

| | |
|--------------|---|
| Title | 超短波効果の波長, 波形による影響 第1報 生體の温度上昇について |
| Author(s) | 橋詰, 雅 |
| Citation | 日本医学放射線学会雑誌. 1952, 11(9), p. 12-18 |
| Version Type | VoR |
| URL | https://hdl.handle.net/11094/14900 |
| rights | |
| Note | |

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

超短波效果の波長波形による影響

第1報 生體の溫度上昇について

信州大學醫學部放射線科教室(主任 金田弘教授)

橋 詰 雅

(昭和26年9月18日受付)

The Influence of wave length and wave form on the short wave

(I Report) The rise of temperature on the living body

by T. Hashizume

Dept. of Radiology, Medical Faculty, Shinshu University.

— SUMMARY —

This is the preliminary experiment which will be followed by the successive studies.

I have measured the temperature of the Rabbits which were placed in the electric field of various short waves and the following results were obtained.

(A) In regard to the change of wave length, there existed such relation as

$$W = uF \quad W: \text{Dielectric Loss} \quad u: \text{Constant} \quad F: \text{Frequency}$$

(B) In regard to the intensity of electric field following relation

$$W = kE^2 \quad k: \text{Constant} \quad E: \text{Voltage}$$

(C) The electric wave-form had no influence upon the change of temperature, which was merely dependent upon the electric power.

(D) The interrupted oscillation as well as intermittent oscillation stood in the same relation as just mentioned above (C).

本研究は文部省の科学研究費の補助により行つたもので、昭和26年4月日本醫學放射線學會、及び婦人科學會に発表したものの一部である。

緒 言

高周波は古く1888年 Heinrich Herz によつて發振されたが、これが醫學的に使用せられたのは1891年 Tesla 及び d'Arsonval をもつて嚆矢とする。更にその生物學的作用を系統的に研究し現在の短波治療の基礎を作つたのは、1926年 Erwin Schliephake¹⁾ で、その後數年をいですして臨床醫學に廣く用いられるに至つた。これに關する研究も、Liebeony²⁾ Raab³⁾ Kowarschik⁴⁾ Schaefer⁵⁾ 等により、又我國にても天野、笹田、若林⁶⁾、日野⁷⁾、梅田⁸⁾、志多⁹⁾、檜物、岡本氏等の先進諸家による業績があるが、臨床的には廣く普及されたにもかゝらず、その基礎的研究に至つては未だ明瞭ならざる點多く、爲にその治療的效果に對し

ても疑問をもつ者無きにしもあらず、或は單なる熱効果のみとまで極言する人々の現われるに至つた。我々はこゝに特殊發振法により、短波の生物學的作用に就き若干の基礎的研究を行つたので、その結果を發表する。

