



Title	坑道内での炭じん爆発伝ばに及ぼすメタンガスの影響に関する実験的研究
Author(s)	王, 陳; Wang, Chan; 樋口, 澄志 他
Citation	北海道大學工學部研究報告, 132, 1-9
Issue Date	1986-07-31
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/42005
Type	departmental bulletin paper
File Information	132_1-10.pdf



坑道内での炭じん爆発伝ばに及ぼすメタンガスの 影響に関する実験的研究

王 陳 樋口 澄志
(昭和 61 年 3 月 31 日受理)

Effect of Methane Concentration on the Detonation properties of Coal Dust Explosions in an Underground Gallery

Chan WANG and Kiyoshi HIGUCHI
(Received March 31, 1986)

Abstract

Experimental studies using an explosion testing tube (15cm × 15cm × 900cm) were conducted to assess the effect of methane concentration on the detonation properties of coal dust explosions in an underground gallery. Coal dust that was weighed previously was evenly distributed on the shelves throughout the length of the testing tube.

Then explosive methane- air mixture in the closed end of the tube was ignited and this gas explosion was followed by coal dust explosion and detonation in the open end of the tube when possible. A coal dust explosion in the testing tube could not self-propagate when the concentration of coal dust was lower than its lower explosion limit.

But when some methane coexisted in the coal dust, the limit was markedly lowered. Under the condition of the same coal dust concentration, it was confirmed that distances and velocities of flame propagations increased with methane concentration.

1. 前 言

炭鉱坑内での作業の機械化が進むにつれて採炭や沿層坑道掘進時に炭じんとメタンガスの発生が顕著になってきている。坑内の気流中にはある程度の浮遊炭じんが存在するがその他に一旦枠の上や坑道の床に堆積した炭じんもガス爆発、発破、落盤、ガス突出などが原因で、通気中にもどり、浮遊炭じんとなり得る。単純に計算すると、普通の坑道の表面に、厚さ 0.1~0.2 mm 位の爆発性炭じんが堆積していた場合、これが通気中に浮遊すると、その炭じん濃度は爆発の下限界に達し得る。炭鉱の坑内では炭じんとメタンガスが同時に存在することが普通であり、その場合、両者自身の爆発下限界はもっと低くなる可能性がある。現在でも世界中の炭鉱では、ガス爆発、炭じん爆発またはガス・炭じん爆発といった事故が時々発生しており、これらの爆発現象を究明することは、爆発の防止、抑制といった面から大切なことである。

本研究の目的は、坑道内での炭じん爆発伝ばに及ぼすメタンガスの影響について検討すること

である。

炭じんとメタンガスが共存する場合には両者自身の爆発下限界は低下し、爆発しやすくなることはすでに明らかにされている。しかしながら、これらの研究報告はほとんど基礎的な爆発実験装置を用いた実験に基づいており、実験の坑道を模擬した装置での研究は見当たらない。

2. 実験装置と実験方法

本研究に使用した実験装置は図-1にその概要を示した通り、爆発坑道、ガス起爆室、炭じん棚、ガス検定器、ガス攪拌ポンプ及び計録器から構成されている。

爆発坑道及びガス起爆室は断面 $15\text{ cm} \times 15\text{ cm}$ の正方形、厚さ 4 mm の鉄鋼製で爆発坑道1本の長さは 90 cm で容積はおよそ 20 l である。両端にフランジが付いている。これを接続するときにはフランジとパッキングで圧着し、止め金で緊締し気密にして接続部分からメタンガス、炭じんと爆発圧力が漏れないようにする。ガス起爆室は長さ 15 cm で容積はおよそ 3.4 l である。使用した鉄鋼製坑道は10本で同じ方法で起爆室と直線的につないである。ガス起爆室閉端より開口端まで全長 9.15 m である。

炭じん棚は爆発坑道と同じ長さ 90 cm で、巾 12 cm 、高 7 cm でその上部に 3 cm 巾の平らな鉄板が等間隔に10枚つけてあり、坑道全部に設けてあり、その上に炭じん計量板を円いて一定量の炭じんを堆積した。

