

渦虫および両生類幼生の尾の再生軸についての実験的観察

手代木 渉・志田孝夫*

弘前市 弘前大学理学部生物学教室

昭和43年10月12日受領

ABSTRACT

Experimental Observations on the Orientation of Regeneration Blastema in the Planarian and in the Amphibian Tail. Wataru TESHIROGI AND Takao SHIDA (Department of Biology, Faculty of Science, Hirosaki University, Hirosaki City, Aomori Pref.) *Zool. Mag.* 77: 350—358 (1968)

It is well known that in the amphibian tail the main axis of regeneration blastema is at the right angle with the cut-surface (Barfurth, 1923). The same view has been held by many investigators who worked with various animals. For supporting this view, the cellular materials concerned in regeneration must be produced uniformly from the cut-surface, as stated by E. Korschelt (1927) and Yô. K. Okada (1950). However, this did not hold in planarians, since the rate of production of new tissue at the cut-surfaces differs along the longitudinal or the lateral axes of the body. The rate of regeneration in the amphibian tail was exactly the same to that of planarians. When the planarian or amphibian tail was sectioned obliquely, the axis of blastema was not always at the right angle with the cut-surface. It has been conclusively shown in the planarian and amphibian tail that as the acute angle between cut-surface and the main axis of the body (section angle) approaches the right angle, the acute angle of blastema-axis to the main axis of the body (regeneration angle) falls to zero, while, the regeneration angle becomes at the right angle as the section angle approaches zero. This can be mainly explained by differences in the rate of regeneration of new tissue along the cut-surface of the oblique section. (Received October 12, 1968)

動物体の一部を切断して、そこに再生がおこるばあい、再生芽は一般に傷面に直角に伸びるといわれている(岡田, 1950 参照)。とくに、オタマジャクシの尾の再生については多くの著書(Korschelt, 1927; 岡田, 1950; 市川, 1951, 1954; その他)に記述されているように、切断面と再生軸についての直角説は周知の事実とされている。

オタマジャクシの尾の再生において、岡田(1950)は、再生の材料が傷面からいちょうに産出されてくるので、再生芽が切断面に対して直角に伸びるのである、と述べている。しかし、プラナリアにおいて再生の速度は体軸に沿って前から後方に向かっておそくなり、また、左右軸に関しては虫体の正中線上から左右に向かって減少する(Brøndsted, A. and H. W., 1952; 手代木・須藤, 未発表)。つまり、プラナリアを斜めに切断したばあい、再生速度は、そ

の切断面上の各点において異なっているので、切断面から再生細胞がいちょうに産出されるとは考えられない。このことは両生類の尾のばあいにも適用されることを確かめ、さらに切断面と再生軸との関係について再検討したところ、これまでの直角説は大巾な修正を余儀なくされたので、このことについて報告する。

材料および方法

用いた材料は渦虫と両生類であるが、前者は弘前市内の湧水から採集されたイズミオオウズムシ(*Bdellocephala brunnea*)で、体長16—18 mmの成虫を用いた。後者は無尾類としてモリアオガエル(*Rhacophorus schlegelii arborea*)、ニホンヒキガエル(*Bufo bufo japonicus*)およびニホンアマガエル(*Hyla arborea japonica*)の幼生を、有尾類としてはトウホクサンショウウオ(*Hynobius lichenatus*)とエゾサンショウウオ(*H. retardatus*)の幼生を用いた。モリアオガエル、ニホンヒキガエル、

* 現住所 弘前市 弘前学院聖愛高校

トウホクサンショウウオは弘前市近郊で産卵された卵を採集して室内で飼育し、ニホンアマガエルとエゾサンショウウオの幼生は北海道有珠郡伊達町から採集された。両生類の中で主力を注いで観察されたのはモリアオガエルの幼生である。

切断されたプラナリアや両生類は、シャーレまたはボールの中で飼育され、餌としてプラナリアにはニワトリの肝ぞうを、無尾類幼生にはハウレン草を煮て与え、有尾類幼生にはイトミミズを与えた。

再生軸の角度を測定するには、有尾類を除いて、再生中の各時期の動物をカメラでうつし、分度器を用いて測定した。プラナリアの生体写真は、ペロスコップを用いてシャーレ中で遊泳中のものを写したが、無尾類幼生のばあいには、適当な太さのガラス管の中にその幼生を水と共に吸い上げてから自然状態のところを写した。有尾類のばあいには、ブアン固定標本を写真にしてから再生軸の角度を測定した。

実験および結果

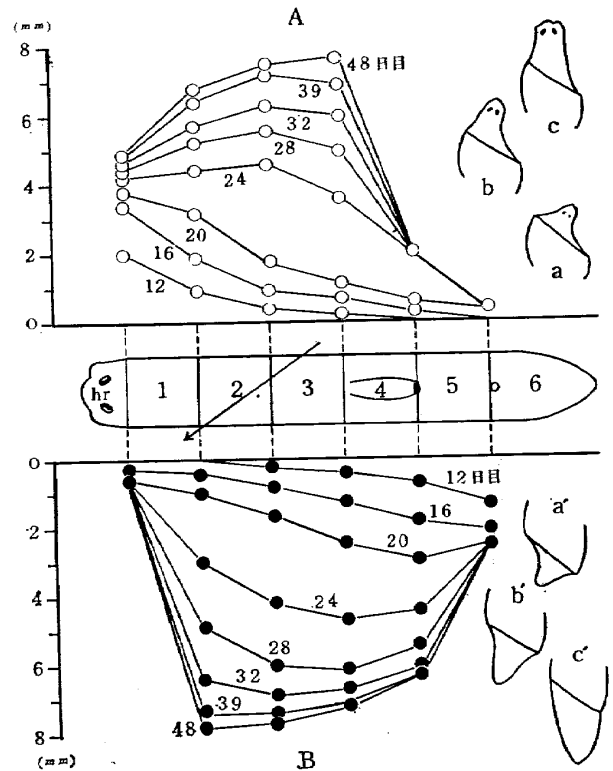
A. プラナリアの切断

1. 横切り虫片の再生速度 この観察には5個体のプラナリアが用いられ、第1図に示してあるように、頭部片を含めて7つ切りにし、それぞれの虫片を井戸水の入ったシャーレ中で飼育した。第1図の新組織の長さは実物大にうつした写真から測定し、それぞれ5虫片の平均値である。第1図、Aは各位層からの虫片の前面に再生する新組織の長さとの関係を示している。再生の初期においては、虫片が前の位層からのものであるほど新組織は長い。再生後期になるにつれて、正常再生をする咽頭前域部からの虫片では、それが後方からのものであるほど長くなる。

