

窒素固定能から、イシクラゲの休眠からの回復の様子を調べる

平松恒輝 難波遥伸 白石涼馬 竹川大翔 小坂明

要旨

イシクラゲは、乾燥状態では無代謝で休眠を行い、水を与えることで休眠から回復し、活動を再開する。また、イシクラゲは空気中の遊離窒素を吸収し、窒素化合物を生成する窒素固定という代謝を行うことでも知られている。そこで本研究では窒素固定に着目してイシクラゲが休眠から回復する様子調べることを目的とした。実験として、呼吸のみを行える条件下に置いたもの、呼吸と窒素固定を行える条件下に置いたものをそれぞれ休眠状態から回復させ、気体の吸収量の差を取った。さらに時間経過ごとの窒素化合物の量の変化を調べた。その結果、イシクラゲは休眠打破後の初期段階で窒素固定能を有し、さらにその後極端に窒素固定能が低下することが分かった。またその窒素固定能低下後にイシクラゲ内のアンモニウムイオン量が低下していることも分かった。

キーワード イシクラゲ、窒素固定、休眠、

1. 序論

藍藻類の一種であるイシクラゲは乾燥状態では無代謝で休眠を行い、水を与えることで代謝を開始、活動を再開する。また、イシクラゲは呼吸や光合成といった代謝活動に加え、空気中の遊離窒素を吸収し、窒素化合物を生成する窒素固定という代謝を行う。そこで本実験では、イシクラゲの行う窒素固定に着目し、休眠状態から代謝活動を再開させる様子調べることを目的とした。

2. 研究内容

〈実験1〉

休眠状態から回復する際に窒素固定によって吸収される気体の量を測定し、時間経過に伴うその変化を調べる。これは気体の吸収量から窒素固定能の変化を調べることが目的である。

【実験方法】

① 酸素と窒素を2：8の割合で混合させた混合気体Aと、酸素とアルゴンも2：8の割合で混合させた混合気体Bを用意し、注射器内に充填した。これは後述の操作によりイシクラゲをこれらの気体の中に放置する際にイシクラゲが行える代謝活動を制限するため

あり、実験は光をさえぎった環境下で行ったため、混合気体A内では呼吸と窒素固定が、混合気体B内では呼吸のみが行われると考えられる。このことから混合気体Aと混合気体Bでの結果の差を算出することで窒素吸収量を求めることができる。また混合気体Aで酸素に混合させる気体は反応性に乏しいものであればどのような気体でも問題はないが、本実験では反応性に乏しくかつ、ガラスを透過することもないアルゴンを用いた。

- ② 乾燥させた200ml三角フラスコ内に休眠状態のイシクラゲを2gはかり入れたものを2つ用意した。
- ③ 2つのフラスコを水中に沈め、2本のチューブをつなげたゴム栓で蓋をした。またこの時イシクラゲは吸水し、休眠打破を開始する。この後の作業に要する時間は最小限になるようにつとめた。
- ④ 片方のチューブの先を注射器につなげ、混合気体A、Bをそれぞれのフラスコに充填し、チューブを塞いだ。
- ⑤ 一方のチューブを、内側に水で膜を張ったガラス管につないだのちフラスコを30℃の水を張ったビーカー内に沈め、30℃に保った光源のない恒温器内に放置し、10分ごとにそれぞれの膜の移動を計測した。本実験では常温として30℃に環境を設定し、温度変化

の影響を減らすためにフラスコを水に沈めた。光源のない恒温機内に放置することで光合成は行われないと考えられる。

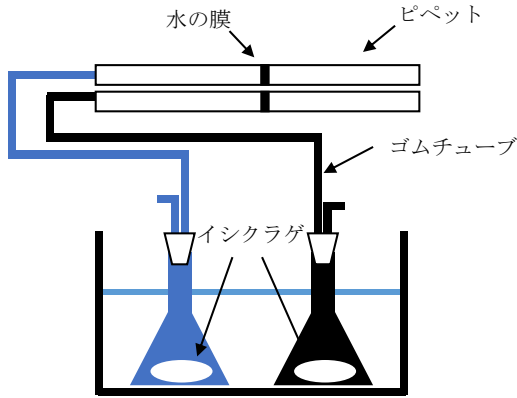


図1 実験装置の模式図

【結果1】

上記の実験を10回繰り返し、平均をとったものが以下のグラフである。気体Aでは開始後吸収量が多くなったのちに10分後大きく減少、更に10分後にまた吸収量が多くなるという結果が得られた。

