

論 文

フィルタバグの静電気対策について

中 込 誠*, 原 達 朗**, 河 口 良 広**
 正 木 光 男**, 上 田 耕 一 郎**

(1987年9月11日受理)

Countermeasure for Electrostatic Safety in Filter-Bag

M. NAKAGOME,* T. HARA,** Y. KAWAGUCHI,**

M. MASAKI** and K. UEDA**

(Received September 11, 1987)

Unfortunately, a dust explosion of a powder silo happened in our plant on July 23, 1986. The cause seemed to be electrostatic spark from a filter-bag in the bag house set on the top of silo, because static electricity accumulated on filter-bags by means of frictions and separations between powders or other materials and them. Furthermore, it became clear from investigations after the accident that one of nine filter-bags fixed in the bag house came off and was probably isolated from the ground. Therefore, experiments were made on a static electrification of filter-bags to consider the cause, the ignition hazards due to electrification on the filter-bag, using a small scale facility and samples of filter-bags. The results obtained from experiments are summarized in this paper.

1. はじめに

昭和61年7月23日弊社の粉体を扱うサイロにおいて粉塵爆発事故が発生し、原因として静電気がクローズアップされた。

粉体と多くの物質との摩擦や剝離で電荷が発生する現象は摩擦帯電、剝離帯電として知られ、工業的に多くの問題を提起してきている。これらの帯電は複雑な現象とされているが、その理解のためには他の多くの諸現象の解明の場合と同様に、現象に影響を与えると考えられる因子を的確にとらえ、現象を単純化し、その中に存在する規則性を見出していくことが必要である。しかし粉体の摩擦や剝離帯電の場合、基礎的なデータがまだ少なく原因究明に苦慮した。

事故後の調査結果、バグハウス内に取り付けてある9本のフィルタバグのうち、1本が完全に脱落しているこ

とから、脱落により接地不良あるいは絶縁状態になった可能性があった。

したがって、発火原因をサイロ上部に設置してあるフィルタバグで発生した静電気によるものと推定した。

このため、フィルタバグにおける静電気現象を解明すべく小規模実験装置(フィルタバグ装置)を製作し、粉体とフィルタバグ等の静電気現象の再現と確認実験を実施した。以下その結果を報告する。

2. フィルタバグの静電気帯電特性の実験

バグハウスに取り付けられているフィルタバグが非接地状態になったとき、どの程度の帯電電位をもちうるのか高電圧発生装置(ファンデグラーフ)を用いて、フィルタバグの静電気帯電特性(時定数)¹⁾について実験を行なった。

2.1 実験方法

高電圧発生装置を用い、フィルタバグを非接地とし、強制的にこれを帯電させた最高帯電電位に達したとき、高電圧発生装置を停止し帯電電位の減衰時定数の測定を行なった。

この実験で使用したフィルタバグの種類は事故を起こしたものと同一のものであり、リテーナを挿入したフィルタバグに粉体が付着した使用中のもの、新品のフィルタバグ(リテーナを挿入したものと、バグだけのもの)について、それぞれ実験を行なった。

キーワード: サイロ, 粉塵爆発, バグハウス, 静電気放電, 静電気帯電

* ポリテクニックスサービス株式会社技術部 (756 小野田市南電玉町5612番地)

Manager of Engineering Section, Polytechnic Service Co. Ltd., 5612, Minami Ryuo-cho, Onoda, 751 Japan

** 宇部サイコン株式会社生産技術部 (755 宇部市大字沖宇部525-14)

Production Technical Department, Ube Cycon Ltd., 525-14, Okiube, Ube, 755 Japan

2.2 実験結果

実験結果を図1に示す。

図1より事故当時とほぼ同じ状態と考えられる粉体の付着しているフィルタバッグが最高帯電電位 -52 kV になり、いったん帯電すると3分経過後も -30 kV 程度の帯電状態を保持することが確認された。

3. 小規模実験装置の概要

実験装置は図2に示すように事故を起こしたバッグフィルタ装置を小型化したものであり、粉体の払い落とし用逆洗パルスエア設備とフィルタバッグは事故機と同種なものを装備した。さらに粉体の循環用配管類を設け、できるだけ本装置に近い小規模な装置とした。

