

Specific Research Reports of the National Institute
of Industrial Safety, NIIS-SRR-NO.27 (2002)
UDC 614.8.01: 331.452: 66.09: 66.02: 54.01

1. 序 論

松井英憲*

1. Introduction

by Hidenori MATSUI*

Abstract : Many kinds of chemical substances are processed in industries. Industrial explosions and fires related to chemical processes have shown a tendency to increase since 1996 in Japan. Although, the rate of total number of occupational casualties caused by explosion and fire is not so high in the total occupational casualties, the number of serious accidents (more than three casualties) due to the industrial explosion, fire and poisoning shows the second highest rank next to the traffic accidents. Some results of the industrial explosions such as the accidental explosion of the hydroxyl amine distillation plant in Gunma prefecture and the accidental explosion of the hydrogen peroxide tank truck on the metropolitan expressway gave a great influence on the public. It is very important to assess the explosion hazards in chemical processes and to take preventive measures against accidental explosions caused by chemical substances.

The objectives and research subjects of this specific comprehensive research are as follows:

(1) To develop the techniques of chemical reaction hazard evaluation by considering the factors such as chemical and physical parameters in chemical reaction, method of reaction control and operation procedures.

- A survey on evaluation techniques of reaction runaway hazards in chemical processes
- Real time optimization of reaction parameter and measurement prediction
- A new prediction method of heat release rate for heterogeneous liquid-liquid batch reactions with the agitation speed

(2) To reveal the dust flame propagation mechanism and to develop a dust explosion suppression devices for prevention of dust explosion in chemical processes.

- Propagation behavior and mechanism of the dust flame in a duct
- Suppression of dust flames propagating in a duct
- Quenching with water sprays, wire Gauze, and isolation by inert gas-

(3) To develop a method for evaluation of the insulation in a mounted wiring board, and also to develop a fail safe design in gas detection system and safety control design for computerized chemical plants.

- The evaluation of the insulation in a mounted wiring board by the monitor using wiring board of the comb-pattern
- Basic requirements and a construction method for a gas detection system with asymmetrical failure characteristics
- Safety control design and safety evaluation for computerized plant system

(4) To develop a computer soft ware which aids investigation of industrial explosions and planning a explosion preventive measures based on the chemical process accident database. The soft wares can be used for safety education.

- Development of the chemical process accident database
- Development of the support system for prevention of explosions at chemical processes

Keywords; Chemical processes, Industrial explosions, Explosion hazard evaluation, Safety measures

* 化学安全研究グループ Chemical Safety Research Group

1. 特別研究の背景

産業界においては、多種多様な化学物質が取り扱われており、平成 8 年以降、化学物質に起因する化学プロセス関連の爆発・火災事故は増大の傾向にある。爆発・火災災害による死傷者数の全労働災害に占める割合はそれほど多くはないが、重大災害発生件数に占める爆発・火災・中毒など、化学災害の割合は、交通災害に次いで高いものとなっている¹⁾。また、一旦生じると、群馬のヒドロキシルアミン製造工場の爆発・火災²⁾や首都高速道路における過酸化水素タンク車の爆発³⁾等に見られるように、社会的な影響が大きい災害が少なくない。

その原因として、リストラによる現場熟練作業や安全管理者の減少、安全技術情報の不足、普及の不徹底などが挙げられる。企業の安全管理体制を強化するためには、設備やプロセスの危険性を知り、異常の兆候を理解し、異常に機敏に対処するなどの、現場でのノウハウの蓄積が重要である（化学安全対策会議報告書⁴⁾、平成 9 年 3 月）。そのため、昨今の技術革新、労働環境に対応した、爆発災害に対する先導的安全技術の開発、向上、安全情報の普及等、安全対策の高度化、効率化が求められている（第 9 次労働災害防止計画）。

第 9 次（平成 10 ～ 14 年度）労働災害防止計画（閣議報告）では、重点対象分野における労働災害の防止対策として、以下の項目による爆発・火災防止対策の充実、推進が示されている。

- ①化学プラントに係るセーフティ・アセスメントの充実
- ②非定常作業の安全衛生管理の充実
- ③安全衛生管理のノウハウの継承等を含む化学工業における総合的安全衛生管理の推進
- ④廃棄物処理業等における爆発・火災災害の防止対策の徹底
- ⑤粉じん爆発防止対策の充実

2. 特別研究の目的

本特別研究においては、以下の諸点を目的に総合的な研究を行った。

生産現場での安全を確保するには、化学プロセスにおける危険性を予測することが重要である。従来、主として行われてきた物質の化学的危険性評価から一歩進んで、取り扱い物質の物理的因子やスケールアップ時の規模効果、並びに反応の制御方法や操作手順をも考慮したプロセス全体の危険性を定量的に評価する手法を開発し、安全指針⁵⁾等に反映させ

る。

最近では微粉状の粉体を取り扱うプロセスにおいて、粉じん爆発が多発している。粉じん爆発火災の伝ば機構については未解明な部分が多く、まず、基礎的な実験で粉じん火災伝ば機構を明らかにし、その成果を基に、無公害で信頼性の高い安価な粉じん爆発抑制装置の開発を行う。

化学工場等では、各種のプロセスに制御システムが設けられているが、腐食や高温等の劣悪な環境に曝されるため、制御回路や電磁弁等が劣化して制御不能になり、災害が発生している場合がある。このため、制御回路や機器の劣化診断技術を開発し、劣化や故障あるいは異常状態が生じて、プロセスにおいて爆発や暴走を抑制できる安全制御装置や回路の試作を行い、化学プロセス安全制御システムを開発する。その結果、制御回路の寿命予測が可能となり、検査期間の見直し等、合理的な規制の緩和にも寄与する。また、制御方法のフェールセーフ化により、化学プロセスの本質安全性の確保が可能となる。

