

平成 21 年 5 月 31 日現在

研究種目：基盤研究 (B)
 研究期間：2007～2008
 課題番号：19310113
 研究課題名 (和文) 化学プラント操業現場におけるハザード解析とリスク管理の体系化
 研究課題名 (英文) Framework of Process Hazard Analysis and Risk Management at Operating Chemical Plant
 研究代表者：
 島田 行恭 (SHIMADA YUKIYASU)
 独立行政法人労働安全衛生総合研究所・化学安全研究グループ・主任研究員
 研究者番号：10253006

研究成果の概要：

化学プラントの生産業務の分析を行い、アクティビティモデルとして整理するとともに、プロセス安全管理のあるべき姿をフレームワークとして提案した。事件事例情報を表現するハザードシナリオグラフを提案し、ハザード伝播構造の検索と解析を支援するシステムを開発した。その他、プラント設計情報を活用したアラーム設計方法、配管の外表面腐食検査支援法を提案し、最後に化学プロセス操業現場における労働安全衛生活動に関する今後の課題をまとめた。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	3,000,000 円	900,000 円	3,900,000 円
2008 年度	2,300,000 円	690,000 円	2,990,000 円
総計	5,300,000 円	1,590,000 円	6,890,000 円

研究分野：システム安全工学

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学 社会システム工学・安全システム

キーワード：アクティビティモデル、アラーム設計、化学プラント、事件事例情報、

設計論理情報、プロセス安全管理、プロセスハザード解析、労働安全衛生

1. 研究開始当初の背景

(1) プラント操業現場の安全管理問題

- ① 一般に化学プロセスでは、全体の 80% の安全は設計段階での論理的解析に基づいて実現されると言われるが、残り 20% は現場の経験的な安全管理活動に依存している。
- ② 事故原因の中には、何故それがハザードとなり得ることに気付かなかったのかというようリスク管理のあり方の問題に起因した事故が意外にも多い。
- ③ 通常、プラント操業現場の安全管理担当者はマニュアル (ルール) を作り、それを遵守させていれば、事故は起こり得ないと考えているが、ハザードの存在を知らされていない場合、現場にとっては想定外の異常であり、マニュアルも準備されておらず、いざという時、対応することができない。

また、マニュアルは存在していても、その異常事態への対応策の論理的な根拠 (理由) を理解できていない場合、現場の状況に対して誤判断、誤操作を行い、重大な事故・災害発生に至ってしまう可能性がある。

(2) 実際のプラント操業環境とリスクマネジメントシステムの乖離、事件事例情報の公開

① 製造現場で事故が多発したのを受け、各省庁における法規制が改正されるとともに、企業には自主保安をベースとした、より具体的で体系化された安全管理体制 (マネジメントシステム) の構築 (仕組み作り) が必須義務とされているが、多くの企業が論理的で体系化された安全管理を実施できる体制とはなっておらず、実際の現場では、どこまでやれば安全が保証されるのか? という課題を抱えている。また、行政側も

何をどのようにチェックすれば、実効性のある監査を行うことができるのかについて、企業の安全文化、コンプライアンスの問題等の観点から再検討を始めており、現場での対応を含めたリスク管理のあり方の見直しに重点が置かれている。

- ② 事象事例情報の活用は同様の事故を防ぐための重要な手段であるが、国内では事象事例情報の積極的な収集と公開には時間が掛かり、また事象事例を組織的に収集し、活用する環境を整備する方策は無い。そのため、熟練技術者の経験的知識に依存して実施されているプラント操業現場の安全管理では、不幸にして起こった他での事象事例も参照することができず、同様の事故発生を繰り返す結果となっている。

2. 研究の目的

本研究では『化学プラント操業現場でのハザード解析方法とリスク管理モデルの開発』を行う。プラントライフサイクルにわたる安全管理技術情報と公表されている事象事例データベースを活用することにより、プラント操業現場での予期せぬ事故・災害発生を防ぐための方法を検討し、実際のプラント操業現場で利用することを目的としたリスク管理情報活用のためのモデルを構築する。如何に効率良く、漏れなくハザードを発見し、論理的に対策を実施できるかが決め手となる。

3. 研究の方法

図1に研究の概要（申請時に作成）を示すが、企業における現場の安全管理の実状と行政における対応を分析しながら、各研究分担者のこれまでの取り組みを発展させる形で研究を進める。