3.1 実験装置の仕様

フィルタバッグの形状と寸法：750×500×1,000 H (実物：716×716×2,700 H)

フィルタバッグの形状と寸法 (リテーナを挿入したもの)：106φ×600 l×3 本 (実物：106φ×1,870 l×9 本)

3.2 実験条件

フィルタ材質：アクリル ($7.1 \times 10^9 \Omega \cdot \text{cm}$)

粉体：AS系レジン (アクリルニトリル・スチレン系共重合樹脂)

粒度分布：840 μm 以上	0.2%
140~840 μm	10.6%
74~140 μm	61.8%
74 μm 以下	27.4%

逆洗パルス作動時間：0.13 s/回, 間隔 30 s

3.3 測定器

- 1) 集電式電位測定器：KS-533 (春日電機製)
- 2) ES. Q メータ：(日本化薬製)
- 3) エレクトロメータ：610 C (KEITHLEY)
- 4) 記録計：(横河電機製)
- 5) 風速計：定温度型風速計 (KANOMAX)

4. 粉体の帯電実験

粉体と輸送配管 (ステンレス) およびフィルタとの摩擦、剝離による粉体の静電気を測定した。実験は図2のプロウ、フィーダおよび粉体の払い落とし逆洗パルスエアをすべて運転状態にして、ホップ内部にある粉体を30分間循環させ、輸送配管およびフィルタと摩擦、剝離させた後、運転を停止しホップ内部に蓄積した粉体の帯電電位を直接測定した。図3がその結果である。

5. フィルタバッグと粉体との帯電実験—その1

非接地状態におかれたフィルタバッグと粉体との摩擦、剝離によりバッグに発生する静電気を測定した。実験は図

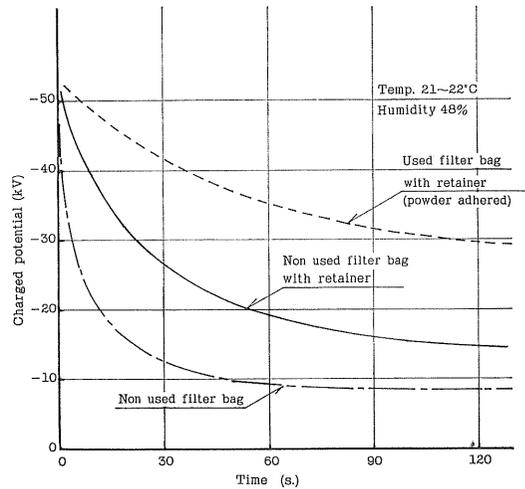


図1 フィルタバッグの最高電位および電位降下特性 (ファンデグラーフ発電機による)

Fig. 1 Maximum charged potential and charge decay curves of filter bag (by using Van de Graaff Generator).

2に示す実験装置を使い、フィルタバッグの取付け部 (実装置はステンレス製) にはテフロンで製作したものを用い、これにフィルタバッグを取り付け非接地状態とした。粉体の帯電実験と同様、ブロウその他を運転し、バッグと粉体とを摩擦、剝離させ、そのときのフィルタバッグの帯電電位を測定した (図4)。

6. フィルタバッグと粉体との帯電実験—その2

事故後の調査よりバッグハウス内のフィルタバッグが脱落していた可能性があることから、この現象に着目し、バッグハウス内の状況として次の三つのケースを想定し、逆洗パルスエアにより粉体とバッグが摩擦、剝離し、その際のバッグに発生する静電気について実験した。

- (1) フィルタバッグが脱落し、その瞬間非接地状態になった場合。
- (2) フィルタバッグが正確に装着されているが、リテーナが接地されていない場合。
- (3) フィルタバッグが正確に装着され、かつリテーナが確実に接地されている場合。

