

左上一箇所でホチキス留め

受付番号: SE0891  
エントリーID: 2032

筑波大学

朝永振一郎記念

## 第 15 回「科学の芽」賞 応募用紙

受付番号 : SE0891

応募部門 : 小学生部門

応募区分 : 個人応募

題名 : ザリガニの脱皮の研究(5) 満月が脱皮を引き起こすメカニズムの探索とふ化直後の脱皮の観察

学校名 : 茨城県つくば市立竹園東小学校

学年 : 5年生

代表者名 : 小山 侑己

※ 個人情報保護のため、入力された項目から抜粋して出力しています。

## 1. 研究のきっかけと目的

過去4年間、2016年5月8日～2017年8月23日のほぼ毎日と2017年8月23日以降の毎日、ザリガニを観察して脱皮の有無を調べてきた。今までの研究で、ザリガニは満月の前後に多く脱皮することがわかった(資料1)。ザリガニ以外にも、クモガニ、ワタリガニ、ヒラツメガニなどの様々な甲殻類で、脱皮と月齢が関係していることが報告されている(資料2・資料3)。オーストラリアのクモガニというカニは一年に一度、冬の満月のころに一か所に10万匹以上があつまって同じ日に脱皮する(資料2、下図)。また、山形水産試験場の調査でも、ワタリガニの脱皮は新月の日にもっとも多く、ヒラツメガニの脱皮は満月の日にもっとも多かった(資料3)。カニもザリガニも同じ甲殻類なので、ザリガニの脱皮も満月と関係がある可能性が高いと思った。

また、富山県農林水産総合技術センター水産研究所の前田先生らの研究によると、同じ甲殻類であるベニズワイガニの脱皮の時期は成長に伴って春から秋へと変化することが報告されている(資料4)。昨年自分の研究でも子ザリガニと成長したザリガニの脱皮の違いが見られた。子ザリガニは春から秋にかけて活発に脱皮し、冬の間も脱皮していたが、成長したザリガニは春と秋に脱皮し、夏と冬には脱皮しなかった(資料1)。また、子ザリガニも成長したザリガニも、昼間よりも夜間に多く脱皮した(資料1)。



クモガニが満月の日に脱皮をしにあつまっている様子(資料2)

(NHKダーウィンがきた <http://cgi2.nhk.or.jp/darwin/articles/detail.cgi?sp=p283>)

満月の前後に脱皮が多くなる理由はまだよくわかっていないが、メラトニンというホルモンが関係している可能性がある。例えば東京大学大学院の米沢智洋先生たちが2011年から3年間、夜間の照明がない北海道の牛舎で、ホルスタイン牛の出産日と月の満ち欠けの関係を調べたところ、満月前の約3日間で出産がもっとも多かった。米沢先生たちはメラトニンというホルモンの濃度が満月が近づくと低くなるため、このことが出産に影響しているのではないかと考えている(資料5)。また、このメラトニンという物質は、ザリガニの目にもあることが報告されている(資料6)。満月の夜は明るく、メラトニンがあまり分泌されなくなることが、脱皮を引き起こしている可能性がある。

月の光の明るさ以外の原因としては、月の引力と潮汐の影響、生まれつき持っているリズムの影響、地磁気の影響などが考えられる。新月・満月の時には一日の中で月の引力の変化が大きくなり、その結果、大潮となる。ザリガニには第一触角の付け根に平衡胞という重力センサーを持っているので(資料7、8、次ページ図)、月の引力の変化を感じることができるのかもしれない。

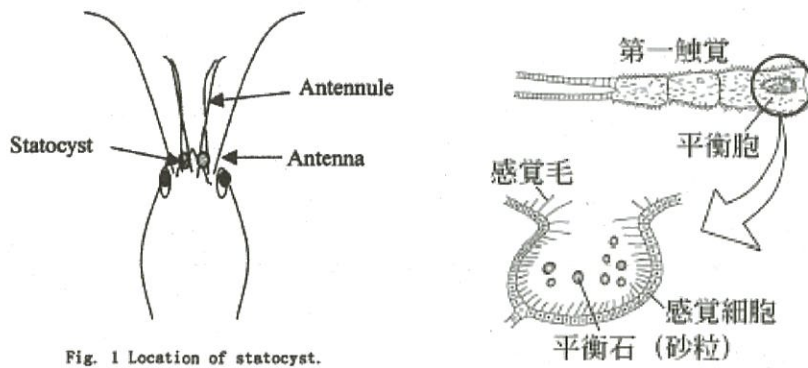


Fig. 1 Location of statocyst.

