會長講演

遺傳子の本質に關する構想

山口 彌 輔

東北帝國大學理學部生物學教室

Yasuke YAMAGUTI: Ein Gedanke über die Genstruktur.

(Presidential Address)

1. 序 論

本日吾が日本遺傳學會第 16 回大會に於て標題の如き多分に想像的な構想に就て私見を披瀝することは如何とも考へるが、此問題は吾々が意識すると否とに拘らず常に心の奥底に潜在して折に觸れて吾々を憂鬱にする根本的な問題であることは吾々遺傳學に携はる誰しもが經驗されて居ることと信ずる。私が茲に私個人の好みに從ひ私の理解し得る範圍の諸家の業績及見解を參照して敢て私見を申述べ御批判を仰ぎたいと思ふ所以も亦其處に存する。

さて遺傳子の存在を假定して説明し得る諸多の遺傳形質の行動と染色體の行動との間に極めて類似した點があることは遺傳研究の可成り初期から已に注目された事實である。爾來長足の進歩を遂げた遺傳研究並に染色體の行動に關する精緻な研究は、遺傳子が染色體中に一定の序列をなして配置されて居らねばならぬといふ學說を實證する幾多の事實を明かにし、今や總ゆる遺傳現象を支配する基礎が實にこの遺傳子と呼ぶ微小な有機物質に存することは遺傳學に於ける 1 つの公理であると言ひ得る迄に發展して來た。

然るに吾々が或は遺傳子の表現よりその本質を歸納せんとし、或は又染色體の行動より遺傳子の本質の闡明に寄與せんと努力しても、遺傳子とは如何なる物質であるかといふ其の物的實體を把握する上に於てそれが少くも間接的であり直接的でないことは自認せねばならぬと考へられる。それは吾々が生物學者であり又研究對象が生體現象である限りに於て寧ろ當然のことと言はねばならぬ。吾々は遺傳子の存在を 1 の公理としてその生體的意義を明にすることを吾々の本領なりと信ずるものであつて、遺傳子其者の物的實體を明かにすることは物質關係學科の研究領域に屬する。従つて吾々が遺傳子其者の物的實體に關する究極の解明に寄與することが如何に少いとしても其れは畢竟學の性格に基く已むを得ざる歸結である。吾々は常に生體に於ける遺傳現象を以て遺傳子の物的説明の可否を決定する唯一の根據として行かねばならぬ。其處に吾々の強味がある。如何に精緻な物的説明であつても、其れが生體に於ける遺傳研究の成果を支障なく説明し得るものでなければ吾々には關係の薄い物的事象たるに留る。然し其れだからと言つて斯かる物的究明の努力及成果に吾々が無關心であつて良いといふことにはならぬ。吾々は遺傳子の存在を單に公理として満足して居つてはならぬ。遺傳子に關する總ゆる科學的な努力の成果を攝取する心構を必要とする。

2. 本問題に對する輻射線遺傳學の貢獻

さて物質科學に於ては物質を究明する第一着手として先づ物質の分子量、大きさの決定を試るのが順序である。従つて遺傳子の物的實體を明にする上に於ても先づ其れが何れ位の大きさ、分子量を有つものであるかを第一の問題とする。勿論この問題に就ては MORGAN (1922), MULLER (1929), DEMEREC (1934), BRIDGES (1935) 其他の生物學者が生物學的方法によつて大體の見當をつけたものはある。例へば MORGAN は 1 染色體中で起り得る遺傳子突然變異の數と全體の染色體容積とを算定して 1 遺傳子の容積を算出する方法によつて *Drosophila* では直徑 27-70 $\mu\mu$, 容積 1.1×10^{-8} cc といふ結果を得て居る。之れは大體に於て蛋白質分子の大きさに該當する。

