

# 温水性魚類の育種に関する研究

## — コイ科魚類交雑種の発生と外部形態 —

岩 崎 順

### 1. はじめに

異質のゲノムを組み合わせる新しい魚を創る、いわゆる交雑法（異質化）は、比較的古くから魚類育種に使われている基本テクニックである。すでにかかなりの数に及ぶ交雑種が得られ、それぞれの養殖特性が評価され、生残率・成長率・耐病性などの点で両親を凌ぐ（雑種強勢）例もいくつか知られている。

コイ科魚類の交雑種の発生に関しては蔡（1987）、伊（1992）の文献があり、外部形態に関しては加福（1968）・小島（1983）の文献がある。前者はハクレン、コクレン、ソウギョ、ダントウボウなどの中国魚類を用いた交雑試験の結果が主体であり、後者はコイとフナの雑種について解析がなされている。しかし、中国魚類、コイ、フナを含めて、同一環境条件下でなされた交雑試験はなく、これらの魚類の交雑は魚類養殖上の優良品種を得るための有効な手段と考えられるので、今回交雑試験を行った。また、これら交雑種のうち、コイとフナの雑種（フナコイ）、フナコイとフナとの雑種（フナコイフナ）が成魚にまで達したので、これらの外部形態について測定を行った。

### 2. 材料と方法

#### (1) 発 生

試験に用いた交雑種は、それぞれ次の親魚から下記の組み合わせで、1992年の春期に、茨城県内水産試験場の孵化池で人工受精を行い、飼育したものである。ただし、ドジョウの精子に関しては、開腹して取り出された精巣を人工精漿で100倍希釈したものをを用いた。

- ヤマトゴイ (3+) : 霞ヶ浦で養殖されていたものを親魚に養成した。
- ヘラブナ (2+) : 1971年に大阪府の溜池より導入した群から継代飼育したものをを用いた。
- ダントウボウ (3+) : 1986年に（株）オリエンタル酵母工業より稚魚で譲渡された群から継代飼育したものをを用いた。
- ドジョウ (1+) : 玉造町内の鮮魚業者から購入したものをを用いた。
- ナマズ (4+) : 1988年に秋田県八郎潟より導入した稚魚を親魚に養成した。

使用した親魚の組み合わせは、次の6通りである。

- ヤマトゴイ♀×ヤマトゴイ♂
- ヘラブナ♀×ヤマトゴイ♂
- ヘラブナ♀×ダントウボウ♂

ヤマトゴイ♀×ダントウボウ♂

ヤマトゴイ♀×ドジョウ♂

ヤマトゴイ♀×ナマズ♂

## (2) 外部形態

ヘラブナ♀×ヤマトゴイ♂の第1代雑種 (F1) (以後フナコイと言う) 及びこの第1代雑種♀×ヘラブナ♂の戻し交配雑種 (B1) (以後フナコイフナと言う) の各々20個体について、分類基準として用いられる形質である全長、体長、尾鰭長、体高、体幅、体重、腸管長、鰓耙数について測定し、尾鰭長/体長、体高/体長、体幅/体長、肥満度、腸管長/体長を計算した。

## 3. 結 果

### (1) 発 生

温水性魚類における交雑種の発生過程 (孵化率, 奇形率, 補正孵化率及び奇形性状) を表1に、今回交雑に用いた温水性魚類の分類系統図を図1に示す。

孵化率を見ると、ヤマトゴイどうしの掛け合わせでは97%と高率であるのに対し、属間雑種のヘラブナ♀×ヤマトゴイ♂では90%台、亜科間雑種のヘラブナ♀×ダントウボウ♂及びヤマトゴイ♀×ダントウボウ♂では各々50%台、そして科間雑種のヤマトゴイ♀×ドジョウ♂では10%台であった。また、目間雑種のヤマトゴイ♀×ナマズ♂では、孵化は認められなかった。これより、分類系統的に遠い種の交雑ほど孵化率は小さくなることがわかる。

