

Title	超短波の生物作用(其二) 電界強度と動物體温の上昇
Author(s)	野邊地, 篤郎
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1954, 14(1), p. 11-17
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/17766">https://hdl.handle.net/11094/17766</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 (其二) 電界強度と動物體温の上昇

東京大學醫學部放射線科 (主任 中泉正徳教授)

野邊地篤郎

本論文の概略に就いては昭和26年3月17日、第29回日本醫學放射線學會關東都會で発表した。

(昭和28年9月11日)

### 〔内容梗概〕

i) 研究目標: 超短波電界中に置かれた動物の體温の上昇と電界の強さの關係を調べる。

ii) 研究方法: 試験動物として二十日ねずみを用い、全身を蓄電器電界中に入れた。體温は直径が1耗の注射針の中に装置した熱電對を使つて測定した。電界強度は導體棒振子法と真空管式尖頭電壓計で測つた。

iii) 研究結果: 35~305Vp/cm (19~185Veff/cm) の各種電界強度に於ける體温上昇について測定し、夫々の強さの電界に於ける體温上昇曲線を求め得た。電界の強さが一定でも個體により體温上昇の反應には可成りの差がみとめられる。生體の方が屍體より温度上昇は早い。中肉及び豚肉では温度上昇は脂肪の量に關係するが、生きて居る二十日ねずみでは體の部位による温度上昇の差は殆んど認められぬ。

iv) 考按: 超短波の生物作用の研究に關する歴史に於て、茲に始めて動物の體温上昇の問題を、物理學的に記載された電界強度との關聯について知ることを得た。ここに得られた結果は此の新しい記載方法による研究の基礎的なデータを示したものである。

### 緒 言

超短波電界が生體に及ぼす影響に就ては、古くから温度の上昇がその主な作用であるか、それとも温度以外に特殊作用があるかと云う事が問題にされて來た。實際に生物作用について調べる際には餘程電界強度が弱くない限り生體の温度は上昇する。この温度上昇の問題については1930年代までに多くの研究が見られる<sup>1)</sup>。然し乍ら現在迄に發表された多數の報告は何れも電界強度が測定されて居ない。言換れば此等の報告は如何に精確に温

度測定されて居ても、同條件での追試が全く困難であり、それは線量に就て記載のないエツクス線に就ての實驗と比較されるべきものである。著者は第1報<sup>2)</sup>に於て、極めて簡単な方法で正確に超短波電界を測定を成し得る方法を報告したが、本報告に於てはかくして測定された種々の強さの電界中で廿日ねずみの體温はどの様に上昇するかを報告する。

超短波電界中に動物を置いて超短波を作用させる事を本論文ではエツクス線、紫外線等と同様「照射」と言う言葉で表現した。これについては「透射」と言う言葉もあるが、動物實驗の場合には著者は「超短波處理」と言う言葉が良いのではないかと考へるが一般的でないので用いなかつた。

### 研究方法

#### 照射方法と電界強度測定法

實驗用装置は第1報と同じである(波長6米)。第1報第1圖のB點、即ち發振器から導かれたレツヘル線の途中に置かれた9種×10種の大きさの電極板(間隔6種)の間に廿日ねずみをセルロイド製の小箱に入れて照射した。小箱には多數の3耗徑の穴をあけて空氣の流通を良くした。電界強度の測定法に就ては第1報を参照されたい。照射中の電界強度は導體棒振子法で較正されたレツヘル線絡結部の電流計と、照射極板につないである尖頭電壓計で二重に監視された。装置の寫眞は樋口教授の本に紹介されてある<sup>3)</sup>。

