェニル廃棄物処理事業検討委員会

北九州事業部会

ポリ塩化ビフェニル廃棄物処理事業検討委員会

北九州事業部会委員名簿

主査 伊規須英輝 産業医科大学産業生態科学研究所教授

酒井 伸一 京都大学環境保全センター教授

篠原 亮太 熊本県立大学環境共生学部教授

副主査 田辺 信介 愛媛大学沿岸環境科学研究センター教授

森田 昌敏 愛媛大学農学部生物資源学科教授

## 目 次

1. 安全設計の概要	
1.1 安全設計の考え方	1
1.2 処理工程図	2
1.3 安全設計の具体的な内容	3
1.4 液処理設備に関する安全設計	7
1.5 プラズマ前処理とプラズマ溶融分解処理 に関する安全設計(詳細)	8
1.6 PCB等の漏洩対策 (施設外の環境中への漏洩防止対策)	14
1.7 ユーティリティ設備の安定供給対策	15
1.8 自然災害に対する安全設計	17
1.9 火災に対する安全設計	18
1.10 敷地内レイアウト等に関する安全配慮 (搬入車両等の動線、施設内セキュリティ等への配慮)	19
2. 安全解析の概要	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

北九州PCB廃棄物処理施設（第2期）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域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。

### 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。
- PCB廃棄物の搬入経路などレイアウト上の配慮、PCB分解反応の安全や漏洩防止に対する設備対策、ユーティリティ設備の安定供給対策を折り込んでいます。
- 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域化を図っています。
- 施設の安全性評価として「火災・爆発」、「建屋内外へのPCB油漏洩」、「建屋外気体状PCB漏洩」、「作業従事者のPCB暴露」のハザードを定量解析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、更に活性炭吸着塔を通して施設外へ排出。オンラインモニタリングにより排気中の微量PCB濃度を監視。また、一般PCB取扱区域の換気、排気を常時活性炭を通して排気する設計。
- (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。
- (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・ステンレス床・防液堤・不浸透性の塗床を施工。
- (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

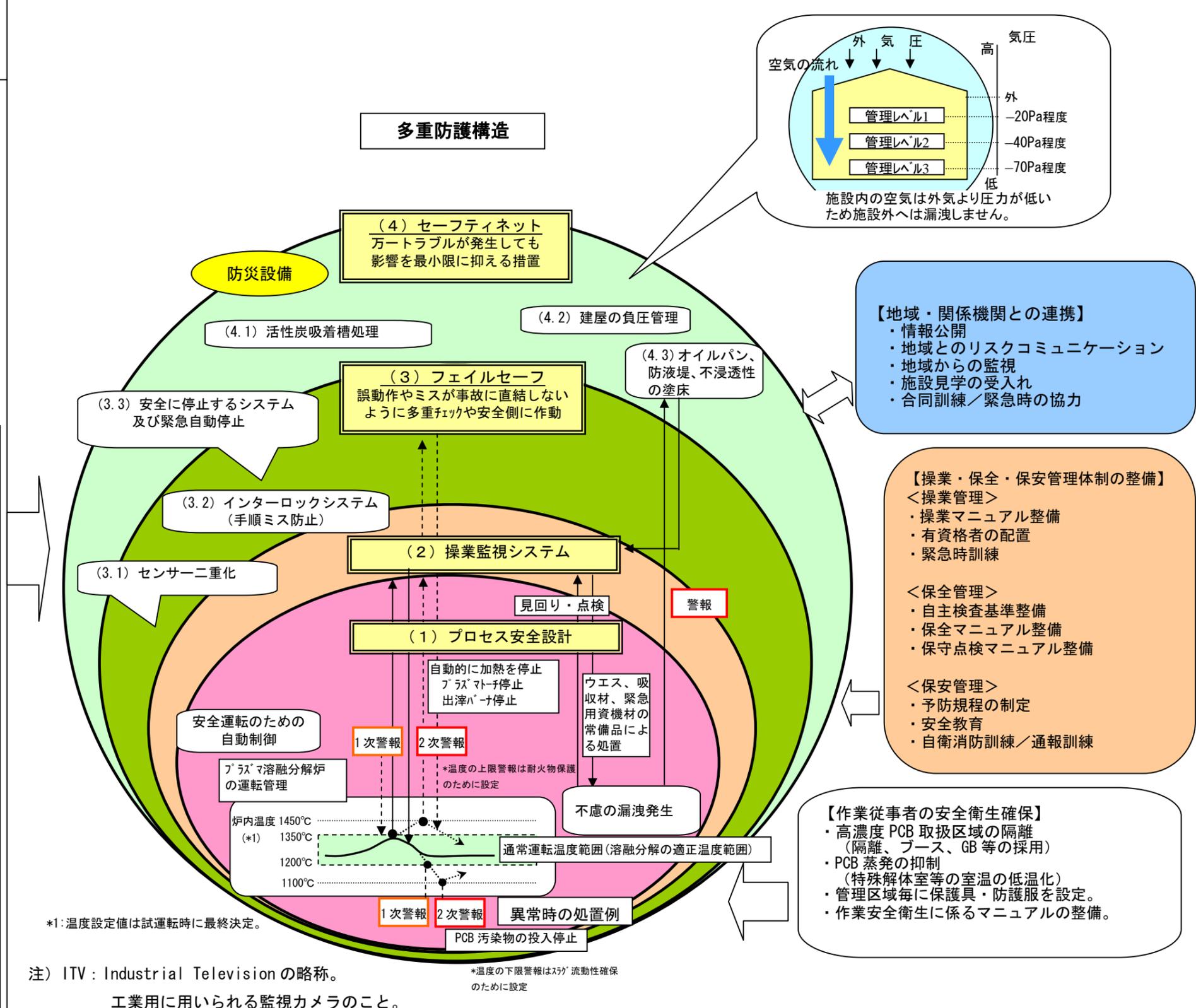
- (3.1) 温度・圧力・液面・濃度等の計器の中で安全上重要な計器は二重化。
- (3.2) 液移送の際、液レベル異常の場合には液面計の設定ポイントで弁の閉止・ポンプの停止のシステムを織り込み。
- (3.3) 警報と連動して緊急自動停止ができる設計。
- (3.4) 停電等異常時の自動弁の開閉は安全側に作動するように設計。

#### (2) 操業監視システムの内容

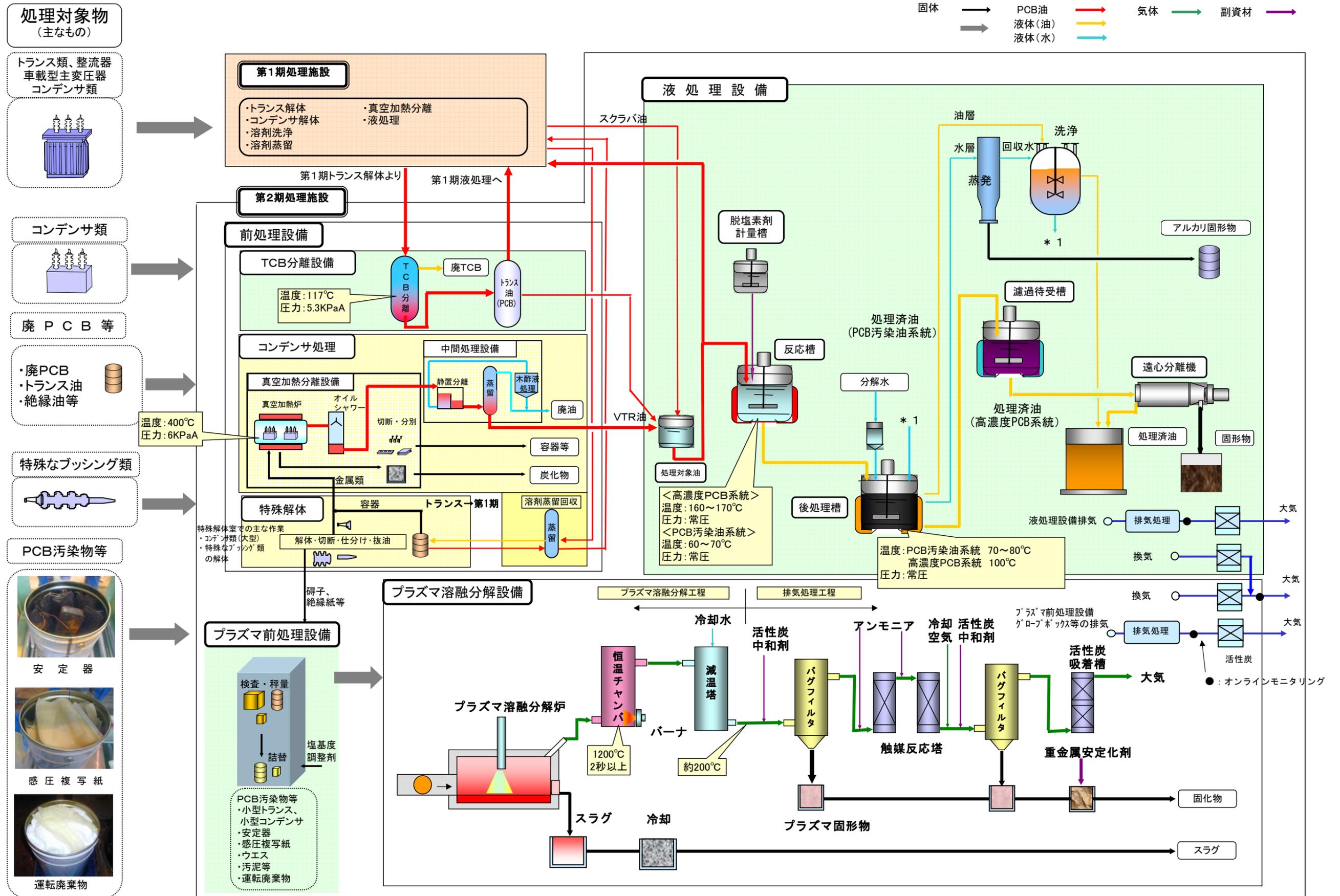
- (2.1) 中央制御室にて集中制御ができるように設計。
- (2.2) 運転状況の遠隔監視ができるようITV<sup>(注)</sup>を設置。
- (2.3) オンラインモニタリングや漏洩検知器による監視。

#### (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) 腐食等を考慮した適正な材料選定。
- (1.3) より安全に分解反応を行わせるための操作上の安全配慮。
- (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 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P1の 1. 1安全設計の考え方 の1. 1. 3安全設計概要 中の番号に対応しています。

目的と項目	前処理及びプラズマ前処理				液処理	プラズマ熔融分解
	解体・切断・分別	プラズマ前処理	中間処理・溶剤蒸留 T C B分離・減圧蒸留	真空加熱分離		
運転状態安定化のための自動制御 (1. 1) (2. 1)	①手作業のヒューマンエラー防止のため、一部ロボットアームを採用し、省力化。  ②抜油、粗洗浄について、抜油ポンプの吸込・吐出圧力を自動制御。	①手作業のヒューマンエラー防止のため、一部機械化。	①蒸留塔の塔頂圧力および塔底加熱量等は自動制御。  ②中央制御室での集中制御管理。	①真空加熱分離装置は処理対象物を受入れ、前準備完了後“自動処理”スタートにより処理完了まで自動運転。  ②異常時(真空度異常、ヒータ異常、窒素供給異常等)は自動的に処理停止、各バルブ開閉は安全側(フェイルセーフ)に作動。	①液処理は基本的にバッチの自動運転。  ②反応時の加熱・冷却用熱媒循環系統の温度制御は自動制御。  ③中央制御室での集中制御管理。	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、中和剤の吹込制御、脱硝用アンモニア吹込制御は自動制御。  ②プラズマ制御室での集中制御管理。
適正な材料選定 (1. 2)	①基本は炭素鋼であるが、含水物を扱うラインはステンレス材を使用。  ②腐れ代は JIS 基準の 1mm に対し 1.5mm を採用。	①基本は炭素鋼であるが、処理物と接触する部分はステンレス材を使用。	①蒸留設備の腐食が懸念される塔槽類にはステンレス材を使用。  ②塩酸による腐食が懸念される機器についてはSUS材を使用。  ③炭素鋼が使用可能な部位の腐れ代は JIS 基準の 1mm に対し 1.5mm を採用。	①真空加熱炉本体など高温に曝される機器には、耐熱性、耐食性を考慮しステンレス材を使用。  ②酢酸等による腐食が懸念される部位についてはSUS材を採用。  ③炭素鋼が使用可能な部位の腐れ代は JIS 基準の 1mm に対し 1.5mm を採用。	①PCB に接する材料は基本的には SUS 材を使用。  ②反応槽及び後処理槽は反応温度(160~170℃)及びNaClとNaOHの存在から主要部は2相系ステンレスを採用。  ③固液分離機器も防錆のため、SUS材を使用。  ④蒸発機は高温・高濃度NaOHを扱うため主要部はNi鋼を採用  ⑤炭素鋼が使用可能な部位の腐れ代は JIS 基準の 1mm に対し 1.5mm を採用。	①プラズマ分解炉、恒温チャンバ、減温塔、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。  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。  ③PCB汚染物を封入する容器は金属製密閉容器。  ④バグフィルタろ布は全て耐熱性のPTFE製(テフロン)を採用。
安定運転継続のための監視強化と警報発信 (1. 3) (2. 2) (2. 3) (3. 1)	①作業状況確認のため解体エリアにはITVを設置。  ②中央制御室での故障などの監視管理。	①電動機を駆動源とする昇降機・旋回機構の停止点にオーバーラン検出器を設置。  ②作業状況確認のためにITVを設置。  ③中央制御室での故障などの監視管理。	①-1 溶剤蒸留設備の液面計の一部は二重化。  ①-2 T C B分離・減圧蒸留設備の制御システム安定化のため主要部分(トランス油受槽、T C B分離塔等の液面HH・LL検知、T C B分離塔の温度計、減圧蒸留槽熱媒の温度計)は二重化。  ②蒸留塔の定常・安定運転に必要な温度・圧力・流量等の計器類については、中央制御室への指示警報及び制御機能付きを採用。  ③受槽、貯槽の液面警報は1次警報、2次警報の設定が可能。	①運転状況確認のためITVを設置。  ②制御システムの安定化のため真空加熱炉周りの温度計、圧力計等主要部分は二重化。  ③真空加熱分離装置の温度計、圧力計、液面計は1次警報、2次警報の設定が可能な計器を採用。  ④中央制御室での故障などの監視管理。	①反応槽、後処理槽の内部状況監視のためITVを設置。  ②PCBの受槽類、液処理反応に関わる計量槽の液面計は二重化。  ③反応槽および後処理槽の温度制御及び排気の酸素濃度計は二重化。  ④受槽、貯槽の液面計及び反応槽温度計は1次警報、2次警報の設定が可能。	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、減温塔出口温度計、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、減温塔出口温度計は1次警報、2次警報の設定が可能。

