

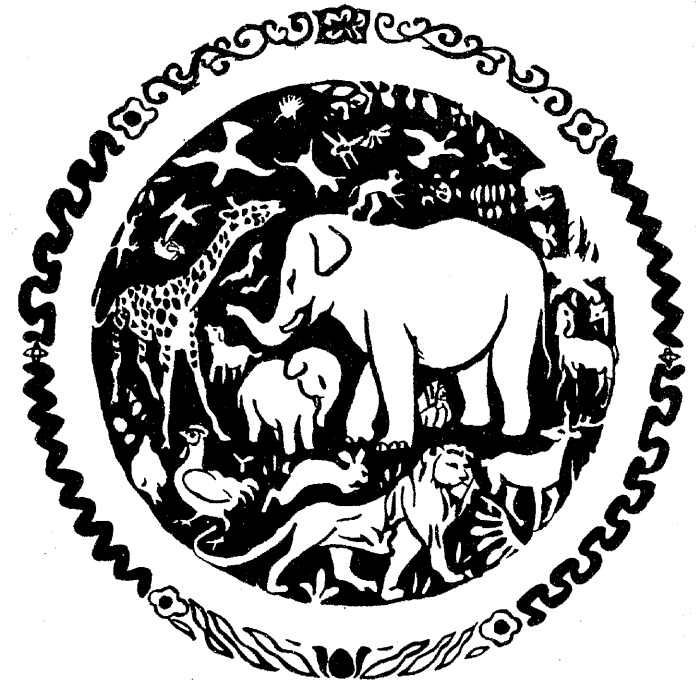
K270.46

2

2a

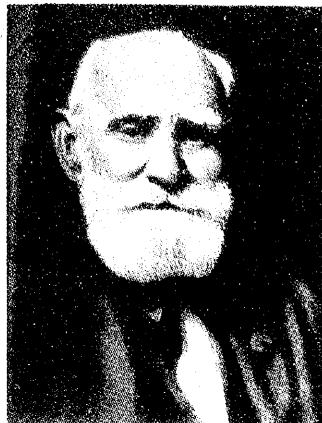
文部省著作教科書

生物の科学



II





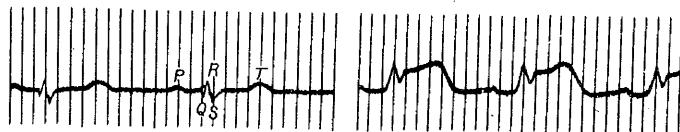
パブロフ (本文40ページ参照)

パブロフはソ連の偉大な生理学者で、とくに条件反射についての研究で名高い。

エレクトロカーディオグラフ (本文115ページ参照)

心臓の動作電流をエレクトロカーディオグラフでかかすると下のような曲線ができる。健康な人ではP・Q・R・S・Tの五つの波が左の曲線のような形に、一定の周期をもって現われるが、体にさわりがあるとその形や周期がくずれる。右の曲線ではRTが左のにくらべていちじるしく高く、左心室に養分を供給する動脈に故障がある

ことを示している。電流は手と足とから電流計に導くことも、また写真のようにさらに心臓の上から導くこともできる (東京三楽病院にて)。



生物の科学

II



文 部 省

目 次

単元5. 生物は外界の変化にどのように反応するか..... 1

1. 生物の反応のいろいろ 3

1. アメーバの運動..... 3

2. ミドリムシの運動..... 5

3. ゾウリムシの運動..... 7

4. 植物も運動する..... 9

5. 動物の運動..... 11

2. 外界の変化はどのように受け入れられるか 15

1. 細胞には分業がある..... 15

2. 神経細胞の つくり と はたらき..... 15

3. 刺激はどのように伝えられるか..... 16

4. 感覚器官のいろいろ..... 18

5. 皮膚の感覚..... 19

6. 魚類の側線はなんの役にたつか..... 21

7. におい をかく器官..... 21

8. 味を味わう器官..... 22

9. 眼とその はたらき..... 23

10. 音を聞く器官..... 26

11. 位置を感じる器官	28
12. 三半規管はどんな はたらき をするか	30
3. 反応はどのようにして起るか	32
1. 筋肉のしくみ	32
2. 筋肉の はたらき	33
3. 骨と筋肉との関係はどうなっているか	34
4. 運動と姿勢	36
4. 反応の型は変えられないか	37
1. 同じ刺激をくりかえすと反応の型はどうなるか	37
2. 反応のしかたと環境	38
3. 動物をどのようにしてしつけるか	38
4. 動物の感覚はどのようにしてしらべるか	40
5. 練習と疲労	43
6. 疲労と回復	44
單元6. 生物はどのようにして生きていくか	47
1. 植物はどのようにして体を養うか	49
1. 植物はなにを必要とするか	49
2. 植物はどのようにして水を吸い上げるか	50
3. 炭酸同化	52
4. 窒素の同化	54
5. 同化物質の移動	55

6. 同化物質の貯藏	55
7. 特別な栄養の取り方	57
2. 動物はどのようにして体を養うか	59
1. 動物の食物とその取り方	59
2. 食物の消化	62
3. 口のなかでの消化	63
4. のみこんだ食物	64
5. 胃のなかでの消化	64
6. 小腸での消化	66
7. 大腸での消化	67
8. 消化したものの吸収のしかた	68
3. 養分はどのようにして運ばれるか	70
1. 血液はどんなことに役だつか	70
2. 血液のつくり	71
3. 血液はどうしてかたまるか	72
4. 血液型	73
5. 心臓の はたらき	75
6. 動脈と静脈	77
7. リンパ管とリンパ液	78
8. 血液の流れる道	79
4. 生活のエネルギーはどのようにして生じるか	81

1. 生活活動のエネルギー	81
2. 細胞内での呼吸	81
3. 発酵	83
4. 呼吸のしかた	84
5. 呼吸運動とその調節	87
6. 呼吸と血液	88
7. 老廃物の排出	89
8. じん臓からの排出	90
9. 皮膚からの排出	91
5. われわれの栄養	92
1. 必要な栄養素	92
2. 1 日いぐらの食物がにいるか	94
3. 必要な熱量はどの栄養素から取るか	98
4. たんぱく質はどれだけ取るべきか	99
5. たくぱく質・脂肪・炭水化物はどのように配合するか	100
6. ビタミンの必要量	101
7. 塩類の必要量	102
6. 生物のエネルギーのいろいろ	104
1. 生物の体内でのエネルギーの移り変り	104
2. 動物の体温	105
3. 定温動物の体温はなぜ一定か	107
4. 体温を調節する作用	108

5. 体温の変動	110
6. 生物の発光	112
7. どのようにして発光するか	114
8. 生物の発電	115
9. 一ぱん組織の電気発生	116
10. 動物の発音	117



單元 5

生物は外界の変化に
どのように反応するか



- 1) われわれはほとんど一日じゅう体を動かしているが、体を動かすしくみはどんなになっているのであろうか。
- 2) 植物や下等な動物の運動のしくみも人と同じだろうか。
- 3) われわれは外界の変化を速く感じて、適当に身を処しているが、それでは刺激はどのようにして受け取られるのだろうか。
- 4) 動物もわれわれと同じようにものを感じるだろうか。
- 5) 老人はなぜ新聞を眼から遠く離して読むのだろうか。
- 6) ウマは4本の足をどのように動かして歩いているか。
- 7) サーカスの猛獣使いは、どのようにして動物をしこむのだろうか。
- 8) 動物は人のことばを理解するようになるだろうか。
- 9) 動物が色を区別することができるかどうかを確かめるにはどうしたらよいか。
- 10) つめこみ勉強はなぜ役に立たないか。
- 11) 疲労はどうしたら速くなおるか。

この單元によって、このような疑問が解けるようになるであろう。生物の運動や感覚についても、さらに深く、広く学ぶことになるであろう。

1. 生物の反応のいろいろ

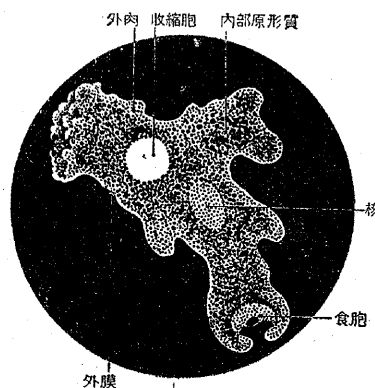
生物はいろいろな特徴によって無生物とは違っているが、なかでも周囲に起る変化にたえず敏感に対処していくことがいちじるしい違いである。この特徴があればこそ生物はその生命を安全に維持できるのであって、これを刺激反応性と呼ぶ。すなわち、外界の変化が刺激であり、これに対する生物の応答の仕方が反応である。

反応の仕方はがいして下等なものほど単純であるが、高等な動物になるといろいろな反応が複雑に組み合わせたり、とくに人ではこれが一そう複雑で、夢だの情緒だのというまったく内的な反応さえもある。

したがって、刺激に対する生物の反応のしかたをしらべるには、まず単細胞の生物に見られる単純で基本的な反応からはじめることにしよう。

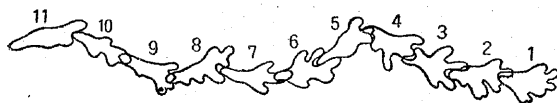
1. アメーバの運動

アメーバには一定した形がなく、その細胞の内容物が流動するにつれて、たえず外形も変化している(第1図)。体のなかの原形質が一方に流れ出すと、その部分がつき出して来て、ちょうど手か足でも出したような感じがする。このつき出て来た部分が偽足と呼ばれる。偽足はときによると二つまたあるいは三つまたに枝分かれすることがあるが、たいていは原形質の主流に当る部分だけが伸びつけ、わきの枝はしだいに小さくなって、ついに消えてしまう。こうして一方の偽足が伸びると同時に、これと反対側の部分が引っこみ、アメーバ全体としては原形質が流れる方向に移動するわけで、このような運動をアメーバ運動という(第2図)。



第1図 えさをあさるアメーバ
きたない みぞの水の表をおおっている皮膜や刈り入れ後の田の水底に落ちている くち葉などに積ったごみ のなかを探すとアメーバが見つかることがある。アメーバの運動をじっと見まもってみたい。つぎつぎと体の形を変えながら、たくみに生活をしているようすがわかるであろう。

アメーバの体をさらによく観察すると、周囲は透明な外膜でおおわれ、この膜を内側から裏うちするように外肉という非流動性の原形質が縁どり、流動性の原形質は中心部だけにある。ただ偽足の先端だけは例外で、外肉がなくて流動性の原形質が直接外膜に接している。アメーバ運動は外肉が収縮するにつれて内部の原形質が偽足の先端に押し出されるために起り、水鉄砲から水がとび出すのと同じ原理に基づいている。しかし押し出された内部原形質が偽足のなかにはいると、外膜に接する部分はすぐ非流動性の外肉に変わり同時に体の反対側では外肉がつぎつぎに流動性の原形質に変っていくから、この運動は無限につづく。またアメーバは必要に応じて体じゅうどこでも外肉を流動性にして偽足を出すことができる。



第2図 アメーバの運動

アメーバはどこからでも偽足を出して運動することができる。この図はアメーバが運動して行くときの体の形の変化を示したもので番号は進行の順序である。

アメーバはこのようにしてどの方向にでも移動をすることができるが、もし食物の近くを通ると、とくにその方向に偽足を出して近づき、その先端を2分して食物を両側からとりまいて体内に取り入れる。このようにアメーバはアメーバ運動によって体を移動するとともに食物をとる反応もする(第1図参照)。

アメーバには人工的に反応を起させることができる。たとえば毛细管にうすい酸を入れて、これをアメーバに近づけると、アメーバは、それに向って偽足を出す。ところが、こい酸を近づけると反対側に偽足を出してこれから逃げようとする。前の場合のように化学的な刺激に向かつて動く反応を正の走化性、後の場合を負の走化性という。また、アメーバを適当な強さの直流の電界に入れると、陰極に向かつてまっすぐに移動する。この場合、アメーバは負の走電性を示すという。

アメーバの1種でアジアの諸國で悪性の赤痢を起す赤痢アメーバは、人の腸に寄生するとさかんにアメーバ運動をして、組織をこわし血球をたべて、ひどいときには患者を死なせることがある。このアメーバのあるものは、ときに厚い膜をかぶってシストとなり、宿主の身体を出て方々に散って、飲食物にまぎれてつぎの宿主にはいる機会をねらうという複雑な生活をする。このような危険のあるところでは生まのものを口に入れないことである。

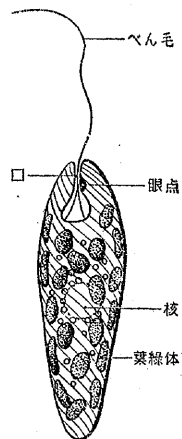
2. ミドリムシの運動

アメーバ運動とならんで、細胞の反応のいちぢるしい例は べん毛運動で、ミドリムシがつむ形の体の前端にある1本のやや長い べん毛をむちのように振り動かしてする運動がこれである(第3図)。とって来たばかりのミドリムシでは べん毛の動きが速くて、くわ

- 1) たとえば $N/500 \sim N/1500$ の HCl を 45μ の距離から拡散させる。 HCl のかわりに HNO_3 、 H_2SO_4 、しゅう酸などを使ってもよい。
- 2) $N/10$ ぐらいのこさにする。

第3図 ベン毛で泳ぐミドリムシ

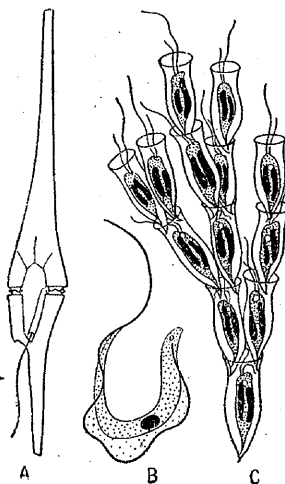
春さきに池の水が青くなることがよくある。こんな水をつくって顕微鏡で見るとミドリムシが見つかる。この単細胞生物は動物とも植物とも考えられ、動物と見る人はこの仲間をベン毛虫類、植物と見る人は ベン毛そう類と呼んでいる。ベン毛を振り動かして運動するのが特徴である。



しく見るのは容易でないが ベン毛 を先にして泳ぐことだけはすぐ気づかれる。

ミドリムシは ベン毛 によって運動をするだけでなく、なにかの表面に附着すると体の輪郭を変えてアメーバ運動に似た運動もする。

ミドリムシのように葉緑 (クロロフィル) をもって同化作用をするものはつねに光に向かって集まるが、これに縁の近い種類でカエルの腸に寄生しているものでは走光性も葉緑もなく、まったくアメーバのように他の物をとって食べている。



ミドリムシと同じく ベン毛 をそなえた単細胞生物の仲間には、アフリカの眠り病の病原体のように (第4図) 1本の ベン毛 が体の前端から後端に向かい、うすい膜によって体に連結されていて、ちょうどのぼりのような形になり、それを振って泳ぐものがある。

第4図 ベン毛の三つの型

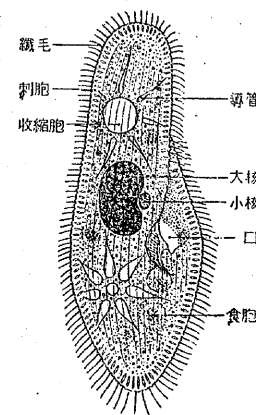
Aは2本の ベン毛 をもつセラチウム、Bはアフリカの眠り病の病原体でトリパノソマ、Cは群体を作るゾウリムシである。

る。また、別の種類では2本のベン毛があって、その一つは体の周囲を取りまいて回轉運動にあずかり、他の一つはこれと直角についていて推進運動にあずかる。さらに別の種類では、たくさんの個体が集まって群体を作り、各個体のベン毛はたんに水流を起して栄養をとる助けをするだけで、個体が群体から離れたときにはじめて運動の器官として使われるものがある。

3. ゾウリムシの運動

ゾウリムシは全身をおおっている繊毛を速く振動させて運動する。このような運動を繊毛運動という (第5図)。ゾウリムシの運動のしくみ はたくさんのオールをそなえた舟にたとえることができる。繊毛がオールの役をしているのである。一つ一つのオールを勝手な方向に向けてこいだならば、舟はどちらに進むこともできなくなると同じように、ゾウリムシが泳ぐにはおのおのの繊毛が一定の規律に従って運動しなければならない。

ゾウリムシの繊毛の運動をくわしく観察すると、第6図Aに示したように、まず最左端の1本が右に倒れ、その右につづく繊毛が少しずつ遅れてじゅんに右に倒れて全体の繊毛の運動は将棋倒しのようになり右側に伝わっていく。最左端の繊毛は、元の位置にもどると、またすぐつぎの運動をはじめ、つぎつぎに運動の波を伝えるから、そのありさまはくさむらを



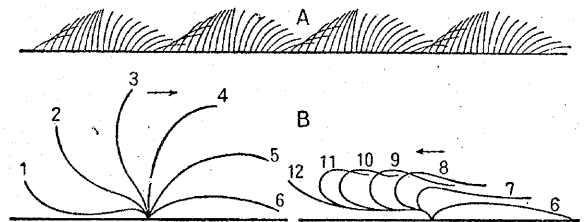
第5図 ゾウリムシ

水を入れた器に おら や枯れ草を入れて10日ほど放置しておくとゾウリムシが発生する。ゾウリムシの体は繊毛という細かい毛でおおわれている。なるべく大形のゾウリムシをとってその運動のありさまをしらべよう。

突風がつぎつぎに吹き渡っていくような感じがする。

このように身体各部分のはたらきが一定の関係のもとに制約されて、全体として統一された効果を生ずる作用を相関という。ある研究者たちはゾウリムシの各繊毛の基部をつらねて網目状に走る構造を発見して、これが繊毛間の連絡を司る原始的な神経のようなものであろうと考えている。しかし、はたしてそのとおりかどうかはまだまだ研究をつまなくては決定できない。いずれにしても、生物体の相関は体に故障が起ると破られるからゾウリムシがけがをすると傷口の両側では繊毛が不規則な運動をはじめ、また死ぬ直前には各部の繊毛が勝手な運動をはじめようになる。

前にゾウリムシの運動をカッターのようにたくさんのオールをそなえた舟にたとえたが、カッターをこぐ場合にすべてのオールを規律正しくこいだとしても、オールを水に入れたままで前後に動かしたのではやはり舟は進まない。オールをかえすときは、抵抗の少ない空气中に持ち上げなくてはならないわけである。ゾウリムシは繊



第6図 ゾウリムシの繊毛運動のしくみ

A ゾウリムシの各繊毛の間には高度の規律性があり、そのために体全体として泳ぐことができる。

B ゾウリムシの繊毛は打つときはかたくなるが(左)、もとにかえるときは、やわらかくなって抵抗をへらす(右)。

1) 相関はゾウリムシのような単細胞生物だけでなく、あらゆる生物に見られる重要な現象である。これについては、單元7「からだの調節と統一はどのようなしくみで保たれるか」でくわしく扱っている。

毛を空に出すわけにはいかないが、第6図Bのように繊毛は打つときにはかたくなって抵抗を大きくし、もとにかえすときにはやわらかくなって抵抗をへらすことができる。

さらにこの小さな虫は、必要に応じて繊毛を逆の方向に打たせることもできる。ゾウリムシが物につき当たったり、こい酸などに近づいたりすると、す速くあともどりできるのはこのためである。

このほか、ゾウリムシは繊毛の運動によって口から食物をとらえることもしている。

4. 植物も運動する

植物では動物のようないちぢるしい動きが見られないから外界の変化に対する反応はないか、またあってもひじょうに弱いように考えられがちであるが、植物でも刺激に反応しなければ1日も生きていられない。たとえば、春になると若葉を出し、きまった時に花をつけ実を結ぶのはすべていちぢるしい反応である。さらに反応をせまい意味にとって運動を伴う場合だけを考えても、植物はさまざまな運動を示す。

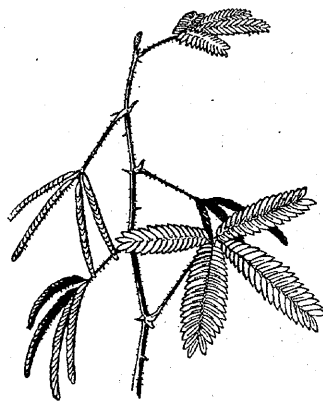
ムラサキツユクサのおしべの毛か、セキシヨウモ・フラスコモのような水草の葉をとって生まのまま、顕微鏡でその細胞の内部のようすを観察することにしよう。そこでは原形質が中央の空胞のまわりをたえず流動している。その速さは温度・酸素の量などの外からの条件に左右されるから一がいにはいえないが、だいたい毎秒50μ, 1時間に18cm程度であり、これが小さい細胞のなかで起るから、そうとういそがしく細胞内をグルグルまわっている。この現象を原形質流動といい、アメーバの体のなかでもこれが見られる。

原形質流動はセキシヨウモや昨今熱帯魚の水ばちに入れられているエロデアなどでは光を当てたり葉を切り取ったりして特別な刺激

を興えたときにだけ起るから、これらでは流動そのものが一つの反応と考えられるが、フラスコモなどでは反対に、ふつうの場合に流動していて、電氣的、機械的、温度や浸透圧の変化などの刺激を興えたときにだけ止まるから、これでは止まる方が反応であると考えられる。

原形質流動は今から 150 年も前から知られている現象であるが、そのしきみや生物体に対する意味などはまだ十分理解されていない。

植物にも外部から肉眼で認められるような運動をするものがある。その一つは成長しつつある部分に見られる運動であって、ヤマノイモやアサガオなどのつるの先は他物にまきついてまわりながら伸びていくし、ヒマワリのつばみ



第 7 図
オジギソウの運動

オジギソウの葉に触れると、おじぎをするような運動をする。手で触れるかわりに電流を通じたり、振動させたり、あるいは熱したり冷やしたりして反応が起るかどうかをしらべるとよい。

は日に向かって转头運動をする。また、一ばんに植物の茎は光に向かい、根は重力の方向に向かって伸びる。これらの運動はいずれも植物体の各部分で成長の速さが違うために起るものであるから成長運動と呼ばれている。成長運動についてはさらに別の單元でも取り上げることにしよう。

植物の運動としてもっともいじめるしく、またもっともよく知られているのはオジギソウの葉の運動である(第7図)。これの葉に刺激を興えると、ただちに葉が柄のつけねから垂れ、小葉も2枚ずつ

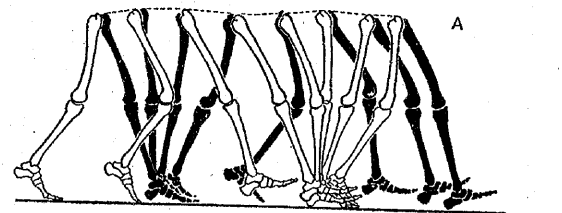
折りたたまってしまふ。この運動のしくみは体内の水分が組織中に不均一に含まれる結果、反応を起す部分の上下の面で細胞の膨圧に差が生じるからで、葉の柄のつけ根で上面に膨圧が下面より大きくなると柄は下に垂れる(單元4参照)。こうしたしきみの運動を膨圧運動といい、モウセンゴケの毛やハイトリソウの葉はこの運動によってこんちゅうを捕える。なお、気孔の開閉運動はもっとも広く見られる膨圧運動であるが、これらについては單元6でも扱う。

植物でさえこのように外界の変化に対応していろいろな運動をするのであるが、われわれはとにかくその動きがにぶいために見のがしがちである。さまざまな種類の植物について上のような運動の実例を見つけよう。

5. 動物の運動

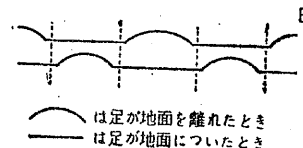
人や高等な動物では単細胞生物や植物などより、はるかに複雑な運動をし、しかもそのしかたは体のしきみに応じ、動物の種類によって違う。

われわれが歩くときは1本の足が軸になって地面に立ち、他方の



第8図 人の歩行と足あと

人は左右の足を交互に振り運動をさせて前進する(A)。そのために、図のような足あとが残る(B)。



足を引き上げて振子のように前に動かして地面につける。すると、こんどはこの足が軸になって体の重みを支え、他方の足が上がって振子運動をして前に出る(第8図)。こうして左右の足をかわるがわる振り動かして前進する。しかし、かけ足をするときには体が地面から飛び上って、両足が地につかない瞬間がある。

イヌやウマなど、ほにゅう類の多くは4本の足で立っているから、



歩くときには前足と後足との運動が組み合って足どりが複雑となり、左の前足と右の後足、右の前足と左の後足とが同時に地を離れる。われわれは歩くときに左右の手を振るが、その動かし方は四足の動物と同じで、これによって、体の向きが変わるのが防げるようになっている。

イモリやトカゲのように足が小さくて体の長い動物では、足の運動のほかには体が全体としてうねりを生じる(第9図)。ヘビには足がまったくないから、体をうねらせるだけで前進する。

魚類も速く泳ぐときは体をうねらせるが、しずかに泳ぐときにはひれを動かすだけである。ヒルが泳ぐ場合にも体にうねりを生じる。

第9図 トカゲの運動

体の長い動物はがいて、全身をうねらせて進行する。

ミミズの類は、われわれの腸と同じようなうごめき運動をして前進する。ミミズの体の各体節には、縦に走る筋肉と輪のようにこれをとりかこんでいる筋肉とがある。まず、体の1部分の縦の筋肉が収縮すると、この部分が太くなって体のうしろの部分を

1) 速く走るときは足の動きがこれと違ってくる。

2) ヘビが前進するときには、体をうねらせるのと同時に腹側のうろこを立てて運動を助ける。

前方に引きよせる。つぎに輪の筋肉が収縮するとこの部分が細くなり体を前方に押し出すのである。

タコやイカの類は噴水管から水をきゅうにはき出して、その反動で急速に前進するロケット式の運動をする。

人や高等な動物の運動はすべて筋肉の運動によって起るが、この運動はとくに重要であるから、項を改めてそのしくみをくわしくしらべることにしよう。しかし、高等な動物が筋肉運動をするからといっても、単細胞生物で見た反応の型がまったくないわけではない。

われわれがけがをしてなおると、とかくひとりではなかつたと思いがちであるが、そのじつ、白血球がそこでめざましい活動をして、バクテリアが侵入しないように防いでいるのである。この白血球は典型的なアメーバ運動によって活動する。そのけががうむ場合には、白血球の活動は一そうさかんになり、うみのなかにたくさん

