

災害調査報告書

鑄造用補助剤製造工場における 粉じん爆発災害

(要約版)

労働安全衛生総合研究所

1. 災害の概要

鋳物用の押湯保温剤等の製造工場において、原料アルミニウム粉を混合機に投入作業中に爆発が発生し、2名が重傷を負う労働災害が発生した。調査の結果、一次爆発（1回目の爆発）は、投入の際に粉体と内袋の摩擦によって生じた電荷が袋内部に蓄積し、これによって生じた袋内部の粉体と金属物（たとえばホッパーの支持棒）との間で放電が発生したため、ホッパー内の浮遊粉じんに着火したことで発生した。その後、火災となった。二次爆発（2回目の爆発）は、一次爆発の20分後、飛び火によって棚や作業台上にあったものに燃え移り、初めは袋が燃え、重ねておいていた原料が棚や台から崩れ落ち、可燃性であるアルミニウム粉が舞い上がり、火災となって燃えていたものが種火となって着火し、爆発したと推定した。

- ・ 災害の形態：爆発
- ・ 起因物質：アルミニウム粉
- ・ 発災装置：混合機
- ・ 人的被害：負傷2名（重傷）
- ・ 物的被害：機器・装置の破壊、焼損。工場の梁の曲がりなど。
- ・ 発生状況：アルミニウム粉を混合機に投入作業中に爆発（1回目の爆発）が発生した。その後、火災となり、10分後の消防隊到着時に小さな爆発が発生した。1回目の爆発から20分後、工場が全壊する大きな爆発（2回目の爆発）が発生した。安全性を確保しながら消火を行ったため、鎮火は17日後であった。

2. 設備等の概要

2.1 原料

原料と配合、製品詳細は省略する。ただし、原料の一つとしてアルミニウム粉が使われていた。

2.2 工程・作業の流れ

作業の流れは以下の通りである。

①倉庫から必要な原料（紙袋入り）を被災した製造工場建屋にフォークリフトで搬入する。②製造工場内の原料置場に一次保管（紙袋を積んでおく）する。③製造指示書に従い、パレットに投入順序に従って積んでおく。配合する順と逆に作業台に原料の紙袋を下から積んでおく（先に配合するものが上段にある）。④フォークリフトでパレットに載せた原料を作業台に載せる。⑤混合機の電源を切って、フォークリフトのエンジンを切って投入作業に入る。⑥混合機へ投入する。⑦一定時間、混合機を運転する。⑧混合機を止め、底部を開放してコンベヤを回し、計量機に送る。以降の作業は省略。混合機で混合した後、その日に計量し、袋詰めしないことがしばしばあった。すなわち、混合機内に残した状態で作業を終えることもあった。

2.3 原料の混合機への投入

混合機は胴部が円筒で、頭部を切った円錐が上下についたような形状をしている。内部にかくはん羽根が取り付けられている。混合機本体は鉄棒で回転するかのように縦に回転する。原料の投入にはじょうご（ホッパー）が使われていた。じょうごの構造を図1に示す。じょうごはこの工場で作られたもので、上部には原料袋を載せる幅広のつばがあり、内部には二本の金属製支持材があり、これは補強目的以外に、袋が誤って混合機内に落下しないようストッパの役目もある。

投入の流れは次の通りである。①混合機の口と立つ床面の高さがほぼ同じ高さとなっていることから、投入しやすいように、腰の高さまでホッパーを差し込んでいる。②ホッパーと混合機の中にゴムは挟まない。③”どさっ”と投入する。投入を短縮するためにギザギザの鎌で底を一直線に切るのではなく、口を広くするために弧を描くように切る。④投入時間は十～数十秒である。⑦原材料をすべて投入した後、ホッパーを外し、ふたを閉め、安全装置を解除し、下に降り、操作盤のスイッチを入れ回転させる。

混合する際に注意していたのは、前後に投入した原料が直接接触して化学反応を起こし、熱を持って危険であるため、不活性な原料を間にはさみ、投入順序を定めていた。

爆発当時投入していたのはアルミニウム粉であった。

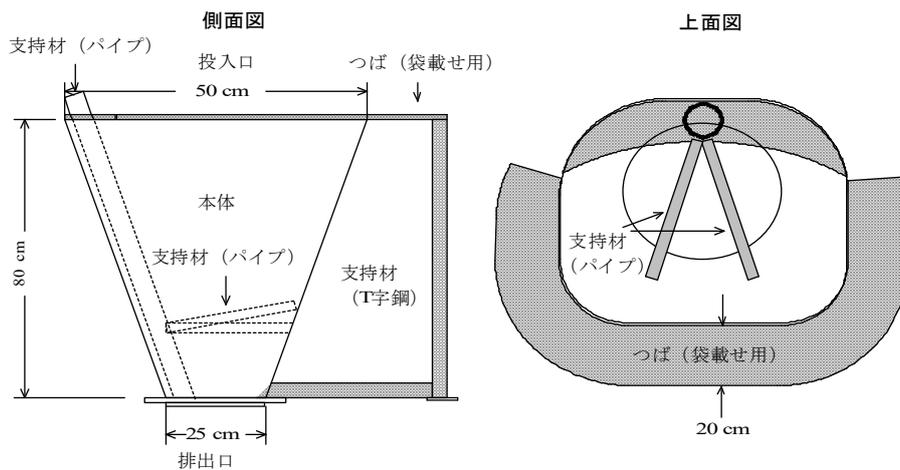


図1 じょうご（ホッパー）の構造

3. 被害状況と当日の作業の経過

3.1 被害状況

現地調査における主な被害状況等は次の通りである。

- (a)鉄骨の梁が火災で曲がった（図2）。
- (b)屋根にブルーシートがかけられ、補強の支柱が組まれていた（図2）。

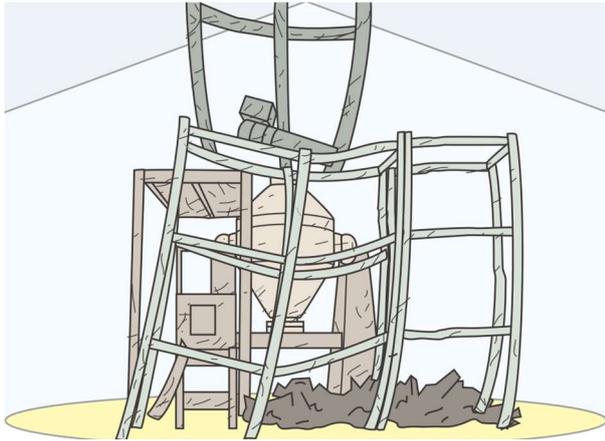


図 2 爆発が発生した混合機の様子
(架台がその後の火災で変形)

