

1 授業時間でのメダカの産卵観察法の開発

—20分以内に産卵を観察するには—

Method for observation of spawning behavior in Medaka fish during 1 school class

田丸 理恵¹・古屋 康則²

Rie Tamaru and Yasunori Koya

¹〒509-6251 瑞浪市日吉町2370番地の1 瑞浪市立日吉小学校

²〒501-1193 岐阜市柳戸1-1 岐阜大学教育学部 理科教育

TEL: 058-293-2255 (Email: koya@gifu-u.ac.jp)

要 約

小学校第5学年の理科では、魚の誕生について学習する。多くの場合、教材として用いられるのはメダカである。児童がメダカの産卵の瞬間を観察することは、児童による問題解決のためにも、大いに意義がある。しかしながら、教科書の指導書をはじめ、いくつかの文献で示されているこれまでの産卵観察方法では、午前の早い時間に2時間程度の余裕をもった観察が必要であった。そこで、本研究では、午後からであってもメダカの産卵を1授業時間内の観察に許容される20分をめぐりに観察できるように教材開発および授業実践を行った。その結果、水温および明暗調節を少なくとも5日前から行い、観察時には遮光シールを貼った水槽を用い、部屋を暗くして水槽上部から照明を当てて観察すれば、高い確率で産卵行動を観察できることが示された。

1. はじめに

学習指導要領の改訂から、理科教育の目標に「実感を伴った」という文言が付け加えられ、観察・実験や問題解決の過程がより重視されてきた(文部科学省, 2008)。しかし、生物分野における観察・実験は、相手が生き物だけに、視点、時期、タイミングが重要であり、見せたい事象・現象を子どもたちにタイミングよく、実際の生き物で、目の前で、見せられないことが多々ある。そのため、興味・関心や適切な考察の基盤となる、「児童が自らの諸感覚を働かせて、観察、実験などの具体的な体験を通して自然の事物・現象について調べることにより得られる実感を伴った理解」、および「知識や技能の確実な習得に資する自ら問題解決を行ったという実感を伴った理解」を得るのも難しいことが多い。生物分野の中でも、自由に動き回る動物の観察・実験は特に困難で、児童による問題解決をより難しいものになっている。

小学校第5学年の理科では、魚およびヒトの誕生について学習し、生命の連続性についての

見方や考え方を養う。魚の誕生では、多くの場合、教材として用いられるのはメダカ(現在はミナミメダカとキタノメダカの2種に分けられている)である。児童はこの単元でメダカには雌雄があること、雌が卵を出し、雄は精子を出すこと、卵と精子が結びついて受精し、生命が誕生すること、卵の中でメダカの子どもが成長してかえることを学習する。産卵の瞬間を観察することは、雌雄差および受け継がれていく生命への実感を伴った理解のためには極めて重要である。また、生命への愛着を高め、児童による問題解決を進めるためにもおおいに意義がある。

メダカの主な産卵行動は、Ono et al. (1957)、岩松 (2006)、および小林ほか (2012) によって次のように段階分けされている: ちかづき (approaching), したがい (following), 求愛定位 (positioning), 頭上げ I (head-up I), 求愛円舞 (quick circle), 頭上げ II (head-up II), 浮上がり (floating), 交叉 (contact), 抱接 (wrapping), ふるわせ (quivering), 放卵 (egg release), 放精 (sperm release), 受精 (fertilization),

はなれ (leaving).

高野ほか (1974) による研究では、毎日産卵を確認しているメダカであれば、明暗調節後7日目には90%の個体が明期開始後1時間以内に産卵すると述べている。しかしながら、教科書の指導書をはじめ、幾つかの文献で示されているこれまでの産卵観察方法では、メダカの産卵期でさえ、午前中の早い時間に2時間程度の余裕をもった観察が必要であるとされてきた (古屋・恩地, 2002)。いくら興味・関心があったとしても、1~2時間も集中して観察することは、児童にとっては大変困難である。また、求愛円舞の頻度については午前と午後を比較しても有意な差は認められないとされている (小野ほか, 1955) が、産卵については経験的に自然の光周期下では午後には観察しにくいことが多かった。