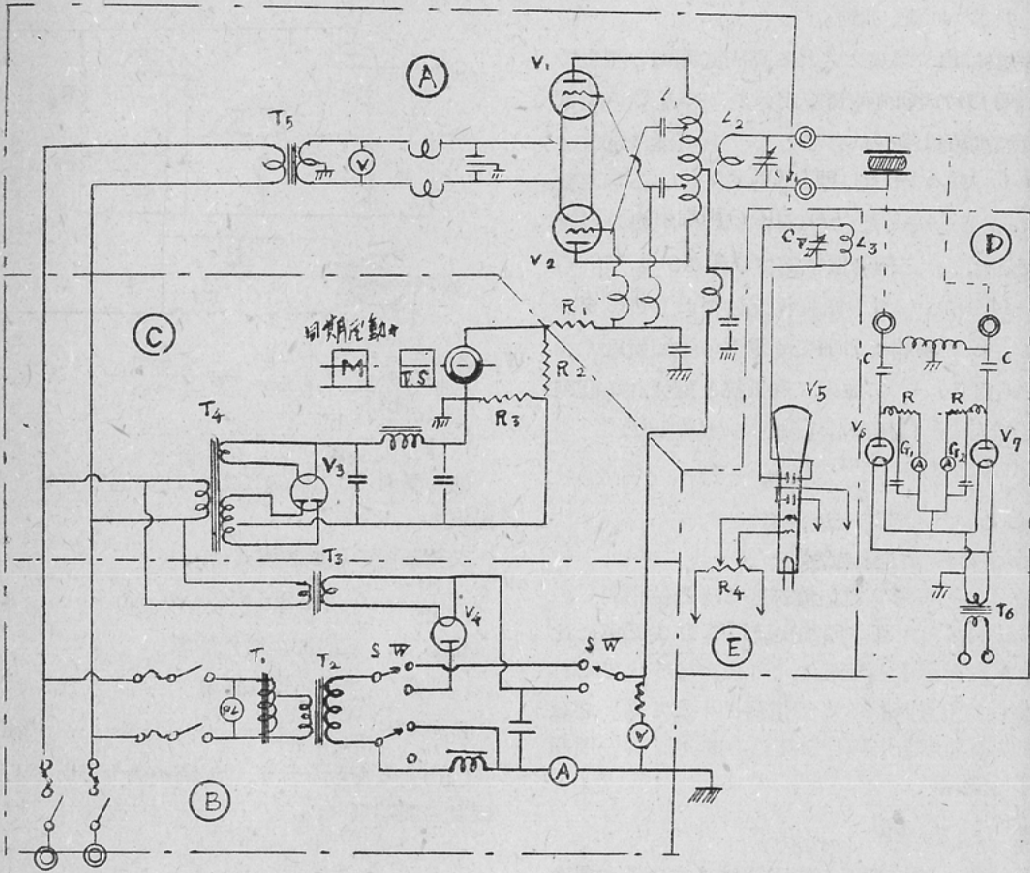
II 實驗裝置

本研究に使用せる實驗裝置は第1圖に示す如く(A)發振回路、(B)高壓低壓電源回路、(C)變調回路、(D) P.V 測定回路、(E) 波形監視回路等の部分よりなる。

A) 發振回路

回路方式は P. P 自勵式を用い發振管 V_1 , V_2 は U-259Tg(日本無線)極限周波數100MC 最大陽極入力2500V, 300mA を使用した。本裝置の可變周

第 1 圖



波数は、 L_1, L_2 をプラグイン方式によつて切換え 10MC~60MC とした。

陽極電源は第1圖(B)の如く、其の變調波形によつてSWを切換え、半波整流並に無整流方式となし、整流管 V_4 にはHV-972を使用した。負荷結合は L_1, L_2 を電極結合となし、負荷方式は並列同調静電負荷を用い、負荷の配量調整は主として T_1 のオートトランスにより陽極電位の調整によつて行つた。

C) 變調回路

本研究に使用せる實驗装置の高周波變調波形は陽極並に格子電位の變化による振幅變調方式を用い、正弦波及び矩形波とした。

即ち正弦波變調に於ては、陽極印加電壓を無整流となすがために V_1, V_2 の發振管は其の電源

(50C)の半周期に比例せる動作をなす故、出力側には陽極電壓の變化に等しき正弦波變調の出力電壓を得るものである。

又矩形波變調の場合は陽極に半波整流の直流電壓を印加して格子偏倚電位をチョツパーをもつて急激に變位なす事によつて矩形的な變調波形を有する出力を得るチョツパー變調法を用いた。 R_1 を通じての格子自己バイヤス回路は、廻轉圓板側面の絶縁片によつて瞬間に遮斷され、格子バイヤスは V_3 KX-80によつて整流された R_3 兩端の大なる負電位が加るため全く發振停止状態となる。廻轉圓板側面の金屬片を二接觸子が接觸する角度、並に廻轉圓板の廻轉速度を、周期電動機の廻轉を基準とせる變速機をもつて種々變速して調整を行い、正弦波、矩形波共に適時の間歇發振を可能な

