Research Reports of the Research Institute of Industrial Safety, RIIS-RR-90, 1990 UDC 541.126.4:614.833:662.6

大型垂直管装置による粉じん爆発下限界の測定

松田東栄*,林 年宏*

Measurement of Lower Explosibility Limits of Dusts Dispersed in Air in a Large Scale Vertical Tube

by Toei MATSUDA* and Toshihiro HAYASHI*

Abstract: A better knowledge of the flammability of combustible dusts is essential for prevention of the fire and explosion in their use. Many published recommendations or guidelines on explosion protection methods carry the lean flammability data of dusts for the sake of industry. However, the data are often quite different from one apparatus to another, and seem not to be reproducible even in a certain international round-robin tests with the accepted testing method in ISO or ASTM. Thus, accurate lean limit data are important for industrial safety considerations, as well as for intrinsic scientific interest.

In this report, lower flammability limits were obtained with dusts dispersed in air in a vertical tube of 225 mm in diameter and 189cm in overall length. The top of the tube was closed and the bottom was open for observation of upward flame propagation. The method of forming dust clouds in the tube was followed with Lee et al. (1987), who used a circular perforated tube and a rod to suppress turbulence level of the mixtures. The dust divided in two small chambers was dispersed through two perforated tubes with linear array of holes by high pressure air. The directed momentum of the dispersion jets was broken with a circular rod to provide a more uniform distribution of dust inside the explosion tube. The igniting source was the chemical powder of aluminium, barium peroxide and barium nitrate. The uniformity of the dust-air mixtures to keep even dust distribution after about 0.5s elapsed from the dispersion pulse. Ignition was then activated with the time dalay.

Upward flame propagation was detected with phototransistors on the tube wall, and the radiation signals from dust flames indicated low-frequency vibrations. These observations were found to be similar to the results for corn-starch dust flames of Veyssière et al. (1988). Then, the top flange of the tube was replaced by a 50 mm orifice to damp the vibration.

23 kinds of antioxidant or light-absorbing powders additive to plastics and lycopodium powder were used as organic fuels. The lower limits for these dusts were between 70 and $200g/m^3$, and the lycopodium and the other two dusts showed the lowest value of $70g/m^3$. Any relationship between average particle sizes and the lower limits was not suggested, but it seemed the dusts having good dispersability may show the value as high as $70g/m^3$ for the "true" value of the lower explosibility limit for the dusts used in these experiments.Data from a Hartmann apparatus and a standard 20*l* spherical bomb varry from 26 to $45g/m^3$ for the lean limit of lycopodium dust. The validity of industrial application of these data is discussed within the framework of safety considerations.

Key Words: Dust explosion, Lower limit of explosibility.

*化学研究部, Chemical Safety Research Division

-52 –

1. はじめに

可燃性粉じんと着火源が単に存在しただけでは,粉 じん爆発は生起しない。粉じんが空気中に浮遊分散 して,ある一定濃度以上の粉じん・空気混合気を形 成する必要がある。この濃度は,爆発下限濃度(界) と呼ばれ,粉じん爆発を生起する最低粉じん濃度に 相当し,爆発防止対策を取る上でもきわめて重要な 爆発特性値の一つである。その決定方法に関しては, すでに理論的にも実験的にも確立された多くの方法 がある。なかには,その測定法が何らかの規格,ま たは試験法に取り入れられているものもあり,多く の参考資料やガイドライン等にもそれらのデータが 記載されているが,粉じん爆発伝ば理論が十分確立 されていない現状では,それらの決定方法について なお多くの異論がある¹⁾。

このように、一般に、可燃性粉じんの爆発危険特 性値は、種々の装置並びに方法によって測定されてい るが、現状では測定装置並びに方法に依存した特性 値が報告されている。例えば、これまで粉じん爆発 の標準粉体試料として試験に用いられてきたピッツ バーグ炭(あるいは同クラスの石炭)の空気中にお ける下限界についての文献値は、5g/m³程度の低い 値から 300g/m³程度の高い値まで分布しており、そ の中間的な値として 30,40,50,60 ~ 70,110,150 およ び 230 ~ 310g/m³が報告されている²⁾。一体、この なかのどれが正しい値であるか、意見の一致は得ら れていない。ちなみに、米国鉱山局の研究者による 最近の測定では、約 135g/m³というデータが報告さ れている²⁾。

