

# 硝酸纖維素の膠化並びにダイナマイトの 成形に関する研究 第4報

## ゲルに担り込まれた硝安の薬質に及ぼす影響

(昭和28年6月4日受理)

桜井武尙・佐藤雄宜

(日本油脂武豊工場研究課)

### I. 緒言

前報<sup>1)</sup>では硝酸纖維素ゲルの力学的挙動を粘性及び弾性の二面から研究した。

本報はこのゲルに一定の粉状物(硝安)を担り込んで成形した試料について、各種の測定を行い前報の実験結果の差が具体的に如何なる差をもたらすかを研究した。

粉状物として硝安をえらんだのはそれがダイナマイト成分として量的に最も多く、又その性状に大きな影響があると考えられるからである。

ゲルは前報の実験に供した試料をそのまま用いた。硝安は沸騰バスで数時間加熱乾燥したものを手早く60~100メッシュに篩つた。

測定は先づ最も素朴に歪~歪力曲線を求めてその変化を観察し、次いでヤング率を測り、最後に Herschel-Bulkley 式の三つのパラメーター、流動度(粘度)、降伏値及び歪力指数を求めた。

### II. 実験方法

#### (1) D-S 曲線の決定

これは従来<sup>2)</sup>の如きプラストメーターを使用する。試料の大きさは適当で良いが径10mm高さ10mmの円柱形のものにした。

#### (2) ヤング率Eの測定

前の報告で述べた様に Schwedoff の装置に於ける我々のピアノ線は4%ゲルに於いてすでにやや弱い感じがあつたから、ゲルに粉状物を担り込んで上昇した弾性率は測定する事が出来ない。

そこで金属棒の弾性率測定等に古くから用いられている Ewing 法を用いる事にした。

この方法は平井氏が用いた装置をそのままに模したもので円柱形試料の両端を固定し、中央に適當荷重をかけた時の試料のたるみから弾性率(註1)(ヤング率)を求めるものである。<sup>3)</sup>

実際の装置は図の様にした。

Aは直径2.3cm長さ約5cmに成形した試料であつてその両端をBに固定する。試料の最短距離は3.4cmである。試料の中央は糸で分銅を吊したアルミ環を装置し、測定前は分銅支えCを上げておく事により試料に荷重がかからぬ様にする。Cを支えるにはピンチジョックを応用したGを用いる。Gのボタンを静かに押せばCは下り、後完全に試料に荷重がかかるしくみとなっている。

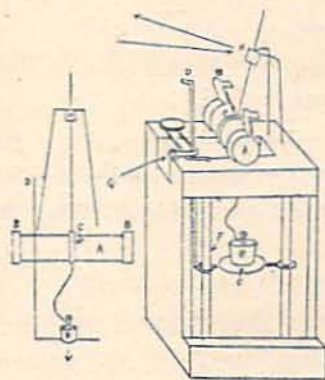


図1 ヤング率測定装置

又試料中央のたるみ量は細いピアノ線で作つた三脚鏡台の一つの脚を試料中央のアルミ環にのせ、鏡台全体の荷重はほとんど後の2脚にかかる様にし、ランプスケールに依つてその鏡台の角度の変化から見出す。従つて今試料棒の固定部間の最短距離を  $l$  cm, 棒の直径を  $a$  cm 分銅の質量を  $M$  dyne (アルミ環も含む) 反射光点の移動距離  $\Delta S$  cm 鏡台の前後脚間距離  $d_0$  cm, 鏡とスケール板までの距離を  $d_1$  cm とすればヤング率は

$$E = \frac{2 M d_1 l}{3 \pi \Delta S a^3 d_0} \text{ [dyne/cm}^2\text{]} \dots\dots\dots (1)$$

となる

尙、 $E$  がかなり小さく通常に装置してすでにたわむものは、比重  $d$  なる流動パラフィンの中にこの装置全

註1 ヤング率  $E$  とよじり弾性率  $G$  との間にはポアソン比を0.5とすれば次の簡単な関係がある。

$$E = 3G$$

体を沈める、この時は分銅の比重 $D$ のもとに

$$E = \frac{2M(1-d/D)d_1d_2}{3\pi \Delta S \cdot a^3 \cdot d_0} \quad \text{となる。}$$