らしめた。

D) P. V の測定回路

負荷電極間に印加せられる高周波電圧の測定には第1圖(D)の如き回路を用いた。容量Cの充電電圧を波高値に等しからしめて、其の漏洩電流を電流計G₁, G₂にて讀む。即ちCRによる時定數をTに比し充分大ならしめればRの兩端の電圧は一定となり、二極管偏位電位を作るからV₆, V₇(KX-142)によつて尖頭値整流を行わしめる事が出來て、Cの兩端は印加交流電圧の尖頭値近く迄充電せられる。Cに並列に高抵抗と電流計の直列回路を挿入すれば電流計を流れる電流*i_r*は

$$i_r = \frac{V_m \cos \theta}{R} \therefore \frac{V_m}{R} (\cos \theta = 1) \dots \dots (1)$$

V_mcos ωt = 印加交流電圧

V_mcos θ = 蓄電器電壓

但し θ; = 極管電流の流れ終る時の位相角Cの兩端に比例した、即ち印加交流電圧の尖頭値に比例した振れを示すのである。尙Rの値が大であればRを通じて失われるCの電荷は小なる爲、之を補給する電荷即ち二極管を流れる電流*i_a*の一周期に於ける總和

$$i_a = \frac{1}{2\pi} \int_{\theta_1}^{\theta_2} i d\theta$$

も小となり、従つて二極管の電壓は大なるを要せず、Cの電圧は印加電圧の尖頭値に等しき充電をなす¹⁰⁾。電流計を2個使用したのは電氣中心に對する平衡電界測定の目的である。更に間歇發振比大なるにともないRC時定數より生ずる測定誤差は第2圖に示す如き回路の波高計を以て第1圖(D)のRの電壓降下を測定する事により之を補正した^{12), 13)}。

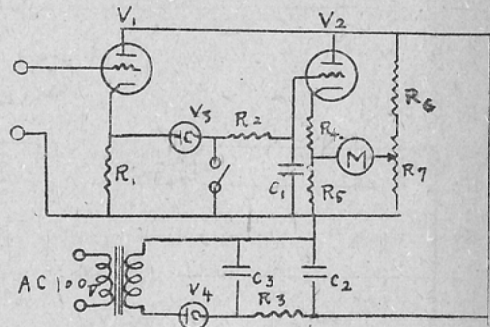
一方平行板電界中に回轉橢圓體狀導體を吊すと、これが電界Eにより長軸を電界方向に一致させようとする偶力Mが働く。

$$M = VE^2 \frac{W_2 - W_1}{W_1 \cdot W_2} \sin \theta \cos \theta \dots \dots (1)$$

但し V: 橢圓體の體積, θ: 長軸と電界となす角

$$W_1 = 4\pi \left(\frac{1}{e^2} - 1 \right) \left\{ \frac{1}{2e} \log \frac{1+e}{1-e} - 1 \right\} \dots (2)$$

第 2 圖



$$W_2 = 2\pi \left\{ \frac{1}{e^2} - \frac{1-e^2}{1-e^3} \log \frac{1+e}{1-e} \right\} \dots \dots (3)$$

$$e = \sqrt{1 - \frac{b^2}{a^2}} \dots \dots (4)$$

即ち偶力 M の測定により E の値を定める事が出来る。

又橢圓體の運動方程式は、

$$I \frac{d^2 \theta}{dt^2} + A\theta + B \sin \theta \cos \theta = 0 \dots \dots (5)$$

但し I: 導體棒の慣性能率

A: 吊絲の彈性係數

$$B = VE^2 \frac{W_2 - W_1}{W_1 \cdot W_2} \dots \dots (6)$$

(5)式は振動を示す。振幅が微少であるとすれば其の周期 T は

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{1}{A+B}} \dots \dots (7)$$

今電界を加えない時の自由回轉振動周期を T₀ とすれば、

$$E = 2\pi \sqrt{\frac{1}{V} \cdot \frac{W_1 \cdot W_2}{W_2 - W_1}} \cdot \sqrt{\frac{1}{T^2} \cdot \frac{1}{T_0^2}} = \bar{K} \sqrt{\frac{1}{T^2} - \frac{1}{T_0^2}} \dots \dots (8)$$

