

K270.46

2

3a



うそ発見器

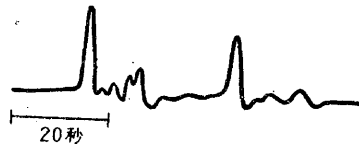
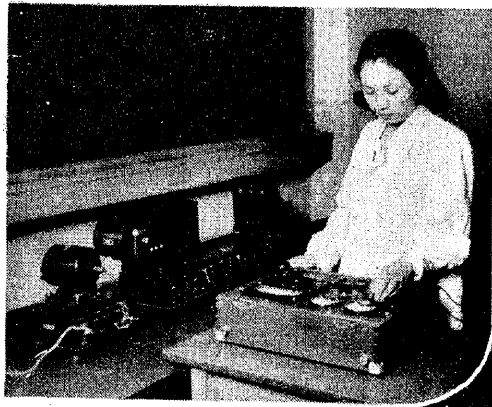
(本文10ページ参照)

人の皮膚に電流を通じておいて、ものを考えさせたり驚かしたりすると電流の流れ方がきょうに変る。これは皮膚に分布している自律神経が大腦のはたらきて興奮して電流に対する皮膚の抵抗を変化させるからである。うそ発見器はこの原理を應用したものである。

うそ発見器のおもな部分は、人の体に電流を通じるための2枚の小さな金属板と、電池とそれにわずかな電流の変化を読みとることのできるような鋭敏な検流計とである。まず、金属板を検査される人の手のひらにはりつける。それは、この場所が体のなかでとくに電流に対して敏感だからである。この金属板につないである電線ごく弱い電流を通じて、電流の強さの変化を検流計でしらべると、検査される人がべつに精神的な活動をしていないときには電流に変化は起らないが、大腦皮質のはたらきて自律神経が興奮するとたんに電流に一時的な変動が起る。左下のグラフはその変化

を写真のフィルムにとったもので、電流が乱れているところは、暗算をさせたために生じたのである。要するに、このような変化は必ずしもうそをいわなくても、自律神経が興奮さえすれば生じるのであるから、この結果だけからはたしてうそをいつているのかどうかをきめるわけにはいかない。

(横浜医科大学にて)



生物の科学

III



文 部 省

目 次

單元7. 体の調節と統一はどのように保たれるか..... 1

1. 神経は動物の体を統一する..... 3

1. 体の統一と神経.....3
2. 神経系のしくみ.....3
3. せき髄のしくみとはたらき.....4
4. 脳髓のしくみとはたらき.....6
5. 大脳を刺激が通る時間.....8
6. 内臓の はたらき と神経.....9

2. 体が統一ある はたらき をするのに必要な物質..... 11

1. ホルモンを分泌する器官.....11
2. ホルモンの はたらき.....12
3. ホルモンはたがいに はたらきあう.....13
4. 植物のホルモン.....15
5. 酵素の はたらき.....18
6. ビタミンの はたらき.....19

3. 体の各部はたがいに深い関係がある 22

1. 相関.....22
2. 感情と肉体の はたらき.....24

3. 生物の体の個性	25
4. 体の一部を失うとどうなるか	27
1. 再生はどんな生物で見られるか	27
2. 再生のしかた	28
3. 再生にあずかる組織	29
4. 再生して来る部分の運命をきめるもの	30
5. 再生と神経	31
6. 再生に影響を及ぼす要因	32
單元 8. 子はどのようにしてできるか	35
1. 生物のふえ方	37
1. ふえ方のいろいろ	37
2. 無性生殖	38
3. 有性生殖	41
4. 世代の交代	43
2. 生殖細胞とそのでき方	45
1. 卵子と精子	45
2. 減数分裂	47
3. 生殖細胞の でき方	49
3. 体のできはじめ	51
1. 植物の受精	51
2. 動物の受精	53
3. 精子と卵子の核の合体	54
4. 受精した卵の分割	56

5. 胞はい になるまで	58
6. のうはい になるまで	59
7. 卵子に分割を起させる しくみ	63
3. 体のでき上るまで	67
1. 組織や器官はどの はい葉 から生じるか	67
2. 外はい葉からできる器官	67
3. 内はい葉からできる器官	69
4. 中はい葉からできる器官	71
5. 卵黄の多い卵の発生	72
6. 卵生と胎生	75
7. 変態	76
5. 発生 の しくみ をしらべる	79
1. 前成説と後成説	79
2. シュペーマンの実験	82
單元 9. 親の形質はすべて子に傳わるか	87
1. 遺傳 の しくみ	89
1. 遺傳する形質と遺傳しない形質	89
2. 遺傳の実験につごうのよい生物	90
3. 対になる一つの形質の遺傳	91
4. 対になる二つの形質の遺傳	95
5. 不完全優性	96
6. 細胞質遺傳	97
7. 染色体地図	98
8. だ液せん染色体	99

2. 性の区別と遺傳103

1. 雌雄はどのようにしてきまるか103

2. 雌雄の比は人爲的に変えられるか106

3. 性に伴う遺傳107

3. 遺傳子は変えられるか111

1. 突然変異111

2. 染色体に起る異常111

3. 突然変異は人爲的に起せるか113

4. 人生と遺傳115

1. 雑種強性115

2. 不ねんと不妊116

3. 倍数性116

4. 品種改良118

5. 優生119

單元 7

体の調節と統一は
どのように保たれるか



われわれは、これまで生物の体のいろいろなはたらきをしらべてきた。しかし、たんに体の各部の はたらき がわかったからといって、それだけで生物体の全体としての はたらき が理解しつくせるものではない。それは、体の各部の間には密接なつながりがあって、全体としての調和がとれてはたらいっているからである。したがってわれわれは、このような調節と統一の しくみ をしらべて、生物の体の はたらき のしらべにしめくりをつけたい。それにはつぎのようなことが一應問題としてとり上げられるであろう。

- 1) 動物が下等なものから高等なものになるにつれて神経系はどのように違っているだろうか。また、それにつれて はたらき はどう変っていくか。
- 2) われわれの高ような精神作用はどこで営まれているだろうか。
- 3) 植物が光の方に向かってのびるのはなぜか。
- 4) ホルモンの作用を知るにはどんな実験をしたらよいか。
- 5) 食物にはいろいろなビタミンの配合を考えなければならないのはなぜだろうか。
- 6) われわれは4本足の動物を5本足や6本足にすることができだろうか。
- 7) イセエビなどには、眼のあるべきところに触角が生えているものがまれに見つかる。このような かたわ はどうしてできたのであろうか。
- 8) 園藝家はくだもの樹の枝を思い切ってかりこんでいるが、それはなんのためだろうか。
- 9) 糖尿病はなぜ起るか。また、これをなおすにはどんな薬を使ったらよいか。

1. 神経は動物の体を統一する

1. 体の統一と神経

生物の体では、いろいろな器官や組織がそれぞれ複雑なはたらきを受け持っているが、そのおのおのは勝手気ままにはたらいっているのではなく、よくまとまって生命を維持している。生物が死んでしまうと、このようなまとまりがなくなるから、体の各部分の変化が勝手に進行するようになり、そのためにも生物体は分解してしまう。

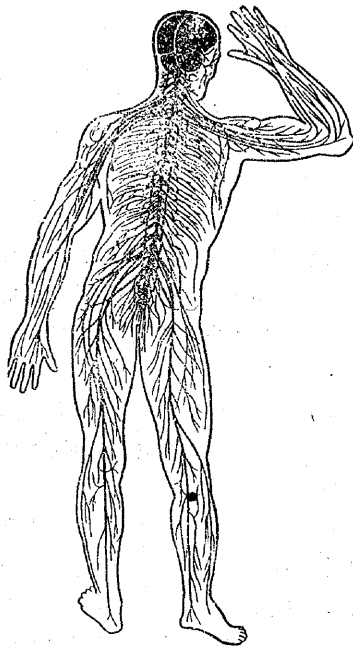
生物の体には特別な しかけ がそなわっていて、それが全体としてのまとまりを保つ役目を引き受けている。とくに動物の体でこの役目を果しているものの第一は神経である。

神経は全身に網の目のように分布していて、体に起るできごとを中枢神経に伝え、これに應じて中枢神経からは適当な器官に命令を伝える刺激を発する。こうして動物は統一のとれた活動をすることができるのである(單元5参照)。なお、神経には内臓や血管などに分布して、その はたらき を調節するものもある。

2. 神経系の しくみ

イソギンチャクやウニなどのような下等な動物では、神経細胞が体の所々に散在し、これから出る神経繊維が体じゅうに網の目のように分布してたがいに連絡しているから、体の一部分に刺激が加わると、これがただちに他の部分に傳わる。

しかし、高等な動物になると、神経細胞は体の一箇所または数箇所集まっていて、これから出る神経繊維が体のいろいろな部分に分布している。この神経細胞の集まったところが中枢になる。中枢



第1図 人の中枢神経。

人をはじめせきつい動物では神経細胞が脊なかの方に集まって1本の長いせき髄となり、その前端が脳髄となっている。

無せきつい動物と違って脊なかの側に1本の長い中枢神経がある。これがせき髄で、その前端は大きな脳髄となっている(第1図)。

3. せき髄のしくみとはたらき

せきつい動物のせき髄はせきつい骨のなかを通っている。せ

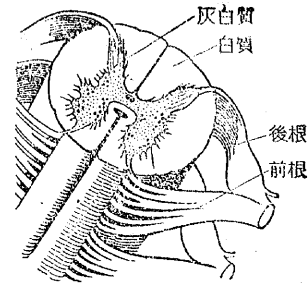
は体の各部から集まって来々求心神経からの刺激によって体の状態を知り、これに応じて適当な筋肉やその他の器官を活動させるように、遠心神経を通じて命令を発する。

ミミズの類では、体の各節の腹側に神経細胞が集合した中枢が1対ずつある。これは腹神経節といい、前後の腹神経節はたがいにより神経によって連絡しているから、全体ははしごのような形の腹髄になっている。

こんちゅう類や甲かく類にも体に節があるが、ミミズの類とは違って頭や胸の部分では数箇の神経節が集まって大きな神経節になっていることが多い。

一ぱんに動物が高等になるほど神経細胞が1箇所に集中する傾向がある。せきつい動物では

せき髄を横にたち切って、その断面を見ると、周囲の部分は白色で、内部に灰白色のH字形をした部分がある。白色の部分こそき髄白質といい、灰白色の部分こそき髄灰白質という。白質は神経繊維の束であって、動物体の各部と脳髄とを連絡し、灰白質は神経細胞の集合しているところである。灰白質の中央には小さな孔が通じている。これは脳の内部にある空室、すなわち脳室と連絡し、なかは脳せき髄液という透明な液で満たされている(第2図)。



第2図 せき髄のつくり

せき髄の断面には、内部にH字形をした灰白色質が見え外側に白色の白質が見える。前者は神経細胞の集まりである、後者は神経繊維の集まりである。

せき髄はところどころから左右に1対ずつの神経を出している。これをせき髄神経といい、せき髄の腹側から出る左右1対の神経を前根。脊なか側から出る1対を後根という。後根にはともちゅうに神経細胞が集まってふくらみができている。

前根はH字形をしたせき髄灰白質の腹側の突起(せき髄の前角という)の神経細胞から出る繊維で、最後は筋肉に終わっている。せき髄から出る刺激は、この神経繊維を通して筋肉に達し、運動をひき起す。したがって、前根は運動を起す神経の集まりである。

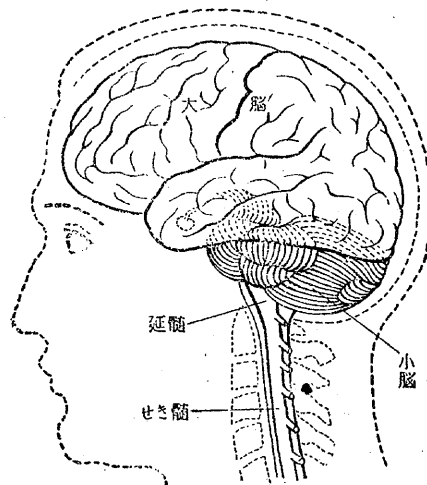
後根は皮膚の感覚器官から来る神経の集まりで、せき髄の灰白質の脊なか側の突起(せき髄の後角という)にはいつている。反射が起る場合には、皮膚の刺激が求心神経を通して後根からせき髄の後角に入り、さらに灰白質の前角の神経細胞に伝えられ、前根から出る運動神経をへて筋肉に伝えられる。また、せき髄白質を通して脳髄に伝わり、感覚を起すものもある。

4 脳髓のしくみ と はたらき

せき髄の最先端にあたる部分は特別に発達して脳髓になっている。人の脳髓は大腦・間脳・中脳・小脳・延髄などの部分に分かれ、大腦はひじょうに大きくて間脳や中脳をおおいかぶしている(第3図)。これは人ばかりでなく、他のほにゅう類でも同じであるが、鳥類やそれよりももっと下等なせきつゐ動物では大腦は比較的に小さい。

延髄は脳髓がせき髄とつながる部分で、呼吸や心臓の運動を司とる中枢であるから、ここがこわれると生きていられなくなる。

小脳は延髄の上におおいかぶさっている器官で、体の運動を調節する中枢である。ピアノをひいたり、タイプライターをうったり、



第3図 人の脳髓

スキーをしたりするような複雑な運動は練習のはじめにはなかなかうまくいかないが、後になると熟練してくるのは小脳の訓練ができてくることが大きな原因になっている。小脳をこわしても動物の生命にはかわりがないが運動がぎこちなくなり、これを完全にこわすと、よっぱらった人のように正しく運動することがまったくできなくなる。

スキーをしたりするような複雑な運動は練習のはじめにはなかなかうまくいかないが、後になると熟練してくるのは小脳の訓練ができてくることが大きな原因になっている。小脳をこわしても動物の生命にはかわりがないが運動がぎこちなくなり、これを完全にこわすと、よっぱらった人のように正しく運動することがまったくできなくなる。

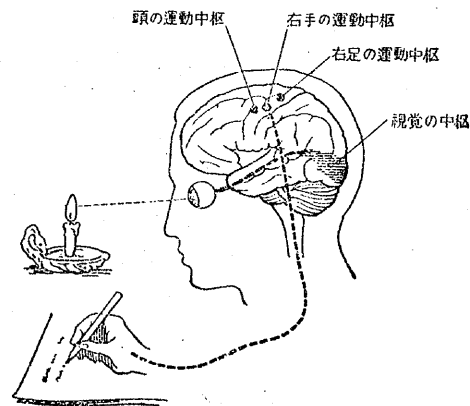
中脳には眼球の運動を司とる中枢があり、また姿勢を保たせるはたらきの中枢もある。

間脳は後で述べる自律神経のはたらきの中枢で、内臓や血管のはたらきはここで調節されている。

大腦は左右二つの半球に分かれていて、外側は神経細胞からできた部分で灰白質または皮質と呼ばれ、内部は神経繊維の通る道で白質と呼ばれる。

大腦は精神作用の宿るところで、場所によってはたらきが違っている。その皮質には複雑にうねりくねったみぞがあり、高等なものほどこのうねりが複雑になっている。人や高等なほにゅう類では脳の半球のまん中のところに横に走る深いみぞがあつて、各半球を前後に分けているが、そのみぞの前半の部分にあるうねりにはわれわれが意志によって行う運動の中枢が並んでいる。サルの大腦を露出してこの部分のいろいろなところを電気で刺激すると、

場所によって手や足やくびなどが動く。このみぞからうしろの部分には体の各部の感覚の中枢があつて、いろいろな感覚を司とるところがそれぞれ定まっている。また、大腦半球の側面にはことばを発する運動の中枢があつて、ここがこわれるとことばを発す



第4図 大腦のはたらきは場所によって違う。

大腦では、運動・感覚・言語などのほか高しゅうな精神作用を司とる場所が図のように定まっている。

ることができなくなる。運動や感覚やことばの中樞以外の皮質の部分は考えたり、推理したりする高しような精神作用が宿る場所である(第4図)。

皮質にある種々な中枢から出る神経繊維は白質を通過して、せき髄に入り、全身の神経と連絡している。

5 大脳を刺激が通る時間

体の一部分に刺激が加わると、これを求心神経が受けとって、せき髄の後根から白質に伝え、このなかを通過して大脳に行き、感覚の中樞を刺激して感覚が起る。この刺激はさらに運動の中樞に傳わり、ここから神経繊維を通過して、せき髄に行き、その灰白質の前部分にある運動に関する神経に傳わる。そして、これから出る遠心神経が筋肉に運動を起させるわけである。刺激が加えられてから反応が起るまでにはこれだけの道すじを通過するのであるから、そうとう長い時間がかかるはずで、この時間を反応時と呼ぶ。刺激が神経繊維のなかを走る速度はひじょうに速いから、反応時の大部分は大脳で費されることになる。

実験をする人が、検査される人の皮膚に電流を通じ、検査される人がピリッと感じたら自分ですぐスイッチを切るようにしておいて、電流を通じてからスイッチを切るまでの時間をはかれば、検査される人の反応時がはかれる。この場合にはおよそ0.1秒から0.2秒ぐらいかかる。

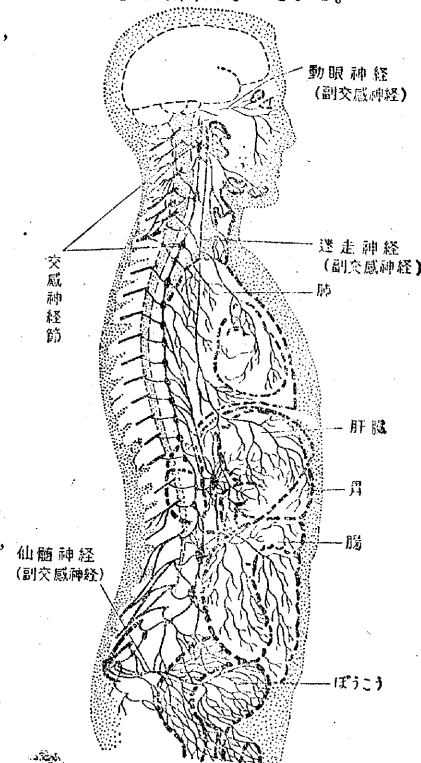
皮膚を刺激するかわりに眼で光を見たり、耳で音を聞いたりしたら、すぐなにか動作をするようにしておいて、そのときの反応時をはかることもできよう。この場合でもたいてい前と同じくらいの値が得られる。

6 内臓のはたらきと神経

ランニングをした後やびっくりしたときなどには心臓が速くうつようになり、また恥しいときには顔が赤くなる。それは心臓や血管が神経の支配を受けていることがおもな原因になっている。

心臓や血管にかぎらず、すべての内臓には2種類の神経がはいりこんでいて、そのはたらきを調節している。その一つを変感神経と呼び、せき髄の両側にたてに並んでいる交感神経節から出る神経である。交感神経節はたがいに神経で、じゅうすのように連ねられ、また一方、せき髄とも細い神経で連絡している。もう一つは副交感神経といい、そのおもなものは延髄から出る迷走神経とせき髄の一ばん下の部分から出るせき髄神経とである。交感神経と副交感神経とをあわせて自律神経という(第5図)。

この2種の神経は、がいしてどちらか一方が器



第5図 自律神経

体の統一には自律神経の役割が大きい。これには交感神経と副交感神経とがあり、そのはたらきはたがいに正反対になっていることが多い。

官の活動をはげしくするように作用し、他方は逆にそれを弱めるように作用する。このような二つの神経の反対の はたらき によって内臓の活動はつごうよく保たれているのである。たとえば、心臓では交感神経がそのうち方を強く速くし、迷走神経が遅く弱くするようにはたらき、胃や腸などの消化管では迷走神経の作用で運動がはげしくなり、交感神経の作用で弱くなる。また、血管をひろげたり収縮させたりするのも自律神経である。そのうち血管をひろげる方の神経はまだはっきりわかっていないが、収縮させるのは交感神経である。

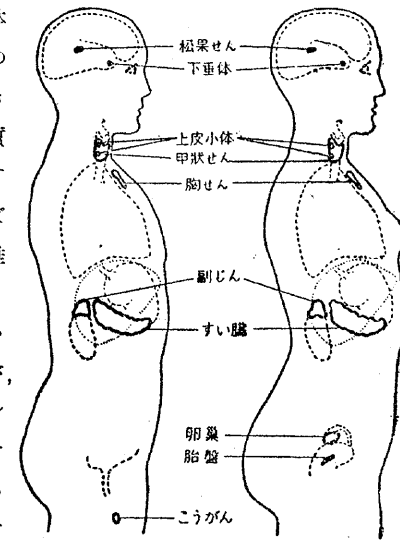
人の皮膚に電流を通じておいて、ものを考えさせたり、驚かしたりすると、電流の流れ方が急に変わる。これは皮膚に分布している自律神経が脳の はたらき で興奮して皮膚の電流に対する抵抗を変化させるからである。うそ発見器 はこの原理を応用したものである(表紙裏の写真版参照)。

2. 体が統一ある はたらき をするのに必要な物質

1. ホルモンを分泌する器官

体が統一ある はたらき をするにはいろいろな物質がなければならぬが、なかでもホルモン・酵素・ビタミンはとくに重要である。

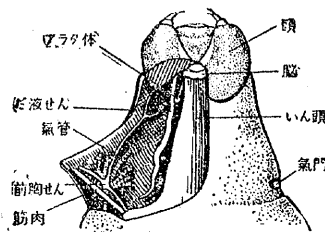
動物のホルモンとは、あるきまった器官または組織で作られて血液¹⁾のなかに送り出され、体じゅうに行きわたって体の特殊な部分の形やはたらきに特定の影響を及ぼす物質である。ホルモンを分泌する器官は内分泌器官と呼ばれ、せきつい動物では下垂体・甲状腺・上皮小体・胸腺・副じん・すい臓・こうがん・卵巣などがその例であるが、ほかに胎盤からもホルモンが出るらしいと考えられている(第6図)。無せきつい動物ではエビ・カニ・ヤドカリなどの眼柄にある血液²⁾せん、こんちゅうのアラタ体、カイコなどに見られる



第6図 人の内分泌器官

人や せきつい動物 の体にはいろいろな内分泌器官があって、おのおの特有な はたらき をもったホルモンを分泌している。

- 1) もっと一般的にいえば動物の体液である。
- 2) 同じく甲かく類でもフナムシのように眼柄のないものでは 血液せん は脳に付着している。



第7図 カイコのアラタ体

カイコにはアラタ体・筋胸せんなどの内分泌器官があり、それから出るホルモンは脱皮や変態に関係する。

筋胸せん その他がある(第7図)。

下垂体は前葉・中葉・後葉・結節部という四つの部分に区別され、それぞれの部分から違ったホルモンを分泌する(第8図)。

また、副じんも表面をとりまく皮膚と中心部を占める髄質とは違ったホルモンを分泌している。

2. ホルモンのはたらき

ホルモンには多くの種類があり、それぞれ はたらき も違っているが、ここではただ 甲状腺のホルモンを例にして、ホルモンが体の統一ある活動に関係しているありさまをしらべよう。ほかの重要なホルモンの作用は表1にまとめて示してある。

甲状腺のホルモンはあらゆる種類の物質交代に多少とも影響を及ぼしている。たとえば、甲状腺を抜きとってしまうと、動物の酸素の消費量や炭酸ガスの排出量がいちじるしく減るが、抜きとった甲状腺をこの動物の体の別の部分に植えておくと、こうした変化が見られない。これは 甲状腺が神経とのつながりによってはたらくのではなく、これから血液中に送り出すホルモンの はたらきによることを示している。

さらにまた、甲状腺からそのホルモンの はたらき をもっている物質を取り出し、これを 甲状腺を抜きとった動物に注射すると、その物質交代を正常に近づけ、ときにはふつう以上に高めることもできる。また、この物質をふつうの動物に注射すると物質交代が一だんと高まることはいうまでもない。この物質をチロキシン

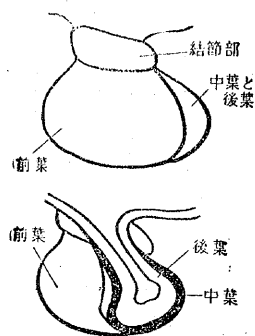
と呼び、今では 甲状腺から純粹にとり出すことができるばかりでなく、化学的に合成することもできる。しかし、甲状腺のホルモンはチロキシンそのものではなく、チロキシンを構造の一部にもった、さらに複雑な物質であると考えられている。一ばんに、ある内分泌腺からホルモンの はたらき を強く現わす物質が得られたとしても、それがそのままホルモンであることは危険である。

甲状腺のホルモンは物質交代に影響を及ぼすから、發育ざかりの動物でこのホルモンの量がふつう以上にふえたり減ったりすると、とうせん成長の正しい進みをかきみだすことになる。事実、甲状腺をとり去ると成長が遅れるし、またこのホルモンを余分に與えても一ばんに成長がおさえられる。後の場合では体を作っている物質が過度に使い減らされるからである。

甲状腺のホルモンは よう素 を含む化合物で、チロキシンにも よう素 が含まれている。そのために、海から遠く離れた地方などで土にも水にも、またそこに育つ動植物にも よう素 の含量がはなはだしく少ない場合には、人の食物中に よう素 が欠乏し、その結果 甲状腺の はたらき の故障が地方病の形で現われ、こびと が多数現われる。さいわい、わが國のような島國ではこのような病気の起る心配はほとんどない。

