

東京生物クラブ連盟

室内実験実習講座

2019.11.23

安田学園中学高等学校

実験実習書

「ミミズ」

動物の系統

【体節動物説と脱皮動物説】

【体節と運動器官】

環形動物（かんけいどうぶつ）

形態

生殖法

分類

(1)原始環虫類

(2)多毛類

(3)貧毛類

(4)ヒル類

(5)ユムシ類

(6)吸口虫類

[目的]

[準備]

A 外部形態の観察

1. 外形・・・刺激に対する反応（行動観察）

2. 外形・・・前面及び背面からの観察

<背面>

<腹面>

B 内部形態の観察

ミミズの解剖手順

a. 消化器官

b. 生殖器官

c. 神経系

d. 血管系・・・他個体を用意して、血管系のみを観察する

<解剖図のまとめ> ヒトツモンミミズ

ミミズの産卵

ミミズの交尾

TS 土壤度物の世界 渡辺弘之 著 東海大学出版会(1978) より

動物の系統

動物の系統を考える際に発生の過程を最も重要視したのはヘッケルである。彼は「個体発生は系統発生をくり返す」という発生反復説にもとづいて、進化の最上階にある脊ついで動物の個体発生をモデルとして多様な無脊ついで動物の進化段階を決めた。たとえば、原索動物（ホヤなど）の成体は放射相称であるが、背索をもつ幼生から、脊ついで動物に近い系統であることがわかる。また、軟体動物には全く体節がないが、環形動物と同形の幼生（トロコフォア幼生）をもつことから、共通の祖先を持つと考えられる。

【体節動物説と脱皮動物説】

キュヴィエは環形動物と節足動物が共通に体節をもつことを重視し、両者を合わせた「体節動物」という分類群を設定した（1812年）。しかし、ギーゼリンは環形動物と軟体動物をトロコフォア幼生動物群とまとめた（1988年）。

1990年代に入ると分岐分類から体節動物という分類が支持されない結果が出たり、分子系統学的解析から環形動物は軟体動物と近縁という結果が出て、18S r RNA を使った系統解析で前口動物に入ることが明確になった触手冠動物群（腕足類・コケムシ類・ホウキムシ類）と合わせて、「冠輪動物」群が提案された（ハラニヒら、1995年）。

