

## 第25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） スペースシルクロード計画			
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） 宇虫食製造プロセスの提案			
	氏名(フリガナ)	学校名、学科	学年
代表者(正)	野間光葉(ノマミツハ)	四天王寺高等学校	2年
代表者(副)	洲脇遥那(スワキハルナ)	四天王寺高等学校	1年
メンバ1	杉本七音(スギモトナオ)	四天王寺高等学校	1年
メンバ2	堂野真由佳(ドウノマユカ)	四天王寺高等学校	1年
メンバ3	田中真優(タナカマユ)	四天王寺高等学校	1年
メンバ4			
メンバ5			
メンバ6			
メンバ7			
メンバ8			

#### 2. アイデアの概要（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。）

宇宙開発において、食糧問題は重要な課題の一つである。「スペースシルクロード計画」では、蚕の宇宙への輸送、宇宙空間における生産管理法を提案する。本計画は、宇宙で桑を栽培して蚕を飼育し、食糧とするものである。蚕は単一の飼料(桑の葉)から、体内で必須アミノ酸を合成し、貴重なたんぱく源となりえる。蚕の1世代のサイクルは約50日であり、動きが遅く移動範囲が狭い。よって蚕は宇宙空間での飼育に適していると言える。

#### 3. 目的と意義（目的・重要性・技術的意義等）

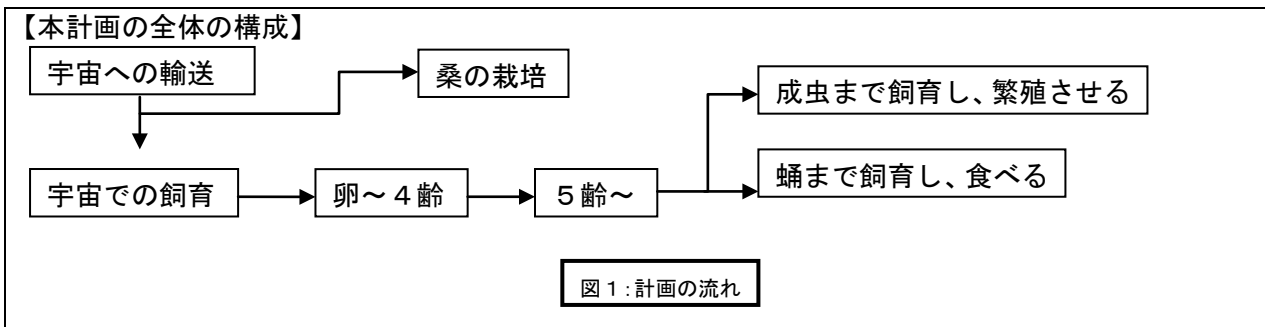
##### (a) 目的

宇宙空間での食糧の自給自足の実現を目指し、宇宙で食糧を生産することを目的とする。

##### (b) 重要性・技術的意義等

資源の乏しい宇宙空間における食糧や絹の生産は、宇宙での持続可能な生産活動実現に向けての足掛かりとなる。

#### 4. アイデアの概要

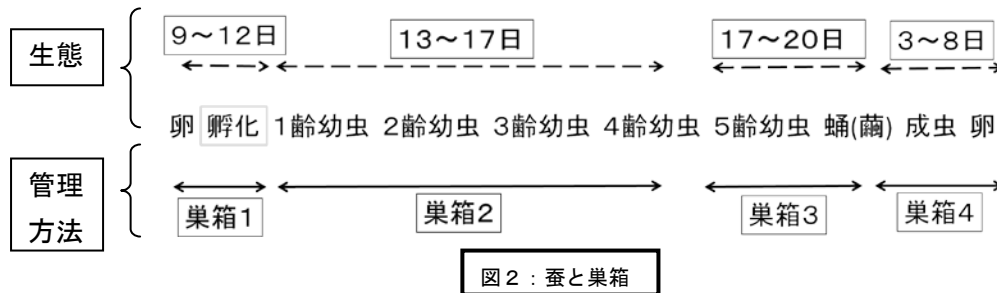


### 【蚕の宇宙空間での飼育について】

蚕は古来より人の手により家畜化されてきた唯一の昆虫で、生態がよく知られている。また、蛹は大部分がたんぱく質であり、必須アミノ酸を豚肉の2倍、鶏卵や牛乳の4倍を含む。さらに、他の昆虫よりも排泄物がわずかで、幼虫、成虫ともに動きが遅く移動範囲が狭いため、狭い巣箱での飼育が容易である。蚕は温度 20℃～35℃、また湿度 70%以上(卵のときは 90%以上)の環境で生存が可能である。

