

43.

612.014.424

電流ノ生理學的意義ニ就テ

岡山醫科大學生理學教室（主任生沼教授）

平田善夫

〔昭和11年7月21日受稿〕

*Aus den Physiologischen Institut der Medizinischen Fakultät Okayama
(Vorstand: Prof. Dr. S. Oinuma).*

Über die physiologischen Bedeutung des elektrischen Stromes.

Von

Y. Hirata.

Eingegangen am 21. Juli 1936.

Der Verfasser hat einen Versuch angestellt, um festzustellen, wie der elektrische Strom auf die verdauende Wirkung der Enzyme wirkt.

In der Kochsalzlösung eine gewisse Menge von Pepsin und Fibrin zugetan. In dieser Zustand natürlich ist keine Verdauung stattgefunden. Aber durch die Zuteilung des konstanten Stromes findet die Polarisation statt, d. h. an der Anode sammelt sich Cl-ion und an der Kathode Na-ion. Angesammelte Cl-ion verbindet mit H-ion aus dem Wasser und bildet die Salzsäure. Die Verdauung geht in saurer Reaktion in der Nähe von Anode mit sich. Diese Verdauungsgrösse stimmt genau mit der entsprechende Salzsäurepepsinlösung.

Bei der Verdauung von Trypsin, das alkalischen Reaktion stattfindet, geht in der Nähe von Kathode.

Die Verdauung von Stärke durch Diastase wird mit der Alkali oder Säure gehemmt.

Wechselstrom hat keine Wirkung auf die Verdauung.

Von obigem Tatsache kann man schliessen, dass die Elektrizität nur durch die Polarisation auf die Verdauungsprozess von Enzyme wirksam. (Kurze Inhaltsangabe)

目次

第1章 緒論
 第2章 實驗所見
 第1節 Pepsinニヨル實驗
 第1項 實驗材料並ニ實驗方法
 第2項 豫備實驗
 第3項 實驗成績
 第2節 Trypsinニヨル實驗
 第1項 實驗材料並ニ實驗方法
 第2項 豫備實驗
 第3項 實驗成績
 第3節 Diastaseニヨル實驗
 第1項 實驗材料並ニ實驗方法
 第2項 豫備實驗
 第3項 實驗成績
 第3章 總括並ニ考案
 第4章 結論

第1章 緒論

電解質溶液ニ直流電流ヲ通ズル時兩極間ニ分極作用ヲ起シ、「イオン」濃度ノ變化ヲ來スハ今日一般ニ認メラルル所ニシテ、森¹⁾ハ Phenolphthalein ヲ指示薬トシテ陰極側ニ「アルカリ」ノ成生サルヲ見、「パラメチウム」ノ崩壊死滅スル原因ハ陰極ニ生ジタル「アルカリ」ニ起因スト結論シ、Ebbecke²⁾ハ神經ニ直流ヲ通ズル時神經ハ陽極側ニ於テハ緻密トナリ、陰極側ニ於テハ弛緩セルヲ見、建³⁾ハ心筋纖維ニ就キ同様ノ事實ヲ認ム。余⁴⁾ハ龜ノ頸筋ニ就キ其ノ酸素消費量ノ測定ヲ行ヒ、陽極側ニ於テハ麻痺的ニ作用シ、陰極側ニ於テハ興奮的ニ作用セル事實ヲ認ム。

斯クノ如ク兩極間ニ於テハ互ニ相反スル弛

緩緻密作用、興奮麻痺作用アリ。何ガタメニ斯クノ如キ相反スル作用表レルヤヲ實驗的ニ研究シ、一般電流作用ノ闡明ニ資セントス。

第2章 實驗所見

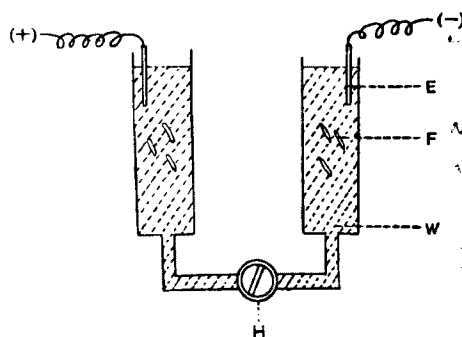
第1節 Pepsinニヨル實驗

第1項 實驗材料並ニ實驗方法

定性實驗ニ於テハ山羊靜脈血ヨリ分離セル Fibrin ヲ中性「カルミン」溶液ニテ染色シ⁶⁾タルモノヲ用ヒ、定量實驗ニ於テハ Fibrin ヲ其ノ儘室溫ニテ乾燥セシメ實驗ニ供ス。