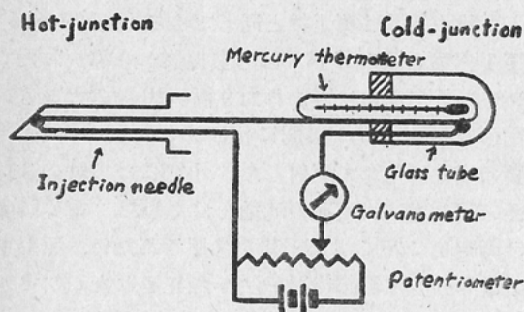
#### 温度測定法

照射中に連続的に温度を測定することが望まし

く、この目的の爲に Overgaard<sup>4)</sup>は特殊の熱電對を考案し、又 Pázold<sup>5)</sup>は各種の寒暖計について検討した結果「水晶・ベンツオール温度計」を推奨して居る。然し既に Overgaard が指摘した様に廿日ねすみの場合には PázoldのQuarz-Benzol Thermometerは大きすぎて使えない。Overgaardは彼の試作した熱電對は細い線の使用と巧みな構造設計で電力線の集中と線の中に起る誘電による起電を防ぎ得たと言つて居るが、尙これでも電力線の集中を來たす可能性があるので著者は照射中に温度を測定する事は避けて以下述べる如き熱電對を使用した。即ち極めて細い銅・コンスタンタン熱電對を1号徑の注射針に封入し、熱電對部が正しく注射針の先端に位置する様にベークライト・ワニスで固定した。冷接點部は注射針に封入する事なくそのまゝ較正済の水銀寒暖計の水銀溜の所に絆創膏で固定し、この寒暖計をゴムで栓をした試験管に挿し込んだ。かくすることに依つて急激な室温の變化に依つても冷接點部の温度はゆるやかに變化する。2接點の温度差から生ずる起電力を横河製低電壓電位差計に電流計器として横河D-3型反照電流計を使用して測定した。測定用の注射針に入れた熱電對は測定の都度廿日ねすみに刺すこととした。(但し照射中に限り)

この装置の模型圖を第1圖に示す。

第1圖

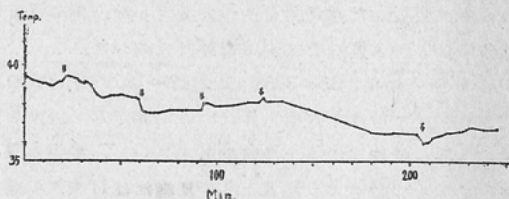


### 研究結果

廿日ねすみは體重 20 g 前後のものを使った。前述の如く、穴の澤山あけてあるセルロイド箱に入

れ、尾を箱から出して箱に固定する。熱電對は尾の附着部のそばから後腹壁に向けて刺入する。この際刺し方によつては温度があまり違わない。1例を第2圖に示す。矢印のついて居る所で熱電對をあちこちと刺し變えて居る。即ち、最初反對側に刺し變え、次にその側で場所を變える、再びもとの側に刺し變える。その側で場所を變える、更に最後に背中の中線に刺し變えたのであるが刺し變えた直後に一寸反應がみられるがすぐ元に戻る事が判る。著者は最初に第6圖に示す185Vp/cmの電界に於ける照射致死の實驗を多數行つて温度上昇曲線がきれいな直線を示す事から熱電對を刺す事による影響が實際上問題にならないという見透しを得たので實驗を進めた。

第2圖



室温と體温は多少、平行關係があるので照射中は室温が變化しない様に注意した。大部分の實驗は室温が30°C前後の時に行われた(昭和24年夏)。

實驗はすべて、廿日ねすみを箱の中に固定して熱電對を刺し、體温が一定になるのを待つて開始した。大體10乃至20分後には一定になる。針が血管を刺して失血死を來す時は體温が下つて來る。以下出て來る圖表には體温が一定になるまでの温度経過は殆んどすべて省いてある。

照射による體温の上昇：

以下種々の強度の電界に於ける温度測定の結果を述べる。

35Vp/cm (19Veff/cm)

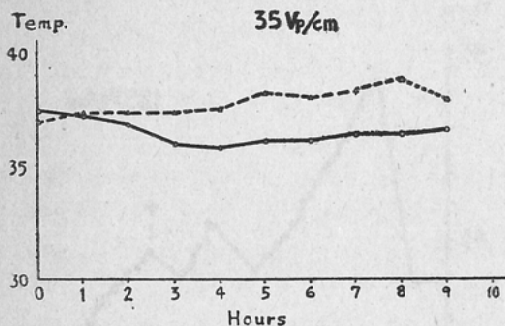
9乃至11時間に涉つて照射しても體温には殆んど變化が認められない。

第3圖に9時間照射した2例を示す。

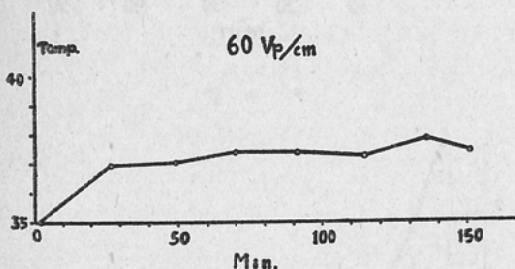
90Vp/cm (36Veff/cm)

