

- 低値に限られない。
 2. 混酸倍数は少い程 N. G 収量が大である。
 3. 原料酸の濃度が興へられた時は N. G の最高収量

及之に應ずる混酸所要量及廢酸成分は略下の如く限定される。

原料酸濃度		N. G 収量	混酸所要量	廢酸成分 (%)		
硝酸	硫酸			HNO ₃	H ₂ SO ₄	H ₂ O
90	105	227	600	8.5	76.0	15.5
98	105	233	530	10.3	75.3	14.4
98	110	234	490	11.6	74.3	14.1
98	115	235	480	12.0	76.0	12.0

4. 實驗としては廢酸中の HNO₃% を 13% 以上として之以上の収量を得る事は可能であるかも知れぬが、工業的には之に伴ふ原料酸が、容易に手に入らない限り實行不可能であるから、結局 N. G 用廢酸の範圍は前項に上げた範圍に止ると考へて差支へない。

5. 以上の結論は幾多の假定を基礎としたもの故、實際問題に當つては必ずしも精確なる数字であると冒険いが略之に接近した結果になる事は計算結果に照しても證しうる。

導火線の燃焼秒時に就て

(昭和 24 年 1 月 15 日 受領)

大 木 秀 夫

(日本化薬株式会社岩鼻工場)

I) 緒 言

導火線は燃焼秒時が生命でありながら、なかなか正しく認識されてゐない。導火線の 1,000 m 入り木箱の表面には 1 m に付何秒と云ふ標示があるが、全部此秒時で燃焼すると思ふ人もあり或は此の記載秒時はあまりあてにならないと思つてゐる人もある。そこでこの記載秒時は如何なる性質のものか又これを如何に決定するのがよいかを、實驗成績から統計数理的な考察を行つて導火線燃焼秒時の概念を得る一助としたい。

尙導火線の燃焼秒時は普通 1 m に付何秒と云はれるがこれは僅かではあるが長さによつて燃焼速度が異なつて來るもので、つまり 25 cm 燃焼して決定した燃焼速度と、2 m から決定したものでは値が異なる。此事に関しては既に、吉田銀次郎氏 (本誌 18 年 6 月、第 5 卷 1 號) の報告があり、其他でも製造工場で實驗と検討が行はれてゐる。又導火線の燃焼は中心の黒色莖の燃焼であるから、一般火薬と同様に燃焼する時の状況、即水分、温度、壓力等の影響を受けるが、こゝではこれに觸れない。

II) (a) 導火線の燃焼秒時決定法

導火線 1 箱 (1,000 m) の燃焼秒時を如何に決定するのが合理的であるか。先づ 1,000 m を 1 m 宛に切つて全部燃焼してみた場合の 2, 3 の例を見よう。

表 1 導火線 1 箱全部の燃焼例

1 m の燃焼秒時	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
98	1	-	-	-	-	-
99	1	-	-	-	-	-
100	2	-	-	-	-	-
101	5	-	-	-	-	-
102	16	-	-	-	-	-
103	35	-	-	-	-	-
104	27	-	-	-	-	-
105	50	-	1	-	-	-
106	74	-	2	-	-	-
107	86	-	1	-	-	-
108	100	-	3	-	-	-
109	138	-	3	-	-	-
110	140	-	7	-	1	-

111	116	-	2	-	-	-
112	91	-	2	-	2	-
113	70	-	6	1	2	-
114	35	-	8	1	5	-
115	7	-	22	4	9	1
116	3	-	16	5	19	-
117	1	-	12	3	24	-
118	1	-	19	8	36	-
119	1	1	13	9	42	2
120	-	2	37	40	72	9
121	-	10	20	33	72	3
122	-	16	10	33	51	3
123	-	46	15	40	55	7
124	-	56	17	34	33	10
125	-	132	58	59	22	25
126	-	161	42	32	21	25
127	-	199	39	30	7	16
128	-	162	25	18	6	19
129	-	126	9	14	3	19
130	-	63	25	29	2	60
131	-	20	11	12	1	37
132	-	3	13	4	-	20
133	-	3	4	2	-	24
134	-	-	1	3	-	39
135	-	-	-	3	-	58
136	-	-	-	3	-	29
137	-	-	-	1	-	27
138	-	-	-	-	-	8
139	-	-	-	-	-	28
140	-	-	-	-	-	20
141	-	-	-	-	-	5
142	-	-	-	-	-	3
144	-	-	-	-	-	1

