Vol. 13, No. 8 August 1951

JOURNAL OF THE PHYSIOLOGICAL SOCIETY OF JAPAN

日本生理學雜誌

第13卷 第8號

昭和26年8月25日發行

編集幹事

浦本政三郎・久保盛德・坂本嶋嶺・鈴木正夫

戸塚武彦・林 髞・福田邦三

原著

岩木五郎；アミノ酸々化酵素系におけるSH-基の意義について
Ⅰ. p-chloromercuribenzoate による阻害 ……351

岩木五郎：アミノ酸々化酵素系におけるSH-基の意義について
Ⅱ. amperometry によるSH-基の定量……356

畠山一平：動脈々波の基礎振動と末梢抵抗（其の1）理論的考察……360

古山誠：生理的クレアチン尿の出現頻度並びにそれが意義……367

円谷豊：多眠中の蟇から作つた後索-後根標本に於ける神経線維の活動電流及び傳導速度に関する研究……375

高木健太郎・長谷川弘：運動時の呼吸促進について（第4報）人体に於ける枸櫞酸ソーダの動脈注射による呼吸促進……381

大川眞澄：色覚異常者の主観的スペクトルに就いて（第1報）第二色盲と判定された色盲の主観的スペクトルに就いて……385

日本生理學會

略名・日本生理誌
Nihon Seiri. Z.
J. Physiol. Soc. Jap.

★ 萬有の医薬品 ★

肺炎・梅毒・淋病・化膿性疾患
ペニシリン
油性・水性・軟膏・錠剤
結晶G・ミックス・膣坐藥

結核化學療法劑
ジェノパス
(P A S)

驅梅劑
ネオエーラミゾール
靜脈注射劑

肝臟障害・解毒劑
バンチオニン
メチオニン

驅梅劑
ミオエーラミゾール
筋肉注射液

神經痛・ロイマチス
キトーゲン
キノフェン注射液

驅梅劑
オスブルサン
内服606號

局所麻酔劑
バンカイン
鹽酸プロカイン

Banyu 東京・大阪 萬有製藥株式會社 岡崎・札幌

神經痛・リウマチスに…

相無作用の素晴らしい効果!!

今話題の……自律神經遮斷劑

テブロン-R コーワ

▽ 疼痛の反射の連鎖を遮斷し、交感神經切除術時に於ける如き鎮痛作用を呈す
▽ T・E・A・B單味大量投與に勝る効果を有し且つこれに見られる危險性なし

〔適應症〕 神經痛、リウマチ、腰一背痛症、特發性脫疽、帶狀疱疹、レイノー氏病
閉塞性動脈炎、狹心症の疼痛、胃痙攣、胃、十二指腸潰瘍の疼痛

(文獻贈呈)

▽ T・E・A・Bとレスタミンの任意混合使用法

T・E・A・Bとレスタミンとの比を變えて用ひたい時は……テブロンコーワとレスタミンコーワを任意の割合に用時混合使用して下さい。たゞしT・E・A・Bは一回300mg、1日600mg、レスタミンは一回30mg、1日60mgを越えぬ程度で

興和化學

製造元 興和化學　販賣元 中村瀧商店 東京・日本橋・本町三ノ五

〔日本生理学雑誌・第13巻351頁・昭和26年8月25日〕〔昭和25年8月8日受付〕

アミノ酸々化複合酵素におけるSH-基の意義について 612.398.192

Ⅰ. p-chloromercuribenzoateによる阻害

Studies on the Sulfhydryl Groups of D-amino Acid Oxidase System.
Ⅰ. Inhibition Experiments Using p-chloromercuribenzoate (PCMB) as Specific SH-reagent.

(本研究費の一部は文部省科学研究費によつた)
(本論文は昭和25年5月第27回日本生理学会に於いて発表)

岩　木　五　郎 (Iwaki-Goro)*

Ⅰ. ま え が き

アミノ酸々化酵素は urease, papain, cholinesterase, コハク酸脱水素酵素等と共にSH-酵素といわれる (1). 一体, これらのSH-基は酵素反応のどの部分に干与するのであろうか, 酵素蛋白と基質, 或は作用簇との結合に干与するものであろうか, それとも所謂 "active center" としてはたらくものであろうか.

中馬 (2) はアミノ酸々化酵素系の阻害物質の結合型式を検討し, その結合に伴う結合恒数を測定した.

一方, 山野 (3) はアミノ酸々化酵素蛋白の酸化と至適pHの関係を検索し, 松下 (4) は酸化剤赤血塩が該酵素に及ぼす阻害はチステインの追加によつて半ば以上恢復されることをみた.

私はこれらの成績に鑑み, 酵素蛋白SH-基が反応に与える程度, 並にその物理化学的意義をSH-reagent を以てする阻害法によつて分析しようと試みた.

Ⅱ. 実 験 方 法

作用簇である flavine-adenine-dinucleotide (FAD) はパン酵母より Warburg, Christian の方法 (5) で抽出した Ba 塩である (純度65%). 蛋白担体は豚のアセトン腎から Negelein, Brömel (6) に従つて調製し, F段階で凍結乾燥した粉末を用いた (純度-総重量あたり10%総蛋白中の酵素量20%). 基質は D, L-alanine を用い, 複合酵素系のはたらきは型のように Warburg の検圧計で酸素消費量を測定した. 実験條件としてとくにことわつてない場合は, 38°C, pH8.3で瓦斯腔には空気を用いた.

SH-reagentとしては p-chloromercuribenzoate (PCMB) を用いた. その理由は, この物質は次のような利点をもつからである. 従來SH-奪取剤として知られているものは一沃度醋酸, iodoacetamide 等多数知られているが, Olcott, Fraenkel-Conrat (7) によると, 所謂mercaptide-organometallic-compound である三價の砒素化合物, 或は PCMB が最も適当であるといわれる. その長所として彼等は次のことをあげている.

a) SH-基に親和性が非常に強く, 低濃度, 穏和な條件で効きめがある.

b) SH-基との反応が1対1である.

c) 覆われていて, 多くの酸化剤に対して反応しないようなSH-基とも反応する.

d) SH-基との反応は高度の選択性をもち, SH-基以外の還元型基とは反応しない.

e) SH-基との結合は simple-mercaptane で可逆的に離解される.

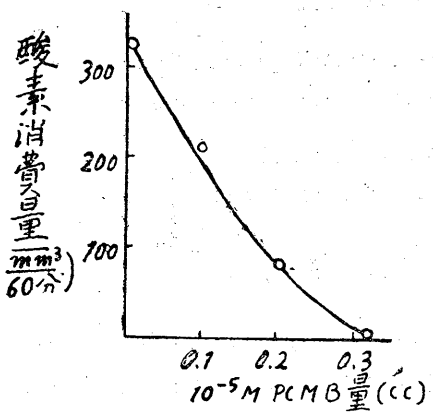
さて PCMB は Whitemore, Wood の方法(8) で合成, 3回の再結晶を行つたものであり, 純度は100% とみなせる. この標品は中馬一郎博士の合成にかゝるものである.

Ⅲ. 実 験 成 績

* 大阪大学医学部第一生理学教室 (久保教授)
* 大阪大学医学部第二外科学教室 (岩永教授)

1. PCMB による阻害度

成績は第1図に示す．即ち 10^{-5}M の低濃度ですでに有効である．かつ実験條件では加えた



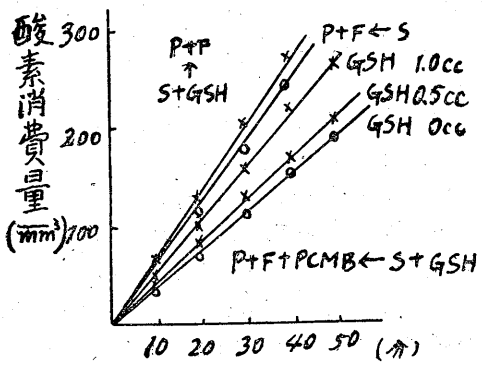
第1図　PCMBによるD-アミノ酸々化酵素の阻害

蛋白C	0.2cc	側室
FAD	0.1cc(20γ)	
0.5M D,L-alanine	0.2cc	

PCMB の量と阻害度はほゞ直線関係にあり，PCMB の量が 0.3cc を越えると酵素は全くその作用を失う．

2. glutathione による恢復

次にこの阻害が glutathione (GSH) によつてどう影響されるかをみたのが第2図の成績である．図からわかるように GSH の添加によつて

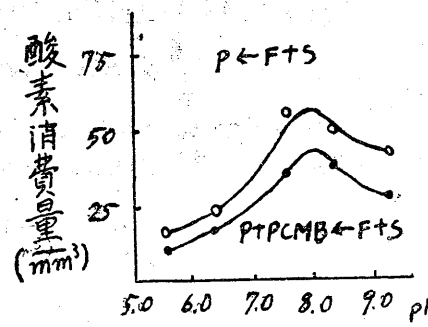


第2図　GSH による PCMB 阻害の恢復
蛋白F 0.5cc,　FAD 0.1cc,　0.5M D, L-alanine 0.2cc
10^{-4}M PCMB 0.1cc,　10^{-2}M GSH 0.5cc 1.0cc

阻害は恢復する．しかしそれに要する GSH の量は PCMB に対比して約千倍量を必要とする．

3. pH と阻害度

第3図は PCMB 阻害の pH による影響をみたものであるが，pH の範囲 5.6～9.3 では阻害



第3図　PCMB 阻害の pH による影響
蛋白F 0.5cc,　FAD 0.1cc,　0.5M D, L-alanine 0.2cc
10^{-4}M PCMB 0.1cc

度に対し水素イオン濃度の変化は何等の影響をも与えない．

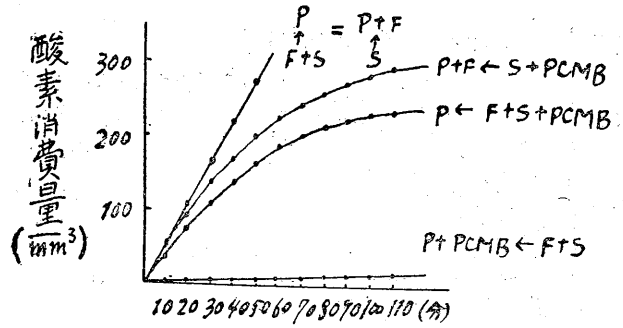
以上の豫備実験から酵素蛋白にSH-基の存在することはアミノ酸々化酵素活性保持の上に不可欠であり，完全にSH-基が奪取されるときは活性が全くなくなるということが結論できる．

4. 作用簇蛋白結合と PCMB 阻害

次に作用簇である FAD と PCMB の相互作用を追及したのが第4図の成績である．

こゝに P, F, S は夫々蛋白担体，FAD, D, L-alanine を示す略号である．図からわかるように，蛋白に前以て PCMB を結合させておき，15分後にFとSを加えた場合 $(P+PCMB)_{15}+(F+S)$ に比べて，蛋白 P に F を前以て結合させ，あとから PCMB と S を添加する場合 $(P+F)_{15}+(PCMB+S)$ の方が阻害度がずつと小さく，また後の場合は F, S, PCMB の3者を同時にあとから加えた場合 $(P)_{15}+(F+S+PCMB)$ よりも更に阻害度が小さい．この場合にSH-基と PCMB の反応時間が問題となる．しかし次の報告で述べるつもりであるが，この反応はたゞちに完了するものであるから，この点についての考慮はいらない．

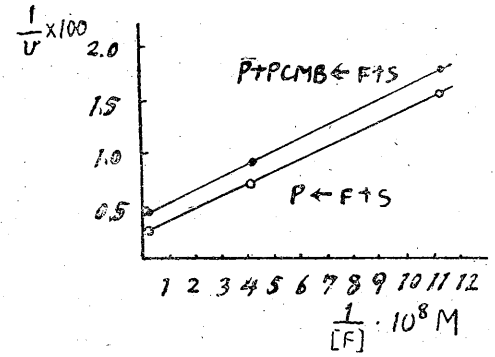
あとの2つの場合，とくに $(P+F)_{15}+(S+PCMB)$ の場合は反応の初期 (0～20分) では阻害のない場合と殆んどかわらないが，時間の経過と共に阻害度が増している．このことは P と F との結合よりも P と PCMB の結合の方が強いために，F を次第に PCMB がおしのけてゆ



第4図　作用簇＝蛋白結合と PCMB 阻害度
$(P+F)_{15}+(S+PCMB)$　$(P)_{15}+(F+S+PCMB)$
蛋白F 0.5cc,　FAD 0.1cc,　0.5M D, L-alanine 0.2cc
10^{-3}M PCMB 0.5cc

くと考えれば説明がつく.

なお $(P)_{15}+(F+S+PCMB)$ の場合でも同様にFと PCMB が同時に Pをめぐつて拮抗するために PCMB と Pとの結合がおくれると考えられる. この点をより明確にするために拮抗阻害の解析に用いる論法に従つて実験結果を整理したのが次の成績である.

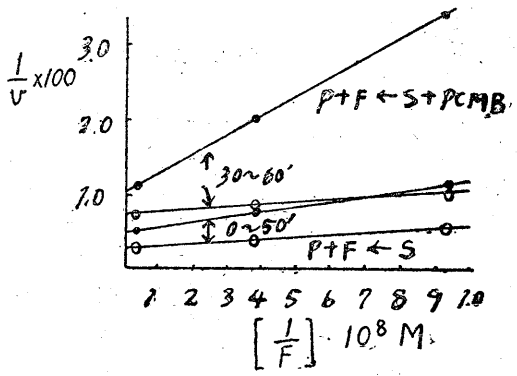


第5図　PCMB の阻害型式　I
$(P+PCMB)_{15}+(F+S)$　$(P)_{15}+(F+S)$
蛋白F 0.3cc,　0.5M D, L-alanine 0.2cc,
10^{-5}M PCMB 0.25cc

第5図では Pに前以て PCMB を結合させた場合を検討したが, この場合は Fに対して非拮抗阻害であつて, 一たび Pと PCMB が結合すれば, あとから Fを入れてもそれとせり合いはしない. このことは Pと PCMB の結合が Fとのより強いこと, 及び PCMB の作用が蛋白担体の SH-基と結合して活性を失わしめている. 即ち活性な酵素の濃度 [E] を減少せしめ $1/V_{mxa}$ を増加させていることから直ちに了解できる.

次に Pに前以て Fを結合させ, PCMB をあとから加えたのが第6図である.

この場合は前と違つて拮抗阻害と非拮抗阻害とが共にあるような阻害型式を示し, とくに反応が始つてから30～60分の間をとると著明に拮抗阻害の型式が現われてくる. 即ち反応開始後30分位のところから Fと PCMB との Pに対するせり合いの結果がはつきり表

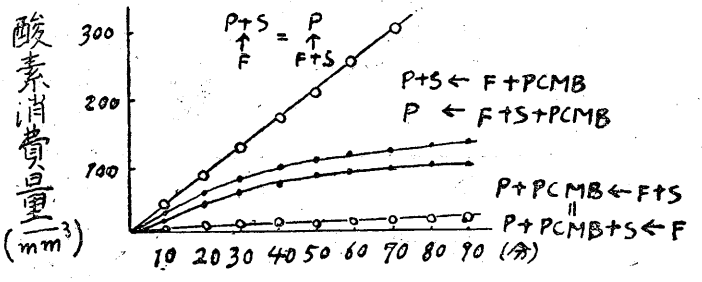


第6図　PCMB の阻害型式　II
$(P+F)_{15}+(S+PCMB)$　$(P+F)_{15}+(S)$
蛋白F 0.5cc,　0.5M D, L-alanine 0.2cc
10^{-5}M PCMB 0.3cc

面にあらわれてくるといえる. 従つて Pと Fを前以て結合させた場合, あとから添加した PCMB が Fをおしのけて Pと結合するという, 先にのべた仮定は妥当であつたと考えてよいだろう.

5. 基質蛋白結合と PCMB 阻害

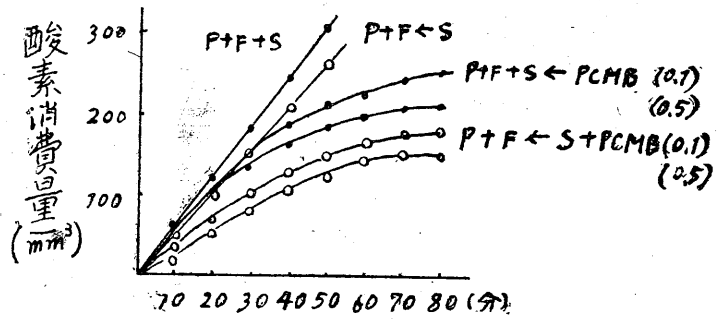
次に基質である. D, L-alanine と PCMB の



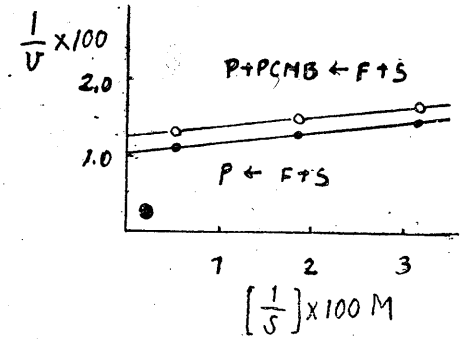
第7図　基質＝蛋白結合と PCMB 阻害度
$(P+S)_{15}+(F+PCMB)$　$(P)_{15}+(F+S+PCMB)$　$(P+PCMB)_{15}+(F+S)$
蛋白F 0.5cc,　FAD 0.1cc,　0.5M D, L-alanine 0.2cc, 10^{-4}M PCMB 0.2cc

関係を全く前と同様にして検討した．成績は第7図に示したが，これは第4図と同じような経過を辿つている．從つてPとSとの結合もやはりPCMB阻害に対して何等かの抵抗を与えていると解される．

更に 4) と同じ方法でSについての拮抗狀態を調べたのが第8図で，PCMB を前以て作用させた場合は 4) の場合同様 S に対して非拮抗的であるのはいうまでもない．

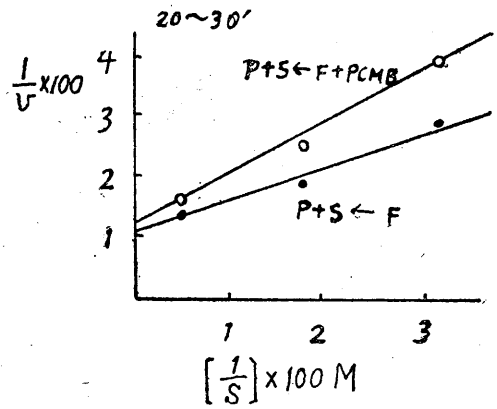


第10図　作用簇＝蛋白＝基質結合と PCMB 阻害度
$(P+F+S)_{15}+(PCMB)$　$(P+F)_{15}+(S+PCMB)$
蛋白F 0.5cc, FAD 0.1cc, 0.5M D, L-alanine 0.2cc, 10^{-4}M PCMB 0.1cc, 0.5cc



第8図　PCMB の阻害型式　Ⅲ
$(P+PCMB)_{15}+(F+S)$　$(P)_{15}+(F+S)$
蛋白F 0.5cc,　FAD 0.1cc,　10^{-5}M PCMB 0.3cc

また前以てSを結合させた場合も，Fを結合させたときと同じように拮抗阻害と非拮抗阻害との混合型である．結果は第9図に示した．從つて PCMB 阻害に対する基質＝蛋白，作用簇



第9図　PCMB の阻害型式　Ⅳ
$(P+S)_{15}+(F+PCMB)$　$(P+S)_{15}+(F)$
蛋白F 0.5cc,　FAD 0.1cc,　10^{-4}M PCMB 0.1cc

＝蛋白の結合の態度はほゞ等しいと結論される．勿論 PCMB はSH-specific reagent であるから恐らくこの2つの結合はSH-基を介して行われるものであろう．

次にF, S共に前以てPと結合せしめてPCMBの阻害度をみたのが第10図である．即ちこの3者が全部結合した場合が最も阻害が小さくなつている．

なお $(P+F)_{15}+(S+PCMB)$ の場合と $(P+S)_{15}+(F+PCMB)$ では阻害は大体同じ程度である．

Ⅳ. むすび

以上得た実験成績を要約すると次の5項となる．

1. D-アミノ酸々化酵素は D, L-alanine を基質とした場合 PCMB によつて阻害され，且つこの阻害度は加えた PCMB の量にほゞ比例する．

2. PCMB を蛋白担体に結合させた場合 0.015mg の蛋白に対し 0.3cc の 10^{-5}M PCMB 溶液は完全にその酵素能を失わしめる．

3. この阻害は比較的多量の glutathione の添加によつて恢復する．またpH5.6～9.3の範囲では pH と阻害度とは相関々係がない．

4. 酵素蛋白にあらかじめ作用簇を結合させておくときは，PCMB による阻害が 2) の場合にくらべ，ずつと小さいが30～40分反応がすゝむと阻害度が大きくなつてくる．この事実及び拮抗阻害の解析から，蛋白に結合していた作

用簇が PCMB によつて次第におきかえられると結論できる.

5. 蛋白に基質をあらかじめ結合させた場合についても 4) と全く同じ結論が成立する.

更に蛋白に基質, 作用簇共に結合させた場合が前述のいづれの場合よりも阻害度が小さい.

從つて, これらの成績を綜合して次のように結論したい. 即ち本酵素系におけるSH-基の重要なる意義は作用簇=蛋白=基質間の結合達成の上にある.

終りに指導校閲の労をとられたる恩師久保教授, 岩永教授に謝意を表する.

文　献

1) Singer, J. P. (1948) On the mechanisms of enzyme inhibition by sulfhydryl reagents. J. Biol. Chem. 174, 11
2) 中馬一郎 (1949) 蛋白体を中心にした結合学に関する研究 (久保教授講演) 日本生理誌 11, 26
3) 山野俊夫 (1949) 2) と同じ
4) 松下　宏 (1949) 2) と同じ
5) Warbvrg, O. und W. Christian. (1938) Isolierung des Dinucleotides aus Hefe. Biochem. Z. 298, 150
6) Negelein, E. und Brömel (1939) Protein der d-Aminosäureoxidase. Biochem. Z. 300, 255
7) Olcott, H. S. and H. Fraenkel-Conrat (1947) Specific group reagents for proteins. Chem. Rev. 41, 151
8) Whitmore and Wood. Organic synthesis collective vollume. New york, 1, 153

Summary

It is well known that the D-amino acid oxidase is composed of prosthetic group, flavin-adenine-dinucleotide (FAD) and specific protein of Negelein & Brömel. Several substances which show inhibiting effect on this enzyme system are reported by many workers. I. Tyuma have found that among these inhibitors, substances which structurally related to benzoic acid inhibit competitively to substrate, and those which structurally related to FAD are competitive inhibitor with respect to prosthetic group. However, there is another question, by what groups the combination of prosthetic group and substrate to protein take place?

This report deals with one of these problems and I have found that SH-groups play an essential role in linking prosthetic group to protein.

FAD was prepared from baker's yeast according Warburg & Christian and specific protein was extracted from pig's kidney by the method of Negelein & Brömel. Oxygen uptake was measured by Warburg's manometric method using DL-alanine as substrate. PCMB was synthetized according Whitmore (by I. Tyuma). The results obtained are following:

1. D-amino acid oxidase system is inhibited by PCMB, and this inhibition is practically proportional to the quantity of PCMB added. When PCMB added to protein before prosthetic group and substrate combine with protein, 0.3 cc. of 10^{-5} M PCMB completely inhibit 0.015 mg. of enzyme protein. This inhibition is recovered adding excess of glutathione. The change of inhibiting power of PCMB with varying pH was not observed.

2. When enzyme protein was combined with prosthetic group prior adding PCMB, the inhibition is very small in the beginning of reaction, however, after 30-40 minutes inhibition becomes larger and larger. This suggests that FAD linked to protein are gradually replaced by PCMB.

3. When enzyme protein was combined with substrate prior adding PCMB, quite similar results as 2. are obtained. Further, both FAD and substrate are combined with enzyme protein the inhibition is smallest.

(Department of Physiology I. Medical School of Osaka University)

〔日本生理学雑誌・第13巻356頁・昭和26年8月25日〕〔昭和25年8月8日受付〕

アミノ酸々化複合酵素におけるSH-基の意義について 612.398.192

Ⅱ. amperometry によるSH-の定量

Studies on the Sulfhydyl Groups of D-amino Acid Oxidase System.

Ⅱ. Amperometric Determination of Protein SH Groups.

