

クマムシの食餌の提案と乾燥能力獲得の関連

静岡サレジオ中学校

3 年 桐生有花

1 研究の動機・目的

昨年度、上下水道局で職業体験をさせていただいた際に、下水処理に利用されている活性汚泥中の微小生物が水質浄化に役立つと知り、自作していた家庭排水処理用の循環型ろ過装置にも利用できると思った。しかしその中には、乾燥能力を持たない生物もいる。ろ過装置を利用する世界中の環境を想像すると、微小生物の一時的な乾燥が起これると思ったため、乾燥能力の獲得が必要だと考えた。

活性汚泥中の、乾燥能力を持たない微小生物の中にゲスイクマムシ (*Macrobiotus* sp.) がいる。多くのクマムシ種は、乾燥した環境下で樽状のクリプトビオシス (Cryptobiosis、無代謝状態) になり、極限環境に耐えることができるが、これはコケなどの乾燥が起これる環境で生活する種に限る。ゲスイクマムシのように、生涯を水中で過ごし、乾燥が起これない環境で生活する種は乾燥能力を持たない。乾燥能力を持つクマムシ種と持たない種の比較によって、能力獲得の秘密がわかると考えた。

極限環境モデル生物でもあるヨコヅナクマムシ (*Ramazzottius varieornatus*) も、ゲスイクマムシも、飼育系でビタミン B12 が豊富なクロレラの投与が提案されている (*[1]*[2]) ことから、ビタミン B12 が乾燥能力獲得に関連するという仮説を立てた。

2 研究方法

ヨコヅナクマムシの食餌に提案されている生クロレラ V12 (クロレラ工業株式会社) で飼育した、乾燥能力を持ち入手が容易なチョウメイムシ (*Macrobiotus* sp.) と乾燥能力を持たないゲスイクマムシ (*Macrobiotus* sp.) の観察を行い、食餌の乾燥能力への影響を調べた。

(1) 飼育の可否

チョウメイムシとゲスイクマムシのそれぞれ、生クロレラ V12 (100 倍希釈) を 200 μ l 投与する場合 (以下 (+)) と投与しない場合 (以下 (-)) に分けて 1 週間飼育し、その増減率を調べた。インキュベーターの中で、チョウメイムシとゲスイクマムシの飼育の適温に近い 20℃で飼育した。

(2) 乾燥した環境下での活動状態の評価

(1) の個体を 1.5%寒天培地上で 3 日間乾燥させ、その後の様子を表 1. のように 5 段階で評価した。

表 1. 乾燥状態の評価基準

1	見つからなかった。
2	溶けた跡が見られる。
3	体表が溶けているが、活動している。
4	樽状になった。
5	体表が溶けている様子はなく、活動している。

3 結果

(1) 飼育の可否

チョウメイムシもゲスイクマムシも、クロレラを食べている様子が観察された。個体数の増減率は、下のグラフのようになった。

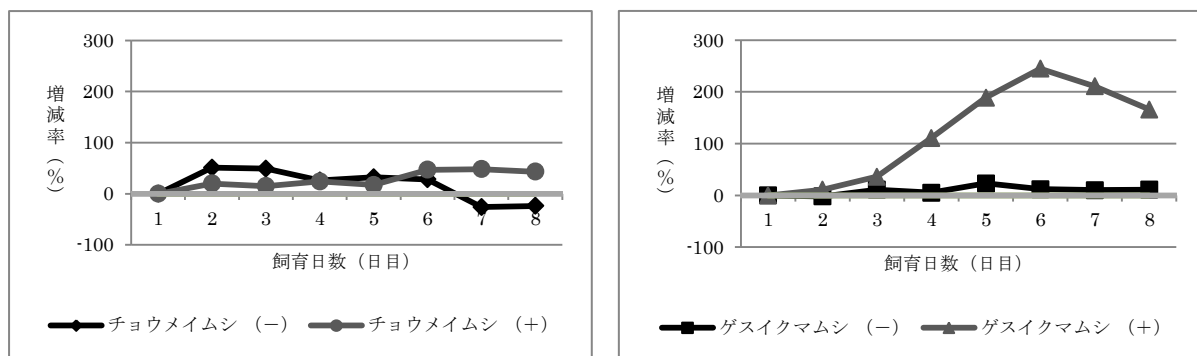


図 1. 飼育による個体数の増減 (左チョウメイムシ、右ゲスイクマムシ)