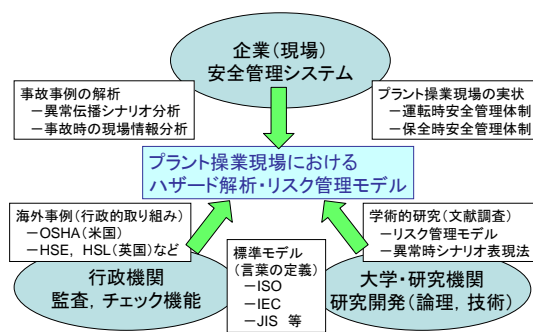


図1 研究の概要（申請時記載）

(1) プラントライフサイクルにわたる安全管理技術情報活用についての検討

従来の研究活動で提案したプラントの設計論理情報の表現方法や活用モデルを基に、プラント操業現場でのハザードの見逃しを防ぎ、論理的なリスク低減対策を実施するためのリスク管理の体系化を行う。ここではプラント設計段階での安全設計の議論をベースに、現場での安全管理のあり方を見直す。

従来、経験的に実施されてきた運転、保全業務に対して、設計段階で検討されたハザード解析の論理（意図）を説明できるようにすることと、設計論理の見直しにより導かれるプラント操業現場でのハザード解析方法を提案する。具体的には次の点について検討する。

- ① ハザード解析に基づくプロセス設計業務の体系化（アラーム設計を具体例として）
- ② 生産（運転、保全）業務の分析とモデル化（設備管理支援の具体例を含む）
- ③ プロセス安全管理に関する業務分析とモデル化

(2) 事象事例情報を活用したリスク管理（ハザード分析、リスク低減対策等）の体系化
事故シナリオの分析を通じて、現場での安全管理の問題点を整理するとともに、同種の事故・災害発生防止のための事象事例情報の活用方法を提案する。具体的には次の点について検討する。

- ① 事象事例、ヒヤリハット情報等を参考にした実際のプラント操業現場でのハザードの把握
- ② 事故発生に関する設計上の問題の把握
- ③ 米国 CSB (U. S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board), 高压ガス保安協会等の事象事例データベース (DB) の活用に関する調査と DB を使用する立場から見た利用方法の検討

(3) 提案する方法が実務で役に立つかどうかの検証

学会 WG 活動, 研究会, 委員会等での発表, 講演, 意見交換等による企業有識者とのディスカッションを通じて, 提案手法, モデルの有用性を検証し, 改良を続ける。

4. 研究成果

化学プラントのリスク管理のためのモデルを提案するとともに、ハザード解析を支援するための事象事例情報の活用について検討した。さらにプラント操業現場におけるアラーム設計（管理）、設備診断に関する具体的な技術課題に取り組み、最後に今後の課題をまとめた。以下、要点をまとめる。

(1) プラントライフサイクルにわたる安全管理情報活用を目的として、プラント操業現場での活動の中心となる生産（運転と保全）業務の分析を行い、アクティビティモデルとして整理した。またプロセス安全管理（PSM：Process Safety Management）のあるべき姿を検討し、フレームワークとしてまとめた。このフレームワークの中で PSM 情報収集と共有化のための業務の流れや変更管理のための情報のアップデートと伝達の流れ等を確認するとともに、体系化された PSM としての有用性を企業有識者を交えたミーティングにおいて検証中である。図2に PDCA サイクルを実現するアクティビティモデル作成のためのテンプレートを示す。

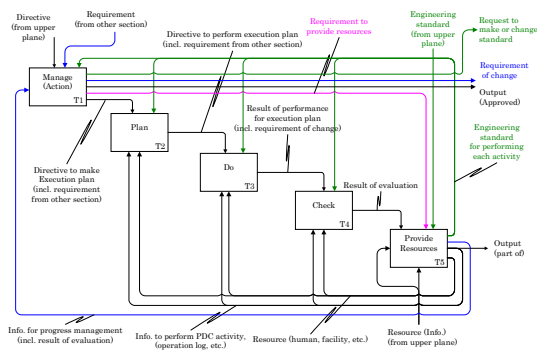


図2 PDCAサイクルを実現するアクティビティモデル作成のためのテンプレート

(2) 新規または既存の化学プラントのリスクアセスメントを実施する際に最も重要となるのは潜在するハザードを如何に発見するかであり、過去に発生した事象事例情報を活用することは有用である。ハザード伝播構造をモデル化した HSG (ハザードシナリオグラフ) を提案した (図3に一例)。HSGはプロセスプラントのエンジニアリング業務や運転・保全業務等に関して標準となる知識表現を定義した ISO 15926 に基づいており、対象の種別、構造、特性、事象、関係等の定義を取り込むとともに、物質特性、機器情報、保全業務等のデータを統一された形式で表現し、利用することが可能となる。いくつかの事象事例に対するハザード伝播構造を HSG で表現するとともに、ハザード解析支援システムを開発し、シナリオ表現方法とハザード伝播構造検索支援システムの改良を続けた。