即ち T, T₀ を測定する事により電極間に誘電體の介在しない時の電界強度を測定出来る。この方法により前記電圧計を校正し誘電體の介在する場合の P. V を測定した¹¹⁾。

E) 波形の監視と波長の測定

第1圖(E)は電極間に印加される高周波電圧の變調波形、並に間歇發振の時間的監視に用いた回路にて、V₅はBF-75-V型真空マツダブラウン管を用いてL₅CV₂の同調回路を垂直軸に結合し、時間軸發振を變調低周波に同期せしめて監視

を行つた。

波長測定は 10 MC~30 MC迄は吸収型電波計 (RI-408B型)を用い、30 MC~50 MC迄の波長帯には、E-102 A 型超高周波接密電波計を使用した。

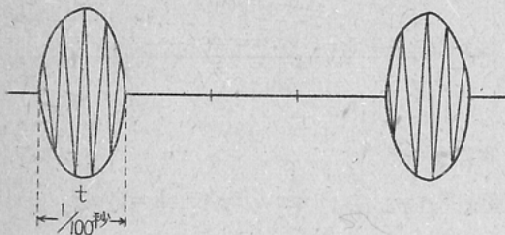
III 実験方法

金属を使用しない木製臺に家兎を固定し、10×12 cm の金網をフェルトで蔽つた電極を腹背に密着させ、その上を綿布で常に同一壓力になる様に締め、皮膚電極間及び直腸にアルコール寒暖計を13cm 挿入し一定温度に飽和するのを待つて(約30分)超短波を發振させ、2分毎に温度を測定した。使用せる短波の波長(λ)は5~30(m)で電界強度は45 V/cm~178 V/cm の間を變化させた。

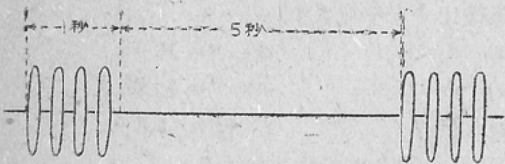
發振方法の變化は次の各項の變化に依つて行つた。

- a) 衝擊時間(t); 高周波の連続時間で第3圖に於ける t である。
- b) 斷続比(δ); 發振、休止の時間比で第3圖にては 1:3 である。
- c) 間歇比(k); ある斷続比にて發振させた連続時間と、次に同様の發振をする迄の休止時間の比であつて、第4圖にては 1:5 である。

第 3 圖



第 4 圖



d) 波形(WF); 衝擊時間中の短波の振幅の包絡線の形をとり、之を更に正弦波(S), 矩形波(P)等に分けた。

参考までに一般の治療に使用している超短波をこの表示法で書くと、

$$\lambda = 6 \text{ m}, t = \frac{1}{100} \text{ sec}, \delta = 1:1$$

k = 連続, W.F = S である。

又 $\lambda, t, W.F$ 及び V_p が同一ならば次の2種の發振方法。

a) k = 連続 $\delta = 1:7$

b) k = 1:3 sec $\delta = 1:1$

a) b) いづれも4秒間における發振回数は、50回(發振時間 $\frac{1}{2}$ 秒)となり Power は同一となる。

IV 實驗成績

(實驗 1-1)

衝擊時間 $t = \frac{1}{100} \text{ sec}$ 斷続比 $\delta = 1:1$

照射時間 T = 50 分 間歇比 k = 連続

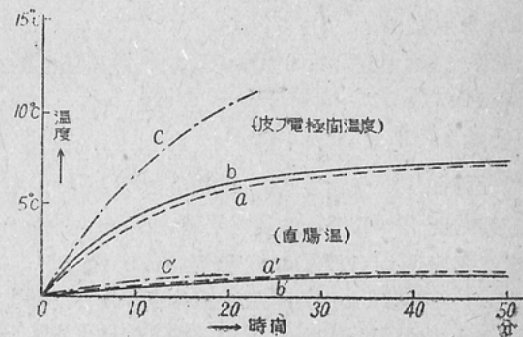
波長 $\lambda = 10 \text{ 米}$

- a) 電界強度 $V_p = 127 \text{ V/cm}$ 波形 W.F = P
 - b) 電界強度 $V_p = 178 \text{ V/cm}$ 波形 W.F = S
 - c) 電界強度 $V_p = 178 \text{ V/cm}$ 波形 W.F = P
- 各々6匹の平均を表に示すと第1表の如くなる。