第1圖ノ如キ U 字管ヲ用ヒ、定性ニ於テハ 1%、定量ニ於テハ 2% 食鹽溶液ヲ作り之ニ 0.2% ノ割合ニ純 Pepsin 末ヲ混ジ、U 字管底ニハ Fibrin ノ落下ヲ防グタメニ下方ニ綿栓ヲナシ、此上ニ Fibrin ヲオキ銀電極ニテ電流ヲ導キ、電流ヲ中止セバ活栓ヲ閉テ U 字管兩側ノ交通ヲ斷ツコトス。尙ホ實驗中ノ溫度ヲ一定ニ保タシムルタメ 36—38°C ニ温メタル温浴中ニ於テ之ヲ行フコトス。

第 1 圖



E: 電極 F: Fibrin
H: 活栓 W: 綿

電源ハ直流ニ於テハ蓄電池ヲ用ヒ、交流ニ於テハ燈用交番電流即チ 100 volt 60 cycle ノモノヲ 100 volt ヲリ 2—10 volt ニ調節シ得ル變壓器ニヨ

リ 6 volt = 下グ此第2回路ヲ U 字管ニ導キ實驗ヲ行フ。

第2項 豫備實驗

Pepsin ハ酸性反應ニ於テ蛋白ヲ消化シ、中性「アルカリ性」反應ニ於テハ其ノ作用ナキハ一般ニ認メラルル所ニシテ、今試驗管ニ弱酸性 (HCl ニヨル)、中性、弱「アルカリ性」(NaOH ニヨル) 溶液各 5 cc ツツヲトリ 0.2% ノ割合ニ Pepsin 末ヲ混ジ、之ニ少量ノ「カルミン」Fibrin ヲ入レ 36—38°C 温浴中ニ 5 分間放置シ、試験管内溶液ノ色調變化ヲ檢スルニ、中性「アルカリ性」溶液ヲ入レタル試験管ニ於テハ何等色調變化ヲ認ムルヲ得ズ。之ニ反シ弱酸性溶液ニ於テハ試験管内溶液全體一樣ニ「カルミン」ニヨリ着色サレ淡赤色ニ見ユ。更ニ長時間 (10 分間) 放置スルニ始め無色ナリシ弱「アルカリ性」溶液ニ於テモ溶液ガ赤色ニ染ルヲ認ム。即チ Pepsin ハ酸性反應ニ於テ其ノ働ヲ表シ「カルミン」Fibrin ヲ溶解シ試験管内溶液ヲ赤變セシム。又長時間「カルミン」Fibrin ヲ「アルカリ」ニ作用セシムル時ハ溶解サレ試験管内溶液ヲ赤變セシム。即チ此疑問ヲ解クタメニ弱「アルカリ性」溶液ニ「カルミン」Fibrin ヲ入レ、Pepsin ヲ入ルルコトナク温浴中ニ放置スルニ大凡ソ 8—10 分ニシテ試験管内溶液ハ漸次赤變サルヲ認ム。即チ長時間ノ實驗ニ於テハ Pepsin ノ作用ナク單ニ「アルカリ」ノタメニ「カルミン」Fibrin ガ溶解サレ一見 Pepsin ノ作用ト認メシムル如キ現象ヲ呈ス。酸性、中性溶液内ニ於テハ斯クノ如キ現象ヲ認ムルコトナシ。

