

## 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） 農業女子が広島県の特産物残渣で昆虫宇宙食
副題（自由記入） コオロギの飼育・実食にチャレンジ！
学校名 広島県立西条農業高等学校

#### 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。）

宇宙において無補給生活または長期滞在を想定した場合、居住コロニーや宇宙ステーションで食料を生産する必要がある。その場合、限られた空間と資源のなかでヒトが生きていくのに必要な栄養をまかなわなければならない。そこで、少ない空間と資源で飼育でき、栄養も豊富なコオロギに注目した。私たちは宇宙進出の前段階として微小重力環境でのコオロギ飼育装置と、コオロギを使用したおいしい料理を提案する。

#### 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）

ムーンショット目標を①火星または宇宙ステーションでのコオロギ養殖。②昆虫（コオロギ）を使用したおいしい宇宙食の作成。と設定した。ムーンショット目標に対し①微小重力環境を想定したコオロギ養殖方法を考案する。②おいしいコオロギ料理を考案する。に加え、広島県の特産物であるお好み焼きと尾道ラーメン等の生産過程で廃棄される残渣をコオロギの餌として有効活用することを目的とした。

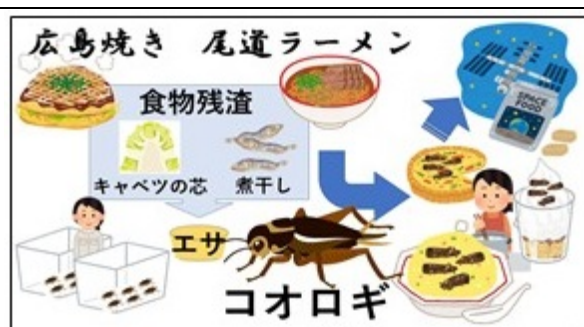


図. イメージ

##### (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)

宇宙での食料生産を想定した場合、限られた空間と資源のなかで、ヒトが健康に生きていくための栄養をまかなえるかが課題となる。空間について、昆虫は等量のたんぱく質を得るための飼育に必要な面積が家畜（牛や豚）の1/5～1/20と言われている。資源について、牛は1kgの収穫に対し25kgの飼料が必要なうえ、大量の糞尿を排出するが、昆虫は1kgの収穫に対して2kgの飼料ですむ。栄養について、昆虫は高タンパク、低脂肪、高カロリーで、バランスの良い優秀な食材と言われている。そして、人間の生命維持に必要な五大栄養源のうち、タンパク質、特に動物性タンパク質を宇宙で得るための畜産業の研究は、あまり進んでいない。これらのことから、宇宙で動物性タンパク質を得る手段として昆虫を宇宙で飼育するよう構想して研究することは非常に重要であると考えられる。

実際にコオロギを飼育している経験から、宇宙で飼育するうえでいくつか課題が考えられる。一つ目は水や餌が散乱しないようにどう与えるかである。コオロギは水を2日与えなかったり、こぼれた水が体についたりすると死にやすくなる（ヨーロッパイエコオロギ100匹を全滅させてしまった）。養殖施設や市販の餌は粉末状のものが一般的であるが、宇宙では散乱してしまう。二つ目はコオロギの糞を回収しやすい居住空間をどう作るかである。コオロギの共食いを防ぐために隠れ家が必要なのだが、閉鎖空間を作るとコオロギの糞が回収できず不衛生になり死にやすくなる。三つ目はコオロギが微小重力環境で繁殖するかである。最近ではネムリユスリカ、カイコ、ゴキブリ等が宇宙に行っており、コオロギは1990年に宇宙に行っている。しかし、生活史全てを宇宙で完結した事例は見つけれなかった。

#### 4. アイデアの概要

##### ① 微小重力環境を想定したコオロギ養殖方法

広島県内で食用コオロギを養殖している「株式会社 ACORN 徳の風プロジェクト」様を訪ねてアドバイスとコオロギ 50 匹をいただいた。試行錯誤の結果、本校での繁殖に成功した。私たちの飼育では、衣装ケース二つの空間でコオロギ 50 匹が 2 カ月で 1500 匹に増えた。熟練すればもっと増やせると考える。