ガス起爆室には起爆用ガスの攪拌器とガス検定器がつけてあり、開放端側にはセロハン紙を張っている。

圧力及び火炎センサは爆発坑道毎に（第2, 3本目の爆発坑道を除く）その中心部に取付けている。圧力センサには、共和製(PGM-5KC)タイプを、火炎検出センサにはシャープ製フォトダイオード(BS530UV)を用いた。圧力センサは増巾器に通して記録計(18ch電磁オシログラフ)とつないでいて火炎センサは直接同じ記録計につないでいる。

また、爆発坑道内にメタンガスを入れる場合は最先端の爆発坑道に取付けたシャッターを閉じ、爆発坑道のメタンガスが所定の均一濃度に達するまで攪拌ポンプで攪拌した。

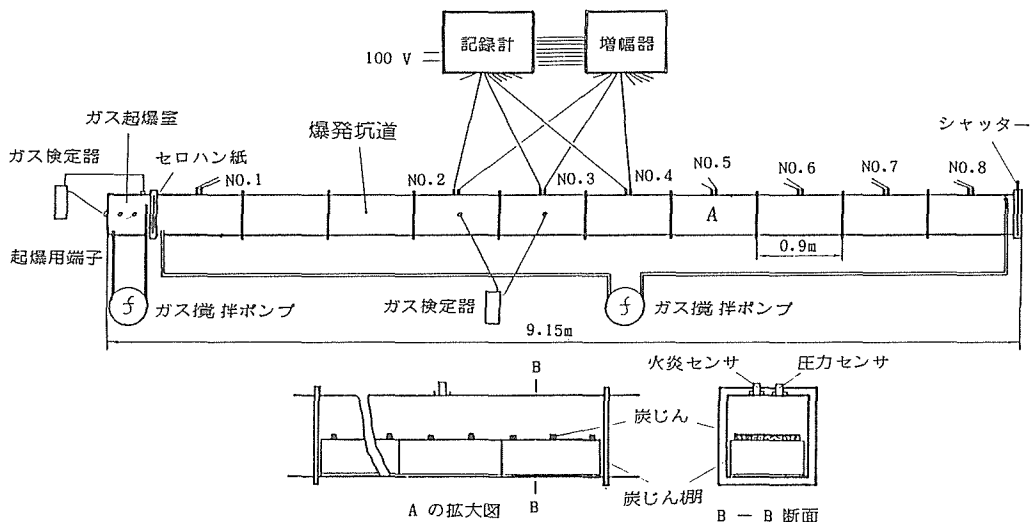


図-1 実験装置

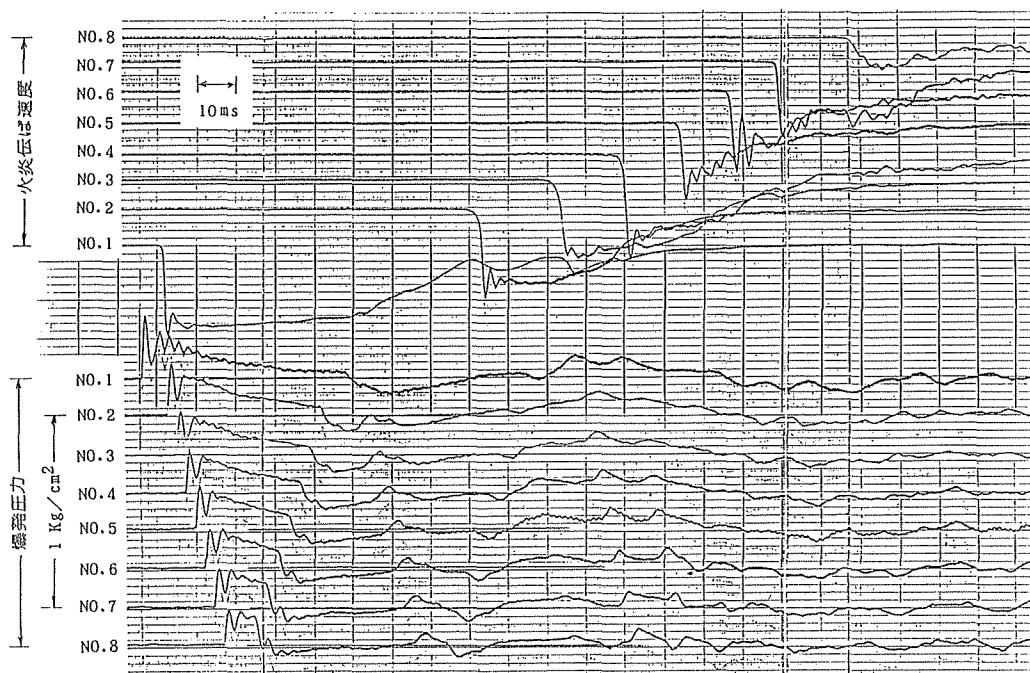


図-2 爆発圧力と火炎伝ば速度の波形の例
(中国淪炭 炭じん 45 g/m^3 CH_4 濃度 2% の時)

実験方法はガス起爆室内部にセットしたヒューズに通電し、ヒューズの溶断による電気火花によってまえもってガス起爆室に導入した 9.5% のメタンガスに着火爆発させる。その爆発で起爆室前面のセロハン紙を破らせ、爆発坑道内の炭じんを飛散させるとともに起爆ガス爆発火炎で炭じん雲または炭じん・メタンガス空気混合気体に着火爆発させた。

