

## ソードテールフィッシュ *Xiphophorus helleri* の 生殖腺の発達と二次性徴

坂本 真衣・小山 千里・小池 啓一  
群馬大学教育学部生物学教室  
(2010年9月24日受理)

### Gonad development and secondary sexual character of the sword tail fish *Xiphophorus helleri*

Mai SAKAMOTO, Chisato KOYAMA and Keiichi KOIKE  
Department of Biology, Faculty of Education, Gunma University  
Maebashi, Gunma 371-8510, Japan  
(Accepted on September 24th, 2010)

#### はじめに

カダヤシ目カダヤシ科の淡水魚ソードテール *Xiphophorus helleri* は、中央アメリカ原産の熱帯魚で、古くから観賞魚として飼育されている。

体形は、産出直後は雌雄同形だが、成熟すると雌雄異形で(図1)、雄は、英名のように尾鰭の下端が長く後方に伸びる二次性徴が見られる。雌において、このような二次性徴は見られない。産出直後の稚魚は、全長7から8mmほどであり、成魚になると大きい個体で、雄は、全長70から90mmほど、雌は、100から120mmほどになる。

本種は卵胎生であり、交尾後、胚が稚魚に発生するまで体内に保持し、産仔する。1回の産仔数は、親雌個体の体の大きさや産仔経験回数によって異なるが、多いもので200を超える。

これらの特徴をもったソードテールは、飼育していた産仔経験のある雌が性転換し雄になったという報告がある(Essenberg, 1923, 1926)。また、熱帯魚愛好家の間でも、購入してきた雌が雄になったという話があり、ソードテールが雌から雄になることは有名な話である(桜井ほか, 1985; 和泉, 2001)。た

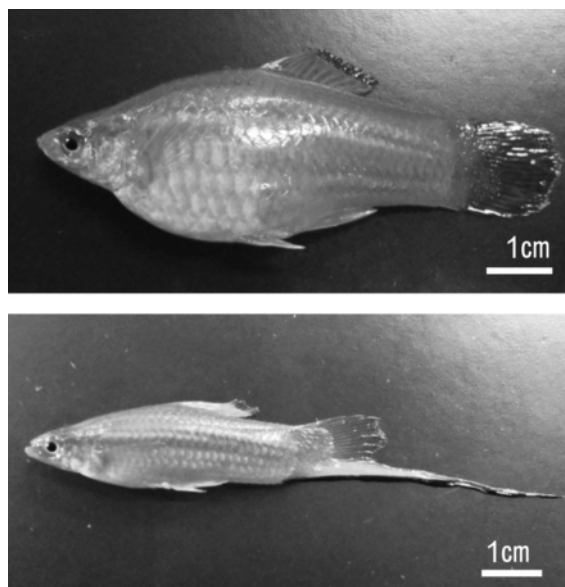


図1 ソードテール *Xiphophorus helleri* の雌(上)と雄(下)

だし、雄が雌になることは知られていない。また、雄になる時期について、生後2~3か月で雄になるもの、4~5か月で雄になるもの、一度産仔したものが雄になるものの3タイプがあるという報告もある

(桜井ほか, 1985)。

性転換する魚として有名なクマノミは、社会的影響が原因で性転換するとされており、また、ベラは、両性腺をもち、成長に伴って性転換するとされている(中村ほか, 2006)が、ソードテールが性転換する原因についてはどの文献にも明確なことは書かれておらず、ソードテールの生殖腺の発達と雄の二次性徴との関係がどのようになっているのか、また、性がどのようにして決まるのかについては分かっていない。

そこで、ソードテールの生殖腺の発達と雄の二次性徴との関係を明らかにすること、また、個体間の社会的影響に注目して性転換のパターンを明らかにすることを目的として、本研究を行った。

## 材料と方法

### 実験用個体

群馬県内のペットショップで未成熟個体を数回に分けて数十匹購入し、飼育、繁殖させ、実験用の個体を準備した。購入個体から産出された第一世代の個体と、第一世代の個体から産出された第二世代の個体を使用した。また、同じ産出日の個体、一腹の子をまとめて、1産仔群とし、産仔群ごとに分けて飼育した。ただし、親個体は異なるが、産出日が同じもしくは近く、産出個体数が少数だった産仔群は、同じ水槽で飼育した。

### 実験方法

#### 1. 飼育条件

飼育は、2006年1月から実験室の水槽で行った。水槽は、容量56ℓ及び12ℓ水槽を使用した。水温は、25から26°Cを保ち、水換えは、7から10日に1回、定期的に行った。給餌は、1日3から5回、各個体の成長段階に合わせた種類、量を与えた。各水槽の正面を除く計3面を新聞紙で覆い、他の水槽の飼育個体からの社会的影響がないようにした。また、死亡した実験個体は、取り出した後、ホルマリン固定し、解剖学的観察を行った。さらに、実験設定中に産出された個体は、水槽から取り除いた。以上の

作業以外では、水槽内に手を加えることはなかった。

#### 2. 雄の二次性徴出現時期の観察

2つの産仔群を産出直後から飼育し、雄の二次性徴の出現を観察し、その特徴と時期を記録した。

#### 3. 生殖腺の解剖学的観察及び組織学的観察

産出後約半年が経過した個体について、複数の産仔群にわたる、合計400個体をホルマリン固定し、個体の体長、全長、外観の様子を記録するとともに、解剖して、生殖腺の様子を肉眼及び実体顕微鏡で観察した。

その後、それらの解剖学的観察の結果を参考にし、生後半年以上が経過した段階で、8つの産仔群、合計550個体と5つの産仔群の一部の個体、合計136個体をホルマリン固定し、個体の体高、体長、全長、外観の様子を記録するとともに、解剖して、生殖腺の発達の様子を肉眼及び実体顕微鏡で観察した。

産出直後から半年までの個体については、親個体の異なる、3つの産仔群、合計474個体を用い、生殖腺の発達段階を継続的に調査した。具体的な調査方法としては、産出後半年が経過しない個体においては解剖学的生殖腺の段階的な組織学的観察のために、これらの個体を産出直後から生後半年まで継続して週1回、毎回5から7個体ずつブアン氏液で固定し生殖腺の組織学的観察を行った。また生後半年を経過した時点で残りの個体の解剖学的観察を行った。