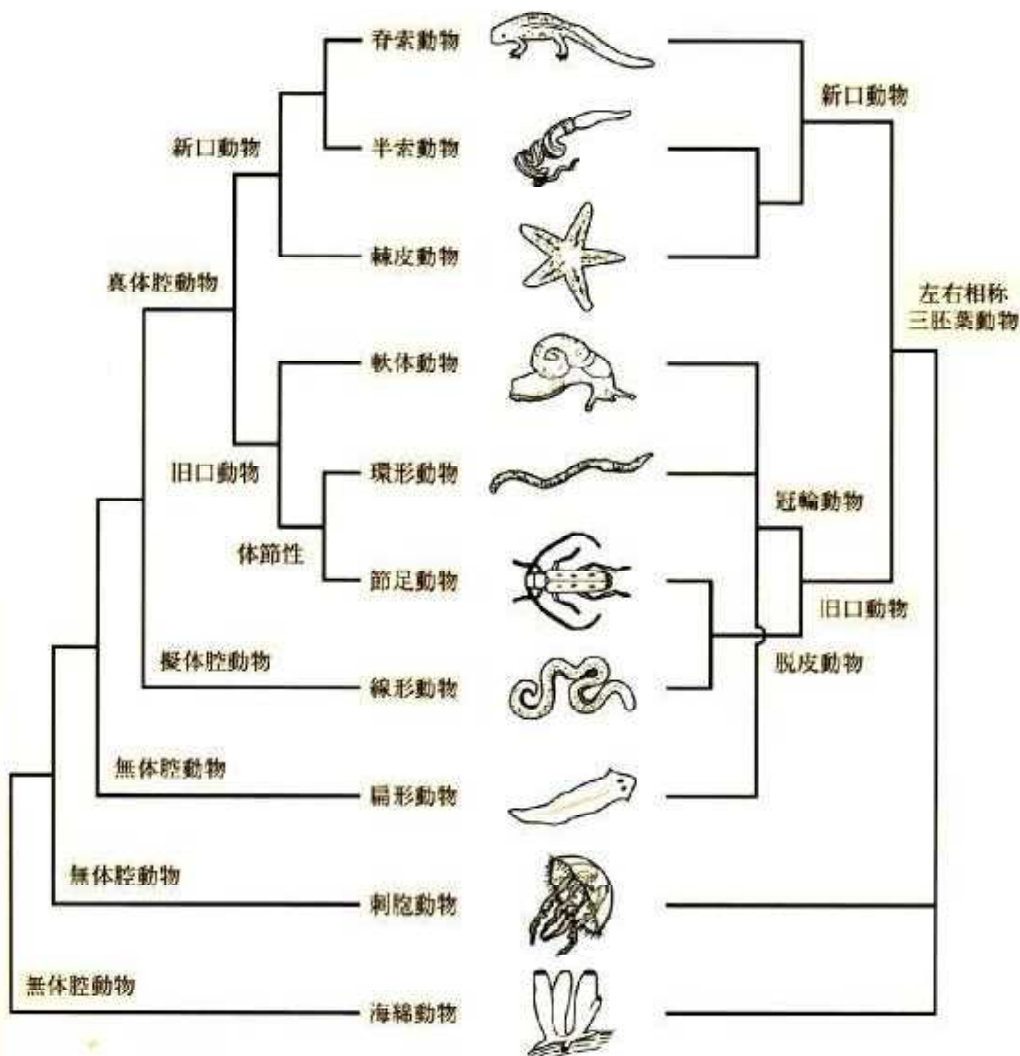
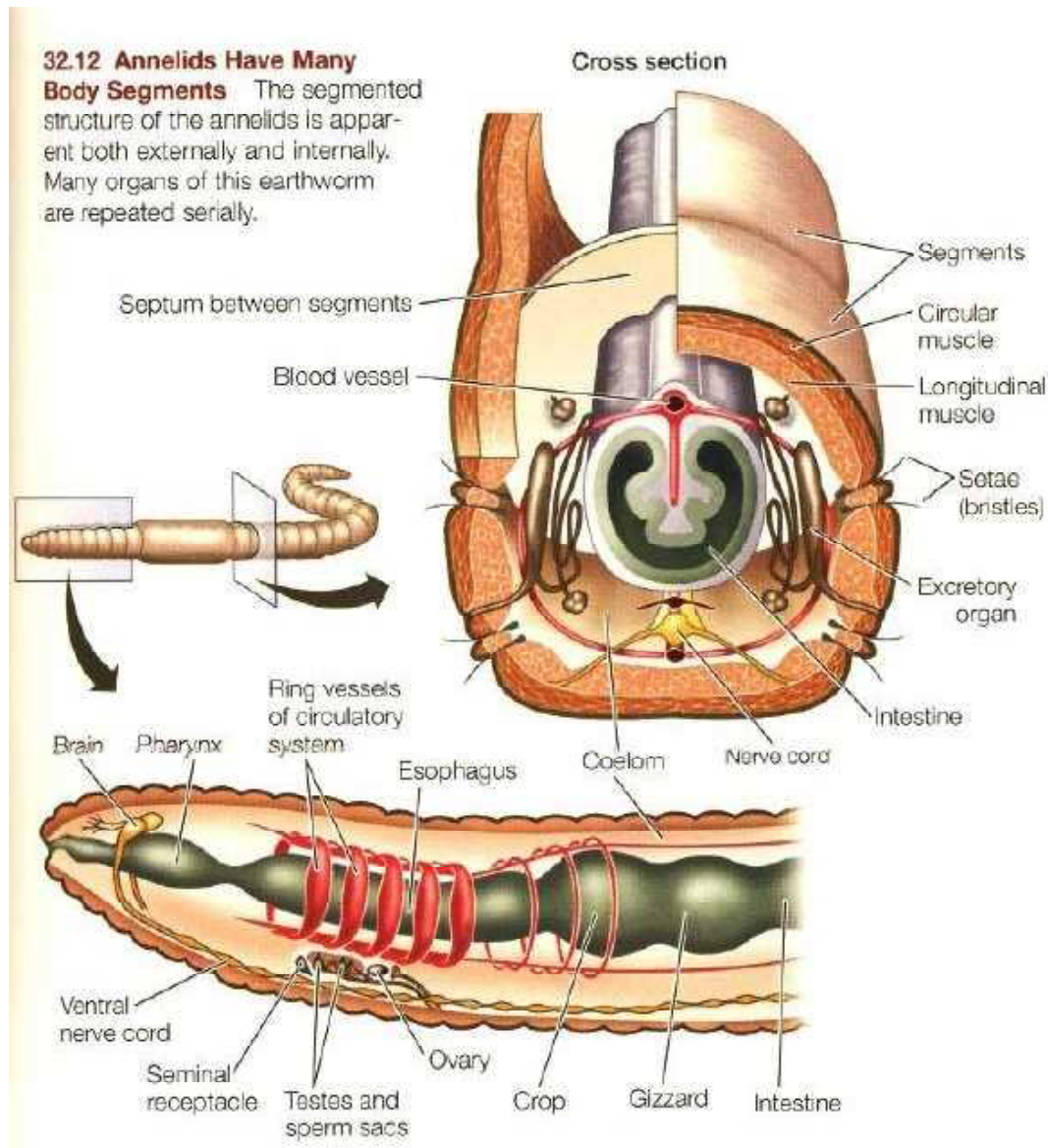


図 多細胞動物の従来の系統樹(左)と分子系統学が示す新しい系統樹(右)(長谷川, 2003a より改変)

【体節と運動器官】

ミミズやゴカイには体軸にそったくり返し構造、つまり体節がある。体節をもつ無脊ついで動物は環形動物（ミミズなど）と節足動物（昆虫やクモ、エビやカニなど）である。環形動物では体節ごとに1対の排出器や神経節があり、体をくねらせて運動する。ゴカイは体節にあるいぼ足を動かしながら水中を泳ぐ。



環形動物（かんけいどうぶつ）

環形動物門（学名: Annelida）に属する動物の総称である。

多くが原則として体節をもち、体は環状の柔らかい体節に分かれている蠕虫状の動物である。

環帯類（ミミズとヒルなど）、多毛類（ゴカイなど）を含むほか、体節構造を二次的に失い、かつては独立した門だと思われていたシボグリナム科（有髭動物）、ユムシ類（ユムシ動物）、ホシムシ類（星口動物）を含む事が分子系統解析から分かり、多毛類が非単系統群である事もわかっている。

形態

体は左右相称で、ほぼ同じ大きさの体節に分かれ、体内も節ごとに薄い膜の隔膜で仕切られていて、体腔をもった一つの室になっている。しかし、なかには体内に隔膜がなく、一つの広い室になっているものもあるが、これは発生の過程で退化したものである。環形動物のうち、外形がもっともよく分化したのは多毛類であって、頭部に触手、目、感触器などが発達し、体側には種類によってそれぞれ特有な形のいぼ足がある。しかし、貧毛類やヒル類では触手やいぼ足もなく、貧毛類では体壁から直接剛毛が生じ、ヒル類では剛毛もなく、かわりに体の両端に吸盤をもっている。

