81.

612.014.424-425

電 流 ノ 生 物 ニ 對 ス ル 作 用 ニ 就 テ

第 1 報

Paramaecium ノ 電 流 ニ ヨ ル 興 奮 竝 ニ 電 撃 死 ニ 關 ス ル 研 究

岡山醫科大學生理學教室（主任生沼教授）

森 信 胤

〔昭和 9 年 6 月 4 日受稿〕

*From the Physiological Laboratory of the Okayama Med. College
(Director: Prof. Dr. S. Oinuma).*

On the Action of Electricity on Organisms.

(I. Report.)

**On the Action of electric Current upon paramaecium, especially
on the Cause of Death by electric Shock.**

by

Nobutane Mori.

Received for publication June 4. 1934.

The experiments were carried out in the small pool with electrode upon slide-galss. The results are as follows.

1) Strength-duration curve of the electrical stimulation for Paramaecium coincide very well to the rectangular hyperbola i. e. it follows to the excitation law for the muscle or nerve of frog.

2) Not only the slightest excitation of Paramaecium but also the death by electrical shock follows to this rule.

3) The cause of death by electrical shock appears to be alkalinity in the neighbourhood of the cathode pole.

4) Alternating current, if its interval is short enough for the intensity of the current, does not stimulate Paramaecium or not cause death.

5) But alternating current, if rectified, even high frequency-current like Tesla cause excitation or death of Paramaecium. (*Autoreference.*)

目 次

第1章 緒 言	第5節 Paramaecium ノ電流ニ對スル興奮性
第2章 實驗材料並ニ方法	並ニ電擊死現象ニ關スル Weiss 或ハ
第3章 實驗成績	Hoorweg 式ノ適用
第1節 平流電氣ニヨル Paramaecium ノ電擊死	第6節 交番電流ニヨル實驗
第2節 Alkali ニ對スル Paramaecium ノ態度	第1項 燈用電流
第3節 電氣分解ニヨリテ生ズル Alkali 度ト本實驗成績トノ比較	第2項 感應電流
第4節 蓄電器放電ニヨル電氣刺激ニ對スル Paramaecium ノ反應	第3項 Tesla 電流
	第4項 本節成績ノ概括
	第4章 結 論
	文 獻

第1章 緒 言

電流ヲ受ケタルタメニ生物ノ死スルテフ現象ニ就キテ、其ノ死因ヲ檢索スル一、一般ニハ生態ガ急激ニ強キ電流ニ逢フ事ニヨル „Schock” ノタメニ死スモノナリトセリ。今種々ナル生態ノ電擊死ニ就テ文獻ヲ涉獵スルニ、人、犬、家兎等ニ於テハ電擊ヲ受ケタル時ノ症狀トシテハ、瞬時ニ於テ意識消失、瞳孔反射消失、呼吸及ビ心臟停止、痙攣、放尿、脱糞等アリ。更ニ解剖及ビ組織學的所見ニ就テ見シカ、其ノ詳細ハ Handbuch. der normalen und pathologischen Physiologie Bd. VIII. 1/2.: Elektrische Energie Teil S. 970 (Julius Springer 1928) ニ詳シク記載サレアルヲ以テ、茲ニハ極メテ其ノ大略ニ

就キテ記スルニ止ムベキモ、尙ホ次ノ如シ。

1) 窒息ノ所見トセルモノ： Battelli, Jallineck (殊ニ後者ハ窒息死ノ本態ヲ中樞ノ麻痺ニ歸セリ)。

2) 心臟、血管壁破壊其ノ他ニヨル失血死トセルモノ： Kawamura, Pietrusky.

3) 腦髓及ビ脊髓ノ毛細血管性失血： Corrado, Kawamura.

4) 極メテ微小ナルカ或ハ全然所見ナシトスルモノ： Krather, Rodenwaldt.

5) 中樞神經中特別ノ場合ニ限リ (天竺鼠 Meerschweinchen ノ腦髓ニ陰極ヲ當テ 110 Volt ニテ刺激セルトキ) 電流ノ出口相當部ニ Nissl 染色ニテ變化ヲ認メラルルモ

ノアルモ之ハ恐ラク電解或ハ溫熱變化ノタ
メノモノニヨルモノラシク、全體トシテハ
電撃死ノ際ニ中樞神經系ニ變化ヲ認メズト
ナスモノ：Bordier u. Piery.

斯クノ如クニシテ、解剖組織學の所見ニヨ
リテハ電撃死ニ關シテハ確定的ノ説ハ擧ゲラ
レズ。

最近偶々 Koeppen¹⁾ ハ之ニ關シテ詳細ナ
ル研究ヲ行ヒタリ。氏ニヨレバ電流ヲ直接ニ
中樞神經系ニ作用セシメザルタメニ、家兎ニ
於テ腦髓ヲ除去シ、之ヲ電氣刺戟シタルニ、
腦髓ヲ有セルモノノ場合ト全ク同一ノ症狀ヲ
オコシタルヲ認メタリ。斯クテ彼ハ此成績ニ
ヨリテ『中樞神經系統ハ直接ニ電流ニヨリテ
傷害サルルモノニ非ズシテ寧ロ循環系ヲ刺戟
セルモノナルベシ』トノ考ヘノ下ニ犬、家兎
等ニ就テ 220 Volt ノ直流ヲ與ヘタル時ノ電
撃死ニ就キテ解剖竝ニ組織學の検査ヲ行ヒタ
ル結果、豫期ノ如ク中樞神經系ニハ何等認ム
ベキ所見ナク、只諸所ノ毛細血管ノ潤蝕性出
血(Hämorrhagia diapedicin)ノ像有リ、又
全身ニハ諸所ニ於テ是又變化ナク、只心臟血
管系ノ障礙像アルヲ認メ、同時ニ呼吸機能等
ノ障礙ハ第二次的ノモノナル事ヲ報告セリ。

然リト雖モ Koeppen ノ研究モ、頻多ナリ
シ從來ノ學說ヲ表面上簡單ニセルモノノ如キ
モ、却ツテ寧ロ繁雜ニセルニ過ギズ。

之ヲ要スルニ電撃死ノ本態ニ關シテハ病理
學的證左ハ全ク區々ニシテ何等定見ナシト云
フヲ得ベシ。從ツテ斯クノ如ク混沌ノ域ニア
ルニヨリテカ、電撃死ニ關シテハ世人ハ一般
ニ只漠然ト想像のニ「急劇ニ強キ電流ヲ受ケ
タルタメノ Schockwirkung ニヨルナリ」ト

云フニハ非ザルカ。然レドモ „Schock” ト
ハ如何。之ヲ物理學的ニ見レバ大ナル運動量
ヲ有スル力ガ短キ時間ニ作用スル時ニオコル
現象ヲ意味スル言葉ニシテ、其ノ時間ノ小ナ
程 „Schock” ハ大ナリトセラル。

