

V 総 括

岩粉系消焰劑の機能は岩粉と離劑との反応が吸熱反応である事を前提として実験的に一応肯定出来る結果が得られたが、本質的には多くの問題が残され、今後の研究に待つ處大であるが、實質的には岩粉の種類、粒度及離劑により爆薬としての吸湿及固化の性質を改良し、威力、安全共に大なる炭礦爆薬の創製は可能で

あり、此の種の消焰劑は硝爆及膠質爆薬にも其の儘応用する事が出来る。

以上本研究に当りましては工学博士日野研究課長の直接間接の御指導を得ました事に対し衷心より感謝の意を捧げると共に、鉱業技術試験所九州支所の多田前所長、古谷課長、原田、城戸、国谷各技官の御援助、並びに直接実験に盡力して戴いた森本(昭)、増富各課員に対し厚く感謝の意を呈す。

On the Coal-mine Explosives Containing Rock-dusts and Mineralizers

By Takashige Yamasaki

Rock-dust flame-reducers consist of inactive rock dusts and mineralizers (metallic oxides, halides and metallic salts etc). They react endo-thermically in the explosion, so that they can reduce the explosion risks of methane or coal dust-air mixtures. Moreover they can reduce the hygroscopicity and caking tendency of ammonium dynamites.

(Nihon kayaku K. K.)

低比重 (LD) 硝安ダイナマイトの発破成績

(昭和20年5月25日受理)

大 原 正

(旭化成延岡工場)

I 緒 言

[1] 1929年(昭和4年)東京に於て開催せられた万国工業会議で、当時米国鉄山局火薬化学部長であつた Munroe 博士は炭礦用爆薬としては低比重低爆速のものが理想的であると述べた。低比重爆薬は当初米国で考案され 1927年初めて採炭に使用せられるに至り、ここで非常な発達を遂げ漸次広く用いられる様になつた。英国には 1931年導入せられて翌年一月当時の Bobbinite を羅送して炭礦用認可爆薬として採用せられ、爾來歐米に於てはその価値を認められて盛んに使用せられ、今日米国では既に比重 0.5 程度のものでが実用されている。

低比重爆薬の製造法については、多数の文献や特許が報告されて居り、之が発破成績についても塊炭の歩留りを向上せしめ、石炭トン当りの爆薬消費量が少なくてすむという報告を諸所に見ることが出来る。例えば D. Hay 及び R. V. Wheeler (Trans. Inst. Min. Eng. 1931~32) によれば緩衝爆破によらずして之と同じ効果を低比重爆薬によつて起すことが出来、或る炭礦では 5.7 cm 目の篩を通過する程の大きさの石炭

は約 10% 増大した。又 J. E. Lambert (Trans. Min. & Geol. Inst., India, 1934) は実地試験の結果低比重爆薬は大きな塊を作る点では Bobbinite に非常に似ているといつている。更に彼は低比重爆薬と普通の認可爆薬とで緩衝爆破を行つた場合を比較して、その作用を論じ低比重爆薬はその爆轟速度が低いために粉砕作用が少いとも述べている。W. Payman (Colliery Guardian Jan. 27, 1933) によれば米国に於ては英国同様過装薬の懸念が広く行はれているから低比重爆薬はこの悪い癖を除く良い方法であつた。その他米国鉄山局 Bureau of Min., Bull. や Iron and Coal Tr. Rev. 又 Impevial Chemical Industries Ltd の研究誌などにも報告がある。

[2] 爆薬の爆発効果は仕事効果と衝撃効果とに分けられる。仕事効果は爆発生成ガスが爆発瞬間の状態から断熱的に膨脹して最後の状態になるまでに為し得る仕事量 W で之は熱力学的に計算出来る。

即ち

$$W = \frac{f}{r-1} \left\{ 1 - \left(\frac{1}{R} \right)^{r-1} \right\} \dots \dots \dots (1)$$