又これを圖示すれば第5圖の如くなる。

第 5 圖

(a, b, c, は皮膚電極間。 a', b', c は直腸温度)



第 1 表

| Time | a) P 127V | | b) S 178V | | c) P 178V | |
|------|-----------|------|-----------|------|-----------|-----|
| | HET. | DT. | HET. | DT. | HET. | DT. |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0.9 | 0.05 | 1.2 | 0.1 | 1.5 | 0 |
| 4 | 1.6 | 0.08 | 2.5 | 0.2 | 2.7 | 0.1 |
| 6 | 2.5 | 0.2 | 3.3 | 0.3 | 4.5 | 0.3 |
| 8 | 3.0 | 0.25 | 4.1 | 0.4 | 5.6 | 0.5 |
| 10 | 3.7 | 0.40 | 4.6 | 0.45 | 6.8 | 0.6 |
| 12 | 4.3 | 0.50 | 5.2 | 0.5 | 8.0 | 0.7 |
| 14 | 4.6 | 0.60 | 5.6 | 0.55 | 8.5 | 0.8 |
| 16 | 5.0 | 0.65 | 5.9 | 0.6 | 9.3 | 0.9 |
| 18 | 5.4 | 0.70 | 6.1 | 0.7 | 10.0 | 1.0 |
| 20 | 5.5 | 0.70 | 6.4 | 0.75 | 10.3 | 1.1 |
| 22 | 5.8 | 0.80 | 6.5 | 0.8 | | |
| 24 | 6.0 | 0.80 | 6.6 | 0.85 | | |
| 26 | 6.1 | 0.90 | 6.8 | 0.85 | | |
| 28 | 6.3 | 1.00 | 6.9 | 0.90 | | |
| 30 | 6.3 | 1.05 | 7.0 | 0.9 | | |
| 32 | 6.4 | 1.10 | 7.1 | 1.0 | | |
| 34 | 6.6 | 1.10 | 7.2 | 1.0 | | |
| 36 | 6.7 | 1.20 | 7.2 | 1.05 | | |
| 38 | 6.7 | 1.20 | 7.2 | 1.1 | | |
| 40 | 6.9 | 1.30 | 7.3 | 1.1 | | |
| 42 | 7.0 | 1.30 | 7.4 | 1.2 | | |
| 44 | 7.0 | 1.40 | 7.4 | 1.2 | | |
| 46 | 7.0 | 1.50 | 7.4 | 1.3 | | |
| 48 | 7.1 | 1.50 | 7.4 | 1.3 | | |
| 50 | 7.1 | 1.50 | 7.4 | 1.3 | | |

これ以上の温度上昇は家兎死亡のおそれある爲中止す。

HET.: 皮膚電極温度差 DT. 直腸温度差

(實驗 1-2)

衝擊時間 $t = \frac{1}{100}$ sec 斷続比 $\delta = 1:1$
 照射時間 $T = 50$ 分 電界強度 $V_p = 178$ V/cm
 波長 $\lambda = 10$ 米 波形 $W.F = S$
 間歇比 k を變化さす。

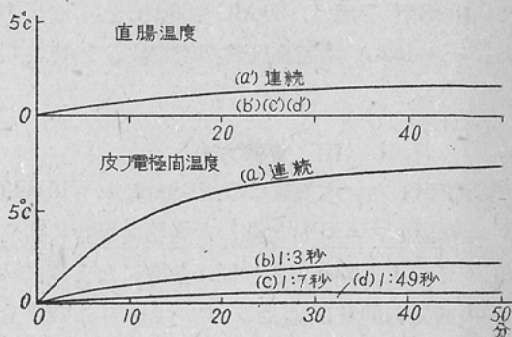
- a) $k = 1:0$
- b) $k = 1:3$
- c) $k = 1:7$
- d) $k = 1:49$

