

第24回衛星設計コンテスト

アイデア概要説明書

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）			
フリガナ： ウチュウニオケルヤサイトコンチュウノセイサン 宇宙における野菜と昆虫の生産			
作品名 副題（これは公式文書では省略する場合があります）			
	氏名(フリガナ)	学校名、学科	学年
代表者(正)	村藤 海人 (ムラジマ カイト)	山口県立山口高等学校 理数科	1
代表者(副)	福田 悠稀 (フクダ ユキ)	山口県立山口高等学校 普通科	1
メンバ1	西田朱也子 (ニシダ アヤコ)	山口県立山口高等学校 普通科	1
メンバ2	遠藤 愛美 (エンドウ ミ)	山口県立山口高等学校 普通科	1
メンバ3	坂井 登哉 (サカイ トウヤ)	山口県立山口高等学校 普通科	1
メンバ4	阿南 太士 (アナム タイジ)	山口県立山口高等学校 理数科	1
メンバ5	上田 晃綺 (ウエダ コウキ)	山口県立山口高等学校 理数科	1

2. アイデアの概要（プレスリリース等で使用するのので、200字程度でわかりやすく表現して下さい。）

制約の多い宇宙で食料を生産する場合、食物エネルギーの利用効率などの理由から、通常は植物を中心とした食材構成が考えられる¹⁾。ここでは、植物の生産や調理の過程で生じる野菜くずなどの廃棄物を昆虫に与えて育てることで、既存の植物生産方法に加えて非可食のバイオマスから栄養価の高い動物性食材を供給する、宇宙における包括的な食料生産システムを提案する。

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）

将来、火星などの遠方に人類が赴いて調査・研究が行われるようになれば、食料の確保が問題となる。食料を地球から輸送すると莫大なコストや時間がかかるため、宇宙開発を行う現地で生産しなくてはならない。また、宇宙で食料を生産する場合、生態系の中で生産者に位置する植物を食材の対象とすることで、食物連鎖に伴うエネルギーの消失を軽減することができる。ところが、植物だけで献立を構成すると、脂質の摂取量が不足してしまう。これらの問題の解決策として、非可食部分のバイオマスを餌として昆虫を育て、食材として利用することが有効であると考えた。昆虫を食べることに抵抗を感じる人が多いと思われるが、タンパク質・必須アミノ酸、脂質が豊富に含まれており、他の動物と比べてタンパク質の生産効率が大きいことから、食材として利用価値が高いことが認知されている²⁾。宇宙で昆虫を養殖することができれば、宇宙での動物性食材の確保が容易になり、宇宙における人類の活動範囲の拡大に寄与することができる。

地球上の人口は増加し続けており、近い将来、食料が不足することが危惧されている。昆虫を食材として利用することは、地球上の食料問題を解決するための方策としても有効である。

(b) 重要性・技術的意義等(ex:宇宙空間で利用する理由)

昆虫の種の選定については、長年にわたり多くの人によって飼育されており、小規模で養殖が可能なものとし、コオロギ、ミルワームが適すと考えた。カイコを候補として考えている先行研究もあるが、餌となる桑を栽培するために多くの耕地が必要となる点で劣る（一人分として必要なカイコに与える桑の葉を生産するためには、64m²が必要²⁾）。なお、宇宙における昆虫の繁殖については、2014年にロシア科学アカデミーが行ったショウジョウバエに関する実験があり、この時には、微小重力下での繁殖が確認されている³⁾。コオロギやミルワームを宇宙で繁殖させた実験はこれまでに行われていないことから、このプロジェクトには新規性があり、動物性食材を確保するという意味においても重要なテーマであると判断した。

4. アイデアの概要

- (1) 食材の構成について：山下雅道らの研究によると、宇宙での食材としては、基本植物食（ヒト1人・1日分：玄米 300g、ダイズ 100g、コマツナ 300g、サツマイモ 200g）、昆虫 50g、ドジョウ 120g、食塩 3g を摂取すれば、栄養学的な推奨値に近い値とされる²⁾。このプロジェクトでは、1人が1日あたり消費する昆虫 50g を生産する方法について提案することを主な内容とする。
- (2) 植物の生産システム：植物の生産については、NASA や環境科学研究所をはじめ、多くの先行研究がある。今回の提案では、NASA が実証実験に取り組んでいる BIO-Plex の植物栽培モジュールを使用することとする¹⁾。
- (3) 昆虫の生産システム：ミルワーム（ゴミムシダマシ *Tenebrio obscurus*）とヨーロッパエコオロギ（*Acheta domestica*）の飼育で用いるシステムの基本構造は同じである。一部、産卵様式が異なるため、種に応じた構造としている。温度は 25~28℃ で一定に保ち、エサや水分は装置側面に取り付けられた開閉扉を通して適時補充する。なお開閉扉は親虫、子虫、ダストスペースで別々に開閉できるようになっている。ドジョウの飼育で生じた死体は、エサとしてコオロギに与える。また、コオロギユニットの最外層には遠心力で糞が集まるようになっていいる。この糞は、野菜などの作物を栽培する際の肥料とする。