目的と項目	前処理及びプラズマ前処理				液処理	プラズマ熔融分解
	解体・切断・分別	プラズマ前処理	中間処理・溶剤蒸留 T C B分離・減圧蒸留	真空加熱分離		
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 (3.2)	① 抜油・粗洗浄装置は、作業による手作業が主であり、インターロックシステムは不要である。(特殊解体設備)	① D C S又はP L C内のインターロックシステムによる衝突防止。 (安定器等処理ライン、汚泥処理設備)	① T C B分離・減圧蒸留設備は正常範囲を逸脱した場合(槽類レベル異常、用役供給停止、関連機器故障等)は、D C S又はP L C内のインターロックシステムが作動し、安全に設備停止。  ② 中間処理設備は、各種検出器に設けた制限範囲(設定値)を逸脱した場合、D C S内のインターロックシステムが作動し、設備を安全に停止。  ③ 溶剤蒸留回収設備は用役供給の停止、運転条件(温度、圧力、液位等)の正常範囲からの逸脱、関連ポンプ類の停止等の状況が発生した場合インターロックシステムが作動し、設備を安全に停止。	① 温度、圧力、流量等正常範囲を逸脱した場合は、P L C内のインターロックシステムが作動し、安全に設備停止。  ② 手順のミスが確認された時点で、P L Cによりその動作を受け付けないようにインターロックが作動し、誤動作を防止。	① 反応槽温度等正常範囲を逸脱した場合は、D C Sのインターロックシステムが作動し、安全に当該工程停止。  ② 手順のミスが確認された時点で、D C Sによりその動作を受け付けないようにインターロックが作動し、誤動作を防止。	① 炉内温度が正常範囲を逸脱した場合は、D C S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 トーチ稼動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。
安全に停止させるためのシステム (3.3) (3.4)	<p>&lt;地震時&gt; 地震検知装置は1期処理施設と共用し、一定震度(加速度)を超えた場合以下の処置を行う。用役設備(熱媒ボイラを除く)及び換気空調設備は運転を継続。</p>					
	① 仕分・解体を除く前処理設備は自動停止。  ② 受入保管設備の受入クレーン・検査室は作業者の判断にて停止。  ③ 自動物流装置、搬送装置は、全て自動停止。	① プラズマ前処理・汚泥処理設備・解体等の装置は作業者の判断にて停止。	① 地震時は自動停止。	① 真空加熱分離設備は、チラーユニット及びドアサーマルオイルシステム以外の機器は自動停止。これらの機器は真空加熱炉が55℃以下に冷却された後、作業者が停止。	① 地震時は自動停止。	① 地震時は、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。
	<p>&lt;停電時&gt;</p> <p>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。プラズマ熔融分解設備には、設備保護用に一部無停電電源装置により電源供給される。</p> <p>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、所定の機器に電源供給される。</p> <p>③ 非常用発電装置からの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。</p> <p>④ 停電時において、避難・誘導が確実に行なわれるように、誘導灯・非常用照明灯を設置。</p>					

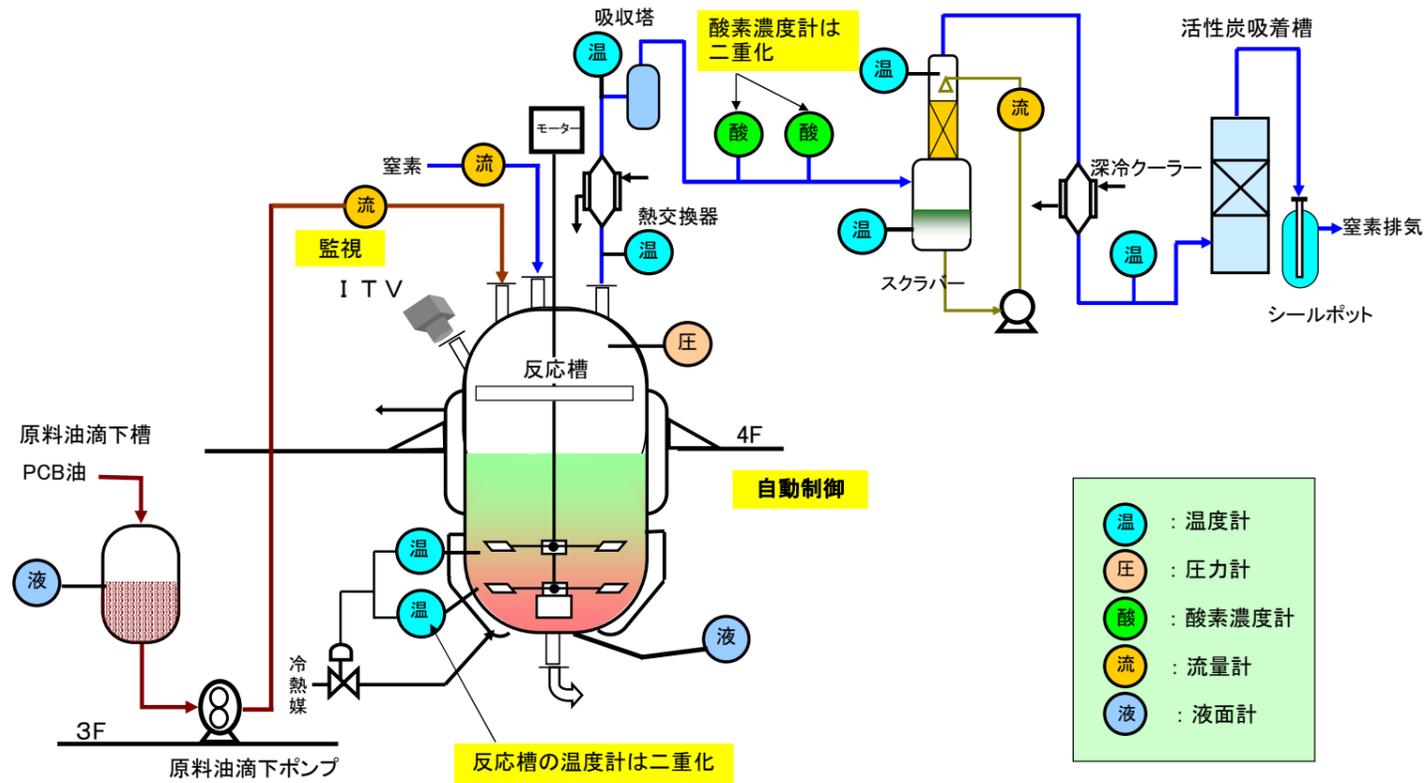
P L C : シーケンス制御装置(プログラマブルロジックコントローラ)      D C S : 分散形制御システム(ディストリビューティッドコントロールシステム)

目的と項目	前処理及びプラズマ前処理				液処理	プラズマ溶融分解
	解体・切断・分別	プラズマ前処理	中間処理、溶剤蒸留 TCB分離・減圧蒸留	真空加熱分離		
気体状PCB漏洩防止のための排気処理設備 (4.1)	<p>① プロセス排気は排気処理設備にてPCBを除去。 ② 室の排気は換気空調設備としての活性炭を通して排気。</p>					
	<p>① 解体ブースの換気は上部から給気、下方から排気。 ② 仕分け作業台はドラフトチャンパー方式とし、汚染域と作業従事者とを隔離。 ③室内温度は、PCBの蒸散を抑制するため以下の通りとする。 ・特殊解体室：15℃以下 ・仕分室：20℃以下</p>	<p>①室内温度は、PCBの蒸散を抑制するため以下の通りとする。 ・特殊解体室内（汚泥処理設備）：15℃以下 ・プラズマ前処理室：20℃以下</p>	<p>①プロセス排気は、溶剤蒸留回収排気系、TCB分離・減圧蒸留排気系、中間処理排気系は系統別に処理した後、最後にセーフティネットとして、活性炭を通して排気。 ②溶剤蒸留回収、TCB分離・蒸留、中間処理を行う各部屋の換気排気はセーフティネットとしての活性炭を通して排気。</p>	<p>①真空加熱炉の排気はプロセス内で処理した後、最後にセーフティネットとして、活性炭を通して排気。</p>	<p>①プロセス排気は、PCB原料槽排気系、反応槽排気系については系統別に処理した後、最後にセーフティネットとして、それぞれ個別に活性炭を通して排気。</p>	<p>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し、最後にセーフティネットとして活性炭を通して排気。</p>
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 (4.2) (2.3)	<p>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 排気中のPCB濃度はセーフティネット活性炭の入口でオンラインモニタリングにより常時監視。 ④ 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。 ・管理レベル3：-70Pa ・管理レベル2：-40Pa ・管理レベル1：-20Pa</p>					
	<p>管理レベル3：特殊解体室 管理レベル2：仕分室 管理レベル1：スクラバ室 検査室 荷捌室 基幹物流室</p>	<p>管理レベル3：特殊解体室内（汚泥処理設備） 管理レベル2：プラズマ前処理室</p>	<p>管理レベル1：中間処理・溶剤蒸留室 TCB分離・減圧蒸留室</p>	<p>管理レベル1：真空加熱分離処理室 VTRシャワー油室</p>	<p>管理レベル1：液処理室</p>	<p>管理レベル2：プラズマ分解炉室 管理レベル1：スラグ冷却室 プラズマ排気処理室 プラズマ固形物判定待室</p>
液状PCB漏洩防止のための多重のバリア (4.3) (2.3)	<p>①PCB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、二次バリアとして防液堤を設置。 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。 ③1期と2期施設間の高濃度PCBを扱う移送配管は二重管。 ④漏洩検知器（液処理設備、他）による監視。</p>					<p>①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。 ②プラズマ分解炉下部に万が一スラグが流出した場合を想定し、熱を受けることから耐火レンガ構造の防液堤を設置。</p>

目的と項目	前処理及びプラズマ前処理				液処理	プラズマ溶融分解
	解体・切断・分別	プラズマ前処理	中間処理、溶剤蒸留 T C B分離・減圧蒸留	真空加熱分離		
PCB油以外の油の漏洩対策	① PCB油以外の油の移送についても流量計及び液面計を設置し、移送量を制御。 ② PCB油以外の油についても同上設置の防液堤により漏洩防止が可能。					
その他 (1.4) (1.5) (4.4)						① プラズマ溶融分解におけるダイオキシン再合成の抑制と低減化を行う後処理システムの採用  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警報発信。  ③ プラズマ分解炉下部に万が一スラグが流出した場合を想定し、熱を受けることから耐火レンガ構造の防液堤を設置。
	<その他> ① 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 液処理設備に関する安全設計

## PCBの分解反応における安全性



### 安全対策の内容

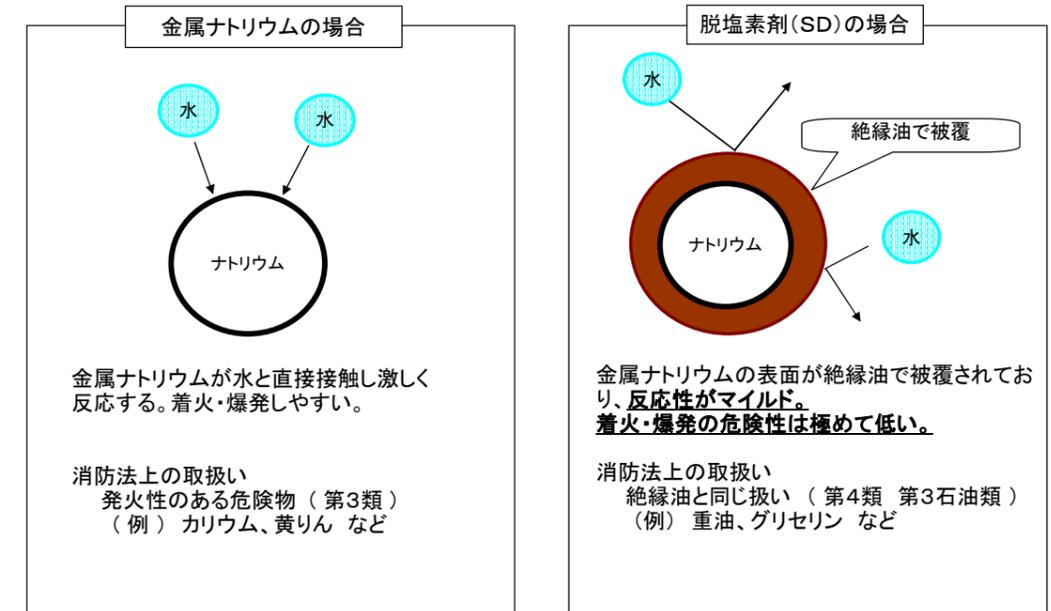
- ①脱塩素剤(SD)の安全性
  - ・分解に必要な特性は維持しつつ、絶縁油で被覆し安全性を大幅に向上。
- ②反応操作上の安全配慮
  - ・反応薬剤を予め張り込んだ反応槽にPCBを少量ずつ流量を制御し加えることにより、急激な反応による発熱を防止。
  - ・また、原料油滴下槽および滴下ポンプは反応槽レベル下方に設置しており、機器が故障した際にPCBが反応槽に流入することはない。
- ③安全運転のための自動制御ならびに監視計器
  - ・重要な監視計器は二重化するとともに、分解反応は自動制御。
  - ・反応槽内が通常制御温度範囲を逸脱した場合は、1次警報と共にPCBを含む混合液の滴下を停止、及び強制冷却させ温度上昇を回避。
  - ・更に、反応温度が通常制御温度+30℃になれば、2次警報と共に自動的に緊急停止に至る。
  - ・攪拌機が停止した場合は、警報発信と共に原料油滴下ポンプ停止で自動停止に至る。
  - ・反応槽の内部状況監視のためITVを設置。

## 反応薬剤の安全性と漏洩対策

PCB分解のための反応薬剤として、脱塩素剤(SD)を用いることにより、分解に必要なナトリウムの特性を維持しつつ、取扱い上の安全性を大幅に向上。

脱塩素剤(SD): ナトリウムを溶媒中に一旦溶融させ、10μm以下の超微粒子にして分散体としたもの。  
Sodium Dispersion の略

### 1. 脱塩素剤(SD)の化学的安定性



金属ナトリウムが水と直接接触し激しく反応する。着火・爆発しやすい。  
消防法上の取扱い  
発火性のある危険物(第3類)  
(例) カリウム、黄りん など

金属ナトリウムの表面が絶縁油で被覆されており、**反応性がマイルド**。  
**着火・爆発の危険性は極めて低い**。  
消防法上の取扱い  
絶縁油と同じ扱い(第4類 第3石油類)  
(例) 重油、グリセリン など

### 2. 漏洩対策

- ①漏洩の生じにくい構造の受入設備とすることにより専用のローリーからの受入作業時の漏洩防止。
- ②万一施設内で脱塩素剤が漏洩しても、防液堤により外部漏洩を防止。
- ③脱塩素剤搬入室で万一発火した場合には、粉末消火設備に加え脱塩素剤消火用として設置した特殊消火器具(金属火災用薬剤散布器)により消火。
- ④受入作業時に液たれが生じた場合は、絶縁油を含浸させたウエス等でふき取り、ペール缶に入れ、または乾燥砂に吸収させ、密封した上で安全に処理。

## 1. 5 プラズマ前処理とプラズマ溶融分解処理に関する安全設計（詳細）

目的と項目	A. プラズマ前処理工程	B. プラズマ溶融分解工程	C. 排気処理工程
<p>運転状態安定化のための自動制御</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・集中管理・監視</li> <li>・自動制御</li> <li>・操作上の安全配慮</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. PCB汚染物等の内容を全数確認し、容器に詰め替えます。 仕分けはグローブボックスを介した手作業であるが、搬送、荷役、反転、傾動は機械化。処理物容器搬入、詰替容器の搬出は自動化。</li> <li>2. プラズマ前処理作業のPCBからの隔離対策 安定器等処理ラインでは、負圧制御されたグローブボックス（GB）内に収納して処理を行なうことにより、PCBによる系外の汚染を防止。（プラズマ前処理室L2） 汚泥処理設備では、室内以下の圧力で制御された処理ブース内で処理を行なうことにより、PCBによる系外の汚染を防止。（汚泥処理設備L3）</li> <li>3. 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、機側操作器により処理作業を行なう。 中央制御室では故障などの監視管理。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. プラズマ溶融分解工程はプラズマ制御室で集中管理。</li> <li>2. 処理の安全を図るために処理対象物に対する容器への封入量と投入量の制限。</li> <li>3. 炉内のPCBを含む可能性のある雰囲気漏洩防止のためプラズマ分解炉内の負圧制御は自動制御。</li> <li>4. 恒温チャンバ内の酸素濃度は自動制御。 酸素分析レーザー法を採用し、迅速な分析により、制御の応答を速める。</li> <li>5. 減温塔出口温度は自動制御。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 排気処理工程はプラズマ制御室で集中管理。</li> <li>2. バグフィルタへの中和剤の吹き込みは自動制御。</li> <li>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。 活性炭流れ検知器の設置。</li> <li>4. 触媒反応塔への脱硝用アンモニア供給は自動制御。</li> </ol>
<p>適正な材料選定</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・処理物による材料選定</li> <li>・処理条件による材料選定</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>4. 基本は炭素鋼であるが、処理物と接触する部分はステン材を使用。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>6. プラズマ分解炉、恒温チャンバ、減温塔、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。</li> <li>7. 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。</li> <li>8. PCB汚染物等を封入する容器は金属製密閉容器</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>5. バグフィルタろ布は全て耐熱性のPTFE製（テフロン）を採用。</li> <li>6. その他鋼板、不燃材を使用。</li> </ol>
<p>安定運転継続のための監視強化と警報発信</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ITV</li> <li>・二重化・冗長化</li> <li>・工程監視モニタリング</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>5. 作業状況確認のためにITVを設置。</li> <li>6. 電動機を駆動源とする昇降機・旋回機構の停止点にオーバーラン検出器を設置。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>9. 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。</li> <li>10. システム安定化のためにプラズマ分解炉内圧力計、恒温チャンバ温度計の二重化及び1次警報、2次警報の設定が可能な計器を採用。</li> <li>11. 安定運転継続のため、DCSは二重化。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>7. 運転状況確認のためITVを設置</li> <li>8. バグフィルタ（多室構造）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。</li> <li>9. No. 1バグフィルタ出口及び排気口は、ばいじん、HCl、SOxのオンライン分析装置による連続監視。</li> <li>10. No. 1及びNo. 2触媒反応塔出口、排気口におけるNOxのオンライン分析装置による連続監視。</li> </ol>

