

誰にでもできる

メダカの実験

竹内邦輔著



◆ 目 次 ◆

| | |
|-----------------------|----|
| 実験の前に | 1 |
| 1. なぜメダカをつかうのか | 1 |
| 2. 青少年のみなさんへ | 3 |
| 3. 実験の準備 | 3 |
| ア. メダカと飼育法 | 3 |
| イ. 実験器具 | 7 |
| ウ. 溶 液 | 12 |
| 実験1 自動車の排気ガス | 14 |
| 実験2 有毒油(P C B) | 15 |
| 実験3 農 薬 | 16 |
| 実験4 洗 剤 | 17 |
| 実験5 重金属イオン | 18 |
| 実験6 正常な肝臓, 胆のう, 腸, ひ臓 | 18 |
| 実験7 脂 肪 肝 | 20 |
| 実験8 卵 の 色 | 22 |
| 実験9 腸の運動 | 23 |
| 実験10 正常発生 | 23 |
| 実験11 心臓はく動と温度 | 28 |
| 実験12 心臓はく動の一時停止 | 30 |
| 実験13 血 管 系 | 31 |
| 実験14 呼 吸 | 33 |
| 実験15 律動的収縮運動 | 35 |
| 実験16 ふ化酵素 | 36 |
| 実験17 性 行 動 | 37 |
| 実験18 三角関係 | 41 |
| 実験19 人工受精 | 41 |
| 実験20 ますい卵の受精 | 44 |
| 実験21 精子なしでおこる未受精卵の興奮 | 46 |
| 実験22 未受精卵の興奮とカルシウム | 47 |

誰にでもできる

メダカの実験

実験の前に

| | | |
|------|-----------------|-----|
| 実験23 | 未受精卵の電気しげきによる興奮 | 48 |
| 実験24 | 性ホルモンのえいきょう | 50 |
| 実験25 | 尾びれの再生 | 53 |
| 実験26 | しりびれの再生と性ホルモン | 54 |
| 実験27 | 性転換 | 55 |
| 実験28 | 脳下垂体 | 59 |
| 実験29 | 脳 | 62 |
| 実験30 | 脳神経 | 64 |
| 実験31 | 脳の部分破壊と脳神経の切断 | 66 |
| 実験32 | 骨格標本 | 68 |
| 実験33 | 骨格の異常 | 70 |
| 実験34 | 遺伝しない奇形 | 71 |
| 実験35 | 歯 | 72 |
| 実験36 | 端 歯 | 73 |
| 実験37 | 骨の発生 | 75 |
| 実験38 | 体色変化 | 77 |
| 実験39 | 赤い体色 | 79 |
| 実験40 | 体色の遺伝 | 80 |
| 実験41 | 性 比 | 84 |
| 実験42 | 体液の濃度 | 86 |
| 実験43 | 高 濃 度 | 90 |
| 実験44 | 単独イオン | 91 |
| 実験45 | じん臓 | 92 |
| 実験46 | うきぶくろ | 93 |
| 実験47 | ランゲルハンス島 | 95 |
| 実験48 | う ろ こ | 97 |
| 実験49 | 群集心理 | 98 |
| 実験50 | 誘 惑 | 100 |
| あとがき | | 103 |

1. なぜメダカをつかうのか

“実験にメダカをつかうって?” “あんな小さなものどうやって実験するの?” “メダカなんか実験して何になるの?” “メダカなんか食べられないでしょ。”……メダカの実験というとすぐにこのような質問がかえってきます。はたしてメダカはそんなに役にたたない動物なののでしょうか。どうして日本人はそんなにメダカを馬鹿にするのでしょうか。私はメダカこそ日本人が世界にほこるべき魚だと思っています。こんなによく研究された魚は世界中をみても少ないのではないのでしょうか。しかもほとんど日本人の手によって研究されたのです。メダカは日本の魚だといってよいでしょう。日本以外では台湾、中国の一部にいるくらいです。メダカはほんとうに小さいのでしょうか。その卵の直径は人間の卵の直径の10倍も大きいのです。体積でなら $10^3=1000$ 倍も大きいことになります。しかも一匹のめすは春から夏にかけて、毎日10~30個も卵をうむのです。親の体の長さは3cmくらいでたしかに小さいでしょう。しかし10倍の虫めがねでみれば30cmの魚をみるのと同じことになります。ところが、かりに30cmのコイやもっと大きな

ブリのような魚の脳を観察しようとしても、そのかたい頭の骨を酸でやわらかくするか、少しずつつけてゆかなくてはなりません。これはたいへん労力のいることで、魚が生きたままでにはなかなかむづかしいことです。ところが、メダカの頭の骨はピンセットでかんたんに破れます。そして脳や脳下垂体などもかんたんに観察できるのです。体が小さいから、それをつくっている細胞(生物の体はすべて細胞でできています)も小さいかという、けっしてそんなことはありません。大きなヒトをつくる細胞もメダカをつくる細胞も大きさはそんなにかわりません。ただ細胞の数がヒトにくらべてずっと少ないのです。数の少ないメダカの方がかんたんで実験にはつごうがよいと思います。その他いろいろの点からメダカは小さいからだめだという理由はまったくありません。むしろ小さいから、小さいいれもので沢山飼うことができつごうがよいのです。小さくても、大きな動物と基本的な構造は同じです。胃、腸、肝臓、じん臓、心臓、脳などいろいろの器官も、かんたんかふくぎつかの差はあっても、基本的にはヒトと同じだと思っていいでしょう。メダカを実験して何になるかという質問には、以上のべてきたことからあるていどわかると思いますが、つぎのことを考えていただければなっとくされると思います。すなわちメダカの研究で、すでに二人の学士院賞受賞者がでていくということです。その一人はメダカではじめて伴性遺伝を発見された故会田龍雄先生であり、いま一人は完全な性転換に成功された故山本時男先生であります。

2. 青少年のみなさんへ

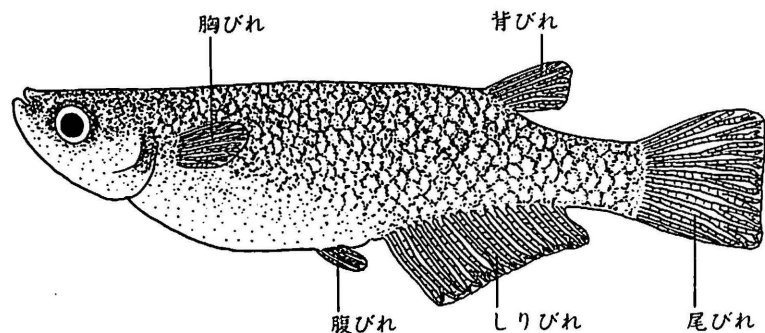
自然科学というものは本を読んだだけではだめで、ほんとうに理解するにはどうしても自分で実験してみなければなりません。労力を惜しまず自分でやってみる習慣をつけるようにしましょう。若いみなさんがしあわせになるには、よい日本の国土がなければなりません。むかしは、たんぼにも、小川にも、カエルやメダカやゲンゴロウなどいろいろの生物が沢山いました。いま日本の多くのたんぼはどうでしょう。ちよつとのぞいてみても、ほとんど動く生物をみかけません。まるで死んだ土地のようです。私は美しく生き生きとした自然の中で、みなさんが健康に育ち、その自然を愛し、美しい心を育てて、よく学び、よく仕事をして正しい社会をつくってほしいと思います。そのためにはよく自然のしくみを理解することが大切かと思ひます。やさしいことから一つ一つ楽しく学んでいくために、まずメダカを材料に学び、公害の恐ろしさを知り、自分の健康法を知り、自然の法則を少しでも理解することは大切なことと思ひます。実験はいろいろ自分で工夫してするものであります。ここにあげたものはほんの一例にすぎません。みなさんが自分でいろいろ工夫してやってみてください。

3. 実験の準備

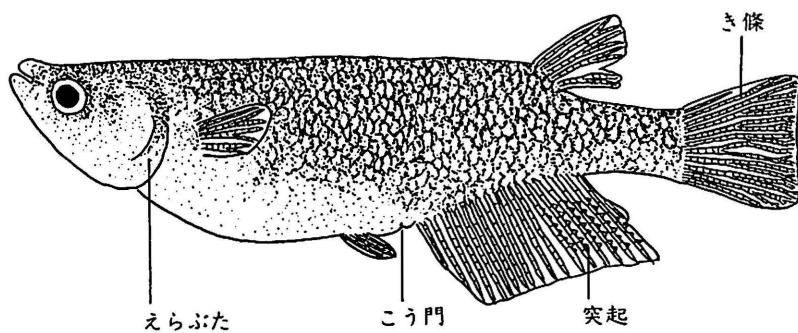
ア. メダカとその飼育法

メダカは小川にゆけば、野生のクロメダカがとれます。しかし

最近はいへんすくなくなりました。大都市の近くではほとんどみられません。都市の人は、熱帯魚店でヒメダカを買ってきて実験に用いればよろしい。クロメダカもヒメダカも、学名は同じオリジマス・ラチペスで同じ種です。両者は自由に交配できますので、単に品種がちがうだけです。第1図にめすとおすを示しました。背びれとしりびれの形がおすとめすでちがっています。実物についてしらべてみてください。なれるとひれをみなくても、上からみただけでおす、めすがわかるようになります。クロメダカでも、ヒメダカでもおす、めすの割合は大体1：1です。

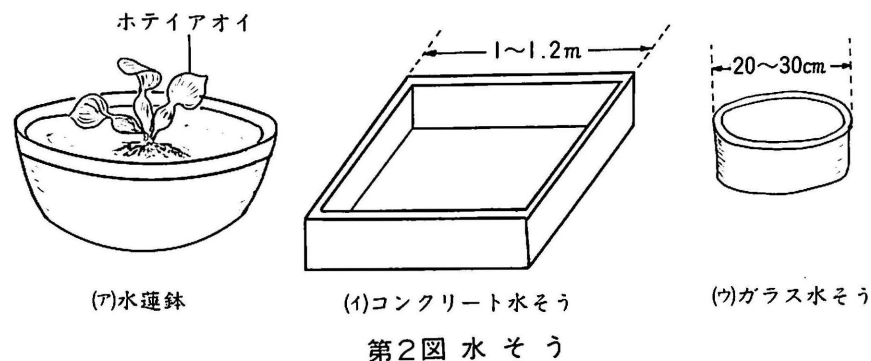


第1図(ア) メダカ(めす)



第1図(イ) メダカ(おす)

メダカを飼育するにはいれものが必要です。メダカは家の中より外で飼育する方がずっと楽なのです。太陽の直射の下で、緑藻の生えた自然の池で飼育するといちばん健康なメダカができます。このため実験中のメダカ以外は、できるだけ屋外におきます。それには直径が60~100cmのすいれん鉢や1辺が100~120cm、深さ20cmくらいの四角のコンクリート水そうなどは非常に便利です。室内で飼育するには、直径20~30cm、深さ15~20cmのガラスまたはプラスチックの水そうが便利です。熱帯魚用の深さが50cm以上もある四角の水そうは観賞用で、実験には不便です。注意してほ



第2図 水そう

しいのは、金属性のいれものや、水そうの内側に金属の出ているいれものは使用できません。それは金属が水にとけだしてメダカが死んでしまうからです。メダカのような水にすむ生物の健康に一番大切なのは水質です。もっともよいのは井戸水なのですが、最近には手に入りません。池の水もよいでしょう。水道水を使うときは、かならずくみおきの水を使うことが大切です。戸外の水そうに3日~1週間くみおきにした水を使うとよいでしょう。深い

水そうほど長期間くみおきにしないと使えません。入るメダカの数、水そうの表面積によってきまります。100cm四方の水そうなら100匹以下に、直径30cmの水そうなら20匹以下くらいがよいと思います。メダカを水そうから水そうへ移しかえる場合、とくに水温に注意してください。あまり水温の異なる水そうに移しますとメダカは死にやすいです。手を水に入れてみて同じくらいの温かさなら移しかえてもかまいません。

メダカは変温動物ですから、冬の寒い間はじっとしていて餌も食べません。温度を上げてやると活動しますが、自然の状態では、3月から11月頃まで活動します。そのうちでも卵をうむのは、4月から8月頃までです。卵は、春は1ヶ月くらいかかってふ化しますが、真夏には1週間でふ化してしまいます。4月頃うまれた幼魚は、8月頃には卵をうみますが、ふつうは翌年になって産卵します。

餌はほとんど何でも食べますが、メダカの餌として売っているものもあります。研究者が標準餌として使っているものは、えび粉、こーせん(麦こがし)、まっ茶を6:3:1の比にまぜたものですが、べつにこれにこだわる必要はありません。よく利用されるものに、系ミミズ、サナギ粉などがありますが、このような蛋白質の多い餌は、食べ過ぎるとよくありません。その他、お好焼の材料、金魚の餌を粉にしたものもよいでしょう。ただ注意することは、粒状のものは沈みますので食べにくく、残るとくさって水が悪くなりますので、できるだけ粉末状にして水に浮くように

した方がよいということです。与える量はちょうど食べてしまう程度がよいのです。水がにごってきますと、できるだけはやく水をかえねばなりません。このときもくみおきの、温度の同じ水でかえるようにしてください。室内で飼育している場合、真夏なら2~3日に1度は水かえをした方がよいですし、戸外での場合は、2週間に1度は水かえをします。冬の間は水かえの必要はありません。室内の場合、ガラス壁に生えている緑藻は、水かえのときとらないようにしてください。これも大切なメダカの餌となりますから。水かえのとき用いる網は、自分で工夫して大小つくっておいてください。

大量の卵がほしいときは、戸外で飼育し、水そうの中にウキクサ(ホテイアオイ)を入れておきますと、この根に卵をうみつけます。これを手で集めます。卵はおたがいに糸のようなものでからみあっていますから、集めた卵のかたまりを、卵をつぶさないように、水中で手でもむようにしますと、一個一個ばらばらになりますから、これを洗って新しいくみおき水に入れておくとよいでしょう。ただ毎日ウキクサの根に卵をうみつけますから、とり残しますと、つぎの朝卵をとるとき古い卵がまざることとなります。

1. 実験器具

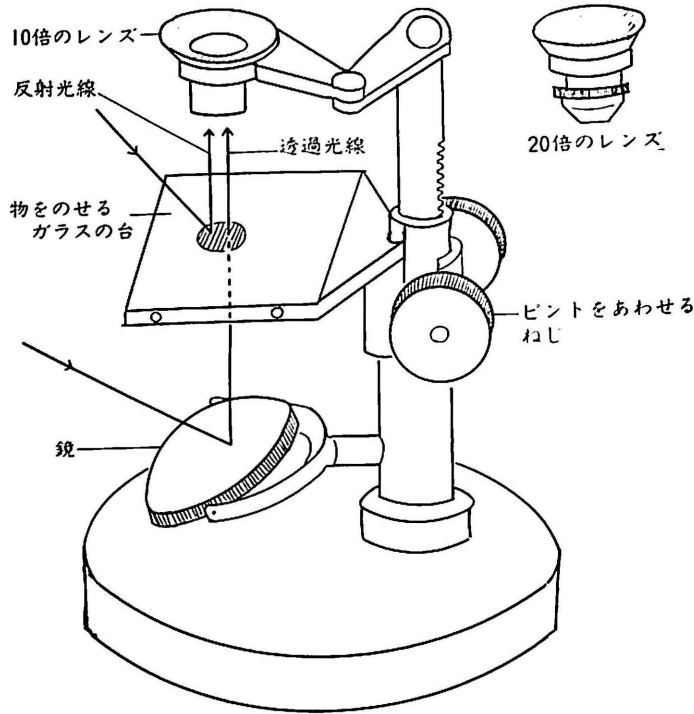
本書の目的は、誰にでもどこでもできる実験ということですから、理科器具店や百貨店でかんたんに手に入る器具で、どこの小、

中学校の理科教室にもあるものに限ります。ここにあげる器具以外にも、自分でいろいろ工夫して、手作りの器具を用いることをおすすめします。

虫めがね：

使いやすいのは、理科器具

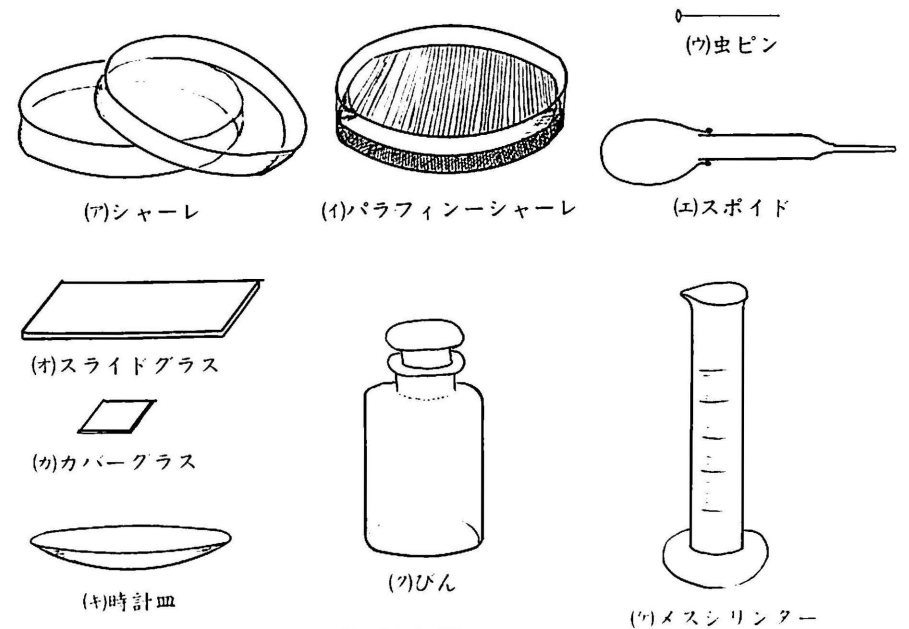
店または顕微鏡業者が売り出している、10倍と20倍のレンズのついた、小型解剖顕微鏡と呼ばれているもので、第3図のようなものです。本書ではこれを虫めがねと呼ぶことにします。価格は現在1万5千円くらいです。いくらでも高価な、高級な顕微鏡はありますが、この実験書のはんいでは必要ありません。一番安くあげるには、近所のめがね店で10倍と20倍のレンズを買ってきて、自分で工夫して図のようなものを組立てることで。必要なものはレンズ、物をのせる台（ガ



第3図 虫めがね

ラス製), 光を反射させる鏡の3つです。

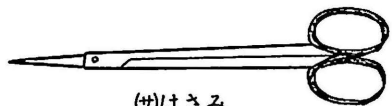
実際に使うときは、反射光線で見るときと、透過光線で見るときをうまく使いわけてください。両者のちがいは第3図の中に記入してあります。たとえば脳をみる時は反射光線でないとみえませんが、卵をみる時は、透過光線でないとよくみえません。透過光線で見るときは、下の鏡をうまく調節してください。反射光線で見るときは、反射光量が少ないですから、窓ぎわのようなできるだけ明るいところでみるようにしてください。その他注意することは、虫めがねは決して日当りのよいところにおき忘れないでください。火事の心配があります。



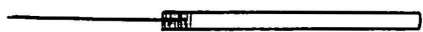
第4図 器具



(c)ピンセット(時計用)



(b)はさみ



(d)はり

第4図 器具

くらいの厚みに流しこみます。かたまったらでき上りです。(第4図イ)

虫ピン：小さい針です。(第4図ウ)

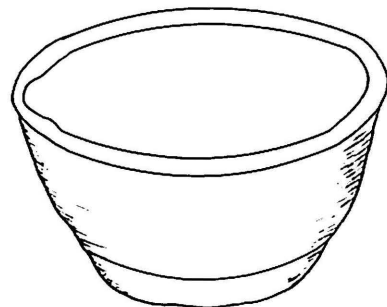
時計皿：ガラス製の小さな皿です。(第4図キ)

スライドグラス：ガラスの板で、長さ7~10cm、巾3~4cmのものです。(第4図オ)

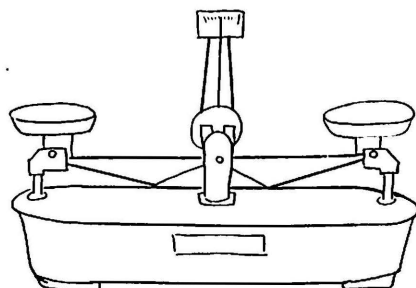
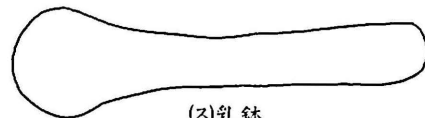
カバーグラス：非常にうすいガラス板で1~2cm四方のもの。(第4図カ)

シャーレ：第4図(ア)にあるようなふたつきのガラスのいれものです。直径が10cmくらいのものがよいでしょう。

パラフィンシャーレ：解剖皿として用います。ろうかパラフィンを熱して溶かして、すすか炭粉をまぜて黒くし、シャーレに1cm



(a)乳鉢



(e)はかり

第4図 器具

スポイド：インク用でもよいし、自分でガラス管を焼いて引きのばして作ってもよい。ゴムのキャップをつけます。(第4図エ)
メスシリンダー：メモリ付のガラスのいれものです。リンゲル液をつくる時に使います。台所で使うガラスのメモリ付カップでもよろしい。5dl入くらいがあれば便利でしょう。(第4図ケ)

びん：食品やジュースの入っていたびんを洗って使えばよろしい。(第4図ク)

ピンセット：ふつうのピンセットはだめです。特に時計用ピンセットを2本買ってください。第4図(c)のようなものです。理科器具店に売っていますが、特に時計用で第4図(c)のようなものと指定して注文してください。あるいは時計屋さん頼めばあるかも知れません。買ったままでは先が合っていないので自分でとぎます。このため小型の油と石もいっしょに買います。とぐのはかんたんで、ときどき虫めがねでピンセットの先をみて、先で小さなものをはさむことができるまで2本ともといでください。

