

## 宇宙農業の構想と課題 Issues of Space Agriculture Concept

山下 雅道<sup>1\*</sup>, 片山 直美<sup>2</sup>

Masamichi Yamashita<sup>1\*</sup>, Naomi Katayama<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 宇宙農業サロン, <sup>2</sup> 名古屋女子大学

<sup>1</sup>Task Force of Space Agriculture, <sup>2</sup>Nagoya Women's University

宇宙農業は、生物・生態系の働きにより、物質を再生循環利用して宇宙（火星）においてクルーの生命を維持する工学（エンジニアリング）である。およそ1万年前におこった農業革命は人類文明を大きく進めるものであった。農業の発明は一人が一人以上の食料を安定に生産することを可能にし、その結果文明を創出した。天文学をはじめとする学問がはじまり、農業生産が確実なものとなった。分業が発達し、都市と農村が分化した。およそ300年前、近代科学が確立し産業革命の礎となった。近代科学の成果による近代農業の発展はめぐって宇宙活動を可能にしたともいえる。そしていま、長期間大規模な宇宙探査とそれを支える宇宙農業への道がひらかれている。人類文明の持続的な発展は我々に投げかけられている重要な課題であるが、宇宙にむかう健全な好奇心は、これに重要な貢献をする。

地球周回軌道や月面有人基地での生命維持システムには、現在運用されている国際宇宙ステーションで使用されているシステムを基本とするのが適切な選択である。すなわち、食料は地球から供給し、使用量の多い水について再生利用する。従来使い捨てであった二酸化炭素の吸着剤は、温度や圧力を変化させて二酸化炭素を脱着し吸着能を再生できるシステムをつかっている。宇宙農業は、食料や酸素を排泄物や非可食のバイオマスから植物の光合成により変換し、この再生循環にあわせて、光合成する植物の葉面から蒸散する水を凝縮回収して利用する概念である。食料や酸素の再生循環利用には、そのための装置に対する初期投資が大きい。使い捨てのシステムとした場合のシステム運用期間にわたる消耗品の積算量が物質再生循環装置に対する初期投資とその運用に要する資源の積算値に比べて少ない条件では、宇宙農業といった再生循環システムは採用されない。

ところで、この生命維持の「経済」にもまして留意しておかなければならない点は、クルーの存命性が生命維持システムへの最大の要求であることである。宇宙農業は、生物や生態系の優れた機能を取りこむことをその優位性の源としている。それは一方で、生物や生態系というブラックボックスに信頼性などが依存している。従来の閉鎖生態系による生命維持システムの工学では、物質の再生循環ループでいかに物質が利用できない形態となってループから脱落し、その不足部分を補う必要がどれほどでくるかをしめす物質循環の閉鎖度が工学のめざす指標とされ、それを100%に近づけることが最重要な課題であると捉えられてきた。我々の宇宙農業構想では、これをただして存命性を確保するために再生する物質は次のクルーの生命維持に用いることとする。また現地資源、例えば火星大気に含まれる二酸化炭素や表面下で凍っている水、レゴリスなどに含まれる他の生元素を取りこみ物質循環にくりこみ、生態系を拡大再生産していくという提案；「100%以上の物質再生循環」を提唱している。そのためには、探査機・フェニックスが極近くで探査したのに続き、火星で宇宙農業に利用できる資源について予備的な調査を進めていく計画を立案・実行していく必要がある。初期の有人火星探査は食料や水・酸素は地球から持ち出す使い捨てのシステムとするが、規模の拡大にともない農業に必要な資源を集積していく。生命探査の対象である火星の地球由来の生物や有機物による汚染は防止・制御するのはいうまでもない。

宇宙農業においていったん存命性が確保されれば、そのさきをめざす目的は、クルーの生産性の向上であり、豊かな生活環境の創出である。この観点から、宇宙農業の対象は食料・酸素・水の再生循環ばかりでなく、衣料や住環境についても拡張する。隔絶した少人数での宇宙ミッションでのクルーの心理や厳しいストレスへの対応をどのようにかはかるかについても、宇宙農業は寄与する。これは、地上での農業が食料の供給というせまい範囲から、地球の環境や人びとの生活の潤いの増進を含むように拡張されているのと通底する。

