

正起爆と逆起爆の発破効果について（第4報）

逆起爆発破法の石炭鉱山導入への検討

古閑 豊*, 手島利之*, 田中 誠*, 緒方雄二*
井上邦三*, 和田良馬*, 松隈太郎*, 井清武弘*
清正 稔**

石炭鉱山における新技術として逆起爆発破法の採用が要望されている。

本報告では筆者らが実施した安全度試験のほか、岩盤坑道における発破爆炎と安全度試験に使用したモルタル白砲の発破爆炎の相似性、起爆方法に関する各種の報告を調査検討し逆起爆発破法を禁止している使用条件について考察を行った。その結果、逆起爆発破法の石炭鉱山導入の可能性があることが明らかとなった。

1. 緒言

石炭鉱山の深部化、奥部化に伴ない、坑道掘進の効率化が強く求められる中で、発破による災害発生頻度の増大が危惧されている。これらの災害防止の一環として発破法の改善が考えられた。これが新技術としての逆起爆発破法である。この発破法は正起爆発破法に比較して残留薬及爆薬の燃焼、空中爆発、床上爆発の発生が少ないという安全面の利点¹⁾に加え発破効果も良好という特徴がある²⁾³⁾⁴⁾。欧州の主要産炭国においてはメタンガスに対する安全性のほか、上記の点等を総合的に評価して逆起爆発破法を採用している例が多い⁵⁾。例えば西ドイツにおいては1966年より全ての起爆法を正起爆から逆起爆に変更しているが、これにより年平均4回程度の操り当て事故等が発生していたものが変更後はそのような事故は皆無になったという報告もある⁶⁾。

我が国では昭和15年9月2日付商工省令第69号、石炭坑用爆薬類及機械器具検定規則により一貫して正起爆法を求める使用条件（1発破孔には1つの雷管を使用することとし、その雷管は最も孔口に近い薬包の前端につけ雷管の先を孔底に向わせること。）を付しているが、これは鉄白砲を使用したメタンガス等に対する

安全度試験において逆起爆の方が危険性が大きいという事実認識が根拠になっている。この鉄白砲の場合、発破孔内で爆薬のエネルギーが殆んど消費されず爆薬のエネルギーの大半が発破孔前方へ火炎、衝撃波等として噴出されるなど実発破と異なる点が多い。

鉄白砲の代わりに実発破に類似した条件下での安全度を調べるため炭粉セメントモルタル白砲や砂セメントモルタル白砲を試作して試験を行った。これらの試験では爆薬の爆発エネルギーがモルタルの破砕に消費されたり、破砕後の粉じんが発破孔の前方に噴出されるなど鉄白砲の場合と大きく異なる条件となる。このような場合の正、逆起爆法の安全度について比較した結果、鉄白砲における試験結果と大きく異なり安全度が高い結果が得られた⁷⁾⁸⁾。また我が国のいくつかの現場で実施された正、逆起爆の比較試験結果では残留薬やカットオフの発生などの保安上の問題に関し、逆起爆の方が正起爆より優れた結果が得られたと報告されている⁹⁾。これらモルタル白砲による安全度試験結果や諸外国の適用例、更に我が国の現場における試験発破結果等は、鉄白砲を使用した安全度試験結果のみで起爆方法に関する使用条件を設定することの適否に関し、疑問を提起していると考えられる。炭鉱における安全発破を推進するためにはメタンガスや炭じんに対する安全性は勿論のこと、残留薬やカットオフの発生の回避、燃焼や爆轟中断などの防止等安全性を左右する各要因を総合的に評価して起爆方法をはじめとする発破設計が行われるべきである。

本報告では筆者らが実施した安全度試験のほか、安全度試験における疑問点、岩盤坑道における発破爆炎

昭和61年8月22日受理

*公害資源研究所九州石炭鉱山技術研究センター
稚井分室
〒820-05 福岡県嘉穂郡稚井町西郷 1142
TEL 0948-62-2057

**公害資源研究所九州石炭鉱山技術研究センター
〒822 福岡県直方市大字領野 1541
TEL 09492-6-5511

とモルタル白破発破爆炎の相似性、起爆方法に関する各種の報告を調査検討して使用条件に関する考察を加え、逆起爆発破法の石炭鉱山導入の可能性について検討した。

2. 試験装置方法及び方法

2.1 白砲による安全度試験

試験坑道及び試験方法、鉄白砲、モルタル白砲、爆薬の規格等は工業火薬協会誌、Vol. 46, No. 6, 1985, pp 384~385 に示す通りであるので本論文では省略する。