油と石：ピンセットをとぐためのものです。

はさみ：小型の解剖用はさみで第4図(b)のようなものです。

柄付針：わりばしを半分に折って、ふつうの針の穴のある方をその折ったはしにさし込み、糸でしっかりしめくくったものを2本用意してください。(第4図シ)

乳鉢：餌をするときにつかいます。どうしても手に入らないと

きは、家庭用のすり鉢でもよろしい。(第4図ス)

はかり：0.1gまではかれるはかりがあると便利なのですが、なければ1g以上しかはかれないものでもよろしい。(第4図セ)

ウ. 溶 液

リンゲル液：手術したメダカ、未受精卵、精子などは、リンゲル液といって、メダカの体液と同じ濃さの溶液の中に入れておかないと死んでしまいます。これは正式には食塩（塩化ナトリウム）7.5g、塩化カリウム0.2g、塩化カルシウム0.2gを純水または蒸留水1ℓに溶かしたものです。正式でなくても、ふつうの実験には代用品で十分です。代用品とは海水をくみおきの水で4倍にうすめたものです。海水は熱帯魚店に“海水のもと”を売っていますから、これをくみおきの水でうすめればできます。リンゲル液用の薬品で食塩は家庭用でもよろしいが、純すいの塩化ナトリウムは薬品店にあります。塩化カリウム、塩化カルシウムは500g入1びん薬品店で買っても安いものですが、ほんの少ししか使いませんので、近くの学校でいただいてもよいでしょう。どこの学校の理科教室にもあるはずです。純水や蒸留水はくすり屋さんで売っています。

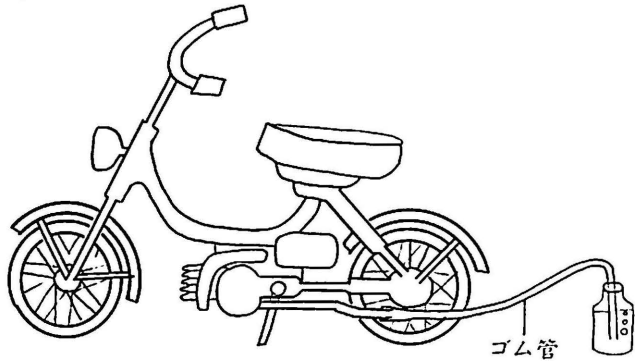
0.8%塩化ナトリウム溶液：リンゲル液と同じ濃度の食塩水ですが、この場合できるだけ純すいの塩化ナトリウムを用います。

1%塩化カリウム溶液：リンゲル液と同じ濃度の塩化カリウム溶液です。1gの塩化カリウムを1dlの純水または蒸留水にとかせばよろしい。

フェニールウレタン溶液：メダカをますいするための溶液です。フェニールウレタンは薬品店で売っています。学校などでは25g入1びん買って置くといよいと思います。家庭ではこんなに買っても必要ありませんし、保存する場合、幼児の手のとどかないところにおかなければなりません。ですから必要なだけ学校で溶液をいただいたらどうかと思います。溶液の作り方は、フェニールウレタン0.5gを5dlのリンゲル液または代用リンゲル液に溶かします。そのままでは溶けませんので、全体をお湯で温めてやると溶けます。実際に使うときは、これをリンゲル液または代用リンゲル液で5倍にうすめて用います。この中にメダカを入れると2～3分でますいされます。フェニールウレタンがないときは、メダカを急に氷水の中に入れますとかんたんにますいできます。

実 験

【実験1】自動車の排気ガス



第5図 排気ガス

交通量の多い交
さ点ふきんの住民
が、よく気管支を
悪くしたりします
が、排気ガスはど
のくらい毒なので
しょうか。1ℓく
らいのガラスびん

にくみおきの水を入れ、第5図のように、オートバイの排気筒の先にゴム管をとりつけ、排気ガスをびんの中にみちびきます。大部分のガスはあわになって逃げていきますが、一部が水にとけこみます。実験の1例をのべますと、一番小さな50ccのエンジンをつけたオートバイからの排気ガスを20分間びんにみちびいた場合このびんにメダカを入れますと、メダカはすぐにぴっぴと頭をふって狂ったように泳ぎまわり、10分くらいで死んでしまいます。この液を倍にうすめた液の中にメダカを入れたときは、1時間くらいでメダカは死にます。公害問題を論ずる場合は、いろいろむつかしいことを考えねばならないでしょう。しかし排気ガスが相当毒なものであることはこの実験からわかるでしょう。自家用車をお持ちの方は、一度やってみてください。

【実験2】有毒油(PCB)

ひと頃日本全国をさわがせた公害の1つにPCBがあります。どの魚に何ppm入っていたとか、新聞によくのっていました、何ppmといわれても、われわれには実感としてちっともびんときません。その恐ろしさを知るには実験してみるのが一番いいでしょう。さわがれた当時、ある日、私の教室に顕微鏡販売会社の人、油浸用の油をとりかえにきました。油浸用油というのは、1000倍くらいの高倍率で顕微鏡を使うとき、レンズと物体の間に入れる油のことです。私はそれまで、よくこの油で指をべたべたにして実験していました。販売会社の人、何もいわずにとりかえていったので、私はおかしいと思って、1本とりかえずに残しておきました。そしてさっそくメダカをつかって実験してみました。油ですからこのままではメダカは食べにくいので、まずこの油を小さじにほんの少しとり、これを20cc (mlともいいます)程のエーテル(動物ますい用のもの、薬品店に売っていますが、強い引火性がありますので注意)に溶かし、これを標準餌にふりかけ、よく餌をすりませました。エーテルはすぐに蒸発し、油はよく餌とまざります。ガラスの入れものにメダカを10匹ほど入れて、この餌を少し水面にぱらぱらとまきました。メダカはこの餌を食べていました。翌日私はこのメダカをみてびっくりしました。メダカは弱っていかにも苦しそうに泳いでいました。そしてその翌日このメダカはすべて死んでしまいました。この油をまぜずに、ただエーテルのみで同じようにした餌を与えたメダカは、元気で

すいすいと泳いでいましたから、エーテルのえいきょうでないことはあきらかです。この油浸用油にPCBが入っていたかどうかしらべてありません。私はこれまで、オリーブ油や綿実油などをメダカに与えたことがあります。ほとんど毒性はありませんでした。この油浸用油は、よほど毒性の強いものであったことはまちがいないと考えています。なぜなら一匹のメダカの食べたこの油の量は、きわめて微量と考えられるからです。油はひふを通して浸入します。注意すべきでしょう。

【実験3】農 薬

やさい、イチゴ、花などにふつうに使われているある農薬の効能書につきのように書かれています。「有機燐剤の中でも、人畜に対する毒性のもっとも少ない農薬である。イチゴ、ホーレンソウ、ナスなどには、2000～3000倍にうすめて収穫3日前までに用いること。また本剤は通常使用方法では、魚貝類にはえいきょう少なく、人畜に対する毒性はほとんどありません」。この説明は、はたして信用できるものでしょうか。実験でたしかめてみましょう。この農薬を1cc（こまごめピペットを用いるとよい。理科器具店にあります）とり、くみおきの水1ℓにどかしよくかきまぜます。これで1000倍にうすめたこととなります。この中にメダカを入れてみましょう。メダカはまもなく死んでしまいました。では、いったいどのくらいにうすめれば死ななくなるのでしょうか。この1000倍にうすめた液を5ccとり、くみおきの水1ℓに加えて

よくかきまぜましょう。これで $200 \times 1000 = 200000$ つまり20万倍にうすめたこととなります。この中にメダカを入れてみましょう。たぶん3時間くらいするとメダカはひっくりかえって泳ぐようになります。そして4～5日後には死んでしまいます。これがもっとも毒性の低い農薬なのです。この農薬のかかったやさいを、われわれが1日に食べる量はわずかで、また人はメダカのように農薬液の中で生活しているわけではありませんから、すぐにえいきょうがでることはないでしょう。しかし脂溶性の薬品は神経やかん臓や脂肪組織の中に残留しやすいと思われます。毎日このような農薬のついた食品を食べているとき、えいきょうがないとはいきれないと思います。農薬はできるだけ少量用いてほしいものですね。

【実験4】洗 剤

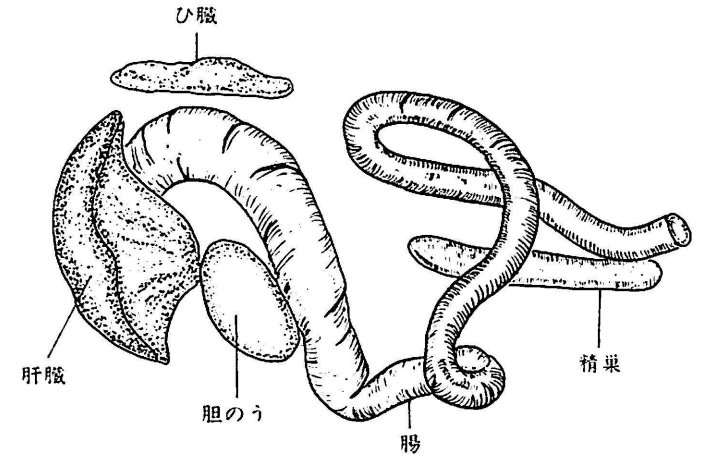
台所や洗たく用に用いられる合成洗剤が、下水に流れ、川や湖を汚染しています。毎日洗剤で食器など洗っているお母さんの手があればはいませんか。農薬の場合と同じように、原液を何倍にうすめたらメダカが死ななくなるかしらべてみてください。たとえばある陰イオン系中性洗剤は、8000倍にうすめたときメダカは1時間で死亡しました。320000倍にうすめた液中では4日で半数のメダカが死亡したという実験結果があります。川や湖の水はわれわれの飲料水にもなります。できるだけ毒性の少ない洗剤を用いるようにしましょう。

【実験5】重金属イオン

有機水銀によるミナマタ病、カドミウムによる富山のイタイイタイ病、トマトジュース（缶ジュース）によるスズ中毒事件、北海道のトクシベツ川でのサケの黄銅鉱による死亡事故など、つぎつぎと重金属による事故が新聞にのっています。重金属は、生物にとって大切な蛋白質にくっついて、蛋白質を変性してしまいますので重大な結果になります。先にものべたように、鉄など重金属の露出しているいれものでメダカを飼いますとメダカは死にます。でも微量の鉄は生物にとって必要なのです。これは酸素を運ぶヘモグロビンが鉄を含んだ化合物だからです。でも鉄の量が多くなるといけません。さらに鉄の種類によっても毒性はちがいます。よく池や川の底が鉄分で赤褐色になったところがあり、そこにメダカが元気よく泳いでいることがあります。この鉄は毒ではないのでしょうか。もし学校の化学教室に、塩化第一鉄と塩化第二鉄がありましたら、この両方のうすい溶液をつくり、そこにメダカを入れてみてください。この一方は他方より100倍も毒性が低いことがわかります。重金属の中でも、銅、水銀、銀は特に毒性の強い金属です。

【実験6】正常な肝臓、胆のう、腸、ひ臓

病気かどうかを知るには、まず正常な器官の様子をよく知っておく必要があります。ここでは主として消化をつかさどる器官の一部を観察しましょう。正常なメダカをますいし、腹側を上にし



第6図 内臓

て、パラフィンシャーレの上ののせます。はさみをこう門から入れて、前の方にえらのところまでまっすぐ切りましょう。ピンセットで腹をひらいて、虫ピンでパラフィンの上にしかりとどめてください。シャーレにはメダカがちょうどひたるくらいリンゲル液をいれます。できましたら、虫めがねの台の上にシャーレのままのせて、10倍のレンズで、明るいところで、反射光線で見てください。レンズのピントを調節し、おなかの前半をみますと、うす赤色の、まるみをもった肝臓がみえるでしょう。第6図とくらべてたしかめてください。健康な肝臓の色をよく覚えておいてください。肝臓にくっついて、緑青色の胆のうがあります。胆のうの色は中に入っている胆汁の色で、うすい色から非常に濃い色のものまで、メダカの状態でいろいろちがいます。おなかの後半には、夏期なら、めすは大きな卵巣をもっています。これをピン

セットでそっととりさってください。そうしますと胃と腸がみえます。たぶん緑色をしています。これは食べた緑藻の色です。メダカの腸は、ヒトの腸のように、胃、十二指腸、小腸、大腸、直腸の区別はほとんどありません。胃の部分が少しふとくなっているくらいです。でも機能は同じで、よく消化、吸収の役割をはたします。腸には沢山の血管が分布しているのがみえるでしょう。消化した栄養分をどんどん吸収して運んでゆくのです。もしおすのメダカだったら、腸のよこに少し細長い白いものがみえるでしょう。これが精巢で後の実験でつかいます。針で腸を動かしてみてください。胃の下側に、真赤な、小さな木の葉のようなものがみえるでしょう。これがひ臓です。カエルのひ臓はまるいのに、魚のものはこんなかっこうをしています。ひ臓は赤血球を貯蔵したり、血球をこわしたり、リンパ球をつくったりするところと考えられています。

【実験7】脂肪肝

お酒を飲みすぎて、肝臓を悪くしたということをよく聞きます。肝臓が悪くなるはじまりの1つが脂肪肝でしょう。脂肪肝とは、肝臓の細胞に脂肪がたまり過ぎて、白っぽくなった肝臓をいいます。メダカで脂肪肝をつくってみましょう。そうすれば、どういう食事が悪いかわかるはずです。この実験は冬にはできません。ガラスの水そうを2つ用意してください。一方の水そうにくみおきの水を入れ、10匹ほどメダカを入れます。もう一方には水道水を入れ

メダカを入れずにおいておきます。これは翌日メダカを移しかえるための準備です。つまり毎日新しい水そうにメダカを移しかえるのです。水そうはたわしでよく洗って、また翌日のための水を入れておきます。なぜこのようなことをするかというと、水そう壁に、夏なら、1日か2日で緑色の藻類が生えてきます。メダカはこの藻類を食べます。ちょうどヒトが野菜を食べるようなものです。この藻類をメダカが食べると脂肪肝になりにくいのです。その証こに野外のメダカには、めったに脂肪肝はみられません。このようにして餌としては、イトミミズばかりとか、さなぎ粉のような蛋白質、脂肪分の多い、かたよった餌を毎日あたえ続けます。1ヶ月ほど続けます。卵は、はじめ黄色のものがうまれますが、だんだん無色の卵をうむようになり、ついに卵をうまなくなります。このようなメダカを、実験6と同じように、腹を切り開いて、肝臓をしらべてみてください。肝臓が白っぽく、大きくなっていたら脂肪肝ができたのです。このようなメダカは不健康で死にやすいです。ついでに胆のうの色と大きさもしらべておいてください。この実験をしてみれば、どんなに野菜が大切かわかるでしょう。みなさん野菜を食べましょう。さてこのような脂肪肝を治すにはどうすればよいでしょう。みなさんが考えて実験してみてください。一番よい方法をみつけてください。これはかなり期間がかかります。

【実験8】卵の色

屋外で飼育したメダカは黄色い卵をうみます。ところが、このメダカを室内で飼育していると、いつのまにか無色の卵をうむようになってしまいます。ニワトリの卵のきみの色にもいろいろのていどがあります。魚の卵も大部分は卵黄（きみ）なのです。この卵黄の色はカロチノイドという色素で、これは動物はつくれないのです。植物がつくったものを、動物が餌といっしょに取りこみ、これが動物のいろいろの場所にちくせきされます。卵の色はもちろん、ヒメダカや金魚の体色もカロチノイドの色です。またミカンやトマトの色もカロチノイドですし、サケの肉の色もそうです。カロチノイドは無毒であるばかりか、大切な栄養でもあります。ビタミンAにかわるカロチンもカロチノイドの一種です。カロチノイドでよく色づいた卵から生まれる幼魚は、無色の卵から生まれる幼魚よりも丈夫です。カロチノイドには何百種類もあり、黄色から赤にかけて、いろいろの色のもがあります。卵の色がカロチノイドであることを実験的に確かめてみましょう。

トウガラシは赤い色をしていますが、これは赤いカプサンチンというカロチノイドが入っているからです。うどんにふりかける一味トウガラシの粉末を用意してください。メダカを屋内でイトミミズのみとか、さなぎ粉とこーせんなどで飼育し、無色の卵をうむようにしておきます。これらの餌には、ほとんどカロチノイドはありません。もちろん飼育している水そうは、毎日洗って、緑藻が生えないようにしなければなりません。緑藻にはキサント

フィルという、黄色のカロチノイドが沢山入っているのです。その後、これらの餌をへらして、トウガラシを沢山あたえます。このようにしますと、4～5日したら赤い卵をうむようになります。つまりトウガラシの赤いカロチノイドが卵にはいったのです。トウガラシはヒトにはとても辛くて、沢山は食べられませんが、メダカはいくらでも食べてくれます。ヒトとメダカでは辛さに対する感覚がちがうのかも知れません。

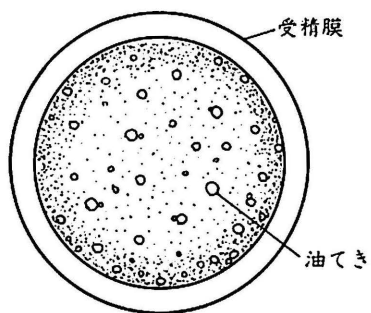
【実験9】腸の運動

実験6と同様に、メダカのおなかを開いて、ピンでパラフィンシャーレの上に止めまじょう。虫めがねの10倍のレンズで見ますと、腸がゆっくり動いているのがわかるでしょう。腸の中の食物は、腸の運動によって、ゆっくりこう門の方へ送られます。腸の内面は、ねん膜ですが、その外側を筋肉がとりまいていて、これが収縮するのです。メダカの腸を、ピンセットとはさみで、リンゲル液の中へ切り出してください。やはりゆっくり動いているでしょう。この長い腸をいくつかに切ってください。時計皿に1%塩化カリウムの溶液をとり、腸の1片をこの中に入れてみてください。腸は少し強く収縮して、その中の食物を外にしぼり出します。

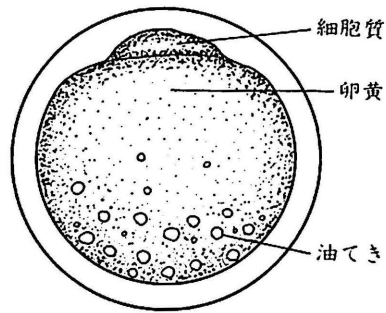
【実験10】正常発生

メダカは毎朝卵をうみます。うんでしばらくは、こう門のどこ

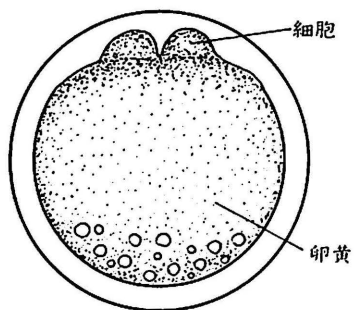
第7図 正常発生



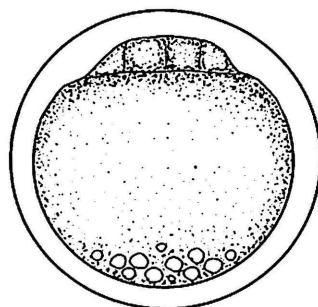
(ア)受精直後



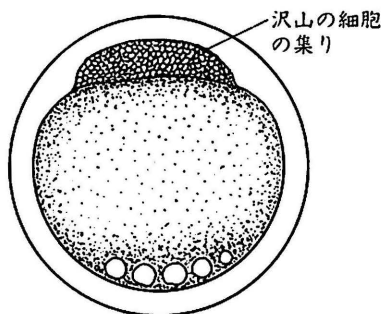
(イ)受精後約30分



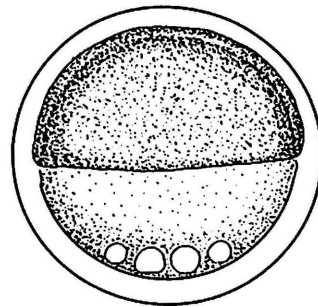
(ウ)2細胞期



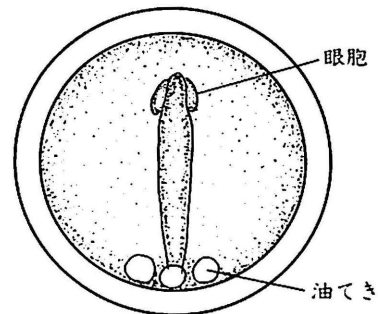
(エ)4細胞期



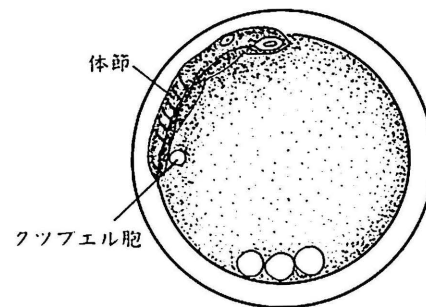
(オ)胞胚期



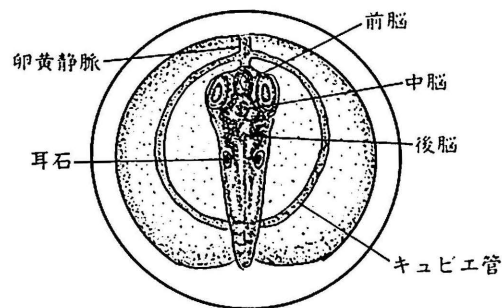
(カ)のう胚期



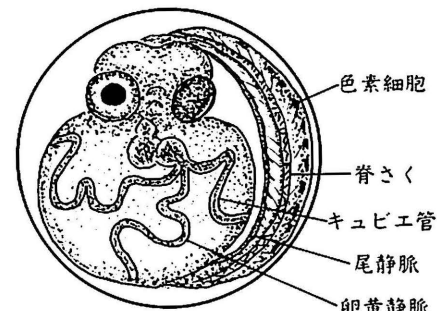
(キ)眼ができてはじめる時期



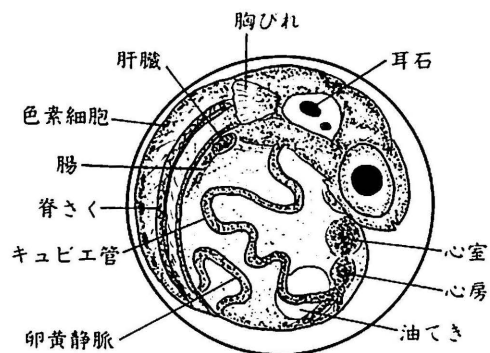
(ク)数体節期



(ケ)血液が流れはじめる時期

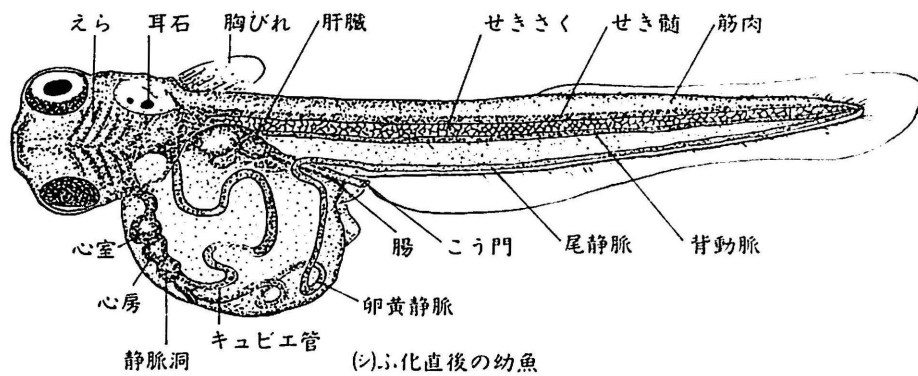


(コ)尾か頭に達する時期



(カ)胸びれが動きはじめた時期

ろに卵のかたまりをくっつけて泳いでいますから、これをとってきて、リンゲル液の入ったシャーレに入れます。2本の針で、卵を一個一個ばらばらにします。観察するときは、スポイドでその一つを時計皿にとり、虫めがねの20倍で、透過光線で見ます。



