

炭鉱爆薬の燃焼について

渡辺 定五・酒井 洋・坂口 道明*

緒 言

炭鉱爆薬の燃焼については、工業火薬協会誌¹⁾に特集号が出され、多くの報文が提出されている。

これらの報文を分類してみると下記ようになる。

(1) 着火剤による燃焼

1. 1 着火剤により、開放状態では N/G, TNT 入りを問わず、硝爆は燃焼しない。
1. 2 密閉状態にすると N/G 入り硝爆は燃焼する。
1. 3 炭塵が混入したり、炭粉で覆うと開放、密閉とも、N/G, TNT 入りを問わず燃焼する。

(2) 薬温による影響

2. 1 殉爆により、薬温は上昇する。例えば桜ダイでは間隔 38cm で約 10°C 上昇する。
2. 2 爆薬を温めると着火剤により、燃焼し 70~95°C になると TNT 入り硝爆も燃焼する。

(3) 不良雷管及び挿入が不完全であると燃焼することがある。

(4) 高温での燃焼では組成による差はない。

(5) 旧砲内で燃焼させたとき、密閉状態が保れると燃焼するが、タンピングが飛び出したり密閉状態が破れると燃焼しない。

(6) 燃焼事故はすべての薬種に報告されている。

これらの燃焼実験には爆薬の低温域での分解が大きく影響しているものもある。この場合には爆薬の組成により燃焼の難易が左右される。

実際の発破現場では第1薬包及び近接孔からの爆発ガス、或いは雷管の爆発以外の着火源は考えられない。このような爆発ガスは高温、高圧であり、高温域での分解が問題になると思う。

分解機構は温度により変化し、低温域(220°C)ではニトログリセリンの分解²⁾が主反応であり、300°C 附近ではニトログリセリン、TNT³⁾が分解する。

高温域(400°C)になるとニトログリセリン、TNT 及び硝安⁴⁾が発熱分解を行ない、並列的な反応が起っている。硝安の分解は食塩⁵⁾、木粉により低下するので、並列的な分解は著しくなり、爆薬組成による

変化はなくなつて来る。このように実際の発破現場における燃焼を一つの低温分解を主体とした実験結果で論議することは疑問がある。

39年迄の過去十年間の燃焼件数をみても硝タイによるものが著しく多いという傾向はなく、硝爆によるものが多い。このことは燃焼の起り得る機会即ち殉爆不良と燃焼の難易が大きい因子になっていることを説明しているのではないと思われる。

爆薬が燃焼するための条件については、第八回国際鉱山保安所長会議に於いて R. Sartorius⁶⁾が 30~150 kg/cm² で燃焼するというのを発表して以来、数多くの研究がなされた。最近では 15 kg/cm², 350°C という条件が密閉ボンベ内での燃焼実験⁷⁾によつて求められたと報告されている。然しながら我国に於けるこの方面の研究は少く、現場での燃焼を論じるためには非常に重要であるので実験を行なつてみた。実際の発破現場に於ける燃焼では時間の因子を無視した実験を行なつても意義が少いので、旧砲内でタンピングを行ない、第1薬包に通常の爆薬を使用して実験した。

実験 1. 旧砲内燃焼

実験装置 図 1

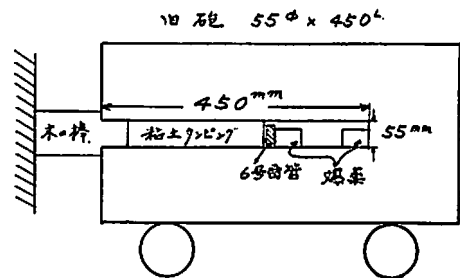


図 1. 燃焼実験装置

実験方法

図1の旧砲内に第1薬包と第2薬包を xcm 離しておき、粘土と砂を1対1に混合した粘土タンピングを行なつた。タンピング側の第1薬包を6号電気雷管で起爆し、第2薬包の様子を観察した。

旧砲の長さが45cmと短いため、タンピングを強化するために、木の棒を打込み、他端を壁に押付け、完

昭和42年10月10日

* 日本油脂(株) 武豊工場 愛知県武豊町西門82

全密閉にしたものについても実験した。

試料の爆薬は通常の製品 30×100 を切断し、切口を粘着テープで封して使用した。孔内にはメタン、炭塵の影響をみるためにメタンは 8~11%、炭塵は爆薬及び爆薬の間にふりかけ、現場に近い状況を再現した。