時間—温度上昇の表を省略しこれを圖示せば第6圖の如くなる。

(實驗 1-3)

衝擊時間 $t = \frac{1}{100}$ sec 斷続比 $\delta = 1:1$
 照射時間 $T = 50$ 分 波長 $\lambda = 10$ 米
 電界強度 $V_p = 127$ V/cm 波形 $W.F = S$
 間歇比を實驗(1-2)同様に變化させると、時間—温度上昇曲線は實驗(1-2)と略々同様になる。

第 6 圖

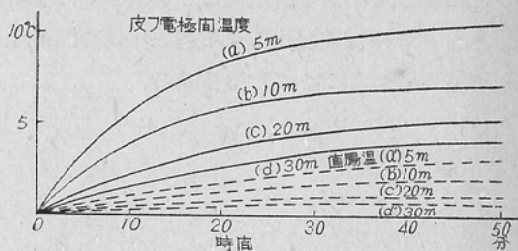


(實驗 1-4)

衝擊時間 $t = \frac{1}{100}$ sec 間歇比 $k =$ 連續
 照射時間 $T = 50$ 分 斷続比 $\delta = 1:1$
 電界強度 $V_p = 178$ V/cm 波形 $W.F = S$
 波長を變化さす。

- a) $\lambda = 5$ m
 - b) $\lambda = 10$ m
 - c) $\lambda = 20$ m
 - d) $\lambda = 30$ m
- 時間—温度上昇は第7圖に示す。

第 7 圖



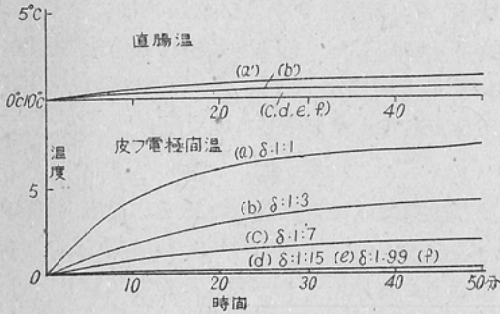
(實驗 1-5)

衝擊時間 $t = \frac{1}{100}$ sec 間歇比 $k =$ 連續
 照射時間 $T = 50$ 分 波長 $\lambda = 10$ 米
 電界強度 $V_p = 178$ V/cm 波形 $W.F = S$
 斷続比 δ を變化さす。

- a) $\delta = 1:1$
- b) $\delta = 1:3$
- c) $\delta = 1:7$
- d) $\delta = 1:15$
- e) $\delta = 1:99$
- f) $\delta = 1:399$

時間—温度上昇を第8圖に示す。

第 8 圖



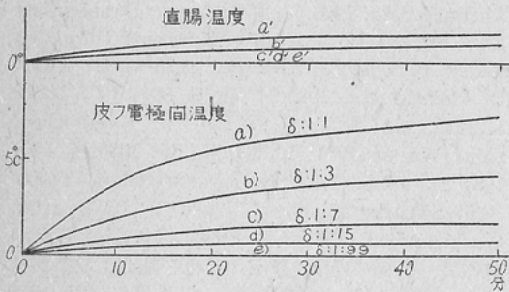
(實驗 1-6)

衝擊時間 $t = \frac{1}{100}$ 秒 間歇比 $k = 連続$
 照射時間 $T = 50$ 分 波長 $\lambda = 10$ 米
 電界強度 $V_p = 178V/cm$ 波形 $W.F = P$
 斷續比を變化さす。

- a) $\delta = 1:1$ d) $\delta = 1:15$
- b) $\delta = 1:3$ e) $\delta = 1:99$
- c) $\delta = 1:7$

時間一温度上昇を第9圖に示す。

第 9 圖



(實驗 1-7)

