

# 研究・報文

## 爆破に對する岩石の硬さ\*

會員 鈴木 富 治\*\*

### 目 次

- I. 緒 言
- II. 岩石の硬さと其の試験
  - 1. 岩石爆破抵抗試験機
  - 2. Crater Test の基本的實驗
  - 3. 各所鑛山に於ける爆破實驗
  - 4. 孔尻に就ての考慮
  - 5. 爆破に對するの岩石の硬度
- III. 最大威力を發揮する爆薬の諸條件
  - 1. 種々なる抵抗に於ける爆發速度
    - (I) 試験に供用せる紙管及鐵筒
    - (II) 試験の實施と其の成績
    - (III) 試験結果に對する判斷
  - 2. 雷管の試験と其の威力
    - (I) 試験雷管及試験の要領
    - (II) 各種試験の成績
    - (III) 殉爆度試験と雷管威力の有効限度
  - 3. 導火線の試験と其の效力
    - (I) 試験品と試験の要領
    - (II) 試験結果と導火線火力の限度
- IV. 最良條件に於ける坑内爆破試験
- V. 結 言

### I. 緒 言

私は 30 年もの長い間鑛山生活を致しまして常に考へて居りますことは、機械、建築、土木、採鑛、電氣等と言ふ科學、さう言ふ方面の學問に較べて何とも譯の判らないのが火薬であります。それは畢竟するに火薬は試験をするにも危険であり、又面倒でもありますので吾々使用者としましては、兎に角大きな音を出して撥ればいい。爆破を行ひさへすれば事足れりと言ふやうな氣分で、何時までも火薬を見て來たせいであらうと思ふのであります。

然し私共鑛業に取りまして、此の火薬程大切なものはなく、實際之れ一つで仕事をして行く

\* 昭和 15 年 10 月 8 日午後 7 時 - 9 時學士會館に於ける本協會講演

\*\* 日本鑛業株式會社常務取締役總務部長 工學博士

のでありますから、本當を言へばもつと、もつと研究をし、又綿密な注意を拂はなければならぬのは勿論であります。そして私共が火薬に就いて最も意を用ひなければならぬものは第一が危害の防止策で、次は能率を増進させることであります。即ち、危害に對しましては總ゆる原因を探つて萬全の策を講じなければなりませぬし、又能率の上に於きましては、爆發威力の最も有効適正な利用法を定めて、作業別、岩種別に應用し得る途を立てることが必要であります。之れは實に鑛山作業者としての私共に課せられた當面の問題でありまして、大に解決に努力しなければならぬものと存じて居るのであります。

私も長い間鑛山の生活をして居りましたので色々興味を以て何や彼やと試験を行つて居り、又最近に鑛山爆薬研究會の一員になりましたので、時々斷片的なものを發表致しまして、諸先生の御批判を願つて居りました。然るに今回山家教授から講演會を催すから何か話をせよと言ふやうな御勧誘を蒙りましたので、取り敢へず今日までの大體の試験結果を取り纏めてお話し申上ぐる事に致しました。但し話の順序としまして、既に發表したのも申上ぐる所があると存じますが、それは試験結果を論ずる上に必要な事項があるためで御座いますので、どうぞ御諒承をお願い致したいと思ひます。又私は火薬に對しては全くの素人でありまして、研究して居ることが斷片的でもあり、又不徹底な所も多々あると思ひますが、今後色々な試験をされる方々に何等かの御参考になればと思ひまして敢て茲でお話を申上ぐる次第で御座います。演題は「爆破に對する岩石の硬さ」と言ふのであります。要は各種の岩石に對し如何なる爆薬を選定するか、又與へられた爆薬を如何に有効適切に使用するかと言ふ問題の研究でありまして、話は相當多岐に亙ると存じますが豫めお赦しを願つて置きます。

猶ほ本試験の實施に當りましては、日本鑛業會社各事業所採鑛係員及日立鑛山採鑛課諸氏、特に火薬係員中澤治三郎君に負ふ所が大でありました。茲に謹んで感謝の意を表するものであります。

## II. 岩石の硬さと其の試験

鑛業に於きまして爆破を行ふ目的物は多くの場合岩石であります。故に先づ岩石の硬さに関することから申述べて置き度いと存じます。一體岩石の硬さと言ふことは非常に難かしいものでありまして、之れには文獻もなく全く不明瞭な現状であります。私は 30 年間岩石を壊したり砕いたりなんかして仕事をして参りましたが、この硬さと言ふことに就いては殆ど判らずじまいで今日まで來たのであります。然しこの大きな問題に對しましては非常に興味を持ちまして、何かと試験をして居りましたので本日は先づ之れからお話を申上げやうと存じます。

元來岩石の硬さと申しますと、其の目的によつて基準が違ふのでありまして、建築用石材の硬さと言ふ事と、爆破に對する硬さと言ふこととは自ら其の意義が異なるのであります。例へば建築の方から言ふと Compression や Bending や Expansion 等に於てどうなるか、又は Abrasion に對してはどう云ふ力があるかと言ふやうなことが問題となりますが、爆破に於きましては、この外の特種な性質や状態が重大な問題となつて來ます。あの人はスポーツが大變強いそうだと云ふが、何のスポーツか、陸上競技か又は水泳か、水泳にしてもバツクもあればクロールもある。陸上競技にしてもトラツクもあればフィールドもあると言ふやうな譯で、其の各々の目的に依て硬さと言ふ意味が違つて來るのであります。私共の知りたいのは穿孔の難易と爆破に對する抵抗の強弱であります。即ち岩石に孔を掘りまして其の孔へ火薬を填めて爆

破をするのが目的でありますから孔を掘ることに對する硬さ Boring や Drilling に對する岩石の抵抗度、之れを Drillability と申して居ります。之れを知る必要がある。次に其の孔に火薬を填めて爆破をする時の岩石の硬さ、即ち Blasting に對する岩石の抵抗度、之れを Blastability と申して居りますが、之れを知らなければなりません。そこで今日はこの Drilling に關することは後日に譲りまして主として Blasting に關すること、所謂岩石の Blastability に就てお話を申し上げたいと思ふのであります。此のことに就きましては、現在アメリカで B. F. Tillson と云ふ人、世界一流の鑛業技術者で中々やかましい事を書く人ですが、この人が世界中の誰かの手で岩石の硬さと言ふことを specify して貰ひたいと懇へて居るような状態で、一向に硬さの意味が世界的にはつきりしないのであります。御承知のやうに岩石は、水成岩、火成岩及變質岩と大きく分類されますが、共に變化と種類の多いことは驚くばかりで、單に花崗岩とか石灰岩とか申しましても所謂硬さの點に於きましては悉く違ふのであります。殊に鑛山附近の岩石は著しく變質作用を受けまして變化が極りなく、造岩鑛物の種類、性質及其の結合状態等千差萬別で所謂硬さに著しい差を生じて居ります。故に岩石の硬さを論ずるに當りましては、之等色々の性質、状態を吟味しなければなりません。(水曜會誌第 7 卷所載拙著「掘鑿作業より見たる岩石の硬さ」583 頁参照)。

從來岩石の試験法としましては耐壓、耐磨、耐屈、耐伸の強度を測つたり或は Moh's Hardness Scale, Brinell, Shore, Rockwell 等の機具を使つて其の硬度を測定すると言ふやうなことが行はれて居るのであります。之等は夫々の目的によつて岩石の或る部面の強さ又は性質を考究するに役立つものでありまして、爆破に對する抵抗度 Blastability とは相當の懸隔があるのです。例へばここに一つの岩石がありまして、孔を掘るにも非常に堅く、火薬を入れても起き難いとするならば、それは兩方に硬いと言ふこととなります。反對に孔も掘り易いし火薬も利くものならば、どちらにも軟い、然し中に或る岩石は可なりに堅くて穿孔し難いが Brittle な爲め Blasting がよく利き、所謂「サクイ岩」と言ふのがある。又岩石自體は軟弱で孔は掘り易いが Blasting が一向に利かず俗に「シワイ石」と稱して爆破に強靱なものもある。今日まで歐洲でも亞米利加でも亦日本でも、多くの人々によつて、或は坑内で實際の爆破試験を行つたり、或は種々の機具や方法を用ひて凡ゆる試験を實行して來たものであります。悉く失敗に終つて居ると云ふ有様であります。私も色々の方法を試みましたが同様の失敗を繰返したに過ぎませんでしたので、結局理論と實際の中道を行くことを思立つに至りました。即ち多くの經驗より爆破に對する岩石の硬さは、岩石に爆破と同様の力を與へ得る特定の機械的方法によるのが最も良いと考へまして、先年岩石爆破抵抗試験機なるものを考案して特許を得ました。そして本機に依て日立鑛山附近の代表的岩石 8 種に就て基本的試験を行ひ、更に全國 34 鑛山 132 個所の岩石に就き坑道掘進の爆破實驗を行ふと同時に、之等各山の岩石を標本としてこの機械による岩石の硬さを調査して對照を試みました。以下夫れ等に就てお話を申し上げたいと存じます。

猶ほ私は明治 44 年から昨年まで日立鑛山に居りましたので、日立で試験した結果を申し上げるのであります。従つてこれから日立と言ふ言葉が再々出て來ると存じますが豫め御諒承をお願い致します。

### 1. 岩石爆破抵抗試験機

これは前述した様に岩石の爆破抵抗力を測定する装置でありまして、其の外観及構造は圖 1

に示す通りであります。試験を行ひますには先づ岩石の試験片を造ります。この試験片の大きさは縦横各 15 cm 位、厚さ 10 cm 位で底の面を平にし、其の上部の中心から径 8 mm の孔を穿ちまして、孔底と岩石の底面との厚さを正確に 10 mm と致します。この試験片は圖に見る様に支持臺に載せ、調整用螺桿を廻轉して其の高さを調節し、直杆を中心孔に挿入して其の下端が孔底に壓力を與へず接觸する様にし、次に電磁石を勵磁して落下槌を吸着し、之を所要の高さに捲き上げて固定します。之れで試験の準備は終ります。そこで Switch によりまして電流を切斷し電磁石を消磁しますれば、落下槌は直杆の上に落下し、衝撃を與へ、直杆の下端は試験片の孔底を Crater 狀に硬壞して突き抜ける、此の際落下槌に猶ほ残留する Energy が有りますれば、更にバネを壓縮して直杆を下行せしめますから記録槓杆は反時計方向に廻轉し

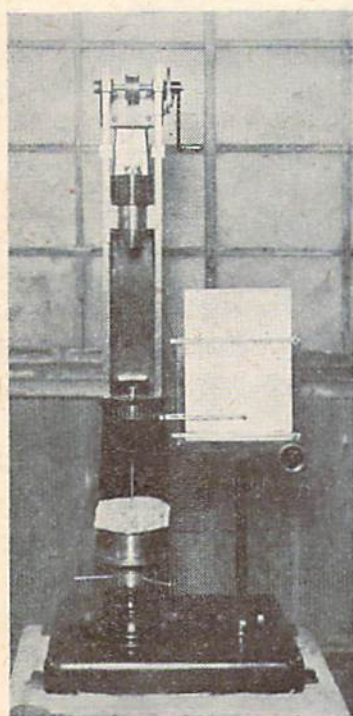
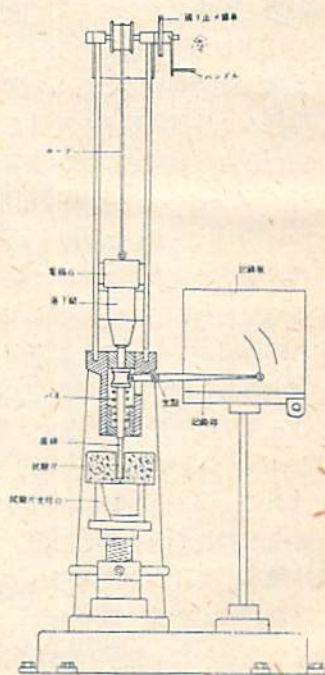


圖 1. 岩石爆破抵抗試験器



同 左

まして記録板の上に残留 Energy 量を記録します。依てこの残留 Energy 量を落下槌の位置 Energy 量より控除して、試験片を破壊して Crater を生ぜしめるに至つた Energy 量を求めることが出来ます。斯くして得た Energy 量は岩石の爆破抵抗力を指示するものであります。其の數値は爆破に當り所要爆藥量を算出するに適切な係數として使用せられますことは、以下述ぶる所の實驗に依つて明かであります。蓋し岩石内の一點に衝撃的内壓が生じた場合、岩石内部に惹起される應力の分布は頗る複雑でありまして、爆破に對する岩石の抵抗力は抗壓力とか抗張力とか言ふ單純な機械的性質から算出することの困難なことは前述した通りであります。この機械は其の試験片に特殊の形狀を附與しまして、之れに落下槌の衝撃を加へて Crater を生ぜしめる際の抵抗力が恰度爆破の際の抵抗力に相似なる様にし、以て實用上適切な爆破抵抗係數を容易に測定し得るやうに考案したものでありまして、概ね妥當な數値を得