体表はキチン質の薄い膜で覆われ、腺(せん)細胞がよく発達している。体壁は二重の筋肉層になっていて、外側には環状筋が取り巻き、内側に縦走筋が縦に走っている。体内の中央には口から肛門に続く消化管が直走しているが、これにはいろいろな器官が付属し、とくにヒル類では吸った血を一時蓄える盲嚢が数対ついている。多毛類では咽頭にキチン質のあごや歯があって、食物を挟んで食道内に送り込む働きをし、ヒルのうちあごをもつものは相手の皮膚に傷をつける。咽頭に続いて貧毛類では嚢(そのう)や砂嚢があり、ここでよく食物を擦り碎いている。

血管系は閉鎖血管系で、消化管の背側に背行血管、腹側に腹行血管が走って、両血管の間を体節ごとに体壁や内臓に側枝を送っている。血液は背行血管から体壁やいぼ足を通り、腹行血管に移って体の後方へいき、腹行血管から腸壁を通して背行血管へ移り、体前方へ向かって流れる。貧毛類では体前方の3対の環状管が太くなっていて、拍動して血液を送り出している。血液はヘモグロビンを溶解しているために赤いが、種類によっては緑色や無色の血液もある。呼吸は一般に皮膚呼吸のものが多く、エラミズやウミエラヒルなどのほか多くの多毛類ではそれぞれ独特な形のえらをもっている。

神経系は頭部にある1対の脳神経節から1対の腹側神経索(腹髄)が伸びて腹側正中線を走り、各体節ごとに神経節があって、いわゆる梯子状神経系を形づくっている。

体腔内にたまった老廃物は細長い管状の腎管によって体外に排出している。腎管は原則として各節に左右1対あるが、実際にはその数が減って特定の体節にしかない場合が多い。腎管の口は前の体節内にあるが老廃物を集め、隔膜を突き抜けて次の体節の腹面から体外に排出している。感覚器官は多毛類でとくに発達しているが、貧毛類では種々の感覚細胞が表皮中に散布していて、特別な感覚器をつくらない。

生殖法

雌雄異体または雌雄同体で、一般に原始環虫類、多毛類、ユムシ類は雌雄異体で、貧毛類とヒル類は雌雄同体である。貧毛類とヒル類では生殖時期になると体前方の数節が融合して太くなり、環帯をつくる。卵は等黄卵か端黄卵で通常螺旋分割を行う。原始環虫類、多毛類、ユムシ類は受精卵からトロコフォウ幼生(担輪子幼生)となって一時海中を浮遊したのち、変態して底生生活に移り成体になる。一方、貧毛類とヒル類では受精卵から変態せずに直接成体になる直接発生を行う。また、体の一部から多くの芽を出して成長し、やがて親から離れてゆくという無性生殖も行う。

分類

環形動物は分類学上、次の六つの綱に分けられる。

- (1) **原始環虫類** 小形の種類が多く、原始的な体制をしている。大部分の種が海岸の砂の中にすむが、湖や地下水にすむものもある。世界に約90種が知られている。
- (2) **多毛類** 環形動物のうちもっとも種類が多く、ほとんどが海産。体長5ミリメートルから1.5メートルになるものがあり、大部分は泥や砂の中にすむが、他物に付着したり、一生の間浮遊生活するものもある。世界に約4000種が知られている。
- (3) **貧毛類** いわゆるミミズ類で、大形のは陸上に、小形のは淡水にすみ、ほかの動物に寄生するものもある。ほとんどの種類は触手やいぼ足がなく、少数の剛毛をもつのみである。世界に約3100種が知られている。
- (4) **ヒル類** 体は大小や種類に関係なく、環節が34節と決まっていて、前部と後部に吸盤がある。陸上、淡水、海に広く分布している。世界に約300種が知られている。
- (5) **ユムシ類** 体の前方には体内に引き込まない吻(ふん)があり、これを海底の上をはわして餌(えさ)をとる。体の外部にも内部にも体節がないが、発生の途中では体節構造がみられる。すべて海産。世界に約70種が知られている。
- (6) **吸口虫類** 体は円盤状で、表面は平滑、腹側には5対のいぼ足が縦に並んで、その間に4対の吸盤状の側器官がある。棘皮(きょくひ)動物のウミユリ類の体表や体内に共生または寄生生活する。世界に約130種が知られている。

[今島 実] 日本大百科全書(ニッポニカ)の解説

[目的]

ミミズは我が国では広く分布し、誰でも知っている動物である。しかし、この動物の反応や体の特徴は、あまり知られていない。そこでミミズの解剖を通して、からだの構造や各器官を確認し、神経の働き方を調べる。

[準備]

材料：ミミズ

器具：シャーシ、解剖皿、解剖用ハサミ、ピンセット、枝付き針、留め針、実体顕微鏡、ピペット
70%エタノール、生理食塩水(0.7%食塩水)、0.5%メチレンブルー溶液、アセチルコリン

A 外部形態の観察

1. 外形・・・刺激に対する反応（行動観察）

シャーシ内に入れたミミズの皮膚、頭部、尾部等をピンセットや枝付き針の先で突いたり、挟んでみる。ミミズはどのような反応をするかを観察する。

さらに胴体中央部を2本の指でつまみ、持ち上げるとどのような反応をするかを観察する。

- | | | |
|------|-------------|----------------|
| 刺激部位 | ① 口周辺 | 体を持ち上げるだろうか・・・ |
| | ② 環帯周辺（雌性孔） | 動けるだろうか・・・ |
| | ③ 最後尾 等 | |

