

RIIS-TN-78-2

UDC 614.839 : 534.222 : 536.46

# 産業安全研究所技術資料

TECHNICAL NOTE OF  
THE RESEARCH INSTITUTE OF INDUSTRIAL SAFETY

1979

## 爆発および爆ごう抑止器の実用化 に関する研究(第4報)

—管路拡大による爆ごうの中断を利用した  
爆ごう抑止器について—

松 井 英 憲  
林 年 宏

労働省産業安全研究所

# 爆発および爆ごう抑止器の実用化 に関する研究 (第4報)\*

—管路拡大による爆ごうの中断を利用した  
爆ごう抑止器について—

松井英憲\*\*・林 年宏\*\*

## Research on Flame- and Detonation-Arresters (4 th Report)

—Detonation-Arrester Model Based on Decaying of  
Detonation by Sudden Enlargement of Pipe—

by H. MATSUI and T. HAYASHI

Detonation arresters are safety devices used in a pipe line for preventing a propagation of a detonation wave through out the pipe layout in which detonable gas mixture might be formed. However very few detonation arresters with low flow resistance have been commercially available. In the present work, an arrester with simple structure was designed based on the principle that a detonation decays into combustion wave when the primary pipe diameter is suddenly enlarged under the condition that the diameter is smaller than a certain critical value which is defined by the composition and initial pressure of the mixture. The arrester was set and tested in 1 inch pipe line. A layer of 100 mesh stainless steel wire gauzes was used as a quenching element.

It was found that the arrester was effective for quenching the detonation of acetylene-air and hydrogen-air mixtures. The mixture of 10% acetylene in air was found to be the strongest composition from the view point of detonation quenching. At least twelve gauzes were required to quench the detonation of the above composition at one atmosphere. Using the 0.1mm thick aluminum rupture disk, the critical number of gauzes was reduced to seven for quenching the same detonation. For hydrogen-air mixtures, the critical number of wire gauzes for quenching the strongest detonation which corresponds to the composition of 30% hydrogen in air was ten. But for pipe enlargement, it should require at least thirty wire gauzes to quench the detonation of stoichiometric composition of both acetylene and hydrogen-air mixtures.

When a mixture was flowing, after stopping a detonation, burner flame on the gauze surface was held unless supply of fuel-air mixture was cut off, and some tens of minutes later such a burner flame caused a flash back through the arrester into the other side of the pipe line. Therefore it is necessary to shut off the mixture supply by some means soon after the occurrence of burner flame.

---

\* 1978年6月 第8回安全工学シンポジウムにて発表

\*\* 化学研究部 Chemical Engineering Research Division

## 1. 緒 言

本技術資料の第 1~3 報<sup>1~3)</sup>では、固体細隙における消炎現象を利用した火炎防止器 (flame arrester) または爆ごう抑止器 (detonation arrester) を設計、製作あるいは設置する際に必要な知見を得るために、種々条件において一連の実験がなされ、その結果を報告した。

本報では、第 3 報<sup>3)</sup>に示した多孔板と金網を用いた爆ごう抑止器のモデルに加えて、管路の拡大による爆ごうの中断現象<sup>4,5)</sup>を利用し、市販の金網を消炎素子とした爆ごう抑止器のモデルを試作、実験した結果について述べる。実験には、可燃性ガスのうちでは最も消炎し難いアセチレンまたは水素と空気との混合ガスを用いた。その結果、両混合ガスの爆ごう波および燃焼波に対して有効な消炎性能を示し、かつ圧力損失も十分小さくできることが分かった。

## 2. 管路の拡大による爆ごう波の中断特性

爆ごう波が狭い空間から急に広い空間へ出ると、波面の膨張のため温度および圧力が急速に低下し、燃焼反応の速度も遅くなる。その結果、条件次第では衝撃波とそれを支えていた燃焼波の分離が起こり、爆ごうは一時的に中断して燃焼にまで減衰する。この様に、爆ごうを中断させた後に固体細隙を有する消炎素子を用いれば、爆ごう波を直接阻止するよりも容易に火炎を消滅させることが予測される。

爆ごうの中断には、ガスの組成、圧力によって定まる限界の管径が存在する<sup>5)</sup>。この径より大きい径の管中を伝播する爆ごう波は、管路をいくら拡大しても中断は起こらない。大気圧のアセチレン-空気混合ガスの爆ごう波を、管路の拡大によって中断させる限界の管径を実験<sup>6)</sup>によって求めた結果を図 1 に示す。アセチレンは 12.5% の濃度付近で最も中断が起りにくく、そのときの限界の管径は約 8 cm である。すなわち、大気圧のアセチレン-空気混合ガスの場合、内径 8 cm 以下の管中を伝播する爆ごう波であれば、管路の拡大によって中断させることができるわけである。

さらに、爆ごうの中断が起こる限界の管径と混合ガスの初圧の間にはおおむね反比例の関係がある<sup>5,6)</sup>。図 2 に 12.5% アセチレン-空気と当量組成の水素-酸