るものと信ずるのであります。

本機による岩石の試験を私共は俗に Crater Test と稱して居ります。以下の説明には此の用語を用ひることに致します。

## 2. Crater Test の基本的実験

Crater Test は此の測定機を考案し、試験方法を決めますまでには、實に澤山な豫備的実験を行つたのであります。最初は火薬落錘試験器を使用しまして、大小種々の岩石の試験片を作つて実験し、漸く前述の様な装置と試験片とを定めるに至つたのであります。そこで先づ日立鑛山附近の代表的岩石に就いて試験する事となり、次の如き硬軟 6 種の岩石を選定し、猶ほ標式的な花崗岩及石灰岩も参考として試験に供することにしました。

- A. (最硬岩) 珪質角閃岩
- B. (硬岩) 珪質角閃片岩
- C. (中硬岩) 黒雲母質角閃岩
- D. (中硬岩) 黒雲母質角閃片岩
- E. (軟岩) 稍々風化する花崗岩
- F. (極軟岩) 綠泥質角閃片岩中鑛石脈
- G. (標式岩) 花崗岩(茨城縣稻田産)
- H. (標式岩) 石灰岩(日立産)

(以下岩石の種別を表はずには總てこの A, B 等の符號を用ひます)

試験片各種 10 個以上宛總計 99 個に就き試験しました平均の成績は次の表のやうであります。

表 1. 日立鑛山岩石の Crater Test 成績

岩石の種別 成績	A	B	C	D	E	F	G	H
平均成績 (cm)	36.7	31.0	18.8	17.3	15.7	14.0	22.8	14.1
比較 (%)	195	165	100	92	84	74	121	75

備考 上表中 C. 岩石は剛度花崗岩に近似し、大體日立鑛山の中硬岩と看做されるので、之を比較の標準としました。

次にこの Crater Test の成績が爆破と如何なる關係にあるかを對照するために、前述の試料を採つた箇所に引立面に直角に深さ 50 cm の鑿孔を穿つて、之にダイナマイトを裝填して爆發させまして、孔尻や Crater の狀況によつて此の岩石を破壊するに要する裝藥適量を求め比較率を算定して見ました。

爆破箇所は前に採取した試料と同一の岩種別に次のやうに選定したのであります。

- A. 高鈴 150 m 西探鑛 C.C.
- B. 高鈴 150 m 西探鑛
- C. 第 4 赤澤 150 m 奥 1 號上盤西延
- D. 第 4 赤澤 150 m 奥 1 號上盤東延

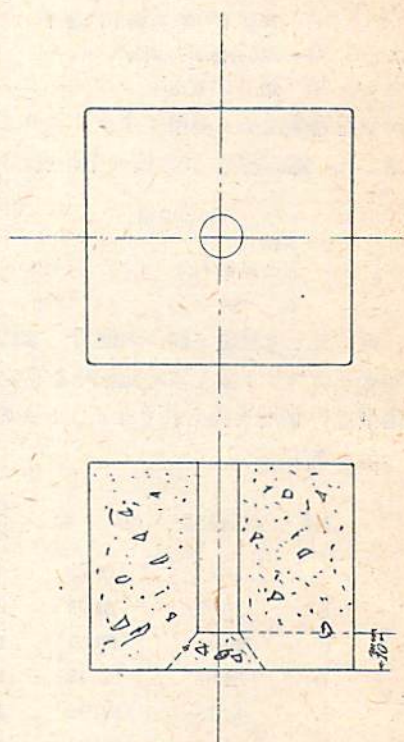


圖 2. 岩石試験片

- E. 径目 60 m. 4 號奥東延 C.C.
- F. 径目 65 m. 2 號中段選押
- G. (試料採取の個所)
- H. 第 3 石灰山

使用爆薬はテタ櫻甲ダイナマイトで、之れにテトリール 6 號雷管及妙義印導火線を 供用しました。爆破總數 198 回の平均成績は次の表に示す通りであります。

表 2. 爆破試験成績

岩石種別	A	B	C	D	E	F	G	H
成績								
装薬適量 (g)	419	333	198	183	167	111	246	143
比較 (%)	212	168	100	90	81	56	124	72

更に又上述試験と同一の個所で實際的操業に依る坑道掘進の爆破作業を行つて、1 m<sup>3</sup> 當りのダイナマイト量を求め比較率を算定して見ました。但し G 及 H の岩石に就きましては坑道掘進の個所を得られませんでしたので、此の試験を行ひませんでした。成績は表 3 の通りであります。

表 3. 坑道掘進の成績

岩種	坑道延長 m	容積 m <sup>3</sup>	使 用 爆 薬 量 kg	1 m <sup>3</sup> 當 り 爆 薬 量 kg	%	1 m <sup>3</sup> 當爆薬量 kg	%
A	16.63	50.43	185.250	11.140	197	3.673	209
B	20.03	61.93	200.750	10.022	177	3.242	184
C	29.02	93.30	164.002	5.652	100	1.758	100
D	54.04	167.13	258.668	4.787	85	1.548	88
E	34.78	104.32	150.750	4.334	77	1.445	82
F	39.75	121.48	151.250	3.805	67	1.245	71

以上三者の試験を比較したのが圖 3 であります。即ち爆破試験及坑道試験の兩者は Crater Test より硬岩に於て稍々高く軟岩に於て稍々低い傾向はありますが殆んど相一致するのであります。即ち之れに依て Crater Test の成績が爆破を考へる上に妥當なものと思はれるのであります。

猶、参考のために之等岩石に對して諸種の硬度を試驗して見ました。其の成績は表 4 に示す通りであります。

即ち之等の試験成績は、夫々の試験装置の機能によりまして各一部分の岩石の硬さを表はしてゐるものと存じますが、之を爆破と關聯させるには多大の疑問が存するのであります。兎に角岩石の硬さと言ふことは大きな問題の一つでありまして、多くの學者によつて研究されて居りますが、未だ決つたものはなく、結局前述した所の爆破抵抗試験機による Crater Test が最も實際に近く、充分應用價値の存するものとして推奨したいのであります。

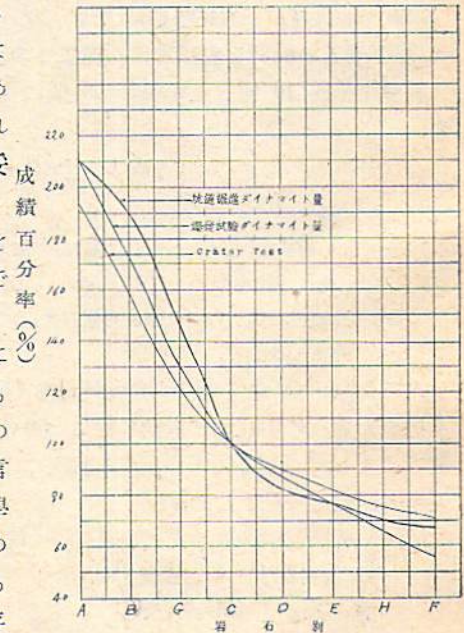


圖 3. Crater Test と Dynamite 量比較

表 4. 硬さに對する諸種試験成績

試料名	A 珪質 閃岩	B 珪質角 閃岩	C 黒雲母質 閃岩	D 黒雲母質 閃岩	E 稍風化せ る花崗岩	F 綠泥質角 閃岩中脈	G 茨城産花 崗岩	H 日立 立岩
坑内穿孔 速度	cm/min 19.0	7.3 130	9.5 103	10.7 89	12.7 75	13.3 71	11.0 86	15.2 63
剛度	cm <sup>3</sup> 155	0522 140	0580 100	0811 100	0950 85	1260 64	1730 74	1306 62
破碎試験	cm 142	17.0 125	15.0 100	12.0 100	10.0 83	7.0 58	6.5 78	6.8 57
珪酸度	% 96	63.56 89	59.32 100	63.55 100	52.62 79	72.85 109	28.26 42	70.25 119
Moh's Hardness	% 120	5.9 108	5.3 108	4.9 100	4.7 96	4.2 86	4.0 82	3.0 61
Brinell	% 265	244 158	158 172	92 100	139 151	106 115	38 41	248 270
Shore	% 144	98 144	84 124	68 100	68 100	47 68	27 40	98 44
耐 壓	kg/cm <sup>2</sup> 65	1000 65	1000 65	1532 100	1532 100	291 19	710 46	1585 103
耐 屈	kg/cm <sup>2</sup> 133	188 133	188 133	141 100	141 100	69 49	63 45	121 86
耐 伸	kg/cm <sup>2</sup> 72	51 72	51 72	71 100	71 100	26 37	19 27	45 63
耐 磨	mm 241	4.4 241	8.6 148	10.6 100	11.3 94	19.6 54	22.3 48	13.0 82

備考 1. 比較の基準は表 1 同様 C 岩石を 100% とし各岩石の % を算出したものであります  
但し穿孔速度、剛度、耐摩の % は逆比を以て表しました。

2. 耐壓、耐屈、耐伸、耐摩の 4 種は Olsen's Test machine に依つて試験した成績であります。

### 3. 各所鑛山に於ける爆破實驗

岩石 Crater Test の成績と坑道掘進に於ける爆薬量とは互に一致することは前述した通りであります。此の關係は其の後日立鑛山に於きまして、多くの實績に照し愈々明確となりまして、爆破計劃上常に重要な指標として應用せられて居るのであります。そこで此の試験に基き私共の會社内に於ける各鑛山の爆破實績をも一應検討して見たいと思ひまして、去る昭和 12 年中、全國 40 餘の鑛山に對し、一定期間の坑道掘進の爆破實績と、其の際の岩石試料とを日立鑛山に送附するよう依頼したのであります。各鑛山では夫々 1 ヶ月乃至 3 ヶ月間連続して一齊に爆破試験を行はれまして、鑛山數 34 個所、切羽數 132 個所、鑿孔數 38,848 本、試験延日數 3,200 日の實績と各試験切羽の代表的岩石片 948 個とが日立に蒐集されました。

仍てこの試験成績は種々の項目に分類對照し、岩石片は Crater Test 及共の他の試験を行つて比較を試みたのであります。

(詳細は鑛山爆薬研究會發表拙著「爆破作業の實績に就て」を参照されたい。)

其の結果は種々の意味に於て誠に貴重な資料となりました。茲では其の中より Crater Test の成績と各鑛山各切羽の爆薬使用量とを摘出して對照して見ようと思ひます。

但し切羽數 132 個所全部を並べることは複雑でありますから、其の代表的なものだけに止めます。又各鑛山の爆破方法には凡そ 3 通りの差がありまして、一列に比較することが困難なのがあります。即ち爆破方法を大別して見ますと、(1) 1 加存に幾本かの鑿孔を穿つてそれ

表 5. 1回爆破の成績

鑛山及切羽名			Crate Test		1 m <sup>3</sup> 當 ダイナマイト量	
			落高 cm	%	kg	%
河	守	50 米坑一號鑛西延	20.5	109.0	1.245	70.8
三	繩	第五十七坑東延	20.0	106.4	2.430	138.1
東	山	廣石坑第五十九號東延	19.5	103.7	2.115	120.2
諏	訪	第二永盛下 30 米延	19.5	103.7	1.499	85.2
笹	ヶ	第二西下盤鑛押	17.5	93.1	2.576	146.4
日	光	見盛下盤北押	17.2	91.5	1.109	63.1
河	守	Ⅲ坑二號鑛西延	16.7	88.8	1.710	97.2
三	川	本盤坑四號脈東押	15.3	81.4	1.988	113.0
赤	羽	銀鉛零米五十兩向立入	14.3	76.1	1.315	74.7
男	上	七坑道西 640 米下盤立入	13.5	71.8	1.772	100.7
尾	小	本山新脈七坑西鑛押	12.3	65.4	1.996	113.4
滿	澤	山向鑛上 80 米第五號南鑛押	12.0	63.8	1.968	111.8
大	盛	下 50 米坑東立入	11.7	62.2	1.614	91.7
滿	澤	山向鑛上 80 米二號北鑛押	11.2	59.6	1.560	88.6
金	瓜	六坑北部電車切替坑道南延	10.3	64.8	2.044	116.1
德	星	戊辰三號立入	10.1	53.7	1.890	107.4
日	置	70 米南上盤入鑛押	9.8	52.1	1.711	97.2
高	玉	青木葉 60 尺西七號南	9.5	50.5	2.247	127.7
北	隆	三番坑一號鑛立入	8.9	47.3	2.301	130.7
大	金	西谷坑 60 米南一號鑛入	8.8	46.8	1.436	81.6
沖	ノ	二坑第六中段五號鑛押	8.0	42.6	1.561	83.7
尾	小	五十谷新脈七坑東鑛押	7.3	38.8	1.958	111.2
沖	ノ	坑外三坑上東立入	6.8	36.2	1.468	83.4
赤	羽	銀鉛下 100 米零號西押	6.2	33.0	1.619	92.0
尾	小	第三脈六坑厚身向 c.c	5.0	26.6	1.680	95.5