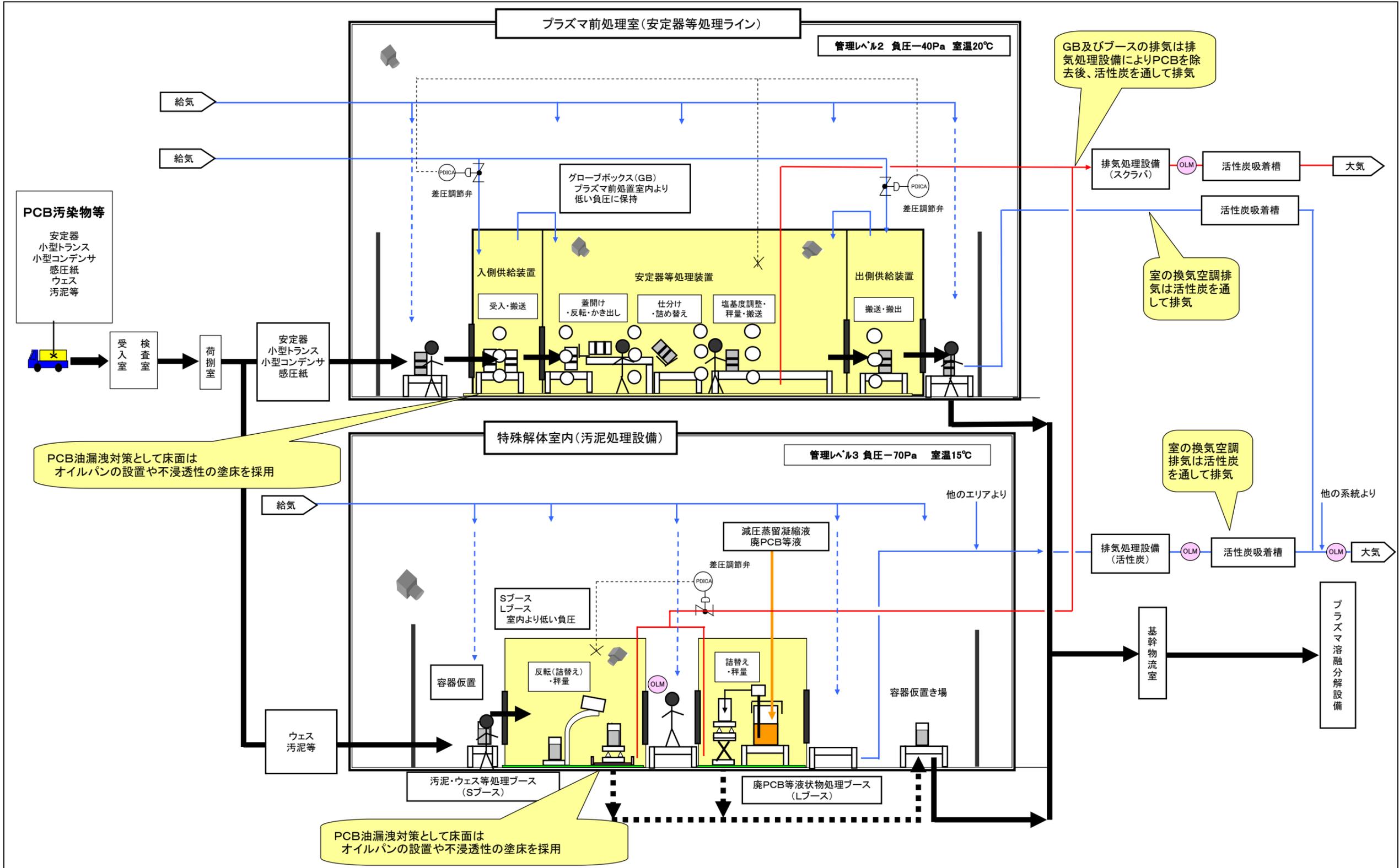
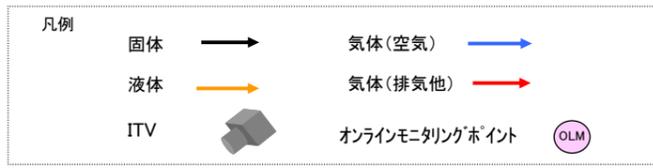
目的と項目	A. プラズマ前処理工程	B. プラズマ溶融分解工程	C. 排気処理工程
安定運転継続のための監視強化と警報発信 (続き)			<p>1 1. 異常な高温発生監視のためにセーフティネット活性炭吸着槽に連続監視多点温度計を設置。</p> <p>1 2. 負圧維持および排気系統の安定化のために誘引通風機は冗長化して、2 台設置し、通常は各々均等に運転。1 台故障し停止した場合、健全な 1 台で故障した分を補う。</p> <p>1 3. 安定運転継続のため、DCS は二重化。</p> <p>1 4. 活性炭流れ検知器による No. 1・2 バグフィルタ入口への活性炭投入状態の監視。</p>
<p>手順ミス防止のためのインターロックシステムの構築</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ミス防止インターロック</li> </ul>	<p>7. シャッターの開閉操作は、1ヶ所ではできない。</p> <p>8. 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。 (安定器等処理ライン、汚泥処理設備)</p>	<p>1 2. 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。</p> <p>1 3. 操作ミスの防止のためにトーチ移動範囲制限リミット設置。</p> <p>1 4. トーチの破損を防止するためにプラズマ冷却水の出入口温度および流量異常によりプラズマトーチはインターロック停止。</p>	<p>1 5. 排気筒ばいじん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。</p>
<p>安全に停止させるためのシステム</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・地震対策</li> <li>・停電対策</li> </ul>	<p>9. 地震時、一定震度（加速度）以上で作業者の判断で停止。</p> <p>1 0. 停電時、機器停止、各バルブの開閉は安全側に動作。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・コンベア類のモータ</li> <li>・エアシリンダ電磁弁</li> </ul>	<p>1 5. 地震時 プラズマ電源自動停止。 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。</p> <p>1 6. 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。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・無停電電源装置によるバックアップ機器 分解炉圧調整ダンパ、減温塔噴射水ポンプ、ドラム缶投入装置等</li> <li>・非常用発電機によるバックアップ機器 大容量プラズマ冷却水ポンプ、予熱空気用送風機、減温空気用送風機等</li> </ul>	<p>1 6. 地震時 プラズマ電源自動停止。 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。</p> <p>1 7. 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。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・無停電電源装置によるバックアップ機器 誘引通風機等</li> <li>・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</li> </ul>

目的と項目	A. プラズマ前処理工程	B. プラズマ溶融分解工程	C. 排気処理工程
気体状 PCB 漏洩・拡散防止のための排気処理設備 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ PCB の拡散防止</li> <li>・ PCB に対する曝露対策</li> <li>・ 排気モニタリング</li> <li>・ セーフティネット</li> </ul>	1 1. パーティションにより PCB の拡散の防止および曝露エリアの極小化。 1 2. 差圧管理計器を設置し、GB 及びブース内の負圧を室内より低い状態で維持することにより、PCB による系外の汚染を防止するとともに、作業者の PCB 曝露を低減。 1 3. ダウンフロー換気により PCB 漏洩があった場合でも周辺作業への拡散を最小限に抑える。 1 4. 室内温度は、PCB の蒸散を抑制するため以下の通りとする。 ・特殊解体室内(汚泥処理設備):15℃以下 ・プラズマ前処理室 :20℃以下 1 5. セーフティネットとして活性炭を通して排気。	1 7. プロセス排気は、恒温チャンバによる熱分解処理とし、最後にセーフティネット(排気処理工程)として活性炭を通して排気。 1 8. プラズマ溶融分解を行なう部屋の換気排気はセーフティネットとしての活性炭を通して排気。	1 8. 活性炭吸着槽入口での PCB オンラインモニタリングによる連続監視:排気中の濃度監視。 1 9. 排気筒でのばいじん、HCl、NO <sub>x</sub> 、SO <sub>x</sub> のオンライン分析装置による連続監視。 2 0. セーフティネットとして活性炭を通して排気。
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 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 管理レベル</li> <li>・ 負圧管理</li> </ul>	1 6. 管理レベル 3: 特殊解体室内(汚泥処理設備) 1 7. 管理レベル 2: プラズマ前処理室 1 8. 管理区域レベル毎に負圧管理を実施。 管理レベル 3: -70Pa 管理レベル 2: -40Pa	1 9. 管理レベル 2: プラズマ分解炉室 2 0. 管理レベル 1: スラグ冷却室 2 1. 管理区域レベル毎に負圧管理実施。 管理レベル 2: -40Pa 管理レベル 1: -20Pa	2 1. 管理レベル 1: プラズマ排気処理室、プラズマ固形物判定待室 2 2. 管理区域レベル毎に負圧管理実施。 管理レベル 1: -20Pa
液状 PCB 漏洩防止のための多重のバリア <ul style="list-style-type: none"> <li>・ オイルパン</li> <li>・ 防液堤</li> <li>・ 浸透防止</li> <li>・ 受熱部耐熱対策</li> </ul>	1 9. 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、二次バリアとして防液堤を設置。 2 0. 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 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。 2 3. プラズマ分解炉下部に(スラグ用)防液堤を設置。	
ダイオキシン対策 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 合成の抑制</li> <li>・ 効果的な除去</li> <li>・ 漏洩防止</li> </ul>		2 4. 減温塔 急冷によるダイオキシンの再合成の抑制	2 3. 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 4. 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 2 段化によるダイオキシン除去。 2 5. バグフィルタ前活性炭供給のモニタリング。 2 6. 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。

# 1.5.1 プラズマ前処理工程

## <プラズマ前処理工程の概要>

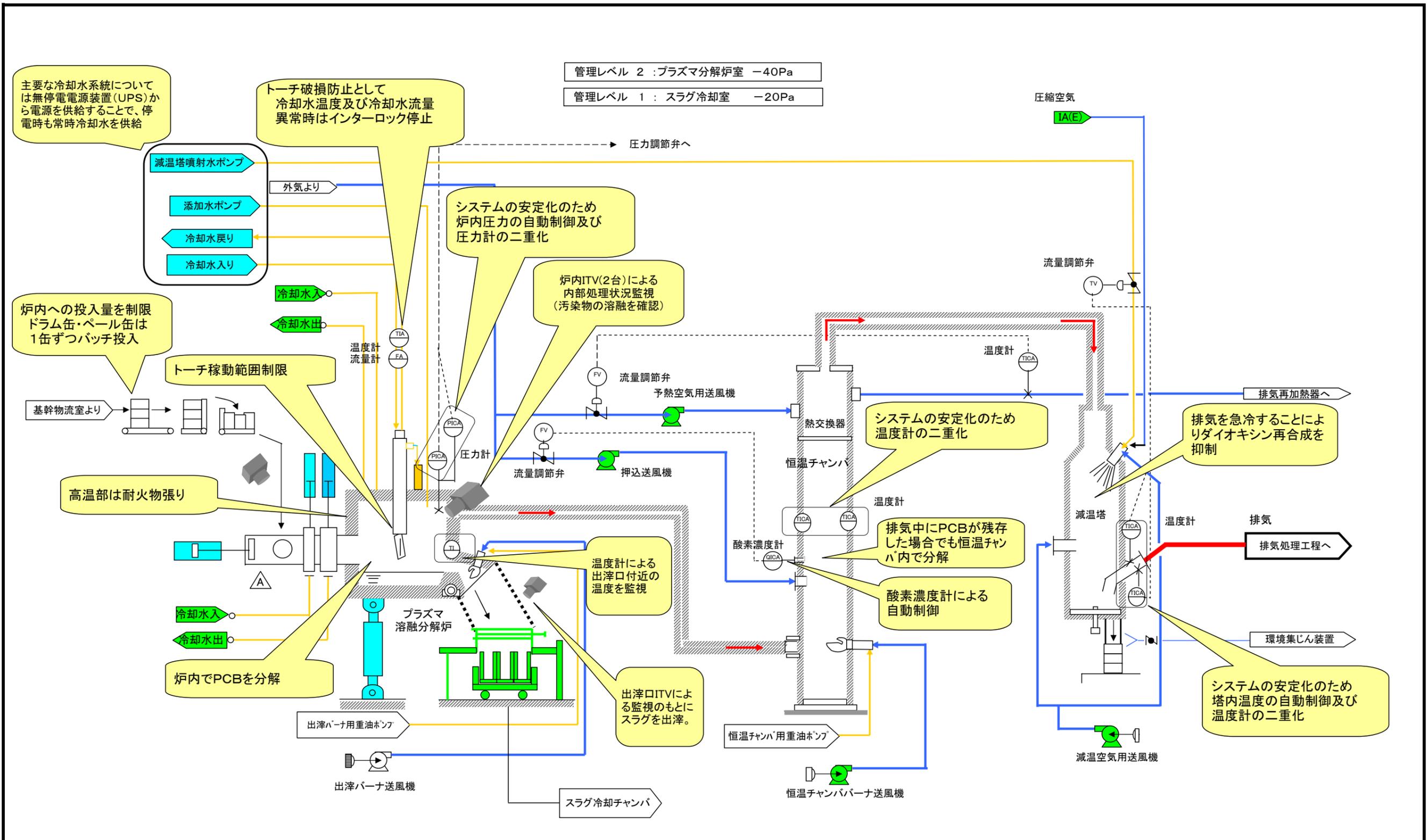
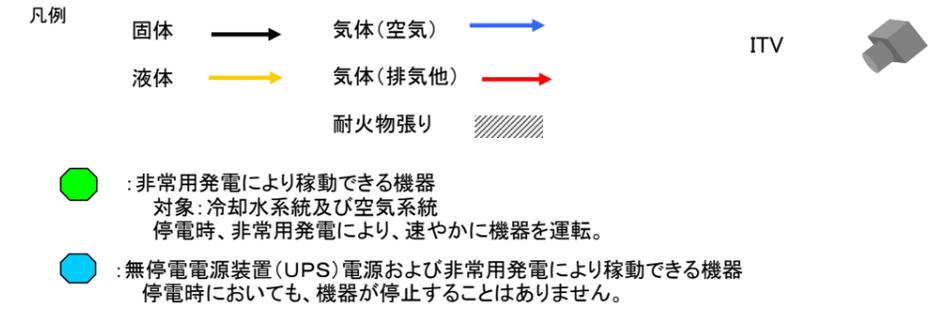
プラズマ溶融分解工程での処理を安全確実にするための前処理工程で、処理対象物の内容物の確認(水分及び可燃物の有無)、仕分け・詰替え・秤量等を行い、ドラム缶等につめてプラズマ溶融分解工程へ運ぶためのものです。



