

長期滞在型宇宙ステーションにおける 農業共役型省エネルギー有機性廃水処理システムの検討

吉田 浩爾¹、吉村 義隆²、大久保 英敏³、小原 宏之³、森田 茂紀¹、五十嵐 泰夫¹
¹ 東京大学大学院農学生命科学研究科、² 玉川大学農学部、³ 玉川大学工学部

平成20年度 宇宙ステーションにおける持続的バイオエネルギー生産調査検討 WG

Investigation of The Agriculture Associated Energy Saving Organic Waste Water Process System in The Long Duration Space Station.

Kouji Yoshida¹, Yoshitaka Yoshimura², Hidetoshi Ohkubo³, Hiroyuki Obara³, Shigenori Morita¹ and Yasuo Igarashi¹

¹Graduate School of Agriculture and Life Science, Univ. Tokyo, ²Faculty of Agriculture, Tamagawa Univ., ³Faculty of Engineering, Tamagawa Univ.

“The Working Group for Sustainable Bio-Energy Production on The Space Station”

E-mail: amati@mail.ecc.u-tokyo.ac.jp

Abstract: The working group discussed to assess the energy saving organic waste water process associated with food production on the space station and to examine problems to carry out. The organic waste is also one of the important biomass resources in closed system such as the space station. To construct sustainable carbon recycling system, waste water process and food production should be associated. Energy saving concept is important to trouble tolerant system. Our working group discussed to construct the system works under the gravity-independent environments.

ここでは平成20年度“宇宙ステーションにおける持続的バイオエネルギー生産調査検討”WGにおいて議論した内容を報告する。

長期滞在型宇宙ステーションにおいて、持続的な住環境整備を考えた場合、廃水処理はきわめて重要な要因となる。特に、将来においてその規模が拡大し、滞在人数が増加した場合においては、住環境維持のためにこれを随時処理する必要がある。一方、宇宙ステーションのような完全な閉鎖系において、廃水もまた貴重な水源であり、また有機性資源である。これらを資源として持続的かつ安定的に浄水あるいは食料・物資として再生させる必要がある。こうしたライフラインに関わる設備の省エネルギー化は、エネルギー供給に障害が生じた場合における復旧までの時間制約を考える上で、きわめて重要な課題といえる。また、常時といえども省エネルギー化はエネルギーの需要供給変動による不安定化を回避する有効な手段と言える。我々は省エネルギー型廃水処理手段として嫌気性消化汚泥処理を検討した。

また嫌気消化汚泥処理では処理廃水中に1割程度の有機物が残存するため、これを有機性資

源とし、水耕栽培による食糧生産とファイトレメディエーションおよび蒸散による水質浄化を検討した。

ここではこうしたシステムがサブGあるいは微小重力下においても有効であるにはどうすべきかを議論し、明らかにすべき課題について提案する。

省エネルギー型廃水処理

先述のとおり、嫌気性消化汚泥処理を検討する。生物学的処理は、超臨界処理などの物理化学的処理に比べて要するエネルギーが少ないが、中でも嫌気性消化汚泥処理は、好気性の活性汚泥処理のようなエアレーションに要するエネルギーが不要なため、より省エネルギー型であるとされている。

また、嫌気性消化汚泥法の特徴として、処理有機物中に含まれるエネルギーをメタンガスとして回収できるという特徴を持つ（メタン発酵処理）。これをメンテナンスエネルギーとして活用することで、外部からのエネルギー供給を節約でき、また場合によってはエネルギー生産も可能となりきわめて省エネルギー型の処理とな

る。一方で、メタンガスの回収には気液分離のために重力が必要となる。サブG下における回収効率の低下が懸念されるため、気液分離に頼らないエネルギー回収手段が望ましい。そこで、我々は有機物中のエネルギーをメタンガスではなく、直接電力として取り出すことができる、微生物電池に着目をした。微生物電池はエネルギー回収効率の面でまだ課題が残るものの、現在急速に研究開発が進んでいる技術である。

また、同一の装置から、電力を回収するのではなく、供給することで電気培養として処理速度を加速することができる可能性がある。通常時は電気培養処理による高速処理を、エネルギー供給が不安定な時は微生物電池による省エネルギー処理を、という形で切り替えることができれば、より柔軟に状況に対処する廃水処理システムとなりうる。

処理水による水耕栽培

特に微小重力下においては、処理水には残存有機物はもとより、有機物より生じた二酸化炭素が微小気泡として残存するものと考えられる。この二酸化炭素の微小気泡を根から吸収させることで、光合成の促進を期待することができる。また、有機物や窒素化合物の吸収によるファイトレメディエーション、葉面からの蒸散水を冷却回収することで重力非依存的に蒸留水の生成が可能である、といったことが期待される。

トータルシステムの提案

以上の検討課題を図にまとめ、提示する。生活空間で生じた廃水は微生物電池/電気培養処理により処理され、二酸化炭素の微小気泡および

び残留有機物となる。この処理水は宇宙線による滅菌処理を受けたあと、水耕栽培による作物生産においてファイトレメディエーション処理され、工業用水として用いられる。また水の一部は植物によって吸い上げられ蒸散によって水蒸気となる。これを冷却回収して飲料用水とする。作物が光合成によって生じた酸素は廃水処理の酸化剤に使われ、また一部は居住空間へと供給される。

検討課題の提案

メタン発酵処理において、気液分離にどの程度の重力が必要であるか、現在検討されている程度のサブGにおいて、本当に効率が落ちるのかといった点に興味を持たれる。また、微生物電池においては微生物膜（バイオフィーム）の形成が重要であるが、微小重力がこれに与える影響は、検討例が知られていない。微生物電池に限らず、バイオフィーム形成は人間の暮らしに大きく関わる問題であるので、その検討は重要である。微生物処理によって有機物は二酸化炭素となるが、生じた二酸化炭素がどのような状態となるのか、興味を持たれる。液流下では微小気泡となると予想して議論しているが、検証の必要があるだろう。また、液中に分散した二酸化炭素がどれだけ根から吸収され、光合成に寄与するのかを調べる必要がある。蒸散による水処理に最適な作物の検討も必要だ。現在我々は、蒸散面である葉面が大きく、また穀物として安定した需要があるダイズを検討している。本ワーキンググループは、こうした課題をクリアしていくことで、農業共役型省エネルギー有機性廃水処理システムの実現を目指す。

