

奨励賞

指定可燃物を取り扱う製造現場における
粉体飛散リスクの把握と事故未然防止に向けた取り組み旭化成バッテリーセパレータ株式会社 電池材料事業部
ハイポア工場 環境安全課 中村 悠

1. はじめに

私が所属するハイポア工場では、電池用リチウムイオン二次電池のセパレーターを製造しており、操業はオペレーターによる三交代制で行われている。工程内では指定可燃物を日常的に取り扱っており、作業の性質上、粉体の飛散や設備・床面への付着が生じやすい環境にある。これらの指定可燃物は、管理が不十分な状態で滞留した場合、静電気などの着火源と組み合わせることで火災に至るおそれがある。一方で、危険物に比べて危険性の認識が低くなりやすく、日常作業の延長線上でリスクが見過ごされやすいという特徴を有している。

私は以前、オペレーターとして現場業務に従事していたが、二〇二四年度に環境安全課へ異動し、現在は工場全体の安全管理および安全文化の醸成に携わっている。その立場の変化を通じて、安全は特定の担当者だけが管理するものではなく、現場の一人ひとりが主体的に危険を認識し、行動することで初めて確保されるものであると強く認識するようになった。本論文では、指定可燃物を取り扱う製造現場における現状の課題を整理するとともに、火災リスク低減に向けて実施および検討した具体的な対策、ならびに現場の安全意識向上を目的とした取り組みについて報告する。

2. 指定可燃物の概要および火災リスク評価

2.1 指定可燃物の概要

当工場におけるセパレーター製造工程では、主要原料として指定可燃物であるポリエチレン（以下、PE）および流動パラフィンを使用している。PEはフレコンバッグに充填された状態で工場へ搬入され、原料倉庫内の専用保管エリアにて管理されている。一方、流動パラフィンは工場内のプロセスタンクに貯蔵され、残量が低下した時点で屋外タンクから密閉された配管を通じて送液される方式を採用している。主要原料の保管形態を表1に示す。

表1 主要原料における保管形態の概要

ポリエチレン	流動パラフィン
	
袋詰め保管	タンク保管
パレット積載、屋内倉庫	小型タンク、屋内設置

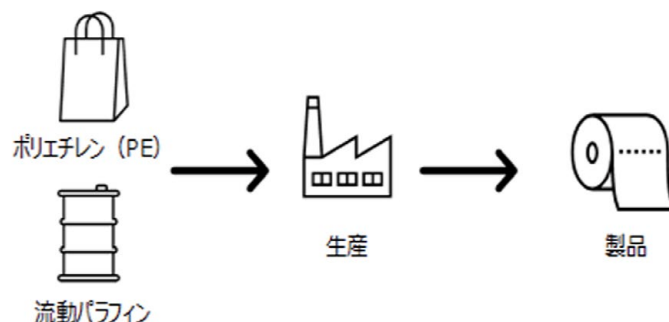


図1 主要原料の保管から製造工程までの流れ

流動パラフィンの送液設備には接地対策が施されており、静電気の発生および蓄積を抑制する管理が行われている。これらの原料は保管後に製造工程へ移送され、最終的にセパレーターへ加工される。その流れを図1に示す。

一方で、いずれの原料も保管量が多く、合成樹脂類および可燃性液体を大量に扱う環境であることから、万一管理が不十分な状態となった場合には、火災リスクが顕在化する可能性を内包している。

2.2 火災リスク評価の方法

当工場では複数の指定可燃物を日常的に取り扱っており、限られた人員や設備対応の中で、すべての対象に対して一律に管理強化を行うことには現実的な制約がある。そのため、火災リスクの高い対象を明確にし、重点的に対策を検討する必要があった。そこで、本検討では指定可燃物に起因する火災リスクを客観的に把握することを目的として、以下の二つの指標を用いて評価を行った。

一つ目は、消防法に基づく指定数量との比較による危険度評価である。各原料の保管量を指定数量と照合し、その倍率に基づいた相対的な危険度を表2に示す。

表2 指定数量との比較による危険度評価

指定数量との比較	危険度ランク
指定数量の100倍以上	非常に高い
指定数量の10倍以上～100倍未満	高い
指定数量の1倍以上～10倍未満	中程度
指定数量未満	低い

二つ目は、リスクマネジメントの基本的な考え方に基づき、火災発生頻度と影響度を掛け合わせたリスクスコアによる評価である。頻度については日常作業との接点や取り扱い回数を考慮し、影響度については火災発生時の拡大可能性および操業への影響を踏まえて評価した。評価に用いた項目および評価基準を表3に示す。また、算定したリスクスコアについては、スコア範囲に応じてリスクランクを区分することとし、その区分を表4に示す。