第1図、Bは虫片の後面に生ずる新組織の長さを測定したものである。この結果は第1図、Aのばあいとは逆の関係で、再生初期においては、虫片が前方からのものであるほど新組織は短く、再生後期になると前からの虫片であるほど長くなる。

なお、同一切断面において新組織の再生の速さは虫片の正中面において早く、それから側方に向うにつれておそくなる。

2. プラナリアを斜めに切断 第1図の矢印の位層で虫体を斜めに切断したばあい、その後片の前面から再生される再生芽の再生軸は、再生初期においては体軸に対して一定の角度をもつが、再生がすすむにつれてその角度は小さくなり、遂にその再生軸

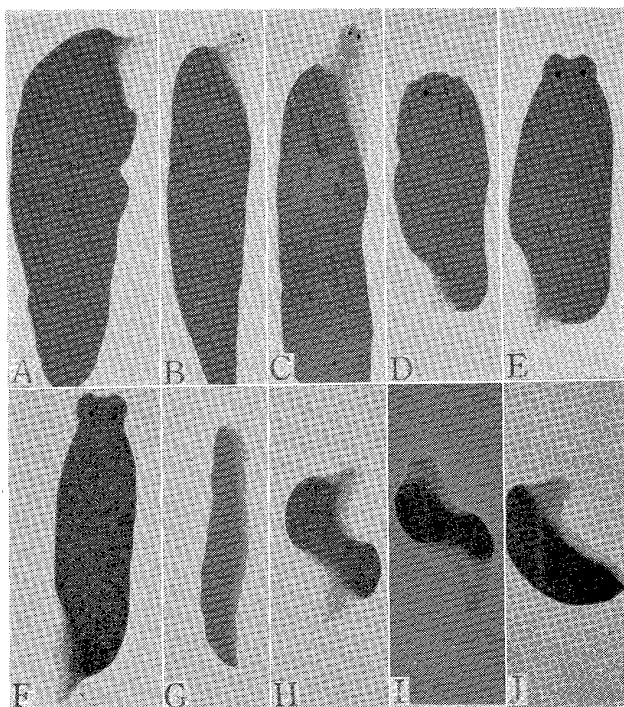


第1図 イズミオウズムシ横切り虫片の再生の速度と新組織の長さ A: 虫片前面からの再生。B: 虫片後面からの再生。縦軸: 新組織の長さ。横軸: 虫体の位層(1—6)。hr: 頭部。12—48: 切断後の日数。矢印: 斜切断の位層。a—c: 斜切断前面からの再生、日数の経過と共に再生体は真直ぐになる。a'—c': 斜切断後面からの再生の経過を示す。

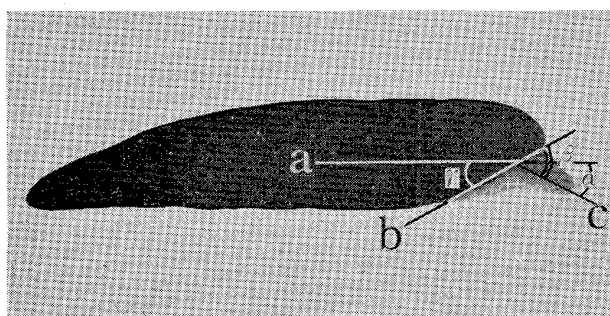
は体軸と一致して真直ぐになる(第2図、A~C)。一方において、その前片の後面からの尾部再生も、その再生初期においては体軸に対して一定の角度をもつが、最終的には真直ぐになる(第2図、D~F)。なお、第2図において、Gは虫体の正中線で二分したばあいの半側片の再生であり、HとIは斜めに切りだされた虫片の再生である。Jは虫体が極端に斜めに切断されたばあいの再生体である。

