

MAR. 1969

RIIS-RR-17-4

UDC 614.838

産業安全研究所研究報告

RESEARCH REPORT OF
THE RESEARCH INSTITUTE OF INDUSTRIAL SAFETY

RR-17-4

火炎防止器の *n*-ヘキサンに対する
消炎性能について

駒 宮 功 額

労働省産業安全研究所

MINISTRY OF LABOUR
THE RESEARCH INSTITUTE OF INDUSTRIAL SAFETY

火炎防止器の *n*-ヘキサンに対する消炎性能について

駒 宮 功 額*

The Quenching Ability of Flame Arresters for *n*-Hexane

Kougaku Komamiya*

For the prevention of unwanted fires and gas explosion disasters in chemical industries, flame arresters are used mounting on oil tanks or other similar installations. However, their effectiveness has not been well established in experiments.

The writer made an investigation into the quenching abilities of flame arresters used in practice on his bench.

The experimental equipments are shown in Fig. 1. Inflammable gases used were *n*-Hexane/air mixtures. The concentration of which were determined with an interferometer having the length of gas chamber of 48 mm, taking a value of 1.002032 for the refractive index of hexane. The constituting wires of arresters were made of stainless steel having a nominal size of S. W. G 26 and mesh of 16.

The directions of flame propagation were selected upwards and downwards.

The quenching ability of the arresters obtained in the experiments are shown in Fig. 4 to 6 from which some knowledges on the effectiveness and design of flame arresters are available.

1. 緒 言

石油タンクのような可燃性液体を貯蔵する容器などの上端に通気孔が設けられているが、そのような開口部からの火炎の侵入による容器の火災爆発事故を防ぐため金網を主体にした火炎防止器が古くから用いられている。また、可燃性ガスを取り扱う各種装置の配管途中にも、金網をはじめ焼結金属、多孔板、セラミックなどを主体にした火炎防止器が酸化爆発や分解爆発の伝播を防止するため広く用いられている。

このような炎の伝播防止については、多くの研究が行なわれ、火炎防止器の設計に用いることが可能な報告も発表されている¹⁾。しかし、ここで用いたような目の粗い金網で、しかも形状が複雑なときにその消炎性能を理論的に判定することは困難である。

しかも、近年石油系可燃性液体の大形貯蔵容器が増加しているが、それに取付けられている通気孔内の金網を主体としたここで用いたような火炎防止器の消炎性能に関する研究は、メタン配管途中に金網を取付け爆発炎を消炎する報告²⁾しか見られないようである。そこで実用面からその消炎性能について、石油系可燃性液体として化学的性質も石油を代表できるものと思われ、かつ入手しやすい *n*-ヘキサン (以下ヘキサン) を用い実験を行なったので報告する。

2. 実 験

2.1 装置と材料

実験に用いた装置は Fig. 1, 2 に示したが、火炎防止器外わくは鑄鉄製、爆発室及び引火室は内径 80 mm 外径 90 mm の鋼管であり、配管はブロー接続部の塩化ビニルホース以外はすべて鋼管である。爆発室の長