の白血球がその死がいとともに出て来る。

べん毛運動をするものには精子がある。ゾウリムシのように繊毛をもって自由に泳ぎまわる細胞は体のなかには存在しないが、繊毛をもった細胞がたくさん集まって体内の管の内面をおおっているところがある。このようなところでは、細胞自身は動かないが、繊毛運動の反作用として管のなかの物質を一方に運ぶ。

繊毛のこのようなはたらきはつぎの実験によって観察できる。まず、ヒキガエル(カエル)の口を開いて、上あごの上皮をはぎ取る。別にこし紙をリンゲル液にひたしてのせ、ガラスにはりつけ、その上にいまはぎ取った上皮を拡げて置く。このせガラスを水平面に対して傾けて置き食道に近い方を上に向け、1cm²ぐらいのセルロイド板に1g前後のおもりをのせて、上皮の上に置く。するとおもりは上皮の表面を斜面の上の方に

1) カエルに使うリンゲル液の処方方は、NaCl 7.0g, CaCl₂ 0.2g, KCl 0.2g, NaHCO₃ 0.2g, 蒸りゅう水 1^lである。

向かって動いて行くが、これは上皮の細胞の纖毛運動によるのである。

われわれが気管支カタルになると、気管支の内面に多量の粘液が分泌されるから、これを取り除く仕事をするものがなければならない。気管支の内面には纖毛細胞があって、この重大な仕事をなしとげているのである。

2. 外界の変化はどのように受け入れられるか

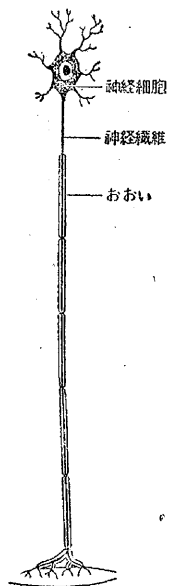
1. 細胞には分業がある

アメーバやゾウリムシのような生物は体が一つの細胞からできていて、この一つの細胞で食物もとれば、呼吸もし、運動もするように、刺激に対していろいろな反応をする。このような生物では一つの細胞がいろいろな はたらき をもっているが、高等な生物になると体を作っている細胞には分業があって、上に述べたいろいろな はたらきのうちどれか一つだけを専門にしている。たとえば、筋肉の細胞に収縮の はたらき をし、分泌せんの細胞は分泌液を作ってこれを分泌する はたらき をする。また、骨の細胞と皮膚の細胞とではその形がまったく違っているように、細胞は はたらき が違うと形や つくり も違ってくる。

生物が外界の変化に対して反応するのは、刺激を受け入れる細胞、刺激を伝える細胞および反応を現わす細胞がたがいに はたらき あう 結果である。一ばんの動物で刺激を伝えるのは神経細胞で、これはとくに他の細胞とは違った つくり になっている。動物の体の1部分に刺激が加わると、これを受け取る はたらき をするものが感覚細胞である。さらにこの二つの細胞のほかに筋肉細胞のような反応を現わす細胞があって、この三つが連絡し、 はたらき あう 結果、動物は敵から逃げたり、えものを追いかけたりすることができる。

2. 神経細胞の つくり と はたらき

神経細胞にはたくさんの突起がある。このうち1本だけがひじょうに長く、ほかは短かくて枝分かれしている。この細い糸のような長い突起を神経繊維という。神経繊維には、まわりが脂肪性の おお



第10図 神経細胞

神経細胞からは細い糸のような神経繊維が伸びている。神経繊維には図のように脂肪性のおおいで包まれているものとそうでないものがあり、わす足がビヨンと動く(第11図)。これはひざせきつ動物の交感神経、においの感覚を司どる神経および無せきつ動物の神経は後者である。神経繊維は多数集まって束になり、神経となる。

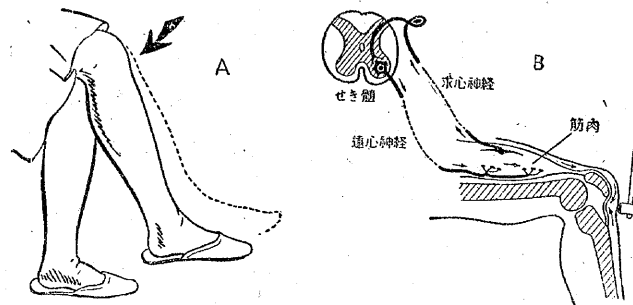
いで包まれているものと、そうでないものがあり、前者では おおい のところどころに小さな輪の形の切れこみがあって、この部分だけは神経繊維がはだかになっている(第10図)。

動物の体では、このような神経繊維がたくさん集まって束になっていて、神経と呼ばれる。神経を針でさしても、電流を通じても、化学的な物質、たとえば食塩の結晶をのせたり、酸をかけたりしても刺激となるが、ふつうは感覚細胞で受け入れた刺激が伝えられる。

神経のなかを刺激が伝わる速さは、その上のある2点を刺激してそれにつながる筋肉に反応が現われるまでの時間の差と2点の間の距離とから計算できる。それによれば、動物の種類によってひじょうな違いがあり、カタツムリの神経では1秒に40cm、ミミズでは5m、カエルでは30m、人ではもっと速く60mにも達する。

3. 刺激はどのように伝えられるか

いすに腰かけて、一方のひざを他のひざの上にのせ、ひざの骨の下をかくくたたくと思わず足がビヨンと動く(第11図)。これはひざの下に附着している ももの筋肉の端がたたかれたために ももの筋肉が引き伸ばされ、その刺激が神経を伝わって、せき髓に行き、ここで別の神経細胞に切りかえられて、また ももの筋肉に刺激を送るから起るのである。このよう



第11図 ひざの反射

図のように ひざ を組み合わせて矢のところをかくくたたくと反射運動が起る(A)。Bはこのしくみを示したもので、たたいたことの刺激がその筋肉にきている神経を矢印のように傳わり、せき髓から別の神経を通して、また、もとの筋肉に帰って来る。

に、われわれの意志と無関係に刺激に対して反応が起ることを反射という。

カエルの頭を切り取り、体だけを かぎ にかけておいてしばらくして足をピンセットでつまむと、脳髓のないカエルがつままれた足を引っこめる。また指の先に さく酸 などを塗っても同じような反応が起る。さらに さく酸 をひたした吸取紙の 小ぎれ を背中にはりつけると、カエルは両方の後足を背中にあげて、大いそぎでこの紙きれを取り除こうとする(第12図)。このカエルには意識を司どる脳がないから、このような反応はいずれも反射であって、皮膚に加えられた刺激が せき髓 に伝わり、さらにそれから出る神経が刺激されて筋肉の運動が起るのである。

反射が起るためにはまず刺激を受け取る感覚器官と、感覚器官が受けた刺激を伝える神経と(これを求心神経という)、つぎにこの刺激をさらに筋肉に伝える神経(これを遠心神経という)と筋肉とが

そなわっていないければならない。すなわち、刺激の伝わる道すじは、

第12図 頭のないカエルの反射

頭を切り取ったカエルを刺激すると、一定の反射が起る。たとえば、さく酸にひたした吸取紙を背中にはりつけると後足をあげてこれを取ろうとするような運動をする。このように処理したカエルをせき髄カエルと呼ぶ。



感覚器官→求心神経→遠心神経→筋肉

である。このような反射の起る道すじを反射弓という。

反射作用では体の運動が起るばかりでなく、ときとすると分泌腺の活動が起ることもある。われわれが舌の上に食物をのせるとだ液が分泌する。

これは舌にある化学的刺激を受け取る器官、すなわち味覚器から求心神経を通して刺激が脳に伝わり、つぎにこれがだ液腺を支配している神経に移って、だ液が分泌するようになるのである。梅干などをたべるときには、だ液がとくにたくさん出からこの反射作用がよくわかる。この場合に刺激の伝わる道すじは、

味覚器→求心神経→遠心神経→だ液腺である。

4. 感覚器官のいろいろ

外界の変化はまず感覚細胞に刺激としてはたらく。多くの動物では同じ種類の感覚細胞がたくさん集まっているいろいろな感覚器官ができてから、動物はこれによってすみやかに外界の変化を知り、食物を見つけたり、敵から逃げたりなどする。感覚器官の種類は高等な動物になるほど多く、また動物によって特有なものがある。したがって、人にある感覚がほかの動物にないこともあれば、ほかの

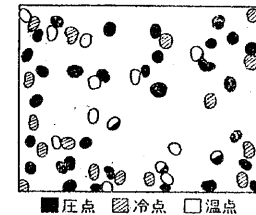
動物がもっているもので人になくようなことも少なくない。

つぎに、いろいろな刺激とこれを受け取る感覚器官の種類とを表にしてみよう。

刺 激	感 覚 器 官
温 度	皮膚 (温点・冷点)
機 械 的 刺 激	皮膚 (圧点・痛点)
水 圧	皮膚 (側 線)
化学的 刺激 (気体)	鼻 (きゅう覚器)
化学的 刺激 (液体)	舌 (味 覚 器)
光	眼 (視 覚 器)
音	耳 (聴 覚 器)
重 力	平 衡 器

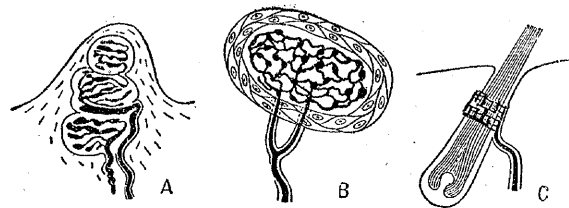
5. 皮膚の感覚

動物の体の表面は外界の刺激に直接に接する場所であるから、皮膚にはいろいろな感覚器官が分布している。ミミズの上皮には繊毛をもった感覚細胞の集まりがあつて、体の表面に触れる機械的な刺激を感じるようになっている。体の表面がかたいからでおおわれているエビ・カニやこんちゅうのような動物では、からの表面のあちこちに、感覚器官の一ば一端が露出していて、刺激を受け入れる。



われわれの皮膚にもいろいろな刺激を区別する能力がそなわっている。細い針金の先を熱い湯であたためて、この先で皮膚の表面をあちこちをかかると、場所によってとくに熱く感じるところがある。ここを温点という。また針

第13図 冷点と温点の分布
細い針金の先を熱湯や氷のなかに入れてあたためたり、冷やしたりして手の甲の皮膚の表面をかかると図のような冷点と温点との分布がわかる。



第14図 皮膚の感覚

皮膚の切片を顕微鏡でしらべるとマイスナー器官 (A) やクラウゼ器官 (B) などの感覚器官が見えるが、これらが皮膚のどの感覚と関係があるかは不明である。また (C) は毛のつけ根のところに神経が網目のように巻きついているのを示したものである。

金を氷で冷やして、これで同じように皮膚をしらべると、とくに冷たく感じる点がある。ここを冷点という。針金のかわりにかたい毛の先で皮膚のところどころを圧するととくに痛みを感じる点がある。ここを痛点という。人の皮膚には、 1cm^2 に平均して冷点が13、温点が2、痛点が200ぐらいあり、このほかに圧を感じる圧点が25ぐらいある (第13図)。熱い湯やつめた水に手を入れたとき、手全体が熱かったり、つめたかったり感じるのは、多数の温点や冷点が同時に刺激されて、それぞれの感覚点を中心として周囲にその感覚が広がるからである。これらの感覚点の密度は体の場所によって違っているから、手・足・胸・背中などに一定の大きさの場所を区切ってためてみるとよくわかる。

皮膚を顕微鏡でしらべるとマイスナー器官とクラウゼ器官と呼ばれる複雑な感覚器官があるが、これが上に述べたいろいろな感覚のうちのどれと関係があるかはまだわかっていない (第14図)。なお毛のつけ根のところには、感覚を司る神経の末端が網のように巻きついているから、毛の先にちょっと触れただけでもよく感じるのである。

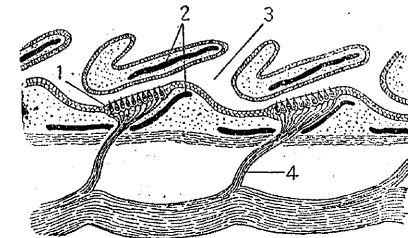
6. 魚類の側線はなんの役にたつか

多くの魚類では体の両側に小さな点が1列にならんでいる。これを側線という。側線はうろこにある小さな孔の列で、この孔は皮膚のなかで側線の下を走っている細い管に連絡している。孔と向きあった管の部分には感覚細胞が集まった場所があり、ここに、体の両側を走る大きな神経 (迷走神経) から、小さな枝が分布している (第15図)。

水はうろこの孔から管のなかにはいり、感覚細胞の集まりを圧するから、魚はこの器官によって水の圧力を感じるのである。

第15図 側線の構造

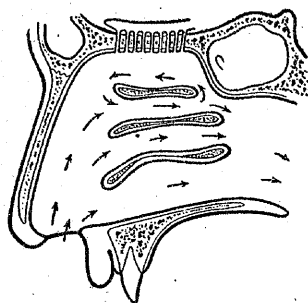
魚類は側線によって水の圧力を感じる。図は側線の部分の断面で、1 感覚細胞、2 うろこ、3 うろこの孔とその下の管、4 迷走神経の枝に分かれてある。



7. においをかぐ器官

バラやユリの花をかぐとよいにおいがする。すき焼やかは焼はまたこれとは違ったよいにおいがするが、腐ったものはいやなにおいがする。食物を食べるときに、われわれは悪いにおいのものにははしをつけないが、動物も同じようににおいをかいで食物のよしあしを区別する。

イヌなどはにおいをかぐ力が人よりもはるかにすぐれているから、警察で犯人をさがすのに利用したり、遭難した登山者を助け出ししたり、あるいはまた、狩りに連れて行って獲物をさがし出したりするのに役だつ。一ばんににおいをかぐ力は高等な動物でも野生



第16図 鼻のなか

においの刺激を受け入れる感覚細胞は鼻くうの上部にある。矢印は吸いこんだ空気の流れる方向である。

ものに吸いこんでにおいの分子がたくさん鼻の上部に送られるようにするとよい。われわれはにおいになれやすく、悪いにおいのする室にはいってもしばらくたつとそのにおいがわからなくなってしまう。

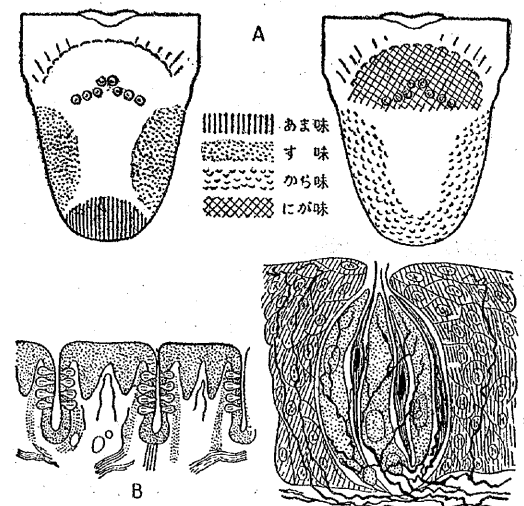
カタツムリやミミズなどのように体の表面がやわらかではだかになっている動物では、体の表面で気体になった物質の刺激を感じることができる。したがってカタツムリの触角やくびなどにアンモニアガスを吹きつけると、触角をちぢめたり、からのなかに逃げこんだりする。ミツバチなどには、触角ににおいを感じる器官があって、花のあるところをさがし出すのに役だつ。

8. 味を味わう器官

食物を舌の上にのせると味がわかるのは、食物のなかにあって水にとける物質がだ液にとけて、舌の表面にある味覚器を刺激するからである。だ液は舌が刺激されると反射的に分泌される。

のものの方がすぐれている。

においの刺激になるものは気体となって空気にまざる物質である。われわれが鼻から吸いこんだ空気の大部分は、鼻のなかの下の方を通過して気管にはいるが、そのなかにおいの物質の分子がまじっていると鼻のなかの一ばん上に飛んでいき、ここにある感覚細胞を刺激してにおいの感じを起させる(第16図)。においをよくかぐためには空気を強く短かい時間に吸いこんでにおいの分子がたくさん鼻の上部に送られるようにするとよい。われわれはにおいになれやすく、悪いにおいのする室にはいってもしばらくたつとそのにおいがわからなくなってしまう。



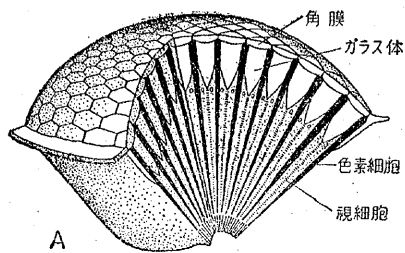
第17図 味覚の分布 (A) と、味のつぼみ (B, C)

あまい・にがい・すい・しおからいなどの味をもった食物を、舌の上のいろいろな場所にのせてみる。舌の場所によって食物の味の感じ方が違う(A)。かような味の感じは、舌の上に散在する味のつぼみ(C)という感覚器が同どっているが、これのないところでもいろいろな感じが起る。(B)は舌の乳頭の断面で味のつぼみの位置を示したものである。

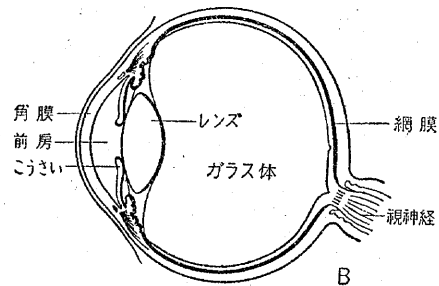
9. 眼とそのはたらき

生物の生活は光と密接な関係があるから、それだけに光を感じる器官はごく下等な生物にも見られる。たとえば、ミドリムシは眼点で光を感じ、プラナリアなどには色素をもって三日月形にならんだ細胞とこれに附属する神経とからできている眼がある。しかし、ミドリムシやプラナリアでは明かるいか、暗いかぐらいがわかる程度で、ものの形などはわからない。

形がわかるのは、せきつい動物やタコ・イカなどの軟体動物の



第18図 眼の形のいろいろ
光を感じる器官は多くの動物にそなわっているが、そのしくみはミドリムシのように簡単なものから人の眼のように複雑なものまである。図はこんちゅうの眼 (A) と人の眼 (B) である。



ように写真器と同じしくみになっている眼と、バツタやトンボなどのようにたくさん眼が集まってできている複眼との2種類だけである (第18図)。われわれ

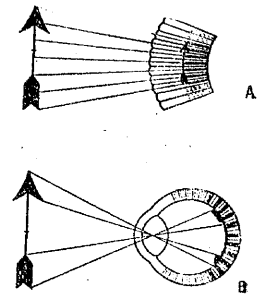
の眼や こんちゅうの複眼に物の形が写る原理は第19図に示してある。これからわかるように、複眼に写る物の像はまっすぐであるが、われわれの眼では像がさかさまになっている。

われわれの眼は直径2cm ぐらいの球で、前の方は透明な角膜になっている。角膜のうしろは前房といって透明な水のような液で満たされ、さらにそのうしろにはこうさいがあって、写真器のしぼりと同じように、眼のなかにはいつてくる光の分量を調節する。こうさいのうしろにはレンズがある。これは写真器のレンズのように、外界からきた光を屈折して眼球のうしろにある網膜に像を結ばせる。網膜には光を感じる感覚細胞がならび、これがさらに視神経と連絡している。人の眼ではふつう明かるさや、物の形・色を見分けることができるが、色盲の人は色の見分けが十分でなく、とくに赤と緑

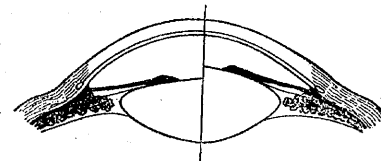
との区別のつきにくい人が多い。

人の眼はふつうは遠くから来る光がちょうど網膜の上に像を結ぶようになっているから、近くのものを見る時には調節をしなければならない。写真器ではじゃばらを伸ばしたり ちぢめたりして調節するが、人の眼では眼球の直径をかえることができないかわりに、レンズを厚くして、光を強く屈折させることができるようになっていく。

レンズは平常はじょうぶな細い糸のようなもので周囲から引っぱられていて、うすくなっているが、近いところを見る時にはこの糸がゆるみ、レンズは弾力でちぢまって厚くなる (第20図)。老人になるとレンズの弾力が弱くなるから調節がしにくくなり、近くで



第19図 人の眼と こんちゅうの眼に物の形が写る しくみ
こんちゅうなどの複眼 (A) ではまっすぐに像が写るが、人の眼ではさかさまになっている。われわれが物の形をさかさまに感じるのは、なれによるのである。



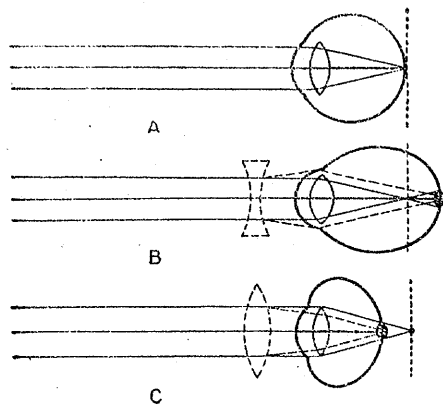
第20図 眼の調節

眼のレンズは、まわりにある細い糸がゆるんだり、はったりするにつれて、弾力で厚くなったりうすくなったりして像がいつも網膜の上に結ぶように調節する。

図の左半はぼんやりと遠くを見ているとき、右半は近い所のものを見ようとしているときのレンズの厚さの変化を示したものである。

本などを読むことができない。老人が本や新聞を読むときに眼から遠くへ離して見るのはそのためである。それを補うには とうとうレンズでできた 眼がね をかける。

また人によると生まれつき眼球の奥行きが長過ぎたり短か過ぎたりする。はじめの場合では、遠くから来



第21図 近視眼と遠視眼

近視眼と遠視眼とはいずれも眼球の横径の長さの異常から起る。かような人は、おうレンズ または とつレンズの眼がねて補うことができる。その理由を考えよう。Aは正しい眼、Bは近視眼、Cは遠視眼である。われわれが暗いところから明かるいところにきゅうに出ると、まぶしくて、物がよく見えないうち、また明かるいところからきゅうに暗いところへはいつでもやはりよく見えない。それが少したつと見えるようになるのは、網膜がまわりの光になれるためであって、この現象を明暗順応という。

網膜の上に写った像は刺激がなくなってもしばらくの間は残っている。これを残像という。暗い室で線香に火をつけてクルクルまわすと火の輪が見えるのはこのために起る現象である。映画が動くように見えるのは少しずつ違った写真がスクリーンに写し出され、見る人の眼の前の残像が消えないうちにつぎの像が写るからである(裏表紙の写真参照)。

10. 音を聞く器官

音を聞く器官は耳である(第22図)。ほにゅう類では一ばんにラッ

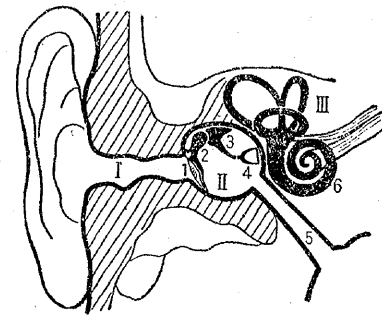
る平行光線が網膜より前の方で像を結ぶ近視眼になり、後の場合では網膜の後方で像を結ぶ遠視眼になる。近視の人は おうレンズ の眼がねを使い、遠視の人は とつレンズ の眼がねを使えば補える(第21図)。

われわれが暗いところから明かるいところにきゅうに出ると、まぶしくて、物がよく見えないうち、また明かる

い形をした 耳たぶ を音の来る方向に動かして、空気の振動が耳の内部によく伝わるようにする。しかし、人では耳を動かす筋肉が小さくなっていて、まったく本来の用をなさない。耳の孔からは細い管が奥の方につづいているが、この管は外聴道といわれ、空気の振動を伝える役をするとともに、内部の保護の役にもたっている。

外聴道の一ばん奥には、空気の振動によく応じる鼓膜という膜があり、それからさらに奥を中耳という。中耳はせまい室で、そのなかには3箇の小さな骨が鼓膜と中耳の奥の壁との間に橋を渡したようになっている。これらの骨を聴小骨といい、鼓膜にくっついているのをつち、これと連絡している中央のを きぬた、きぬた の突起と中耳のうしろの壁とをつないでいるのを あぶみ という。中耳の壁が あぶみ とくっついている部分はうすい膜になっていて、それから奥を内耳と呼ぶ。鼓膜が音波のために振動すると、つち・きぬた・あぶみ がつぎつぎに振動して、あぶみ はその振動をうすい膜をへて、内耳に伝える。

中耳からは のど と連絡する管が出ている。これを耳管といい、中耳のなかの空気の圧力を外界の圧力と同じにするものである。自動車で山路を登ったり、汽車がトンネルにはいつたりしたとき、耳が聞えなくなることがあるが、これは空気の圧力がきゅうに変わった



第22図 耳のつくり

耳は外聴道(I)、中耳(II)、内耳(III)に分けられ、空気の振動がつぎつぎに奥へ伝えられるようになっている。1. 鼓膜、2. つち、3. きぬた、4. あぶみ、5. 耳管、6. かたつむり管

ために鼓膜の内と外とで圧力に差ができたからである。かぜをひいたときなどには、のどの粘膜がはれて、粘液が分泌されるために耳管がふさがってしまうことがあるが、この場合にも音が聞きにくくなる。また、鼻をつよくかんだときなどに耳がガーンとすることがよくあるが、これなども上のことからすぐ説明がつけられよう。

内耳には かなつむり管、三半規管、球形のう、卵形のう、(のうは袋という意味である) などの器官があり、これらを合わせて迷路と呼び、球形のうと卵形のうとの二つを前庭器官という。迷路はいずれも外側が骨でできていて、内部はうすい膜でできている器官である。骨の部分骨性迷路、膜の部分膜性迷路といい、その内部にはリンパ液がはいっている。

内耳の器官のうち音を聞くのに関係があるのは かなつむり管 だけである。あぶみ によって伝えられた振動は、この器官のなかのリンパ液に運動を起させ、これがさらに膜性かなつむり管を動かして、そこに分布している聴神経を刺激して音を感じるのである。

