RIIS-RR-26-4 UDC 662.61 : 534.222

產業安全研究所研究報告

RESEARCH REPORT OF THE RESEARCH INSTITUTE OF INDUSTRIAL SAFETY

RR-26-4

管中の平面爆ごう波を起爆源とする 球面爆ごう波の生成

松井英憲

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

管中の平面爆ごう波を起爆源とする

球面爆ごう波の生成*

松 井 英 憲**

Direct Initiation of Spherical Gaseous Detonations Initiated by a Planar Detonation in the Tube

by Hidenori Matsui

The critical diameter for direct initiation at atmospheric pressure was determined by extrapolation of the experimental relation between critical initial pressure for direct initiation and the tube diameter. The energies for direct initiation were calculated from the critical diameter data and the detonation properties using simple initiation model.

The results lie between 10^{-3} and 10^4 joules within the whole experimented gas systems and compositions. Comparisons with existing data from exploding wire and electrical spark indicate that the present results are more than one order smaller than those of exploding wire or electric spark. This may arise from the fact that the critical energies using exploding wire or electric spark is not based on the effective energy but on the total stored energy ($E_T=1/2 \ CV^2$). However, the present data show a good agreement with the results obtained from detonator based on the chemical energy. This suggests that the energy transfer mechanism for these two types of igniter is almost same.

For hydrocarbon mixtures it is indicated that the critical energy takes on minimum value that are widely displaced from the stoichiometric composition for combustion to CO_2 and H_2O ; instead they are fairly close to composition corresponding to combustion to CO and H_2O .

Minimun critical initiation energy for direct innitiation of spherical detonation in fuel-air mixtures without acetylene are estimated at above 10⁴ joules.

* 日本化学会第36春季年会 (Apr. 1977) において一部発表

** 化学研究部 Chemical Engineering Research Division

1. 緒 言

解放空間において, 大量の可燃性ガス雲 (unconfined vapor cloud) が形成されているところへ, 強い 衝撃波を伴った点火源を与えてやれば、可燃性ガス雲 は、点火源から直接に爆ごう波となって周囲へ伝播し うる1~3)。この場合点火源から波面が球状に広がって いくので、 これ を球面ガス爆ごう波 (spherical gaseous detonation) と呼んでいる。爆ごう波を直接に 起しうるような強い衝撃波を生ずる点火源としては, 強力な電気スパーク,火薬類の爆発,超音速での物体 の衝突、管中の爆ごう波の打ち込みなどがある。この 場合、点火源は定常な爆ごう波における衝撃波より強 い衝撃波を生ずる必要があるから、爆ごうの直接起爆 には,限界のエネルギー (critical direct initiation energy) と限界のエネルギー密度 (critical power) が存在する4~5)。直接起爆限界エネルギーは、可燃性 ガスの爆ごうし易さを評価する上で重要であり、従来 多くの研究者によって種々の方法で測定がなされてい る6~9)。しかしながらお互いの結果には測定方法によ って大きな差が見られる。これは直接起爆の過程が点 火源から生ずる衝撃波の気体力学的流れ過程と化学反 応過程に依存しているため、点火源の種類や特性、形 状などによって大きく影響されるからである10)。また 得られたデーターは、多くの場合燃料~酸素混合ガス についてのものであり、実際上必要な燃料~空気混合 ガスについてのデーターはほとんど見当らない。これ は燃料~空気混合ガスでは直接起爆限界エネルギーは

かなり大きく、定量的に測定することが難しいためで

RIIS-RR-26-4

かなり入さく、企重的に測定することか難しいためである。

本研究では,管中の平面爆ごう波を点火源として用 い,広い空間でのアセチレン〜空気;エチレン〜酸素, 〜窒素;プロパン〜酸素,〜窒素;水素〜酸素,〜窒 素;メタン〜酸素混合ガスを直接に起爆させることに よって,爆ごう波が直接に生ずる限界の管径から気体 力学的に起爆限界エネルギーを算定することを試み た。この方法では,比較的容易に球面爆ごう波を直接 に起させることができ,点火源が起爆される広い空間 のガスと同じ組成の一次元平面爆ごう波であるから, その特性が一定であるという利点がある。