爆発下限界の定義は、上述のように、着火源の存 在で、爆発を起こす最低粉じん濃度であるが、一般 に、最も激しい爆発を起こす粉じん濃度からその濃 度を減ずるにしたがって爆発の激しさが急激に低下 し、下限界近くの低い濃度では、弱い火炎伝ぱ(燃 焼波の伝ば)が観察されるに過ぎない。それ故、弱 い火炎の伝ばが、粉じん混合気のパラメータ(濃度 の均一性、乱れ、粉体試料特性など)ばかりでなく、 測定装置および着火源の大きさや形態によって著し く影響されるので、下限界の測定にあたっては、こ れらの影響因子を十分に考慮した決定が必要になる。 特に、着火源の種類や効力は千差万別であり、それら の特性に対応した着火(下)限界が存在するが、これ らの測定値がしばしば、本来、着火源の特性に依存 しないはずの爆発(下)限界と混同されてきた恐れ もある。それ故,それらのデータを参照する場合は, その測定条件及び方法を考慮して慎重に扱うべきで あろう。

このような粉じん爆発下限界の測定に関して,密 閉系(定容)と開放系(定圧)の装置があり,前者 では爆発圧力上昇の大小に基づき下限界を決定する。 しかし,この基準では着火源の起爆のみによる圧力 上昇か火炎伝ばに基づく圧力上昇か,区別がつき難 い。上記の米国鉱山局の測定方法では,初圧に対す る圧力上昇が2倍に達した場合の粉じん濃度を下限 界の基準にした²⁾。それには,十分な根拠が明示され ているが,密閉容器中での僅かな圧力上昇から,着 火源近傍のみでの部分的な火炎伝ぱであるのか,火 炎伝ぱがようやく混合気全体におよび管壁で消炎す る場合であるのかを,判断することはかなり困難で あろう。

他方,開放系の装置では,内容積約 1.2lの Hartmann 装置が各国で最も広く使用されてきたが,濃 度が均一にならないなど多くの欠点が認識されてい る¹⁾。さらに,小さな実験室規模の装置から,内径 7 ~ 30cm,高さ 5 ~ 8m までの開放燃焼管を利用した 種々のプラント規模の実験装置を使用した測定デー 夕も文献³⁾に報告されているが,粉じんの均一な分散 や配管内での再循環流の発生などの点で問題がある ことが指摘されている²⁾。その点,ふるい落下式(石 浜式)試験装置⁴⁾が,混合気に乱れを与えない点で優 れているが,実大規模のような,より大きな装置で, はたして伝ぱ火炎に進展するかどうかは不明である。

そこで、多数の内外のこれまでの研究を踏まえて、 伝ぱ火炎が管壁などで消滅することがないように、い はゆる消炎距離(粉じんでは、数 cm のオーダー⁵⁾) をはるかに越える寸法の大型垂直管装置を用い、上 方火炎伝ぱの基準で空気中におけるいくつかの有機 粉じんの真の爆発下限界を測定した。また、この装 置では、十分なエネルギーとその密度の高い着火源 を使用し、混合気の乱れを抑制し、均一な粉じんの 分散が達成できるように配慮した。

このような下限界の測定は,基本的な爆発特性値 を明確にし,粉じん爆発の燃焼伝ぱ機構を確立する 上で有用であるばかりでなく,現在参考とされてい るデータが,安全上どのような意義があるか考察す るのに役立つであろう。