ここに f は火薬の力、 r は定圧及び定積比熱の比、

R は爆発ガスの最初と最後の膨脹比である。実際の場合には R は非常に大きいから (1) は略率的には (2) によつて表はされる。

$$W = \frac{f}{r-1} \dots\dots\dots (2)$$

即ち r が同一であれば W は f に比例すべきものである。

次に衝撃効果は所謂猛度の概念であつて之は Riemann 等による理論的表示もあるが Kast による (3) 式が簡にして且最もよく猛度の概念と一致している様に思われる。

$$B = f \cdot \Delta \cdot D \dots\dots\dots (3)$$

ここに B は猛度、f は火薬の力、 Δ は装填比重、D は爆速である。爆発効果を上記の二効果に分けて考えると爆薬選定の目安が与えられる。即ち仕事効果 (f に比例) は成るべく大なるものを選ぶのが有利であるが衝撃効果は目的に応じて適度の大きさのものを選ぶことが必要である。

さて f は配合成分によつて決定されるものであるから同一組成のものについては同一の値をとる。次に B の調節であるが (3) 式に於ける Δ と D とは実験的に直線関係にある。例えば W. Friederich (S. S. 1933. 3) によれば装填比重と爆速との関係について次の様な実験式を呈出している。即ち

$$D_1 = \frac{D(5d_1+1)}{6} \dots\dots\dots (4)$$

ここに D_1 は装填密度と最高装填密度との比 d_1 に於ける爆速、D は最高爆速である。(3) と (4) とにより同一組成を有する二つの爆薬につき装填比重 1.0 と 0.7 のものにつき猛度を比較すると 1:0.525 となる。即ち装填密度を 1.0 より 0.7 に減ずることにより猛度を約半減せしめることが出来る。

一方爆破に対する岩石の抗力は Dr. Lares によれば石炭 0.1 に対し粘土片岩 0.2、砂片岩、軟安山岩 0.3、軟石灰岩、軟砂岩 0.4、安山岩、砂岩 0.7、片麻岩 0.6

~0.7、緑泥片岩 0.9~1.0、花崗岩 0.7~0.9、珪岩、硬花崗岩 1.1、閃綠岩、玄武岩 1.2 極硬珪岩 1.3~1.5、又鈴木博士によれば石炭 1 に対し粘土片岩 2、凝灰岩 3、頁岩 4、砂片岩、軟安山岩 5、安山岩、石英粗面岩 6、硬安山岩、雲母片岩 7、石灰岩 8、軟角閃岩 9、角閃片岩 10、緑泥片岩 11、花崗岩 12、紅緑片岩、玄武岩 13、珪岩、硬花崗岩、硬角閃岩 14、硬玄武岩 16、珪質角閃片岩 17、極硬珪岩 19、硬珪質角閃片岩 20 であり石炭そのものの爆破に対する抗力が普通岩石に比し如何に小さいかわかる。

今回の LD 硝安ダイナマイトに於ては組成は現硝安ダイナマイトと同一であるから同重量の仕事効果は硝ダイと同一である上に比重 0.7 であるから猛度は硝ダイの約半分であり且同重量にては容積は 1.43 倍となつて居るから穿孔内に於ける圧力発生割合が小さくなり、衝撃効果を和らげて圧力が広く緩やかに石炭に作用することとなつて塊炭の歩留りを向上せしめる結果となるものである。

II 実 験

備 考

- 実験に當つては各炭種に於ける現用爆薬についての発破基準をそのまま採用した。
- 試験箇所を選定には発破条件の良否を予め考慮に入れなかつた。
- 採炭量や塊炭率を現場の都合により測定し得なかつた場所では現場係員の定性的判定に委せた。
- 実施した発破の穿孔配置図は紙面の都合により一部のみ末尾に記載した。

[1] 単一発破 (クレター試験)

