

Title	超短波の生物作用(其一) 電界強度測定に関する實驗
Author(s)	野邊地, 篤郎
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1951, 11(1.2), p. 39-43
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/17828">https://hdl.handle.net/11094/17828</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

Osaka University

## 超短波の生物作用(其一) 電界強度測定に關する實驗

醫學士 野邊地篤郎

東京大學醫學部放射線科教室(主任 中泉正徳教授)

本論文の概略については第19回日本醫學放射線學會關東部會で發表した。

### 〔内容梗概〕

i) 研究目標：超短波の生物實驗に於ける配量問題の一部として電界強度の測定法につき調べる。

ii) 研究方法：導體棒振子法による實效電壓と對稱型二極管電壓計による尖頭電壓測定を行つて比較した。

iii) 研究結果：導體棒振子法は強電界の測定に當つては誤差の少い良い方法であるが、弱電界の測定には適しない。真空管電壓計は弱電界の測定も容易に出来るが設計製作に注意を拂わぬと相當の誤差を生ずる。

iv) 考按：生物實驗に當つて、上記2方法の何れを選ぶかは個々の場合に應じて決定すべきで

ある。何れにせよ比較的弱い100V/cm又はそれ以下の電界強度を測定する際には測定誤差を10%以下に少なくすることは困難であると思う。

### 1. 緒言

生物に對する超短波照射の既往の研究を追試しようとする際、困ることには二三の例<sup>1)2)</sup>を除いては殆んど照射の條件が物理學的に明確に記載されて居ない。之は此の事が等閑に附されて居たと云う意味ではなく、其等物理學的條件の測定が容易ではない爲と考えられる。照射條件としては消費電力、電界強度(又は極板間電壓)、通過電流等が擧げられるが何れも波長6米附近の超短波では正確な測定は難しい。此等の中、著者は電界強度及び消費電力の兩者の記載が望ましいと考える。即

ち被照射體が如何なる強さの電界の中に置かれ、どれ位の電力を吸収しつつあつたかと云う事である。

著者は二十日ぬすみの全身照射を行つて居るが、此の場合の消費電力は非常に少く毛細管電力計<sup>3)</sup>で測定した所5ワット以下で測定誤差範囲以内であつた。依つて照射條件の記載は電界強度のみに限ることとした。

高周波電圧の測定は既に1930年には King<sup>6)</sup>が100 MCs.まで測定可能の真空管電圧計を發表して居るが、其後種々の測定法が研究されており<sup>9)</sup>、此等は真空管を利用した比較的低電圧用のものと、靜電型及び熱効果型の高電圧用のものとに大別されるが、後者の中では栗屋氏の導體棒振子法<sup>7)8)</sup>が方法の簡潔さと精度の點で現在最良と考えられる。然しこれも弱電界の測定は困難であるので、これに對しては著者は真空管電圧計を用いることにした。既に1930年に Hemingway<sup>1)</sup>はかゝる方式で火花間隙式のチアテルミー装置の出力電圧を測定した。著者の使用したのは最近日本電機株式會社で同社の醫療器に取付けて居る對稱型真空管電圧計<sup>10)11)</sup>である。

## 2. 實 驗

### (1) 實驗用装置

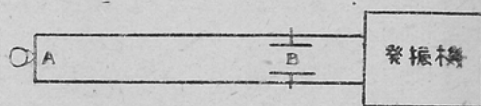
發振器は後藤風雲堂製醫療器 Ultratherm(波長6米、無整流裝置、發振球日立3239R)を用いた。第1圖の如く治療用電極の挿入口より直径1cmの銅パイプ製のレッヘル線を長さ約2.5mに張り、その線間隔中心間距離を8cmとした。レッヘル線の末端A點に熱電型高周波電流計を置いて短絡し、その電流を読む。B點に照射用電極(9×10cm)を置き極板間距離は任意に選べる様にし、その直下約20cmの所には尖頭電圧計を置いた。短絡點Aと電極B間距離は $\frac{1}{4}$ 波長すなわち約150cmで、これは後者がレッヘル線上の電壓定常波の腹部になる様實驗的に定めた。かくして電極部は電流定常波の節となり、この點よりみた短絡側のイムピーダンスは無窮大となり、且つ電極電壓と短絡電流は比例するから豫め兩者の關係を測定しておけば、以後短絡電流を監視することによつて終始電壓を

