

平成 20 年 3 月 27 日

平成 19 年度「宇宙農業構想」活動報告書

JAXA 宇宙科学研究本部 山下雅道

1. 構成メンバー

氏名	所属
山下 雅道	JAXA
秋山 豊寛	農業
浅野 眞希	慶應義塾大学
新井 真由美	筑波大学
Oscar ARENALES	東京海洋大学
石井 忠司	次世代技術
石川 洋二	大林組
石川 芳男	日本大学
遠藤 雅人	東京海洋大学
大島 泰郎	環境微生物研究所
大野 英一	玉川大学
大森 正之	埼玉大学
鏡味 裕	信州大学
片山 新太	名古屋大学・エコトピア機構
片山 直美	名古屋女子大学
金澤 晋二郎	九州大学農学研究院
河崎 行繁	IAS
木口 憲爾	信州大学・繊維学部
岸田 芳朗	岡山大学
岸本 直子	JAXA
北宅 善昭	大阪府立大学・生命環境科学
小池 惇平	東京工業大学
小島 洋志	新菱冷熱工業
後藤 英司	千葉大学・園芸学部
齋藤 高弘	宇都宮大学・農学部
坂口 巖	山形大学
嶋宮 民安	山梨大学
清水 強	清水宇宙生理学研究所
下田 敏史	佐賀大学 農学部
白石 篤志	YSC
高沖 宗夫	JAXA
高橋 周七	日本大学名誉教授
高橋 秀幸	東北大学
竹内 俊郎	東京海洋大学
武田 弘	千葉工業大学・総合研究所
田中 茂雄	金沢大学・自然科学研究科
谷 晃	静岡県立大学
谷本大輔	AES
田村憲司	筑波大学
都木 恭一郎	東京農工大
富田(横谷)香織	筑波大学
中沢 武	日本きのこ研究所
中島 厚	JAXA
中野 完	JAXA
中村 輝子	さくら研究所
中村 祐二	北海道大学
中山 伸	帝塚山大学

新田 慶治	生態工学会
野瀬 昭博	佐賀大学
能登谷 正浩	東京海洋大学
橋本 博文	筑波大学
長谷川 洋一	JAMSS
馬場 啓一	京都大学
平藤 雅之	中央農研
広崎 朋史	宇宙システム開発
藤井 義晴	農業環境技術研究所
藤田 修	北海道大学
藤森 明夫	平塚農業高等学校
古野 隆雄	農業
堀川 大樹	東京大学
丸茂 克美	産業技術総合研
水谷 広	日本大学生物資源科学部
御手洗 玄洋	名古屋大学名誉教授
三橋 淳	東京農業大学
三原 恵二郎	MTR
宮川 照男	アイエスエス
宮嶋 宏行	東京女学館大学
本木 茂	AES
森 滋夫	名古屋大学名誉教授
矢沢 勇樹	千葉工業大学工学部
山田 晃弘	東京大学名誉教授
横田 博樹	Indiana University
横山 正	東京農工大学
和田 秀徳	元・東京大学
渡邊 博之	玉川大学・農学部

上に挙げたメンバー以外にも、関連の研究者と連携して活動している。また、外国(韓国、中国、アメリカ、カナダ、ロシア、ベルギー、ナイジェリアなど)の研究者 30 名以上とも緊密に連絡し、共同した研究を進めている。

2. 本年度 WG 会合開催実績

- (1) 第 1 回 : 2007 年 9 月 3 日
- (2) 第 2 回 : 2007 年 12 月 6 日
- (2) 第 3 回 : 2008 年 3 月 17 日

3. 活動目的

宇宙農業は、生物・生態学的な要素により人間の生命を維持し、火星などの地球外天体上でのアストロバイオロジー探査をはじめとする有人活動を可能にする。本研究班 WG は、宇宙農業のシステム概念を確立するのにあきらかにしなければならぬ宇宙農業システム要素を抽出したうえで、それらの特性をあきらかにする。高温好気堆肥菌生態系、樹木による余剰酸素と昆虫による動物性

