

JUNE. 1974

RIIS-RR-23-2

UDC 614.833:536.46

産業安全研究所研究報告

RESEARCH REPORT OF
THE RESEARCH INSTITUTE OF INDUSTRIAL SAFETY

RR-23-2

プラスチック粉じんの爆発限界酸素濃度について

内 藤 道 夫
松 田 東 栄

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

プラスチック粉じんの爆発限界酸素 濃度について

内藤道夫*・松田東栄*

Critical Oxygen Concentration for the Combustion of Polyethylene and Polypropylene Dusts

Michio Naito* and Tei Matsuda*

Critical oxygen concentration have been measured for the combustion of PE (high density polyethylene) and PP (polypropylene) dusts with a vertical tube apparatus to make sure whether the oxygen concentrations determined with a relatively small apparatus would be applicable to large scale powder handling systems. For the practical application, nitrogen gas had been chosen as inert.

The apparatus shown in Fig.1 consisted of a vertical explosion tube of clear perspex, 15 cm in diameter and 1.9 m long. Dust clouds of various concentrations could be produced by varying the speed of screw conveyor. The oxygen concentration of the atmosphere was controlled by passing the flow of ratios of $O_2/(O_2+N_2)$ through a gas mixer and checked in top of the tube with a magnetic oxygen analyser after efficient purging within the tube. The experiment was carried out at a closed end ignition and with ignition sources of hot nichrom wire (AC 20V, 14A) and a piece of gun cotton (0.5g) initiated from spark.

The results of the experiments with ignition of hot wires are summarized in Fig.2 in which the effects of particle size on flammability of PP dusts are shown. It can be seen that the critical oxygen concentration varies greatly with the particle sizes and ignition sources. The amounts of gun cotton were increased up to 10. g, but the results remained unchanged. In the PP dust passing a 200 standard sieve, the critical oxygen concentration is 12.2 per cent for the use of hot wire ignition and 11.4 per cent for the ignition by gun cotton (Fig.)3. Similar results of experiments with PE dust are shown in Fig. 4, from which it was also shown that the critical value is 13.0 per cent for the hot wire ignition and 11.4 per cent for the gun cotton ignition. The flammability boundaries of PE and PP dusts in the atmosphere are summarized in Fig. 4.

Although the sample dusts had passed through a sieve of the same mesh number No.200 (openings 74 microns), it was confirmed with a microscope that particle sizes and its distribution differed for both powders: the most frequent mean particle diameter was 28 microns for PP and 70 microns for PE.

* Chemical Engineering Research Division

Then, the difference of particle size distribution rather than chemical structure would have resulted in the oxygen values of 12.2 per cent for PP and 13.0 per cent for PE when obtained by hot wire ignition. With gun cotton ignition, however, the identical oxygen values were obtained for both samples in spite of the difference of particle sizes. This was taken as evidence that the source of ignition has a large power density.

The flammability boundaries obtained with hot wires could be estimated to belong to the ignition limits which are affected by the size of the ignition source.

1. 緒 言

工業的な粉体取扱いプロセスが増加するにつれて、粉体の燃焼および爆発の潜在的危険性が増大しつつある。粉体を製造し、輸送し、貯蔵するようなプロセスで、粉体と空気との関係を無にすることはほとんど不可能であり、条件さえととのえば、可燃性粉体はすべて発火、爆発をしようものである。特に粉体が空気中に分散浮遊していると、これに着火した場合、爆発現象を示し、爆発の伝播によって生ずる破壊力はガス爆発のそれをしのぐといわれる。このような粉じん爆発の予防上、粉体に基いた幾つかの問題点がある。まず粉体は非常に帯電し易いことである。粉体が流体として取扱われた場合、粉体間の接触等によって蓄積された静電気が、その放電において粉じん爆発の着火エネルギーとなりうる可能性がある。すでに粉体自身が、その燃焼、爆発をひきおこす着火源を内蔵している事になる。静電気の帯電と粉じん爆発のメカニズムについて詳しい事がわかっていない現段階では粉体の静電気制御を徹底することは困難である。

次に、粉じんの濃度および粒度をコントロールすることの困難性がある。粉体の粒度が小さいほど、粉じん爆発の激しさが大きくなることも知られており、粒度を大きくすることにより爆発の激しさを和らげることも考えられる。しかし現実に粉体を取扱う工程では、粉体間の摩擦や混合過程で粒度の小さい粉じんが発生することは避けられないし、また粒度の分布も不均一なものである。粉じんが空気中に浮遊する濃度についても、分散状態は一定ではなく、均一性は望めない。したがって濃度を爆発範囲外にコントロールして運転しようする可能性というものは計算上は粉じん量と送気量を確認すればできそうに思われるが、現実にはガスのような均一混合状態とならないので、爆発しようする雰囲気常在に存在するものと考えねばならない。

