

# 産業事故の調査について

総合安全工学研究所 専務理事

中村 順 Jun Nakamura

## 1. はじめに

最近、大規模な火災、爆発事故が工場や倉庫などで相次いで発生している。死傷者を伴う大きな事故は、工場にとってめったになく、経験や技術伝承も少ない。事故事例に学ぶということで、過去の事故事例を参考にするように言われてきたが、このような大きな事故は、それほどあるわけではなく、事故調査報告書も少ない。

同種の事故が無くても、当該化合物の反応性、取扱の注意などを学術論文、特許情報、SDSなどで参考になる記述を検索することになる。こうした調査は事故発生後に、過去の事例と共に網羅的に探すべきものである。

最近起こした会社が自律的に、事故の原因究明と再発防止を目的として事故調査委員会を設けて、外部の専門家も入れて行われている。また、報告書はインターネットに公開されることも一般的となっている。

事故調査の本来の目的は、事故の原因究明と再発防止である。ここでは、こうした事故調査に関連して、その傾向や問題点、改善点について、海外での事故調査と比較して概説する。

## 2. 事故の種類

以下に、問題のある事故について示して、普段から事故事例や関連資料を収集して、関

心を持つとともに、役立つ教訓を得るために必要なことを概説する。

### (1) 繰り返される事故

最近木材チップを用いたバイオマス発電所が各所に建設され稼働を始めているが、火災、爆発事故が表1に示すよう頻発している。自然発火、粉じん爆発、ガス爆発と原因や現象もそれぞれ異なるが、同種の工場で頻発しており、工場建設のためのリスクアセスメントはどのようにされていたか考えさせられる。

これらの一連の事故の原点となる、2003年三重県で死者2名を伴うごみ固形燃料（RDF：Refuse Derived Fuel、図1）発電所爆発事故については、三重県庁、原子力安全・保安院、環境省、総務省消防庁など多くの機関で調査報告書が作られ公開されている。消防研究センターや、労働安全衛生研究所からも解説などが出された。行政官庁から公開された報告書は、発行された時期も近く、内容もほとんど変わらない。今回の一連の事故に実際にどの程度教訓として役に立ったであろうか。当ても関連物質として、RDFだけでなく木材チップの事故の発生があり、原因や再発予防について紹介されている。

RDFの事故の20年後に三重県庁による総括<sup>1)</sup>は、事故に関する裁判記録を引用して、裁判所の判断も示されており、事故の隠蔽、表現の言い換え、責任のなすり合いなどの問題も指摘されている。

表1 最近のバイオマス発電所にかかわる事故

場所	年月	事故の概要
武豊	24/1	バイオマス発電所でボイラから発煙、ベルトコンベヤで火災の発生
米子	23/9	木材ペレットの搬入施設で爆発があり、保管場所、エレベータ、建物が破損
米子	23/5	木材チップ貯留槽で自然発火し火災となった
舞鶴	23/3	サイロ内バイオマス燃料が、発酵・酸化して、可燃性ガスが滞留し、自然発火により引火、燃料受入、供給設備焼損
袖ヶ浦	23/1	木質ペレットが発酵して白煙や異臭が出た窒素ガスパージで消火
岩国	22/9	自家発電用バイオマスボイラの燃料の設備が火災
半田	22/2	燃料チップ搬送コンベヤ、保管庫付近で火災発生

## (2) 過去の事故事例、教訓が生かされない事故

有名な事故としては、1980年に埼玉県  
の化学工場で図2に示す5CT（5-クロロ-1,2,3-  
チアジアゾール）という医薬品の原料を蒸留  
中に爆発し蒸留受器などが粉々になり、作業  
中の従業員2名が亡くなると共に工場全体が  
激しく損傷した事例があった。

