

themselves, and the powder against the tube wall respectively.

In order to increase the available pressure, slow pressing and pressing from both sides are desired.

Some other features in pressing technique for blasting and percussion cap composition were discussed.

## 液体酸素爆薬に関する二三の実験

(昭和26年5月25日受理)

須藤秀治・坂口逸夫・太原 正

(中央大学工学部)

(旭化成延岡工場)

### (I) 緒 言

本報告は新日本酸素肥料株式会社の熊本豊球郡内谷水力発電所建設工事に液体酸素爆薬(以下L. O. X. と記す)を使用するに当り其の参考基礎資料を得る為に行つた実験結果の概録である。

### (II) L. O. X. の価格

水工事に於ける爆破岩石予定量は大略  
 道路及あかり作業 63,000 m<sup>3</sup>  
 仮排水路(隧道) 35,500 m<sup>3</sup>  
 水路(隧道) 96,500 m<sup>3</sup>

で之に要する爆薬量を大略岩石当り次の如く推定した。

ダイナマイト	L. O. X.
1.7 kg	2 kg
1 kg	1 kg

従つて総計に於てダイナマイトでは新割を用いるとして5,800万円、L. O. X. では製造装置運搬具等を含めて1,700万円、即ち火工品は同一量使用すると考えた場合L. O. X. はダイナマイトの約1/3のコストとなる。

### (III) L. O. X. の特徴数

L. O. X. 及新割ダイナマイトの特徴数は次の如くである。

	Q (kcal/kg)	T <sub>0</sub> (°K)	V <sub>0</sub> (l/kg)	f (l-at/kg)
L. O. X.	2,130	6,160	510	11,900
新割ダイ ナマイト	824	2,900	865	9,000

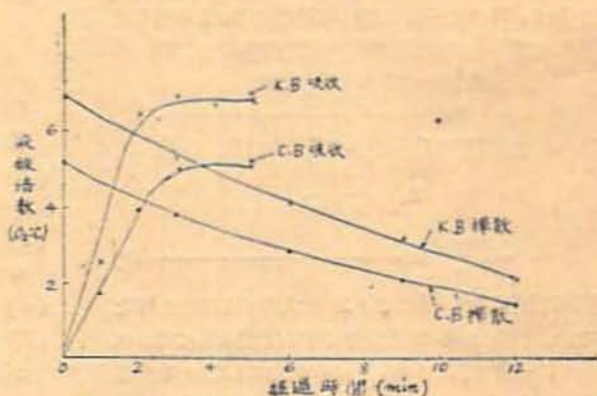


図 1

### (IV) 炭素剤の液酸吸収及揮散速度

本試験にはカーボンブラック(以下C. B. と記す)懐炉元灰(以下K. B. と記す)を用い之を径30mm長さ290mmの仙花紙につめて行つたが、其の結果は図1の如くである。

- 1) 吸収はK. B., C. B. 共に3分間で極量に達し、其の量はK. B. は自重の7倍、C. B. は自重の5倍である。
- 2) 揮散は気温11°C 戸外和風の場合と15°C 室内の場合とでは殆ど差異は認められず炭素剤の2.7倍迄の有効時間はK. B. に於ては9分、C. B. に於ては7分間である。
- 3) 極量迄液酸を吸収した炭包をトレーシングペーパー等の緻密な紙で捲くと有効時間は3~4分間伸延する。
- 4) 竹筒を18mmの厚さに紙薄綿で包み此の中に