この実験に適用した炭じん濃度範囲は $25 \sim 300 \text{ g/m}^3$ 、爆発坑道内のメタンガス濃度は 4% 以下の範囲であり、濃度の組合せは炭種毎に炭質に応じて変化させた。

図-2 は中国淪炭を例として炭じん濃度 45 g/m^3 、メタンガス濃度 2% の時の爆発圧力信号と爆発火炎信号を示す波形の記録例である。図に示したように上方の 8 チャンネルは火炎検知信号であり、その立上がりの時間間隔から火炎の伝ば速度が No 1 ~ No 7 が早くなり、No 7 ~ No 8 が遅くなることがわかる。下方の 8 チャンネルは爆発圧力信号であり、そのピークは爆発圧力の大きさと起爆時から各センサ毎の圧力上昇のおくれを示している。センサの位置は図-1 に示したようである。

3. 実験試料

実験に供した炭じん試料は中国炭 6 種類と日本炭 1 種類である。表-1 に日本の工業標準規格 JIS M 8812 によって分析した供試炭じんの工業分析の結果を示した。

これらの炭種は、いずれも揮発分が 11% 以上で、日本の保安規則に定められている基準によれば爆発性を有する危険炭種である。これらの炭じん試料は全く同一条件で粉碎したもので、まず 48 メッシュ以下に粉碎し、さらにボールミルで 90 分間微粉碎したもので、粒度分析の結果、炭じんの 90% 以上は 200 メッシュ (0.074 mm) の篩を通過する微細炭じんである。

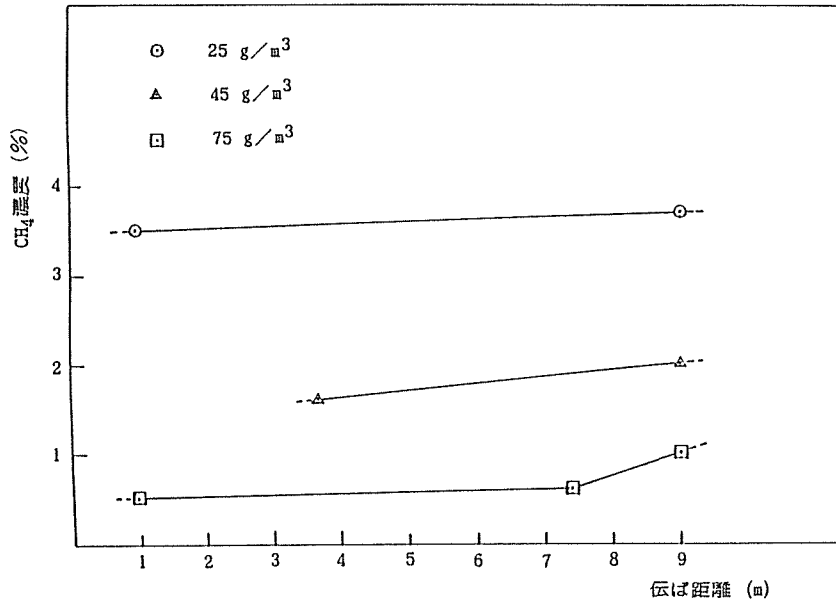


図-4 爆発火炎伝ば距離とCH₄濃度の関係 (中国淪炭)

