

## エアゾール製品の燃焼性

佐久間 常 昌・須 藤 秀 治\*

近年、エアゾール製品は市場における需要が着実に増加している。わが国においては、エアゾール製品は高圧ガス取締法によって安全性が規制されている。この規制は“燃焼性による規制”の立場から行なわれている。これは、エアゾール製品を使用した際の燃焼性を想定して行なうものである。従って、安全性評価の一つとして、火炎長、燃発下限濃度の値から燃焼性を区分している。筆者らは、燃焼性に影響を及ぼすいくつかの因子について実験し、その間の関係を求めた。ここに、その結果を報告し、筆者らの所見を述べる。

### 1. はじめに

エアゾール製品は、近時、広範な領域にわたって多量に利用されるようになった。

これは使用するのに取り扱いが簡便であり、短時間に期待する効果をあげることが出来るからである。

従って、日常家庭においても化粧品や殺虫剤その他に使用されている。

しかし一方において、エアゾール製品は噴射剤を圧入してあるために燃発の危険性があり、また、各種の溶剤を用いているので燃焼の危険性も伴っている。

このことは一般家庭で使用する際にも、貯蔵、運搬にあたって大きな不安を与えるものである。

エアゾール製品については、わが国においては、高圧ガス取締法によって規制し、製品の安全性を保証している。これは燃焼性による規制である。

現行法では、燃焼性は内容物に関係なく、火炎長と燃発下限濃度の値によって区分され、使用範囲を限っている。

欧州諸国では、燃焼性によらず、内容物の物性にもとづいて規制している。

そこで、さきに須藤・大久保<sup>1)</sup>は、内容組成と火炎長ならびに燃発下限濃度との関係を求め、所見と現行法に対する提言を行なっている。

本実験では、火炎長に関しては、内容組成のみでなく、更にこれを左右するノズル径、内圧力、バルブ径などの噴霧機構の問題があるので、これらについて実験を行なった。

その結果から、エアゾール製品の安全性を規制するにあたって、内容組成や噴霧機構を措いて単に火炎長のみを拠ることには問題があり、一考を要すると考えたので、ここに実験結果を報告すると共に所見を述べる。

### 2. エアゾール製品の内容物

エアゾール製品は、その使用目的によって、各種の薬剤と溶剤および噴射剤を封入してある。

溶剤としては主として、不燃性のメチレンクロライド (MC)、メチルクロロフォルム (MCF)、可燃性のエタノール (EtOH)、クロシン、イソプロパノール (IPA) を、噴射剤としては、不燃性のフロロカーボン (フロン、F-11、F-12)、可燃性の LP ガス (LPG)、ヴィニルクロライド (VC)、ジメチルエーテル (DM E) などが使用されている。

高圧ガス取締法によれば、人体用品には可燃性ガスを使用することは禁止されているので、すべてフロロカーボンの噴射剤が使用されている。しかし、最近になって、フロロカーボンの公害説が唱えられ、将来に問題をなげかけている。

噴射剤は液化ガスを圧入するが、内圧力は保安規則によって、35℃において 8 kg/cm<sup>2</sup> 以下であるように規制されており、市販されている家庭用エアゾール製品は、大体において 3.5~4.0 kg/cm<sup>2</sup> の内圧力を有する。

### 3. 実験項目

火炎長に影響を与えるものとして、次の項目について実験を行なった。即ち、エアゾール製品の噴霧の粒度分布、粒子の飛翔速度、火炎伝播速度および火炎長

昭和51年2月7日受理  
中央大学理工学部工業化学科、〒112 東京都文京区春日 1-13-27

を測定した。

#### 4. 実験試料

溶剤と噴射剤の混合割合を種々に調合した試製品ならびに市販のエアゾール製品を試料として用いた。

#### 5. 実験方法と結果

##### 5.1 粒度分布

粒径の測定には、酸化マグネシウム膜法を用いた。マグネシウムリボンを燃焼させ、生ずる酸化マグネシウムの煙霧をガラス板に付着させて膜をつくる。酸化マグネシウム膜を水平に置き、一端より、水平にエアゾールを噴霧させ、膜上に落下した粒子を顕微鏡で探査して粒径を測定した。

