

is generally used for the complete detonation of the explosives accelerates the

transmission of the detonation.
Nippon Oils & Fats Co. Ltd.

坑道試験における炭鉱爆薬による メタン着火源の形成過程

古 閑 豊* 吉 河 儀 一**

(第2報) II 小型試験坑道における各種着火試験 内 容

- 2.1 吊し試験
- 2.2 隅角臼砲試験
- 2.3 据えおき試験

本報で扱った上掲の3種の試験に、検定で慣用の普通臼砲試験を加えると、これらの試験間には、図2.1にみるような相関があることに気付く、先ず坑道や中央に水平に吊した薬包による吊し試験で、この薬包の位置を低めて坑道端面におくと、据えおき試験が生れる。隅角臼砲は、この据えおいた薬包の下の鉄板を、薬包の左右から上向きに折り曲げた場合に相当する。さらに隅角をせばめて、薬包をそのなかに包みこんでしまえば、普通臼砲である。試験方式がこのように漸次移り変わるさいには、FD 着火*** の様式もこれにつ

れて連続的に変化すると考えられる。換言すると、変化の途中で、他の場合とは全くかけ離れた様式で着火が生ずることはなかろう。本報ではこの見地に立つて、試験方式を図2.1にみる順に変えながら、FD 着火を検討していった。なお実際の試験では、第1報で用いた、“端面被筒”，すなわち薬包の末端面（起爆端の反対）に取付けた被筒を随時使用して、着火源の探査に利用している。

小型試験坑道は内径 9.2m、長さ 2m の鋼鉄管で、その詰め部分（長さ 1.37m）を爆発室として、全体をコンクリート台上に取付けたものである。FD はメタン 9.0±0.3% と大気との混合気で、その調製法は第1報の場合と同じである。また着火試験での限界薬量 (LC) の決め方や、薬包規格、薬包発射の方向など第1報通りである（隅角臼砲試験の1例だけで、この規格とは異なる薬径を用いている）。

2.1 吊し試験

第1報同様、薬包を爆発室の中央で水平に吊して試験している。表2.1はその結果であるが、2.1a は無被筒の場合と食塩端面被筒（食塩 10g を薬包末端に装填）の場合とを示したもので、供試薬：1号特硝と2号 SS 硝の両ダイナマイトは同じ結果を与えているが、大型坑道の結果（第1報、表1.5）とこの結果とを特硝について比べると、

	無被筒の LC (g)	被筒による LCの増加(g)	両者の割合
大型坑道	300	100	30 : 10
小型坑道	75	35	30 : 14

この種の着火試験の精度では、この割合は大体等しいと見做せるから、坑道が縮小しても、被筒効果の本質的な特徴は変わらない訳で、これは着火様式がいずれの試験でも同じであることを示唆すると考えられる。すなわち小型坑道の吊し試験でも、薬包から生ずる側

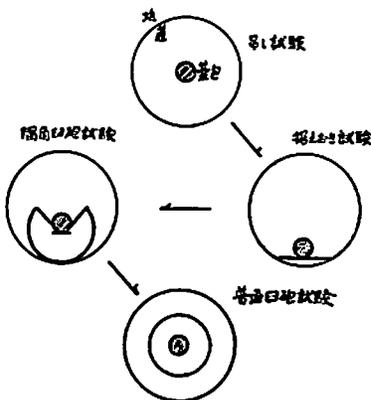


図 2.1 各種着火試験の推移

昭和36年9月27日受理

* 工業技術院政研技術試験所 九州支所 福岡県直方市

** 工業技術院資源技術試験所 埼玉県川口市

***第1報の慣用にしがたい、枕気 (Finedamp) の着火をこ
う呼ぶ

面一および端面—ジェットのおいだにポケット着火源が形成されると見ることが出来る。以上は吊し試験に対する坑道のスケール効果と言うべきものであるが、着火様式が保存されるためには、坑道スケールを無制限に大きく、あるいは小さくするのは無理であろう。なお厳格に言う、坑道のスケール効果では、坑道ばかりでなく、薬径の相対的变化も考えるべきであろうが、その場合には、爆轟性をそこなわない範囲で薬径を変える必要がある。