Fig. 1 Experimental apparatus (Schematic) 実験装置の概略

2. 実験

一般に、燃料濃度に対して、爆発性混合ガスの伝 ば火炎の消炎距離は、ほぼ U 字型に変化する。極限 の下限界では、その値は無限大になるが、実際には 測定用燃焼管の管径が(最小)消炎距離の約10倍程 度であれば、下限界の測定には十分であろうと言わ れている⁵⁾。ちなみに、混合ガスの消炎距離は、一般 に数 mm のオーダーであり、混合ガスの下限界は直 径 5cm の垂直ガラス管を使用し、上端部閉塞、下端 部開放の条件(上方火炎伝ぱ)で測定する⁶⁾。

これらのことを参考に、ここでは、管径があまり に大きいと火炎が不安定になることを考慮して、内 径 255 mm, 長さ 945 mm の鋼管 2 本を垂直に立て て1本に接続した燃焼管(内容積 96.51)を爆発下限 界の測定に用いた。上端は鋼板で閉じ、下端は開放 した。装置の概略を Fig. 1 に示す。装置全体は、架 台上に設置した。燃焼管下端から床までの距離は約 60cm であった。容器内での粉じん・空気混合気の形 成は、実験上最も重要な要因であるが、種々の粉体特 性を有する色々な試料を分散させるためには、空気 圧による噴出分散法が優れている⁷⁾。その方法に従っ て、ここでは、一定量の試料粉じんを試料容器 (300 cc×2) に充填し, 圧縮空気溜 (9 bar, 250 cc×2) の 電磁弁を開放して燃焼管内に粉じんを分散した。た だし、二個の試料容器の終端は、燃焼管内垂直側面 に添って設置した内径 15 mm の穴あきパイプ(穴の





径4 mm, 穴数 15 $r \times 2$, 間隔 5cm) にそれぞれ接続 し, このパイプの小穴から, 二分した試料粉体(量) を噴出させた。しかし, この方法では混合気の乱れ が強いので, Lee 6^{8} にならって, パイプの小穴直前 6 mm の所に固定した垂直丸鋼棒(径 14 mm)に 噴流を衝突させることによって, 混合気の乱れを軽 減させた。なお, 粉じん濃度は秤量粉体量を燃焼管 容積で除した値 (g/m³) とした。このようにしても, 例外的な場合を除いて, 管壁に付着する粉じん量は 僅少で, 試料量の大部分は燃焼管内に分散, 浮遊す ることを確認した。

かくして形成した粉じん混合気の粉じん濃度の均 一性を,豆球とホトトランジスターから成る光透過 度測定器によって検討した。光透過度測定器は浮遊 粉じんによる光透過度の減少率を,Lambert-Beer 則 によって測定するものであるが、光路が長いと、僅か な粉じんによっても透過度が急激に低下して使用で きない。ここでは、燃焼管管径の約¹の光路長さを持 つ測定器を使用し、管内の種々の位置および高さで 測定した。Fig. 2 はコーンスターチ粉じん (d₅₀ = 26 μm, 4.83 g×2) を分散した時のホトトランジスター の出力を示し、圧縮空気によって一気に試料粉が押 し出されるように放出,分散されるので,出力パター ンは下限界近くの粉じん濃度において条件を変えて も類似のものであった。このようなデータによると, 分散後約 0.5 秒経過後は濃度の変動は僅少で、時間 経過に伴って少しずつ薄くなっていくことがわかる。

産業安全研究所研究報告 RIIS-RR-90



Fig. 3 Photosensor output records for lycopodium-air flam 石松子粉じん火炎のホトセンサ出力記録

しかし,燃焼管上部位置(センサー②)での変化よ りも下部位置(センサー①)での変化が僅かに大き い。それが,粉じん粒子の重力沈降によるのか,開 放端に近いため,対流による希釈のためかはわから ない。また,圧縮空気溜の電磁弁を解放後,約0.2秒 間で試料粉体が分散される。試料分散後,数秒経過 後は,燃焼管下端から粉じん雲がゆっくり流出する のが見えた。これらの観察から,電磁弁解放後0.5秒 後に混合気に着火することにした。

