

河川基金助成事業

研究レポート

「マミズクラゲの遊離条件の解明と 生息地調査」

助成番号:2023-5411-003

埼玉県 私立正智深谷高等学校

生物研究会

学校名：埼玉県私立正智深谷高等学校

校長:亀山典幸

顧問:荻野孝洋

部長:大塚 敏

部員:中嶋大晴

箴部 遼

2023 年度

1. 目的

ヒドロ虫綱淡水クラゲ目に属するマミズクラゲ *Craspedacusta sowerbii* は、移入種として世界的に知られており、日本においても断続的にその出現が多く報告されている（大野,1987）。本種の発生は連続して起こることが稀であり、ある水域で大発生しても翌年以降発生しない事例が多い。本種はポリプからクラゲ芽が形成され稚クラゲ（メデューサ）が遊離する。多くのポリプの遊離条件が満たされることにより、人目に付く大発生は起こると考えられる。

先行研究より、「水温 21℃から 5℃以上の温度上昇が 2 週間続く事」がトリガーとなり遊離が起こると考えられている（小林, 2020）。一方、マミズクラゲの発生状況をまとめた先行研究（大野,1987 Lewis et al,2012）によると、気温の高い九州・四国地方ではマミズクラゲの発見例が少なく、関東・関西・北陸地方・福島県で発見例が多い。夏期の温度上昇が十分見込める地域で発生数が少ないことは先行研究の結果と一致しない。私たちは「水温 21℃から 5℃以上の温度上昇 2 週間」以外の追加の遊離条件があると考え、既存の遊離条件を強化する他の要因を実験によって調査し、遊離数が増加するかを確認した。



図 1. 1928～1985 年間の全国のマミズクラゲ発見場所を示した図（大野,1987）

2. 研究

2.1 2021 年～2022 年の予備実験

先行研究では、21℃から 5℃以上の急激な温度上昇を 2 週間続けるとクラゲ体が遊離することが報告されている。同様の温度変化を与えた室内実験を 2021～2022 年の 2 年間行ったが、クラゲの遊離数は少なく、その発生は夏期のみであった。

2.2.1 2022 年の環境調査①

埼玉県本庄市に位置する第一間瀬湖（以降、間瀬湖と表記する）は 10 年以上マミズクラゲが連続して発生している湖である。2021 年に行った環境 DNA 調査ではマミズクラゲの DNA が水中に有意に存在し、採集調査ではポリプを採集することが出来た。この間瀬湖の水深 1m～4m に、1m ごとに温度ロガー（HOBO MX2201）を設置し、2022 年 5 月から 2023 年 3 月末まで、各水深における水温変動を調査した。以下の表 1 は間瀬湖における 5 月から 7 月の期間の水温変動を示した表である。