計	1000	1000	443	421	485	498
平均時秒	109	127	123	124	121	132
標準偏差 (σ)	3.06	2.13	5.75	4.02	3.05	5.13
確率誤差 (T)	2.06	1.43	3.88	2.71	2.06	3.46

註 標準偏差 σ 及確率誤差 T。

σ 及 T は各々實測値の分散度を示すもので、

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \{ (x_1 - m)^2 + (x_2 - m)^2 + \dots + (x_n - m)^2 \}}$$

m.....相加平均
 x_1, x_2, \dots, x_n各實測値
 n x_1, x_2, \dots, x_n の数

若し各實測値の分散度が確率曲線

$$y = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{x}{\sigma} \right)^2}$$

で表はせるとすると、

$m \pm 2\sigma$ になる確率は 0.9544

$m \pm 3\sigma$ になる確率は 0.9974

と云ふ性質がある。

T は確率誤差であり

$T = 0.6745\sigma$ の関係があり、

$m \pm T$ になる確率は 0.5 である。

これは曲線式から、面積が 0.25 になる T を計算すれば、

$T = 0.6775\sigma$ となる。

図 1

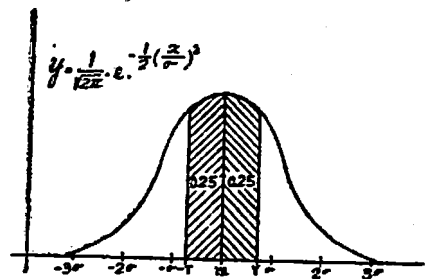


表1で見れば、1m の燃焼秒時の分布が確率曲線をなしてゐることが分る。燃焼秒時の分散が確率曲線で表はせるとすると、註によつて明かの様に、1箱の平均値を m とし、標準偏差 σ、確率誤差 T を計算すれば、 $m \pm T$ 秒のものが全體の 50%、 $m \pm 3\sigma$ 秒のものは、99.7% あると云ふことになる。

次に問題は1箱の平均値を如何にして定めるか又其燃焼秒時の分布状況は如何と云ふことである。

統計数理の示す所によれば、或る集團 N の中から試料を n 抽出した場合に n の平均値は試料の抽出し方によつて異なるが然しそれは一定の法則に従ふこと即確率曲線をなすことが分つてゐる。又此確率曲線の中央線即 n の平均値の平均は母集團 N の平均値と一致する。

今試料 n の平均値が色々の値となるその標準偏差を σ_0 とし、母集團 N の標準偏差を σ とすると、

$$\sigma_0 = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \cdot \sqrt{\frac{N-n}{N-1}}$$

N が大きい場合は、

$$\sigma_0 = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

と云ふ關係式がある。此式によれば試料数 n が大きくなれば、 σ_0 の値が小さくなつて N の平均と n の平均があまり異ならなくなる。

表1の燃焼例に於て各箱から試料を各々 2ヶ所、5ヶ所、10ヶ所、15ヶ所とつた場合に1箱全體の平均値と試料の平均値との差が如何なる關係になるかを

$$\sigma_0 = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

から計算してみると、表 2 の如くなる。

表 2 $\sigma_0 = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ から計算した 3% の値

試料数 n	2	5	10	15
	秒	秒	秒	秒
No. 1 の 3%	6.5	4.1	2.9	2.4
No. 2 の 3%	5.7	2.9	2.0	1.7
No. 3 の 3%	12.3	7.7	5.5	4.5
No. 4 の 3%	8.5	5.4	3.8	3.1
No. 5 の 3%	6.5	4.1	2.9	2.4

No. 6 の 3% 10.9 6.9 4.9 4.0

註 3% は色々な方法で抽出した試料 n の平均値が 1 箱全体の平均値に対して、99.7% までは ±3% 以内であること。即ちの平均値と試料の平均値とがこれ以上の差を生ずることのない数。

表 2 によれば相當に燃焼が不揃な箱でも、試料 10 本とつて、其平均値を出せば、全部の平均との差が ±5 秒以上になることはないと言へるのである。これを實際の例に就てみると表 3、表 4、表 5 の如くである。