粒数、粒子の分布の測定にはプロジェクションスクリーンを利用した。

試料缶の温度は24~26℃に保って実験した。

市販の殺虫剤を試料として、ノズル径を変えた場合の粒子の分布を図示すると、Fig. 1 のようになる。内圧力は、すべて  $3.5 \text{ kg/cm}^2$  である。

この結果から、ノズル径の小さいものは、分裂が烈しく粒径の小さいものが多い。最大粒径は、エアゾール製品でノズルの形が直状のものであれば  $0.1 \text{ mm}$  とみてよい。

また、拡がりの点からみると、噴霧の中心線からの分布は、中心線で 300、周辺に拡がるに従って急激に減少し、半径 5 cm の線で 100、10 cm の線で 50、15 cm の線では殆ど 0 になる。

別に、噴霧の断面を採ることを試みたが、粒子が捕集材に当たって破裂したりするので、未だ確かな値を得ていない。

また、内圧力の高い場合は、小径の粒子が多い。

##### 5.2 粒子の飛翔速度

市販のカラースプレーを用い、これを噴射させて噴霧の先端が進行するのを、8 ミリシネ撮影機で撮影する。64 駒/秒で撮影したものを、低速で映写し、噴霧粒子の飛翔平均速度を測定した。

内圧力が  $3.1 \text{ kg/cm}^2$  のものを用い、ノズル径を変えて、時間経過と共に飛翔速度を測定した結果は、Fig. 2 のようである。

この結果から、内圧力一定の場合、ノズル径が変わっても、初速はそれ程違わないが、ノズル径の大きいものは、急激に飛翔速度が落ちて、10秒後には略々一定になる。ノズル径の小さいものも、10秒後に速度は一定になるが、ノズル径の大きいものよりも速度は速い。この結果は、後に出て来る例とズレがあるが、これは内圧力の影響があるものと考えらる。

また、ノズル径を  $0.4 \text{ mm}$  に定め、内圧力が異なる場合の噴霧粒子の飛翔速度を測定した結果は Fig. 3

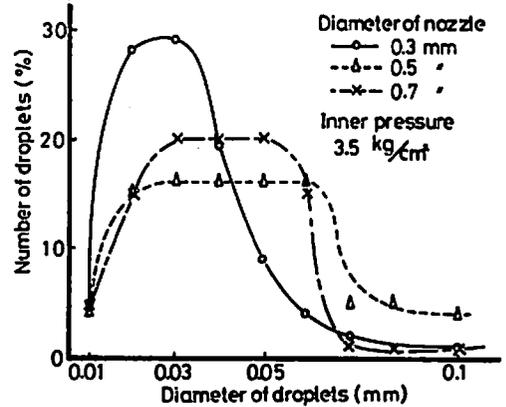


Fig. 1 Relation between diameter of nozzle and distribution diagram of droplets

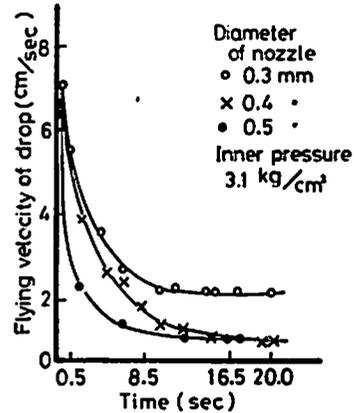


Fig. 2 Relation between diameter of nozzle and flying velocity of drop

のようであった。

この結果から、初速は内圧力の高低には殆ど左右されないが、内圧力の高いものは、速度の落ちるのが早く、30秒後から略々一定になる。内圧力の低いものは、10秒経過する間に急激に速度が遅くなるが、後は徐々に速度が落ちて行く。60秒経過後は、どれも  $1.5 \text{ cm/sec}$  位になる。

更に、ノズル径と内圧力が異なる場合の粒子の飛翔速度は Fig. 4 に示すようになった。

この結果からすれば、ノズル径の小さい方が急速に飛翔速度が遅くなり、15秒経過後に略々一定になる。内圧力の違いは、殆ど影響が認められない。初速度はどの条件でも余り違わない。

