



生化学講座

医学の生化学Ⅱ

—病態化学—

8

生化学講座

8

編集

赤堀四郎
伊勢村寿三
市原 硬
浮田忠之進
内野仙治
江上不二夫
片桐英郎
佐橋佳一
島蘭順雄
鈴木友二
田中正三
広畑竜造
牧野 堅
森 高次郎

医学の生化学Ⅱ

—病態化学—



共立出版株式会社

第8卷 編集担当 者

東京大学医学部 島 蘭 順 雄
京都大学医学部 鈴 木 友 二

執 筆 者

山口県立医科大学 柴 谷 篤 弘
東京大学医学部 江 橋 節 郎
群馬大学医学部 林 浩 平
福島県立医科大学 鶴 見 膠 一
山口県立医科大学 広 畑 龍 造
九州大学医学部 山 崎 晴 一
九州大学医学部 井 村 棲 梧
九州大学医学部 荒 川 規 矩 男
山口県立医科大学 中 村 正 二 郎
九州大学医学部 天 児 民 和
東京大学医学部 吉 川 春 寿
東京大学医学部 大 塚 正 徳

(執筆順)

序

本巻は臓器の生化学、解毒機構、薬物の生化学の3章から成り、人体あるいは高等動物における細胞組織の分化に伴う生化学的な特長を述べたものである。もとより組織の構成や代謝には正常の場合と異常の場合とがあり、異常の状態の観察から正常の状態のことがらが判明した例も多い。異常の状態というと、自然におこる疾病もあり、人工的に物理的あるいは化学的な手段でひきおこされる状態もある。そういう方面の研究は異常生化学あるいは病態生化学と呼ぶべきもので、医学に大きな貢献をしている分野である。

生物学あるいは医学においてまず発達したのは形態学であって、ついで生理学が勃興し、化学の発達に伴って生理学から生化学が分離した。現代の生理学は主として生命現象を物理的に研究する科学であり、生化学は生命現象の化学的研究を担当している。臓器器官の機能発揮に伴う化学的变化は生化学の最近の課題である。異常の状態における形態学的変化や物理学的変化は病理学や薬理学で詳しく研究せられているが、これに伴いあるいはその原因をなす化学的变化の追及は今日最も要望せられるところで、この方面の生化学もまた今日新しい展開を示しつつある。本巻のほか、第12巻、第13巻はこれらの問題に触れている。編集者はその努力にもかかわらず、本巻に“肝臓”の項が脱していることを最も遺憾とし、いずれかの巻に必ずこれを補う所存である。

生化学の歴史をふりかえると、その成立や発達には医学の一分科として歩んだ道が大きい。それは治療医学の基礎となる意義をも持っていたが、一方人体は最も複雑な分化を遂げた生物として、生物学の到達する最も大きな峰であるに相違ない。その意味から、本巻は医学方面のみならず、広く生物現象一般に興味を有する人々の播続に値するものである。

昭和34年10月

編集担当 島 蘭 順 雄
鈴木 友 二

目 次

第 8 章 臓器の生化学

8.1 細胞の生化学	1
A. 序 論	1
B. 核	8
C. ミトコンドリア	15
D. “ミクロソーム”画分と“細胞質上澄み”	17
E. 有糸分裂の生化学	20
F. 細胞の機能における生化学的統一	23
参考文献	25
8.2 筋	29
A. 序 論	29
B. 筋代謝の生化学	33
C. 収縮系の生化学	47
参考文献	59
8.3 結 合 織	66
A. 基 質	67
B. 線 維	71
C. 細 胞	75
D. 結合織とホルモン	77
参考文献	78
8.4 脳神経の生化学	79
A. 脳神経の組成	79
B. 脳脂質について	82
C. 脳における蛋白質およびアミノ酸の代謝	88
D. 脳における糖質代謝	93

