

## 霞ヶ浦浄化プロジェクト ～マイクロキスティスの資源利用と淡水真珠による水質浄化～

飯田未来乃 佐々木勇輝 田中理奈 鈴木麻衣子 古谷梨菜  
指導者：増子勝男教諭 土子亮教諭

### ABSTRACT

These days, Lake Kasumigaura is polluted and mycrocystis appears on the water in summer. These have a bad influence not only on spoiling things in this lake but also on the neighboring areas. Although Ibaraki Prefecture takes measures, they can't solve their basic cause. This research was done for the purpose of purifying water in Lake Kasumigaura, using mycrocystis as a resource, and activating Ibaraki Prefecture by making freshwater pearl farming popular. We cultured mycrocystis and sampled blue food dye, and performed experiments on the purifying ability of *Ruditapes philippinarum* (Adams and Reeve, 1850), *Sinotaia quadrata histrica* (Gould), and *Corbicula japonica Prime*. Moreover, we also farmed freshwater pearls in Shishitsuka Pond, for the first step toward farming in Lake Kasumigaura. As a result, we found that we can use mycrocystis as a precious resource, we can farm freshwater pearls, and shells can make the water clean.

### はじめに

近年、霞ヶ浦では流入河川を通じて周辺地域から栄養塩類が流れ込み、富栄養化によってマイクロキスティス(属名: *mycrocystis*) が大量発生する現象が見られる。栄養条件とともに、水温の上昇や日照時間などの環境条件が整う夏場にマイクロキスティスが発生する。マイクロキスティスの大量発生は景観の悪化さらにそれらが腐敗すると強烈な悪臭を放つ。

淡水真珠とは、川や湖などの淡水環境で棲息するイケチョウガイ、マルドブガイを使って育てたものである。他の海水真珠とは異なり、核がなく芯まで真珠層で出来ているため、大変丈夫である。現在流通している淡水真珠はほとんど養殖である。色も形もバリエーションに富んでいる。ライスパールと呼ばれるシワのある米粒状の真珠を産出していたようだが、最近は養殖期間が多少長くなっても、美しく丸い真珠ができる三角帆貝が使われている(『真珠をつくる』『パール海の宝石』)。特に、霞ヶ浦で養殖された淡水真珠は、国内シェア 86%である(“海面漁業生産統計調査” 農林水産省)。

霞ヶ浦の水質浄化を二段階を踏んで行うこととした。第一に、筑波大学渡邊信教授の藻類バイオマスエネルギーの実用化に向けた研究に着目した。この研究をベースとして、マイクロキスティスに価値を見出し世界にマイクロキスティスの回収を促し、水質問題を解決し、同時にマイクロキスティスから利益を生み出そうと考えた。第二に、淡水真珠の養殖に注目した。淡水真珠の二枚貝には浄化作用があるため、土浦一高で淡水真珠を養殖し、水質維持をしようと考えた。

私たちは、負の産物であるマイクロキスティスと正の産物である淡水真珠という全く異なるものを組み合わせ、霞ヶ浦を浄化し水資源を最大限活用しようと考えた。

### 1. マイクロキスティスの資源利用

**マイクロキスティスの回収** マイクロキスティスが大量に発生してできるアオコの回収には、船上からと陸上から行う方法がある。アオコ回収船の値段は一基約 2000 万円で、維持費用が約 50 万、さらにアオコの処分費用が別途かかる。陸上から行う場合、ハンドスキマーを用いるが、一基約 45 万円である。また吸引によってアオコを回収する場合、アオコが層状に発生していないと効果的に回収することができないが、風の吹き寄せなどによって局部的に発生する場合は吸引による回収船の役割が大きい。しかし、回収船の費用とアオコの処分費用がアオコ回収を妨げる原因の一つだと考えられる。