## 1.5.2 プラズマ溶融分解工程

<プラズマ溶融分解工程の概要>

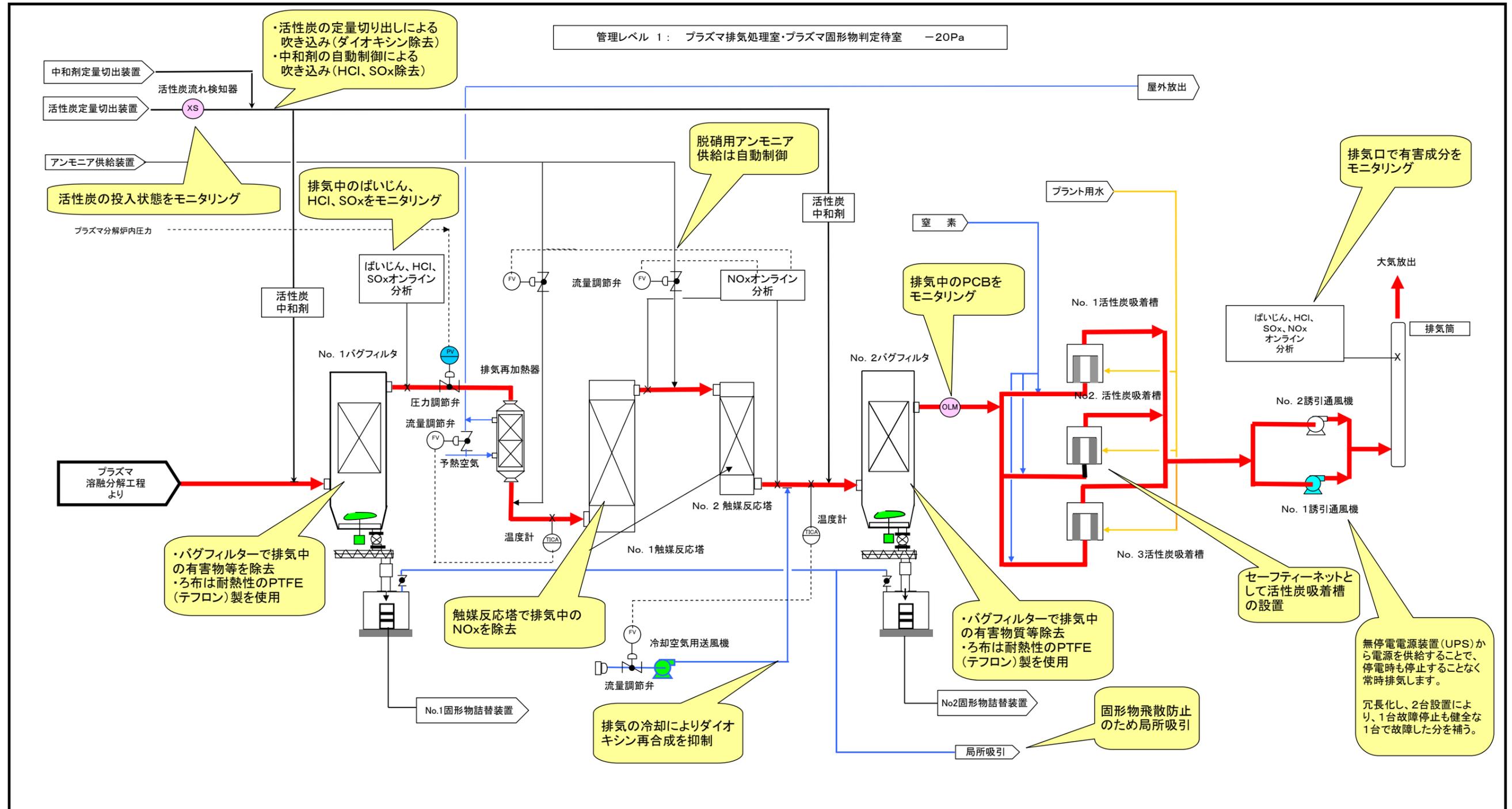
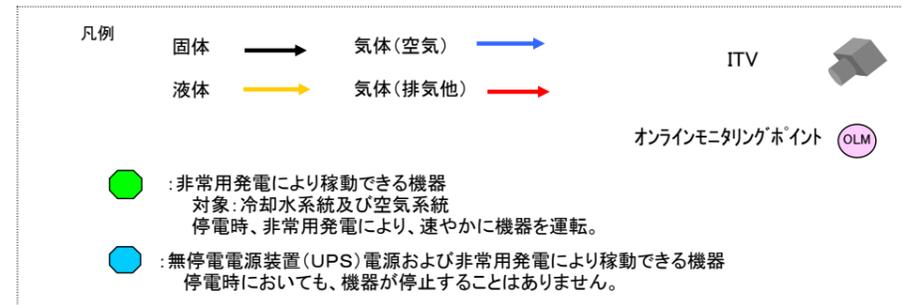
プラズマ溶融分解工程はプラズマ前処理工程にて前処理された処理対象物をプラズマ分解炉内で電気エネルギーにより発生させた高温のプラズマと溶融浴によりPCBを分解無害化します。



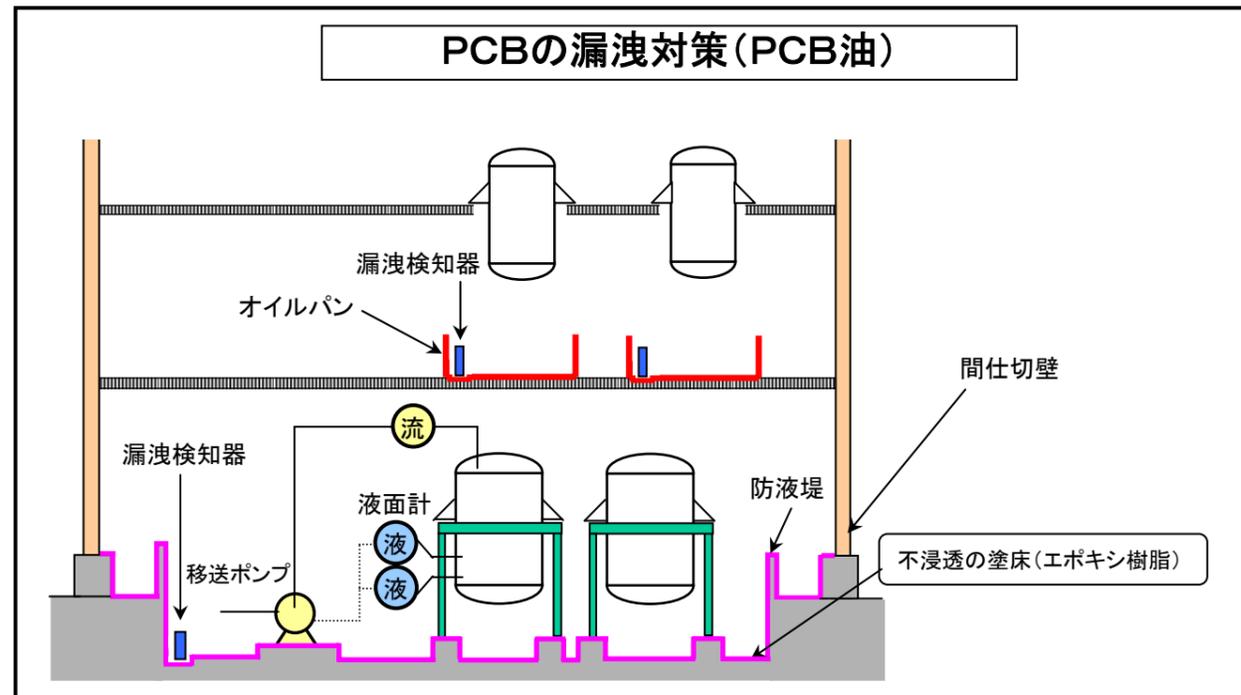
### 1.5.3 排気処理工程

#### <排気処理工程の概理要>

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。



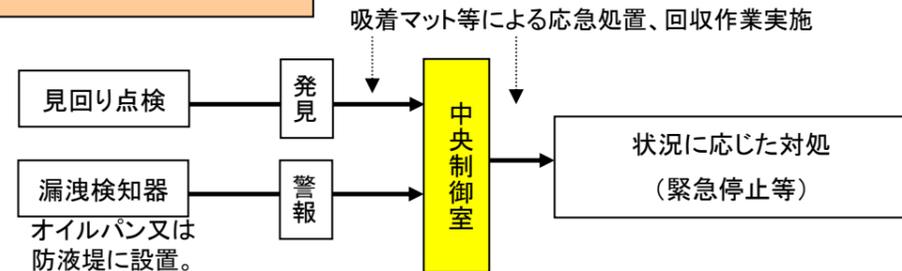
## 1.6 PCB等の漏洩対策(施設外の環境中への漏洩防止対策)



### 1. 漏洩防止対策

- ①移送ラインには流量計及び液面計を設置し移送量を制御。
- ②液レベル異常の場合、液面計の設定ポイントで警報発令、弁の閉止、ポンプ停止等により漏洩防止。
- ③主要な貯油槽の液面計を二重化。
- ④非管理区域を通る高濃度PCB油の配管は二重管。

### 2. 異常の検知と対応

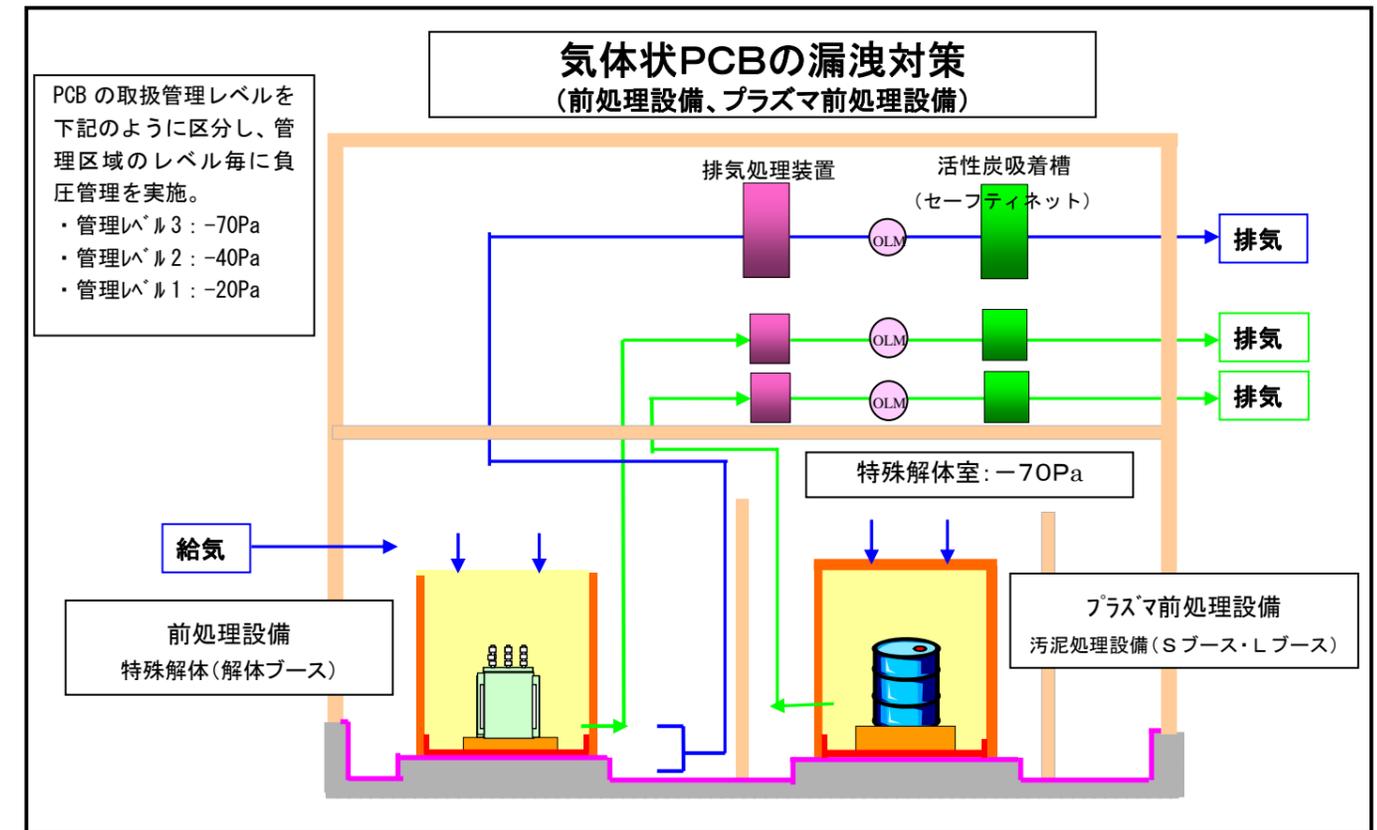


### 3. 漏洩時の拡大防止対策(セーフティネット)

- 不慮の漏洩発生時でも下記対策により、外部漏洩を防止。
- ①鋼板溶接構造のオイルパン等(該当機器容量の100%を確保)または防液堤の設置。
  - ②間仕切壁下部が防液堤として機能。
  - ③床面の不浸透の塗床により地下浸透を防止。

### 管理区域内PCB油以外の液の漏洩対策

- ①PCB油以外の液の移送についても流量計及び液面計を設置し、移送量を制御。
- ②PCB油以外の液についても管理区域内に設置の防液堤により漏洩防止が可能。
- ③日常の施設内の見回り点検による漏洩の早期発見。



### 1. 排気処理方法

- ①PCB取り扱い作業は、作業内容によって処理ブースやグローブボックス又は局所排気装置を設置。
- ②排気はスクラバー等の排気処理装置によりPCBを除去。
- ③室全体を換気空調設備より給気し、排気は活性炭を通して排気。
- ④PCBを開放状態で取り扱う室の管理温度は20℃以下とし、PCBの蒸発を抑制。