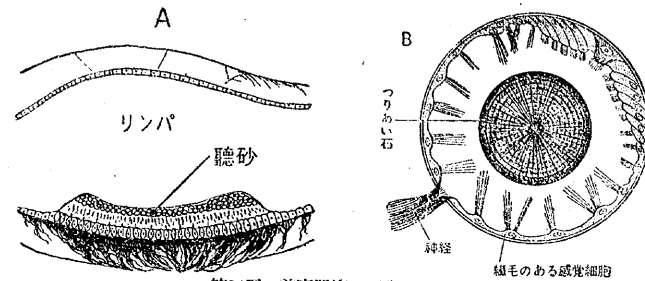
11. 位置を感じる器官

動物が自分の体の位置がどうなっているかを知るには、地球の引力をたくみに利用している (第23図)。

多くの 無せきつい動物 には 平衡のう という袋がある。この袋は繊毛のある感覚細胞で裏うちされていて、そのなかに つりあい石 という1箇または多数の石灰質の石がはいっている。動物が正しい姿勢をしているとき



第23図 動物は体の位置がどうなっているかを知ることができる。物体が鉛直に立っているかどうかを知るには、そのそばへ おもり をつけた糸をたらししてみればよい。動物はこの原理によって自分の体の位置がどうなっているかを知るのである。



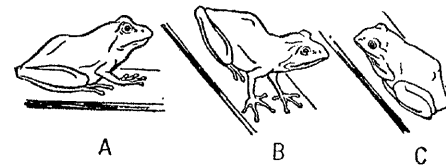
第24図 前庭器官と平衡のう

A. 人の前庭器官、人の前庭器官には毛のはえた感覚上皮の上に聴砂という石灰質の小さな砂がのっている。聴砂全体は膜で包まれている。B. ツノガイの平衡のう。この二つの絵を見くらべて、前庭器官のしくみを説明して見るがよい。

にはつりあい石は重力によつた平衡のうの一ばん下の部分にあつて、そこの感覚細胞を刺激している。しかし体の位置がかわるとつりあい石の位置もかわり、他の部分の感覚細胞を刺激するようになるから、体が傾いたことが動物に感じられる。

人の体では前庭器官が 平衡のう と同じしくみになっていて、これで体が傾いていることが眼を閉じていてもわかる (第24図)。

前庭器官からはたえず、刺激が せき髄 を通つて全身の筋肉に伝えられ、筋肉を緊張させているが、左右の前庭器官のうち、どちらか一方をこわすと、それからの刺激がなくなって、それにつながる



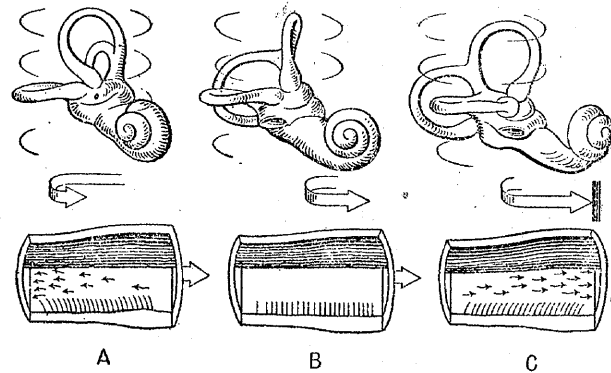
第25図 カエルを板にのせて (A)、前の方を下げたり (B)、上げたりすると (C)、カエルはそれに應じて頭を上げたり下げたりする。しかし前庭器官をこわしてしまえば、このような反應は起らなくなる。

筋肉がゆるむから体がまがる。たとえばカエルの場合では、こわした方に頭がまがるのが見られる。

また、カエルを板にのせてその前の方を下げると頭を上げ、ぎゃくにするとう頭を下げる。これは1種の反射作用で、前庭器官が関係しているから、前庭器官をこわしたカエルではこんな反射は起らない(第25図)。

12. 三半規管はどんな はたらき をするか

内耳にある三半規管は音を聞く器官でも、重力を感じる器官でもない。これは半円形の管が3箇所がいかに直角な面にならんでいる器官で、それぞれの管には直径がとくに大きくなっている部分があって、なかに長い纖毛をもった感覚細胞がある。動物の体が回轉運動



第26図 三半規管の はたらき

三半規管は回轉運動を感じる器官で、管の中のリンパ液の流れが感覚細胞を刺激するのである。Aは体が回轉しはじめたときで、管のなかのリンパ液はかえって逆の方向に回轉するような結果になる。まもなくリンパ液も体と一緒に回轉しはじめるから、けっきょく静止していると同じことになり(B)、体がきゅうに止ると、リンパ液だけはまだ慣性で働きつづける(C)。

をすると三半規管も一しょに回轉するが、そのなかのリンパ液はしばらくはそのままの位置にとどまろうとする。その結果、管が静止していてもリンパ液だけが流動するのと同じ結果になり、その流れのために感覚細胞が刺激されて、体の回轉を感じる。体の回轉がしばらくつづくと、リンパ液もそれに歩調をあわせて回轉するようになるからその運動を感じなくなる。しかし、体の回轉がきゅうにやむと、管は止まってもリンパ液は慣性でそのまま運動をつづけるから、管のなかの感覚細胞はまた刺激されて、体は運動をしていなくてもまだ回轉しつづけているような感じがするのである。回轉いすに腰かけてこれを回轉させ、きゅうに止めると、止まったあとまで体がまわっているような感じがするのはこのためである(第26図)。

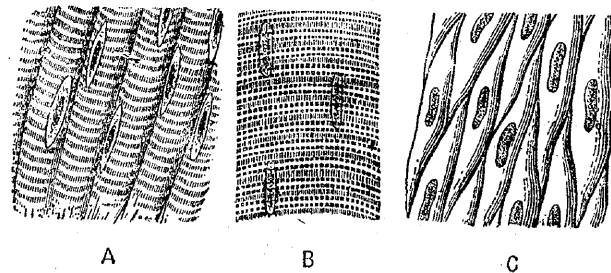
3. 反応はどのようにして起るか

1. 筋肉のしくみ

刺激に対する動物の反応のうち、一ぱん目だつのは運動であるが、多くの動物で運動を起す原動力になるのは筋肉である。

筋肉は動物の種類により、また同じ動物でも体の部分によって違った形をしているが、たいていは両端がとがったつむ形である。筋肉のまわりには細長い糸のような細胞でできたじょうぶな結合組織が網のようにおおいかぶさり、両端で集まって白いじょうぶなひもになって、骨にくっついている。このひもがけんである。

筋肉は両端のとがった糸のような細長い筋肉細胞がたくさん平行にならんでできている器官で、この細胞を筋繊維と呼ぶ。手や足の筋繊維を顕微鏡でくわしくしらべると、どれにも横に細いしまが見える(第27図)。これは、光をよく透さない暗い部分と、光をよ



第27図 筋肉とそのこまかい構造

筋肉はたくさんの筋繊維が集まってできている。筋繊維には図のAのように横に細いしまが見えるものとそうではないもの(C)とがある。前者は集まってBのような筋肉を作る。これが随意筋である。

く透す部分とが一つおきにならんでいるからで、このような筋肉を横紋筋といい、せきつい動物の骨についている筋肉はみなこれである。横紋筋は意志に従って活動するから随意筋とも呼ばれる。

筋肉は胃・腸・ぼうこうなどの内臓器官の壁にもある。これらの筋肉は繊維に横のしまが見えないから平滑筋と呼ばれ、意志によって動かすことができないから不随意筋とも呼ばれる。ただ心臓の壁の筋肉だけは例外で、はっきり横じまが見えるから横紋筋であるが、意志によってはたらかせることができないから不随意筋である。

無せきつい動物の筋肉には平滑筋が多いが、横紋筋をもっているものも少なくない。

2. 筋肉のはたらき

筋肉のはたらきは収縮すること、たとえば、カエルの足の筋肉を骨から切り取り、針でつつくとピクリと収縮する。動物の体のなかで筋肉が収縮する場合には、刺激は神経を伝わって来る。神経はこまかく枝分かれして筋肉に入り、それぞれの筋繊維に細い枝の先が終っている。この部分を神経終端という。神経を伝わって来た刺激は神経終端をこえて筋繊維に伝わり収縮をひき起す。

筋肉が収縮するときには、筋肉のなかでりん原質やグリコゲンなどの物質が分解する。その分解産物は酸素の作用で一部分は炭酸ガスや水になるが、大部分はまたもとのりん原質やグリコゲンにもどるから、外から物質を補わなくても長い間収縮をくりかえすことができる。しかし、この場合にはなにより酸素が必要で、これがなければ一たん分解してできた物質がもとの物質にもどらないから、しだいに収縮ができなくなって筋肉は疲労する。そして、酸素の補給が十分になると、分解産物がまたもとの物質にもどって疲労

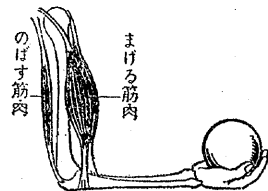
も回復する。

われわれが走ったりすると、いきがはずんでくるが、これは筋肉がはげしく収縮するからたくさんの酸素が必要になるためである。そして血液の流れ方も速くなって、取り入れた酸素をどしどし筋肉に送る。

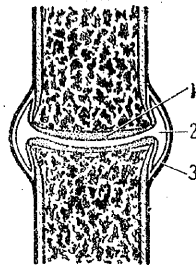
筋肉が収縮する場合には、そのなかではげしい化学変化が起り、たくさんの酸素を消費するから熱も発生してくる。われわれの体温の大部分は筋肉の収縮によって生じる。

3. 骨と筋肉との関係はどうなっているか

せきつい動物では、筋肉が体の内部の骨組みに附着していることによって運動ができる。人では 200 以上の骨があつて、そのなかには頭の骨のようにたがいにくっつき合つて動かないものもあるが、手や足の骨のように動かすことのできるもの



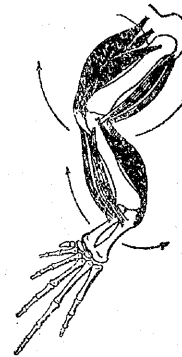
第29図 関節が動くしくみ
関節には のばす筋肉と まげる筋肉とがたがいに反対の位置にあつて、てこの原理で動くようになっている。上の図によってこのしくみを説明しよう。



第28図 関節のつくり
関節は骨と骨とが強く衝突しないように、たくみにでき上っている。

1. 軟骨, 2. リンパ液,
3. 結合組織

もある。二つ以上の骨がたがいに動けるように結びついている部分を関節という(第28図)。関節では、一方の骨の端がわんのようにへこみ、他の骨の端はまるく突き出ている、この二つがうまくはまりこんで回轉できるようになっている。また、関節が動くときに両方の骨の端がひどくすれ合わないよう、その部分の表面が弾性のある軟骨でおおわれており、両方の骨がはすれないように、関節の上はじょうぶな結合組織でしっかり包



第30図 カエルの後足の筋肉

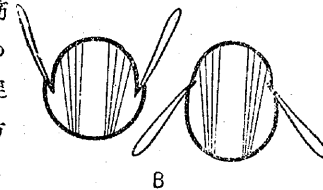
カエルの後足ではのばす筋肉の方がよく発達しているから、ピョンととぶことができる。ふつう一つの関節には のばす筋肉 と まげる筋肉 とがたくさんついていてたくみに運動ができるようになっている。第30図はカエルの後足の筋肉の配置を示したものである。カエルの後足では のばす筋肉 の方がまげる筋肉よりもよく発達していて大きいから後足でピョンととぶことができる。

バッタやエビのよう

まれている。さらにそのなかにリンパ液がたまっていて、ちょうど車の軸に油をさしたように回轉を滑らかにしている。

関節は、それぞれの骨についている筋肉が収縮すると てこの原理で動く。たいていの関節には、ここをまげるようにはたらく筋肉と、のばすようにはたらく筋肉とがたがいに反対の位置についている。たとえば、われわれが ひじの関節を まげるときには上腕二頭筋という まげる筋肉がはたらき、のばすときには上腕三頭筋という のばす筋肉 がはたらく(第29図)。

この2種類の筋肉は、神経によって反射的にはたらきが調節されていて、のばす筋肉が収縮すると まげる筋肉 がのび、まげる筋肉が収縮するときには のばす筋肉がのびる。ふつう一つの関節には のばす筋肉 と まげる筋肉 とがたくさんついていてたくみに運動ができるようになっている。第30図はカエルの後足の筋肉の配置を示したものである。カエルの後足では のばす筋肉 の方がまげる筋肉よりもよく発達していて大きいから後足でピョンととぶことができる。



第31図 こんちゅうの外骨格と羽を動かすしくみ
こんちゅう類の外骨格(A)でも関節を動かす原理は同じである。ただ、羽を動かすしくみは特別であるから、図Bの胸部の断面についてそのしくみを説明しよう。



な こんちゅう類 や甲かく類ではわれわれの骨組みと違って体の表面にキチン質や石灰質の甲がある。これを外骨格といい、筋肉は骨組みの内側についているが、関節を動かす原理は人の場合と同じである。ただ、こんちゅう類が羽を動かすときだけは少しようすが違っていて、背中の甲と腹の甲との間に筋肉があり、これが収縮すると両方の甲が接近するから、背甲と腹甲とのつぎ目にある羽のつけ根が てこ の原理で動かされるのである (第31図)。

4. 運動と姿勢

われわれは長く立っていると疲れる。これは運動をしていないときでも筋肉がはたらいているからである。われわれが直立している



ときには第32図のような筋肉がはたらいている。

このように運動していないときでも筋肉がかかるく収縮しているのは脳からたえず刺激がやって来るからで、こうしてわれわれも動物も姿勢を保っている。われわれが自分の意志で運動しようとするときには、刺激が脳から せき髄 を通って適当な筋肉に伝えられ、さらにのばす筋肉と まげる筋肉 とが反射的にうまく調和してはたらくのである。このように随意運動の場合にも、たえず反射作用で筋肉の運動や姿勢が調節されている。われわれが一たん歩きだしてしまうと、こんどは右足を上げようとか左足を上げようとかといちいち考えなくても足がひとりでにうまく動くのは反射作用のおかげである。

第32図 直立しているときにはたらく筋肉

われわれが立ちどまっているときでも図のようないろいろな筋肉がはたらいて姿勢を保っている。

4. 反応の型は変えられないか

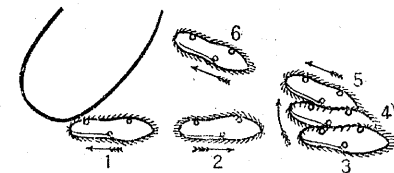
1. 同じ刺激をくりかえすと反応の型はどうなるか

生物は外界の変化に対してきまった型の反応をするが、もし同じような刺激をくりかえして與えた場合にはどうなるであろうか。

ゾウリムシが物につき当たったり、こい酸に近づいたりすると、す速く繊毛のうち方を逆にしてあともどりし、別の方向に進むのがふつうである (第33図)。こうしてまた同じような刺激に出あうと、前の反応をくりかえす。このようなところを見ると、反応の型は一定していて変らないようであるが、実際にはそうでない場合もある。

ガラスの毛細管の1部に水を入れ、その水のなかにゾウリムシを1匹だけ入れる。毛細管の 内 の り をゾウリムシが体を縦にしてやっ と通れるだけにしておくと、ゾウリムシが水のなかを前進して、空気との境のところまで行くと、管が細過ぎるのでそのままの向きであともどりをする。こうして、しばらくの間はせまい管のなかを体の向きはそのままにして進んだり、退いたりしている。

そのうちに、個体によって空気との境につき当たるとたんに、ふと体を二つにまげて体の軸を完全に180°回轉することに成功するようになり、それからあとはちよつと水の表面に触れただけですぐにこの新しい反



第33図 ゾウリムシの逃避反応

ゾウリムシが物につき当たると繊毛を反対に動かして少し後退する。つぎに体の左右で繊毛のうち方を変えていくらか回轉し、別の方向に進んで行く。われわれがボートの向きを変えるときにオールを動かす方法と同じである。図の番号はこの運動の順序を示す。

応を示すようになる。

このように、刺激は同じであつても生物の反応のしかたはかならずしも一定せず、その環境に適したように多少とも変ることがある。

2. 反応のしかたと環境

自然界では生物は自分にもっとも適した環境を選んで、そこで生活するのがふつうである。たとえば、ゾウリムシをいろいろな温度のところのある水のなかに入れると、 $24^{\circ}\sim 28^{\circ}$ のところ集まって来る。ゾウリムシにはこの範囲のところが生活にもっとも適しているからで、このようにもっともよい条件に適応することを正の適応という。

しかし、ふつうはどの生物でももっとも適した条件のところが得られるとはかぎらないし、とくに実験でもする場合には、その生物にとって好ましくない条件がたくさんあるであろう。こうした場合には、生物はやむをえずそのなかで少しでも好ましい条件に適応していくが、このような適応を負の適応と呼ぶ。前にあげたゾウリムシが毛細管のなかを泳ぐときの反応は負の適応の例であるが、こうした反応のしかたはほかにもいくらかでも見られる。

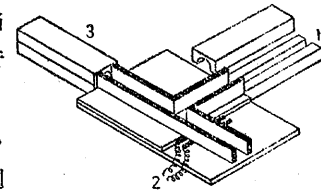
たとえば、ツリガネムシは体がなにかに触れると、きゅうに柄を収縮させてその刺激から逃げようとするが、わずかな時間をおいて数回同じ刺激を与えると、しまいには反応しなくなってしまう。ラッパムシは、それがくっついている土台をゆすったり、口のまわりにかかるく触れたりすると、はじめのうちはきゅうに体をちぢめるが、これを2~3回くりかえすと、すぐ慣れてしまう。

3. 動物をどのようにしてしつけるか

このように、負の適応は生物界に広く見られる現象で、反応の型

がどんなに変わりやすいかを示すものである。したがって、もし人が適当な刺激を選んで與えれば、動物の行動をその人の好む方向へ向けさせるようにならすこともできるわけである。この場合にふつうに使われる刺激としては動物に苦痛を與えるようなものとよろこびを與えるようなものが選ばれる。

アメリカの動物心理学者ヤーキーズ(Yerkes)は第34図のような装置の



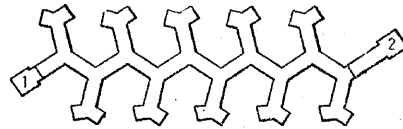
第34図 ヤーキーズのミミズの実験
出発点(1)にミミズを1匹おいて、ミミズが左の路にまがると電流を通じた針金(2)に触れて電撃を受けるようにすると、ついにはかならず右にまがって安全な穴(3)に落ちつくようになる。

出発点(1)に1匹のミミズをおいた。ここから出発したミミズはT字形の路を右にも左にも行けるわけであるが、左の路には2本の針金(2)が突き出っていて、もしミミズがこちらの路に進んで来て針金に触れると、ただちに電流が通してかき電撃を受けるようにしてある。ミミズは電撃を受けるとききゅうに体をちぢめて、やがて右の方の路へ進んで行くが、その路には安全な穴(3)があつて、ミミズはそこに落ちつくことができる。ヤーキーズはこのような装置のなかで上の実験を何回もくりかえした結果、ついにミミズは左へまがることをきらって、かならず右へ進むようになることを確かめた。

このように反応は、動物自身が環境に応じて変えていくだけでなく、人爲的に罰を與えて変えさせることもできる。こうして人は動物をならすことができ、また動物は定められた行動をおぼえるのである。

動物にものをおぼえさせるには、罰のかわりに報酬を與えて効果をあげることもできる。報酬としてはえさをを使うのがふつうである。たとえば、出発点と目的点とを結びただ一つの正しい路のほか

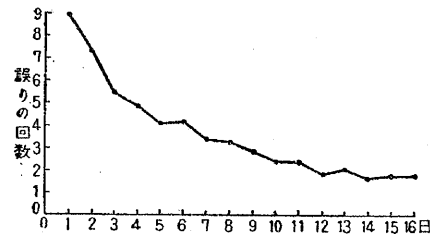
に、たくさんの袋小路のある迷路を作って、出発点にネズミを1匹おき、目的点にはネズミが好むえさを用意しておく(第35図)。こうしてネズミを自由に放してやると、あちらこちら路をさぐりな



第35図 迷路に入れたネズミ

図のような迷路の目的点(2)にえさを置き、出発点(1)からネズミを自由に歩かせると、だんだん袋小路にはいりこむ回数が減って、ついにはまっすぐに目的点に行けるようになる。

がら進み、袋小路につき当たると何回でもあともどりをして、ついに目的点に達してえさにありつくことができる。ネズミがえさをたべ終わったら、また出発点にもどして同じことを何回もくりかえすとだんだん袋小路にはいりこむ回数が減り、しまいに正しい路を



第36図 学習曲線

ネズミが迷路をおぼえた場合の経過を数量的に表わすには誤って袋小路にはいった回数によるのがふつうである。こうしてできた曲線を学習曲線と呼ぶ。

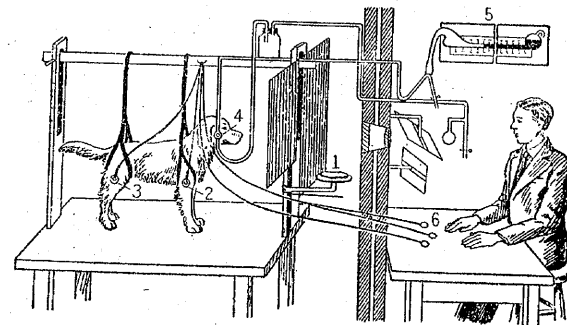
一直線に進むようになる。

実験のたびごとに誤って袋小路にはいりこんだ回数を数えて図表を作ると第36図のような曲線が得られる。この曲線を学習曲線といい、実験のはじめと終りとは誤りの減る割合が一ようでないことがわかる。

4. 動物の感覚はどのようにしてしらべるか

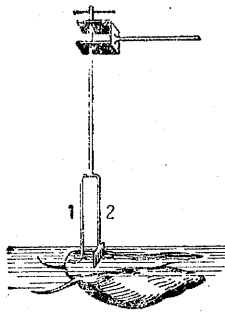
ソビエトの生理学者バプロフ (Pavlov) (表紙裏の図版参照) は、動物の反射作用を利用して、物のいえない動物の心、正しくいえば大脳のはたらきを研究する方法を開いた。

ふつう動物に反応を起させる刺激の種類はそれぞれきまっているが、ときには特定の刺激以外でも反応を起すようにすることができる。たとえば、イヌに食物をやる場合に鐘の音を聞かすようにしてなると、後には食物を與えなくても鐘の音だけで、イヌのだ液せんは活動をはじめだ液を分泌するようになる(第37図)。だ液は舌の上に化学的な刺激が與えられたときに反射的に分泌するもので、鐘の音では分泌しないのが本来である。同じようなことは日常われわれの身边でもよく起り、たとえば、すっぱい梅干を見ても、またごちそうのにおいをかいたただけでもだ液が分泌する。これは前に経験したことが記憶に残っていて起る反射作用で、バプロフはこれを条件反射と呼んだ。



第37図 条件反射の実験

イヌを立たせたまま固定し、眼の前に食物のはいた皿を出すのだ液を出す。イヌのだ液せんは直接ゴム管をつなぎ、その先をガラス管に導いて、だ液の分泌量を目盛りで読めるようにする。こうして、皿を出すと同時に光とか、圧とかの刺激を加えて、何十回となくならずと、しまいにその光や音や圧を與えただけで、だ液が分泌するようになる。この場合、食物を與えることの刺激を無条件刺激、音や圧の刺激を条件刺激という。図では1食物をのせる合、2・3は6につながらり、それぞれの場所を及ぼす。4はだ液を集める管で5はその分泌量を測る計器である。実験者は前のついたてを通してイヌのようすを見ることができが、イヌからは見えない。



第38図 巻貝の条件反応

図の(1)の先きにえさを付けて、これを鼠の口に触れさせ、同時に(2)で足をかくくおすようにする。このようにして、300回ほど刺激をくりかえすと、その後はたんに(2)を足に触れただけで鼠は口を開くようになる。

条件反射や条件反応を使って動物の感覚を分析するにはつぎのようにする。前に述べたイヌの場合では、鐘の音とだ液の分泌との間に条件反射が成り立ったら、つぎに違った音の鐘をならす。すると、こんどはだ液が分泌しないから、イヌは二つの鐘の音を聞き分けたと考えてよい。また第39図のようにしてネズミに色を見分ける能力があるかどうかを条件反応によって知ることができる。

まず、開き戸(4)を開けはなし、ネズミを(1)に、食物を(5)におく。ネズミを自由に歩かせて、装置になれさせたら、つぎに、戸をしめて、ネズミに(1)から出発して戸を押し開けて食物のところに歩きつくことを覚えさせる。これがすんだら、おのおのの戸の表に形と大きさとは同じであるが色の違う(たとえば黒と白)紙をはりつけ一方の戸(たとえば白い紙のはりつけてある方)を開かないように止め、ネズミに前と同じことをさせる。するとネズミは何回かの後にならず黒い戸を押し開いて食物のところに行くようになる

このような現象は反射作用でない反応にも現われることがあるが、この場合には条件反応と呼んで区別する。たとえば、巻貝の口に食物の薄片を触れさせると貝は口を開くが、それと同時に足をかくくおすようにしてならずと、ついには、足をおすだけで口を開くようになる。(第38図)

条件反応も条件反射も、ほおっておけば早晩消えてしまうが、そのつぎに起させようとするれば最初よりもずっと簡単である。

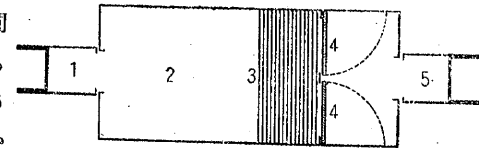
条件反射や条件反応を使って動物の感覚を分析するにはつぎのようにする。前に述べたイヌの場合では、鐘の音とだ液の分泌との間に条件反射が成り立ったら、つぎに違った音の鐘をならす。すると、こんどはだ液が分泌しないから、イヌは二つの

(この場合まちがった戸の方に行くと罰として電撃を與えるようにすると一そう効果をあげることかできる)。練習中に、左右の戸で、そこにはりつけてある紙をたびたび取りかえても、ネズミはまちがいなく黒い色の戸を押し開けるから、ネズミは白または黒を区別することがわかる。

5. 練習と疲労

動物をしこむのと人をしこむのとをくらべると、ことばを使うことができるかどうかという点でその方法かひじょうに変ってくる。動物の場合にはことばを使うことができないから、報酬としてのえさと罰とをたくみに使わなくてはならない。しかし、罰があまりひど過ぎるとかえって動物に正しく行動しようという気持ちを失わせるから、なるべくかるくしなくてはならない。ある有名な猛獣のならし手は動物をならすことができるかどうかは、動物よりもむしろならし手の愛情と忍耐によるのだと語っている。