安全技術や情報の普及を促進するため、化学プロセスにおける災害情報をデータベース化する。これらのデータベースを基に、化学災害に不慣れな現場の安全管理者や、行政機関の監督者を対象とした、パソコンを用いた爆発事故原因調査支援ソフト及び爆発災害防止対策策定支援ソフトの開発を行い、安全教育・訓練用教材として活用、普及する。

3. 特別研究の概要

前記目的を達成するため、下記の事項について研究を行った。

- (1) 化学プロセスにおける爆発危険性の評価手法の開発

本研究においては、当初、化学プロセスにおける危険性予測のためのシミュレーション技術を開発することに取り組んだが、現象のあらゆる特性をすべて正確に記述するモデルの構築が必要であり、これは短期間ではなし得ず、今回の報告書にまとめることができなかった。ここでは以下の研究成果が報告されている。

- ①化学プロセスにおける反応暴走危険性の評価手法について

反応暴走による爆発や破裂災害を防止するための熱分析手法について比較・検討を行い、新しい小型反応熱量計等を用いた、微量不純物による過酸化水素やヒドロキシルアミン類の爆発危険性評価の実施例が示された。

- ②反応パラメータの実時間非線形最適化と測定予測
近年のコンピュータの高速化を受けて可能になった大規模な非線形最適化手法を用いて、化学プロセスにおける反応パラメータを、実際の測定データから実時間内で推定し、パラメータのその後の推移を正確に予測する手法の提案を行い、ベンチスケールのプラントに適用して実用できることを検証した。
- ③液・液不均一系のバッチ反応における攪はん速度と発熱速度の関係
攪拌条件が不適切なために生じる液・液不均一反応プロセスにおける爆発災害の防止のため、種々攪拌速度における液・液不均一反応の反応速度変化を計算で予測する手法の提案を行い、バッチ反応系における液・液不均一反応の発熱速度時間変化を攪拌速度を変数として表現できる実験式を示した。これらの成果は、これまで取り扱いが困難であった不均一反応系の反応速度の制御に有用な指針となり得る。
- (2) 粉体取り扱いプロセスにおける粉じん爆発抑制技術の開発
- ④管路における粉じん爆発火災の伝ば挙動と機構
粉じん爆発抑制装置開発の予備段階として、粉じんの爆発性評価の標準物質の一つである石松子を用いて、管路における粉じん爆発火災の伝ば挙動の観察と、伝ば機構の解明に関する基礎実験を行った。
- ⑤配管内を伝ばする粉じん火災の抑止
火災抑止装置実用化のため、配管内を伝ばする粉じん火災をセンサで検知（検出）し、水噴霧による消炎、あるいは不活性ガスを噴射することで火災を抑止する方法を検討し、設計に必要な知見を得るための実験を行った。実験では、最適な水噴霧条件、不活性ガス噴射条件に関するデータを収集した。
- (3) 化学プロセスの安全制御技術の開発
- ⑥モニター用配線板を利用した実装配線板の絶縁評価
電子機器の軽量化、高機能化に伴い、化学プラント等の過酷な環境下でも狭ピッチの配線板が計測・制御用機器の部品に使われている。配線板は、環境から電氣的、化学的ストレスを受け、絶縁性が低下する。櫛形パターンのモニター用配線板を使用することにより、実装配線板が置かれている環境を評価し、間接的に回路の絶縁低下を診断する方法について検討を行った。
- ⑦非対称誤り特性を有するガス検知システムの基礎的要件と構成法
化学プラント等では必須のガス漏洩検知システムにおいて、自動化された検知動作の過程で、ガス検

知に先んじて検知機能の正常性確認を実行することにより、非対称誤り特性を実現する安全確認型ガス検知システムの構成手法を提案した。その検証例として、熱伝導度センサを検知器とするガスクロマトグラフと、異種多重化論理に基づく三重化プログラマブルコントローラを用いたガス検知システムを構築し、その有効性を確認した。

- ⑧コンピュータを用いるプラント設備の安全制御設計手法と安全性評価

機能的制御を行うコンピュータが導入されたプラント設備に対して、インターロックを担うコンピュータを階層配置する安全制御システムについて、熱交換器モデルを例に安全性評価を行った。

- (4) 爆発災害防止支援システムの開発

- ⑨化学プロセス災害情報データベースの構築

所内で運用中の爆発火災災害データベースを基に、化学プロセス災害に特化したデータベースの構築を行った。このデータベースは、化学プロセスにおける爆発火災危険性の明確化や事故の原因調査の支援などを目的とする爆発災害防止支援システムの構成要素となる。

- ⑩化学プロセスにおける爆発災害防止支援システムの開発

前記データベースを基に、事例検索・集計プログラム及び防止対策データベースの構築を行い、パソコン上で、爆発事故原因調査及び爆発災害防止対策策定を支援するソフトの開発を行った。

巻末には、付録として、最近の化学プロセスに関わる爆発・火災災害事例を示した。

参考文献

- 1) 安全衛生年鑑，平成 13 年版，中央労働災害防止協会（2001）。
- 2) 災害調査報告書，日進化工(株)群馬工場爆発災害，平成 13 年 6 月，産業安全研究所。
- 3) 松井英憲，安藤隆之，熊崎美枝子，首都高速道における過酸化水素積載タンク車の爆発，安全工学，Vol.41, No.2 p.114（2002）。
- 4) 化学工業における安全管理のあり方に関する検討結果報告書，平成 9 年 3 月，化学安全対策会議。
- 5) 産業安全研究所安全ガイド，ヒドロキシルアミン等の爆発危険性と安全な取扱いについて，NIIS-SG-NO.1（2001）。

（平成 14 年 9 月 11 日 受理）