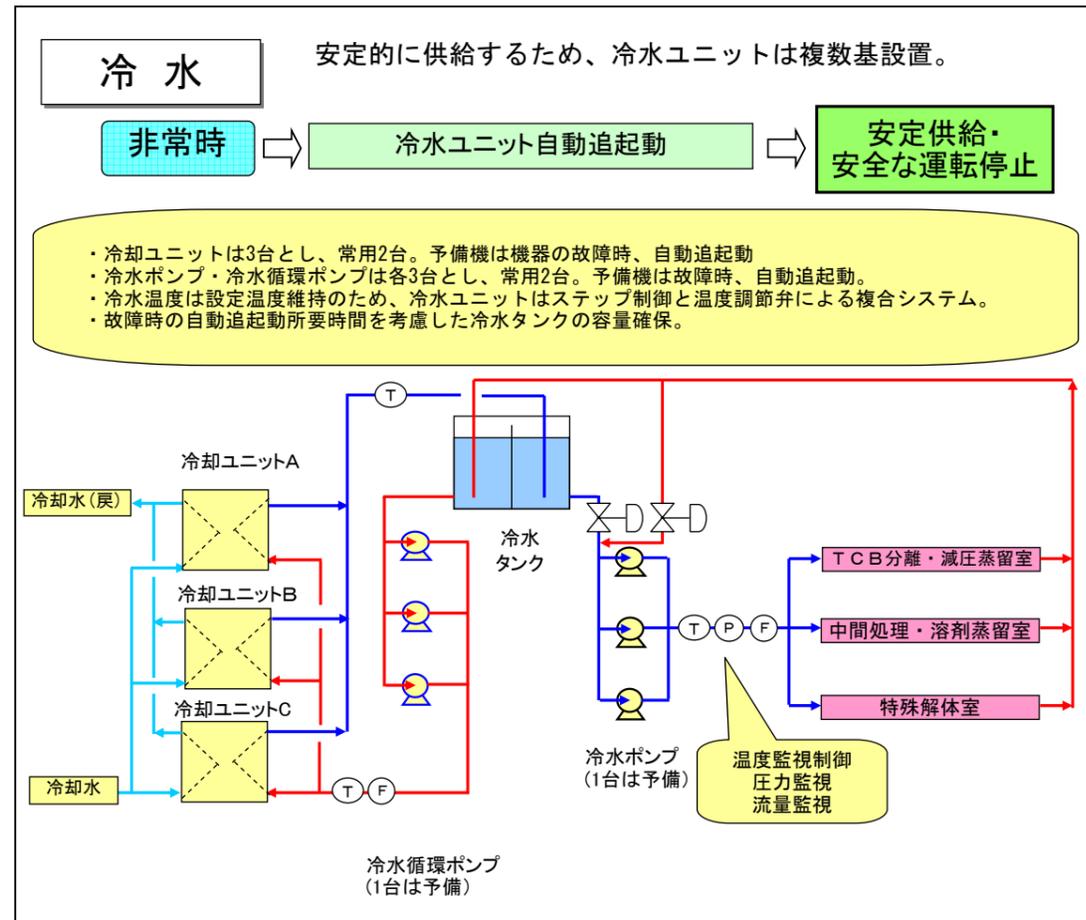
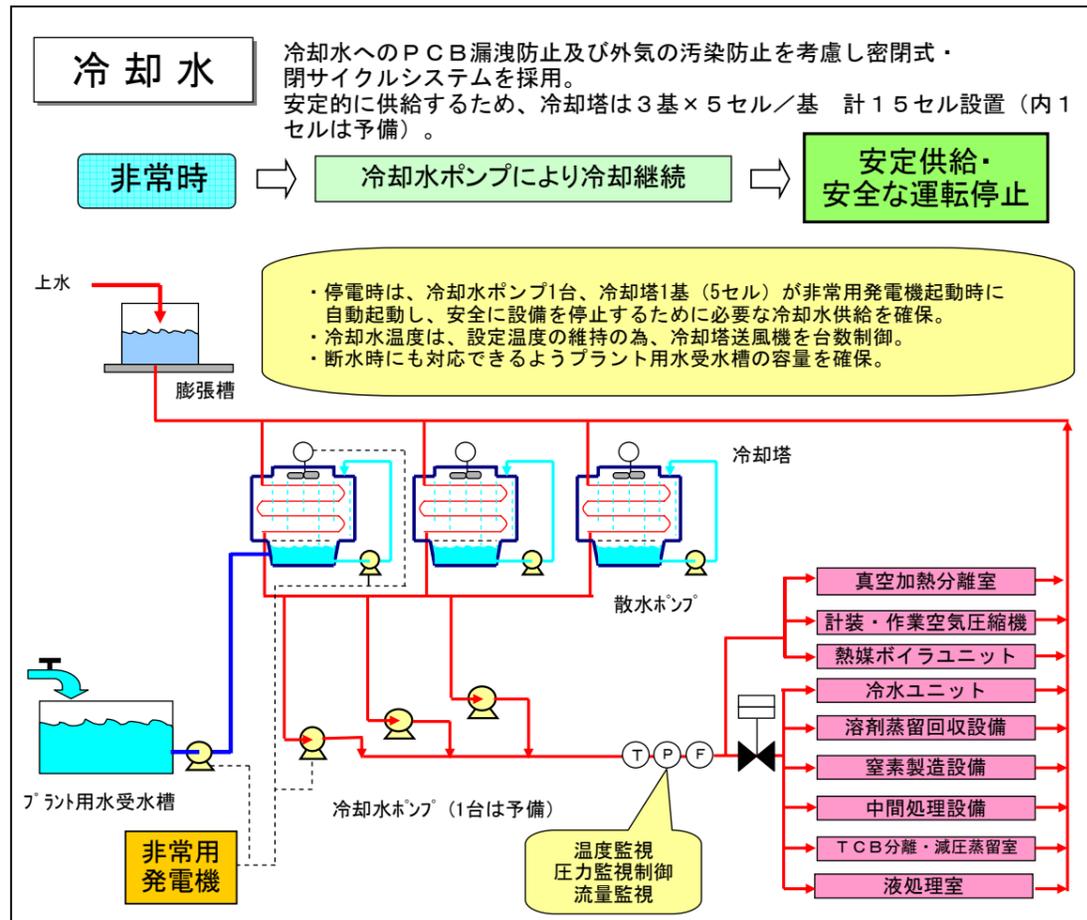
### 2. 排気処理機能の監視

- ①見回り点検により、排気処理設備の正常な稼働を確認。
- ②公定法による排気分析を定期的実施し、排気処理機能を確認。
- ③オンラインモニタリングにより中央制御室にて常時監視。

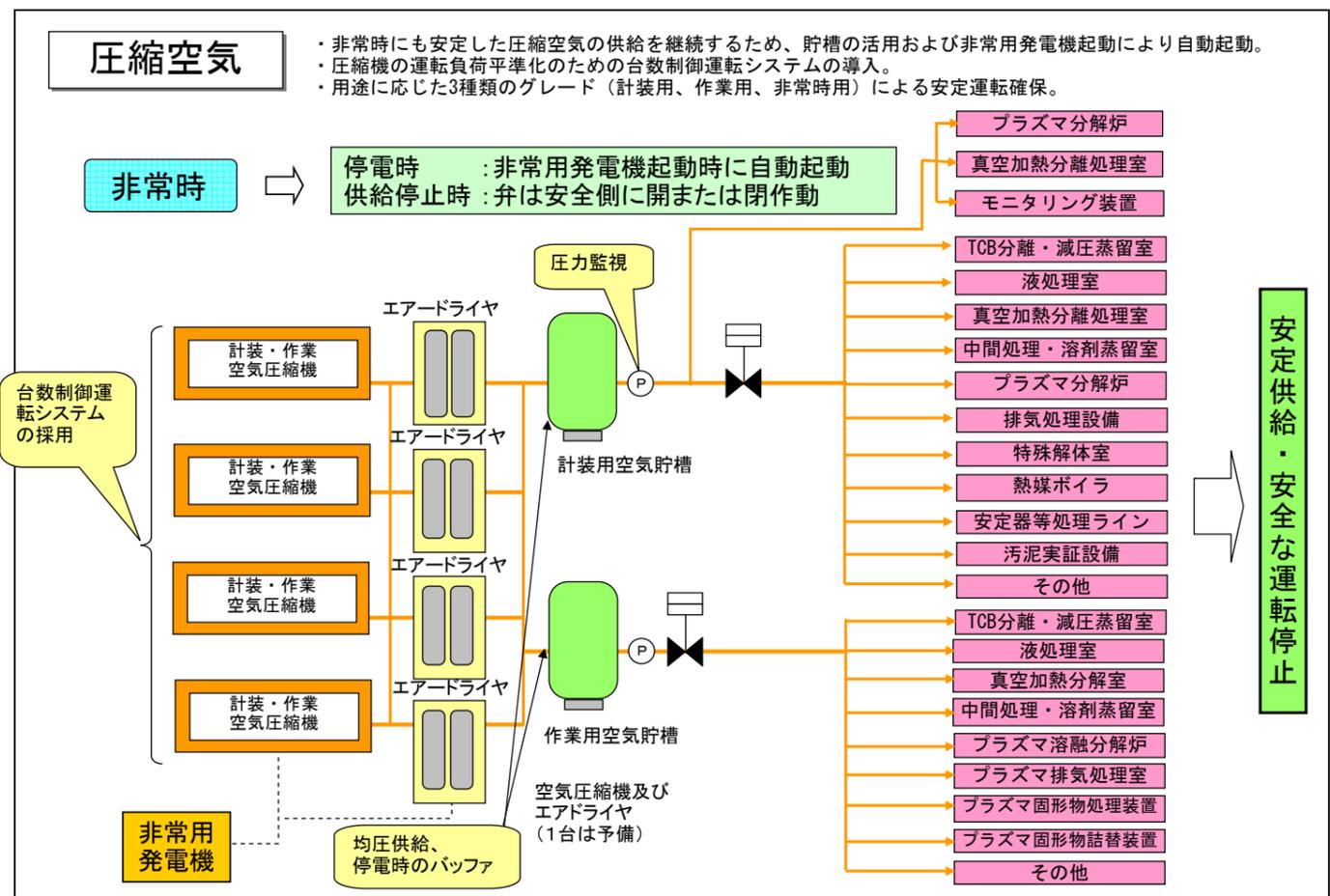
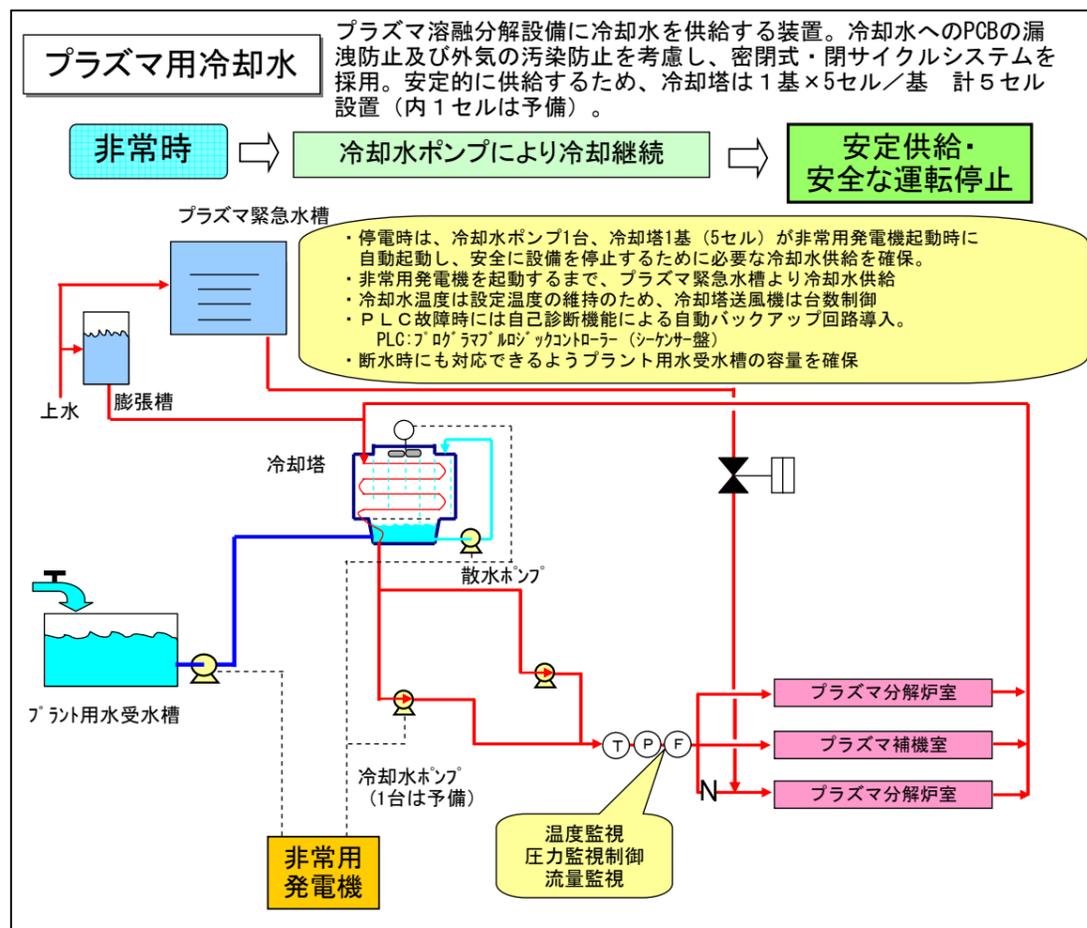
### 3. セーフティネット

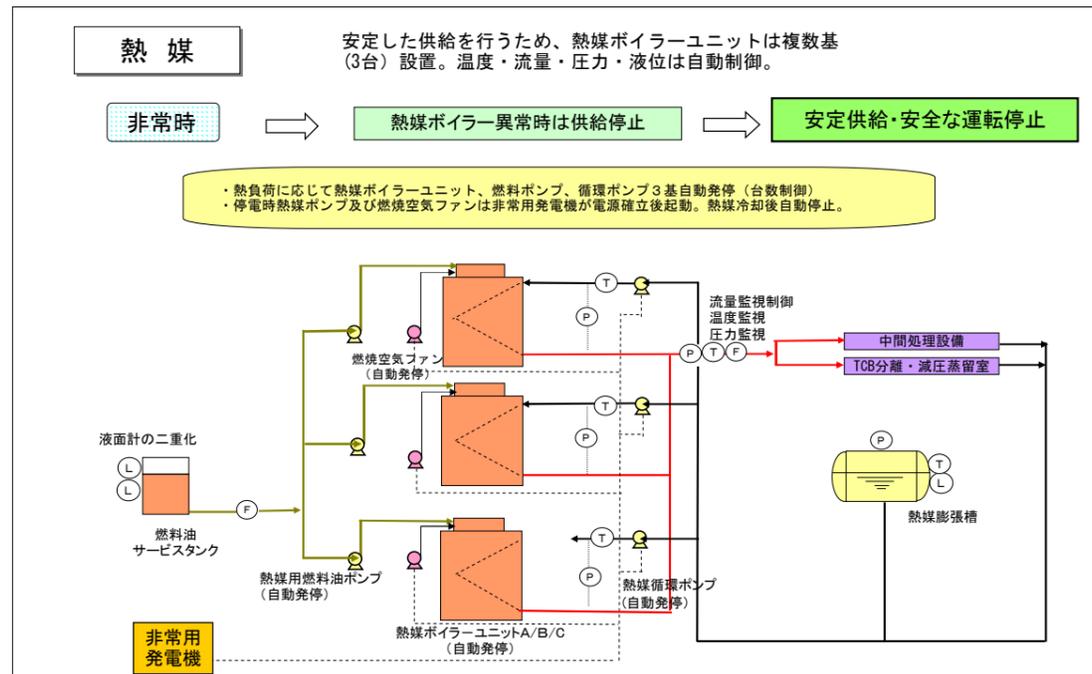
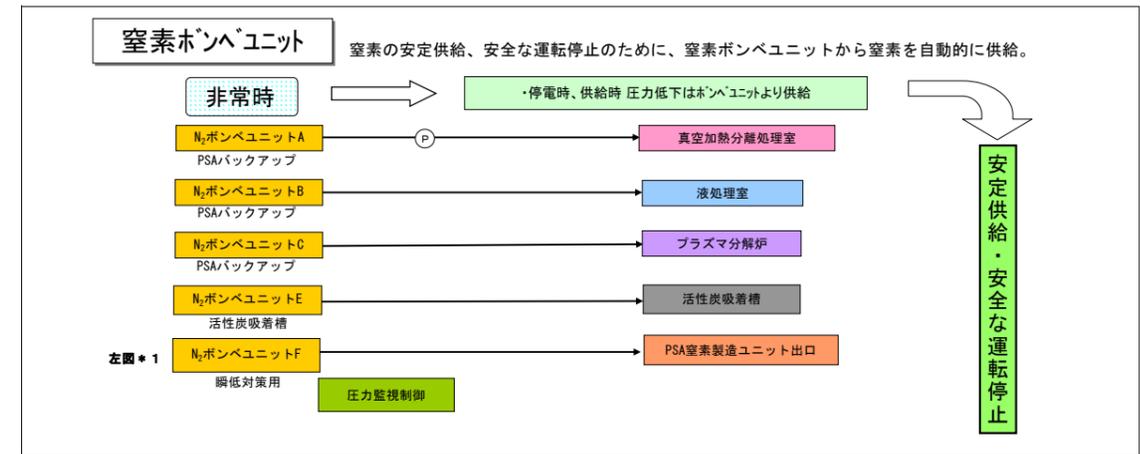
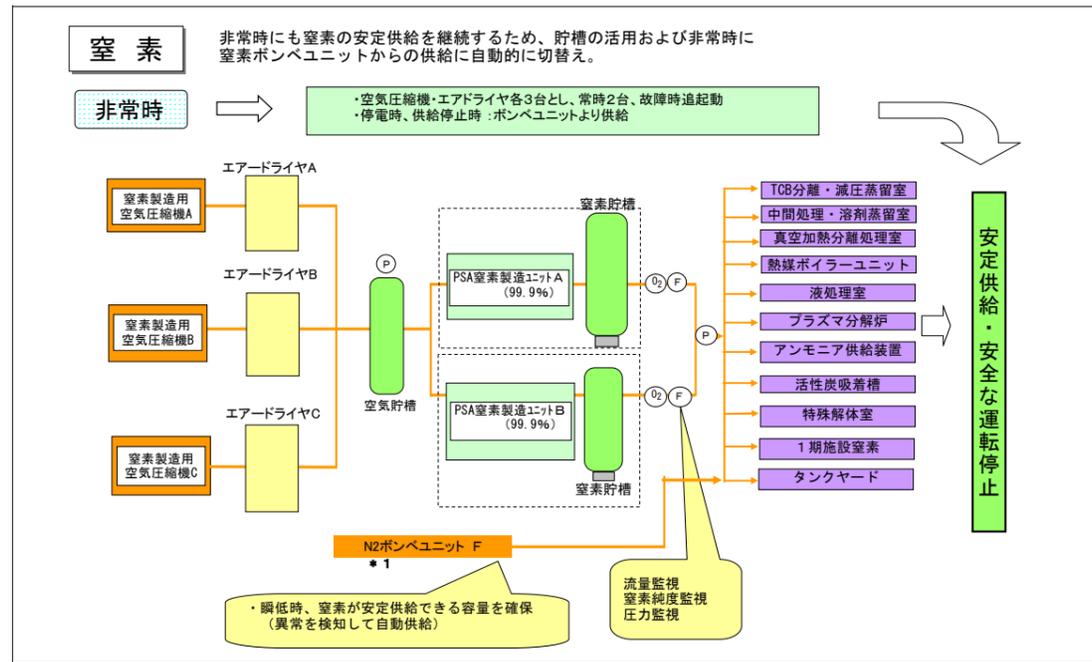
- ①活性炭吸着槽  
設備排気は排気処理(PCB除去)後、更にセーフティネットとしての活性炭を通して施設外へ排出。  
換気空調排気はセーフティネットとしての活性炭を通して施設外へ排出。
- ②負圧管理  
各室を管理レベルに応じて確実に負圧管理することにより、施設内の未処理空気の施設外漏洩防止。