を同時に1回に爆破するもの、(2) 心抜及拂等2回乃至3回に爆破を分割して行ふもの、(3) 心抜を Picker 等で掘鑿して置き拂のみに爆薬を使用するものなどがあります。

此の中、心抜箇所を Picker 等で掘鑿するのは無論爆薬の使用量が少いのでありますから、之れを比較より除外しました。即ち茲では1回に爆破を行ひましたものと、2回に爆破を行ひましたものとに就て Crater

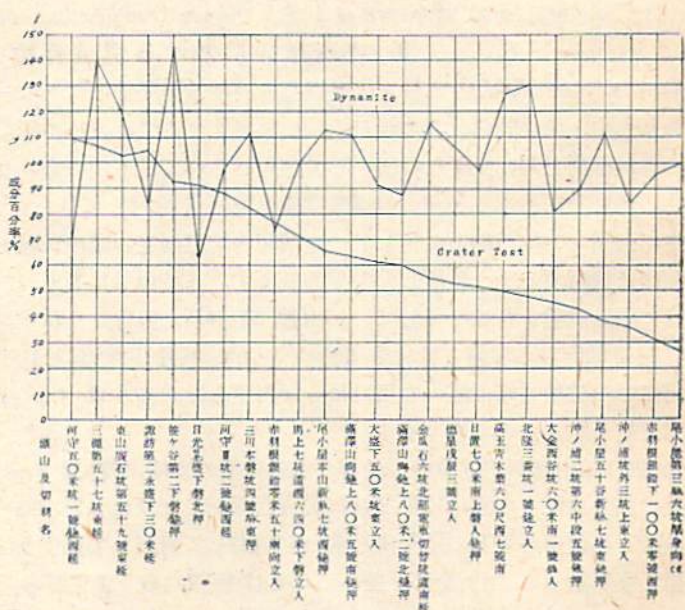


圖 4. 1回爆破の成績



表 6. 2 回爆破の成績

鑛山及切羽名	Crater Test		1 m <sup>3</sup> 當 ダイナマイト量 kg	%
	落高 cm	%		
瓮津 七年鑛零番坑北押	25.5	135.6	2,202	125.1
下川 西坑西延	22.0	117.0	1,382	78.5
高越 通洞下 120 米坑道南延	21.7	115.4	1,955	111.1
白瀧 谷坑通洞北入	21.7	115.4	1,904	108.2
高越 通洞上 80 米掘上東延	21.0	111.7	2,081	118.2
大谷 240 米第四西立入	21.0	111.7	1,549	88.0
高越 通洞下 145 米坑西五號西北延	20.5	109.0	2,637	150.0
白瀧 源坑馬道西入	20.1	107.0	2,786	158.3
新居 疎水坑北延	19.5	103.7	2,639	150.0
下川 六坑中坑上盤西延	18.3	97.3	1,764	100.2
瓮津 五年鑛二坑北押	18.0	95.7	1,690	96.0
大金 西三號瀧 125 米南延	16.8	89.4	1,207	68.6
白瀧 二番坑道北押	15.5	82.4	2,798	159.0
瓜石 谷坑上三番坑北入	14.0	74.5	1,892	107.5
河津 六坑北部電車切替坑道南延	13.2	70.2	1,617	91.9
赤石 蓮臺寺倉澤三番坑立入北延	12.5	66.5	1,193	68.1
河津 35 米切替	12.5	66.5	1,056	60.0
三川 大松金生一部立入	11.8	62.8	1,675	95.2
赤石 寶中盤西	11.7	62.2	1,344	76.4
成興 赤倉探鑛坑内	10.3	54.8	1,070	60.8
沖ノ浦 北坑通洞坑	9.8	52.1	1,430	81.3
赤石 一坑第五上盤三號坑北立入	8.5	45.2	1,145	65.1
三川 65 米五號 c.c	8.0	42.6	.941	53.5
沖ノ浦 寶下盤東 100 米北立入	7.9	42.0	1,539	87.4
	7.2	38.3	1,329	75.5

Testの成績を對照して見ることになりました。比較の標準には前述の Crater Test の基本的實驗の場合と同様 C 岩石の成績を採用しました。

即ち Crater Test の落高 18.8 cm 爆藥量 1 m<sup>3</sup> 當り 1.758 kg を夫々 100% とじて比較率を算定したのであります。

猶ほ又成績は Crater Test による岩石の硬さの順に配列し、以て其の使用爆藥量が岩石の硬さに對し適正であるか否やを検討したものであります。即ち表

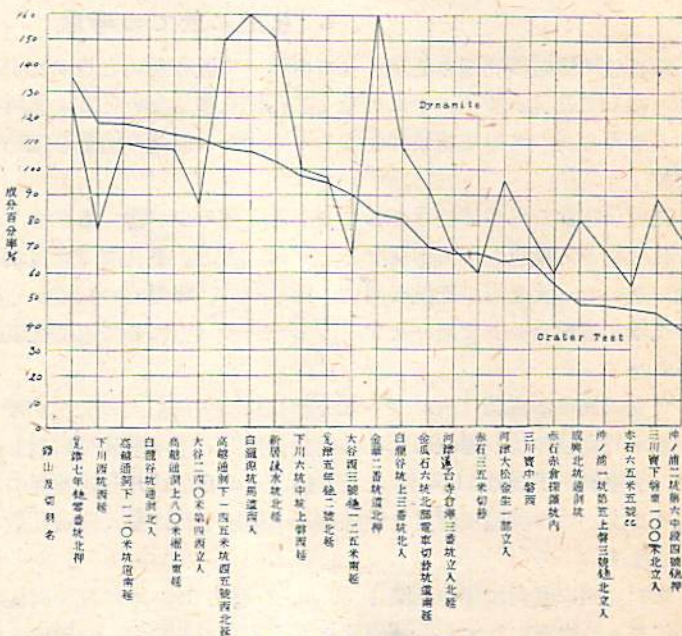


圖 5. 2 回爆破の成績

5 及圖 4. 表 6 及圖 5 に示す通りであります。

そこで先づ1回爆破の成績から検討して見ますと、使用爆薬量の割合は河守、赤羽根の一部のように頗る Crater Test に接近して居る個所もあり、又河守、諏訪、日光の一部のように少量な所もありますが、概して過量なものでありまして、而かも硬岩と軟岩とに於て殆ど變りがないのであります。即ち岩石の硬軟によつて装薬を増減すると云ふ傾向は更になく、如何なる場合でも同じように爆薬が量定されるのであります。これは一加背の全鑿孔に同時に装薬して爆破を行いますので、豫め各鑿孔毎の荷重を適確に想定することが困難なためでありませうが、今少しく使用量を減じ得る可能性が全體的にあるように思ひます。殊に軟岩に於て然りであります。

次に2回爆破の成績を見ますと、高越、白瀧、新居、金華の4切羽に於ては頗る装薬過量であります。其の他は概して Crater Test の成績に接近して來ました。又軟岩になるに従つて幾分づゝ使用量が低下して居りまして初回の爆破の結果によつて次回の装薬量を加減した傾向が全體的に見られます。然し極軟岩に於ては猶ほ装薬過量でありまして、更に一段と減少する必要があります。但し下川西坑及大谷の切羽は頗る少量であります。これは龜裂、斷層、若くは其の他の特別な好條件によるものと考へられるのであります。

以上の成績に依りまして實際に行はれて居る鑿山の爆破作業の状態が略ぼ推察されると思ふのであります。即ち概して装薬過量なものでありまして殊に一回に爆破を行ふ個所に於きましては、硬岩と軟岩とに何等の差別を考へないものが多い。これは爆破の能率を増進する上に誠に重大なことで、絶えず Crater Test のようなもので検討を加へ、其の向上を策するよう一般の注意を喚起したいものであります。殊に今日の如き材料供給難の折柄切實に其の感を深く致します。

#### 4. 孔尻に就ての考慮

猶ほ茲で爆破殘孔即ち孔尻に就て申述べて置きたいと思ひます。前述各鑿山の成績を見ますと、概して孔尻が少く、中には殆んど孔尻を残さないと云ふ個所もあります。これは孔尻に對する解釋を誤つて居る結果によるもので明かに装薬の適量を意味し、一考を要するものであります。

孔尻は尋常の爆破に於きまして多少とも残るのが常であります。これは比重と爆速との關係で孔底にある薬包の爆力が弱まると言ふことと、鑿孔内で爆發壓の最大點が必ずしも孔底に位置しないこと及岩石の抵抗の偏位、即ち石目、罅裂等の關係から幾分の孔尻が残ることは如何とも致し方がないのであります。即ち普通の状態に於て或る程度の孔尻を残すのが常法なのであります。

日立に於ける實績に依れば、凡そ鑿孔長の1割程度の孔尻が残る。前に述べた Crater Test の基本的實驗の時の爆破の殘孔の状態を見るに平均鑿孔長に對し、心抜きは22.67%拂は12.65%、全爆破終了後は11.52%となり猶ほこの孔尻は凡そ装薬長の1/2に相當する結果となつて居ります。この試験は優良な熟練鑿夫に爆破を行はせ、爆破孔數512本に就て測定したものであります。

又引立面に直角に穿つた深さ50cmの鑿孔198本に就き同様の試験を行ひました。尤もこれは夫々の岩石に對する装薬適量を求めまして夫等岩石の硬度を比較する目的であつたのであります。其の結果は破岩になる程殘孔が多く、結局前述の實測に鑑みまして、装薬長の1/2

に相當する殘孔を生ずる時を以て裝藥適量の標準と決定したのであります。即ち圖 6 に見るように裝藥の半分の所以下が残るのであります。此の裝藥長の 1/2 と言ふことは偶々私共

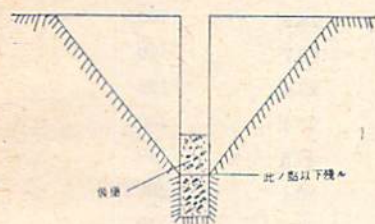


圖 6. 爆破漏斗孔

の推測と實驗とが一致したもので甚だ興味深いものであります。蓋し爆破の岩石に働く力の重點は裝藥の中心にある筈ですから、鑿孔内に於ける爆發力は裝藥の中心點で最大となり、破壊作用は此の點から最小抵抗線に沿ふて最強力に行はれるのでありませう。即ち裝藥の量が爆發壓の最大點で此の岩石を破壊し得る限度の時は、破壊作用は恰度裝藥の中心點を分岐として最小抵抗線に向つて行はれ、此の點以上の孔尻は遂に残存するに至るも

のと思はれるのであります。

従つて孔尻がこの裝藥量の半分より多い時は裝藥不足と解釋し、之れ以下に少い時は裝藥過量を意味するか、又は甚しく軟質の岩石と看做すのであります。故に孔尻を極度に減少しようとしすれば裝藥を過量に使用することになり、又裝藥長を減するため鑿孔徑を大にすれば穿孔の經費を過大にしますので、この問題の解決には相當複雑な經緯が生ずるのであらうと思ひます。兎に角實際に當りまして、徒らに孔尻をなくするために過量の爆藥を使ひますことは甚だ無意義でありまして、爆破の能率を昂める上に考慮を要する重要點であります。前述各鑛山の成績中この孔尻が少いことは概して裝藥過量の證左でありまして、Crater Test の成績と照し合せ肯かれるものが少くありません。

### 5. 爆破に対する岩石の硬度

岩石の爆破に對抗する強度即ち Blastability は Crater Test の成績より容易に表示することが出来ると思ひます。即ち Crater Test の成績が前述したように爆破の成績と一致して居ります以上、其の百分率は直ぐに Blastability の比較數となり得る譯だからであります。岩石の硬度は色々の意味で複雑なものであります。私共は成るべく簡單にこの Blastability と Drillability とを決定したい。實はこの研究の目的も其處にあつたのであります。仍て Drillability に就ては之れを後日に譲りますが、Blastability は茲に其の結論を述べて置きたいと思ひます。