表1. 温水性魚類における交雑種の発生過程

交雑の組み合わせ	孵化率 (%)	奇形率 (%)	補正孵化率 (%)	奇形性状
ヤマトゴイ♀×ヤマトゴイ♂	97.0	0.1	96.9	┌字型
ヘラブナ♀ ×ヤマトゴイ♂	91.2	2.3	89.1	〃
ヘラブナ♀ ×ダントウボウ♂	51.8	11.4	45.9	〃
ヤマトゴイ♀×ダントウボウ♂	56.9	37.0	35.8	〃
ヤマトゴイ♀×ドジョウ♂	11.6	76.9	2.7	コンマ型, ┌字型
ヤマトゴイ♀×ナマズ♂	0.0	—	0.0	—

注) 交雑は水温17~18℃のもとで、人工受精により行った。

(人工受精; 1992年6月18日, 孵化; 1992年6月22~23日, 計数; 1992年6月24日)

$$\text{補正孵化率} = \frac{\text{孵化率} \times (100 - \text{奇形率})}{100}$$

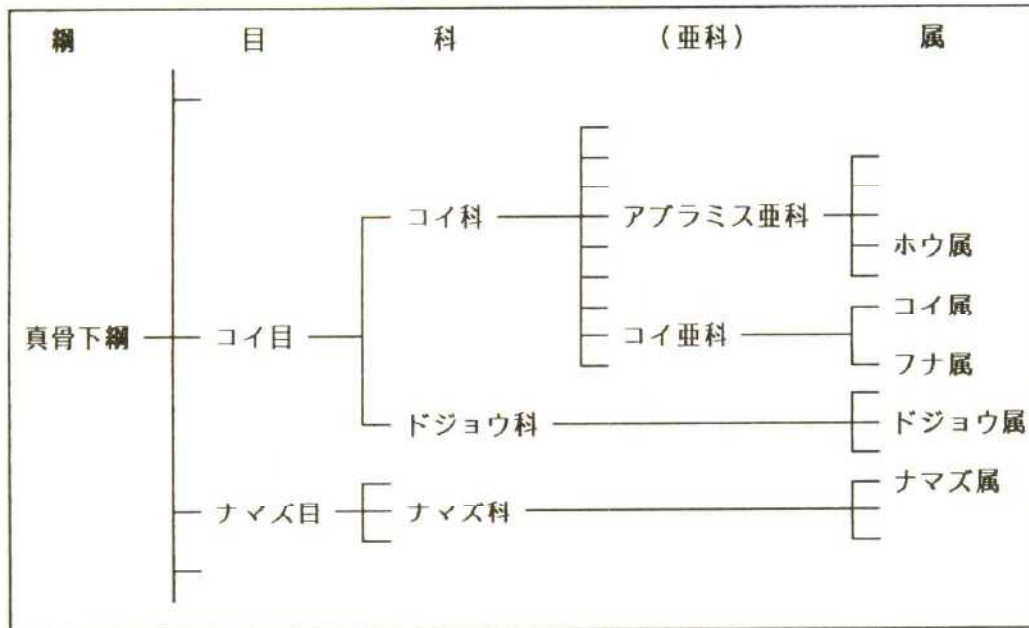


図1. 温水性魚類の分類系統図

一方、奇形率は分類系統的に遠い種の交雑ほど高くなり、特に科間雑種では80%近くが奇形であった。奇形性状は属間雑種、亜科間雑種ではL字型の弱い奇形を、科間雑種ではコマ型の強い奇形を示していた。

したがって、孵化率と奇形率から計算した補正孵化率は、属間雑種では80%台、亜科間雑種では30~40%台、科間雑種では2%台となり、補正孵化率は、孵化率同様、分類系統的に遠い種の交雑ほど小さくなることが明らかになった。

## (2) 外部形態

フナコイの体高：体長比と腸管長：体長比との関係を図2に、体高：体長比と鰓耙数との関係を図3に、腸管長：体長比と鰓耙数との関係を図4に示す。いずれも高い正の相関 ( $r=0.82\sim0.93$ ) があり、体高が高くなると腸管が長くなること、体高が高くなると鰓耙数が多くなること、そして腸管が長くなると鰓耙数が多くなることを示している。これより、フナコイが外部形態上ヘラブナに近いほど植物プランクトン食性に適応していることがわかる。