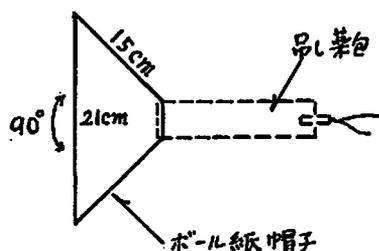


図 2.2 薬包端面に取付けたボール紙帽子

表 2.1 小型試験坑道における吊し試験

7.1 a 無被筒と食塩端面被筒 (10g)		2.1 b 円錐型紙ボール帽端面被筒とした場合 ダイナマイト: 2号SS供試				結果	
ダイナマイト	限界薬量 (LCg)		供試薬		内に入れた薬長 (mm)		
	無被筒	被筒付き	薬量 (g)	薬長 (mm)			
1号特硝安	100 I	125 I	100	135	無被筒	I	
	75 N	110 N		135	0	N	
2号SS硝安	100 I	125 I		110	145	25	N
	75 N	110 N			10	10	N
白梅	20 I	—			0	0	N (LC)
	15 N	—			5	5	
安全伝爆薬	200 I	—	120	155	25	I	
	150 N	—			25	25	I

I: 着火 (1~5/5), N: 不着火 (0/5), ここに分子は着火回数, 分母は試験回数 (以下同じ)

表 2.1 b には、図 2.2 に示した傘型のボール紙帽子を、薬包の末端面にさかさまに取付けて試験した結果を掲げたが、前掲の食塩包に対応するのは、表中 (LC) と添記した場合である。これはボール帽子が食塩包と同程度の被筒効果をもつことを示している。ところでこのボール帽子は、薬包の側面ジェットと端面ジェットのおいだの領域を中断している。したがって若しこの領域にポケット着火源が形成されるとすると、ボール帽子はたしかに、両ジェットが協力して着火源を形成するのをさまたげるから、被筒効果はこれを示すものと言えよう。しかしポケット式に着火せず、端面ジェットの直接の作用、たとえばそれが生み

出す衝撃波などによると考えると、ボール帽子は、このジェットが噴出方向の周りへ拡散するのを或る程度防止するから、これはたしかに着火を誘発し易くする筈である。したがって実測結果と逆になり、この見解は支持し難いように思われる。結局留管起爆薬包での最も安定かつ発生し易い FD 着火は、上述の薬包端面方向に現れるポケット着火とみられ、ボール帽子の被筒効果はこの点を一層確実に裏付けたことになる。

表 2.2 小型試験坑道における隅角白砲試験

ダイナマイト	2.2 a 隅角白砲の中央に薬包をおいた場合 限界薬量 (LCg)		2.2 b 隅角白砲内の薬包位置を変えた場合 供試薬: SS硝安ダイナマイト	
	無被筒	両端面に被筒	薬量 (g) (無被筒) 75 50	
1号特硝安	75 I	75 I	薬包位置	
	50 N	50 N	前端 (i)	I N
SS硝安	75 I	75 I	中央 (ii)	I N
	50 N	50 N	後端 (iii)	I N
安全伝爆薬	150 E	—		
	100 N	—		

I~着火, N~不着火 (0/5)

2.2 c 薬包上方にボール紙スクリーンを垂直に立てた場合 供試薬 SS硝安ダイナマイト			2.2 d 薬径を変えた場合 供試薬: SS硝安ダイナマイト		
スクリーン	15cm x 15cm	結果	薬径 (mm)	薬長 (mm)	限界薬量 (g)
薬量 (g)	スクリーンの有無	結果			
100	有	3/4	50	40	80
80	有	3/4	40	37	45
75	有	2/4	30	40	30
70	無	2/4	25	37	20
70	有	0/4	20	82	25
			10	190	40

注意 ここに使用した SS 硝安の製品は前述とは別の製造ロットにぞくし LC として 40g をあたえている。

2.2 隅角白砲試験

隅角白砲 (蔞切白砲) は、直径 20cm、長さ 50cm の鋼鉄円筒に、図 2.3 にみるように、稜長 6cm、底面 1cm、稜角 90° の溝を切り込んだもので、これを爆発室の中央に据えおき、隅角を真上向きにして、薬包をその底面においた。