(3) 流動度 $\psi$  (又は粘度 $\eta$ )、降伏値 $f$ 、歪力指数 $n$ の決定<sup>(9)</sup>

多くの可塑性物について歪～歪力関係を良く表現する関係式として Herschel-Bulkley 式がある。<sup>(9)</sup>

即ち

$$D = \psi(S-f)^n \quad \text{但} \psi = \frac{1}{\eta} \dots \dots \dots (2)$$

$D$ : 歪  $S$ : 歪力  $\psi$ : 流動度  $\eta$ : 粘度

$f$ : 降伏値  $n$ : 指数

この $D-S$ 関係を実際に各々の $S$ についての $D$ を求め、グラフに表したものが(1)に述べた $D-S$ 曲線であるが別に $\psi, f, n$ の三つのパラメーターを見出す方法もある。

この方法は一定荷重をかけた試料円柱の高さの変化を時間的に追跡しその結果から $D-S$ 関係を推定しようとするものである。

即ち Scott 更に Houwink に依れば<sup>(9)</sup> 高さ $h$ の時間的变化は

$$dh/dt = ah^b \dots \dots \dots (3)$$

で表され $a$ は $\psi$ を、 $b$ は $n$ を含む常数である、従つてこの関対数をとれば

$$\log dh/dt = \log a + b \log h$$

となり、実験で求めた $h-t$ 曲線より $\log h \sim \log dh/dt$ 図をえがけば $\log a$ 又は $b$ を求め得、従つて $\psi, n$ を求め得る。

一般に実験初期に於て $\log h \sim \log dh/dt$ 図は $1/b$ の斜をもつ直線であるが、試料の降伏値の存在によつて一定高さで $\log dh/dt$ 軸に平行となる。従つて例へば

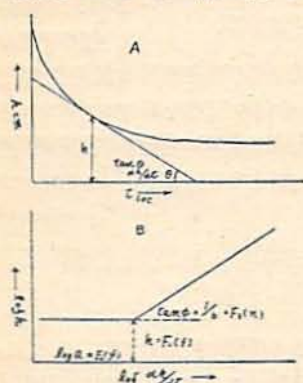


図2  $\psi, n$ の求め方

料高さを時間的に追跡すれば良い。

この方法は試料変形の数学的解析に當つて実験式

(2)の適用を假定するため、理論的難点はある、又荷重の変化に応じて必ずしも一定の値を与えない様であるが、とにかく三つのパラメーターを実際に得る点に実用的価値があると思われる。ダイナマイトに適用してもきれいな $\log h \sim \log dh/dt$ 線が得られる。

荷重の変化による $n$ の変化については又 $\psi, f$ の変化もあるが圧伸作業等に於いて何らかの条件で一つの荷重が指定された時、それに応ずるダイナマイトの力学的挙動を考えるのに役立ち得るものと思う。

### III. 硝酸纖維ゲル硝安捏和薬の

#### $D-S$ 曲線の変化

各組成共50gづつピーカー内で竹べらで10分間捏和する、試料は径10mm高さ10mmの円柱状に成形し、荷重をかけてから2分後に、歪は(圧縮量/元の高さ) $\times 100$ 、歪力は加圧前後の体積一定とし加圧後の試料面積で荷重を除して求める。

全般的に見ると同一ゲル含有量に於いては硝酸纖維濃度小なるものほど柔い事は当然であらう。(図3参照)

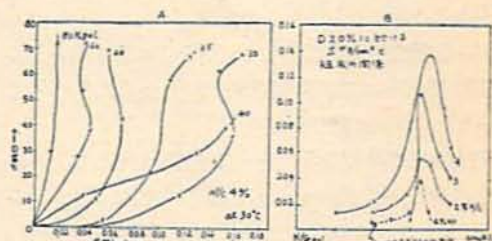


図3 各ゲルの $D-S$ 関係

A: N/C 4%(30°C)のゲル含有量 $D-S$ 関係

B: D20%でのN/Cゲル(N/C 2, 3, 及 4%)を硝安の混合比と $S$ の関係  
(点線は4% N/Cのニトログリコールゲル)