##### 5.3 噴霧の火災伝播速度

高圧ガス取締法により火炎長を測定するのに用いる

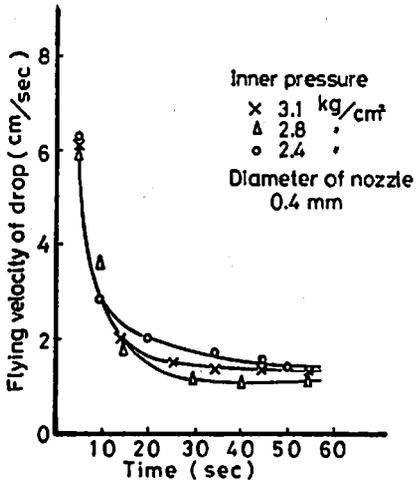


Fig. 3 Relation between inner pressure and flying velocity of drop

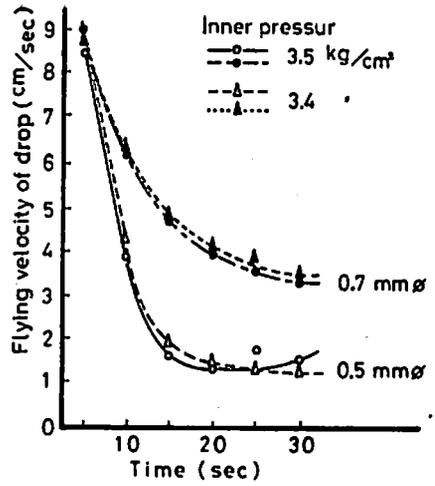


Fig. 4 Relation between diameter of nozzle, inner pressure and flying velocity of drop

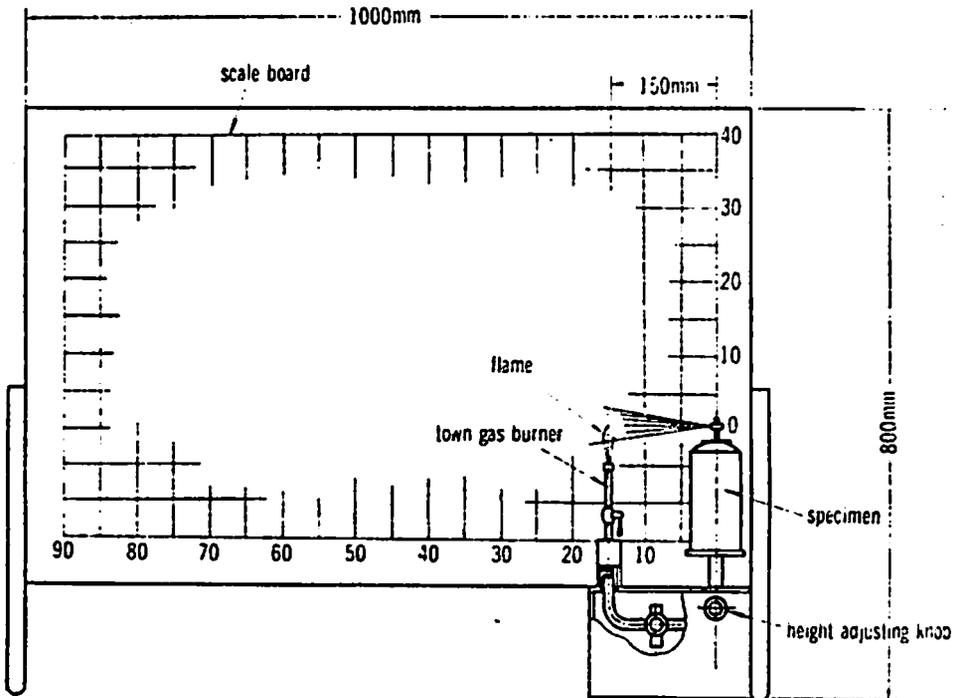


Fig. 5 Flame length measuring apparatus

装置 (Fig. 5) を使用した。

この装置では、エアゾール缶のノズルから 15 cm の距離にガスバーナーが置かれ、この炎によって噴霧に点火するようになっている。

燃焼性の強い噴霧は、炎がノズルまでバックすることもあるが、今回の試料は逆炎をおこす内容のものは用いなかったため、火炎伝播速度を測定するためのセンサーは、バーナーより更に 5 cm 前方におき、10 cm の間の火炎伝播速度を測定した。