(右)触角の付け根の「Statocyst」と書かれた部分が平衡胞(資料7)。(左)重力がかかると平衡石が感覚毛に押し付けられる。毛がどの方向に押し付けられるかで重力の方向を知ることができる(資料8)

一方、生まれながらに体が持っているリズムなどによって脱皮の日にちが決まる可能性もある。資料によれば、ニワトリは一日中明るさの変わらない部屋の中に入れていても朝になるとコケッコーと鳴くようだ(資料9)。また、ホタルも一日中明るさの変わらない部屋の中に入れていても夜になるとおしりを光らせる。このように、生き物の体は生まれつき時計かリズムのようなものをもっていることから、ザリガニもこのような仕組みを使って満月のときに脱皮するのもかもしれない。

地磁気の影響があるかもしれないと思ったきっかけは、ハトや犬などの動物が地磁気を感じることができ、人間にも地磁気を感じる力が残っていると新聞に書いてあったからである(資料10)。ハトや渡り鳥は地磁気を手掛かりに方位を知るそうだ。ザリガニも触角の付け根にある平衡胞という部分で重力だけでなく地磁気も感じることができると報告されている(資料7、8)。石岡市に地磁気観測所があり、観測結果を毎日公開していることから、観測データと脱皮の関係について調べたい。

以上をまとめると、今年の研究では、月の光の明るさ、月の引力と潮汐、生まれつき持っているリズム、地磁気が脱皮を引き起こす可能性について詳しく調べたい。満月の前後に脱皮が多いのが月の光の明るさの影響なのか、月の引力と潮汐の影響なのか、あるいは生まれつき決まっているのかについて調べるために、ザリガニを満月に光をあてるグループと上弦の月に光をあてるグループと、光をあてないグループに分けて比較する。昨年までの研究では満月に光をあてるグループと新月に光をあてるグループに分けて比較し、新月に光をあてるグループでは新月に脱皮が多くなることがわかったが、満月と新月はどちらも大潮なので月の引力と潮汐の影響はわからなかったことから、今年の研究では満月と上弦の月で比較することにした。

また、過去の研究ではふ化直後のザリガニの脱皮を観察できていないことから、今年も人工ふ化に挑戦したい。昨年もザリガニを人工ふ化に挑戦したが、14日で卵が全滅してしまった。失敗の理由は卵の未熟さと酸素不足であると考えられたことから、酸素を十分に与えるように工夫した上でもう一度挑戦したい。

さらに、甲殻類では満月の夜に産卵することが多い(資料3、11)ことから、ザリガニの産卵日と月齢の関係についても調べたい。山形県水産試験場の資料(資料3)によれば、「月夜のカニは身が入っていない」という通説があり、その原因は満月の夜に脱皮または産卵するためであると考えられている。また、宮古島に住むオオガニも満月の夜に産卵することが知られている(資料11)。

## 2. 結果の予想

月の光の明るさが原因で満月の前後に脱皮が多くなるならば、光をあてた夜の前後に脱皮が多くなるはずである。満月の夜に光をあてたグループは満月の前後に脱皮して、上弦の月の夜に光をあてたグループは光を上弦の月の前後に脱皮をするはずである。

月の引力と潮汐が原因であるならば、大潮である新月の前後と満月の前後に同じくらい脱皮の数が多くなるはずである。一方、上弦・下弦の月の前後は中潮や小潮なので、満月・新月の前後よりも脱皮の回数が少なくなるはずだ。満月の前後に脱皮することが生まれつき決まっているならば、満月の夜に光をあてたグループも、満月以外の夜に光をあてたグループも、どちらも満月の前後に脱皮するはずだ。

昨年の研究では人口ふ化に失敗したが、卵が未熟な状態だったのと、酸素が不足していたことが原因であったと考えられる。もう少し長い時間母親のもとで成長した卵を酸素が豊富な環境の中で育てれば、人工ふ化に成功できるかもしれない。他の甲殻類で満月の夜に産卵するものがあることから、ザリガニの産卵も満月の前後に多くなると予想できる。

