

NOV. 1970

RIIS-RR-19-2

UDC 614.838

産業安全研究所研究報告

RESEARCH REPORT OF
THE RESEARCH INSTITUTE OF INDUSTRIAL SAFETY

RR-19-2

爆圧放散孔に関する研究 (第2報)
—箱型集じん機に対する応用について—

田口 昇・鶴見平三郎・林 年宏・松井英憲

労働省産業安全研究所
MINISTRY OF LABOUR
THE RESEARCH INSTITUTE OF INDUSTRIAL SAFETY

爆圧放散孔に関する研究 (第2報)*

—箱型集じん機に対する応用について—

田口 昇** 鶴見平三郎** 林 年宏** 松井英憲**

Experimental Study on the Methods of Explosion Venting (Second Report)

—Application for a Certain Type of Commercial Dust Collector—

Noboru TAGUCHI** Heizabro TURUMI**
Toshihiro HAYASHI** Hidenori MATUI**

Venting explosion is one of the typical methods of explosion protection for many equipments used in hazardous processes and this is performed by the use of explosion reliefs.

This report describes about the effect of shape and size of vent area on the behavior of explosion pressures when they are vented from enclosed equipments operated under atmospheric pressure.

Experiments are carried out using a cubical steel vessel of 1m³ internal capacity, the upper side of which is opened and flanges with various vent areas can be bolted to it. Explosive mixture of propane with air is ignited at the center of cubical vessel. In another series of experiments hydrogen-air mixture is used. Vent cover is vinyl sheet and vent area is ranged between 1920 and 5760cm². Pressure pick-up is wire strain gauge type pressure transducer and pressure-time curves are recorded on electromagnetic oscillograph.

Main results are as follows: —

(1) For propane-air mixtures (5.0-5.5 vol. % in air), records of explosion pressure show distinct two peaks. First peak pressure (p_1) decreases with the increase of vent area, but second peak pressure (p_2) remains almost constant. The ratio p_1/p_2 decreases with vent area, and when vent areas are larger than 3600cm² p_1 is smaller than p_2 , but for smaller vent areas than 2500cm² a reverse relation occurs.

(2) For hydrogen-air mixtures (hydrogen concentrations less than 30 vol. %), carried out to obtain information on the behavior of explosions of rapidly burning gases, only one peak pressure (corresponds to p_2) is seen for rather large vent areas. For 60cm square vent area, uncertain first peak occurred. First peak pressure varies with vent area and the ratio p_1/p_2 is always less than unity.

(3) The effect of the position of vent area on explosion pressure is not so evident as to be expected. But further experiments must be carried out to ascertain about this effect from practical point of view.

These results are referred for the design of explosion relief for a certain type of commercial dust collector. Applied experiments for this collector are performed using propane-air mixture and flammable

* 第1回安全工学国内シンポジウム (May 1970) において発表

** 化学研究部 Research Division of Chemical Engineering

dusts such as epoxy-resin and aluminium powder. These experiments show that the existence of collecting filters and the material of vent cover are important factors for designing explosion reliefs.

1. 緒言

内部で爆発の生ずる可能性のある設備の壁面の一部を故意に弱い構造とし、ここから爆発圧力を安全に外部へ放出することにより設備の破壊を防ぐことは、できる限りの爆発防止の手段をこぎった上での安全対策として極めて有効である。こうした爆圧放散孔の利用によって爆発被害を抑制することはすでに各国において検討されており^{1),2)}、筆者らもすでにその一例としてある型式の乾燥機に対する応用について報告した³⁾。

集じん機は乾燥機と同様にその集じん方式、規模、形状、効率などに関して種々のものが使用されており、その対象となる物質（粉体）とプロセスも各々の機器について異なるので、特に可燃性の粉体を処理する場合にはそれに応じた対策がなされねばならない。

集じん機類に関係した粉じん爆発の危険性についてはかねてから注目されてきているが、昨年某工場において集じん機内での爆発により9人の死傷者を含む多大の被害を与える事故が発生し、本年4月には某金属粉製造工場においてアルミニウム粉体集じん機の爆発により3人が死亡した。こうした災害は今後も続発する可能性が大きいので、本報ではこうした設備に対する爆圧放散孔の応用を検討した。

爆圧放散孔は、設備内で発生する爆発の特性（最大爆発圧力・昇圧速度など）とその設備の特徴（構造・使用方法など）によってそれぞれ異なる設計が必要であるが、圧力を放出させるという点についての基本的な考え方は同じである。本報ではある型式の集じん機に対する爆圧放散孔の設計を目的とし、そのための基礎実験を立方体のモデル容器を用いて行ない、これに基づいて設計した爆圧放散孔の安全性を実際の集じん機について実験した結果について報告する。

2. 集じん機の爆発事故例

可燃性の粉体を処理する集じん機では、機内に空気および粉体の流動があるので、操業中は常に爆発限界

内の濃度の粉じん雲を形成して爆発の危険性があると考えた方がよく、ここにその一例として昭和44年9月に某工場で発生した爆発事故の概要を示す。

この工場ではアルミダイカスト部品のバリ取り機（研磨機）からのアルミニウム粉じんを集じんしているが、集じん効果をあげるために2台の集じん機をシリーズにつないで使用していた。1台目は円筒型構造で、この集じん機上部の排風機のファンがはずれてケース内で接触し、これが点火源となって内部でアルミニウムの粉じん爆発を生じた。更にこの爆発は連結パイプを経て2台目の箱型集じん機内に伝播し、そのバグフィルター収納部が大破した。これらの一連の爆発により円筒型集じん機の点検窓および箱型集じん機のバグフィルター収納部などからアルミニウム粉じんの燃焼生成物が噴出・飛散し、周囲の作業者のうちから死者6名、重軽傷者3名を出すという大きな災害になった。1台目の集じん機は胴の部分に点検用のドアを有し、この部分が開いて圧力を放出したため機体自身の損傷は軽微であったが、箱型集じん機は Fig.1 に示すように完全に破壊された。

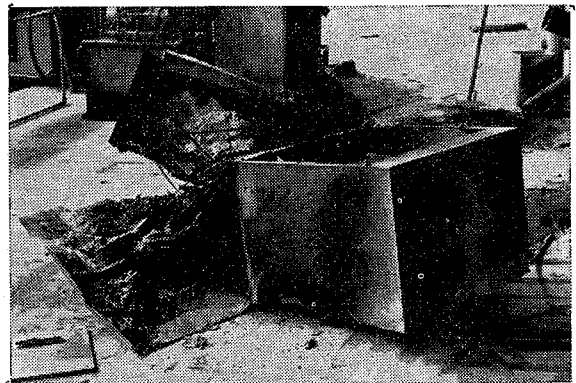


Fig.1 An example of dust collector explosions 集じん機爆発事故例

この事例を通じて次のことが被害抑制の立場から認識されねばならない。

(1) 機体の構造による強度上の差異は明確ではないが、円筒型集じん機においては、少なくとも点検用ドアという開きやすい部分が圧力の放出に役立ったことは明らかである。ただし、このような点検ドアに圧

力放出の目的を兼ねさせようとするならば、その位置および取付方法を慎重に検討し、放出が安全・確実に行われるようにせねばならない。

(2) 2台目の集じん機については、内部の粉じんが一度フィルターを経たもので粒度が小さかったことまた爆発がある距離を伝播したのち第2の空間で再び成長したことなどから爆発の激しさが増し、従って機体の損傷もよりひどくなったものと考えられる。

本報において爆圧放散孔の設計の対象として実験に用いたのは、2台目の箱型集じん機に一部改造を施したものである。

3. 実験

この項の「実験」と次項の「実験結果および考察」は立方体のモデル容器を用いての実験についてである。

3.1 実験装置

実験に使用した内容積 1m^3 の立方体モデル容器(以下、角型容器と称する)とその周囲配管のフローシートを Fig. 2 に、実際の取付状態を Fig. 3 に示す。角型容器は上部が開放されて 1m^2 の開口を有す

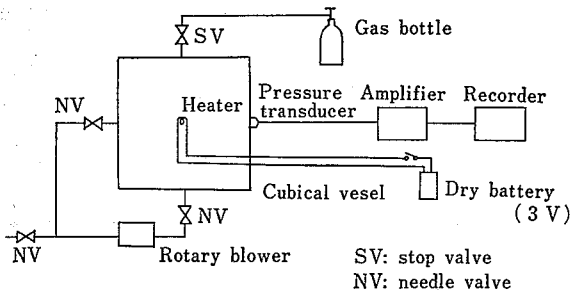


Fig. 2 Schematic diagram of experimental apparatus 実験装置のフローシート

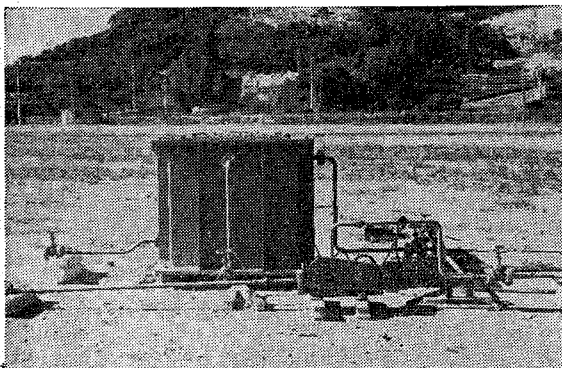


Fig. 3 Cubical vessel for explosion tests
角型容器実験状況

るフランジになっており、この面に各種の開口面積を有するフランジ(以下、開口フランジと称する)をとりつけ、角型容器のフランジとの間にベントカバーを取付けて実験に供した。

3.2 実験ガス

実験に用いた可燃性ガスはプロパン(純度 99.5%以上)および水素(市販ボンベ入り)である。プロパンはふつうの可燃性ガス・蒸気あるいは粉体と同程度の爆発圧力・昇圧速度を与え、水素は特に昇圧速度が大きい。粉体のうちにはアルミニウムやエポキシ樹脂のように昇圧速度の大きいものもあり、エポキシ樹脂粉の爆発を当量濃度付近のガス混合物と比較すれば、平均昇圧速度はプロパン、最大昇圧速度は水素とはほぼ同オーダーである⁴⁾。従って、これらのガスによってエポキシ樹脂粉の爆発と近似した特性の爆発を再現できると考えてよい。また後述するように実際の集じん機(以下、実機という)での実験ではエポキシ樹脂およびアルミニウム粉の粉じん爆発によって爆圧放散孔の安全性を確認した。

プロパンおよび水素はそれぞれ空気と混合して用いその濃度は干渉計式のガス検知器(プロパン 0~10 vol. % 用, 有効室長 40mm; 水素 0~100 vol. % 用, 有効室長 20mm)によって測定した。

3.3 爆発圧力測定装置

圧力の検出には PE-30KF 型抵抗線歪式圧力変換器を用い、受圧面は角型容器の内壁とつらいちになるよう取付けた。増幅は DPM-AT 型動的歪測定器により、その出力を RMV-33G 型直記式電磁オシログラフ(ガルバノメータ固有振動数 1000Hz)により