然し此方面で著しい成果を上げたものの一つは輻射線照射による人爲的遺傳子突然變異(染色體突然變異は茲で論外として)に關する研究であらう。茲では Timoféeff-Resovsky 一派の X 線による人爲突然變異生起率の研究 (1935) をとりあげる。一體電磁輻射線には數百米の波長を有つ無電用電波から光線, X 線, γ 線等の極めて短い波長のものまでが包括されるが其等の中で突然變異を喚起する作用のあるものは光線から γ 線に到る短い波長のものに限られて居る。其中で光線は一般に分子の如き振動系に吸収されて其れに阻害を生ぜしめ相互の振動を促進し結合を切斷し分子の分割(イオン化)を起させる。分割された破片は化學反應が極めて旺盛となる。もし又分割されずに振動が促進された程度であれば隣接した分子に衝突して發熱し第二次化學反應を生ぜしめ得る。従つて光線の有効性には分子の存在が特に重要な關係を有する。之から推論すると一定波長の光線を特に吸収する分子があればその波長の光線によつて一定の遺傳子突然變異が屢々起る可能性もあると言へやう。次に波長の短い X 線, γ 線となると物質透過力が大であり吸収は總ての原子内で起る爲めに光線の場合の如く分子の重要性は最早見られない, 即ち此等の輻射線の特殊作用といふものはない。一樣に吸収された線エネルギーは原子の電子被を阻害して化學反應又は熱を生ぜしめる。

さて上述の如き物理的特性を有つた X 線が生體に投射されると遺傳子突然變異の頻度が高められる事實が證明されて居るが、其れは一體生體內の如何なる媒質に如何なる作用を及ぼし如何なる初原變化を生ぜしめるのであらうか。從來の X 線による遺傳子突然變異喚起の實驗成績によると一般の生理現象と異り時間因子 従つて X 線の強さが關係せずして常に供給されたエネルギーの作用が簡單に累加する。即生理的作用によるだけでは復舊し得ないやうな變化が一舉にして起ると見なければならぬ。換言すれば遺傳子其者の分子又は原子結合内に起つた變化でなければならぬといふ推論が成立つ。然らば復舊し得ない變化とは何を意味するかといふに (1) 投入された量子の吸収, (2) 投入量子により喚起された第二次電子の敏感部通過, (3) イオン形成, 従つて原子又は分子の勵起等が考へられるが, (1) 及 (2) は X 線による遺傳子突然變異の喚起作用が使用 X 線の波長と無關係である事實と矛盾する結果に導く爲めに (3) が残ることとなる。(3) は一般に短波長線では何れにも見られる作用であつて N. W. Timoféeff-Resovsky 一派も X 線による衝戟の物理的性質は茲に求めらる可きものと考へ、1 衝戟は 1 遺傳子突然變異を喚起すといふ衝戟(又は的中)説 (Treffer-theorie) を提唱して居る。即ち氏等によると遺傳子突然變異は一定の平衡状態にある原子結合 (Atomverband) 【一定數の原子が一定の位置に安定に配列された一構造】内で外からのエネルギーの供給又は温度エネルギー變化によつて其等の原子が他の平衡位に變ることに外ならぬといふ。斯かる原子結合の容積又は大きさ、即ち 1 衝

戟を受け 1 イオン化又は 1 勵起によつて常に 1 遺傳子突然變異を生ぜしめる區域 (衝戟域) の大きさは如何といふに、先づ衝戟を受ける有機物質の 1cc 中の原子數を水の場合と等しく $10^{23}/cc$ と假定し、次に 1r 單位のエネルギーが有機物質中で生ぜしめる電子數を空氣の場合の 1000 倍位の大きさと假定して算出し、*Drosophila* では 75-1650 原子を含む區域といふ結果になるといふ。勿論この衝戟域の大きさを直に遺傳子其者の大きさとすることは出来ないとしても、Dessauer の X-線作用に關する點熱説 (Punktwärmetheorie) でも線作用に對する敏感物質が蛋白質に該當することが指摘されて居り、又前述の Morgan 等の生物學的な算定に於ても同様であるから、遺傳子が或種の蛋白質分子又は其等の集合より構成されて居ると考へることが出来やうかと想像される。