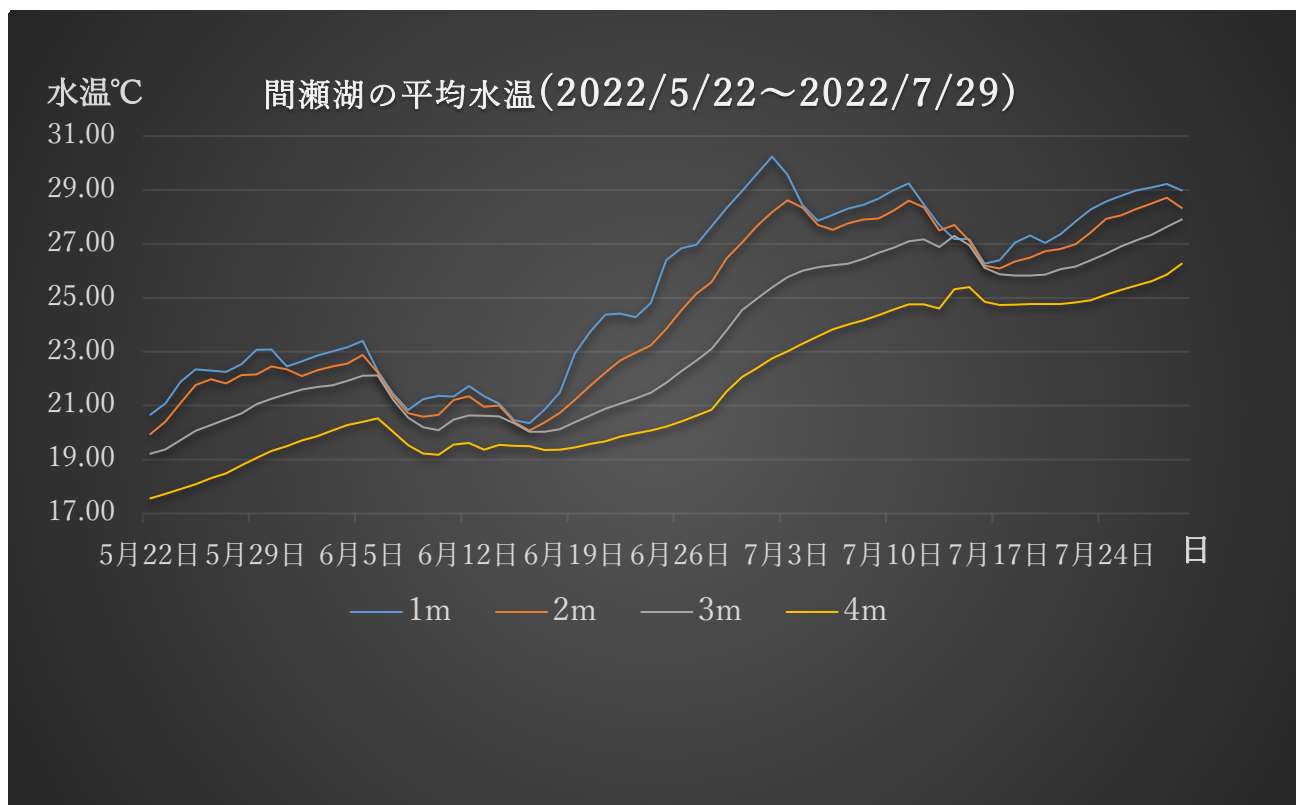


表 1. 間瀬湖の 1m～4m における春から夏にかけての平均水温の変動

この調査の結果から、5 月末から 6 月 15 日までの 1～3m の水温は 20～23℃で横ばいになっていたが、6 月 16 日以降は急激に水温が上昇している。水深 1m は 6 月 22 日に一日の平均水温が 26℃に達し、水深 4m は 7 月 28 日に水温が 26℃に達していることが明らかになった。これにより、間瀬湖は 21℃から 26℃への急激な温度上昇が発生する湖であることが明らかになった。また、この温度上昇は水深によって時期が異なる。比較的浅い所では 6 月に遊離条件を満たし、中層では 7 月末～8 月に遊離条件を満たすことが分かった。マミズクラゲは遊離してから約 1 ヶ月半で生殖腺が発達する。このことから 6 月末に遊離したマミズクラゲは 8 月に、8 月上旬に遊離したマミズクラゲは 9 月下旬に十分に大きくなって出現すると考えられる。実際、2022 年の間瀬湖では、8 月 24 日から 10 月 31 日の期間で成熟したクラゲ採集された。予想した遊離時期・性成熟時期と実際に採集された時期が一致した。このことから、間瀬湖のマミズクラゲポリプは、自然環境では、先行研究で実証された条件で稚クラゲを遊離するポリプであることが実証された。

2.2.2 2022 年 7～9 月の遊離実験

2021 年に間瀬湖より採取したポリプを無性生殖により実験室で増殖させ、ポリプが約 30 匹前後入った容器を 5 つ用意した。この容器に遊離条件を与え、2022 年の 7 月～9 月に稚クラゲがどれだけ遊離するかを計測した。結果、4 匹程度しか稚クラゲは遊離しなかった。

2.2.3 2022 年 7～9 月の遊離実験の考察

2022 年の環境調査①の結果より、2022 年の自然環境下では性成熟したマミズクラゲが大発生をしていた。同じ場所で採取したポリプに遊離条件を与えているのに、実験室の遊離数が少なかったのはなぜな

のだろうか？確かに 5℃以上の温度上昇の条件により稚クラゲ遊離したが、これがマミズクラゲの大発生に繋がるとは考えにくい。夏期の暑さ(温度上昇)だけが条件であるならば、気温の高い地域ほどマミズクラゲの遊離が多く発生し、発見報告も多く確認されるはずである。しかし、発見報告が多いのは夏期と冬期の気温差が激しい本州の関西・北陸・関東地方である。先行研究と今までの実験結果から、ポリプは冬期の低温を経験することで稚クラゲ遊離が促進されているのではないかと考えた。

