

海藻と食塩とを配合した炭礦用爆薬に就て

(昭和25年9月15日受理)

村 田 勉

(日本油脂株式会社武豊工場)

摘 要

炭礦爆薬の減熱消焰剤として海藻と食塩とを併用するときはそれらを別々に単独に用いる時よりも安全度が高くなる。安全度は試験坑道に於ける白砲発射、自由懸吊爆発及びガスポケット白砲発射の3種の試験法により比較した。炭礦爆薬の安全度を高めるためには爆発温度を下げ又爆速を遅くするだけでは充分でなくメタンの酸化反応連鎖を断ち切る作用をなす物質を加へることにより両者の共同作用を行わしめるのがよいことを論じた。

I 緒 言

現在我が国に於て実用せられている炭礦爆薬としては膠質ダイナマイトとして白梅ダイナマイトがあり、粉状爆薬として硝安ダイナマイト、硝安爆薬、緑カーリット、特硝安ダイナマイ等がある。夫等は夫々特長があるけれども其の安全度に関しては未だ満足すべきものと言うことが出来ない。一体工業的に利用し得る簡易なエネルギー供給者として爆薬は最も濃縮せるエネルギーを保持するものであるから、其の特長を失わず而も高度の安全性のあるものたらしめることが必要である。本報告では減熱消焰剤の機能に就き考察した後、海藻と食塩とを併用することにより安全度が高まることを述べる。

II 炭礦爆薬の安全度と其の試験法

実際の坑内の発破条件は複雑多様であるため、正常な発破作業が行われた場合安全である処の法定検定試験に合格した炭礦爆薬でも、異様な条件の発破ではメタンガスや炭塵へ引火することがある。

此の危険な異常発破を分類すると次の如くなるであらう。

1. 負荷過大又は填塞不充分による空発
2. 負荷過小又は穿孔長が浅過ぎて火薬ガスが吹き破つて噴出する場合
3. 被爆物に亀裂、空隙等の存在する場合
4. 隣孔爆破により大きく破壊されて次の孔の装填薬が一部露出した状態で爆発する場合
5. 小割発破や炭突出部分の発破に張り付け発破類似の作業をする場

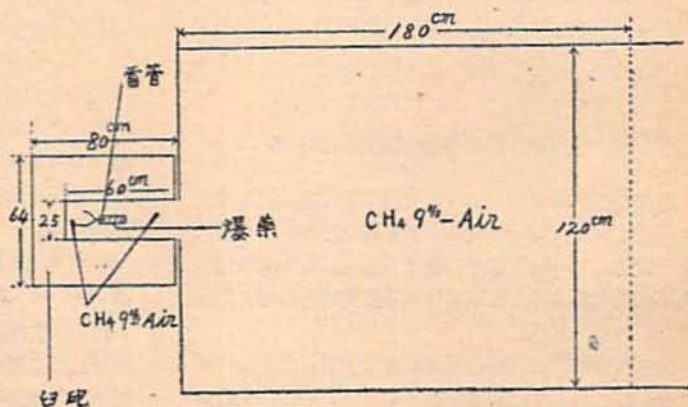
合

6. 被爆物に所謂ガスポケットがある場合

実際の坑内で惹起される発破に起因するガス、炭塵の燃焼や爆発は概ね以上6種の機構に要約出来ると考えられる。従つて此の6種の異常条件に成るべく近い各種の条件で爆薬の安全度試験を行い、其の何れの場合にもガス炭塵への不引火量の大きいものを総合的に判断して安全な爆薬と言はなければならぬ。

さて現在の我が国の正式炭礦爆薬検定試験法は試験坑道内に白砲から発射してガスや炭塵への引火性を試験するのであるが、これは前記6種の引火機構の中の1, 2, 3, の要因に対する安全度の試験法として役立つのみである。4, 5, の要因に対しては試験坑道内に自由懸吊して爆発せしめ、引火するか否かを試験する方法が有効である。此の白砲発射と懸吊爆発との安全試験法の他に2枚の鉄板を利用する龜裂坑道試験法(Break Gallery Test)があるが、それは要因3に対する試験法として意義がある。此の3種の試験法の他に筆者等の考案したガスポケット白砲発射試験法がある。

図 1



これは要因6をも含めて前記6種の全要因による引火性を総合的に研究せんがために Break gallery を考慮して製作したものであつて其の構造の概要は次の如くである。