雷包を装入して其の揮散度を測定すると有効時間は約6分間伸延する。従つて雷孔内の揮散も大体之と同様であらう。

5) 水中に於ては炭素剤の液酸保持力は弱く有効時間は1.5分である。尚水が少量であれば雷包の表面に水の幕となつて附着する。

6) 50 l 入の金属製法瓶に入れた場合其の揮散量は静置に於て 50 g/hr, トラック等で運搬する際は 1~2 kg/hr である。

### (V) 低温の雷管等の威力に及ぼす影響

1) 第二種導火線を採り之を液酸に浸漬した場合の燃焼速度に及ぼす影響を求めたが、其の結果は表1の如くで浸漬しない場合に比して差異は認められない。

表1 燃焼速度

浸漬時間	長さ	燃焼時間
0分	50cm	1分 10秒
0	〃	1 10
20	〃	1 7
40	〃	1 10
100	〃	1 14

表2 低温の雷管威力に及ぼす影響

種別	爆粉量 g	添装薬量		完爆数 (分母は実験回数を示す)
		ナトリ ール	ヘキソ ーゲン	
元陸軍97式			-	5/5
長脚内管	0.40	-	0.45	5/5
二重内管	0.35	-	0.45	5/5
〃 <sup>1)</sup>	0.35	-	0.45	800/800
上向内管	0.4	-	-	5/5
〃 <sup>2)</sup>	0.4	-	-	195/200
下向内管A	0.40	-	0.45	0/5
〃 <sup>3)</sup> B	0.4	-	0.45	30/200
〃 C	〃	-	-	0/5
〃 D	〃	-	-	0/5
〃 E	〃	-	-	0/5
〃 F	0.55	-	0.40	2/5
〃 G	0.60	-	〃	3/5
〃 H	0.70	-	〃	3/5
〃 <sup>4)</sup> I	0.80	-	〃	5/5
〃 J	0.90	-	〃	〃
〃 K	1.00	-	〃	〃
〃 L	1.10	-	〃	〃
〃 M	1.20	-	〃	〃
〃 N	0.80	0.40	-	〃

1) 本稿に於て低温とは液酸の温度を云う。

〃 O	0.90	0.40	-	5/5
〃 P	1.00	〃	-	〃
〃 Q	1.10	〃	-	〃
〃 R	1.20	〃	-	〃

1) 2) 3) 行及 4) 行以下の試験には絶縁テープを使用せず。

空欄は上掲記載の爆薬を填実せるも其の量は不明なることを示す。

2) 図2で示す様な上向、下向、長脚及二重内管を有する各種雷管に導火線を附し口元を絶縁テープで巻

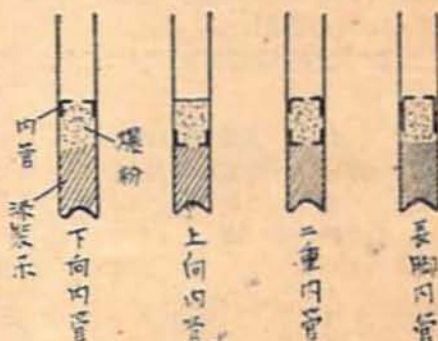


図 2

き液酸中に浸漬し、引揚げて1分間以内に発火させて低温の影響を求めた。其の結果は表2の如くである。即ち低温冷却により威力の低下を来すが、爆粉の添装量を内管で補強する事により通常威力を発揮する。

3) 低温に於ける爆粉の限界薬量を求めた結果は表3で示す如く

下向内管	0.8 g
上向内管	0.4 g
二重内管	0.20~0.35 g

である。

表3 爆粉の低温に於ける限界薬量

爆粉量 g	完爆数 (分母は試験回数)	
	低温	常温
二重内管		
上向内管		
下向内管		
0.14	9/50	50/50
0.17	45/50	
0.20	49/50	
0.35 <sup>1)</sup>	800/800	
0.20	3/50	
0.22	9/50	
0.25	29/50	50/50
0.40	200/205	
0.40 <sup>2)</sup>	0/5	50/50

0.55	2/5
0.60	3/5
0.70	3/5
0.80	5/5
0.90	5/5

- 1) 現用二重内管雷管の粉粉量  
2) 現用下向内管雷管の粉粉量

#### (VI) 炭素剤の種類と其の L.O.X. の威力

本実験には炭素剤として C. B 粒, C. B 粉, K. B 大, K. B 中, K. B 小, 及諸かの回数アセチレンブ  
ラック (A. B) を使用した。

1) 之等の炭素剤の分析結果は表4に示す如くである。

表4 炭素剤の分析表

	水分	揮発分	固定炭素	灰分
A. B	0.09	1.3	98.33	0.28
C. B	0.09	2.0	94.90	3.00
K. B	7.5		82.50	10.00

表6 低温に於ける雷管威力

雷管の種類	陸97式	二重内管	アルミ雷管	下向内管6号	下向内管8号	陸軍火線	要爆線 (Penthril)	新銅ダイナマイト
点爆時間	分後 3'15"	2'20"	2'40"	2'20"	2'20"	1'55"	2'30"	
測定水温	°C 28.2	28.0	34.0	32.5	33.0	33.0	34.5	
容積抵大量	c.c 480	340	390	200	270	300	540	
15°Cに規正した容積	c.c 405	270	314	133	200	228	457	410

