

可燃性物質の事故の特徴

～事故統計からわかったこと～

(独) 労働者健康安全機構労働安全衛生総合研究所

板垣 晴彦 Haruhiko Itagaki

1. はじめに

労働安全衛生総合研究所では、日本国内の産業現場における爆発火災事故の情報の収集を長年行っており、これを基に労働安全衛生総合研究所爆発火災データベース¹⁾を構築して公表している。本稿では、このデータベースおよび消防庁による危険物施設での事故分析資料²⁾を用いて、可燃性物質の事故について特徴を調査した結果を述べる。

2. 爆発火災事故の分析

(1) 事故の発生件数の推移

産業現場での爆発火災事故の発生件数の推移を図1に示す。1975年頃までは1年に150～200件が発生していたが、その後の約10年間で半減した。それ以降はわずかず減少して2000年代には60～80件程度を推移している。

図中には原因物質として可燃性液体と可燃性固体を取り上げ、その内訳を示した。可燃性液体の発生件数の推移は総計と酷似していること、および、全体の約4割を占めていて、原因物質として最も多いことがわかる。可燃性固体の事故件数は年に10～20件程度と少ないが、その件数には大きな変化がない。そして、可燃性液体と可燃性固体を合わせると全体のほぼ半数を占めることから、事故の防止対策に特に力を入れるべき物質と考えられる。

図1 産業現場における爆発火災事故件数の推移

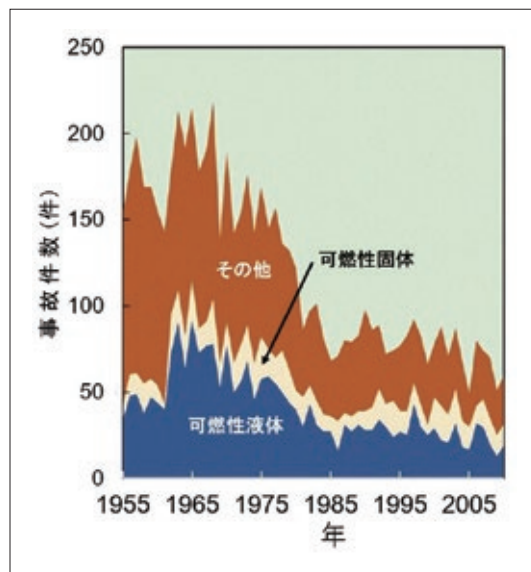


表1には、爆発火災事故の原因物質を具体的に分類した上で、各年代別に件数が多い順に示した。色付けしているのは「可燃性液体」である。「溶剤シンナー」と「ガソリン」が古くから上位に位置し、「アルコール」や「重油」もTOP 10入りしている。可燃性液体の事故件数が多い要因は、熱源や動力源などとしてほとんどの産業で使用しており、流通量と使用箇所が非常に多いことが挙げられよう。可燃性ガスの代表格である「LPG」が多いことも同じ要因と考えられる。

ところで、古い年代では「アセチレン」「爆薬火薬類」が多いことに気付く。かつて溶接用のアセチレンガスはガスボンベではなくアセチレン発生器により得ており、このアセチレン発生器の安全な取り扱いが難しかったこ

表1 原因物質の年代別順位

順位	1955-1964	1965-1974	1975-1984	1985-1994	1995-2004	2005-2007
1	爆薬火薬類 257	溶剤シンナー 156	溶剤シンナー 97	溶剤シンナー 67	LPG 47	LPG 15
2	アセチレン 245	LPG 147	LPG 76	LPG 52	溶剤シンナー 45	溶剤シンナー 12
3	ガソリン 140	ガソリン 108	ガソリン 63	金属溶湯 42	水素 40	金属溶湯 11
4	煙火・花火 117	爆薬火薬類 102	爆薬火薬類 50	穀物有機物粉 33	穀物有機物粉 34	水素 10
5	溶剤シンナー 93	金属溶湯 94	金属溶湯 50	ガソリン 32	金属溶湯 33	ガソリン 7
6	金属溶湯 86	アセチレン 89	穀物有機物粉 49	水素 29	金属粉 30	ブタン 7
7	LPG 80	穀物有機物粉 57	水素 44	アルコール 24	ガソリン 25	石油潤滑油 7
8	穀物有機物粉 44	アルコール 45	メタン 38	都市ガス 22	アルコール 22	廃油スラッジ 6
9	アルコール 33	煙火・花火 45	アセチレン 34	メタン 22	都市ガス 20	金属粉 6
10	水素 30	都市ガス 44	重油 32	原油スラッジ 21	重油 18	穀物有機物粉 6

