

持続可能自立型生命維持システムと長期居住ステーションの設計

阿久沢 駿介

要旨

宇宙甲陵高校の生命維持システムは学生達に安全で居住性の高い環境を提供するように設計されるが、最も重要な課題の一つは、持続可能な生命維持システムの構築である。現在の国際宇宙ステーションのような必要なりソースをすべて地上から補給し、使い終わったものは廃棄する消費型は長期滞在のミッションについては重量的な不利なため、宇宙甲陵高校は空気や水を再生する機能や、植物・動物等を含む食料生産の機能を有する地球への依存度が低い自立型システムを考察した。

1 目的

宇宙でも何不自由のない楽しく安全な学校生活を送ることができ、将来の大規模有人深宇宙ミッション中の活動施設にもつながるであろう宇宙甲陵高校の概念設計を行う。

2 方法

- ・実教出版、生物総合資料を参考に地球の炭素、窒素、酸素の循環について理解する。
- ・考察として宇宙甲陵高校の生命維持システムを構築する。

3 結果

宇宙甲陵高校で ECLSS の機能は次の八項目を基本とした（図 1）

- ① 居住系
- ② 電気・照明系
- ③ ライフライン系
- ④ 水再生系
- ⑤ 気体回収、交換、排出系
- ⑥ 食料系
- ⑦ 船外活動系
- ⑧ 廃棄物処理系



図 1 甲陵高校 ECLSS の構成

宇宙は真空低温であり、生物が生存できる環境ではないため、ECLSS は地球環境が行う活動を機械で置換するのが基本であった。しかし宇宙甲陵高校の ECLSS はシアノバクテリア等宇宙甲陵高校内でも生育可能と思われる生物をできる限り使

用し、有機体と機械によって地球の生態系を模倣することを根底とした。

①居住系

居住施設は地球でできることはすべてできるよう設計されるべきである。ISS は面積の都合で個室は非常に狭い。現在の宇宙ステーションにおいても筋繊維の問題や宇宙食の種類の限定などすべての生活空間が無重力だという状況は高校生活を送るには不便すぎる。重力発生装置は宇宙での楽しい高校生活には欠かせないものではないか。

以下の図 2 ははどの用途で使うかによって空間の重力加速度を変える例である。

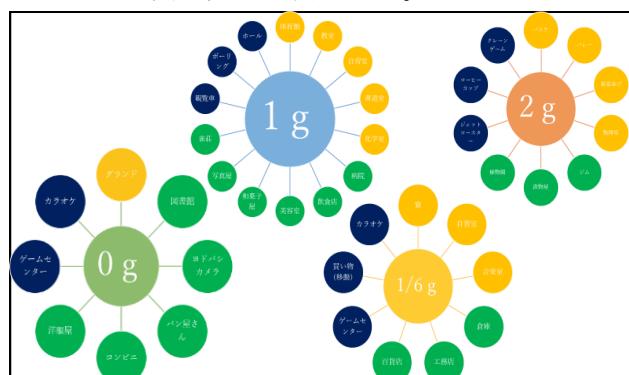


図 2 Gravity generation System

②電気・照明系

宇宙での照明については可能な限り太陽光を活用する方針で考案した。（詳しくは別紙に記載）

③ライフライン系

基本的にはガスは事故につながりやすく、オール電化で構想されるが、ガスでの調理、暖炉等個人のリラクゼーションのためにガスパイプラインも用意されている。真空にすることによって一瞬消火できるため、出火部分のみ隔離し、空気の密閉を解除する。

④水再生系

最低限の生命を保つために必要な一日の水の量は 3L 程度であるとされているが、快適に生活す

るために必要な水の量はこれよりずっと多くなる。またこれは飲料水のみであり、宇宙でも快適な生活環境を提供するためにはその数百倍の水を供給することが重要である。また食料の必要量もまたあり、基本は植物であるが、中でも穀物がないと生きていけない。穀物の生産には、光、水、CO₂などを必要とし、特に水は大量に必要となる。この意味でも水は宇宙での食料生産にも必要不可欠の資源である。ISS 内でも廃水、機内湿度の低下した凝縮水などを再利用してきれいな水を供給している。

