

北九州ポリ塩化ビフェニル廃棄物処理施設（第1期）の  
安全設計について

環境事業団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

( 5 0 音順 )

	〔 氏 名 〕	〔 所 属 〕
主査	伊規須 英輝	産業医科大学産業生態科学研究所長
	酒井 伸一	国立環境研究所 循環型社会形成推進・廃棄物研究センター長
	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	国立環境研究所統括研究官

( 協力いただいたポリ塩化ビフェニル廃棄物処理事業検討委員会委員 )

	〔 氏 名 〕	〔 所 属 〕
委員長	永田 勝也	早稲田大学理工学部機械工学科教授
委員	長谷川 和俊	危険物保安技術協会危険物等事故防止技術センター長

## 目 次

1 . 安全設計の概要 .....	1
2 . 施設の安全設計内容 .....	5
2 . 1 処理工程図 .....	5
2 . 2 安全設計の具体的な内容 .....	6
2 . 3 敷地内レイアウト等に関する安全配慮 .....	7
2 . 4 P C B の分解反応に関する安全設計 .....	8
2 . 5 P C B の漏洩対策 .....	9
2 . 6 ユーティリティ設備の安定供給対策 .....	10
2 . 7 自然災害に対する安全設計 .....	11
2 . 8 火災に対する安全設計 .....	12
2 . 9 作業従事者の安全確保 .....	13

資料 1 - 3 北九州 P C B 廃棄物処理施設（第 1 期）の安全解析の概要

## 1. 安全設計の概要（1 / 4）

### 1. 1はじめに

北九州PCB廃棄物処理施設（第1期）を対象とした本施設の安全設計に際しては、関連法令の遵守に加え、「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、施設外への影響を局限化する設備設計としています。

更に、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. 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る。

### 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る。
- ・安全解析を通して、プロセスの潜在危険を洗い出し、問題点を抽出・定量化して、効果的な対策を設計にフィードバックしている。
- ・その他に、PCB廃棄物の搬入経路などレイアウト上の安全配慮、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織り込んでいる。
- ・自然災害による緊急事態に対する安全設計は、経験則およびWhat-if手法による検討に基づきリスクを洗い出し、安全な停止が行なえるように適切な対策を織り込んでいる。
- ・“火事”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影響の局限化を図っている。
- ・最後に、施設の安全性評価として混合気の燃焼とPCBの漏洩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る。

以下に、右図中の項目に対応した代表的な内容を示す。

#### （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濃度を管理・監視。
- （4.2）建屋内に管理区域を設定し、レベル毎に負圧管理。
- （4.3）PCB油の漏洩防止、被害拡大防止のためオイルパン・防油堤・不浸透性塗床を施工。

#### （3）フェイルセーフの内容

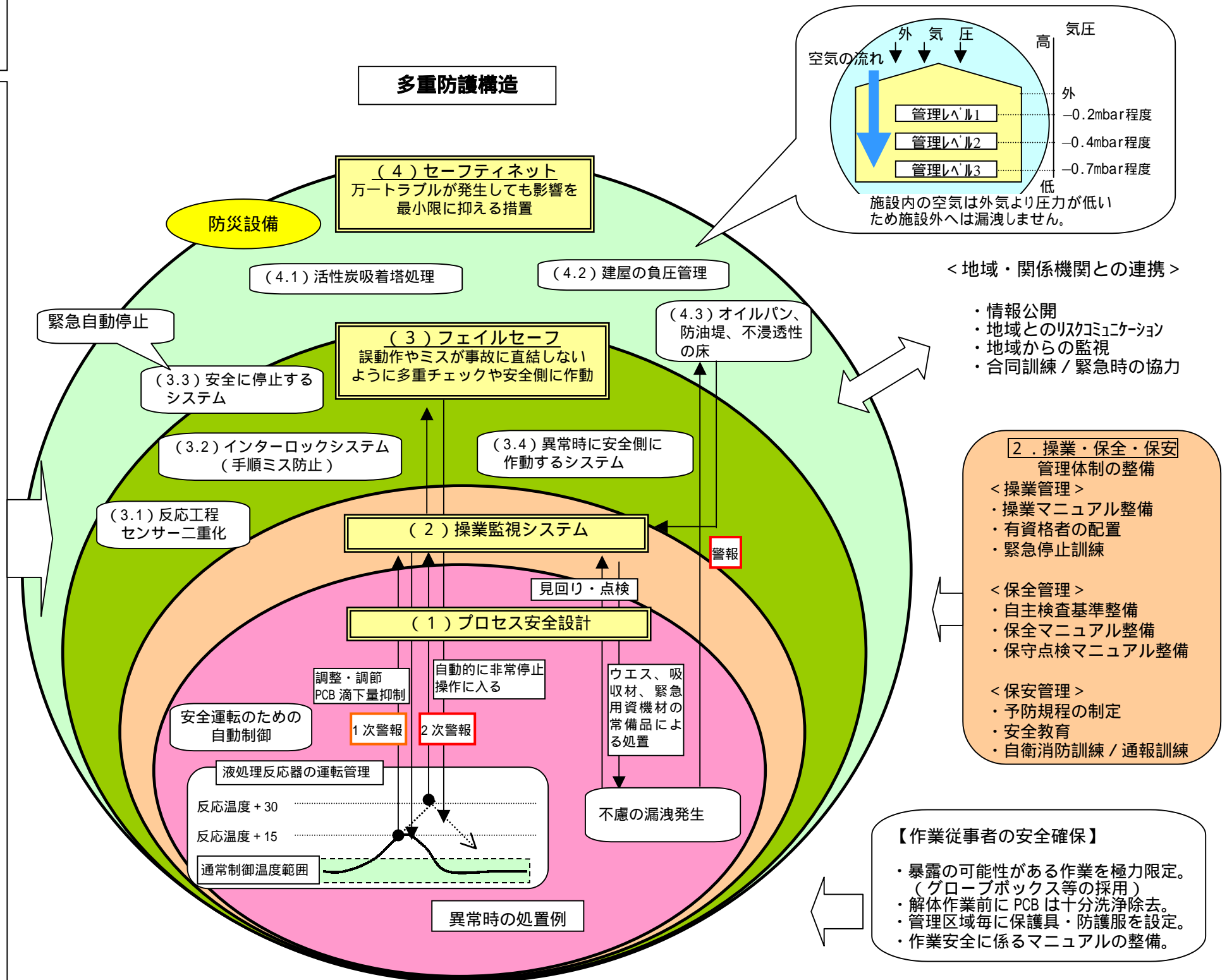
- （3.1）主要な温度・圧力・液面計器、酸素濃度計は二重化。
- （3.2）液移送の際、液レベル異常の場合には液面計の設定ポイントでポンプを停止させるシステムを織り込み。又、容器切断時には設定温度以上で切断を停止させるインターロックを組込み。
- （3.3）警報と連動して緊急自動停止ができる設計。
- （3.4）異常時の弁の開閉は安全側に作動するように設計。

#### （2）操業監視システムの内容

- （2.1）中央監視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を設置。

#### （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. 安全設計の概要（2 / 4）

### 1.4 安全性評価実施概要

#### （1）安全性の評価手法

工程の特性に応じて以下のような手法を用いています。

手法	HAZOP, FMEA, FTA, ETA*の組合せ	What-if*
対象範囲	・液処理設備 ・溶剤蒸留回収設備 ・真空加熱分離装置	・受入及び前処理設備の 抜油・解体

\*HAZOP(Hazard & Operability study)

化学プラントを構成する一本のラインまたは機器に着目し、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ずれを想定し、そのずれの原因の洗い出しと、ずれが発生した時のプロセスへの影響や適切な安全対策がとられているかを検討する手法。

\*FMEA(Failure Mode & Effect Analysis)

システムを構成する機器に着目し、その機器に考えられる故障モードを取り上げ、その故障がシステムに及ぼす影響を解析する手法。

\*FTA(Fault Tree Analysis)

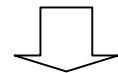
対象とするシステムに起こってはならない事象を頂上事象として設定し、頂上事象の発生原因を機器・部品レベルまで次々と掘り下げ、その原因・結果を論理記号（AND、ORなど）で結びつけてツリー状に表現する。次に、頂上事象の発生原因となる機器・部品の故障確率を与えることにより頂上事象の発生確率を解析する手法。

\*ETA(Event Tree Analysis)