実験装置および方法

実験装置の概略を Fig. 1 に示す。実験に使用した 起爆用の爆ごう波管は,主として長さ 300 cm の一般 にガス管と呼ばれる呼び径 2 インチ (内径 5.3 cm)の 配管用炭素鋼管を用いた。これを長さ 20.8 cm の8 イ ンチ拡大管 (内径 20.5 cm) にフランジで接続した。 この場合,爆ごう波管と拡大管の内径の比が約 4 倍あ れば,拡大管の管壁の影響は無視しうる¹¹⁾。これは直 接起爆の可否は,点火源近傍だけの過程に依存するか らである。この爆ごう波管と拡大管へ,分圧法によっ てあらかじめ調整した混合ガスを導入し,爆ごう波管 の管端においてニクロム線ヒータで着火した。爆ごう 波管内では,中に挿入してある金属スパイラル線の効 果で火炎は乱され,直ちに一次元の平面爆ごう波へ転 移する。これを拡大管中へ打ち込み,拡大管中での波



面速度,波面圧力を測定して,拡大管中で爆ごう波が 生ずる限界の初圧を各混合ガスについて測定した。ガ スの濃度は光干渉計型ガス濃度計で検定した。 アセチレン〜空気混合ガスの数種のガス濃度について

は, 爆ごう波管の管径が1インチ (内径 2.76 cm), 1/2インチ (内径 1.61 cm)の場合についても同じく直 接起爆の限界初圧を測定し,爆ごう波管の管径と起爆 限界初圧の関係を求めた。次いでこの関係を大気圧ま で外挿し,大気圧における起爆限界管径を求め,この 値を使って拡大管中での球面ガス爆ごう波の起爆限界 エネルギーを気体力学的に算定した。

波面速度の測定は、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知し、この出力をユニバー サルカウンタの時間間隔測定機構へ入力して各プロー ブ間の平均波面速度を測定した。拡大管での波面圧力 は半導体型圧力変換器で測定した。なお実験は隔離さ れた耐爆室内のピット中で行った。

3. 起爆限界エネルギーの算定

各混合ガスについて,大気圧において爆ごう波管中 の平面爆ごう波によって拡大管中のガスを直接起爆さ せうる限界の管径(*d_{cr}.*)データーをエネルギーに変 換するために以下のモデルを仮定した¹⁰⁾。この時の状 況を Photo. 1, Fig. 2 に示す。

管中の平面ガス爆ごう波が管端から出る時に,広い 空間の未燃ガスへ与えるエネルギーは,広い空間の未 燃ガスと管端から噴出する燃焼生成ガスの接合面によ ってなされる仕事で評価される。すなわち

$$E = \int_0^t P \cdot U \cdot A dt, \quad A = A(t)$$

ここでPは波面圧力,Uは粒子速度,Aは接合面の面 積を表わす。限界条件下では、広い空間での爆ごう波 は常に管の中心軸上,管端から管径の距離だけ進んだ 位置で生成することが実験的に観測されている。(Photo. 1 参照) これは管中の平面爆ごう波は管端を過ぎ ると急に広い空間へ出るため,管の半径方向を管端の エッヂから管の中心軸へ向って音速 c で進む希薄波に よって減衰させられる。ここで通常は爆速Dが音速 cの約2倍であるから希薄波が管端エッヂから管軸まで 到達した時には,管端から出た爆ごう波の先端は丁度 管の半径の2倍,すなわち管径の距離だけ進んでいる ことになる。この時最初管端にあった燃焼生成ガス粒



Photo. 1 Still photograph of 2C₂H₂+3O₂ detonation in a flat channel at 30 mmHg initial pressure 拡大平管中における爆ごう波生成静止写真



Fig. 2 Schematic diagram of model for initiation of spherical detonation fired by a planar detonation 管中の平面爆ごう波による球面爆ごう波の直 接起爆モデル

子はUだけ進んで広い空間の未燃ガスに対してエネル ギーを与えることになる。つまり希薄波が管の中心軸 へ到達するまでに管端から放出されたエネルギーのみ が起爆に有効に働くものと考えることができる。すな わち $t \simeq d_{cr}$./2 c となる。ここで P t P_{C-J} , U t U_{C-J} で与えられる。添字 C-J t Chapman-Jouguet 爆ご う波に相当する値であることを示す。任意の時間 t に おいて、管軸付近の平面爆ごう波の未減衰面積 A t, $A = \pi r^2 = \pi (ct)^2$ で示される。従って妥当と思われる 有効な起爆限界エネルギーは以下のようになる。

$$E = \int_{0}^{d_{cd}/2c} P_{C-J} \cdot U_{C-J} \cdot \pi(ct)^{2} dt$$

= $\frac{\pi \cdot P_{C-J} \cdot U_{C-J}}{24 c} \cdot d_{cr}^{3}$ (1)

