

# アクリルアミドゲルを可塑剤とした TNT 基剤爆薬

## II. 爆速および圧縮特性

野村 羊 観・佐藤 純 一\*

### 1. ま え が き

現用の膠質ダイナマイトには、塩類 ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $\text{KNO}_3$ ) に対する可塑性付与剤として自爆能の極めて高いニトログリセリンゲル (以下記号 N/G ゲル) が使用されている。可塑剤として敏感な爆薬自体を使用することは合理的である故、可塑性爆薬をつくるために N/G ゲルはすてがたい材料である。それにもかかわらず、N/G ゲルを用いない可塑性爆薬の開発<sup>1,2)</sup> が試みられている。その意図の根底には N/G ゲルに関する諸問題 (製造における危険工程、貯蔵ならびに使用時における安全管理) を解決しようとする考えが流れている。この考えを発展させるにあたって、従来の立場には、(1) 弱爆轟性をもつ塩類 ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{C}_2\text{O}_4$ ) と N/G ゲル以外の可塑剤との組合わせを探索すること、(2) 6号雷管による起爆の可能なこと、が前提として含まれている。しかし、N/G ゲルのような自爆能の高い可塑剤を使用しない限り、得られる爆薬は必然的に低感度のものとなるため上述の(1)と(2)とを両立させることは難しい。一方、最近では低感度爆薬 (硝油爆薬、スラリー爆薬) が実用的工業爆薬の範囲に加わり、その起爆に伝爆薬が使用されている。このことは、工業爆薬自体をできるだけ低感度ものにして製造および使用時における危険性をなくし、それに用いる起爆系列だけに従来の爆薬的取扱いを局限しようとする内容を示唆している。

前報<sup>3)</sup>において、(a) 伝爆薬 (テトリール, 5g) の使用を前提とし、(b) 基剤爆薬として N/G ゲルの代りに TNT を使用し、(c) 可塑性をあたえる物質として爆轟性皆無のアクリルアミドゲル (含水ゲルの一種) を使用するとき、TNT の含有量が 50% (以下重量%) 以上のとき一種の可塑性爆薬の得られることを示した。ここでいう可塑性とは粘土細工的変形の可能なことを意味する。本報の内容は前報に述べられた可塑性爆薬について下記事項を検討した結果を述べたものである。(1) 先に試作した多数の可塑性爆薬から爆

痕試験の結果が良好であるものを選び、これらについて爆速 (爆速爆轟中断の吟味をかねて) を測定し、その結果に基づいて優良な組成を選定すること。(2) それらの選定した組成の中から、圧縮試験により新桐ダイナマイトと類似の可塑性を示すものを選ぶこと。言いかえれば、上に述べた(1)と(2)に基づいて、前報で示した多数の組成物に制限を設けるのが本実験の目的である。なお以下に使用する略語は前報におけるものと同じである。

### 2. 爆速測定

前報で述べた爆痕試験では硬質塩ビ管 (内径20×外径25mm) を使用したが、その長さは4cm にすぎなかつた。本項の爆速測定の実験に際しては、長さ17cmの軟質の透明ビニール管 (内径20×外径25mm) を使い、これに AAゲル系爆薬を充填した。測定はドートリッシュ法により、導爆線の両端を起爆位置から7cmと15cm との位置に挿入した。先に得られた多数の試作爆薬の中から選定した組成とそれらの爆速測定値とを表1に示す。なお本実験において使用した爆薬の密度は、前報で述べた爆痕試験の場合の密度と必ずしも一致していない。このことは充填量の多寡と充填管材の硬軟に関連するため避けることができなかつた。

表1に示した爆速値によれば、AAゲルのみを用いた場合や AAゲルに AN を機械混合したもの (記号 AN-AA) を用いた場合には、爆轟中断が起り易いことが判る。AN-AA (飽, 16°C) を使用したときは TNT=48% で、また AN-AA (飽, 40°C) を使用したときは TNT=44% で爆轟中断が起こつた。新桐ダイナマイトでは、強被包の場合に 6,000m/sec 台の高爆速が得られるが、本実験と同じ実験条件で爆速を測定するときは 2,800~2,900m/sec (密度 1.45) の値にしか達しなかつた。