(本研究費の一部は文部省科学研究費によつた)
(本論文は昭和25年5月第27回日本生理学会に於いて発表した)

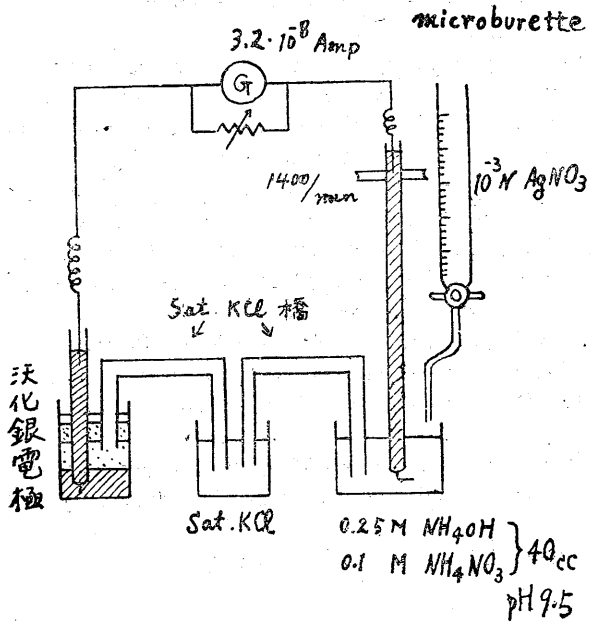
岩　木　五　郎 (Iwaki-Goro) *

Ⅰ. ま え お き

前報告 (1) において述べたように，アミノ酸々化複合酵素系の蛋白におけるSH-基は基質，或は作用族との結合に干与しているものと推定される．この点を更に明確にするために，中馬一郎博士指導の下に電流滴定法を用いて種々の條件の下で蛋白でのSH-基を定量したのが本篇の成績である．

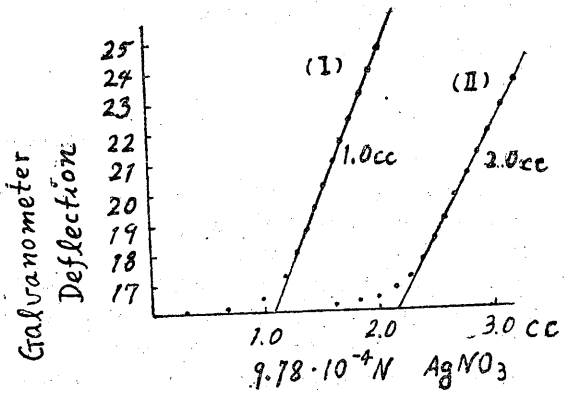
Ⅱ. 実 験 方 法

実験材料と方法



第1図　SH-基電流滴定装置の大略

実験材料は前報告に述べたものとすべて同じ



第2図　GSHによる豫備実験
10^{-3}M GSH 1.0cc, 2.0cc
0.25M NH_4OH ⎫ 40cc
0.1 M NH_4NO_3 ⎭ pH 9.5
GSH : $AgNO_3$ = 1 : 1

である．SH-基の電気的滴定には私の目的にかなうように，Kolthoff, Harrisの方法(2)を多少改変した．第1図はその装置の大要である．測定の原理はアンモニア性溶液においてSH-基が Ag イオンと $Ag(NH_3)_2^+ + RSH \rightarrow RSAg + NH_4^+ + NH_3$ なる当量的反応を行うことを利用するにある．

いま第1図に示したような装置で一定の電位差を与えつゝ，既知量のSH-基を含む溶液に $AgNO_3$ 液を滴下してゆくと上の化学式で示した反応が進む間は電流の増加が殆んど認められないが，反応が進んで存在していたSH-基が Ag イオンによつて全部固定されてしまうと，遊離の Ag イオンが生じ，そのためいわゆる

* 大阪大学医学部第一生理学教室 (久保教授)
* 大阪大学医学部第二外科学教室 (岩永教授)

限界拡散電流が流れ始める．そしてその電流は加えたAgイオンの量とほゞ比例する．

第2図に示すように，過剰のAgイオンに基く電流，$AgNO_3$ 直線の延長と横軸との交点を図から求めて被検体のSH-量とする．図の(I)では1.04となる．

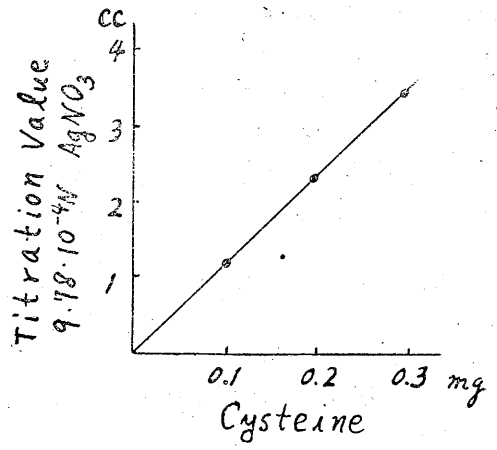
Ⅲ．実験結果及び考察

1. 豫備実験

Kolthoff, Harris (2) 及び Benesch, Benesch (3)はアルコール性水溶液において実験を行つているが，私は検体に蛋白が含まれている関係からアルコールを避けて，水溶液のまゝ行う計画をたてた．方法の適否を定めるために，まづ初めに純粋な glutathione (GSH) について豫備実験を行つた．用いたGSHはキリン科学研究所黒岩博士から分与された酵母より抽出せる純度99%のものである．こゝに同博士に感謝の意を表する．

結果は第2図に示すように GSH : $AgNO_3$ = 1 : 1 となる．

次に cystine (武田製品を3回再結晶) をWoodの方法 (4) に従い，電流密度 2mA/cm² で約60～120 分還元したものを用いたが，この場合は cysteine : $AgNO_3$ = 1 : 1.35 となる．たゞし秦氏(5)が報告されているように，また第3図に示す



第3図 SH-基と滴定値の直線性

ように，含まれている SH量と滴定値の間には直線性が成立する．

更に種々塩類の影響をみた．即ち目的とする酵素蛋白標本中に混在すると考えられる硫酸アンモニウム，ピロ燐酸塩がそれぞれ 0.1M 及び 0.001M までの濃度では GSH 及び cysteine の滴定値に対し何らの影響を与えなかつた．

なお前報告で述べた p-chloromercuribenzoate (PCMB) の影響をみた．その結果は第1表である．表からわかるように，このものは当量的に

第1表 PCMB と GSH との反応

加えた 10^{-3}M PCMB (cc)	滴定値 (cc)	GSH 測定値 (10^{-3}M cc)	GSH 計算値 (10^{-3}M cc)
0.0	2.75	2.69	2.69
1.0	1.77	1.73	1.69
2.0	0.78	0.76	0.69

GSH : PCMB = 1 : 1

滴定値を減少させる．また加えてから時間をおいて測定したが，滴定値に変化はなかつた．

PCMB とSH-基との反応は多くの研究者によつて報告されているのと同じように 1:1 である(6)．また PCMB とSH-基との反応は瞬間的に行われるものとしてよい．

以上の豫備実験から私の改変法は私の目的に対して適用してよいものである．

2. 蛋白Fに含まれるSH-基の定量

豚のアセトン腎より調製したアミノ酸々化酵素の蛋白部分のSH-基を定量した．この場合も滴定値と蛋白量との間に直線関係が成立する．

また第2表に示すように PCMB の添加によつて当量的に滴定値が減少することから，この

第2表 蛋白F と PCMB との反応

加えた 10^{-3}M PCMB (cc)	滴定値 (cc)	SH 測定値 (10^{-3} Mcc)	SH 計算値 (10^{-3}M cc)
0.0	0.80	0.78	——
0.5	0.33	0.32	0.28

ものはSH-基であると推論してよい．

次に蛋白Fに作用簇 FAD を結合させると，SH 滴定値がどのように変化するかをみたのが第3表欄2の成績である．加えた FAD 量とほゞ比例して滴定値が減少している．これは遊離のSH-基の減少を物語つている．このことから蛋白Fと FAD の結合体の量を求めることが許される．従つて第3表欄6はその値である．こ

第3表 蛋白Fと FADとの結合 (反応系液量40cc, pH9.5, 10°C)

加えたFAD量 (g. mol×10⁻⁶)	9.78×10⁻⁴N $AgNO_3$液滴定値 (cc)	残存蛋白SH基計算値 (g. mol×10⁻⁶)	蛋白SH, FAD複合系計算値 (g. mol×10⁻⁶)	残存FAD計算値 (g. mol×10⁻⁶)	平衡恒数 (mol/l)
0	0.66	0.645	0	0	
0.566	0.56	0.545	0.1	0.466	6.3×10^{-5}
0.845	0.505	0.495	0.15	0.695	5.6×10^{-5}
				平均	6.1×10^{-5}

(FADの純度は65%と見做してある)

の平衡恒数から結合エネルギーを算出すると約5.5kcal/mol となる.

平衡恒数が Warburg が bH8.3 で与えた値2.7×10^{-7}mol/l にくらべ約200倍大きいのは, 私の測定では pH9.5とアルカリ側に傾いており, いわゆる至適 pH からずれていることによるのか, 或は蛋白と FAD の結合がSH-基以外でも行われ, そのため解離恒数が大きくなるのかも知れない. 現在の私の教室での見解としては後の場合である公算の方が大きいと考えている(7).

次に基質である D, L-alanine の影響をみたが蛋白 F40mg に対し 11.1g まで加えても滴定値に何らの変化はなかつた. また蛋白 F40mg に前以て FAD600γ を結合させておき, D, L-alanine 1.11gまで加えた場合も同様に滴定値は動揺しなかつた. たゞ後者の場合, 拡散電流の流れ方が悪くなることがみられた.

前報告の結果によると, 蛋白FとD, L-alanine との結合は恐らくSH-基が干与すると想像されるのであるが, いまの電流滴定による結果とあわせ考えると, D, L-alanine は蛋白 Fと結合することによつて SH-reagent に対する抵抗を増加させるが, その間の結合はSH-基の近傍の他の基であつて, その基との結合によつてSH-基の反応性に何らかの影響を与えるような型式, たとえば立体障害で行われるのではないかと考えられる.

3) glutathion と FAD との結合

蛋白Fと FAD との結合において, すくなくとも結合型式の一要素としてSH-基が干与していることの他面からの例証として, glutathione と FAD を結合させて滴定してみたのが第4表の成績である. 即ちこの場合も明らかに結合によつて滴定値が減少している. この平衡恒数から結合エネルギーを算出すると約 5.4kcal/mol となる.

この値は前の蛋白Fと FAD との結合エネルギーと殆んど等しく, 僅かに2% 小さいにすぎない.

次に FAD に対し拮抗阻害的にはたらくriboflavineについて実験を行つた. FAD がSH-基と結合するならば, これに対し拮抗阻害を行うriboflavine もSH-基と結合すると想像されるが第5表に見られるように, 明らかに滴定値の減少がみられる. この平衡恒数から結合エネルギ

第4表 GSH と FAD との結合 (反応系液量40cc, pH9.5, 10°C)

加えたFAD量 (g. mol×10⁻⁶)	9.78×10⁻⁴N $AgNO_3$液滴定値 (cc)	残存SH-基計算値 (g. mol×10⁻⁶)	GSH, FAD複合系計算値 (g. mol×10⁻⁶)	残存FAD計算値 (g. mol×10⁻⁶)	平衡恒数 (mol/l)
0	0.94	0.92	0	0	
0.423	0.84	0.82	0.1	0.323	6.62×10^{-5}
0.846	0.78	0.76	0.16	0.686	8.14×10^{-5}
				平均	7.4×10^{-5}

第5表 riboflavine と GSH との結合 (反応系液量40cc, pH9.7, 10°C)

加えたriboflavine量 (g. mol×10⁻⁶)	9.78×10⁻⁴N $AgNO_3$液滴定値 (cc)	残存SH-基計算値 (g. mol×10⁻⁶)	riboflavine, GSH複合系計算値 (g. mol×10⁻⁶)	残存riboflavine計算値 (g. mol×10⁻⁶)	平衡恒数 (mol/l)
0	0.97	0.95	0	0	
0.30	0.91	0.89	0.06	0.24	8.9×10^{-5}
0.90	0.83	0.815	0.14	0.76	10.9×10^{-5}
				平均	9.9×10^{-5}

ーを算出すると約 5.3kcal/molとなる．この値は GSH と FA Dとの結合エネルギーと殆んど等しい．

なお酵母アデニール酸で riboflavineに代えて結合実験を行つたが GSH の10^{-3}M液1.0ccに対してアデニール酸の10^{-2}M液2.0ccまで加えたが滴定値の上に変化がみられなかつた．

從つて FAD と蛋白 SH との結合はアロキサチン核で行われるものと考えられる．

また D, L-alanine についても GSH との結合を検討してみたが，GSH10^{-3}M 液 1.0cc に対して0.5M 液を 6.0cc まで加えたが滴定値は変化しなかつた．

Ⅳ. むすび

以上の実験結果ならびに前報告の成績から次のような結論が得られる．

1. アミノ酸々化複合酵素系において，作用簇である FAD と蛋白担体との結合は主として蛋白のSH-基を介して行われる．この場合作用簇においてはアロキサチン核が干与すると考えられる．

2. FADに対し拮抗的に阻害するriboflavineもSH-基と結合する．

3. 基質 D, L-alanine と蛋白担体との結合はSH-基ではないが，前報告の成績と併せ考えると何らかの形でSH-基の反応性に影響を与えると考えられる．あるいはSH-基の近傍の他の基と結合するのかも知れない．

4. PCMB とSH-基との反応は当量的であり，且つ殆んど時間を要しない．

終りに本研究は，畏友中馬一郎博士の指導の下に行い，恩師久保教授，岩永教授の校閲を賜つたことを記し，こゝに謝意を表する．

文　献

1) 岩木五郎　本論文第Ⅰ篇
2) Kolthoff, L. M. and Harris (1946) Amperometric titration of mercaptans with silver nitrate using rotating platinum electrode J. Ind. Eng. Chem. Anal. Ed. 18, 161
3) Benesch, R. and R. E. Benesch (1948) Amperometric titration of sulfhydryl groups in amino acids and proteins. Arch. Biochem. 19, 35
4) Wood, G. E. and J. S. Dohan (1939) Electrolytic reductin and determination of oxidized glutathione. J. Biol. Chem. 129, 393
5) 秦　忠夫 (1950) SH-基の電流滴定法について 食糧科学研究 2, 13
6) Anson, M. L. (1941) The sulfhydryl groups of egg albumin. J. Gen. Physiol. 24, 399
7) 久保秀雄 (1951) アミノ酸々化酵素の結合について 酵素化学シンポジウム 第5輯 1

Summary

According to Singer, and Iwaki, SH groups play an essential role in D-amino acid oxidase system. Using amperometric method (Kolthoff & Harris), we have estimated protein SH groups.

1. The broad linear relationship holds between titration value and the quantity of glutathione added. Ammon sulfate and pyrophosphate, these are impurities in preparation of enzyme protein, do not interfere below the concentration of 0.001M and 0.1M respectively.

2. The reaction of PCMB with SH groups is strictly equivalent and rapid.

3. The linear relationship holds between titration value and the quantity of enzyme protein added. By combining FAD, the titration value of protein decreased. This suggests that the combination of FAD and protein will take place by protein SH groups. However, this linkage is not strong and the dissociation constant calculated from the amperometric value is 6.10^{-5} mole/liter. This value is larger compared with the value obtained by Warburg from the manometric method. From this, it is possible that another groups, except SH, may participate in combination FAD with protein. The effect of substrate on the titration value are not observed.

(Department of Physiology I, Medical School of Osaka University)

〔日本生理学雑誌・第13巻360頁・昭和26年8月25日〕〔昭和26年1月20日受付〕

動脈々波の基礎振動と末梢抵抗 612.16

其の1 理論的考察

Fundamental Vibration of the Arterial Pulse Wave and Peripheral Resistance.
Part 1. Theoretical Study.

畠山一平 (Hatakeyama-Ippei)*

I. 緒言

末梢動脈の脈波には多くの場合著明な2つの山を認める．殊に橈骨動脈では第2の山をディクロート波 (dicrotic wave) と呼び，半月瓣の閉鎖に依つて起るものとする考えが廣く行われていた (15)．一方之は瓣の閉鎖に依つて起されたものではなく，心臓からの血液駆出の爲に起つた血管内振動であると見做す考え方があり，此の振動を基礎振動 (Grundschwingung) と呼んでいる．此の考え方に依ると脈波形から測定出來る週期×傳播速度の積として計算した波長と実際の血管長には一定の関係がある筈であつてFrankは特に此の事を主張した．殊に股動脈の基礎振動は大動脈中の振動と見做すことが出來るとしてWindkessel理論に基く搏出量測定に応用する迄になつた (6, 13)．

然し実際上述の様にして波長を計算して見ると個体が違えば勿論，同一個体でも時に依つて甚しく変動するのである．殊に末梢血管の收縮狀態，血圧の高低に影響されることが多いと云われているが仲々一義的な説明を与えることは出來ない (13)．

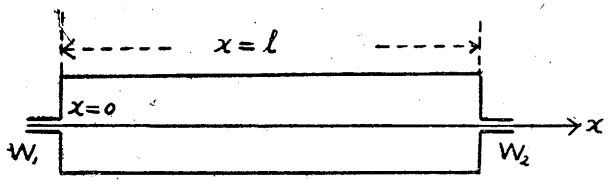
又此の基礎振動が実際血管内の波動であろうということは実験的にHamilton等 (7) がその定常波性を指摘し，最近Alexander (1) は之を確認している．

然し此の振動に就いての正確な力学的な研究は少い．Broemser (2) はフーリエ分析に依る振動論的な取扱をしているが，波動論的な考察はしていない．筆者は彈性管モデルに就いて波動力学的な取扱をなし若干の応用性のある結果を得た．茲では先ず考え方の基礎になる力学的理論に就いて述べよう．

II. 彈性管内の定常波

円管内に起る定常波の波長は管の両端が共に閉されているか開かれている時は波長は管長の2倍であり，一方が開き一方が閉じている時は管長の4倍であることは物理学上よく知られている事実である．然し管の両端或は一端が不完全に開いている時は此の様に簡單な関係がなく半波長と4分の1波長との間の種々の値を取ることも音響学上で知られている (10)．之を血管系に当て嵌めると末梢抵抗の狀態に依つて種々週期の変動することを意味する．然し実際の血管系は複雑であつて両端に末梢抵抗を持つモデルが直接には適合し兼ねるが，多くの類似も認められると考えられる．

第1図の様な両端に洩れの抵抗を持つ彈性円管を考えよう．此の管は内外共に非圧縮性粘性流体に漬かつているものとする．此の両端の洩れの抵抗を数量的に取扱うため粘性流体に於けるHagen-Poiseuilleの定理に基く定義に從う．即ち抵抗の内外の圧差をpとし，此の抵抗を通しての流量を單位時間当りiとする時



第1図 彈性管モデル

$$W=\frac{p}{i}$$

* 東京大学医学部生理学教室

で定義される W なる價を用いる(8). 此処では両端の抵抗値を管の断面積（不変と見なす）で除したものを夫々 W_1 及び W_2 とする. 彈性管の彈性の狀態を定めるものとして傳播速度 a を用いる. 之は此の非圧縮性液体を以て満された彈性管内の波動速度として把握されるものである. 管を構成する物質の彈性，半径，液体の密度等に依つて定まる. 液体の密度は ρ で現わす. 又円管中軸に沿つて座標軸を取り W_1 から測つた距離を x とする. W_2 の座標從つて管長は l であるとする. t なる時刻，x なる位置に於ける管内外の圧差，及び其処を通しての流速(單位断面積あたりの容積流速) を夫々 p(x, t), u(x, t) で現わす.

一般に此の様な彈性管では次の様な波動方程式が成立つ.

$$\begin{cases}\dfrac{\partial^2 u}{\partial t^2}=a^2\dfrac{\partial^2 u}{\partial x^2}\\[2ex]\dfrac{\partial^2 p}{\partial t^2}=a^2\dfrac{\partial^2 p}{\partial x^2}\end{cases}$$

之から次の様な一般解を得る(5).

$$u=F(at-x)-f(at+x) \quad \cdots\cdots(1)$$

$$p=\rho a[F(at-x)+f(at+x)] \quad \cdots\cdots(2)$$

F 及び f は條件に依つて定まる 2 つの函数を現わす.

先ず簡單な場合として次の條件を考えよう. 即ち

初期條件…t=0の時　u=0, p=0

境界條件…x=0に於てt>0の時 $u=\phi(t)=\dfrac{-p}{W_1}$

x=lに於てt>0の時　$u=\dfrac{p}{W_2}$

之は管の内外の圧力が同じで全く液体の流れが認められない狀態，つまり全く靜止の狀態にあつた彈性管の一端 x=0 に t=0 の時から始まつて圧力，從つて流速にも変動が起つた場合，各瞬間に於ける管内の圧力或は流速配置狀態は如何という問題を解くことである.

境界條件から

x=0 として之を (1) (2) に代入すると

$$u=F(at)-f(at) \quad \cdots\cdots(3)$$

$$p=\rho a[F(at)+f(at)] \quad \cdots\cdots(4)$$

処が x=0 に於いては $u=\dfrac{-p}{W_1}$ なる関係があるので(3)=$\dfrac{-(4)}{W_1}$と置いて

$$F(at)-f(at)=\frac{-\rho a}{W_1}[F(at)+f(at)] \quad \cdots\cdots(5)$$

を得る. x=lに於いても同様にして

$$F(at-l)-f(at+l)=\frac{\rho a}{W_2}[F(at-l)-f(at+l)] \quad \cdots\cdots(6)$$

(5) (6) から夫々

$$\left(1-\frac{\rho a}{W_1}\right)f(at)=\left(1+\frac{\rho a}{W_1}\right)F(at)$$

$$\left(1+\frac{\rho a}{W_2}\right)f(at+l)=\left(1-\frac{\rho a}{W_2}\right)F(at+l)$$

を得るが，之から Z なる変数を at，或は at+lに等しいと置くことに依つて

$$\begin{cases}F(Z)=\dfrac{1-\dfrac{\rho a}{W_1}}{1+\dfrac{\rho a}{W_1}}f(Z) \quad \cdots\cdots(7)\\[2ex]F(Z-2l)=\dfrac{1+\dfrac{\rho a}{W_2}}{1-\dfrac{\rho a}{W_2}}f(Z) \quad \cdots\cdots(8)\\[2ex]F(Z)=\dfrac{1+\dfrac{\rho a}{W_2}}{1-\dfrac{\rho a}{W_2}}f(Z+2l) \quad \cdots\cdots(9)\end{cases}$$

の様な関係が導かれる. 之等の式で ρ 及び a が不変で W_1 及び W_2 が変るとした場合管内ではどの様な波動が起るであろうか. 次に之を 5 つの場合に分けて考えよう.

(i) $\dfrac{1-\dfrac{\rho a}{W_1}}{1+\dfrac{\rho a}{W_1}}$ と $\dfrac{1+\dfrac{\rho a}{W_2}}{1-\dfrac{\rho a}{W_2}}$ が等しい場合

($W_1=W_2=0$ 或は $W_1=W_2=\infty$)

之は W_1, W_2 が負になり得ないから，W_1 及び W_2 が共に 0 か，或は ∞ かの何れかの場合である.

此の時は

$$F(Z-2l)=F(Z)$$

$$f(Z+2l)=f(Z)$$

を得る. 之は 2 の値がどの様であつても成立するので，此の 2 つの函数の和に ρa を乘じたもの及び差として表現される p 及び u は波長 $2l$ の振動をしていることが判る.

$W_1=W_2=0$ の場合は両端の開いた管，$W_1=W_2=\infty$ の場合は両端の閉じた管であつて，そ

の波長は波動論に於いてよく知られている事実である.

(ii) W_1 或は W_2 の何れかゞ 0 で一方が∞の時 ($W_1=0$, $W_2=\infty$ 或は $W_1=\infty$, $W_2=0$)

此の時は

$$F(Z)=-F(Z-2l)=-[-F(Z-4l)]=F(Z-4l)$$
$$f(Z)=-f(Z+2l)=-[-f(Z+4l)]=f(Z+4l)$$

之は波長が $4l$ なる波動を示す. 一端が閉じ一端が開いた管に相当し, その波長は波動論でよく知られているものと一致している.

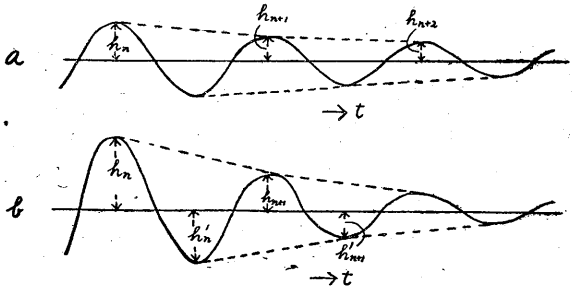
(iii) W_1, W_2 の何れかゞ∞で一方が 0 以外の有限値を持つ時 ($W_1=\infty$, $\infty>W_2>0$, 或は $\infty>W_1>0$, $W_2=\infty$)

之は一端の閉じた管で他端に抵抗のある洩れがある場合である. 此の場合(7), (8), (9)を満足させる様な單純な正弦函数として, F(Z), f(Z) を与えることは出來ない. 然し

$$F(Z)=\frac{1-\frac{\rho a}{W_2}}{1+\frac{\rho a}{W_2}}F(Z-2l)$$

を見るならば係数が正の時は1週期毎に $\dfrac{1-\frac{\rho a}{W_2}}{1+\frac{\rho a}{W_2}}$ 倍の減衰を受ける波長 $2l$ の正弦函数の和として考えることが出來る. 係数が負の時は波長 $4l$ となる. 減衰は半波長毎に係数の絶対値倍行われる.