5CTを実際に試験してみると、摩擦感度、  
落つい感度ともに極めて高く、熱分析試験  
においてアルミ製の密封セルに入れて測定中  
に爆発し、熱電対を破損した。この事故の2年  
前にドイツの化学工場で死者3名を伴う爆発  
事故を起こしており、ドイツ材料試験所で爆  
発性等の試験を行い、Chemical Abstractsに  
も化学工場で扱うには危険すぎると紹介され  
ていた。事前の文献調査が望まれたが、下請  
けで蒸留工程を請け負ったに過ぎず、現場に  
は、情報は伝わらなかった。現在では、5CT  
とネット検索するだけで事故事例を見られる  
ようになっている。

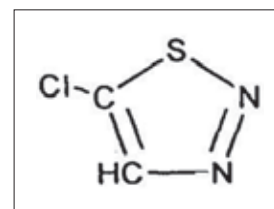
## (3) 事故につながるリスクに気付かない事故

2000年に群馬県の化学工場  
でヒドロキシルアミン（示性式  $\text{NH}_2\text{OH}$ ：以下「HA」とい

図1 ごみ固形燃料(RDF)



図2 5CTの構造



う)の蒸留プラントが爆発し4名が死亡した。  
液体のHAが爆発を起こしたものと認めら  
れた。蒸留工程のステンレス製設備も細かく  
破片化して、周辺に飛散した。事故当時HA  
は通常取り扱い50%の水溶液であり、危  
険物ではなかった。蒸留時には、減圧で水蒸  
気蒸留のため、蒸留塔内部では濃度は70%  
以上であった。群馬の事故の1年前にアメリ  
カの化学工場で蒸留中に爆発し、5名死亡の  
事故が起こっていた。これについては、工程  
が異なり、国内での事故にはつながらないと  
の見解が示されていた。

事故後の調査で、気付く必要がある小規模  
事故が発生していたことがわかった。まず、  
鉄イオンが触媒となって急激に分解すると認  
読されていた。しかしHAの定量分析は鉄  
(Ⅲ)イオンを試薬とする酸化還元滴定法で  
あり、定量的に反応しており、決して触媒で

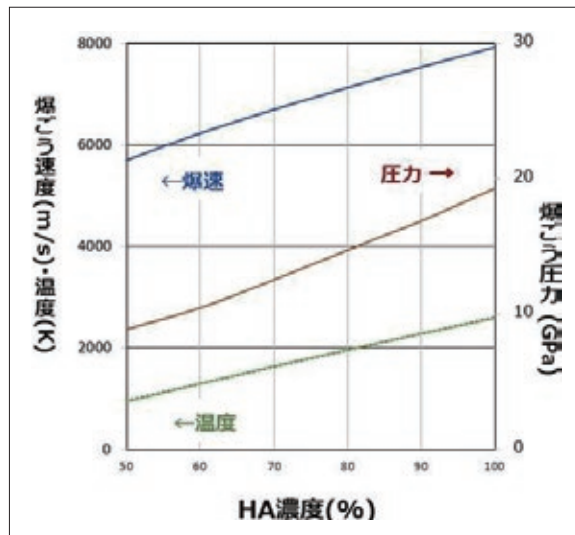
はない。

さらに、HAの結晶の危険性として、減圧蒸留の際の真空ポンプに接続するステンレス製フレキシブルホースが爆発して細かく破片化した。真空でHAの結晶がホースに析出、破裂したものと説明されたようだが、破片化したことから、爆発を起こしたことが推定される。さらに冷却で生成したHAの結晶をポリ袋に入れて持ち歩いていた時に発火したという。これらは火薬類を扱っていると、起爆薬に相当する感度、威力の兆候を示すもので、大量にあるときの爆発の予測をすることが必要だった。

なお、蒸留プラントの破壊は爆薬による破壊と同等だったが、鋼管試験などでHAの70%溶液を高性能爆薬で直接起爆した際の爆発速度は、7,000 m/sとなり、高濃度では、爆発を起こすことが実験で確かめられている。爆発特性の理論計算 KHT コード<sup>2)</sup> から図3に示すように予想される爆速に近い値であった。

