

尚本稿の内容は昭和36年4月22日工業火薬協会講演会で発表したものに若干加筆したものである。

文 献

- 1) E. Burlot : 火協, 2, 153 (1940)
- 2) 南坊平造 : 火協, 1, 62 (1939) : “採鉱火薬学” p.67 (1950)
- 3) E. Jones : Proc. Roy. Soc. A 120, 603 (1928)

- 4) 末光啓吾 : 工火協講演会 (1957年11月)
- 5) 山本祐徳 : 火協, 3, 285 (1941)
- 6) 鈴木富治 : 火協, 2, 226 (1941)
- 7) 大原正・坂本勝一 : 工火協, 13, 101 (1952)
- 8) 井田一夫 : 工火協 (未発表)
- 9) 横川六雄他 : 日化社内報 (未発表)
- 10) Dynamit A.G. : PB 74729

The Relation between the Power of Explosives and that of Detonators

by Kazuo Ida and Taketo Arimura

The relationship between the power of explosives and that of detonators has not necessarily been confirmed. The purpose of this experiment is to find whether the power of explosives changes with the power of initiation or not.

The results of gap test, Haid test, Hess test, critical diameter test and the measurements of detonation velocity of explosives give the following conclusion.

In case of the explosives which are ne-

wly manufactured and stored in good conditions, the power is independent upon the strength of detonators. However, when the explosives become deteriorated after the long storage in bad conditions, the power is strongly dependent on the initiating strength of detonators.

Accordingly fresh explosives need not a strong detonator but desensitized explosives need a strong detonator.

ダイナマイトのストレングスに就て

渡 辺 弘 道*

1. 緒 言

ダイナマイトの爆力は弾動振子試験、弾動臼砲試験、鉛壺試験の成績に依つて表わされるが、この外欧米ではストレングスという言葉で一般に表わされている。最近日本のダイナマイト輸出が盛んになりつつあるが其の仕様書にストレングスの項目が示されているので具体的に其のストレングスの値を求める必要が生じて来た。筆者はその必要に迫られて、入手し得る範囲の文献からストレングスの具体的な計算について調査研究した。本稿はその結果で、諸賢の御教示を得て、完全なものにしたい。

ストレングスによる爆力の比較は稍々もすると難解

に見えるようであるが、実際にはそうでない。爆力を爆力に正比例しないストレートダイナマイトの NG% をもつて表わすと云う点及び、バルクストレングスに於ては本来の仮比重をもつた各グレードのストレートダイナマイトの標準薬包のいずれかの爆力と等しい爆力を同一標準薬包の試験ダイナマイトが示す場合、その爆力をそのストレートダイナマイトの NG% で表わすという点に鍵があるので、この点を理解すればストレングスの難解は解決する筈である¹⁾。又吾々が弾動振子試験に 60% 桜を 78.8mm、弾動臼砲試験に TNT の $1 - \cos\theta$ を 100、鉛壺試験のピクリン酸の拡大容積を 310cc に採ることは、後述する Relative Weight Strength の表示形式を採用しているのである。

昭和36年7月19日受理

* 日本油断株式会社本社火薬部

要するに、爆薬の爆力を比較する方法には、

- ① 同一薬量の示す爆力を比較する、
- ② 同一容積の中に入る薬量の爆力をもつて比較する、

③ 同一爆力を与える薬量を比較する(UDC, CUP)ことが実施されているのである。以下述べる内容は①及②の方法につき、基準爆薬としてストレートダイナマイト、プラスチック・ゼラチン及び TNT を使用して比較する方法である。

工業爆薬のストレングスに就いては、既に昭和31年初頭より、工業火薬協会²⁾が爆力研究委員会を組織し諸検討を経て一つの基本線を確立し、それを公表した。その報告に於ては、筆者が4種類の内容の異なるストレングスに分けて理解する代りに全体を%ストレングスで解釈しようとした。

表 1

爆力の表示方式	基準爆薬の種類	ストレングスの種類	
		重量単位	容積単位
基準爆薬の爆力に対する%で表わす方式 (Relative 方式)	プラスチックゼラチンを100%とする。尚他の爆薬が使用される。	Relative Weight Strength	Relative Bulk Strength
爆力をストレートダイナマイトの含有するNG%で表わす方式 (equivalent grade 方式 或いは単に grade 方式)	各グレード Grade のストレートダイナマイト	Grade Strength	Bulk Strength

2. Strength の定義

ストレングスは以下述べるように、その内容に依り4種類に分類される。然しこれらを表わすに種々の名称が用いられて、その理解を困難ならしめている。即ちストレングスを表わす言葉として、% Strength, Grade Strength, Weight Strength, Bulk Strength, Volume Strength, Cartridge Strength, Relative Weight Strength, Relative Bulk Strength, Relative Weight Strength, 等がある。筆者はその適当性は別として、本稿の記述の内容を判然とするため表1のように規定して用いる。4種類を総称してストレングスと称する。

次にこれらの定義について述べる。

Relative Weight Strength: プラスチックゼラチンの爆力を基準とし、同一薬量に依るプラスチックゼラチンの爆力に対する供試ダイナマイトの爆力の比例値%を以つて表わす。即ち供試ダイナマイトの爆力

を基準爆薬の薬量に換算した値である。

Relative Bulk Strength: プラスチック・ゼラチンが装填された標準薬包(例えば $1\frac{1}{4}'' \times 8''$) の爆力を基準とし、これと同一薬包に装填された薬量で供試ダイナマイトが与える爆力のプラスチック・ゼラチンの爆力に対する比例値%を以つて表わす。即ち標準薬包にはいる供試ダイナマイトの薬量を基準爆薬量に換算した値である。

Grade Strength: 同一薬量で供試ダイナマイトと同一爆力を与えるストレートダイナマイトの含有するニクログリセリンの%を以つて表わす。

Bulk Strength: 標準薬包に装填される供試ダイナマイトの爆薬量に依る爆力と、同一標準薬包に装填されるストレートダイナマイトの薬量に依る爆力とが相等しいストレートダイナマイトのニトログリセリンの%を以つて表わす。