更ニ U 字管ニ 1% 食鹽溶液ヲトリ「カルミン」Fibrin ヲ U 字管兩脚ニ入レ温浴中ニ於テ 6 volt 直流ヲ通ジ實驗ヲ行フニ始め 7—8 分間ハ兩脚共何等影響サルル所ナク着色スルコトナキモ 10—13 分後ヨリ陰極側ニ漸次赤色ヲ呈シ綿栓ハ赤色ニ染ル。陽極側ニ於テハ何等影響サルル所ナク無色ニ

止ル。

更ニ同様ノ實驗ヲ交流ニ於テ行フモ何等色調變化ヲ呈スルコトナシ。

第3項 實驗成績

1. 直流ニヨル實驗成績

蓄電池ヨリ 6 volt ノ電流ヲ通ズルニ始め無色ナリシ U 字管内溶液ハ陽極側ニ於テ其ノ内ノ Fibrin 漸次溶解サレ 5—7 分後ニ於テ淡赤色ヲナシ綿栓ハ赤變サル。之ニ反シ陰極側ニ於テハ何等色調變化ヲ呈スルコトナシ。更ニ電流ヲ持續セシムルニ陽極側ハ色調變化ヲ示スコト少キモ、陰極側ニ於テハ 10—12 分後ヨリ漸次 Fibrin 溶解シ始め、溶液ハ赤變スルニ到ル。之先ニ行ヒシ豫備實驗ニ於テモ見ラルル現象ニシテ Pepsin ナキ食鹽溶液ニ於テモ多少赤變シ單ナル電流ニヨル作用ニシテ、Pepsin ニヨル作用ニアラズ。

2. 交流ニヨル實驗成績

同様ナル實驗ヲ交流ニヨリ行フモ試験管内溶液ニ何等色調變化ヲ認メズ。

3. 定量試驗

更ニ直流ニヨル Pepsin ノ消化ヲ蛋白量ノ定量ニヨリ測定シ、他方直流ヲ通ゼル場合ノ陽極酸度ト同様ノ酸度ニ於ケル Pepsin ノ消化ヲ蛋白量ノ定量ニヨリ測定比較スルコトニス。此目的ニ第 1 圖 U 字管ニ 0.2% ノ割合ニ Pepsin 末ヲ混ゼル 2% 食鹽溶液 45 cc ヲトリ電流ヲ通ジ (20 volt) 約 5 分間後ニ於テ陽極側ニ於ケル酸度ヲ東洋濾紙會社製水素イオン濃度測定用紙 (以下 PH 用紙ト略記ス) ヲ用ヒテ測定シ、Fibrin 0.2 g ヲ陽極側ニ入レ更ニ電流ヲ 30 分間繼續セシメ活栓ニヨリ兩脚ノ交通ヲ絶チ陽極側ヨリ 20 cc ヲトリ Scherer 氏法ニヨリ蛋白量ノ定量ヲ行フ。他方 PH 用紙ヲ用ヒ鹽酸ニヨリ同様ノ PH 溶液ヲ作り同様ノ條件ノ下ニ蛋白量ノ定量ヲ行ヒ比較スルニ第 1 表ニ示ス如クナル。

第 1 表

實驗番號	電流作用ニヨル Pepsin ノ消化			鹽酸ニヨル Pepsin ノ消化	
	電流 M. A	PH	製成サレタル蛋白質量 g	PH	製成サレタル蛋白質量 g
1	4.75—4.6	4.4	0.0044	4.4	0.0045
2	5.7—5.8	4.0—4.4	0.0065	4.0	0.0066
3	6.35—5.85	4.6	0.0043	4.6	0.0042
平均			0.00506		0.0051