**オイル抽出** 筑波大学渡邊信教授の試算によると、夏場 4 か月間に霞ヶ浦の 10 分の 1 の面積からとれるマイクロキスティスから、オイルを抽出し火力発電に用いれば、日本の発電量の 0.8% を賄える。回収したマイクロキスティスからは大量のオイルを抽出できる。

**色素** ラン藻類にはフィコシアニンという天然青色色素が含まれており、食用製品の着色にも使用されている。希少価値は高く、1 kg 当たり 25,000 円で取引されている。この色素を抽出・販売すれば多額の利益を生み出せると考えられる。

#### 材料と方法

①**培養** 目的は、マイクロキスティスからフィコシアニンの抽出およびオイルの抽出のために一定量にまで増やすことである。〇用意したもの ビーカー、シャーレ、原液(表 1)、蒸留水、栄養塩(液体肥料株式会社ハイボネックスジャパン製造のハイボネックス原液を使用、成分については表 1 参照)、蛍光灯。

表 1 ハイボネックス原液の成分

成分	%
窒素全量	6.00
内アンモニア性窒素	2.90
硝酸性窒素	1.05
水溶性リン酸	10.00
水溶性加里	5.00
水溶性苦土	0.05
水溶性マンガ	0.001
水溶性ホウ素	0.005

○ミクロキスティスを含む原液について

- ・採水地 宍塚大池 茨城県土浦市宍塚729
- ・採水日時 2015年10月31日

このような条件で採水した水を原液と呼ぶことにする。ハイボネックス原液とは別である。

○培養期間 第一段階 2015年11月4日～11月18日  
 第二段階 2015年11月18日～12月6日  
 第三段階 2015年12月7日～

○培養条件

第一段階では原液180mlを60mlずつシャーレに入れ、異物混入防止のために蓋をし、均一に光が当たるようにした。三つのシャーレをそれぞれシャーレA、シャーレB、シャーレCとする。それぞれのシャーレには蓋をする。

培養条件は栄養塩の量以外を揃えた。以下にその条件を示す。気温22℃、水温22.4℃、照度1000～1200ルクスいずれも測定日は2015年11月4日。この条件は第二段階、第三段階でも同じ。

栄養塩の量は表2の通り。栄養塩は2015年11月4日と11月11日に与えた。栄養塩の濃度差によって培養量に差が顕著な差が見られなかったため、第二段階では量を一定にした。

第二段階は三つのシャーレ内の液体をビーカーに入れてよく混ぜる。これを原液とした。シャーレに残った植物プランクトンを蒸留水で洗い流し、この蒸留水もビーカーに混ぜる。原液と蒸留水を17:15の割合で混ぜた液体320mlを四等分してシャーレにそれぞれ入れる。

第三段階は4つのシャーレ内の液体と蒸留水を混ぜた液体400mlを二等分して、ビーカーに入れる。栄養塩は2015年12月7日に600μl、2015年12月22日に200μl与えた。栄養塩の量を大幅に増やしたのは、霞ヶ浦環境科学センター出典の夏場の霞ヶ浦の栄養塩濃度のデータを参考に、実際の霞ヶ浦の栄養塩の濃度に近づけるためである。