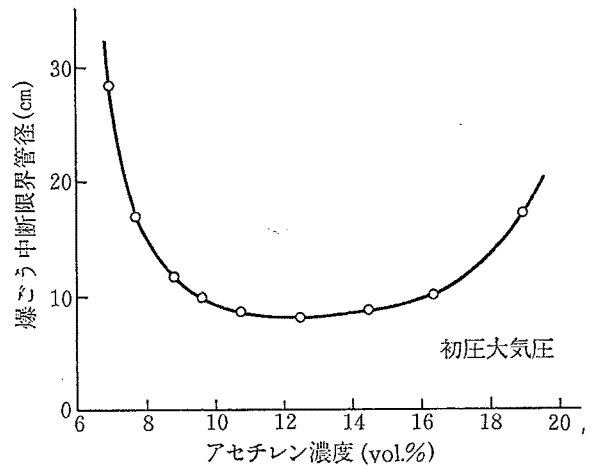


図 1 大気圧におけるアセチレン濃度と爆ごう中断限界管径

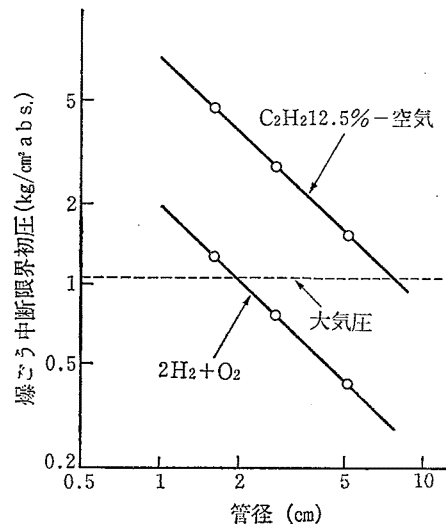


図 2 爆ごうが伝播する管径と爆ごう中断限界初圧

素混合ガスについての実験結果を示す。

混合ガスの初圧が大気圧より高い場合の爆ごうを中断させるには、初圧に反比例して管径を小さくしてやる必要がある。アセチレン-空気混合ガス以外のほとんどの可燃性ガス-空気混合ガスでは、爆ごう中断の限界管径はアセチレンに比べて 1 桁以上大きい<sup>6)</sup> (例えば、初圧大気圧で、エチレンは約 80 cm、プロパン、水素は 1 m 以上)。したがって、大気圧における爆ごう中断限界管径より小さい径の管路であれば、管路の拡大によりガスの種類に応じて、大気圧よりもかなり高い初圧の爆ごう波でも中断させることができる。

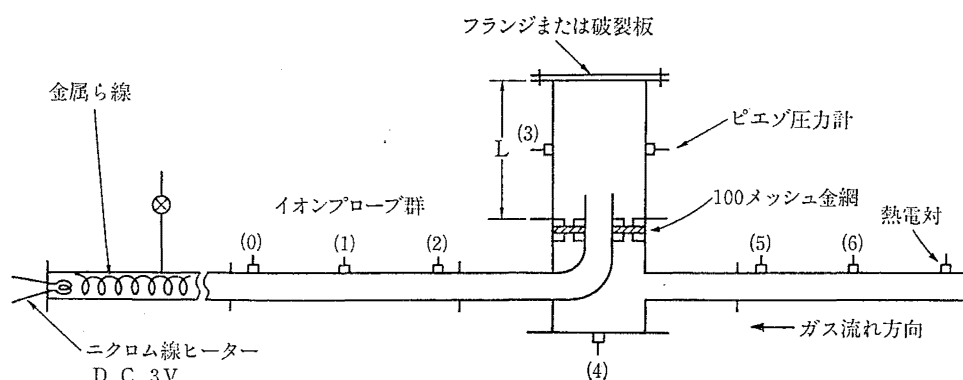


図3 実験装置の概略

### 3. 実験装置および方法

爆ごう抑止器の構造および装置全体の概略を図3に示す。実験に用いた配管は、呼び径1インチ（内径27.6 mm）の配管用炭素鋼管（ガス管）で、爆ごう抑止器の前後にそれぞれ長さ3m および1m を接続した。点火側の管端には、長さ70 cm の金属スパイラル線を挿入した。これは着火後の火炎を乱すことによって爆ごうへの転移を促進するためである。爆ごう抑止器は、4インチ管（内径105 mm）を加工したもので、管路を1インチから4インチへ拡大する構造になっている。拡大管の長さLは主として15 cm のものを用い、20 cm の場合についても一部実験を行った。消炎素子としては、市販の100メッシュ、ステンレス製金網（平織、線径0.1 mm、目開き0.15 mm、金網1枚の厚さ0.2 mm）を重ねて用いた。金網は上下を厚さ1 cm の補強板（直径1 cm の孔が半径3.5 cm の同一円周上に16個開いている）で挟んで固定した。

実験はまず、アセチレン-空気および水素-空気混合ガスについて、分圧法によってあらかじめ調整した種々の濃度の予混合ガスを用い、大気圧下で管路を密閉した状態で爆ごうを阻止しうる最小の金網枚数を求めた。次いで、当量組成の混合ガスについて、初圧を変えたときの爆ごう波、燃焼波および過大爆ごう波に対する最少の火炎阻止金網枚数を求めた。これら火炎伝播形態の相異は、点火位置を変えることによって得られる。さらに、アルミ製破裂板を抑止器の管路拡大部の上端に取り付けたときの効果についても実験を行なった。このほか、流量混合法を用いて、ガスが流動している状態での抑止器の爆ごう阻止性能についても実

