

宇宙船内における循環システムの開発

～目指せ！100%リサイクル！～

第10回 君が作る宇宙ミッション B班

伊藤さとみ（高3）【神奈川県立生田高等学校】、大村徹（高2）【東京都立戸山高等学校】、
白方洗次（高2）【済美高等学校】、竹村英晃（高1）【横浜市立サイエンスフロンティア高等学校】、
真本大生（高3）【同志社香里高等学校】、山中美穂（高2）【実践女子学園高等学校】

1. はじめに

近年、科学技術の発展とともに、有人宇宙システムの信頼性が向上し、長期的に人が宇宙へと滞在することも可能になった。しかし、人が長期間宇宙へ滞在する場合には、飲料水、食糧などを定期的に補給する必要があり、ミッションの運用上、大きな負担となっている。現在、国際宇宙ステーションでは、空気や水、排泄物など一部の物質を循環させることで、地上からの補給へかかる負担を軽減させている。しかし、将来的に実現が予測される、さらなる長期宇宙滞在や有人宇宙探査ミッションでは、より高い効率での再利用が不可欠である。そこで本ミッションでは、宇宙船内における高効率での物質の再利用を目的とした、循環システムの検討を行う。

2. 循環させる物質

宇宙船内の閉鎖空間において、循環が必要とされる物質はたくさんあげられるが、中でも船内での生命維持に直接関係する重要な物質であることから、今回は、空気、水、有機物の三要素に着目した。なお、現在 ISS では食糧生産を除いた生命維持システム(ECLSS)が採用されており、ECLSSによって水と空気の一部の循環を行っている。

1) 空気の循環

宇宙船内で栽培する植物の光合成とECLSSに用いられている機械とのハイブリット循環を行う。人間により排出される二酸化炭素を植物の光合成によって酸素へと還元し、それで賄いきれない分は機械により補う。（図1参照）

2) 水の循環

水は、ISSで用いられている技術と、地上での水の浄化技術を用いて循環させる。生活排水や排泄物中の水は熱殺菌し、一部の水は植物に与える。残りの水は生物活性炭による浄化後、再利用する。また、空気中の水蒸気は結露器（後述）を用いて植物に与え、循環させる。（図2参照）

3) 有機物の循環

有機物の循環は、地上で利用されているコンポストを応用する。人間の排泄物は好気高温堆肥菌により堆肥化する。それを植物に与え、植物を人間が摂取することによって有機物を循環させる。（図3参照）

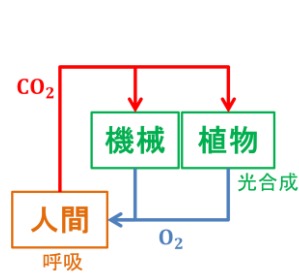


図1 空気の循環

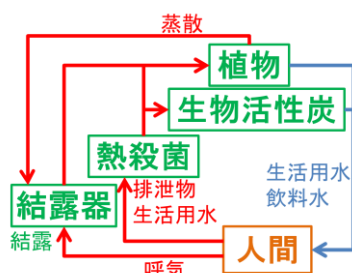


図2 水の循環

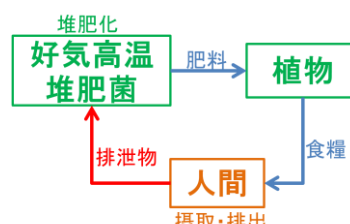


図3 有機物の循環

3. 「農業」を組み込んだ循環システム

農業を行う事によって、食糧の再生産が可能になるとともに、植物の光合成を利用することが可能となり、機械による空気の循環量を削減することができ、搭載機器の規模を抑えることができる。そこで、本システムには船内での農業を組み込む。植物の栽培には水と肥料が主に必要とされる。水の収集には、私たちが考えた農業の新システム「結露器」を導入する。結露器とは呼気、植物の蒸散などで出てくる水蒸気を、宇宙船の内外の温度差を用いて結露させ、水を得る装置である。光触媒の超親水性を利用し、水を誘導する。肥料は、堆肥化させた排泄物を熱殺菌した生活排水に溶かし、水耕農業を行う。（図4参照）植物によって与える肥料の量は違ってくるので、持ち込む植物は栽培に必要なとされる肥料と土地面積を考慮して決定する。



図4 農業システム

4. 既存の方式との比較

今回提案するシステムと、従来のシステムを、体積と質量という2つの観点から定量的に比較した。従来のシステムには、ISSで利用されているシステムで100%の循環を行う場合の質量、体積の数値を用い、本システムの数値は、提案する機器、農業スペース（構体系を含む）の体積、質量を用いた。すると、体積の面では、38年以上のミッションで、質量の面では67年を超えるミッションにおいて本システムが有効であることが確認できた。（図5、6参照）

さらに、長期有人宇宙探査が可能になる将来における技術革新を仮定し、農業スペースの機構の質量を現状の1/10まで削減可能であると仮定すると、質量の面では6年以上のミッションで、この方式が有利になることが期待できる。（図7参照）

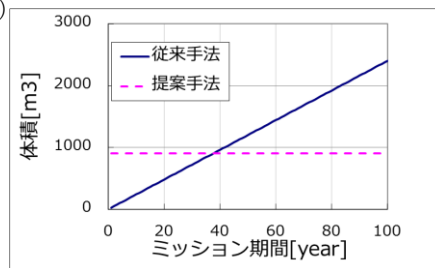


図5 体積による比較

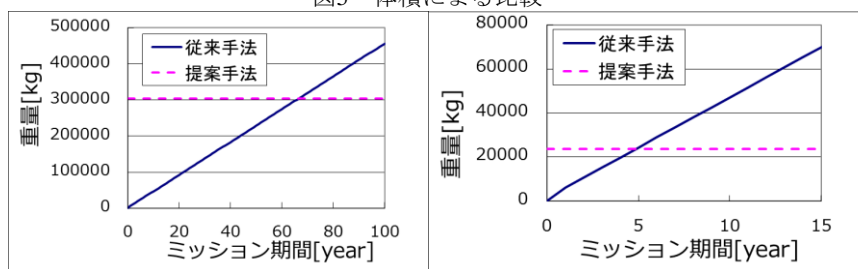


図6 質量による比較

図7 将来（質量）

5. 結論

今回我々は今後の宇宙開発において重要な役割を果たすであろう、宇宙船内における循環システムの開発について検討した。

本システムでは、空気、水、有機物の三種類の物質に着目し、それらを循環させる方法を検討した。また、既存のシステムとの比較を、質量・体積の二つの面から行うことで、我々が提案するシステムの優位性を定量的に示した。