尚此の外爆力を示す言葉として次のものがある。

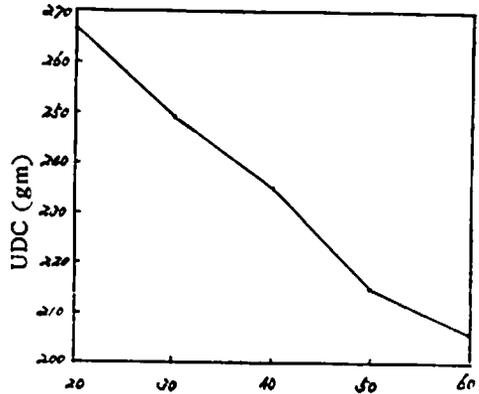


図 1 Grade と UDC との関係 (表3の1)

UDC (Unit Deflective Charge)

米国 Bureau of Mines に於ける UDC とは P. T. S. S. dynamite (Pittsburgh Testing Station Standard dynamite) の $227 \pm 0.5g$ に依る Bureau of Mines ballistic pendulum の振幅と同一振幅を与える試験爆薬の薬量を g で表わした値である。P. T. S. S. dynamite の成分はニトログリセリン 40%, 硝酸ソーダ 44%, ウッドパルプ 15%, 炭酸カルシウム 1%で、直径 $1\frac{1}{4}$ in. 長さ 8 in. のパラフィン附薬包に装填して、その重量を $\frac{1}{2}$ ポンドとなしたものである。この基準爆薬を 40 percent standard dynamite という³⁾。ストレートダイナマイトの UDC は図1に示す様である。

CUP (Coefficient d'utilisation pratique)

仏国で爆力を比較する言葉で基準爆薬と同一爆力を与える供試爆薬量の逆数である。弾動臼砲試験成績に

依る場合は、一般に使用される関係式 $CUP = (1 - \cos\theta)/(1 - \cos\theta_0)$ となり、鉛錘試験成績に依る場合は次の様にして求める。

基準爆薬（ピクリン酸） C_1 g 及（供試爆薬 α +基準爆薬 β ）g により夫々 V_1 及 V_2 cc の鉛錘拡大容積を得たとする。次に後者試料と同等の効果を表わす基準爆薬の量 C_2 g を次式から求める。

$$\frac{C_1}{C_2} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{0.8}$$

CUP は次式から計算する。

$$CUP = 100 (C_2 - \beta) / \alpha$$

3. ストレングスに於ける基準爆薬

日本では、弾動振子試験には60%桜ダイナマイト、弾動臼砲試験には TNT ($d=0.96$)、鉛錘試験にはピクリン酸 ($d=1.0$, 80mé pass) を爆力測定の基準爆薬として使用するが、欧米ではストレートダイナマイト、プラスチック・ゼラチン等も使用されている。

American Institute of Mines of Explosive はストレングスの基準爆薬として表2の grade のものを示した⁵⁾。

表 2

Straight Dynamite	5	10	15	20	40	50	60%
Ammonia Dynamite	20	30	33	40	50	60%	
Gelatine Dynamite	25	30	35	40	60	80	100%

Marshall⁶⁾ に依ればこれらの基準爆薬の成分（分析値）等は表3の通りである。

以下基準爆薬に対する爆力成績を示す。東大山本教授のストレートダイナマイトに対する $(1 - \cos\theta)$ の実測値は表4の通りである⁷⁾。

昭和32年8月2日爆薬技術懇談会で山本教授より中

表 3 の 1 Straight Dynamites

Grade	20	30	40	50	60
Nitroglycerine	20.2	29.0	39.0	49.0	68.5
Carbonaceous Matter	15.4	13.7	13.8	14.6	18.2
Sulphur	2.9	2.0	—	—	—
Sodium Nitrate	59.3	53.3	45.5	34.4	22.6
Anti-acid	1.3	1.0	0.8	1.1	1.2
Moisture	0.9	1.0	0.9	0.9	1.2
Density	1.36	1.32	1.32	1.32	1.30
UDC	267	249	235	215	206
Tranzl Test (cc/g)	21.9	—	30.9	—	36.5

表 3 の 2 Ammonia Dynamites

Grade	20	30	40	50	60
Nitroglycerine	12.0	12.6	16.5	16.7	22.5
Ammonium Nitrate	11.8	25.1	31.4	43.1	50.3
Sodium Nitrate	57.3	46.2	37.5	25.1	15.2
Carbonaceous Matter	10.2	8.8	9.2	10.0	8.6
Sulphur	6.7	5.4	3.6	3.4	1.6
Anti-acid	1.2	1.1	1.1	0.8	1.1
Moisture	0.8	0.8	0.7	0.9	0.7
Density	1.30	1.31	1.28	1.26	1.28
UDC	272	256	242	233	224
Tranzl Test (cc/g)	19.9	—	27.5	—	34.7

表 3 の 3 Gelatin Dynamites.

Grade	20	30	40	50	60	80	100
Nitroglycerine	20.2	25.4	32.0	40.1	49.6	65.4	91.0
Nitrocottons	0.4	0.5	0.7	0.8	1.2	2.6	7.9
Carbonaceous Matter	8.5	9.4	11.2	10.0	8.3	10.1	0.2
Sulphur	8.2	6.1	2.2	1.3	—	—	—
Sodium Nitrate	60.3	56.4	51.8	45.6	38.9	19.5	—
Anti-acid	1.5	1.2	1.2	1.2	1.1	1.7	0.8
Moisture	0.9	1.0	0.9	1.0	0.9	0.7	0.1
Density	1.66	1.64	1.56	1.53	1.50	1.40	1.37
UDC	300	281	260	240	222	193	158
Tranzl test (cc/g)	20.6	—	25.4	—	33.3	41.2	47.6

表 3 の 4 Ammonia Gelatine

Grade	30	40	50	60	80
Nitroglycerine	229	26.2	29.9	35.3	38.3
Nitro Cottons	0.3	0.4	0.4	0.7	0.9
Carbonaceous Matter	8.3	8.0	8.0	7.9	4.3
Sulphur	7.2	5.6	3.4	—	—
Sodium Nitrate	54.9	49.6	43.0	23.5	19.1
Ammonium Nitrate	4.2	8.0	13.0	20.1	34.7
Anti-Acid	0.7	0.8	0.7	0.8	0.9
Moisture	1.5	1.4	1.6	1.7	1.8
Density	1.60	1.56	1.49	1.43	1.39
UDC	273	262	250	235	216
Tranzl Test (cc/g)	—	23.6	—	32.9	41.4