収縮率を計算する。（収縮率を次の式で定義されるものとして、計算する）

$$\text{収縮率} = \frac{\text{一番縮んだ長さ(cm)}}{\text{一番伸びた長さ(cm)}} \times 100$$

2. 外形・・・前面及び背面からの観察

実体顕微鏡を用いてミミズの皮膚をよく観察し、体節の数や血液の流れる様子を観察する。

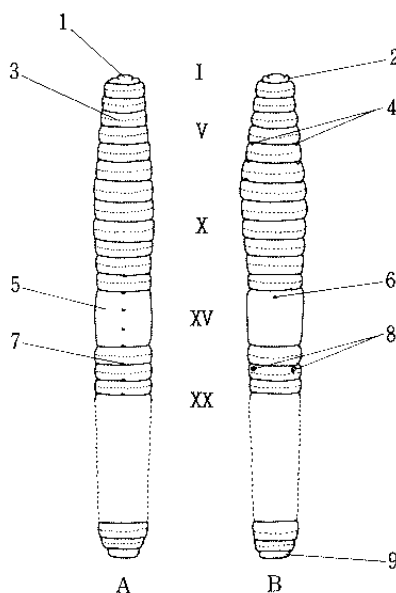


図 ミミズの外形

A. 背面, B. 腹面。1. 口前葉 prostomium, 2. 口 mouth, 3. 剛毛線 chaetal line, 4. 受精囊孔 spermathecal pore, 5. 環帯 clitellum, 6. 輸卵管開口 opening of oviduct, 7. 背孔 dorsal pore, 8. 輸精管開口 opening of spermiduct, 9. 肛門 anus。I~XXは体節番号を示す。

体は100ないし140個の体節(segment)からなる。

体節と体節との境界は体節間溝(intersegmental furrow)である。

第14, 15, 16体節は他の部分と著しく異なり、環帯(clitellum)という。

第 1 体節と最終体節、及び環帯を除く他の体節では、その中央部を環状の白線が囲んでいる。これは多数の剛毛(setae)の並んだ剛毛線(chaetal line)である。

口(mouth)及び肛門(anus)の確認。 口の背側部は前方にやや突き出しており、口前葉(prostomium)と呼ばれる。

<背面>

第 12 体節と第 13 体節の間の体節間溝からはじまり体の後端まで、正中線と体節間溝の交点にあたるところに小孔(背孔 dorsal pore)が見られる。 → 課題 環帯上には何個の背孔があるか。

<腹面>

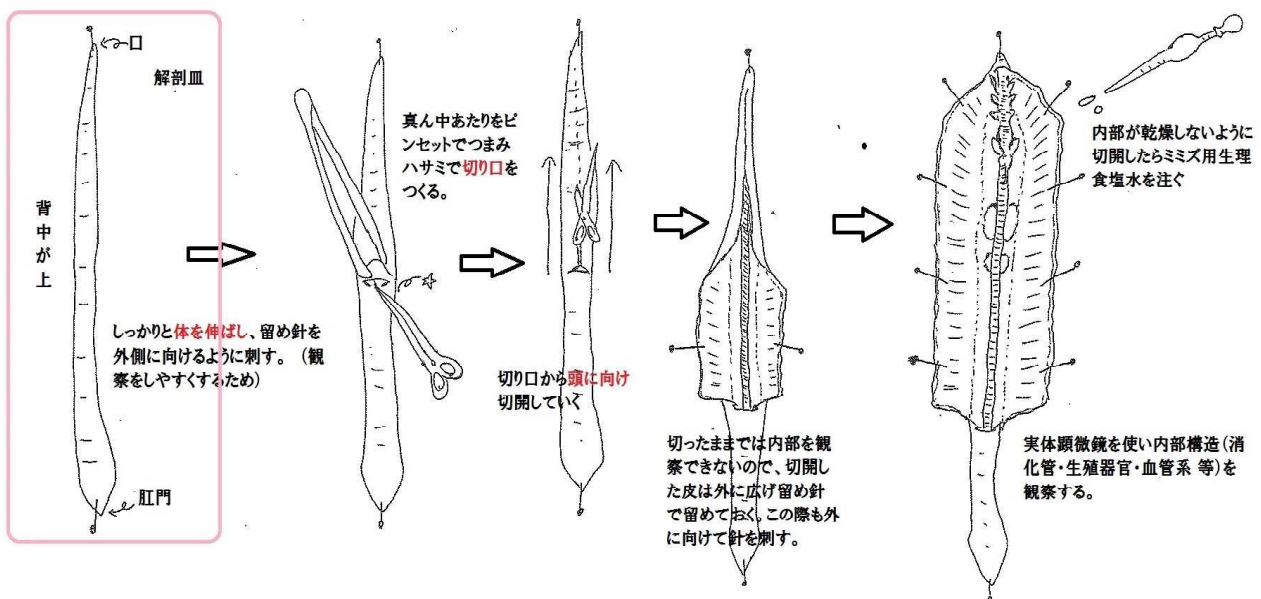
第 14 体節と第 13 体節正中線上に 1 つの開口が見られる。これは**輸卵管開口(opening of oviduct)**である。第 18 体節腹面の両側には 1 対の**輸精管開口(opening of spermiduct)**であるが、これは個体により不明瞭なものもある。ヒトモンミミズでは第 16 または第 17 体節にあることもある。

第 5・6, 第 6・7 体節間溝の側腹面にはそれぞれ一対の小孔が存在する。**受精囊孔(spermathecal pore)**であるが、個体によっては不明なこともある。

ヒトツモンミミズでは第 8 体節腹面正中線上の剛毛線より前方に円形の斑紋が見られる。これは多数の小乳頭から成り、**生殖突起(genital papillae)**の一種である。