#### 4. 雌雄の個体数比を変えた飼育実験

雌雄の個体数比によって、性転換の起こり方に違いがあるのかを調べるために、1回目は2008年3月11日、2回目は2009年3月24日に雌雄の個体数比を変えた飼育実験を設定した。

1回目の実験には、2007年8から9月の間に産出された、産出後約半年が経過した産仔群内の個体を用いた。実験設定個体として、産出後半年が経過した個体を用いたのは、産出後半年が経過すると、個体で雄の二次性徴がはっきりと確認でき、雌雄の性比に大きな違いが見られなくなるためである。実験

個体は、全長の個体差がそれほどないように、7つの産仔群から合計 100 個体を選んだ。2 回目の実験には、産出後ほぼ半年が経過した 2008 年 7 月から 8 月の間に産出された 5 つの産仔群に属する個体を用いた。1 回目の実験と同様に、ほぼ同大の 100 個体を選出した。

雄は、雄の二次性徴が完全に出現していた個体、雌は、ふっくらとした体形、伸長していない臀鰭、腹部後方がアメ色をしていた、間違いなく雌であろうと予測できた個体を選んだ。

実験の設定方法は、56 ℓ 水槽を 10 個使用し、各水槽に 10 個体ずつ入れ飼育した。雌雄の個体数比は、以下の 5 パターンで、各パターン 2 組ずつ設定した。

パターン I は雄 5 匹と雌 5 匹、パターン II は雄 2 匹と雌 8 匹、パターン III は雄 8 匹と雌 2 匹、パターン IV は雌 10 匹のみ、パターン V は雄 10 匹のみである。

さらに、実験設定時の個体の生殖腺の様子を確認するために、実験個体と同じ特徴をもつ雌雄個体を同じ産仔群からそれぞれ 5 個体ずつ選び、実験設定時にホルマリン固定し、個体の体高、体長、全長を記録するとともに、解剖して、生殖腺の様子を肉眼及び実体顕微鏡で観察した。その際、生殖腺の大きさ、発達段階について記録した。

実験設定から半年が経過した時点で、実験個体をホルマリン固定し、個体の体高、体長、全長、外観の様子を記録するとともに、解剖して、生殖腺の様子を肉眼及び実体顕微鏡で観察した。生殖腺に関しては、大きさ、発達段階、さらに、卵巣に関しては、卵・胚数についても記録した。

## 結 果

### 1. 雄の二次性徴出現

産出直後からの外見の観察から、雄は、尾鰭だけでなく、腹鰭と臀鰭も変形することが分かった (図 2)。また、尾鰭に関しては、腹鰭、臀鰭の伸長後に、伸長することも分かった。雌において、このような変化は見られなかった。

次に、各産仔群における雄の二次性徴出現の時期

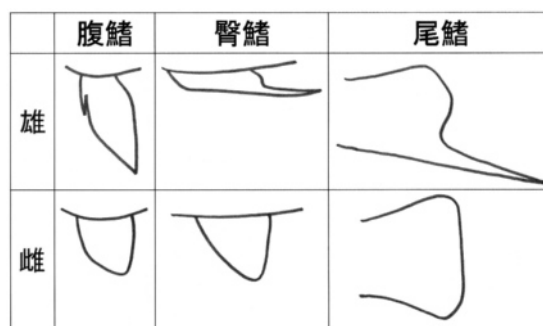


図 2 鰭の変形

表 1 二次性徴出現時期

前半の 10 例については臀鰭伸長個体発見日のみを記録したが、後半の 9 例については尾鰭伸長個体発見日についても記録した。

産出日	臀鰭伸長個体発見日		尾鰭伸長個体発見日	
	発見日	生後	発見日	生後
2007/8/12	2007/12/13	生後 4 か月	—	—
8/29	11/14	生後 2 か月半	—	—
9/4	11/20	生後 2 か月半	—	—
9/8	11/30	生後 3 か月弱	—	—
9/17	11/30	生後 2 か月半	—	—
9/24	12/3	生後 2 か月半	—	—
10/16	12/12	生後 3 か月	—	—
2008/1/25	2008/4/14	生後 2 か月半	—	—
3/8	5/30	生後 3 か月	—	—
6/3	8/20	生後 2 か月半	—	—
4/26	6/20	生後 2 か月弱	2008/7/7	生後 2 か月半
5/23	7/13	生後 2 か月弱	7/26	生後 2 か月
6/17	8/25	生後 2 か月半	9/2	生後 2 か月半
7/15	9/24	生後 2 か月半	10/7	生後 3 か月弱
7/30	11/18	生後 3 か月半	12/5	生後 4 か月半弱
8/12	10/7	生後 2 か月弱	11/7	生後 3 か月弱
10/20, 21	12/25	生後 2 か月	2009/1/5	生後 2 か月半
11/7	2009/1/27	生後 3 か月弱	2/14	生後 3 か月半弱
12/2, 4	1/19	生後 1 か月半	1/27	生後 2 か月弱

をまとめた (表 1)。ただし、これらの発見日は、各産仔群のなかで最も早く雄の二次性徴が出現した個体によるもので、発見日よりもだいぶ遅れて雄の二次性徴が出現した個体もあった。

表2 精巣の発達段階におけるステージ区分

発達段階	解剖学的特徴	組織学的特徴
ステージ1	非常に細く、色は半透明。実体顕微鏡でないと、卵巣ステージ1と区別できない。	対になり、精巣として分化しているが、細胞は始原生殖細胞もしくは精原細胞のみ。
ステージ2	細く、糸の様。幅 1.0mm 以下・長さ 4.0-5.0mm 程度、肉眼では確認しにくい大きさ。	精母細胞、精細胞が見られ、ところどころに精子形成が見られるものもある。
ステージ3	肉眼で精巣と確認できる大きさ。	精母細胞、精細胞が見られる。精子形成が盛んに行われている。ところどころに精子塊も見られる。
ステージ4	完全な精巣。白色。全長が小さい個体のもので幅 2.0mm・長さ 4.0mm、大きい個体のもので幅 3.0mm 以上・長さ 5.0mm 以上。	多くの精子塊が見られ、輸精管はほとんど精子塊で埋め尽くされている。全長が小さい個体の精巣でも、同じ様子を観察することができる。