表 4

爆薬	20%	30%	40%	50%	60%	松	TNT
$(1 - \cos\theta) \times 10^4$	270	296	319	360	376	505	311
臼砲比	87	106	106	116	121	162	100

開発表のあつた、日本国内のダイナマイト製造各社より提出されたダイナマイト試料についての弾動臼砲成績中より松ダイナマイト及び TNT の爆力(Relative Weight Strength) の比較値を示すと次の通りである。

表 5

松ダイナマイト	100%	159%
T N T	62.5%	100%

此の關係を用いて、臼砲比からプラスチック・ゼラチンを 100%とする Relative Weight Strength に換算することが出来る。

昭和27年3月日本油脂で実測した Bureau of Mines の示した成分の各種ダイナマイトの弾動臼砲成績、昭和28年2月日本化薬⁹⁾に於ける同一成分に対する成績、Bureau of Mines に於ける⁹⁾成績及び米国の成る文献に示された弾動臼砲成績を示すと表6の通

りである。

最近日本油脂で基準爆薬について実測した成績は次の通りである。

イ) 昭和31年9月29日実測(表7参照)

ロ) 武豊工場で工場的規模で製造した松ダイナマイトの臼砲比は 160であつた。

ハ) 昭和34年9月実測

グレード7%及び 15%の配合成分は 20~60%グレードの配合成分の傾向から筆者が仮に求めたものである。(表8参照)

ニ) 昭和35年10月22日実測

Bureau of Mines が Gelatien Dynamite について発表した成分のものを試製し、弾動臼砲試験を実施した。(表9参照)

日本油脂武豊工場村田研究部長の好意により、米国 Bureau of Mines の Glenn H. Damon 氏 (Assistant Chief, Division of Explosives Technology) よりストレートダイナマイトの Ballistic Mortor

表 6 基準爆薬に対する爆力試験成績

基準爆薬の種類	Grade (%)	Δ	日本油脂			Bureau of Mines			米国の文献 (TNT = 100)
			臼砲 (1-cosθ) × 10 ⁴	振子 (mm)	日本化薬 振子 (mm)	UDC(g)	Relative Weight Strength(%)	Relative Bulk Strength(%)	
Straight Dynamite	20	1.36	219	47.5	56.3	267	59.2	58.7	—
	30	1.32	240	50.5	—	249	63.5	61.1	—
	40	1.32	276	54.8	67.7	235	67.2	64.8	94.5
	50	—	—	—	—	—	—	—	102.5
	60	1.30	323	62.0	74.2	206	76.7	72.8	114
Gelatine Dynamite	20	1.66	213	49	52.8	300	52.7	63.8	74
	30	1.64	—	—	—	281	56.2	67.3	79
	40	1.56	256	55.5	62.4	260	60.8	69.2	84.5
	50	—	—	—	—	—	—	—	90.5
	60	1.50	304	63.3	71.8	222	71.2	77.9	99
	80	1.40	360	69.0	—	192	82.3	84.1	—
Ammonia Gelatine	30	1.60	228	50.7	—	273	57.9	67.5	83
	40	1.56	253	54.6	60.6	262	60.3	68.6	88
	50	1.49	279	56.0	—	250	65.8	73.5	92
	60	1.43	311	59.6	67.3	235	67.2	70.2	97.5
	80	1.39	364	67.1	75.0	216	73.1	74.2	—
Ammonia Dynamite	20	1.30	—	—	53.8	272	58.1	55.1	81
	30	1.31	—	—	—	256	61.7	59.0	—
	40	1.28	—	—	64.8	242	65.3	61.0	91
	50	1.26	—	—	—	233	67.8	62.4	99
	60	1.28	—	—	72.9	224	70.5	65.9	109
Blasting Gelatine	100	1.37	—	—	94.0	158	100	100	—
						弾動振子試験装置に依る成績	同 左	同 左	

Strength に於けるニトログリセリンのパーセントと TNT を 100とした場合の関係を手に入れることが出来た(昭和34年8月)。これは直線で TNT 100 に対するニトログリセリン・パーセントは 50, TNT 125にはニトログリセリン・パーセント 80 が対応する(図 2 参照)。氏はこの直線は略近的のものであると附言していた。

以上記述した実験成績の中、弾動臼砲試験に依る値を図 2 に示した。筆者が本稿に於いてグレード%と臼砲比(TNT=100)との関係について基準曲線を選定することについては後述する。

表 7

	TNT	20%	40%	60%	松ダイナマイト
θ	13°— 20'	11°— 15'	12°— 25'	14°— 0'	16°— 30'
$(1 - \cos \theta) \times 10^4$	270	192	234	297	420
臼砲比	100	71	87	110	155
Δ	0.97	1.36	1.32	1.30	1.51

表 8

	TNT	7%	15%	20%	60%	松ダイナマイト
臼砲比	100	64	71	79	112	162
配合成分	NG	7	15	20.4	57.4	
	NaNO ₃	67	63	59.9	23.0	
	WM	17	16	13.3	18.4	
	Starch	3.6	1.6	2.6	—	
	S	1.4	1.4	1.3	1.2	
Δ	0.96			1.36	1.30	1.51

表 9

	TNT	40%	60%	80%	100%
臼砲比	100	92	111	130	169
Δ	0.96	1.54	1.53	1.52	1.53

4. Strength の求め方

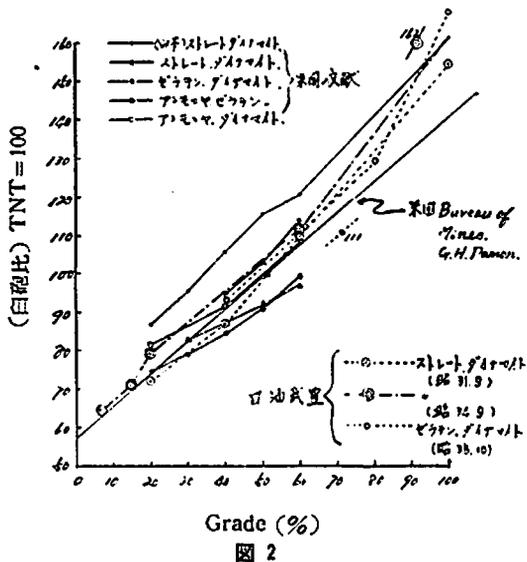
(1) 実測法

イ) Relative Weight Strength 及び Grade Strength.