2.2 爆炎観測

岩盤坑道における爆炎観測は、Fig. 1 に示す坑内の砂岩層と頁岩層との互層の推進坑道に穿孔長1100mm、

穿孔径40mmの発破孔を3種類、単発孔、2孔平行孔、2孔鋭角孔（これは通常あり得ない穿孔で、穿孔中ビットの方向の狂いによって穿孔中心軸が鋭角になった異常発破を想定したものである）に穿孔し、一号特梅ダイナマイトを1孔当り300g又は400gを装薬して込物を装てんせずに正起爆又は逆起爆で発破し、静止写真で撮影を行った。爆炎長は、発破の前に穿孔の中心軸方向に平行に定規を設置し、爆炎撮影と同位置よりカメラで定規を撮影しておき、これを基準に計測した。カメラは絞りを5.6とし、起爆時にはシャッターを開放にしてフジカラーHR100で撮影した。

鉄白砲及びモルタル白砲による爆炎観測はFig. 2に示す鉄白砲（直径560mm、長さ750mmで、この中央

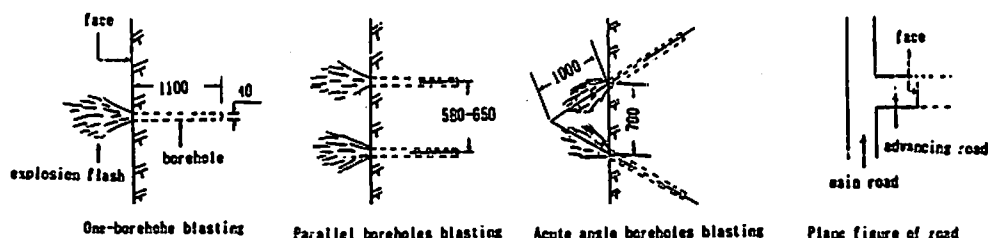


Fig. 1 Blasting pattern (Unit mm)

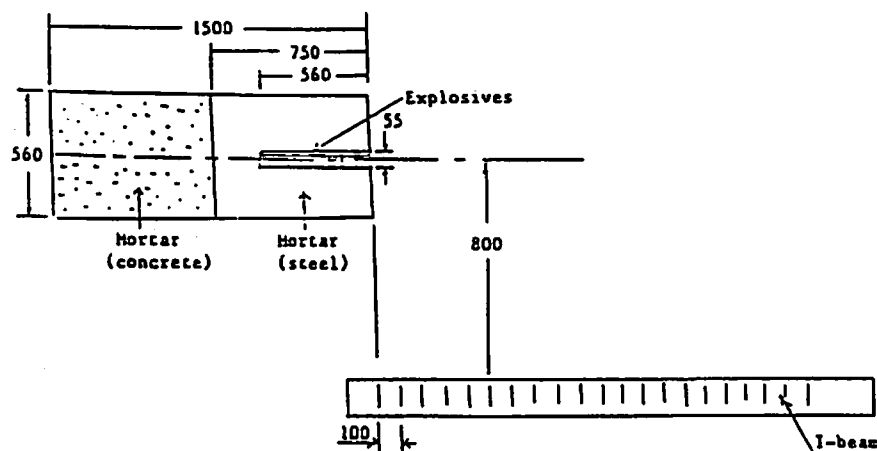


Fig. 2 Explosion flash observation (Unit mm)

に直径55mm、深さ560mmの発破孔を設けた中型白砲)と砂1対セメント1配合の安全度試験に用いたモルタル白砲(発破孔のみ中型白砲と同等としたもの)より一号特梅ダイナマイト400gを爆発させ静止写真による撮影を行った。爆炎長は100mm間隔の目盛を入れたI形鋼を800mm離して発破孔の軸方向に平行に設置し、爆炎と同時に撮影して計測した。カメラは白波より5mの位置に設置して、岩盤坑道の撮影と同じく絞り5.6とし、起爆時に

