

# 導爆線起爆による爆薬のガス安全度について

(昭和28年6月16日受理)

吉田 正・赤羽 周作

(資源技術試験所)

## I. まえがき

昭和25年中頃より長孔発破採炭の甲種炭坑内における実施が要望され、資源技術試験所としては、その安全度についての研究が、昭和26年、昭和27年度において、本所、九州支所、北海道支所の協同研究として行われたが、その中本所で行われた導爆線及び導爆線起爆による爆薬のガス安全度及びこれと平行に行われた爆焰写真について述べる。

## II. 導爆線のガス安全度について

導爆線のガス安全度については外国にその報告は見られない。恐らく甲種炭坑級の所では使用されたことはない様である。

昭和25年両支所の爆発試験坑道で行われた予備実験からの導爆線自体の一米当りの薬量、被覆構造が、ガス引火の重要要素となると云うことは一応考えられて来たが、本所としてはこのために先づ一米当り約9gと称する日本カーリットp印導爆線を試料として、保土ヶ谷実験所の爆発試験坑道<sup>3)</sup>( $\phi=1.52\text{m}$ )と小型爆発試験器( $\phi=58\text{cm}$ ,  $H=90\text{cm}$ )の二種類の比較試験による方法をとつた。

其の配線方法としては、(1)直線配線、(2)直線二枚鉄板間隙効果、(3) $\phi 50\text{mm}$ 鉄管試験、(4)特殊配線(U型)について行つた。

この際使用せるメタンガスは、成分としては表1の如きもので、千葉県大多喜の天然ガスである。この成分中水素が多少多い様に思われ、純粹のメタンガスとは多少相異なるかとも考えられる。これについては更に将来検討し度いと考へている。

表 1.

	CH <sub>4</sub>	CmHn	H <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>
A	78.6	0.5	4.8	1.5	0.5	11.7	2.4
B	80.3	0.5	2.0	1.2	0.5	12.8	2.5
C	88.3	-	6.0	0.2	0.8	3.0	1.6
公称	89.8	-	-	-	0.3	9.7	0.7

供試導爆線：薬量は試験試料採取の都度3mに1回

程約50cm取りその薬量(=全重量-外部被覆物)を測定したが平均8.7gr/mで最大9.7gr/m,最少8.2gr/mであつた。構造は図1に示す。

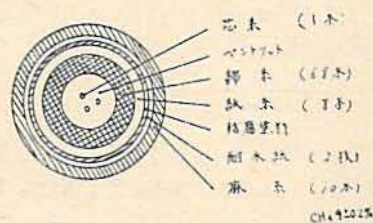


図 1. 導爆線構造図

雷管は検  
定合格の6  
号電気雷管  
を使用し、  
導爆線に締  
付後外部及  
び底部をブ  
ラックテ  
ープをもつて捲いて雷管のガスの引火の影響なき様にした。

### II-1. 導爆線の直線配線の場合

導爆線の直線配線の場合については図表2に見るが如く小型爆発試験器、保土ヶ谷爆発試験坑道において平行的に行つた。

(a) 小型爆発試験器の $\phi 58\text{cm}$ , 高さ90cmの場合については直線配線で2本束の場合でも引火せず試験器の壁面に近づけても引火しない。実験導爆線の使用は1本であるが安全度の程度を検討するために2本, 3本束ねて実験したものである。これは以下の実験でも同様である。

(b) 爆発試験坑道の底部に沿つて距離25cmに平行に2本束3mの場合においても引火率は0%であつた。これらは長さは大した影響を示めないと考えられる。

(c) 2枚鉄板間隙に直線配線する場合

その間隙 $d$ を15cm, 10cm, 5cmと変えてその間に配線すると2本束, 3本束の場合には引火しているが, 1本では何れの場合も引火しない。この鉄板の寸度は、巾20cm, 長さ60cmであるが、巾を変更した場合の引火率に対する影響については行わなかつた。

(d) 爆発炭じん棚の影響については一方の炭じん棚間に平行に直線配線をして、長さ3m, 1mと、1本, 2本束の場合について行つたものであるが、2本束の場合には引火し、且その長さは大した影響が見られ