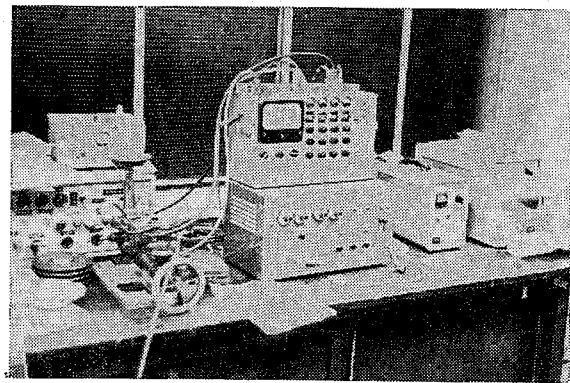


Fig. 4 Apparatus for pressure measurements
爆発圧力測定装置

記録した。圧力較正は静圧（油圧）により行ない、記録紙上の変位量は 1 kg/cm^2 あたり 15 mm とした。測定装置を Fig. 4 に示す。

3.4 ベントカバーおよび開口フランジ

ベントカバーは開口部を覆うもので爆圧放散孔の特性を支配する重要な因子であるが、本実験では第1報の結果⁹⁾にもとずきビニルシート（厚さ 0.1 mm ）のみを用いた。実用上のベントカバーについては、実機での実験において材質の影響を検討した。

開口フランジは二種類に大別できる。ひとつはフランジ中央部に正方形の開口を有するもの（以下、正方形フランジという）で、正方形の一辺の長さは 50 および 60 cm である。他はフランジの対称の位置に3つの長方形の開口を有するもの（以下、3つ口フランジという）で、ひとつの開口の大きさは $24 \text{ cm} \times 80 \text{ cm}$ である。3つの開口のうちひとつ又はふたつを盲板でカバーして開口面積を変えることができるが、開口の数が $3, 2$ および 1 の場合、開口面積の和をひとつの正方形に換算したと考えたときの正方形の一辺の長さはそれぞれ約 $76, 62$ および 44 cm である。以下、開口面積を S 、開口面積の大きさを $S=50 \times 50$ 、 $S=24 \times 80 \times 2$ などと示すことがある。Fig. 5 には3つ口フランジの取付け状態を示す。

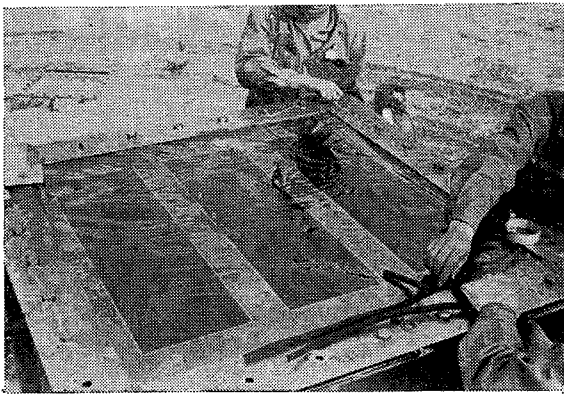


Fig. 5 Three open-mouthed flange
3つ口フランジの取付け状態

3.5 実験方法

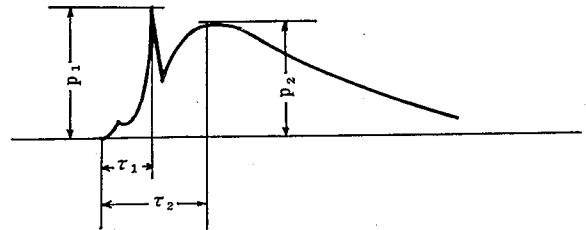
角型容器に所定のフランジおよびベントカバーを取付けたのち実験ガスを送入し、内部が均一濃度となるまでブローにより攪拌し、濃度をチェックしたのち点火する。点火は容器中心にセットしたニクロム線ヒータを赤熱させて行ない、容器側面中心の圧力変換器

により爆発圧力の時間的変化を測定した。一部の実験では、爆発が外部へ放出される状態を HIMAC 16H 形カメラにより高速度撮影した。

4. 実験結果および考察

4.1 プロパン-空気混合物の場合

プロパン濃度が $5.0 \sim 5.5 \text{ vol. \%}$ のときに最も激しい爆発を呈することはすでに第1報の結果から明らかなので測定はこの濃度範囲に限定した。爆発圧力の波形はいずれもふたつのピークを示した。既に得られた結果では、正方形フランジで $S=75 \times 75$ より大きい開口ではピークはひとつしか見られない。3つ口フラ



Propane 5.0%
Vent area $S=50 \times 50$
 $p_1=1.1, p_2=0.9 \text{ kg/cm}^2$
 $\tau_1=0.15, \tau_2=0.30 \text{ sec}$

Fig. 6 Typical wave form of pressure-time record (Propane-air mixture)

爆発圧力の波形（プロパン-空気混合物）

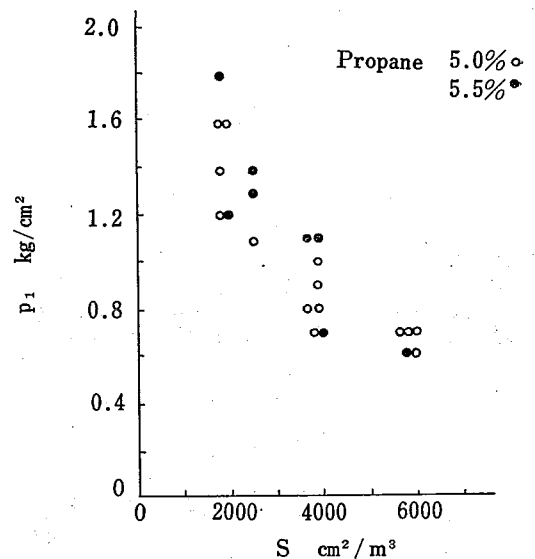


Fig. 7 Effect of vent area (S) on explosion pressure (p_1)

開口面積と第1ピーク圧力の関係

ンジで開口が3つの時は $S=76 \times 76$ に相当するが、この場合にピークがふたつ生ずるのは開口の分割の影響と思われ、更に解明すべき興味ある点である。爆発圧力波形の例を Fig. 6 に示すが、これには爆発圧力 (p) および昇圧時間 (τ) の定義も併記した。

第1ピークの圧力 (以下、このピークのことあるいは圧力値を単に p_1 と示すことがある) と開口面積 S の関係を Fig. 7 に示すが、これはすべての結果を1測定につき1プロットで示してある。3つ口フランジの開口位置の影響は殆んどないので開口の大きさは S のみで示した。Fig. 7 によれば S と p_1 の間に有意な相関が認められるが、開口の形状と位置の効果は明確でないので、3つ口フランジを用いた場合の開口の面積の和をひとつの正方形とみなし、その一辺の長さ (\sqrt{S}) を開口の大きさの指標とした。Fig. 8 はこの \sqrt{S} に対して p_1 の平均値をプロットしたもので、Fig. 7 における濃度の影響は無視してある。

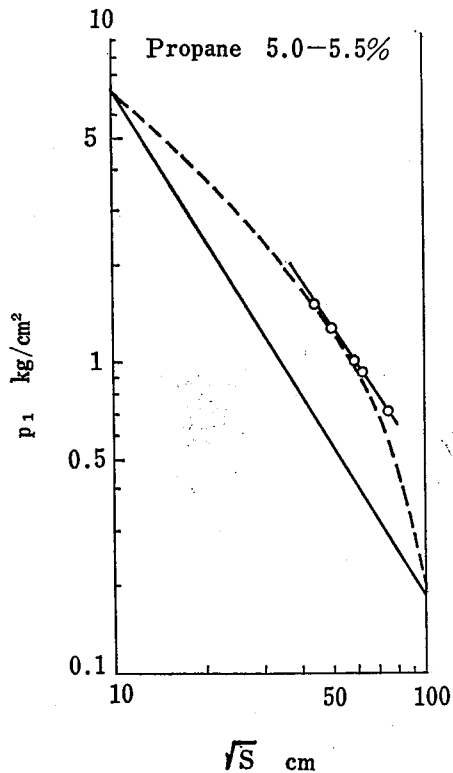


Fig. 8 Effect of vent area (S) on explosion pressure (p_1): logarithmic plot
開口面積と第1ピーク圧力の関係 (対数目盛)

Fig. 8 によれば測定した範囲内で p_1 と \sqrt{S} の両者の対数間には近似的に直線関係が成立するが、この

直線の延長によって他の条件下の p_1 を推定できるかを考えてみる。まず $\sqrt{S}=100$ については、ベントカバーがなくて点火位置が開口のすぐ内側であれば $p_1=0$ と考えられるが、ビニルシートで覆い中心点火した場合についてのデータはない。しかし、本実験の結果の直線関係を延長した 0.5 kg/cm^2 より低い値をとると推定されるので、このときの p_1 を仮りに 0.2 とする。また $\sqrt{S}=0$ 、すなわち密閉容器中での爆発圧力は 7.5 kg/cm^2 程度であるから、 $\sqrt{S}=10$ でこれに近い値 (約 7.0 kg/cm^2) に達すると仮定する。 \sqrt{S} と p_1 の両者の対数間に直線関係があるならば、その直線は上の2点を通る筈であるが、実験結果との差が大きすぎることから考えて \sqrt{S} と p_1 の関係は Fig. 8 に破線で示す曲線として得られるようである。こうした関係については別の機会に更に確認したい。

爆発波形の立上りから第1ピークに達するまでの昇圧時間 τ_1 は濃度および開口面積と余り関係がなく、プロパン 5.5% の混合物で小さい値 (0.1sec) および大きい値 (0.27, 0.28 および 0.31sec) を示したほかは $\tau_1=0.17 \pm 0.03 \text{ sec}$ である。

p_1 に対する平均昇圧速度 p_1/τ_1 は、 τ_1 が一定であれば p_1 によって定まる値であり、前述したように p_1 は開口面積により増減するので p_1/τ_1 も同じ傾向を示す筈であるが、 S が減ると τ_1 が幾らか増すので実際には Fig. 9 の関係を得る。また p_1 についての最大勾配 (最大昇圧速度) は Fig. 9 の値より大き