このとき反射用の鏡をうまく調節してください。観察後は、また卵をシャーレにもどして、ふたをしておきます。このようにして、ふ化するまで、ときどき出して観察しましょう。第7図に発生図を示しておきましたから、よくくらべてみてください。未受精卵と受精直後の卵については、人工受精の実験であらためてみますから、ここではその後の変化をみることにします。しかしメダカは朝早く産卵しますから、8時頃とってきた卵はもう4細胞か8細胞期になっています。受精卵は、はじめ卵全体に分散していた油滴が、だんだん長い糸のついている端に集まると同時に、その反対の端には細胞質が集まって、半月状のものがみえてきます。(第7図(イ)) しばらくすると、この半月状のものが、2つに分裂して2細胞になります。(温度によってちがいますが、受精後1時間くらい)(第7図ウ) その後さらに40分くらいしますと、このそれぞれの細胞が、さらに分裂して、4細胞となります。(第7図エ) 同様のことを続けて、細胞の数がどんどんふえていきますが、細

胞の大きさは、どんどん小さくなっていきます。その後卵黄をおおうぼうしのようになり、(第7図カ) そのぼうしがだんだん大きく、卵黄をすっぽりおおうようになります。そのうちこのぼうしの一部がふくれて棒のようなものがみえてきて、その先に2つの眼ができてきます。(第7図キ) 眼の間には脳ができてきます。前脳、中脳、後脳の区別がみえます。(第7図ケ) 眼のうしろには耳ができて、耳石がみえます。頭の前方で心臓が動きはじめ、血液が体の両横から出て、卵黄上を通って心臓に入るもの(キュヴィエ管)と、体の反対側から卵黄上を回って、前から心臓に入るもの(卵黄静脈)の3本の血管がみえてきます。眼はだんだん黒くなり、胴尾部は節のようになっているのがみえるでしょう。(第7図ケ) これを体節といいます。その後、尾がだんだんのびて、卵黄をまわって頭まで達するようになります。胴尾部の真中を前後にはしる棒のようなものがみえるでしょう。(第7図コ) これがせきさくというもので、背骨がまだできないこの時期に、体のささえとなります。のちにこのまわりに背骨ができます。このせきさくは動物の進化を考えると大切なもので、せきつい動物(魚、カエル、ヘビ、トリ、ヒトなど)では、その発生の初期にかならずできるものです。せきつい動物と無せきつい動物(ミミズ、トンボ、タコ、ウニなど)のちょうど中間の進化の状態にあるホヤでも、幼生のときこれを持ち、愛知県三河湾の天然記念物であるナメクジウオは、一生このせきさくを背骨のかわりにもっているのです。淡路島や九州の天草もナメクジウオの有名な産地です。

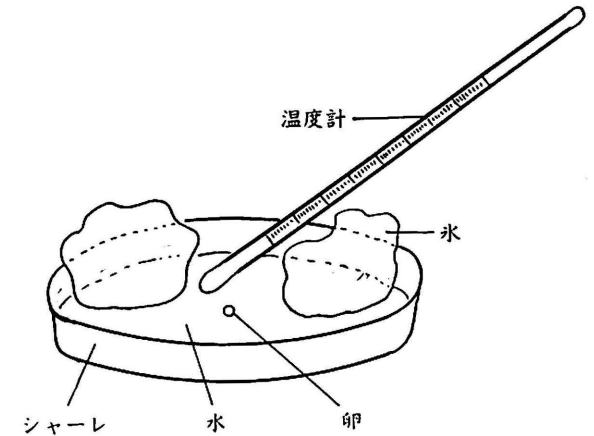
卵はその後、尾がさらにのびて頭にかぶさるようになり、血管もよりまわりくねってきます。耳のうしろには、胸びれが動くのがみえます。(第7図サ) 胸びれの下の方をみますと、小さな赤いものがみえるでしょう。これが肝臓です。この肝臓のうしろには、みじかい腸もみえます。このようになってきますと、いよいよふ化です。ふ化したときの幼魚は、おなかに大きな卵黄をつけています。(第7図シ) 卵黄はすべて栄養分です。その栄養は血液によって運ばれて体をつくるためにつかわれます。幼魚を虫めがねでみるときは、それをスポイドですいどって、時計皿にうつし、スポイドをつかってできるだけ水をとり去ります。すると幼魚は横になって図のようにみやすくなります。図にでている器官はすべてよく観察しておいてください。

【実験11】心臓はく動と温度

ここでは実験10でみた卵の心臓をつかって実験してみましょう。この実験は二人でやった方がよいでしょう。1人は時計をみてあいづをします。実験始めのあいづと、ちょうど1分たったときの実験終りのあいづと2回です。もう1人は、卵を20倍の虫めがねで透過光線でみて、心臓のはく動を1回、2回、3回……とかんじょうします。そして1分間に何回はく動したかをしらべます。これをいろいろの温度についておこないます。まずシャーレにリンゲル液を入れ、この液の温度を温度計で計ってください。もし20°Cよりひくかったら、このシャーレにお湯を加えて20°Cに

します。またもし20°Cより高かったら、このシャーレに氷水を加えてちょうど20°Cにしてください。できましたら、心臓がはく動しているメダカの卵を1つその中に入れます。そして20倍の虫めがねでみながら、先にのべたように、1分間の心臓はく動数をもとめてください。5回測定してその平均をとります。

こんどはシャーレに、第8図のように、リンゲル液と氷を入れて10°Cになるまでまってください。ちょうど10°Cになりましたら、いま上で



第8図 冷水中の卵

実験につかった卵をこの10°Cのシャーレの中に入れます。そして先と同様1分間のはく動数をもとめます。こんどは非常にゆっくりはく動しますから、もう死んでしまったと思って卵をすててしまわないようにしてください。やはり5回測定して平均をとってください。つぎは30°Cです。リンゲル液に、熱いお湯を加えてつくってください。できましたら、実験中の卵を入れます。そして1分間のはく動数をもとめます。こんどは非常に早くはく動するでしょう。かんじょうがむつかしいですが、がんばってやってください。こうして10°C、20°C、30°Cの3つの異なる温度での心

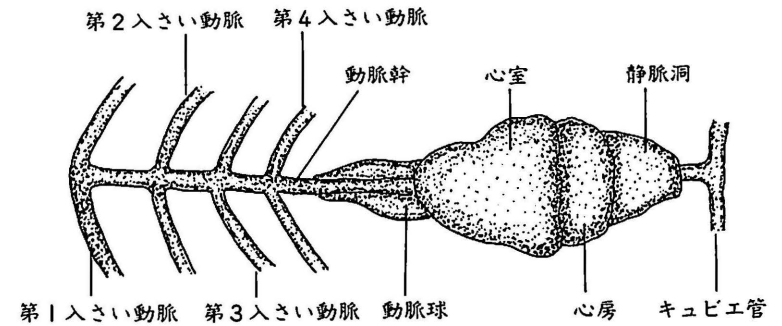
臓はく動数がもどめられました。それらをくらべてみてください。20°Cのはく動数は10°Cではく動数の2倍くらいになっていませんか。一般に化学反応速度は、温度が10°C上昇すると2倍になるという法則があります。この心臓はく動数の温度による差をみて、心臓はく動にも化学反応が関係しているらしいことがわかるでしょう。われわれのような定温動物では心臓はく動数はいつも一定しています。一度手首に指をあてて測ってみてください。しかし病気になって熱を出したときや、はげしい運動をしたあとなど、このはく動数はどうなるでしょう。

【実験12】心臓はく動の一時停止

心臓がとまったら、動物は必ず死ぬとは限りません。実験11より、温度を非常に下げれば、心臓はく動も一時停止するであろうと考えられますが、ここでは別の方法で一時停止させてみましょう。リンゲル液をつくる時に使った塩化カリウム3.8gを1dlの純水か、蒸留水にとかしてください。できましたら、この塩化カリウムの溶液を時計皿に半分ほどとり、この中に心臓がはく動している卵を数個純水でよく洗ってから入れて、もう一枚の時計皿でふたをして、1日おきます。翌日この卵を20倍の虫めがねで透過光線ですらべてみてください。完全に心臓がとまっていたら実験はうまくいっているのです。このとまった心臓を再び動かすにはどうしたらよいでしょう。別の時計皿に0.8%食塩水を半分ほど入れ、この中に先の実験で心臓のとまった卵を、できるだけ塩

化カリウムの溶液がまざらないようにして移します。そして1日おきます。翌日この卵を20倍の虫めがねですらべてみてください。また心臓がはく動しているでしょう。死んではいなかったわけです。この卵が正常に発生することを、ついでに確認しておいてください。

【実験13】血管系



第9図 心臓のふきん

この実験では、親の心臓をみましょう。まずいしたメダカを、実験6と同様に、腹側を上にして、パラフィンシャーレの上に固定します。そしてのどのところを10倍の虫めがねで、明るいところで反射光線をよくみますと、うすいひふがびくびく動いているでしょう。その下に心臓があるのです。両手にピンセットをもって、そのひふを破って心臓をよくみえるようにしましょう。第9図と合わせて、心房、心室、動脈球をまず確認してください。はく動のようすをよくしらべましょう。心房が収縮すると、つづ

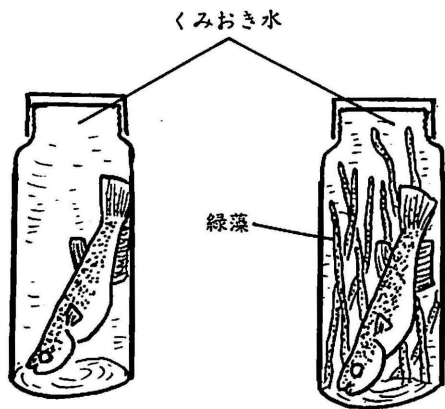
いて心室が収縮するでしょう。そして、血液が動脈球をへて、前へおし出されます。心臓を出た血液はどこへ行くでしょう。動脈球の前で、血管がひふとくっついていきますから、傷つけないように、ひふとはなして、ひふを下あごの方まで破りとってください。心臓を出た血液は、左右4対のえらに分かれて入っていくでしょう。魚には心房も心室も1つずつしかありません。われわれは2つずつあります。どうしてちがうのかといいますと、魚の第4番目のえらに入る血管が、より高等な動物では、肺に入っていく動脈にかわってしまっているのです。そうすると、肺に血液を送る心室と、肺からもどってきた血液を受取る心房が必要なため、われわれのような高等動物では、心房や心室は2つずつ必要なのです。魚にはふつう肺はありません。えらで酸素を受取った血液はそのまま背大動脈に入って全身に送られます。この大動脈は親メダカではみにくいので、ふ化直後の幼魚でみることにしましょう。ついでにのべますと、われわれの大動脈というのは、魚の前から第2番目の、左側のえらに入る血管に相当するものなのです。また魚の第1番目のえらに入る血管に相当するものが、われわれのけい動脈にあたります。それでは幼魚で大動脈をみましょう。ふ化直後の、まだ大きな卵黄をもった幼魚を、スポイドで時計皿にとって水をスポイドですいにとってほんの少しにしますと、幼魚は時計皿の中で横たわり、みやすくなります。20倍の虫めがねで、明るいところで透過光線を用いて観察しましょう。このとき、つねに光を反射する鏡とレンズのピントを調節しながら一番みやす

いところをみつけてください。正常発生のところの、第7図(シ)にあるように、せきさくのすぐ下を、前から後方へ血液が流れている血管がみえます。これが背大動脈です。さらにその下方一番腹側を尾びれのところから前の方へ血液が流れている血管がありますが、これが尾静脈で、動脈で末端へ運んだ血液を、逆にこんどは心臓の方へ運んでいるのです。尾静脈は、卵黄のところから下方に曲って、卵黄表面を大きくう回する、卵黄静脈となり心臓に入ります。この外に腹部の両側より出て、曲りくねりながら、卵黄の表面を通過して心臓に入る血管がみえるでしょう。これは主静脈といって腹中で、腎臓の中を通過して、血液中の老はい物を取除いて、きれいになった血液の通り道です。この血管が心臓に入る前の部分をキュービエ管といいます。以上が血管系の主なるものです。

【実験14】呼 吸

ヒトは肺で空気中の酸素を、血液中の赤血球の中にあるヘモグロビンにくっつけてとり込み、同時に、二酸化炭素を空気中へ出します。これが呼吸です。魚も同じこと、水中の酸素を赤血球中のヘモグロビンにくっつけてとり込みます。実験13で、ふ化直後の幼魚の尾静脈を赤血球が流れていくのがみえたでしょう。ヒトは水中の酸素を利用できませんので、何もつけずに長時間水中にもぐることはできません。ヒトと同じほ乳類のマッコウクジラが、1時間以上も深海にもぐれるのは、空気中からとった酸素を筋肉中のミオグロビン（赤い色をしています）にくっつけてたくわえ

ることができるからです。(これだけが原因ではありませんが) だからクジラの肉は赤黒い色をしています。酸素は動物にとって一時も欠かせない大切なものです。これを実験してみましょう。メダカの体積の5~10倍くらいの、ごく小さなガラスかプラスチックのふた付のびんを2つ用意してください。これにくみおきの水をいっぱい入れ、メダカを1匹ずつ入れます。そして一方はそのままふたをします。他方には、池や水蓮鉢によく生じる緑色の藻をびんの半分くらい入れてからふたをします。ふたは両方とも空



第10図 酸素の下足

気が出入りしないようし
っかりしてください。第
10図のようになります。
そしてこの2本のびんを、
弱い日光のあたるところ
においておきます。メダ
カのみのはびんでは、1時
間もしないうちにメダカ
が死んでしまうでしょう。
しかし緑藻の入ったびん

のメダカは何時間でも生きています。どうしてでしょう。植物は日光の下では光合成をおこないます。つまり太陽の光を利用して、水と二酸化炭素からでんぷんを合成して、このとき酸素を出します。何億年も昔は地球上の大気中には酸素はありませんでした。現在空気中にある酸素も、水中にある酸素も、みんな植物がつく

ったものなのです。小びんの中でメダカが活着しているのは、緑藻のつくった酸素があるからなのです。

水中酸素を魚がえらから有効にとり入れるためには、えらのごころに、つねに水流をおこしてやらなければなりません。ちょうどヒトが肺で酸素をとるためには、胸をふくらませたり、ちぢめたりして、空気を吸ったり出したりしているように、魚はえらぶたを開いたり閉じたりして水流をつくっているのです。これをえらぶた運動ということにしましょう。このえらぶた運動の速さ、つまり一分間に何回えらぶたを開いたり閉じたりするかはかんたんに測定できます。実験11でしたように、氷や熱湯をつかって、メダカの体温をいろいろかえて、このえらぶた運動の速さを測定してみてください。氷でうんと冷やしたとき、えらぶた運動は非常にゆっくりになるでしょう。温度が10°Cちがうときこの運動の速さが、心臓のときと同じように、2倍くらいちがうかどうかしらべてみてください。

【実験15】律動的収縮運動

心臓のはく動も、えらぶた運動も、結局はそれぞれの筋肉が律動的に収縮しておこる運動です。ここでいう律動的収縮運動というのは、卵でまだはっきりした筋肉のできる前、卵黄をおおっている卵黄のうが収縮する運動のことをいいます。受精後2、3日くらいした卵を、20倍の虫めがねで、透過光線で、しばらく観察していると、あたかも卵黄が、左右交互に収縮しているように、

動いているのがみえます。これを律動的収縮運動といいます。こんなに早い時期から、生物の体は、自分で運動するようになっているのです。どうして何の目的で動くのかわかりませんが不思議なものです。温度が高いほど速く動くのは、いままでの運動と同じことです。

【実験16】ふ化酵素

夏ならば、卵は受精後1週間くらいでふ化します。発生しつつある卵をつつんでいる膜は、針でつついてごらんになるとわかりますが、ぴんぴんにはっていて、非常にじょうぶな膜です。このじょうぶな膜の中の幼魚は、ふ化のとき、どうやってこの膜を破ってでてくるのでしょうか。これはふ化酵素という、一種の蛋白質を、第11図にあるように、幼魚の頭のひたいのところから分泌し



第11図 ふ化酵素を出すところ
(石田 1944より改変)

て、これで卵の膜を溶かして軟くし、それを破って出てくるのです。これを実験的にしらべてみましょう。ふ化少し前の卵を10個と、油と石で先をよくといた針を1本用意してください。時計皿にリンゲル液を入れ、この中にその卵を入れます。

10倍の虫めがねで、透過光線で見ながら、ピンセットで卵をもって針で卵をつきます。中の卵黄が流れ出ますと、卵が凹みますから、両手にピンセットをもち、卵膜を破って中の幼魚を取出します。そしてこの幼魚の頭だけを、目のうしろで、2本の針をつかって切りとって、少量のリンゲル液の中に入れてください。10匹の幼魚すべて同様にします。この10匹分の頭を、時計皿のリンゲル液中で、針でつぶしてください。この中にはふ化酵素が溶け出しているはずで、ここへ破った卵の膜1個分を入れて、もう一枚の時計皿でふたをして1晩放置します。翌日、虫めがねでその卵の膜をしらべてみてください。多分膜は、うすっぺらで、やわらかくなっているでしょう。針でつつくとすぐ破れてしまいます。幼魚はこのようにして、やわらかくした膜を破ってふ化してくるので

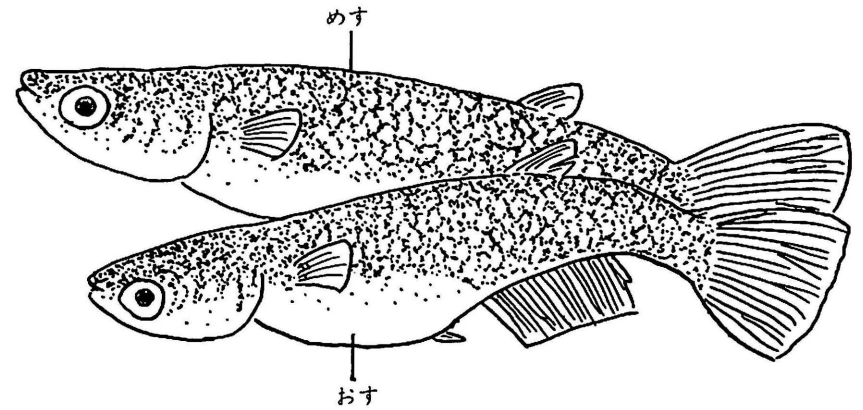
【実験17】メダカの性行動

この性行動から産卵までの実験は、主として東京大学教授の江上信雄博士の研究を、私なりに解釈して、ごくかんたんに実験としてまとめてみました。

この実験は、5月～8月の産卵期間中で、十分餌をあたえ、毎日卵をうんでいるメダカで実験します。先にのべたように、メダカは春から夏にかけて毎朝卵をうみます。卵をうむところをみたい人は、前日の夕方、おすとめすを分けて、別々のいれものに入れておきます。それは、めすはおすがいっしょにいないと卵をう