3. ホルモンはたがいはたらきあう

このように動物の成長だけについてみても、甲状腺のホルモンが適度に血液中に分泌されていなければならないが、甲状腺はひとりで活動することができる器官ではなく、それが正しくはたらくには別のホルモンの はたらき かけがなくてはならない。そのホルモンは下垂体の前葉から分泌される甲状腺刺激ホルモンである。



第8図 ネコの下垂体の構造
下垂体は脳の下方についている内分泌器官で、四つの部分に分かれ、それぞれはたらくの違ったホルモンを分泌している。

正常な動物の体内では、甲状腺と下垂体前葉とがたがいに影響あつてホルモンを多過ぎも少な過ぎもしないように調節している。たとえば、甲状腺を半分ぐらい切りとって、そのホルモンの分泌量を減らすと、下垂体前葉の甲状腺刺激ホルモンの分泌が増加して、残された甲状腺の部分に作用し、多量のホルモンを出させるようになる。また、動物に甲状腺ホルモンを余分に与えると甲状腺刺激ホルモンの分泌が減って甲状腺のはたらきを低めるようになる。一ぱんにホルモンの分泌は違ったホルモンがたがいに影響あうことによって調節されているが、そのほかに、自律神経によって調節される場合もある。

動物の成長には甲状腺のホルモンだけでなく、多種多様な要因が関係していて、ホルモンだけについてみても、すい臓・副じん・生殖腺などのホルモンがいずれも物質交代に影響を及ぼし、そのため多少ともに成長にかかわりをもっている。なかでもとくに重大な関係をもつものは、甲状腺刺激ホルモンと同じく下垂体前葉から分泌される成長ホルモンである。幼いときからこのホルモンの分

(第8図) ある動物から下垂体の前葉をとり除くと、甲状腺が退化してホルモンの分泌が減り、そのため物質交代のはたらきがおとろえて若い動物ならば成長が遅れるようになる。これと反対にふつうの動物に下垂体の甲状腺刺激ホルモンを注射すると、甲状腺のはたらきがさかになる結果として物質交代も高まる。

正常な動物の体内では、甲状腺と下垂体前葉とがたがいに影響あつてホルモンを多過ぎも少な過ぎもしないように調節している。たとえば、甲状腺を半分ぐらい切りとって、そのホル

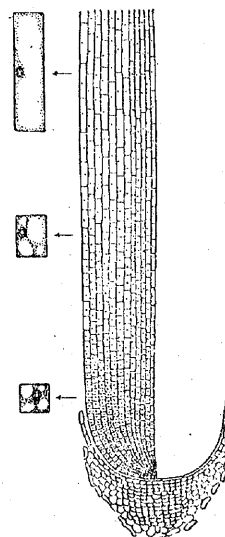
泌が多過ぎる人は身長がふつう以上にのびて巨人症となり、少な過ぎると成長がとまってこびこびになる。いろいろな動物で幼いときに下垂体前葉をとり除くと成長がとまり、その反対に下垂体前葉からとり出した物質を注射しつづけるとふつう以上に大きくなる。また、下垂体前葉からとり出した物質を、甲状腺をとった動物に注射しても成長が促されるから、成長ホルモンは甲状腺ホルモンとは無関係に効果を現わすとされている。つまり下垂体前葉は甲状腺を伸ばしとしてはたらく一方、直接にも成長に影響を及ぼしているわけである。

要するに成長という現象だけについてみても、いろいろなホルモンが作用を及ぼし、たがいに影響あう上にさらにホルモンでない体の内外の諸要因のはたらき加わって、左右されることがわかる。成長以外に、動物の一さいのいとなみはこのようさまざまな要因の共同の結果として進み、体全体として統一されているのである。

4. 植物のホルモン

植物が生物として統一あるいとなみをするためにも、やはり必要な物質がたくさんある。なかでも成長に関するものとしては成長素あるいは成長ホルモンと呼ばれる物質が知られている。

一ぱんに根や茎の先端では細胞がさかんに分裂するが、細胞自身はあまり大きさを増さず、そこから少し離れたところに細胞

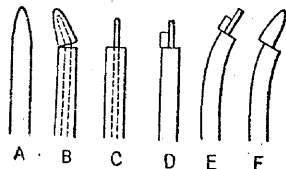


第9図 植物の根ののびるところ
根の先端ではさかんに細胞が分裂するが、それが大きさを増すのはその場所から少し離れたところである。

分裂は行われないが、細胞自身がいちじるしくのびる場所がある。植物体の成長はこの後の部分をもっともさかんである(第9図)。

エンバク・コムギ・トウモロコシなどが発芽するときに最初に出て来る子葉のさやの先端に一方から光をあてると、そこが光の来る方へ曲りながらのびて、いわゆる屈光性を示す。ところが、子葉さやの先端をすずはくなどでおおって、これに一方から光をあてると、前のような屈光性を現わさない。最初の場合に光の方に曲るところは前に述べた成長が一番さかんな部分であり、屈曲はこの部分の茎の両側で成長の速さが違って来るために生じるのである。それで、上の二つの実験から、光の刺激を受けた先端部から反応を示す部分まで、なにかの方法で刺激が伝えられると考えられる。

子葉さやの先端を切りとってしまうと、光をあてても曲らないが、切り口へゼラチンの溶液を1滴たらし、その上に切りとった先端部をのせてそこに一方から光をあてると、子葉さやはやはり光の方に曲ってのびる。この実験によって刺激を加えた点から反応を示す



第10図 成長素のはたらき

エンバクの子葉のさや(A)に周囲から浅く傷をつけて(B)、これだけをとりのぞく(C)とエンバクは屈光性を示さないが、いま切りとった部分をのせると、ふたたび屈光性を示すようになる(F)。また、切りとった部分をしばらく寒天の上にのせておいてから、その部分を小さく切って頭にのせても(D)やはり屈光性を示すようになる(E)。

点へ刺激を伝えるのは、刺激点で作られた物質であって、これが反応点へ運ばれて効果を及ぼすことがわかる。物質であればこそゼラチンの溶液が間にはさまっていても移行できるわけで、神経のようなものが刺激を伝えるのなら、このような結果は得られないはずである。この物質が成長素であって、子葉さやの先端に一方から光をあてた場合に屈光性を示すのは、成長素が光の来るのと反対の側にかたよって集まり、その

結果そちら側の成長がいちじるしくなつて屈曲すると説明されている(第10図)。

植物体を横にして子葉さやを水平にするとまもなく鉛直に起きなおって、いわゆる脊地性という性質を示すのは成長素が下側に多く集まるからであり、また、根がこれと反対に向地性を示すのは根では成長素があまり多くなるとかえって成長がおさえられるからである。

成長素は正常な場合でももちろん植物の成長に関係をもっているであろう。成長素と思われる物質は子葉さやの先端からとり出されているが、またこれと同じような物質が人の尿からもとり出され、これにオーキシンという名がつけられている。オーキシンが人の尿のなかにあるのは、植物性の食物と一しょに人の体内にはいったものが、排出されて外に出て来るのであるとされている。バクテリア・酵母・カビなどからも成長素が得られるが、これはオーキシンとは違った物質であるのでテロオーキシンといい、今では人工的に合成することもできる。

成長素はまた作物を栽培する上にも利用される。この目的のために成長素と同じはたらきをもった薬が多数合成されていて、これらは葉や茎の成長を促し、根の数を増し、花や実の落ちるのを防ぐのに大いに役だっている。また、実ができるときに子房がふくらむのは花粉のなかにある成長素が大きな役目を果しているが、花粉のかわりにこれらの薬を使うと人為的に子房をふくらませることができる。この場合には種子のない実ができる。成長素の利用はこのほかにもいろいろと試みられている。

このほかにも、植物ホルモンと呼ばれて、植物のいとなみに重要な役割を果している物質がいくつも知られている。たとえば、植物の細胞分裂・発芽・開花・受精・運動などに関係するホルモンが

あるとされている。

5. 酵素のはたらき

動物は食物として たんぱく質・炭水化物・脂肪などをとるけれども、一ぱんにこれらはそのままでは動物の体を作ることはできない。そのために体は、まず食物を消化して、吸収されるような物質に変化させなければならない。消化はしゅとして化学作用であって、この際化学変化がさわりなくすみやかに進行するのは、酵素があすかっているからである。

しかし、酵素は複雑な物質から簡単な物質を作り出すときにだけ はたらくものではなく、脂肪・エステル・炭水化物・配糖体などを合成する場合のように簡単なものから複雑な物質ができるときにも重要な役目をするのである。酵素の種類ははなはだ多いが、それぞれきまった物質にだけしかはたらかない。たとえば、ペプシンはたんぱく質を分解するが、ポリペプチッドにははたらかず、インベルターゼはしゅ糖に、ラクターゼは乳糖に、マルターゼは麦芽糖にだけ作用する。このほかのおもな酵素の種類とそれぞれのはたらきについては單元6に表で示してある。

酵素は動物によっても植物によってもその細胞のなかで作られ、触媒としての はたらき をするもので、化学反応にあたって自分自身の性質は変えないで、それが作用する物質の反応の速度を速めたり遅らしたりする。酵素が生物の細胞のなかでできるときには、ただちに はたらき のある酵素そのものとはならず、他の物質があつてはじめて酵素としての はたらき を現わす酵素元として作られるのがふつうである。たとえば、ペプシンは、塩酸があつてはじめて作用を現わすことのできるペプシン元として作られる。また、トリプシンはまずトリプシン元として作られ、やはり腸で作られるエン

テロキナーゼがあつてはじめてトリプシンの はたらき を現わす。

酵素の はたらき は他の物質の作用やいろいろな条件によって強まったり弱まったり、あるいはまったくはたらかなくなったりするが、なかでも、それぞれに定まった水素イオン濃度¹⁾と温度のときにもっともはたらきが強まる。

6. ビタミンのはたらき

ホルモンや酵素は動物がみずから作って、体の統一ある はたらき をいとなむのに役だてているが、ビタミンは一ぱんに植物によって作られ、動物は食物とともにとり入れなければ、自身で作ることはできない。しかも、これが不足すると、体にいろいろな故障が起つて、他の栄養がどんなに十分であつても生きていかれなくなることをさへある。たとえば、人の脚氣・壞血病・くる病などはいずれもビタミンの欠乏が原因となつて起るもので、それぞれビタミンB₁、C、Dを與えればなおる。また、いろいろな動物をこれらのビタミンが欠乏した食物で飼つても同じような病気が起る(單元6参照)。

ビタミンには單元6の表に示してあるように多くの種類があり、その はたらき も違つているが、違つた種類のホルモンがたがいに影響しあうようにビタミンどうしもたがいに影響を及ぼしあう。たとえば、ビタミンAには成長を速める作用があるが、この作用は同時にビタミンDがあるとなしういちじるしい。また、Dは骨の形成を助けるが、この効果はAが同時にあるとなお強められる。Aは多過ぎると体に害を及ぼすが、同時にCを適當にとつていればその害が防がれる。

1) あらゆる水溶液では水の一部分が水素イオンと水酸イオンとに解離している。この水素イオンの濃度を現わすのに、ふつうその逆数の対数の値をもつてし、これを pH と現わしている。

「ビタミンとホルモンとの間にも密接な関係が認められる場合がある。ビタミンAは甲状腺ホルモンの物質交代を高める作用を弱くするにはたらくことがあり、ビタミンEが不足すると、生殖ホルモンの分泌が妨げられるのはいずれもこの例である。

さらに、あるビタミンは他の物質と結びついて酵素のはたらきを営む。いいかえれば、このようなビタミンは酵素の成分となつてはたらきを現わすのである。ビタミンB₁はりん酸と結合してコカルボキシラーゼとなり、これがさらにアポカルボキシラーゼと結合して、カルボキシラーゼという酵素のはたらきを現わす。カルボキシラーゼは炭水化物を分解する酵素であるから、ビタミンB₁がないと体のなかの炭水化物が十分に分解しないで焦性ぶどう酸などのような中間生成物質がたまっていく。これが脚気の原因になるのである。また、ビタミンB₆はりん酸およびたんぱく質と結合して、細胞の酸化作用に重要な酵素を作っている。

ビタミンはごく微量でききめを現わすもので、大人1日あたりの必要量はビタミンの種類によつても違うが、たいてい数mgをこえない。

表1 おもなホルモン

内分泌器官	ホルモンまたはホルモンの はたらき をもった物質の名称 (*は特定の製品の名まえ)	おもな作用
下垂体前葉	成長ホルモン	成長を促進する。
	生殖腺刺激ホルモン	
	1. 男性成熟ホルモン	卵巣や卵の発育、精子の形成を促進する。
	2. 黄体形成ホルモン	黄体の形成、こうがんの内分泌を調節する。
	甲状腺刺激ホルモン	甲状腺の発育と機能との調節。
	泌乳刺激ホルモン (プロラクチン*)	乳の分泌
	乳腺発育ホルモン	乳腺の発育

	副じん皮質刺激ホルモン	副じん皮質の発育と機能との調節
	炭水化物の交代にあずかるホルモン	炭水化物の物質交代の調節
	脂肪の交代にあずかるホルモン	脂肪の物質交代の調節
下垂体中葉	インデルメジン*	色素細胞の活動の調節
下垂体結節部		色素細胞の活動の調節
下垂体後葉	血圧上昇ホルモン	血圧の上昇と水分の交代の調節
	子宮収縮ホルモン	子宮平滑筋の収縮
甲状腺	チロキシン	物質交代の調節
上皮小体	パラトルモン*	石灰の交代の調節
副じん皮質	コルチン* コルチコステロンなど	塩類・水分・炭水化物の交代、うん酸の添加、生命の維持
副じん髄質	アドレナリン	交感神経の興奮、炭水化物の交代の調節
すい臓	インシュリン	炭水化物の交代の調節
こうがん	雄性ホルモン (テストステロン)	雄の性活動、雄性特徴の支配と維持
卵巣	発情ホルモン (エストロン・エストラジオールなど)	雌の性活動、雌性特徴の支配と維持。
	黄体ホルモン (プロゲステン*・プロゲステロン)	妊娠など、雌の特殊な性活動に関係する。
胎盤	発情ホルモン 黄体ホルモン 生殖腺刺激ホルモン (プロラクチン*)	作用は上に同じ
血液腺		
アラク体		甲かく類の色素細胞の行動、脱皮などの調節
副胸腺		こんちゅうの脱皮・変態に関係する。
		カイコの脱皮・変態に関係する。

以上のほか、化学的に変化して尿に排出するホルモン物質がある (例: 雄性ホルモン物質アンドロステロン)

3. 体の各部はたがいに深い関係がある

1. 相関

植物の炭酸同化やたんぱく質合成のような重要な はたらきは葉で行われるが、これらの はたらきは葉が単独をするのではなく、他の部分とも深い関係がある。すなわち、これらの作用に必要な水やその他の物質は根で吸収されるし、これを葉に送りとどけるには茎も関係している。

ジャガイモのいもには多くの芽があるが、頂点にある さき芽が発芽すると、それより下側にある わき芽は発芽がおさえられる。また、さき芽をとり去ると わき芽が発芽するようになる。ソラメが発芽すると、そえ葉の間から葉が出るが、この葉をとり除くとそえ葉がいちじるしく大きくなる。一ぱんに植物では、さき芽が発育している間は、それより下側にある わき芽は発育しないが、さき芽をとり去ってしまうと、これに近い わき芽が発育するようになる。

しだ類の前葉体は、その卵細胞が受精すれば新しい個体を生じ前葉体はやがて死滅するものであるが、もし受精できなければ前葉体は数箇月間生きていて、また新しい卵器を生じる。また、果樹に花をよけいにつけ多く実をならすには枝や葉を適当に切りとると効果的である。一ぱんに、葉や茎のような栄養に関係する器官がさかんに発育すると花や実のような生殖に関する器官の発育がわるく、反対に栄養器官の発育がおさえられると、ある程度まで生殖器官が発育するもので、実際の栽培家はたくみにこの関係を利用している。

このようなことは、動物・植物を通じてふつうに見られる現象で、生物体の各部分はそれぞれ独立してはたらくものではなく、つねに他の部分とたがいに関連し、全体として調和がとれ統一されている

ことを示している。このような生物体の各部のたがいの関係を相関という(單元5参照)。植物ではふつう相関のための特別な器官は見られないが、動物では相関を保ち、体の各部分がともに統一ある活動を営めるようにするものがあり、前にしらべた神経と内分泌器官とはそのいちじるしいものである。

フランスの生理学者クロード・ベルナール(C. Bernard, 1855)は、延髄の底の部分に傷をつけると、血液中含まれる糖がいちじるしく増加し、ひいては尿のなかにまで糖が排出されるようになることを見つけた。しかし、その後になって、内臓に來ている交感神経をあらかじめ切り離しておくと同じような傷をつけても糖尿が現われないこと、その交感神経の切り口を刺激するとまた糖尿が起ることなどが知られ、また、副じんのホルモンであるアドレナリンを注射すると血液のなかの糖がふえ、糖尿をひき起すことが明らかになった。それで延髄の刺激は交感神経を興奮させ、そのためにアドレナリンの分泌がふえ、肝臓に貯えられているグリコゲンが余分に糖に変わるのだと考えられるようになった。なお、あらかじめ副じんをとり除いてから、延髄に刺激を與えても、量はさほどではないが、やはり血液中の糖がふえるのが見られるから、延髄の刺激は副じんとは関係なく、直接肝臓に分布している交感神経を通じて、糖を余分に作らせることもあるように考えられる。

これに反して、迷走神経を刺激すると すい臓からのインシュリンというホルモンの分泌が促され血液中の糖の量が減少する。

健康な動物の血液中の糖の量がいつもほぼ一定しているのはアドレナリスとインシュリンとがときに應じて適当に血のなかに出て來るからで、さらに下垂体の前葉から分泌される炭水化物の物質交代に関するホルモンもこれに関係している。しかも、これらのホルモンが適度に分泌するためには自律神経がだいじな役目を果して

！全体としての統一が保たれているのである。

2. 感情と肉体のはたらき

ネコを針でつついたり、これにイヌを見せたりして怒らせると、顔の筋肉に特殊な運動が起り、毛をさかだて、さらに相手を威嚇するような体勢をとるばかりでなく、循環・呼吸・内分泌などに変化が起る。このように、精神的な興奮が肉体上の変化となって現われることは人の場合でも明らかに認められる。

これらの反応のなかには意志の力によってはどうにもならない反射的なものがあつて、それには自律神経のはたらきがあずかっている。すなわち、精神的な興奮が自律神経に影響して、その先端にある器官の状態を変化させるのである。このような場合にはたいていは交感神経がはたらいているのであつて、副交感神経はこれと逆にはたらく場合が多い。その結果、この二つの神経の組み合わせしだい、上のような反応が出やすくもなれば出にくくなる。したがって人の性格はある程度まで自律神経のはたらき方によってきまるともいえるわけで、このはたらきの程度は生まれつきにもよるが、また後天的にも変る。たとえば人前で話のできない内気な人が練習によって雄弁家になつたというようなことも少なくない。

自律神経はまだいろいろな内分泌腺にはたらいて、さまざまな反応を起させることがある。人が怒ると副じんからのアドレナリンの分泌がさかんになり、その結果、血管が収縮したり、脈の数がふえたり、胃腸の運動が弱くなつたりなどする。不きげんなままで食事をすると、胃腸の運動が弱まる上に胃液の分泌まで十分でなくなるのはこのためである。

このような場合とは逆に、肉体的な異常が頭脳のはたらきに影響することも多いが、これにもやはり自律神経と内分泌とが密接に

関係している。

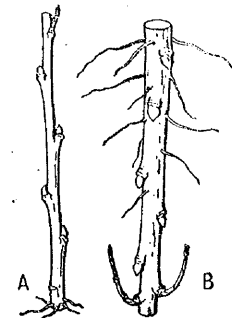
なお、甲状腺・下垂体などの故障が精神活動をにぶくすることがあり、甲状腺の故障によって起るバセドウ氏病の患者が移り気で感情がたかぶりやすいなどはその例である。

3 生物の体の極性

ヤナギの茎を切りとり、上下の向きをそのままにして湿った暗いところにつるしておくと、下端に近いところからは根を生じ、上端に近いところからは芽が出て来る。また上下を逆にしてつるしても多くの場合根は上端に近いところから、芽は下端に近いところから生じる。ヤナギの茎では、芽の出る方位と根の出る方位とはつきりきまつていて、いくら短く切つても根と芽の出る方位は変らない(第11図)。根を生じる方を根極、芽を生じる方を茎極という。

植物に極性があるのはオーキシンの移動が関係していると思われる。すなわちオーキシンの多い部分には根を生じ、これが少ない部分には芽を生じるといわれ、ヤナギの切り茎で下端に近いところから根が生じるのは、ここにオーキシンがよけいにたまるからである。

極性は動物の体でも見られる。たとえば、ミミズの体の前端を切り捨てると残つた部分から頭ができ、後端を除くと体の後部ができる。このように動物でも植物でも、体の一部を失うとその部分か



第11図 ヤナギの極性
ヤナギの茎を短く切りとって、上下の向きをかえないのと(A)、これを逆にしたの(B)とをとも口のガラスびんにつるす。びんの底には少量の水を入れて暗いところにおく。しばらくたつと、Aからは上端に近いところから芽が、下端に近いところから根が生じ、Bからは上端から根が、下端から芽が出る。

う一度できて來ることがしばしば見られる。このことを再生といい、再生する器官と体の軸とはふつう一定の關係を保っていて、つねに全体が完成するような傾向が見られる。

4. 体の一部を失うとどうなるか

1. 再生はどんな生物で見られるか

動物でも植物でも、体のいろいろな部分がたえず失われている。たとえばわれわれの体でも、表皮の表層部が あか になつてはげ落ちる。しかし、この場合には表皮の深いところで細胞がぞくぞく分裂して表面の方へ送られ、失われた部分の補いをつけているから、体にはなんのさわりもない。

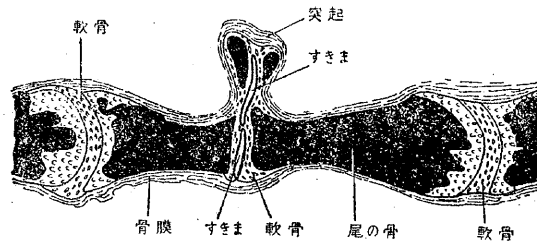
さらに生物が外傷によつて体の一部を失うと、その失われた部分がもう一度できて來ることがよくある。このいずれの場合も再生であることには違いないが、古い細胞が死んで新しい細胞でおきかえられていくのは生理的な再生であつて後の場合とは意味が少し違う。体の はたらき の調節を問題にする場合にはこの後の方の再生をしなくてはならない。

再生の能力は生物の種類によつて大いに違う。トウロウソウの葉を切りとつてこれを濕つたところにおくと、葉のふちの切れこみのところから芽や根ができる。またタンポポの根を輪切りにして濕つた砂の上におくと形成層の部分から芽が出て來る。動物についてみると、オヨギインゲンチャクは1本の触手からでも完全な個体を形成することができるし、プラナリアは体の小さい かけら からでも1匹になることができる。ヒトデもまた再生力の強い動物で、1本の腕から完全な動物になることがある。

カニが足の前をつかまえられたり傷つけられたりすると、根もとからその足を落すのがしばしば見られる。これは根もとのところこ切れやすい部分があり、そこから切れると傷口が大きく開かないですむような しかけ になっているからである。こうして、その足の

切り株のなかで再生が進行し、カニが脱皮すると新しい足が外に突き出てくる。はじめはその形も小さく、構造も不完全であるが、脱皮をくりかえしているうちに完全な足になる。

せきつい動物でも、ほにゅう類や鳥類は外傷によって体の一部



第12図 トカゲの尾はなぜ切れるか

トカゲをつかまえることはむずかしい。うっかりしていると、尾だけを残して逃げて行ってしまう。尾がこんなに切れやすいのは、つけ根のところに図のようなしかけがあるからである。

を失った場合にもとどおりの構造を回復することはほとんどないが、はちゅう類になると、トカゲの尾などはたやすく切れて、またたやすく再生する(第12図)。両せい類では、イモリは成体になっても足や尾を再生する能力をもっているが、カエルではおたまじゃくしのときにだけこの能力があり、親になると足を再生することはできない。魚類ではひれなどかなりの再生力がある。

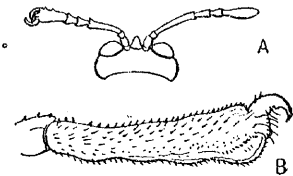
2. 再生のしかた

再生では、体の失われた部分がもとどおりに生じる場合のほかに、ときには、もとはとは違った形態のものが生じることがある。イセエビやザリガニなどの眼を根もとから切っておくと、そのあとに触角が生えたり、こんちゅうの触角のあとに足が生えたりするのはそのいちじるしい例である(第13図)。ミミズやプラナリアの頭のついた小片が切り口にも頭を生じ、両端に頭をつけることがあるのもこ

の例である。

また、再生では必ずしも失われただけがちょうど回復するとはかぎらない。ある場合にはもとより少なく、またある場合には余分に生じて來ることがある。ミミズで、ある程度以上の数の体節を切りとると、再生してくる体節の数はもとの数に達しないことがある。

イモリでは再生した足の骨や指の数が正常なものよりも少ないことがしばしば見られる。これに反して、イモリの



第13図 再生はときにまちがう
動物の体ではときによともとと違ったものを再生することがある。Aはこんちゅうの触角のあとに爪のある足が再生した場合で、Bはこれを反対側から大きくして見たところである。