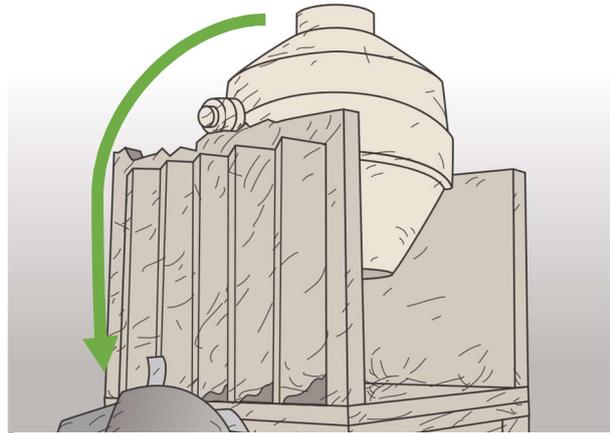


図 3 混合機を別の角度から見た様子
(投入口にあったホッパーは吹き飛んで地面、画面の左下に落ちている.)



写真 1 ホッパーの様子



写真 2 混合機内の様子

(c)床は粉で覆われていた。床張りがされておらず、おそらくコンクリート床と推測された。

(d)ホッパーは地面に落ちていた (図 2, 写真 1)。

(e)工場内の堆積物はアンモニア臭と練炭臭がした。混合機から採取されたものは灰色から白色であるが、アンモニア臭があった (写真 2)。

3.2 作業の経過

当時、被災した作業員 A と B が投入作業を行っていた。

【午前】作業員 A：原材料を混合機投入口のある作業台までフォークリフトで持ち上げた。作業の段どりを行い、パレットに原料袋を積み上げて載せた。原料袋は 25kg 用である。

作業員 B：別の作業（小分け作業）を行った。

【午後】作業員 A と B：パレットに載せた原材料をフォークリフト持ち上げ、エンジンを停止した。混合機の横まで上がり、扇風機（舞い上がった粉を周囲に飛ばすためのもの）のスイッチ入れ、混合機の安全スイッチをオンにして作業を開始

した。作業員 A が a 薬品袋投入→B が b 薬品袋投入→A がアルミニウム # 60 粉袋を「くの字の鎌」で切り、ホッパーの上に入った袋を置き、混合機の中へ勢いよく「ザー」と投入を始めた。混合機の投入口から炎が吹き上がって、目の前が真っ赤になった。作業員 A は音の記憶はないが、B はドンという音と混合機内から炎が噴き出してきた。

- (a) 作業員 A と B によると、投入作業はいつもと同じであった。
- (b) 投入速度はいつもと同じであった。
- (c) 二人同時に投入していたのかどうか、交互か同時か、または一部重なったかははっきりしなかった。
- (d) 爆発前後で気づいたことは特になかった。
- (e) 危険性の認識としては、「アルミ系は燃えやすく、一度火がつくと消えにくい。水をかけると危険で、燃え尽きるまで長時間を要する」程度であった。

4. 実験

4.1 測定・実験の実施項目

本調査では原因究明のため、以下の測定・実験を行った。

- ① 現地採取物の簡易燃焼試験
 - ② 現地採取物の分析（走査型電子顕微鏡（SEM）による観察と波長分散型の電子線マイクロアナライザー（EPMA）を用いた元素分析）
 - ③ アルミニウム粉の形状観察と粒度分布測定
 - ④ アルミニウム粉の着火性
 - ⑤ 原料粉の衝突による着火性
 - ⑥ 落下ハンマーによる着火性
 - ⑦ アルミニウム粉の爆発性
 - ⑧ 作業靴の電気的特性
 - ⑨ アルミニウム粉と紙袋の電気的特性
 - ⑩ アルミニウム粉投入時の帯電量
 - ⑪ 設備・機器類の導通・接地状態
 - ⑫ 現地における再現実験と爆発災害発生前後の行動
- ここでは④，⑤，⑦，⑧，⑨，⑩，⑫について述べ、ほかは割愛する。

4.2 アルミニウム粉の着火性

アルミニウム粉の爆発下限濃度を表 1 に示す。爆発発生当時はアルミニウム粉 # 60 を投入していた、現場で使われていなかった物を含め、同系統の 5 種類のアルミニウム粉の粒径と最小着火エネルギー(MIE)の測定結果を図 4 に示す。

