

宇宙農業研究をすすめる方向

山下 雅道, 橋本 博文 (JAXA) 富田香織 (筑波大) 片山 直美 (名古屋女子大) 三橋 淳, 武田 弘, 大島 泰郎, 和田 秀徳, 宇宙農業サロン

Scope of Space Agriculture Research

Masamichi Yamashita, Hirofumi Hashimoto, Kaori Tomita-Yokotani, Naomi Katayama, Jun Mitsuhashi, Hiroshi Takeda, Tairo Oshima, Hidenori Wada, and Space Agriculture Task Force
E-Mail: Space_Agri@surc.isas.jaxa.jp

Abstract: Engineering target of space agriculture is to create bio-regenerative life support system that enables to send human to distant Mars for astrobiological exploration. Even manned space activities are driven by national prestige, manned Mars exploration might be realized under multi-national cooperation and coordination. In such project, commonly shared objective should be defined clearly. Participant member should be complimentary each others in their contribution. They should be equal partner, and necessary at providing their excellence to compose the whole system. Space agriculture is a good subject of space engineering with multi-partner contribution. We are living in the world of diverse culture of agriculture and foods. Implementing good components from diverse background might enforce the robustness of space agriculture and make it resistive against catastrophic disturbance. We have raised component items for space agriculture concept, which is based on historical and cultural background of Japan and east Asia. Even countries or area where their own space activities is not yet flourished, they might have excellent items to contribute to the space exploration. Composing those items with diversity to the space system is essential to share the dream of exploring space with people all over the world, and realize it with the firm support.

Key words: Space Agriculture, International Cooperation

宇宙農業は、有人宇宙探査のために食料や酸素、水を再生循環利用し、地球圏外に生活環境を創生し人間の活動舞台を宇宙にひろげる。地球周回軌道や月面を超えて火星をめざし、長期の多人数のミッションをささえる上で、宇宙農業は必須となる。宇宙開発、とくに有人活動は人々のおおきな夢であり、またそれゆえに、それぞれの国や地域のプレステージである。したがって、競争的にこの領域の活動が進められるという側面は否めない。しかし、火星の有人宇宙探査は、国際的な協力なくしては実現することができない。このような国際共同計画では、共通の目的が明確に規定され、参画するパートナーはそれぞれが相補的な関係にあることをもとにして対等な立場に立つことが肝要である。参画者がそれぞれに固有な貢献をなすことにより、共同した計画を確実にすすめることができる。われわれは、農業や食料につい

てみても多様な文化がおりなす世界に暮らしている。単一の原理にもとづくシステムを構成すると、予期せぬ致命的な障害要因に直面したときに全損事故へとつながる危険がある。冷戦下に米ソが競争的に有人活動を展開していた時代には、すくなくとも2つの設計原理によるシステムがあつて、いざというときにはおたがいに救援しあうようになっていた。多様さを積極的にふくむ宇宙農業を開発することにより、システムは頑健なものとなり、宇宙探査隊の生存確実性はたしかなものにできる。宇宙農業の構想には、日本や東アジアの歴史的・文化的な背景に根ざす要素で、宇宙農業を組み立てるのに要となるいくつかの要素を提案している。現在は有人活動にはとりくんでいなかたり、宇宙活動への関わりやすい国や地域であっても、宇宙農業に貢献できる要素がそのなかから出てくるのであれば、それらを積極的に取

り入れて宇宙農業をゆたかにし、またそれにより世界の広範な人々と宇宙への夢を共有することも可能である。

ヒトの排泄物や不可食バイオマスを植物により食料へと再生して利用できることは、生命圏での物質・元素の循環の一つであるとして、だれにでも理解できる。しかし実際にこれを実現できるシステムやそのための技術を実現できるかは別である。西欧では都市への人口の密集と排泄物処理の不適切さから伝染病の蔓延によるおおきな被害を幾度もくりかえし、ヒトの排泄物についてはいまでもその農業利用に否定的である。一方、日本では江戸時代に都市と近郊農村のあいだで、金肥として排泄物がとりひきされ、物質の再生循環がなされていた。そして、下水道の未発達により発生する生ゴミと、その焼却処理問題や最終処分場の狭溢さもあって、高温好気堆肥菌システムが日本に特有な技術として発達してきた。この高温好気堆肥菌システムの技術的な成熟度の高さは、家庭の台所でも作動可能な高温バイオ式生ゴミ処理機が製品化されていることでも示されている。高温好気堆肥菌システムは、自然のオートクレーブ作用により、病原性のバクテリアなどの伝播を防ぐこともできる。また、火星のレゴリスを農業資材として利用し、そのなかにゆたかな土壤微生物生態系をつくり優良な有機農業土壌を実現するのにも有効である。

