

水中爆発を用いた爆発性の評価(II)

30/40鋼管を用いた可変試料量試験による伝爆性評価

和田有司*, 木村 歩**, 吉田信生**, 松永猛裕*,
金子良昭***, 中村聡藏***, 田村昌三*, 吉田忠雄*

水中爆発法により30/40鉄管を用いた可変試料量試験を行い、爆発気泡の第1脈動周期を測定し、計算により気泡エネルギーを求めて自己反応性物質の伝爆性を評価した。その結果、DNTは90%品では伝爆し、80%品では不伝爆となった。ところが、砂中爆発法による50/60鉄管試験では80%品で伝爆するという結果が得られているので、30/40鉄管試験では薬径効果によって50/60鉄管試験より伝爆性が悪くなることが示された。この条件では、気泡エネルギーと試料の長さの関係から、AIBNは100%品で不伝爆、パーブチルIF乾燥品は80%品で伝爆、70%品で不伝爆となった。

また、今回の実験では、水中爆発による騒音レベル(A特性)の測定も同時に行い、これについても考察した。

1. はじめに

自己反応性物質の爆発伝爆性の有無は取扱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BAM 50/60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)を伝播する物質は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を判断するが、爆ごうせずに爆燃する物質は50/60鉄管を破片にしない。

この様な物質の伝爆性判定法として筆者らは弾動振子や弾動臼砲を用いた可変試料量試験が用い得ることを示した³⁾⁴⁾。一方、この様な目的に弾動振子や弾動臼砲を用いた場合に、爆ごうする物質を試験することはできない。激しい爆ごうをする物質は弾動振子や弾動臼砲に損傷を与えるからである。

弾動振子や弾動臼砲を用いた伝爆性の試験では可変試料量試験という手法を用いた。すなわち、試験する試料量を増して行って爆発力が増大していけば伝爆性であり、途中で爆発力が頭打ちになれば不伝爆性と判断できる。

この手法を用いるためには、爆発力あるいは爆発力に相関のある現象を測定できなければならない。弾動振子や弾動臼砲はその振れ幅から爆発力を推定できる。この他に砂中爆発⁵⁾や水中爆発⁶⁾を用いても爆発力を測ることができる。

ここでは、水中爆発を用いた可変試料量試験を試みた結果について報告する。この予備的な試験は既にHMX入りコンボジット推進薬の伝爆性試験に用いられている⁷⁾。

伝爆性は爆発物自身の化学構造のみならず、薬径、密閉度、起爆力、物理的性状の影響を受ける。物理的性状については粉状固体を用いることにした。密閉度は厚さ5mmの鋼管を用いることにした。起爆力としては5gの50/50ペントライトを伝爆薬として用いることとした。薬径は50/60鉄管試験との対比のために内径50mm、外径60mmの鉄管を用いたかったが、使用できる水槽の大きさに制限があったので、内径30mm、外径40mmの30/40鉄管を用いた。

2. 実験

2.1 試料

アルミナ(和光特級, 012-01965, 74 μ バス80%)は試薬を用いた。2,4-ジニトロトルエン(2,4-DNT, 日本化薬㈱, 2,4-DNT 99.3%, 粉状), アゾビスイソブチロニトリル(AIBN, 大塚化学㈱), 及びジ-*t*-ブチルジパーオキシソフタレート(DBPIP, パーブチルIF, 日本油脂㈱, 90%+水10%及び乾燥品)は工業

昭和62年10月7日受理

*東京大学工学部反応化学科

東京都文京区本郷 7-3-1

**日本化薬株式会社火薬研究所姫路分室

兵庫県姫路市豊富町豊富 3903-39

***日本化薬株式会社火薬研究所

山口県厚狭郡山陽町大字部 2300

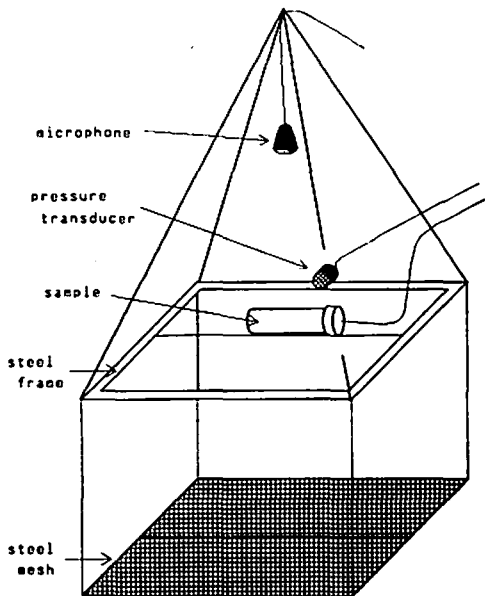


Fig. 1 Experimental setup of underwater explosion.