1) この場合、ことばが多少でも役にたつことがあるように思われるが、それはたんに条件刺激としての音が役にたっているだけのことである。



第39図 ネズミは色の見分けができるか

図の(1)と(5)はそれぞれはじめにネズミを入れておく箱とえさのはいった箱で、いずれも同じ大きさである。(4)は開き戸で、(1)に向いた方にそれぞれ白と黒の紙がはってあって、ときどき左右の色を交えるようにする。(3)は電気ごうして、2本の針金を木の板に平行に巻きつけスイッチで電池から電流が通じるようにしてある。もしネズミを黒い色になれさせようとするれば、白い戸を開かないように止めておいて、ネズミが(1)から(2)に進んで、白い戸の方に向かったら電気ごうしに電流を通じて罰を與え、黒い戸を押し開けて(5)のほうびにありつくようにする。ネズミはまもなく黒い戸の方にばかり向かうようになる。

われわれが練習をすればするほど、上達するのと同じく、生物でも同じ刺激のある時間をおいてくりかえし興えると反応の型がだいに変わっていく。しかし、それだからといって、むやみに刺激の回数をふやしても速くなるわけではない。このような場合には、ぎやくに負の適応を生じて刺激の価値が低くなってしまふ。ネズミをしこむ場合では多くて1日に10回ぐらいの練習が適当で、それ以上になると負の適応を示すばかりでなく疲労がはなはだしくなる。このことは、われわれ人の場合でも同じである。

6. 疲労と回復

われわれが同じ作業を長くつづけていると疲労して仕事の能率があらなくなってしまう。

疲労は全身を動かす場合でなくても起るから、その原因としては血液の成分が変化するためと考えられている。その変化には、血液中に(1)酸素が足りなくなること、(2)運動のエネルギーの源であるぶどう糖などが減ってくる^りこと、(3)体温が上がるにつれて血液の温度も上がってくる^りこと、(4)汗が出るために血液中の水分が減ってくる^りことなど、いろいろ考えられるから、疲労の原因も簡単にきめるわけにはいかない。

また、われわれが疲れたと感じるなかには、上のような疲労とは違^{ちが}ったものがある。たとえば、病気で寝ているときには、筋肉は疲労していないのにひどく疲れたように感じる。

このように疲労の起る原因は複雑であって、まだよくわからないところも多いから、現在一ぱんに行われている疲労をなおす方法は長い間の経験とか、いろいろな疲労の原因のうちのある特別なもの

1) イヌを おり のなかに入れ、時間をきめてぶどう糖を注射しながら運動をさせると、ふつうよりも数倍も長い時間運動をつづけさせても疲労しない。

について考え出したものである。

たとえば、昼間すいぶん疲れても、十分に熟睡すると翌日は疲れがぬけていることが多い。また寝る前に入浴したり、マッサージをしたりすると一そう回復を速める。また、はげしい筋肉の作業のあとなどは、糖分をとって、使いつくしたエネルギーの補いをする^りことも有効である。ビタミンB₁などを十分にとるのも役にたつ^りことがあり、また酒・茶・コーヒー・ココア・チョコレートなどが一時的に筋肉や大脳の疲労をかるく^りすることもある。このほかに最近では疲労回復のためのいろいろの薬も作られている。

しかし、人の場合には肉体的だけでなく心理的にも疲労することが多い。たとえば心に なやみ や 苦しみ があるときに、いくら薬をとっても ききめ がうすく、ときによると反対に精神のはたらきがにぶたり^りすることがある。こうした場合にはむしろ気分の変換をはかたり、娯楽を求めたりする必要がある。

しかし、疲労のために仕事の能率がさが^りるのを防ぐという点からいえば、疲労してから対策を考えるよりも、疲労しないですむようにすることの方が重要である。厚生施設や社会状態の改良を考えることもその意味でたいせつである。

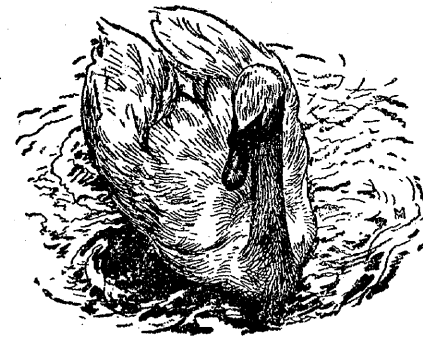
参 考 書

内 田 亭	魚 の 感 覚	創 元 社
ブッデンブロック		
懸 田 克 躬 訳	感 覚 の 世 界	創 元 社



單元 6

生物はどのようにして
生きていくか



われわれはしばらく十分な食物をとらないでいると、やせおとろえてしまう。それは生きている間はたえず体を作っている物質が使い減らされているからである。それで、生物は外部から養分をとって補いをしなければならない。このように生物体での物質の出入を物質交代と呼ぶ。この單元では物質交代を中心にして、それに関連したいろいろな現象をしらべることにしよう。たとえば、つぎのような事をしらべてみてはどうだろうか。

1. 畑の作物は日当りのよいところのものほどできのよいのはなぜだろうか。
2. 作物にはなぜこやしが必要なのだろうか。
3. われわれのたべる食物が体の養いとなるまでには、どのような道すじを通り、またどのように変化するだろうか。
4. 血液はわれわれの体のなかでどんなはたらきをしているか。
5. 血液型はどのようにしてしらべるのだろうか。
6. われわれはなぜ、食品の配合や分量に注意を拂わなくてはならないのだろうか。
7. 動物は冬の寒さに対して、どのようなしくみで耐えているだろうか。
8. われわれの体温はどうしていつもたいした変りがないのだろうか。

1. 植物はどのようにして体を養うか

1. 植物はなにを必要とするか

植物は外界から無機物を取り入れ、これから有機物を合成して体を養い、また成長する。植物がどのような無機物を必要とするかを知るには、まずその体を作っている元素をしらべなければならない。

植物の体を $100^{\circ}\sim 110^{\circ}$ に熱して乾燥させてから分析してみると、おもなものは $C \cdot O \cdot H \cdot N$ の4元素である。さらにその植物体を焼いてこの4元素を追いつけても、なおあとに灰が残るから、まだこのほかに無機物がある。灰の成分は植物の種類によって多少は違いますが、それでも十数種類の元素がどの植物にも共通にある。しかし植物が生きてはたらきをつづけるためには必ずしもこの全部が必要ではなく、水栽培によってしらべた結果によると、上の4元素のほかに、 $K \cdot Ca \cdot Mg \cdot P \cdot S \cdot Fe$ がせひ必要で、このうちの一つが欠けても植物はまともに育たない。また、このうちのどれかが最低の必要量以下になると、他の元素がどんなに多くても生育できない。

以上の10元素のうち炭素は炭酸ガスとして葉から取り入れるが、その他はすべて根から水とともに吸収するから、このたいせつな根を保護し、これに養分をとかした水を供給する土のはたらきを見逃してはならない。土はごくこまかい粒から成り立っているために水を含む力が大きく、自然の状態では耕土は 65%、ローム(赤土)は

1) 水栽培にはクノップ液などがよく使われる。クノップ液とは

硝酸カルシウム $Ca(NO_3)_2$	1g,	塩化カリウム KCl	0.12g
硫酸マグネシウム $MgSO_4$	0.25g,	塩化第二鉄 $FeCl_2$	こん跡
りん酸一カリウム KH_2PO_4	0.25g,	水	1l

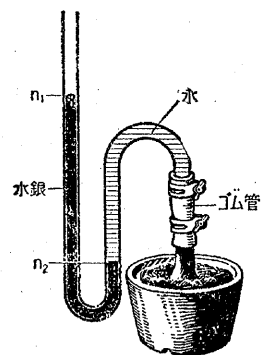
の溶液である。この成分を変えて水栽培をすれば、植物の生育に必要な元素がわかる。

63%, 砂土ですら14%の水を含んでいて、ふつうでは水がなくなることはないといわれている。

それでは養分をとかした水はどのようにして根から吸い上げられるであろうか。これを明らかにするためにはまず蒸散と根圧とについて知らなければならない。また、葉はどのようにして炭酸ガスを取り入れて栄養としているであろうか。これを知るためには、炭酸同化のしくみをきわめる必要がある。さらに、外界から取り入れた無機物がどんな有機物に組み立てられ、どんな形で貯えられて植物の体の養いとなるかもわれわれの問題としよう。

2. 植物はどのようにして水を吸い上げるか

無機物をとかした水は根毛の細胞膜を通してしみこむのであるが、水にとけているすべてのイオンが一ように細胞膜に接している原生



第1図 根圧の測り方
根圧を測るには茎を根もと近くで切って、切り口に圧力計をとりつけ、水銀柱の高さの差 $n_1 - n_2$ を測ればよい。

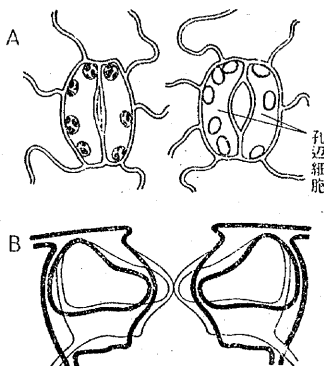
質膜を通るのではなく、必要に応じて特定のイオンだけが選ばれて通過する(單元4参照)。海そうが体の表面の細胞から養分をとる場合に、海水中に多い Na や Mg よりも、むしろ少量しかないカリウム・硝酸・りん酸・よう素などをとる割合の方が大きい。これと同じようなことが陸上植物の根でも見られる。その結果、一ばんに細胞の内容物の組成は細胞のそとのとはまったく違っている。

土のなかの養分をとかした水はこのようにして根毛細胞から吸収され、つぎつぎと内部の細胞にしみこんで管束に達しさらに導管や仮導管へ押し出されて体の

各部に行きわたる。植物の成長の盛んな春に茎を地表近くで切って A 根に近い方の切り口にガラス管をつなぐと切り口から押し出される水は管のなかを上昇する。この際水を押し上げる圧力は植物の種類と時期とによって違うが、ふつう水銀柱で 50~60cm で、まれには 140cm にさえ達することがある。このような圧力は根が水を吸う方に原因すると考えられるから、これを根圧と呼ぶ(第1図)。

水が導管や仮導管を通して上昇するのは根圧のほかに葉の気孔から水がたえず蒸発しているからでこの作用を蒸散という。気孔は葉の裏に多く、直径が 0.006 mm 以下の小さな孔であるが、数がひじょうに多いから、植物体全体としてはじつに多量の水が蒸発する。気孔はときに応じて開いたり、閉じたりして水の蒸発量を調節するが、そのしくみは孔辺細胞の膨圧が変化するからで、この圧が減ると気孔は閉じ、ふえると開く(第2図)。一ばんに夜とか水分が不足したときとかには気孔は閉じ、日があたっているときとか温度の高いときとかには開く。このようにして1本のヒマワリは晴れた日には1日に約1ℓの水を蒸発し、また大きなカンパの木では1株が1日に数百ℓの水を蒸散するといふ。しかし沼地や水中に生えている植物ではこの作用がひじょうに弱いか、あるいはまったく認められない。

1) 中くらいの大きさのキャベツの葉1枚に約1100万箇の気孔があるといふ。



第2図 気孔の開閉

Aは気孔を表面から見たところ、左は閉じ、右は開いている。Bは気孔の横断面の模式図で、これによって気孔の開閉のしくみを知ることができよう。

3. 炭酸同化

植物でも動物でも、外界から取り入れる養分は、その体を作っている物質とは違っているから、体のなかで複雑な化学変化によって同じものに変えなくてはならない。生物体のこの はたらき を同化といい、無機物をとって有機物に合成する植物と、有機物をとって自分の体を養う動物とではひじょうに違っている。

植物は、炭素を空気中の炭酸ガスから緑葉で取り入れて炭水化物に変え、これからさらに無数の有機化合物を合成する。

植物のこの はたらき を炭酸同化といい、葉から取り入れた炭酸ガスと根から吸い上げた水とから炭水化物を合成する。炭酸同化にはさらに光がせひ必要で、そのエネルギーが利用されるから、この作用はまた光合成とも呼ばれる。この光は自然の状態では太陽に仰いでいるが人工光線でもさしつかえなく、なかでも赤・だいだい・黄などの比較的波長の長いものが有効で、波長の短い紫外線はむしろ害である。

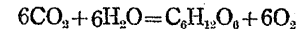
炭酸同化の はたらき はすべての植物にそなわっているものではなく、緑色植物の葉緑のある部分、すなわちしゅとして葉で行われる。容積にしてわずか0.03%しかない空気中の炭酸ガスからおびただしい量の炭水化物が合成されるのはまったく緑葉の営む炭酸同化の結果であり、自然界で無機物から有機物が作られるただ一つの場合である。

炭酸同化のこまかい化学反応については、まだ不明の点が多い。葉が緑色であるのは葉緑体といって葉緑を含んで緑色に見える色素体があるからであるが、純粋に取り出した葉緑ではこの はたらき がないから、この作用が行われるためには葉緑が生きた原形質から成る葉緑体のなかに存在していることが必要である。

葉緑体が光のエネルギーを吸収して炭酸ガスと水とから合成する

有機物は ぶどう糖 で、その反応は此のように表わされる。

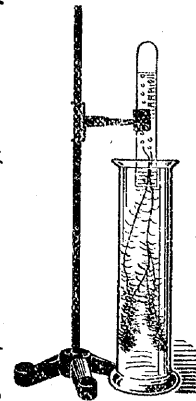
(ぶどう糖)



したがって同化作用の結果生じる酸素の量ははじめに消費した炭酸ガスの量と等しいから、一定容積の空气中で植物に同化作用を営ませると空気の容積はほとんど変らない。酸素が出ることは陸上植物では直接には認めにくいですが、カナダモのような沈水植物の体の一部を傷つけて水中に沈め、日光にあてると傷口から小さなあわ が列になって水中を上昇する。この あわ を集めてしらべるとほとんど純粋な酸素であることがわかる(第3図)。

炭酸同化によってできた ぶどう糖 はただちに水にとけない でんぶん になって化学反応系から除かれるから同化作用は引きつづいて進行する。でんぶん ができたことはヨード反応でたやすく証明されるから、この反応を利用してできた でんぶん の量から間接に同化作用の強弱を知ることができる。たとえば、緑色の葉をアルコールのなかに2~3日浸けておくと、葉緑がとけ出して葉がまっ白になるから、これを熱湯に浸けてやわらかくし、うすいよう素よう化カリウム液¹⁾にひたす。葉のなかの でんぶん はヨード反応によって変色するから、葉

1) よう素よう化カリウム液とは100cm³の水によう化カリウム3gをとかし、これによう素1gを加えたものである。



第3図 炭酸同化によって酸素が発生する
水を満たしたガラスの筒に、やはり水を満たした試験管をさかさに立てる。これにカナダモを図のように入れると、切り口から酸素のあわが水中をのぼり、試験管にたまる。単位時間内に 出る あわ の数をかぞえれば炭酸同化の強さを相対的に知ることができる。

全体は暗紫色に変わる。同じ株の葉でも日により、あるいは時間によって色合いが違ふから、これによって炭酸同化の強さをおしはかることができる。

人をはじめ、すべての動物は有機物をたべて生きているが、そのもとをたどればけつきよく炭酸同化の結果できたでんぷんとなりわれわれが毎日主食としている米や麦もまったくこのような同化の産物である。このようにわれわれの生活に重大なつながりをもつ炭酸同化は太陽の光のエネルギーが葉のなかに化学エネルギーとして貯えられることに外ならない。したがって、植物でも動物でも太陽の光のエネルギーによって生活しているわけで、石炭がもえるときに出る熱も大昔の植物が貯えていた太陽の光のエネルギーである。

4. 窒素の同化

植物はたんばく質などの窒素を含んだ有機物も合成する。植物に窒素を供給するものは硝酸塩・アンモニウム塩がふつうで、まれには亜硝酸塩も用いられ、すべて水溶液として根が吸収する。硝酸塩は細胞中にたまって無害であるが、アンモニウム塩が多くなり過ぎると遊離のアンモニアを発生して毒性を現わすおそれがある。したがって窒素肥料としては硝酸塩(たとえば硝石 KNO_3)がもっとも無難であるということになる。硝酸は細胞中の特殊の酵素によって、亜硝酸をへてアンモニアに還元され、植物の栄養となる。このほか尿素や石灰窒素も肥料として使われるが、尿素は土のなかのバクテリアのはたらきでアンモニウム塩となり、また石灰窒素は尿素をへて炭酸アンモニウムとなつて吸収される。マメ科の植物は空气中に遊離している窒素を栄養としているが、これはその根に共生する根粒バクテリアのはたらきによるのである。このバクテリアはガスの状態の窒素をアンモニアかたんばく質に変え、植物に提

供するらしい。

植物体にある窒素を含んだ成分には葉緑・核酸・アルカロイドのような重要な物質があるが、なかでも、たんばく質は原形質のおもな成分として生活力の根源となるから、これの合成がもっとも重要である。たんばく質にはいろいろな種類があり、また構造がきわめて複雑で今日ではまだその本体をうかがうことはできないが、アミノ酸がもとになっていることには異論がない。植物は根から取り入れた無機の窒素化合物と炭酸同化によってできた糖類とからまずアミノ酸を合成し、ついでこれらのアミノ酸がさまざまな組み合わせで多くの種類のたんばく質が組み立てられるのである。しかし、細胞のなかでこうした化学反応がどのように行われるかはまだ十分に説明することができない。ただ特殊の酵素があつて反応の進行をたすけていることは疑いない。

5. 同化物質の移動

細胞のなかで作られた同化物質の一部はすぐその細胞で消費されるが大部分は移動して他の組織や細胞の栄養となる。このような物質が細胞の原形質膜を通過して移動するにはでんぷんやたんばく質のような大きな分子でなく、もっと小さな分子であることが必要であるから、同化によってできたでんぷんは一たんぶどう糖に変わり、たんばく質はアミノ酸に分解して水とともにおもにふるい管を通過して植物体の各部へ移動する。

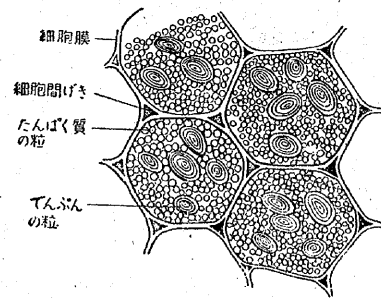
6. 同化物質の貯蔵

同化によってできた物質が組織や細胞の生活や成長に必要とする以上になると、それだけが特定の部位に貯蔵されて、将来成長や種子の発芽のための栄養となる。貯蔵の場所としては種子のはいや

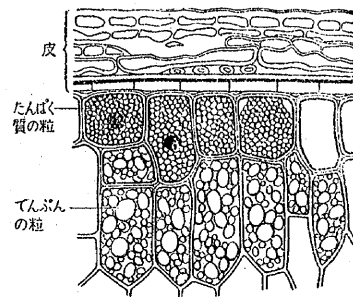
その周囲の細胞、茎（地下茎・塊茎・りん茎）、根（塊根）などがおもで、たとえば炭水化物はでんぷんとして穀物の種子（第4～5図）に、イヌリンとしてキクイモの塊茎やゴボウの根に、しょ糖としてサトウキビの茎やサトウダイコンの根などに貯えられる。ことに種子（ダイズ・ナンキンマメ・トウモロコシ・アブラナ・ワタ）その他

の栄養組織や果肉（オリーブ・アブラヤシ）ではでんぷんが油脂に変わって貯蔵されることがある。この油脂は芽が開いたり種子が発芽したりするときにふたたび炭水化物となって栄養になる。また、ある貯蔵器官では炭水化物がほとんどなく、たんぱく質が粒になっていることもある。

植物が発芽するときにはでんぷんのような炭水化物だけでなく



第5図 ソラマメの子葉の断面図
ソラマメの子葉では一つの細胞のなかにたんぱく質とでんぷんの粒とが貯えられている。



第4図 コムギの横断面

コムギの種子にはたんぱく質とでんぷんとが粒になって貯えられている。

たんぱく質や脂肪も分解して利用されるから、植物の体のなかではこれらの物質がたやすく一方から他方へ変えられるわけである。しかし、このような移り変りのしくみがどのようなかはまだほとんど、わかっていない。

7. 特別な栄養の取り方

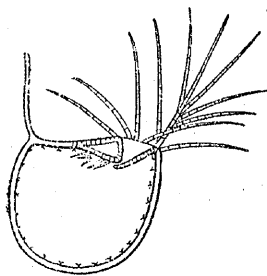
バクテリア・カビ・キノコなどのように葉緑をもっていない植物は炭酸同化ができないから他の動植物の体から有機物をとって栄養とする。このことは二三の高等植物にもみられ、ネナシカヅラ・ハマウツボ・ヤッコソウなどは他の植物に寄生してこれから全面的に栄養をとるが、ヤドリギ・カナビキノソウなどは葉緑をもっていて炭酸同化をしながら、なお根によって他の植物から栄養をとることもする。また、シヤクジロウソウ、ギンリョウソウおよびある種のランは腐った落葉から養分を取っている。

マメ科植物の根粒についている根粒バクテリアははじめ宿主からたんぱく質・炭水化物などを取ってふえていくが、後には空気中の窒素を窒素化合物に変えてこれを宿主に與える。このような共生の例はハノノキ・マキ・ヤマモモ・ドクウツギなどとその根に根粒を作る菌類との間にも見られる。



第6図 食虫植物のいろいろ

食虫植物はこんちゅうのような小動物をつかまえ、しゅとしてそのたんぱく質を養分として利用する。食虫植物がいずれも美しい花を咲かせて虫を誘っていることはたぐみな適應といえようか。図は向かって左からモウセンゴケ・ハイジゴク・タメキモである。これらでは葉が捕虫器官として役だっている。



第7図 クヌキモのえさをとるしかけ

クヌキモは池や沼に生えているもて、根がないから水中に浮かんでいる。ところどころに暗青色の小さな袋があって、これで水中の小さな動物を捕える。

上の図はその断面を模式的に描いたもので、袋の一端に長い毛があり、その根本に内側だけへ開く弁がついている。エビなどの小動物が弁を押し開けて袋のなかにはいると、外に出ることができなくなるから、窒息して死にクヌキモの養分になる。

さらに緑色植物のなかには生きている動物を捕えて消化吸収するものがある。これらはその捕虫器のなかに たんぱく質を分解する酵素を分泌して動物体を分解するといわれ、食虫植物という名で呼ばれている。モウセンゴケ・クヌキモ・ムジナモ・ウツボカヅラ・ハイジゴクなどがこれで、炭水化物だけは作ることができるが根から窒素化合物を取るかわりに動物の たんぱく質 を利用するのである。

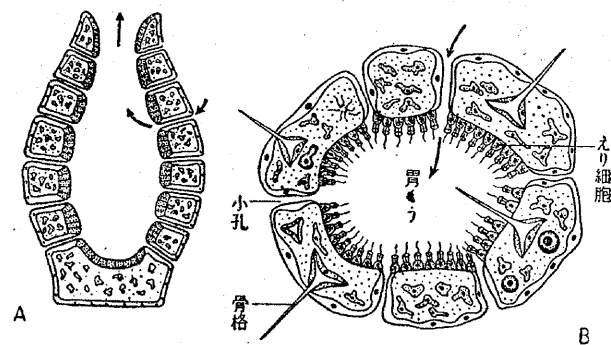
一ぱんに食虫植物は美しい花を咲かせるから こんちゅう を誘うのにつごうがいい。ハイジゴクやウツボカヅラはもともと外国のものであるが、ヨーロッパではハイジゴクを家の窓ぎわにたくさん植えて、美しい花を見て楽しむとともに、ハイをとるのに利用しているところがある。

2. 動物はどのようにして体を養うか

1. 動物の食物とその取り方

動物はふつうの植物とは違って無機物から有機物を合成することができないから、せひとも有機物を食物として取り入れなければならない。動物はその食物が動物性のものであるか植物性のものであるか、あるいはまた動植物の両方にわたっているかによって肉食性・草食性・雑食性の三つに大別される。

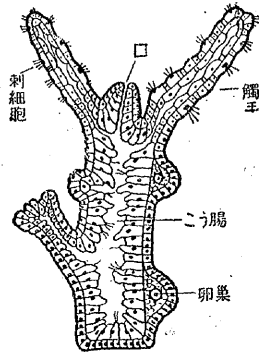
動物にはアメーバのような単細胞のものから高等な ほにゅう類まで多くの種類が含まれているから、その食物もじつにさまざまで、これを取り入れる方法もまたまちまちである。もつとも簡単なのは水にとけた養分を体の表面から取り入れる方法で、ほかの動物の消化管や血液のなかに生活している寄生動物にはこの方法によって榮



第8図 カイメンの断面図

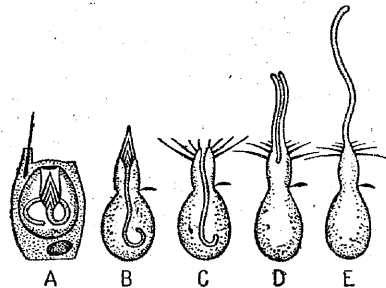
カイメンでは体の表面にある多数の小孔から海水が流れこみ、体の一端にある大孔から外に出る。このとき海水のなかに含まれている微生物が えさ となるので、水流を起したり、えさを取ったりするのは 上皮細胞 の役目である。

Aはカイメンの縦断面、Bは横断面を示す



第9図 ヒドラの断面図

ヒドラは ま水 にすむ、1cm たらすの小さな こう腸動物 である。これは触手にある刺細胞でえものを麻酔させ、さらに触手の助けをかりて口のなかに取りこむ。



第10図 刺細胞

図のAは静止している刺細胞で、その一端にある毛のような突起にえものが触れると、その刺激で、刺糸がB・C・D・Eの順に裏がえしになって飛び出し、毒液を注射する

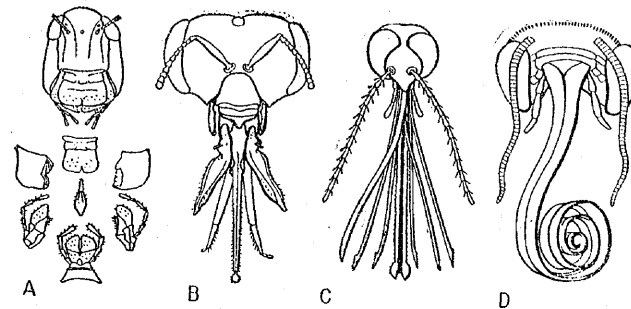
養を取るものが少なくない。

原生動物の多くは水にとけた物質を取り入れるだけでなく固形食物も取っている (單元5参照)。

多細胞動物になると食物を取るための細胞が分化している。そのうち、もつとも下等な海綿動物では、体内に えり細胞という特殊な細胞があり、その せん毛の運動によって海水が体壁の小孔から胃くうにはいり、からだの一端の大孔から外に出る。このとき微生物が海水にまじって えり細胞に触れると、この細胞はアメーバの場合と同じような方法でそれを取り入れる (第8図)。