6.1 実験方法

実験方法は次のA~Eのケースについて行なった。

- (1) 実験方法A：フィルタバッグ非接地

図5のAのように逆洗パルスエアによりフィルタバッグが脱落し、バッグ内部に付着していた粉体をバッグと摩擦、剝離させる。

- (2) 実験方法B：フィルタバッグ非接地

図5のBのように逆洗パルスエアによりフィルタバッグ

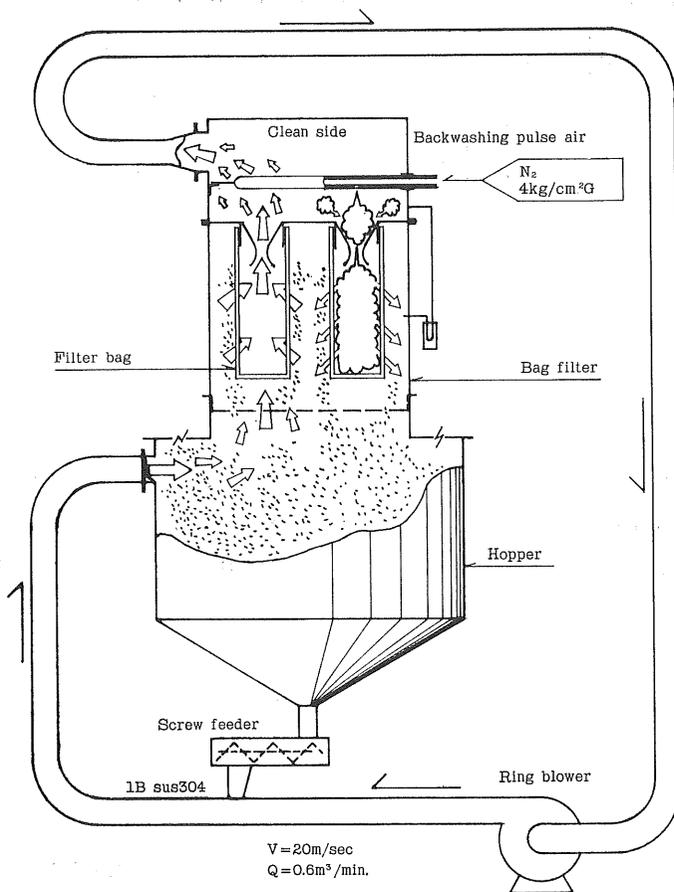


図2 実験装置

Fig. 2 Experimental equipment.

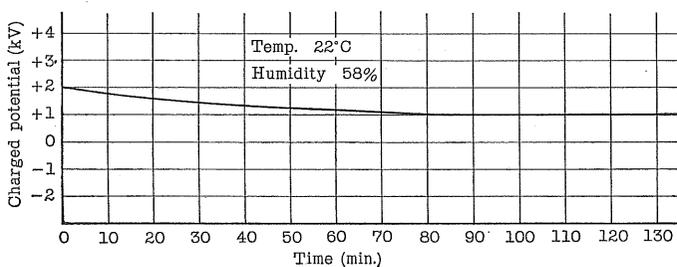


図3 粉体系 (AS レジン) の電位降下特性

Fig. 3 Charged decay curve of powder (Acrylo-Styrene Resin).

が脱落し、バグ内部に付着していた粉体とその付近に存在していた微量の粉体とを、同時にバグと摩擦、剝離させる。

(3) 実験方法C: フィルタバグ不完全接地

図5のCのようにフィルタバグを装着した状態 (チューブシートカラ接地, リテーナ非接地) を想定し, プラ

ントエアを使用してフィルタバグ内面に付着している粉体とバグを摩擦, 剝離させる。具体的な実験の様態を図6に示す。

(4) 実験方法D: フィルタバグ接地

図5のDのように実験方法Cの状態から, さらにリテーナも接地した状態 (正常状態) を想定し, プラントエ

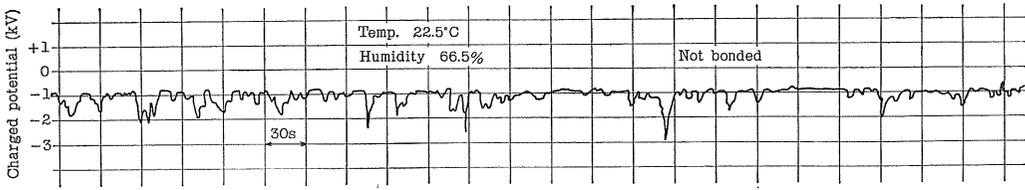


図4 フィルタバグの静電気
Fig. 4 Static electricity on filter bag.