#### 4) 彈道振子試験

C. B 粒, 及粉, K. B 大, 中, 小 30g を 32mm の薬包となし振れの距離を測定し最も有効な炭素剤を求めた。点爆は p-導爆線を上向雷管で起爆させて行つた。此の結果は表7で示す。

表 7

種類	S mm
C. B 粒	29
C. B 粉	37
K. B 大	88
K. B 中	80
K. B 小	87

即ち炭素剤 C. B の L.O.X. は威力甚だ小である。K. B に於ては粒度には関係無く C. B に比しはるかに大である。之は C. B は K. B に比し気孔性小で液酸の吸収量小である為であろう。

K. B 小 30g の薬包に液酸を吸収させ経過時間と威力との関係を求めると表8, 図3の如くである。即ち

- 1) 粉は微粉, 大, 中, 小は粉度の大小を云う。

#### 2) 粒 度

タイラー標準篩で篩分した結果は表5で示す如くである。

表5 炭素剤の粒度

	10 mesh 以上	10~30 mesh	30~50 mesh	50~80 mesh	80 mesh 以下
C. B 粒	6	36	36	4	18
C. B 粉			11	16	73
K. B 大	26	26	14	11	23
K. B 中	23	30	15	8	24
K. B 小	20	25	16	10	29

#### 3) 鉛錘試験

K. B 小 3g を 0.5g の仙花紙筒に填し, 液酸中に5分間浸漬し之に各種雷管を挿入して其の威力を求めた。此の結果は表6で示す。点爆に p-導爆線又は旧陸軍 97 式雷管を用いた場合に大なる威力を示し, 此の値は新銅ダイナマイト 10g と略同一であるが下向内管の雷管は 8 号でも威力は甚だ小である。アルミ雷管及二重内管の雷管は之等の中間の威力を示す。

本試験に於ては経過時間小なる程, 吸収液酸量大なる程威力は大である。

表8 経過時間と仕事威力との関係

点爆時間(分)	薬 量			過剰酸量 (g)	ガス発生量 (l) CO <sub>2</sub> +O <sub>2</sub>	振れ S (m/m)
	C	O <sub>2</sub> (倍數)	C+O <sub>2</sub>			
0'23"	24.8	5.4	158	68	97	95
0'30"	-	5.3	157	67	97	90
2'5"	-	4.7	142	52	86	81
3'5"	-	4.4	134	44	80	81
4'55"	-	3.9	120	30	70	75
6'15"	-	3.6	113	23	65	71
8'15"	-	3.2	102	12	58	72
10'	-	2.9	93	3	51	72
12'10"	-	2.2	84	-6	-	55
15'	-	1.5	64	-26	-	48
20'15"	-	-	-	-	-	51
新銅ダイナマイト						57

尙彈道振子試験に於ては点爆を導火線のみ, 雷管, 又は p-導爆線等と点爆法を変化して行つても其の威力に差異は認められなかつた。即ち L.O.X. の本試験

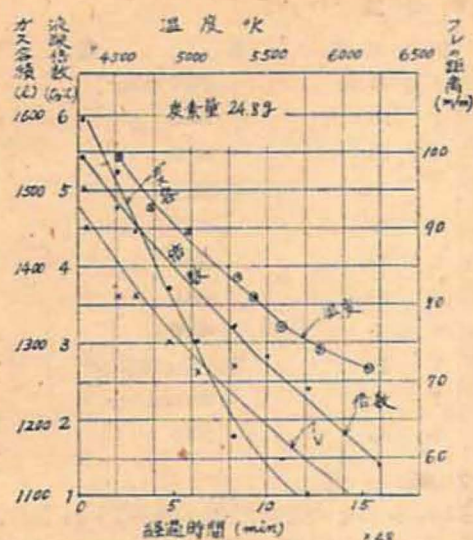


図 3

では生成ガス量にのみ関係し、爆轟の完不全にはよらない事を知る。

## 5) 爆 速

- a) 径 35 mm 長さ 270 mm の薄ブリキ板製の筒に薬包を挿入しドートリッシュ法により爆速を求めた。此の結果を表 9、図 4 に示す。  
b) 径 40 mm、厚さ 4 mm の鋼管で測定した結果は表 10 の如くである。

