

# 産業保安と事故事例データベースの活用

## — リレーショナル化学災害データベース(RISCAD)と事故分析手法PFA —

和田 有司

産業技術総合研究所では、化学物質が関連する火災、爆発、漏洩などによる事故事例を集めた「リレーショナル化学災害データベース (RISCAD: Relational Information System for Chemical Accidents Database)」を開発し、運用している。この論文では、RISCADの概要とその開発経緯を紹介する。また、複雑な事故を容易に理解するために、RISCADの一部の事故事例には、事故を時系列で整理し、原因を分析した「事故進展フロー図」を収録している、この「事故進展フロー図」を作成するために開発され、組織の安全意識の向上に有効な「事故分析手法PFA」(PFA: Progress Flow Analysis)の実施手順と企業の産業保安への活用手法について検討した結果を報告する。

**キーワード:** データベース、化学災害、産業保安、原因体系化、事故分析手法 PFA

## Industrial safety and application of a chemical accident database

### – Relational Information System for Chemical Accidents Database (RISCAD) and accident analysis method PFA –

Yuji WADA

The Relational Information System for Chemical Accidents Database (RISCAD) has been developed and operated on data concerning fires, explosions, and leakage accidents related to chemical substances, chemical processes, high-pressure gases, and explosives. In RISCAD, to understand the complicated accidents easily, some of the accident data are linked to “the accident progress flowchart,” which shows the time line and the cause analysis of each accident. In order to make these accident progress flowcharts, the accident analysis called the “Progress Flow Analysis (PFA)” was conducted. This analysis method is also useful for increasing the safety awareness of companies. In this paper, the outline and development process of RISCAD are introduced, and the procedure and application of PFA for industrial safety are reported.

**Keywords:** Database, chemical accidents, industrial safety, conceptual model for causes, Progress Flow Analysis (PFA)

### 1 はじめに

最近、大きな化学事故が増えている。個々の事故の原因はさまざまだろうが、その根本となる原因の一つに、熟練技術者の減少が関係していると言われている。1970年代までにいろいろなトラブルを経験しながら現場を支えてきた熟練技術者達がリタイアし、安定操業が当たり前の時代の技術者が現場を支えている。トラブルの経験がない者がトラブルに対応しようとしても、うまくいかない。このような状況を打開するために、体験型の安全教育が盛んに行われているが、まだまだ十分とは言えないのが現状である。

「事故に学ぶ」とは良く言われる言葉であるが、実際に事故を起こしてしまっただけでは、本末転倒である。そこで、「過去の事故事例に学ぶ」ことが必要になる。この論文では、事故事例を学ぶことによって、事故事例を疑似的に体験し、事故を繰り返さないことを目的に開発され

た「リレーショナル化学災害データベース (RISCAD: Relational Information System for Chemical Accidents Database)」の概要とその開発経緯を紹介する。また、RISCADの一部の事故事例に収録されている「事故進展フロー図」を作成するために開発され、組織の安全意識の向上に有効な「事故分析手法 PFA」(PFA: Progress Flow Analysis)<sup>[1]</sup>の実施手順と企業の産業保安への活用手法について検討した結果を報告する。

### 2 リレーショナル化学災害データベース (RISCAD)

#### 2.1 事故事例データベースの意義

ある化学プラントで事故が起きてしまったとき、過去に同じ化学プラントで同じような事故を起こしていたとしたら、それは厳しく非難されるであろう。そうでなくても、同じような事故が他の企業や化学プラントで起こっていて、その

産業技術総合研究所 安全科学研究部門 〒305-8569 つくば市小野川 16-1 つくば西  
Research Institute of Science for Safety and Sustainability, AIST Tsukuba West, 16-1 Onogawa, Tsukuba 305-8569, Japan \* E-mail: yuji.wada@aist.go.jp

Original manuscript received August 31, 2012, Revisions received May 10, 2013, Accepted May 13, 2013

事故情報を活用していなかったとしたら、やはり厳しく非難されるであろう。過去の事故は、将来の事故を防ぐための教師である。何かをやらうとするとき、どういう危険性がある、どういう事故が起こりうるかは、実際にやってみなければわからないことが多い。しかし、実際にやってみるまでもなく、過去にやってみた事例があって、失敗して、事故という教材を残してくれているとしたら、それを学ぶべきである。これが事故事例収集の原点である。

しかし、実際に事故事例を収集してみればわかるが、自分たちが目的とすることと同じようなことをやって起きた事故事例というのは、容易には見つからない。そこで、まずはできるだけ数多くの事故事例を集めておいて、その中から目的に合う事故事例を探し出せるようにする。これは初歩的な事故事例収集の考え方であり、事故事例データベースが必要とされる理由でもある。

初歩的な、と書いたが、現状では、おそらくそれが最善の方法であり、最低限やっておかなければならないことであろう。それでも、それで目的に合う事故事例が見つければよい方で、見つかったとしても、そこから役に立つ情報が得られるとは限らない。現状は、見つけた事故事例の再発防止対策をみて、自社の対策と比較して、安心することができる程度ではなからうか。