験を行なった。

火炎速度は、管壁に取り付けたイオンプローブによって火炎の到達を検出し、検出回路（印加電圧DC 90 V）からの出力をカウンター（最小表示単位0.1  $\mu$ s）に入力させ、プローブ間を火炎が伝播する時間を計測して、その間の平均火炎速度を求めた。また、一部の試験では、抑止器の管路拡大部における圧力変化をピエゾ圧力変換器を用いて測定した。ガス濃度は干渉計型ガス濃度計で測定し、混合ガスの点火にはニクロム線ヒーターを用いた。引火の有無は熱電対の出力によって判定した。

### 4. 実験結果および考察

#### 4.1 ガス濃度と爆ごう阻止性能

初圧が大気圧のときの水素およびアセチレン濃度と爆ごう阻止最少金網枚数<sup>\*1</sup>の関係を図4および図5に示す。これらは抑止器の管路拡大部上端をフランジで密閉し、混合ガスは静止状態での結果である。水素の場合、ガス濃度を20% から45% まで変化させたとき、最も爆ごうを阻止し難い濃度は30% で、そのときの爆ごう阻止最少金網枚数は10枚であった。アセチレンでは、ガス濃度を6% から15% まで変化させたとき、最も爆ごうを阻止し難い濃度は10% で、そのときの爆ごう阻止最少金網枚数は12枚であった。1インチ管中で当量濃度の水素およびアセチレンの爆ごう波を同じ100メッシュの金網で直接阻止するに

<sup>\*1</sup> 爆ごう阻止最少金網枚数は、図7のような初圧と金網枚数の関係を求め、この曲線で初圧が大気圧となる金網枚数を読み取って求めた。したがって、図4および図5では金網枚数は必ずしも整数値になっていない。

表 1 ガス濃度と爆ごう速度 (初圧大気圧, 管径 1 インチ)

(a) 水素-空気混合ガス				(b) アセチレン-空気混合ガス			
ガス濃度 Vol. (%)	$D_{obs.}$ (m/s)	$D_{th.}$ (m/s)	$\Delta D/D_{th.}$ (%)	ガス濃度 Vol. (%)	$D_{obs.}$ (m/s)	$D_{th.}$ (m/s)	$\Delta D/D_{th.}$ (%)
20	1,636	1,713	4.5	6.0	1,713	1,775	3.5
25	1,811	1,860	2.6	8.0	1,838	1,876	2.0
30	1,934	1,978	2.2	10.0	1,909	1,944	1.8
35	1,993	2,051	2.8	12.3	1,966	1,998	1.6
40	2,015	2,099	4.0	15.0	1,980	2,031	2.5
45	2,035	2,142	5.0				

実測爆速 =  $D_{obs.}$  理論爆速 =  $D_{th.}$   $\Delta D = D_{th.} - D_{obs.}$

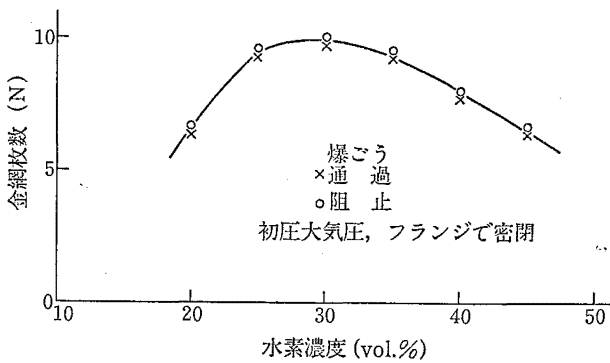


図 4 大気圧における水素濃度と爆ごう阻止金網枚数

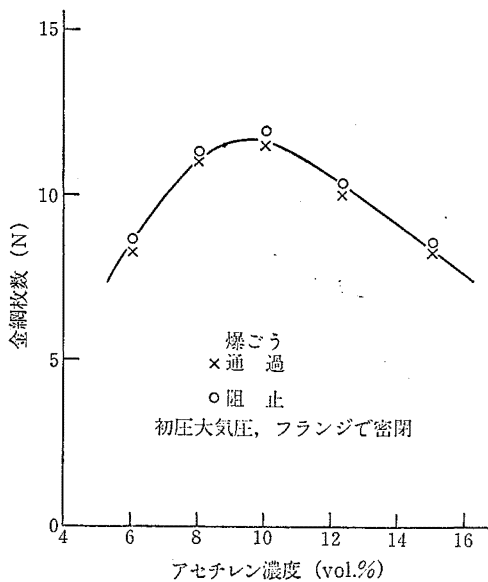


図 5 大気圧におけるアセチレン濃度と爆ごう阻止金網枚数

は、両者共に 25~30 枚の金網を要した<sup>3)</sup>。したがって、管路の拡大による爆ごうの中断を利用すれば、より少ない金網枚数で爆ごうを阻止できることがわかる。さらに、管路の拡大によって消炎素子の有効面積を増加させうるので、圧力損失を小さくすることがで