尾の切り口から2本の尾が生じて來たり、エビの足の切り口から先の方が二またあるいは三またに分かれて再生したりすることもある。

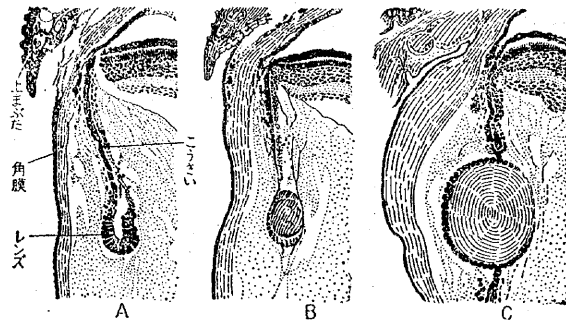
再生が起るには、まずその場所に細胞が集合して小さい芽を作る。この芽がのびて一定の形になるが、その場合芽ののびる方向は一ばんに傷面に直角である。それで、傷にいくつもの面があるようときにはそのおのおのの面に再生体が生じ、その結果、前より多くの再生体ができることになるのである。しかし、それだからといって、ふつう以上にたくさん体の部分をそなえた動物があれば、それが必ず再生によってできたと考えることはできない。

3. 再生にあずかる組織

再生にあたって、まず最初の芽を作る細胞は傷の面の細胞ではなく、傷の近くの組織の間にはさまっている未分化の細胞であるのがふつうのようである。これらの細胞は生物が傷をしなければかくべつのはたらきをしないで終るが、負傷をすると活動をはじめるのである。

ヒモムシという動物の体の前端を消化管にかからないようにして切りとり、この小片を飼っておくと消化管をそなえた個体になる。この場合には消化管が本来これを作っている細胞とはまったく別の種類の細胞から作られたわけである。また、イモリの前足を切りとり、その上さらに前足の骨を肩帯と一しょにすつかり抜きとついても、りっぱに骨をそなえた前足が再生する。これらの例から、ある組織が再生するには、その組織の残りからでなくてもよいことが明らかである。

しかし場合によっては、再生の起る部分の細胞が性質をかえて再生体を生じることもある。イモリの眼のレンズを抜きとると、こうさいの上の縁がふくれて新たにレンズを作るが、このときはこうさいの細胞自体がレンズに変化するのであって、未分化の細胞が集まってレンズを作るのではない(第14図)。



第14図 イモリの眼の再生

イモリの眼のレンズを抜きとると、こうさいの細胞からこれを再生する。まずこうさいの上のふちがふくれ出し(A)、つぎにこの部分が独立してレンズを作りはじめ(B)、まもなく完全なレンズとなって再生を終る(C)。

4. 再生して来る部分の運命をきめるもの

一ぱんに未分化の細胞が集まってできる再生の芽は、それが前足

の切り口にできれば前足になり、尾のところでは尾になるというふうにきまった発達をするものである。このように未分化の細胞のかたまりを前足や尾に発達させる原因は、それがおかれている環境の違いにあると考えられる。

このような環境の違いがどんなものであるかを明らかにすることは今のところではまだできないが、それぞれの環境を再生の領域あるいは場^ばということばで呼んでいる。未分化の細胞が集まった芽が前足の場にあれば前足になり、尾の場にあれば尾になるのである。イモリの尾の再生の芽でも前足の切り口につければ前足になり、さらにまた、前足の根もと近くに植えてもやはり前足になる(第15図)。

すなわち、前足の場は前足を中心としてあるひろがりをもっている。ある再生の場全体が除かれるとその器官の再生は起らず、また、傷がその場に隣りあっている他の場に及ぶと別の器官が生じて来る。イセエビの眼のあとに触角が生じたり、こんちゅうで触角のかわりに足が生えたりするのは、この考えをあてはめると少なくともある場合には説明できよう。

もちろん、再生の芽がある程度分化してしまえば、もはやそれがなにになるかがきまつてしまっているから、これを別の場に移してもその影響を受けることはない。場しだいではなににでもなれるのは未分化の間だけのことである。



第15図 5本足のイモリ

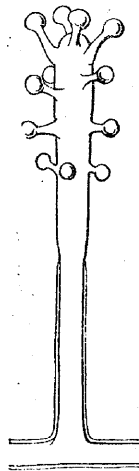
イモリの尾の再生の芽を前足の場に移植すると、それから余分の足が再生してくる。

5. 再生と神経

ある器官や組織が除かれた場合、その附近にある未分化の細胞に活動をはじめさせるのはなんであろうか。

ミミズの体を前から数節ぐらいのところまで切り離すと、切り口に

腹髄の断面がきていれば、うしろの部分の切り口から頭が再生する。また、切り口の近くで腹髄をおしまげて、その断面を他の部分の体表にみちびきそこに傷をつけると、そのところに頭部ができてくる。イモリの後足にはいつている神経の先の方を引っぱってほかのところへ移したときにも、後足の再生の場のなかでは後足を生じ尾の場に移されると尾を生じ、けつきよく足や尾が余分にあるイモリを生じる。



第15図 シンコリネ
シンコリネは海産のこう腸動物である。ヒドラなどと同じく再生の力が強いが、暗黒のなかではその力がなくなる。また23℃ぐらいの温度のときに再生の進みがもっとも速い。

これらの例からみると、再生にあたって未分化の細胞に活動をはじめさせるには、少なくともある場合には神経が重要な役割をしていることがわかる。切断された神経にはなにかの物質を分泌して細胞の分裂を促し、再生の芽を作らせるはたらきがあるのかもしれない。したがって再生の芽を作らせるのは神経であり、それがなにになるかは場によってきめられるのである。

6. 再生に影響を及ぼす要因

再生は体の内外のいろいろな要因によって、その起り方や進み方が変化させられる。再生の場や神経の影響などもこの例であるが、つぎに外部の要因の例をしらべよう。

ヒドラの仲間ではシンコリネという海産の動物は、触手や口のある、花のような部分を切りとってから暗黒のなかにおくとけつて失った部分を再生せず、また、一たん再生しかけて来たものでも吸収されてしまう。この場合、再生が起るには光のあたることが絶対に必要である。この動物の再生

の進みにはさらに温度がかなりの影響を及ぼす。一ぱん適当な温度は23℃ぐらいで、これより低くなるとしだいに進み方が遅くなり、また高くなっても害がある。

これと同じ仲間ではアンテヌラリアという動物から小さなかけらを切りとって、これをさかさにしておくと下端からは根が、上端からは茎がのび枝が出て、その先にヒドロ花がつく。また、これを横にしておくと、本来の位置とは関係なく、上に向いた切り口や茎の側面から新しい茎が上方にのび、下に向いた部分からは根が生じる。すなわち、極性と関係なく、ただ重力だけが再生の結果を左右するのである。そのほか、水にすむ動物では、水中にとけている塩類の濃度や水の酸素イオン濃度なども再生に影響を及ぼす。しかし、食物は影響がなく、絶食させておいても再生は進む。

種子植物を傷つけると、そこにきず組織ができる。きず組織ができるのは、そのところの形成層が関係するほかに、傷が刺激となって、すでに細胞分裂の能力を失った細胞がふたたびその力を回復して来るからである。いずれにせよ、こういう組織ができるのは、負傷のためにこわれた細胞に、分裂を促す物質ができ、それが附近の細胞にはたらきかけるからであると考えられ、この物質にきずホルモンという名がつけられている。

キャベツの球茎から三つのうすいかけらを切りとる。第一の切片は水でよく洗い、第二の切片はそのままにしておき、第三のは水で洗ってから切り口に球茎のすりつぶしたものを塗りつけておく。すると、第二と第三の切片にはきず組織ができるが、第一のものにはできない。同じようなことはジャガイモのいもでも見られる。また、ペンケイソウの葉は肉が厚く、これを注意して裂くと細胞がこわれずに裂けるが、このときは傷口にきず組織はできない。これに反してメスなどで葉を切つて切り口の細胞をこわすとこの組

織ができる。細胞をこわさないで葉を裂いたときでも、切り口に葉をすりつぶしたものを塗りつけておけば、きず組織が発達して来る。これらの実験の結果はいずれも負傷によってこわれた細胞にきずホルモンという一種のホルモンができることを裏書きするもので、現在ではきずホルモンの化学的な組成も明らかにされ人工的にも合成できるようになった。

参 考 書

竹 脇 潔

ホルモンの問題

寧楽書房

單元 8

子はどのようにして
できるか



あらゆる生物には種類によつてはばきまつた寿命がある。カゲロウの成虫のようにはかない寿命のものもあれば、また、ある種の植物のように何千年というよわいを保つて、なお生命力のさかんなものもあるが、いずれは生命を終ることはまちがいない。一つ一つの生物をとつてみれば、意識するかしないかは別として、どれも自分の生命を少しでも長く安全に維持しようと努力しているのが認められるし、また体にもそのためのたくみなしくみがそなわっている。しかし、それでもなお死をまぬかれることはできないのである。そのかわり、生物はほとんどまちががなく生がいの間に子をのこし、個体自身の寿命が終つても、その子孫は絶滅せずに種族として限りない生命をもちつづける。したがつて、種族の維持という面からみて、生殖のはたらきは大きな意義をもっているのである。では、子はどのようにしてできるのであろうか。

1. 生物のふえ方にはいろいろあるが、われわれの身近にいる生物についてどんなふえ方をしているか考えてみよう。

2. 生物の染色体数は種類によつて一定している。このことと、新しい個体が二つの生殖細胞の合体によつて生じることとは、むじゅんしないだろうか。

3. 卵から一人まえの動物になるまでの変化はどのような方法でしらべることができるか。

4. 卵生をする動物と胎生をする動物との種類をあげてみよう。

5. 一人まえの動物になつたときの各器官は、もとそれが卵であつたときにすでにできているであらうか。

1. 生物のふえ方

1. ふえ方のいろいろ

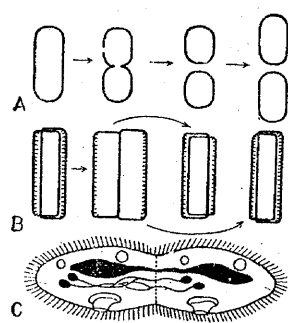
生物が生育してある時期に達すると、新しい個体を生じることができるようになる。これによつて親から子へと生命が伝えられ、その種族が保たれ、子孫の数がしだいにふえていくのである。

生まれ出る子供の数は生物の種類によつてほぼ一定している。あるものはごくわずかな数の子供を産み、またあるものはほとんど無数といつてもよいほどの子供を産んでいる。魚の卵やキノコの胞子などはこの後の場合の例であり、人やほにゅう類は前の例である。しかし、子供が少ない種類でもその種族が絶滅することなく、また多数の子供を生じる種類でも、その種族で地球上が満ちあふれることのないのは環境のふりにかけられているからである。

たとえば、ニシンなどは1匹が毎年数百万の卵を産むといわれる。したがつて、その卵がすべて順調に育つたとすれば、まもなく海はニシンでいっぱいになってしまうわけであるが、じつさいには一人まえになれるのはそのうちのごく少数で、他はすべてほかの動物のえさになったり、岸に打ち上げられたりして死んでしまう。これに反してゾウのような動物では生育するまでに長い年月を要し、生がいに産む子の数もいたつて少ないが、そのかわり長い間親からよくまもられていて、生育のとちゅうで死ぬものの数はいたつて少ない。このように、よく親から保護されているとか、外界の変化に対する抵抗力が強いとかの種類では、生じる子の数が少なく、また、反対につねに生命がおびやかされているような種類では、子の数が多くなっている。同じような例は植物についても数多く見つけ出せるであらう。このように、生まれ出る子供の数が多いか少ないかはそれ

の生殖の方法とも密接な つながり をもっている。

生殖の方法はまず大きく分けて二つにすることができる。その一つはバクテリアや、胞子を作る植物などのように、一つの個体の体が割れたり、ただ一つの個体から生殖にあずかる細胞が1種類だけ生じたりして、これからただちに新しい個体が生じる場合で、このような生殖法を無性生殖という。これに対して、イヌとかカエルとかの動物では、雌雄2種類の個体があって、それぞれ違った種類の生殖細胞を生じ、これが合一してはじめて新しい個体になるのである。このような生殖法が有性生殖という。ウメやサクラのような植物では木には雌雄の区別はないが、花が咲くとそこに雌雄の生殖細胞を生じ、この二つから種子ができ新しい個体になるからやはり有性生殖をしている。



第1図 二分法

ごく下等な生物では、体がほぼ同じ大きさに2分して個体数がふえる。これが二分法である。図はA. バクテリア、B. けいそう、C. ゾウリムシの二分法を示す。

2. 無性生殖

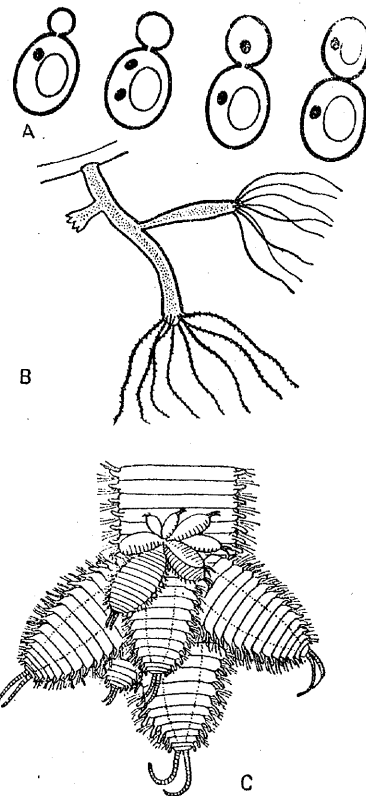
無性生殖のもっとも簡単なのはバクテリア・けいそう・ゾウリムシなどのように体がたんに二つに分かれて数がふえる場合で、このようなふえ方を二分法という(第1図)。

酵母ではこれとやや違って、一つの個体が芽を出し、二つに分裂した核の一つが芽のなかに入り、芽はしだいに大きくなって母体から離れて個体数がふえる。多細胞動物にも体の一部分から芽といってよいような突起を生じ、それが大きくなってふえるものがある。このようなふえ方を

出芽法という。ヒドラやブクナリアなどもこの方法によってふえ、ゴカイの仲間にもときに出芽法によって体の後端に大小数箇の子を生じてふえるものがある(第2図)。

こう腸動物でもサンゴなどには出芽法によってふえることがあるが、これでは新たに生じた個体が母体から離れずに集団となって生活し群体を作る。バクテリアなどにも同じような群体の見られることがある。

無性生殖でも生殖のための特殊な細胞を生じ、これから新しい個体ができる場合があり、そのいちじるしい例が胞子である。胞子ができる場合には、バクテリアのように一つの個体が形を変えて一つの胞子を作る場合もあり、カビの類のように菌糸の先端がいくつにも切れてそのおのおのが胞子となる場合もある。また、マラリア原虫のように、一つの個体のなかで核がいくつにも分裂してその一つずつを含んで



第2図 出芽法のいろいろ

酵母などは体の1部分に小さな芽が生じ、のちにこれが離れて1個体になる(A)。このような出芽法はヒドラでも見られる(B)。また、ゴカイの仲間には体の後端から多数の子を芽出してふえることがある(C)、これは出芽法の特殊な例である。

多くの胞子ができることもある。このほか、コケ・シダ・キノコなども1個体が多数の胞子を作つてふえる例である。

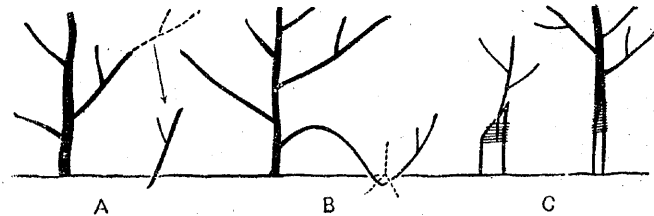
また、そう類やそう菌類には、1本ないし数本の べん毛 をもつ およぎ子 を作り、これが発芽すると新しい個体ができふえるものがある。

われわれが庭木や果樹などでよくやる つぎ木・さし木・とり木などは元來有性生殖をするものに人の手によって無性生殖をさせたものである。

さし木は植物の体の一部をきり離して土にさし、根を出させてふやす方法であり、つぎ木はある植物を台木として、これに他の植物の芽や枝をつぎ穂としてつなぎ合わせる方法である。したがって、さし木は新しい個体を作り出す方法であるが、つぎ木は新しい個体を育て上げる方法ともいえる。

また、とり木は木の枝の一部をそのまま土にうすめて根を出させ、その後で親木から切り離して新しい個体を作り出す方法である(第3図)。

再生もまた無性的に新しい個体を作り出すのに役だつ(單元7参照)。たとえば、タンポポの根を小さく輪切りにしてそのおのおの



第3図 さし木・とり木・つぎ木

生物は種類によって人為的に無性生殖をさせることができる。さし木・とり木などの方法はこの例である。図のAはさし木、Bはとり木、Cはつぎ木の方法を模式的に表わしたものである。

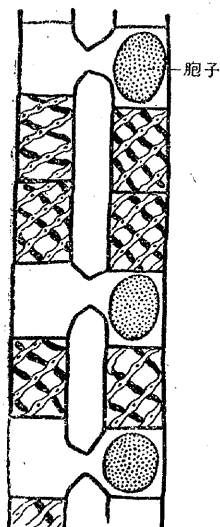
のかけらを植えておくと、やがて芽を出して個体となる。プラナリア・ミミズ・ヒトデなどの動物も再生の能力がいちじるしいから、体をいくつかの部分に切り離して個体数をふやさせることができる。

3. 有性生殖

日常われわれの目に触れる生物には有性生殖をするものが多い。有性生殖では、雌雄2種類の生殖細胞ができ、これが合一して新しい個体のもとになるのであるが、この2種類の生殖細胞はそれぞれ別々の器官で作られ出される。動物では、1個体がその一方の器官だけをもっていることが多く、そのために個体に雌雄の区別ができる。さらに、雄と雌では、生殖細胞を作る器官が違っているだけでなく、体の形や性質にもいろいろな違いが生じることが多い。これに反して植物では、雌雄の生殖細胞を作る器官が同じ1個体にそなわっているものが多く、ホウレンソウなど、比較的少数なものが雌雄によって株を異にしている。しかも、このような植物では、花が咲くようになってはじめて雄・雌の区別がたやすくできるようになるのである。

一ばんに高等な生物では、雌雄の生殖細胞がそれぞれ明らかな特徴をもっているが、ある種の原生動物や、ごく下等なそう類などでは、2種の生殖細胞の間に雌雄の区別が明りょうにつきかねるようなことがある。

たとえば、ゾウリムシはふつうは二分法によってふえるが、ときには二つの個体がたがいにくつつきあい、核の一部分を交換してからまたたび離れることがある。これによってゾウリムシは若返りをするらしく、活動がさかんになり、大いに分裂して個体数をふやしていく。このように2個体が合体して内容の一部をとりかえることを接合という。ゾウリムシの場合には接合をする2個体は外形がま



第4図 アオミドロの接合

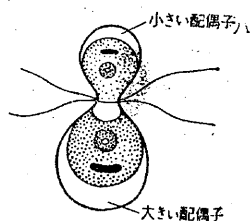
アオミドロはときによると2本の糸が平行し、向かいあった二つの細胞の膜がのびて細胞のなかが合体することがある。この場合きまった一方の株から他方になかが流れこむのである。

と考え、なかみを相手方に流しこむ方を+性としている(第4図)。キノコでは、2本の菌糸が接合して、その先に胞子ができるが、この場合にも菌糸に+性と-性とを区別することができる。

また、そう類のグラミドモナスには、べん毛のある配偶子ができ、これが合

つたく同一で、雌雄の区別がつけられないが、ほかの種類の生物では雌雄とはいえないまでも、なんらかの違いが認められる場合がある。

アオミドロはときによると2本の糸が平行してならび、向かいあった細胞から突起が出てたがいに連絡し、一方のなかが他方に流れこんでそこに胞子ができることがある。この胞子が後に外に出て新しいアオミドロになるのである。しかしその接合をよくしらべると、対になる2本の間には形はまったくひとしくても性質の違いがあるらしく、ある組み合わせではけっして突起を生じることがない。さらに、たがいの間にできた橋を渡ってなかみを相手方に送りこむ株も一定している。このことからアオミドロには+性と-性との2種があると考え、なかみを相手方に流しこむ方を+性としている(第4図)。



第5図 グラミドモナスの配偶子の接合

グラミドモナスは2種類の配偶子が接合して新しい個体となる。おのおのの配偶子はいずれも2本のべん毛をもち、つくりはまったくひとしいが、大きさが違っている。

体して新しい個体のもととなるが、その配偶子の間には大小の違いが認められるだけである(第5図)。

これらの接合の例は、有性生殖と無性生殖との橋渡しのような立場にあると考えられる。

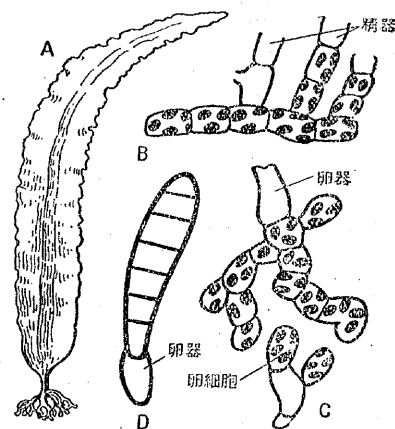
4. 世代の交代

有性生殖をするか無性生殖をするかはふつう生物の種類によってきまっているが、なかには同じ個体でこの両方を行うものがある。

しだ植物で、ふつうシダと呼ばれている時代は雌雄の別がない無性時代であって、これに胞子ができる。この胞子が発芽すると前葉体という小さな植物になり、

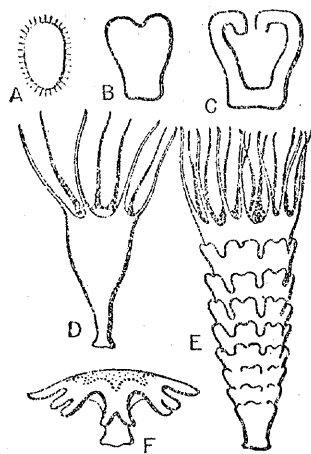
これに卵器と精器とができる。それぞれ卵細胞と精子とを作る。卵細胞と精子とは合体して、新しいシダが作られる。前葉体には雌雄があり、雌雄の生殖細胞ができるから有性時代である。このようにしだ植物では有性時代と無性時代とがたがいに違いに現われて、無性生殖と有性生殖とをくりかえしている。有性時代と無性時代とが交互に現われることを世代の交代という。

コンブやワカメなどをみると、ふつう食用にするの



第6図 コンブの一生

われわれがふつうコンブと呼んでいるのは無性時代で(A)、葉の表面にある袋が破れるとおよぎ子が外に出て、まもなく小さな植物になる。これには精器をもったもの(B)と卵器をもったもの(C)とがあるから有性時代である。そのおのおのにできる精子と卵細胞とが合体するとまたコンブ(D)ができる。



第7図 ミズクラゲの一生

海中を自由に泳ぎまわっているクラゲの時代は有性時代で、雌雄の生殖細胞が生じる。この両方の生殖細胞が合体して発育すると(A~B~C)、他物に固着するポリプとなる(D)。ポリプの時代は無性時代で分裂によって数箇の個体に分かれ、全体は杯をいくつも積み重ねたような形になる(E)。まもなくそのおのおのが母体から離れると、自由に水中を泳ぎまわるクラゲになる(F)。

交代の例と見ることができる(第7図)。

は無性時代のもので、これが およぎ子 を作ってそれから雌雄の区別のある小さな植物ができる。この時代が有性時代で、精器をもった個体と卵器をもった個体とが区別される。ふつうのワカメやコンブは精器から生じた精子と卵器から生じた卵細胞とが合体してできたものである(第6図)。

動物でもミズクラゲなどでは、海を自由に泳ぎまわっている時代には雌雄の生殖細胞ができ、これが合体してポリプとなり、他物に固着して生活する。ポリプの時代は無性時代で、これがくびれて数箇の皿を重ねたような形になり、後にはその皿が分離して泳ぎ出し変態してクラゲとなる。このように有性の時代と無性の時代とが交互に現われるから、これも世代の

2. 生殖細胞とそのでき方

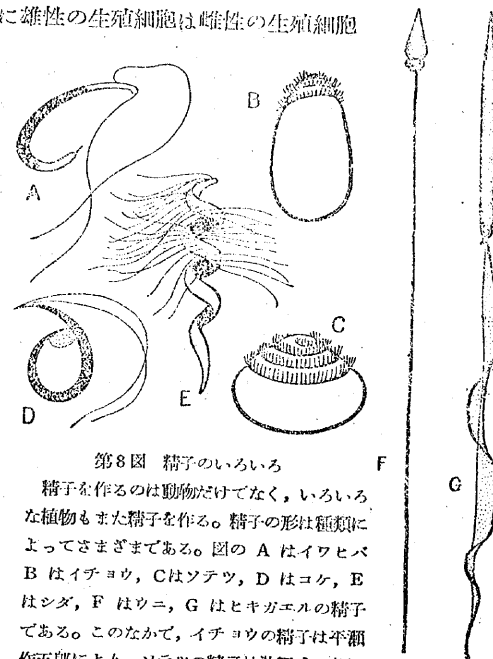
1. 卵子と精子

有性生殖は無性生殖にくらべて複雑であって、まず有性生殖にあずかる雌雄2種類の生殖細胞はだいたいその大きさばかりでなく、形や つくり までいちじるしく違っている。

動物では雄性の生殖細胞は例外なく精子であるけれども、植物では精子をつくるものと花粉を生じるものとがある。

しかし、一ぱんに雄性の生殖細胞は雌性の生殖細胞にくらべて小さい。

花粉はふつうの種子植物のおしべの先端にある花粉ぶくろのなかにでき、十分に熟してくるとそとにこぼれ出る。形は球形をしたものが多く、あるものでは表面にでこぼこがあって、めしべの頭に付いたときに落ちにくい。ほんと