Blastability の値は Crater Test の百分率其の儘でよいと思ひますが、若し Moh's Hardness Scale のように 3 とか 5 とか言ふ單純な數字で表はすことが必要でありますれば、其の十分の一の數を採れば良いと思ひます。例へば表 7 のようであります。

表 7. 岩石の爆破強度

Blastability の値	岩石名	Crater Test の成績	
		落高 (cm)	比較率 (%)
1	石炭	1.9	10
2	粘土片岩	3.8	20
3	凝灰岩	5.6	30
4	頁岩	7.5	40
5	砂片岩, 軟き安山岩	9.4	50
6	石英粗面岩, 安山岩	11.3	60

7	硬き安山岩, 雲母片岩	13.2	70
8	石灰岩	15.0	80
9	軟き角閃岩	16.9	90
10	黒雲母質角閃片岩, 石墨片岩	18.8	100
11	綠泥片岩, 角閃岩	20.7	110
12	花崗岩	22.6	120
13	紅簾結晶片岩, 玄武岩	24.4	130
14	珪岩, 硬き角閃岩	26.3	140
16	輝綠岩, 閃綠岩, 極堅硬なる玄武岩	30.1	160
17	珪質角閃片岩	32.0	170
19	極硬靱なる珪岩	35.7	190
20	頗る堅硬なる珪質角閃片岩	37.6	200

この Blastability の値 1 若くは 10 に對する爆薬量は既知數でありますから、この數値から直ちに所要の爆薬量が算定せられます。斯くしてこの表に見るように花崗岩は 12、石灰岩は 8 と言ふように、各種岩石の値が決定され得ますれば誠に其の意義が徹底し爆破作業を比較考究する上に有用なものとならうと存じます。よく私共鑛山の責任者が寄りますと、如何にも僕の所は火薬を餘計に使ひ過ぎて困ると言はれますが、岩石が硬いのみだから致し方がないが、或は俺の所はもつと硬いと言ふような事で、それならどの程度に硬いのかと言ふと、お互に標準がないのだから比較にならない、結局水かけ論に終るのであります。それですから一つ鑛山の代表となる Sample を採つて來て Crater Test で試験すれば立ち所に判明するのですから、之れは便宜なことであらうと存するのであります。私は早晚總ゆる岩石に就きまして斯のような研究の完成せられることを期待するものであります。

### III. 最大威力を發揮する爆薬の諸條件

爆破作業に於きまして、其の能率を増進させる爲には、先づ岩石の硬軟によつて装薬量を適正に決定致しますと同時に、與へられた爆薬が最大の威力を發揮するよう色々の考慮を拂はねばなりません。即ち爆薬自體の性質を究め、起爆の方法及其の他に最善を盡す必要があります。然し爆薬は被爆物の性質や周圍の抵抗に依つて著しく爆發速度等の爆反應を變化させるものであり、又起爆に用ふる雷管や導火線が如何なる程度のものが最も有效であるかは不明であります。仍て先づ夫れ等の點に關し一應確信を得て置きたいと思ひまして、多年に亘つて準備を整へ色々の實驗を行つて見ました。其の結果種々なる抵抗に於ける爆速の變化する状態及雷管、導火線の最も有效な威力の標準を定めることを得ましたので、更に夫れ等の優良條件を以て、相當大規模に坑内の爆破實驗を連続的に行ひまして、爆破作業上かなりの成果を擧げることが出来ました。以下それ等に就て概略申述べようと思ひます。

#### 1. 種々なる抵抗に於ける爆破速度

爆薬の爆發速度（略して單に爆速と言ふ）は其の威力を判定します上に重大な要素でありますと共に、私共はこの爆速に依つて爆反應を區分し、種々の用途に選擇する目安とするのであります。然るに爆薬は其の比重及量の大小と周圍の抵抗、即ち爆破する物質の條件に依つて夫々爆速を異にし、又其の變化の状態も各種類によつて甚しく違つて參りますので、實際に色々の

硬度の岩石を爆破するに當りまして、如何なる爆速を發揮するものであるかは窺ひ知ることが出来ない複雑な問題で、現今之れが測定は殆ど不可能に近い有様であります。

そこで先づ爆薬の最大爆速を發揮する點と、種々なる抵抗に於ける爆速とを測定し、實際爆破の場合を考究する資料に供したいと思ひまして、以下申上げるような實驗を行ひました。爆速の試験法には Dautriche 式を採用し、試料爆薬には櫻印甲級のダイナマイトとカーリット爆薬の最強級のものを供用しました。

(I) 試験に供用した紙管及鐵筒 試験には最初厚紙を以て内徑 30 mm の圓筒を作り、其の中に爆薬を裝填して行ひ、次に肉の厚さ 4 mm の鐵筒を使用し、猶ほ抵抗を増しまして肉厚 45 mm, 90 mm, 135 mm, の鐵筒を採用しました。鐵筒の内徑は紙筒と同様 30 mm で長さは圖 7 に見るように、底部に 10 cm の肉厚を置き爆薬を 120 cm の長さに詰め、更に粘土詰物を 15 cm 填塞するために全部 145 cm としたのであります。

但し肉厚 4 mm の鐵筒では底部肉厚の代りに 10 cm だけ粘土を密に充填しました。肉厚 45 mm 以上の鐵筒は夫々の肉厚を保つため直徑 12 cm, 21 cm, 30 cm, 長さ 145 cm の圓錐の中心に、徑 30 mm の爆薬裝填孔を深さ 135 cm に穿孔したものでありまして、5ヶ所に導爆線挿入孔を設けました。即ち

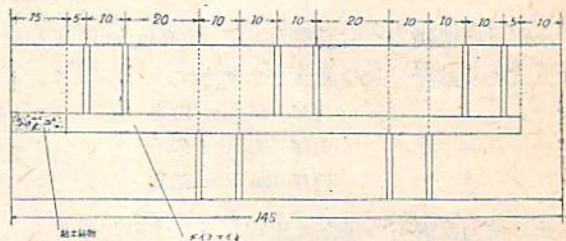


圖 7. 鐵筒内部構造(寸法 cm)

圖 8 は其の大鐵筒を示したもので、又圖 9 は此の大鐵筒に爆薬を裝填し、起爆點から一定の距離を隔てた 5ヶ所の位置に爆速測定装置を施した所を示したのであります。

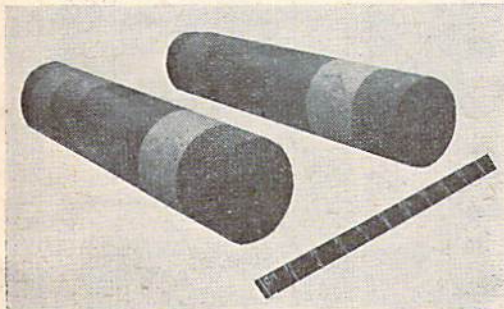


圖 8. 大鐵筒(徑 30 cm, 長 145 cm)

この鐵筒の材質は普通の軟鋼でありまして、其の分析成分及機械的諸性質は次の通りであります。

表 8 分析成分

試料別	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo
No. 1	0.23	0.15	0.68	0.060	0.023	0.07	0.02	—
No. 2	0.27	0.13	0.70	0.073	0.027	0.07	0.02	—

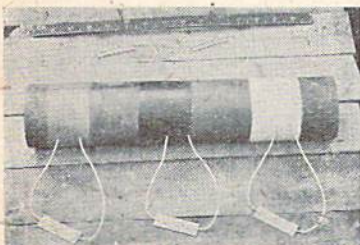


圖 9 を (1) 爆速測定装置を施したる大鐵筒

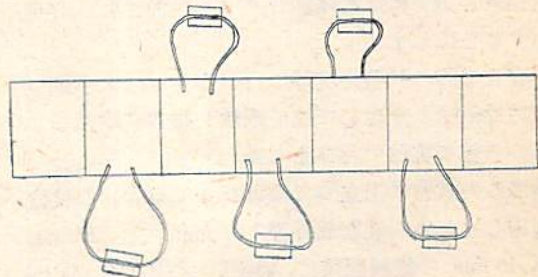


圖 9 を (2) 爆速測定装置を施したる大鐵筒

表9 機械的性質

降伏點 kg/mm <sup>2</sup>	抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	伸 %	絞 %	硬 度 ブリネル	ロクウエ A B	シャルピー 衝撃値 kg/cm <sup>2</sup>
25.3~26.4	47~50	20~26	35~51	143~159	79~84	1.5~3.9

鐵筒の内側面よりする最大應力は次式により計算されます。

(Morley 著 Strength of Materials 319 頁参照)

$$f = P \frac{R_1^2 + R_2^2}{R_1^2 - R_2^2} \quad \therefore p = f \frac{R_1^2 - R_2^2}{R_1^2 + R_2^2}$$

茲に  $f$  = 圓筒の内側面上の周圍方向の引張應力 (kg/cm<sup>2</sup>)

(即ち前表より 47~50 kg/mm<sup>2</sup>)

$R_1$  = 圓筒の外半径 (cm)     $R_2$  = 圓筒の内半径 (cm)     $p$  = 圓筒の内壓 (鐵筒の堪へ得る最大内壓) (kg/cm<sup>2</sup>)

今鋼材の抗張力 (引張應力) を 5000 kg/cm<sup>2</sup> としますれば、各鐵筒の内壓に對する抗力 ( $p$ ) は上式より計算し次のようであります。

肉厚 45 mm 鐵筒	4400 kg/cm <sup>2</sup>
肉厚 90 mm 鐵筒	4800 kg/cm <sup>2</sup>
肉厚 135 mm 鐵筒	4900 kg/cm <sup>2</sup>

此の抗力は岩石の場合に比較しまして幾何の程度のものでありますかは判断がつき難いのであります。

岩石は其の周圍と背面は無限大の力に圍まれて居りますから、岩石自體の硬度は低くとも、大低の場合恐らく非常な抗力を有するものと考へられます。

(II) 試験の實施と其の成績

紙管及鐵筒共爆薬を長さ約 120 cm に裝填し、6 號雷管に導火線を裝着し、孔口には粘土を密に填めて爆發させ、雷管の裝着位置から 10 cm までと、30 cm から 40 cm までと、50 cm から 60 cm までと、80 cm から 90 cm までと、100 cm から 110 cm までとの 5 ケ所の位置の爆速を測定しました。(以下測定位置を示すには起爆點を 0 とし、何 cm—何 cm と申すことにします)。

鐵管及鐵筒の試験を坑外で行ひますと、大小幾つかの破片が唸りを生じて遠く飛散し頗る危険でありますので總て坑内で行ひました。

猶ほこの試験に先立つては可なりに豫備的の試験を實施しました。最初は外徑 110 mm、内徑 20 mm、肉厚 45 mm の鐵製圓筒に Vieille 式測壓筒 (西松氏著火薬學 297 頁参照) の要領に基きまして、強度既知の銅柱を挿入し得るようにし、爆速と

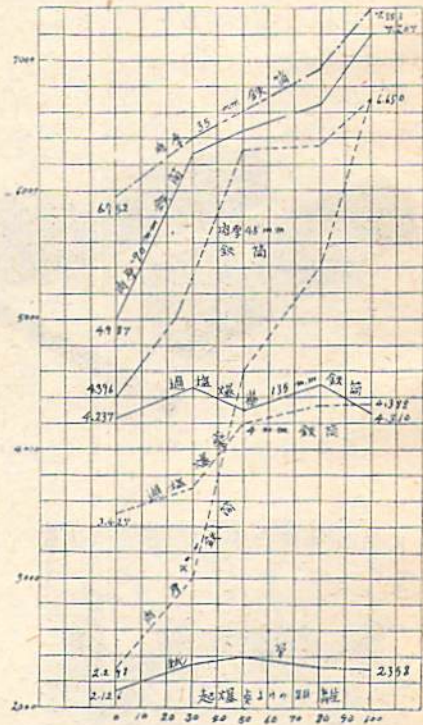


圖 10 種々なる抵抗に於けるダイナマイトと過強爆薬の爆速

同時に爆發壓をも測定することの出来る大砲の様な試験器を作つて試験を行ひましたが、之れは唯一發で破壊して失敗に歸して仕舞ひました。

仍て次には鐵筒だけにし、肉厚 4 mm のもの 10 本、45 mm 及 90 mm のもの各 5 本宛を用意し、それにより色々に爆速を測定して一定の試験要領を定め、本試験を実施するに至つたのであります。成績は表 10 に示す通りであります。