表3 卵巣の発達段階におけるステージ区分

発達段階	解剖学的特徴	組織学的特徴
ステージ1	白い粒子状構造（卵母細胞）が見られる。実体顕微鏡でないと、精巣ステージ1と区別できないものもある。	癒合して対ではなくなっている。卵母細胞が見られる。
ステージ2	アメ色、直径 1mm 以下の卵（未成熟卵）をもつ。	卵母細胞が肥大化し、少し大きくなり始めた卵（未成熟卵）が見られる。
ステージ3	アメ色、直径 2.0-2.5mm の成熟卵をもつ。全長が小さい個体で 10 個程度、大きい個体で 20-30 個程度の成熟卵をもつ。	成熟した卵が見られ、卵細胞の間には卵母細胞が見られる。
ステージ4	発生中の胚をもつ。稚魚や卵黄の大きさによってさらに段階を分けることができる。ただし、1つの卵巣内において、胚は、ほとんどすべて同じ発生段階。	胚のそばには、卵母細胞が見られる。
4-1	稚魚は実体顕微鏡で確認することができる。	稚魚は眼が形成され始めているが、脳の膨らみは見られない。脊索は見られるが、脊椎骨は見られない。
4-2	稚魚は肉眼で確認することができるが、卵黄はまだかなり大きい。	稚魚は脳の膨らみが見られ、脊髄が分化している。脊索とともに、脊椎骨が見られる。鰓の原基も見られる。
4-3	稚魚はだいぶ大きく成長し、卵黄も 4-1 に比べると約半分の大きさ。	稚魚は大きくなった脊椎骨が見られ、尾部の筋肉が発達している。腸が分化している。
4-4	稚魚はかなり大きくなり、産出直後と同じくらいの大きさ。卵黄はかなり小さい。	稚魚は鰓耙が完全に分化している。腸以外の内臓系も分化している。生殖腺（始原生殖細胞）らしき組織が見られる。

雄の二次性徴出現が一番早い個体は、生後2か月に満たないうちに臀鰭が伸長し始め、3か月に満たないうちに尾鰭が伸長し始めた。反対に、一番遅い個体は、生後4か月が経過してようやく臀鰭が伸長し始めた。この産仔群には、生後10か月が経過しても臀鰭や尾鰭が完全に伸長していない個体もあった。これらのことから、雄の二次性徴出現時期は、産仔群差及び個体差があることが分かった。

また、臀鰭伸長から尾鰭伸長までは、10日から20

日ほどかかることが分かった。

## 2. 解剖学的観察及び組織学的観察による生殖腺発達のステージ分け

生後半年が経過した個体の解剖学的観察から、さまざまな大きさの精巣及び卵巣を観察することができ、その解剖学的特徴から、精巣に関しては、精巣の大きさによって発達段階をステージ1から4の4段階に分けることができた（表2）。また、卵巣に関

しては、卵の有無や大きさによって発達段階をステージ1から4の4段階に分けることができ、発生中の胚をもつ卵巢ステージ4は、胚や卵黄の大きさによって、さらにステージ4-1から4-4に細分することができた(表3)。また、生後半年以上が経過した2つの産仔群における生殖腺の組織学的観察から、精巣及び卵巢の発達段階は、解剖学的特徴だけでなく、組織学的にも特徴づけることができた。組織学的観察における細胞の判断は、Essenberg (1923) を参考にした。

精巣及び卵巢の発達段階における各ステージの解剖学的特徴及び組織学的特徴を表2、3にまとめた。

各産仔群における精巣及び卵巢の発達段階について、表4、5にそれぞれまとめた。

産仔群ごとに発達段階に差があり、また、1つの産仔群についても、さまざまな精巣及び卵巢の発達段階の個体があった(表4、5)。

さらに、各産仔群における雄の二次性徴出現状態については、産仔群ごとに雄の二次性徴出現状態に差があり、また、1つの産仔群についても、さまざまな雄の二次性徴出現状態の個体があった(表6)。

表中の産仔群の番号は通し番号であり、表4、5、6で対応している。

以上のことから、生殖腺の発達段階及び雄の二次性徴出現には、産仔群差及び個体差があることが分かった。

産出後0日目から半年が経過する182日目までの、産出個体の組織学的観察では図3、4にあるような生殖腺が見られた。3つの産仔群を用いたが、1つ目の産仔群を産仔群I、2つ目、3つ目の産仔群を順に産仔群II、産仔群IIIとした。これらの組織学的観察による生殖腺の特徴から、発達段階を、卵巢でA-Gの7段階、精巣でH-Lの5段階、未分化な生殖腺をMの1段階と分けた。これらの段階分けを、生後半年が経過した個体の生殖腺発達のステージの組織学的特徴と対応させると、表7、8ようになる。産出後半年以前における段階分けでは、卵巢の発達段階で表のAとBの段階が見られた。この段階は、産出後半年以降のステージ分けでは含まれていない。しかしその他のステージについては半年以前と

表4 精巣の発達段階別個体数

産仔群	ステージ1	ステージ2	ステージ3	ステージ4
1	50	3	22	2
2	10	0	3	15
3	2	0	0	0
4	22	2	0	0
5	5	1	11	31
6	4	6	8	25
7	0	1	3	11