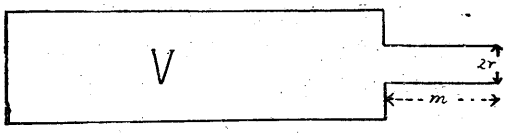
然し実際は此の様に簡單ではない. 弾性管の



第2図　減衰正弦波
a：波長 $\lambda=2l$ の時, b：波長 $\lambda=4l$ の時

(a)では $\dfrac{h_n+1}{h_n}$ (bでは) $\dfrac{h'_n}{h_n}$ が $\dfrac{(1-\frac{\rho a}{W_1})(1-\frac{\rho a}{W_2})}{(1+\frac{\rho a}{W_1})(1+\frac{\rho a}{W_2})}$ に等しい

定常波の波長は末梢抵抗の形状に依つて甚しく変動する. 例えば音響学上理論的に固有振動数の知られている第3図の様なモデルを考えよう(10). 音響学では空気の振動を扱うので, 管は剛体で作られていると見做されているが, 玆では管の方を弾性体とし, 内外の流体を非圧縮性と



第3図

する. 弾性管主体の体積を V とし, 附属弾性管の長さを m, 半径を r とする. 2つの管は何れも比容積弾性率が同じで, 從つて管内波動の傳播速度が何処でも a であるとする. 此の時, 此の管内定常波の波長は次の様に現わされる.

$$\lambda=2\sqrt{\frac{(m+2\times 0.5r)\,V}{r^2}}$$

〔但し開口補正として 0.5r を用いる簡單化をなした〕

之は実驗的にも略々一致する結果が得られている(9). r の変化に依る λ の変化は2倍以上にわたつている.

血管系の場合長さの変化は一応無視し得るであろうが, 直径は相当変化しているわけである. 從つてその固有の波長も相当変るものと考えられる. 今の場合は r の減少と共に λ が増すので, 循環系では末梢抵抗の増加と共に λ が増すことに対応出來る.

(iv) W_1, W_2 の何れかゞ 0 で一方が 0 以外の有限値を持つ時 ($W_1=0$, $\infty>W_2>0$, 或は $\infty>W_1>0$, $W_2=0$),

之は一端が開いた管で一方が不完全に閉じている場合である. 之も (iii) に於ける如く一週期或は半週期毎に $\left|1-\frac{\rho a}{W_2}\right| \Big/ \left|1+\frac{\rho a}{W_2}\right|$ 倍の減衰を受ける正弦波の和として現わされるが, (iii) はと反対に係数 $\left(1-\frac{\rho a}{W_2}\right)\Big/\left(1+\frac{\rho a}{W_2}\right)$ が負の時に $\lambda=2l$, 正の時に $\lambda=4l$ となる.

実際は末梢抵抗の形状で波長が甚しく変動することも (iii) に述べた通りである.

(v) W_1, W_2 が両方共 0 以外の有限値を取る場合 ($\infty>W_1$, $W_2>0$)

此の場合は

$$F(Z)=\frac{\left(1-\frac{\rho a}{W_1}\right)\left(1-\frac{\rho a}{W_2}\right)}{\left(1+\frac{\rho a}{W_1}\right)\left(1+\frac{\rho a}{W_2}\right)}F(Z-2l)$$

右辺の係数の絶対値は1より大とならない．此の係数が正の時は波長 $2l$，負の時は $4l$ の正弦波で一週期或は半週期毎に

$$\left|\left(1-\frac{\rho a}{W_1}\right)\left(1-\frac{\rho a}{W_2}\right)\Big/\left(1+\frac{\rho a}{W_1}\right)\left(1+\frac{\rho a}{W_2}\right)\right|$$

倍の減衰を受ける波動が解として与えられる．

之等の定常波の節及び腹の位置に就いては，抵抗値が0の時はそこに節，抵抗値が∞の時にはそこに腹がある様になることは，波動論に於いて既知の事実と一致する．之等の場合両端共に節或は腹の時は $x=\frac{l}{2}$ の処に腹或は節があるわけである．W_1 或は W_2 が0でも∞でもない時には完全な定常波が生じないので，完全な節及び腹を定めることは出來ないが，振幅が最も小さい点を節，振幅の最も大きい点を腹とするならば $\left(1-\frac{\rho a}{W_1}\right)\Big/\left(1+\frac{\rho a}{W_1}\right)$ 或は $\left(1-\frac{\rho a}{W_2}\right)\Big/\left(1+\frac{\rho a}{W_2}\right)$ の正負に從つてその抵抗のある端が夫々腹或は節となる．両端共に腹或は節の時はやはり $x=\frac{l}{2}$ の処に不完全な節或は腹がある．

以上の論議は端に於ける抵抗を相当模式化してある．実際は徐々に連続的に管が細くなつて行く上，流体抵抗を持つと考えられる管の弾性を無視することも出來ない．そこには種々複雑な現象が起るであろうが，今は一応論議の外に置く，只(iii)に於いて述べた附属管のある弾性管の固有波長の大きな変化をその1例として引用するに止める．

Ⅲ．過渡的現象として現われる振動と定常波との関係

Ⅱに於いて論じたものと全く同じモデルで過渡的状態を考えよう．$x=0$ に於ける圧力の時間的変化を $\varphi(t)$ で現わそう．之はxに沿うつて傳播し減衰がなければxなる点でtなる時刻に $\varphi\left(t-\frac{x}{a}\right)$ なる圧力を示すことはよく知られた事実である．此の傳播した圧力は $x=l$ に於いて反衝し大いさを変じて逆方向に傳わる．之は $\varphi'\left(t+\frac{x}{a}\right)$ で現わされる．從つて $\frac{l}{a}>t>\frac{2l}{a}$ の間では管内の圧力pは

$$p=\varphi\left(t-\frac{x}{a}\right)+\varphi'\left(t+\frac{x}{a}\right)$$

で現わされる．之と(2)とを比べると

$$\varphi\left(t-\frac{x}{a}\right)=\rho a\,F(at-x)$$

$$\varphi'\left(t+\frac{x}{a}\right)=\rho a\,f(at+x)$$

(8)を参考にすると F(Z) と f(Z) との間には次の関係が成立たなければならない．

$$f(at+x)=\frac{1-\frac{\rho a}{W_2}}{1+\frac{\rho a}{W_2}}F[at-x-2(l-x)]$$

從つて

$$\varphi'\left(t+\frac{x}{a}\right)=\frac{1-\frac{\rho a}{W_2}}{1+\frac{\rho a}{W_2}}\varphi\left(t-\frac{x}{a}-2\frac{l-x}{a}\right)$$

之は一点xに於ける圧力の時間的経過が，その点に $x=0$ から傳わつて來たものに $2\frac{l-x}{a}$ 丈け前，即ち此の点から $x=l$ を反射して返つて來る時間丈け前の値が $\left(1-\frac{\rho a}{W_2}\right)\Big/\left(1+\frac{\rho a}{W_2}\right)$ 倍になつて加わつたものに等しいことを意味している．之は $\frac{2l}{a}>t>\frac{3l}{a}$ の間でも成立するのであるが，此の時 φ には $x=0$ からの反衝として $\left\{\left(1-\frac{\rho a}{W_1}\right)\Big/\left(1+\frac{\rho a}{W_2}\right)\right\}\varphi'$ 從つて $\left\{\left(1-\frac{\rho a}{W_1}\right)\left(1-\frac{\rho a}{W_2}\right)\Big/\left(1+\frac{\rho a}{W_1}\right)\left(1+\frac{\rho a}{W_2}\right)\right\}\varphi$ が加わつていることが，前と同じ考え方から導かれる．此の成分は

$$\varphi''\left(t-\frac{x}{a}\right)=\frac{1-\frac{\rho a}{W_1}}{1+\frac{\rho a}{W_1}}\varphi'\left(t+\frac{x}{a}-2\frac{x}{a}\right)$$

$$=\frac{\left(1-\frac{\rho a}{W_1}\right)\left(1-\frac{\rho a}{W_2}\right)}{\left(1+\frac{\rho a}{W_1}\right)\left(1+\frac{\rho a}{W_2}\right)}\varphi\left(t-\frac{x}{a}-\frac{2l}{x}\right)$$

である．即ち $x=0$ に於ける反衝を考えない時に比べて之丈けの値が φ に加わつていることになる．之等 φ'，φ'' 等を考える時，一点xに於ける圧力はどうなるであろうか．

1例として実際の血圧曲線に近いものを考えよう．之は Frank(4) の示した基本波形，或は Wetterer(11)のものでもよい．此処では Wetterer が研究してよく実際値と合致した容積流速が

$i=A\sqrt{t}-Bt$ (A, Bは常数) で示された場合の圧力として

$$p=p_d+\varepsilon\left(\frac{A\sqrt{t}}{\frac{3}{2}+\frac{\varepsilon}{W}}-\frac{Bt}{2+\frac{\varepsilon}{W}}-\frac{p_d}{\varepsilon+W}\right)\cdots(10)$$

で現わされる波形を基準として考えることにする.

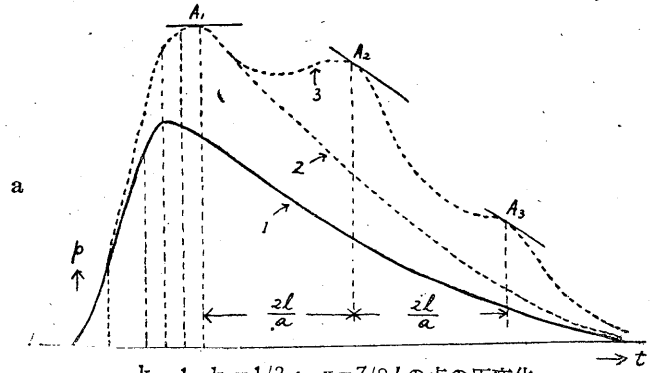
此の式で現わされるものに限らず一般にxなる一点の圧力に注目した時, $\frac{l}{a}<t<\frac{2l}{a}$ の時の極大極小値は $\frac{dp}{dt}=0$ から

$$\frac{d}{dt}\varphi\left(t-\frac{x}{a}\right)=-\frac{d}{dt}\varphi'\left(t+\frac{x}{a}\right)$$

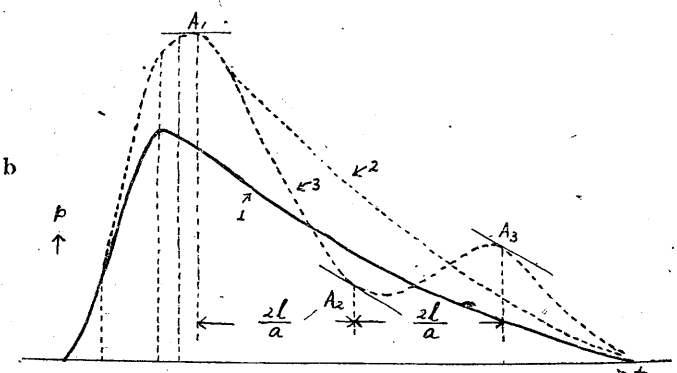
從つて

$$\frac{d}{dt}\left\{\varphi\left(t-\frac{x}{a}\right)+k_2\varphi\left(t-\frac{x}{a}-2\frac{l-x}{a}\right)\right\}=0$$

から計算される



$k_1=1$, $k_2=1/2$; $x=7/9\,l$ の点の圧変化



$k_1=-1$, $k_2=1/2$; $x=7/9\,l$ の点の圧変化

第4図　反衝に依る圧力曲線の変化

1……x=0 に於ける基本波形

2……x=0 からの反衝がないとした時の圧変化

3……x=0 からの反衝をも考慮した時の圧変化

A_1 は時間軸に平行な直線との切点, A_2, A_3……等は基本曲線を圧力軸に平行に移動した曲線との切点であり, 基本曲線との差の極大極小点に相当している.

$$\left(\text{但し}\quad k_2=\frac{1-\frac{\rho a}{W_2}}{1+\frac{\rho a}{W_2}}\right)$$

之は図示の様に (第4図), $k_2>0$ の時は $2\frac{l-x}{a}$ の時間々隔で得られる2つの φ の圧力値を相加えたものとして此の時のxに於る圧力値が求められるからである. $t>\frac{2l}{a}$ 以後 φ として現わされるものが, すべて $x=0$ からの反衝に依るものとすれば, 次の極大値として

$$\frac{d}{dt}\left\{k_1\varphi\left(t-\frac{x}{a}-\frac{2l}{a}\right)+k_2\varphi\left(t-\frac{x}{a}-2\frac{l-x}{a}\right)\right\}=0$$

$$\frac{d}{dt}\left\{k_1\varphi\left(t-\frac{x}{a}-\frac{2l}{a}\right)+k_1k_2\varphi\left(t-\frac{x}{a}-\frac{4l-x}{a}\right)\right\}=0$$

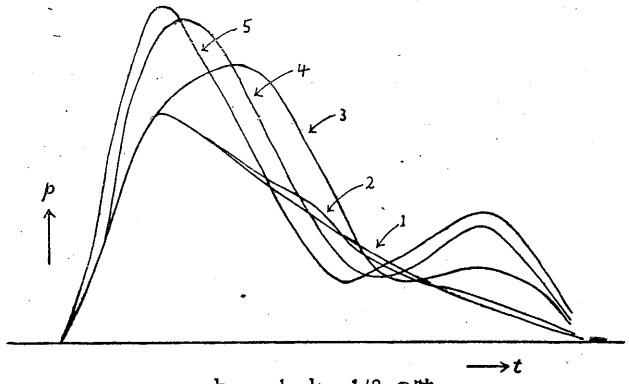
等が得られる. つまり k_1, k_2 が常数ならば最初の極大極小値を示した時刻から $\frac{2l}{a}$ 時間後に極大極小値が得られることが判る. 最初のものが極大値で $k_1k_2>0$ の時は $\frac{2l}{a}$ 時間後の値は極大値であり, $k_1k_2<0$ ならば極小値である. 之は二次微分を取つて見ると判る. 実際は φ は $t>\frac{2l}{a}$ 以後も $x=0$ での反衝波以外のものを含むので, 此の極大値, 極小値はその上に重畳し, 図示の様な波形を呈するであろう. φ が複雑な形を呈する時は極大極小値は上述の様に簡單には定め難いが少くとも, 波長 $2l$, 或は $4l$ の振動をその圧力曲線の上に見る筈である.

第4図の様な圧変化では單純な波動を呈するだけである.

之をⅡに述べた定常波の波長と比較するならば全く同じ様なことがいえることが判るであろう.

又此の振動の減衰の有様も, 定常波の場合と同様に k_1, k_2 と関係ずけることが出來る. k_1, k_2 の絶対値の小さい程減衰が大きいわけである.

第一の極大値に達する時間は頂点時間 (crest time) と称して Dillon 及びHertzman (3) が手指脈波と橈骨動脈脈波との関係を論じているが, 之は末梢抵抗と関係することは上述の



$k_1=-1$, $k_2=1/2$ の時

第5図　各所の圧力曲線

1……x=0 に於ける基本波形
2……x=1/9 l
3……x=1/2 l
4……x=7/9 l
5……x= l
} に於ける圧変化

ことから判るであろう．中心に近い方と末梢に近い方の時間的差異は簡單には云えないが，$k_2>0$ の時は比較的末端に近い処では末梢程短いが，或る程度反衝点から外れると却つて中心に近い方が短くなることは彎曲点のある一般の脈波で考えられることである．

波長と管長の関係が簡單には定められない一般の場合には，或る一点に返つて來る反衝波の時間的関係，減衰狀態が上述の様に簡單には与えられない．然し少くとも定常波，準定常波の生ずる以上，仮想上の反衝点を考えることが出來よう．つまり今迄に論じて來た彈性管に於いて末梢抵抗を想定する末端よりも外側，即ち $x>l$, $x<0$ なる点に仮想の反衝点を考えるのである．そうすると今迄の理論を殆んどその儘用いることが出來る．

振幅の最も大きい点即ち腹，或は小さい点即ち節は波形が正弦波でないので，定常波の場合をその儘用いることは一般には出來兼ねるが，普通の脈波形では凡そ，定常波と同じ結果を得る．即ち節及び腹の存在位置が略々同じである．

以上の論議は種々の抽象化，簡略化を行つている．その結果を実際に用いる爲には更に細かい考察を必要とすることもあろう．然し筆者はモデル実驗，人間の脈波，動物実驗の檢討に依り，以上の理論的結果で説明される多くの現象を示し得た．之に就いては続報に譲る．

Ⅳ．実際の循環系への当て嵌め方

完全な閉管或は開管は実際の循環系には存在しない．從つてFrank, Wezler 等の説いた様には実際の血管長と基礎振動波長との間に完全に2倍或は4倍の整数的関係を齎らす事は出來ないであろう．実際彼等の得た結果も充分此の條件を満足せず説明に苦しんでいる．

然し一端が完全な開管に近いと見做される場合を考えることは出來る．大動脈は伸展性が大なので，之から直接分岐している血管は一端に開管を持つと考えてよいであろう．例えばA. intercostalis, A. carotis の如きがそれである．A. carotis の基礎振動波長は Wezler 及び Otto (14) が carotis の基礎振動週期と大動脈傳播速度から想像しているが70 cm から 90cm という値を示し，到底実際の血管長の2倍と考えることが出來ない．之は一方が殆んど閉じ一方が殆んど開いている管と考えれば矛盾のない説明が与えられるのではなかろうか．又 A. subclavia を介しての A. axillaris, A. bradrialis, A. radialis 及び A. ulnaris の一連の血管も略々一方が開いた管と見做してよいであろう．之に就いては追つて報告する．

屢々問題にされる股動脈の基礎振動波長は此の様に簡單に考えられない．血管分布も複雑で末梢抵抗に相当したものを各所に考えなければならないであろう．而もその波長は末梢抵抗の狀態に依つて甚しく変化し血管長との関係を簡單に定めることは出來ないはずである．之に就いての詳細は後報に譲る．

Ⅴ．要　　約

両端に洩れのある彈性管内外に液体が満された時に起る波動現象を波動論的に論じた．管内に起る定常波の波長は管長が同じでも洩れの狀態に依つて変動する．波動の減衰狀態は洩れの

組合せに依つて変動する．此の結果を実際血管内に起る波動に適用するために一般の過渡的状態を考察した．更に実際の血管内に起る脈波の基礎振動の波長に理論的に得た結果を応用出来る若干の可能性を示した．

終に臨み，恩師福田邦三教授の懇切な御校閲を載いたことに心からの謝意を表する．

文　献

1) Alexander, R. S. (1949) Transformation of the Arterial Pulse Wave Between the Aortic Arc and the Femory Arterye. Am. J. Physiol. 158, 287
2) Broemser, Ph (1940) Über die Grundschwingung des arteriellen Pulses Z. Biol. 100, 88
3) Dillon, J. B. and A. B. Hertzman (1941) The Form of the Volume Pulses in the Finger Pad in Health, Arteriosklerosis and Hypertension. Amer. Heart J. 21, 172
4) Frank, O. (1899) Die Grundform des arteriellen. Pulses. Z. Biol. 37, 483
5) Frank, O. (1927) Die Theorie der Pulswellen. Z. Biol. 85, 91
6) Frank, O.(1930) Schätzung des Schlagvolumens des menschlichen Herzens auf Grund der Wellen- u. Windkesseltheorie. Z. Biol. 90, 405
7) Hamilton, W. F. and P. Dow (1939) An Experimental Study of the Standing Waves in the Pulse Propagated through the Aorta. Am. J. Physiol. 125, 48
8) 福田邦三・長島長節・畠山一平 (1950) 血液循環 83頁 生理学講座 第8巻Ⅱ，1. 4
9) 勝木保次・時実利彦 (1944) 共鳴器の傳導率に就いて 日本音響誌 第5巻，4輯，1
10) Rayleigh, J. W. S. (1929) The Theory of Sound 2Ed. Mc Millan and Co. Lim. § 307, 180
11) Wetterer, E. (1940) Qnantitative Beziehungen zwischen Stromstärke und Druck im natürlichen Kreislauf bei zeitlich variablen Elastizität des arteriellen Windkessels. Z. Biol. 100, 260
12) Wezler, K. (1935) Die Wirkung von Temperaturreizen auf der arteriellen Puls. Z. Biol. 96, 261
13) Wezler, K. u. A. Böger. (1939) Die Dynamik des arteriellen Systems. Erg. Physiol. 41, 292
14) Wezler, K. u. O. Otto. (13) p. 385に依る
15) Wiggers, C. J. (1928) The Pressure Pulses in the Cardiovascular System. p. 80 Longmans, Green and Co. N. Y.

Summary

The configuration of the arterial pulse wave, especially of the fundamental vibration "Grundschwingung" was studied on the basis of the theory of elasticity and the wave mechanics. As the most simple model, elastic tube connected with high distensible depot filled with liquid inside (fig. 1) was studied. As the outcome of the theoretical treatment, the following are pointed out.

Wave length, decrement and position of nodes and antinodes of the standing wave occurring in this tube is considered to vary with the leakage at both ends.

Related to these results the transitional phenomena are discussed. The pressure change at one end. viz. the radix, is transmitted and deformed by the reflex wave from the other end, viz. peripheral end. This reflex wave formes the vibration on the fundamental pressure curve, namely, the pressure curve on the radix. Therefore the configuration among others of the pressure curve varies with the position on this elastic tube. The period of the standing wave agrees with the period of the transitional vibration occurring in this tube. (This period must be measured by the method shown in fig. 4). The position of nodes and antinodes of the former is considered to correspond to respectively the least distinct and the most distinct point of the latter. For example, if the radix leak resistance ($=W_1$) equals 0 and the leak resistance of the peripheral end ($=W_2$) is not so small, the more distant from the radix, the greater is the peak value of the pressure and more distinct is the vibration caused by the reflexion (fig. 4b, fig. 5).

In the circulatory system, this vibration is considered to correspond to the fundamental vibration of the arterial pulse wave. From this point of view several examples in the human pulse wave were discussed shortly.

Actual points in the problem of the circulatory system of humans and animals will be studied in succeeding reports.

(Department of Physiology, University of Tokyo Medical School)

〔日本生理学雑誌・第13巻367頁・昭和26年8月25日〕〔昭和26年3月10日受付〕

生理的クレアチン尿の出現頻度並びにそれが意義 612.46

On the Occurrence of Physiological Creatinuria.