製品を用いた。3号桐ダイナマイトは日本化薬製のものを用いた。

ペントライト (PETN(50)—TNT(50)) 伝爆薬は径20mm, 高さ10mmで, 中央に径7mm, 深さ5mmの孔のあいた5gの円柱状のものである(日本化薬製)。雷管は日本化薬製の6号電気雷管を用いた。

2.2 実験設備

水中爆発を用いた可変試料量試験は日本化薬姫路工場にある, 上部径6.0m, 下部径4.0m, 深さ2.1mの水槽を使用した。

2.3 試料容器

水中爆発の用いた可変試料量試験用試料容器としては内径30mm, 外径40mmの引抜き鋼管を長さ6, 11, 21, 31及び40cmに切って用いた。この鋼管はJIS G3454に適合するもので水圧試験では120kgf/cm²に合格したものである。底部は溶接で, 上端はネジを切り, 展性のあるネジ蓋を取り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1脈動周期の測定

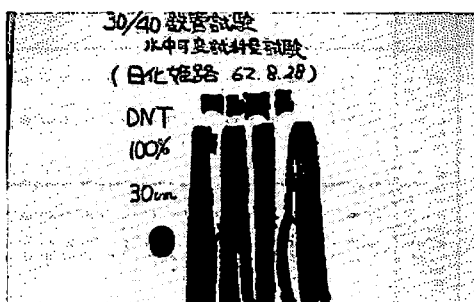
水中爆発の試料及び計測器固定にはFig. 1に示す構造の装置を用いた。一辺が1mの正方形の鋼製の枠の中央に細い針金で試料を固定し, 枠の一辺の中央に圧力センサーを取り付けた。また, 枠の上方2mの位置にマイクロホンを取り付け, 装置全体を試料が1mの深さになるまで沈めた。又, 破片の回収のために枠の

下1mのところに金網を取り付けた。

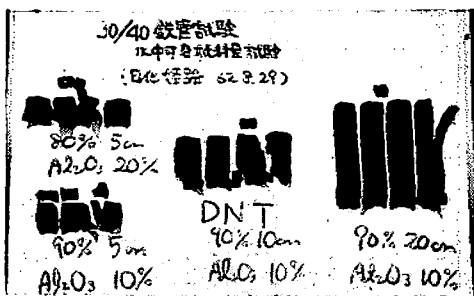
水中での圧力波の測定は, 豊田工機製圧力変換器(モデルPMS-10M-500H)を使用した。検出された圧力波はブリッジを通してデジタルストレージオシロスコープ(日立モデルVC-6015)に表示して, X-Yレコーダ(日本電気三栄製XY-8U16)に出力して解析した。水中より空気中に投射された圧力波の測定には, 試料の真上2m(水面より1m)に固定されたダイナミックマイクロホン(アイワDM-3)を用い, 同じくオシロスコープを通してX-Yレコーダ上に記録した。

2.5 爆発騒音の測定

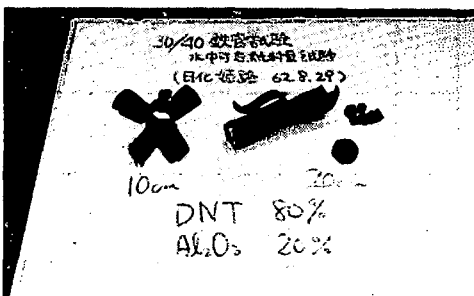
爆発騒音は爆発水面から10m, 15m, 30m及び



100% DNT Detonation propagation



90% DNT+10% Al₂O₃ Detonation propagation



80% DNT+20% Al₂O₃ No detonation propagation

Fig. 2 Photographs of the steel tubes after the variable sample test.

