

生 体 を 作 る も の

富 田 朋 介

第1篇 生物の本質的性格

第2篇 生体の基盤的物质

第3篇 栄養素，蛋白質，脂質，糖質の体内消長

第1篇 生物の本質的性格

生物の本質的性格は正常な特異構造の積極的，維持即ち自己増殖にあり，而して生物がこの自己増殖をやるためには少くとも①蛋白質②核酸が必要である。それで以下少しくこの蛋白質と核酸に就て現在知られている常識に就て述べることにする。

① 蛋白質は19世紀の初め頃から生命の最も本質的な物質であると考えられるようになった。1839年，ベルツェリウスがこれに Protein (ギリシャ語)で第1位の意と名付けることを提唱したのもその為めである。この蛋白質は基本的には約20種類許りの「アミノ」酸が多数相寄って出来た高分子化合物で，その分子量は小さいものでも1万以上，大きなものでは100万以上に及ぶものもある。而してこの蛋白質は「アミノ」酸の種類，量の外その配列順序，又それが空間的にどのように組み立てられているかによって多種多様であり，酵素，抗体，更に或る種のホルモンなどの外生体構造の維持に与っているのでその機能も又多様である。兎も角蛋白質は生体構造上では最も重要な物質である。この蛋白質は普てが是非栄養として外部から摂取しなければならぬ，必須の栄養素であるにも係はずその化学的構造は非常に複雑な，しかも前述の如く非常に大きな高分子化合物であるからつい茲20年前迄ははっきりしたことは殆んどわからなかった。蛋白質の構造に就ての知識が信頼出来る実験に基いてわかって来たのはつい茲10年前からのことである。それで先づ蛋白質の構造に就て簡単に述べることにする，が先きに述べたように蛋白質は約20種類許りの「アミノ」酸から出来てをり，その「アミノ」酸はその名が示すように分子中に「アミノ」基 (NH_2) と酸性を現はす「カルボキシル」基 (COOH) をもっている。それで「アミノ」酸の一般式は $\text{R}(\text{NH}_2)\text{COOH}$ 又は $\text{R}-\text{C}\begin{matrix} \text{NH}_2 \\ | \\ \text{COOH} \\ | \\ \text{H} \end{matrix}$ で表わされる。このRは「アミノ」酸の種類によって異なる。即ち「アミノ」酸の種類はこのRで

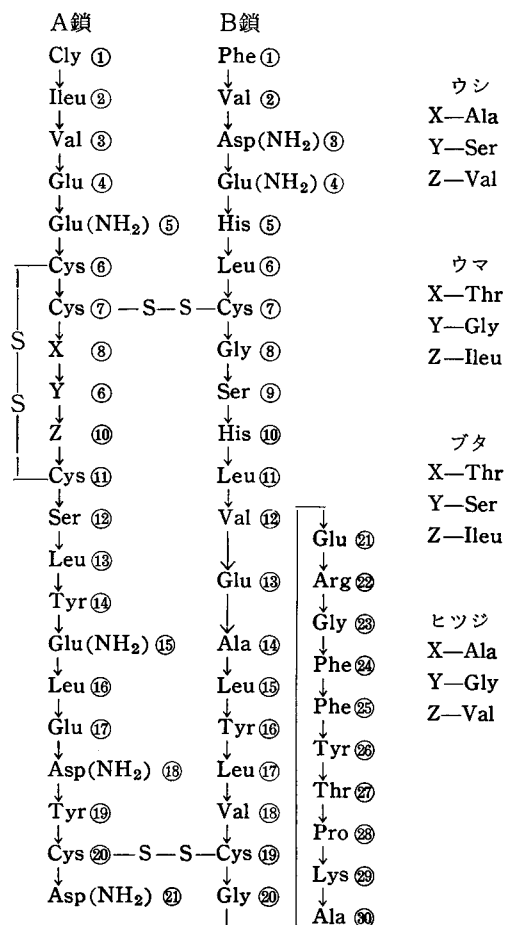
生体を作るもの

ま。多数の「アミノ」酸が重合して蛋白質を作るが、先づ2つの「アミノ」酸が重合するには一方の「アミノ」酸の「アミノ」基からと他方の「アミノ」酸のカルボキシル基から一分子の水がとれて $\text{-CO-NH}_2\text{-}$ の形で初めて結合するので縮重合であり、これを「ペプチド」結合と云い2つの「アミノ」酸はペプチド結合でジペプチドを作り、更に3つでトリペプチドを作る。一般に2つ以上の結合をポリペプチドと云うが、このポリペプチドは2個の硫黄原子を介して -S-S- の形で結合するのでこれをジスルフィド結合と云ひ、より高次の蛋白質を作るのである。従って蛋白質の構造をきめることは結局「アミノ」酸の配列順序をきめることである。今日最も簡単な蛋白質と見做されている膵のホルモン＝インシュリンの構造式を掲げて、蛋白質なるものが如何に複雑なる高分子化合物であるかを想像して頂きたい。

蛋白質の構造は兎も角として蛋白質と云うものは吾々の日常生活に最もなじみ深いものとして実感として感じられているものである。反之核酸は案外知られていない。それは核酸は知らなくとも本能以前の能力で生物各自が必要とする量丈は自然に作られているからである。換言すれば吾々は知る必要はないからである。今日この核酸は生物の遺伝性格を支配するものであることがわかり、この核酸を使って微生物の遺伝性格を変える実験は茲10年前から盛んにやられている。まだ学問的詳細に接していないが、最近ではアヒルに就ても核酸でその性格を変えることに成功したとの報告もある。如斯、家畜、養漁、植物などの品種改良が核酸によってやられることもそう遠い将来のことではなかろう。こゝまでになれば核酸も吾々の常識に入って来ることゝなるだろう。

兎に角生化学者達の研究も人類の福祉に直接結び付いて初めて人々の常識に入って来るものであることは、他の場合でも同様である。ではこの核酸はどら云う風に研究されて来たか？ 1868～9年頃スイスの

インシュリンの第一構造



生体を作るもの

若い生化学者 ミーシェル は独乙チュービンゲン大学のホッペザイラー教授の元で生化学の研究に従事していた。彼は当時生化学者によってその重要性が認められて来た細胞核＝細胞核は1833年ブラウン氏によって発見された＝は如何なる物質から出来ているかを調べて見ようと思いついた。そこで彼は核の多い材料を探し、終に傷口から出る膿の主体である白血球を選んだ。そしてこの核から由来したと思はれる物質を得て「ヌクレイン」（核の意味）と名付けた。それが確かに核から来たものであることを知るために膿の白血球から先づ核丈をとり出し、それから同一物質を得て確めた。