こう腸動物になるとはじめて食物を取り入れるための特別な器官が発達する。口のまわりの触手がそれで、たとえばヒドラの触手にミジンコなどが触れると、そこにある刺細胞が毒液を含んだ刺糸を発射してミジンコを麻酔させ、触手によって口のなかに取り入れる (第9～10図)。

さらに高等な動物では食物を取り入れるのに便利な器官がいろいろ発達してい



第11図 こんちゅうの口器のいろいろ

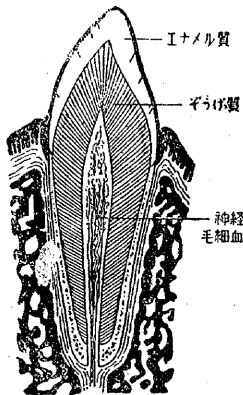
こんちゅうの口器は食物に応じて形が違っている。この図はいろいろな種類の口器を模式的に示したものであるが、実物について比較し、食物との関連を考えよう。

A. バッタ、(下の図は口器を分解したところ) B. ヘチ、C. カ、D. チョウ

る。なかでも口の役目が重くなり、歯・くちばし・ふんのようなつごうのよい道具がそなわっているが、その形や構造は、なにをたべるかによっていろいろに変化している。たとえば こんちゅう の口には口器がそなわっているが、その形は食物の種類によっていちちるしく相違している (第11図)。ほにゅう類の歯も食物の種類と密接な関係があり、イヌ・ウシ・人の歯をくらべてみるとそれぞれの食物に対する適応が明らかにされる。

ほにゅう類の歯はふつう門歯 (まえ歯)・犬歯 (いときり歯)・小きゅう歯・大ききゅう歯に区別される。その数や形は動物の種類によって一定しているから、分類上重要な特徴となり、歯式を使って表わす。たとえば人の歯式は $\frac{2 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 3}{2 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 3}$ で横線の上は 上あご、下は 下あごの片側だけの歯の数を向かって左から門歯・犬歯・小きゅう歯・大ききゅう歯の順で示す。なお、ネコ $\frac{3 \cdot 1 \cdot 3 \cdot 1}{3 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 1}$ 、ウシ $\frac{0 \cdot 0 \cdot 3 \cdot 3}{3 \cdot 1 \cdot 3 \cdot 3}$ 、ウサギ $\frac{2 \cdot 0 \cdot 3 \cdot 3}{1 \cdot 0 \cdot 2 \cdot 3}$ である。

人の歯は生後6箇月ごろから生えはじ約2年半で20本となる。これらは乳歯といわれ、6～7才ごろからしだいに永久歯とかわる。永久歯はだいたい20才ごろまでに生えそろうが一ばん奥の大ききゅう



第12図 歯の断面図

歯の外側をおおっているエナメル質は体じゅうで一ばんかたいところで、なかの比較的やわらかい部分を保護している。

消化はまた細胞内消化と細胞外消化に分けることができる。前者は細胞のなかで消化と吸収が行われることで原生動物・海綿動物などの下等動物で見られる。この場合、食物は直接細胞内に取り入れられ、これをかこんで食胞ができ、そのなかに酵素が分泌して消化され、食胞の壁をとおって吸収される。

1) むし歯が生じる原因としては、まず歯を不潔にしているためにバクテリアが繁殖することがあげられる。そのほか、生まれつきむし歯になりやすい人もあれば、また、栄養が悪いために むし歯 ができることもある。

歯はかなり遅れて生える場合があり、「おやしらす」ともいわれる。

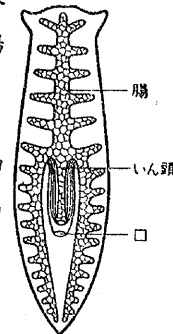
歯は外側にかたいエナメル質があつて、なかの 象牙質 をおおひ、象牙質の中央には管があつてそのなかに血管や神経がきている (第12図)。歯にバクテリアが繁殖したりなどすると酸を生じ、そのため石灰質からできているエナメル質・象牙質がとがされて むし歯 になることがある。

2. 食物の消化

体内にはいつた食物は、まず、水にとける簡単な物質に分解してから吸収される。食物を分解するには化学的な

細胞外消化とは消化管のなかで せん細胞 が分泌する消化液によつて消化されることで、こう腸動物より高等なもので見られる。

細胞外消化を行うものでは消化器官が発達するが、そのなかでもっとも簡単なものは こう腸動物の こう腸 である。へん形動物では簡単な腸が見られるが、まだ一ばんには こうもん が開いていないから、不消化物はこう腸動物と同じく口からはき出される (第13図)。これより高等なものは消化管がさらに分化し、こうもん が開く。



第13図 ウズムシの消化器

へん形動物のウズムシ類では、こうもんが開いていないから、不消化物はまた口からはき出される。

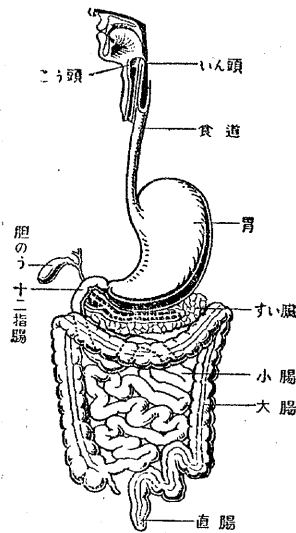
3. 口のなかでの消化

消化器のなかで食物がどのようにして消化されていくかは人を例にしてしらべよう。

食物は歯でかみくだかれていた間に だ液 とまざる。だ液 は3対の だ液せん (耳下せん・舌下せん・がく下せん) から出る分泌物が混合したもので、ブチアリン (アミラーゼ) という酵素を含んでいる。この酵素が食物中の でんぶん を分解してデキストリンと麦芽糖とにする。米飯をよくかんでいるとだんだんあま味 が出て来るのはこのためである。だ液 はまた食物をうるおしてやわらかくし、のみこみやすくするとともに、その一部をとかして舌の表面にある 味のつばみ に触れさせ味の感覚を起させる。

だ液の消化作用は でんぶん を使って試験管のなかで実験することができる。でんぶんで のり を作り、その約5cm³ずつを2本の試験管に入れ、一方には だ液 をたくさん加え、もう一方にはだいたい同量のぬるま湯を加える。両方の試験管を 37° ぐらいの湯のなかへ入れ、しばらくしてから取り出してよう素の溶液をたらすと、だ液を加えた方は、でんぶんの青色反応がまったく見られないか、見られてもきわめてわずかである。

1) こう腸動物・軟体動物・うずむし類などでは細胞内消化も同時に行われている。



第14図 人の消化管

消化管は人をはじめほにゅう類ではもっとも複雑となり、いろいろな消化せんが附属している。

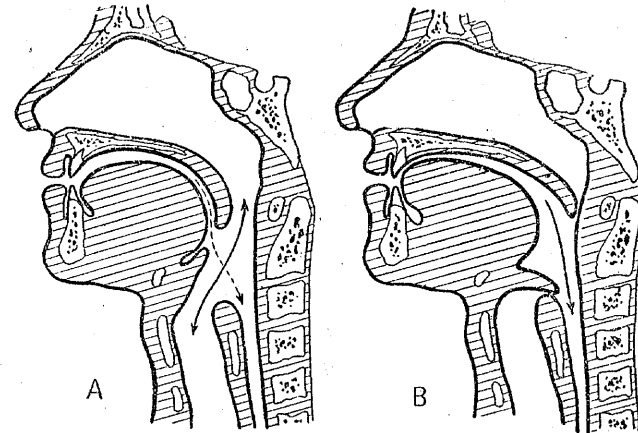
5. 胃のなかでの消化

胃のなかへはいつた食物は胃の うごめき運動 によってしだいに幽門の方に送られながら粘膜から出る胃液とまぜ合わされる。

胃液にはペプシンという酵素や塩酸などが含まれていて、ペプシンは塩酸のために酸性になっている胃のなかで たんぱく質 を分解してペプトンにする。なお、胃液中には脂肪をグリセリンと脂肪酸とに分解するリパーゼという酵素も含まれているが、酸性の強い胃

4. のみこんだ食物

口のなかではどよかみくだかれだ液 とまじって食物は舌の はたらき で口のなかを奥の方へ動かされいん頭 に送られる。すると口のなかの粘膜が刺激されて食物は反射的にのみこまれる。このとき鼻から いん頭と通じているところや、こう頭の入口はその壁の筋肉の はたらき によって閉ざされ、食物は食道にはいる (第 14~15 図)。それと同時に食道の壁にある筋肉は順序よくちぢんだり、ゆるんだりして食物を胃の方に送りこむ。すなわちまず食道の上の端が輪のようにちぢむと、そのすぐ下はゆるみ、この運動が波のように食道を下って食物を胃の方へ押しやる。このような運動を うごめき



第15図 食物をのみこむとき、いきをするときは いん頭 はどうなるか

ふだん、いきをするときは いん頭 は鼻や気管と通じているが(A)、食物をのみこむときにはこれらの通路が反射的に閉ざされる(B)。

のなかではわずかしが作用できない。塩酸はペプシンがはたらくのに必要であるばかりでなく、たんぱく質をふくらませて酵素がはたらきやすいようにしたり、腐敗菌を殺して食物の腐敗を防いだりもする。プチアリンによる でんぶんの消化は胃のなかでも継続し、でんぶん が麦芽糖になる。

胃の運動は噴門から幽門の方に伝わっていくが、前半部ではなかみをかるくおしつける程度できわめて弱く、幽門に近づくにつれて強くなり、輪のような くびれ が見られる。こうして後半部では食物はこねられながら幽門の方に送られていくが、幽門が閉じているとまたもとに送り返される。これをくり返している間に食物は胃液とよくまぜ合わされ幽門に近い方ではしだいにどろどろした のり になる。このころ幽門のまわりをとり巻く筋肉がときどきゆるんで のり のようになった食物を小腸の方へ流し出す。

6. 小腸での消化

小腸の胃につづく部分が十二指腸で、そこには すい臓 や肝臓から来る管が開いていて、それぞれ すい液 と 胆汁 が出て来る。また、小腸の粘膜には無数の 腸せん があつて腸液を分泌する。口のなかや胃である程度まで消化された食物は、これらの消化液とまざつて、さらに消化される。

すい液 にはトリプシン・アミラーゼ・リパーゼなどの酵素があつて、たんぱく質・炭水化物・脂肪を分解する。

胆汁 は かつ色 のにがい液で肝臓で 作られる。これは酵素を含んでいないから消化液ではないが、脂肪の乳化を助けそれによつて、リパーゼの作用を促進したり、腸壁が脂肪の消化産物を吸収する力を強めたりする。

第1表 おもな消化酵素

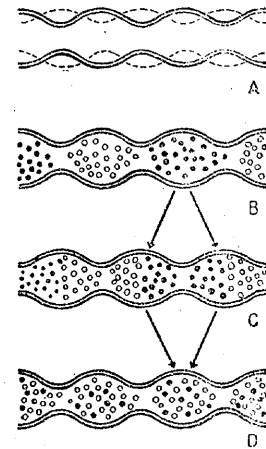
	酵素名	作用	所在
たんぱく質分解酵素	ペプターゼ (ペプシン)	たんぱく質をプロテアーゼとペプトンに分解	胃液
	トリプターゼ (トリプシン)	たんぱく質をプロテアーゼ・ペプトン・ポリペプチッド・アミノ酸に分解	すい液・腸液・動植物
	エレブシン	ペプチッド類をアミノ酸に分解	小腸粘膜
炭水化物分解酵素	アミラーゼ	でんぷん・グリコゲン分解してデキストリン・麦芽糖を生じる。	だ液、すい液、発芽植物、こうじかび
	マルターゼ	麦芽糖を分解してぶどう糖を生じる。	動植物に廣く分布
	インベルターゼ	しょ糖を分解し、ぶどう糖・果糖を生じる。	腸液、植物
	ラクターゼ	乳糖を分解してぶどう糖・ガラクトーゼを生じる。	乳児の腸液
脂分解酵素	リパーゼ	中性脂肪を脂肪酸とグリセリンとに分解	動植物に廣く分布

1) これらの消化液はいずれも弱アルカリ性であるから胃液によって酸性になっていた食物が小腸のなかにはいるとすぐに弱アルカリ性を呈するようになる。

2) 胆汁は一時 胆のう に貯えられているが、消化をするときには輸胆管をへて十二指腸に出される。

腸液にはエレブシン・インベルターゼ・ラクターゼ・マルターゼなどの酵素があつてある程度まで消化された たんぱく質 や炭水化物を一そう簡単な物質に分解する。このように小腸にはいろいろな酵素が分泌されるから、食物はここではほとんど完全に消化される (第1表参照)。

小腸でも化学的な消化のほかには機械的な消化が行われるが、それに二つの型が認められる。その一つは うごめき運動で もう一つは分節運動と呼ばれるものである。うごめき運動によつて食物がある程度前進すると、この運動は一時停止して分節運動が起る。分節運動では小腸の壁の筋肉が 5cm ほどの間隔をおいて輪のようにちぢみ腸が多数の節に分けられる。数秒後には今までちぢんでいた筋肉がゆるみ、それと同時にゆるんでいた部分の中央がちぢんで新しく輪ができる。このような運動が1分間に10回ぐらいの速度で半時間かそれ以上もくり返されるから、食物はつぎの うごめき運動 が起るまで同じ場所にとどまり、消化液とよくまぜ合わされ、消化が完全になるばかりでなく吸収も促進される (第16図)。

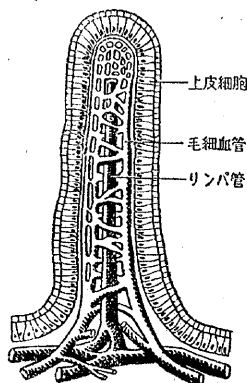


第16図 小腸の分節運動

小腸では、その壁の筋肉が、5cm ほどの間隔をおいて、ちぢんだりゆるんだりして、食物を消化液とよくまぜ合わせる。図のAは分節運動の起る位置を示し、これによつて、小腸のなかの食物はB、C、Dの順に消化液とよくまぜ合わされる。

7. 大腸での消化

大腸が分泌する液は酵素をほとんど含んでいないから、ここでは食物と一緒に小腸から下つて来た酵素による



第17図 小腸のじゅう毛
小腸の内側には無数の じゅう毛 があって吸収の面積が
廣くなっている。じゅう毛の
なかには毛細血管とリンパ管
があって、吸収したものを他
の場所に運ぶ。

消化の結果生じたアミノ酸・単糖類・脂肪酸・グリセリン・無機塩類・水などは じゅう毛 の表面から吸収される。じゅう毛は第17図のような構造で、上皮細胞のすぐ下に毛細血管が網のように拡がり中央に1本のリンパ管がある。じゅう毛が吸収した物質のうち、単糖類・アミノ酸・塩類などは毛細血管にはいり、脂肪酸とグリセリンとは上皮の下でふたたび脂肪に合成されてリンパ管にはいる。

大腸ではしゅとして水が吸収され、そのほかに小腸で吸収され残ったものや大腸内で消化されたものが多少は吸収されるが、それはごくわずかである。こうして最後に残った かす が ふん となって

消化がいくぶんつづくだけである。しかし大腸のなかには無数のバクテリアが繁殖していて、発酵作用で食物を分解する。たとえばセルロースは消化酵素では分解しないが大腸のバクテリアのために発酵して分解する。

大腸も うごめき運動 によってなかみをこうもん の方へ送る。食物が大腸を通過するにはふつう13~14時間もかかる。

8. 消化したものの吸収のしかた

口から胃、胃から腸へと移っていく間にしだいに消化した食物はしゅとして小腸の壁から吸収される。小腸の粘膜にはひだがたくさんあるうえに、じゅう毛という1mmぐらいの長さの小突起が密生していて、吸収する面積をいちぢるしく広くしている。

こうもん から出る。

腸が吸収した養分のうち、単糖類やアミノ酸などのように血管にはいったものは大部分まず肝臓に運ばれる。そこで ぶどう糖 と アミノ酸の一部はグリコゲンとなって細胞内に貯えられ、残りはそのまま肝臓を通りぬけて体内のあらゆる組織に送られる。リンパ管にはいった脂肪もしまいには血管にはいつて体の各部に運ばれる。こうして全身の組織に送られた養分は組織を作っている成分やそのはたらきに必要な物質に組み立てられたり、あるいは生活活動に必要なエネルギーを出すもととなったりする。たとえば ぶどう糖 はエネルギーの供給源として使われるほか、一部はグリコゲンになって筋肉中に貯えられる。肝臓や筋肉に貯えられたグリコゲンは必要に応じてふたたび ぶどう糖 に変えられ血液に供給される。

また、アミノ酸の大部分は細胞内でふたたび たんぱく質 に合成されて原形質を作るのに関係し、脂肪はしゅとして体内の特定の場所に貯えられて、必要のときにエネルギー源として利用される。

1) 胃ではアルコールが比較的よく吸収されるほか、ほとんど吸収は行われない。

3. 養分はどのようにして運ばれるか

1. 血液はどんなことに役だつか

腸が吸収した養分は血液のなかにはいつて全身をめぐるから、血液の第一の役目は養分を運ぶことである。

体のなかではその養分がたえず分解して役に立たない物質に変る。このようなものがたまってくると動物は健康を保つことができなくなるからこれを体の外にすてなければならない。これをすてる役目をひきうけているのはじん臓であるが、体の各部分からじん臓まで、このすたりものを運ぶのが血液の第二の仕事である。

また、動物は酸素を取り入れて炭酸ガスをはき出すが、その酸素は呼吸器官から血液に運ばれて体のすみすみまで行きわたる。また体のいたるところで発生する炭酸ガスをとかして呼吸器官に運んで来て、ここから大気のなかに出すのも血液である。酸素を運ぶのが血液の第三の仕事、炭酸ガスを運ぶのが第四の仕事である。

血液はホルモンを運ぶ役目もするが、これについては單元7でくわしくしらべることにしよう。

血液はこのほかにもたいせつな仕事をしている。血液のなかに含まれている白血球は体のなかに侵入して来た病原菌や異物を細胞のなかに取りこんで殺したり、無害のものにしたりするし、また血液の液体成分はある種の病原菌の出す物質を無害のものにしたり、病原菌を殺したりする力をもっている。こうして血液は体を病氣からまもることもするのである。

また動物の体を作っている原形質は水分と塩分とが適量になければ生命を維持することができないが、血液はこのたいせつな水分と塩分とを適当な割合で細胞に供給するたいせつな役目も果している。

2. 血液のつくり

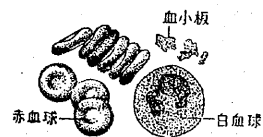
血液は けっしょう と血球とからできている。けっしょうは血液のなかの液体成分でアルブミン・グロブリン・フィブリノゲンなどというたんぱく質のほか塩化ナトリウム・塩化カリウムなどの無機塩類をとかしている。血球は けっしょう のなかにあつて、赤血球・白血球・血小板などに分けられる(第18図)。人の血液では、けっしょうと血球との容積の割合はだいたい 1:1 であるが、血球の方がやや少ない。

赤血球は円盤状をした小さな細胞で、人では直径が 0.0088mm、厚さはその $\frac{1}{3}$ ぐらいである。人だけでなくすべてのほにゅう類の赤血球には核がなく中央がへこんでいるが、それ以外のせきつい動物では核があつて、中央がふくらんでいる。

赤血球は骨髓でできて、血液のなかに流れこむものである。赤血球のなかにはヘモグロビンという色素が含まれていて、そのため血液は赤い色を呈する。ヘモグロビンは酸素とたやすく化合して酸化ヘモグロビンとなり、体じゅうに酸素を運搬する。

白血球は赤血球よりも数のはるかに少ないが、形は赤血球より大きい。これにはいろいろな種類があつて多くは複雑な形の核をもっているが、なかには丸くて大きな核をもつリンパ球などがまじっている。白血球は体内にはいりこんだ病原菌や異物を取りこむが、ときとすると血管の壁をぬけて組織のなかにはいりこむこともある。

血小板は骨髓中の細胞の破片で赤血球よりもはるかに小さく形は一定していな

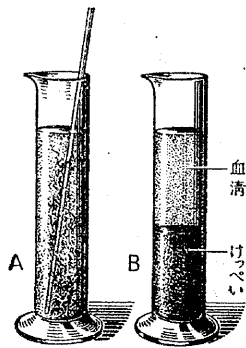


第18図 人の血球

人の血液は、けっしょうに赤血球・白血球・血小板がまじったものである。血小板は骨髓の細胞のかけらであるが、他は安全な細胞である。ほにゅう類の赤血球は核がなく中央がへこんでいるのが特徴である。

い。

昔は無せきつい動物には血液はないと思われていたが、これはあやまりでやはり血液はある。しかしヘモグロビンを含んだ赤血球がないから血液は赤くない。この種の動物ではヘモグロビンのかわりにヘモシアニンなどという色素が けっしょう にとけていて酸素を運ぶ仕事をしている。また白血球に似た血球も含まれている。ただ、無せきつい動物でも、ミミズやアカガイ などではヘモグロビンが含まれているから血液は赤く見える。



第19図 血液の凝固

血を取り出して入れ物のなかにいれておくと、まもなく固体になり、表面に透明な液がたまってくる(B)。この液が血清である。血がかたまらないうちにガラス棒を入れて入れ物のなかをかきまぜていると、繊維素が棒にくっついて来て、血液はかたまらない(A)。

3. 血液はどうかたまるか

血には体の外に出るとかたまる性質がある。動物の血でも人の血でもガラスの入れ物に入れておくとはじめは流動体であるが、だんだん寒天のような個体になり、表面に透明な液がにじみ出てくる。そして時間がたつほどこの液の分量が多くなり赤い固体の部分が少なくなる。にじみ出た透明な液を血清といい、固体の部分を けつべい という(第19図)。

このような現象が起る理由は一ぱんにつぎのように考えられている。血液を体から取り出すときに血小板がこわされ、なかに含まれているトロンボキナーゼという物質が外に出る。これがけっしょうのなかにあるトロンボゲンという物質と一しょになってトロンビンという物質に変る。この場合、けっしょうに含まれて

いるカルシウムがたいせつな役をする。トロンピンは けっしょう のなかのフィブリノゲンという たんぱく質 に作用してこれを固体の繊維素(フィブリン)に変える。繊維素は赤血球や白血球やリンパ球などを包みこんでだんだんちぢまっていくから、血球の液体成分がしばらく出されて血清になり固体成分が けつべい になるのである。すなわち、

血清=けっしょう-フィブリノゲン

けつべい=血球+繊維素

このように血にはかたまる性質があるから、われわれが けが をするとはじめは血が出るが、すぐにかたまって傷口をふさぎ、たくさん¹⁾の血を失うことがない。

病人に健康な人から輸血をすることがあるが、このような場合には、せっかくとり出した血がかたまってしまつては役にたたないから、血液から繊維素をとり除いたり、けっしょう のなかに含まれているカルシウムを除くためにクエン酸ナトリウムを加えたりして、血液がかたまるのを防ぐ。

4. 血液型

種類の違った動物の血をまぜると、それまで平等にちらばつていた赤血球が集合して、透明な けっしょう のなかに赤い血球の小さな かたまり が見られるようになる。この反応を赤血球の凝集反応という。同一種の動物の血液をまぜたのではこのようなことは起らない。凝集反応が起るのは血清のなかに凝集を起す物質があり、赤血球のなかにこれに應ずる物質があるからで、前者を凝集素、後者を凝集元という。同一種類の動物の血液中の凝集素と凝集元とはた

1) 血液を入れ物にとって、ガラス棒か はし でかきまわしていると、繊維素は棒にくっついて取れるから、残りの血液はかたまらない。

がいに作用しないが、違った種類の動物の血液ではたがいに作用する。

ところが人の場合には、ある2人の血液をまぜると凝集反応が起こることがある。そこで凝集反応が起こるかどうかを目あてにして人の血を分けると4種類あることがわかる。これを血液型といい、

A型 B型 AB型 O型

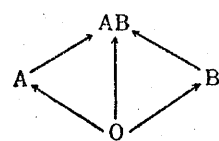
とする。同じ型の人の血をまぜても凝集は起らないが型の違う人の血をまぜると凝集が起るのである。

各型の血液で凝集元と凝集素との組み合わせを表に示してこの関係をしらべるとつぎのようになる。

	A 型	B 型	AB型	O 型
凝 集 元 (赤血球にある)	A	B	AB	ナシ
凝 集 素 (血清にある)	β	α	ナシ	$\alpha\beta$

A型の人にはA凝集元と β 凝集素とがあり、B型の人にはB凝集元と α 凝集素が含まれていて、いずれの場合でも同じ型の血液では凝集は起らない。しかしA型の人とB型の人とをまぜるとAと α 、Bと β とが作用して凝集反応が起るのである。

輸血を行うにはまず血液型を調べておいて血液を受ける人と與える人の型が同じであるようにしなければならない。実際にはつぎの矢印の方向にならば輸血をすることができる。すなわちO型の人



だれにでも輸血できるし、AB型の人とはどんな血液型の人からでも血液を受けることができる。血液型を判定するにはA型の人と血清(β 凝集素を含んでいる)とB型の人と血清(α 凝集素を含んでいる)とを標準血清として用意し、検査しようとする人の血をガラスの上の2箇所にならしておいてA型血清およ

びB型血清を1滴ずつ加える。そして凝集反応を目あてにしてつぎの表にしたがって判定すればよい。+-の符号は凝集反応が起った場合と起らなかった場合とを示す(第20図)。

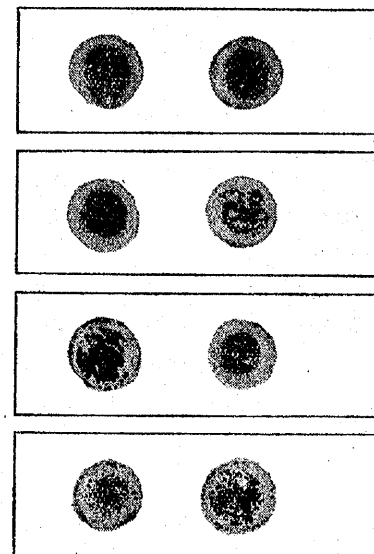
A 型 血 清	-	+	+	-
B 型 血 清	+	-	+	-
判 定	A 型	B 型	AB型	O 型