2001年に米国CSB (U.S. Chemical Safety Board) を訪問した際に、CSBでは過去3年間のプロジェクトで約1千万件の事故情報を収集し、さらにそれを約60万件まで絞り込んでみたが、結局は事故の分析に結びつく有益な情報は何も得られなかったとのことであった。つまり、ただ事故事例を集めただけでは意味がない。この結果を受けて、CSBではデータベースの運用方針を転換した。年に数件の事例だけを選び出し、2-5名の調査チームを作って、労働者や管理者へのインタビューを交えた詳細な調査を行い、分析して、事故調査報告書を発表することにした。

しかし、CSBは、化学産業を中心に産業界や政府に対して勧告する権限を持つ政府系の独立機関であって、事故の調査権も持つ特別な機関である。日本の化学産業の事故に関しては、このような調査機関が存在しない。したがって、国内の化学事故に関してCSBの事故調査報告書のような踏み込んだ内容の事故調査報告書を探そうとしても、おそらく困難であろう。

結果として、日本では事故の分析は自分でやらなければならない。単に目的に合うような事例を見つけて、再発防止対策を確認する以上のことを事故事例から学びたいければ、収集する事故の範囲を広げて、集めた事例を分析し、そこから何か自分たちに役立つ教訓を見つけ出さなければならない。これが事故事例収集のもう一つの目的である。

## 2.2 RISCAD開発経緯

1990年代後半に、横浜国立大学 小川輝繁教授(現名誉教授、安全科学研究部門研究顧問)らが中心となって設立した「物質安全研究会」は、化学プラントの安全性診断のためのエキスパートシステムの開発を進めていた<sup>[2][4]</sup>。化学企業の安全エキスパートと呼ばれた方々の思考回路をシステム化しようという試みであった。その中で安全エキスパートの方々は、化学工学や化学プロセス安全の知識に加え、過去の事故事例を整理して、頭の中に蓄えている、ということがわかってきた。そこで、エキスパートシステムへの事故事例データベースの組み込みが必須と考えられたが、当時の日本国内の事故事例データベースは、文字情報を主体とし、単に数行の事故の概要が収録されているにすぎず、事故事例からの何らかの知識や教訓を得られる、というものではなかった。

そこで、産総研が中心となって、化学事故に特化した事故事例データベースの開発を計画した。そして、1999年10月より3年間、科学技術振興機構(JST)の研究情報データベース化事業の支援を受け、「物性リンク型化学事故事例データベース」(RISCAD開発段階のプロジェクト名)の開発を進め、2002年10月に公開したデータベースがRISCADである。

開発に際して特に考慮したのは、いかに利用者による同様の事故を未然に防止するために有益な情報を盛り込むか、ということであった。そこで、事故事例と事故に関連した物質の危険性情報とのリンク、事故事例の階層化されたキーワードによる分類、文字以外の情報や事故事例を分析した結果を収録することにより、利用者が化学物質を取り扱う際にその化学物質や使用状況に応じた事故事例を検索することができ、化学物質に関する危険性情報を知り、事故の起こった状況をより深く理解できるようなデータベースの構築を目標とした。

## 2.3 RISCAD概要

2012年8月末現在のRISCADの概要は下記の通りである。

- ・公開方法:産総研の研究情報公開データベース (RIO-DB)の一つとして、インターネットで無償で公開  
URL: <http://riodb.ibase.aist.go.jp/riscad/>
- ・収録件数:5,840件
- ・収録期間:1949年10月28日-2011年9月10日
- ・収録物質数:5,544件
- ・事故進展フロー図件数:159件

開発当初は、それ以前に産総研のRIO-DBの一つとして公開していた「災害事例データベース」の高圧ガスや火

表1 階層化キーワードの例 (工程)

第1階層	第2階層	第3階層	第1階層	第2階層	第3階層
生産・製造	反応	バッチ反応 連続反応 その他の反応	貯蔵	液体貯蔵	タンク (固定式) 缶、瓶 ボンベ (液体貯蔵)
	分離	蒸留 ろ過 遠心分離 その他の分離		気体貯蔵	タンク (気体貯蔵) ボンベ (気体貯蔵)
	移送・移動	粉体移送 気体移送 液体移送 その他の移送・移動		固体貯蔵	ペレット 粉体 バルク 梱包品 その他の固体貯蔵
	乾燥			その他の貯蔵	
	粉砕		輸送	移動	航空機輸送 船舶輸送 (海上、河川) 列車輸送 車両輸送
	回収、抽出、除害	吸収 吸着 洗浄 中和 集塵		荷役作業	
	操作	小分け 混合 洗浄 濃縮 仕込み、取り出し スタートアップ、シャットダウン 試運転 その他の操作		パイプライン	液体輸送 気体輸送 その他の輸送
試験研究	試験、分析	前処理 試験・分析	保全・メンテナンス	点検・検査 清掃 修理・改修	
	実験	ラボスケール その他スケール	廃棄・資源化	焼却 中間処理 最終処分 資源化 収集・運搬 保管 野積み 容器 その他の廃棄・資源化	
			消費	販売、取付け 使用 火薬類消費 発破 煙火消費 その他の消費	
			その他・不明		