表 1 アルミニウム粉体試料の爆発下限濃度

粉体試料	爆発下限濃度 [g/m ³]
# 60	310
# 60(<600 mesh)	100
# 10	100

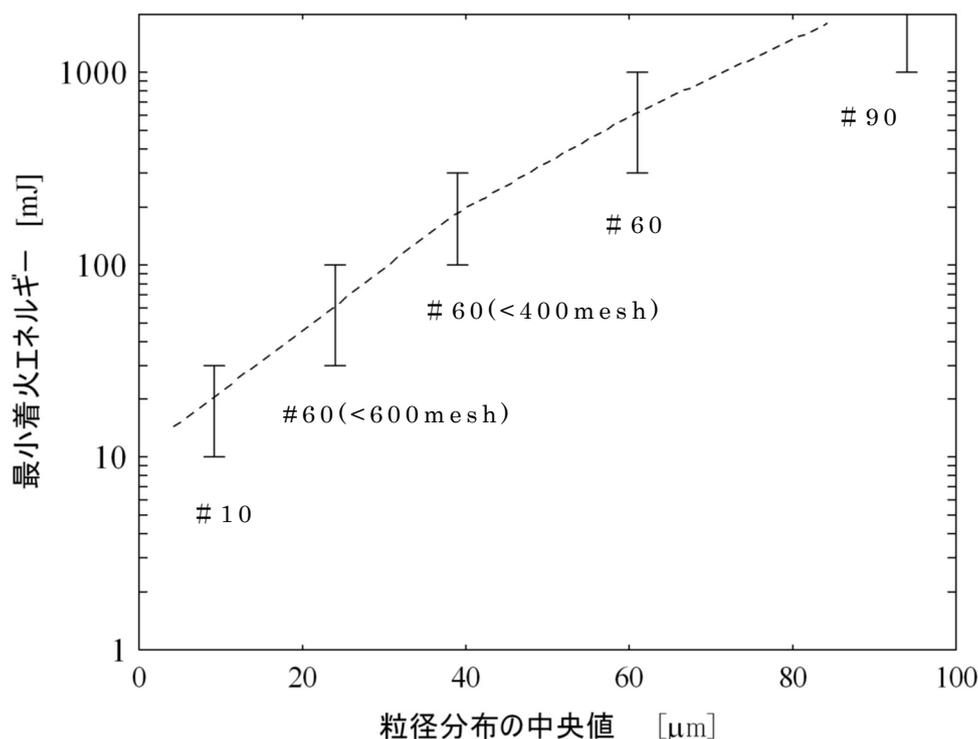


図4 粒径と最小着火エネルギーの関係

4.3 原料粉の衝突による着火性

混合機に粉を順次投入する過程で、混合機底部に堆積していた粉に対し、後から投入された別の粉が衝突し、発火する可能性を検討する。このような状況を模擬するため、粉体試料を平板に衝突させた場合を考え、発火するかどうかを実験的に調べてみた。

写真3に実験装置を示す。装置は、コンプレッサ、加圧タンク、粉溜め、L字型に曲げたパイプノズル、衝突板から構成される。パイプ



写真3 噴射前の様子
2.0gの試料を平板上に載せたところ

ノズルの先端と平板の間隔は30 mm一定とした。平板に試料を載せ、衝突させる別の試料を粉溜めに入れておき、これを一定加圧で短時間に噴出し、発火の有無について高速度ビデオカメラを使って観察する。また、平板に試料を載せずに、2種類の試料を粉溜めに一緒に入れておき、噴出させた場合についても調べた。

実験の結果、混合機内に入っていたと考えられる原料粉では発火しないことがわかった。

4.4 アルミニウム粉の爆発性

(1) 火炎の様相

吹上げ式爆発試験装置を用い、浮遊粉じん雲中を上方に伝ばする火炎の様子をビデオカメラを使って撮影した。写真 4 にアルミニウム粉じん雲中を火炎が上方に伝ばする様子を示す。着火後、明るい白色の火炎となって上方に伝ばすることがわかる。

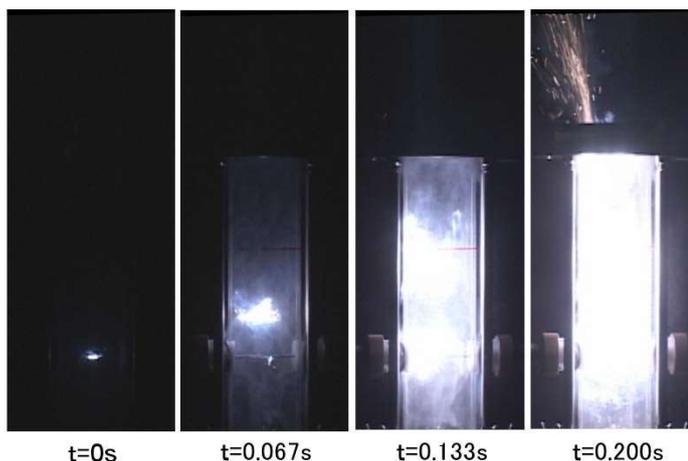


写真 4 吹き上げ式爆発試験装置によるアルミニウム粉 #60 の粉じん雲中を火炎が上方に伝ばする様子 (粉じん雲濃度 400 g/m^3 , 露出時間 $1/725 \text{ s}$, ND フィルター 1 段)

(2) 爆発圧力と爆発指数

30 L 圧力容器 (JIS Z 8817:2002「可燃性粉じんの爆発圧力及び圧力上昇速度の測定方法」) を用いて、爆発特性を測定した。図 5 に測定結果を示す。

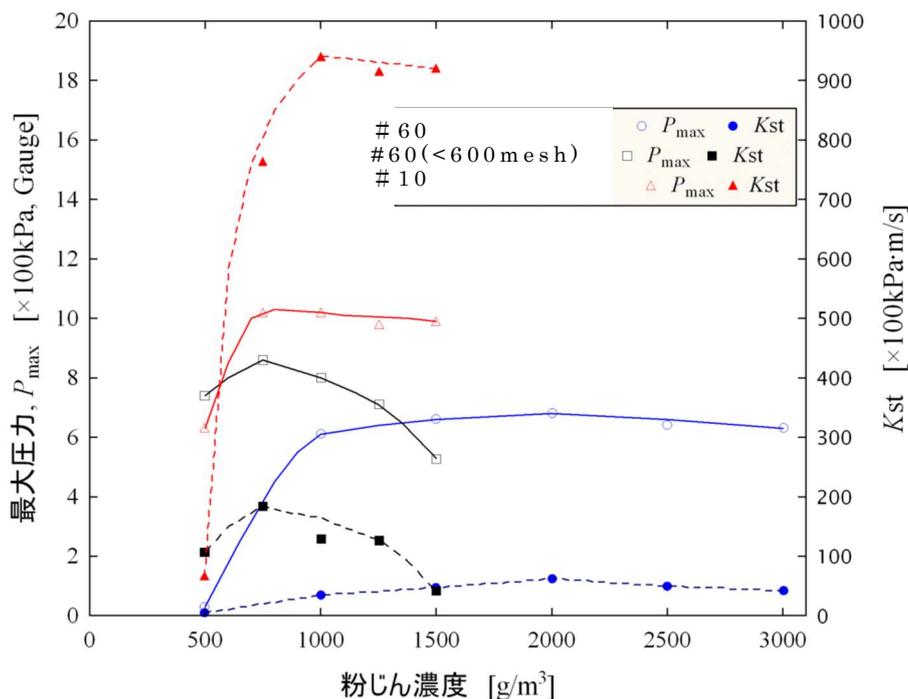


図 5 試験粉体の爆発特性 (最大圧力及び爆発指数)

