

★製造ラインの省人化対応, ベテランからの経験伝承のミスマッチ, 人工知能や仮想現実を利用した次世代の作業員教育

★容器配管のメンテや薬品保管, コロナウイルス対策, 海外工場での安全管理, 事故発生後の活動維持体制

新刊書籍  
2020年8月発行

# 工場・研究所における

# 災害・事故および各種リスクの可視化と対策

～AI, IoTの利用 / 地震, 風水害, 火災爆発, 異物混入, 漏洩対策 / BCPの整備～

●発行日: 2020年8月31日 ●体裁: A4判 770頁 ●定価: 80,000円(税抜) ●ISBN: 978-4-86104-802-9

※大学、公的機関、医療機関の方には割引価格(アカデミック価格)で販売いたします。詳しくはお問い合わせください。



技術情報協会 工場・研究所

## 本書のポイント



### ★地震・風水害・火災への対応

- ・地震, 防水壁, 停電や雷害への対策
- ・研究室での地震被害例と危険物管理
- ・周辺住民へのアナウンス法
- ・ケミカル・バイオハザード対策
- ・ハザードマップ, 災害シミュレーション



### ★作業員安全へのAIやIoT活用

- ・労働時間とミス発生との相関性
- ・ベテラン工員の暗黙知をAIで継承
- 【事例】指切断のVR映像と同時に指への圧迫衝撃を与えると、作業安全に敏感になる好例多し!

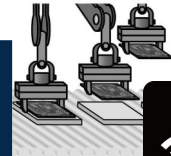
### ★事故の要因把握と対策

- ・引火性物質・反応危険性・混触事故
- ・スケールアップ時の失敗事例
- ・液体やガスの漏洩対策
- ・水垢や過冷却による品質不良
- ・ネズミ, 害虫・異物の混入を防ぐ



### ★検査・予測活動の最新技術

- ・健全性評価, 不具合の可視化
- ・HAZOP, 回転機器の異常性予測
- ・トリリオンセンサ, ドローンの活用
- 工場IoT化のためのノウハウ
- ・ロボットとの協働時の注意点



## 執筆者(敬称略)

東京工業大学 (株)KRI  
半田化学プラント安全研究所  
工学院大学  
クレインテクノコンサルティング  
芝浦工業大学 (株)テクノ菱和  
(株)奈良機械製作所  
BS&Bセイフティシステムズ(株)  
(国研)産業技術総合研究所  
富士フィルム和光純薬(株)  
(株)住化分析センター  
東洋エンジニアリング(株)  
レイズネクスト(株)

中村昌允  
阪井敬  
半田安  
市川紀充  
門真博行  
諏訪好英  
鈴木政典  
高島久継  
那須貴司  
中山良男  
岩田勉  
菊池武史  
矢部一明  
大館佑介

マルイ鍍金工業(株)  
マルイ鍍金工業(株)  
マルイ鍍金工業(株)  
日本ピラー工業(株)  
小波技術士事務所  
ファルマハイジーンサポート  
崇城大学  
(株)高田工業所  
新川電機(株)  
アズビル(株)  
名古屋工業大学  
東芝三菱電機産業システム(株)  
(株)フジ環境サービス  
サラヤ(株)  
関西大学  
西野技術士事務所

遠瀬惇  
石見清隆  
上田英貴  
村上涼平  
小波盛佳  
島一己  
里永憲昭  
劉信芳  
瀧本孝治  
田中雅人  
橋本芳宏  
金子宏一  
高橋朋也  
原田裕  
富岡敏一  
西野敦

横浜国立大学  
大成建設(株)  
大成建設(株)  
大成建設(株)  
大成建設(株)  
千葉大学  
千葉大学  
MS&ADインターリスク総研(株)  
音羽電機工業(株)  
清水技術士事務所  
(株)ヒューマン・ナレッジ  
岡山大学  
大阪市立大学  
千葉大学  
千葉大学  
千葉大学

座間信作  
上田俊彦  
藤田香織  
山口亮  
関山雄介  
町田基  
天野佳正  
三和賀智司  
酒井志郎  
清水健康  
前田康秀  
五福明夫  
岡田明  
諏訪園靖  
渡邊由美香  
能川和浩

(株)日輪  
大阪大学  
7S3T田中塾  
保全革新研究所  
大阪大学  
出光興産(株)  
(国研)産業技術総合研究所  
明治大学  
日本電気(株)  
(株)三菱総合研究所  
みずほ情報総研(株)  
横浜国立大学  
東京工科大学  
JFEスチール(株)  
住友化学(株)  
ダイキン工業(株)