試料は 3 秒間空噴射させた後改めて噴射させ、炎が 10 cm 間隔においた 2 個のセンサーの間を通過する時間を、デジタルカウンターを用いて測定した。

試料缶は、24~26℃ に保った。

試料は、市販の殺虫剤を用いた。

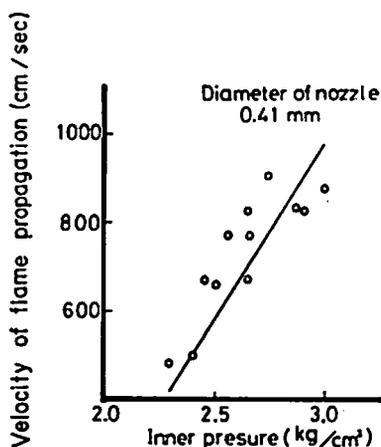


Fig. 6 Relation between inner pressure and velocity of flame propagation

まず、ノズル径を一定 (0.1 mm) にして、内圧力の異なる場合、内圧力と火炎伝播速度との関係を測定した。

結果は Fig. 6 に示す。

この結果によると、内圧力と火炎伝播速度との関係は、ほぼ直線になることがわかる。

内圧力の高い程、火炎伝播速度も速くなる。

次に、バルブ (オリフィス) 径、ノズル径、内圧力のそれぞれが異なる場合の火炎伝播速度を測定した。

その結果を Fig. 7 に示す。

この結果を各項に別けて考察すると、

バルブ径が大きいものは、ノズル径の大小、内圧力の高低によって火炎伝播速度に与える影響が少ない。バルブ径の小さいものは影響がやや大きいことがわかる。

バルブ径が一定の場合、ノズル径が大きくなると、火炎伝播速度も速くなる。50~100 cm/sec の差を生ずる。

内圧力と火炎伝播速度とは、内圧力の低い方が火炎伝播速度が速い。

総合すると、バルブ径の影響が大きいことがわかる。

前記の測定結果を、異なった図示によってあらわすと Fig. 8 のようになる。

なお、燃焼させるときの周囲の条件を変える意味で、パイプ中で燃焼させて、火炎伝播速度を測定したところ、ノズル径 0.2 mm、内圧力 3.5 kg/cm<sup>2</sup>、バルブ径 4.0 mm のもので、空气中オープンで火炎伝播速度は 10 cm/sec であったが、直径 10 cm のパイプ中では 45 cm/sec、径 7 cm のパイプ中では 120 cm/sec になった。パイプ中では、周囲に拡がらない

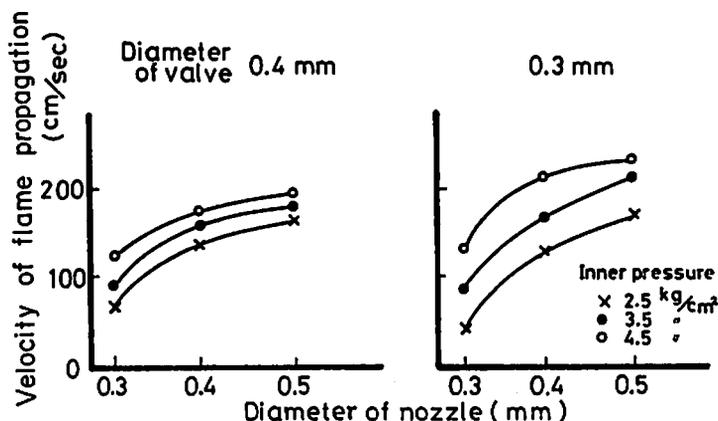


Fig. 7 Relation between diameter of valve, diameter of nozzle, inner pressure and velocity of flame propagation