古山　誠 (Furuyama-Makoto)*

Ⅰ. 序　言

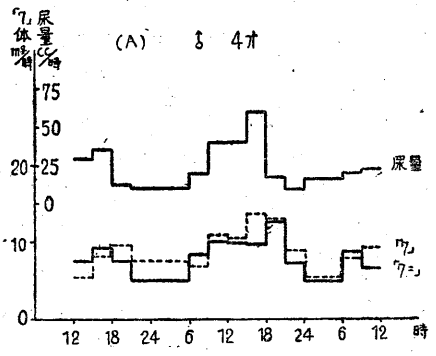
所謂生理的クレアチン尿（以下生理的「ク」尿と略す.）の出現頻度の統計的観察は，本邦に於ては安田 (11) の報告が見られるのみである．最近福田 (3) は，その出現は副腎皮質機能不全に起因するであろうことを指摘し，こゝに生理的「ク」尿の意義も漸く明らかにされるに至つた．然りとすれば，その出現頻度も安田報告と時代及び環境を異にする現在に於いては当然異つた成績を示すものであろうと考え，多数例に就いて測定條件を吟味して系統的研究を行つた．尚同一年令・同一性別につき生理的「ク」尿をみる者とみざる者とに就き，体質・体力的差異をみるや否やを調べ，その特質をも明らかにせんと試みた．

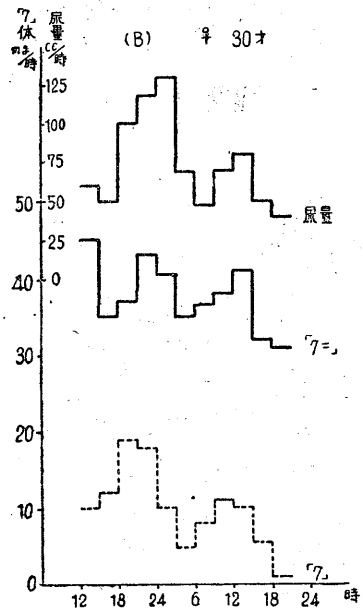
Ⅱ. 実 験 方 法

尿中「ク」体の定量は，Folin-Wu の定量法により，Dubosq 比色計を用いた．「ク」よりクレアチニン（以下「クニ」と略す.）への轉化に就いては，加熱 120°C，60分が必要にして充分なることを知つた．又，尿採集に当つては特に高溫時における細菌性分解に注意し，その保存に際してはトルオールを加えた．

血清「ク」の定量は，Langley & Evans (6) の 3, 5-Dinitrobenzoate 法に従つた．

第1図　クレアチン体の排泄周期





Ⅲ. 実 験 成 績

1. 尿中「ク」の排泄周期

多数例の生理的「ク」尿の出現頻度を求めるに当つて，完全なる蓄尿を以てすることは極めて実施困難なるため，適当な時刻における採尿を以て之に代えんと欲し，先づ「ク」尿の排泄の時間経過を調べた．その成績は第1図 (A, B) に示す如くで，「ク」尿の排泄は24時間周期を示し起床後より漸増し，午後最も高く，夜間睡眠中下降し最低値を示す．

此の際「クニ」の排泄量の変動を観るに，幼児に於いては，動揺激しく日中多く夜間少ないが，成人に於いては，略ぼ一定して著しい動揺は見られない．

以上の観察から，随時尿を以て「ク」尿出現を判定するには正午前後に採尿を行うのが最も適当と思考せられる．

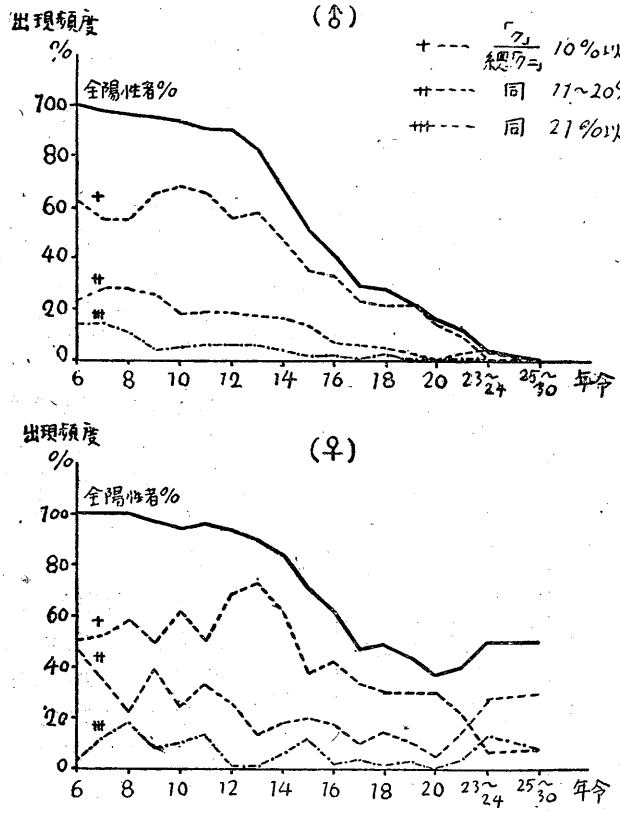
2. 生理的「ク」尿の出現頻度

被檢者として千葉市附近の生徒・学生・学校関係者につき，年令別・性別に各50名以上

* 千葉大学医学部生理学教室労仂生理研究室

の健康者を選び，特に結核・肝臓疾患に注意した．又，女子に就いては，「ク」尿排泄と月経周期との関係が唱えられておる(7)ので，月経周期の中間期にある者のみを選んだ．尿採集は，前節の成績より正午前後の随時尿とし，「ク」出現の決定には，誤差を縮少し且つ実施を簡易ならしめるため，基準液を用いないで総「クニ」濃度に対する既成「クニ」濃度の比を求めた．更に「ク」の出現を量的に検討するために，「ク」の総「クニ」に対する比率を，2%以下は測定誤差，3～10%を弱陽性，11～20%を中等度陽性，21%以上を強陽性とした．

観察は後述の理由から総べて盛夏を除いた季節に行い，その成績は第2図に示す如くである．男子は満12才まで，女子は満13才まで90%以上「ク」尿陽性で，思春期に急激に下降し，男子では満21才以上に於いては10%以下に低下するが，女子では満20才で37%まで低下し，それ以上の年令では再び出現率の上昇をみる．更に出現強度別でみれば，男子に於いては，その何れの曲線も全陽性者曲線に略ぼ平行するが，女子に於いては，弱陽性曲線は満21才以上に於いても下降するに反して，中等度及び強陽性の曲線は上昇する．この特殊現象は，成人女子に於いては「ク」尿出現に対する新たな因子の介入することを示唆する．



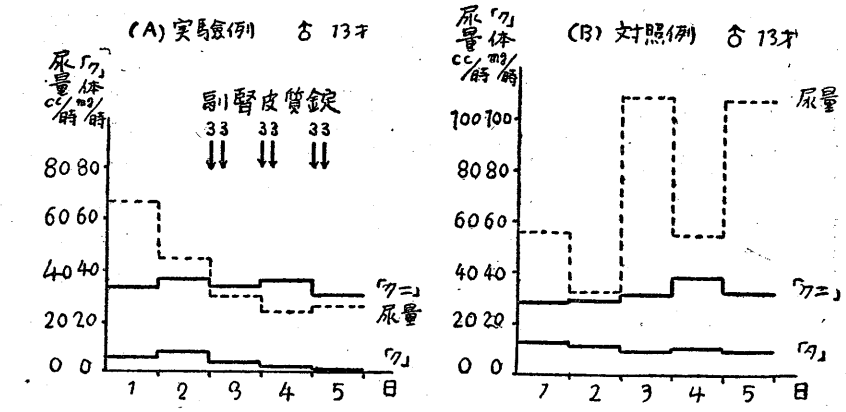
第2図　「ク」尿出現頻度曲線

以上の出現頻度に就いて安田報告(11)と比較するに，男子12才乃至13才で被検者20名中出現者4名即ちその出現率20%，15才以上に於いては出現者皆無である．との成績とは著しく相異することを知る．女子の場合は，安田は成年者の略ぼ1/3に「ク」排泄をみると述べているが，この点は著者の得た成績にほゞ一致する．

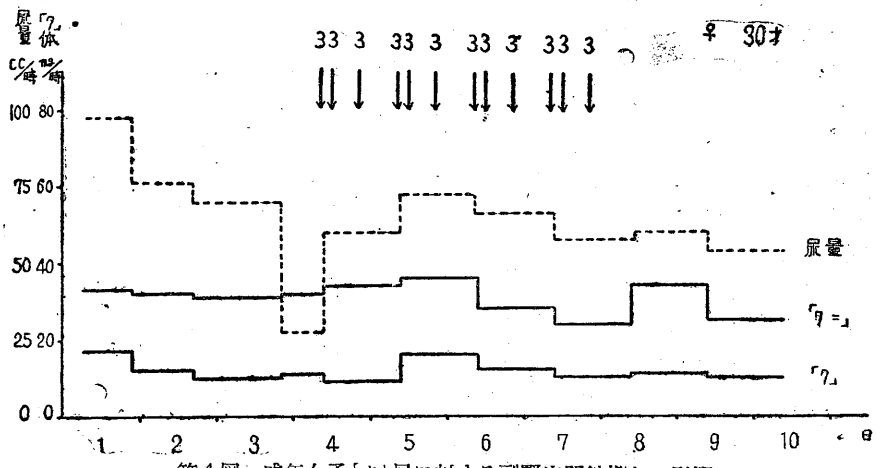
3. 生理的「ク」尿の副腎皮質抽出物（利尿因子）投与に対する反応

未成年男女の生理的「ク」尿排泄者に対して副腎皮質水溶性抽出物（利尿因子：福田 4）を経皮的に投与した場合尿中「ク」は短時間内に完全に消失し，数時間後に至つて再び現われることを福田(3)は報告し，之を以て生理的「ク」尿は副腎皮質機能不全によるものと結論しているが，果して生理的「ク」尿が該皮質水溶性抽出物によつて持続的に抑制され得るか，又それが経口的投与も有効なりやの問題をも併せて再検した．

被検者として満13才の健康男子9名を選び，昼間7時間を蓄尿した．実験方法は，最初の2日間を対照日とし，第2日の夕刻より朝夕副腎皮質錠各3ケ宛（1錠：副腎皮質1g相当）を服用せしめた．その成績は第3図に例示する通り，対照日に比較し尿中「ク」量は少くとも1/3に減少し，3日連続投与により完全消失をみることが多い．この際「クニ」量には変化が見られない．即ち斯る條件では，副腎皮質錠は「ク」排泄にのみ関係し，経口的投与によ



第3図　副腎皮質錠投与による「ク」尿の消長



第4図　成年女子「ク」尿に対する副腎皮質錠投与の影響

り持続的抑制効果を発揮し得ることを知つた.

然しながらこゝに注目すべきことは,「ク」尿を排泄する20才以上の成年女子に於いては,皮質抽出物は「ク」尿の排泄を抑制し得ないことである. 即ち第4図に示す通り,対照日3日の後1日副腎皮質錠3ケ宛3回,連続4日間投与し更に2日間無投与時期を,24時間蓄尿を以て観察したが,「ク」量及び「クニ」量に影響が見られなかつた. この成績を,前節に記述した事実,即ち女子の「ク」尿出現率が思春期に一度最低に達した後再び年令と共に上昇することを考え合わせる時,成年女子「ク」尿は,若年者にみる生理的「ク」尿とは趣きを異にし,従つて狭義の生理的「ク」尿とは別に考えらるべきであろう.

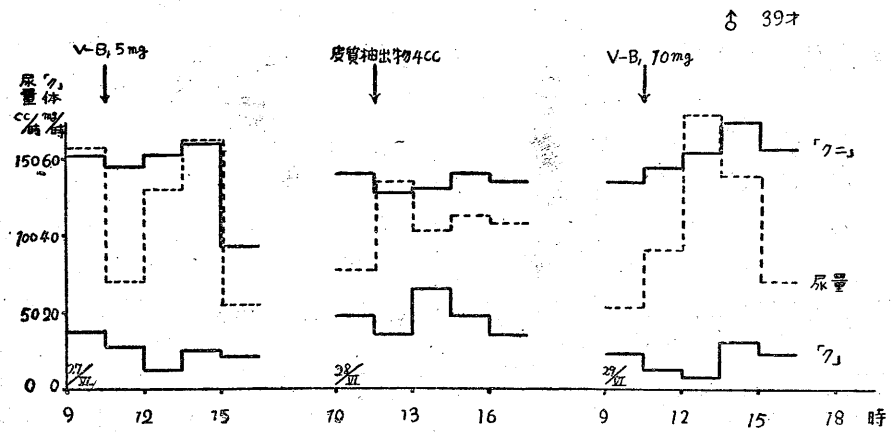
4.「ク」尿出現に対する季節の影響

高熱作業時には成年男子に於いても「ク」尿の出現が屢々見られることは,既に報告せられている(5)が,季節的の関係に就いては文献が見られない. よつて著者は,被検者として当研究室の健康成年男子(満21～満39才)16名について,昼間の随時尿を採集してこの点を検討した.

成績は第1表に示す通りで,冬期に於いては16名中1名の「ク」尿出現者をみるのみであるが,所謂梅雨の時期には殆んど総べての被検者に「ク」尿の出現をみ,この状態は7月下旬まで続

第1表　夏期における「ク」尿出現頻度

No.	性別	年令	出現成績						
月			Ⅶ	Ⅵ		Ⅶ		Ⅷ	Ⅸ	Ⅹ
室		温(C)	15	23	28	29	27	29	28	25
濕		度(%)	／	／	80	72	90	82	64	68
1	♂	39	−		+	−	+		++	+
2	〃	38	−	++	+	+	+	+	−	−
3	〃	30	−	+	++	−	+	+	−	−
4	〃	29	−	+	+	+	+	−	−	−
5	〃	28	−					−	−	−
6	〃	27	−		−	+	+		−	−
7	〃	27	−		+	−		+	−	−
8	〃	26	−		+	++	+		−	−
9	〃	26	−		+	+		+	−	−
10	〃	24	−			+	+			−
11	〃	24	−	+	+	−		+	−	−
12	〃	24	++		+	++	++	+	+	−
13	〃	24	−		+	+	−	−	−	−
14	〃	23	−		+	−	+	−	−	−
15	〃	23	−	+	+	−			+	−
16	〃	21	−		++	+		−	−	−
被検者数			16	5	14	15	10	11	15	16
尿中「ク」出現者数			1	5	13	9	9	6	3	1



第5図　夏期における「ク」尿抑制実験

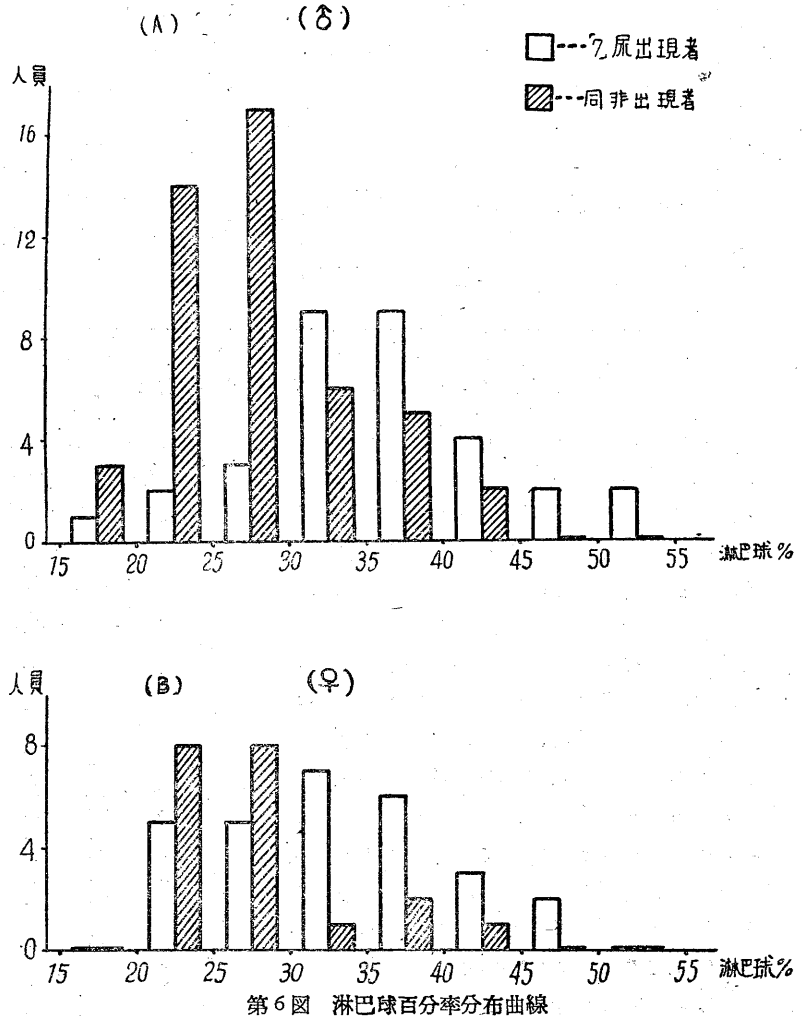
くが，8月以降その出現率は低下し，10月に至つて再び冬期の状態に復する．

この夏期に於ける「ク」尿出現者に既述副腎皮質抽出物（1cc：皮質 0.5g相当）を投与するに，第5図第2日に示す如く，必ずしも「ク」尿を抑制することは出來ない．然るに同一被檢者に$B_1$5mg或は10mg を皮下に投与すると，第5図第1及び第3日に示す如く，注射後急速に且つ短時間「ク」尿を抑制し得る．隨つて夏期に於ける成人「ク」尿の出現は，若年者の生理的「ク」尿とはその出現機序を異にする，と考えねばならない．この場合「ク」尿者には所謂夏まけ現象が著明であり，上記観察からして高溫・高濕下のB_1 代謝障碍によるものと考えられる．

以上の事実からして，生理的「ク」尿の統計的観察には季節を明記することが必要であり，夏期に於いては殆んど総べての健康成年男子と雖も「ク」尿をみるものであることを知つた．

5. 生理的「ク」尿と体力並びに血液像との関係

以上の実験より健康者に於ける「ク」尿出現には複雑な因子の存在することを知つたので，満20才以下の若年者の盛夏を

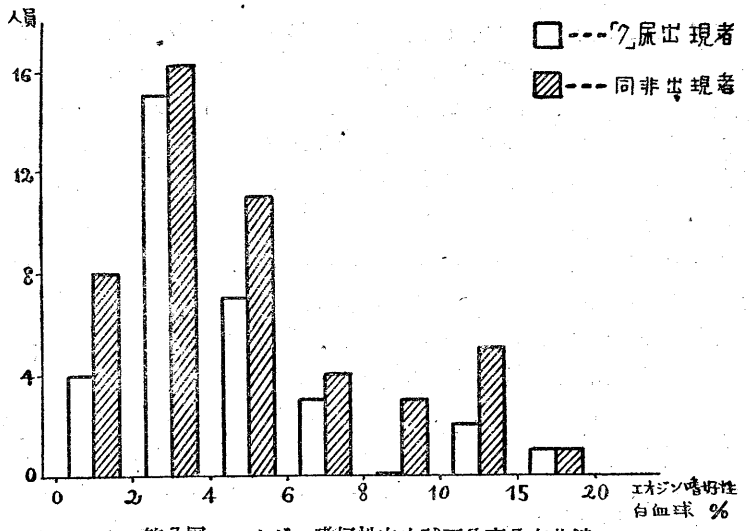


第6図　淋巴球百分率分布曲線

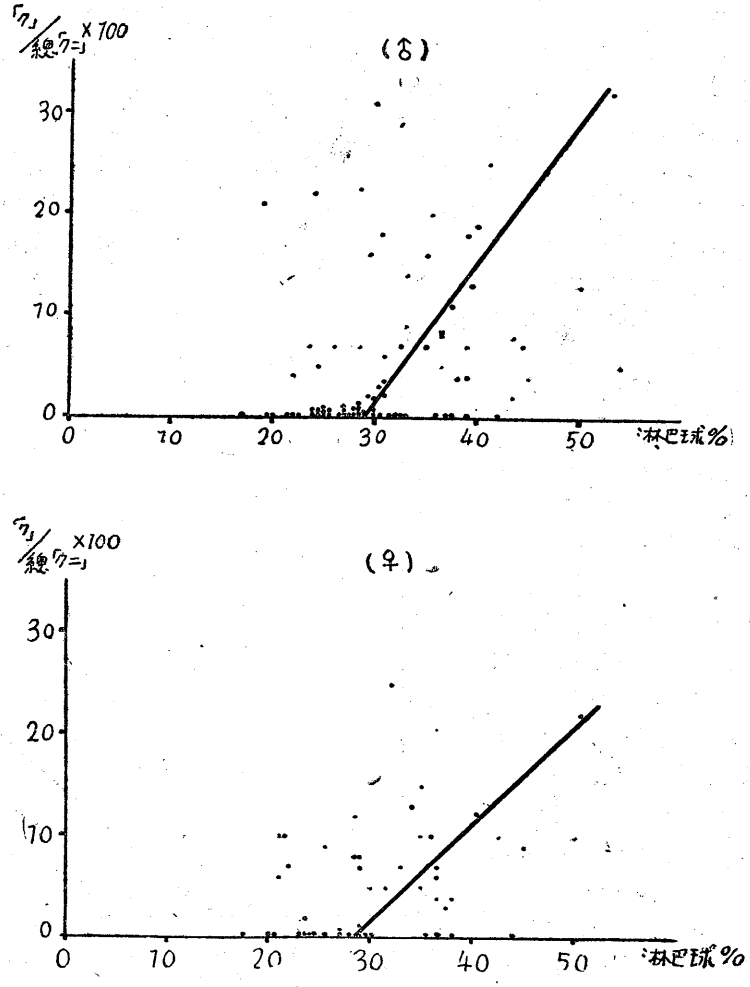
除いた季節にみる「ク」尿を先づ狭義の生理的「ク」尿と看做し，これが出現が体力と如何なる関係にあるかを，健康男子 171 名（満14～満18才），健康女子 223 名（満15～満20才）計 394 名に就いて年令別・性別に比較検討するに，脈搏・最高及び最低血圧・脈圧・肺活量・比体重・脊筋力・握力・初経來潮年令及び既往・現症よりの体質判断（麻疹罹患年令・濕疹・蕁麻疹・喘息・肋膜炎・頸部淋巴腺炎及び自家中毒の既往症並に便祕・偏食の有無等）の各項目に於いて，「ク」尿出現者と非出現者との間に何等の有意の差をみることが出來なかつた（data 省略）．唯だ白血球百分率に就いてのみ有意の差を認め得たのでこゝに記載する．

白血球百分率は塗抹標本について白血球数 500 を数えて求めた．

今，健康男子79名（16～17才）の淋巴球百分率と「ク」尿出現との関係に就いて分布曲線を画くと第 6 図 (A) に示す通り，生理的「ク」尿出現者は同一年令・同性の非出現者に比べて淋巴球増多の傾向を示す．尙，エオジン嗜好性白血球に就いては第 7 図に示す通り，斯る算定方法では生理的「ク」



第 7 図　エオジン嗜好性白血球百分率分布曲線



第 8 図　尿中「ク」と淋巴球百分率との相関

尿出現者と非出現者との間に有意の差を認め得なかつた．更に女子に就いても18～19才の被検総数49名について検討するに，同様淋巴球百分率について「ク」尿者・非「ク」尿者の間に同様な分布の相異をみた（第6図(B)）．

以上の成績から，狭義の生理的「ク」尿出現と白血球像に於ける淋巴球百分率の間に関連を認め得たので，更にこの間の量的検討を試みた．即ち「ク」尿出現強度（「ク」/総「クニ」×100）と淋巴球百分率値の関係を求むれば，男・女に於いて第8図（A，B）の如くとなる．今この両変数の間に直線関係が成立するとして，特に横軸上の点の平均値を中心に仮に点分布の鏡像を加えて近似直線を算出すれば，図示の如くでありその相関係数は男子0.51，女子0.56となり，「ク」尿出現強度と淋巴球百分率値の間にも相関を認めざるを得ない．斯くして生理的「ク」尿の成因に関し，一応淋巴球百分率の増加を考慮せねばならず，この意味に於いても副腎皮質水溶性抽出投与効果とは別に，後述の如く副腎皮質機能との関係が示唆されるのである．

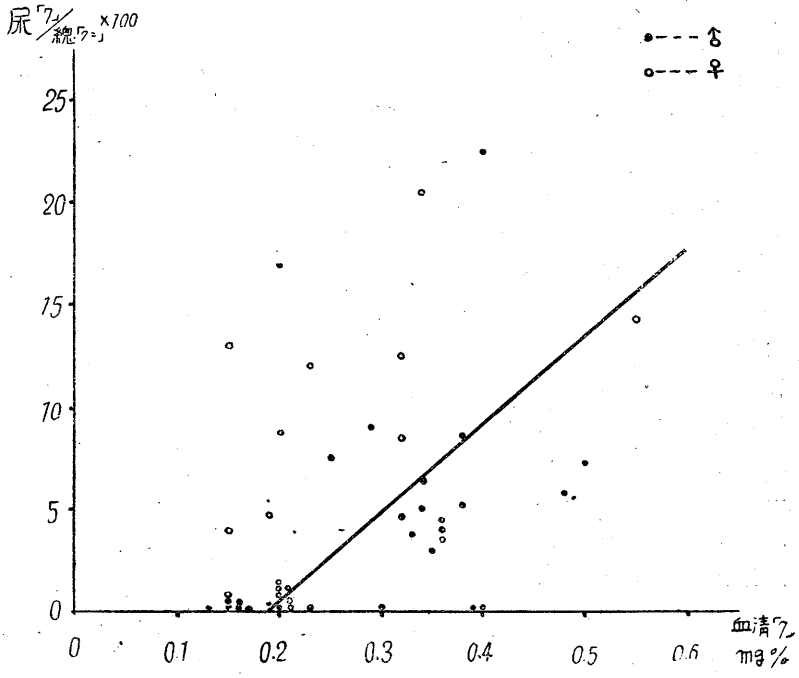
6. 尿中「ク」と血清「ク」との関係

最後に生理的「ク」尿出現機序に関し，尿中「ク」出現は，血清「ク」濃度の上昇に関連するか否かを定めるために，健康男子31名（満13～満37才），健康女子16名（満17～満19才）計47名を被検者とし，採尿と同時に採血し，血清「ク」濃度と尿中「ク」出現強度（「ク」/総「クニ」×100）の関係を調ぶれば第9図に示す通りである．即ち両者の間には明らかに相関をみる（相関係数0.66）．

太田 (8) も一般に「ク」尿者は血清「ク」濃度の高いことを報告しており，Van Slyke 研究室に於いては，小兒・婦人の「ク」排泄の血清閾値濃度は0.6mg%でそれ以上になれば尿中排泄をみる，と云つている．著者の成績では必ずしもかゝる一定閾値を与えぬし，且つ閾値を仮定しても遙かにそれよりも低い．之れはもとより定量法如何にもよるが，何れにしても生理的「ク」尿は血清「ク」濃度の高いことにも因することは認められる．

Ⅳ. 考　　察

生理的「ク」尿の出現頻度に関する年令・性別の多数統計の報告は，序言に述べたる如く極めて少ない．特に季節的関係を記載したるものはなく，この点こゝに観察せられた夏期「ク」尿を特殊なものとして除外しての狭義生理的「ク」尿に関しては，比較すべき文献がない．斯くの如き生理的「ク」尿の出現状況は，所謂病的「ク」尿の判定に於いて重要なる意義を有するものである．従來バセドー氏病には「ク」尿を伴うものが多いと言われている (10) が，特に同病が思春期前後の女性に多く見られることを考えれば，必ずしも直ちに疾病との関連を断定することが出



第9図　尿中「ク」と血清「ク」との相関

來ぬ如きである．本統計の示す所によれば，男子23～24才以上に於いて「ク」尿をみれば，明らかに病的なものと断定し得るのであり，安田統計による男子生理的「ク」尿消失年令満15才を以てすることは，現在の狀況に於いては不可である．

