

萬 有 文 庫

第二集七百種

王 雲 五 主 編

生 物 與 電

橋 田 邦 彥 著

許 善 齋 譯

電 與 物 生

著 彦 邦 田 橋

譯 齋 善 許

萬有文庫

第二集七百種

總編輯者

王雲五

商務印書館發行

目次

緒言

..... 一

前篇 事實的敘述

..... 一

第一 靜電的發生

..... 一

A 筋的負傷流

..... 一

B 熱流

..... 一七

C 鹽流

..... 一七

D 形變電流

..... 一九

E 神經負傷流

..... 二〇

F 上皮流·····	二〇
G 植物的負傷流及靜止流·····	二三
H 靜止流與氧之關係·····	二五
第二 動電現象·····	二七

A 筋神經的動作流·····	二七
B 筋神經的自然動作流·····	三五
C 心臟的動作流·····	三六
D 上皮形體的動作流·····	三九
E 植物動作流·····	四三
F 電氣魚·····	四六
G 電氣魚的放電·····	五一

後篇 理論的考察……………五七

第一 靜的現象……………五七

第二 動的現象……………八八

餘論……………九五

生物與電

緒言

生物有發電的機能，自古以來早已有人知道。在一七七〇年時代，已經證實電氣魚的發電。拿發電看作生物體普通的生活現象，是發端於人人所知道的加爾發尼氏 (Aloisius Galvani) 的蛙筋的研究 (1786-93)。自從電流計 (Galvanometer) 發明後，沒有幾時，諾比利氏 (L. Nobili, 1827) 在蛙身上確證電動力的存在，從此以後，一般人們纔拿發電看作生物體普通的生活現象。到一八四〇年左右，意國馬泰烏契氏 (C. Matteucci) 發見關於筋的發電的許多基礎事實。德國丟包亞萊蒙氏 (E. du Bois-Reymond) 將這些事實作有系統的研究，發見跟着神經、皮膚及筋神經的動作而起的發電後，赫爾曼 (L. Hermann) 柏恩斯泰恩 (J. Bernstein) 黑林

(E. Hering) 恩該爾曼 (W. Engelmann) 俾得曼 (W. Biedermann) 等碩學鉅子，先後相繼研究此道，纔奠定關於生物體發電及其他生理電學一般科學的基礎。當時所用的儀器設備等，照現在的目光看起來，自然是簡陋得不堪。然這一班專家，居然能殼埋頭苦幹，戰勝難關，當時他們所得到的結果，可以說與今日用最新式最精銳的儀器設備所得的結果差不多，這都是這班老前輩精進努力的成績。他們遺留下來的研究業績的記錄，凡有志於此道的，無論如何必須很留神的看一下。當時生理學 (Physiologie) 的科學的地位還沒有明瞭，丟包亞萊蒙氏 (一五·一七五) 所說的，現代生物問題有所建樹，並且已經創設了生理電學的體系。這就像赫爾曼氏 (一五·一七五) 所說的，現代生物學能成爲獨立的自然科學，全靠丟包亞萊蒙氏立下了基礎。

現代一般生理學家，大概沒有一個不將發電看做一切生物體共通的現象，換一句話說，就是大家拿發電看作普遍的生活現象 (Allgemeine Lebenserscheinungen) 之一。在理想方面 (ideal)，如賈爾登氏 (S. Garten) (1810-1875) 所說，凡一切有被刺激性 (Reizbarkeit; irritability) 或興奮性 (Erregbarkeit; excitability) 的原形質的形體 (Protoplasmatisches

(Gebilde)都不妨看作跟着它的興奮 (Erregung; excitation) 而表現電的現象。有些時候，不能設將它實證，祇可以歸咎於研究手段的不完備，不足以否定這種理想。依着這種觀念說起來，生物體的發電，除了作為生理電學的一部分，有它的本身意義之外，對於興奮現象或其過程的研究，也有重要的意義。

興奮究竟指何而言，這是不能設用幾句簡單的話來說明白的問題，所以這裏姑且不說罷。單從字面上看起來，這是很易明瞭的，興奮就是動的現象 (Dynamische Erscheinungen)。在生物體中所表現的生活現象裏，有可以看作與此相對的定常的 (Stationär) 平衡狀態 (Gleichgewichtszustand)，即所謂靜的現象 (Statische Erscheinungen)，還有作為這靜的現象的一面顯現出來的發電。