なお、理論計算結果で爆発温度が1,500 K以下では、爆発反応が伝播しないとされており、50%水溶液の通常の扱いでは爆発しない。

図3 HAの爆発特性のKHTコードによる理論計算値



### 3. 事故調査

事故調査の目的は、原因究明と再発防止策である。本章では目的の詳細、公的機関による事故調査や、大規模な事故における調査などについて紹介する。事故調査としては、最初に現場の状況を調査し、担当現場職員から事故の状況を聞き、直接原因を見出す。最終的には組織要因を根本原因として明らかにする。以下にこうした事故調査報告書について示す。

#### (1) 事故調査の目的と対策

事故調査の目的としては、以下のことが挙げられる。

- ・事故原因に対処することにより、直接的なリスクを下げる。
- ・類似した根本の原因を共有してフィードバックし、間接的に全体のリスクを下げる。
- ・事故から学んで、設備、人の教訓を得る。

#### (2) 公的事故調査機関

公的機関でも、表2に示すように事故調査を行っている。それぞれの機関が法律に基づき調査をする権限や義務が定められている。実際には、発生都道府県の地方機関で担当者が調査を行い、事故の大きさや重大性にしたがって、地方機関からの要請によって国の機関が調査を行うようになっている。機関によりその目的は異なるが、行政への活用、事故調査報告書の公開、事故事例データベース作成、研究テーマへの展開などに使われる。

また、これらの調査機関の連携として、火災学会には化学火災専門委員会が設立され、消防、警察、労働、産業などに関する研究所の参加を得て、事故情報について検討するとともに、傾向や対策について学会誌、オーガナイズドセッション、公開討論会などで報告を行っている。

表2 産業事故調査機関・組織

法律	適用	機関・組織
警察法第1条、第2条	公共の安全と秩序の維持 安全確保の責務、業務上過失	科学警察研究所 科学捜査研究所
消防法第31条	火災の原因並びに火災及び消 火のために受けた損害の調査	消防研究センター 消防署
労働安全衛生法第93条	労働災害の原因調査を行う	労働安全衛生総合研究所 労働基準監督署
運輸安全委員会設置法	交通機関における 火災・爆発事故	運輸安全委員会

### (3) 福島第一原子力発電所爆発事故

2011年に起こった東日本大震災に伴う津波などにより、福島第一原子力発電所が全電源喪失により、メルトダウンを起こし多量の水素の発生による爆発事故を起こした。これに関しての事故調査報告書（検証報告書とよばれる）は、10件以上出されている。それぞれ事故の経緯と原因、そして得られた教訓から提言などが書かれている。

中でも政府、国会、民間、東京電力の4件の報告書は、比較調査した報告が国立国会図書館から公開されている<sup>3)</sup>。真実は一つでも10件以上の報告書が出るのはなぜだろうか。そしてそこから教訓を本当に学んだのだろうか。

ここでは、コンクリート建物が、ガス爆発の被害が最も強く出た、3号機、4号機に比較して1号機と2号機は最悪の事態を逃れたことを、建屋の設計時の被害軽減策として紹介する。

1号機は、アメリカの会社が製造したもので、5階建て原子炉建屋の中で、5階は燃料棒の取り換えなどを行うユーティリティである。おそらく何らかの圧力増加による原子炉への影響を防ぐために最上階は軽量のパネルで設計されていた。爆発直後の写真に見られるように、壁面は鉄骨を残してすべて吹き飛んでいるが、下の階層の建物の外側に大きな破壊は見られず、最悪の事態を回避できた。

危険物の製造所、取扱所でも屋根を軽量な

不燃材料でふくこととされているが、万一爆発が室内で発生しても周囲に被害が及ばないようにする目的で、放爆構造と呼ばれている。アルミニウム粉を扱う化学工場で、長期の水素の発生が防げないことから、壁の一面を弱く造り、人のいない方向に吹き飛ばす設計をしている工場もある。

