

1. 安全設計の概要

1.1 はじめに

豊田PCB廃棄物処理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並びに安定した操業への復帰が可能であるとともに、施設外への影響を最小限に抑制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っています。

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ります。

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います。
- ・豊田施設における安全設計の基本として、「施設外へのPCB漏洩」、「施設内での火災・爆発」を潜在ハザードとして選定し、その潜在ハザードの発生頻度を低下させることを前提に多重防護構造を構築しています。
- ・安全解析を通して、プロセスの潜在ハザードを洗い出し、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ます。
- ・PCB廃棄物の搬入経路などレイアウト上の安全配慮、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織り込んでいます。
- ・災害による緊急事態に対する安全設計については、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。
- ・施設の安全性評価として上記の潜在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す。

(4) セーフティネットの内容

- (4.1) 排気は排気処理設備で処理した上、更に2重の活性炭吸着槽を通して施設外へ排出。
- (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油の地下浸透防止のため、設備にオイルパン又はステンレス床を設置し、更に防油堤及び不浸透性塗床等を施工。

(3) フェイルセーフの内容

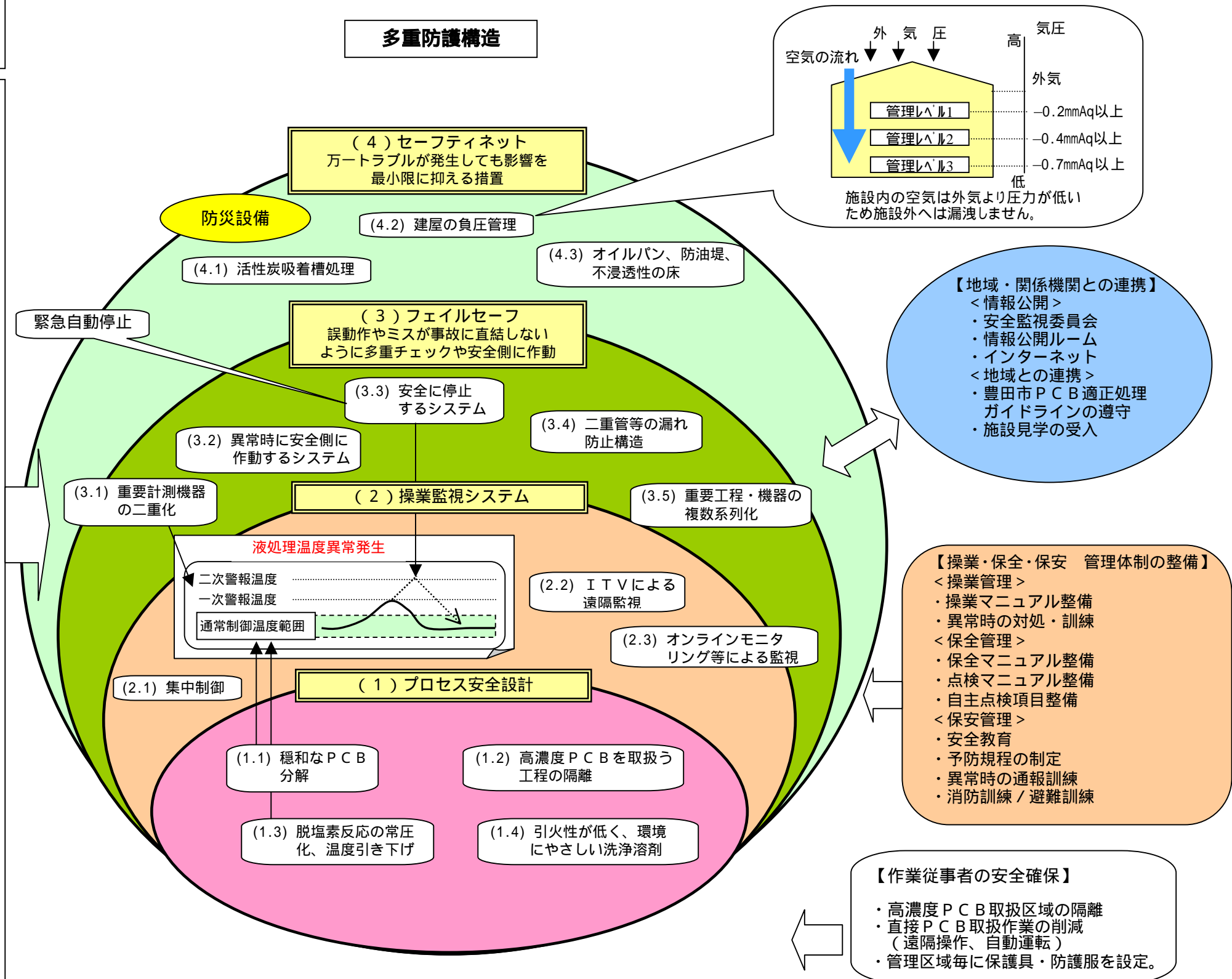
- (3.1) 安全上重要な計測機器は二重化又は警報の多重化。
- (3.2) 停電等の異常時には、自動弁の開閉は安全側に作動するように設計。
- (3.3) 警報と連動して緊急自動停止ができる設計。
- (3.4) 高濃度のPCBを移送する配管は二重管等の漏れ防止構造。
- (3.5) 重要な工程や機器については複数系列化。