薬類の事故に関する情報、開発グループのメンバーが独自に所有していた比較的詳細な化学プラントの事故情報を収録した。現在はこれに加え、RISCAD 運用グループで化学物質関連の事故情報を日々収集、登録している。

化学物質の危険性情報については、比重、融点、沸点や特に熱的危険性に着目して、発火点、引火点、爆発範囲等の物性データを収録した。また、熱分析データを収録し、目的に応じて利用者がウェブブラウザ画面上でダイナミックに解析できる機能を搭載した。

化学物質の検索で常に問題になるのは、化学物質には多数の別名があることである。エタノールで検索した結果とエチルアルコールで検索した結果は同じでなければならない。そのため、RISCAD では化合物の別名辞書をシステムに組み込み、登録されたどの化合物名で検索しても同じ結果が得られるようにした。

事故事例の分類に関しては、利用者が調べたい対象、特定の工程や特定の装置について検索できるように検索キーワードを作成することにしたが、ヒット件数が少ない

場合に検索範囲を広げて類似の事例を検索できるように、キーワードを階層化した。専門家によって、最終事象、工程、装置、推定原因、被害事象について階層化キーワードの作成を行い、それらの各階層のキーワードによる検索機能を搭載した。階層化キーワードの作成にあたっては、開発当時の海外の著名な化学事故データベースを参考にし、さらに実際の事故事例分析から特徴的に現れたキーワードを追加した。階層化キーワードの「工程」の例を表1に示す。例えば、工程では、廃棄・資源化の際の事故事例が多数あったので、他のデータベースにはなかった、廃棄・資源化の項目と関連するキーワードを追加した。装置では、安全装置等を同様に追加した。

文字以外の情報として、事故調査報告書等に記載されている反応プロセスフロー図、機器・設備配置図、事故を起こした装置の概略図、反応式等の画像情報を収録した。

事故事例を解析した結果の表示機能として、マクロな統計分析については、事故事例検索結果のグラフ表示機能を搭載し、なおかつウェブブラウザ画面上でダイナミックに表

示方法等を変更できる機能を搭載した。

各事故事例の解析結果については、専門家によって事故に関する事象を時系列で整理し、それに対して事故の引き金となるような通常状態からのズレを抜き書きした事故進展フロー図を作成し、事例にリンクさせた。事故進展フロー図については、後で詳細に述べる。

また、JSTの要望もあり、国際化時代に対応するためデータベースをすべて翻訳し、同等の機能が英語版でも利用できるようにした。

実際の運用にあたっては、まず、日々事故情報を集める作業を行っている。これは、インターネットの新聞や通信社等の報道メディアのウェブサイト巡回して、事故の発生について知ることである。インターネットが発達して、検索等が容易にできる時代であり、こうした情報収集は容易にできると考えられがちであるが、例えば、「爆発」というキーワードで検索をすれば、打線爆発や怒り爆発といった情報が入り込み、「火災」で検索すれば、出火やぼよは抽出されない。経験から複数のキーワードを設定して検索しているが、最後は人が確認するしか方法がない。こうして事故の発生についての情報を入手したら、次に、より正確で詳細な情報を求めて、発災企業のホームページや、発災地方の自治体のホームページを検索する。詳細な事故調査報告書は、事故から数ヶ月から1年以上も後に公表されることもあり、大きな事故に関しては、常に情報のフォローアップが欠かせない。

事故概要の作成では、著作権の問題と信頼性の問題で、報道情報をそのまま掲載することはできないので、複数の情報から客観的事実のみを抜き出して、後述する一定のルールで概要文を作成している。さらに、これらの事例を上述の階層化キーワードで分類する作業は、化学や化学プラントの知識を持った専門家でなければ困難である。

このような作業を経て、RISCADには年間約250件の新規事例を追加している。

### 3 事故分析手法PFAの紹介

#### 3.1 事故分析手法PFA開発経緯

事故分析手法PFA (Progress Flow Analysis) は、RISCADの中で、利用者に複雑な事故の内容を一目で理解できるようにすることを目的に、いくつかの事例にリンクさせてきた「事故進展フロー図」を作成するための手法として発展してきた。

事故進展フロー図は、RISCAD運用グループの誰かが事故事例の事故調査報告書等から、事故に関連する事象を時系列で抽出し、原因を考えて、事故進展フロー図の原案を作成し、それをRISCAD運用グループ全員で確認し、