彼が「ヌクレイン」と名付けた物質は磷酸を含む酸性の有機化合物で後に核酸と名付けられた ミーシェル は更に鮭の白子（精子）から核酸を抽出した鮭の精子はライン河の鮭から大量に得られるし、精子は核が大部分を占めているのでこの材料を選んだことは特に賢明であったと云はなければならぬ。如斯核酸の研究の発足は極めてはなやかであった。僅か20才代の若い生化学者が従来の研究課題のとり上げ方と全く違った新しい立場から取り上げ、そして得られたその物質は当時としては極めて特異な物質であり、それは必ずや生物学者達にとって極めて重要なものであるに違いないと云う確信に満ちていた。処がその後長い間この核酸の研究には、本質的な発展が見られなかった。それは実験的具体的にそれをとらえることが出来なかったからである。それは己に述べた如く核酸は直接栄養価値がない、いや少くとも核酸はそれを食う必要がないからである。ミーシェル自身己に核酸は食う必要ないことをはっきり知っていた。ライン河をさかのぼる鮭は、その間何にも食べていないのに、雄の精巢は此の期間に発達して多量の精子（白子）を作り出すことからして、その精子の主体を為す核酸は食物から来るものでなく、体内の他の物質から変化して出来るに違いない。ミーシェルは、この期間に鮭が非常に痩せることを観察し、筋肉を作る物質が核酸に変わったのだらうと臆測した。そしてこのことは、それからずっと後になってローズの有名な実験で証明された。但しローズの実験は白鼠に就て行はれたものである。最近ものを分子の立場に立って観察する、所謂分子生物学の大発展の結果蛋白質と生物の遺伝性格を支配する遺伝子の基本体が核酸であることが明かになった。

1940年代から遺伝に関する研究は著しく進んで今日では、その本態は殆んど確実につかめた。それによると遺伝子は〔D.N.A〕（注）D. N. A Desoxg ri bonuclein sanre と呼ばれるもので、その中に遺伝暗号が書き込まれていると考えられる。では先づ〔D.N.A〕とはどんなものであるかを知らねばならぬ。〔D.N.A〕は核の染色体を作るものであることを知っておく必要がある。この染色体は細胞核の主要部分を構成し、精子ではその頭部を作るものであるから、そのことから見ても染色体が遺伝に関係深いことがわかると思う。而してこの〔D.N.A〕は化学者によれば、大きな分子の化合物で磷酸と五炭糖が交互に連結した二本の糸状構造をしており、更に磷酸と五炭糖を横に結び付ける「アミノ」酸塩基が四通りある。即ち アデニン、グアニン、チミン、シトシン である。だからこの〔D.N.A〕は、丁度繩梯子のような構造をしている。その横の段々の数は一分子中に略3万個あると云はれる。下に模型図を添

附しておく、

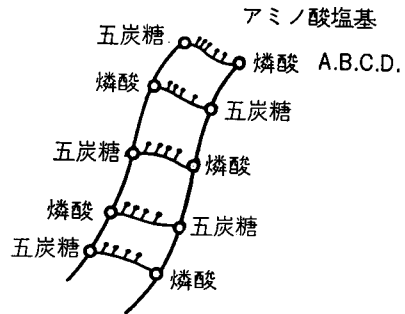
この4種の「アミノ」酸塩基をそれぞれA, B, C, D, とすればその配列順序は A.A D.D C. B.D……のようにまちまちである。しかし一種類の〔D.N.A〕ではその配列順序は常に同じである。従って遺伝子の差異は4つの遺伝子の並び方できまる。即ち4つの文字で遺伝暗号を作っていると考えればよい。

酵素の働きで体内の化学変化が迅速に行はれているのである。酵素は蛋白質の一種であるから、「アミノ」酸から出来ている「アミノ」酸は20種類あって=人体では18種類である。その並び方は蛋白質の種類によって異なることは己に述べた通りである。この20種類の「アミノ」酸を規定する暗号がA, B, C, Dの4文字で、今若し1つの文字で1つの「アミノ」酸を規定したのでは $4^1:4$ で「アミノ」酸は4種類しか出来ない。2つの文字で1つの「アミノ」酸を規定したとすると $4^2:16$ 16通りの「アミノ」酸が出来るが、20には尚足りない。3つの文字で1つの「アミノ」酸を規定したとすれば $4^3:64$ 64種類の「アミノ」酸が出来、多過ぎる然しこの64種の中或るものは無意味のもの、即ち「ナンセンス」だとすれば、よいこととなる遺伝子の突然変異で酵素蛋白が出来ないことがあるが、それは〔D.N.A〕の暗号文字が「ナンセンス」になった場合と考えればよい。又1つの塩基が3つ連結している時、特定の「アミノ」酸を規定した実験結果があって、これらの事実からして4つの塩基の配列が暗号となって遺伝情報を作るものであると云うことが、漸次確実になって来ている。更に極最近では、20種の暗号が全部わかったとの報告もある。それは兎も角としてこの暗号を伝えるものは、細胞質中にある〔R.N.A〕であると云はれるが、それらの詳細な機構に関しては今後の研究にまたねばならぬ、しかし現在の処では先づ〔D.N.A〕の遺伝情報を〔R.N.A〕に伝達し、この〔R.N.A〕を土台としてその情報に応じた蛋白質が生合成されるものであることはほぼ確定的と見てよかろう。嘗て木原均博士=静岡県三島の国立遺伝研究所々長は「生物の歴史は細胞の染色体に記されていると云い」、又或る他の学者は「吾々の祖先は染色体の中に存在している」と表現した。如斯吾々の歴史がこの4通りの暗号文字で子孫に伝えられると云うことは甚だ興味深いことである。

尚ほこゝに屢々出て来た〔D.N.A〕と〔R.N.A〕の違いは次の如くである。前者では4種の「アミノ」酸塩基が、アデニン、グアニン、チミン、シトシンであるのに対し、後者即ち〔R.N.A〕では、アデニン、グアニン、チミン、ウラシル(u)である。

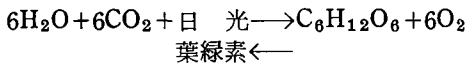
終りに当り吾々生物は自己増殖と云う性質をもっていればこそ、色々の事故或は疾病によって生体の一部を欠損しても自然に何時の間にやら元々通りに治って来るのである。誠に感謝すべきである。

〔D.N.A〕の模形図



生体を作るもの

生体は形態学的には細胞から出来ており化学的には水を始め蛋白質、脂肪、含水炭素、更に色々の塩類及びビタミン、ホルモンなどから出来ておる。今これを元素組成的に見るに別表の如く水が50%以上を占めているが、これは己に述べた如く生体内の複雑多岐な化学変化は総て水を基とした液相反応であることから見ても至極当然なことゝ云はねばならぬ。その水を除いてはその約半分が炭素化合物で占められておることも、別表生体乾燥物質に於ける元素の%が示す通りである。動物は1つの有機物を他の有機物に変えることは出来るが、植物の如く無機物から有機栄養物を合成することは出来ない。植物はその葉の気孔から空気中のCO₂をとり入れ、又根から吸い上げた水とで次に掲げる方程式のように六炭糖を合成することが出来る。