はシャッターを開放にして撮影した。

爆炎長の縦、横方向の計測は、Fig. 3に示すような形に計測した。

3. 起爆方法に関する各種の報告

3.1 三井石炭鉱業株式会社三池炭鉱三川炭において行われた岩石掘進(総掘進長385.38m)による調査結果¹⁾

起爆方法として逆起爆が正起爆に比較して良かった

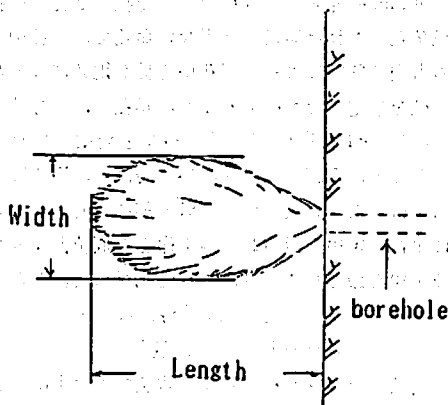


Fig. 3 Method of measuring the explosion flash

こと。

- 1) 残留薬が皆無となった。
- 2) カットオフが少なかった。
- 3) 発破効果は正起爆より良好であった。

3.2 太平洋炭鉱株式会社、逆起爆方式別岩石坑道掘進試験成績

昭和57年5月14日、太平洋炭鉱株式会社より札幌鉱山保安監督局への報告書に基いた実数

太平洋炭鉱株式会社、逆起爆の認可が昭和56年12月におきたので、57年1月より正、逆起爆の比較掘進試験（実掘進）を実施中である。1月から4月までの試験成績の総括的考察をまとめれば次の通りである。なお、1月～3月は東益浦排気切替坑道（加背：14.17m²、岩質：礫岩、頁岩及び砂岩の互層）また4月においては知人斜坑本御（加背：18.75m²、岩質：砂岩及び頁岩の互層）で試験を実施している。

- 1) 1方当延米は逆起爆が31cm/方(24%)だけ延びる。
- 2) 能率m³/人における比較では逆起爆が0.62m³/人(14%)だけ高い。
- 3) 人員がほぼ等しいが全体では1方当で正起爆が0.13人/方(3%)だけ多い。
- 4) 火薬使用量は正起爆が0.26kg/m³(20%)だけ多い。
- 5) 雷管の使用量も正起爆が0.56本/m³(21%)だけ多い。
- 6) 最大残孔長（孔尻）は正起爆が10.21cm(50%)だけ長い。（逆起爆が孔尻の残りが少ない）
- 7) 最大ばた飛散距離は平均で正起爆が2.38m(12%)だけ大きい。（正起爆が遠くへ飛ばす）

以上のことから何れの点をとっても逆起爆が正起爆に優るといえる。

3.3 ポーランドにおける実坑道での安全度試験¹⁰⁾

実際の沿層坑道や岩盤坑道の掘進切羽に30m³のメ

タン-空気混合気（メタン濃度8.5～9.5%）の爆発室を設けて炭鉱用爆薬や非検定爆薬を用いて込物なしでそれぞれ94回と493回の実発破試験を実施した結果をSobalaが第20回国際鉱山保安研究所会議で報告している¹⁰⁾。それらの結果について要約すると次の通りである。

- 1) 炭鉱用爆薬を100～1500g装薬して実施した94回の試験では、正、逆起爆のいずれも着火していない。
- 2) 非検定爆薬を250～750g発破孔の口元まで装薬した合計360回（正、逆各180回）の試験のうち、全体で16回のメタンガス着火があり、その内7回が逆起爆時、9回正起爆時に着火している。
- 3) 非検定爆薬の250～1500gを、発破孔の口元までの間隔が0～70cmになるように装薬して実施した133回の試験において、全体で30回の着火があり、内13回が逆起爆時、17回が正起爆時に着火している。

この報告では、実発破においてメタンガスの着火に関与する要因として装薬量のほかに、装薬と発破孔の口元までの間隔が影響すると指摘し、間隔が小さい程着火し易いとも示している。これらの試験を総括的にみると、非検定爆薬を用いて実施した493回の全試験のうち、着火割合でみると逆起爆時が20/246(8.1%)、正起爆時が26/247(10.5%)で実発破においてはメタンの着火危険性に関する起爆方法の影響は大差ないことを示している。

3.4 西ドイツにおける起爆方法の変更実績⁶⁾

西ドイツでは、1961年頃のアスターフェルド炭鉱における現場試験など各種の検討の結果、1965年までは起爆法として正起爆法を規則に定めていたが、1966年以降は全て逆起爆法に変更して現在に到っている。この変更の根拠とされたのは、クラスⅡ及びクラスⅢの検定爆薬であれば正起爆と逆起爆によるメタンガス着火の差異がないこと、試験発破において正起爆時に最大80cmもの残留薬をはじめとする数多くの残留薬が発生したものが逆起爆では皆無であったなどによるものである。

1953年から1965年までの20年間に122件の発破事故が発生しているが、これにはガス爆発等は含まれておらず、残留薬への繰り当てや産炭やばたの中の残留薬に起因する事故である。逆起爆が導入された1966年以降は残留薬に関与する事故は皆無で、1984年までに12件の発破事故が発生したがこれらは不適切な退避等に起因する飛石等によるものである。