而シテ斯カル觀念ノ電流刺戟ノ際ニ於テ導
キ入レラレタルハ何ニ由來スルヤ。

是レ實ニ 1845 年 Du Bois Reymond²⁾ ガ
神經ニ就テ刺戟電流ノ強度ト其ノ作用時間ト
ノ關係ヲ論ジタル電氣刺戟ノ法則ニ基クモノ
ナリト云フヲ得ベシ。茲ニ暫ク此法則ニ就テ
考察センニ、此モノハ神經ノ電氣刺戟ニ關ス
ル法則ノ最初ノモノニシテ、氏ハ自分ノ創案
セル抵抗器(physiologische Rheocord)ヲ用
ヒ蛙ノ運動神經ヲ平流電氣ニテ刺戟シテ、次
ノ結論ヲ得タリ。即チ『電氣ノ刺戟作用ハ電
流強度ノ絶對値其ノモノニヨルニ非ズシテ、
時間ニ對スル電流強度ノ變化ガ刺戟トシテ働
クナリ』ト。即チ換言セバ時間ト電流強度ト
ノ示ス勾配即チ $\frac{di}{dt}$ ガ急ナルモノ程刺戟トシ
テ有效ナリト考ヘタリ。此事ハ平流電氣ヲ神
經ニ流スニ際シテ、單ニ閉ヅル瞬間ト開ク瞬
間トノミニ於テ刺戟トナリ。流シタル儘ノ狀
態ニテハ刺戟トナラザルテフ事ト一致シ、更
ニ又感應電流刺戟ニ於テ、時間ニ對スル電氣
強度ノ變化ノ大ナル開放流ガ、其ノ變化ノ少
キ閉鎖流ヨリモ有效ナル事ノ説明トシテハ都
合ヨシ。

然レドモ此法則ノ正シカラザル事ハ現今一
般ノ認ムル所ニシテ後項ニ於テ詳述スル所ア
ルベキモ、兎ニ角 Du Bois Reymond ノ築
キタル法則ノ有スル觀念、即チ「電流ハ急劇
ニ作用セシムル程有效ナリ」トノ考ヘハ、其

ノ後永ク一般學者ニ信ジラレタル所ニシテ、敢テ疑ヲ懷ク人モナカリキ。サレバ電撃死ヲ以テ急劇ニ強キ電流ヲ受クルタメノ Schock—ヨルトナセル考ヘモ、亦斯カル觀念ニヨリテ導キ出ダサレタルモノニハ非ザルカ。

然ルニ 1863 Fick⁶⁾ハ Anodonta ノ筋肉ヲ刺戟スルニ、餘リ短キ時間ニテハ無效ナル事ヲ認メ、其ノ強度ト作用時間トノナス勾配ノ急ナラザルモノハ Anodonta ニ作用スルモ、急ナルモノハ寧ロ蛙ノ筋肉ニ有效ナルヲ證セリ。斯クテ Du Bois Reymond ノ法則ニ對シテ先ヅ疑ヒノ眼ハ向ケラレタリ。

次ニ Brücke (1867)⁴⁾ハ curare ニテ麻酔セル蛙ノ脚筋ハ極メテ短キ時間ノ電流刺戟ニテハ反應セザルモ、猶ホ之ニ長時間電流ヲ通ズレバ興奮スルモノナル事ヲ實驗證明セリ。

更ニ Engelmann (1870)⁵⁾ハ兔ノ Urether ヲ電氣刺戟シテ、其ノ收縮スル迄ニ要スル時間ト電流強度トノ關係ヲ檢シタルニ『電流強ケレバ強キ程時間ノ短キ』事ヲ認メ、更ニ又其ノ兩者ノ積ノ値ハ略ボー一定ナル事ヲ知りタリ。

1892 年獨乙ノ物理學者 Hoorweg⁶⁾ハ人ノ筋肉ニ就テ蓄電器ノ放電ヲ利用シテ電氣刺戟シ、其ノ最小收縮ヲオコサスニ足ル電壓ト電氣容量トノ關係ヲ檢索シ。其ノ兩者ノ關係ヲ示ス曲線ハ直角双曲線 (Rechtwinklige Hyperbel) トナル事ヲ知レリ。

次イデ Georges Weiss⁷⁾ (1901)ハ蛙ノ運動神經ヲ撥條裝置 (rhéotome balistique) ヲ用ヒテ電氣刺戟シテ、其ノ電流強度ト作用時間トノ關係ヲ檢シ、Hoorweg ノ蓄電器放電ニヨルモノノ成績ト全く同様ノモノヲ得タリ。

茲ニ於テ電流刺戟ニ際シテハ、電流ノ強度ノ變化ノミナラズ、電流強度ト其ノ作用時間トノ相乘積ナル電氣量ナルモノガ刺戟トナルノ要件ナル事一層明確トナルニ至レリ。

同様ニ強劇ナル電氣刺戟ノ結果ト見做スベキ電撃死ニ就キテモ、極メテ小ナル時間ニ於ケル電流強度ノ急劇ナル變化ヲ意味スル Schock ノ作用ニアラズシテ普通ノ興奮ニ於ケルト同様ノ機轉ニヨルモノニアラズヤ。是レ余ノ此研究ヲ企テタル所以ナリ。

第2章 實驗材料竝ニ方法

(實驗材料)

實驗ハ最モ簡單ナル條件ニテ、最モ明確ニ觀察出來得ル様ナル事ヲ以テ第1トナス。

斯カル意味ニ於テ最モ簡單ナル生態ニシテ且觀察ニ便ナルモノトシテ *Paramaecium aurelia* ヲ選ビ、之ヲ培養繁殖セシメテ實驗ニ供セリ。

即チ其ノ種源ハ本大學附近ノ汚水溝ヨリ採集シ來レリ。殊ニ余ハ 10—11 月ノ候ニ於テ

岡山高等女學校ノ裏門近クノ溝ニ於テ夫レノ最モ多ク游泳セルヲ目撃シ、度々夫レヲ採集セリ。

斯クテ採集セル *Paramaecium* 浮游汚水ノ 200cc ヲ 1 立入リノ硝子器中ニ取り、之ヲ水道水ニテ 2 倍ニ薄メ、更ニ之ニ 10 cc ノ藁煮汁ヲ加フ。此藁煮汁ハ藁 25 g ヲ 100 cc ノ水ニテ 25—30 分間 100°C ニテ煮沸セル後冷却セルモノナリ。