ガスポケット臼砲は外側鑄鋼、内筒鋁鋼で其の中に徑 25 cm、長さ 60 cm の孔を穿つてある。此の砲腔内で爆薬を爆発させる。試験坑道の徑は 1.20 m であり其の全体に CH_4 9% と空気混合ガスを満す。引火すれば坑道内のガスが爆発するから引火、不引火の判定は容易である。此の試験法によるときは普通の臼砲発射試験や懸吊爆発よりもガスに引火し易い、前に

述べた諸種の異常発破の條件に近似していると考えられる。

現在我が国の正式臼砲発射による検定試験法では $9 \pm 0.3\%$ CH_4 -Air 混合ガスに対し 10回、炭塵に対して5回発射して薬量 600 g で不引火のものを1級品とし、400 g で不引火のものを2級品として合格とするわけであるが、これは英国の試験法を参考として定められたものである。

英国の安全度試験法は直徑5呎の円筒坑道内に臼砲から発射するのであつて、其の要領は次の如くである。

表 1 英国の安全度試験法

ガス又は炭塵	薬量	填塞の有無	発数	備考
CH_4 9%-Air	8 oz (=226.8 g)	無	5	一般
	28 oz (=793.8 g)	有(粘土栓)	5	膠質ダイナマイト
	18 oz (=510.3 g)	有()	5	粉狀爆薬
炭 塵	28 oz (=793.8 g)	有()	5	膠質ダイナマイト
	18 oz (=510.3 g)	有()	5	粉狀爆薬

此の試験法で注目すべきことは填塞せぬ場合と填塞した場合とで装填薬量を異にすることである。即ち填塞せぬ場合には如何なる薬種でも 226.8 g であるが、填塞する場合はずつと薬量を増して試験するのである。これは普通の炭塵爆薬は同一薬量では填塞しない場合が必ず填塞した場合より引火し易いからである。但し極めて爆速の遅い爆薬、例えば safety primer では外的に逆のこともあり得ると英国で報告されている。

此の臼砲発射試験法の欠点は臼砲の使用回数増加による砲腔内部の磨耗拡大に伴い引火成績に差異が生ずることである。同一爆薬でも臼砲使用回数増加につれて不引火最大薬量が増加し、老砲では若砲に比し 200~300 g 大きく出ることがある。

斯くの如く臼砲発射試験法には装置そのものに伴う不可避的誤差があるから正式検定試験として單に此の種の試験法だけに頼ることは危険であつて、前述した所の他の安全度試験法も正式に取りあげて、爆薬の安全度を各種の試験の成績により総合的に判定することが妥当であると言わなければならない。

III 炭塵爆薬の減熱消焰剤の作用

危険炭礦 (firery mine) に於ける発破に因る事故の原因としては前述の6種の異常発破であるが、更に之を突込んで考察すれば、爆薬の爆発による衝撃波の圧縮作用と爆発に伴う高温ガス乃至火焰の作用と言うことになると思う。

此の内衝撃波の圧縮作用は炭塵に対するよりもガスに対し特に点火の危険性を有するのであるが、筆者の

実験に依れば爆速の大きな爆薬は懸吊爆発試験でその不引火最大薬量が坑道の直徑に左右されないのに反し、爆速の比較的遅い爆薬は坑道徑により大いに異なり坑道徑大なときは不引火最大薬量が大きい坑道徑が小さいときは低下する。従つて両者間の点火の機構に相違があることを推論し得る。即ち爆速の大きい場合は爆薬の火焰が或は衝撃波で直接 CH_4 -Air に点火するのに反し爆速の小さい場合は爆薬から発生する衝撃波の作用を考えなければならぬ。立体的円錐的反射波の集中衝突の場合は衝撃波の Mach 反射波よりも余程大きな圧力となり、且つその全体としての高圧の波の作用する時間即ち単純衝撃波の厚さに相当する時間が長くなるからガスへの点火の可能性は大いに増大すると考えられる。

斯くの如く点火の機構そのものに相違があるからその各々の場合に適合した減熱消焰剤を研究する必要があるし、又同一物で両方へ作用する様な物質なり或は他の手段なりを探究する必要があると筆者は考えるのである。最も普通に使用されている減熱消焰剤は我が国では食塩であるが外国では塩化カリもよく使われている。食塩や塩化カリは全く爆発反応に関与しない無機物であるから、その含有量に比例して爆発温度が低下するが、又それだけ威力も減少するのである。而も食塩と硝安との混合物は甚だしく吸湿性が大であるから、それを主要成分とするものは経過日数と共に殉爆温度が低下して残留薬を生じ易い欠点がある。