3.5 諸外国における逆起爆法について¹¹⁾

1) 英国

SMRE Research Report No. 210 (May, 1962)の85ページに逆起爆に関し、次のように報告されている。

坑道試験の結果、白砲からの空発発破は、正起爆の場合が他の起爆方式に比べて孔の前面のガスに引火しにくいことが長い間認められてきた。例えば、Grimshaw 及び Payman (1931) は、2種類の検定爆薬を込物なしで燃発させた場合の安定極量は正起爆が逆起爆よりも多くなることを示している。そして、その差は発破孔に軽く込物をした場合に顕著であったが、その理由は明確でなかった。

英国の慣習では段発以外は正起爆が用いられている。

段発の場合に雷管の最良の位置が Grimshaw によって簡単に論議された (1954~1955)。「岩石坑道における逆起爆方式はカットオフの場合でも、残留薬は燃発し、全体的にみて破壊仕事を行うであろうということから規定された。しかし、炭層の場合は、ガス、炭じんに対する安全性が最も考慮されなければならないことから、多くの意見が正起爆と逆起爆の是非について交わされた。」その後の議論により現在の英国規則(動力省、1958)に示されているように、「段発雷管が用いられ、装薬が単発以上の場合には逆起爆方式に決定された。」

2) 西ドイツ

デルネ鉱山保安研究所 (Dortmund) の Wirth 氏の説明

1965年1月1日以来、逆起爆法のみが許可された。

1962年ザクセン炭鉱で発破によるガス燃発事故(死者33人)が発生し、これは正起爆の際、雷管の延時薬によるものと思われる火花がガス管火の原因と考えられた。この火花は逆起爆では発生しない。

ここで、逆起爆のメタンに対する安全度試験がトレモニア試験炭鉱 (Dortmund) の坑道において行われた。その試験回数は約100回といわれる。

逆起爆のメタン着火に対する安全性は1965年以来1983年までの18年間、逆起爆が原因と考えられるガス燃発事故が全く発生していないという実績が証明している。

3) フランス

Dangreux 氏 (Director, CERCHAR) から送付を受けた説明によると、フランスでは段発の場合、逆起爆、斉発の場合、正起爆と逆起爆の両方が許可されている。

爆薬には3種類あって、A. 岩盤用爆薬 (ガス、炭じん着火試験を行わない)、B. 炭層用爆薬 (ガス、炭じん着火試験を行う。食塩含有量は約20%)、及び C. 改良型炭層用爆薬 (Bよりきびしい条件下でガス、炭じん着火試験を行う。食塩含有量は30~50%) である。爆薬1個の重量は250gである。

各発破孔の最大装薬量は爆薬Aの場合、2kg (1/2

秒遅延雷管を用いた岩盤発破)、爆薬Bの場合、1kg (斉発雷管を用いた炭層発破)、爆薬Cの場合、2kg (MS雷管を用いた炭層発破) である。

フランスでは正起爆から逆起爆への移行は約30年前に行われ、この頃、遅延発破が炭鉱で開発された。

4) ポーランド

3. 3 項参照のこと

5) 米 国

Murphy 氏 (Research, Pittsburgh Research Center, Bureau of Mines) から文献の送付を受けたが、文献 (Special Precautions for Multiple Short-delay Blasting in Coal Mines, 1959) には、発破は逆起爆方式でなければならないと書いてあるに留まっている。

4. 結果と考察

4. 1 白砲による安全度試験

鉄白砲とモルタル白砲による安全度の比較試験の基本的な考え方は次の通りである。鉄白砲を用いた試験では供試爆薬の燃発エネルギーは白砲の破壊を伴わないため燃発エネルギーの大半が爆炎や衝撃波として発破孔前方に噴出される。一方、実岩盤を模擬した炭粉セメントモルタル白砲や砂セメントモルタル白砲では、起爆時に破壊を伴って燃発エネルギーを一部消費したり、破碎された粉じんが発破孔前方に噴出するなど鉄白砲と比較して大きく異なる。これら対照的な条件下における安全度の比較試験を実施した。尚モルタル白砲は検定に使用する鉄白砲と同寸法のもののほか、ガスボンベを利用した小型モルタル白砲も製作して試験した。試験には検定試験のほか、非検定爆薬である三号桐ダイナマイトも使用した。試験は全て込物なしで実施した。試験結果はまとめて Table 1 に示す。表の説明は工業火薬協会誌, Vol. 46, No. 6, 1985, pp386 に述べてあるので省略する。