めないからです。もし分けておかないと、朝早く卵をうんでしまうので、少しねぼうするともうみられません。めすだけ何日もおいておきますと、めすのおなかの中で、卵がつつぎと大きくなって、おなかはとても大きくふくらんできます。いちどこのようになる、いくらおすといっしょにしても、卵をうみません。めすとおすを分けた翌日の朝、もう一度めすの中におすを入れてみてください。そしてじっと、おすとめすの行動をよく観察しましょう。観察はすぐあきらめないで、しんぼうよくすることが大切です。まずおすはめすのそばに寄ってゆきます。しばらくは寄ったり、はなれたりしていますが、そのうちに、おすは背びれとしりびれで、めすを抱くようにするでしょう。その後おすは、第12図のように、体をS字状に曲げ、けいれんしたようになり、尾部でめすの胴尾部をこすりつけるようにします。2、3回このような行動があつて後、めすのこう門から卵が出てきます。そして同時に、おすは精子を出して、ここで受精がおこなわれるのです。

そこでこの性行動をすこし分析してみましよう。まず何がおすにこのような行動をさせるのでしょうか。少しざんこくですが、実験の2、3日前に、ピンセットでおすの両眼をとっておきます。このようなおすを、前日の夕方分けておいためすの中に入れてみてください。性行動や産卵はおこったでしょうか。多分おこらなかったと思います。つまりおすは、目でめすを知り、性行動に入るらしいことがわかります。同じようなことを、今度は両眼をとっためすと正常のおすについて実験してみてください。今度は性行動

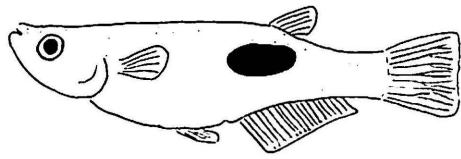


第12図 性行動

も産卵も正常におこるでしょう。つまりめすの視覚は、性行動において、おすの視覚ほど重要な役割はしていないようです。メダカは眼はみえなくても餌はよく食べます。

つぎにおすの背びれとしりびれを、基部からはさみで切りとってください。手術したメダカは、傷がなおるまで必ずリンゲル液に入れるようにしましょう。このようなおすメダカと正常のめすメダカについて前記と同様な実験をしてみてください。産卵はおこりましたか。沢山のメダカについて実験してみてください。産卵率が下がることがわかると思います。つまり背びれも、しりびれも性行動に大切なことがわかります。

そこで今度は、おすのどのようなしげきが、めすの産卵にむす



第13図 おすのしげきを感じるところ
(黒い部分) (江上, 南部 1961)

びつくのかしらべてみましょう。第13図にしめたように、まずいしためすメダカの左右両体側の、図中真黒にした部分のひふどうろこをピンセットで、はがしとってください。

手術したメダカは必ずリンゲル液に入れて回復をまちます。このようにしためすメダカと正常おすメダカを、前記と同様にして、朝いっしょにして、性行動と産卵を観察しましょう。おすの性行動はあっても、産卵はおこらないでしょう。めすメダカの体側のこの部分には、おすからのしげきを感じずる器官があるのです。

そこで最後に、脳下垂体後葉ホルモンで、ヒトのお産のとき、陣痛をはやめるために用いるオキシトシンか、あるいはウシやウマやブタなどの脳下垂体後葉の水抽出液が手に入りましたら、つぎの実験をしてみましょう。これらの溶液を適量、2日前に分けておいためすのおなかに注射してみてください。おすがいなくても、一部のめすでは産卵がおこるでしょう。同じホルモンをおすに注射しますと、やはり性行動をおこさせます。メダカの脳下垂体については実験28で実際に観察しましょう。以上をまとめて江上先生の考えを私なりに解釈して、しょうかいしますと、まずおすは、目でめすをみつけると、脳下垂体からのホルモンのえいきょうをうけて、背びれやしりびれを使って、めすをほうようする。そしてS字状に体を曲げて、めすの体側の一部をうつ。この

しげきがめすの脳に伝わり、それがめすの脳下垂体後葉からのホルモンの分泌をうながす。それが卵巣や輸卵管の筋肉をしげきして産卵ということになるようです。

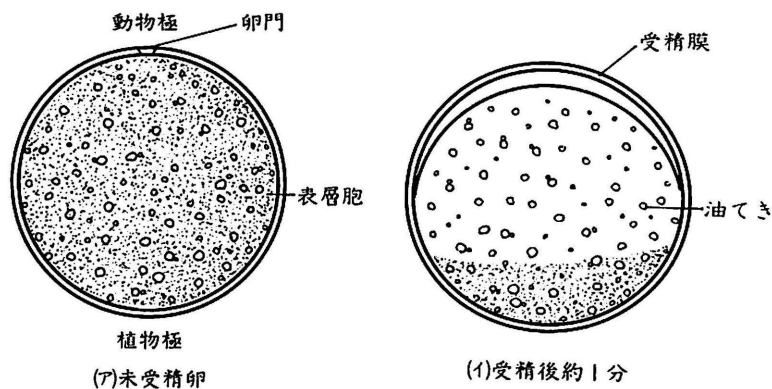
【実験18】 三角関係

前の実験でみた性行動について、こんどは前日分けておいためす1匹に対して、おす2匹をいっしょに入れたら、どのようなことがおこるか実験してみてください。人の社会でときどきおこるように、2匹のおすの間で、どう争がおこるかどうか、よく観察しましょう。このような行動の観察は、じっとしんぼうづよくまつことが大切です。この実験で、2匹のおすを、何かを目じるしに区別できるようにしておくといよいでしょう。そしてこうげきは、一方的に一方のおすがするの、あるいは交互にこうげきがおこなわれるのかしらべてみてください。そしていっしょに入っているめすに、接触、産卵、受精させるのは、どちらのおすかしらべてください。

【実験19】 人工受精

この実験に用いるめすは、実験17と同様、毎日十分餌をあたえ、毎日卵をうんでいる、健康なメダカを用いることが大切です。実験17と同様に、前日の夕方、めすのみ分けておきます。まず未受精卵をとりますが、その前に、シャーレにリンゲル液を入れておきます。この実験で注意することは、未受精卵用のいれもの、リ

リング液，器具などに，精子が，必要なとき以外混入しないよう特に気をつけることです。精子のついているものは，すぐに水道水で洗っておきましょう。まず前日分けておいためすを，まずいせずに，こう門から，はさみで切開きます。すぐに卵巣がでてきます。これをピンセットで，シャーレのリング液中に取出します。卵巣の外に，すでに出ている卵もあり，これも利用できますが，さらに針で卵巣を破りますと，いろいろの大きさの卵がでてきます。このうち一番大きな5～20個くらいの卵が，成熟未受精卵です。これ以外の小さい卵は，未成熟卵で，精子をかけても受精しませんからすててください。成熟未受精卵は，互に，糸のようなものでからまっていますから，2本の針で，一個一個分ります。このとき卵を針でつかないように注意します。できましたらシャーレにはふたをしておきます。この未受精卵は，そのままリング液中ならば，1～2時間くらい受精可能な状態でもちま



第14図 人工受精 (山本 1944)

す。ふたをして冷蔵庫に入れておけば，その日の午後まで使えます。分りした未受精卵一個を，スポイドで，リング液の入った時計皿に移して，虫めがねのレンズを20倍にして，透過光線で，鏡をうまく調節しながら観察してください。第14図(ア)にあるように，ちょっと不透明な，単なるまるい卵です。(写真1)

つぎに精巣をとりましょう。こんどはすこしむつかしいです。時計皿に，リング液を，少しとっておきましょう。左手で，ますいしないおすの頭を，腹を上にして，もってください。右手に，はさみをもって，めすのときと同じように，こう門から上の方へ，ずっと切ります。はさみを下において，右手にピンセットをとり，おなかの後半部の内臓を，全部とり出すつもりで，引き出してください。このとき出てくるものは，腸と，精巣のみだと考えます。腸はもう知っていますから，腸にくっついて，小さな白いもので，少し黒いものがついているものをみつけたら，それが精巣です。その精巣のみをピンセットでとって，さきに準備したリング液の入った時計皿に移してください。この時計皿もふたをしておきます。はさみとピンセットは，すぐに水道水で洗っておきましょう。この実験は，できるだけ，明るい窓ぎわでするのがよいでしょう。

これで準備ができましたので，いよいよ人工受精をやってみましょう。まず精巣を，リング液中で，ピンセットでよくつぶしてください。こうすると精子が沢山リング液中に泳ぎ出してきます。スポイドで，その一滴を未受精卵の入った時計皿に加えて

みてください。加えたらすぐに、20倍の虫めがねをつかって、透過光線で、じっと観察しててください。第14図にあるように、しばらくすると、卵の一方の端から、だんだん透明になって、卵の外側に、もう一つの膜がみえるようになるでしょう。これが受精膜です。(未受精卵の表層には、表層胞という小さな粒が一ぱいつまっています。受精のしげきで、卵が興奮しますと、この小さい粒がこわれ、その内容物が出てきて、受精膜になります。この一連の変化を表層変化といいます)。未受精卵と受精卵をよくくらべてみてください。予備の卵で何度も同じ実験をくりかえしてみましょう。こうして受精した卵のはいった時計皿はふたをしておいてください。そしてときどき虫めがねでみてください。30分もすると、第7図の2番目の図にあるように、卵の一方の端に、三ヶ月状のものがみえてきます。そして受精後1時間もしますと、そこで第1回の細胞分裂がおこり、卵は2細胞になり、いよいよ発生開始です。第1回の分裂から40分くらいしますと、第2回の細胞分裂がおこり、卵は4細胞になります。以後8細胞、16細胞と細胞の数が増えていきます。よく観察してください。

【実験20】 ますい卵の受精

未受精卵というのは、ちょっと神経に似たところがあります。手術のとき、ますいすると痛くないのはどうしてでしょうか。それは神経が興奮しないからなのです。受精のとき、卵は精子のしげきをうけてまず興奮するのです。興奮すると、前の実験でみた

ような変化がおきて、卵は発生をはじめます。この興奮がおこらないように、未受精卵をますいすると、いくら精子をかけても、卵に変化はおこりません。これを実験してみましょう。実験19と同じようにしてとった未受精卵を、フェニールウレタン溶液中に、30分ほど入れておき、それをリンゲル液にもどして、精子をかけてみてください。実験19でみたような、表層変化がおこりましたか。おこらなかったでしょう。それではこのフェニールウレタンでますいした卵をそのままリンゲル液中に30分くらいおいて、ますいがさめたころ、精子をかけてみてください。どのようにになりましたか。実験19と同じように完全な表層変化がおこったでしょう。その後の発生もさせてみて、異常のないことをたしかめましょう。

つぎに不完全ますいで、受精、発生をさせる実験をしましょう。未受精卵を、フェニールウレタン溶液に、10分、15分、20分と異った時間入れておいた、3種類の不完全ますい未受精卵をつくります。不完全ますいしたらすぐ、それぞれ精子をかけてみてください。いろいろのていどに、表層変化がおこると思います。それをそのまま、時計皿のリンゲル液中で、ふたをして発生させましょう。翌日、翌々日、3日後に観察しましょう。眼の小さなもの、一つ目のもの、尾のみのもの、心臓のみのものなど、いろいろのき型のメダカができていませんか。沢山の卵について実験してみてください。(写真2)

【実験21】精子なしでおこる未受精卵の興奮

実験20で未受精卵というのは、神経に似ているとのべましたが、精子以外の方法で、これを興奮させ、表層変化をおこさせてみましょう。たとえば、みなさんは、手を針でついた時、大変痛かった記憶があるでしょう。これは針が手の神経を興奮させたためです。同じように、未受精卵も針でつくると興奮します。実験してみましょう。まず柄付針を、油と石でよくといて先を非常に鋭くします。先が鋭くどがっているかどうか、10倍の虫めがねでたしかめながらよくといてください。準備ができたなら、時計皿にリンゲル液をとり、その中に、未受精卵を2～3個入れてください。つぎに、左手にピンセット、右手にといだ針をもち、10倍の虫めがねの下にその時計皿をおいて、透過光線でみながら、ピンセットでかるく未受精卵をおさえ、針で少し卵をついてみてください。卵はやわらかいので凹みますが、針の先が、ほんの少し卵の中に入ったところで止め、針を引きぬきます。そしてそのまま、虫めがねで卵をみていてください。できたら虫めがねを20倍のレンズにかえてみると、よりよくみえると思います。実験19でみたような表層変化がおきましたか。針の先が太くて、ついたところに大きな穴があきますと、卵黄がでてきて、実験は失敗します。そのときは、別の卵でやりなおしてください。針でつくだけで、卵は興奮し、正常受精のときとおなじような受精膜ができます。つまり表層変化がおこります。しかしこの卵は、途中までしか発生しません。どこまで発生するか、この卵を時計皿のリンゲル液中に入れ

たままふたをしておき、ときどき虫めがねでしらべてみましょう。

【実験22】未受精卵の興奮とカルシウム

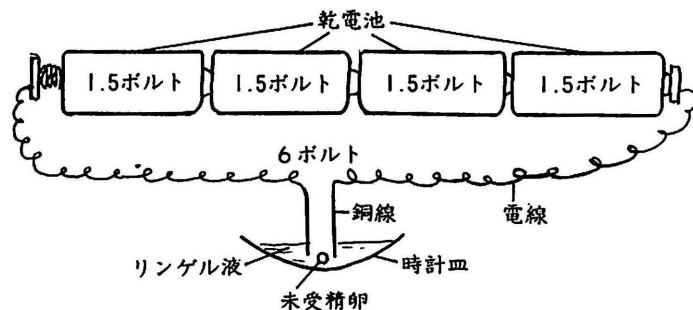
未受精卵が、しげきによって興奮し、表層変化をおこすには、カルシウムが必要なのです。これを証明してみましょう。それには、カルシウムのはいってないリンゲル液が必要です。前にものべたように、リンゲル液中には、ナトリウム、カリウム、カルシウムと塩素が入っています。これらの中からカルシウムだけ除いたものをつくります。それには、食塩(純すいなもの)7.5g、塩化カリウム0.2gを純水または蒸留水1ℓに溶かせばよいのです。これをカルシウム無しリンゲル液と呼ぶことにします。

まず未受精卵2～3個を時計皿にとり、上でつくったカルシウム無しリンゲル液で5回くらい洗ってください。そして最後に、カルシウム無しリンゲル液中に入れておきます。これらはすべてスポイドでおこないます。つぎに実験21でやったとまったく同じように、この未受精卵を針でつきます。このとき使うピンセットと針も、カルシウム無しリンゲル液で先を洗ってから使うようにします。ついたらすぐに、20倍の虫めがねで、透過光線で、じっとみていてください。実験21でおこったような表層変化がおきましたか。こんどはまったく変化しないでしょう。4～5分まっても何の変化もおきなかったら、これはカルシウムの無い時は、しげきをして興奮せず、表層変化もおきないことをしめしています。そこでこの針についても変化しなかった未受精卵の入ってい

るカルシウム無しリンゲル液を、スポイドですてて、そのかわりに、正常リンゲル液（カルシウムの入っている）を入れてみてください。さあどうなりましたか。べつに新しく針でついたわけでもないのに、この未受精卵は、興奮して、表層変化をおこし、受精膜ができたでしょう。ふしぎなことですね。つまりカルシウムがないと、しげきが成立しても興奮せず、変化しないのです。そこへ、カルシウムを入れると、しげきしなくても興奮し、変化するので。つまりしげきの成立と、興奮変化することとは別のことだということがわかるでしょう。自然というものは、このように微妙なものなのです。

【実験23】未受精卵の電気しげきによる興奮

さきに未受精卵は神経のようなもので、いろいろのしげきで興奮するのべましたが、こんどは電気で興奮させてみましょう。実験19と同様にして、未受精卵をとり、リンゲル液に入れておい



電第15図 電気しげき用器具

てください。しげき用の電気として、どこでも売っている1.5ボルトの乾電池を4個、第15図のように直列につなぎ、6ボルトをつくります。その両端に電線をつなぎ、電線他端は、ひふくをとってはだかの銅線を出しておきます。これで用意はできました。

まず時計皿にリンゲル液を少しとり、その中に未受精卵を2、3個入れます。そして上でつくった、6ボルトのはだかの銅線部を、その時計皿のリンゲル液中に、ほんのいっしゅん間つけてすぐとり出します。つける時間は、あまり短かすぎても、長すぎてもよくないと思います。2、3回やってみれば、どのくらいの時間がちょうどよいかすぐわかります。こうしてしげきした未受精卵は、すぐ20倍の虫めがねで、透過光線で、じっと観察してください。実験19で、精子で正常受精したときと、まったく同じように、透明になり、受精膜ができれば成功です。うまく受精膜ができましたら、そのまま一枚の時計皿でふたをしておいて発生させてください。一時間もすると、卵の一端で、第一回の細胞分裂がおこると思います。でもこの場合、精子は入っていないのです。はたしてこのまま精子が入ったときと同じように発生するのでしょうか。そしてメダカの幼魚になるのでしょうか。もしそうなったら、これこそ処女生殖です。でも多分少し発生して死んでしまうと思います。どのあたりまで発生するか、第7図とくらべてきめてください。重要なことは、多くの動物の卵は、精子なしでもあるていどは発生するということです。

【実験24】性ホルモンのえいきょう

ここではホルモンというものが、いかに微量で大きなえいきょうがあるかを実験してみましょう。性ホルモンを使うのですが、実験に入る前に、いろいろ準備が必要です。まずメダカのおすどめすの差をはっきり知っておかねばなりません。特にこの実験では、メダカのしりびれにおける、おすどめすでの差を利用しますので、もう一度ここでこの差をはっきりさせておきましょう。第1図をもう一度みてください。おすのしりびれは、平行四辺形のようになっています。それに対してめすのしりびれは、うしろの方で、はばがすこしせまくなっています。さらにひれには、何本も條がはいっています。虫めがねの10倍でも、20倍でもよろしいから、透過光線で、下の鏡をうまく調節してみやすくし、このしりびれの條のうち、後方の何本かを、よく注意してしらべてみてください。第1図にも描いておきましたが、おすでは條のうえに、沢山の突起がみえるでしょう。これはおすのみにあらわれる形態です。めすには、この突起がまったくないことをたしかめてください。この実験では、本来めすにはないはずのこの突起を、男性ホルモンによって、めすにもつくることを実験してみましょう。そのためには、ふつうのおすには、どのくらい突起があるかを知っておく必要があります。そこでおすの突起の数を、各條毎にかぞえてみてください。第何番目の條に、何個の突起があるか、グラフに描いておきましょう。

つぎにホルモンの入った餌を作ります。ホルモンとしては、男

性ホルモンなら何でもよろしいが、それぞれホルモンとしての作用の強さがちがいます。たとえばメチルテストステロンのような合成男性ホルモンは、かなり強いホルモンです。これなら1ミリグラム ($\frac{1}{1000}$ g) もあれば十分です。1ミリグラムといえば、ほんのつめのあかほどです。ホルモン剤は、薬屋さんでは、処方せんがないと売ってもらえません。このようなものは、教育委員会などが、まとめて薬品店から、買入れて、各学校や希望者に、実験用として、分けるとよいと思います。一応危険な薬でもありますから、個人が買わない方がよいでしょう。さて餌をつくりましょう。メチルテストステロン1ミリグラムといっても、これを計るはかりは、ふつうのところにはありません。けれどもおおよそでよいです。どのくらいかという、耳あかをとるミニカキ棒を知っているでしょう。その先に非常に小さなさじがついています。このさじに半分くらいとってください。要するに、ごく微量であることが、わかってもらえればよいと思います。これを50gの餌にまぜます。まぜるといっても、鼻いきでとんでいってしまうくらいのホルモンを、50gという大量(5万倍)の餌にまぜるのですから、ホルモンを入れたとたんに、ホルモンはどこへいったのかわからなくなります。これを一様に混合せねばなりません。ですから、この混合したものを、乳鉢か、すり鉢でよくすりまぜます。すくなくとも20分くらいは、よくすってまぜてください。ホルモンの量をいろいろ変えた餌をつくって、同時に実験するともっとよいと思います。

それでは実験に入りましょう。めすのメダカを5匹くらいずつ、2つのガラス水そうに分けて入れます。この一方にはホルモンの入っていない餌、他方にはホルモンの入った餌をあたえます。まちがえるといけませんので、メダカの水そうにも、餌の入れ物にも、かならずラベルをはって、どちらの餌で実験しているか書いておきましょう。決して、途中でまちがった餌をあたえないよう注意してください。餌は直接手でさわらないで、割ばしを半分に折って、少しけづってへらにし、それで餌をすくってあたえるようにしましょう。このへらも2つ作って、それぞれの餌専用として使いましょ。このようにして、別々の餌を、毎日1回、2週間続けてあたえてください。2週間たったら、全部メダカをますいして、1匹、1匹しりびれの突起がいくつあるかしらべてみてください。ホルモンの入っている餌で飼った方のめすメダカのしりびれには、みんな突起が出ているでしょう。第何番目の條に何個でているかをしらべ、先につくっておいたグラフとくらべてみてください。またホルモンの入っていない餌で飼ったメダカのしりびれには突起が、でていないこともよくたしかめてください。一匹のメダカの食べた餌の量はほんのすこしです。したがって一匹のメダカが食べたホルモンの量は、ごくごく微量であることがわかるでしょう。それなのにこんなに大きなえいきょうがでるのです。今までなにもなかったところに、突起が出てくるのです。ヒトでいうならば、女の人に男のようなひげが生え、胸毛が生えてくるようなものです。ホルモンというのは、いかに微量で、大きなえ

いきょうがあるか、わかるでしょう。ですから、ホルモンの入った薬を用いるときは、医師の指示にしたがって、みだりに個人で使用しないようにしましょう。最後にこの実験のはんいでは、いくら男性ホルモンをあたえても、めすはめすのままで、性の転換はおこっていないことをつけ加えておきます。