6～7月に蚕を飼育した際、気温 35℃までに保つために室内に冷房をつけ 27～29度(蚕の適温)に保ったが、湿度が 50～55%となり蚕 40匹のほとんど死亡した。それに対し、9～10月は気温が 22～24℃と少し適温よりも低いが、湿度を 62～70%に保つたため、全ての蚕が生き残った。宇宙船内では気温は問題ないが、湿度が低いので飼育箱の中に湿度調整器を備える必要がある。人間の場合、蚕を1日に 170匹摂取すれば1日分のたんぱく質を得られるが(\*1)、今回は一日のうち一食のたんぱく質を蚕で補うことにし、一人あたりの食糧の生産を想定した。その場合、一人一日 60匹を食べるので 60匹の蛹が一日に必要なとなる。以下は詳細を示す。

### 【蚕の生態と管理】



宇宙空間における養蚕においては以下の3つの課題がある。

- 1, 蚕の輸送方法
- 2, 微少重力環境で生存可能か
- 3, 宇宙空間における養蚕及び桑の栽培方法

以下、上記課題の対策を述べる。

### 1, 蚕の輸送方法

蚕は卵の状態ですべて宇宙空間へ輸送する。卵は一粒 0.6 mgであり、 $0.8 \times 0.5 \times 0.3 \text{ mm}^3$ と非常に小さく、わずか 1g で約 1600個の卵を輸送できる。また休眠状態の卵は 5℃に冷やしておけば約 1年間、0℃では約 2年間も生き続けることが可能である。打ち上げ時の衝撃は、過去の国際宇宙ステーションで行われた実験「Rad silk」より、影響はないと考えられる。

### 2, 微少重力環境で生存可能か

宇宙空間の微小重力環境は、別紙に示すように蚕の成長に影響を及ぼすと推測される。また、蚕がエサにたどり着きにくい。前述の実験「Rad silk」では、微小重力環境が原因で蚕の卵は孵化しなかった。したがって本計画では巣箱を角速度 10rad/s(\*2)で回転させて重力加速度を蚕にかけることにより、生存可能にする。

### 3, 宇宙空間における養蚕及び桑の栽培方法

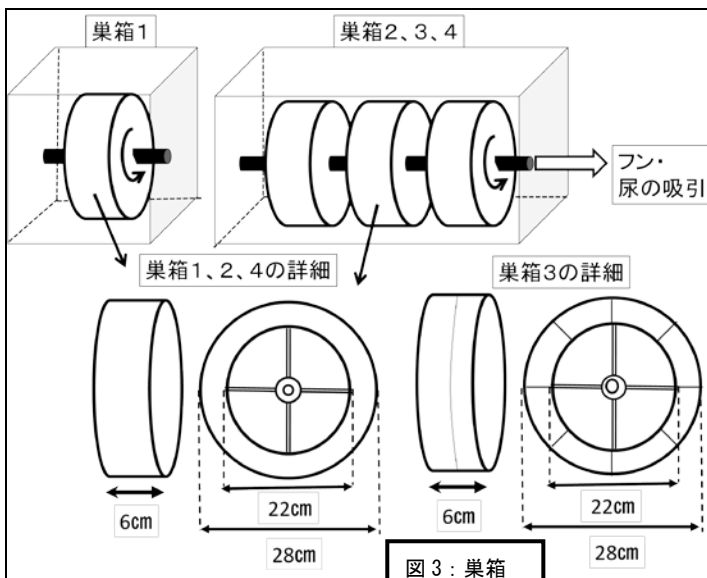
#### 【養蚕方法・巣箱】

蚕の巣箱を図3に示す。巣箱は、蚕のエサの臭いやフンを外に出さないために箱に入れる。蚕の巣箱は成長段階に従って分ける必要がある。これは、卵の孵化の条件(湿度 90%以上、1日 16時間以上光を照射)や、繭を作る環境条件(個別に部屋を分ける)など、成長段階によって必要な飼育環境が異なるためである。よって、巣箱1は巣箱2、3、4とは別の箱に入れ、孵化条件を保つ。巣箱2は部屋に分ける必要はないが、巣箱3は繭を作らせるために部屋を分けた。