表5 卵巢の発達段階別個体数

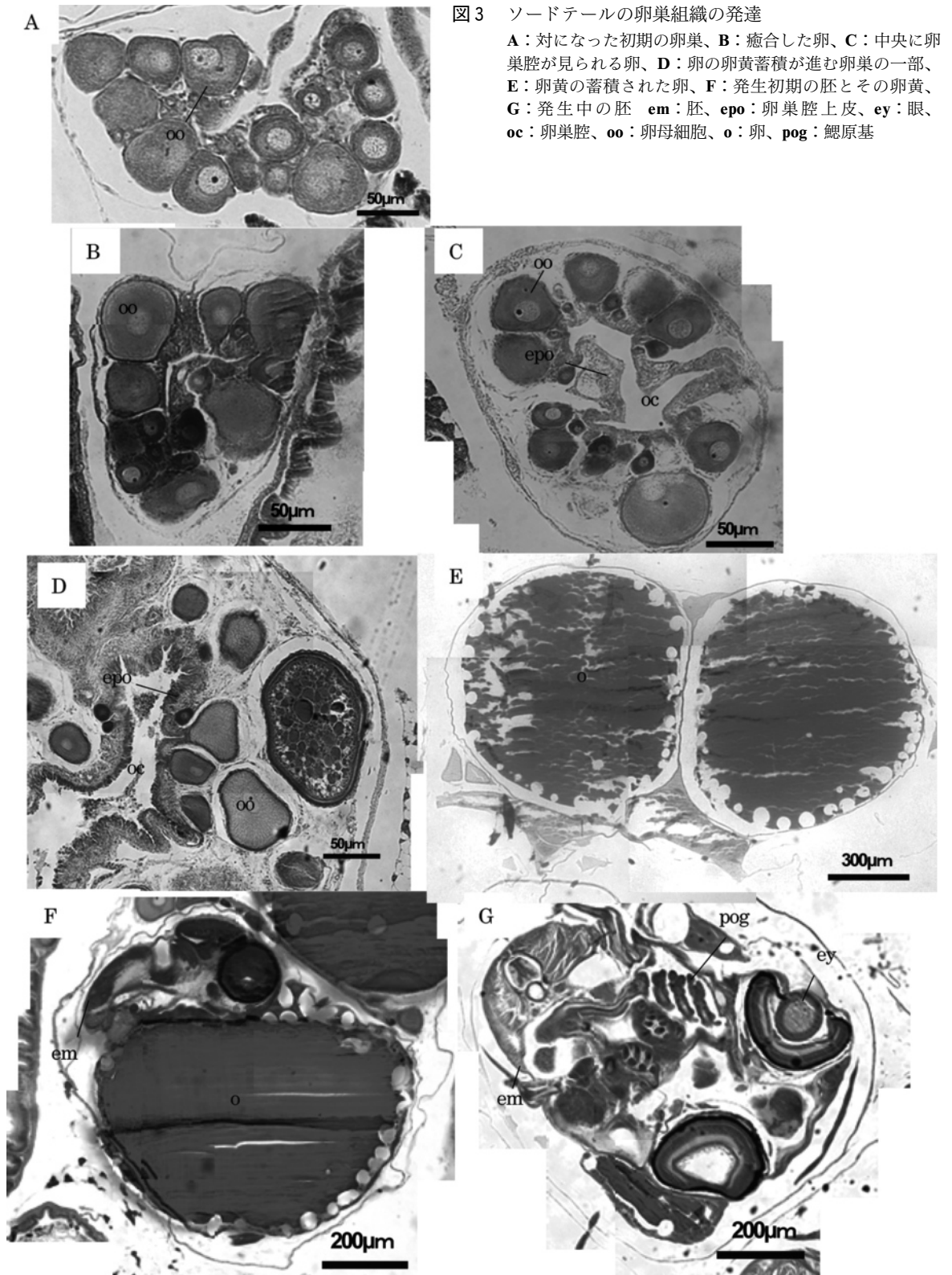
産仔群	ステージ1	ステージ2	ステージ3	ステージ4
1	13	0	2	0
2	9	4	12	9
3	0	1	5	0
4	12	4	6	2
5	0	1	7	12
6	1	3	8	24
7	0	6	5	0

表6 雄の二次性徴出現段階別個体数

産仔群	鰭の変形なし	臀鰭伸長あり、尾鰭伸長なし	臀鰭伸長完全、尾鰭伸長あり	臀鰭伸長完全、尾鰭伸長完全
1	50	23	4	0
2	10	3	0	15
3	2	0	0	0
4	21	2	1	0
5	0	1	10	37
6	6	7	17	15
7	0	0	7	8

以後で対応させることができた。ただし、産出後半年以前の個体では発達段階の後半を示す生殖腺をもつものが少ない為、後半のステージと細かく対応させることができなかった。