4.5 作業靴の電気的特性

被災した 2 名の作業員が履いていた作業靴は、JIS 規格 (JIS T 8103) に適合する帯電防止作業靴 (静電靴) ではない。

これらの靴について、JIS に定める漏洩抵抗を測定したところ、表 2 の結果を得た。

いずれの靴も，同規格に規定する抵抗値の上限($1.0 \times 10^9 \Omega$)を超えているので，規格に定めた帯電防止性能はないことが確認できた．ただし，作業員 A の靴は $10^{10} \Omega$ のオーダーであるので，実際に使用した場合には人体の帯電防止に有効であったと思われる．

表 2 作業員 A と B が着用していた靴の漏洩抵抗

靴		漏洩抵抗 [Ω]	測定電圧 [V]	測定条件 (環境)
作業員 A	右	3.6×10^{10}	100	10.2°C 28%
	左	2.3×10^{10}	100	
作業員 B	右	3.3×10^{13}	1000	
	左	2.0×10^{12}	500	

4.6 アルミニウム粉と紙袋の電気的特性

(1) アルミニウム粉の体積抵抗率

アルミニウム粉 (#90 及び #60) を種々の条件で測定した結果を表 3 に示す．アルミニウムは金属であるから，本来の抵抗率は極めて小さい ($2.5 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$) が，空気中では表面が酸化して不導体である酸化アルミニウムの層が形成されるので，抵抗率は増加する．低温・低湿度 (15°C, 11%) では，#90, #60 とともに $10^{10} \Omega \cdot m$ を超えるので絶縁物とみなすことができる (ただし，酸化層は薄いので高い電圧が印加されると絶縁破壊を起こし導体となる)．また，温度及び湿度が高いほど (すなわち，絶対湿度が高いほど) 体積抵抗率は小さくなる傾向がある．これは，アルミニウム粉の吸湿性が高いことを意味している．

表 3 アルミニウム粉の体積抵抗率

測定条件			体積抵抗率 [$\Omega \cdot m$]		測定電圧 [V]
気温 [°C]	相対湿度 [%]	(容積) 絶対湿度 [g/m ³]	#90	#60	
15	11	1.41	6.9×10^{11}	2.8×10^{10}	100
17	54	7.83	6.9×10^{10}	7.4×10^8	100
25	82	18.9	6.9×10^9	9.1×10^7	10

(2) アルミニウム粉用紙袋の内袋 (ポリエチレン) の抵抗率

紙袋はその抵抗率が小さくかつ通気性もあるので，静電気に対しては導体とみなしてよい．しかし，表 4 に示すように，内袋はポリエチレンなので表面・体積ともに抵抗率は極めて高く，いったん帯電すると緩和しにくい．また，内容物 (アルミニウム粉) が帯電した場合，内袋に孔が開かない限り，ほとんど緩和しない．

表 4 ポリエチレン製内袋の抵抗率

測定環境	表面抵抗率 [Ω]	体積抵抗率 [$\Omega \cdot m$]	測定電圧 [V]
15 °C, 11%	2.2×10^{17}	3.4×10^{15}	300
25 °C, 82%	2.2×10^{15}	2.6×10^{15}	300

(3) ポリエチレン内袋の絶縁破壊電圧

絶縁性のシート状物体の表裏に電圧を印加し徐々に電圧を上げると、ある電圧で急激に電流が流れるようになる。このときシート状物体には写真 5 に示すように放電によって貫通孔が生じる。これを絶縁破壊とよび、絶縁破壊に必要な電圧を絶縁破壊電圧という。

本件においては、ポリエチレン内袋の絶縁破壊電圧はアルミニウム粉が保持する静電気の量を推定する上で重要であり、絶縁破壊強度が高いほど静電気を保持する能力が高いことを意味する。

未使用及び使用済みの内袋から 10 cm×10 cm のサンプルを各 10 枚切り抜き、その厚さ及び絶縁破壊強度を測定したところ、表 5 のような結果を得た。

未使用品よりも使用済みのものの方が絶縁破壊電圧は小さくなっている。これは、排出時の粉体との摩擦や引っ張りを受けて劣化していることを意味している。

現場で投入作業中の袋は、使用済みの状態に近いと考えられるが、少なくとも 6 kV までは絶縁破壊をしないと考えられるので、粉体の電荷は内袋からリークして緩和することはなかったと推定される。

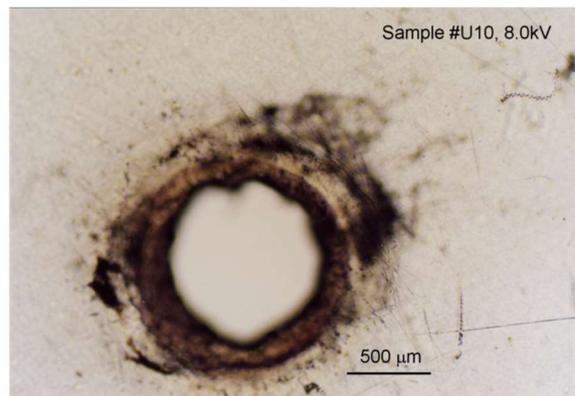


写真 5 絶縁破壊時の放電により内袋に生じた貫通孔

表 5 ポリエチレン内袋の厚さと絶縁破壊電圧

内袋	厚み [μm]				絶縁破壊電圧 [kV]			
	平均	最小	最大	標準偏差	平均	最小	最大	標準偏差
未使用	48.1	43	53	2.7	12.9	9.5	15.1	1.5
使用済み	50.8	48	54	2.0	9.4	6.1	12.4	2.3