第8図 精子のいろいろ

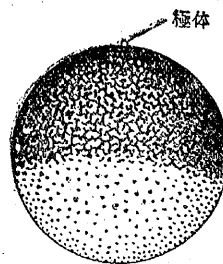
精子を作るのは動物だけでなく、いろいろな植物もまた精子を作る。精子の形は種類によってさまざまである。図の A はイワヒバ、B はイチヨウ、C はソテツ、D はコケ、E はシダ、F はウニ、G はヒキガエルの精子である。このなかで、イチヨウの精子は平瀬作五郎により、ソテツの精子は池野成一郎によって発見された。

うに雌性の生殖細胞と合体するのは花粉そのものではなく、なかの核の一部だけである〔植物の受精〕の項参照。多くの種子植物では、はだかの核がそのままの形で移動して雌性の生殖細胞と合体するが、イチョウやソテツなどではこの核を中心として精子ができる。

動植物の精子の形は種類によってかなりの違いがあり、イソヒバ・ロケなどの精子は、らせんのように体がまいていて、2本のべん毛をもっているが、シダではらせん形で多数の繊毛をそなえている。また、ソテツやイチョウの精子はだ円体の先端にらせん形の帯があつて、ここに多数の繊毛がついている。動物では先のとがっただ円形の頭部から1本の尾が出ていて、このべん毛運動によつて、水中を泳ぐ。一ぱんに精子の大きさは卵子にくらべるといじりしく小さく、イチョウでは $80\sim 100\mu$ 、シダではらせんを引きのばしても $40\sim 60\mu$ であり、人の精子は $52\sim 62\mu$ 、そのうち頭部の長さは約 4.5μ 、尾は $47\sim 58\mu$ 、頭部の厚さは 1μ 、幅は $2\sim 3\mu$ である(第8図)。

卵子は鳥の卵のようにごく大形のものから微小なものまであつて、種類による違いがいじりしい。被子植物ではめしべの根本にある子房のなかにはいのうという部分があり、そのなかに1箇の卵細胞がおさまっている。また、シダの類では前葉体に卵器ができ、そのなかに1箇の卵細胞がある。動物の卵子は球形で、なかに卵黄を含んでいる。卵黄ははいが発生をする場合の養分として使われるもので、一ぱんにこれを多く含んだ卵ほど形が大きい。また、卵黄の分布のしかたもいろいろで、ウエの卵のように一ように分布しているものから、魚の卵などのように一方の側にかたよつて集まっているものまである。

動物の卵が十分に熟したときに観察すると、1箇または3箇のごく小形の細胞がその表面についているのが見られる。これを極体と



第9図 卵子と極体
動物の卵子には1箇または3箇の極体があり、これがついている卵子の位置を動物極、その反対の極を静極という。極体は卵子にくらべていじりしく小さく、この両方の割合はヒキガエルでは上の図のようである。

いい、ヒキガエルの卵でこれと卵子との大きさをくらべるとケン粉とビンボンの球ぐらいである。極体という名まえは、これがくつついている場所が動極といつて、卵の構造上もっとも重要なところにあたっていることから出ている。たとえばヒキガエルでは、卵子は黒色の半球と、卵黄を含んで黄色い半球とに分けられるが、極体は黒色半球のほぼ中央にあり、卵子のその場所が動極である。動極に対してこれと反対側に当る黄色の半球の中央を静極という(第9図)。

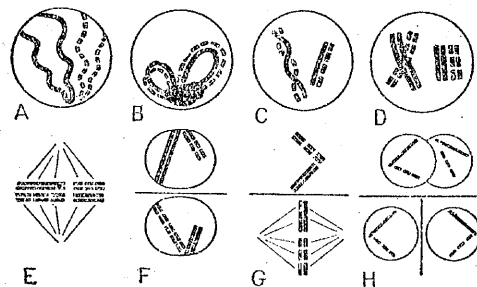
2. 減数分裂

精子と卵子とがどのようにしてできるかを知るにはまずふつうとは違った細胞分裂のあることをしらべなくてはならない。それには、ユリの若いつばみを開いて、おしべの頭をとり、そのなかみをのせガラスの上になすりつけ、す早くさく酸カーミン液¹⁾をかけてから将来花粉となるべき細胞の核の分裂を顕微鏡でしらべるとよい。

この場合にみられるような分裂法はふつう生殖細胞ができるときにだけ行われ、引きつづき前後2回分裂する。この場合の分裂の特徴は染色体数の半減した細胞を生じることである。すなわち、まず形やつくりがよく似た染色体が2本ずつ並行して一つにとけ合い、後にそれがふたたび縦に二分して二つの新しい核を作る。したがつて、もとの細胞の染色体の半数が一方の子細胞に行き、そのおの

1) さく酸カーミン液は、45%のさく酸を煮たさせて、それに粉末カーミンを飽和させ、こして作る。これに鉄みょうばんの4%水溶液を1滴加えたとおよい。

のに対応する残りの半数が別の子細胞にはいるわけである。生殖細胞ができるときに、このような分裂法が行われるので、これによって、将来雌雄の両生殖細胞が合一したときに、ふたたび元の染色体数にもどるわけであり、新しい個体は両方の生殖細胞から平等に染色体を受けつぐことになるのである。この分裂の道すじを順にたどってみるとつぎのとおりである。まず核が分裂する時期になるとなかの染色糸がしだいはっきりしてきて、ついで核の一方の側に押しつけられる。このときの染色糸は2本が平行にならんでいる。この時期を過ぎると染色糸は2本ならんだままで太さを増し、生物の種類によってきまった数に切れて染色体となり、核のなかにひろがる。この時期までが核分裂の前期と呼ばれる。ここに見られる染色体数はふつうの体細胞の分裂のときに現われる染色体数の半数である。それは、本来別々の染色体となるべき染色糸が2本ずつくっつきあったと考えれば説明がつくから、この半数になった染色体の



第10図 減数分裂

生殖細胞ができるときには減数分裂によって染色体数が半減する。上の図でAは減数分裂をはじめたばかりの細胞核、B～Dは減数分裂の前期、Eは中期、Fは後期である。これまでは第一分裂といい、これにつづく分裂を第二分裂という。第二分裂はふつうの有糸分裂と同じである(G～H)。

のおのおのを二価染色体と呼んでいる。

二価染色体は核膜が消えると同時につむがた体の赤道面にならぶ。この時期が細胞分裂の中期である。

これからあとはふつうの核分裂と同じことで、おのおのの染色体は縦に二つに割れて後期

となり、さらに割れたおのおのが細胞の両極に達し、そこで新しい核を作って終期を完了する。

これで第1回の分裂が終り、つづいて第2回目の核分裂をはじめが、それはふつうの有糸分裂と変らない(第10図)。

こうして最初の一つの細胞は2回の分裂の後に四つの細胞に分かれるが、いずれもふつうの細胞の半数の染色体を含んでいるから、この前後2回の核分裂をあわせて減数分裂と呼ぶ。

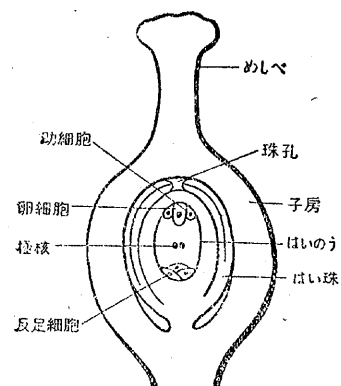
生殖細胞ができるときには必ず減数分裂をするから、生殖細胞の染色体数は必ず半減している。したがって雌雄の生殖細胞が合したときに半減した染色体はふたたび本来の数にもどり、生じる個体は種類によって一定した染色体数はもつようになる。

3. 生殖細胞の でき方

花粉ができるときには、おしべの花粉ぶくろの なかに花粉母細胞といって、花粉のもとになる細胞がたくさんでき、これが減数分裂をして4箇の細胞となり、そのおのおのが花粉に変わる。

動物の精子のでき方は花粉ができる場合とまったく同ようで、もとなる細胞1箇から2回の減数分裂をへて4箇の精子ができる。でき上った精子は花粉と違って べん毛 または繊毛をもっているものが多いから、減数分裂を終った後に形に多少の変化が現われなくてはならない。精子は雄の体内にある間は静止しているが、体外に出ると べん毛 や繊毛を振ってさかんに運動する。

動物では一ばんに卵子のもとになる細胞はすでに卵黄をもっているから精子のもとになる細胞にくらべてひじょうに大きい。2回の減数分裂で4箇になることには変りがない。ただ見かけ上の特徴としては卵子ができる場合の減数分裂ははなはだしい不等分裂で、第1回の分裂では大形の細胞と、小形の細胞とに分かれ、次の分



第11図 被子植物の はいのう と卵細胞

被子植物の子房のなかには一定数のはいのうができる。はいのうには卵細胞・助細胞・反足細胞・極核が含まれている。

一ぱんに極核は第一・第二の2箇しか見られない。これは貯えている卵黄を4等分するよりは、むしろ1箇に集中して、その1箇の発生を完全にするための適応とも考えられる。

植物では被子植物の卵細胞のでき方がほかのものといちじるしく違っている。この植物では子房のなかに、種類によってきまった数の はい珠 ができ、そのなかに1箇ずつ はいのう のもとになる細胞が生じる。この細胞が減数分裂をして4箇の細胞になり、そのうち三つは退化して一つだけ残り、これが成長して はいのう となる。はいのう の核はつづけて3回分裂して8核となり、そのうち三つは一方の側に集まって反足細胞というものになり、他の三つはそれと反対の側に集まって中央の1箇が卵細胞、両側の2箇が助細胞というものになる。また残りの2核は はいのう の中央にあって極核と呼ばれる(第11図)。

裂ではそのおのおのがまた割れるから、結局1箇の大形細胞と3箇の小形細胞とが生じる。前者が卵子であり、後者が極体である。

極体はその生いたちからわかるように、卵子と同格の細胞でありながら二次的に退化したものであるが、この退化はさらに進んで第一極体が次の分裂を省略するのがふつうであるから、一ぱんに極体は第一・第二の2箇しか見られない。これは貯え

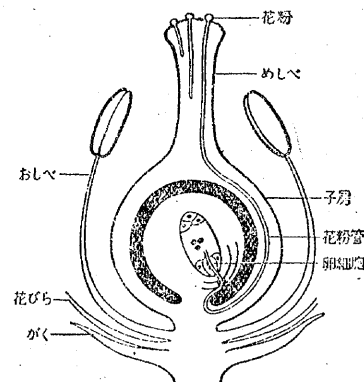
3. 体のできはじめ

1. 植物の受精

被子植物では はい珠 のなかにはいのう が完成すると、その植物はつぎの大きな変化をする機会をまっている。その変化はまず めしべの頭に花粉がくっつくことによってはじまる。

花粉が めしべ の頭に到達するには、風に乗って運ばれることがあり、こんちゅう や鳥などの体にくっついて運ばれることがあって、だいたい植物の種類によって一定した径路をとる。花粉が めしべの頭につくと、めしべ のなかを根もとの方に向かってこれから花粉管と呼ばれる管がのびる。花粉の核は花粉管のなかで二つに分裂し、花粉管核と生殖核となり、生殖核はさらに分裂して2箇の精細胞を作る。

花粉管が はい珠 に達すると 珠孔 を通ってなかに入り、そこで先端が破れて二つの精細胞がそとに出る。そのうちの一つは卵細胞に達してこれと合体し、他の一つは極核と合体する。この際、卵核や極核ととけ合うのは精細胞の核だけであるが、精細胞の細胞質が はいのう のなかに持ちこまれるか、どうかは植物の種類によって違っている(第12図)。



第12図 重複受精

被子植物は特殊な受精のしかたをする。これが重複受精である。図は花粉管のなかにできた2箇の精細胞が はいのう にはいり、その一つは卵細胞と、他は極核と合体するところを示す。

このように雌雄の両生殖細胞が合体し、両方の核がとけ合うことを受精といい、とくに被子植物では卵細胞が受精すると同時に二つの極核も合体して精細胞の核の一つととけ合うから、この受精を重複受精という。

重複受精が行われると、卵細胞はただちに細胞分裂をくりかえして種子の芽となり、極核も細胞分裂をはじめてはい乳となる。またはいのうの外側の皮は厚くかたくなって種子の皮となり、種子の外部にある子房の部分は実の肉といわれるところになるのである。

カキの種子などでは、種子が成熟した後もはい乳が残っていて、そのなかに芽があるが、豆では芽が生育して2枚の子葉を作り、はい乳を吸収して種子のなか一ぱいになっている。

被子植物以外の植物では重複受精が行われないから受精の様式が大いに違ってくる。たとえばのせガラスの上に水を1滴たらし、このなかに成熟した精器をもつシダの前葉体を入れてしばらくはおいておくと多数の精子が泳ぎ出す。このなかへ、成熟した卵器をもつ前葉体をおいてしばらくしてからとり出して検鏡すると、卵器の口のまわりに多数の精子が集まっているのが見られる。

精子は卵器のなかの卵細胞に侵入してこれを受精させるのである。この際、精子はその頭部で卵細胞をつき破って核の部分だけが卵細胞の核のなかにはいり、しばらくはそのままの形を残しているが、やがてこれと完全にとけ合う。

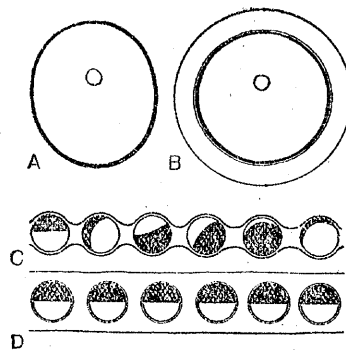
裸子植物のイチヨウでは、4月末に開花した雄花の花粉が雌株の雌花に達し、はい珠の近くに入りこんで花粉管を出し、そのなかで2箇の精子を作り出す。精子は9月はじめに泳ぎ出し、附近の水分のなかを通って卵細胞にはいり、核だけが卵細胞の核と合体する。ソテツもだいたいイチヨウと同じように精子を作り、これによって受精が行われる。

2. 動物の受精

大部分の動物では卵子と精子との合一によって受精が行われる。しかし、受精が行われるときの卵子は必ずしも減数分裂を完全に終えているわけではなく、動物の種類によっては減数分裂の途中であるものがある。たとえば、ウニでは第一・第二の両極体ができてはじめて受精が行われるが、カエルでは第一極体ができて、第二回目の分裂の用意ができた時期に行われる。このような卵子に対して、ウニの精子ならば海水中を、カエルの精子ならばま水のなかを自身のべん毛で泳いで到達し、それをつらぬいてなかにはいるのである。

ウニの卵子を受精させずに海水中にほおっておくと、半日から1日ぐらひは生きているが、精子はまもなく死んでしまうから、受精を観察しようとすれば、精子は精巢からとり出したまま海水をませずに保存し、必要のつど海水でうすめて未受精卵に加えるがよい。カエルでも精子のとり扱いはウニの場合とまったく同じであるが、これでは卵子も水中に入れるとわずかな時間で受精できなくなるから、卵管からとり出したら寒天質のおおいごとガラス器に保存する。受精をさせるときはまず精巢を切りくだいて水にませ、そのなかに卵のかたまりを落とすとい。

受精が終るまでの経過をしらべるには、極体よりもさらに小さい精子が卵子のなかへ侵入するようすを生まのままで見るのはびじょうにむずかしいから、ふつうには固定した材料を切片にしてしらべるよりしかたがない。しかし受精が終ると卵子にいちじるしい変化が起り、そのために受精が終ったかどうかをたやすく見分けることができる。すなわち、ウニでは卵子が受精するとその外側に1枚の透明な膜が分離する。この膜を受精膜といい、完全にでき上れば卵子と同心的な球となって完全にこれを取りかこむ(第13図A,B)。



第13図 ウニとカエルの未受精卵と受精卵
ウニの卵(A)が受精すると周囲に透明な受精膜が分離する(B)。カエルの卵子(C)でも同じことが起るが、それよりも動極が上に向いて起きなることが多い。特徴である(D)。

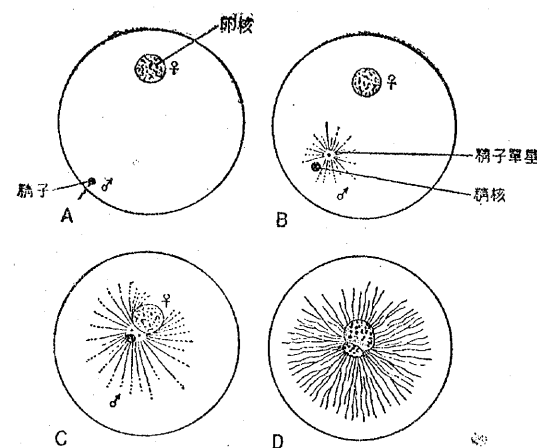
ウニの卵子では受精のときすでに減数分裂が終わっているから、受精すればそのまま発生を進めるが、カエルでは減数分裂を1回だけ終わったところで産卵するから、受精してから第二極体ができる。極体は小さくてひじょうに見つけにくい。第二極体が出たところだけが色がなくなっているから、黒色の動極の近くで小さい白い点を見つけて、その附近を反射光線がよくさがすとこれが光って見えることが多い。

3. 精子と卵子の核の合体

ウニでは、精子が卵子のなかにもぐりこんで(第14図A)数分たつと、精子の核のまわりに放射状の星のような形のものが現われる(B)。これを精子星星といい、この星星がだんだん大きくなるに従って精子の核はいつも星星の中心に位置しながら卵子のなかを進み(同図C)、星星が卵子のなか一ぱいにひろがると、精子の核はしぜ

カエルでは未受精卵の表面に密着していた膜が、ウニの受精膜と同じように分離するが、周囲の寒天質にさえぎられてこの変化は見えにくい。そのかわり、卵膜が分離した結果、なかの卵子は自由に回転できるようになり、それまで勝手な方向にならんでいたのが卵黄の多い静極を下に、黒色の動極を上にして、おきあがりこぼしのように一せいに起きなおる(第13図C、D)。

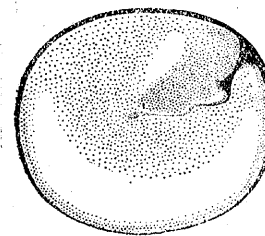
ウニの精子では受精のときま



第14図 ウニの卵の受精の道すじ
コシダカウニ・ラッパウニなどでは精子が卵子のなかを進んでいくあまりさまを生きたままで見ることができ。すなわち、精子は図のA・B・C・Dの順に進み、卵子の核と合体する。

では、このような変化を生まのままで見ることはできないが、コシダカウニ・ラッパウニなどの透明な卵子ではこれらの道すじを生きたままで顕微鏡の下でたどることができる。

カエルの卵子は色素や卵黄のために不透明であるから、両方の核

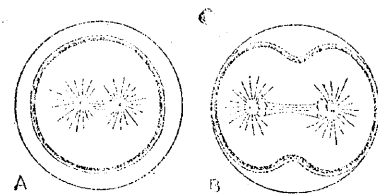


第15図 カエルの卵の受精の道すじ
カエルの卵子では精子の通つたあとに黒い色素が残るから、後からその道すじをたどることができる。

が合体するまでの経過をたどるには固定した材料を切片にするよりほかはないが、その場合卵子のなかを精子が通った跡に黒色の色素ができるから、その通った道すじがはっきりと認められる。それによると、卵子のなかにはいったばかりの精子の核はまず卵の表面に鉛直にある距離だけ進み、そこで方向を変えて卵子の核と出あう(第15図)。

んに卵子の中心に行きつく。すると卵子の核がこれに近づいてきて両方が合体するのである(同図D)。ムラサキウニ・アカウニのように比較的卵黄の多い卵子

ヒキガエルでは精子の通る道すじがわかっていないが、これは色素ができないか、あるいはできてもうすいためであろう。いずれにしても卵子と精子との両核が合体することによって、一たん半減した



第16図 ウニの卵子の分割
ウニの卵子の分割では、いつもほぼ同じ大きさの部分に分かれ、桑実期に達する。

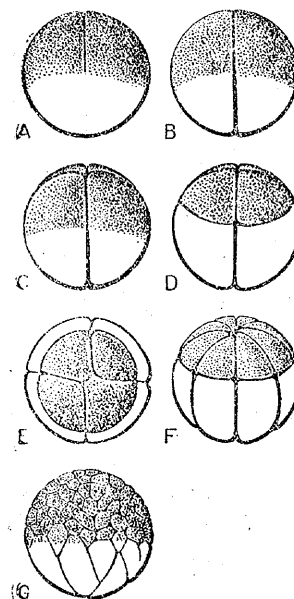
染色体の数がもとにもどるわけで、これが有性生殖において卵子と精子とのもっとも重要な役目である。

4. 受精した卵の分割

精子と卵子との両方の核が合体すると、つづいて卵子は分裂をはじめ。この場合も染色体ができたり、つむがた体が現われたりして、まったくふつうの細胞分裂をするわけであるが、卵子の細胞分裂にかぎって卵割ということばで呼ぶことがある。

ウニでは第1回の卵割は動極と静極とを通過して卵子の中央にみぞが現われ、ついでまゆのような形にくびれたのが二つに分かれ、二細胞期に達する(第16図A~B)。第2回目はこの両細胞に同時に起り、しかも

その卵割面はふたたび動極と静極とを含みながら、第1回の卵割面に直角になるため、一平面上にならんだ4箇の細胞ができる(同図D)。これが四細胞期である。第3回目はこれら4箇のすべての細胞に同時に起り、前2回の卵割面のおおのに直角な方向に分裂するから動極側の半分と静極側の半分とに切り離され、その結果4箇ずつの細胞が2層にならぶようになる(同図E)。これ以上卵割がつづいて細胞数がましてくると、しだいに卵割のしかたがたどりにくく



第17図 カエルの卵子の分割
カエルの卵子ではウニと違って、動極側の細胞が静極側よりも小さくなるように分割していく。EはDを上から見たところである。

なるが、それでもなおきまった形式に従って分割する(同図F~G)。

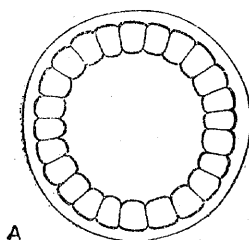
カエルの卵子でも八細胞期までは分割のしかたがウニに等しいが、卵割によって生じる細胞間のみぞがウニのように細胞のまわりに同時にできずに、いつでも動極からはじまってだんだん静極に向かう点が違う(第17図A~C)。または第3回目の卵割は動極と静極との中間の赤道面を通らず、動極の側に片よっている(同図D)。そのため八細胞期では、動極側の4箇の黒い細胞は小さく、静極側の黄色い4箇は大きく(E)。この傾向はそれ以後の卵割でもつづいている(同図F~G)。

ウニとカエルとで卵割がこのように違うのは、カエルの卵子では静極の側に卵黄がたまっているためである。さらにメダカなどの魚では卵黄

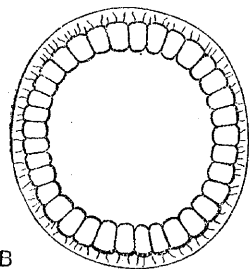
が卵子の大部分を占めているから卵割は動極の近くのほんの一部分のところだけで行われる。

いずれにしても、はじめのうちはやつぎばやに卵割が起って全体はまもなく多数の細胞の塊となる。この時期になると外観がクラの尖に似ているので、これを桑実期という（第16図G、第17図G）。

5. 胞はいになるまで



A



B

第18図 ウエの胞はい

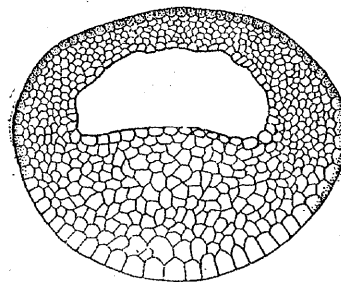
桑実期を過ぎたウエの卵はまもなくゴムまりのように中空になり胞はいと変る(A)。胞はいが一定の大きになると突然表面に纖毛が生えて自由に泳ぎはじめる(B)。

卵子が分割をはじめると、もう卵ということばでいい現わすわけにはいかないが、それかといつてまだ完全な個体でもない。それでこの間の時期のものをはいと呼ぶ。

桑実期以後のはいでもそうとうさかんに卵割が起って細胞数が増すが、見かけの大きさは反対に小さくなっていく。このことは、この時期の各細胞はまだ成長していないことを示すものである。しかし、それからしばらくたつと、細胞は成長しないのにはいの輪郭が少しずつ大きくなりはじめる。それは、はいの内部に液体がたまって、空所ができてくるためである。このように中空の時期のはいは桑実期のものとはっきり区別ができるから、これを胞はいと呼び、なかの空所を^{かつ}割くうと呼ぶ。

ウエの胞はいは1列の細胞によ

つてなかの割くうが包まれていて、外から割くうがよく見られる（第18図A）。ウエの場合では割くうが一定の大きになると、はいはとつせん纖毛を生じて動きはじめ、まもなく受精膜をとかして自由に泳ぎ出すから、一ぱんにはこの時期をもって胞はいに達したといひならわしている（同図B）。