数字は件数、色つきは可燃性液体

とがその理由である。つまり、アセチレン発生器を使用しなくなったことと逆火防止器という安全技術の向上策により、アセチレンによる爆発事故が激減したのである。「爆薬火薬類」の減少は、使用量の減少、および、取り扱いが容易で安全性が高い物質への転換が進んだことがその理由である。

(2) 原因物質の物性値と火災爆発の死傷者数

図2～図4は、気体、液体、固体の分類ではなく、融点、引火点、沸点の3つの物性値を指標として死傷者数との関係を示した図である。

3つの図に共通しているのは、件数は少ないが爆発による死傷者数が際立って多いことであり、火災による死傷者は多くても10～20人であるとわかる。また、いずれも物性値も低いほど死傷者が多い傾向にある。

事故件数が多い原因物質の物性値は、融点が常温以下、引火点が-100～100℃、沸点が常温以上のものである。これらの条件はちょうど可燃性液体の物性値に当てはまる。

一方、1件あたりの死傷者が多い原因物質の物性値は、融点と引火点が-40℃以下、

図2 融点と死傷者数の関係

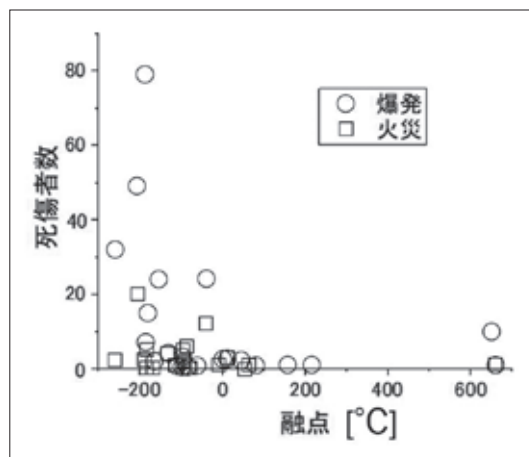
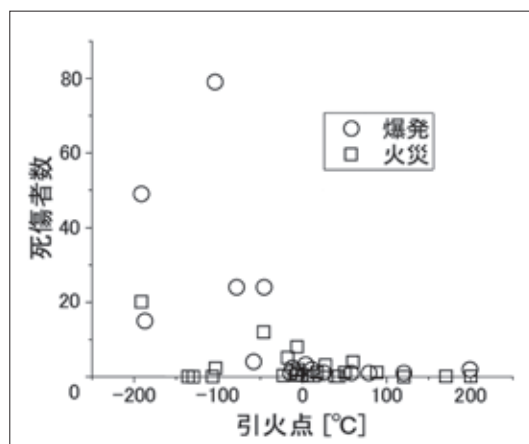
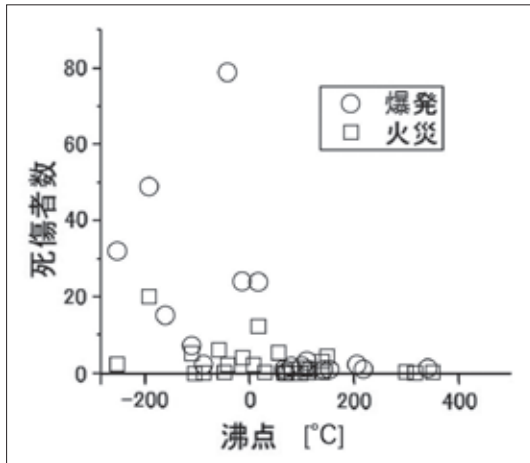


図3 引火点と死傷者数の関係



沸点が0℃以下である。すなわち、可燃性ガスの爆発により、多数の死傷者が発生していると考えられる。

図4 沸点と死傷者数の関係



(3) 災害規模曲線によるリスク分析

① 災害規模曲線とは

リスクアセスメントでは、対象とする事故や災害について重篤度と発生率を求めてリスク評価を行う。この重篤度と発生率の間には統計的な規則性があり、ハインリッヒの法則³⁾として知られている。その法則では、重い障害、軽い障害、障害なしに分類すると、発生件数の比率が1：29：300であるとしている。ただし、この比率は多様な労働災害をひとまとめにして分析した際の平均値であって、特定の災害や作業を対象にするとその比率は異なる。そこで、この比率を比較すれば、どのような災害や作業の場合に重篤度が高くなりやすいかを判別することが可能になる。