(4) 帯電したアルミニウム粉からの放電特性

内袋がポリエチレンであるのでアルミニウム粉は絶縁され、その電荷は長時間保持される。アルミニウム粉は(1)で述べたように、絶縁層があるために体積抵抗率は大きいですが、帯電した場合には絶縁層は容易に絶縁破壊するので、着火性の静電気放電を発生する可能性がある。そこで、図 6 に示すように、紙袋内のアルミニウム粉 #60 を強制的に帯電

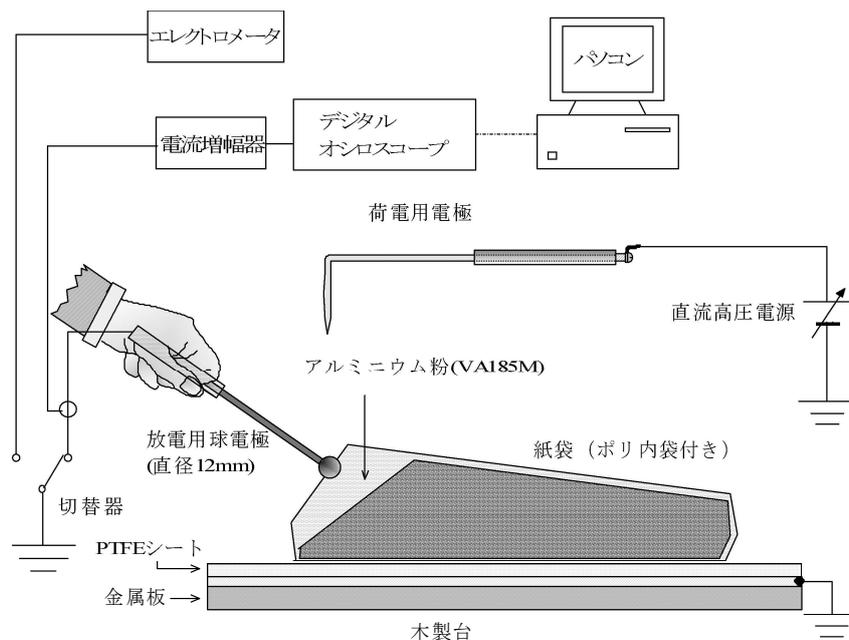


図 6 アルミニウムの帯電及び放電実験方法

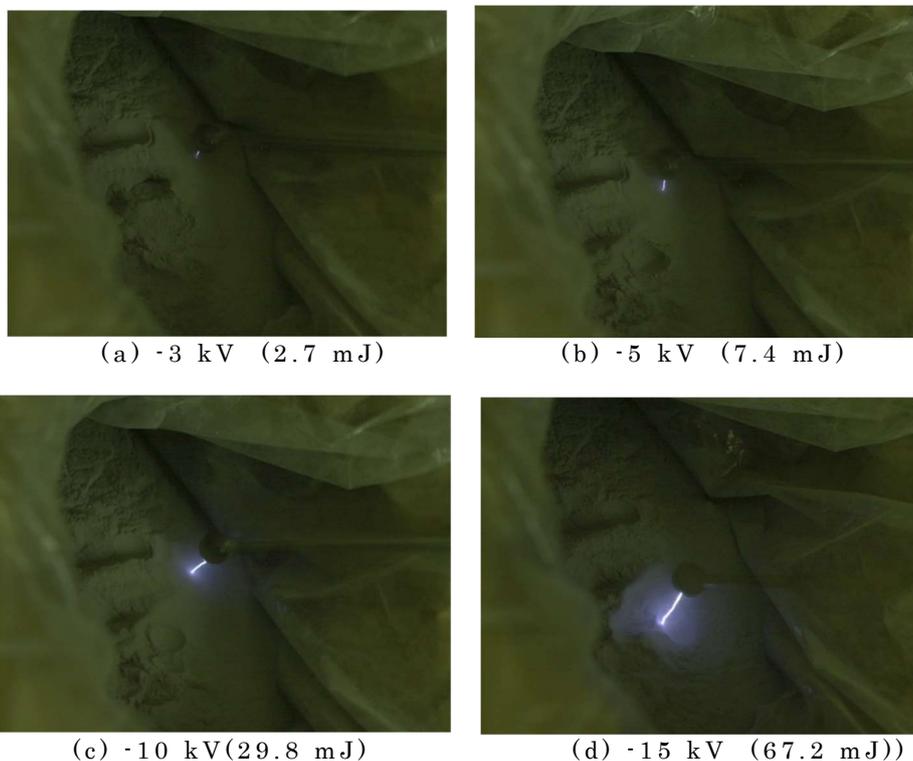


写真 6 帯電したアルミニウム粉からの放電光
()内は推定放電エネルギー

させ、粉面に接地金属球（直径 12 mm）を接近させて放電を生じさせ、そのときの放電を観測した。

紙袋のアルミニウム粉を-3 kV, -5 kV, -10 kV 及び-15 kV に帯電させた場合の放電の様子を写真 6 に示す。これらから分かるように、帯電したアルミニウム粉からの放電は、主として単発の放電であり、放電エネルギーが大きい。通常の金属製物体からの放電と比較して、アルミニウム粉からの放電の持続時間はわずかに長くなっているが、

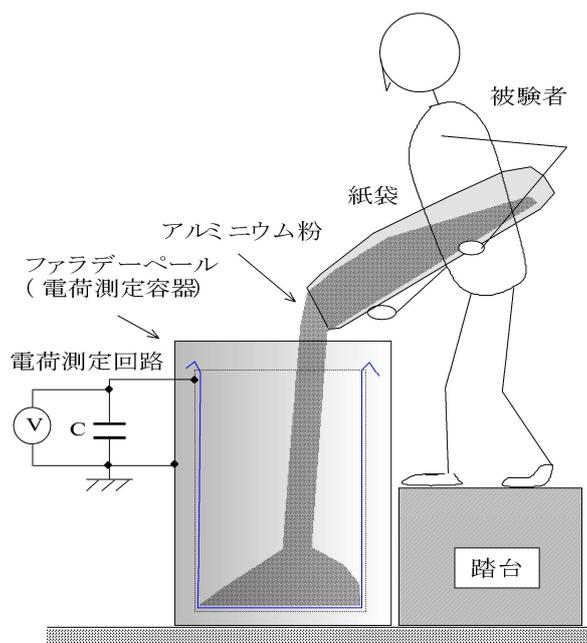


図 7 投入作業時の帯電量測定方法

粉の表面に形成された酸化物が抵抗成分として寄与しているためと考えられる。一般に、放電持続時間が長いほど粉じんへ着火しやすくなるので、帯電したアルミニウム粉体からの放電は着火性が高いと推定される。