表 2 栄養塩の量

	シャーレA	シャーレB	シャーレC
栄養塩滴下量	5μl	10μl	15μl

②色素抽出 目的は、ミクロキスティスの活用法の一つとして、色素を実際に抽出することである。

○用意したもの

スピルリナパウダー(スピルリナ普及会)、ミネラルウォーター200ml(株式会社クリアウォーター津南製造)、ろうと、ろ紙、三角フラスコ、薬さじ

○方法

薬さじでスピルリナパウダーを適量とり、ろ紙の上に乗せ、ミネラルウォーターを注ぎ入れる。

### 結果と考察

① 培養 写真のように増殖が顕著に表れた



図1 (左から)2015年11月8日、2015年12月7日のミクロキスティスの様子

②色素抽出 フィコシアニンと思われる青色色素が抽出できた



図2 抽出されたフィコシアニン

## 2. 淡水真珠養殖による水質維持

### 材料と方法

#### (1)養殖

淡水真珠の養殖では、マルドブガイ(学名: *Anodonta calipygos Kobelt*)とイケチョウガイ(学名: *Hyriopsis schlegelii*)を用いて、核入れと淡水真珠養殖を行った。2015年11月15日に養殖場にて、イケチョウガイ6個、マルドブガイ6個にオペレーションを施した。2015年11月17日に学校の生物室にて、マルドブガイ30個、にオペレーションを施した。オペレーションとは、成長した貝の体の中に、「核」と呼ばれる真珠の元となるものを入れることである。

真珠の核には、100円ショップで販売しているピース(材質:ポリスチレン、不飽和ポリエステル樹脂、亜鉛合金、金メッキ、銅メッキ)、石膏を利用して、直径10mm程のピースを作成、利用した。開口器、ヘラを利用して貝の殻を開け、身と殻の間に核となるピースを挿入した。

#### (2)浄化実験

①浄化実験 水の透明度の指標として、照度計の数値を用いようと考えた。照度計は、まず、その第一段階として、照度計が一定の濃度の水溶液に対して比例関係を示すのかを検証するため、2015年11月12日、2015年11月19日に次のような実験を行った。まず、電子てんびんで食紅を一定量測りとり、水溶液をつくる。今回は水100mlに対して食紅0グラム、0.010g、0.025g、0.050g、0.100gの水溶液を用意した。そして、手製の実験装置にビーカーを入れ、上方から蛍光灯で光を当て、水溶液を通過した光の明るさを下方から照度計で測定する。(図3参照)

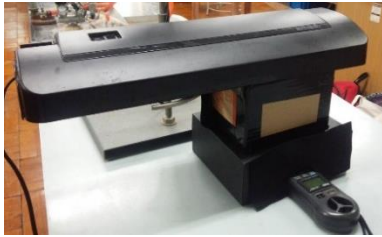


図3 手製の実験装置

②市販のアサリを用いた、貝の水質浄化実験 10月2日、貝の浄化作用を自分たちで確かめるために、人工海水が500ml入ったピーカーに、i 豆乳3ml, ii 豆乳3ml+アサリ3個, iii 豆乳3ml+アサリ6個, iv ワイン5ml, v ワイン5ml+アサリ3個, vi ワイン5ml+アサリ6個を入れ、各ピーカーの視覚的变化を30分毎に観測した。

③穴塚大池の水の調査 11月4日、穴塚大池の水を貝がどのくらい浄化するのか調査するため、200mlの穴塚大池の水が入ったピーカーを二つ用意し、穴塚大池の貝を入れないものと3つ入れたものにし、ピーカーの下の方眼紙の目盛が何分後に見えるか調べた。

④穴塚大池の貝の浄化作用の調査 200mlの水に1.5mlの牛乳を滴下したピーカーを4つ用意し、I 貝を何も入れない。II 穴塚大池のシジミを3個入れる。III 穴塚大池のシジミを6個入れる。IV 穴塚大池のタニシを3個入れる。の4つに分け、それぞれのピーカーの下の方眼紙の目盛が何分後に見えるか5分ごとに観察した。

### (3) 貝の生息地調査

調査地 茨城県土浦市穴塚にあるため池である穴塚大池で調査を行った。穴塚大池は、江戸時代以前に流入河川のない台地上に築造され、今も天水のみに水源を頼っているため池で、下流の谷津田や台地下に広がる水田地帯40haを潤す貴重な水源として、重要な役割を担っている(関東農政局/穴塚大池(茨城) - 農林水産省 ホームページ参照)。調査は、棧橋、湖心、谷津の一箇所で行った。湖岸は、棧橋付近はコンクリート、その他は土で囲まれている。

①生態調査 2015年10月31日、11月4日に、穴塚大池から流れる川にて、生態調査を行った。

②水質調査 2015年10月31日、11月4日、11月10日、11月23日、12月12日、2016年1月17日、30日に棧橋、林の入口にて、前者では透視度版と透明度計、後者では透明度計を用いて水質調査を行った。