【実験25】尾びれの再生

魚のひれは、われわれの手や足のようなものです。ヒトの手や足が、事故などで切断された場合、もう再び生えてくるようなことはありません。しかし、イモリのような下等な動物では、手や足が切断されても、また再生するのです。鳥やはちゅう類など、イモリよりもっと進化した動物の手足も、ヒトの場合と同じように再生しません。しかしイモリよりさらに下等な魚では、ひれを切断しても、再生されます。このイモリの足も、切断して、同時に足へ入っている神経を、せきづいからの出口のところで切断しますと、もう再生はおこりません。つまり、再生には神経が必要なのです。カエルはイモリよりもう少しだけ進化した動物ですが、足を切るともう再生しません。しかし、少しむづかしい実験ですが、カエルで、後足の神経をぬいて、前足に移し、その後、前足を切断した場合、前足の再生はおこるのです。つまり再生には、十分量の神経が必要であるようです。

さてメダカではどうでしょう。実験してみましょ。まず尾びれを真中ほどで、はさみで切断してください。ますいする必要は

ありません。切断したら、半日ほど、リンゲル液に入れておいて、後ふつうのくみおきの水に移して飼育しましょう。2週間から3週間、飼育する間、毎日、1回そのメダカをますいして、10倍の虫めがねで、透過光線で、どのくらい再生したか、しらべましょう。完全に再生するには、どのくらいかかりましたか。

つぎにこんどは、神経のえいきょうをしらべましょう。針の先を、と石でといて、先を小さなもののようにしましょう。ときどき、虫めがねでみながら、先を大工さんがつかうのみを小さく鋭くしたようによくとぎましょう。正常なメダカをますいし、パラフィンシャーレの上にのせ、いまつくった“針のみ”で、せき髓を、尾びれの少し前のところで、切断してください。せき髓は、背骨のすぐ上を、前後に走っています。この手術は、ひふ、筋肉をつらぬいてせねばなりません。前もって、別のメダカで、筋肉をけずって、せき髓の位置をかくにんしておいた方がよいでしょう。この手術と同時に、尾びれも、真中ほどで切断しましょう。そして半日ほどリンゲル液中におき、のち前と同様2、3週間、飼育して、尾びれの再生をしらべましょう。せき髓を切断しなかった場合に比べて、再生の状態はどうでしょうか。

【実験26】しりびれの再生と性ホルモン

しりびれも、尾びれと同じように、切断すれば、また再生します。ところがしりびれは、おすとめすでずいぶんちがっています。切断後どのようなものが再生するか興味がわくでしょう。まずお

すのしりびれを切断したとき、その條の上の突起も再生されるかどうかしらべてみてください。つぎにめすですが、めすのしりびれの各條はおすとちがって、先端が2又に分かれています。第1図をもう1度みて、実物についてもこのことをたしかめてください。また実験24で、めすに男性ホルモンをあたえて、おすのような突起をつくらせたときも、この2又は、男性ホルモンのえいきょうをうけず、いぜんとして2又のままであったはずです。つまりいつたんできあがったものを、変こうすることは非常にむづかしいのです。そこでこの実験では、めすのしりびれを切断して、再生させ、同時に男性ホルモンをあたえるとき、できてくる條は、めすのままの2又か、それともおす型の1筋になるのか、とても興味をひかれる点です。実験してみましょう。めすのしりびれを切断し、半日くらいリンゲル液に入れておき、のちくみおきの水にうつして、その後2、3週間、毎日、実験24でつくった男性ホルモンの入った餌をあたえて飼育してください。最後にこのメダカをますいして、はたしてしりびれの條の先端は、2又か1筋か、しらべてみてください。またおす特有の突起はできているかどうか、しらべましょう。

【実験27】性転換

実験24で、めすに男性ホルモンをあたえましたが、そこでは性は転換していないのです。あくまでもめすのままで、ただ表面的におすのような性ちょうがでただけなのです。この実験では完全

に性を転換してみましょう。それにはまだ性がきまっていないふ化直後の幼魚から性ホルモンをあたえねばなりません。この実験はかんたんなのですが、やってみると、なかなかむづかしいです。でも根気よく、がんばってやってみてください。

実験24でのべた方法で、男性ホルモンをまぜた餌をつくりませんが、こんどは小さい魚にあたえるのですから、ホルモンをまぜるまえに、餌をふるいでこして、細かい餌のみにします。そして乳鉢ですりまぜるとき、特に念を入れて、十分すりホルモンが一樣にまざっているようにしてください。すくなくとも30分はすってください。ホルモンの量も、いろいろのものをつくります。それは、ホルモンが少し足りないと不完全になりますし、多すぎますと、ホルモンがききすぎて、卵巣も精巣もなくなって、中性のメダカになってしまうからです。餌は、はじめ実験24と同様に、メチルテストステロン1ミリグラムを50gの餌にまぜたものをつくり、つぎに、このホルモン餌25gをとり、これとホルモンの入っていない餌25gをよく乳鉢ですりまぜます。この餌50gには、メチルテストステロン $\frac{1}{2}$ ミリグラムが入っているはずです。こうして2倍、2倍と餌をうすめていきますと、つぎのような6種類の餌ができます。

1. 餌50g中にメチルテストステロンが1ミリグラム入っているもの
2. 餌50g中にメチルテストステロンが $\frac{1}{2}$ ミリグラム入っているもの

3. 餌50g中にメチルテストステロンが $\frac{1}{4}$ ミリグラム入っているもの
4. 餌50g中にメチルテストステロンが $\frac{1}{8}$ ミリグラム入っているもの
5. 餌50g中にメチルテストステロンが $\frac{1}{16}$ ミリグラム入っているもの
6. ホルモンの入っていない餌

飼育は湿気の多いつゆ時になりますので、餌にカビが生えないように、各餌は別々にかんかびんに入れて、しっかりふたをしておきます。もちろん、かんやびんにはラベルをはって、どれだけのホルモンが入った餌であるかをしっかり書いて、わかるようにしておいてください。このホルモンの入った餌をふ化直後からあたえます。

直径30cmくらいのガラスかプラスチックの水そうを餌の種類の数だけ、6個用意します。各水そうにくみおきの水（できたら井戸水の方がよい）を入れ、ここにふ化直後の幼魚を各水そうに、それぞれ100匹くらいずつ入れます。各水そうにはラベルをはって、どれだけのホルモンが入った餌をあたえているか書いておいてください。こうして毎日、ホルモンの入った餌をあたえてください。しかし、餌は毎日食べ残します。その餌がくさって、翌日の朝には、カビのようなものが、水面をおおいます。そこで毎日餌をあたえる前に、シャーレか何かですくって、このくさった残し餌やカビをとってください。そして新しい餌をあたえます。水が減っ

てきたら、くみおきの水を追加します。生じた藻類は、そのままにしておいてください。このようにしても、メダカはかなり死にますがやむをえません。少しでも残っていたら続けてください。この実験は6月から8月頃にかけておこなうとよいと思います。メダカの体長が12mm以上になれば、もうホルモンの餌はやめて、ふつうの餌にし、屋外でふつうに飼育してもかまいません。ただなかなか一つの水そうの全部のメダカが、同じように生長はしません。はやく大きくなるものも、なかなか生長しないのもできてきます。しかしすべてのメダカが、12mm以上になるまではつづけてください。こうして翌春になって30mm以上に成長したメダカのおす、めすをしらべるのです。背びれとしりびれでしらべてもよろしいが、解剖して、卵巣があるか、精巣があるかで、おす、めすをきめるともっとよいでしょう。ホルモンの量が適当であったものは多分すべておすになっていると思います。この実験のむづかしさは、途中で死ぬのを、どのようにしてくいとめるかにあります。大切なのは、水質と、毎日のかんりです。

メダカは、前にものべたように、ふつうなら、おすとめすが、おおよそ1:1の割合にでるはずです。この実験でも、ホルモンの入っていない餌で飼育したもので、このようになっているかどうかたしかめてください。こうして適量のホルモンの入った餌で、すべておすになっていれば、そのやく半部分が、ふつうならめすになるべき（遺伝的にきまっています）なのに、男性ホルモンのえいきょうで、おすになってしまったことになります。遺伝子は、

ホルモンによって変ることはありませんので、このおすは、めすになる遺伝子のままおすになっているのです。このようなおすは、ふつうに精子をつくり、おすとしての性行動をし、正常に受精させることができます。

【実験28】 脳下垂体

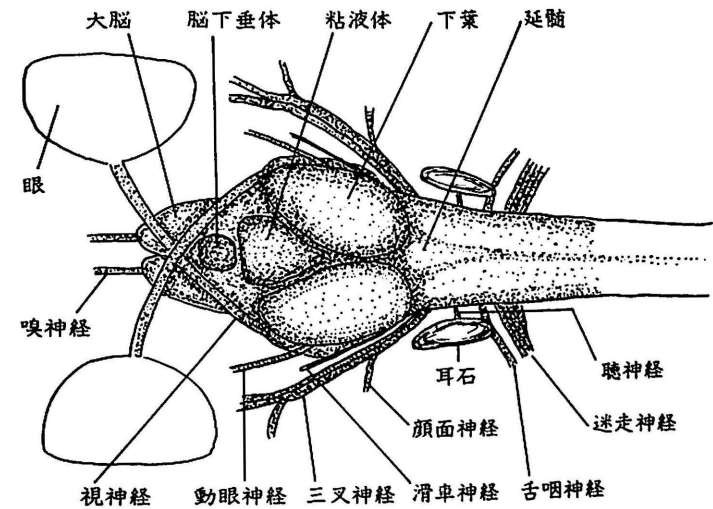
みなさんは、脳下垂体という言葉をも、本や新聞で読んだり、人から聞いたりして知っていると思います。これは子供の生長に必要な生長ホルモンを出したり、女性の生理に関係するホルモンを出したり、子供をうむ時に子宮を収縮させるホルモンを出したりまたうまれた子供を育てるための乳を出させるホルモンを出したり、その他体のいろいろの機能を調節するホルモンを出している中心のようなどころです。この脳下垂体は、サカナ、カエル、トリからヒトにいたるまで、みんな脳の下のところについていて、その作用もほとんど同じであります。さらに一つの動物の脳下垂体のホルモンは、かなりちがった他の動物にも有効にききます。たとえば性行動のところでのべたように、ほ乳類の脳下垂体後葉ホルモンがメダカの卵巣の筋肉を収縮させて産卵させうるといったことが、ふつうにおこります。脳下垂体をとり除きますと、繁殖期になっても、卵巣や、精巣は大きくなってきません。最近話題になったことに、ウナギの人工受精が成功した例があります。ウナギは自然では深海で産卵しますので、成熟未受精卵をとることが、いままでできなかったのです。ところが最近、北海道大学

名誉教授山本喜一郎博士によって、サケの脳下垂体をウナギに注入することによって、ウナギの成熟未受精卵をとることに成功し、はじめて人工受精ができるようになったのです。いまのところ、この人工受精した卵はふ化はするのですが、完全に発生生長させることは成功していません。これができれば、将来ウナギどんぶりがもっと安く食べられるようになるかもしれません。

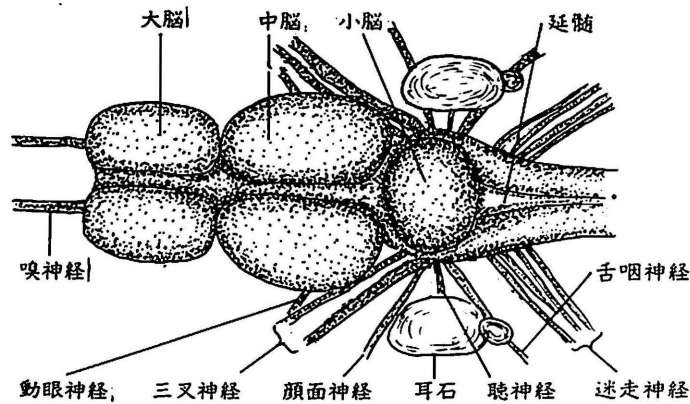
このように重要な脳下垂体を、実際にみた人は少ないと思います。それはふつうの動物では、いろいろめんどろでなかなかみにくいからだと思います。しかしメダカを使えば、かんたんにみられます。しかも、生きた状態でみられるし、前葉、中葉、後葉の区別もよくわかります。では実際にみてみましょう。

まずいたメダカ（あるいは内臓の観察を終って、内臓をとり除いたメダカでもかまいません）を腹側を上にして、パラフィンシャーレにのせ、虫ピンでしっかり止めてください。シャーレの中には、メダカの上までリンゲル液を入れておきます。そのまま虫めがねの台の上ののせ、10倍のレンズで、反射光線で見えるように、レンズのピントをメダカの頭のところにあわせてください。反射光線で見ますので、光量が少ないですから、窓ぎわのできるだけ明るいところで実験しましょう。両手に先をよくといて、つまみやすくした、時計用ピンセットを持ち、虫めがねでみながら下あごと、えらを、とり除いてください。そしてえらぶたを両側に開いて、虫ピンでしっかり止めます。もう1度レンズのピントをメダカの両眼の間に合わせてよく見ますと、両眼から出る2本

の太い神経（視神経）が交叉してその下に、うすい骨をとおして、脳が白っぽくみえます。このうすい骨を、両手のピンセットで、注意ぶかく、そっとつまみとってください。特に視神経が交叉しているところは注意してください。こうしますと、脳の下面がきれいにみえてきます。脳から出ている、いくつかの脳神経もよくみえるでしょう。この視神経交叉のすぐうしろ、ちょうど交叉した視神経にだかれるように脳からとび出して、くっついているのが脳下垂体です。第16図とくらべて、たしかめてください。よく見ますと3つの部分に分かれているでしょう。前の方が前葉、後の方が後葉、真中が中葉です。



第16図 脳を下からみたところ



第17図 脳を上からみたところ

【実験29】 脳

実験28で脳の下面が、よくみえましたでしょう。第16図と合わせてみましょう。サカナの場合、他の高等動物にはない下葉や粘液体のようなものもありますが、基本的には、おなじです。大腦や小脳をみるには、脳を上からみなければ、よくわかりませんので、こんどは、別のメダカで上から脳をみましょう。

まずいしたメダカ（前の実験と同様に、内臓の観察を終って、内臓をとり除いたメダカでもかまいません）を背を上にして、リング液の入ったパラフィンシャーレの上に、虫ピンでしっかりとめてください。そして虫めがねの台の上にのせ、10倍のレンズのピントが、メダカの両眼の間にあうように調節します。反射光線しか使えませんから、窓ぎわのできるだけ明るいところで実験

しましょう。両手には、時計用ピンセットをもちます。このピンセットは、前もつと石で、先を小さなものでもつまめるようによくといておいてください。こうして頭部のうろこを除きますと、両眼の間に、うすい頭骨を通して、その下に白い脳がみえます。ピンセットで、注意深く、脳をおおっている骨を、つまみとってください。かんたんにとれます。そうすると白い美しい脳がみえてきます。少しずつ骨をとって、脳全体がみえるようにしましょう。できましたら、もう1度レンズのピントを調節しながら、第17図とくらべてください。一番前に左右の大腦、つづいて大きな、これも左右に分かれている中脳（視葉ともいいます）そのうしろに小脳が1つ、さらに延髄（えんずい）がみえたでしょう。延髄はせき髄につづいています。前の実験でみた視神経は、交叉してのち、この中脳に入っています。ですから、中脳のはたらきの一つは、視覚に関係していることがわかります。ヒトでは大腦が一番大きいのですが、メダカのような下等な動物では、大腦はわりあい小さくて、中脳が一番大きいことがわかりましたね。小脳もわりあい大きいでしょう。名前と実物はだいぶちがいますから気をつけてください。これはメダカのような下等なものでは、思考する中心よりは、本能的なことや、生命のいちをつかさどる中心が主な部分になっていることをしめしています。全体がわかりましたら、すこし中脳を、ピンセットで、切ってみてください。沢山の糸のようなものが、左右、前後に走っているのがみえるでしょう。脳は沢山の神経細胞と、そこからでる神経せんいでできて

います。上でみた系のようなものは、この神経せいの集ったたばであります。

【実験30】脳神経

脳神経は、脳の上からも、下からも、両方からみえますが、どちらかといえば、下からみた方がみやすいでしょう。前の2つの実験で脳をみたとき、脳から何本も神経がでていたでしょう。これが脳神経で、サカナでは10対、ヒトでは12対よりなっています。しかしこの10対は、サカナでも、ヒトでも、名前もはたらきもほとんど同じであります。また左右両側からは同じ様に出ています。

まず1番前の、大脳から前に出ているのが、嗅(きゅう)神経で、嗅覚に関係し、鼻にのびています。だから大脳(前脳前半部)は、元来嗅覚に関係した脳らしいことがわかります。2番目が、すでにのべた視神経で、眼と中脳を結んでいます。第3番目は、中脳の下部から出ている動眼神経で、眼を動かす筋肉にいています。この動眼神経は、脳を上からみるときは、中脳を少し動かさないとよくみえませんが、脳を下からみると、下葉の横からでているのでわかります。第4番目は非常に細い神経で、下葉の後部側方、あるいは延髄の一番前からでている滑車神経で、うっかりしますと、みおとします。眼の筋肉へいています。つぎに延髄の両側に、大きな耳石があるでしょう。この耳石の前のところで、延髄を出て、中脳の下、下葉の横をとおって、前の方にのびている2本の太い神経、そのうち1本は、特に太い神経よりなっています

が、この2本が、有名な第5番目の三叉(さんさ)神経です。三叉という名前は、この神経が途中で、前頭へゆくのと、上あご、下あごへゆくのと、別にもう1本眼の下の方にゆくものの3本に分かれることからついたもので、実さいに3本に分かれるところをみましょう。それには、もう1度実験28と同様に、別のメダカを、腹を上にして、パラフィンシャーレの上をしっかりとめてください。そして下あご、えら、のどの部分を、ピンセットできれいにとり去ります。そのまま10倍か、20倍のレンズのピントを、両眼のすぐうしろのところにあわせて、そのあたりをよくさがしてください。延髄を出た2本の三叉神経が(これは骨の下にうっすらみえます)、ここで骨の外側に出て、3本に分かれ、前の方にのびています。この3本が上にのべたものです。三叉神経痛などという、たいへん痛い病気や虫歯の痛みなど、この神経はいろいろのことに関係しています。第6番目は外転神経ですが、細くてよくわかりません。眼にいています。第7番目は顔面神経です。これは、三叉神経の太い方の神経にくっついて、延髄を出て、途中で分かれます。これは顔面の筋肉にのびています。つぎに、耳石と延髄側面との間に、短い神経がみえますが、これが第8番目の聴神経です。内耳に分布しています。耳石のうしろ側には、延髄側面から出てくる数本の神経がみえます。これが第9番目の舌咽(ぜついん)神経と第10番目の迷走(めいそう)神経の集りです。舌咽神経は咽頭部へ分布しますし、迷走神経はえら、心臓、胃腸など、内臓にいく重要な神経で、副交感神経の一部となつて

います。

【実験31】 脳の部分破壊と脳神経の切断

前の実験で脳と脳神経のようすがほぼわかりました。この実験では、これらのどの部分を、どのくらいこわすと致命的なのかしらべてみましょう。こんどは手術後のメダカを飼わねばなりませんので、そのための注意が必要です。まずいしたメダカに直接ピンをさしてはいけません。虫ピンで、メダカの体を、背を上にして、はさむようにして、パラフィンシャーレの中にとめます。それには、まず2本の虫ピンを平行に、胸びれのところで体をはさみます。つぎに、そのすぐ前で、別の2本の虫ピンを交叉して、メダカの体をはさんで、パラフィンにさして、メダカを少しパラフィンにおさえるようにしてとめればよろしい。もちろんパラフィンシャーレには、リンゲル液を入れておいてください。10倍の虫めがねで、反射光線で、明るいところでみながら、両手にピンセットをもって、頭の骨を、手術部のみとり除きます。たとえば大脳なら、両眼の間の前の方の部分の骨をとりのぞき、ピンセットで大脳をこわし、メダカをはずしてすぐにリンゲル液にもどしてやります。しばらくすると、ますいがさめて、メダカは泳ぎだします。このとき泳ぎ方に異常はないかよくみましょう。大脳をはかいするくらいでは、メダカはほとんど、みかけ上、正常メダカとかわらないでしょう。ふつうに餌をたべ、何日でも生きています。ヒトの大脳は、一番大きく、多くの大切なはたらきの中心

ですから、大脳の傷害は重大な結果になります。しかしメダカでも、中脳、小脳、延髄の傷害は致命的です。これらは生命のいぢに、基本的に重要な役割をはたしていると考えられます。つぎに脳神経ですが、嗅神経の切断は、大脳はかいの実験からわかるように、ほとんどえいきょうありません。ただ嗅覚についてはしらべてみないとわかりません。視神経を切るには、両眼をピンセットでとるか、そこから出る視神経を切れればよろしいが、そのようにしても、メダカは視覚以外に傷害はないようです。いくらでも餌を食べます。三叉神経は前の実験でもみたように、大きな神経で、上あご、下あご、前頭などに向っていますが、中脳の下を通って前方へはしっていますから、これを脳の上からみながら、切断することは、ちょっとむつかしく、手術後、たいてい死んでしまいます。聴神経のみを切断することは、むつかしいです。しかし耳石をとり去る実験はかんたんにできます。この場合、聴神経のみならず、顔面神経や、舌咽神経の一部も傷害をうけると思われます。また同時に内耳もはかいされるでしょう。でもこの場合メダカは死ぬようなことはありません。ふつうに泳いで、餌も食べます。何日でも生きています。どのような傷害があるのか、みなさんでいちどしらべてみてください。迷走神経は、副交感神経として、内臓に分布し、その調節をしている大切な神経です。これを切断するとどうなるか、たとえば迷走神経は、その末端からアセチルコリンという物質を出して、心臓のはく動を抑制するはたらきをしています。迷走神経を切断して、心臓のはく動がどの