着火は、アルミニウム粉末と硝酸バリウム並びに 過酸化バリウムからなる混合火薬を市販の点火玉で 起爆する方法で行い⁷⁾、その位置は下端から 30cm 上 の所とした(着火エネルギー約 5kJ)。

実験で使用した主な粉体試料は、プラスチック添 加剤として使用されている酸化防止剤や光安定剤で あるが、実験上これらの化学構造が特別、有意義の ものとは思わず、粉体状の有機化合物として用いた。 他に、分散性の優れた標準粉体試料((社)日本粉体 工業技術協会)である石松子などを使用した。

3. 実験結果および考察

3.1 爆発下限界

ここで用いた爆発下限界の判定条件は,混合ガス の標準測定法の場合と同様に,上端閉,下端開放の垂 直配管における上方火炎伝ばの有無である。この判 定のため、2個のプレーナ形シリコン・ホトトランジ スタ(品名 NEC:PT8L, Fig. 1 に示した位置のセン サ①,②)を使用した。同センサは,できるだけ受 光面が水平方向に限定されるように内径 6 mmの細 管内に保持したものを燃焼管壁面上に設置した。な お、イオン・ギャップも併用したが、粉が共存するた めか出力感度が弱かったので、ここではホトセンサ による記録について述べる。

上方火炎伝ばがあれば、センサ①、②ともに粉じ ん火炎の発光現象を捉えるが、伝ばがなければ、主 にセンサ①のみの出力が記録される。さらに、セン サ①の出力だけが得られても、着火源用火薬のみが 発光する場合(継続時間約 180 ~ 250ms)と着火源

-54 -





ホトセンサ出力記録(試料 S, Table 1)

近傍で粉じんが燃焼する場合があり,その燃焼の度 合によって,発光継続時間が変わる。

石松子粉じんの下限界前後の濃度における、着火 起爆時のホトセンサの信号記録を, Fig. 3 に示す。な お,ホトセンサの感度を高くして,弱い放射による 出力も捕捉できるようにしたため、強い放射があっ た場合は、出力記録が振り切れている。図によると、 火薬起爆の放射による出力は、必ずしも一定ではな いが、比較的短時間で終るので、粉じんの燃焼を伴 う場合とは区別できる。粉じん濃度 60g/m³の場合に は、センサ①の波形から、燃焼管下端部で大きく燃 焼することがわかるが、火炎の上方伝ばは起こらな い。70g/m³の濃度になると、下端部での燃焼終了後 ようやくセンサ②の大きな出力が得られることから, 緩慢な上方火炎伝ばであることがわかる。 また,火 炎の一部あるいはその後尾は分岐して下方へ落下す ることも、その後のホトセンサ①の波形から推定で きる。粉じん濃度をさらに高くして 110g/m³にする と、下端部での燃焼が終了しないうちに上方伝ばが 起こり、火炎は一瞬燃焼管全体を満たすように広が ることが、読みとれる。このような濃度では、実際 上爆発的燃焼が起こるといえるだろう。なお、爆発 容器の下端は開放してあるので、完全な上方火炎伝 ぱを生じない場合, つまり着火源近傍であるいは部





分的な伝ばを起こせば,容器下端から火炎が噴出ま たは落下するので,目視によっても伝ば状況は把握 できた。しかし,それよりも,上方火炎伝ばは大き な振動音を伴うものであった。

振動音の発生は、Fig. 3 からもうかがい知れるが、 Fig.4 の例はこれを良く示す。同図は、有機粉じん (Table. 1; 試料 S)の下限界近くにおける着火時の センサ出力を示す。それによると、粉じん濃度の高低 に対応した上方火炎伝ばの有無を示すセンサ②の出 力差は明確で、拡大図(Fig. 5)に示すように、火炎 放射による出力波形のいずれの部分を見ても振動が認 められた。火炎が上方伝ばした場合は、"ズズー"(低 周波)という大きな音が聴こえ、センサの出力に対 応した。これらの振動数は 62.5 ~ 71.4Hz であった。