(2) 乾燥した環境下での活動状態の評価

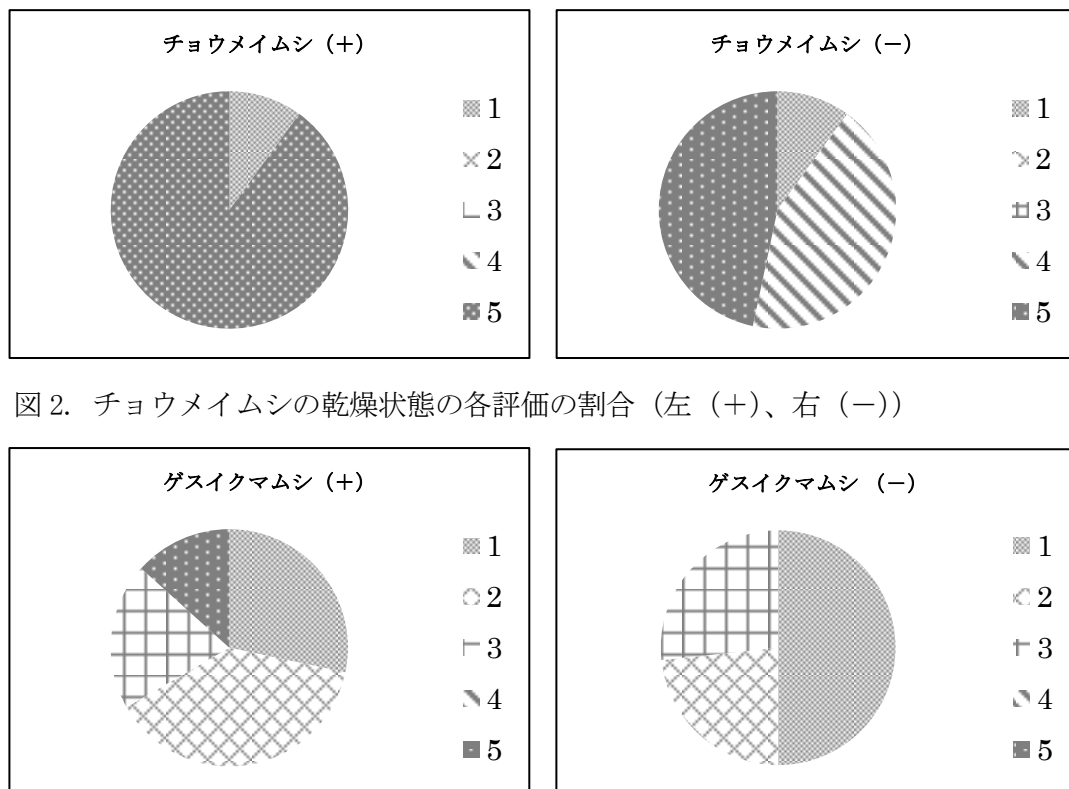


図 2. チョウメイムシの乾燥状態の各評価の割合 (左 (+)、右 (-))

図 3. ゲスイクマムシの乾燥状態の各評価の割合 (左 (+)、右 (-))

4 考察

(1) 飼育の可否

両種とも、(+)の方が個体数が増加したことから、生クロレラ V12 が食餌に適していることがわかった。

まずゲスイクマムシについて、(+)の個体数が6日目から8日目までにかけて減少した要因は、エアレーションが不十分であったことだと考えられる。「活性汚泥中の微生物は、空気中の酸素を使って下水中の有機物を分解し、エネルギーを取り込んで成長・増殖」する(*[4])が、今回はシャーレ

での飼育であったためエアレーションができなかった。一方（－）では急激な減少が見られなかったことから、（＋）において6日目までにかけた個体数の急増が原因で溶存酸素が減り、個体数の減少につながったと考えられる。十分にエアレーションを行なえる環境においては、安定的な飼育が可能だと期待できるため、ゲスイクマムシの新たな飼育系として、生クロレラ V12 の投与を提案する。

続いてチョウメイムシについて、（－）の個体数が7日目から8日目までにかけて減少した要因は、食餌の不足だと考えられる。ゲスイクマムシ（－）については分注の際に含まれた活性汚泥が食餌となったものの、意図的に（－）に食餌は与えなかったため、チョウメイムシ（－）には食餌が与えられなかった。このため給餌条件が異なってしまう、（＋）と（－）の比較による考察は困難である。しかし、（＋）は個体数が安定して増加したことから、食餌はチョウメイムシにも適していると言える。