次に、フナコイフナの体高：体長比と腸管長：体長比との関係を図5に、体高：体長比と鰓耙数との関係を図6に、腸管長：体長比と鰓耙数との関係を図7に示す。いずれも、フナコイほどではないが、高い正の相関 ( $r=0.72\sim0.84$ ) があった。これより、フナコイフナもフナコイ同様、外部形態上ヘラブナに近いほど腸管が長く、鰓耙数が多いことから、植物プランクトン食性に適応していることがわかる。



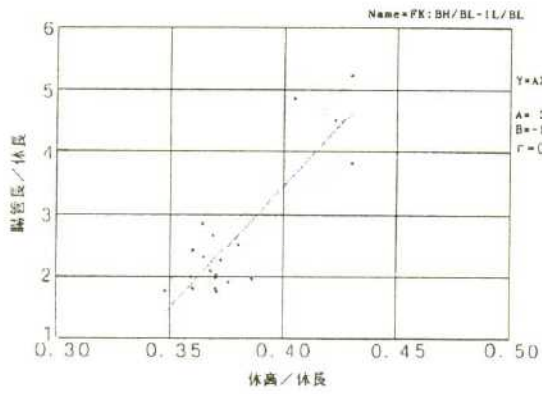


図2. フナコイの体高：体長比と腸管長：体長比との関係

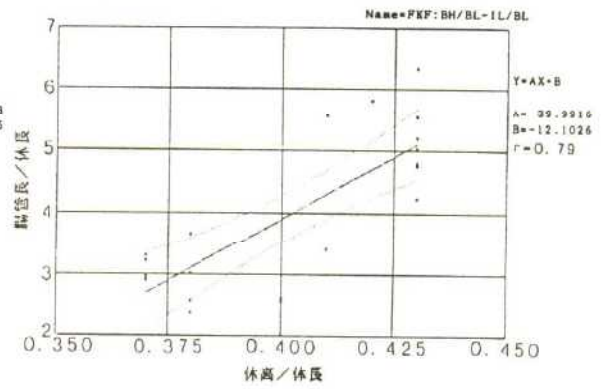


図5. フナコイフナの体高：体長比と腸管長：体長比との関係

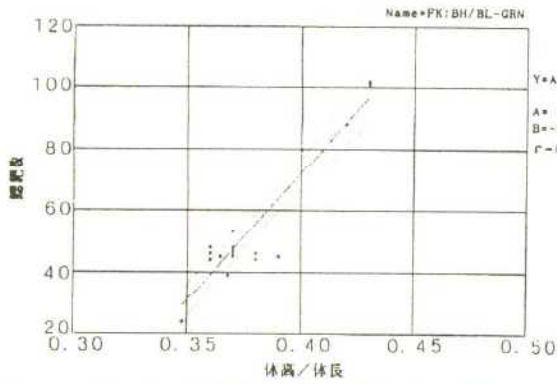


図3. フナコイの体高：体長比と鰓耙数との関係

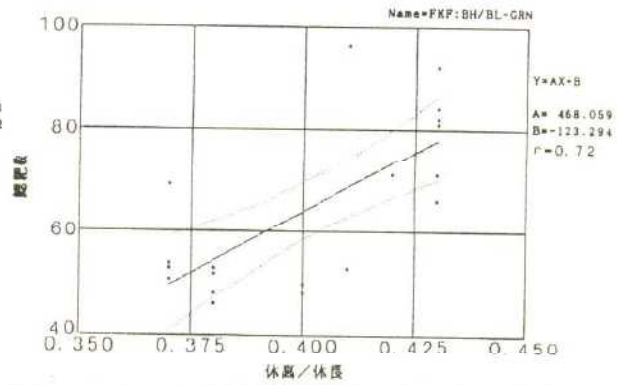


図6. フナコイフナの体高：体長比と鰓耙数との関係

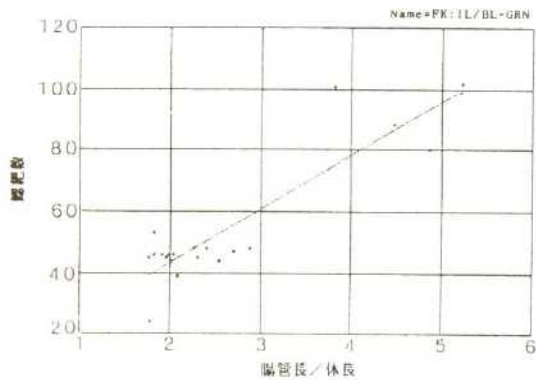


図4. フナコイの腸管長：体長比と鰓耙数との関係

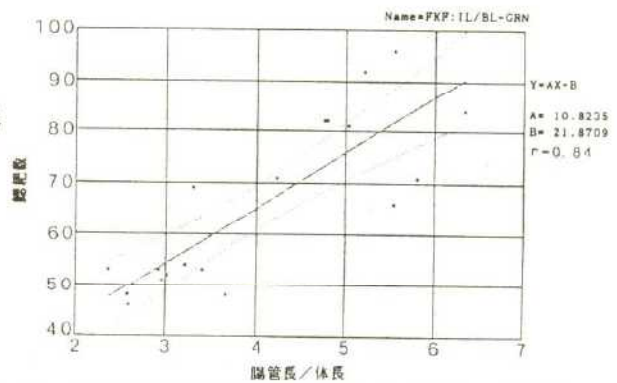


図7. フナコイフナの腸管長：体長比と鰓耙数との関係

フナコイ体高：体長比のヒストグラムを図8に、フナコイフナ体高：体長比のヒストグラムを図9に示す。前者の最高値，最小値，平均値，標準偏差は各々0.43，0.35，0.379，0.0237となり，後者の場合は各々0.43，0.37，0.403，0.0251となった。最大値，最小値，標準偏差はフナコイとフナコイフナとの間で大きな差異がないのに対し，平均値はフナコイフナの方が大きくなっていった。これより，外部形態から見るとフナコイフナの方がヘラブナにより近いと言える。また，フナコイでは単峰性モードとなるのに対し，フナコイフナでは二峰性モードとなっていた。