# 1. 7 ユーティリティ設備の安定供給対策

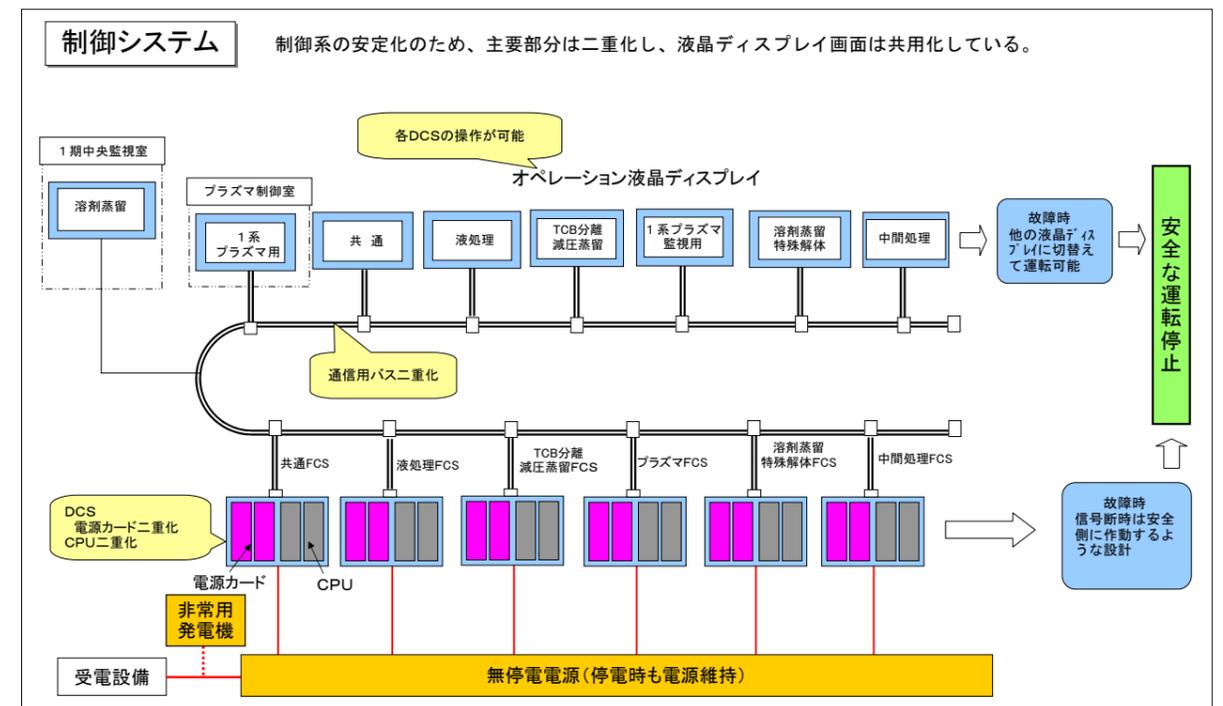
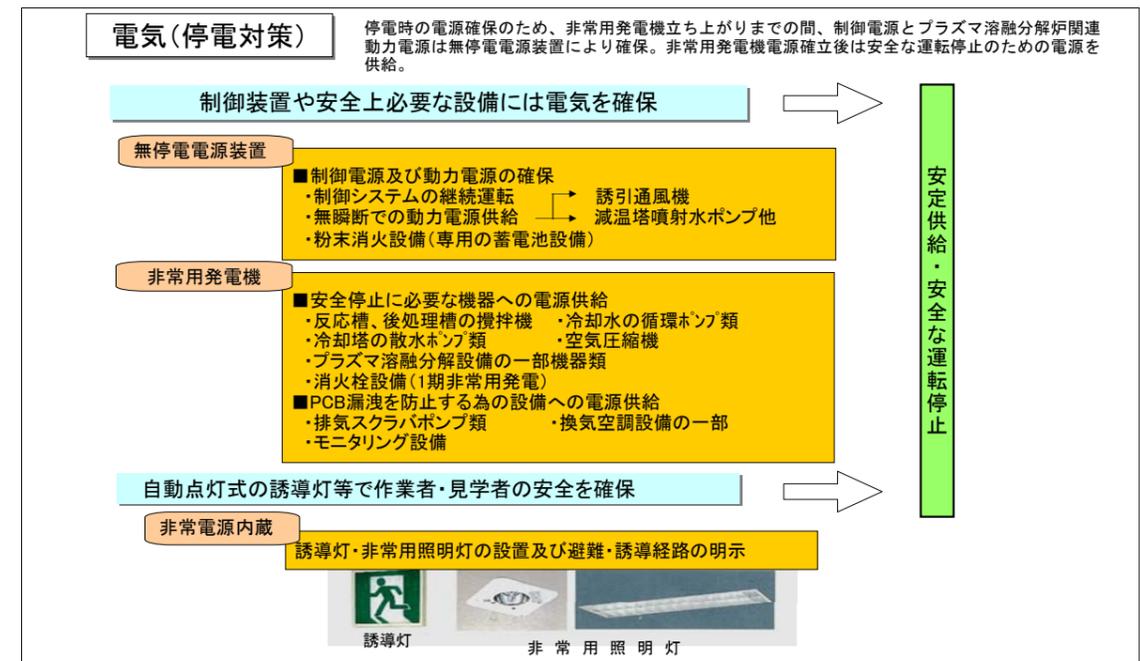


- 凡例
- Ⓟ : 圧力計
  - Ⓣ : 温度計
  - ⓕ : 流量計
  - Ⓞ<sub>2</sub> : 酸素濃度計





- 凡例
- (P) : 圧力計
  - (T) : 温度計
  - (F) : 流量計
  - (O<sub>2</sub>) : 酸素濃度計
  - (L) : 液面計



# 1.8 自然災害に対する安全設計

## 地震対策

感震装置と連動  
設定震度(加速度)以上で自動的に作動

**地震**



地震検知装置

**警報**

設定震度(加速度)以上

設定  
加速度

設定震度(加速度)以下

**緊急自動停止**

- ・受入保管設備 (荷捌装置、大型搬送装置)
- ・前処理設備 (抜油・粗洗浄、中間処理・溶剤蒸留、TCB分離・減圧蒸留、真空加熱分離、等)
- ・液処理設備
- ・熱媒ボイラ、LSA移送ポンプ
- ・プラズマ熔融分解設備 (プラズマ電源装置、バーナ類、アンモニア供給等)

※安全に運転停止するための冷却水・電気等は供給を継続

施設は運転継続 ⇒ 運転監視

1期施設に設置されている地震検知装置の信号を利用する。

---

### 1. 耐震設計

**基礎** : 液状化現象を考慮した基礎構造設計 (岩盤支持) を採用。横揺れに対する水平力支持を杭に持たせるため、杭を太くし鉄筋を増量。

**建屋構造** : 層せん断力係数は法定値 (建築基準法施行令) の 1.5 倍。

---

### 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

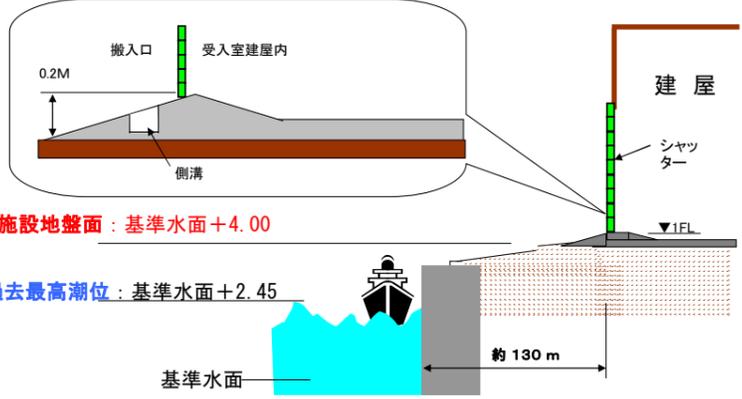
---

### 3. 参考データ 北九州市若松区の地震発生実績

観測地点北九州市若松区桜町の1962年以降の震度別地震発生実績は下表の通り。小地震はあるものの、震度5を超える大きさの地震は1962年以降「ゼロ」。

震度	発生回数
1	23
2	4
3	3
4	2
5以上	0

## 浸水対策



施設地盤面 : 基準水面 + 4.00

過去最高潮位 : 基準水面 + 2.45

基準水面

約 130 m

---

### 1. 施設設計

施設の地盤面は、基準水面+4.00Mに設定。  
(過去の最高潮位より更に+1.55M高い位置)

---

### 2. 暴風雨時等の対応

台風・津波・暴風雨の情報入手。(福岡管区気象台、下関地方気象台)

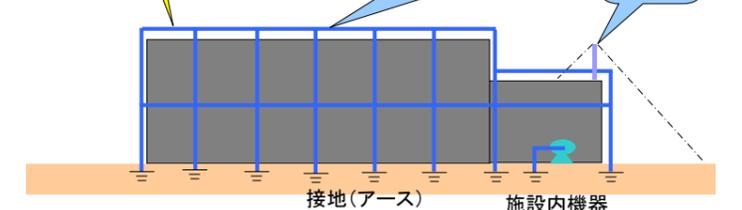
状況に応じて入り口シャッターを閉めることにより雨水の浸入を防止

## 避雷対策(雷保護設備)

落雷



・建屋 : 避雷導体及び避雷針を設置  
 ・施設内機器 : 接地(アース)




---

### 1. 施設設計

① 建屋: 避雷導体及び避雷針を設置。(メッシュ法・回転球体法)  
 ② 施設内機器: 接地(アース)工事を実施。

---

### 2. 落雷時の対応

落雷 → 直ちに設備点検を実施、異常の有無確認。

---

## 静電気対策(帯電防止)

① 危険物(油)を取り扱う配管: ボンディング工事を実施。  
 ② 危険物(油)の貯槽等の機器: 接地(アース)工事を実施。

# 1. 9 火災に対する安全設計

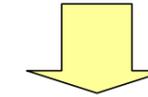
## 設備上の火災予防対策

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（洗浄溶剤、絶縁油、脱塩素剤、PCB等）です。

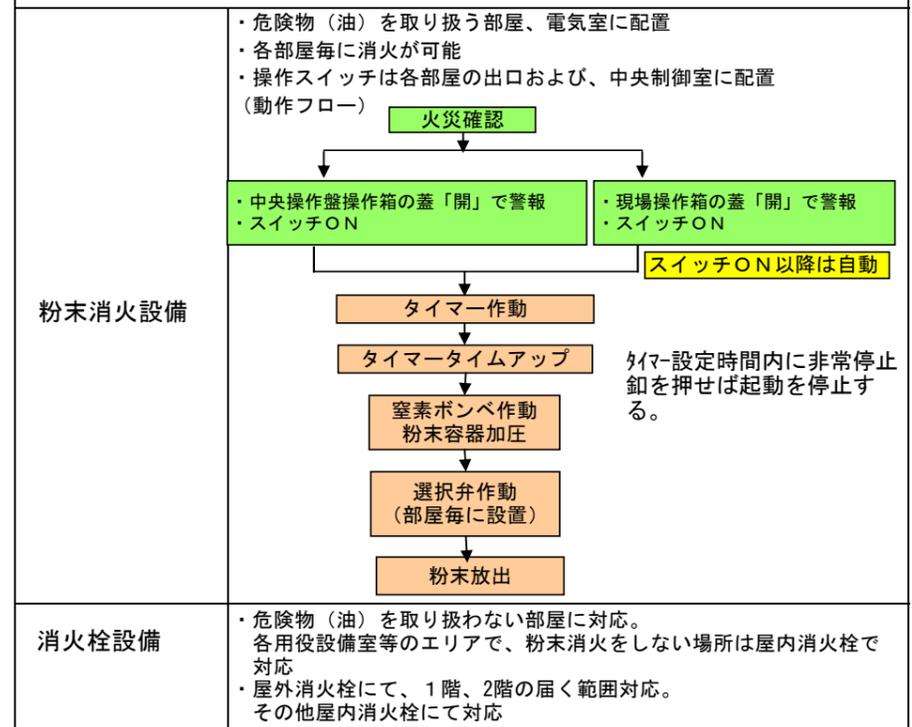
1. 建築物の構造：鉄骨準耐火構造。
2. 壁の仕様：石膏ボード、ALC板など不燃材料を使用。
3. 防火区画：施設内に防火区画を設定し防火壁で区切っている。
4. 電気設備：液処理室（1F～4F）、TCB分離・減圧蒸留室（1F～4F）、中間処理・溶剤蒸留室（1F～4F）の電気機器は防爆仕様を採用。
5. 避雷設備：建屋には避雷導体及び避雷針を設置。施設内機器には接地施工。
6. 警報設備：自動火災報知（自火報）設備を設置。
7. 消火設備：粉末消火設備、消火設備を設置。