B 内部形態の観察

ミミズの解剖手順



a. 消化器官

体の中央には太い**消化管(alimentary canal)**が通り、これは隔膜によって支えられている。最前端の口に続いて、紡錘型の**咽頭(pharynx)**が見られる。この表面は多数の**唾液腺(salivary gland)**が顆粒状をなして覆っている。また、多数の**筋繊維(muscular fiber)**の束が体壁と咽頭外壁とをつなげている。咽頭に続いて**食道(esophagus)**があり、その後端はやや膨れて**嗦囊(crop)**となっている。嗦囊の次には、太い紡錘形の**砂囊(gizzard)**がはっきり見える。砂囊の壁は厚い筋肉質でやや硬い。砂囊の後方は**腸(intestine)**となり肛門まで続く。第 14 体節までの腸は細い管状であるが、第 15 体節からはきわめて太く、体節ごとにくびれている。第 26 体節または第 27 体節で、腸の左右両側に数対の指状の**盲囊(cecum)**が前方に伸びている。

b. 生殖器官

ミミズは雌雄同体であるので、両性の生殖器官が見られる。ただし、生殖器官は季節及び個体により著しく異なるので注意を要する。

(1) 第 6, 第 7, 及び第 8 体節には白色囊状の**受精囊(spermatheca)**がみられ、ここは体表の受精囊孔と連なっている。交尾の際に受け取った**精子(sperm)**はここに保存される。第 11, 第 12 体節には白色の貯精囊(seminal vesicle)がある。

→課題 **貯精囊と消化管との位置関係を確認する**

貯精囊の腹面正中部に 2 対の**精巣(testis)**が存在するが、通常、識別は困難である。環帯の後方には、多数の小葉からなる 1 対の黄白色の器官がある。**前立腺(prostate)**である。精巣で作られた精子は貯精囊で成熟し、**輸精管(sperm duct)**、前立腺を経て、前述の輸精管開口により体外に出される。

(2) 卵巣(ovary)は、第 12, 13 体節の隔膜の後方腹側に存在する。第 14 体節の前部には、腹随の左右に 1 対の漏斗状器官が認められる。輸卵管(oviduct)である。前端は漏斗状にひろがり、第 13 体節の体腔中に閉口し、後端は輸卵管開口に繋がっている。

→課題 **雌性器官と雄性器官の観察をする。**

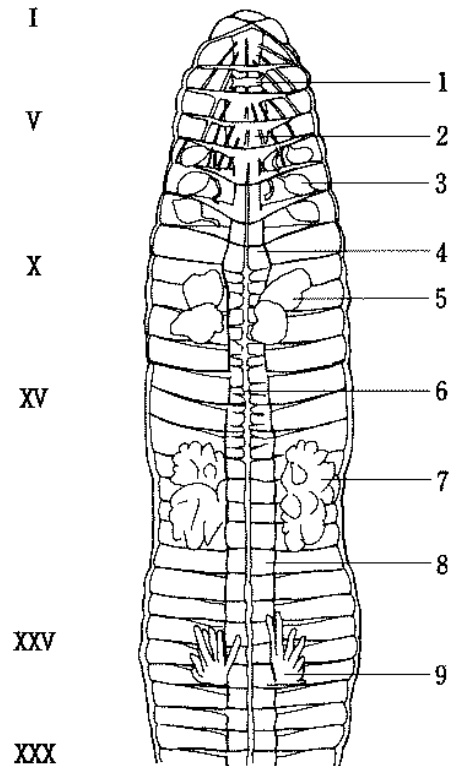


図 ミミズの内部構造(背面)

1. 咽頭上神経節 suprapharyngeal ganglion(脳神経節 cerebral g.), 2. 嗉囊 crop, 3. 受精囊 spermatheca, 4. 砂囊 gizzard, 5. 貯精囊 seminal vesicle, 6. 背行血管 dorsal vessel, 7. 前立腺 prostate, 8. 腸 intestine, 9. 盲囊 cecum。I~XXX は体節番号を示す。

c. 神経系

(1) 咽頭前端の背面には、これを横切るように**咽頭上神経節(suprapharyngeal ganglion)**または**脳神経節(cerebral ganglion)**がある。よく観察すると、これが左右 1 対の神経節の合したものであることがわかる。前端の左右両側から多数の神経を派出している。

(2) 咽頭上神経節の左右から咽頭前部を囲むように下方に向かう神経は**咽頭包摂神経(circumpharyngeal nerve)**で、咽頭腹面で**咽頭下神経節(subpharyngeal ganglion)**に接続している。

(3) 咽頭上神経節に始まり、腹側の体壁内面を正中線に沿って走る太い神経節は腹随(ventral nerve cord)と呼ばれる。腹随をよく観察すると各体節毎にやや膨らんだ部分が認められる。これらは神経節(ganglion)である。腹随の一部を切り取って注意深く観察すると、各神経節からも 1 対の神経が体壁へと伸びている。