第一表 人体の元素組成 (%)

O	66.0	} 93.7	} 99.9
C	17.5		
H	10.2		
N	2.4		
Cal	60.9		
D	0.4		
K			
Te	0.005		
Zn	0.002		

これは内容的には別紙の図表 (I) に示したようなものと考えられる。兎に角日光のエネルギーを利用して出来る合成であるから、光合成或は炭酸同化と云うのである。而してこの際O₂が放出されるが、その量たるや誠に莫大なもので年間植物界から大気に放出されるO₂の量は、実に450億噸に上ると云う。水と炭酸瓦斯から合成された六炭糖は重合して澱粉となり又グリセリンや脂肪酸となる一方、植物は肥料として地中からNO₂~NO₃を吸収し、その葉に於てOをHに置換して〔NH₂〕「アミノ」基を作る、これを植物の窒素同化と云うのである。

第二表 乾燥物質分析 (%)

	ヒト	ウマユヤシ
C		
O	48.43	45.38
N	23.70	41.04
M	6.60	3.30
Ca	3.45	
S	1.60	
P		
Na		
K		
Ce		

先きの炭酸同化で合成された脂肪酸RCOOHにこのアミノ基NH₂が入ってR(NH₂)COOH「アミノ」酸を作る。又脂肪酸とグリセリンで中性脂肪を作る。それで植物は結局蛋白質、脂肪、含水炭素の三大栄養素を全部作ることが出来るのである。吾々は植物が作った蛋白、脂肪、含水炭素を食物として腸管にとり入れ、これを消化(酵素によるが加水分解し体内に吸収し、栄養するのである。従って動物は他養性であり、又他養性同化で種固有の蛋白、脂肪、糖質にして身につける。即ち吸収された異種のを種固有のものにして血となり肉とするのである。その事は、いづれ他の場所で詳しく述べる機会があると思う。例えば蛋白では「アミノ酸」の同時性云々。

吾々は植物が作った蛋白、脂肪、含水炭素を食物として腸管にとり入れ、これを消化(酵素によるが加水分解し体内に吸収し、栄養するのである。従って動物は他養性であり、又他養性同化で種固有の蛋白、脂肪、糖質にして身につける。即ち吸収された異種のを種固有のものにして血となり肉とするのである。その事は、いづれ他の場所で詳しく述べる機会があると思う。例えば蛋白では「アミノ酸」の同時性云々。

生体を作るもの

己に18世紀末、ラボアジェルの生体を作るものは燃えたり、発酵したり、腐敗したりするものであるが、無機界のものは一般にかゝる性質を示さない。さればこのような性質をもつものこそ生物の基盤的な成分でなければならぬと云ったが、ラボアジェルの燃えたり、発酵したり、腐敗したりする物質とは、今日炭素化合物であることが明かになった。それでは、この炭素化合物が生物の基盤的物質であるのには如何なる理由があるか？生物の体構成からは蛋白質が基盤的物質であるが（静的＝構成面、生体活動（動物面）上からは炭素化合物こそ基盤的な物質であると云うべきである。何故なれば、抑も炭素原子は4個と云う大きな原子価をもっているから色々な元素の原子と直接結合し、又炭素原子は相互に結び付いて鎖状や環状の化合物を作り得るから、実に多種多様な化合物を作ることが出来るし、しかもこの炭素化合物は地球環境に於ては、熱力学的には極めて不安定で燃やせば、燃えて水と炭酸瓦斯になって仕舞うものであるが、自然発火して燃えるようなことはない。即ち反応速攻論的には、割に安定性のあるものであるから生物の物質的基盤としては最も適したものと云はねばならぬ。同じく生物と云っても動物と植物では、その栄養のとり方が違う、動物の食物は水と食塩のような例外を除いては、総て動物又は植物のからだそのものである。そして食はれる動物も又生きている間は食物をとっている。この関係を簡単に示すと、植物消化吸收→草食動物消化吸收→肉食動物となり、結局総ての動物は、その栄養の根源を植物に依存していることになる。反之植物は己に述べた如く、空気や地中から炭酸瓦斯及び水を吸収する丈で別に食物をとらないで、この水と炭酸瓦斯から日光エネルギーを利用して有機栄養物を合成して栄養し生長して行くのである。それで光合成は生命と物質とのかけ橋であり、その際触媒の働きを為す葉緑素は生命と物質の接点と云うことになる。

生体は形態学的には細胞から成り、又化学的には水、塩類、蛋白質、脂肪、炭水化物、ビタミン、ホルモン、酵素などから出来ておるとは、己に屢々述べた通りである。而して之等諸物質は細胞原形質の構成素材であると共に生命現象を営む物質の本体でもある。個体維持の基本である体内の物質代謝は体内に於て、その化学的組成が生命現象に伴って変化する過程で、蛋白質、脂肪、糖質の高分子化合物が低分子化合物に分解して＝体内分解は酸化で燃烧である。その際放出されるエネルギーを生活現象に利用する分解面と外界から摂取して消化吸收して自己の原形質に特別な高分子化合物に同化＝融合＝他養性同化する合成面とがある。分解面は内呼吸＝組織呼吸によって行はれる。呼吸はエネルギー放出が、その本来の目的である。今これを化学方程式でなせば糖質では $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6H_2O + 6CO_2 + (E)$ であり、蛋白質では $R(NH_2)COOH + O_2 \longrightarrow CO_2 + NH_3 + (E)$ である。がこれは実験的に例えば常温中性溶液附近でブドウ糖溶液に酸素を通じても決して起るものではない。然るに生体内では酵素の働きで至極容易に行はれて(E)を放出するのである。而して此の場合の酵素は一般に呼吸酵素と呼ばれる酵素で、その主成分はチトクロームである。このチトクロームには a, b, c, c₁ の成分がある＝阪大理学部生物学教室の奥貫教授の研究分野で、この方面の同教授の研究は最

近非常に進展している事なれば、此の呼吸酵素の働きの機構は近い将来、分明するものと思はれる。

己述の如く動物体内では1つの有機物を他の種のものに変えることは出来るが、植物の如く無機物から有機物を合成することは出来ぬ。それで生体構成物質としての蛋白質、脂肪、糖質、ビタミンは植物又は動物のからだそのものからとらねばならぬ。左様な関係からして、動物はその栄養を植物に依存しなければならぬ。これを裏から云えば、動物は植物なしには生きられぬことになる。それで動物の栄養は他養性であり、又如斯関係から動物では、消化器系が特によく発達していることも理解出来る訳である。

