



水中爆発を用いた爆発性の評価(Ⅲ)

50/60鉄管と10gPETN伝爆薬を用いた伝爆性試験

吉田信生*, 木村 歩*, 金子良昭**

和田有司***, 松永猛裕***, 吉田忠雄***

水中爆発を利用した伝爆性の評価法として、いくつかの爆轟・爆燃境界物質について30/40鉄管試験及び50/60鉄管試験を行い、その挙動を調べた。

その結果、50/60鉄管試験の方が30/40鉄管試験よりも伝爆性の検出感度が優れていることが確認された。

また、本法を使用することにより従来の鉄管試験の鉄管の破壊状況による判別では、知り得なかった爆轟・爆燃境界物についての伝爆性を判定できることが分かった。

1. はじめに

自己反応性物質の爆発伝播性の有無は取扱い安全の面から重要な性質である。爆ごう伝播性を調べる試験法としてはBAM50/60鉄管試験¹⁾²⁾が優れた試験法である。しかし、弱い爆ごうあるいは激しいデフラグレーション(爆燃)で伝播する物質は50/60鉄管試験では判定が困難である。50/60鉄管試験では鉄管が破片になるかどうかで伝爆性の有無の判断をするが、爆ごうせずに爆燃する物質は50/60鉄管を破片にしない。

この問題点を克服するために、50/60鉄管試験を水中で行い、発生エネルギーを測定することにより伝爆性の有無を調べることを計画した。

現在筆者らが用い得る水中爆発実験用プールは容積が限られているので、まず30/40鉄管試験の検討を行った³⁾。この結果、30/40鉄管試験では50/60鉄管試験に比べて薬径が不十分であり、未知物質の伝播性の有無を判定できないことがわかった。一方、この実験で非爆ごう性爆発物質であれば、筆者らのプールの容積でも50/60鉄管試験を実施し得ることがわかった。しかし、伝爆薬は従来のRDX=95—ワックス=5の50gペレットを用いることには問題があると思われた

昭和63年2月22日受理

*日本化薬株式会社火薬研究所姫路分室
〒679-21 兵庫県姫路市豊富町豊富 3903-39
TEL 0792(64)3001

**日本化薬株式会社火薬研究所
〒757 山形県厚狭郡山形町大字部 2300
TEL 0836(72)1221

***東京大学工学部反応化学科
〒113 東京都文京区本郷7-3-1
TEL03(812)2111

ので10gPETN粉末を用いた。

2. 実験

2.1 試料

アルミナ(和光特級, 012-0965, 75 μ バス80%)は試薬を用いた。アゾビスイソプロピロニトリル(AIBN, 大塚化学銻製), ジ-*t*-ブチルジパーオキシイソフタレート(DBPIP, パープテルIF, 日本油脂銻90%+水10%)は真空乾燥させ、70%, 80%及び90%に水で希釈した過酸化ベンゾイル(BPO, 化薬ヌーリ銻製)は工業製品を用いた。エマルジョン爆薬(カヤマイト), PETN粉末及び6号電気雷管は日本化薬銻製のものを用いた。

2.2 実験設備

水中爆発に用いたプールは前報³⁾に報告したものと同じである。

2.3 試料容器

水中爆発に用いた可変試料量試験容器として、内径50mm, 外径60mmの引抜き銅管を長さ20, 30, 40及び50cmに切って用いた。底部は溶接で、上端はネジを切り、展性のあるネジ蓋を取付けられるようにした。ネジ蓋には雷管挿入用の径7mmの孔があけてある。

2.4 水中爆発における爆発気泡の第一脈動周期の測定

水中爆発の試料及び計測器固定には図1に示す構造の装置を用いた。水中圧力波の測定にはPCBピエゾエレクトロニクス社製トルマリンゲージ(モデル138A10), PCBパワーユニット(モデル480D10)及び岩通銻製デジタルストレージスコープ(モデルDS-6121A)を用いた。空気中圧力波の測定には東亜