そこで、以上のような問題点を考慮した最も適切な粉じん爆発の予防法として雰囲気中の酸素濃度を不活性ガスで希釈して爆発を防止する方法が考えられる。これは不活性ガスの添加によって、可燃性粉じんの爆発範囲が縮小し、ついには爆発上限界と下限界は遂に一致し火炎の伝播が不可能となる事実によっている。この場合の酸素濃度を限界酸素濃度という。もちろんこのような爆発防止対策は可燃性ガス、蒸気に対して

工業的に利用されており、均一な条件が得られる利点もあって、限界酸素濃度についての測定値も多く知られ、かつ濃度制御も容易であることから広く活用されるわけである。しかし不均一系としての粉じん—空気混合物についての限界酸素濃度のデータはあまり多くない。これは主として、均一な粉じん空気混合物を得ることが実験的に困難であったためにもよると思われる。さらに、これらのデータは主として米国鉱山局で使用された、小規模の実験室的な装置で測定されたものである、そのため、それらのデータを工業的に利用されている粉体装置に、そのまま利用できるかどうかという問題がある。実験室的な装置での粉じん爆発は粉体を強制的に流動させた状態で着火させる方法が多く、またその爆発伝播機構についても未解決な点が多く、限界酸素濃度を簡単に算出できるまでには至っていないからである¹⁾。

そこで、主として実用的な見地から比較的大きい粉じん爆発装置を組立て、最も経済的かつ実用的と思われる窒素ガス希釈による限界酸素濃度を測定した。

2. 実 験

2.1 粉体試料

プラスチック粉末の代表的なものとして、ポリエチレンおよびポリプロピレンを用いた。ポリエチレン(日本オレフィン製)、ポリプロピレン(三井東圧、および三菱油化製)。

また難燃剤の効果を調べるため、次の粉体を使用した。エポキシ樹脂(シエル石油化学、商品名エピコート1009、融点127~133°C)および難燃剤デカクロルビフェニルを添加したもの。

2.2 測定装置

使用した装置は、いわゆる落下(または流下)式と呼ばれるもので、これまで炭じん爆発の研究などに数多く使用されてきたものである²⁾。これらを参考として、内径15cm、長さ1.9m(全長)の垂直硝子パイプを使用して組立てた。その略図をFig.1に、また実験状況をPhoto.1に示した。

この燃焼筒内にできるだけ均一な粉じん—空気混合気を形成することは実験上最も問題となるが、今回は重力による粉体の自然落下により粉じん雲を生成させ

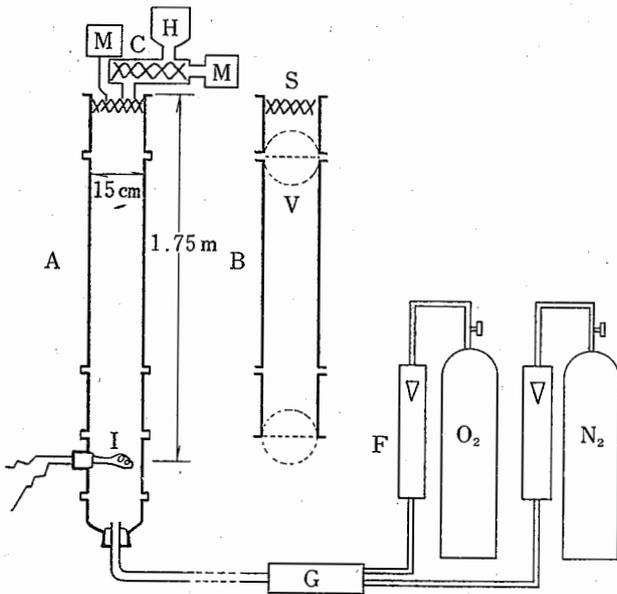


Fig.1 Experimental diagram. A. combustion tube. B. as used for measurements of dust concentrations. C. screw conveyor. F. flowmeter. G. gas mixer. H. hopper. I. ignition coil. S. sieve. V. plate-valve.

た。燃焼筒の上部からスクリーコンベアにより粉体の供給速度を一定に保ちつつ、筒内へ試料粉体を落下させる。スクリーコンベアの出口は管径に比べて小さいので、粉体の分散を高めるために、その下に金網を保持し、これを水平方向に振動させた。供給粉体量はピッチの大きさが異なる3種類のコンベアと無段階変速モータの組合せにより少ない方からほぼ連続した粉体供給量を得るようにした。しかし供給量が大きくなると、振動中の金網上に粉体の分散がさまたげられて蓄積するような場合もみられた。このことは粉体の色々な特性にもよるもので金網のメッシュの大きさや振動力を大きくしても避けられない現象であり、あまりに高い濃度の粉じん雲を形成することは困難であったが、実験の本体の目的から特に高濃度を必要としない見地から分散法を変更しなかった。