## 3. 満月・上弦の月入れ替え実験

### 3-1. 研究の方法

昨年までは満月の夜に月の光とよく似た照明光を当てる「満月グループ」と新月の夜に照明光を当てる「新月グループ」に分けて脱皮回数を比べたが、満月も新月も大潮のため潮汐の影響を調べることができなかった。このため今回の研究では「満月グループ」「上弦の月グループ」と夜に全く光を当てない「光なしグループ」に分けて実験を行った。大潮である満月・新月と中潮・小潮である上弦の月の脱皮を比較すれば、潮汐の影響があるかどうかわかるはずである。また、「光なしグループ」でも満月・新月に脱皮が多ければ、光以外の原因が重要であることがわかる。

実験では下記の通りザリガニを3つのグループに分けた。上弦の月グループに28匹、満月グループに28匹、光なしグループに33匹を割り当てたが、実験最終日までそれぞれ17匹、15匹、8匹のザリガニが死んでしまった。ザリガニの名前の左二けたは捕獲した年や生まれた年を表し、その後のアルファベットや数字は捕獲もしくは生まれた順番を表している。どのザリガニがいつ脱皮したのか把握できるようにするため、ザリガニは個別に飼育した。毎日1回脱皮の有無を観察し、月齢とともに記録した。

#### 【満月グループ】

20G1、20E1、20GG、20F、20A1、20FF、20VV、20II、20JJ、20XX、20WW、20M1、20UU、20Q1、  
20D1、20O1、20PP、20P1、20N1、20K1、20NN、20OO、20Y1、20SS、20G、20LL、20ZZ、20F2  
(体長平均 2.0cm)

#### 【上弦の月グループ】

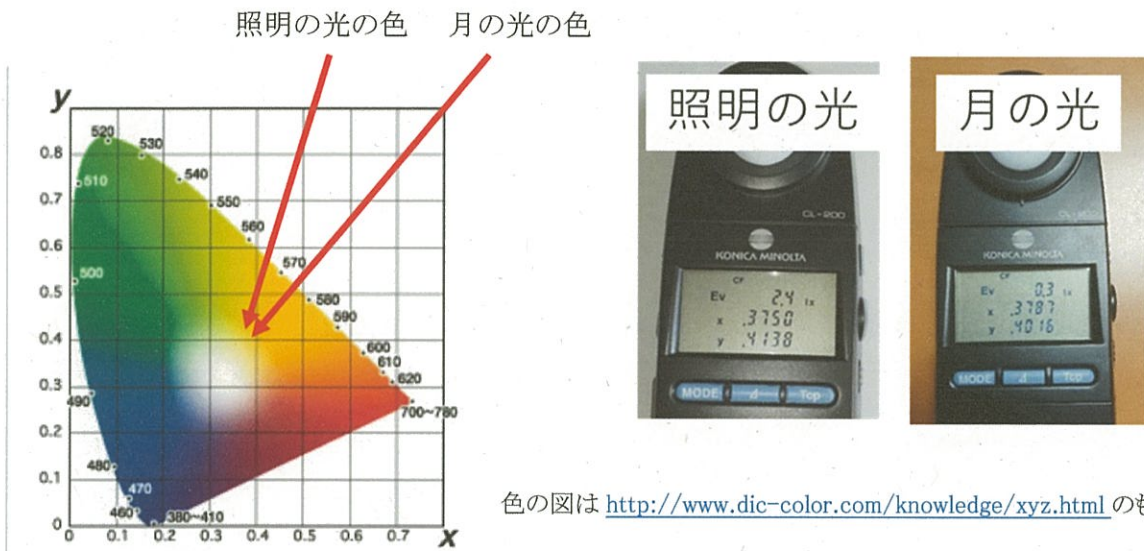
20L1、20X1、20R、20YY、20E2、20D2、20T、20HH、20R1、20T1、20Z1、20U1、20B2、20F1、20MM、  
20H1、20J1、20I1、20EE、20C1、20W1、20TT、20A2、20V1、20S1、20B1、20C2、20KK  
(体長平均 2.2cm)

#### 【光なしグループ】

20Z、19hh、20BB、20DD、20CC、20I、20B、20S、20J、19ii、20D、20J2、19j、19ee、19ff、19yy、20U、  
19u、20A、19b、19q、19C、GG、19gg、II、20V、20G2、20H2、20I2、20K2、20L2、20M2、20N2  
(体長平均 5.9cm)

昨年までの研究では満月・新月の夜と前後 2 晩をあわせた 5 夜にわたって照明光を当てていたが、上弦の月と満月の間は 1 週間ほどしかないことから、今年は上弦の月・満月と前後 1 晩をあわせた 3 夜にわたって照明光をあてた。上弦の月グループは 6 月 27～29 日と 7 月 26 日～28 日の 2 回、満月グループは 7 月 4～6 日と 8 月 3～5 日の 2 回、照明光を当てた。