這種生物體的發電的機構 (mechanism)，雖然現在還沒有充分明瞭，但是如果以這種現象為生物體的一種物理化學的系統 (physicochemical system) 考慮起來，不但不是不可思議的現象，並且除了如上面所說是一種普遍的生活現象，與其他的生活現象同為生物體的全

一態之一部分而外，又與電的刺激作用、電的副現象、被刺激性形體 (Reizbares Gebilde) 的電之極化 (Polarisierbarkeit) 等有密切的關係；這些就是生理電學 (Elektrophysiologie) 的研究對象。

所以關於生物體中的發電的敘述，不但依立場不同，可以發生顯著的差異，並且對於其他種種的生活現象和刺激與興奮等問題，倘使沒有理解，就不容易理解生物體的發電，這是不待言的。本書專以發電為主題，所以在尋常生理學書的發電項下的許多敘述，都一概從略。現在為補救這個缺陷起見，祇把一般參考書的名目記載在下面。

在各條下指示這裏所列舉的參考書，祇略記一個號碼。號碼的下面所記的數目字，是表示那本書的頁數。

1 Bethe, A., u.s.w.: Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie, 8, 2 (1928).
Elektrische Energie (Elektrobiologie).

11 Bernstein, J.: Elektrobiologie. (1912).

- III Bayliss, W.: Principles of General Physiology. 4th Ed. (1924).
- IV Biedermann, W.: Elektrophysiologie. (1895).
- V Biedermann, W.: Elektrophysiologie. Ergebnisse der Physiologie, 2, 2(1903), 132-264.
- VI Buse, C.: Comparative Electrophysiology. (1907).
- VII Burdon-Sanderson, J. S.: The Mechanical, Thermal and Electrical Properties of Striped Muscle Schäfer's Textbook of Physiology. 2 (1900). 352.
- VIII Cremer, M.: Allgemeine Physiologie, des Nerven. Nagel's Handbuch der Physiologie, 4(1909), 359.
- IX du Bois-Reymond, E.: Untersuchungen über die thierischen Elektrizität, 1 (1848), 2 (1859).
- X du Bois-Reymond, E.: Gesammelte Abhandlungen über die allgemeinen Nerven- und Muskelphysik. 1 u. 2 (1875).
- XI du Bois-Reymond, R.: Allgemeine Physiologie des glatten Muskels. Nagel's Handbuch der Physiologie, 4 (1909), 544.
- XII Frey, M. v.: Allgemeine Physiologie des quergestreiften Muskels. Nagel's Handbuch der Physiologie, 4 (1909), 427.

- I III Garten, S.: Produktion der Elektrizität. Winterstein's Handbuch der vergleichenden Physiologie, 3, 2 (1910), 105.
- I IV Gotch, F.: Nerve, Schäfer's Text-book of Physiology, 2 (1900), 352.
- I V Hermann, L.: Galvanische Erscheinungen am Muskel. Hermann's Handbuch der Physiologie, 1 (1878), 173.
- I VI Hermann, L.: Galvanische Erscheinungen am Nerven. Hermann's Handbuch der Physiologie 2 (1879), 144.
- I VII Höber, R.: Elektrische Vorgänge am physiologischen Grenzflächen. Physikalische Chemie, der Zelle und Gewebe. 6 Aufl. (1926), 705 —
- I VIII Kohlransch, A.: Elektrische Erscheinungen am Auge. Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie, 12, Photoreceptor, II (1931), 1393.
- I IX Luchsinger, B.: Die galvanische Beziehungen der Drüsen. Hermann's Handbuch der Physiologie, 4 (1883). 441 —
- I X Stern, K.: Elektrophysiologie der Pflanzen. (1922).