実感を伴った理解を得るためには、産卵行動だけでなく、卵、精子、受精、新たな誕生までを1授業時間内に学習することが望まれる。そこで、本研究では、メダカの産卵を1授業時間内の観察に許容される20分をめぐりに観察できるよう、教材開発を行った。授業実践については既に報告済みである (加藤, 2014) ので、本報告では実践に至るまでの工夫と予備実験の詳細、実践時のメダカの産卵の様子について解析した結果を考察した。

2. メダカの飼育と産卵の予備観察の方法

実験は2013年5~6月に行った。使用したミナミメダカ (*Oryzias latipes*; 以下単に「メダカ」) は2013年4月に岐阜大学教育学部・淡水魚飼育施設で数年間継代飼育されているもの、および同年4月末~5月に岐阜県瑞浪市において児童と共に採取したものである。これら2つの起源が異なる個体群を遺伝的な違いに配慮して (古屋ほか, 2011) 交配が起きないように分けて屋外で飼育した。雄については成熟体長に達しているものを選抜した。雌については産卵を確認できたもの、および体長や腹部が大きいものを選抜した。後に述べる授業実践では、同年6月初旬の午後14時半頃からの観察を予定していたので、選抜された雌雄各10個体程度について、水温26.0~27.0℃のもと、明期が14:00~04:00の

14時間、暗期が04:00~14:00の10時間となるように明暗周期を調節して暗室内で飼育した。屋内で飼育を開始してからは、毎日雌が放卵したか否かを確認した。明暗周期の調節を開始してから1~9日目に、以下の方法により産卵の予備観察を行った。

産卵観察には百元ショップで市販されているプラスチック製の透明飼育容器 (虫かご: 幅16cm×奥行9cm×深さ10cm) を用いた (図1)。実際の授業では、全員に確実に産卵を観察させたいため、はじめは個々の水槽を観察していても、どこかの水槽で産卵が始まれば全員がその水槽へ移動して観察させる必要がある。その場合には、メダカが人の動きに驚いて産卵をやめてしまう可能性が考えられた。そこで、観察用水槽には水槽内のメダカから外側の観察者が見えにくくするために、水槽外面にガラス用遮光シール (アサヒペン: 品番SG-2) を貼った (図1)。観察時には観察者が上から水槽を覗き込まないように、実験台の上に椅子を置き、その上に産卵観察用水槽を設置した。遮光シールを貼ることで観察者からも水槽内が見えにくくなるため、観察時には部屋を暗くし、水槽の上から照明を当てた。

横田ら (2011) によると、同一水槽内に複数の雄がいると繁殖行動をとらない場合が多いので、同一水槽内の雌雄は1個体ずつとした。雌雄は少なくとも前日には隔離しておいた。岩松 (2014) は、雄を導入した水槽に雌を導入している。これは、メダカの産卵の際には雄が鍵刺激



図1. 観察に使用した遮光シール, 水槽, および観察用水槽.

1 授業時間でのメダカの産卵観察法の開発

を雌に与えることが必要であり、雄が新しい環境におびえて動けないと産卵に至ることはできないからではないかと考えた。そこで、本研究でも、まず観察用水槽に雄を1個体入れ、泳ぎ始めたのを確認してから雌を1個体導入した。観察の開始は明期が開始する14:00以降に担当授

業の合間を縫って実施し、明期開始からの時間が経ちすぎると産卵しにくくなる可能性を考え、18:00までとした。観察に要した時間として、雄を水槽に導入した時刻から「はなれ」までの時間を計測した。計測は20分以内とし、20分で産卵しない場合には観察を打ち切った。