- 場所 日本炭礦高松第二坑右卸左下連昇炭質 ヘダまじり五尺層中硬度炭丈 120 cm ハサ : 6 枚 70 cm

実験 番号	薬 種	穿孔長 (cm)	穿孔 角度 (°)	装 薬 量	採炭量	トン当 り使用 爆薬比	塊 炭 率					
							50mm 以上	50~ 18	18~ 15	15~ 3	3mm 以下	中塊 以上
1	硝ダイ	100	45	1本(112.5g)	奥鳴り	-	-	-	-	-	-	
	LD	100	45	1本(80g)	奥鳴り	-	-	-	-	-	-	
2	硝ダイ	105	45	1本	奥鳴り	-	-	-	-	-	-	
	LD	105	45	1本	弱 装	-	-	-	-	-	-	
3	硝ダイ	104	30	1.5本(168.8g)	16才	100	38.4	34.7	2.5	18.8	5.6	75.6
	LD	104	30	1.5本(120g)	17才	67	45.8	36.4	2.8	12.1	2.9	85.0
4	硝ダイ	100	28	1本	9才	100	28.1	30.4	3.9	28.1	9.5	62.4
	LD	100	28	1本	15才	43	37.4	30.3	3.2	23.4	5.7	70.9
5	硝ダイ	100	38	1本	12才	100	34.2	32.8	3.8	21.3	7.9	70.8
	LD	100	38	1本	12.7才	67	34.4	29.8	3.9	22.1	9.8	68.1

6	}	硝ダイ	100	38	1本	奥鳴り	-	-	-	-	-	-
		LD	100	38	1本	27.7才	-	35.6	22.9	3.1	28.0	10.4

1才は 30 cm 立方で石炭重量約 25 kg

塊炭測定法は実験3.4に於てはクレター中心より幅 30 cm に飛散したものを採取(約 50 kg)し篩分秤量し実験 5.6 に於ては採炭の全部を集め塊はシャ

ベルで破碎し之を8等分した1つを採取(40~80 kg)し篩分秤量した。

(b) 場所 三井鉱山山野漆生坑間三卸左三片戻拂
炭質 ヘダまじり硬度大

実験番号	薬種	穿孔長 (cm)	穿孔角 (°)	穿孔傾斜	装薬量	クレター寸法	孔尻 (cm)	採炭量
1	三爆	97	30	-10	1本(112.5g)	巾高深 135×83×49	なし	23才
	LD	103	30	-10	1本(80g)	◇ 132×47×57	なし	3才
2	三爆	100	30	-17	1本	◇ 148×79×80	なし	10~15才
	LD	102	33	-9	1本	◇ 130×50×50	29	2才

(c) 場所 三井鉱山美町2区6番層1号本卸

炭質 中硬度ハサミ多し

実験番号	薬種	穿孔長 (cm)	穿孔角 (°)	装薬量	クレター半径 (cm)	孔尻 (cm)	判定	標準装薬の場合の最小抵抗線(計算値) cm
1	特硝一号	116	26	2本(225g)	89	31	やや弱装	94
	LD	105	24	2本(160g)	67	36	弱装	76