金原慎一郎  
釘原直樹  
田中豊  
佐藤信義  
石丸裕  
長谷川勝宣  
牧野良次  
金子弘昌  
相馬知也  
古屋俊輔  
貴志孝洋  
小柴佑介  
棚橋高成  
山岸新一  
宮田栄三郎  
北野達也

## 第1章 工場・研究所における事故・トラブル発生要因, その分類

### 第1節 工場・研究所における事故の予防や安全対策—概論—

1. 安全管理の基本
2. 工場と研究所との安全性の違い
3. 日本と欧米との安全管理に対する考え方の比較

### 第2節 プラント試運転時における一般的なトラブル事例とその防止策

1. 試運転計画
2. 流体が流れないトラブル事例と流体が漏洩するトラブル事例

## 第2章 火災・爆発事故の発生原因とその対策

### 第1節 工場・研究所における火災・爆発・熱暴走の種類と発生要因

1. なぜ火災、爆発、熱暴走などの事故が起きるのか
2. 物質危険性
3. 人という危険源
4. 外乱
5. 火災・爆発・熱暴走の種類と発生要因

### 第2節 静電気発生メカニズムと生産現場における安全対策

1. 静電気の安全教育の必要性
2. 電子機器の故障や誤動作の原因
3. 電子機器のEMI障害
4. 電子機器の故障や誤動作の防止策
5. 帯電物体の移動で生じる電子機器の誤動作や故障の防止策

### 第3節 静電気による爆発、火災の発生機構とその対策

1. 静電気放電による着火現象
2. 静電気放電による火災事例と対策
  - 2.1 塗料タンクの洗浄、清掃時における火災事例
  - 2.2 粉体ミキサーのホッパーから引火火災事例
  - 2.3 フレキシブルコンテナ袋からの引火火災事例

### 第4節 漏洩ガス、揮発性物質による爆発・火災事故の発生原因と対策

1. 事故の検知と緊急対応
- 2.2 爆発放散口

### 第5節 引火性・爆発性の物質を扱う工程の静電気除去

1. 引火性・爆発性の物質を扱う工程における静電気障害
2. 引火性・爆発性の物質を扱う工程における静電気対策の方法
3. 各種イオナイザー

### 第6節 粉体プロセスにおける粉塵爆発の危険性と防止策について

1. 粉塵爆発
  - 1.1 粉塵爆発とは
  - 1.2 粉塵爆発が起こる条件
  - 1.3 爆発圧力
2. 粉塵爆発事故例
  - 2.1 粉塵爆発事故統計
  - 2.2 米国砂糖精製工場の粉塵爆発事故
3. 粉塵爆発の対策
  - 3.1 不活性ガス循環システム
  - 3.2 爆発放散(ベント)システム
  - 3.3 耐爆圧力衝撃試験, 爆発遮断システム
  - 3.4 火花検知システム

### 第7節 粉じん爆発の事故例と最新の爆発防護技術

1. 爆発事故事例の教訓
2. 爆発放散設備
3. プレームフリー爆発放散設備

4. 爆発抑制システム
5. 爆発シャ断システム(化学式, 機械式)

### 第8節 爆発性物質の衝撃感度試験

1. 爆発性物質, 爆燃と爆ごう
2. 関連法規による爆発性物質の定義
  - 2.1 火薬類取締法令の火薬類
  - 2.2 消防法の危険物
  - 2.3 労働安全衛生法の危険物
  - 2.4 国連輸送勧告の危険物
3. 爆発性物質の感度試験
  5. 落つい感度試験
  6. 摩擦感度試験
  7. 衝撃起爆感度試験

## 第3章 薬品の取扱い, 化学反応異常による事故の発生原因とその対策

### 第1節 工場・研究所における薬品や

物質の取扱い, 反応異常による事故の概要

1. 危険な薬品や物質を安全に取り扱う基本原則
  - 1.1 量は少なく
  - 1.2 濃度は小さく
  - 1.3 混ぜると危険
  - 1.4 余分な物質や薬品は作らない, 置かない
  - 1.5 冷却という言葉は甘く見ない
  - 1.6 物理化学現象に関心を持って
  - 1.7 人が原因で起こる事故も多い
  - 1.8 保護具の活用と非常時の訓練
2. 工場・研究所で取り扱う薬品や物質危険性
  - 2.1 消防法で規制される危険物質の概要
  - 2.2 混触危険性