食料の確保、海藻や耐塩性植物によるナトリウム循環などを検討する。低圧低重力環境における栽培植物・昆虫の応答や、それらからする宇宙農業への要求もあきらかにする。物質循環などを整合させて宇宙農業システムで構成できるかを検証し、宇宙農業構想を展開する。

4. 活動内容

火星表層をおおうレゴリスの性状が農業用土壌をつくるのに適合するか、また表面直下に利用できる水が存在するかを確かめるために、火星の資源探査や立地調査を計画して実施する必要がある。

これまでも、火星隕石の鉱物学的な分析や、火星表面に送られたローバーによる蛍光 X 線による元素分析や表面物質の熱的な性質などからおよその特性は明らかにされている。地球の内部においては、熔融した金属の核とマントルがわかれ、さらにその表層に地殻が分化している。地殻内ではマグマの貫入や熱水のはたらきによりいろいろな鉱物種がつくられる。玄武岩質で覆われる月の海ほどではないにせよ、火星では分化が中程度といえる。火星の表面には粘土鉱物が存在し、石膏、鉄明礬石、炭酸塩などの塩の分布することも知られている。ただし、水を加えたとき火星のレゴリスから農業土壌を生成するシナリオを導くには十分な情報が得られているとはいえないことを示した。

宇宙農業は、生命探査対象を地球由来の生物や有機物により汚染しないというアストロバイオロジー探査から要求に従わなければならない。これからの火星探査計画のなかに、宇宙農業を設計し建設していくための調査項目を、科学探査項目にあわせて加えていく必要があることを確認した。

火星での食品の構成やその献立については、栄養学的な要求をみだし、限られた空間の有効利用のために収率が高く、栽培に困難のない作物であることを条件にして設計した。コメ、ダイズ、サツマイモ、コマツナなどの緑黄色野菜に、カイコ、ドジョウを動物性食品として塩とともにくわえる食材構成を設計し、栄養学的な要求をみだすそれぞれの食品材料の量比をあきらかにした。

イネとアカウキクサとドジョウをくみあわせた水田農業は、アカウキクサによる窒素固定やドジョウによるリンなどの肥料成分の攪拌作用が期待できる。食材としてのアカウキクサやドジョウの利用方法についても検討した。東アジアにおける伝統的な献立、たとえばドジョウ、青菜、トーフのスープに米飯といった献立が栄養学的にすぐれたものであることを示した。

また、食品を単に栄養学的な要求をみだすもの

としてとらえるのではなく、健康の増進や食べるよろこびといった広い側面からみることもしている。たとえば、乳酸菌による発酵食品をふくむ機能性食品に注目し、消化管内の細菌叢をととのえろといったプロバイオティクスに着目し、宇宙で健康を維持するための、あたらしい宇宙食・宇宙農業を提案した。

宇宙の食文化ということでは、日本、アジアに限定することなく、アフリカなどひろく世界に目をむけて、それぞれの地域の優れた提案をとりこんでいる。昆虫食についても、クワの木を栽培しその葉でカイコを飼育するといった、非可食のバイオマス可食の食材へと昆虫により変換するばかりでなく、排泄物などを八工の幼虫の餌として利用し、物質の再生循環利用をさらにすすめる概念を検討した。

5. 成果

論文・解説

S. Kanazawa, Y. Ishikawa, K. Tomita-Yokotani, H. Hashimoto, Y. Kitaya, M. Yamashita, M. Nagatomo, T. Oshima, H. Wada and Space Agriculture Task Force; Space agriculture for habitation on Mars with hyper-thermophilic aerobic composting bacteria, *Adv Space Res* **41**(5), 696-700 (2008).

N. Katayama, Y. Ishikawa, M. Takaoki, M. Yamashita, S. Nakayama, K. Kiguchi, R. Kok, H. Wada and J. Mitsunashi; Entomophagy: A key to space agriculture, *Adv Space Res*, **41**(5), 701-705 (2008).