扱テ採集日ノ翌日ヨリ以後ハ毎日培養液ヲ 200cc ニ減ジ、夫レニ補給トシテ水道水 200cc、藥煮汁 10cc ヲ入レテ培養シタリ。

斯ク處置セルモノニ在リテハ、採集後 7—10 日ニ於テハ *Paramaecium* ハ約 2—3 cm ノ厚サノ白キ層ヲナシテ水面附近ニ浮ベリ。

之ヲ 10 日目以後ニ於テ實驗ニ供ス。

尙ホ又斯クノ如ク處置シタルモノニアリテハ常ニ *Paramaecium* ノミヲ含ミ、他ノ生態ヲ認ムル事ナシ。又随分永ク保存シ得ルモノニシテ、或容器ノモノハ既ニ 7 箇月ニナルモ猶ホヨク繁殖シツツアリ。

扱テ此培養液ノカカル状態ニ於ケル反應ヲ見ルニ「ラクムス」ニ對シテ中性ヲ示ス。

(實驗方法)

斯ク培養繁殖セシメタル *Paramaecium* ハ

第 1 圖 刺戟用液槽ノ模型圖

AK: 蓄電池 K: 鍵 E₁-E₂: 刺戟用兩極 M: 顯微鏡

其ノ養液ト共ニ、後述ノ如キ刺戟用液槽ニ入レ、之ヲ任意ノ電壓ニテ、電流ヲ流シ、其ノ崩壊死滅スルニ要スル時間ヲ、顯微鏡ニテ窺ヒツツ Stop-Watch ニテ觀測ス。

刺戟用液槽ハ第 1 圖ニ示ス如ク、1 枚ノ普通ノ Objektglas ヲ用ヒ、之ニ縱横夫々 3 mm 深サ 1 mm ノ矩形ノ溝ガ出來ルヤウニ、周圍ヲ何レモ硝子板(厚サ 1 mm)ニテ圍ミタルモノニシテ、其ノ左右兩壁ニ沿ヒテ幅 1 mm ノ薄キ銀板ヲ附着セシメテ Elektrode トセルモノナリ。而シテ刺戟面(内側)以外ハ總テ封蠟ヲ塗リテ絶縁セリ。

此液槽中ニ「ビベット」ニヨリテ養液ヲ入ルルニ之ニ含マレタル約 20 匹ノ *Paramaecium* ハ刺戟ヲ加ヘザル限り、元氣ヨク右往左往自由ニ游泳セリ。而シテ斯カル状態下ニ於ケル液槽ノ電氣抵抗ヲ測定セルニ、Kohlrausch 氏交流使用電話法ニヨリ(= 余ノ實驗ニテハ電源 2 Volt. 1 秒 400 回振動ノ感應「コイル」(蚊ノ音「コイル」)使用ニヨル。) 10 例平均 10090 Ohm ヲ示セリ。

次ニ又此液槽ヲ顯微鏡ニテ窺フ、其ノ C. Reichert: Tubus Länge 15 cm ヲ用ヒ。對物=2 (Leitz), 對眼=4 ヲ使用セバ液槽ノ全面ハ頂度完全ニ全視野中ニ入ル。

第3章 實驗成績

第1節 平流ニヨル *Paramaecium* ノ

モノノ如シ。

電撃死

本實驗ハ蓄電池ヲ使用シ 2—102 Volt ヲ電源トスル平流ニヨリテ實驗セリ。即チ任意ノ電壓下ニテ回路ヲ閉ヂタル時ヨリ *Paramaecium* ガ全部 (約 20 匹) ガ崩壊死滅スル迄ノ時間ヲ測定ス。今其ノ成績ヲ見ルニ、一般ニ 88—102 Volt 等ノ高電壓ニヨリテハ *Paramaecium* ハ全部瞬間的ニ破壊ス。反對ニ 2 Volt ニヨリテハ、*Paramaecium* (以後單ニ「P」ト略稱スル事アリ) ハ僅ニ刺戟ヲ感ズルモ尙ホ平然トシテ游泳シ、且其ノ游泳方向モ區々タリ。4 Volt ニアリテハ P ハ充分感ジ、漸ク所謂 *Galvanotaxis* ヲオコシ、最初ハ陰極ニ向ヒテ進ムモ、間モナク次第ニ後退シ陽極ノ附近ニ止マル。斯クテ數例ニ就キテハ 150—170 秒ニテ死スルヲ認メタルモノアルモ、他ノ大多數ニテハ 5 分間ニ亙ルモ死セザルヲ見タリ。

一般ニ 6—10 Volt 位ノ電壓下ニテハ著明ナル所謂 *Galvanotaxis* ヲオコス。擬テコノ *Galvanotaxis* ニ關シテハ Max Verworn⁸⁾ ガ各種生態ニ就キテ檢セルコトヲ其ノ書ニテ詳述シ、*Paramaecium aurelia* ニ就キテハ Ludloff⁹⁾、汪¹⁰⁾、永井教授¹³⁾、本學上坂名譽教授及ビ關助教授¹⁴⁾等ガ其ノ狀態ニ就キテ詳述セル所ナルモ、余ノ觀察セル所ニヨレバ、閉鎖ト同時ニ電流刺戟ヲ感ジ、頭部ヲ陰極ニ向ケ、正常時ノ如キ旋廻、翻轉等ノ自由運動ヲナサズシテ、只體ノ長軸ヲ陰極ニ直角ニ交ハルヤウナル體位ヲトリツツ游泳ス。其ノ様恰モ陰極部ニ強制的ニ索引セラルルニ對シ、強ヒテ逆行或ハ停止セントシテ努メツツアル

而シテ彼等ハ陰極ニ近ヅクニ從ヒテ、夫レニ近キモノヨリ次第ニ崩壊死滅シ行クモノナリ。今例ヘバ 10 Volt 電壓下ニテ實驗セルモノニ就キテ見ルニ、閉鎖ト同時ニ P ハ上述ノ如ク陰極ニ向ヒテ流レ行キ、其ノ陰極ニ最も近キモノハ 5—7 秒ニテ崩壊スルモ、大多數ノモノハ 10—12 秒。最も遅レタルモノハ約 19—24 秒ニシテ崩壊死滅ス。

擬テ今試ニ此液槽内ニ、P ヲ害セザル範圍ニ於テ極メテ少量ノ Phenolphthalein ヲ豫メ入レテオケバ、回路ノ閉鎖ト同時ニ陰極面ニ沿ヒテ赤色帶ノ發現アリ。次イデ其ノ赤色帶ハ次第ニ陽極ニ向ヒテ進ミ行クヲ認メ得ベク其ノ色調ハ陰極ニ近キ程濃ク、陽極ニ近キ程褪セタルヲ見ル。一面陰極ニ向ヒテ流レ行ク P ノ様ヲ見ルニ、此赤色帶ニ入リタル後其ノ或濃度ノ圈内ニ入レルモノハ忽ニ崩壊シ死スルヲ見ル。

又斯クノ如クニシテ 10 Volt 下ニテハ Phenolphthalein ニニヨル赤色ガ、陰極ニ發シテ陽極ニ達スルノ時間ヲ測定セルニ、平均 18—19 秒ニシテ、又致死濃度ト思ハルル赤色帶ガ陽極ニ達スル迄ニハ 22—28 秒ヲ要セリ。

