

# A piezoelectric method of measuring Explosion pressures. (Phil. Mag. 42. 473. 1921.)

航空研究所員 山田延男氏

Keys 氏は electrolytic gas と Air との混合物を Constant Volume で爆發せしめ又は guncotton 及び T. N. T. の少量を水中に於て爆發せしめて Time と Pressure の關係を測定して居る

Pressure の變化は非常に短時間に起る故に之等の Recording system に於て Moving parts の inertia を考へねばならん

之の inertia を除き微少時間に於ける壓力の變化を知る爲めに J. J. Thomson 氏の Oscillograph を用ひて實驗したもので之の方法は Tourmaline Crystal の Piezoelectric property を應用したものである壓力の影響で Crystal に出來た Electrical Charge の變化を Cathode-ray Oscillograph に導て測定する方法で其の装置は二つの部分より出來て居る、即ち Crystal を入れ gas, 火藥を爆發せしむる detector Vessel と Special form の Cathode-ray Oscillograph とである

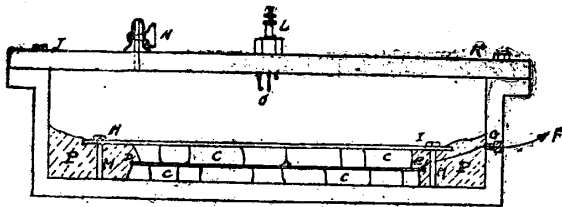


Fig. 1.

Vessel は 第一圖に示す形狀で Brass で作られ pot は  $\frac{1}{4}$  厚さの鋼板で其れに普通の Spark plug (L) が中心に gas mixture を入る爲めに良く摺合せした brass Cock が其の横に取付けてある

Tourmaline Crystal C. C. は約 1 c.m. の

厚さ area 約 12 sq c.m. で鐵板 H. I. と底との間に Wax で付けられて居る而して Crystal の中間に lead plate D. E. を置き上下の Crystal の positive face を此の板に向けて置き Screw M. M. で取付け全體が rigid である lead plate D E は insulate Copper Wire で plug G を通て Oscillograph に連結する Vessel の底部 P P は Vaseline を詰めて爆發瓦斯と Crystal との接觸により起る heat を prevent して居る之れは temperature の Sudden change によりて Crystal に Pyroelectricity が生じ Piezoelectricity と消し合ふ爲めである又 Vaseline は Vessel を水中に置く場合に Plate D E の絶縁ともなる

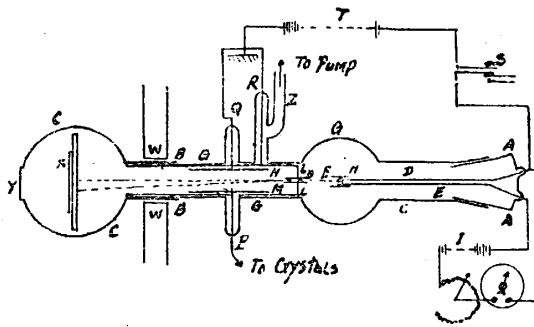


Fig 2

Cathode-ray tube は第二圖に示す

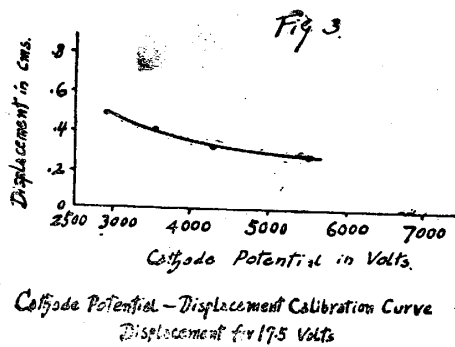
- G. G. ガラス管
- B. B. Brass Sleeve
- C. C. Brass tube
- A. A. Ground glass stopper
- E. D.  $\frac{1}{16}$ " metal wire
- F. fine tungsten wire
- H. Small Concentrating Cylinder

- I. Battery, 8 Volt.
- J. Ammeter
- K. regulatly resistance
- L. L. brass guard tube  $\frac{3}{4}$ " dia
- O. Small hole
- N. M. insulated brass Condensser plate  $5 \times 1^{\text{cm.}}$   $\frac{1}{2}$  c.m. apart.
- P. Q. ditto, lead wire
- W. W. Electromagnet
- T. high Potential direct Current generator
- X. film holder.
- Z. Gaedé Mercury pump
- S. Key.