表 1. 水温および明暗周期調節からの日数経過による雄導入から「はなれ」までに要した時間。

調節日数	雄導入時刻	同一開始時刻使用ペア数	「はなれ」までの時間*	備考
1	14:35	1	13分25秒	
1	14:35	1	—	
1	15:26	1	2分32秒	
1	15:26	5	—	
1	15:30	4	—	
2	14:20	1	17分12秒	調節後放卵していない雌
2	14:50	1	—	調節後放卵していない雌
2	15:24	1	—	調節後放卵していない雌
2	15:48	1	—	調節後放卵していない雌
2	16:15	1	—	調節後放卵していない雌
2	16:37	1	—	
3	16:14	1	5分14秒	シールなし水槽を使用
3	16:23	5	—	
3	16:24	1	—	
4	15:23	1	17分35秒	
4	15:23	4	—	
4	16:33	1	1分40秒	
4	16:33	1	—	
5	17:13	1	3分01秒	
5	17:13	1	3分01秒	
5	17:13	1	6分43秒	
6	16:00	1	5分34秒	腹部が極めて大きい雌
6	16:12	1	4分31秒	
6	16:23	1	3分06秒	
6	16:30	1	—	
6	16:57	1	—	シールなし水槽を使用
6	17:18	1	—	
7	17:05	1	5分57秒	前日放卵・放精した雌雄
7	17:19	1	—	腹部が極めて大きい雌
7	17:41	1	—	
8	14:45	1	5分10秒	
8	14:55	1	7分45秒	
8	15:05	1	8分40秒	
8	15:20	1	—	前日放卵・放精した雌雄
8	15:58	1	7分19秒	
8	16:10	1	—	
9	14:35	1	1分38秒	
9	14:35	1	3分58秒	
9	14:35	1	6分34秒	
9	14:35	1	8分57秒	

* 観察は20分で終了したため、20分以内の産卵のみを表示。

3. 産卵の予備観察の結果と産卵観察法の検討

表1は、水温および明暗周期の調節を実施してからの日数と、産卵観察用水槽内で産卵が起きるまでに要した時間を表したものである。明暗調節1日後には12ペアで観察を試みたが、20分間で産卵したのはわずか2ペアのみであった。2日後には6ペアで観察を試みたが、1ペアしか産卵しなかった。3～4日目にはそれぞれ7ペアで観察を試みたが産卵したのは1～2ペアのみであった。5日目になると観察した3ペア全てで20分以内に産卵が見られた。6日目には8ペアで観察を行い、3ペアで20分以内に産卵が見られた。7日目には3ペアで観察したが、20分以内に産卵したのは1ペアのみであった。8日目には6ペアで観察し、4ペアで20分以内に産卵が見られた。9日目には観察した4ペア全てで20分以内に産卵が見られた。

遮光シールを貼っていない通常水槽でも観察を行ったが、3日目には産卵を観察できたものの(表1; 備考欄参照)、6日目には観察者が動いたために驚いて水槽の底に留まってしまった(表1; 備考欄参照)。遮光シールを貼った通常的水槽では観察者が動いても大きな物音がしない限りはメダカの様子に変わりはない。

以上のことから、20分以内に産卵の観察をするには、明暗調節を開始してから少なくとも5日は経過した個体を用いる必要があると考えられた。また、明暗調節後5日目の産卵に要した時間は平均4分15秒であった。予備実験により、遮光シール使用の効果に加え、室内を暗くして水槽上部から照明をあてたことも産卵までの時間短縮に効果的であったと考えられる。そこで、授業時間内でのメダカの産卵の観察法として図2の方法が有効であると考え、授業実践で用いることにした。

4. 研究授業での実践

授業実践は2013年6月7日、岐阜県瑞浪市教育研究会小中合同理科部会の研究授業の際に、岐阜県瑞浪市立日吉小学校第5学年11名を対象に行った。実践には、2013年5月に岐阜県瑞浪市において児童と共に採取したメダカを用い、児童には一人2個体をマイメダカとしてマイ水

槽で飼育させた。マイ水槽とは、前述した市販のプラスチック製の透明飼育容器と同じものであり(図1)、児童11人分を用意し、児童が自分だけの環境づくりができるようにしたものである。本単元の学習の前に各自に性別に関係なく