## 消火方法

1. PCB油を含む危険物の取扱部屋及び電気室 → **粉末消火**
2. 上記以外の部屋及び屋外 → **消火栓**

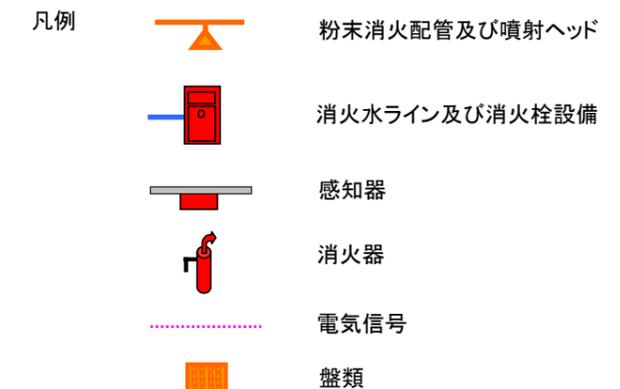


## 固定消火設備

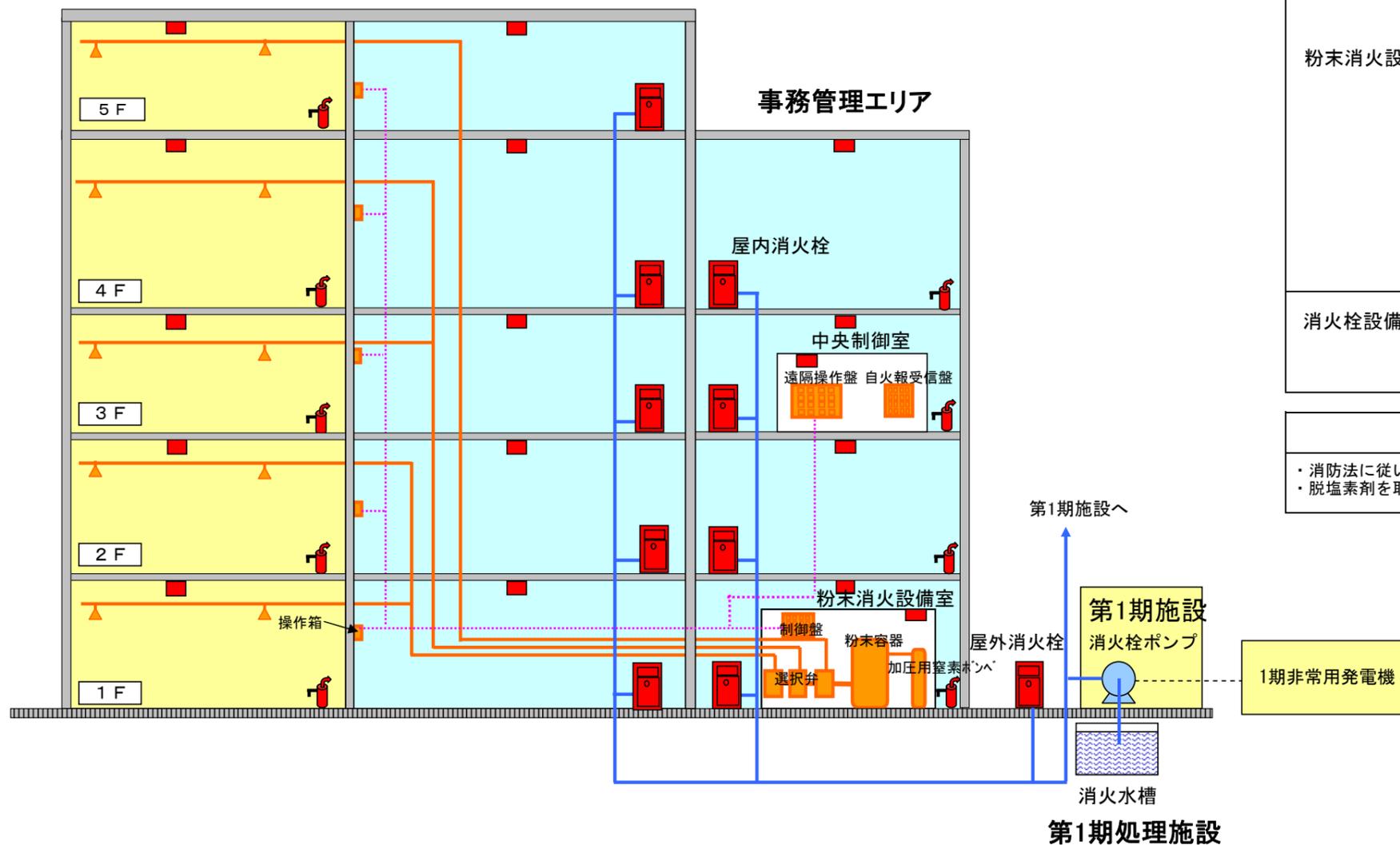


## 自動火災報知器、消火器

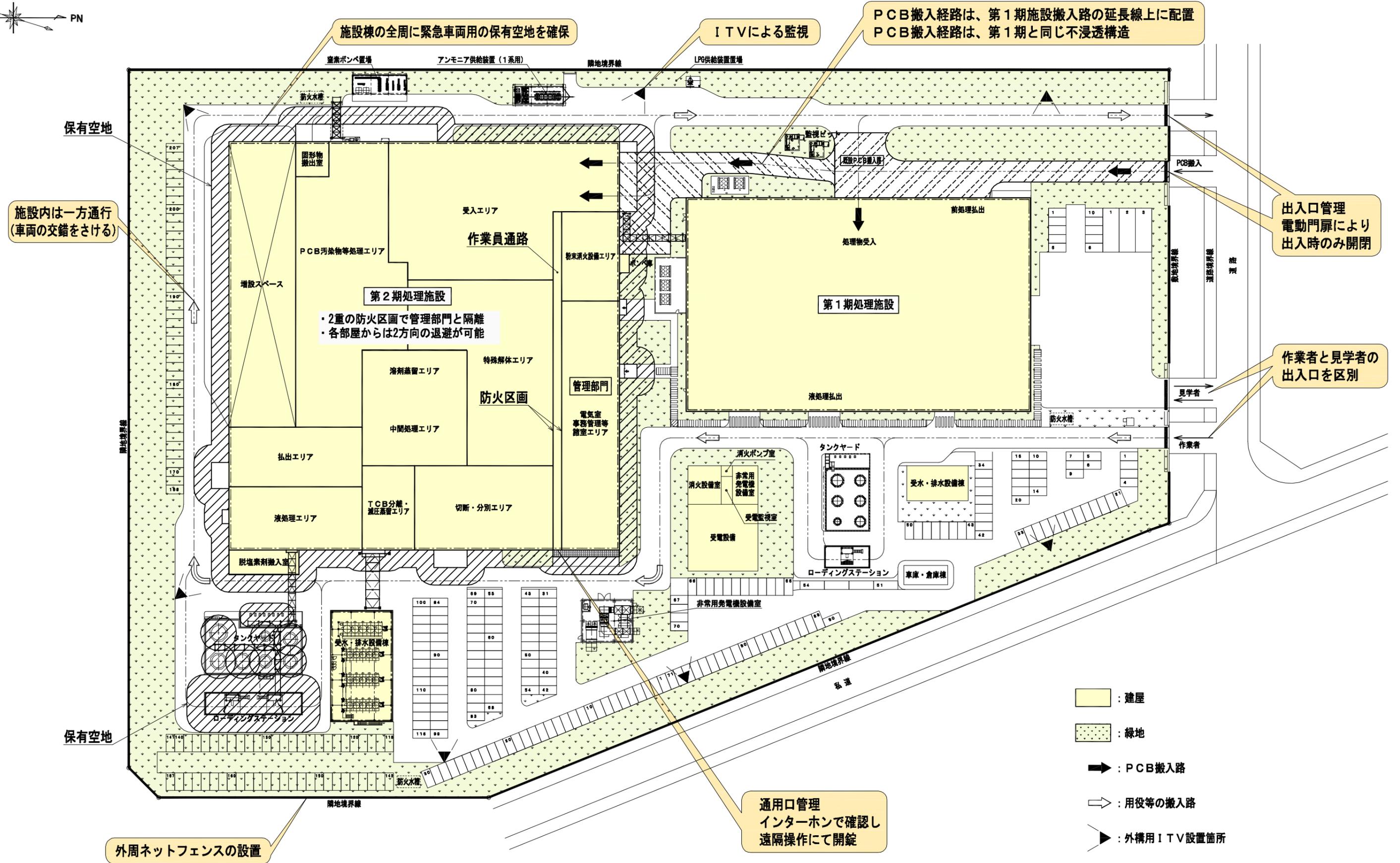
- 消防法に従い、所定のエリア毎に感知器、消火器を配置
- 脱塩素剤を取り扱う部屋は特殊消火器具を配置（金属ナトリウム用）



## 第2期処理エリア



1. 10敷地内レイアウト等に関する安全配慮  
 (搬入車両等の動線、施設内セキュリティ等への配慮)



## 2. 安全解析の概要

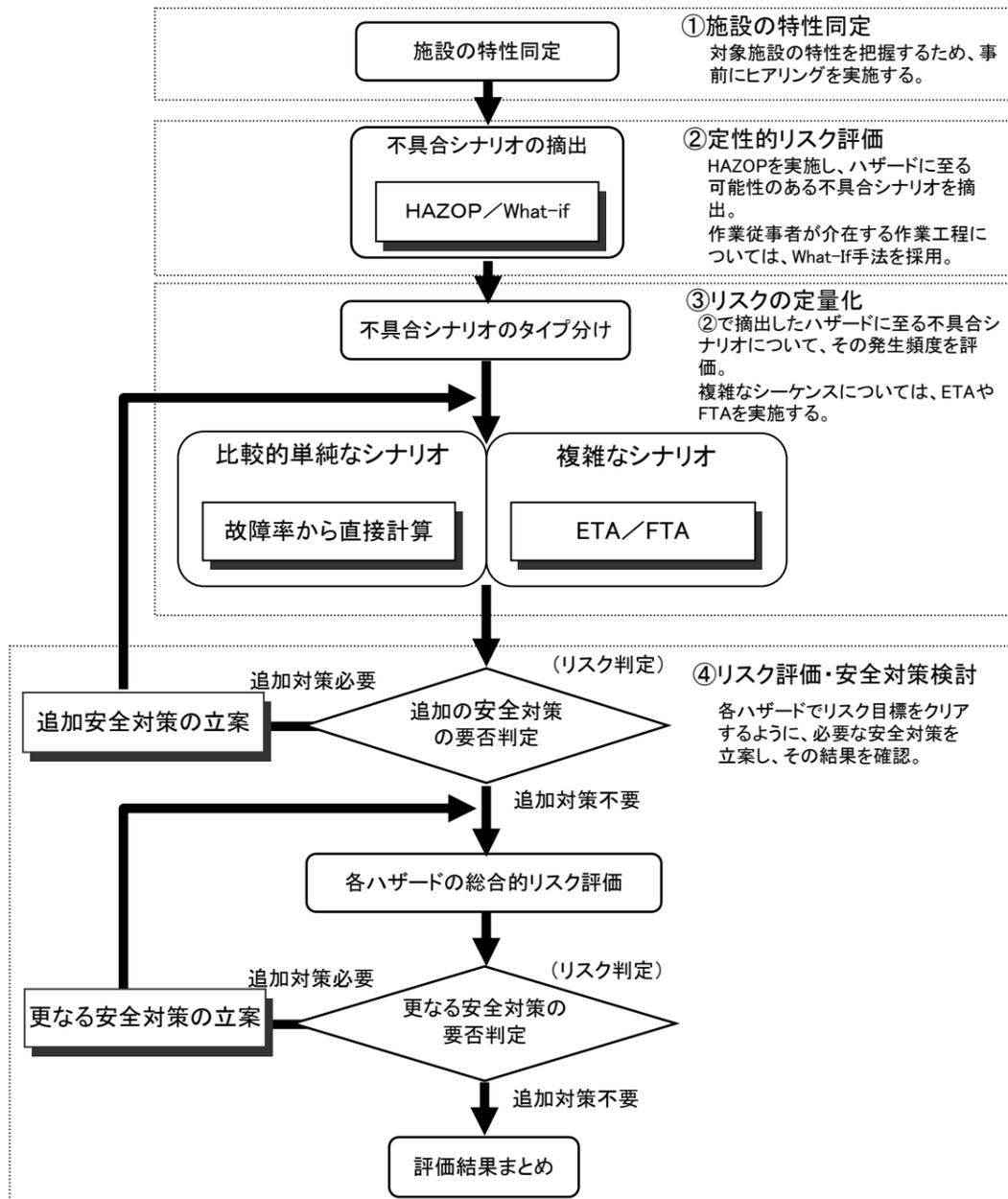
### 2.1 目的

北九州PCB廃棄物処理施設(第2期)の設備設計において、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を評価し、十分許容できるリスクレベルであることを確認する。また、リスク評価を行うことで、設備の安全に関する設計や運用における有用な情報を抽出して、設計に反映することで十分な安全性を確保することを目的とする。北九州1期設備や他の事業所で実績のある設備は安全解析の実施により概ね安全性は確保されているが、2期設備において新規設備となるプラズマ溶融分解設備については火災やPCB漏洩の他、ダイオキシン類の排出について定性評価を実施する。

### 2.2 安全解析条件

- ① 火災・爆発およびPCBの暴露・環境汚染を対象とする。
- ② 対象とする設備は全ての設備とする。
- ③ 通常操作状態での機器故障を原因事象とする。
- ④ 作業従事者による解体・分別作業も対象とする。
- ⑤ 外的要因(地震、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とする。

### 2.3 安全解析手順



### 2.4 リスク評価指標

定性的リスク評価の実施にあたっては、評価指標の設定が必要となる。作成した評価指標を下図に示す。リスクレベル1は十分安全対策がとられていると判断し、リスクレベル3は直ちに設計変更が必要と判断される。リスクレベル2はその発生頻度によって、リスクレベル1もしくは3に分類されることから発生頻度の定量評価の対象とした。

建屋外の火災・爆発(大)	3	影響の大きさ	近隣の一般人のPCB暴露(大)	3	設計変更が必要なレベル		
建屋内の火災・爆発(中)	2		建屋内の作業従事者と見学者等のPCB暴露(中)	2	発生頻度の評価が必要なレベル		リスクレベル 3
建屋内の限定されたエリア内の火災・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	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	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
					複数の類似プラントの一生で起こる可能性はほとんどない(小)	複数の類似プラントの一生で1回程度は起こり得る(中)	当該プラントの一生で1回程度は起こり得る(大)

### 2.5 定性的リスク評価の結果

定性的リスク評価の結果を設備別に分類した不具合シナリオを下表に示す。定量評価の対象事象には、定性的リスク評価のスクリーニングの結果、リスクレベル1に該当した不具合シナリオでも、その影響度の大きさや多岐にわたる原因事象などを再評価して、定量評価の対象とした事象と併せて、より安全性に配慮することとした。

設備名称	ハザード	スクリーニング	HAZOP分析	
			不具合シナリオ	定性的リスク評価結果
真空加熱分離設備	火災(混合気形成)	○	真空加熱炉のシール機能喪失により大気と混合気を形成	△ 1-01
	排気中のPCB濃度上昇(漏洩なし)	○	オイルシャワーの機能異常を検知できずに運転継続し、PCB排気濃度上昇	△ 4-01
	排気中のPCB濃度上昇(漏洩なし)	○	チラーユニットの異常によりオイルシャワー機能低下し、PCB排気濃度上昇	△ 4-02
中間処理設備	作業従事者のPCB暴露 建屋内PCB油漏洩	○	レベル制御不能によるベントラインへのオーバーフロー	△ 2-01 5-01
	排気中のPCB濃度上昇(漏洩なし)	○	温度高異常によるベントラインへのPCB排気濃度上昇	△ 4-03
	作業従事者のPCB暴露 建屋内PCB油漏洩	○	蒸留塔設備の機器異常による設備のPCB系内汚染	△ 2-02 5-02
	排気中のPCB濃度上昇(漏洩なし)	○	ベントガススクラバーの機能低下等によるPCB排気濃度上昇	△ 4-04
TCB分離・減圧蒸留設備	排気中のPCB濃度上昇(漏洩なし)	○	設備異常による排気-1ラインへの排気中のPCB濃度上昇	△ 4-05
	作業従事者のPCB暴露 建屋内PCB油漏洩	○	レベル制御不能によるベントラインへのオーバーフロー	△ 2-03 5-03
液処理設備	火災(混合気形成)	○	レベル制御不能による絶縁油のオーバーフロー、系外漏洩	△ 1-02
	建屋内PCB油漏洩 作業従事者のPCB暴露	○	レベル制御不能によるPCB含油の原料系排気工程への流出	△ 2-04 5-04
	建屋内PCB油漏洩 作業従事者のPCB暴露	○	レベル制御不能によるPCB含油の1期設備換気ダクトの汚染および系外への流出	△ 2-05 5-05
PCB汚染物等処理設備1系列先行設置分	火災(混合気形成)	△	レベル制御不能による可燃油の屋外への流出	△ 1-03
	プラズマ用役(LPG供給設備)	△	レベル制御不能によるLPGの屋外への流出	△ 1-04
その他の設備	タンクヤード	△	レベル制御不能による可燃油の屋外への流出	△ 1-05
		○	レベル制御不能によるLSA重油の系外漏洩	△ 1-06
PCB油取扱い設備		△	腐食等により配管損傷し、建屋外への漏洩	△ 3-01
		△	腐食等により配管損傷し、建屋外への漏洩、混合気の形成	△ 1-07
可燃物取扱い設備		△	配管・容器損傷によるLPGの建屋外漏洩、混合気の形成	△ 1-08
		△	配管・容器損傷によるLSA重油の建屋外漏洩、混合気の形成	△ 1-08

スクリーニングおよび定性的リスク評価結果欄の○および△はそれぞれリスクレベル1および2を示し、色も同じ意味を示す。定性的リスク評価結果欄の数字はリスク定量評価結果の該当No.を示す。

## 2.6 リスク低減策の実施例

定性的リスク評価の実施に先立ち、明らかに十分な安全対策がとられていないと判断された事象については、直ちに設計に反映することとした。ここでは、その反映されたリスク低減対策の一例(リスク定量評価結果No.1-04)を紹介する。

