

2015.1.

中国風険消息＜中国関連リスク情報＞＜2014 No.5＞

「中国風険消息＜中国関連リスク情報＞」は、中国に拠点をお持ちの企業の皆様にお届けするリスク情報誌です。中国における種々のリスク（火災等の事故、自然災害、法令違反、情報漏えい、労務リスク等）について、時節に応じた話題や、社会の関心が高いトピックを取り上げて解説しています。

粉塵爆発の発生原因と防止対策について

1. はじめに（江蘇省昆山市の研磨工場における粉塵爆発事故）

2014年8月2日午前、江蘇省昆山市開發区に所在する自動車ホイールハブ研磨工場で粉塵爆発が発生し、75名が死亡、180名以上が負傷するという大事故が発生しました。本稿では、当該研磨工場における事故事例を参考に、粉塵爆発に至った原因及び粉塵爆発の防止対策をご紹介します。

2. 事故事例分析

（1）粉塵爆発とは

粉末状或いは霧状の可燃物質が空気中に飛散している状況下で、火気と接触して発生する爆発を粉塵爆発と呼びます。粉塵爆発は二次的な爆発を誘発する可能性があり、その場合の破壊力は巨大なものとなります。一回目の爆発による衝撃波は設備や地面の上に溜まった粉塵を巻き上げ、爆発後の短時間で爆発発生場所が低圧になり、周囲の気流が当該場所へ向かって流れ込み、巻き上がった粉塵と混合して、二次爆発が発生します。



【図1】粉塵爆発の条件 出典：安全管理ネット

（2）粉塵爆発が発生するメカニズム

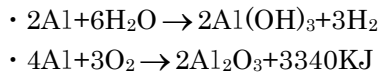
粉塵爆発が発生する条件として、次の3つが挙げられます（ご参考：図1）。

① 粉塵が可燃性を有する。

石炭・硫黄・木くず・小麦粉・乾燥剤・合成樹脂（ポリエチレン）・アルミニウム・マグネシウム・チタンの粉末等が、体積と比較して比較的表面积が大きい状態で空気中に浮遊している場合、これらは燃焼しやすい状態にあることが分かっています。アルミニウム粉末を例にとると、アルミニウム粉末が空気中の酸素及び水分子と反応して熱量を放出し、更に水

素が燃焼を加速させ、爆発に至ります。

なお、当該状況の化学反応式の一例は以下の通りです。



② 空気中の粉塵が一定濃度に達している。

実験によると、空気中の可燃性の粉塵の濃度が一定以上であっても、一定以下であっても、粉塵爆発は発生しません。可燃性の粉塵が空気中に飛散して一定の濃度に達し、一種のエアロゾル¹になって初めて爆発に至ります。

③ 粉塵爆発を発生させる着火源がある。

粉塵爆発を引き起こす着火源として工場ではしばしば見受けられるものとして、次のようなものが挙げられます。

- ・ 喫煙、ガス溶接の火花、モーター、はんだゴテ、白熱灯、各種電気設備の漏電、ショート、高温となったベアリング、静電気等。

(3) 昆山の研磨工場における事故原因

マスコミ報道等によると、先述の「粉塵爆発」の3つの条件が揃ったために、昆山の研磨工場では粉塵爆発事故が発生したと考えられます。粉塵爆発に至った具体的な原因は次のとおりです。

① 工場が発生した粉塵がアルミニウムであったこと。

当該工場ではアルミ合金の自動車用ホイールハブの研磨作業を行っています。アルミニウムは常温下で酸化しやすく、表面に酸化アルミニウムを形成することで安定した状態になりますが、当該事例では研磨作業により、表面に形成された酸化アルミニウムが剥離して空中に浮遊することで、可燃性を得たと考えられます。

② 空気中のアルミニウム濃度が一定濃度に達したこと。

(i) 集塵機の台数不足

当該工場では、大型集塵器一台のみで 40～50 もの作業場をカバーしており、カバー範囲の広さに対して、集塵機の能力が追いついていなかったものと思われます。

(ii) 集塵機の老朽化

報道された写真によると、作業場の天井部分は換気用ダクトで敷き詰められており、作業場外部の大型ファンに連結しています。工場内の従業員の話によると、当該排気設備は 1999 年に設置され、2001 年に一度更新した後は、現在まで更新されていなかった、とのこと。

(iii) 集塵機の清掃不備

当該工場では、通常毎月一回集塵設備の定期清掃を行っていましたが、受注が多い時期は清掃を延期することもあったようです。工場の従業員の証言では、前回の清掃から 3 ヶ月間清掃を行っていなかったとのこと。また、研磨作業場は、4～5m 以上離れている