吾々が食物としてとった蛋白質、脂肪は総て異種のものであるから、この発達した消化管内で消化し吸収して、始めて体内にとり入れられる即ち高分子の化合物を低分子化合物に分解し吸収可能な状態にするのが消化作用で、謂はゞ消化は吸収の準備工作である。のみならず今一つ大切な役割を果すのである。それは高分子化合物がもつ特殊性を打ち壊すことで、これは大きな意義を有するもので、昔の笑いばなしであるが、乳児を牛乳で育てると牛になりはしないかと心配した人もあったとか聞かすが、これもあながち一片の笑いばなしで済されぬ。しかし消化の意味がはっきりわかって見れば、誠にこっけいな昔ばなしである。兎に角消化によって蛋白質は、その基本構成は単位体の「アミノ」酸に、脂肪は脂肪酸、グリセリンに又炭水化物は単糖類に分解されて始めて吸収され、血行によって各組織の細胞に送り込まれ、各細胞はそれを素材として種固有の蛋白、脂肪に再合成し、即ち同種化合物に組み交えて始めて所謂身につく、即ち血となり肉となるのである。細胞内での生合成で種固有の蛋白質、脂肪、糖質、水塩類が集まったとしても只これらのものが集った丈では、それは無性のスープに過ぎない。それに統制のとれた一定の秩序を与えて生きた原形質にするには、己存の原形質が必要がある。換言すれば細胞は外からとり入れた蛋白質、脂肪、糖質の素材で更新されて肥大し分裂して増殖するのであって、決して細胞が新しく創造されるものではない。ビルヒューの細胞は細胞からのみ生ずるのである。Om nis cellula e cellae 以上の過程で生体は作られるが、さて出来た生体が活動するには、活動源たるエネルギーが必要である。どんな機械でも活動源となるエネルギーなしに動くものはない。まして生物の如く生命現象と云う微妙な働きをするものには、それ相当な活動源がある事は云うまでもないことである。然らば吾々ではその活動源たるエネルギーは如何にして得られるかが、次に起る課題である。それは云う迄もなく生体構成物質が分解して、その際放出されるエネルギーがこれに当てられるのである。さてその分解過程は別紙図表(Ⅱ)に示す如くである。

今日の発達した科学の力を以ってしても殆んど不可能である。有機物の合成や分解が生体内ではいとも容易に行はれる。これは生体には特殊条件が備わっているからであると解釈し、この特殊条件を昔は生命力なるものに帰していた。然し現在ではそれが体内で作られる酵素の働きであることが分った。さてその酵素なるものは如何なる過程で発見されたか?を簡単に述べなければならぬことゝなった。

生体を作るもの

18世紀の半頃迄は食物が消化管を通過しつゝ、消化吸收される機構は全く知られていなかった。或者はこれは全く機械的な破砕作用だと考え、又或者は発酵や腐敗のような現象だと考えていた。それでレオミュールはこの意見の不一致を実験的に解決せんとして1713年彼は堅い金属管に多数穴をあけ、その中に穀物と肉を詰めて色々の鳥に無理に呑み込ませ一定時間後、それを取り出し検べた処穀類は全く何ら変化を受けていないのに、肉は一部解けていることを見た。そこで彼は胃液の中には肉をとかず（消化）何かがあると考え、より多量の胃液を得て詳しい検査をしたいと思ひ同じ様な実験をくりかえしたが、今度は穀物や肉の代りに海綿をつめて胃液を沢山とる事が出来た。同様な実験は一方スプランツェールに依って系統的にくりかえされた。（1783）これらの実験結果から胃の機械的な力を借りなくとも胃液さえあれば、胃の中で行はれていると同様な肉の溶解現象が起ることをつきとめた。これはベルツェリウスの表現を以てすれば、生体には肉を容易に分解すると云う特殊条件があるが、その条件は要するに胃液そのものの中にあることを示したものである。レオミュール、スプランツェール等の実験は現在から見れば明かに酵素＝ペプシンの反応を観察したものである。然し彼等自身も又当時の学者達もこれらの実験から後に酵素と呼ばれるようになった。生体触媒の存在を意識するに至らず、従って彼等の研究は酵素発見の直接の導因とはならなかった。酵素発見の直接の導因となったものはビール醸造、その他一般に澱粉からアルコール発酵の機構を研究する目的を以て行はれた諸実験である。即ち澱粉の糖化実験が酵素発見の直接の導因であると云はなければならぬ。

総ての生物は酵素の力を借りないでは生きて行けない。生命の神秘さは酵素の働きにあると云ってよい、又酵素なくして生命はないと云って決して過言ではなからう。

第2篇 生体の基盤的物質

酵素こそ生命の手品師である。この酵素なるものは一体生物であるか無生物であるか？の質問をよく受けるが、酵素の働きで酒がつくられ味噌、醤油からストマイやペニシリンまで製造出来るとあれば、何か生きものゝように考えられるのも決して無理からぬことゝ思う。事実酵素と云う言葉が初めて世に現われた約100年前までは、酵素作用をする酵母が酵素であるかのように考えられていた。それも無理からぬことで、酵素とは独乙語で Enzym であるが、それはラテン語の in east と云うことから来ている。即ちイーストの中にと云う意味である。然し酵素自身は後に述べるが如く生命のない蛋白質であるが、如何にも生命あるものゝ如く微生物の中にひそみながら、自由自在にこれらのものを産み出す魔力をもつ非凡な蛋白質なのである。

「酵素の本体は蛋白質である」吾々の消化作用や呼吸作用など体内で行はれる複雑な化学変

生体を作るもの

化は、総て酵素が受けもっていることは己に前にも述べた通りである。酵素なくして生命はないのである。酵素の本体が蛋白質であることが明かにされたのは、1926年アメリカのサムナーによって尿素＝蛋白質の分解で出来る＝を分解するウレアーゼが結晶としてとり出された以後のことである。然し当時酵素の結晶が蛋白質であると証明されても、尚一部では、その蛋白質が本当の酵素でなく、その蛋白質にくっついて混入したものが本当の酵素であって結晶物は本当の酵素の本体ではないだろうなどと数年間に亘って世界の学者達が議論を続けたと云うのも、要するに酵素の働きが余りにも偉大であり、神秘的に見えていた為めである。その後今日に至る迄に数百の酵素が発見され、それが就れも結晶としてとり出されたので、現在では酵素は細胞内で作られる活性蛋白質であると云うことに確定された。

