

ターンオーバー現象を科学する

熊本県立宇土中学・高等学校 高校2年 SS ターンオーバー研究班

稲葉 光風

木下 皓士郎

光永 雅翔

【要旨】

秋に、溜め池で釣りをしていると、水質が急激に悪化し、魚の活性が下がることに気がついた。この現象はターンオーバーと呼ばれており、秋に水面付近の水が冷やされ、密度の違いによって上層の水と下層の水が入れ替わる際に、溜め池の底の物質を巻き上げることで発生するとされている。研究の結果、下層の水温よりも冷たい雨がトリガーとなり、泥を巻き上げるターンオーバーを引き起こすことを突き止めた。また、水槽内に電動霧吹きで冷たい雨を降らせた際、上層に溜まった雨が急激に下に落ち込む現象をサーモカメラによって捉えることができた。

1. 導入

(1) 研究の動機

秋に、溜め池で釣りをしていると、水質が急激に悪化し、魚が釣れにくくなることもある。この現象はターンオーバーと呼ばれており、秋に水面付近の水が冷やされ、密度の違いによって上層の水と下層の水が入れ替わる際に、溜め池の底の物質を巻き上げることで発生するとされている。しかし、ターンオーバーが引き起こされる条件や、気温の変化によって連続的に起こるのか、何かがトリガーとなり突発的に起こるのかは分かっていない。また、この現象は溜め池以外でも起こり、原因不明の町の臭騒ぎや魚の大量死問題などに関係があると考えている。研究の結果をもとに、ターンオーバーが環境にもたらす影響についても考察を行う。

(2) 目的

本研究では、水温の変化によって流体がどのような動きを示すのかを観測し、ターンオーバー現象の発生条件を明らかにすることを目的とする。

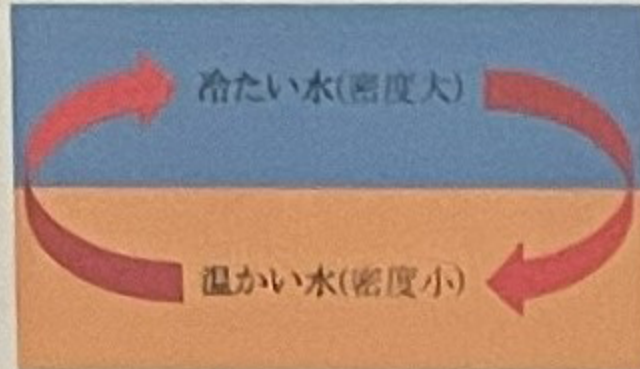


図1 ターンオーバーの発生イメージ

2. 方法

実験1 ため池の温度測定

ため池の上層と下層の温度の測定を行う。今回、測定を行ったため池は宇土市松山町にあるため池で自治体の許可を得て測定を行った。ため池の温度を測定するためにペットボトルを使用した測定機器を作成した。

○準備物

・ペットボトル(100mL) ・釣り竿 ・釣り糸

- ① 水の入ったペットボトルに釣り糸を括り付け、ため池の中央に投入する。
- ② ペットボトル内の水の温度が周りの水温と同じになるまで20分程度待つ。(予備実験を行った結果、ペットボトル内の水温が周りの水温と同じになるまで20程度かかることが分かっている。)
- ③ 回収し、ペットボトル内部の水の温度を測定する。
- ④ ため池の水面付近の温度とため池の底の温度を測定する。



図2 測定を行ったため池の上空写真

実験2 水槽を使用したターンオーバーの再現

ため池での実測結果をもとに水槽内でターンオーバー現象の再現を試みた。

○準備物

・水槽 ・水(約15L) ・電動霧吹き
・マイコン(Arduino) ・温度センサー(DS18B20)

- ① 水槽の上層と下層の水温を測定するために温度センサーを水槽の底面と上部に設置する。Arduino Unoと温度センサーを使用して温度を測定するプログラム作成し、温度の測定を行った。(図4)
- ② 上部が温かい、下部が冷たいという対流が起こりづらい状態をつくり、上から、電動の霧吹きを使用して雨に見立てた水を吹き付けた。
- ③ 今回の測定では、暖かい雨(34.0℃)と冷たい雨(20.0℃)の2回に分けて測定を行った。(図5)
- ④ 実験の様子をサーモカメラで撮影する。