2.3.1 2022 年 12 月～1 月の低温条件実験

マミズクラゲのポリプは、低温下では死滅もしくはシスト化することが多い。そのため、毎年ポリプを保温して越冬している。2022 年に低温を経験させる実験として、12 月から 1 月の 2 か月間、保温したグループと保温しないグループにポリプを分けて越冬させた。保温有りと保温無しの水温変化を以下の表 2 に示す。

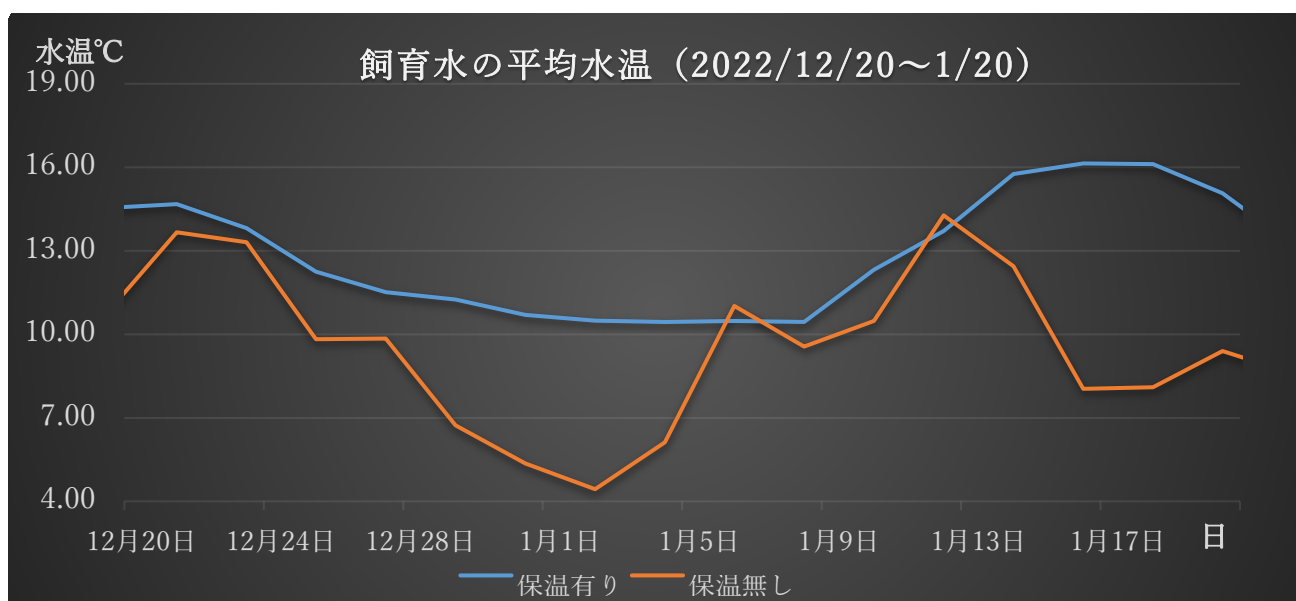


表 2. 低温条件

低温条件はウォーターバスに入れて保温(16℃)したグループ(容器 5 つ)と、実験室で放置(保温無し)したグループ(容器 1 つ)に分けて行った。12 月 28 日から 1 月 5 日までの 9 日間は実験室を閉鎖していたため、水温が大きく低下した。1 月 6 日からは実験室に暖房が入ったため、1 月 6 日～1 月 13 日の期間は保温有りと保温無しのグループで水温差は無くなっている。1 月 14 日から共通テストや祝日の関係で実験室に暖房が入らなくなり、保温無しグループは再び低温条件となった。

2.3.2 2023 年 7 月～9 月の稚クラゲの遊離実験

2022 年 12 月～1 月の低温条件実験より、保温したグループと保温無し(低温経験)グループをそれぞれ、6 月中旬から遊離条件を与え、7 月からどれだけ遊離するのかを計測した。容器はそれぞれ 1 つでポリプ数は約 25 匹ずつに揃えて実験を行ったが、実験中無性生殖により増殖し、各容器ともポリプは 50 匹程度に増加した。以下の表 3 が 7 月 3 日から 8 月 8 日までの稚クラゲの遊離数を示したグラフであり、表 4 は 8 月下旬から 9 月上旬の稚クラゲの遊離数を示したグラフである。基本的に毎日容器の稚クラゲ

