

事故分析手法 PFA[®]と安全対策の 経済的評価の紹介

(国研) 産業技術総合研究所安全科学研究部門主任研究員

牧野 良次 Ryoji Makino

1. はじめに

製造現場や倉庫等（以下、事業場）で事故（火災や労働災害など）が発生すると当該事業場はもちろんのこと、近隣にも多大な損害が生じる可能性がある。事故リスクを低減することが望まれるが、そのためにはリスク低減対策を適切に実施しなければならない。しかしながら事故は、特にひとつひとつの事業場の単位では必ずしも頻繁に発生するものではない。そのため事業場にとってはリスク低減対策のために人的資源や金銭的成本を投入するモチベーションを持ちにくい面があることも確かである。別の言い方をすれば、危険に対する感度を高く維持するのはそれほど簡単なことではない。

本稿では、リスク低減対策に対するモチベーションや危険に対する感度を高めるためのアイデアとして「事故分析手法 PFA[®]による事故進展フロー図」および「安全対策の経済的評価」を紹介する。前者は事故防止のためには過去の事例に学ぶことが有益であるという考えのもと、事故を一目で理解できるように情報整理したものである。本稿では産業廃棄物処理会社の廃油再生プラントにおける爆発、火災事例についての事故進展フロー図を示す。後者はリスク低減対策にかかる費用と得られる便益を評価して比較するものであるが、本稿では主に事故によって生じる経済的な損害額に着目して紹介する。

2. 事故分析手法 PFA[®]による事故進展フロー図

(1) 概要

過去の事故事例を学ぶ通常の方法は、事故原因や経過、事故後の対策等について記述された事故報告書等を読むことである。しかしながら一般に、事故報告書は内容が難解でありページ数も多い傾向がある。事故についての正確な記述を心がけたことの当然の結果であるが、それを参考にしようとしている者の立場から見れば、内容の把握に骨が折れる場合もあるだろう。この課題に対応するため、産業技術総合研究所は事故分析手法 PFA[®] (PFA: Progress Flow Analysis)を開発した¹⁾。その一部である事故進展フロー図は事故を一目で理解できるように整理したものであり、事故概要、背景、事故進展フロー、恒久的対応策、および教訓で構成されている。事故進展フロー図には、難解な事故報告書を読むよりも事故の進展や原因をより容易に理解できるという利点がある。また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も期待できる。社内で事故進展フロー図を作る取り組みは、ディスカッションを通じて危険に関する感度を高めたり、安全に関する相互理解を深めたりするのに有益だと考えられる。

(2) 事故進展フロー図の例

例として2013年11月15日に千葉県野田市で発生した事故の概要とその事故進展フロー図を図1に示す。図1は抜粋であるが、当該事故進展フロー図の全体は産業技術総合研究所安全科学研究部門のウェブサイト「さんぼのひろば」で閲覧することができる²⁾。

事故の概要：産業廃棄物処理会社の廃油精製施設にある廃油再生プラントで爆発、火災が起きた。当該設備から約2.3～2.7 kmの範囲内にある企業の51事業所の建物が破損し、約600 m離れた小学校の窓ガラスが破損した。従業員2名が死亡、2名が重傷、7名がけがを負ったほか、事業者外の2名が重傷、13名が軽傷を負った。調べでは、当該事業所が他の業者から受け入れた廃油に、ガソリンや軽油の混合物が混入しており、加熱した廃油が遠心分離機で処理された際に大量の可燃性蒸気が発生、拡散し、爆発した可能性がある。

3. 安全対策の経済的評価

(1) 概要

事故が発生した場合にどの程度の経済的損害が生じるかという情報は企業がリスク低減対策に取り組む契機となりうる。また、企業が事故時の損害額評価を含む安全対策の経済的評価（安全対策にかかる費用と得られる便益の比較）を実施することによっていくつかの望ましい効果を期待することができる。例えば、経営トップの産業安全対策への適正な投資に関する経営判断に資すること、経営トップの安全の重要性に関する認識向上、安全関係者の社会貢献の評価に資すること等である。安全対策の成果は「平常通りの操業が継続されること」であり、何か特別なイベントが発生する訳ではないため対策結果のフィードバックが得られにくい。経済的評価によって成果の「見える化」ができれば、経