2.3 実験方法

次に、このようにして筒内に供給分散された粉体の粉じん雲濃度について測定しなければならないが、ここでは部分的な粉じん雲の動きや不均一性を無視して、燃焼筒全体に平均的に分散していると考えられる濃度を調べた。そのために、粉の供給を始めてから、粉の落下分散が定常的になったと思われる時点で、燃焼筒の上下 (Fig.1, B) に、燃焼実験とは別個に取り

付けたプレートバルブを同時に閉めて、その空間に浮遊する粉じんを放置沈降させ、それを捕集し秤量した。この空間の体積は 23l で、粉じん濃度は見か上 (mg/l) の単位で、以下表わしてある。捕集、秤量した粉体量は同一ギヤの組合せで10%以内のパラッキがあり、一部は硝子器壁に付着した。

燃焼筒内の雰囲気酸素および窒素の割合は、市販ガスの混合によった。すなわち流量計をそれぞれのポンペに接続し、その流量を調節することによって、目的とする混合ガスを調合させ、燃焼筒下部入口からガスを導入して、筒内の空気を置換した。酸素濃度は磁気式酸素分析計 (ベックマン社製) により測定したが、この濃度は流量計の目盛と比例関係にあった。筒内の雰囲気ガスが流入した混合ガスにより十分置換したことを確認の後、流入ガスを停止し、その後ただちに粉体を落下分散せしめてから着火スイッチを押して燃焼の有無を観察した。

ここで問題となるのは、雰囲気ガスの流れを止めると、燃焼筒上部からの粉体の導入と落下に伴って、空気を引き込み拡散して、筒内のガス濃度が変化するということがあることである。このため粉体分散後の筒内の酸素濃度を予備的に測定した結果、筒上端から 40cm 下方までは濃度の変化がみられた。しかしそれより下方の空間ではほとんど変化がみられなかった。

また注意すべき点として、分散した粉じんは、落下して燃焼筒の下端の閉鎖された部分に達すると上方へ舞い上がり、下部付近の濃度は前もって測定した値よりも大きくなることである。特に粒度の小さい粉体になるとその傾向は大きくなった。そこでこれを避けるため、着火は落下粉体の先端が、下部閉端部に達するやいなや行なうことにした。

この条件での燃焼実験は、筒下部閉、筒上部開という場合の火炎の伝播が観察されるわけである。

着火源としてはニクロム線 (1mm 直径, 20V 14A) と綿火薬 (窒素量約12%, 燃焼熱 2440cal/g) を用いて比較した。なお綿火薬の発火はネオントランスのスパークを使用した。

3. 結 果

3.1 火炎の伝播性状

実験は主として、粉じん濃度と酸素濃度を変化させ

て、火炎の伝播性状を観察することにあつたが、限界酸素濃度付近では必ずしも明瞭な火炎伝播はみられない場合がある。すなわち酸素濃度または粉じん濃度が減少するにつれて、燃焼筒全体に着火源から火炎が拡がる現象が変化して、激しい勢いの火炎からだんだん弱くなり、結局燃焼筒の中程で火炎が消滅してしまう。このことは着火源付近だけで燃え、粉体の持続的燃焼を失うことになるわけである。

そこで限界濃度は粉じん濃度を変化させることによってプロットされた曲線から求めることにした。

空气中（酸素濃度21%）における粉じんの下限酸素濃度付近ではポリエチレンおよびポリプロピレンの両粉体に共通して青白色の火炎が伝播してゆくのが観察された。粉じんの濃度が増大するにつれて火炎の色は赤橙色を呈してくる。また窒素により酸素濃度を稀釈すると、酸素濃度が小さくなって限界酸素濃度付近でも火炎は赤色を帯びようになる。したがって青白色の火炎は空气中における粉じんの低濃度分散時特有な現象と思われるが、その伝播速度は以外と早い。

着火源でニクロム線と綿火葉の場合を比較してみると、相対的に綿火葉の場合の方が伝播速度が早いようである。この現象は綿火葉の場合、着火源が燃焼筒断面の全面積にわたるので、より大きい燃焼エネルギーが未燃粉体に伝えられて、その後の火炎伝播が容易にな

るからであると考えられる。一方ニクロム線を着火源とした場合には伝播火炎は濃度の不均一性もからんで非常に乱れた状態となる。この典型的な火炎伝播の性状は Photo. 1 に示すようなものであつた。