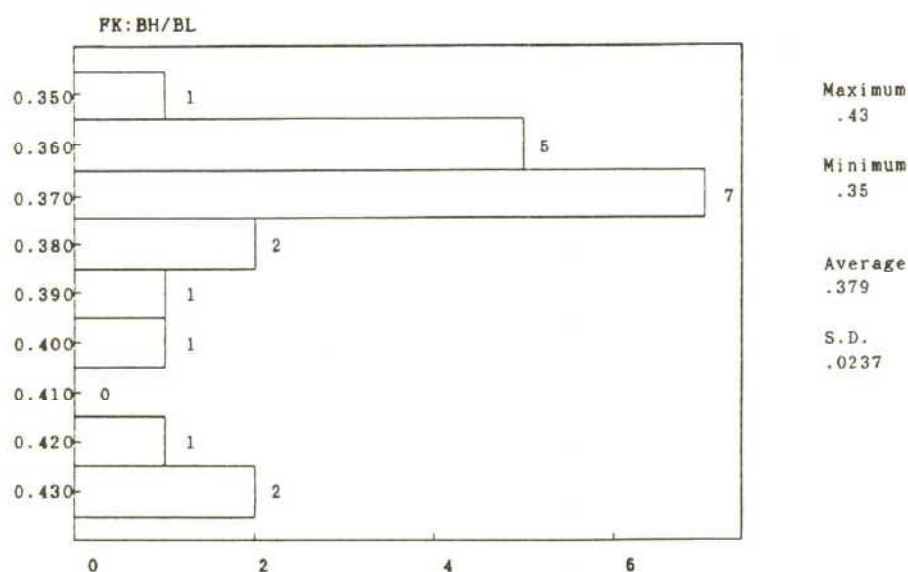


図8. フナコイ体高：体長比のヒストグラム

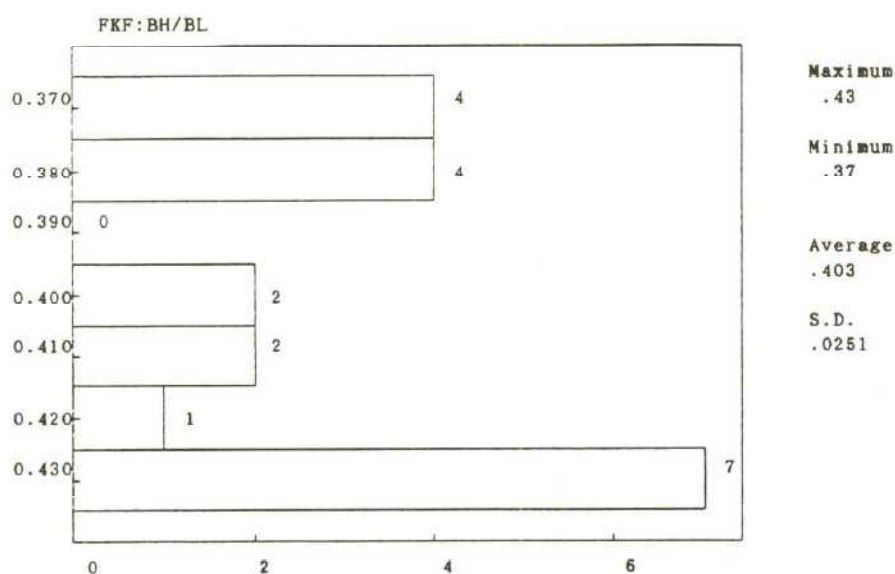


図9. フナコイフナ体高：体長比のヒストグラム

#### 4. 考 察

今回の交雑試験により、分類系統的に遠い種の交雑ほど孵化率は小さくなり、奇形率は大きくなり、補正孵化率は小さくなることが明らかになった。このような傾向は蔡仁達他（1987）の試験結果にも認められる（表2）。すなわち、種間雑種のコクレン♀×ハクレン♂、ハクレン♀×コクレン♂、亜科間雑種のソウギョ♀×ダントウボウ♂を見た場合、孵化率は種間雑種で各々80.0、80.0%、亜科間雑種で72.7%を示している。また、コクレン♀とハクレン♀×コクレン♂の第1代雑種♂との戻し交配雑種（B1）でも84.3%となっている。

表2. 中国における魚類交雑の例（蔡仁達他1987）

交雑の組み合わせ	受精率(%)	孵化率(%)	奇形率(%)	補正孵化率(%)	親魚歩留(%)
コクレン♀×ハクレン♂	95.0	80.0	—	—	—
ハクレン♀×コクレン♂	93.5	80.0	—	—	44.0
ソウギョ♀×ダントウボウ♂	97.6	72.7	—	—	39.1
コクレン♀×ハクコク♂	62.1	84.3	3.8	81.1	47.9
ハクコク♀×コクレン♂	93.1	39.4	7.0	36.6	25.7
ハクレン♀×ハクコク♂	81.8	35.9	7.0	33.4	30.1