「生物の驚くべき機能」生物は実にうまく出来ておる。化学者の側からのみ生物を見ても只々感嘆の外はない。生物がどれ程の有機物を含むかはまだ明かでないが、生物がもつ高分子化合物＝蛋白質、脂肪、含水炭素等是有機化学者の合成の手が辛じて届か届かないかの処にあり、低分子化合物でさえも有機化学者が行う合成と生物による合成とでは全く方法が違う。前者は有機溶媒として強酸強塩基、高温などのかなり激しい条件を用うことが多いのに、後者は37～8度以下の温度で、水を主体とした殆んど中性の環境で合成をやっている。1800年代の初めにベルツェリウスが言った言葉「生物には合成を容易ならしむる特殊な条件が供っているのは、今尚そのまゝ適用出来る。この特殊な条件の一つ或は寧ろその主役を演じているものは、生物の特殊な触媒作用であり、それが酵素である。生体物質から生体反応に目を転ずれば、更に生物の巧みに驚く。

緑色植物は太陽光線を利用して炭酸瓦斯と水から有機物を合成する。＝植物の光合成＝又この有機物を直接また間接に分解＝この場合は酸化して活動源たるエネルギーを放出し熱を経過することなく、これを生物の営む諸々の仕事に利用することは、生物一般に見られることである。これら一連の変化も又当然のことながら生物が生きている緩和な条件で行はれる。これを可能ならしめている諸々の酵素が生体細胞の中に適当に配置されて、その機能を発揮するからに外ならない。生体内で行はれておる化学変化は実に多様である。酸化、環元、置換、加水分解、開裂異化、同化などに属する色々な化学変化が行はれている。それに対応してそれらの反応を促進している酵素があるから酵素の種類も実に多い。酵素はそれが促進する反応の種類に従って分類されるが、現在700種以上が報告されている。何に作用するか、どのような反応を促進するかによって区別される。同じく加水分解反応であっても脂肪を加水分解する酵素＝リパーゼ＝は蛋白質を加水分解しない、又蛋白質を加水分解する酵素＝プロケアーゼと澱粉を加水分解する酵素＝アミラーゼ＝は又別である。酵素化学では酵素の作用を受ける物質を基質と云うが、このようにそれぞれの酵素が特定の物質にのみ作用することを酵素の基質特異性と云うのである。しかもこの酵素の基質特異性は極めて厳重なもので、丁度鍵と鍵穴の関係である。

生体を作るもの

「振り行く酵素の応用面」酵素の働きがわかって、一体どうしてそのような神秘的な働きを現わすことが出来るかと言う問題は酵素が余りにも複雑な蛋白質である丈に現在でもまだよくわかっていない。従ってこの方面の研究にも興味深い夢が画かれているが、それは余りにも専門的になるので省略することにし、これから益々拡がり行く酵素の応用面について拾って見よう。

生物殊に微生物には色々の特技をもったものが沢山あり、又利用する目的に沿った性質をもった変異種を作ることも出来るのであるから、これからの酵素によせる夢も又大きいと云える。己にストレプトマイシン、ペニシリン、テトラサイクリンなどの抗生物質を多量に生産する菌株を披し出すことが出来たし、生物が生きて行く上に必要な「アミノ」酸＝グルタミン酸を砂糖から大量に生産する菌も選び出され調味料に一役買っていることはよく知られている通りである。がもっと意外な主要の働きを現わす微生物が出来る可能性も考えられている。

「工業的生産が問題」例えば木材のような堅いものも、或る種のカビや細菌によって腐敗され、それらの微生物に消化吸收され木材を構成しておる繊維やリグニンのようなものもそれぞれ特殊の酵素で分解され、前者はブドー糖に、後者は有機酸になって微生物の栄養分になることも知られている。従ってこの性質を応用して強力な繊維素分解酵素が工業的に多量に得られるようになるのであれば、野辺に生い茂る雑草や森林の落葉などの廃資源を集めタンクにほり込めば、あとはこの酵素の力でブドー糖を大量に作り出すと云う時代も出来るだろう。只問題は如何にして強力な酵素を工業的に生産するかと云うことにしぼられる。又近頃話題の調味料の「イノシン」酸なども酵母の核分裂から出発すると云うような廻りくどい方法でなく、糖とアンモニヤさえあればグルタミン酸発酵式にズバリのイノシン酸を生産することも可能となるだろう。砂糖さえも酵素を使って澱粉から作ろうとする研究が進められている。このような強力な酵素さえ見付かれれば天然物を次ぎから次ぎへ分解して、世の食料問題を解決する立役者に仕立て上げることが出来るのである。

医薬品としての酵素も多くの研究が為されているが、特殊な役目をもった酵素をビタミン注射のように自由に細胞内に注入することが出来るようになれば、それによって死にかゝった細胞に活力を与えることも出来よう。例えば弱り切った心臓も酵素の注射で元気をとりもどすであらうし、又動脈硬化した血管も酵素注射できれいに掃除出来ることゝなり、誠に夢多き酵素である。最後に今日迄に知られている酵素を分類して見よう。

(I) 加水分解酵素

A) 炭水化物分解酵素

アミラーゼ、ジアスターゼ、プチアリン、アミロプシン、グリコナーゼ、イ
スラーゼ等々

B) 配糖体分解酵素

グリコシダーゼ等々

生体を作るもの

C) 蛋白分解酵素

ペプシン, トリプシン等々

D) エステル分解酵素

エステラーゼ, リパーゼ, レチターゼ等々

E) ヌクレアーゼ

F) アミダーゼ

(II) デスマラーゼ

加水分解酵素以外の色々の化学変化に関する酵素

A) 発酵素

B) 酸化酵素

C) 還元酵素

D) 酸化還元酵素

(III) 凝固酵素

(IV) 合成酵素

蛋白質, 脂肪, 炭水化物の合成酵素

第3篇 栄養素の体内消長及び図表説明

吾々は生命維持の為に毎日食物を摂取しているが、その食物は水を除いては植物、動物を調理して作ったものである。結局水を始め、蛋白質、脂肪、含水炭素、色々の無機塩類及びビタミン類である。而してこれら三大栄養素と呼ばれ蛋白質、脂質、糖質は、植物の炭酸同化及び窒素同化＝光合成で植物体内で合成せられたものである事は己に数回に亘って述べた通りである。兎に角動物体内では、これら必須の栄養素を合成することは出来ないで、動物はその栄養を植物に依存しなければ生きて行けぬ。即ち動物は他養性である。従って動物では消化器管が非常によく発達していて、この消化管を通じて蛋白質、脂肪、糖質の、大分子化合物を小分子の単位体に分解＝消化管内の分解は加水分解なることも己述の如し、蛋白質は「アミノ」酸に脂肪は脂肪酸とグリセリンに含水炭素は六炭糖の単糖類に分解して始めて吸収されるものであるが、蛋白質、糖質系は血道に入り脂質系は淋巴道に入り、先づ肝臓に運ばれ「アミノ」酸の一部は己に肝臓内で分解＝脱アミノ化するが、寧ろ大部分は肝を通過して全身の細胞に送り届けられ、細胞内で種固有の蛋白質に生合成される。糖質は肝臓で総てブドー糖となり、その一部は血糖として血液に入るが、大部分はアデノシン三磷酸の働きでブドー糖―六磷酸―ブドー糖―一磷酸を経てグリコーゲンを作るが、このグリコーゲンは将来の「エネルギー」源として肝細胞は勿論、総ての筋繊維に沈着して熱源として蓄えられる。脂肪は本来加水分解で脂肪酸とグリセリンになって別々に腸上皮に吸収され、腸上皮で一緒になって脂肪顆粒となり淋巴道に入