3.2 粉体粒度と限界酸素濃度

粉体粒度が粉じん爆発の激しさに影響することはよく知られている。粒度が大きくなると、空气中に強制的に分散させても、すぐに沈降して粉じん雲が形成しにくい。したがって粉じん爆発の機会は少なくなるわけで、反対に粒度が小さいと浮遊し易く、爆発も起り易い、Fig. 2 にはニクロム線を着火源とした場合の粉じん濃度と限界酸素濃度の関係を粒度別に示したものである。粉じん試料はポリプロピレン粉体である。点線と A, B, C, D 各線の交点が限界酸素濃度とこのときの粉じん濃度であるが、粒度の最も小さい D の場合、交点の粉じん濃度はほぼ 80 $\mu\text{g}/\text{l}$ であつて、粒度が大きくなるにつれ粉じん濃度は大きくなる。また各曲線の下限界からこの濃度までの酸素濃度の変化はいづれも大きい、この交点から粉じん濃度の大きい方向にかけては限界酸素濃度の変化はゆるやかである。また粒度の小さいものほど可燃域が拡大する。

この図から、粒度と限界酸素濃度を定量的に論ずる

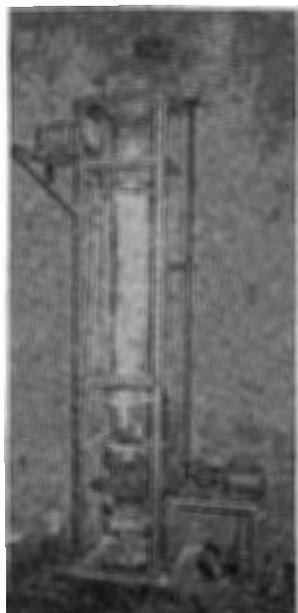


Photo. 1 Flame propagation with polypropylene dusts. (ignited with nichron wire)

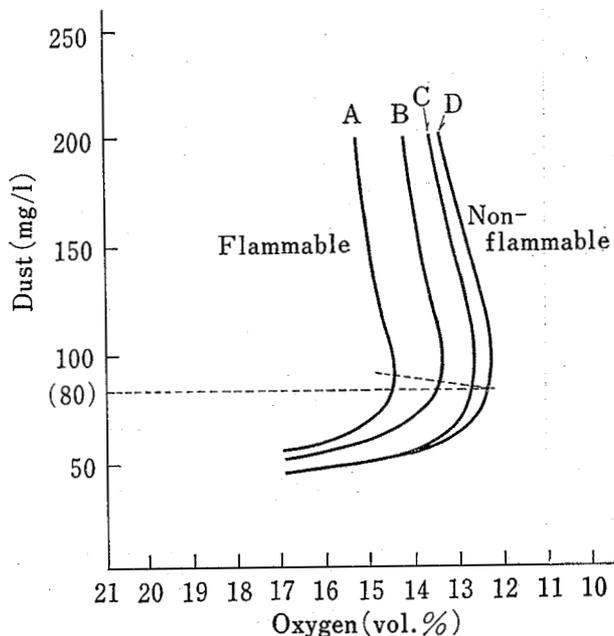


Fig. 2 Effect of particle sizes on propagation limits, particle sizes : A. 65—100 mesh, B. 100—150, C. 150<, D. 200<. Polypropylene.

ことは困難であるが、酸素濃度の減少率からみて、200メッシュ以下のさらに細かい粒度に対しては、粒度によって影響されない限界酸素濃度が存在すると思われる。

3.3 着火源の影響

高密度ポリエチレン粉体について、ニクロム線および綿火薬を着火源とした場合の粉じん濃度と燃焼伝播の可能、不可能な酸素濃度の限界曲線を実験的に求めた。Fig.3 は着火源を綿火薬とした場合の測定結果を示している。一回の着火には綿火薬を 0.5g 使用したがこれが着火源として適当であるかどうかは、次のようにして推論した。空気中における下限界濃度を綿火薬 0.5g から 1.0g まで増加させて測定した結果、その濃度には変化がなかった。濃度が増大するにつれ、着火エネルギーは小さくなり、化学量論組成において最小の着火エネルギーを示すと考えられているので、少なく

とも空気中では 0.5g の綿火薬で着火は十分と思われる。しかし、窒素の希釈によって酸素濃度が減少すれば、着火しにくくなるので、与えるべきエネルギーは増大してくる。その度合については測定された例はないように思われる。綿火薬の熱量からみると 0.5g で発生エネルギーは約 4×10^8 ジュールとなり、空気中における一般の粉じん爆発の着火エネルギーはせいぜい 1~10ジュールのオーダー³⁾であるから、これは酸素濃度が非常に小さい場合に必要とされる着火エネルギーとして十分な程度のものであると思われる。実際、綿火薬を発火させた場合、その火炎の形状は必ずしも球状を呈するわけではないが、大体燃焼管の断面全体に瞬時に広がり、これにより落下する粉じんを一気に着火せしめる現象が観察された。また粉じんの着火おくれもほとんどなかった。

一方、爆発限界濃度は火炎の自己伝播能力の限界の濃度であるので、着火源そのものがあまり大きいエネルギーで、影響が大きすぎると、本来の爆発限界濃度を示さないのではないかという懸念がある。この場合、0.5g の綿火薬が果して着火源として大きすぎるかどうかをコイル状の赤熱ニクロム線を着火源とした場合と比較検討した。Fig.4 および Fig.5 はポリエチレン、ポリプロピレン粉体の粉じん濃度と限界酸素濃度