衝擊時間 $t = \frac{1}{100}$ sec 間歇比 $k = 連續$
 照射時間 $T = 50$ 分 斷續比 $\delta = 1:99$
 電界強度 $V_p = 127V/cm$ 波形 $W.F = P$
 斷續比 1:99 の時の波長變化による温度上昇。

- a) $\lambda = 5m$ C) $\lambda = 20m$
- b) $\lambda = 10m$ d) $\lambda = 30m$

いづれの場合も殆んど温度上昇は認められなかつた。

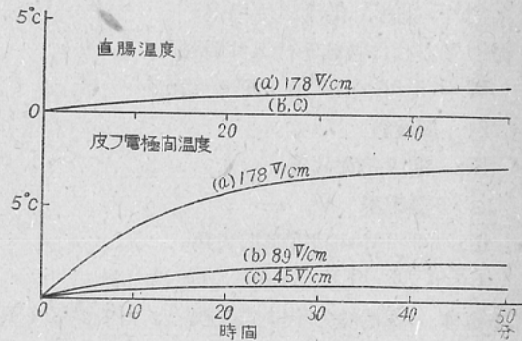
(實驗 1-8)

衝擊時間 $t = \frac{1}{100}$ sec 斷續比 $\delta = 1:1$
 照射時間 $T = 50$ 分 波長 $\lambda = 10m$
 間歇比 $k = 連續$ 波形 $W.F = S$
 電界強度を變化させる。

- a) $V_p = 178V/cm$ b) $V_p = 89V/cm$
- c) $V_p = 45V/cm$

時間一温度上昇を第10圖に示す。

第 10 圖



(實驗 1-9)

衝擊時間 $t = \frac{1}{2500}$ sec 間歇比 $k = 連續$
 照射時間 $T = 50$ 分 波長 $\lambda = 10$ 米
 電界強度 $V_p = 127V/cm$ 波形 $W.F = P$

$t = 1/2500$ sec の時の斷續時間 δ の變化

- a) $\delta = 1:1$ d) $\delta = 1:15$
- b) $\delta = 1:3$ e) $\delta = 1:99$
- c) $\delta = 1:7$ f) $\delta = 1:399$

時間一温度上昇曲線は、實驗 5 の a), b), c), ... f) と殆んど同じになる。

V 考 案

實驗 1) (a)(b) はその波形が正弦波、矩形波と相違し、尖頭電圧は $a = \sqrt{\frac{b}{2}}$ になっており、従つて Power は同一である。(b)(c) は尖頭電圧を一定にし、波形が異なる爲に Power は異なる。この實驗より温度上昇は波形に關係なく Power にのみ左右される事が判る。

實驗 2) 及び 3) 間歇發振で $k = 1:3$ は連続に比べて Power は $1/3$ であり、斷續比 δ を變化させた實驗方法で述べた如く、 $\delta = 1:7$ に相當す

る Power で、これも温度上昇は Power にのみ関係することを示している。k=1:7以上は殆んど温度上昇は認められない。(これは第II報と関係がある。)

実験 4) 波長変化であるが、これは交流理論より、その誘電体損失 W は次式によつてあたえられる。

$$W = EI \cos \phi$$

(I: 電流密度実効値)

(ϕ : 電圧、電流の位相差)

従つてこれに数値を代入すれば

$$W = (5.56 \times 10^{-13}) f E^2 \sin \delta$$

f: 周波数

E: 電位差実効値

$\sin \delta$: 誘電率

δ : $90^\circ - \phi =$ 誘電体損失角

$\tan^2 \delta$ ($\delta < 1$) $\approx \cos \phi$ 誘電体力率

誘電率、誘電体力率は周波数によつて変化するが、高周波に於ける変化が少いから誘電体損失角は周波数に略と正比例すると見てよく、これは実験結果とよく一致する。

実験 5) 6) 断続比 δ の変化で I:1 より 1:3 1:99 までを実験した。略と Power に比例し、1:15 以上では生體の温度を上昇するまでには至らない。これは第II報以後の実験に非常に大きな役割をするのでここに強調しておく。又温度上昇に関する限りでは正弦波と矩形波とは波形による差異がなく、單に Power だけの問題である事は第II報以下に興味深い関係を示している。