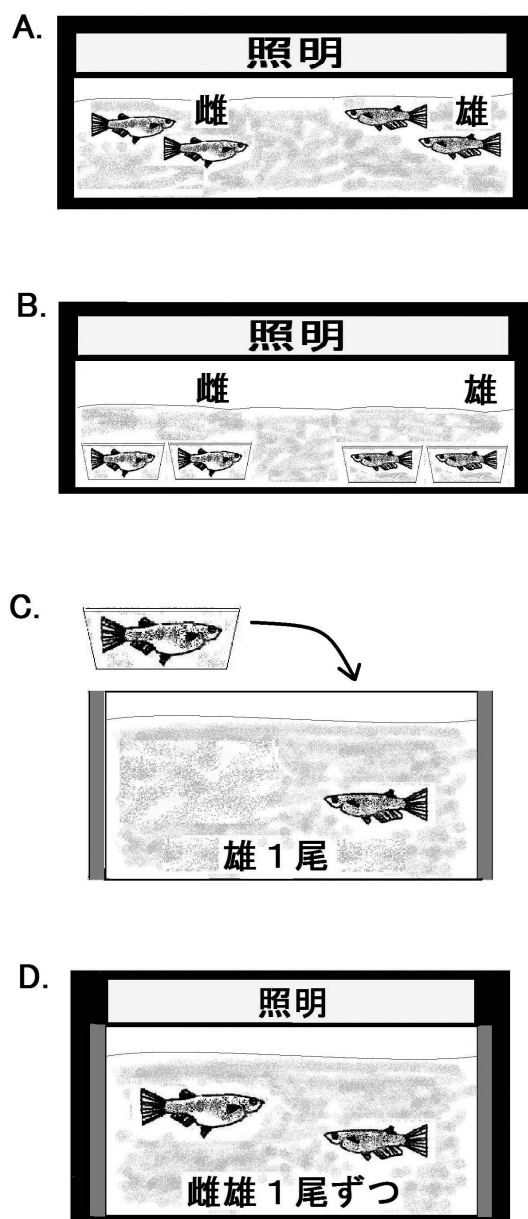


図2. 産卵の観察方法。

- A: 観察予定日の5日前に暗室に入れ、水温26.0-27.0℃、明期14時間、暗期10時間で飼育する。明期の開始時刻は観察予定時刻にしておく。
- B: 観察予定日前日の明期がおわる頃に雌雄を隔離する。
- C: 観察時にまず雄を観察用水槽に入れる。
- D: 周囲を暗くし、水槽の上から照明を当てる。雄が泳ぎだしたら雌を入れる。

マイメダカを各自が2個体ずつ選んだ。雌雄が混在している水槽もあれば、どちらか一方の性のみの場合も予測されたので、雌雄の区別を学習した後に雌雄各1個体が必ずそろようようにした。また、児童には、生き物を飼う留意点として、放流などは決して行わず、最後まで世話をしきを確認した(古屋ほか, 2011)。児童はマイメダカに名前をつけたり、マイ水槽に水草や田んぼの土をいれたりして愛着をもって大切に育てた。

産卵の観察が午後であることに加えて、さらに本実践での産卵観察の成功を難しくさせたのは、このマイメダカを用いたことであった。産卵可能な腹の大きな雌や行動的な雄を教師が選べるわけではなく、自然界から採取して児童が無作為に選んで飼育しているマイメダカでの産卵の観察を授業で実践するには、メダカが産卵できるまでに時間をかけて十分成長させておく必要があった。そこで、児童に少量の餌を1日に3~4回与えると成長が速いことを教えた結果、飼育し始めて1ヶ月程で、どの雌もマイ水槽内で産卵するようになった。

メダカは早朝に産卵していることが多いことを飼育する中で児童は知った。そこで、明暗調節をすれば見たい時間に産卵が観察できるかもしれないことを伝え、産卵の観察予定日の7日前の5月31日に児童の手でマイメダカを暗室に入れ(図2A, 図3)、その後も平日は児童が飼育を続けた。観察前日の6月6日に百円ショップで購入した食品用のプラスチック製蓋つきパック容器(直径12cm × 深さ6cm程度の円柱状)に上部に5ヶ所ほど穴をあけて1個体ずつ分けて入れ、水温調節のために容器ごと90cm水槽に入れた(図2B, 図4)。

6月7日、研究授業の当日、瑞浪市内の小中学校の理科の教員20名ほどが集まる中、14:15分から授業を開始した。児童は「雌のお尻から卵が出る」という考えと、「雄が何をしているのか?」という疑問もっていた。その予想と疑問をもとに、14時半から予め人数分用意しておいた前述の観察用水槽にまず雄を入れ(図2C)、雄が泳ぎ始めてから雌を入れ、水槽の内側からは見えにくく、外側から見えやすいように上から照