項目	P印導爆線		長さ	本数	設置	引火率	備考	項目	P印導爆線		長さ	本数	設置	項目	引火率	備考
	長さ	本数							長さ	本数						
(1) 炭じん燃焼 (a) φ57mmの 管壁に試験 点	50	1	90	-		0/1		(b) φ50mmの試 験中の試験	50	1	150	-		%		
	50	2							110	15						0/2
	50	2							110	15						0/2
(4) 試験坑道 内	300	2	H=25	-		0/3		(5) 九州支所 管内試験 (φ55mm)	120	7	150	-		%	管内 試験 結果	
									110	15						0/2
(1) 炭じん燃焼 試験に付 き小型試験	50	1	90	-		0/5		(2) U型配線 (a) 小型試験	50	1	150	-		%		
	50	2							1/5							
	50	3							2/2							
	50	1							0/5							
	50	2							2/2							
(4) 試験坑道の 炭じん燃焼	300	2	H=25	-		2/2	(6) 比較	(6) 爆薬試験 坑道内	100	1	150	-		%		
	100	2							1/2							

図表 2. 導爆線のガス安全度

ない。この場合は炭じん燃焼と更に坑道壁が影響するものと考えられる。坑道壁のみが主要因子をなすことは(b)においても明らかである。

爆焼写真においては、炭じん燃焼の両側部の坑道壁に沿ってガス光輝が表われ1本の場合には見られないがこれにより引火の差異を明解することは困難である。

#### (e) φ50mm鉄管試験

管破孔を想定して二枚鉄板の場合との差異を求めんとしたが、これらの場合(1,2本束)については何れも不引火であり(f)は九州支所爆薬試験坑道の白砲中の尻管により行われた実験結果<sup>1)</sup>であるが、機構的には同様であり、円管中から出る球面波となるものでこの場合も同様に引火しなかつたと思われ、小型実験の場合、渦状煙(Vortex ring)を吹き上げる。

#### II-2. 特殊配線の場合(U型配線について)

(a) 小型試験器中において50cm, 1mの導爆線を15cmの間隔をとり中心に懸吊されたものであるが、長さでは大差は認められない。但し中心において起爆した場合においてはその引火率は%となり15cmの間隔において平行に起爆された場合について不引火であることは、爆焼写真において見られる半円部の直径線上に表われる再光輝点が衝撃波、生成ガスの集中点となること引火因子であることが推

察される。

しかし、(b)爆薬試験坑道中の試験が不引火を示すことは本導爆線の薬量、被覆においては、前述の集中点が主要因子であるが、その坑道径が影響することを示し、壁面における衝撃波反射、熱的補助因子が加味され起る現象により引火へ押しすすめられるものと推定する。

### III. 導爆線起爆の爆薬の安全度

導爆線起爆による爆薬安全度について北海道支所試験坑道及び新幌内試験坑道<sup>2)</sup>において特硝ダイ系のものについて行われた実験があるが、本所保土ヶ谷実験所試験坑道<sup>3)</sup>においては現場において行われる1米当り3本と云う点からこれを基準として、硝ダイを使用して懸吊試験により各種条件における安全度試験を行った。

使用爆薬は旭化成普通硝ダイ32mm(112.5gr)、及び25mm(75gr)に日本カーリット製、P印導爆線(公称9gr/m)を75~100cm使用し、一端に雷管を附し、その外部をブラックテープにて巻き、前項と同様の天然ガス中に主として中心懸吊で行った。場所は白砲側底より爆薬の一端までを130cm、高さ75cmの中心とした。

III-1. 導爆線起爆による爆薬の伝爆方向性  
雷管起爆の場合の伝爆方向性、衝撃波、ガス生成物



の速度については Paymann & Woodhead氏<sup>9)</sup>によつて研究されたが、我々の実験に於ては硝ダイの場合爆焰写真からガス光輝は、導爆線の進行方向と直角に明確に見られる。しかしこれは新緑カーリットの如き場合は多少異なる。これは爆発速度、反応温度、光輝度等の各々の爆発特性によりて相異なるものと考察する。

硝ダイの雷管起爆による爆焰写真とは明らかに異なる。その略図を示めすと図3の如くなる。

図 3-1 雷管起爆 (硝ダイ)

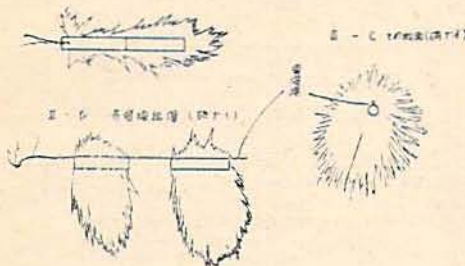


図 3.