### 第2節 試薬の安全な取扱い

1. 試薬の情報の入手方法

2.事故事例と対策  
2.1 適切な保護具の未着用 2.2 化学物質の知識不足  
**第3節 反応危険性物質の安全管理**  
1.反応危険性物質による事故情報  
2.プロセス危険性評価  
3.安全対策  
4.暴走反応のハザード評価指標

## 第4章 容器配管における老朽化・閉塞・漏洩事故の発生原因とその対策

**第1節 配管の流体励起振動によるトラブル・事故事例とその対策について**  
1. 圧力脈動による配管振動  
2. 水撃による配管振動  
3. 気液二相流による配管振動  
4. キャビテーションによる配管振動  
5. 減圧装置による音響振動  
6. 周期的なせん断層の剥離による配管振動

**第2節 付着物により発生する配管・機器類の障害とその対策・洗浄方法**  
1.付着物の発生とその影響  
2.設備別に適用できる洗浄方法について  
3.設備別の洗浄方法  
3.1 配管設備 3.2 熱交換器チューブバンドル  
3.3 エアフィンクーラーチューブ 3.4 容器内部  
3.5 加熱炉チューブ内面 3.6 加熱炉チューブ外面  
4.洗浄廃水処理

**第3節 配管の現地不動態化処理**  
1.配管の現地不動態化処理  
2.高耐食性不動態化処理 P-max  
3.医薬品製造装置のタンク容器や配管への電解研磨・前処理の重要性

**第4節 パッキン、ガスケットの漏れ対策**  
1.パッキンについて  
2.ガスケットのシールメカニズム  
3.液体水素用ガスケットのご紹介

**第5節 漏洩・選定トラブルに対するシール技術及びガスケットの選定ポイント**  
1.シートガスケット  
2.ガスケットとフランジの面粗度について  
3.低圧配管でのシートガスケットからうず巻形ガスケットへの置き換え  
4.うず巻形ガスケットの酸化減量

**第6節 粉体の付着・凝集・閉塞トラブルとその防止対策**  
1.粉体の取り扱いにおけるトラブル  
2.粉体の挙動に影響する特有の力  
3.貯槽の閉塞対策  
4.空気輸送における閉塞対策  
5.付着・凝集トラブルの対策

**第7節 ケミカルハザード物質を扱う工場の基本設計と運転管理体制の構築**  
1.ケミカルハザード物質を扱う工場の基本設計  
2.ケミカルハザード物質を扱う工場の運転管理体制の構築

**第8節 災害発生時における微生物取扱い施設におけるバイオセーフティーについて**  
1.バイオセーフティーとは  
2.災害に備えた安全管理  
3.消毒と滅菌  
3.1 エタノール 3.2 次亜塩素酸ナトリウム 3.3 ホルムアルデヒド

## 第5章 電気系統や回転機器、駆動装置の動作異常による事故の発生原因とその対策

**第1節 回転機械等設備の状態監視、寿命予測してプロアクティブ保全**  
1.回転機械設備の状態監視、診断の適用状況  
2.回転機械設備診断装置の問題点および課題  
3.回転機械設備の状態診断法  
4.潤滑油添加剤選定による寿命延長と省エネルギー

**第2節 高経年化回転機械の劣化診断と保全・長寿命化技術**  
1.振動解析による設備劣化状態の評価  
2.劣化診断と保全・長寿命化対策事例

**第3節 HAZOPを利用した回転機器の異常動作と事故リスク予測**  
1.HAZOPの基本手順  
2.ポンプという回転機器で起こる異常動作と事故事例  
3.圧縮機という回転機器で起こる異常動作  
4.送風機という回転機器で起こる異常動作

**第4節 プラントにおける回転機械設備の振動計測とリスク予測への応用**  
1.装置産業の設備維持における課題と対策  
2.回転機械の状態監視・解析診断システム  
3.回転機械の状態監視と診断における振動法の利用  
4.振動検出センサ  
5.無線式振動センサシステム

**第5節 PIDコントローラにIoT機能を分散させた制御状態監視**  
1. IoTにおける制御理論の意義  
2. 制御理論に基づく健康性指標の活用  
3. 温調計(PIDコントローラ)のビジネス構造とIoT

**第6節 プラント制御システムのセキュリティ対策**  
1.化学工場・研究所をとりまくサイバー攻撃の危険性  
2.制御系のサイバーセキュリティに関する世界的な取り組み  
3.プロセス制御系独自のサイバーセキュリティの問題点  
4.プロセス制御系のリスク解析とセキュリティ対策