3. 切断角と再生角との関係 体軸と切断面とのなす鋭角を切断角、体軸と再生軸とのなす鋭角を再生角とよぶことにする(第3図)。

第1図の矢印の付近で、種々の切断角をもつように斜めに切断して、その前面からの再生芽のばあいには切断後5日目で、後面からの再生芽については切

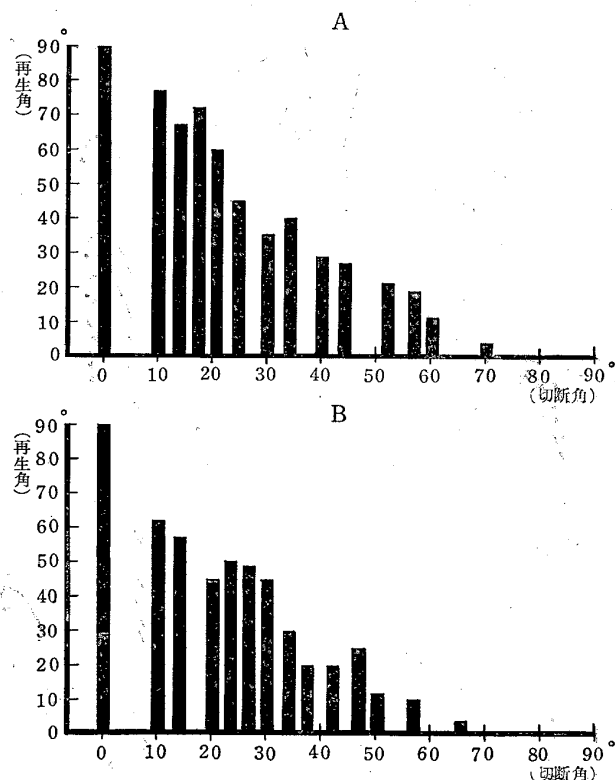


第2図 イズミオウズムシの再生 A—F: ca. $\times 4$. A—C: 斜切断前面からの再生, 同一個体. A: 5日目. B: 10日目. C: 16日目. D—F: 斜切断後面からの再生, 同一個体. D: 9日目. E: 14日目. F: 20日目. G: 虫体を正中線上で2分した半側片の再生, 12日目. ca. $\times 3$. HとI: 斜虫片の再生, 同一個体. ca. $\times 5$. H: 14日目. I: 20日目. J: 極端に斜めに切断したばあいの再生, 20日目. ca. $\times 3$.



第3図 イズミオウズムシの再生体 a: 体軸. b: 切断面. c: 再生軸. α : 再生角. β : 切断面に対する再生角. γ : 切断角.

断後9日目において, その切断面に対する再生角を測定したが必ずしも直角ではなく, 切断角の大きさによって種々の値が得られた. この結果は後述するモリアオガエル幼生を用いた実験3の結果と同じ傾



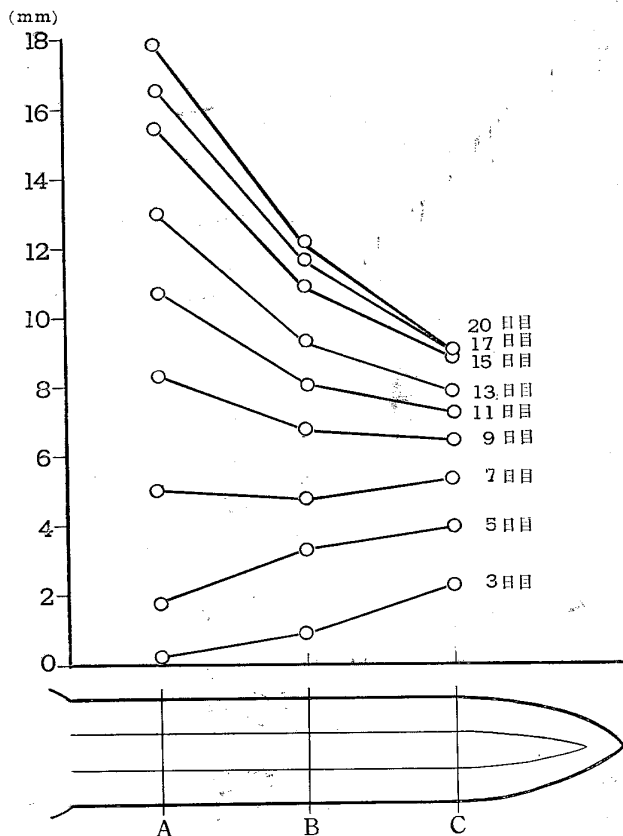
第4図 イズミオウズムシの切断角と再生角との関係 A: 前切断面からの再生のばあい. B: 後切断面からの再生のばあい. 縦軸: 再生角. 横軸: 切断角.

向であった(第8図参照).

同様に5日目と9日目において切断角と再生角との関係をみた. その結果は第4図にまとめてある. A) は斜めに2分された後片の前面からの再生のばあいであり, B) はその前片の後面からの再生である. これらの結果は共に切断角が直角に近づくにつれて再生角は零になることを示している. 逆にいえば切断角が零になるにつれて再生角は直角になる.

B. モリアオガエル幼生の尾の切断

1. 尾の再生速度と新組織の長さ 尾部の再生能を調べるために孵化後約14日目の幼生を用い, 第5図に示してあるように, A, B, Cの線で切断する3組の実験をおこなった. それぞれの実験には5個体ずつの幼生が用いられた. 再生初期においては, 切断面が後方のものであるほど尾部形成の速度は早い, 再生中期(7日目頃)では各位層とも殆んど同じ長さで, それ以後は, 切断面が前のものであるほど長くなり, 最終的にはどの位層で断切された幼生