重篤度の指標として、ここでは評価基準が明確でばらつきがなく、データ欠損がほとんどない死傷者数を用いて分析した。

② 可燃性液体の災害規模曲線

図5は、可燃性液体による爆発火災について、累積確率と死傷者数を両対数紙上にプロットした図である。死傷者数が3人以上において良い直線関係が認められる。この図において、累積確率1%の線上にあるプロットの値は、すべての事故を死傷者数が多い順に並べた際に上位から1%の位置にある事故での死傷者数を表している。また、対数目盛な

図5 可燃性液体の災害規模曲線

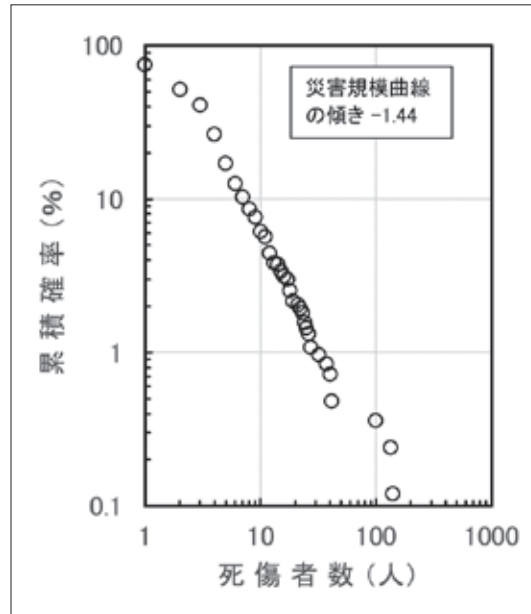
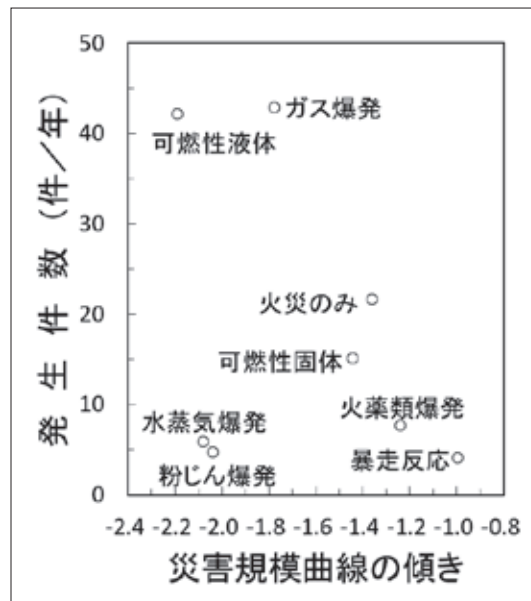


図6 災害の種類別の災害規模曲線の傾きと発生件数の関係⁴⁾



ので0人の値は示せないが、死傷者0人以上とは全事故を意味するので、その累積確率は常に100%になり必ず左上角にプロットがある。したがって災害規模曲線の傾きが緩くなるほど1%や0.1%を横切る交点が右に移動することになるから、死傷者数が多くなり重篤度が高いということになる。

③ 災害の種類別とのリスクの比較

図6は、図5と同様に災害の種類別に災害規模曲線を作成し、それをもとにその傾きと

年あたりの発生件数の関係を示した図⁴⁾である。この図は言い換えると、横軸がリスクアセスメントにおける重篤度、縦軸が発生確率を表しており、左下がリスクが低く、右上に行くほどリスクが高いことになる。

発生件数が多いのは「ガス爆発」と「可燃性液体の爆発火災」であり、傾きが緩いのは「暴走反応」と「火薬類爆発」である。「火災のみ」は発生件数がガス爆発のほぼ半数ではあるが、傾きが緩い部類であり、死傷者数が多くなりやすい。

「可燃性固体の爆発火災」は、発生件数は少ない部類ではあるが傾きは緩い部類であり、ひとたび発生した場合には死傷者数が多くなりやすい。一方、「可燃性液体の爆発火災」は図に示したプロットの中では最も傾きが急である。事故の発生件数は多いものの事故の種類が主に火災であることから、消火活動の実施により物的・人的被害を抑制していると考えられる。

