

メダカの体色遺伝についての交雑研究 5

～遺伝の法則の確認と遺伝のしくみを利用した珍しいメダカ誕生のしくみ～

浜松日体中学校
3年 庄内美羽

1 研究の動機

小学4年の冬休みにホームセンターのペットコーナーにたくさんの種類のメダカがいるのを見て、飼育してみたくなりました。はじめは、「黒メダカ」「ヒメダカ」「楊貴妃メダカ」「幹之メダカ」「白メダカ」「青メダカ」を飼育しました。小学5年の夏までは、各品種の個体数を増やすことと飼育方法を確立することが主で雑種第一代しか飼育できず、遺伝の規則性を確認することはできませんでした。小学6年では、個体数は少ないながらも各品種の雑種第二代までを飼育し、純系メダカの遺伝の規則性を確認していきました。中学1年では、「黒メダカ」「ヒメダカ」「青メダカ」「白メダカ」4品種の交雑数を増やし、より確実なデータを集めるとともに、雑種第3代、4代・・・と、どのような体色のメダカが出てくるかを調べることにしました。さらに、調べる品種を26品種まで拡大していきました。調べている中で、「2色が混ざったメダカ」「体長が極端に短いメダカ」などの変わったメダカが混ざって誕生することに気がつきました。中学2年では、「2色メダカ」が誕生する理由を探しましたが明確に説明することができませんでした。

そして中学3年では、さらに飼育する個体数を増やすと同時に、今まで4年9ヶ月にわたり飼育したメダカの全データをコンピュータに入力して集計し直し、統計的にまとめることにしました。



2 研究目的

- (1) 体色が異なるメダカの交雑実験を行い、メダカの遺伝の規則性を確認する
(どの体色のメダカがメンデルの遺伝の法則通りに出現するか・・・純系と交雑種の区別)
- (2) 「二色メダカ」「ブチ入りメダカ」等の中間雑種が誕生する確率(＝組換え価)を求める
- (3) 中間雑種が誕生する品種は単なる”雑種”なのかを統計的に処理して探求する
- (4) 体長が短い「ダルマメダカ」(＝体型変異種チデミメダカ)は奇跡的な偶然で誕生するのか、メンデルの遺伝の法則に当てはめて確認する

3 飼育に取り組んだメダカの品種 (26 品種)

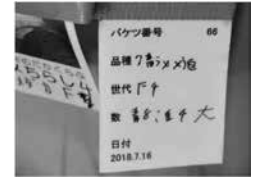
[] 内は体色

- | | | | |
|----------------------|--------------|--------------------------|-----------|
| ①黒メダカ [黒] | ②ヒメダカ [オレンジ] | ③白メダカ [白] | ④青メダカ [青] |
| ⑤久保楊貴妃メダカ [赤] | | ⑥鉄仮面系統青幹之メダカ [青・ヒカリ] | |
| ⑦青ラメちらし幹之メダカ [青・ヒカリ] | | ⑧白系目前メダカ [白] | |
| ⑨出目メダカ [オレンジ] | | ⑩鳳凰メダカ (和歌山産) [うす茶] | |
| ⑪褐色黄金ヒカリメダカ [茶・ヒカリ] | | ⑫紀州三色透明鱗メダカ [三色] (赤・白・黒) | |
| ⑬黒メダカ (浜松産天然) [黒] | | ⑭影黒幹之メダカ [黒・ヒカリ] | |
| ⑮琥珀黄金メダカ [茶] | | ⑯紅帝楊貴妃メダカ 1 [赤] | |
| ⑰金光竜メダカ [金・ヒカリ] | | ⑱鳳凰メダカ (広島産) [うす茶] | |
| ⑲白幹之メダカ [白・ヒカリ] | | ⑳青幹之メダカ [青・ヒカリ] | |
| ㉑紅帝楊貴妃メダカ 2 [赤] | | ㉒朱赤三色錦メダカ [三色] (赤・白・黒) | |
| ㉓小川ブラックメダカ [黒] | | ㉔藍斑すみれメダカ [白・黒] | |
| ㉕黄金三色錦メダカ [黒・オレンジ・白] | | ㉖星河スワローメダカ [青・ヒカリ] (ヒレ長) | |