鉄白砲における安全度

筆者らは、鉄白砲試験において、5回程度以上連続して同装薬量、同条件下で安全度試験を行い、いずれもメタンガスに着火しない場合、その装薬量を安全極量と定義、呼称している。

400gクラスの一号特梅ダイナマイト (Table 1「A」と表示) の場合、安全極量が正起爆 (以後 DI と略記) と逆起爆 (以後 II と略記) ではそれぞれ 450g と 250g となっており、その比は 1.8:1 である。同じく 400gクラスの含水爆薬 S-1 (Table 1 中「B」と表示) の場合、安全極量は DI で 450g、II で 100g となっており、その比は 4.5:1 である。この傾向は 600gクラスの G 硝安爆薬 (Table 1 中「C」と表示) でも同じで、安全極量がそれぞれ 700g と 200g で 3.5:1 の比となっている。尚非検定爆薬の三号桐ダイナマイト (Table 1 中

「D」と表示)の場合DI, IIいずれにおいても25gで着火しており、安全極量を求めることが出来なかった。

以上、鉄臼砲における試験では、DIに比較してIIの場合、安全極量が数分の一となっており、安全度に差異が認められる。

モルタル臼砲における安全度

Table 1 に示す通り、鉄臼砲と同寸法のモルタル臼砲における試験の場合、装薬量を大きく増加させて試験したにもかかわらずDI, IIいずれの場合も全て着火していない。特に非検定爆薬の三号桐ダイナマイトを1kg装薬して試験した場合でもいずれも着火していないことは、鉄臼砲において25gで着火している事実と合わせて考察すると、破壊を伴わない鉄臼砲と破壊を伴うモルタル臼砲における着火特性が全く異なることを示していると言える。これらの結果は、ポーランドのSobaraが実際の沿層坑道や岩盤坑道の掘進先に30 m³メタンガス—空気混合チャンバーを設けて検定爆

薬を用い94回試験しているが、DI, IIいずれの場合も着火していない事実とも一致するものである。

尚、ガスポンベを用いて製作した小型モルタル臼砲の場合、Bを750gを装薬して試験したDIでは5回とも着火していないが、IIでは5回のうち2回着火している。この着火要因として次の二つが考えられる。一つは、小型モルタル臼砲はモルタル臼砲に比べ鉄管の直径が小さいので、相対的に発破直後(鉄管が張り裂ける前段階)の発破孔内の爆発圧が高く、衝撃波の発生威力が強められ鉄臼砲に近い条件となり着火し易くなったのではないかと。他の一つの要因は、モルタル臼砲の場合、発破で鉄管が張り裂けないが、小型モルタル臼砲の場合、発破で鉄管が張り裂けるため、モルタルの破砕された粉じんが爆発室内と室外に噴出するので全体的に爆発室内に噴出する粉じん量が少なく、粉じんの着火抑制効果が低下し、着火し易くなったのではないかと。特にIIの場合はDIの場合と異なり孔の

Table 1 Safety test results by concrete mortar

Safety rank	400g				600g		Non-permitted explosive	
Name	A		B		C		D	
Initiation method	DI	II	DI	II	DI	II	DI	II
Test 1		0/2 400g			0/1 600g	0/3 600g		
Test 2		0/1 1050g		0/3 900g		0/1 700g		
Test 3	0/5 900g	0/5 900g	0/10 900g	0/10 900g			0/2 1000g	0/2 1000g
Test 4			0/5 750g	2/5 (0/5) 750g				
Test 5	0/10 400g over	0/5 250g	0/10 400g over	0/5 100g	0/10 600g over	0/5 250g	1/1 25g under	1/1 25g under

*A : Gelatine dynamite (Permitted)

B : Slurry explosives (S-1) (permitted)

C : Ammonium nitrate explosive (Permitted)

D : Ammonia gelatine dynamite

DI: Direct initiation

II: Indirect initiation

Test 1: Concrete mortar (cement: coal dust = 1:2)

Test 2: Concrete mortar (cement: coal dust = 1:1)

Test 3: Concrete mortar (cement: sand = 1:1)

Test 4: Smaller concrete mortar (cement: sand = 1:1)