上弦の月グループには上弦の月とその前後の夜に月光とよく似た色の照明光を当て、満月グループには満月とその前後の夜に照明光を当てた。明るさは月の光(0.3ルクス程度)よりやや明るめの照明(2～5ルクス程度)を使用した。照明の光と月の光の色は下の写真の通り、よく似ていた。



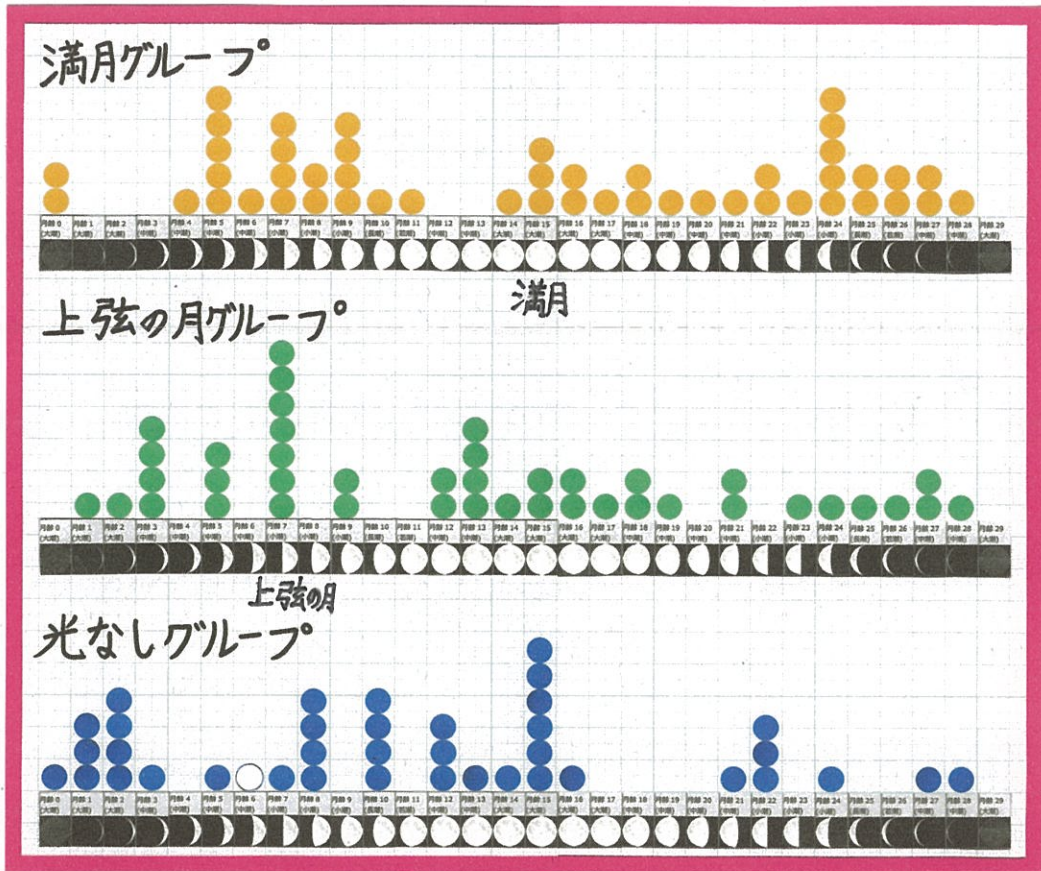
3つのグループのザリガニの飼育ケースをグループ別に大きな茶色のプラスチック製収納ケースに入れ、照明光を当てる期間以外は夜間に収納ケースのふたを閉め、光があたらないようにした。光なしグループのザリガニは収納ケースのふたを閉めたままの状態に飼育し、夜間は全く光が当たらないようにした。

### 3-2. 結果

今回の実験で、満月グループ・上弦の月グループ・光なしグループに分けることによって、光と月の引力・潮汐の両方が脱皮に関係していることが初めてはっきりとわかった。満月に光を当てたグループでは満月の少し後(月齢 24)に脱皮が最も多く、上弦の月に光を当てたグループでは上弦の月の日(月齢 7)に脱皮が最も多かった。光を当てた直後に脱皮のピークが来ていることから、光が脱皮の引き金になっていると考えられる。(次ページ図)