配管中でのこのような火炎の伝ばに伴う振動現象 は、火炎と火炎前面での弱い圧縮波との相互干渉に よることが知られており、最近、コーンスターチ粉じ ん火炎について観測した Veyssière ら⁹⁾の結果と類似 する。彼らの写真観測によると、粉じん火炎は、多 数のセル状に分離した小火炎からなる不安定な構造 である。そこで、火炎の振動を除くため、以後、上蓋 中央に直径 50 mm の小穴を開けて火炎伝ばを観測 した。その結果、振動現象は緩和されたが、石松子 粉じんの下限界測定値は変わらなかった。



Time after ignition(s)



かくして、下限界を 5g/m³の間隔で測定した。粉じ んの種類によっては下限界近傍の薄い濃度では火炎の 放射が弱く、ホトセンサの出力が弱いものもあった。 ポリエチレン粉(低密度、平均粒子径 $d_{50} = 27\mu$ m) はその例で(恐らく分子中の炭素数が少ないことが その原因であろう)、Fig. 6 に下限界近くにおけるセ ンサ②の出力記録を示す。火炎の伝ば状況は曲線の 立上りと全体の大きさに反映されているものとして、 この場合の火炎伝ばは、95g/m³以上の濃度で観測さ れ、90 以下では伝ばしなかったものと判断した。こ こでの下限界は、実測結果から火炎伝ばを起こす最 低濃度として、95g/m³と決定した。

Table. 1 に粉体試料 23 種の測定結果をまとめて 示す。これによると、ここで求めた下限界の最小値 は 70g/m³(試料 B,D,石松子)で、これ以下の濃度 で火炎伝ばした粉じんはない。下限界データは 70 ~ 200g/m³の範囲にあり、平均粒径の大きな粉じんは、 より高い下限界を取るように思えるが、平均粒径が 小さい試料が必ずしも低い下限界を示すわけでもな い。粒度の分布幅が狭く、平均粒径の小さな粉じん が、より低い値をとるようでもあるが、例外もある。 これらの結果からは、爆発下限界と平均粒径とに何ら かの相関性があることは見出せない。しかし 70g/m³ の下限界を示す試料はいずれも浮遊・分散しやすい



粉じん爆発下限界と K_{st}の関係

粉じんであったことから,分散性のような粉体特性 は何も示していないが,それらの特性と関連がある だろうことは十分予想される。

ところで、このように有機粉じんの比較的大きい 下限界については、従来、あまり報告がない。それ は、すでに述べたように決定方法が異なることによ るが、上述の Veyssière ら⁹⁾が大型の流動床を用い、 200×200 mm の断面積を有す燃焼管中に浮遊粉じん 雲を形成し、上方火炎伝ぱ基準で測定したコーンス ターチ粉じん ($d_{50} = 約 20 \ \mu m$)の下限界は、同じ く 70g/m³であった。コーンスターチも有機粉じんの 一種であることから、当然ながら、同規模の装置で 同様の判定基準を用いれば、このように一致する値 が得られるであろう。ところが、同一装置ないし同 一方法を用いても、従来なかなか国際的に一致する データは得られなかった¹⁾。それらの決定方法に不安 定な要素があったことになる。

石松子のハートマン型試験装置およびふるい落下式 による測定値はともに約 40g/m³, ISO 規格の 1m³爆 発容器では 30g/m³, その代替装置である 20l球形装置 では 26g/m³, 15 l "Nordtest"では 35 ± 6g/m³, と まちまちな値が報告されている¹⁾。いずれにせよ, こ こで求めた石松子の上方火炎伝ぱする下限界 70g/m³ よりもいずれも小さく, 着火源近傍でのわずかな火 炎伝ぱを基準に判定されたものであることは明かで あろう。とはいえ, 粉じんの着火(引火)を伴うの で, これらのデータは安全面からはそれなりに意味