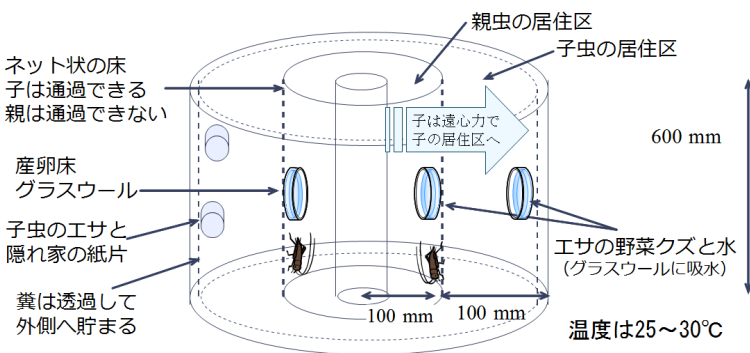


図1 コオロギ生産システム（1ユニット分）

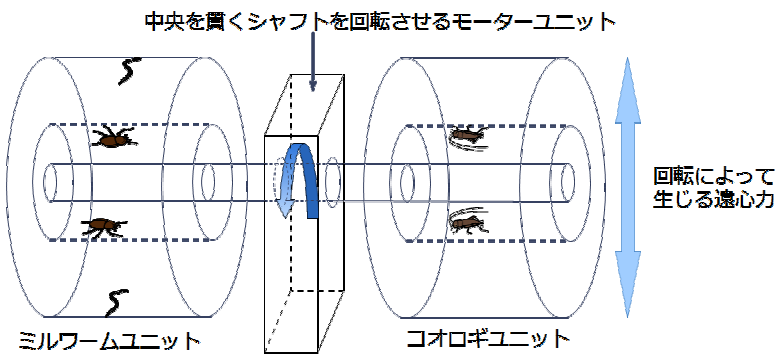


図2 昆虫生産システムの全景（回転時）

①ヨーロッパエコオロギの生産システム：円筒形の容器の中央にシャフトを通し、これを回転させることで遠心力を生じさせる。（遠心力の大きさは、地上の重力と同じ大きさにする必要は無く、虫の生活に支障が出ない程度であれば良い。）コオロギの卵は産卵床に産卵され、2週間程度で孵化する。生まれた子は親と同じ形の幼虫で、子はネット状の床を通過して外側の子虫居住区へ移動する（図1）。子虫は孵化後 45 日程度で産卵をするようになる。あるコオロギ養殖業者は、1年間に 1m² の面積で約 40kg のコオロギを生産している⁴⁾ ことから、1日に 50g のコオロギの生産には約 0.5m² の飼育スペースがあれば良いことになる。図1のユニットでは、子虫の居住区の中央の位置における面積が必要量を満たしていることから、1つのユニットでヒト一人の2日分の昆虫食材を供給する生産能力を有している。コオロギは食べたエサの半分の重さ程、体重が増加することから、50g

のコオロギを生産するためには、エサの野菜クズは 100g あれば良い⁵⁾。

- ② ミルワームの生産システム：基本構造はコオロギ生産システムと同様である。ただし、ミルワームの親が産卵する時に産卵床は不要であるため、よりシンプルな構造となっている。また幼虫は床材を必要とするため、床面に野菜くずを原料とする床材をしく必要がある。なお、ミルワームを購入し実際に飼育してみたところ、175×305 mm の面積の容器内で 114 匹のミルワームがおよそ 2 週間順調に発育していたことから、今回考案した装置の子虫居住区の中央部分の面積は十分に必要量を十分に満たしている。生産システムは図2のように、ミルワームのユニット1つとコオロギのユニット1つを1組として装置を稼働させることで、計算上はヒト1人が2日間に必要とする昆虫食材の供給が可能となる。
- (4) ドジョウ生産システム：水棲生物実験装置（Aquatic Habitat: AQH）の構造を基本とし、ドジョウ（*Misgurnus anguillicaudatus*）の養殖用に改良する。年間一人あたり消費量 44kg を生産するためには、最小 4.4m² が必要である²⁾。さらに、装置内には、産卵床（プラスチック製）を設置することとする。