第5図 モリアオガエル幼生の尾を横断したときの各位層における再生の速度と新組織の長さ 縦軸：新組織の長さ。横軸：尾の位層 (A—C)。

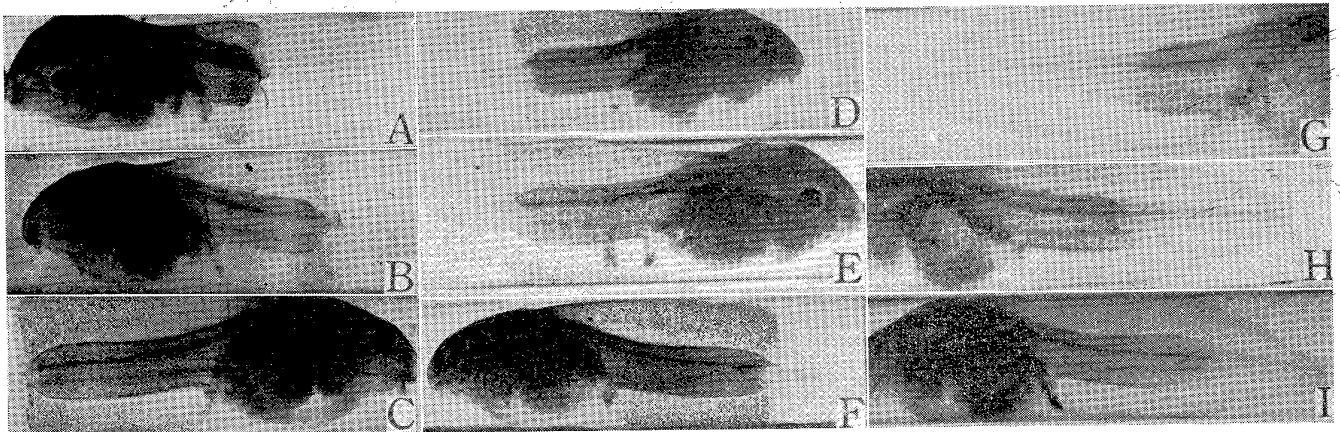
もすべて同じ長さの尾をもつようになった (第5, 6図)。

2. 同一切断面上における新組織の形成速度 1)と同じ時期の幼生を5個体ずつ用い、さらに同様の切断を行なって (第7図, D) 同一切断面上に再生してくる組織の各部位の長さを調べた。すなわち、切断面の中央部 (神経管の部分; 第7図, E—G のM), 側方—1, 2 (同じく L_1 と L_2) の3か所についてそれぞれ測定した。第7図, A—C はこれらの結果をまとめたものである。A) は D) の a, b, c で切断したばあいのそれぞれの L_2 の長さであり、同様に B, C はそれぞれ L_1 , M における新組織の長さを示している。この第7図から、各切断面において中央部の再生が最も早く、側方になるにつれておそくなることがわかる。ただし、a で切断したばあいは、再生の初期において中央部の再生がもっともおくれるが、やがて b, c で切断したばあいと同じように中央部の再生がもっとも早くなる (第6図, A: 第7図, C)。

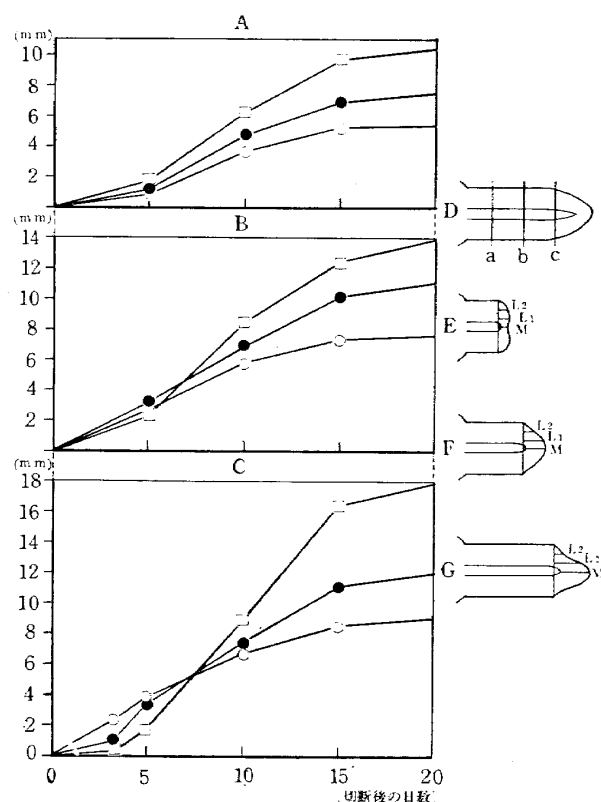
切断面が尾部の基部に近いほど再生の速度はおそいが、新組織の長さは、最終的にはより長くなる。

3. 斜めに切断 プラナリアのばあいと同じように、体軸と再生軸とのなす鋭角を再生角 (α) とし、体軸と切断面とのなす鋭角を切断角 (γ) とする。また、切断面と再生軸とのなす角, β は切断面に対する再生角である。再生角 α は, $\alpha = \beta - \gamma$ となる (第9図, B)。

種々の切断角で尾を切断して、再生芽の時期 (切



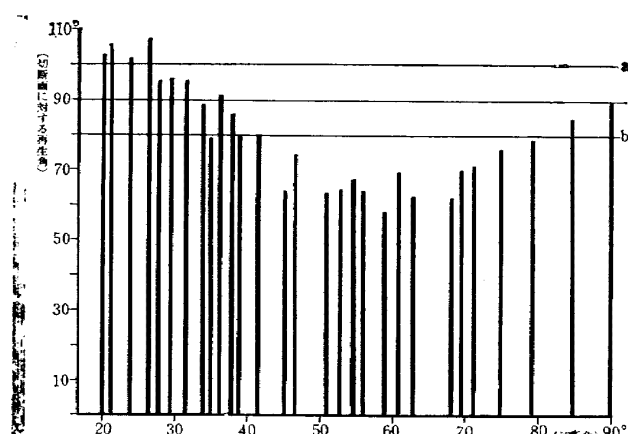
第6図 モリアオガエル幼生の尾を横断したばあいの再生 ca. $\times 1.2$ 。A—C: 切断後3日目。A: 第5図のA—位層で切断したもの。B: 同じく B—位層で切断。C: 同じく C—位層で切断。D—F: 切断後5日目。G—I: 切断後17日目。ADG, BEH, CFI はそれぞれ同一個体である。



第7図 モリアオガエル幼生の尾を横断したときの同一切断面上における再生の速度と新組織の長さ A: Dのa, b, cの位層で切断されたばあいのそれぞれの中央部における新組織の長さ。B: 同じくa, b, cの位層で切断されたときの側方部—1における新組織の長さ。C: 同じく側方部—2における新組織の長さ。縦軸: 新組織の長さ。横軸: 切断後の日数。D: 切断の位層を示す(a—c)。E—G: 新組織の長さの側定部位を示す。E: aで切断されたばあいの再生体。F: bで切断されたばあいの再生体。G: cで切断されたばあいの再生体。L₁: 側方部—1。L₂: 側方部—2。M: 中央部。□: 中央部における新組織の長さ。●: 側方部—1における新組織の長さ。○: 側方部—2の新組織の長さ。