3000~5000 V. の high potential difference によつて出来た strong Electrostatic field 内で hot wire F から Electron が放され Stopper A を廻して small hole O. から光線を直射せしめ filament の Voltage を調整して一つ又は二つの Very small spots が screen の上に出来る Alternating Magnetic field W. W. を加減して Spot が線になる長さを約 3. c.m. にする第一圖の Crystal detector の F より導た線を P に結び Vessel を earth して置く今 gas を爆發せしめ Crystal が pressure を受ける時は第二圖に點線で示す様に Spot が横の方面に deflect する之の displacement の量は Crystal に generate した charge に proportional である故に horizontal displacement は pressure を表し Vertical displacement は time を表す

最初に Crystal Vessel を空にして gas と air を吸入せしめ Sparking plug L は battery

と Key に Connect されて居る Key は第二圖 S に示す如く double key を使用して先づ Cathode potential を tube に Connect した後に Charge を爆發せしむる様にしてある其の前に寫真乾板は Screen の前に置き Magnetic field は作て置く。firing key を押すと Cathode ray spot は plate 上に Vertical line を traca する key を押した後爆發を傳へる迄には 3. 4. 回の Oscillation をなす Key を開けば Cathode ray は止まる次に plate を下に移動して新しい部分に二つの Calibration line を引かす即ち Key を極く瞬間押して plate に straight line を畫かし次に M N plate の間に既知の potential difference を與へ又瞬間 Key を押す斯くして出來た line は最初のものと同様に直角に displace する之の deflection の Amount は Cathode potential T. の場合の M. N. 間の potential difference を示すこととなる即ち之の displacement は Cathode potential T. の大小によりて異なる Cathode potential と displacement との関係と次圖の如し



Crystal に加へた壓力と Cathode ray spot の displacement との間関係を知る爲めには既知の壓力を加へて全装置を Calibrate する、之れをなすに二方法を用ひた最初に行つた方法は Approximate Calibration で air Compression pump を Cock N に連結し spark-plug の所へは精確に修正した壓力計を取付けて種々なる壓力に對し恰も Explosion Pressure を

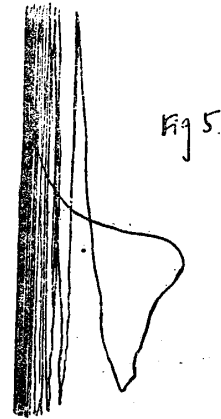
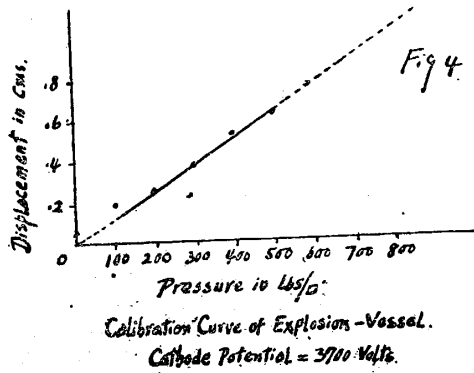
測つたと同じ方法で displacement を寫真に採り其の結果より兩者の關係は得らる然かし之の方法では壓力が 180 lb./sq. in. 迄しか得られなかつた

Crystal に壓力を加へた後 Charge を取去る爲めには Wire F を earth し次に Explosion Vessel 内の pressure をなくすると Cathode ray spot は equal displacement を反對の方向に動く、故に第二の Calibration は此の方法によりなされた即ち Air pump の代りに paraffin oil を用ひた high pressure oil pump を使用して pressure を急減する爲め Valve は electro-magnetic device を附し firing key によつて動かす様にしてある Key を一つ押せば Zero line を畫き次に押せば displaced line は explosion Vessel に働ける壓力に相當する之の方法は又水中に於ける壓力を測定する爲めにも用ひられた Fig 4 は之等の Calibration Curve の一つである

Time-Pressure Curve for gas Explosion

前に述べし方法により alternating Current の frequency が知られて居る故に time-dis-

placement Curve は Fig 5 より容易に勘定される



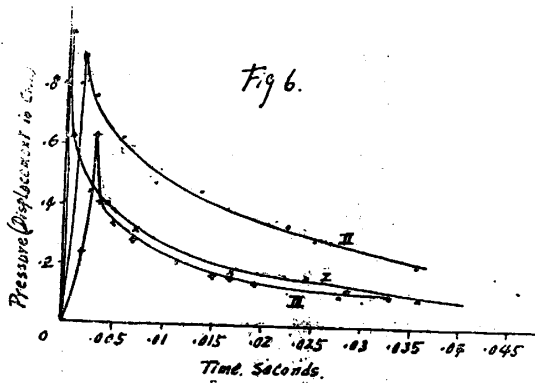
SPT tracings on photographic plate.