引き金となる事象が発生した時、対応の成功・失敗を考慮して事象の進展過程をツリー状に表現し、各々の成功・失敗の確率を使って事故に至る発生頻度を解析する手法。

\*What-if

「もし・・・ならば」という質問を繰り返すことにより、設備面、運転面での潜在危険を洗い出し、それに対する安全対策を講じることによりシステムの安全化を図る手法。



#### （3）HAZOP等による安全解析

本施設の重要性に鑑みて、危険事象（ハザード）の定量化を含めた以下の安全解析を実施し、その結果を設計・運用に反映することでより一層の安全性向上を図っています。

##### 【解析1：問題点の抽出／改善】

化学プラントの安全解析手法である HAZOP を実施（一部 FMEA を実施）。約 520 頁にわたる HAZOP シートから、ハザードに至る可能性のある想定シナリオを摘出し、その想定シナリオの中から、工学的にみて極めて発生し難いか、あるいは物理現象として生じにくいと考えられるものをスクリーニング。

スクリーニングで残った想定シナリオについて、確率論的解析手法である FTA や ETA で、発生頻度を把握。

発生頻度の高い想定シナリオについては、その回避・軽減対策を基本設計内容に反映させ改善。

##### 【解析2：ハザードの定量化】

解析1の結果を受けて、注意すべきハザードについてその進展性を考察。

施設外へ影響を及ぼす＜混合気の燃焼＞＜PCB漏洩＞のハザードについてその発生頻度を FTA や ETA により定量化。

##### 【解析3：定性的な評価】

受入及び手作業・機械作業の多い抜油・解体については、「What-if」解析手法により施設への影響・問題点を抽出し、現状の対策を評価し不足があれば改善。

#### （2）「化学プラントにかかるセーフティ・アセスメントに関する指針」による評価

安全設計の評価にあたって、平成12年3月21日付け基発第149号（旧労働省労働基準局長通達）による「化学プラントにかかるセーフティ・アセスメントに関する指針」に基づく危険度ランク評価\*を行っています。

その結果、施設全体の設備・機器のエLEMENT容量が小さく、温度も真空加熱分離を除き中低温域であり、また、圧力も常圧ないしは減圧のため、危険度ランクは、真空加熱分離のみランク、その他はランクとなっており、危険度が最も高いランクの設備は存在していません。

\* 物質、容量、温度、圧力、操作の5項目についてA(10点)、B(5点)、C(2点)、D(0点)の点数を与え、その合計点数によりランク付けをするものです。

#### （4）安全性評価結果

スクリーニングで残った想定シナリオについて、注意すべきハザード（混合気の燃焼とPCBの漏洩）に至る発生頻度を整理し、次ページ（3 / 4 ～ 4 / 4）に示しています。

その結果、最終的に以下の結論を得ました。

＜混合気の燃焼＞の発生頻度：

燃焼発生には混合気形成と着火源の存在が必要です。液処理設備と溶剤蒸留回収設備については、混合気形成される可能性がある場所の温度は発火点以下であり、燃焼には静電気放電による着火が考えられます。この場合、接地を確保することにより混合気の燃焼を防止することができます。

しかし、本解析では接地不良時の静電気放電による着火を一定の確率で想定し＜混合気の燃焼＞の発生頻度を求めました。その結果、

液処理設備  $2.0 \times 10^{-8}$  回/年

溶剤蒸留回収設備  $7.7 \times 10^{-7}$  回/年

となっています。

また、真空加熱分離装置については操作温度が高いため、発火点以上のところで混合気形成されると、静電気放電には関係なく燃焼に至ります。混合気の燃焼の発生頻度は

真空加熱分離装置  $8.2 \times 10^{-7}$  回/年

となっています。

通常の危険物一般取扱所における火災の統計的な発生頻度は、施設当たり  $10^{-3}$  回/年程度なので、上記の発生頻度はこれと比較して十分小さいといえます。

＜PCBの漏洩＞の発生頻度：

PCBの漏洩は、施設内の床に漏洩したものが施設外に漏洩するケースと、排気ラインを通過して施設外漏洩するケースに分類できます。

前者の床への漏洩に対して、セーフティネットとして設備下部にオイルパンの設置、更に防油堤の設置という2重の漏洩防止対策を講じており、現実には施設外への漏洩は起こらないと考え、このケースは定量化の対象にしていません。

従って、後者の排気ラインを通過してPCBが施設外へ漏洩するケースとして、排気ラインに液状のPCBがオーバーフローするシナリオと、排気ラインから気体状PCBが漏洩するシナリオについて定量化を行い、結果としてその発生頻度は各々、 $8.4 \times 10^{-8}$  回/年、 $5.8 \times 10^{-7}$  回/年 となっています。

以上のとおり、施設外へ影響を及ぼす＜混合気の燃焼＞＜PCBの漏洩＞といったハザードの発生頻度はいずれも  $10^{-6}$  回/年（百万年に1回程度）以下と極めて低い値となっています。

$10^{-6}$  回/年以下という発生頻度は、例えば英国のリスク基準において「無視できるリスク」とされ、これ以上のリスク削減の必要がないとされているレベルであり、ハザードの発生頻度としては、十分に低い値といえます。

さらに、今回の安全解析結果に基づき、点検チェックリストに基づく重点的な日常点検の実施や、定期的な接地状態の確認など、日常点検・保安全管理を充実し、設備の安定操業および機器類の異常の早期発見に努めることにより、実際の施設の安全性をさらに高めてまいります。

1. 安全設計の概要（ 3 / 4 ）

ハザード		引き金事象		想定シナリオ		設備・管理運営上の主な対策 <sup>*1、2</sup>		発生頻度[回/年]	
						引き金事象の抑制	事象進展の回避・緩和		合計
混合気の燃焼 混合気の形成 着火・発火 混合気の燃焼	液処理	反応槽への窒素供給ライン閉塞	反応槽での廃PCB油・廃洗浄油処理や、後処理槽でのSD剤処理において、排出弁の開閉操作により処理済み液を排出する際や、ポンプにより後処理油を排出する際に、窒素供給ラインが閉塞していると、減圧により排気ラインから空気が流入し、水素との混合気が形成される。これに着火すると混合気が燃焼する。			・ <i>日常点検の際にストレーナの圧力計をチェック、点検チェックリストに記載し健全性を確認することで閉塞を防止。</i>	・槽の圧力「低」で、反応槽からの排出弁や後処理油払い出しポンプ自動停止。 ・窒素供給ラインの圧力低下により、非常用窒素ポンベからの供給に自動切換え。 ・液処理のポンプ、攪拌機は防爆構造を採用、かつ接地により電気火花の発生防止。 ・ <i>接地状態を定期的に確認し、接地不良の発生を防止。</i> ・ <i>酸素検知器を二重化。&lt;1.0×10<sup>-1</sup>&gt;</i>	6.4×10 <sup>-9</sup>	2.0×10 <sup>-8</sup>
		後処理槽への窒素供給ライン閉塞						1.4×10 <sup>-8</sup>	
	溶剤蒸留回収	真空ポンプ戻りライン弁誤開	分離塔において、真空ポンプ戻りライン弁が誤開し、かつ、真空ポンプが停止すると、排気ラインから空気が流入し、分離塔で引火点以上の溶剤との混合気が形成される。これに着火すると混合気が燃焼する。[ 精留塔も同様 ]			・ <i>蒸留塔の減圧管理および真空ポンプ戻りライン弁の作動状況を中央監視室にてチェックし、異常を早期発見。</i>	・塔の真空度「低」で蒸留設備緊急自動停止。（加熱器へのスチーム供給停止、蒸留塔への給液停止） ・蒸留設備のポンプは防爆構造を採用、かつ接地により電気火花の発生防止。 ・ <i>接地状態を定期的に確認し、接地不良の発生を防止。</i>	3.5×10 <sup>-9</sup>	7.7×10 <sup>-7</sup>
		洗浄後溶剤受槽の窒素供給ライン弁誤開	窒素供給弁が誤開した状態で、洗浄後溶剤受槽が空になると、排気ラインから空気が流入し、分離塔で引火点以上の溶剤との混合気が形成される。これに着火すると混合気が燃焼する。[ 精留塔も同様 ]					7.7×10 <sup>-7</sup>	
		加熱器伝熱管破損	加熱器伝熱管破損に伴い、分離塔内に高圧スチームが流入することで、分離塔が過圧破損し、引火点以上の溶剤が建屋内へ流出する。これに着火すると混合気が燃焼する。[ 精留塔も同様 ]					3.5×10 <sup>-11</sup>	
		洗浄槽出口弁誤開	洗浄槽の出口弁が誤開すると、空気が流入し、洗浄装置内で引火点以上の溶剤との混合気が形成される。これに着火すると混合気が燃焼する。					9.8×10 <sup>-10</sup>	
		温度制御故障によるドア部リングの過熱破損	ヒーター制御やサーマルオイルシステムの故障によるリングの過熱破損等により、真空バウンダリーが破れ、空気が流入し、気化ガスとの混合気を形成し発火する。					8.0×10 <sup>-7</sup>	
		真空加熱分離	用役設備である冷却設備の故障によるドア部リングの過熱損傷	用役設備である冷却設備の故障によるサーマルオイルの冷却不全でリングが過熱破損し、真空バウンダリーが破れ、空気が流入し、気化ガスとの混合気を形成し発火する。				1.7×10 <sup>-8</sup>	

