

第3 1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） * 作品内容が推測しやすいような名称を付けてください。（略称は不可）

イシクラゲをかつよう活用したしょくもつせいさん食物生産

副題（自由記入）

～ひりょう肥料としてのりよう利用からしょくひん食品としてのりよう利用まで～

学校名

ひろしまけんりつさいじょうのうぎょうこうとうがっこう 広島県立西条農業高等学校 せいかつか 生活科

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。）

本ミッションは、月や火星等での長期滞在における食物生産においてイシクラゲの活用を検討するものである。具体的には、窒素固定能を有し、タンパク質を多く含むイシクラゲを緑肥のようにして窒素肥料源として活用することや昆虫をはじめとする家畜動物の飼料としての利用を検討する。また、イシクラゲの含有する抗酸化作用を持つ物質をヒトが摂取することにより健康増進を促進する。

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）

イシクラゲは、シアノバクテリアの仲間であり、私たちの学校の圃場や芝生等さまざまな身近な環境に生息している。光合成能があり、酸素を生成することができることに加え、窒素固定能も持っており、空気中の N_2 を自身の栄養分として利用することもできる。イシクラゲは水分がない場合は休眠状態となり、再び水分を与えることで増殖を始める。放射線に対する耐性もある。増殖の際に生成される多糖類は、バイオエネルギー資源としても期待されているなど、宇宙での利用を期待されている生物である。

今回、私たちは、将来的な月や火星上での食物生産において、宇宙空間で繁殖が可能なイシクラゲを用いて以下のような、研究目的を設定する。

- ① 窒素肥料としてイシクラゲが活用できるのかを検証すること。
- ② イシクラゲを用いた飼料や食品としての利用を検討すること。

これらの研究を行うことにより、イシクラゲが月および火星上での食物生産における窒素循環に貢献できるのかを検証するとともに、イシクラゲが含有する機能性成分を月や火星に滞在する家畜動物やヒトが摂取することによる効果を検討することとする。

(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)

月および火星での食物生産を行う際、資源の循環をいかにして行うかを考えることは非常に重要となる。とりわけ、窒素Nの循環を考えたとき、ヒト等の排泄物の利用も考えられるが、堆肥等の作成には、作成するスペースの管理や温度管理等作成量によっては、非常に大規模な設備が必要となることが考えられる。イシクラゲは、大気中の窒素と水、光があれば、増殖が可能であり、省スペースでたくさんの培養を行える。また、根粒菌によって窒素を蓄えたマメ科作物を畑にすきこんで緑肥として利用するように、大気中の窒素を取り込んだイシクラゲを土壌にすきこむことで、窒素肥料として活用することができるのではないかと考えた。

また、イシクラゲは、粗タンパク質を30%、脂質0.5%、炭水化物（多くは食物繊維）60%などを含んでいるほか、抗酸化作用等のある機能性成分を多く含んでいる。食味としては無味無臭であることから、多くの食品に添加することで、味やにおい等を変化させることなく、食物繊維やタンパク質、機能性成分の摂取を行える他、食品の栄養価を高めることが期待される。ヒトの食料のみならず、昆虫等の家畜動物の飼料としても期待することができる。これらの理由から、月および火星での食物生産にイシクラゲを加えた循環型の生産を提案する。

4. アイデアの概要

イシクラゲは、光、水、空気（ N_2 79%、 O_2 20%）があれば、培養可能であるため、月面や火星上のコロニー内に培養棚を設置する。各培養ポットには、イシクラゲを入れ、エアレーションチューブを入れて、気体を水の中に送り込む。上部からLED光源によって光を当てて培養する。培養後は、イシクラゲを乾燥させ、保存する。乾燥させた場合、重量は約90%減少することから持ち運びや保存が容易であり、乾燥時は仮死状態となっているため、水を加えると再度培養可能となる。培養において、イシクラゲは窒素固定を行い、気体中の窒素を取り込むことに加えて、光合成を行い、酸素を生産することから酸素の資源としても有効となることが期待される。

現在、本校では、使用する水のpHの違いや光の波長の違いによるイシクラゲの生育の違いについて検証実験を行っている。

①作物栽培におけるイシクラゲの利用

月や火星等での長期滞在を検討する際には、現地の資源の利用を考える必要がある。

乾燥したイシクラゲを月および火星の土壤に添加することで、窒素肥料源として用いる。河野ら（2010）の研究によると、イシクラゲが荒廃土壤の植生の早期回復において効果的な窒素供給源になることが報告されており、土壤改善効果が期待される。イシクラゲの増殖による作物への悪い影響も考えられることから、滅菌処理したイシクラゲの施用も含めて検討する。