**第7節 UPSを用いた工場の停電対策**  
1.瞬低事象  
2.設備(負荷)側機器の耐量  
3.UPSの導入・出力電圧性能の分類

## 第6章 工場・研究所における異物混入や汚染による事故の発生原因とその対策

**第1節 生産工場における各種災害と有害生物**  
1.災害に関与する主な有害生物  
2.有害生物による災害の発生  
2.1 ネズミによる火災や停電の発生 2.2 ゴキブリによる火災など  
3.災害による環境変化と有害生物  
4.災害後に有害生物トラブルを招かないために

**第2節 家電機器、電子機器用、害虫の混入や侵入によるトラブルの防止策**  
1.害虫混入/侵入防止手段の種類と特徴  
2.電子機器に対する害虫被害の現状  
3.害虫による被害と誘引要因の解析  
4.新規害虫忌避剤とその効果  
5.防虫コーティングの具体的な事例

**第3節 各種電池の研究、製造、輸送、使用中での火災、爆発の事例と安全対策**  
1.電池性能改善と危険性の増大  
2.電池の火災、爆発の事例  
3. LiB電池の安全対策の代表例  
3.1 安全弁の機能と構造 3.2 安全回路応用  
3.3 Dry roomの高性能化 3.4 電池収納室の冷暖房機能

## 第7章 災害・地震によるトラブルの発生原因とその対策

**第1節 巨大地震による石油コンビナート災害への対応**  
1.石油コンビナートの地震防災対策の実態  
2.南海トラフ地震による石油コンビナート災害の様相と対策のありよう  
3.レジリエンスを高める情報技術  
3.1 リアルタイム石油タンク地震被害評価システム  
3.2 火災等影響評価とそれに基づく防災需要量 3.3 津波対策

**第2節 工場における地震対策について**  
1.工場の地震対策の原則  
2.過去の大型地震における地震被害  
3.建物、設備等の地震対策  
3.1 建物躯体の耐震対策 3.2 建築二次部材の地震対策  
3.3 建築設備の地震対策 3.4 生産装置の地震対策  
4.IoT技術を活用した地震対策技術

**第3節 研究施設における地震・災害対策について**  
1.研究施設の安全管理  
2.地震・災害についての認識  
3.地震や災害に対する心構え  
4.研究棟などの建屋に要求される条件(あるべき姿)  
4.1 実験室内の機器や備品 4.2 実験試薬・薬品の管理  
4.3 高圧ボンベなどの管理(地震時などの災害対策)

**第4節 事業所における水害対策とハザードマップ、浸水シミュレーションの活用**  
1.工場の地震対策の原則  
2.過去の大型地震における地震被害  
3.建物、設備等の地震対策  
4.IoT技術を活用した地震対策技術

**第5節 工場、研究所などの雷害被害と雷保護技術**  
1.工場、研究所における雷被害の現状  
2.雷保護方法の基本  
3.設備の雷保護対策例

## 第8章 プラントの現場管理者の安全教育について

**第1節 プラントの管理者の役割と必要な安全教育**  
1.プラントの管理者と安全管理、安全文化の醸成  
2.管理者が修得すべき知識と技術  
3.安全文化の醸成に対する管理者の役割

**第2節 「5S」の実践による現場事故・災害への防止策**  
1.5S活動が事故・災害の防止に役立つ理由  
2.事故を未然に防ぐ清掃  
3.視野の拡大が事故を防ぐ

**第3節 模擬プラントを用いた運転スキルの抽出の実験的検討とオペレータの概念による伝承の枠組み**  
1.プラントの運転スキル  
2.運転スキルの抽出と表現に関する実験的検討  
3.熟練操作者の視線情報教示の習熟度や応用力への効果の実験的検討  
4.オペレータの概念に基づく運転スキル伝承の枠組み

## 第9章 ヒューマンエラーおよび負傷・疾病とその対策

**第1節 オペレーターの心身負担、ストレスとその緩和**  
1.ストレスは悪者ではない  
2.オペレータの負担  
3.ヒューマンエラーを誘発させる主な要因  
4.疲労やストレスの緩和

**第2節 長時間労働や交代制勤務が健康に与える影響**  
1.長時間労働と心血管疾患  
2.長時間労働とメンタルヘルス  
3.交代制勤務と発がん

**第3節 深層心理にはたらきかける安全意識の高揚**  
1.事故原因の本質  
2.深層心理への働きかけ  
3.「認識の工夫」を見出す、理める  
4.「ラーニング」

**第4節 緊急事態における意思決定要因**

**第5節 製造現場で発生する人的要因による事故やトラブル・災害事例とその対策(成形機型における挟まれ事故による死亡災害の事例)**

**第6節 製造現場で発生する人的要因による事故やトラブル・災害事例とその対策(高所からの墜落事故による死亡災害の事例)**

**第7節 製造現場で発生する人的要因による事故やトラブル・災害事例とその対策(タンク内での酸欠事故による死亡災害の事例)**

**第8節 お金のかからない安全衛生対策～ヒューマンエラーの改善例～**  
1.ヒューマンエラーと災害事故  
2.ヒューマンエラー 分類別対策方法  
3.スリップ(錯認)ヒューマンエラー防止対策 思い込みの防止  
4.ど忘れ、失念(ラプス:lapse) ヒューマンエラー防止対策  
5.知識不足によるヒューマンエラー  
6.技量不足によるヒューマンエラー  
7.ヒューマンエラー対策 改善事例