実験結果

1.1 第1葉包の起爆によりタンピングが飛び出した場合

この場合には膠質ダイナマイト、及び粉状爆薬とも、殉爆又は不爆で燃焼は観察されなかつた。

表 1. タンピングが飛び出した場合

薬 種	第1葉包 (gr)	第2葉包 (gr)	葉間距離 (cm)	結 果*
511号硝爆	25	25	12.5	○○×
"	12.5	25	12.5	×××
"	6.25	25	12.5	××
Eq. S. 爆薬	25	25	12.5	○○○
"	12.5	25	12.5	×××
3 特白梅	12.5	12.5	12.5	×○○
"	6.25	12.5	12.5	×××
硝爆(N/Gなし)	12.5	12.5	5.0	×○×
"	12.5	12.5	6.0	×××

* ○印は殉爆，×印は不爆を表わす。

1.2 第1葉包の起爆によりタンピングが飛び出ない場合 (完全密閉)

この場合には各薬種とも燃焼が観察された。メタン及び炭塵の有無による燃焼の変化はなかつた。

実験. 2 水タンピングによる影響

実験装置 図2

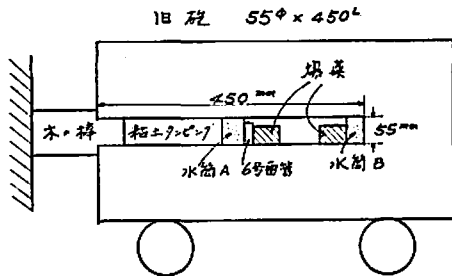


図 2. 燃焼実験装置

実験方法

55φ の旧砲に水タンピングとして孔の最奥部に 42φ × 25L の水筒 B (水量約 35cc)、粘土タンピングと第1葉包の間に 42φ × 50L の水筒 A (水量約 70cc) を置いた時の爆薬の燃焼を観察した。

実験結果

表 2. タンピングが飛び出さない場合 (完全密閉)

薬 種	可燃物	第1葉包 (gr)	第2葉包 (gr)	距離 (cm)	結果*1
511号硝爆	なし	12.5	25	12.5	××△
"	炭塵	"	"	"	△×
"	メタン	"	"	"	×△
"	なし	6.25	25	12.5	×××
"	炭塵	"	"	"	×××
"	メタン	"	"	"	××
Eq. S. 爆薬	なし	12.5	25	12.5	××△
"	なし	6.25	"	"	×××
"	炭塵	"	"	"	××
"	メタン	"	"	"	××
3 特白梅	なし	12.5	"	"	△×△
3 特白梅	炭塵	"	"	"	△××
"	なし	6.25	"	"	××△
"	炭塵	"	"	"	××
"	メタン	"	"	"	△××
"	なし	3.13	"	"	×××
"	炭塵	"	"	"	××
"	メタン	"	"	"	××
硝ダイ (N/G入り)	なし	12.5	"	12.5	△△○**
"	なし	6.25	"	"	××△
硝爆 (N/Gなし)	"	12.5	12.5	6.0	××△
"	"	"	"	7.5	××
"	"	"	"	10.0	××
"	"	"	"	12.5	××

*1 ○印：殉爆 △印：燃焼 ×印：不爆

*2 起爆後すこし時間をおいて爆発二重爆轟に近い

粘土タンピングと第1葉包の間に置いた水タンピング A は燃焼にあまり効果がないように思われる。孔の最奥部に置いたものは実験回数は少ないが効果があるように思われる。

表 3. 燃焼に於ける水タンピングの影響

薬 種	水タンピング	第1葉包 (gr)	第2葉包 (gr)	距離 (cm)	結果*1
511号硝爆	なし	12.5	25	12.5	××△
"	A	"	"	"	××△
"	A+B**	"	"	"	×××
Eq. S. 爆薬	なし	"	"	"	×△×
"	A	"	"	"	×××
"	A+B	"	"	"	×××

*1 ○印：殉爆 △印：燃焼 ×印：不爆

*2 A+B：水タンピングを粘土タンピングと第1葉包の間及び孔の最奥部の両方に置いたことを示す。

実験 3. 爆薬燃焼からメタンへの引火

実験方法

爆薬が燃焼した場合、メタンへの引火が起り得るか否かについて、常温で燃焼する安全伝爆薬を使用して検討した。開放下に於けるメタンへの引火については小型坑道 (900φ×1800^l) にメタンを所定濃度では、燃焼している安全伝爆薬を遠隔操作で投入した。又、穿孔中の燃焼からメタンに引火するか否かについては、鉄管 (42φ×1000^l) の中で燃焼させて行なつた。安全伝爆薬の燃焼特性は、燃焼速度 6.8mm/min、燃焼温度 510°C である。燃焼状況は暗所で僅かに炎が見える程度で、燃焼したあとは食塩がコークス状或いは湯の華のように残る。

表 4. 爆薬燃焼からメタンへの引火

メタン濃度	開放下	鉄管内
12.0%	×	
11.5		×
11.0		×
10.5	×	×
10.0	×	×
9.5	○	×
9.0	○	×
8.5	○	×
8.0	○	×
7.5	×	
7.0	×	

