

AUG. 1974

RIIS-RR-23-3

UDC 614.838

産業安全研究所研究報告

RESEARCH REPORT OF
THE RESEARCH INSTITUTE OF INDUSTRIAL SAFETY

RR-23-3

火炎防止器に関する研究

(第2報)

—多層金網による爆轟の阻止—

林 年 宏

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

火炎防止器に関する研究 (第2報)

—多層金網による爆轟の阻止—

林 年 宏*

Interruption of Explosions by Flame Arresters (2nd Report)

—Quenching of Gaseous Detonations by Wire Gauzes—

by Toshihiro Hayashi*

Detonation, a shock wave supported energetically by chemical reactions in flames, is a most dangerous form of flame propagation through explosive media. Interruption of detonation is, therefore, an important technique to prevent serious disasters in such processes as flammable gas conveying pipelines. Gases are seldom premixed with air, but atmospheric air often invades into gas lines through various leak processes. It would be better to consider that an ignition of explosive mixture leads finally to a detonation in a long line, and to insert effective detonation arrester in such pipelines to minimize the resulting damages.

This report describes about the decaying of a detonation wave by inserting a perforated plate in a detonating tube, and the direct interruption of detonation by layered wire gauzes supported with a perforated plate. Experiments are carried out in a 1-inch tube (Fig.1), and the arrester housing (Fig. 2) contains wire gauzes and/or a perforated plate under test. Combustible mixture used is that of stoichiometric hydrogen-air with initial pressures below 1kg/cm^2 (G). After the ignition of the mixture at the far end of the tube, flame is so accelerated by a spiral insertion as to develop to an incidental detonation wave onto the arrester housing.

To determine the effect of perforated plate on detonation decaying, plates in Fig.3 are tested. Each plate is specified by a diameter of one hole D_0 and a number of equi-diameter holes N . An average flame speed $V_{a,b}$ between two points, one before and the other after the tested plate, is measured by the ion-gap method. If detonation is decayed through the plate, $V_{a,b}$ differs from the detonation velocity depending on the degree of decaying. Main results are as follows ;

- (1) For each plate $V_{a,b}$ is not effected by the initial gas pressure. For plates with one hole, D_0 can be related with $V_{a,b}$ as shown in Fig.7. From this relation, a corresponding single hole diameter (\bar{D}_E) of each plate with $N \geq 2$ can be given ; \bar{D}_E is defined as a hole diameter of the plate with $N=1$ which gives the same $V_{a,b}$ as that measured for the plate under consideration.

* 化学研究部 Chemical Engineering Research Division

- (2) The relation between \bar{D}_E and $\bar{D}(=\sqrt{N}D_0)$ shows that the degree of decaying is determined by a total open area of holes for plates with rather larger \bar{D} , and that plates with smaller \bar{D} decay detonations more effectively than estimated from N and D_0 of those plates. Thus, \bar{D}_E can be used to denote the relative degree of detonation decaying by any perforated plate (Fig.8).
- (3) \bar{D}_E is also related to the flow resistance of each plate, but because of the dependency of the flow resistance on N and D_0 , the relation between \bar{D}_E and the flow resistance is found to be nearly same as that between \bar{D}_E and \bar{D} .
- (4) As a whole, a perforated plate with a large number of holes of smaller diameter may practically be useful from the standpoints of the effect on detonation decaying and the flow resistance to gas flows.

Flame quenching abilities of wire gauzes are studied for commercial filter gauzes (Table 1). They are not so strong as to stand against repeated shock pressures by themselves that they must be supported by a perforated plate. As flames more easily pass through gauzes for higher initial gas pressures, the maximum initial pressure which gives three successive quenchings is defined as the Limiting Safe Pressure (L.S.P.) to compare a relative quenching ability of gauzes. Thus, a high L.S.P. means a high quenching ability of gauzes.

Main results on detonation quenchings are as follows ;

- (1) The open area of holes of a supporting perforated plate effects largely on the flame quenching: decreasing \bar{D} always increases the L.S.P. (Fig.9).
- (2) Effects of the thickness of layered gauzes on the L.S.P. are more distinct for larger holes in supporting plates (Fig.10). The rate of increasing the L.S.P. gradually decreases as the thickness of the gauze layer increases. Five packs of gauze supported by an adequate perforated plate will quench all flames of hydrogen-air detonations under studied conditions.
- (3) Flow resistances of packed gauzes with a perforated plate can be related with the L.S.P. (Fig. 13). For more than three packs of gauze, the flow resistance gives a little influence on quenching abilities.

From these results the mechanism of detonation quenching may be roughly assumed ; the first process is a decaying of a detonation wave at the entrance into the surface of wire gauzes, and the second is a process of flame quenching or heat losses to gauze metals. Thus, detonation arresters are said to be flame arresters with mechanical structures for detonation decaying.

1. 緒 言

爆轟 (デトネーション) は、爆発性混合ガス中を火炎が伝播する形態のひとつであり、破壊力と伝播速度が極めて大きいのがその特徴である。配管等の内部での発火により生じた火炎は、ゆるやかな燃焼、爆燃 (ここまでの過程を爆発とよぶことにする) をへて次第に加速される。これが爆轟に転移するか否かは混合ガスの組成、配管の寸法等によるため一律には定めがたいが、ひとたび爆轟に転移するとこれを伝播途上において阻止することは困難であり、しばしば大規模な災害につながるところとなっている。

前報¹⁾では、固体の細隙における消炎現象を利用して爆発火炎の伝播を阻止する火炎防止器について報じた。同じ原理は爆轟の阻止にも応用できるが、そのためには構造的に更に微細な空隙と大きな強度が要求されるので、爆轟抑止器 (デトネーション・アレスタ) は火炎防止器の一種であるとなすにしても、安全上はこの両者は明確に区別されねばならない。

爆轟のうちでも混合ガスの圧力がそれほど高くない、可燃性ガス—空気系の爆轟は比較的容易に阻止できると考え、消炎素子として金網を用い、ゲージ圧 1 kg/cm^2 以下の水素—空気当量混合物の爆轟の阻止について実験したところ、実用性を示唆する結果をえた。

本報ではまた、管路に挿入した多孔板による爆轟の中断についても検討した。消炎素子を衝撃圧力から保護するためには多孔板で補強するのが適当であるが、こうした多孔板は管路における一種のオリフィスである。オリフィス (単一孔) によって爆轟が一時的に中断することは既に知られており²⁾、また、前報の結果からはオリフィスの径が消炎に影響することも予測されている。従って、多孔板を単に補強用としてでなく、爆轟の中断あるいは消炎効果増長の目的に利用することが考えられるが、これらについての多孔板の特性はまだ知られていないので実験により確認した。

消炎素子 (金網) および多孔板のガス流動に対する圧力損失は、実用上の重要な特性である。また、多孔板による爆轟の中断および金網による爆轟の阻止は、いずれも気体力学的にみてこれらの流量抵抗と関連するのではないかと考えられるので、これらの関係についても考察し、合理的なデトネーション・アレスタの基本構造を示唆した。

2. 実 験

2.1 実験装置 (爆轟管)

内部で爆轟を生ぜしめる爆轟管は、呼び径 1 インチの配管用炭素鋼管 (全長約 244cm) からなる (Fig. 1)。点火側 (Ignition chamber) と引火側 (Protected chamber) の間には、テストする金網および多孔板を組込んだアレスタ・ハウジング (Fig. 2) を接続する。点火側にはスパイラル状の針金 (線径 0.9mm, スパイラル外径 15mm, 長さ約 30cm) を挿入し、点火後の爆轟への転移を促進させた^{*1}。管にはこのほか爆速測定用イオンギャップ、ガス送排用配管、点火用ヒータ、引火側に火炎の生じたことを確認するための熱電対をとりつける。

アレスタ・ハウジング (引火側に固定) には、Fig. 2 の順序^{*2}で多孔板からスペーサ・リングまでを組込んだあとネジつきグラウンドで押え、ハウジング全体を点火側に接続する。スペーサ・リングの厚さは可変で、多孔板からグラウンドまでが丁度ハウジング内に納まるようにでき、このリングおよびガスケットの内径は管内径にあわせて 28mm とした。

2.2 消炎素子としての金網

従来から金網には消炎能力があるとされているが、ふつう入手できる金網で消炎効果の期待できるメッシュのものは素線径が小さく、熱的・機械的強度の面で難点があり、実験的にもその消炎能力の把握が困難であった。本報の実験に用いた金網は構造的には特殊なものであるが、強度的にすぐれており、また実験に供する上での加工性がよく、金網の消炎特性についての基礎的データをえるのに適する。