図3. 授業実践のための明暗調節の様子。

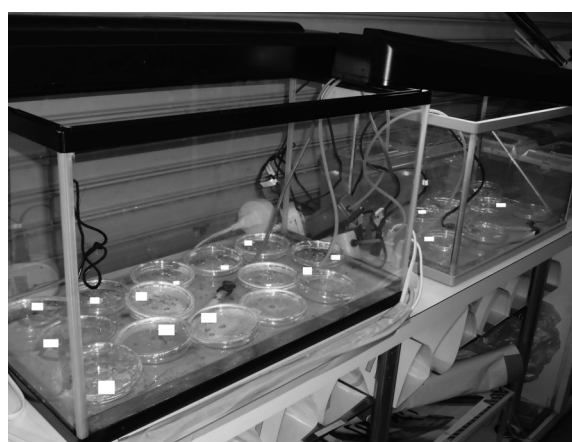


図4. 授業実践前日の隔離の様子。

明を当てて観察を行った(図2D)。児童のマイメダカ全てが20分以内に産卵するとは考えにくかったため、変わった様子があれば教師に知らせ、雄が雌を追ったり、雌の前を回る求愛円舞(Ono and Uematsu, 1957)をしたりする様子を確認したら他の児童を呼んで全員で観察することにした。研究授業の様子をビデオで撮影しておき、授業が終了した後で、雄の導入から産卵までの時間等をビデオ映像から測定した。

実感を伴った理解を図るためには、産卵行動だけでなく、卵、精子、受精、新たな誕生までこの時間中に学習する必要があったため、20分弱ほどの観察時間になってしまったが、大勢の見守り中であっても11ペア中、4ペアで産卵行動が起きた(表2)。20分以内に産卵した4ペアの所要時間は平均16分45秒であった。また、正確な時間は不明であるが、雄を水槽に導入後30分以内にほとんどの水槽で産卵が終了していた。

表2. 授業実践時*1における雄導入から「はなれ」までに要した時間.

「はなれ」までの時間*2	備考
12分05秒	
16分20秒	
19分29秒	
19分頃	他の水槽を観察中に産卵

*1明暗調節を開始してから7日経過した個体を使用.

*2観察は20分で終了した. ビデオ映像により計測.

5. 考察

産卵の予備観察の結果から、通常とは異なる明暗周期(約10時間遅れ)にさらされた産卵期のメダカでは、体内時計および生殖機能の順応にかかる期間が5日程度であることが示唆された。高野ほか(1974)によると、明期の開始を14時間遅らせると、調節開始後7日で約90%の個体が産卵するという。従って、観察時刻が通常産卵する早朝より遅くなればなるほど、順応にかかる時間は長くなることも考えられるが、事前に観察時刻に合わせた明暗処理を施すことは、より短時間でメダカに産卵させられる良い方法であるといえる。

予備実験において、明暗調節後5~9日目までに産卵したペアでの産卵までに要した時間の平均は5分28秒であった。これは、古屋・恩地(2002)の結果(平均24.5分)に比べて著しく短いものであった。また、水槽の大きさは本研究とほぼ同じで遮光シールを使用せずに観察を行った山田(2004)の報告では、産卵までの時間が予備実験で平均9.5分と記されている。本研究の予備実験では、山田(2004)よりもさらに短い時間で観察することができた。このことから、観察水槽に遮光シールを貼ることは有効であると考えられる。

本研究では、遮光シールを用いるとともに、周囲を暗くして水槽の上部から照明を当てて観察を行った。予備実験の際に、観察開始6日目であっても、遮光シールを貼っていない水槽では、観察者が動くことでメダカが驚いて水槽の底に身をひそめてしまい、産卵することはなかったのに対し、遮光シールを貼った水槽ではメダカ

の様子に変わりがなかった。このことは、遮光シールを用いるとともに水槽上部から照明を当てることによって、メダカからかは観察者がほぼ見えないことを示唆している。授業など多数の観察者がメダカの産卵を観察するには、この方法が適していると言える。