Test 5: Steel mortar

Numerator: Times of methane ignition

Denominator: Total times of experiments

Temperature and relative humidity of explosion chamber 16°C~22°C 73%~86%

Compression strength of concrete

cement: coal dust = 1:2 ≒ 170kg/cm²

cement: coal dust = 1:1 ≒ 210kg/cm²

cement: sand = 1:1 ≒ 600kg/cm²

筋より張り裂けるため爆発室外に噴出する粉じん量が
多くなり着火し易くなったものと考えられる。

この二つ目の要因に關しての疑問点を解明するため、
モルタル臼砲用の鉄管に小型モルタル臼砲を入れ、こ
の周囲にモルタル（砂1対セメント1配合）を打ち込
み小型モルタル臼砲が張り裂けないようにして、実現
場に近い状態の安全度試験を行った。

結果は Table 1 の Test 4, B の II, 750 g の（ ）内
の数値 0/5 に示すように、5 回繰り返した試験の内 5
回とも不着火であった。このことは、小型モルタル臼
砲の場合、臼砲が張り裂けないよう拘束した条件にす
れば、破碎されたモルタル粉じんの全てが爆発室に噴
出され、工業火薬協会誌、Vol. 46, No. 6, pp 388 で述
べたように、粉じんの着火抑制効果が現われ着火し難
くなったものと考えられる。このことから、着火の要
因は前者ではなく後者の要因であることが解明された。

4. 2 爆炎観測

岩盤坑道の切羽で DI, II の発破を実施し、爆炎の挙
動について調査を行うとともに、この結果とモルタル
臼砲の爆炎調査結果が相似しているか、否かの実証を
行った。また、相似しているとすれば、ポーランドで

実室された大規模の岩盤坑道並びに沿層坑道におけるメ
タン安全度試験方法と筆者らが実施したモルタル臼砲安
全度試験方法は、実規模と同程度の信頼される試験方
法と考えられる。また、2 孔平行孔発破及び 2 孔鋭角
孔発破の爆炎撮影は、爆炎や衝撃波が衝突した場合ど
のような状況になるかを含めた考察を行うために実施
した。

結果は Table 2 に示す通りである。爆薬の K は安全
度試験に使用した一号特梅ダイナマイトである。

実験番号 No. 1 の DI の列について見ると、C と D の
爆炎の大きさには大差がなかったが、E はやや小さく
なっている。F の場合 C, D, E の穿孔長 560 mm に比
べ 1100 mm と長いため爆炎は小さく観測された。No.
2 の II の列について見ると、爆炎の大きさは下記の順
位で観測され、明らかに C が大きいことを示している。

C>D>E>F

この場合も F は穿孔長の関係で爆炎は小さくなって
いる。

No. 1 の DI 並びに No. 2 の II の F について爆炎をカ
ラー写真で見ると、DI の場合、Fig. 4 で見られるよ
うに、白色の爆炎の前面に二次炎のような赤みをおび

Table 2 Length of Explosion Flash

No.	Explosives	Weight (g)	A	B	C		D		E		F		
					a	b	a	b	a	b	a	b	L
1	K	400	DI	1	40	41	38	43	37	41	15	27	—
2	K	400	II	1	105	160	80	150	70	120	35	105	—
3	K	300	DI	2 PB							18 21	20 35	95 55
4	K	300	DI	2 AB							23 37	28 37	102 88
5	K	300	II	2 PB							43 60	107 85	70 77
6	K	300	II	2 AB							38 45	56 83	105 102
7	K	300	DI	2 AB							21 23	20 23	99 110
8	K	300	II	2 AB							87	115	110 102

K : Gelatine dynamite (Permitted)
A : Initiation method
B : Number of blasting boreholes
C : Steel mortar
D : Concrete mortar
E : Smaller concrete mortar
F : Practical rock

a : Width of explosion flash (cm)
b : Length of explosion flash (cm)
L : Remaining length of borehole (cm)
DI : Direct initiation
II : Indirect initiation
PB : Parallel boreholes
AB : Acute angle boreholes