また気体Bでは大きな吸収量の変化は見られなかったが、開始後吸収量が負の値をとる、つまり何らかの気体を放出しているという結果が得られた(図2)。

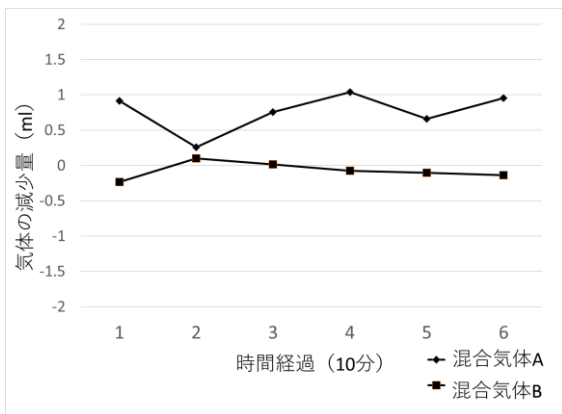


図2 休眠打破後の気体吸収量

気体Aの吸収量と気体Bの吸収量の差をとり、窒素吸収量を求めると以下のようになった(図3)。開始後吸収量が多くなった

のちに10分後大きく減少、更に10分後にまた吸収量が多くなるという結果が得られた。

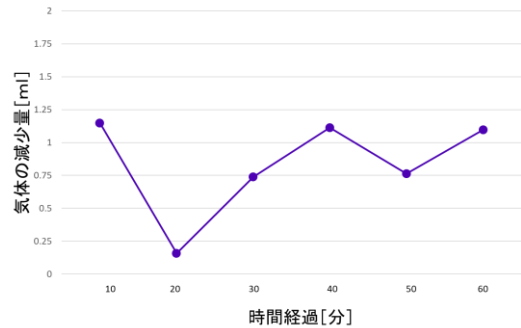


図3 休眠打破後の窒素吸収量

〈実験2〉

休眠から回復する際の、イシクラゲが含有するアンモニウムイオンの量の変化をアンモニウムイオン濃度から間接的に調べる。これは窒素固定による生成物であるアンモニウムイオンの量から窒素固定能の変化を調べることが目的である。

【実験方法】

- ① シャーレを6つ用意し、それぞれに休眠状態のイシクラゲを2gずつはかり入れた。
- ② それぞれに20mlずつ水を与え、放置した。
- ③ 10分ごとに1つのシャーレからイシクラゲを取り出し、80mlの熱湯に投下した。これは既定の時間以上イシクラゲが代謝を行うことがないように細胞を固定するためである。
- ④ 乳鉢を用いて③のイシクラゲを熱湯ごとすりつぶし濾過を行った。
- ⑤ ④で採取した液とアンモニウムイオン濃度検査薬(図4)を混ぜ、吸光度計を用いて試薬の色の变化を調べた。



図4 実験に使用したアンモニウムイオン濃度検査薬

【結果2】

ベールの法則（光路長が一定のとき、吸光度は溶質のモル濃度に比例する）により吸光度の増減はアンモニウムイオン濃度の増減を意味する。本実験では使用した試薬の理由から 580 nm, 590 nm, 680 nm の波長での吸光度を参考にした。

開始後高い吸光度を示したのちに 10 分後吸光度が低くなり、さらに 10 分後にまた吸光度が大きくなるという結果が得られた（図5）。

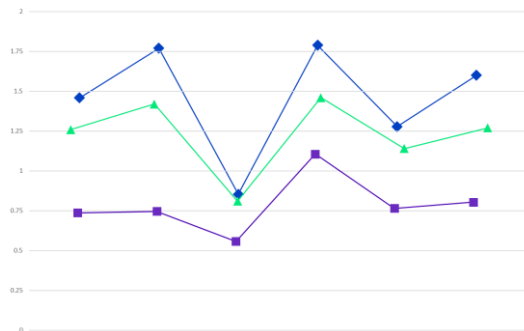


図5 試薬反応による吸光度の変化

〈考察〉

〈実験 1〉では、窒素吸収量を調べ、〈実験 2〉では、吸光度つまりアンモニウムイオンの濃度を調べた。これらの実験より、インクラゲが休眠から回復する際、水を与えてから 0～10 分後ごろまでの間で一度窒素固定を盛んに行い、10～20 分後ごろまでの間で窒素固定をあまり行わず、アンモニウムイオンの消費のみが行われ、50 分後に窒素固定量とアンモニウムイオン量共に低下がみられる。