営者や従業員の安全対策に対するモチベーション向上、安全担当者の経営貢献・社会貢献の評価、安全に取り組んでいる企業の正当な社会的評価につながる事が期待される。ここでは安全対策の経済的評価に関するこれまでの研究から、事故による損害額の評価について概略を述べる。

(2) 損害項目

事故によって生じる経済的損失には下記のようなものがある。

・人的損害（被災者本人）：

事故現場での応急処置や病院への搬送、医療費、疾病見舞金、移送料、入院中の雑費、休業補償、障害手当金、弔慰金、葬祭料、遺族補償費、退職金割増額、賠償責任

・人的損害（被災者以外の者）：

救援・連絡・介添等の時間に対する賃金、調査・対策・記録等の時間に対する賃金、関係官庁との折衝等の時間に対する賃金、整理・復旧等の時間に対する賃金、見舞・付添い等の時間に対する賃金、葬儀執行・会葬等の時間に対する賃金

・物的損害及び復旧費：

建物・付属設備等の損費、機械器具類・付属品の損費、材料・仕掛品・製品等の損費、保護具類の損費、動力・燃料等の損費、消耗品等の損費、現金・証券の消失

・生産損失：

災害による生産減少に伴う損失額、作業の手待ち時間に対する賃金、災害による生産減を回復するために余分に負担した経費

・事故調査費用：

調査実施、報告書作成など主に人件費からなる費用

・その他の損失：

旅費通信費、官庁等関係費、訴訟関係費、第三者への損害賠償額、罰金、課徴金、過料、保険料率上昇

図1 事故進展フロー図 (抜粋)²⁾

		PFA, RISCAD, AIST		
事故概要	発生日時 (曜日)	発生場所		
<p>2013年11月15日(金)15時30分頃、千葉県野田市 産業廃棄物処理会社の廃油精製施設にある廃油再生プラントで爆発、火災が起きた。当該設備から約2.3-2.7kmの範囲内にある企業の51事業所の建物が破損し、約600m離れた小学校の窓ガラスが破損した。従業員2名が死亡、2名が重傷、7名がけがを負ったほか、事業者外の2名が重傷、13名が軽傷を負った。調べでは、当該事業所が他の業者から受け入れた廃油に、ガソリンや軽油の混合物が混入しており、加熱した廃油が遠心分離機で処理された際に大量の可燃性蒸気が発生、拡散し、爆発した可能性がある。</p>				
背景				
<ul style="list-style-type: none"> ・当該企業は、1973年創業、再製油の製造・販売、産業廃棄物の収集・運搬およびリサイクル業を営む。1981年に再生重油の精製設備を設置して、廃油処理を開始した。従業員約270名。 ・廃油処理設備は、蒸留施設と微粉碎/ろ過施設と受入れ、出荷タンク群で構成される。消防法上は、蒸留施設が危険物第4類第3石油類の処理、微粉碎/ろ過施設を第1石油類処理施設として許認可設置したが、第2石油類処理までが届出された。 ・廃油再生は、廃油の種類を限定し、遠心分離機を用いて70°Cでマイクロフィルタによる固形不純物除去、85°Cで溶剤洗浄、95°Cで蒸留缶による水分除去に特化していた。 ・環境省の廃棄物処理法では、消防法上の危険物第4類第1、第2石油類を含む廃油は特別管理産業廃棄物として規定されており、運搬または処分を他に委託する場合の委託基準が規定されている。 ・当該企業は事故後は事業縮小され、同年11月末日をもって事業所が廃止された。 				
区分	原因事象	事故進展フロー		備考
経過		1	当該事業所の特別管理産業廃棄物の廃油処理施設は、認可を受けていたが、微粉碎/ろ過施設について消防法での届出が第2類までであった	特別管理産業廃棄物：ガソリン等の揮発油類(消防法における第4類第1石油類)を含む廃油
	安全知識不足* 安全意識不足** 法令不遵守***	2	当該プラントでは、特別管理産業廃棄物の廃油を適正に処理できると認識されていた	*廃油処理に関する知識が不足しており、本来は処理できない廃油を処理できると認識されていたこと **消防法で危険物とされている廃油を処理するにあたり、安全意識が不足していたこと ***消防法上の設備設置認可と事業認可(届出)に齟齬があり、設置許可条件を事業認可と誤認したこと
		3	2011 東日本大震災後、全壊したガソリンスタンドが地下タンクに残っている廃油の処分を依頼	
	安全知識不足* 安全意識不足** 法令不遵守***	4	廃油の中には、消防法で未届けであるガソリンなどの揮発油類を含む低引火点廃油があった	ガソリンなどの揮発油類は、消防法危険物第4類第1石油類に分類される
		5	当時の事業所幹部の独断で、ガソリン等の低引火点廃油を含むすべての廃油を回収	当該会社の他の事業場では、同様の事態が発生していなかったことが確認されている