第4圖の如く僅かの體温上昇を來し、その温度

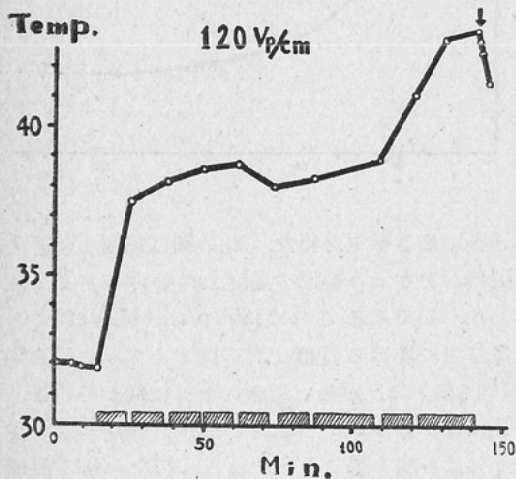
第 3 圖



第 4 圖



第 5 圖



を照射の間ずっと保持する。

120Vp/cm (74Veff/cm)

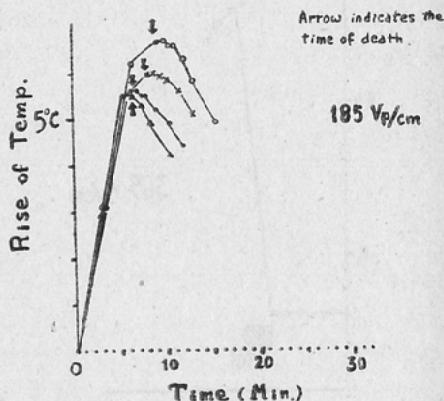
可成り徐々に温度上昇を來すが、この場合は體温は一定の所で止らずに次第に昇つて行く。第5圖に2時間に渉る照射では體温が遂に43°Cに上昇

して死んだ例を示す。時間軸上の斜線のマークは照射した時を示す。

185Vp/cm (112Veff/cm)

この強さになると短時間の照射で死んでしまう。この場合の體温上昇は殆んど直線的であり、45°C前後で死ぬ。照射による體温上昇曲線にあまり個體差が見られぬことを4例に就て第6圖に示した。同圖で矢印で示されるのが死んだ時である。

第 6 圖



この電界強度では僅か数分以内に急に温度上昇を來して死ぬので多數の實驗を行うのに便利だったので、廿日ねすみの照射致死に及ぼすいろいろの條件を調べて見た。尙電界強度が185Vp/cm(112Veff/cm)と云う中途半端な値である事は別に特に意味はないのであつて、これは極板間電壓を間接的に監視するためにレツヘル線短絡部に入つて居る高周波電流計が丁度3Amp.を示す電壓なのである。極板の下の尖頭電壓計は此の電壓では振り切るから、此の電壓では上記電流計で電壓を讀んで居た爲の便宜上の理由によるに過ぎない。

照射を始めてから死ぬまでの時間と廿日ねすみの體重との間に相關關係はなかつた。又特に大きな廿日ねすみが高温に耐えると云う事(或はその逆)も認められなかつた。

氣温が低いと死ぬ迄の時間が延びる。此の時の照射開始の時の温度と死ぬ時の温度の差は少し大きくなるが、これは問題にする程ではない。(温度差5.2~6.5°C, 體重16~22g)。

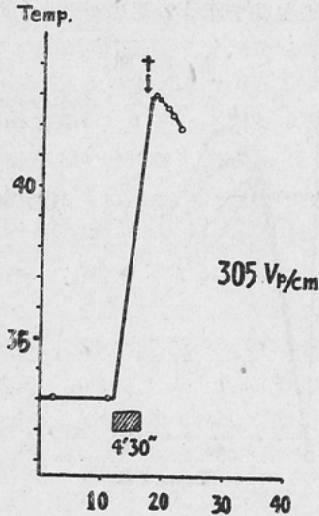
240Vp/cm (150Veff/cm)

更に急速な體溫上昇が認められる(圖省略).