4 研究方法

季節による水温の変化、日当たりを考慮して3箇所、234個を用いて飼育した。また、調べたバケツにはバケツ番号、品種、世代、数、数えたときの日付けを記入したラベルを貼っていました。中学3年での飼育数は5,680匹でした。また、5年間では14,241匹になりました。

- (1) 屋外（バケツ 12L×170 個、プラ舟 60L×9 個、スチロール 15L×6 個）
- (2) ビニールハウス（バケツ 12L×30 個）
- (3) 屋内（水そう S 12L×13 個、水そう M 20L×4 個、水そう L 60L×2 個）



5 実験結果

(1) メンデルの遺伝の法則が成り立つことの確認

	親〔P〕	雑種第一代〔F 1〕	雑種第二代〔F 2〕
①	黒メダカ × ヒメダカ 雄4匹 雌4匹	すべて黒メダカ 46匹	黒メダカ : ヒメダカ 73匹 【3 : 1】 28匹
②	黒メダカ × 白メダカ 雄4匹 雌4匹	すべて黒メダカ 65匹	黒メダカ : 白メダカ 105匹 【3 : 1】 35匹
③	黒メダカ × 青メダカ 雄4匹 雌4匹	すべて黒メダカ 91匹	黒メダカ : 青メダカ 197匹 【2 : 1】 103匹 ※青が多く出現3 : 1にならず
④	楊貴妃メダカ × 白メダカ 雄2匹 雌2匹	すべて楊貴妃メダカ 126匹	楊貴妃メダカ : 白メダカ 109匹 【3 : 1】 45匹
⑤	青メダカ × 白メダカ 雄4匹 雌4匹	すべて青メダカ 21匹	青メダカ : 白メダカ 132匹 【3 : 1】 50匹
⑥	青ラメ幹之メダカ × 楊貴妃メダカ 雄4匹 雌4匹	青ラメ幹之メダカ : 楊貴妃メダカ 4匹 8匹 ※青と緋色は互いに独立する	青ラメ幹之メダカ : 楊貴妃メダカ 17匹 【1 : 1】 21匹 ※優性・劣性の区別つかない

これらの結果から【黒】【緋色】【青（ヒカリ）】【白】の体色には2遺伝子雑種の関係があり、メンデルの遺伝の法則が成り立つ。また、各体色純系の遺伝子型は、大文字を優性とする、

黒メダカ〔AABB〕、ヒメダカ（＋楊貴妃）〔AAbb〕、青メダカ（＋青ラメ）〔aaBB〕、白メダカ〔aabb〕
優性 黒 > 緋色（オレンジ） = 虹色（青・ヒカリ） > 白 **劣性**

と表わすことができる。

(2) メンデルの遺伝の法則だけではうまく説明がつかない場合

ア ブチメダカが生まれるケース・・・「ブチ遺伝子ができたケース」

	親〔P〕	雑種第一代〔F 1〕	雑種第二代〔F 2〕
⑦	黒メダカ × 楊貴妃メダカ 雄4匹 雌4匹	すべて黒メダカ 17匹	黒メダカ : 赤黒ブチ入りメダカ : 楊貴妃メダカ 51匹 1匹 6匹 【黒 : ブチ＋緋色 = 7 : 1】
⑧	青ラメ幹之メダカ × 白メダカ 雄4匹 雌4匹	すべて青ラメ幹之メダカ 32匹	青ラメ幹之メダカ : 白黒ブチ入りメダカ : 白メダカ 50匹 1匹 17匹 【青 : ブチ＋白 = 3 : 1】