・間接損害：

上記の人的損害からその他の損失まではその金額が比較的把握しやすいものであり「直接損害」と呼ばれる。一方で火災を含む労働災害や産業事故においては「間接損害」も生じる。間接損害の例としては企業価値の低下、従業員のモチベーション低下、離職率の増加、新人雇用の低下、取引先の喪失等の様々なものが指摘されている。

間接損害は一般に計測が困難である。間接損害を定量化する方法として、経験的に直接損害と間接損害のデータを集めて両者の比を算出し、計測しやすい直接損害にその比を適用して間接損害を推定するというアプローチもあるが、本稿では化学会社の爆発・火災事故後の株価の下落データから企業価値の低下を計測した例を紹介する。

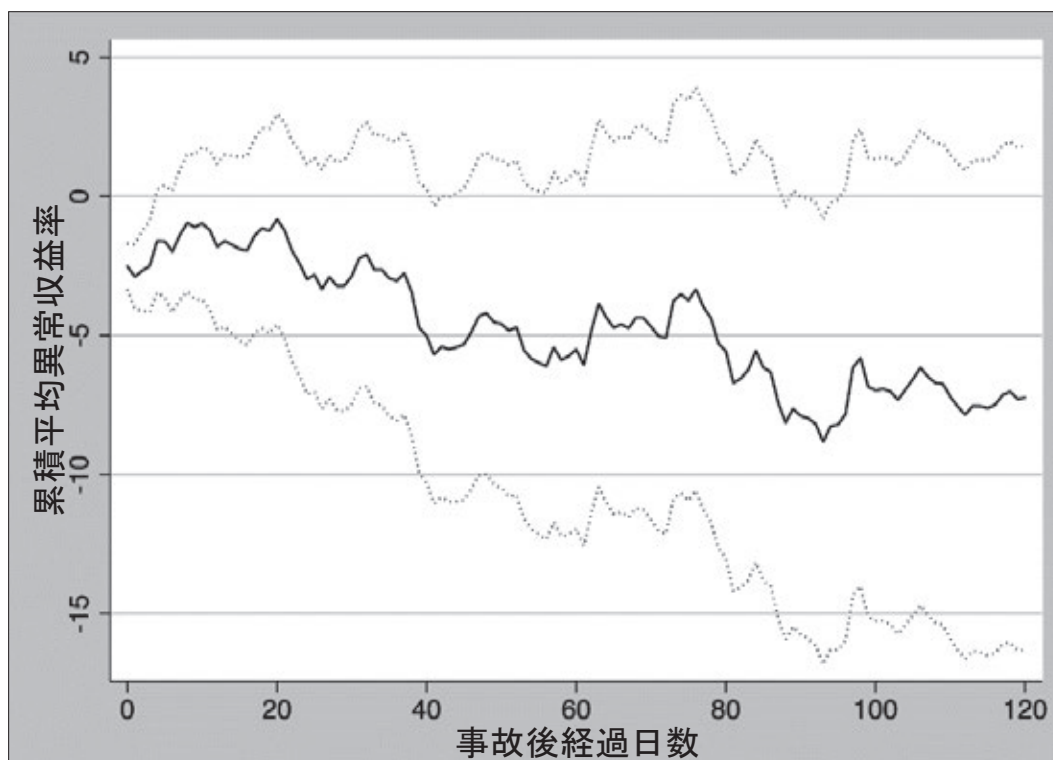
Makino (2016) はイベント・スタディ^{※1}と呼ばれる手法を用いて2005年から2016年にかけて日本で発生した18件の化学事故について事故後の当該企業の株価変動データを