宇宙農業は大規模、長期間の宇宙（火星・有人）ミッションで初めてその真価を発揮するのだが、それにとどまらず、現在我々が直面している地球のグローバルな問題を解決するエンジニアリングのテストベッドとして宇宙農業を活用することもできる。宇宙農業は、持続発展可能な文明とそのライフスタイルを提案する。砂漠化や塩集積、さらに原発事故による放射能汚染など地上で現在直面する課題のいくつかの解決について、宇宙農業はいくつかを提案している。食料作物栽培と競合しない昆虫食など、日本・東アジアからの宇宙開発への優れた寄与が可能である。

キーワード: 宇宙農業, 火星探査

Keywords: space agriculture, Mars exploration

## 宇宙食における味と臭いの研究 Study of Space Foods - Taste and smell -

下田 彩未<sup>1\*</sup>, 下山 香<sup>1</sup>, 鈴村 紀恵<sup>1</sup>, 清水 絵里<sup>1</sup>, 片山 直美<sup>1</sup>  
Ayami Shimoda<sup>1\*</sup>, Kaori Shimoyama<sup>1</sup>, Kie Suzumura<sup>1</sup>, Eri Shimizu<sup>1</sup>, Naomi Katayama<sup>1</sup>

<sup>1</sup>名古屋女子大学 家政学部 食物栄養学科  
<sup>1</sup>Nagoya Women's University, Food Science and Nutrition

### 目的

宇宙食における味覚・嗅覚は、短期間における宇宙滞在であることもあり、宇宙船の中の火器の取り扱いの問題点や空気の正常化のために様々な制限の中で調理することにより、食の安全・衛生・安心が先行し、重要視されて来なかった。

しかし、これから宇宙において長期滞在を行い、火星への有人探査も考えると、食事は単に栄養を補給するための目的ではなく「ほっとする憩いのひと時」としての役割が加わり、「おいしさ」「たのしさ」にも重点が置かれていくはず。その時、味覚・嗅覚に関する研究が必要となります。今回、年齢の高い人たちの結果をもとに、宇宙での味覚・嗅覚の生理的变化を考えることを目的とした。

### 方法

65歳以上の高齢者14名(男性2名、女性12名)に対して味覚・嗅覚検査を行った。味覚検査(テストディスク:三和化学研究所社製)として塩分濃度0.3%、1.25%、5%、10%、20%、の液をしみこませたる紙を口に入れて、塩分を感じたる紙の濃度を閾値として記録した。嗅覚検査(臭いスティック:第一薬品工業社製)として13種類の臭い(無臭、墨汁、ヒノキ、香水、メントール、ばら、みかん、蒸れた靴下・汗臭い、家庭用のガス、木材、カレー、練乳、炒めたニンニク)を付けたる紙を鼻の前で開いて嗅いでいただき、6つの選択肢(4つの具体的な臭い、分からない、無臭)の中から一つを選んでいただく方法で検査を行った。

### 結果

14名の平均年齢は73.6 ± 3.9歳(66歳 - 78歳)であった。体重の平均値は53.6 ± 8.2、体脂肪率の平均値は33.0 ± 6.0%、BMI値は22.3 ± 3.4 /m/mであった。味の検査結果は4名が0.3%、10名が1.25%で塩分を感じた。臭いの検査では10名が正常、4名が要観察となり、臭いが少しわかりにくくなっていた。臭いがわかりにくかった人のBMI値は臭いが良くわかる人よりも高く、体脂肪率も高かった。