* 化学課 Chemical Section

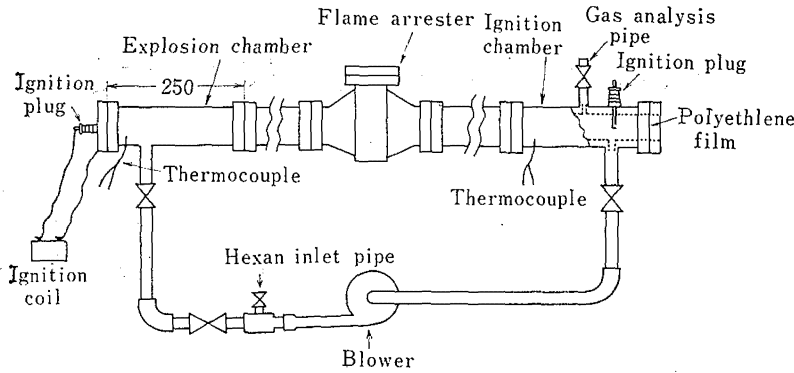


Fig. 1 Schematic diagram of quenching ability test apparatus 火炎防止器性能試験装置

さは液体のヘキサンから可燃性ガスを発生させるため時間を要すること、実験上金網の点検の必要なことなどから、ここでは 50 cm とした。また、引火室の長さが短いと、爆発室で爆発したときに引火室が引火しなくとも、金網を通過して侵入する跡ガスのため、熱電対の温度上昇やポリエチレンフィルムの破損を生ずるので 25 cm 以上とし、実験装置の都合上主として 50 cm で行なった。火炎防止器内部は Fig. 3 に示したが、わくとスペーサはステンレスで、金網はスペーサに取り付けられており、ボルトでわくに固着されている。金網は 16 メッシュ、S. W. G 26, 0.457 mm で、ステンレス、銅及び塩化ビニルの 3 種を用意した。この金網はヘキサンで洗浄した上、乾燥させ表面の汚染物を除いた。そして適当な枚数の金網をわくに入れボルトで固着し、火炎防止器本体を組立てた。なお金網の枚数が少ないときには、ゆるめないように適当数のスペーサを入れた。この火炎防止器本体を鋳鉄製の外わく内部に入れ、木製くさびで固定し、外ぶたをボルトで締め火炎防止器全体を組立てた。

この装置にはこのほか火炎伝播を確認するための銅、コンスタンタン熱電対（直径 0.3 mm）、点火用の自動車用プラグ、ヘキサンガス混合用のブロワ等が付属している。

可燃性液体には試薬一級のヘキサンを用いた。また文献²⁾と比較するためメタン（99%以上）も用意した。これらのガス濃度は干渉計形ガス分析計（有効ガス室の長さは、ヘキサン 3%未満は 48 mm, 同じく 3%以上は 24 mm, メタン 10%未満は 120 mm）を用い分析した。なお、ヘキサンの屈折率は 0°C, 1 気圧で 1.002032⁹⁾ と記載されているが、既知濃度のヘキサン—空気混合ガスを作り検定した。また、メタンは屈折率 1.0004418 で目盛った干渉計を用い、検定は省略し

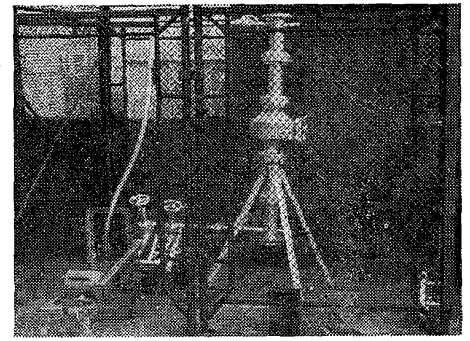


Fig. 2 The experimental equipments for (downward propagation) 実験装置（下方伝播）

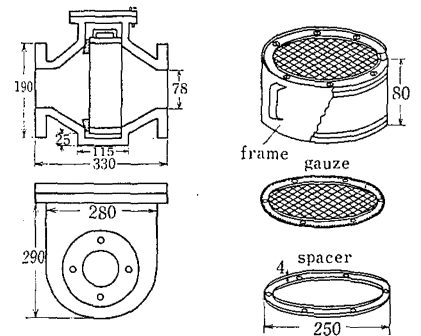


Fig. 3 Construction of flame arrester 火炎防止器の構造

た。このようなガス分析を実施した理由は、装置内のさびやブロワの潤滑油などにヘキサン蒸気が吸収または吸着され、装置内容積に対し計算量のヘキサンを滴加しても、希望した濃度の混合ガスが得られなかったためである。

2.2 操 作

まず配管の末端にポリエチレンフィルム（厚き 0.03 mm）を張り、装置を密閉する。次にブロワに取付けた塩化ビニルホースの一端をはずし、1 分間ブロワを運転して装置内を空気パージする。パージ終了後再び塩化ビニルホースを取付け、ヘキサンの任意容量を注射筒で装置内に滴加する。そしてヘキサンを気化させるためブロワを 3 分間運転し、同時に空気と混合させた。メタンの場合には湿式ガスメータを通してガス分析口より送入手、ヘキサンと同じように混合した。ブロワの運転が終了とガス分析計でガス濃度を測定し記録した。そしてガス循環系統のバルブを閉じ、インダクションコイルに通電して着火させた。着火後は引火室の温度を記録し、さらに火炎防止器本体を取出して金網の外観、温度などの変化を点検した。そして次の