Table 1 Results of the 30/40 steel tube test using the underwater explosion. Booster : 5g pentlite (PETN/TNT = 50/50) + No.6 detonator

Run	material/others (%)	weight (g)	charge length (cm)	pulsation period		bubble energy E_b (kJ)	ΔE_b (kJ)	$\frac{2 \Delta E_b}{E_b + E_{b2}}$ (%)
				T_{b1} (ms)	T_{b2} (ms)			
1	AIBN(100)	40	10	60.3	59.5	19.0	+0.7	4.0%
2	AIBN(100)	60	20	63.6	63.3	22.5	+0.5	2.4%
3	AIBN(100)	131	38	---	---	---	---	---
4	AIBN(100)	178	40	---	---	---	---	---
5	AIBN(100)***	130	30	68.0	68.0	27.3	0.0	0.0%
6	AIBN(98)/Al ₂ O ₃ (18)	195	40	---	---	---	---	---
7	AIBN(88)/Al ₂ O ₃ (20)	200	40	---	---	---	---	---
8	DBPIP(100)	58	10	69.8	69.8	29.5	0.0	0.0%
9	DBPIP(100)	133	20	84.5	84.5	52.4	0.0	0.0%
10	DBPIP(100)	182	30	91.5	92.0	66.5	-1.1	-1.6%
11	DBPIP(100)	253	40	102.5	103.0	93.5	-1.4	-1.5%
12	DBPIP(98)/Al ₂ O ₃ (18)	143	20	77.8	77.3	40.1	+0.8	1.9%
13	DBPIP(88)/Al ₂ O ₃ (28)	286	40	98.2	99.5	82.2	-3.3	-3.9%
14	DBPIP(88)/Al ₂ O ₃ (28)	71	13	54.5	54.2	14.1	+0.2	1.7%
15	DBPIP(88)/Al ₂ O ₃ (28)	213	30	60.2	60.5	55.6	-0.6	-1.0%
16	DBPIP(88)/Al ₂ O ₃ (28)	295	40	87.1	87.2	57.4	-0.2	-0.3%
17	DBPIP(78)/Al ₂ O ₃ (38)	34	5	57.3	57.1	16.3	+0.2	1.0%
18	DBPIP(78)/Al ₂ O ₃ (38)	64	10	61.5	61.6	20.2	-0.1	-0.5%
19	DBPIP(78)/Al ₂ O ₃ (38)	135	20	65.3	65.2	24.2	+0.1	0.5%
20	DNT(100)***	183	30	---	---	---	---	---
21	DNT(98)/Al ₂ O ₃ (18)	41	5	98.0	98.0	63.3	0.0	0.0%
22	DNT(98)/Al ₂ O ₃ (18)	72	10	101.1	101.9	89.7	-2.1	-2.4%
23	DNT(98)/Al ₂ O ₃ (18)	144	20	122.0	122.8	157.6	+1.9	1.2%
24	DNT(88)/Al ₂ O ₃ (28)	35	5	78.0	79.5	38.1	-5.5	-13.5%
25	DNT(88)/Al ₂ O ₃ (28)	71	10	74.9	73.1	36.5	+2.6	7.3%
26	DNT(88)/Al ₂ O ₃ (28)	143	20	74.6	74.2	36.8	+0.6	1.6%
27	Pentlite(50/50)	5	---	45.8	46.5	8.3	-0.4	-4.5%
28	No.6 detonator NaCl(100)	97	10	21.6	21.6	8.9	0.0	0.0%
Run	material/others (%)	charge weight (g)	depth (m)	pulsation period		bubble energy E_b (kJ)	ΔE_b (kJ)	$\frac{2 \Delta E_b}{E_b + E_{b2}}$ (%)
				T_{b1} (ms)	T_{b2} (ms)			
30	Dynamite	50	1.0	100.0	96.5	86.8	+8.8	10.7%
31	Dynamite	40	1.0	95.5	96.7	75.6	-2.9	-3.7%
32	Dynamite	30	1.0	85.5	86.0	54.3	-1.0	-1.7%
33	Dynamite	20	1.0	74.0	75.0	35.2	-1.4	-4.0%
34	Dynamite	10	1.0	59.9	59.5	18.7	+0.4	2.0%
35	Dynamite	50	0.5	91.5	---	50.2	---	---
36	Dynamite	50	1.5	100.2	---	97.6	---	---
37	Dynamite	50	2.0	97.8	---	98.5	---	---
38	Dynamite	50	0.3	---	---	---	---	---