### 考察

宇宙での生活が長くなると、筋肉が衰え、体脂肪率が高まることから考えて、今回の結果から、宇宙飛行士の長期宇宙滞在が行われるようになると、臭いがわかりにくくなる可能性がある。また味も塩分濃度が1%を超えた値で多くの回答があったことから、塩分も感じにくくなることがわかった。今後はさらにデータを集め、味覚・嗅覚における加齢と体脂肪率との関係を調べ、宇宙食における効果的な味付けや香づけについて考えたい。

キーワード: 宇宙食, 味, 臭い

Keywords: Space foods, taste, smell

## 宇宙食における乳酸菌摂取の重要性 Importance of the lactic acid bacterium intake in space foods

下山 香<sup>1\*</sup>, 下田 彩未<sup>1</sup>, 鈴村 紀恵<sup>1</sup>, 清水 絵里<sup>1</sup>, 片山 直美<sup>1</sup>  
Kaori Shimoyama<sup>1\*</sup>, Ayami Shimoda<sup>1</sup>, Kie Suzumura<sup>1</sup>, Eri Shimizu<sup>1</sup>, Naomi Katayama<sup>1</sup>

<sup>1</sup>名古屋女子大学 家政学部 食物栄養学科  
<sup>1</sup>Nagoya Women's University, Food Science and Nutrition

目的: 宇宙での長期滞在によって生理機能の変化が考えられる。結果として便秘が増える可能性がある。便秘が常習化すると疾病との関連があるため健康維持のためにも便通の改善は重要である。そこで本研究は、将来宇宙でも乳酸菌の摂取が必要であると考え、乳酸菌の含まれている市販品ヨーグルト2種を選択し、その菌種の違いによる便秘改善効果を比較検討することを目的とした。

方法: 被験者は本研究室に在籍する成人女性11名(平均年齢20.9 ± 0.3歳)であった。実験開始前2週の間、毎日の排便状況(「色」「形状」「臭い」「排便時間」「排便回数」「残便感」「ガスの回数」)をアンケート調査した。その後、2週間、M社ヨーグルト85gを就寝前に摂取し、毎日の排便状況を同様に記録した。その後2週間ヨーグルト摂取をやめて毎日の排便状況を記録した。さらに2週間、Y社ヨーグルト100mlを摂取し、毎日の排便状況を同様に記録した。その後2週間ヨーグルト摂取をやめて毎日の排便状況を記録した。

結果: 実験開始前の2週間の排便記録から、便秘なし群5名、便秘群6名の2群に分けた。便秘群に対してM社ヨーグルトを2週間摂取した結果、1名がほぼ毎日排便があるように改善された。その後2週間ヨーグルトを摂取せずに過ごし、さらにその後、Y社ヨーグルトを2週間摂取した結果、便秘群の内2名は毎日排便があり、3名が改善され、1名は改善されないと答えた。

考察: どちらの製品であってもヨーグルトを2週間摂取した場合、便秘が改善する傾向にあったが、どちらの場合も摂取をやめると元に戻ってしまった。ヨーグルト摂取による便秘改善においては摂取を継続することが重要であることがわかった。今後は、実験期間をより長期にし、より厳密なアンケート調査を行う必要がある。

キーワード: 乳酸菌, 宇宙食, 便秘

Keywords: Lactic acid Bacterium, Space Foods, Constipation

## 市販されている災害食の官能試験結果- 将来の宇宙食の味つけのために- The results of sensuality examination of the commercial disaster food - For seasoning of the future space foods-

片山 直美<sup>1\*</sup>

Naomi Katayama<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 名古屋女子大学 家政学部 食物栄養学科

<sup>1</sup> Nagoya Women's University, Food Science and Nutrition

背景と目的：宇宙に長期滞在が可能となった現在、宇宙における食事の重要性はさらに高まっている。火星への探査並びに移住計画を考えるためにも、長期間保存可能な食品の開発は急務である。しかし、宇宙飛行士の精神面を無視して、単に栄養があり、健康が保たれることだけを重視した宇宙食の開発は望ましくない。やはり「おいしい」ということは重要である。そこで本研究は地上で市販されている長期間保存可能な食品について官能試験を行い、その結果をもとに、将来の宇宙食における味付けを考えることを目的とした。