の遊離数を計測したが、日曜日など数えられない日があった場合は遊離数を日数で割って平均値を算出した。

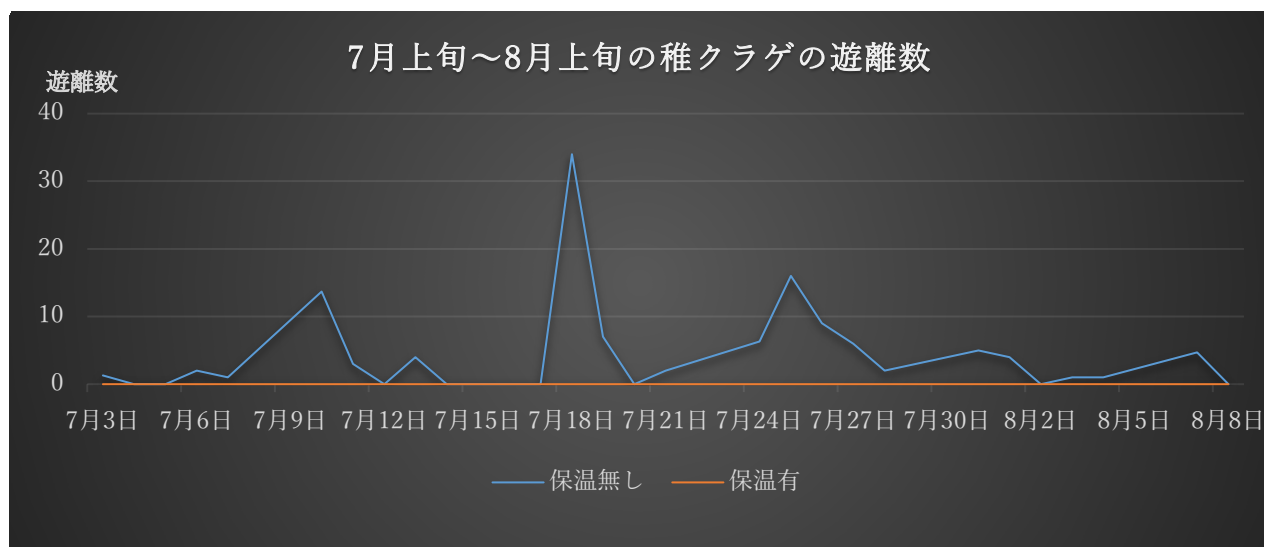


表 3. 7月～8月上旬の稚クラゲの遊離数

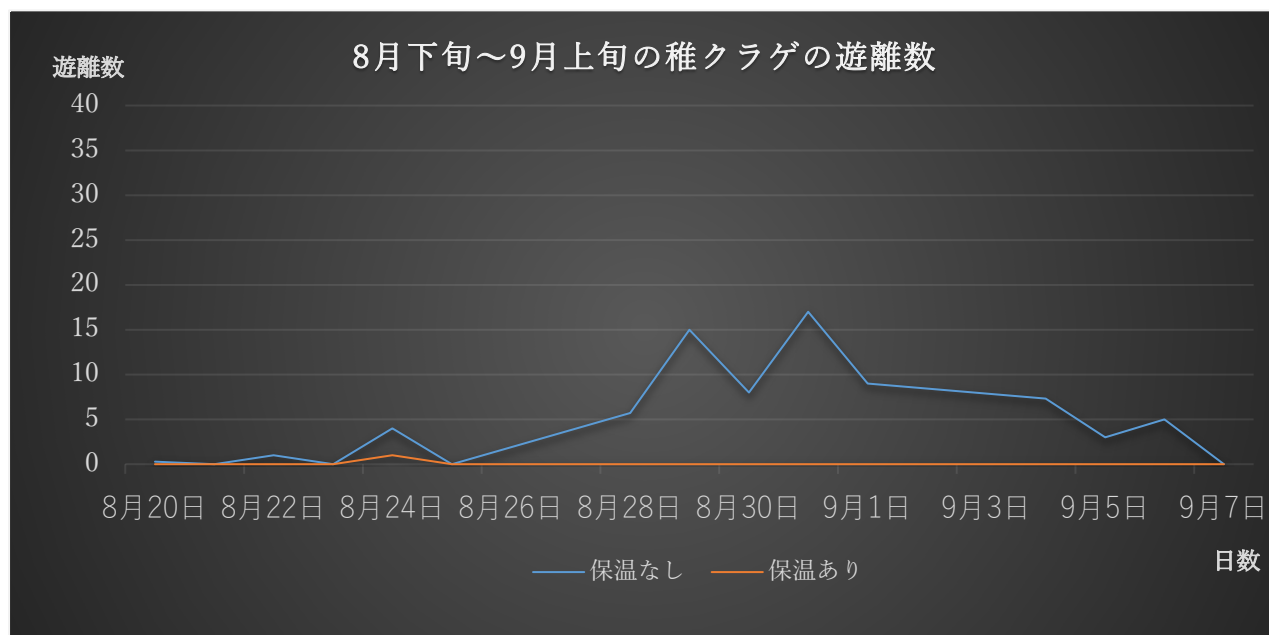


表 4. 8月下旬～9月上旬の稚クラゲの遊離数

2.3.3 2023 年の稚クラゲの遊離実験 考察

保温有りの容器からは 8 月 24 日に 1 匹生まれただけあった。一方、低温条件を経験したポリプの容器からは 7 月～8 月の 1 か月間で合計 197 匹、8 月下旬から 9 月上旬の期間で 103 匹の稚クラゲが遊離した。特に保温無しの容器の 7 月 17 日の遊離数は 0 匹、7 月 18 日の遊離数は 34 匹であった。容器内のポリプ数は 36 匹程度であった。ほぼすべてのポリプが同時に稚クラゲを遊離したか、稚クラゲを 2 匹同時に遊離できるポリプが存在したのかもしれない。7 月から 9 月の約 2 か月間で保温有の容器 1 匹に対し、保温無しの低温を経験した容器は 300 匹を遊離した。

2.3.4 2023 年の稚クラゲの遊離実験 結論

本実験により、既知の「21℃から 26℃以上の温度上昇を 2 週間与える」条件に加え、冬期の低温条件を与えると、遊離数が増加されることが新発見された。九州・四国地方の気温の高い地域に比べ、夏期と冬期の寒暖差の激しい関西・関東・北陸地方でマミズクラゲの大発生が多く確認されているのは、夏期の温度上昇だけでなく、冬期の低水温とその期間がマミズクラゲポリプの稚クラゲの遊離数を増加させることによるものだと考えられる。また、1928 年から 2011 年までのマミズクラゲ発見報告について、その発生地の分類(Lewis et al,2012)を見ると、217 件の発見報告のうち、温泉地帯での発見報告は 1 件のみであった。遊離に必須条件である高水温域において、マミズクラゲの発生報告が非常に少ないのは低温条件が不足していることが要因ではないかと考えられる。

2.4 追加研究

2.4.1 環境調査② 2022 年～2023 年 マミズクラゲ生息地の冬期の水温変動

マミズクラゲの遊離条件に冬期の低温条件が必要であるという結論に至った。低温条件とは何℃の低温がどれくらいの期間必要であるかを調べるために自然環境下の生息地である間瀬湖で冬期中の平均水温の変動を調査した。以下の表 5 にそれを示す。