コメ、ダイズ、サツマイモ、青菜にカイコなどの昆虫、ドジョウを加えた食材の構成は、栄養学的な要求をみたして健康な生活を宇宙で実現する。この食材の選択は、木材や余剰酸素を得ながら昆虫を飼育することを含みながら、水田でのアカウキクサ、ドジョウをふくむ共栽培など、農用地の効率的な利用という観点からなされている。イネなどについて近代農業の確立とそのなかでの収率の増大もあり、奇しくも、伝統的な日本の食品材料のすばらしさが示されたことにもなっている。昆虫食の提案は、国内外でおおきな反響

を呼び起こし、マスメディアでも幾度か取り上げられた。地球の農業、食料、人口問題が苛烈さをましていくなかで、農業資源の有効な利用をはかることのできる昆虫食が、その有効な解決策として認識されるようになっていく。世界規模の情報交通が発達し、グローバリゼーションと称して「先進」地域の文化や価値感で全球を染めることが、人類の文明の発展のためには必ずしも肯定的なことではないと意識されるようになっていく。科学技術の果実は全人類が共有すべきだが、それぞれの地域の人々の等質ではない固有の文化を互いに尊敬し、多様な文化のあることが人類文明の豊かな発展と持続可能な頑健さをもたらすことを認め意識すべきである。このことは、宇宙農業を進める上でも心がけるべきであるし、ひいては宇宙開発への人々の広範な支持という推進力にもなる。乳酸菌食品やキャッサバの提案など、諸地域からの優れた提案がすでになされている。

宇宙農業では、物質循環のループにしめるヒトを経由する流れの度合いが大きいため、ヒトが生理的に要求するナトリウムをどのように処理するのかが問題となる。排泄物から堆肥をつくり肥料として植物にあたえると、高塩濃度によりその生長が阻害される。これを解決するために、擬似的な海水を作りそのなかでアオサなどの海藻を栽培してカリウムを選択的に藻体に取り込みそのまま食用するか海藻を堆肥化して肥料とし、ナトリウムの相対的濃度がたかまった擬似海水から食塩を得る構想を提案している。もうひとつは、ナトリウム塩集積作物植物の栽培である。ナトリウム塩をのぞいてから他の作物種を栽培する。地球上の農業地の塩集積による砂漠化、また淡水資源の枯渇に対して、耐塩植物作物は有効な対策として期待されている。宇宙農業構想においては、アイズプラントを提案し、さらに日本の海浜にも自生するツルナについても検討している。宇宙農業の研究開発においては、荒涼とした土地に豊饒な農業を展開するという実証試験が必至である。地球

の生命圏では人間の活動がエネルギーや物質のながれのおよそ10%以上をしめるにいたり、生産・消費・廃棄というフローの社会から循環型への転換を図ることが求められている。循環型社会を実現して食料などを安定的に供給するには、おおくの研究分野を統合した農学が要請される。宇宙農業はこのような地上の問題に取り組む際に、格好のテストベッドとなる。宇宙農業開発と地上での問題の解決とを相互に関連して進める関係は、今後も大いに補強していかなくてはならない。

火星の表面からメタンの噴出していることが発見されたとの発表がされている。大気中の濃度は10ppbと微量ではあるのだが、これは火星の地下におけるメタンを生成する生命活動のサインであるかもしれない。火星大気や表層は酸化性がつよく、有機物は酸化されてしまい、生物が表面に活動することは不可能だろう。しかし地下となれば、表層から500mより深い層では現在も液体の水が存在することがこの10年ほどに明らかにされている。したがって、地下にメタンを生成する生物が現存している可能性がある。あるいはメタンは火星が誕生した際に、星間空間で非生物的に生成したメタンが彗星などによりもたらされ、火星内部に蓄積されてきてそれが放出されているとも考えられる。地下深くの液体の水とメタンと金属酸化物の組み合わせは、生命を可能にし化学合成生物が地球の深部と同じようにいまも活動しているかもしれない。光合成生物とはことなる様相の生物が地球深部に発見されており、海洋底の深部を掘削して生物を探索しようとしている研究船「地球」の成果が期待される。アストロバイオロジー探査は、われわれの生命に対する理解の範囲に規定されている。およそ半世紀前に火星の生命探査Vikingが計画されて以来の生物科学の急速な発展は、これからの火星の生命探査の計画に反映され、地球圏外での生命のありなしを探る指針を確かなものにする。

宇宙農業関連発表 (2008年度)