きるという利点がある。

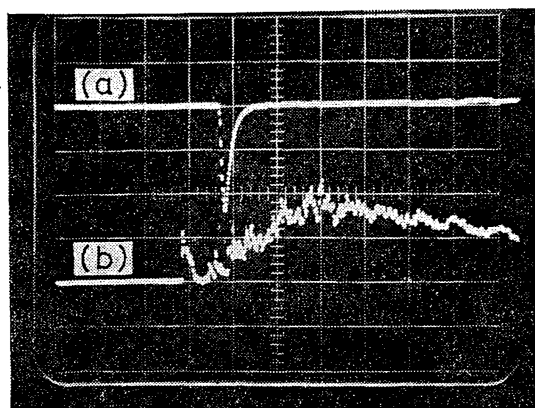
大気圧において、ガス濃度を変化させたときの 1 インチ管中での爆ごう速度の測定値 ( $D_{obs.}$ ) と理論爆速値 ( $D_{th.}$ ) を表 1 に示す。測定された爆速の理論値からのずれ ( $\Delta D/D_{th.} = (D_{th.} - D_{obs.})/D_{th.}$ ) は、水素では化学量論組成<sup>\*2</sup>の水素濃度 30% 付近で最も小さい。またアセチレンでは、アセチレン濃度 12.3% 付近で最も小さく、これは図 1 で示した爆ごうが最も中断しにくい濃度に一致している。このことは、理論爆速値からのずれの少ない爆ごう波ほど安定であることを示している。一般に水素を除く炭化水素では燃焼生成物が水と一酸化炭素のみを生ずると仮定したガス濃度の爆ごう波が最も安定であることが示唆されており<sup>6)</sup>、アセチレン 12.3% はこの濃度に相当している。一方図 5 に示されているように、アセチレンで最も爆ごうを阻止し難い濃度は 10% 付近であった。これは本実験では、爆ごうを一旦中断させて燃焼へと減衰したものを細隙で消炎させており、燃焼は通常の化学量論組成<sup>\*3</sup>よりやや濃いガス濃度で発熱量が最大となるので、アセチレンでは、10% 付近で最も阻止し難くなるものと思われる。

#### 4.2 管路拡大効果の検討

管路拡大による爆ごう波の減衰状態を調べるために、抑止器の管路拡大部側壁の対称の位置にイオンプローブ [図 3 のイオンプローブ (3)] とピエゾ圧力計を取り付け、両者の出力を同時にオシロスコープで観測した。この方法は、イオンプローブは火炎中のイオンによって出力するのに対して、ピエゾ圧力計は圧力変化に対して出力するので、火炎と衝撃波の相互の位

\*2 正確には、水素-空気混合ガスの化学量論組成は水素 29.5% である。

\*3 アセチレン-空気混合ガスの化学量論組成はアセチレン 7.7% である。



0.2ms/div. C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> 8%-空気, 初圧大気圧  
20V/div. イオンプローブの出力 (a)  
5.55 kg/cm<sup>2</sup>/div. ピエゾ圧力計の出力 (b)  
図6 抑止器の管路拡大部におけるイオンプローブとピエゾ圧力計による波形の同時記録例

置関係を調べるのに適している。

抑止器の拡大部をフランジで密閉したときの波形の例を図6に示す。この場合、初圧大気圧、アセチレン8%の定常な爆ごう波が速度1,838m/secで1インチ管中から4インチ管内へ突入している。ここで空間が急激に広がるため衝撃波と火炎の分離が起こる。これは図6でイオンプローブの出力と、最初の衝撃波との間に約175μsecの時間差が生じていることから推定される。抑止器の1インチ管の部分の出口から4インチ管壁の両検出素子までの間(距離70mm)における、衝撃波から分離した火炎の平均速度は250m/secにまで減少している。一方、同距離における衝撃波の平均速度も650m/secに減衰しており、側壁への衝撃圧力は6.4kg/cm<sup>2</sup>Gにまで低下しているが、その後の燃焼により拡大管内の最高圧力は、振動圧力のピーク値で12.5kg/cm<sup>2</sup>Gにまで上昇している。

水素30%、初圧大気圧の場合もほぼ同様の波形が得られた。1インチ管中での爆ごう速度の測定値は1,934m/secであったが、管路拡大後の平均火炎速度は280m/secに減少した。一方、衝撃波の平均速度は750m/sec、圧力は側壁で4.5kg/cm<sup>2</sup>Gにまで低下した。

このように管路の急な拡大によって、火炎速度および衝撃波の速度が定常爆ごう波の速度に比べて大幅に減少することがわかる。このような爆ごう中断特性を抑止器に応用する場合には、消炎素子である金網を爆ごう波の打ち込み方向に対して後方に置くことの効果非常に大きいものと思われる。金網が管路拡大端の