即チ酸度ノ一致セル場合ニハ電流ノ有無ニ關セズ Pepsin ニヨリ Fibrin ヨリ消化製成サレタル蛋白質量ハ一定シ、何等電流作用ニヨリ左右セラルル所ナシ。

第2節 Trypsin ニヨル實驗

第1項 實驗材料竝ニ實驗方法

第1節ト同様ノ實驗方法ニヨリ實驗ヲ行フ。本節ニ於テハ1%食鹽溶液ニ0.2%ノ割合ニTrypsinヲ混ジ實驗ヲ行フ。

第2項 豫備實驗

試験管ニ弱酸性(HCl)、中性弱「アルカリ性」(KOH)溶液5cc ツツヲトリ之ニ0.2%ノ割合ニTrypsinヲ混ジ、「カルミン」Fibrinヲ入レ36—38°Cノ溫浴中ニ放置スルニ、弱「アルカリ性」溶液ニ於テ最早ク強ク赤變サレ、酸性溶液ニ於テモ輕度ニ赤色ヲ呈ス。中性溶液ニ於テハ何等色調變化ヲ呈スルコトナシ。

第3項 實驗成績

1. 直流ニヨル實驗成績

前述セル實驗方法ニヨリ蓄電池ヨリ6 voltノ電流ヲ通ズルニ始メ無色ナリシU字管兩脚ハ陽極側ニ於テハ何等色調變化ヲ認メザルモ陰極側ニ於テハ5—8分頃ヨリ淡赤色ヲ呈シ始メ10—12分後ニ更ニ強ク赤色増加ス。

2. 交流ニヨル實驗成績

同様ナル實驗ヲ交流ニヨリ行フモU字管内溶液ニ何等色調變化ヲ認メズ。

第3節 Diastase ニヨル實驗

第1項 實驗材料竝ニ實驗方法

澱粉溶液ニ食鹽ヲ混ジ Diastase ヲ作用セシメ糖化サレタル葡萄糖ヲ Pavy, 隈川, 須藤氏法⁵⁾ニヨリ定量スルコトニス。此場合 Diastase ノ働ク時間ヲ一定スルタメ水ヲ以テ稀釋シ測定ヲ終ル迄ニ要スル時間ヲ一定スルコトニス。實驗ハ第1圖ノ如クU字管ニテ36—38°C溫浴中ニ於テ行ヒ、電源ハ第1節ト同一モノヲ用フ。

第2項 豫備實驗

1%澱粉溶液ニ0.5%ノ割合ニ食鹽ヲ1%ニDiastaseヲ混ジ、電流ヲ用ヒズシテ15分間ニ糖化サレシ葡萄糖量、6 volt 直流竝ニ交流ヲ15分間通ジツ糖化サレシ葡萄糖量ヲ測定セルニ第2表ノ如シ。

第 2 表

實驗番號	對 照	直 流	交 流
1	0.286	0.242	0.295
2	0.289	0.242	0.289
3	0.289	0.239	0.285
4	0.290	0.250	0.299
5	0.294	0.243	0.287
平均	0.29	0.24	0.29

此場合溶液量ハ 10cc トシ Diastase ヲ加ヘシ時
ヨリ水ヲ以テ稀釋スル迄ノ時間ヲ 15 分、測定終了
迄ヲ 25 分トス。

即チ電流ヲ用ヒザル場合ニ於ケル葡萄糖量ハ
0.29g ニシテ、試験管内溶液ハ一様ニ透明トナル。
交流ヲ 15 分間通ジツツ Diastase ヲ作用セシメシ
場合ニ於テハ電流ヲ全ク用ヒザル場合ト其ノ値全
ク一致シ 0.29g ニシテ試験管内溶液モ一様ニ透明
トナル。之ニ反シ 6 volt 直流ヲ 15 分間通ジツツ
Diastase ヲ作用セシメタル場合ニ於テハ糖化著
シク抑制セラレ 0.24g ノ葡萄糖ヲ得ルニ過ギズ。
尙ホ試験管内溶液ハ兩極共ニ顆粒狀ヲ呈シ不透明
トナル。

第 3 項 實驗成績 (定量實驗)