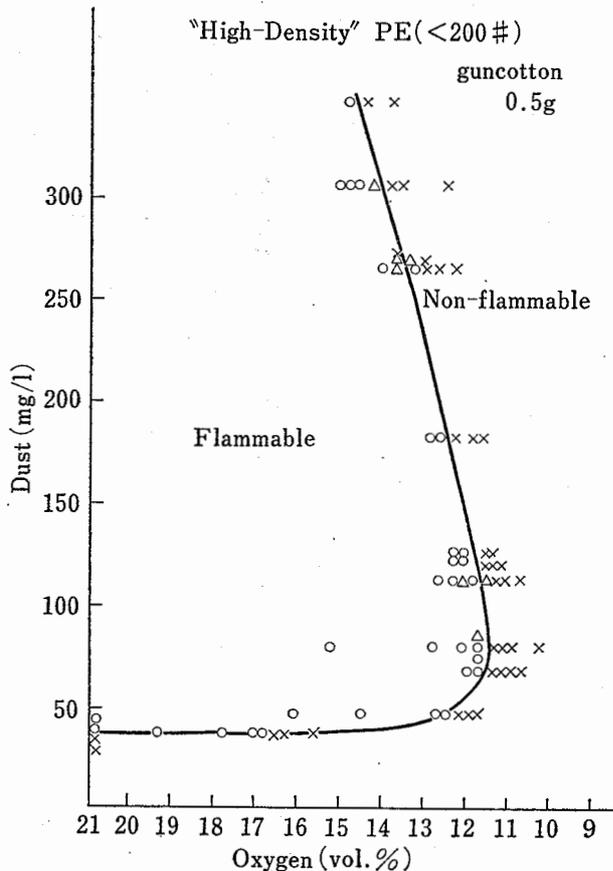


Fig.3 Flammability limits of polyethylene dust in nitrogen-oxygen mixtures.

- Propagated to top of tubl
- △ Propagated rant of tube largth
- × No Propagation

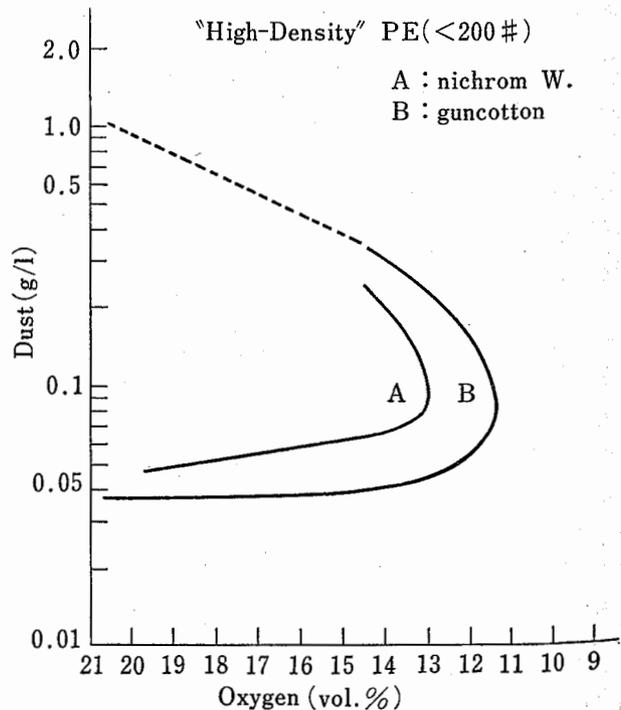


Fig.4 Effect of ignition sources on flammability of polyethylene dusts.

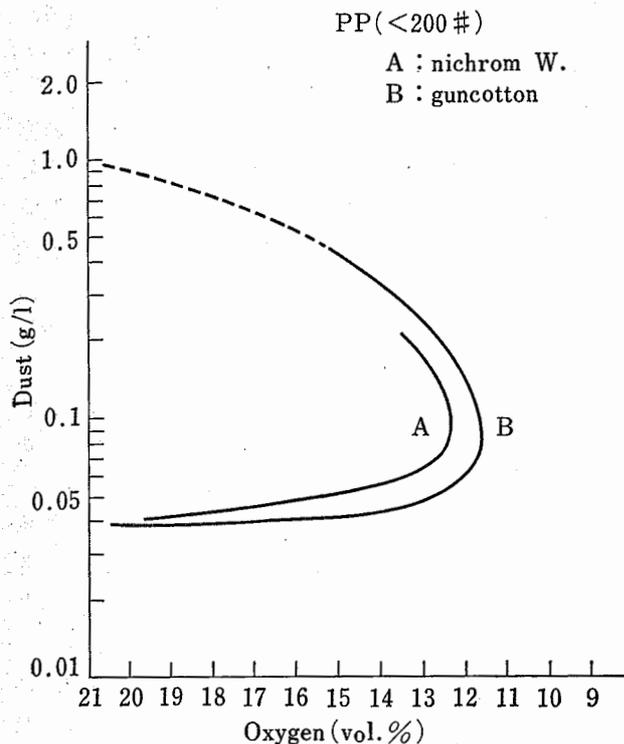


Fig.5 Effect of ignition sources on flammability of polyethylene dusts.