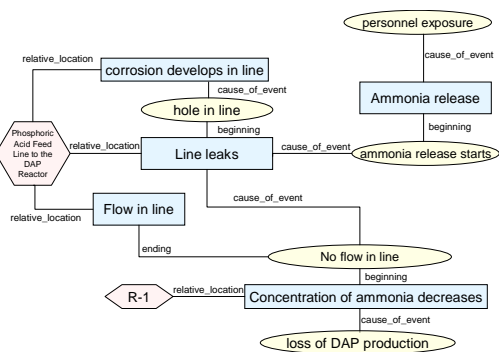


図3 ハザードシナリオグラフの例

(3) 独立防御階層の概念を基に設計論理情報をプラント設計段階で積極的に活用することで、より安全で信頼性の高いプラント設計を可能にする。ここでは具体例として、異常原因とそのシステムへの影響を網羅的に解析することが可能な HAZOP の解析結果に基づいて、アラームロジックを原因系と結果系に分けて設計する手法を検討した。アラーム設置の優先基準となるハザードの過酷度や運

転員の許容対応時間等を考慮した設計も可能になる。

(4) 保温保冷配管の外表面腐食検査支援を目的として、グラフ理論と線形計画法を利用し、配管の着目する箇所についての断熱材を除去する前に得られる情報 (設計情報、運転情報、外観等) と事例データベースから外表面腐食による最大減肉速度を推参する方法を提案し、事例データに適用した結果を報告した。

(5) 労働安全衛生の課題として、平成 20 年から平成 24 年を目標年度とした「第 11 次労働災害防止計画」が推進されているが、ここでは「第 10 次、及び第 11 次労働災害防止計画」の趣旨を受け、特に化学プロセス産業等の製造現場における労働安全衛生施策の推進について概説するとともに、労働安全衛生活動の取り組みに関する課題をまとめた。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 3 件)

(1) 松山久義, 立野繁之, 武田和宏, 大島榮次, グラフ理論と線形計画法を利用した保温保冷配管の外表面腐食検査箇所の選択支援], 設備管理学会誌, 19, 4, 228-234 (2008) (査読有)

(2) K. Takeda, S. Sugioka, Y. Shimada, T. Hamaguchi, T. Kitajima and T. Fuchino, LCA of the Various Vehicles in Environment and Safety Aspect, Lecture Notes in Artificial Intelligence, 5179, 9-16 (2008) (査読有)

(3) T. Hamaguchi, K. Takeda, Y. Shimada and Y. Hashimoto, Plant Model Generation for Countermeasure Planning, Lecture Notes in Artificial Intelligence, 5179, 17-24 (2008) (査読有)

[学会発表] (計 19 件)

(1) 島田行恭, 新しいプロセス安全管理のフレームワーク構築の取り組み, 化学工学会第 74 年会, S-1, 2009 年 3 月 18 日, 横浜

(2) 島田行恭, 北島禎二, HSE 業務を考慮したプロセス運転管理業務リファレンスモデルの構築, 第 41 回安全工学研究発表会, 75, 217-220, 2008 年 11 月 28 日, 東京

(3) Y. Shimada, Reference Model of Safety Operation Management for Preventing Industrial Accident in Chemical Processes, International Symposium on Industrial Safety and Health, ISISH2008, 2008 年 11 月 6 日, ソウル (韓国)

(4) 原田真志, 高橋陽介, 松山久義, 立野繁之, 武田和宏, 大島榮次, 事例を基にした保温保冷配管の外表面腐食速度の推算における事例 DB の混用の可否の判定法, 化学工学会第 40 回秋季大会, K314, 2008 年 9 月 26 日, 仙台