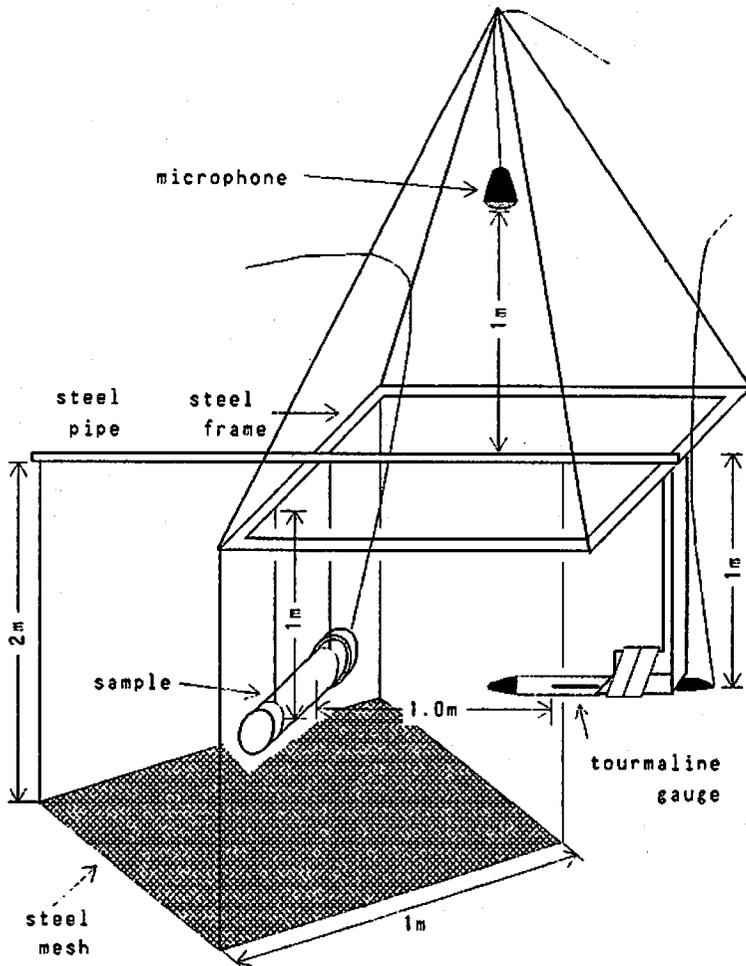


Fig. 1 Experimental setup of the underwater explosion.

電気銅製マイクロホン(モデルDS-300)及び日立製デジタルストレージオシロスコープ(モデルVC-6015)を用いた。いずれの測定波形も日本電気三栄(株)X-Yレコーダー(モデル8U16-1)に出力させ記録した。

2.5 実験手順

50/60鉄管に径50mmで底を閉じたビニルチューブを入れ、これに試料を充填して入った試料量を秤量する。10mlのサンプル管(ラボランパック サンプル管)に10gのPETN粉末を入れ、ポリエチレン製の蓋と内筒を取り付ける。この内筒に6号電気雷管を取り付け、サンプル管全体を試料の最上部に埋め、水が入らないようにビニルチューブの口をゴムテープでとじる。50/60鉄管に蓋をして、水が侵入しないように雷管と蓋の孔の隙間にゴムテープを巻きつける。図1のように鉄管、圧力センサーをセットし鉄管の中心が水深1mになるように水中に沈める。発破器で起爆して計測を

行う。鉄管は回収して写真記録する。

3. 結果と考察

3.1 結果

実験条件及び対応する結果を表1に示した。各実験後の鉄管の破損状況を図2に示した。

3.2 用いた試料の伝爆性

3.2.1 過酸化ベンゾイル(BPO)

過酸化ベンゾイル-水混合物の試験結果を図3に示した。この結果から90%BPOはこの条件で伝爆性があり、80%BPOは爆発が中断し、70%BPOは殆ど爆発が起こっていないことがわかる。

80%BPOは弾動臼砲を用いた可変試料量試験⁵⁾では伝爆性がありとされ、弾動振子を用いた試験⁶⁾では伝爆性なしとされた。伝爆性の境界物質と見られるが、本試験法による結果と弾動臼砲試験の結果の相違については今後の検討が必要である。

3.2.2 アゾビスイソプロピロニトリル(AIBN)

Table 1 Results of the 50/60 steel tube test using the underwater explosion.
Booster : 10g PETN + No.6 detonator