(d) 場所 築別炭礦

120 約 30 1.5本 起きる 孔尻 不明

炭質 中硬度ハサミ少し

120 ◇ 35 1本 起きる 殆んど飛散せず

LDにつき次の3回行い特硝と殆んど同じという

判定を得た。

穿孔長 (cm)	最小抵抗線 (cm)	装薬量	結果
120	約 50	2本	起きる 孔尻 20cm

[2] 綜合発破

(a) 場所 日本炭礦高松第二坑右卸左下連昇

炭質 ヘダまじり5尺層中硬度炭丈 120 cm ハサミ 6枚 70 cm

薬種	穿孔番号	穿孔長 (cm)	穿孔角 (°)	倒斜 (°)	装薬量	発破順序	綜合成績
硝安ダイナマイト	1	100	45	+7	2本(225g)	1	爆薬使用量 15本(1687.5g) 穿孔数 10 平均掘進長 60 cm 切羽面積 250×190 cm =4.75 m ² 体積 2.85 m ³ 1 m ³ 当り爆薬使用量 592 g
	2	104	35	±0	2	1	
	3	100	52	-16	2	1	
	4	100	50	-12	2	1	
	5	103	40	+5	1	2	
	6	100	65	-18	1.5	2	
	7	106	73	+15	1	3	
	8	100	75	-9	1	3	
	9	102	65	±0	1	4	
	10	104	72	-11	1.5	4	
LD硝安ダイナマイト	1	100	65	+14	2本(160g)	1	爆薬使用量 15本(1200g) 穿孔数 10 平均掘進長 69 cm 切羽面積 250×250 cm =4.75 m ² 体積 3.27 m ³ 1 m ³ 当り爆薬使用量 367 g
	2	105	39	+8	2	1	
	3	100	50	-13	2	1	
	4	98	53	-15	1.5	1	
	5	100	60	+7	1	2	
	6	100	54	-14	1.5	2	
	7	100	55	+14	1	4	
	8	107	90	-10	1.5	4	
	9	100	66	+10	1	3	
	10	100	78	-15	1.5	3	

石炭約 2.7 トンにつき測定した塊炭率は次の如く

であつた。

藥種	500mm 以上	50~18	18~15	15~3	3mm 以下	(b) 場所	三井鉱山山野漆生坑間三卸左四片延
硝ダイ	33.24	32.57	3.45	23.40	7.35	炭質	ヘダまじり硬度大炭丈 104 cm ハサミ 6 枚 72 cm
LD 硝ダイ	41.58	33.41	2.96	17.65	4.40		

藥種	切羽面積	穿孔数	穿孔長 (cm)	爆薬使用量 (本)	平均掘進長 (cm)	採炭量 (箇)	トン当り使用量	塊炭率		
								2 3/4" 以上	1~2 3/4" 以下	1" 以下
三号爆	200×400cm	18	140~160	54	84	12 (14.4トン)	422g	26.2%	27.7%	46.1%
LD 硝ダイ	200×400cm	21	140~160	64	67	7 (8.4トン)	610g	39.3%	26.0%	34.7%

塊炭率は石炭約 3.2 トンにつき測定した。

枚 44 cm

(c) 場所 三井鉱山山野杉谷坑右新卸 LD につき次の 2 回行い、採炭量は現用三爆と変わりなく塊炭率良好という判定を得た。

実験番号	切羽面積	穿孔長 (cm)	穿孔角	穿孔数	爆薬使用量	孔尻	採炭量	トン当り使用量
1	150×360 cm	95~100	65~70°	10	10 本	ナシ	-	-
2	143×420 cm	95~100	65~70°	12	12 本	ナシ	4.5 箇	177g

(d) 場所 三菱鉱木勝田斜坑田富水平坑延 LD につき次の 2 回行い、現用三号硝爆に比し爆力稍不足という判定を得た。

実験番号	炭丈 ハサミ	穿孔数	爆薬使用量	切羽 { 上辺 下辺 高	切羽面積 (m ²)	掘進長 (cm)	採炭量 (才)
1	109 cm	20	35 本	284 cm	8.9	40	242
	138		(2800g)	430			
2	106	18	46 本	284	8.9	88	540
	144		(3875)	430			

実験 2 番の使用量 46 本に付 6 本の三爆を含む。この場所に於ける三爆による一掘進長は約 80 cm 短及び臭気は少い。

LD につき沿層掘進 (小切羽) にて 7 回行い同様に於ける現行バーンカット法では爆力稍不足という判定を得た。煙は少い。

(e) 場所 三井三池三川鉱

実験番号	場所	石炭の硬さハサミの有無地圧大小	LD 本数	LD kg	出炭量 (トン)	トン当り使用量 (g)	従来品の実績
1	上層西十二卸左十片連延	中 硬	24	1.92	17.8	108	三爆もみちを使用し 105g/トン
2	左十片詰	中 硬	33	2.64	19.2	137	
3	連延	稍 硬	30	2.40	9.2	247	
4	詰	中 硬	32	2.54	13.8	185	
5	昇	稍 硬	29	2.32	13.7	169	
6	連延	中 硬	30	2.40	14.6	164	
7	上層西十四卸左十六片十二昇	軟	15	1.20	21.6	58	もみち約 70g/トン

切羽は大略 2.5×4.5 m で 1~6 番までは穿孔長 1.5~2.0 m 線式バーンカット法で穿孔は炭壁に直角 (7 番は孔長 1.2 m)