写真1に、薬径20mm×薬長15cmをもつ若干の試作爆薬 (組成は写真1の説明参照) を無被包の状態で厚さ3mmの鋼板上で爆轟させたときの破壊状態を示

昭和43年5月20日受理

\* 防衛大学校 横須賀市走水

表 1 TNT-AA ゲル系爆薬の燃速

AA ゲルの区分	ねつ和 %			密度 g/cc	燃速 m/sec
	TNT	AN	AA		
AA(10)	70	—	30	1.44	5,630
	65	—	35	1.41	5,490
AA(5)	70	—	30	1.36	5,510
	65	—	35	1.33	中断
AN-AA(10)	60	30	10	1.52	6,200
	58	29	13	1.37	中断
AN-AA(5)	60	30	10	1.45	6,060
	58	29	13	1.31	中断
AN-AA (飽, 16°C)	70	17.0	13.0	1.49	6,560
	65	19.8	15.2	1.41	6,170
	60	22.6	17.4	1.42	6,060
	50	28.2	21.8	1.42	5,070
	48	29.4	22.6	1.38	中断
AN-AA (飽, 40°C)	70	20.4	9.6	1.49	6,420
	65	24.2	10.8	1.45	6,270
	60	27.6	12.4	1.44	6,090
	50	34.5	15.5	1.42	5,810
	48	35.8	16.2	1.40	5,490
	46	37.2	16.8	1.40	5,170
AN-AA (溶) (AN/TNT=0.5)	60	30	10	1.44	6,290
	58	29	13	1.43	6,180
	56	28	16	1.43	5,830
	54	27	19	1.40	5,590
	52	26	22	1.36	5,260
AN-AA (溶) (AN/TNT=0.6)	50	25	25	1.36	4,010
	56	33.6	10.4	1.48	5,860
	54	32.4	13.6	1.48	5,790
	52	31.2	16.8	1.42	5,670
50	30.0	20.0	1.42	5,630	

す。無被包であっても完爆することは明らかであり、破壊の程度は同様な条件で爆轟させた新桐ダイナマイトの場合よりも大きい。

### 3. 圧縮試験による可塑性の検討

圧縮試験は微小万能試験機（東洋測器KK製UTM3B型）を用いて行ない、試料長の50%圧縮過程における圧縮長—荷重の関係を自動記録方式により求めた。用いた試料の形状は一辺 $14 \pm 0.2$ mmの立方体であり、測定温度は $18^\circ\text{C}$ であった。なお、既に述べたように、TNT-AAゲル系およびTNT-AN-AAゲル系は爆轟中断を起し易いので、これらは不適格組成として圧縮試験の材料から除外した。

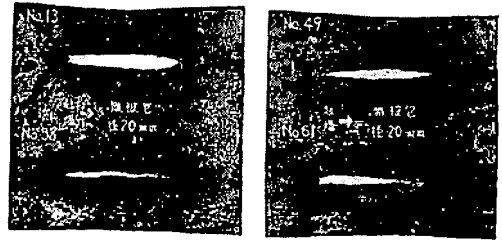


写真 1 径20mm, 長さ15cmの無被包薬を3mm厚さの鋼板上で爆轟させた場合の破壊状態  
 左上 (No. 13) : TNT/AN-AA (10)=60/30 +10,  $\rho=1.45$   
 左下 (No. 38) : TNT/AN-AA (飽,  $16^\circ\text{C}$ ) =65/(19.8+15.2),  $\rho=1.45$   
 右上 (No. 49) : TNT/AN-AA (飽,  $40^\circ\text{C}$ ) =65/(24.2+10.8),  $\rho=1.46$   
 右下 (No. 61) : TNT/AN-AA (溶) =58/(29.0+13.0),  $\rho=1.45$

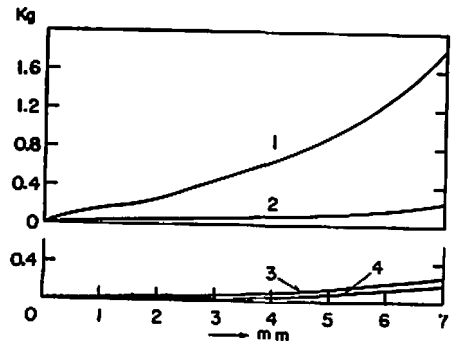


図 1 AAゲルおよびAN-AA(飽)ゲルの50%圧縮試験における荷重曲線(記録紙の複写), 1:AA(10), 2:AA(5), 3:AN-AA(飽,  $16^\circ\text{C}$ ), 4:AN-AA(飽,  $40^\circ\text{C}$ )

先ず最初にTNTを含まない場合として、AA(10), AA(5), AN-AA(飽,  $16^\circ\text{C}$ ), AN-AA(飽,  $40^\circ\text{C}$ )の4者<sup>3)</sup>について圧縮試験を行なった。得られた結果を図1(荷重値は記録紙の読み)と表2とに示す。この図は14mmの試料の50%圧縮長である7mmを横軸にとり、各圧縮長に対する荷重を縦軸にとつて示したものである。なお、図1の荷重値は記録紙上の読み(kg)で、表2の荷重値は公称値(kg/cm<sup>2</sup>)である。これらのゲルの特性については既に前報において述べたが、図1に示された曲線の相互位置を比較することによつてその特性は一層明白となる。AA(10)はかなり固く、しかも弾性の大きいゲルであるが(曲線1)、これに比べるとAA(5)は著しく軟弱であり(曲線2)、50%圧縮時における荷重値はAA(10)の約1/7程度である。AN-AA(飽,  $16^\circ\text{C}$ )はAA(5)と同程度に軟弱なゲルである(曲線2と3の比較)。ま