大型垂直管装置による粉じん爆発下限界の測定

Table 1	Summary of lower explosibility limit data			
	粉じん爆発下限界測定データのまとめ			

No.	Dust	$d_{50}(\mathrm{span})^*$	Lower limit	K _{st}
		(μm)	(g/m^3)	$(bar \cdot m/s)$
A	1,3,5-tris(3,5-di-t-butyl-4-hydroxybenzyl)-s-triazine-	32 (2.30)	85	234
1 C	2,4,6-(1H,3H,5H)trione			
В	1,1,3-tris(2-methyl-4-hydroxy-5-t-butylphenyl) butane	29~(1.47)	70	307
С	1,1'-bis(2-methyl-4-hydroxy-5-t-butylphenyl) butane	23 (2.93)	80	263
D	octadecyl-3-(3,5-di-t-butyl-4-hydroxyphenyl) propionate	94(1.53)	70	137
\mathbf{E}	pentaerythrityl-tetrakis-[3-(3,5-di-t-butyl-4-hydroxyphenyl)	54 (3.59)	170	135
	propionate]			
\mathbf{F}	2,2-bis[3-(3,5-di-t-butyl-4-hydroxyphenyl) propionyloxy]	85(2.19)	140	156
	diethyl sulfide			
G	3,9-bis[2{3-(3,5-di-t-butyl-4-hydroxyphenyl) propionyloxy}	15(2.24)	120	143
	1,1-dimethylethyl]2,4,8,10-tetraoxaspiroundecane			
н	1,3,5-trimethyl-2,4,6-tris(3,5-di-t-butyl-4-hydroxybenzil)	88(2.60)	85	235
	benzene			
Ι	pentaerythritol-bis-[(2,6-di-t-butyl-4-methylphenyl) phosphite]	14(4.94)	110	206
J	methylene bis(3,5-di-t-butyl-2-phenyl)octyl phosphite	249(1.77)	200	-
K	tris(2,4-di-t-butylphenyl) phosphite	29(3.20)	80	269
\mathbf{L}	N-(2,3,5-triazol)2-hydroxybenzamide	15(2.50)	130	271
Μ	N,N'-(2-hydroxybenzoyl) dodecandioxy-hydrazide	15(3.39)	115	195
Ν	bis(p-t-butylphenyl) sodium phosphate	3* [*]	180	143
0	methylene bis(3,5-di-t-butyl-2-phenyl) sodium phosphate	3**	95	192
Р	2-(3-t-butyl-5-methyl-2-hydroxyphenyl)-5-chlorobenzotriazole	40(4.36)	85	210
Q	methylene bis(2-hydroxy-3-(2-benzo-triazyl)-5-octylphenyl)	37(2.57)	75	263
Ř	2-benzovl-4-octanoxy-phenol	117(2.04)	110	222
S	methylene bis(2-hydroxyl-3-benzil-6-methoxyphenyl)	26(2.03)	85	_ ·
Т	tetraxkis(2.2.6.6-tetramethyl-4-piperidinyl) 1.2.3.4-	39 (3.34)	95	166
	butanetetracarboxylate	~ /		
U	1.2.3.4-butane-t-carbonate/1.2.2.6.6-pentamethyl-4-	37(2.69)	100	226
	piteridinol/ β , β , β , β -tetramethyl-3.9-(2.4.8,10-tetraoxa			
	spiro)[5.5] undecandiethanol/condensed compounds (縮合物)			
v	bis(3,3,5,5-tetramethyl-4-piperidinyl) octandioate	58(1.49)	90	206
Ŵ	lycopodium (石松子) ***	31(0.40)	70	163

* d_{50} =particle mean diameter (Wet measurement by laser diffraction, span= $(d_{90} - d_{10})/d_{50}$)

** Dry measurement (Microtrack-method)

*** Standard dust sample of The Association of Powder Process Industry & Engineering $K_{st} = (dp/dt)_{\max} \cdot V^{1/3}$