福島の2号機から4号機は、建屋は5階も頑丈な鉄筋コンクリート造りであった。そのため3号機、4号機は下層階から5階まですべて破壊された。1号機における万一を考えた建屋構造の設計の意図（Know Why）は伝わらなかったようである。なお、2号機は炉心溶融による多量の発生水素ガスが建屋内に蓄積したが、1号機の爆発により、5階壁面に取り付けられていた幅6 m、高さ4.3 mのブローアウトパネル<sup>※1</sup>（以下「BOP: Blowout Panel」という）が外れて落下したため、開口部から水素ガスが外部に放出されたことで、水素ガス爆発を免れた。その他の建屋は爆発の威力が強く、BOPは目的の機能を果たせなかったとみられる。

### (4) 多量の硝酸アンモニウム爆発事故

表3にフランス、アメリカ、中国における多量の硝酸アンモニウム（以下「硝安」という）の爆発事故に関する調査報告について、その調査機関と概要についてまとめた。先進国でも未だ起こり、当時のアメリカではオバマ大統領令として政府省庁をまたいで事故調

※1  
ブローアウトパネル  
原子炉建屋内の圧力が増加した時に、自動的に圧力を逃がし建屋の破壊を防ぐ装置。

表3 海外の硝安爆発事故調査報告書

発生場所 発生日	調査機関	最終報告 調査期間	直接原因	爆発過程	対策
フランス トゥールーズ 2001.9.21	持続可能 開発省	2006.5 4年9カ月	反応性化合物の混入の可能性	従業員が建物を出た5分後に爆発	硝安の安全規則の見直し 爆発危険性に応じた取扱 危険工場施設適用規則・規制 の見直し
アメリカ テキサス 2013.4.17	CSB	2016.1 2年9カ月 最終報告	火災原因及び爆発への転移特定できず	火災発生後20分後に爆発	木造建物貯蔵の中止 化学施設の安全警備強化 緊急対処要員の対応向上 政府機関の連携強化
中国 天津 2015.8.12	国家安全 生産監督 管理総局	2016.2 6カ月	ニトロセルロース (NC) 自然発火	火災発生後42分後に爆発 NCの火災が硝安に延焼	化学物質を混在保管しない 運搬、荷卸の法令順守 教育・訓練の徹底

査に当たる程であった。最終的にまとめた化学事故調査委員会（以下「CSB：Chemical Safety Board」という）は、数年の長期にわたって調査を行ったが、明確な結論にはいきつかなかった。フランスも同様であった。しかしCSB報告書は関係しそうな原因について詳細に検討し、何故それが原因として否定されたかなどの説明もなされている。事故原因を明らかにできなくても、将来の再調査や、再発防止に向けた意図が感じられる。中国の天津の事故でも半年後に報告書が公開され、きちんとした考察がなされている。国内ではこうした報告書はあまり見るできない。事故原因に関与が認められない事項は、検討しても報告書に書かれないことが多い。原発事故に関しても、世界に公開するべきものを求めたい。

なお、2020年8月4日午後6時ごろに、レバノンの首都ベイルートの港内の倉庫に貯蔵されていた2,750トンの硝安が爆発して、死者218名、負傷者7,000名以上の大きな被害を出した事故があった。

倉庫の溶接工事から着火・火災となり、硝安が大爆発して被害は現場から数 km 以上の場所にまで及んだ。レバノンの国情により調査は難しかったが、旧宗主国であるフランスが調査を行った。

## 4. 事故調査資料

大規模なものや、性状の良くわからない新規物質の産業事故の原因調査では、まず過去の事例を調査することになる。該当物質や関連事項の事故調査報告書はデータベースで探すことができる。しかしそれだけでは、行きつかないことが多い。原因に関連する事項について網羅的に資料を集めて検討することになる。ここではそのような調査について紹介する。

### (1) 火災・爆発事故データベース

文献・情報検索などで取得する。要旨だけでは分かり難い場合が多く、元の資料を入手して検討することが望ましい。原因についても、簡略なことが多く、明確でなく「なんらかで爆発して」などの表現だけでは、先に挙げた目的を果たすことができない。