実験 7) 断続比 $\delta=1:99$ の時は波長の如何にかかわらず、温度上昇は認められない。(これも第II報に關係がある。)

実験 8) 電界強度を変化させた実験で、実験4の考案に示された如く誘電体損失 W は $W = (5.56 \times 10^{-13}) f E^2 \sin \delta$ であり、ここに f、 $\sin \delta$ が一定の本実験では W は E^2 の函數である筈である。即ち 89V/cm の場合は $(89)^2 \div (178)^2/4$ になるから実験6の断続比 $\delta=1:7$ に相當する筈であり、実験2の k=1:3 に相當する筈であるが実験の結果もよくこれに合致してゐる。(これも第II報以

下に關係がある。)

実験 9) 断続比 δ を実験6と同一にとり、衝擊時間を短縮した。即ち包絡線で示す低周波数の變化は餘り關係なく、やはり Power のみが温度上昇を左右する事を示してゐる。

V 結 論

高周波電界内に入れられた家兎の温度上昇は

- ①波長を変化させると $W = \mu f$ (μ は実験4参照) で示される如く、周波数に比例しており、特に波長依存性は認められない。
- ②波形を変化させても變化なく、その Power にのみ左右される。即ち電界強度を同一にしても Power が異なれば温度上昇は異なる。
- ③電界強度を変化すれば $W = k E^2$ (k は実験4参照) で示される如く実効電圧の二乗に比例する。
- ④断続比、間歇比を変化しても温度上昇は Power にのみ左右される。

主要文献

- 1) Shliephake. E.: Strahlenther. 1930, Bd. 38, S. 656, 1931 H. 40 S.133, 1931 H. 45 S. 789. 1935 Bd. 52 S. 193, Wien Klin. Wschr. 1930 H. 50 S. 2332, 1933 S. 1726, 1934 S. 1547, Kurzwellen Therapie 3 auf 1936. — 2) Liebesny: Strahlenther. 1936 Bd. 57 H. 4 S. 615, Kurz und Ultrakurzwellen Biologie u. Therapie. 1935. — 3) Raab: Dt Med. Wschr. 1935 H. 10 S. 380, 1937 H. 28 S. 1089, 1937 H. 28 S. 1071. — 4) Kowarschik: Kiln. Wschr. 1931 Bd. 44 H. 24; 1933 S. 1757 1934 H. 42 S. 1493, Kurzwellen therapie. 1936. — 5) Schaefer: Z. Phys. 77 1 u. 2 (1932). Klin. Wschr. 1 102 (1933). Z. Exper. Med. 92 3 u. 4 (1933). — 6) 天野, 笹田, 若林: 北海道醫學雜誌 昭10 6號, 1061頁, 同11號, 2679頁, 8號, 1526頁, 10號, 2107頁, 1號, 174頁, 5號, 11202頁, 6號, 1323頁: 日本生理學會雜誌, 昭11, 1卷, 355頁, 昭12, 2卷, 110頁, 電氣學會雜誌, 昭10, 55卷, 560號, 186頁, 昭9, 54卷, 549號, 297頁. — 7) 日野: 日本レ線學會雜誌, 昭11, 14卷, 1號, 96頁, 臨床醫學, 昭11, 第24卷, 10號, 34頁, 日本醫事新報, 昭11, 1226頁. — 8) 梅田: 産婦人科紀要, 昭16年, 第24卷 3號. — 9) 志多: 日本婦人科雜誌, 昭11年, 31卷, 5號, 1025頁, 19卷, 4號, 935頁. — 10) 永見: 無線資料, 4卷, 2號, 昭2. — 11) 栗屋: 超短波標準測定, 昭22. — 12) 本多, 江藤: X線管の研究, 第1號, 昭26—1. — 13) 田中, 小林, 澤崎: 日本婦人科學會誌, 42卷, 昭22.