この金網は一般にはフィルター等に使用されているが、その特徴は一定メッシュの金網を 5 枚重ねて成型した^{*3} ところであり、供試品はシート状の成型品から打ちぬいたものである。本報ではこの 5 枚重ねた成形

*1 爆轟に転移するまでの間の火炎面に先行する圧縮波による未燃ガスの圧力上昇は無視した。

*2 一部の試験では多孔板と金網の順序を逆にした。また、多孔板による爆轟の中断実験では金網を除いてセットする。

*3 カタログでは diffusion bonding あるいは vacuum sintering という表現がなされている。また、顕微鏡での観察によれば、成型時の網目の重ね方には特に規則性はみられない。

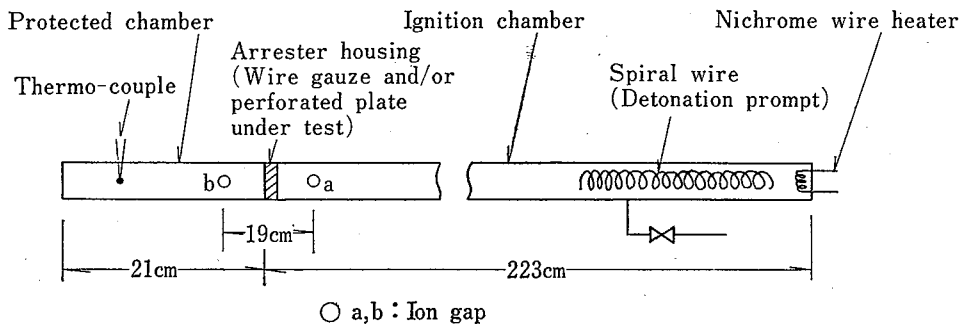


Fig.1 Schematic showing of detonation tube
爆轟実験装置

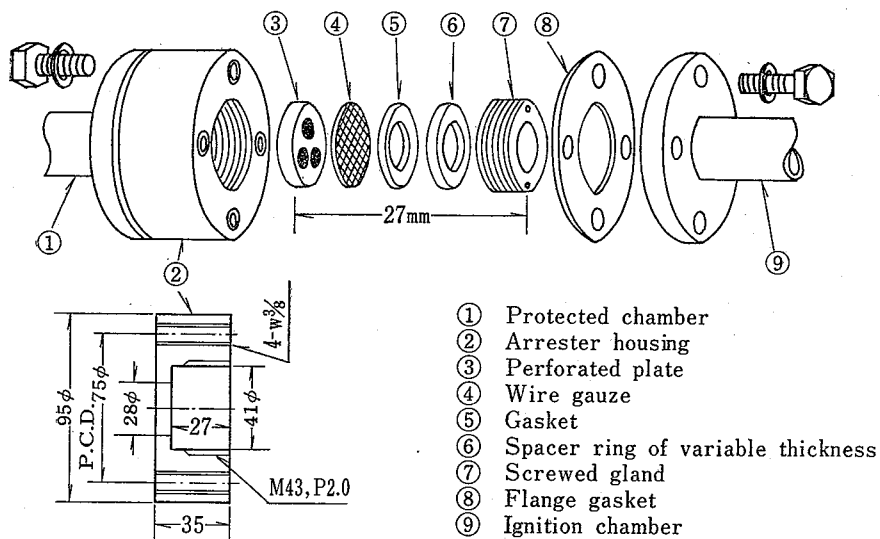
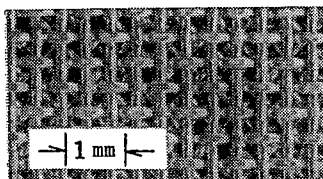


Fig.2 Arrester housing and its components
アレスタ・ハウジングとその組立て図

Table 1 Specifications of wire gauze
金網の仕様

Material	Stainless steel (SUS 27)
Apparent density	4g/cm ³
Filtration diameter	150 μ (when used as filters)
Thickness	1.66 mm/pack
Note	Five plain weave wire cloths are sintered to form one pack of gauze. One wire cloth is specified by 60 mesh/inch and mesh width of 300 μ. Test pieces of 40 mm diameter are cut off from a sheet of packed gauzes by a press machine.



品を「1枚 (1 pack) の金網」と呼ぶこととし、これを何枚か重ね合せたときの厚さは1枚の厚さの整数倍で示される。金網の仕様を Table 1 に示す。

(この金網の選択はまったく実験上の要求によるものであって、デトネーション・アレスタに用いる金網がこの種の構造のものでなければならないと考える必要は毛頭ない。筆者も、この研究によって金網による消炎に関連する諸因子を明らかにした上で、一般に入手できる各種の金網についてその消炎特性を明らかにしたいと考えている。)

2.3 補強用多孔板

多孔板は厚さ 6 mm、外径 40 mm の円板に径 2~28 mm の孔を1~13個うがったものである。孔の配置は Fig. 3 に示す5種類で、パターン1および2はいずれも孔数は1であるが、孔の中心が板の中心と同じであるか否かで区別される。パターン3と4は板の中心に对称に複数個の同一径の孔を有し、パターン4は更に中心にも孔がある。パターン5は径 2 mm の孔が2つのピッチ円周上に配置されている。Table 2 には孔の径 D_0 とその数 N 、およびピッチ円の径を各パターン毎に示した。なお、円孔群に外接する円の直径は常に 28 mm 以下である。

$N=1$ のものも便宜上多孔板に含めて考えるが、特に必要のある場合には単一孔板と呼んで区別する。 $D_0=28$ 、 $N=1$ の多孔板とは、金網に対して何ら補強の役を果さず、またオリフィスとしての効果もない場合に相当する。

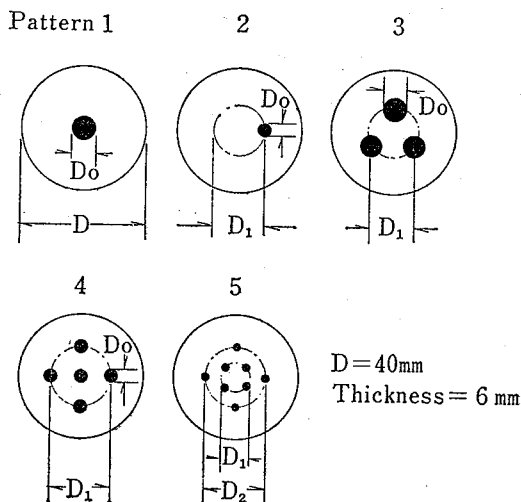


Fig. 3 Perforated plates : their patterns of hole arrangement
多孔板の孔の配置

Table 2 Dimensions of perforated plates (refer to Fig. 3)

Pattern	Number of holes N	Dia. of one hole D_0 mm	Pitch circle dia. $D_1(D_2)$ mm
1	1	2, 3, 4, 6, 8, 10, 13, 16, 19, 22, 25, 28*	—
2	1	2	6
		6	12
3	2	2	6
		4, 8	16
		6	12
	3	10	14
		6	18
	4	10	16
2, 4, 8, 10		16	
4	6	22	
	5	6	18
	7	6	20
5	9	4	20
	8** 13***	2	10 (20)

* Hole diameter 28 mm means no supporting or no perforated plate.

** 4 and 4 holes on first and second orbit respectively.

*** 4 and 8 holes on first and second orbit respectively, with one central hole.

2.4 実験ガス

水素は市販ボンベ入りのものを用い、分圧方式により大気条件の空気と混合して実験に供した。水素濃度は 31 ± 1 vol. % とし、混合ガス調整時に干渉計式ガス検知器 (水素 0~100% 用、有効室長 20 mm) でチェックした。実験ガスに水素を選んだ理由は、爆轟に転移しやすく、爆轟の伝播速度 (爆速) が比較的大きいこと、炭化水素系ガスのように実験あとガスによる金網の目づまりのないこと、などである。

2.5 爆速測定法

爆速の測定はイオンギャップ法によった。イオンギャップとしては自動車用点火プラグを用い、その位置

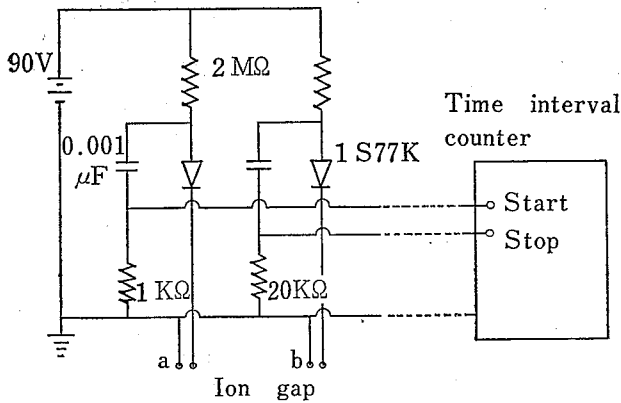


Fig.4 Ion gap circuit for measurement of average flame velocity between points a and b in Fig.1