Relative Weight Strength : 此れは一般に規定薬量で各種の爆力測定装置を使用して求める値で、基準爆薬の値との比を求めれば良い、此の場合ストレングスの定義上の基準爆薬に就いて必ずしも実施する必要はなく、適切な副基準爆薬(例えば TNT)を選定し、予めこの副基準爆薬との比較値を実験的に求めておき

基準爆薬に対する値に換算すればよい。

Grade Strength : 各グレードのストレートダイナマイト及びプラスチック・ゼラチンの 10g について弾動臼砲試験或いは其の他の爆力測定装置を使用し、これらの爆力を実測する。一つの基準爆薬(例えばプラスチック・ゼラチン)〔又は副基準爆薬(例えば



Grade (%)

図 2

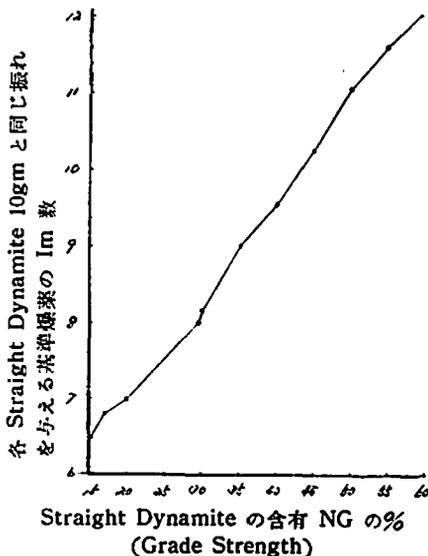


図 3 (B.L.Lebelsky の文献に依る)

TNT)を選び、この 10g に依る爆力と上記の各爆薬の成績から各爆薬 10g と同じ成績を与える、この選定した基準爆薬(又は副基準爆薬)に依る量を算出し、これらとストレートダイナマイト及びプラスチック・ゼラチンの Grade の関係曲線を例えば図 3 の如く求める。筆者の提案する此の関係曲線に就いては後

述する(図8)。次に供試爆薬の10gを使用して弾動臼砲試験成績を求め、これと同一振れを与える基準爆薬量を算出する。この量を図3の曲線に適用してそのグレード即ち Grade Strength を求める。

ロ) Relative Bulk Strength 及び Bulk Strength.

Relative Bulk Strength: この場合も供試爆薬と基準爆薬を標準薬包に装填してその爆力を試験し、基準爆薬に対する比例値を求めれば得られる。標準薬包の大きさは爆力試験装置に依つて異なる。

Bulk Strength: 各グレードのストレートダイナマイト及びプラスチック・ゼラチンについてその本来の仮比重で標準薬包の大きさに装填して、その爆力を試験し、爆力とグレードとの関係曲線を作成しておく。供試爆薬を標準薬包に装填して爆力を試験し、上記の関係曲線より Bulk Strength を求める。

(2) 計算による方法

我々が一般に一定量の試料で、弾動振り子、弾動臼砲等の試験装置を使用して成績を求めることは、Relative Weight Strength を求めることであつて、これらを計算で求めることはない。かくして得られた Relative Weight Strength を基礎にして、Relative Bulk Strength 及び Bulk Strength は次の様にして計算することができる¹⁰⁾。然し計算値は略近的値を示すものであるから、その爆薬の正確な値は実測によつて求むべきである。

イ) Relative Bulk Strength を計算する方法

Relative Bulk Strength とは或る与えられた爆薬(A)の標準薬包の爆力(=A爆薬の Relative Weight Strength × A薬包の薬量)と、それと同一容積の基準爆薬薬包の爆力(=100 × 標準薬包の基準爆薬の薬量)との比例値(%)であるから次の関係式となる。

$$\begin{aligned} \text{A 爆薬の Relative Bulk Strength} &= \frac{(\text{A 爆薬の Relative Weight Strength})}{(100)} \\ &\quad \times \frac{(\text{A 薬包の薬量}) \times 100}{\text{標準薬包の基準爆薬量}} \\ &= \frac{(\text{A 爆薬の Relative Weight Strength})}{(\text{標準爆薬の})} \\ &\quad \times \frac{(\text{A 爆薬の仮比重})}{(\text{仮比重})} \end{aligned}$$

ロ) Grade Strength より Bulk Strength を計算する方法

B.L.Lebelsky の文献に¹¹⁾ 示された方法を紹介する。この方法の要旨は、標準薬包に装填された基準爆

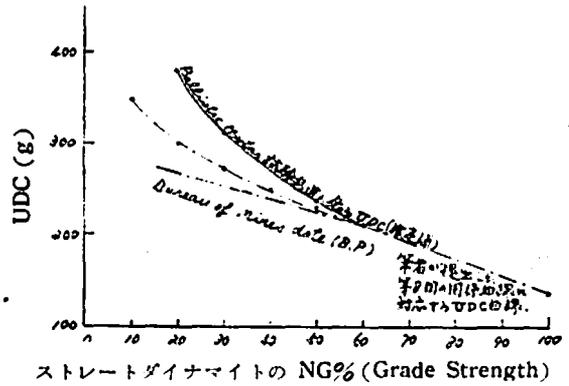


図 4

薬量及び供試爆薬量を考える。この薬包中にはいる供試爆薬量を Relative Weight Strength の関係から基準爆薬の薬量に換算する。この量即ち標準薬包内の薬量を単位として UDC を求め、UDC とグレード・パーセントとの曲線(図4)から、この UDC に対応する Grade Strength を求め、これを Bulk Strength とすればよい。