表 3 導火線 1 箱の全體燃焼例 (試料長 50cm)

50cm の燃焼秒時	箱 番 號							
	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8
51	1	-	-	-	-	-	-	-
54	1	-	-	-	1	1	2	-
55	3	1	-	-	1	5	1	-
56	29	1	-	-	-	45	19	-
57	88	-	-	2	2	192	36	-
58	141	-	-	1	2	337	94	-
59	142	1	-	2	30	283	160	-
60	128	5	46	38	50	103	244	3
61	84	6	223	27	171	32	206	1
62	130	30	350	62	191	1	215	2
63	118	117	340	87	268	-	180	9
64	61	230	143	124	214	-	135	10
65	40	318	10	157	60	-	153	34
66	25	177	-	102	10	-	90	52
67	17	84	-	76	-	-	56	140
68	6	22	-	16	-	-	20	127
69	4	5	-	1	-	-	5	78
70	1	2	-	1	-	-	-	24
71	-	1	-	-	-	-	-	2
計	1019	1000	1112	696	1000	1000	1616	485
平均秒時	60.6	64.8	62.4	64.2	63.5	58.2	61.9	67.0
1m に換算秒時	121	130	125	128	127	116	124	134
標準偏差 σ	5.86	2.68	2.18	4.08	2.18	2.28	5.56	2.78
標準偏差 %	3.95	1.81	1.47	2.75	1.47	1.54	3.75	1.88

表 4 10ヶ所抽出試料の燃焼 (50cm)

試料番號	箱 番 號							
	No. 1 燃焼秒時	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8
1	61	65	63	61	65	59	57	67
2	62	67	63	64	65	60	58	67

3	59	64	62	64	63	60	61	66
4	65	65	63	64	64	61	62	68
5	63	68	62	62	64	59	59	67
6	67	69	64	63	62	59	62	68
7	61	65	62	61	63	60	61	67
8	63	67	63	64	61	57	64	68
9	60	65	63	64	65	59	61	67
10	62	64	56	66	62	59	57	67
平均秒時	62.3	65.9	63.0	63.3	63.0	59.3	60.2	67.2
1.0換算秒時	125	132	126	127	126	119	120	134
標準偏差 σ_s	4.41	3.71	1.50	3.11	3.01	1.91	4.91	1.20
確率誤差 T_s	2.97	2.50	1.18	2.10	2.03	1.29	3.31	0.81

表5 1箱の平均と10ヶ所平均との比較

箱番號	1箱の平均秒時	10ヶ所の平均秒時	1箱の標準偏差 (σ)	10ヶ所の標準偏差 (σ_s)	1箱の確率誤差 (T)	10ヶ所の確率誤差 (T_s)
No. 1	121	125	5.86	4.41	3.95	2.97
No. 2	130	132	2.68	3.71	1.81	2.50
No. 3	125	126	2.18	1.50	1.47	1.18
No. 4	128	127	4.08	3.11	2.75	2.10
No. 5	127	126	2.18	3.01	1.47	2.03
No. 6	116	119	2.28	1.91	1.54	1.29
No. 7	124	120	5.56	4.91	3.75	3.31
No. 8	134	134	2.78	1.20	1.88	0.81

表3, 4, 5によれば、導火線1箱の平均値を決定するには、試料を10ヶ所からとつて、その平均値を求めれば何等不都合はないと云ふことが分る。

(b) 10ヶ所抽出試料の1ヶ年統計

導火線1箱から10ヶ所試料を抽出して其燃焼秒時の平均をとる方法によつて、日本化薬岩鼻作業所の第1種導火線の燃焼秒時統計を1ヶ年まとめてみると表6の様である。表7は試料10本の偏差の統計である。

表6 10ヶ所抽出試料の燃焼秒時統計
(自昭和22年7月, 至昭和23年6月)

年	月	試料数(箱)	抽出試料平均秒時の1ヶ月平均	同左に對する標準偏差 (σ_a)	同左に對する確率誤差 (T_a)
昭22,7		192	127	6.94	4.68
	8	178	125	3.65	2.46
	9	89	125	6.64	4.48
	10	173	123	4.20	2.83
	11	249	119	5.20	3.51
	12	184	117	2.96	1.99

