

防災物性データに基づく安全対策と作業者の教育

1 はじめに

事故事例から学ぶことは非常に多く、近年発生した化学事故のほとんどは、過去の事例を教訓としていれば発生しなかったと考える人もいるほどです。しかし、事故事例には必ずしも詳細情報が掲載されている訳ではありませんし、取り扱い条件も異なるでしょうから、鵜呑みにすると余計なコスト増にも繋がりがねません。つまり、実験室スケールの研究開発段階から工業化に至る各フェーズにおいて、濃度、スケール、温度、滞留時間など、取り扱い条件に応じた合理的対策を講じることが求められます。そのために、取り扱い物質の防災物性データを取得し、危険性を把握することが重要とされます。

2 スクリーニング 3 種の神器

化学物質の火災事故要因を着火源別に見ますと、静電気火花や過熱、高温熱面など、10以上の着火源が登場しますが、大半は、火・熱・衝撃の3つに分類できます（表1）。取扱い物質の危険性評価は、まずこれらの着火源に対する感度について、少ない試料量でだまかに評価する（＝スクリーニング試験）ことをお勧めします。特に、着火感度試験、SC-DSC試験（Sealed Cell-Differential Scanning Calorimetry）、落つい感度試験は、数あるスクリーニング試験の中で3種の神器とも言えるものです。詳しくは、当社技術資料「TN444 可燃性粉体の危険性評価」¹⁾をご覧ください。

3 事例：100℃ルール

熱感度の評価について一例を紹介します。SC-DSC試験における発熱検出温度 (T_{DSC}) および $T_{DSC} - 100^{\circ}\text{C}$ をボーダーラインとして、熱に対する危険性を3段階で評価します（図1）。これは、断熱熱量計等の高次試験で取得されるADT24※（Adiabatic Decomposition Temperature 24hours）との経験的關係²⁾が、 $T_{DSC} - \text{ADT24} < 100^{\circ}\text{C}$ であることに由来する考え方で、例外もありますが、一次評価として良く用いられる手法です。

本手法による危険性が中程度以上の場合、高次試験を推奨しますが、発熱の大きさや実機条件等を含め、総合的に判断することが重要です。

※当社技術資料「TN443 ARC を用いた熱暴走危険性評価」³⁾をご覧ください。

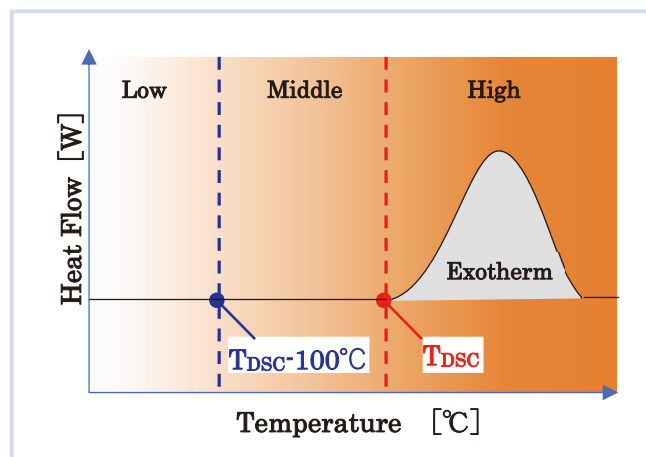


図1 SC-DSCデータの評価例

表1 着火源－防災物性試験

着火源		火	熱	衝撃
具体例		静電気火花 非防爆電気設備 衝撃火花	ヒーター熱源 (スチーム、電熱線等), 反応熱	設備摺動部, 混合・粉碎
試験例	スクリーニング試験	着火感度 最小着火エネルギー	SC-DSC HP-DSC	落つい感度 摩擦感度
	高次試験	燃焼速度 爆発圧力	断熱熱量計 SIT, ワイヤバスケット	弾動臼砲

4 危険性体感教育による危険感受性の向上

事故を防止するには、作業者の安全意識も非常に重要です。自動化が急速に進んでいるとはいえ、まだまだ人手による作業、人による判断が大半を占めていると思われ、事実、ヒューマンエラーによる事故は未だに多く発生しています。

ヒューマンエラーの原因を敢えて二つに分類するとすれば、“無知”と“油断”です（勿論、システムの要因や、疲労、錯覚などの特殊な原因もあります）。前者は、一般的なセミナー等でカバーすることができますが、後者の対策には不十分です。これには、危険体験による経験的理解＝危険感受性の向上が有効とされています。以下、当社で実施可能な危険体験ツールをいくつかご紹介します。

●実演形式

数 mg ～数 g オーダーの小規模な実験による着火、爆発現象を、実際に見ることができます。実験内容は、引火、ガス爆発、粉じん爆発、混合危険など多数あります（図 2）。

●VR（Virtual Reality）形式

実演不可能な実規模の事故を疑似体験できます。実験室スケールの合成実験から工業用反応器を用いた製造まで、従事作業に近いコンテンツを選択できます（図 3）。詳しくは、当社技術資料「TN487 化学物質の火災・爆発危険性体感研修」⁴⁾をご覧ください。



図2 体感教育（実演形式）



図3 体感コンテンツ例（VR形式）

文 献

- 1) 住化分析センター：“TN444可燃性粉体の危険性評価”，available from <<https://www.scas.co.jp/technical-informations/technical-news/pdf/tn444.pdf>>, (accessed 2022-03-30) .
- 2) J. Pastré, U. Wörsdörfer, A. Keller, K. Hungerbühler: *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, **13**,7 (2000) .
- 3) 住化分析センター：“TN443 ARC を用いた熱暴走危険性評価”，available from <<https://www.scas.co.jp/technical-informations/technical-news/pdf/tn443.pdf>>, (accessed 2022-03-30) .
- 4) 住化分析センター：“TN487 化学物質の火災・爆発危険性体感研修”，available from <<https://www.scas.co.jp/technical-informations/technical-news/pdf/tn487.pdf>>, (accessed 2022-03-30) .

5 さいごに

リモート会議がスタンダードになり、これまでよりも気軽にご相談いただけるようになりました。体感教育についても、今後はメタバース活用など、利用しやすい環境を整備する予定ですので、ご期待ください。



横井 暁
(よこい あきら)
愛媛ラボラトリー

〈主な投稿・学会発表〉
1) 横井 暁、和田しのぶ、菊池 武史：日本火災学会誌、**70**, 2 (2020) .
〈所属学会など〉
特定非営利活動法人 安全工学会

対象試料	化学品・化成品 金属 セラミックス ガラス プラスチック・樹脂 ゴム 炭素材料 複合材料 フィルム・膜 添加剤 触媒 接着剤・接合剤 燃料 オイル・潤滑油 バイオマス 医薬品 医療機器・医用器械 再生医療等製品 細胞 バイオマーカー 化粧品 食品 食品容器・包装材 自動車 電子機器 電池・キャパシタ 電子部品 ウェーハ 半導体 センサー クリーンルーム 製造環境 作業環境 ガス 薬液 水（超純水、純水、飲料水、排水）
シーン	研究開発 設計 製造 品質管理（劣化、異物） 製造管理（異物、汚染） 廃棄物（排ガス） 環境影響（水、河川水、海水、排水、土壌、大気） 安全性 登録 教育
技術・ノウハウ	元素分析・無機分析 クロマトグラフ 表面・形態観察 分光分析 物性評価 化学構造解析 危険性評価 細胞評価 遺伝子解析 オミクス解析 安全性評価 登録申請