

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

山下 雅道^{1*}, 片山 直美²

Masamichi Yamashita^{1*}, Naomi Katayama²

¹ 宇宙農業サロン, ² 名古屋女子大学

¹Task Force of Space Agriculture, ²Nagoya 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て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^{1*}, 下山 香¹, 鈴村 紀恵¹, 清水 絵里¹, 片山 直美¹
Ayami Shimoda^{1*}, Kaori Shimoyama¹, Kie Suzumura¹, Eri Shimizu¹, Naomi Katayama¹

¹名古屋女子大学 家政学部 食物栄養学科
¹Nagoya 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^{1*}, 下田 彩未¹, 鈴村 紀恵¹, 清水 絵里¹, 片山 直美¹
Kaori Shimoyama^{1*}, Ayami Shimoda¹, Kie Suzumura¹, Eri Shimizu¹, Naomi Katayama¹

¹名古屋女子大学 家政学部 食物栄養学科
¹Nagoya 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^{1*}

Naomi Katayama^{1*}

¹ 名古屋女子大学 家政学部 食物栄養学科

¹ 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 ± 0.79 、最低点は 7.9 ± 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 ± 0.9 、最低点は 7.8 ± 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