新緑については図4.の如くガスの流れが異なりその中間部に光輝帯(R.I)が見られるが、これは Perrot & Gawthrop 氏<sup>10)</sup>の雷管起爆による場合の gap test 式に薬包間を開いた場合にその中間部に出来る光輝帯に類似する。導爆起爆による

伝爆方向性は光輝帯から見られる。

更に図5.の如き砂上に置いた3mm 鉄板試験を行う場合その方向に対する衝撃量は異つてゐる。これは雷管起爆の場合との比較にはガスの流動等も考慮すべきものと考えられ、一応導爆線の場合の数値比較に止める。25mm硝ダイについて、伝

図 5

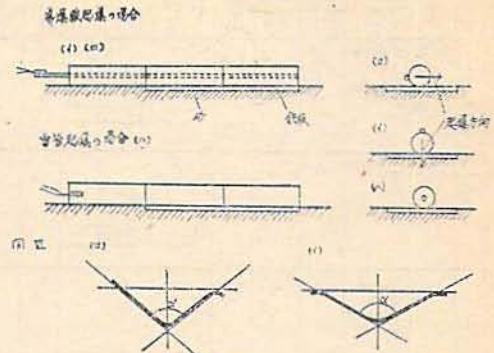


図 5.6.

爆方向に垂直方向と平行方向については次の如くなる。(雷管起爆の鉄板試験については J.S.Rinehart 氏の鉄円板試験<sup>11)</sup>があるがこれは別に考え度い)

距離 (第1薬包端より)	5(cm)	10	15	20	25	平均
垂直方向	109.8°	110°	109°	109.2°	106°	108.8°
水平方向	122.7	124.8	125.5	127.5	126.5	125.4
雷管起爆	127.2	123.5	122.5	121.5	122	123.3

之を図示すれば図6の如くなるが、この角度は鉄板を置く砂の硬さを一定にすることが必要である。

以上の結果から見て硝ダイについては開放状態ではその伝爆方向性が考えられ、衝動方向に差異がある。

III-2. 雷管起爆の場合と導爆線起爆の場合の安全度比較

図表7. において中心懸吊で、32-No. 1, 25-No. 6, 32-No. 2, 32-No. 3を見る場合雷管起爆は確実な

番号	回	目	略	引火率	備考	番号	項目	略	引火率	備考
32-No.1	中	心		4/4	確	32-No.7	雷管起爆の場合 (硝ダイ3本)		1/2	確
25-No.6	中	心		1/1		32-No.8	導爆線 (10cm) の場合 (硝ダイ4本)		1/5	
32-No.2	中	心		3/5	弱	25-No.9	木板添加の場合 (硝ダイ5本)		0/5	
32-No.3	中	心		2/4	弱	25-No.10	木板添加の場合 (硝ダイ5本)		1/2	確
32-No.4	中	心		0/5		No.11	挑発器の場合 (硝ダイ5本)		1/1	確
32-No.5	中	心		4/4	確	No.12	挑発器の場合 (硝ダイ5本)		3/3	確
32-No.6	中	心		1/5	確	No.13	挑発器の場合 (硝ダイ5本)		3/1	Est 9%
						No.14	挑発器の場合 (硝ダイ5本)			
						25-No.15	木板添加の場合 (硝ダイ5本)		0/3	

図表 7. 導爆線起爆による爆薬のガス安全度 [註] 25-No.X. 25mmφ 32-No. Y 32mmφ 薬径を示す。



る引火を示めし、導爆線起爆の場合は着火に時間的の遅れを生ずる様に思われ、これについては更に検討する予定であるが、25—No. 15, 25—No. 16, から比較的に安全度は高い様に考えられる。

