

Diffusion Theory of Combustion of Methane in Air

by Tsutomu Murata and Kazumi Tanaka

1. The chain carriers in methane oxydation reaction are formed by collision between formaldehyde and oxygen. According to the diffusion theory of gas reaction, the concentration N of the chain carriers is expressed by the equation

$$\frac{\partial n}{\partial t} = D \frac{1}{\gamma^2} \frac{\partial}{\partial \gamma} \left(\gamma^2 \frac{\partial n}{\partial \gamma} \right) + \alpha n$$

where

 D = diffusion coefficient α = number of effective collision between HCHO and O_2 γ = distance in spherical coordinates.

2. We select the initial condition as $n=n_0$ in the region $0 < \gamma \leq \gamma_0$ at time $t=0$, then the general solution is.

$$\frac{n}{n_0} = e^{\alpha t} \left\{ \frac{1}{2} \left[\phi \left(\frac{\gamma_0 - \gamma}{2\sqrt{Dt}} \right) + \phi \left(\frac{\gamma_0 + \gamma}{2\sqrt{Dt}} \right) \right] - \frac{2}{\gamma} \sqrt{\frac{Dt}{\pi}} e^{-\frac{\gamma^2 + \gamma_0^2}{4Dt}} \sin h \left(\frac{\gamma \gamma_0}{2Dt} \right) \right\}$$

$$\text{Where } \phi(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-x^2} dx$$

3. The concentration of chain carriers in initial reaction region decreases as long as 0.4 millisecond, and increases rapidly after that period.
4. The steady propagation velocity of combustion of gas is expressed as $\sqrt{4\alpha D}$, and the calculated velocity for the mixture of 9% CH_4 -air is 38.1 cm/sec.
5. The action of inhibitors such as NaCl and sea-weeds contained in Coal mine explosives should be considered as regard to not only their thermal effect but also the time of their action.

(Nihon Oil and Fats Co., Taketoyo Factory).

爆薬の一感度試験法

(昭和27年1月14日受理)

大川 禎三・吉富 宏彦

(旭化成延岡工場)

I は し が き

爆薬類の感度試験法には、落錐、摩擦、殉爆等による方法が、従来知られているが、以下述べるように、硝安爆薬の基体である、硝安—ジエトロナフタリン混合物の混和過程中的感度変化を知ろうとして、発火点、落錐及び砂上殉爆試験を試みたが、明確なる結果を得なかつた。そのため雷管方式による試験法を試み、良好なる結果を得たので報告する。

II 実 験 (その1)

(1) 試 料

現場のエッチランナーを用いて、乾燥硝安 100 kg とジエトロナフタリン 9.6 kg を混和し、混和時間 20, 40, 60 分のとき試料を採取し、試料 No. 1, No. 2, No. 3 とした。なお No. 3 の試料採取後、木粉、澱粉、食塩を添加し、更に 100 分間混和し硝安爆薬としこの試料を No. 4 とした。各試料は 40 メッシュにて篩分し、デシケーター中にて乾燥した。

(2) 発火点試験

所定温度に調製した鉛のメタルバス中に硬質ガラス製試験管を挿入し、これに試料 0.1 g を小匙にて投入

し、発火迄の待時間(秒)を測定した。なお試験管はそのつど、取り換え残滓等の影響をなくした。第1表はその結果を示す。(データは5回の平均値)

第1表 発火点試験成績

試料	395	405	410	415	420
No. 1	不	不	不	1	0.5
No. 2	不	不	不	0.9	-
No. 3	不	不	不	1	-
No. 4	7	1.8	0.6	-	-

(註) (1) 不: 不発火

(2) 数字は発火待時間(秒)

これらを見ると No. 4 (硝安爆薬) は他に比して発火点は低い。No. 1, No. 2, No. 3 の間の差異は判然としない。

(3) 落錘試験

5 kg 錘を用い、落高 200 cm で行つた。

第2表 落錘感度試験成績

試料	落高 200 cm									
No. 1	×	×	×	△	×	×	×	×	×	×
No. 2	×	×	×	×	×	×	×	×	○	×
No. 3	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
No. 4	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×

(4) 殉爆試験

第1薬包に新制ダイナマイト 32 mm 56 g を使用し、6号雷管で起爆し砂上殉爆試験を行つた。

第3表 殉爆試験成績

試料	殉爆距離(mm)	20	30	40	50
No. 1		—	2/3	0/3	0/3
No. 2		—	2/3	1/3	0/3
No. 3		—	2/3	2/3	0/3
No. 4		2/3	2/3	0/3	0/3

(註) 分母は試験数、分子は殉爆数

殉爆距離 40 mm においては、No. 1, No. 2, No. 3 の順に感度は良くなつていく。従来知られているように砂上殉爆試験は相当にバラツクもので、後述する実