尙ホ斯カル現象ハ各電壓下ニ於テ、夫レニ對應シテ、遅カレ、早カレ必ズ起ルモノナリ。此成績ニヨリテ見レバ P ガ陰極附近ニ於テ崩壊死滅スルノ原因ハ陰極ニ生ジタル Alkali ノタメナルヲ思ハシム。

擬テ今各電壓下ニ於テ P ガ崩壊死滅スルニ要スル時間ヲ示ス事第 1 表ノ如シ。

第 1 表 各電壓下ニテ Paramaecium が全部崩壊死滅スルニ要スル時間(秒)

電壓 例	6 Volt	8	10	12	14	18	20	88
1	(—)	45	20	16	12	7	7	瞬時
2	(—)	51	21	16	12	7	7	
3	(182)	50	22	15	10	7	7	
4	(190)	50	21	15	19	7.5	4	
5	(188)	55	21	15	15	7.5	4	
6	110	41	20	14	17	7	4	
7	140	40	22	14	12	7	7	
8	88	46	24	15	12	7	7	
9	85	43	22	15	9	7	7	
10	88	43	21	15	11	7	7	
11	88	41	24	17	10			
12	83	38	22	17	12			
13	100	37	22	17	12			
14	115	37	22	17	12			
15	97	40	23	12	11			
16	99	41	22	19	11			
17	(—)	41	22	11	12			
18	(171)	47	22	20	13			
19	(—)	40	22	21	13			
20	(—)	41	22	10	8			
平 均	99	41	22	15.5	12	7.25	6.1	

但()中ノ數値モノハ實驗上動搖劇シキニヨリ加算セズ。

而シテ此關係ニ於テ、
時間(秒數)ヲ横軸ニト
リ、電壓(Volt)ヲ縦軸
ニ取リテ、各々ノ平均値
ニヨリテ曲線ヲ描ケバ第
1 曲線圖ノ如クニシテ、
此モノハ直角双曲線ヲナ
ス。即チ換言セバ一般筋
神經等ノ電流ニヨル興奮
ノ際ニ示サルル Weiss⁷⁾
或ハ Hoorweg⁶⁾ノ式ニ
當テ嵌マルモノナルヲ知
ル。

第 1 曲線圖 Paramaecium ノ各電壓下ニ
於ケル崩壊死ニ要スル時間

(註) ●——● 全部死滅 ○……○ 最初ノ1匹ノ死滅

第2節 Alkaliニ對スル Paramaecium

ノ態度

前述ニ於テ、余ハ電流ノタメニ崩壊死滅スル Paramaecium ハ電氣分解ニヨリテ陰極ニ生ジタル Alkali ノ一定濃度ノモノノ中ニ入レバ崩壊スルモノナルヲシキ事ヲ目撃セリ。依リテ今余ハ P ガ Alkali ニ對シテ如何ナル態度ヲ取ルモノナルカヲ檢セリ。

Alkali 劑トシテ NaOH ノ 2n ノモノヲ標準トシテ使用セリ。即チ 2n ノ NaOH ヲ水道水ニテ夫々 10 乃至 1000 萬倍ニ薄メタルモノヲ檢液トシテ作レリ。

次ニ P ノ浮游セル養液 0.05cc ヲ Objektglas 上ニ取り、之ヲ顯微鏡下或ハ「ルーペ」ニテ窺ヒツツ靜ニ任意濃度ノ NaOH 溶液ヲ 0.05 cc 之ニ滴加シテ P ノ崩壊死滅スル迄ノ時間ヲ測定セルニ、

- 1) 10—50 倍液ニテハ全ク瞬時ニ死シ
- 2) 100—200 倍液：1—2 秒
- 3) 夫レ以上ノ稀釋液ニテハ P ノ死滅ニ要スル時間ハ其ノ稀釋ノ度ニ從ヒテ次第ニ長ク
- 4) 100 萬倍位ノモノニテハ、P ハ微ニ感ジテ逃レントスルモノノ如キ狀ヲ呈シ
- 5) 1000 萬倍以上ノモノニテハ P ハ少シモ感ゼザルモノノ如ク平然ト游泳ス。

是ニ依リテ見ルニ、NaOH 溶液ヲ稀釋スルニ當リ、其ノ溶媒トナルベキ養液及ビ水道水ヲ總テ同ジク水ナリト見做セバ、此處ニ示セル NaOH 檢液ノ實驗ニ於ケル眞ノ價ハ、其ノ 2 倍ニ薄メラレテ居ルガ故ニ、次ノ如ク表ハスヲ得。

即チ P ガ瞬時ニ死滅スベキ NaOH ノ濃サハ 2n ノモノヲ 20—100 倍ニ薄メタルモノナ

リ。ト。

第3節 電氣分解ニヨリテ生ズル「ア

ルカリ」度ト本實驗成績トノ

比較

電流ガ溶液中ヲ通過スルハ解離セル「イオン」ニヨリテ其ノ荷電ニ相當スル電氣量ノ運バラルニヨル。サレバ余ノ實驗ニ於テ Paramaecium 培養液ニ電流ヲ通ジタル時一定度ノ電流強度ヲ得タルハ培養液中ニ電解質ノ溶存シタルニヨル。今假ニ其ノ電解質ハ全部 NaCl ナリトセバ 10 Volt ヲ用ヒタル實驗ニ於テ陰極ニ析出スベキ NaOH ノ量ヲ概算センニ

時間 (t) : 22 sec.

電壓 (V) : 10 Volt.

抵抗 (R) : 10090 Ohm.

最初ノ電流強度 (i) : 0.001 amp.

Na ノ電氣化學當量 (A) : $2.4 \times 10^{-4}g$.

從ツテ Farady ノ電氣分解ニ關スル法則ヲ適用セバ、陰極ニ析出スル Na ノ量 (S) ハ

$$S = Ait = 0.24 \text{ mg} \times 0.001 \times 22 = 0.0053 \text{ mg}$$
 故ニ NaOH トシテハ $0.0053 \times 1.7 = 0.0089 \text{ mg}$
 ……(1) トナル。

然レドモ之ハ極メテ粗疎ナル概算ナル事ハ

- 1) 電解物質ヲ悉ク NaCl ト假定セル事
- 2) 交流ヲ用ヒテ測定シタル抵抗ハ電解ノ進ムト共ニ變化スル事ヲ度外視セル事
- 3) 極ニ蓄積セル「イオン」ハ擴散ニヨリテ分散スル事ヲ度外視セル事