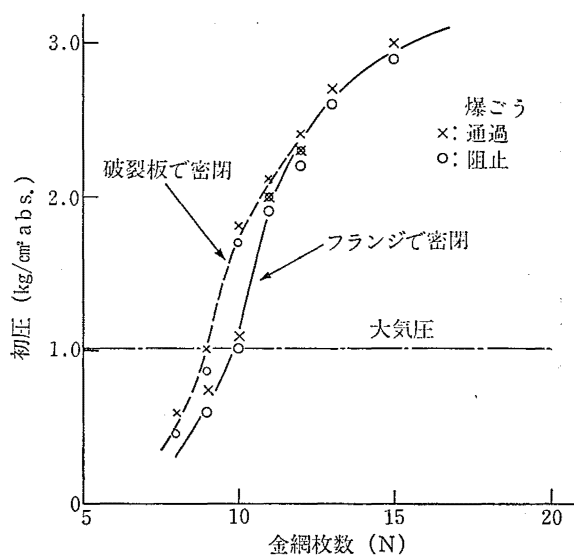


図7 金網枚数と爆ごうが阻止される最高初圧(水素30%の場合)

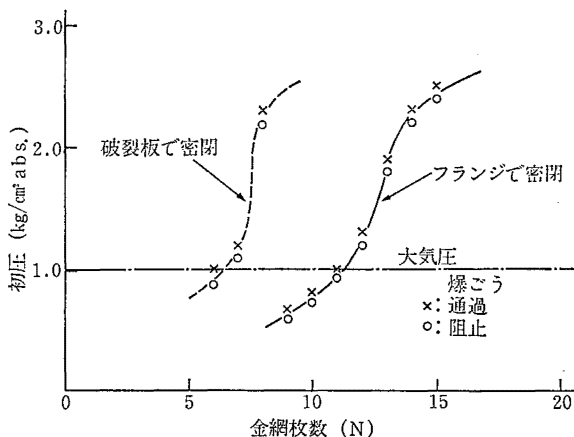


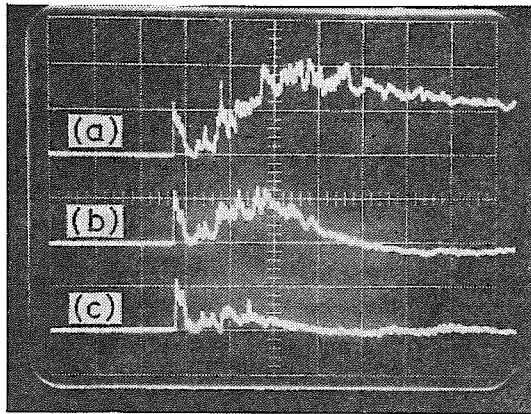
図8 金網枚数と爆ごうが阻止される最高初圧(アセチレン8%の場合)

前方にある場合についても実験を行ったが、この場合には管路拡大の効果は顕著ではなかった。

#### 4.3 破裂板の効果および初圧の響影

抑止器の管路拡大部上端にアルミ製、厚さ0.1mmの破裂板(rupture disk, 静的破裂圧力1.8kg/cm<sup>2</sup>G, 有効径115mm)を取り付けた場合と、フランジで密閉した場合の爆ごう波阻止性能を比較した。混合ガスは水素、アセチレン共に当量組成のものを用いた。それぞれの混合ガスについて金網枚数を変え、爆ごうが阻止される最高初圧を求めた結果を図7および図8に示す。

水素の場合には、初圧が低ければ、フランジで密閉した場合に比べて破裂板を使用したほうが金網枚数で



0.2ms/div., 5.55 kg/cm<sup>2</sup>/div. C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> 8%-空気, 初圧大気圧  
 (a) : フランジで密閉  
 (b) : 破裂板で密閉  
 (c) : 大気開放  
 図 9 抑止器の管路拡大部の密閉条件を変えたときの圧力波形の例

約 1 枚分阻止しやすいが、初圧 2 kg/cm<sup>2</sup>abs. 以上では破裂板の効果はほとんど認められなかった。一方、アセチレンの場合には、水素の場合と異なり、破裂板の効果は顕著であって、フランジで密閉した場合よりも 5 枚少ない金網で爆ごうが阻止されることがわかった。例えば、フランジで密閉した場合には、大気圧でアセチレン 8% の爆ごう波を阻止するには 12 枚の金網が必要であるが、破裂板を使用すれば必要な枚数は 7 枚に減じた。なお、いずれの場合にも、金網枚数と爆ごうを阻止しうる最高の初圧との関係は S 字型の曲線に変化し、初圧が爆ごう中断の限界初圧に近づくと、爆ごう中断の効果が弱くなり、金網枚数を増しても爆ごうが阻止される初圧は増加しなくなる。

次に、破裂板を使用した場合の効果を検討するために、抑止器の管路拡大部の密閉条件を変えたときの圧力変化を測定した。図 9 はその測定例であって、これ

らの波形はいずれもアセチレン 8%、初圧が大気圧の場合であるが、(a) は抑止器の管路拡大部上端をフランジで密閉した場合、(b) は厚さ 0.1 mm のアルミ製破裂板で密閉した場合、(c) は点火直前に上端フランジを取り除いて大気に開放した場合である。これらの圧力波形によれば、最初の衝撃波による圧力ピーク値は、拡大部の密閉・開放に関係なく一定 (6.4 kg/cm<sup>2</sup>G) であるが、その後の圧力変化には差が見られた。すなわち、密閉のときには振動圧力のピーク値は 12.5 kg/cm<sup>2</sup>G を示したが、大気開放のときはこの圧力は 3.4 kg/cm<sup>2</sup>G であり、破裂板を用いたときは両者の中間の圧力 6.8 kg/cm<sup>2</sup>G を示した。したがって、衝撃波通過後の燃焼による圧力上昇値が抑止器の阻止能力に影響するものと思われる。

