

炭鉱爆薬の燃焼防止剤について (第2報)

— 無機化合物 —

松隈喜総*・国谷 巖*・古閑 豊*・手島利之*・田中 誠*

爆薬の燃焼はガスおよび炭じん爆発の危険性をはらんでいる。このため現場に即応した爆薬燃焼試験装置を試作し、爆薬に燃焼防止剤を配合して燃焼防止性の効果を究明した。

結果：結晶水を多量に含有した無機化合物の内、次の化合物が燃焼防止剤として有効であった。

1. $Al_2(NO_3)_6 \cdot 9H_2O$
2. $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$
3. $MgSO_4 \cdot 7H_2O$

1. 結 言

炭鉱爆薬の燃焼原因および国内外の燃焼災害事例ならびに有機化合物のアルカリ塩、低沸点有機酸の燃焼防止性能の判定について第1報に報告したり。

諸外国においても炭鉱爆薬の燃焼防止剤について有機、無機塩の究明が行なわれている。ドイツにおいては Klasse III の炭鉱爆薬に隠燃性を与える成分として次の添加物を上げている。

有機酸金属塩 (とくにアルカリ und/oder アルカリ土属または、そのアンモニヤ化合物)

有機金属化合物

アルカリ土属の炭酸塩 (とくに特性をもつ Mg und/oder Ca)

その他無機成分^{a)}

これらが系列的に実際の程度有効であるか明確には知られていない。今回筆者等は無機成分の結晶水を多量に含有しているものが爆薬に対しどのような燃焼防止性能を示すかを考察すると共に、燃焼状態を第1報と同様、等級10に分け、その有効性の判別を行ない、また爆薬が燃焼した場合の圧力変化を圧力変換器で測定し、爆薬燃焼条件の検討を行なった。次に薬包紙に消焰剤を加えたときの燃焼防止効果および爆薬に炭じんが混入した場合の燃焼性の試験をし、その解明を行なった。

2. 爆薬燃焼防止剤

無機塩の結晶水を含有するものの中から爆薬と混合

しても水酸化バリウム・8水塩のように確安と反応してアンモニヤ等に分解させない塩を選定し、結晶水の解離温度で a, b と2系列に分けた。

a. 低温で結晶水が解離するもの

硫酸ナトリウム・10水塩、磷酸ナトリウム・12水塩、炭酸ナトリウム・10水塩

b. 高温で結晶水が解離するもの

硫酸クロムカリウム・24水塩、硫酸マグネシウム・7水塩、硫酸アルミニウム・18水塩、硝酸アルミニウム・9水塩。

含水率および分解温度を表1に示す。

表1 含水率および分解温度表

名 称	含水率 (W)	分解 温度
$Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$	1.268 $\frac{g}{当り}$ 0.559	32.4
$Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O$	1.523 0.604	-5H ₂ O : 35.1
$Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$	1.700 0.629	-9H ₂ O : 35.27
$K_2Cr_2(SO_4)_4 \cdot 24H_2O$	1.088 0.521	参考 $K_2Cr_2(SO_4)_4 \cdot 12H_2O$ -12H ₂ O : 300
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	0.955 0.488	-7 H ₂ O : 200
$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$	0.948 0.486	86.5
$Al_2(NO_3)_6 \cdot 9H_2O$	0.983 0.495	150

含水率Wとは各燃焼防止剤の有効水量のことで次式で計算した。

$$W = \frac{\text{結晶水量}}{\text{結晶水を除いた分子量}}$$

昭和47年4月28日受理

公害資料研究所九州支所印井分室 福岡県喜穂郡印井町西邸

分解温度は化学便覧によるもので、 $K_2Cr_2(SO_4)_4 \cdot 24H_2O$ は $KCr(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ の例から取つたものである。