いずれの場合もゲル含有量が少くなるに従つて曲線は $S$ 軸に近づき硬くなるが、更に少くなればある点から再び見かけ上やわらかくなる。

又ゲル含有量が少ない時は急げきに試料が崩壊する事をうかがうことが出来る、それは硝酸纖維濃度小なるものほどはげしい様である。

そこで今、 $D-S$ 曲線において仮に20%で $S$ 軸に平行に切りその時の $S$ をゲル含有量との関係について吟味してみると、ニトログリセリンに於いては図3Bの実線となる。曲線はあるゲル含有量で極大な、ある山形の曲線となり、それをこえると急げきに $S$ は減少する。又この曲線の高さの順位は、硝酸纖維濃度大なるものほど高く位する。恐らくこの山の頂きは所謂膠

質ダイナミトの限界を示すものと思われるが、硝酸纖維素濃度4%では頂点が30%ゲル含有量の所に位し、さらに硝酸纖維素濃度小なる場合はやや左に位し、ゲルは幾分多くないと膠質とならないことを示している。通常の膠質ダイナミトの硝酸纖維素濃度は約4%であるが、膠質ダイナミトのニトログリセリンゲル含有量の限界は30%であるとの経験的な概念に一致している。

又ニトログリコールゲルにあつては硝酸纖維素4%においてもニトログリセリンの2%よりも低く、又上記の限界は40~35%にある。

#### IV. 硝酸纖維素~硝安捏和薬のヤング率の変化

試料は内径23mmの円筒を用い、その中に大体の大きさに成形し、プリント原紙でくるんだものを装てんして上部に5分間種々の荷重をかけて抜き出して実験に供する(図4)。実験結果を表1に示す。

試料に依つては驚くほど試料成形の時の圧力に影響するから試料作成に當つて注意しなければならない。

一般にヤング率 $E$ は硝安の増大に従つて大となる。又ゲルの硝酸纖維素濃度小となるに従つて小となる。

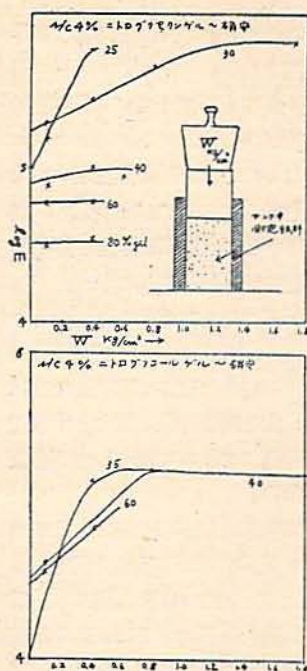


図4 各ゲルのヤング率

ニトログリコールゲルを有するものにあつては、荷重0の場合にはニトログリセリン薬よりも小であるが、試料成形時のわづかの圧力でニトログリセリン薬よりも大となる事が分る。