30 cm

(f) 場所 三菱美唄 炭質 硬く岩灰ありピックで透しを入れて LD につき次の 3 回行い。山丈 200 cm 岩丈

実験番号	場所	LD 使用本数	穿孔数	現場係員の判定
1	左捲水準上十番層右本片中割	8	4	爆力は三爆と同等 塊炭率若干良好 臭気弱い

- 2 左捲水準上十番 10 5 同 上 果を得た。
層右一片下連 (g) 場所 三井美町2区6番層左7片中伸
- 3 左捲水準上十一番 10 5 同 上 炭質 ハサミ多く硬し。炭丈 180cm ハサミ 11
層右本片上連延長 枚 110cm
- 更に下三番層七昇左一片拂にて LD 18 本、七昇
右一片にて LD 12 本の実験を行つたが前同様の結

薬種	穿孔数	使用量 (本)	切羽 上辺 下辺 高	切羽 断面 (m ²)	穿孔長 (cm)	掘進長 (m)	体積 (m ³)	m ³ 当り 使用量 (g)
特雷 一号	14	38 (4275g)	425 cm 590 280	14.12	130~150	1.25	17.75	242
LD	16	46 (3680g)	同上	同上	同上	0.99	13.98	264

〔3〕長壁拂い発破

枚 44 cm

(a) 場所 三井鯨山山野杉谷坑右新卸

LD につき次の2回行い現用三号硝薬と同等の採
炭量を得塊炭率良好煙も少いという判定を得た。

炭質 ヘダまじり中硬度炭丈 109 cm ハサミ 6

実験 番号	拂断面	穿孔角	穿孔数	穿孔長 (cm)	使用水数	孔 尻	採炭量 (函)	トン当り使 用量 (g)
1	150×1300 cm	65~70°	86	95~100	93	なし	51	121
2	同上	同上	30	120	40	なし	15	177

石炭約 1.4 トンにつき測定した塊炭率は次の如く
であつた。

L D 31.5% 25.1% 43.4%

篩	2½'' 以上	1~2½''	1'' 以下
薬種			
三 爆	28.9%	23.8%	47.3%

(b) 場所 三菱鯨山新田

LD につき次の2回行い。ハサミ多く爆力稍不
足、塊炭率良好煙量臭気少しという判定を得た。

実験 番号	場 所	炭 丈 ハサミ	穿 孔 数	使 用 量	穿 孔 長	採 炭 量
1	零片中白拂	63 cm 4 枚 28	8	13 本 (1040g)	105~115 cm	三爆と大差なし
2	零片浦田拂	80 cm 3 枚 80	18	32 本 (2560g)	平均 100 cm	三爆より稍少

(c) 場所 三井鯨山田川第3坑8尺坑左捲卸左1片
拂尺間隔にて千鳥に穿孔 LD につき次の5回
行い良好な成績を収めた。穿孔長4尺乃至
4.5尺

炭質 中硬度ハサミ殆んどなく炭丈約 4.4 尺3

実験 番号	上部孔 (本)	下部孔 (本)	穿孔数	装薬量 (本)	成 績
1	2	2~3	36	85	一般に過装薬となる
2	1.5	3.5	41	103	1番より良くなるもやや過装薬採炭量塊炭率は1番より良好
3	1.5	2.5~3	36	78	出炭量は現行と同程度塊炭率は稍良好の感あり
4	1.5	1.5~2	32	57	同上
5	2	2~2.5	64	130	上部孔は過装薬下部は弱装薬出炭量塊炭率共に良好

出炭量は1番と2番とで60トン、3番と4番とで
47.2トン、5番は53.5トンであつた。従つてトン当
り使用量1番と2番とで253g、3番4番で229g、
5番で194gとなつた。この個所に於ける二爆三
爆の実績は280gとのこと。煙並に臭気は少い。