断後4日目)で切断面に対する再生角を測定した結果は第8図にまとめてある。これによると、切断角が50~70度付近においてその再生角は比較的小さく、切断角が20度付近ではその再生角は100度を超えている。すなわち、切断面に対して再生軸は必ずしも直角にのびてくるとはいえない。

次に切断角と再生角との関係をみるために第9図は第8図と同じデータからまとめたものである。第



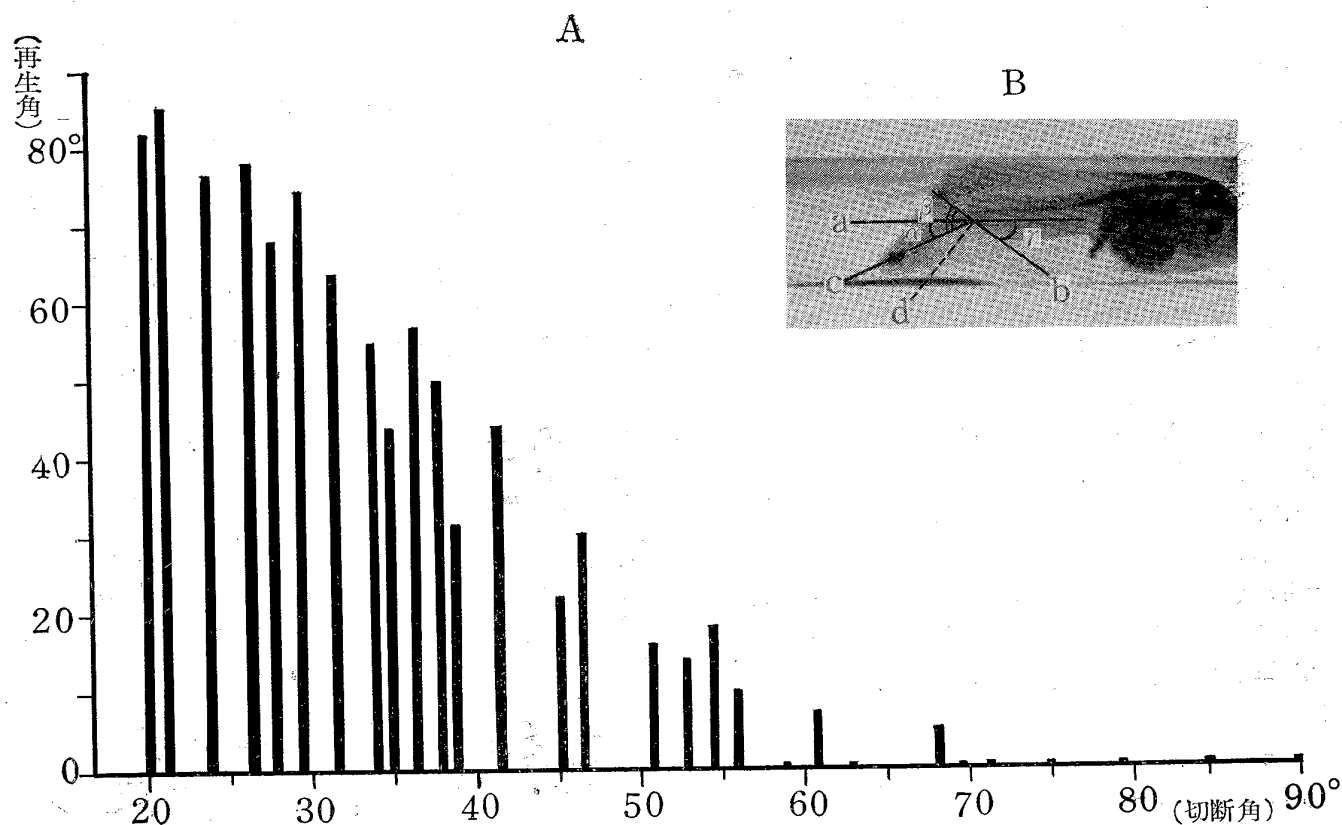
第8図 モリアオガエル幼生の尾が種々の角度で切断されたばあいの切断面に対する再生芽の角度 aとb: $90^\circ \pm 10^\circ$ の線。縦軸: 切断面に対する再生角。横軸: 切断角。

9図は切断角が直角に近づくにつれて再生角は零になることを示している。逆にいえば切断角が零に近づくにつれて再生角は直角に近づく、と結論される(第10図, A—F, 参照)。

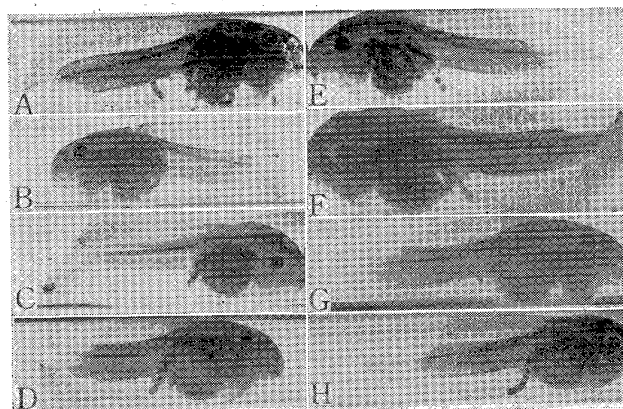
さらに、この切断角と再生角との関係をくわしく説明すれば次のようになる。切断角(γ)が、 $20^\circ < \gamma < 30^\circ$ の範囲では、体軸に対してそれぞれ一定の角度をもって再生芽が生じ、再生がすすむにつれて再生角は小さくなるが、最終的な結果としても飛行機の垂直尾翼のように尾端部は上向きになっている(第11図; A, a)。 $30^\circ < \gamma < 70^\circ$ の範囲では、再生芽は上向きにのびてくるが日数の経過と共にそれは次第に水平になり最終的には正常になる(第11図; B, b)。 $70^\circ < \gamma < 90^\circ$ のばあいは最初から再生軸は体軸と一致し再生角は零である(第11図; C, c)。