Table I は gas Explosion による実験の一例である

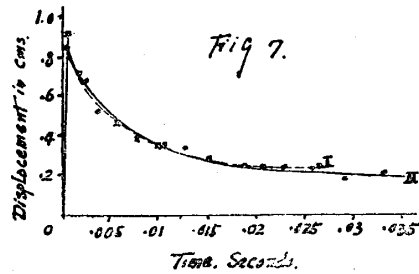
Table I.

Time × 10 <sup>3</sup> sec.	Pressure (Displacement in cms)
0.3	.90
0.8	.61
1.7	.46
2.9	.38
5.3	.36
7.0	.30
12.0	.24
15.3	.21
17.6	.18
23.8	.16
25.1	.15
30.4	.13

Cathode Potential により displacement は變る故に Charge が燃焼するとき其の Potential を 3700 V. として之れを標準にした故に fig. 4 より displacement に對する壓力は見出される



Time-Pressure Curve for Explosion of Mixture of H<sub>2</sub>O, Gas, and Air.  
 Volume of Mixture = 765 c.c.  
 Initial Pressure = 76 cm. of Hg.  
 One cm. displacement = 220 lb./sq. inch.  
 Curve I. Volume of Gas = 765 c.c.; Air = none.  
 " II. " " " = 460 " ; " = 305 c.c.  
 " III. " " " = 320 " ; " = 465 "



Time-Pressure Curve for Explosion of Mixture of H<sub>2</sub>O, Gas, and Air.  
 Volume of Mixture = 765 c.c.  
 Initial Pressure = 76 cm. of Hg.  
 One cm. displacement = 220 lb./sq. inch.  
 Curve I. Volume of Gas = 710 c.c.; Air = 55 c.c.  
 " II. " " " = 700 " ; " = 65 "

fig. 6 は此の方法により得たる三つの Time-pressure Curve である No Air の場合には pressure 上昇點は  $\frac{1}{5000}$  sec. よりも早い點で起り第三のものは比較的遅い

fig. 7 は殆んど同一 Condition の下にとつた二つ Curve で initial pressure は One atmo. である只だ gas と Air の混合割合が少し異て居る

Time pressure Curve for Explosions of Guncotton and T.N.T. in water.—

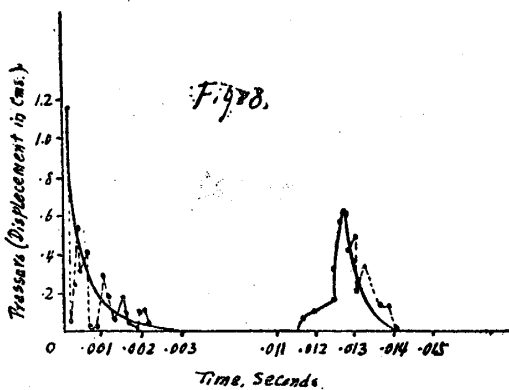
水中に於ける explosion wave の性質を知る爲めに piezoelectric method を應用したもので Crystae detector は pontoon の下 11 呎の水中に置き J. K. の蓋を取去り内部は Vaseline で充滿してある。而して dry guncotton と T. N. T. の少量を detector から離れた處で

爆發せしめ wire F (fig. 1) は Oscillograph に連結して置き先づ前以て insulation 其他 Calibration をなす

然る後に爆發せしめて plate には Explosion Wave が出來次に水底からの reflected Wave が得らる

fig 8. は guncotton の Small charge を爆發せしめた Wave の一例である

A が direct Wave で B が reflected Wave で



Time-Pressure Curve for Explosion of 2 1/16 of Dry Guncotton  
 One cm. displacement = 650 lb./sq. inch.