調節出来る。導體棒振子法は生物の照射實驗中は測定出来ないから、この事は真空管電圧計が使えぬ場合には實驗中の照射電壓調節に便利である。

### (2) 導體棒振子法.

1936年に東京工業大學の栗屋氏によつて發表された方法である。本法は測定しようとする高周波電界中に細長い導體を、その長軸が電界方向に向くようにして吊絲で吊し、これを回轉振動させる(第2圖)。この時導體棒には、導體長軸端に誘起

第 2 圖



第1圖



第2圖

された電荷と電界との相互作用で導體長軸を電界に向けようとする回轉力を生じ、このためその回轉振動周期は無電界の場合に比べて短くなるので振動周期の測定から高周波電界強度が求められる。

電界強度は次の式で與えられる。

$$E = K \sqrt{\frac{1}{T^2} - \frac{1}{T_0^2}}$$

但しTは電壓印加時の振動周期

$T_0$ は振子の固有振動周期

Kは比例定數

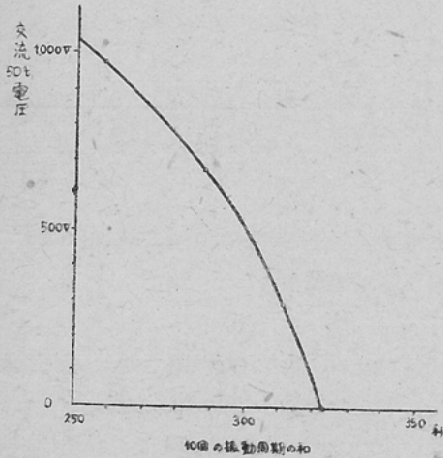
豫め或る既知電壓(直流でも50t交流でも可)について實驗し、本式よりKを求めておくか、或はTとEとの關係を調べておけば高周波の場合の電界強度はそれに對するTを測ることにより求め得る。

電界強度が300V/cm程度の時はKを求めても良いが、更に弱い時は誤差が入りやすいので栗屋氏は後者の方法をすすめて居る。

即ちまづ或る測ろうとする未知の電界中の振動

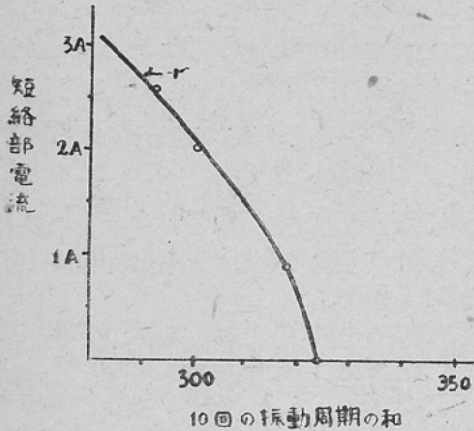
周期を得る如き既知電圧を同じ電極板に加える。二、三の既知電圧に就て振動周期との関係を示す曲線を作り、これより測定せんとする電界中の振動周期に相當する電圧を知り得る。著者は較正用電源として交流50サイクルを昇壓トランスで種々の電圧に昇壓したものを電極板にかけ、この電圧と振動周期との関係を求め第3圖を得た。但し横軸には振動周期の和をとつた。次ぎに實際の超短

第 3 圖

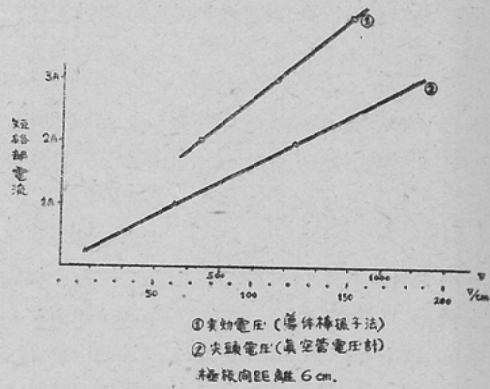


波装置の場合につき導体棒振子の振動周期と短絡部電流との関係を實驗的に求めた(第4圖)。第3圖及び第4圖より電界強度と短絡部電流値との関係が得られる(第5圖)。これよりして短絡部電流値を讀めば、その時の電界強度を知ることが出來