実験結果をヤング率及び荷重の図に表したものの一例が図4である。

ニトログリセリン薬硝酸纖維素4%ではゲル含有量40%までは殆んど圧力によるヤング率の相異は認められないが30%ではかなりの増大を示す。

表1 ヤング率 $E$  (dyn/cm<sup>2</sup>) 測定結果  
試料成形時圧力 Wkg/cm<sup>2</sup>

N/C% ゲル%		0	0.1	0.4	0.8	1.7	1.9	
ニ ト ロ グ リ セ リ ン	4	25	$1.00 \times 10^5$	$1.56 \times 10^5$	$5.93 \times 10^5$	-	-	
		30	$1.73 \times 10^5$	$1.98 \times 10^5$	$2.69 \times 10^5$	$4.59 \times 10^5$	$6.44 \times 10^5$	
		40	$8.10 \times 10^4$	$7.55 \times 10^4$	$1.00 \times 10^5$	$8.69 \times 10^4$	-	-
		60	$9.30 \times 10^4$	$9.30 \times 10^4$	$9.52 \times 10^4$	-	-	-
	3	80	$3.16 \times 10^4$	$3.08 \times 10^4$	$3.38 \times 10^4$	-	-	-
		20	$5.74 \times 10^4$	$6.29 \times 10^4$	$2.62 \times 10^5$	-	-	-
		25	$8.29 \times 10^4$	$1.23 \times 10^5$	$3.54 \times 10^5$	$3.54 \times 10^5$	-	-
		30	$1.51 \times 10^5$	$2.94 \times 10^5$	-	-	-	-
		35	$5.48 \times 10^4$	$5.84 \times 10^4$	$7.39 \times 10^4$	-	-	-
		40	$4.88 \times 10^4$	$5.60 \times 10^4$	$5.23 \times 10^4$	-	-	-
2	50	$3.38 \times 10^4$	$3.38 \times 10^4$	$3.30 \times 10^4$	-	-	-	
	25	$3.71 \times 10^4$	$5.87 \times 10^4$	$1.51 \times 10^5$	-	$2.88 \times 10^5$	-	
ニ ト コ ー ル ゲ ル	4	30	$2.62 \times 10^4$	$3.62 \times 10^4$	$9.95 \times 10^4$	$6.19 \times 10^4$	-	
		35	$1.00 \times 10^4$	$2.23 \times 10^4$	$1.48 \times 10^5$	-	-	
		40	$3.30 \times 10^4$	-	$1.69 \times 10^5$	-	-	$1.58 \times 10^5$
	3	60	$3.01 \times 10^4$	-	-	-	-	-
		40	不明	-	$1.81 \times 10^5$	-	-	-
		60	不明	$6.59 \times 10^4$	$6.59 \times 10^4$	-	-	-

(註) 成形圧力W零は實際上測定し得ず測定線を内挿して求めたものである。

硝酸纖維素3%薬では35%で圧力依存性の兆候を示し始める。2%ではこのゲルを30%以上含有する時は柔軟に過ぎて実測不能である。ニトログリコール薬にあつては硝酸纖維素4%のものに於てゲル含有量60%でも相当の圧力依存性が見られ、ニトログリセリン薬との興味ある対照をなしている。硝酸纖維素3%では、ゲル含量40%ではきわめてもろく成形荷重が0.4 kg/cm<sup>2</sup> 以上のものでないとヤング率を測定し得ず60%では0.1 kg/cm<sup>2</sup> 以上でないと測定出来ない。

即ちニトログリセリン薬に比し甚だもろく、少々の加圧で急に硬くなる。

この性状はダイナマイト成形に當つて注意しなければならぬ点であつて、之を現場作業の面よりすればかかるものは急激に圧伸機のダイスで詰り圧力が急上昇する危険が予想せられる。

この様に少しの加圧で敏感に薬が硬く俗にしまるのは、ダイナマイト中のゲルがすでに弾性的性質を失つており加えられた歪を回復し得ない事に起因する。前報では硝酸纖維素ゲルが弾性を維持するにはある程度の構造性がなくてはならないことを述べた。このゲルに粉状物を担り込んで行つた時、ある量以上に粉状物が増加すれば硬さの圧力依存性が生じ、弾性的性質を失うと云う事は、とりも直さず薬中に含まれて分散するゲルが量的に僅少となつてゲルが構造性を表し得る最少の単位以下に減少した事を意味する。この時のゲルの限界量は硝酸纖維素4%ゲルに於て30~40%にあり、30%ではすでに相当の圧力依存性を示す事は、現在の新桐ダイナマイトはむしろ半膠質に類するものとも考えられ成形作業のやりにくい事は当然であろうと思われる。硬さの圧力依存性引いては弾性の喪失、又含有ゲルの分散粒子または分散膜の構造性の喪失、膠質から離れる一つの特質と見れば、硝酸纖維素濃度が低くなるに従つて、膠質たらしめるべきゲルの限界量が大きくなる事、更に構造性が低かつたニトログリコール薬の挙動も理解されるであろう。ダイナマイトの成形に當つては緩和時間の大小に依る粘性或は可塑性もさることながら適度の弾性が必要である事が分る。