38名の女子大学生(20 - 21歳)に対して、5年間保存可能な市販されているご飯物(8種類)、パスタ(3種類)を試食させ、官能試験を行った。項目は「味」「香」「見た目」「量」「総合」であった。評価は10段階評価とし、自記式で行った。市販品はマジックライス(サタケ社製)の「五目御飯」「エビピラフ」「しそわかめご飯」「ちらし寿司」「白飯」「炒飯」「牛飯」「ドライカレー」「ナポリタン」「ペペロンチーノ」「カルボナーラ」をお湯で15分戻したものをを用いた。

結果：味は「五目御飯」「ドライカレー」「牛飯」「エビピラフ」「ナポリタン」「ちらし寿司」「炒飯」「しそわかめご飯」「ペペロンチーノ」「カルボナーラ」「白飯」の順に評価が高かった。最高点は香は $9.4 \pm 0.79$ 、最低点は $7.9 \pm 1.4$ であった。香は「ドライカレー」「五目御飯」「牛飯」「ナポリタン」「炒飯」「ちらし寿司」「エビピラフ」「ペペロンチーノ」「しそわかめご飯」「カルボナーラ」「白飯」の順に評価が高かった。最高点は $9.3 \pm 0.9$ 、最低点は $7.8 \pm 1.6$ であった。

考察：味も香も「五目御飯」「ドライカレー」「牛飯」が上位を占めていた。今回の被験者が20代の学生であったことも影響していると思うが、日本以外の国の人々にも受け入れられる製品が高い評価であった。このことは今後の宇宙食において重要視しなければならないユニバーサルスペースフード作製に役立つと考える。お湯で戻して食べるフリーズドライ方式の食品である今回のマジックライスは災害食として用いられている。このまま宇宙食として海外の宇宙飛行士にも受け入れられる製品にするためには、海外の宇宙飛行士の嗜好を調査して、ご飯またはパスタの味付けと香り付けをさらに考える必要がある。「ちらし寿司」は酢の香が強いと感じる被験者もいたことから、調味料の工夫は必要である。今後はおかずのフリーズドライ製品を官能試験し、食事としての組み合わせについても考えたい。

キーワード: 長期保存食, 官能試験, 味, 宇宙食, 匂い

Keywords: Long-term Preservation Food, Sensuality examination, Taste, Space Foods, smell



## 宇宙食における乳酸飲料の利用 The use of the lactic acid beverage in space foods

清水 絵里<sup>1\*</sup>, 下山 香<sup>1</sup>, 下田 彩未<sup>1</sup>, 鈴木 紀恵<sup>1</sup>, 片山 直美<sup>1</sup>  
Eri Shimizu<sup>1\*</sup>, Kaori Shimoyama<sup>1</sup>, Ayami Shimoda<sup>1</sup>, Kie Suzumura<sup>1</sup>, Naomi Katayama<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 名古屋女子大学 家政学部 食物栄養学科  
<sup>1</sup>Nagoya Women's University, Food science and Nutrition

### 目的

宇宙滞在に向けて多くの研究がなされている。長期滞在が可能となったことは、今後の宇宙食開発にとって発展がなされることに繋がる。水分摂取とともに、整腸作用のある乳酸菌を取ることは、忙しい宇宙船の中での作業の合間であっても可能である。腸を健康にすることはホルモンのバランスを整えることにつながる。そこで本研究は、乳酸菌飲料を摂取することで腸内環境を整え、排便の状態を改善することを目的とした。

### 方法

成人女性 10 名 (平均年齢 20.5 歳) を被験者とした。実験開始前 2 週間の間、排便記録を取った。その後 Y 社乳酸菌飲料 (カロリー - 49% オフ) を 100 度で 3 分間煮沸した。煮沸した乳酸菌飲料を 2 週間摂取させて排便の状態を記録した。その後煮沸していない乳酸菌飲料を 2 週間摂取させて排便の状況を記録した。実験終了後さらに 2 週間排便の状況を記録した。記録内容は「排便回数」「臭い」「形状」「ガスの回数」であった。