計算例: A爆薬の標準薬包(1 1/4" × 8")の爆薬量が230gで、その爆薬の Grade Strength が58%であるとする。図4の弾動臼砲の曲線から、この58% Grade Strength に対応する UDC は210gである。この値は40% Standard Dynamite の227gに依る振れと同じ振れを与える薬量である。依つてA爆薬の一薬包230gは標準爆薬の249g [(230 × 227) / 210] に相当するから基準爆薬の(249/227)倍の振れを与える。この単位の振れをなすに基準爆薬227gを要するから薬包全体を一つの爆薬と考えて、これが基準爆薬の与える振れと同じ振れをなさしむる薬量が、この薬包全体としての UDC となる。即ち、227 / (249 / 227) = 207g。図4の曲線を逆にとつて UDC 207g の爆薬は60%ストレートダイナマイトの爆力に相当することになり、A爆薬の Bulk Strength は60%と表わされる。

上述した UDC を使用する Grade Strength より Bulk Strength を求める場合の計算経過から供試爆薬の標準薬包の UDC の一般式として次式が得られる。この式で、α は供試爆薬の UDC, N は 22.5kg 箱入の場合の 1 1/4" × 8" 薬包数とする。

供試爆薬標準薬包の

$$UDC = \frac{227}{22500} \alpha N = 1.009 \times 10^{-2} \alpha N \dots (I)$$

筆者は弾動臼砲成績より、Bulk Strength の定義そのものに則して、次の要領で Bulk Strength を求める方法を提案する。

1) ストレートダイナマイトにつき TNT を副基準爆薬として Relative Weight Strength (W_T) を求める。

2) 松ダイに対する TNT の Relative Weight Strength を 62.5% とする。吾々の使用した松ダイナマイトの仮比重は 1.51 であるから、標準薬包として松ダイナマイト 100g が占めるものを使用すればその容積は 66.4cc となる。

3) 各ストレートダイナマイトの Δ から 66.4cc 容積の中に入るそれらの薬量を求め、その薬量に対する爆薬を松ダイナマイトの薬量で表わし (Relative Bulk Strength となる) これらの松ダイナマイトの薬量を各ストレートダイナマイトのグレードに対し図示する(図9参照)。

4) 次に供試ダイナマイトの臼砲成績 (W_T) 及び Δ から 66.4cc に入る供試ダイナマイトの薬量に対応する松ダイナマイトの薬量 [W_{BL}]_{66.4} を求め、これを 3) 項の関係曲線に適用してグレードを求める。これが供試ダイナマイトの Bulk Strength となる。

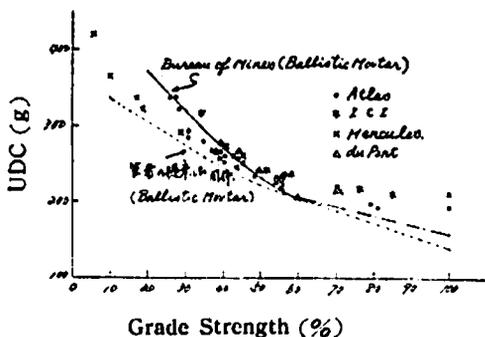


図5 外国ダイナマイトメーカーのカタログに示されたダイナマイトの Grade Strength と UDC (或いは Bulk St.) との関係

上記の [W_{BL}]_{66.4} を数式で示すと次の通りとなる。

$$[W_{BL}]_{66.4} = \frac{66.4 \times 0.625 \Delta W_T}{100} = 0.415 \Delta W_T \dots\dots\dots (II)$$

ハ) 外国ダイナマイト・メーカーの示す Grade Strength と Bulk Strength との関係
du Pont, Atlas, Hercules, ICI の各社のダイナマイト・カタログに示された各ダイナマイトの Grade Strength の値を図4の弾動臼砲関係曲線に適用して、各爆薬の UDC 即ち (I) 式の α を求め、これとカタログに示された N を (I) 式に適用して、各爆薬の標準薬包の UDC を求め、これとカタログに示された Bulk Strength を横軸とつて示すと図5の各

点の如くなる。各ダイナマイトに就き、Bureau of Mines のストレートダイナマイトに対する基準線を用いれば、これらの諸点はその基準線の上になることが期待されるものである。図5に Bureau of Mines の関係及び筆者の提案する基準線図8より求められる関係を示す。この図よりカタログに示された各社の Grade Strength に就て 45% 附近を境として、それより以下の Grade Strength では、Bureau of Mines のストレートダイナマイト基準線より UDC は小、即ち爆力が大であり、45% 以上ではこの基準線より UDC が大、即ち爆力が小なるものに、各社の爆力の基準線が与えられていると推考される。又筆者の提案する基準線に依れば、何れの Grade Strength に就いても、欧米メーカー品の UDC が大即ち爆力が小となつて、同一グレードに於いて欧米のダイナマイトの爆力は筆者の案が示す爆力より小となる。図5の関係で筆者の注意を惹く点は、60% ストレート、ダイナマイトの UDC 207g が全体的に見た欧米各社の UDC 傾向線より小なることで、これは欧米各社のダ

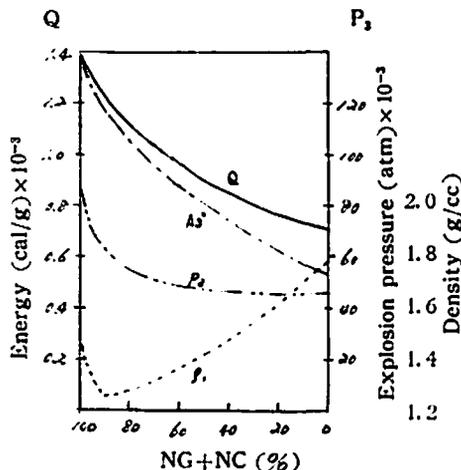


図6 Q, A_3 , P_3 and ρ_1 vs. NG in Straight Gelatin.