* observed by the pressure transducer. ** observed by the dynamic microphone. *** bare sample
AIBN : azobisisobutyronitrile, DBPIP : di-t-butylperoxyisophthalate, DNT : 2,4-dinitrotoluene

60mの地点に配置したリオン製製の精密騒音計(NA-61) 4台及び2チャンネル・レベルレコーダ(LR-20) 2台を用いてA特性を測定、記録した。

2.6 実験手順

30/40鋼管にビニルチューブを入れ、これに試料を充填し秤量する。上端にベントライト伝爆薬を装着

し、蓋をして6号電気雷管を取り付ける。水が入らないようにビニルテープで防水する。

試料を鉄棒の中央部に針金で固定し、水中1mの深さに沈めて起爆する。爆発気泡の脈動第1周期(T_b [msec])を圧力センサー及びマイクロホンで測定、記録する。これから下式によって気泡エネルギー(E_b

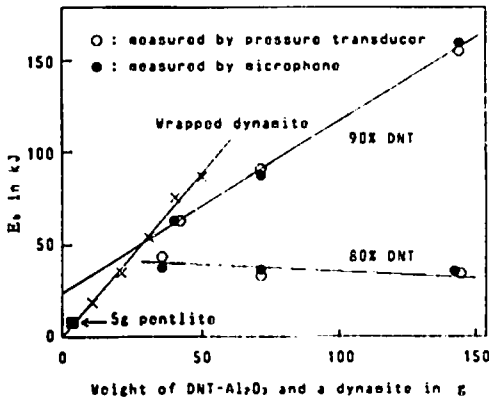


Fig. 3 Plot of E_b vs. weight of DNT for the variable sample test of DNT.

[kJ]) を計算する。

$$E_b = 6.84 \times 10^{-5} \times P_0^{5/2} \times T_0^3$$

ここに P_0 は試料の置かれた位置の静圧 [bar] である。同時に爆発騒音も測定する。

3. 結果と考察

3.1 30/40鉄管による可変試料量試験

(1) 実験結果

実験結果を Table 1 に示した。

(2) 30/40鉄管試験と50/60鉄管試験の比較

2,4-DNT について水中爆発を用いた可変試料量試験を行った後の鋼管の破損状況を Fig. 2 に示した。100% DNT 及び 90% DNT では鉄管は全て4個の破片になっている。これは爆ごうが伝播したためである。しかし、80% DNT では鉄管は部分的に裂けただけで破片にはなっていない。これは爆ごうが中断したことを示している。

Fig. 3 には DNT 重量に対する気泡エネルギー (E_b) のプロットを示した。90% DNT は E_b が DNT 量の増加と共に増大しているの伝爆性を示している。80% DNT では DNT 量が 35g から 143g にわたって E_b がほぼ一定となっている。これは 35g 以下で爆ごうが中断したことを示し、Fig. 2 の写真の結果と一致する。

30/40鉄管試験と水中爆発を用いた可変試料量試験では、この条件下で爆ごうの伝爆性があるか否かをはっきりと見分けることができる。しかし、この試験は30/40鉄管を用いているので、50/60鉄管試験では伝爆してもこの鉄管では伝爆しない恐れがある。

先の砂中爆発を用いた50/60鉄管試験⁹⁾では70% DNT は不伝爆であったが、80% DNT は伝爆した。従って、50/60鉄管試験と30/40鉄管試験を比べると前者の方がより伝爆し易いことになる。

したがって、30/40鉄管試験では未知物質の伝爆性の有無を判定することはできない。

しかしながら、伝爆性の物質を不活性物質による希釈等によって不活性化するような場合には30/40鉄管試験を十分に活用することができよう。

Fig. 3 には薄い塩ビシートでくるんだダイナマイトのデータを取った。もちろん、伝爆性を示している。

(3) 弾動振子あるいは弾動臼砲を用いた可変試料量試験との比較

Fig. 4 に AIBN, パーブチル IF 乾燥品及びその希釈品の可変試料量試験後の鉄管の状態を示した。伝爆性のあるもの(パーブチル IF 乾燥品 = DBPIP) も破片にはなっておらず、鉄管の破損状況から伝爆、不伝爆を判定することはできない。