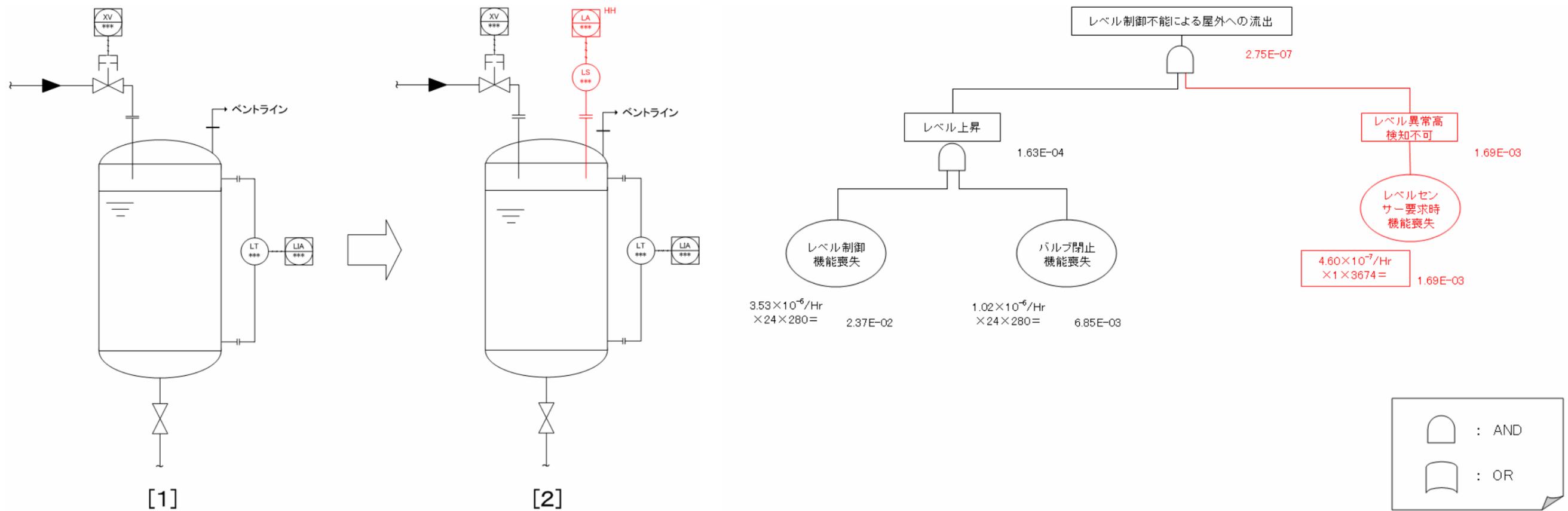
PCB含油や可燃油を扱う設備において、下図[1]に示す機器構成が複数存在した。

この機器構成では、レベル計(LIA)が故障した場合、満液時の受入信号の誤発信や受入完了時の受入停止信号を発信することができない可能性がある。

受入過剰となると、タンクが満液となり、さらにはベントラインを経由し、系外へ流出すると大気との混合気形成に至ることとなる。

そこで、下図[2]に示すレベルセンサー(LA)を追加設置することとし、レベル計(LIA)が故障を生じて、追設したレベルセンサー(LA)にて満液になる前に異常を検知することが可能となり、レベル計(LIA)故障による屋外への流出の可能性を低減できる。

この結果を定量的に表現したものをFTA図に示す。低減策の実施前は、 $1.63 \times 10^{-4}$ であったものが、 $2.75 \times 10^{-7}$ に低減できたことから、レベル計の追加により、リスク低減できたことがわかる。



FTA図

2.7 リスク定量評価結果

抽出された不具合シナリオをハザードごとに分類し、それぞれの定量評価の結果を示す。

発生頻度の欄で太字で示した発生頻度は許容できないレベルを示し、リスク低減策後の発生頻度の欄に示すようにリスク低減策の実施により許容できるレベルまで低減されたことを示す。

ハザード	No.	該当設備	不具合シナリオ	発生頻度	リスク低減策	リスク低減策後の発生頻度	回/年
1. 火災・爆発 (混合気形成)	1-01	真空加熱分離設備	真空加熱炉のシール機能喪失により大気を吸引し、混合気を形成	1.74E-07	—	1.74E-07	9.4E-07
	1-02	TCB分離・減圧蒸留設備	レベル制御不能による絶縁油のオーバーフロー、系外漏洩	2.09E-09	—	2.09E-09	
	1-03	液処理設備	レベル制御不能による可燃油のBV経由、屋外への流出	1.14E-03	新油供給槽(VSG113)にはレベル計(LIA-G501)にて常時監視の下、液の送受を行っている。このレベル計が故障し、機能喪失すると受入停止もしくは送液開始が不可となる。液レベル異常を検知できずに、そのまま運転を継続すると、満液となり、ベントラインに内流体が流出、さらには屋外へ流出する。 そこで、レベル計(LA-G506)を新たに追加設置することとして、液レベルHHアラームを二重化することとした。 同様なタンクとして、新油ヘッドタンク(VSG114)、処理済油供給槽(VSG115)、高圧洗浄クッション槽(VSG116)、洗浄用処理済油槽(VSG117)が存在した。	6.08E-08	
	1-04	PCB汚染物等処理設備1系列先行設置分	レベル制御不能によるLSA重油の屋内への流出	1.63E-04	バーナ用重油サービスタンク(TNH675)にはレベル計(LA-H675)にて常時監視の下、LSA重油の受入を行っている。このレベル計が故障し、機能喪失すると受入停止不可となる。液レベル異常を検知できずに、そのまま運転を継続すると、満液となり、ベントラインからLSA重油が防油堤に流出する。 そこで、レベル計(LIA-H675)を新たに追加設置することとして、液レベルHHアラームを二重化することとした。	2.75E-07	
	1-05	タンクヤード	レベル制御不能による可燃油・LPGの屋外への流出	4.97E-08	—	4.97E-08	
	1-06	タンクヤード	レベル制御不能によるLSA重油の系外漏洩	3.45E-09	—	3.45E-09	
	1-07	可燃物取扱い各設備	1期設備との連絡配管の腐食または経年劣化による破損	4.44E-09	—	4.44E-09	
	1-08	タンクヤード配管	LPG供給装置と建屋間の配管の腐食・損傷による建屋外漏洩	2.62E-07	—	2.62E-07	
	1-09	タンクヤード配管	LSA重油貯槽A/Bと建屋および1期設備間の配管の腐食・損傷による建屋外漏洩	1.11E-07	—	1.11E-07	
2. 建屋内PCB油漏洩 (系内汚染含む)	2-01	中間処理設備	レベル制御不能によるベントラインへのオーバーフロー	5.57E-09	—	5.57E-09	1.4E-07
	2-02	中間処理設備	蒸留塔設備の機器異常による設備のPCB系内汚染	7.45E-09	—	7.45E-09	
	2-03	TCB分離・減圧蒸留設備	レベル制御不能によるベントラインへのオーバーフロー	4.25E-11	—	4.25E-11	
	2-04	液処理設備	レベル制御不能によるPCB含油の原料系排気工程への流出	6.09E-08	—	6.09E-08	
	2-05	液処理設備	レベル制御不能によるPCB含油の1期設備換気ダクトの汚染および系外への流出	6.50E-08	—	6.50E-08	
3. 建屋外PCB油漏洩	3-01	PCB油取扱い各設備	1期設備との連絡配管の腐食または経年劣化による破損	3.64E-09	—	3.64E-09	3.6E-09
4. 建屋外気体状PCB漏洩 (排気中のPCB濃度上昇)	4-01	真空加熱分離設備	オイルシャワーの機能異常を検知できずに運転継続し、PCB排気濃度上昇	3.30E-07	—	3.30E-07	4.2E-07
	4-02	真空加熱分離設備	チラーユニットの異常によりオイルシャワー機能低下し、PCB排気濃度上昇	5.91E-09	—	5.91E-09	
	4-03	中間処理設備	温度高異常によるベントラインへのPCB排気濃度上昇	4.28E-09	—	4.28E-09	
	4-04	中間処理設備	ベントガススクラバーの機能低下等によるPCB排気濃度上昇	7.36E-08	—	7.36E-08	
	4-05	TCB分離・減圧蒸留設備	設備異常による排気ラインへの排気中のPCB濃度上昇	2.66E-09	—	2.66E-09	
5. 作業従事者のPCB暴露 (2. 建屋内PCB油漏洩(系内汚染含む)と同じ)	5-01	中間処理設備	レベル制御不能によるベントラインへのオーバーフロー	5.57E-09	—	5.57E-09	1.4E-07
	5-02	中間処理設備	蒸留塔設備の機器異常による設備のPCB系内汚染	7.45E-09	—	7.45E-09	
	5-03	TCB分離・減圧蒸留設備	レベル制御不能によるベントラインへのオーバーフロー	4.25E-11	—	4.25E-11	
	5-04	液処理設備	レベル制御不能によるPCB含油の原料系排気工程への流出	6.09E-08	—	6.09E-08	
	5-05	液処理設備	レベル制御不能によるPCB含油の1期設備換気ダクトの汚染および系外への流出	6.50E-08	—	6.50E-08	

これらの結果を整理し、2期設備における以下の発生頻度を得た。

「火災・爆発」:  $0.94 \times 10^{-6}$  回/年 : 混合気形成までの発生頻度であり、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。

「PCBの建屋内外漏洩」:  $0.56 \times 10^{-6}$  回/年 : 「建屋内PCB漏洩(系内汚染を含む)」については、系内汚染により作業従事者がPCB汚染された設備であることを認知せずに非汚染作業として作業した際の系外への持ち出しや建屋外へ搬出する可能性を示しており、作業手順の遵守により十分低減される。  
また、「建屋外気体状PCB漏洩」における排気中のPCB濃度上昇については、気体状PCB濃度が排出基準を直ちに超えることを指すものではなく、セーフティーネット活性炭入口部における濃度上昇の発生頻度であるため、セーフティーネット活性炭の吸着効果やオンラインモニターによる排気中のPCB濃度異常の早期検知を考慮すると、さらに発生頻度は低減される。

「作業従事者のPCB暴露」:  $0.14 \times 10^{-6}$  回/年 : 「作業従事者のPCB暴露」における系内汚染については、発現が直ちに作業環境値を越えることはなく、あくまでも、作業従事者が開放作業時にPCB汚染を認知しないで暴露する可能性を示唆しているため、確実に個人用保護具の着用がなされれば、その発生頻度は極めて小さくなる。

各ハザードに至るリスクの年間発生頻度は  $1 \times 10^{-6}$  回/年未満であることを確認できた。

## 2.8 ダイオキシン類の定性評価

### 2.8.1 ダイオキシン類の排出

2期設備の特徴として、プラズマ溶融分解設備に関するダイオキシン類の排出基準値の厳守があげられる。この排出基準値を厳守するべく、設計段階において定性評価を実施することとした。

### 2.8.2 ハザードの同定

ダイオキシン類の系外への排出または流出には以下に示すハザードが考えられる。

「ダイオキシン類の排気中濃度上昇」：PCBと異なりオンラインモニターが存在しないため、濃度異常を早期検知することができないことから、運転管理や設備管理及び保全を確実に実施する必要がある。

「系外への漏洩」：PCBと同様にダクト、配管や機器本体からの漏洩が考えられる。これらの事象は既に実施したPCB油を含む排気の系外漏洩と同じ原因事象と判断される。

接続部等からの排気漏洩などPCBを含む排気の漏洩シナリオと同じであり、プラズマ溶融分解炉に対して実施したHAZOPおよびWhat-ifにて評価されていると判断した。

「排出物への混入」：PCBを含む排出物のWhat-if分析による評価結果と同じと考えられる。

また、プロセスの正常状態が維持されることで固形物中に残留分はなく、産廃業者との払出し条件として確認するため、排出物への混入による建屋外への流出は考え難い。

したがって、オンラインモニターによる異常の早期検知のできない「ダイオキシン類の排気中濃度の上昇」のハザードを対象とすることとした。

### 2.8.3 原因事象の同定

「ダイオキシン類の排気中濃度の上昇」となる原因事象として以下の3点が考えられる。

- ・ 溶融分解時に発生するダイオキシン類の濃度上昇
- ・ 減温時における排気温度が200℃程度で生じる再合成量の増加
- ・ バグフィルター前で供給する活性炭による吸着除去性能の低下

溶融分解時は1200℃の高温で2秒以上保持されることで分解され、ダイオキシン類の生成量を抑制する設計となっていることから、この温度の維持が重要となる。

温度管理については、先のPCB分解処理に関するHAZOP分析において評価され、プラズマ溶融分解炉の多重の制御機器や恒温チャンバによる確実なバッチ分の処理が可能であることを確認した。

したがって、再合成量の増加と活性炭による吸着除去性能の低下を生じる原因事象についてWhat-if分析を行うこととした。

### 2.8.4 評価指標

プラズマ溶融分解設備の構成機器の機能喪失時において、排気中のダイオキシン類排出濃度が排出基準値を超えないことを十分な安全性を有しているとし、定性評価を実施した。

十分な安全性を有していると評価する定量基準は、設備取り合い点(プラズマ排気処理工程の活性炭吸着槽入口)におけるダイオキシン類が4時間平均において0.1ng-TEQ/m<sup>3</sup>Nを超えないことを十分な安全対策がとられているとした。

「ダイオキシン類の排気中濃度の上昇」に関する不具合シナリオの評価には、What-if分析により不具合シナリオの抽出を行い、下表に示すダイオキシン類用リスクマトリックスを用いて評価することとした。

### 2.8.5 実施条件

定性評価の実施にあたって想定した条件を以下に示す。

- ・ 定性評価における排出値の上昇や排出基準値を超えるとは、活性炭吸着槽入口における排出濃度の状態を示す。
- ・ 排気中ダイオキシン類濃度の測定は4時間と規定されているため、対象とする異常事象が早期に検知され、排出基準値を超えないための是正もしくは操業停止が実施される場合、影響なしと判断する。
- ・ 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、設計条件を満足していると判断し、排気中ダイオキシン類濃度は排出基準値を超えることはないものとする。
- ・ 処理物の種類および投入量は設計に従ったものとする。

### 2.8.6 What-if分析

What-if分析によって抽出された不具合シナリオにおいて、リスクレベル2に該当するシナリオは「活性炭定量切出装置の故障による活性炭供給不可。」の1件存在した。それ以外は「影響なし」であった。

このシナリオの発生原因として、送風機の機能喪失、貯槽からの払出し異常、配管の閉塞等による供給異常が考えられ、異常検知の手段として、機器の故障検知はもちろんのこと、配管内の圧力異常監視、貯槽のレベル監視が実施され、かつ、類似プラントにおいて活性炭定量切出装置の故障による活性炭供給不可となった経験はないことから、機器の信頼性は十分であると推測された。

また、配管は外部から内部の観察が可能となっており、作業従事者が活性炭の供給状態を定期的に目視にて確認することとなっている。

しかしながら、万が一、故障が生じた際に定期的な点検にて異常を検知することは確実とは言い難い。

そこで、早期異常検知の方法として、活性炭流れ検知器を設置することとし、供給異常時には発報することを可能とした。

この対策の実施により、当該不具合シナリオの発現する可能性は十分低いと判断された。

### 2.8.7 定性的リスク評価結果

機器の機能喪失などを原因とした活性炭吸着槽入口における排気中ダイオキシン類の排出濃度が排出基準値を超える可能性は極めて低く、排気中ダイオキシン類濃度の排出基準値の厳守には十分であることを確認した。

## 2.9 まとめ

「火災・爆発」、「PCBの漏洩」や「作業従事者の暴露」のハザードの発生頻度は、いずれも1×10<sup>0</sup>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が確認された。

また、ダイオキシン類の排出に対して定性評価を実施し、プラズマ排気処理工程の活性炭吸着槽入口における排気中ダイオキシン類の排出濃度が上昇する可能性のある事象が発現することは極めて低いことを確認した。

ダイオキシン類用リスクマトリックス

排出基準値を超える排出 (大)	3	影 響 度	A3	B3	C3	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		A2	B2	C2	発生頻度の評価が必要なレベル リスクレベル 3
排出基準値未満の排出 (小)	1		A1	B1	C1	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		A0	B0	C0	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
		複数の類似プラントの一生で 起こる可能性はほとんどない (小)		複数の類似プラントの一生で 1回程度は起こり得る (中)		当該プラントの一生で 1回程度は起こり得る (大)

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1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>