### Ⅲ-3. 木板添加された場合

32—No. 5, 25—No. 9 は木板添加の中心懸吊であるが、これは木板添加をしない場合の 32—No. 2, 32—No. 3 に比して安全度は低く、32—No. 7 は亜鉛鉄板であるが、同様に $\frac{1}{2}$ を示している。これは木板にしる亜鉛板にしる最初期の瞬間には、衝撃波、生成ガスに方向性を与えるものと考えられ、坑道径の小なる場合と同様に働かずに考える。爆縮写真によるとガス光輝の存する中には木板の移動は殆んど認められない。

### Ⅲ-4. 爆薬包径の影響

32mm と 25mm の硝ダイに依りて行われた中心懸吊においては、32—No. 2, No. 3, 25—No. 14 (これは $\frac{1}{2}$ であるが上記木板添加の場合から考え $\frac{1}{2}$ と推定し得るが) 25mm のものの方が安全度は高い。

先に述べた方向性は考えられても、本坑道径の場合は 25mm では中心からでは影響性が少ないものと考えられる。更に前述の木板添加、32—No. 5, 25—No. 9 においても薬包径の差は表れていると考える。

### Ⅲ-5. 爆薬間に 10cm の間隔をとる場合

32—No. 8 は薬包間に 10cm の間隔をとつたものであるが、硝ダイの場合においては、爆縮写真から考えて、その間隙における効果は少ないものと推定し、連続爆薬列の場合より安全度は高い。

北海道支所において 20cm の間隔をとり特硝ダイによる安全度試験が見られる。

### Ⅲ-6. 亀裂効果について

32—No. 6 は亜鉛鉄板について亀裂効果について行われたが、両端の開放のためと考えられるが、引火率には著しい差異が見出されず、亜鉛鉄板は坑道壁を痛めるので、厚紙紙筒により更に研究し度い。

### Ⅲ-7. 伝爆の方向性と坑道壁効果、

#### 炭じん棚効果

25—No. 11, No. 12, No. 13, No. 14 は坑道壁に対する距離に対しての影響が存することを示すもので、中心に向つて離れる程引火はしなくなる。更に 25—No. 9 と 25—No. 10 との比較は、同様に炭じん棚に坑道壁効果を加味された引火率を示すものである。

32—No. 2, 32—No. 3 は炭じん棚の差が表れると考えられるがこの場合  $\phi 32$ mm の薬包では明確な差異は見られない。

### Ⅲ-8. 水充填の効果

水充填については大型試験が北海道支所において行われた。25—No. 13 は $\frac{1}{2}$ の引火率を示めす点であるが、これをライフアン紙筒(径 45mm)の中に水充填をして起爆すると、引火率は $\frac{1}{2}$ であり相等の安全度を示した。これは水が瞬間剛体となり、衝撃波は水流のエネルギーとなるものと考えられる。爆縮ガス光輝は水充填しない場合壁面において再光輝を発生すがこの場合は坑道壁までの距離 20cm においても再光輝は見られない。爆縮写真で見ると爆薬の反応中は、水は殆んど動かず、ガスの光輝も見られない。

図 8 は導爆線の爆速より計算して約 0.1 Millisec. の遅れを附して光源爆薬を爆発させた場合の水充填の爆薬の爆発状況であるがその水の層の厚さに依る要素は

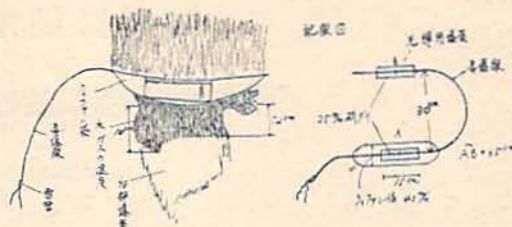


図 8. 25mm 硝ダイ水充填

大であり、上部の爆発状況は水の層が下部より薄く且、光源爆薬の方向性が上部に及ばないので得られなかつた。

これらについては更に研究をし度い。

## Ⅳ. 結 論

以上概括的な実験からは次の如く考察する。

(イ) 導爆線は其の薬量、被覆がガス引火の要素をなすが、供試導爆線(P印)程度のもは、1本で直線の場合は相当ガス安全度は高い。そして1本の場合の薬量のバラッキは余り問題にならず。