3. 蛋白質の構造と生體內に於ける合成機構

上述の如く遺傳子が或種の蛋白質分子又は其等の集合と考へられるものとすれば次に蛋白質に就て吾等の關心事項に關する知見を省察する必要が生ずる。先づ蛋白質の構造に就ては Emil Fischer の Peptide 説が時代を劃した見解であつた。勿論他に説がない譯ではないが、Peptide 説で説明し得る場合が多い。この學説によると 1 のアミノ酸のアミノ ($-NH_2$) 又はイミノ ($=NH$) 群が次のアミノ酸のカーボキシル ($-COOH$) 群と連繫して Peptide が作られる。Peptide は又一種のアミノ酸であるから更に次々と重合して所謂 Polypeptide を形成し得ることは Fischer によつて實證された所であつて、蛋白質は即ち Polypeptide に屬する。由來各種蛋白質の分子量に就ては結晶性蛋白質に於ても意見が區々であつたが最近に到り T. Svedberg (1937) が蛋白質の分子量は略 17000 を單位として其の倍數即ち 17000, 34000, 68000...等の群に分類することが出来るといふ事實を發見したのは重要である。今この分子量 17000 の蛋白質が平均重量 120 のアミノ酸から構成されて居るとすれば略 144 分子のアミノ酸が結合して居ることになる。斯かる蛋白質が如何なる構造を有ち且又生體內で如何なる過程によつて合成されるかに就ては勿論未だ想像の域を脱しては居ないが、今生體內に於ける蛋白質合成の機構を L. W. Janssen (1939) の構想の如くであると假定すれば次の如くなる。即ち葡萄糖 2 分子の夫々半分子から形成された有機酸が窒素を結合して 1 分子のアミノ酸を生成する。かくして出來た簡單なアミノ酸又は更に複雑なアミノ酸が 144 分子重合して 1 本の Peptide 連鎖狀分子を作らずして何本かの Peptide 連鎖が平面に平行に配列されて薄片狀 (二次元) の構造をとるとすれば其の Peptide 連鎖の數には

4	葡萄糖半分子 (=2 アミノ酸).....	72 連鎖
8	" (=4 ").....	36 "
16	" (=8 ").....	18 "
32	" (=16 ").....	9 "

等の場合が考へられる。所が驚く可きことには M. Bergmann 及 C. Niemann (1937) は總ての蛋白質が 9 Peptide 連鎖から成立つて居ることを發見し、其後更に此等 9 Peptide 中の 8 Peptide 連鎖は全く同一構造のもので残りの 1 Peptide は全く前者とは異つた補缺分子簇 (Prosthetische Gruppe) に屬するといふ報告をした。勿論かかる構造は複合蛋白質に關するもので單純蛋白質には補缺分子簇はない。補缺分子簇はアミノ酸でないこともあり、核蛋白質では核酸が補缺分子簇として結合して居る。もし以上の見解が一般的に確證されるならば所謂

Svedberg 單位、即ち分子量 17000 の蛋白質は上述の如く 9 Peptide 連鎖が平行に配列された薄片狀の構造を有つこととなる。而して薄片内に於ける各 Peptide 連鎖は多くの場合交叉連結 (Cross Connection) によつて連繫し、グルタミン酸、及グルタミンでは尾部の COOH 又は CONH_2 が他のものと連繫する。Svedberg 單位の倍數に該當する更に高度の Polypeptide はかゝる薄片狀 Peptide が平行に配列されて三次元の構造をとるものと考へると此等薄片 (Svedberg 單位) 間の結合には酸—鹽基、 S-S 、又は鹽類連繫が關與することにならう。斯くて...8, 16, 32, 64...の薄片から成る蛋白質が想像されることになるが、Haemoglobin は分子量略 68000 であるから 4 片、Thyroglobulin は分子量 700000 で 32 片、Helix の Haemocyanin は分子量 6700000 で 512 片から成ることとなる。斯かる Polypeptide は立方體を成し、前面に補缺分子簇があつて觸媒面を形成し、下方には芳香族或は末端の NH_2 群を有ち、上部には COOH 群が配置された構造を有つこととなる。

