

氏名(本籍)	あら い まゆみ 新井真由美(群馬県)
学位の種類	博士(学術)
学位記番号	博甲第5027号
学位授与年月日	平成21年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
審査研究科	生命環境科学研究科
学位論文題目	火星を想定した宇宙農業におけるラン藻の活用

主査	筑波大学教授	農学博士	佐藤誠吾
副査	筑波大学教授	工学博士	國府田悦男
副査	筑波大学准教授	博士(工学)	市川創作
副査	筑波大学講師	博士(学術)	横谷(富田)香織

論文の内容の要旨

現在火星は探査の対象であるが、近い将来には人類の居住対象と考えねばならない。火星上で生物の生存が可能となる大気環境と植物の栽培が可能となる肥沃土壌作出の条件を検討することは、火星をはじめとする宇宙空間での人類居住に関する技術開発の基盤確立に直結する重要な研究課題である。さらにこの分野の研究は、環境汚染が進行した地球環境の保全技術にもつながる。そこで、本研究では、火星上に建設した閉鎖ドームを想定し、コンピュータ・シミュレーションにより植物の生育が可能となるドーム内の大気環境を計算した。さらに植物育成の土壌として火星模擬レゴリスを用い、陸棲ラン藻をドーム内環境下で長期間培養し、レゴリスの有機土壌化を実験により検討した。

まず、火星上に建設した閉鎖ドームは陽圧とし、ドーム天蓋から入射する太陽光のエネルギーと天蓋から放射するエネルギーの差からドーム内温度が変わること、また天蓋の層と設置高さにより、生物の生存に適した穏和な条件の作出が可能であることを数値シミュレーションで明らかにした。天蓋を2層、3層、天蓋設置高度を1 km、緯度を0～20度として設定した場合、内部は0℃以上となり、気温の日較差を約10℃に抑えることが可能であることを導き出した。特に、火星上でもドームのような人工閉鎖環境を用いれば、生育適温が15～35℃であるイネの栽培も可能となる温度を創出できることを明らかにした。

次に、植物栽培に適した有機土壌の作出を検討した。火星表層の地質は無機質レゴリスであり、模擬レゴリス(pH8-9)にMDM培地に懸濁したラン藻(*Nostoc* sp.HK-01)とMDM培地を浸透させ、140日間に渡る長期培養を行った。140日後の*Nostoc* sp.HK-01株のクロロフィル含量を測定した結果、少量の水分(含水率37.7%)存在下CO₂と光があれば、光合成機能を低下させずにドーム内で長期生育が可能であることを実証した。レゴリスは乾燥化が進行すると亀裂が拡大し植物育成土壌として不適となるが、亀裂に生育した*Nostoc* sp.HK-01株が細胞外へ多糖類を分泌してレゴリスの崩壊を防ぎ、さらに窒素固定能も有することから、*Nostoc* sp.HK-01株はレゴリスの有機土壌化促進に極めて有効であることが明らかとなった。

一方*Nostoc* sp.HK-01株が火星上での植物育成土壌の有機化に有効であっても、火星へ運搬できなければ無意味となる。運搬中に*Nostoc* sp.HK-01株が受ける過酷環境として低圧や無重力など種々の環境が考えられる。そこで*Nostoc* sp.HK-01株の低圧耐性について検討した。火星の地表面気圧は平均 7×10^2 Paであるが、

既往の研究から植物栽培限界低圧が $2 \times 10^4 \text{Pa}$ であることから、低圧として 10^4Pa 、高真空として 10^{-5}Pa を選定し、これらの圧力下で *Nostoc* sp.HK-01 株を 2 週間曝露した。 10^{-5}Pa 曝露後、1 気圧 (10^5Pa)、遮光、 26°C 条件下でラン藻に加水すると、休眠細胞の 42.9% は蘇生 (FDA 染色により確認) し、高真空 (10^{-5}Pa) 非曝露の対照群の蘇生率 31.6% より高かった。また、野生株 *Nostoc* sp. では 1 年間に及ぶ高真空曝露後でも蘇生することを確認した。また、クロロフィル量及びチッ素量の測定から、高真空 (10^{-5}Pa) に曝露しても光合成能および窒素固定能は低下しないこと、さらに高真空曝露下ではトレハロース含量が非曝露細胞と比較して 4 倍に増加していたことから、トレハロースが関与していることが示唆された。

審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文の著者は、コンピュータ・シミュレーションにより火星上で植物の生育が可能となるドーム内の大気環境を計算し、閉鎖系ドームであれば植物栽培が可能となる予測を導き出している。また、植物栽培を行うための土壌に関してはラン藻の光合成能と窒素固定能に着目し、レゴリスにラン藻を育成させることでレゴリスを有機土壌化できることを示した。またラン藻の低圧耐性も検討し、火星への運搬と火星での使用の可能性を示した。

火星を人類の居住対象と想定した研究では、コンピュータ・シミュレーションのほか、地球上で火星擬似環境を作り出して実験検討を行なわねばならないが、実験手法や得られた知見は独創的であり、高く評価できる。また、本論文に述べられている成果は、現在の地球環境の保全にも役立つと判断できる。

よって、著者は博士 (学術) の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。