生後半年以前の個体の生殖腺発達の各段階の細かな特徴は以下のとおりである。



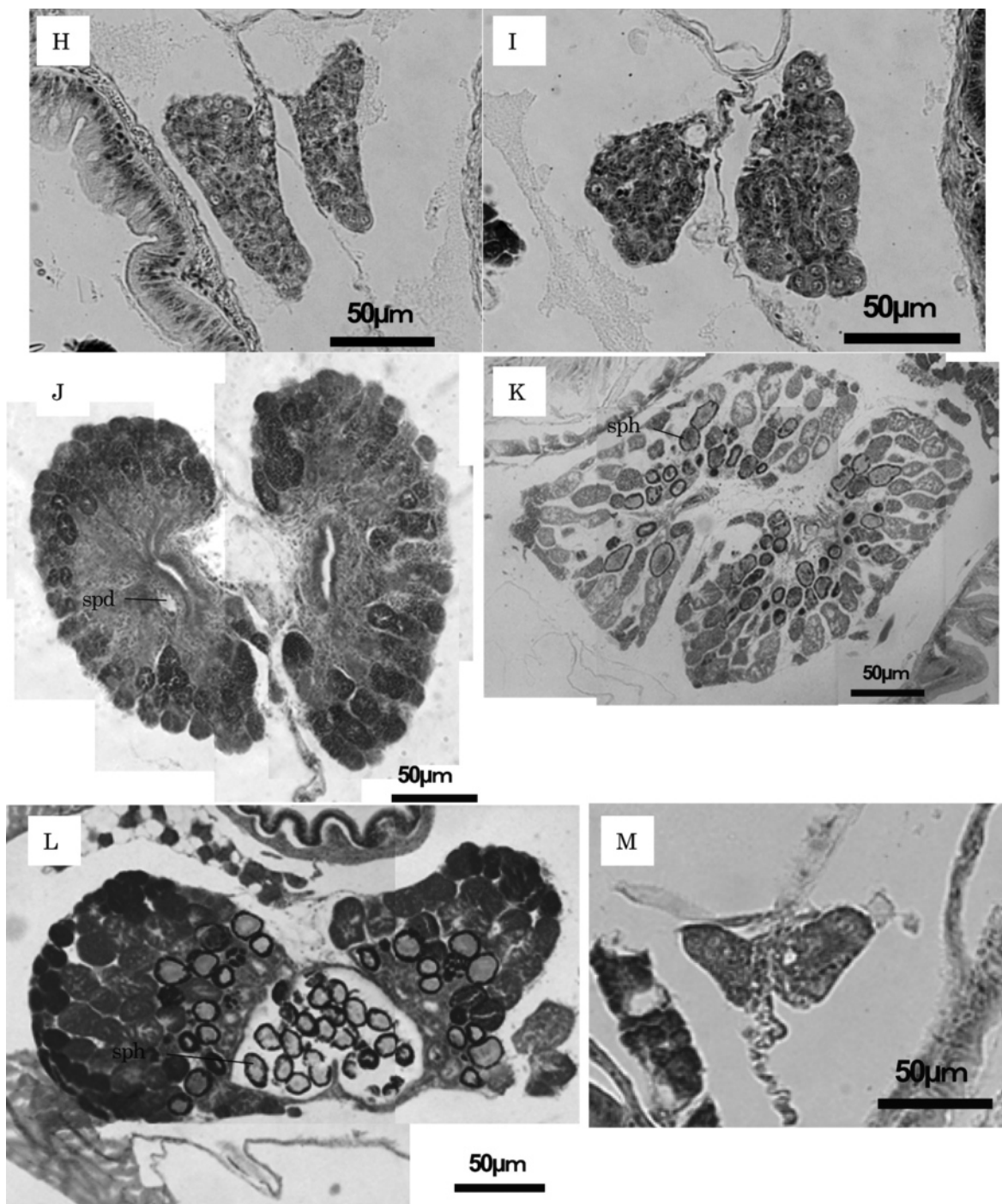


図4 ソードテールの精巣の発達と未分化な生殖腺の組織

H: 分化初期の精巣、I: ブドウの房状の精巣、J: 接続部付近に空洞をもった精巣、K: 精子形成が盛んな精巣、L: 成熟した精子が確認できる精巣、M: 未分化な生殖腺、spo: 精管、sph: 精包

A では、対になった生殖腺の中に核をもった卵母細胞が確認できるため、卵巢であると判断できる。B では対になっていた卵母細胞を所有する生殖腺の下端部が癒合を始めている様子が見られる。C ではさらに癒合が進み、卵巢腔と呼ばれる中央の空洞を残し対であった卵巢全体が1つになっている。さらに卵母細胞の中央には卵黄の蓄積が始まっている。D ではさらに卵黄の蓄積が進み、未熟な卵が形成されつつある。E では卵内に卵黄がつまり成熟卵が形成されている。F では卵の外縁部付近に胚が確認できる。その後胚は次第に大きさを増していき、G では卵黄はほとんど見られず、胚が大部分を占めている。このように卵母細胞が分化の目印となる卵巢は比較的断定しやすい。

一方精巢は精母細胞が大変小さい為、精巢であると判断するのが難しい。そこで、精巢の内部には、同ステージの生殖細胞を保有する塊がいくつも存在するという特徴を判断基準とし精巢と断定した。H では、生殖腺の外縁に凹凸が見られ、さらに中部はいくつかに分かれている様子が見られる。さらにこの外縁の凹凸や塊の形成は顕著になり、I ではブドウの房のようになっている。その後、J で見られるように、左右の精巢の接続部付近の中央に空洞が見られるようになる。K では細胞一つ一つを確認できるようになり、それぞれの細胞塊のステージは一様ではないことが分かる。L では精巢は成熟し精子が形成されている。

その他、M のように卵巢または精巢と判断できなかった生殖腺を未熟な生殖腺とし、これらの生殖腺発達過程を踏まえ、産出後日数との生殖腺の発達段階の関係を表9にまとめた。表中のA~Mのアルファベットの発達段階は図3、4と対応しており、(一)は切片作成上の問題で観察ができなかったことを表している。また産仔群Iの産出後0~70日、産仔群IIの0~35日は固定した個体数が5匹となっている。

産出後0日から約1か月が経過する35日までは、雌雄の判別ができない未熟な生殖腺(M)が多かった。産出後経過日数が35日以前では、卵母細胞を保有した生殖腺(A、B)が見られ、産仔群Iでは産出

後0日でAが確認できた。産出後35日付近からは、精巢への分化が見られる発達段階Hが見られた。産仔群II、IIIでは35日から63日付近で癒合し始めた卵巢が見られた。70日以降では、産仔群Iは精巢へ分化を始めた生殖腺(H)が初めて確認され、産仔群IIはこの発達段階H精巢が多く見られた。産仔群IIIではこの時期に、精巢発達段階の終盤である成熟した精子が存在する発達段階Lの精巢が見られた。また、卵巢はこの時期に既に癒合をし、卵巢腔の壁が肥大している段階(C)が見られた。産出後105日以降では、分化したての精巢と完全に成熟した精巢や、癒合が完了したばかりの卵巢と成熟卵を保持する卵巢などが混在していた。産出後半年が経過する182日目では、卵巢、精巢ともに発達段階終盤の生殖腺が多く見られたが、分化してから間もない様子の生殖腺も確認できた。

### 3. 産出後半年における生殖腺発達段階と体長及び二次性徴との関係

生後半年の段階で解剖学的観察を行った7産仔群、合計471個体と、雌雄の個体数比を変えた実験設定で使用した5産仔群で残ったもの、計136個体、合計607個体を、10%のホルマリンで固定し、体長、全長、雄の二次性徴の有無とその様子を記録した。その後、各個体を解剖し、生殖腺の観察から、精巢または卵巢、その発達段階、生殖腺長径についても記録した。これらの記録をまとめ、雌雄それぞれの体長と生殖腺発達段階の関係(図5、6)、そして雄の二次性徴と生殖腺発達段階の関係(図7)をグラフで表した。また、雄の二次性徴出現については、次のような段階で分けて判断した。