Tairo Oshima, Toshiyuki Moriya, Shinjiro Kanazawa, Masamichi Yamashita; Proposal of hyperthermophilic aerobic composting bacteria and their enzymes for space agriculture, *Biol Sci Space* **21**, 121-123 (2007).

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*, accepted (2008)

山下雅道、片山直美、橋本博文、富田・横谷香織；火星をめざす宇宙農業構想 -日本・アジアからの発信-、*マイクログラフィティ応用学会誌*, **24**, 340-347 (2007)

和田秀徳；地球の農業と火星の農業、*Biol Sci Sci*, **21**, 135-141 (2007)

三橋 惇；閉鎖空間での昆虫の利用、*Biol Sci Sci*, **21**, 124-128 (2007)

矢沢勇樹・齋藤麻衣子・武田 弘；地球沙漠と月・火星沙漠の相違点～火星の表層物質と農業的利用の可能性～、*Biol Sci Sci*, **21**, 129-134 (2007)

山下雅道；火星で農業、*農林水産技術 研究ジャーナル*, **31**, 7-9 (2008)

発表

Naomi Katayama, Masamichi Yamashita, Yoshiro Kishida, Chung-Chu Liu, Charles Van Hove, Iwao Watanabe, Hidenori Wada, and Space Agriculture Task Force; Azolla as a Dish of Space Diet for