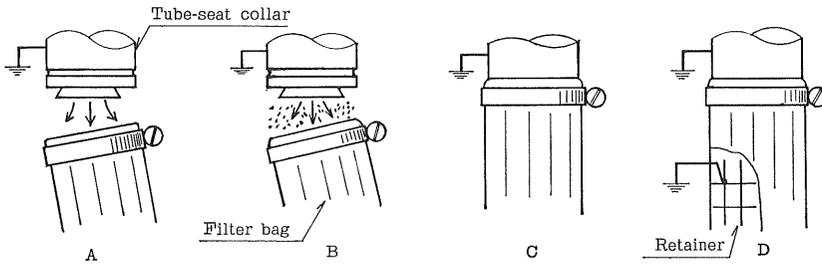


図5 バグハウス内フィルタバグの状況
Fig. 5 Fitting conditions of filter bag in bag house.

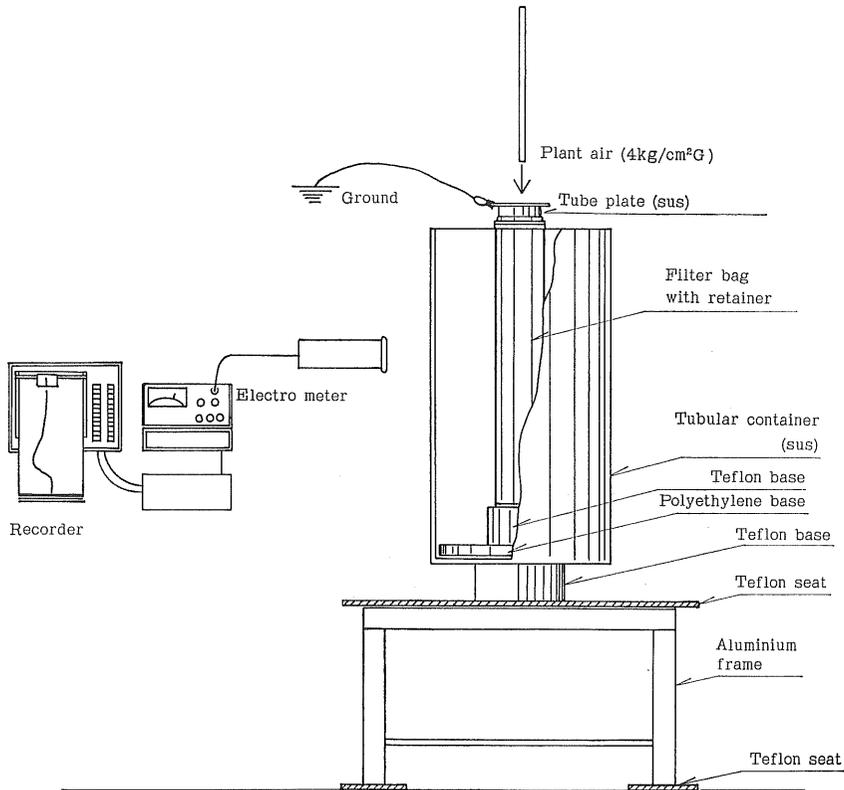


図6 実験方法C
Fig. 6 Experiment C.

