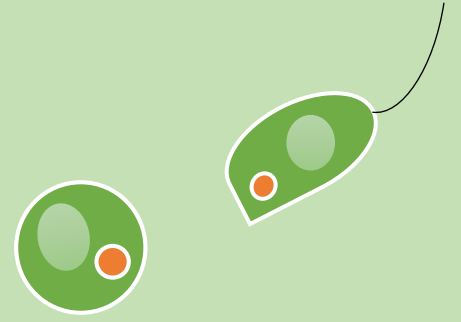


ミドリムシを利用した 生物濾過と栄養飲料

青森県立三沢高等学校



タイトルの動機

今回のコンテストにおいて、ミドリムシを利用して尿を生物濾過し、その過程で培養したミドリムシを宇宙食として活用しようというテーマを設定した理由は、生物濾過をすることで宇宙で貴重になってくる電気をあまり使わずに尿を濾過することができるのではないかと考えたからです。これは宇宙という閉鎖的な空間で物質のサイクルをつくり、宇宙空間での長期滞在の実現につながると考えました。

目的・課題

当初の目的であった「尿をミドリムシで濾過すること」から、「尿の成分を利用してミドリムシを培養すること」に軌道変更をしました。尿の成分を使ってミドリムシを培養するにあたって問題となってくるのは、ミドリムシに対して尿に含まれる塩化ナトリウムの濃度が高すぎることでした。よって一つ目の課題は塩化ナトリウムの除去としました。次に二つ目の課題は、塩化ナトリウムを除去した尿でミドリムシの繁殖です。これらの課題を解決する事が出来れば宇宙空間で尿を使ったミドリムシの培養と宇宙食への活用が堅くなると考えました。

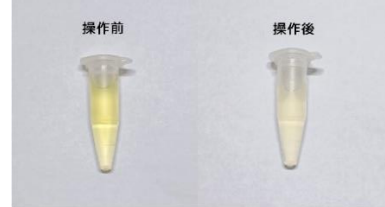
検証・結果・考察

一つ目の課題である塩化ナトリウムの除去方法として尿をイオン交換樹脂に通すことにしました。具体的な方法は以下の通りです。

実験1

- ①尿を水素イオンを持ったイオン交換樹脂に通す。
- ②尿に塩化ナトリウムが含まれるかを実際に口に含むことで塩味が感じられるか否かにより確かめる。
- ③①の操作後の尿をパックテストすることで塩化ナトリウム以外の成分が残っているか否かを確かめる。

：実験1の結果



(図1)

②の操作から、操作前の尿からは塩味が感じられ、操作後の尿からは塩味が感じられなかったことから、塩化ナトリウムの除去に成功したと考えられます。



(図2)

二つ目の課題である塩化ナトリウムを除去した尿でのミドリムシの繁殖の具体的な方法は以下の通りです。

実験2

- ① ミドリムシの入った培養液に実験1で作成した尿をどの濃度で入れることで効率の良い増殖が望めるか仮説を立てる。
- ② ①の仮説に基づき、実際に4日間ミドリムシを培養する。
- ③ ①で立てた仮説

まず、尿は薄いハイポネックスであると考えました。そのように考えた理由は以下の通りです。

尿内成分+16	パーセンテージ	ハイポネックス内成分	パーセンテージ
マグネシウムイオン	0.01	水溶性マグネシウム	0.05
カリウムイオン	0.15	水溶性カリウム	5.00
リン酸イオン	0.12	水溶性リン酸	10.0
アンモニウムイオン	0.05	アンモニア	3.50
尿酸	0.03	硝酸	4.65
尿素	2	水溶性マンガ	0.001
クレアチン	0.1	水溶性ホウ素	0.005
塩化物イオン	0.6		
硫酸イオン	0.18		
ナトリウムイオン	0.6		
カルシウムイオン	0.015		
水	96		

(図3)