適切な要旨として、アメリカ化学工学会で出している Case Study<sup>4)</sup> での例を紹介する。それによると、フッ樹脂製造工場で、配管の詰まりをとるために、手でボールバルブを急速に開いたところ、閉止板のついた配管に流入し、断熱圧縮により、空気との混合物が発火し、バルブの上流圧力容器内に伝播し、容器内の圧力の急激な上昇を引き起こし爆発したことが書かれていた。事故原因の説明として適切な分かり易い説明があり、事前のり

スクアセスメントがきちんとされていないことも指摘されている。

## (2) SDS

SDSとは、安全データシート（Safety Data Sheet、以下「SDS」という）の略語で、化学物質の製造会社が、譲渡または提供する際に、その化学物質の物理化学的性質や危険性・有害性及び取扱いに関する情報を作成して提供する文書である。各性質については、国際的に決められた順番の項目に記載される。

ただ、海外の会社などで事故後に改定されたSDSをみると、最後の項目「16. その他の情報」に過去の事故事例が書かれていて、「この物質は1年以上の長期保存は不可でいくつかの爆発事故を経験している」との記載がある。通常物理化学的性質（項目9.）、安定性、反応性（項目10.）の項目をみるが、最後の項目16も見落とすわけにはいかない。他の例として、フロンガスに関する海外のSDSで「10. 安定性及び反応性」に、「表面を磨いたアルミニウムの表面とは反応する」と記載されているが、国内のSDSは大部分が同じ記述なのに、この内容だけが見当たらない。SDSについては、国内では一度作られるとそのままの場合が多いようだが、海外のSDSも見ておく必要がある。

## (3) 特許

特許は最新情報であり、特に他の情報があまり見られない場合でも、新規化学物質、中間生成物等の化学分析方法、取扱注意、事故事例、危険性情報などが書かれている例もあるので、注意したい。

## (4) 裁判記録

事故調査でも、事故の当事者である人に関する情報は得難く、公開されない場合も多い。最近発表された三重県でのRDFの爆発事故の

総括<sup>1)</sup>では、裁判の記録として、関係者の証言が示され、裁判官の判断も示されているが、技術的な面でもきちんと理解されて書かれていることが分かり、3章（1）項で紹介した目的にも合致している。人が事故にどのように関わっていたかが記載されており貴重である。ただ判決がでて確定してからになり、見るまでに事故後長期間を要する問題がある。

## 5. まとめ

産業事故の原因調査について概説した。事故の原因を明らかにすることは、事故に対する安全において基本的なことである。原因究明結果に基づく改善や対策がなされることによって、本質的な安全性の向上が可能になるからである。その結果として、製品や材料の品質向上、安全設備の開発が促進される。

火災、爆発事故の原因が詳細に明らかになるとは限らなくても、その検討、推定や対策を公開して情報共有することにより、事故の未然防止や被害軽減につながる。過去の失敗事例を生かしていくことや、問題点や課題を整理して、将来に備えることもより安全な社会を得るために求められている。

### 参考文献

- 1) 三重県環境生活部：RDF 焼却・発電事業の総括，2023。  
<https://www.pref.mie.lg.jp/common/content/001063996.pdf>. (参照日：2024年4月22日)。
- 2) 田中克己：爆薬の爆轟，日本燃焼学会誌，50，152，91-99，2008。
- 3) 国立国会図書館：福島第一原発事故と4つの事故調査委員会，756，2012。<https://ndsearch.ndl.go.jp/books/R100000039-I3526040>. (参照日：2024年4月22日)。
- 4) E. Christiansen：A Case Study of a TFE Explosion In a PTFE Manufacturing Facility，AIChE E，26（1），2007。

### なかむらじゅん

東京都立大学大学院修士課程修了。警察庁科学警察研究所爆発研究室に入所。爆発事故の原因調査、爆発物の威力、分析、探知などに従事。爆発研究室長、研究部長を経て、2011年定年退職後、総合安全工学研究所事業部長、2023年から現職。