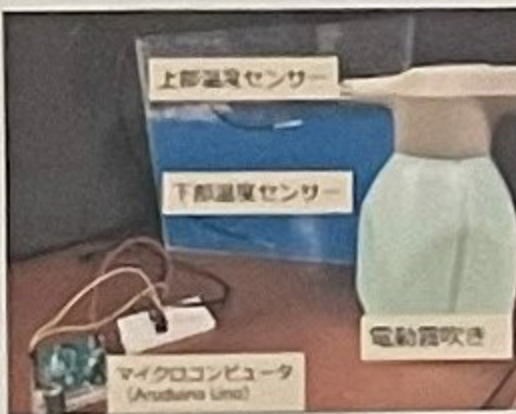


図3 実験2の使用機材

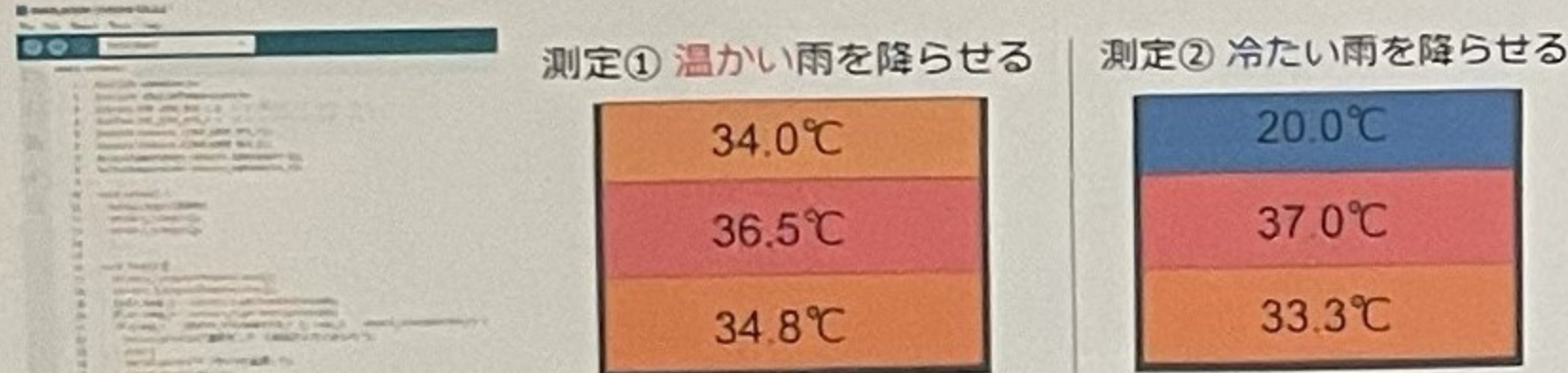


図4 Arduinoに書き込んだプログラム

3. 結果

実験1 ため池での温度測定

今回はため池で3回の測定を行った。ため池で実測を行ったところ、9月23日、9月26日の測定では上層の温度が下層の温度に比べて3℃ほど低い結果となった。一方で、10月8日に再測定を行うと、前回の測定と比べて温度が低くなっており、上層と下層の温度が同じであることがわかった。

表1 溜め池の上層と下層の温度

	上層の温度(℃)	下層の温度(℃)
9月23日(降雨後)	28.4	25.5
9月26日	28.8	25.4
10月8日(降雨後)	21.8	21.8

実験2 水槽を使用したターンオーバー現象の再現

雨の温度による水の対流の変化を見るために、上から吹き付ける水の温度を34℃と20℃の2回に分けて実験を行った。

【吹き付ける水の温度が34℃の場合(図6)】

- ・測定開始時は、上層の温度が36.5℃、下層の温度が34.8℃であった。
- ・測定開始後、上部の温度は上から水滴を吹き付け続けるため、徐々に温度が下がっている。
- ・下層の温度には変化が見られない。