E. ビタミン	99
F. アセチルコリンの働き	100
参考文献	101
8-5 腎臓の生化学	104
A. 腎臓の成分	105
B. 腎臓の機能と代謝および酵素	109
C. 物質代謝	120
参考文献	137
8-6 脾 (付, リンパ節)	145
A. 脾の構造および機能	145
B. 脾の物質構成	147
C. 蛋白質	148
D. 脂 質	149
E. 酵素および代謝	150
F. 抗体の産生	151
参考文献	153
8-7 骨の化学	154
A. 緒 言	154
B. 骨中の無機塩	155
C. 骨基質について	156
D. 軟骨の基質	157
E. 化骨の化学	158
F. クエン酸と骨	162
G. 骨の吸収	164
H. ホルモンと骨	165
I. ビタミン	168
J. ミネラルの新陳代謝	168
K. 放射線およびアイソトープ	171
参考文献	172

第9章 解毒機構

9.1 解毒の概念	175
9.2 研究の歴史	176
9.3 研究方法	178
9.4 解毒の形式	178
A. 酸 化	180
B. 還 元	186
C. 加水分解	187
D. 抱 合	187
E. 非酵素的反応	200
9.5 解毒に関する臓器および正常尿に含まれる物質	201
参考文献	203

第10章 薬物の生化学

10.1 総 論	207
A. 薬理学的な作用単位としての細胞	208
B. 薬物作用点としての細胞膜	209
C. 薬物受容器 receptor の概念	211
D. 細胞膜の薬物透過性	213
E. 細胞内成分に対する薬物の作用	214
F. 酵素抑制剤または促進剤としての薬物作用	215
10.2 薬物作用各論	217
A. 中枢神経抑制剤	217
B. 中枢神経興奮剤	222
C. 局所麻酔剤	223
D. 自律神経系に作用する薬物	224
E. ヒスタミンおよび抗ヒスタミン剤	232
F. 心筋に作用する薬物	232

G. 利尿剤	235
H. 麦角アルカロイド	237
I. 炭酸ガスと化学受容体 chemoreceptor	237
J. 重金属および重金属拮抗剤	237
K. 化学療法剤	239
L. 悪性腫瘍化学療法剤	242
M. ホルモン	243
参考文献	246
索引	1~6

第8章 臓器の生化学

8.1 細胞の生化学

A. 序 論

a. 領域の設定 生化学は生物体にみられる化学現象の記述と生物の機能の化学的説明を体系化する自然科学の領域である。生物体の圧倒的大部分は生きた細胞からなり、生物の機能の多くのものは細胞の機能に帰することができる。したがって生化学は本来その最も重要な部分を細胞の生化学によって占められると思われるかもしれない。しかし研究手段としての化学は、必ずしも研究対象が細胞からなっているか否かを問わないし、生化学それ自身もまた、必ずしも細胞を意識せずにその発展の基盤をすえることができた。これは化学という知識の分野では、その発達初期には、溶液または微小な分散系を研究材料とし、また極力均一化された反応系を取り扱うことが、新しい知識をうるもっとも確実な方法だったからである。いいかえれば、細胞というおどろくばかり不均一な、しかもみごとに組織化された微細構造をもつ実体を無視してかかることが、生化学の進歩のためには、まず必要だった。しかし生化学の知識が次第に集積され、微妙な実験技術が確立されるにつれて、細胞の集合体としての生物体や組織、器官、あるいはそれから分離された種々の化合物や酵素の反応ばかりではなく、細胞それ自体が生化学の研究対象となってきた。つまり、細胞の微細な構造の各部における物質分布、そこに起る化学反応、それらの構造のもつ機能の化学的説明、種々の異なった細胞の示す形態的、機能的な相違の化学的説明、細胞という一つの統一体の示す調和のとれた機能体系の化学的解釈などが、意識的に生化学の主題とされるようになったのである。そのような生化学の動向は、実はすでに古く 1869 年スイス人の Miescher¹⁾ が細