- a) 鰭の変形なし：臀鰭と尾鰭に伸長が見られない段階。
- b) 臀鰭伸長あり、尾鰭伸長なし：臀鰭のみが伸長し、尾鰭にはまだ伸長が見られない段階。
- c) 臀鰭伸長完全、尾鰭伸長あり：臀鰭、尾鰭ともに伸長が見られる段階。臀鰭は、鋭くなりはっきりと伸長している様子が見られる。尾鰭は伸長しているが黒い線は見られない状態。
- d) 臀鰭伸長完全、尾鰭伸長完全：臀鰭にも尾鰭



表7 産出後半年以降と以前の卵巢発達段階

産出後半年以降		半年以前
ステージ	組織学的特徴	発達段階
1	対になり、精巣として分化しているが、細胞は始原生殖細胞もしくは精原細胞のみ。	H、I、J
2	精母細胞、精細胞が見られ、所々に精子形成が見られるものもある。	K
3	精母細胞、精細胞が見られる。精子形成が盛んに行われている。所々に精子塊も見られる。	L
4	多くの精子塊が見られ、輸精管はほとんど精子塊で埋め尽くされている。全長が小さい個体の精巣でも、同じ様子を観察することができる。	

表8 産出後半年以降と以前の精巣発達段階

産出後半年以降		半年以前
ステージ	組織学的特徴	発達段階
1	癒合して対ではなくなっている。卵母細胞が見られる。	C
2	卵母細胞が肥大化し、少し大きくなり始めた卵（未成熟卵）が見られる。	D
3	成熟した卵が見られ、卵細胞の間には卵母細胞が見られる。	E
4	胚のそばには、卵母細胞が見られる。	
4-1	稚魚は眼が形成され始めているが、脳の膨らみは見られない。脊索は見られるが、脊椎骨は見られない。	F
4-2	稚魚は脳の膨らみが見られ、脊髄が分化している。脊索とともに脊椎骨が見られる。鰓の原基も見られる。	
4-3	稚魚は大きくなった脊椎骨が見られ、尾部の筋肉が発達している。腸が分化している。	
4-4	稚魚は鰓耙が完全に分化している。腸以外の内臓系も分化している。生殖腺（始原生殖細胞）らしき組織が見られる。	G

にもはっきりと伸長が確認できる段階。特に尾鰭は大きく後方に伸び、黒い線が入っている状態。

雌の体長と生殖腺発達段階の結果では、体長25mm以上30mm未満の個体がどの卵巢発達ステージでも多く見られ、特に体長と生殖腺発達段階にはっきりとした関係は見られない。

雄の体長と生殖腺発達段階の結果では、ステージ1や2の精巣をもっている個体の体長は30mm未満となっている。ステージ3、4の精巣をもつ個体は、どちらも30mm以上35mm未満が多い。体長の大き

表9 産出後半年以前における産出後経過日数と生殖腺発達段階

産仔群 I、II、III における産出日ごとに固定した各個体の生殖腺発達段階を表した。表中のアルファベットは本文中の段階分けに対応している。(一)で示されているところは、切片作製時に欠落した等で生殖腺が確認できなかったものである。

産出後経過日数	産仔群		
	I	II	III
0	MMA	MMMMM	MMMMMM
7	AMA	AMAMM	MMMMM
14	AAM	AMAMM	MMMAAM
21	MA	ABBA	MMAMM
28	AAMM	MMBMA	MMAAMM
35	MAM	HMMM	AABMBM
42	HAM	CHMBBH	HBM
49	MAM	MMMM	HHAMAH
56	AMMA	MBMCM	BBMBM
63	AAA	MHMM	CAMMMB
70	MMAH	CHMMK	HCHHM
77	CCM	CJHCCH	LHCDJ
84	KIJC	HJCHH	LJHKCC
91	JHCHHM	HHHC	LKLCD
98	KICJ	HHHC	LLDC
105	LC	CHHC	CCCD
112	CLHC	JJMED	KLDD
119	HKLHH	KJEHHH	LCKHC
126	LCGC	FHEIH	EDCL
133	EMMHD	LJFJJ	LFEDCM
140	JCDCCC	LJCHLD	ELJDE
147	JIMJ	FEMHJ	EIGCCL
154	HH	LMCHEM	JEJEC
161	H	DJFFJE	KCJCD
168	HLLAF	JEHHEE	EEDJL
175	DKL	HDCIJH	LLJLGD
182	FGFLL	FJFEHB	DKCCC

な個体ほど、発達した精巣をもつようにも見えるが、雄の二次性徴と生殖腺発達段階の結果では、鰭に変化の見られない個体の精巣はステージ1となっている。ステージ3の精巣をもつ個体は、二次性徴出現状態が様々であるが、臀鰭及び尾鰭の伸長が完全である個体が多い。ステージ4の精巣をもつ個体では、そのほとんどが臀鰭及び尾鰭の伸長が完全である。