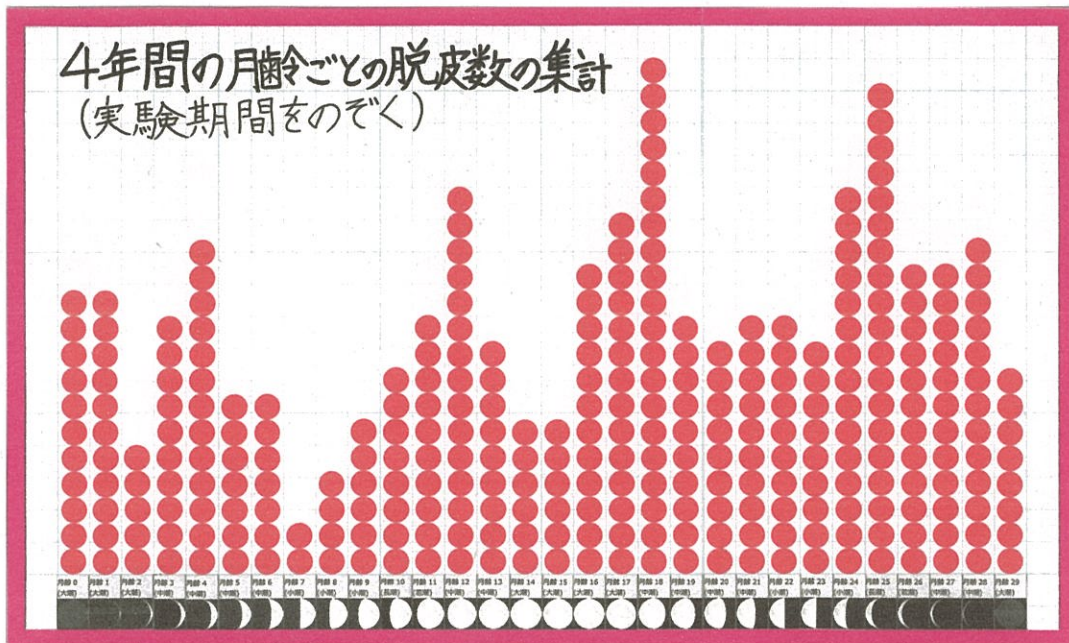
しかし、夜間に全く光を当てなかったグループも含めてすべてのグループで満月と新月の前後に脱皮が増えた。満月も新月も月の引力で大潮になることから、月の引力と潮汐も脱皮に影響していると考えられる。

上弦の月グループでは、上弦の月の日(月齢 7)に脱皮が最も多かったが、満月グループは満月の日(月齢 15)ではなく、満月の少し後(月齢 24)と新月の少し後(月齢 5)に脱皮が最も多くなり、他にも脱皮の多い日があった。似たような結果は昨年の研究でも見られた。新月や満月の前後だけ明るくするのではなく、新月から満月、満月から新月へと少しずつ明るさを変化させることが、定期的に脱皮をするためには重要なかもしれない。最近では田んぼや小川の周りでも照明がよく使われていることから、このような不規則な脱皮が、自然の世界でも起こっている可能性がある。



「満月グループ ●」「上弦の月グループ ●」「光なしグループ ●○」の月齢別脱皮数  
 満月グループと上弦の月グループはすべてうちで生まれたザリガニである  
 光なしグループのザリガニはうちで生まれたザリガニ ●と野生のザリガニ ○がまざっている。

下の図は、過去4年分の脱皮の記録を一つにまとめて作成した。2017年8月23日から2020年8月23日まで、1096日間にわたって毎日脱皮を観察してきた結果をまとめたが、照明光を使った実験期間中の記録は除外した。満月と新月の前後にいくつかのピークができていことがわかる。



#### 4. 地磁気と脱皮の関係

##### 4-1. 方法

柿岡地磁気観測所のホームページ(資料12)に地磁気活動が少ない日と多い日が公開されていることから、これらの日の脱皮の回数を数えて比較した。また、脱皮の確認は実際には脱皮した日の翌日に行われているので、翌日の脱皮の回数も比較した。

##### 4-2. 結果

2020年1月～7月のK指数3以下の日と23以上の日の脱皮の数を数えたところ、地磁気が非常に静穏であった日(K指数が3以下の日)は11日、地磁気活動が非常に活発だった日(じょう乱、K指数23以上)は6日あった。実際には脱皮の有無を調べるのは脱皮した翌日になる可能性が高いことから、K指数が高い日・低い日の当日と、その翌日の脱皮の数を数えた。6月は静穏日もじょう乱日もなかった。