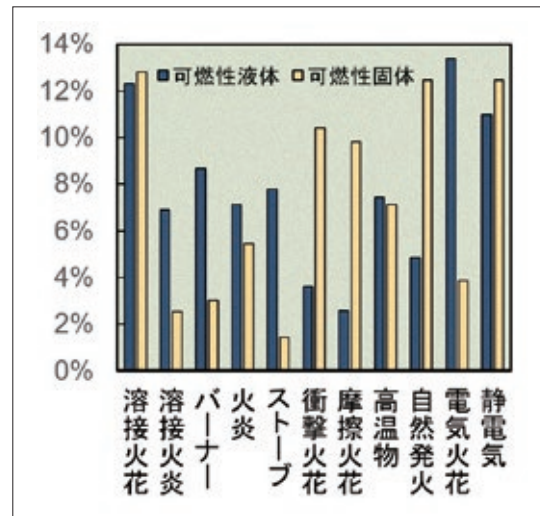
(4) 着火源・原因の分析

図7は、可燃性液体と可燃性固体を取り上げ、着火源を分類した結果である。両者に共通して多い着火源は、溶接火花と静電気であった。溶接火花は、広範囲に飛散し、高温かつ熱量を十分有しているために着火確率が高いこと、建設工事や改修工事において幅広く使用されているなどのためと思われる。静電気は、あらゆる場所で発生する可能性があって、万能的な防止策がなく、産業現場では防止対策に苦慮していることがうかがえる。

可燃性液体で多い着火源は、溶接火炎、バーナー、ストーブ、電気火花であった。これらの着火源は、通常移動していきことがないので、可燃性液体自体がまたは液体からの蒸気が着火源の近くに移動して引火し、火災に至るといった経過をたどると考えられる。

可燃性固体で多い着火源は、衝撃火花、摩

図7 着火源の割合



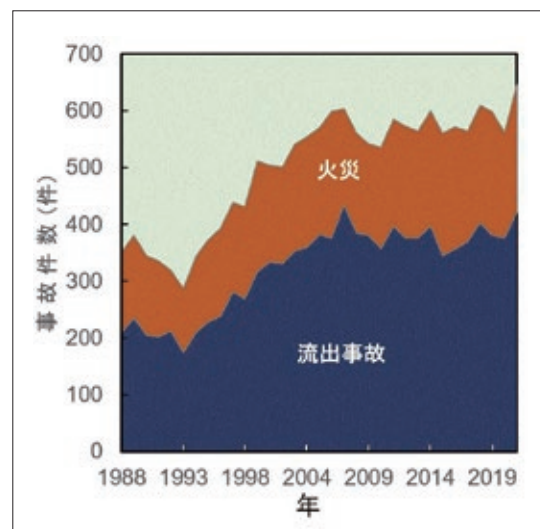
擦火花、自然発火であった。可燃性固体自体は通常移動しないので、機械的な刺激を直接受けたり、多量に保管中に自己発熱が蓄熱し発火に至ったりしていると思われる。

3. 危険物施設での火災・流出事故の分析

(1) 流出事故の発生件数の推移

図8は危険物施設での火災と流出事故の発生件数を示した図である。危険物施設での事故は1988年では約350件で1993年までは減少傾向であったが以降は反転して増加し

図8 危険物施設での火災・流出事故の推移



2021年には600件を超えている状況である。特に流出事故は、約200件から約400件超へと倍増した。火災も140件程度から200件超へと増えている。危険物施設の総数は1988年に60万弱に達していたのが、各地でのガソリンスタンドの閉鎖などによって2021年には約40万まで減少している。危険物施設での事故発生率は増加の一途であることになり、**図1**に示した産業現場での爆発火災が減少傾向にあるのとは異なる。

(2) 危険物施設の区分別の発生件数

表2は2017年から2021年に危険物施設で発生した火災・流出事故について集計した結果である。発生件数が多い施設は、火災では取扱所であり、流出事故では貯蔵所、次いで取扱所である。取扱所は、他の区分よりも貯蔵量は少ないものの施設数が多く、貯蔵所と異なり販売のための給油など、実際に取り扱う作業の頻度が高いためと思われる。