\* 1：網掛けは通常の対策より充実した対策で、< > 内は網掛け対策による発生頻度の低減効果。  
\* 2：斜体字の対策は、発生頻度の計算上はその低減効果を見込んでいないが有効と考えられる対策。

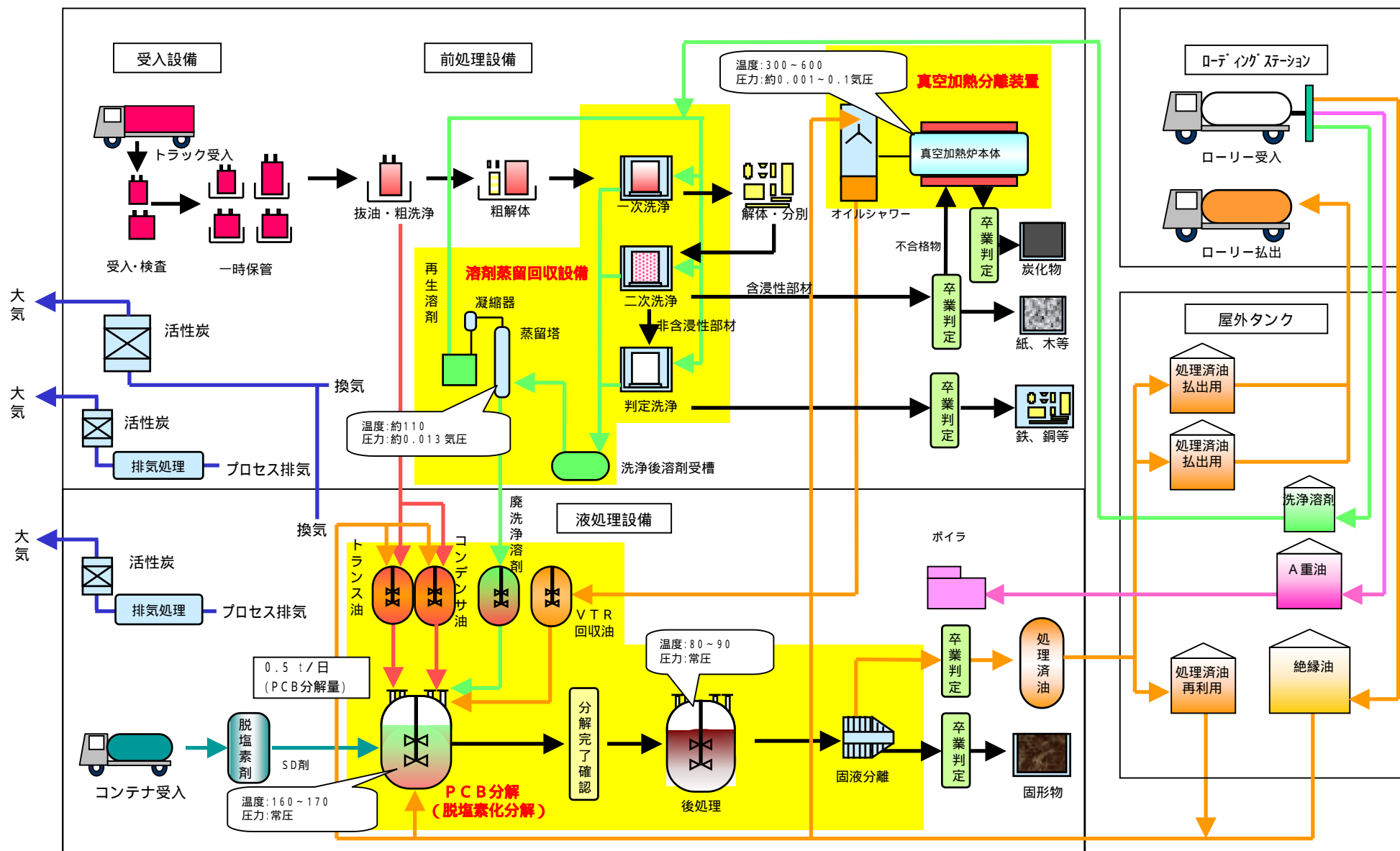
1. 安全設計の概要（4 / 4）

ハザード			引き金事象	想定シナリオ	設備・管理運営上の主な対策＊1、2		発生頻度[回/年]		活性炭吸着（セフティネット） まで考慮した発生頻度 [回/年]	
					引き金事象の抑制	事象進展の回避・緩和		小計		合計
P C B の 漏 洩	排気ラインへのPCB油オーバーフロー	液処理	移送停止失敗	トランス油、廃洗浄油、等の移送時に、液位センサや弁・ポンプの故障で受入れ側の槽がオーバーフローし、PCB油が排気ラインへ入る。排気ラインを経由して建屋外へPCBが漏洩する可能性がある。	・液位「高」で、ポンプ停止、かつポンプ前後弁閉止。＜4×10 <sup>-2</sup> ＞ ・積算流量計により移送量を制限。	・液位計を二重化。＜8.9×10 <sup>-4</sup> ＞ ・排気ラインにオーバーフローした場合、排気ラインの各種センサにより異常検知。	8.4×10 <sup>-8</sup>			8.4×10 <sup>-8</sup>
	気体状PCB漏洩	液処理	スクラバポンプ故障	オイルスクラバのポンプ停止により、気体状PCBの捕集能力が低下する。	・日常点検の際にスクラバポンプの運転状態を点検チェックリストに記載し、健全性を確認。	・ポンプ流量「低」で液処理設備自動停止。 （ 反応系：原料滴下ポンプ自動停止により反応槽へのPCB油滴下を停止。） （ 原料系：PCB油受入の自動弁閉で受槽へのPCB受入を停止。） ・ポンプ流量計に、面積式より信号伝達の確実性の高いタイプを採用。＜1.0×10 <sup>-3</sup> ＞ ・オンラインモニタリング装置からの分析異常信号を受け、オペレーターが当該排気系統の設備を手動により停止。	1.4×10 <sup>-6</sup>	5.8×10 <sup>-5</sup>	（×10 <sup>-2</sup> ）	5.8×10 <sup>-7</sup>
			用役設備である冷却設備の故障	用役設備である冷却設備の故障に伴い、スクラバ循環オイルの冷却機能が低下し、冷却機能不全で、気体状PCBの凝集能力が低下する。	・冷却設備の待機ポンプへ月一回切替え、および高置水槽への切替え試験を月一回実施することにより、切替えの信頼性をあげている。＜8.2×10 <sup>-3</sup> ＞	・冷却設備故障で液処理設備自動停止。 （ 反応系：原料滴下ポンプ自動停止により反応槽へのPCB油滴下を停止。） （ 原料系：PCB油受入の自動弁閉で受槽へのPCB受入を停止。） ・高置水槽に自動切替え。＜7.2×10 <sup>-3</sup> ＞ ・オンラインモニタリング装置からの分析異常信号を受け、オペレーターが当該排気系統の設備を手動により停止。	7.2×10 <sup>-6</sup>			
		溶剤蒸留回収	用役設備である冷却設備の故障	用役設備である冷却設備の故障に伴い、排気ラインの凝縮器の冷却機能が低下し、気体状PCBの凝集能力が低下する。	・冷却設備の待機ポンプへ月一回切替えを実施することにより、切替えの信頼性をあげている。＜1.0×10 <sup>-1</sup> ＞	・冷却設備故障で溶剤蒸留回収装置緊急自動停止。 （加熱器へのスチーム供給停止、蒸留塔への給液停止） ・オンラインモニタリング装置からの分析異常信号を受け、オペレーターが当該排気系統の真空ポンプおよび溶剤蒸留回収装置を手動により停止。	4.4×10 <sup>-6</sup>			
		真空加熱分離	オイルシャワー冷却用チラーの故障	冷却設備であるチラーの故障により、オイルシャワーの冷却ができなくなり、気体状PCBの凝集能力が低下する。	・チラーユニットの点検をバッチ毎に実施し、運転前に健全性を確認。	・オイルシャワー出口温度「高」でヒーター自動停止。 ・チラー水温度「高」でヒーター自動停止。	4.2×10 <sup>-5</sup>			
		排気設備	スクラバポンプ故障	排気設備（設備高レベル排気、グローブボックス排気等）でスクラバポンプが故障すると、気体状PCBの捕集能力が低下する。	・日常点検の際にスクラバポンプの運転状態を点検チェックリストに記載し、健全性を確認。	・スクラバ循環ライン流量「低」の警報で、当該系統の作業を停止。 ・ポンプ流量計に、面積式より信号伝達の確実性の高いタイプを採用。＜1.0×10 <sup>-3</sup> ＞ ・オンラインモニタリング装置からの分析異常信号を受け、オペレーターが当該排気系統の設備を手動により停止。 （A系：排気ファン停止、グローブボックス給排気自動ダンパー閉止。 （B系：排気ファン停止、抜油中は完了後、洗浄は中断して溶剤抜取りに移行し停止。） （C、D系：真空ポンプ停止、洗浄装置停止。） （E系：真空ポンプ停止、溶剤蒸留回収装置停止。）	3.2×10 <sup>-6</sup>			