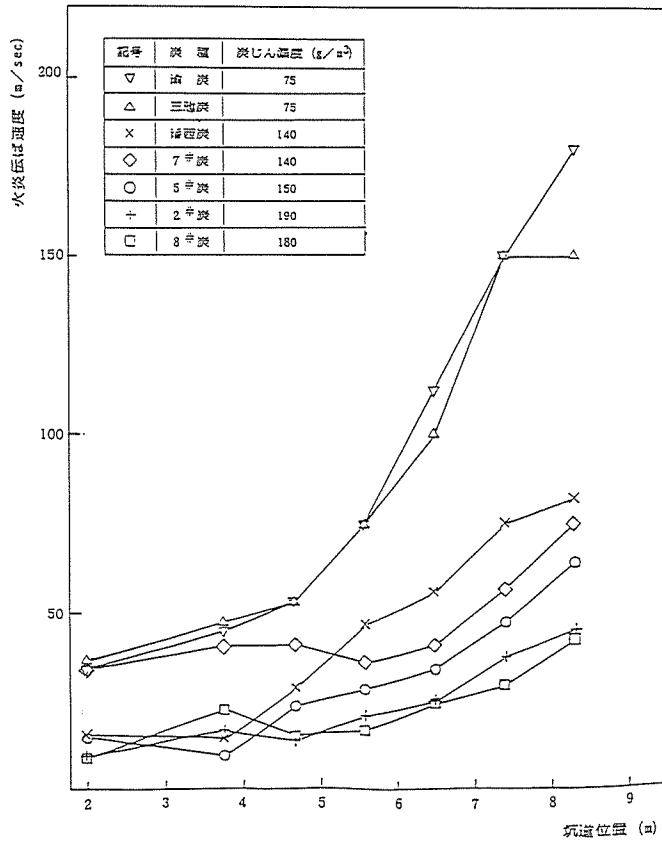


図-5 爆発火炎伝ば速度 (CH₄濃度2%の時)

は火炎の伝ば距りはメタンガス濃度の影響を強く受け、メタンガス濃度が少し増すと火炎の伝ば距離が長くなることがわかる。また、炭じん濃度が低い場合には伝ばするのに必要な共存メタンガスの濃度が高くなることもわかる。

しかしながら、火炎が坑道全長に伝ばした場合には火炎伝ば距離については爆発坑道の長さの9 mと記録したが、火炎が実際に坑道の外へ伝播した距離については測定することはできなかった。

表-2

CH ₄ 濃度 (%)	2	2.5	3	3.5
平均速度(m/sec)	24.9	28.3	35.0	39.7

4. 2 爆発火炎伝ば速度

図-5は各試料について、メタンガス濃度が2% (ただし日本三池炭では2.4%) でかつ火炎が爆発坑道の先端まで伝ばした実験のときの火炎伝ば速度をプロットしたものである。全般的にみると、火炎伝ば速度は伝ば距離が長くなるに従って早くなる傾向を示している。また、試料炭じんの炭種によって異なることが明らかであるが表-1中の淪炭、三池炭とほかの炭種との対比から揮発分が高い方が火炎伝ば速度が早く、逆に揮発分が低い方が火炎伝ば速度が遅いことがわかる。

図-6は中国潘西炭を例として、炭じん濃度が140 g/m³の場合、爆発火炎伝ば速度とメタンガスの濃度の関係を示している。図より火炎伝ば速度は共存するメタンガス濃度の影響を受けていることがわかる。その傾向は明らかでない。そこで測点 No 1 ~ No 8 への火炎の到達の時間の差から求めた平均速度を示す表-2を見ると、火炎伝ば速度はメタンガス濃度の増加に伴って早くなることが明らかである。