試験結果、表 2.2 a には、3つのダイナマイトの無被筒と有被筒の結果を示したが、前者では特硝、SS 硝ともに LC 50g、これは前掲の吊しの LC 75g より余程小さい。したがって隅角白砲は吊しより余程厳格な試験とみられるが、この点は安全爆薬の結果につ

いて旨える。大型坑道（第1報，1，2，3）では，特硝の吊し薬包に対して，この爆薬は食塩包と同様の被筒効果を示しているのに，本例でみるように，隅角臼砲によつて着火をあたえている。このように1つの爆薬が，坑道スケールおよび試験方式の変化によつて，被筒性を示したり，着火を示したりする点は，その具体的経過を筆者には的確には説明しがたい。これは実験的に深く掘り下げてみる必要がありそうである。それによつて，おそらく炭鉱爆薬によるFD着火は一層はつきりしてくると思われる。

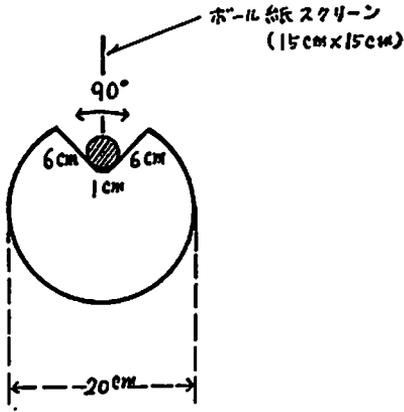


図 2.3 隅角臼砲および薬包に取付けたボール紙スクリーン

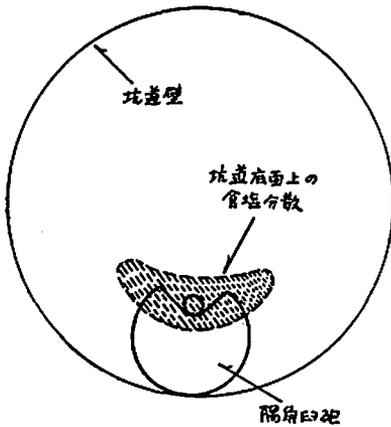


図 2.4 隅角臼砲試験において薬包端面被筒（食塩包）から坑道底面上に投射分散した三カ月形食塩

ところで，特硝あるいはSS硝の薬包に，端面被筒（食塩包）を例のごとく取付けると，意外にもLCは変化しない。このことは薬包の両端面に取付けた場合でも同じである。この結果は，試験方式が吊しから隅角臼砲に移るとともに，着火様式が変つたことを示唆しているが，この問題に関連して先ず次の事実が試験

中に見出された。薬包の末端面に食塩包を取付けて試験を1，2回繰返してみると，図2.4に示したような三カ月形の食塩の分散が，横幅30cmにわたつて坑道詰めの内壁に現れる。これは同形の断面をもつ爆轟雲によつて被筒食塩が壁面に投射されたものと見られるので，同様の形状は既に端面ジェットについても考えられる。一方，隅角臼砲におかれた薬包に生長する爆轟頭（Detonation Head，第1報参照）は次のような形状をもつと考えられる。隅角臼砲におかれた薬包では，密閉されたその下部半側面で，密閉されない上部半側面におけるよりも，爆轟頭はより充分に生長する筈である。このようにして爆轟頭の断面形状は，既に分散食塩にみたような三カ月形をとることになる。図2.5には，本例および他の試験方式における爆轟頭を，上述のような直観的な考察によつて図解した。