イオンギャップ回路

(測定点)は Fig.1 の a および b である*4。信号回路の 2 ユニートを Fig.4 に示す。火炎中のイオンによりギャップ間が導通状態になるとパルス状の電圧を生ずるので、2つの回路からの出力の時間差からギャップ間の平均爆速がえられる。

時間差の測定にはユニバーサルカウンタ(タケダ理研製 TR-5104 型)の時間間隔測定機構(デジタル表示)を用いた。この方法は従来のオシロスコープと写真撮影による測定よりも格段に簡便かつ正確である。なお、計時の開始と終了の信号の大きさ(トリガレベル)は -500mV (Fig.4 の回路からの出力は負電圧)とし、この出力に達したときを火炎面の到達時と定義した。

2.6 実験の手順

セットしたアレスタ・ハウジングを点火側に接続し、管全体の気密性を確認する。毎回の実験では管中を 2mmHg (以下、圧力はすべて水銀柱による絶対圧で示す) 以下の真空とし、予混合ガスを所定の圧力にまで満して点火する。点火時のガス圧力(初圧)は最高 1400mmHg 、最低は点火後に火炎が伝播しない圧力までとした。点火はニクロム線ヒーターによった*5。

爆発火炎の阻止は初圧の高いほど困難であるが、爆轟の場合も同様であろうと予測し、金網の消炎特性を求める実験ではまず引火側に火炎の生ずる(引火する)

*4 その他にも測定点をもうけたが、その測定結果は本報の内容とは直接関係しないので省略する。

*5 家庭用ガス点火器を改造したもの。ニクロム線抵抗約 $1.5\text{ }\Omega$ 、印加電圧 DC 3V 。

初圧を求め、次第に圧力をさげて引火しない初圧を定めた。ガス圧力が 250mmHg 付近では $10\sim 20\text{mmHg}$ ごとに初圧をかえたが、大部分の実験では初圧は 50mmHg 刻みで変えた。その結果、同一の初圧で 3 回連続して引火しないときは、これをその金網についての非引火初圧 (Limiting Safe Pressure, 以下 L.S.P. と略することがある) と定義して金網の消炎能力を比較する基準値とした。

なお、実験はすべて密閉管中において火炎が水平方向に伝播する条件下で行なった。

2.7 流量抵抗の測定

多孔板または多孔板と金網を重ねたものの流量抵抗は、爆轟テストと同じ状態で多孔板と金網を管中に保持して測定した。コンプレッサーからの空気は圧力調整器、コントロール・バルブをへて点火側管中に入る。アレスタ・ハウジング、引火側をへた空気は流量計(ロータ・メータ)をへて大気中に放出する。流量計およびコントロール・バルブはホットコン式流量計(日新科学製)を用い、 $10\sim 100\text{l/min}$ の流量調節が可能である。

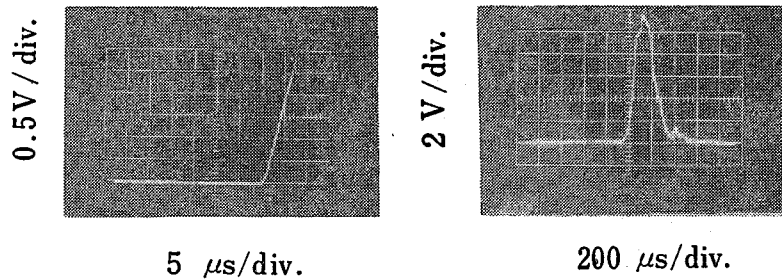
流量抵抗は、爆速測定点 a および b の圧力差を差圧 U 字管(水封、最大差圧 1000mm)で測定し、一定流量に対する差圧 (mmAq) で示した。

3. 実験結果および考察

3.1 測定時間差の有意性

爆轟および爆轟が中断したあとの火炎に対するイオンギャップ回路の出力波形の例を Fig.5 に示す。爆轟の場合は波形の立上りは急峻かつ直線的であって(約 $2\text{V}/5\mu\text{s}$)、トリガレベルが時間差測定に与える影響は小さい。2 測定点をいずれも爆轟で通過し、かつ回路定数が同じであれば 2 点における出力波形は同一、従ってカウンタのトリガレベルを同じに設定すれば時間差はトリガレベルの大小に関係ないとみなすことができる。

一方、爆轟中断後の火炎の伝播は時間に関して非定常であり、火炎面の導電性も一様ではない。一般に、同じ回路定数に対しては弱い火炎ほど立上りの傾きと最大値の小さい出力波形となる。それ故、計時開始の測定点 a で爆轟であったものが計時終了点 b で弱い火



Left ; measuring point a (detonation)
Right ; measuring point b (flame of decayed detonation)

Fig.5 Typical output waves of ion gap circuit
イオンジャンプ回路の出力波形

炎に衰えたとすれば、トリガレベルの設定が同じときにはb点での火炎が弱いほど測定時間差は大きくなる。このため厳密な意味での時間差（従ってa, b 2点間の平均爆速）は求め得ないが、爆轟中断の度合いが大きいほど火炎は弱められ、それに応じて測定時間差は大きくなるので、逆に時間差の測定から中断の度合いを相対的に比較することは可能である。

本報ではこれらの考察にもとづき、測定点 a, b 間の平均爆速は爆轟の中断の度合いを比較する尺度として用いることとした。

3.2 多孔板による爆轟の中断

3.2.1 爆轟の中断について

爆轟の中断という語は必ずしも明確に定義されてはいないようである。爆轟波はある種の条件下ではその波面特性を失ない、一般には次第に減衰しながら伝播する。このときの伝播速度が定常な爆轟の速度の1/2 になったときを「中断した」とみなす研究者もある。しかし本報では、爆轟波の特性のうち伝播速度のみを対象として、測定点 a, b 間の平均爆速が定常爆轟波の伝播速度に対して有意な減少を示したときには、この2点間のある地点において波面特性が変わったとみなし、これを爆轟の中断と定義した。従って、中断の度合とは、爆速の変化が爆轟波の減衰と関連すると仮定したときの相対的な減衰の程度を意味するものであって、いわば定性的な指標であると解されたい。

ところで、管路の縮小（オリフィス）あるいは拡大による爆轟の中断に関する研究⁴⁾によれば、中断の度合いの大きいほど爆轟へ再転移しにくく、従ってこの間における火炎伝播の阻止が容易である。オリフィスに関しては径の比較的小さい単一孔について研究されているにすぎない。

実用上は、多孔板による中断を考えるにしてもその多孔板による流量抵抗は小さいほど好ましい。流量抵抗が多孔板の孔の断面積の和（以下、開口面積という）に反比例するとして、開口面積が一定に制限されるときにはどのような多孔板（孔径、数、配置）とすれば最も中断効果が大きいのか、換言すれば、中断効果が同じであれば最も大きな開口面積をとるにはどのような多孔板を選択すべきか、についてのデータはデトネーション・アレスタの設計に有用である。

多孔板による爆轟の中断は単に孔径や開口面積というよりも、爆轟管径や引火側の大きさとの相対的關係で論ぜられるべきである（例えば孔径が一定なら、爆

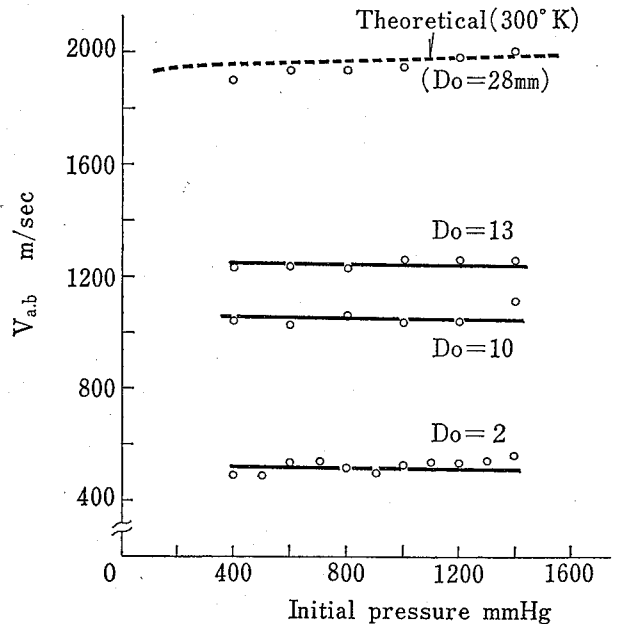


Fig.6 Relation between initial pressure and $V_{a,b}$
初圧と $V_{a,b}$ の関係 (中心単一孔板)
 D_0 : Hole diameter of Pattern 1 plates (Fig.3)
 $V_{a,b}$: Average flame velocity between points a and b (Fig.1)