（2）乾燥した環境下での活動状態の評価

両種（＋）において、乾燥後も活動を続けた個体が多かったことから、活動継続時間が延長されたとわかった。まずゲスイクマムシについて、（－）では半数近くが見つからず、溶けてしまったと考えられた一方、（＋）ではそのような個体が減少し、乾燥後も活動している個体があった。ただし、乾眠能力の獲得は見られなかった。続いてチョウメイムシでは、（－）の半分近くが樽状態になったのに対して、（＋）では樽状態になった個体がおらず、ほとんどが活動を続けていた。このような結果から、クロレラは乾眠能力の獲得ではなく、乾燥環境下での活動継続時間の延長という点に影響を及ぼしたことがわかった。

これは、クロレラの投与によりクチクラ層の厚さが変化したためであると予想し、走査型電子顕微鏡で観察したが、大きな違いは見られなかった。ゲスイクマムシでは特に違いがなく、チョウメイムシにおいては、体表にわずかな違いがあった。体表にある穴が、（－）よりも（＋）の方が拡大しなくては確認できなかったため、クロレラの投与によりこの穴が小さくなった可能性がある（図 4. 図 5. 参照）。ただし、これが乾燥能力との関連を持つかはわからない。

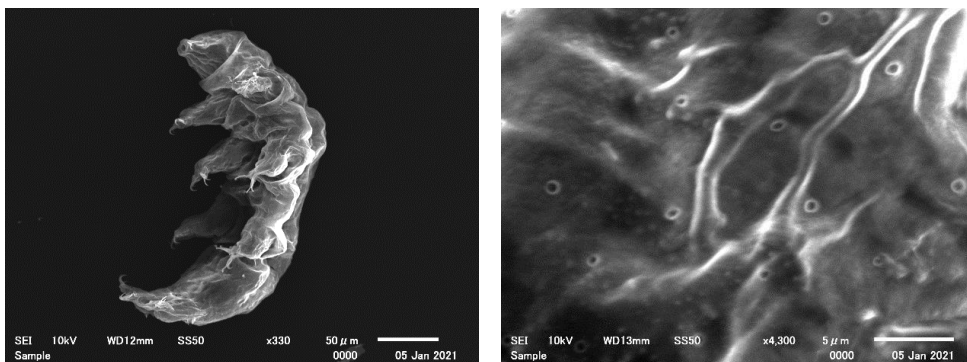


図 4. チョウメイムシ（＋）（右が体表の拡大図）

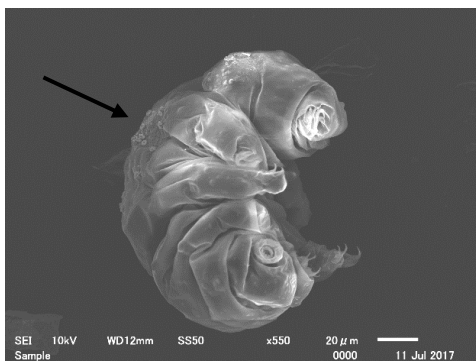


図 5. チョウメイムシ（－）（下が頭となっている。矢印の示す部分に体表の穴が確認できる。）

5 今後の研究

今後、生クロレラ V12 がクマムシの乾燥能力にどのように影響を及ぼすのかを詳しく研究したい。クロレラの投与による遺伝子の変化を遺伝子解析で調べたり、ビタミン B12 をはじめ、クロレラの成分の添加による乾燥状態の変化や活動継続時間の延長を調べたい。長期的なクロレラの投与により、乾燥能力が獲得される可能性もあると考えているので、今後も飼育を継続する。

6 展望

クマムシの乾燥能力の応用は、乾燥能力の人工的な発現技術の開発につながると考えている。これにより、例えば生鮮食品に能力を備えさせることで、食品の乾燥保存が可能になり、輸送にかかるコストやエネルギー削減につながる。あるいは、臓器の乾燥保存によって、長期保存が可能になり、多くの命を救うことができると期待できる。

7 謝辞

本研究に御協力くださった静岡大学理学部の宮澤俊義様、竹内浩昭様、山本千尋様に深く感謝申し上げます。また、研究を行なう機会を下された JST-GSC 未来の科学者養成スクールの関係者の皆様に感謝いたします。

8 参考文献

- *[1] https://gakkai.sfc.keio.ac.jp/journal_pdf/SFCJ15-1-14.pdf
- *[2] <https://academic.oup.com/zoolinnean/article/178/4/863/2691468>
- *[3] https://www.jst.go.jp/cpse/jissen/pdf/houkoku/TK150008_matome2017_024.pdf
- *[4] https://www.city.yokohama.lg.jp/kurashi/machizukuri-kankyo/kasen-gesuido/gesuido/shori/sokutei/chosa/untenganri.files/0026_20180827.pdf