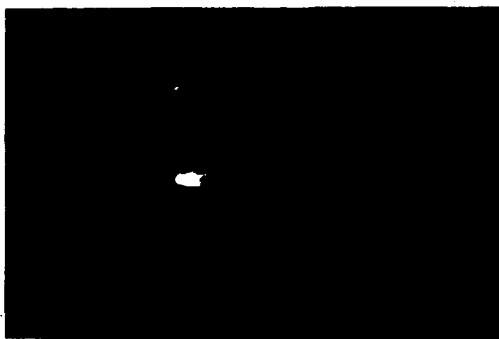


Fig. 4 Table 2, No. 1, Explosion flash



Fig. 8 Table 2, No. 5, Explosion flash



Fig. 5 Table 2, No. 2, Explosion flash

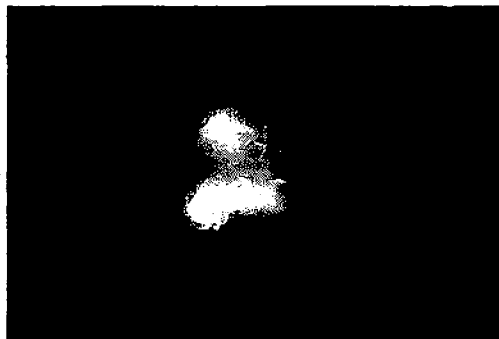


Fig. 9 Table 2, No. 6, Explosion flash



Fig. 6 Table 2, No. 3, Explosion flash



Fig. 10 Table 2, No. 7, Explosion flash

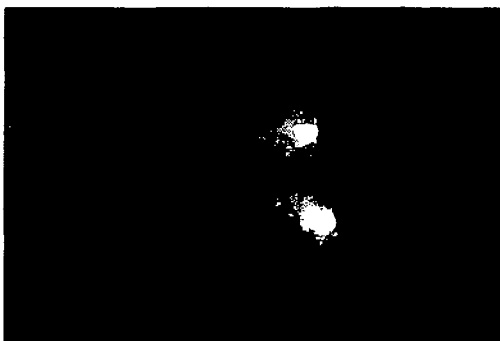


Fig. 7 Table 2, No. 4, Explosion flash

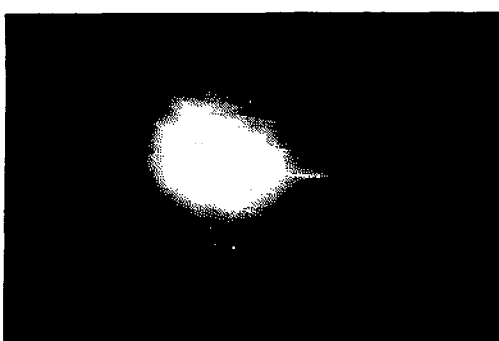


Fig. 11 Table 2, No. 8, Explosion flash

た薄い褐色の炎が大きく観測されたが、IIの場合、Fig. 5で見られるように白色の爆炎部分は大きい。赤みをおびた薄い褐色の炎はわずかしき観測されなかった。No. 1のDI及びNo. 2のIIのD、Eの爆炎もFと同じ傾向の爆炎が観測されている。本報告のFig. 4～Fig. 11までの爆炎写真は全て岩盤坑道において撮影したものである。C、D、Eの爆炎写真は工業火薬協会誌、Vol. 46, No. 6に掲載している。ここで省略する。また、No. 1とNo. 2のFのL（残孔長）は岩盤剝離のため計測できなかった。

No. 3のDI、2孔PB、FのFig. 6について見ると、No. 1のFig. 4と同じく白色の爆炎の前面に赤みをおびた薄い褐色の炎が観測された。このPBの場合、2孔間で衝撃波や爆炎の衝突による発光現象等は観測されなかった。また、No. 4のDI、2孔AB、FのFig. 7について見ると、上記のNo. 3と同じような爆炎の衝突による発光等は観測されなかった。No. 5のII、PB、FのFig. 8について見ると、DIで観測された白色の爆炎の前面に赤みをおびた薄い褐色の炎は観測されなかったが、上部発破孔の白色の爆炎が二次的に伸びた単発孔では見られない状況が観測された。No. 6のII、2孔AB、FのFig. 9について見ると、爆炎はNo. 5より小さいが、上記と同じように下部発破孔の白色の爆炎の前面で二次的に発生したと考えられる白色の炎が観測された。No. 7のDI、2孔AB、FのFig. 10正面より撮影の場合を見ると、2孔間に衝撃波等による発光現象等は観測されなかった。No. 8のII、2孔AB、FのFig. 11正面より撮影の場合を見ると、2孔間で爆炎が重複し大きな爆炎が観測された。このような発破が行われれば異常発破災害が起る可能性がある。また、Lについて総合的に見ると、ABよりPBが小さく、PBの方が発破孔口元破壊に及ぼす影響が大きいことが観測された。

以上のモルタル臼砲発破と岩盤坑道発破のDIとIIの爆炎の発生状況をまとめると、爆炎の大きさは多少の差異はあるが、爆炎の色調、二次炎の発生状況、火花の発生がないなどから見て、両者は良く相似していることが明らかとなった。

5. 結 言

実際の岩盤発破等を模擬したモルタル臼砲を用いた正、逆起爆時のメタンガスに対する安全度試験結果は、非検定爆薬の三号桐ダイナマイトを1000g用いた試験で正、逆起爆にいずれにおいても着火しなかった結果に代表されるように、モルタル臼砲と鉄臼砲におけるメタンガスの着火性が全く異なるものであると結論することが出来る。