事實、生體內で生成される蛋白質にはかゝる觸媒面を有つと考へられる例が尠くはない。例へば Globulin にはアミノ酸及砂糖を有する觸媒面があり免疫性と關係があるものと考へられて居り、Insulin, Pepsin には S を有する觸媒面、Haemoglobin には Hoem を有する 4 個の觸媒面、Thyroglobulin には Thyroxin (甲狀腺ホルモン) を有する觸媒面、Haemocyanin には Cu を有する觸媒面、Nukleoprotein (核蛋白質) には Nukleotide の觸媒面がある。斯くの如く生體內で合成される總ての複合蛋白質には、單純蛋白質と異り、活性原子團即ち觸媒面があるものとすれば、生体内の複合蛋白質の化學的構造と酵素の化學的構造との間に區別をつけることが極めて困難となる。

4. 酵素及び作用素 (ビタミン、ホルモン、助酵素其他)

上述の如く生体内に於ける蛋白質と酵素との區別が困難となつたと同様の關係は又酵素と作用素との關係にも見られ、今日では矢張り兩者を嚴密に區別することが困難となつた。例へばビタミンと酵素との關係が明になつたのはビタミン B_2 (ラクトフラビン) が黃色酸化酵素の作用團なることが發見されたのに端緒が開かれたのである。即ちビタミン B_2 は動物體內で磷酸と結合して作用素となり之が特定の蛋白質 Globin と結びついてフラビン酵素となる。其際磷酸殘基は Globin に對する附着群として作用する。即ちフラビン酵素は作用素たるヌクレオチッド (ラクトフラビン磷酸) と蛋白質 (グロビン) とから成り、作用素たる Codehydrase (助酵素) の還元型を酸化型に變へる働きを有し、フラビン酵素自身は水素をとつてロイコフラビン酵素となる。又ビタミン B_1 (Aneurin, Thiamin) がピロ磷酸と結びつけば Cocarboxylase なる助酵素となり Carboxylase 酵素の作用を助ける。此事實を考慮に入れるとビタミン B_2 が Biotin と共に植物の生長や細胞分裂を刺戟する化學的過程も酵素合成といふ點にあるとも見られやう。ビタミン C 、グルタチオン等も水素の遞傳體として作用し、就中グルタチオンはメチルグリオキサールを乳酸に酸化する酵素 Glyoxalase の助酵素と考へられて居る。

ホルモンに就ても同様の關係が見られる。一體動物のホルモンは蛋白質 (Insulin, 腦下垂體ホルモン) 又は其の分解產物 (Thyroxin, Adrenalin) 又はステリンの分解產物 (性ホルモン) であると言ふことが出来る。而して例へば沃素を含有する甲狀腺ホルモン Thyroxin は臓器、神経系、血球等から得られる蛋白質 Thyroglobulin (celloglobulin) の作用團として結びついて居つて化學的構造に於ては酵素と區別出来ない。又植物生長ホルモン的一種であるプロピオン酸インドールには右旋性のものと左旋性のものとがあり、右旋性のものは左旋性のものより其作用

が 30 倍も大である。即ち非相稱性 C 原子を有する酸の場合に植物は對掌體 (光學異性體) に對して反應を異にし對掌體の吸着される上に相異を示すものであるが、此際原形質の蛋白質が關係するであらう。平板狀の構造を有つた此のホルモン分子が相手の非相稱面に平行に接近して作用すると考へると光學異性體の作用の異なるのが理解される。斯くの如く酵素といへ或は作用素といへ其等の反應機構に於ては結合上の難易強弱の差はあるにしても直接間接蛋白質と密接な關係を有つと言ふことが出來やう。