(5) 生産方法

コオロギ・ミルワーム・ドジョウの卵、植物（玄米・大豆・コマツナ・サツマイモ）の種子は冷却しながら有機肥料（初期段階の植物の栽培に必要）と共に輸送する。生産の手順の概要は以下の通りである。①火星の土から採取した無機養分（成分調整）と有機肥料を配合した土壌に植物の種をまく。②植物を安定して供給できるようになった後、コオロギ・ミルワーム・ドジョウの卵を各装置内に設置し孵化させる。③食材として利用可能な時期になると、装置の回転を停止させる。開閉扉を通して、コオロギは子虫居住区に張り付いている個体をへらで、ミルワームは床材ごと、採集する。なお、ミルワームと一緒に採集した床材はミルワームを除いたのち、再び昆虫生産に利用する。また、ドジョウは生産装置内のアクセスポートより採集する。④採集した個体を食用と繁殖用のものに分別し、使用した装置は洗浄するため、繁殖用の個体は別の生産装置に入れて、繁殖させる。

(6) 宇宙食の提案

コオロギの粉末を加えたパスタが販売されている。コオロギやミルワームを直接食材として用いることに抵抗がある場合は、粉末にして利用すると良い。その場合、コオロギの体表の殻が食べづらいことを危惧し、同様な構造のエビの殻を用いたクッキーを作ってみた。材料：エビの殻（50g）、小麦（薄力粉：110g）、砂糖（22.5g）、サラダ油（80g）、塩（少々）（小麦や砂糖は米国のCELSSで、栽培すべき作物として選ばれている）。サラダ油は大豆油で代替することが可能。

(7) 今後のスケジュール（予定）

【2016年7月～2017年4月】昆虫生産システム（図2）の試作と食料生産が宇宙飛行士の活動の妨げにならないよう、生産の効率化のための生産システムの改良を行う。調理方法について研究し、宇宙飛行士に喜んで食べていただける料理を開発する。産卵や孵化、昆虫の生産について、重力・温度が及ぼす影響の確認のための実験を行う。

【2017年4月～2018年3月】試作した昆虫生産システムを使ったコオロギの飼育。収量の確認。

【2018年4月～】宇宙実験で使用する装置の完成。【2020年～】宇宙実験の実施。

5. 得られる成果

植物と昆虫を生産し食料とすることで、それぞれ単体だけでは補うことのできない栄養素を補給することが可能となり、宇宙飛行士はより健康で活発な状態で研究・調査等を行うことができる。さらには、生産された昆虫や植物を足がかりとして、これらを捕食するより大型の動物を生産することも可能となる。また、地上の食料問題を解決するための方策の一つとして、一般の人々に昆虫食の有効性を知っていただく機会となる。

6. 主張したい独創性または社会的な効果

この研究の独創性は、昆虫・植物をベースとした、高い栄養価をもつ食料が生産可能なシステムを考案しているところにある。これまで、ショウジョウバエの繁殖に関する宇宙実験は行われているものの、宇宙での昆虫生産システムに関する提案は無い。今回提案した昆虫生産システムは、今後の宇宙開発における食材の供給に役立つ情報を提供できると期待している。なお、一般の人々に、地球で生じる可能性のある、食料問題について触れる良い機会となる。

7. 謝辞

昆虫食に関して 山口大学 井内良仁 先生からご指導をいただきました。また、JST 中高生の科学部活動振興事業より支援をいただいて活動に取り組んでいます。心から感謝申し上げます。

8. 参考文献

- 1) 後藤英司 (2003). 第6章 植物を中心とする閉鎖生態系生命維持システムの構築および関連実験、宇宙環境利用の展望, 財団法人宇宙環境利用推進センター
- 2) 片山直美、山下雅道、和田秀徳、三橋淳、宇宙農業サロン(2006). Biological Sciences in Space, Vol. 20 No. 2:48-56
- 3) 独立行政法人 農業生物資源研究所・ロシア科学アカデミー生物医学問題研究所・カザン大学（ロシア） (2014). 「ネムリユスリカを使った宇宙での微小重力影響実験」,
- 4) 浜田耕治(2016). 「食用コオロギ 夢のドル箱 繁殖容易、期待の新産業 タイ政府、世界市場に照準」. 西日本新聞 2016/06/03 付朝刊
- 5) 水野壮 (2016). 「世界の食料危機を救う? 「家畜化」進む食用昆虫」. Japan Business Press, 2016. 5. 3
- 6) 南田ゴウ(2015). 「少々心の強さが試される、卓上ミルワーム農場が登場」, ASCII.jp