③養殖個体調査 2015年11月18日に、A001~010, A100~A010, B001~010, B100~010にナンバリングしたマルドブガイ計40個体を穴塚大池に

入れた。同月23日、Aを湖心に、Bを谷津の一つに配置し、養殖を行った。貝の成長変化には、厚さ、殻高、殻長、を計測した。この計測は2015年11月18日、12月12日、1月17日に行った。また、2016年1月30日以降、重量も計測した。この計測は、1月30日、2月25日に行った。

## 3. 結果と考察

### (1) 養殖

2016年1月17日に、穴塚大池のA010, B010, 柳瀬さんの養殖場のマルドブガイ1個、イケチョウガイ1個を試験剥きした。まだ真珠層成分は分泌されておらず、ピースの表面を薄い黄色がかった膜が覆っていた。冬という時期で、貝の成長も芳しくなく、真珠層の分泌が少ないと考えられる。

### (2) 浄化実験

①浄化実験 実験によって得た数値とその逆数をグラフ化すると、近似曲線に近いデータが得られた。(表4, 表5参照)そのため、この装置は水の水質浄化実験において水の透明度を示す指標として用いることができるといえる。

表3 食紅の質量とそれに伴う照度計の値

食紅の質量	照度計の値
0g	690
0.010g	510
0.025g	168
0.050g	110
0.100g	35

②市販のアサリを用いた、貝の水質浄化実験 貝の個数が多いほど、水は浄化された。また、ワインを用いたものは水質の変化が見られなかったため、貝が浄化できるのは、貝のえらでろ過できる大きさの物質のみであり、水溶性の物質はろ過できないことが確認できた。ろ過した物質は、排泄物として、体外に排出されている様子と、貝が酔っ払っている様子を観察することができた。今後の課題は結果の数値化と、視覚的にわかりやすいデータを取ることである。

表6 時間の経過に伴うピーカーの視覚的な変化

0:30 後	少々変化が現れる
1:00 後	
1:30 後	
2:00 後	後ろにあてた画用紙が確認できる
2:30 後	

③穴塚大池の貝の浄化作用の調査 I 実験をする前から、方眼紙の目盛が見えていた上、あまり変化が見られなかった。II 一日では、方眼紙の目盛が見えず、翌日になって見ることができた。貝の個数が多い方がより浄化していたが、浄化と同時に貝も排出物を出すので、その量が貝の個数が多いほど増えているように見えた。

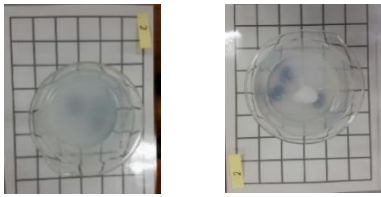


図4 IIのピーカー(左図より0分後、1日後)

### (3) 貝の生息地調査

①生態調査 2015年10月31日の生態調査では、イシガイ(学名: *Unio douglasiae*), ドブガイ(学名: *Sinanodonta spp.*), カワニナ(学名: *Semisulcospira (Biwamelania) nakasekoe* Kuroda)。11月4日の調査でも、同様に貝5種類の生息を確認した。この結果から、穴塚大池の水で貝類が成長することがわかり、淡水真珠を養殖するためのマルドブガイも育成できると考えた。

②水質調査 2015年10月31日, 11月4日, 10日, 23日, 12月12日, 2016年1月17日, 30日の透明度版, 透視度計を利用した水質調査の結果は, 表7に記載。

日付		2015年					2016年
		10月31日	11月4日	11月10日	11月23日	12月12日	1月30日
棧橋	透明度版	40.0cm	52.2cm	56.7cm	67.6cm	71.7cm	104.3cm
棧橋	透視度計	25.7cm	30.4cm	29.8cm	28.6cm	31.4cm	測定不可
森の入口	透視度計	22.1cm	30.4cm	29.1cm	27.2cm	32.1cm	測定不可