累代飼育し、毎日 60匹生産するために 60匹を1日ずつずらして飼育する必要がある。図2から、巣箱1を 10個、巣箱2を 15個、巣箱3を 14個、巣箱4を 5個用意すれば1日に 60匹の蚕の蛹を生産することができる。

#### 【エサ・フンの処理】

エサは、蚕のそれぞれの段階によって与える桑の葉の枚数を変える。1～3齢幼虫は少量、4齢幼虫



は1日30枚、5齢幼虫は1日60枚与える(それぞれ60匹で換算)。フン・尿の処理は、図3に示したように、軸から吸引する。軸は空洞にしておき吸引できるようにし、加えて巣箱の側面は網にしておく。網の目の大きさは成長段階によってフンが大きくなっていくので変えていく必要がある。巣箱1においては湿度を保つために網にはせず、空気穴しか開けない。

#### 【蚕の累代飼育】

繭の中から蛹を取り出して食べるが、3日に1回は60匹の蛹のうち4匹(2対)の蛹を食べずにそのまま成虫まで育てる。しかし、同じ成虫から生まれた蚕同士で卵を産ませると突然変異を起こす可能性が高まるので、一つのサイクルの成虫と一日ずれた

成虫などと交配させ、系統が混ざるように配慮する。蚕は1対で300~500個の卵を産卵する。これは、一人の一食分には十分であるが、余れば冷凍保存し、何らかの理由で大量死してしまった時に備える。

#### 【蚕の調理法】

宇宙船では約80℃まで温度を上げることができる。食べやすいと考えられる調理例を以下に示す。

- ① 蛹と水をパックに入れ、一度加熱し、そのゆで汁は一度捨てる。
- ② 香草(ローリエ・しょうが・八角など)とともにもう一度蛹と水を加熱し、そのゆで汁も捨てる。これによって蚕の独特の強い臭いを消すことができる。
- ③ これらの一連の処理を行った蛹を刻んでスープなどに入れる。

また、蚕のフンは茶にもなり、この茶には血糖値上昇を抑える働きがあり、薬にもなる。繭は繊維と雑て使用可能なのに加え、粉末にして砂糖としても使用できる。

#### 【桑の栽培】

我々の実験では別紙に示すように、桑はスポンジによる水耕栽培でも生育することが分かった。よって宇宙空間でスポンジや現在使用されているロックウールという素材による水耕栽培で桑を栽培することを提案する。

(\*1)ユナン・ヤンらの研究 Advance in Space Research 43 1236-1242 による

(\*2)円運動の関係式を利用し計算した。円運動している物体の加速度  $a$  は、 $a=r\omega^2$  より、かけた加速度は重力加速度なので、重力加速度を9.8とし、半径  $r$  は図3よりcmなので  $\omega$  を計算すると  $\omega=\sqrt{9.8/9.0 \times 10^{-2}}=10.4 \dots \approx 10$

## 5. 得られる成果

未だ宇宙で動植物を生産して食糧を自給自足することに至っていないが、まず昆虫など小さい生物から育てることは、より大きな動物の飼育への応用も期待できる。実際に生物を育てることによって、新しい課題が見えてくるだろう。また、栄養価の高い動物性たんぱく質に加えて必須アミノ酸を摂取することができ、将来的には蚕の繭から繊維を取り出して織り、衣服を作ることもできる。加えて、生物の飼育は宇宙飛行士たちの楽しみの一つになるだろう。また、桑の栽培によりマルベリーと呼ばれるビタミンCやKを豊富に含むベリー系の果実が得られることも付記しておきたい。

## 6. 主張したい独創性または社会的な効果

この計画で宇宙での持続可能な昆虫食が実現すると考えられる。そして、蚕以外の昆虫や他の動物も飼育し食糧にする足掛かりとなる。また、近い将来食糧が欠乏するとされている。ここで得られた知見を活かせば将来の新しい食材が得られる可能性がある。

以上