* DNA: デオキシリボ核酸, RNA: リボ核酸, ATP: アデノシン三リン酸, GTP: グアノシン三リン酸, DPN: ジホスホピリジンヌクレオチド, DPNH: 同じものの還元型, AMP: アデノシン-5'-リン酸, ADP: アデノシン二リン酸

胞核の成分として核酸を発見したときに始まったが、近代生化学が細胞の生化学を明確に指向するには、ずっとのち、ようやく 1930 年代後半、細胞の形態学がその近代的発展を一応なし終えたころまで待たなければならなかった²⁾。

b. 動物細胞 図 8-1 に動物細胞の概念図を示す。細胞^{A)}の大きさや形は細胞の種類によりまちまちだが、一般には直径 10~50 μ の球形、またはそれに

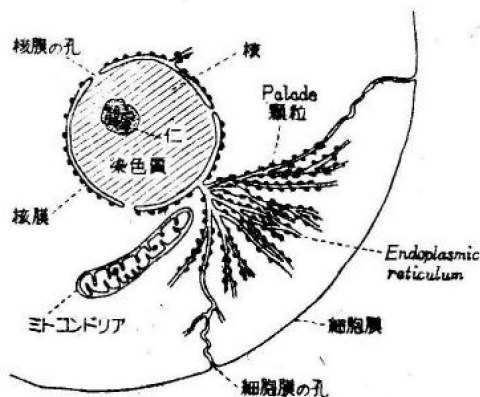


図 8-1 動物細胞の構造概念図 (Novikoff, Podber²⁾ を少し変えた)

類した大きさの平板または線維、場合によってはさらに複雑な形をとる。哺乳類の赤血球を除いて 1 個(まれに 2 個またはそれ以上)の核^{B)}がある。生きている核は通常その中にある仁^{C)}と呼ばれる 1 個または数個の小さな球状体を除いては均一に見えるが、種々の固定液で蛋白質を凝固させて細胞を殺すと、塩基性色素でよく染まる微細な網状構造 (染色質) をあらわ

す。染色質^{D)}は静止核 (分裂していない核) で染色体^{E)}がその個性を保ちながら大きく広がり、互に区別しがたく接着しあったものの固定による人為像であると考えられている。核が分裂しはじめると、今までその個性をめぐりように示さなかった染色体は、ちぢまって棒状や球状の密度の高い構造になり、それが縦に 2 分されて、分かれたおのおのの半分が細胞の両極に動き、新たに分裂によって生ずる 2 個の娘細胞の核を形成する。この染色体の動きに関係して、静止核のわきに存在していた中心体が両極に分かれ、そこから星状に放散する線維状の構造をあらわし、向い合う二つの中心体の間に張られた線維状の構造は、その上に分裂中期の染色体を付着せしめ、やがて両極に分かれてゆく染色体の間にも、同様の線維状の構造がみられる。これらの線維状構造の総体

- A) cell B) nucleus (複 nuclei) C) nucleolus (複 nucleoli) D) chromatin
E) chromosome

を紡錘体^{A)}という。紡錘体と染色体のあらわれる分裂様式が有糸分裂^{B)}で、このときにだけ染色体がめいりょうな形をとって、その数がかぞえられるようになるのが一般である。染色体の形と数は種によって一定なのが通則で、体細胞の多くのものでは、ある基本数 n (ヒトでは $n=24$) の2倍である。これを2倍体^{C)}という。ただし生殖細胞(精子と卵子)では、それができる過程で染色体数が半減されて n の1倍(1倍体^{D)})の染色体しかない。受精のときに精子と卵子が合体すれば2倍体が回復される。有糸分裂によって染色体のすべてが等分されて娘細胞に配分されるから、体細胞では原理的には染色体数が常に $2n$ のはずであるが、ときには $4n$, $8n$ の核、あるいはもっと不規則な数の染色体をもった核もみられる。