5. 遺 傳 子 の 特 質 及 び 構 造

由來遺傳子の特質に就ては遺傳學者によつて種々の構想が發表されて居る。A. L. Hagedoorn (1911), J. Alexander (1922), H. J. Muller (1922), C. B. Bridges (1923) 等の自己觸媒説, W. Bateson (1913), R. Goldschmidt (1927, 1928) の酵素説等があり, 其他 W. Johanssen (1913) の根又は根鎖説, D. H. Thompson (1925), R. Goldschmidt (1938) の側鎖説, 及び E. H. East (1910, 1929), G. N. Collins (1914), K. R. Gates (1915, 1933), S. J. Holmes (1915) 等の人々の構想がある。

又遺傳子の構造に就ても E. G. Anderson & W. H. Eyster (1928) の Genomere 説, 即ち遺傳子は Genetomolekül と命名された小單位から成るといふ説があり, A. S. Serebrowsky 一派 (1929-1933) の階段對立因子説があり, H. J. Muller (1929) 及び A. Gulick (1938) 等の遺傳子 1 分子説があり, 之れに對して N. K. Koltzoff (1928) の染色體 1 分子説では染色體が蛋白質の 1 巨大分子であつて遺傳子は其の分子の根群であると唱へて居る。最近には R. Goldschmidt (1938) も Koltzoff と同様に染色體を蛋白質の 1 巨大分子と考へて遺傳子は其の側鎖なりと唱へて居るが, 氏の“遺傳の化學説”に於ては染色體分子の個々の部位で立體變化が起れば其の結果として野生型と異つた突然變異型が生ずるのではあるが, 然しその突然變異形質に對應する現實的相對形質といふものは存在しないと主張し, 從つて遺傳子の概念を拒否する態度を採つて居る。其他 D. M. Wrinch (1936) の構想があるが之れに就ては後で觸れることとする。

以上の如く遺傳子の特質及構造に關し條件作用の結果から間接的に歸納した構想, 假説を通じて綜合し得ることは次の如くであらう。即ち遺傳子は細胞核中の染色體に占座し其れ自身が蛋白質の 1 分子であるか又は更に大きな分子の 1 小部分の特異性に從屬し, 個々の遺傳子が單獨に生活, 發育を営むことは出來ない。常に全體として一揃整備された上で始めて同化, 増殖等の作用を支配し得る物質であつて, 此等の遺傳子の作用は常に細胞質を通して行はれる爲め遺傳子の能性が發現する上には生理的條件の影響が大きい。之の意味に於て Goldschmidt の如く染色體全體を重視するの餘り遺傳子の實在に疑問を投ずるのは畢竟趣味の問題に過ぎぬとも見られやう。何れにしても此方面の知見に主として寄與したのは就中生理遺傳學者であつた。

此れに對して遺傳子を直接實體として掴まうと試みたのは先に述べた通り物理學者, 化學者又は彼等と協力した遺傳學者であつた。其結果として尙幾多の困難を残して居るにしても遺傳子を蛋白質の 1 分子とする構想に有力な背景を與へたのみならず, 他方に於ては之亦遺傳子の重要な特質である觸媒作用が, 酵素, 作用素等の觸媒系を通じて一定の機構に從つて行はれ, 孰れの場合に於ても夫々の觸媒面を有ち從つて亦夫々の活性原子團が蛋白質と連繫して始めて有効に進展し得ることが明にされたのは吾々が特に關心を有つ遺傳子の本質を考察する上に一大貢獻といふ可きであらう。蓋し遺傳子を構成する核蛋白質が核酸と蛋白質との結合した Nukleopro-