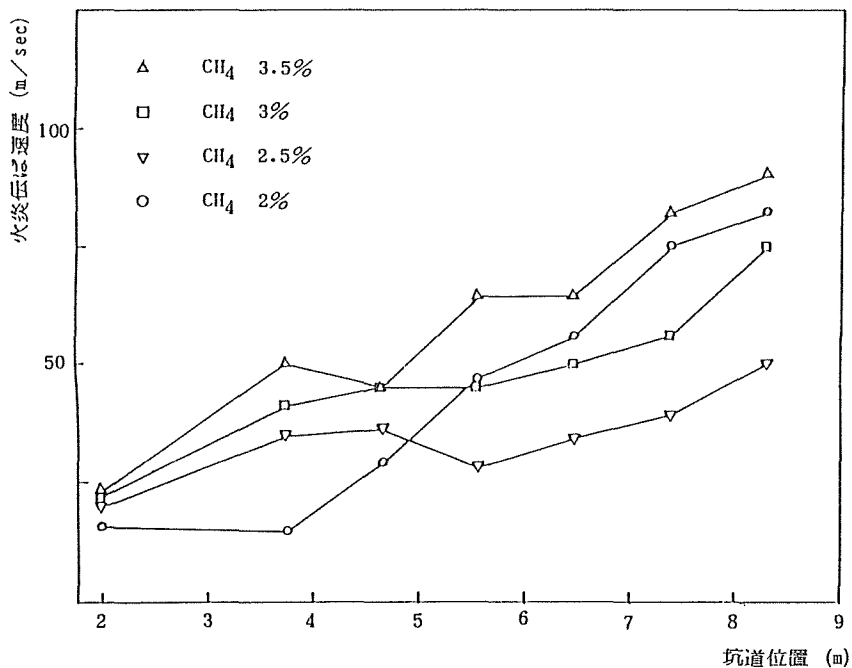


図-6 爆発火炎伝ば速度と CH₄ 濃度の関係
(中国潘西炭 炭じん濃度 140 g/m³)

4. 3 爆発発生圧力

図-7は中国7*炭が炭じん濃度 140 g/m^3 で共存するメタンガス濃度が変わったときの爆発圧力をプロットにしたものである。図より、共存するメタンガス濃度は高い方が爆発発生圧力が少し高いことがわかる。

図-8は縦軸に爆発発生圧力、横軸に爆発坑道の長さを取り、試験毎に記載した炭じん濃度で2%のメタンガスが共存したときの爆発圧力値をプロットしたものである。

図-7と図-8を見て図の左側の圧力値の高い範囲は起爆室内の濃度9.5%のメタンガス爆発圧力の影響を受けていると考えられる。今回の実験では爆発坑道の長さが十分とはいえず、坑道の断面が小さいこともあって、爆発圧力測定については炭質の相違による変化等は明確にはできなかった。

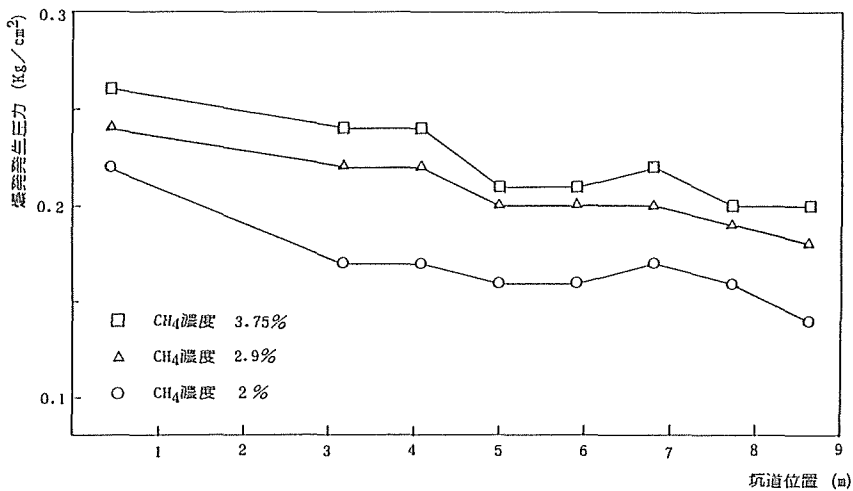


図-7 爆発発生圧力と CH_4 濃度の関係
(中国7#炭 炭じん濃度 140 g/m^3)