ので、火炎伝播速度が速くなる。

#### 5.4 噴霧の火炎長

火炎長を測定するには、高圧ガス取締法の告示による試験方法に則って行なった。

装置は、前出 Fig. 5 に示したものである。

右端に試料容器を置き、点火用バーナーに火をつけて炎の長さを  $5 \pm 0.5$  cm に調節し、噴射された試料の下部がバーナーの炎の上部 1/3 を通過するようにする。試料は、秒間空噴射させた後、更めて噴射させて着火させる。火炎の最大長（火炎の先端）をうしろの目盛板で測定する。試料缶は  $24 \sim 26$  °C に保つ。

試料は、溶剤と噴射剤とを 3 種の比率に混合し、内

圧力を  $3.0 \text{ kg/cm}^2$  に調整したものを試験して用いた。

溶剤は、不燃性のメチルクロライドと可燃性のイソプロパノールを、噴射剤は、不燃性のフロン12と可燃性の LP ガスを用いた。

まず、可燃性溶剤と不燃性噴射剤との組み合わせでは、イソプロパノールとフロン12とを、重量パーセントで 30 : 70, 50 : 50, 70 : 30 の割合にして封入して使用した。

内圧力が  $3.0 \text{ kg/cm}^2$  で一定であると、Fig. 9 のような結果を示す。

即ち、ノズル径を変えても、火炎長は、可燃性溶剤が多い方が長く、可燃性溶剤が少なくなると、急激に火炎長が短くなる。その差は 20~35 cm にも及ぶ。フロン12が70%の場合は、殆ど炎は出ない。

また、可燃性溶剤と可燃性噴射剤との組み合わせでは、イソプロパノールと LP ガスとを前記のようにして使用した。

結果は Fig. 10 のようである。

この結果から、ノズル径 0.3 mm の場合は、LP ガスの割合が増すに従って、火炎長は短くなる。0.4, 0.5 mm の場合は、LP ガスの割合が増すと、火炎長も長くなる。いずれも火炎長は 30~40 cm である。火炎長の長短の差は 10~15 cm である。

同様に、不燃性溶剤と可燃性噴射剤との組み合わせでは、メチルクロライドと LP ガスとを用いた。

実験の結果は Fig. 11 のようである。

この結果から、この組み合わせでは、ノズル径には余り影響されず、LP ガスの割合が増すと、火炎長は長くなる。その差は 10~20 cm で、火炎長の長いも

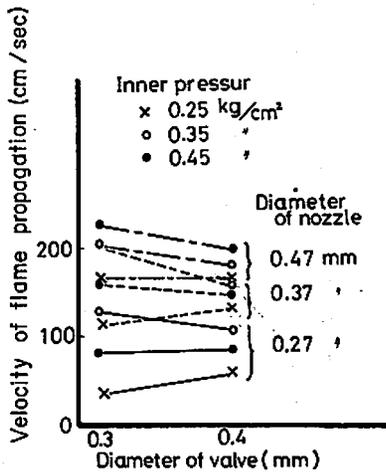


Fig. 8 Relation between diameter of valve, diameter of nozzle, inner pressure and velocity of flame propagation