思春期以後の女子「ク」尿持続に関しては，現在その原因が明らかにせられておらず，性ホルモンとは直接関連も認められていない(9)．著者は甲狀腺機能抑制の意味で，メチオジール(4-Methyl-2 thiouracil 1錠 0.025g) 1日15錠宛3日間に亙つて投与したが「ク」尿に関しては何等影響を見なかつた．この成年女子「ク」尿が副腎皮質水溶性抽出物(利尿因子)により抑制され得ないことから，著者はこれを若年者生理的「ク」尿とその機序を異にするものと考えておる．女性の投与「ク」に対する耐量が男子に比して少なく，且つ筋型の発育程度とは関係のないことは，既に認められた事実であり，これが解明は今後の問題である．

「ク」尿出現機序に関しては，既に Bergmann 門下の Brentano[1] (1) は筋・肝グリコーゲン含量の減少との相関を指摘しており，近時解糖過程に於ける高エネルギー燐酸結合（アデノージン3燐酸・クレアチン燐酸）の発生が明らかにせられ，細胞内クレアチン燐酸の保持には円滑なる解糖の行われることが必要なることが，解明されるに及び，糖質代謝との関係も再認を要することゝなつた．著者の観察した夏期「ク」尿に対する B_1 投与の影響の如きは，斯る観点から容易に了解し得るのである．解糖並びにグリコーゲン形成過程の障碍の多因子性を考えるならば，副腎皮質水溶性分劃（利尿因子）投与により消失する狹義生理的「ク」尿も亦，何れかの因子の障碍に起因するものと考えている．

生理的「ク」尿者に於いては比較的淋巴球増多症にあることは，かゝる者に於いて副腎皮質機能の減退 (12)，特に糖代謝ステロイドの分泌減少を思わせる (2)．斯くして生理的「ク」尿者に於いては，所謂胸腺淋巴体質との関連が考えられるが，既往症檢索に於いては確実に之を把握出來なかつた．尙副腎皮質機能低下は，同時に利尿因子分泌不足を伴うか否かに関しては，その化学的正体の決定を俟つて解決せらるべき問題であり，たゞこゝに，皮質ステロイドは「ク」尿を抑制せざるのみならずその排泄増加を來すことより，生理的「ク」尿が皮質ステロイドの分泌不足によるものではないことを附記する．

最後に生理的「ク」尿の出現の直接原因としては，血清「ク」濃度の檢討実驗からしてそれが血清中の濃度上昇が考えられ，この血中濃度上昇は，筋・肝における前述の如きクレアチン燐酸保持能力に由來するものと思われる．

V. 摘　　要

1. 若年者生理的クレアチン尿の出現率は，男子に於いては12才で90%を示し，思春期に急速に低下し，満23才を超ゆれば殆んどその出現を見ない．女子に於いても出現率は同様思春期に減少をみるが，20才を超ゆれば再び上昇，成人に於いて約50%を示す．成年男子に於いても夏期には殆んど総べてに「ク」尿をみ，之は B_1 投与により消失せしめ得，生理的「ク」尿とは別に扱うべきである．

2. 若年者生理的「ク」尿は，夏期を除いては副腎皮質水溶性分劃（利尿因子）の経口的投与により之を抑制し得るも，成年女子の「ク」尿は抑制し得ない．

3. 生理的「ク」尿出現者は，非出現者に比べて比較的淋巴球増多症にあり，その血清「ク」濃度も亦高い．

稿を終るに当り，終始御懇篤なる御指導御鞭撻並に御校閲を忝うした恩師福田篤郎助教授に，厚く謝意を表す．

文　　献

1) Brentano, C. (1936) Die Glykogenbildung aus Traubenzucker während der Kreatinurie. Z. ges. exp. Med. 98, 677
2) Dougherty, T. F. & A. White (1944) Influence of hormone on lymphoid tissue structure and function. Endocrinology, 35, 1
3) 福田篤郎 (1950) 生理的クレアチン尿の出現條件 日本生理誌 12, 87
4) 福田篤郎 (1950) 高血圧治療に於ける副腎皮質ホ

ルモンの意義 臨床内科小児科 5, 391
5) 公衆衛生院生活科学部 (石川知福・平出順吉郎) (1946) 三菱化成工業株式会社牧山工場に於ける高熱作業調査報告 54
6) Langley, W. D. &. M. Evans (1936) Determination of creatinine with sodium 3, 5—dinitrobenzoate. J. Biol. Chem. 115, 333
7) Mühlbock, O. & C. Kaufmann (1932) Kreatinurie nach parenterale Kreatinbelastung und ihre Beziehung zur Ovarialfnnktion. Z. ges. exp. Med. 85, 272
8) 太田重夫 (1943) 血液内クレアチン体の正常値, 分布状態並びに性及び年令的差異について 東京医学誌 58, 427
9) Peters, J. P. & Van Slyke (1946) Quantitative clinical Chemistry Interpretations, Vol. I
10) Jierney, N. A. & J. P. Peters (1943) The mode of excretion of creatine metabolism in thyroid disease. J. Clin. Invest. 22, 595
11) 安田守雄・吉川春寿・福山富太郎 (1942) Kreatin 体に関する生理化学的研究 (第2報 邦人常尿中の Kreatin 及び Kreatinin に就いて) 厚生科学 4, 237
12) Zwemer, R. L. & C. Lyons (1928) Leucocyte Changes after Adrenal Pemoval. Am. J. P. 86, 545

Summary

The occurrence of physiological creatinuria decreased with ages until puberty in both sexes. In case of normal malescreatinuria disappeared completely at the age of 23, while ih females it again became frequent and was observed in about 50 per cent of normal adults. Physiological creatinuria in the youth of both sexes showed correlation to their relative lymphocytosis. Except in cases of adult female the physiological creatinuria could be inhibited by oral administration of the adrenal cortical extract (water soluble fraction, "diuretic factor"-Fukuda). This indicated also the different nature of the creatinuria observed in the adult female.

Even normal adult male showed creatinuria in hot summer, which, hewever, could be inhibited by administration of vit. B_1. This fact should be taken into consideration in case of statistical observation of the occurrence of physiological creatinuria.

(*Department of Physiology, Chiba Med College*)

〔日本生理学雑誌・第13巻375頁・昭和26年8月25日〕〔昭和26年3月20日受付〕

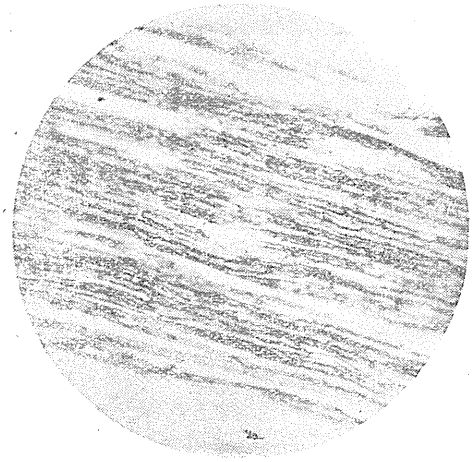
冬眠中の蟇から作つた後索—後根標本における神経線維の活動流および傳導速度に関する研究 612.823.5

Studies on the Action Potential and the Conduction Velocity of the Excised Dorsal Column and Dorsal Root of Hibernating Toad.

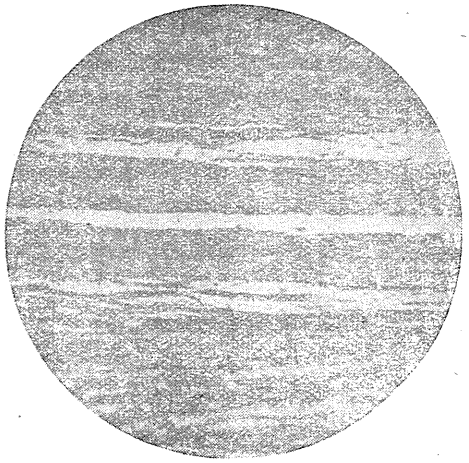
円谷　豊 (Tsumuraya-Yutaka)*

I. 神経標本並びに組織学的檢索

中枢神経系内にある大多数の神経線維は構造上末梢神経系のそれと異り，Ranvier 絞輪が無いと言われている(1). 著者は覚醒時および冬眠時の蟇の脊髄，後根および坐骨神経に就いて5μの連続截片をつくつて Weigert 氏髄鞘染色法により，また2% の Osmic acid で固定し同じく5μ の連続截片をつくつて絞輪の多少を檢した．其結果絞輪は坐骨神経には数多く，後根には疎らに見られたが，脊髄内の神経線維はすべて非常に細く，その中に絞輪を認めることが出來な

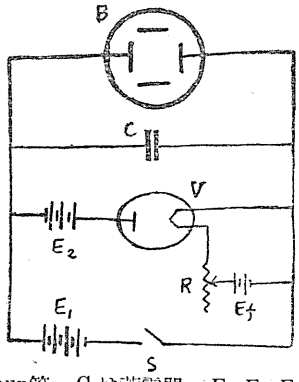


(1) 坐骨神経



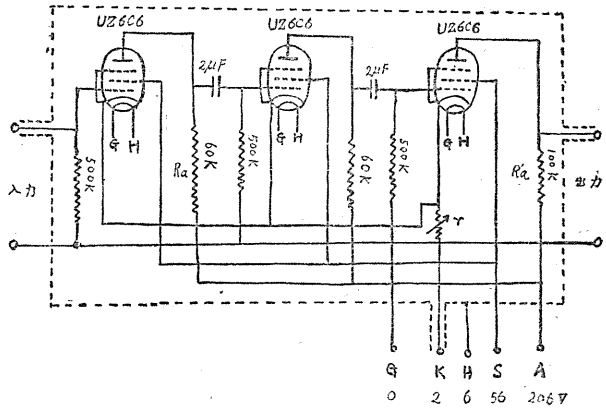
(2) 脊髄後索

第1図　神経線維の顯微鏡写眞図 (Osmic acid で固定し厚さ5μの截片にした)



B はBraun管，C は蓄電器，E_1, E_2, E_f は電池
V は2極管，R は抵抗，S は開閉器

第2図　単掃引時間軸回路



第3図　増幅器

* 東京大学医学部生理学教室

かつた（第1図）．從つてRanvier絞輪は神経線維に於いて末梢より中枢に向つて其数が減少し，脊髄内に入つて殆んど消失すると言うことが出來る．これまでに絞輪のない有髄神経線維標本に就いての電気生理学的研究は見当らないから著者は後索—後根—脊髄神経—坐骨神経標本を作つて各部の活動流を描記して通常用いられている方法により最も速い神経線維の傳導速度を測定し，標本の各部に於ける傳導速度を比較した．そして嚴寒の時期に実験を行い，長く冬眠中の蟇を用いたから冬眠時の蟇から剔出した脊髄後索，後根および末梢神経における最も速い神経線維の傳導速度を測定することが出來たのである．

Ⅱ．実　驗　方　法

実驗材料として冬眠中の蟇から剔出した脊髄後索線維の一群，第9または第8および第9後根，脊髄神経（A. Ecker's Anatomie des Frosches, 1864による），および坐骨神経から成る神経標本を用いた．脊髄内の神経線維は極めて脆弱なため單一線維を分離することが出來なかつたから後索中の或る線維束を分離して標本の一部とした．即ち脊髄および末梢神経を露出した後実驗に使用する以外の前後根を脊髄の附着部に於いて切断し，後索の一部を脊髄の中枢端より分離してゆき，“後索—後根—脊髄神経—坐骨神経標本”を作つた．

活動流の描記はBraun管外部撮影法に拠つた．使用した管球は芝浦電機製 BG-140-V 型で，螢光白色，螢光板の直径は 140mm，陽極電圧は3000V，偏向感度は第1偏向板が0.18 mm/V，第2偏向板が0.23mm/Vである．描記曲線の横軸を單掃引時間軸にするため眞空管の飽和電流を以て蓄電板を充放電し，其両板の電位差を偏向板に導く一般の方法を用いた（第2図）．

撮影は螢光板の前方約 40cm の位置に写眞機を据え，これを支持器にて保ち，写眞機の昇降用螺子によつてレンズの部分だけを僅かづゝ動かし，数個の現象を互に重複しないように順次に描かせた．増幅器としては比較的時間定数の大きいR-C 3段増幅器を用いた（第3図）．

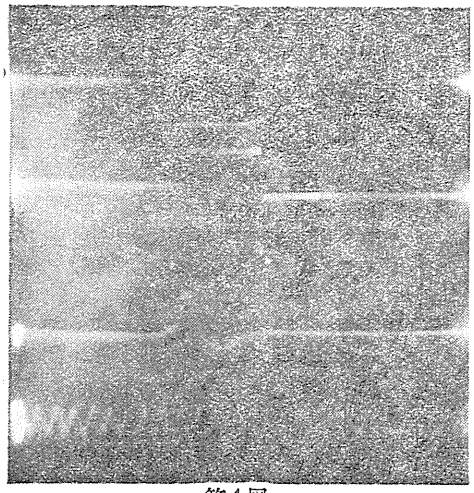
第4図は ±0.5mV の直角電流の曲線および蟇の坐骨神経の活動流を示した図である．刺激としては約 0.000085秒間（東式振子が最大速度で 1/10mmの距離を通過する時間）持続する直流を用いた．その場合に閉鎖刺激のみが有効で開放することは無効であつた．刺激電極としては直径 0.4mm の銀線を用いた．誘導電極としては面積0.5cm²の銀板に Ringer 氏液を浸した木綿糸を密に捲いたものを用い，その側縁上に神経を載せた．そして此等2対の電極は夫々第5図の如く paraffin で容器の中に固定した．誘導電極間距離は 6mm，刺激電極間距離は 3mm であつた．

Ⅲ．実驗成績並びに考察

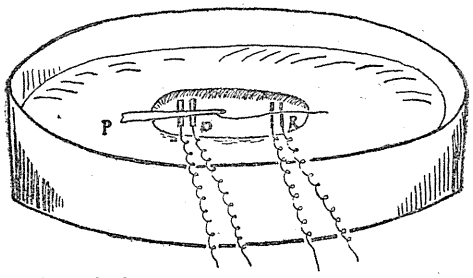
A．脊髄後索並びに後根の活動流：蟇の脊髄後索の長さはせいぜい 2cmにすぎないので刺激電流を後根の末梢部（第6図および7図）または坐骨神経（第8図及び9図）に与え，後根および後索上を約 1cmの間隔で順次其上方に向つて活動流を描記した（第6, 7, 8, 9図）．第9図の場合には第8および第9番目の2つの後根並びに脊髄神経を持つた標本を用いたが，他の場合には第9後根および脊髄神経だけをつけた標本を用いた．第8図の下方2個および第9図の下方3個の活動流は後根から得たものであつてその波形が分離している．そして後索上部および中央部の活動流は2相性で（第6，8，9図上2および第7図），後索活動流のスパイクの高さは後索の中で約 1cm上になるとほゞ 3/5 に減つている（第1表）．然し後根のスパイクの高さはその誘導部位によつて著しい変化がなく後索中央部および上部のそれの約5乃至6倍である．

Gasserおよび Graham (2) は猫の脊髄より3相性活動流を誘導し，神経細胞を除いた脊髄内神経線維の活動流波形としては2相波を仮定している．またスパイクの高さは根の這入る脊髄節ではほゞ根の活動流のそれと同じで，脊髄を上行するに従い次第に減少することを認めてい

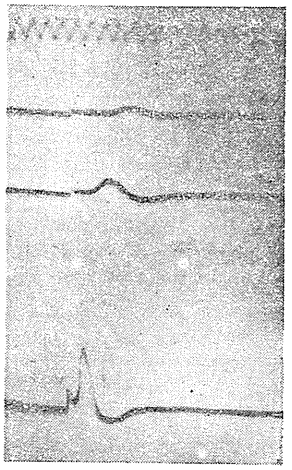
る著者の研究は後索の線維群を脊髄より分離して作つた標本に就いて行つたから標本の後索中央部および上部の活動流は脊髄神経線維群の活動流である．そして上述の如くこれが2相性であることを確認した訳である．なお著者の用い



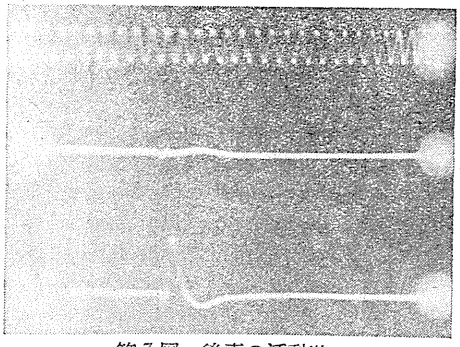
第4図
上より 0.5mV の直流，蟇の坐骨神経の活動流
時尺 (1000cycle/sec)



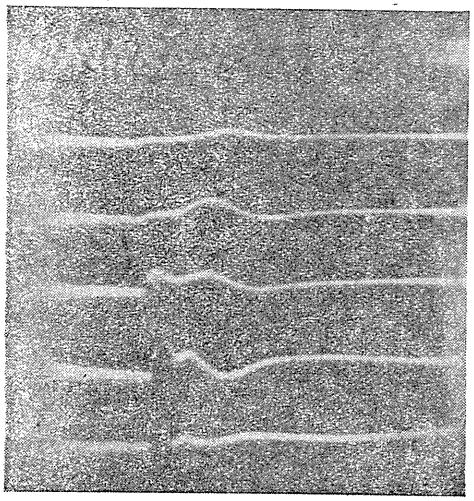
第5図　標本を刺激および誘導電極上乗せた図
P：標本，R：刺激電極，D：誘導電極



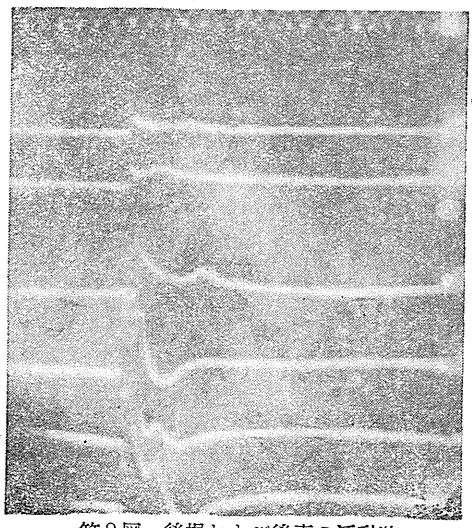
第6図　後根(下)および後索の活動流



第7図　後索の活動流



第8図　後根および後索の活動流



第9図　後根および後索の活動流

第1表　脊髄後索，後根，坐骨神経の傳導速度

実験番号	溫度 (℃)	脊髄後索 傳導距離 (cm)	脊髄後索 傳導速度 (cm/sec)	脊髄後索 スパイクの高さの比	第9後根 傳導距離 (cm)	第9後根 傳導速度 (cm/sec)	坐骨神経 傳導距離 (cm)	坐骨神経 傳導速度 (cm/sec)
1	9	1.5	661	3/5	——	——	——	——
2	9	1.2	750	13/25	——	——	——	——
3	10	0.8	462	13/25	1.1	1222	——	——
4	9.5	——	——	——	——	——	2.3	2030
5	9.5	——	——	——	1.0	1450	——	——
6	9.5	0.9	675	1/2	——	——	——	——
7	9.5	——	——	——	——	——	3.0	2400
8	9.5	——	——	——	1.1	1209	——	——
9	10	0.9	450	7/10	——	——	——	——
10	9	——	——	——	1.1	1100	——	——
11	9	0.5	417	5/8	——	——	——	——
12	9	——	——	——	——	——	4.0	1843
13	9.5	1.2	419	5/8	——	——	——	——
14	9.5	——	——	——	——	——	3.5	2162
平均			548	3/5	——	1245	——	2102

た標本に於いては実驗後組織学的に檢査した結果神経細胞が含まれていなかつたが，後索下部の活動流はしばしば波形が複雑でスパイク電位の後に遲電位が現われているような観を呈した(第9図上より3番目)．スパイクの高さは後索下部に於いて比較的大きいが，しかし後根のそれよりは明らかに小さい．このことは Gasser および Graham の猫の脊髄の場合と異る点であるが，組織学的檢索の結果から見て，後根の太い有髄線維が脊髄に這入るや否や直ちに多くの細い枝に分れることに原因すると考えられる．次にスパイクが後索の中を上行するに從つてその高さが著しく小さくなるのは，主として各節において灰白質に行く神経線維の枝が標本を作るとき切断されるからであると解せられる．

また前述の如く後索の有髄線維は一様に髄鞘で被われ絞輪を持つていないが，これから通常末梢神経において見られるような活動流が描記されるのであるから田崎 (3) の跳躍興奮說をもつて後索線維における傳導を說明することが出來ない．

B. 後索および後根における傳導速度：後根末端または坐骨神経に單一刺激を加え，スパイクの上昇起点および傳導距離から後索，後根および坐骨神経における最も速い線維の傳導速度を測定したのであるが，9乃至10°Cにおいて後索では平均5.48m/sec，後根では平均12.45m/sec，坐骨神経では平均 21.02m/sec という値を得た(第1表)．即ち後索線維の傳導速度は後根線維のそれの44%であつて，坐骨神経線維のそれの26%である．なお後根線維の傳導速度は坐骨神経線維のそれの59%に当る．

Gasser および Graham (2) は猫の脊髄後索線維の枝分れしない部分の傳導速度がそれに連なる第7腰後根のそれの37%であることを報告しているが，著者が蠶標本について測定した後索線維および後根線維の傳導速度の比もほゞこれに近い値である．そして Gasser および Grundfest (4) によれば有髄神経線維の傳導速度は軸索の直径に比例するが，組織学的檢索の結果蠶脊髄後索線維の直径は後根有髄線維の直径に比して遙かに小さいから同様な関係が蠶の後根および後索の線維についても認め得るかも知れない．しかし著者はこの研究を行わなかつた．

最近の眞島の研究 (5) によれば覚醒時の蠶から剔出した神経標本において求心性並びに遠心性傳導の場合に，坐骨神経における最も速い線維の傳導速度が第9後根における最も速い線維の傳導速度に等しく且つその値は一定の條件においては常に一定であるが，麻酔藥を作用させた後恢復期に神経線維の狀態が殆んど定常になる時期においては後根の最も速い線維の速度が坐骨神経におけるそれの65%位まで低下する．即ち麻酔の後に坐骨神経内にある後根知覚細胞

の線維枝は速かに恢復するが後根内にある知覚線維枝は長い間麻酔の影響を受けているのである．そして寒冷が作用する場合にも麻酔の場合と同様に神経線維の傳導速度が低下するが，寒冷の場合にも，眞島の麻酔実驗の場合と同様に溫度を相当に高めても後根内にある知覚線維枝においては寒冷の影響が長く残ると考えられる．著者は0乃至4°Cの溫度において長く冬眠中の蟇から標本を作り，9乃至10°Cにおいて実驗を行つたのであるから，坐骨神経における知覚線維枝においては傳導速度が相当に良く恢復し，後根知覚線維枝においては冬眠の影響が長く残つていたのであろう．なお前述の如く冬眠中の蟇から剔出した神経標本において後索内の知覚線維枝の傳導速度は坐骨神経内にある知覚線維枝のそれの26%であつたが，正常な後索線維について精細な研究を行つた上でなければ，冬眠の際に後索線維が比較的高度に寒冷の影響を受けるかどうかを決定することが出來ない．

総　　括

1. 冬眠中の蟇から後索，後根，脊髄神経および坐骨神経より成る標本を剔出して，これに求心性單一刺激を与え，標本各部における活動流および傳導速度を檢した．また標本各部を組織学的に檢査したが，後索においては軸索が一様に髄鞘によつて被われRanvier絞輪を認め得なかつた．

2. 常に2極誘導を用いて標本各部の活動流を比較したが，その形は後索の有髄線維群においても根および坐骨神経における場合と同様であつた．しかしスパイクの高さは根が這入つて來る後索部位において急に小さくなり，且つ後索の中で約 1cm 上になるとほゞ3/5に減少した．

3. 後索における最も速い神経線維の傳導速度は後根におけるそれの44%，坐骨神経におけるそれの26%，後根における最も速い神経線維の傳導速度は坐骨神経におけるそれの59%であつた．しかるに眞島の研究によれば覚醒時の蟇から剔出した標本においては後根および坐骨神経における最も速い線維は同一の傳導速度を有し，その線維は後根神経細胞の神経線維突起の上行枝並びに下行枝であると見做すことが出來る．即ち冬眠中の蟇から剔出した標本においては後根にある神経線維上行枝に寒冷の影響が長く残つていたゝめにその傳導速度が遅かつたと考えられる．

最後に，坂本教授の御指導並びに小溝協三博士の御助力に対して感謝する．

文　　献

1) Abderhalden, E. (1927) Lehrb, d. Physiolol. IV, 110
2) Gasser, H. S. & H. T. Graham (1933) Potentials probuced in the spinal cord by stimulation of dorsal roots. Am. J. Physiol. 103, 303
3) 田崎一二 (1944) 神経線維の生理学 (1版) 43
4) Gasser, H. S. & H. Grundfest (1939) Axon diameters in relation to the spike dimensions and the conduction velocity in mammalian A fibers. 127, 393
5) 眞島英信 (1949) 麻酔と神経傳導の問題　脳と神経 1, 31

Summary

A nerve preparation consisting of a nerve fiber bundle in the dorsal column, the ninth dorsal root, the ninth spinal nerve and the sciatic nerve was cut out from hibernating toad and, applying a single shock stimulus to the peripheral end of the dorsal root or to the sciatic nerve, used to investigate the action potential as well as the conduction velocity in each portion of the preparation. Furthermore, by histological examinations appropriate to observation of the medullary sheath of nerve fibers it was clarified that there was no node of Ranvier in the portion of the dorsal column of the preparation.