最終的な集計結果は下の表の通りになった。じょう乱の日数は静穏の日数の半分だったにもかかわらずほぼ同じ回数の脱皮が確認されたことから、じょう乱の日の方が脱皮をしやすいと言えるかもしれない。一方、静穏の当日(4月29日月齢6)と翌日(1月21日月齢25)に卵がふ化したことがそれぞれ1回ずつあったことから、地磁気はふ化にも影響している可能性が考えられる。

地磁気の静穏日・じょう乱日の脱皮回数まとめ

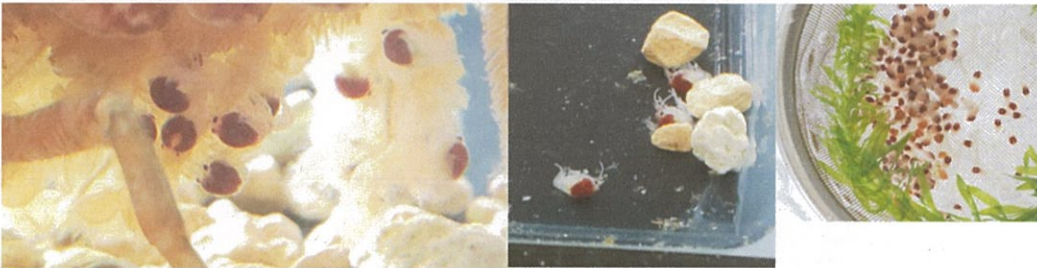
	当日の脱皮	次の日の脱皮	備考
静穏 (11日)	4	8	当日1回、翌日1回ふ化を確認
じょう乱 (6日)	4	9	

#### 5. 人工ふ化への再挑戦

昨年の研究では母ザリガニが抱卵中に死亡したため、卵を母ザリガニの腹脚ごとハサミで切り離し、人工ふ化に挑戦したが14日後に卵が全滅してしまった。今年の研究ではザリガニは3回産卵した。1回目の産卵(19b)では卵の成長が弱々しく、子ザリガニはふ化してすぐに未熟な状態で母体から落ちてしまっていた。このため人工保育器を制作し、室内で水温を20度程度に保ちつつ、ポンプで多量の酸素を与えて育てた。最初は100個程度の卵を人工保育したが、酸素ポンプが止まるたびに多くのザリガニが死亡してしまったことから多量の酸素を与えることが重要であることがわかった。しかし、最終的に2匹のザリガニが3センチ程度まで成長し、そのうちの1匹は今も元気に成長している。今回は人工ふ化に成功したとまでは言えないが、人工ふ化に近い状態の人工保育には成功したと言える。



2019年11月6日  
ペットボトル、茶こし、  
ポンプを使って  
人工保育器を制作し、  
使用開始



2019年11月7日  
ふ化してすぐに  
母体から落ちてし  
まった子ザリガニ  
を人工保育器に  
移動



2019年11月9日  
人工保育器で子ザリガニが  
元気に成長しているのが  
わかる



2019年11月10日  
エアポンプなしで母ザ  
リガニのもとで育った  
子ザリガニ(左)よりも  
人工保育器で育った  
子ザリガニ(右)の方が  
大きく成長していた





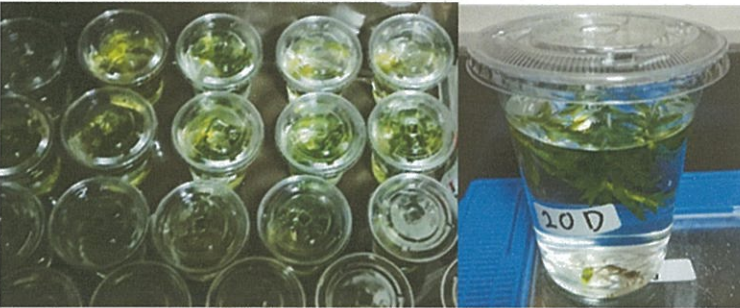
子ザリガニの成長に伴い人工保育器の茶こしの部分をザルに変更



2019年11月10日死んでしまった子ザリガニを人工保育器からピンセットで取り除いた



2020年8月9日現在、19yy 1匹を5.8センチまで成長させることができた



その後の2回の産卵時でも、室内で多量の酸素を与えることによって多くの子ザリガニを育てることができた。1.5センチ程度に成長してからはエアポンプなしでも大部分が生存できた。