核をとりまく細胞の残りの部分は細胞質^{E)}で、透明にみえる基質の中に種々の顆粒を含んでいる。その中には脂肪や細胞の分泌物からなる分泌顆粒のように、細胞の生活現象に直接にはあずかっていないものもあるが、特殊染色によって生きた、または固定された細胞で確認され、また位相差顕微鏡で生きた細胞について観察できる棒状、球状の微細な顆粒であるミトコンドリア^{F)}(径約 $0.3\sim 0.5\mu$, 長さ $0.5\sim 5\mu$ 前後)は、ほとんどすべての細胞にみいだされる。図 8.2 は細胞質の一部の超薄切片の電子顕微鏡写真で、これで見ると

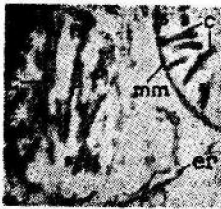


図 8.2 ネズミ肝細胞のミトコンドリア断面図
×2,800。mm: ミトコンドリアの膜, c: cristae mitochondriales (Porter⁶⁾ より)



図 8.3 ネズミ耳下粘液腺細胞断面
n: 核, m: ミトコンドリア, cm: 細胞膜。
×8,000。(Porter⁶⁾ より)

- A) spindle; achromatic apparatus B) mitosis C) diploid D) haploid
E) cytoplasm F) mitochondria (単 mitochondrion)

ミトコンドリアは2層の膜をもち、内部にも多くの2層の膜による仕切りのような構造 (cristae mitochondriales) がある^{3,4)}。光学顕微鏡では、ミトコンドリアよりも小さい細胞質の微細構造は通常観察がきわめて困難かまたはまったく不可能であるが、電子顕微鏡によるとミトコンドリアのほかに複雑な微細な網状構造がみられる。これは超薄切片では通常切れ切れになって、表面膜をもった円形ないし棒状の構造に見えるが、三次元構造をもった細胞質内では、非常にいくんだ立体的な網状構造をなしていると思われ、これを小胞体^{A)}と呼ぶ⁵⁾ (図 8・3)。小胞体は、しばしば集って層状に並ぶ (図 8・4)。核膜も2層の膜からなり、その膜間部が小胞体の内部に連絡しているといわれる。また細胞外部も同じく網状に細胞内にいきこんで、やはり同様小胞体の内部に連絡している。小胞体の表面には、多くの標本で密にみえる (写真では黒くみえる)

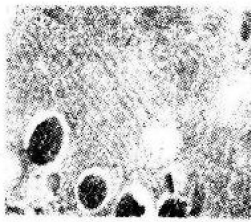


図 8・4 ハツカネズミ脾外分泌細胞小胞体が層状をなして cisternae をつくったもの
黒く丸いものは分泌顆粒。棒状のものはミトコンドリア。凍結乾燥標本。電子顕微鏡写真 ×7,000
(妹尾左知丸教授の好意による)

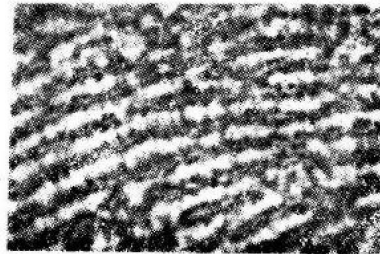


図 8・5 ハツカネズミ脾外分泌細胞小胞体の Palade 顆粒
凍結乾燥標本の電子顕微鏡写真 ×17,500
(妹尾左知丸教授の好意による)

非常に微細な顆粒がついていることが多く、これを Palade 顆粒と呼んでいる⁷⁾ (図 8・5)。図 8・6 には生きた細胞の位相差顕微鏡写真を示す。位相差顕微鏡というのは、普通の光学顕微鏡に特殊な装置を加えて、観察する対象内のわずかな屈折率の差を局所における明暗のコントラストとしてとらえる装置で、生きた細胞の中にある化学成分を異にする相と相との界面をきわだたせる