表3 リスク評価における評価項目及び内容

評価項目	内容
頻度	最大取扱量に基づき 1～5 段階で評価
影響	最大貯蔵量に基づき 1～5 段階で評価
リスクスコア	頻度×影響

表4 リスクスコアに基づくリスクランク区分

スコア範囲	ランク
17～25	非常に高い
10～16	高い
5～9	中程度
1～4	低い

2.3 評価結果と重点管理対象

上記手法により評価を行った結果、PEが最も高いリスクスコアを示し、次いでFP原料、流動パラフィン、紙くずの順となった。評価対象ごとの数量規模およびリスクスコアの整理結果を表5に示す。この結果から、当工場における火災リスクの主要因は、合成樹脂類、とりわけPEの大量保管および取り扱いであることが明らかとなった。

表5 評価対象ごとの数量規模

類	品名	指定数量	単位	最大貯蔵数量	最大取扱量	頻度	影響	リスクスコア	リスクランク
合成樹脂類	ポリエチレン	3000	kg	約86万	約2万	4	5	20	非常に高い
合成樹脂類	FP原料（ポリエチレン、DOP、シリカ混合物）	3000	kg	約4万	約1万	4	3	12	高い
可燃性液体類	流動パラフィン	2	m3	約180	約180	4	3	12	高い
ぼろ及び紙屑	紙屑	1000	kg	約2000	0	1	2	2	低い

この評価を踏まえ、以降ではPEを中心とした指定可燃物の管理状況に着目し、現場確認を通じて抽出された課題および火災リスク低減に向けた検討内容について述べる。

3. 現場確認結果と火災リスクの成立要因

火災・爆発リスク低減に関する当工場の基本方針は、旭化成グループの安全指針に基づき、「燃焼の三要素（可燃物・酸素・着火源）のうち二要素除去を基本とする」考え方に沿っている。静電気対策についても、電荷の発生抑制と蓄積電荷の緩和を組み合わせた管理が行われている。特にポリエチレン（以下、PE）は最小着火エネルギーが約10mJと低く、火花放電やコーン放電といった微小な放電であっても着火に至る可能性がある。このため、接地および除電対策を多重的に講じることが重要とされている。

前章の火災リスク評価結果を踏まえ、私はPEを主対象として原料輸送設備周辺の現場確認を行った。確認にあたっては、絶縁抵抗測定、保管場所の整理状況、安全通路の確保状況など、日常管理の実施状況を中心に確認した。その結果、これらの基本的な管理は概ね適切に維持されていることが確認できた。また、制電作業服・制電安全靴の着用、導電性マットの敷設、輸送配管の導電化、アースボンディングなど、複数の静電気対策が講じられていることも把握した。

一方で、原料輸送設備周辺ではPE粉体の飛散および床面への堆積が確認され、一部は清掃されずに残存していた。床面だけでなく、フロア上部の設備にも粉体の付着が認められた。これらの確認状況を図2に示す。

図2 原料輸送設備周辺におけるPE粉体の飛散および堆積状況



私は元オペレーターとして同設備の運転・点検業務に携わっていた経験があり、これらの状態が日常化していた可能性があると感じた。PE原料は平均粒径が比較的大きい一方、輸送や取り扱いの過程で摩耗や破砕により微粉が生成されることが考えられる。このような微粉は浮遊・付着しやすく、飛散状態では可燃性粉じんとしての性質を有する。当該エリアにはブロワやモーターなどの回転機器が設置されており、防爆構造ではない設備も存在する。私は、粉体が飛散した状態で摩擦熱や帯電、さらに微小放電が発生した場合、最小着火エネルギーの低いPE微粉に着火する可能性を否定できないと判断した。

以上より、原料輸送設備周辺における粉体の飛散および堆積は、可燃物と着火源が同一空間に存在する状態を形成しており、火災リスクが顕在化し得る状況であると整理した。

4. 現状の課題

前章の現場確認を通じて、粉体飛散や堆積が一部の異常ではなく、長期間にわたり繰り返されてきた可能性があることが明らかとなった。一見すると日常点検や清掃は実施されているものの、結果として粉体が残存していたことから、現行の管理方法には課題があると考えられた。私は過去にオペレーターとして同様の設備を日常的に扱っていたが、当時は床面や設備上部に粉体が付着している状態を見ても、「いつものこと」として深く問題視していなかった。点検時の確認項目は主に設備の稼働状態や異音、異常振動に向けられ、粉体堆積が火災リスクに直結するという認識が十分でなかったと振り返っている。また、粉体堆積は微量かつ徐々に進行するため、作業員自身が変化に気づきにくく、異常として捉えにくいという特性がある。その結果、清掃の優先度が下がり、「後で対応する」「次の点検時に確認する」といった判断が積み重なり、結果的に改善が先送りされてきた可能性がある。加えて、現場では定期的な点検や巡視が行われているものの、「どの状態をもって異常と判断するか」という基準が作業員間で共有されていなかった。このことも、粉体飛散や堆積が見過ごされやすくなった要因の一つであると考えられる。