(2) 操業監視システムの内容

- (2.1) 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) PCBの分解には、穏和な反応である金属ナトリウム分散油による脱塩素化分解法を採用
- (1.2) 高濃度PCBを取扱う工程の遮蔽フードによる隔離。
- (1.3) 脱塩素反応条件の常圧化と温度の引き下げ。
- (1.4) 引火性が低く、環境にやさしい洗浄剤の採用。



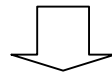
2. 安全解析の概要

2 プラント安全解析概要

(1) プラント安全解析の手法

工程等の特性に応じて以下のような手法を用いて安全解析を実施。

設備の名称	工程等	安全解析手法	
		What-if	HAZOP
受入・保管設備	受入、検査、保管		
前処理設備	除塵、抜油		
	予備洗浄、解体前洗浄		
	解体、分別		
	超音波・攪拌・判定洗浄		
	真空加熱分離、副反応槽、油回収、蒸留		
液処理設備	ドレンネットワーク		
	PCB 受入・供給、液処理、後処理		
保管・払出設備	固液分離、油タンク		
	保管、払出		
排水・排気設備	排水、建屋排気		
	プロセス設備排気		
用役設備	冷却水、窒素、計装空気、熱媒		



(2) プラント安全解析の流れ

<プラント安全設計(多重防護構造)>

リスクマネジメントの考えに立ち、プロセス安全設計、操業監視システム、フェイルセーフ、セーフティネット機能を加えた多重の対策を講じることによって、施設全体の安全性を高度に確保する多重防護構造を導入して基本設計を実施。



<プラント安全解析(1)>

基本設計後、2,653項目を対象に安全解析を実施し、安全性は十分確保されていることが確認されたが、更なる安全性の向上のため22項目を改善し詳細設計に反映。



<プラント安全解析(2)>

詳細設計に反映された改善案が影響を与えると想定される項目(225項目)について再度安全解析を実施し、安全性を確認。



<ハザード発生頻度の確認(定量解析)>

上記の安全解析でプラントの安全性を確認したが、更に豊田施設において発生するおそれのあるハザードとして「施設外へのPCBの漏洩」、「施設内での火災・爆発」が発生する頻度がほとんど起こりえないことを確認するため、定量解析を実施し評価。



*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。

*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。

*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。

(3) 定量解析結果

<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、PCBが排気ラインから漏洩するシナリオについて発生頻度を求めました。

その結果、 1.2×10^{-9} 回/年 となっています。

<施設内での火災>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。本解析では、運転中に溶剤等の化学薬品を引火点や発火点を超えて使用する可能性がある設備又は水素等の可燃性ガスが発生する可能性がある設備を対象として、その設備の機器故障等による酸素の流入等により爆発混合気形成し、着火源により着火し火災に至るシナリオについて発生頻度を求めました。

その結果、 5.3×10^{-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。

以上のとおり、施設外へ影響を及ぼす<PCBの漏洩><施設内での火災>といった潜在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、潜在ハザードの発生頻度としては、十分に低い値といえます。

更に、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・保全管理を充実し、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。