このコオロギを、クリノスタット（農業機械科作成）を用いた微小重力環境下で養殖する装置を提案する。微小重力環境は宇宙ステーションや、火星までの 8 カ月間の移動中の環境を想定している。



図. 左：コオロギの出荷の様子，中央：戸棚を利用した飼育環境（暖房完備），右：産卵の様子

##### a. 水・餌について →補足説明資料 実験Ⅰ，Ⅱ

コオロギの飼育において最も重要な条件の一つが水である。水が不足するとコオロギが目に見えて弱る。そして、水は必要であるが湿気を嫌い、体に水がついても弱る。また、コオロギ飼育に使われる一般的な餌は粉末状のものが多く、水と餌の散乱防止を行う必要がある。

野生のコオロギは野菜から水分を補給すれば水を個別に飲まなくても生きていけることから、粉末状の餌を寒天で固めてゼリー状の餌を作成して与えた。重力下ではゼリー状の餌で飼育できたので、宇宙でも食べるのではないかと考える。

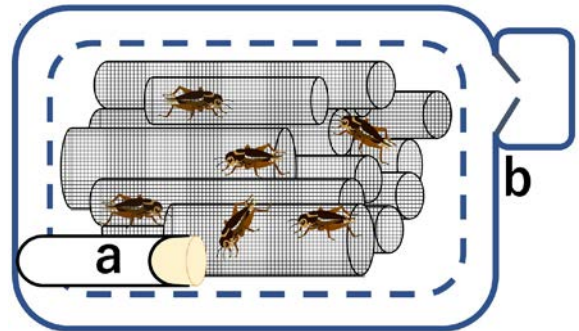


図. 微重力環境での飼育装置

また、餌の材料として広島の特産物から出る食物残渣を加工して与えた。材料はお好み焼きで使われるキャベツの芯、尾道ラーメンの出汁に使った煮干しを使用した。それぞれを乾燥し、粉碎して与えた。対象は孵化直後の幼虫とした。結果として、煮干しを与えたものが 2 週間で全滅し、キャベツの芯は現在（1 か月経過）も生存している。宇宙で排出される食物残渣を加工して餌として与えることで資源循環ができると考える。

##### b. コオロギの糞を回収しやすい居住空間づくり→補足説明資料 実験Ⅲ

コオロギの糞は 4mm ほどの円柱型で乾燥している。50 匹を 1 週間飼育して排出される糞は 3.3g であった。他の家畜に比べると糞の量は非常に少ないが、微小重力環境ではこれらの糞が散乱した状況になってしまう。通常飼育では、紙製の卵パックを使用している。卵パックの凸凹が個室の隠れ家となっているために共食いを防ぎ、少ない面積で多くの個体数飼育を可能にしている。しかし、卵パックの凸凹に糞がたまりやすい。そこで、園芸用の鉢底ネットを円柱上にして並べることを考えた。こうすることでコオロギの隠れ家になり、穴から糞が出ていく。円柱は様々な直径や長さのものを組み合わせ、幼虫から成虫まで飼育できるようにした。



図. 居住空間（鉢底ネット）

また、遠心力で外に出た糞を集める装置の入り口の形状を色々とした。入りやすいが出にくい構造を提案する。また、排出口へ収束していく「らせん状」の構造を作り、気流を発生させることで排出口に糞が集まる仕組みができるのではないかと考えた。

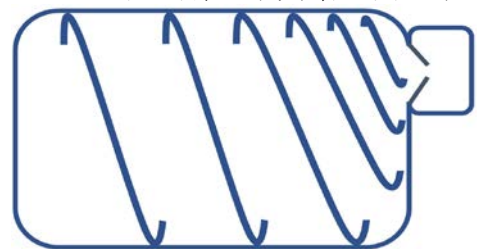


図. らせん状の突起

### c. 微小重力環境での繁殖 →補足説明資料 実験Ⅳ

宇宙でコオロギを養殖する場合、卵が正常に発生する必要がある。二次元クリノスタットを用いてカイコの孵化を行うと、体節奇形が有意な差で現れたという研究がある。論文には微小重力下では胚運動や体節融合が正常に進行しにくいことが示してあった。私たちはカイコの卵で行われた研究をコオロギの卵で試した。1回目の実験の孵化率は微小重力で21%に対して重力環境は80%であった。2回目の実験の孵化率は微小重力環境で40%に対して重力環境は41.5%であった。微小重力環境で孵化した個体を重力下で育てた結果、成虫まで成長し、奇形個体は得られなかった。このことから、孵化率は下がるかもしれないが、微小重力環境でもコオロギを養殖できるのではないかと考える。今後は、微小重力環境で摂食行動や繁殖行動などができるかを実験していきたい。