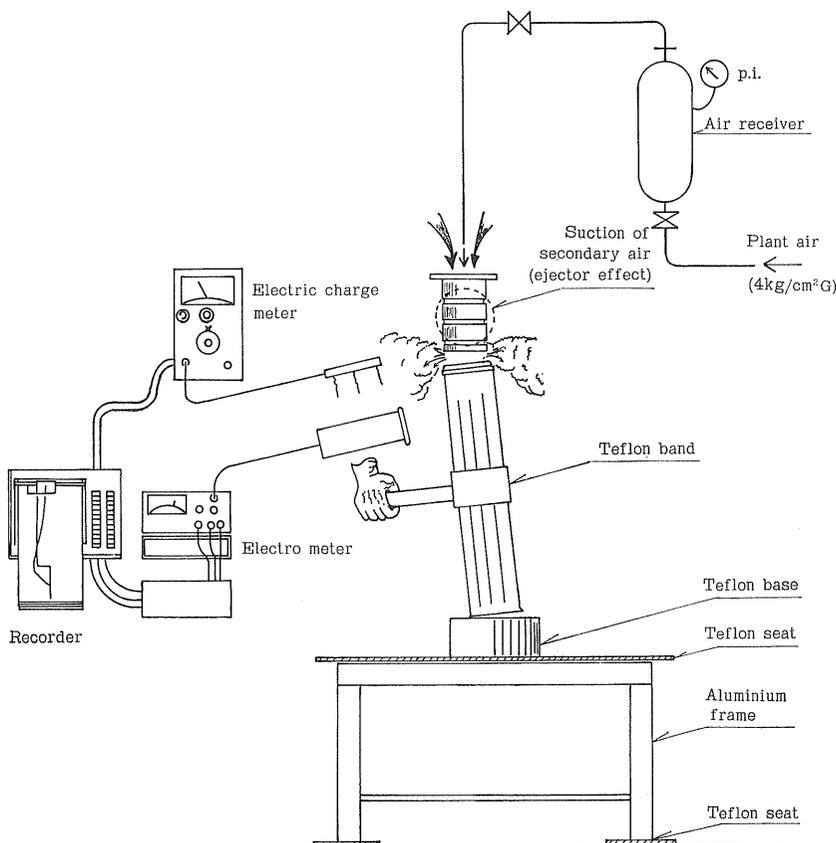


図7 実験方法E
Fig. 7 Experiment E.

アを使用して粉体とバグを摩擦、剝離させる。

具体的な実験方法は図6の状態からリテーナを接地して行なった。

(5) 実験方法E：フィルタバグ非接地

上述した実験方法Bのケースについては、図2の小規模実験装置内で実験した。その際フィルタバグの絶縁性の確保が難しく測定するのに苦労した。

したがって図7に示すように測定誤差を少なくするため実験方法Bと逆洗パルスエアの風速等物理的条件を同一にして、実験装置外で行なった。

6.2 実験結果

実験方法AおよびBは、図5に示すように、エア吹き込み時のフィルタバグの角度、フィルタバグ内部の粉体の付着具合等の影響で測定値にばらつきを生じた。

ここでは、測定結果のなかから代表的なものとして2点を図8に示す。実験方法CおよびDより得られた測定データも同様に2点を図9に示す。

6.1節で行なった実験結果をまとめて表1を作成しこれより各実験方法による帯電電位、帯電電荷量を比較し

たグラフを図10, 11に示す。

図10, 11の斜線部は、実験方法Eで行なった導電性フィルタ(今回対策用に採用したもの)の実験結果である。

また実験方法Cにおいてチューブシートカラを非接地とした場合に、プラントエアを用いてフィルタバグ内面に付着している粉体を剝離させると、帯電電位15kV以上になることが確認された。

7. フィルタバグ静電気エネルギー

表1の実験結果をもとに、フィルタバグがどの程度の静電気エネルギー($E=1/2 QV$)をもつか、リテーナ付きフィルタバグを導体とみなして計算により求めた。

フィルタバグ、脱落して非接地(実験方法Eの結果より算出)。

静電気エネルギー：5.8~8.0 mJ

フィルタバグ、装着状態で非接地(実験方法Cの結果より算出)。

静電気エネルギー：48~67 μJ

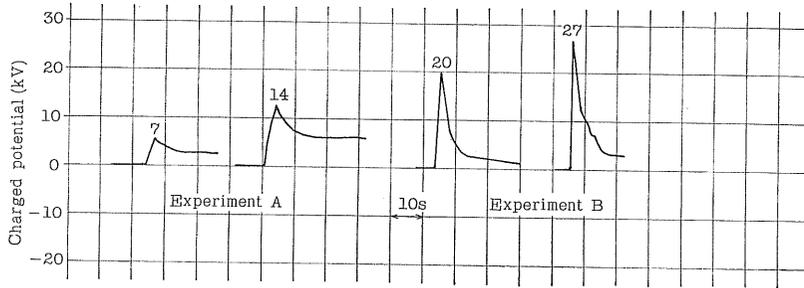


図8 実験方法A, B測定データ例
Fig. 8 Results of experiment A and B.

