

研究・報文

装填薬燃焼の可能性に就て

會員 南 坊 平 造

(1) 緒 言

發破の時爆薬が燃焼する事があると言ふ事は廣く言ひ傳へられる所である。鑛山や隧道では効き目が無い事と、後瓦斯が悪いと言ふ事になり、水底發破では爆破効果が無いと言ふ事になるが炭坑ではこの外に坑内爆發の原因になる事が考へられるので相當重大な問題である。この問題に就ての文献も多いが著者は硝安爆薬の場合に特に燃焼が多いと言はれてゐるのでその原因を探究した。

(2) 分解、燃焼と爆轟

爆薬は通例完全燃焼となる様に配合せられてゐる。

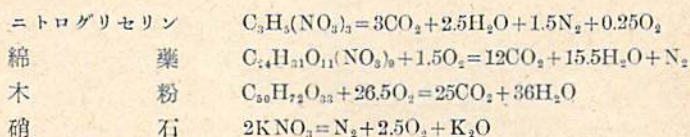
線香の火を近づけるとその高熱の爲に分解し乍ら燃える。線香を遠ざけてもカーリット、山櫻等は引續いて燃え漸次火熱が烈しくなる。燈火又はマッチの火を近づけると燃焼を始め漸次に烈しくなり薬量が多いと爆發する。

雷管其他爆轟状態にある物質を以て點爆すると爆轟し爆轟の際には衝動波を發し烈しい音響を發生する。分解はNO₂瓦斯を發生する。この場合には先づ綿薬がその中に殘存してゐる僅少の硝酸によつて分解せられてNO₂瓦斯を發生しそれが綿薬及ニトログリセリンに作用して之を分解してNO₂を發生し逐次に發熱と分解とを繰り返へして發火點なり爆發點に達せしめる。

分解と燃焼との限界は略 120°C 附近と考へられる。

燃焼は充分なる高熱を得て各組成が燃焼を起す故に完全燃焼をなす。白輝色で加里鹽の焰色を示す故に 1000°C 以上と考へられる。

爆薬の爆轟の際には各組成の酸素が有無相通じて完全燃焼を行ふ。櫻ダイナマイトに例を取ると次の方程式の様な爆反應が行はれる。



完全燃焼に必要な酸素は豫め計算してあるから有無相通じ得る様になつてゐる。爆轟、燃焼とは同じ化學方程式によるものと考へられるが爆轟の際には衝動波を發生しその速度が毎秒 2000 m 以上 8000 m に及ぶ Crussard は Hugoniot 曲線を p, V を軸として示し、爆發と燃焼との間は不連続であるべき事を明にした。

従つて加熱の型式によるものは分解又は燃焼であり、起爆の型式によるものは爆轟となるの

で起爆の型式により燃焼を生ずる事は無く、燃焼の型式によるものが燃焼の過程を経ずに直ちに爆轟となるものでは無いものと考へられる。

(3) 高温加熱に於ける装薬の燃焼及爆發

加熱に際しダイナマイトが分解するのはその組成中の綿薬が分解を起して酸化窒素瓦斯を生じそれが硝酸となつて綿薬及ニトログリセリンの分解を促進し逐次に燃焼又は爆發に移らしめるもので山櫻ダイナマイトに就て實驗した所によると填塞下に於て外部加熱を行ふ時の爆發せない限界温度は（同一試験を5回反復）

試料	薬径	山櫻ダイナマイト	紅梅ダイナマイト
10g	25mm	135°C	146°C
100	32	118	122
250	32	116	—

之は高温加熱によつて爆薬内部に化學反應が起り發熱の集積によりて燃焼を起し更に加壓下なるが故に直に爆發に移るものでこの時燃焼又は爆發を始めた局部温度は外浴温度より何度か高かつた事は言ふ迄も無い。又この温度を超えると爆發を起す可能性がある。

加熱の方式は外部加熱と内部加熱とに分れてゐるが、

外部加熱

1. 高熱火焰の接觸

- (イ) 隣孔發破の火焰が裂罅を傳つて侵入
- (ロ) 導火線の火焰が被覆を通して装薬を加熱
- (ハ) 段發電氣雷管を装薬に深く挿入した時高温度火焰が吹きつけて燃焼せしめる。

2. 岩層の高熱に接觸=地熱又は温泉の噴出による。

内部加熱

1. 高熱物の侵入

- (イ) 雷管の高熱物の侵入の爲に山松ダイナマイト其他綿薬を多く含むものは燃焼する。
- (ロ) 雷管が不完全爆發して高熱火焰又は高熱管體が爆薬の内部を加熱して分解—燃焼—爆發を起さしめる。