### 結果

実験開始前 2 週間の排便記録から 10 名中 5 名において毎日排便が無いことがわかった。特に 3 名は 2~3 回しか排便が無い状態であった。煮沸した乳酸菌飲料を 2 週間摂取した結果、毎日排便があると答えた被験者は 7 名で 3 名は 2~3 回しか排便が無い状態であった。煮沸していない乳酸菌飲料を摂取した結果 8 名において毎日排便があり、2 名は 5~6 回の排便回数となった。実験終了 2 週間後では 10 名中 5 名において毎日排便が無い状態となった。

### 考察

煮沸した乳酸菌飲料でも 2 名において排便回数が増加したのは、乳酸菌飲料に含まれるオリゴ糖や乳酸によって腸内細菌の増殖と腸の蠕動運動に刺激が加わり、排便状態が改善された可能性がある。また、煮沸していない乳酸菌飲料を摂取した場合、2~3 回しか排便できていなかった被験者が 4~5 回の排便が起こったことは乳酸菌の増殖を助ける菌の摂取が排便に有効であったと考える。しかし、乳酸菌の摂取をやめると 2 週間で元に戻ってしまうことから、継続した摂取が必要であると考えられる。

キーワード: 乳酸菌, 飲料, 宇宙食  
Keywords: Lactic acid, Beverage, Space foods

## 宇宙食における食物アレルギーに関する研究 Study on food allergy in space foods

鈴木 紀恵<sup>1\*</sup>, 下田 彩未<sup>1</sup>, 清水 絵里<sup>1</sup>, 下山 香<sup>1</sup>, 片山 直美<sup>1</sup>

Kie Suzumura<sup>1\*</sup>, Ayami Shimoda<sup>1</sup>, Eri Shimizu<sup>1</sup>, Kaori Shimoyama<sup>1</sup>, Naomi Katayama<sup>1</sup>

<sup>1</sup>名古屋女子大学 家政学部 食物栄養学科

<sup>1</sup>Nagoya Women's University, Food Science and Nutrition

目的：宇宙滞在において食物アレルギーが発症してしまうと、場合によってはアナフィラキシーショックを起こして死に至る可能性がある。原材料としてアレルゲンが含まれていない場合であっても、製造過程で混入してしまう可能性を否定できない。宇宙滞在において楽しみの一つである食事で命を落とすことが無いように、アレルギーキットを用いて検査をする必要がある。

そこで本研究はそば、ピーナッツについて検査キットを用いて、市販品の検査を行い、アレルゲンの混入について調べることが目的とした。

方法：ナノトラップ（モリナガ特定原材料イムノクロマト法キット）を用いて、市販品の中に含まれるソバとピーナッツについて検査して、混入の有無を明らかにすることを目的とした。

市販品は調味料 10 種類、食品 17 種類、菓子 9 種類を検査した。

結果：20 種類の食品の内、そばで陽性反応があったのは 7 種類であった。原材料名に表示が無く、製造過程で含まれる可能性がある则表示されていた食品 14 種類の内、4 種類に反応があった。

また、ピーナッツでは 20 種類の食品の内、5 種類に養成分反応が出た。また原材料名に表示が無く、製造過程で含まれる可能性があるとの表示があった 15 種類の内、陽性であったのは 2 種類であった。

考察：今回調べた市販品の結果から、製造過程で含まれる可能性がある場合、アレルギー検査を行ってから使用することが必要であると言える。今後の宇宙食の製造過程や、宇宙船での調理において、十分に注意する必要があると考える。

キーワード: アレルギー, 宇宙食, 調味料

Keywords: Allergy, Space foods, Seasoning

## 低GI食は宇宙食に適している The low GI food is suitable for space foods

安東 ニシャ<sup>1\*</sup>, 岩田 なつみ<sup>1</sup>, 片山 直美<sup>1</sup>  
nisha Ando<sup>1\*</sup>, Natsumi Iwata<sup>1</sup>, Naomi Katayama<sup>1</sup>