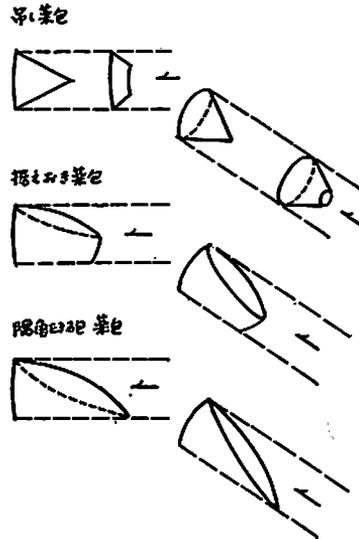


図 2.5 各種着火試験の薬包中の爆轟頭（Detonation Head）の定常形態

さてこのような形状の爆轟頭から発生する側面ジェットは，あきらかに隅角の両側壁に沿つて2叉に分岐して噴出する。ここでFD着火源の形成を考えると，隅角臼砲では，上述のようなジェットの形態からみて，吊し薬包での端面および側面のジェットによるポケット状のFD捕獲は期待しがたいかわりに，2叉に分岐した側面ジェットによつてこれが果される可能性が考えられ，これはジェットの発生状況から言つて，上述の吊しの場合のFD捕獲よりも容易に実現することが分る。換言すると，隅角臼砲では，吊しのLCより小さい薬量でも，半密閉の条件に助けられて側面ジェットの発達が大きく，このジェットにはさまれたFD

ポケットが着火源となるとみられる。なお上述の2叉ジェット形成は、隅角臼砲におかれた葉包 (SS 硝) による殉爆度 contour の実測結果 (図 2.6) からもうかがうことが出来る。

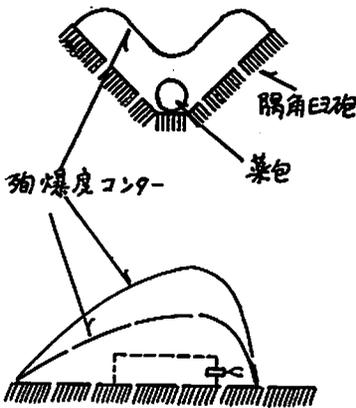


図 2.6 隅角臼砲におかれた葉包を殉爆包とする殉爆度 Contour

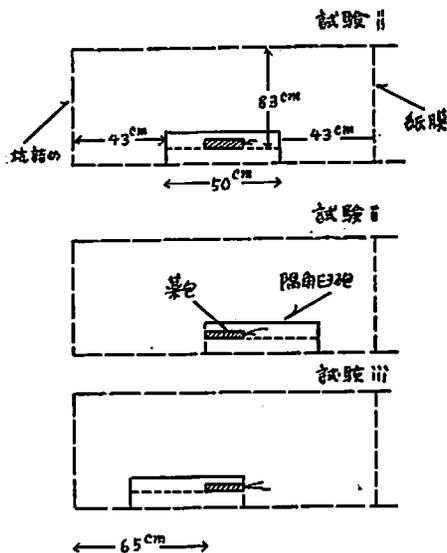


図 2.7 隅角臼砲におかれた葉包の3通りの位置

上述の着火様式を吟味するために、表 2.2 b には隅角臼砲上で葉包の位置を変えた場合の試験結果を掲載した。図 2.7 に示したように、葉包を隅角の各端あるいは中央におき、その末端面から坑道詰めまでの距離を一定 (65cm) にとつてある。着火試験の結果はこれら3通りの位置で同じである。しかし隅角の側面が端面ジェットを保護する度合は、葉包位置 i, ii, iii (図 2.7) の順に増すから、ここで若し吊し葉包同様のポケット着火を想定すると、それは i, ii, iii 順に容易なる筈である。上述の結果にはこの傾向が認められ

ず、その意味で、これは2叉ジェットによる着火源の形成を裏付けている。

表 2.2 c は、葉包の真上にボール紙のスクリーン (15cm×15cm) を立てて、試験した結果である (図 2.3)。これは吊し葉包でのボール紙帽の場合に相当して、2叉ジェットの間にはさまり、そこに発生する管のポケット着火源を阻止する効果をもつと予想されるが、実際にもスクリーンは LC として 70g、被筒効果 20g を示している。