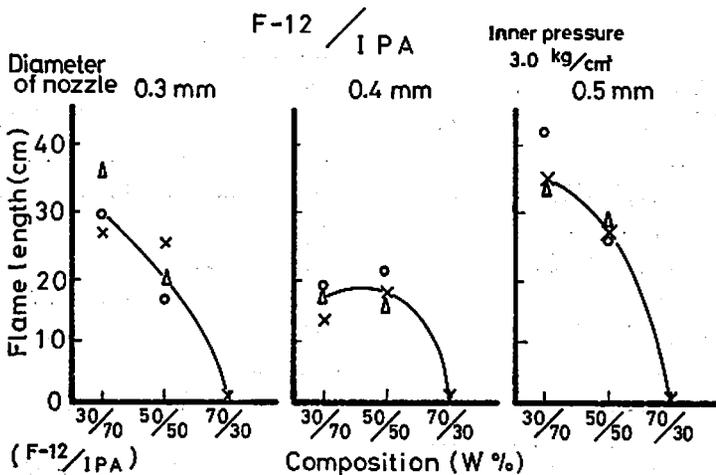


Fig. 9 Relation between propellant and flame length

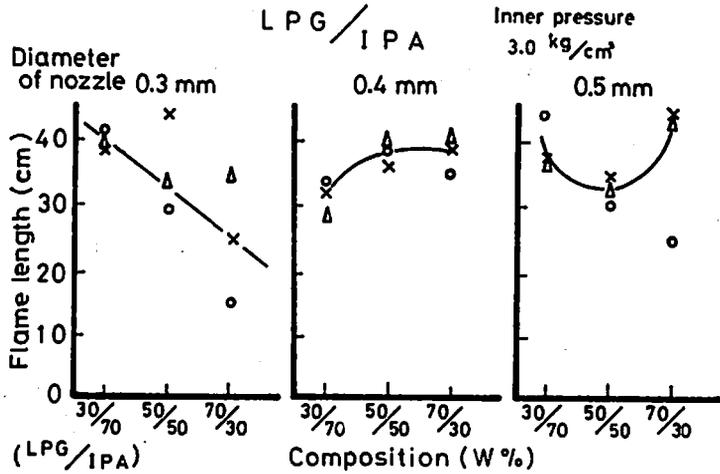


Fig. 10 Relation between propellant and flame length

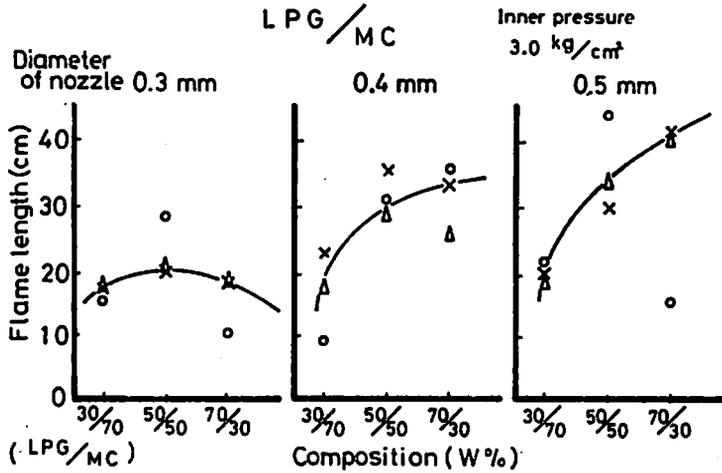


Fig. 11 Relation between propellant and flame length

のは 40 cm である。

ノズル径と火炎長との関係を知るのに、前記種の組み合わせによる測定結果を組み合わせると、次のような傾向があることが判る。

可燃性溶剤と不燃性噴射剤との組み合わせでは、ノズル径が 0.4 mm のとき、0.3, 0.5 mm のものより火炎長が短くなる。これは粒子の分布、飛翔速度などに影響されるためであろう。

