

含水爆薬の性能について(第1報)

松隈喜総, 青柳 博, 国谷 歳, 古閑 豊, 手島利之, 田中 誠

- a) つるし試験の場合, 各クラスとも従来品より含水爆薬の方が爆炎は大きくなっている。
- b) 管の内径 35mm 及び 42mm, 53mm, 68mm について, 白梅ダイナマイトは全部完爆し, チャンネリ効果は現れなかった。含水爆薬は傾向的に見て, 内径 35mm, 42mm の場合, チャンネル効果は起りにくい。従来品は各内径においてチャンネル効果が現れている。
- c) 励爆包の薬量により従来品は燃焼等級 2~10等級と種々の燃焼状態となるが, 含水爆薬は残留薬から見て高温, 高压を受け熱分解を起すが, 火炎を発生して燃焼はしないように思われる。

1. 緒言

含水爆薬は, メーカーは勿論のこと金属鉱山や石炭鉱山において脚光を浴びている。石炭鉱山においては坑内使用増大の希望が強いが, 当研究所としては未だ使用経験が浅いので, 不慮の災害発生を心配して, 一部切羽での試験的使用を指導している。また実使用に際しても, 不発残留等の問題が起っているので, これらの原因の解明を行なわなければならない。

本研究は, 従来品の炭鉱用爆薬と炭鉱用含水爆薬の性能を, 400g クラス, 600g クラス及び $E_q \cdot S-I$ クラスに分け, 爆炎写真で比較するとともに, 爆薬の燃焼性とチャンネル効果について検討を加えた。

2. 試験装置および試験方法

2.1 爆炎試験

試験は, つるし試験, 溝切白砲試験及び白砲発射試験を行なった。つるし試験は, 始めに爆薬の位置に 10cm 間隔に目盛ったスケールを置き, スケールの写真を撮影し, 次に同位置に爆薬をつるし, 爆炎を撮影した。溝切白砲試験は, 溝の一边が 10cm で, 角度が 90° のものを使用し, 溝の中央に爆薬を置き撮影した。スケール撮影はつるし同様爆薬と同一位置上で撮影した。白砲発射試験は, 砲孔径 5.5cm, 孔長 55cm を用い, 孔口より 5cm の箇所に逆起爆の形に装薬し, 発射して撮影した。スケール撮影は, 砲孔と同一軸方向に置き撮影した。各試験に使用した爆薬は,

薬径 30mm, 薬量 100g である。また, 爆炎は全部バルブで撮影した静止写真で, これで爆炎長を計測した。

2.2 チャンネル効果

試験は, 鉄管内径 30mm 及び 35mm, 42mm, 53mm, 68mm を使用した。鉄管の内厚は, 内径 30mm と 35mm, 42mm は 3.5mm で, 53mm は 3.8mm, 68mm は 4mm である。この両端開放の鉄管内に爆薬 10本を装薬して, その一端より起爆した¹⁾。また他端の爆薬には長さ 1m の導爆線を 3cm 送入し, 導爆線の末端には鉛板を取付け, 完爆, 不完爆を調べた。爆薬と爆薬の接合部は, 含水爆薬の場合, 両端が半円状になっているので, 重なり合わないよう紙テープを巻くか, あるいはガムテープ(幅 2cm)を一直線に伸ばし, その上に爆薬を張り付け, 装薬した。不完爆の場合は, 鉄管の破壊状況で爆炎長を測定した。

図1 爆薬装着参照。

2.3 爆薬燃焼試験

薬量	10本	100g/本		
管内径	30mm	(ビニール管)	内厚	3.5mm
	35 "	鉄管		3.5 "
	42 "	"		3.5 "
	53 "	"		3.8 "
	68 "	"		4.0 "