高温度に於ける加熱試験によると确实爆薬の1gは150°Cで、确实ダイナマイトは120°Cで徐々に分解し150°Cで燃焼乃至爆發を行ふ。紅梅ダイナマイトは150°Cにて爆發す。山櫻ダイナマイトは140°Cにて爆發す。

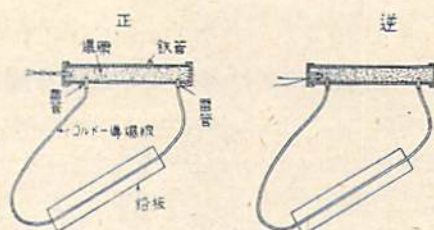
高温物の突入によつて燃焼するに要する時間は膠質ダイナマイトに於ては綿薬の配合量の多いもの程大きい。これは綿薬單味のものが着火し易い爲から來てゐる。

(4) 雷管の挿入方法による燃焼の可能性

イギリスの著書に雷管を奥深く爆薬の中に挿入して點火すると管底の方では爆轟が起り管頭の方では爆燃が起ると言ふ説をなす者がある。如何なる種類の雷管が使はれたか判らないが管底は爆轟を傳へる條件で爆發し管頭が燃焼をさす様な不完全起爆をなすとしても管底方面に起つた爆轟はその高速度傳播によつて忽ち管頭附近に爆轟を傳へる事が出来る。

著者は所見を確める爲にドートリシ式爆速測定方法によつて正、逆2種の雷管挿入方法によ

りて5種の爆薬の爆速を測定し何等の變差無しとの確信を得た。



6 號雷管を正方向に挿入の場合 同逆方向に挿入の場合

山櫻ダイナマイト	4300 m/sec	4800 m/sec
山桐ダイナマイト	6500	6200
硝安ダイナマイト	4200	4100
2 號 硝安 爆 薬	4700	4500
カ ー リ ッ ト	5000	4600

(5) 炭塵混入による燃焼の可能性

ポーランドのシプルスキー氏が第3回爆發試験坑道主任者會議に報告した所によると、爆薬の引火度、弱き雷管の影響、薬包の間隔の廣過ぎること、變質爆薬、装填法等研究の結果爆薬に炭粉を混入すること即ち爆薬の化學成分の差異が緩燃を起す原因であると言つた。

著者の見解によれば爆發試験坑道に於ける炭塵試験の實績より見て炭塵が爆薬中に混在する事は坑道試験による炭塵點火を容易ならしむる事を想定するに難くはないが爆薬に混入せられたる炭塵がその化學成分に差異を生じ起爆不能ならしむる事は有り得るが爆薬組成が起爆によりて燃焼すべき公算はその組成が起爆によつて爆發せない事とその組成の一部が雷管爆發の火焰によつて燃焼し得るものであるを要する。炭塵はこの作用に對し綿薬に比すべき可燃性があるとは考へ得ない。

著者はこの見解を證する爲に本邦内に於て最も燃焼性大なる炭塵として直方石炭坑爆發豫防調査所に於ける坑道試験用炭塵を選び(管無牟田炭)2 號硝安爆薬と各種の配合を行つたものにつき砂上殉爆試験を実施したが殉爆又は燃焼するものは無かつた。

依つて第1薬包は炭塵を含有せないものとし6 號雷管で起爆し第2 薬包を炭塵入とし相接觸したものを砂上に置き、又は密閉管内に装填し實驗したるに炭塵 10% を含有せしものは爆發すれども 20%, 25%, 30%, 35%, 40%, 45%, 50%, 75% 何れも第2 薬包は殉爆又は燃焼を起さない。

(6) 硝安系爆薬の吸濕による燃焼の可能性

吸濕したものは燃焼の可能性があるとの説をなす者がある。吸濕したものは結局爆薬組成に水分を混入したものと考へられるから遂次に爆發温度、爆發力、起爆感度を低下する事はあり得るが雷管起爆によつて爆轟するか又は不爆に終るの二途がある丈けと思はれる。

Hess 氏猛度試験法により直徑 40 mm, 高 30 mm のものに爆薬 50 g を載せて雷管起爆するに鉛塊の壓縮値(耗數)は次表の如くなり、爆發力の低下は認められるが燃焼するものは一

つも見られなかつた。

吸湿率	硝安ダイナマイト			2 號硝安ダイナマイト			2 號硝安爆薬		
	櫻印8號	6 號	3 號	8 號	6 號	3 號	8 號	6 號	3 號
0%	7.7 mm	7.3 mm	6.5 mm	6.0 mm	5.5 mm	5.0 mm	11.5 mm	11.5 mm	7.5 mm
2	7.3	6.7	6.0	6.0	5.3	5.3	10.5	10.5	7.0
4	7.3	5.7	6.0	6.0	5.3	5.3	9.0	9.0	4.0
6	6.0	5.0	6.0	6.0	4.8	4.8	8.0	8.0	6.5
8	5.0	4.5	5.7	5.7	3.5	3.5	3.0	0	0
10	3.0	2.2	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	0	0