A) endoplasmic reticulum

のに役だつ。しかしこれによっても小胞体は観察されない。これらの細胞質構造のほか、古くから特殊な染色法で固定された細胞の中にみいだされるゴルジ装置というものがあるが、その本性と機能については今日なお不明確な点が多い。

c. 細胞の生化学に用いられる実験技術 a. で述べたように、一般の生化学の研究手段は、細胞以下のレベルの微細構造についての化学的知見を与えるには適していない。それで、特殊な種類の細胞ばかりを純粋に集める方法を別としても、細胞の生化学的研究には、多くの独得の実験技術が発達した。

i) 顕微鏡による方法 この方法は顕微鏡下に細胞の形態をとらえながら、そこにみられる微細な構造の物質組成、酵素活性、代謝活性に関する定性的、定量的分析を行おうとするもので、しばしば細胞化学^{A)}とも呼ばれる⁹⁾。特殊な定色反応によって特定の物質の細胞内所在をとらえる方法、酵素反応の終末産物を適当な化学反応を介して呈色物質の沈着としてとらえる方法、特異性の高い加水分解酵素による消化実験などがもっとも手軽に行われるが、反応の特異性や物質の移動(溶出と再吸着)のないことなど、忠実な細胞化学反応としての最小限の要請を満たすものを求めるならば、現在行われている反応の多くはなおいくつもの不満足な点を残しており、おとし穴も多い。DNA* に対する Feulgen 反応は、細胞化学の典型と称されるが、それに関する方法論のぼろ大な文献¹⁰⁾をみても、一つの細胞化学反応を一応信頼できるものとして確立する前に、いかに多くの問題が解決されねばならぬかがわかるだろう。核酸や蛋白質のように、紫外部に吸収をもつ物質に対しては、水晶レンズまたは反射対物、対眼鏡による紫外線顕微鏡装置が役にたつ¹¹⁾。これ



図 8-6 ハツカネズミ胎児皮膚の線維細胞

組織培養中の生細胞(位相差顕微鏡写真)。左側に3個をもった核。微小な脂肪顆粒と細胞の外部に近く桿状ミトコンドリア。
×7,000 (McIlors⁹⁾)

A) cytochemistry

ら、可視および紫外部の吸収の強さを測定する装置として、顕微分光測光装置^{A)}がある¹¹⁻¹⁴⁾。これは細胞内の微小部分をあたかもキューベットのようになして、その顕微鏡によって拡大された像を電子管増幅回路に連結された光電管で測光する装置で、これによって核の Feulgen 反応の呈色度から核 1 個に含まれる DNA の相対量を測定したり、また細胞の微小な部分の紫外線吸収スペクトルをとったりすることができるが、当然予想されるように、多くの測定誤差を伴うので、信頼しうる結果を出すために多くのくふうがこらされている。Microradiograph および干渉顕微鏡法^{B,15)}は、それぞれ細胞構造の X 線吸収および屈折率を測定する方法であるが、これらはともにその構造の乾燥重量(すなわち溶媒としての水を除いた重量)に比例するので、細胞各部の乾燥重量測定に利用される。オートラジオグラフ法^{C,16)}は、主として β -線を出す放射性同位元素で標識された組織標本に写真乳剤を密接させることによって、 β -線で感光した臭化銀を現像して得られる銀粒子を、顕微鏡下に観察し、それに重層された細胞構造との対比から、細胞内に局在する放射性同位元素の位置づけと定量をめざすもので、最近おおくの技術的改良によって、めざましい成果をあげている。電子顕微鏡は、解像力の飛躍的な増大と、超薄切片製作技術の進歩によって、細胞の微細構造の解明にいちじるしい貢献をなしつつあるが、なお細胞化学的にはみるべき成果をあげるには至っていない。