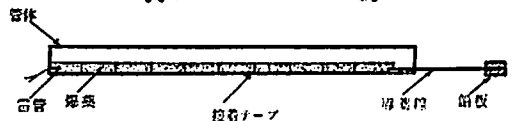


図1 爆薬装着

昭和52年3月7日受理
 公害資源研究所 九州石炭鉱山技術研究センター
 〒820-05 福岡県鳥栖郡井町西郷1142

装置は、図2に示す通り砲孔径 5.5cm, 孔長 120 cm を使用した。完全密閉の場合、口元に密閉用ゴム栓を施し、そのゴム栓が飛び出さないように固定鉄板を当て、8個のボルトで締め付けた。固定鉄板と密閉用ゴム栓には脚線を通すだけの 2mm の孔が明けてある。次に砲内圧力を測定するため、臼砲側面中央上部より砲孔に向かって垂直に 1cm の孔を2個開け、圧力変換器と完全密閉試験の場合のガス抜きコックを設けてある。圧力変換器の圧力を受ける端面には約 3 mm 厚のゴム板を5枚張り付け、衝撃波による損傷を防止するようになっている。

試験方法は、図2爆薬燃焼試験装置に示す通り、臼砲内に6号電気雷管を結着した励爆包(励爆包はG硝安爆薬のみ使用し、高温、高压ガスの発生を一定にする)を孔の一番奥に逆起爆の形に装薬し、受爆包を一番手前の約 1 m 離れた殉爆距離外の箇所に装薬した。次に励爆包を起爆させ、その高温、高压ガスによる受爆包の燃焼状態を取り出して調べ、図3に示す等級別燃焼状態で等級を決め、従来品と含水爆薬の燃焼を判定した。図3の斜線部が爆薬の燃焼した部分であり、1等級が微燃で、10等級は図に書いていないが完全燃焼である。

3. 試験結果

3.1 爆炎試験

爆炎長の測定は、図4爆炎測定で見られるように、つるしの場合、縦の長さは、縦向に幅の一番広い部分

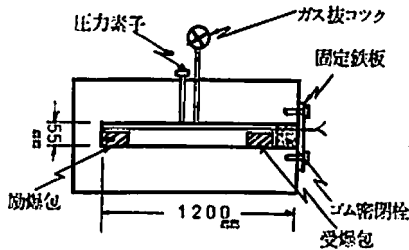


図2 爆薬燃焼試験装置

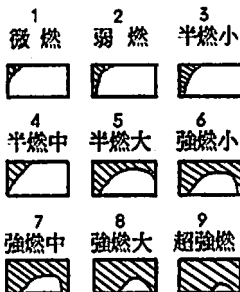


図3 等級別燃焼状態

を計り、横の長さは、雷管送入部より後に噴出した火炎の先端より、爆薬後部より噴出した火炎の先端までを計測した。また、溝切臼砲の場合、溝の辺に添って噴出した火炎の長い方を縦の長さとし、横の長さは、溝の辺に添って両側に噴出している火炎の先端を垂直に線を引き、その幅を計測した。次に臼砲発射の場合、縦の長さは、縦向に幅の一番広い部分を計り、横の長さは、孔口より噴出した火炎の最先端から臼砲前面までの長さを計測した。

結果は、表1従来品と含水爆薬の爆炎長に示すように、検定合格薬量 400g クラスの白梅ダイナマイトと含水爆薬を比較すると、つるしの場合、縦方向に 14 cm, 横方向に 29cm 含水爆薬の方が火炎は大きい。溝切の場合、縦方向に 6cm, 横方向にも 6cm 含水爆薬の方が大きい。臼砲の場合、縦方向に 9 cm, 横方向には 13cm 白梅ダイナマイトの方が逆に大きくなっている。このことについては、ドラムカメラを用い解明していきたいと考えている。検定合格薬量 600g クラスの硝安爆薬と含水爆薬を比較すると、つるしの場合、縦方向に 30cm, 横方向に 29cm 含水爆薬の方が大きい。溝切の場合、縦方向に 12cm, 横方向に 8 cm 含水爆薬の方が大きい。臼砲の場合、縦方向に 17 cm, 横方向に 2cm 含水爆薬の方が大きい。検定合格薬量 400g クラス(逆起爆試験合格)の Eq・S-I 爆薬と含水爆薬 Eq・S-I 爆薬を比較すると、つるしの場合、縦方向に 11cm, 横方向に 23cm 含水爆薬の方が大きい。溝切の場合、縦方向に 5cm, 横方向に 8 cm 含水爆薬の方が大きい。臼砲の場合、縦方向に 4 cm, 横方向に 2 cm 含水爆薬の方が大きい。