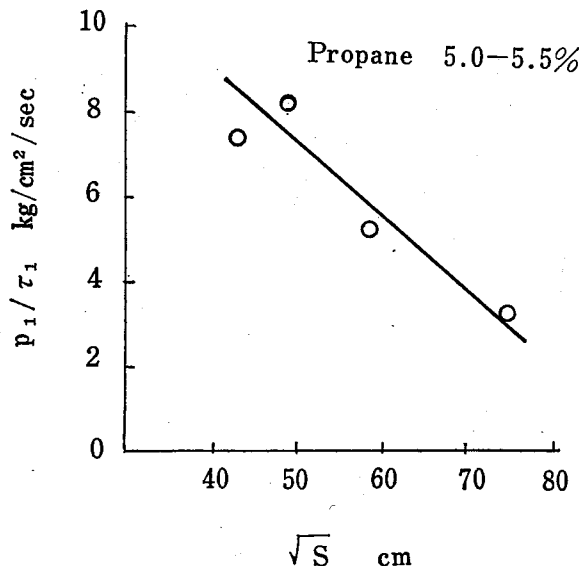


Fig. 9 Effect of vent area (S) on rate of pressure rise (p_1/τ_1)
開口面積と昇圧速度の関係

く、場合によつては約 10 倍に達し、そのときの昇圧速度は同じ大きさの密閉容器中における爆発圧力についての最大昇圧速度とほぼ同じオーダーであるとみなしてよい。

なお、これらの実験結果については開口面積をすべてひとつの正方形として扱つてもよいと思われ、またそのようにすれば $S=60 \times 60$ と $S=80 \times 24 \times 2$ とは同じ開口を有するとみなしてよいので、以下において $S=60 \times 60$ として論ずることがある。

第 2 ピークの圧力値 p_2 は殆んどの測定で 1.0 kg/cm^2 をこえた。この圧力の時間的変化は比較的ゆるやかで、濃度 5.0 および 5.5% で差はなく、開口面積の影響も顕著ではない (Fig. 10)。

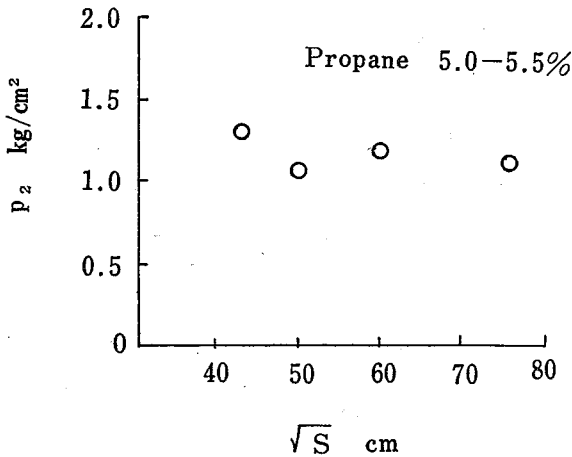


Fig. 10 Effect of vent area (S) on second peak pressure (p_2)
開口面積と第 2 ピーク圧力の関係

p_2 に達するに要する時間 τ_2 は、濃度 5.5% について大きい値となるが開口の状態に影響されず、0.3~

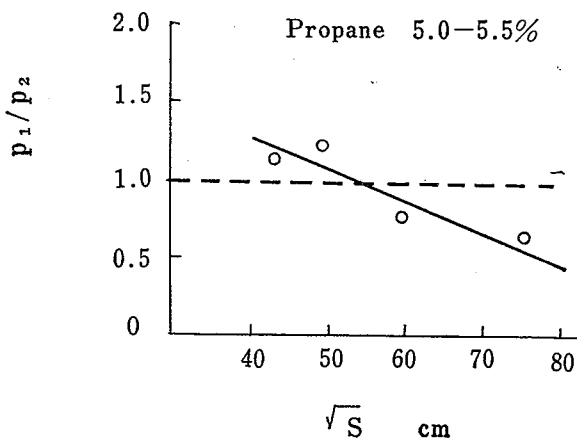


Fig. 11 Relation between vent area (S) and p_1/p_2
開口面積と p_1/p_2 の関係

0.5sec である。

圧力の時間的変化の大きさからみれば第 1 ピークの方がはるかに大きい衝撃を与え、第 2 ピークは圧力持続時間が長いのが特徴である。容器の破壊という観点からいずれの効果が大きいかと考えるかは別として、ペントカバーが破れるのは第 1 ピークに達した時点とみなされるので、爆圧放散孔の有効性からすれば p_1 を重視せねばならない。 p_1 は S の増すにつれて減ずるが、 $p_2 > p_1$ となつた場合には安全上 p_2 を無視できない。Fig. 11 には p_1/p_2 と、Fig. 12 には $p_1 + p_2$ と S の関係をそれぞれ示した。 p_1/p_2 は S の増加と共に減少するが、第 1 報の結果と同様 $\sqrt{S} \geq 60$ では $p_1 < p_2$ となる。ピーク圧力の和は S の増すにつれて減ずる。

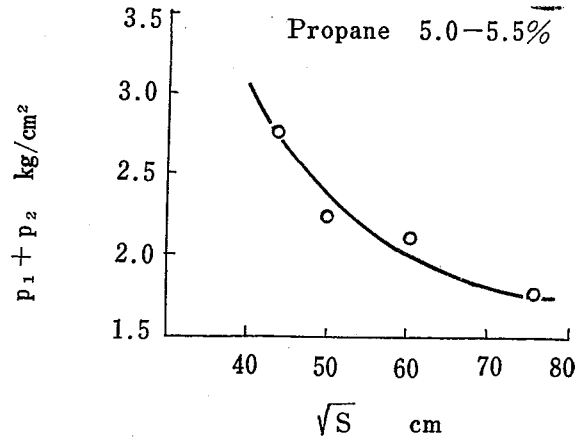


Fig. 12 Relation between vent area (S) and $(p_1 + p_2)$
開口面積とピーク圧力の和の関係

4.2 水素—空気混合物の場合

内容積 1l 以上の密閉容器中における水素—空気混

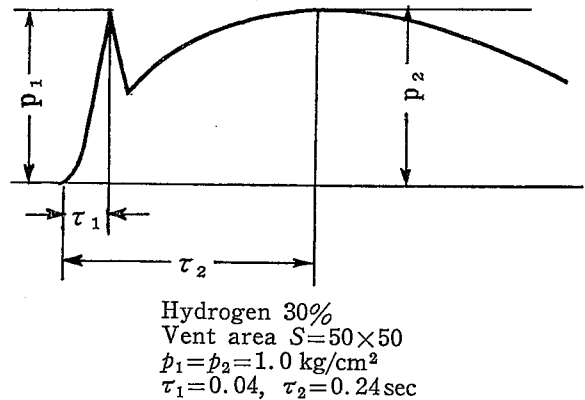


Fig. 13 Typical wave form of pressure-time record (Hydrogen-air mixture)
爆発圧力の波形 (水素—空気混合物)

合物の最大爆発圧力は約 7 kg/cm^2 であり、プロパンよりやや低い値であるが、最大爆発圧力に達する時間は $1/4 \sim 1/5$ であり、従つて昇圧速度は水素の方が大きい。ここではこのような燃焼速度の大きいガスの爆発による圧力が放散される際の挙動を比較するために、当量濃度 (水素 30 vol.%) 以下の混合物について測定を行なつた。

Fig. 13 に爆発圧力の時間的変化の例を示す。Fig.

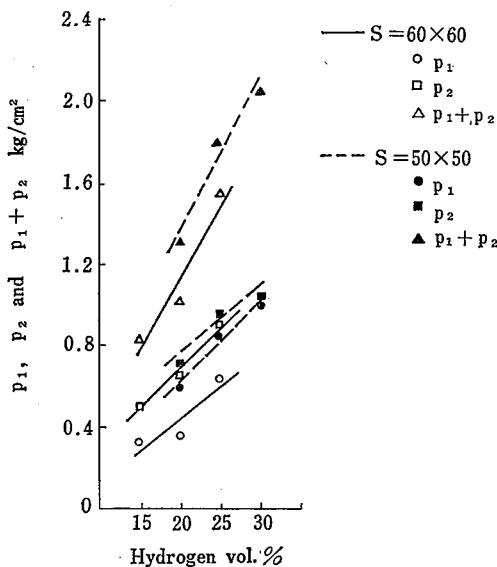


Fig. 14 Effect of hydrogen concentration on explosion pressures
水素濃度と爆発圧力の関係

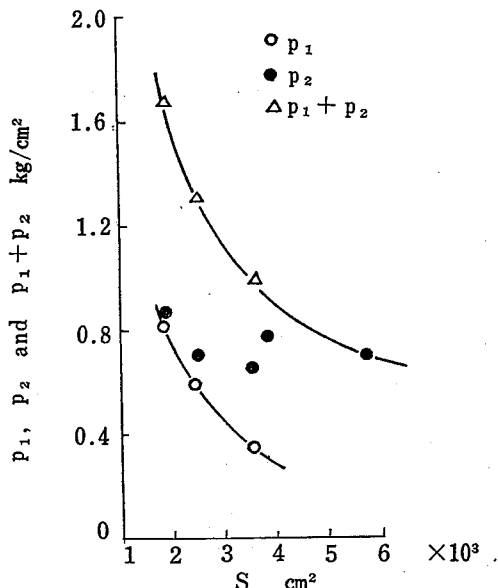


Fig. 15 Effect of vent area (S) on explosion pressures
(20% hydrogen-air mixture)
開口面積と爆発圧力の関係

6に比して τ_1 の小さいのが特徴である。 $\sqrt{S} > 60$ ではピークはひとつしか認められなかつたが、 $\sqrt{S} = 60$ では不明確な第1ピークを生じた。 p_1 と水素濃度の関係を $\sqrt{S} = 50$ および60について示したのが Fig.14 である。同じ図に p_2 および p_1+p_2 を示したが、これらの圧力は水素濃度の増すにつれて大きくなる。30% より高濃度側については推測の域を出ないが、仮りに 35% 付近で最も高い爆発圧力を生ずるとしてこの範囲に直線関係が外挿できるならば、 $\sqrt{S} = 50$ および 60 に対する p_1 は 1.2 および 1.0 kg/cm^2 程度となる。

Fig. 15 は開口面積とピーク圧力の関係を水素 20% 混合物について示したものであるが、開口の位置の影響

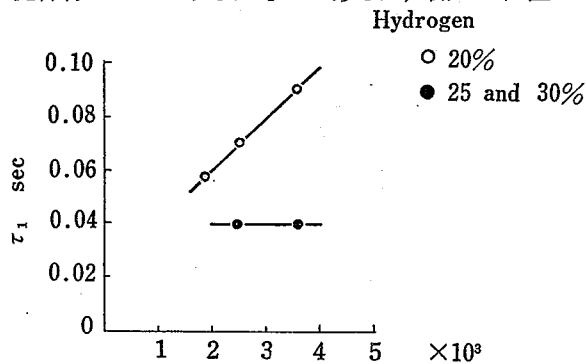


Fig. 16 Relation between vent area (S) and time to attain first peak pressure (τ_1)
開口面積と昇圧時間の関係