Run	material	others	charge		pulsation period		bubble energy	
			length [cm]	weight [g]	T _{b1} * [ms]	T _{b2} ** [ms]	E _{b1} [kJ]	E _{b2} [kJ]
1	BPO(80%)	H ₂ O(20%)	20	236	---	68.5	---	28.6
2	BPO(80%)	H ₂ O(20%)	30	370	---	---	---	---
3	BPO(80%)	H ₂ O(20%)	40	4488	---	71.0	---	31.9
4	BPO(80%)	H ₂ O(20%)	50	653	72.5	73.0	33.9	34.6
5	BPO(70%)	H ₂ O(30%)	50	601	56.5	56.5	16.1	16.1
6	BPO(90%)	H ₂ O(10%)	50	511	93.0	94.5	71.6	75.1
7	ALBN(100%)	---	50	428	71.0	71.5	31.9	32.5
8	DBPIP(70%)	Al ₂ O ₃ (30%)	20	31.0	77.5	77.5	41.4	41.4
9	DBPIP(70%)	Al ₂ O ₃ (30%)	40	658	83.5	82.5	51.8	50.0
10	DBPIP(70%)	Al ₂ O ₃ (30%)	50	782	79.0	79.5	43.9	44.7
11	AIBN(100%)	---	30	2269	74.0	74.0	36.1	36.1
12	DBPIP(80%)	Al ₂ O ₃ (20%)	20	295	85.5	86.0	55.6	56.6
13	DBPIP(80%)	Al ₂ O ₃ (20%)	30	453	95.0	94.0	76.3	73.9
14	DBPIP(80%)	Al ₂ O ₃ (20%)	50	774	102.0	103.0	94.4	97.2
15	NaCl		50	1020	49.0	49.0	10.5	10.5
16	No. 6 detonator		---	---	19.5	19.5	0.7	0.7
17	PETN + No.6 detonator		---	10	60.5	61.3	19.7	20.4

*observed by the tourmaline underwater blast pressure transducer

**observed by the dynamic microphone

***using the glass sample tube

BPO : benzoylperoxide

AIBN : α, α' - azobis - iso - butyronitrile

DBPIP : di - t - butyldiperoxyisophthalate

Table 2 Weight of emulsion explosive A and observed bubble energy.

Run	weight (g)	pulsation period		bubble energy	
		T _{b1} * (ms)	T _{b2} ** (ms)	E _{b1} (kJ)	E _{b2} (kJ)
1	5.0	43.3	---	7.0	---
2	25.0	74.00	---	35.2	---
3	50.0	94.3	---	72.8	---
4	75.0	104.5	---	99.1	---
5	100.0	113.0	---	125.2	---
6	30.0	78.5	79.5	43.0	44.7
7	100.0	---	---	---	---
8	125.0	122.5	126.3	163.6	179.1
9	150.0	137.5	135.0	257.7	243.9
10	24.7	60.5	61.0	19.7	20.2
11	150.00	---	---	---	---

* : observed by the tourmaline underwater blast pressure transducer

** : observed by the dynamic microphone

100% AIBNは本実験では不伝爆という結果が得られた。これを図4に示す。弾動白砲を用いた試験では

伝爆性という結果が得られている。弱い爆発性物質に対して弾動白砲と鉄管試験では反応の起り方が異なっ



(a)



(b)



(c)

Fig. 2 50/60 steel tube after the underwater variable sample tests. From left to right.

- (a) 90%BPO - 10%water 50cm, 80%BPO - 20%water 50cm, 40cm, 30cm and 20cm, and 70%BPO - 30%water 50cm long.
 (b) 100%AIBN 50cm and 30cm, and 100%NaCl 50cm long.
 (c) 70%DBPIP - 30%Al₂O₃ 50cm, 40cm and 20cm, and 80%DBPIP - 20%Al₂O₃ 50cm, 30cm and 20cm long.

ている可能性がある。すなわち弾動白砲では起爆後の圧力保持時間が長く、試料が比較的長い間高温にさらされるが、これに対して鉄管試験では鉄管の破裂による圧力、温度の開放が早く、爆燃が中断しやすいことが考えられる。

3.2.3 ジーブチルパーオキシソフタレート (DBPIP)

DBPIPをAl₂O₃で80%及び70%に希釈した試料についての結果を図4に示した。70%DBPIPは不伝爆で80%品は伝爆であることが示された。30/40鉄管試験では80%DBPIPが伝爆の境界であったので50/60鉄管試験の方が伝爆性の検出能力は高いといえよう。しかし、50g RDX-ワックスのペレットをブースターに使った方法と比較して対等であるかどうかについては、まだ結論を出せない。

3.3 伝爆性試験としての10gブースターを用いた水中50/60鉄管試験

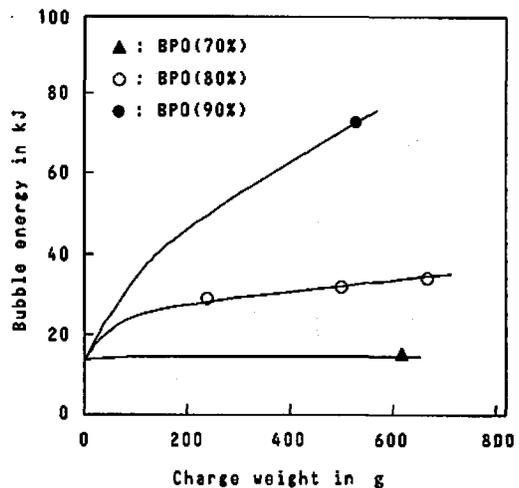


Fig. 3 Plot of bubble energy vs. charge weight of BPO mixtures with H₂O.