3.2 チャンネル効果

結果は、図5空隙と爆轟長で示すように、白梅ダイナマイトの場合、薬包10本の長さが 1,200mm で、空隙距離(以後空隙と記す)が 0 mm (完全密着) から 38mm まで全部完燃し、チャンネル効果は現れなかった。硝安爆薬 600g クラス(NGλ)の場合、薬包10本の長さが約 1,600mm (白梅ダイナマイトを除いては、各爆薬の薬包10本の長さは約 1,600mm である)で管内径 30mm の空隙 0 mm のときは完燃(他の爆薬も空隙 0 mm のときは全部完燃。また、

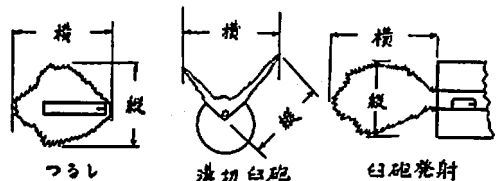


図4 爆炎測定

表 1 従来品と含水爆薬の爆炎長

単位 cm

名 称	検 定 合 格 薬 量	発破方式と爆炎長					
		つるし		溝 切		白 砲	
		縦	横	縦	横	縦	横
白 梅	400	34	27	42	44	49	68
硝 爆 (NG入)	600	21	27	38	34	41	54
EqS-I (NG入)	逆起爆 400	42	30	38	35	39	46
含水爆薬	400	48	56	48	50	58	55
"	600	64	56	50	52	56	56
" EqS-I	逆起爆 400	53	53	43	43	43	48

砂上に爆薬の半径のくぼみをつけた中に各種爆薬10本を接着させて並べて入れ、一端より起爆すると、各種爆薬とも完爆するが、空隙が5mmあると、510mmと670mmのところ爆轟中断を起した。また、空隙が12mmになると、爆轟長は短くなり、240mm、320mm、370mmのところ爆轟中断を起した。空隙が23mmになると350mm、空隙が38mmになると400mm、420mmのところ爆轟中断を起すが、傾向的に見ると爆轟長は伸びを示した。従来品のEq・S-I爆薬クラス(NG入)の場合、空隙が5mmあると1,280mmのところ爆轟中断を起した。また、空隙が12mmになると爆轟長は短くなり630mmのところ爆轟中断を起した。空隙が23mmになると630mm、650mm、空隙が38mmになると660mm、840mmのところ爆轟中断を起すが、傾向発に見ると爆轟長は伸びを示した。次に含水爆薬の場合は、400gクラス、600gクラス、Eq・S-Iクラスとも空隙が5mmと12mmにおいては爆轟中断は起さず、チャンネル効果は現れなかった。また、空隙が大きくなると、400gクラスでは、空隙が23mmで爆轟長は短くなり、970mm、1,340mmのところ爆轟中断を起した。空隙が38mmになると660mm、670mm、680mmのところ爆轟中断を起し、傾向的に見ると爆轟長は短くなってきている。600gクラスでは、空隙が23mmになると爆轟長は短くなり、950mm、960mm、1,100mmのところ爆轟中断を起した。空隙が38mmになると660mm、680mm、780mmのところ爆轟中断を起し、傾向的に見ると爆轟長は短くなっている。Eq・S-Iエクラスでは、空隙が23mmになると爆轟長は短くなり600mm、660mm、670、940mmのところ爆轟中断を起した。空隙が38mmになると610mm、670mm、680mm、

1,080mmのところ爆轟中断を起すが、空隙23mmと比較すると傾向的にやや爆轟長は伸びてきているようである。

チャンネル効果の結果を全般的に見て、空隙を38mm以上に大きくしていくと、爆轟長も伸びを示し、最後にはチャンネル効果の現れない空隙の大きさがあるものと考えられる。このことについては今後実験を重ねて解明したい。

3.3 爆薬燃焼試験

励爆包の薬量の大小により従来品の爆薬は、図3等級別燃焼状態で見られるように残留薬は、燃焼等級1の炭粒から等級10の完全燃焼まで種々の燃焼状態を示す。しかし、含水爆薬の場合、残留薬は従来品の爆薬と異なり、等級10の完全燃焼と考えられる燃焼状態は、粘りけのないさらさらした黒い液体と、粘りけのないさらさらした黒い泡状のものが、装置の孔内一面に飛散していた。筆者らは、この状態を完全熱分解とした。また、燃焼等級5~6の状態と考えられる含水爆薬の燃焼状態は、粘りけのあるどろどろした黒い液状のものと、粘りけのある黒い泡状と含水爆薬の半分程度が混合した状態で、装置の孔内一面に飛散していた。この状態を半熱分解とした。次に含水爆薬の薬包、ポリ袋の表面が熱で縮小した状態のみの場合を不熱分解とした。この熱分解という名称を用いたのは、次の簡単な実験からの想定である。