図. 微小重力環境で  
孵化したコオロギ

### ② おいしいコオロギ料理

宇宙での主要な食物は植物中心になるが、植物食の構成では、ビタミンD、ビタミンB<sub>12</sub>、コレステロール、塩分が不足し、脂肪含量が少なくなるので、脂肪を多く含む動物性食品が必要になると言われている。また、昆虫食への心理的な嫌悪感も存在している。そこで、不足分の栄養を食用コオロギで補い、嫌悪感を払拭できるような料理の考案を試みた。

これまで、購入したヨーロッパイエコオロギを用いて、ヒジキの煮物、かき揚げ、お好み焼き、キーマカレー、アイスクリーム、チュイール、チョコクランチ、チョコパイを作成した。

そして、本校で育てたフタホシコオロギを用いて、かき揚げ、素揚げ、キーマカレーを作成した。味はどれも美味しく、試食の感想として、昆虫の姿が見えないものが初めて食べる人には好評だった。キーマカレーは「うまいもん甲子園」で中国大会に進出した。テレビの取材を受け、芸能人の方にスタジオで食していただいた。



図. 左：お好み焼き，中央：チョコパイ，右：キーマカレー

### 5. 得られる成果

宇宙での植物栽培に加え、コオロギの養殖が実現すれば、植物では得られない必須アミノ酸や良質な脂質等を得ることができる。また、残った野菜くずなど残渣を有効活用できる。そして、おいしく食べることができれば、栄養だけでなく、食事の楽しみも得られる。味がエビに似ているので、宇宙で海鮮の気分が味わえる。

### 6. 主張したい独創性または社会的な効果

現在、重力下におけるコオロギの長期飼育を試行錯誤しており、繁殖に挑戦中である。クリノスタット内で長期間飼育するためにはさらに様々な課題を克服しなくてはならず、重力下での飼育よりも何倍も困難である。飼育して初めて分かる水や糞等の課題を一つ一つ克服する試みに意味があり、クリノスタット内での長期飼育や繁殖が成功すれば、宇宙でのコオロギ養殖の可能性が高まる。そして、宇宙での食料生産に役立つ。また、餌に食物残渣を使用して飼育できれば、循環式農業のモデルができ、将来予想されている食料不足解決に役立つ。

### ○ 実験Ⅰ ゼリー状の餌を食べ、生存できるのか

目的：栄養と水分を同時に摂取できるコオロギ宇宙食を作る。

方法：粉末状のコオロギの餌を寒天で固めてゼリー状の餌とし、水を与えずに飼育した。



図. 左：ゼリー状餌の作成風景，中央：ゼリー状餌，右：コオロギに与えた様子

結果：ゼリー状餌のみで飼育できた。

考察：ゼリー状餌で栄養と水分を同時に与えると、水を個別に与える必要がない。宇宙で与える時は、ストローのような筒状のものから押し出して与えるといいと考える。

### ○ 実験Ⅱ 食物残渣で成長するのか。

目的：コオロギ飼育用の餌として食物残渣は使用可能か確かめる。

方法：キャベツの芯と煮干しがらを食品乾燥機で乾燥し、粉碎機で粉末状にして餌を作成した。孵化したばかりの幼虫を50匹ずつ3つのケースに入れ、それぞれ通常餌，キャベツの芯，煮干しがらと水を与え，成長の様子と個体数を確認した。