更にこの現象をドートリシ法により爆速を測定した。(昭 11 年)

吸湿率	2 號硝安ダイナマイト		2 號硝安爆薬	
	(爆速測定不能 ×, 又は爆發せざるもの ○)			
0%	3850	} 3850 m/sec	4950	} 4875 m/sec
	3625			
	4160			
	3760			
2	1850	} 2200	3180	} 3480
	2430			
	2240			
	2300			
4	1560	} 1490	2550	} 2630
	1250			
	1700			
	1450			
6	1280	} 1290	2130	} 2240
	1300			
	1180			
	1420			
7	1260	} 1180	1760	} 1600
	1050			
	1320			
	1100			
8	1150	} 1110	1420	} 1380
	830			
	1200			
	1250			
9	950	} 910	648	} 907
	830			
	753			
	1100			
10	465	} 672	960	} ×
	864			
	753			
	600			
11	450	} 633	—	} ×
	620			
	709			
	756			
12	—	} ○	—	} ×
	—			
	—			
	—			

備考 1. 2 號硝安ダイナマイト (N/G 約 8% 食鹽約 23%)
 2 號硝安爆薬 (DNN 8% 食鹽約 15%)

2. 爆速試料 薬径 30 mm 薬長 230 mm 8 號雷管起爆

コルドウ導爆線の爆速を 5000 m/sec とする。

上表で明かな様に爆速は 3000 m, 2000 m, 1000 m, 600 m 迄は下がるが燃焼と目さるべき 0~100 m の爆速は得られない。

(7) 筑豊 T 炭礦に於ける硝安爆薬燃焼の例

(同炭礦の責任ある方に書いて貰つた報告)

時 日 昭和 11 年 9 月 9 日午前 10 時 40 分頃

場 所 1 坑 3 卸 3 片連卸延先

状 況

1. 現場は 1, 2 圖に示せる如く天盤より約 3 尺餘りは砂質頁岩にしてそれより下盤迄約 3 尺は炭層で先づ炭層を掘進しそれより上盤を打落し發破によりて掘進す。

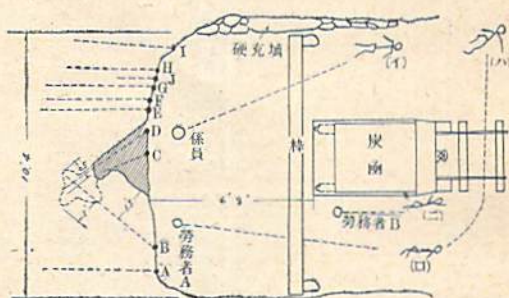
2. 災害發生前の穿孔位置, 深さの方向は 1, 2 の正面圖, 側面圖並に平面圖に示せる如く各孔の装薬量は別表に示せる如し。

3. 心抜發破孔 B, D の荷が少し重しと考へ係員は C 發破なる捨發破をなす心算にて先づ之に結線し見取圖に示す如く左片にて發破器のハンドルを廻せり(發破器は鳥居印 10 發掛)

正面圖 (A~A')



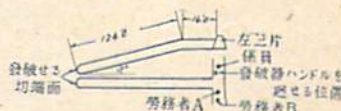
平面圖



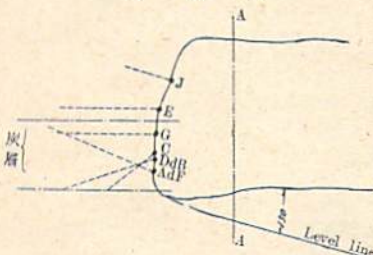
問題の (D) 孔に對する装薬法



發火筒所の見取圖



側面圖



符號	本數 (爆薬)	装薬量 (g)	穿孔深 (尺)
A	7	525	6.0
B	7	525	5.8
C	3	225	2.5
D	7	525	6.5
E	6	450	5.5
F	7	525	5.5
G	7	525	5.5
H	6	450	5.8
I	1	450	6.0
J	1	75	2.0

この時が略 10 時 35~36 分頃なりき。

4. この時の音は俗に鉢を打ちたる如く感じたるによりハンドルをポケットに入れ且母線の一線を離して係員を先頭にして掘進夫 A それより少し遅れて B の 3 人が傾斜 15° の連卸を延先に向つて進入せり。

5. 現場に到着して検視せるに C 孔は爆發せる模様無きにより矢張奥鳴せしものと思ひその儘直ちに B, D を發破するも効果無きを恐れ更に孔を繰り直さんと協議中轟然爆發起り、(10 時 40 分頃) 爲に係員は (イ)、(片目を少し傷め視力が 0.6 位になる) 掘進夫 B は (ニ) に、A は (ロ) に吹飛ばされた。3 人共倒れた時の打撲傷と少し許りの擦過傷とを負ふ。