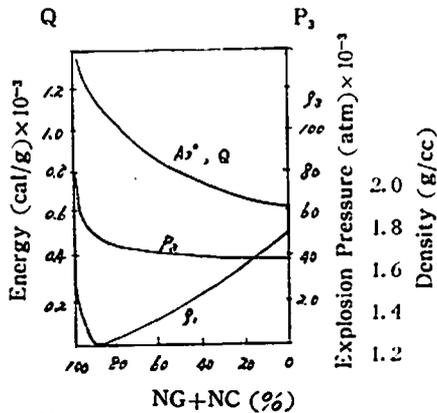
イナマイトに与えられるグレードは相当するストレートダイナマイトの爆力より少ない爆力を示す事になる。(但し、この場合吾々の使用したストレートダイナマイトと欧米のストレートダイナマイトの爆力が実際に等しいかどうかの問題がある)。この点は基準爆薬の項に示したストレートダイナマイト以外の系列の基準爆薬は、ストレートダイナマイトの爆力より小さいことと関係があり、各系列の各社製ダイナマイトは、これ等に対応する系列の基準爆薬の爆力を基礎にして判定しているとも考えられる。然し筆者としては、各系列で比較の基準が異なることは、ダイナマイト全体に亘つての爆力比較と云う点から不合理である

と考える（一系列内だけの比較なら問題はないが）。これらの点について読者諸賢の御教示を得たい。

5. 基準爆薬の Grade 対 Relative Weight Strength 及び Relative Bulk Strength の関係曲線（基準線）

ストレートダイナマイトの最大グレードは60%であるから、グレード60%以上の爆力に対する基準爆薬を設定する必要がある。特に Bulk Strength を考える場合には基準爆薬の仮比重が問題となるので、この点を考えねばならぬ。

American Institute of Makers of Explosive は前述の通り、ストレートダイナマイトの外3種類のストレングス基準爆薬系列を示したが、これらの爆薬の Relative Weight Strength は各グレードに於いて、ストレートダイナマイトの Relative Weight Strength より小であることは、文献に示される通りである。ストレングスの定義をそのまま、正確に適用するとすれば、全グレード範囲に就いて、ストレートダイナマイトの趨勢を満足するものを採用すべきであ



Q, Heat of explosion
 A_3 , Thermodynamic Maximum Available Work
 P_3 , Explosion Pressure
 ρ_1 , Density

図7 Q, A_3 , P_3 and ρ vs grade for (all AN) Ammonia Gelatin

る。依つてストレート、ダイナマイトに就いて得られた実測値の関係から60%以上について拡張する点について考察する。この考察に就いて尚問題となる点はプラスチック・ゼラチンの仮比重である。工場の規模に製造された松ダイナマイトの仮比重は1.5~1.6と称せられ、筆者の実験したものは1.51であった。

然し Bureau of Mines の基準爆薬表に示されたプラスチック・ゼラチンの仮比重は1.37⁽¹²⁾で日本のものと異なる。Damon が示した Grade Strength 対 Relative Weight Strength の基準線は直線であ

り、Grade Strength 100% に対する R. W. S. は142である。仮比重1.37の場合66.4ccに入る量は91gであり、仮比重1.51の場合は66.4ccに100g入る。筆者の得た松ダイナマイトの R. W. S. は160であり、 $160 : 142 \div 100 : 91$ となる。

次に問題となる点は弾動白砲試験法の試料調製の差である。米国 Bureau of Mines では試料量に応じた薬包紙を刻み込んで試験している。日本油脂で実験した日本及び米国のダイナマイトのこの薬包紙に依る影響は表7の如くである。即ち米国のダイナマイトの酸素バランスにより、爆力には差が現われるから基準線の作成に於いて試験法が問題となる。

ストレートダイナマイトに対する実測弾動白砲試験成績と、そのグレードとの関係を図示した図2より明

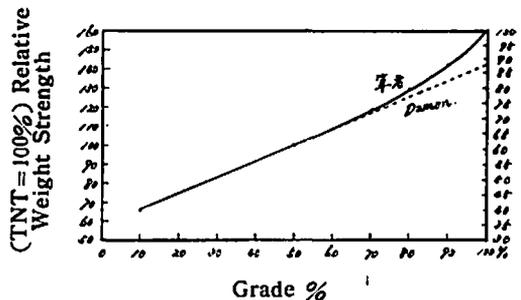


図8 筆者の選定した Grade と Relative Weight Strength (W_T) との関係

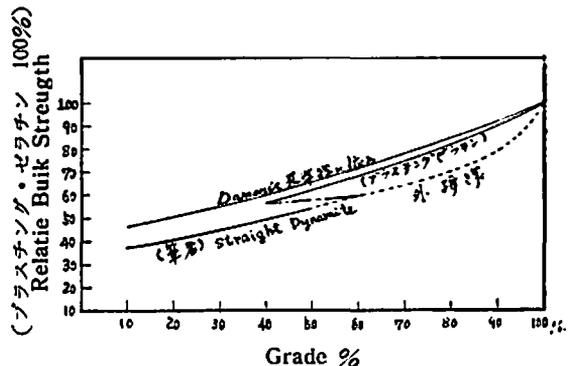


図9 各ストレートダイナマイトの A で66.4ccにはいる薬包の爆力を松ダイナマイトの薬量で表した値=Relative Bulk Strength と Grade の関係

らかなように、米国 Bureau of Mines と日油で得たストレートダイナマイト及びゼラチン・ダイナマイトに対する成績の関係は同一でなく、日油の場合にはストレートダイナマイトとゼラチン・ダイナマイトとは同一直線上にのる。依つて筆者はストレートダイナマイトのグレード60%以上の基準線を日油の成績を基礎にして設定する。

表 7

日本製のダイナマイト			米国製ダイナマイト		
名称	JIS	薬包紙混入	名称	JIS	薬包紙混入
新桐	139	139	Gelobel AA	109	110
白梅	81	81	Monobel AA	117	122
硝ダイ	89	89	Gelamite No. 1	125	129
			Special Gelamite 40%	86	92

- 紙の混入は外割
- 米国のダイナマイトの成績は輸入ダイナマイトに対する日油の実測値

NGが増大するにつれて、ダイナマイトの爆力がいかに変化するかについては Melvin A. Cook の The Science of High Explosive (1958) 270頁に示されている。即ち Straight Gelatine Dynamite (ストレートダイナマイトと異なる点はニトロセルローズを含んでいる点である) 及び Ammonia Gelatine Dynamite (例えば、NG : NC : Charcoal : AN = 71 : 4 : 2 : 23 或は 25 : 1 : 12 : 62) についての計算結果で、夫々図6及び図7に示す通りである。

