

第30回衛星設計コンテスト

ジュニア概要書（3ページ以内）

応募区分 ジュニアの部

1. 作品情報・応募者情報

作品名（20文字以内） ミドリムシを利用した生物濾過と栄養飲料
副題（自由記入） 宇宙でSDGs
学校名 青森県立三沢高等学校

2. ミッションの概要（プレスリリース等で使用するので、200字程度でわかりやすく表現して下さい。）

本ミッションの主な概要は、宇宙船内という無重力空間や地球以外の惑星に設置された基地内で、人間が排出した尿に含まれる成分を利用して、動物の特徴と植物の特徴を合わせ持ったミドリムシという単細胞生物を培養し、宇宙食として活用することで排泄物を再資源化し、宇宙空間で資源の循環サイクルを作ることです。これによって、宇宙空間で食料を地産地消し、宇宙空間での持続的な生活を図ります。

3. 目的と意義（目的・重要性・技術的意義等）

(a) 目的（今回考えたアイデアを何に利用するか等） 今回考えたアイデアの目的は、ミドリムシの特性を利用して尿を濾過することに重点を置いていたが、実験を通してミドリムシのみでの尿の濾過は難しいと考えたため、尿の成分を利用してミドリムシを培養することにしました。よって、宇宙で尿の成分を利用してミドリムシを培養することの意義は、尿を必然的に生物濾過することになります。尿を濾過することから重点は外しましたが、宇宙で尿を濾過する場合物理濾過をすることが多いことを鑑みると、技術的意義は少なからずあると考えられます。尿に含まれる養分でミドリムシを培養し、宇宙食として活用する事です。ミドリムシは植物としての特徴を持つため、光に当てることで光合成を行うことができます。尿でミドリムシを培養する事で副産物として二酸化炭素の割合を減らし、酸素を得ることも出来ると考えました。
(b) 重要性・技術的意義等(ex:宇宙空間で利用する理由、他にない技術など) 宇宙空間で利用する理由は、閉鎖的な空間でミドリムシを地産地消することで、資源の循環サイクルを作ることができ、限られた資源を長期的に使うことができます。これによって、長い時間を要する様々な宇宙ミッションの実行が可能になります。また、補給船による資源の運搬を減らすことが出来るため、宇宙ミッションの課題であるスペースデブリの発生を抑えることにも繋がると考えました。ちなみに、「ミドリムシ大活躍！小さな生物が創る大きなビジネス」の25ページによると、ミドリムシには必須アミノ酸やビタミン類を含む59種類の栄養素が詰まっていることがわかります。そのため、ミドリムシだけで栄養バランスの取れた食事を作ることができ、地球から様々な種類の食料を運ばなくても栄養補給を済ませることが出来るため、ミドリムシは宇宙食として活用するのに優れた存在と言えます。

4. アイデアの概要

※ミッション全体の構成・ミッション機器の形状・質量・機能・運用軌道など、図を使用するなどして分かりやすく説明して下さい。 初めに、尿を使ってミドリムシの培養するにあたって、尿中の塩化ナトリウムを除去することを課題としました。そして塩化ナトリウムを除去した尿でミドリムシの培養が可能だという仮説を立て、検証を
--

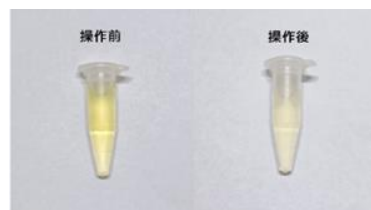
するために以下の実験を行いました。

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認する。

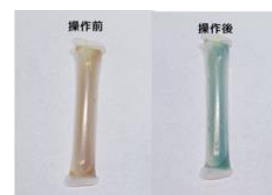
：実験 1 の結果

①の操作から、尿をイオン交換樹脂に注いだ直後に尿は白濁し、濾紙を通したところほぼ無色になりました。この結果から尿の色の成分であるウロビリリンが減少したことが分かりました。図 1 は①の操作の結果を表しています。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 1)

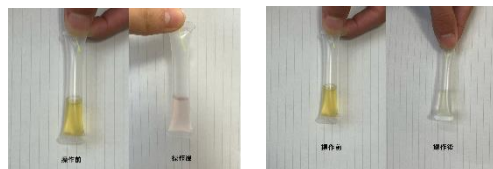
図 2 は③の結果です。操作前の尿よりも操作後の尿の方がアンモニアの反応が大きく反応していることからイオン交換によって尿素がアンモニアへと分解されたのではないかと考えられます。図 3 から尿に色がついている為、操作前の尿にも勝算が含まれるものとして考え、操作後の尿に試薬が反応していることから、操作後も硝酸が残っていることが分かりました。図 4 からリン酸は含有量が少ない為、試薬が上手く反応しなかったか、操作によってリン酸がイオン交換されたと考えられます。



(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。

(図 2)



(図 3)

(図 4)

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 3 日間ミドリムシを培養する。

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。

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ため、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 尿素の割合=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)

尿内成分 (μg/l)	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	95		

(図 5)

9:7=0.05:X を解くと X=0.04

○ “尿酸中の窒素の割合”

尿酸 ($C_5H_4N_4O_3$) の式量=168 N_4 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をいたします。

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。



現時点では結果が出ていないことと実験の継続期間が短すぎることから、ミドリムシの培養が成功していると断言することはできませんが、イオン交換樹脂を通した尿が30%含まれる培養液をつく

(図6)

(図7)

(図8)

った直後の元気に泳ぎ回るミドリムシの様子から、この先ミドリムシは増殖するだろうと推測しました。

5. 得られる成果

※宇宙で利用することにより、どのような効果があるかなど。

今回考えたアイデアによって得られる成果は、尿をミドリムシを利用して濾過することで、尿をある程度浄化すると共にミドリムシの培養を行うことができるので、ある程度綺麗になった水と増えたミドリムシと副産物として酸素も得ることが出来ることです。尿はミドリムシだけで完全に濾過することは出来ないため、物理濾過と併用して使うことで綺麗な水を得ることが出来ます。ミドリムシには必須アミノ酸やビタミン類などといった多くの栄養素を含んでいるため、尿を濾過する過程で安定的に数を増やすことが出来れば、健康的な宇宙食として利用することが出来ます。

6. 主張したい独創性または社会的な効果

※「ここは新しいアイデアである」という部分や、このアイデアによって世の中のここに役立つなど、特に主張したい箇所。

今回考えたアイデアの独創性は、人間とミドリムシの間で資源の循環サイクルを作り、お互いに共存する環境を作ることです。これは宇宙での持続可能な生活の実現に繋がるものだと思います。まさに SDGs ならぬ SSDGs ですね。

(SSDGs=Sustainable Space Development Goals)

7. 参考文献

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)

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

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」

以上