2% 澱粉溶液ニ 2% ノ割ニ食鹽ヲ、 1% ノ割ニ

Diastase ヲ加ヘテ 20cc ヲ U 字管ニトリ 36—38°C
ノ溫浴中ニテ實驗ヲ行フ。

對照トシテ其ノ儘 30 分間放置シ其ノ内 10cc ヲ
トリ水ニテ稀釋シ糖化サレシ葡萄糖量ノ定量ヲ行
ヒ、一方電流(20 volt)ヲ 30 分間通ジタル場合ノ陽
極陰極ニ於テ糖化サレシ葡萄糖量ヲ定量ス。此場
合電流ヲ通ジ始メテヨリ 15 分後ニ於テ PH 用紙
ヲ用ヒ陽極又ハ陰極ノ PH ヲ測定ス。電流終了ト
共ニ活栓ヲ閉ヂ交通ヲ絶チ 1 脚ヨリ 10 cc ノ溶液
ヲトリ水ニテ稀釋シ測定ヲ行フ。他方 PH 用紙ニ
ヨリ陽極陰極ニ於ケル同様ノ酸度ヲ有スル 2%
澱粉 2% 食鹽 1% Diastase 含有溶液ヲ作り (HCl
又ハ NaOH) 30 分間溫浴中ニ放置シタル後葡萄糖
量ノ測定ヲ行ヒ比較スルコトトスルニ第 3 表ニ
示セル如シ。

第 3 表

實驗 番號	對 照	陽 極 側 消 化			HCl = ヨル消化			陰 極 側 消 化			NaOH = ヨル消化	
	作ラレシ 葡萄糖量	電 流	PH	作ラレシ 葡萄糖量	PH	作ラレシ 葡萄糖量	電 流	PH	作ラレシ 葡萄糖量	PH	作ラレシ 葡萄糖量	
1	0.575	4.2 M.A.	4.8	0.506	4.6	0.516	3.6 M.A.	9.6	0.436	9.4	0.418	
2	0.584	4.2 M.A.	4.8	0.519	4.6	0.529	3.6 M.A.	9.0	0.406	9.0	0.443	
3	0.588	4.0 M.A.	4.6	0.533	4.6	0.523	3.5 M.A.	9.6	0.442	9.0	0.442	
平均	0.584			0.519		0.523			0.428		0.434	

1% Diastase, 2% NaCl, 2% Stärke.

作用時間 30 分間, 水浴溫 38°C

此場合測定ニ用ヒタル溶液量ハ 10 cc トシ水ヲ
以テ稀釋スル迄ヲ 30 分間測定終了迄ヲ 45 分間ト
シテ測定セリ。

即チ酸性「アルカリ」性溶液内ニ於テハ Diastase
ノ作用著シク抑制セララルモ、電流ノ有無ニ關セ
ズ酸性同様ナル場合ニハ其ノ糖化サレシ葡萄糖量
ハ一致シ何等電流作用ニヨリ左右セララル所ナ
シ。

第 3 章 總括並ニ考按

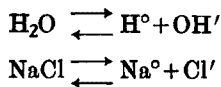
以上 Pepsin, Trypsin, Diastase ヲ含ム食鹽
溶液ニ電流ヲ通ズルニ直流ニ於テハ著シキ變
化ヲ認メ交流ニ於テハ何等變化ヲ認メズ。即
チ Pepsin ヲ含有スル食鹽溶液ニ直流ヲ通ズル
ニ陽極側ニ於テ其ノ作用表レ、Trypsin ヲ含ム
溶液ニテハ陰極側ニ於テ其ノ作用表ル。交流
ニ於テハ兩者共何等變化ヲ認メズ。Diastase

ノ消化作用ハ直流ニヨリテ抑制セラレ、交流ニヨリ影響サルル所ナシ。而モ Pepsin, Diastase ニヨル定量實驗ニ於テ其ノ消化作用ハ酸度ニ左右セララルモ、電流ノ有無ニヨリテハ左右セララル所ナシ。

1864年 Kühne⁶⁾ハ紫露草雄蕊鬚毛ニ電流ヲ通ズルニ其細胞液ニ色變ヲ呈スルヲ發見シ更ニ細胞ハ酸ニヨリ赤變シ、「アルカリ」ニヨリ綠變スルヲ認メタリ。Bethe⁶⁾ハ電解質溶液ニ電流ヲ通ズルニ溶液ニ「イオン」濃度ノ變化ヲ來シタメニ Kühneノ所謂細胞液色變現象ヲ來スモノナリト説明セリ。鮫島⁷⁾ハ紫露草雄蕊鬚毛細胞ニ直流ヲ通ズル時細胞内「イオン」濃度ノ變化ヲ來シ陰極ニ於テ赤變シ、陽極ニ於テ黃變ヲ來シ、更ニ一定時ヲ經テ陰極側ニ始リ漸次陽極側ニ移動セントスル綠變現象ヲ呈スルヲ認メタリ。