⑤気体回収、交換、排出系

この機能は「有害物質の監視、回収」「気圧の維持、分圧の管理」の大きく二つに分けられる。前者の有害物質とは具体的にはホルムアルデヒドやアンモニアを指す。重力がない、つまり対流がないため高校内の空気を常に循環させ、電気機器、プラスチック、人間のオフガス等から発生する微量の汚染物質を除去することが必要である。

空気組成は地球

また国際宇宙ステーションでは酸素は水の電気分解や二酸化炭素の還元によって生成しているが、還元後のメタンは宇宙空間に放出されるため、自立型 ECLSS で使用するには不適。それでもまったく違うシステムを高校には実装する必要がある。

そこで、植物を壁面に植えたパイプに高校内の空気を集め通す「植物園パイプ」システムを追加することにした。宇宙甲陵の ECLSS の目標である、有機体と機械の両立を実現する。またこの機能が故障した場合、致命的な欠陥となることが予想できる。そこで故障原因を検討し、その対応策を考える。まととのバックアップの損壊理由を考察し、回避する「故障の木解析」を行った。

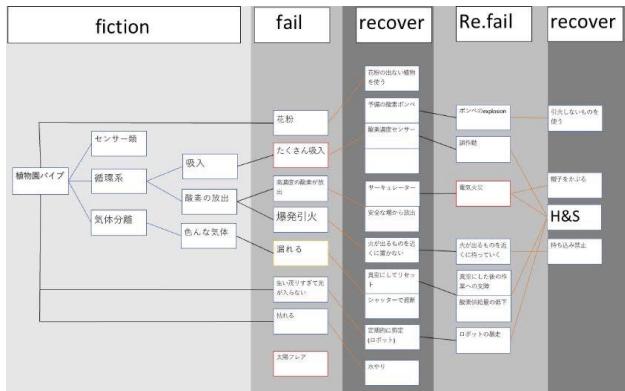


図 3 故障の木解析

自身の状態を毎秒センターサーバに送信し続ける「Health & Safety management system」等、後手の対応策ではなく、予防策を準備される計画だ。

⑥食料系

人間に一日に摂取すべき食事量は 1.1kg/day とされている。基本的にはシアノバクテリアなどの過酷な環境でも育成可能な植物を摂取して栄養を取ることが理想だが、365 日毎日ベジタブルだけでは楽しい学校生活を送れない人も出てくるだろう。そのため重力発生装置が存在する場所で農場を作るという案がチーム内で出た。廃水は基本的に生育に使われる。また栽培、育成には二酸化炭素、酸素等、空気環境や温度湿度の管理が大切である。

⑦船外活動系

屋内、屋外の移動システムを実現するために、様々な SF やアニメのヒーローの機能を参考に、現実の船内 & 船外の宇宙服と比較し、独自のオリジナルの宇宙服を製作しようと研究した。

(別紙参照)

⑧廃棄物処理系

廃棄物処理と言ってもすべてを廃棄するわけではなく再利用、再生利用を基礎とする。灰は食料系の肥料として使われ、アルミ等金属は再利用し有毒物質は分解し全圧維持に利用する。

4 結論

今回、実在する技術を使い何ができるかではなく、実現したい物に必要な技術を検討し、概念設計を行った。何を作るかを分からぬで新しいものを作れる人はいない。人間が想像できたこと、それはいつか実現できるものである。この概念設計は未来の発明への一歩だったと胸を張っていいうことができたのだ。Future work としてはハビタブルゾーンの考察のみなので、職業体験や娯楽等高校生活に必要なものすべてについての考察をしていきたい。

6 参考文献

- ◆Dr. Wayne Gellett Principle Investigator eSionic Corp.(2013) 「Solid State Air Purification System」