teid であり、この複合蛋白質の活性原子團として核酸よりなる觸媒面を有することが規定されるに至つた結果、此方面の知見によつて酵素と其の構造型式を一にすることが明となつたからである。即ち此方面の知見を綜合して描かれる遺傳子像は次の如くであらう。遺傳子は 1 分子の複合蛋白質であつて、其の構造は一定の序列を生じて結合した若干のアミノ酸殘基が Peptide 連鎖を形成し、其れと全く同一序列の Peptide 連鎖が一定數平行に配列されて平面狀の構造を有つ Polypeptide が擔荷蛋白質となりそれに觸媒主體たる活性原子團として核酸が恐らく Peptide 連鎖に平行に結合したものであらう。従つて各種の遺傳子の相異は擔荷蛋白質其者を構成するアミノ酸の種類、數又は其等の序列其他に存する相異によるか又は核酸に存する相異に歸因すると考へるより外はなくなる。此點で示唆する所の多い貢獻は Phankuch 一派 (1940) の X-線照射による Virus の突然變異に關する研究で此場合には突然變異の原因が Virus の核蛋白質の核酸部に生じた變化に負ふものであつたことが明にされ、尙又 L. J. Stadler (1941) の重外線による人爲突然變異喚起實驗で最強波長が核酸の最強吸收帶 $260m\mu$ と一致することが證明されたことである。従つて突然變異の原因となる對をなす遺傳子的變化は X-線照射による Timoféeff-Ressovsky 其他の研究に明な様に遺傳子分子内に起る極めて些小な平衡位の變化であると考へられるから、此等は主として遺傳子蛋白質分子内の核酸部の變化に基因し、對をなさない各種の遺傳子間の相異は主として擔荷蛋白質の構成上の相異に基因すると見られないであらうか。〔孰れにしても一部の學者間に遺傳子突然變異が總て染色體の微小な缺失、重複、逆位等に基因すると信ずるものがあるのは (例へば D. Raffel & H. J. Muller, 1940) 私の觀る所によれば餘りに染色體學者的である。〕遺傳子分子を構成する擔荷蛋白質と核酸との結合關係に就ては上述の如く茲には兩者の平行配列を採用して居るが D. M. Wrinch (1936) は之れと異り平行に配列された蛋白ミセルの長軸と直角をなして核酸が其れを取巻く様に結びついて居り核酸の密度と唾腺染色體の横斑着色の幅或は濃淡等とを關聯させやうと試みて居る。然るに最近 D. Mazia & L. Jaeger (1941) の唾腺染色體の消化試験及組織化學的研究によると Wrinch の考のやうに核酸が蛋白ミセルを取圍む様な配列をなすことは必要な條件ではないらしい。

斯くの如く遺傳子は其の化學的構造に於ても尙又其の作用に於ても酵素と區別し難いことが彌々明となつた。否寧ろ更に一步を進めて遺傳子を酵素なりと言ふも或は然らずと言ふも其れ等は單なる趣味の問題に過ぎぬと言ひ得るのではないか。之れに對しては恐らく 1 差異が叫ばれるであらう。即ち遺傳子は一般の酵素との見懸上の差異として其れが染色體中の一定の座位を占めて居つて、酵素の如く細胞外に採出して尙且つ其本來の機能を果し得る性質を有たぬと。然し之とても遺傳子を酵素と見る上に左して大きな反證とはならぬ。Virus の核蛋白質の如く一部には遊離遺傳子と呼ばれるものも異常現象としては存在するのみならず、酵素と雖も細胞質中で一定の座を占める場合もあり得るであらう。斯く考へて來ると遺傳子が酵素に屬するに拘らず一定の座に固定されて居ることは遺傳學上の 1 の公理として認めらる可きであらう。

だが然し一定の座を離れ得ない遺傳子は單獨で其の能性を終極まで表現する上に困難があらう。茲に於て細胞質中にあつて自由に移動し得るホルモン、ビタミン、酵素等が遺傳子の能性表現に對して協力する意義が明瞭になる。此等の協力者は何れも補缺分子簇に該當するものであるか或はそれが蛋白質と結合したものであつて其の構成或は作用過程に於ては遺傳子に準ずるものであり且つ其等の生成には遺傳子が直接又は間接に關與するものと考へられる。従つて此等の觸媒質を一定の座を占めるか否かによつて區別しやうと欲するならば、染色體中に一定の座を占むる觸媒質を遺傳子と言ひ、爾餘の觸媒質を遺傳因子或は單に因子といふ可きであらう。從