3. 爆薬燃焼試験装置

図1および図2に示す通り大型白砲(砲口径5.5cm, 延長120cm)を使用し, 口元には第1報ではゴムの密閉栓を用いたが, 今回は鉄製の密閉用取付金具を使用した。密閉用取付金具は内部を20mmφの空洞にして砲口側には中心に狭隙孔(1~3mmφ)があり, 空洞の側壁近くに脚線を通すだけの孔2mmφが開けてある。また砲内側には爆発時のドレンおよびミストや脚線の屑が狭隙孔に詰らないようにドレン・ミスト溜用にくぼみをもたせ, ガス通過の孔2mmφ10ヶを開けたふたが取付けてある。次に砲内圧力を測定するため白砲側面中央上部より砲孔に向つて垂直に1cmの穴を2ヶ開け, 圧力変換器と完全密閉試験の場合のガス抜きコックが施してある。圧力変換器の圧力が受ける端面には約3mm厚のゴム板を5枚張り付け, 衝撃波による損傷を防止している。ゴム板を張付けないと, 現在のところのような圧力変換器でも1~2回の試験で損傷を受け測定不能となる。またゴム板張りの影響を調べるため, ゴム板の張つてない場合とゴム板1枚張りのものから8枚張りまでの圧力を圧力校正器で測定したが, 圧力には差がなかったので一応5枚張りを使用して圧力を測定した。

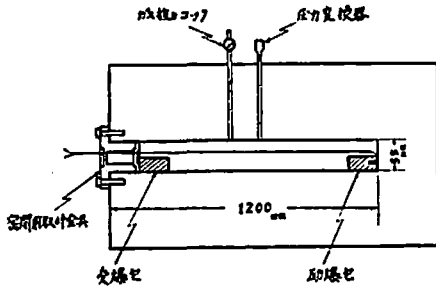


図1 爆薬燃焼試験装置

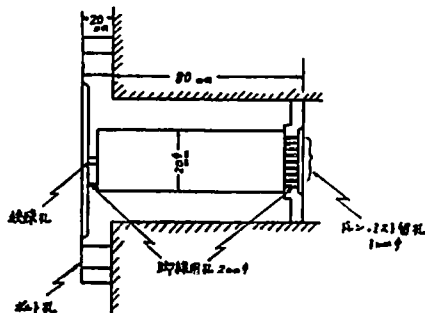


図2 密閉用取付金具

4. 試験方法

試験方法は第1報と同様であるが, 図1に示す通り白砲内に6号電気雷管を結着した励爆包50gを孔の一番奥に逆起爆の型に装着し, 受爆包50gを一番手前の約1m離れた殉爆距離外の箇所に装着する。励爆包(燃焼防止剤を配合していない爆薬)を起爆させ, その高圧高熱ガスによる受爆包(燃焼防止剤を配合した試製爆薬)の燃焼状態を調べる。実際の発破現場では亀裂等がありボアホール内の完全密閉はあまり考えられないので, 密閉用取付金具に孔径1~3mmのガス噴出のための狭隙孔を施している。

5. 試料作成

励爆包に炭酸爆薬 Eq. S-I 爆薬(組成: ニトログリセリンおよび綿薬9.12%, 硝安 53.88%, 木粉 7.0%, 食塩30%, 各成分共許容誤差 ±0.5%, 弾道振子値51.7mm)を使用し, 受爆包には上記爆薬に燃焼防止剤を配合した。

燃焼防止剤の配合は結晶水の水量で2%, 4%, 6%とし, そのときの爆薬100g中の燃焼防止剤配合重量は表2に示す通りである。燃焼防止剤配合後, 起爆能力を調べるため6号雷管で起爆試験を各配合に対し3回あて行い, 1回でも半爆状のものが出た場合は試験試料より除いた。起爆試験の結果 $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$ の6%配合のものは半爆状が出たので燃焼試験には使用していない。なお防止剤試料には試薬1級品を用いた。

表2 燃焼防止剤配合重量

名称	水量	2%	4%	6%
$Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$		3.58g	7.15g	10.73g
$Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O$		3.31	6.63	9.94
$Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$		3.18	6.35	9.53
$K_2Cr_2(SO_4)_4 \cdot 12H_2O$		4.18	8.35	12.53
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$		3.91	7.82	11.73
$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$		4.11	8.22	12.33
$Al_2(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$		4.63	9.25	13.88