4.7 アルミニウム粉投入時の帯電量

投入作業による静電気の発生量を推測するため、図 7 に示すように、紙袋を抱え、アルミニウム粉を電荷測定容器に移して、粉の電荷量を測定した。その際、前処理として、供試紙袋の上に他の紙袋を積み重ねて静荷重（以下、前荷重）をかけた。

3 袋を用いて測定した結果を図 8 に示す。ばらつきはあるものの、前荷重が大きくなると電荷量が増加する傾向が得られている。これは、倉庫等での保管条件（積み重ね）によって帯電量が大きく変化することを意味している。

今回の実験で得られた最大電荷は $2.4 \mu\text{C}$ であった。これを平均電荷密度（単位質量当たりの電荷量）に換算すると約 $0.1 \mu\text{C}/\text{kg}$ となるが、これは一般に投入作業によって見込まれる電荷密度（ $0.001 \sim 0.1 \mu\text{C}/\text{kg}$ ）のなかでは上限に近い値である。ただし、倉庫内では多数の紙袋を積み上げているので、1 トン程度の荷重を受けているものがあり、この場合はさらに電荷が大きくなると見込まれる。

4.8 設備・機器類の導通・接地状態

静電気帯電の可能性を把握するため、設備、機器類等について導通状態・接地状態の測定・確認作業を実施した。

- a) 作業台，混合機等で導通に問題はなかった，作業台及び混合機の接地抵抗は未確認であるが，コンクリート製の床に土台を有すること，及びサイズが大きいことから判断して接地状態にも問題はないと推定される。

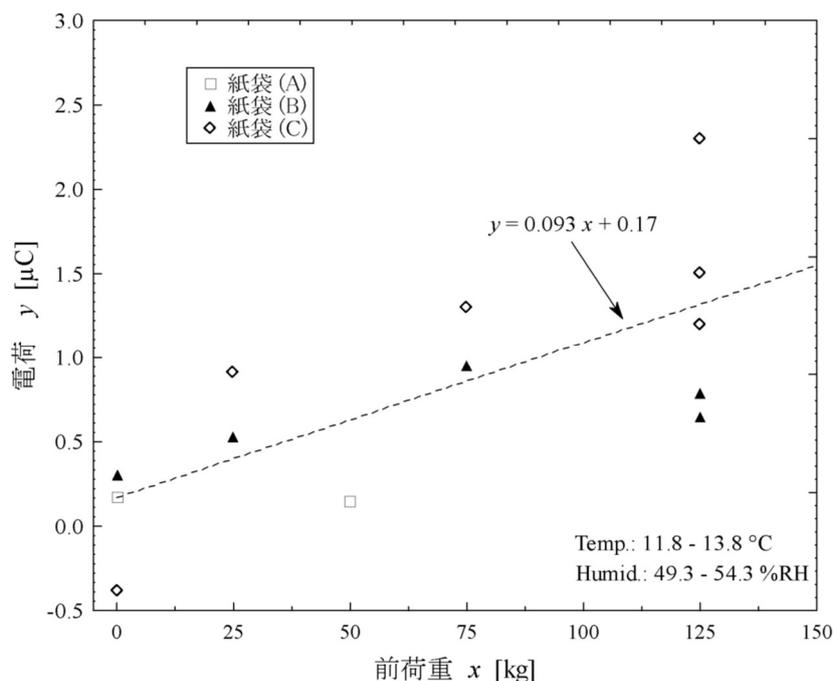


図 8 投入時のアルミニウム粉の電荷

- b) ホッパーは鉄製であり，各部材は確実に接続されており導通不良の部分は存在しなかった，投入作業において，ホッパーの排出口は混合機の供給口に，支持脚は作業台に接触するが，作業台と混合機の導通に問題がないので，ホッパーが電氣的に絶縁状態となり，静電気帯電することはなかったと判定される。
- c) 作業員の着用品は，ともに帯電防止品(JIS T 8103 準拠)でなかった、ただし，爆発発生時に投入作業を実施していた作業員 A の靴は不完全ながら帯電防止性能が認められ，また，投入作業中，体の一部がホッパーのつばに接触して導通しやすくなることから，帯電はしなかったと推定される。また，作業員 B 氏はホッパーから 1 m 程度離れた場所で作業していたので仮に帯電したとしても着火源とはなりえない。また，服も帯電防止作業服ではなかったが，仮に帯電したとしても衣服からの放電エネルギーは極めて小さく，アルミニウム粉 #60 を着火させることは不可能である、したがって，作業員の帯電が着火の原因ではないと判定する。

5. 災害原因の推定

5.1 一次爆発の着火源

一次爆発の原因究明のため，静電気のほか，衝撃，摩擦などの着火源を検討した。実験の結果，投入による混合機内底部での衝撃，摩擦による着火の可能性はほとんどないことがわかった。結局，静電気のみが着火源として残った。すなわち本件は，投入の際に粉体と内袋の摩擦によって生じた電荷が袋内部に蓄積し，これによって生じた袋内部の粉体と金属物（たとえばホッパーの支持棒）との間で放電が発生したため，ホッパー内の浮遊粉じんに着火したことが一次爆発の原因と推定される。