第 4 圖



第 5 圖

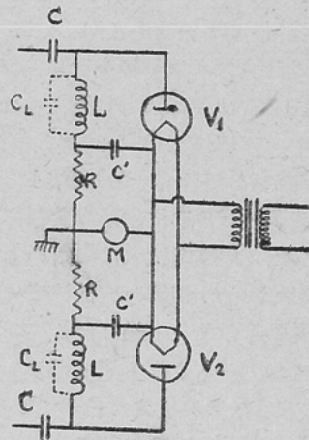


る。著者の場合鉛製長さ3cm、最大径1cm、重量20.5gの錘を用い、これを長さ60cmの48番ニクロム線に吊した。この時 $T_0$ は約30秒であつた。(詳しい注意については文献5を参照)

(3) 真空管式尖頭電圧計

第6圖に装置の回路を示す。真空管としては入手が容易なKX-142を使用した。製作上注意すべき點は使用周波數に於ける装置の見かけのイムピ

第 6 圖



- C = 0.1  $\mu$ F
- L = 本文参照
- R = 5 M $\Omega$ .
- C' = 0.0001  $\mu$ F
- V<sub>1</sub> = V<sub>2</sub> = KX-142
- M = 200  $\mu$ A 1-9-

ーダンスを充分高くとること、及び醫療器の如き無整流型發振器の場合は發振周波數は交流電源の周波數で變調されて居るから時定數を充分大きくとるべきこと等である。

前者に對してはLの設計を、後者に對してはCの値を適當に選ぶ必要がある。以下少しくL及びCについて著者の實驗を述べる。

一般的に云つて6米即ち50 Mcの高周波になるとチョークコイルLは純粹のLとしてでなく線輪間の容量 $C_L$ の影響が入つて來る。今コイルボビン直徑をD、巻上りの長さをlとすると線の全長を波長入りの $1/4$ にとつて $D/l=2$ になる如く巻いた時にこのコイルのLと $C_L$ が、その波長の高周波に同調してイムビーダンスが非常に大きくなる。この大體の見當の付け方を利用してLが2個であるから(第6圖参照)2つのLの和が全體の配線の浮有容量と共振する如く製作した。即ちLの巻數は始め線の長さを $\lambda/8$ として $D/l=4$ に巻き、電壓計を照射極板につないでもレツヘル線の短絡部電流に變化を及ぼさなくなるまで巻數を減らし、且つ巻線の間隔を加減した。このチョークの製作が尖頭電壓計の製作に當つて最も面倒である。

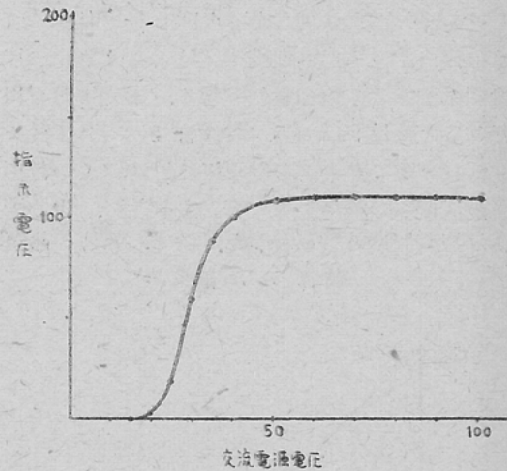
Cの値は香川氏(日本電氣研究所)によれば

$f=50 \text{ Cs}$  として  $\omega CR \geq 60$  の時誤差は $\pm 20\%$

$\omega CR \geq 100$  の時誤差は $\pm 10\%$

となる由で、著者の場合  $C=0.1 \mu\text{F}$ 、 $R=5 \text{ MG}$  で  $\omega CR=150$  とした。Cの取付は迷容量を極力少くする様に努力した。尙高抵抗Rは市販のものは抵抗値が正しくないものが相當多い故注意する必要がある。尖頭電壓計のリード線はなるべく短くしたいが、ケースがアースされて居る關係で餘り短くする事は反つてよくないと考えられるので、結局20cmになつた。KX-142のフィラメントは便宜上交流で加熱したが、このフィラメントトランスを通過して電源コードから發振回路と多少でも結合がおこることを恐れたので電源コードはシールドした。然し實驗の結果、實際上はこの點はあまり影響が無いことが確められた。尙KX-142の整流電流は極めて少いので、電源電壓の變動が指示値に與える影響は實際上問題になり相もない。第7圖