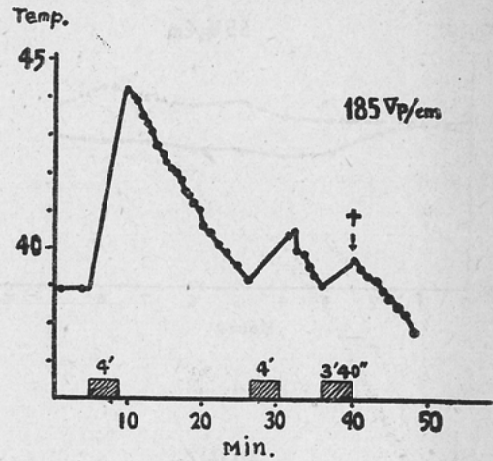
305Vp/cm (185Veff/cm)

第7圖に示す如く體溫上昇は劇しい. 圖の例では始めの體溫は極めて低いのに短い時間で體溫は43°Cに昇つて死んでしまった.

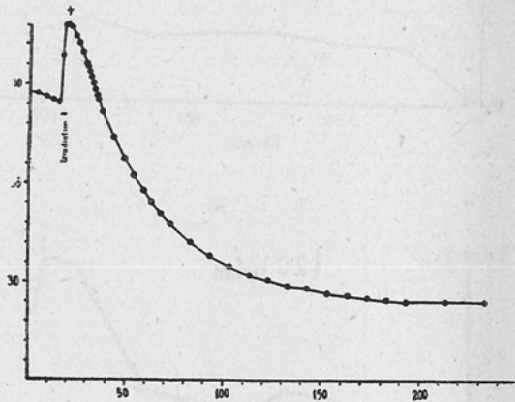
第7圖



第8圖



第9圖



強い照射の繰り返し:

電界強度 185Vp/cm の超短波を反覆して4分づゝ照射しても何ともない個體もあるが、多くは4分位で死ぬか、しばらくの時間の後に死ぬ。こうした場合體溫が段々下つて來て死ぬ。此の様な場合は第8圖に示す例の如く、繰り返した照射に對する反應(即ち體溫の上昇)が弱くなつて來る。この例では3回目の照射の途中3分40秒で死んで居る。

死後の溫度下降:

當然豫期される如く、高周波加熱により死亡した場合の溫度の下り方は第9圖の如くに Exponential Curve を描いて氣溫まで下る。勿論單純加熱により死んだ場合でも同様である。

屍體の高周波加熱:

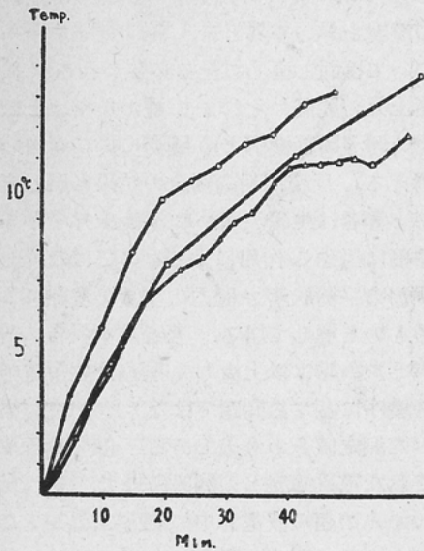
これまでは生きて居る廿日ねすみの溫度が高周波電界の中で、どう變化するかを述べて來たが、屍體はどの様な變化を示すかと云う事を調べた所、

第10圖の如き結果を得た。此の圖は氣溫まで冷えた屍體がどう云う経過で溫度上昇を示すかを3例示したものである。これは185Vp/cm(112Veff/cm)の電界中に於ける溫度上昇の圖であるが生體の場合(第6圖)に比べると溫度の上昇は緩かである。又圖には示さないが熱電對を入れる場所により溫度上昇は可成り異なることが認められた。即ち屍體では温まり方が場所的に不均等であると考える。

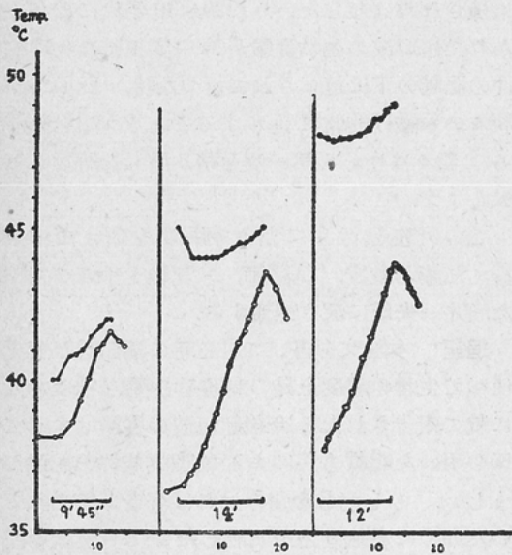
單純加熱による廿日ねすみの體溫上昇:

こゝに云う單純加熱とは高周波によらない加熱と云う意味である。即ち豫め一定溫度に保つておいた恒温槽に動物を入れた時の溫度の上昇を調べて見た。第11圖に3種類の溫度の恒温槽中に入れ

第 10 圖



第 11 圖



た時の廿日ねすみの温度上昇曲線を夫々1例づ示した。圖で上にある黒い點を連ねた線は恒温槽の温度を示し、下の白い丸をつらねる線が体温である。恒温槽が一定温度を示して居ないのは扉を開けた影響による。右より約41°C、45°C、49°Cの気温中に於ける廿日ねすみの温度の上昇曲線であつて、恒温槽に入れた時間が下の時間軸の上の方

に示してある。

圖で判る如く49°Cの恒温槽に入れた時に温度上昇曲線はかなり急になり、やゝ185 Vp/cmの電界中においた時の体温上昇曲線に似て来るがやはりゆるやかである。

尙体温が上昇して來た時に示す廿日ねすみの症状は強い高周波加熱を行つた時のそれと全く同じであつて異なるのは推移の時間だけであつた。

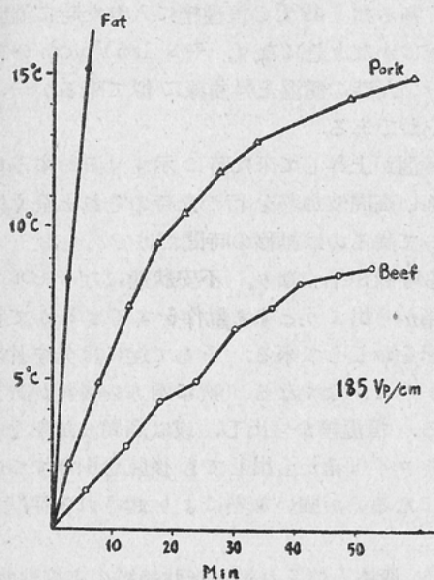
即ち呼吸が早くなり、不安状態になりセルロイドの箱から出ようとする動作をする。やがて後肢の痙攣をおこして來る。そして遂には先ず片方の後肢がうごかなくなる。次に兩方の後肢が動かなくなる。恒温槽から出し、或は高周波加熱を止めてセルロイド箱から出して後肢を引きすつて歩く様になるのが強い加熱により起される症状である。

牛肉、豚肉及びそれ等の脂肪組織の高周波加熱：古くより死體組織の高周波加熱による温度上昇の経過については發表されて居るが既知電界強度中の温度上昇の状態が知りたかつた事と、その上昇の状態が廿日ねすみと、どう違うかと云う事を知りたかつたので調べて見た。

電界強度は185 Vp/cm (112 Veff/cm) とした。即ち廿日ねすみが5分前後で死ぬ様な強度である。牛肉屋から牛肉、豚肉及び豚脂肪組織を求めて來て夫々を大體28g前後の長方形の塊として廿日ねすみの照射に用いたセルロイド箱に入れて照射した。第12圖に夫々の温度上昇経過の各1例を示す。牛肉より豚肉の方が温度の上昇は早く脂肪組織は一番急激に温度が上昇する。脂肪組織と筋肉組織が層状に隣合せて居る肉について調べると脂肪組織だけが急に温度が昇ることを觀察した。

第12圖の温度上昇曲線と第10圖に示した屍體の温度上昇曲線を比較すると(何れも同じ電界強度)初めの20分間に於て第10圖の一番早く温度の上昇した例は豚肉の温度上昇曲線と全く一致する。最も温度上昇の緩やかな屍體での曲線も牛肉よりは、いるかに早く温度が上る。此の事は豚肉と廿日ねすみの體の、6米超短波に對する高周波抵抗が大體同じであるためと云えよう。更に解釋を擴げれ