貯蔵所での火災が少ないのは、防災対策が周到になされていること、貯蔵が主たる用途であって取り扱う作業の頻度が低いことが考えられる。ただし、施設数が多く、かつ、大規模なものが少なくないため、腐食などの劣化や破損、操作確認の不足により、流出事故が起きている。

施設数に大きな差があるため、1万施設あたりの発生件数を**表2**に合わせて示した。それによると、製造所における火災と流出事故は71～74件/年と突出している。製造所はまさに産業現場であって、様々な作業・プロセスが休まずに続けられており、多様な要因により火災と流出事故が起きている。とはいえ、製造所の施設数は他の施設よりも少なく、かつ、工業地帯に立地していることが多いので、一般住民にまで被害が及ぶことは少ないであろう。

なお、貯蔵所は固定設備であるが、貯蔵所

表2 危険物施設での火災と流出事故 (2017~2021)

	発生件数 (件/年)		1万施設あたり (件/年)		平均 施設数
	火災	流出	火災	流出	
製造所	35.6	37.0	70.8	73.5	5,031
貯蔵所	13.2	184.2	0.5	6.8	272,519
※1	4.2	65.2	0.6	10.0	65,360
取扱所	157.2	168.6	13.0	13.9	121,188

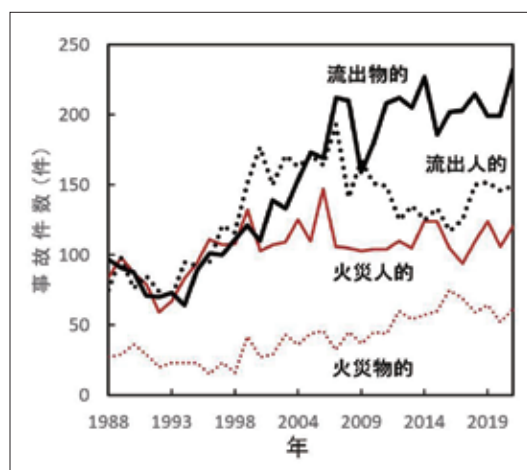
※1 貯蔵所区分のうち移動タンク貯蔵所

の区分のうち移動タンク貯蔵所（いわゆるタンクローリー車）は市中を移動する。移動タンク貯蔵所の1万施設あたりの火災は、0.6件/年と低水準であるが、流出事故は取扱所に次いで多い。発生場所が限定されないことを考えると、流出事故に遭遇する可能性は高い部類に入る。

(3) 火災・流出事故の要因の推移

図9は発生要因の推移を示した図である。事故件数が増加しているのはすでに述べたとおりである。流出事故では物的要因と人的要因が2009年頃までほぼ同数であったが、近年は物的要因の割合が増えている。具体的には、腐食疲労などによる劣化、機器の破損や故障のほか、施工不良が挙げられている。また、人的要因としては、操作確認の不足、監視不十分、誤操作などが多いという。

図9 火災・流出事故の発生要因の推移



火災では、発生件数は人的要因（維持管理不十分、操作確認の不足、誤操作など）が多いが、物的要因（腐食疲労などによる劣化、施工不良、設計不良）の増加にも着目すべきである。

4. まとめ

産業現場および危険物施設での可燃性物質による事故の特徴を分析し、次を明らかにした。

産業現場では、(1) 可燃性液体の爆発火災は発生件数が多い。(2) 可燃性固体の爆発火災は死傷者数が多くなりやすい。(3) 危険物施設では、火災と流出事故が増えている。(4) 物的要因がその原因として増えている。

参考文献

- 1) 労働安全衛生総合研究所:爆発火災データベースの公開(第6次), 2021. http://www.jniosh.johas.go.jp/publication/houkoku/houkoku_2020_05.html (参照日: 2023年8月20日).
- 2) 消防庁危険物保安室: 令和3年中の危険物に係る事故の概要, 2022.
- 3) H.W.Heinrich, D.Peterson and N.Roos, 総合安全工学研究所訳:ハインリッヒ産業災害防止論, pp.59-64, 海文堂, 1982.
- 4) 板垣晴彦: 爆発火災事例についての災害規模曲線を用いた分析, 労働安全衛生研究, 12 (2), 101-106, 2019.

いたがき ● まる ● 小

横浜国立大学大学院博士課程修了。工学博士。労働省産業安全研究所に入所後、組織改編を経て2022年から化学物質情報管理研究センターに所属。爆発火災災害事例の収集と同データベースの更新や GHS に基づく化学品の分類などに従事。