月面拠点を目指した閉鎖系における空気再生システムの研究

Study of Air Re-vitalization System for Closed System Aimed to Moon foothold

- # 桜井 誠人 [1]
- # Masato Sakurai[1]
- [1] 宇宙機構
- [1] JAXA

http://www.iat.jaxa.jp/res/adtrg/e01.html

1.はじめに

宇宙航空研究開発機構は 20 年後のあるべき宇宙開発の姿を長期ビジョン JAXA2025 に著した。その中で 2015 年に次期有人宇宙活動への展開の判断、および日本独自の宇宙輸送系に関する判断を行うとしている。アメリカ、ロシア、中国の有人宇宙技術にキャッチアップし、日本の有人宇宙技術を世界のトップレベルに向上させるため、生命維持に関する長期ビジョンをブレークダウンし、日本の有人宇宙プログラムの裏づけとなる技術を獲得するべく努力している。月面拠点有人活動を究極の目標としてロードマップ作成した。

月面基地や有人火星探査等、物資の補給が困難な環境において長期有人活動を行うためには、外部からの物資補給に依存しない生命維持システムを構築する必要がある。このようなシステムは空気と水の再生、廃棄物の処理・再利用、食糧生産の各サプシステムが中核となっている。

2.月面拠点における生命維持技術に関する検討

日本の月面基地に関するケーススタディーにおいて再生型の生命維持装置に関しては、水再生、空気再生、廃棄物処理に関して検討している。生命維持システムは、月面基地だけでなく有人宇宙船や宇宙服においても必要不可欠な技術である。2020年以降、数回の輸送でシステムを構築し、2030年から地質調査、材料実験や医学検証等(本格的な利用準備)を実施。滞在期間は、長期滞在を実証するため、半年。人員は、自国内バックアップを想定し、2名。空気及び水の再生効率は90%以上を目標としている。本ケーススタディーでは、輸送系の制約、着陸の容易さなどから赤道における建設を想定している。

一方 2006 年 12 月に NASA が発表した月面基地構想において、月の南極に存在するシャックルトンクレーターの縁部頂上に月面拠点を建設するケーススタディーを行っている。月では 2 週間の昼と 2 週間の夜があり、昼は 100 、夜は-150 程度になり特に夜間の保温技術が難題であった。月南極付近のクレーター縁部頂上に基地を建設すればほぼ恒常的に日照を得ることができる。これは、月の地軸が太陽に対して 1 度と小さいため、夏冬の地軸の傾きにかかわらず常に日照を得ることができるからである。さらに、クレーター内部には永久日陰地帯が存在し、米国の月探査機クレメンタイン (1994)、ルナプロスペクター (1998) の探査で水素が検出されたことにより、彗星由来の水氷などが存在する事が示唆されている。このような条件から、月の南極は拠点を形成する有望な地点となっている。

3. 国内外の空気再生関連技術の状況と経緯

国際宇宙ステーションの日本実験モジュール (JEM) 内の与圧環境は地上と同じく全圧を 1 気圧、酸素濃度は約 21% に設定してある。JEM において N_2/O_2 ガス供給はロシアのモジュールにて集中的に行われる。 N_2/O_2 ガスは地上からタンクを輸送して持ち込まれるが、 O_2 ガスはロシア製の Elektron と呼ばれる KOH(水酸化カリウム) を電解質として用いた水の電気分解装置によっても供給される。バックアップ用酸素源として KClO $_3$ (過酸化塩化カリウム) を高温で熱分解し O_2 を発生する装置も備えている。ISS 運用後期では CO_2 除去装置により回収された CO_2 に O_3 0 を還元する計画がある。米国も ISS 運用後期に固体電解質による水分解および空気再生を計画している。

NASA ジョンソンスペースセンターの BIO-Plex では 4 人の人間が 90 日間閉鎖生態系の中で生活した実績がある。NASA エイムズ研究所は二酸化炭素の除去技術および空気再生技術に取組んでおり、火星の 1/100 気圧、 CO_2 濃度 95.3%の大気を利用して酸素を生産する技術を研究している。

4. 実験

本研究においては、クルータイムを必要としない点、ボッシュ法と比較して低温で反応する点、食料は地上から運搬し炭素の循環は考慮せず、メタンは宇宙空間に放出する事を想定する点などを考慮し、サバチエ第一反応のみ検討した。まず人間から排出された二酸化炭素は、二酸化炭素分離濃縮装置で濃縮する。次に二酸化炭素を水素と混合しサバチエ第一反応装置に供給する。ここで触媒とともに 300 前後に加熱することにより CH_4 と H_2O を生成する。この H_2O を電気分解することにより酸素を生成する。

5. おわりに

宇宙での実用に向けた最初の大きなマイルストーンとして小型衛星、HTV、国際宇宙ステーション等を用いた宇宙技術実証を目指しており、宇宙用・一般用のバランスを取りながら研究開発を進めて行く。