このモルタル臼砲において着火しない理由として、

破壊に伴う爆発エネルギーの消費や噴出粉じんによるメタンガスへの着火抑制効果が考えられる。また我が国において実施された逆起爆の試験発破においては、残留薬が皆無である。カットオフが少ない、残孔長が正起爆より短いなどの結果が得られている。

以上の結果は、ポーランドや西ドイツなどにおける試験結果や実績とも一致するものである。

発破関連の事故を防止するためにはメタンガスや炭じんに対する安全性のほか、残留薬やカットオフの発生防止などに異常発破防止の手段など総合的に評価して発破法を決定すべきである。鉄臼砲による検定試験法は昭和15年に制定されているが、この時点では炭鉱における発破の安全性に関する評価手法が十分であったとは言い難い。本報告で述べた各試験結果は明らかに鉄臼砲と実発破でメタンガスへの着火性に差異があることを示している。これらの点を総合的に考察すると、鉄臼砲の試験を基本とする検定試験において起爆方法に関する使用条件を付与することは不適切であると考えられる。このことから、使用条件を変更して逆起爆発破法を石炭鉱山に導入すれば、発破に関する安全性は高められるものと考えられる。

文 献

- 1) 松隈喜純、古閑豊、手島利之、田中誠、野原博、町田和美、本間昭宇：日本鉱業会誌、Vol. 95, No. 1099, pp 556～560 (1979)
- 2) 古閑豊、田中誠、手島利之、松隈喜純、本間昭宇、町田和美：採鉱と保安、Vol. 26, No. 2, pp 1～6 (1980)
- 3) 古閑豊、手島利之、田中誠、松浦茂雄、本間昭宇、町田和美、規工川一徳、吉永定義：工業火薬協会誌、Vol. 44, No. 3, pp 165～172 (1983)
- 4) 古閑豊、手島利之、田中誠、井清武弘、田代襄：工業火薬協会誌、Vol. 45, No. 3, pp 165～169 (1984)
- 5) 疋田強、吉田正、水谷寛、野村宏、林功、沼倉隆治、鈴木輝彦：日本産業火薬会、産業火薬欧州調査報告 (1977)
- 6) 石炭技術、Vol. 25, No. 11 (1985)「西ドイツの炭鉱における起爆法とその変遷」ドイツ・ルール石炭協H. W. Wild氏の講演より
- 7) 古閑豊、手島利之、田中誠、井上邦三、和田良馬、松隈太郎、井清武弘、田代襄：工業火薬協会誌、Vol. 46, No. 6, pp 384～391 (1985)
- 8) 田中誠、手島利之、古閑豊、井上邦三、和田良馬、松隈太郎、井清武弘、田代襄：採鉱と保安、Vol. 31, No. 11, pp 568～574 (1985)
- 9) 町田和美（調査）：昭和57年5月14日、太平洋炭

- 鉱山より札幌鉱山保安監督局への報告書
10) J. Sobala : 1983年国際鉱山保安研究会論文集,
Paper C-2, pp221~232 (1983)

- 11) 清正稔 : 1983年国際鉱山保安研究会には出席し,
逆起爆法に関して関係者より入手した資料

Comparision of Blasting Effect between Direct and Indirect Initiation (IV)

Discussion on Introduction of Indirect Initiation Method to Coal Mine

by Yutaka KOGA*, Toshiyuki TESHIMA*, Makoto TANAKA*,
Yuji OGATA*, Kunizo INOUE*, Ryoma WADA*,
Taro MATSUKUMA*, Takehiro ISEI* and Minoru SEISHO**

As a result of discussion of experimental data and several experiences, the indirect initiation method is expected to be adopted officially in coal mine as a new technique.

In this paper experimental results of the safety tests of explosives for use in coal mine and the explosion flame examination under both practical rock and artificial concrete mortar blasting are discussed and other practical experiences not only in Japanese and also in foreign coal mines are also discussed. Through the discussion, no significant difference has been found in safety between direct and indirect initiation in case of practical blasting which is accompanied with large amount destruction of rocks.

(*Coal Mine Safety Reseach Center, Kyushu, National Reseach Institute
for Pollution and Resources : 1142 Nishinogo, Usui-cho, Kaho-gun,
Fukuoka Pref., 820-5, Japan,

**Director, CMSRC, Kyushu : 1541 Tonno Nogata City, Fukuoka Pref.,
822 Japan)