4. 山型に種々の切断 第12図に示してあるように、山型の種々の切断をおこない、それぞれの切断には50個体ずつの幼生が用いられた。第12図の1は神経管—脊索部の中央部が頂点となるような二等辺三角形型の切断で、2と3は上下のそれぞれの切断角が異なるような切断である。4, 5は神経管—脊索部とひれの部分の切断面の向きをじぐざくに切断してある。

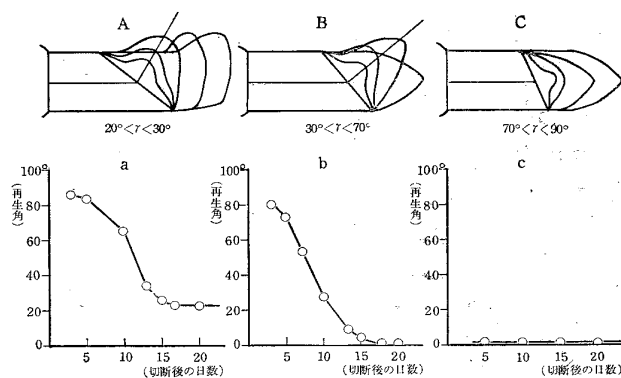
これらの再生過程と最終結果は実線で図示してある。切断面の再生芽の向きに及ぼす影響はひれの部分より中央部(神経管—脊索部)の方が大である



第9図 モリアオガエル幼生の尾の切断角と再生角との関係 (A) 縦軸：再生角。横軸：切断角。B：モリアオガエル幼生の再生体。a：体軸。b：切断面。c：再生軸。d：切断面と直角をなす仮想再生軸。 α ：再生角。 β ：切断面に対する再生角。 γ ：切断角。



第10図 モリアオガエル幼生の尾を斜めに切断したばあいの再生 ca. $\times 0.7$ 。A—C：下向きに切断。AとB：4日後。C：6日後。D—F：上向きに切断。D：4日後。E：6日後。F：極端に斜めに切断，5日後。G：上下の切断角が異なるような山型に切断，7日後。H：二等辺三角形型に切断，7日後。



第11図 モリアオガエル幼生の尾を斜めに切断したばあいの再生軸の時間的变化。A—C：それぞれの切断面からの再生体の向きの変化を示してある。A： $20^\circ < \gamma < 30^\circ$ に切断されたばあい。B： $30^\circ < \gamma < 70^\circ$ に切断されたばあい。C： $70^\circ < \gamma < 90^\circ$ に切断されたばあい。 γ ：切断角。a：Aにおける変化をグラフにしたもの。b：同じくBの変化のグラフ。c：同じくCのばあい。縦軸：再生角。横軸：切断後の日数。

(第12図; 4, 5) が, いずれのばあいにも双尾はあらわれないで正常な尾になった。第12図の6のように尾の背側をくさび形に切断したばあいには市川(1954)の記述と同様の結果が得られた。すなわち切り口が浅いときは, その傷口は元通りに回復するが, 神経管—脊索部の中央部まで切断すると, その傷口から前背に向かう再生芽はのびないで, 後背に向かう尾がのびて双尾になる(第12図, 7)。また, 8のように四角形に切り抜いて, その傷面が神経管までとどいているときも前と同様の結果が得られた(第12図, 9)。しかし, このばあい, 10のような双尾の個体も得られた。11のように切断したばあいにはやや上むきではあるが大体正常に近い尾が再生された(第12図, 12)。13のばあいは不完全な双尾が再生され(第12図, 15), さらに1個体であるがやや下向きの尾をもったものも現われた(第12図, 14)。

C. ニホンヒキガエルとニホンアマガエル幼生の尾の切断

ニホンヒキガエルについては, モリアオガエルのばあいの実験1, 3, 4と同様の切断を行なったが, 得られた結果はモリアオガエルのばあいと同様の傾向を示した。しかし, ニホンヒキガエルは孵化してから変態開始までの期間が比較的に短いため, 幼生の尾を切断してもその最終的結果が得られないうちに変態が開始されるので, それに伴って再生能力が次第に消滅するため再生実験の材料としては不適當であった。

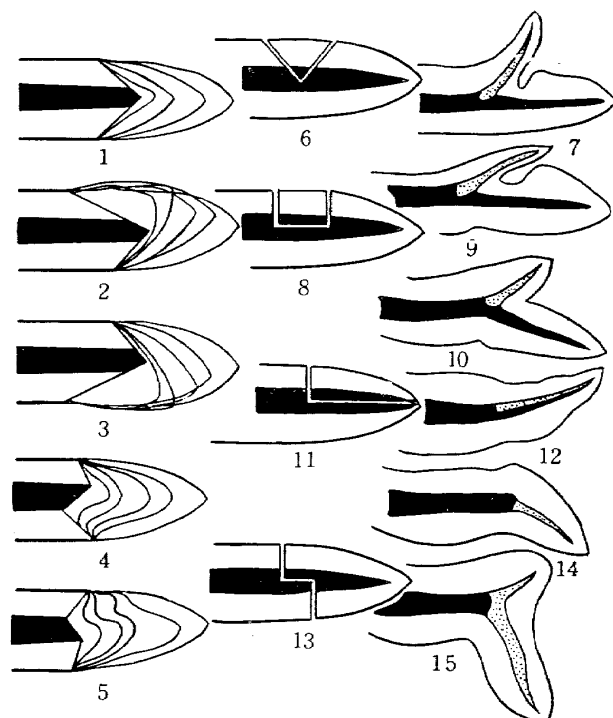
ニホンアマガエルの幼生はモリアオガエルのばあいの実験4, 1~8と同じ実験に用いられたが, モリアオガエルのばあいのそれと全く同じ結果が得られた。とくに, 二等辺三角形型(第12図, 1)の切断は800個体についておこなったが双尾の個体は現われなかった。