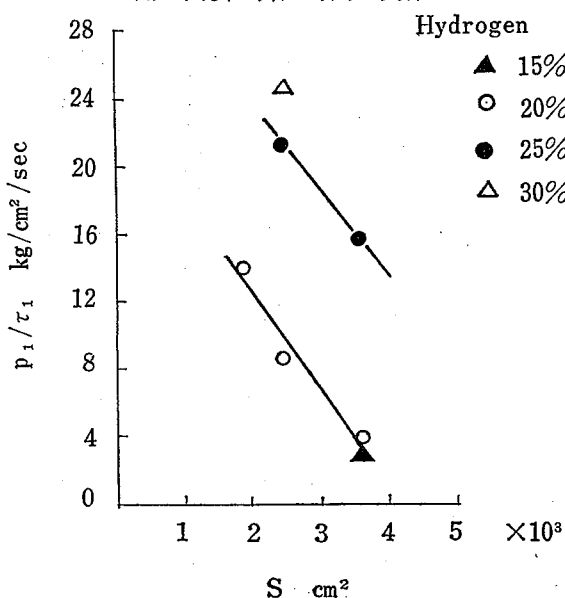


Fig. 17 Effect of vent area (S) on rate of pressure rise (p_1/τ_1)
開口面積と昇圧速度の関係

響はプロパンに対すると同じ理由により無視した。 p_1 は S により変化するが、 p_2 は一定範囲内にばらついていると考えた方がよい。

Fig. 16 は τ_1 と S の関係であるが $\sqrt{S} > 60$ では τ_1 は存在しない。 また τ_2 は S および水素濃度に影響されず、 $0.14 \sim 0.28 \text{ sec}$ の範囲の値をとつた。 Fig. 17 には昇圧速度の関係を示したが、 p_1/τ_1 は S の増すにつれて減じ、 p_2/τ_2 はほぼ一定値を示した。

開口面積の和を正方形としたときの \sqrt{S} と p_1/p_2 の関係を Fig. 18 に示した。 実験の範囲内では p_1/p_2 は \sqrt{S} に比例して減少し、かつ p_1/p_2 は常に 1 以下であるので、このような条件下では最大爆発圧力は常に p_2 である。

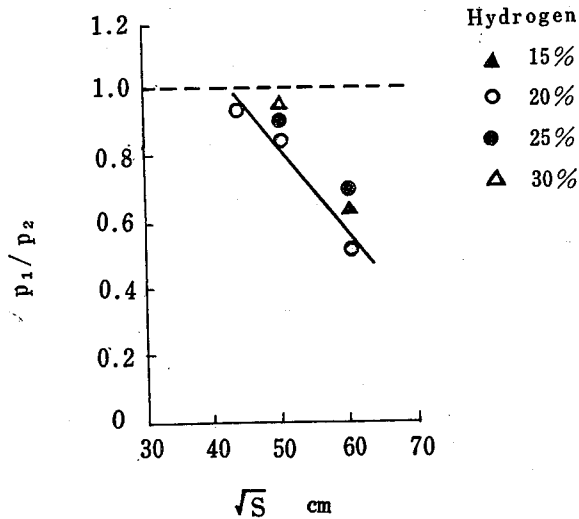


Fig. 18 Relation between vent area (S) and p_1/p_2
開口面積と p_1/p_2 の関係

4.3 プロパンと水素の爆発挙動の比較

爆発圧力を外部に放散させる場合のプロパン—空気混合物の挙動についてはかなりの知見をえたが、水素に関するデータは充分でなく、従つて最も危険な条件下における両者の挙動を直接に比較はできないが、プロパン 5.0~5.5% 混合物と水素の主として 20% 混合物に関する限り次のような傾向を認めることができる。

爆発圧力の時間的变化は条件によつては類似することもあるが、開口面積が小さい場合には明確な相違がある。すなわち τ_1 は水素の方がかなり小さく、 $S = 80 \times 24$ についてはプロパンの場合の $1/3 \sim 1/5$ であつて、この割合は密閉容器中での結果とほぼ一致する。 30% 混合物では $\tau_1 = 0.04 \text{ sec}$ であるが、この値

はおそらく水素濃度の如何を問わず最少の昇圧時間であらう。

昇圧速度 p_1/τ_1 は p_1 の値が同じならば τ_1 によつて決まるが、この値は爆圧放散孔の設計における重要な因子であつて、この値の大きい爆発ほど圧力は放散されにくいと考えられている。しかし、ベントカバーが極く弱いものであつて、これが爆発開始後の早いうちに破れて圧力が放出され、それに応がて多量の未燃ガスが逃散するならば爆発の激しさは逆に弱められる可能性がある。このことが、プロパン混合物の p_1 の方が水素混合物に比して高くなるという事実の説明となり得るか否かはまだ明らかではない。ただ、結果的

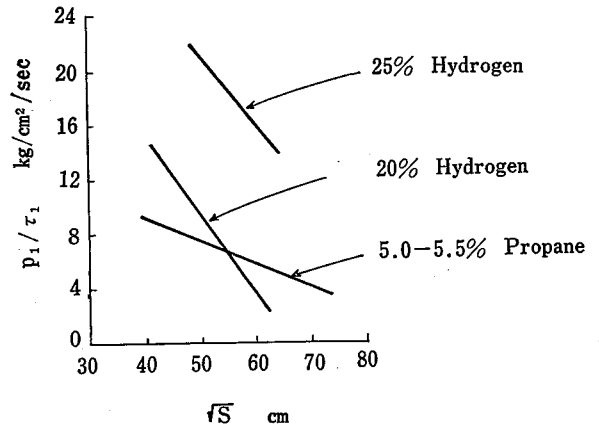


Fig. 19 Comparison of rates of pressure rise between propane-air and hydrogen-air mixture
プロパンと水素の昇圧速度の比較

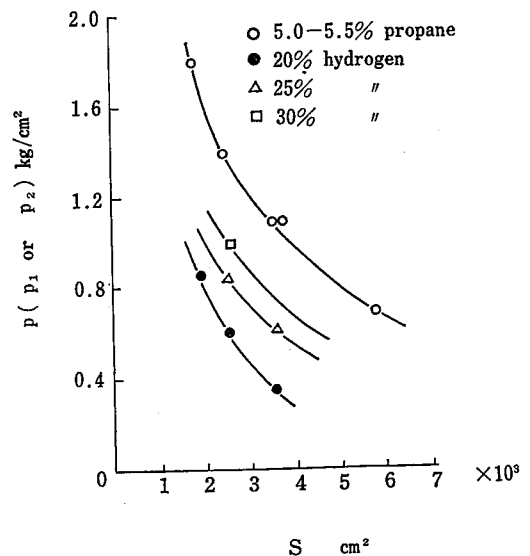


Fig. 20 The highest explosion pressures obtained for various vent areas
開口面積と最高爆発圧力の関係

には水素の爆発圧力は小さいが、開口面積の小さいところで昇圧時間が特に短いので、結局昇圧速度にはかなりの差が生ずることになる (Fig. 19).

爆発圧力の比較のために、それぞれの開口面積について得られた圧力の最高値を Fig. 20 に示す。水素 20% では p_1 の値は低く、 $p_1 + p_2$ がプロパンの p_1 にほぼ等しい。 p_2 はいずれのガスについても開口面積の影響をうけず、プロパン混合物の方が約 0.4 kg/cm^2 ずつ高い値となつた。一般的に言えば、水素は燃焼速度が大きいので昇圧速度は大となるが、このためにベントカバーが早く破れるので p_1 は高くならず、同時に大気中に放出される未燃ガス量も多いので爆発の激しさあるいは破壊力という面からはプロパンの方が危険である。ただ、水素は 30% より高濃度側 (約 40% までの間と予想される) で最も激しい爆発を生ずるであろうから、こうした条件下での実験を更に計画中である。

5. 実機における実験結果および考察

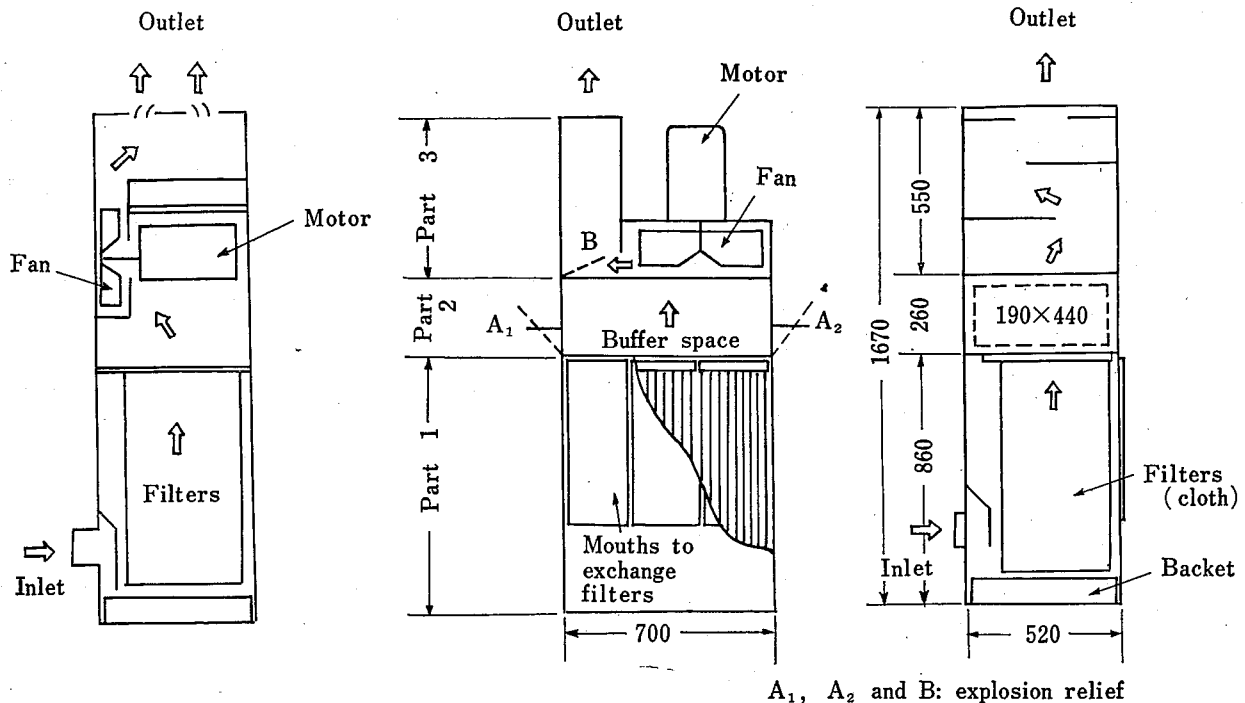
5.1 実験に対する基本的考え方

実験に使用した集じん機の構造の概略を Fig. 21 に

示すが、右 2 図は爆圧放散孔の取付けを考慮した改造予定機である。最も下の「部分 1」は集じん用フィルターの収納部で、「部分 2」は単なる空間で爆発による圧力を緩和させる緩衝空間としての役割を有し、この側面に爆圧放散孔を設けることが可能である。「部分 3」はファンおよび吐出部からなり、吐出部には邪魔板をとりつけて消音装置としてある。改造前に比して、緩衝空間 (M) を有することおよびモータを機外に取付けたことが特徴である。

こうした集じん機では「部分 1」については粉体の流動に伴う帯電あるいは外部から (吸込口を経て) の点火源の侵入が原因で爆発を生じうる。「部分 2 および 3」はにフィルターを通過した微粉が粉じん雲を形成するので、ファンの接触などの異常現象が点火源となりうるが、この部分での爆発は初期のうちに吐出口から放出されるので激しい爆発へは生長しない。一方「部分 1」はほぼ密閉されたひとつの容器とみなされ、爆発に対しては一層危険である。従つてこの実験では「部分 1」内の爆発による圧力をいかに安全に外部に放出するかについて主として検討した。