実験は、ビーカー(500ml)に含水爆薬15gを入れ、ヒーター上に直接乗せ、下から加熱して発火状態を見た。ビーカーが熱せられてくると始めに爆薬の底の部分が溶けて液状のものが、ビーカーの底部の側壁の方に広がっていく。その後、液状の先端部が水蒸気を生じさせ乾燥すると、乾燥した部分だけが、パッパッと火炎を発生して燃焼するが、液状の部分と爆薬は発火しない。このことから含水爆薬は密閉または半密閉状態の場合、高温、高圧を受けると熱分解は起すが、火炎を発生しては燃焼しないように考えられる。

結果は、表2燃焼状態に示す通り、完全密閉の場合、励爆包(G硝安爆薬のみ)15gのとき、従来品Eq・S-I爆薬は燃焼等級0の不燃で、含水爆薬B種(アルミなし)400gクラスは不熱分解で、どちらも燃焼または熱分解は起きなかった。励爆包の薬量を20gに増加させると、従来品は燃焼等級2の弱燃で、含水爆薬A種(アルミ入り)400gクラスは不熱分解であったが、含水爆薬B種の400gクラスと600gクラスは半熱分解を起した。励爆包の薬量25gをにすると従来品は完全燃焼した。また、含水爆薬B種400gクラスと含水爆薬B種600gクラスも完全熱分解を起したが、含水爆薬A種600gクラスと含

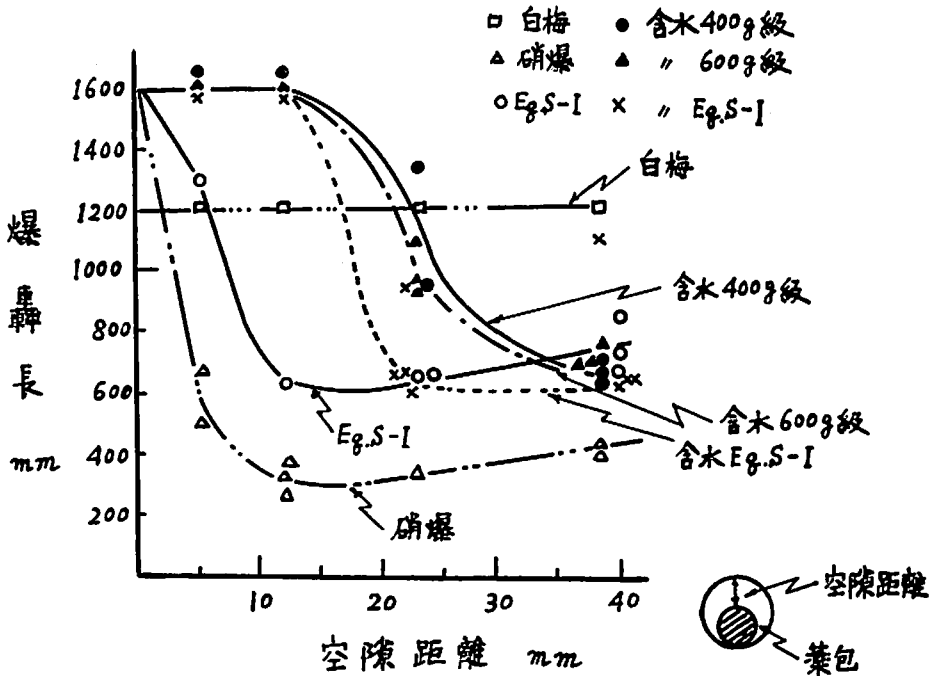


図5 空隙と爆轟長

表2 燃 焼 状 態

密閉度	薬種		Eq. S-I 従来品	含水A種 400g級	含水B種 400g級	含水A種 600g級	含水B種 600g完	含水A種 Eq. S-I
	励爆包g							
完全密閉	15	不燃 (0)		不熱	分熱			
	20	弱燃 (2)	不熱	分熱	半熱		半熱	
	25	完全燃焼 (10)		完全	全熱	分熱	不熱	分熱
	30	"	完全	全熱		完全	"	分熱
開口 2mmφ	30	微燃 (1)	半熱	分熱	半熱	分熱		