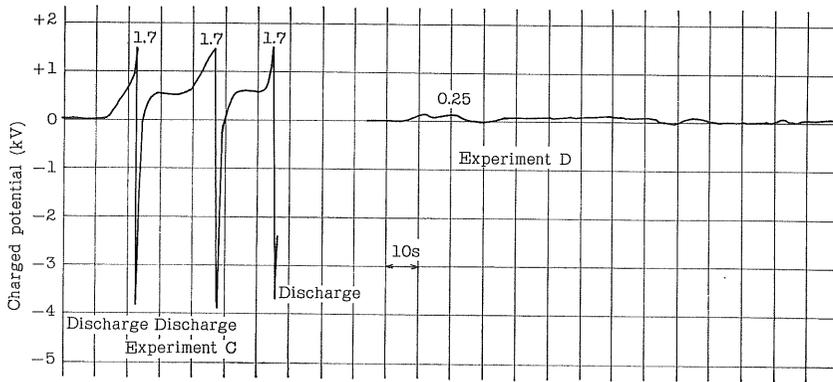


図9 実験方法C, D測定データ例
Fig. 9 Results of experiment C and D.

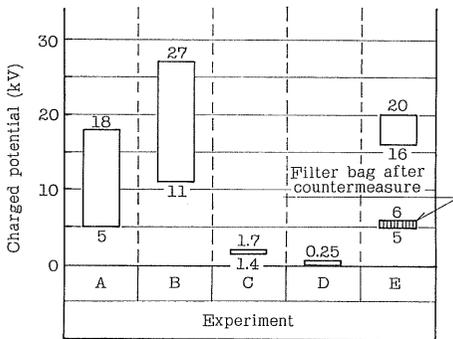


図10 フィルタバグ帯電電位
Fig. 10 Charged potential of filter bag.

8. ABS 樹脂粉の最小発火エネルギー

図12より
空気速度: 15 m/s
ダスト濃度: 0.4 kg/m³
のとき, 最小発火エネルギー 8 mJ の結果が得られている。

9. フィルタバグの静電気対策

今回の実験により冒頭の摩擦帯電や剝離帯電の現象に
関して一部ではあるが次のことが確認できた。

(1) フィルタバグが正確に装着されリテーナが確実に
接地の状態が確保されるならば電荷の発生は少なく, 帯
電も少ない。

(2) フィルタバグ, リテーナが非接地の状態であって
もフィルタバグが正確に装着されていれば電荷の発生は
少なく, 帯電も少ない。

(3) フィルタバグが正確に装着されず, 脱落状態で非
接地となった瞬間に, 逆洗バルスが作動した場合, バグ
と粉体の摩擦, 粉体のバグからの剝離等により帯電しき
わめて危険な状態が生ずる。

これら確認された事象を踏まえ, 弊社のフィルタバグ
について, 次に述べる対策を実施した (図13)。

(1) フィルタバグのリテーナのアースを1カ所から2
カ所に増やし, 接地不良の発生を防止するとともに接地
の確実性を向上させるため, アース線の取付けをボルト
締めに変更した。

表1 実験方法A~Eの測定結果

Table 1 The results of experiment A to E.

ex.	Results		Bonding Condition	Temp. (°C)	Hum. (%)	Remarks
	Charged potential (kV)	Charge quantity ($\times 10^{-4}$ C)				
A	5-18	0.50-0.60	not bonded	17	65	direct measure
B	11-27	0.35-0.50	not bonded	18	61	direct measure
C	1.4-1.7	0.06-0.07	bonded insufficiently	18	75	use tubular container
D	~ 0.25	—	bonded	18	75	direct measure
E	16-20	0.73- 0.82	not bonded	13	51	direct measure
E	5- 6	0.44- 0.53	not bonded	13	51	direct measure conductive filter

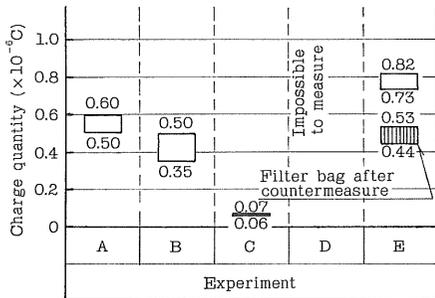


図 11 フィルタバグ帯電電荷量

Fig. 11 Charge quantity of filter bag.