轟管径の大なるほど中断したときの効果は大きいと推定される)が、本報では管径は一定としたので孔の大きさはその径あるいは開口面積で比較し、管の内径や断面積との比というパラメータは導入しなかった。

爆轟中断の度合は多孔板をはさむ2点 (Fig.1 の a および b) 間の平均爆速 (以下、 $V_{a,b}$ と略記する) で示した。 $V_{a,b}$ の小さい多孔板ほど中断させやすいことを意味する。実験はまず最も単純な多孔板である中心単一孔板について行ない、この結果を偏心単一孔板および $N \geq 2$ の多孔板の中断効果と関係づけた。さらに、多孔板の流量抵抗が中断効果とどのような関連性を有するかについても考察した。

3.2.2 単一孔板の中断効果

Fig.6 は中心単一孔板 (Fig.3 のパターン1) について初圧と $V_{a,b}$ の関係をプロットしたもので、図の破線は平衡計算にもとづく30%水素-空気混合ガスの理論爆速である。理論爆速は殆んど初圧の影響をうけないとみなされ、この実験では $D_0=28$ (mm) のときの $V_{a,b}$ がこれに相当し、その速度は平均 1930 m/sec と測定され初圧の影響はみられなかった。この傾向は $D_0=2$ のときもみられ、孔径が小さくとも $V_{a,b}$ は初圧によらない一定値とみなせる。なお、図の直線は初圧の影響を無視したときときの平均爆速である。

これらの結果から、中断実験はすべて初圧を 800, 700 および 600 mmHg で行ない、各初圧について測定した2点 a, b 間の時間差の平均値から $V_{a,b}$ を算出した。

(初圧 300 mmHg 以下では、多孔板の直前で爆轟に転移するためと思われるが、図の値より大きい爆速の

えられることがあった。また 230 mmHg 以下では爆轟に転移しないことが多く、更に 220 mmHg では点火後に火炎伝播しないこともあった。点火側を火炎が伝播したときは、1例を除いてすべて火炎はオリフィスを通過した。 $D_0=2$, 初圧 230 mmHg で引火しなかった例では、爆轟への転移はなく、弱い燃焼波が伝播してオリフィスで消炎したものである)。

中心単一孔板について孔径と $V_{a,b}$ の関係を Fig.7 に示す。図から明らかなように D_0 の小なるほど中断効果が大きく、 $D_0 \geq 25$ では殆んど中断しないとみなすことができる。偏心単一孔板の中断特性は Fig.7 の曲線とは一致せず、むしろ $N \geq 2$ の場合と同様の考え方を適用した方が説明しやすいので次項に含める。

3.2.3 多孔板の中断効果

多孔板の爆轟中断効果は単一孔板の結果との関連において考察する。すなわち、単一孔板の中断効果は Fig.7 に示すような形で比較的容易に求められるが、ある任意の多孔板の中断効果が (その多孔板の孔の径や数から) 孔径がいくらの単一孔板の場合に相当するかを予測できれば極めて有用であるとの立場に立って考える。ここでは最も単純な形状因子として開口面積を考え、径 D_0 の孔が N 個あいている多孔板は径 \bar{D} の孔が1個中心にある単一孔板と同じ開口面積を有するとして、次式により多孔群の面積平均径 \bar{D} を定義する。

$$(\pi/4)D_0^2 \cdot N = (\pi/4)\bar{D}^2$$

あるいは、

$$\bar{D} = \sqrt{ND_0} \tag{1}$$

次に、ある多孔板について測定した $V_{a,b}$ が単一孔

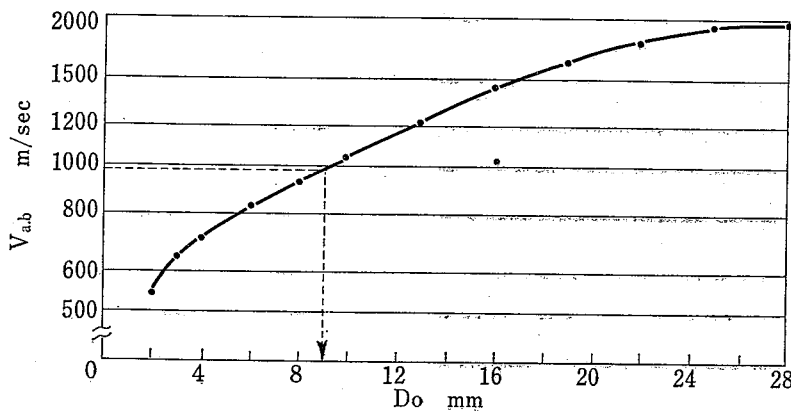


Fig.7 Effect of hole diameter of Pattern 1 plates on flame velocity $V_{a,b}$; This velocity shows the relative degree of detonation decay.
孔径と $V_{a,b}$ の関係 (中心単一孔板)

板の孔径いくらの場合に等しいかを Fig.7 から求める*6。例えば $D_0=4$, $N=6$ の多孔板の $V_{a,b}$ は 980 m/sec であり, これに相当する単一孔の径は 9.2mm となる (Fig.7 の破線参照)。このようにして求めた, 中断特性からみた多孔群の平均径を中断平均孔径 \bar{D}_E と定義する。

Fig.8 は種々の多孔板について求めた \bar{D}_E を式 (1) による \bar{D} の計算値に対してプロットしたものである。 $\bar{D}_E=\bar{D}$ なる直線は中心単一孔板の場合を意味する。また下の直線は $\bar{D}_E=0.5\bar{D}$ を示すが, 多孔板についてのプロットはほぼすべてがこの2直線の間にあると見てよい*7。

$N=1$ (中心孔) では $\bar{D}=D_0=\bar{D}_E$ であって, 孔径

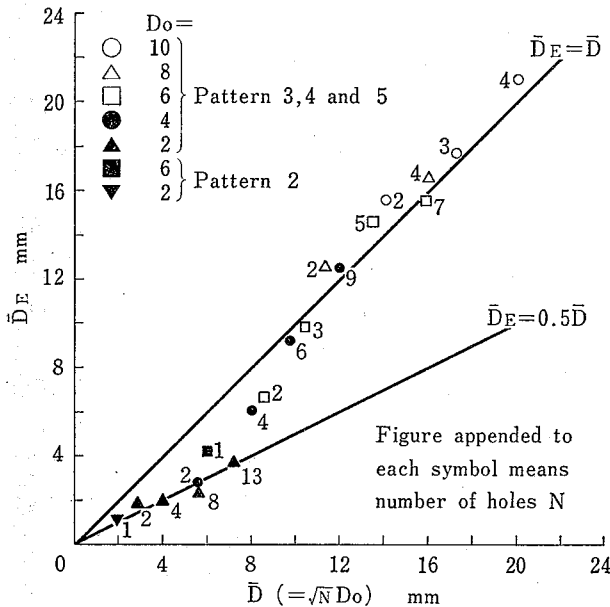


Fig.8 Relation between \bar{D} and \bar{D}_E
面積平均径と中断平均径の関係

\bar{D} is calculated for each perforated plate by the equation $\bar{D}=\sqrt{ND_0}$

\bar{D}_E of a perforated plate is defined as a single hole diameter which gives the same $V_{a,b}$ as that for the plate under consideration.

Thus, when a plate ($D_0=4$, $N=6$) gives $V_{a,b}$ of 980m/sec, \bar{D}_E of this plate is read to be 9.2 mm from Fig.7 (broken line).

