

宇宙農業における低圧植物栽培

Plant Cultivation under Low Pressure on Space Agriculture

橋本 博文 [1]

Hirofumi Hashimoto[1]

[1] 筑波大シス情

[1] Grad. school of Syst. and Info. Eng., Tsukuba Univ.

<http://www.kz.tsukuba.ac.jp/~hhashi/>

有人火星探査を実行するためには、食糧等を自給する宇宙農業 [1,2] が不可欠であり、その課題の一つが低圧植物栽培である。火星の大気圧は平均 1/100 気圧以下と非常に希薄であるため、宇宙農業を行う温室ドーム内は低圧にした方が内外の差圧は小さくなり、建設も容易となる。そこで、低圧環境下での植物栽培技術が必要となるが、低圧環境が植物に及ぼす影響や、気体成分とその分圧の下限値等はあまり明らかにされていない。その数少ない研究例の中で、後藤ら [3] によるイネ、シロイヌナズナ等の栽培実験、著者ら [4] によるカイワレダイコン等の発芽実験、長友 [5] によるヒノキの生育実験などがあり、これらの結果から温室ドーム内の気体成分と分圧が決定された [6]。樹木を除く農作物として植物を栽培するためには、酸素 10kPa と二酸化炭素 0.1kPa があれば十分であるが、酸素が大部分を占める雰囲気は火災の危険があるので、窒素を同量混合して全圧約 20kPa (1/5 気圧) とした。また、この圧力では人間は活動できないので、さらに温室ドーム内に居住区を作り、快適かつ安全な環境で生活できるようにする。過剰な酸素の生産や建築資材の調達、潤いのある生活環境を得るために、低圧の温室ドーム内で樹木の栽培も行う予定であるが、長期栽培実験が困難であることから、その可能性の検証は将来の研究に委ねられている。

これから低圧植物栽培について検討すべき課題は下記のように山積している。

1. 今までに栽培実験された植物種は非常に少ない。栄養学的に食糧用の作物の候補は決まりつつあるが、作物選択の幅を広げるためにはデータは多い方がよい。そこで、前述の温室ドーム内の低圧環境条件による影響や耐性を数多くの種について調べ、データベースを構築すべきである。農作物については、これらの栄養評価も同時に行い、低圧にすることで栄養価が著しく低下する場合は、気体成分とその分圧を再考する必要性も生じる。樹木についても、木材としての質や酸素生産能力が著しく低下する場合は、同様の見直しが必要であろう。

2. 植物栽培の培地として、火星表面のレゴリスを材料とした人工土壌を用いることが検討されている。この場合、土壌に生息し植物への養分補給を支える微生物の生態系を維持する必要がある。やはり、植物同様に低圧環境が微生物およびその生態系に与える影響や、気体成分とその分圧の下限値等を調べなければならない。人工土壌の導入あるいは維持が困難な場合は、設備がかなり大きくなるが、水耕法による植物栽培を考えなければならない。

3. 火星の大気は非常に希薄なので、透過してくる紫外線や宇宙線が地球上よりも多い。紫外線や宇宙線が植物に与える影響はある程度は知られているが、これらが低圧環境においてどのように作用するか、調べておく必要がある。紫外線については、温室ドームの素材を工夫することで大部分を遮蔽することが可能であるが、宇宙線について遮蔽は困難である。

4. 火星の低重力 (地球の 1/3) が植物の生長に及ぼす影響、特に低圧環境と低重力が重なることで、植物の生長に悪影響を与える可能性がある。実際に、微小重力環境では自然対流が起こらないため、植物体の酸素や二酸化炭素の取り込みや、放熱に悪影響を与えることがわかっている。低重力環境でも同様の問題が起こる可能性があり、調べる必要がある。しかし、低重力は容易に模擬できないので、宇宙ステーションや月面上での実験を考えなければならない。

このように、植物の低圧栽培そのものは可能であると考えられるが、低重力や紫外線・宇宙線との相乗効果が悪影響を及ぼす場合は、温室ドームの仕様そのものを見直す必要があり、今後の課題として研究を進めなければならない。

< 参考文献 >

[1] 宇宙農業サロン; http://surc.isas.ac.jp/space_agriculture/, 連絡先: JAXA 山下雅道 yamashita@surc.isas.jaxa.jp

[2] 山下雅道, 他; 宇宙農業構想, 第 21 回 宇宙利用シンポジウム講演集, pp323-326 (2005).

[3] Goto, E., Arai, Y. and Omasa, K.; Growth and development of higher plants under hypobaric conditions, SAE: Proc. of 32nd ICES, CD-ROM 2002-01-2439 (2002).

[4] 樋之口耕, 秋葉真弓, 橋本博文; 閉鎖低圧環境におけるカイワレダイコン、ソバの発芽率, 第 21 回 宇宙利用シンポジウム講演集, pp315-318 (2005).

[5] 長友信人; 減圧空気中での松の苗木の生育実験に関する報告, 第 21 回 宇宙利用シンポジウム講演集, pp319-322 (2005).

[6] 橋本博文, 山下雅道, 宇宙農業サロン; 有人火星探査のための宇宙農業, 第 49 回 宇宙科学技術連合講演会講演集, CD-ROM 1C10 (2005).