「部分 1」の側面に爆圧放散孔を設けるのならば、角型容器での実験結果を利用できるので設計は容易であるが、設置条件を考慮すると側面放散は安全上の措置



A₁, A₂ and B: explosion relief

Fig. 21. Structural outline of dust collector: before (left) and after modification (right)
箱型集じん機構造図 (左: 改造前, 右: 爆圧放散孔取付機)

が複雑となり、むしろ上方への放散が望ましい。こうした観点から、実験ではまず「部分1」内での爆発による圧力がフィルターを通してどの程度放散されるかを求め、次に「部分2および3」を順次つぎ足してそれぞれの条件下での爆発の挙動を観察した。

5.2 プロパンを用いた実験および結果

混合ガスの調整、点火および圧力測定の方法は角型容器の場合と同じであり、特に断わらない限りペントカバーはビニルシートである。また機体に生ずる歪量を測定*1したが、ゲージは最大曲げ応力の生ずると予想される点すなわち吸込口側表面の長辺の中央付近（データでは(1)として示す）および同じ表面の中心付近（データでは(2)として示す）に、いずれも水平方向にはりつけた。ゲージは単軸ポリエステルゲージ（タイプ KP-6-A₁-11）である。

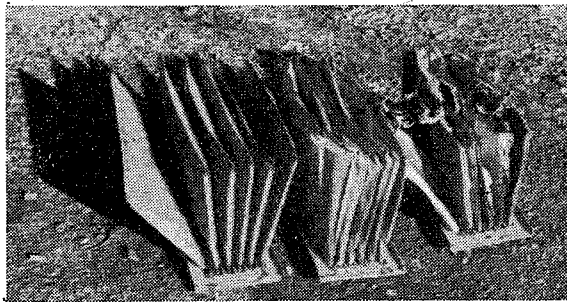


Fig. 22 Filters for dust collecting (right and center : after an explosion test, left : before an explosion test)
集じん用フィルター

集じん用フィルターは Fig. 22 に示す袋状で、写真とは上下逆の方向に取付ける。中には形を保持するためのプラスチック波板が入っており、操業時には6枚続きのフィルター3筒を用いる。材質は綿またはテロン混紡で、実長は約75cmあるが実験では（特に断わらない限りこれを1/3に切り縮めて用い、爆発の成長が容易となるよう考慮した。Fig. 23は「部分1」にフィルターを取付けた状態であるが、上部の開口面積はひとつが14cm×44cmで、フィルターを除く内容積に対する割合は角型容器での3つ口フランジとほぼ同じ値である。

Table 1 にフィルター数をかえたときの結果を、

* 1. 歪量の測定結果を表示するに際しては、引張り側の最大値を、max.(+)、圧縮側の最大値を min. (-) として示した。また-とした場合にはその側に歪が生じなかったことを意味する。

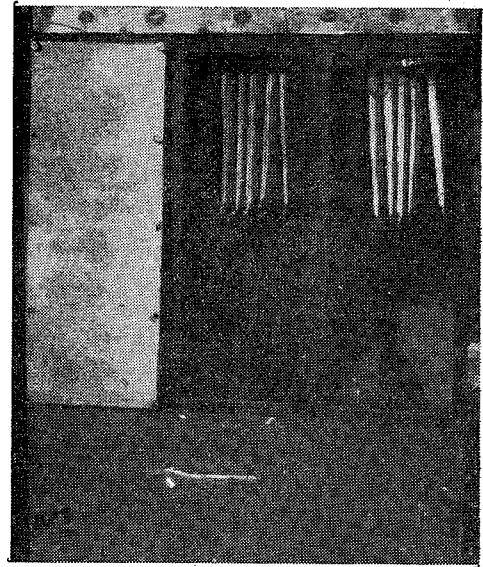


Fig. 23 Filters encased in dust collector (Part 1)
実機フィルター取付状態(フィルター長さ 25cm)

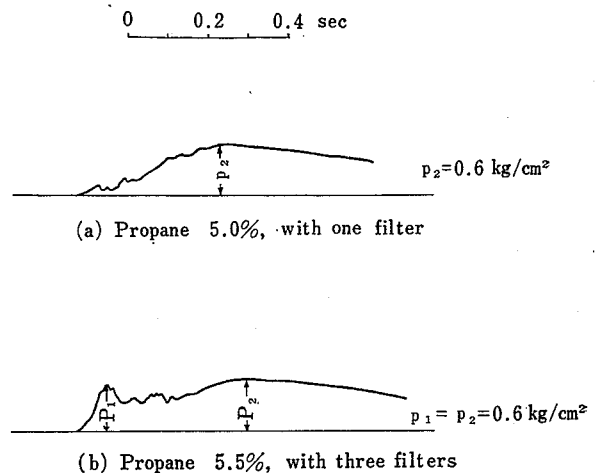


Fig. 24 Pressure-time record (for Part 1 of dust collector)
爆発圧力の時間的变化(実機の部分1)

Fig. 24 に爆発圧力の時間的变化の例を示す。フィルター数が0または1では0.5~0.6 kg/cm²の最大爆発圧力を生じ、角型容器での実験と同じ考え方をすれば第1ピークは明白ではなかつた。フィルター数を増すと圧力ピークは少なくともふたつ生じ、一般に波形は複雑となつた (Fig. 24 の b)。いずれにせよ圧力の最大値は 0.6 kg/cm² 以下であつて、フィルターにより開口部が部分的に閉鎖されていることを考えれば低すぎる値である (Fig. 7 参照)。この結果からフィルターの圧力放散に対する抑制効果が小さいと結論す

Table 1 Effect of the number of filter on explosion behavior (for Part 1 of dust collector)
 フィルター取付け数による爆発圧力および歪の変化 (実機の部分1)

Test No.	Propane vol. %	p_1 kg/cm ²	p_2 kg/cm ²	τ_1 sec	τ_2 sec	p_1/τ_1 kg/cm ² /sec	p_2/τ_2 kg/cm ² /sec	Strain $\times 10^{-6}$		Position* of filters
								min.	max.	
1	5.0	—	0.5	—	0.27	—	1.85	(1) -265 +335 (2) -120 +130		
2	5.0	—	0.6	—	0.29	—	2.07	(1) -280 +300 (2) -70 +65		
3	5.0	0.3	0.6	0.12	0.33	2.50	1.91	(1) -265 +20 (2) -40 +20		
4	5.5	0.6	0.6	0.06	0.35	9.17	1.66	(1) -275 — (2) -20 +20		

* means the position of filter.

るのは早計であつて、むしろフィルターの熱的効果が大きいとみるべきである。すなわち、爆発により生ずる熱量は燃焼気体の膨張のみでなく、フィルターの発火にも費されるのである。実験後のフィルターの焼け焦げからみても（フィルターの自然性は別としても）かなりの熱量を吸収したことは明らかであり、圧力波形からもこのことが推定できる。このようにフィルターがあると爆発が充分成長しないうちに熱吸収が起るのであろうという仮定は、フィルターの代りにこれと同じ材質の一枚の布で開口部を覆う（以下、このような取付方法を「天井フィルター」と称する）ことにより確認される。粉体を用いての実験では天井フィルターが爆発圧力を増加させているが、それは機体の密閉度

が同程度であるのに対して爆発の自由な成長を妨げるものが無いことによる。

「部分1」を用いた実験では機体に事実上何ら変形は生ぜず、フィルターによる熱吸収と同時にフィルター部分からの圧力の放散効果の大きいことがわかつた。従つてこのような形で圧力が放散されるならば何の危険も（機体に関する限り）無いが、実際には更に次のような場合について検討が必要である。

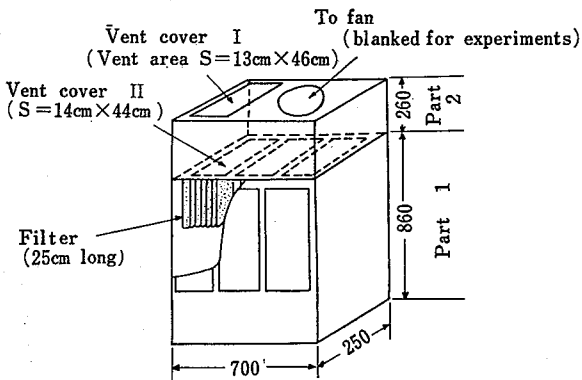
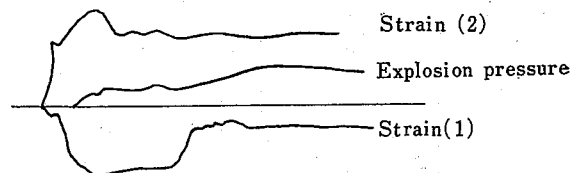
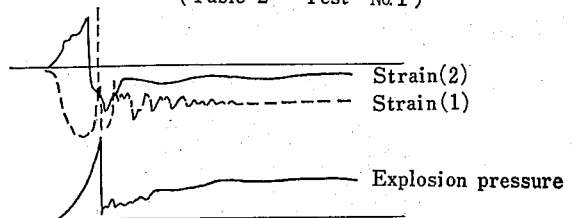


Fig. 25 The position of vent covers (for Part 1 and Part 2)
 ベントカバー取付状態(実機の部分1および2)

0 0.1 0.2 0.3 0.4 sec



(a) Propane 5.5%, vent cover: vinyl sheet
 (Table 2 Test No.1)



(b) Propane 5.0%, vent cover: fibre board
 (Table 2 Test No.2)

Fig. 26 Effect of vent cover material on explosion behavior
 ベントカバー材質による爆発波形の相違

Table 2 Effect of vent cover material on explosion behavior
(for Part 1 plus Part 2; refer to Fig. 25)

ベントカバー材質と爆発圧力の関係 (実機の部分1および2)

Test No.	Propane vol. %	p^* kg/cm ²	τ sec	p/τ kg/cm ² /sec	Strain** $\times 10^{-6}$		Vent cover material	Result of Tests
					max.	min.		
1	5.5	0.6	0.39	1.4	(1) — (2)+455	—320 —	Vinyl sheet	Partly deformed
2	5.0	1.4	0.08	16.2	(1)+650 (2)+360	—800 —240	Fibre board	Destroyed
3	5.0	1.5	0.07	20.3	(1) — (2)+190	—970 —270	Acrylic plastic	Destroyed

* p shows maximum pressure, therefore corresponds to p_2 for Test No.1 and to p_1 for Test Nos.2 and 3.