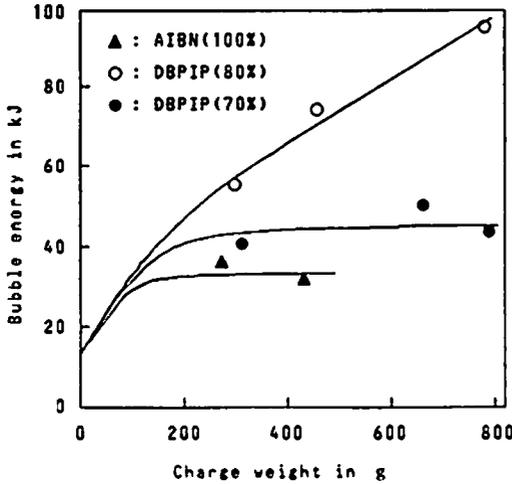


Fig. 4 Plot of bubble energy vs. charge weight of AIBN DBPIP mixtures with Al_2O_3 .

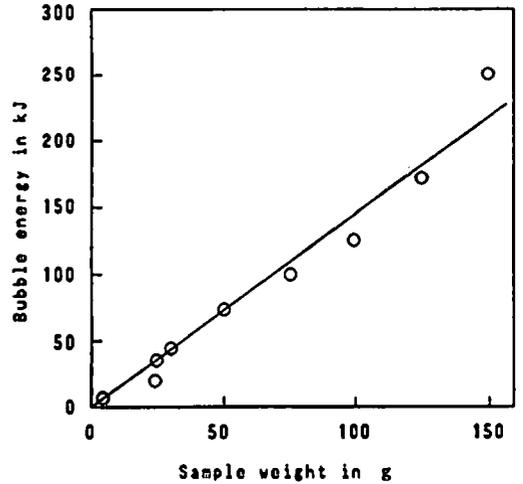


Fig. 5 Plot of bubble energy vs. weight of emulsion explosive A.

従来のBAM 50/60鉄管試験¹⁾²⁾では本実験で伝爆性が認められた80% DBPIPや90% BPOでは図4に示すように鉄管が破片にならず伝爆の判定ができない。したがって、水中爆発法はこの点に関して従来法よりも優れていると言える。

一方、上に見てきたように本試験の伝爆性検出能力は30/40鉄管試験より良く、弾動振子を用いる方法と同等であり、弾動白砲を用いる方法より悪い。

30/40鉄管試験より本50/60鉄管試験の方が伝爆性検出能力が高いのは伝爆薬量が2倍と多く、又薬径が5/3倍と大きくなっているためと思われる。従来の50/60鉄管試験では50gのRDX-ワックスペレットを用いている。本実験ではプールの容積の都合で10gの粉末

PETNを用いた。実質的にこの差が有意かどうかは更に実験的に検討する必要がある。

3.4 薬量と観測されるエネルギー

水中爆発によるエネルギー測定では、エネルギー算出の基礎式が無限水中でのガス球の準動から導かれたものを使うので、有限の大きさを持つ水槽では用い得る薬量は制限されるといわれる⁷⁾。このプールの許容薬量を求めるため、エマルジョン爆薬量と測定エネルギーの関係を調べた。その結果を表2及び図5に示した。エマルジョン爆薬125g程度、あるいは気泡エネルギーで160kJ程度までは、ほぼ直線関係が見られた。実験番号10の結果は何らかの理由で不完爆であったためと考えている。