第19図 カエルの胞はい

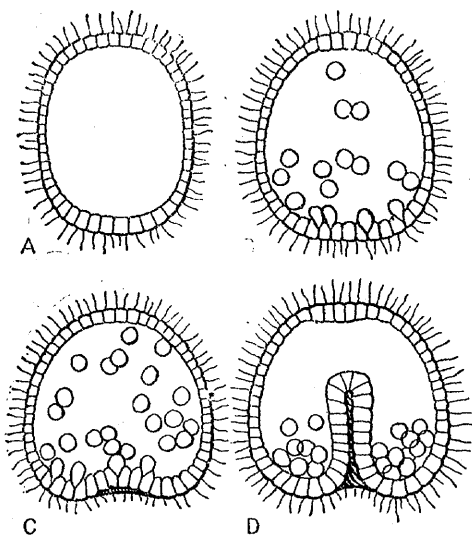
カエルの胞はいは壁がいく層かの細胞からできていることと割くうの位置が動極に片よっている点でウエと違っている。

湯で煮たてて安全かみそりの刃で切り開けばその構造を知ることができる。

カエルの胞はいがウエと違うところは、壁がいく層かの細胞の重なりでできていて、割くうが動極の方に片よっていることである（第19図）。

6. のうはいになるまで

カエルの胞はいが泳ぎ出してから数時間ないし1日で1箇所からくぼみができて第20図のようになる。このように胞はいがへこんでいく過程を陥入という。陥入がまったく終ったときのはいは同図Dのような状態で、これをのうはいと呼ぶ。なおのうはいのなかで、陥入によってできた中心の円筒状の部分を原腸といい、



第20図 ウエの のうはい

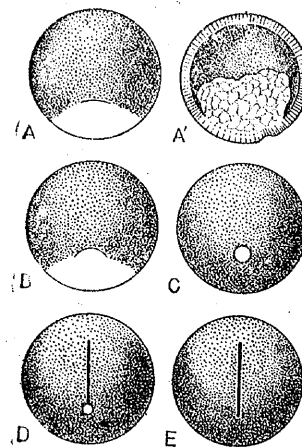
胞はい期(A)が過ぎると、1箇所からくぼみができ(C)、しだいになかにおちこんでいく(D)。これと同時にはいの後端から細胞が遊離して中はい葉のもとになる(B~D)。外側の層を外はい葉、中心にあつて原腸を作っている層を内はい葉、この両方の中間と原腸の盲端とにある細胞の集まりを中はい葉という。

カエルの卵では卵黄が多いために のうはい のでき方がこれとだいぶ違う。カエルの 胞はい は卵子のときとほとんど同じように、動極側の半分は黒く、静極側の半分は黄色く、赤道附近でだんだん移り変っているが、のうはい になりはじめると赤道より少し下の1箇所にかすかな すじ が現われ、それを境にして上方の黒い色と下方の黄色とがはっきりと分かれている(第21図A)。このころのはい を熱湯でかためて切って見ると、このすじは はい の表面が

これが外と通じている口を原口という。

陥入が起ると同時に はい の体の後端の細胞は壁から離れて割くうのなかに出て来るから、のうはい ができ上ったときには内外入れこになった2重の壁と、その間にはなれて出て来た細胞とによって三つの層が

区別される。この外側の層を外はい葉、中心にあつて



第21図 カエルの卵の陥入

カエルの卵では 胞はい 期を過ぎると卵の赤道より少し下のところにかすかな すじ が現われ(A)、これがしだいにのびて半月形から(B)円形になる(C)。こうして のうはい ができ上る。A' はAの断面を示したものである。やがてこの円形の部分は小さくなり(D)、ついには原口がたんなる くぼみとして残るようになる(E)。

からまったく姿を消して、わずかなくぼみ だけが残る。これが原口である(同図E)。このように はい の表面が陥入の場所に向かつてのび、そこで折れかえって内部にはいつていくようすはドイツのフォグド(Vogt)が使った生体染色法によるとよく見られる。

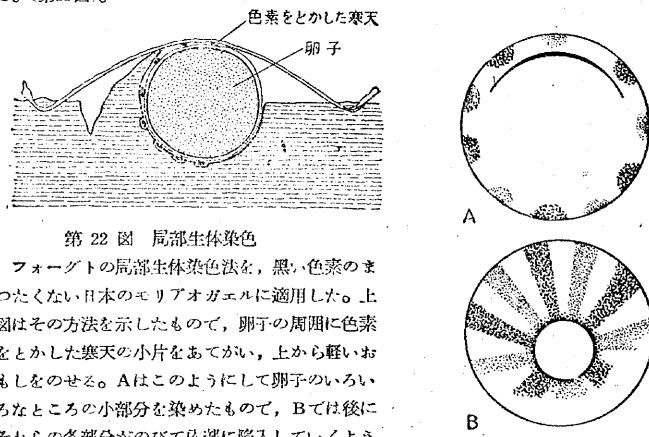
ふつうの生体染色では生きている組織や生物全体を染めるのであるが(單元4参照)、フォグドが苦心したのは一小部分をかぎって染める方法であつて、これを局部生体染色という。

この方法は寒天のなかに中性赤やナイル青のような、生きた細胞に害のない色素をと

内側に折れ曲った ひだ であり、陥入の初期であることがわかる(第21図A)。陥入はすじより動極側にある表層がのびて、その結果余分になった部分が内に折れこんでいくのであるが、このようすは陥入が進むにつれてはつきりと認められるようになる。

さらに時間がたつにつれて、このすじは左右にのびながら半円形になる(同図B)。これも、その周囲の表層がその場所に集中してのびて来るためであつて、半円を境にして上方の黒と下方の黄とがきわだっている。ついにこの すじ が完全な円になったときは、円の内側だけが卵黄で、はい の他の表面は全部黒色になる(同図C)。やがて円内の卵黄も表面からまったく姿を消して、わずかな

か！こんで乾燥したものを使う。このようにして作った寒天の先をとがらせてはいの表面にあてがうと、寒天からはいの表面に色素が移る。しかし、染まつた細胞がだんだん分裂していつてしまいに色がうすくなつてもこまるし、はじめに染めた以外の部分に色素がひろがつても結果が正確になるが、中性赤やナイル青を使うと、このような心配が少ない。染めた部分がはいの育つにつれて輪郭をかえたならば、その場所の成長のありさを知る事ができるし、さらに後になつてその場所がなにかの器官になつたり、その一部として含まれたりしかならば、その部分の役目を正確に知ることができる。(第22図)。

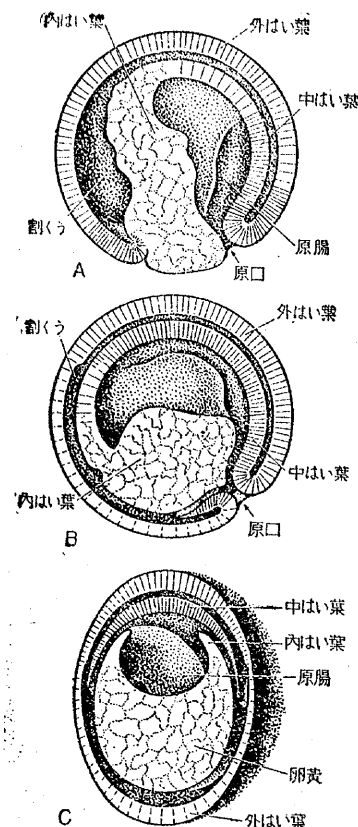


第22図 局部生体染色

フォーグットの局部生体染色法を、黒い色素のまわったくない日本のモリアオガエルに適用した。上図はその方法を示したもので、卵子の周囲に色素をととした寒天の小片をあてがい、上から軽いおもしろをのせる。Aはこのようにして卵子のいろいろなところの小部分を染めたもので、Bでは後にそれらの各部分がのびて内部に陥入していくようすがわかる。

陥入によってはいの内部に折れまがってはいった部分がどうなるかを知るには固定した材料を切り開いて見なければならぬ。第22図はそのようすを多少模式的に示したものである。それによれば、ツニの場合と違って折れまがってはいった層の大部分が中はい葉になる。

動物界を広く見渡すと、原生動物と海綿動物以外はすべて胞はいおよびのうはいの時期を通るから、それぞれの種類としての特徴が現われて来るのはこれ以後の時期である。またこう腸動物は



第23図 カエルのはいの3はい葉

カエルののうはいをたち切つて、陥入のようすをしらべると図のA・B・Cの順になる。カエルののうはいでは遊離した細胞によつて中はい葉ができるのではなくて、陥入した部分の大部分が中はい葉となる。

生がいのうはいの形で止まってしまうものである。さらに、一人まえになった動物をくらべるとその構造は種類によってまちまちであっても、そのでき上るとちゅうではいつも外はい葉・中はい葉・内はい葉を生じ、しかもそのおのおのからできてくる器官の種類もだいたい一定している。

7. 卵子に分割を起させるしくみ

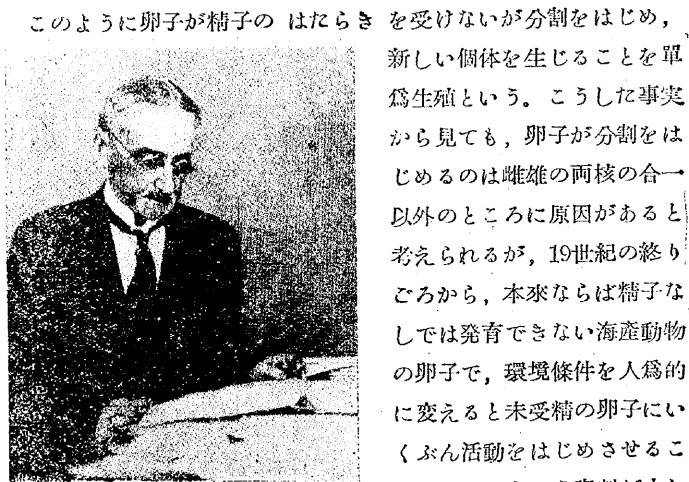
のうはいから進んで体の各部分の分化をしらべる前に、受精するとなせ卵子が分割をはじめになるかを明らかにすることにしよう。

広く生物界を見渡すと受精によらずに卵子が分割をはじめのものがある。たとえば、ミツバチの卵子が受精すると、育つてから働ばちとなり、そのなかでとくに幼虫時代に栄養が十分に與えられたものが女王となるが、雄ばちは卵子が受精せず分割をはじめ、發育をつづけた

ものである。したがって、雄はち は他の はち の半数の染色体をもって生がいふみ出す。

アブラムシの卵も夏の間は受精せずに發育して雌ばかりが生じ、秋の終りごろになると未受精のままで雄と雌とが生じる。しかし、これらの場合には減数分裂をせずに卵子を生じるから染色体数にはかわりがない。

植物でもチョウセンアサガオの一種は減数分裂によって生じた卵子がそのまま發育することがあり、ドクダミやシロバナタンポポは減数分裂を行わずに生じた卵細胞がそのまま發育して新しい個体となることがある。ことにドクダミではこれがふつうに種子を作る方法であって、花粉はできては役目を果さない。



第24図 ジャック＝ロイブ

ジャック＝ロイブは動物学者で、人為的に單爲生殖を行わせ、発生はつしやうのしくみを解くのに大きな功績をあげた。

このように卵子が精子の はたらき を受けないが分割をはじめ、新しい個体を生じることを單爲生殖という。こうした事実から見ても、卵子が分割をはじめるのは雌雄の両核の合一以外のところに原因があると考えられるが、19世紀の終りごろから、本來ならば精子なしでは發育できない海産動物の卵子で、環境条件を人為的に変えると未受精の卵子にいくぶん活動をはじめさせることができるという資料が少しずつ報告されて來た。また、養蚕の方面ではずっと前からカイコの未受精卵を日光にさ

らしたり、はけでこすったりすると發育をはじめるということを信じる業者もいた。ここで、ジャック＝ロイブ (Jacque Loeb) という学者 (第24図) はアメリカにおいて、受精を絶対に必要とするウニの卵子に化学的刺激を與えて發育をはじめさせようとしたのである。ロイブは10年の年月をへてついに單爲生殖によって親の状態にまで發育させた。その方法は2段になっているが、それをわが国のムツサキウニで試みた結果はつぎのとおりである。

I. 海水 100cm³ に $\frac{1}{10}$ N の さく酸 からく酸を 4cm³ 加え、それにウニの未受精卵を 1分ないし 1分半つけてふたたび海水にもどす。こうして10分間卵子をよく海水で洗ったら、

II. 海水 100cm³ に $2\frac{1}{2}$ モルの塩化ナトリウムを 10~15cm³ 加え、これに前の卵子を40分前後入れ、その後ふつうの海水にもどして飼う。

ウニの未受精卵は第1液からふつうの海水にもどしたときに受精膜を作るが、このまま海水中にはおっておけば卵割は起らない。それを第2液で処理するとはじめて正常に發育をはじめるのである。なお、それ以後の研究によると、最初の処理をはぶいても、第2の処理を2時間前後にのばせば發育をはじめることがわかった。

ロイブのこの研究は世界の学界を刺激し、多くの研究者がいろいろな動物について実験したが、そのうち成功をおさめたのは2例であった。一つはフランスの学者ドラージュ (Delage) によって行われ、炭酸ガスを飽和させた海水によってヒトデの卵子に單爲生殖を起させたもので、もう一つはベルギーの学者バタイヨン (Bataillon) によるカエルの場合である。バタイヨンはカエルの血液を塗った細い白金線でカエルの未受精卵をつきさして分割を起させることに成功し、おたまじゃくしから変態したカエルにまで發育させたものである。この方法を日本のトノサマガエルについて試みた結果によると、卵



第 25 図 人為単為生殖によつてできたカエル
パタイヨンの單為生殖法によつてできた日本のトノサマガエル（川村智治郎による）。

割がうながされると考えられる。しかし、なにが卵子にこのような潜在力を与えるかは今のところまったく不明である。

なお、單為生殖は卵子だけについて起るもので、精子だけで發育をはじめた例は今のところまったくない。しかし、ウニの卵子をよくふっていくつかのかけらを作り、そのうち核を含んでいないかけらに精子をかけると、そのなかに精子がはいりこんで發育することがある。卵子のかけらには核がないから、この場合受精は起らなかったはずである。このことから考えて、精子だけで發育することのないのは細胞質の不足が原因していると思われる。

理した未受精卵 1,1842 箇のうち、奇形になったものも含めて 10 日以上生きながらえたものが 62 匹で、変態したものは 6 匹という割合になった（第 25 図）。

人為的に單為生殖を起させる方法が発見されたことによって、卵子が分割をはじめするにはふつうは受精が必要であるが、未受精の卵子にもすでに分割し發育する能力がひそんでいることがわかった。

したがって正常の場合には、精子が卵子のなかに侵入する刺激によって、この能力が呼びさまされ分

4. 体のでき上るまで

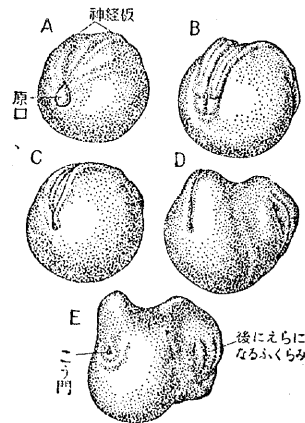
1. 組織や器官はどの はい葉 から生じるか

のうはいができて三つの はい葉 がそろると、つづいていろいろな組織や器官がではじめる。組織や器官は今まで層になっていた はい葉 が ひだ や くばみ を作って落ちこんだり、または外の方へふくらんだりしてできることもあるし、層を作っている細胞がばらばらになったり、ばらばらになったものがふたたび組み合わせたりしてできることもある。また、ただ一つの はい葉 からできるものもあれば、二つ以上の はい葉 が組み合わせられてできるものもある。しかし、それらのおもな部分は必ず三つの はい葉 のうちどれか一つからできている。たとえば、体の外側をおおっている表皮や神経系統や感覚器官のおもな部分などはすべて 外はい葉 からできている。したがって皮膚の せん や羽・毛・つめなどもこれからできたものであり、また脳についている内分泌器官もこれに属している。これに対して、消化管の内側をおおっている組織や、消化管に付属している肝臓や すい臓 などの 消化せん はすべて 内はい葉 からできるし、気管や肺や魚の えら のような呼吸器官や、甲状腺や 胸せん のような内分泌器官もこれからできる。中はい葉からできるものには筋肉や骨格や、いろいろな器官の間にひろがっている結合組織や、心臓や血管・血液などの循環系統、および泌尿生殖器系統などがある。

2. 外はい葉からできる器官

のうはいができてまずはじめにできるものは、せきつい動物では神経系統である。カエルでは原口がまだ開いたままになってい

るころに、原口の背なか側の 外はい葉 がほかにくらべてとくに厚さをましてくる。この厚さをました部分から後になって神経ができるから、この部分を神経板という(第26図 A)。神経板の形は前方が



第26図 カエルの神経系統のつきはじめ
カエルの はい がのうはい になるとまもなく、原口の背なか側を前後の方向に神経板が生じる(A)。神経板の周囲はだんだん高くなつて左右が内側に傾き神経管を形成する(B~D)。このころになると原口が消えて新たに こう門 が開き、体の両側に将来のえらがふくらみとして生じる(E)。図はすべて はい を後方から見たところである。

感覚器が現われるのは発生がやや進んでからで、鼻は頭の先の両側に 外はい葉 の くぼみ として現われ、耳のなかの内耳の部分もこれと同じように頭の両側で外はい葉が くぼみ を作ることでできる。眼は脳の壁が左右にふくらんでできるもので、ふくらんだ壁

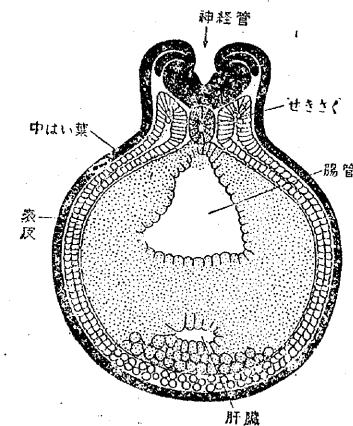
広く、原口へ近づくにしたがってせまくなる。やがて神経板のまわりが土手のように高まり、それにかこまれた内側は みぞ のようにへこむ。この みぞ がなかへ沈むと、両側の土手のような ひだ がみぞの上へかぶさり、ついにこの上でたがいにくつつきあう(同図B C D)。このようにして、みぞは形を変えて管となり、原口から前方へ向かって縦にのびる。この管を神経管といい、それはやがて外はい葉から完全にはなれて独立したものになる(同図E)。神経管の前方の部分はふくらんで脳となり、それにつづく部分が せき髄 になる。神経が神経管からまわりの組織のなかへのびて筋肉や感覚器とつながるのは、これよりもずっと後のことである。

が 外はい葉 に接すると、外はい葉 から小さな くぼみ ができてこれがレンズになる。

神経管ができるころには原口もとじていて、体全体が縦にのびはじめている(第26図 E)。このころ体の外側では前端的腹面に吸盤が外はい葉の ひだ としてできはじめ、また両側では背腹の方向にのびた ふくらみ が現われているが、やがてここに えら ができる

3. 内はい葉からできる器官

のうはい では体の外側のいろいろな変化と歩調を合わせて、内部でもまず原腸の背方の壁から、縦にのびた細胞の ひも が分かれ、神経管の下にそって縦に走る。この細胞の ひも が せき索 であって、後になって 中はい葉から骨を作る細胞が集まって来ると、これが中心になって背骨を作る。

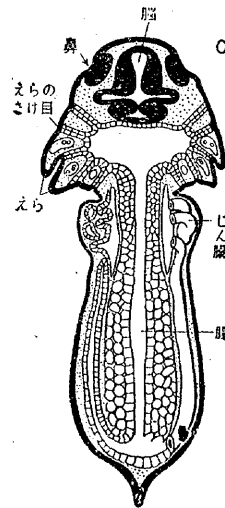
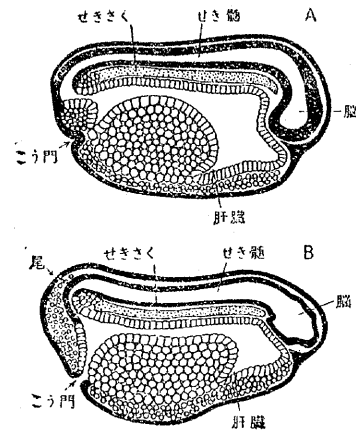


第27図 神経管ができたところのカエルの はい を輪切りにする
のうはい 期につづいての外側の変化と歩調を合わせて、はい の内部では せき索・消化管・消化せんなどができてくる。

内はい葉からできている原腸は消化器の大部分と えら や肺のような呼吸器とに変る。原腸の腹側にはまだ卵黄が吸収されずに残っているが、このころ 消化せん の一つである肝臓が、原腸の前方から ふくらみ になって卵黄のなかへのびて来る。すい臓のでき方も肝臓と同じで、肝臓のやや後のところから現われる(第27図)。

卵黄が吸収されて体がのびて来ると、消化管ものびて管の形に近くなる。原口がとじると消

化管は一たん外との交通を失うが、後になって体の前端の腹面から



第28図 前図と同じころのカエルのはいを縦切りにする
Aは第27図と同じころのはいを縦切りにしたところ
B これよりもやや遅れた時期のはいである。
CはBのはいを水平に切ったところ消化管の前の部分の側面からえらが生じるが見られる。

外はい葉がくぼんできて消化管の前端と合し、そこに孔があいて外との交通がふたたび開かれる。この孔の入口が口になる。同じようにして体の後端からも外はい葉が落ちこみ、消化管の後端とつながって外との交通がはじまると、ここにはじめてこう門ができる。

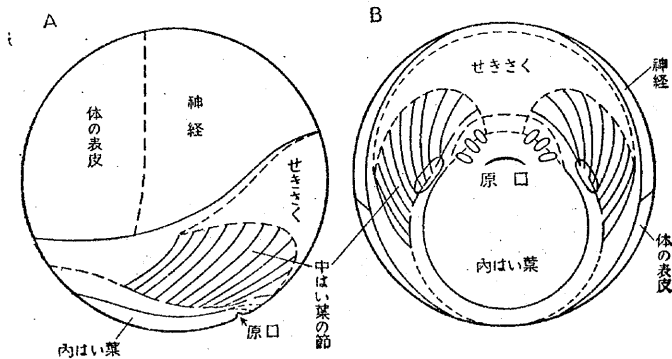
同じころ、消化管の前方の部分にいちじるしい変化が起る。それはその部分の両側の壁に5対のふくらみができ、そのおのおのが外はい葉の方へつき出て、ついにこれが外はい葉に接するとその場所に孔が開き、これがえらに通じるさげ目になるのである(第28図)。このさげ目ができる場所は、頭端近くの両側にあって背腹の方向にふくらんだところにあたっている。最初にできるえらはこのさげ目とさげ目との間の外はい葉からできるが、後になる

とこの部分の 内はい葉 からできる えら によっておきかえられる。

おたまじゃくしが大きくなると消化管の、えらのある部分の腹側の壁から二またに分かれた ふくらみ ができて、そのおのおのが肺になる。この程度に成長した おたまじゃくし は えら でも呼吸をするし、また肺でも呼吸できる。

4. 中はい葉からできる器官

せき索の両側では、外はい葉と内はい葉の間にはさまって中はい葉が層を作っている。これはやがてさらに2層に分かれ、その間にすき間が現われる。これが体くうである。2層になった中はい葉の両端がだんだん腹側へのびて来ると、その中央で出あい、はじめて一つの共通な体くうができる。中はい葉は体の大部分の組織や器官のもとになるはい葉で、神経管やせき索に近いところでは体の前方から後方へかけて節のように分かれていて、この部分が背骨を作る細胞や、背骨についている筋肉を作る細胞を生じ、



第29図 イモリのうはいのはじめにあたつて、局部生体染色法によつてその表面の組織がなにになるかをしらべたところ。Aは側面、Bは後方の卵黄せんのある方から見たところである。

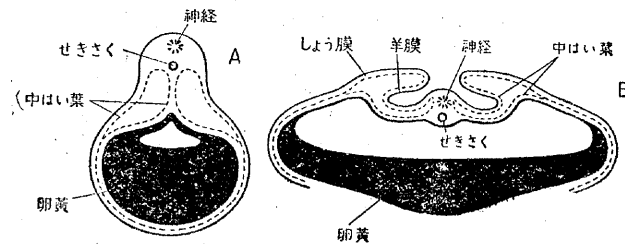
また外はい葉の下へのびて行って、外はい葉と一しょに皮膚を作る細胞を生じる。また体の両側の中はい葉からはじん臓が作られるし、体の腹面の部分からは心臓や血液が作られる。

このように組織や器官のでき方をくわしくしらべるには、やはり切片標本にたよるのであるが、カエルの若いはいをいろいろな時期にとって、これをホルマリンか熱湯で殺し、安全かみそりの刃で輪切りにして、その切り口をしらべてもだいたいのようすを知ることができる。

5. 卵黄の多い卵の発生

カエルの卵の発生をウニのような卵黄の少ない卵の発生とくらべると、卵割のしかたや胞はい・のうはいのでき方がかなり違っている。これはカエルの卵では静極の方に卵黄があるためであるが、ヘビやニワトリの卵のように静極に卵黄の量が多くて、ひじょうに大きいものではそれによって発生のかたがさらに大きな影響を受けている。