これらのことから、本件の課題は設備単体の問題にとどまらず、粉体飛散をリスクとして捉える視点の不足や、危険状態を早期に検知・対応するための教育および判断基準が十分に整備されていなかった点にあると判断した。

5. 対策と取り組み

5.1 粉体飛散要因の把握と設備面での対応検討

現場確認および課題整理を踏まえ、設備技術課と合同で原料輸送設備周辺の詳細確認を実施し、ポリエチレン粉体が飛散する要因について検討した。これまで粉体漏えいに関する系統的な調査記録はなく、既存設備においても同様の現象が確認されていたことから、改めて現地で状態を整理する必要があると判断した。確認では、輸送ブロウ、配管接続部、吸気系統を中心に、粉体が漏れ得る箇所を順に確認した。原料輸送設備周辺における粉体飛散要因の確認結果を表6に示す。配管接続部では、パッキンの経年劣化によりシール性が低下している可能性が示唆され、外観上に大きな損傷がなくとも微粉の通過を完全には防げていないと考えられた。設備技術課からも、劣化状態を踏まえるとシール性能の低下は否定できないとの見解が示され、交換基準の明確化が今後の課題として挙げられた。また、輸送ブロウ周辺のシール部について確認したところ、圧力変動の影響を受けやすく、シール材の弾性に部位差が認められた。これにより、微粉であれば漏えいする可能性がある状態であることが確認された。さらに、吸気口が常時開放構造であることから、設備停止時に配管内に滞留した粉体が逆流し、空間中へ舞い上がる可能性があることも確認された。

表6 原料輸送設備周辺における粉体飛散要因

確認対象	確認内容	確認結果概要
輸送ブロウ	周辺封止状態	圧力変動により微粉漏えいの可能性あり
配管接続部	パッキン状態	経年劣化によりシール性低下が示唆
吸気系統	構造形態	停止時に粉体逆流の可能性あり
設備上部	粉体付着状況	清掃不十分な箇所を確認

これらの結果から、粉体飛散は単一の故障ではなく、設備の経年劣化や構造的特性が複合的に影響して発生していると考えられた。一方で、設計変更や設備改造を伴う対策は、設備停止や工程調整が必要となることから、短期間での実施には現実的な制約があることも明らかとなった。

5.2 粉体飛散を異常として捉え、行動につなげるための教育的取り組み

設備面の抜本的な改善に時間を要することを踏まえ、現時点では運用面から火災リスクを低減することを優先し、作業者が粉体飛散に早期に気づき、適切に対応できる体制づくりを進めることとした。教育では、静電気による着火メカニズムや、粉体飛散・堆積が火災リスクに直結する理由を具体的に説明し、「粉がある状態」を許容すべきものではなく、対応すべき異常状態として捉える視点を共有した。特に、今回の調査で撮影した粉体堆積状況の写真を教材として用い、設備稼働から比較的短期間で堆積が進行していた事実を示すことで、現場における危機意識の醸成を図った。

本教育は、Microsoft Formsを用いて資料提示および理解度確認を行う形式とし、受講者が自身の理解や気づきをその場で入力・共有できる仕組みとした。また、座学形式の説明に加え、実際の設備周辺を巡回しながら、粉体が溜まりやすい箇所や確認時の目安について説明を行い、日常点検時に留意すべきポイントを具体的に示した。さらに、教育の過程では、私自身が過去にオペレーターとして粉体堆積を見過ごしていた経験を共有し、「なぜ気づけなかったのか」「どの段階で行動につなぐべきだったのか」を作業者とともに考える機会を設けた。

教育実施後には、Microsoft Formsを用いた簡易アンケートにより受講者の認識変化を確認した。その結果、「日常的な作業環境の中に潜む危険に気づくことができた」「粉体堆積を異常として捉え、改善提案につなげやすくなった」といった意見が得られた。また、保全系教育においても同様の手法を取り入れたいとの意見が寄せられ、本取り組みが作業者の危険感受性を高める教育手法として一定の有効性を有することが示唆された。