分析した。図2の横軸は事故後の経過日数、縦軸は発災企業の事故後の累積平均異常収益率^{※2} (CAAR: Cumulative Average Abnormal Return) を示している。CAARは事故に起因する株式価値の下落率を示していると考えて差し支えない。図2の実線はCAAR、上下の点線は95%信頼区間を表す。分析の結果、発災企業の事故後のCAARが統計的に有意に減少した(=事故に起因する株式価値の下落が統計的に有意であった) ことを見出した³⁾。この手法を適用できるのは上場企業に限られるが、事故による企業価値の低下を定量化できる可能性を示すものである。イベント・スタディについてはMacKinlay⁴⁾ (1997)、高橋⁵⁾ (2020) が詳しく解説している。

(3) 経済的評価ツールの開発と公開

製造業安全対策官民協議会が2018年に実施した安全対策(労働災害防止対策)の経済的評価に関するアンケート調査では、ほとんどの企業は安全対策の費用対効果を考慮して

図2 事故に起因する株式価値の下落³⁾



※1
イベント・スタディ
企業にとって関係する出来事(イベント)が起きたときに、その出来事が企業の株価(株式投資収益率)に及ぼす影響を分析する手法。

※2
異常収益率
出来事が起きた時と、起きなかった時との株価に及ぼす影響の差を異常収益率という。差が負の場合は企業の価値が下がったと解釈する。事例を集めて異常収益率の平均値や一定期間の累積値を求めて統計的に検討する。

いないこと、半数以上の企業が安全対策の費用対効果を事前評価できる仕組みが有益であると考えていることがわかった（図3）。そこで中央労働災害防止協会は2020年度から2022年度の3カ年計画で、企業が自社の安全対策の経済的評価を事前にかつ簡便に実施できるよう支援する方法論・ツールの整備と普及を行うことを目的とした調査研究事業を実施した。産業技術総合研究所が同事業を受託し、有識者委員会での議論を踏まえながら調査研究を進めた^{7),8),9)}。

上記事業では安全対策の費用（初期費用、ランニングコスト）、災害による損害額、および安全対策実施前後における災害発生頻度に関する評価方法を整理し、必要なデータ分析を行なったうえで、Microsoft Excelで動作する経済的評価ツールを開発した。ツールは中央労働災害防止協会のウェブサイト(<https://www.jisha.or.jp/research/report/index.html>)で公開されており無料でダウンロードできる。しかし一方で、まだ解決すべき課題が残っ

ていることも事実である。特に今後は企業現場で実際に評価を行い、評価結果を蓄積するフェーズに移ることが望まれる。具体的な評価例はこれから初めて評価を試みる企業が参考とすべき極めて有用な資料となるだろう。