Fig. 5 に AIBN の可変試料量試験における E_b-l (試料長さ) プロットを示した。又、比較のために Mk III 弾動臼砲を用いた可変試料量試験の結果¹⁰⁾も併載した。

30/40鉄管では爆発は中断し、Mk III 弾動臼砲では伝爆しているように見える。密閉度、薬径共に異なるので、ここでは AIBN が伝爆性か否かの結論を出すことはできない。水中での50/60鉄管試験か、弾動振子による実験を行うことによって結論を出すことができよう。

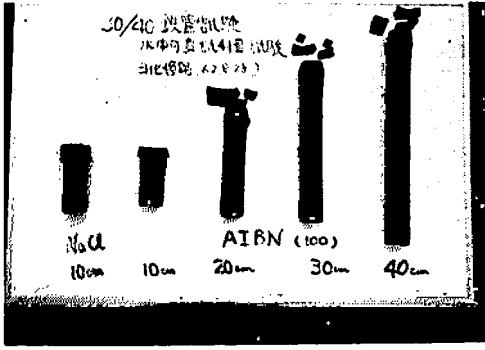
Fig. 6 にパーブチル IF 乾燥品 (DBPIP) についての E_b-l プロットを示した。80% 以上の DBPIP は Al_2O_3 が希釈した場合本試験法で伝爆するが、70% DBPIP は伝爆しない。2,4-DNT について行われた50/60鉄管試験と30/40鉄管試験の結果からの類推で、DBPIP は50/60鉄管試験では70%では伝爆し、60%では不伝爆となることが期待される。

(4) 30/40鉄管試験と31/38塩ビ管試験の比較

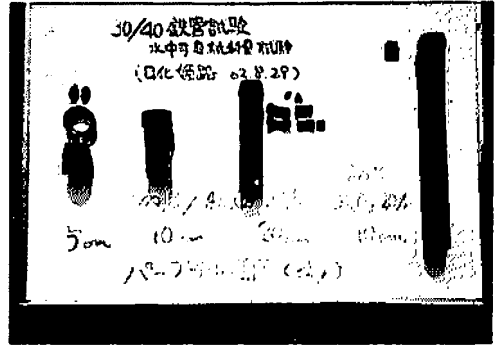
Fig. 6 に示したように100% DBPIP は水中に置かれた31/38塩ビ管中では伝爆しない。したがって、30/40鉄管は31/38塩ビ管より密閉度が良いために良い伝爆性を与えるといえる。

3.2 水中における圧力センサーによる測定と空気中のマイクロホン測定との比較

試料の水中での爆発によって生成する気泡の脈動の第1周期を水中に固定した圧力センサーと爆源上方の空気中に置いたマイクロホンで測定した。それぞれ一長一短はあるが、将来はどちらか一方で測定することが考えられる。今までに行った実験結果¹⁰⁾も含めて調べた。



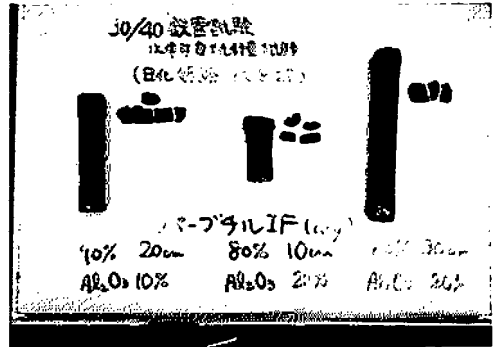
(a)



(c)



(b)



(d)

Fig. 4 Photographs of the steel tubes after the variable sample test of AIBN and di-ter-butylperoxyisophthalate (DBPIP).

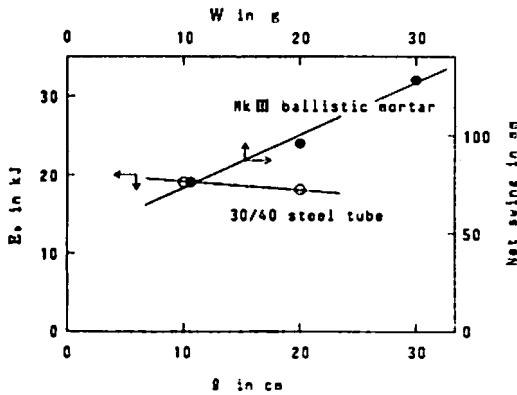


Fig. 5 Plots of E_b and net swing vs. tube length and sample weight in the variable sample tests of AIBN using 30/40 steel tube and the Mk III ballistic mortar, respectively.