○印：引火 ×印：不引

実験結果

安全伝爆薬の燃焼温度が 510°C と低かつたため、メタンへの引火は開放下で 8~10% の濃度範囲の所で起り、鉄管内では如何なる濃度でも起らなかつた。

爆薬の燃焼温度は種類及び圧力などにより大巾に変化するのでこの実験から直ちにメタンへの引火を結論として出すことは困難である。尚、燃焼している爆薬からメタンへの引火が写真的にも解明していないので今後検討すべき問題である。

考 察

爆薬が完全密閉の状態では燃焼する時の温度、圧力を第 1 葉包の爆発ガスの断熱膨脹を仮定して計算すると表 5 のようになる。

タンピングを木の棒を打込み、補強しても飛び出すことがあつたが、これは表 1 のデータに加えており、燃焼は観察されなかつた。タンピングが飛び出さないので完全密閉が保たれた時のみ燃焼が起つていることから考えて、完全密閉又はタンピングが飛び出さないこ

表 5. 爆薬が燃焼する圧力、温度について

薬 種	第 1 葉包 (gr)	葉間距離 (cm)	燃 焼 条 件	
			圧 力 kg/cm ²	温 度 °C
3 特 白 梅	12.5	12.5	205	670
"	6.25	12.5	104	530
511 号 硝 爆	12.5	12.5	161	610
Eq. S. 爆 薬	12.5	12.5	147	570
硝 (N/G 入り)	6.25	12.5	*	*
硝 (N/G なし)	12.5	6.0	382	680

* Eq. S 爆薬及び 511 号硝爆より低圧、低温になる

とが燃焼の絶対条件でないかと考えられる。

このことは Westwater 氏⁽¹⁵⁾ も高安全度爆薬 [Carribel, Carrifrax] の研究途上の実験によつても確認している。完全密閉下の燃焼について、英国の高安全度爆薬と本実験を対比させると、表 6 のように英国の炭鉱爆薬と同等の燃焼条件であることがわかる。

表 6. 英国の高安全度爆薬との対比

薬 種	第 1 葉包	第 2 葉包	距離	備 考
Carrible	31.5φ×85g	31.5φ×85g	5cm	密閉鉄管中
"	点火薬 10g	31.5φ×85g	10	"
Carrifrax	36.0φ×85g	36.0φ×85g	7.5	"
Unifrax	点火薬 10g	31.5φ×85g	10	"
511号硝爆	30φ×12.5g	30φ×25g	12.5	密閉旧砲中
Eq. S. 爆薬	30φ×12.5g	30φ×25g	12.5	"

この報告は爆薬の燃焼性に限つて実験したものであり、燃焼の原因となる発破計画及び取扱上の問題については言及していない。爆薬の特質として完全密閉の条件が出来なければ燃焼しないことがわかつたので、この点を考慮した発破計画が必要になるのではないかと思われる。

結 び

この研究に協力していただいた筒井、片岡両氏に対しては深く感謝致します。

文 献

- 1) 吉田正：工火誌 25, 154, (1964)
- 2) 疋田強：工火誌 12, 78, (1951)
工火誌 8, 71, (1947)
工火誌 9, 21, (1948)

- 3) R. Sartorius: 8th International Conf. Directors of Safety in Mines Research (1954) Report No. 17
- 4) J. E. Dolan, R. Westwater; The Mining Engineer 122, 779, (1963)
- 5) O. A. Gurton, Westwater; 11th International Conf. Directors of Safety in Mines Research (1963) Report No. 6
- 6) T. Urbansky; Chemistry and Technology of Explosives 2, 47, (1964)
- 7) G. S. Smith Trinitrotoluenes and mono and dinitrotoluenes, their manufacture and properties (1918)
- 8) A. Langhans: Explosivstoffe 13, 205, (1965)

On Deflagration of the Permissible Explosives

by T. Watanabe, H. Sakai and M. Sakaguchi

Experimental study on deflagration of the permissible explosives in a steel cannon were performed. When the clay stemming was blown out after firing, the deflagration did not occur and did not depend on the kind of explosives. When the stemming was remained supported by the wood bar, the deflagration could be induced in acceptor cartridge by firing of the initiator cartridge of the same explosives.

Neither the kind of the explosives nor surrounding gas, e. g., air, methane and coal dust have effect on the occurrence of deflagration of the explosives. The pressure and temperature at which the acceptor cartridge was induced into the deflagration was estimated above 104 kg/cm² and 530°C respectively, by the adiabatic expansion of the explosion gases from the initiator cartridge.

(Nippon Oil Fat's Co., Ltd. Taketoyo Factory.)