図. 左：乾燥させたキャベツの芯，中央：粉末にしたキャベツの芯，右：飼育風景

結果：煮干しがらを与えたものは2週間後には全滅していた。キャベツの芯と通常餌は1か月後も生存していた。通常餌の育ちが一番良かった。

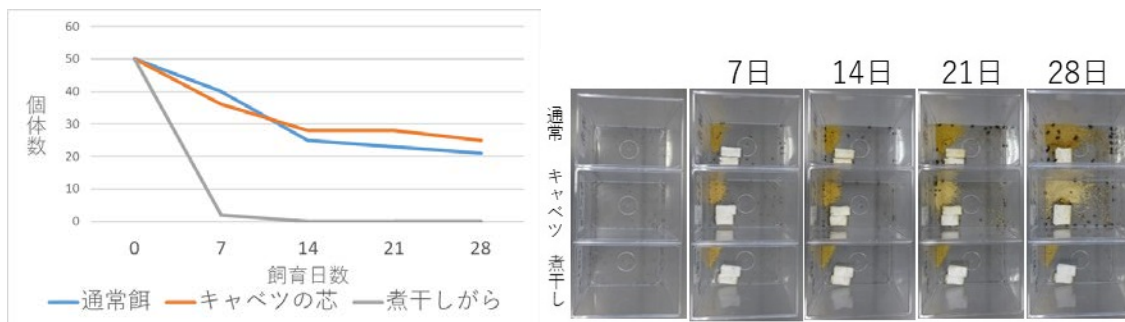


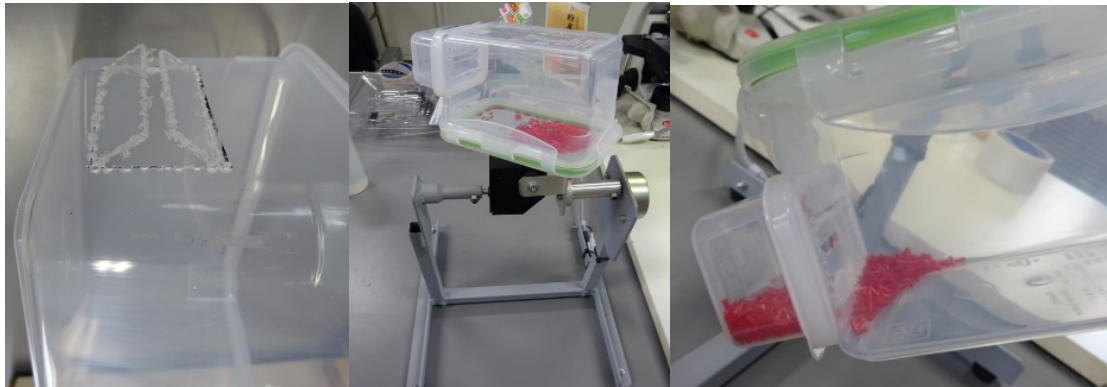
図. 左：個体数の変化，右：成長の様子（上から撮影）

考察：キャベツの芯を餌として飼育することはできる。煮干しがらを成虫やある程度育った幼虫に与えると好んで食べるため，餌を与える時期や餌の配合を変えると効率よく育つと考える。

### ○ 実験Ⅲ 糞の回収システム入口の形状の検討

目的：飼育ケースから糞を排出し、逆戻りしにくい出口の形状を考える。

方法：基本構造にグルーガンでプラスチック片をつけて色々な形状を作った。糞に見立てたビーズを入れ、5分間クリノスタット（農業機械科作）を起動させた。5分後、飼育空間にあるビーズと糞入れにあるビーズの重さを測った。これを3回行い、糞入れに排出された排出率を求めた。（排出率：糞入れにあるビーズ÷全ビーズ×100）



i

ii

iii



iv

i：排出口の基本構造

ii：クリノスタット（農業機械科作）起動前

iii：クリノスタット（農業機械科作）起動中の飼育空間と糞入れ内のビーズの様子

iv：5分後の糞入れ（左）と飼育空間（右）内のビーズ

結果：基本構造に逆流防止の返しを設置した島谷案は排出率 73%であった。島谷案の側面をふさいだ島谷・土肥案は排出率 61%であった。水筒の逆流防止弁をイメージした酒井・岡案は排出率 75%で最も高かった。