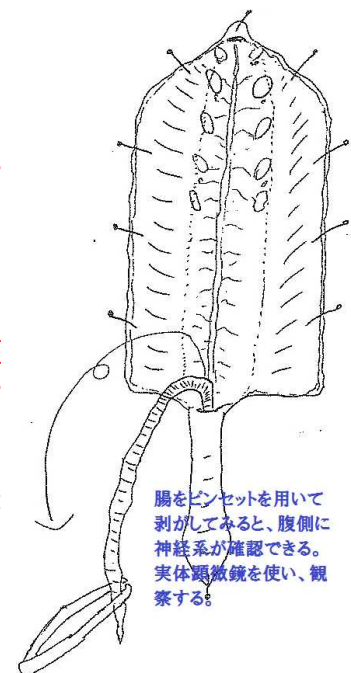
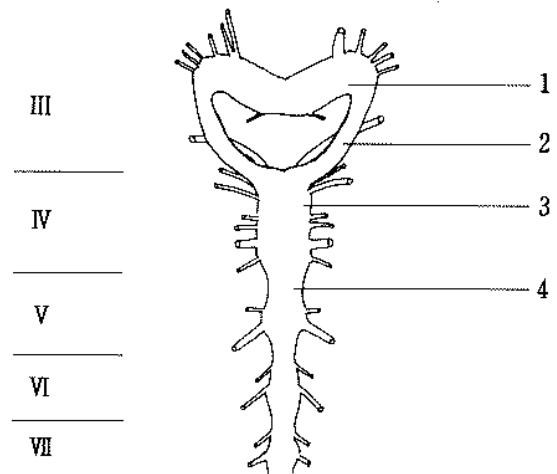


図 ミミズの神経系(背面)

1. 咽頭上神経節 suprapharyngeal ganglion (脳神経節 cerebral g.), 2. 咽頭抱接神経 circumpharyngeal nerve, 3. 咽頭下神経節 subpharyngeal ganglion, 4. 腹髄 ventral nerve cord。Ⅲ～Ⅶは各体節の位置を示す。



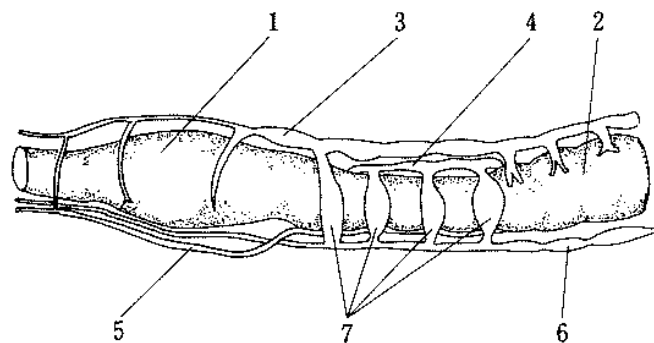
d. 血管系・・・他個体を用意して、血管系のみを観察する

(1) 消化管の背面正中線上を縦に走る血管は**背行血管(dorsal vessel)**である。背行血管からは各体節ごとに左右に側枝が出ている。第 10 体節の側枝は太く、腸を抱くように腹側に伸び、腹行血管に接続している。この側枝は律動を示し、心臓の一部とされている。

(2) 次に背行血管を咽頭後方で切断し、側枝や隔膜を丁寧に切りながら背行血管の除去をする。第 10 体節から第 13 体節にかけて、背行血管のすぐ腹側に**上腸血管(suprainintestinal vessel)**が見られる。上腸血管は、第 11～第 13 体節で 3 対の太い側枝を出し、腹行血管に接続している。これら 3 対の側枝と、(1)で述べた背行血管からの側枝は律動しており、**心臓(heart)**と呼ばれる。

(3) 第 7 体節から第 11 体節布巾で、消化管と腹壁の間を注意深く探すと、1 対の縦走する血管が見られる。**側行血管(lateral vessel)**である。消化管を前方で切断し、ピンセットでつまみ注意深く持ち上げると、消化管の腹面正中線上に**腹行血管(ventral vessel)**が認められる。