表7 穴塚大池の水質調査の結果

③養殖個体調査 調査の結果は表8, 表9, 表10, 表11, 表12, 表13, 表14, 表15に記載 A001~O10, B001~O10は核有り。A101~110, B101~110は核無し。

今後の管理に向けて 本研究の結果, 穴塚大池でのマルドブガイが養殖できることが確認できた。今後も引き続き穴塚大池での養殖を行い, 真珠を作ることができることを確認したい。冬期のため, 大きな成長が確認されていないため引き続き観察を続けていきたい

## 4. 結論

マイクロキシスの今年度の研究は, マイクロキシスの培養やスピルリナからフィコシアニンの抽出を行い, ラン藻類の応用法の一部を確認できたが, オイル抽出の研究などは, 情報を得られなかった。ビジネス化に向けて調べなくてはいけないことが多々あるが, マイクロキシスを利用したビジネスは, 多額の利益を生み, 新たなエネルギー源を開発するというメリットがある。私たちはこのビジネスを前面に押し出し, 世界のマイクロキシス問題を解決したいと考えている。

淡水真珠は, 11月15日に核入れを行い, 柳瀬和久氏によると来年度に完成予定である。実験のデータから見て取れるように, イケチョウガイをはじめとした二枚貝には浄化作用があり, 霞ヶ浦の浄化に大きく貢献することが望まれる。また, 柳瀬和久氏によると淡水真珠は完全にきれいな形をしていないため, それが海外の方に受け, 海外での需要もあるということだ。以上の理由から, 私たちは, 淡水真珠を用いて霞ヶ浦の水質維持ができると考えた。

### 謝辞

私たちの訪問を快く受け入れてくださった茨城県霞ヶ浦環境科学センターの大内孝雄氏, 明恒パールの北尾正一氏, 真珠養殖に協力して下さった柳瀬和久氏, 穴塚大池での真珠養殖の許可を頂いた及川ひろみ氏, 私たちの研究に助言を頂いた高村典子博士, 筑波大学の渡邊信博士, お世話になったマレーシア, シンガポールの方々, 様々なご指導を頂いた先生方に, 御礼申し上げます。

### 引用文献

- ・霞ヶ浦研究会(2009) 『霞ヶ浦研究会報』 霞ヶ浦研究会編集委員会
- ・島谷幸宏・細見正明・中村圭吾(2003) 『エコテクノロジーによる河川・湖沼の水質浄化: 持続的な水環境の保全と再生』 ソフトサイエンス社
- ・杉万裕一(2008) 「池蝶貝を用いた水質浄化: ミクロキシスティス・ヘドロ問題に対する水質浄化効果」
- ・杉万裕一(2010) 「池蝶貝を用いた湖沼の水質浄化」
- ・田淵俊雄(2005) 『湖の水質保全を考える: 霞ヶ浦からの発信』 技報堂出版
- ・堤裕昭・門谷茂(1993) 「魚類養殖場直下に堆積したヘドロ(有機汚泥)のイトゴカイによる浄化の試み」
- ・永井和夫ほか(2012) 『化学と生物 2月号』 学会出版センター
- ・萩原富司・御供文範(2002) 『シジミシンポジウム 霞ヶ浦のシジミが外来シジミにおきかわる!: 川底で起こっている貝類の混乱 講演要旨類, 議事録』 (社)霞ヶ浦市民協会
- ・古川珠衣・山下峻平・山本帆希 「二枚貝の浄化作用について」 ユベール・バリ(2012) 『パール 海の宝石』 株式会社ブックエンド
- ・若倉正英ほか(2013) 『現代科学 No.506 2013年5月号』 東京科学同人
- ・和田克彦(2011) 『真珠をつくる』 成山堂書店
- ・渡邊信(2010) 『新しいエネルギー藻類バイオマス』 みみずく舎