〈展望〉

測定の時間が 1 時間と短いため、長時間にわたる変化を見る。実験 2 の結果で吸光度のデータが得られたのでアンモニウムイオンのモル数を求める。

効果的な打ち水の量の提案

藤原晴紀 村國広貴 山田琉生 山本航志

指導者：

要旨

夏の暑い日に水を撒いて清涼感を得る打ち水では、水を撒きすぎると湿度が上がり、より暑いと感じてしまうと聞いた。そこで本研究では打ち水の量を変えた時の不快指数の変化を、自作した装置を用いて計測・比較をし、最も効果のある量を考察した。

その結果、撒く水の量を増やしていくと不快指数は減少する傾向にあるが、ある量からは不快指数が増加する傾向にあることが分かった。

We heard that we feel hotter because of watering too much when we do Uchimizu that is the way watering around us in order to be cool in summer day, so we measured the change of discomfort index and examined the best amount of water.

As a result, discomfort index tended to drop when the amount of water increased, but from a certain quantity it tended to rise.

キーワード：打ち水 不快指数

1. 序論

近年、地球温暖化やヒートアイランド現象などの問題により、気温が上昇してきている。そのため、電気を使わず、温室効果ガスも出さない地球にやさしい方法で暑い夏を少しでも涼しく、快適に過ごしたいと考えた。調べている中で、日本の伝統的な涼み方の1つに打ち水というものがあることを知った。打ち水とは、暑い夏場に、玄関先や庭、道路やマンションのベランダなどに水を撒き、そこで発生した気化熱によって気温を下げるというものである。しかし、打ち水により、湿度が上がり、かえって逆効果になる場合もある。我々は打ち水の量と比例して体感温度は下がっていくのではないかと思え、本研究を行おうと考えたが体感温度は温度、湿度、風速を計測する必要があり風速を計測することは困難であったため、気温と湿度から決まる不快指数を用いて実験を行うことにした。

不快指数とは、「人間が生活するうえで不快を感

じるような体感を、気温と湿度で表した指数。風速が含まれていないため、体感とは一致しないことがある。気温を T °C、相対湿度を H % とすると

$$\text{不快指数} = 0.81 \times T + 0.01 \times H \quad (0.99 \times T - 14.3) + 46.3$$

で計算される。不快を感じる値は人種などにより違いがあるが、日本人は 77 になると 65% の人が不快を感じ、85 では 93% の人が不快を感じるといわれている。」²⁾ と説明されている。

その不快指数を用いて打ち水には効果があるのか、また、撒く水の量によって不快指数にどのような変化が現れるのか調査する。

2. 研究内容

〈材料・器具〉

・材料

木箱(厚さ 20mm の児童用机の天板を用いて自作し

たもの), 発泡スチロール容器, ビニール袋
コンクリート板(300mm×300mm×35mm)

・器具

温湿度計, 非接触温度計, 湯沸かしポット, スタンド, ストップウォッチ, 霧吹き

実験 1.

〈研究方法〉

- ①室温を 27℃に設定する。
- ②二重にしたビニール袋に入れたコンクリート板を熱湯で満たした発泡スチロール容器に入れ, 10 分間加熱する。



図 1 コンクリート板を加熱する様子

- ③加熱後, コンクリート板の中心の表面温度が 57℃になったところで木箱に入れる。
- ④中心の表面温度が 54℃になると同時に, 霧吹きで 0g, 45g, 67.5g, 90g, 112.5g の水をコンクリート板全面に吹きかけ, 30 秒ごとに 20 分間, 箱の床から高さ 20 cm の地点の湿度と気温を測定する。



