

# 「物質循環・ゼロエミッション」に関する意義と取り組み

千葉大学 宇宙園芸研究センター 中野明正

## 1. 宇宙の食料生産と閉鎖・循環系

これまでの宇宙における宇宙飛行士に対する食料供給の手法は、地球の低軌道の宇宙ステーションでの「乾燥食品」や「レトルト食品」によるものでした。今後、月などの他の天体に人類の生存圏を拡大するには、地球からの食品の補給に依存しない、食料の生産と消費システムの構築が必要です (JAXA, 2019)。つまり宇宙では、閉鎖空間において資源を循環させるという視点が極めて重要になります。

宇宙を想定した生活に関しては、1990年代前半に米国アリゾナ州に建設されたバイオスフィア2や、1990年代後半に六ヶ所村に建設された閉鎖型生態系実験施設 (Closed Ecological Experiment Facilities ; CEEF) でも既に取り組みがなされ、短期間ながら水や酸素が循環する閉鎖系の中で居住者が植物を栽培し、自給自足の生活をした実績があります。これらの研究成果を基盤に、今ではヨーロッパの EDEN ISS や MELISSA をはじめ、世界各地で人類の長期宇宙滞在を目標に食料生産と循環の研究が実施されています。

## 2. 宇宙を想定した取組が日本や世界全体の食料問題の解決の糸口になる

ロシアのウクライナ侵攻により国際的なエネルギー価格や肥料価格が急騰しています (農林水産省, 2022)。日本は使用する化学肥料の約9割を海外に依存しているため、今後農業に与える影響は深刻さを増すと考えられます。このような現状に対応するためには、廃棄されている生物資源を肥料として有効利用する技術開発が求められます。宇宙での人類の生活を想定した物質循環に関する技術開発は、現在、特に日本で早急な取り組みが求められているゼロエミッション化技術に直結するのです。そして、これらの技術は、今後100億人まで増加するとされる世界人口に対して食料を供給するためにも重要な基盤技術となると考えられます。

## 3. 宇宙園芸における資源循環に関する研究トピックス

宇宙での持続的な生活に必須となる資源循環に関する研究に関して、千葉大学では2020~2023年3月まで、デリカフーズ株式会社等と連携して共同研究を行いました。国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 (JAXA) 宇宙探査イノベーションハブが公募した「太陽系フロンティア開拓による人類の生存圏・活動領域拡大に向けたオープンイノベーション」に関する研究提案募集のうち「資源循環社会に向けた自立循環型水耕栽培システム (地産地消型探査技術)」について、「閉鎖型生物残渣高速液化技術と環境浄化型養液栽培技術の確立」に取り組みました (市嶋ら, 2021; 山本ら, 2022)。

実施した中身は、植物性の残渣を高速分解する技術を基盤として、そこから発生する炭酸ガス、および無機元素を回収し、養液栽培に利用する手法の確立を目指し、化学肥料の80%削減によるレタス栽培を実証しました (図参照)。これらの知見は宇宙における持続的な生活に必須ですが、長期的にも、上記のような世界規模での食料問題の解決に貢献できます。

そして身近な問題として、日本で進展する廃棄物処理の課題にも対応しています。つまり、具体的には、私たちの日常でカット野菜が普及してきており、皆さんも利用されたこともあると思

います。カット野菜生産の大手である、デリカフーズグループの青果物取扱量は年間約12万tで、そこから野菜残渣（カット端材、青果物外皮・外葉など）が毎日約30t排出されます。このような残渣の有効活用に新たな選択肢を提供するのが本研究の成果なのです。

このように、資源循環・ゼロエミッションに関係する成果は月面などの宇宙と地球上の持続的な生活の両方に重要な技術であり、今後、宇宙園芸研究センターの活動を通じて技術が進展し普及していくと考えられます。

**【ゼロエミッション技術の事例】**  
**レタス残渣活用のプロセス（千葉大 JAXAプロモデル）**  
 千葉大学・JAXA・菱熱工業・デリカフーズ 共同実証



**参考文献**

- 1) 市嶋範久, 有井雅幸, 細萱修治, 岡安晃一, 山本大道, 中野明正, 2021, 閉鎖型残渣高速処理装置の野菜残渣処理において発生する廃液の成分特性, 用水と廃水, 63, 12, 47-54.
- 2) JAXA, 2019, 月面農場ワーキンググループ検討報告書.
- 3) 中野明正, 2022, 有機物利用の現状と新展開, 農業および園芸, 97, 10, 869-877.
- 4) 農林水産省, 2022, 令和3年度 食料・農業・農村白書
- 5) 山本大道, 淨閑正史, 塚越覚, 中野明正, 2022, 可溶性有機物を多く含む有機廃液の養液栽培における有効利用, 園芸学研究, 別1, 107.
- 6) 山本大道, 中野明正, 市嶋範久, 有井雅幸, 細萱修治, 岡安晃一, 2022, レタス残渣処理廃液の液肥としての活用のための前処理法, 用水と廃水, 64, 12, 55-59.