表 10 爆速測定成績

抵抗別	爆薬別	爆速 (m/sec)				
		0~10 cm	30~40 cm	50~60 cm	80~90 cm	100~110 cm
紙 管	ダイナマイト	2,126	2,358	2,402	2,358	2,358
	カーリット	3,283	3,585	3,602	3,653	3,705
肉厚 4 mm 鐵 筒	ダイナマイト	2,298	3,012	4,561	5,403	6,650
	カーリット	3,427	3,738	4,237	4,388	4,388
肉厚 45 mm 鐵 筒	ダイナマイト	4,396	5,187	6,326	6,326	6,650
	カーリット	—	—	—	—	—
肉厚 90 mm 鐵 筒	ダイナマイト	4,987	6,326	6,484	6,650	7,207
	カーリット	—	—	—	—	—
肉厚 135 mm 鐵 筒	ダイナマイト	5,952	6,410	6,578	6,917	7,353
	カーリット	4,237	4,545	4,310	4,464	4,310

表中肉厚 45 mm と 90 mm の兩鐵筒ではカーリットの試験を省略しました。之れはカーリットの爆速はこの間で大きな變化がないと思はれたのと、鐵筒 1 本の値が其の當時約 400 回を要するので、其の費用の節約を考へた爲であります。又肉厚 135 mm の鐵筒の場合カーリットで行つたものは鐵筒が破壊せられませんでした。猶ほこの成績を曲線で示しますと圖 10 のようであります。

### (III) 試験結果に対する判断

以上の試験結果より略々次のようなことが考へ得られると思ひます。

爆薬の爆速は比重と周圍の抵抗によつて變化し、又其の變化の状態も種類に依て甚しく相違します。即ちダイナマイトとカーリットとは其の兩極端を表はして居るようで誠によい對照をなして居ります。

又ダイナマイトは起爆點を遠ざかるに従つて、或は抵抗を増すに従つて著しく爆速を上昇しまして猶ほ抵抗と共に益々累進する傾があります。即ち空間に於きましては 2,000~2,400 m/sec 程度に過ぎませんが、抵抗を増すと忽ち上昇して肉厚 135 mm の鐵筒では起爆點で 5,952 m/sec 起爆點から 100 cm 隔つた所では 7,353 m/sec と云ふ爆速を現はすようになります。それですから硬い岩石に対する實際の爆破に於きましては、抵抗の増大と共に愈々爆速を累進しまして、極度の猛度を發揮するのではないかと思ひます。

火薬の力は Abel 氏によりますと。

$$f = \frac{P_0 V_0 T_0}{273}$$

- 茲に  $f$  = 火薬の力 (比エネルギー)  
 $P_0$  = 標準気壓 (kg)  
 $V_0$  = 完全瓦斯の占有する標準體積 (立)  
 $T_0$  = 爆發溫度 (絕對溫度) ( $^{\circ}\text{C}$ )

とされて居ります。然しこの式には爆薬の威力を左右すべき爆速等が缺けて居ります。實際に爆薬の威力は火薬の力 ( $f$ )、爆速、比重、起爆の方法、爆發の状態、被爆物の性質等多くの因數によつて支配されるものと思ひます。それで Kast 氏は之等の因數の中明確に算出し得るもののみを採つて、次の公式を提唱しました。

$$\text{Brisance} = \frac{f \Delta V}{10,000}$$

$$\text{式中 } f = \text{火薬の力} = \frac{P_0 V_0 T_0}{273}$$

$\Delta$  = 比重

$V$  = 爆發速度 (m/sec.)

Brisance とは破壊力とか激猛力とか譯されて居るものでありまして、之れが大きければ大きい程爆發効力が大であると申すのであります。この Kast 公式が今日先づ最も實際に近いと言ふので、普通に用ひられる爆力の比較數値なのであります。然しこの爆速  $V$  の値がダイナマイトに依る實際爆破の場合上述の試験結果より考へまして、恐らく  $V^2$  をなして、抵抗の増加と共に益々増大するに至るであらうと想像されるのであります。

カーリットは空間に於きましては 3,300~3,700 m/sec. の爆速を現はし、最大抵抗の場合即ち最早破壊し得ない抵抗の場合でも、起爆點で 4,237 m/sec. 起爆點から 100 cm の距離になつても 4,310 m/sec で最大 4,500 m/sec. を超えることなく、抵抗による爆速の變化は少いものであります。ですから抵抗の弱い場合ではダイナマイトより爆速が大であります、少しく抵抗を増すと忽ちダイナマイトに凌駕されて仕舞ひます。

ダイナマイトの爆速を 4,000 m/sec 以上に達せしめ得ない軟質の物體の爆破にはダイナマイトよりカーリットの方が有利でありませうし、硬い岩石の爆破のように抵抗の大きい物の爆破にはダイナマイトの方が有効であらうことは、抵抗に對する爆速變化の状態から考へて明かであります。又砂試験や鉛塊試験等で、カーリットの成績が比較的優秀なのは亦此の性質に原因するものと考へられるのであります。

以上の試験の結果は古くから學者によつても論ぜられ、又私共も色々の想像を畫いて居た所でありまして、實驗例に乏しいので多大の疑問を有して居たのであります。然しこの試験によりましてはつきりした様に思ひます。

## 2. 雷管の試験と其の威力

雷管の威力は爆薬の爆發效果に大きな影響を及ぼすものであります、未が一定した試験法がなく、亦 6 號とか 8 號とか申しまして其の藥量や威力に差異があり、或る種の 6 號は他の 8 號乃至 9 號に相當すると言ふやうな例は少くありません。

故に現今では番號を稱へることは威力を表はす上に殆んど無意義の感がありまして、私共使用者として雷管を取捨選擇する上に甚だ困惑を感ずるのであります。雷管の問題は爆薬研究會でも議題に供されたのであります、まだ判然とした解決に達して居ないように思ひます。



猶ほ又雷管の威力は実際に如何なる程度を最良とするのか、即ち成るべく威力の強大なものが良いとしましても、其處には自ら限度があらうと思はれますので、其の點を判然としたい。勿論之れは爆薬の種類によつても違ふのでありますが、少くとも私共が日常使用するダイナマイト程度に對するものだけでも判然とさせ、雷管選擇の目安としたいのであります。

私はこの問題に就いては大分前から心掛けて居りまして、獨逸や英國から取寄せたものや、又内地のものなど各種の雷管を調製しまして、色々の實驗を行つて見ました。以下それに就て概要を申述べようと存じます。(詳細は鑛山爆薬研究會發表拙著「各種雷管及導火線に依る爆力試験」を参照せられたい)。

### (I) 試験雷管及試験の要領

試験雷管は各種のものに就き成るべく多く試験したいと思ひまして、各方面から内外の雷管 16 種を集めました。即ち表 11 に示す通りであります。但し品名や製造所を申し上げるのは遠慮しました。

表 11 各種雷管

雷管種別の 符 號	製 造 年 月 日	管 體	底面の形狀
A	昭和 10 年 6 月 20 日	銅	凹
B	不 詳	〃	〃
C	昭和 3 年 5 月 23 日	〃	〃
D	昭和 10 年 2 月 17 日	〃	〃
E	大正 14 年 3 月 30 日	〃	平
F	昭和 9 年 9 月 13 日	〃	凹
G	大正 5 年 11 月 27 日	〃	平
H	大正 5 年 11 月 27 日	〃	〃
I	不 詳(新品)	〃	〃
J	不 詳(古品)	〃	凹
K	昭和 9 年 12 月 17 日	アルミニウム	〃
L	不 詳(古品)	〃	〃
M	昭和 8 年 3 月 15 日	銅	〃
N	大正 14 年 5 月 20 日	〃	平
O	大正 14 年 6 月 18 日	アルミニウム	凹
P	大正 11 年 9 月 20 日	銅	平

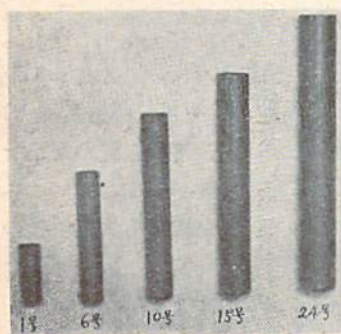


圖 11 標準雷管(實物の 1/2)

標準雷管には雷汞雷管を採用することにしまして、東京火薬工業株式會社に依頼し、1 號から 24 號に至る各號の雷管を調製しました。其の形狀は圖 11 の様で、各號の諸條件は表 12 に見る通りであります。即ち 10 號までのものは從來其の様式がありましたが、11 號以上 24 號までは全く世界的に初めての試みとも稱すべきものでありまして、此の雷管ばかりに 3000 圓餘の費用を要しました。

試験法には鉛板試験、釘試験、鉛塊試験、横臥試験 Esop 試験、Haid 試験、爆速試験、及殉爆度試験の 8 種を採用しまして、先づ標準雷管に就て各號の威力を決定し、次に各種雷

管を試験して其の各々の威力が標準雷管の何號に相當するかを比較對照しました。そして之等の試験の實績から各試験法の得失を比較して、雷管の最も有效適切な試験法を考究するの資に供したのであります。

表 12 標準雷管各號の條件

號 數	管 體			裝 藥		備*考
	内 徑 mm	外 徑 mm	管 長 mm	藥 量 g	藥 高 mm	
1	5.5	5.9	16	0.30	6.0	1. 内容薬は雷汞 80 鹽酸加里 20 配比による爆粉であります。
2	5.5	5.9	22	0.40	8.0	
3	5.5	5.9	26	0.54	10.8	
4	5.5	5.9	28	0.65	13.1	
5	6.0	6.4	30	0.80	13.5	
6	6.0	6.4	35	1.00	16.9	
7	6.0	6.4	40	1.50	25.3	
8	6.6	7.0	45	2.00	27.9	
9	6.6	7.0	50	2.50	34.8	
10	7.0	7.4	50	3.00	37.2	
11	7.5	7.9	50	3.50	37.3	
12	7.5	7.9	55	4.00	43.1	
13	8.0	8.4	55	4.50	42.6	
14	8.0	8.4	60	5.00	47.5	
15	8.5	8.9	60	5.50	46.0	
16	8.5	8.9	65	6.00	50.5	
17	9.0	9.4	65	6.50	48.8	
18	9.0	9.4	70	7.00	52.6	
19	9.5	9.9	70	7.50	50.5	
20	9.5	9.9	70	8.00	53.1	
21	10.0	10.4	70	8.50	51.5	
22	10.0	10.4	70	9.00	54.5	
23	10.0	10.4	75	9.50	57.5	
24	10.0	10.4	75	10.00	60.6	

## (II.) 各種試験の成績

試験は各種に就いてかなり多數のものを実施しました。即ち鉛板試験 160 回、釘試験 400 回、鉛塊試験 110 回、横臥試験 132 回、Esop 試験約 500 回、Haid 試験約 300 回、爆速試験 21 回、殉爆度試験約 500 回合計 2100 餘回の試験を行つたのであります。今之等の試験の経過を詳しく述べて居りましては餘り長くなりますから、其の結果に就てだけ申述べます。

各種試験の成績を総合しますと、標準雷管各號の値は表 13 の様で、各試験とも大體號數の上るに従て威力の増大するのを示して居ります。

又各種雷管に就て、標準雷管の威力と比較した成績は表 14 のようであります。

即ち各試験法に依て夫々大きな差を生じて居ることが判ります。

爆速試験の結果は標準雷管各號とも殆ど變化がなく、比較することが出来ませんでした。即ち爆速試験に依て雷管の威力を比較することは全く不可能であることを知りました。

表 13 各號雷管の値

雷管號數	釘試驗 (變曲度) 度以上	鉛等試驗 (擴大量) cc 以上 (小形鉛等)	橫臥試驗 打揚高 cm 以上 (15 kg 鐵板)	Esop 試驗 油の混合率 % 以上	Haid 試驗			
					滑石の 混合率	孔 徑 mm 以上	孔 深 mm 以上	容 積 cc 以上
1	2	1.4	20	0	20	15.0	12.0	11.0
2	4	2.5	40	0.5	25	17.0	13.0	13.0
3	5	3.5	70	0.5	30	17.3	14.0	13.0
4	8	5.5	80	1.0	30	17.7	14.3	13.0
5	9	8.5	100	1.5	30	17.7	14.4	13.0
6	15	10.0	200	2.0	30	18.0	14.6	13.0
7	36	20.0	300	2.5	40	15.6	13.6	13.0
8	44	30.0	350	3.0	45	12.7	10.8	8.0
9	55	40.0	400	4.0	50	8.7	6.0	4.0
10	70	50.0	700	5.0	50	12.5	9.5	8.0
11	75	56.0	900	5.5	50	13.5	11.0	9.0
12	85	70.0	1000	6.5	50	13.8	11.0	9.0
13	90	70.0 (以下大型)	1100 (3 kg 鐵片)	7.5	55	10.0	7.5	5.5
14	100	80.0	400	8.0	55	10.0	7.5	5.5
15	109	85.0	500	9.0	55	11.0	8.0	5.5
16	112	95.0	530	9.5	60	5.5	5.0	2.5
17	118	100.0	570	10.0	60	8.0	6.0	4.0
18	120	120.0	600	11.0	60	9.0	6.5	5.0
19	123	135.0	700	12.0	60	11.0	8.0	6.0
20	131	140.0	750	12.5	65	6.5	6.0	3.5
21	133	150.0	800	13.5	65	9.0	7.0	5.5
22	136	160.0	850	14.0	65	9.0	7.0	5.5
23	138	170.0	900	15.0	70	5.0	4.0	2.0
24	140	180.0	940	16.0	70	5.5	5.0	3.0