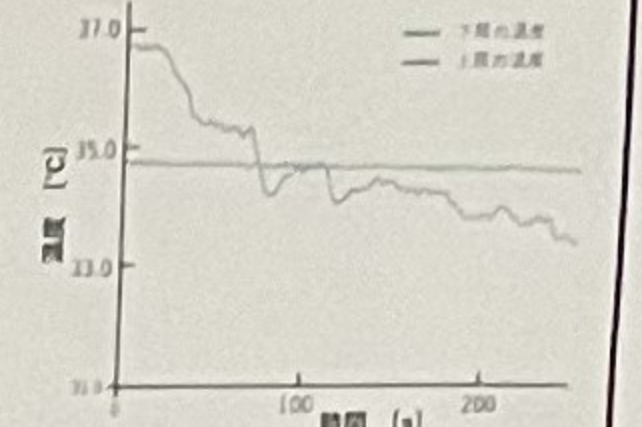


図6 34℃の水を吹きかけた際の水槽内の上層と下層の温度変化

【吹き付ける水の温度が20℃の場合(図7)】

- ・測定開始時は、上層の温度が37.0℃、下層の温度が33.3℃であった。
- ・上部の温度は時間の経過とともに、徐々に下がっている。
- ・下層の温度は測定開始から100秒後に、0.5℃ほど上昇している。

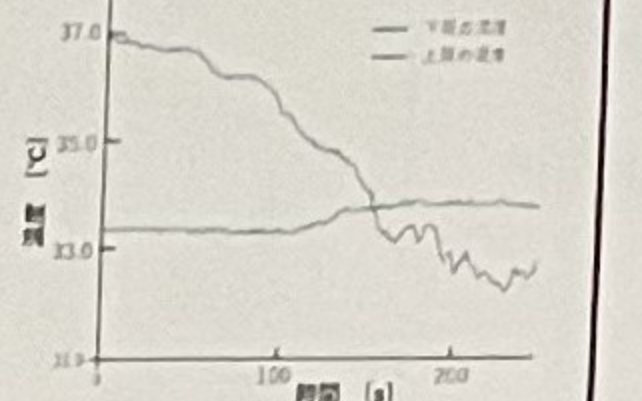


図7 20℃の水を吹きかけた際の水槽内の上層と下層の温度変化

電動霧吹きで20℃の冷たい雨を降らせた際、上層に溜まった雨が急激に下に落ち込む現象をサーモカメラによって捉えることができた。(図8)

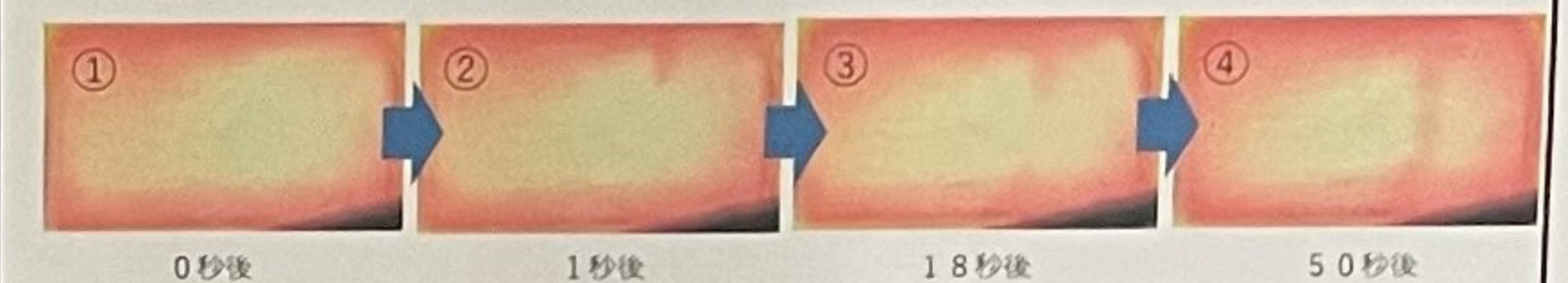


図8 サーモカメラで撮影したターンオーバーとみられる現象

4. 考察

Q1.溜め池では、なぜ秋にのみターンオーバーが起こるのか?

研究の結果から、ターンオーバーの発生には、雨の温度が重要であることが分かった。実験2で34℃の雨(水滴)を降らせた場合は、下層の温度に変化はなかったが、20℃の冷たい雨(水滴)を降らせた場合は、測定開始後、下層の温度が上昇した。これは、水面に降った密度の高い冷たい雨(水滴)が下に沈み込む際に、上層にある暖かい水も一緒に下層に移動したと考えられる。つまり、34℃の暖かい雨では下層の水は動かされないが、20℃の冷たい雨は下層の水を動かすことができるという結果から、夏に降る暖かい雨では下層の水は動かないが、秋に降る冷たい雨が下層の水を動かし、池全体の水を対流させ、ターンオーバーを引き起こしていることが推察できる。



図9 下層の温度が上昇する理由

Q2.秋のターンオーバー現象は連続的に起こるのか?