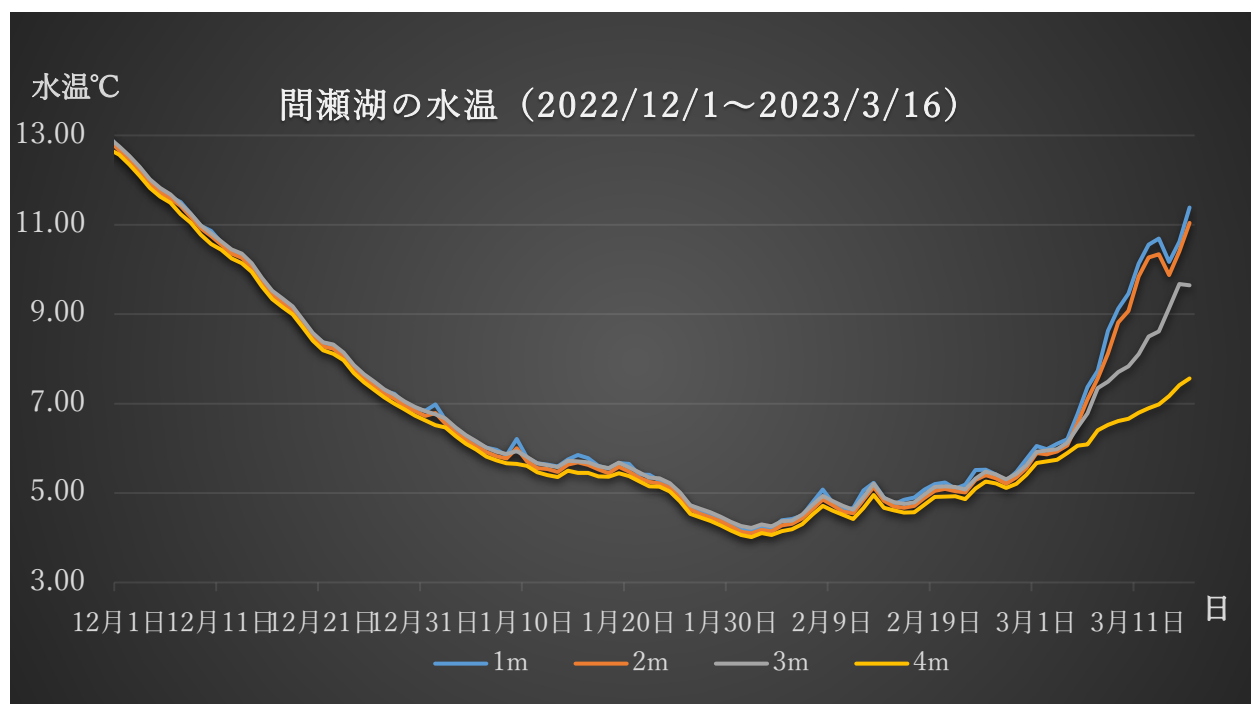


表 5. 12 月 1 日から 3 月 16 日までの各水深における平均水温変動のグラフ

この結果から 12 月 1 日から 3 月 1 日まで、冬季期間中の 1m から 4m の各水深の水温は殆ど同じであることが分かった。冬期の低温条件を考えた場合、最も低い水温は 4℃であり、4℃の期間は 2 月 1 日から 7 日までの 7 日間であった。5℃以下の期間は 1 月 24 日から 2 月 9 日の 17 日程度であった。6℃以下の期間は 1 月 12 日から 3 月 1 日までの約 40 日程度であった。して遊離数を増進させる低温条件となる期間をこのデータを参考にして考えた。表 2 の保温無しの遊離条件も考慮に加え、6℃を 4 週間、5℃を 1 週間、4℃を 1 週間、対象群の低温条件なしグループの 4 つの低温条件を検証することとした。

2.4.2 低温条件実験

26℃で飼育していたポリプを間瀬湖の水温変動を参考にして、一日に 1℃ずつ下げて飼育した。20 日後に 6℃になり(グループ A)、21 日後に 5℃(グループ B)、22 日後に 4℃(グループ C)まで水温を低下させた。この期間、ポリプは摂食量が減少したが、ほとんどのポリプはシスト化せず、各容器で 25 匹程度のポリプを用意することが出来た。また、対照群として、21℃で飼育していたポリプを 1 日 1℃ずつ 26℃まで上昇させ、5 日間 26℃で飼育した後、一日 1℃ずつ 31℃まで上昇させたグループ D を用意した。グループ D の温度上昇のパターンは表 1 における間瀬湖の 6 月 20 日から 7 月 24 日までの温度上昇のパターンを参考にした。グループ A~D の水温変化を表したのが以下の表 6 である。