議論して仕上げる、という手順で行っていた。

RISCAD運用グループには、安全工学、化学安全の研究者はもちろん、化学企業OBも所属している。そして、化学とは無関係の文系の出身者もいる。研究者は、事故調査報告書を読み解くことにはたけているが、実際の現場のことはわからないことが多い。こういう設備に対して、現場ではこういう対策がとられているのが常識だ、といったことは、化学企業OBの現場経験に基づく発言を聞いて初めて知ることができる。また、化学や現場の常識にとられない素朴な疑問が、核心を突いていることもある。言い換えると、グループで議論することによって、お互いのバックグラウンドを補完しあって、知識や経験を共有できることがわかってきた。特に化学企業OBの現場経験に基づく発言は、化学プラント勤務等の現場経験の無い研究者にとって得難いものであり、事故調査報告書からだけでは読み解けない原因等を抽出するために大変役に立つ。これは、まさに現在、企業現場で問題となっている熟練者の知識や経験の伝承や組織の安全意識の低下に対して有効な対策となる。

そこで、この知識と経験の共有を化学プラントの現場で実践できないかと考え、「事故進展フロー図を作成するための手法」を事故分析手法PFAとしてまとめることにした。事故分析手法PFAは、単に事故進展フロー図を作成して、事故を分析する手法にとどまらず、事故分析を通じて、組織の安全文化を伝承し、安全意識を向上するための手法であると考えている。

#### 3.2 事故進展フロー図の構成

以前は事故事例を理解するためには、数十ページに及ぶ難解な事故調査報告書を各自が読解するしかなかった。しかし、それでは、現場で十分に活用することは困難である。そこで、難解な事故調査報告書を読まなくても、一目で事故が理解できるように整理したものを事故事例にリンクさせることにした。これが事故進展フロー図である。

事故進展フロー図は、「事故概要」、「背景」、「事故進展フロー」、「恒久的対応策」、および「教訓」から構成される。事故進展フロー図の様式を図1に示す。

「事故概要」欄には、発生日時、場所、および、概要文を記述する。RISCADでは一定のルールを定めて、この事故概要を作成している。発生日時は西暦とし、場所は市町村名までの記載とする。概要文は、「どこ(〇〇工場)で、何が(爆発、火災、漏えい、中毒)起きた。」を最初に記載し、被害の拡大状況や消防活動等を続ける。最終的な被害は、物的被害、人的被害に分けて、それぞれこの順序で記載する。次に事故原因を記載するが、原因が明確でない場合には、「という可能性がある。」と断定を避けている。最

後に、事故後の対応や行政による処分等を記載する。

次に、「背景」欄には事故事例の背景となった事柄や補足的な情報を記述する。事故が起きた設備の設立年代や設立の経緯、事故当時の社会情勢や事業所の状態、化学プロセスの事故であれば、関連化学物質の危険性やプロセスフロー等、必ずしも事故に直接関係のない事柄でも構わないが、事故を理解する上で役立つような情報があれば、記載する。

「事故進展フロー」は、事故進展フロー図の主要部分であり、事故分析手法 PFA を実施する土台となる。「事故進展フロー」部分は縦 3 列から構成される。中央列には、事象を時系列に並べ、各事象において問題の有無を検討し、問題のある事象については、左列にその原因を抽出する。火災、爆発、漏えい等の最終事象に至るまでを「経過」として記載し、被害拡大や消防活動等事故後の事象は、「対応操作」として記載する。右列は、備考欄である。備考には、各事象の補足情報を記載するほか、抽出した原因に対して、その原因を抽出するに至った理由や経緯の説明を記載する。

「恒久的対応策」には、「事故進展フロー」内で抽出され

た各原因に対する対応策を検討し、記載する。さらに、恒久的対応策を普遍化したものを教訓として、「教訓」欄に記載する。RISCAD では、教訓の表現方法として、簡潔で興味を持たれそうなフレーズをまず記載し、その説明文を一般的な意味とその教訓が分析した事例にあてはまる部分が理解できるように記載する。

事故進展フロー図は、時間の流れを基に分析を実施するものであるため、初心者でも比較的容易に事故進展フロー図を作成することが可能である。事故進展フロー図を作成するにあたっては、詳細な事故情報があることが望ましいが、少ない情報であっても相応に原因を抽出し、対応策を検討することができる。また、事故進展フロー図は、分析者以外の第三者が閲覧した場合に、難解な事故報告書を読むよりも事故の進展や原因がより容易に理解できるという利点がある。さらに、事故の進展を時系列に従って確認することにより、事故を擬似的に体験できる効果が期待できる。

事故分析手法は、FTA (Fault Tree Analysis) や ETA (Event Tree Analysis)、なぜなぜ分析や VTA (Variation Tree Analysis) などが知られているが、これらの手法はある程度の分析者の経験と事故に関する情報量が必要である。これらの分析手法に比べて、事故分析手法 PFA は少ない情報量でも実施でき、簡便であるという点が優れている。

### 3.3 原因抽出方法：原因体系化モデル

事故進展フロー図を用いて事故事例を分析する際にいくつかの問題が明らかになった。

一つは、事故に関連する事象と事故の原因との切り分けの困難さであった。例えば、間違っってバルブを開けた、というのは、内容物が漏洩した原因と捉えることができるが、一方で、バルブが開いた、というのは、事故に関連する事象にすぎず、バルブが開いた原因が他にあるはずだ、と考えることができる。そこで、事故分析手法 PFA においては、作業者および組織の行動、状況や設備、装置、化学物質および手順書の状態等のすべてについて、実際に起きたことが明らかか、あるいは、かなりの確度をもって推定できることを事象と定義した。このような定義は、事故進展フロー図作成の簡便化にも有効で、分析者はとにかく何か事象が記載されていれば、1 本の時系列のフローに並べることだけを考えればよい。上の例では、内容物が漏洩したのであるから、バルブが開いたことは間違いないので、バルブが開いた、というのは事象であると言える。