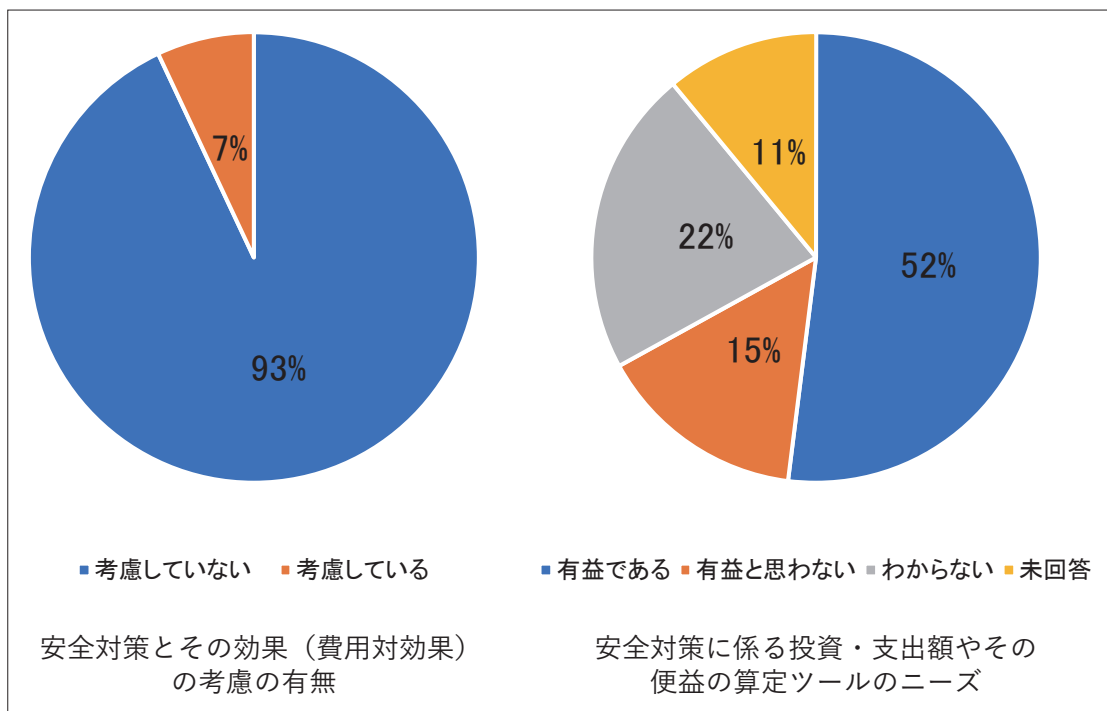
4. まとめ

リスク低減対策に対するモチベーションや危険に対する感度を高めるためのアイデアとして「事故分析手法 PFA[®]による事故進展フロー図」および「安全対策の経済的評価」を紹介した。安全対策の実施を後押しするようなこれらの情報整理や評価が今後益々重要性を増すと考える。

参考文献

- 1) 和田有司：産業保安と事故事例データベースの活用ー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、シンセシオロジー、6（4）、219-227、2013。
- 2) 産業技術総合研究所安全科学研究部門ウェブサイトさんぽのひろば 事故進展フロー図の例：<https://riss.aist.go.jp/sanpo/riscad/>（参照日：2024年1月19日）。
- 3) Makino R.: Stock market responses to chemical accidents

図3 安全対策の経済的評価に関するアンケート調査結果



※製造業 27 社回答 中央労働災害防止協会の許可を得て引用⁶⁾

- in Japan: An event study, *Loss Prevention in the Process Industries*, 44, 453-458, 2016.
- 4) MacKinlay, A.C.: Event studies in economics and finance, *Journal of Economic Literature* 35, 13-39, 1997.
 - 5) 高橋豊治: イベント・スタディとその適用例, *商学論纂*, 61 (5・6), 525-542, 2020.
 - 6) 製造業安全対策官民協議会: サブワーキンググループ田村チーム資料, 2018, https://www.jisha.or.jp/seizogyo-kyogikai/pdf/meetingNo22_02-3.pdf (参照日: 2024年1月19日).
 - 7) 中央労働災害防止協会・産業技術総合研究所: 安全対策の経済的評価に関する調査研究中間報告書, 2021, https://www.jisha.or.jp/research/pdf/202103_02.pdf (参照日: 2024年1月19日).
 - 8) 中央労働災害防止協会・産業技術総合研究所, 安全対策の経済的評価に関する調査研究(2年目)中間報告書, 2022, https://www.jisha.or.jp/research/pdf/202203_01.pdf (参照日: 2024年1月19日).
 - 9) 中央労働災害防止協会・産業技術総合研究所, 安全対策の経済的評価に関する調査研究最終報告書, 2023, https://www.jisha.or.jp/research/pdf/202303_01.pdf (参照日: 2024年1月19日).

まきのりょう

横浜国立大学大学院国際社会科学科博士後期課程終了。経済学博士。2015年から現職。産業保安をキーワードにリレーショナル化学災害データベース (RISCAD) の運営、安全対策の経済的評価、防爆ドローンの国際標準化などに携わっている。