ニワトリの卵を割ってみると きみ の上に白い はん点 がある。



第30図 ニワトリとカエルのはいの比較

カエルのはい(A)の腹面を縦に切り開いて、そこに卵黄をたくさん詰め、はい全体をひらたくしたようなのがニワトリのはい(B)である。

これが動極にある細胞質で はい盤 といわれ、きみ は静極にたまった卵黄である。

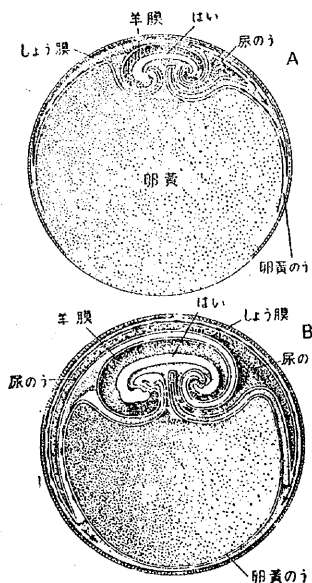
はちゅう類や鳥類の卵では、卵割から器官の形成までがすべてこの はい盤 のなかで行われるから、発生が進むにつれ全体の形は、カエルの はい の腹面を縦に切り開いてひらたくのばし、それをニワトリの はい盤 のかわりにおくか、または切り開いたところへ卵黄をたくさん詰めこんで、はい をひらたくのばしたようになる。そして三つの はい葉 は はい の体を包むかわりに、上下に重なってはい盤 のなかだけにひろがっている(第30図)。

はちゅう類や鳥類の卵は複雑な発生をするが、その理由は、卵黄の量が多いためばかりでなく、卵が発生するときの環境の違いにもよる。この類の卵は、両せい類や魚類の卵とは違って空気中にさらされるものであるから、卵管の一部から分泌された から で外側をおおわれている。さらにそのなかにあって、はい が液にひたりながら発育できるように、またそのような状態で空気呼吸ができるように、いろいろな膜が現われ、あるいはその間に液が含まれている。

カエルでは卵子が発生すると、それからできる部分は全部が おたまじゃくし の体になるが、はちゅう類や鳥類で体になる部分は はい盤 の中心のわずかなところで、その周囲の部分からはいろいろな膜が作られる。まず はい の前方にある 外はい葉 とその下にある 中はい葉 の上層とがちょうど はい の頭をおおうように持ち上ってくる。つづいて はい の周囲からも同じように持ち上ってきて、前後左右のものが はい の上で一しょになる。そのうちで はい に近い方の膜を羊膜といい、外側になった方をしょう膜と呼ぶ。羊膜と はい との間のすき間には羊水という液がたまる。したがって はい は羊水にひたりながら発育するのである。

内はい葉は長く卵黄の上にひろがって卵黄を包み、その壁から卵黄を吸収して はい の体の強いとする。この袋を 卵黄のう という。また、消化管の後端近くからは上下の中はい葉の間にあるすき間に内はい葉がのびて袋を作る。これを 尿のう といい、この

袋の壁は腹くしょう膜の下へひろがってこれと一しょになり、しょう尿膜とよばれるようになる。肺からの血管は尿のうをつたって、しょう尿膜にひろがるから、この膜は呼吸器としてはたつき、尿のうはただ排出物をためておく袋にすぎない。ニワトリが卵からかえったときに、やぶれたからのなかをしらべると、血管の行きわたつたうすい膜がある。これがしょう尿膜であって、卵がかえるとともにすてられるが、卵黄のうだけはひよこの腹のなかへ吸いこまれる。羊膜・尿のう・しょう膜・卵黄のうなどを



第31図 はい膜がでるまで
図は はちゅう類や鳥類の はいを縦に切ったところの模式図で、A は内はい葉がのびて尿のうとなつたところ。B は尿のうがしょう尿膜の下に廣くひろがり、しょう尿膜を作ろうとしているところである。

を合わせてはい膜といい、はい膜は子供がかえらるまではたいせつな器官であるが、子供の体を作るものではないから卵がかえると同時にすてられる(第31図)。

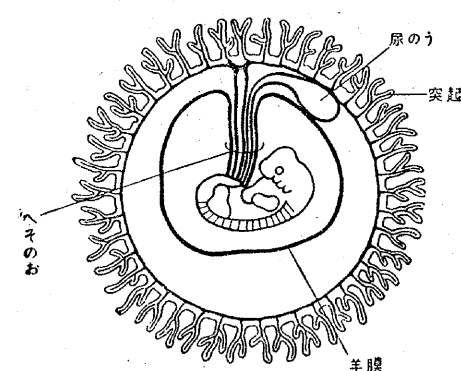
こちゅうにも簡単なはい膜ができる。

ニワトリを使ってこのような発生のようを観察するには、受精した卵をふらん器に入れ、その後1日1度ぐらいずつとり出して見るとよい。卵を割らないで見ると、箱のなかに電球をさしこみ、電球のま上のところに卵の形よりやや小さい孔をあけておいて、この孔の上に卵をあてがい、電燈の光ですかして見ると血管の発達などがよく見える。また卵のからをまるみのにぶい方の端で破ってからにまどを開き、下の白い膜にワセリンを塗っておくと、膜がすきとおってはいの発育のありさまがよく見える。

6. 卵生と胎生

はちゅう類や鳥類は卵を産み、卵は母体から離れて独立して育つ動物にはこのような卵生のものが多いが、ほにゅう類ではほとんどすべての種類がある定まった期間母体のなかにとどまって育っていく。したがって、ほにゅう類は胎生をするが、それ以外の動物にも胎生のものがある。マムシやウミタナゴなどは有名な例であるが、無せきつい動物のなかにもいろいろな例がある。

しかし同じく胎生であっても、ほにゅう類では育っていく卵が母体との間に胎盤というものを作り、これによって卵と母体との関係が特別に密接になっている。ほにゅう類の卵は、はちゅう類や鳥類の卵とは違って卵黄の分量が少ないために形が小さいから、はちゅう類や鳥類のように卵黄のうなどは作る必要はないように思われるが、じっさいには発生のとちゅうではい膜を作り、卵黄のうを形成する。そして母体との間に密接な関係を保つ方法として、こ



第32図 ほにゅう類の胎盤

ほにゅう類では胎盤によって胎児と母体との関係がとくに密接になっている。すなわち、それは母体から胎児へいく栄養の伸びをするのである。

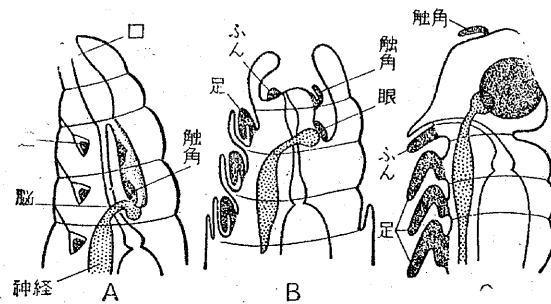
のはい膜の一部を転用して胎盤を作っているのである。

ほにゅう類の作るはい膜は はちゅう類や鳥類のによく似ている。しかし卵黄の少ない卵であるから卵黄のうができてその発達が悪い、尿のうも形だけのものしかできない。そのかわり尿のうに分布するはずの血管がよく発達して、この血管がしょう尿膜へひ

るが、おぼろげに肝臓に分布している。胎盤は子宮の壁を作っている組織と胎児の胎膜とが一緒になってでき、胎膜からの突起が子宮の組織のなかに出ている。胎盤と胎児とは、へそのおでつながっているが、そのなかには卵黄のうや尿のうが包まれていて、そのなかを血管が通っている（第32図）。

7. 変態

たいていの動物では小さいときから親になるまでの間に、体のいろいろな部分の大きさの割合から器官の種類やその大きさにいたるまで多少ともに違いが起る。動物によっては親と子との違いがひじょうにいちじるしくて、目だった変化が、ある特別な時期に行われるものがある。このような変化のことを変態と呼んでいる（第33図）。

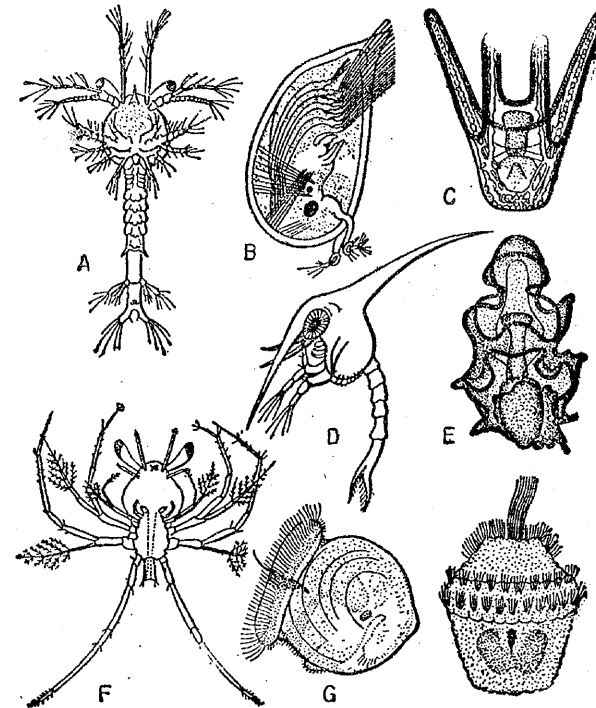


第33図 ハイの変態

変態によって新しくできる器官は、幼虫のときにすでにそのもとがかくされてきている。図のAはハイの幼虫、B・Cはそのさなぎである。このほかユスリカの幼虫であるアカボウフラをとって頭のところを見るとAのような足のもとが見える。

おたまじゃくしが親ガエルになるには、まず両足が生え、尾やえらが吸収され、呼吸は肺呼吸に変わり、水中の生活から陸上の生活に移り草食性が肉食性になる。こんちゅうのなかでもチョウやトンボなどは変態のいちじるしい例であるが、海にすむ動物のなかにも、

その変態があまりにもいちじるしいので子供を見ただけでは親がどのようなものか想像もできないものさえある。したがって昔から親子のつながりがわからないために両方に別々な名まえがつけられた例も多い。浮遊生物をとって見るとこのような例がいろいろと見出されるであろう（第34図）。



第34図 浮遊生物

海の浮遊生物にはいろいろな動物の子供がたくさん含まれている。そのなかには親の形が想像のできないようなものも少なくない。

Aはエビ、Bはフジツボ、Cはウニ、Dはカニ、Eはヒトデ、Fはイセエビ、Gは、カ、Hはヨメガカサの子供である。

変態をするものには、子もっている器官や組織がそのまま親に受けつがれるものもあるが、変態の程度が強いときには子の器官やそれに関係のある組織、つまり筋肉や神経までもが大部分一たんこわれて吸収され、そのかわりに新しいものができて変態の準備をする。こんちゅうや甲かく類のように外側にかたい外骨格をもっているものでは古い外骨格が表皮から離れてぬぎすてられることがある。このような脱皮にともなう成長が行われ、変態によって新しくできる器官もこのときに外に現われる。

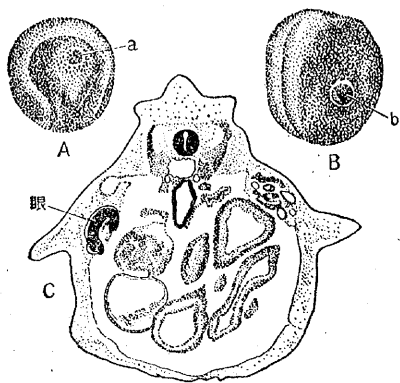
5. 発生 の し く み を し ら べ る

1. 前成説と後成説

動物が1箇の卵から出発して親の形になるまでの経過は、とちゅうで変態をするものはもちろん、そうでないものでもひじょうに複雑であって、こまかい点についてはまだよくわかっていないことがたくさんある。ことに卵を割ってみるとこれといって目だったものはいっていない細胞質からいろいろな組織や器官ができてくるということ、すなわち分化が行われることや、できた組織や器官がばらばらのものでなく、たがいによく調和がとれていることなどはまことにふしぎな感にうたれる。

育っていく はい について、どのような器官がどの部分からできてくるかということは局部生体染色法によって知ることができるが(第 29 図)、その結果について二通りの解釈のしかたが成りたつ。

たとえば、将来眼になる細胞または細胞の群は、これが 胞はい、やのうはい の一部を作っているときには、ほかの細胞とはなんの区別もつかないが、しかしその細胞にはすでに眼に変わるような性質がひそんでいて、これが後になって現われて来ると考えることもできよう。この考えをもっとひろげると、早い時期の はい はまだ眼に見えるような器官こそもっていないが、これを作っている細胞はたがいに違った性質をもっているということになる。このように卵のうちに将来発生してくるものがあらかじめきまっていて、発生とはそれらがくりひろげられるにすぎないという考えを前成説という。もう一つは後成説といって、はじめの はい にはなんら定まったものがなく、時間がたつにつれていろいろな器官が状態に応じて発生してくると思うものである。



第 35 図 眼のものを移植する

イモリの はい (A) で神経板が現われたときに、眼になるはずのところ (a) を切り出して、これをほかの はい (B) の胴のところ (b) へ移植すると、その はいが発達すると同時に移植したものが眼になる (C)。うな適当な環境さえあればなかにひそんでいる性質が現われて一つの器官になるはずである。そこで実際に、眼になるはずの組織やできかかった足のところを切りぬいて、これを胴の皮膚の下や生理食塩水のなかへ移してみる。すると完全ではないが眼は眼の要素をもち、足はそれのおもな部分をそなえながら発生する (第 35 図)。

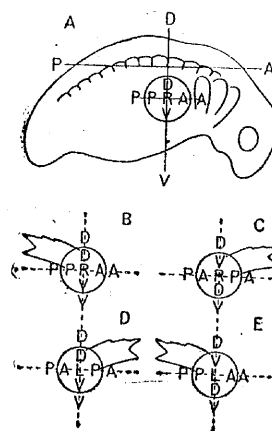
このような結果を見ると、この時期の はいではおのおのの部分の性質がすでにきめられていて、ほかの部分との関係がなくても自分の はたらきによって発生することができるといえる。このような はいはすでに定められた部分の集まりであるから、モザイク的であるという。

このように器官を単位として考えると はいはモザイクであるといえることができるが、もう一步ふみこんで器官をもっと小さくほぐして考えた場合、はたして器官のなかのおのおの部分までがモザ

イク的であるといえるだろうか。たとえば、足になる部分を切り出してこれを他の場所に移植して足ができたということは、切りとった部分が全体として足になったということで、これだけでは切りとったときに足のいろいろな部分までがすでにこまかくきまっていたとはいえない。

いまイモリの足を例にしてみると、これには三つの軸がある。それは前後の軸と背腹の軸と足の先から胴の方へ向かう第三の軸とである。まだ足のできないイモリの はいの胴から将来足になる部分を丸く切りとって、これを回轉させ軸の方向をいろいろに変えて、もとの部分に植えておく。いま、右側の前足になるところを丸くくり抜いて、第三の軸のまわりで回轉させて、もとの前方が後方に、もとの背なか側が腹側に來るようにする。すると指のならば方はふつうであるが、ひじの関節の向きが逆になった足ができる。すなわち、前後の軸は新しい位置でももとのままであるが、背腹の軸

は前後の軸と背腹の軸と足の先から胴の方へ向かう第三の軸とである。まだ足のできないイモリの はいの胴から将来足になる部分を丸く切りとって、これを回轉させ軸の方向をいろいろに変えて、もとの部分に植えておく。いま、右側の前足になるところを丸くくり抜いて、第三の軸のまわりで回轉させて、もとの前方が後方に、もとの背なか側が腹側に來るようにする。すると指のならば方はふつうであるが、ひじの関節の向きが逆になった足ができる。すなわち、前後の軸は新しい位置でももとのままであるが、背腹の軸



第 36 図 イモリで足になる部分をいろいろな方向に植えかえる

足には三つの軸が考えられる。前後 (AP)、背腹 (DV) の軸と足の先から胴の方へ向かう軸 (RL) である (R は体の右側、L は左側を表わす)。図の A はイモリの若い はいを右側から見たところ。円は足になるところで、そのなかの記号は軸の方向を示している。円の外側の記号は体の軸の方向である。(B) は円のところから正常な足が分化したところ。(C) は円のところを切りとって、RL の軸のまわりで 180° 回轉させてふたたび植えたところ。できた足は ひじが前方に向かっているが DV の軸は体の軸に一致して、右側の足から左側の足ができたことになる。(D) は左側の足になるところをとって、AP の軸を逆にして右側に植えたところ。左側の足がそのまま生じる。(E) は左側の足になるところをとって DV の軸を逆にして右側に植え、右側の足が生じたところ。この実験によって AP 軸だけが決定されていて変らないことがわかる。

は新しい位置に應じて本来の向きとは逆になったわけである。それで、この時期には前後の軸はきまっていたが、背腹の軸はまだきまっていなかったといえる。したがって、左側の前足になるところをとって前後の軸だけを変えて右側に植えるといまの実験と同じ結果になるが、背腹の軸だけを変えて植えると右側の足と変らないものができる(第36図)。

この例では、足全体としては前成されているが、細部までは前成されていないことがよくわかるが、心臓や眼などのようなほかの器官でもやはり同じことが見られる。したがって、器官を単位として



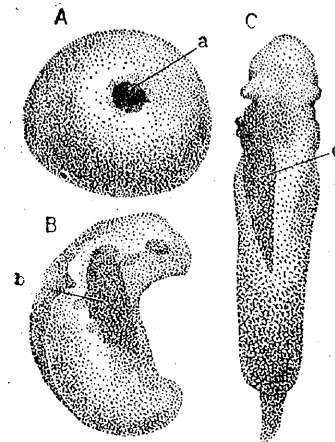
第37図 シュペーマン
ドイツの動物学者シュペーマンは動物の発生のかたちを明らかにするために数多くのすぐれた実験をした。

考えるとモザイク的なはいでも、器官の内部を考えるとモザイク的でない。この事実は前成説では説明がつかないことである。

2. シュペーマンの実験

ドイツのシュペーマン(H. Spemann)(第37図)は早い時期のはいについて、将来いろいろな器官になる部分が前成されているかどうかを実験によって研究した。シュペーマンの第一の実験はイモリのはいを使って、将来神経になる部分と表皮になる部分との間で

1) シュペーマンがこの実験に成功したのはすぐれた識見によるのももちろんであるが、同時に彼が考え出した微細解剖術によるところが多い。この方法は、ガラスを細くのばしたものと、先のひじょうに細いピペットと、毛を輪にして柄につけた道具とではいの一部を切ったり、それを植えつけたりするのである。この例も、科学の進歩がたいてい方法の進歩によって促進されることをよく示している。

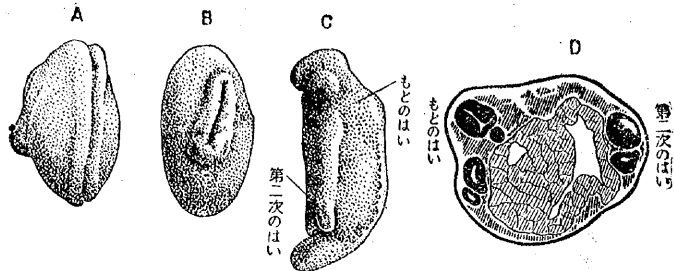


第38図 シュペーマンの第一実験
イモリの早い時期のはいは将来神経になるはずの組織を切りとって、これをほかのはいの表皮になるところ(a)へ移植すると(A)、このはいが発達するにつれてその組織は胎の一部分の表皮(b・c)になる(B・C)。

組織をとりかえる実験で、胞はいからのはいはの終りまでのいろいろな時期のものでためしたが、結果はのはいはのはじめのものと終りのものとはひじょうに違っていた。のはいははじめにとりかえて植えた組織は植えられた場所の性質にしたがって分化し、将来神経になるはずのものが表皮になったり、表皮になるはずのものが神経になったりしている(第38図)。これに対してのはいはの

終りでは、とりかえて植えた組織はあくまでももとの性質どおりのものになって、新しい場所に應じたものにはならない。これによっても、のはいはのはじめから終りにかけて、それを作っている細胞に重要な変化が起ったことがわかる。この変化がどのような原因によるかについてシュペーマンの第二の実験が重要な意味をもっている。

第二の実験ではのはいはのはじめのころのはいを原口のやや上のところから水平に半分に切り、上の半分の水平に180°回転してふたたび下の半分に植えつけた。すると新たに原口の背なか側になったところにふつうのように神経板ができてきた。この神経板は原口の位置から見ると正常ではあるが、もとの上半分の位置から見ると異常で、本来ならば表皮になるはずのところから神経ができたことになる。シュペーマンはこの実験から神経板をきめるはたらき



第 39 図 シュペーマンの第三実験

イモリの早い時期のうはいから原口の背なか側の部分を切りとって、ほかの若いはいに移植する(A)。すると移植片はだんだん分化して第二次のはいを作る(B~C)。DはCを横断したところ第二次のはいのなかにも神経管や眼ができてきていることがわかる。

は原口近くにあると考えた。

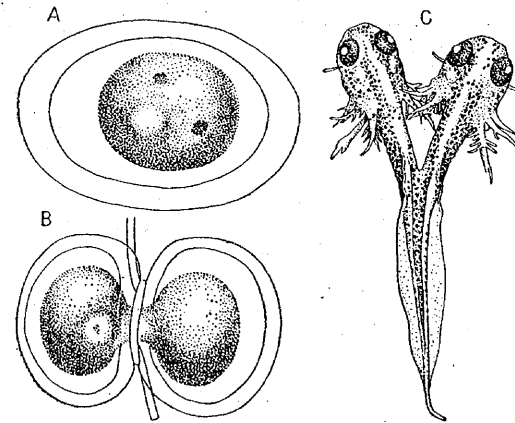
第三の実験はシュペーマンのこの考えをはっきりと実証したのも有名な実験である。その実験では原口の近くの組織、つまり将来せき索になるはずの組織をとり出してこれを若いはいのなかへ移植した。するとこの若いはいからはふつうのように神経板が本来の位置にできたほかに、移植された組織の近くの外はい葉からまた別の神経板ができたのである。この結果をくわしくしらべると移植された組織はその上にある外はい葉から神経板を作っただけでなく、自分はせき索や中はい葉に分化しながら周囲にある組織を合わせて、若いはいの体にもう1箇のはいを形作っていたのである(第39図)。

シュペーマンはこのようなはたらきをするものをオルガナイザーと呼んだ。オルガナイザーは原口のまわりから背なかの方にひろがった部分で、その範囲は将来せき索と中はい葉になる部分

1) この実験の結果は1924年に発表され、シュペーマンの学生であったマンゴルトな史(H. Mangoldt)との共同研究になっている。

に一致している。オルガナイザーのはたらきは外はい葉から神経を作り出すことと、自分を中心にしてはいに体制を与える重要な役目とである。オルガナイザーの発見によってわれわれは動物の発生のしくみをとくための重要なかぎをはじめて得ることができたといえる。

オルガナイザーのはたらきによって神経が作られ、はいが全体としての体制をととのえ、分化への第一歩をふみ出したことになる。引きつづいていろいろな部分がきめられ、またその各部分のなかがさらにこまかくきめられるためには第二次、第三次のオルガナイザーのはたらきが必要であろうし、またオルガナイザーが神経板を作ったときのように他の組織にはたらきかけて、そこから特別な器官を作るはたらきも必要であろう。その一つの例に脳がふ



第 40 図 人為的に作った双頭のイモリ

イモリの卵(A)を頭の毛でしばってまったく切り離すと2匹のイモリになるが、(B)のように少しつないだままにしておくと、両頭のイモリができる(C)。自然界にもときどきこのようなかたわな動物が生じる。

くらんでできた部分の壁が外側の外はい葉に接すると、外はい葉から眼のレンズを作り出すはたらきをあげることができる。このようにしてはいがモザイク的にきめられた後では神経系と内分

泌との はたらき で全体が調整される (單元7参照)。

オルガナイザーが はい の発生に重要な はたらき をすることを示すもう一つの実験がある。イモリの卵が分割をはじめたときに、これをかみの毛でしばって二つに分けておく。すると、あるときは両方から小さいが完全な はい ができ (第40図)。あるときは一方だけが發育して完全な はい になるがもう一つの方は細胞のかたまり以上に分化しないことがある。この違いは卵を毛でしばるときにオルガナイザーが両方に分配されるか、されないかによって生じる。それで、分化しない細胞の かたまり のなかへオルガナイザーを植えると、この かたまり から1箇の はい が分化して来る。

双生児のなかに一卵性の双生児といわれるのがある。この2人は性も同じであるし、いろいろな点がひじょうによく似ている。これはおそらく一つの卵がとちゅうで分離して2箇の はい として發育したものであろうが、このようなことの起る理由は上の実験から理解できよう。自物界ではアルマジロのようにこのようなことを正規にしている動物がある。

参 考 書

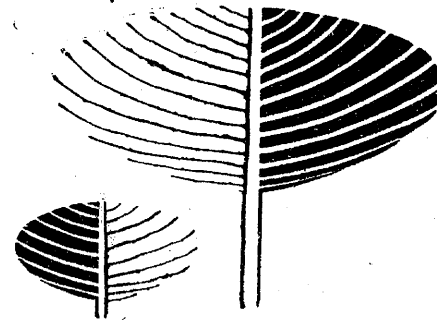
市 川 衛
久 米 又 三
田 原 正 人

発 生 の 原 理
発 生 の 機 構
配偶体と胚の発生

京都印書館
高山書院
力 書 房

單元 9

親の形質はすべて 子に傳わるか



日本のことわざに「ウリの つる にはナスはならない」というのがあるが、子が親によく似ることは昔の人もよく理解していた。また一方、「トビがタカを産んだ」といつて、親といちじるしく違った子ができることがある事実も認めていた。この二つはまったくむじゅんしたことのようでありながら、長い間の経験からいずれも真理として疑うものはない。しかし、この事実を今の科学はどのように説明しているであろうか。