6. 燃焼状態等級

等級の決め方は第1報の写真A~Fおよび等級別燃焼状態図より決定するので前回と同一である。燃焼状態図は第1報にも掲げているが, 試験結果表と見比べやすくするため, その図を図3のように微燃焼から完全燃焼まで10の区分に分けて示す。斜線が燃焼した部分で等級10は完全燃焼であるから図から除いた。

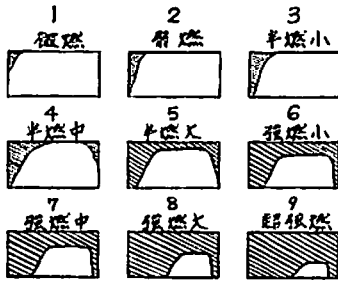


図3 等級別燃焼状態

7. 結果

試験はまず結晶水が爆薬の燃焼防止に対し有効であるかどうかを確かめるため、実用性には乏しいがa系列の低温で結晶水が解離するものについて燃焼防止性能の検討を行なった結果、有効であることが判明したので次に実用性のあるb系列の高温で結晶水が解離するものについて判定を行なった。

結果の判定は、第1報では励爆包にEq. S-I爆薬使用の場合、等級1の微燃焼から等級5の半燃大までを防止剤の効果があつたとし、Eq. S-II爆薬を用いた場合、Eq. S-I爆薬より威力が弱いため等級1から等級3の半燃小までを効果ありとしていたが、今回筆者らは励爆包にEq. S-I爆薬のみ使用しているが等級3以下の燃焼防止性能をもつ防止剤を効果ありと

判定した。

試験の判定は前回と同様、1回でも認定等級を上廻つたものについては有効としていない。

7-1 a系列防止剤：狭隙孔面積 3.65 mm^2 の場合狭隙孔面積 3.65 mm^2 と云うものは、狭隙孔径 1 mm の面積と脚線を通す孔 2 mm の面積（脚線を通した孔は励爆包起爆後、脚線被覆のビニールが溶け、銅線のみとなり、その周囲よりガスが噴出するので脚線孔 2 mm の面積から銅線径 0.42 mm 2本の断面積を引いた面積を脚線孔面積とした。）を加えたものである。

試験はa系列の低温で結晶水の解離するものについて行ない、表3に示す通り狭隙孔面積 3.65 mm^2 で励爆包にEq. S-I爆薬を使用し、受爆包に燃焼防止剤の配合していない同一のEq. S-I爆薬を用いると等級10で完全燃焼である。この受爆包に燃焼防止剤を配合すると燃焼状態が変わり、 $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ が水量が4%で等級4、6%で等級3、4を示し、 $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ では水量4%で等級3、4、6%で等級3となつた。2%水量の等級10完全燃焼は狭隙孔の目づまりで密閉状態になつたためであろう。次に $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ では水量2%で等級3、水量4%で等級4、5と等級が上になつた。

以上の結果より防止剤の種類により、水量2~4%で結晶水の燃焼防止性能があることが判明した。

表3 燃焼防止剤添加別燃焼等級

(実隙孔面積 3.65 mm^2)

燃焼状況 添加剤名称	1	2	3	4	5	6	7	7	8	10
	微燃	弱燃	半燃小	半燃中	半燃大	強燃小	強燃中	強燃大	超強燃	燃焼
Eq. S-I 爆薬										2
$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 2%						2				
同上 4%				2						
同上 6%			1	1						
$\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 2%										1
同上 2%			1	1						
同上 6%			1							
$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 2%			2							
同上 4%				1	1					

(等級による燃焼状況は図3に示す)

7-2 b系列防止剤：狭隙孔面積 3.65 mm^2 の場合狭隙孔面積は 3.65 mm^2 でa系列防止剤試験の場合と同様で、励爆包および受爆包もEq. S-I爆薬と同一であるが、燃焼試験の結果、薬質の経時変化で燃焼