昭23,1	185	119	5.34	3.60
2	205	123	3.57	2.41
3	137	124	7.20	4.86
4	255	123	4.81	3.24
5	296	119	5.39	3.64
6	141	127	5.83	3.93

1ヶ年平均	(Σ)	秒/米		
	2,284	121	5.05	3.41

表7 抽出試料10本の燃焼秒時偏差統計
(自昭和22年7月, 至昭和23年6月)

年	月	試料数(箱)	抽出試料標準偏差1ヶ月平均
昭22	7	192	3.70
	8	182	3.12
	9	89	4.10
	10	175	3.24
	11	249	3.20
	12	185	2.80
昭23	1	186	3.42
	2	205	2.26
	3	136	2.86

4	255	2.76
5	296	2.88
6	142	3.20
1ヶ年平均 (Σ) 229		3.06

標準偏差 (σ) 0.70; 確率誤差 (r) 0.47

Ⅲ) 考察及結言

表6によれば、導火線箱の平値秒時は1ヶ年の總平均が121秒/米となり、内隙は $121 \pm 3\sigma$ 秒のものが99.7%であるから

最大平均秒時は

$$121 + 3\sigma = 121 + 3 \times 0.70 = 136$$

最小は

$$121 - 3\sigma = 121 - 3 \times 0.70 = 105$$

と云ふことになる。

又 $121 \pm r$ 秒のものは50%あるのであるから、全数の半分は118~125秒のものであると云へるのである。

次に1箱の燃焼秒時の偏差であるが、表7から總平均すると標準偏差が3.06秒であるから1箱の内で最大秒時と最小秒時の開きは、 $m \pm 3\sigma$ 即、 $m \pm 3 \times 3.06$ で約18秒の差がある。偏差の最大なものは

$$m \pm 3(\sigma + 3\sigma)$$

で、 $\pm 3 \times (3.06 + 3 \times 0.7)$ 秒即30秒にも達するが最小のものは、

$$m \pm 3(\sigma - 3\sigma)$$

で約6秒である。

導火線1箱の最大秒時と最小秒時の開きは随分大きい様であるが然し最大最小の数は僅かに数米であるから、普通に使用して見て最大と最小の組合せになる確率は非常に小さく、普通は1mに就て、10秒以上の差の生ずることはないと考えて差支へないと思ふ。

以上の様に導火線は同一工場で製造されたものでも各箱の平均値が105秒から135秒位まであり、其燃焼の偏差も1箱で30秒の差のあるものもあり僅か5~6秒のものもあるので、或工場の製品を判定するには、1箱位しらべても無理である。又燃焼秒時が100秒以下のもの及150秒以上のものは普通にはないのであるから、若しかよるものがあつたならば其箱に就ては充分な試験をした上で使用するのが安全と思ふ。

導火線の燃焼秒時の偏差が1箱で平均値の $\pm 1 \sim 2$ 秒のものが出来得るかどうか、これは甚だ無理であると思ふ。混合薬の燃焼速度がこんな偏差で収まるとは思へない。黒色薬に初速900mの發射薬を望み得ない如く、上記の様に1mで $\pm 1 \sim 2$ 秒以内の偏差のものを望むならば導火線ではなく類を變へて電氣雷管其他を考ふべきであると思ふ。

本文中の統計や計算には、日本化薬岩鼻作業所の山本、櫻井、柳井、大澤の諸氏の御助力による所大である。附記して、謝意を表す。

火薬施工法の二、三の問題に就て

(昭和24年3月26日受理)

加賀美 一二三

(宇部工業専門学校)

I) 緒言

火薬による施工法は元來が岩石類に適用するのが原則であるが、其他の應用工法にも相當使用されて來て居る。之が應用使用として筆者は1943年本邦土木學會の求めに應答して居る。次で1946年前後より其の利用が國內開墾に當り拔根施工法として盛んになつた。當時日本化薬厚狭工場の南坊平造所長と連絡して居つた。本實驗の範圍内では拔根發破と土發破との差

2) 差が殆んど認められないので、火薬量と最小抵抗線との關係を求め更に拔根の場合のと、その問題を吟味して見ることにした。

II) 實施と考察

(1) 實施例

多數の燃發實施中の一例であるが、昭和21年5月4日山口縣厚狭町鶴の庄にて得られた結果である。土質は緻密粘土質、含水量8~10%程度である。