の大なるほど中断効果は小さかったが, 多孔板では \bar{D}_E が中断効果の目安となり, \bar{D}_E の大きいほど爆轟を中断させにくいことになる。また, $\bar{D}_E=\bar{D}$ なる直線上の点は式 (1) から明らかのように, 開口面積さえ等しければ単一孔であろうと多孔群であろうと中断効果は同じであることを意味する。この直線より上側にある点は, 中断特性からみれば実際の開口面積よりも大きな開口面積をみかけ上持つことになり, 爆轟中断の目的にはむしろ不適である。実験の範囲内では, 孔の配置のバランスがとれていて $\bar{D} \geq 10$ となるような N と D_0 の組合せの多孔板では, 単に開口面積のみが中断効果を決定する因子であると考えてよい。

一方, $\bar{D}_E=\bar{D}$ なる直線より下側にプロットされる多孔板は, 開口面積の等しい中心単一孔板に比して中断効果はより大きい。例えば, 径 4mm の孔 2 個を有する多孔板は径 3mm の単一孔板と同程度の中断効果を示すが, 開口面積は 3.5 倍以上となり流量抵抗は大きく減ずる。Fig.8 では $\bar{D} < 10$ となる多孔板がこうした特性を示したが, 一般に径の小さい (2~3mm) の孔を数多くあけた多孔板が爆轟の中断および流量抵抗の両面からみて実用に適する。このような多孔板の中断特性が単一孔板の場合と異なるのは, 幾つもの孔から噴出する火炎が相互に作用しあう機構が介在するためであると考えられる。

孔の偏心度が爆轟の中断に与える影響についてはデータは十分でないが, $N=1 \sim 2$ では孔が板の中心からはずれるほど $V_{a,b}$ は減じ, 中断効果は増す (Fig.8 の■)。また同図で \blacktriangle_2 はピッチ円径 $D_1=6$ mm のときの推定値であるが, $D_0=2$ mm では偏心度の影響が特に著しく, $N=2$ のときの $V_{a,b}$ は $D_1=6$ で 510, $D_1=16$ で 455, $N=1$ では $D_1=6$ で 450, $D_1=16$ で 400(m/sec) といずれも径 2mm の孔が中心にあるとき (540m/sec) より低い $V_{a,b}$ が測定され, 中断平均径 \bar{D}_E は 1.8~1.2mm と推定される。 D_0 にもよるが, 一般に偏心度の大きいほうが中断効果の大きいことが明らかである。

3.2.4 多孔板の流量抵抗との関係

オリフィスの流量抵抗は開口面積の大なるほど小さいが, 実験に用いた多孔板の流量抵抗の大きさおよびこれが爆轟の中断とどう関係するかをみるため, 流量 $Q=10 \sim 100$ l/min の範囲で流量抵抗を測定した。

多孔板による差圧 L (mmAq) と Q の両対数プロットはいずれの多孔板についても直線関係を示し, 両者

*6 $V_{a,b}$ が孔とイオンギャップの相対的な位置関係の影響をうけるときは, 多孔板を 30~40 度ずつ回転させて測定し, そのうちの最大の $V_{a,b}$ を採用した。

*7 孔の配置, 偏心度などを考慮した形状因子 α を導入すれば \bar{D}_E と \bar{D} の関係はもっと簡単な形に整理できるかもしれない。例えば $\bar{D} \geq 10$ では $\alpha=1$, $\bar{D}_E=0.5\bar{D}$ なる直線上にプロットされる多孔板では $\alpha=2$, その他については $1 < \alpha < 2$ となる α を求めるのは興味ある問題であろう。

の関係は直線の傾き A および $Q=10$ のときの差圧 C から次式により与えられる。

$$L = \left(\frac{Q}{10}\right)^A \cdot C \quad (2)$$

しかし $ND_0^2 \geq 64$ の多孔板では $Q=10$ において、また $ND_0^2 \geq 361$ では $Q=100$ においても差圧は数 mm 以下となったので、これら測定不能の範囲については次により推定した。まず、 $ND_0^2 \leq 169$ では $Q=10 \sim 100$ について実測値と殆んど差のないような A および C が求まるので、これらの A (22種類の多孔板について $A=1.67 \sim 2.0$ であった) の平均値 \bar{A} ですべての直線の傾きを近似させることとした。すなわち、

$$L = \left(\frac{Q}{10}\right)^{\bar{A}} \cdot C' \quad (3)$$

ここで $\bar{A}=1.86$ であり、 C' は直線の傾きを \bar{A} とし、それぞれ多孔板について最適直線をひいたときの $Q=10$ における差圧である。式 (3) による近似は実測値と大差なく、このようにして求めた C' は $ND_0^2 \leq 169$ では $Q=10$ における実測差圧とみなすこととした。次に $N=1$ (中心孔) のみについて孔径 D_0 と C' の関係を両対数プロットするとひとつの曲線にのり、かつ $D_0 \geq 3$ ではほぼ直線となった。直線部分は次式で近似される。

$$C' = (0.126 D_0)^{-4.4} \quad (4)$$

$N \geq 2$ および $N=1$ で偏心の場合について式 (4) の C' に最初の実測値 C を代入して算出した D_0 の値を多孔板についての圧力損失平均径 \bar{D}_P と定義する。面積平均径 \bar{D} とこの \bar{D}_P を比較すると、ほぼ

$$\bar{D}_P = \bar{D}$$

であることがわかり、 $D_0=2, N=1$ で偏心の場合^{*8}を除けば両者の差は $\bar{D}=10.4$ のときの 0.6 mm が最大であって、殆んど差はなかった。

このことから、多孔板の流量抵抗は殆んどの場合単に開口面積のみによると考えてよいことがわかった。また、爆轟中断特性との関係は、 $\bar{D} = \bar{D}_P$ とすれば \bar{D}_P と \bar{D}_E の関係は Fig. 8 で \bar{D} の代りに \bar{D}_P としたときと同じであることからして次のようにいえる。一般に流量抵抗の大きいほど爆轟を中断させる能力が大き

*8 これらについては、むしろ $\bar{D}_P = \bar{D}_E$ という結果がえられた。

*9 $ND_0^2 \geq 8$ の多孔板の流量抵抗の近似計算は次によればよい。式 (4) の D_0 に $\bar{D} (= \sqrt{ND_0})$ を代入し、 C' を求める。次に両対数グラフ上に $Q=10, L(\text{差圧})=C'$ なる点をプロットし、この点をとおり傾き 1.86 の直線をひけばこれが差圧—流量の特性曲線である。

*10 厳密には、引火側において火炎を生じないか否かというべきであるが、便宜上このような表現を用いる。

い。流量抵抗が比較的小さい場合には、多孔板の中断特性を流量抵抗から推定することができる^{*9}。一方、流量抵抗の大きい多孔板では、流量が 100 l/min までの流量抵抗と中断特性の関係は単純ではないが、流量抵抗の小さい場合の両者の関係を延長してあてはめれば、それにより予測されるよりも中断効果は大きい。

3.3 多層金網の消炎特性

この実験では、3.2 でのべた多孔板を補強用として用いたので、金網による消炎といっても多孔板の影響も含まれている。また、多孔板についての D_0, \bar{D}, N, D_1 などはここでも同じ意味をもつものとする。

3.3.1 予備実験の結果

予備実験により明らかとなった主要な点は次のとおりである。

- (1) 金網において消炎するか否か^{*10}は金網と多孔板の組合せが同じであるならば混合ガスの初圧によって決まり、初圧の高いほど引火しやすい。Palmer⁵⁾ は爆発火炎の消炎は金網に向けて接近する火炎の速度で決まるとのべているが、爆轟については爆速は初圧によりそれほど変化しないので、爆速が消炎を支配する第一の因子だとは考え難い。
- (2) 点火源側に多孔板を置き、そのうしろに金網を密着させるほうが (この逆の重ね方よりも) 消炎しやすい。しかしこの方法では多孔板は補強の目的を果さず、例えば $D_0=2, N=1$ では初圧が 1400 mmHg で、また $D_0=6, N=5$ では 500 mmHg の初圧でも引火側へふくらむという変形を示した。従って金網は多孔板の前においてテストせねばならない。
- (3) 引火テストに使用したあとの金網の流量抵抗は、テスト前に比して幾らか増大する。もし流量抵抗と消炎能力を関係づけようとするなら、1回のテストごとに流量抵抗を測定せねばならないが、極めて数多くのテストを必要とする実験では実際は無理である。従って、予め非引火初圧 (L.S.P.) の大まかな値を求めたのち新しい試料金網を用いて比較的少数回のテストで L.S.P. を確認し、流量抵抗の増加が消炎能力の増加に影響したとしてもそれを相殺する安全率のとり方を検討すればよいと考えられる。

3.3.2 金網の枚数 (重ね厚さ) と非引火初圧の関係

多孔板の面積平均径 \bar{D} と非引火初圧 (L.S.P.) の関係を金網の枚数ごとに示せば Fig.9 の (A)~(D) のとおりである。図で●は中心単一孔板, ○はその他の多孔板についての結果であり, 同じ \bar{D} で L.S.P. が2つプロットされているのはパターン2の多孔板の場合であって L.S.P. の高い方が孔の偏心率 (D_1) が大きいものに相当する。また, L.S.P.=1400mmHg とは, この初圧で引火のないことを示すもので, より