この式によって起爆限界管径 d_{cr} . を等価のエネルギーへ変換することができる。

実験結果および考察

4.1 直接起爆限界条件の判定

拡大管中のガスが爆ごう波管からの平面爆ごう波に

- 3 -

- 4 -

Table 1Variation of wave velocity when acetylene-air mixtures in the 8" larger vessel
are fired by a planar detonation in the 2" tube
2" 爆ごう波管中の爆ごう波を 8" 拡大管へ打ち込んだ時の平均波面速度変化(アセチレ
ン~空気)

Acetylene concentration [vol. %]	Critical condition			Sub-critical condition		
	Initial pressure [kg/cm²abs.]	Deto. vel. in 2" tube [m/s]	Deto. vel. in 8" vessel	Initial pressure [kg/cm²abs.]	Deto. vel. in 2" tube [m/s]	Flame vel. in 8" vessel [m/s]
7.0	4.8	1882	1548	4.7	1876	548
7.7	3.0	1899	1553	2. 9	1900	557
8.8	2.1	1949	1505	2.0	1946	564
9.6	1.8	1965	1588	1.7	1964	564
10.8	1.6	1987	1686	1.5	1984	545
12.5	1.5	2017	1697	1.4	2013	410
14.5	1.6	2052	1663	1.5	2047	424
16.4	1.8	2052	1591	1.7	2038	407
19.0	3.0	2014	1602	2.9	2003	387

よって直接に起爆されたか,あるいは爆燃であったか は、爆ごう波管端から拡大管の管端までの平均波面速 度から容易に判定することができる。Table 1 にア セチレン~空気混合ガスの種々濃度について、2 イン チ爆ごう波管中の平面爆ごう波を8 インチ拡大管へ打 ち込んだ時の平均波面速度変化を示す。この表から分 るように、拡大管中の平均波面速度は、拡大管内にお いて爆ごうが生じた場合には、爆ごう波管中の平面爆 ごう波速度の約80%に減速するのみであるが、爆ごう が生じなかった場合には、約20~30%にまで減衰して しまう。 イオンプローブの出力波形の例を Photo. 2-a に示す。上の波形は拡大管で爆ごうが生じなかっ た場合を示しており,下の波形は拡大管で爆ごうが直 接に起爆された場合を示している。

管壁に取り付けた圧力変換器の出力波形の例を Photo. 2-b に示した。一番上の波形は拡大管で爆ご うが生じなかった場合で、この時は相当の時間遅れの 後にゆるやかな圧力上昇を示し、その後に反射衝撃波 によるやや高い圧力ピークが見られる。中の波形は、 上の波形と同様の位置で最初の小さな圧力上昇の後に 急激な圧力の立ち上りが見られる。これは拡大管の先 端からの反射衝撃波によって拡大管中で爆ごうが生じ たものであり、直接起爆ではない。一番下の波形は、 最初からするどく高い圧力上昇が見られ、この場合は





4.2 爆ごう波管の管径と起爆限界初圧の関係

燃料〜酸素混合ガスについては、爆ごう波管の管径 と球面ガス爆ごう波の直接起爆限界初圧との間には、 両者を対数プロットすると直線関係が得られることが 確かめられている¹¹⁾。ここでは同様の関係が燃料〜空 気混合ガスの場合にも得られるかどうかを確認するた めに、空気中のアセチレン 濃度8.8%および12.5%に ついて、爆ごう波管の管径を1インチ(内径 2.76cm) および 1/2 インチ(内径 1.61cm) に変化させた時の 起爆限界初圧を測定した。これらの結果および文献 11)の結果をあわせて Fig. 3 に示す。これらの結果 からアセチレン〜空気混合ガスの場合も、燃料〜酸素 混合ガスの場合と全く同様の関係を示すことが確かめ られた。すなわち、爆ごう波管の管径 d と起爆限界初 EP_{cr}.の間には、