また、こうしたことの起る しくみ が明らかになってからは、家畜や作物を大いに改良できるようになってきたのである。さらに、理論的にその知識を人に應用して優秀な素質をそなえた人の数をふやすこともできるはずである。それでこの單元では、こうしたことを中心として学習を進めよう。

- 1) 遺傳の現象を人生に役だたせているような実例をあげてみなさい。
- 2) 生物が1代の間に得た形質は遺傳するであろうか。
- 3) 遺傳の しくみ はどのようなであろうか。
- 4) 生物の雌雄の決定は遺傳と関係があるか。
- 5) 女子には色盲の人がめったにないのはどういうわけであろうか。
- 6) 倍数体とはどのような生物をいうか。
- 7) 人爲的に突然変異を作り出すことができるだろうか。
- 8) 種なしスイカ はどのようにして作られるか。
- 9) ラバとはどのような動物であろうか。

1. 遺傳の しくみ

1. 遺傳する形質と遺傳しない形質

「ウリの つる にはナスはならない」といわれているように、ウマからはウマが、イヌからはイヌが産まれる。同じようにカエルの子はやはりカエルであり、エンドウやトウモロコシの種子からはそれぞれエンドウやトウモロコシが生えてくる。動物でも植物でもそれぞれの種類には特徴があり、それが親から子に伝えられるから、代々その種類の特徴が失われないのである。

生物の特徴には形や大きさなどのように眼で直接認めることができるものもあれば、直接眼で見ることはできないものもある。この両方を合わせて形質と呼ぶ。すべて子は親からその種族の特徴となっている形質を受けつぐので、カエルの子はいつまでたってもカエルの子であるわけである。

ところが同じ種類に属する生物でも、まったく同じような個体が二つ以上あることはまずない。それは、こまかいところで形質が個体ごとに違っているからである。そのために人について見れば顔かたちは親と子とでよく似ているが、こまかい点では少しずつ違うことになるのである。つまり、顔の**一ばんの つくり**や**ようす**は親から受けついだ遺傳形質であるが、親子・兄弟などの間で認められるような個体の違いには遺傳しないものがある。このようなわずかな形質の違いを **ほうこう変異**という。

変異には、一生の間に体の内外からの影響によって生じるものがある。たとえばよく教育されたためにすぐれた教養をもつとか、運動によって手足の筋肉がよく発達するとか、栄養がよいために植物の育ちがよく、実のつき方が多いとかいうのがこれで、このような

形質を後天形質という。後天形質が遺傳するかどうかは長い間學者によって論議されていたが、今では遺傳しないと一ぱんに考えられている。

したがって、ある人が大いに努力してすぐれた学識をもつようになっても、その子に伝えられるのはただ頭の はたらき の程度だけであって、子はまたはじめから勉強して学識を増していかなければならない。後天形質で遺傳するように考えられる場合も知られているが、よくしらべると体の内外の影響が生殖細胞にはたらいてこれを変化させた場合が多い。このような遺傳性の変異は自然の状態でもしばしば認められ、突然変異と呼ばれる。突然変異によると親と子でもそうとう大きな違いが生じることがある。

2. 遺傳の実験につごうのよい生物

生物の形質についてどれが遺傳し、またどれが遺傳しないかがわかり、さらに遺傳の しくみ まで明らかにできれば、われわれの生活に役だつことが多い。

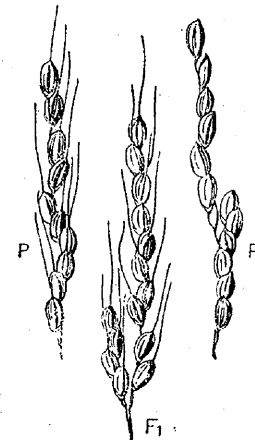
遺傳の研究につごうのよい材料としてはキイロシ¹⁾ウジ²⁾ウバイ³⁾やクロシ⁴⁾ウジ⁵⁾ウバイ⁶⁾がふつうに使われている。腐ったくた物などに好んで集まって来るこれらのハイでは、いろいろなはっきりした形質が一定のきまりに従って遺傳し、しかもときどき突然変異が起きて子孫に変わりものが現われ、一代がきわめて短く、また雌雄の別が明らかであることなどが遺傳の研究にとくに適したところである。したがって、これらのハイについては遺傳にすることがきわめて多くわかり、またそれは遺傳の原理の発見にもひじょうなてがらをたてている。

植物では形質を一つ一つとり出して考えやすく、また栽培もたやすくできるので、遺傳する形質としない形質とがよくわかっており、

遺傳の研究の材料として適當なものが多く、とくにエンドウは古くから遺傳する形質がわかっていたために研究の材料としてしばしば使われた。エンドウのたけの高さ、子葉の色、豆の形、花のつき方、さやの形、種皮の色などは明らかに遺傳する形質である。

オオバコでは葉が うす巻形 に巻く形質や ふ入り の形質などが遺傳し、サクラソウやアサガオの花の色、アサガオやルコウソウの葉の形、イネの のげ のあるなしや から の色、カボチャの実の形などの形質もいずれも遺傳することが明らかにになっている。

スイバは雌雄によって株を別にする植物であるが、このことを利用して性の遺傳についていろいろな研究が行われているし、また、マツヨイグサはときどき突然変異を生じるから、この方面の研究の材料として使われることが多い。



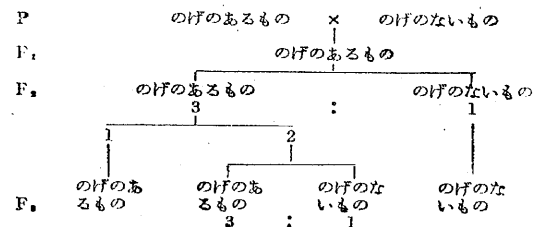
第1図 イネの かけ合わせ
イネには実の粒に のげ のある品種(P)とこれのない品種(P')とがある。この二つをかけ合わせてできた雑種は図の F₁ のように のげ をもっている。

3. 対になる一つの形質の遺傳

イネには実の粒に のげ のある品種とこれのない品種とがある。いま、 のげのない品種の花を、それがまだ開かないうちに¹⁾おし開いて 花粉ぶくろ をとり除き、その後に袋をかけておいて、花が開いてからその めしべ に のげ

1) イネは同一の花の花粉と卵細胞との間で受精するもので、花が開くとすぐに花粉が同じ花の めしべ について受精する。このように、同一の花または同じ株の花の間で受精すること、あるいは遺傳的系統のまったく同じ株の間で受精することを自家受精という。

のある品種の花粉をつける。他の不必要な花を切りとってから、袋をかけておく。このようにしてできた実の粒を翌年まで発芽した植物を育てる。この植物を F_1 代の植物という。 F_1 に花が開く前に、穂に袋をかけて完全に自家受精をさせ、できた実の粒をしらべるとすべてが のげ をもっている (第1図)。この実をまいてできる植物を F_2 代の植物という。同じようにして F_2 にできた実の粒をしらべると、ある個体にできた穂の粒はすべて のげ をもっているが他の個体にはこれがなくて前者と後者との個体数の比はほぼ 3:1 になっている。のげ のある穂をつけた株のうち約 $\frac{1}{3}$ のものは、その後自家受精をつづけるかぎり何代くりかえしても のげ のあるものだけを生じる。また、のげ のないものはすべて何代たっても自家受精をくりかえすかぎり のげ のない子孫ばかりを生じる。 F_1 ののげ のあるもののうち、残りの $\frac{2}{3}$ は自家受精によって F_2 を作ると、のげ のないものが 1 あるものが 3 の割合に生じる。このことを図示するとつぎのようになる。

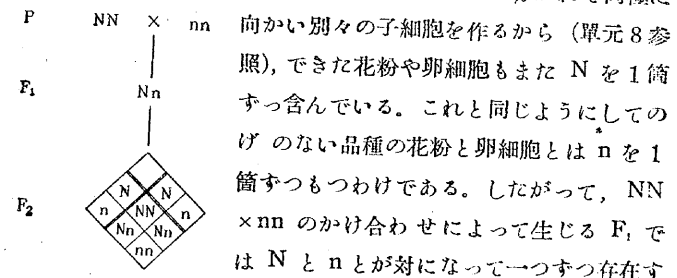


これらの関係は、のげ のある方の花粉を、これのない方のめしべにつけた場合でも、反対に のげ のない方の花粉を、これのある方のめしべにつけた場合でも変りはない。

このような結果が出てくるには、雌雄の生殖細胞のなかに原因があると考えなくてはならない。イネには 24 本の染色体があるが、

そのなかには大きさや形がほとんど一致していて、細胞分裂のときの行動も同じであるような染色体が 2 本ずつある。この 2 本の染色体を合わせて相同染色体と呼び、減数分裂のときに現われる二価染色体は相同染色体が接着したものである。したがってイネには 12 対の違った相同染色体があり、対をなす 2 本の染色体はたがいになんとか同じつくりであると考えてよい。のげ のある イネでは、12 対の染色体のなかのある 1 対のおのおのの一定点に のげ のある形質を現わす原因 N があると考えられる。現在ではこの原因を遺伝子と呼び、のげ のあるイネの各細胞には NN という 2 箇の遺伝子があるわけである。のげ のないイネではこれに対応する 1 対の染色体の同じ位置に のげ を現わさない遺伝子 n が 1 箇ずつあり、この細胞には、 nn という 2 箇の遺伝子があると考えられる。

のげのある品種に花粉あるいは卵細胞ができるときの減数分裂では、この対になっている染色体がそのまま一つずつ分かれて両極に

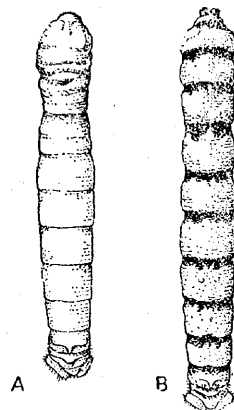


第2図 単性雑種の F_2 のげ のあるイネ (NN) と のげ のないイネ (nn) とをかけた場合、 F_2 には NN 1, Nn 2, nn 1 の割合で生じ、けつきよく のげ のあるもの 3, のげ のないもの 1 の割合となる。

つぎに F_1 に生殖細胞ができるときの減数分裂の第一の分裂では n と N とが分離しておのおの別の子細胞にはいるから、できた花粉も卵細胞も、半数は N を1箇もち他の半数は n を1箇もつことになる。したがって、 F_1 の受精では N か n かの一方をもつ卵細胞と花粉とが自由に組み合わせられ、 F_2 には第2図のような3種類の遺伝子の組み合わせをもった個体ができる。このなかで、 NN はもちろんのげのあるものであるが、 Nn は F_1 と同じく N の形質だけが現われてのげのあるもの、 nn はのげのないものである。したがって、 F_2 ではのげのあるもの3に対して、これのないもの1の割合いで出てくるが、遺伝子まで考えれば、 $1NN:2Nn:1nn$ ということになる。 F_2 以下の子孫の現われ方もこれと同じように考えて説明することができる。このようにある一つの形質だけについて遺伝を考えたときの雑種を単性雑種という。

この場合 F_1 には優性の形質だけが現われてくるのでこのことを優性の法則といい、 F_2 になって $1NN:2Nn:1nn$ と分離することを分離の法則という。

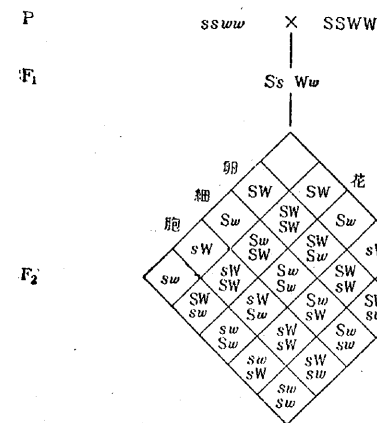
単性雑種の例はたくさん知られているが、人の眼の茶色は青色に対して、カイコのとらこはひめこに対して(第3図)、イネのうるちはもちに対して、アサガオの花の赤色は白色に対して優性であり、またエンドウの花の紫色は白色に対して、トウモロコシの種子の黒は白に対していずれも優性である。



第3図 カイコの とらこ と ひめこ
カイコの皮膚の特徴はよく遺伝の研究でとり上げられる図の A はひめこ、B はとらこで、とらこは優性、ひめこは劣性である。

4. 対になる二つの形質の遺傳

対になる二つの形質の遺傳を同時に考えるときに、これを両性雑種という。トウモロコシの粒の黒くて(あるいは紫)円いものと、白くて(または黄)しわのあるものとのかけ合わせや、エンドウの種子の円くて黄色のものと、種子にしわがあつて緑色のものとのかけ合わせによってできる雑種などがその例である。



第4図 両性雑種のでき方

トウモロコシで粒が黒くて円い種類と、白くてしわのある種類とを掛け合わせると、 F_2 には、黒・円9:黒・しわ3:白・円3:白・しわ1の割合いで出てくる。粒の色の黒と白に関する遺伝子をそれぞれ $W \cdot w$ とし、円としわに関する遺伝子を $S \cdot s$ とすれば、図のようにこの遺伝のしくみが説明できる。

F_2 の粒は、一つの穂のなかでも黒くて円いもの、黒くてしわのあるもの、白くて円いもの、白くてしわのあるものが 9:3:3:1 の割合いにまじって出てくる。この場合でも、黒と白、円としわについて別々に考えると、いずれも 3:1 の単性雑種の比になり、これら2対の形質はたがいに

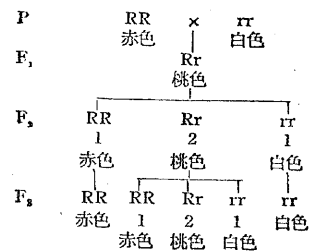
トウモロコシで黒くて円い粒をつける株の花粉を白くてしわのある種子をつける株のめしべにつけて袋をかけ、他の花粉がはいらないようにして粒を作らせると、 F_1 にあたる粒はすべて黒くて円い。また、この逆のかけ合わせをしても結果は同一である。

つぎに、 F_1 の黒くて円い粒をまいて自家受精をさせると、 F_2 の粒は、一つの穂

に独立して遺傳することがわかる。このことを独立の法則という。このような結果が出てくるしくみは第4図からわかるであろう。

いま、粒の黒と白に対してそれぞれ遺傳子 W w を考えると、 W は w に対して優性である。また、粒の円いのと、しわのあるのに関する遺傳子をそれぞれ S s とすると、 S は s に対して優性である。さらに、 $W \cdot w \cdot S \cdot s$ がそれぞれ違う染色体にあって、減数分裂の際に W をもつ染色体と w をもつ染色体とが対になり、また S をもつ染色体と s をもつ染色体とが対になってから分離すると考えると、 F_1 の個体の花粉や卵細胞には $SW \cdot Sw \cdot sW \cdot sw$ の4種類のものが同数ずつあり、受精のときにはたがいにまったく独立して組み合わせられて F_2 を作る。

三つの形質を同時に考えた場合の雑種を三性雑種といい、一ばんに二つ以上の形質を同時に考えた場合の雑種を多性雑種という。これらの場合にも、それぞれの形質に関する遺傳子が別々の染色体のきまった位置にあると考えると、両性雑種の場合と同じようにして



第5図 マルバアサガオの遺傳

マルバアサガオで花の赤いものと、白いものとを掛け合わせると F_1 の花は桃色である。これは赤の遺傳子が白の遺傳子のはたらきを十分おさえることができないと考えられる。図で R は花の赤色、 r は白色は対する遺傳子である。

説明することができる。

5. 不完全優性

マルバアサガオの花の赤いものと白いものとを掛け合わせると、 F_1 の花は桃色になる。 F_1 を自家受精させると、 F_2 には花の赤いもの、桃色のもの、白いものが1:2:1の割合いで生じる。このうち、赤と白とは自家受精をつづけるかぎり代を重ねても変らないが、桃色の花のもので

は F_2 に赤・桃・白がやはり1:2:1の割合いで出てくる。

いま、赤色の花に対する遺傳子を R 、白色の花に対するのを r とすれば、桃色の花をもつものの組み合わせは Rr となり、 R が完全に r をおさえきれないと考えれば事実とよくあう(第5図)。このような優性の形質を不完全優性といい、前のイネの場合と違ってこの場合には RR と Rr とを表面的にも区別することができる。

イネの場合では NN と Nn とは見かけ上はなんの区別もつかないが、このいずれかを劣性の親またはそれと同じ型の個体 nn にかけ合わせると NN であればその子はすべて Nn となって N の形質を現わし、また Nn であれば Nn と nn との子が同数ずつ現われる。このように F_1 とその親またはそれと同じ型の個体とのかけ合わせをもどし交雑といい。遺傳子の組み合わせを知るのによく使われる。 $NN \cdot nn$ のように同じ遺傳子を対にもっているものを同型接合体といい、 Nn のように違う遺傳子を対にもっているものを異型接合体という。また、 $NN \cdot Nn \cdot nn$ などの遺傳子の組み合わせを遺傳子型といい、のげがあるとかないとかいうような表面に現われる形質を表現型という。

6. 細胞質遺傳

上のような、いろいろな遺傳のしかたは、いずれもオーストリアのメンデル (J. G. Mendel) が1865年に発表した原理にもとづいている。メンデルの業績は、かれの死後1900年にド=フリス (De Vries)、コレンス (Correns) およびチエルマツク (Tschermak) の3人の学者によって再発見され、廣く世に認められるようになった(單元1参照)。

しかし、多くの遺傳現象のなかには染色体にある遺傳子のはたらきによっては説明しきれないような場合が出てくる。たとえば、ふ入りのオンロイバナの白色の枝、緑色の枝、ふ入りの枝につく花を自家受精して、できた種子をまくと、それぞれ白色の植物、緑色の植物、ふ入りの植物ができ、しかも白色なものはやがて枯れてしまう。また、

白色の枝の花に緑色の枝の花の花粉をつけるとか、緑色の枝の花にふ入りの枝の花粉をつけると、その種子からはそれぞれ白色および緑色の植物ばかりが生じる。

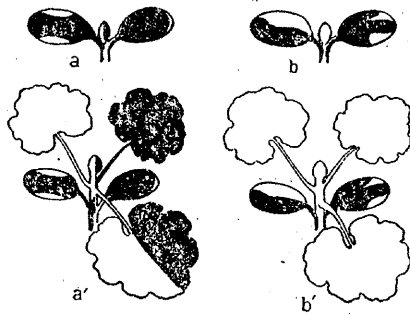
このような子孫のつくり方はまったくメンデルの法則とは別な形式に従っているから、その説明も別な立場からなされなくてはならない。そこで、色素体のもとが細胞質のなかに含まれていると考えれば、オシロイバナでは花粉から生じる精細胞は核だけで細胞質を含んでいないから、F₁の個体の細胞は卵細胞の細胞質だけを受けつたことになり、母方の形質だけを現わすような結果になる。その結果、緑色の枝の花は卵細胞が緑色の色素体、すなわち葉緑体のもとだけをもっていて、受精後も花粉からの色素体を受けとらないから、つぎの代の植物はいずれも緑色になるはずである。このほかの場合も、これと同じように説明することができる。

これと違って、受精のときに精細胞も細胞質を伴ない、そのため卵細胞が受精したときには、もとからこれにあった色素体と、精細胞の色素体とを含むと考えて解釈できる場合がある。モンテンジクアオイの遺傳はその例である(第6図)。

これらの場合のようにメンデルの法則をもととしては説明できないような遺傳形式を非メンデル性遺傳とも細胞質遺傳ともいう。色素体による遺傳の例は、これらのほか、トウモロコシ・カナムグラ・キンギョソウなどで知られているが、同じくふ入りであってもイネやオオバコなどの場合は、メンデルの法則にしたがって遺傳する。また、メンデルの法則にしたがうふうの遺傳の場合でも細胞質がなんらかのはたらきをもっているはずであるが、これらの問題は將來しだいに明らかにされるであろう。

7. 染色体地図

遺傳子が染色体に担われていると考え、遺傳子は染色体の上に



第6図 モンテンジクアオイのふ入り

緑色部分の花と白色部分の花とを掛け合わせると、ふ入りの個体ができる。この雑種は葉緑体と白い色素体とを含んでいるのである。図で a, b は芽ばえ、a', b' はそれが成長したところである。a は成長点が緑と白と半半であるために成長後も緑葉・白葉・半白葉ができる。b' は成長点が白いため



第7図 モルガン

モルガンはアメリカの偉大な遺傳学者で、ショウジョウバエについて染色体地図を完成した功績はとくに有名である。彼はこれらの研究によってノーベル賞を受けている。

しかし、とにかくクロショウジョウバエ(染色体 $2n=12$)をはじめ各種のショウジョウバエ、カイコ($2n=56$)、トウモロコシ($2n=20$)、キンギョソウ($2n=16$)、アサガオ($2n=30$)などでしだいにくわしい地図が作られつつある。

8. だ液せん染色体

染色体についてのこまかい研究が進み、染色体地図までが作られるようになると、はじめはたんなる仮説にすぎなかったような遺傳子の特性や並び方がだんだん明らかになって來た。そうすると、実

1) キイロショウジョウバエは 25°C で飼えば約 10 日で 1 代を経過する。

序に排列している。つまり、一定の特徴をもった 横じま がつねにきまった位置に見られるので、これが遺傳子の位置とほぼ対応するのではないかと想像されるが、その構造についてはいろいろ論議されていてまだきまっていない。このほかに特性としてあげられるのは、分泌細胞 が体細胞でありながら、相同染色体が接着して二価染色体になっている点である。すなわち、ふつうならば生殖細胞の減数分裂のときにしか見られない相同染色体の接着が起り、染色体数が半数になっている (第9図)。

2. 性の区別と遺傳

1. 雌雄はどのようにしてきまるか

ある生物について、できるだけたくさんの個体を集め雌と雄との数を数えるとほぼ等しくなる。このことは、異型接合体を同型接合体に もどし交雑 すると、その子には異型接合体と同型接合体とが 1:1 に生じるのと似ている。イギリスの遺傳学者ベーツソン (Bateson) はこのことに眼をつけて、「雌雄はある特殊な因子によってきめられるもので、その一方ではこの因子が同型接合体になっておりもう一方では異型接合体になっている。したがって、同型の方の生殖細胞は1種、異型の方は2種あるから、その間にできる子にはもどし交雑 の形式によって同型と異型とが 1:1 に生じる」と考えた。

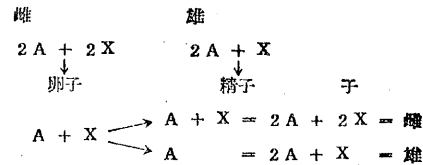
ところがこれとはべつに細胞学者の研究からホシカメムシその他の こんちゅう の雄の染色体には、対をなさない染色体が1箇あって、減数分裂のときにはこれがどちらか一方の細胞には入り、精子に二つの型が生じるという事実が発見された。この1箇の染色体はX染色体と呼ばれる。この事実とベーツソンの仮説とをあわせ考えると、ホシカメムシなどの こんちゅう ではX染色体に関して雄は異型で、対になっていないが、雌は同型で2箇ある。したがって雌では X をもったものと、これをもたないものと2種の生殖細胞が同数ずつ生じ、Xを1箇もった卵子と受精すると、その子にXを2箇もつ雌と1箇しかもたない雄とが 1:1 に生じるのである。

この対にならない染色体に眼をつけて性の決定の しくみ を最初に説明したのはアメリカの細胞学者マックラング (MacLung) である。彼の説はその後多くの学者によって確かめられ、同時に、対にならない染色体にもいろいろあることが知られた。これをまとめる

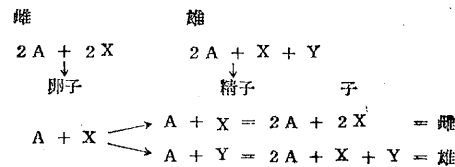
とだいたいつぎの4通りとなる。

(1) 雄の生殖細胞に二つの型がある場合

(イ) XO型

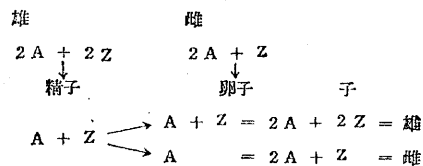


(ロ) XY型

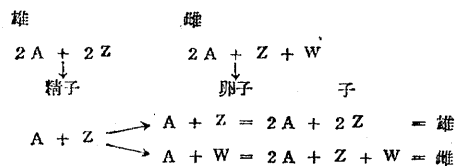


(2) 雌の生殖細胞に二つの型がある場合

(イ) ZO型

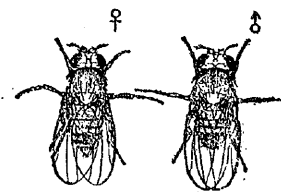


(ロ) ZW型



この図式で2Aと書いたのは雌雄で違いのない染色体を示したもので、これを常染色体という。これに対してX・Y・Z・Wなどと

現わしたのは雌雄によって違う染色体で、これが性の決定に関係をもつところから性染色体と呼ばれる。前にあげたホシカメムシなどはいままでもなくXO型であるが、キイロシヨウジウバイはXY型でA=3である(第8図参照)。すなわち、このハイでは雌が $2A + 2X$ で、常染色体が3対にX染色体が2箇あるから卵子はすべて常染色体3箇とXを1箇もつ。しかるに、雄では $2A + X + Y$ で、雌と共通な3対の常染色体のほかにXとYという、たがいに質の違



第10図 キイロシヨウジウバイの雌雄

キイロシヨウジウバイの性染色体はXY型である。したがって、雌は $2A + X + Y$ 、雄は $2A + 2X$ であって、各染色体については完全な染色体地図が作られている。