等ニヨリテモ明カナリ。サレバ實際陰極ニ生ズベキ「アルカリ」度ハ此概算ヨリハ遙ニ少カルベキ筈ナリ。

扱テ又、別ニ實驗ニヨリ *Paramaecium*ニ
對スル「アルカリ」ノ影響ヲ檢シタルニ(前節)
21ノ NaOHノ100倍ノ稀釋液ヨリモ濃キモ
ノニ在リテハPハ直チニ死ヲ見タリ。

而シテ21ノ NaOH溶液ヲ100倍ニ稀釋セ
ルモノノ1cc中ニ存スルNaOHノ量ハ理論
上0.8mgニシテ、又顯微鏡下ノ刺戟液槽ノ
液量(0.009cc)中ニ於ケル量ハ、

$$0.8 \text{ mg} \times 0.009 = 0.00722 \text{ mg} \cdots (2)$$

即チ(1)ト(2)トハ同ジ桁ノ「アルカリ」濃
度ニ當ル。之ニヨリテ見ルモ *Paramaecium*
ノ電流ニヨリテ崩壊死滅スルハ、電氣分解ニ

ヨリテ陰極ニ生ジタル「アルカリ」ニヨルモノ
ナラント思ハル。

第4節 蓄電器放電ニヨル電氣刺戟

ニ對スル *Paramaecium*ノ

反應

*Paramaecium*ノ電流刺戟ニ對スル反應ヲ
見ルニ、極メテ鋭敏ニシテ、平流刺戟ニアリ
テハ閉鎖ノ瞬間ニ之ニ反應ス。余ハ今Pノ電
流ニ對スル興奮性如何ヲ知ラントシテ、極メ
テ瞬間的ニ一定ノ型ニテ電流ヲ流スベキ蓄電
器ノ放電ヲ利用シテ次ノ實驗ヲナセリ。

第 2 圖

AK : 蓄電池

K₁ : 鍵

K₂ : Wippe ohne Kreuz

C : 蓄電器

E₁-E₂ : 刺戟電導用兩極

M : 顯微鏡

(實驗方法) 第2圖ニ示ス如ク、刺戟用液
槽(E₁-E₂)ハ前記ノモノト同一ノモノニシ
テ之ヲ顯微鏡(M)ニテ窺ヒツツ實驗ス。

回路ニハ蓄電器(C)ヲ挿入シ、Pohlische
Wippe Ohne Kreuz(K₂)ヲ用ヒテ蓄電池
(AK)、蓄電器及ビ刺戟液槽トノ連絡ヲ行フ。

先ヅ Wippeニヨリテ蓄電池ト蓄電器ヲ結
ビ、刺戟液槽トノ連絡ヲ斷チタル後、鍵(K₁)
ヲ閉ヂテ蓄電器ニ荷電(charge)セシム。次ニ

Wippeヲシテ蓄電器ト刺戟液槽トノ回路ヲ
閉鎖シ且蓄電池トノ連絡ヲ斷タシメ、コノ瞬
間ニ於ケル放電(discharge)ニヨル電流ニテ
Pヲ刺戟ス。

蓄電器ハ J. Carpentier (Paris)ノモノニ
シテ 0.001ヨリ 1.110 Microfarad迄可變出來
得ルモノナリ。

斯クノ如クニシテ 2—10 Voltニテ刺戟セ
ルニ 2 VoltニテハPハ何等反應セズ。4 Volt

以上ニテハ適當ナル電氣容量ニヨリテ放電スレバ、P ハ其ノ瞬間ニ於テ體ヲ「ビリツ」ト震ハスト共ニ、或ハ兩極ニ對シテ體ノ長軸カ垂直トナルヤウニ一廻轉スルカ、將又極ニ向ヒテ垂直ニ泳ギツツアルモノハ一瞬間極メテ早く前進或ハ後退ス。

今斯カル現象ヲ感電ニヨル P ノ反應ナリト見做シ、之ヲ目標トシテ實驗シテ、各電壓下ニテ其ノ反應ヲ起サスニ足ル (即チ限界) 最小有效電氣容量ヲ測定シタルニ、其ノ成績次ノ如キモノヲ得タリ (第2表)。

第2表 各電壓下ニ於テ Paramaecium
ヲ興奮セシムルニ足ル最小電氣
容量
(Microfarad)

電壓 例 V	4	6	8	10
1	0.782	0.401	0.200	0.131
2	0.909	0.392	0.171	0.160
3	1.002	0.345	0.185	0.172
4	—	0.342	0.202	2.146
5	0.950	0.383	0.213	0.146
6	—	0.383	0.222	0.145
7	0.880	0.376	0.247	0.142
8	0.881	0.314	0.261	0.115
9	0.982	0.364	0.224	0.120
10	0.677	0.329	0.206	0.125
平均	0.880	0.344	0.213	0.140

但シ空欄(一)ハ蓄電器ノ容量不足ノタメ

測定不能ナリシモノヲ示ス。

更ニ是ニ於テ、電氣容量 (Microfarad) ヲ横軸ニ取り、電壓 (Volt) ラ縦軸ニトリテ曲線ニテ示セバ第2曲線圖ノ如クニシテ、其ノモノハ直角双曲線ヲ表ハス。即チ此實驗成績ハ Hoorweg⁶⁾ ノ式ヲ満足セシム。

第2曲線圖

次ニ此所要最小電氣容量ヨリ、放電時間ヲ計算セリ。蓋シ蓄電器ノ放電ニ際シテハ其ノ時間ト電流強度トノ關係ハ次式ニテ示サル。

$$i = \frac{V}{R} e^{-\frac{t}{R}} \dots\dots(1)$$

但シ i : 時刻 t ニ於ケル放電々流ノ強サ (amp.)

R : 回路ノ抵抗

t : 放電ニ要スル時間 (秒)

l : 自然對數ノ底 (=2.7183)

而シテ其ノ電氣強度ガ $\frac{1}{n}$ トナル迄ニ要スル時間ハ

$$t = RC \log_e n \dots\dots(2)$$

但シ C : 電氣容量 (mF).