生体を作るもの

ることは、先程述べた通りである。尚脂肪の一部は微粒子となり膠質溶液として吸収されるのである。

生体は ① 静的面

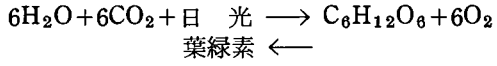
② 動的面の両面から観察せねばならぬ。

① の静的面としては生体構成に関する事項で、生体を作るものは量的には水が大部分であるが、質的には蛋白質、脂質、糖質が重要である。これら蛋、脂、糖質は植物のやる光合成で無機の水と炭酸瓦斯から日光エネルギーを利用して合成された六炭糖を基盤として作られたものであることも己述の通りで同じく生物でありながら動物は植物が作った。これが蛋、脂、糖質をとり入れ、これを素材として自己固有の物質に作り変え栄養し生長して行くのであり、而して出来た生体を活動させるためには、これを体内分解＝酸化＝しその際解放される「エネルギー」を利用して生命現象をやるのである。以上の過程からして生体は時々刻々一方では消耗されるので、他方では常にそれを補充せねばならぬ。即ち生体内では常に同化異化が並行して行はれて吾々の生命は維持されて行くのである。それで外観は常に同じように見えていても、その内容は常に交代しているの、丁度川の瀬や淵は何時も同じ様に見えていてもその内容の水は常に新しいものに代っているのと同様である。植物は動物の栄養物資の製造者であり、動物はその消費者である。かくの如く表現すれば如何にも動物は一方的に植物を利用して居るかの如く感ぜられるが、動物の排泄物更には動物の屍体は植物の栄養となるので、結局の処動、植物は共存共栄の立場におかれている。この事実は吾々処生の上に常に心懸けねばならぬ大切な真理である。自他共に榮えてこそ世の平和も保てるのである。

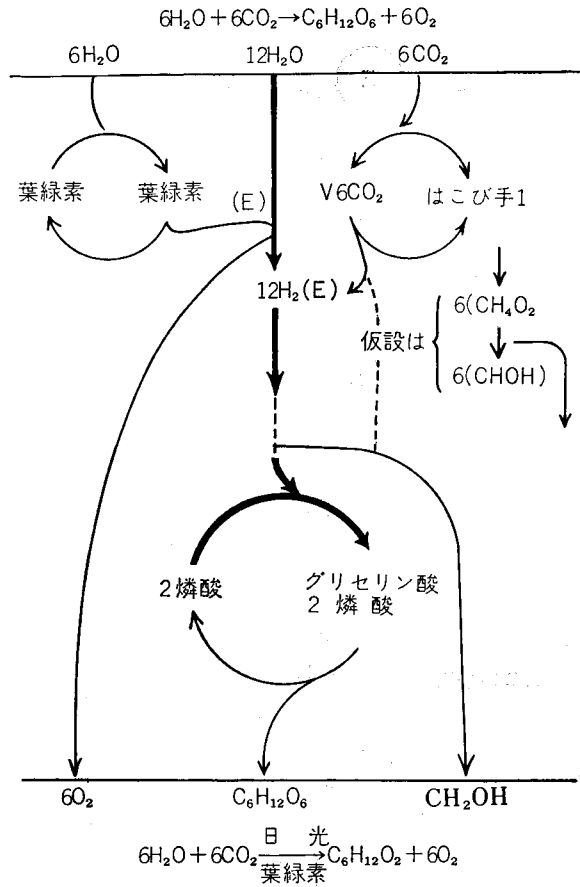
要するに生体内で行はれる物質代謝の使命は、基質分解の際に解放される「エネルギー」を生物学的に必要とする量丈を細胞に与えて、細胞の生理機能を完全に果さすために役立たせることにある。