ように変化するかをしらべることは大変興味のある実験です。しかしこのように、沢山の大切なはたらきをもっている神経を切断しますと、メダカでは数時間で死んでしまいます。

【実験32】 骨格標本

骨格の異常など、骨格に関する実験をするには骨をみやすくする必要があります。いろいろの方法がありますが、ここではカセイソーダを使ってみましょう。この実験には、薬品として、カセイソーダ、グリセリン、アリザリンSが必要です。カセイソーダとグリセリンはくすりやさんに売っています。アリザリンSというのは、骨を染色する色素ですが、これは薬品店に行けば、売っていますが、ほんの少しで十分ですので、これも男性ホルモンと同様、教育委員会などで買って、各学校や希望者に配布するようにした方がよいのではないかと思います。用意する溶液は、

2%カセイソーダ：2gのカセイソーダ（水酸化ナトリウム）

を1dlの水道水に溶かせばよい。ただカセイソーダは、蛋白質を溶かしますので、危険な薬品です。幼児の手のとどかないところに保存するよう注意してください。また2%カセイソーダも、直接手につけないよう、とくに幼児が口に入れないう気をつけましょう。手についたら、すぐに水で洗ってください。

0.002%カセイソーダ：2%カセイソーダを、水道水で1000倍にうすめたもの。

30%、70%、90%、100%グリセリン：たとえば30%グリセリンは、100%グリセリン30ccと水道水70ccをまぜればよろしい。他のものも同じようにつくればよろしい。

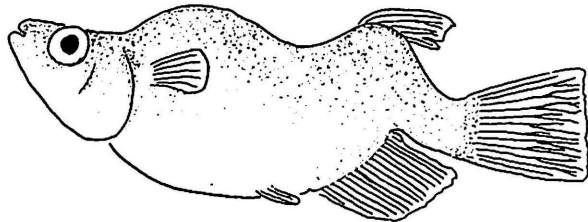
0.5%アリザリンS水溶液：約0.5gのアリザリンS（あまりきっちりをはかる必要はありません。おおよそ料理用の小さじに半分くらいです）を1dlの水道水に溶かせばよろしい。

アリザリン溶液：0.5%アリザリンS溶液を0.002%カセイソーダ溶液で5倍にうすめたもの。この溶液は2週間くらいしかもちません。骨の染色にはこれを用います。

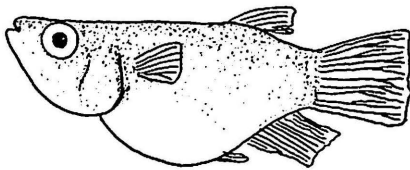
溶液の準備ができたなら、標本をつくってみましょう。ピンセットで、ヒメダカの両眼と、内臓を全部とり除きます。とくに内臓をつつんでいる黒い膜は、ていねいにとってください。つぎにピンセットで、頭の方からひふをはがします。これは手袋をぬぐようにきれいにとれます。このようにしたメダカを、小びんに入れ2%カセイソーダ溶液に、1昼夜つけておきます。全体がとろりとしてきます。これを水で洗って、アリザリン溶液に、1時間くらいつけておきます。その後水洗して、水中に2時間くらいつけておき筋肉についた色素を洗去ります。つぎに透明化するため、グリセリンにつけるのですが、一度に100%グリセリンに入れますと、ちぢんでしまいますので、まず30%のグリセリンに1時間、その後70%グリセリンに1時間というように、順次濃いグリセリンに移します。そして最後に100%グリセリンに移すとできあがりです。100%グリセリンは、どんどん水を吸いますので、いつもし

つかりふたをしておいてください。100%グリセリン中では何年でも保存できます。観察するときは、ピンセットで、この標本を時計皿にとり出して、10倍の虫めがねで、透過光線で観察してください。

【実験33】骨格の異常



(ア)背骨が波状にまがったもの



(イ)つい骨が融合したもの

第18図 背骨の遺伝的異常

沢山メダカを飼育しているところに頼んでおくといよいのですが、第18図のように、体が波状にまがったものや、体長が異常に短くなったメダカが、ときどきみつかります。これらはほとんど遺伝的のもので、この異常のものどうしをかけあわせると、そのことには、多くの異常なメダカがでてきます。前の実験でやったようにして、骨格の標本をつくってみてください。背骨をつくっているつい骨が、まがったり、ゆ合したりしているでしょう。これ

らの奇形のものど、正常のメダカをかけあわせて、できたこどもを育ててみますと、みんな正常のメダカになります。ところが、この正常のものどうしをかけあわせると、奇形のものでてきます。つまり劣性の遺伝なのです。正常のものが何匹、奇形のもので何匹でているかその数をかぞえてみましょう。実験41でみるような、メンデルの法則のとおりには遺伝するかどうかしらべてみましょう。ただ奇型のていどがいろいろありますから、単純な遺伝ではないかもしれません。(写真3, 5)

【実験34】遺伝しない奇形

マメ科の植物には、種子が有毒成分をふくむものが、割合にあります。動物がそれを食べた場合、よくその骨に異常がでてきます。これをラチリズムといいます。このような異常は遺伝しません。よい香のする、美しい花を咲かせるスイートピーもその一つです。スイートピーは属名をラチルスといい、ラチリズムという言葉はそこからきたものでしょう。メダカをつかってそのラチリズムをしらべてみましょう。スイートピーの種を、乳鉢でよくすって、粉末にしてください。これだけを餌としてメダカにあたえてもよいし、あるいは25%くらいふつうの餌をまぜたものをあたえてもよろしい。まず親にあたえてみましょう。3ヶ月くらいあたえてから、実験32のようにして骨の標本をつくってしらべてみてください。多分何のえいきょうもないはずですが、そこで、スイートピー粉末をあたえはじめて、一週間以上たつてからうまれた

卵を集めて、発生させます。その卵や、幼魚をときどき、10倍の虫めがねで、透過光線ですらべてみてください。さらに少し大きくなった稚魚を、実験32のように、アリザリン溶液で染色して、背骨とひれをよくしらべましょう。ただこの場合、魚が小さいほど、2%カセイソーダ溶液に入れる時間を短くしないと、魚が溶けてばらばらになってしまいます。ふ化直後からしばらくの間の幼魚の場合は、2%カセイソーダ溶液には入れずに、すぐにアリザリン溶液に入れてください。こうしてしらべますと、背骨が異常になっている個体が、何%かみつかるでしょう。つまり親にスイートピーの種子を食べさせた場合、親には、えいきょうはでないのですが、その親からうまれたこどもの骨に異常がでてくるのです。つまり有毒成分が、親の体をとおして、卵にちくせきされたと考えられます。つぎにこんどは、まったく正常の餌で飼育した親からうまれた、正常の卵からふ化した幼魚に、スイートピー餌をあたえて飼育してみましよう。3ヶ月くらい飼育してください。そして実験32と同様にして、骨の標本をつくります。そして骨と、ひれをしらべてみてください。異常になっているのが、何%かみつかりましたか。

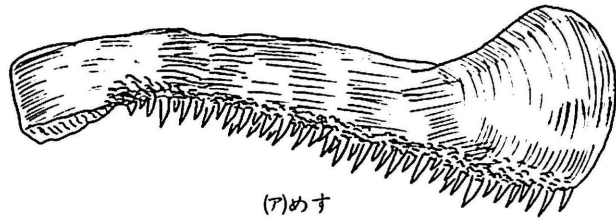
【実験35】 歯

実験32でつくった骨格標本を、20倍の虫めがねで、透過光線をつかってみると、あごとのどに歯が沢山みえるでしょう。これをそれぞれ、顎歯（ガクシ）、咽頭歯（イントウシ）と呼びます。ま

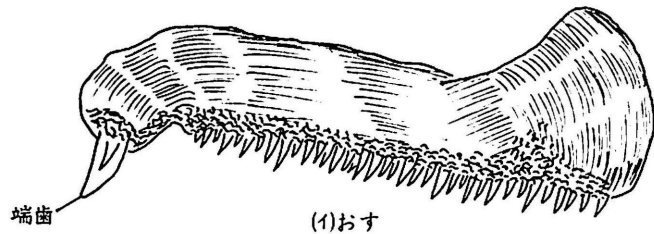
ず顎歯ですが、ヒトの歯とどうちがうか、よく観察してください。メダカの歯は、みんな同じような形をしていて、ヒトの歯のような、切歯、犬歯、臼歯の区別はありませんね。第19図とくらべてみてください。またヒトの歯は、歯そうというところに入っていますが、メダカの歯は直接、あごの骨にくっついているでしょう。は虫類以下の動物ではみなこうなっています。ただワニだけは歯そうに入っているのです。このことをみてもワニは、は虫類の中でも、もっとも進化した動物であることがわかります。さらにヒトの歯は、一生に1回生えかわるのみですが、は虫類以下の動物では、多生歯といって、何回でも生えかわります。便利ですね。虫歯になっても心配いりませんね。つぎに咽頭歯ですが、ずいぶん沢山あるでしょう。ヒトをふくめて、ほ乳類にはこのような歯はありません。どういう役割をしているのかよくわかりません。コイやフナやモロコには、顎歯はありません。この咽頭歯も、ほんの数本しかありません。歯のみみても、メダカはフナやモロコなどとは、ずいぶんちがう魚であることがわかります。(写真6)

【実験36】 端 歯

実験32の方法で、体長22mm~30mmの若いメダカについて、おす、めす別々に標本をつくってください。そして20倍の虫めがねで、透過光線をつかって、上下の顎歯列の両端をよくしらべてみてください。第19図にあるように、おすには1本~4本の、とくべつに大きな歯が生えているでしょう。これを端歯と呼ぶことにしま



(ア)めす



(イ)おす

第19図 顎 歯(右上顎の骨)

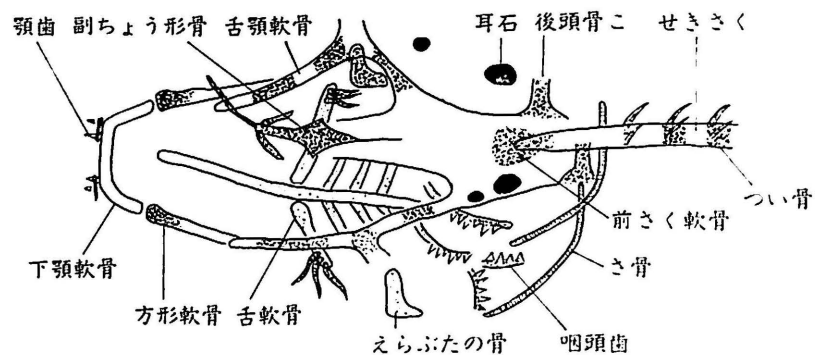
しょう。若いめすにはこの端歯がありません。体長が31mm以上の年老いためすには、この端歯がすこしでてきます。これがよくわかりましたら、実験24と同様に、男性ホルモンで、若いめすにもこの大きな端歯をつくってみましょう。

体長18mmくらいの稚魚は、まだひれではおす、めすの区別はできません。そこで一応おす、めす半々に入っているものとして、体長18mmくらいの稚魚20匹くらいを集めて、ガラス水そうに移してください。こうして実験24で使ったと同じ、メチルテストステロンのはいった餌で飼育してみましょう。そして体長が25~30mmくらいに生長したとき、このすべてのメダカの頭のみ切りとり、実験32と同じ方法で、頭部の骨格標本をつくってください。そして20倍の虫めがねで、1つ1つ端歯をしらべてみましょう。20匹

すべてに端歯が生えているはずですが、このような実験では、性の転換は起こりません。したがって20匹のうち約半分はめすと考えてよいでしょう。だから男性ホルモンさえあれば、若いめすでも端歯が生えることがわかります。(写真7)

【実験37】骨の発生

ふ化直後のメダカの幼魚を、スポイドで、時計皿にとり、よぶんの水をスポイドですいとってください。その中に先にのべたアリザリン溶液(0.5%アリザリンS水溶液を0.002%カセイソーダ溶液で5倍にうすめたもの)を時計皿の $\frac{1}{3}$ ほど入れます。そのまま10分ほどおいてから、別にシャーレに水道水を入れておいて、時計皿の幼魚を染色液といっしょにそのシャーレの中に流し込んでください。濃く紫色にそまった幼魚がみえるでしょう。スポイドでシャーレの水道水のみ、新しい水道水と入れかえてください。そしてそのまま10分ほどおいておきます。こうしますと筋肉など、不必要なところにくっついた色素がとれて骨だけが、染色されて美しくみえます。スポイドでこの幼魚を、スライドガラスの上にとり、カバーガラスをその上にのせて、20倍の虫めがねで、透過光線で、観察しましょう。骨がきれいに赤くそまってみえるでしょう。各部分の名前はむづかしいですが、第20図に示しておきます。みんな軟骨という名前がついているのは、多くの骨は、まず軟骨の状態できてきて、後に硬骨にかわるのです。軟骨というのは、みなさんの耳の中にあるようなやわらかい骨です。またサ

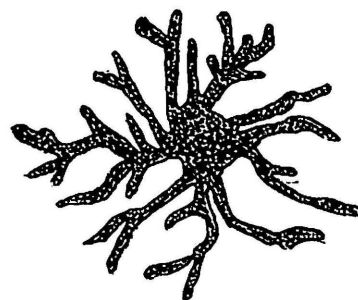


第20図 ふ化直後の頭の骨

メなどは一生軟骨のままです。ふつうの魚のような、かたい骨はできないのです。ふ化前の幼魚についても、これを針で卵からとり出し、同様にアリザリン溶液で染めてみてください。そしていつごろから骨ができてくるかしらべてみましょう。骨のできはじめはどのようになっているか。よく観察してみましょう。はじめのころ、骨は、ビルの鉄骨のように片方から、順次組立てていくのではなく、あちら、こちらにちらばって存在しているでしょう。でもこれらは、アリザリンでは、染色されない細胞によって結ばれているのです。口は下あごの骨が先にできます。顎歯も咽頭歯も、ふ化のときには、もう何本かできているでしょう。細長いさい骨は、非常にはやい時期にできてきます。さい骨はヒトでいえば肩の前側のところにある骨にあたります。自分のさい骨を手でさわってみてください。背骨のさい骨のでき方をみてください。せきさくのまわりに、指わのようになって、前から順次できてゆ

【実験38】体色変化

この実験には、クロメダカを用品です。茶わんを2個用意し、一方の茶わんの内面を、黒のマジックインクで、真黒にぬります。かわいたら、両方の茶わんに、くみおきの水を入れ、この両方に黒メダカを一匹ずついれます。10分ほどしてから、黒茶わんのメダカを白茶わんに入れます。そして2匹のメダカの体色をくらべてみてください。黒茶わんから移したメダカの方が、体色は黒っぽいでしょう。今度は、この両方のメダカを、それぞれ今までどちがう茶わんに入れて、上と同じ実験をしてみてください。すなわち、先に黒茶わんに入れたメダカは、今度は白茶わんに、先に白茶わんに入れたメダカは、今度は黒茶わんに入れて10分ほどおき、両メダカを白茶わんの中でくらべてみましょう。やはり黒茶わんのメダカの方が黒っぽいでしょう。メダカや多くの魚は、その環境に合わせて体色を変化させます。そのしくみはどのようになっているのでしょうか。つぎに実験してみましょう。



(ア)色素が広がったもの



(イ)色素が集ったもの

第21図 黒色素胞

時計皿にリンゲル液を少し入れ、クロメダカの背側のうろこを、ピンセットで1枚はがし、リンゲル液の中に入れてください。そして20倍の虫めがねで、下のかがみを調節しながら、透過光線できよく観察しましょう。うろこの上には、第21図(ア)のように、樹枝状にひろがった黒いものが沢山のっているでしょう。これが黒色素胞という大きな細胞で、このためクロメダカは黒くみえるのです。ではこのメダカが白い環境のところでは白っぽくなるのはどうしてでしょう。1%塩化カリウムの溶液を少し時計皿にとってください。そして先にリンゲル液中にとった、クロメダカのうろこを、ピンセットでつまんで、なるべくリンゲル液をませないように、塩化カリウムの溶液にうつしてください。そしてすぐ、20倍の虫めがねで、観察しましょう。黒色素胞はどうかわかりましたか。いままで樹枝状にひろがっていたのが、だんだん枝がなくなって、第21図(イ)のように、まるいかたまりになってしまったでしょう。これは黒色素胞の中で、いままでひろがっていた黒い色素が、黒色素胞の中心に集って、黒いかたまりとなってしまったのです。このように、黒色素胞の中の黒い色素(メラニンという色素で、私達の髪の毛の黒い色をつくる色素と同じものです)が、ひろがったり、集ったりするのです。ひろがったとき、メダカは黒っぽくみえますし、集ったとき、クロメダカは白っぽくみえるのです。これがメダカの体色変化のからくりです。でも生きたメダカでは、この色素を集めたり、ひろげたりしているのは、塩化カリウムがしているかどうかはわかりません。塩化カリウムでなくても、ふ

つう交感神経の末端から出るアドレナリンというホルモンを、リンゲル液中に少し入れても、色素は中心に集ります。メダカの体の中では、この黒色素胞は、神経とホルモンの両方の支配を受けていると考えられています。ホルモンというのは、脳下垂体中葉からでるホルモンのことです。でもメダカでは、神経による支配の方がつよいようです。環境によってメダカが体色を変化させるのも、メダカが目で環境をみて、そのしげきが脳をとおって、神経で末端まではこぼれ、色素胞を変化させると考えられます。塩化カリウムで色素が集ったうろこを、またピンセットでつまんで、0.8%食塩水溶液にいれますと、色素がふたたびひろがってゆきます。やってみてください。

【実験39】赤い体色 (ほんとうはオレンジレッド色です)

ヒメダカはどうして赤い色をしているのでしょうか。ヒメダカの頭頂部のうろこを一枚とって、スライドガラスの上にのせ、カバーガラスをその上にかぶせて、20倍の虫めがねで、透過光線で観察してみてください。うろこの上には、赤い点々が沢山みえるでしょう。これがメダカの体色を赤くする原因なのです。この点々は、黄色素胞といって、1つ1つが細胞なのです。中には、実験8の卵の色のところでのべた、カロチノイドが入っているのです。中の色素がカロチノイドであることを証明してみましょう。みなさんが、傷をしたときにつけるヨードチンキというくすりがあるでしょう。スポイドで、ヨードチンキを少し吸って、さきほどか

らみているスライドガラスの上のカバーガラスの端に、そのヨードチンキを、1滴のせてください。ヨードチンキは、カバーガラスの下に吸い込まれるようにして入ってゆき、うろこのところまで達します。そのまま、20倍の虫めがねでよくみていてください。ヨードチンキにふれた赤い色素胞が、だんだん緑色にかわっていくのがみえるでしょう。カロチノイドは、ヨードと結合すると緑色になるのです。こうしてヒメダカの赤い色はカロチノイドによることがわかったでしょう。

【実験40】体色の遺伝

遺伝の実験は、一般に長期間かかりますので、根気よく続けるようにしましょう。ここでは、クロメダカの黒い体色の遺伝についてしらべましょう。5～6月頃に、まずヒメダカのめす1匹と、クロメダカのおす1匹を、一つの水そうに入れ（これをP(親)と名づけましょう)、ここにメダカの卵のついてないウキクサ（ホテイアオイ）を1つ入れておきます。1週間もすると、ウキクサの根に、沢山の卵をつけます。このウキクサを、そのまま、屋外のくみおきの水を入れた、水蓮鉢のような少し大きい水そうに移します。卵があまりついていなかったら、沢山つくまでまってから、そのウキクサを移します。こうしておきますと、ウキクサの根についた卵から、毎日幼魚がふ化してきます。幼魚はふ化後1～2日は餌を食べませんが、その後どんどん食べるようになります。ち魚（子メダカ）を室内で育てることは、なれないとむづかしい

ですが、屋外の少し大きい水そうで育てることは、やさしいことです。この水そうの中に、ち魚の餌となる緑藻の入った緑色の水を、あらかじめ少し入れておきます。さらに餌として、ゾウリムシのような原生動物をあたえますと、非常に調子がよろしい。それにはこの原生動物を培養します。その方法は、直径15～20cmほどの、ガラスかプラスチックのいれものに、くみおきの水を入れ、その中に、乾草でも、稲わらでも、なわでも、お米でもよろしいから、てきとうに切って十分量入れます。この中に、下水（とくに台所の排水が流れ込み、ふわふわした汚物が生じているところがよい）をコップ1ばいくらい加えて、ひかげにおいておきます。一週間もすると、小さな原生動物などがいっぱい増えてきます。これを毎日、大きなスプーンに1ばいくらいメダカのち魚の中に入れてやります。ち魚は、さかんにこれを食べるのがよくわかります。ふ化後2週間くらいは、このような餌で十分です。ち魚があるていど、生長してきますと、親と同じ粉餌にかえます。水そうの水かえは、ほとんど必要ありません。ち魚の生長には、非常にむらがあり、早く生長した大きなち魚が、生長のおそい小さなち魚を食べてしまいますから、とくに大きなち魚は、はじめのうちは別にしておきます。もう一つ大切なことは、ち魚の水そうには、家庭用の虫よけの網戸につかう網をかぶせておいてください。そうしないと、トンボがきて卵をうみます。トンボの幼虫のヤゴは、メダカの大敵で、ヤゴが沢山いますとメダカをみんな食べてしまいます。こうして、一夏過ぎ、秋になってから、その鉢の中