のあるデータであることは否定できない。このよう に,決定方法に大きな違いがあるが,局所的な粉じ んの燃焼とそれが上方伝ばに至るまでの粉じん濃度 にはかなりの差がある。粉じん火炎では化学的特性 時間が比較的長いことに主因があり,これも粉じん 爆発の特徴の一つに数えられるだろう。

3.2 爆発圧力および最大圧力上昇速度

Table 1 には、419lの密閉爆発容器⁷⁾を用いて測定 した K_{st}値(体積基準での最大圧力上昇速度)を比 較のため併せて示した。これらの粉体試料(石松子 を除く)の最大爆発圧力(ΔP_{max})は7.4 ~ 8.7 bar で、平均値 8.0 bar(標準偏差 0.3)であった。すな わち,測定範囲内で最大爆発圧力はこれらの化学構 造や平均粒径にはあまり関係しないようである。こ れに対して,K_{st}値と爆発下限界データをプロットす ると(Fig. 7),大きなK_{st}値は低い下限界を取るよ うに見えるが,逆は成り立たずデータのばらつきも 大きい。このように,爆発しやすい粉じんが必ずし も爆発が激しい粉じんではない。粉じん爆発の危険 性評価法を確立するためには,K_{st}測定の妥当性の検 討とあわせて,さらに多くのデータの蓄積が必要で あろうと思われる。

4. まとめ

小規模装置を用いた粉じん爆発の下限界の従来デー

タは、それぞれ異なる判定基準によって測定された ものであり、火炎伝ばには至らない単なる発火限界 を示すデータも含まれるようだ。それには、粉じん 濃度の局所的偏りや火炎伝ば途中での消炎など、装 置や測定方法による制約があることも否定できない。 そのため、それらのデータは危険性を過大評価する 恐れもあるが、濃度面で安全側にあると言えるだろ う。いずれにしても、従来の測定装置・方法による データの差は大きく、同一方法で測定しても一致す る値はなかなか得られず、下限界が粉じん爆発の特 性値とはなりにくいように思われる面がある。

そこで,比較的規模の大きい,上端閉,下端開放 の内径 255 mm,長さ 189 mm の円筒配管を用いて, 上方火炎伝ば基準で有機粉じんの爆発下限界を測定 した。その結果,石松子の下限界は 70g/m³,プラス チック添加剤 23 種の粉じんのそれは 70 ~ 200 g/m³ であった。これらのデータの最小値 70 g/m³は,同 じく大きな装置で測定されたコーンスターチの文献 値⁹⁾と一致した。ここでの結果は,最も低いもので, ハートマン型試験装置などによる従来データの約 2 倍以上の値であるが,縦方向の上方火炎伝ぱが達成 される真の下限界は,このように高い濃度になる。

(平成3年5月7日受理)

参 考 文 献

- 1) 松田:産業安全研究所安全資料, RIIS-SD 90-1 (1990), 1-39
- M. Hertzberg, K.L. Cashdollar and J.J. Opferman, The Flammability of Coal Dust-Air Mixtures, U.S. Bureau of Mines, Report of Investigation 8360 (1979), 1–70
- K.N. Palmer 著 [日本化学会訳編],粉じんの 爆発と火災,(1981),97,丸善
- 4) 石浜渉, 榎本兵治:安全工学, 14-4 (1975), 195
- J. Jarojinski, J.H. Lee, R. Knystautas, J.D. Crowley: 21st Symp. (Intnl.) on Combustion, (1986), The Combustion Institute, Pittsburgh, PA, 1917
- H.F. Coward and G.W. Jones, Limits of Flammability of Gases and Vapors, U.S. Bureau of Mines, Bull. 503 (1952), 1–155
- 松田:產業安全研究所研究報告, RIIS-RR-88 (1988), 73
- J.H.S. Lee, Y.K. Pu and R. Knystautas, Archivum Comb., 7-3/4 (1987), 279
- 9) C. Proust and B. Veyssière, Progress in Astronautics and Aeronautics, Dynamics of Reactive Systems, AIAA, New York, 113–2 (1988), 43