生体を作るもの

下記の図表（I）は植物がやる光合成炭酸同化を内容的に示したものである。
即ち無機の水と炭酸瓦斯から六炭糖を合成する模様を示したものの化学方程式では



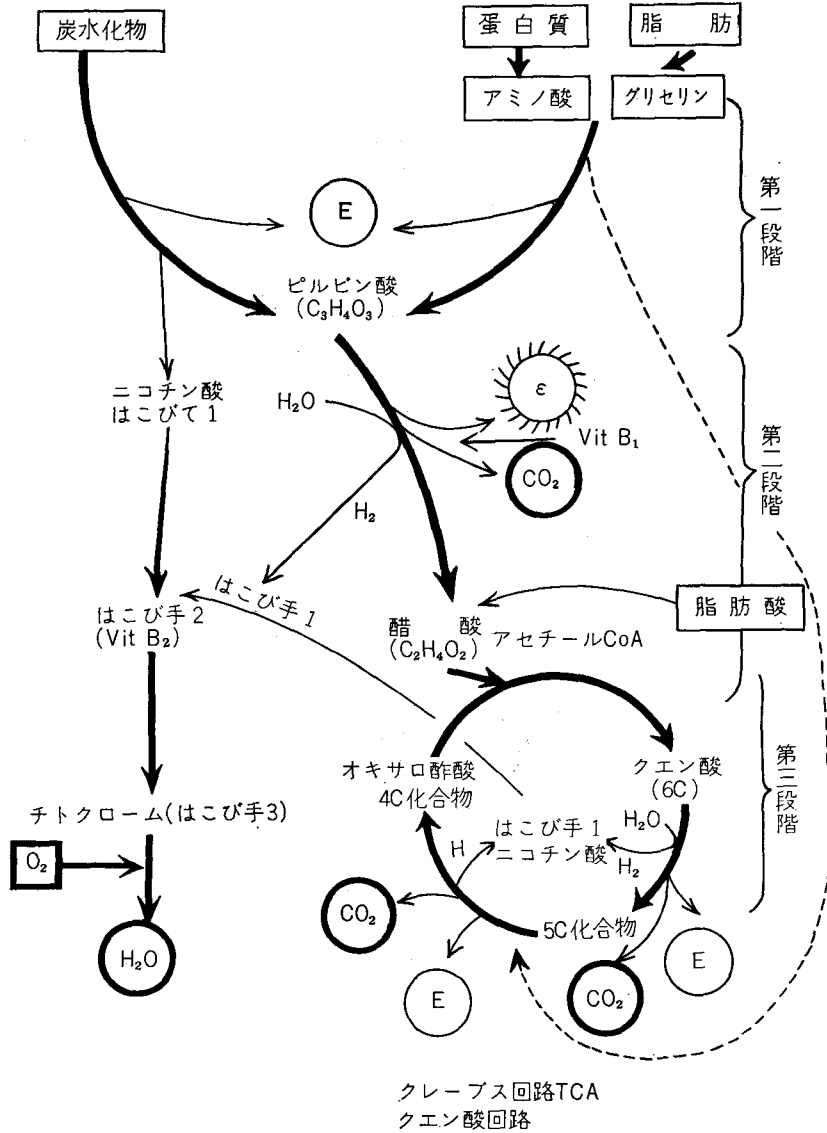
図表I 光合成の内容



生体を作るもの

下記図表（Ⅰ）は三大栄養素蛋白，脂肪，含水炭素の体内分解過程を示したもの。

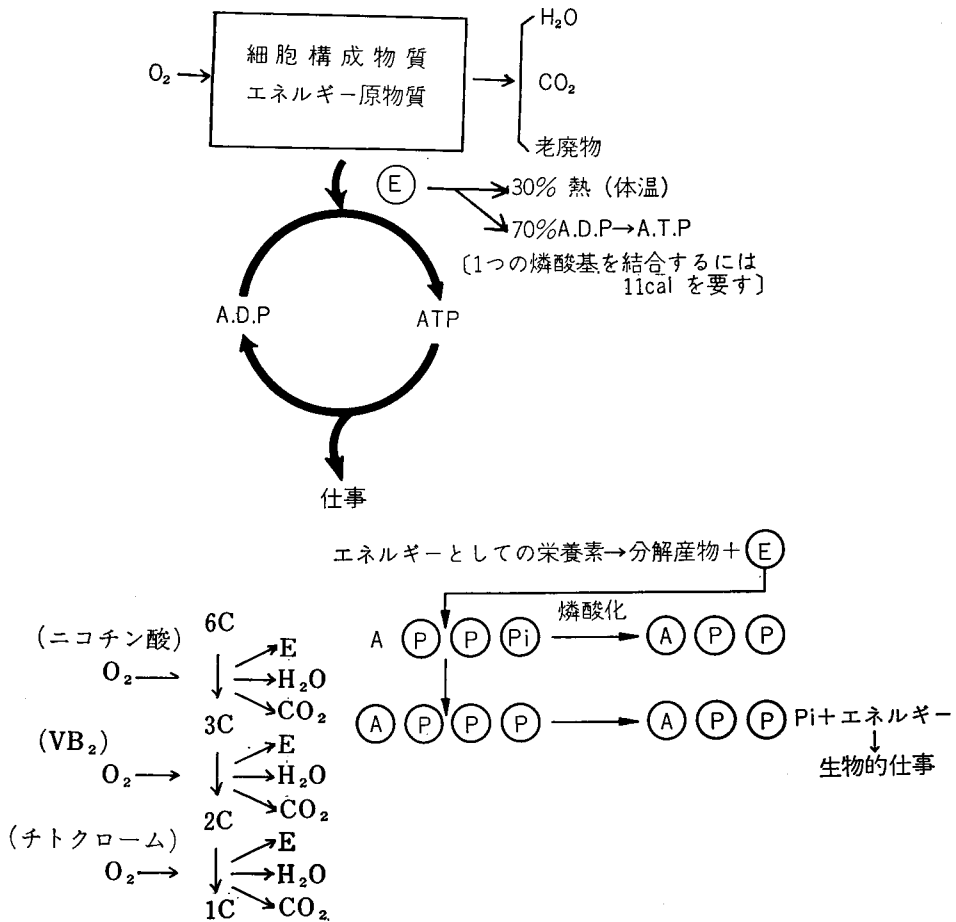
図表Ⅰ 三大栄養素の分解過程



生体を作るもの

下記図表(Ⅲ)は細胞構成物質、即ちエネルギー源物質が酸化してエネルギーを放出する処、遊離したエネルギーは30%熱(体温となって失われ残り70%が共通のエネルギー受容体たるA.D.P.に受容され磷酸化でA.T.P.になる図解此の際一個のPを結合するには略11カロリーを要す。それでA.T.P.が生理機能を起さんとする処でPを放つPを放つ時は、この結合に用いられた11カロリーが解放され、活動に利用されることとなる、その模様を示したものの。

図表Ⅲ 細胞構成物質から出る図解(エネルギー源物質)

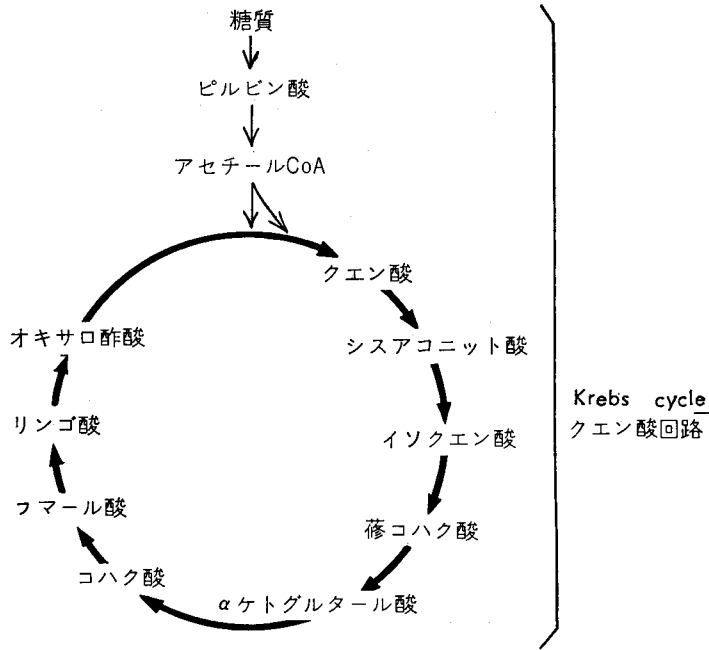


下記のクレブス回路は、糖質が分解して結局は水と炭酸瓦斯になって体外に出されるが、図で了解されるように複雑な廻りくどい道行で少量宛のエネルギーを放出しながら終点に達することは一度に多量のエネルギーを出しても無駄であるから継続的に少量ずつ放出して生命現象を続けて行くことである。反之蛋白質の異化では吾々に有害な NH_3 が出されるので、これ

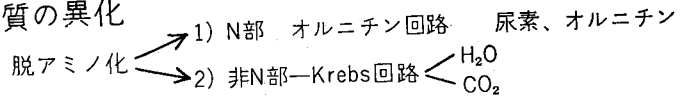
生体を作るもの

は可及的早く化末せねばならぬ必要上から、割に簡単なオルニチン回路で NH_3 の大部分は尿素となり尿として体外に排出される。神の摂理の誠に行き届いた事に驚く外なし。