防止剤の配合していない受爆包はa系列試験の場合、等級10で完全燃焼であつたが、この試験を始めたときは等級6の強燃小と燃焼等級が低下していた。新品のEq. S-I爆薬は九州地区では購入できないため、こ

の Eq. S-I 爆薬を使用した、しかし防止性の比較であるから実験にはさしつかえないと考えた。

この爆薬に燃焼防止剤を加えて行くと表4に示す通り $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ では水量2%で等級4, 5と効果が少なく、水量4%で等級3と効果を示した。次に $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ は水量2%で等級3, 4と認定等級3を越えたものが出たが、水量4%で等級3と効果を示

した。また $Al(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$ では水量2%で等級2, 3と非常に良い防止効果を示したが、逆に $K_2Cr_2(SO_4)_4 \cdot 24H_2O$ では水量2%で等級10の完全燃焼で、防止剤を入れない場合の等級6に比べると、これは燃焼促進剤の傾向を示した。

また水量4%でも等級4と10で燃焼促進剤的效果を見せ、水量6%で防止効果を示した。

表4 燃焼防止剤配合別燃焼等級

(開口率 3.65mm²)

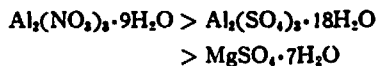
燃焼状況 配合剤名称	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	微燃	弱燃	半燃小	半燃中	半燃大	強燃小	強燃中	強燃大	超強燃	燃焼
Eq. S-I 爆薬						3				
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 2%				1	1					
同上 4%			2							
同上 6%	2									
$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ 2%			2	1						
同上 4%			2							
同上 6%			2							
$Al_2(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$ 2%		3	1							
同上 4%	1	1	2							
同上 6%		2	2							
$K_2Cr_2(SO_4)_4 \cdot 24H_2O$ 2%										2
同上 4%				1						1
同上 6%			2							

(等級による燃焼状況は図3に示す)

7-3 b 系列防止剤：狭隙孔面積 3.14 mm² の場合狭隙孔面積を小さくするため試験装置の密閉用取付金具の代りに、第1報で使用した密閉用ゴム栓を用い、狭隙孔面積を 3.14mm² とし、7-2 項の Eq. S-I 爆薬を使用して同様の燃焼試験を行なった結果、防止剤を配合していない受爆包の燃焼等級が表5に示す通り6, 7で、この爆薬に防止剤を加えて行くと、 $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ では水量2%で等級3, 4, 6と防止効果はなく、水量4%でも等級3, 4と認定等級3を越えたものが出た。次に $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ では水量2%で等級5, 6と防止効果はなく、水量4%で等級2, 3と防止効果を示した。また $Al_2(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$ では水量2%で等級3, 4と認定等級3を越えたものが出たが、水量4%で等級2, 3と防止効果を示した。なお7-2項と同様 $K_2Cr_2(SO_4)_4 \cdot 24H_2O$ は水量2%で等級10の完全燃焼で水量4%で等級5, 10と云

うような燃焼促進剤的作用を示した。

$K_2Cr_2(SO_4)_4 \cdot 24H_2O$ を除き、各防止剤の燃焼防止性能は次の通りである。



狭隙孔をなくし完全密閉にした場合、 $Al_2(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$, $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, $K_2Cr_2(SO_4)_4 \cdot 24H_2O$ の各防止剤水量6%の配合でも等級10の完全燃焼であつた。この試験装置で励爆包に Eq. S-I 爆薬50gを使用し完全密閉で燃焼試験を行なえば、現在のところ有機、無機化合物を通して燃焼防止剤となり得るものは見出せない。ただし励爆包の薬量を50gより減ずれば、圧力も温度も低下するので防止剤の効果もあらわれてくる。その他に $MgCl \cdot 6H_2O$ についても、この爆薬に配合して燃焼試験を行なったが、効果はあるが吸湿、潮解性が強く実用性に乏しい

表 5 燃焼防止剤配合別燃焼等級

(狭隙孔面積 3.14mm²)