\* 1：網掛けは通常の対策より充実した対策で、< > 内は網掛け対策による発生頻度の低減効果。

\* 2：斜体字の対策は、発生頻度の計算上はその低減効果を見込んでいないが有効と考えられる対策。

## 2.1 処理工程図





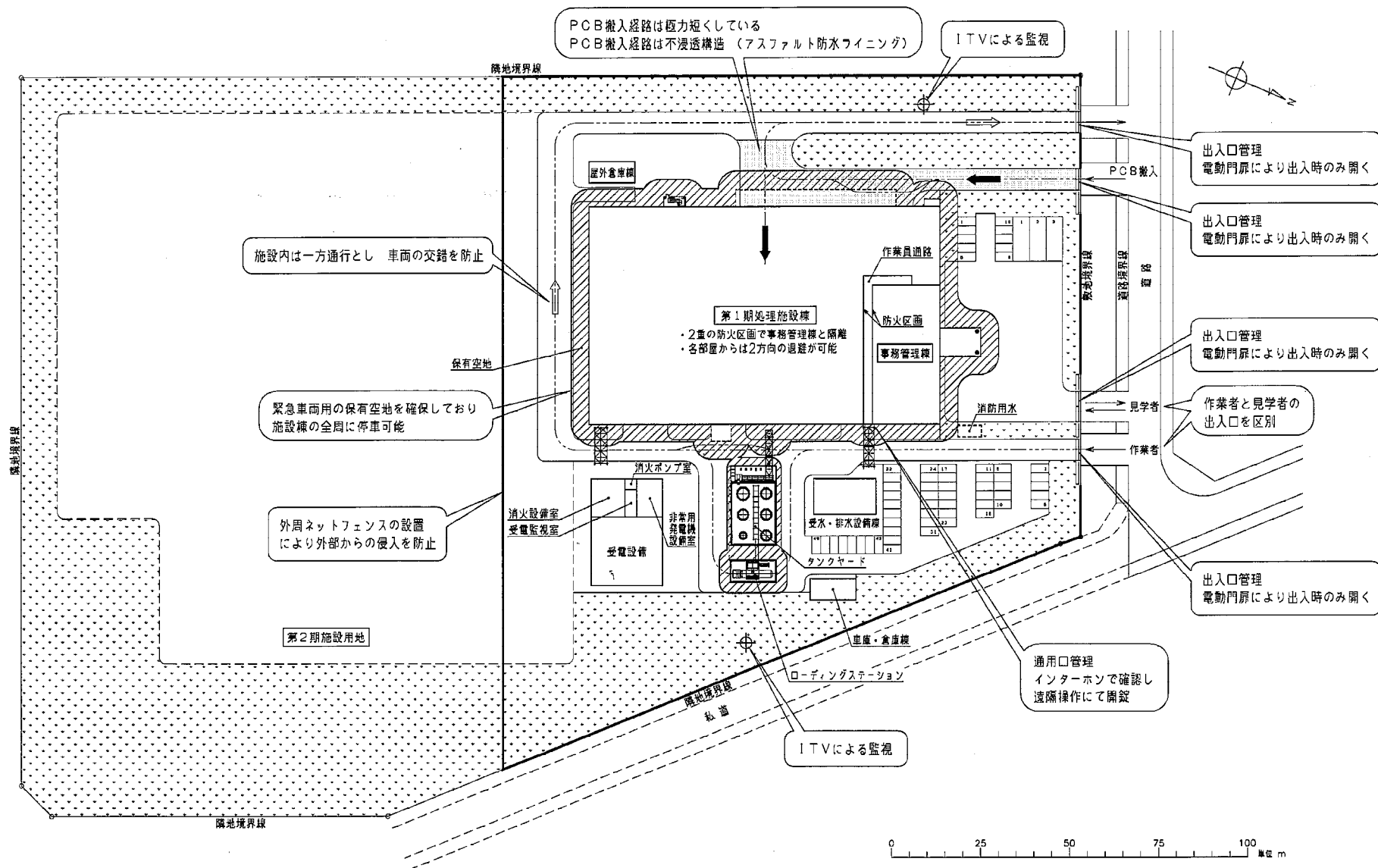
## 2.2 安全設計の具体的な内容

設計にあたり、安全に配慮した代表的な項目とその内容の一例は下表のとおりです。  
なお、「目的と項目」欄の（ ）内の数値は1.安全設計の概要（1/4）の図中の番号に対応しています。

目的と項目	受入・前処理	真空加熱分離	液処理
運転状態安定化のための自動制御 (1.1) (2.1)	手作業のヒューマンエラー防止のため、極力機械化・自動化。  分離塔、精留塔の塔頂圧力制御および塔底加熱量の制御は自動制御。  中央監視室での集中制御管理。	真空加熱分離装置は処理対象物を受入れ、前準備完了後“処理プロセス開始”指令により処理完了まで自動運転。  中央監視室での集中制御管理。	液処理は基本的にバッチの自動運転。  反応時の加温・冷却用熱媒循環系統の温度制御は自動。  中央監視室での集中制御管理。
適正な材料選定 (1.2)	洗浄装置、抜油ポンプには防錆のためSUS材を使用。  PCB、洗浄溶剤ともに腐食性はなく炭素鋼が使用可能。なお、腐食代はJIS基準の1mmに対し1.5mmを採用。	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SUS材を使用。  炭素鋼が使用可能な部位の腐食代はJIS基準の1mmに対し1.5mmを採用。	反応槽、後処理槽などPCBに接する機器にはSUS材を使用。  固液分離機器も防錆のためSUS材を使用。  炭素鋼が使用可能な部位の腐食代はJIS基準の1mmに対し1.5mmを採用。
安定運転継続のための監視強化と警報発信 (2.2) (3.1)	作業状況確認のためITVを設置。  制御システムの安定化のため主要部分は二重化。  分離塔、精留塔の定常・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監視室への指示警報および制御機能付きを採用。  受槽、貯槽の液面警報は1次警報、2次警報の設定が可能な計器を採用。	運転状況確認のためITVを設置。  制御システムの安定化のため主要部分は二重化。  真空加熱分離装置の温度計、圧力計は1次警報、2次警報の設定が可能な計器を採用。  真空加熱炉周りの温度計、圧力計は二重化。	反応槽、後処理槽の内部状況監視のためITVを設置。 制御システムの安定化のため主要部分は二重化。  貯槽の液面計は1次警報、2次警報の設定が可能な計器を採用。  PCBの受槽類、液処理反応に関わる計量槽の液面計は二重化。  反応槽の温度計及び酸素濃度計は二重化。
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)	各操作で洗浄液を張り込む際、設定液面でインターロックが作動しポンプが停止。  排気スクラバ液の張込みは、警報付き液面計により設定値で供給ラインのバルブを自動閉。	自動運転中は各機器のスイッチ類および各計装機器の操作を無効。  自動運転中は各バルブの操作を無効。	PCB油の原料計量槽への受け入れ、反応槽への溶媒張り込みの際、設定液面でインターロックが作動しポンプが停止。  処理済油をローリーに積込む際、流量積算計にて計量後積み込みラインのバルブを自動閉。