ii) 分画遠心^{D)}による細胞成分の分離^{18,19)} 細胞を適当な手段(通常ガラスまたは合成樹脂製のホモジナイザやミキサー類が用いられる)でこわして、分散液^{E)}(ホモジエネート^{F)})としたばあい、媒質を適当に選べば(等張または高張のシロ糖溶液がもっとも多く用いられる)、比較的無傷な核、ミトコンドリアなどの細胞構造を含んだ無細胞液が得られる。これを低速および高速遠心で順次分画すると、核とミトコンドリアが純粋に分離される。これらを沈降させた上澄みをさらに超遠心機で長時間遠心すると、マイクロソーム^{G)}と呼ばれる画分が得られるが、これは切れ切れになって顆粒状となった小胞体と

A) microspectrophotometer B) interference microscopy C) autoradiography
D) differential centrifugation E) dispersion F) homogenate G) microsomes

Palade 顆粒の不均一な混合物である⁷⁾。ミクロソーム画分を沈降させたあとの上澄みには、細胞内溶液相が残ると考えられる。この方法によれば、大量の細胞の構造的要素が比較的純粋な形で分離でき、それ以後の生化学的操作にふりむけられるが、分離操作の途中で比較的媒質に溶けやすい物質（とくに水溶性低分子物質）の溶出と再吸着によって、細胞内成分の人為的な再分布の起る危険が大きい。この欠点をさけるためには、非水性媒質による分画法を用いる。これは凍結乾燥法で物質の再分布を防ぎながら脱水した組織を、有機溶媒に細かく分散させ、比重の大きい有機溶媒（四塩化炭素）と軽い有機溶媒（ベンゼンやヘキサン）とを適当にまぜあわせて媒質の比重を適当に変えることによって、遠心分離で比重の異なった形態学的な成分を次々と分画する方法である（比重による分画は、高濃度のショ糖溶液によって水性媒質を用いても行える）。この方法は、水溶性物質の細胞内分布を知るには有効であるが、操作が複雑で収量が悪く、その上多くの酵素は有機溶媒によって失活する可能性がある。また脂質の研究に対しては、それが有機溶媒に溶けるために、まったく用いることができない。

iii) 適当な細胞を用いる方法　たとえば核の生化学的機能を知りたい場合、核をまったく含まない哺乳類の赤血球と、核をもった他の細胞（たとえば鳥類以下の脊椎動物の有核赤血球）とを比較する方法。単細胞の原生動物（たとえばアミーバ）や藻類（たとえばカサノリ）から有核片と無核片とを用意してその両者を比較する方法²⁾。後者の方法のためには、材料が多量に得がたいために、微量分析法のくふうがしばしば必須のものとなる。あるいは用いる細胞の細胞分裂を、材料のほとんど大部分についていっせいに行わせる（いわゆる微生物の同調培養法¹⁹⁾——これには温度処理その他いくつかの有効な方法があり、高等動物の細胞の組織培養についてもしだいに応用される気運にある）ことにより、細胞分裂の任意の時期について生化学的分析を行うことができる。肝臓の大部分を除去したのちに起る肝臓の再生の時期には、それまで有糸分裂をほとんど行っていなかった肝細胞のなかの多くのものがいっせいに有糸分裂を開始するので、同様な目的のために使用されることがある²⁰⁾。

B. 核

a. 物質組成 核の物質組成には強い個性がある。つまり細胞のなかで、正常には核以外には発見できないいくつかの重要成分がある。DNA および塩基性蛋白質（ヒストンとプロタミン）がそれである。核にはさらに少量の RNA* が含まれ、のちに述べるように、このなかには細胞質の RNA とは、少なくともその代謝活性が非常に違っている画分もある。核にはそのほか種々の量の非塩基性蛋白質があるが、その中に核に特有な物質が含まれているかどうかはあまり明確ではない。核はいくらかの脂質を含むが、これに関しては詳しいことはあまり知られていない。炭水化物に関しても知見が少ない。そのほか核にはいくらか水溶性低分子物質も含まれており、そのうちヌクレオチド類は特に重要である。