 $P_{cr.} = K \cdot d^{-0.91}$ (2)の関係が得られる。ここで $P_{cr.}$ の単位を $[kg/cm^2]$

abs.], *d*の単位を [cm] に取ると, *K*は爆ごう波管 う管径が 1cm の時の起爆限界初圧を示す。つまり*K*



はそれぞれのガスの種類や濃度によって決まる爆ごう 波の起り易さを示す定数となる。従って一組の P_{or} . とdの関係さえ測定できれば、任意の初圧における起 爆限界管径 d_{or} . を求めることができるし、任意の管 径の爆ごう波管による起爆限界初圧 P_{or} . を決定する こともできる。

4.3 2インチ爆ごう波管による起爆限界初 圧

アセチレン〜空気混合ガスおよびアセチレン,エチ レン,プロパン,水素,メタン夫々と酸素との混合ガ スの種々濃度について,2インチの爆ごう波管内での 平面爆ごう波を,同じガス濃度の8インチの拡大管へ 初圧を変化させて打ち込み,8インチ拡大管内で爆ご うが直接に起爆される最低の初圧を測定した。アセチ レン〜空気混合ガスについての結果はTable1に示し たが燃料〜酸素混合ガスの結果は**Fig.4**に示す。

これらの結果から分るように,最も低い初圧で爆ご うが生ずるのはアセチレン~酸素混合ガスであり,次 いでエチレン~酸素,プロパン~酸素,水素~酸素, メタン~酸素,アセチレン~空気混合ガスの序列で起



Fig. 4 Critical initial pressure for direct initiation with fuel composition in oxygen when mixtures in the 8" larger vessel are fired by a planar detonation in the 2" tube 2" 爆ごう波管中の爆ごう波を 8" 拡大 管へ打ち込んだときのガス組成と起爆 限界初圧の関係

- 5 -

爆限界初圧の最低値は大きくなる。いずれのガスも起 爆限界初圧はガス濃度に対してU字形の曲線となり、 両端で急な立ち上りを示す。

4.4 大気圧における起爆限界管径

安全工学的データーとして起爆限界エネルギーを問 題にする場合,大気圧におけるデ – タ – が標準とな る。ここでは4.3の実験結果 (Table 1 および Fig.4)





から(2)式を使って、初圧を大気圧とした時の各混合ガ スの起爆限界管径を求めた。各混合ガスについて、化 学量論比* (stoichiometric fraction) に対する大気圧 における起爆限界管径 (d_{cr} .) を対数で表示した結果 を **Fig. 5** に示す。

ここでアセチレン〜空気混合ガスとアセチレン〜酸 素混合ガスの場合を比較してみると、*d*_{cr}.の最小値 は前者の方が後者より約100倍ほど大きい。このこと から可燃性ガスは酸素中においては、空気中の場合に 較べて格段に爆ごうを生じ易い事が分る。その他の燃料・酸素混合ガスの場合は、アセチレン〜酸素とアセ チレン〜空気混合ガスの場合の中間の *d*_{cr}. 値を示した。

これらの結果は実際上次の様な場合に応用すること ができる。例えば大きな容器または解放空間にアセチ レン〜空気混合ガスが大気圧で存在するとき,それに 接続する配管の径を約 8cm 以下にしておけば,たと え配管中を爆ごう波が進んで来て,広い空間のガスへ 打ち込まれても,そのガスは爆ごうし得ないことを示 唆している。燃料〜空気混合ガスの場合,径の大きな 容器内や解放空間中では,火炎の加速は起りにくいの で,直接に爆ごうが生成されない限り火炎から爆ごう へと転移する可能性は少ない。

この種の実験として,燃料~空気系の混合ガスについて,管中の爆ごう波によって広い空間での爆ごう発生の可否について試験した報告^{12~13)}があるが,起爆限界管径はアセチレン以外のガスでは,50~60 cm になると推定されている¹³⁾。

もう一つの応用例は、爆ごう抑止器に対するもので ある。管中の爆ごう波による広い空間での球面爆ごう 波の直接起爆の問題は、管中の平面爆ごう波を主体に 考えれば、管路の急な拡大による爆ごう波の中断もし くは減衰と見ることができる。従って起爆限界管径以 下の管路の爆ごう波は管路を適当に拡大してやること によって通常の火炎にまで減衰させうると云える。こ の現象を利用した爆ごう抑止器が実際に利用されてい る¹⁴⁾。