の関係を着火源別に示した。

このコイル状のニクロム線は燃焼筒の断面に平行に、直径約 6cm のリング状に取付けた。この場合の着火の現象は、赤熱したニクロム線上に蓄積した粉体が溶融、熱分解をおこして発火する形態をとるので、粉体がニクロム線上に接触してから発火するまで、かなりの発火遅れ時間が存在することが観察された。またリングの形状から、燃焼筒の全断面での着火とならずに粉体流に対して局部的な着火源となるため、火炎の伝播への加速も比較的小さいように観察された。

このように綿火薬とニクロム線では着火源としての性状にかなりの相違があるが、Fig.4, Fig.5 の実験結果では、ポリプロピレン粉体の場合、限界酸素濃度—粉じん濃度関係曲線はかなり近づいていて、酸素濃度として約 0.8% の差があるにすぎない。ただポリエチレンの粉体ではやや差があり、約 26% である。しかし極端な差異は認められないので、綿火薬 0.5g の着火源は特に強すぎることはないように思われる。

以上のほか下端開放の条件で、LPG を燃料としたメッセルバーナーを着火源としていくつかの実験を試みたが、実験結果に再現性が乏しかったので着火源と

して採用しなかった。

3.4 難燃剤の添加による影響

熱硬化性プラスチックの 1 種のエポキシ樹脂について、有機難燃剤としてデカクロルビフェニルを 20% 添加したものを同様な実験方法で限界酸素濃度—粉じん濃度の関係を不添加のものと比較測定した。この結果は Fig.6 に示す。この図だけの実験結果から結論づけることは困難であるが、この程度の難燃剤の添加量では、限界酸素濃度に大きな差異が表われていないし、このことは粉じん雲中ではプラスチック粉と難燃剤が不均一な混合状態となって分散するため、難燃効果が不十分になるのであろう。また難燃作用の機構もプラスチック成型品の場合とかなり異なり、媒体としての空気の影響が大きいように思われる。

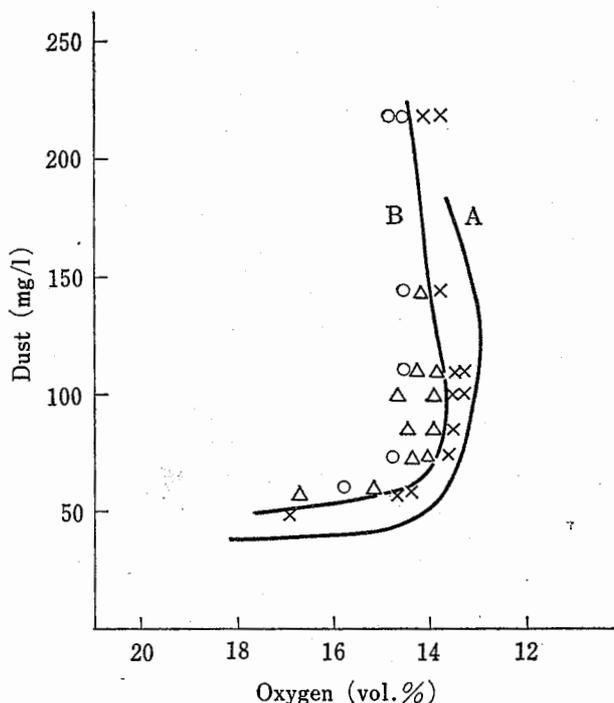


Fig.6 Explosions of epoxy-resin in O_2-N_2 mixtures.
A : resin only B : 20 wt. % deca-chlorobiphenyl added resin.

4. 考 察

4.1 従来データの比較

限界酸素濃度は粒度によってかなり影響を受けるの

で、厳密には他のデータと比較する場合、同じ粒度ないしは粒度分布を示す試料について比較しなければ意味がない。しかし、これまでのデータで粒度分布のはっきり表示されたものは少く、また実験の目的が同一装置による各種粉体間の相対的な危険性状の数値を得るためという場合が多い。そしてポリエチレン、ポリプロピレン粉体については次のデータが知られているにすぎない。すなわち、望月⁴⁾はパーナー法でポリエチレン粉体の限界酸素濃度12.4%を測定し、炭酸ガス希釈の場合は14.2%の値を報告している。