5. 心臓のはたらき

血液は体内で物質を運搬するのが仕事であるからつねに体のなかをぐるぐるまわっていなければならない。血液を動かすポンプのはたらきをするものが心臓である。

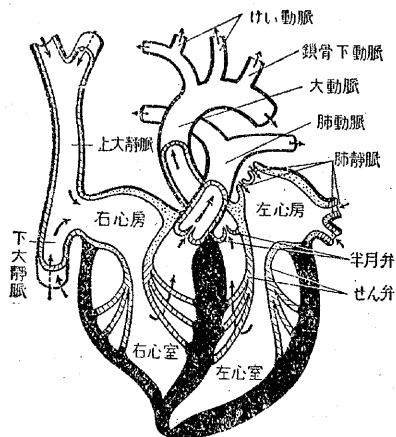
われわれの心臓はじょうぶな筋肉からできている器官で、四つの室に分かれ、左側に左心房と左心室、右側に右心房と右心室がある(第21図)。

全身をめぐる酸素を失った血液は大静脈から右心房に帰って来る。右心房と右心室との間には弁膜(せんめん)があつて、これが開くと右心房の血液は右心室に



第20図 血液型の判定

血液型は輸血をするときにはぜひともしらべておくなくてはならない。図の左はA型血清、右はB型血清とまぜたときの血液の反応を示したものである。この人々の血液型をこれから判定しよう。



第21図 人の心臓の構造

人の心臓はあつい筋肉からできていて、2心房2心室に分かれる。全身から歸って来た血は右心房にはいり、一定の道すじを通ってきれいな血が左心室から全身に出ていく。

肺で酸素を取った血液は肺静脈に集まって左心房に歸って来る。左心房の血液は左心室に入り、心臓が収縮するとき、ここから大動脈に流れ出て全身をめぐる。左心房と左心室の間にも せん弁があり、左心室と大動脈の間にも半月弁があつて、血液が逆の方向へ流れないようにしている (第22図)。

左心室からはまた心臓の壁に分布する血管が出て心臓に栄養や酸素を與えている。

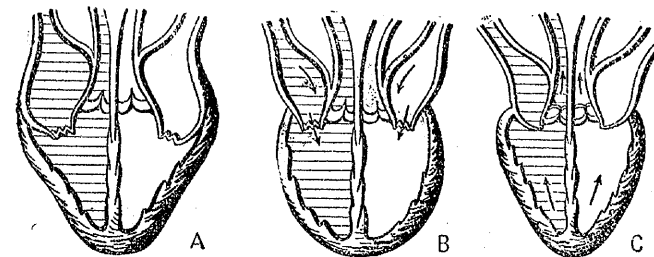
人のほか、ほにゅう類や鳥類の心臓は2心房2心室になっているが、はちゅう類や両せい類の心臓は2心房1心室であり、魚類の心臓はもつとも簡單で1心房1心室である。

人でおとなの心臓は1分間に70回ぐらい収縮するが子供ではもつと回数が多い。

心臓には迷走神経と交感神経という2種類の神経が來ていて、迷

流れこむようになっている。右心室からは左右の肺に行く肺動脈が出ていて、この動脈と心室の間には半月弁と呼ぶ3箇の弁膜がある。右心室が収縮するときに、せん弁は閉じて心房へ血液が逆流することが防がれ、血液は半月弁をおし開いて肺動脈のなかに流れこんで肺へ行く。

肺で酸素を取った血液は肺静脈に集まって左心房に歸って来る。左心房の血液は左心室に入り、心臓が収縮するとき、ここから大動



第22図 心臓の弁の開閉

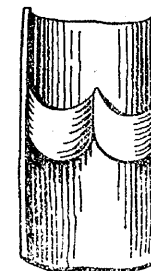
心臓には心房と心室との境、心室と動脈との境にそれぞれ弁がある。弁は一方にだけ開くようになっているから血は逆流することがない。図をA・B・Cの順にたどって、心臓のしぐまを考えよう。各図の左半の横線は静脈血、右半は動脈血が流れる。

走神経は心臓のはたらきをおさえ、交感神経はこれをさかんにする。はげしい運動をしたり、びっくりしたりすると心臓が速く動くようになるのは交感神経のはたらきによる。

熟練したスポーツマンの心臓はよく発達してはげしい運動をしてもあまり動き方が速くならず、運動をしていないときはふつうの人より遅い。これは迷走神経のはたらきがふつうより強いため、こんな心臓をスポーツマン心臓と呼ぶ。

6. 動脈と静脈

心臓から出る血液や心臓へ歸る血液はいずれも血管のなかを流れる。心臓から出る血管は壁があつく弾性があり、筋肉も発達していて、動脈と呼ばれる。動脈はしだいに枝分かれして細くなり、最後にはこまかな網のようになって体のすみすみまで血液を送る。この部分を毛細血管という。毛細

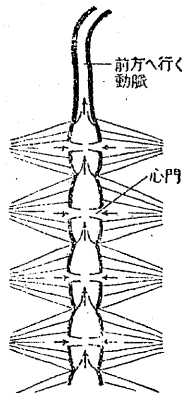


第23図 静脈弁
静脈では血液を流す力が弱くなるが、一方だけに開く弁があつて、血液の逆流を防いでいる。

血管の壁はうすい1層の細胞からできていて、血液のなかの酸素や養分はこの壁をとおして体にすみすみまでいきわたり、また体のなかでできた老廃物や炭酸ガスはこの壁をとおして血液のなかに取り入れられる。

毛細血管をめぐる血液はしだいに大きな血管のなかに集まってくる。これを静脈といい、その壁は動脈にくらべるとうすい。静脈は集まって大静脈となり右心房に血液を送りこむ。動脈のなかでは血液が心臓のポンプ作用で勢いよく流れるが、静脈のなかでは血液を

流す力が弱くなるから、血液が逆もどりしないようにところどころに弁がついている。これを静脈弁という(第23図)。



第24図 ミツバチの心臓

ミツバチなど、多くの無せきつい動物の心臓には心門という孔が開いていて、動脈の末端から流れ出た血は、ここから心臓にはいる。

図の矢印は血液の流れる方向を示す。

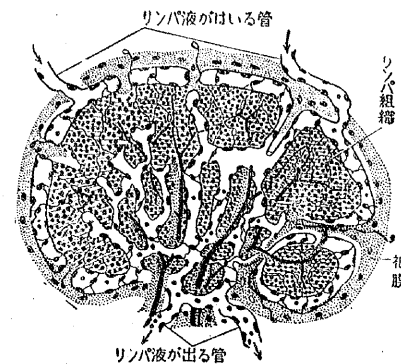
無せきつい動物でも心臓も血管もあるものが多い。しかし多くのものでは毛細血管や静脈はなく、心臓から流れ出る血液は少しの間だけは動脈のなかを流れるが、動脈の先が開いているからそこから血液は体のなかに流れ出てしまう。血管を出た血液は器管や組織の間にしみこんでいって体じゅうにいきわたり、少しずつ心臓の附近に帰って来る。心臓には心門という孔があいていて、帰って来た血液はこの孔から心臓のなかにはいる(第24図)。

7. リンパ管とリンパ液

毛細血管からは血液の中のけっしょうがしみ出て、組織に養分や酸素を與える。こうして毛細血管から外にしみ出した液をリンパ液といい、血管のなかのけっしょうにくらべると、

たんぱく質がいくぶん少なくなっている。リンパ液は組織や細胞が生活するのにたいせつな環境を作り、また老廃物と加して、一部は毛細血管のなかに帰る。残りのリンパ液はリンパ管という特別な管のなかに集まって来る。リンパ管にはと

ころどころに小さな豆粒のようなものがついていて、これをリンパ節といい、このなかにリンパ球がつまっている。リンパ管に流れこんで来る病原体などはここでリンパ球に捕えられる(第25図)。このほかリンパ管系統の仕事には小腸のじゅう毛で脂肪を吸収することがあるが、それについてはすでにしらべたところである。リンパ管はしだいに集まって大きくなるが、人の体では胸部を走る胸管が一ばん大きい。そして最後に、静脈につながり、リンパ液は血液に合流する。

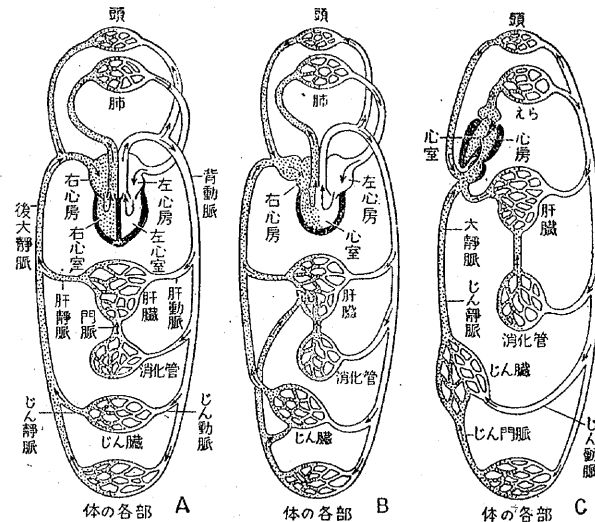


第25図 リンパ節の構造

リンパ節のなかにはリンパ球がつまっている。よくリンパ節がはれてグリグリができることがあるが、それは、ここでリンパ球と病原体とがはげしくたたかっていることを示すものである。

8. 血液の流れる道

血管は体じゅうのどの器官にも血液が行きわたるように配置されている。まず右心室から出る肺動脈は二つに分かれて左右の肺に入り、毛細血管になって肺胞でガスの交換をする。そして酸素に富んだ動脈血にかわり、肺静脈をへて左心房に帰る。この血液のめぐる道を肺循環という。左心室から出る血液は大動脈に入り全身をめぐ



第26図 血液の流れの道

血液の循環の道すじは肺循環と全身循環とに分けられる。一つは心臓から出て肺に行き、また帰る道で、他はあまねく全身に行きわたって、組織や細胞に養分や酸素を與え、これから老廃物と炭酸ガスとを運び去る。A. 人, B. カエル, C. 魚。

つて大静脈から右心房にかえる。この道を全身循環という。

大動脈はところどころから大きな血管がいくつか分かれて出るのが、その1対は じん臓 にはいり、そこで血液中の老廃物を尿として捨て、ただちに じん静脈 となって大静脈に帰る。

大動脈の分枝の一つは腸に分布し、その粘膜にはいつて毛細血管となり、食物の養分を吸収し、門脈という血管となって肝臓にはいり、養分を貯藏したり、またその量を調節したりして、肝静脈につらなって大静脈にそそぐ。頭や手足にも大きな動脈が分かれて入りこみ、毛細血管をへて静脈になり大静脈に流れこむ (第26図)。

このようにして血液は何回も動物の体内を循環する。

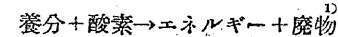
4. 生活のエネルギーはどのようにして生じるか

1. 生活活動のエネルギー

機関車が列車を引っぱったり、起重機が重いものを持ち上げたりするにはエネルギーが使われる。それと同様に動物が動きまわったり、植物が成長したりするにもエネルギーが必要である。機関車が列車を引っぱるのに必要なエネルギーは石炭をたくことによって得られ、起重機が重いものを持ち上げるのに必要なエネルギーは発電機の電気から供給される。生物の生活に必要なエネルギーの源は外界から取り入れた養分であって、これが体内で同化され、できた物質がふたたび分解して、そのときにエネルギーが生じる。このように同化によってできた物質が分解してエネルギーを出すことを異化といい、このための生物の はたらき が呼吸である。呼吸は体を作っている各細胞で行われ、一ぱんには動物の呼吸器や、植物の気孔や皮目などからはいつた酸素によって養分が燃焼することを意味している。しかし呼吸には必ずしも酸素を必要としないものがあり、この二つを区別するために酸素による場合を酸素呼吸といい、酸素を必要としないのを分解呼吸という。発酵と呼ばれる現象は分解呼吸の場合が多い。

2. 細胞内での呼吸

呼吸によってエネルギーを出すもととなる養分は炭水化物がふつうで、これが細胞のなかで酸化するとエネルギーを生じ、廃物として炭酸ガスと水とができる。この呼吸の反応は複雑であるが、

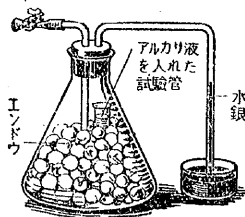


のように示すことができる。

酸素呼吸の大きさを知るには、消費する酸素の量をはかるか、廃物としてできる炭酸ガスの量をはかるかすればよい。

水と興えて発芽しはじめたエンドウ豆を少量、ガラス器のなかに入れて密封し 2~3 時間たつて器のなかにろうそくを入れると酸素の欠乏のために火が消える。さらに精密に知るには検圧計を使って酸素の減りを測定しなければならない

(第 22 図)。



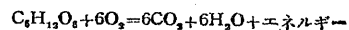
第27図 エンドウ豆で呼吸をしらべる

発芽しかかったエンドウ豆をガラスびんのなかに入れ、図のようにして呼吸に使われる酸素の量を知る。びんのなかの試験管には、こいアルカリ溶液を入れ、豆が出す炭酸ガスを吸収させる。びんのなかの酸素が減ると、皿に入れた水銀が管のなかを上るから、この上り方で使った酸素の量がわかる。

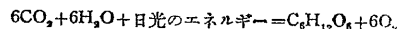
炭酸ガスができたことは石灰水（水酸化カルシウムの水溶液）を使えば、炭酸ガスがこれと化合して炭酸カルシウムのちんでんを生じ液が白くにごるから、すぐわかる。

細胞内での呼吸には炭水化物だけでなく、脂肪や、たんぱく質が使われることもある。炭水化物が使われて完全に酸化した場合には、生じた炭酸ガスと取り入れた酸素との容積の比 CO_2/O_2 は 1 になるが、脂肪や たんぱく質 が原料となっているときには、この値がそれぞれ、ほぼ 0.7 および 0.8 となる。この比の値を呼吸率といい、これを測定することによって、だいたいどの養分が呼吸に使われ

1) ぶどう糖が養分として使われる場合の呼吸の反応式はつぎのとおりである。



この関係は炭酸同化の反応式



の逆で、物質とエネルギーとの移り変りの関係を示している。

ているかを知ることができる。

呼吸によって引き出されたエネルギーはその全部が生活の原動力として使われるものではなく、実際の仕事にふりむけられるのは、だいたい 25% で、残りの 75% は熱になる。この熱を呼吸熱という。機関車が列車を引っぱる場合には石炭の出すエネルギーの 12~15% が実際の仕事にふりむけられ、残りは熱となって失われる。機関車ではこの熱がむだになるが、定温動物ではこの熱のために体温を外界の温度よりも高く保つことができ、体内で行われる他の化学変化を促すことになる。変温動物や植物のように低温ではたらきを現わす生物でも、この熱がその はたらき に役だっていると考えられる。

呼吸に使われる炭水化物などの物質は空気中では安定で、酸素に触れただけではなかなか酸化されない。細胞のなかでたやすく酸化するのは酵素のはたらきによるのである。呼吸の場合にはいろいろな酵素が反応にあずかっているが、その一つに呼吸酵素というのがある。また、動植物の細胞内にひろく含まれているチトクロームという色素も酸素をとらえるのに重要な役割を果たしている。

3. 発酵

ある種の生物は発酵によってエネルギーを引き出す。この場合には養分に含まれているエネルギーの一部分を利用するのにすぎないから、酸素呼吸にくらべると不経済なエネルギーの引き出し方といえる。発酵では養分である有機物が分解してもっと簡単な有機物に変化し、その際いくらかのエネルギーが出るのである。たとえば酵母は酸素がある場合にはふつうの呼吸を行うが酸素がないときは発酵によってエネルギーを引き出す。このときの反応はつぎのように現わすことができる。

糖類→エネルギー+アルコール+炭酸ガス^D

パンを焼くときには小麦粉をこね、それに酵母をまぜるが、酵母の発酵によってできた炭酸ガスは小麦粉にいき抜きの孔をあけ、そこからアルコールも蒸発する。ビールは麦芽（オオムギの種子を発芽させ、熱して殺したもの）をすりつぶしたものに酵母をはたかせて作るから発酵によってアルコールが生じ炭酸ガスがあわとなって出て来るのである。

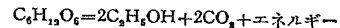
発酵の場合にはいろいろな酵素がはたらき、これらを総称してチマーゼと呼ぶ。酵母のほかに、いろいろなカビやバクテリアなどがふつうに発酵を行うが、高等な植物でも酸素のないところにおくと、わずかの時間ではあるが発酵を営む。

動物の細胞や組織でも、酸素呼吸とならんで発酵が行われている。この場合にはグリコゲンが乳酸に分解するのである。たとえばわれわれの筋肉が収縮するときにはこの発酵を伴ない乳酸が作られる。動物体の複雑なはたらき、たとえば肝臓・じん臓・脳・神経などはたらきはすべてそのエネルギーを酸素呼吸か発酵によって得ており、人間の高尚な精神活動の場合でもやはり同じである。

4. 呼吸のしかた

ふつうの生物は呼吸のために必要な酸素を外界から取り入れて体内の細胞に供給し、同時に呼吸の廃物である炭酸ガスを体外に排出

1) ふどう糖が発酵に使われる場合はつぎのように示される。



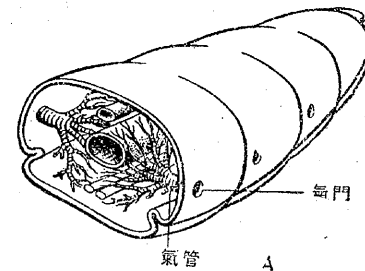
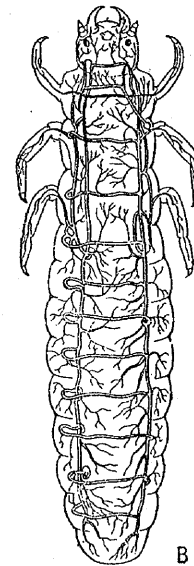
発酵のしかたは微生物の種類によって違い、その結果できる物質はアルコールだけでなく発酵に使われる物質によっていろいろな有機物が主じる。酵母のようにアルコールを生じる場合をアルコール発酵という。乳酸菌は乳酸を生じる乳酸発酵を行い、さく酸菌はさく酸を生じるさく酸発酵を行う。発酵はまた工業上に応用され、酒やビールをはじめブタノール・グリセリンなどが微生物の発酵力を利用して大量に生産されている。

している。生物が酸素を取り炭酸ガスを出すことをふつうに呼吸と呼んでいるが、このようなガス交換は細胞の呼吸のために行われるのであって、呼吸の本質をなすものではない。しかしこのガス交換がなくては細胞の呼吸もできないから、生命の維持にたいせつなものである。

単細胞生物や体のつくりの簡単な動植物は体の表面でガス交換をしているが高等なものになるとそのために特別な器官がそなわっている。高等植物では葉や若い茎の緑色の部分にある気孔や、樹皮

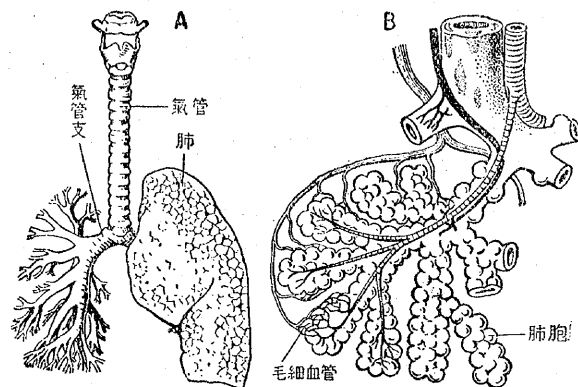
にある皮目から空気を取り入れ、体のあらゆる部分に枝分かれしている気くうを通じてこれを供給している。空気の流通の悪い泥の中に根を下している植物ではとくに大きな気くうがあつて酸素の供給にさしかえられないようなしくみになっている。

動物ではえら・気管・肺などの呼吸器官が発達しているが、呼吸器官をもちながら



第28図 こんちゅうの気管

こんちゅうの体の側面には気門がならんでいて、ここから体のなかにはいった空気が気管によって、すみずみまで行きわたる。図のAは気門と気管とのつながりを模式的に示したもので、Bは気管が体内に分布している状態を示してある。



第29図 人の肺の構造

肺は肺胞という無数の小さい袋からできていて、そのまわりを毛細血管がとりまいている。気管・気管支から肺胞にはいった空気は、ここで血液との間にガス交換を行う。Aは肺・気管・気管支の全体を示し、Bは一部の肺胞の拡大図である。

同時に体表でガス交換をするものも少なくない。たとえばカエルは肺で呼吸するだけでなく、皮膚からもかなりの呼吸を行っている。

えらは水にすむ動物の呼吸器官で、魚類をはじめ甲かく類や軟体動物の大部分はこれで水中にとけている酸素を取り入れる。えらには糸のようなもの、葉のようなもの、羽のようなもの、くしのようなものなど、いろいろな形があるが、いずれも表面がいちぢるしく広くなり血液と外界との間でガス交換が営まれやすくなっている。

気管はこんちゅう類でとくによく発達している。体の側面にいくつもの気門があり、これと連絡する細い管が気管で、これがちょうど血管のように体内に行きわたり、外界の空気が組織の内部にまで供給されるようになっている(第28図)。なおミツバチなどでは気管の一部が拡張して空気を貯蔵するための気のうとなっている。

人をはじめ、両せい類以上のせきつい動物はいずれも肺で呼吸

する。肺は弾力性のある袋でその内面は高等な動物ほど複雑になっている。すなわちカエルでは簡単なひだがあるだけであるが、ほにゅう類になると肺胞という無数の小さい袋に分かれ、そのまわりを毛細血管がとりまいている。いん頭からはじまる気管は左右の気管支に分かれて肺に入り、さらにたくさんに枝分かれして肺胞に終っている。気管と気管支とはガスが肺に出入する通路でその壁には軟骨があって、管がつぶれないようになっている(第29図)。

5. 呼吸運動とその調節

多くの動物は、特殊な運動によって呼吸器にたえず新鮮な空気を水を供給する。この運動を呼吸運動といい、われわれがいきを吸ったりはいたりするのもその一つである。いきを吸うときはろつ骨と胸骨とについている筋肉がちぢんで胸郭をひきあげ横隔膜の筋肉がちぢんでこれを引き下げるから胸くうが広がる。そのためになかの圧力が減って、肺は受動的に拡張し外気が鼻からいん頭・こう頭・気管をへて肺にはいる。いきをはき出すときは反対にこれらの筋肉がゆるんで胸くうがせまくなり、なかの圧力が増加するから肺は受動的におしちぢめられて、空気がおし出される。

動物では種類によって特有な呼吸運動をする。カエルは口くうの下側を上下に動かし、トンボは腹部を膨げたりせばめたりして空気を出入させ、魚類はえらぶたの運動によって水を口から取り入れえらの表面を通して外に出す。二枚貝ではえらの表面に繊毛が生えていて、その運動によって水流を起し、食物を引きよせることと呼吸をすることとの両方に役だたせている。

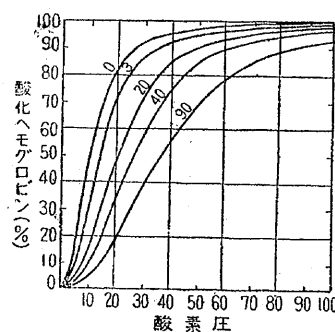
呼吸運動は律動的に規則正しく行われ、しかも外界の状況や体内の必要に応じて変化する。たとえばわれわれはふだんは1分間に18回ぐらいの割合で呼吸をしているが、はげしい運動をすると筋肉に

多量の酸素を供給する必要から、呼吸がさかんになる。このような呼吸運動の調節は神経系にあるそれを司る中枢によって行われる(單元7参照)。

6. 呼吸と血液

呼吸器から取り入れた酸素を組織に送り、組織で作られた炭酸ガスを呼吸器まで運ぶのは血液である。

いろいろな動物の血液にあるヘモグロビン・ヘモシヤニンなどの色素は酸素とたやすく結合するから血液は多量の酸素を吸収することができる。たとえば人の血液 100cm^3 は空気中から約 20cm^3 の酸素を吸収するがこれは水に酸素がとける量の約40倍である。ヘモグロビンと酸素との結合は可逆的で、酸素の圧が高いとヘモグロビ



第30図 ヘモグロビンの酸素解離曲線

いろいろな酸素の圧のもとで、血液中のヘモグロビンがどれだけ酸化ヘモグロビンになるかを図表で表わしたものを酸素解離曲線という。曲線の上の数字は炭酸ガスの圧を示している。ヘモグロビンと酸素との結合は炭酸ガスの圧によっても影響されることがわかるであろう。

ンは酸素と結合して酸化ヘモグロビンとなるが、酸素の圧が低くなるとふたたび酸素を離してヘモグロビンにかえる。

いろいろな酸素の圧のもとで血液中のヘモグロビンがどれだけ酸化ヘモグロビンとなるかを図表で表わすと第30図のような曲線が得られる。この曲線を酸素解離曲線という。また、ヘモグロビンと酸素との結合は炭酸ガスの圧によっても影響され、この圧が高いほど結合力が弱くなる。

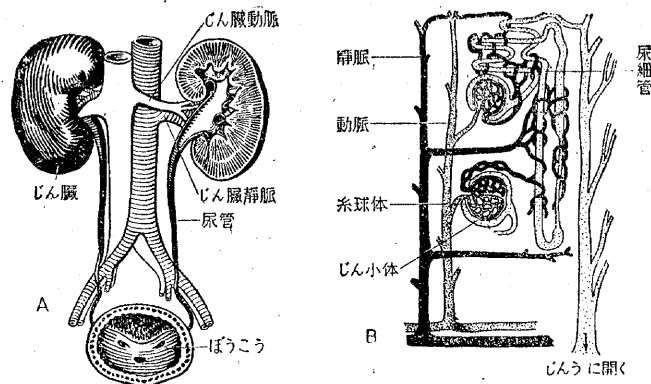
人の肺胞のなかの空気中の酸

素の圧は $90\sim 100\text{mmHg}$ 、炭酸ガスの圧は 40mmHg で、ここを通過した動脈血ではヘモグロビンはその $90\sim 95\%$ が酸素と結合している。この動脈血が組織へ行くとその酸素の圧がきわめて低いから酸化ヘモグロビンは酸素を放して組織に與える。なお組織では炭酸ガスの圧が高くなっているから酸化ヘモグロビンはなおさら酸素を放してヘモグロビンにvari, 同時に組織中の炭酸ガスが血液にとけこむ。そのとき炭酸ガスは血液の成分と結びついて重炭酸塩となり、ふつうにとけるよりもずっと多量の炭酸ガスが血液に吸収される。たとえば、人の静脈血では 100cm^3 につきふつう $40\sim 60\text{cm}^3$ の炭酸ガスを含んでいるが、その約 78% は重炭酸塩となって結合したものである。そして、この結合も可逆的で炭酸ガスの圧の低い肺胞ではたやすく炭酸ガスを放出する。