	基本構造	島谷	島谷・土肥	酒井・岡
				
排出率	47%	73%	61%	75%

図. 作成した排出口の形状と排出率（付着したプラスチック片をオレンジで表している。）

考察：どの案も基本構造の排出率を超えた。酒井・岡案は一度に糞入れに排出される量は少なかったが、逆流を防ぐことで高い排出率を記録した。長い時間をかけると 100%に近づくと考える。この構造に気流などを加えて排出効果を増すとよいと考える。

## ○ 実験Ⅳ 微小重力環境でコオロギの卵は孵化するのか。

目的：微小重力環境でコオロギが孵化するか確認するとともに、孵化率を明らかにする。

方法：一晩置いた産卵床から卵を約 50 個取り出し、タッパー内のスポンジの上にのせ、ガーゼを 1 枚かぶせてゴムひもで固定する。これを二つ用意し、片方はクリノスタット（農業機械科作）にセットし、片方は何もせず重力環境とした。



i



ii



iii



iv

i : 産卵の様子

ii : 卵を約 50 個ずつ数えている様子

iii : 卵を固定する装置

iv : 実験装置の様子（農業用ヒーターを利用して温度を高く保てるようにした。）

結果：クリノスタット（農業機械科作）を使用した微小重力環境のもの、重力環境のもの両方孵化した。孵化までの過程を顕微鏡で観察した。形状に目立つ違いは見られず、孵化にかかる時間もほぼ同じであった。孵化率は、1 回目の微小重力環境は 22%と 20%、重力環境は 94%と 66%であった。2 回目の微小重力環境は 40%と 40%、重力環境は 38%と 45%であった。

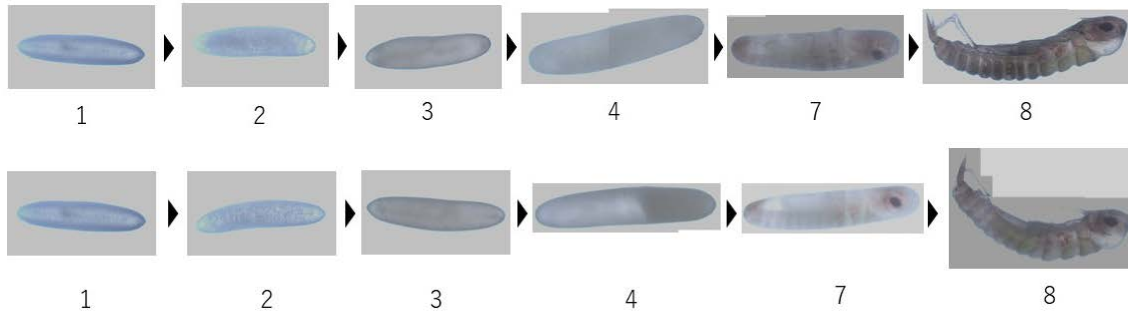


図. 上：重力環境，下：微小重力環境（下の数字は経過日数）

考察：微小重力環境でも孵化することが明らかになった。孵化率のばらつきがあった。2 回目のデータは途中で外気温が下がり、孵化までの時間が長くなったことも影響していると考えられる。気温を一定にできる場所を作ったので、同じ条件で実験を続けてデータを取っていききたい。

参考文献：

- ・ムーンショット型農林水産研究開発事業「地球規模の食料問題の解決と人類の宇宙進出に向けた昆虫が支える循環型食料生産システムの開発」(2022)
- ・オオニシタクヤ：コオロギ養殖システムのデザイン開発，日本デザイン学会デザイン学研究 BULLETIN OF JSSD(2022)
- ・カザン大学：ネムリユスリカを使った宇宙での微小重力影響実験－微小重力下で乾燥幼虫が蘇生－
- ・大庭広明，オオニシタクヤ：宇宙における動物性タンパク質源としての昆虫の可能性，日本デザイン学会デザイン学研究 BULLETIN OF JSSD(2022)
- ・古澤壽治：宇宙環境と生物－微小重力環境でもカイコは糸を吐く－，繊維工学，54，10(2001)
- ・中野完：国際宇宙ステーション・セントリフュージ施設の宇宙生物学研究，日本マイクロ重力応用学会誌，22，3(2005)

謝辞：本研究はバイテック情報普及会様より活動支援を受けております。この場をお借りしてお礼申し上げます。