** The positions of straingauges are roughly same as with Table 1.

Fig. 25 は「部分1」に「部分2」を積み重ねたときのベントカバーの取付方法を示すもので、この方法では「部分1」で生じた爆発の圧力はベントカバーII (ビニルシート) を破り、更にベントカバーIを破つて外部に放出される。実機では更に邪魔板を経て吐出口から大気中に出る。また盲板を施した部分からファンを経ての放出もあるがそれについては安全側に傾くものと考え、ここではベントカバーIの部分を対象とした。この部分は実機では何らかの形で閉鎖せねばならず (ファンが作用しなくなるから)、またビニルシートで代用できる性質のものでもないので、このベントカバーにはビニルシートのほかにファイバーボード

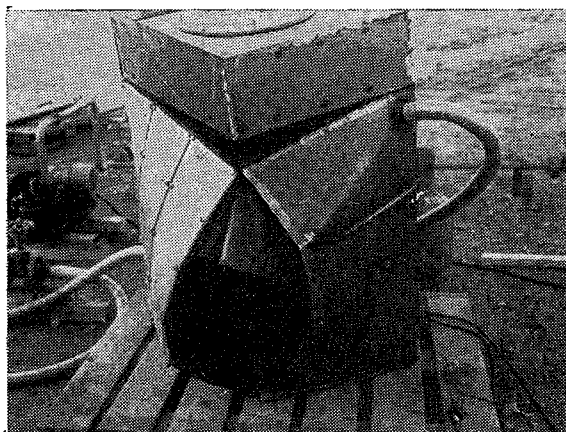


Fig. 27 Dust collector destroyed by an explosion test (Vent cover I: fibre board)
実機破損状態(ベントカバーI: ファイバーボード)

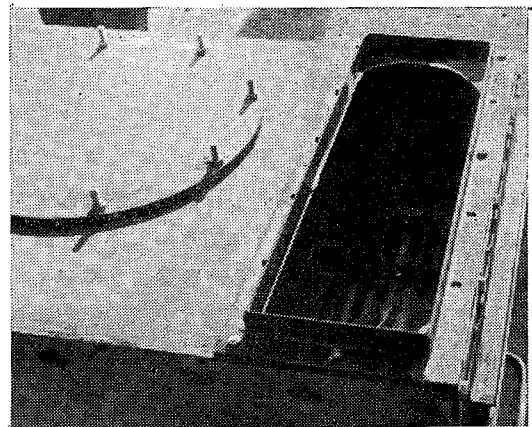


Fig. 28 Vent cover (acrylic plastic) broken by an explosion test
アクリル樹脂ベントカバー破断状態

(厚さ 1mm) およびアクリル樹脂板 (厚さ 2mm) を用いた。フィルターは3箇所とも取付けた。

結果を **Table 2** および **Fig. 26** に示す。ベントカバーIがビニルシートのときは最大爆発圧力は「部分1」のみの場合とほぼ同じであるが、材料が破れにくいものになると圧力波形は鋭い立上りを示し、最大圧力は 1.5 kg/cm² にも達した。ファイバーボードの場合は上方にややふくらんだままで取付位置に残り、「部分1」溶接部が切れて破損した (**Fig. 27**)。アクリル板の場合は完全に破断して開口部は充分に露出したが (**Fig. 28**)、破れるまでの時間遅れのために機体はやはり破損した (**Fig. 29**)。これらの破損箇所と状況は実際の爆発事故の被害とよく似た特徴を示した。

以上の結果から明らかなように、ベントカバーIの

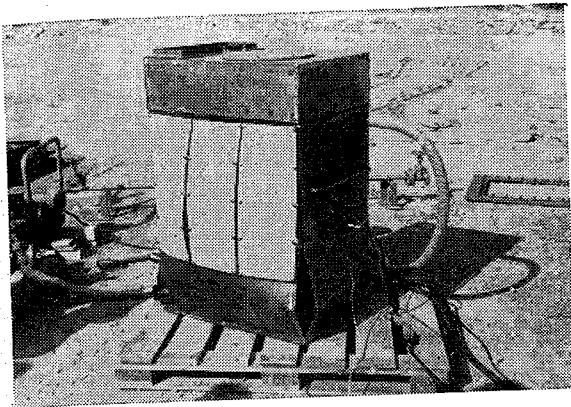


Fig. 29 Dust collector destroyed by an explosion test (Vent cover I: acrylic plastic)
 実機破損状態 (ベントカバー I: アクリル樹脂)

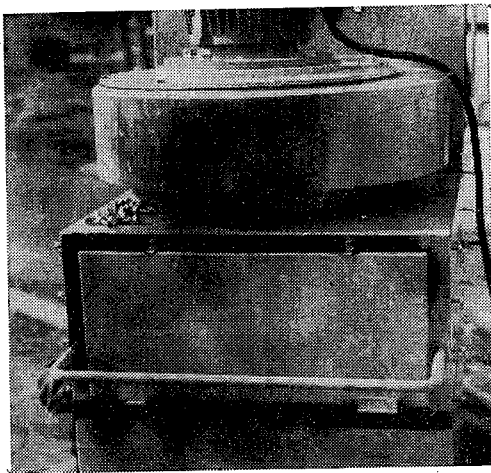


Fig. 30 Explosion relief for the dust collector
 集じん機にとりつけた爆圧放散孔

材料がある程度の強度を有するときにはこの爆圧放散孔は有効ではない。また、この機体は 1 kg/cm^2 以上の爆発圧力を受けると破壊する可能性のあることも推定される。従つて全く別の爆圧放散孔を設ける必要があり、Fig. 21 の A_1 および A_2 をこれにあてることとした。このベントカバーの材質は機体と同じ鋼板 (厚さ 1.6 mm) で、下部は蝶番で自由に回転できるように固定し上部 2 箇所をストッパー (厚さ 0.9 mm 幅 9.8 mm) で支持する。ひとつの開口面積は $19 \text{ cm} \times 44 \text{ cm}$ で、両方合せた面積の「部分 1」に対する開口比は約 $73 \text{ cm} \times 73 \text{ cm/m}^2$ となる。Fig. 30 に取付状態を示す。

「部分 3」をつぎ足してほぼ実用状態にセットした

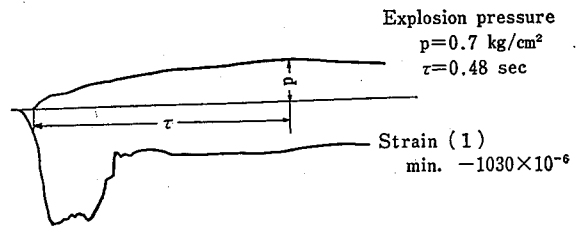


Fig. 31 Pressure-time record when explosion relief operated (for the perfection of dust collector: propane 5.0%, vent cover I: vinyl sheet)

爆圧放散孔作動時の爆発波形 (実機完成品)

実機に上述の爆圧放散孔を取付け、ベントカバー I および II をビニルシートとし「部分 1」内で 5% プロパン-空気混合物を爆発させたところ、爆圧放散孔は片側あるいは両側が開いて発生圧力を 0.7 kg/cm^2 以下に抑制し、機体には事実上の変形は生じなかつた。Fig. 31 に測定記録の例を示す。ベントカバー I のビニルシートは長手方向に数箇所の亀裂を生じたが、原形はそのまま保持されたので圧力は両側面の爆圧放散孔およびファンを経て吐出口から放出されたとみられる。従つてこの場合はベントカバー I を強度のある材料に置きかえても差支えないと思われる。

5.3 エポキシ樹脂粉体による実験と結果

5.3.1 実験方法

プロパンを用いての実験により爆発圧力との関係において爆圧放散孔の基本的形態を定めることはできたが、集じん機は粉じんを対象とする装置であるから起るとすれば粉じん爆発であり。このような特殊性に対する考慮がなされねばならない。一般に粉じん爆発はその最大爆発圧力および昇圧速度からみてガス爆発よりも危険性は幾らか小さいが、データ⁴⁾によればエポキシ樹脂やアルミニウムのように昇圧速度の大きいものもあり、また粉じん爆発の再現性はその実験条件に対する依存性が(ガス爆発に比して)大きく、従来のデータをそのまま利用できる性質のものではない。更に粉体の燃焼は持続性が大きい点でガス爆発とは大いに異なり、爆圧放散孔を経て噴出した粉体が機外でどのようにもえ続けるかは安全上なおざりにはできない。こうした危険性と集じん機の用途とを考え合せ、エポキシ樹脂と次項のアルミニウムの粉体についてそれぞれ爆圧放散孔の安全性と噴出火炎の挙動を観察した。

試料のエポキシ樹脂は 100% が 50 メッシュ篩を通

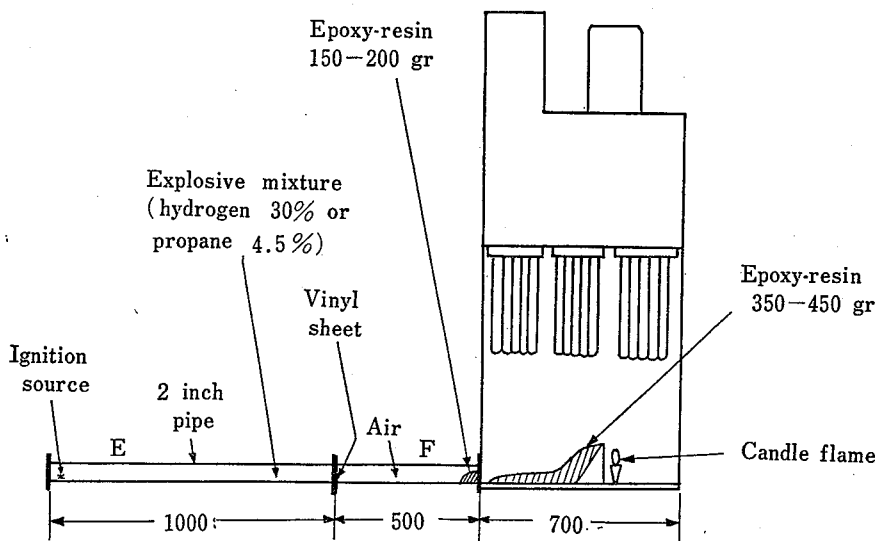


Fig. 32 Method of experiments using epoxy-resin powder
エポキシ樹脂粉体分散方法

過、平均粒度は100メッシュである。このうち200メッシュ篩通過分を円筒容器(内容積1.65l)内で圧縮空気により吹き上げ分散させ、15kVの誘導火花で着火させる方法により予備実験を行ない、分散濃度と爆発特性の関係を把握したのち実機でのテストに移った。

一般に粉じん爆発の実験における再現性の悪さは主として分散方法に起因し、次に重要なのは点火方法であるが、実験方法の概略をFig. 32に示す。すなわち、爆発管E(2インチガス管、長さ1m)内に当量濃度付近の水素またはプロパンと空気との混合物を満し、爆発管Fの実機側に適量の粉体を置き、EとFの間はビニルシートで遮閉する。Fと実機の間は径2インチの開口で通じており、破れやすい紙で簡単に仕切っておく。実機内の底部には反射板を置き、その周辺に粉体を堆積させておけば、Eの一端で点火して生ずる爆発圧力によってE・F間のビニルシートは破れて管端の粉体は機内に射出され、これが反射板付近の粉体に衝突して粉じん雲が形成される。テストした範囲ではローソクの炎が点火源として最適であった。爆発管か