ハイポネックスに含まれるアンモニアと硝酸の割合は、アンモニア性窒素、硝酸性窒素という形でのみ記載されていたため、それぞれの窒素の割合から割り出しました。計算方法は次の通りです。

○“アンモニア(NH₃)の割合”

NH₃の式量=17 Nの式量=14 アンモニア性窒素の割合=2.90%(図3より)
17:14=x:2.90を解くとx=3.52

○“硝酸(NO₃)の割合”

NO₃の式量=62 Nの式量=14 硝酸性窒素の割合=1.05%(図3より)
62:14=x:1.05を解くとx=4.65

図3より、尿とハイポネックスの成分は多少異なるところはありますが、共通するものが多いからです。植物にとって重要な栄養素である窒素の全量は、尿に含まれる窒素の量を求めて、ハイポネックスの6分の1の量が尿に含まれることが分かったため、尿は6分の1の濃度に薄めたハイポネックスであると考えました。大阪府立高津高等学校の「ミドリムシの増殖と培養液の濃度条件」の研究結果から、ハイポネックスが5%の濃度の時が最も増加傾向が大きいと、尿は30%の濃度にするとう効率の良い増殖が望めるという仮説を立てました。尿に含まれる窒素の量の求め方は次の通りです。

○“尿素中の窒素の割合”

尿素(CH₄N₂O)の式量=60 N₂の式量=28 尿素的割合=2%(図3より)
60:28=2:xを解くとx=0.93

○“アンモニウムイオン中の窒素の割合”

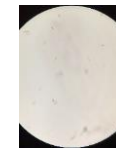
アンモニウムイオン(NH₄⁺)の式量=18 Nの式量=14 アンモニウムイオンの割合=0.05%(図3より)
9:7=0.05:Xを解くとX=0.04

○“尿酸中の窒素の割合”

尿酸(C₅H₄N₄O₃)の式量=168 N₄の式量=56 尿酸の割合=0.03%(図3より)
3:1=0.03:Xを解くとX=0.01

尿素、アンモニウムイオン、尿酸3つの窒素の割合の合計は約1%
よって、尿にはハイポネックスの6分の1量の窒素が含まれている。

実験2は継続中のため、当日ポスターに最終日の結果を反映させた上でお話しします。



(図4)



(図5)



(図6)

左の図4は実験1日目のミドリムシの様子です。写真では伝わりませんが、問題なく動いています。

図5は図4の溶液全体の様子です。溶液全体の様子です。図6はミドリムシの培養液に含まれるアンモニア態窒素をパックテストしたものです。実験最終日に同様にパックテストを行い、色を比較することでアンモニアが吸収されたことを確認します。

今後の課題

検証の結果から今後の課題の一つ目は、尿から如何にして塩化ナトリウム以外の成分を残しつつ、塩化ナトリウムを除去するか方法を探ることです。二つ目は、ミドリムシ以外の生物も用いて、物質再生循環の円滑化を図ることです。また、当初の目的であったミドリムシの飲料化に関しては、手を回すことができなかったため、今後の最終目標として解決していこうと考えました。

参考文献

- 大阪府立高津高等学校より「ミドリムシの増殖と培養液の濃度条件」
<http://kozu-Osaka.jp>
村上物産株式会社 商品名「ハイポネックス液6-10-5」の成分表
平成7年度助成研究概要(平成9年3月発行) 9252 原生動物ユーグレナの耐塩機構に関する研究
<https://www.saltscience.or.jp>
助成研究者：中野 長久(大阪府立大学 農学部) 共同研究者：宮武 和孝(大阪府立大学)
渡辺 文雄(高知女子大学) 竹中 重雄(羽衣学園短期大学)
初版発行：2013年10月22日 ミドリムシ大活躍！小さな生物が創る大きなビジネス
著者 石川賢治 出版社 日刊工業新聞社
<https://www.slideshare.net/janicedesa/normal-constituents-of-urine>「尿の成分」