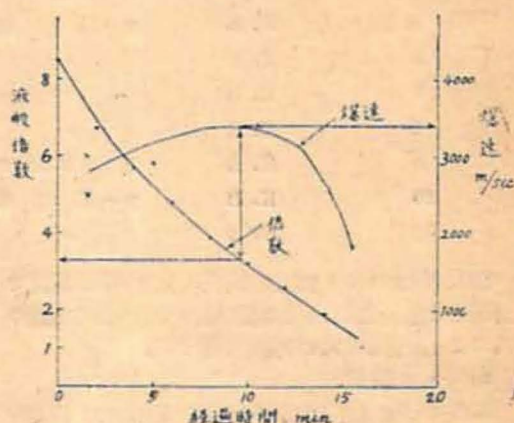


図 4

表 9 爆

番号	種 別	点 爆 方 法	点爆時間 (分後)	炭 素 量 (炭素の倍数)	爆 速 (m/sec)
1	C. B 粒	導 爆 線	1'30''	5	3600
2	C. B 粉	〃	1'30''	5	1940
3	K. B 大	導 爆 線	1'30''	5.3	2500
4	K. B 中	〃	1'30''	5.3	3000
5	K. B 小	〃	1'30''	5.3	導爆線に傳爆せず
6	〃	〃	1'30''	5.3	不明
7	〃	〃	1'25''	5.3	導爆線に傳爆せず
8	K. B 小	陸 97 式 雷 管	1'20''	5.4	雷管不爆
9	〃	〃	1'25''	5.3	導爆線に傳爆せず
10	〃	〃	5'	4.1	2900
11	〃	〃	7'	3.1	3200
12	〃	〃	10'30''	2.3	2400
13	〃	〃	15'25''	0.9	2000以下
14*	桐 (液酸に 20分間浸漬)	陸 97 式 雷 管	1'40''	-	5800
15*	桐 (常温)	〃	-	-	3800
16*	樺 (液酸に 30分間浸漬)	陸 97 式 雷 管	1'50''	-	6000
17*	樺 (常温)	〃	-	-	2000以下

\* 桐ダイナマイト及樺ダイナマイトは試験日の 35 日前の製品である。

此の二組の結果より次の事が認められる。

L. O. X. の爆速は外部抵抗が大なる時に大なる値を示す。此の場合には液酸の含有量には関係はない。外部抵抗小なる場合には不完全爆轟をする事があり

酸素含有量が炭素剤の 2.5~3 倍の時に最大爆速を現す様である。

導火線のみによる時は点爆は不完全で測定用導爆線に傳爆し得る爆轟には達しない。

表10 鋼管内の爆速

番号	種別	点爆方法	経過時間	爆速
1	K. B	P-導爆線	1分30秒	5400 m/sec
2	K. B	〃	1 30	5400
3	K. B	〃	1 30	3100
4	K. B	導火線のみ	1 35	導爆線に傳爆せず
5	K. B	P-導爆線	1 40	5500 m/sec
6	K. B	〃	1 50	3000
7	K. B	〃	2 10	3600
8	K. B	〃	6 0	4600
9	K. B	導火線のみ	6 25	導爆線に傳爆せず
10	K. B	P-導爆線	7 0	3300 m/sec
11	C. B	〃	2 30	3600

膠質ダイナマイトを液酸で冷却し之を 97 式雷管で燃焼させ爆速を求めると前掲の表9で示す如く常温のものよりも著しく大なる爆速を呈する。

## 6) ヘス試験

K. B 小 5g (有効炭素 4.1g) で薬包を作り経過時間と威力との関係を求めた。此の結果を表 11, 図 5 に示す。

表 11 ヘス試験結果

点爆時間 (分後)	液酸含有量 K. B 倍数	圧縮量 (mm)	
		上柱	下柱
1'	5.4	8.0	3.0
5'	4	10.5	4.0
8'	3.3	9.0	3.0
10'	2.6	3.5	1.0
15'	1.8	4.0	1.7
新 桐	-	9.0	3.5
冷 新 桐	-	30.0	3.0