4.5 ガス組成と起爆限界エネルギー

実験を行った各ガス濃度について、初圧大気圧にお ける爆ごうパラメータ(Chapman-Jouguet 条件にお ける爆速,圧力,粒子速度,音速など)をコンピュー タを用いて計算した。計算によって求めた爆ごうパラ メータと,大気圧における起爆限界管径のデーターを (1)式に代入して,各ガス濃度における起爆限界エネル ギーを求めた。結果を **Fig.** 6,7 に示す。化学量論 組成における夫々の混合ガスの球面爆ごう波の直接走 爆限界エネルギーは、 $2C_2H_2+5O_2:1.8 \text{ mJ}, C_2H_4+$ $<math>3O_2:92 \text{ mJ}, C_3H_8+5O_2:0.74 \text{ J}, 2H_2+O_2:2.0 \text{ J},$ $CH_4+2O_2:39 \text{ J}, 空気中のアセチレン7.7%:1,150.$ となった。この内、空気中のアセチレン7.7%の値は、 雷管を用いて得られた Freiwald らの結果⁷⁾である

^{*} Stoichiometric fraction=(% fuel/% O_2)/(% fuel/% O_2) at stoich. ; stoichiometric combustion to CO_2 and H_2O



Fig. 6 Critical energy for direct initiation with acetylene composition in air at atmosphric pressure アセチレン~空気混合ガスの大気圧にお ける起爆限界エネルギー



Fig. 7 Critical energy for direct initiation with fuel composition in oxygen at atmosphric pressure 燃料~酸素混合ガスの大気圧における起 爆限界エネルギー

10³J とほぼ一致する。また $2H_2+O_2$ 混合ガスの結果 は、円筒面爆ごう波 (Cylindrical detonation) にお ける、イクスプローデイグワイヤによる起爆限界エネ ルギーの測定値 1.7 J/cm^{15} に匹敵するものとみなし うる。

従来,イクスプローデイングワイヤによって測定された球面爆ごう波の直接起爆限界エネルギー^{6,9)}は,本実験結果と比較して約1桁大きい。これはそれらの 実験においては,真に起爆に有効に使われたエネルギーを測定したものではなく,当初コンデンサに貯えられていた全エネルギーから限界エネルギーを決定して





- 7 -

--- 8.----

いるからである。

一方,火薬を起爆源に用いて起爆限界エネルギーを 測定した結果は,本実験結果と良い一致を示すことが 推定される。雷管(化学エネルギー 400J)を用いて 得られた Carlson の結果⁹⁾を Fig. 7 に同時に示し た。これは火薬の爆発から生ずる爆風によって起爆し た時の起爆機構が,爆ごう波管からの爆風による起爆 機構と類似なものであることを示唆している。

Fig. 6, 7 から分るように、各混合ガスにおいて、 起爆限界エネルギーの最小値は、水素の場合を除いて 化学量論組成より燃料過剰側に存在する。この濃度は 爆ごう生成ガスが CO と H_2O とになる混合組成* に 一致していることが明らかとなった。この事を示すた めに、爆ごう生成ガスが CO と H_2O になる濃度を1 として他の組成を分割した数値に対して起爆限界エネ ルギーをプロットした結果を Fig. 8 に示す。この図 から炭化水素〜酸素または空気混合ガスでは、生成ガ スが CO と H_2O となる不完全燃焼組成で直接起爆限 界エネルギーが最小になることが分る。

4.6 直接起爆に及ぼす窒素添加量の影響

Fig.8 に示したように、最小の直接起爆限界エネル ギーを与える燃料と酸素の混合比が判明したので、こ



Fig. 9 Influence of nitrogen dilution on critical initial pressure for direct initiation by planar detonation in the 2" tube 2"管中の爆ごう波打ち込みによる起爆限界 初圧に及ぼす窒素添加量の影響

* 例之ば, $2C_2H_2+3O_2 \longrightarrow 4CO+2H_2O$, $C_2H_4+2O_2 \longrightarrow 2CO+2H_2O$, $2C_3H_8+7O_2 \longrightarrow 6CO+8H_2O$, $2CH_4+3O_2 \longrightarrow 2CO+4H_2O$