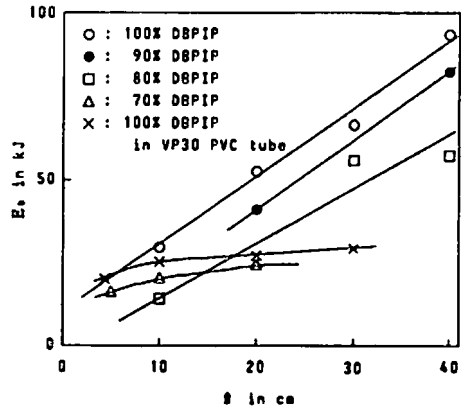


Fig. 6 Plots of E_b vs. l in the variable sample test of DBPIP and its mixtures with Al_2O_3 .

測定された実験の85%が、2つの計測機間の差が3%以内に止まっている (Fig. 7)。この誤差の多くは脈動周期の測定誤差からきている。Ebでの3%の誤差はTbで1%の誤差に相当する。5cm程度の記録紙上の長さを測るので、0.5mm程度の誤差が3%の誤

差を生ずることになる。

比較的大きな誤差はマイクロホンによる第2パルスの測定のピークが幅広になるために起こる。これは本質的なものであり防ぐことはできない。また圧力センサーやマイクロホンの出力感度を上げすぎると正確な

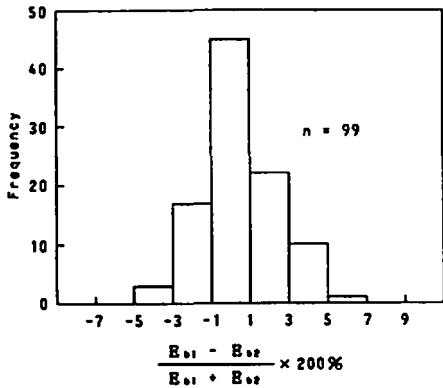


Fig. 7 Frequency distribution of relative differences of bubble energies measured by the pressure transducer and the microphone.

周期の測定が困難になる。

筆者らが検討している危険性評価のための可変起爆剤試験や可変試料量試験ではこの程度の誤差は解析の結果に影響を与えない。

しかし、雷管1本をタルクを入れたサンプル瓶に挿入して起爆した場合には水中圧力センサーでは記録がとれたが、マイクロホンにはパルスを示すピークは観測されなかった。雷管本体とタルクによる緩衝作用のためにこのような現象が起こるのであろう。

3.3 水中爆発による騒音

水中爆発では地震動が大きく、現在のところこれが水中爆発実験の主な問題点である。しかし、将来地振動を起こさない水槽ができる可能性があり、この場合は騒音も問題となり得る。このような視点から水中爆発の騒音を測定した。その結果をTable 2に記録した。

1mの水深で3号桐ダイナマイトを爆発させたときの薬量(Wg)と爆発騒音(SdB)との関係はFig. 8のようになった。30m地点における爆発騒音レベルは薬量の関数として下のように表すことができる。

$$S = 8.3 \log W + 73.8$$

上式の係数項は距離によって変わらず、定数項は距離によって変化する。これは、砂厚20cmの砂中爆発実験における30m地点の騒音レベル関数：

$$S = 12.5 \log W + 66.5$$

と傾向に差があるが、同じ薬量に対する騒音レベルの値は近い。

1m深さの水中爆発の騒音レベルの距離(l)減衰は $S = -23 \log l + a$

で表された。 a は薬量によって変化する定数で50gのときは123dBであった。係数-23は地上爆発に比べて絶対値が少し大きい。

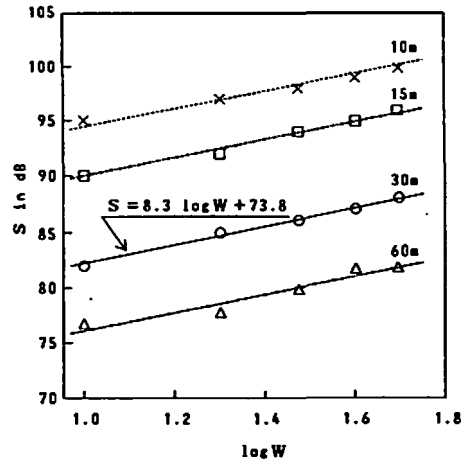


Fig. 8 Plot of S vs. W in the underwater explosion of No.3 Kiri dynamite at 1m deep.