(d) 場所 明治鯨山赤池第2坑3電卸左1片4枚拂
炭質 中硬度炭丈 142 cm ハサミ 3枚 48 cm
松岩あり炭層の幅約 2m に亘り穿孔数 17 本を千鳥に穿
孔し1孔1発の拂いを行い良好な成績を収めた。穿

孔長約 1m 穿孔角 35° 乃至 67° 穿孔傾斜は水平 (穿孔配置図の記載は省略する)。

薬種	使用量	穿孔数	平均拂進行	切羽面積	容積	m ³ 当り使用量
三爆	17本 (1912.5g)	17	0.50m	2.55×6.4 16.3m ²	8.16m ³	234g
LD	17本 (1360g)	17	0.60m	1.90×7.00 13.3m ²	7.98m ³	170g

次に左又1片昇4枚拂にて前回同様千鳥の單発にて行ふ。炭質は軟い、炭丈145cm ハサミ5枚 33cm 穿孔長約 80cm 穿孔角 53° 乃至 70° 傾斜は水平とする。良好な成績を収めた。

薬種	使用量	穿孔数	平均拂進行	切羽面積	容積	m ³ 当り使用量
三爆	15本 (1687.5g)	15	0.50m	1.64×6.8 11.2m ²	5.6m ³	300g
LD	15本 (1200g)	15	0.65m	1.78×4.25 7.57m ²	4.9m ³	244g

上記実験の塊炭率は次の如くであつた。

薬種	個所名	>2''(50mm)	~3/4''(19mm)	~1/2''(3mm)	<1/8''(3mm)
三爆	左又卸右一片四枚拂	25.2%	33.4%	24.4%	17.0%
LD	三電左一片四枚拂(3回平均)	34.8%	26.9%	25.5%	12.8%
LD	左又卸左一片四枚拂(2回平均)	27.5%	35.3%	25.9%	11.3%

(e) 場所 三井三池三川鉱 大休千鳥に穿孔し一孔一発、穿孔長 1m 乃至 1.2m 角度約 45°, 良好な成績を収めた。炭質 軟くハサミ殆んどなく松岩若干あり。拂面は高さ 1.6m 乃至 2.5m 長さ約 30m である。

実験番号	場	所	石炭の硬さハサミの有無地圧大小	LD本数	LD kg	出炭量 (トン)	トン当り使用量 (g)	従来品の実績
1	上層西三卸右二十六片拂		軟	10	0.80	11.3	70	三爆使用し 85g/トン
2	同	上	同上	64	5.12	88.4	58	
3	同	上	同上	90	7.20	115.6	62	

煙や臭気極めて少く炭粉炭塵の飛散浮遊が少い。石炭約7トンにつき塊率を比較した結果 46mm 以上のもの三爆の 10.9 及び 6.8% に対し LD は夫々 11.3 及び 8.7% であつた。

(f) 場所 三井美唄4区2番層1片 炭質の硬いハサミのあるところで穿孔長平均 110cm 間隔 170cm 一孔 LD 2本装填した。厚いハサミあるため孔尻の残つた箇所あり。

次に穿孔長 80cm, 最小抵抗軸約 60cm, 穿孔間隔約 1m, 装薬量一孔1本半使用, 大体现用特硝と同じ成績であつた。

場所 築別炭坑左3片ロング LD 8本にて特硝と比較、穿孔長1.4m 一孔2本装填結果は特硝と変りない。

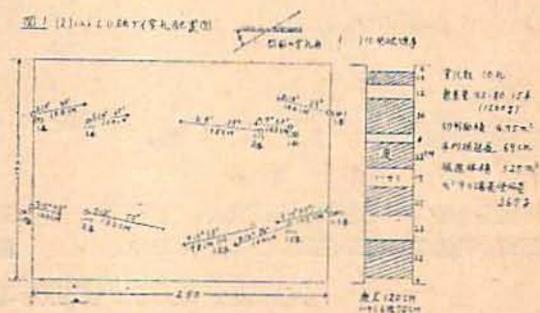


図 1

以上の発破成績を総合すると比重 0.7 の LD 硝安ダイナマイトに於てはハサミの状況の悪い、且炭質の特に硬い沿層掘進等の場合には現行の発破基準では爆力稍不足の感があるがハサミの少ない場合の掘進や、特に長壁採炭法の拂い等に於ては最も有効適切であつた。即ち之を適所に使用することにより次の如き有利性が得られた次第である。