の組成の燃料~酸素混合ガスに窒素を徐々に添加して ゆき、2インチ管中の爆ごう波の打ち込みによる起爆 限界初圧を測定した。これは従来火薬による起爆法以 外で、燃料~空気系の球面爆ごう波の直接起爆を行っ た例がないので、窒素の添加量を空気の組成にまで外 挿することによって、燃料~空気混合ガスの起爆限界 エネルギーを推定しようとするものである。実験はエ チレン、プロパンおよび水素の3種のガスについて行 った。結果を Fig. 9 に示す。

エチレンとプロパンでは窒素添加量(N_2/O_2)の増加に対して起爆限界初圧は,指数函数的に高くなることが分る。エチレンで空気の組成にまで窒素添加量を外挿すると2インチ管による起爆限界初圧は,約18 kg/cm²abs. になることが推定される。

水素ではエチレンやプロパンとはやや様子が異なる。最初は、窒素添加量の増加と共に起爆限界初圧は、エチレンやプロパンの場合より緩やかに高まり、 N₂/O₂ が2を越えると急激に高くなり始める。これ は、窒素添加量が水素の反応性に複雑な影響を与える ためと考えられる。

4.7 燃料~空気系の球面爆ごう波の直接起 爆限界条件の推定

推定される空気中のエチレン,プロパンおよび水素 の起爆限界初圧から更に,(2)式を用いて大気圧におけ る起爆限界管径を推定すると,いずれのガスの場合も 1m 以上になる。これから(1)式を用いて起爆限界エネ ルギーを推計してみると 10⁵J 以上になる。

エチレンについて、火薬による空間爆ごう(球面爆 ごう)の発生実験¹³⁾を行った例がある。この時の着火 源は6号電気雷管+PETN による中心点火であった。 この実験で、エチレン〜空気系の混合ガスを確実に空 間爆ごうさせるには、少くとも PETN 10g 必要とい う結果を得ている。この薬量を化学エネルギーに換算 すると約0.6×10⁵Jに相当する。水素〜空気系につい ては、PETN 2g 以上必要だという報告¹⁶⁾もあるが、 管中の爆ごう波打ち込みの場合の起爆限界管径と、起 爆限界火薬量との間には一定の相関があることが予測 される。

大気圧付近のエチレン~空気混合ガスにおける24 ンチの起爆用爆ごう波管において,火炎が拡大管に入 る直前で爆ごうへ転移する場合が見られた。この場合。 転移した直後の爆ごう波はオーバーシュート(ove driven とも云う) と呼ばれる現象を示し, 爆ごう波 面の温度, 圧力は, 定常な爆ごう波のそれに較べて過 大な値になっている。この爆ごう波が広い空間の未燃 ガスへ打ち込まれた時は, そのエネルギーも過大であ るため, 広い空間のガスが直接に起爆される場合があ った。この事は安全上注目すべき現象である。

5. 結 言

アセチレン, エチレン, プロパン, 水素およびメタ ン~酸素系; アセチレン~空気系およびエチレン, プ ロパン, 水素~酸素~窒素系について, 管中の平面爆 ごう波による球面ガス爆ごう波の直接起爆モデルを仮 定し, 起爆限界管径のデーターから起爆限界エネルギ ーを算定した。この結果, 種々混合ガスの種類および 濃度に対して, 10⁻³~10⁴J にわたる起爆限界エネルギ ーが得られた。

炭化水素ガス濃度に対する起爆限界エネルギーの最 小値は、完全燃焼組成であるところの化学量論組成付 近ではなく、燃焼生成ガスが CO と H₂O になる不完 全燃焼組成に存在することが実証された。

得られた結果を従来得られている他の測定法による 結果と比較すると、電気スパークやイクスプローデイ ングワイヤ法による結果より1桁以上小さくなった。 これは起爆機構の相異や、従来の方法が起爆に有効に 使われたエネルギーとしてではなく、最初にコンデン サに貯えられていた全エネルギー (1/2 CV²) で評価 しているためである。

一方,火薬を使って起爆した場合の火薬量から得ら れた起爆限界エネルギー値は,本実験結果と良い一致 を示すことが推定された。これは火薬の爆発から生ず る爆風によって起爆した時の起爆機構が,爆ごう波管 からの爆風による起爆機構と類似なものであることを 示唆している。