→ 「組み換え」が起きたと考えられるが、⑦はF 2の比率から他品種混入も考えられる。

イ 2色メダカが生まれるケース・・・「透明鱗遺伝子ができたケース」

	親〔P〕	雑種第一代〔F 1〕	雑種第二代〔F 2〕
⑨	青ラメ幹之メダカ × 影黒幹之メダカ 雄4匹 雌4匹	すべて影黒幹之メダカ 3匹	青ラメ幹之メダカ：黒と青ラメが半々メダカ：影黒幹之メダカ 15匹 2匹 40匹 【黒：青＝3：1】
⑩	黒メダカ × ヒメダカ 雄4匹 雌4匹	すべて黒メダカ 46匹	黒メダカ：黒と緋色の中間メダカ(赤が強い)：ヒメダカ 73匹 2匹 28匹 【黒：緋色＝3：1】

→ ⑨⑩ともに「組み替え」が起き、透明鱗遺伝子が出現したことで2色が同時に現れたと考えられる。⑩は緋色がより赤く見える。これは楊貴妃メダカ誕生の理由と考えられる。

ウ 中間雑種が生まれるケース・・・「非透明鱗遺伝子ができたケース」

	親〔P〕	雑種第一代〔F 1〕	雑種第二代〔F 2〕
⑪	青ラメ幹之メダカ × 白メダカ 雄4匹 雌4匹	すべて青ラメ幹之メダカ 27匹	青ラメ幹之メダカ：青ラメと白の中間メダカ：白メダカ 53匹 5匹 28匹 【青：白＝2：1】
⑫	小川ブラックメダカ × 白メダカ 雄4匹 雌4匹	すべて小川ブラックメダカ (約50匹)	まっ黒：濃いグレー：青(薄いグレーにも見える)：白 約200匹生まれたF2は中間色が多数現れた (小川ブラック×青のF2でも同様に中間色が現れた)

→⑪⑫ともに「組み換え」が起き、非透明鱗遺伝子が出現したことで中間雑種が誕生したと考えられる

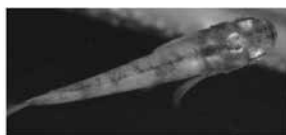
エ 体長が短い「ダルマメダカ」が多数発生したケース

・・・体型変異種チヂミメダカ fused 遺伝子(fu)の遺伝

	親〔P〕	雑種第一代〔F 1〕	雑種第二代〔F 2〕 ※は温度条件による
⑬	白目前メダカ × 白目前メダカ 雄4匹 雌4匹	すべて白目前メダカ 80匹	すべて白目前メダカ(2019年5月頃に誕生した個体) 通常の白メダカ：半ダルマメダカ：ダルマメダカ 220匹 40匹(中間) 15匹 〔WW〕or〔Ww ^{fu} 〕 〔w ^{fu} w ^{fu} 〕※ 〔w ^{fu} w ^{fu} 〕

→ダルマメダカ(＝体型変異種チヂミメダカ)は普通体型に対して劣性の形質で遺伝子(w^{fu})が常染色体に位置することが分かっています。また、高温環境(28℃～32℃)で発生すると、突然変異でダルマ型が生まれやすい。今回も水温が高い時期に発生した。(参考文献(3)：「メダカ日誌」)

写真解説



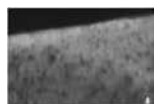
交雑⑧：白黒ブチ入り



交雑⑨：青と青ラメが半々



交雑⑩：黒と緋色の中間(強赤)／拡大写真



交雑⑪：青ラメと白の中間(白ラメ)



交雑⑬：半ダルマメダカ(左)



／ ダルマメダカ(右)



交雑⑫：小川ブラックと白の中間雑種

6 まとめ

(1) メダカの遺伝の規則性を確認した結果

ア メダカには黒・緋色・白・虹色（ヒカリ・青）の4色があり他の色はこの4色の組合せで発色している。よって、純系メダカは、⑬黒メダカ、②ヒメダカ、③白メダカ、④青メダカ。

F2の組合せは、黒：白＝3：1、黒：赤＝3：1、赤：白＝3：1、青：白＝3：1、赤：青＝1：1となった。これらの間には、

優性 黒>緋色＝虹色>白 **劣性** の優劣関係があり、メンデルの遺伝の法則と一致する。

イ 純系ではないメダカは、⑤楊貴妃メダカ、⑨出目メダカ（緋色）、⑦青ラメ幹之メダカ、⑭影黒幹之メダカ、⑮琥珀黄金メダカなどがある。品種としては固定ができていて子も同じ体色で生まれてくる。