→課題 心臓と血管の接続について観察する。

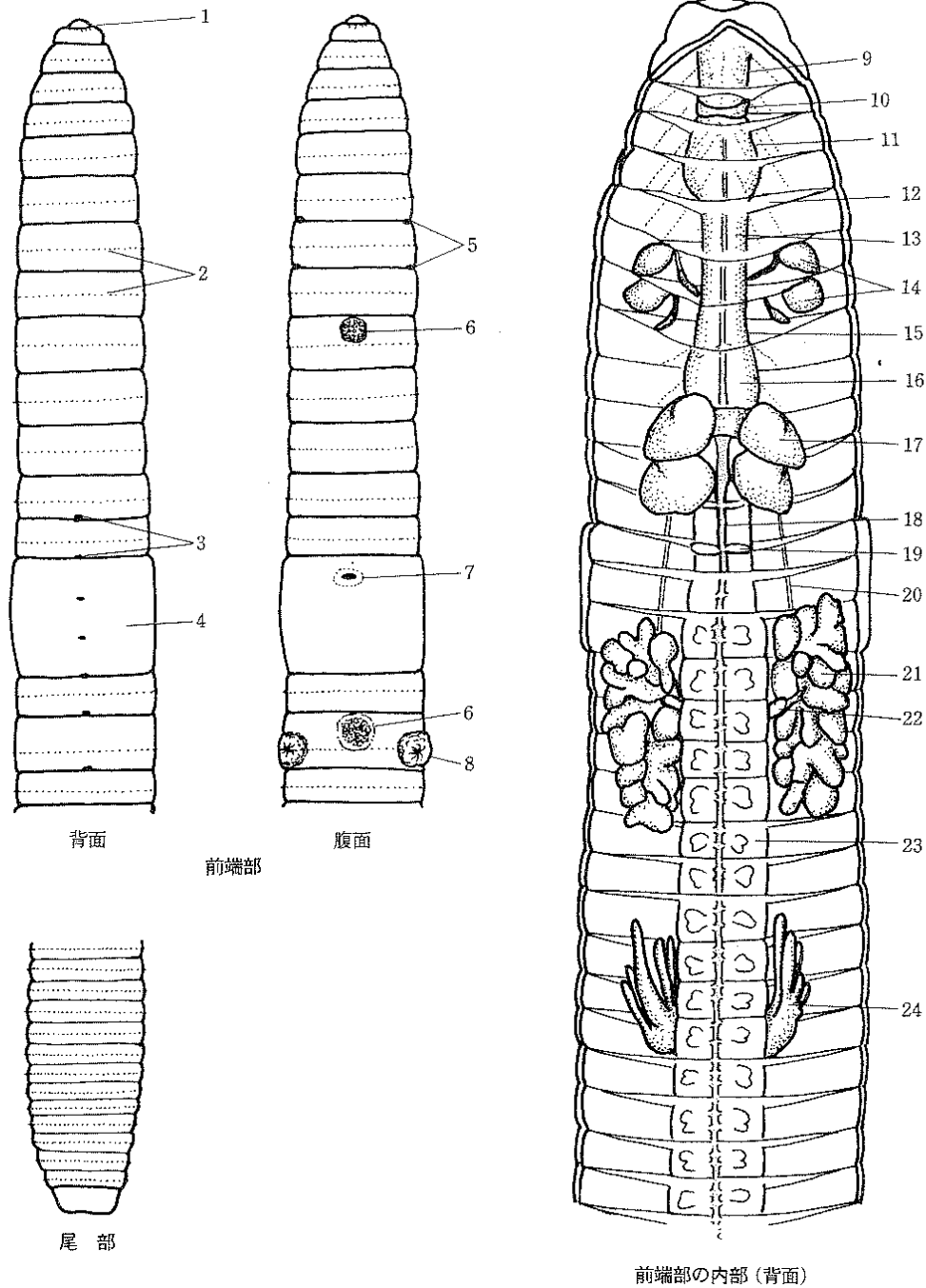


VII | VIII | IX | X | XI | XII | XIII | XIV | XV | XVI |

図 ミミズの血管系(左側面)

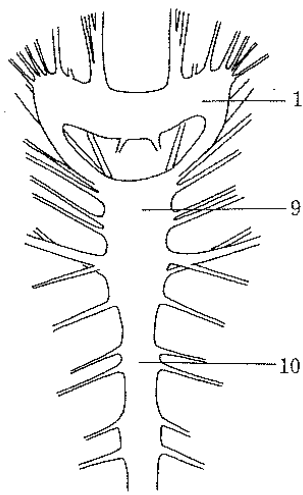
1. 砂嚢 gizzard, 2. 腸 intestine, 3. 背行血管 dorsal vessel, 4. 上腸血管 suprainintestinal vessel, 5. 側行血管 lateral vessel, 6. 腹行血管 ventral vessel, 7. 心臓 heart。Ⅶ～ⅩⅦは各体節の位置を示す。

<解剖図のまとめ> ヒトツモンミミズ

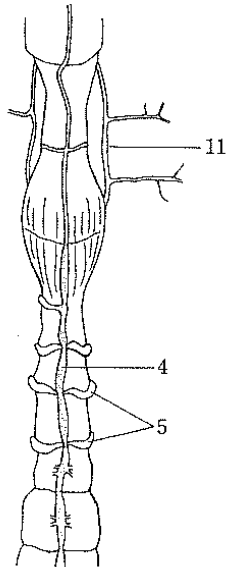


I

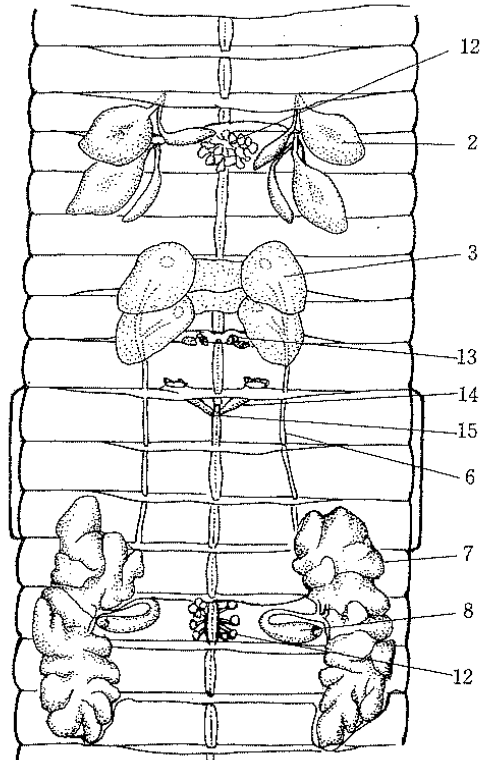
1 口前葉	prostomium	10 咽頭上神経節	suprapharyngeal ganglion	18 背行血管	dorsal vessel
2 剛毛	seta	11 咽頭	pharynx	19 心臓	heart
3 背孔	dorsal pore	12 隔膜	septa	20 輸精管	sperm duct
4 環帯	clitellum	13 食道	oesophagus	21 攝護腺	prostate gland
5 受精囊孔	spermathecal pore	14 受精囊	spermatheca	22 雄性孔開口	opening of male pore
6 生殖斑紋	genital speckle	15 嗉囊	crop	23 腸	intestine
7 雌性孔	female pore	16 砂囊	gizzard	24 腸盲囊	intestine caecum
8 雄性孔	male pore	17 貯精囊	seminal vesicle		
9 口腔	buccal cavity				