表 14 各種雷管の標準威力

雷管種別	鉛板試驗	釘 試 驗	鉛等試驗	橫臥試驗		Esop 試驗	Haid 試驗	响 爆 度 試 驗
				打揚高	鉛板變形			
A (號)	9	6	6	6	6	9	9	8~9
B	8	6	6	6	7	9	9	8~9
C	9	8	8	8	8	10	9	8~9
D	10	6	6	6	8	9	9	6
E	5	5	6	5	3	6	7	5
F	10	6	6	6	8	10	9	6

雷管種別	鉛板試験	釘試験	鉛筒試験	横臥試験		Esop 試験	Haid 試験	殉爆度試験
				打揚高	鉛板變形			
G	7	6	6	5	6	8	9	7
H	5	6	6	5	5	8	9	6
I	10	7	6	6	8	10	9	7
J	10	7	6	5	8	9	9	8~9
K	10	6	6	6	8	10	9	7
L	10	6	6	6	7	10	9	7
M	10	6	6	6	6	9	10	8~9
N	7	6	6	6	6	8	3~6	7
O	7	4	6	6	6	8	10	8~9
P	3	6	8	8	8	8	8	7

表 15 標準雷管殉爆度試験成績 (宮櫻印ダイナマイト使用)

雷管種別	殉爆距離 (薬包徑の倍数)										
	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1 號	○	×									
2	○	×									
3		○	×								
4			○	×							
5					○	×					
6							○	×			
7								○	×		
8									○	×	
9									○	×	
10										○	×
11									○	×	×
12										○	×
13										○	×
14										○	×
15										○	×
16										○	×
17										○	×
18										○	×
19										○	×
20										○	×
21										○	×
22										○	×
23										○	×
24										○	×

## III) 殉爆度試験と雷管威力の有効限度

殉爆度試験は雷管の效力を見る上に誠に興味あるものであります。即ちこの試験は標準雷管

各號及各種雷管が夫々爆薬の殉爆度に如何程の影響を與へるかを試験したものでありまして、試験用爆薬にはダイナマイトとカーリットとを採用し、半圓底の溝の中で行ひ、各々の殉爆距離で5回宛試験し、1回でも不感爆のものを生じた點と、全部感爆した點との限界を定めて表示したものであります。成績は表 15 及表 16 のようであります。

表 16 標準雷管殉爆度試験成績  
(カーリット使用)

雷管種別	殉爆距離 (薬包徑の倍数)			
	1	2	3	4
1 號	○	×		
2		○	×	
3		○	×	
4		○	×	
5		○	×	
6		○	×	
7		○	×	
8		○	×	
9		○	×	
10		○	×	
11		○	×	
12		○	×	
13		○	×	
14		○	×	
15			○	×
16			○	×
17			×	
18			○	×
19			○	×
20			○	×
21		○	×	
22			○	×
23			○	×
24			○	×

そこで先づ標準雷管の成績から見ますと、ダイナマイトを使用した殉爆度は1號から8號まで順次に成績を上昇し、10 號に於て薬包徑の18 倍に達し、以後 24 號まで全く同等であります。

又カーリットを用いたものは2號から4號まで僅に薬包徑の2倍で、15 號に於て初めて3倍となり、以後殆んど同様であります。

之れはこのダイナマイトの最大殉爆度は薬包徑の18倍で、カーリットは僅かに3倍を超へないため、如何に雷管を強大にしても之れ以上の殉爆度を現はし得ないためであると思はれます。そしてこの最大殉爆度を現はし得た雷管は、其の爆薬に對し最も有效なものと思ふことが出来ると思ひます。何となれば爆薬が最大殉爆度を現はした時が、其の爆薬の完全爆發をした證左と見ることが出来るからであります。

此の意味からダイナマイトの起爆には標準 10 號雷管、カーリットには同じく 15 號雷管が最も有效なものと思定されます。猶ほ後で述べます所のダイナマイトによる坑道爆破試験に於きましても、10 號雷管を用いた時最も優良な実績を得ました。

即ち實際爆破の結果と殉爆度試験の結果とは完全に一致したのであります。仍て特定の爆薬に對し最も有

効な雷管を撰定しようとする場合は、殉爆度試験を行ふのも一方法でありまして、私共の如き使用者に於きましては最も簡便な良法であると思ひます。

各種雷管に對する殉爆度試験の成績は表 17 に示した通りでありまして、各雷管の效力には夫々の差があります。其の中で雷管 A, B, C, J, M, O. の 6 種は標準雷管の 8~9 號に相當しますので、先づ良好なものとしてよいでせう。然し爆薬の最大威力を發揮させるには今少しく強力なものであつて欲しいと思ひます。

表 17 各種雷管殉爆度試験成績 (宮櫻印ダイナマイト使用)

雷管種別	殉爆距離 (薬包徑の倍数)										標準威力	
	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		19
A									○	×		8~9
B									○	×		"
C									○	×		"
D							○	×				6

雷管種別	殉爆距離 (薬包徑の倍数)											標準威力
	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
E						○	×					5
F							○	×				6
G								○	×			7
H							○	×				6
I								○	×			7
J									○	×		8-9
K								○	×			7
L								○	×			7
M									○	×		8-9
N								○	×			7
O									○	×		8-9
P									○	×		7

### 3. 導火線の試験と其の威力

雷管内部の薬面を壓します所の導火線の火力の大小が雷管の威力に影響を及ぼすだらうと言ふことはよく人々に依つて唱導せられるのでありますが、之れに関しましては何等實驗的の文献がありませんので、果してどの程度までの効果があるか、甚だ疑問とせられるのであります。仍てこの問題をも一應解決して置きたいと思ひまして、次のような色々の實驗を行ひました。

#### (I) 試験品と試験の要領

導火線の端末から迸出します焰の長さは普通 100~200 mm 程度のものでありますが、特に試験のため高崎市の關東導火線製造所に依頼しまして、焰長 20 mm から最大 1000 mm に至る 15 種の導火線を作つて貰ひ、之れに供用したのであります。各種毎の焰の長さ及燃燒速度は表 18 に示す通りであります。

試験の方法は標準雷管 6 號に各焰長の導火線を夫々装着しまして、鉛板試験、釘試験、鉛塊試験、横臥試験、Esop 試験、Haid 試験、殉爆度試験、及耐水試験の 8 種を施行し、焰長の差によつて雷管の威力に差を生ずる程度を考究したのであります。(詳細は拙著「各種雷管及導火線に依る爆力試験」中に記載してあります。御参照を願ひます。)

#### (II) 試験結果と導火線火力の限度

試験は雷管試験の場合と同様、各種總計 300 餘回の實施をなしたのですが、茲には其の各々の経過を省略しまして、結果だけを申述べます。

各種試験の成績は殆ど同等の結果となりまして、普通の雷管試験の方法では優劣を判断することが不可能でありました。然し唯殉爆度試験に於きましては、焰長の大きくなるに従ひまして、効果の増大するを示しましたのは、甚だ興味が深いと思ひます。即ち其の成績は表 19 に見る通りで、#1 F より #5 F に至るまで急速に其の效力を昂め、以後 #13 F までは一進一退殆ど同じ所を歩み、更に #14 F より #15 F に至つて遂にダイナマイトの最大殉爆度を現出させるに至りました。

表 18 導火線招長試験成績

符號	20	50	100	150	200	250	300	350	400	500	600	700	800	900	1,000	1,100	1,200	1,300	導火線長 (mm)	燃焼速度 秒/尺
# 1F	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	20	45~46
# 2F	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	50	46~46
# 3F	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	100	39~41
# 4F	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	150	40~41
# 5F	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	200	44~44
# 6F	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	250	41~42
# 7F	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	300	45~45
# 8F	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	350	41~41
# 9F	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	400	38~38
# 10F	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	500	41~42
# 11F	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	600	39~39
# 12F	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	700	39~39
# 13F	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	800	39~39
# 14F	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	900	37~37
# 15F	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	1,000	36~38

鈴木：爆破に対する岩石の硬さ

備考 1. 符號とは試験中假りに付したる名稱であります

2. ○ は點火 × は不點火を示します

表 19. 殉爆度試験成績

導火線の 種 別	殉爆距離 (薬包徑の倍数)											
	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
# 1 F	○	×										
# 2 F		○	×									
# 3 F				○	×							
# 4 F						○	×					
# 5 F							○	×				
# 6 F							○	×				
# 7 F											×	
# 8 F								○	×			
# 9 F									○	×		
# 10 F									○	×		
# 11 F								○	×			
# 12 F									○	×		
# 13 F									○	×		
# 14 F										○	×	
# 15 F										○	×	

備考 ○ は 5 回試験中全部感爆したもの。

× は 5 回中 1 回以上不感爆であつたもの。

之れに依て見ますと、焰長は成るべく強大なものが有効でありまして、中でも #7 F. 焰長 300 mm 程度のものが最も良い。

唯茲に考へなければならぬことは、火力を強大にするためには勢ひ燃焼速度を大にする結果となりまして、夫れだけ使用量を増加する不利益を招くことであります。

例へば表 18 に見るように 1 尺の燃焼速度は焰長 200 mm のものが 44 秒でありますのに、焰長 1000 mm のものは 36 秒となります。其の結果は前者 1 m を要します場合に後者は 1.25 m を必要としまして、明かに 2 割 5 分の使用量増加を示します。猶ほ最近市場にありました或る種の導火線は焰長 1100 mm もありまして、燃焼速度 1 尺に就き 26 秒と言ふものがありました。斯のように燃焼の速かなものは經濟上ばかりでなく、保安の上からも使用を避くべきであります。猶ほ又坑内の實際爆破の場合には、餘りに火力の強大なものは點火に不便なばかりでなく、カンテラの火を吹き消されて逃げ路を失ふこと等の危険があります。又自然内部の瓦斯壓を昂め、被覆の側方から火を吹き出すもの、或は端末 1~2 寸の個所に燃えて行くと急激に燃焼を速めて爆發的に吹き抜けるもの等がありまして、意外に燃焼速度に差を生じ、合鳴り、先鳴り、等の不結果を招くことがありますから、徒らに必要以上の火力を要求しますことは無益であり又有害であります。日立でこの試験を行ひました爲めの影響でありませうか焰長の大きなものは夫れだけ爆力に効果があるとのみ誤解致しまして、最近焰長の強大なものが市場に現はれることがあります。之れが採用には充分注意を要するのでありまして單に焰長の強大なことばかりに捉はれて他の性質を無視しますと思はぬ失敗を醸すに至りませう。導火線の焰長として最も望ましい所は前述のように 300 mm (#7 F) 程度のものであります。即ち此の程度のもものは殉爆度に於ても殆ど最大値に達し、耐水力もあり、又其の他の性質



にも變化を及ぼさないのでありませうから、先づこの程度を最良とし、最小 200 mm (#5F) 最大 500 mm (#10F) 以外のものは特別の場合を除き採用圏外に置くべきであると考へます。

#### IV. 最良條件に於ける坑内爆破試験

與へられた爆薬に最大威力を發揮させるためには、最も優良な雷管と導火線とを供用することが必要であります。即ち前述の試験に於きまして、最も優良と認めました標準 10 號乃至 15 號雷管と焰長 300 mm 導火線とは實際に當り他の普通品と比較しまして、如何なる程度の効果を擧げ得るかを最後に確めなければならなくなりました。仍て一定の爆薬に標準雷管の各號と焰長 300 mm 導火線を用ひて、之れを坑内の坑道掘進に於ける實際爆破に使用し、其の實績から雷管威力と導火線火力の爆力に及ぼす効果を求めようとして考へまして、約 8 ヶ月に亘つて試験を行ひました。

試験爆薬には日立で日常使つて居ります宮桐ダイナマイトとカーリット黒とを採用しました。試験切羽は試験中岩石の狀態に變化の少いことを第一條件としまして、次の 3 ヶ所を選定しました。

