

## 火星での人類生存に向けた宇宙農場構想

### Concept of Space Agriculture for Manned Activities on Mars

# 山下 雅道 [1]

# Masamichi Yamashita[1]

[1] 宇宙研

[1] ISAS/JAXA

火星の地下で現存する生命体やあるいは過去に棲息した生物の化石の探索などを目的とするアストロバイオロジーを中心とした火星の探査が構想されている。そのなかで、火星の現地に科学者をおりその科学的な資質にたすけられた探査が要求されるものと想定している。宇宙農業は、そのような火星での有人活動をささえるエンジニアリングである。われわれは、100人20年の規模での居住の要求に生物学的な要素と機能でこたえる農業システムを設計している。火星は、地球を周回する軌道や月とはことなっており地球から隔絶されている。地球生命圏という後背地のない火星の上では、生命活動に伴う物質の流れや循環を実現してそれを管理し、そして生命活動を支えるための環境を制御することが、エンジニアリングの対象となる。物質の循環をみると、水の再生利用や炭酸ガスの酸素への変換がまず第一に必要である。これにとどまらず、排泄物や食料素材の非可食部分を処理してふたたび植物を栽培する資源として活用し、作物植物にくわえ水産や牧畜による食料素材の再生産が長期の有人宇宙活動をささえる。

宇宙農業では火星に与圧した温室ドームを建設し、生命維持のために水や酸素、食料を供給する。くわえて生物要素をくわえることで快適な生活環境を火星につくりだす。温室ドーム内の環境条件は全圧を20kPaとし、酸素分圧を10kPaに設定することがいくつかの植物の低圧栽培の実験の結果をもとにして決められている。酸素は火星で得られる二酸化炭素と水から植物の光合成反応により産生する。火星大気中に微量含まれる窒素を濃縮分別して与圧ドームに引き入れ、レゴリス中のカリウムやリンとともに農業資源として活用する。火星の一日の長さはおよそ地球の1日とおなじで、生物リズムについてさほど心配することはない。火星での太陽光のエネルギー密度は約半分である。温室ドームの熱収支を検討したところ、火星大気の密度が低いこともあって消散する熱は抑制されることがわかった。太陽光入力により植物の葉面から水が蒸散し、それを凝縮して再生水を回収することで、水、酸素、食料の必要量を農業栽培面積およそ200m<sup>2</sup>で確保できる。温室ドーム内の気体の混合や気候の生成について、低圧・低重力の条件を考慮すると、地上でおよそ1/4.2のスケールで模擬すればよい。

宇宙農業サロンでの概念検討ではとくに3つの中心的な要素に注目している。これらは、いずれも日本の歴史的・文化的な背景をいかした貢献が期待されるものである。まず第一に高温好気堆肥菌生態系の利用である。人間の排泄物や非可食バイオマスを処理して植物を栽培するための肥料を生成する。この技術は下水道システムが十全でなく、また都会でのゴミ収集・処理や農村での畜産廃棄物の処理といった問題に対応して高温(80-100℃)好気条件で活発にはたらく堆肥菌生態系を利用する技術が我が国で成熟し確立していることによっている。病原性の細菌や害虫の卵などが高温で死滅することで排泄物や非可食バイオマスの処理技術としてその反応速度の速さもあって宇宙農業へ適用することができる。第二に樹木の利用である。草本の植物は光合成によりバイオマスと酸素を産生しても短いターンオーバーで二酸化炭素にもどっていく。樹木はこれにくらべ木材となり住空間をつくることができ、それとともに余剰の酸素をあたえる。第三に昆虫を動物性食料としてもちいることであり、これは樹木や非可食バイオマスの利用とも関連する。地上で昆虫は記載されている全生物種のなかの半数以上をしめ、生命圏のなかの物質循環でも重要なはたらきをしている。人間の食料に対する要求をまとめると、エネルギーや栄養成分を過不足なく摂取できる食品構成とすることがもとめられる。そのなかで動物性食品は要求されるアミノ酸構成や脂質そのほかを摂取するために必要である。大型の家畜動物を初期の宇宙農業に組み込むことはむずかしく、日本をはじめ地球上の広い地域の食文化のひとつである昆虫食をとり入れることとした。種としては5,000年以上まえから家畜化されてきたカイコのサナギの利用をひとつの候補としている。カイコの幼虫はクワの葉を食べて動物性のタンパクや脂質を与える。生物の進化系統上の位置はエビにちかく、サナギの食味もエビに似ている。カイコの糞やサナギを養鶏や養殖魚の餌としてあたえてより「動物化」したアミノ酸構成比や脂質をえることも一つの選択である。

環境やエネルギーといった全地球大の問題の解決の緊急さと重要性には大きなものがある。地球生命圏のエネルギーや物質循環の1割以上を人間の活動が占め、地球大の環境やエネルギーの問題が認識されている。宇宙農業研究がこのような地上の諸問題解決のテストベッドとしてもちいることができると期待している。