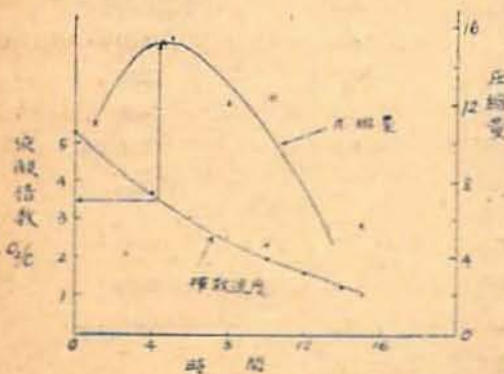


図 5

即ち液酸含有量 3 倍附近で最大圧度を示す。

尚新桐ダイナマイトは液酸温度に冷却され完爆される時には其の圧度は極めて大である。

## 7) 殉爆

K. B 小 15g の薬包で砂上殉爆を行うと、液酸含有量が 6 倍の時には第一薬包は爆燃現象を呈し、殉爆距離は 2~3 cm であるが液酸倍数 2.7 附近では 10~15 cm となる。

長いブリキ管を砂中に埋めて殉爆試験を行うと液酸倍数が 5~6 に於ても殉爆距離は 240 cm に達する。即ち外部抵抗により完爆し且発生する爆波に衝動波に方向性が与えられる為であろう。

## (VII) NO ガスの発生

1) 液酸の純度は表 12 で示す如くで分離機より液酸を取出してから 4~5 時間経過しても  $N_2$  を 1% 程度含有して居る。

表 12 液酸の純度

経過時間	純度 %
15 分	79
30 〃	83
50 〃	86.5
65 〃	88.7
80 〃	90
110 〃	92.5
140 〃	92.7
170 〃	96
200 〃	97.8

2) L. O. X. の爆発温度は過剰酸素の量により 4,500~6,000°K であるからこの組成に於て爆発した場合含有酸素と過剰酸素より NO が生成されると考えられる。

今炭素を 1 モルとして過剰酸素量の変化により生成する NO を求めて見ると表 13 に示す如くで NO 発生量は略液酸含有量に比例する。

実際 L. O. X. 使用に際しては薬包に於ては液酸容器

に於けるよりも揮散が激しいから  $N_2$  は極めて微量となり  $NO$  の生成量は問題にする程もないであろう。

表 13 L. O. X より発生する  $NO$  ガス  
(K.B.14.6g 炭素として 12g 含有するとする)

酸素倍数 $O_2/C$	爆発温度 °K	発生ガス量			百分率 %	
		純計 ( $CO_2+O_2+NO$ )	$NO$ $N_2$ を3%含有の時 (3時間後)	$NO$ $N_2$ を1%含有の時 (4.5時間後)	3%の時	1%の時
5.4	4500	2.1	0.075	0.025	3.6	1.2
4.7	4860	1.9	0.051	0.017	2.8	0.9
4.4	4970	1.7	0.046	0.015	2.7	0.9
3.9	5310	1.5	0.028	0.0096	1.8	0.6
3.6	5420	1.4	0.024	0.0077	1.7	0.5
3.2	5570	1.3	0.013	0.0046	1.0	0.3
2.9	5870	1.1	0.005	0.0018	0.5	0.1

(包紙は計算に入れていない)

#### (VIII) 爆破に於ける L. O. X. の威力

本実験を試みた内容の隧道は相当硬い砂岩であるが底辺 80~70cm 深さ 120cm のピラミッド型心抜に於て 1.5~3kg/m<sup>3</sup> 平均 2.5kg/m<sup>3</sup> で相当の成果を挙げた。

掃発破に於ては 0.8~1.0kg/m<sup>3</sup>, 平均 0.85kg/m<sup>3</sup> である。

新桐ダイナマイト使用に於ても大体同等量を用いているから実用威力としては同一と見られる。

L. O. X. は現在の方法では湧水多量の箇所には使用出来ないが防水紙に包む等の事を行えば使用も可能であろう。

#### (IX) 総括

1) 爆粉は液酸温度では威力低下を示し、下向内管に於ては限界量が 0.8g である。現在の 6 号雷管の爆粉量でも添装薬側を内管で包む様——例えば上向内管、長脚内管、二重内管を挿入する等——にすれば威力は低下しない。

アルミ雷管は威力低下が認められない。

2) 炭素剤としては懐炉元灰が良好である。威力に

粒度は殆ど関係しない。

3) L. O. X. の点爆には雷管を用う可きで導火線のみによると威力は小である。

4) L. O. X. は新桐ダイナマイトに比し特徴数、彈道振子、爆速に於ては優るが、鉛錘試験には劣る。ヘス試験に於ては同一の威力を示す。

5) 外部抵抗小なる場合には炭素剤と液酸量との比が 3 位の時に最大威力を発揮するが外部抵抗大なる場合には此の関係は殆ど認められない。従つて実際の場合には手早く操作し、液酸の揮散量が少いうちに点爆を行うがよい。