ニ依リテ一般ニハ其ノ電氣強度ノ $\frac{1}{2}$ トナル所ヲ刺激ニ要スル時間トシテ取ルニヨリ¹⁾

求ムル所要時間ハ

$$t = RC \log_e 2 = RC \times 2.3 \times \log_{10} 2.0 \dots(3)$$

依リテ此式ヨリ計算セリ。

(註. Hoorweg⁶⁾ ニヨレバ氏ハ單ニ $t = 2RC$ トシテ計算セリ)。

擬テ余ノ Dataニ於テ、抵抗 $R=10090$ Ohm. ナルニヨリ、各電壓下ニ於ケル P ヲ興奮セシムルニ足ル最小時間ハ(3)式ニヨリテ計算セラル。

又 Ohmノ法則ニヨリ電氣強度 $i=\frac{V}{R}$ ニヨリ i ヲ計算シ、之等ヲ示ス事次ノ如シ。

第 3 表

電 壓 (Volt)	電 氣 強 度 (Ampere)	最小所要時間 (Sec.)
10	0.0010	0.00096
8	0.0008	0.00147
6	0.0006	0.00237
4	0.0004	0.00615

而シテ電壓(或ハ電氣強度)ト時間トノナス曲線、詳言セバ電壓(或ハ電氣強度)ヲ縱軸ニトリ、時間ヲ横軸ニ取リタル場合ノナス曲線ハ、是レ又直角双曲線ヲ示スモノナル事言ヲ要セズ。

從ツテ之ハ Weiss⁷⁾ノ式ニ當テ嵌マルモノナル事今更喋々スルヲ要セズ。

第 5 節 Paramaecium ノ電流ニ對スル興奮性竝ニ電撃死現象ニ關スル Weiss 或ハ Hoorweg 式ノ適用

一般ニ筋、神經ノ電流ニ對スル興奮性ヲ示スニハ、刺戟電氣強度ト作用時間(或ハ蓄電器ノ電氣容量)トヲ以テ表ハサル。

今電氣強度ヲ縱軸ニトリ、作用時間(或ハ電氣容量)ヲ横軸ニ取リテ兩者ノ關係ヲ示ス曲線ヲ描クニ、此モノハ直角双曲線ヲ表ハス。而シテ其ノ時間ニ關スルモノハ Weiss⁷⁾ニヨリ、又電氣容量ニ關スルモノハ Hoorweg⁶⁾

ニヨリテ提示サレタルモノナル事ハ既ニ述ベタルガ如シ。

擬テ今余ノ Paramaecium ノ實驗ニ於テ、其ノ電流ニ對スル興奮性ヲ檢シタルニ、前節ニ述ベタル如ク蓄電器ノ放電ニヨリテ該蟲ヲ刺戟シ、之ヲ興奮セシムルニ足ル電壓ト其ノ最小電氣容量トノ關係ヲ檢シタルニ、之ハ Hoorweg ノ式ニ當テ嵌マルモノナルコト從ツテ電氣強度ト作用時間トニ就キテ見レバ、Weiss ノ式ニ該當スルモノナルコトヲ知リタリ。

即チ換言セバ Paramaecium モ亦一般筋神經ト同様ノ機轉ニヨリテ電流ニ對シテ興奮スルモノナル事ヲ知ルヲ得。

更ニ又 Paramaecium ノ電撃死ノ場合ニ於テモ、電壓ト所要時間トノ關係ハ Weiss ノ式ニ當テ嵌マルモノナル事本章第 1 節ニ述ベタルガ如シ。

即チ之ヲ要スルニ Paramaecium ガ電流ニヨリテ興奮ヲオコス場合モ將又電撃死ヲオコス場合モ共ニ電氣強度ト其ノ所要時間ノ相乗積タル電氣量ニ關スルモノナルヲ知ル。

從ツテ電氣量ヲ無視シタル從來ノ電撃死ニ關スル Schock 說ハ否定サルベキモノナル事言ヲ要セズ。

第 6 節 交番電流ニヨル實驗

第 1 項 電燈用電流

燈用交番電流即チ 100 Volt, 1 秒 60 Cycle ノモノヲ電燈線ヨリ導キ之ヲ變壓器ニヨリテ 2—10 Volt ニ下ゲ、其ノ第 2 回路中ニ前述ノ刺戟用液槽ヲ入レテ P ヲ刺戟セリ。

然ルニ 2—6 Volt ニテハ P ハ作用ヲ受クル

事ナク、8—10 Volt ニテハ、閉鎖ノ瞬間ニ反應シテ體ヲ「ビリツ」ト震ハスモ、直チニ恢復シテ其ノ後ハ平然ト游泳ス。而シテ電流ヲ3—5分通ズルモ死セズ。

第2項 感應電流

Du Bois Reymond 氏構造型 Induktrium ヲ用ヒ、前述ノ刺戟液槽ヲ其ノ第2「コイル」回路ニ入レテ、其ノ中ニ游泳セル *Paramecium* ヲ強直性ニ刺戟シ、其ノ第2回路ヲ流ルル交番電流ノ作用ヲ檢セリ。尙ホ Wagnerscher Hammer ノ打數ハ1秒間約40回トシ、刺戟時間ハ普通30秒、長キモノハ3—5分ニ及ベリ。

【成績】 *Paramecium* ノ反應次ノ如シ。

〔A〕 電源 2 Volt ノ時。

(A₁) 捲軸距離 10 cm 以上ノ時ハPハ反應セズ。

(A₂) 同 8—9 cm : 回路閉鎖ト同時ニ體ヲ震ハシ、1回ノミ旋廻シテ體ノ長軸ガ兩極ニ垂直トナルヤウユナスカ、又ハ一瞬前進又ハ後退シ、以後ハ平然トシテ泳グ。

(A₃) 同 5 cm : 電流ヲ通ジテ居ル間度々旋廻ス。其ノ様ハ空間ノ一直線ヲ軸トシ、螺旋狀ニ廻轉ス。即チ其ノ行路ハ螺旋狀トナル(第3圖 I)。

(A₄) 同 2 cm 以下 : 電流ヲ通ジテ居ル間、其ノ體長軸ヲ固定軸トシテ體ヲ廻ハス(第3圖 II)。而シテ其ノ體長軸ハ或ハ兩極ニ垂直位ニアル事アリ、或ハ兩極ニ平行ニシテ底面ニ垂直ニアル事アリ。

然リト雖モ電流ヲ5分間ニ互リテ通ズルモ *Paramecium* ハ死ス事ナシ。

第 3 圖

〔B〕 電源 4 Volt ノ時。

(B₁) 捲軸距離 12 cm ノ時始メテ感ズ。

(B₂) 同 7—5 cm : A₃ ノ状態。

(B₃) 同 夫レ以下ノトキ : A₄ ノ状態。

(B₄) 同 零ノ時モ一般ニハ死滅セザルモ、之ヲ5—7分通ズレバ少數ノモノハ死スルヲ見タリ。

只注意スベキ事ハ、平流ニヨル電撃死ハ頭端ヲ陰極ニ向ケタル状態ニテ體長軸ヲ兩極ニ垂直トシ、陰極ニ引カルル如クニ流レ行キテ或ル所ニ至レバ直チニ蟲體ノ崩壊破綻アリタルニ、交番電流ニヨル死ノ場合ハ、長ク A₄ ノ状態ヲ續ケタル後麻痺セル如クニ、其ノ場ニ停止シ、不動トナリ、萎縮シテ後破壊スル事ナリ。