(1) 笹目上 20 m 第九徑目向 c.c. (ダイナマイト使用)

(2) 第二本坑 200 m 中段上盤 c.c. (カーリット使用)

(3) 第二本坑 200 m 中段下盤東 (カーリット使用)

(1) の個所の岩石は花崗閃綠岩で日立の坑内では先づ均質で硬い部に屬するものであります。

(2) の岩石は綠泥質角閃片岩で、層理を稍々斜に進行しますため抵抗が薄弱となり、軟い部に屬するものであります。

(3) の岩石は綠泥片岩、黒雲母片岩及び角閃片岩の各々が交層をなし、所々にガリ鑛及び Barren Quartz を含むかなりの硬岩であります。

そして (1) にはダイナマイト、(2) 及 (3) にはカーリットを使用することにし、鑿孔の狀態や爆薬の使用量等は成るべく毎回相等しくなる様に考慮を拂ひました。

雷管は標準雷管 6 號、8 號、9 號、10 號、15 號、20 號、24 號の 7 種を用ひ、特に 6 號には從來使用する普通の導火線、即ち焰長 100 mm 程度の導火線を裝着して之を基準とし他の雷管には焰長 300 mm (#7F) 導火線を供用して比較することゝしまして、毎回交互に使用して坑道の延長、殘孔長、爆薬の使用量等を測定し、延長 1 m 當の平均爆薬量を求めて比較對照を行ひました。(毎回の成績は石目其の他の關係から相當の差を生じますので、唯 1 回の比較だけでは妥當でないとして考へまして、凡そ 10 回宛の平均値を採つて比較率を算定したのであります) 成績は表 20 乃至表 30 の通りであります。

表 20. ダイナマイトによる爆破試験成績

雷管別	日	孔數 本	全孔長 m	ダイ量 kg	殘孔長 m	延 m	m當ダイ量 kg/m	比較 %
8 號	4. 1	12	12.25	6.000	1.10	.90		
	4	12	12.30	6.000	1.35	.90		
	7	12	12.25	6.000	1.25	.90		
	9	13	13.45	6.250	1.20	1.05		
	11	11	11.20	5.750	1.20	0.90		
	13	13	11.85	6.250	1.45	0.85		

雷管別	H	孔數	全孔長	ダイ量	残孔長	延	m當ダイ量	比較
		本	m	kg	m	m	kg/m	%
	15	12	12.10	6.000	1.60	.90		
	17	12	12.35	6.000	1.60	.90		
	20	11	11.00	5.750	1.35	.85		
	23	12	12.15	6.000	1.50	.90		
平均		12	12.35	6.000	1.38	.91	6.593	105.8
6號	4.2	12	12.30	6.000	1.10	.90		
	6	12	12.10	6.000	2.30	.80		
	8	12	12.40	6.000	1.60	.90		
	10	13	13.00	6.250	2.00	.80		
	12	11	11.40	5.750	2.10	.85		
	14	13	13.80	6.250	1.80	.95		
	16	12	11.90	6.000	1.50	.85		
	18	12	12.30	6.000	1.80	.90		
	22	11	11.05	5.750	2.20	.80		
	25	12	12.45	6.000	2.00	.85		
平均		12	12.30	6.000	1.69	.86	6.977	100.0

表 21. ダイナマイトによる爆破試験成績

雷管別	H	孔數	全孔長	ダイ量	残孔長	延	m當ダイ量	比較
		本	m	kg	m	m	kg/m	%
9號	5.1	12	12.40	6.000	.85	.95		
	4	12	12.40	5.750	1.30	.90		
	6	12	12.10	5.750	1.40	.90		
	8	12	13.00	6.500	.75	.95		
	10	12	12.10	6.000	1.00	.90		
	12	12	12.50	6.000	.80	1.00		
	15	12	12.45	6.000	1.45	.95		
	18	12	12.30	5.750	1.60	.90		
	20	12	12.60	5.750	1.80	.90		
	23	12	12.80	5.750	1.90	.95		
平均		12	12.47	5.925	1.21	.93	6.371	113.4
	5.2	12	12.10	6.000	.90	.90		
6號	5	12	12.40	5.750	.80	.95		
	7	12	12.45	5.750	1.50	.90		
	9	13	13.60	6.500	1.00	1.00		
	11	12	12.10	6.000	2.40	.80		
	14	12	12.05	6.000	3.60	.70		
	16	12	11.85	6.000	2.40	.80		
	19	12	12.00	5.750	4.40	.65		
	21	12	12.50	5.750	4.55	.70		
	24	12	12.65	5.750	3.10	.80		
平均		12	12.37	5.925	2.47	.82	7.226	100.0

表 22. ダイナマイトによる爆破試験成績

雷管別	H	孔数 本	全孔長 m	ダイ量 kg	残孔長 m	延 m	m当ダイ量 kg/m	比較 %
10 號	6.2	12	12.80	5.780	1.00	1.00		
	4	12	13.00	6.000	.60	1.05		
	6	12	12.40	6.000	.70	1.00		
	9	12	12.10	6.000	.70	.95		
	12	12	12.00	6.000	.85	.95		
	14	11	11.60	5.500	1.10	.95		
	16	11	11.05	5.500	1.80	.85		
	18	12	12.60	6.000	1.30	.95		
	22	12	12.65	6.000	1.05	.95		
	24	13	12.45	6.500	.80	.95		
	平均		12	12.27	5.875	.99	.96	6.120
6 號	6.3	12	12.60	5.650	1.60	.90		
	5	12	12.85	6.000	1.10	1.00		
	8	12	12.65	6.000	2.60	.80		
	10	12	12.05	6.000	2.50	.80		
	13	12	12.00	6.000	1.55	.85		
	15	11	11.10	5.500	4.55	.60		
	17	11	11.00	5.500	4.80	.60		
	19	12	12.10	6.000	1.40	.90		
	23	12	12.25	6.000	2.80	.80		
	25	13	12.30	6.500	1.10	.95		
	平均		12	12.09	5.875	2.40	.82	7.165

表 23. ダイナマイトによる爆破試験成績

雷管別	H	孔数 本	全孔長 m	ダイ量 kg	残孔長 m	延 m	m当ダイ量 kg/m	比較 %	
15 號	2.3	11	12.90	5.750	1.20	1.10			
	4	12	12.25	6.000	2.10	.80			
	7	12	12.10	6.000	1.40	1.00			
	9	12	12.25	6.000	1.35	.90			
	11	12	12.45	6.000	1.40	.90			
	14	12	12.10	6.000	1.20	.90			
	17	12	12.30	6.000	1.65	.85			
	22	12	12.75	6.000	1.80	.95			
	平均		12	12.39	5.969	1.51	.93	6.418	104.7
	6 號	2.1	11	13.60	5.875	4.55	.85		
6		12	12.00	6.000	2.00	.75			
8		12	12.10	6.000	1.35	.90			
10		12	13.50	6.000	4.45	.75			
13		12	12.05	6.000	1.35	.90			
15		12	12.80	6.000	1.45	.95			

	20	12	12.10	6.000	1.90	.85		
	23	12	12.45	6.000	2.00	.85		
平均		12	12.58	5.984	2.38	.85	7.040	100.0

表 24. ダイナマイトによる爆破試験成績

雷管別	H	孔數 本	全孔長 m	ダイ量 kg	殘孔長 m	延 m	m當ダイ量 kg/m	比較 %
20 號	7.1	12	12.10	6.000	1.10	.95		
	3	12	12.40	6.000	.70	1.00		
	6	12	12.40	6.000	.80	1.00		
	8	13	13.00	6.500	.80	.95		
	10	13	13.80	6.500	1.00	1.00		
	12	13	13.85	6.250	.60	1.05		
	18	12	12.80	6.000	1.40	.95		
	20	12	13.80	6.000	1.35	1.00		
	23	12	12.20	6.000	.80	.95		
	25	12	12.10	6.000	.60	.95		
平均		12.3	12.77	6.125	.92	.98	6.250	115.3
	7.2	12	12.65	6.000	3.70	.75		
6 號	4	12	12.45	6.000	2.40	.85		
	7	12	12.85	6.000	4.05	.75		
	9	13	13.20	6.500	1.10	.95		
	11	13	13.40	6.500	.80	1.00		
	13	13	13.10	6.250	1.00	.95		
	19	12	12.80	6.000	3.60	.80		
	21	12	12.35	6.000	1.60	.90		
	24	12	12.60	6.000	3.10	.80		
	28	12	12.10	6.000	3.15	.75		
平均		12.3	12.75	6.125	2.45	.85	7.206	100.0

表 25. ダイナマイトによる爆破試験成績

雷管別	H	孔數 本	全孔長 m	ダイ量 kg	殘孔長 m	延 m	m當ダイ量 kg/m	比較 %
24 號	3.3	11	12.90	5.750	1.20	1.10		
	4	12	12.25	6.000	2.10	.80		
	7	12	12.10	6.000	1.40	1.00		
	9	12	12.25	6.000	1.35	.90		
	12	12	12.45	6.000	2.50	.95		
	14	12	12.40	6.000	1.35	1.00		
	16	13	12.45	6.000	.75	1.05		
	18	12	12.00	6.000	1.60	.95		
	20	13	13.35	5.750	.85	1.00		
	22	13	12.50	5.500	1.25	.90		
	25	13	12.10	5.750	1.20	.75		
	28	12	12.05	5.750	2.20	1.00		
平均		12	12.40	5.875	1.48	.95	6.184	115.2

6 號	3. 2	11	13.60	5.875	4.55	.85		
	6	12	12.00	6.000	2.00	.75		
	8	12	12.10	6.000	1.35	.90		
	10	12	13.50	6.000	4.45	.75		
	11	12	13.05	6.000	1.30	1.00		
	13	12	11.90	6.000	2.25	.60		
	15	13	12.90	6.000	1.00	.85		
	17	12	12.25	6.000	2.15	1.00		
	19	13	12.80	6.000	.80	.85		
	23	13	12.80	5.750	.80	.90		
	24	13	13.20	5.750	.45	.95		
	26	12	11.85	5.750	2.25	.75		
	29	12	12.10	5.750	1.85	.60		
	平均		12	12.62	5.913	1.94	.83	7.124

表 26. カーリットによる爆破試験成績

雷管別	日	孔數 本	全孔長 m	ダイ量 kg	残孔長 m	延 m	m當ダイ量 kg/m	比較 %	
8 號	7. 22	11	13.20	5.625	.80	1.25			
		24	11	13.20	5.625	.10	1.35		
		26	11	13.20	5.625	.30	1.30		
		28	11	13.20	5.625	.50	1.20		
		30	11	13.20	5.625	.40	1.25		
	8. 1	11	11	13.20	5.625	.45	1.25		
		3	11	13.20	5.625	.80	1.15		
		6	11	13.20	5.625	.85	1.20		
		8	11	13.20	5.625	.85	1.20		
		10	11	13.20	5.625	.80	1.15		
平均		11	13.20	5.625	.59	1.23	4.573	102.5	
6 號	7. 20	11	13.20	5.625	.60	1.20			
		23	11	13.20	5.625	.30	1.35		
		25	11	13.20	5.625	.30	1.30		
		27	11	13.20	5.625	.50	1.25		
		29	11	13.20	5.625	.80	1.20		
	8. 2	31	11	13.20	5.625	.85	1.15		
		11	11	13.20	5.625	.90	1.10		
		5	11	13.20	5.625	.65	1.15		
		7	11	13.20	5.625	.45	1.20		
		9	11	13.20	5.625	.80	1.10		
平均		11	13.20	5.625	.62	1.20	4.088	100.0	

表 27. カーリットによる爆破試験成績

雷管別	日	孔數 本	全孔長 m	ダイ量 kg	残孔長 m	延 m	m當ダイ量 kg/m	比較 %
10 號	8. 12	11	13.10		.15	1.20		

	14	11	13.20		.25	1.30		
	16	11	13.20		.50	1.20		
	19	11	13.20		.20	1.40		
	21	11	13.20		2.60	1.00		
	23	11	13.20		.25	1.30		
	25	11	13.20		.80	1.10		
	27	11	13.20		.75	1.10		
	29	11	13.20		.60	1.15		
	31	11	13.20		.40	1.25		
平均		11	13.20	5.625	.65	1.20	4.688	97.5
6號	8. 11	11	13.10		.20	1.40		
	13	11	13.20		.15	1.40		
	15	11	13.20		.40	1.10		
	17	11	13.20		.50	1.20		
	20	11	13.20		.85	1.20		
	22	11	13.20		.40	1.30		
	24	11	13.20		.50	1.15		
	26	11	13.20		.50	1.20		
	28	11	13.20		.80	1.10		
	30	11	13.20		.45	1.20		
平均		11	13.20	5.625	.48	1.23	4.573	100.0