- Naomi Katayama, Masamichi Yamashita, Yoshiro Kishida, Chung-Chu Liu, Iwao Watanabe, Hidenori Wada, and Space Agriculture Task Force; Azolla as a Dish of Space Diet for Habitation on Mars, *Acta Astronautica*, **63**, 1093-1099 (2008)
- 山下雅道: 火星でカイコを食べる-人類文明の持続発展につながる宇宙農業、宇宙環境利用の展望 (2008)
- Mayumi Arai, Seigo Sato, Masayuki Ohmori, Kaori Tomita-Yokotani, Hirofumi Hashimoto, Masamichi Yamashita; Growth of cyanobacteria on Martian Regolith Simulant after exposure to vacuum, 37th COSPAR, July, 2008, Montreal
- Hirofumi Hashimoto, Shin Nakayama, Masamichi Yamashita, Space Agriculture Task Force; Rearing of silkworm under hypobaric and hypoxia conditions, 37th COSPAR, July, 2008, Montreal
- Naomi Katayama, Masamichi Yamashita, Philip Njemanze, Felix Nweke, Jun Mitsuhashi, Natumi Hachiya, Sachiko Miyashita, Atuko Hotta; Cassava For Space Diet, 37th COSPAR, July, 2008, Montreal
- Naomi Katayama, Philip Njemanze, Felix Nweke, Space Agriculture Task Force, Naomi Katayama, Masamichi Yamashita; Cassava; African perspective on space agriculture, 37th COSPAR, July, 2008, Montreal
- Tairo Oshima, Takahiro Yoshii, Toshiyuki Moriya, Masamichi Yamashita; Application of aerobic composting system for space agriculture, 37th COSPAR, July, 2008, Montreal
- Kaori Tomita-Yokotani, Asano Maki, Toshio Aoki, Kenji Tamura, Hidenori Wada, Hirofumi Hashimoto, Masamichi Yamashita; The effect of pseudo-microgravity on the symbiosis of plants and microorganisms, 37th COSPAR, July, 2008, Montreal
- Kaori Tomita-Yokotani, Keiichi Baba, Toshisada Suzuki, Ryo Funada, Teruko Nakamura, Hirofumi Hashimoto, Masamichi Yamashita, JSTWG CosmoBon; CosmoBon for studying wood formation under exotic gravitational environment for future space agriculture, 37th COSPAR, July, 2008, Montreal
- Shigeru Motoki, Naomi Katayama, Hirofumi Hashimoto, Masamichi Yamashita, Space Agriculture Task Force; Production of apple snail for space diet, 37th COSPAR, July, 2008, Montreal
- Masamichi Yamashita, Kaori Tomita-Yokotani, Hirofumi Hashimoto, Nanase Sawaki, Masahiro Notoya; Sodium and potassium uptake of *Ulva* - application of marine macro-algae for space agriculture, 37th COSPAR, July, 2008, Montreal
- 橋本博文、山下雅道; 宇宙農業概念の発展と火星の農業資源探査、地球惑星科学学会連合2008年連合大会 (2008)
- 和田重雄ほか: 宇宙農業による理科に無関心な 生

徒へのアプローチ、日本科学教育学会第32回年会、2008年8月 岡山

新井真由美、富田-横谷香織、佐藤誠吾、橋本博文、大森正之、山下雅道、宇宙農業サロン；火星環境を想定したラン藻の真空耐性、日本宇宙生物科学会第22回大会、(Sept., 2008) 奈良

河合純、橋本博文、山下雅道；アカウキクサの低圧耐性に関する研究、日本宇宙生物科学会第22回大会、(Sept., 2008) 奈良

山下雅道、橋本博文；火星での暮らし 熱物性シンポジウム (Oct. 2008) 東京

橋本博文、山下雅道；宇宙農業と新宇宙食メニュー、第52回 宇宙科学技術連合講演会、(Nov., 2008) 兵庫

ISASメールマガジン186 山下雅道 昆虫をたべて火星にいこう (8 Apr. 2008)

創造性の育成塾 今日のひとこと 山下雅道 キムチをたべて宇宙で健康 (8 Apr 2008) http://juku.netj.or.jp/hitokoto/20080408_01.html

メディアでの紹介

北海道新聞 火星有人探査 穀物や食用昆虫の自給も (夕刊 20 May, 2008)

Science News http://www.sciencenews.org/view/feature/id/32443/title/Insects_%28the_original_white_meat%29

質問なるほドリ：「火星に水」確認、人は住めるようになる？=回答・永山悦子 毎日新聞 2008/8/19

リバネス 宇宙教育プロジェクト 宇宙で農業をやる時代がくる!! ー宇宙農業にかける夢「火星で生命探索」ー <http://www.space-education.jp/item.php?cat=intv&name=2.inc>

someone/サムワン: 火星の水で宇宙農業 (2008 秋冬号)

R25: 宇宙食でも注目される! 昆虫食のポテンシャル http://r25.jp/b/honshi/a/ranking_review_details/id/1112008091115 (207号、2008.09.11)

SPA! : 実は宇宙食に最も適していたのは昆虫食

だった! (2008.11.11)

TBS: 世界ふしぎ発見 1080回 20XX年 宇宙の旅! 宇宙に暮らす (2008.12.6)

フジTV: 宇宙サミット (2009.1.4)