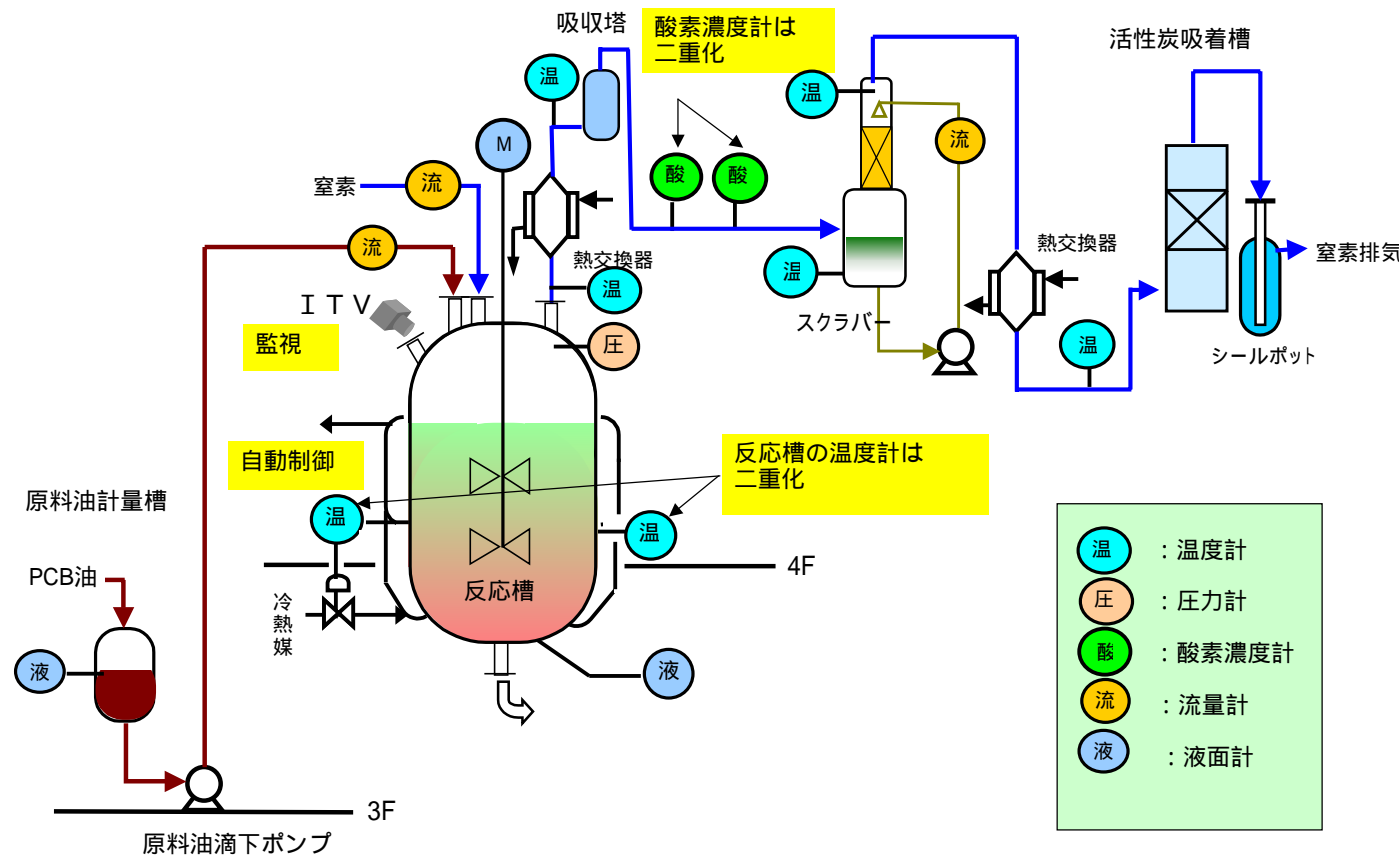
目的と項目	受入・前処理	真空加熱分離	液処理
安全に停止させるためのシステム ( 3.3 ) ( 3.4 )	<地震時> 洗浄装置、溶剤蒸留回収装置は一定震度以上で停止。 クレーン等の搬送機器類は、安全を確保するため、状況を確認した後に作業従事者の判断で停止。 排気処理系統は地震の際も自動停止させない。	<地震時> 各機器は一定震度以上で停止。 停止時各バルブの開閉は安全側に作動。 排気処理系統は地震の際も自動停止させない。	
	<停電時> 無停電電源装置により各計装機器に供給。 液処理設備については、非常用発電装置により反応槽攪拌機、後処理槽攪拌機、冷却ポンプ類、排気洗浄スクラバ循環ポンプ、各計装機器に供給。 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。		
気体状 P C B 漏洩防止のための排気処理設備 ( 4.1 )	プロセス排気は、グローブボックス排気系、抜油フード排気系、洗浄装置排気系、溶剤蒸留回収装置排気など系統別に処理したのち、最後にセーフティネットとして、それぞれ個別に活性炭吸着処理を行う。  なお、前処理を行う部屋の換気排気も活性炭を通して排気する。	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、活性炭吸着処理を行う。  なお、真空加熱分離を行う部屋の換気排気も活性炭を通して排気する。	プロセス排気は、受槽排気系、反応槽排気系、後処理槽排気系など系統別に処理したのち、最後にセーフティネットとして、それぞれ個別に活性炭吸着処理を行う。  なお、液処理を行う部屋の換気排気も活性炭を通して排気する。
気体状 P C B 漏洩防止のための管理区域設定による気密性確保 ( 4.2 )	レベル 1：1 次洗浄室、2 次洗浄室、溶剤蒸留回収室 レベル 2：解体・分別室、破碎室、グローブボックス室 レベル 3：粗解体室  なお、管理レベル毎に負圧管理を実施。	レベル 1：真空加熱分離室	レベル 1：液処理室
液状 P C B 漏洩防止のための多重のバリアー ( 4.3 )  ・オイルパン ・防油堤 ・不浸透性塗床	P C B 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油堤、二次バリアとして防液堤を設置。  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塗床を施工し、地下浸透を防止。	P C B 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油堤、二次バリアとして防液堤を設置。  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塗床を施工し、地下浸透を防止。	P C B 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油堤、二次バリアとして防液堤を設置。  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塗床を施工し、地下浸透を防止。  S D 剤受入場所には、コンテナ車の周囲に側溝を設置

2. 3 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)



2.4 PCBの分解反応に関する安全設計

PCBの分解反応における安全性



安全対策の内容

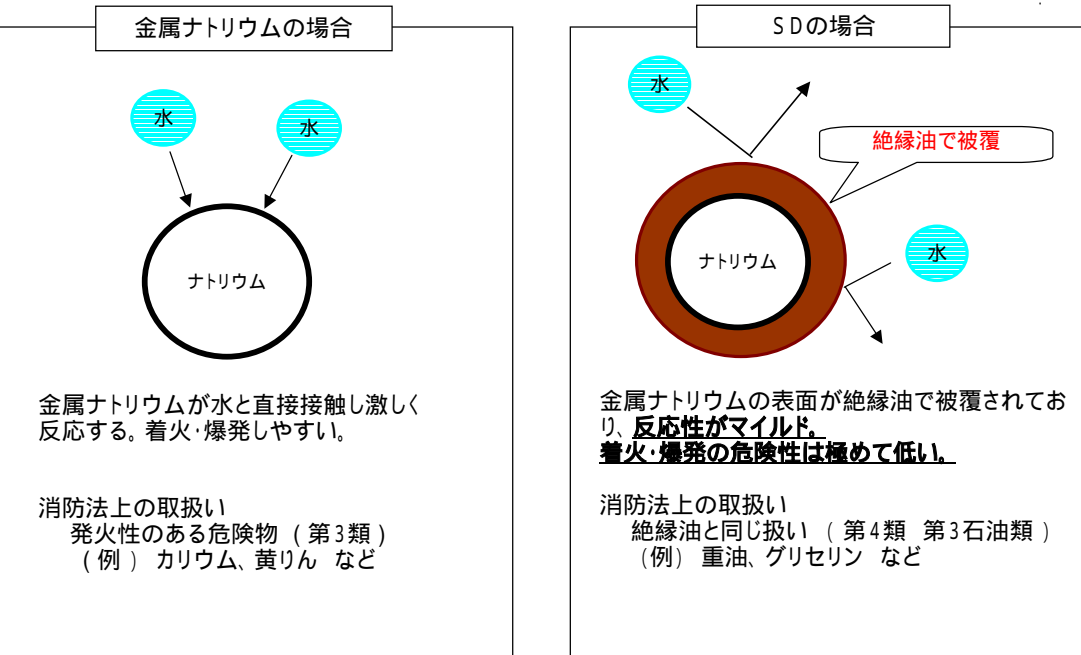
- 反応薬剤 (SD) の安全性
- ・ 分解に必要な特性は維持しつつ、絶縁油で被覆し安全性を大幅に向上。
- 反応操作上の安全配慮
- ・ 反応薬剤を先に入れた反応槽にPCBを少量ずつポンプにて加えることにより、急激な反応による発熱を防止。
  - ・ また、PCB油計量槽および滴下ポンプは反応槽より下方に設置しており、機器が故障した際にPCBが反応槽に流入することはない。
- 安全運転のための自動制御
- ・ 重要な監視計器は二重化するとともに、分解反応熱の除熱は自動制御。
  - ・ 反応槽内が通常制御温度範囲を逸脱した場合は1次警報 (反応温度 + 15 ) と共にPCBの滴下量を低減させ温度上昇を回避。
  - ・ さらに、反応温度 + 30 になれば、2次警報と共にPCBの滴下ポンプ停止、冷却強化 (流量増、冷却温度低減) で自動停止に至る。
  - ・ 攪拌機が停止した場合は、警報発信と共にPCBの滴下ポンプ停止、冷却強化 (流量増、冷却温度低減) 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、ナトリウム分散体 (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。