授業実践では7日間の明暗周期の調節を施した個体を用い、1授業時間内に許容される20分程度の観察時間内で11水槽中4水槽においてメダカが産卵した。4水槽での産卵までに要した時間は平均16分45秒であった。山田(2004)の例では、遮光シールを貼らずに明るい部屋での授業実践において8水槽中6水槽で産卵を観察し、その平均時間は19分であったという。本研究での授業実践では、観察時間を20分で打ち切っているため、観察できた水槽数は少なかったが、観察できなかった水槽でも、30分以内にはほとんどの水槽で産卵が起きていた。また、研究授業であったため児童以外に多くの参観者が周囲を取り巻いていた環境を考えると、遮光シールを貼って部屋を暗くし水槽上部から照明を当てる方法が極めて有効であったと言える。

小野ら(1955)は、求愛円舞の頻度の個体差が非常に大きいと述べている。また、Okuyama et al.(2014)は、交尾前に雌雄1尾ずつが互に見える状態で隔離しておくとそのペアの交尾までの時間が短くなることを報告している。今後は求愛円舞の頻度が高い雄を選び、産卵させるペアを前もって決めておき、他の個体が見えない状況で飼育し、雌雄を隔離するときにも互が見えるようにしておくことで、さらに産卵観察までの時間が短くなることが期待できる。

謝辞

研究授業の模様をビデオ撮影していただいた岐阜大学大学院教育学研究科の松野綾野さん、並びに岐阜大学教育学部理科教育の川尻純菜さん(現、聖マリア女学院中学校・高等学校教諭)には、この場を借りて厚く御礼申し上げます。

引用文献

- 岩松鷹司. 2006. 新版メダカ学全書. 大学教育出版, 473 p.
- 岩松鷹司. 2014. 理科の教材としてのメダカの適切な活用—五年生の理科「メダカのたんじょう」—. 愛知教育大学教育創造開発機構紀要, 4: 37-46.
- 加藤理恵. 2014. 実感を伴った理解を図る理科学習の創造～「魚のたんじょう」の単元を通して～. 平成25年度岐阜県小中学校教育実践研究入賞論文集, 第29集, 23-24.
- 小林牧人・頼経知尚・鈴木翔平・清水彩美・小井土美香・川口優太郎・早川洋一・江口さやか・横田弘文・山本義和. 2012. 屋外池における野生メダカ *Oryzias latipes* の繁殖行動. 日本水産学会誌, 78: 922-933.
- 古屋康則・恩地理恵. 2002. メダカの交接・産卵行動の観察法. 岐阜大学教育学部研究報告, (自然科学), 26: 19-22.
- 古屋康則・仲澤和馬・三宅崇. 2011. 小学校理科においてメダカを教材として利用する際の利点と留意点. 岐阜大学教育学部研究報告 (自然科学), 35: 97-103.
- 文部科学省. 2008. 小学校学習指導要領解説理科編. 大日本図書, 105 p.
- Okuyama T, Yokoi S, Abe H, Isoe Y, Suehiro Y, Imada H, Tanaka M, Kawasaki T, Yuba S, Taniguchi Y, Kamei Y, Okubo K, Shimada A, Naruse K, Takeda H, Oka Y, Kubo T, Takeuchi H. 2014. A neural mechanism underlying mating preferences for familiar individuals in medaka fish. *Science*, 343: 91-94.
- 小野嘉明・植松辰美. 1955. ヒメダカ *Oryzias latipes* の性行動についての一, 二の実験. 動物心理学年報, (5): 57-62.
- Ono Y, Uematsu T. 1957. Mating ethogram in *Oryzias latipes*. *J. Fac. Sci. Hokkaido Univ., VI, Zool.* 18: 197-202.
- 高野和則・春日清一・佐藤茂. 1974. 人工光周期下におけるメダカの生殖周期. 北海道大学水産学部研究彙報, 24: 91-99.
- 山田真紀. 2004. 生命の誕生を実感させるための観察の工夫～第5学年「魚や人のたんじょう」を通して～. 理科教育51 (平成16年度版), <http://www.gifu-net.ed.jp/kyoka/rika/syo-rika/h16/kenkyuin/16-3-yamada.pdf>
- 横田弘文・江口さやか. 2011. メダカの繁殖条件に関する基礎的検討：産卵行動における性比および水温の役割. 神戸女子学院大学論集, 58: 123-130.