ハクコク♀×ハクレン♂	53.0	32.2	8.8	29.4	17.2
ハクコク♀×ハクコク♂	84.4	16.6	10.2	14.9	5.0

注) ハクコク：ハクレン♀×コクレン♂の第1代雑種（F1）

雑種の生活能力の1つの指標である補正孵化率が50%以上になる交雑が魚類育種上の有効な手段と仮定すると、交雑は種間雑種（例えばヘラブナ♀×キンブナ♂）や属間雑種（例えばヘラブナ♀×ヤマトゴイ♂）までに止どめるべきであると思われる。この考えは、尾城（1992）によっても裏打ちされている。すなわち、尾城は交雑種を第Ⅰ型（ほとんど全ての卵が成熟する）、第Ⅱ型（一部の卵は成熟するが、多くの卵は複糸期に達しない）、第Ⅲ型（ほとんど全ての卵が複糸期前で発達を停止する）に分け、近縁種間から遠縁種間の交雑になるにつれて、第Ⅰ型からⅡ型、そしてⅢ型へと推移し、雌の妊性は失われていくと述べている。交雑をもとにした育種では、雑種第1代から第2代以降を継代飼育していく必要があるので、第Ⅰ型の交雑が有効であると考えられる。

外部形態から見た場合、フナコイフナの方がフナコイよりもヘラブナに近いことが類推されたが、これを確認するためにKafuku（1958）のフナ（3型）の形態比較表にコイ、フナコイ、フナコイフナの値を加え、形態の比較を行った（表3）。鰓耙数、側線鱗数、背鰭条数、腸管長/体長、体幅/体高のいずれを見ても、フナコイ、フナコイフナはともにコイとヘラブナの中間値を示していたが、フナコイフナの方がよりヘラブナに近くなることがわかる。これは、フナコイフナがフナコイ♀×ヘラ