¹ エアロゾル：固体または液体の粒子が気体の中に分散して浮かんでいる物質。気中分散粒子系ともいう。固体または液体の粒子の大きさは約 0.001～100μm。

前方の人の顔が見えないというくらい、いつも粉塵だらけで、一日中作業をした後は作業台には掴めるくらいの粉塵が堆積していた、とのこと。

(iv) 粉塵濃度警報装置の未配備

工場には粉塵濃度が一定以上になった場合に危険を知らせるための警報装置が配備されていませんでした。そのため、粉塵が作業場内に蓄積して濃度が上昇していましたが、付近の従業員は察知することができませんでした。

③ 着火源の管理がなされていなかったこと。

当該工場の平常時における作業現場の環境から、次のような事項が着火源となった可能性があります。

- ・ 研磨作業場の南側壁面には配電盤が設置されており、また、東側の壁面には空調が設置されています。これらの設備が防爆型ではなかった場合、これら設備から発生するスパーク等が着火源となった可能性があります。
- ・ 従業員は休憩時に集まって喫煙していたようです。研磨作業場から 50m 離れた場所に 10 m² 程度の喫煙所が設置されていますが、従業員の話によると、休憩時にタバコを吸うため、多くの従業員がライターやタバコを携帯しており、また時折喫煙所へは行かず、作業場の生産ラインから約 10m 離れた場所にあるトイレで喫煙している場合もあり、管理監督を行う責任者もいなかったとのこと。
- ・ 生産工程で使用する電動式研磨機・エア駆動式研磨機等の設備は、金属を研磨する際に火花が発生することがあり、これが着火源になった可能性があります。また、材料の品質不良や劣化により、材料の温度が局部的に高くなる場合があります。

総合的に考慮した場合、当該工場ではいつでも「粉塵に着火」する状況が形成されていたと考えられます。

3. 粉塵爆発事故の防止措置

先述の「粉塵爆発が発生するメカニズム」および「昆山の研磨工場における事故原因」から、粉塵爆発事故の防止措置として、次のような取組みが有効と考えられます。

(1) 空気中の粉塵濃度の制御

① 集塵設備の適切な配置と定期的な清掃の実施

作業場の広さ、生産ラインの密集度合い、粉塵の発生量に応じて、適切な能力を持った集塵設備を配備することが重要です。また、定期的に集塵設備の清掃を行うことも重要です。中国の多くの工場では、清掃の不備により、集塵機を適切に清掃した場合に期待できる集塵力の 50% 程度でしか運転されていないことがしばしば見受けられます。

② 作業場の加湿

粉塵が発生する作業場内に加湿器を設置して湿度を上げることで、粉塵爆発の危険性を低減することができます。これは、湿度の上昇により、粉塵が飛散しにくくなるとともに、粉塵の落下速度も増すため、空気中に浮遊する粉塵量が減少するためです。また、湿度の上昇により、静電気を抑制し、着火源の発生を防止するとともに、可燃性粉塵の最小発火エネルギー

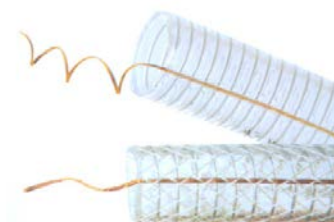
ギーを上昇させることもできます。さらに、窒素などの不活性ガスを添加することにより酸素濃度が下がり、粉塵の燃焼速度が低下するため、粉塵爆発の抑制に繋がります。

(2) 着火源の管理

粉塵が発生しやすい生産現場においてよく見受けられる着火源及びその防火管理措置を下に記します。

① 集塵ダクトの帯電防止

1987 年、中国に所在する某亜麻工場で粉塵爆発事故が発生しました。当該事故は、集塵設備の使用年月が長かったため、ダクトの壁面に亜麻の粒子が付着していたことが原因でした。亜麻の粒子の吸引時には粒子間及び粒子とダクトとの間の摩擦により静電気が発生します。燃焼もしくは爆発する危険性のある粉塵や易燃性の粉塵を吸引する場合は、火花や静電気が発生しない集塵器と共に静電気防止の効果があるダクト（参照：図 2）やノズルを使用しなければなりません。また、水と接触することで爆発性混合物を形成するような粉塵を収集する場合は、湿式集塵器の使用を避ける必要があります。