<sup>1</sup>名古屋女子大学 家政学部 食物栄養学科  
<sup>1</sup>Nagoya Women's University, Food Science and Nutrition

### 目的

宇宙に長期間滞在できるようになったため、宇宙での活動量に見合った食事の提供と、血糖値の上がりにくい食事内容になる献立提供が必要となってきた。地球上でもメタボリックシンドロームが問題となっている現在、いかに食後の高血糖を防ぐことが重要であるかを広く知らせる必要がある。同様に宇宙でも、血糖値の上がりにくい食事を摂り、病気の予防することは重要である。そこで本研究は、血糖値の上がりにくい食材料(低GI食材)を用いて、血糖値の上がりにくい献立(低GL食献立)を作成することを目的とした。

### 方法

低GI食材を集め、それらの食材を組み合わせることで血糖値の上がりにくい献立である低GL食献立を作成した。この献立をもとに、実際に血糖値を末梢血を用いて測定し、本当に低GL食献立になっているかを確認した。

末梢血はメデイセーフミニ(テルモ社製)を用いて、食前、食後15分、30分、45分、60分、90分、120分で測定した。また、グルコースによる糖負荷試験も行った。

計算値で求めた低GL値と実測値を比較した。

### 結果

計算で求めた低GL値に比べて、実測値のGL値は高くなった。また調理方法で比較した結果、柔らかく煮込む場合や、小さく刻む場合は消化吸収が良くなるため、実測のGL値が高くなった。

### 考察

宇宙食は食後の高血糖を防ぐためと、表情筋を鍛える上でも、歯ごたえのある低GI食材を用いて素材を生かした調理方法で行うことが望ましいと考える。少量の食事でも噛むことで満足感があり、ゆっくり消化吸収が行われることで血糖値の急激な上昇を防ぐことができると考える。

キーワード: 低GI, 低GL, 血糖値, 糖尿病  
Keywords: Low GI, Low GL, Blood sugar level, Diabetes

## 宇宙食における血糖値を用いた献立作成の重要性 Importance of the menu making by using the blood sugar level in space foods

岩田 なつみ<sup>1\*</sup>, 安東 ニシャ<sup>1</sup>, 片山 直美<sup>1</sup>  
Natsumi Iwata<sup>1\*</sup>, nisha Ando<sup>1</sup>, Naomi Katayama<sup>1</sup>

<sup>1</sup>名古屋女子大学 家政学部 食物栄養学科  
<sup>1</sup>Nagoay Wome's University, Food Science and Nutrition

### 目的

宇宙での長期滞在が可能となったことで、食事の重要性がクローズアップされてきた。今後はますます食事に関する研究がなされると考える。そこで本研究は、より多くのバランス食献立を作成し、さらに、血糖値が上がりにくい健康的なユニバーサル宇宙食を作成することを目的とした。

### 方法

バランス献立を作成して、テルモ社製の血糖値測定キットを用いて血糖値を測定した。食事前、食後15分、30分、45分、60分、90分、120分後に末梢血を用いて血糖値を測定した。また、グルコースによる糖負荷試験も行った。これらの値を比較して、低GL食献立になっているかを確認した。食材料はできる限り低GI食材を用いた。

### 結果

低GI食は主食を工夫する必要があることがわかった。白米ではなく玄米+麦30%がより血糖値が低くなる。献立全体に占める糖質量をコントロールすることで血糖値を低く保つことができた。食物繊維を多くして、酢や油を利用することで血糖値を低くすることができた。

### 考察

今後はさらに食物繊維を増やす献立作りが必要である。油や酢の効果についても継続して研究を行いたい。バランス献立でさらに全世界の人が食べられるようなユニバーサル宇宙食献立の作成を目指したい。

キーワード: 低GI, 低GL, 血糖値, 献立  
Keywords: Low GI, Low GL, Blood sugar level, Menu