もう一つは、原因の抽出方法がわからない、あるいは、原因の考え方が分析者によって異なるという問題であった。ある者は、作業者の責任を重視し、ある者は、管理

PFA, RISCAD, AIST

事故概要	事故番号	発生日時(曜日)	所在地																				
背景																							
区分	原因事象	事故進展フロー	備考																				
経過		<table border="1"> <tr> <td>1</td> <td>日時 時間</td> <td>事象1(事故発生前)</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>日時 時間</td> <td>事象2(事故発生前)</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>日時 時間</td> <td>事象3(事故発生前)</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>日時 時間</td> <td>事象4(事故発生前)</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>日時 時間</td> <td>事象5(最終事象) 火災、漏えいなど</td> </tr> </table>	1	日時 時間	事象1(事故発生前)	2	日時 時間	事象2(事故発生前)	3	日時 時間	事象3(事故発生前)	4	日時 時間	事象4(事故発生前)	5	日時 時間	事象5(最終事象) 火災、漏えいなど	<table border="1"> <tr> <td>事象1の備考</td> </tr> <tr> <td>推定原因1の備考</td> </tr> <tr> <td>事象3の備考</td> </tr> <tr> <td>推定原因2の備考 **推定原因3の備考</td> </tr> <tr> <td>事象5(最終事象)の備考</td> </tr> </table>	事象1の備考	推定原因1の備考	事象3の備考	推定原因2の備考 **推定原因3の備考	事象5(最終事象)の備考
1	日時 時間	事象1(事故発生前)																					
2	日時 時間	事象2(事故発生前)																					
3	日時 時間	事象3(事故発生前)																					
4	日時 時間	事象4(事故発生前)																					
5	日時 時間	事象5(最終事象) 火災、漏えいなど																					
事象1の備考																							
推定原因1の備考																							
事象3の備考																							
推定原因2の備考 **推定原因3の備考																							
事象5(最終事象)の備考																							
対応操作		<table border="1"> <tr> <td>1</td> <td>日時 時間</td> <td>事象6(事故発生後)</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>日時 時間</td> <td>事象7(事故発生後)</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>日時 時間</td> <td>事象8(事故発生後)</td> </tr> </table>	1	日時 時間	事象6(事故発生後)	2	日時 時間	事象7(事故発生後)	3	日時 時間	事象8(事故発生後)	<table border="1"> <tr> <td>事象6の備考</td> </tr> <tr> <td>事象7の備考</td> </tr> </table>	事象6の備考	事象7の備考									
1	日時 時間	事象6(事故発生後)																					
2	日時 時間	事象7(事故発生後)																					
3	日時 時間	事象8(事故発生後)																					
事象6の備考																							
事象7の備考																							
恒久的対応策		<table border="1"> <tr> <td>1</td> <td>恒久的対応策1</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>恒久的対応策2</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>恒久的対応策3</td> </tr> </table>	1	恒久的対応策1	2	恒久的対応策2	3	恒久的対応策3															
1	恒久的対応策1																						
2	恒久的対応策2																						
3	恒久的対応策3																						
教訓	<table border="1"> <tr> <td>教訓フレーズ1：説明文</td> </tr> <tr> <td>教訓フレーズ2：説明文</td> </tr> <tr> <td>教訓フレーズ3：説明文</td> </tr> </table>			教訓フレーズ1：説明文	教訓フレーズ2：説明文	教訓フレーズ3：説明文																	
教訓フレーズ1：説明文																							
教訓フレーズ2：説明文																							
教訓フレーズ3：説明文																							

図1 事故進展フロー図の様式

者の責任を重視する、といった原因の視点の相違である。

原因の抽出方法については、図2に示す「原因体系化モデル」を用いて考える方法を開発した<sup>[5]</sup>。原因体系化モデルはHawkinsによるSHELLモデルをベースとして開発された教訓の体系化モデル<sup>[6]</sup>に「化学物質」という要素を追加したものである。すなわち、事故に直接関係した「組織」、「人間」、「装置・設備」、「化学物質」に加え、当事者ではない「組織」、「人間」とこれらを取り巻く「社会」を要素として考え、ある事象にこれらのどの要素が関係するかを明確にし、それらの要素間に問題が無かったかを検討する方法である。この原因抽出方法により、分析者の経験の相違による原因の相違や見落としを減らすことができる。図3に原因体系化モデルによって抽出された原因の例を示す。

### 3.4 事故分析手法PFAの実施手順

事故分析手法PFAは、以下の手順に従って分析を実施する。

- (1) 事象の時系列整理
- (2) 原因の抽出
- (3) 恒久的対応策の検討
- (4) 教訓の作成
- (5) 概要文のまとめ
- (6) グループによる議論