之ヲ要スルニ *Paramecium* ハ感應電流ニテハ極メテ長ク刺戟サルルモ、一般ニハ死滅セズ。其ノ甚ダ強度ナルモノニ際シテハ少數ノ死滅スルモノアルヲ認ム。

第3項 Tesla 電流

高周波交番電流殊ニ Tesla 電流ノ如キモノハ高壓ナルニ拘ラズ、生態ニ對シテハ只單ニ熱トシテ刺戟トナルモノニシテ、電氣の刺戟トシテハ殆ド效ナキ事ハ衆知ノ事實ニシテ今更喋々スルヲ要セズ。

擬テ余ハ Paramaecium ヲ電燈用及ビ感應電流等ノ交番電流ニヨリテ刺戟シ、夫レニ對

スル P ノ反應(及ビ電撃死)ニ就キテ實驗セル結果、之等ガ刺戟トナルタメニハ電壓ト交流ノ周期トノ間ニ略ボ一定ノ關係アリ、又電壓(或ハ電流強度)ト其ノ作用時間トノ間ニハ略ボ逆比例ノ關係アルヲ認メタルガ、本項ニ於テハ極メテ頻回ニ交代スル電流ナル Tesla 電流ニヨリテ實驗シ之ニ對スル P ノ反應(或ハ電撃死)ノ有無ヲ檢シタリ。

第4圖 Tesla 電流發生裝置

第5圖 Tesla 電流ノ整流裝置

AK: 蓄電池	C: 蓄電器	Fil: Filament
K: 鍵	TcP ₁ -TcP ₂ : 第1 Tesla「コイル」	P: Plate
P ₁ -P ₂ : 第1「コイル」	TcS ₁ -TcS ₂ : 第2 Tesla「コイル」	W: 抵抗(8Ω)
S ₁ -S ₂ : 第2「コイル」	E ₁ -E ₂ : 刺戟液槽ノ兩極	4 V. AK: 4 Volt 蓄電池
F: 火花放電間隙	M: 顯微鏡	

(實驗裝置) 第4圖ニ示ス如ク、

1. 電源ハ4—6 Voltニシテ蓄電池(AK)ヨリトル。
2. Induction coil (P₁, P₂, S₁, S₂) (島津製火花間隙 6 cm).

- a. 第1「コイル」(P₁, P₂): (最高電壓 6 Volt. 最高電氣強度 6 Amp.) ハ鍵 K ニヨリテ閉閉セラル。
- b. 第2「コイル」(S₁-S₂): 之ニ發生スル交番電流ハ次ノ如キ裝置ニヨリテ高周波

ノモノトセラル。

3. 蓄電器(C): 直列ニ入レラル。
 4. 火花放電裝置(F): 並列ニ入レラレ、1箇ハ尖リタル金屬棒、他ハ直径53 cmノ平キ金屬圓盤、其ノ間隙距離ハ10—15 cm。
 5. Tesla-coil (TcP₁P₂-TcS₁S₂):
 - a. 第1「コイル」(TcP₁-TcP₂): 太キ銅線ニテツクレルモノ。
 - b. 第2「コイル」(TcS₁-TcS₂): 細キ電線ヲ頻回捲ケルモノ、從ツテ第1 Tesla coilヲ流ルルモノヲ更ニ強調シテ感應ス。
 6. 刺戟用液槽(E₁-E₂): 之ヲ Tesla 第2 coilノ回路中ニ入レ、Paramaeciumヲ刺戟ス。
 7. 顯微鏡(M)ニテ觀察ス。
- 扱テ此回路 TcS₁-E₁-E₂-TcS₂ヲ流ルル電流ガ果シテ Tesla 電流ナリヤ否ヤハ、刺戟液槽(E₁-E₂)ノ代リニ、檢波用「クロス」氏真空管ヲ入レ、其ノ第5番目ナル管、即チ真空度0.14 mmナル真空管ニ發光ヲ認ムル事ニヨリ、Tesla 電流ヲ發生セルコトヲ確ム。

次ニ又蓄電器ハ自家製作ノ錫箔ト硝子板トヲ組合セタルモノニシテ、錫箔ハ常ニ正シキ同一矩形ノモノヲ使用シ、實驗ニ際シテハ其ノ枚數、或ハ1枚1枚ノ面積ヲ任意ニ變化シテ、兩對面ニ於ケル總面積ノ比ヲ適當ニ加減スル事トセリ。

蓋シ Tesla 電流等ノ高周波交番電流ニアリテハ其ノ振動數ハ蓄電器ノ電氣容量ノ平方根ニ反比例ス¹²⁾。即チ

$$n = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \dots (1) \quad \begin{cases} n: \text{振動數} \\ L: \text{Inductance} \\ C: \text{蓄電器ノ容量} \end{cases}$$

扱テ又電氣容量ニ就キテハ(錫箔、硝子ノモノ)

$$C = K \frac{S}{4 \cdot d} \dots (2) \quad \begin{cases} S: \text{1極ノ錫箔ノ總面積} \\ d: \text{箔間ノ距離} \\ K: \text{硝子ノ誘電率} \end{cases}$$

ニテ示サル。

即チ相對スル錫箔ノ總面積Sハ電氣容量Cニ比

例スルニヨリ、 $\sqrt{S}$ ハ振動數nニ反比例ス。故ニ錫箔ノ總面積ヲ種々ニ變化セシムレバ、振動數ヲ變化セシムル事ヲ得。

(尙ホ序デナガラ余ノ實驗ニ於テハ、箔間ノ距離即チ硝子ノ厚サd=0.15 cmニテ又K=8.64(一般硝子誘電率7.38—9.90ノ平均值)ヲ取り、之ニヨリ後述セル如キ電氣容量ヲ計出セリ)。

【成績】 其ノ概略ヲ述ブル事次ノ如シ。

(A) 電源6 Voltノ時。

錫箔總面積 (平方 cm)	蓄電器電氣容量 $C = K \frac{S}{4\pi d} \times \frac{1}{9 \times 10^5}$ (Microfarad)	反 應
10	0.0000510	(-) 平然トシテ泳グ
15	0.0000765	(-) 同上
24	0.0001020	(±)
30	0.0001530	(+) 微カナガラ認め得ラル位キ感ズルモ、後平然トシテ泳グ
60	0.0003060	(+) 充分感ズ
150	0.0007650	(+) 同上

(B) 4 Voltニヨリテハ40平方 cm以上ニテ感ズ。

即チ以上ノ成績ニ依レバ Tesla 電流ハ余ノ使用セル電壓ニ於テハPニ對シテ刺戟トナルモノ之ヲ殺ス事無キヲ知ル。

次ニ之ヲ整流シテ、電流ヲ間歇的ニ一方ニノミ流シテ、之ノPニ對スル作用ヲ檢セリ。

即チ第5圖ニ示ス如ク Tesla coilノ第2「コイル」ヨリノ回路中ニ Radioノ半波整流用真空管 KX112-B(マツダ)ヲ入レ、其ノ Filamentハ4 Volt蓄電池ニテ之ニ8 ohmノ抵抗ヲ挿入シ(即チ球ノ適當電流強度タル0.5 Amperトシ)テ之ヲ熱シタリ。