原因調査

1. この報を受け 3 卸の全責任者及それが補助者が現場に急ぎ調査せる時は現場は平面圖中斜線にて示せる部分が飛び出し B の結線は孔口より 5 寸餘垂れ居ればこの孔は爆發せざりしものと認めたり。尙この時 B 孔の脚線に結線し數回送電せるも遂に該孔は起爆發せざりき。又斜線に示された飛び出した残りの點線の部分もぐさぐさになり居たり。

2. 現場の連卸には Meco 型の local fan を設置しありたるにつき之が漏電の有無を調査せるも漏電の模様無く且 B 孔も盤上 1.4 尺餘あり。脚線先約 5 寸餘り地面上に觸れ居たりと考へらるゝも現場は盤上炭壁共乾燥し居たり。

原因の推定

C と B とが龜裂によりて連絡し C 孔の高温ガスがこの龜裂を通過して B 孔の爆薬を燃焼せしめ C 孔の發破後 3~4 分の後 B 孔の口元より 3 番目の雷管を起爆發せしめこれにより残留マイトを爆發したるものと推定せり。

摘要 (著者)

之は明かに C 孔が盲爆となりたる爲に爆發による高熱ガスが B 孔の装薬を加熱し B 孔内の硝安爆薬は燃焼を起し之が雷管附薬包に燃え移りたる時残薬全部が爆發したるものなり。

隣孔發破の火焰により燃焼を起す可能性ありとは一般に言はれる所なれども爆發の際の如き短時間に裂罅を傳はり侵入し來る火焰によりて装薬が燃焼する可能性は隣孔の發破が有効にして漏斗孔を生じたる場合には考へ難きものにして寧ろ本例の如く盲爆又は之に近似せる場合に於てのみその典型的の可能性を認むるものなり。

(8) 筑豊 M 炭礦に於ける硝安爆薬燃焼の實例

(礦山爆薬研究會で中西委員の報告せられたもの)

場 所	M 鑛業所第 1 坑 炭層昇掘進先
使用爆薬	徑 1" 75 g 2 號硝安爆薬 6 號電氣雷管
孔 深	5 尺のものに各上記爆薬を 3 本宛装填
日 時	昭和 8 年頃の事

先づ A を發破し約 5 分位の後に B 孔の結線に行きしに爆煙朦々たる内に漏風するが如き音を聞きたり多分上部からの卸に A 孔が貫通して風が昇るものと思ひ次の結線にかゝらんとせる刹那 B 孔が輕き爆發をなし係員は輕傷せり。

此際 B 孔は殆んど崩壞する事なく只粘土が噴出したる程度なりき。A, B 孔を少し宛切擴め調査せる結果は圖示の如くなり居りしものなり。

當時の判断では A 孔の爆發熱が 4 寸の間壁を透して B 孔の爆薬を熱して燃焼し始め最後に雷管が爆發せるものならんと、而して B 孔には始んど爆薬は残留して居らざりき。

摘要 (著者)

A 孔が爆發によりて正規の漏斗孔を生じたるものなりとすれば爆發の瞬時に發生し炭片と共に飛散する高熱ガスが 12 cm の厚さの炭層を通して B 孔内の装薬を加熱し燃焼し得べしとは考へられざる所にして少くとも A 孔は一部に盲爆となりて高熱ガスの停滞する所あり裂罅を通じて B 孔の装薬を加熱燃焼せしめそれが燃焼を始め雷管挿入部に至りて爆發せるものと考へられる。

(9) 摘要

1. 爆薬の化學變化には分解、燃焼(爆燃とも言はれる)、爆轟の三通りがある。この三つは逐次に温度が上昇して居つて爆薬の種類によつてその温度は異なる。分解してゐる時發熱が蓄積すれば燃焼となり更に熱が蓄積し壓力が加はると爆轟を起す。

2. 加熱すると分解、燃焼を起し條件次第では爆轟に移る。燃焼の直後に爆轟に移る特性のあるものは起爆剤である。

3. 装薬の燃焼に就て雷管挿入方法、炭塵の混入、爆薬の吸濕を擧げる人はあるが著者は實驗的に否定した。

4. 雷管の不完全爆發の時、爆粉が燃焼した等の場合には雷管から火焰を出して装薬を燃焼さす事がある。

5. 隣孔發破の影響により装薬燃焼の實例 2 箇に就いて解説し、盲爆の際爆發孔内に停留する高熱ガスにより隣孔装薬が燃焼する事は最も起り得べき例であるとした。