それとも、何かの要因で急激に起こるのか?
秋の9月28日の溜め池の水面付近の水温は28.4℃、底の水温は25.5℃であった。この状態は水の密度の関係から対流が起こりづらい状態であり、ターンオーバーはいつも起こっている訳ではないことが推察できる。10月8日に再測定したところ、上層と下層の水の温度が同じ21.8℃であった。この日の前日には雨が降り気温も低かった(図10)ことから、その結果冷たい雨が溜め池の急激な対流を引き起こし、ターンオーバーが起こったと考えられる。水槽内で再現実験を行ったところ、電動霧吹きで冷たい雨を降らせた際、上層に溜まった雨が急激に下に落ち込む現象をサーモカメラによって捉えることができた。上層の水が勢よくため池の底に落ち込むことで泥などを巻き込み、水質が悪化する可能性が高い。結果、下層の水温よりも冷たい雨がトリガーとなり、泥を巻き上げるターンオーバーを引き起こすことを突き止めた。これにより、ため池の下層の温度とその日の気温をもとに、ターンオーバーが発生する日時を予想できると考えている。

日	日	降水量 (mm)	平均気温 (℃)	最高気温 (℃)	最低気温 (℃)
18	9	25.0	31.8	33.9	28.7
19	9	27.4	32.8	34.0	29.6
20	9	28.1	33.2	34.3	29.9
21	9	28.9	33.4	34.5	30.1
22	9	24.2	32.9	34.0	30.4
23	9	25.1	33.0	34.1	30.5
24	9	24.8	32.8	33.8	29.8
25	9	25.0	33.2	34.1	30.1
26	9	27.3	32.7	33.6	29.6
27	9	27.1	32.6	33.5	29.5
28	9	25.9	32.2	33.4	29.4
29	9	25.8	30.8	32.2	28.2
30	9	25.6	31.1	32.4	28.4
1	10	24.1	27.6	31.2	24.0
2	10	23.8	27.2	30.8	23.6
3	10	22.7	27.5	31.4	23.6
4	10	24.2	28.6	32.2	25.0
5	10	23.4	24.4	28.4	20.4
6	10	20.1	24.3	28.1	19.1
7	10	22.5	24.6	28.0	20.0
8	10	17.7	20.4	23.4	15.4
9	10	22.2	23.6	28.6	18.6

図10 三角町の9月10月の降水量と気温

Q3.原因不明の臭騒ぎはターンオーバー現象によるものなのか?

ターンオーバー現象は溜め池だけでなく、タンクや下水道などさまざまな場所で起こる可能性がある。度々、ニュースで報道される学校や地域でおこる臭騒ぎもターンオーバーによって起こっているのではないかと考えている。これらの臭騒ぎのニュースには「原因が分からない」「突発的に発生する」などの共通点がある。また、10月18日に熊本県のニュースで取り上げられたイワシの大量死のニュースを調べていくと、イワシが確認された天草・島原の漁港を確認してみると、比較的大きな河川の河口に位置していることを突き止めた。この事実も、上流の溜め池などのターンオーバーが関係しており、酸素濃度の低い水が海に流れ出した結果、酸欠状態となったのではないかと考えている。ターンオーバーが起こる条件を明らかにすることは、これらの現象を明らかにするために重要であると考えられる。

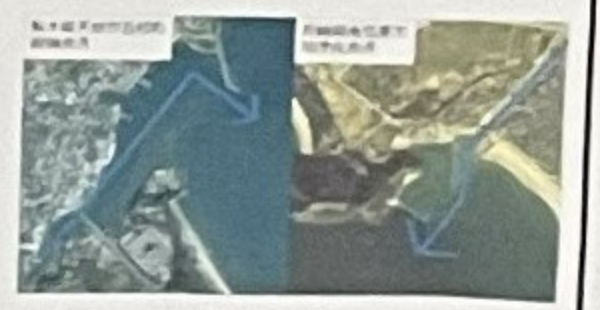


図11 イワシの大量死が確認された天草・島原の漁港

5. 参考文献

- [1] 気象庁 過去の気象データ検索。国土交通省
https://www.data.jma.go.jp/stats/etm/index.php?prec_no=65&block_no=1081&year=2023&month=10&day=8&view=
- [2] 国土地理院 地図・空中写真閲覧サービス。国土交通省
<https://maps.gsi.go.jp/maplibSearch.do#>