2本束、3本束においては又1本でも特殊配線においては引火する。現行の条件として発破孔内に水充填をなすため、より安全であり、甲種炭坑内に使用は可能である。

(ロ) 導爆線起爆による爆薬の安全度

(a) これらは径 1.52m の坑道内の中心懸吊試験であるが、硝ダイでは中心懸吊の場合、雷管起爆に比して安全度は比較的高い。

(b) 次の場合前者は後者に比して安全度は高い。

1. 中心懸吊のものは、木板添加のものより
2. 中心懸吊では、25mm は 32mm より
3. 爆薬列間に間隔 10cm をとるものは、連続爆薬包のものより



4. 薬包25mmでは、中心懸吊は伝爆方向性を有する側を坑道壁炭じん棚に近づけた場合より但し32mmではその炭じん棚の効果は明確でない
- (c) 水充填は相当の安全度を有する。
- (d) 伝爆方向性については、爆燃写真、鉄板試験によつて考慮した。

以上の結果を得て導爆輪起爆の爆薬の安全度及びその特質についての概略を知り得た。

終りにこれらの研究に種々御協力を得た、炭酸爆薬懇談会の会員の各位に謝意を表す。

#### 文 献

- (1) 鉦技試報 導爆線の研究 (未発表) 昭26-1 多田, 根岸, 吉田
- (2) 北海道支所報 昭26 波止, 吉河
- (3) 山家: 工業火薬協会誌 第13巻 No. 2 (1952) p.113
- (4) Paymann, Woodhead: Proc. Roy. Soc. (London) Vol. A 163. 1937 p. 575-592
- (5) Perrot & Gawthrop: J. Franklin Institute Vol. 203, 1927 p. 387-406.
- (6) John. S. Rinehart.: J. Applied Physics Sept. 1951 p. 1178.

## 殉爆に関する研究 IV.

### 限界殉爆点に於ける衝動波の速度

(昭和28年6月16日受理)

須 藤 秀 治

(中央大学工学部)

#### 1. 緒 言

名種工業爆薬の衝動波の速度を求め更に殉爆せられた第二薬包の爆速を測定した。

#### 2. 実験方法並に其の結果

##### 1) 衝動波の速度

吊式及砂上式試験に於て衝動波が薬端より軸方向に各距離に到達する迄の平均速度をドートリッシュ法並にブラウン管オツシロスコーブにより求めた。

其の結果を表1, 図1, 2に示す。

表1 衝動波の平均速度 m/sec.

爆薬	測定方法	距離 (cm)					
		3cm	5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
桜	砂上	2500	2100	-	-	1700	-
	吊	3700	-	2100	1900	1800	-
新桐	砂上	-	2500	-	1900	-	1600
	吊	3000	2200	2200	2000	1700	-
白梅	砂上	2000	1700	1700	1300	1200	-
	吊	2600	2300	-	1500	1400	-
硝ダイ	砂上	2400	2300	1800	1300	-	-
	吊	2600	1600	1400	1300	1300	-
硝爆	砂上	5200	4700	2400	2000	1900	-
	吊	5800	4700	2300	2100	2000	-

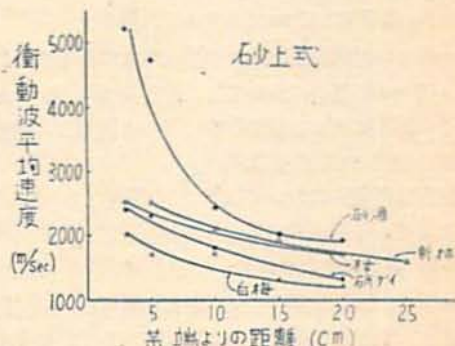


図1 各点迄の衝動波平均速度

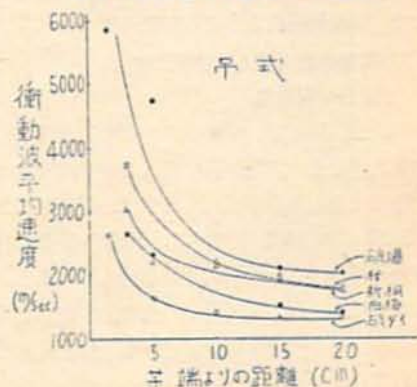


図2 各点迄の衝動波平均速度