実験を行うため再び火災防止器本体を外わく内に取り付け、プロワで跡ガスを空気と置換するとともに、金網を冷却した。

3. 結 果

消炎性能の判定は引火室の熱電対の温度上昇（気温と引火室の温度差）によった。これはガス組成で異なるが金網を入れない空実験の爆発では 50~70°C、金網を取付けたときに火災伝播すると 20~50°C、火災を阻止したときには 0°C であった。ただし Fig. 4, 5 のような爆発室側の火災防止器の断面が凹形るときには、消炎するか否かの限界付近で 5~10°C という温度差を示すことが多かったが、この場合は火災が伝播したものと判定した。なお、火災が伝播せず、さらにポリエチレンフィルムが破れなかった場合に、引火室内の爆発跡ガスを分析したが、例えばヘキサン 3.8% のときには酸素 19~20% であった。また、そのとき爆発室では 6~7% の酸素濃度を示していた。

一定のガス濃度と金網枚数に対する消炎性能の決定は、火災伝播のときには 1 回の引火で引火したものとした。しかし、火災を阻止したとき（金網が火災を消した場合）には、連続して 5 回実験を行ない、火災を阻止したときを非引火とした。5 回とした理由は、予

備実験では 5 回非引火のものをさらに続いて 5 回実験しても非引火であったこと、着火源の位置などの実験条件が実際に予想される場合より過酷であること、などである。

次にステンレス金網の枚数とヘキサン濃度による火災の伝播範囲を求めた結果を Fig. 4~6 に示した。

この実験条件は爆発室、引火室とも 50 cm で、火災の伝播方向は Fig. 5, 6 が下方、Fig. 4 が上方伝播であり、また爆発室側の火災防止器の断面が爆発室に対し Fig. 4, 5 は凹形、Fig. 6 は平面である。

金網の材質による影響は次のような条件で求めた。

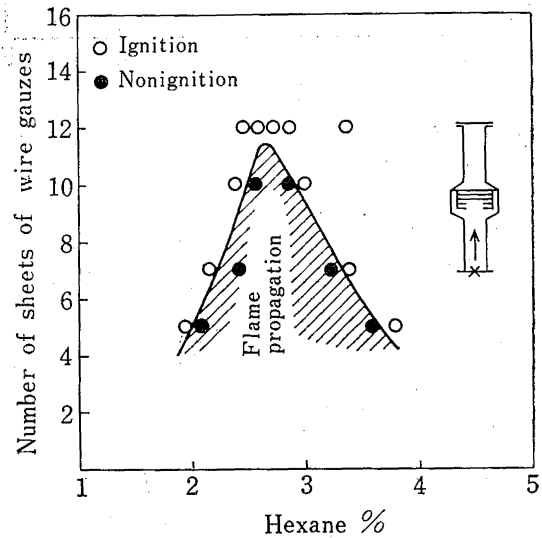


Fig. 4 Effectiveness of arresters with upward propagation for *n*-hexane/air mixtures. 上方伝播実験結果

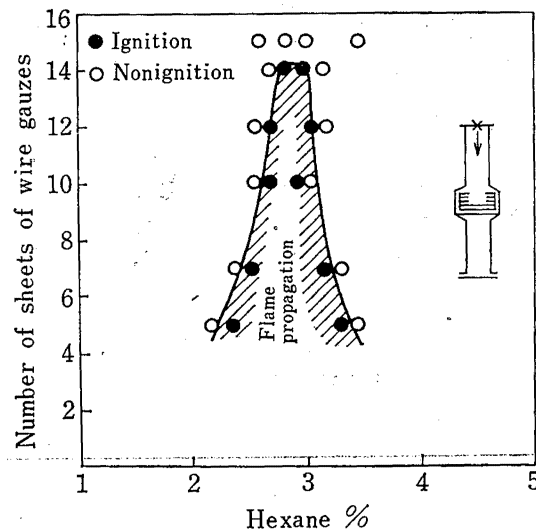


Fig. 5 Effectiveness of arresters with downward propagation for *n*-hexane/air mixtures. 下方伝播実験結果