(5) 島田行恭, 北島禎二, プラントライフサイクルにわたるプロセス安全管理の体系

- 化, 化学工学会第 40 回秋季大会, H105, 2008 年 9 月 24 日, 仙台
- (6) 北島禎二, 島田行恭, プロセス産業を対象とした生産スケジューリングのモデリング, スケジューリング・シンポジウム 2008, OS2-2-3, 79-84, 2008 年 9 月 19 日, 東京
- (7) 島田行恭, 熊崎美枝子, 北島禎二, 化学プラントの安全運転管理のためのリファレンスモデル構築, 安全工学シンポジウム 2008, 7-2, 2008 年 7 月 10 日, 東京
- (8) 熊崎美枝子, 中村隆宏, 島田行恭, 高木元也, リスクマネジメントにおける危険源洗い出しに関する検討, 安全工学シンポジウム 2008, 7-1, 2008 年 7 月 10 日, 東京
- (9) R. Batres, T. Suzuki, Y. Shimada and T. Fuchino, A graphical Approach for Hazard Identification, 18th European Symposium on Computer Aided Process Engineering, ESCAPE-18, 2008 年 6 月 2 日, リヨン (フランス)
- (10) T. Fuchino, Y. Shimada, M. Miyazawa and Y. Naka, Business Process Model for Knowledge Management in Plant Maintenance, 18th European Symposium on Computer Aided Process Engineering, ESCAPE-18, 955-960, 2008 年 6 月 2 日, リヨン (フランス)
- (11) 社澤裕, 島田行恭, 澁野哲郎, PHA に基づくプロセスアラームロジック設計手法の開発, 日本機械学会産業・化学機械と安全部門研究発表講演会 2008, OS1-6, 2008 年 5 月 23 日, 東京
- (12) Y. Shazawa, T. Fuchino and Y. Shimada, Rationalized Alarm Logic Design based on Process Hazard Analysis, 9th International Conference on Probabilistic Safety Assessment and Management, PSAM9, 211, 2008 年 5 月 21 日, 香港 (中国)
- (13) R. Batres, Y. Shimada and T. Fuchino, A graphical Approach for Representing Hazard Scenarios, 4th Global Congress on Process Safety, AIChE Spring National Meeting, 2008 年 4 月 8 日, ニューオーリンズ (米国)
- (14) 司建, 立野繁之, 松山久義, 堀内浩, 武田和宏, 大島榮次, ニューラルネットワークによる保温保冷配管の外腐食減肉速度の推算における入力条件の重要度評価, 化学工学会第 73 年会, G119, 2008 年 3 月 17 日, 浜松
- (15) 武田和宏, 三浦元気, 安田憲二, 堀郁夫, 若倉正英, 廃棄物処理施設の安全フレームワーク構築に向けて, 第 40 回安全工学研究発表会, 12, 37-38, 2007 年 12 月 6 日, 東京
- (16) Y. Shimada, Approach to Systematize the Process Safety Management System in Chemical Industry of Japan, The 2nd Conference of Asian Occupational Safety & Health Research Institutes, 2007 年 11 月 21 日, インチョン (韓国)
- (17) G. Miura and K. Takeda, Development of Safety Management Framework about Waste Disposal Facility, Inter-Academia 2007, 1343-1350, 2007 年 9 月 28 日, 浜松
- (18) S. Sugioka and K. Takeda, LCA of a Safety Operative System of the Clean Energy for Mobile Use, Inter-Academia 2007, 993-1001, 2007 年 9 月 27 日, 浜松
- (19) 島田行恭, 熊崎美枝子, 川端鋭憲, 労働災害防止の観点から見た化学プラントの安全管理問題, 安全工学シンポジウム 2007, 3-6, 2007 年 7 月 5 日, 東京
- [その他]
- (1) 島田行恭, RBPS (Risk Based Process Safety) の紹介, 化学工学, 73, 4, 202 (2009)
- (2) 野田賢, 武田和宏, 鈴木剛, 山中文彦, 島廻昭朗, 川原裕紀, 樋口文孝, 小林靖典, ZOOM UP ; アラームマネジメント-その考え方と進展方向, 計装, 52, 1, 91-95 (2009)
- (3) 島田行恭, 化学工学年鑑 2008, 14. 安全, 14.2 安全技術, 化学工学, 72, 10, 587-588 (2008)
- (4) 武田和宏, 廃棄物処理施設におけるプロセス安全, 環境技術会誌, 132, 7, 41-45 (2008)
6. 研究組織
- (1) 研究代表者
島田 行恭 (SHIMADA YUKIYASU)
独立行政法人労働安全衛生総合研究所・
化学安全研究グループ・主任研究員
研究者番号: 1 0 2 5 3 0 0 6
- (2) 研究分担者
- (3) 連携研究者
澁野 哲郎 (FUCHINO TETSUO)
東京工業大学・大学院理工学研究科・
准教授
研究者番号: 3 0 2 1 9 0 7 6
バトレス ラファエル (BATRES RAFAEL)
豊橋技術科学大学・工学部・准教授
研究者番号: 2 0 3 1 3 3 7 2
武田 和宏 (TAKEDA KAZUHIRO)
静岡大学・工学部・准教授
研究者番号: 6 0 2 7 4 5 0 2
川端 鋭憲 (KAWABATA TOSHINORI)
お茶の水女子大学・サイエンス&エデュ
ケーションセンター・教務補佐
研究者番号: 3 0 4 4 7 5 7 8
北島 禎二 (KITAJIMA TEIJI)
東京農工大学・共生科学技術研究科・助教
研究者番号: 8 0 2 7 3 8 4 5