燃焼状況 配合剤名称	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	微燃	弱燃	半燃小	半燃中	半燃大	強燃小	強燃中	強燃大	超強燃	燃焼
Eq. S-I 爆薬						1	1			
MgSO ₄ ·7H ₂ O 2%			1	1		2				
同上 4%			1	1						
Al ₂ (SO ₄) ₃ ·18H ₂ O 2%					1	1				
同上 4%		1	1							
Al ₂ (NO ₃) ₃ ·9H ₂ O 2%			1	1						
同上 4%		1	1							
K ₂ Cr ₂ (SO ₄) ₃ ·24H ₂ O 2%										2
同上 4%					1					1

(等級による燃焼状況は図3に示す)

ので結果より除いた。

8. 炭じん混合の場合の燃焼

採炭現場において装薬中、薬包紙の破損等により爆薬に炭じんが混入する場合があるが、このような状態のとき爆薬は前段の発破の影響等を受け燃焼すると云われているが、この状態で爆薬がどのような燃焼性をもつか、受爆包 (Eq. S-I 爆薬) 50g に炭じん 2%, 5%, 15% 混合し、励爆包 (受爆包に同じ) 50g で燃焼試験を行なった。

結果は表6に示す通り炭じん混合しない場合は燃焼等級6の強燃小であるが、炭じん2%混合すると等級8、9の強燃大と超強燃となり燃焼しやすくなる。また炭じん5~15%混合すると等級10の完全燃焼となり非常に燃焼性を増加する。

次に受爆包 (Eq. S-I 爆薬) 50g の端面 (励爆包に面した方) に炭じん5%または15%混合した Eq. S-I 爆薬10g を薬包端をほどき装填して励爆包 (受爆包

に同じ) 50g で燃焼試験を行なった。

結果は表6に示す通り受爆包に炭じん混合の Eq. S-I 爆薬を端面に装填しない場合、等級6であるが、これに炭じん5%混合の爆薬10g を装填した受爆包は等級7、8と燃焼性を増している。また炭じん15%混合の爆薬10g を装填した受爆包は等級8で燃焼しやすくなっている。爆薬の燃焼は炭坑内のガス、炭じんに対し着火源となる危険性が伴うので保安上装薬に際しては薬包の損傷等起させないよう十分注意を要する。

9. 薬包紙に消焰剤を加えた場合

爆薬の燃焼初期は、薬包紙の周囲のパラフィンの燃焼から始まり、次に薬包紙に移行し爆薬に着火するというのが一般的に考えられる。この場合、薬包紙に消焰剤を加えていれば爆薬の燃焼をある程度防止できるのではないかという仮定のもとに燃焼試験を行なった。

薬包紙試料の作成は、クラフト紙および西洋紙を食塩水または塩化カリ水20%に30分間浸し、引き上げて乾燥させ、径 29mm の木棒で1枚半巻きとし、端を三つ折りとして外径 30mm の爆包を作り、中に新G硝薬50gまたは Eq. S-I 爆薬を装填し受爆包とした。また励爆包と受爆包は同一種類の爆薬とした。試験は完全密閉で行なった。

Eq. S-I 爆薬の場合の励爆包の薬量は 50g であるが新G硝薬の場合、励爆包の薬量50g をにすると、火力が強すぎて受爆包は紙のみの場合も、食塩を含有した方も完全燃焼するので、比較にならないので薬量を 22.5g に減じて試験を行なった。

表 6 炭じん混合の場合の燃焼

(使用爆薬: Eq. S-I 爆薬)

燃焼状況 炭じん混合状態	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
炭じん混合なし						3				
炭じん2%混合							1	1		
5%									2	
15%										2
5% 10g							1	1		
15% 10g								2		

結果は表7に示す通り、新G硝爆使用の場合、クラフト紙のみのとき励爆包22.5gで等級1, 2が各1回と等級10の完全燃焼が3回、同じく励爆包22.5のクラフト紙を食塩水20%に浸したものが等級10, 2回となっている。また同じくクラフト紙を塩化カリ水20%に浸したもので等級1が1回と等級10が1回でている。