らの噴出ガスで吹き消されるのを避けるため、ローソクは爆発管側の機壁近くと反射板の裏側とにおいた。爆発後も炎がもえ続ける場合が多かった。

実機の「部分1」を爆発空間としフィルター取出口を正面とすると、爆発圧力は正面の中心で測定した。歪ゲージのはりつけ位置は裏面の中央(水平および垂直方向)と右側面の正面よりの下部(水平および垂直方向)で、これらの位置はデータではそれぞれ(2)、(3)、(4)および(5)

として示した。

5.3.2 実験結果

フィルターの取付状態をかえ、ファンを回転または停止させて爆発を生ぜしめた結果をTable 3に示す。表中No filterとは「部分1」と「部分2」の間を全く遮閉しなかった場合で、Two ceiling filtersとしたのは3つの開口部のうちのふたつをフィルターと同じ材質の一枚の布で覆い、残りの開口部1箇所は遮閉しなかったことを意味する。フィルターの長さはFull sizeが実用上の長さでHalf sizeはその1/2である。ファンを回転させるときには吸込口をフィルターと同じ材質の布で覆った。Fig. 21でB、Fig. 25でベン

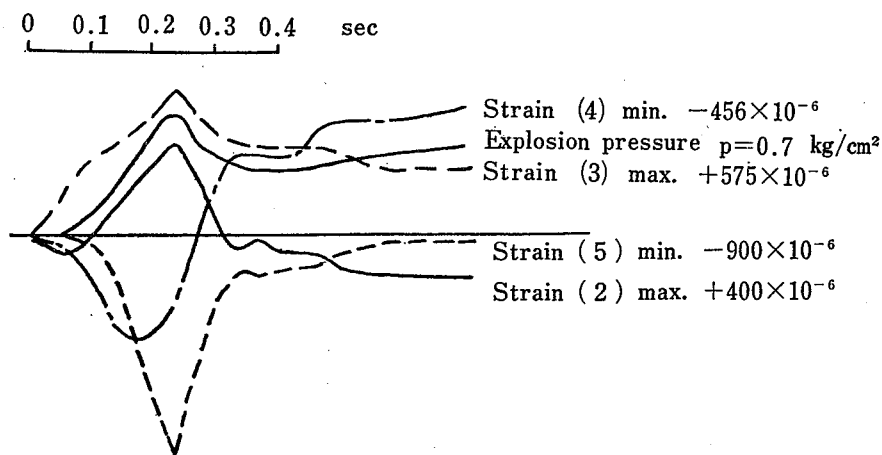


Fig. 33 Pressure-time record (for the perfection of dust collector : refer to Table 3, Test No. 4)
爆発圧力および歪の時間的变化(実機完成品、エポキシ樹脂粉体、天井フィルター)

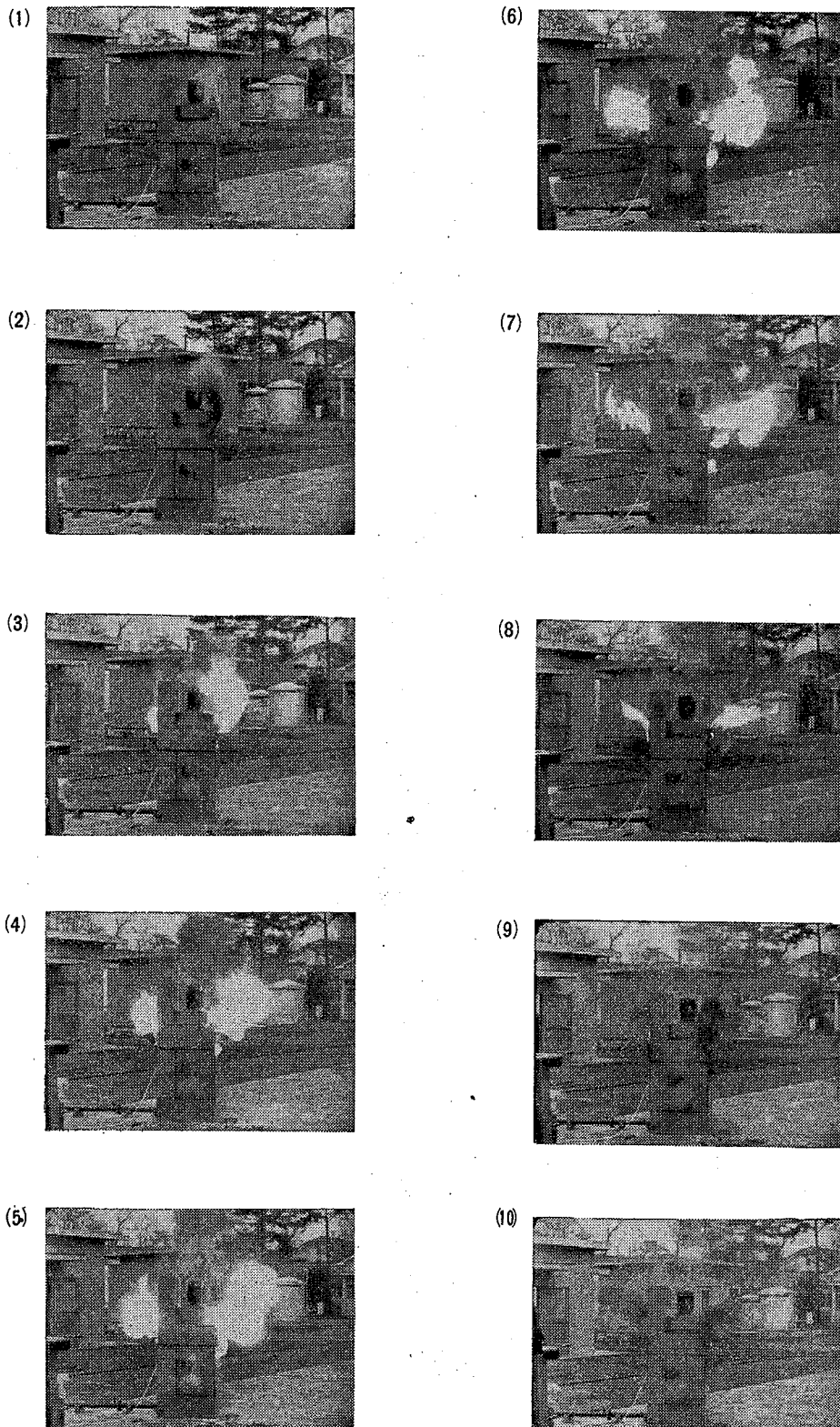


Fig. 34 Sequence of high speed photographs showing the progress of the dust collector explosion (Interval between successive photographs 1/60 sec.)
爆圧放散孔作動状態の高速度撮映

Table 3 Result of explosion tests using epoxy-resin powder
(for the perfection of dust collector)
エポキシ樹脂粉体による実験結果 (実機完成品)

Test No.	Weight* of dust	Filter	Fan	Maximum explosion pressure kg/cm ²	Maximum or minimum strain × 10 ⁻⁶				Explosion reliefs
					(2)	(3)	(4)	(5)	
1	150 gr	No filter	Not used	0.3	- 75	+150	- 63	0	One side opened
2	"	"	"	0.4	- 63	+192	- 58	0	"
3	"	Two ceiling filters	"	0.3	-100	+216	-125	0	"
4	180 gr	Three ceiling filters	"	0.7	+400 - 88	+575	-456	-900	Both sides opened
5	200 gr	Half size	"	0.3	+150	+160	-175	-150	One side opened
6	150 gr	Full size	"	0.2	+ 35	+ 60	-60	-25	No side opened
7	"	Half size	Driven just after ignition	0.3	+140	+140	-200	-130	One side opened
8	200 gr	"	Driven	0.3	- 80	+330	-340	-130	No side opened
9	"	"	"	0.3	+ 60 - 80	+330	-340	-160	"
10	"	Three ceiling filters	"	0.6	+330 -100	+520	-750	-780	Both sides opened

* In the pipe F.

トカバー I にそれぞれ相当する部分にはビニルレザー (厚さ 0.8mm) を用いたが、爆発で破れることはなく、熱による伸びが生じたにすぎないのでこの面に大きな圧力が加わらないことが再確認できた。

フィルターの空間占有度が大きいと粉じん雲の形成が充分行われなため爆発は成長せず、一方熱吸収が生ずるので爆発圧力は小さい。10 回の爆発のうちこのような条件下での 3 例においては爆発放散孔は作動しなかった。

天井フィルターを用いた場合の爆発圧力はプロパン混合物の場合と同程度に達し、フィルター取付口に永久変形 (ふくらみ) を生じた。測定記録の例を Fig. 33 に示す。

爆発が激しければ爆圧放散孔が開き、同時に火炎が噴出した。ガイドを設ければ爆圧放散孔は完全に開かず、火炎の噴出は方向づけられる。火炎の到達距離は条件により異なるが、最大 1.5m に達した。Fig. 34 は爆圧放散孔の作動状態を Bolex H 16 RX-P 型カメラにより毎秒 60 コマで撮影したものの例である。

5.4 アルミニウム粉体による実験と結果

実験方法はエポキシ樹脂の場合と同じであるが、試料は試薬一級品である。ベントカバー I は、Table 4 の No.1 ではビニルレザー (前述) を用いたが、その他は蝶番で一端を固定した鋼板 (上方にのみ開く) をベントカバーとして用いた。この実験ではファンは使

Table 4 Result of explosion tests using aluminium powder
(for the perfection of dust collector)
アルミニウム粉体による実験結果 (実機完成品)

Test No.	Weight* of dust	Filter	Maximum explosion pressure kg/cm ²	Maximum strain × 10 ⁻⁶		Explosion relief
				(2)	(3)	
1	200gr	Ceiling filter	1.1	Not measured	Not measured	Both sides opened
2	"	No filter	0.6	+300	+320	"
3	"	Half size	1.2	+540	+520	"
4	"	No filter	0.7	+360	+340	One side opened
5	150gr	"	0.6	+360	+380	—

* In the pipe F.