表 2.2 d では、葉径を 50→10mm に変えた試験結果 (限界葉量とその葉長) を示したが、そこでとくに注目される点は、葉径 50-25mm にわたつて、葉長が殆ど定値 (40~37mm) をとり、葉径がこれ以下になると、葉長は急に増すことである。この事実は、着火源の形成を次のように考えれば、比較的無理なく説明づけられる。前述の2叉ジェットが安定な着火源を形成できるためには、葉径 25mm 以上を前提として、このジェットの幅、すなわち葉包の側面に沿つて長さが、臨界値 40~37mm 以上をもつ必要がある。換言すると、単位幅あたりある強さ以上のジェットが発生し、その幅が 40~37mm に達する必要がある。葉径が 25mm 以下に下つて、ジェットの単位幅あたりの強さが減少すると、着火源の形成には、ジェット幅が急増加してその強さの減少を補う必要が生ずる。試験結果において、葉径 25mm で限界葉量が最小となるのは、“安定な”着火源の形に必要な条件が、ここで最少限にみたされているために他ならない、換言すれば、この葉径を下廻ると、葉長ならびに葉量が急増するのは、葉径の低減に由る葉包の爆毒性の変遷、さらにそれが原因となつて生ずる着火源形成に要する“待ち時間”の増加、その他の変化が発生する結果と考えられ、この点は今後の研究課題として残されている (注意: 2.2 d の供試葉は、今迄の着火試験のそれとは別口の lot にぞくし、葉径 30mm での限界葉量は前掲の 50g でなく、40g となつている)。

2.3 据えおき試験

この試験では、方形鋼鉄板 (30×30×2cm) を爆発室の底面の中央におき、その上に図 2.8 にみるように、坑道軸に平行に葉包を据えた。

試験結果、表 2.3 a には、既述の吊しおよびこれと据えおきとの中間の吊しの場合をも示してあるが、これによると、葉包の高さが低下するにつれて、限界葉量は小さくなり、据えおきでは LC=50g (SS 硝ダイ)。これは隅角臼砲の LC と同じである。したがつてこの点からは、これら両試験方式の着火性の違いは見出せない。しかし上述の葉包に端面被筒として食塩包を取付けてみると、表 2.3 b に見るように、据えお

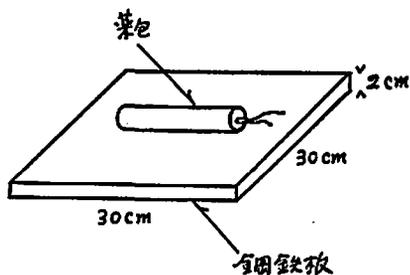


図 2.8 据えおき試験図

表 2.3 据えおきおよび中間的吊し試験
供試薬：SS 硝安ダイナマイト

2.3 a 無被筒の場合		2.3 b 端面被筒付きの場合		
薬量 (g)	鉄板よりの薬包の高さ (cm)			
	45*	15	5	0*
100	I	I	I	I
75	N	N	1/3	N
50			N	N

薬量 (g)	同上的薬包の高さ (cm)	
	45*	0*
110	N	
100		I
90		1/3
80		1/3
60		N

* 45～既掲の吊しの場合、0～据えおきの場合
I～1/2 以上の着火、N～0/3 の不着火

きでは LC 60g となり、約 10g の被筒効果がある。これは吊しでの 35g より小さく、隅角臼砲での消失より大きい。したがって端面被筒効果に着目すると、据えおきは吊しと隅角臼砲との中間的試験方式と見做され、本報の冒頭で言及した試験方式の推移 (図2.1) に相応している。ではこの中間的方式とは具体的にはどんな着火を実現するだろうか、据えおき薬包に生長

する爆轟頭は、鉄板に接触する薬包の下側でよく発達し、この傾向は爆轟ジェットにも受けつがれる。その上、吊し薬包の場合には薬包周囲に均等に噴出する側面ジェットが、据えおきでは鉄板によつて、その上側に偏在する。その結果側面ジェットは薬包の左右に鉄板に沿つて発射される傾向が強い (ただし端面ジェットは大體薬包軸方向に噴出するので、側面ジェットほど鉄板の影響をうけない)。以上のジェットの状況からみて、結局据えおきの示す中間的性質は、側面ジェットの上述のような偏向に由ると考えられ、これは明かに吊しから隅角臼砲へ移り変わる過程を示している。したがって据えおきにおいて、その限界薬量を超えるさいの着火方式は、端面被筒の効果からみても、鉄板に平行する2つのジェットによる、いはば2次元的なポケット着火源の形成となる。しかし据えおきでは、比較的強力な側面ジェットが発生するから、薬量がさらに増してこのジェットの濃度を高めると、このジェットと坑道壁とのあいだに捉えられたFDがポケット着火源となる可能性も生ずる訳で、この点については第3報の高速カメラによる実験で吟味した。結局据えおきでは以上の過程をたどつて、漸次着火が側面ジェット依存の傾向をましてゆき、隅角臼砲では、側面ジェットが本質的に着火を支配するようになる。