5.3 今後の対応方針

設備面の構造的な改善については、引き続き設備技術課と連携し、原因調査手法の検討や改修の優先順位付けを進めていく予定である。一方、現時点では教育を通じた意識向上と日常管理の徹底が、最も即効性のある対策であり、運用面から火災リスクを低減できると判断している。

6. まとめと今後の展望

本検討では、指定可燃物の管理状況を確認し、火災リスク低減に向けた現状と課題を整理した。特にポリエチレン粉体の飛散については、現場での飛散状況および設備構造の両面から要因を把握し、短期的な対策として、粉体飛散を異常状態として捉える視点を共有する教育を実施した。その結果、作業者の認識および行動に一定の変化が見られ、運用面からのリスク低減効果が得られたと考えている。

一方、現地確認を通じて、配管接続部のパッキン劣化、ブロワ周辺のシール不良、吸気口からの逆流など、設備構造に起因する要素が複合的に関与していることが明らかとなった。長期的な火災リスク低減のためには、設備対策が不可欠であり、今後も設備技術課と連携しながら検討を進めていく必要がある。

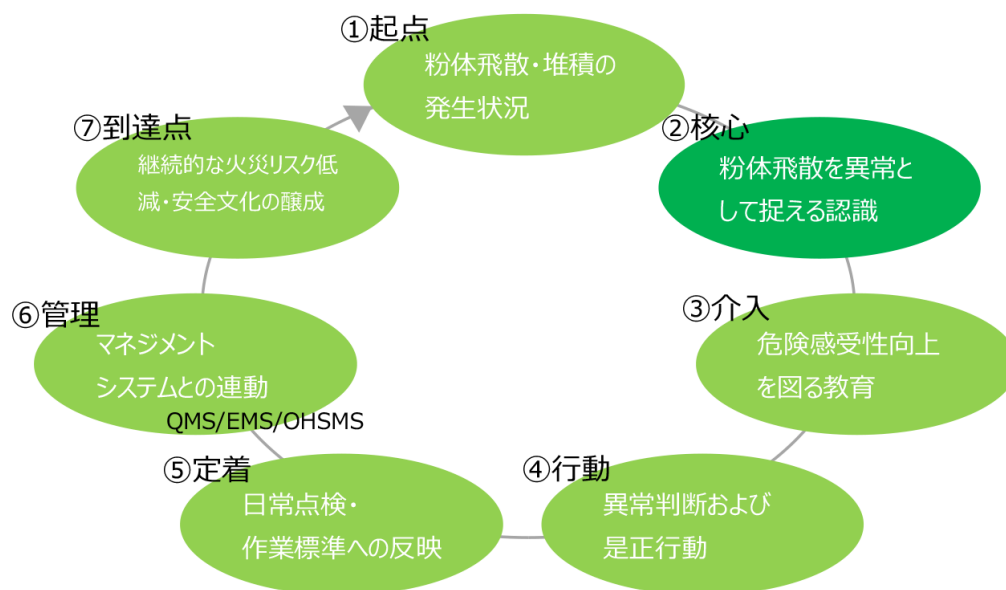
今回の取り組みを通じて、私は、これまで現場で実施されてきた教育や訓練が、主として操作手順や設備の取り扱いに重点が置かれており、指定可燃物に起因する火災リスク、特に粉体飛散を危険事象として捉える視点が十分に取り入れられていなかったことに気づいた。受入教育、設備教育、点検手順の指導、OJT、交替テーマ活動、防災訓練などは体系的に行われていたものの、粉体が「漏れる」「溜まる」状態を異常として判断し、行動に移すための教育は十分でなかったと考えられる。

また、工場内には指定可燃物を取り扱う箇所が建屋単位で多数存在しており、個別設備ごとの管理にとどまらず、横断的にリスクを把握・管理する役割の重要性を改めて認識した。これは従来の部分最適から全体最適へと管理の視点を転換するものであり、難易度は高いものの、火災リスク低減のためには避けて通れない課題である。

今後は、今回得られた知見をQMS、EMS、OHSMSなど既存の工場マネジメントシステムに反映し、指定可燃物管理に関するリスクアセスメントを教育や訓練の要所に取り入れていくことが有効であると考え。図3に、本検討を通じて整理した粉体飛散を起点とした火災リスク低減に向けた教育および管理の体系を示す。

私自身、今回の取り組みを通じて、「安全は誰かに任せるものではなく、全員が主体的に考える文化を築くことが不可欠である」という認識を一層強くした。今後も現場の声を拾いながら、横断的な施策を推進し、工場全体の安全文化の醸成に貢献していく。

図3 粉体飛散を起点とした火災リスク低減に向けた教育・管理体系



*本論文中使用されている指定可燃物の「指定数量」とは、消防法令で定められている「数量」を意味する。