At every portion of the preparation the action potential was led off with a pair of silver electrodes of 6 mm distance. The action potential wave of the dorsal column had the usual

diphasic form which also occured in the cases of the dorsal root and the sciatic nerve provided that the conduction distance was not so long. However, the spike height of the dorsal column potential, in contrast with the constancy of the action potential amplitude along the dorsal root, became conspicuously smaller at the region of the entrance of the dorsal root and further diminished along the dorsal column with increasing conduction distance at the rate of about 0.6 : 1 per cm.

For the dorsal column, the conduction velocity of the highest velocity fibers determined by measuring the electroneurogram and the conduction distance was about 44 per cent. of that of the dorsal root, but about 26 per cent. of that of the sciatic, and consequently, the conduction velocity of the most rapidly conducting fibers of the dorsal root corresponded to 59 per cent. of that of the sciatic. On the conduction velocity of the excised nerve of the normal awake toad, H. Mashima has recently performed experiment in this laboratory and obtained clearcut result that the conduction velocity of the highest velocity fibers of the dorsal root is as same as that of the sciatic. He has also ascertained that the highest velocity fiber of the dorsal root and that of the sciatic belong to the same neuron whose cell body is situated in the dorsal root ganglion. Thus the especially slow conduction of the highest velocity fibers of the dorsal root in the case of the hibernating toad may be regarded as being caused by the circumstances of the winter-sleep.

(*Sakamoto's Laboratory, Physiological Department, Faculty of Medicine, University of Tokyo*)

〔日本生理学雑誌・第13巻381頁・昭和26年8月25日〕〔昭和26年3月23日受付〕

運動時の呼吸促進について

第4篇　人体に於ける枸櫞酸ソーダの動脈注射による呼吸促進　612.76, 612.288

The Causes of the Augmentation of Respiration during Muscular Excercises.

高木健太郎・長谷川弘 (Takagi-Kentarō • Hasegawa-Hiromu)*

Ⅰ. 前　おき

これまで我々の報告した事実によつて，運動時の呼吸促進の機轉に関しては收縮する筋からの反射性因子を無視することは出來ない(1).

一方犬で枸櫞酸ソーダ，乳酸等を動脈注射すると，その動脈の支配下の筋に痙縮がおこり同時に呼吸促進がおこる(2). この呼吸促進が運動時の呼吸促進と本質的に同じものかどうかは現在の所論外であるが，枸櫞酸ソーダが筋肉に作用し，反射的に呼吸を促進するものであることは証明できる(2). しかしこの呼吸促進には筋の痙縮が伴い，注射しはじめてから呼吸促進の生ずるまでには5～6秒から長い時には，10秒の潜伏時がある. また多くの場合，被驗動物である犬がキヤンキヤン鳴く. 一方動脈注射は人体に応用されて，痛いものと一般にいわれている. それで犬も痛みのために呼吸促進をおこしているのではないかという疑問がつきまとつていた. この点を確めるために前の報告 (2) で色々のことをやつてみたが，一度自分でどんな感じになるのか体驗してみたいと思つて我々自身に枸櫞酸ソーダの動脈注射をやつてみた.

Ⅱ. 実　驗　成　績

被驗者は著者等2人である. 鼠蹊部で，プロカインの局所麻酔をほどこしたのち輸血用の10%枸櫞酸ソーダ溶液 6cc を股動脈に注射した. 呼吸気量，心搏数，呼吸運動 (胸廓の周囲変化) をそれぞれ呼吸気量連続描記装置(3)，時間々隔連続描記装置(4)，ゴム管プノイモグラフによつて横河製オツシログラフのプロマイド紙上に描記して，その変化を観察した.

両者の場合で呼吸促進の経過は全く同様であつたが注射した場合の主観的の感じにはいくらかちがいがあつた. 高木の場合を要約すると，

1) 注射針の刺入による痛みなし，いつ血管に針が入つたか全然わからない.

2) 突然陰嚢，陰茎，内股の部分に水をこぼしたようなひやりとした感じを生ずる.

3) これと殆んど時を同じうして血管の部分にザワザワするような雜音を感ずる.

4) これが終る頃から内股にかすかにビリビリする感じとツツパルような感じがある. 描記曲線をあとで檢査するとこの頃から呼吸量が増加してくる. 次いで腹筋の下の方がツツパル感じがする. この頃呼吸量は最高 (20 l/分，平靜時の約3倍) に達する. 注射しはじめてから3分後に当る. 後からの告白によればこの頃被驗者はふと気がついてみると無意識のうちに手をにぎつてつゝばつておつたという.

5) この頃から足蹠が非常に冷く感ずる. 氷をつけられたように感ずる. 次第に腹筋のつゝばつた感じ，及び足のうらの冷感去る. これまでの経過5分30秒.

この高木の経驗に基づいて，他の被驗者長谷川の場合には次のような順序で実驗した.

1) 冷水でひたした手拭を大腿内側及び陰嚢につける. 気味の悪い感じがするが呼吸には殆んど変化はない.

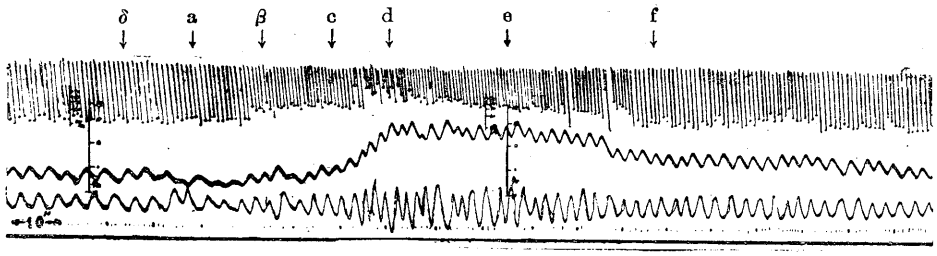
2) 足蹠に冷水にひたした手拭をつける. 呼吸には変化なし.

3) 大腿の内側をつねる. 痛いけれども呼吸は少し不規則になるのみで呼吸量は全然增加しない.

* 新潟大学医学部生理学教室

5) 10%枸櫞酸ソーダ 6cc の動脈注射

この経過は第1図に示す．図中の描記曲線は上から，シグナル，心搏数（曲線の上昇は心搏数の増加を示す），呼吸量（曲線の上昇は呼吸量の増加を示す，呼吸運動（胸廓周囲変化），時標(10) 秒である．注射針の動脈内に入つた瞬間は



第1図　上から　1) シグナル，2) 心搏数（時間々隔連続描記装置による）．3) 吸吸量（呼吸気量連続描記装置による）．4) 呼吸運動（ゴム管プノイモグラフによる）．5) 時標 (10秒)

図の左にはづれているが被驗者は全然気がつかない．α で藥液を入れはじめβで全部入れ終つている．藥液を入れはじめてから7秒たつと大腿内側部に冷感を感ずる．12秒たつた頃から大腿部につゝぱるような痛みを感じはじめる．描記図ではaの部分にあたり，この時は呼吸量は一時減少している．藥液の注入には28秒を要したが，この注入を終る頃から痛みは激痛となりこの部の筋が痙縮をおこしているのが感ぜられる．この大腿部にはじまつた痙縮は次第に下腿の方へ移動してゆくのをよく感ずることができる．この頃には冷感は全くなくなつている．脈搏数は冷感のはじまる頃から増加しはじめているが，注入を終る頃にはその増加は著明となる．呼吸量の増大はそれよりおくれ，注入しはじめてから50秒たつた頃（図でcの部分）で，被驗者の供述と照し合せると痙縮が大腿から下腿の腓腹筋に移つてゆく頃から増加しはじめ，1分後には最大(20 l/分)に達する（図でdの部分）．この頃脈搏は不規則になり期外收縮が頻発する．痙縮は足の部分に及び以後消失する．痙縮もまたそれによる痛みも消失するとそれにすぐ引きつゞいて足蹠に氷をおしつけられたような強い冷感を感ずる．注入しはじめてから1分20秒後にあたり，図ではeの部分にあたる．呼吸量はこの後も更に20秒間最大の時と殆んど同じ量を続け以後次第に減少する．即ち呼吸量の変化は脚の痛みの感じとは時間的に一致せず，また平行関係もない．注入開始後2分（図中f）には痛みも，冷感も全然なく，たゞ下腿が少しこわばつたような感じが残る．これは急激に激しい運動をした翌日の感じと似ている．呼吸量が完全に平靜時の値にもどるにはなおこの後3分を要した．

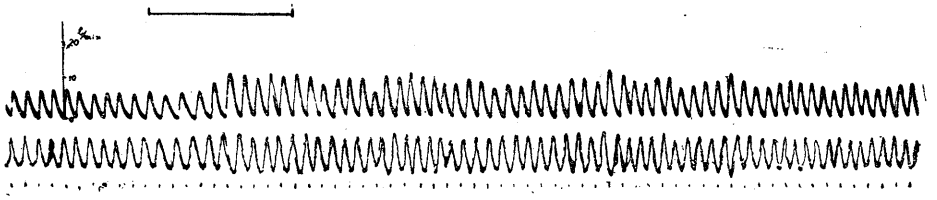
6) Ringer 液の動脈注射

Ringer 液の入る瞬間は被驗者には不明．少し冷感を大腿内側に感ずるような気がしているうちに注射を終り，呼吸量，脈搏数には全然変化はなかつた．

7) 50%ぶどう糖液 10cc の動脈注射

第2図にその経過を示す．脈搏数の描記は省略．他は第1図と同じ．

注射すると枸櫞酸ソーダの場合とちがつて，冷い感じや痙縮の感じはなく，逆に上肢が上か

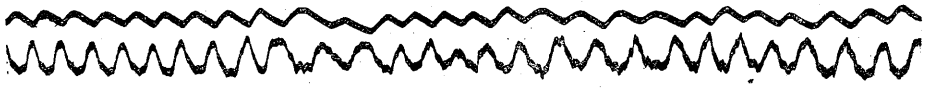


第2図　第1図と同じ．心搏数は省略す．時標 5秒

ら下へ次第に熱い感じがする．痛みは激しいが痙縮のための感じとはちがつて重苦しいような鈍痛である．呼吸量は図にみられるようにいくらか増加するが程度は少い．

感が残り，これはちようどふだん運動しない人が急に運動した翌日の疲労感とよく似ている．

また注射をはじめてからその脚の各部に薬液の分布に応じたものと考えられる感じの生ずる



第3図 第2図と同じ．時標5秒

8) 脚の皮膚に電流を通じて痛くする

電極を密着させず，ざらざらと皮膚の表面をなでるとピリピリした痛みを感ずる．その時の呼吸は第3図の如く変化はない．

Ⅲ．考　　按

この実験は枸櫞酸ソーダの動脈注射によつておこる著明な呼吸促進が痛みのためにおこる所謂 Schmerzhyperpnoe と同じものかどうか確めたいと考えて行つた実験のうちの1つである．動物実験で大体の経過は判つているので本実験では被験者の感じを主とし，あわせてそれと呼吸量や脈搏数の変化との関係をみた．

枸櫞酸ソーダの股動脈への注射は，その脚の筋肉の痙縮と，激しい痛みを生ずる．従つて簡単に痛みのための呼吸促進でないとはいゝきれない．しかし機械的に皮膚をはさむとか，電極を皮膚に密着させないで電流を通ずるとかの方法で痛みを与えた場合には呼吸量の増加はみられず，呼吸のリズムがいくらか乱れる程度である．また高張糖液 (50%) の動脈注射では枸櫞ソーダの場合と同様に痛みを感ずるが，呼吸促進の程度は軽度である．枸櫞酸ソーダの場合も痛みの経過とは必ずしも一致せず，痛みは大体すぎ去つたあともなお30秒位は呼吸量は最大値をつゞける．これ等のことから枸櫞酸ソーダによる呼吸促進は痛みのためのみではないと考えられる．

同時にこの実験で次のようなことを知つた．枸櫞酸ソーダの注射のあとでは，その脚に疲労までには夫々潜伏時があり，足蹠に冷感を生ずるには1分20秒を要している．足蹠の受容器に刺激が加われればそれから感覚を生ずるまでの時間はごく短いものと考えられるからこの潜伏時は主として薬液の分布に要するものと考えなければならない．この時間は血流速度から考えれば非常に長すぎるように思われる．血流速度は血管の中央を流れ，且つ最短距離を流れる血液の速度をいうのであるから実際に組織にしみこんでゆきわたるにはおそらくこれ位の長時間を要するものであろう．

結　　論

1) 10%枸櫞酸ソーダを動脈に注射すると呼吸促進がおこる．先に動物実験でこれを知つたが人体に於いても同様である．

2) 10%枸櫞酸ソーダの動脈注射でも脚の筋の痙縮と，痛みを感ずるが，この時の呼吸促進は所謂 Schmerzhyperpnoe と同じものではない．

3) 動脈注射の場合薬液が組織の中まで滲透し分布するには血流速度から考えられるよりずつと長い時間を要する．

文　　献

1) 長谷川　弘 (1947) 運動時の呼吸促進について (第1篇，第2篇) 日本生理誌 10, 206
2) 高木健太郎・長谷川　弘 (1950) 運動時の呼吸促進について (第3篇) 日本生理誌 12, 243
3) 高木健太郎・小林庄一・長谷川弘 (1950) 簡単な呼吸気量連続描記装置 医学と生物学 16, 207
4) 高木健太郎・石井公正 (1947) 時間々隔連続描写装置 医学と生物学 10, 38～40

Summary

From the various facts we have hitherto reported that there is a sort of chemoreceptors in muscles sensible to the metabolites produced by muscular contraction and it plays an important part for the regulation of pulmonary ventilation in muscular work.

While we were undertaking an experiment on the basis of this assumption, we observed that the arterial injection of 10% sodium-citrate caused an accelaration of respiration of dogs. As is generally known the arterial injection gives a pain to the subject, so the abovementioned hyperventilation may be the so-called "Schmerzhyperpnoe". In order to ascertain the diffeernce between these two causal factors of hyperventilation, we injected the 10% sodium-citrate into our own A. femoralis. The injection of 10% sodium-citrate as well as that of 50% grape sugar solution gave us pain. But the augmentation of respiration by the injection of grape sugar was slighter than that by sodium-citrate. We felt a cramp of muscle of the injected leg in the case of sodium-citrate, and the pain is similar to that by the cramp in the calf which is caused by radical exercise.

For several hours after arterial injection of sodium-citrate we felt dullness of the injected leg similar to that after hard exercise. There was no such feeling by the injection of 50% grape sugar solution. From the above-mentioned facts we can assume that the arterial injection of sodium-citrate causes a sort of special hyperventilation different from so-called "Schmerz-hyperpnoe".

We learned at the same time, that it requires longer for drug solutions to permeate the muscle than the time calculated according to so-called velocity of blood circulation.

(*Department of Physiology, Niigata University Medical School*)

〔日本生理学雑誌・第13巻385頁・昭和26年8月25日〕〔昭和26年3月30日受付〕

色覚異常者の主観的スペクトルに就いて 612.843.32 [612.845.5]

〔第1報〕第二色盲と判定された色盲の主観的スペクトルに就いて

On the Subjective Spectrum of the Colour-Defective

〔1〕 On the Subjective Spectrum of the Allegedly Green ColourDefective

(本報文の要旨の一部は日本生理学雑誌第28回日本生理学会総会号に紙上発表として掲げた(1))

大川眞澄 (Ohkawa-Masumi) *

普通に見られる色盲者の色感覚上の特性としては次の諸点が挙げられている.

(1) 色盲者の見るスペクトルは二色性である. 536mμ以上の長波長部はすべて同一の色調を呈し, それは温い色, 黄である. 460mμ以下の短波長部もまた皆同一の色調であり, それは冷い色, 青である. 536mμから460mμまでの間は黄と青との混合である.

(2) 500mμ附近に色調飽和度の低下した, いわゆる中性点がある.

(3) 第一色盲, 即ち赤色盲は長波長部に対する感度が著しく低下し, ためにスペクトルの長波長端が短縮しているが, 第二色盲, 即ち緑色盲では然らず.

(4) 可視スペクトル中に於ける明るさの分布状況を見ると, 第一色盲では明るさの極大部が正常者に比して, 短波長側にずれているが, 第二色盲では正常者と略同じ波長部が明るさの極大部である.

このような色調, 飽和度及び明るさの分布等の異常性と混色実験の成績から観て, 正常者の色の感覚は三成分型と規定されるのに反して, 色盲者は二成分型であると想定されている. そしてこの学説に基いて色盲者の色感覚が説明されている (2, 3). しかし, 普通に使用される検査法で, 色盲と判定された者の可視スペクトルに於ける弁色能, 即ち主観的スペクトルを観察すると, 全部が, 全部, 定型的な, 上に挙げたような特性を持つ者ばかりではない. 多種多様な成績が得られる. Edridge Green (4) は Colour perception Lantern を考案し, 色盲者の弁色能を調査し, 従來のようには色盲を類別せず, 主観的スペクトルに於ける弁色能の程度から類別, 命名すべきであると提案した. 彼の提案は現在なお一般に採用される迄には到つていないが, 少くとも, 色盲者の色の感覚そのものを直接調べることによつて色盲を類別しようとするものである. 福田 (5, 6) もまた色盲乃至色弱と判定された日本人男子の主観的スペクトルを調査して, むしろ, 黄と青との2色のみと言うものは極めて, 少数であつて, これらの色覚異常者のうちには, 色調の弁別能に於いて, 極めて多種多様な型がある事を報告している. そしてこれらの色覚異常者には, 従來認められている事実とは違つた次のような共通的特性がある事を指摘した. 即ち

(1) 可視スペクトル中に黄と認められる部分が異常に廣く, 特に短波長側に拡つている.

(2) 可視スペクトルに於ける明るさの分布状況を見ると, 明るさの極大部が2個所にあるものが可成り多数ある.

等である. 日本人に於ける色覚異常者の色感覚を直接調査する目的で, スペクトル中に於ける弁色能を多数の色覚異常者に就いて検べた成績に就いては, 寡聞にして福田 (5, 6) 以外の報告を知らない. 著者もまた直接光の色に対する知覚内容を調査する目的で次のような研究を行つた. 即ち石原式国際色盲検査表 (日本版) で色盲, または色弱と判定された男子98名 (主として東京大学教養学部学生) に就いて, 各人の

* 東京大学医学部生理学教室
横浜市立大学生物学教室

主観的スペクトルを調べ，色調の識別上，その異常が如何に分布しているかをさぐり，正常者の主観的スペクトルと比較した．また一部の被検者に就いては，主観的スペクトルの調査と同時に，anomaloscope第一型による調査をも実施した．

本報に於ては98名の被検者の中で，第二色盲と判定された42名の主観的スペクトルに於ける色調の分布，明るさの分布傾向及び飽和度に関する成績のみに就いて記述する，anomaloscope第一型による成績及び他の色盲，色弱に関する成績は別報にゆずる．

観　察　の　方　法

本研究に際しては福田，大川(8)が先きに“日本人の感覚する色調の名と波長との関係”を調査した際に使用した装置をそのまゝ用いた．本装置は光源としての100W マツダ昼光電球と，光源の中心から 12cm の距離に細隙 (その幅は 0.25mm) をおいた分光器とからなる．波長は分光器の望遠鏡の中にあるミクロメーターによつて測定した．ミクロメーターは約415mμから約700mμまでの間を最小目盛1/100に割つてあり一目盛の分解能は長波長部と短波長部とで系統的にちがうが 0.4～0.9m 程度である．

研究の主眼は色盲者の光の色に対する知覚内容を検査するにあるので，その目的をはたすために，色盲者が可視スペクトルを見たとき，その各部分の單純波長の光によつて起る色の感覚がスペクトル中に如何に分布するかを調べ，正常者のそれと比較して，如何なる異常があるかを検討した．このときの正常者の標準的成績としては福田，大川(8)の研究の結果を採用した．色盲者各人の各單純波長の光の色に対する知覚内容を絶対的に決定する事は出來ないので，調査にあたつては，被検者がスペクトロスコープを見て，各波長部に感覚する色調を検者の問いに対して申告する方法をとつた．しかし如何なる色調が如何なる波長区域に分布するかを調査するとき，被検者の申告する色の名は必ずしも重要視しなかつた．そのかわりに，スペクトルの中での色調の変化の有無及び色調の変化のあるときはその波長部位は何処かに関しては特に注意して調査した．なお色調の調査にあつて，上村，山崎著 (9) 日本色名大鑑の色紙及び，時としてそれの代用として，著者の感覚にとつてこれと同じ色調に感覚される各種の色紙を用意して，色盲者に見せ，色盲者が使用する色の名が，正常者の色感覚の如何なる色調に対応するかを調べて，色盲者の感覚する色調が如何なるものかをうかゞう参考に供した．

飽和度に関する調査では，可視スペクトル中の何処かに，色調が不飽和化して，白ちやけて見える部位があるかどうか，もしありとすればそれが如何なる波長部位にあるかを決定するのみに止めた．

本装置ではスペクトルの各部分の絶対的な明るさは規定されていないので，明るさの分布傾向の調査に際しては，上に述べた光源から細隙を通つて分散して生じだスペクトルを眺めたとき，最も明るく見える部分は何処か，またスペクトル全域にわたつて明るさがどのように分布して感覚されるかを調べた．即ち主観的明るさの比較的分布を調べたのである．100 乃至 300 Lux程度の明るさに順応した正常者の眼で本装置のスペクトルを見ると，黄の略中央にあたる585mμ附近に明るさの極大部があつて，それより長波長側も，短波長側も除々に明るさが低下している．585mμ以上の長波側では，725mμ附近で暗くなるので，それ以下の短波長側に比べてスペクトルの幅が短い．從つて長波長側では明るさの低下の傾向が，短波長側に比較して急勾配である．これに反して短波長側では大約410mμ附近まで見えるので明るさはなだらかな勾配で低下している．

すべての調査は100 乃至 300Lux 程度の明るさの室内で実施した．なお被検者はすべて石原式国際色盲検査表 (日本版，第8版) (10) によつて，明確に第二色盲と判定された者ばかりであつて，表の読みからは第二色盲かどうか，確実に判定することの出來ない者は全部除外してある．

成　　績

第1．被検者各人の成績

1) 色調概称の種類

被検者42名の可視スペクトル中に感覚する色調が各波長区域に如何に分布しているかを見ると実に変化に富んでいる．即ち福田 (5, 6) の指摘するように，大約正常者に近い成績を示す者から，桁はずれに違つた成績を示す者までありその中間移行型と想定されるものも多数に見られた．

試みに，可視スペクトル中に，幾種類の主だつた色調が弁別出来るか，いわば主観的スペクトルに於ける多色性に関して，調査の結果を綜括し，分類して見ると第1表のようになる．表中二色性とあるものは，可視スペクトル中に感覚される各種の色調を，赤，橙，黄，綠，青及び (藍)，紫の6つ (或は7つ) の主だつた色の名，つまり色調概称，で言い現わしたとき，その主観的スペクトルに2つの色調概称 (その種類の如何は問題としない) で言い現わされる色調しか感覚していない者を指している．これは (9.5%) にすぎない．三色性1名 (2.4%)，四色性4名 (9.5%)，五色性13名 (28.6%) で，約半数，すなわち20名 (48.0%) は立派に6つの主だつた色調を申告している．6つの色調の中でも，各型の者がすべて申告した色調は青である．次で黄と赤とが略同じ割合で出現し，続いて綠，橙の順に現われている．紫の感覚は最後に出現して六色を全部弁別に出来るようになる．五色性の者の中には紫と青とを明らかに区別した者と青を濃淡の差によつて区別し，濃い青を紫，淡い青を青と命名している者とがある．後者は命名上の誤りであるので，表では明らかに紫を区別出来たものだけを採用して分類した．

以上は可視スペクトルの全域に亙つて，幾種類の主だつた色が区別出来るかに就いての成績であるが，同じ種類の主だつた色調を，同数区別出来た場合でも，各個人に就いて，その色調の該当波長区域にまで立ち入つて観察すると一層著しい差別が見られる．次に各型の各被検者に於いて，色調とそれに対応する波長区域や明るさの分布傾向，色調の不飽和部等に関して得られた成績に就いて述べる．