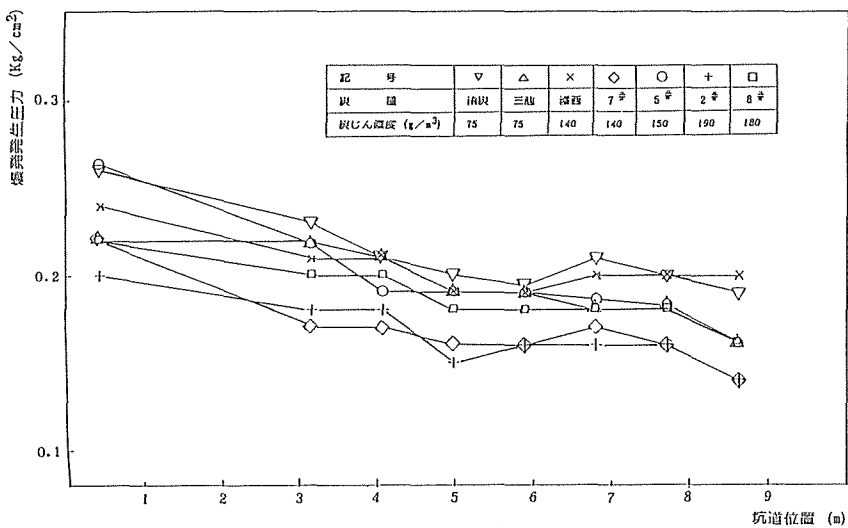


図-8 CH_4 濃度 2% の時の爆発発生圧力

4. 4 最低爆発伝ば濃度

図-9は各炭じん試料について火炎が爆発坑道の先端まで伝ばしたときの炭じん濃度とそのときのメタンガスの最も低い濃度をプロットし、それに沿って傾向線を描いたものである。同図中のそれぞれの傾向線の左下側は火炎が伝ばしない非爆発伝ば領域であり、傾向線の右上側は爆発伝ばする領域である。同図から明らかなように各試料炭じんに対して共存するメタンガス濃度が高いほど炭じんの最低爆発伝ば濃度が低い。炭じん濃度が低くて炭じんだけでは爆発伝ばしない場合でもメタンガスが共存すれば容易に爆発伝ばする。また、試料炭じんの揮発分が40%以上の中国淪炭、三池炭と揮発分が28~34%の試料炭種では傾向が異なっている。前者の揮発分が高い方が最低爆発伝ば濃度が低く、爆発伝ばしやすいことがはっきりする。

同図の実験結果より推定すれば炭じんのみ場合では炭じんの最低爆発伝ば濃度は淪炭と三池炭を例として淪炭が約 100 g/m^3 、三池炭が約 120 g/m^3 であると考えられる(実際の実験では、淪炭は炭じんのみの場合では炭じん濃度が 107 g/m^3 のときに爆発伝ばし、炭じん濃度が 77 g/m^3 のときに爆発伝ばしなかった。三池炭は炭じんのみの場合では炭じん濃度が 150 g/m^3 のとき爆発伝ばしたが炭じん濃度が 105 g/m^3 のときに爆発しなかった)。これらの数値は炭じん爆発基礎実験装置(その装置は圧気により炭じんを吹き上げて管内炭じん雲を作成するハルトマンの方法に