然るに有機消焰剤たる海藻は其の一部が燃焼して爆発反応に関与するから、爆薬としての威力の低下を防ぎ、他部分は有効な消焰元素たる K, Na, I を遊離

放出してメタンガスや炭塵の燃焼を妨げる消焰作用を営むのである。従つて海藻の分解の遅速即ち粒度と有効成分元素含有量が消焰能力に関係することとなる。粒度が小さ過ぎるときは海藻が余りにも速かに燃焼し盡して有効元素K等が K_2O なり K_2CO_3 に変化してしまい遊離状態とならないから消焰効果が減少する。又粒度が大き過ぎるときは燃焼に関与する部分が少な過ぎて充分の有効元素を放出しないことになる。次に海藻中の有効元素の合計量 ($K+Na+I$) も取量以上となることが必要である。

従つて此の観点から海藻粒の粒度と有効成分量に嚴重なる規格を設け、それに合格するもののみ使用せねばならない。尚海藻は食塩の如く吸湿性及び潮解性が無いから、それを含む爆薬は貯蔵中の殉爆度の低下が少い。

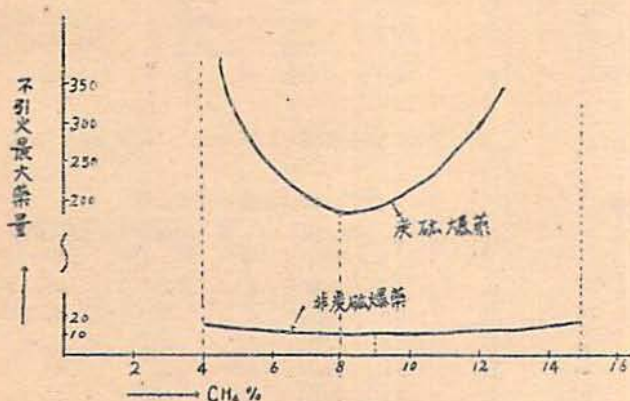
さて炭酸爆薬の安全度を左右する要素を根本的に掘り下げて考えれば次の如く2因子であるから

A) 物理的作用＝爆発温度を下げ、爆速を遅くすることにより安全度を高める作用でこれには減熱作用の大きい物質を加える。

B) 化学的作用＝メタンガスの酸化連鎖反応の反応鎖の活性を奪い、酸化を阻止する作用でこれにはK, Na, I 等が有効である。

此の物理的作用と化学的作用との2因子を考慮すべきことは例えば同一種類の爆薬の場合自由懸吊爆発によるガス引火試験では爆速の大なる方が引火し易いこと、又臼砲発射による引火試験では爆発温度乃至爆発威力の大なる方が引火し易いことから物理的因子の作用がわかる。次に異種の爆薬即ち減熱消焰剤を含む炭酸爆薬とそれを含みぬ非炭酸爆薬とに就き引火試験を行えば、メタンガスの濃度を変えた場合前者は混合ガスの爆発限界値附近では不引火量が増大するの、後者は図2に示す如く余り変化しないことから化学的因子の作用が推論される。

図 2



之れは直径 1.20 m の試験坑道内で爆薬を坑道中心に吊し薬包軸が坑道軸に一致する如く吊して爆発せしめて得られた値である。炭酸爆薬中の消焰剤の機能として筆者は先にメタンの酸化連鎖反応の切断作用に関し述べたが、その作用はメタンの爆発限界値附近に於て特に顯著であることがわかる。限界値附近では反応鎖の生成密度が比較的小さいから消焰剤がより有効に作用するものと考えられる。然るに非炭酸爆薬では消焰剤がないから反応鎖の密度が小さくともその生長分枝傳播を妨げる特性を有する物質がなく、従つて殆んど同一薬量で常に引火するのである。

消焰剤の機能として酸化反応連鎖の分枝の傳播を妨げる inhibitor の作用が考えられることは筆者の後 Audibert⁶⁾ や Gol'binder⁶⁾ も同意見を發表して居る。又最近正田氏⁷⁾も炭酸爆薬に対する消焰効果を研究して之と同じ結論に到達した。此の化学的作用は最初に無煙火薬に関し北川徹三氏⁸⁾が論じたものである。

図2に示した炭酸爆薬の不引火最大量の曲線は食塩も海藻も殆んど同傾向である。

消焰剤の機能として物理的作用と化学的作用との2因子が存在する以上我々は炭酸爆薬に此の2作用を営ましめる物質を混合することが合目的であることを知る。

IV 海藻及び食塩の消焰効果

炭酸爆薬の減熱消焰剤としての海藻及び食塩の効果を比較するために現在実用されて居る硝安ダイナマイトに近い次の組成の爆薬を試製しガス、炭塵に対する安全度の試験を行つた。