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

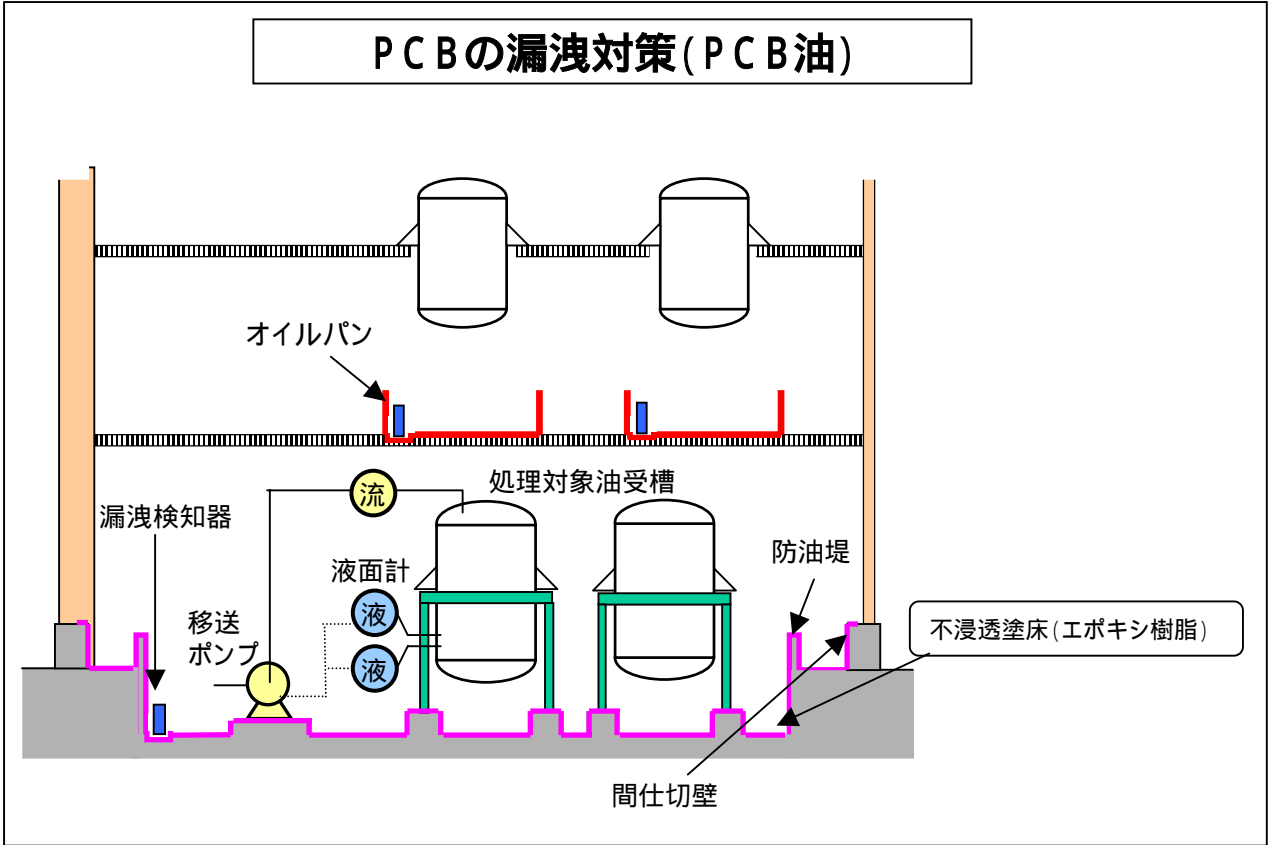
1. SDの化学的安定性



2. 漏洩対策

- 漏洩の生じにくい構造の受入設備によりローリーからの受入作業時の漏洩を防止。
- 受入作業時に液たれが生じた場合は、ウエス等でふき取りペール缶に入れ、密封した上でSD供給者が搬出して安全に処理。
- 万一施設内でSDが漏洩しても、防油堤により外部漏洩を防止。

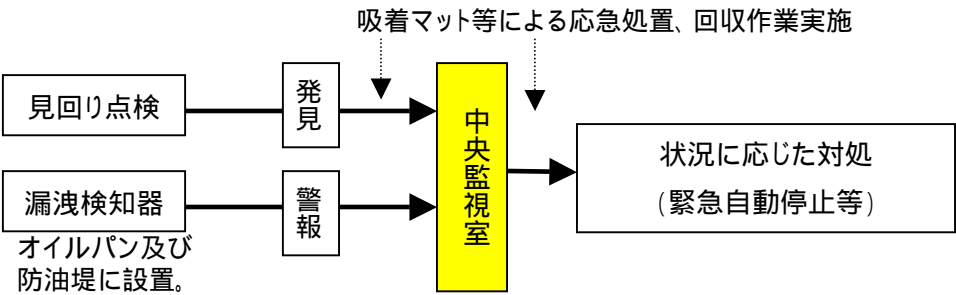
2.5 PCBの漏洩対策(施設外の環境中への漏洩防止対策)



1. 漏洩の防止対策

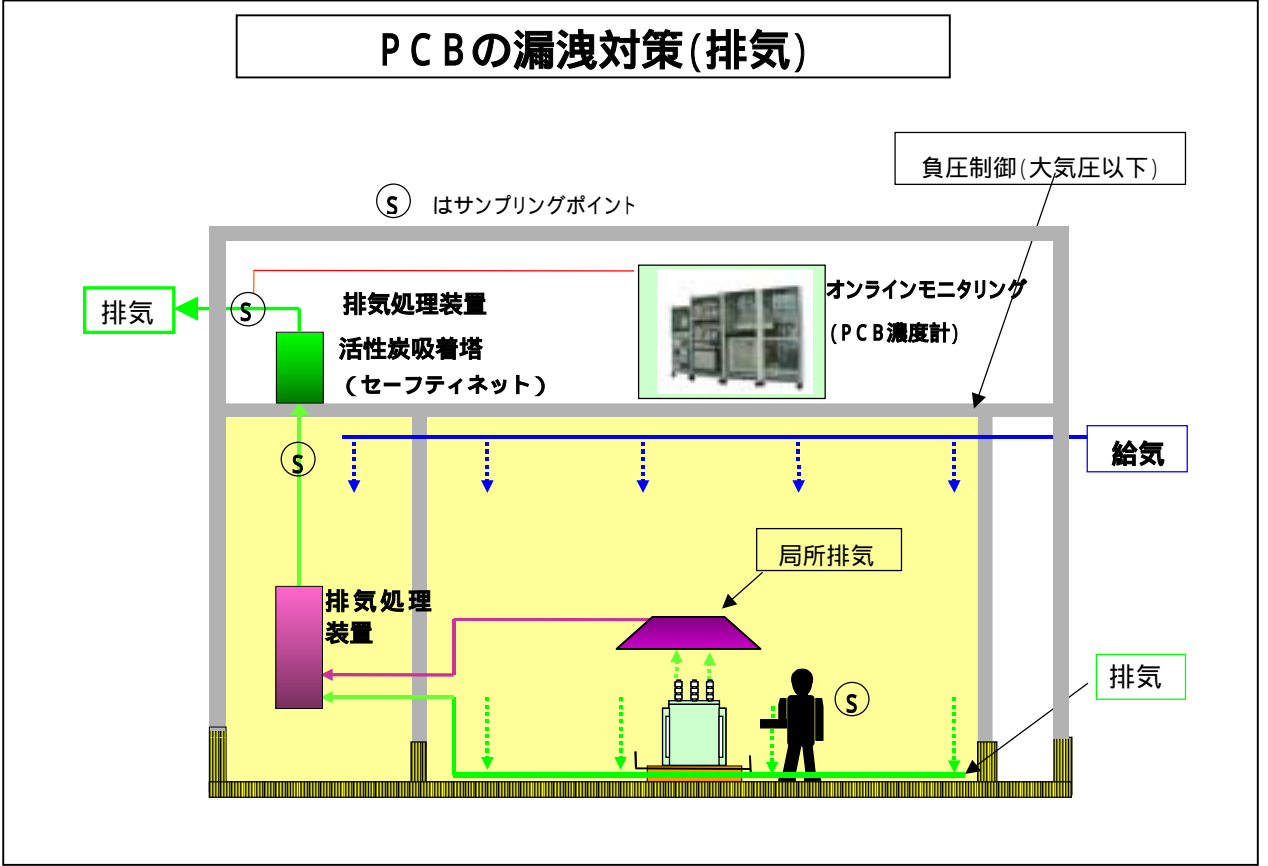
移送ラインに設置した積算流量計により移送量を制御。  
液面計とポンプの連動により、液位「高」の場合は移送ポンプを自動停止。  
主要な貯油槽の液面計を二重化。