- ・「青メダカ」は黒少し＋白＋ヒカリ
- ・「影黒幹之メダカ」は黒＋ヒカリ
- ・赤が強い「楊貴妃メダカ」はヒメダカの色素が強い系統を代々、選別した個体
- ・「琥珀黄金ヒカリメダカ」は黒＋オレンジ＋ヒカリ

珍しいメダカは、うろこの色を交雑（色素胞の遺伝により）して生み出している

(2) 「二色メダカ」や「ブチ入りメダカ」などの中間雑種が誕生する確率（＝組換え価）は

- ・ 赤と黒＝1.72%
 - ・ 白と黒＝1.47%
 - ・ 黒と緋色＝1.77%
 - ・ 青と黒＝3.51%
 - ・ 青ラメと白＝5.81%
- であった。

特に、交雑により品種改良され固定された種どうしの雑種では中間雑種が出やすい。

(3) 中間雑種が誕生する品種も統計的に処理するとF2の個体数は、

優性：劣性＝3：1となり、体色の遺伝は「メンデルの遺伝の法則」の通りである。

(4) 体長が短い「ダルマメダカ」（＝体型変異種チヂミメダカ）は奇跡的な偶然で誕生するのではなく、常染色体にある劣性遺伝子（w^f）がホモ（同じ染色体が2つそろふこと）となった時に出現する。ここまでは「メンデルの遺伝の法則」の通りである。ただし、発生時の水温が低いと普通体型に戻ってしまうことが多い。今回の発生実験でも、5月下旬以降に生まれたメダカの中からダルマメダカが多く発生した。この部分については「メンデルの遺伝の法則」はあてはまらない。

7 感想・考察

前回までは、メンデルの遺伝の法則が成り立つ品種を中心に研究を進めてきましたが、今回からはメダカ専門店が高値で売られている品種（複雑な交雑を経て固定された美しいメダカたち）についても遺伝の規則性がないかを、とことん調べました。そして、これらの珍しいメダカにも発生の仕組みがあり、規則性に気づけば自分でも作れることに気づきました。あと少しでトップ・ブリーダーの仲間入りです。今後も学校で学んだ遺伝の法則と、自宅の設備を利用し、美しいメダカを生み出していきたいと思います。

ただし近所に配ったり、売ったりすることは種の保存の観点からみてもよくないので行いません。二色メダカどうしの子（F1）には二色メダカが多く出た。一度、組み替えが起こると安定して同じに色のメダカが誕生すると考えられます。F2以降も誕生させ固定率を調べていけば、美しく仕上がった品種を選別して、“新品种”として固定していくことができると推察します。

8 参考文献

- (1) フォトサイエンス生物図録（数研出版）平成14年4月1日発行第9版
- (2) 基礎生物学研究所（大学共同利用期間法人・自然科学研究機構）
「メダカの体を黄や白に彩る色素細胞の多様性を生み出す仕組みが明らかに」
- (3) 小山メダカセンター「メダカ日誌」ブログ記事 <http://blog.oyama-medaka-center.com/?cid=17>
- (4) 未承認の遺伝子組換えメダカの回収のお願いについて（環境省）<https://www.env.go.jp/press/6802.html>
- (5) 5万匹の実験用メダカ最先端の生命科学を支える 愛知の基礎生物学研究所（産経WEST）2017年8月4日
- (6) 「高校生物」連鎖・組換え価の計算・三点交雑・染色体地図の問題の解き方 <https://biology-manabiya.net/ch-11/>
- (7) 改良メダカの系統図 Ver.5（メダカの館）<https://www.medakanoyakata.jp/?mode=f96>
- (8) 改良メダカを「遺伝子の特徴」という視点から考える①～⑤（ヒロハル日記）<http://freeblog.kurauchi.jp/?eid=47>