なお炭酸ガスを希釈剤として使用した場合のプラスチックの限界酸素濃度の測定例は U. S. Bureau of Mines⁵⁾ で多数報告されている。これによると大体12~18%の範囲にある。使用した装置は小型のものである。また、850°C に保たれた電気炉中で窒素希釈で測定した例⁶⁾ では、プラスチック粉以外の粉体に対して限界酸素濃度が5~8%であったというデータもある*。

希釈ガスの種類によって限界酸素濃度が相違することは、不活性ガスの比熱の大きさに比例して希釈効果が大きくなることから知られているから、前記の文献データと比較した場合、今回の大型実験装置によって得られた限界酸素濃度の値がポリプロピレン、ポリエチレンについて約11.4%であることは特にシビアな条件下の数値とは思われないし、実験方法の差異による測定値の差異も燃焼の伝播形態を考慮すると大きいものではないように思われる。その点電気炉で測定されたデータは、燃焼機構が異なるうえ、着火源として大きすぎる熱源を与えているので比較対照するわけにはいかないであろう。

4.2 限界酸素濃度と火炎伝播

Fig.2 に示すように限界酸素を示す粉じん濃度は約80mg/l で表わされたが、熱力学的に計算できる空気中における化学量論濃度はポリプロピレンおよびポリエチレンについては同じく80mg/l となる。計算では粉体は完全燃焼するという化学式に基いているが、実際にはかなりの未燃焼の粒子や不完全に燃焼した残渣が認められ、また燃焼生成物には粉じん濃度にもよるが、多量の一酸化炭素が形成されるのが普通である。

* 長さ5m、内径25cmの垂直パイプでフェノールホルムアルデヒド樹脂およびビフェニールプロパンについてそれぞれ窒素希釈による酸素濃度が12.6%、9.3%という報告⁷⁾が最近なされている。

多くの異った反応が進行し、一つの反応式によって、これらの燃焼の過程を示しうるほど簡単ではないのであり、その詳しい燃焼機構はまだ知られていない。

そこで化学量論濃度に相当する粉じん濃度は高濃度側にずれてよいはずであるが、実際には、雰囲気中のすべての酸素分子が燃焼反応にあづかるわけではないので燃焼機構が異なるにもかかわらず数値上の一致が見られたものと思われる。

粉じんの火炎伝播については粒子周囲における空気と分解ガスの混合による気相燃焼および粒子表面での表面燃焼により説明されているが、いずれにしても酸素の拡散が重要であり、窒素の希釈につれて燃焼特性はいちじるしく低下すると考えられる。

限界酸素濃度は燃焼速度などの燃焼特性が零まで減少した限界値で、これ以下の酸素濃度ではもはや火炎の伝播は起り得ないことを示すものであるが、逆に火炎伝播に必要な最低の酸素濃度を示している。

燃焼伝播機構が熱伝導によって支配されるとすれば、限界酸素濃度は不活性ガスの熱的性質と粉じんの燃焼熱によって決まってくるともいえよう。したがって電気炉内などにみられるように雰囲気ガスが加熱された場合は限界酸素濃度がかなり低下することは容易に理解できるし、高温での限界酸素濃度の適用については注意が必要である。

空気中での下限界付近で観察された青白色の火炎はその火炎の速度からみて、メタン—空気混合物に典型的なものと考えられる。粉体は火炎中に急激に巻きこまれて燃焼反応を行うわけであるから、室温から火炎温度までの熱変化を瞬間的に受けることになり、物質の加熱速度はかなり大きくなる。物質内部での温度差も大きくなり、粒子表面では分解反応や燃焼反応が進行していても、粒子内部は融点温度以下で固体のままであることがある。ポリエチレン等の一般の加熱速度(1~10°C/min)での熱分解では水素およびメタンをはじめとする低級炭化水素が生成するが、フラッシュ分解に近い加熱速度ではその生成物は異ってくると考えられる。観察された火炎から見て、ポリエチレンおよびポリプロピレンの下限界濃度付近での分解生成物はメタンや水素が主成分と考えられる。粉じん濃度が増大し、火炎温度が高くなるとカーボンの燃焼が見られることから、燃焼の主成分は変化してくるものと思われる。これらは肉眼での観察によって判断したもので、詳細な反応機構等の解明は今回の実験では行わな

かった。

一般に、化学構造から見て、ポリエチレンよりもポリプロピレンの方が燃焼しやすいといわれているが、両者の粉体のニクロム線着火によって求められた限界酸素濃度曲線 (Fig. 4, 5) にはそれ以上のかんりの差がみとめられる。ただこれは粒度分布の差が影響していると思われ、偏光顕微鏡により観察した結果では平均粒径がポリエチレンで 70 μ 、ポリプロピレンで 28 μ であってポリプロピレンの方が小さく、同じ 200 メッシュ通過の粉体といってもかなりの有為差があるわけで、平均粒径の小さいポリプロピレンの方が燃えやすいことになる。しかし、綿火薬による着火では両者にまったく差がみとめられず、粒度の影響は着火源の強さによっても異なるようである。