i) DNA および塩基性蛋白質²¹⁾ これらはいずれも核に特有の成分で、分離された核から 1~2M 食塩水または水によって相ともなって抽出される。食塩水で抽出したばあい、DNA と蛋白質とは解離しているが、水で抽出したばあいは、そうではないので、両者は核の中でも結合していると考えられる²²⁾。多くの魚類（サケ、マス、ニシン、タラ）やニワトリの精子では、塩基性蛋白質は分子量が非常に小さく、アルギニンに富むプロタミンであるが、他の魚類（コイ）の精子や、一般の体細胞ではプロタミンは存在せず、そのかわりさらに分子量が大きいヒストンがある²³⁾。DNA と塩基性蛋白質とは、通常核にはほぼ等量含まれているが、核におけるそれらの相対含量（乾燥量あたりの重量）は、核に含まれる他の蛋白質含量の多少によって変化し、通常核の DNA 含量は 10~25% である。しかし核 1 個あたりの DNA 含量を計算すると、これは動物の種類ごとに、体細胞の 2 倍体核では一定の値をとり、1 倍体核（精子）ではその半分となっているといういちじるしい特徴を示す²⁴⁾。一般にいて DNA 含量は、動物種ごとに細胞核の染色体の 1 組 (n) について一定の値を示すもので、この値は哺乳類では一般に $3.0\sim 3.5 \times 10^{-12}$ g（したがって一般の $2n$ の体細胞では $6\sim 7 \times 10^{-12}$ g）でほぼ変化がない。鳥類ではさらにこの半分以下。両棲類はずっと高い値を示して $3.7\sim 84 \times 10^{-12}$ g となって

いる。この値は動物の栄養状態によっては一般には変化を受けない。このことは DNA が遺伝子の本質的成分であるという近年の発見とよく調和する。しかし場合によっては、核の DNA 含量が細胞の生理的活動（とくにその分裂活性）と関係して多少変動するということが報告されている。もちろん有糸分裂で核が二つにふえるときには、のちに述べるようにそれに先だつて核の DNA 含量は倍化され、したがって生ずる二つの娘細胞の核の DNA 含量は母細胞の DNA 含量と等しくなるわけであるが、上にいった DNA 含量の分裂活性による変動は、このような核の倍化に先だつ DNA 含量の増加によっては説明できぬものである^{2,25)}。この“例外的な”核の DNA 含量の変動の意義は、今日まだよく理解されていない。ことに、個々の測定結果が、どの程度に正確であるかを問題にするときには、事態はなおいようもなく混乱しているといつてよいようである。

核の DNA およびプロタミンやヒストンは少なくとも種特異性をもち（器官特異性はなお問題がある）、また決して均一な成分では多く、最近の進歩した分画法によって多くの成分に分けられている²⁶⁻²⁸⁾。DNA が遺伝子の本体だとすれば、一つの種の DNA にもきわめて多くの種類が区別されるのは当然であるが、ヒストンも3種またはそれ以上多くの成分に分画され、それぞれアミノ酸組成を異にしている。とくにアルギニンの多い型やリジンの多い型が区別されている。そしてこれらのヒストンは、それぞれ DNA と結合して、化学的にも区別されるデオキシリボ核蛋白として存在していると考えられるべきかもしれない²⁹⁾。これらヒストンの多様性の意義はもちろん、そもそもヒストンまたはプロタミンの生理的役割、およびヒストンがある種の動物の精子形成のときにプロタミンにおきかわる機作やその生理学的意義も、何ひとつ明らかになってはいない。

すでに述べたところからほぼ明らかとなっており、デオキシリボ核蛋白は、染色質の主成分であり、これが塩基性色素でよく染まるのは、DNA の存在に基づくものである。

ii) RNA 細胞化学的にめいりょうに観察される RNA の核のなかの所