【図 2】 静電気防止ダクト

出典：百度

② 金属工具の不使用（可能な場合）

金属工具が他の物体に接触した際の火花が、着火源となる場合があります。2010 年に粉塵爆発を起こした秦皇島の某デンプン製造工場では生産及びメンテナンス作業でレンチ・ペンチ・スコップ・塵取り等の金属製の道具を大量に使用しており、これら金属工具の使用の際に発生した火花が着火源となったとされています。粉塵濃度が高い作業場では、火花の発生を防止するため、できる限り金属製の道具の使用を控える必要があります。また、スパイクや釘のついた靴も禁止する必ことが得策です。

③ 防爆型の電気設備の設置

生産現場に配置された電気設備の各種電源・電線の接続部分・モーター・照明器具等は接触不良・漏電・過負荷・ショート等により高温や電気アーク、火花が発生することがしばしばあります。また、電源のオン・オフの際には、頻繁に火花が発生します。このような事象は全て爆発の着火源となる可能性があるため、粉塵が多い生産現場においては、必ず防爆型の電気設備を使用する必要があります。

防爆型の電気設備は、設備を使用する際に発生する火花・電気アーク・高温部品等をカバー等で密閉することで、外部の爆発性混合物に着火しない構造となっています。

なお、中国の国家標準「爆発性環境設備通用要求 GB3836.1-2010」の“6. 全ての電気設備に関する要求”の項では、「爆発の危険性がある場所で使用する各種電気部品は防爆型を使用すること」と規定されています。

④ 喫煙と火気の臨時使用の管理徹底

喫煙は指定された場所（専用の喫煙室や休憩室等）で行い、その他の区域での喫煙は厳禁です。また、外部からの訪問者や廃品回収の業者等の従業員へも当該規定の遵守を徹底する必要があります。場合によっては、守衛所で外部からの訪問者が携帯するタバコ等を一時的に保管することも有効です。さらに、指定されている喫煙区域には水を張った灰皿を配備し、吸い殻以外のごみは当該灰皿へ捨てないよう、周知することも重要です。

また、ガス溶接・アーク溶接といった「火気の臨時使用」の作業も着火源となる可能性があります。「火気の臨時使用」の作業前には、使用許可証を取得し、作業時は現場に消火器を準備し、責任者の監督の下、正式な訓練等を受けた従業員が作業を行うことの徹底が必要です。

更に、粉塵が発生する工場内の適切な場所に禁煙・火気使用禁止の標示を設置し、普段から従業員の防火意識の向上に取り組むことも有効でしょう。

4. まとめ

中国国内及び海外諸国での可燃性粉塵爆発事故による人員及び財産への損害事故は枚挙にいとまがありません。主な原因は可燃性粉塵爆発の仕組みや危険性に関する知識が少ないからであると考えられます。本稿が可燃性の粉塵が発生する工場における安全生産取組みの一助になれば幸いです。

■ 参考文献

「現代消防ネット」

「週刊中国新聞」

「消防安全技術」

「アルミ合金生産における安全及び環境保全技術」

以上

執筆：インターリスク上海 諮詢部 鄭 雲龍

株式会社インターリスク総研は、MS&AD インシュアランスグループに属する、リスクマネジメントに関する調査研究およびコンサルティングを行う専門会社です。中国進出企業さま向けのコンサルティング・セミナー等についてのお問い合わせ・お申込み等は、下記の弊社お問い合わせ先、または、お近くの三井住友海上、あいおいニッセイ同和損保の各社営業担当までお気軽にお寄せ下さい。

お問い合わせ先 (株)インターリスク総研 総合企画部 国際業務チーム

TEL. 03-5296-8920 <http://www.irric.co.jp/>

瑛得管理諮詢（上海）は、中国 上海に設立されたMS & ADインシュアランスグループに属するリスクマネジメント会社であり、お客様の工場・倉庫等へのリスク調査や、BCP策定等の各種リスクコンサルティングサービスを提供させて頂いております。お問い合わせ・お申し込み等は、下記の弊社お問い合わせ先までお気軽にお寄せ下さい。

お問い合わせ先 瑛得管理諮詢（上海）有限公司（日本語表記：インターリスク上海）

上海市浦東新区陸家嘴環路 1000 号 恒生銀行大廈 14 楼 23 室

TEL: +86-(0) 21-6841-0611（代表）

本誌は、マスコミ報道など公開されている情報に基づいて作成しております。

また、本誌は、読者の方々および読者の方々が所属する組織のリスクマネジメントの取組みに役立てていただくことを目的としたものであり、事案そのものに対する批評その他を意図しているものではありません。

不許複製／Copyright 株式会社インターリスク総研 2014