付記 2.1 で使用したボール紙帽および2.2のボール紙スクリーンは、もつと大きなものを使つてその効果を充分見究める必要があつたようである。

本報の実験の後半で、資源技術試験所九州支所香月収技官の協力をえたことを記し、その好意を深謝する。

The Mechanism of Ignition of Firedamp by Coalmine Dynamites:

II. Studies with suspended angle mortar and on-plate shots at the small gallery

by Giichi Yoshikawa and Yutaka Koga

In the present paper it is intended to find firstly the scale effect of the gallery on the firedamp ignition by the suspended shots, and secondly the relationship in the various modes of the firedamp ignition appearing in the ignition tests mentioned in the title.

1) In the suspended shots the salt-she-

ath applied to the end face of the charge is found to make an increase in the limit charge, thereby the ratio of it to the original limit charge remaining unaltered through the change of the gallery from large to small. This seems to suggest that the mechanism of firedamp ignition is reserved through this change, that is, as

was shown in Paper I, the stable ignition source is always formed only in the pocket-like firedamp entrapped between the detonation jets or clouds from the side face of the charge on the one hand and from the end face of it on the other.

2) In the angle mortar shots the salt-sheath applied to the end face of the charge doesn't provide any sheathing effect, which seems to show that the jet from this end face plays no important part in the firedamp ignition. It is found, however, from the gap-transmission contour given by the angle mortar shots that the jet ejected from the side face of the charge branches into two parts along the side walls of the mortar, and the forked jet is formed. Hence it is very probable that this jet entraps the firedamp between its branches and makes the stable pocket-like ignition source of it. A further ignition test using various sizes of diameter of charge shows that the charge should have a length and a diameter above some critical values respectively to secure the stable ignition

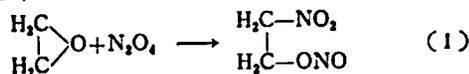
source.

3) In the on-plate shots the salt-sheath at the end face of the charge gives a comparatively lower sheathing effect than in the suspended shots, which suggests that the process of firedamp ignition may be very similar with that in the suspended shots. Further it is found from the gap transmission test as well as from the theory of detonation head that the jet ejected either from the side face of the charge or from the end face of it is inclined to run along the iron plate placed under the charge ("two-dimensional jets"). Therefore in the on-plate shot the stable ignition will begin to appear in the pocket of firedamp entrapped between these jets, and a further increase in charge would set out a pocket source between the jet from the side face of the charge and the side wall of the gallery (as will be seen in Report III later), and thus the mode of ignition of firedamp would depend, mainly on this jet, that is, it approaches to that in the angle mortar shot.

酸化エチレンと四酸化窒素との反応

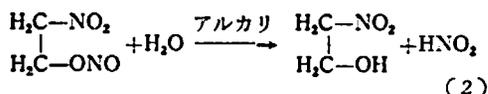
山下 忠孝・脇 国 男**・難波 桂 芳*

M. G. Darzens¹⁾ は酸化エチレンと四酸化窒素とをクロロホルム中で反応させ、生成物をアルカリ性で加水分解するとほぼ定量的にニトロエタノールがえられると報告している。その際の反応式は次の如くであると考えられる。



昭和36年10月7日受理

- * 東京大学工学部燃料工学科 東京都文京区
- ** 東洋大学工学部応用化学科 埼玉県川越市



然しその後 Pujo and Boileau²⁾ 及び Rossung³⁾ は(1)式の反応生成物は nitro-nitrite ではなく、nitrate-nitrite であると報じている。近年不飽和炭化水素への N₂O₄ 附加に関しては多くの研究が行われており、これらの反応がイオン反応か或はラジカル反応によるかが問題となっており、反応機構上からも興味がある。筆者らはニトロオレフィンとの中間体とし