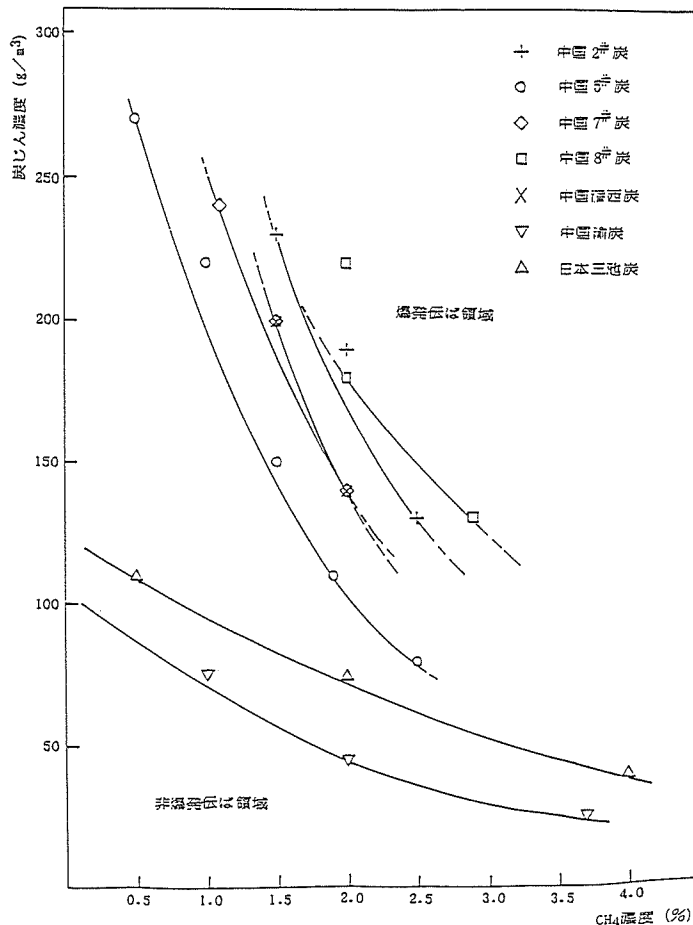


図-9 最低爆発伝ば濃度

基づいたものである)で実験した炭じん爆発下限濃度の数値(三池炭は 78 g/m^3 であり、淪炭は 39 g/m^3 である)と比べると少し高いがこれにはいくつかの原因が考えられる。まず、①両方の概念と実験装置が違うこと、また、②火炎は横へ伝ばすることが上へ伝ばすることより難しいと思われること、③起爆方式が違い、今回実験の起爆エネルギーは十分に大きいとは言えないこと、④炭じんが爆風で吹き上げたが均一濃度を作ることが難しいこと、また実験の浮遊炭じんの平均濃度は計算の濃度より低いことなどである。坑道での爆発伝ば実験の方は起爆方式、炭じんの存在と飛揚の状態、炭じんメタンガスの伝播爆発状態などの面で炭鉱の実際事故の爆発伝ば状態ともっと似ていると思われる。

5. 結 論

以上に述べたように、炭じん濃度が爆発下限界以下の場合、炭じんのみでは爆発伝ばしない場合でも、メタンガス自体の爆発下限界以下の濃度のメタンガスが共存すれば、炭じんが爆発伝ばしやすくなることが、①爆発火炎の伝ば距離が増加すること、②火炎の伝ば速度が早くなること、③爆発伝ば最低濃度が低くなることなどから明らかになった。共存するメタンガス濃度が高いほど爆発伝ばしやすくなることも明らかとなったが、今回実験に使用した試験坑道の長さが不十分なため、炭じんとメタンガスが十分に爆発することが出来ず、爆発発生圧力が上がらなかった面もあるが¹⁾、今回実験を通して坑道の中での爆発伝ば初期段階の状態をある程度明らかにすることができた。今後、もっと長い坑道を利用し、または大型爆発試験坑道を用い、メタンガスが共存する場合の爆発試験を行ない、さらに検討を加えることが必要であると考え。いずれにしても本研究はメタンガスが共存する場合、炭じん爆発の危険性が増すことを確認できたことは炭じん爆発防止対策などについての今後の研究に有益であると考えられる。

6. 謝 辞

今度の研究は公害資源研究所九州石炭鉱山技術研究センターで行われたものである。研究の間に御指導と御協力をいただいた九州石炭鉱山技術研究センターの田代所長をはじめ、松浦課長、富永主任研究官と九州センターの関係の各位に深く謝意を表す。

参考文献

- 1) 関 健一ほか、採鉱と保安, Vol, 12 ' No 3