また、窒素固定を行うイシクラゲとともに脱窒菌を併用することによって、脱窒菌が土壤に蓄積する硝酸や亜硝酸態のNを気体状の窒素 N_2 に変換することで、閉鎖環境内での窒素循環を行うことができるのではないかと考えている。

本校においても、現在 イシクラゲ粉末の添加の有無による植物の生育の違いについて検証実験を行っている。

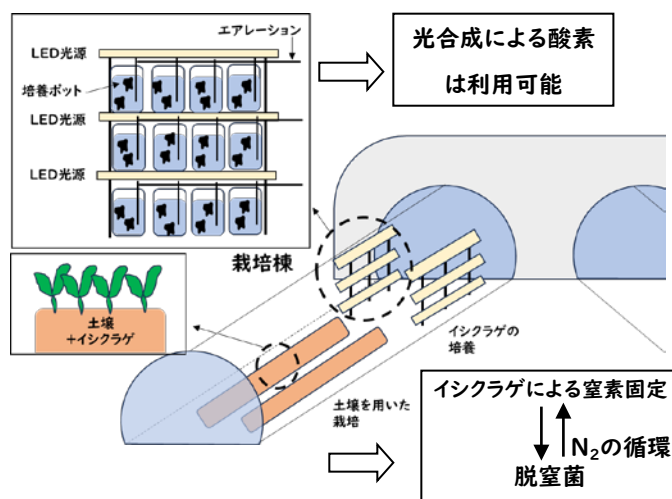


図1 作物栽培におけるイシクラゲの利用イメージ図

②イシクラゲの飼料や食品としての利用

イシクラゲは、日本においても、滋賀県で『姉川くらげ』として古くから食用として利用されてきた。現在では、宮古島周辺の一部の地域で食されているが、その食文化は消えようとしている。

イシクラゲには、30%の粗タンパク、0.5%の脂質、60%の炭水化物（多くが食物繊維）が含まれており、タンパク質が多いことから、昆虫をはじめとした家畜動物のタンパク源としての利用が期待される。また、イシクラゲに含まれる化合物の中には、抗酸化作用をもつ物質も含まれていることから、ヒトが適切に摂取することにより、滞在する宇宙飛行士の健康状態にも良い影響を与えることが期待される。乾燥したイシクラゲを飼料や食品にそのまま添加することで、イシクラゲは無味・無臭であることから食味を損なわずに食品の栄養価を高めることができると考える。



図2 イシクラゲの食品としての利用イメージ図

(参考文献)

Nobuyuki K, Kazuhira Y, Masanori S and Takuya M (2010), Effect of terrestrial cyanobacterial mat 'Ishikurage' on the growth of Japanese pampas grass in infertile devastated soils, Soil Microorganisms Vol. 64 No. 1. pp. 3-10

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。

①作物栽培によるイシクラゲの利用

イシクラゲは光、水、空気があれば培養可能であり、光合成能を有しているため、培養の過程で酸素の生成が可能となる。また、窒素固定能も有しているため、空気中の窒素を固定することができる。培養したイシクラゲを月や火星の土に混ぜ込んで栽培を行うことで、緑肥のような窒素肥料源として活用することができる。また、竹中ら (2013) の研究により放射性セシウムに汚染された土壌の生物除染の可能性が挙げられていたり、重金属イオンの吸着の報告もされていたりするなど、バイオレメディエーションの効果も期待される。これらのことから、月や火星での長期滞在における現地の土壌を用いた作物栽培においてイシクラゲの活用は有用であると考えられる。

②イシクラゲの飼料や食品としての利用

イシクラゲに含有されるタンパク質、脂質、炭水化物を昆虫をはじめとする家畜動物の飼料として利用できるだけでなく、乾燥したイシクラゲを食品に混ぜ込むことで、食味を損なわずに栄養価を高めることができるとともに、イシクラゲに含まれる抗酸化作用をもつ物質等の機能性成分により、健康面でのメリットも期待される。

(参考文献)

竹中裕行, 山口裕司, 榎 節子, 佐藤健二, 佐々木秀明, 陸生藍藻イシクラゲ (Nostoc commune) による生物除染の可能性, Algal Resources (2013) 6 : 15-19

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。

イシクラゲは、地球上では、様々な環境に生育しており、身近に多く見られる生物である。どちらかと言えば、農薬等も効果がないため、厄介者として扱われる生物であるが、人工的な培養方法の確立による不純物等の少ない安定的な生産が可能になれば、食用としての利用が促進され、消えかけている食文化の継承が可能になるとともに、イシクラゲの機能性成分を利用した食品の栄養価向上により健康増進効果が期待される。