第1表　主観的スペクトルに於ける色調概称の分布

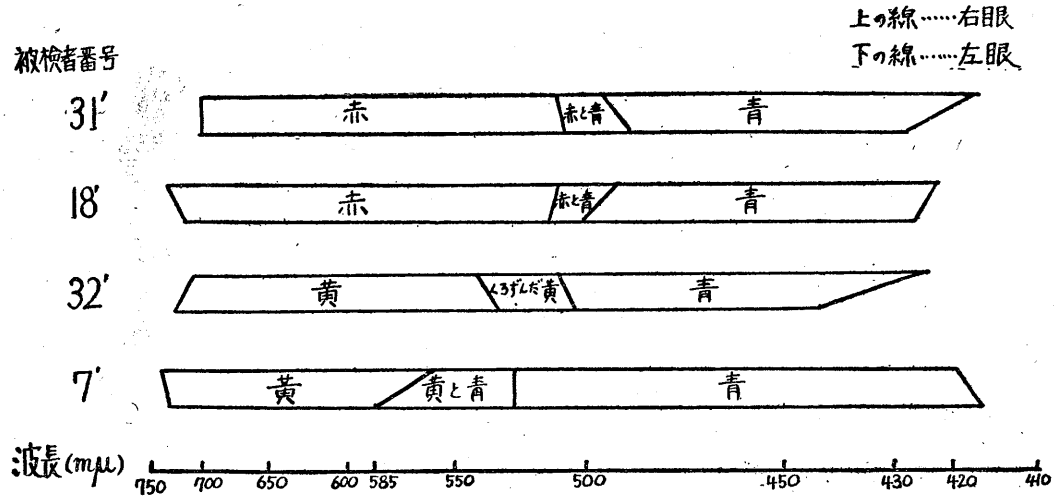
色調概称の数	色調概称 赤	橙	黄	綠	青	紫	人数	出現率	備考
二色性	+	−	−	−	+	−	2	4	9.5	
	−	−	+	−	+	−	2			
三色性	+	−	+	−	+	−	1	1	2.4	黄には綠が少し混入
四色性	+	+	+	−	+	−	1*	4	9.5	* 1眼は赤，黄，青の三色
	+	−	+	+	+	−	2			
	(+)	(+)	+	+	+	−	1**			**赤が間もなく橙に変る
五色性	+	+	+	+	+	(+)	9***	13	28.6	*** 2名は1眼のみ六色
	+	−	+	+	+	+	3			
	+	+	(+)	(+)	+	+	1****			****黄に綠が混入
六色性	+	+	+	+	+	+	20	48.0		
合計	40	31	40	37	42	24	42 (人数)			
	80	61	80	74	84	50	84 (眼の数)			
	95	72.5	95	88	100	69	(84眼に対する出現率)			

Edridge-Green (4) の謂うところの dichromic に類する命名である．以下同様に，感覚する色調概称の数に応じて，三色性 trichromic，四色性 tetrachromic，五色性 pentachromic，六色性 hexachromic，(七色性 heptachromic) 等の命名によつて分類した．表に示される通り，従来の学説による定型的な二色性は42名中僅かに4名

A) 二色性

二色性のもの4名の色調概称とその対応波長区域とに関する成績を第1図及び第2表 (1) に示す．4名中の2名 (No. 32′, No. 7′) は725mμ附近から545mμ辺までを黄として，510mμ辺から428mμ近くまでを青として感覚している．その中間波長区域は黄と青との入りまぢつた，く

ろずんだ黄である．他の2名 (No. 31′, No. 18′) は718mμから510mμ辺までが赤であり，490mμから425mμ辺までが青である．中間波長区域には赤と青との混合した，くろずんだ赤を感覚している．No. 32′ と No. 7′ とは定型的（従來言われている意味で）な色盲である．Edridge-Green (4) は彼の言う dichromic は red と violet の2色としているが，著者の日本人に於ける色



第1図　所謂綠色盲の中二色性のものゝ主観的スペクトル

第2表　所謂綠色盲の各型に於ける色調と波長との関係，不飽和部，明るさの極大部等に関する成績の一覧表

種類	(A) 色調と波長との対応	眼数	(B) 不飽和部	(C) 明るさの極大部
(1)二色性	赤 718 — 青 510 490 425(mμ)	4	4名(8眼)とも不飽和部あり 540～500(mμ)	極大部一個所のみのもの3名(6眼) 630～550(mμ) 極大部二個所にあるもの1名(2眼) 第一極大部 630～550(mμ) 第二極大部 470(mμ)附近
	黄 725 — 青 585 570 488(mμ)	4		
(2)三色性	赤 725 — 黄 615 — 青 520 413(mμ)	2	不飽和部なし	極大部一個所のみ1名(2眼) 585(mμ)附近
(3)四色性	赤 715 — 黄 625 — 綠 525 500 — 青 408(mμ)	7	3名(5眼)あり(1眼は不明) 500～480(mμ) 1名(2眼) なし	極大部一個所のみのもの3名(5眼) 600～585(mμ) 極大部二個所にあるもの1名(2眼) 第一極大部 600～585(mμ) 第二極大部 485(mμ)附近
(4)五色性	赤 725 — 橙 645 605 — 黄 590 — 緑 505 — 青 445(mμ)	16	12名(24眼)にあり 520～500(mμ) 1名(2眼) なし	極大部一個所のみのもの5名(10眼) 585～550(mμ) 極大部二個所にあるもの8名(16眼) 第一極大部 585～550(mμ) 第二極大部 500～480(mμ)
	赤 730 — 黄 640 — 緑 545 512 — 青 455 425(mμ)	8		
(5)六色性	赤 720 — 橙 635 595 — 黄 550 — 緑 508 — 青 455 — 紫 410(mμ)	42	17名(34眼にあり) 520～485(mμ) 3名(6眼)になし	極大部一個所のみのもの19眼 630～550(mμ) 極大部二個所にあるもの21眼 第一極大部 630～545(mμ) 第二極大部 530～470(mμ)
(6)正常者	赤 724 — 橙 607 578 — 黄 570 — 緑 512 — 青 493 — 紫 407(mμ)		なし	極大部一個のみ 585(mμ)附近

盲者での成績では二色性でも紫の申告をしたものは全くない. No. 31′ と No. 18′ との長波長部の赤は一応命名上の過誤ではないかとも考えられるが, 軽々しくは断定出來ない. 被檢者によつて幾分の違いはあるが, 4名とも大約 540 mμ から500mμに亙つて, 色調の白ちやけて見える不飽和部を持つている.

主観的明るさの極大部は4名とも630mμから550mμにかけて, 比較的廣い範囲に亙つている. No. 18′ のみは470mμ辺に, もう1個所明るさの優れて見える部分がある. そしてその部分より少し長波長側の500mμ辺がかえつて明るさが低下している. つまり明るさの分布傾向を見ると双子山形である.

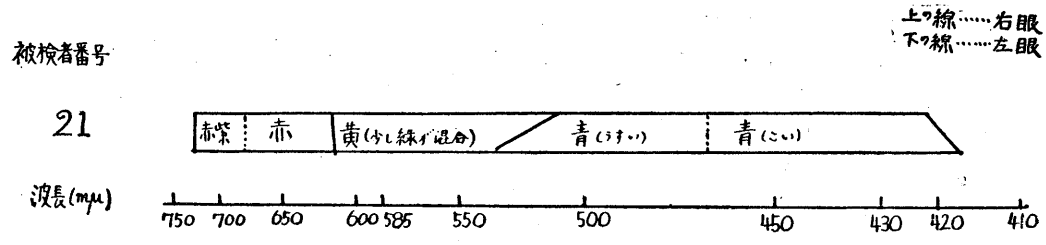
この4名を平均すると長波長端は722mμで, 短波長端は427mμである. 短波長端は幾分短縮しているように思われる.

B) 三色性

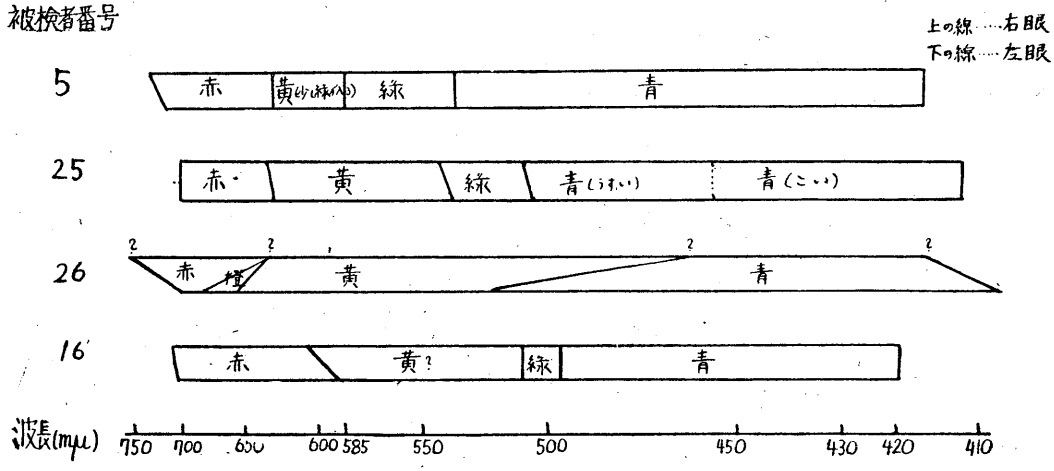
第2図に示すように赤, 黄, 青の三色のみを感覚している1名である. しかしこの者の黄には全体に極めて淡く綠が混じていて, 黄と綠とは各々独立しては感覚されない. 或は四色性として類別してもよいかもしれないが, 黄がより強く感覚されるとの申告にもとづいて, 黄のみを採用しておいた. なお約680mμ附近から長波長端に赤紫に見える部分があると言うが, これは恐らく赤端の暗化があり, ために色の命名に於いて誤りをおかしたものと想像される. 明るさの極大部は585mμ附近に一個所あるだけである. また白ちやけて見える, 色調の不飽和化した部位が全くない. 長波長端は短縮しているように想われるが, 明確ではない. 短波長端は一眼に於いて, 明らかに幾分の短縮を示している. この被檢者の各色調とその対応波長及びその他の成績を第2表 (2) に揭げておいた.

C) 四色性

この類の4名中3名は赤, 黄, 青の三色に加うるに綠の感覚が出現したものである. たゞ



第2図 所謂綠色盲の中三色性のもの丶主観的スペクトル

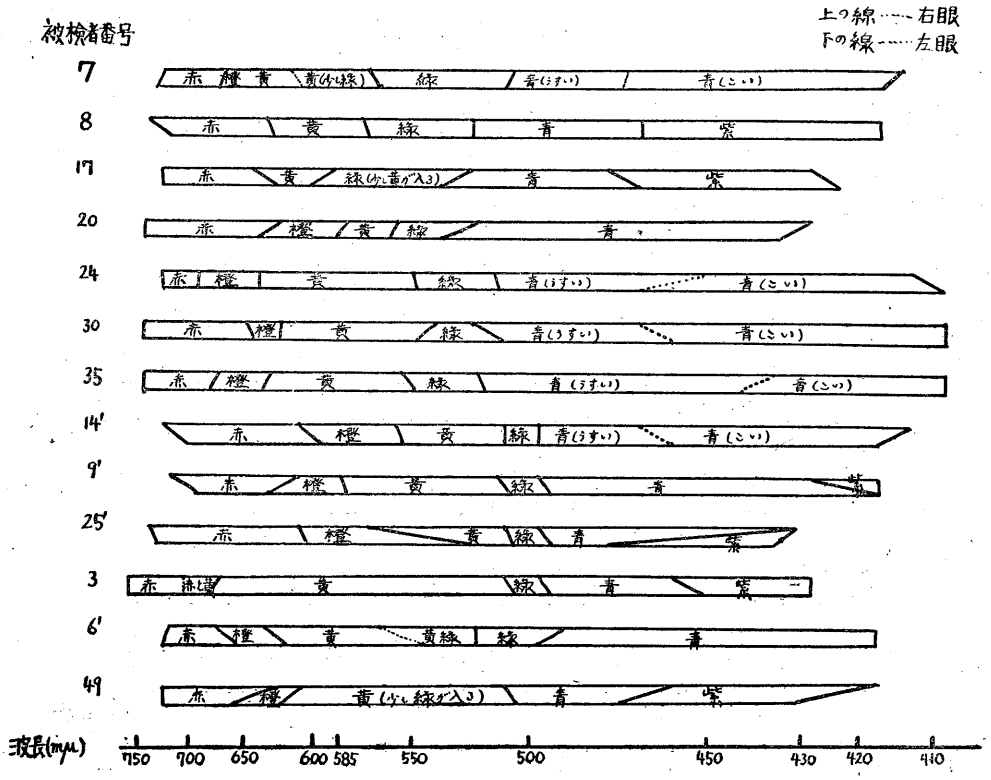


第3図 所謂綠色盲の中四色性のもの丶主観的スペクトル

No. 26の1名のみは綠がなく橙がある．No. 26の右眼は斜視と共に，極めて視力が弱く，右眼のみでは石原式色盲檢査表を全く判読出來ない．從つて分光器のミクロメーターの目盛も全く読み得ない．であるから波長区域の決定は不可能であつた．しかしスペクトル全体が，赤，黄，青の三色から成り立つていて，中でも黄が圧倒的に廣い範囲に感覚されると言う．この者の右眼は三色性であるが，右眼は四色性である．No.5は黄の全域にうすく綠が混じて見えると．またNo.16′は正常者の黄から綠に見える一部分にまでかけて黄を感覚し，綠が狹められているが，この者は黄を紫と誤つた色称を使つて申告した．No. 25は極めて興味ある，注目すべき1例であつて，スペクトルを見た瞬間には赤黄，綠，青の4つの色調が見えるのに，間もなく黄が長波長側にも，短波長側にも拡つて來て，長波長側では赤が橙に変調して見えて來る．短波長側では綠が狹められて來る．このように，スペクトルを眺めた直後に見えた色調範囲が，時間を追つて動搖するものがあることは福田 (5) によつて指摘されている．著者もまた色弱者と判定されたものに比較的多く観察した(色弱者の主観的スペクトルに就いては別報で発表の豫定)．第3図には被檢者がスペクトルを見た直後の色調範囲を現わしてある．

4名中3名は明るさの極大部を 600～585mμにわたつて一個所しか持つていないが，No.5だけは明るさの極大部が600～585mμに一個所と更に485mμ辺に，もう一個所と都合二個所にあり，かえつて510mμの近くが485mμ辺より明るさが低下している．

No.25だけは全然，色調の不飽和化した部分を持たないが，他の3名は500～480mμの辺に，白ちやけて，色が脫けたように見える部分を持つている．四色性4名の各色調の対応波長や不飽和部，明るさの極大部等に関する成績の平均を第2表 (3) に示しておいた．但し No.26の右



第4図　所謂綠色盲の中五色性のものゝ主観的スペクトル

眼は除外してある.

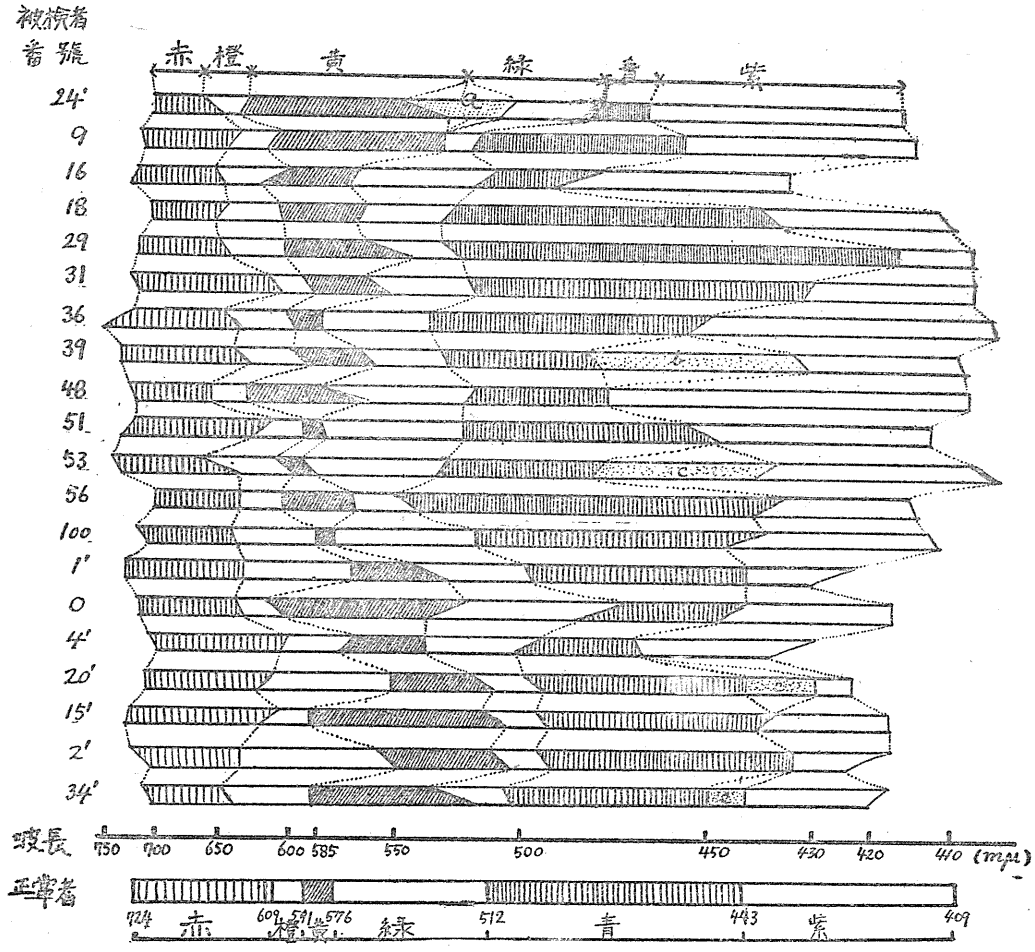
D) 五色性

五色性は第4図に示すように赤，黄，緑，青に橙，或は紫の加つたものである. 被検者No.9′及びNo.25′の一眼は共に，明らかに六色性である. No.3　もまた赤と黄との間に赤と黄との混合した色調を持つているので，或は六色性と見做してもよいかもしれないが，特に独立した橙の申告がないので五色性として取扱つた. No.49は緑の混入した黄のみで，独立した緑がないので五色性とした. 13名の24眼（六色性の2眼は除いて）の中16眼は赤，橙，黄，緑，青の五色であるが，8眼は赤，黄，緑，青，紫の五色である. この両群の各色調の対応波長区域の平均値を第2表 (4) に示した. 五色性13名中，No.6′を除いた，残りの12名はすべて520～500mμに色調の不飽和部を持つていた.

明るさの分布を見ると，個人差はあるが，平均して皆585～550mμの比較的廣い範囲に亙つて極大部を持つている. No.6′, No.14′, No.8, No.49 の4名の8眼と No.20 の右眼との9眼を除いた17眼には500～480mμ近くに，もう一個所明るさの優れて見える部位があり，その少し長波長側が逆に明るさが低下し，明るさの分布は双子山型である（第2表 (4) 参照).

E) 六色性

第5図及び第2表 (5) に示す通り，波長区域の割りあてに就いて観ると正常者とは，かなり



第5図　所謂緑色盲の中六色性のものゝ主観的スペクトル
上の線は右眼，下の線は左眼，図中 a は黄と緑の混合，b は緋，c は青と紫の混合

の相違を示すものであるが，とも角も，この類のものは，可視スペクトルの中に6つの主だつた色を区別出來る者である．第二色盲と判定された被檢者の大半がこのように豫想外に，すぐれた弁色能を持ち，多色性であることは驚くべきことである．中でもNo.39, No.53, No.20′及No.34′等は，青と紫との間に更にもう1つの色調さえも認めようとしている．此事実から観ると彼等は Edridge-Green (4) の言う heptachromic にあたるものでもあろうか．六色性の色調概称の対応波長区域の平均，明るさの分布傾向及び不飽和部等に関する成績は第2表 (5) に掲げておいた．この表の中の色調概称と波長との対応関係を現わす数値は平均値であるが，正常者の主観的スペトルに比較すると色調の割りあて波長区域が相当違つている．中でも，その違いの最も著しいものは黄である．即ち福田 (5, 6) が発見しているように正常者には綠と見える範囲に，しかも相当遠くまで黄が拡がつて來ている．成績第2の項で述べるように，不飽和部に関する成績は非常に個人差があるので，第2表 (5. B) には最大波長と最小波長とを掲げて，全部のものゝ，白ちやけて見える限界を現わしておいた．明るさの分布に関する成績にあつても同様である．明るさの分布傾向に就いて注意すべきことは六色性のものゝ約半数の眼に於いてその極大部が二個所にあつて，分布が双子山型になつていることである．

第2．総合所見

成績第1に於いて述べたように，著者の方法によつて調査すれば，第二色盲として一律に規定される色盲にも，その主観的スペクトルに於ける弁色能を観ると多種多様であつて，決して一義的な性質を持つものではないことが知られた．しからば総括的特性は如何と言う問題を考察する目的で処理して得た成績に就いて次に述べる．

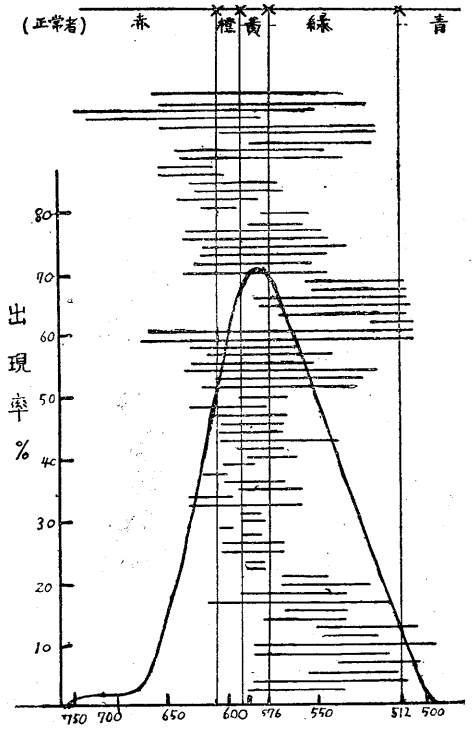
A) 可視スペクトルの長さに就いて

各型のスペクトルの長波長端の平均値 (二色性722mμ，三色性725mμ，四色性715mμ，五色性725mμ，六色性720mμ) を総括した平均は722mμであつて大約正常者の724mμ辺に近い．すなわち従來言われているように第二色盲の長波長端は短縮していない．しかし83眼の全体に就いて，長波長端の波長に対する度数分布を見ると，730mμ以上760mμまで，正常者よりはるかに長波長部まで見えるものが相当ある (第3表参照)．

短波長端に関しては，二色性4名の平均値は427mμで幾分短縮があるようであるが，他の類 (三色性413mμ，四色性408mμ，五色性420mμ，六色性410mμ) では略正常者の409mμに近い．しかし長波長端と同様に個人別に観察すると (第1図より第5図までの各人の主観的スペクトル参照) 可成り短縮の見られるものもある．実際，短波長端の波長に対する度数分布を見ると445～425mμ附近までしか見えないものが約20%程もある (表は省略)．

B) 色調概称と波長との対応

綠色盲の6つの色調概称の対応波長区域は，どの色調も，正常者のそれと比較するとかなりの



第6図　所謂綠色盲の73眼の各眼に於ける黄の波長区域と波長に対する度数分布曲線

異常が見られる．中でも最もその異常性の著しい色調は黄である．このことは，先きにも述べた．第6図の各線の長さは純一な黄の波長範囲を明確に申告した73眼の黄の波長範囲を各眼ごとに示したものである．この調査に使用した装置では正常者には591mμから576mμまでが純一な黄と見える．綠色盲の中にもまた，少数ではあるが，それと同じ位置に，同じ位の狭い波長区域を黄と見ているものもある．また比較的狭い波長区域でも，その位置が正常者とは違うものもある．しかし一般的に言つて黄と見る波長区域が廣い．例えば615mμ附近（正常者には赤と見える部分）から530mμ辺（正常者には綠と見える部分）までも黄と見えるものもある（このものは六色性の No.9 である）．第6図から各代表波長ごとに，そこを黄と見ている眼が幾個あるかを算出し，次に73眼に対する百分率を計算して，その出現率とし，度数分布表を作つた．第3表の黄の部分の成績がそれである．

なお第6図中の曲線は波長に対する度数分布を図示したものである．この集約的成績には黄に見える部分のスペクトル中に於ける位置の違いと，長さの特性との2つの成績が重なつて計算に入つている．第3表中の黄以外の色調の集約的成績も同様にして算出したものである．黄の対応波長に対する度数分布から見ても 640mμ と言う長波長部を黄と見るものが73眼中11眼もあり，530mμという短波長部を黄と認めるものが23眼もある．また正常者の綠を犠牲にして短波長側へ黄が伸びている眼が多いことも知られる．

正常者には724mμ附近から609mμ附近までが赤と見えるが，被検者の中には少数ではあるが正常者より長波長端が長いものがあることが見られたことに就いては前項で述べた．第3表の中で赤と見える波長範囲が方外に短波長部まで廣がつているものは二色性の眼である．

610mμ附近から590mμ附近までが正常者の橙

第3表　“綠色盲眼”の全例につき集約的に考察した色調概称の波長に対する度数分布
(赤，橙，黄の波長は大約 10mμ，綠，青，紫は5mμ間隔である)

赤と見られた波長	波長 (mμ)	眼数	%
	760	0	0.0
	750	4	5.0
	740	12	15.0
	730	19	23.7
	725↑	30	37.5
	722	58	72.5
	710	73	91.3
	700	78	97.5
	690 正常者の赤	80	100.0
	685	80	100.0
	680	75	93.8
	670	73	91.3
	660	67	88.8
	650	61	76.3
	640	53	66.3
	630	39	48.8
	620	25	31.3
	610↓	17	21.2
	600	8	10.0
	590	5	6.3
	580	4	5.0
	570	4	5.0
	560	4	5.0
	550	4	5.0
	540	4	5.0
	530	4	5.0
	520	4	5.0
	510	4	5.0
	505	0	0.0
	(80眼)		