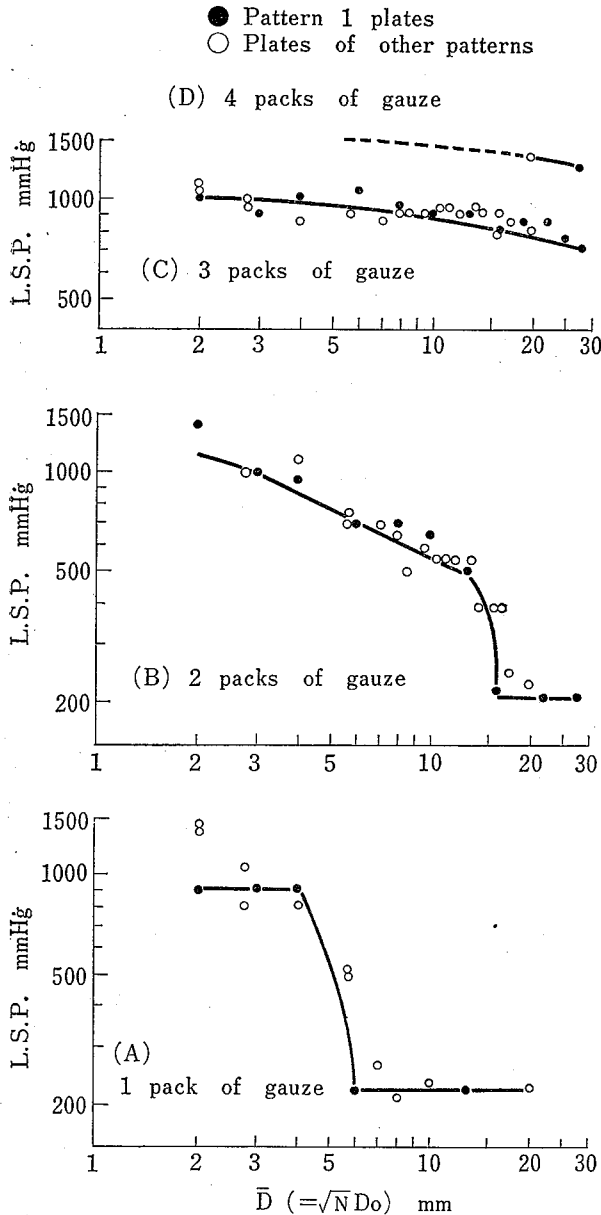


Fig.9 Effect of open area of holes on the Limiting Safe Pressure
非引火初圧に対する多孔板の開口面積(面積平均孔径)の効果

高い初圧で引火させたのちに求めた他の L.S.P. とは意味が異なる。

図の曲線はいずれも L.S.P. が低くなるよう●を結んだものであるが, 他の多孔板の結果もほぼこの曲線に近いことから, 同じ金網枚数では多孔板の \bar{D} と消炎能力には関連があるとみなせる。図の (A)(B) からわかるように, ある \bar{D} 以上では爆轟する限り常に引火するが, この限界の \bar{D} は金網の枚数の増すほど大きくなる。この限界径より \bar{D} が小さくなると不連続的に消炎能力が向上する結果, L.S.P. と \bar{D} の関係は Z 字形の特性曲線で示される。

金網を3枚にすると Z 字が鈍化したなめらかな曲線となり, 枚数の増すにつれて \bar{D} の影響が小さくなることを示す。また, 金網が3枚以下では L.S.P. の最大値は $\bar{D} \leq 4$ ではほぼ 1000mmHg と一定しており, この範囲では金網の消炎能力自体より多孔板の形状効果のほうが影響するとみなせる。

金網が4枚では L.S.P. は更に高くなり, $\bar{D}=28$ (補強なし) での引火には著しい変形を伴った。補強用としては最も開口面積の大きい多孔板 ($D_0=10$, $N=4$, $\bar{D}=20$) を用いたときの L.S.P. は 1350mmHg であるが, これは金網を4度新しくとりかえ, 初圧 1400mmHg で合計23回テストしたうち1回引火したもので, $\bar{D} < 20$ ではこの初圧での引火はないとみなしてテストしなかった。

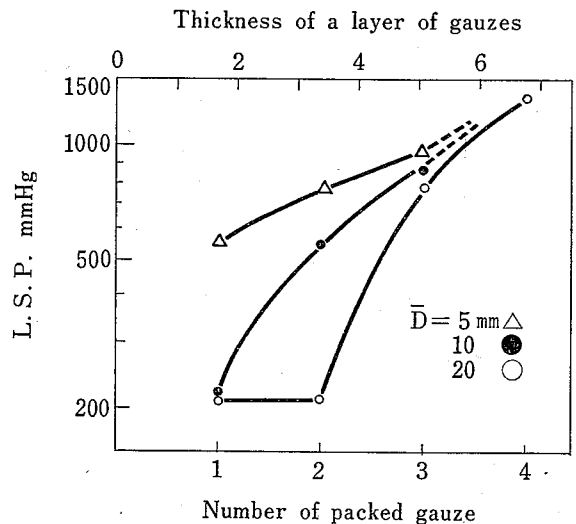


Fig.10 Effect of gauze piling on the Limiting Safe Pressure
非引火初圧におよぼす金網枚数の効果

Fig.9 の各曲線から 2, 3 の多孔板について金網の枚数 (重ね厚さ) と L.S.P. の関係を示せば Fig.10 のとおりとなり, 多孔板によりその傾向は異なるが枚数を増すほど消炎しやすくなることは明らかである。

なお, 金網の前 (点火側) に多孔板をおいたときの結果を比較のために記せば, 金網3枚のとき $D_0=2$ であれば孔数に関係なくいずれも初圧 1400 mmHg で引火しなかった。

3.3.3 金網の流量抵抗と非引火初圧の関係

金網に多孔板を重ねたときの流量抵抗は, 多孔板単独の場合のような近似式ですべてを表現することはできなかった。これは主として, 多孔板の開口部のみが金網で覆われるのではなく多孔板全体が金網と重なることによると思われる。爆轟にさらされない金網について流量抵抗を測定した結果は次のとおりである。

- (1) 1枚の金網の流量抵抗は, 10枚の測定による平均値の $\pm 2\%$ 以内であった。また, 4枚重ね合わせたときは網目のならびを考慮して種々の組

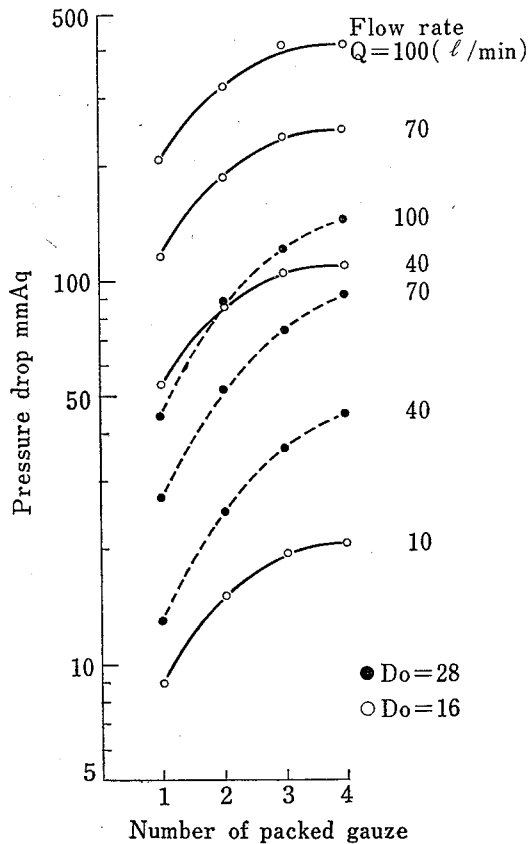


Fig.11 Relation between pressure drop and number of packed gauze with perforated plate
金網の枚数と流量抵抗の関係

合せで測定したが平均値の $\pm 1\%$ 以内であった。これらは $D_0=28$, 流量 $Q=100\ell/\text{min}$ の結果であるがいずれも実験誤差の範囲内であり, 流量抵抗の面からみれば試料金網の均一性を意味し, また金網の重ね方が流量抵抗に影響しないことを示すものである。流量および金網枚数をかえたときの測定結果の一部を Fig.11 に示す。枚数と流量抵抗の間には一次の比例関係はなく, 圧力損失の増加率は枚数の増すにつれて減ずる。