のすべてのメダカの体色をしらべてみてください。多分すべてクロメダカになっているか、半分クロメダカになっているかどちらかだと思えます。このメダカをまとめてF₁(雑種第1代)と呼ぶことにしましょう。これらのメダカは、そのまま冬を越させます。冬中は餌をあたえる必要はありません。氷がはってもかまいません。氷の下で、ちゃんと生きています。

翌春、3~4月頃から餌をあたえます。5~6月頃、このF₁の中から、てきとうにクロメダカのおす1匹とクロメダカのめす1匹をえらんで、一つの水そうにうつし、前年と同様に、卵をとり育てましょう。こうして育ったものをF₂(雑種第2代)と呼ぶことにします。F₂ではクロメダカとヒメダカの割合は、どのようになりましたか。多分クロメダカ3に対して、ヒメダカ1の割合に、おおよそなっていないませんか。これがメンデルの法則といわれているものです。このようになる理由をかんたんに説明しておきましょう。

かりに体色を黒くする遺伝子をBとしましょう。これに対して体色を黒くしない遺伝子をbとしましょう。1つの生物の体では、1つの形質(たとえば、黒い体色のような性質)は、2つの遺伝子(1つは父親からきたもの、他の1つは母親からきたもの)によってつくられます。2つの遺伝子のうち、どちらの性質があらわれるかは、その強さ(優劣)によってきまります。Bはbより強いので、BBもBbも黒い体色になります。bbだけは黒くなりません。他にあかくする遺伝子があれば、あかくなります。このBB、Bb、bbを遺伝子型

と呼びますが、このような2つずつの遺伝子は、精子や卵ができるとき、おたがいに分かれて、Bやbとして、単独で、精子や卵に入ってゆき、受精によってまたいっしょになります。

これだけのよび知識があれば、実験結果はすぐわかります。Pのクロメダカの遺伝子型は、BBかBbのはずです。またPのヒメダカはbbでなくてはなりません。まずBBの場合を考えてみましょう。PはおすBB(クロメダカ)×めすbb(ヒメダカ)ですから、精子の遺伝子は、すべてB、卵の遺伝子はすべてbです。ですから受精卵の遺伝子型はBbで、成長しますとみんなクロメダカになります。つまりF₁はすべてBb(クロメダカ)です。このF₁どうしのかけあわせは、おすBb×めすBbとなります。ですから、ここからでてくる精子の遺伝子はBかb、同様に卵の遺伝子もBかbです。これらの受精を式にしてみますと

卵 (B + b) × 精子 (B + b)

となります。つまり受精卵の遺伝子型は、BB、Bb、bB、bbのものがみんな同じ割合でできると考えられます。したがってこれらが、ふ化、成長したとき、BB、Bb、bBはともにクロメダカ、bbのみはヒメダカになりますから、クロメダカとヒメダカが3:1の割合にできることになります。PのクロメダカがBbであったとき、どのようになるか、上と同じように考えて、自分でやってみてください。

【実験41】性 比

おすどめすの割合を性比といいます。メダカが100匹くらいいましたら、そのおすどめすの数をしらべてみましょう。おおよそ同じくらいの数でしょう。メダカにかぎらず、われわれ人間でも、男と女の比は、おおよそ1:1です。みなさんの学校の学生全部についてしらべてみましょう。どうしてこのようになるか考えたことがありますか。どんな生物でもこのようになるとは限りません。めすばかりの魚もあります。ウナギどんぶりにする若いウナギはほとんどおすです。

そこでまず、どうしておすやめすになるかを考えてみましょう。それは、おすになるのは、おすにする遺伝子があるからで、これをMという記号であらわしましょう。まためすになるのは、めすにする遺伝子があるからで、これをFという記号であらわしましょう。前にものべたように、一つの形質、たとえば性という形質は2つずつの遺伝子によってつくられますから、MM, MF, FFの3種類のくみあわせができますが、メダカやヒトではMMのものはふつうはいないと考えてください。そしてMFはおすになり、FFはめすになると考えます。MFがどうしておすになるのかというと、M遺伝子の方がF遺伝子よりつよいからだと思ってください。卵や精子ができるとき、この2つずつくみあわさった遺伝子が、1つずつに分かれますから、精子はMFが分かれて、M遺伝子をもった精子と、F遺伝子をもった精子が、同じ割合でできてきます。卵については、FFが分かれるのですから、卵はすべ

てF遺伝子をもっているわけです。これらの精子と卵が受精しますと、

$$(M+F) \times F = MF + FF$$

で、MFはおすになり、FFはめすになります。おすからのMとFが、同じ割合に存在しますから、おすどめすは同じ割合に生じてくることになります。

ところで、いままではクロメダカやヒメダカばかりしらべてきましたから、おすどめすの比は1:1でよかったのです。しかしシロメダカについてはこのようになりません。沢山メダカを生産している家（愛知県弥富町に何軒かあります。）にゆきますと、ヒメダカ1000匹に対して2~5匹くらいの割合で、シロメダカがみつかります。このシロメダカをしらべてみますと、みんなめすです。もし金魚屋さんなどで、シロメダカをみつけたらしらべてみてください。これはどうしてでしょう。メダカの体色をあかくする遺伝子をRという記号であらわしましょう。また体色をあかくしない遺伝子、つまり白くする遺伝子をrとしましょう。Rはrよりつよく、遺伝子型でRrとなりますとあかくなります。白というのはrrという遺伝子型をもったときのみです。それがrrはどうしてすべてめすなのか。それはr遺伝子は、いつもめすにするF遺伝子とくっついているからなのです。R遺伝子はF遺伝子とも、M遺伝子ともくっつきます。ですから遺伝子型としては、RRFR, FRFR, FRRr, MRFR, MRRrの5通り考えられますが、このうちシロメダカになるのはFRRrのときのみですか

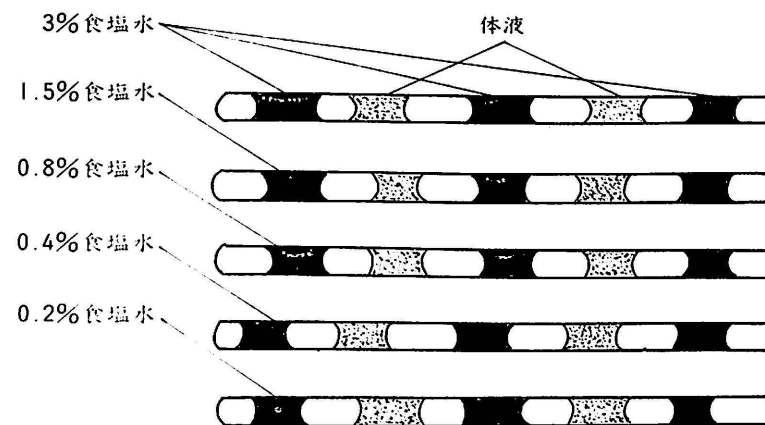
ら、このときはFFでめすになるのです。

【実験42】体液の濃度

いままでの実験で、手術したメダカとか、未受精卵は、みんなリンゲル液に入れてきました。それはなぜでしょうか。もしこのような弱いメダカを、くみおきの水道水に入れますと死んでしまいます。どんな生物でも、生物の体の中の液は、塩化ナトリウム(食塩)、塩化カリウム、塩化カルシウムなどで、大体一定の濃度の水溶液でできていて、それが半透膜とって、水はよく通すが他のものはあまりよく通さない膜でかこまれているのです。こういうものを、純水や水道水の中に入れますと、半透膜を通して、水が外から中にどんどん入って、生物にとって困った状態になります。ふつうメダカのような淡水魚は、こうして入ってきた水を、じん臓を通して、うすい尿として出しているのです。これには多量のエネルギーが必要です。弱ったメダカでは、それが十分できません。もしリンゲル液に入れておけば、リンゲル液の濃度は、メダカの体液の濃度と同じにしてありますから、外から体内に、自然に水が入ってくることもなく、むだなエネルギーも使う必要はありません。こういうわけでメダカのリンゲル液をつくるには、どうしても、メダカの体液の濃度を知る必要があるわけです。この実験では、それを測定してみましょう。

いろいろの方法がありますが、ここでは、バルジャー法というのでやってみましょう。まづ準備として、細いガラス管を作らね

ばなりません。理科器具店にいくと、直径6~10mmくらいのガラス管を売っています。これを買ってきて、ガラスヤスリで、長さ15cmくらいに切ります。これを3本くらい用意してください。このガラス管の両端をもって、真中を火で焼き引きのばすのです。火としてはガスバーナーがよいのですが、家庭用のガスレンジの火でもできると思います。でもやけどしないように気をつけてください。強火で、ガラス管の真中を回転しながら真赤に焼きます。そうするとガラス管は、やわらかくなりますから、このとき急に両手で引っばって、勢よくガラス管を引き伸ばします。そうすると、その真中の部分が、細長い管になります。これをそのまま、真直ぐにして手でもっていますと、冷えて固くなります。よく冷えたら、この細長い部分で、できるだけ同じ太さのところを、7、8cmくらいの長さに、ガラスヤスリで切ります。このような細管を5本用意します。細管の直径は1~2mmくらいがよいでしょう。



第22図 体液濃度の測定

ガラス管の準備ができれば、こんどは溶液の準備です。3gの食塩を1dlの純水にとかします。これが約3%です。これを倍、倍に純水でうすめて、3%、1.5%、0.8%、0.4%、0.2%の5種類の食塩水をつくり、少量ずつ時計皿に入れます。つぎにメダカの体液をとらねばなりません、これはなかなかむづかしいので、同じ濃度と考えられる卵をつかうことにします。メダカの卵を沢山用意します。(2000個くらい) これには、屋外のメダカの入った水鉢に、ウキクサを入れておき、その根につけられた卵を、一週間分集めればなんでもありません。集めた卵を吸取紙の上のせ、卵のまわりについている水をよくとり去ります。こうした卵を、かわいた乳鉢にいれ、かるくすりつぶします。そして少し鉢をかたむけると、溶液が流れ出てきますから、これを体液としてつかうことにします。

以上の用意ができましたら、実験に入ります。まず図のように食塩水とメダカの体液を、交互に、細いガラス管に入れます。入れ方は、ガラス管の端を、食塩水に少しつけると、毛管現象で、液が中に自然に入ってきますから、少し入ったところで、管をさっと引きますと、少量の液が管に入ったのがみえます。今度は、少量の空気をへだてて、メダカの体液を、同様に少量管の中に入れます。こうして、ある濃度の食塩水と、メダカの体液を、交互に入れたガラス細管をつくるのです。細管の中の液の長さは、てきとうでよろしい。1本の細管は、一種類の濃度の食塩水を用いてつくります。同様に他の濃度の食塩水についても作ってくださ

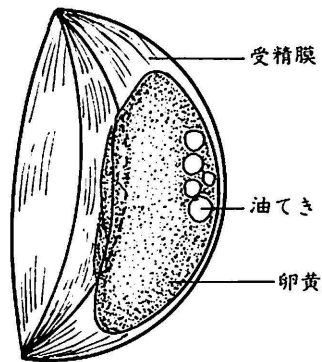
い。こうして上の5種類の異った濃度の食塩水に対して同様に作って、5本の細管を用意します。でき上ったら、これらのガラス細管の両端を、弱火で焼いて封じます。そしてこれらを、1枚か2枚のスライドガラスの上にならべて、接着剤で両端部をはりつけてください。それぞれのガラス細管には、何%の食塩水をつけているか、しるしをつけておきます。できましたら、各ガラス細管中の、すべての液柱の長さを、ものさしと合わせ、10倍の虫めがねでみながら、できるだけ正確に、全部測定して書いておいてください。そしてそのまま一昼夜放置しておきます。

一般に、濃い水溶液とうすい水溶液が、隣り合っていますと、うすい方の水分が、濃い方に移って、長い間に両方の濃度が等しくなろうとする性質があるのです。もし食塩水の方が、メダカの体液より濃い時は、メダカの体液の水分が、食塩水に移って、メダカの体液の液柱は短くなり、食塩水の液柱は長くなります。逆に、食塩水の方が、メダカの体液よりうすければ、食塩水の水分が、メダカの体液に移って、食塩水の液柱は短くなり、メダカの体液の液柱は長くなります。ですから、翌日もう一度、各液柱の長さを測定して、前日より長くなっているか、短くなっているかを、計算して出してみてください。液柱の長さの変化のないガラス細管の食塩水の濃度と、メダカの体液の濃度は、大体において等しいと考えられるのです。こうして測定してみますと、メダカの体液の濃度は約0.78%の食塩水と同じ濃度となります。メダカのリンゲル液は、この濃度にしてあります。動物によって、この

濃度は異なります。

【実験43】高濃度

前の実験で、濃度のちがうところに生物体があるとき、水が入ってきたり、出ていったりすることをのべました。親メダカのように、自分で濃度を調節できるものはよいが、それができない卵では、どうなるか実験してみましょう。50%くらいの砂糖水をつくってください。つまり砂糖50gを水にとかして全体を100gとします。おおよそでよろしい。この砂糖水は、とても濃度が大きいのでとろりとしています。この中に、うまれて1日以内の卵を数個入れてください。溶液の比重が大きいので、卵は沈まずにういています。このままおいておきます。1時間くらいしてから、この卵を、時計皿にとって、20倍の虫めがねで、透過光線で観察してください。どうなっていますか。第23図のように、受精膜が凹んでいるでしょう。つまり、あまりにも、砂糖水の濃度が大きいので、卵の中の水が、砂糖水にす



第23図 高濃度のえいきょう

いとられたのです。このような卵は死んでしまいます。つぎに、うまれて2日以上すぎている卵を、同様に50%砂糖水に入れてみましょう。こんどは、ところどころ、小さな凹みはありますが、そのまま正常に発生を続け

るでしょう。つまりこれらの卵では、それほど、水をとられなかったと思われます。これは卵の膜が、しっかりしてきているし、中のメダカもじょうぶになってきているからではないでしょうか。リンゲル液の意味が、だんだんわかってきたでしょう。

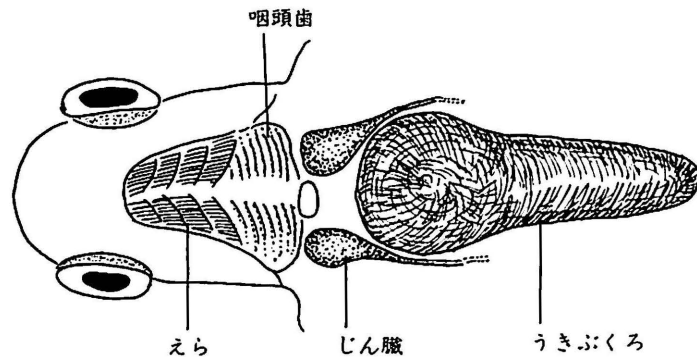
【実験44】単独イオン

さきにのべたように、リンゲル液は、塩化ナトリウム(食塩)、塩化カリウム、塩化カルシウムが入っています。いままでみたように、塩化カリウムだけでは、いろいろの毒性を示しました。では塩化ナトリウムだけではどうでしょう。3%の塩化ナトリウム(できるだけ純すいなもの)溶液を時計皿にとり、その中に、うまれて1日以内の卵を、純水でよく洗って入れてください。時計皿にふたをして1~2日おいておきます。卵はどうになりましたか。20倍の虫めがねで、透過光線をよくしらべてみてください。そして、リンゲル液内で正常に発生させた卵とくらべてみてください。塩化ナトリウムのみの溶液で発生させた卵は異常になっているのがわかるでしょう。

こんどはこの3%の塩化ナトリウム溶液に少し塩化カルシウムを入れた溶液をつくり、その中で、うまれて1日以内の卵を発生させてみてください。さあこんども異常になりましたか。ほとんど正常に発生しているでしょう。このように塩化ナトリウム単独でも毒性があるのです。そしてカルシウムなど他の物質が入っていますと、よい環境をあたえるのです。リンゲル液とはこのよう

なことを考えてつくられているのです。このさい塩素イオンは考えなくてよいのです。

【実験45】じん臓



第24図 じん臓

実験42でのべたように、メダカのような淡水魚では、自然に外から水が入ってくるのですが、多量のうすい尿を、じん臓でつくって出すことによって、体液の濃度を調節しているのです。ウナギは十分生長すると、川を下って海に入り、深海で卵をうみます。つまり体液よりうすい川の水から、体液より濃い海水に移っていくのです。川では外から体の中へ水が入ってくるし、海では体の水が外に出ていきます。海では多量の海水を飲みじん臓で少量の濃い尿をつくって外に出します。そればかりでなく、魚も人と同じように、血液中にでてきた老はい物を、じん臓をとおして外に出し、血液をいつもきれいにしているのです。このように大切なはたらきをしているじん臓はどこにあるのでしょうか。

実験6と同様に、まずいしたメダカの腹をひらいて、虫ピンでパラフィンシャーレの上にとめてください。10倍の虫めがねで、反射光線で、肝臓や腸のまわりをしらべてみてください。じん臓らしいものはみつからないでしょう。そこでこれらの内臓をピンセットでとりのぞいて、その奥にある黒い膜を、虫めがねでみながら、そっと両手のピンセットで、破ってとりのぞいてみましょう。黒い膜のすぐ背側にはうきぶくろがあります。これを破らないように注意しましょう。黒い膜を全部とりのぞきますと、うきぶくろのすぐ前に、第24図にあるように、1対のうす赤い、まるい、やわらかいものがみつかるでしょう。そしてそれから細い糸のようなものがでて、うきぶくろの両横をとおって後の方にのびています。これがメダカのじん臓です。魚のじん臓は、中じんといつて、は虫類や、鳥類やほ乳類のような進化したじん臓とちがって、少し原始的なものなのです。

【実験46】うきぶくろ

みなさん、プールで、水中に、体をじっととめておくことができますか。たいへんむつかしいでしょう。体がういてしまうか、しずんでしまうかしてとてもできません。ところが、魚はいつもそれをやっているのです。どうしてできるのでしょうか。そのためには体全体の比重を、水の比重と同じにしなければなりません。その一つの方法が、うきぶくろで調節することです。うきぶくろをもっていない魚もありますので(サメやエイにはありません)

うきぶくろでなければならないことはありませんが、うきぶくろを利用することは、よい方法だと思います。メダカはうきぶくろをもっていて、これで調節しています。実験してみましょう。

小型の注射器を用意してください。これは理科器具店に売っていますし、お医者さんに古いのをもらってもよいでしょう。でも危険ですから、けっして遊びにつかったり、いたずらに使ってはいけません。まずメダカのうきぶくろの位置をたしかめましょう。前の実験でみたように、うきぶくろは、内臓をつつむ黒い膜の背側で、背骨のすぐ下にあります。その形は第24図のようです。メダカを横から、明るいところでよくみますと、うきぶくろのところは、ちょっとすけてみえます。そこでまずメダカをますいし注射器を水でしめらせてから、ちょっとすけてみえるうきぶくろのところをねらって、体側から、注射器の針をさします。そしてうきぶくろのガスを吸出します。吸出したら針をぬいて、メダカをリンゲル液に入れ、ますいがさめたら水そうに移してください。メダカはどんな泳ぎ方をしますか。底に沈んで、いっしょうけんめい泳いで、上にあがろうとしますが、すぐにまた沈んでしまうでしょう。つまり比重が水より大きくて体が水にうかないのです。そこで水の比重を大きくして、メダカの比重と同じにしてやれば、このガスぬきのメダカもふつうに泳げるはずですね。そこでこのメダカを20%の砂糖水に入れてみてください。どうでしょう。メダカはふつうに泳いで上にあがってくるでしょう。泳ぐことの上手な魚でも、自分の比重が、水の比重とことなると、上手に泳げ

ないことがわかったでしょう。マッコウクジラは、深海の水中にじっと止まって餌をとります。どうして比重を調節しているのでしょうか。マッコウクジラにはうきぶくろはありません。しかしあの妙なかつこうをした頭には、あぶらが入っていて、これを液体にしたり、固体にしたりして体積をかえ、比重を調節しているといわれています。

実験7で脂肪肝をつくるとき、実験をはじめてしばらくすると、だんだん卵をうまなくなります。このころの無色の卵は、たいへん弱く、幼魚がふ化しても、この幼魚のうきぶくろにはガスがたまってきません。したがって、水底に沈んだままあまり泳げません。屋外でうまれた黄色の卵は、たいへんじょうぶで、ふ化直後から、肝臓のそばのうきぶくろにガスがたまっているのが、10倍の虫めがねで、透過光線で見ますとよくわかります。(写真8)

このうきぶくろのガスは、何でできているのでしょうか。これは空気と成分が同じ、酸素、窒素、二酸化炭素ですが、入っている割合が少しちがうようです。うきぶくろは、魚にとって、比重の調節の外、呼吸(肺魚など)、音や水圧の感覚(コイ、ナマズなど)などの補助の役割ももっているようであります。

【実験47】ランゲルハンス島

みなさん、世界地図をみても、こんな名前の島はみつからないでしょう。また学校で、地理の授業でもならわなかったと思います。でも、理科で、人体の授業でならいませんでしたか。すい臓