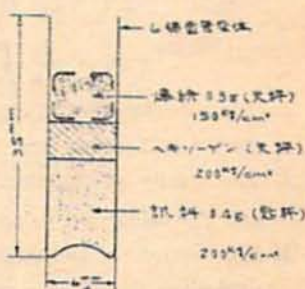
験にあつては、その成績は前後バラツいている。

硝安—ジエトロナフタリン混合物の混和時間による感度の変化は上述の(2)~(4)の試験法では明確な差は認められ難い。このため次のような雷管法を用いて良好な結果を得た。

(5) 雷管方式による感度試験

6号雷管々体を用いて第1図のように、試料 0.4 g を匙計量でとり 200 kg/cm² で圧搾し、次に伝爆薬としてヘキソゲンの所定量を入れ、200 kg/cm² で圧搾する。更にこの上に爆粉 0.3 g を天秤計量にて入れ、150 kg/cm² で圧搾する。内管は二重式である。伝爆薬としてヘキソゲンを使用するのは、硝安—ジエトロナフタリン混合物は爆粉のみでは、3 g 使用しても

第1図 雷管方式による感度試験法



No. 1 は完爆しないためであり、爆粉量は一定にして試料を完爆せしめるに必要な最低ヘキソゲン量の多寡によつて、試料の感度を比較した。雷管は半爆、完爆の判定を明瞭ならしめるため、肉厚の一方を閉塞した鉄管中で導火線で発破せしめ、20発全部が完爆するヘキソゲンの限界量を求めた。

なお試験には雷管管体の影響を避けるため、管体は直径重量のよく揃つたものを選んで使用した。また試料は匙計量によつたが、これは従来の実験結果より試料の薬量の多少の変化はヘキソゲンの限界薬量に影響を与えないことが判明しているからである。

実験結果を第4表に示す。

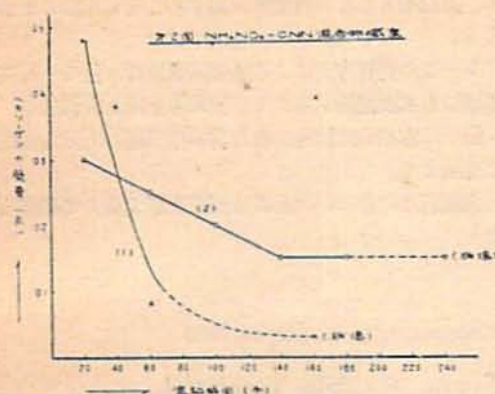
第4表 感度試験成績 (完爆数/全試験数)

試料	ヘキソゲン(g)	0	0.03	0.05	0.08	0.1	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.38	0.40	0.45	0.48	0.50	0.55
No. 1						0/10		6/10	9/10	7/10	8/10		9/10	6/10	20/20	20/20	10/20
No. 2						0/10		4/10		10/10	8/10	20/20	20/20	10/10		10/10	
No. 3		0/10		6/10	20/20	20/20	10/10	10/10		10/10		10/10					
No. 4		1/10	20/20	20/20		10/10	10/10										

このように No. 1, 2, 3, 4 それぞれを完爆せしめる

に必要なヘキソゲンの限界量は明らかに違つていく。

これを図示すると第2図曲線(1)である。



即ち混和時間と共に急激に感度は大となつてゐることが明瞭にみられる。この実験では混和時間を60分で終つたため混和時間のそれ以上の延長と共に、更に硝安—ジエトロナフタリン混合物の感度が大きくなるか否か不明である。このため特に混和時間を長くした実験を行つた。

III 実験 (その2)

(1) 試料

実験(その1)と同様に現場のエッチランナーを用いて、乾燥硝安 100 kg とジエトロナフタリン 10 kg を混和し、混合時間 20, 40, 60, 80, 100, 140, 180 分のとき試料を採取し、試料 No. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 とした。また180分混和後、木粉、澱粉、食塩を添加し、更に60分混和して硝安爆薬とし試料 No. 8 とした。各試料は前と同様に40メッシュにて篩分し、デシケーター中にて乾燥した。

(2) 発火点試験

上記 II-(2) と全く同様に行つた。

第5表 発火点試験成績

試料No.	1	2	3	4	5	6	7	8
温度								
390°C	1.5	1.2	1.3	-	1.4	1.1	-	0.9
400	1.4	1.0	0.9	0.8	0.9	0.9	0.9	0.6
410	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.5

(註) 数字は発火待時間(秒), 5回の平均である。

なお参考資料として精製硝安及びジエトロナフタリンの発火点を同様にして測定した。

第6表 精製硝安及びジエトロナフタリンの発火点

試料	精製硝安	DNN(1)	1:8 DNN(2)	1:5 DNN(3)
温度(°C)				
440		0.3	2.1	1.9
450		0	1.4	1.2
460		-	-	2.0
470		-	-	1.3