#### 4. 雌雄の個体数比を変えた飼育実験における解剖学的観察

実験設定個体について、解剖学的観察を行った（表10～13）。2つ以上の生殖腺の発達段階を観察するこ

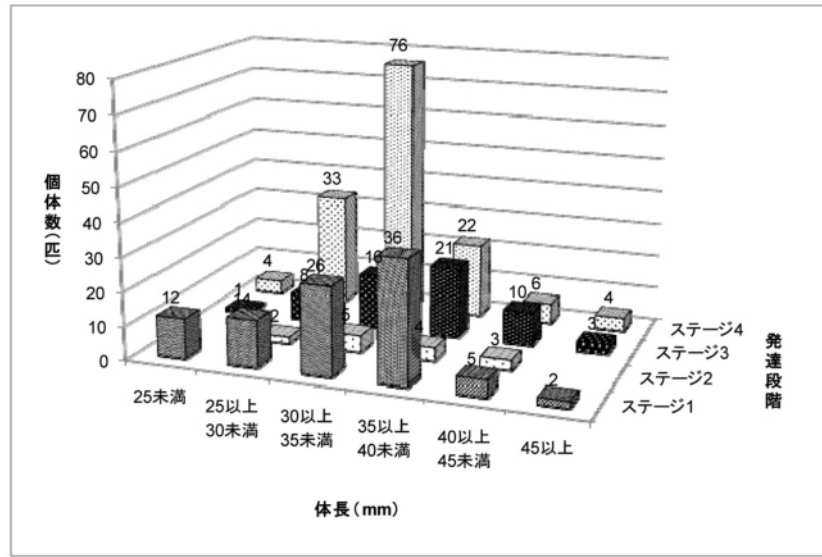


図5 雄の体長と精巢の発達段階

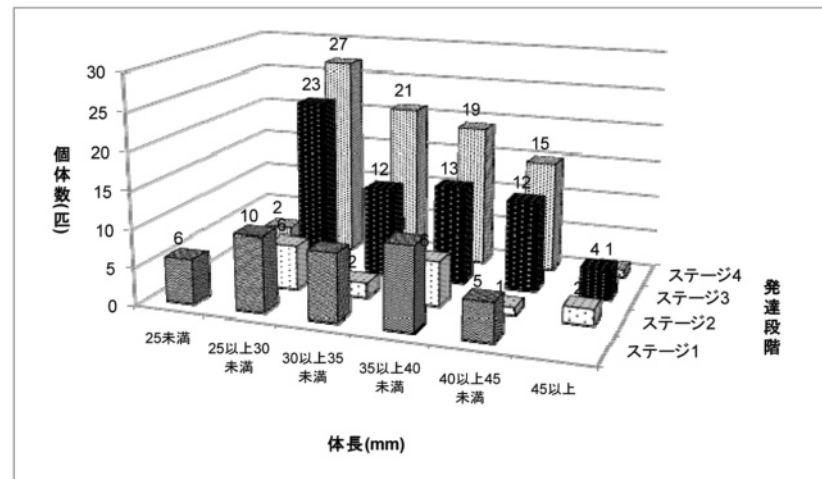


図6 雌の体長と卵巣の発達段階

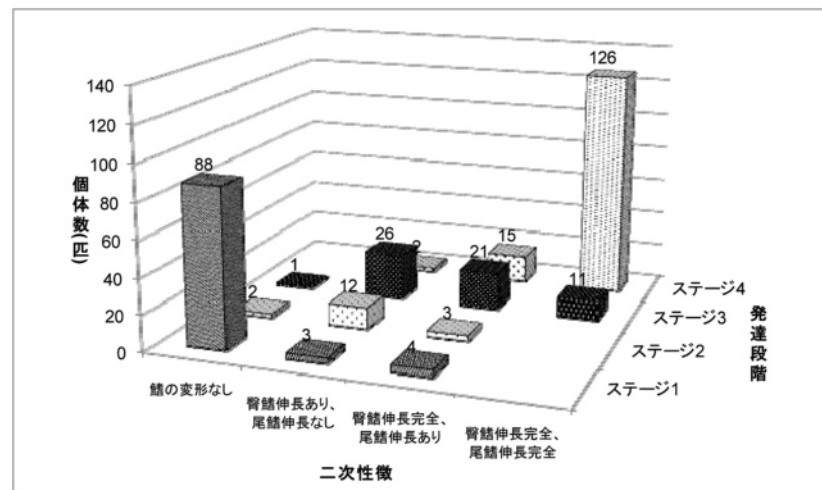


図7 雄の二次性徴と精巢の発達段階



とができた場合は、多かったステージを先に記した。

まず、雄については、設定パターンによらず、実験終了後は、半年前よりも、個体、精巣ともに大きくなっていった。ただし、個体の大きさに関しては、体高や体長に大きい変化はなく、尾鰭の伸長により全長が大きく変化していた。

次に、雌については、設定パターンによらず、実験終了後は、半年前の実験設定時固定個体のデータよりも個体は大きくなっていった。しかし、外観に、雄の二次性徴が出現した個体及び出現する兆候のあった個体は1個体もなかった。生殖腺は、どの個体においても精巣様の組織はなく、各発達段階の卵巣を観察することができた。

1回目の設定で、最大体調差がパターンI雌7mm雄9mm、パターンII雌16mm雄17mm、パターンIII雌12mm雄17mm、パターンIV雌14mm、パターンV雄15mmであった。2回目の設定では、最大体調差がパターンI雌8mm雄4mm、パターンII雌6mm雄7mm、パターンIII雌12mm雄18mm、パターンIV雌10mm、パターンV雄12mmであった。それぞれのパターンで体長差は見られたが、発達段階に多少の差はあるものの、雄の二次性徴を示す個体は精巣をもち、雄の二次性徴は示さず丸みを帯びた体の個体は卵巣をもっていた。

そして、雄がいた水槽では、1回から、最高で8回の産仔があった。雄がいた水槽といなかった水槽の雌の卵巣は、雄がいた水槽の方が、大きさ及びもっていた卵・胚数も大きかったものの、卵巣組織は、受精した卵や発生中の胚をもつかもたないかの違いだけで、組織学的に大きな違いは見られなかった。

よって、この飼育実験において、性転換した個体及び性転換する兆候のあった個体は1個体もなかった。

## 考 察

### 1. ソードテールの生殖腺と雄の二次性徴

本研究で行った全ての解剖学的観察及び組織学的観察において、精巣及び卵巣、両方の特徴をもつ生殖腺を観察することができなかったことから、ソー

ドテールの生殖腺は、両性腺ではないと考えられた。

そして、精巣に関しては、精巣の発達段階がステージ4まで進むと、組織学的特徴は変わらず、個体の成長に伴い、精巣は大きくなると考えられた。

さらに、精巣の発達段階に対応するように雄の二次性徴が出現していたことから、雄の二次性徴は、精巣の発達に伴って出現し、個体の大きさ及び月齢とは対応しないと考えられた。

また、卵巣に関しては、産仔直後の雌の卵巣は、未成熟卵もしくは成熟卵をもっていたことから、妊娠している間も卵が形成されていると考えられた。よって、卵巣は、交尾後、卵と精子が受精し、ステージ4-4まで発達段階が進む。そして、産仔後は、妊娠中から形成されていた未成熟卵もしくは成熟卵を成熟卵として保持し、再び交尾が行われ精子と受精するまで、ステージ3の状態を続ける。そして、交尾後は、再度同じ過程を進むと考えられた。