のランゲルハンス島からは、インシュリンというホルモンが出てくると、先生に教えてもらったでしょう。インシュリンは、われわれが食べて吸収した栄養を、体のためになるように変化させるとき、なくてはならないもので、このホルモンが不足すると糖尿病になります。この病名は多分聞いたことがあるでしょう。これは名前のおり尿に糖が出たり、いつも口がかわいて、夜中でも何回か水を飲んだり、何度も便所にゆきたくなる病気で、なかなかおられません。そのうちにだんだん重症になって、他の病気もあらわれ、危険な状態になることもありますから、気をつけねばなりません。太りすぎの人は特に気をつけましょう。こんなに大切な役割をしているインシュリンを出すランゲルハンス島は、ヒトでもネズミでもカエルでも、多くの動物で、すい臓の中に散在しています。すい臓というのは、胃のそばにあって、十二指腸へ消化液を出している器官です。ですからランゲルハンス島を探すには、すい臓をうすく切って、顕微鏡でしらべねばなりません。これは手間のかかる仕事で、かんたんにはできません。ところがメダカのような多くの魚では、ランゲルハンス島は、すい臓とはなれて、別のところにあります。ですから観察には便利なのです。重症の糖尿病の人には、インシュリンが必要です。これはウシやヒツジなどのすい臓からとられていました。最近は大腸菌につくらせることもできるようになりました。また日本では、大量の魚を処理しますので、便利な魚のランゲルハンス島からインシュリンをとることが研究されました。

このランゲルハンス島をメダカで観察しましょう。実験6と同様、まずいしたメダカのおなかを開いて、パラフィンシャーレの上にピンで止めてください。そのシャーレの中にはリンゲル液を入れ、虫めがねの台の上へのせ、10倍のレンズのピントを肝臓と腸の間にあわせてください。そして胆のうのまわりをていねいに探していますと、小さな、空色の、美しい玉のようなものが、2つ、3つみつかるでしょう。これがランゲルハンス島です。すい臓もその附近にあります。

魚が糖尿病になるかどうか私は知りません。このランゲルハンス島を取除いたメダカを飼育してみると面白そうですね。メダカは腹を切開いても、あとで、胴のまわりを糸でしばっておけば、傷もなおりますし、いくらでも生きていますから、このランゲルハンス島を取除く実験をしてみると面白いと思います。しかしこの実験は少しむづかしいです。

【実験48】 うろこ

メダカはふ化したときはうろこはありません。生長していくあいだにできてきます。ふ化したときの体長は5、6mmくらいです。体長が何mmくらいに生長したら、うろこができてくるか、いろいろの大きさのち魚について、体表を、10倍の虫めがねでしらべてください。大きくなるにつれて、うろこの同心円の数が、だんだんふえていくでしょう。うろこの上には、血管も、神経ものびてきていて、色素胞も分布しています。うろこの形成は、メダカに

とって、一種の変態のようなものと考えられます。オタマジャクシがカエルになるときの変態は、みなさんよく知っているでしょう。その変態によって、カエルは陸上生活ができるようになります。このカエルの変態は、甲状腺ホルモンによっておこります。オタマジャクシに甲状腺の粉末を食べさせたり、そのホルモンであるチロキシンを注射したりしますと、早く変態してカエルになってしまいます。このチロキシンはヨードをふくんだ物質です。もっと下等なミズクラゲでは、卵からポリプになり、それがいくつか割れてストロビラになりますが、これも一種の変態です。この変態には、そのポリプがいる海水中に、ある濃度以上のヨードがふくまれていることが必要なのです。

さてメダカの変態に対して、甲状腺ホルモンはえいきょうするのでしょうか。もし牛の甲状腺の粉末が手に入りましたら、これを実験27と同様に餌にまぜて、ふ化直後から、ち魚にあたえてみてください。正常よりはやくうろこが形成されるはずです。この実験でも、正常の餌のものと、ホルモン餌のものを分けて、平行して実験することを忘れないでください。

【実験49】群集心理

池や小川や水そうのメダカは、ふつう群をつくって泳いでいます。どうして群ができるのでしょうか。「メダカの学校のメダカたち、だれが生徒か先生か」の歌のように、先生メダカがいて、ほかのメダカをひきいているのでしょうか。よく群を観察してみ

てください。どうも先生らしいメダカはありませんね。何が群をつくらせるのかしらべてみましょう。まず水そうに一匹メダカを入れてください。そして水そうのかたすみに鏡をおいてみましょう。根気よく、じっと観察してみてください。メダカはあちこち泳ぎまわりますが、鏡の前にくると、鏡にうつる自分の姿に引きつけられるように、鏡にぶつかりながら、動きまわるでしょう。どうも視覚が重要な1つの原因であるらしいですね。それでは少しごんこくですが、ピンセットで両眼をとって、リンゲル液に入れておき、傷が治ったメダカを5匹ほど、1つの水そうに入れてみてください。群をつくりましたか。群はできないでしょう。両眼をとらなくても、視神経だけを切った場合も同じかどうかたしかめてください。視神経だけを切る方法も自分で工夫してみてください。これまでの実験をやってきた人にはできると思います。

つぎに別のメダカを一匹、十分ますいしてください。それをガーゼで水をふきとり、セロテープでスライドグラスにはりつけます。それをさきの鏡ととりかえてみてください。水そうのメダカは、どのような行動をとりましたか。ほとんどこのますいしたメダカにみむきもしないでしょう。つまり動かないメダカの姿は、あまりメダカの注意をひかないようであります。実験方法を工夫して、このことをもっとよく証明してみてください。たとえば、四角のガラス水そうにメダカを入れ、紙にメダカを描いて切りぬき、これを音楽用のメトロノームの振子にはりつけて、水そうの側で動かしてみましよう。中のメダカは何らかの反応をしめしま

したか。振子の動くはやさをいろいろかえてしらべてみてください。
い。

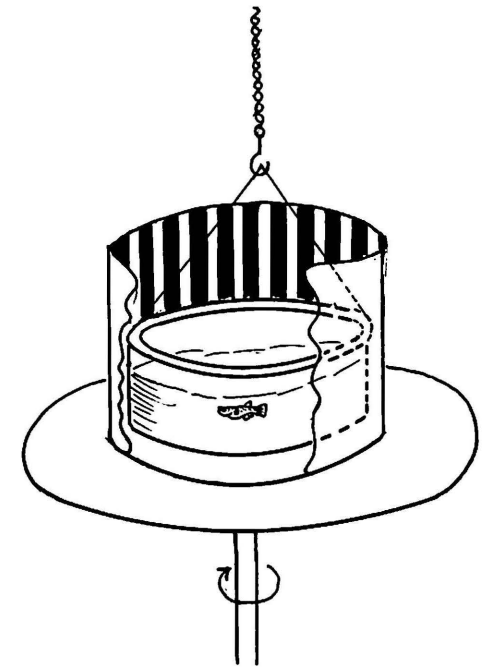
視覚が重要であることはわかりました。つぎに、このような群をつくる性質は、生まれつきのものなのか、それとも学習とか、経験によってできるものなのかしらべましょう。まずふ化直後の幼魚は、群をつくって泳いでいるかどうかしらべてみてください。どうも群をつくらずに、ばらばらに泳いでいますね。では7mmくらいに生長したち魚ではどうでしょうか。いろいろの大きさに生長したメダカについて観察しましょう。こうして何mmくらいに生長したら群をつくるようになるかきめてください。生まれつきもあるかも知れませんが、どうもより経験が関係するようですね。そこでこんどは、少しめんどろですが、ふ化直後から、一匹一匹別々に、別々の水そうで飼育してみましょう。ふつうなら群をつくる大きさまで生長したら、これらのメダカを一つの水そうに一緒に入れて、群をつくるかどうか、また群をつくるとしたら、どんな群をつくるか、正常な群のすがたと同じかどうか、よく観察しましょう。

【実験50】誘 惑 (ゆうわく)

人でも動物でも、その行動がいろいろのものに誘惑されておこることがあります。たとえば、大勢の人が、1つの方向に走っていくのをみたとき、その方向に何かあるような気がして、自分もその方向に走って行ってみたいくなるでしょう。また服でも、髪型

でも、新しい流行があると、多くの人がまねをします。動物も、その環境に誘惑されて行動することがあります。その誘惑のしげきは光であることも、においであることも、音であることもあるでしょう。においによる誘惑としては、またたびのにおいをかいでおこるネコのび態は、まことに不思議なものです。一度ためてごらんになると面白いですよ。昆虫のフェロモンもとても面白いものです。昆虫の本をよんで学んでください。音による誘惑としては、美しい音楽にさそわれて出てくるネズミの話の話をきいたことがありますか。おとぎ話のようですが、実際に経験した人もあるようです。

ここではメダカを使って、光しげきによって実験してみましょう。メダカを入れたガラス水そうを、第26図のように上からつりさげます。この水そうをとりまいて、ボール紙で円筒をつくり、その内側を、第26図のように、黒と白のしまもようにします。しまの巾は適当でよろしい。この円筒を、何でもよいから、回



第25図 心理実験
(丘, 1952, 共立出版)

転する台の上ののせてください。あまりはやく回転するものは困りますが、学校なら、化学教室にある、手廻し円心器のようなものを利用してよいでしょう。そしていろいろのはやきで回転してみてください。メダカの入った水そうは動かないのに、しまもようが動くにつれて、メダカがそれを追うように、同じ方向に回りはじめるでしょう。メダカはしまもようの回転に誘惑されたのですね。回転のはやきをだんだんはやくすると、メダカもだんだんはやく泳ぎますが、あまりはやくなると、しまもようが、もうしまにみえず、一様な灰色にみえるようになります。このようになると、メダカももうしまもようを追わなくなり、回るのをやめてしまいます。おそらくメダカの眼にも、しまもようにはみえなくなっているのでしょう。この実験は、メダカによって個体差があり、よく反応するメダカもあれば、ほとんど反応しないメダカもあります。ちょうど人でも、よく流行をおう人もあれば、まったく無関心の人があるようなものでしょう。

あとがき

ここにあげた実験のうち、実験12, 15, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 27, 38, 42, 43, 44は、私の先生である、名古屋大学教授であった、故山本時男博士が研究されたものであります。先生は大変偉い方で、何でも徹底して仕事をされる方でした。亡くならからの戒名も、天真院時空徹底居士と名づけられました。お墓は名古屋市東区の矢田川のほとり、長母寺にあります。先生は自分にも、弟子にも、とてもきびしい方でした。亡くなる寸前まで、研究と勉強を続けられました。不治の病で入院されても、その病院のベッドの上で、新しく数学の勉強をはじめられたほどです。あるとき、私は先生に“どうしたら先生のようにこんなに沢山のよい研究ができるのですか”とききましたところ、先生はそくぎに“研究の鬼になることだ”と答えられました。先生はまた古武士のような風格をもっておられました。こうして先生は、メダカの研究に一生をささげられたのです。生前、先生のすきな言葉に“A tree is known by its fruit.”というのがあります。木はその実によって知られる。つまり実によってその木の価値がわかる。すなわち、その人の残した仕事によって、その人の価値がきまるということ。若いみなさんも、一生の間に一つでもよい、何か良い仕事をするように心がけてください。そのためには今から準備をしなければなりません。心の準備、体の準備、知識の準備、考える力の準備、実行力の準備、あらゆる点について準備して将来

にそなえてください。私は不肖の弟子で、何ひとつ先生のような良い仕事はできませんでしたが、ここで先生の仕事を、できるだけ世の人々に知っていただき、減りつつあるメダカを保存し、メダカが人々の役に立つようにしたいと思ってこの本をかきました。この本の実験の中には山本先生の外、故会田龍雄先生(実験40, 41), 元東京大学教授故岡田要博士(実験24, 25), 元東京教育大学教授丘直通博士(実験49, 50), 東京大学名誉教授石田寿老博士(実験16), 東京大学教授江上信雄博士(実験17, 26), 名古屋大学助教授富田秀夫博士(実験34, 48), 愛知教育大学教授岩松鷹司博士(実験47), の諸先生方の研究も含まれています。無断で利用させていただいたことをここでおわびいたします。この本のその他の実験は、私の研究とか、この本のために私が考え実験してみたものです。でもこの本に入れたすべての実験は、一度私がやってみて、それから誰にでもできるように変えてあります。私の不勉強のために、間違や不備の点も多いかと思いますが、すべて私の責任であります。

私は全国の小学校、中学校にこのような、いろいろの実験書があつて、先生の指導のもとに、学生のみなさんが実験をし、自然に親しんでほしいと思います。また小学校、中学校を中心に、その地域の人々が、こうした実験に親しむようになれば、どんなにすばらしいかと考えています。

現在メダカは、愛知県海部郡弥富町や大和郡山市の金魚生産業者によって、ヒメダカが生産されていますが、いろいろの種類の

メダカは、名古屋大学理学部附属の施設で、富田秀夫助教授の下で飼育されています。そして現在でも同助教授によって、毎年新しい品種がつくられています。

終りに参考にしました主な本をあげておきます。くわしいことを知りたい方は、原論文を読まれた方がよいと思います。原論文がのっている雑誌名はつきにあげる、山本時男編:Medakaに書かれています。特に岩松鷹司博士による“生物教材としてのメダカ”は、非常によい参考書です。現在I~IVまで出ていますが、まだ継続中です。またこの本を印刷中に、江上信雄博士がたいへん良い本を岩波書店から出版されました。いちど読まれることをおすすめします。

山本時男編, Medaka(Killifish):Biology and Strains(英文), 啓学出版社
昭和50年

岡村周諦著, 動物実験の指針, 大観堂書店, 昭和16年

山本時男著, 動物生理の実験, 河出書房, 昭和24年

三輪知雄・久米又三編, 生物実験法, 共立出版社, 昭和27年

団勝磨・山田常雄共編, 発生生理の研究, 培風館, 昭和33年

岩松鷹司著, 生物教材としてのメダカOryzias latipes I. 分類学的位置と一般形態, 愛知教育大学研究報告, 第23輯(自然科学), pp73~91, 昭和49年, 同II 卵母細胞の成熟および受精, 同第24輯pp113~144, 昭和50年, 同III 発生過程の生体観察, 同第25輯pp67~89, 昭和51年, 同IV 組織学的観察, 同第26輯pp85~113, 昭和52年

江上信雄著, 生物はふえる, 岩波書店, 昭和55年

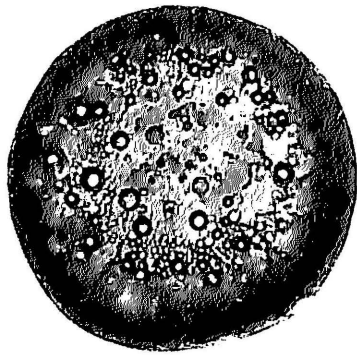


写真1 未受精卵：小さい粒が表層胞，大きい粒が油滴
(実験19)

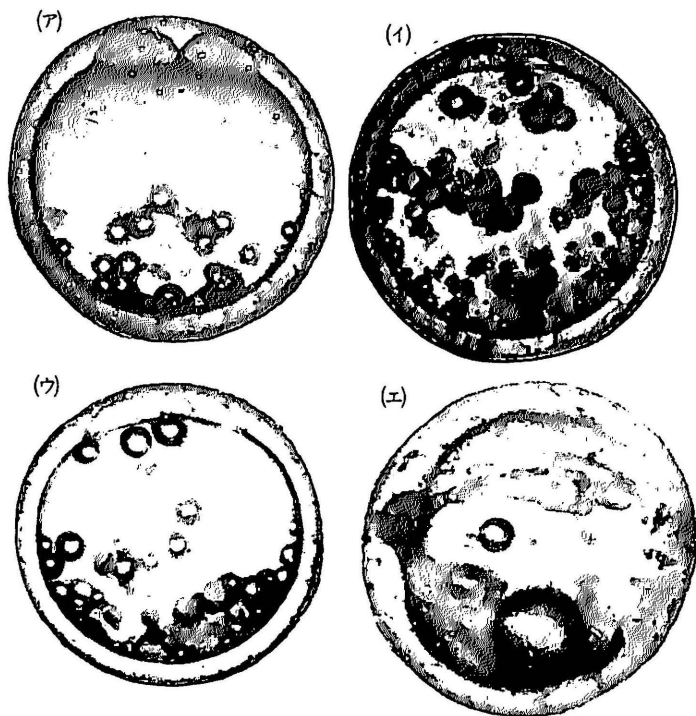


写真2 不完全ますい卵の受精と発生：(ア)正常卵2細胞期
(イ)不完全ますい卵2細胞期 (ウ)同4細胞期 (エ)不
完全ますい卵から発生した眼のないメダカ胚
(実験20)

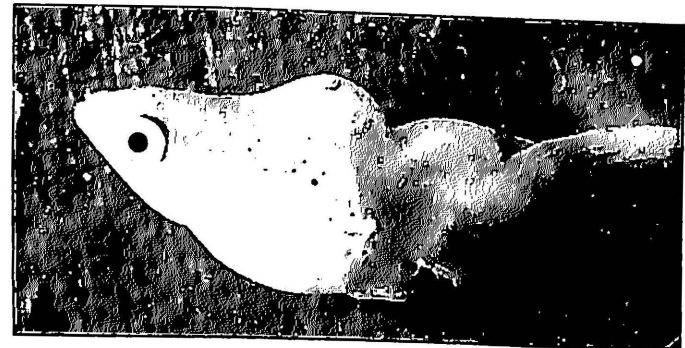


写真3 骨格の異常なメダカ (実験33)



写真4 ふ化直後のメダカの骨 (実験37)

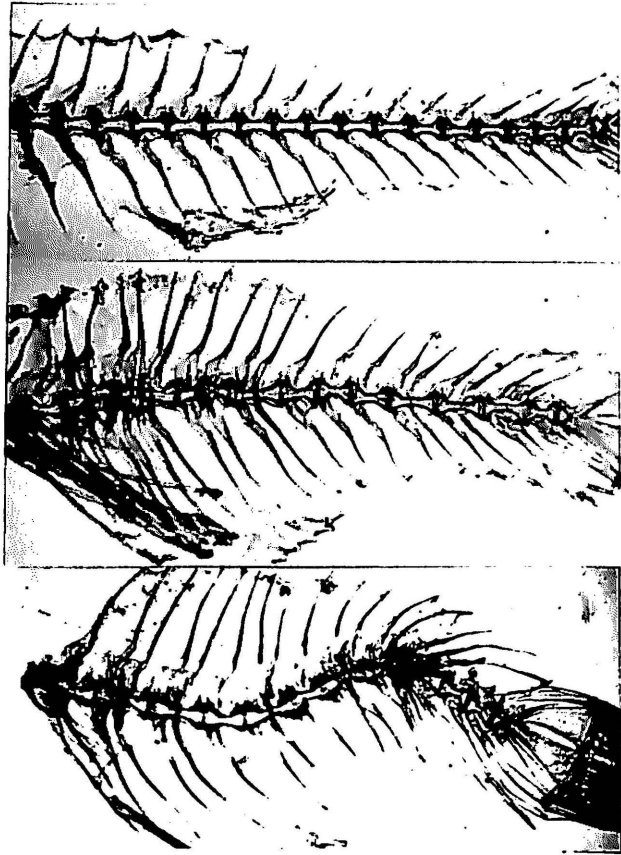


写真5 遺伝する異常骨格：(ア)正常なメダカの背骨 (イ)ついで骨がゆ合しているメダカの背骨 (ウ)ついで骨がゆ合し、さらに波状にまがったメダカの背骨 (実験33)

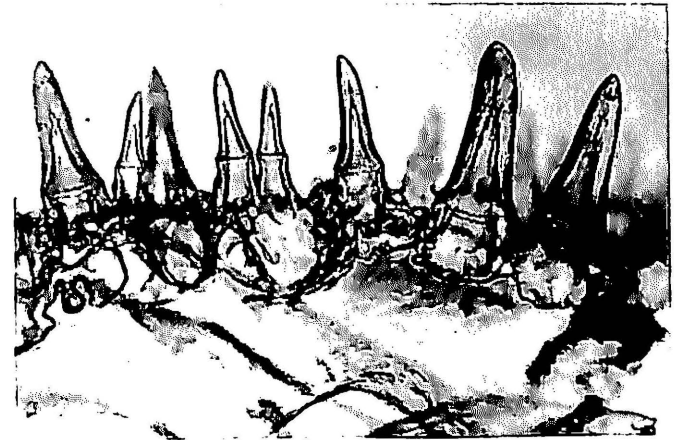


写真6 メダカの顎歯：あごの骨に直結しているところに注意 (実験35)

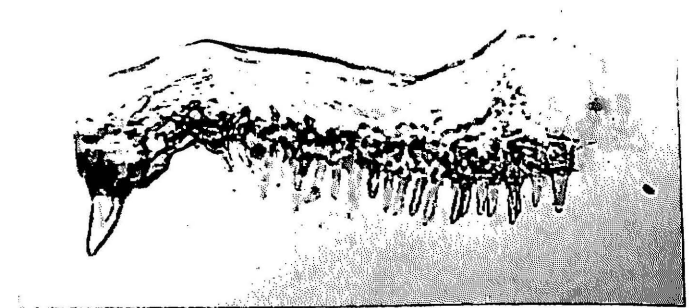


写真7 上顎、右側の骨についた顎歯と端歯 (左端) (実験36)



写真8 ふ化直後のメダカ幼魚の胸部断面：左図で大きく白くぬけているところがうきぶくろ。その左下に腸がみえる。またうきぶくろの上に小さく白くぬけているところはせきさく、その上にせき髄もみえる。せきさくの両側は筋肉。右図はうきぶくろにガスがたまってこない同じ時期の弱い幼魚。
(実験46)



写真9 学校の飼育場の1例

竹内 邦 輔(たけうち くにすけ)

1928年 生まれる

1953年 名古屋大学理学部数学科卒業

1959年 名古屋大学大学院理学研究科(生物学)修了
理学博士

現 在 愛知学院大学教授

表紙絵 後藤 令子

メダカの実験

1981年1月20日発行

著 者 竹 内 邦 輔
愛知県愛知郡日進町岩崎阿良池12
愛知学院大学 生物学教室
郵便番号 470-01
電 話 056173-1111(代)

発行者 竹 内 邦 輔

印刷者 新光印刷株式会社
代表者 長谷川正巳
名古屋市西区則武新町2丁目8
電 話 052-541-1231(代)

〈許可なく複製を禁ず〉



kinita