手順の詳細を以下に解説する。

#### 3.4.1 事象の時系列整理

事故事例の分析に先立って、分析対象となる事故事例に関する事故調査報告書等の情報を精読して、内容を十分に理解する必要がある。ただし、一般に事故調査報告書等は難解であるため、事象を時系列で整理しながらまとめ

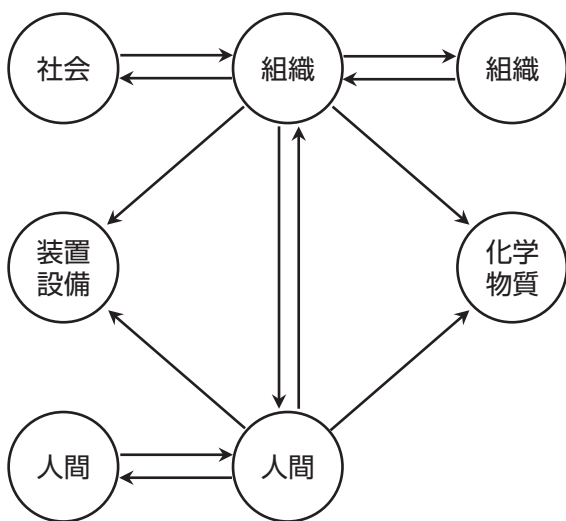


図2 原因体系化モデル

ると理解しやすい。

先に述べた通り、作業者および組織の行動、状況や設備、装置、化学物質および手順書の状態などを事象として時系列で並べる。

#### 3.4.2 原因の抽出

時系列で整理した事象には、どこかに事故に至った原因が隠れているはずである。そこで、各事象に問題がないかを逐次検討する。問題がありそうな事象については、原因の抽出を行う。主な原因は、すでに事故調査報告書等に記載されているが、残念ながら事故調査報告書には、必ずしもすべての原因が記載されているとは限らない。そこで、分析者の知識や経験に基づいて、できるだけ多くの原因を推定して抽出することが望ましい。ここが、事故調査と事故事例分析の相違点と言える。事故事例分析では、真の原因を追及するよりも、事故事例からより多くのことを学ぶことが重要である。

#### 3.4.3 恒久的対応策の検討

恒久的対応策は、抽出した原因ごとに検討し、原因の数だけ恒久的対応策を挙げられることが理想的である。

#### 3.4.4 教訓の作成

教訓は恒久的対応策を普遍化して作成する。ただし、事故事例をより印象づけるために、教訓は一つの事故事例に対して、2-4件程度に絞り込むのが望ましい。したがって、教訓を考える前に、まず、この事故事例でポイントとなる、事故事例を見る人に最も伝えたいことは何か、を考える必要がある。こうした検討を行うことにより、事故事例をより印象的に記憶することができ、また、事故防止のために、まずどこに注意すべきか、どのような対策を優先すべきかを判断する能力が身につけられる。

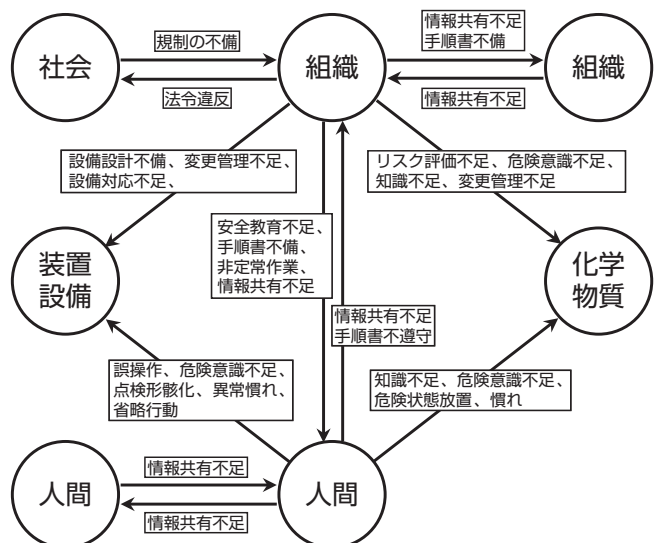


図3 原因体系化モデルによる原因抽出例

### 3.4.5 概要文のまとめ

最後に分析結果をまとめて概要文を作成する。概要文の記載方法は、3.2 項で紹介した。

### 3.4.6 グループによる議論

事故分析手法 PFA による事故進展フロー図の作成は、前節までの手順で一応は完成する。しかし、その事故進展フロー図には、情報源である事故調査報告書の内容と分析者個人の知識しか含まれていない。事故事例を知識化し、より有効に活用するために、数名のグループで議論し、事故進展フロー図を完成させる。ある分析者が作成した事故進展フロー図の原案に対して、分析者を含めた 4-5 名程度の異なるキャリアを持つ人たちからなるグループで事故事例について議論し、最終的に事故進展フロー図を完成させる。