図 2 測定の様子

〈結果〉

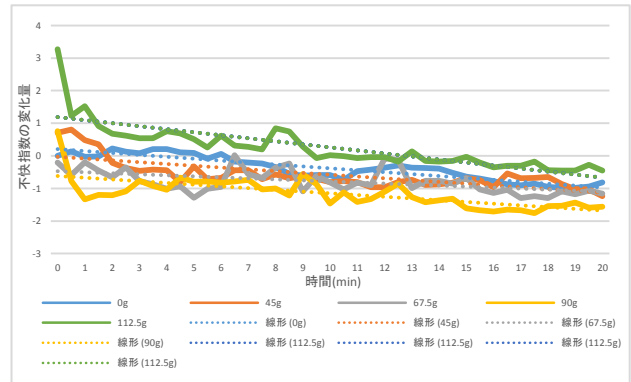


図 3 撒く水の量と不快指数の変化量の関係①

0g, 45g, 67.5g, 90g の順に水の量を増やすと不快指数は減少する傾向にあったが, 112.5g に増やした途端, 急激に不快指数が上昇した(図 3)。

〈考察〉

90g から 112.5g の間で不快指数が急激に上昇したことから打ち水の量にはそれ以上撒くと逆に不快になるという量が存在すると考えられる。

実験 2.

〈研究方法〉

- ② 実験 1 の実験方法の①②③の操作を行う。
- ②中心の表面温度が 54℃になると同時に, 90.0g, 112.5g, 90.0g と 112.5g の中間の 101.25g の水をコンクリート板全面に吹きかけ, 30 秒ごとに 20 分間, 箱の床から高さ 20 cm の地点の湿度と気温を測定する。

〈結果〉

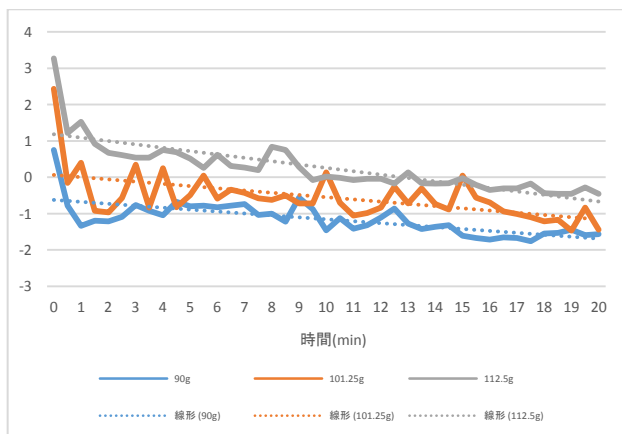


図4 撒く水の量と不快指数の変化量の関係②

101.25gで行ったところ90.0gと112.5gの中間程度であった(図4)。

〈考察〉

101.25gのとき不快指数が90gと112.5gの中間ぐらいになったことからそれ以上撒くと逆に不快になるという量が存在し、それは90g程度であると考えられる。

3. 結論

以上より水の量を増やしていくと、不快指数は下がっていくが、ある一定の量を超えると不快指数が上がっていき、それが90g程度であると考えられる。また、今回は0.090㎡のコンクリート板を用いたので、コンクリート1㎡あたり約990g程度の打ち水を行えば最も効果的であると考えられる。

今後の課題として、実験場所の水を撒く前の湿度をできる限り一定にすることがあげられる。

4. 参考文献

- 1) <https://keisan.casio.jp/exec/system/1202883065> 不快指数 - 高精度計算サイト - CASIO
- 2) <https://kotobank.jp/word/%E4%B8%8D%E5%BF%A8%E6%8C%87%E6%95%B0-123712> ブリタニカ国際大百科事典 小項目事典

令和元年度 2年次生課題研究発表会について

1 課題研究成果発表会（校内）

SSH研究開発プログラムの中で最も大きな位置付けをもつ「課題研究」において、2年次生が1年間にわたって取り組んできた研究の成果を発表する研究成果発表会を開催した。発展研究，論文研究について次の日程で3回の発表会を本校の第2生物教室及びコンベンションホール，サイエンス館で行った。

1回 10月 2日(水) 13:50～15:30(6限～7限)(第2生物教室)

発展研究の研究成果を評価：10グループ全て口頭発表

2回 12月 18日(水) 13:50～15:30(6限～7限)(第2生物教室)

発展研究の研究成果を評価：10グループ全て口頭発表

※岡山県理数科理数系コース課題研究合同発表会のステージ発表選考会を兼ねて実施した。

3回 1月 22日(水) 12:55～15:30(5限～7限)(本校サイエンス館) ※第2回SSH運営指導委員会

発展研究，論文研究の論文を評価：4グループ口頭発表，10グループ全てポスター発表

口頭発表テーマ ①パスタを折る速さと破片の数の関係(物理)