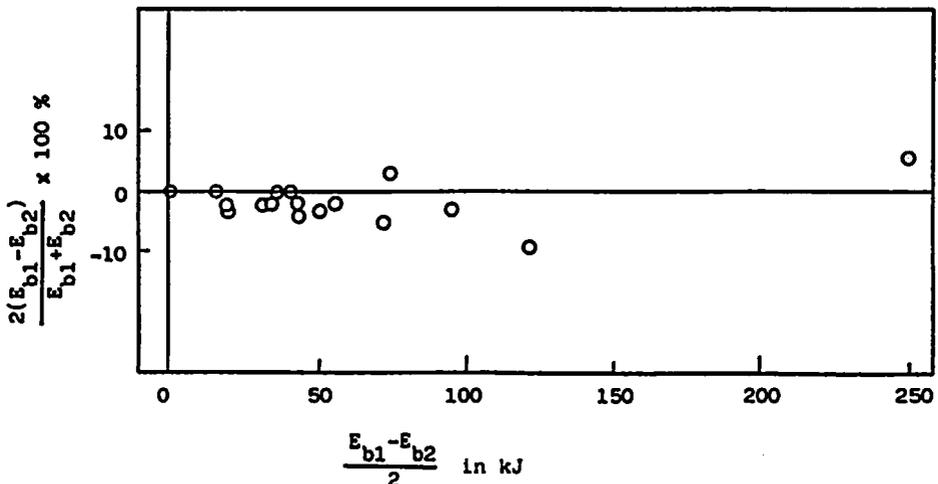


Fig. 6 Relative differences of bubble energies E_{b1} and E_{b2} measured by a tourmaline gauge and a microphone, respectively.

エマルジョン爆薬150gの実験はプールの外に水が溢れる程、波が大きく不適当と思われた。

3.5 水中におけるトルマリンゲージによる測定と空気中におけるマイクロホンによる測定の比較

水中に設置したトルマリンゲージと空気中に設置したマイクロホンで測定した気泡エネルギーの相対誤差を図6に示す。マイクロホンによる測定の方が若干大きな値を示す傾向があるが、気泡エネルギー100kj程度まではこの二つの測定機器間の相対誤差は±5%以内である。前報³⁾で述べたように、この多くは脈動周期の測定誤差によると考えられる。100kjを越えると誤差は大きくなるが、プールの許容薬量に関係するかもしれない。

文 献

- 1) United Nations Recommendations of Dangerous Goods Tests and Criteria a.n.7(1986)
- 2) 吉田忠雄編著、「化学薬品の安全」、大成出版社(1982)
- 3) 和田 有可, 木村 歩, 吉田 信生, 松永 猛裕, 金子 良昭, 中村 聡殿, 吉田 忠雄, 「水中爆発を用いた爆発性の評価(Ⅱ)30/40鉄管を用いた可変試料量試験による伝爆性評価」
- 4) Iadao Yoshiga Kotaro Mucaoa and Masamitsu Iamura Evaluation of Explosive Properties of Organic Peroxides with a Modified Mk III Ballistic Mortar J. Hazardous Materials 12, 27(1985)
- 5) 吉田 忠雄, 村永浩太郎, 松永 猛裕, 萩井 英彦, 村門 徹, 田村 昌三, 「Mk III 弾動白砲性能と応用(XⅡ)有機過酸化物の衝撃感度, 伝爆性と爆発威力の試験法」, 安全工学, 24, 256(1985)
- 6) 松永 猛裕, 池田 義之, 平井 靖男, 萩井 英彦, 吉田 忠雄, 「弾道振子による有機過酸化物の伝爆性及び静的爆発近力試験法の研究」, 安全工学, 24, 247(1987)
- 7) 田中 一三 「水中爆発におけるガス球挙動(第2報) 水槽壁の効果とガス球の沈下」, 40, 306(1979)

Evaluation of Explosive Properties by Underwater Explosion (Ⅲ)

Evaluation of Ability to Propagate a Explosion by the Variable Sample Test Using 50/60 Steel Tube and 10PETN Booster

by Nobuo YOSHIDA*, Ayumu KIMURA*, Yoshiaki KANEKO**,
Yuji WADA**, Takehiro MATSUNAGA*** and Tadao YOSHIDA***

We attempted the 30/40 or 50/60 steel tube test in underwater to evaluate the ability to propagate the explosion of border materials which occurred violent deflagrations. And the result, we were obtained that the 50/60 steel tube test is better to detect explosion-propagation than 30/40 one, and we could know the ability of explosion-propagation of some violent deflagration materials.

(*Himeji Branch, Explosives Research Laboratory, Explosives Division, Nippon Kayaku CO., LTD., Toyotomi, Himeji, Hyogo-ken 679-21, Japan

**Asa Laboratory, Explosives Division, Nippon Kayaku CO., LTD., Sanyo-cho, Asa-gun, Yamaguchi-ken 757, Japan

***Department of Reaction Chemistry, Faculty of Engineering, The University of Tokyo, Hongo Bunkyo-ku, Tokyo 113, Japan)