水素の場合もほぼ同様の波形が得られたが、最初の衝撃波の圧力は 4.5 kg/cm<sup>2</sup>G、フランジで密閉したときの衝撃波通過後の振動圧力の最高値は 10.2 kg/cm<sup>2</sup>G、破裂板を使用したときの最高圧力は 6.0 kg/cm<sup>2</sup>G であった。これらの値はアセチレンに比べるといずれもわずかに低い値である。水素の場合に破裂板の効果が少ないのは、水素の密度が小さいので、水素-空気混合ガスの音速が比較的速くなることが要因であろうと思われる (大気圧、常温で当量組成の水素-空気混合ガスの音速は 409 m/sec、アセチレン-空気混合ガスの音速は 346 m/sec)。このため、管路拡大によって減衰した衝撃波の平均速度もアセチレンより 100 m/sec ほど速くなり (水素は 750 m/sec、アセチレンは 650 m/sec)、その結果破裂板があっても破裂板からの反射衝撃波が金網を通過しようとする火炎を強める結果になってしまったものと思われる。

拡大管の長さ  $L$  を 20 cm に変化させて同様の実験を行ったが、両混合ガス共に  $L$  が 15 cm のときとほぼ同様の曲線が得られ、爆ごう阻止性能に対する差は

表 2 初圧と爆ごう速度 (管径 1 インチ)

(a) 水素 30%-空気混合ガス				(b) アセチレン 8.0 %-空気混合ガス			
初 圧 (kg/cm <sup>2</sup> abs.)	$D_{obs.}$ (m/s)	$D_{th.}$ (m/s)	$\Delta D/D_{th.}$ (%)	初 圧 (kg/cm <sup>2</sup> abs.)	$D_{obs.}$ (m/s)	$D_{th.}$ (m/s)	$\Delta D/D_{th.}$ (%)
0.5	1,889	1,962	3.7	0.5	1,780	1,858	4.2
1.03	1,934	1,978	2.2	1.03	1,838	1,876	2.0
1.5	1,955	1,984	1.5	1.5	1,858	1,884	1.4
2.0	1,970	1,992	1.1	2.0	1,872	1,891	1.0
2.5	1,979	1,996	0.9	2.5	1,880	1,896	0.8
3.0	1,985	1,999	0.7				

実測爆速 :  $D_{obs.}$  理論爆速 :  $D_{th.}$   $\Delta D = D_{th.} - D_{obs.}$

ほとんど認められなかった。

当量組成の水素およびアセチレンについて、初圧を変化させたときの1インチ管中での爆ごう速度の測定値 ( $D_{obs.}$ ) と理論爆速値 ( $D_{th.}$ ) を表2に示す。測定された爆速の理論値からのずれ ( $\Delta D/D_{th.} = (D_{th.} - D_{obs.})/D_{th.}$ ) は、両混合ガス共に初圧が低いほど大きく、初圧が高くなると小さくなる。これは初圧が高いほど爆ごう波が安定であることを示しており、定常な爆ごう波では安定なものほど阻止し難いことがわかる。

#### 4.4 燃焼波および過大爆ごう波に対する阻止性能

実際の配管等における火炎伝播では、火炎伝播の形態としては定常な爆ごう波ばかりではなく、むしろ燃焼波として伝播することの方が多く、ときとして定常爆ごう波よりも大きい波面圧力と速度を有する過大爆ごう (overdriven detonation) を生ずることもある。

そこで、これらの火炎伝播形態の異なる場合に対する抑止器の火炎阻止性能についても確認しておく必要がある。それぞれの火炎伝播形態は、点火源の位置を変えることによって容易に得られる。すなわち、管端のスパイラル線の手前で点火すれば、スパイラル線を過ぎたところでは定常な爆ごう波が得られ、抑止器の管路拡大部の直前 (実験では 40 cm 手前) で点火すれば火炎の助走距離が短いので抑止器へ入る火炎は燃焼波のみとなる。抑止器の管路拡大部から爆ごう誘導距離と同程度の長さだけ手前 (実験では 125 cm 手前) で点火すれば、ちょうど爆ごうへ転移した直後の過大爆ごう波が抑止器の中へ打ち込まれることになる。

アセチレン 8% について、火炎伝播形態が異なる場合の抑止器の阻止能力を比較した結果を図 10 に示す。これらはいずれも抑止器の管路拡大部上端をフランジで密閉したときの結果である。火炎が燃焼波の場合は、初圧が低ければ定常爆ごう波より阻止しやすいが、初圧が  $2 \text{ kg/cm}^2 \text{ abs.}$  を越えると定常爆ごう波と同程度の金網枚数を要するようになる。これは抑止器へ入るまでは定常爆ごう波であったものも、抑止器の管路拡大部では燃焼波に減衰するので、初圧  $2 \text{ kg/cm}^2 \text{ abs.}$  付近で両者が一致するのは妥当な結果といえる。