表 28. カーリットによる爆破試験成績

雷管別	日	孔數 本	全孔長 m	ダイ量 kg	残孔長 m	延 m	m當ダイ量 kg/m	比較 %
15號	7. 2	11	13.20	5.625	.60	1.35		
	4	11	13.20	5.625	.25	1.20		
	6	11	13.20	5.625	.50	1.20		
	9	9	11.70	4.725	.15	1.15		
	11	11	13.20	5.625	.70	1.15		
	13	11	13.20	5.625	.45	1.20		
	15	11	13.20	5.625	.20	1.30		
	17	11	13.20	5.625	.25	1.30		
	19	11	13.20	5.625	.10	1.30		
	23	11	13.20	5.625	.50	1.25		
平均		10.8	13.05	5.535	.37	1.24	4.464	103.3
6號	7. 3	11	13.20	5.625	.45	1.25		
	5	11	13.20	5.625	.40	1.30		
	8	11	13.20	5.625	.10	1.30		
	10	11	13.20	5.625	.50	1.15		
	12	11	13.20	5.625	.55	1.20		
	14	11	13.20	5.625	.65	1.10		
	16	11	13.20	5.625	.40	1.30		
	18	11	13.20	5.625	.45	1.25		

	20	11	13.20	5.625	.50	1.15		
	22	11	13.20	5.625	.30	1.20		
平均		11	13.20	5.625	.45	1.22	4.611	100.0

表 29. カーリットによる爆破試験成績

雷管別	日	孔数 本	全孔長 m	ダイ量 kg	残孔長 m	延 m	m当ダイ量 kg/m	比較 %
20 號	3	13	14.20	6.075	.60	.95		
	5	13	13.70	6.075	3.50	.70		
	7	13	13.80	6.075	2.40	.80		
	9	13	13.70	6.075	2.00	.90		
	11	13	13.90	6.075	.60	.95		
	13	13	13.80	6.075	.65	.95		
	15	13	13.80	6.075	2.40	.80		
	17	13	13.70	6.075	2.10	.85		
	19	13	13.80	6.075	2.40	.90		
	21	13	13.80	6.075	1.65	.80		
平均		13	13.83	6.075	1.83	.86	7.064	103.6
	9.2	13	14.30	6.075	2.40	.95		
6 號	4	13	13.80	6.075	2.30	.80		
	6	13	13.90	6.075	2.40	.80		
	8	13	13.90	6.075	2.30	.80		
	10	13	14.00	6.075	2.40	.85		
	12	13	13.80	6.075	3.20	.70		
	14	13	13.80	6.075	2.00	.80		
	16	13	13.80	6.075	2.40	.85		
	18	13	13.80	6.075	2.30	.85		
	20	13	13.90	6.075	2.00	.85		
平均		13	13.90	6.075	2.37	.83	7.319	100.0

表 30. カーリットによる爆破試験成績

雷管別	日	孔数 本	全孔長 m	ダイ量 kg	残孔長 m	延 m	m当ダイ量 kg/m	比較 %
24 號	8.22	11	13.40	5.625	.40	1.15		
	24	11	13.20	5.625	.80	1.10		
	26	11	13.20	5.625	2.65	.90		
	28	11	13.40	5.625	1.25	1.15		
	30	11	13.20	5.625	.10	1.30		
	1	11	13.20	5.625	.10	1.35		
	3	11	13.20	5.625	.25	1.20		
	5	11	13.20	5.625	.45	1.15		
	7	11	13.20	5.625	.20	1.30		
	9	11	13.40	5.625	.30	1.30		
平均		11	13.26	5.625	.65	1.19	4.727	100.0
6 號	8.21	11	13.60	5.625	.80	1.10		

23	11	13.20	5.625	1.80	1.00		
25	11	13.20	5.625	.45	1.30		
27	11	13.20	5.625	.50	1.30		
29	11	13.20	5.625	.80	1.20		
31	11	13.40	5.625	.25	1.35		
2	11	13.20	5.625	.35	1.15		
4	11	13.20	5.625	.85	1.15		
6	11	13.20	5.625	.50	1.20		
8	11	13.20	5.625	.90	1.15		
平均	11	13.26	5.625	.75	1.19	4.727	100.0

この成績に就きまして 先づダイナマイトに依る成績から見ますと、雷管の効果は標準 10 號雷管が最大點で、夫れより雷管の威力を増しても効果に影響のないことが知られます。即ち各平均成績の比較値ばかりを摘記しますと次のようであります。

雷管及導火線の別	比較 (%)
6 號雷管に普通導火線併用	100.0
8 號雷管に焰長 300 mm 導火線併用	105.8
9 號 „ „	113.4
10 號 „ „	117.1
15 號 „ „	109.7
20 號 „ „	115.3
24 號 „ „	115.2

此の成績は各號雷管に依る殉爆度試験の成績と能く一致して居ります。(表 17 参照) 即ち同じ爆薬で最もよい殉爆度を發揮させた雷管は爆薬を完爆させるものでありまして、従つて爆薬が其の状態に置かれた際、爆力の最高度を現はすに至るものと思ひます。此の意味より導火線焰長の効果は前述しましたように 300 mm 程度のものが最も良好であります。仍て今回使用しました桐印の如き普通ダイナマイトに於ける起爆効果は標準 9 號乃至 10 號に焰長 300 mm 導火線を併用することによりまして、其の最大値を發揮せしめ得ることが判ります。

次にカーリットに依る爆破成績を見ますと之れはダイナマイトの場合のように其の差が顯著に現はれません。即ち其の平均の比較値を摘記しますと次のようであります。

雷管及導火線の別	比較 (%)
6 號雷管に普通導火線併用	100.0
8 號雷管に焰長 300 mm 導火線併用	102.5
10 號 „ „	97.5
15 號 „ „	103.3
20 號 „ „	103.6
24 號 „ „	100.0

即ち雷管威力の大小に依るカーリットの效力差は至つて僅少でありまして、然かも岩石の變化に伴ふ影響が多分に加味されますため、中には 10 號雷管の場合のように逆轉した成績も生ずるに至りました。斯のようにカーリットの效力差が僅少なことは殉爆度試験や爆速試験に於て、其の變化が極めて少いことから容易に首肯されるものでありまして、この試験のように岩



石の状態や其の他色々の条件の加味される方法で、適確に其の差を求めることは困難なのでありませう。然し大體に於て、カーリットに於きましても使用雷管は成るべく強大な程効果のあることが判断されます。

雷管の威力は普通市販のものでも窒化鉛雷管、テトリール雷管等、其の威力が標準雷管の9號乃至10號に匹敵するものが少くない。即ち前述の各試験の雷管中でもA, B, C, J, M, O, 等は殆ど其の威力が標準雷管の9號に近い。そして之等のものの値段は標準雷管の6號より寧ろ廉いのであります。又導火線の焰長を最有效な300mmに改めても値段が殊更高くなるものとは思はれませぬ。又この程度のもは燃焼速度にも變化を與へず。使用量の増加を來すと言ふような憂はありません。

故に雷管、導火線とも上述の程度のものを採用しましても、之れが爲め特に經費を昂める心配はありませんので、私共使用者としましては、充分吟味して有效なものを選択採用することが肝要な譯であります。従て又製造せられる向に於かれましても、優良なものを作つて供給せられるよう希望する次第であります。

## 5. 結 言

爆破作業の能率を増進させるためには、猶ほ多くのことに就て研究せねばなりません。茲では岩石の爆破抵抗力、即ち Blastability より見た岩石の硬さと、夫れに伴ふ装薬適量の検討、爆薬の種々なる抵抗に於ける爆速變化の状態及爆薬に最大威力を發揮させる雷管、導火線の決定等に就て、凡そ今日まで行ひました諸種試験と其の結果を申述べたのであります。試験の經過中には種々不備な點もあり、又疑問とした所も尠くありませんでしたが、先づ大體に於て其の傾向を知ることが出来たと思ひます。

岩石の Blastability や爆破の効果を論じますには、與へられた爆薬に最大威力を發揮させる状態に於て比較したものを根據としなければなりません。爆薬は周囲の抵抗や起爆の方法によつて著しく爆力に變化を生じ又其の變化の状態も種類によつて甚だしく相違しますので常に最良の條件を與へ、最大の威力を發揮させることに依つて、初めて正しい比較をすることが出来るのであります。此の點を無視して行はれた區々の爆破結果は比較上其の價値がありません。又實際の作業に當りましても深くこの點に留意して行ふことが、爆破の能率を増進させる上に極めて肝要なのであります。

岩石の Drilling に對する硬さと Blasting に對する硬さは現在日本鑛業會の研究題目になつて居るのであります。それで Drillability に關しましては色々亦試験をして居りますので、何日か折を見てお話申上げる機会があると存じますが、Blastability に關しますことは、大要申述べた様な次第で御座います。

長時間御静聽を得まして有難ふ御座いました。

(終)

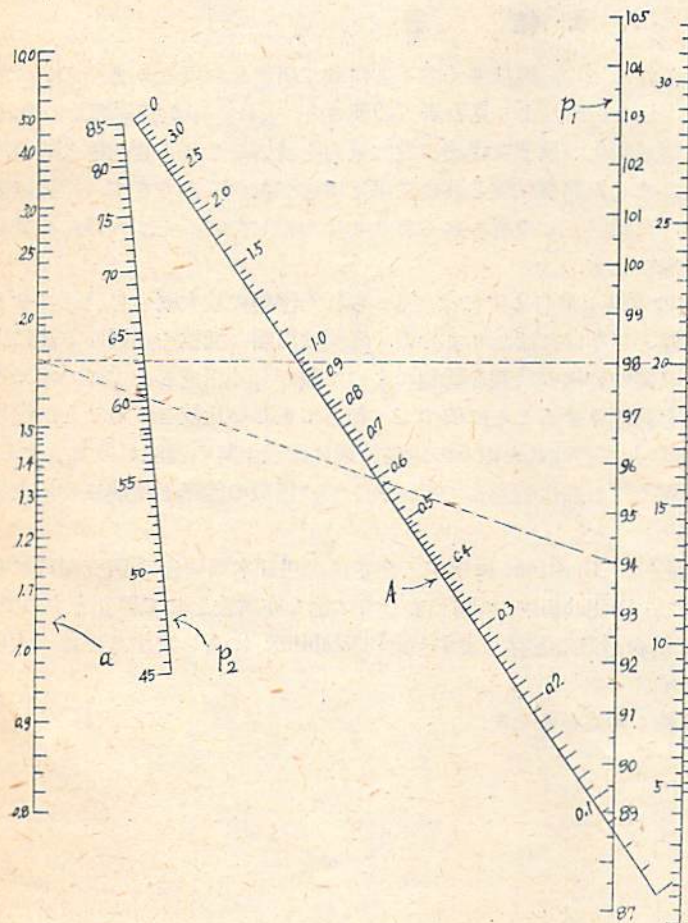
火薬工場に必要なる酸に就て (II)

會 員 木 村 巽

(二)・バーナーガスの乾燥量に硫酸所要量

硫酸所要量は使用始めの濃度と最後の濃度により左右せられる事は勿論である。今其計算法と圖表を示す事にする。

- $p_1$  …… 使用硫酸の濃度
- $p_2$  …… 使用後の硫酸の濃度
- $a$  …… 1 噸の水を吸収するに要する硫酸量
- $a = \frac{p_2}{p_1 - p_2}$
- $w$  …… 乾燥前の瓦斯中の水分  $g/m^3$



或は 封度/1,000 立方呎單位なれば  $w/16.02$  計算には 1,000,000 立方呎を單位に取る方が便利である。(圖 18 中 A) からこれを用ふる事になると  
水分 =  $0.02787 w / 11,000,000$  立方呎

此乾燥に必要なる硫酸量  $A = 0.02787 w \frac{p_2}{p_1 - p_2}$  噸となる  
これを圖表で出すと圖 18 となる。これは説明はせずとも例があるから判明する事と思ふ。

普通白金法に於ては  $w = 0.02 \sim 0.07 g/m^3$   
5 酸化バナジウム法では  $w = 0.3 \sim 0.5 g/m^3$  ではないかと思ふ。乾燥用硫酸はその不純物を検査する必要がある。特に其砒素含有量及ハロゲン含有量が重要である。ある工場で乾燥硫酸の冷却管(中を冷却水が通る)の表面に夏季一面に水が凝結して其水が多量の鹽分を含有して居た(工場は海岸にあつた)所の凝結水が酸中に入った爲めに