7. 老廢物の排出

生物の体のなかで養分が酸化されると、しゅとして炭酸ガスと水とが廢物としてできるが、たんぱく質が酸化されるときにはアンモニア・尿素・尿酸などの窒素化合物も生じる。このほか物質交代の結果、体のなかにできる最終産物には体にとって不用なものや有害なものが少なくない。これらを総称して老廢物と呼び、炭酸ガスと、水の一部は呼吸によって体外に排出されるが、それ以外のものはしゅとして じん臓 から、一部は皮膚から排出される。なお物質交代の結果できる物で、たとえ体に必要であつても余分にできたときは体内に貯藏される以外は じん臓 から排出される。

生物の体はこれらの老廢物をたえず除去しなければ生活活動をつづけることができない。たとえばイヌに手術をして じん臓 から尿が出ないようにするととげしい中毒症状を起して死んでしまう。人でも じん臓 に故障が起つてその機能が $1\sim 2$ 日間停止すると尿毒



第31図 じん臓の断面(A)と構造(B)

じん臓は じん小体・尿管・じんう からできている。糸球体という毛細血管のたまから、老廃物が じん小体 に押し出され、最後に じんう から尿管に流れ出す。症を起して死ぬ。こうした事実から排出が、生きていくためにどんなにたいせつな はたらき であるかを知ることができよう。

8. じん臓からの排出

人の じん臓 は長さ約10cm、そら豆のような形をした器官で、腹くうの背側に1対ある。その組織を顕微鏡で見ると尿管と呼ばれる無数の細い管が見出される。尿管は じん小体 という袋状のものからはじまり複雑な路をたどって、しだいに集まって太い管となり じんう に開いている。じん臓の動脈は枝分かれして細い動脈となり じん小体 のなかにはいって毛細血管に分かれる。この毛細血管は小さな糸まりのようになっていて糸球体と呼ばれる。じん小体から出る血管は尿管の周囲でふたたび毛細血管に分かれ、これを取りまいてから、しだいに集まって じん静脈 となる(第31図)。

じん臓で尿がどのようにして作られるかはまだ確実にはわかって

いないがだいたいつぎのように考えられている。じん小体の袋は一種のろ過装置で、血液が糸球体を通過している間にそのなかの老廃物が水や無機塩類などと一しょに袋のなかにこし出される。この液が尿管を下っていく間に水や食塩のような血液の成分として必要なものは尿管を取りまいている血管にふたたび吸収される。

こうしてでき上った尿は じんう に集まりさらに尿管から ぼうこう に送られ、一時そこにたまってから尿道を通過して体外に出る。

じん臓は老廃物だけでなく水や塩類などを適度に排出して血液の滲透圧やその他の性状が一定であるように調節している。

せきつい動物はいずれも じん臓 をもっているが、無せきつい動物では じん臓 のかわりにもっと簡単な構造の排出器官がそなわっている。さらにごく下等な動物では特別な排出器官がなく老廃物は体の表面から捨てられる。ただし原生動物の収縮胞は一種の排出器官で、たえずふくれたり、しぼんだりして、細胞内に侵入して来る水をおし出しながら老廃物を排出している。

9. 皮膚からの排出

ほにゅう類の多くには皮膚に 汗せん があって じん臓 のはたらきを助けている。汗せん は細長い管で皮膚の表面に開口し、その一ばん奥はうねって球状になり、それを毛細血管の網がとりかこんでいる。汗はここで作られ、99%以上は水であるが、わずかに食塩と尿素・尿酸などの老廃物を含んでいる。しかし、汗せん のもっともたいせつな はたらき は体温の調節で、外界の温度が高過ぎたり、運動によって体内に多量の熱が発生したりすると汗を出して体温が上がり過ぎないようにしている。汗せん をもっていない動物でも皮膚から分泌物を出すものが少なくない。この分泌物は皮膚をうるおしたり、そのほかいろいろな役目をしているが老廃物も含んでいる。

5. われわれの栄養

1. 必要な栄養素

生物はまったく意識せずに自分の生活活動に必要なだけの養分を取り入れて生きているが、われわれはもっと複雑な環境のなかで生活しているから、食物を意識的に選択し配合する必要がある。

体のなかで生活活動のエネルギーを出すもとは炭水化物・脂肪・たんぱく質である。この三つが酸化すると機械的エネルギー・熱エネルギー・光エネルギーなどになって、いろいろな生活作用を営み(6. 生物のエネルギーのいろいろ参照)、最後に熱エネルギーとなって失われる。それで、エネルギーのもとになる養分の栄養上の価値は、体内で酸化した場合に出す熱量によって知ることができる。これらの1gを空気中でもやした場合には炭水化物4.1Cal、脂肪9.3Cal、たんぱく質5.7Calの熱を出す¹⁾。炭水化物と脂肪とは体内でも体外と同じく完全にもえるが、たんぱく質は尿素やその他の窒素化合物を残して十分もえつくさないから、上の値をそのまま体内でもえる場合に出す熱量とするわけにはいかない。したがって、たんぱく質が体内で出す熱量としては、排出された窒素化合物がもっている熱量だけを差し引かなければならない。また、同じくたんぱく質であっても、動物性のものは体内で4.23Calの熱量を出し、植物性のものは3.96Calを出すという違いがある。それで、人のたべるたんぱく質の割合を、だいたい動物性のもの60%、植物性のもの40%として、たんぱく質が体内で出す熱量を4.1Calとする。けっきょく、人の体のなかでこれらの養分の出す熱量は、

1) これらの値はいずれもキログラムカロリーであるが、栄養についていうときはこれをたんぽにカロリーと呼んでいる。

炭水化物とたんぱく質

4.1 Cal

脂肪

9.3 Cal

ということになり、この値をそれぞれ栄養価と呼ぶ。

たべ物はまた、体が成長したり、生活したりしている間に使いつくされたところを補うためにも役だっている。生物の体はしゅとして原形質からできているが、その原形質の成分の一つはたんぱく質で、しかも、これが体を作る養分としてもっともたいせつなものである。炭水化物や脂肪にもまた、このようなはたらきがある。たとえば、脳髄や骨髄では脂肪がおもな成分となり、細胞の原形質膜はコレステリンという類脂質を含み、脳神経・乳・卵黄などにはレシチンという磷脂質が含まれている。また、炭水化物は筋肉・肝臓・乳などのたいせつな成分になっている。

われわれの体を作るには、これらのほか、いろいろな無機塩類と水が必要である。水は人だけでなくあらゆる生物の体の大部分を占めており、カルシウムやマグネシウムなどは骨格を作り、鉄は血液中の呼吸色素のたいせつな成分となる。

これらのいろいろな養分のほかに体のはたらきを調節する養分が必要である。なかでもっともたいせつなのはビタミンで、これは人や動物の体のなかではできないから、せひ食物から取り入れなければならない。

ビタミンについての研究は最近ひじょうにさかんになり、体のなかでのはたらきの違いによりA・B₁・B₂複合体・C・D・F・H・L・M・Pなどに区別される。そのなかには構造式もつきとめられ、人工的に合成できるようになったものもある。このように多くの種類のビタミンがそれぞれのはたらきをもっているから、もし、どれか一つでも欠けると全体の統一が乱れて、体に故障が起るのであ

1) B₂複合体はさらにB₆・B₁₂・Y因子・R因子などに区別されている。

る(第2表および單元7参照)。¹

第2表 主要ビタミン

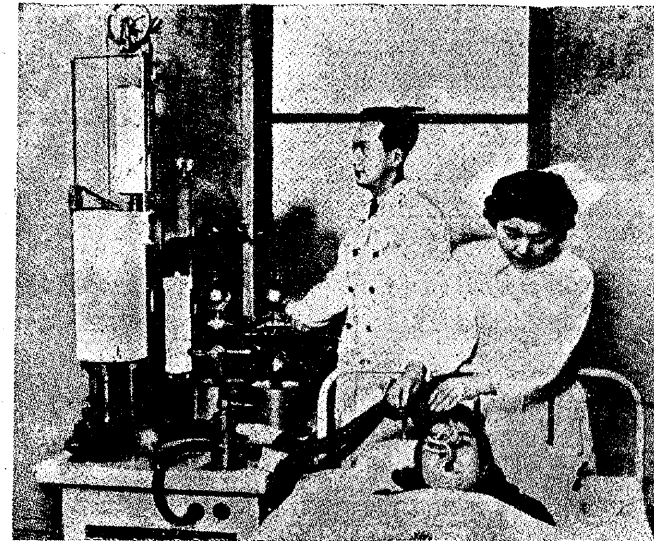
種類	欠 乏 症 状	所 在
A	乾燥眼疾、夜盲症。傳染病に対する抵抗が減る。発育が遅れる。	肝油、卵黄、バタ、ホウレンソウ、チンヤ、ニンジン、カボチャ
B ₁	脚気、神経炎、消化器障害	酵母、米ぬか、トマト、果実
B ₂ 複合体	成長停止、皮膚炎、ペラグラ、神経障害、消化器障害	肝臓、乳、卵、魚肉、酵母、米ぬか、トマト、乾草、小麦のはい
C	壊血病、骨や歯の発育障害	レモン、キャベツ、オレンジ、トマト、緑茶、大根、副じん皮質
D	くる病、骨軟化症、歯牙不良	肝油、魚油、バタ、野菜、植物性油脂
E	生殖器障害、習慣性流産、妊娠中絶	米麦などの はい、野菜、動物の脂肪、肉
H	皮膚炎、発育不良	肝臓、乳、酵母、米ぬか
K	出血性素因	豚の肝臓、トマト、キャベツ、アサの種子
P	血管透過性出血	茶、レモン、トウガラシ

ビタミンについては食塩・カルシウム・よう素などの無機塩類も調節に関係する。さらに炭水化物・脂肪・たんぱく質も、ホルモンその他の調節物質の成分となるから、いくぶんは調節作用をもっているといえることができる。

炭水化物・脂肪・たんぱく質・ビタミン・無機塩類と、それに水との六つの養分はいずれも、われわれがさわりなく、力一ぱいの生活を送るために食物として取らなければならない成分で、これらを栄養素と呼ぶ。

2. 1 日いくらのおも物がいるか

われわれが1日にたべなくてはならない食物の量をきめるには、まず毎日必要とする熱量をしらべる必要がある。これは人が1日に放出する総熱量を特別な装置によってしらべるのであるが、その値



第32図 人の放出する熱量をはかる装置

人が1日に放出する熱量をはかるには二つの方法がある。その一つは測定する人を熱量計室に入れて熱量をはかる方法である。しかし、ふつうには、写真のような装置で一定時間の酸素の消費量と炭酸ガスの生成量とを測定する。この二つの値から計算によって熱量を知るのである(東京三樂病院)。

は男女、年齢によって相違し、また、体を静かにしているか動かし、ているかによっても違う(第32図)。

われわれが実際に必要な熱量を知るには、一々実験をくりかえさなくても計算によって簡単に知ることができる。それにはいろいろな方法があるけれども、つぎの二つのうちどちらかを選べばよい。

1) 体重・身長・年齢から計算する方法

まずにもたべずに静かに寝ているときに必要な熱量を計算し、これに食事や作業をするために必要とする熱量を加える。安静にし

ているときの熱量を知るにはベネジクト (Benedict) という人の作った表でたいていはまにあう。すなわち第3表でまず体重と男女による値を求め、つぎに第4表で男女別に身長と年齢とによる値を求め

第3表 体重に対する基数

性	体重kg	5.	10.	15.	20.	25.	30.	35.	40.	45.	50.	55.	60.	65.	70.
男		140.	200.	270.	340.	410.	480.	550.	620.	690.	750.	820.	890.	960.	1030.
女		700.	750.	800.	850.	890.	940.	990.	1040.	1090.	1130.	1180.	1230.	1280.	1330.

て、この二つを合計すると、その人の24時間に放出する最低の熱量が出る。しかし、これは食事もしないでいるときの数値であるから、生きていくのに必要な最低の熱量とはいえない。安静にして食事だけをふつうにとると、そのため熱量が10~20%だけよけいに費されるから、さらにそれだけを加えたものが生きていくのに必要な最低

第4表 身長年齢に対する基数

男 子		5	10	15	20	30	50	70
身長cm	年齢							
70		130						
100		430	300					
120			500	380				
140			700	580				
150			800	680	620	550	420	280
160				780	660	600	460	330
170				900	710	640	520	380
180				980	760	700	560	430

女 子		5	10	15	20	30	50	70
身長cm	年齢							
70		-70						
100		40	30					
120			120	80				
140			220	160	140	120	30	-60
150			260	200	180	140	50	-40
160				240	210	160	60	-30
170				280	240	180	80	-10
180				320	270	190	100	10

の熱量ということになる。たとえば、30歳の男子では体重50kg、身長160cmならば、第3表の750に第4表の600をたした1350Calである。これに食事のための熱量を加えた約1500Calを最低の必要熱量とすることができる。

しかし、人は重い病気にかかっているときでもなければ、いろいろな作業をしているから、そのためにさらに余分な熱量が必要となる。それで、第5表によりこうした作業に対する熱量を求める。

第5表 作業による熱量の増加

作業の種類	1時間につき必要とする Cal	作業の種類	1時間につき必要とする Cal
立っている	20~30	洗 た く	130~230
書 字	20	歩 行	130~200
頭 脳 使 役	7~8	荷を持つて歩行	200~400
唱 歌	11~56	走 行	500~930
裁 縫	25~30	坂をのぼる	200~960
職業的裁縫	31~88	ボ ー ト	120~600
タイプライター	16~40	水 泳	200~700
室内掃除	87~174	木びきなどの作業	390~430

前の例に出した人が、2時間、中程度に歩き、8時間書ききものをしたならば、そのためにそれぞれ330Calと160Calとが必要であるから、1日の生活には1990Calが必要ということになる。

2) 体重1kgにつきいくらかと計算する方法

必要な熱量をごく大まかに知ろうとするときには、第6表を使って体重1kgにつきいくらかと計算すればよい。この方法では、食事もせずに絶対安静にしているときの熱量を体重1kgにつき1時間1Cal、1日で24Calとし、これをもとにして、食事や作業によって必要とする熱量を求めるのである。しかし、体重のすくない者は体の表面積が比較的広くなり、失う熱の割合も多いから、それだけ余分な熱量を要するわけである。また子供は成長がさかんで、そのためにも余分に栄養をとらなくてはならないから、体重1kgにつき生後1箇月では91Cal、2歳半では81Cal、10歳では60Calを必要とし、その15%を減らすと成長がとまる。したがって、少なくとも子供の場合には第1の方法によって計算した方がよいわけである。

第6表 体重1kgにつき必要とする熱量

は た ら き の 程 度	体重1kg、24時間に要する Cal
静かに寝ているとき	30 ~ 34
家のなかで静かにしているとき	34 ~ 40
ふつうの程度にはたらくとき	40 ~ 45
はげしくはたらくとき	45 ~ 60

第6表によれば、大人ならばふつう1日に2000~3000 Calがエネルギーの補給をするために必要であるということになる。

3. 必要な熱量はどの栄養素から取るか

1日に必要な熱量は炭水化物・脂肪・たんぱく質のどれから取ってもよさそうであるが、実際にはそうはいかない。

第6表によると、ふつうの程度に働いている人は1日に体重1kgにつき40 Calを必要とするから、体重60kgの人ならば2400 Calの熱量を取らなければならない。

もし、これだけの熱量を脂肪だけで取ろうとすれば258gいることになる。しかし、これだけ多量の脂肪をわれわれの体は消化し吸収することができないし、それに脂肪は炭水化物が存在しなくては完全にもえつくさない。

炭水化物だけで必要な熱量の全部を補おうとすると600g取らなくてはならない。これは米飯ならば1850g、パンならば1176gに相当する。ウシやウマならば草だけを多量にたべて大きな力を出し、さらにその1部を脂肪に変えて貯えることもできるが、人では消化器の負担が大きくなり過ぎてすぐ「さわり」を起してしまう。炭水化物と脂肪とはわれわれの体のなかでたがいに一方から他方に変えることができるが、食物としてはこの二つを適当に組み合わせて消化器の負担を軽くし、それらが本来もっている熱量を十分利用するようにしなければならない。

たんぱく質を多く含んだ食品は一ばんに高価であり、放出する熱量もあまり多くないから、熱量の補給という意味からは適当な栄養素とはいわれない。しかし、われわれの体を作っている原形質はたんぱく質がおもな成分であり、しかも人をはじめあらゆる動物は体のなかで炭水化物や脂肪からたんぱく質を合成することができな

いから、食物中に適当な量のたんぱく質が含まれていなくてはならない。したがって、われわれの食事には炭水化物・脂肪・たんぱく質の3栄養素のどの一つも欠けないように適当に配合しなくてはならない。

4. たんぱく質はどれだけ取るべきか

われわれが安静にしているときでも、体を作っているたんぱく質はたえず使い減されているから、いつもその補いをしていなければならない。この最低の必要量は体重1kgにつき1日約1g、日本人の大人では50~60gといわれている。さらに積極的に健康生活をつづけるためには体重1kgにつき1日1.5gはいるとされている。しかし、たんぱく質の適当な量は年齢によっても違い、発育ざかりの者は比較的多くいるし、また、労働をしたとき、病氣、ことに熱があるときには余分に必要である。さらに、食物中の栄養素の割合や総熱量によっても違い、総熱量が十分で脂肪、が比較的少なく、炭水化物が多ければたんぱく質は比較的少なくてすむ。

たんぱく質には多くの種類があり、体のなかでは一たんアミノ酸に分解して吸収され、その後¹⁾に体を作っている特殊なたんぱく質に合成される(「動物はどのようにして体を養うか」参照)。

一ばんに動物性のたんぱく質は植物性のものに比べて、アミノ酸の種類や組み合わせが、人の体のたんぱく質に近いから、それだけ栄養上のねうちが高いことになる。そのほか、吸収されやすいかどうかということなどを考えあわせて、いろいろなたんぱく質について栄養上の価値がきめられている。いま人乳中のたんぱく質

1) 現在までにわかっているアミノ酸の種類は20種以上もあるが、そのうち栄養上なくてはならないのは10種類ほどで、アルギニン・ヒスチジン・リジン・トリプトファン・フェニルアラニン・プロリン・バリン・ロイシン・スレオニン・メチオニンがそれである。

の價値をかりに 100 とすれば、その値はつぎのようになる。

牛肉のたんばく	104.7
牛乳のたんばく	99.7
魚のたんばく	94.5
米のたんばく	88.3
ジャガイモのたんばく	78.9
酵母のたんばく	70.5
カゼインのたんばく	70.1
ホウレンソウのたんばく	63.8
エンドウのたんばく	55.7
小麦粉のたんばく	39.6

5. たんばく質・脂肪・炭水化物はどのように配合するか

われわれの食物中には炭水化物・脂肪・たんばく質のすべてが含まれていなければならないし、とくにたんばく質は必ず一定量以上が含まれていなければならない。しかし、その配合の割合は、人の年齢・性・習慣・好みなどによって違い、また同じ人でも季節や健康状態によっても違うべきである。ことに病人であれば、病気の種類によっても変える必要があるから、一がいにその割合をいうことはできないが、だいたいの標準は作られている。

第7表は1日に2400 Calの熱量がいるとして、各栄養素の配合の割合を示したものであるが、Ⅰは脂肪とたんばく質とが比較的多く、やせている人や回復期の病人などに適している。

第7表 栄養素配合の割合

	分量(g)	体重1kgに ついてのg	熱 量
Ⅰ たんばく質	120	2.0	492
Ⅰ 脂 肪	72	1.2	670
Ⅰ 炭水化物	300	5.0	1230
Ⅱ たんばく質	88	1.5	368
Ⅱ 脂 肪	50	0.8	465
Ⅱ 炭水化物	380	6.5	1558
Ⅲ たんばく質	60	1.0	240
Ⅲ 脂 肪	25.5	0.4	240
Ⅲ 炭水化物	470	8.0	1920

ふとろうとするには炭水化物が多いほどよいのであるが、多過ぎると、胃腸が耐えられなくなることを考えてある。Ⅱは健康者向きの標準の割合で、Ⅲは筋肉作

業に従事する人や、炭水化物が多くても耐えられる人に適している。

6. ビタミンの必要量

ビタミンには多くの種類があるが、まだ、そのはたらきや必要とする分量のわかっていないものが少なくない。また、ごく微量ですむものや、日常の食物のなかに比較的多く含まれているものがあるから、必ずしもそのすべてに気をくばる必要もない。ただ、どのようなビタミンが存在し、われわれの生活にどのようなかかわりをもっているのかについてだけは理解しておくべきであろう。

ビタミンAは子供の發育に関係が深く、また、バクテリアの感染に対する抵抗力を強めるから、發育ざかりの子供では1日に1mg以上、大人では3~5mg取らなければならないといわれている。これは脂肪にとけやすく、動物の脂肪に多く含まれている。熱に対する抵抗力が強いから、空気を通さなければ熱してもさしつかえないが、100°に熱して数時間空気にさらすと酸化してこわれる。

ビタミンB₁は、われわれが一ぱん関心をもたなくてはならないもので、日本人に脚気の多いのはこれが欠乏するからである。B₁の必要量は食物中の炭水化物の量や筋肉作業の多少と関係し、どちらが多くてもB₁がたくさん必要となる。大人では1日に0.5mg以上必要で、1~2mgが適量であるとされているが、發育ざかりの時期、妊娠中、授乳期、熱のあるときなどにはさらに多くしなければならない。B₁は水にとけやすい性質がある。

ビタミンCは1日に少なくとも25mg必要であるとされているが、肺炎・ジフテリヤ・肺結核などの發熱を伴う傳染病にかかったときは、消費量がふえるから100~200mgも必要となる。また、産婦や乳を飲ませている婦人では余分に必要であり、胃腸病などにかかって吸収がわるいときにも増さなければならない。食物では、ミカン

やナツミカン(100cm³のしるのなかに30~60mg含まれる)、茶・トマト・ホウレンソウ・麦の もやし などに多く含まれているが、熱したりアルカリとあったりするとこわれやすい。これが欠乏すると壊血病が起ることはよく知られているが、なお、このビタミンは疲労の回復と関係があるから、これが欠乏するとつかれやすかったり、夜眠れないようなことがあるといわれている。

ビタミンDは骨や歯の形成に関係するもので、幼児では1日に、1.5~7.5γ 取らなければ、くる病 という一種の せむし になるおそれがある。脂肪にとけやすく、Aと一しょに食品中に含まれていることが多い。こうじ・コウボ・シイタケなどにたくさん含まれているエルゴステリンという物質に紫外線を当てるとDができる。また、ふつう市で賣っている牛乳にはほとんど含まれていないが、これを紫外線で照らすと生じる。Dはこのようにエルゴステリンから紫外線によって作られるものであるから、人でも日光に当ることが少ないとこれが欠乏して さわり を起すことが多い。

ビタミンEが欠乏すると動物では妊娠しなくなったり、筋肉がちぢまったりすることがわかっているが、人の体ではどんな はたらき をするかまだよくわからない。これ以外のものの はたらき については、なおさら人によって意見がまちまちであるが、いずれもとくに注意しなくても さわり を起すようなことはなさそうである。

7. 塩類の必要量

われわれの体に必要ないろいろな無機塩類はふつうの食事をしているかぎりにはまず十分に含まれているから、特別な注意を拂わなくてもよいが、食塩・Ca などだけは注意が必要である。

食塩はふつうでも毎日そうとう排出され、ことにひどく汗をかい

1) 1γ(ガンマ)は1mgの1000分の1である。

たり、下痢をしたりすると一そう多く排出されてしまう。われわれはふつうは必要量よりはるかに多く取っていて、毎日2g あればよいところへ17gほど取っている。一ぱんにエスキモーのように肉食をしゅとしているものは食塩を取る量が少なく、植物性の食物をしゅとしているものほど多い。植物性の食物はNaが少なくKが多いために、食塩を取らなくては体のなかで陽イオンの つりあい が保てなくなるからである。ウシやヒツジなどが食塩を好むのは、こうした必要があるからである。

Caは発育ざかりの子供や妊婦、産婦などにはとくに多く必要であるから、かなり多量に補う必要がある。Caの1日に取るべき標準の量は0.9gとされているが、これを多く含む食品は牛乳・ホウレンソウのような緑色の葉などである。また小魚を骨のままたべるのもCaの補給に大いに役だつであろう。

6. 生物のエネルギーのいろいろ

1. 生物の体内でのエネルギーの移り変り

同化によってできた物質の化学エネルギーは、異化によって動かないいろいろなエネルギーに変り、その結果、動物や植物にさまざまな生活現象が現われる。

生物の運動はこの化学エネルギーが機械的エネルギーに変ったために起るのであるが、それによって思いがけないほど大きな仕事ができる(第33図)。さらに、われわれが声を出したり、ウグイスやカナリヤなどがよい声でさえずったり、コオロギやスズムシなどが鳴いたりするのも、みな機械的エネルギーの現われである。