一方、過大爆ごう波に対しては、その阻止は容易ではない。初圧が高いときには、これを阻止するには定

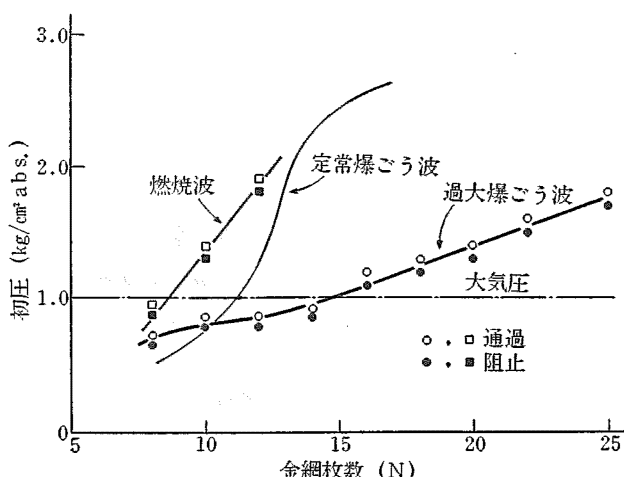


図 10 火炎伝播形態が異なる場合の金網枚数と火炎が阻止される最高初圧 (アセチレン 8% の場合)

常爆ごう波の場合よりも数倍の金網枚数を要する。初圧が低ければ、燃焼波に対する阻止能力と一致するが、これは点火位置を抑止器の手前 125 cm に固定して実験を行なったため、低い初圧では爆ごう誘導距離が長くなって、火炎は燃焼波のまま抑止器へ入ったことによるものである。

#### 4.5 ガス流動下での爆ごう阻止性能

以上はガスが静止状態での結果であるが、ガスが流動している場合についても実験を行なった。実験は、水素またはアセチレンと空気の流量を流量計で監視しながら当量組成の混合ガスを調整し、これを図 1 の配管の右側から送り込み、左側から大気中へ放出しつつ左側管端で点火した。抑止器上端はフランジで密閉し、混合ガスの流量を  $30 \text{ l/min.}$  から  $80 \text{ l/min.}$  まで変化させた。

その結果、いずれのガスおよび流量でも定常爆ごう波を阻止する能力は、ガスが静止のときと比べて差は見られなかった。これは爆ごう速度に比べてガス流速 ( $0.8 \text{ m/sec} \sim 2.2 \text{ m/sec}$ ) は無視しうるほど小さいので、爆ごう波の速度や圧力に対してガスの流動はほとんど影響しないためである。

しかしながら、爆ごう波はいったん阻止されるにしても、混合ガスが送給され続けているため、金網表面で継続的な一種のバーナー炎が保持され、そのままガスの供給を続けると、数 10 分後には金網が焼損して金網の表面温度がガスの発火点にまで上昇し、ついには未燃側への引火が起こる。バーナー炎が生じてから



引火が起こるまでの時間は、ガスの流量によって変化する。すなわち、ガスの流量が増すと発熱量も増加するが、未燃側の金網表面はガスの流入によって冷却されるので、引火するまでの時間はむしろ長くなると思われる。

この実験では、水素 30% 混合ガスを 30l/min. で流した場合、バーナー炎が生じてから 30 分後には未燃側の金網表面温度は 370°C にまで上昇したが、引火は起こらなかった。引火するまでの時間は、一般にガス流量のほか抑止器の大きさや構造にもよるが、燃料-空気系の混合ガスでは数分～数 10 分の時間が期待できそうである。したがって、この時間内に未燃ガスの供給を遮断できる何らかの装置があれば引火を防ぐことができる。具体的には、爆ごう波の衝撃圧または破裂板が破れるときの機械的な力を利用して弁を閉じる方法や、バイメタルまたは温度ヒューズなどで温度上昇を検知し、パネの力や磁石の力で弁を閉じる方法などが考えられる。また、抑止器の表面を示温塗料 (thermo-paint) などで塗装しておくのも補助的な手段として有効と思われる。

#### 4.6 抑止器の流量抵抗

細隙における消炎現象を利用したこの種の抑止器は、抑止性能が良くても、ガスの流通に対する抵抗が大きくては実用にならない。空気を流したときの抑止器による圧力損失を、金網の枚数を変えて測定した結果を図 11 に示す。抑止器の圧力損失は、金網の粗さと枚数および金網の有効面積に依存する。

本実験では、直径 1 cm の孔が 16 個開いた補強板で金網を挟んで使用したので、有効面積は  $\pi \times 0.5^2 \times 16 = 12.6 \text{ cm}^2$  である。この面積を増せば圧力損失を