D. トウホクサンショウウオとエゾサンショウウオ幼生の尾の切断

共に体長約3cmの幼生が用いられ, モリアオガエルのばあいの実験3, 4と同様の切断を行なったが, モリアオガエルの結果と殆んど同様で, その他特筆すべきものは得られなかった。

論 議

Barfurth (1923) はオタマジャクシの尾の再生実



第12図 モリアオガエル幼生の尾を種々の山型に切断 1—5: 切断の方法と新組織の形成過程を示してある。1: 二等辺三角形型に切断。2と3: それぞれ上下の切断角を異なるように切断。4と5: ひれと神経管—脊索の部をじぐざぐに切断。6, 8, 11, 13: それぞれ切除した部分を示してある。7: 6から得られた結果。9と10: 8から得られた結果。12: 11からの結果。14と15: 13からの結果。

験から, 再生は一般に切断面に対して直角におこるということを提唱し, その後多数の研究者によって追試され, それは, 今日では一般的な法則となっている。両生類の尾を斜めに切断すると, 再生芽はその切断面の向きによって上向き, または, 下向きに, 切断面に対して直角に再生するというのである。これを説明するために Korschelt (1927) や岡田(1950)は, 斜めの切断面の各点での再生物質の生産は, 真横に切断したときの傷面の各点と同じ生産関係に起因すると述べている。つまり再生の材料が傷面の各点からいのように産出されてくるので再生芽が切断面に対して直角に伸びるのであるという。

ブラナリアにおいて, 頭再生の速度は虫体の前後軸に沿って前から後方に向かって減少するが(実験A, 1), 虫体の左右軸に沿うての再生速度は, 正中

線上において最も早く、それより左右に向かうにつれて減少する (Brøndsted, A. and H. V., 1952; 手代木・須藤, 未発表)。それで、虫体を斜めに切断したばあい、その切断面の各点における再生の速度は異なっていると考えられる。事実、虫体を斜めに切断したばあい、その切断面の各点における新組織の形成速度は異なっている。すなわち斜切断面の各点から再生材料 (neoblast, 旧組織・器官由来の細胞など) がいちように産出されるとは考えられない。それで、斜切断面から生ずる頭部再生芽の方向は、切断角の大きさ、すなわち、左右の成長速度の差の大小によって定まるが、再生速度のおそい低位層の傷面は再生後期まで新組織の成長がつづくので次第に再生角も小さくなり、最終的には元の体軸と再生軸とは一致して真直ぐになる (第1図, a~c)。尾部再生のばあいも同様に説明されるが、このばあいは頭部再生芽のばあいとは逆に尾部再生の速度は体の後方になるほど早くなるので再生初期における再生芽の向きは頭部再生芽と逆の関係にある。そして高位層からの新組織の成長が後期までつづいて再生軸は真直ぐになる (第1図, a~c)。

要するに、プラナリアの再生芽の時期において切断面と再生軸とのなす角は必ずしも直角ではない。このばあい結論的にいえることは、切断角が直角に近づくにつれて再生角は零の値を示して再生軸は体軸と一致する。また、切断角が零に近づくにつれて再生角は直角に近づく。切断角が零に近づくということは、斜切断面の両端の距離が大となり、ますます位層の差を大にすることである。極端なばあい、虫体を正中線で左右に二分すれば、その切断角は零であり、頭端と尾端がその切断面の両端となる。このばあいの新組織は切断面に対して直角に伸びる。

このようにプラナリアの斜切断面からの再生芽は、最初一定の角度をもって伸びてくるが、再生がすすむにつれて再生軸は次第に真直ぐになる事実は多くの研究者 (Morgan, 1904a, 1904b; Child, 1915, 1941; 杉野・木戸, 1964) によっても報告されている。

両生類の尾の再生軸の決定も原則的にはプラナリアのばあいと同じ原理による。両生類の尾の再生能はプラナリアの尾部再生のばあいとよく類似している。すなわち、再生速度はその基部から尾端に向かって早くなり、新組織の長さは切断面が基部に近い

ほど長くなる。また、体軸に直角に切断したばあい、その同一切断面上における再生速度は中央部において早く、それから上下に遠ざかるにつれておそくなる。すなわち、両生類の尾を斜めに切断したばあい、その切断面の各点における再生の速度はプラナリアのばあいと同じく異なることになる。

Barfurth (1923) その他のいうように“切断面に対して再生芽が直角に伸びる”ということは、多くのばあい、再生芽が切断面を底辺とした二等辺三角形に生ずることを意味するが、斜切断面の各点における再生材料の生産速度が違えば二等辺三角形にはなり得ないことになり、切断角の大小によって種々の角度をもった再生芽が形成されることになる。

事実、本実験において種々の切断角に対して種々の向きの再生芽が生じた。このばあい、極端に斜めに切断しないかぎり、再生体は時間の経過と共に真直ぐになる。それで、切断面に対して再生芽は直角に伸びるという Barfurth 等の直角説の是非は、どの時期までを再生芽とよぶかが問題になろう。しかし、本実験においては、再生芽として疑のない早い時期に観察したがその切断面に対する再生角は切断角の大小によって 57° から 106° にいたる範囲の値を示した。直角説を唱える Barfurth や市川は、さらに再生のすすんだ時期をとらえているにもかかわらず、再生芽体はその切断面に直角にできると述べている (Barfurth, 1923; Korschelt, 1297, Fig. 187; 市川, 1951, 図 73; 1954, 図 39, 参照)。