研究生物體的發電，也同研究一切的科學一樣，必須按着不同的情形，應用特殊的研究方法。至於

它的詳細情形，這裏沒有工夫細說，所以祇得把它的主要點說一說。讀者如果要知道詳細情形，請參考本條末尾所舉的參考書，與最近將要出版的拙著實驗電氣生理學。

檢查生物體的發電，敏銳的電流計是必不可缺少的。這時候所要求的敏銳，不祇是絕對敏度，乃是能跟得上迅速的變動的敏銳。愛恩托文氏 (W. Einthoven, 1903) 所發明的絃線電流計 (Saitengalvanometer; String galvanometer)，多少可以供應這要求，給與研究者以非常的便利，但是還不能算爲十分美滿。真正要滿足這要求，必須應用布勞恩 (Braun) 管，就是陰極線管，這是柏恩斯泰恩氏 (11.11.11) 所主張的。最近因無線電技術的進步，利用真空管的放大器容易製造，同時陰極線管也逐漸改良，爲一般人所應用了。就是丟福爾氏 (Dufour, 1923) 的陰極線示波器 (Oszillographie) (7) 已由美國學者初次應用於生理電學 (Gasser and Erlanger 1922) (9) 但是大家都以爲比上面所說的還要便利的洛哥斯基氏 (Rogowsky, 1925) 的陰極線示波器，卻未曾看見實際應用過。近來這種儀器本身以及它的應用方法，都正在逐步改良，將來頗有希望。

布隆台爾氏 (Brondel, 1893) 所設計達台爾氏 (Duddel 1898) 所完成的普通的示波器，僅僅應用於日本藤教篤氏的電氣魚的放電研究，⁽³⁾這也是因為放大器的完成，使它能供給一般學者的應用。(羅孫堡 (H. Rosenberg, 1927) ⁽⁸⁾)

從前研究生理電學的時候，曾經在多方面應用過的利普曼氏 (Lippmann, 1875) 的毛細管靜電計 (Kapillarelektrometer)，因曲線訂正器的設計 (盧加斯氏 K. Lucas, 1912)，⁽⁶⁾而得到非常的便利，但是近來又因為利用了放大器，更另有其他新的應用 (阿德利安氏 E. D. Adrian, 1926) ⁽¹⁾

因為生物體與它的器官，若從廣義解釋，是一種電解質溶液系統，所以不許用金屬將它與電流計等直接連結。自從丟包亞萊蒙氏以後，就用不極化電極 (Unpolarisierbare Elektrode) 間接與電流計等相連結。現在常常應用的方法，就是把水銀塗在純粹的鋅的表面，使它成為汞齊，把汞齊浸在中性硫酸鋅的濃溶液裏面，用適當的方法拿生理的代用液 (Physiologische Ersatzflüssigkeit) 作媒介，與生物體的器官及組織相連接。為便利起見，固然也有一種不極化電極，可

作代用品，不過並不是完全不極化性。(8)

參考書

1. Adrian, E. D.: The impulses produced by sensory nerve endings, Part I. *Journal of Physiology* 61 (1926), 49.
2. Eindhoven, W.: Die Konstruktion des Saitengalvanometers. *Pflüger's Archiv*, 130(1909), 287.
3. 藤教雄 Researches on the electric discharge of the isolated electric organ of *Astrape* (Japanese electric ray) by means of oscillograph. 東京帝國大學理科大學紀要・三七(大正三年)・一——二一〇・(1911), 317-488.
4. Garten, S.: *Elektrophysiologie*. *Tigers'edt's Handbuch der Physiologischen Methodik*, 2, 3 (1911), 317-488.
5. Gasser, H. S., u. Erlanger, J.: A study of the action currents of nerve with the cathode ray oscillograph. *American Journal of Physiology*, 62 (1922), 496.
6. Lucas, K.: On a mechanical method of correcting photographic records obtained from the capillary electrometer. *Journal of Physiology*, 44 (1912), 225.

7. Mierdi, G.: Neue Fortschritte auf dem Gebiete der Oszillographie. Helios, 35 (1929), 101.
8. Rosenberg, H.: Neue Untersuchungen über den Aktionsstrom des Nerven. Pflüger's Archiv 216 (1927), 300.
9. Samojloff, A.: Praktische Notizen zur Handhabung des Saitengalvanometers und zur photographischen Registration seiner Ausschläge. Archiv f. Physiologie, 477 (1910).

前篇 事實的敘述

第一 靜電的發生

A 筋的負傷流 這是每逢研究一般的發電時最先知道的事實。活的沒有受傷過的筋，無論在生物體裏面，或割了出來，它的表面都看做沒有電位差的。即使將表面的任何兩點連結起來，電流也不流。換一句話說，凡無傷的筋，都是無流 (Stromlos)。但是筋的一部分用了什麼方法弄傷了它的時候，那沒有受傷的部分與受傷的部分之間，就發現電位差。例如第一圖，是將 M 沒有受傷而取出的筋的一端，在 b 部分切斷。用適當的方法，將那無傷的表面 a 與負傷面 b 連結在適當的電流計 G 上，電流計的電流就依着箭的方向，

第一圖