6) 殉爆距離は液酸倍数が大であると砂土では小であるが鑿孔内に於ては液酸倍数には関係無く大である。

7)  $NO$  ガス発生の可能性はあるが実際の場合には其の量は極めて小であると思われる。

8) 岩石に対する破壊威力に就ては硬砂岩に対し、心抜で 2.5kg/m<sup>3</sup> で新桐ダイナマイトと同等の成績を示す。

湧水多量の箇所には於ける使用法には特別の考慮を要する。

本研究に際して新日本窒素会社の示された御援助と御厚意に対し深い感謝の意を表する次第である。

### Some Experiments on Liquid Oxygen Explosives

By H. Sudo, I. Sakaguchi and T. Ohara

1. The materials of L.O.X., the carbonized miscanthus, Japanese nomenclature "Kairo-moto-bai", is best compared with other carbon carriers, for instance, carbon black, acetylene black and so on.
2. The L.O.X. weakens the priming power of the detonator by their extremely low temperature.
3. To detonate the L.O.X., the detonator in which contains double reinforcing cap

- and detonator in which contains reinforcing cap of upward direction are suitable.
- In the open air, the best ratio of liquid oxygen to carbon is 2.7~3 but in the case of blasting in rock, above relation is no longer applied and better result is obtained by initiating as early as possible, while when the ratio decreases less than 2.7 the result becomes absolutely bad.
  - The L.O.X. does not detonate completely by using of the fuse alone, so the blasting must be performed by fuse with detonator.
  - At the moment of detonation of the L.O.X., a small quantity of NO gas are to be produced.
  - Blasting powers of L.O.X. are identical to ammon-dynamite (N/G content=30%).

## 高安全度硝安ダイナマイト (S硝ダイの研究)

(昭和26年5月28日受理)

日野熊雄・初見 強

(日本化薬株式会社厚狭作業所)

### § 1. 緒 言

炭礦用爆薬の発展の歴史、試験法、最近の外国に於ける動向等に就ては既に種々発表されているので詳細は述べない<sup>(1)</sup>。本研究の目的は安全被筒使用と同等の安全性を有し且つ採炭能率向上をも図り得る炭礦用ダイナマイトを得んとするにある。メタン、炭層に対する安全性を向上させる為には安全被筒は有力なる手段であるが現在知られているものは、その吸濕性の大きなこと、薬径が大となる為穿孔内に装填する際離脱する恐れのあること、穿孔を大にする必要のあること、経費が高くなること等の為其の使用上の利点が損ざられている。之等の欠点は爆薬自体の安全性を極度に向上せしめる事が出来れば除かれて実用上便利で経済的になるわけである。次に現在の炭礦用爆薬は採炭用としては概ね強きに過ぎる。又或程度は集中装薬より展列装薬の方が拂に対して「効き」が良いのである。又粉炭率を減少せしめ塊炭率を向上せしめる為にも爆力を低減せしめることが望ましい場合も少なくない。以上

の観点より各種の基礎実験を実施し、一方理論的にも爆薬に依るメタン着火機構を解明し<sup>(2)</sup>、之等の研究を基とし現在の法定白砲試験に於ける最大装薬量(900~1,000g)にても試験に合格し、懸吊試験に於ても極めて安全度の高いS硝安ダイナマイト数種類を得るに成功した。尙本爆薬を使用し九州の主要諸炭礦(三井鉱山会社、三池、田川、山野、三菱炭業会社、飯塚、及び松島炭業会社、大島)で実用試験を実施したが何れも好結果が得られているので試験結果をも併せて報告する。

### § 2. 爆薬としての基礎的性質

#### (1) 小型白砲に依るメタン着火試験

本研究は第一にメタンに対する安全度を極度に向上せしめることを目的とする為、この性質を小型白砲を用いて試験した。試験番号と組成は表1の如きものであるが抑制劑としては食塩とタルクの混合物を0%より50%まで変化せしめて実験した。

表1 S硝安ダイナマイトの組成

爆薬名	旧仮名称	N/G	N/C	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	澱粉	木粉	NaCl	タルク
		%	%	%	%	%	%	%
一号S硝ダイ	S.No.5	10.0	0.4	53.4	1.1	5.1	15.0	15.0
二号S硝ダイ	S.No.6	10.0	0.4	49.2	1.0	4.4	17.5	17.5
三号S硝ダイ	S.No.7	10.0	0.4	44.9	0.9	3.8	20.0	20.0
四号S硝ダイ	S.No.8	10.0	0.4	36.2	0.7	2.7	25.0	25.0