図2並に図6及び図7の関係から筆者は Grade Str. Relative Weight Strength (TNT=100) 関係値と

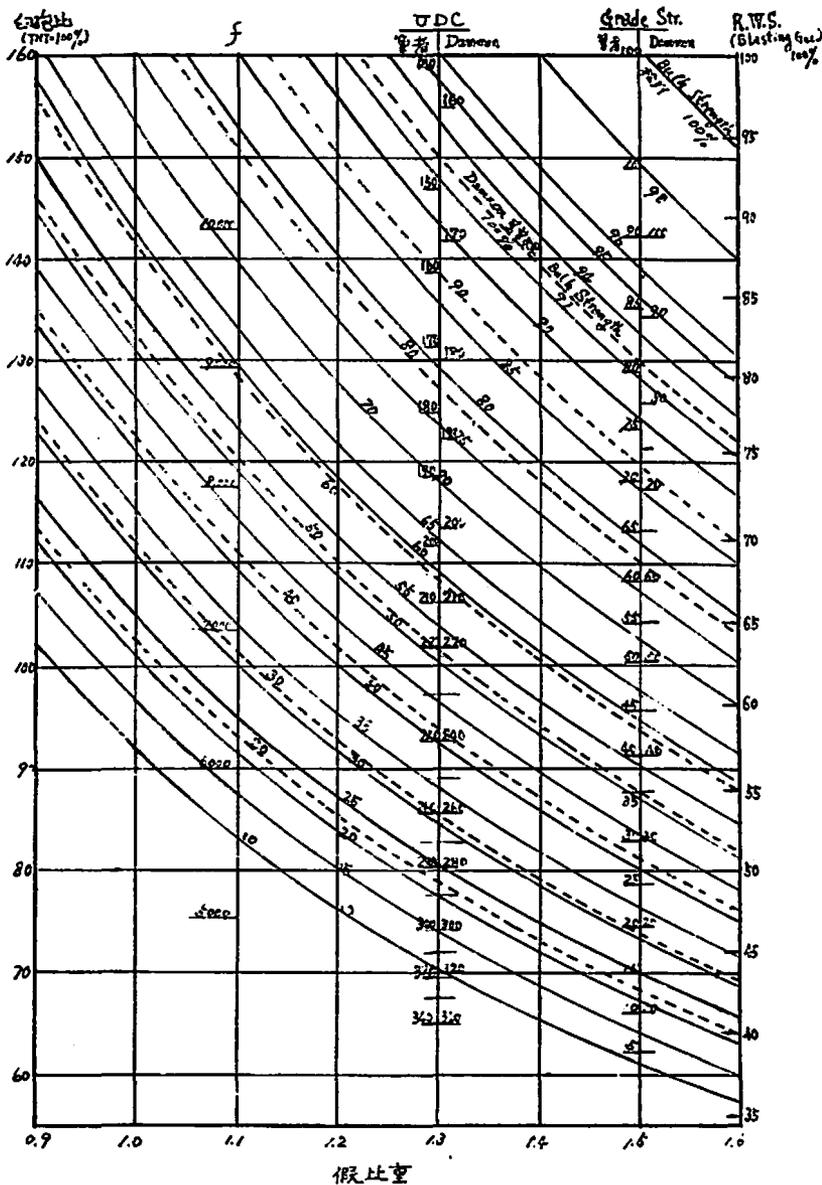


図 10 Strength 計算図表

表 8 筆者及び Damon 基準線に対する関係

Grade (%)	Relative Weight Strength (TNT)		Relative Bulk Strength (松ダイ)	
	筆者	Damon	筆者	Damon
10	66.0	66.0	38.0	46.8
20	74.5	74.5	41.8	52.4
30	82.0	82.0	45.7	56.8
40	91.0	91.0	49.7	62.2
50	100.0	100.0	54.0	67.4
60	108.0	108.0	59.3	72.5
70	118.0	117.0	63.4(1.29)	78.5
80	129.0	125.5	69.6(1.30)	85.0
90	142.0	134.0	77.5(1.32)	92.3
92			80.0	
94			83.0	
95	149.0	138.0	85.0(1.37)	
96			86.5	
98			93.0	
100	160.0	142.0	100.0(1.51)	100

()=仮設比重

して、表 8 に示す値を選定する。この関係を図 8 に示した。次に筆者が提案した、弾動臼砲試験成績から Bulk Strength を求める手順に必要な Grade 対 Relative Bulk Strength の関係値を選定する。これは (Ⅱ) 式から計算されるもので、20~60% のストレートダイナマイト、40~100% のゼラチン・ダイナマイトの実験値について計算すると、図 9 のようになる。欧米ではストレートダイナマイトをグレードだけで規定しているので、筆者もグレード 60% 以上の Relative Bulk Strength の関係を Relative Weight Strength の関係と同一傾向になるように仮定¹³⁾し、この関係を満足する (Ⅱ) 式に於ける仮比重を仮設する。筆者は図 9 に於けるストレートダイナマイト 60% 以上の関係を点線のように外挿する。この関係を満足する仮比重は表 8 の () 内の如くなる。Grade 対 Relative Bulk Strength の関係値を表 8 に示す。尚 Damon の基準線を使用した場合のこれらの関係値を表 8、図 8 及び図 9 に示した。Damon の 70% 以上の Relative Bulk Strength の計算には筆者が求めた仮設比重を使用した。

6. ストレングスの計算図表

Relative Weight Strength を実験的に求めて、これより他の 3 種類のストレングスを求める方法については既に述べた通りであるが筆者は (Ⅱ) 式を利用して、仮比重 (Δ), Relative Weight Strength 及び Bulk Strength の中の二つを与えて、他の一つを容易に求めることの出来る計算図表を作成した。(Ⅱ)

式即ち

$$[W_{BL}]_{66.4} = \frac{66.4 \times 0.625 \times \Delta W_T}{100} = 0.415 (\Delta W_T)$$