- (2) 多孔板の流量抵抗は開口面積のみの関数とみ

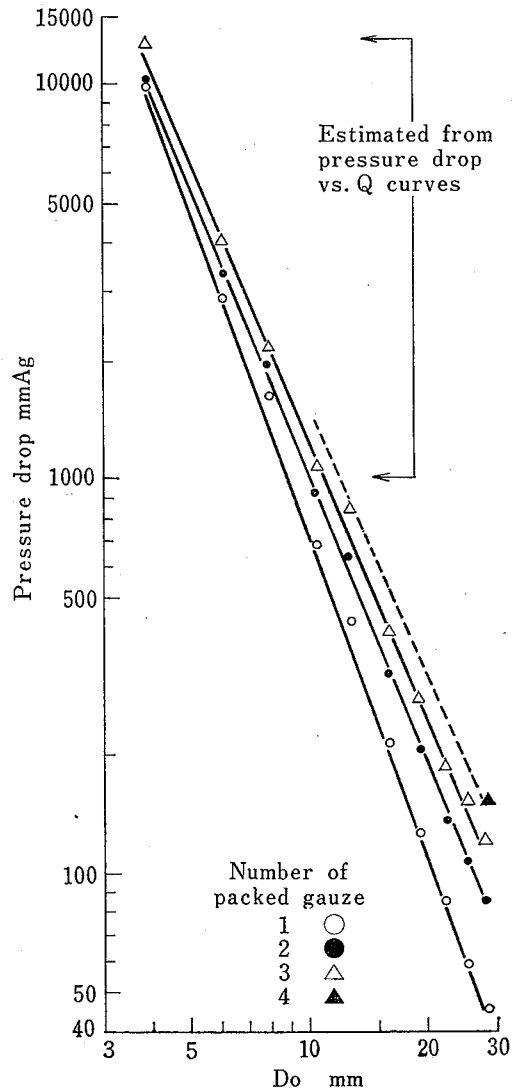


Fig.12 Influence of the hole diameter of perforated plate on pressure drop by gauzes supported by the plate (Flow rate $Q=100\ell/\text{min}$ with plates of Pattern 1)
中心単一孔板と金網を重ねたときの流量抵抗

なしてよかったが、金網を重ね合せると多孔板の開口部の孔径や位置の影響が鈍化し、この傾向は金網の枚数の増すにつれて著しい。このため多孔板の \bar{D} と流量抵抗の順序に乱れが生じ (\bar{D} の大きいほど多孔板と金網を重ねたときの圧損が小さい筈なのに、逆に \bar{D} の大きいほうが圧損が大となる) たり、 \bar{D} の値が接近している幾つかの多孔板について圧損がいずれも殆んど同じになることがある。

一方、 \bar{D} が小さい (4mm 程度以下) ところでは孔の影響の方が大きく、金網の枚数は圧損に余り影響しなくなる。Fig.12 は中心単一孔板を用い金網の枚数をかえたときの $Q=100\text{l/min}$ における圧損と孔径 D_0 の関係を両対数プロットしたものである。

Fig.13 は、多孔板と金網を重ねたときの $Q=10\text{l/min}^{*11}$ における差圧と、すでに示した非引火初圧との関係を両対数プロットしたもので、曲線は非引火初圧が低くなるように引いてある。上記 (1) にのべたように金網枚数と流量抵抗は直線的に比例しないので、枚数を無視して単に差圧のみをパラメータとして L.S.P. を示すことはできず、金網の枚数ごとに両者の関係を示した。これらの曲線はいずれも S 字形とみることができる。Fig.9 では横軸を \bar{D} として Z 字形曲線をえたが、 \bar{D} と流量抵抗の一般的関係を考えれ

ば曲線の形状の反転は容易に理解される。しかしこのことは、上述の流量抵抗の測定結果の (2) に示したような \bar{D} と流量抵抗の順序の乱れがあるにしても、それが比較的せまい範囲の \bar{D} についてであって、 $\bar{D}=2\sim 28$ を全体的にみればやはり \bar{D} の増すにつれて流量抵抗が減ずることを意味する点で重要な結果である。

これらのことから、次の結論が導かれる。

消炎能力を L.S.P. で示すとすれば、L.S.P. を決定する因子は金網と多孔板を重ねたときの流量抵抗と考えられるが、このときの多孔板の面積平均径 \bar{D} からも L.S.P. を推定することができる。 \bar{D} の小なるほうが消炎能力にまさることは共通するが、両者の関係は金網の枚数により異なる。

また、金網の枚数が同じであれば流量抵抗は金網を重ねる多孔板の \bar{D} によりほぼ定まるところから、金網の消炎特性を比較するには単なる計算値である \bar{D} をパラメータとするのが最も簡便である。流量抵抗はむしろ異種の消炎素子 (例えば金網と焼結金属あるいは目のあらさの異なる金網) 相互の消炎能力を比較する際のパラメータとして導入するほうがより有効に利用できると考える。

3.3.4 安全性の検討

3.3.1 では爆轟テストのくり返しにより金網の流量抵抗の増すことが、また前述の実験からは金網の消炎能力が流量抵抗と関連性を持つことが、それぞれ示された。このことは、金網の消炎能力のパラメータとし

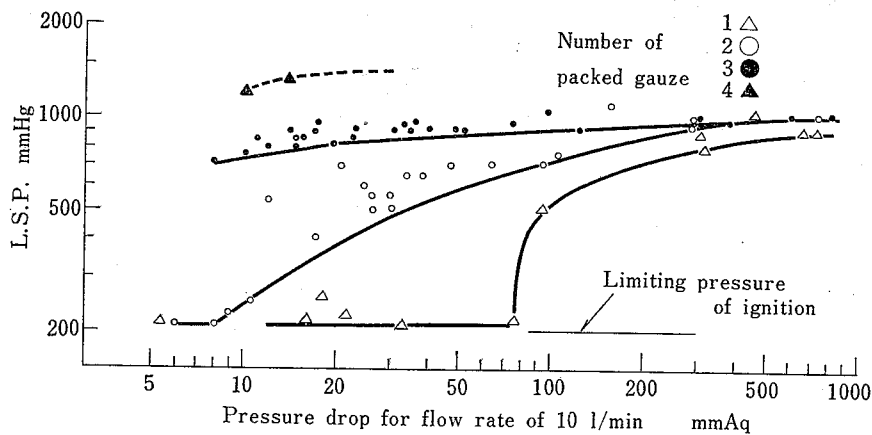


Fig.13 Relation between pressure drop and the Limiting Safe Pressure (Gauges are supported by perforated plate)
流量抵抗と消炎能力 (非引火初圧) の関係

*11 \bar{D} が小さい多孔板では Q が大きいと差圧が測定できず、 $Q=10$ としたときに最も多くの多孔板について差圧のデータがえられた。

て求めた L.S.P. が高目の値である可能性のあることを示す。従って、流量抵抗の増加分を相殺する意味で実験結果に対する安全性を検討しておく必要がある*12。

爆轟テスト後の測定では、いずれの1枚の金網についても流量抵抗の増加が認められた。しかしながら、例えばテスト後の金網2枚を重ねたときの流量抵抗は新品の金網3枚を重ねたときの値より十分小さいことがわかった。このことは、ある多孔板を併用してすでに求めたと同じ L.S.P. を要求するならば、その時の金網の枚数を1枚増してやれば安全であることを意味する。すなわち、例えば Fig. 9 の曲線 (D) は4枚の金網についての結果であるが、もし毎回新しい金網を5枚ずつ用いてテストしたとすれば曲線 (D) よりも高い L.S.P. がえられることになる。

(この考え方はあくまでも実験結果の安全性を確実にするためであって、実用上のいわゆる安全率のとり方とは無関係である)。

3.4 爆轟阻止のメカニズム

爆轟が固体細隙により消炎される機構は、定性的には次のように理解される。

爆轟の消炎が可能であることは実験的に証明されたが、このことは金網に入射してこれを通過する間に火炎が爆轟波としての形態をとって伝播しえなくなったことを意味するものである。爆轟波は火炎中の化学反応によってエネルギー的に支えられた衝撃波であるから、消炎が生ずるためには金網内においてその波面特性が失われなければならない。衝撃波は金網に入射した時点でその一部が反射され、一部は金網中に入るがこれは網目状の細路における摩擦により運動量を失ない、次第に減衰して圧縮波として引火側に伝わる。この過程は入射後比較的早期に起るのではないかと思われる。

一方、金網中の混合ガスは最初爆轟波の到達により発火するにしても、それは金網の表面近くに限られ、微細な細隙中を安定な火炎として伝播するとは考え難い。また金網中の混合ガスはごく微量であり、この間における化学反応による有効な発熱量は微少あるいはまったく無視できる程度であり、金網への熱損失のは