#### V. 薬が弾性的性質を失うに至る限界ゲル量について

以上の様に硝酸纖維素ゲルは粉状物をその中に担り込まれる事により弾性を失うに至るがその時の粉状物一個当りのゲルの量はその粉状物を保持して而も適度

の構造を有すべき限界量であると仮定し、此点に就いて以下簡単な計算に依つて吟味してみる。

1) ゲルに担り込んだ硝安の粒度を平均80メッシ(球として径0.075cm)とすれば硝安一粒子の体積 $2.80 \times 10^{-6}$ cc, 又硝安一粒子重量は比重を1.73として $4.83 \times 10^{-6}$ g, となる従つてニトログリセリンゲル含有量35%の薬100g中の硝安の総粒子数は

$$\frac{100-35}{4.8 \times 10^{-6}} = 1.35 \times 10^7 \text{ 個}$$

故に硝安一粒子当りのニトログリセリン量は

$$\frac{35}{1.35 \times 10^7} = 2.60 \times 10^{-6} \text{ g}$$

(之を此処でゲルの弾性発現基本単位量と云ふ事にする), 又この中に4%の硝酸纖維素を含む事に依りその量は $2.60 \times 10^{-6} \times \frac{4}{100} = 1.04 \times 10^{-7} \text{ g}$

次に窒素量約12%の硝酸纖維素の基本分子量を263.4としアボガドロ数 $6.02 \times 10^{23}$ で徐し基本分子1個の重量を求めれば、 $4.38 \times 10^{-22} \text{ g}$  従つて硝安1粒子当りのゲルの中には、 $2.37 \times 10^{14}$  個の硝酸纖維素基本分子が含まれる。一方この硝酸纖維素の平均重合度Pは600であつたから、 $2.37 \times 10^{14} / 600 = 3.95 \times 10^{11}$  本の長鎖状纖維素を含む事になる。

ニトログリセリンゲルの成形性は勿論粉状物の粒度に依つても変化するから上の値は一般的なものとは云い難いが、80メッシの硝安に対してはゲルが弾性を発現する限界量と考えてみる。

同様の事を種々の場合について行つてみると表2の

表 2

ゲル含有量	硝酸纖維素4%		3%	
	35 (限界)	20	40 (限界)	
40%	$3.23 \times 10^{-6}$	$2.60 \times 10^{-6}$	$1.23 \times 10^{-6}$	$3.23 \times 10^{-6}$
	$4.92 \times 10^{11}$	$3.95 \times 10^{11}$	$1.87 \times 10^{11}$	$3.70 \times 10^{11}$

如くなる。

即ちN/C4%ゲルについて、ヤング率の圧力依存性の面から弾性を保有し得るゲルの限界含有量が35%であれば、これ以上にゲルが少なくなつて、分散ゲルが $2.6 \times 10^{-6}$ g, 纖維数 $3.9 \times 10^{11}$ 以下になつたとき弾性的性質を失うに至る事になる。

又3%の硝酸纖維素の場合は上記の限界量は40%であつて、この時の基本単位ゲルの量は大きくなつてゐるがこの中に含有する硝酸纖維素数は $3.70 \times 10^{11}$ で硝酸纖維素4%の時の値にほぼ一致し、弾性的性質を表わ

す基本的なものはゲルの含有量よりもゲルの中の硝酸纖維素の数である事が推察される。

又、硝酸纖維素濃度4%、ゲル含有量35%の時、ゲルの比重を1.6として求めた基本単位ゲル容積は  $1.63 \times 10^{-6} \text{cc}$  である。これが硝安の周囲に完全な被膜を形成しているとするとその被膜の厚さは  $1.25 \times 10^{-3} \text{cm}$  と計算され又硝安とは独自の球形ゲルとなるとするとその半径は  $7.28 \times 10^{-3} \text{cm}$  となる。

実際のゲルの含有形状は上の二つの混合の様な形であろう。即ち弾性を発現する限界に近いゲル含有量の新制ダイナマイト(ニトログリセリン30%)に於て捏和による差が極めて大であると云う事は一面この二つの分散ゲルの型の分配の度合が異なるため非常に影響を受けるとも理解されよう。