水爆薬 A 種 Eq・S-I エクラスは不熱分解であった。励爆包の薬量を 30g にすると、従来品は当然のこと含水爆薬各クラスとも完全燃焼または完全熱分解を起した。

次に岩層または炭層に亀裂があると想定し、爆薬燃焼試験装置の固定鉄板とゴム密閉栓に 2mmφ の開口を開け、高圧、高圧ガスがある程度抜ける状態にした場合、励爆包 30g のとき、従来品は燃焼等級 1 の微燃で、含水爆薬 A 種、B 種の 400g クラスは半熱分解であった。

4. 結論

4.1 爆炎試験

静止写真で従来品の爆薬と含水爆薬のつるし試験、溝切白砲試験、白砲発射試験を検定合格薬量 400g ク

ラス、600g クラス、Eq・S-I クラスに分け比較を行なった結果、全般的傾向として、従来品より含水爆薬の方が爆炎は大きいことが判明した。このことは各クラスとも従来品より含水爆薬の方が爆速が数 100m 速いこと等が関係しているものと考えられる。

4.2 チャンネル効果

一般的に見ると従来品の爆薬は、白梅ダイナマイトを院いて、空隙が 5mm、12mm、23mm、38mm であると、チャンネル効果が現れ爆薬中断を起すことが判明した。また、含水爆薬は空隙が 5mm、12mm までは完爆し、チャンネル効果は現れなかったが、空隙が 23mm、38mm になると、チャンネル効果が現れ爆薬中断を起すことが究明された。

4.3 爆薬燃焼試験

従来品の爆薬は、図3等級別燃焼状態に示すような燃焼を起す。含水爆薬は従来品と異なり、熱分解は起すが、火炎を発生しては燃焼しないようである。従来品の爆薬と含水爆薬は、燃焼機構が相違している。また、含水爆薬A種とB種では、B種の方が熱分解を受けやすい。石炭鉱山において一番恐いのは、異常発破による爆薬の燃焼であるが、従来品の爆薬と異なり火炎を発生して燃焼しないのであれば、ガス、炭じん爆発災害防止に対しては非常に優秀な爆薬といえる。

本研究を行なうに当って、公害資源研究所吉田正博士のご指導ならびに当所試験炭鉱の安部恒夫、井上邦

三両技官のご協力に対し、深甚な謝意を表す。また本報告の一部は昭和51年10月28日、工業火薬協会秋季研究発表講演会、スラリー爆薬の性能について、および昭和51年11月13日、日本鉱業会九州支部秋季例会、含水爆薬の性能に関する研究と題して発表している。

文 献

- 1) 福田, 宮崎: 工火誌, 19巻, 61 (1958)
- 2) 福田: 工火誌, 22巻, 77 (1961)
- 3) 香月, 古閑, 手島, 田中: 工火誌, 31巻, 132, (1970)
- 4) 松隈, 国谷, 古閑, 手島, 田中: 工火誌, 33巻, 145 (1972)

On the Performance of the Permissible Slurry Explosives (Part 1)

by Kiso Matsuguma, Hiroshi Aoyagi, Iwao Kunitani, Yutaka Koga,
Toshiyuki Teshima, Makoto Tanaka

a) In the suspension tests, the slurry explosives produce larger explosion flame than usual permissible explosives of all grades.

b) The tube explosion tests of 35mm, 42mm, 53mm and 68mm in internal diameter showed that the Shiraume dynamite was completely detonated and the channel effect did not occur. The slurry explosives has a tendency to cause the channel effect scarcely in cases of ϕ 35mm and 42mm tube tests, whereas the conventional explosives caused the channel effect in any diameter tube tests.

c) Depending to the amount of donor charge, the conventional explosives show various combustion states of the grades ranging from second to tenth, on the other hand, Judging from the residual charges, the slurry explosives seemed not to burn with flame but rather to decompose thermally under the high temperature and pressure.