- Habitation on Mars, Humans in Space Symposium, Beijing, 2007.
- Masamichi Yamashita; Conceptual Study of Space Agriculture for Support of Life on Mars, Mission to Mars Conference - The African Perspective, Owerri, 2007
- Hirofumi Hashimoto, Masamichi Yamashita, Naomi Katayama; Space Agriculture for Manned Mars Mission, International Symposium on Application of a Closed Experimental System to Modeling of 14C Transfer in the Environment, Aomori (2007)
- 山下雅道、能登谷正浩、野瀬昭博、富田(横谷)香織、橋本博文、北宅善昭; 宇宙農業での Na と K の循環、生態工学会年会、岐阜(2007)
- 山下雅道; 火星 100 人 20 年の宇宙農業構想、機械学会「宇宙サロン」宇宙で生きる: 宇宙農業、相模原(2007)
- 山下雅道; 火星有人探査をささえる宇宙農業 - 初心にかえる宇宙活動と日本の貢献-、第 5 回宇宙ミッション・シンポジウム、三鷹(2007)
- 山下雅道; 火星での宇宙農業の構想、応用物理学会秋季スクール、札幌(2007)
- 橋本博文、中山伸、山下雅道、宇宙農業サロン; 宇宙農業におけるカイコの低圧飼育、第 51 回宇宙科学技術連合講演会、札幌(2007)
- 浅野真希、田村憲司、富田-横谷香織、太田誠一、橋本博文、青木俊夫、和田秀徳、山下雅道、宇宙農業サロン; 火星模擬レゴリスを用いたミヤコグ栽培実験-宇宙農業研究における土壌、日本宇宙生物科学会 第 21 回大会(2007)
- 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; 藍藻 *Nostoc* sp. HK-01 の火星環境導入による宇宙農業の可能性、日本宇宙生物科学会 第 21 回大会(2007)
- 橋本博文、中山伸、山下雅道、宇宙農業サロン; 低圧環境におけるカイコの飼育、日本宇宙生物科学会 第 21 回大会(2007)
- 岩澤弘子、富田-横谷香織、平石香苗、橋本博文、宮川照男、山下雅道; ソバ・スプラウトの機能性成分の量的変化とその活性 -疑似微小重力環境が与える影響-、日本宇宙生物科学会 第 21 回大会(2007)
- 片山直美 宇宙食と宇宙農業、スペースライフ・サイエンス -宇宙生活の科学-、日本宇宙生物科学会 公開講演会(2007)
- 山下雅道; ナイジェリアからとのおく火星をあおぎ、そして質量分析、TMS 研究会 2007 年度第 2 回講演会(2007)
- 山下雅道、橋本博文、富田-横谷香織、片山直美、矢沢勇樹、武田 弘、三橋 淳、和田秀徳、宇宙農業サロン; 宇宙農業構想の発展、Space Utiliz. Res., 24, 375-377 (2008)
- 橋本 博文、中山伸、山下 雅道、宇宙農業サロン; 低圧低酸素環境下でのカイコの成長、Space Utiliz. Res., 24, 360-361 (2008)
- 浅野 真希、富田-横谷 香織、青木 俊夫、田村 憲司、和田 秀徳、橋本 博文、山下 雅道; 疑似微小重力環境がミヤコグサの根粒菌誘導機能分子の動態に与える影響、Space Utiliz. Res., 24, 417-418 (2008)
- フジ TV 2007.6.2 FNN スーパーニュース Weekend 塩味野菜「バラフ」
- 朝日新聞 2007.6.10 日曜ナントカ学 宇宙農業
- International Herald Tribune / The Asahi Shimbun, 2007. 8.10 Japanese researchers cook up Martian menu for astronauts
- JAXAs 2007.10 016 号 pp.16-17; 人類が火星で暮らす日のために - 地球圏外の極限環境に挑む「宇宙農業」
- Discover Magazine, Nov., 2007 The Future of Space Food: Bugs
<http://discovermagazine.com/2007/nov/is-this-the-new-space-food>
- Pravda(Russia): Astronauts may grow and eat bugs during long space missions in future 26.10.2007
http://english.pravda.ru/science/tech/26-10-2007/99605-bugs_space%20-0
- Race to Mars: Dinner on Mars: silkworms with a side of sweet potato Oct.16.2007 By: Brian Jackson
<http://www.racetomars.ca/mars/spaceNews.jsp?ID=1443>
- <http://www.wienweb.at/content.aspx?menu=13&cid=143114> Astronauten sollen Insekten essen
- http://www.pcw.gr/default.php?pid=6&art_id=2775&cat_id=59 Δ ι α σ τ η μ ι κ á μ ε ζ ε δ á κ ι á
- <http://wiredvision.jp/news/200803/2008032423.html> 火星向けの「宇宙農業」を日本の研究者が提案 - 問題はにおい 2008 年 3 月 24 日
- Dspace 2007.11 vol.1
http://www.mitsubishielectric.co.jp/dspace/column/c0711_1.html 火星で和食。主役は「カイコ」?
- 山下雅道; ナイジェリアからとのおく火星をあおぐ、ISAS Mail Magazine, 167 (2007.11.27)
- 読売新聞 2008 年 1 月 20 日 (日)朝刊 きぼう宇宙へ 20XX 年 火星旅行 機内食はカイコの天ぷら
- SPA 2008.2.12 宇宙農業、100 年後の有人火星探査に向けた生命維持システム
- 山下雅道; ナイジェリアから遠く火星をあおぎ キャッサバを食す、ISAS ニュース、322, 12 (2008.1)
- TBS BS-i 2008年2月16日 2008年宇宙の旅
- CNES Mag 36, 60-61 (Jan., 2008) la cuisine japonaise se met en orbite (Japanese cuisine in space)
<http://www.fao.org/newsroom/en/news/2008/1000791/index.html>
<http://canadianpress.google.com/article/ALeqM5gNSal2GG4HeF7X4mFS09AQK0fA9w> Meeting promotes insect eating for everyone from famine victims to astronauts
- 東京工業大学理工学研究科講義「宇宙開発応用特論 B」火星のアストロバイオロジー - 有人探査をささえる宇宙農業の構想とその課題- (Nov. 2007)
- 開成高校・生物授業 火星の生命探査と火星で暮らす宇宙農業 (Feb. 2008)
- 宇宙学校 (JAXA 宇宙科学研究本部) 2007 年度、上田、塩竈、東京、火星での暮らし 宇宙農業

宇宙農業サロン http://surc.isas.jaxa.jp/Space_Agriculture/