1. 試料

試料	試製爆薬の配合組成(%)					
	NG	NC	NH ₄ NO ₃	木粉	食塩	海藻
A	8.0	0.3	63.7	8.0	20.0	-
B	〃	〃	71.2	-	-	20.5
C	〃	〃	61.2	20.5	-	-
D	〃	〃	69.7	-	7.0	15.0
E	〃	〃	83.7	8.0	-	-

試料EはAから食塩を除いてそれだけ硝安を増したものであり、CはBの海藻をそのまま木粉で置きかへたものである。試料Dは食塩と海藻とを適当に配合して最も安全度を高めたものである。

2. 安全度試験成績

前記5種の試料に就き鉱業技術試験所九州支所(直方)に於て同所の標準試験坑道にて検定試験の要領に従いガス炭塵に対する引火試験を行つた結果は次の如くである。

表 3 ガス、炭塵に対する引火率 引火回数/実験回数(九州直方)

試料	ガス炭塵 薬量 (g)	9% CH ₄ -Air						炭 塵					
		200	300	400	500	600	700	800	200	300	400	500	600
A		-	-	-	-	0/10	-	-	-	-	-	-	0/5
B		-	-	0/10	-	0/20	-	-	-	-	0/8	-	0/10
C		-	0/1	1/3	1/2	-	-	-	-	-	0/1	1/1	1/1
D		-	-	-	-	0/10	-	0/5	-	-	-	-	0/5
E		1/1	-	-	-	-	-	-	0/1	1/1	1/1	-	-

此の成績から海藻のみを含むBと木粉のみを含むCとの安全度の差は明白で前者が600gまで不引火であるのに対し後者は400gでも引火する。即ち海藻は明らかに消焰効果があると言はなければならない。次に食塩を含むAと海藻を含むBとは上記の白砲による検定試験15では其の安全度に余り差異が認められない。Aから食塩を省いたEの安全度が最も低く200gでも引火する。これは爆発温度が高いからであろう。

海藻と食塩とを併用したDは800g迄不引火で其の安全度は最も高い。

現在の試験用白砲では薬量を800g以上に増すことは無理であるが、北海道新幌内の試験坑道で行う懸吊試験ならばもつと薬量が増える。表4に其の試験成績を示す。

表4 ガスに対する引火率(北海道新幌内)

9% CH₄-Air, 薬量は 32% × 112.5g
のもの直列本数で示す

試料	薬量	3本	4本	5本	6本	7本	8本	9本	10本
A		0/7	1/6	1/5	1/1	-	-	-	-
B		0/20	1/7	1/6	1/3	1/1	1/1	1/1	-
D		0/1	0/7	0/1	0/7	0/1	0/7	0/10	1/1

試料CとEに就いては坑道径1.20mの試験坑道での予備実験でその懸吊爆発による引火率が試料A, B, Dに比し甚だ高いことを確かめて居たので行わず、専ら安全度の高いA, B, Dに就き行つた。此の成績でもわかる様に食塩と海藻とを併せ含むDは、それらを別々に単独に含むA, Bよりも其の安全度が格段に高いのである。此の試験ではDは薬量1kgでもガスに引火しない。

次に筆者が考案したガスポケット白砲発射試験に依り此等の引火率を試験すると次の如くである。

表5 ガスポケット白砲発射試験に依る引火率 (9%CH₄-Air)

試料	薬量(g)	50	70	100	150	200
A		0/2	0/2	0/2	0/3	1/1
B		0/2	0/2	0/2	0/3	1/1
C		0/2	1/2	1/1	-	-
D		0/2	-	0/2	0/4	1/1

即ち此の成績によるときは食塩と海藻とを単独に含むA及びBの不引火薬量は一致して100gなるに對し両者を併用したDは150gとなる。又消焰剤を含みぬCは50gである。斯の如くガスポケット白砲試験によれば普通の白砲試験で不引火最大薬量が600gなり800なりと云う風に高い安全度を示す爆薬でも、150gなり200gなりで引火するのであるから、此の試験法は現在の所最も厳格な試験法と云う事が出来る。実際の炭礦の坑内で安全度が検定試験に合格した爆薬を使用して100gや200gで引火爆発事故を惹起することがあるのは、此の様なガスポケット白砲発射試験に似た異常条件で発破が行われることに起因するのであろう。従つて實際使用中の事故原因の研究に本試験法は大いに役立ち得ると考えられる。ガスポケット白砲試験で薬量200g以上でも引火しない様な爆薬が出来、而もそれ自身の爆発性能が満足すべきものであるならば其の薬種は炭礦爆薬の理想を略達成したものと言ふことが出来る。