可燃性溶剤と可燃性噴射剤との組み合わせでは、可燃性噴射剤特に LP ガスが多くなれば、ノズル径が大きくなると共に、火炎長は長くなる。

不燃性溶剤と可燃性噴射剤との組み合わせでは、全般に混合比に関係なく、ノズル径が大きくなれば火炎長も長くなる。可燃性噴射剤が多くなると、急激に火

炎長が長くなる。

## 6. 考 察

さきに述べたように、須藤・大久保は、現行の“燃焼性によるエアゾール製品の規制”について、次のような実験結果から、“内容物による規制”を提言している。

即ち、火炎長について、

a) 不燃性、可燃性混合噴射剤を用いた場合は、溶剤の量が一定のとき、可燃性噴射剤の量が増えると共に火炎長が長くなる。

b) 可燃性溶剤と不燃性噴射剤との混合系では、一般に、溶剤の量が増すと共に火炎長は長くなる。

c) 不燃性溶剤と可燃性噴射剤との混合系では、溶剤の量が増すと共に火炎長は短くなる。

d) 可燃性溶剤と可燃性噴射剤との混合系では、火炎長はいずれも 50 cm 以上である。

とし、また、爆発下限濃度について、

a) 不燃性、可燃性混合噴射剤と溶剤との混合系では、不燃性噴射剤の量が増すと爆発下限濃度は大きくなる。

b) 一般に、ケロシンは長い火炎をあらわすが、爆発下限濃度は大きい。

として、これらの結果から、

a) 現行の試験法が、使用時における危険性を推定するもので、貯蔵、輸送中の危険性の判定に触れていない。

b) 液滴の発生状態によって、同系の組成でも、試験の結果に相違がある。

c) 火炎長および爆発下限濃度は、ノズル径、バルブ径、内圧力、ノズルの形状に左右される。

d) 可燃物を使用した泡製品に対する配慮がなされていない。

等の諸点を指摘している。そして、エアゾール製品の安全性確保のために“内容物の量による規制”を制度として採り上げることが提唱した。

今回の実験は、火炎長に及ぼすノズル径、バルブ径、内圧力、火炎伝播速度を加えて検討した。

a) ノズル径が大きい方が火炎伝播速度は速くなる。

ノズル径 0.1 mm のちがいで火炎伝播速度は 50~100 cm/sec ちがう。

b) バルブ径は小さい方が火炎伝播速度は速くなる。

バルブ径 0.1 mm のちがいで火炎伝播速度は 10 cm/sec 程度である。

c) 内圧力が高くなると、火炎伝播速度は速くなる。

内圧力が高い程度が大きくなる。(ノズル径一定)

d) 内容物の配合比によっては、ノズル径のちがいが 0.1 mm で、火炎長が 15 cm ちがってくる場合がある。

ある。

このような結果を総合して考察すると、現在、次の表の通り、火炎長によって安全性を区分することには難点があり疑問を生ずるものである。

Table 1 Classification of Test Results

Labeled Grade	Flame Length
Non-combustible	0 cm
Hardly Combustible	below 5 cm
Slightly Combustible	" 25 cm
Slightly Flammable	" 45 cm
Highly Flammable	or more 45 cm

火炎長のみによるならば、同系の配合内容物であるにかかわらず、ノズル径、バルブ径、内圧力など、付随する条件によって、上掲の区分が変わってしまうという不合理を生ずる。そこで、より安全性を保証するため貯蔵や運搬する場合には、内容物によって区分することが妥当であろうと考える。

## 7. 結 語

現在まで行なった実験では、未だ噴出物の粘度、表面張力、流量、ノズルの形状等について測定を行っていないので、噴霧の各項について数式化出来ないでいるが、これを数式化することによって、エアゾール製品の物性や挙動がもっと確り把握出来るであろうから、それによって区分し規制することも可能であると考える。今後も一層利用されるであろうエアゾール製品の安全性をより高めるために、現段階においては、内容物の量による規制の方法を採り入れるべきであると思う。

稿を結ぶにあたり、実験試料を調製して下さった釜屋化学工業株式会社ならびに株式会社丸一製作所の方々に深く感謝の意を表します。

- 1) 文献須藤秀治他：中央大学九十周年記念論文集、p. 509~537 「エアゾールの燃焼性に関する研究」

## **The flammability of aerosol products**

by T. Sakuma, H. Sudo

Recently, the aerosol products are steadily growing up in the world markets.

In this country, the safety of aerosol products is subject to the "High Pressure Gas Control Law". The regulation is enforced from the flammability point of view and is dealt with the flammability of aerosol products when they are used.

Consequently, as an evaluating of safety, the flammability of aerosol is divided on the base of the flame length and the lower limit of explosion concentration.

The writers have tested some factors which influence to flammability and have got the relation between the flame length and the lower limit of explosion concentration.

The results of these experiments will be reported and the writer's comment is described.

(Department of Industrial Chemistry, Faculty of Science and Engineering, Chuo University, Kasuga, Bunkyo-ku, Tokyo, Japan)

---