に於いて、一つの $[W_{BL}]_{66.4}$ の値、従つて同一の Bulk Strength に対して、1 列の W_T に対応して 1 列の Δ が考えられる。筆者はこの関係を利用して図 10 に示すごとく、 W_T 対 Δ 関係図に就いて、等 $[W_{BL}]_{66.4}$ 線即ち等 Bulk Strength 線を求めた。又この図表には、図 8 及び図 5 より W_T に対する Relative Weight Strength, Grade Strength, UDC の関係を示した。更に各ダイナマイトの爆力実測値 (W_T) とこれらのダイナマイトの計算 f (火薬の力) との関係図から W_T に対して f を読み採ることが出来るようにした。尚この計算図表から得られる値は略近値であるから、使用に当つては、この点に留意するを要する。

Damon 基準線に関する上記計算図表には次式を使用する。

$$[W_{BL}]_{73} = \frac{73 \times 0.704 \Delta W_T}{100} = 0.514 \Delta W_T \dots \dots \dots (III)$$

73cc は仮比重 1.37 の基準ダイナマイト (100% Grade のプラスチック・ゼラチン) の 100g が入る容積、0.704=TNT:基準ダイナマイト=100:142 である。

7. 総 括

① ストレングスには四種類の内容があり、その各々を表わす名称を規定すべきことを述べ、その私案を示した。

② ストレングスの基準爆薬の爆力値を集めた。

③ JIS の弾動臼砲試験法に依つて得られる臼砲比を基礎にし、Grade Strength 対 Relative Weight Strength の基準線を選定した。

④ ストレングスを求める実測法及び計算法について述べた。

⑤ Damon 及び筆者の基準線を使用して Δ, Grade Strength 及び Bulk Strength の中 2 つを与えて他の 1 つを求める計算図表を作成した。

⑥ グレード方式に依る爆力表現には、基準爆薬の系列爆力の不一致、米国プラスチック・ゼラチンの仮比重が日本の値より小さいこと、グレード方式ストレングス数値に依つては爆力そのものの比較が出来ないことなどから此の方式は今後進んで採用すべき方法でなく、Relative 方式を採用すべきである。

⑦ ストレングスの計算図表はダイナマイトの爆力計画に使用して便利である。

⑧ ストレートダイナマイト (Grade 20~60%) を外挿して 60%~100% で示すべき Relative Bulk Strength と Grade との関係を推考した。この曲線を満足するストレートダイナマイトの仮比重を仮設した。

8. 文 献

- 1) 此の理解を助ける説明の文献として次の文献が適切である。R. Peele, John A. Church : Mining Engineer's Hand Book, 3rd. ed. Vol. I, 5~17.
- 2) 工業爆薬の % Strength 測定法の制定に就いて (第一報), 工業火薬, 17 (昭和31年) 76~84.
- 3) Bureau of Mines, Bulletin 346, 40~46.
- 4) 須藤秀次 : 工業火薬, 21 (昭和35年) 53, 村田勉 : 欣栄出張報告 (昭和33年5月) (日本油脂報告)
- 5) Expl. Eng., 3 (1925) 385.
- 6) A. Marshall : Explosive. Volume III 107.

- 7) 工業火薬, 17 (昭和31年) 79.
- 8) 工業火薬, 17 (昭和31年) 79.
- 9) 火薬協会誌, 創刊号, 30~38.
- 10) Grade Strength は計算に依らず, 直ちに R. W. S. から図3を用いて求める。
- 11) B. L. Lubelsky : Explosive Eng. 14 (1936) 361~365.
- 12) 米国 Olin Mathieson Chem. Corp. の Price List No. 5 (1955) によれば, Blasting Gelatin 100% 22.5kg の Cartridge Count は108本である。これから d を計算すると $d = \frac{22500}{154cc \times 108} = 1.37$ となる。この爆薬の TNT に対する R. W. S. が分かれば興味がある。
- 13) 図9に於ては Straight Dynamite と Gelatin Dynamite が不連続になっているので, 図8の Relative Weight Strength の場合の如く連続直線にするという意味。

延時薬に関する研究

(第8報) 延時薬の燃焼秒時精度

中原 正二*

1. 緒 言

段発電気雷管の延時秒時のバラツキを小さくするためには, 秒時精度に関係すると思われるあらゆる因子について個々にできるだけよい方向にもつてゆこうという手法が従来とられている。若圍¹⁾は還元剤の粒度, 酸化剤の純度及び粒度, 延時薬の混合時間, 配合比, 装填圧力, 薬量, 延時薬の吸湿, 内管の有無, 点火電流の大小等が秒時及び秒時精度に与える影響について本誌に報告している。しかし, もう一つの方法として, 数々の因子のうちどれがバラツキに大きな影響をもっているか, 換言すればどれがバラツキに対して寄与率が大きいかを知り, 寄与率の大きいものに勢力を集中して秒時精度をよくするという方法も大切である。

延時薬の秒時精度に影響すると思われる各因子(要因)の秒時のバラツキに対する寄与率をあまり多くない実験数でしかも信頼度よく出す方法に直交配列²⁾が

ある。この方法自体は決して新しいものではないが, 延時薬の秒時精度向上の研究には有効な方法である。直交配列を適用するに当つて注意しなければならないことは, 第一にこの方法はある程度研究が進んで, 主要要因のわかつた延時薬に用いなければならないこと。第二に各水準は基礎研究で見られるように極端な値をとらずに, 実際用いられる可能性のある範囲でとらなければならないことである。

本報ではまず各種要因が秒時精度に及ぼす影響について述べるが, 既に若圍によつて発表された要因については同様な結果を得たので省略した。次に直交配列による秒時精度の検討について一例を挙げて述べる。

2. 種々の因子の秒時精度に及ぼす影響

2.1) 還元剤の純度の影響

アンチモン-過マンガン酸カリ-クロム酸鉛 (27.5—50—22.5) 延時薬でアンチモンの粒度の影響ができるだけ入らないようにして純度だけ変えた場合につき実験した。アンチモンは純度 96.3%, 99.0% 及びこの2つを同量混合したものを使用した。試料の水渡荒

昭和36年7月21日受理

* 日本化薬株式会社折尾作業所研究課 若松市茂川