また、イシクラゲを土壌に添加する等による作物生産への利用方法やそのメリット・デメリットを評価することは、窒素肥料等の新しい資源を開発することにつながるとともに、地球上における持続可能な作物生産に貢献することが期待される。

以上

イシクラゲの効率的な培養方法の解明と食料及び食品の補助成分としての活用方法の研究

広島県立西条農業高等学校 生活科 2年
森重結衣 山崎優奈 金本侑梨 頼信瑠唯

1 研究の背景

イシクラゲは、世界各地に分布し、様々な環境下で生育可能であり、私たちの学校の圃場や芝生等でも観察することができる身近な生物である。日本においても滋賀県で「姉川くらげ」として古くから食用として利用されていたが、現在においては食文化が消えようとしている。また、イシクラゲは光合成による酸素の生成、窒素固定可能な特性を持つことから宇宙での活用も検討されている。イシクラゲには、抗酸化作用等の様々な機能性成分が含まれ、未利用のたんぱく源としても期待されるが、環境中のイシクラゲは土壌や薬品等の関係から衛生面が懸念されるほか、利用する上での効率的で安定的な生産体系の確立は重要である。

2 研究の目的

以上のことから私たちは次の研究目的を設定することとした。

- ① イシクラゲを培養するうえでより効率的な環境条件（水のpH・光の波長等）を解明すること
- ② 食用や持続可能な農業への活用方法を検討すること

イシクラゲの効率的な人工環境での培養が可能になるとともに、イシクラゲを飼料や食品に添加する等利用方法を考え、有用性を検討し、食文化を残す提案につなげる。将来的には、輸入飼料の高騰が問題となる畜産業や漁業養殖において国産飼料の素材としても利用できると考えた。

3 実験方法・結果

① イシクラゲの培養における効率的な環境条件の解明

a 培養に用いる水のpHの違いがイシクラゲの生育に及ぼす影響

方法

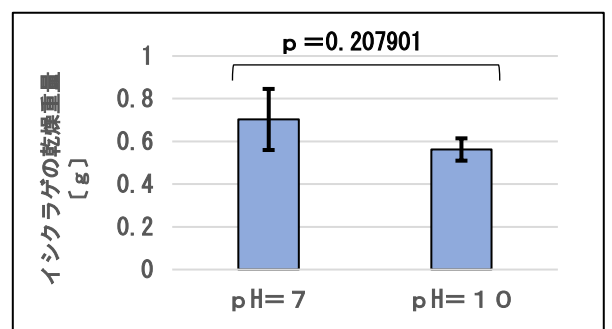
- ・乾燥したイシクラゲを1.0g秤量する。
- ・イシクラゲをpH=7.0、pH=10に調整した水100mLにそれぞれ入れ、エアレーションチューブを用いて、空気を送り込む。白色光にあて、3週間培養する。
- ・3週間後、イシクラゲを採取したのち、乾燥させ、質量〔g〕を測定する。

結果

- ・pH7とpH10の各処理区において、イシクラゲの乾燥重量は、実験開始時から減少した。また実験後のイシクラゲの乾燥重量〔g〕に有意な差は認められなかった。ただ、pH7の処理区において平均値が高い傾向が見受けられた。



図 実験①-a の様子



b 培養に用いる光の波長がイシクラゲの生育に及ぼす影響

方法

- ・乾燥したイシクラゲを1.0g秤量する。
- ・イシクラゲを100mLの水（pH=10）に入れ、エアレーションチューブで空気を送り込む。赤色光、青色光、白色光の光をそれぞれ当てて、3週間培養する。
- ・イシクラゲを採取したのち、乾燥させ、質量〔g〕を測定する。

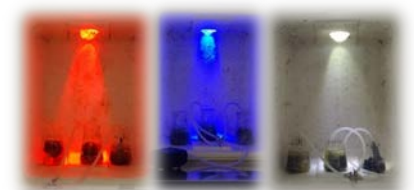
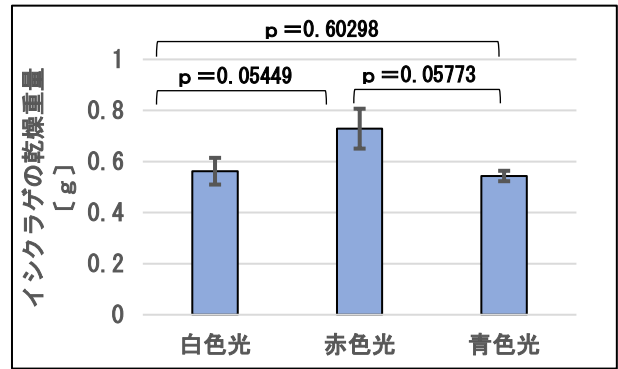