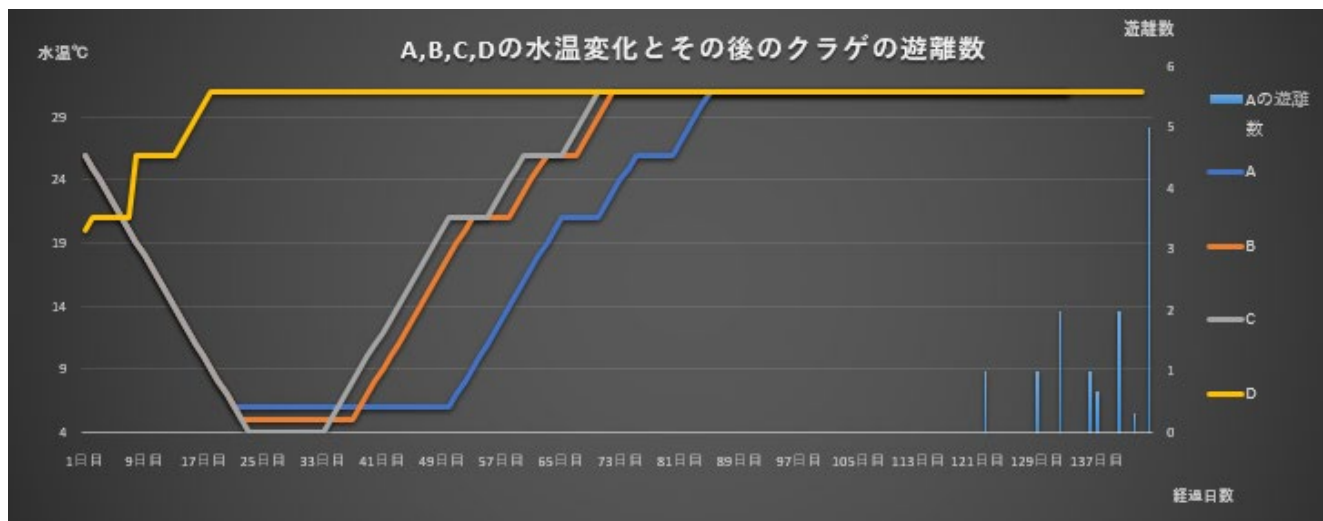


表 6. グループ A~D の温度変化と各グループのクラゲの遊離数を示したグラフ

22 日目に全てのグループが低温条件下になった。その後、各条件の低温期間を経験させた後、一度ずつ 21℃まで上昇させた。その後 5 日間 21℃で飼育し、そこから 26℃まで 1 日 1℃ずつ上昇させた。夏期の間瀬湖の水温変動を参考にして、26℃で 5 日間飼育した後、31℃まで 1 日 1℃ずつすべてのグループの水温を上昇させた。

その結果、グループ A (6℃を 4 週間)でのみクラゲの遊離が確認された。グループ A の遊離は 31℃まで上昇させてから 1 週間後に遊離が始まった。遊離はほぼ毎日 1~2 匹程度確認され、多いときで 5 匹が一日で確認された。この発生は 1 ヶ月以上続いた。このことから、マミズクラゲのポリプが稚クラゲの遊離数を促進する低温条件とは、6℃以下の条件が 4 週間続くとその条件が満たされ、稚クラゲの遊離が促進されることが分かった。

2.5 低温条件の更なる解明に向けて 低温条件調査実験

自然環境では 6℃以下の日数が 40 日程度であった。低温条件実験より、実験室で 28 日程度の低温条件で実験した結果、稚クラゲの遊離が確認された。低温条件は 28 日よりさらに短い可能性がある。これを確認するために、2.4.2 の低温条件実験①と同じ温度変化で、6℃4 週間のグループ(A 1)と 6℃3 週間のグループ (A 3) を用意した。さらに A 1 のグループを 26℃から 1 日で一気に 31 度まで水温を上昇させた派生グループ (A 2) と A 3 のグループを 26℃から 1 日で一気に 31 度まで水温を上昇させた派生グループ (A 4) を用意して、同様の実験を行い、その後の稚クラゲの遊離数を計測した。その結果が以下の表 7 である。