橙と見られた波長	波長 (mμ)	眼数	%
	690	0	0.0
	685	3	5.2
	680	3	5.2
	670	8	15.4
	660	9	15.8
	650	14	24.6
	640	23	40.4
	635	30	52.6
	630	35	61.5
	620	35	61.5
	610	31	54.5
	605 正常者の橙	34	59.6
	600	27	47.4
	595	28	49.2
	590↓	23	40.4
	585	22	38.6
	580	15	26.4
	570	11	19.3
	560	7	12.5
	550	5	9.6
	540	2	3.5
	530	1	1.7
	520	0	0.0
	(57眼)		

黄と見られた波長	波長 (mμ)	眼数	%
	760	0	0.0
	750	1	1.3
	740	2	2.7
	730	2	2.7
	720	2	2.7
	710	2	2.7
	700	2	2.7
	690	2	2.7
	680	2	2.7
	670	3	4.1
	660	5	6.8
	650	9	12.3
	640	11	15.2
	630	22	30.2
	620	29	39.8
	610	32	43.9
	600	38	52.1
	590↑	43	59.0
	585 の正	52	71.3
	580 黄常	51	70.0
	570↓ 者	47	64.4
	560	41	56.2
	550	38	52.1
	540	31	42.5
	530	23	31.5
	520	20	27.4
	510	12	16.4
	500	1	1.3
	490	0	0.0
	(73眼)		

綠と見られた波長	波長 (mμ)	眼数	%
	590	0	0.0
	585	4	5.9
	580	4	5.9
	575↑	6	8.8
	570	8	11.7
	565	18	26.4
	560	22	32.4
	555 正常	25	36.8
	550	28	41.3
	545 者	30	44.2
	540 の	34	50.0
	535 綠	35	48.5
	530	34	47.0
	525	33	48.5
	520	32	47.0
	515↓	24	35.3
	510	21	28.8
	505	22	32.4
	500	21	28.8
	495	22	32.4
	490	11	16.3
	485	5	7.3
	480	3	4.4
	475	1	1.4
	470	1	1.4
	465	0	0.0
	(68眼)		

青と見られた波長	波長 (mμ)	眼数	%
	555	0	0.0
	550	1	1.2
	545	1	1.2
	540	1	1.2
	535	10	12.0
	530	13	15.6
	525	16	19.3
	520	30	36.2
	515	38	45.7
	510↑	42	50.6
	505	51	61.5
	500	55	66.3
	495	68	82.0
	490 正常	71	85.5
	485	77	92.7
	480	80	96.2
	475 の青	80	96.2
	470	74	89.2
	465	73	88.0
	460	67	80.7
	455	60	72.3
	450	60	72.3
	445↓	57	67.5
	440	47	56.6
	435	46	55.5
	430	38	45.7
	425	32	38.6
	420	28	33.8
	415	12	14.4
	410	6	7.2
	405	0	0.0
	(83眼)		

紫と見られた波長	波長 (mμ)	眼数	%
	485	0	0.0
	480	1	2.8
	475	6	12.5
	470	7	14.6
	465	13	27.1
	460	14	29.2
	455	17	35.4
	450	20	41.7
	445	21	43.8
	440↑	30	62.5
	435 正	36	75.0
	430 常	36	75.0
	425 者	40	83.5
	420 の	31	64.6
	415 紫	20	41.7
	410↓	13	27.1
	405	3	6.2
	400	0	0.0
	(48眼)		

と見えるところであるが，綠色盲では橙の波長区域が正常者に比べて，可成りずれている．しかし所謂 blend な色である橙のようなものでは，このずれは重大視する必要はないであろう．

正常者に綠と見える波長区域は576mμ附近から510mμ附近までである．綠色盲が綠と見ている波長区域の度数分布（第3表参照）を見ると正常者の綠範囲の中短波長側に比較的大きい数字が現われている．このことは前述の黄が短波長側へ拡がつていることから考えて不思議はない．

その他青及び紫を区別することの出來た眼で，青と紫との波長に対する度数分布を見ると大部のものが正常者に近く，取りたてゝ言うべき程の異常性は見られない．

C) 色調の飽和度に就いて

徒來の学説によれば第二色盲には必ず499mμと言う特定な位置が，いわゆる中性点であつて，白色化して見え，色調の飽和度の極めて低下した部分であるとされている．しかし著者の方法によつて観察すると，第二色盲と判定された42名の83眼（1眼は測定困難）の中で66眼 (78.4%) は正常者の綠或は青と見える位置に白ちやけて，色の不飽和化して見える部分があるが，17眼 (21.6%) にはそのような不飽和化した部分がない(第4表参照)．また少数(42名中3名)ではあるが，同一人の1眼では不飽和部が見えても，他眼では見えないというものもある．不飽和部の中央該当波長の位置も被検者全部が必ずしも499mμというような特定の波長部位ではなく，500mμの波長部位を中心として，525mμ附近から，485mμ附近にまでにわたつている．著者の方法では特定な波長部位のみを選んで色調飽和度を比較するものではなく，同一平面に列んだ單一波長の光の色調列を見て比較するので不飽和部の決定にあたつては，中には特定な波長部を不飽和部の中心として指示した被検者もあつたが，大部分の者では不飽和化の強い部分として，ある程度の幅を持つた波長帶を指示した．そのために成績が499mμというような特定波長部に限定されなかつたのではないかとも疑られるが，不飽和帶中央部の度数分布を見ると，全部が一様に，特定な波長部位を不飽和部の中心としていると断定するよりむしろ個人差の著しいものであつて，不飽和部の位置も個人々々でかなり違つているものであろうと想像される．

第4表　所謂綠色盲眼の主観的スペクトルに於ける不飽和部の有無

色調概称の数による分類	人数	不飽和部のあるもの 人数	不飽和部のあるもの 眼数	不飽和部のないもの 人数	不飽和部のないもの 眼数	備考
二色性	4	4	8	0	0	
三色性	1	0	0	1	2	
四色性	4	3	5	1	2	1眼は判定不能
五色性	13	11	19	2	7	3名は1眼のみに不飽和あり
六色性	20	17	34	3	6	
總計	42	35	66	7	17	
全被検眼に対する出現率			% 78.4		% 21.6	

第5表　所謂綠色盲眼に於ける不飽和帶中央部の位置の波長に対する度数分布
%は不飽和帶のある66眼に対する百分率

波長 (mμ)	眼数	%
535	1	1.5
530	1	1.5
525	3	4.5
520	7	10.6
515	12	18.2
510	13	19.7
505	20	30.3
503	16	24.3
500	11	16.7
495	12	18.2
490	4	6.0
485	4	6.0
480	1	1.5

D) 明るさの分布傾向に就いて

明るさの分布傾向に関する成績を集約的に見ると，被検者42名の83眼（1名の1眼は測定出來なかつた）の中42眼には，その極大部が一個所にしかないが，41眼に於いては明るさの極大部が二個所にある．即ち被検眼のすべてが黄の585mμ附近を最も明るさの優れたところ（これを仮りに明るさの第一極大部と呼ぶ）として感じるのであるが，41眼にあつては，585mμ附近のほかに，535mμから460mμにわたる波長範囲

のどこかに，もう一個所明るさの優れて見える部分（これを仮りに明るさの第二極大部と呼ぶ）があり，かえつて，その部分より少し長波長側へよつたところのどこかに明るさの低下して見える部分があるのである．明るさの第一極大部の中央は大部分のもので585mμ附近であるが，明るさの第二極大部及びそれより長波長側の明るさの低下部の2つのものゝ中央波長の位置は個人差が多く，波長に対する度数分布も不規則で，今回の調査では明確に，その位置を決定することは出來なかつた．明るさの第二極大部と色調の不飽和部との位置を比較すると，一致しない．また明るさの極大部が一個所しかない42眼の中33眼は不飽和部を持つていること，明るさの極大部が二個所にある41眼の中8眼は不飽和部を持つていないこと等から考えて，明るさの第二極大部とは被検者が不飽和部を誤認して申告したものとは考えられない．そもそも色盲乃至は色弱と判定されたもので，可視スペクトル中に主観的明るさの極大部が二個所にあり，ためにスペクトル全域の明るさの分布が双子山型であるものが相当数見られると言うことは福田 (5) がはじめて発見したことであり，著者の成績はそれを裏がきするものである．

考　　察

多くの教科書には，色盲者は経験や練習によつて，種々の事情を手がゝりとして色調の弁別能がかなりよく発達しているが，スペクトル中に感覚する色は暖い色，黄と，冷い色，青の二色のみであり，スペクトルの各部はたゞ明るさと飽和度のちがいによつて区別されているだけであると書かれている．従つて著者が得た成績は多色性に関する多様性を示すものではなく，明るさ及び飽和度の差別能の多様性を示すものではないかとの疑問が起るかもしれない．この点に就いては観察の際，最も注意した所であり，そのためにこそ色調の細い差別は問題としなかつた．また被検者たる色盲の使用する色の名も必ずしもそのまゝは採用しなかつた．むしろ被検者の申告する言語表現を介して眞に被検者が感じている色感覚の内容を出來るだけ正しく推定しようと努めた．

そもそも昼光電球の光の連続スペクトルの中に被検者がどれだけの代表的な色を認めるかという検査は，第一に，色調の名称は別にして，スペクトルの二個所を色調上明らかに異なる色だとして認めているか否かを検査することである．この点に就いての判定は被検者が正常者であつても，色盲者であつても，同様に充分信頼し得るものである．第二に，その様に感覚された各々の色調を“赤だ”とか“黄だ”とか命名して申告することは，それらの感覚内容と被検者が持ち合わしている概念の内容との一致が成立つことであるから，被検者がもつている赤という概念，黄という概念の内容が問題になる．この様な概念の内容は被検者が日常生活に於いて，種々な場合に経験した感覚の印象が綜合されて築き上げられたものである．そしてその様な日常の感覚経験は自然物にしろ，人工的な着色物体にしろ，殆んど皆複雑なスペクトル組成をもつており，單色光を与えるものではない．色盲者にあつては，それらの場合の色名は正常者によつて提供された名称を採用するが，感覚は色盲者自身の経験する所である．従つてこゝに色調命名の誤りの起る可能性がある．しかし実生活に於いて色盲者と正常者との間に話がよく通ずる場合が多いのは，日常の混合色に対する色盲者の感覚と正常者の感覚とに或る程度共通点があることを示唆しているものである．このことだけから考えても色盲者の赤，黄などゝいう概念の内容と正常者のそれとが質的にかけはなれたものと考えるのは無理である．むしろ差異はあつても量的な差異にすぎないと考えるのが穏当である．著者の検査の結果明らかになつた事実から見ると，例えば550mμの光を正常者は綠と見るのに色盲者は黄と見ているものがある（第4図，第5図の中に多数の例を見る）．しかし今こゝに530～560mμに亙る混合波長の光があつた場合に，正常者は綠と見るのに対し色盲者は如何と言うと，彼が535mμを中心として綠を感じる者であるならば，530～560mμ の

範囲は黄色の勝つた綠と感じるであろう．即ち同じ物体の色に対して正常者と色盲者とは多少ちがつた色調を感じていても互に話が通じるわけである．またこの程度の差異は正常者同志の間にも色名の差異，綠という色調の意味的定義の差異の個人差としても普通に存在する事柄である．概念内容がちがうにも拘らず同じ名で呼ばれるという危険はスペクトルの各部の細かい色調差異を申告させるときには充分警戒しなければならない．しかし著者の今回の報告に於ける様にスペクトル全域に幾つの，如何なる主だつた色調が存在するかを問題とした場合には観念論的な懐疑に陥る必要はないのである．まして色盲にも上述の様に種々の移行的な段階があり，六色性の者に至つては正常者に甚だ近く，たゞ黄と感覚する波長範囲が正常者に比べて少し廣いというだけの者もあるのに，この様な色盲者の感覚内容や概念内容を疑う段になれば，正常者同志の主観的スペクトルを比較する事も出来ないことになる．更に強調したい事実は福田 (5) が報告している，同一人がスペクトルを眺め始めた数秒間は正常者の主観的スペクトルを申告するのに，時間が，それ以上たつと，黄に見える区域が，特に短波長側へひろがつて，吾々の云う意味での色盲者の定型的な主観的スペクトルを申告するに至るものが稀に見出されると云うことである．この場合には被検者の申告に疑念を差挟む余地はないであろう．著者もまたこれに類似した例を綠色盲では四色性に1名見出し，別報で述べる色弱者ではかなり多数の例を見出した．次に命名の差が問題となる場として，特に注意をひいたのは青を濃淡の違いで，青と紫とに区別している場合である．また度はずれに誤つた色名を以て申告したものも稀にはあつたが，大多数の被検者が，少なくとも6つ，または7つの色調概称を以て表現するとき，殆んど正常者と同じ色調と色調概称との対応を以て申告した．先きにも述べたように被検者が“赤だ”と呼ぶ感覚と正常者が“赤だ”と決定する感覚とが，内容的にどれ程異同のあるものかは確言出来ないが，この点の保留は正常者を被検者とするときでも，感覚調査には常につきまとうものである．色盲の場合だけ特に懐疑的態度をとる本質的な理由はない．以上のような考察によつて，申告法によつて色盲者の主観的スペクトルを決定することが事実上可能であり，適当な注意さえ払えば充分信頼するに足る成績を得ることが出来ると認めるものである．よつて明るさの分布傾向及び不飽和部等に関する成績は，それぞれ別個の独立した成績であり，また同時にこれらの成績を考慮に入れて考察すれば，著者が得た色調分布の成績は明るさや飽和度の差別性を誤認したものではなく，被検者の弁色能の差別性を現わしたものと認めることが出来る．

從來は，赤と青または綠との混色実験の成績にもとづいて，それから推論して色盲者のスペクトルを二色性として規定しているのであつて，被検者が種々な波長の光によつて，果してどのような色調の感覚を起すかということゝは必ずしも直接の対応はないのである．同時に，また，Helmholtz や Hering の学説を絶対的のものとして過信する考え方から混色実験から dichromatic なることを認められた被検者がたゞちに dichromic であるとして，一足飛びに推定論断していたものである．これに反して，著者の成績は單純波長の光の感覚そのものを調査して得られたものである．申告に依る点では，勿論，被検者の感覚上の，他の生理的乃至は心理的諸過程の参与も充分考慮されなければいけないが，第二色盲として定義された色盲者にはその色調弁別性の根底となる過程は何であれ，とも角も，事実として，可視スペクトル中に，主観的に，正常者と略同じと認め得る弁色能のあるものから，飛びはずれて異る弁色性を示すものまであり，極めて多種多様であつて，從來言われている程には簡單ではないと言つてよろしい．

次に色盲者の主観的スペクトルに於ける色調弁色能と想定されるものゝ特性の中で，最も意味深い点は黄と見る波長区域が方外に廣いうことである．色盲者では，黄のスペクトル区域が

多かれ少かれ正常者に比して廣いとは既に G. Fr. Göthln (11), J. G. Hailwood 及び H. E. Roaf (12), 福田 (5, 6) 等の認めているところである. 著者の成績もそれらと一致する. 由來 anomaloscope第一型による赤光線と綠光線との混合光線の色を黄光線の色と match させる成績は色盲の判定上極めて重要視されている. しかし色盲者の主観的スペクトルに於て, 黄の幅が廣く, 正常者の赤の部分にも, 綠の部分にも伸びているという事実から考えるならば, 赤と綠との二種類の光線を混ぜて出來た混合光線の色がいろいろの混合比で, それぞれ黄の光線の色と match するのは当然なことである. 逆に正常者では, 特定な赤綠混合比のときだけしか混合光線の色が黄の光線の色と matchしないのも, 黄と認められるスペクトル帯が狭いことからまた当然である. 即ち綠色盲は主観的スペクトルに於いて黄のスペクトル帯が, 多かれ少かれ廣いという事実は, 色盲者の特性として重要なものと認められる. 次に綠色盲と判定されたるものは, 必ずしも不飽和部があるものゝみでなく, それのないものも見出されたこと, 及び明るさの分布が双子山型で, 短波長側に, もう一個所明るさの優れた部分があるものがかなり多数に見出された事等は, 共に從來の成績とは異るものである. このような成績及びそれに対する考察から反省して, 色盲者の色感覚上の特性に関して再検討が必要なのではなかろうか. 福田 (6, 7) はつとに, その点に関して, 再検討の必要なことを強調している. 即ち從來の検査はすべての色調に就いて, 色の感覚を調査するものではなく, 主として赤と綠の部分とを目やすとした調査である. しかし実際生活上に於ける不便は主観的スペクトルが多色性であるか否かに主としてかゝつている. 判定と不便の程度とが一致するように思うのは Helmholtz や Hering の色学説を過信することから來た誤解である. 故に色盲及び色弱の区別や定義は將生活に於ける色調弁別の差支を主とすべきであり, ために主観的スペクトルに於ける多色性如何の調査が先ず第一に必要であるとしている.

総　　括

100乃至300Luxの照度の室内で, 第二色盲と判定された42名の色盲者に, 分光器 (光源 100 W マツダ昼光電球, 細隙 0.25mm) の中のスペクトルを見せて, 如何なる色調が如何なる波長区域に感覚されるか, 即ち主観的スペクトルに於ける色調の分布狀況を調べた. 同時にスペクトルの連続した色調列の中で, 白ちやけて, 色調の不飽和化して見える部分があるかどうか, と言う点及びスペクトル全域にわたつて主観的明るさが如何に分布しているかをも調べた. 調査にあたつては被検者が感覚した事を検者の問に対して直接申告する方法をとつた. そして次の成績を得た.

1) 第二色盲と判定されたもの全部が全部, スペクトルを見て感覚する色は, 從來言われているように黄と青の二色のみではなく, 弁色能に於いて多種多様な種類が見出された. 即ち感覚出來た色を六つの色調概称で言い現わすと, 42名の被検者中, 赤と青, または黄と青との二色のみのもの4名 (9.5%), 赤, 黄, 青の三色のみのもの1名 (2.4%), 赤, 黄, 綠, 青の四色を区別したもの4名 (9.5%), 赤, 橙, 黄, 綠, 青または赤, 黄, 綠, 青, 紫の五色を弁別したもの13名 (28.6%), 赤, 橙, 黄, 綠, 青, 紫の六色を全部区別出來るもの20名 (48.0%), とがあつた. 全部の被検者がスペクトルの中に認めた色は青である.

2) 弁色能の劣つたものは勿論であるが, 六色を区別出來たものでも, 各色調の対応波長区域を正常者のそれと比較すると, 大多数のものは相当の差違を示している. 中でも黄に於いてその違いが著しい. 即ち色盲者はスペクトルに於いて黄と見える部分の幅が廣く, 長波長側へも, 短波長側へも拡つている. 拡がりのうちでも, 正常者の綠と見える部分をおかして, 短波長側へのびているものが多い.

3) スペクトルの長波長端も, 短波長端も, 集約的に観察すれば異常はない. しかし個別的に見ると, むしろ長波長端が正常者より長いも

のが少数見出された．また短波長端の短縮しているものも少数見出された．

4) 被檢眼83個の中，66眼には，正常者に綠，或は青と見える位置に白ちやけて，色調の不飽和化して見える部分があつたが，17眼(21.6%)には，それが全く見られない．同一人の一眼には不飽和部があるが，他眼にはないというものも少数見出された．

5) 著者の用いた適応條件の下に於いて，すべての被檢者が585mμ附近を明るさの勝つた部分として感じているが，被檢眼83個の中41眼にあつては，更に，もう一個所，正常者には綠，或は青を見える部分のどこかに，明るさの優れた部分が見出された．これらのものでは，この第二の明るさの優れた部分より，少し長波長側にかえつて明るさの低下した部分があり，ために スペクトル全域にわたる明るさは双子山型に分布している．

終りに臨み，終始御懇篤なる御指導と御校閲の労を賜つた恩師福田邦三教授に対し心から感謝する．また anomaloroope 第一型の使用及びその他種々の点で御便宜を賜つた東大眼科学教室庄司，中島兩教授，鹿野講師並びに被檢者の選び出しに御援助下すつた 畏友長島長節氏に心から御礼を申上げる．

文　　献

1) 大川眞澄 (1951) 綠色盲の主観的スペクトルに就いて 日本生理誌 13, 79
2) 近藤忠雄 (昭和11年) 大日本眼科全書 第六巻 第一册：317 (金原商店)
3) 加藤金吉 (1950) 色盲 14 (医学書院)
4) Edridge F. W. Green (1920) The physiology of Vision : 161 及び 168, 176 (London)
5) 福田邦三 (昭和17年) 民族衛生 10, 202
6) 福田邦三 (昭和24年) 精神の生理学 78 (文光堂)
7) 福田邦三 (昭和24年) 人体生理学 463 (南山堂)
8) 福田邦三・大川眞澄 (1951) 日本人の感覚する色調の名と波長との関係に就いて 日本生理誌 13, 179
9) 上村六郎・山崎勝弘 (昭和18) 日本色名大鑑 (甲鳥書林)
10) 石原 忍 (昭和14年) 国際色盲檢査表 (金原商店)
11) Göthlin, G. Fr. (1923) J. of Physiol 57, 181
12) Hailwood. J. G and H. E. ROAF (1937) J. of Physiol. 91, 36

Summary

The power of colour discrimination for different wave-lengths and the distribution of the subjective brightness in the visible spectrum has been tested with 42 deuteranopes. The continuous spectrum was produced from a source of 100 Watt MAZDA LAMP in a spectroscope at the distance of 12 cm. from the centre of the light. The slit of the spectroscope was 0.25 mm. in width. The experiments have been carried out under about 100 to 300 Luxes of brightness.

The results were :

1) According to the usual theories, the deutranopes can not recognize more than two colours in the continuous spectrum. By the auther's observations, it was found that the colour discriminating powers of all subjects are not so simple, on the contrary, there are found various patterns. Of 42 subjects : dichromic (red and blue or yellow and blue) 4, trichromic (red, yellow and blue) 1, tetrachromic (red, yellow, green and blue) 4, pentachromic (red, yellow, green, blue and violet, or red, orange, yellow, green and blue) 13, hexachromic 20. The colour recognized in every subjective spectrum is blue.

2) Of the abnormalities of the colour discriminating powers, extension of the region as seen yellow is the most marked : the region expands wider either on the side of the longer wavelength or shorter wavelength.

3) With all eyes, the unsaturated part in hue in their subjective spectrum does not always exist. With 66 eyes, such part is found at the region which is seen as green or blue with normal eye, but with 17 eyes, such parts are not found. Moreover, it is observed that in some cases the unsaturated part exists with one eye, but with the other eye of the same individual it does not.

4) Many eyes have two luminosity maxima in the spectrum. The one located in the neighbourhood of the wave-length of 585 mμ. and the other in the region seen as green or blue by normal men.

(Department of Physiology, Med. Faculty, Univ. of Tokyo)

赤痢・疫痢・下痢に！

フタリルスルフアチアゾール

フタリチン

フタリチンは消化管内から殆んど吸收されず直接腸管内の有害菌に作用し**副作用は絶對にありません**。通常服用後24時間で菌數は約$\frac{1}{10}$になります。

8錠　20錠
25瓦　250瓦

製造元 日本化成　販賣元 中村瀧

ミクニ

—日本薬局方—

パンクレアチン
含糖ペプシン

東京都中央區日本橋室町4の5

製造發賣元　ミクニ化學産業株式會社

昭和二十六年八月十五日印刷
昭和二十六年八月二十五日發行

編集兼發行人 戸塚武彦 東京都文京區本富士町 東京大學醫學部生理學教室内

印刷者 三浦武次郎 山形縣鶴岡市馬場町甲三
印刷所 鶴岡印刷株式會社

發行所 日本生理學會 東京都文京區本富士町 東京大學醫學部生理學教室内
振替東京八六四三〇 會費一ヶ年金五百圓（昭和廿六年度）

第一 Sulfa "第一"のダイアジン

テラジアジン

サルフア劑を撰ぶなら……

吸收迅速—排泄は遲く長時間抗菌作用を營み速かに高い血中濃度に達し、腦脊髓への滲透性が强い、又他のスルフアミン劑に比し、体内アセチール化合体の生成量が最も少く、又溶解度は最も高く、從つて腎臟障害尿道内に結晶を生ずる危險率は最も少い。（文獻進呈）

包裝 10錠 200円 20錠 380円 100錠 1.840円 500錠 8.500円
定價 25瓦 830円 100瓦 3.000円 500瓦 14.000円
10% 2cc×10 170円 5cc×10 380円 10cc×5 360円

第一製藥株式會社
東京日本橋・大阪道修町・福岡下祇園町

中外製藥の良心的医薬品！

鎭痛・消炎・解熱に ザルソ＝プロカノン 靜注
特に神經痛 坐骨神經痛に アロピラ＝ザルプロ 靜注
嫌・好氣性兩菌を併殺する ホモスルファミン 注・錠・末
新合成女性ホルモン ロバール 注・錠
甲狀腺機能亢進症並に狹心症に メチオジール 注・錠・末
肺炎・淋疾・其の他一般化膿性疾患に ネオ＝ヂセプタール 注・錠・末
榮養・疲勞恢復・脚氣に ビタミン＝プロカノン 靜注
强力利尿劑 テオハルン 粉末
腦溢血其ノ他毛細血管强化劑 ヒカルチン 注・錠・末

元 製造

中外製藥株式會社