Table 1 Comparison of quenching ability between stainless steel and copper gauze for *n*-hexane/air mixtures. 消炎性能の金属による影響（金網数 5 枚，上方火災伝播）

Concentration of Hexane/air (vol. %)	Stainless		Copper	
	Ignition	Non-ignition	Ignition	Non-ignition
1.6	0	2		
1.7				
1.8			0	2
1.9	0	5	0	5
2.0	2	0	2	3
2.1				
2.2	2	0	2	0
3.6	2	0		
3.7	2	0		
3.8	0	5	2	0
3.9			0	5
4.0			0	2

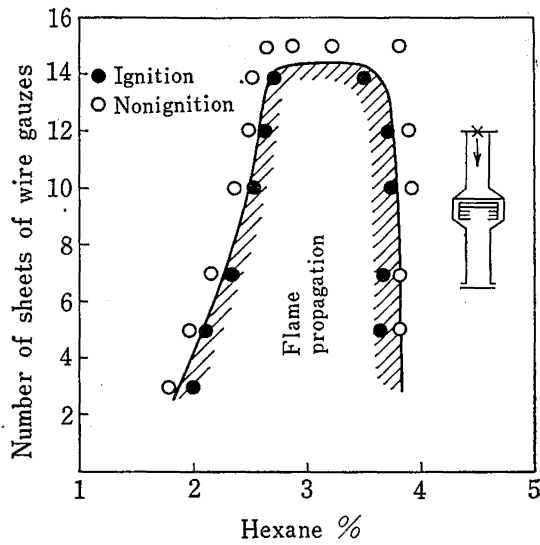


Fig. 6 Effectiveness of arresters with downward propagation for *n*-hexane/air mixtures.

下方伝播実験結果

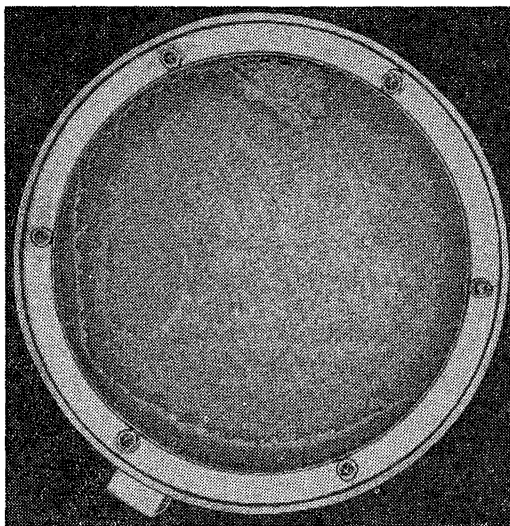


Fig. 7 Fifteen sheets of vinylchloride gauzes shown to have the quenching ability for 2.3% *n*-hexane/air mixtures. 火炎を阻止した塩化ビニル網 (ヘキサン 2.3%, 網15枚)

Table. 2 Effectiveness of quenching ability for methan/air mixtures.

メタンの火炎伝播範囲

Number of Sheet	3	5
Downward propagation	8.2~ 9.6%	Non-ignition (9.0%) (9.5%)
Upward propagation	8.2~10.2%	Non-ignition (8.5%) (9.0%) (9.5%)

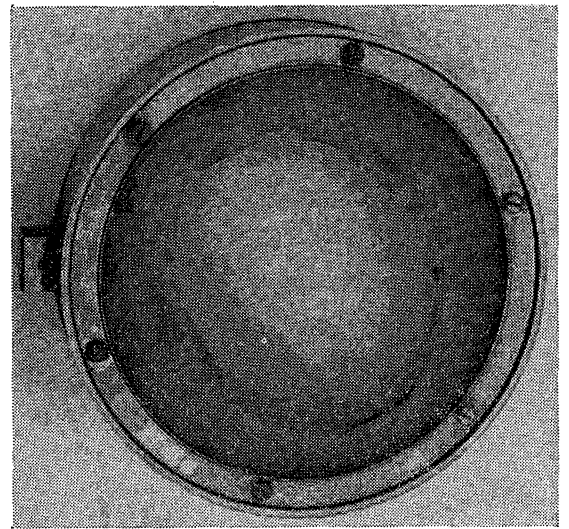
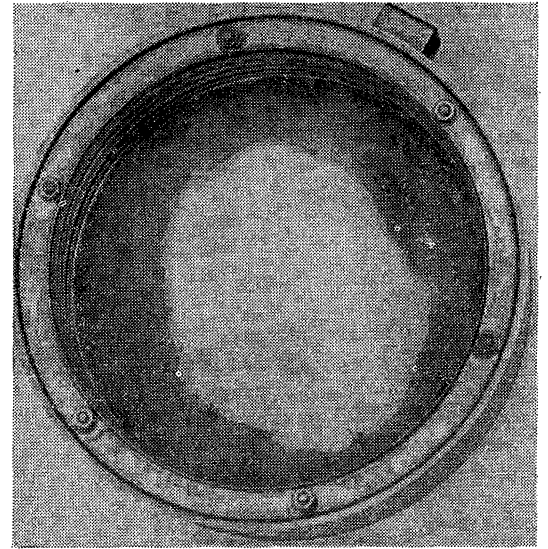