### VI. 硝酸纖維素ゲル~硝安捏和薬の流動度、降伏値及び歪力指数

前記Iに述べた方法で行つた測定結果は次の如くである。測定温度は30°C。

表3 n,  $\psi$ ,  $\eta$ ,  $f$  の測定値

N/C %	ゲル %	測定荷重 Wkg	歪力指数 $n$	流動度 $\psi$ (Rhes)	粘度 $\eta$ (Poise)	降伏値 $f$ (dyn/cm <sup>2</sup> )
4	30	0.5	1.5	$1.42 \times 10^{-10}$	$7.10 \times 10^{12}$	$3.30 \times 10^2$
	40	0.1	0.29	$5.38 \times 10^{-5}$	$1.87 \times 10^4$	$8.98 \times 10$
	60	0.1	0.10	$3.17 \times 10^{-4}$	$3.17 \times 10^3$	0
	80	0.02	0.43	$1.42 \times 10^{-4}$	$7.10 \times 10^3$	0
3	30	0.2	1.00	$4.03 \times 10^{-10}$	$2.48 \times 10^9$	$1.47 \times 10^2$
	30	0.6	0.905	$4.26 \times 10^{-10}$	$2.34 \times 10^9$	$1.77 \times 10^2$
	35	0.6	1.22	$6.29 \times 10^{-11}$	$1.58 \times 10^{10}$	$2.32 \times 10^2$
	35	1.0	0.82	$4.66 \times 10^{-9}$	$2.13 \times 10^3$	$1.62 \times 10^2$
	40	0.1	0.42	$1.55 \times 10^{-9}$	$6.43 \times 10^5$	$8.78 \times 10$
	40	0.4	0.33	$1.29 \times 10^{-6}$	$7.75 \times 10^5$	$1.24 \times 10^2$
60	0.1	0.18	0.18	$3.44 \times 10^{-4}$	$2.90 \times 10^3$	0

之よりゲル含有量が減ずるに従つて流動度は低下し、粘度は上昇し、粉状物の増加に従つて降伏値が発生する事が分る。又 N/C 濃度は高い程  $\eta$ ,  $f$  共に大である事がうかがえる。然し従来の経験に依れば荷重が大となれば  $n$  は小に、求めた  $\eta$  も小に出る。この計算に當つて占める  $n$  の役割りがきわめて大きい事は注意しておく必要がある。

尙ニトログリコールゲルについては測定出来なかつた。即ち前述の如く60%に於いてもかなりの非膠質的性状を示し、又整正な流動を期し得ないからである。この非膠質的性状は、ニトログリセリンゲルに於いても含有量少なければ見出されるが、その端的な一例は

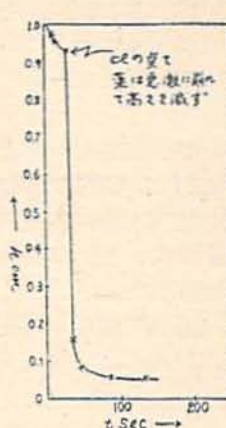


図6 顕著な半膠質の特異性ニトログリセリンゲル20% N/C4% W/120g

図5に示す様に加圧中急激な試料の崩壊によつて知る事が出来る。

### VII. 総括

1) 前報告に続き、当時のゲルに50~100メツシの硝安を種々の含有量で捏和しその薬について性状を捏味した。実験方法は次の三種である。

- i) D-S曲線の決定
- ii) ヤング率の測定
- iii) 流動度  $\psi$  粘度  $\eta$  降伏値  $f$  歪力指数  $n$  の推定

2) D-S 曲線から見ると同一ゲル含有量に於いては硝酸纖維素の少ないものほど柔らかい。又ゲルの含有量が少くなるに従つて硬くなるがある点から再び見かけ上柔くなる。この限界はニトログリセリンゲル30%にある；そして之は経験的な膠質ダイナマイトのニトログリセリン含有限界に一致する。

3) ヤング率は試料成形に当り加圧する事に依つて影響を受ける事がある。ニトログリセリンゲル含有量が一定量以上あればこの圧力依存性は認められない。この限界は硝酸纖維素濃度にも関係あり、N/C 4%のゲルに於いては35%、N/C 3%ゲルに於いては40%、之以下にゲル量が

減少すればヤング率の試料成形加圧による依存性が急激に発生する。

ニトログリコールに於てはN/C 4%でゲル含有量60%に於いても相当にこの性質がある。

この現象は薬中に含まれて分散するゲルが量的に僅少となつてゲルが構造性を表し得る最少の単位以下に減少した結果の弾性の喪失と理解する。

- 4) ニトログリセリンゲル30%の新制ダイナマイトは条件によつてはむしろ半膠質に類する様になりしはば成形困難を表す一因は此処にある。
- 5) ゲルが粉状物をその中に担り込まれて弾性を失うに至る時のゲル分散粒子量はその粉状物を保持して