②瀬戸内海(岡山・香川間)における海水のイオン濃度の考察(化学)

③窒素固定能から，イシクラゲの休眠からの回復の様子を調べる(生物)

④インターネットから見る興味関心と売上の関係について(数学・情報)

口頭発表は，スライドによるプレゼンテーションを行い，各グループ7分程度の発表を行った。



第2回研究発表(口頭発表)



第3回研究発表(ポスター発表)

2 第17回高大連携理数科教育研究会・第20回岡山県理数科理数系コース課題研究合同発表会

県内の理数科設置4校では、「課題研究」を開講し，各校が独自に実施する校内での発表会で，研究成果が報告されている。しかし，発表会を校内のみで終わらせることなく，理数系教育の共通理解と更なる充実・発展を目指して，合同の発表会が企画され，「第1回理数科課題研究合同発表会」が平成13年3月，岡山理科大学を会場に開かれた。20回目となる本年度は，令和元年2月8日(土)に岡山理科大学を会場に開催された。以下，この発表会の概略を示す。なお，ステージ発表では，「タンブラーの側面で踊りだす水」のグル



ステージ発表

ープが最優秀賞を、「伸長過程におけるゴムの分子鎖のふるまい」の研究グループが優秀賞を獲得した。

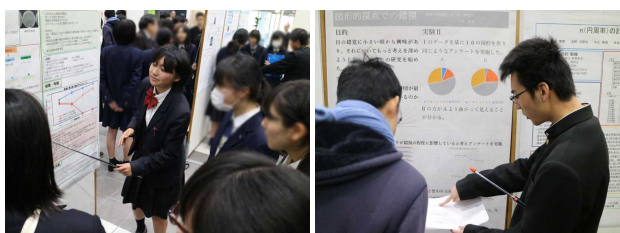
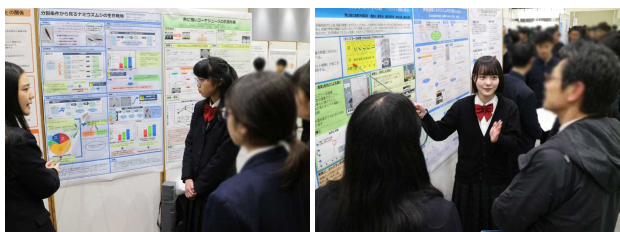
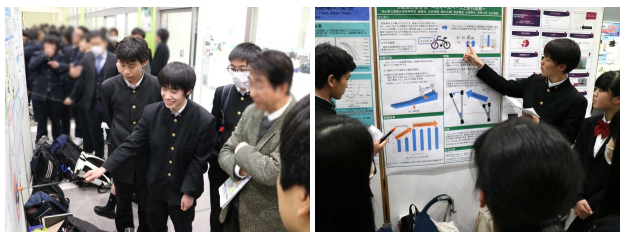
令和元年度 第17回高大連携理科教育研究会・
第20回岡山県理科数系コース課題研究合同発表会

■発表会の概要

日時	令和元年2月8日(土)	
会場	岡山大学(創立五十周年記念館)	
日 程	(1) 開会のあいさつ	9:50 ~ 10:00
	(2) 発表(入退場・質疑を含めて10分以内)	10:10 ~ 14:50
	ポスターセッション(61組)	13:30 ~ 14:50
	(3) 審査結果発表, 表彰, 指導講評	15:00 ~ 15:50
	(4) 閉会のあいさつ	15:50 ~ 16:00

■研究テーマ(ステージ)発表校(※サブタイトルは省略)

分野	テーマ	発表校
物理	伸長過程におけるゴムの分子鎖のふるまい	倉敷天城
	加硫の有無によるゴムの特性変化	津山
	タンブラーの側面で踊りだす水	倉敷天城
	偏心させたコマが暴れずに回転するための条件	岡山一宮
数学	クーボンコレクター問題を用いた分析	岡山一宮
化学	天然物由来の水処理用凝集剤	岡山一宮
	セルロースナノファイバを用いた デンプ発泡体の補強と強度評価	玉島
	ミドリムシの光強度の変化による 光驚動反応の研究	津山
生物	水草に対するアレロパシー作用の研究	岡山一宮
	野菜由来の乳酸菌について	玉島



ポスター発表



ステージ発表表彰式(今岡写真館写真提供)



発表を終えて集合写真