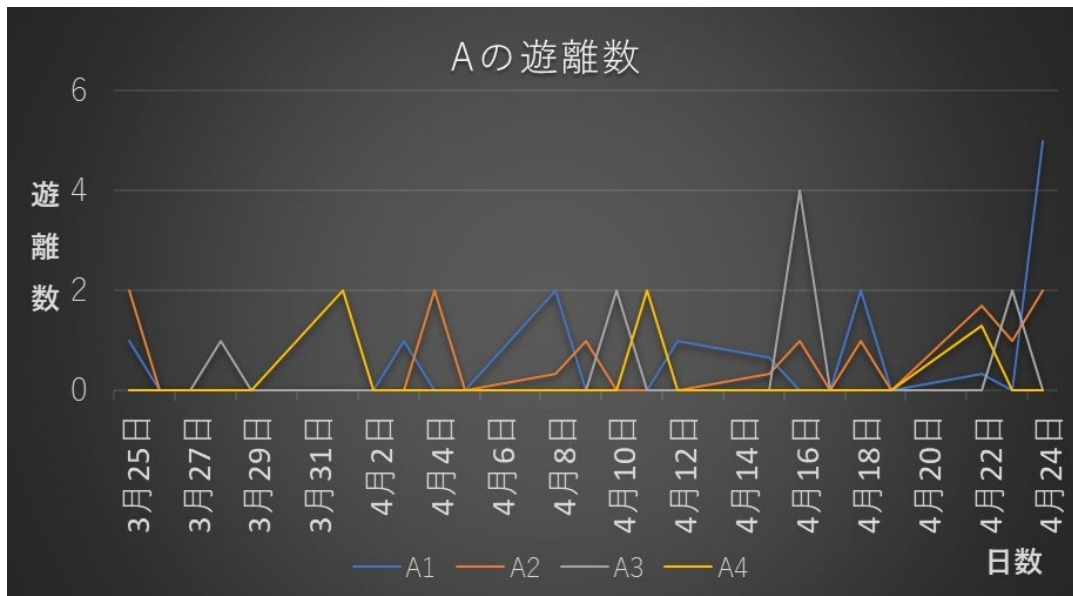


表 7. 6℃の低温条件を経験したグループの追加実験結果

この結果から、全てのグループで稚クラゲの遊離が確認された。A1 と A2、A3 と A4 を比較すると、26℃ から 31℃まで毎日 1 度ずつ上昇させることと、一気に 1 日で 5℃上昇させることとの間では特に有意な差は見られなかった。6℃の期間が 4 週間（A1、A2）と 3 週間（A3、A4）を比較すると、やや A1、A2 の方が遊離する日数が多いことが分かった。

3. 研究結果

以上の全ての研究結果より、マミズクラゲは夏の温度上昇だけでなく、冬期の低温条件を経験することで夏の稚クラゲの遊離数が増幅されることが発見された。温度上昇に関しては 1 日に 1℃上昇させる上昇と、1 日に 5℃上昇させる急激な上昇では稚クラゲの遊離数に特に差は出ないことが確認された。冬期の低温条件については、少なくとも 6℃以下の状態を 3 週間経験することで低温条件のスイッチが入ることが確認された。

4. 考察

本実験により、上記の結果が確認された。冬期に 6℃以下の水温が 3 週間続く環境は、おそらく九州地方では少ないだろう。また、1 年中温水が沸く温泉地帯では冬期に 6℃以下の水温が 3 週間続く事が難しいので、温泉地でのマミズクラゲの発生例が 84 年間で 1 件しかなかった結果と合わせて、自然環境における発生状況と本研究の結果は一致すると考えられる。

さらに、マミズクラゲの発生は防火水槽や小規模の人工的な池、沼などで発見されることが多い。これらの水域は水量が少ないため、冬期に水温が低下しやすく、低温条件を満たしやすい。また、夏期は水量豊富な河川湖沼に比べ、防火水槽や少水量の人工池は水量が少ないゆえに水温も上昇しやすいだろう。人工的な水量の少ない水域でマミズクラゲの大発生が良く確認されるのは、水量が少ないゆえに同地域内の他の水域と比べて低温条件と温度上昇条件を満たしやすく、その結果、マミズクラゲが発生しやすくなり、良く発見されているのだろうと考えられる。

5. 今後の展望

今回の実験では、表 2 より、7°C以下の低温条件 10 日程度で稚クラゲの遊離が増幅されている。それを考慮して 4°Cの低温条件 7 日間、5°Cの低温条件 7 日間で実験を行ったが、稚クラゲの遊離は確認されなかった。表 2 は低温期間というよりも 4°Cまで 5 日間で一気に下がって、7°Cまで 5 日間で一気に上がっている。低温条件は短期間で一気に水温を低下させるショックも要因になっているかもしれない。低温期間が何日以上必要なのか？低温条件は低温ショックでも成り立つのかについて、今後さらに実験を続けていきたい。また、今回の実験を通して、一年中マミズクラゲを遊離させることが可能となった。この実験結果を元に来年度はマミズクラゲの性成熟を行えるよう飼育方法について研究を行う。これにより、神出鬼没と言われたマミズクラゲを一年中展示できるようにし、淡水域にもクラゲがいる、という事実を多くの市民の方々に実物を見せて紹介し、河川湖沼の生態系について多くの人々に興味を持ってもらえるよう研究とアウトリーチ活動を行っていくようにしたい。

6. 謝辞

公益財団法人 河川財団様

我々は河川財団様の助成により、3 年間にわたりマミズクラゲの研究をさせて頂いている。ここに改めて感謝御礼を申し上げたいと思う。

埼玉県工業大学 秋田祐介 准教授

北里大学 海洋生命科学部研究科 三宅裕志 教授

環境科学国際センター 木持 謙 博士

7. 引用文献

- ・大野正男 1987. 分布を中心とした日本のマミズクラゲ総説. 日本の生物, (1),44-53
- ・ Cheryl Lewis, Masao Migita, Hiroshi Hashimoto, and Allen G. Collins
2012. On the occurrence of freshwater jellyfish in Japan 1928–2011: eightythree years of records of mamizu kurage (Limnomedusae, Olindiidae). PROCEEDINGS OF THE BIOLOGICAL SOCIETY OF WASHINGTON 125(2),165–179.
- ・小林千余子 2020. 淡水に住むクラゲ-マミズクラゲ生活史. 生物の科学 遺伝(74), 412-419