表 2 AA ゲル, AN-AA ゲルの50%圧縮荷重値

区 分	組 成 %		密度 g/cc	50%圧縮荷重値, kg/cm <sup>2</sup>	性 状
	AA	AN			
AA(10)	100		1.02	0.89	弾性大, もろい
AA(5)	100		0.91	0.12	弾性小, まとまりが良い
AN-AA (飽, 16°C)	43.5	56.5	1.37	0.14	同 上, ねばりがある
AN-AA (飽, 40°C)	31	69	1.35	0.10	同 上, ねばりが大きい

表 3 TNT-AN-AA ゲル系爆薬の50%圧縮荷重値

AA ゲルの区分	ね つ 和 %			50% 圧縮荷重値, kg/cm <sup>2</sup>	薬 質
	TNT	AN	AA		
AN-AA (飽, 16°C)	70	17	13	1.13	やや固いが可塑性がある 最良好, 弾力性をもつ 最良好 やや軟弱
	65	19.8	15.2	0.39	
	60	22.6	17.4	0.33	
	50	28.2	21.8	0.17	
AN-AA (飽, 40°C)	70	20.4	9.6	1.82	固い, やや可塑性がある 最良好, 弾力性をもつ 最良好 良好 やや軟弱
	65	24.2	10.8	0.49	
	60	27.6	12.4	0.62	
	50	34.5	15.5	0.20	
	46	37.2	16.8	0.18	
AN-AA (溶) (AN/TNT=0.5)	60	30	10	2.02	やや固い, 可塑性がある 最良好, 弾力性をもつ 良好 良好, ねばりを示す 良好 軟弱
	58	29	13	0.88	
	56	28	16	0.23	
	54	27	19	0.22	
	52	26	22	0.30	
	50	25	25	0.25	
AN-AA (溶) (AN/TNT=0.6)	56	33.6	10.4	0.43	最良好, 弾力性をもつ 最良好 良好 良好 良好, ねばりを示す
	54	32.4	13.6	0.45	
	52	31.2	16.8	0.20	
	50	30.0	20.0	0.30	
	48	28.8	23.2	0.25	

た, AN-AA (飽, 40°C) には折出物があるにもかかわらず, そのために強度を増すことはなく, AN-AA (飽, 16°C) の場合と殆んど同じである (曲線 4)。

図 2 の曲線 1, 2, および 3 は新桐ダイナマイトについて得られた 50% 圧縮に至るまでの圧縮特性を示したものである。図から知られるように圧縮長-荷重曲線は, 入手のままから切出して測定した場合 (曲線 1), 一度もみほぐしてから切り出した場合 (曲線 2), あるいはそれを 2 日間放置後切り出した場合 (曲線 3) によって違ってくる。これら 3 つの試料の 50% 圧縮時における荷重値はそれぞれ 1.38, 0.48, 0.91 kg/cm<sup>2</sup> (公称荷重値) である。新桐ダイナマイトの圧縮特性が前処理によって変化することは以上のような

が, ここで曲線 2 および 3 によって示される圧縮特性を流用して試作爆薬の可塑性を選定するときの目安とした。

上に述べた新桐ダイナマイトの二つの圧縮曲線 (図 2 の 2 と 3) に近い特性をもつ組成の例を図 2 の曲線 4~8 に, 更にその他の場合について得られた 50% 圧縮時における荷重値 (公称値, kg/cm<sup>2</sup>) を表 3 に示す。かための試作爆薬の場合に荷重曲線の再現性は良かった。一方軟弱な試作爆薬では, 試料を正しい立方体に切り出すことの困難や試料内に気泡がまぎれこんでいること等のため, 荷重曲線は変動を示した。表 3 の 50% 圧縮荷重値は最良の実験条件下で得られた結果である。また表 3 中の薬質の欄に示された性状につい