### 3.5 事故分析手法PFAの効用

事故進展フロー図を囲んでのグループによる議論には、次のような効果が考えられる。

- (1) グループ内で事故の情報を知識として共有できる。
- (2) 事故の進展の見落としを補完し、違った視点で原因を抽出できる。
- (3) 原因の抽出や恒久的対応策について、他の参加者の知識や経験を共有できる。
- (4) 皆で原因を見つけ出そうという意識および組織全体の安全意識が向上される。

例えば、化学プラント現場での短時間のミーティングの中で活用するなどの方法がある。

できあがった事故進展フロー図は、事業所全体や企業全体等、さらに広い範囲に水平展開して、事故事例情報の共有と安全教育に役立てることができる。

## 4 まとめ

リレーショナル化学災害データベースと事故分析手法 PFA について紹介した。

事故分析手法 PFA に関しては、現在は事故調査報告書の事後分析を中心に活用しているが、理想的には事故の直後に行われる事故調査への活用が望ましい。一部、火薬類の事故で事故進展フロー図を用いた分析が行われている例や、事故を起こした企業から直接事故分析手法 PFA の事故調査への活用について相談を受けた例があり、その有用性は示されているが、今後、事故調査においても活用できるように調査の実施方法等を検討し、認知度を高め、利用拡大に努力したい。

一方で、化学事故の事故事例データベースの国際化はあまり進んでいない。その一つの理由は、事故の定義が国によって異なることにある。例えば、日本の高圧ガスに関する

事故統計を国際会議の場で発表すると、その件数の多さに他国の人は驚く。それは、盗難まで事故に含めていることや、盗難を除外したとしても微少な漏洩も事故として報告し、件数として数えているためである。このような例は国際的にも珍しい。欧州共同体 (EC) の Major Accident Hazards Bureau (MAHB) が構築している重大事故報告システム (MARS: Major Accidents Reporting System) は、経済協力開発機構 (OECD) の化学品事故ワーキンググループ (Working Group on Chemical Accidents) 参加国も協力する国際的な化学事故データベースであり、人的被害 (死傷者数や避難者数等) や化学物質の保有量に対して一定の割合以上の漏洩が起きた場合等に重大事故を報告することになっている。日本の事故を登録する場合に、死傷者数による定義は可能であるが、避難者数や保有量に対する漏洩割合等は、必ずしも情報として集められておらず、登録の対象となるかどうかの判断ができないといった状況である。

最後に、リレーショナル化学災害データベースの構築と活用のためのシナリオを図 4 に示す。構成要素としては、発災日時から発災装置までの事故事例の事実に基づき収集する情報、あらかじめ蓄えておく物質危険性情報、そして、事故事例分析の結果得られる推定原因、対応策、教訓と事故進展フロー図がある。これらの要素は、データベースの基本構造であったり、信頼性やユーザー利便性を向上したり、学習教材としての利用価値があったり、事故分析手法を産み出した基となっている。

リレーショナル化学災害データベースは、化学災害に特化したデータベースとしての地位を確立させ、広く活用されることを目標としている。その活用の中身は、事故防止に、

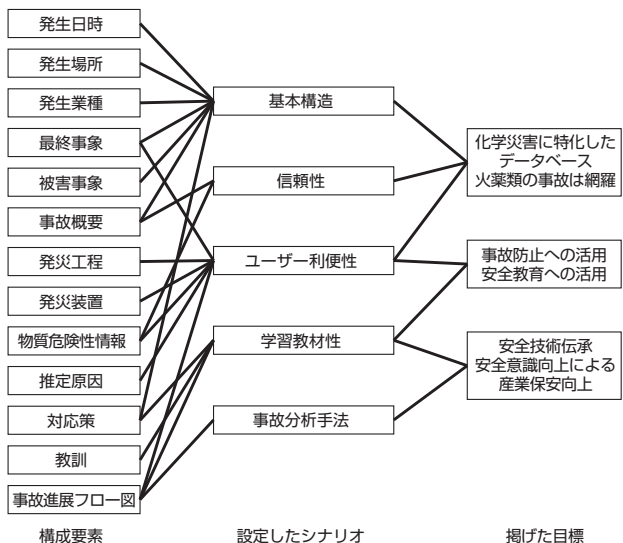


図4 リレーショナル化学災害データベースの構築と活用のためのシナリオ

また、安全教育に役立てることである。そのためには、多様な事故事例、すなわち、さまざまな原因によって引き起こされ、さまざまな教訓を得られるような事故事例を学び、それらの事故事例を詳細に分析することによって、教訓を導き出すことの重要性を伝えていくことも必要である。リレーショナル化学災害データベースの中で開発された事故分析手法 PFA は、グループでの議論を通じて、安全技術の伝承に役立ち、組織の安全意識を向上させ、結果として、産業保安の向上に役立てることを目標として掲げている。

## 謝辞

RISCAD は、JST の研究情報データベース化事業において JST と共同開発したものである。RISCAD の運用にあたり、日本学術振興会科学研究費補助金研究成果公開促進費の交付を受けた。RISCAD の開発、運用には、産総研内外の多数の方にご協力いただいた。ここに謝意を表します。