第 12 圖



ば廿日ねすみの筋肉の組成は大體豚肉と同様であると云える。

### 結 論

著者は前報告<sup>2)</sup>に於て報告した方法を用いて、電界の強さを測定監視しつつ各種の電界強度に於ける廿日ねすみの體温の上昇がどの様なものであるかについて知ることを得た。その結果、實効電壓で記載した電界強度が 19V/cm では體温上昇を認めず、36V/cm では少し上昇するが其後變らず、74V/cm では徐々に體温が上昇して死亡する。112V/cm では數分間で死ぬ、これ以上では益々體温の上昇は速かになり死ぬ事を知つた。然し屍體の體温上昇は非常に緩慢であり、その昇り方は同じ條件で照射された廿日ねすみ大の豚肉の塊とよく似る。50°Cの恒温槽中に置いた廿日ねすみの體温上昇は 112V/cmの電界中に於ける場合よりもおそい事は、逆に云えば 112V/cmの電界に廿日ねすみを置くと云うことは50°Cよりずっと高い温度の恒温槽に入れたと同じ事になる事を意味する。生きて居る廿日ねすみの測定の際は體温の温度分布が殆んど一様であり屍體では不均等であつたと云う事實は生體では常に循環血流が體内の温度を一定且つ平均に保つ様に働いて居るのではないかと考

えさせられる。従つて古くから調べられた各種の臓器の温度上昇の差異と云う事の意味を今一度生體について検討し直して見る必要がある。又生體の温度上昇が屍體のそれより遙かに早いと云う事は生體の體温調節機構との關聯に於て面白い問題だと考える。反覆照射の場合の結果と照し合せて考えると著者は生體が速かな温度上昇を示すのは温度中樞に對する作用によるものではなくして、體温調節の平衡状態が體内の多量の發熱により破られるものと解して居る。著者が本報告に於て最も強調したい點は以上少しく觸れた超短波の温度上昇の機序に關する問題ではなく、研究結果の項に述べた測定値そのものである。即ち物理學的に表現された電界強度との關係に於て、茲に始めて廿日ねすみの超短波電界中の體温上昇がどの様なものであるかと明らかにされた事である。

實驗生物學に於ては先づ第一に正確なデータが集積されねばならない。1920~30年代に數多く行われた超短波の生物實驗が今一度正確な物理的條件の記載の下に追試されて行つた時、此の方面の我々の知識は非常に進歩するであろう事を確信する。我々は今その第一歩を踏み出した所であると云えよう。

この研究を行うに當り御指導を頂いた中泉教授、江藤助教授、算講師、又實驗を手傳つて頂いた酒井一夫氏に深く感謝する。

追記 本論文を書いて居る時に橋詰氏が家兎を使つて生體の温度上昇の問題を各種の物理的條件に就て報告された<sup>3)</sup>。今後超短波の實驗はすべて同氏の用いた記載方法による物理的條件の記述が望ましい。もし已むを得なければ著者が第1報で行つた如くに發振回路を明記した上で(發振回路が判れば波型も判るから)毎廻當りの電壓で表された電界強度の記載を行うことである。

### 文 獻

- 1) 西岡, 小川: 醫理學新報, 第4年, 232頁。—2) 野邊地: 日本醫學放射線學會雜誌, 第11卷, 第1號, 1頁。—3) 樋口: 高周波電氣療法, 26頁, (臨床醫學文庫)。—4) Overgaard, K.: Strahlenther., 53, 1935。—5) Pätzold, J.: Strahlenther., 54, 362, 1935。—6) 橋詰: 日本醫學放射線學界雜誌, 第11卷, 第9號, 12頁。

Biological Effects of Ultra Short Wave. (II)  
Electric Field Intensity and the Rise of Body Temperature of Mice,  
by Tokuro Nobechi M.D.

(Dept. of Radiology, Faculty of Medicine, Tokyo University.

Director. Prof. M. Nakaidzumi)

Objective of the studies: For the purpose to study the effect of field intensity upon the animal body temperature, the author carried out the experiments with mice.

Method of the studies: Body temperature was followed by potentiometrically measured thermo-junction while the field intensities were measured by vibration rod method and vacuum tube peak voltmeter as reported in author's previous paper. Placing the mice in the condensor field of 50 MC. ultra short wave, the rise of body temperature of mice was measured in the electric fields of various intensities between 19 and 185 Veff/cm.

Results of the studies: The results were illustrated in curves. Although the individual difference in sensitivity was considerable, the body temperature of living mice rose very quickly when they were put in the high frequency electric field, however in the case of dead mice slowly. As to beef and pork the velocity of rise of temperature is proportional to their contents of fat. Fat contents of body portions of mice must be different, but they showed practically no difference in temperature elevation as long as they were alive.

Coment: The author believe that this must be the first report of the studies on the effect of the high frequency field, precisely measured and expressed in universally accepted unit, upon the bdy temperature of animals. The author introduced such expression as "V/cm" to describe the intensities of high frequency electric field. If this expression is adopted by other workers the results of their works would be comparable hereafter.