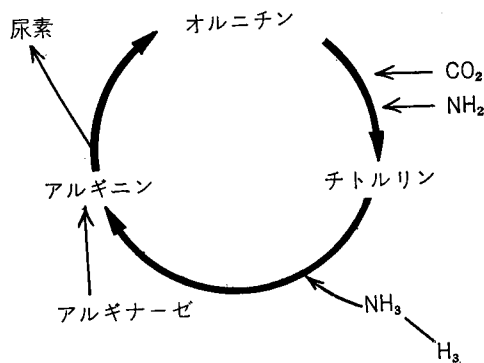
クレーブス回路



蛋白質の異化



オルニチン回路



生体を作るもの

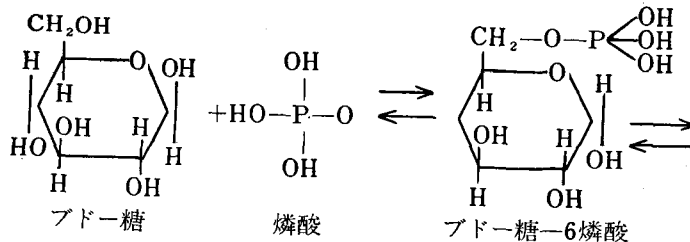
吾々生体活動には糖質が最も重要なれば、最後にこの糖質の代謝としてグリコーゲンの体内での合成分解を化学構造式を取り入れて説明せん。

附録 I)

糖質の代謝

(イ) グリコーゲンの合成と分解

吸収されて各単糖類は肝でブドー糖に変えられ、血液中に送られ血糖となるが、寧ろその大部分は肝及び筋肉に於てグリコーゲンに変えられ将来のエネルギー源としてそこに蓄えられる。ブドー糖からグリコーゲンが作られるのは直接ブドー糖がグリコーゲンになるのではない。ブドー糖は先づ A.T.P から P を受取って、その第六炭素の OH の代りに P の入ったブドー糖6-リン酸となる。次いで P の位置を第一の炭素の所にかえ転位してブドー糖1-リン酸になる。此のブドー糖1-リン酸に phospholyase が作用してグリコーゲンと P に分解する。



この反応は可逆反応であるから、グリコーゲンはリン酸の存在の元でブドー糖1-リン酸に分解することが出来、ブドー糖6-リン酸を経てリン酸を放してブドー糖となることが出来る。このように肝でグリコーゲンからブドー糖を生ずるのはアミラーゼによる加水分解でなく phospholyase による加リン酸分解である。

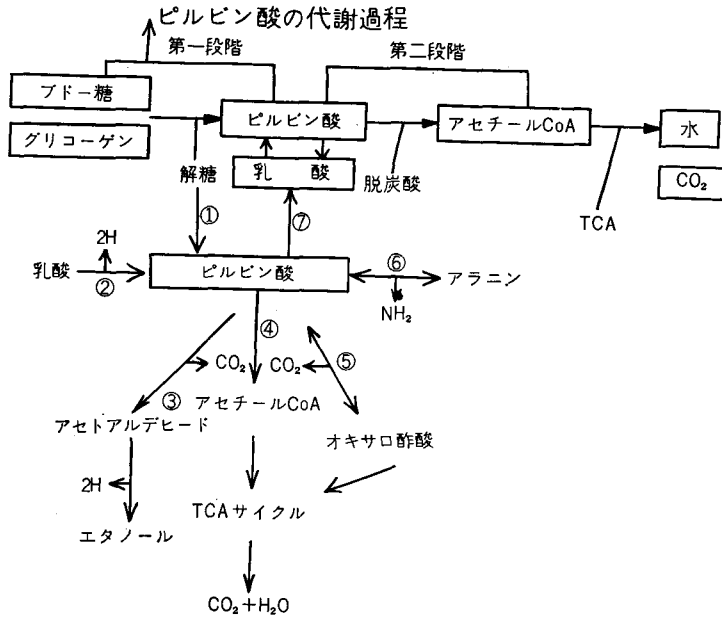
糖質の中間代謝

glykogen 及びブドー糖は組織内に於て分解して最後は水と炭酸瓦斯になるのであるが、その間の化学変化によって生ずるエネルギーが熱あるいは力のエネルギーとしてふり向けられるのである。筋肉或は血液組織に於て糖質の分解される機構は3つの階級に分けられる。1はグリコーゲン或はブドー糖からピルビン酸(蕉性ブドー酸)に迄分解される段階であり、phospholyase その他色々の酵素の作用による加リン酸分解で幾つもの段階を経て行はれるのである。

3 はピルビン酸から最後の H_2O と CO_2 とになる段階である。

生体を作るもの

附録 I)



- ①解糖 ②還元 ③直接的脱炭酸 ④酸化的脱炭酸
 ⑤CO₂固定 ⑥アミノ化 ⑦グリコーゲン生成
 TCA (Vicarboxylic acij cycle (三炭素酸輪廻説) ...Krebs

グリコーゲン式はブドウ糖よりピルビン酸までの代謝(解糖)上図の示すように先づピルビン酸から、更に乳酸に迄分解される。又遊離のブドウ糖は A.T.P と反応しブドウ糖 6- 燐酸となる。

ピルビン酸の代謝

ピルビン酸の分解は O₂ のない場合と O₂ のある場合で違う。O₂ のない場合は還元されて乳酸になるか、O₂ の少ない場合は酵素的に行はれないは解糖である。これは近年になって明かにされた Krebscycl による。即ちクエン酸、シスアコニット酸、イソクエン酸、修コハク酸、α-ケトグルタル酸、コハク酸、フマル酸、リンゴ酸、アセチル酸、オキサロ酢酸、クエン酸

要するに6炭糖が解糖によって3炭糖のピルビン酸(蕉性ブドウ酸)に分解し、ピルビン酸は脱炭酸で2CのアセチルCOAに分解し、此のアセチルCOAはクエン酸回路(JCA)で水と炭酸瓦斯に分解する。以上の三段階の各段階で脱水素酵素の働きでH(水素)が脱離するが、このHは運び手(1)(2)(3)によって次ぎ次ぎに運ばれ、最後チトクロームによってO₂に手渡されH₂Oとなって体外に排出される。脱炭酸には脱炭酸酵素の触媒を要すが、この酵素はVit-B₁の変化物である。運び手(1)はVit-B複合体のニコチン酸の変化したもの。運び手(2)はVit-B₂、運び手(3)のチトクロームはFeを含んだ黄色の呼吸酵素、従ってVit類やFeが不足した場合は脱離したHは、運び手が担ったまゝとなって以後の化学変化が起らなくなり停止される。即ち活動源たるエネルギーは出なくなるので、生活現象は停止することゝなる——生体は死滅する事となる。