(註) (1) 工業用ジエトロナフタリン, 融点 118 ~ 123°C (毛細管法で融解開始及び完融温度)

(2) 融点 171°C (3) 融点 215°C

第5表の結果よりみると No.1 より No.8 までの間には明確な差異は認め難い。

(3) 殉爆試験

32 mm・112.5 g で砂上相互殉爆試験を行つた。

第7表 殉爆成績表

試料	殉爆距離 (mm)	60	70	80	90	100	110
No. 1	-	-	3/3	2/3	2/3	-	-
No. 3	-	-	3/3	2/3	1/3	-	-
No. 5	-	3/3	0/3	-	-	-	-
No. 6	3/3	1/3	1/3	-	-	-	-
No. 7	-	-	-	3/3	2/3	0/3	-
No. 8	-	3/3	2/3	-	-	-	-

成績はこのようにバラツキている。

(4) 雷管方式による感度試験

実験方法は II-(5) と全く同様にして行つた。

第8表 感度試験成績 (完爆数/全試験数)

試料	ヘキソゲン(g)	0	0.03	0.05	0.08	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35
No. 1						4/10		6/10	15/20	20/20	10/10
No. 3				1/10	2/10	3/10	14/20	16/20	20/20		
No. 5				8/10		0/10	0/10	20/20			
No. 6						7/10	20/20				
No. 7						7/10	20/20				
No. 8		0/10	0/20			11/20	20/20				

これを図示すれば前述 II-(5) 第2図曲線(2)となる。これよりみると No.6 即ち 140 分混和後は感度は一定となつてゐる。

IV 総 括

1 実験(その1, その2)より, 硝安—ジエトロナ

フタリ混合物の混和時間による感度変化の推移は、発火点、落錠及び砂上列爆試験では明確に知ることが困難であるが、雷管方式による感度試験法により第4表第8表及び第2図に示す如く判然と、これを知ることが出来た。

2 第2図の曲線をみると、曲線(1)は曲線(2)に比して急激に降下している。換言すると実験(その1) 硝安—ジエトロナフタリン混合物の方が感度が大きい。これは使用したジエトロナフタリンの性状(組成、融点等)の差によるものであろうか。本試験

法により工業用ジエトロナフタリンの、性状の差による、鋭感剤としての性能を調査することも出来るであらう。

3 この雷管方式による感度試験法は、他の一般火薬類にも拡張適用することが出来ると考えられる。

終りに本実験に協力された吉岡市三郎、山元力岡氏に感謝する。

(本報告は昭和26年10月27日西部支部大会にて発表した)

An Experimental Method on the Sensitivity of Explosives

by Teizo Okawa, Hirohiko Yoshitomi

About the changes of the sensitivity of NH_4NO_3 -DNN mixture during the manufacture of ammonium nitrate explosives, we could not get good results by the explosion test, drop hammer test and gap test.

Good results were obtained by the following "blastingcap type" method. In a shell of No. 6 blasting cap, instead of the detonating composition, 0.4g of the sample are placed and between the sample and the priming composition, some amount of hexogen are put as a booster.

The minimum weight of hexogen by which the sample can detonate completely is determined.

(Asahi Kasei K. K. Nobeoka Factory)

雷管雷管の基礎的研究

(第6報爆発の進行に就て)

(昭和26年月5日23受理)

又 木 武 一

(帝國火工品製造株式会社川越工場)

I 緒 言

第五報に於て爆薬の達し得る理想爆速 (D_i) に就て理論式を導き、実測爆速 (D) と比較した処、 D/D_i はテトリル 0.95、トロチル 0.90 となつて爆薬の爆速が理論爆速に達する事の困難である事を認めた。この原因を調査する為 Eyring の Curved Front Theory に従い爆発層と、未反応層との間に一つの反応帯を考へて此の反応帯の長さや爆速の関係式から爆発の成立する条件及最大並小爆速を求めて各種火薬の反応帯長を計算した。反応帯長は起爆薬は 1/10 耗

程度、高性能爆薬は 1~2 耗、低爆速の爆薬では 10 耗附近となつて居て、反応帯長により火薬を A, B, C, D の4つに区分する事が出来る。

最後に爆発熱小なる硝酸アンモニウムが装填比重の増加に従い爆発が困難となる原因に就て簡単に検討して、次に報告する工業雷管内に於ける爆速進行状況調査の基礎を作つた。

II 爆発距離と爆速

或棒状の爆薬が一定の爆発エネルギーを受けた場合、距離 x に於ける爆速を D 、反応帯長を α とすれ