次に Eq. S-I 爆薬を使用した場合、クラフト紙のみのとき等級7が1回, 8が2回, 10が3回でている。クラフト紙を食塩水20%に浸したもので等級7が2回, 等級10が2回でている。また西洋紙のみのとき

等級7と8が各1回で、西洋紙を食塩水20%に浸したもので等級7と10が各1回でている。

以上の結果を判定すると、試験回数も少ないが食塩または塩化カリを薬包紙に吸着させても、爆薬燃焼防止には効果はないものと推定される。また新G硝爆の励爆包22.5gの等級1と等級10のパラツキは、励爆包薬量20gの場合、等級1であるから、薬量22.5gのときは爆発の状態により、この爆薬を燃焼させるか、させないかのギリギリの薬量のためと考えられる。

クラフト紙および西洋紙の植の吸着割合は両方とも

表7 薬包紙に消焰剤を加えた場合

薬量と等級 薬包紙状態	励爆包 (g)	受爆包 (g)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
クラフト紙のみ	新G20.0	新G 50	2									
"	" 22.5	" 50	1	1								3
"	" 25.0	" 50										1
"	" 50.0	" 50										3
クラフト紙を食塩水20%に浸したものの	" 22.5	" 50										2
"	" 50.0	" 50										3
クラフト紙を塩化カリ水20%に浸したものの	" 22.5	" 50	1									3
クラフト紙のみ	Eq. S-I 50	Eq. S-I 50							1	2		1
クラフト紙を食塩水20%に浸したものの	" 50	" 50							2			2
西洋紙のみ	" 50	" 50							1	1		
西洋紙を食塩水20%に浸したものの	" 50	" 50							1			1

0.17g/10cm²である。

10. 爆薬燃焼時の圧力および秒時

図4~7の曲線は爆薬燃焼試験装置に取りつけた圧力変換器より増幅器を通り、ホットコーダーに記録させた圧力および秒時を図にしたものである。始め励爆包の爆発による衝動圧は、ホットコーダーの追跡記録能力が450m/secであるため、立上り直線の上部最高圧が薄くなって解りかねるので、通電して衝動圧の通過後の50ミリ秒前後からの砲内圧力を取った。その最高圧は、図4に示すように圧力降下が起つたと思わ

れる明瞭な点を取った。この場合記録紙の速度は一定である。圧力降下開始時間の50ミリ秒と遅いのは、衝動圧抑制用のゴム板5枚張りの影響と思われる。

励爆包 Eq. S-I 爆薬50gでの最高圧は60~70kg/cm²であった。

図5は狭隙孔0.79mm²の時の曲線で、縦軸に砲内圧力(kg/cm²)を取り、横軸を経過秒時としたものである。

○印の曲線は励爆包, 受爆包とも Eq. S-I 爆薬

50 g を使用した場合の等級 10 の完全燃焼である。0.2 秒前後から圧力降下線は 1 秒まで圧力が横ばいになっているのは、爆薬全面より急速に燃焼が起つたためと考えられる。また×印は○印と同様、励爆包に Ep. S-I 爆薬 50 g を使用し、受爆包には Eq. S-I 爆薬に硫酸アルミ・18 水塩（水量換算 2%）を内割に配合した薬量 50 g、狭隙孔 0.79 mm² の燃焼圧曲線で、これも等級 10 の完全燃焼であるが、0.2 秒前後から圧力降下線は緩い曲線になっている。これは燃焼防止剤が配合してあるため、燃焼が緩慢になったものと思われる。

次に△印は前記と同じ励爆包 50 g と、受爆包には Eq. S-I 爆薬に硫酸マグネシウム・7 水塩（水量換算 4%）を内割に配合した薬量 50 g、狭隙孔 3.14 mm² の燃焼圧曲線で、これは等級 1 の微燃焼で圧力は横ばい等を起さず急降下している。以上の曲線は説明上代表的なものを選んで示した。