った性染色体が対になっている。したがって精子は常染色体3のほかにXをもつものとYをもつものとが同数ずつ生じ、このどちらが受精にあずかるかによって雌雄がきまる(第10図)。このようにXO型とXY型との違いは、雄の性染色体がX1箇だけで相手がいない場合とXの相手にYという質の違ったものがある場合との違いであり、ZO型とZW型の場合も雌の方が異型であることをのぞけばまったく同じである。ZO型と例としてはミノムシの1種が知られているし、ZW型にはニワトリ・カイコなどがある。

人の性染色体についてはXY説とXO説とがあって論議されているが、近年わが国の小熊樗博士によってXO説に対する有力な証拠が発表された。

なお、植物についても動物の場合と同じように性染色体によって性が決定することがわかっているものがあり、スイバ・クワなどがその例である。

このように生物の雌雄は受精のときの性染色体の組み合わせによ

第 11 図 ポネリアの雌雄



環形動物に ゆむし類 というのがある。ポネリアはこれに属する動物で、雌が 7 cm もあるのに雄は 1~2 mm にすぎない。しかも、雄は雌の体に寄生していて、独立できない。この虫の雌雄のきまり方はひじょうに変っている。図の左は雄を拡大したもの、右は雌を縮小したものである。

ってきまると考えればよく説明できるが、ある種のものでは性が受精のときにきまらず、それから後の環境によって左右されることがある。そのもっともよい例はポネリアという動物であろう(第 11 図)。この虫は雌雄で形や大きさがいちじるしく違い、雌は長さが約 7 cm で長い ふん をもっているが、雄はわずかに 1~2 mm すぎず、雌に寄生して生活している。卵からかえったばかりの幼虫はまだ性がきまっていず、もし雌の ふん について寄生生活をはじめると雄になり、その機会がなければ独立生活をして雌になる。

生物には雌雄の区別がはっきりしないで、その中間のものがときどき現われる。このようなものを間性という。ポネリアの場合に一たん雌の ふん にくっついた幼虫がとちゅうで離れると間性になることがある。間性が現われる原因にはいろいろあるらしく、種々な説明がなされている。

2. 雌雄の比は人爲的に変えられるか

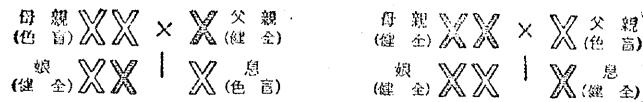
生物の雌雄が性染色体の組み合わせによってきまり、両性の比がもとどし交雑の場合と同じく 1:1 なることは理論上明らかにされたが、実際にいろいろな動物について多数の個体で雌 100 に対する雄の数をしらべると、

ウ	マ	98.3	ブ	ク	111.3		
ウ	シ	107.3	ニ	ワ	トリ	94.7	
ヒ	ツ	ジ	97.7	カ	イ	コ	100.0

となって、だいたい理論どおりである。人では出生時には女 100 に対して、男 103~106 で男の方が少し多くなっているが胎児のときに死ぬのは男の方が多いから、これを考えに入れて受精のときの男女の比を計算すると女 100 に対して男 120 ぐらいであるといわれている。これは X をもつ精子よりもこれのない精子の方が受精にあずかる機会が多いことを意味している。その理由についてはまだ確かな証明はない。しかし理論的には 1:1 であるべき性の比がなんらかの理由で変えられるとすれば、その原因をきわめることによって人爲的に雌雄の比を変える方法が見つかるかもしれない。要するに二つの型をもつ生殖細胞のどちらかを多く受精させることができれば人爲的に雌雄の比を変えることができるわけである。従来もこのような考えからいろいろと研究されたがまだ確かな結果は出ていない。

3. 性に伴う遺傳

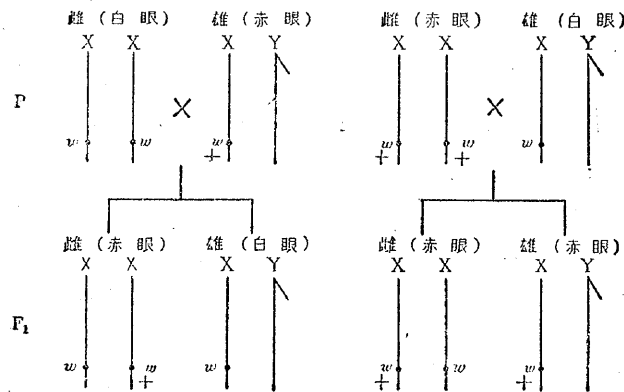
性染色体には性を決定する因子だけでなく常染色体と同じようにいろいろな遺傳子がぎっしりとつまっていると考えられる。こうした遺傳子によって現われる形質は当然性となんらかの関係をもつて遺傳するはずであるが、実際にも性と関連して遺傳する形質がある。たとえば、人の色盲はそのいちじるしい例で、母親が色盲であると父親は色盲でなくてもその男の子は全部色盲であり、女の子はみな健全である。ところが父親だけが色盲である場合には子供は見かけはみな健全である。このような遺傳のしくみはその遺傳子が劣性で X 染色体にあると考えれば第 12 図のようによく説明がつく。この図では人の性染色体を XO 型と考えて説明しているが、XY 型としても Y がまったく無関係であると考えれば結果は同じになる。



第12図 色盲の遺傳

色盲が性に関連して遺傳するしくみは上の絵によって知ることができる。すなわち、この遺傳子をもつX染色体を $\bar{X}$ 、これのないX染色体を $\bar{X}$ とし、後者は前者に対して優性であると考え。この図にならって、色盲の遺傳子に関して異型の女子が、健全または色盲の男子と結婚した場合にできる子供の性と色盲との関係を考えてみるとよい。

ショウジョウバエの野生のものは赤い眼をしているが、これに白い眼をした変りものがある。この白眼の遺傳が、人の色盲の場合とまったく同ようである(第13図)。

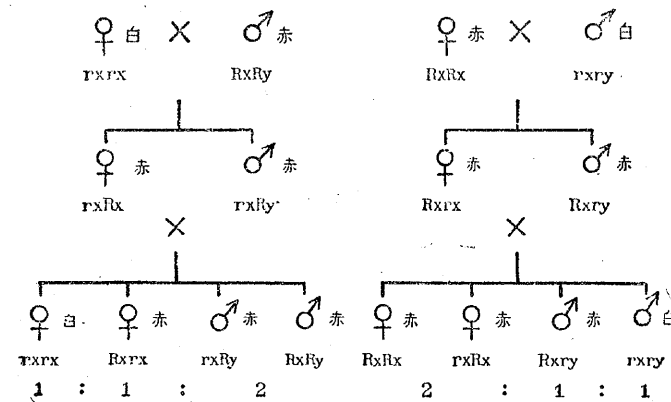


第13図 ショウジョウバエの白眼の遺傳

白眼のショウジョウバエは色盲の人と同じように現われ、雌にはまれである。その遺傳のしくみは色盲の場合とまったく同ように考えることができる。上の図で w は白眼の遺傳子で劣性であり、 $+w$ は w と対になる優性の遺傳子で赤眼を表わす。

ZW型の場合では、Z染色体に遺傳子があると考え、よく説

明できることが多い。この場合XY型と違うところは雄と雌との関係が逆になることである。ふつうのカイコは皮膚が白くて不透明であるが、あぶらこというカイコはほとんど体じゅうがすきとおっていて、体のなかが表面からすかして見えるほどである。この形質には性に関連して遺傳をする場合があり、このような形質をもった雄をふつうのカイコの雌にかけ合わせると、雌はあぶらこになるが雄はふつうである。これらの場合のように性染色体にある遺傳子はX染色体とZ染色体とにかぎられ、一ぱんにYとWの染色体には遺傳子がなく、遺傳的に無力であるとされている。しかし、YとWともまったく遺傳子がないわけではなく、近ごろになって例外的に遺傳子がある場合が知られてきた。



第14図 白メダカの遺傳

白メダカは雄にはめったに現われない。白メダカとヒメダカとを掛け合わせたときの遺傳のしかたを説明するには、Y染色体にも白色に関する遺傳子があると考えないわけにはいかない。図で rx はX染色体にある白色遺傳子、 ry はY染色体にある白色遺傳子、 Rx はX染色体にある赤色遺傳子、 Ry はY染色体にある赤色遺傳子である。

たとえば日本のメダカについてY染色体にある遺傳子が発見されている。会田龍雄の研究によれば、白メダカの雄はXとYとの両染色体にそろって白色を現わす劣性の遺傳子がある場合にだけ現われ、このいずれかに赤い色を現わす優性の遺傳子があればヒメダカになることが証明されたのである(第14図)。

3. 遺傳子を変えられるか

1. 突然変異

遺傳子は一定不変のものであるか、あるいは自然に変わったり人為的に変えたりすることができるものであるかを知るには、変異についてさらに深くしらべなくてはならない。

同じ種類の生物でも個体が違うとかならず多少の変異があるものであるが、その一部は環境によって起る変異で遺傳しないものである。前に述べた ほうこう変異 はこのような変異の1種である。また、両親のもっている種々な遺傳子の組み合わせが違うためにその子に変異が生じる場合があるが、これはすでに存在していたいろいろな形質の組み合わせが違ったために生じたものであって、遺傳的な変異といえることができる。ところが突然変異の場合には、もともとその両親にはまったく存在しなかった形質が突然に現われて、しかもそれが子孫に傳わるのであるから、この場合には遺傳子やその他の遺傳に関係ある物質になんらかの変化が起ったと考えられる。

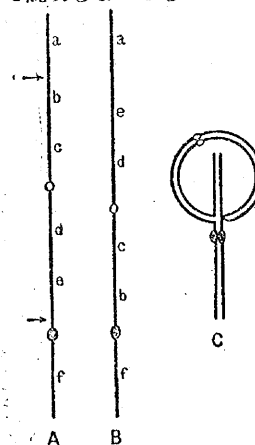
遺傳子をはじめ、遺傳に関する物質を總称して遺傳質という。突然変異の原因となる遺傳質の変化としては細胞の核のなかで起ることも、また外で起ることもあるはずである。さらに核のなかでの変化にしても、遺傳子自体が変化することもあるし、また、遺傳子そのものは変らなくても染色体に異常が生じて、遺傳子のなり方が変わったり、数が違ったりする場合も考えられる。

突然変異を現わした個体を突然変異体と呼ぶ。

2. 染色体に起る異常

突然変異を研究したのはド=フリスが最初である。かれは1886年

から8年間オオマツヨイグサを栽培して、総計 5,4343 本のうち違った突然変異を7種、株数にして834本を見つけ出した。これにもとづいて突然変異説というのをとなえて、生物の進化をこれによって説明しようとしたのである(單元10参照)。



第15図 一部が逆になった染色体

染色体はときにAのように一部が切れて(図の矢印のところ)、それだけがさかさまになり、Bのようにまたもとにつくことがある。したがって、bへeまでの遺伝子の位置が逆になった染色体ができただけでこの染色体が相手の相同染色体とくっつくときにはCのような形になるはずである。

1) その後になってド=フリスの考えたものがかならずしもすべてがほんとうの突然変異ではないことが明らかにされたから、この値をもってオオマツヨイグサの突然変異の正確な出現率ということはできない。

ド=フリスは突然変異を遺伝子に変化する場合だけに限って考えていたが、今日ではもっと広く染色体の異常までも含めて考えるのがふつうである。染色体の異常というなかには、ある染色体の一小部分が欠けること、一部分が切れ、それがさかさまになってもとにくっついたためにそこだけ遺伝子の排列が反対になること、よその染色体の一部が切れて来て余分に加わることなど、部分的な異常のほかには染色体そのものの数がふえたり減ったりすることもある。

今このなかで、染色体の一部が切れて逆にくっついた場合を考えてみよう。このような染色体が相手の相同染色体と対になった場合は表現型では正常なものとしても少しも違わないが、減数分裂の際などには両方の染色体の元來対応していた部分がそれぞれくっつきあおうとする結果、第15図のように環状になるはずである。



第16図 だ液せん染色体で見た逆位
ショウジョウバエのだ液せん染色体で、図のように環状になったものが見出された。これは相同染色体の一方の一部分が切れて、逆にくっついたことによると考えられる。染色体の一部が逆になることを逆位という。



第17図 マラー

マラーはアメリカの遺伝学者で1927年にショウジョウバエについて人為的に突然変異を起させることに成功した。この業績によって1946年にノーベル賞を受けている。

実際にも、トウモロコシなどでこのような形の染色体が見られたことがあるが、ショウジョウバエのだ液せん染色体ではとくに明らかに認めることができた(第16図)。だ液せん染色体は体細胞でありながら相同染色体がくっつきあっている上に、きまった位置に横じまがあり、しかも巨大であるためにこうした染色体の異常をしらべるのにはとくによい材料である。

3. 突然変異は人為的に起せるか
突然変異を人為的に起させようとする企てはかなり以前からいろいろな学者によって試みられていたが、ついに1927年アメリカのマラー(H. J. Muller, 第17図)によって実現された。彼はショウジョウバエをX線で照射した結果、そのうちのある群には照射をしなかった群の150倍以上もの突然変異が現われたことを報告している。

これに刺激されて、突然変異を人為的にひき起そうとする実験は各国

の遺傳學者によつて行われ、X線以外にいろいろと刺激を変えてみたり、実験に使う生物もさまざまなものを選んで行っている。こうしてX線以外にもラジウム・紫外線・高温・遠心力・化学薬品・超音波・中性子などが、その程度はいろいろであるが、とにかく有効であることが知られ、またシヨウジョウバイの各種をはじめ、カイコ・ヤドリバチ・ハツカネズミ・イネ・オオムギ・コムギ・アサガオ・キンギョ・ソウ・トウモロコシ・タバコなど広い範囲にわたる動植物が実験の材料として選ばれている。また、現われた突然変異も遺傳子そのものの突然変異にかぎらず、染色体異常も高い率で起きた。なかでもコルヒチンという薬品を使って染色体の数を2倍にする方法は実用上の應用も広い。

コルヒチンはイヌサフランという植物からとれるアルカロイドの一種で、これのうすい水溶液に植物体の一部または全部をひたすと、その一部または全部の細胞の染色体が倍加する。

このようにして人為的に突然変異を起すことができても、現在ではまだその結果を意のままに定めるまでには至っていない。しかし、マラーもその論文のなかで「將來われわれの意のままに突然変異を作ることができるようになるであろう」と述べているように、やがては望みどおりの突然変異を自由に作れるようになるかもしれない。

4. 人生と遺傳

1. 雜種強性

遺傳についての研究が進歩すると、生物の本質や成りたちなどについての考察を深めることができるが、さらにその原理を應用して人生を益することが少なくない。

その一つとして、違った種類や品種の間でかけ合わせをすると、 F_1 にはその親のいすれよりもじょうぶであつたり、大形であつたり、またはたらしがすぐれていたりする子を生じることがある。この現象を雜種強性といい、しばしば利用される。

たとえば、日本在來種のカイコとヨーロッパまたは中華民国種のカイコとををかけ合わせると、繭が大きくて糸のたくさんとれる F_1 が作られる。また、雌のウマと雄のロバとの間にできるラブという動物は、体がじょうぶで粗食にたえ、氣候の悪い地方で労役用として役にたつことが知られている。このほか、ナス・トウモロコシや葉を食用とする野菜類などでも、系統や品種の違ったものの間のかけ合わせで有用な形質をもった F_1 ができる場合が少なくない。

このような現象がどうして起るかについては議論が多いが、違った系統の染色体が一しょになるために有用な形質に関する遺傳子が集まるからであるともいい、また違った系統の原形質が混同するからであるともいう。しかし、雜種強性を示す F_1 には種子や子ができないことが多く、ラブに子ができないことは広く知られた事実である。

雜種強性とは反対に、系統や品種の違ったもののかけ合わせによつて F_1 がかえつて劣つたものになる場合もまれにはあるが、その理由はまだ明らかでない。

2. 不ねんと不妊

分類上の種が違った個体の間の雑種では生殖力が減退するのがふつうで、雑種強性の場合などもその一つである。また生殖力の減退が雌雄のどちらか一方にかざられていることもあって、ウシとヤクとをかけ合わせてできた F_1 の雄は生殖力がないが、雌には生殖力がある。また、コムギとライムギとの F_1 では おしべ だけが不完全である。このような生殖力の減退を植物では 不ねん、動物では不妊と呼んでいる。不ねん の一つの場合として、ある種の植物では同じ花の花粉で受粉すると受精が完全に行われず みのり が悪い。リンゴ・ナシ・ブドウ・櫻桃などがそれで、これらの果樹のあるものは、同じ株の他の花の花粉では完全に受精するし、またあるものは系統の違う株の花粉によってだけ受精して完全な実ができる。このような現象を自家不和合といい、栽培者の注意によって完全な受精を行わせ、さらに雑種強性によって優秀な実を作り出すことができる。

自家不和合は遺伝的な形質であるが、高度の自家不和合の個体から自家和合性の個体を作ることでもある。コムギとライムギの F_1 はほとんど自家不和合であるが、このなかからただ1箇だけ自家和合性の種子を見つけ出し、その自家受精によって F_2 ・ F_3 などを育てると、 F_2 ・ F_3 と進むにつれて自家受精のできるものの割合が多く、収量も多くなる。

自家不和合の しくみ は、子房から出る物質の影響によって自身花粉あるいは同じ株の花粉の発育が妨げられることにあると考えられている。このほか、染色体の数が異常になったために自家不和合の起る場合もあるが、これについてはつきで考えよう。

3. 倍数性

一ぱんに生物の染色体数に増減があると、いろいろな変異が起る

ものである。染色体の数が本来の数の何倍かになることを倍数性といい、ことに2倍になった個体は体が大きく、植物では収量の多いことが多い。このような個体を四倍体といい、生殖細胞の染色体数を n とすれば、この個体の染色体数は $4n$ で表わされる。したがって、ふつうの個体は染色体数が $2n$ であるから二倍体といい、 $3n$ のものは三倍体、 $5n$ のものは五倍体というふうには呼ばれる。一ぱんに三倍体は体がやや大きい、不ねん または不妊である。その理由は染色体が3組あるために、減数分裂の際に相同染色体がうまく対にならないから花粉や卵細胞が不完全であることによると考えられている。

倍数体のなかで利用上の価値のとくに高いのは四倍体であることは天然の四倍体についても知られていたが、最近コルヒチンを使って人為的にかような個体を作り出せるようになってその利用が大いにひろまった。その方法はコルヒチンの0.1~0.001%の水溶液に種子や 芽ばえ をひたしたり、これを芽に塗りつけたりして、植物体の全部あるいは一部を四倍体にするのであるが、このようにしてできた四倍体の細胞のなかには八倍体の細胞がまじっていることもある。

コルヒチンによって四倍体ができるのは、核分裂のときに つむ がた体ができなくなり、そのために、縦に割れた染色体が両極に分かれないで同一の核のなかに含まれるからで、このような細胞が分裂して数を増すためと考えられている。

この方法によって、大形のダイコン・カボチャ、繊維の長いワタ、ビタミンCの多いトマト、大輪のキンセンカ・コスモスその他有用な形質をもった植物が作られている。ムギでも四倍体が作られているが、穀粒の大きいのにひきかえて粒の数は少ない。

コルヒチンはまた、三倍体であるために不ねん性の植物の染色体を倍加させ ねん性 にするのに利用することもできる。また、四倍

体のスイカを作り、これに二倍体の花粉をつけてまず三倍体を育成しておき、これにふたたび二倍体の花粉をつけ、その刺激によって種子のないスイカを作ることができる。このようにして、植物ホルモンによらないでも種なしスイカを作ることができる（単元7参照）。

コルヒチンと同じようなはたらきをもつ薬品には、アセナフテン・ジフェニールアミン・硫酸ペラトリンなどが知られているが、いずれもコルヒチンほど有効ではない。また薬品によらなくても、受粉後のトウモロコシの雌花を 38°C 以上の高温のところにおいて、その種子から四倍体を得た例があり、トマトの茎を切ってそのきず組織から出る芽が四倍体になった場合もある。

4. 品種改良

きまった土地のなかで作物の収穫を増したり、家畜の利用価値を高めたりするには、品種を改良して作物や家畜自体をよいものにする、よい系統を作ることが必要である。品種改良の方法としては古くからかけ合わせと選択との二つが知られているが、これは現在でももっとも広く使われ、効果も大きい方法である。

いま、 A と a 、 B と b とをそれぞれ対になった形質を現わす遺伝子とし、 $A \cdot B$ はそれぞれ $a \cdot b$ に対して優性であるとしよう。ここに $AABB$ 、 $aabb$ の二つの個体があって A と b によって現わされる形質が利用上望ましい場合には、この2個体の間でかけ合わせをする。その後は自家受精をつづけると F_2 に生じる16種類の遺伝子の組み合わせのうち $AAbb$ という個体はその後引きつづいて同じ遺伝子型をもち、しかも二つの優良形質 A と b とをあわせもつことになる。このようなかけ合わせによって、冷害に対する抵抗力の強いイネ、陸羽132号も作られたのであり、農林10号とい

うコムギも作られた。またサツマイモ・カイコ・ウマ・イヌなどにもよい品種が作られている。

選択法は遺伝子の組み合わせのわからない生物を自家受精によってしだいに純粋な遺伝子型をもつようにし、目的の形質が純粋に現われて来るようにする方法である。たとえば、インゲンマメをまく場合に多数のなかからもっとも重いものを選び、自家受精によってできた F_2 のなかからふたたびもっとも重いものを選び出すというようにして何代もくりかえすと、しまいには遺伝子の組み合わせが純粋になって、総体に重さのそろった大粒のマメが得られる。

このようにして純粋になったものに、さらにかけ合わせによって優良な形質を結びつけることがよく行われる。サツマイモ・ダイコンなどの巨大型はこのようにして生じたのであり、ほかの作物や家畜などにもこの方法で得られたものがひじょうに多い。

品種改良にはこれらのほか、突然変異を利用する方法がある。かけ合わせと選択によるかぎりは、一定の遺伝子の組み合わせを変えるだけに過ぎないが、突然変異を利用するとなればまったく新しい形質が現われることを期待することができるわけである。しかし、この方法がほんとうに人生に役だつようになるのは、しゅとして今後の研究によるであろう。

5. 優生

遺伝に関する研究は動物や植物だけでなく、われわれ人にも應用して知能・身長・情操などの各方面にわたって遺伝的に優良な素質をのばすように努めることができる。人について望ましい遺伝形質をのばし、望ましくないものをなくそうと努めることを優生という。しかし、優生問題を実行するだんになるとひじょうに困難なことがある。それは科学的に次の代の者の遺伝形質をよくしようと考えて

も、その方法が個人の人権を犯すようなことになっては実行できないからである。それで将来人の子の親となるべき人々に対して、教養をもたせ配偶の選び方を正しくするように指導することがたいせつである。なせならば、教養が高まってくると、配偶の選択が自分およびその子供たちの幸福と密接な つながり があることを理解するようになり、その結果遺傳的によい配偶者を選ぶことにむとんちやくではいられなくなるからである。

参 考 書

今 井 喜 孝	遺 傳 学 問 答	力 書 房
吉 川 秀 男	遺 傳	日本科学社
駒 井 卓	日本人を主とした人間の遺傳	創 元 社
篠 達 喜 人	遺 傳 学 史 講	力 書 房

高理 1003

高等学校用 生物 教科書 第三学年

生 物 の 科 学

III

昭和 23 年 8 月 17 日 録 刻 発 行

昭和 年 月 日 印 刷

昭和 年 月 日 発 行

〔昭和27年3月5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

東京都文京区久根町108番地

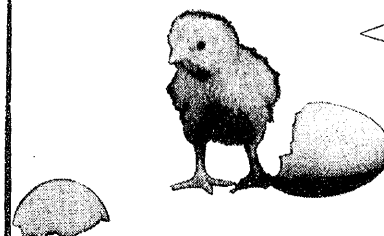
印 刷 者 共 同 印 刷 株 式 会 社

代表者 大 橋 芳 雄

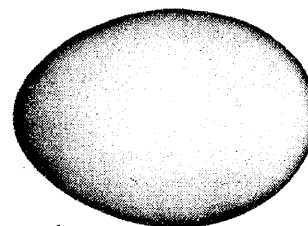
東京都文京区白山御殿町10番地

発 行 所 株 式 会 社 国 民 図 書 刊 行 会

K270.46-3.72

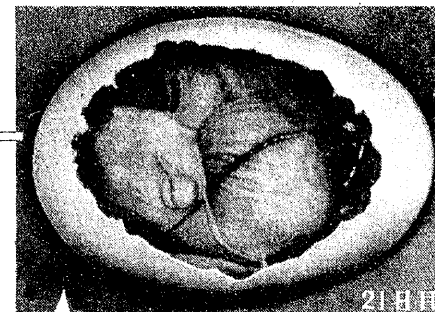


ニワトリがかえるまで

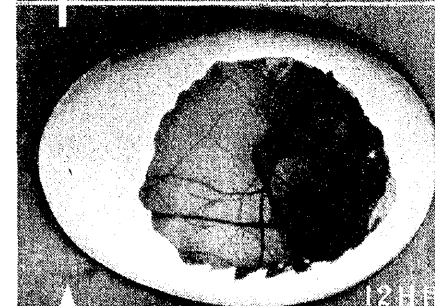


卵

(日本映画社フィルム「卵は語る」より)



21日H



12日H



2日H

文
部
省

昭和29年度用定例

¥.48-