表3. コイ、フナ（3型）、フナ・コイ交雑種の形態の比較

(Kafuku, 1958を改変)

形態 \ 型	コイ	キンブナ	ギンブナ	ヘラブナ	フナコイ	フナコイフナ
鰓耙数	25~28	37.8 ± 1.84	48.2 ± 1.81	102.8 ± 8.44	54.3 ± 20.40	65.1 ± 15.90
側線鱗数	36	28.9 ± 0.65	29.4 ± 0.69	31.5 ± 0.90	32.6 ± 1.26	31.8 ± 1.51
背鰭条数	22	12.4 ± 0.42	16.4 ± 0.64	16.7 ± 0.84	19.9 ± 0.94	19.9 ± 0.91
腸管長/体長	1.9	2.7 ± 0.44	3.5 ± 0.40	5.7 ± 0.91	2.6 ± 1.05	4.0 ± 1.24
体幅/体高	0.65	0.64 ± 0.03	0.57 ± 0.02	0.48 ± 0.03	0.51 ± 0.02	0.50 ± 0.03

注) フナコイ；ヤマトゴイ♀×ヘラブナ♂，フナコイフナ；フナコイ♀×ヘラブナ♂

フナ♂の戻し交配雑種 (B1) であることから、ヘラブナの遺伝情報をより多く含んでいるためと思われる。一方、鰓耙数の“ばらつき”の度合いを表わす変動係数（標準偏差/平均値）×100は、フナコイで37.6%であるのに対し、フナコイフナでは24.2%となり、収束に向かっている。

フナコイ及びフナコイフナの利用の仕方としては、ヘラブナの代用品種として用いることが考えられる。そのためには、これらの交雑種が雑種強勢 (heterosis) を有することが前提となり、その検証が早急に必要になってくる。また、外部形態から見てフナコイフナはフナコイよりもヘラブナに近いというものの、鰓耙数を始めとする諸形質の“ばらつき”は依然大きい。フナコイフナの中で優良な遺伝形質を有するものを選抜し、魚類バイオテクノロジーの技術 (クローン化) を用いてこの形質を固定化することも必要になるであろう。

## 5. 要 約

温水性魚類のヤマトゴイ、ヘラブナ、ダントウボウ、ドジョウ及びナマズを用いて交雑試験を行い、以下の知見を得た。

- (1) 孵化率は、分類系統的に遠い種の交雑ほど小さくなる。
- (2) 奇形率は分類系統的に遠い種の交雑ほど高くなり、奇形性状は属間雑種・亜科間雑種ではL字型の弱い奇形を、科間雑種ではコンマ型の強い奇形を示す。
- (3) 孵化率と奇形率から計算した補正孵化率は、分類系統的に遠い種の交雑ほど小さくなる。
- (4) フナコイ・フナコイフナともに、体高が高くなるほど腸管は長く鰓耙数は多くなり、腸管が長くなるほど、鰓耙数は多くなる。
- (5) フナコイ、フナコイフナの鰓耙数、側線鱗数、背鰭条数、腸管長/体長及び体幅/体高は、コイとフナの間値を示す。
- (6) フナコイフナの鰓耙数の“ばらつき”は、フナコイのそれよりも小さくなる。

## 参考文献

- 蔡 仁達 (Cai Renkui) (1987) 魚類的選種, 育種. 蔡仁達主編, 淡水養魚手冊, 541-560. 上海, 上海科學技術出版社, 560pp.
- Kafuku, T (1958) Speciation in cyprinid fishes on the basis of intestinal differentiation, with some references to that among catostomids. Bull. Freshwater Fish. Res. Lab. 8 (1), 45-78.
- 加福竹一郎 (1968) コイトカワチプナの交雑種の研究 I. 交雑種F1の形質解析. 淡水研報18 (1) 21-40.
- 小島 吉雄 (1983) 魚類の雑種とその性能. 魚類細胞遺伝学, 79-92. 東京, 水交社, 453pp.
- 尾城 隆 (1992) 魚類の染色体操作. BIOMedica 7 (3), 20-24.
- 伊 玉華 (Yi Yuhua) (1992) 雑交育種. 淡水魚類新品種的選育, 20-34. 北京, 中国農業科技出版社, 74pp.