図 実験①-b の様子

結果 ・イシクラゲの乾燥重量〔g〕は、すべての処理区において実験開始時から減少した。3つの処理区のうち、赤色光の処理区において、イシクラゲの乾燥重量〔g〕が大きくなる傾向にあり、白色光と青色光に差がないことがわかった。



考察 ・実験1-a, bの実験方法では、イシクラゲの乾燥重量が減少する傾向にある。イシクラゲが培養液の中に分散し、回収が困難であったりすることから吸光度(クロロフィルa)や質量測定工夫等の測定方法を合わせて検討する必要がある。

・実験1-aより、pH7の方が培養に適していることが分かった。先行研究により、塩基性の条件が培養に適している報告もあるが、pH10は高いことが考えられ、pH8や9の条件との比較が必要であることが考えられた。

・実験1-bより、イシクラゲは表のように、赤～青まで多くの波長の光を利用することができるが、単色光においては、赤色の光を利用しやすい可能性がある。

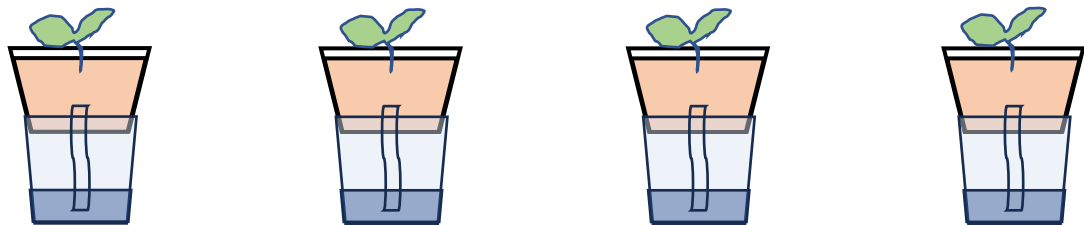
表 シアノバクテリアに含まれる光合成色素
(「スクエア最新図説生物」を基に本校で作成)

| 光合成色素 | 色 |
|-------------|----|
| クロロフィルa | 青緑 |
| カロテン(βカロテン) | 橙 |
| フィコシアニン | 青 |
| フィコエリトリン | 紅 |

② 食用や持続可能な農業への活用

a イシクラゲの添加による植物の生育への影響の評価

方法 ・植物育成用9cmポットにバーミキュライトを充填し、N:P:K=5kg/10aとなるように施肥(※N:硫安、P:過リン酸石灰、K:硫酸カリを使用)したものを【対照区】として設定した。また、対照区の条件に加えてイシクラゲを添加した処理区を【イシクラゲ区】、Nを施肥しない処理区を【-N区】、Nを施肥せずイシクラゲを添加した処理区を【-N+イシクラゲ区】と設定した。