Fig. 8 Five sheets of vinylchloride gauzes to have not the quenching ability for 2.3% *n*-hexane/air mixtures. 火炎を伝播した塩化ビニル網 (ヘキサン 2.3%, 網 5枚) 上-爆発室側, 下-引火室側

すなわち、上方火炎伝播、火炎防止器の断面が爆発室に対し凹形、引火室 25 cm、爆発室 50 cm、で金網数は 5 枚であった。この結果は Table 1 に示したが、ステンレスでは引火範囲がヘキサン濃度 2.0~3.7% で、銅では 2.0~3.8% であった。また塩化ビニル網による火炎の阻止と伝播の際の破損状態を Fig. 7, 8 に示した。

Fig. 7 は爆発室、引火室とも 25 cm で、水平火炎伝播、火炎防止器の断面が爆発室に対し凹形、網数 15 枚、ヘキサン 2.3% で火炎を阻止したものである。なお網の破損程度は爆発室に対し 1 枚目はほぼ完全に融

け、2枚目が一部融けただけで、3枚目から15枚目は変化が見られなかった。Fig. 8は爆発室引火室とも50 cmで、上方火炎伝播、火炎防止器の断面が爆発室に対し凹形、網数5枚、ヘキサン3.8%で火炎を伝播したものである。なお網は5枚全部が融けた。

次にメタンに対する金網の消炎性能実験が報告²⁾されているので、メタンを用い実験を行なった。条件は爆発室、引火室とも50 cmで、上方及び下方火炎伝播、火炎防止器の断面が爆発室に対し上方伝播では凹形、下方伝播では平面、ステンレス金網であった。その結果をTable 2に示した。

4. 考 察

火炎防止器の消炎性能は混合ガスの火炎伝播速度により定まるが、この速度は可燃性ガスの種類、混合ガスの組成、爆発室の長さや大きさ、点火位置など多くの影響を受ける。したがって火炎伝播速度を変化させて消炎性能を調べることが望ましいが、ここでは実用的な性能を知ることが目的としたので、混合ガスの組成と火炎伝播方向のみを変化させて実験した結果、次のようなことが考察された。

(1) Fig. 4, 5のように火炎防止器の断面が爆発室に対し凹形（この状態でタンクなどに取付けられている）のときには、金網枚数の増加とともに火炎を阻止する混合ガス範囲が狭くなり、金網15枚ではいかなるヘキサン濃度の混合ガスの火炎をも消炎した。そして最も火炎を伝播しやすいヘキサン濃度は約2.6~2.9%で、これはヘキサンが示す最高爆発圧力の2.5~3.0%にほぼ一致している。なお、爆発条件として一般に上方火炎伝播の場合が過酷であるが、この場合には上方より下方伝播の方が予想に反して消炎性能が悪かった。この原因を今回の実験結果より推定することは不可能であるが、金網を通過する爆発炎の形状の影響が考えられる。

(2) Fig. 6のように火炎防止器の断面が爆発室に対し平面であると、ヘキサン濃度3.0%以下の場合には金網枚数の増加に対し、火炎を阻止する混合ガス濃

度範囲が狭くなるが、3.0%以上の場合には不規則な結果を示した。これは図に示さなかったが上方伝播の場合にも同じ傾向を示した。したがって、火炎防止器の断面形状は、火炎阻止性能に影響を与えるものと考えられる。