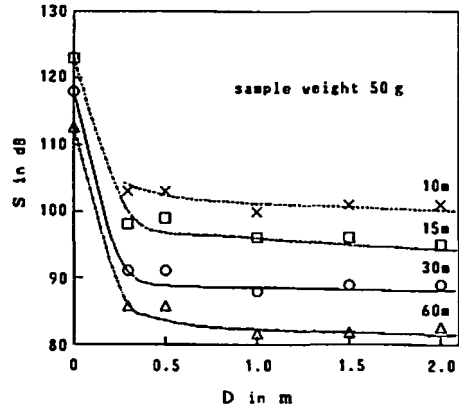


Fig. 9 Plot of S vs. depth of explosion in the underwater explosion.

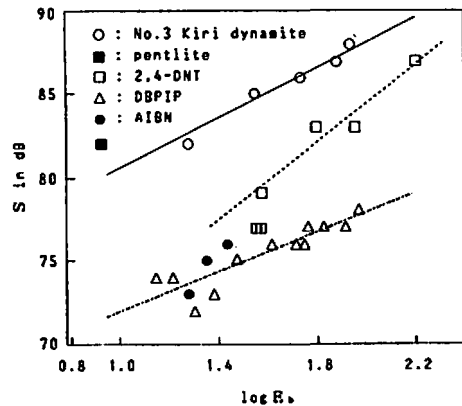


Fig. 10 Plot of S vs. $\log E_b$ in the underwater explosion of explosives and self-reactive substances in the 30/40 steel tube. (No.3 kiri dynamite and pentlite were tested without steel tubes.)

Table 2 Noise level of the underwater explosion

Run	noise level (dB(A))				Eb (kJ)	log Eb
	10m	15m	30m	60m		
1	85	80	73	67	19.0	1.28
2	85	81	75	68	22.5	1.35
3	86	82	75	68	---	---
4	84	79	73	66	---	---
5	85	80	76	69	27.3	1.44
6	84	78	73	66	---	---
7	81	76	71	64	---	---
8	86	81	75	69	29.5	1.47
9	88	82	76	71	52.4	1.72
10	87	83	77	72	66.5	1.82
11	88	84	78	74	93.5	1.97
12	89	84	76	70	40.9	1.61
13	89	85	77	72	82.2	1.91
14	87	82	74	68	14.1	1.15
15	88	83	76	70	55.6	1.75
16	89	85	77	70	57.4	1.76
17	86	81	74	67	16.3	1.21
18	85	81	72	66	20.2	1.31
19	86	81	73	67	24.2	1.38
20	98	95	90	86	---	---
21	96	91	83	78	63.3	1.80
22	95	91	83	77	89.7	1.95
23	100	94	87	81	159.6	2.20
24	91	87	79	74	38.1	1.58
25	91	85	77	71	36.5	1.56
26	90	85	77	71	36.0	1.56
27	92	87	82	77	8.3	0.92
28	83	79	72	66	0.9	-0.05
30	100	96	88	82	86.8	1.94
31	99	95	87	82	75.6	1.88
32	98	94	86	80	54.3	1.73
33	97	92	85	78	35.2	1.55
34	95	90	82	77	18.7	1.27
35	103	99	91	86	59.2	1.77
36	101	96	89	82	97.6	1.99
37	101	95	89	83	98.5	1.99
38	103	98	91	86	---	---

* In run 30~38, samples were wrapped with PVC film in sphere and initiated by a no.6 detonator in the water.