ネコやウサギをだいたり、ニワトリの体にさわったりするとあたたかく感じ、われわれの体温がいつもほぼ37°近くであるのは化学

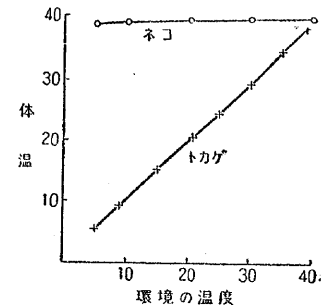


第33図 生物が思いがけないほど大きな仕事をするのは、体を作っている物質の化学エネルギーがそのもとになっている。

エネルギーが熱エネルギーになったためである。

ホタルが美しい光を点滅し、夜光虫が青白い光を発するのは化学エネルギーが光のエネルギーに変るためである。

海にいるシビレエイという魚は強い電気を出すので有名であるが、この場合には化学エネルギーが電気エネルギーに変るのである。



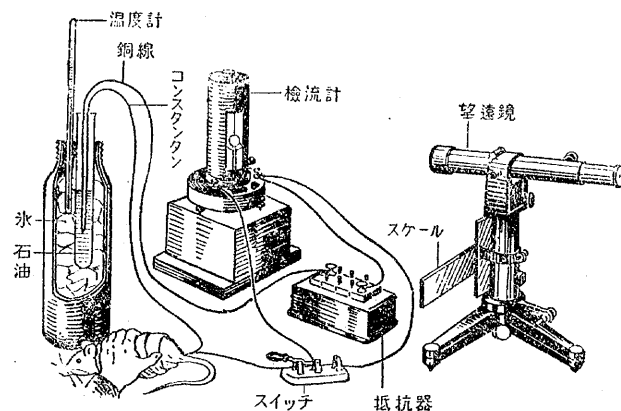
第34図 環境の温度と体温との関係
このグラフはトカゲとネコの体温と環境の温度との関係を表わしたものである。
このグラフからどんなことがわかるかを考えてみよう。

2. 動物の体温

ほにゅう類や鳥類の体温は一ぱ

んに環境の温度よりも高く、また環境の温度が変化してもほぼ一定している。このような体温をもつ動物を定温動物という。これと違ってトカゲ・ヘビ・カメ・カエルなどの体温は環境の温度に近く、環境の温度が高ければ体温も高く、環境の温度が低ければ体温も低い。このような体温をもつ動物を変温動物という(第34図)。

ほにゅう類や鳥類の体温は、ふつうの体温計でもはかることができるが、小形のものや、変温動物の体温はそれでははかりにくい。それで一ぱんの動物の体温をはかるには熱電対を使うと便利である。これではどんな小形な動物のでもはかることができるだけでなく、鳥の巣のなかの温度のように遠く離れているところの温度をはかることもできる。熱電対とは2種類の違った金属をたがいに両端で接触させたもので両方の接触点の温度が違くと電流を生じ、その強さは、その温度の差に比例することを応用したものである。一ぱんには銅とコンスタンタンとを使い、一方の接触点を氷のなかにさしこ



第35図 熱電対でネズミの体温をはかる

動物の体温をはかるには熱電対を使うことが多い。熱電対は銅とコンスタンタンとを接続し、その一方の接触点を氷水のなかに入れ、他方をはかろうとする動物の体に触れさせる。すると金属のなかを電気が流れるから、検流計で起電力を読みとって温度を知ることができる。

み、他の接触点を温度をはかろうとするものに触れさせて、検流計で起電力を読みとって、温度を計算する(第35図)。

動物の体内に生じる熱は物質交代によって生じるのであるから、物質交代のさかんな器官や、大形の器官などは多くの熱を生じるわけである。いろいろな器官のなかで骨格筋がもっとも多くの熱を生じ、肝臓や胃・腸・心臓などがそれにつづく。

ある学者が体重7.5kgのイヌについて実験した結果によると器官の酸素消費量はつぎのページの表のようになり、この量の多い器官ほど熱を生じる量も多い。

カエルの足の筋肉を取り出して神経を刺激し、筋肉を収縮させるとわずかではあるが筋肉の温度が上昇する。

器 官 名	器官の重量(g)	酸素消費量 $\text{cm}^3/\text{時間}$
骨 格 筋	8235	12.9
肝 臓	264	7.9
腸	279	7.0
心 臓	68	2.0
じ ん 臓	44	1.6
す い 臓	18	0.7
だ 液 せ ん	14	0.4
残りの器官	3578	7.5
総 量	7500	40.0

フクラスズメのガは成虫で越冬するが、このガを捕えると、足や羽をさかんに振り動かして、体がだんだんあたたまり気温が 10°C 内外のときに体温は 25° 以上にもなる。しかし羽の運動をさまたげると体温は降下する。これは筋肉の運動が熱を出す証拠である。

3. 定温動物の体温はなぜ一定か

定温動物でもその動物が静かにしているときと運動しているときとは体温に多少の差がある。また測定の時刻や季節、測定の方法によっても変動が見られる。

つぎの表は動物が休んでいるときの体温のだいたいの標準を示したものである。この表からわかるように鳥類では $41^{\circ}\sim 42^{\circ}$ のものが多く、ほにゅう類では $37^{\circ}\sim 39^{\circ}$ のことが多い。

ほにゅう類や鳥類の体温がほぼ一定しているのは、体内で多量の

動 物 の 名	体 温	動 物 の 名	体 温
ス ズ メ	42.1	ウ マ	37.5
カ ラ ス	42.0	ブ タ	39.5
ヒ バ リ	41.5	ヤ ギ	39.8
ハ ト	41.3	ヒ ツ ジ	39.8
キ ジ	41.5	ネ コ	39.2
ニ ワ ト リ	41.4	イ ス	39.2
タ カ	41.5	ウ サ ギ	39.6
カ モ	41.5	シ ロ ネ ズ ミ	37.9

熱を生じること、体から熱が発散するのを防ぐようになっていることによる。鳥は羽で、ほにゅう類は毛で体が包まれており、水中にすむクジラが厚い脂肪の層を有することや、寒地にすむ動物の毛がやわらかく密であること、冬になると鳥やほにゅう類の皮下に脂肪が多くなることなども、皮膚から熱を失うのを防ぐのに役だっている。羽や毛は熱の不良導体であるばかりでなく、その間に含まれている空気が保温に役だっているのであるが、ヘビやカエルにはこのような保温の装置が少ない。

動物の体内で生じる全熱量は小形の動物と大形の動物とではいちじるしく違うから、ネズミとムシ、トカゲとイヌなどについて、全体の発熱量を比較しても意味はない。それで一ばんに体重 1 Kg、あるいは体の表面積 1m^2 についての発熱量を比較している。定温動物では体重 1kg につき 1 日に 100~200 Cal の熱を生じるものが多いが、400 Cal をこすものもあり、少なくとも 50 Cal 以下のものはほとんどない。

しかし変温動物では 100 Cal をこすものは少なく、50 Cal 以下のものが多い。体の表面積についてみると、だいたい定温動物では 1 日 1m^2 につき 1000 Cal、変温動物では 100 Cal とみなすことができる。

4. 体温を調節する作用

カエル・カメ・ヘビなどの変温動物は、冬の寒い間は石の下、土や落葉のなかなどでじっとして、さわってもほとんど動かない。これは動物の体温が外界の温度とともに低くなり、物質交代が減少するために活動に必要な機械的エネルギーが生じないためである。鳥類やほにゅう類では冬の寒いときでもこのようなことが起らないのは気温が低くなると体内での酸化作用がさかんになって、熱エネルギーが多く生じ、体温を高めているからである。したがって定

温動物は気温が低いと呼吸がさかんで多くの酸素を消費し多くの炭酸ガスをはき出す(第36図)。

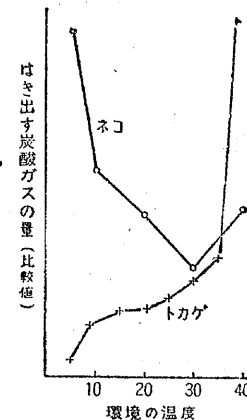
われわれの体温が 37° 以上になると熱があるといい、健康でないことを表わし、また 42° 以上になると生きていくことができない。多くのほにゅう類は 40° 以上の体温が長くつづくに生きていくことができず、鳥類では 45° 以上になると死んでしまう。

ほにゅう類や鳥類は気温が高くなって、体から失う熱が少なくなると、体内の物質交代も弱くなり、消費する酸素とのはき出す炭酸ガスの量が減少する。

このように定温動物は気温の変化によって物質交代を調節し、体温を一定に保つはたらきがあり、これを体温の化学的調節という。

定温動物にはこのほかにも体温調節に役だつさまざまなはたらきがある。ウ

シやウマが重い車をひいて歩くと、体から汗を流す。われわれでも夏の暑い日に少し動くと体から汗が流れ出る。汗が出たり、それが皮膚から蒸発したりすると多量の熱がにげるから、発汗は体温を下げるのに役だっている。夏の日中はよくイヌが口を開き舌を出して大きいいきをしているが、汗せんが発達していないイヌではこれが熱を発散するのに役だっている。ニワトリやスズメなどが暑いときくちばしをあげているものと同じわけである。寒いときにニワ



第36図 はき出す炭酸ガスの量と気温との関係

このグラフはネコとトカゲで炭酸ガスの呼出量と外界の温度との関係を示したものである。ネコとトカゲとは絶対量がいちじるしく違うから、上のグラフでは比較値がとってある。このグラフからどんなことがわかるか考えてみよう。

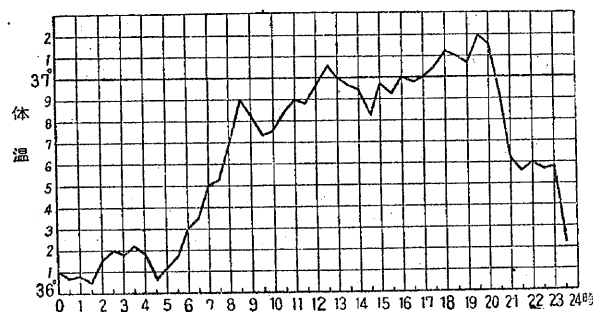
トリやスズメが羽をふくらませて静止していたり、ウサギやネコが毛をさか立てているのは羽や毛の間の空間を増して、保温に役だたせているのである。多くのほにゅう類が眠るときに体をまるめ、鳥類が頭をつばさの下にさし入れるのも、空気に接する体の表面積を少なくして、体温の発散を少なくするものといえよう。

定温動物のこのような体温の調節作用を物理的調節という。

5. 体温の変動

定温動物の体温をくわしく測定すると一日のうちでも、それぞれの動物にきまった周期をもって変化している。ニワトリやスズメのように昼行性のものの体温は昼間が高く、夜は低いが、フクロウ・ミミズタのように夜行性のものでは反対に夜に高く、昼間は低い。人の体温は午前 1~5 時に最低で午後 6~8 時に最高となる。定温動物の体温はこのほか運動や食事などによっても多少の変動がある(第 37 図)。

健康な人のふつうの体温は $36.4^{\circ}\sim 36.8^{\circ}$ であるが、体質によって



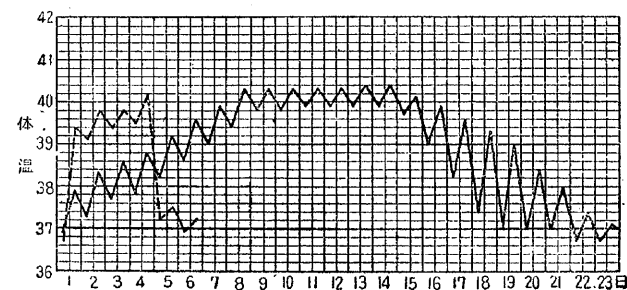
第37図 1日の体温の変動

上のグラフはある人の体温を1時間ごとにはかったものである。これによって、1日中の変動のようすをしらべよう。

は 36° 以下の人や $36.6^{\circ}\sim 36.9^{\circ}$ の人がある。病気にかかると、体温の調節作用が不完全になって異常の体温を示すようになる。たとえば破傷風患者は筋肉のけいれんのため体温が 40° 以上に上がることがある。また伝染病にかかると発熱することが多いのは病原菌の毒素のために体温の調節に支障を来したり、あるいはバクテリアの毒素のために熱の発生が増加したりして発熱するのである。

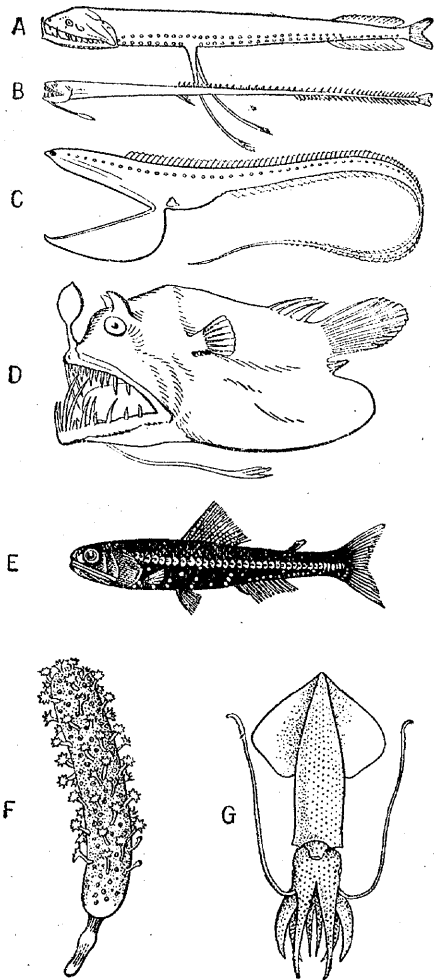
発熱を伴う病気は数多くあって、病気の種類により発熱の経過すなわち熱型はほぼ一定している。それで医師は体温を測定して、病気の診断や、病状の判断にたいせつな資料としている(第 38 図)。体温が $37^{\circ}\sim 38^{\circ}$ になると微熱という。朝の体温が 37° 以下でも夕方に 37° 以上になれば微熱患者とみる。体温が 38° 以上の場合を高熱性という。

初期の肺結核・バセドウ氏病・ろく膜炎・梅毒・寄生虫病などは、微熱性疾患のふつうのものであり、はしか・しょうこう熱・肺炎・天然痘・ジフテリア・腸チフス・パラチフス・敗血症・丹毒・マラリアのような伝染病や急性じんう炎・ウイルス氏病などは、高熱性疾患の例である。



第38図 熱型は病気によってはほぼ一定している

医師は熱型をしらべて、病気の診断や病状の判定に利用している。図の破線は肺炎、実線は腸チフスの熱型を示す。



6. 生物の発光

生物には発光するものが多い。ホタル・ウミボタル・ホタルイカ・夜光虫などがふつうに知られているが、ウミシヤボテン・サクラエビ・ハダカイワシ・チョウチンアンコウなどもよく光る。植物ではツキヨダケ・発光バクテリアなどがこの例である。

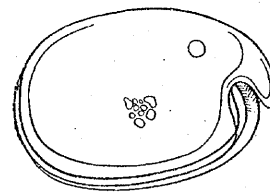
夜光虫を顕微鏡で見ると、中央に原形質のかたまりがあり、その

第39図 発光動物のいろいろ
深海魚には光を発するものが少なくない。深海魚には目の見えないものが多いのに、その中で発光するとはどんな意味があるのだろうか。図のA～Dは発光深海魚の例で、Dはチョウチンアンコウである。Eはハダカイワシ、Fはウミシヤボテン、Gはホタルイカで、E～Gは岸に近いところで捕えられる。

附近には脂質の粒が多い(第40図)。夜光虫は中央がよく光り、光ったあとでこの粒が少なくなるので、この脂質の粒が発光に使われるといわれている。

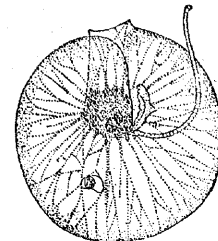
ウミボタル(第41図)も夜光虫と同じく海岸近くの海中に多い小さな動物で、夜になるとほたる火のように光る。この動物は口のところに3箇のせんがあり、そこから出る分泌物が海水にとけて発光する。

わか国でふつうに見られるホタルはゲンジボタルとヘイケボタルとで発光器は腹部の後端の2節にある(第42図)。この組織を顕微鏡で見ると、皮膚のすぐ下に発光する細胞の集まりがあり、その下に尿酸の粒をみだしている細胞の層があつて、光を反射する。発光する細胞の間へは気管と神経との末端が入りこんでいる(第43図)。



第41図 ウミボタル

ウミボタルはごく小型の甲殻類である。ガラス鉢に小さな窓のあるふたをかぶせ、そのなかに魚肉を入れて、夜間海につけておくと採集することができる。

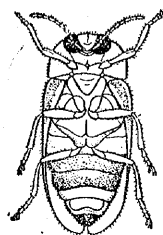


第40図 夜光虫

夏の夜など、海でボートをこいでいると、オールが触れたところの水が青白く光ることがある。それは夜光虫という原生動物のしわざである。

やみの夜に森林のなかを歩くと、落葉が光を発しているのを見ることがよくある。これは発光するキノコがその附近に生えていて、その菌糸が光るからである。発光するキノコには多くの種類があり、発光する場所も種類によって違い、色も白・青・緑などがある。ツキヨダケはよく知られている例で、体と胞子とが白い光を出す。

発光バクテリアには多くの種類が



第42図 ホタル
夏の夜をかざるホタルは腹部の後端の

あるがその形はふつうのバクテラと少しも違わず かん菌 や球菌である。ただ一つのバクテリアだけを見たのでは、光を認めることはできないが、たくさん集まると、はっきりした光を発する。古くなった魚の肉などが光るのは、このバクテリアがさかんに繁殖したためである。

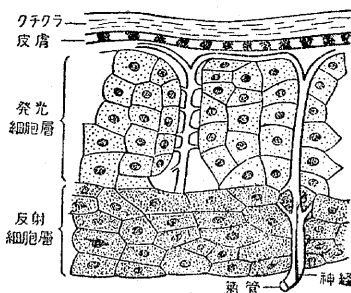
7. どのようにして発光するか

ホタルやウミボタルなどを発光させて、精密な温度計ではかってみても温度はほとんど上らない。一ぱんに生物の光は熱を伴わない光、すなわち冷光である(第44図)。

ウミボタルなどの体から発光に関係する2種の物質を取り出すことができる。その物質はルシフェリンとルシフェラーゼと呼ばれ、ルシフェラーゼは40°~70°でこわれるが、ルシフェリンは70°~100°でもこわれぬ。この二つの物質が混合すると、ルシフェリンが酸素と化合して酸化ルシフェリンとなり、ルシフェラーゼはその酸化を促進する。この反応であま

ったエネルギーが光エネルギーとなって放たれるために発光するといわれている。

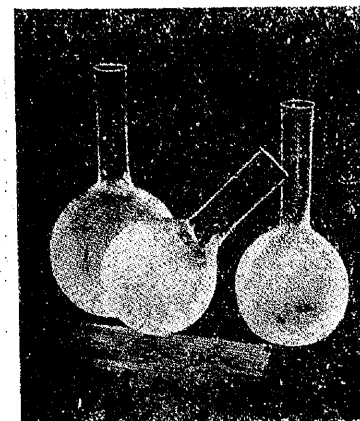
ホタル・ウミボタル・夜光虫などはいずれもその体内に発光する物質を生じ、それによって光るが動物によっては他の発光する動物や植物が寄生したり、あるいはこれと共生したりして光を発するもの



第43図 ホタルが発光するしくみ

ホタルでは皮膚のすぐ下に発光する細胞があり、その下に光を反射する細胞の層がある。

がある。利根川の下流や諏訪湖などに夏季しばしば発生する発光エビはエビの体に発光バクテリアが寄生しているのである。マツカサウオも発光する魚としてよく知られているが、この魚の発光器はあごの下側にある2箇の袋のようなもので、このなかに発光バクテリアが繁殖して発光する。マツカサウオにとっては夜間や深海で活動するのにつごう



第44図 冷光

生物の光は熱を伴わない冷光である。したがって、バクテリアはすみ家と栄養を得ているわけである。

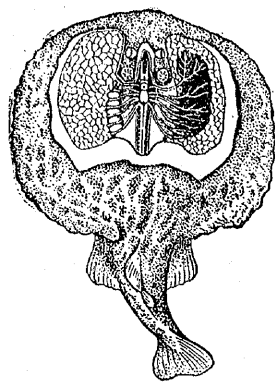
生物の光は熱を伴わない冷光である。したがって、熱エネルギーとしてむだに失われないから効率のよい発光といえる。写真はフラスコのなかで発光バクテリアを養って作ったランプである(中村浩による)。

8. 生物の発電

わが国の近海に産するシビレエイやヤマトシビレエイは発電する魚として知られている。シビレエイは30ボルトの起電力があり、ヤマトシビレエイはそれより強い起電力をもっている。

南アメリカに産するデンキウナギは650~866ボルト、中部アフリカのデンキナマズは400~450ボルトの強い電気を発する。発電器はデンキウナギでは胴の両側に、デンキナマズでは皮膚全体に散在している。

シビレエイの頭の両側には六角または五角の柱のようなものが並んでいて、これが発電器である(第45図)。この柱は一侧に450~500あつて、顕微鏡でみると上下に多数の角板が積み重なっており、柱には神経がこまかく入りこんでいる。一つ一つの角板はそれぞれ蓄



第45図 シビレイの発電器
シビレイの頭の近くの皮膚をはがすと図のような発電器が現われる。発電器はたくさんの柱がぎっしり並んでいて、直列につないだ電池をさらに並列につないだようになっている。

その電流を手と足とから電流計に導いて記すことができる。心臓の働作電流を描記する器械をエレクトロカージオグラフといい、医師は心臓の診断に使っている(表紙裏の写真参照)。

われわれの脳でもたえず働作電流が起きており、これを脳電流という。健康な人の脳電流は一定のリズムで変化しているから近ごろは脳的作用をしらべたり、脳の診断をしたりするのにも応用されている。

働作電流は動物だけでなく植物でも知られている。食虫植物のモウセンゴケの葉や、オジギソウの葉の柄などを刺激すると、動物の神経にみられるような働作電流が起るといわれている。

電池のようなもので、1本の柱では電池が直列につながれたようになり、各柱は並列につながれたようになっている。そのために一つの角板の起電力は0.04ボルトぐらいであるが、全体としては30ボルトになる。

9. 一ばん組織の電気発生

電気は特別な動物だけが発するのでなく、すべての組織や器官はその活動に伴って電流を生じる。このような電流を働作電流といい、筋肉や神経などでとくに強い。

心臓は筋性の器官でつねに一定の律動運動をしているから、それに伴って働作電流が起きている。人の体では

10. 動物の発音

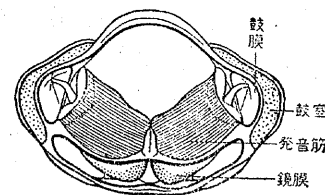
動物のなかで発音するものは節足動物とせきつい動物とがおもである。節足動物のなかにはテッポウエビやイセエビのように、甲かく類で発音するものもあるが、こんちゅう類にはとくに多い。せきつい動物ではホウボウやキキのように発音する魚、南洋産のヤモリのように発音するはちゅう類もあるが、カエルや鳥類・ほにゅう類には特別の発音装置がある。

クツワムシ・キリギリス・ウマオイ・スズムシ・マツムシ・コオロギ・カンタンなどのこんちゅうは、いずれも左右の前羽を摩擦し羽を振動させて音を発する。

セミの鳴器は腹部にある。腹部の背中側にかたい小さな弁が、腹側にはかたい大きな弁があつて、それぞれの内側にうすい膜がある。背中側の膜を鼓膜、腹側の膜を鏡膜という。鼓膜と鏡膜とは鼓室と呼ぶところをとりかこみ、そのなかにV字状の筋肉があつてその先端は細い糸のようになって鼓膜につらなっている。この筋肉が発音筋で、この伸縮により鼓膜を振動し、鼓室の空気や鏡膜などを振動させて発音する(第46図)。

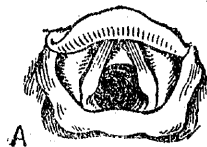
カエルが鳴くのはこう頭の孔がせまくなり、空気がそこを通るとき振動して発音する。トノサマガエルなどの耳の後にある袋は共鳴の役をするから、鳴いているときはこれをふくらませる。

鳥類では気管が気管支に分かれるところに鳴器がある。ここにうすい膜があり、外側にはいくつかの筋肉が附着して、鳴器の形



第46図 ハルゼミの鳴器

セミの鳴器は腹部にある。鼓膜が発音筋によって振動すると、鼓室の空気や鏡膜なども振動して音が出る。実物について解剖してそのしくみをたしかめるとよい。



A



B

第47図 人はここで声を出す。

人ではのどのところにある声帯がはき出すいきによって振動し、それが口のなかの空気に伝わって声になるのである。Aは声帯が開いたところ、Bは閉じたところで、いきをすれば開いているが、声を出すときはすき間がせまくなって振動する。

また青年男子が声変りを起すのは、そのころ、こう頭がきゅうに発達して声帯が約1.3倍の長さになるためである。

をかえたり、空気の通路を調節したりしている。カナリヤ・ヒバリなどによくさえる鳥では鳴器の構造が複雑である。鳥類では、空気の振動が長い気管を通って出るからその鳴声が遠方まで達する。

ほにゅう類の声はこう頭で発する。こう頭に声帯があり肺からはき出す空気で声帯を振動させ、その振動がさらに口のなかの空気に伝わって声が出る。

音には一ぱんに強弱・高低・音色があるが、声の強弱は、はき出す空気の圧力に比例し、声帯の振幅の大きいものほど強い。声の高低(調子)は声帯の振動数に関係し、振動数は声帯の長さや張力や形などに関係がある。一ぱんに男子よりも女子や子供の声の調子が高いのは、後者の声帯が短いからである。音色は声帯の構造に関係する外、口や鼻の内側の空気の通路の大きさや形なども関係する。親子兄弟で声が似るのは、こう頭やその他の附属器官の構造が遺伝的に似ているからである。

参 考 書

櫻井芳人 食物と栄養 朝倉書店

高理 1007

高等学校用 生物 教科書 第二学年

生物の科学

II

昭和23年8月17日 翻刻発行

昭和 年 月 日 印 刷

昭和 年 月 日 発 行

〔昭和 年 月、日 文部省検査済〕

著 作 者 文 部 省

東京都文京区白山御殿町10番地

発 行 者 国 民 図 書 刊 行 会

代表者 大橋 貞雄

東京都文京区久堅町108番地

印 刷 者 共 同 印 刷 株 式 会 社

代表者 大橋 芳雄

東京都文京区白山御殿町10番地

発 行 所 株式会社 国 民 図 書 刊 行 会

A 270.46-2-28



映画はなぜ動いて見えるか（本文 26 ページ参照）

映画はごくわずかにずつ違った写真が1秒に24写る。そのため、前の残像が消えないうちに、つぎの像が写るから、二つの像が重なってフィルムのなかのものが活動するように見える。上のフィルムはとくに3こまずつ省いてつなぎあわせたもので、こうしたわずかな違いが重なって画面の人物が前進するように見えるのである（新東宝フィルムより）。



昭和29年度用定価

¥.48.—

文 部 省