III 結 言

- (1) 塊炭の歩留りが向上する
 - (2) 石炭トン当りの爆薬使用量が少くてすむ
 - (3) 発破時の爆煙や臭気が少い
 - (4) 軽量で運搬に便利である
 - (5) 炭の飛散や炭塵の浮遊が極めて少い
 - (6) 其の他震動による地盤のゆるみ、支柱の損傷及び爆発音が小さい
- 終りに臨み本発破実験を行うに当り限りない厚意と多くの便宜とを与えられ、且然



図 2

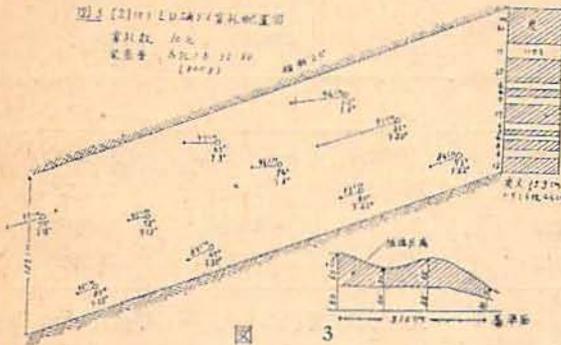


図 3



図 4

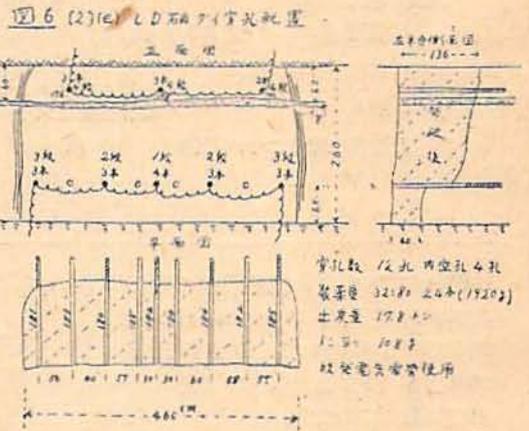


図 6

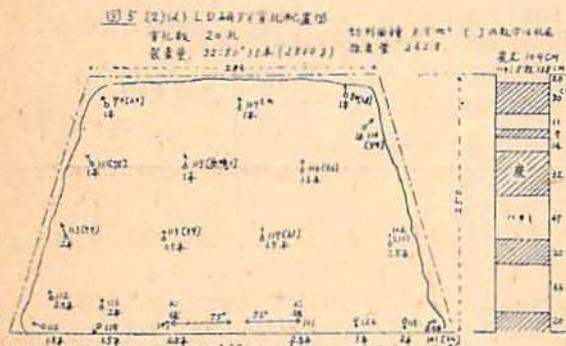


図 5

心なる協力を賜つた日炭高松、三井山野、三菱勝田、三井田川、明治赤池、三井三池、三菱美唄、三井美唄、

羽幌及び築別各炭礦の方々並に旭化成の多くの共同実験者に深い感謝の意を捧げる次第である。(終り)

Blasting Results of Low-Density Explosives

By Tadashi Ohara

The ingredients of low-density explosives manufactured in Japan for the first time are as follows: —N. G. 7-9; C. C. 0.1-0.5; NH_4NO_3 62-66; NaCl 18-22; starch & wood meal 5-9%; density 0.7.

The blasting experiments at several coal-mines show that when the coal-seams are hard and bands themselves are in bad conditions the blasting power is somewhat weak, but under suitable mining conditions it showed favourable results.

The advantages of low-density explosives are

1. Increase of marketable lump-coal, 2. More tons of coal per unit weight of explosive, 3. Less fumes and gases, 4. Less coal-dust and scattering of coal, 5. Light for carrying, 6. Less injury to roof strata and supports by shocks, and lower exploding sound.

(AsahiKasei K. K.)