切断面が斜めになればなるほどその切断面の先端部は上方に湾曲するので、再生角は傷面の各点における再生速度とこの湾曲の度合によって決定される。尾を極端に斜めに切断したばあいは、再生された尾は最後まで真直ぐにならないで上方に曲がっている。これはその斜切断面の両端における再生の完成にあまりにも時間的差があるためであろう。また、切断角が 70° 位までの斜切断のばあいは、その再生軸は最初から体軸と一致して再生角は零である。 $\alpha = 0$ であるから $\beta = \alpha + \gamma$ から (第9図, B), $\beta = \gamma$ となり、直角説の立場からすれば $90^\circ = 70^\circ$ となり、ここでも直角説は否定される。

結論として、両生類の尾の再生もプラナリアのばあいと同様に切断角が直角に近づくにつれて再生角

は零となり、切断角が小さくなるにつれて再生角は直角に近づく。つまり、再生角と切断角は反比例に近い関係を互にもつことになる。

神経管—脊索部の中央部が頂点となるような二等辺三角形型に切断したばあい、用いた両生類全種を通して双尾は得られなかった。このように高校の教科書などに記述されている双尾の個体を得ることは容易ではない。前述のように再生軸の方向の決定はその両側の生長(再生)速度の差が主要因であるが、とくに再生速度の早い中央部の神経管—脊索の部分の影響が大きいと考えられる(第12図, 参照)。

著者等は、再生芽は切断面に対して必ずしも直角には伸びないということであるが、これまでの研究者はおそらく再生芽の角度を目測あるいはそれに近い観察の方法で測定し、著者等のように写真による測定はしなかったのではなかろうか。本観察において、大ざっぱな目測で $90^\circ \pm 10^\circ$ の範囲を直角とみなしても、切断面に対する再生角はその範囲からはみでるばあいが多かった(第8図, a~b)。

要 約

渦虫(イズミオオウズムシ)と両生類(モリアオガエル, ニホンヒキガエル, ニホンアマガエル, トウホクサンショウウオ, エゾサンショウウオ)の幼生を用いて切断面と再生軸との関係についての再検討を行ない、次のような結果を得た。

- 1) イズミオオウズムシの虫体を斜めに切断したばあい、その前片の後面から尾部再生芽が、後片の前面からは頭部再生芽が形成されるが、それらは切断面に対して必ずしも直角ではなく、切断角の大小によって再生軸の角度も異なっている。しかしその再生芽は再生がすすむにつれて真直ぐになる。
- 2) 両生類の尾を斜めに切断したばあいても、再生芽は切断面に対して必ずしも直角ではなく、切断角の大小により種々の角度をもった再生芽が得られた。この再生芽は、最終的には真直ぐになり体軸と一致した。しかし、その切断面の傾斜が極端にゆるやかであるときは、再生した尾端の部分は湾曲したままで真直ぐにならない。
- 3) 渦虫や両生類の尾を斜めに切断したばあい、結論的にいえることは、切断角(体軸と切断面とのなす角)が直角に近づくにつれて再生角(体軸と再生

軸とのなす角)は零になり、切断角が零に近づくにつれて再生角は直角になる。すなわち、再生角と切断角は反比例に近い関係にある。

- 4) これは、渦虫や両生類幼生の尾の前後軸や左右軸に沿って異なる再生速度や再生量の違いと斜切断面の先端部の湾曲の度合とによって説明することができる。このことについて詳しく実験的考察を加えた。

謝 辞

常に有益な御助言と御鞭撻をいただいている本大学佐藤光雄教授に感謝の意を表する。

文 献

- BARFURTH, D. (1923) Methoden zur Erforschung der Regeneration bei Tieren. *Abderhalden's Handb. Biol. Arbeitmethoden*. Abt. V.T., 3.*
- BRØNDSTED, A. AND H. V. (1952) The time-graded regeneration field in *Planaria (Dugesia) lugubris*. *Vidensk. Medd. fra Dansk naturh. Foren.* 114: 443-447.
- BRØNDSTED, H. V. (1955) Planarian regeneration. *Biol. Rev.* 30: 65-126.
- CHILD, C. M. (1915) Individuality in organisms. Chicago: University of Chicago Press.
- CHILD, C. M. (1941) Patterns and Problems of Development. Chicago: University of Chicago Press.
- 市川衛 (1951) 蛙学. 裳華房, 東京.
- 市川衛 (1954) 再生と極性(生物学実験法講座VIII c) 中山書店, 東京.
- KORSCHULT, E. (1927) Regeneration und Transplantation I. Regeneration, Borntraeger, Berlin.
- MORGAN, T. H. (1904a) The control of heteromorphosis in *Planaria maculata*. *Arch Entw Mech. Org.* 17: 683-695.
- MORGAN, T. H. (1904b) Regeneration of heteromorphic tails in posterior pieces of *Planaria simplicissima*. *J. Exp. Zool.* 1: 385-394.
- 岡田要 (1950) 再生・発生, 現代の生物学 第2集 (岡田要・木原均編) 共立出版, 東京. pp. 283-342.
- 杉野久雄・木戸哲二 (1964) 扁形動物, プラナリアの再生. 実験発生学, 下巻 (岡田要編) 裳華房, 東京. pp. 118-152.
- 手代木 渉・神 敦子 (1964) イズミオオウズムシ (*Bdellocephala brunnea*) の再生と神経との関係 1. 腹神経索部を除去された虫片の再生. 動物学雑誌 73: 45-51.
- (* 他の文献から引用した。)