## 参考文献

- [1] 商標登録,「事故分析手法PFA」,第5580785 (2013).
- [2] R. Takasaki, J. Nobe, Y. Wada, M. Wakakura, A. Miyake and T. Ogawa: Hazard identification system based on fire and explosion accidents in chemical processes, *Proc. Asia Pacific Symposium on Safety*, 1, 151-154 (2001).
- [3] 高崎倫, 岡泰資, 三宅淳巳, 小川輝繁, 若倉正英, 野邊潤, 和田有司: 化学プロセスの事例解析による危険性評価システム構築手法の検討, 第35回安全工学研究発表会講演予稿集, 137-140 (2002).
- [4] 高崎倫, 岡泰資, 三宅淳巳, 小川輝繁, 若倉正英, 野邊潤, 和田有司: 化学プロセスの危険性推論システムにおける事例情報のパターン化の検討, 第33回安全工学シンポジウム講演予稿集, 334-337 (2003).
- [5] K. Katoh, S. Abe, K. Nishimiya, E. Higashi, K. Nakano, S. Uchimura, K. Owa Heisig, Y. Ogata, M. Wakakura and Y. Wada: Classification of causes of chemical accidents by means of progress flow analysis (PFA), *Proc. 13th Loss Prevention and Safety Promotion in the Process Industries*, 2, 89-95 (2010).
- [6] (独)原子力安全基盤機構: 巨大システム事故・トラブル教訓集 (2009).

## 執筆者略歴

和田 有司 (わだ ゆうじ)

1992年東京大学大学院工学系研究科反応化学専攻博士課程修了、博士(工学)取得。1992年通商産業省工業技術院資源環境技術総合研究所入所。1999-2001年東京大学大学院工学系研究科化学システム工学専攻助手。2002年産業技術総合研究所爆発安全研究センター。2008年組織改編により安全科学研究部門に所属。2011年より爆発利用・産業保安研究グループ長。リレーショナル化学災害データベースの運用責任者。



## 査読者との議論

### 議論1 全体的コメント

コメント (内藤 耕: 前産業技術総合研究所)

この論文は事故事例のデータベース開発を扱っていますが、近年の社会的にとっても大きく注目を集めている複雑な構造を持つビッグデータ分析に大きく影響を与える有益な学術論文と言えます。この論文ではデータベース化に向け、キーワード(専門用語)の定義、データ分析手法(PFA等)、体系化技術(SHELLモデル)等の技術を組み合わせる構成的手法が導入されています。一方、単純な技術統合だけでは有益なデータベースとならず、情報収集への工夫、さまざまな専門家による多面的な議論等の方法論的重要性も指摘されていることがこの論文の価値です。

### 議論2 既存研究との比較によるこの研究の位置付け

質問 (田尾 博明: 産業技術総合研究所環境管理技術研究部門)

この研究で開発されたRISCAD以外に、我が国および世界に存在する主なデータベースと、その特徴を表形式等で示していただくと、この分野の研究の趨勢と、本データベースの特徴がより明確になると考えられます。米国のCSBの例が示されていますが、EU等でも類似の研究が行われているのではないのでしょうか。

回答 (和田 有司)

海外の化学事故情報を調べるためのデータベースはないかとの相談を受けるのですが、適切なものはないというのが現状です。米国のCSB (Chemical Safety Board) は、データベースというよりは詳細報告書や再現コンピューターグラフィックのライブラリーといった形式で、事故例の検索や統計データの取得はできません。EUにはMARS (Major Accident Reporting System) がありますが、これも重大事故に限定していること、EUやOECD各国の協力が不十分なこともあり、件数が少なく(2010年以降は14件の登録のみ)、データベースとして比較するには十分ではありません。米国では、以前公開されていたEPAのデータベースが911テロ以後、非公開になるなどの動きがあり、欧州各国は国ごとにデータベースは持っているようですが、公開していないか、公開していても自国語のみ(ドイツ等)という状況です。このような状況ですので、表形式での比較は難しい状況です。

### 議論3 データベースの内容

質問 (内藤 耕)

膨大なデータの分析より、数件の事故の深掘りの重要性が指摘され、これはしばしば統計分析でやりがちな「平均」ではなく、「多様性」と「詳細性」に注目することを意味しています。この点を最後のまとめの中で記述頂ければ、さらにこの論文の価値は高まります。

回答 (和田 有司)

ご指摘のとおりと思いますので、まとめに下記のとおり追記しました。

「さまざまな事故事例、すなわち、さまざまな原因によって引き起こされ、さまざまな教訓を得られるような事故事例、を学び、それらの事故事例を詳細に分析することによって、教訓を導き出すことの重要性を伝えていくことも必要である。」

質問 (内藤 耕)

事故の普遍化に対策を2-4件に絞込むことの重要性が指摘されていますが、なぜ絞ったほうがいいのかの根拠の明確化をお願いします。

回答 (和田 有司)

ご指摘のとおり、根拠について明確に記載されておりませんでした。下記のとおり、追記しました。