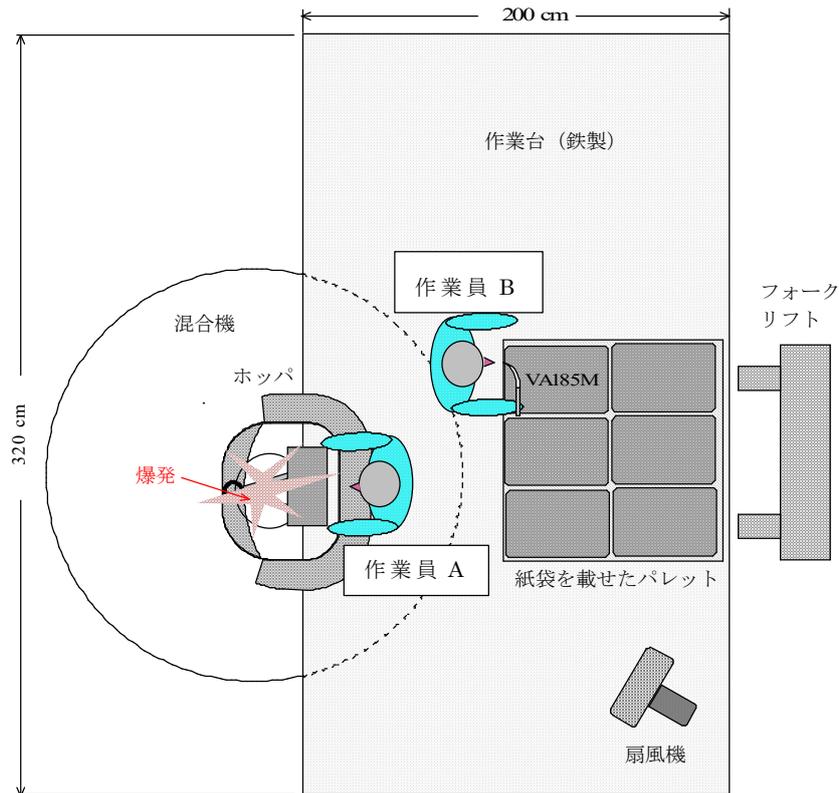


図 9 爆発直前の配置推定図

5.2 一次爆発発生の機構(シナリオ)

次に、爆発において生じた事象を挙げながら、爆発の発生機構を述べる。

- ①爆発は、作業員 A が最初のアルミニウム粉を投入中に発生した。作業員 B は次の投入に備えて準備中であつた。したがって、爆発発生時の配置は図 9 と推定される。
- ②図 10 の一次爆発発生推定図に示したように、作業員 A が投入を始めるとアルミニウム粉とポリエチレン内袋の摩擦で静電気が生じた*1。粉体は正極性（プラス）に帯電に、内袋は負極性（マイナス）に帯電した。袋内に残留していた粉体も静電誘導を受けて電位が上昇した。粉体の投入が進むほどに内袋に蓄積されるマイナス電荷は大きくなっていき、紙袋の電位もさらに上昇していった。なお、作業員 B の体も袋の電位による静電誘導を受けたが、靴及び床の抵抗が小さいため電位上昇はしなかった。
- ③同時に、ホッパー内には微細な粉体のみが浮遊して、濃度を増していった。この浮遊粉じんの平均粒径は $10 \mu\text{m}$ 程度と推定される。微小粉体がホッパー内に大量に漂ったのは、粒径が小さいほど空気抵抗が大きいのので落下速度が小さいこと、および

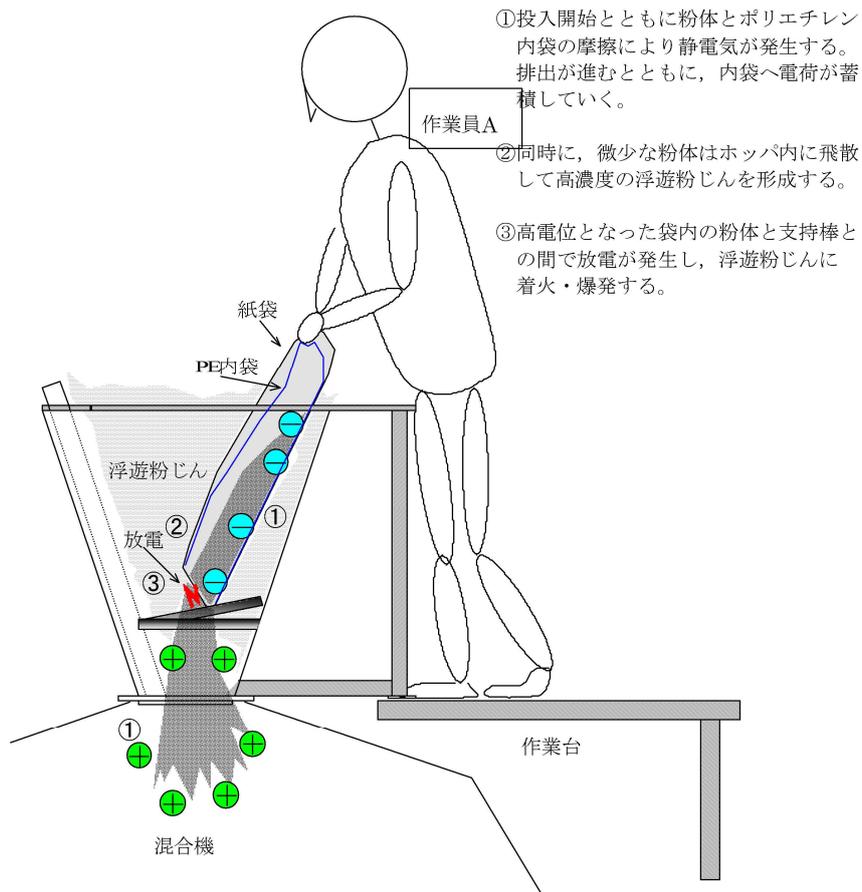


図 10 一次爆発発生機構推定図

粉体の投入によって空間容積が小さくなったことによる混合機からの空気の吹き出しがあったことによると推定される。

- ④やがて、紙袋内に残留していた粉体の電位が数 kV に達し、ホッパー内の支持棒との間で放電が発生し、近傍の浮遊粉じんに着火・爆発した。

着火に必要な放電エネルギーを 10mJ とすると、袋内に残留していたアルミニウム粉の静電容量が 200pF であった場合*2, 2 μ C 以上の電荷が必要となる。また、このときの電位は 10kV 以上となる*3。8.10 で述べたように、2 μ C 程度の電荷は、前荷重のかけ具合によっては十分発生すると判断できる。