第 7 圖



参照。

尖頭電壓計による測定結果は第5圖に示す。導體棒振子法と比較されたい。

#### (4) 結 語

以上超短波の生物作用の實驗に於ける照射條件を明かにするため電界電壓の測定法並に、その實驗結果について述べた。その結果の導體棒振子法は  $50 \text{ Veff/cm}$  以下の測定は甚だ困難であつたが、尖頭電壓計はメータ及び抵抗の選び方により低い電壓の場合にも容易に測定し得ること及び照射中も電壓の大きさ並びにその變動等を監視し得る特徴がある。但し設計の如何によつてはその値に非常な誤りを生ずる。第5圖から判る如く測定の結果では尖頭電壓は實効電壓の倍となつた。正弦波では實効電壓  $= \frac{\text{尖頭電壓}}{\sqrt{2}}$ 、従つてその比は1.4倍であつても、實際には無整流型發振器では發振は使用した交流電源の半サイクル中の或る時間内に限られて居る筈であるから、この比は更に大きい値を持つべきで、まだ眞の尖頭電壓を指示して居ないと考えられる。

電界強度と生物作用に関する實驗を文獻に求めて見ると、既述の Hemingway (1930)<sup>1)</sup>の論文は少しく時代おくれのものであり、僅かに1935年に Drosophila の致死時間と電界強度の關係を調べた

Malov<sup>2)</sup>の論文が注目に値するものだと云えるが、この電界強度測定法については文献<sup>1)</sup>を読む機会を得なかつた。上記二方法の何れかを実験の目的、方法に応じて採用して実験の追試が容易になる様になることが望ましいと考える。既に Hemingay<sup>1)</sup>はチアテルミーに於ける發熱は電壓に比例せず、電流に比例するものだと述べており、これは當然であるが、高周波電流の測定は容易でない上に著電器電界中の被照射體中の通過電流はチアテルミーの場合と違い簡單でないので緒言に述べた通り最小限の記載事項として電界強度をとり上げた次

第である。

導體棒振子法については工大、粟屋助教授、電力測定及び真空管電壓計については、東大醫學部産婦人科、澤崎助教授、古谷氏、日本電氣、香川氏、横濱醫大、檜物教授、岡本氏、又實驗装置全般に涉つて東大工學部岡村助教授に種々御教授を賜つた。研究全般に涉つて中泉教授、江藤助教授に御指導を賜つた。資材の面では日本電源機器株式会社 栗冠氏に援助を頂いた。こゝに併せ記して感謝する。

### Biological Effects of Ultra Short Wave.

#### I. Experimental Studies on the Measurement of Voltage of the Field Intensity,

by Tokuro Nobechi M. D.,

Radiological Department, Tokyo University School of Medicine,

(Director: Prof. Masanori Nakaidzumi).

In the biological studies applying ultra short wave, it is the essential problem, how to measure the accurate voltage of the field intensity.

The author applied two methods for the research to solve this problem. One is the effective voltage measurement with "Vibration rod method" by Awaya, the other is the peak voltage measurement with diode vacuum tube voltmeter. The vibration rod method was invented by Prof. Awaya, Tokyo Technological College, in 1936. The author confirmed that this method was able to measure the strong field with small error, but it was not advisable to apply this method for the measurement of weak field as the error was great in such condition. On the contrary, the vacuum tube voltmeter was found to be able to measure the low voltage as generally accepted. However, according to the author's experiment, the design of the apparatus to minimize the error was very difficult.

Which one should be chosen out of these two methods in carrying out experiments of the biological studies, it is the matter to be decided according to each case.

At any rate, it seems to be very difficult to measure the intensity of the field with 100V/cm or less, with the error less than 10%