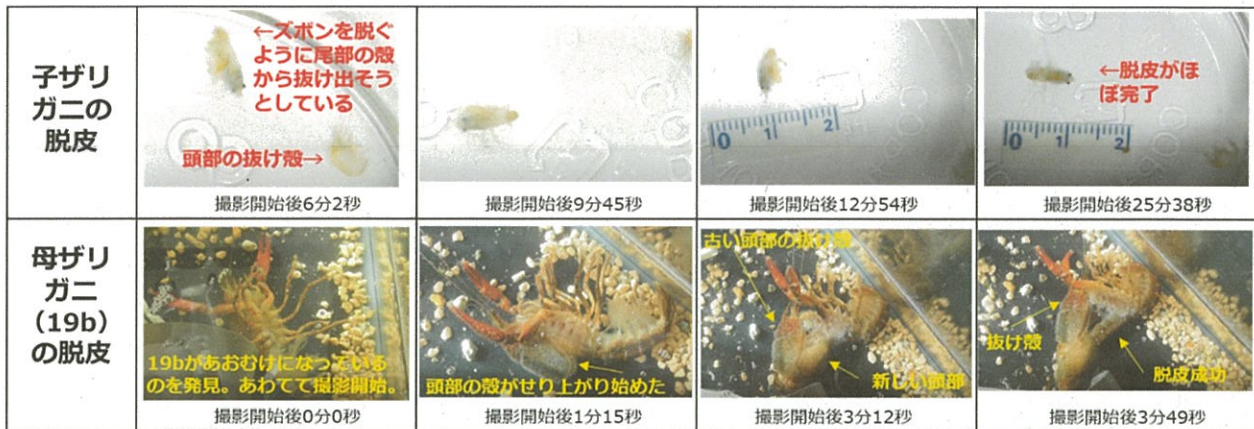
## 6. 脱皮の瞬間の撮影

2019年11月16日にも透明で綺麗な脱皮のぬけがらを発見したので、写真を撮影した。2019年11月27日に人工保育中の子ザリガニの様子を観察していたら偶然脱皮を始めたので、ビデオと写真を撮って記録した。最初に頭部から脱皮し、ズボンを脱ぐように尾部の脱皮をした。脱皮には25分ほどかかった。



生後約1か月の子ザリガニの脱皮の抜け殻

2019年11月29日に母ザリガニ(19b)が飼育ケースであおむけになっていたところを発見し、ビデオと写真で記録した。このザリガニは脱皮開始後わずか数分で脱皮を終えてしまった。



生後約1か月の子ザリガニ(上)と成長したザリガニ(下)の脱皮のようす

## 7. 産卵日と月齢の関係

### 7-1. 方法

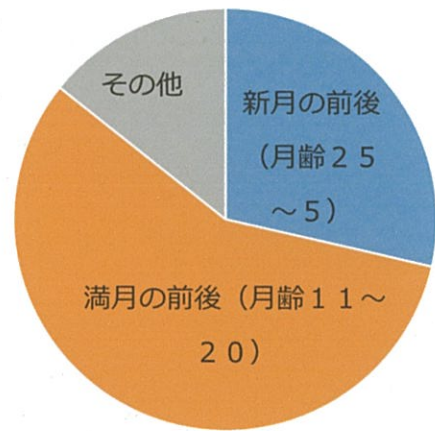
2017年9月以降毎日ザリガニの産卵の有無を確認してきたことから、2017年9月以降の野帳を調べて、産卵を発見した日付をまとめた。

### 7-2. 結果

産卵発見日は下の表の通りになった。この結果を新月の前後、満月の前後、その他にまとめて円グラフにしたところ、満月の前後に産卵することが多いことがわかった。

過去3年間の産卵日の一覧

日付	月齢	潮汐	ザリガニ
2017年10月8日	17.9	大潮	左メスザリガニ1
2018年3月30日	12.6	中潮	左メスザリガニ2
2019年3月28日	21.5	中潮	f
2019年4月4日	28.5	中潮	SS
2019年10月16日	17.4	大潮	19b
2019年12月16日	19.5	中潮	19q
2020年3月30日	5.7	中潮	19j