3. 試験爆薬の爆発性能

上記の供試爆薬の爆発性能を計算と実測から調べて見よう。計算は山家博士の火薬特徴数計算法に従い、生成ガスの比熱は筆者の提出した平均比熱式に依つた

表6 供試爆薬の特徴数

試料	爆発熱 (kcal/kg)	比容 (l/kg)	爆発温度 (°K)	火薬力 (l-kg/cm ³ /kg)
A	703	736	2221	6185
B	802	893	2308	7801
C	769	986	2218	8271
D	743	830	2225	6988
E	783	931	2442	8605

次に主要性能を実測した値は表7に示す通りである。

表7 供試爆薬の実測性能

試料	仮比重	爆速 (m/s)	爆倍 (倍)	鉛弾抵大 値 (cc)	弾道振子 (mm)
A	0.93	3000	3	260	59.0
B	0.93	3300	4	300	67.0
C	0.83	3700	4	370	-
D	0.93	2800	3.5	280	64.7
E	0.85	4100	3.5	380	70.0

表6の特徴数の中でCのみは酸素不足であるから第2類特徴数計算法にて行い一酸化炭素並に水素が相当発生することになる。

表3に示した如く特にEが少量で引火するのは其の爆発温度高く且つ火薬力も大なるためである。

次に安全度の高いA、B並にDを比較するに、Dの威力は火薬力、鉛撃値、弾道振子に見られる如く、Aより強くBより弱く両者の中間にあるに拘らずその安全度が両者より確実に高いことは注目すべきことである。此れは消焰剤として食塩と海藻とを併用する事により、物理的消焰作用と化学的消焰作用とが相補的に重なり合つて、其の和以上に有効に作用するものと考えられる。従つて危険炭山に於てはDの如く海藻と食塩とを併用した爆薬を使用することが、より保安の目的に關うものと言える。此の爆薬Dは各地の炭礦で実地試験の結果其の実用性能が充分満足すべきものであることを確かめた。

V 結 論

1. 炭礦爆薬の安全度試験法としてガスポケット臼砲発射試験装置に就き述べた。
2. 炭礦爆薬の減熱消焰剤の機能として物理的作用と化学的作用のあることを述べた。
3. 食塩も海藻も共に消焰能力がある。但し木粉には消焰能力がないことを実験的に確めた。

4. 消焰剤として海藻と食塩とを併用するときは、其の爆発威力は両者を單獨に用いた場合の中間にあるが、安全度は何れの爆薬よりもずっと高くなることを臼砲発射、懸吊爆発、ガスポケット臼砲発射の3種の安全試験法により確かめた。

文 献

- 1) J. Taylor, Research No 2 (1949)
- 2) W. L. F. Shepherd, H. C. Grimshaw., Call Guard. Vol. 180. No. 4649 (1950) Feb. 16.
- 3) 渡辺, 工業火薬協会誌 9, No. 2 (昭和23年9月) 71.
- 4) 村田, 工業火薬協会誌 8, No. 3, 4 (昭和23年3月) 80.
- 5) E. Audibert, Rev. Ind. Minér., Nr. 532 (1948)
- 6) A. I. Gol'f'inder, Doklady Akad. Nauk, S. S. S. R. 59 (1948).
- 7) 疋田, 工業火薬協会誌 11, No. 1 (昭和25年6月) 15
- 8) 北川, 未公表
- 9) 矢野, 北海道鉱山学会誌 1, No. 5 (昭17) 1~20
- 10) 山家, 火兵学会誌 32, No. 6 (昭14), 512, 33 No. 1 (昭14), 30.
- 11) 村田, 工業火薬協会誌 9, No. 2 (昭和23年9月) 65.

On the Coal-mine Explosives Containing Sea-weed and Sodium chloride

By Tsutomu Murata

We have researched the safety of coal mine explosives by following three methods,

- 1) Shot from mortar in testing gallery
- 2) Explosion of free suspensien cartridges in testing gallery
- 3) Shot from gas pocket mortar in testing gallery.

Both sea-weed and sodium chloride have inhibitting power to the combustion of methane or of coal dust. If we mix both sea-weed and sodium chloride at the same time to coal mine explosives, we can get the explosives of higher degree of safety.

An example of the compositions of such explosives is as follows:

nitroglycerine	8.0%
nitrocotton	0.3%
ammonium nitraae	69.7%
sea weed	15.0%
sodium chloride	7.0%

The explosive properties of this explosive is satisfactory for use in firey coal mines.

(Nihon Yushi Co., Ltd. Taketoyo Factory)