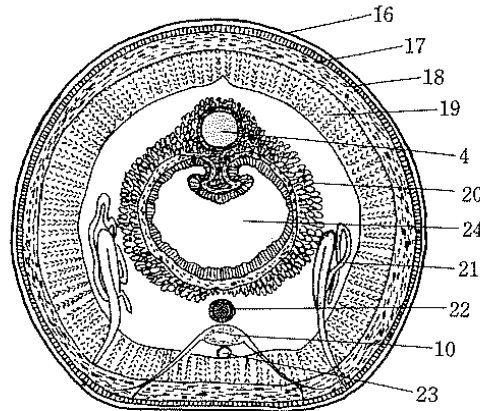
神經系



血管系



生殖器系



体横断面

II

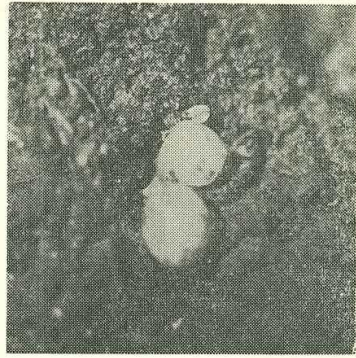
1 咽頭上神經節	suprapharyngeal ganglion	10 腹神經鎖	ventral nerve chain (腹神經索 ventral nerve cord)	19 縱走筋層	longitudinal muscle layer
2 受精囊	spermatheca	11 側行血管	lateral vessel	20 黃色細胞	chloragogen cell
3 貯精囊	seminal vesicle	12 瓶狀副生殖腺	capsulogenous glands	21 腎管	nephridium
4 背行血管	dorsal vessel	13 卵巢	ovary	22 腹行血管	ventral vessel
5 心臟	heart	14 輸卵管	oviduct	23 神經下血管	subneural vessel
6 輸精管	sperm duct	15 雌性孔開口	opening of female pore	24 腸	intestine
7 攝護腺	prostate gland	16 硝子膜	cuticle		
8 雄性孔開口	opening of male pore	17 表皮	epidermis		
9 食道下神經節	subesophageal ganglion	18 環狀筋層	circular muscle layer		

ミミズの産卵

「これがミミズの卵ですよ」と、産みだされたばかりの卵包を見せると、その大きさがすでに親ミミズの胴まわりと同じくらいであることに、多くの人が驚かれる。これはミミズの産卵・卵包の形成が、次のような順序で行われるためである。

産卵は交尾後、一週間くらいからはじまるといわれるが、産卵が近づくと環帯の表面に粘液が分泌される。これはすぐに固まって、薄い膜になる。すなわち、筒状(膜筒)になっているわけで、この内部に蛋白質・卵子が分泌される。ミミズは後退をはじめ、この筒は次第に、からだの前方へ脱げていく。この間に、受精のう孔からは精子が放出され、膜筒がさらに移動し、頭部から脱げるとき、膜筒の前端と後端が収縮し、袋状になる。卵包の誕生であるが、タートルネックのセーターをぬぐときと同じといえば、よりわかっていただけよう。

卵包の両端が突起状になっているのはそのためで、卵包が親ミミズと同じくらい大きいのもそのことによる。卵包は産みだされた直後は透明に近い黄色であるが、次第に濃い黄褐色になる。



図① サクラミミズの卵包

この中から、フトミミズでは一個体、クロイツリミミズではほぼ二個体の幼体がでてくる。シマミミズでは普通一〜五個体であるが、一三個体が次々にでてくるのを見たことがあるし、二〇個体もでてきたという記録もある。

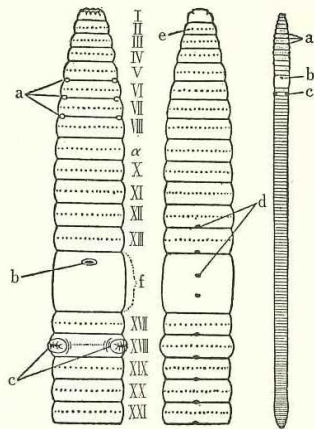
しかし、ミミズが未受精卵を産むこともよくあるようで、いくら待っても、孵化してこないことを何度も経験している。また、一個体単独で飼育しても、産卵することが確認されている。もちろん、この卵包からミミズが生れてくることはない。

ミミズの交尾

ミミズは雌雄同体で、微小なアブラミミズ類では単為生殖をするようであるが、大形のミミズでは他の個体との交尾を必要とする。この交尾はシマミミズなどでは、案外簡単に観察できる。その様子はほぼ次のようなものである。

ミミズにはからだの前方部に、白っぽく膨れた部分、首巻か腹巻でもしているように見えるところがある。これは環帯と呼ばれていて、通常第一四〜一六体節にできる。この環帯の腹面に雌の生殖器・雌性孔が、その少し後方に雄の生殖器・雄性孔がある。また、この環帯の前方に精子をためておく受精のう孔がある。ミミズの生殖器は、なんと頭に近いうちにある。

さて、交尾であるが、シマミミズでは二個のミミズが、お互いに逆向きに、すなわち、雄性孔が相手の受精のう孔に接するようにくっつく。すると、特別の粘液がでてきて、接触している部分が離れないようにくっつける。このような状態になると、少々さわっても、すぐには離れない。精液は相手の受精のう孔に達し、この中に精子が保存されることにな



図② フツウミミズの生殖器 (柳井, 1931)
a: 受精のう孔, b: 雌性孔, c: 雄性孔, d: 背孔, e: 剛毛, f: 環帯
左図: 腹面, 右図: 背面

受精のう孔が三対もあるので、交尾中お互いに、三回もからだをずらさなければならず、ひとつの受精のう孔の受精に、それぞれ一時間を費やすという。なかには四〜五対の受精のう孔をもつフトミミズがあるから、これらでは交尾には、より長時間が必要ということになる。

り、同時に二個体、双方の交尾・受精が完了する。

フトミミズ類では交尾中の粘液の分泌がやや少なく、その代わり雌性孔の一部分が伸びて、直接相手側の受精のう孔にさし入れられ、離れないようにする。フトミミズの一

notes&sketches

学校名

学年

氏名