ある、點線で示す様に波を打つ性質がある

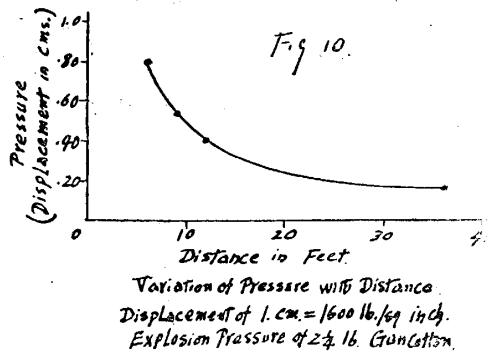
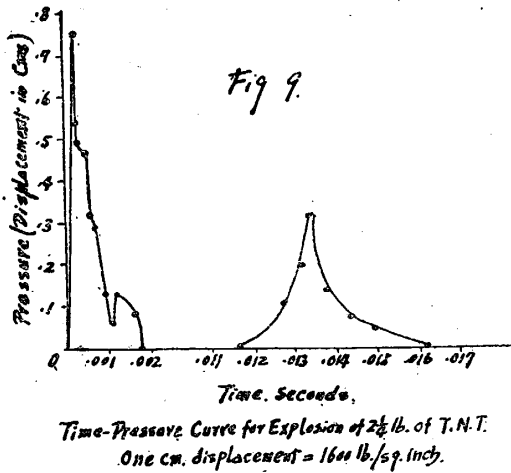


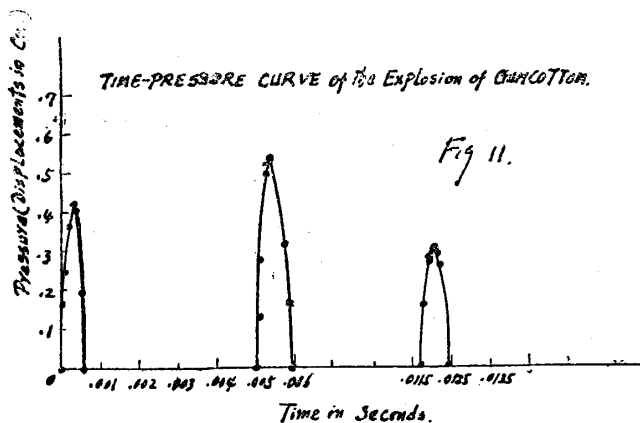
fig. 9 は T. N. T. の少量を爆発せしめた wave で之の場合に亦 Oscillation の傾向がある而して pressure は guncotton 程長く保てない Charge は detecting Vessel より 12 ft 離れた場合である

Max pressure と distance との関係は fig 10 に示す如くなる

これは gun cotton の equal charge に對する實驗で pressure は explosion をした距離に inversely に falloff するを表はす

Velocity of propagation of Explosive wave in water:—

Explosive wave の Velocity を測定するに二方法がある第一は二つの detector Vessel を 24 呎離して置き、而して其の一つより 12 ft 離れて一直線になる様な位置で爆発せしめる爆発に近い方の detector Vessel には pressure によりて positive charge が生ずる様に他の Vessel では Negative charge が生ずる様にして 兩 Vessel を同じ Oscillograph に結んで置く、斯くすれば前者に pressure が働けば Spot の deflection は Zero line より右に



後者は左になる故に一つの plate に容易に記録され第一第二 Vessel の Max. pressure の間の時間は Wave が 24 ft 傳はるに要する時間で Velocity は直に見出される

fig. 11 は其の一例である、左端は first Vessel の pressure を中央は Second Vessel の pressure を示す。右

端は first Vessel の Reflected wave である。遠くの Vessel の方が形状大なるが故に中央の方が大なる圧力を示して居る。

次の表は之の方法で得た Velocity である。

Plate no.	Vel in ft/sec $\times 10^{-3}$
141	5.0
142	4.9
148	4.6
149	5.4
150	5.7

mean 5.1

時間測定 of 誤差は 4% 以下である

又 Velocity は前の實驗に於ける如く direct と reflect wave との到着する時間の差から大約見出すことが出来る即ち水底が完全な reflector と見做すならば Velocity は path difference を Corresponding time interval で除せばよい之の多くの實驗の結果

Average Velocity =  $5.4 \times 10^3$  ft/sec. となつて居る之の Average Value は前の方法によつて測定したるものより大きくなつて居る之の第二の方法は理論上正確のものではない即ち水底の石或は植物の繁殖など考へに入れない爲である。

此の結果 Velocity は 5100 ft/sec を示すけれ共 Wave の Velocity としては餘り早くないが Sound に屬するものよりも早い、但し之れは explosion の近くに於てのことである

以上の實驗より gas の爆發によりて起る Pressure の上昇、下降の有様及び爆薬が水中で起る場合の Explosive Wave の性質を知るを得る即ち Explosion の附近或距離に於ける Max. Pressure の變化の方則が得られる又 Explosive Wave の propagate する速さは Sound Wave が傳はる速さよりも少し速いことが知られる (終り)