## 8. まとめと結論

月の光は確かに脱皮に影響していた。満月に光を当てたグループでは満月の少し後に脱皮が最も多く、上弦の月に光を当てたグループでは上弦の月の日に脱皮が最も多かった。月の光や照明が明るくなることによってメラトニンがあまり分泌されなくなり、脱皮を引き起こしている可能性がある。しかし、上弦の月に光を当てたグループでも満月の前後に脱皮がやや多く、光を当てなかったグループでも満月の直後に脱皮が最も多かった。また、いずれのグループでも新月の前後にやや脱皮が増えた。このため、月の光だけでなく月の引力や潮汐も関係していると考えられる。同じ親から同じ日に生まれた兄弟ザリガニでも照明の当て方に

よって脱皮をする日が異なっていたことから、脱皮のタイミングは生まれつき決まっているわけではなく、月の明かりの影響で変化することがわかった。しかし、光を当てなかったザリガニも満月に脱皮をし、産卵も満月の前後に多かったことから、産卵、脱皮などのタイミングがある程度生まれつき決まっている可能性もある。

上弦の月に光を当てたザリガニは上弦の月の日(月齢7)に脱皮が最も多かったが、満月に光を当てたザリガニは満月の日(月齢15)ではなく、満月の少し後(月齢24)と新月の少し後(月齢5)に脱皮が最も多くなり、他にも脱皮の多い日何日かあった。似たような結果は昨年の研究でも見られた。新月や満月の前後だけ明るくするのではなく、新月から満月、満月から新月へと少しずつ明るさを変化させることが、定期的に脱皮をするためには重要なかもしれない。最近では田んぼや小川の周りでも照明がよくつかわれていることから、このような不規則な脱皮が、自然の世界でも起こっている可能性がある。地磁気の影響については、地磁気の活動が活発な時期に脱皮の回数が多い傾向が見られた。一方、地磁気の活動が静穏な時期に2回卵がふ化した。ふ化から脱皮まで、成長のさまざまな段階に地磁気が影響している可能性がある。

人工ふ化に成功したとまでは言えないが、母体から離れたばかりの子ザリガニに一定の温度の下で酸素を与え続けた結果として1匹のザリガニを6センチ程度にまで成長させることができた。このため人工保育に成功したとは言える。室内で飼育し、多量の酸素を与えることによって多くのザリガニを成長させることができた。生まれた直後のザリガニは脱皮の回数が多く、最短で3日おきに脱皮をすることが確認できた。

## 9. 参考資料

- ① 小山 侑己 科学研究作品展 2017年～2019年
- ② NHK ダーウィンが来た！生きもの新伝説 第283回「10万匹のミステリー！ カニ大集結」  
<http://cgi2.nhk.or.jp/darwin/articles/detail.cgi?sp=p283> 2012年
- ③ 山形水産試験場 広報誌「すいさん山形」第297号 2011年
- ④ 海洋深層水を用いた飼育下における若齢ベニズワイの脱皮の季節性 前田経雄 水産増殖 63(1), 105-112 2015年
- ⑤ 朝日小学生新聞 2016年10月24日「牛の出産、満月に多い」
- ⑥ Modulatory effects of melatonin on behavior, hemolymph metabolites, and neurotransmitter release in crayfish: Andrea R Tilden ほか, Brain Research, Volume 992, Issue 2, p252-262 2003年 ザリガニにおけるメラトニンの行動、血中代謝物、および神経伝達物質放出における調節効果(Google 翻訳使用)
- ⑦ アメリカザリガニの平衡胞内磁性物質の抽出と解析: 来本一茂ほか 日本応用磁気学会誌 2000年
- ⑧ 重力の感受機構—そのやさしい解説: 井尻 憲一, 宇宙生物科学, 16巻, 2号, p. 47-55 2002年
- ⑨ ふしぎ? ふしぎ! 〈時間〉ものしり大百科③ 感じる〈時間〉生き物のからだと時間 藤沢 健太(著), 井上 慎一(著), 山口大学時間学研究所(監修) ミネルヴァ書房 2016年
- ⑩ 朝日新聞 Ronza 発見! ヒトにも地磁気を感じる力があつた サメや魚、鳥や犬は「磁場に反応する能力」を持っているが……下條信輔 2019年03月21日  
<https://webronza.asahi.com/science/articles/2019032000007.html>
- ⑪ 宮古島のオカガニ類 藤田喜久 宮古島市総合博物館紀要 p54-70 2009年
- ⑫ 柿岡地磁気観測所ホームページ <https://www.kakioka-jma.go.jp/>
- ⑬ 月齢の計算と月の絵は <http://koyomi8.com> 「月齢カレンダー」を利用した。
- ⑭ ザリガニのかいかた そだてかた 小宮輝幸・浅井彗男 岩崎書店 2009年