また、日常点検を容易にするため、フィルタバグの扉を1カ所から2カ所に増やした。

(2) フィルタバグの脱落、落下を防止するため落下防止網の設置方法を改善した。

(3) フィルタバグの材質を導電性のものに変更しバグ

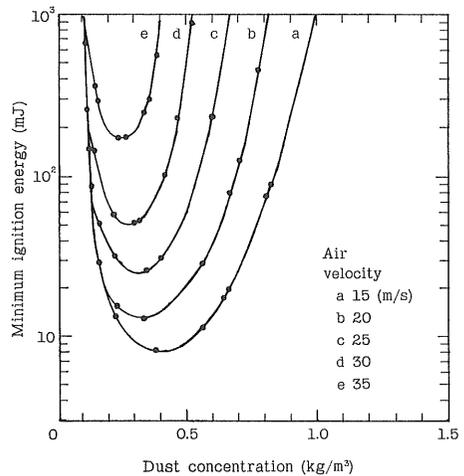


図 12 ABS-樹脂粉の最小発火エネルギー測定データ²⁾

Fig. 12 Minimum ignition energy of ABS-resin dust.

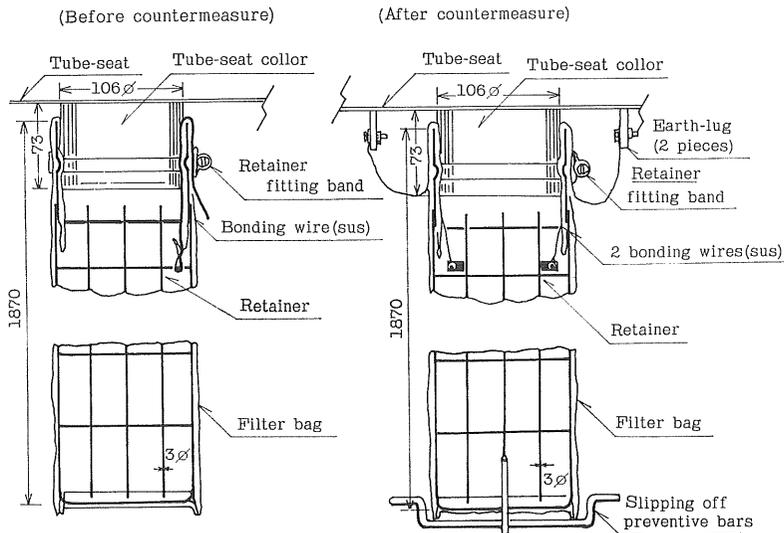


図 13 フィルタバグの対策例

Fig. 13 The countermeasure of filter bag.

に導電性をもたせた。

10. お わ り に

フィルタバグの静電気対策³⁾を考える場合、装置面ではフィルタバグの材質は導電性繊維の混入されているものを使用し、粉体との摩擦、剝離による静電気の発生の少ないものを選定することが望ましく、またこれらを確実に接地することが重要である。

それと同時に静電気に関する日常点検、教育の充実を図って維持管理を徹底し、装置の機能を十分に発揮させることが重要である。

今回の事故の教訓として静電気による障害、災害を起こす危険な状態、たとえば何かのショックで非接地状態となりうる状況が想定できるものについては、前もって

防止策を講じる等日頃から静電気に関心をもち危険を見抜く目を養っておくことが重要であることを学んだ。

本稿が他の類似設備の静電気障害防止に少しでも役立てば幸いである。

本稿の実験および執筆に際し、いろいろとご教示くださった前東京農工大村崎教授に対し心より感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 中込 誠：静電気学会事故分析研究会，A 57-2
- 2) 1986年産業安全研究所研究報告
- 3) 労働省産業安全研究所編：静電気安全指針 (1978)