### 2. ソードテールの性転換

本研究を通して、約3,000個体を飼育し、そのうち雌では最長25か月飼育した個体もあったが、性転換した個体及び性転換する兆候のあった個体は1個体もなく、今現在飼育している個体にも性転換する兆候のある個体はない。また、約1,000個体を解剖したが、どの雌にも精巣様の組織はなく、生殖腺は、両性腺ではなかった。そして、産出個体の性比は、産仔群ごとに異なるものの、雄が極端に少ない場合はなかった。さらに、飼育実験においても、性転換した個体及び性転換する兆候のあった個体は1個体もなかった。

以上のことから、ソードテールは性転換しないのではないかと考えられた。

そこで、生後半年における7産仔群の解剖学的観察の結果をもとに、生後半年における個体の全長と雄の二次性徴との関係をまとめた(図8)。

生後半年における個体の全長と雄の二次性徴の関係から、まず、同じ雄の二次性徴出現状態においても、個体の全長には大きな幅がある。また、尾鰭が完全に伸長している雄より、鰭の変形がない雄の方が、全長が大きい場合がある。

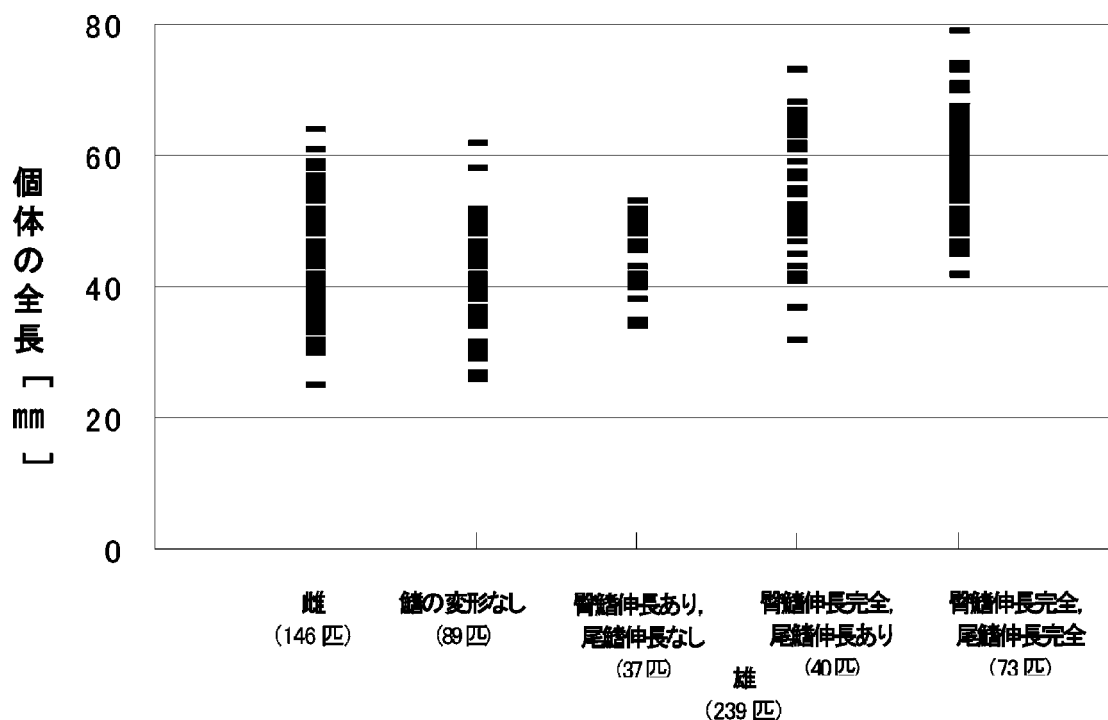


図8 生後半年における個体の全長と雄の二次性徴の関係

そして、鰭の変形がない雄は、個体の成長に関係なく雄の二次性徴出現が遅い個体ということが出来る。この鰭の変形がない雄と雌を比較すると、外観及び個体の全長からは、雌雄の判断ができない場合があることが分かる。そして、この鰭の変形がない雄は、データから相当数あることも分かる。よって、この鰭の変形がない雄は、雌と誤解される可能性があると考えられた。

「ペットショップで購入した雌が、飼っているうちに雄になった」という話があり、また、自分自身も購入した雌が、1か月後に尾鰭が伸長し始めたという経験をしたことがあったが、それは、購入した時点で、雄の二次性徴が出現していなかっただけのことであり、雌と思い、鰭の変形がない雄を購入してしまったと考えられた。

雌から雄に性転換するという報告 (Essenberg, 1923, 1926, 桜井ほか, 1985; 和泉, 2001) や、雄になる時期について、3タイプあるという報告(桜井ほか, 1985) は、雄の二次性徴出現時期には個体差が

あること、また、個体の成長に関係なく雄の二次性徴出現が遅い個体、すなわち、雌と誤解される可能性のある個体が相当数いることが、このように報告された原因、つまり、「ソードテールは性転換する」と誤解されるようになった原因なのではないかと考えられた。

#### 謝辞

本研究を行うにあたり、研究作業や材料飼育に協力していただいた小池研究室のみなさんに心より感謝の意を表します。

#### 引用文献

- Essenberg, J.M (1923) Sex-differentiation in the viviparous teleost *Xiphophorus helleri*. *Biological Bulletin* **45**(1): 46-97
- Essenberg, J.M (1926) Complete sex-reversal in the viviparous teleost *Xiphophorus helleri*. *Biological Bulletin* **51**(2): 98-111

和泉克雄 (2001) 熱帯メダカ族の楽しい飼い方 東京書店  
355pp  
桜井淳史、坂本陽平、森文俊 (1985) AQUARIUM  
FISHES OF THE WORLD 世界の熱帯魚 明光社  
320pp

中村 將、小林靖尚、三浦さおり (2006) サンゴ礁魚類の  
性分化, 性転換機構の形態学的, 生理学的研究 水産総  
合研究センター研究報告 別冊 4号 19-25