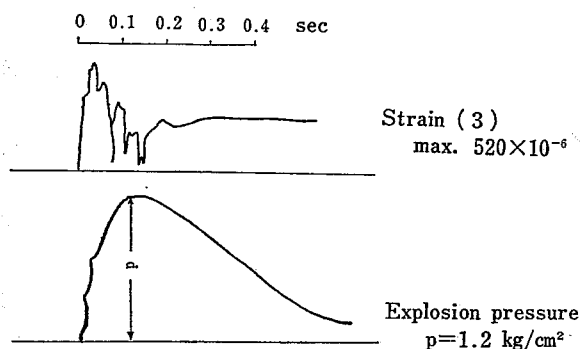


Fig. 35 pressure-time record (for the perfection of dust collector; refer to Table 4, Test No.3) 爆発圧力および歪の時間的変化 (実機完成品, アルミニウム粉体, ハーフサイズフィルター)

用しなかった。

結果は **Table 4** のとおりであるが、試料粉体は浮遊性が大きく分散が容易に行われたので高い爆発圧力を得た。圧力が 1 kg/cm² を越すと「部分1」の側面全体がふくらみ、0.6 kg/cm² 以上でもフィルター取付口周辺に永久変形を生じた。実験 No.4 は爆圧放散孔のストッパーを強化 (厚さ 1.5mm, 幅 20mm) した場合で、No.5 は側面の爆圧放散孔を固定して開かないようにし、Fig. 21 の B の部分のみから圧力を放散させたときの結果である。測定記録の例を **Fig.**

35 に示す。

5.5 考 察

実際の集じん機を用い、フィルター収納部を爆発空間として種々の条件下において圧力放散の実験を行なったが、得られた結果のうち 2, 3 の興味ある点につき簡単に考察してみる。

一般にガス爆発の激しさは火炎伝播速度あるいは燃焼速度に依存すると考えられるが、点火源を中心として最初のうち球状に広がるどころの火炎の表面積により昇圧速度は支配される。それ故爆発空間内に障害物 (例えばフィルター) があつて火炎面が乱されると爆発の激しさは増すと予想されるが、障害物が燃えやすかつ爆発空間が余り大きくないときには火炎が十分に広がらないうちに障害物による冷却あるいは熱吸収の効果がみられ、これが乱れの効果に勝るため圧力上昇はゆるやかで最大値も低くなる。爆発圧力を外部へ放散させるときにも同じことが成立するので、得られた結果は角型容器における開口面積と爆発圧力の関係とはかなり異なる。フィルターの影響は粉じん爆発について特に著しい。また、爆発がビニルシートを破って直接大氣中に放散されるのに比べれば開口部をふさぐフィルターの抵抗は大きく、爆発空間は密閉状態に近づくので機内のプロパン濃度が 5% より低い方が危険だと考えられるが、大きな差はないであろう。

Table 2 の結果からベントカバーの強度が圧力の放散に大きな効果を有することが示されたが、これは材料の強度というよりむしろベントカバーの固定方法の影響とみなした方がよい。なぜなら、粉体での実験ではベントカバーは鋼板製であるが一端を蝶番で固定した自由に動きうる構造であれば有効に作動しているからである。なお、ファイバーボードおよびアクリル樹脂板は全周をボルトで固定して実験に供したことを考えあわせるならば、固定方法の重要さが明らかとなる。また、機体が破損したときの爆発圧力は破損しない場合の約 2.5 倍であるが (Table 2)、昇圧速度は約 10 倍にも達しており、これらの数値のもつ意味を充分考えてみる必要がある。

この実験で採用した粉体の分散方法は比較的簡単に行えるものとしては効果的な手段であって、エポキシ樹脂粉を用いた場合にはプロパン-空気混合物と同程度の爆発を、また粒度の小さいアルミニウム粉ではそれ以上の激しい爆発を生ぜしめることができた。

ファンが作動することの効果は明白にできなかった。例えば機内の底部に堆積させたエポキシ樹脂粉はファンの作動により極くわずかに舞い上るにすぎないが、爆発が発生した場合には乱れを増加させるであろう。またファンの機能上、吐出口から圧力を放出させる働きもする筈であるから、結局のところ安全性に対する定量的な評価は困難である。

火炎の噴出距離を知るために実機完成品内で粉じん爆発を起させたところ、側面の爆圧放散孔から直線距離で最大 2m に達した。実機の高さは約 1.7m で丁度人の身長に等しいので、周囲の作業者が噴出火炎にさらされないよう何らかの保護装置が必要である。例えば爆圧放散孔のまわりにできるだけ広い空間を有する囲いを設け、これに沿って火炎が上方へ逃散するよう考慮するのも一方法であるが、こうした囲いの圧力放散に及ぼす影響については殆んど知られておらず、今後検討すべき課題である。

6. 結 言

内部で爆発を生ずる可能性のある設備を破壊から防護するための有効な手段である爆圧放散孔の設計データをえるために、1m 立方の容器中での爆発圧力と開口面積の関係を求めた。また、この結果を参考としてある型式の箱型集じん機に爆圧放散孔を設けることを

試み、その作動上の安全性を粉じん爆発によって確認した。

立方体容器での実験にはプロパンまたは水素と空気との混合ガスを用いた。開口面積 S が約 2000~6000 cm^2/m^3 で、ベントカバーがビニルシートの場合の結果は次のように要約される。

(1) 5.0~5.5 vol. % のプロパン-空気混合物では爆発圧力の波形はふたつの明確なピークを示し、第 1 ピークの圧力 (p_1) は開口面積の増すにつれて減じたが第 2 ピーク圧力 (p_2) はほぼ一定値を示した。 p_1/p_2 は開口面積の増加とともに減ずるが $S \geq 3600$ では $p_1 < p_2$ 、 $S \leq 2500$ では $p_1 > p_2$ である。

(2) 燃焼速度の大なるガスの爆発挙動を知るために水素混合物 (水素 30 vol. % 以下) で行なった実験では、 $S=60 \times 60$ で不明確な第 1 ピークを生じたが、 S がそれより大きいときにはピークはひとつであった。また、 p_1/p_2 は常に 1 以下であった。

(3) 実験の範囲内ではいずれのガスについても開口部の位置が爆発圧力に与える影響は顕著でなかったが、異なる側面に開口部を設けた場合など実用上興味ある点については更に検討を試みたい。

(4) 爆圧放散孔が有効に作動するか否かに最も大きい影響を与えるのは第 1 ピーク圧力と昇圧速度であるが、これを両ガスについて比較すると、特に開口面積の小さいところでプロパンの爆発圧力が大きい、ピーク圧力に達するまでの時間は水素の方が 1/3~1/5 倍なので、結局昇圧速度は水素の方が数倍大きくなる。

これらの結果を集じん機に応用することは第 1 報の場合のように直接的にはできず、種々の条件下での実験により安全性を検討した。実験はまずプロパン混合物で行ない、次に実用上の観点からエポキシ樹脂粉およびアルミニウム粉の粉じん爆発によりテストした。これらの結果は次のように要約できる。

(1) 機内に布製のフィルターがあると爆発火炎が十分に広がらないうちに熱吸収が起るので、爆発は抑制される。

(2) ベントカバーはその材料と固定方法が重要である。ビニルシートのように破れやすいものであれば固定方法の影響は少ないが、ある程度の強度を有するもの (ファイバーボード、プラスチック板) ではその周囲を固定して使用することは危険である。しかし、金属板であってもそれが軽量かつ自由に運動できる

(回転、離脱など) ように固定されるならば、ベントカバーとして使用できる。

(3) 粉じん爆発は、均一な粉じん雲を生ぜしめるための分散方法が理由で実験の再現性はよくないが、この実験ではエポキシ樹脂粉を用いてプロパンと同程度、アルミニウム粉ではそれ以上の激しさの爆発を生ぜしめることができた。しかし実際の使用条件下での実験は困難であり、特に粉体が連続的に(空気とともに)供給された場合の挙動は明らかにできなかった。

(4) この集じん機では、爆圧放散孔からの噴出火炎に対する危険区域として少なくとも周囲 2m を考える必要がある。また囲いを設けて火炎を安全な方向へ逃がすことは有効な防護方法であるが、こうした囲いの圧力放散に与える影響は別に検討せねばならない。

(5) 一般に内部爆発によって機体が丁度破壊されるような強度上の限界付近では(この集じん機も含めて)破壊に至る段階を次のように区別することができ

る。

- a 部分的変形
- b 全体的変形
- c 破損

実験した集じん機では爆発圧力が 0.6 kg/cm^2 付近で機体の最も弱い部分であるフィルター取付口がふくらみ、 1 kg/cm^2 で全体にわたって変形を生じ、 1.5 kg/cm^2 をこえると機体は主として溶接部から破れた。従って安全上許されうる限度はこの場合 1 kg/cm^2 の発生圧力までであって、爆圧放散孔は少なくともこの値以下に圧力を抑えるような働きをせねばならない。一端を蝶番で固定した鋼板からなる爆圧放散孔はこうした条件にかなうひとつの例であるといえよう。

(謝辞)

この報告を行なうにあたり、実験の実施に御協力を頂いたアマノ株式会社の関係各位に感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) "Guide for Explosion Venting", National Fire Code Vol.9, National Fire Protection Association (1964)
- 2) "Guide for the use of flame arresters and explosion reliefs", Safety, Health and Welfare New Series No.34; Ministry of Power, H. M. S. O. (1965)
- 3) 田口, 鶴見, 林, 松井, "爆圧放散孔に関する研究 (第1報): 熱風流動式箱型乾燥機に対する応用について", 産業安全研究所研究報告 RIIS-RR-19-1 (1970)
- 4) 内藤, 松田, "粉じん爆発の危険性とその防止対策", 産業安全研究所技術資料 RIIS-TN-69-1 (1969)

(昭和 45 年 8 月 20 日受付)

産業安全研究所研究報告 RIIS-RR-19-2

昭和 45 年 11 月 30 日発行

発行所／労働省産業安全研究所

東京都清瀬市梅園1丁目4番6号

電話 (0424) 91-4 5 1 2 番(代)

印刷所 新日本印刷株式会社

郵便番号 180-04

UDC 614.838

爆圧放散孔に関する研究 (第2報)

—箱型集じん機に対する応用について—

田口 昇・鶴見平三郎・林 年宏・松井英憲

産業安全研究所研究報告 RIIS-RR-19-2, 1~19 (1970)

爆発の危険性のあるプロセスに使用される設備に爆圧放散孔をとりつけることは、被害抑制の手段のひとつとして極めて有効である。本報では第1報に続いて爆圧放散孔の設計データを得るための基礎実験と、ある型式の集じん機に対する応用実験の結果を報告する。基礎実験では 1m^3 の容器中でプロパンあるいは水素と空気との混合物を爆発させ、開口面積の大きさと開口の位置が爆発圧力に与える影響を検討した。これにもとずいて集じん機に対する爆圧放散孔を設計し、その効果と安全性をエポキシ樹脂およびアルミニウムの粉じん爆発によって実験的に確認した。

(表 4, 図 35, 参 4)



UDC 614.838

Experimental Study on the Methods of Explosion Venting (Second Report)

—Application for a Certain Type of Commercial Dust Collector—

N. TAGUCHI, H. TURUMI, T. HAYASHI and H. MATUI

Research Report of the Research Institute of Industrial Safety

RIIS-RR-19-2, 1~19 (1970)

Venting explosion is one of the effective methods for the protection of equipments used in hazardous processes dealing with flammable gases, vapours and dusts. To obtain useful data for the design of practical explosion reliefs, experiments were carried out using a cubical vessel (1m^3 inner capacity), in which explosive mixture of propane or hydrogen with air was ignited at the center. The effect of shape and size of vent area on explosion pressure was determined. Then certain type of explosion relief was designed for a commercial dust collector, and the effectiveness of the relief was tested through experimental dust explosions.

(4 Tables, 35 Figures, 4 References)