水中爆発の騒音レベルに及ぼす水深の影響はFig. 9のようになった。地上爆発から30cmの水中爆発に変わると25ないし27dB程度騒音レベルが減少する。しかし、水深が30cmから200cmに変化しても騒音レベルの減少は3~4dBと小さい。

水中爆発の際の30m地点における騒音レベル(S)と爆発気泡エネルギー(Eb)との関係はFig. 10のようになった。ダイナマイトについてのSとEbとの関係は

$$S = 8.4 \log Eb + 71.5 \text{ (30m地点)}$$

となり、SとWとの関係と殆ど一致した。

ダイナマイトとDNTの違いは裸薬と鉄管装薬の違いであろう。鉄管中では外部に投射される衝撃波が少

なくなる。

DNTとAIBNやDBPIPとの違いは前者が衝撃波をより多く出すのに比べて後者は投射する衝撃波がより少ないためと考えられる。

謝辞

本研究の一部は火薬工業技術奨励会の助成金によって行われた。ここに謝意を表する。

文 献

- 1) United Nations, "Recommendations on the Transport of Dangerous Goods. Tests and Criteria", p.17(1986)
- 2) 吉田忠雄編著, 「化学薬品の安全, 反応性化学薬

- 品の火災・爆発危険性の評価と対策」, 大成出版社 (1982); 英訳版, "Safety of Reactive Chemicals" Elsevier, Amsterdam (1987)
- 3) T. Yoshida, K. Muranaga, T. Matsunaga and M. Tamura, "Evaluation of Explosive Properties of Organic Peroxides with a Modified Mk III Ballistic Mortar", J. Haz. Materials, 12, 27 (1985)
- 4) 松永猛裕, 池田義之, 平井靖男, 荻井英彦, 吉田忠雄, 「弾動振子による有機過酸化物の伝爆性及び静的爆発威力試験法の研究」, 安全工学, 24, 247 (1985)
- 5) 松永猛裕, 村永浩太郎, 黒田英司, 伊藤 葵, 田村昌三, 斉藤照光, 吉田忠雄, 「砂中殉爆法の性質と応用(Ⅰ)~漏斗孔容積と伝爆性~」, 工業火薬, 47, 309 (1986)
- 6) R. H. Cole, "Underwater Explosions", Dover Publ. Inc. (1948)
- 7) 松永猛裕, 田村昌三, 岩間 彬, 斉藤照光, 吉田忠雄, 「HMX入りコンボジット推進薬の衝撃感度及び伝爆性(Ⅱ). 砂中爆発法及び水中爆発法による評価」, 工業火薬, 48, 71 (1987)
- 8) 金子良昭, 木村 歩, 和田有司, 松永猛裕, 吉田信生, 田村昌三, 吉田忠雄, 「反応性化学物質の火災爆発性予測(Ⅲ). 伝爆性境界物質」, 工業火薬, 49, 168 (1988)
- 9) 金子良昭, 木村 歩, 吉田信生, 田村昌三, 吉田忠雄, 「水中爆発を用いた爆発性の評価(Ⅰ). 可変起爆剤試験による衝撃感度評価」, 工業火薬, 49, 176 (1988)

Evaluation of Explosive Properties by Underwater Explosion (Ⅱ)

Evaluation of Ability to Propagate a Explosion by the Variable Sample Test Using 30/40 Steel Tube

by Yuji WADA*, Ayumi KIMURA**, Nobuo YOSHIDA**,
Takehiro MATSUNAGA*, Yoshiaki KANEKO***,
Satoki NAKAMURA***, Masamitsu TAMURA*
and Tadao YOSHIDA*

The variable sample test method using 30/40 steel tube and the underwater explosion was applied to evaluate ability to propagate a detonation or violent deflagration of self-reactive substances. The first pulsation period of the underwater explosion was measured by a pressure transducer and a dynamic microphone, and then the bubble energy was calculated.

The result was that 90% DNT propagated a detonation but the 80% sample did not. It was known, however, by the 50/60 steel tube test using the undersand explosion that the 80% DNT propagated a detonation. It was shown by these results that the DNT compositions in the 30/40 steel tube propagated a lower detonation owing to the effect of the charge diameter than in the 50/60 steel tube.

From the relation between the bubble energy and the charge length, under the conditions, the 100% AIBN did not propagate a deflagration, and the 80% Perbutyl-IF (DBPIP) showed this property but the 70% sample did not.

At the same time, the sound level(A) of the underwater explosion was measured and the results were examined.

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

**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)