斯クシテ P ニ對スル作用ヲ檢シ、整流セザル Tesla 電流ニヨル成績ト對照セシメタリ。

又便宜上實驗ノ大部分ニ於テハ、Teslacoil ノ第 2 回路中ニ Pohl's Wippe ohne Kreuz ヲ入レ、一方ニ連絡スレバ整流セラレザル Tesla 電流ガ流れ、他方ニ連絡スレバ整流サレタルモノノ流ルルヤウニシテ、之ヲ交互ニ行ヒテ實驗セリ。

今其ノ成績ヲ見ルニ：

6 Volt 電源實驗ニアリテハ、蓄電器ノ錫箔ノ總面積

◎ 10—15 平方 cm ニテモ充分電流ヲ感ジ。

◎ 50 平方 cm ニテハ：電流ヲ通ジタル瞬間ニ P ハ一時其ノ場ニ停止シ、次ニ陰極ニ向ヒテ一齊ニ列ビ、恰モ龍ニ逆ラントスル鯉ノ如クニ廻轉シツツ、努メテ進マントスルヲ認ム。

即チ平流ニヨル所謂 Galvanotaxis ニ於ケルガ如シ。

斯クテ陰極ニ近キモノヨリ次第ニ崩壊死滅シ行キテ概ネ 5—10 秒ニテ全部消滅ス。

又此際豫メ Phenolphthalein ヲ極メテ少量入レ置クニ、整流サレタル時ニハ陰極ヨリ赤色帶現レ、陽極ニ向ヒテ進ム事、平流ニ於ケル實驗ノ時ト全く同様ナリ。

第 4 章 結 論

電流ノ Paramaecium ニ對スル作用ニ關シテハ次ノ如キ結論ヲ得ベシ。

1) Paramaecium ハ電流ニヨリテ興奮ス。而シテ刺激電氣強度ト所要時間ニ就キテ見ルニ、前者ヲ縱軸ニトリ後者ヲ横軸ニトリテ示セバ直角双曲線ヲ表ハスノ關係ニアリ。即チ蛙筋、神經ニ對スル Weiss 或ハ Hoorweg ノ刺激閾ニ關スル式ヲ満足セシム。

2) 其ノ電撃死ノ場合ニ於テモ電氣強度ト

然レドモ整流セラレザル Tesla 電流ノ際ハ之ハ現レズ。

以上ニ依テ見レバ Paramaecium ニ Tesla 電流ヲ作用セシムルニ、一定ノ電壓ニ於テ交番振動數ガ一定度ニ達スレバ P ハ之ニ刺激セラレテ反應スルモ死スル事ナシ。然レドモ斯カル範圍ニ於テハ之ヲ整流シテ電流ヲ一方ニノミ通ゼバ P ハ間モナク死スルモノナルヲ知り得ベク、其ノ原因トナルモノハ平流ノ時ノ夫レト同様ニ電解ノ結果ナルベキヲ知ル。

第 4 項 本節成績ノ概括

以上交番電流 2—3 種ノモノノ Paramaecium ニ對スル作用ヲ檢シタル結果ニヨレバ、P ニ對シテ刺激トナルタメニモ將又之ヲ死滅セシムルニ足ルヤウニナルタメニモ、其ノ所要電壓(或ハ電氣強度)ニ對シテハ、夫レニ適應スル一定ノ振動數ガ常ニ必要ナルモノニシテ、結局 ixt ガ一定値ニ達スル時刺激トナルベキモノナルヲ知り得ベク、更ニ一定値ニ進メバ生活細胞ヲ破壊スルニ至ルモノナルヲ知ル。

所要時間トノ關係ハ、全く同様ナルヲ認ム。

3) 其ノ電撃死ハ電流ニヨリテ生ジタル電解物質タル Alkali ノ一定量ニヨリテ蟲體ガ崩壊スルニヨル。

4) 電撃死ノ起ルタメニハ、其ノ電流ニ對スル興奮ノ場合ト同様ニ、一定量ノ電氣量ヲ必要トス。從ツテ電氣量ヲ無視シタル從來ノ „Schock” 說ハ否定スベキモノナリ。

5) 余ノ實驗裝置ニ於テハ 1 秒間 60 cycle

ノ交番電流ハ8—10 Voltノモノガ蟲體ニ對シテ微カニ刺戟トナル。夫レ以下ノ電壓ノモノハ甚ダ長時間作用セシムルモ刺戟トナラズ。

6) 1秒間約40振動ヲナス感應電流ノ強直性刺戟ニアリテハ、

電源2 Voltニアリテハ捲軸距離8—9 cmノ時。

同上4 Voltノ時ハ同12 cmノ際ニ始メテ刺戟トナル。

7) Tesla電流ニ於テハ Paramaeciumニ

對シテ刺戟トナルニ足ラザル場合ニ於テモ、之ヲ整流シテ電流ヲ一方ニ通セバ充分ニ刺戟トナリ、其ノ效果充分大ナル時ニハ蟲體ヲ崩壊セシム。

而シテ此電擊死ノ場合ニ於テモ、平流ニヨル時ト同様ニ電氣分解ニヨル Alkaliノタメニ蟲體ノ崩壊ヲオコス。

擱筆スルニ臨ミ終始御懇篤ナル御指導ト御校

閲ヲ忝フシタル恩師生沼教授ニ深謝ノ意ヲ表ス。

文 獻

1) Koeppen, S., München. Med. W. 80 Jahrg. Nr. 46, Nov. 1933. 2) Du Bois Reymond, zit. nach Hoorweg (Pflüger's Arch. Bd. 74, S. 1, 1899). 3) Fick u. 4) Brücke, zit. nach Fredericq, H. (Physiological Reviews Vol. 8, P. 501, 1928). 5) Engelmann, Pflüger's Arch. Bd. 3, S. 247, 1870. 6) Hoorweg, J. L., Pflüger's Arch. Bd. 52, S. 87, 1892; Ebenda Bd. 74, S. 1, 1899. 7) Weiss, G., Compt. Rend. Soc. Biol. T. 53, P. 466, 1901. 8) Max Verworn, "All-

gemeine Physiologie," 7. Aufl. S. 551, 1922. 9) Ludloff, Pflüger's Arch. Bd. 59, S. 525, 1895. 10) 汪尊美, 東京醫學會雜誌, 第29卷, 1491頁, 大正4年. 11) Lovatt Evans, "Recent Advances in Physiology" 4. Edition, P. 302, 1930. 12) 森總之助, 物理學, (電氣及磁氣學篇), 399頁, 38版, 大正12年. 13) 永井潜, 東京醫學會雜誌, 第23卷, 744頁, 明治42年. 14) 上坂熊勝及關正次, 岡醫雜, 第345號, 903頁, 大正7年.