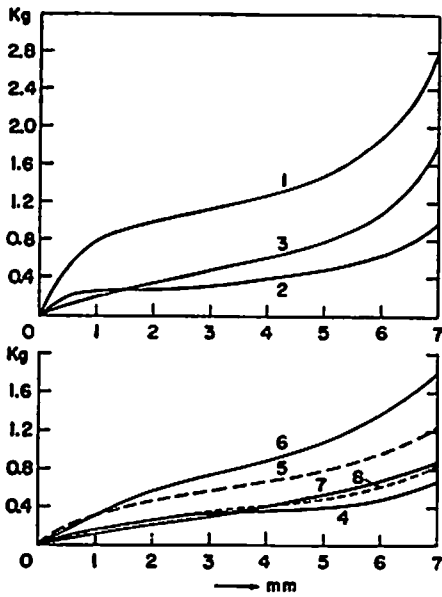


図 2 新桐ダイナマイトおよびAAゲル系爆薬の50%圧縮試験における荷重曲線

- 1: 新桐ダイナマイト, 市販品から切出したもの
- 2: 同上, もみほごした直後のもの
- 3: 同上, もみほごした後2日放置したもの
- 4: TNT/AN・AA(飽, 16°C)=60/(22.6+17.4)
- 5: TNT/AN・AA(飽, 40°C)=60/(27.6+12.4)
- 6: TNT/AN・AA(溶)=58/(29.0+13.0)
- 7: TNT/AN・AA(溶)=56/(33.6+10.4)
- 8: TNT/AN・AA(溶)=54/(32.4+13.6)

ては、(1) 新桐ダイナマイトの圧縮特性がその前処理によつて変わるので、これにならつて試作爆薬の場合にも可塑性の適性範囲にある幅を持たせることにし、(2) さらに外力を加えた場合に割れが入り難く安定した可塑性を示すか否かの点を考慮に入れて判定した。試作爆薬と新桐ダイナマイトとは構成物質の点で相違しているため勿論厳密な意味での対比はできないが、試作爆薬の薬質が新桐ダイナマイトの薬質にかなり類

似しているときに最良好、また類似の程度が劣つても実用上さしつかえないと思われるときに良好、と評することにした。

#### 4. 総 括

前報で示した多数の TNT-AAゲル系爆薬のうちから、爆轟中断を起こさないものでしかも新桐ダイナマイトに近い可塑性をもつ組成を選定するため、爆速測定と圧縮試験を行なつた。TNTの含量は少ない方が望ましいが、安定な爆轟性を得るには TNT=50~60%の含量が必要であつた。また爆轟性と可塑性との両者を満足する組成は ANを溶解法で含ませた AN・AAゲルを使用した場合のみ得られ、下表の4種の組成を選ぶことが出来た。ただしこの表においては、AN・AA(飽)又は AN・AA(溶)の成分を ANと AA(10)とに分けて示している。これらの組成物は約1.45の密度をもち、内径20mmの軟質ビニールパイプに充填して爆轟させるときの約6,000m/secの爆速を示す。

選定された TNT-AN・AA ゲル系爆薬

TNT	組 成 (重 量 %)				密度 g/cc	爆速 m/sec
	AN	AA(10)	AN/TNT	AA/TNT		
60	22.6	17.4	0.38	0.29	1.52	6,060
60	27.6	12.4	0.46	0.21	1.45	6,090
58	29.0	13.0	0.50	0.22	1.43	6,180
54	32.4	13.6	0.60	0.25	1.48	5,790

#### 文 献

- 1) 特許出願公告, 昭35-8349: ニトロエチルベンゼンを可塑剤として用いた可塑性爆薬
- 2) 特許出願公告, 昭41-238: ニトログリセリンを用いない膠質爆薬の製造方法
- 3) 野村羊銀, 佐藤純一: アクリルアミドゲルを可塑剤とした TNT 基剤爆薬. I. 試作経過, 工業火薬協会誌 29, 330 (1968)

# Trinitrotoluene-based Explosive Composition Containing Acrylamide Polymer Gel as Plasticizer

## II. Detonation Velocity and Behavior under Compression

by Y. Nomura and J. Sato

Detonation velocities of compositions consisting of trinitrotoluene powders and various acrylamide gel components were measured by the Dautriche method. The behaviors under compression were examined in comparison with that for a "Shingiri-dynamite" (a kind of gelatine dynamite). The following four compositions (wt. %) are recommendable. Each composition has a density ( $\rho$ ) of about 1.45 g/cm<sup>3</sup> and a detonation velocity (D) of about 6,000m/sec when it was detonated in a polyethylene tube of 20mm in inner diameter.

TNT/AN·AA=60/(22.6+17.4),  $\rho=1.52\text{g/cm}^3$ , D=6,060m/sec

TNT/AN·AA=60/(27.6+12.4),  $\rho=1.45\text{g/cm}^3$ , D=6,090m/sec

TNT/AN·AA=58/(29.0+13.0),  $\rho=1.43\text{g/cm}^3$ , D=6,180m/sec

TNT/AN·AA=54/(32.4+13.6),  $\rho=1.48\text{g/cm}^3$ , D=5,790m/sec

Here, AN·AA notes an acrylamide polymer gel mixed ammonium nitrate by a dissolution method. The behavior under compression for the compositions mentioned above was very similar to that for "Shingiri-dynamite".

(Department of Chemistry, Defense Academy, Yokosuka)