(3) 熱伝導率の高い銅と、それより低いステンレスを用い火炎阻止性能を比較したが、差は認められなかった。また、塩化ビニルのような金属と比較してはるかに熱伝導度の低く、かつ融点の低いものでも、1回限り火炎を阻止することが可能である。

(4) ヘキサンとメタンとでは、メタンの方が容易に火炎を阻止できたが、これはメタンの消炎距離がヘキサンより大きく、またメタンの燃焼速度がヘキサンより小さいためと思われる。なお、Table 2の結果と文献²⁾の結果とを比較すると、今回の実験の方が火炎阻止範囲が狭かった。これはこの実験では爆発室が50 cmであり、斎藤氏の装置より短かったため、火炎伝播速度が遅かったものと思われる。

(5) 塩化ビニルのような融点の低い材料を用いることにより、火炎防止器を通過しようとする火炎を立体的に調べることの可能性が明らかとなった。

5. 結 語

以上の実験条件内において、現在石油などの通気孔に用いられている16メッシュ、S.W.G 26、15枚の火炎防止器は、ヘキサンのあらゆる混合組成に対して連続して火炎を阻止する性能が認められた。また、ヘキサンと化学的に性質の類似している石油系可燃性ガスに対しても、同じような性能があるものと考えられる。ただし、金網の形状が爆発室に対して図6のような場合には、ヘキサン濃度が燃料過剰の場合の消炎性能が不規則であったため、たとえ消炎距離と燃焼速度が類似していても、化学的性質の異なる可燃性ガスに対してこの結果を全面的に適用することは危険と思われる。

なお、この実験は小島バルブ(株)の協力を得て行なったので、記して謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) Ministry of Labour "Guide to the use of flame arresters and explosion reliefs", New series No. 34, (1965)
- 2) 斎藤与四郎 "ガス炭じん爆発伝播防止の研究 (I) ガス輸送管爆発伝播の防止 (1)", 資源技術試験所北海道支所研究報告第20号, pp. 16~22, (昭和33年)
- 3) 辻, 大島他, "ガス物理分析法" 日刊工業新聞社, pp. 66 (1956)
- 4) National Fire Protection Association, "Guide for Explosion Venting" (1957)

(昭和43年12月23日受付)

本書刊行にあたって

本書は従来、労働省産業安全研究所において刊行、関係方面に頒布されていたものであるが、これだけの貴重な研究資料の配布が限られた範囲内だけに止まっていることは、いかにももったいないという声もあり、この入手方法などの問合せもあったので、当中央協会としては、労働省産業安全研究所の諒承を得て昨年より広く頒布することとしたのである。関係各方面のご活用を期待致します。

昭和 44 年 3 月

中央労働災害防止協会

産業安全研究所研究報告 RIIS-RR-17-4

昭和 44 年 3 月 25 日

著 者 労働省産業安全研究所

東京都港区芝5丁目35の4

電話 (03) 452-6841 番 (代)

© 中央労働災害防止協会 1969

UDC 614.838

火炎防止器の *n*-ヘキサンに対する消炎性能について

駒宮功額

産業安全研究所研究報告

RIIS-RR-17-4, 1~5 (1969)

石油タンクなどに火炎防止器が設けられているが、その消炎性能は実験で確かめられていないまま使用されている例が少なくない。そこで実際に用いられている火炎防止器の消炎性能について実験を行なった。この結果 16 メッシ、SWG 26, 15 枚のものであれば *n*-ヘキサンのあらゆる爆発性混合ガスに対し連続して火炎を阻止することを認めた。

(表 2, 図 8, 参 4)



UDC 614.838

The Quenching Ability of Flame Arresters for *n*-Hexane

K. Komamiya

The Research Institute of Industrial Safety

RIIS-RR-17-4, 1~5 (1969)

Flame arresters are mounted on oil tanks or other similar installations. However, their effectiveness has not been well established in experiments.

An investigation has been made into the quenching abilities of flame arresters being used in practice.

The flame arrester consists of mesh, s. w. g. 26, and 15 plates of the wire gauzes stopped flame propagation for *n*-hexane/air mixtures having concentrations between the explosion limits.

(2 Tables, 8 Illus. 4 Refs.)