うが大きいかもしれない。このことは、衝撃波を持続するための熱エネルギーの供給がなされないのではないかという推定を可能にする。

このように、爆轟波がその特性を失ない(中断し)、更に火炎としての伝播も起りえないとすると、消炎は単なる高温ガスの冷却過程に帰結される。

いま金網のうしろに多孔板のある場合を考え、混合ガスの初圧および金網の枚数を一定とすると、金網における熱収支は多孔板の種類にはよらないとみなせるので、孔を通過するときの円筒状側面への熱損失が多孔板による差異となるにすぎない。この考えによれば、中心単一孔板で D_0 の小なるほうが消炎しやすいことの説明は可能であるが、 D_0 が小さくても N の大なる多孔板が引火しやすいという実験結果に反する。また、同じ多孔板を用いたときに初圧の高いほうが引火しやすいことも、初圧による爆轟波面温度の差がそれほど大きくないことを考え合わせると単純な熱収支からだけでは十分に説明できない。

ここでガスの動きを考えねばならない。金網中で爆轟が中断し熱ガスが引火側へ噴出するとすれば、引火側の混合ガスの状態を無視することはできない。少なくとも引火側未燃ガスの圧力や乱れの状態が再着火の過程に影響するので、そこでは多孔板の D_0 , N , 孔の偏心率や相互に接近している度合などが重要な意味をもつことになる。しかし、熱ガスの噴出における膨張、冷却、噴出速度、噴出ガス相互のかかわりあいなどの解析は極めてむづかしい。実験によれば引火したときのアレスタ・ハウジングをはさむ2点 a, b 間の平均爆速 $V_{a,b}$ は、大まかにみて初圧の低いほど小さくなることが明らかであり、また、a, b 間を火炎が伝わりとしたときの所要時間がある初圧において 1~2msec をこえたときには、この初圧より 50mmHg 低い初圧では殆んどの場合引火しないという結果がえられたが、これらの事実は消炎機構を予測するひとつの手がかりとなろう。

金網による爆轟の阻止は結局のところ、金網表面付近での爆轟の中断、金網中での熱収支、多孔板からの熱ガスの噴出、および引火側における未燃ガスの挙動という4つの相互に関連した現象の重なり合いが適切な条件の範囲内に入ったときに可能であると推論できる。これらの個々の現象の解明には熱量的な検討、光学的な観察、金網前後の火炎伝播速度の詳細な測定などが必要であろうが、全体としては、どのようにして

*12 L.S.P. は3回連続引火しない初圧としたが、このテスト回数は少なすぎるかもしれない。しかし、爆轟の定常性を考えると、強度的な問題は別として引火の有無という点からはテスト回数を増しても L.S.P. には著しい差は生じないとみられ、これについては特に検討しない。

消炎するかよりも、むしろ引火側における混合ガスの発火の過程に重点をおいた考察が望まれる。

4. 結 言

固体細隙における消炎現象を利用した火炎防止器に関する研究の一環として、多層金網を消炎素子としたときの1インチ管中における水素-空気当量混合物の爆轟の阻止について検討した。実験は、管路に挿入した多孔板による爆轟の中断と、多孔板で補強した金網による爆轟の阻止の2つの部分からなり、混合ガス圧力 $1\text{kg/cm}^2(\text{G})$ 以下において実用性を示唆する結果がえられた。また、実験結果にもとずき爆轟が阻止される過程について考察を加えた。これらの結果は、実用的なデトネーション・アレスタの基本的構造を考える際に有益なものとなる。

多孔板による爆轟の中断については次のことが明らかとなった。

- (1) 中心に1個の孔を有する板による中断は孔径 D_0 によって決まり、 D_0 の大なるほど中断しにくい。1インチ管では D_0 が25mmをこすと爆轟はもはや中断しない。孔が偏心している場合は、偏心度の大きいほど中断の度合いが大きい。
- (2) 孔径 D_0 、孔数 N の多孔板では、開口面積(あるいは $\sqrt{ND_0}$)の小なるほど中断の度合いが大きい。開口面積が大きければ、 $\bar{D}=\sqrt{ND_0}$ で与えられる \bar{D} にひとしい単一孔が中心にある場合と同程度の中断効果がえられるので、中心単一孔板の中断効果が D_0 についてわかっているならばこれから多孔板の中断効果を予測できる。開口面積の小さい多孔板ではこのように単純ではないが、計算値 \bar{D} から予測されるよりは中断効果が大きい。
- (3) 多孔板の中断効果と流量抵抗は、開口面積の大きい範囲では比例関係にあるが、開口面積が小さい場合には流量抵抗が小さくても中断効果は相対的に大きい。従って、実用上は径の小さい孔を数多く有する多孔板が効果的である。

また、金網による爆轟の阻止についてえられた主な結果は次のとおりである。

- (1) 爆轟が阻止されるか否かは混合ガスの初圧に

関係し、他の条件が同じであれば初圧の高いほど引火しやすい。また、金網の重ね合せ枚数の多いほど消炎が容易である。

- (2) 補強用多孔板の開口面積が消炎に関係する。 \bar{D} の小さいほど消炎しやすいが、両者の関係は金網の枚数によって異なり、枚数のふえるに従って \bar{D} の影響は少なくなる。
- (3) 金網と多孔板を重ねたときの流量抵抗と消炎能力の間にも関連性が認められ、一般に流量抵抗の大きいほど消炎が容易である。このことは、金網と多孔板を重ねたときの流量抵抗の大小の順序が大まかにみて多孔板の \bar{D} の大小の順序と一致するという結果からも予測できることである。
- (4) 爆轟の阻止は結局のところ、爆轟が中断したあとの火炎の消炎(あるいは熱ガスの冷却)という過程に帰結されると考えられる。従って、デトネーション・アレスタは爆轟を中断させる構造をもった火炎防止器としてとらえることができるので、より強い爆轟に対してはそれをどのようにして中断させ、かつその中断状態をいかにして持続させて爆轟への再転移を遅らせるかについての方法の検討が必要である。

(昭和49年5月10日 受付)

参 考 文 献

- 1) 林, 鶴見, “火炎防止器に関する研究(第一報)”, 産業安全研究所研究報告 RR-21-1 (1972)
- 2) J.H.T. Wu et al., “Effect of Orifices on Detonation”, Canadian Aeronautics and Space Journal, 13, 23 (Jan. 1967)
- 3) B.H.K. Lee et al., “Transmission of Detonation Waves through Orifices”, AIAA Journal 4, (2), 365 (Feb. 1966)
- 4) 松井, “管路の拡大による気体爆轟波の中断(第一報)”, 産業安全研究所研究報告 RR-20-5 (1972)
- 5) K.N. Palmer, “The Quenching of Flame by Wire Gauzes”, 7th Symposium (International) on Combustion (1958)

産業安全研究所研究報告 RIIS-RR-23-3

昭和49年8月1日

発行所 労働省産業安全研究所

東京都港区芝5丁目35番1号

電話 (03) 453-8441 (代)

印刷所 新日本印刷株式会社

郵便番号 108

UDC 614.838

火炎防止器に関する研究 (第2報)

——多層金網による爆轟の阻止——

林 年宏

産業安全研究所研究報告 RIIS-RR-23-3, 1~15 (1974)

固体細隙における消炎現象を利用して伝播途上の爆轟波を阻止するデトネーション・アレスタの設計基礎データをえるため、フィルター用多層金網を消炎素子として1インチ管中において実験した。初圧 $1\text{kg/cm}^2(\text{G})$ までの水素-空気当量混合ガスに対しては、金網を多孔板により補強すれば爆轟の阻止は可能であった。金網の消炎能力は補強用多孔板の開口面積の影響をうけることがわかったほか、流量抵抗と消炎能力の関係についても有益な知見をえた。

また、爆轟は直接阻止するよりもいったん中断させたあとのほうがはるかに消炎させやすいが、爆轟中断の目的に多孔板を用いる新しい方法を提示し、多孔板の開口面積の小さいほうが中断効果の大きいことを実験により確かめた。

(表 2, 図 13, 参 5)



UDC 614.838

Interruption of Explosions by Flame Arresters (2nd Report)

——Quenching of Gaseous Detonations by Wire Gauzes——

by T. Hayashi

Research Report of the Research Institute of Industrial Safety RIIS-RR-23-3, 1~15 (1974)

Flame quenching ability of wire gauzes was studied for detonation of stoichiometric hydrogen-air mixture with initial pressure below $1\text{kg/cm}^2(\text{G})$ in 1-inch pipeline. Wire gauzes, when layered and supported by a perforated plate, were able to quench flames. Flame transmission mainly depended on the initial pressure of the mixture and the open area of a perforated plate used. The relation between the quenching ability and the flow resistance of wire gauzes were discussed.

It was also determined experimentally how the hole diameter of a perforated plate inserted in a pipeline could influence on detonation decaying.

(2 tables, 13 figures, 5 references)