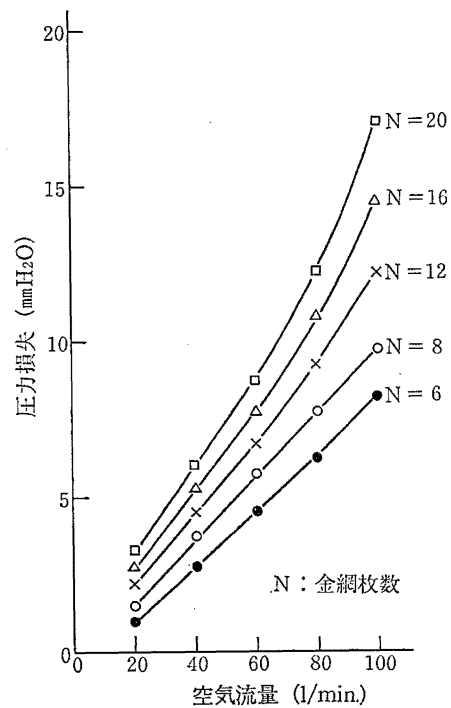


図 11 抑止器の圧力損失 (金網 100 メッシュ)

さらに減ずることもできるが、このままでも実用上支障のない流量抵抗であると思われる。

### 5. ま と め

アセチレン 8% の混合ガスについて、種々の条件下における抑止器の火炎阻止性能を比較したものを表 3 に示す。表からわかるように、爆ごうを直接阻止する方法に比べて、管路の拡大による爆ごうの中断を利用した抑止器は、より容易に爆ごう波を阻止することができる。さらに、このような抑止器は構造が簡単で製

表 3 管路拡大型爆ごう抑止器の阻止性能 (アセチレン 8%, 初圧: 大気圧)

阻止方法	火炎伝播形態	拡大部上端の状態	火炎阻止金網枚数
管路拡大型爆ごう抑止器	定常爆ごう	開放	5
	"	破裂板 (Al, 厚さ 0.1 mm, 破裂圧 1.8 kg/cm <sup>2</sup> )	7
	"	破裂板 (Al, 厚さ 0.2 mm, 破裂圧 6.2 kg/cm <sup>2</sup> )	8
	"	フランジで密閉	12
	燃焼 過大爆ごう	"	9
直接阻止	定常爆ごう	1 インチ管中で管路拡大がないとき	25~30 <sup>3)</sup>
	過大爆ごう	"	85~90 <sup>3)</sup>

作が容易であり、管路の拡大によってガスの流量抵抗を小さくすることができるという利点がある。

アセチレン、水素は、爆ごうを最も阻止し難いガスであるので、使用圧力を爆ごう中断の限界圧力よりも低く保持し、過大爆ごうの発生に対して注意を払えば、他のほとんどの燃料-空気系の混合ガスに対しても、このような抑止器を有効に適用できるものと思われる。

（昭 54.3.7 受理）

### 参 考 文 献

- 1) 産業安全研究所 技術資料 TN-76-9 (1977)
- 2) 産業安全研究所 技術資料 TN-77-5 (1978)
- 3) 産業安全研究所 技術資料 TN-77-8 (1978)
- 4) 産業安全研究所 研究報告 RR-20-5 (1972)
- 5) 産業安全研究所 研究報告 RR-22-2 (1973)
- 6) 産業安全研究所 研究報告 RR-26-4 (1978)

産業安全研究所技術資料

RIIS-TN-78-2

---

昭和 54 年 7 月 2 日 発行

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

---

---

UDC 614.839 : 534.222 : 536.46

爆発および爆ごう抑止器の実用化に関する研究 (第4報)

——管路拡大による爆ごうの中断を利用した爆ごう抑止器について——

松井英憲・林 年宏

産業安全研究所技術資料 RIIS-TN-78-2, 1~9 (1979)

管路の急激な拡大によって、管径がガス組成および圧力によって定まる限界値より小さければ、爆ごうが一時的に中断することを利用し、市販の金鋼を消炎素子とした爆ごう抑止器を試作した。その結果、アセチレンまたは水素と空気との混合ガスの爆ごう波および燃焼波に対して有効な消炎性能を示し、かつ圧力損失も十分小さくすることができた。さらに、爆ごう抑止器の管路拡大部に破裂板を用いたときの効果、およびガス流動下における抑止器の消炎性能についても実験を行なった。

(図 11, 表 3, 参 6)

---

UDC 614.839 : 534.222 : 536.46

**Research on Flame- and Detonation-Arresters (4th Report)**

**—Detonation-Arrester Model Based on Decaying of Detonation by Sudden Enlargement of Pipe—**

**by H. Matsui and T. Hayashi**

**Technical Note of the Research Institute of Industrial Safety, RIIS-TN-78-2, 1~9 (1979)**

A detonation arrester was designed based on the principle that a detonation decays into combustion wave when the pipe diameter is suddenly enlarged. The arrester was set and tested in 1 inch pipe line. A layer of 100 mesh stainless steel wire gauzes was used as a quenching element of the arrester.

It was found that the arrester was effective for quenching the detonations of acetylene-air and hydrogen-air mixtures. Using a rupture disk at the top of the arrester casing, less number of wire gauzes was required to quench the detonations. For the mixtures were flowing, ability of the arrester for quenching was also investigated.

(11 figures, 3 tables, 6 references)