アセチレンを除く他の燃料〜空気混合ガスの大気圧 下での起爆限界エネルギーは 10⁴〜15⁵J 以上になるこ とが推定された。

文 献

- N. Manson, F. Ferrie, Fourth Symposium (International) on Combustion, Williams and Wilkins, p. 486 (1953)
 H. Freiwald, H. Ude, Z. Elec. Chem., 59,
- H. Freiwald, H. Ude, Z. Elec. Chem., 59, p. 910 (1955)
- I. B. Zeldovich, S. M. Kogarko, N. N. Simonov, Soviet Phys. Tech. Phys., 1, p. 1689 (1956)
- J. H. Lee, R. Knistautas, C. M. Guirao, Fifteenth Symposium (International) on Combustion, The Combustion Institute, p.53 (1975)
- 5) R.Knistantas, J.H.Lee, Combustion and Flame 27, p.221 (1976)
- E. L. Litchfield, M. H. Hay, D. R. Forshey. Ninth Symposium (International) on Combustion, Academic Press, p. 282 (1963)
- H. Freiwald, H. W. Koch, Ninth Symposium (International) on Combustion, Acadmic Press, p. 275 (1963)
- 8) G. G. Bach, R. Knystantas, J. H. Lee, Thirteenth Symposium (International) on Combustion, The Combustion Institute, p. 1097 (1 971)
- G. A. Carlson, Combustion and Flame, 21, p.383 (1973)
- J. H. Lee, H. Matsui, Combustion and Flame, 28, p. 61 (1977)
- 11) 松井, 産業安全研究所研究報告, RIIS-RR-22-2, (1973)
- I.Ginsburgh, W.L.Bulkley, Chem. Eng. Progr., 59, p. 82 (1963) 抄訳, 安全工学, 3, No. 2, p. 137 (1964)
- 13) 塩田,赤羽,加藤,松田,工火誌,31, No.5, p.310 (1970)
- 14) P. A. Cubbage, The Gas Council Research Comunication G. C. 63, (1959)
- J. H. Lee, K. Ramamurthi, Combustion and Flame, 27, p. 331 (1976)
- 16) L.H.Cassutt, A.R.S. Journal, 31, p.1122 (1961)

(昭和52年11月4日 受理)

	產業安全研究所研究報告 RIIS-RR-26-4			
	昭和53年1月20日 発行			
•	発行所 労働省産業安全研究所			
	☞ 108 東京都港区芝5丁目35番1号 電 話(03)453─8441番(代)			
	印刷所 新 日 本 印 刷 株 式 会 社			

e e

,

•

.

· .

UDC 662-61 : 534-222 管中の平面爆ごう波を起爆源とする球面爆ごう波の生成 松井英憲

産業安全研究所研究報告

RIIS-RR-26-4, 1~9 (1978)

アセチレン~空気系;アセチレン,エチレン,プロパン,水素およびメタン~酸素系お よびエチレン、プロパン、水素~酸素~窒素系の混合ガスについて、管中の平面爆ごう波 による球面ガス爆ごう波の直接起爆モデルを仮定し、起爆限界管径のデーターから起爆限 界エネルギーを算定した。この結果,種々ガスの種類および濃度に対して,10⁻³~10⁴J に わたる起爆限界エネルギーが得られた。得られた結果と従来得られている他の測定法によ る結果との比較検討がなされた。

炭化水素ガス濃度に対する起爆限界エネルギーの最小値は, 燃焼生成ガスが CO と H₂O になる不完全燃焼組成に存在することが実証された。

\bigcirc	(図9,	表1,	写真2,	参16)
\cup				

UDC 662.61:534.222 **	
Direct Initiation of Spherical Gaseous Detonations	Initiated by a Planar
Detonation in the lube	

by H. Matsui

Research Report of the Research Institute of Industrial Safety RIIS-RR-26-4, $1 \sim 9$ (1978)

The present paper describes some results for the critical energy for direct initiation of spherical detonations in C_2H_2 -air; H_2 , CH_4 , C_2H_4 , C_3H_8 -oxygen and H_2 , C_2H_4 , C_3H_8 -oxygen-nitrogen systems initiated by a planar detonation from a linear tube into the larger volume of the same explosive gas.

Critical diameter for direct initiation at atmospheric pressure was determined ty extrapolation of the experimental relation between critical initial pressure and the tube diameter. The energies for direct initiation were calculated from the critical diameter data and the detonation properties using simple initiation model.

(9 figures, 1 table, 2 photographs, 16 references)