なお空気中における爆発上限界濃度はガスの場合とことなり、その測定値はほとんど知られていない⁹⁾。これは粉じんの分散状態を非常に高濃度でしかも比較的均一に保つことは殆ど不可能であるという実験上のテクニックによると思われる。たとえば Fig. 4, 5 のように限界酸素濃度曲線を延長してゆくとはほぼ 1g/l の濃度になるが、実際に実験的に確認はできないので、この点については更に検討が必要であろう。

5. 結 言

自然落下するポリエチレン、ポリプロピレンの粉じんの爆発特性のうち、限界酸素濃度と粉じん濃度の関係をニクロム線と綿火薬の異った種類の着火源により、比較的大きな装置を使用して求めたわけであるが、火炎伝播の現象は主として肉眼による観察のみであり、詳細な火炎伝播の機構については求められなかった。しかし、密閉装置内における粉じん爆発を防止する確実で最良とみられる方法として限界酸素濃度を決定し、雰囲気中の酸素濃度を制御するためのデータを得るといふ所期の目的を達成し得たものと思われる。

今回の実験では不活性ガス希釈剤として窒素のみを使用した。その他の不活性ガスや、性質の異なる不活性ガスの混合状態における希釈効果の変化等についても今後比較検討する余地があると思われる。その際にはガスの比熱を考慮して限界酸素濃度を決定するのが望ましい。

また、ポリエチレン、ポリプロピレンは熱可塑性プ

ラスチックの代表的な物質であり、燃焼熱もかなり大きい。燃焼熱の小さいものや、熱硬化性のプラスチック等で限界酸素濃度についてのデータの知られていないものに対して、今回のデータをそのまま、適用することは早計である。なお粒度分布などについても十分なデータを取り、その比較検討も必要となろう。

測定法にしても今回の装置もなお検討の余地があり、また実験条件をいろいろ変化させかつ実験能率のすぐれた装置や、酸素濃度との関連において爆発圧力、爆発圧力上昇速度などの爆発特性が測定しうる装置を開発して、さらに粉じん爆発防止上の各種のデータを得ることが今後必要となるであろう。

一方基本的には粉体の燃焼伝播機構がまだはっきりしていないことと、種々の粉体についてのデータが不足しているので、これらを整理することが、今後のもう一つの課題となるであろう。

(49. 4. 25 受理)

文 献

- 1) R. H. Essenhigh : Loss Prevention Vol. 2, 44 (1967) American Inst of Chemical Engineers
- 2) A. D. Craven and M. G. Foster : Comb. and Flame 11 (5) 408 (1967)
- 3) 内藤, 梅津 : 安全工学 8 (2) 107 (1969)
- 4) 望月 : 工業火薬 19 (5) 364 (1958)
- 5) M. Jacobson, J. Nagy and Cooper : RI 5971, U. S. Bureau of Mines (1962)
- 6) M. M. Rafetery : Fire Research Technical Paper No. 21 London H. M. S. O. (1968)
- 7) K. N. Palmer and P. S. Tonkin : Comb. Inst European Symposium (ed. by F. J. Weisenberg) p. 189 (1973)
- 8) 石浜, 榎本 : Comb. and Flame 21 177 (1973)

産業安全研究所研究報告 RIIS-RR-23-2

昭和49年7月20日

発行 労働省産業安全研究所

〒108 東京都港区芝5丁目35番4号

電話 (03) 453-8441 (代)

印刷所 新日本印刷株式会社

UDC 614.833 : 536.46

ポリエチレン、ポリプロピレン粉じんの燃焼に対する限界酸素濃度

内藤道夫・松田東栄

産業安全研究所報告 RIIS-RR-23-2, 1~9 (1974)

ポリエチレンおよびポリプロピレン粉じんの燃焼に対する限界酸素濃度を径 15cm, 長さ 1.9m の垂直燃焼筒を使用して測定した。限界酸素濃度の最低値は, 不活性ガスとして窒素を使用した場合, 11.4%で, この値は両方の粉じんに共通していた。点火源の種類と粉じん粒度の影響も限界酸素濃度に関係することが分った。

(写真 1, 図 6, 参 8)



UDC 614.833 : 536.46

Critical Oxygen Concentration For the Combustion of Polyethylene and Polypropylene Dusts.

by M. Naito and T. Matsuda

**Research Report of the Research Institute of Industrial Safety RIIS-RR-23-2
1~9 (1974)**

Critical oxygen concentrations have been measured for the combustion of polyethylene and polypropylene dusts with a 1.9m long and 15cm in diameter vertical tube. The lowest concentration was 11.4 percent, diluted with nitrogen gas as inert, for both powders. Effects of ignition sources and particle sizes were also considered on the critical oxygen concentrations.

(1 photo, 6 Figures, 8 References)