第2章第1節實驗ニ於テ陽極側ニ於テ Pepsinノ作用現レルハ陽極ニ生ジタル酸ノタメ Pepsinガ可動的ニナサルルタメニシテ、第2節 Trypsinノ陰極ニ於テ可動的ニナサルルハ陰極ニ生ジタル「アルカリ」ノタメナリ。又第3節實驗ニ於テ電流ヲ通ズル時 Diastaseノ作用抑制サルルハ電極ニ生ゼル酸「アルカリ」ノタメナリ。

然ラバ如何ニシテ陽極ニ酸ヲ、陰極ニ「アルカリ」ヲ生成セララルモノナリヤ。抑々電解質溶液ニ電流ヲ通ズル場合ニ該溶液ハ電氣分解ヲ起ス。即チ本實驗ニ於テハ



ナル電氣分解ヲ起シ陽極ニハ OH', Cl', 陰極ニ H°, Na° 集ル。此處ニ同種「イオン」同時

ニ存在スル時ハ互ニ反撥シ、異種「イオン」存スル時ハ結合シ易キ状態トナル。

今「イオン」速度ヨリ考フルニ⁸⁾

$$\text{H}^{\circ} (0.0032) > \text{Na}^{\circ} (0.00045)$$

$$\text{OH}' (0.00182) > \text{Cl}' (0.00056)$$

即チ陽極ニ OH', Cl' 兩「イオン」同時ニ存在シ互ニ反撥スル場合ニ「イオン」速度速ナル OH'ノ脱出スベキハ明ニシテ殘留セル Cl'ハ更ニ分解ニヨリ生ジタル H°ト速ニ結合シ此處ニ HClヲ生ジ酸性反應ヲ呈スルモノナリ。他方陰極ニ於テハ同様ノ理ニヨリ NaOHヲ生ジ「アルカリ性」反應ヲ呈ス。

更ニ交流ニ於ケル實驗ニ於テ何故何等認ムベキ變化ヲ將來セザルヤ。交流ニ於テハ交互ニ電極ヲ變ジ電解質溶液ニ電氣分解ヲ起スモ短時間ニシテ反對ノ分極ヲ起スタメ其ノ作用直ニ中和サルルニヨル。

第4章 結論

- 1) 食鹽溶液ニ直流ヲ通ズルニ電氣分解ノ結果トシテ陽極ニ酸ヲ、陰極ニ「アルカリ」ヲ生ズ。
- 2) 交流ニ於テハ電氣分解ヲ起スコトナク「イオン」濃度ノ變化ヲ來スコトナシ。
- 3) 電流作用ハ電氣分解ノ結果表レルモノニシテ「イオン」濃度變化ナキ電流ニ於テハ其ノ作用表レズ。
- 4) 電流ノ酵素作用ニ及ボス影響ハ全ク分極ノ結果起ル反應ノ變化ニ外ナラズ。

撰筆スルニ當リ終始御懇篤ナル御指導ト御校閲ノ勞ヲ忝フセシ恩師生沼教授ニ衷心ヨリ深謝ノ意ヲ表ス。

文 獻

- 1) 森, 岡醫雜, 46, 1498. 2) *Ebbeke*, *Pflüger Archiv*, 195, 555. 3) 建, 岡醫雜, 42, 2511. 4) 平田, 岡醫雜, 48, 572. 5) 須藤, 小醫化學實習. 6) *Bethe*, *Pflüger Archiv*, 163, 147, 1915. 7) 鮫島, 北海道醫學會雜誌, 5年, 3號. 8) 森, 物理學, 電氣磁氣號.