図 6 は図 5 と同じく縦軸に燃焼時の白砲内圧力、横軸に経過秒時を取った等級別曲線（代表的の線）である。燃焼試験は励爆包に Eq. S-I 爆薬 50 g を、また受爆包には Eq. S-I 爆薬に各種燃焼防止剤を配合した薬量 50 g のものを使用した。狭隙孔は 2.86 mm² である。この図より考えられることは等級が低い程、圧力の低下も速くなっている。また等級 8 と等級 7.5 の曲線が逆に等級 7.5 の方が上部になっているが、これは燃焼防止剤の種類之差があらわれたものと推察される。この図においても爆薬の燃焼したものは圧力降下線が 0.2 または 0.4 秒の間で曲線が緩かになっている。

図 7 も図 5、6 と同じく縦軸に砲内圧力を取り、横軸を経過秒時としたものである。燃焼試験は完全密閉で励爆包（新 G 硝爆）の薬量を変え、受爆包に（新 G 硝爆 50 g）を燃焼させるための最低薬量と圧力との関係を調べたものである。

励爆包薬量 35 g から 22.5 g までの初圧は異なるが受爆包の燃焼等級は 10 の完全燃焼である。励爆包薬量 20 g になると圧力も低下し、32~35 kg/cm² となり受爆包は燃焼を継続せず、等級 1 の微燃焼となる。また完全燃焼した等級 10 は完全密閉があるため圧力曲線も 0.4~1 秒の間で降下線が上昇してきている。これはパラフィンから薬包紙の燃焼を経過して爆薬の燃焼が開始された時点と推定される。

次に励爆包である新 G 硝爆 22.5 g で等級 10 の完全燃焼であり、それより 25 g 少ない 20 g では等級 1 の微燃焼と等級が大差になっている。このことから推察してこの試験条件にあつては受爆包である新 G 硝爆の燃焼を継続させるか、させないかの励爆包の限界薬量は

22.5~20 g の中間にあるものと考えられる。

以上図 4~7 の結果をまとめると、爆薬の燃焼は同一等級の燃焼状態であつても、経過秒時に対する砲内圧力が異なるものがあるが、これは初圧ならびに燃焼防止剤の効果の大小に関係するものと思われる。また受爆包の燃焼しないものは圧力曲線は急降下するが、燃焼を継続するものは、図 5 にあつては 0.2 秒前後より緩やかな曲線となり、図 6 は 0.2~0.4 秒で緩やかな曲線となる。また図 7 は 0.4~1 秒で上昇線となる。このことから考察して爆薬に対する着火開始時点は薬