而も適度の構造性を有する限界量であると考え、その基本的粒子量を求めてみた。N/C 4%ゲルについて  $2.6 \times 10^{-6}$  g, その内の硝酸纖維素数は  $3.9 \times 10^{11}$  本である。

- 6) N/C 濃度の異なる場合について行えば上記の弾性の発現の基本的単位量は差を示すが、纖維素の本数は殆ど一致する。従つて弾性的性質を現す根本的因子は粉状物に対するゲルの量でなく、そのゲル内の纖維素の数が問題である事を推定した。
- 7) ゲル含有量が減少すれば、流動度は低下し、粘度は上昇し、又降伏値の発生が見られる。

- 8) ニトログリコールゲル(N/C 4%)に於ては、ゲル含有量60%に於いても整正な流動は期し得ない。

#### 文 献

- (1) 桜井・佐藤：火協誌 13 228 (昭27)
- (2) 桜井武尙：火協誌 12 97 (昭26)
- (3) 平井西夫：日化 73 65 (昭27)
- (4) 金丸鼓：有機材料学 p.389 (生活社)
- (5) W. Herschel, und R. Bulkley; Koll. Z. 39 291 (1926)
- (6) J. R. Scott, Trans. Ind. Rub. Inst. 7 No. 2 (1931)

## MS 段発電気雷管の秒時精度に就て

(昭和 28 年 6 月 20 日受理)

木 下 四 郎・石 川 正 治

(日本化薬株式会社折尾作業所)

### 要 旨

MS 段発電気雷管による発破の際に逆鳴りを呈することがあればその発破は失敗に終る。逆鳴りにより鉄砲となつた爆薬の多量のエネルギーは岩石を破碎することに使われずに吹き出すので安全度の面からも問題である。即ち MS に於ては発破効果並びに特に安全度の面から MS の秒時精度ということの問題としなければならぬ。

MS の精度を論ずる際に如何なる数値を問題とすべきかということを検討した結果段狂いの確率を以て比較することが最も實際的であることが解つた。そこで現在我国で市販されている MS が如何なる程度の値を示すかを實際値より計算して比較したのが本報告でこれにより現在迄曖昧であつた精度の問題の考え方が明確となつた。

### 精度の理論

MS の秒時精度に関しては従来各社とも一定の基準秒時なるものを定めており製品の秒時は成可くこれと一致するように設計製作している。併し乍ら各製品が総てこの基準秒時と全く同じ秒時を示すようにすることは不可能であり且製品の秒時は基準秒時と多少異なるのが実情である。勿論その秒時はこのようにバラツクけれども全く出鱈目な値をとる訳ではなく或る一定の

秒時を中心として分布するものでありその分布型は実験の結果正規分布であることが解つた。

良く知られて居る通り正規分布は平均値( $\bar{X}$ )標準偏差( $\sigma$ )の2つの値が定まれば分布函数の型が定まるものである。

それで MS の秒時の精度を論ずる場合も秒時の標準偏差なるもので比較すればよい様にも思われる。併し乍ら標準偏差の大小によりバラツキの大小が論ぜられるのは平均値が似ているものを比較する場合の話であり平均値が異なるものを比較する場合は標準偏差を比較しても意味が無い。例えば A, B, という2種の MS の秒時を測定する場合に各々何本かの試料の秒時を測定しその標準偏差がいずれも 5ms と出たとする。この場合に A, B 共に大体同じ位の平均秒時のものであれば A, B 共に延時秒時の精度は大体同じと云えるけれども、もし平均秒時が異なり A は 10ms 位のものであり B は 100ms 位のものであるならばどうしても B の方が精度が良いと云わざるを得ない。

此点を解決するために標準偏差を平均値で除した値、即ち C.O.V. (Coefficient of Variation) と称する単位の無い数値が考えられた。MS の精度を論ずる場合も各段の秒時のバラツキより計算した標準偏差を各段の平均秒時で除し C.O.V. を計算しその段の精度と考える方法も行われる。成程これは確かに精度を考える際の有効な尺度であるけれどもこれは数学的の理