*1) もちろん他の部分、例えば、衣服と紙袋の摩擦によっても静電気は生じるが、紙は乾燥した環境でも導通性があるので極めて微量の静電気しか発生しないので、無視しても差し支えない。

*2) このような条件で静電容量を実測する容易ではない。また、静電容量は粉体の量、粉体とホッパー間の距離によっても変化する。

*3) 静電容量を C 、電位を V 、電荷量を Q 、放電エネルギーを W とすると次式が成り立つ。

$$W = (1/2) C V^2$$

$$Q = C V$$

これに、 $W = 10 \text{ mJ}$, $C = 200 \text{ pF}$ を代入すると、 $V = 10 \text{ kV}$, $Q = 2 \mu\text{C}$ となる。

5.3 二次爆発の原因

二次爆発は原料や製品あるいは周囲に置かれていた可燃物が気化したことによるガス爆発、分解爆発ではなく、粉じん爆発が発生したものと推測される。

粉体が燃焼する場合は、堆積状態あるいは浮遊粉じん雲状態によって燃焼性状が異なる。原料や製品が堆積した状態では火災となり、爆発は発生しにくい。おそらく、この爆発は、突発的に粉が舞い上がったことによる粉じん爆発であり、高いところに置かれていた可燃性の原料や製品が落下し、舞い上がったものと推測される。高いところとしては、工場家屋入口をに入って左側の原料置場の棚、あるいは、混合機投入用の作業台がある。おそらく、一次爆発の後、飛び火によって棚や作業台上にあったものに燃え移り、初めは袋が燃え、重ねておいていた原料が棚や台から崩れ落ち、可燃性であるアルミニウム粉が舞い上がり、火災となって燃えていたものが種火となって着火し、爆発したものと考えられる。

聞き取りによると、1回目の爆発では工場建物は大きくは破壊していなかった。しかし、20分後の爆発によって工場が全壊した。単純な計算とはならないであろうが、考察の結果、少なくとも46kg（25kg入り2袋分）のアルミニウム粉の爆発が発生することで、工場建物の全壊をもたらすことが推測される。1回目の爆発については、25kgの投入途中であり、混合機底に堆積して爆発に関与した浮遊粉じんの量が少なかったため、工場家屋を破壊するほどにはならなかったと推測される。

5.4 爆発原因の推定(爆発の概要)

以上、まとめると、本件災害を次のように推定した。

一次爆発は、投入の際に粉体と内袋の摩擦によって生じた電荷が袋内部に蓄積し、これによって生じた袋内部の粉体と金属物（たとえばホッパーの支持棒）との間で放電が発生したため、ホッパー内の浮遊粉じんに着火したことで発生した。その後、火災となった。二次爆発は、一次爆発の後、飛び火によって棚や作業台上にあったものに燃え移り、初めは袋が燃え、重ねておいていた原料が棚や台から崩れ落ち、可燃性であるアルミニウム粉が舞い上がり、火災となって燃えていたものが種火となって着火し、爆発した。

6. 同種災害の再発防止対策

6.1 一般事項

タンクやサイロへの可燃性の粉体の投入作業は、粉じん爆発や溶剤を含むガス蒸気の爆発の危険性がある。取扱い関係者（事業者、労働者、機器設置業者等）は爆発や火災の危険性を認識し、爆発・火災の防止対策を実施すべきである。そのため、事業者は労働者に対し、適切な安全教育を行い、作業工程の安全管理が求められる。

特に、アルミニウムの粉体は消防法での危険物には該当しないが、粒径によっては粉じん爆発しやすいものであるという認識を関係者が持つことが重要である。

6.2 静電気対策について

当該作業では可燃性の粉じんを取り扱うことから、静電気放電による着火を防止するため、工程及び作業員（労働者、事業者を含む）に対して以下の対策を実施すべきである。作業床及び作業員の帯電防止の詳細については、「静電気安全指針 2007」¹⁾を参照すること。

- (1) 混合機，作業台，配管，ダクト，集じん機等の設備の材質はすべて接地し，ダクト等ガスケットを介して設備を接続する箇所は，ボンディングにより導通を確保する。
- (2) 発じんを伴う工程に従事し，または接近する可能性のある作業員は，帯電防止作業靴および帯電防止作業服を着用する。手袋は，軍手等の通気性があるもの又は導電性ゴム手袋が望ましい。
- (3) 作業床をビニールシート等の不導体で養生しないこと。
- (4) 集じん作業，集じん機の底部から溜まった破碎粉じんを作業員が接近して直接回収する際には，床にビニールシート等の電気絶縁物を敷かないようにする。また，なるべく粉じんを舞上げないように丁寧に作業する。
- (5) 紙袋の帯電防止のため，ポリエチレン内袋を帯電防止加工品とすることが望ましい。
- (6) 低温・低湿度の環境では加湿器の使用，床への散水等により加湿することが望ましい。ただし，氷点下となる環境では加湿は効果がない。
- (7) 集じん機には帯電防止型フィルターを使用するとともに，定められた定期的保守および点検を行う。

6.3 粉体の輸送，集じんについて

- (1) コンベヤの摩耗，欠損がないように点検すること。
- (2) 装置には異物の混入に気をつけるが，機器装置の部品が外れて異物となり，摩擦や火花を生じる原因になることがある。
- (3) 集じん機器を用いた集じん作業については，「集じん機及び関連機器における粉じん爆発防止技術指針」²⁾を参照すること。
- (4) 集じんダクトを用いる場合は，ダクト内に堆積しない風速を確保する。

参考文献

- 1) 静電気安全指針 2007，JNIOOSH-TR-No.42(2007)，労働安全衛生総合研究所
- 2) 集じん機及び関連機器における粉じん爆発防止技術指針，NIIS-TR-No.36，産業安全研究所(現・労働安全衛生総合研究所)，(1999)