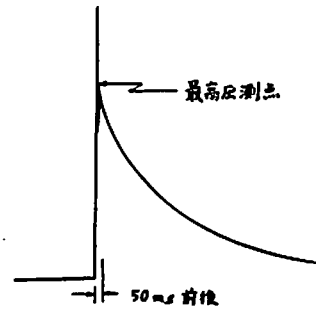


図 4 最高圧測点

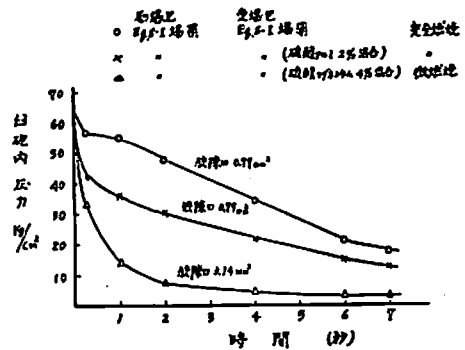


図 5 爆薬燃焼時の圧力および秒時

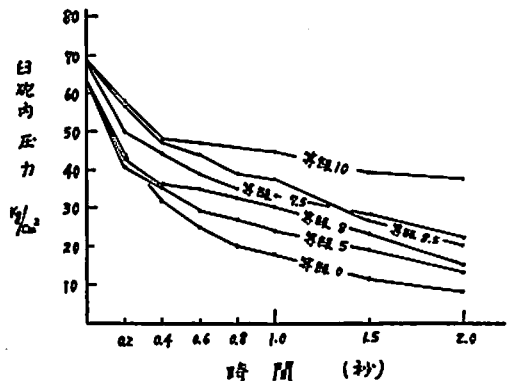


図 6 爆薬燃焼時の圧力および秒時

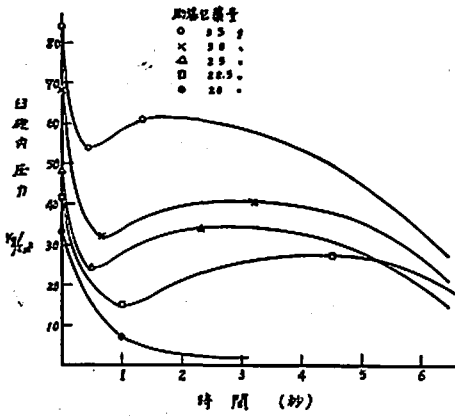


図7 励爆包重量と圧力および秒時

種により異なるが、通電後 0.2~1 秒と思われる。

次に完全密閉試験においては励爆包および受爆包に新G硝爆を使用すると、受爆包を燃焼させるための励爆包の限界重量は20~22.5gの中間にあると推定される。

11. 総括

以上の実験結果より次の結論が導かれる。

1. 燃焼試験装置の狭隙孔面積が小さい程、受爆包の燃焼等級は上がるが、各燃焼防止剤の防止性能の傾向は変わらない。

2. 当所の燃焼試験装置を用い完全密閉で励爆包および受爆包に新G硝爆を使用した場合、受爆包を燃焼させるための励爆包の限界重量は20~22.5gの中間にあると推定される。

3. 励爆包に Eq. S-I 爆薬50gを使用し、完全密閉で燃焼試験を行うと燃焼を防止できる有機、無機化合物は現在のところ見あたらない。

4. 爆薬に炭じんが混入すると静的熱（パーナー等の火焰にも、動的熱（高温、高压ガス流）に対しても燃焼を起しやすくなる。

5. 葉包紙に消焰剤（食塩または塩化カリ）を吸着させても、燃焼防止には効果はないものと思われる。

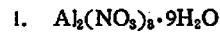
6. 結晶水を多量に含有していても $K_2Cr_2(SO_4)_4 \cdot 24H_2O$ のように水量換算4%までは燃焼促進剤の作用をなし防止剤とはならない。

7. 結晶水を多量に含有した無機化合物の内、次のものが燃焼防止剤として有効であった。

狭隙孔面積 3.14 mm² で水量換算4%の場合



狭隙孔面積 3.65 mm² で水量換算2%の場合



狭隙孔面積 3.65 mm² で水量換算4%の場合



終りに本研究に行なうに当り試験試料を提供して頂いた各火薬会社ならびに終始御協力下さった公害資源研究所硯井分室の安部恒夫、井上邦三両技官に感謝の意を表します。

文 献

- 1) 香月、古閑、手島、田中、工火誌、31、(3)、131、(1970)
- 2) H. Ahrens & E. Eitz: International Conference of Safety in Mines Research. Report No. 32, (1967)
- 3) 松隈、国谷、古閑、手島、田中、採鉱と保安、17(4)、186 (1971)

On Burning-Preventing Agent for Coal Mine Explosives (II)

— Inorganic compound —

by K.Matsuguma, I.Kunitani, Y.Koga T.Teshima, M.Tanaka

A burning of explosive in coal mine blasting has a danger of causing gas or coal dust explosion.

Therefore, we equipped an apparatus for of serving the burning of explosive at similar condition as a blasting site, and investigated the effect of preventing burning of coal mine explosives containing burning-preventing agent.

As the results of the experiment, we found that the following compounds were effective as burning-preventing agents among inorganic compounds containing much water of crystallization.

1. $\text{Al}_2(\text{NO}_3)_6 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$
2. $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$
3. $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

(National Research Institute for Pollution and Resources,
Fukuoka, Japan)