## 第10章 健全性評価、異常検査技術やリスク予測およびセンシング技術、IoT、AIの活用

**第1節 設備故障数の削減に向けた計画保全体制の構築**  
1.計画保全とは  
2.計画保全の全体像  
3.機器別管理基準  
4.計画保全システム構築の進め方

**第2節 プロセス設備の経年劣化とその管理**  
1.設備経年劣化の背景としての石油化学産業動向  
2.コンビナート設備の事故発生状況  
3.設備の経年劣化(Ageing)とは  
4.化学設備材料の使用による劣化と損傷の発生と進行  
5.材料の劣化、損傷の診断と評価

**第3節 製造プラントにおけるリスク予測と異常検出手法**  
1.製造プロセスのリスク予測と異常検出手法  
2.製造設備のリスク予測と異常検出手法

**第4節 事故データベースとリスク予測の試み**  
1.国内外の事故データベース  
2.事故データベースの活用例  
3.事故データベースとAI

**第5節 ソフトセンサーを用いた化学プロセスの安全管理**

**第6節 プラント保安・保全におけるIoTやビックデータの活用について**  
1.保全現場でAIを活用する際の課題  
2.現場で使える「インバリアント分析技術」  
3.適用領域  
3.1 火力発電所の故障予兆監視  
3.2 音を利用した故障予兆監視

**第7節 IoT・AIの導入による工場・研究所の危険予測の考え方**  
1.IoT・AIと安全  
2.センシング技術  
2.1 マーケティング  
2.2 ネットワーク化  
2.3 無線化  
2.4 可動化(ロボット/ドローン)  
2.5 ソフトセンサー  
3.AIによる危険予測・評価技術  
3.1 機械学習の種類  
3.2 教師あり学習・教師なし学習  
3.3 強化学習  
4.協調安全と統合化された危険予測

## 第11章 工場・研究所における災害時の事業継続性(BCP)への対応

**第1節 工場・研究所におけるBCP、BCM(事業継続)の考え方について**  
1.BCPとBCM、BCMSの違い  
2.リスク管理の推進におけるBCP/BCMの位置づけ  
3.BCP/BCMS策定への取り組み  
4.サブライチエーションに与える化学産業の影響とBCP/BCM  
5.企業間連携BCMSと地域間連携BCMS  
6.BCP策定のアウトライン

**第2節 化学プラント周辺住民の火災・爆発・有毒ガス漏えいに係るフィジカルリスク認知**

## 第12章 各企業における工場・研究所の安全管理の取り組み、事例紹介

**第1節 品質観点による海外サプライヤーの選び方～ブラックサプライヤーを見極める～**

1.ノートPCのTFTパネルサプライヤー  
2.TFTパネルサプライヤーとなる  
3.サプライヤー同士の競合  
4.海外パネルメーカーに入って  
5.製造チーム内部の品質改革  
6.韓国国内協力会社について  
7.中国の協力工場  
8.輸送や保管に関する留意点  
9.ベトナム工場

**第2節 JFEスチールにおける安全文化醸成への取り組み～安全の伝承を中心に～**

1.製鉄所の特徴  
2.鉄鋼業における現場での環境変化と課題1)  
3.JFEスチールの労働災害未然防止の取り組み  
4.安全文化醸成

**第3節 我が社(住友化学)における火災・爆発事故防止への取り組み**  
1.基本的な考え方  
2.マネジメント体制  
3.「認識の工夫」を見出す、理める  
4.プロセス安全管理の仕組み  
5.安全教育・人材育成

**第4節 (ダイキン工業)危険物取り扱いにおける「うっかりミス」の防止のための教育訓練**

1.うっかりミスとは  
2.危険物による事故事例  
3.事故発生メカニズム  
4.うっかりミスによる事故発生の仕組みと防止方法  
5.避けられない事故と避けられる事故  
6.事故は発生しても大きくないために  
7.事故防止のための教育訓練