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。  
鋼板溶接構造のオイルパン(該当機器容量の100%を確保)または防油堤の設置。  
なお、オイルパンの製作時には水張り試験等を行い、漏れないことを確認。  
間仕切壁下部が防液堤として機能。  
床面の不浸透塗床により地下浸透を防止。



1. 排気処理方法

PCB取り扱い作業は、作業内容によってグローブボックス又は局所排気装置を設置。  
発生源毎に処理系統を分割。

スクラバー等の排気処理装置によりPCBを除去

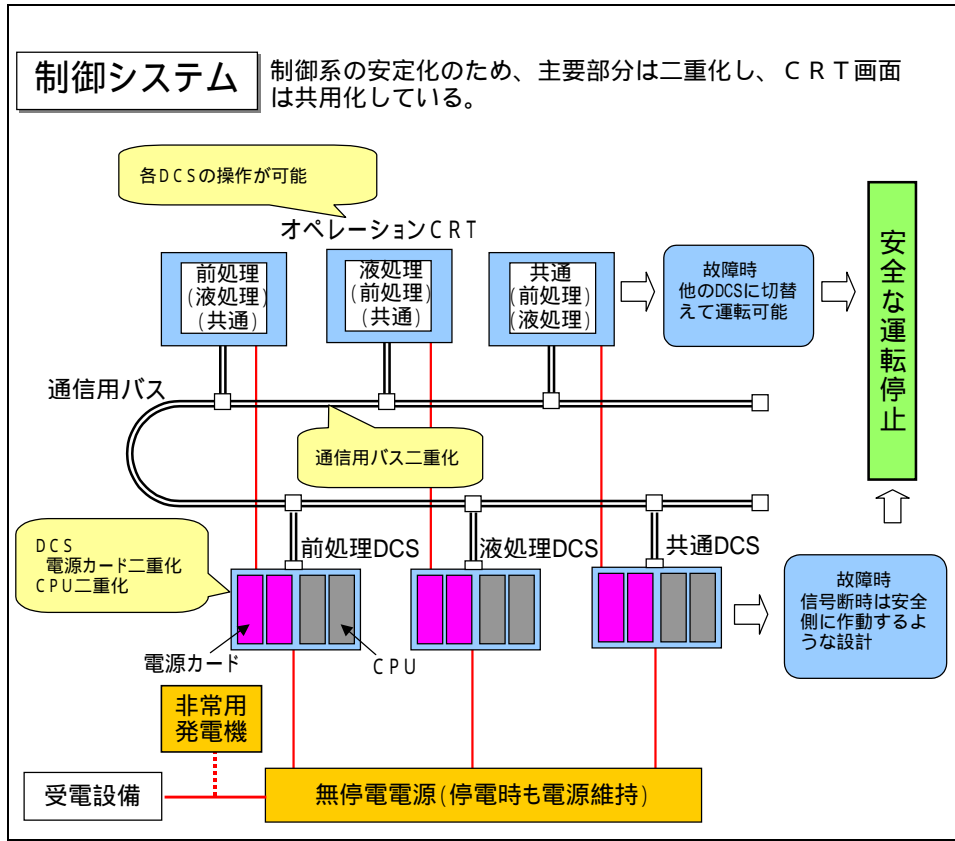
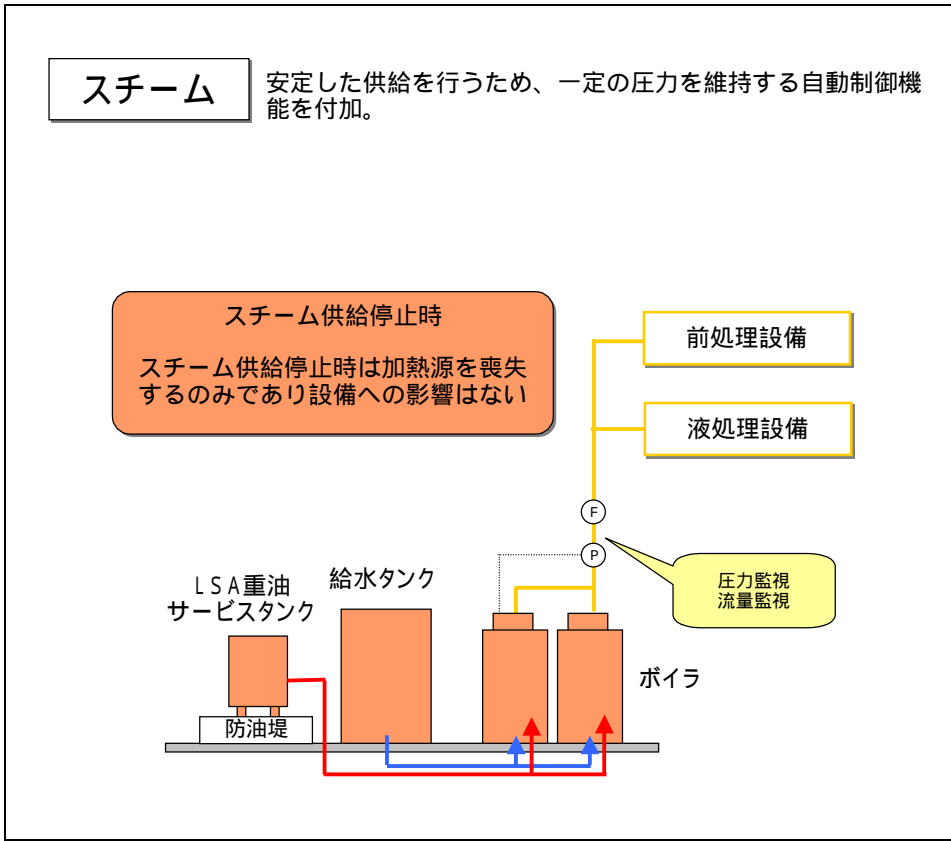
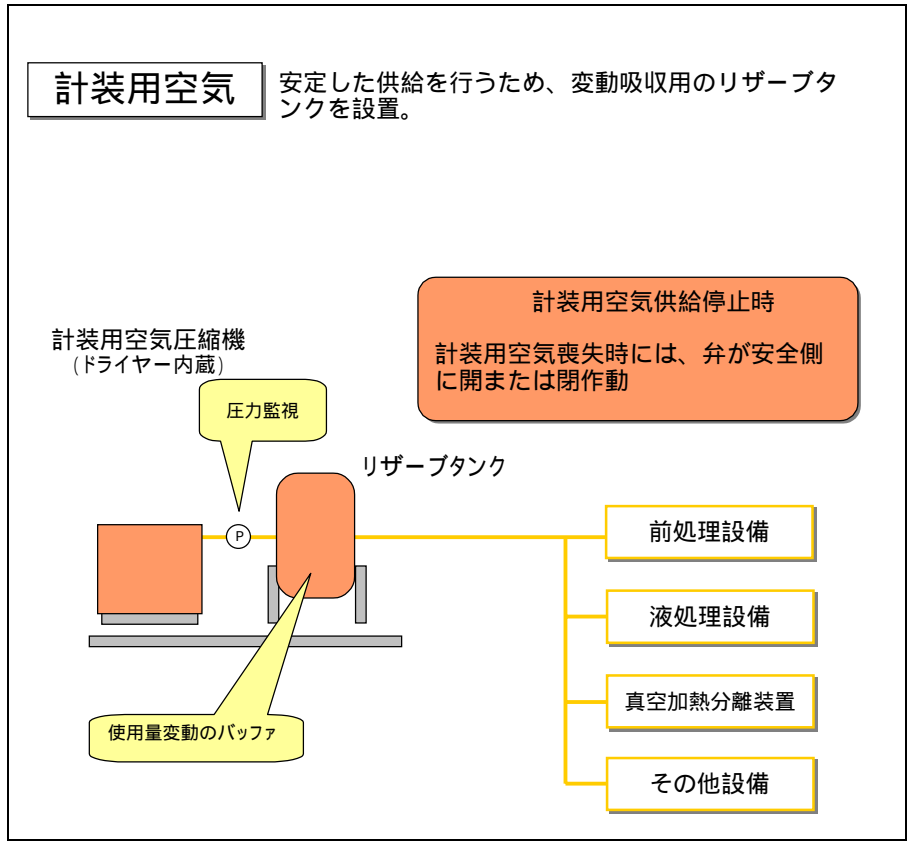
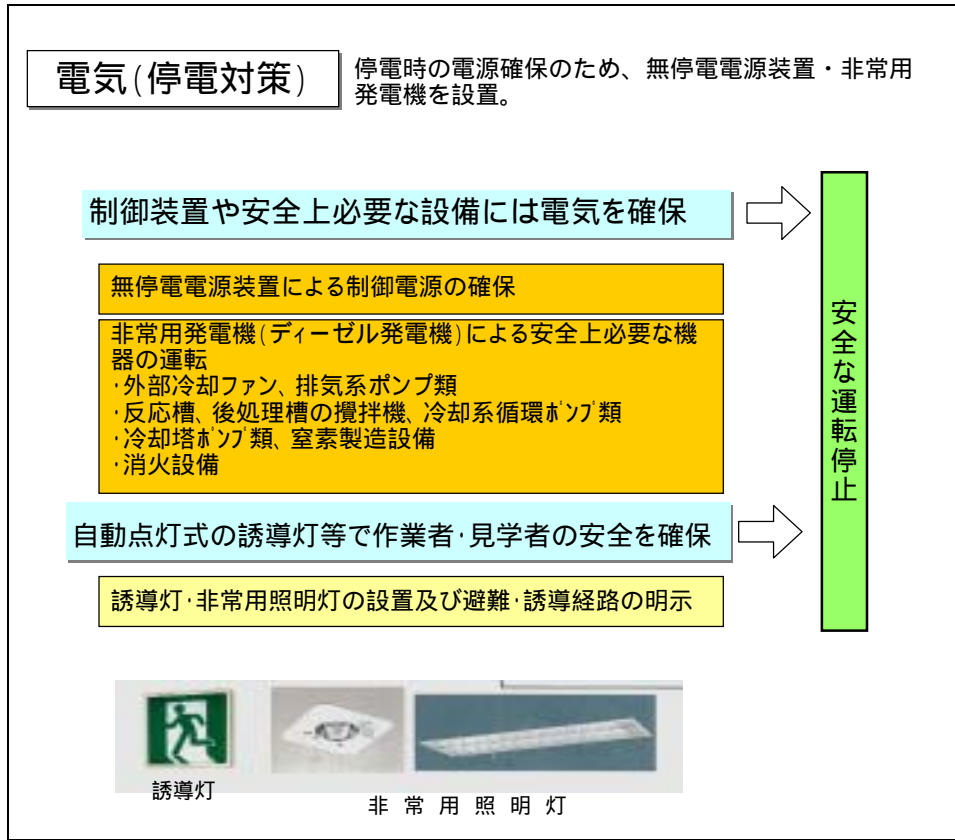
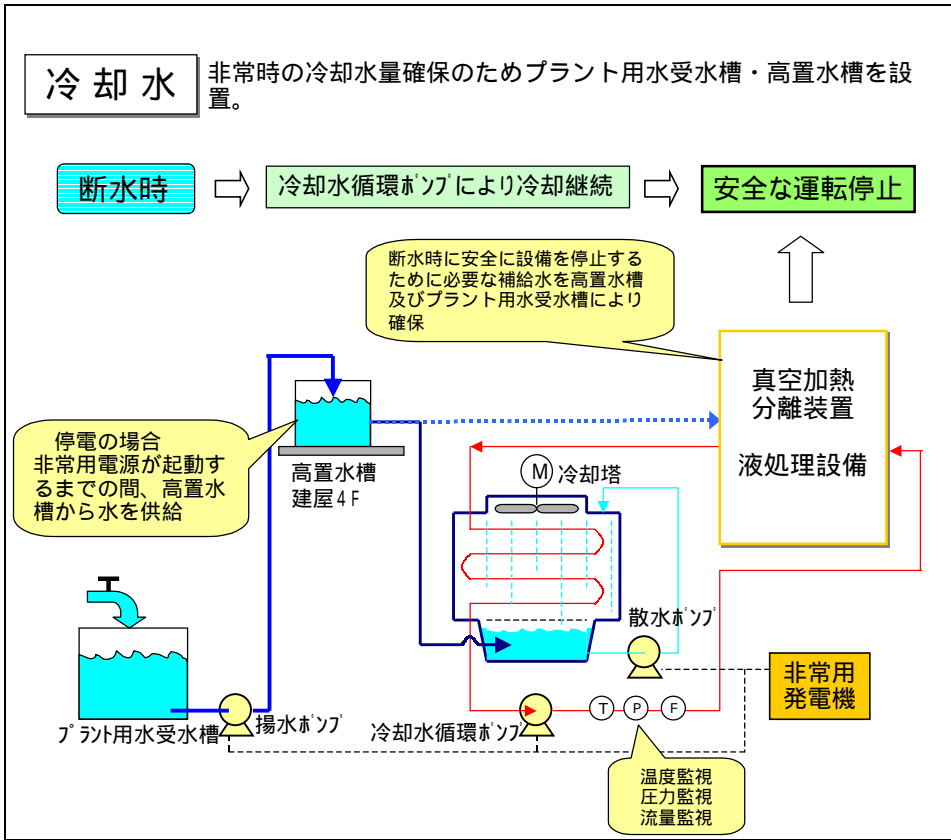
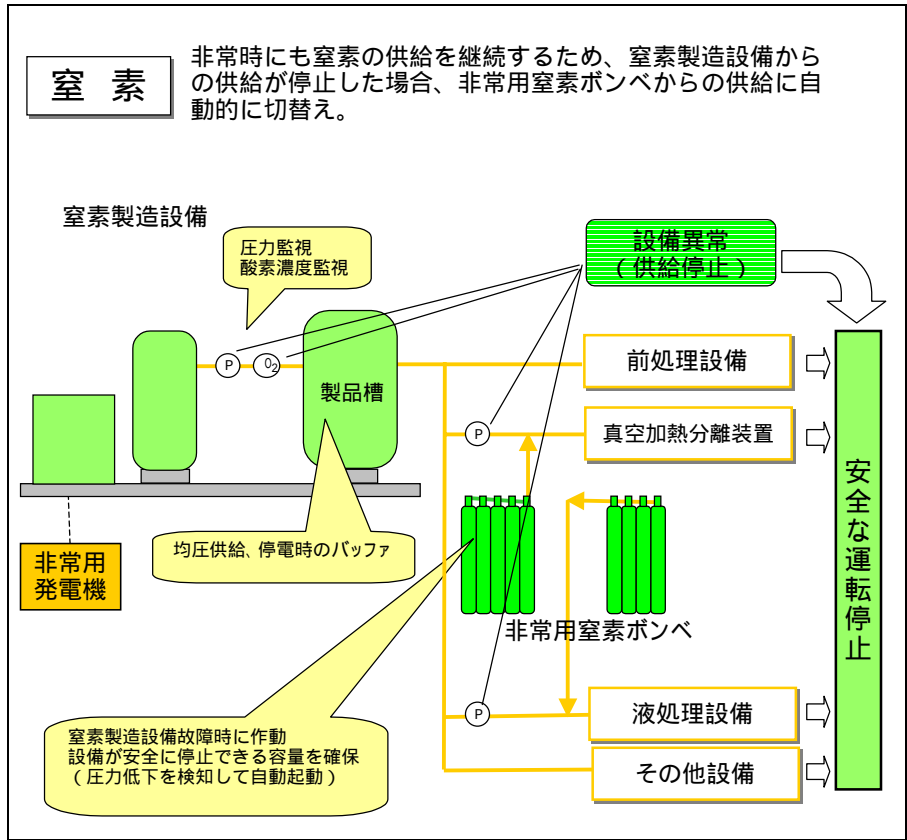
2. 排気処理機能の監視