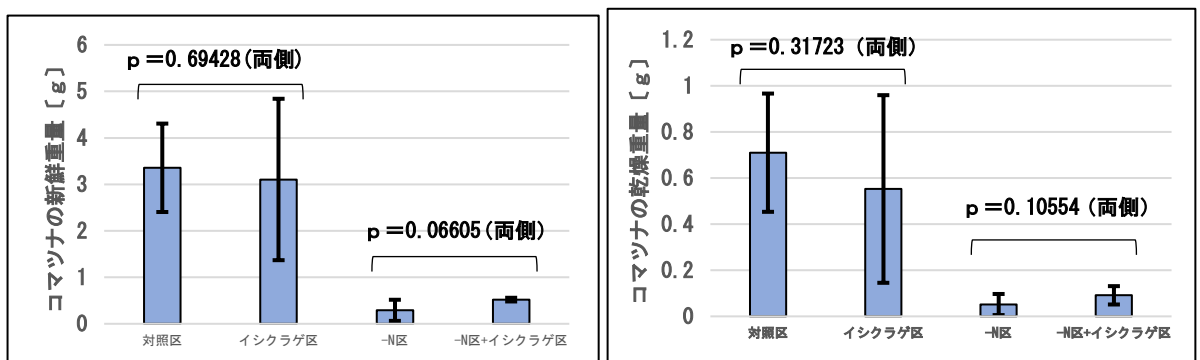


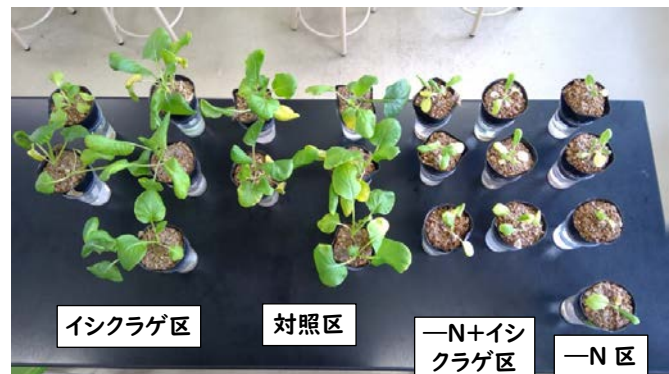
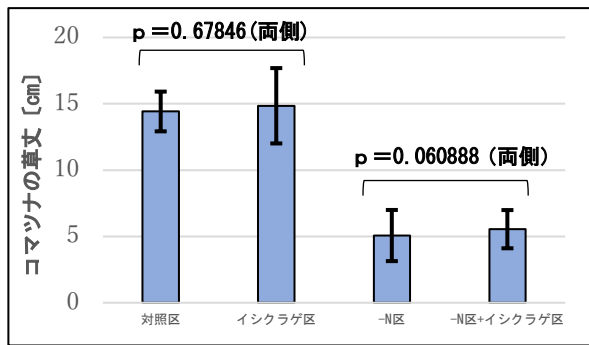
| | | | |
|---|--|---|---|
| 【対照区】 バーミキュライト 硫安 N 過リン酸石灰 P 硫酸カリ K (N:P:K=5:5:5kg/10a) | 【イシクラゲ区】 バーミキュライト 硫安 N 過リン酸石灰 P 硫酸カリ K (N:P:K=5:5:5kg/10a) イシクラゲ (0.0328) g | 【-N区】 バーミキュライト 過リン酸石灰 P 硫酸カリ K (P:K=5:5kg/10a) | 【-N+イシクラゲ区】 バーミキュライト 過リン酸石灰 硫酸カリ (P:K=5:5kg/10a) イシクラゲ (0.0328) g |
|---|--|---|---|

※イシクラゲの添加量は対照区の硫安と同質量の0.0328 gを添加した。

- ・コマツナの種子を播種して、白色光を当て、28℃で3週間栽培する。
- ・3週間後、サンプリングを行い植物体の重量(新鮮/乾燥)〔g〕、草丈〔cm〕を測定する。

結果





- ・新鮮重量、乾燥重量において、対照区とイシクラゲ区に差は見られなかった。-N区と-N区+イシクラゲ区では、有意な差は見られなかったものの、イシクラゲを添加した処理区で増加する傾向が見られた。
- ・草丈については、対照区とイシクラゲ区、-N区と-N+イシクラゲ区では差が見られなかった。

考察

- ・コマツナなどの葉菜類にとって、窒素N肥料がないことは、生育に特に大きな影響を及ぼす。-N区では、対照区に比べて著しく生育が減少しているが、イシクラゲの添加によって生育の増加の傾向が見られ、改善されていると考えた。ただ、対照区に比べてイシクラゲ区が大きな差がないことから肥料分が十分ある場合には、イシクラゲの添加による生育の改善の影響は小さいと考えた。

4 まとめ

① イシクラゲの培養における効率的な環境条件の解明

イシクラゲの培養条件に関する実験方法においては、イシクラゲの定量について測定方法の工夫や改善が必要であるが、現段階において以下のことがわかった。

- ・pH 7 と pH 10 では、pH 7の方が培養に適していることが分かった。
→ 今後はpH 8や9の条件についても検討していく。
- ・単色光においては、赤色の光を利用しやすい可能性があることが分かった。
→ 今後は追加実験をくり返し行い、再現性を確認する。

② 食用や持続可能な農業への活用

N肥料が十分でない場合の-N区では、対照区に比べて著しく生育が減少しているが、イシクラゲの添加によって生育の増加の傾向が見られ、改善された。

N肥料分が十分ある場合には、イシクラゲの添加による生育の改善の影響は小さいことが分かった。

→ 今回のイシクラゲの添加量は非常に少量だったため、イシクラゲの添加量を増加させることによる植物の生育への影響を今後検討していく。

5 参考文献

Nobuyuki K, Kazuhira Y, Masanori S and Takuya M (2010), Effect of terrestrial cyanobacterial mat “Ishikurage” on the growth of Japanese pampas grass in infertile devastated soils, Soil Microorganisms Vol. 64 No. 1. pp. 3-10