つて遺傳子其者の變化（即ち遺傳子突然變異）によらざる生理的な發現様式の相異は畢竟因子の内外條件に依存する反應の相異に過ぎぬと結論し得ると考へる。

6. 結 辭

以上遺傳子の本質に就て私の未熟な構想の一端を申述べた次第であるが、最後に形質の分化と遺傳子との關係、即ち發育生理學の問題に就て一言附加へて此の講演を終りたいと思ふ。

御承知の様に同一個體に於ては其の生體を構成して居る總ての細胞が原則として同一遺傳子の複合體を有つて居るに拘らず、其の個體の異つた器官に或は同一器官の異つた個所に異つた形質が分化し來ることが動植物界を通じて見られる一般の現象である。之を如何に説明するかの問題が残されて居る。此の問題に關して先づ考慮を必要とする點は遺傳子の機能完遂が一に細胞質の有する物質資材に依存するといふ事情にあると考へる。物質資材の蓄積及消費は内外條件の影響を受け易い生理的過程であつて、從つて内外條件の如何により個々の物質代謝の速度又は時期が常時と異なるやうになれば或る特定形質の發現に導く反應連鎖を進展せしめることともなり或は又常時とは異つた形質を生理現象として表型的に發展させることともならう。畢竟物質代謝に於ける反應速度又は反應時期に及ぼす内外條件の影響は關係反應連鎖に或は制約的或は促進的效果を及ぼし其の進行方向を調整する結果を來すであらう。遺傳子は、勿論、細胞質に物質資材の準備が整つて居れば何時でも働きかけ得る機能を有つて居り、從つて單に生命を維持する上に必要な程度の小規模の機能は絶えず繼續的に果されて居るが、細胞質内外の條件が組織又は器官の分化といふやうな大規模の機能を果させ得る状態に達すれば、遺傳子による特殊の酵素、作用素等の觸媒系物質の形成が促され茲に飛躍的な特殊の發育過程が進展するものと考へられる。遺傳子、酵素、作用素等の一連の觸媒系が全體として密接に相關聯して進展する所に、或は單なる生活維持の現象が見られ或は發育分化の如き大飛躍が生れると要約し得るであらう。

主 要 文 獻

- Bergmann, H. & C. Niemann 1937 Science, **86**; J. Biol. chem. **118**: 301.
 Blau, M. & K. Altenburger 1923 Z. Physik **12**: 315.
 Dessauer, F. 1923 Z. Physik **12**: 38.
 Glocker, R. 1932 Z. Physik **77**: 653.
 *Goldschmidt, R. 1938 Physiological Genetics.
 Gulick, A. 1938 Quart. Rev. Biol. **13**: 1.
 Janssen, L. W. 1939 Protoplasma **33**: 410.
 Koltzoff, N. K. 1928 Biol. Ztbl. **48**: 366.
 Mazia, D. & L. Jaeger 1941 Proc. VII Internat. Genet. Congr. 1939: 212.
 Phankuch, E., G. A. Kausche & H. Stubbe 1940 Bioch. Z. **304**: 238.
 Raffel, D. & H. J. Muller 1940 Genetics **25**: 541.
 Stadler, L. J. 1941 Proc. VII Internat. Genet. Congr. 1939: 269.
 *Stubbe, H. 1938 Gen-Mutation I. Handb. Vereb. Bd. II F.
 Svedberg, T. 1937 Nature **139**: 1063.
 Timoféeff-Ressovsky, N. W., K. G. Zimmer & M. Delbrück 1935 Nachr. Ges. Wiss. Göttingen, Fachgr. VI (Biologie), N. F. 1 (Nr. 13).
 — 1941 Proc. VII Internat. Genet. Congr. 1939: 281.
 Wrinch, D. M. 1936 Protoplasma **25**: 550; Nature **137**: 411.
 Zimmer, K. G. 1934 Strahlentherapie **51**: 179.

（生物關係の文獻は * 印ある圖書参照）