見回り点検により、排気処理設備の正常な稼働を確認。  
排気分析を定期的の実施し、排気処理機能を確認。  
オンラインモニタリングにより中央監視室にて常時監視。

3. セーフティネット

活性炭吸着塔  
排気処理(PCB除去)後、更に活性炭吸着塔を通して施設外へ排出。  
負圧管理  
各室は管理レベルに応じた負圧管理を実施しており、施設内の空気が外部に漏れることは無い。

2.6 ユーティリティ設備の安定供給対策





2.7 自然災害に対する安全設計

地震対策

感震装置と連動  
設定震度以上で自動的に作動

感震装置

地震

警報  
設定震度以上

設定震度

設定震度以下

緊急自動停止  
・液処理設備  
・前処理設備  
・真空加熱分離装置  
  
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. 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

設定震度以上の場合は感震装置により警報発生 緊急自動停止  
設定震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：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 福岡県地震発生実績



若松地区の過去73年間の地震発生実績  
震度1 3回

浸水対策

搬入口 受入室建屋内

0.2M

側溝

施設地盤面 基準水面 + 4.00M

過去最高潮位 基準水面 + 2.45M

基準水面

建屋

シャッター

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。（福岡管区气象台、下関地方气象台）  
  
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

落雷対策

落雷

避雷針

避雷導体  
導電性に優れた  
アルミニウムの燃線

施設内機器

接地(アース)

接地(アース)

1. 施設設計

建屋：避雷導体又は避雷針を設置。  
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。

2.8 火災に対する安全設計

