

宇宙を想定した低圧条件での植物の大量生産の研究

石川県立金沢泉丘高等学校理数科

岩本 啓慎 秋島 大成 西島 大翔 三浦 恭 山崎 創

要旨

人工衛星を構想し、提案する大会である衛星設計コンテストに参加することを目標として、我々は宇宙で効率的に植物を育てるための衛星を構想した。宇宙で行う小重力での実験の際に問題となると我々が考えたのが気圧である。気圧が低い状態だと、植物育成の速度が遅くなるのではないかと考えた。そこで減圧器を用いて気圧と植物との成長速度の関係を調べ、宇宙空間での最適な条件を研究した。その結果、気圧の異なる環境によって成長速度に差が生じたが、気圧の変化によるものか確証を得ることはできなかった。今後は正確に実験をやり直すとともに、その数値から人工衛星で植物を育てるために最適な環境を模索していく。

1 研究目的

宇宙での食糧問題の解決は人類の宇宙進出の際に避けては通れない大きな問題の一つである。現在、宇宙飛行士は、地球から無人ロケットで輸送された、宇宙食と呼ばれる食品を摂取して宇宙での生活を営んでいる。一方で、今後宇宙開発の進展により、より多くの人間を宇宙空間に送ること、宇宙空間で研究を行うためのより長期間の宇宙滞在などの必要性が大きくなると考えられる。その際に、現在行われている方法をそのまま用いると、宇宙での食料が不足するたびにロケットを飛ばす必要があり、輸送のための燃料やロケット本体のコストが大きくなってしまうと考えられる。また、長期間の宇宙滞在により滞在者間で新鮮な生野菜などの生鮮食品への需要も高まるだろう。そのような課題に対して、私たちは宇宙空間で食品、とりわけ野菜となる植物を供給する衛星、またはその機構の開発がそれらの問題を解決する手段になり得ると予想し、構想を練った。調査、研究を進める中で、宇宙には恒常的に真

空状態、無重力状態が成立すること。また、宇宙には地球上と比較して非常に大きな量の放射線が飛び交っていることが分かった。先行研究によるとこれら宇宙に特異的な環境は、植物ホルモン分泌の異常、細胞の破壊、突然変異などの異常を引き起こし、植物の成長などの妨げの要因となると考えられる。そこで我々は、宇宙空間で効率的に植物を育成するために最も適した条件を地上で行ういくつかの実験を通じて調べる。また、その条件をもとに目的としている衛星、機構の開発に取り組む。

2 実験

1) 実験の目的

宇宙空間で植物を育成するにあたり問題となる、大気圧と植物の発芽状況、育成速度の関係を調べる。その後、得た結果を参考として宇宙で植物を育てる際、食用可能な植物を育てる際に最低限必要とされる気圧を、コストや育成速度の面から考察する。

(1) 実験に使用する機材

- ・デジタル照度計

LX-204 DIGITAL LUX METER

CUSTOM

精度 23℃±5℃、70%RH 以下にて ±
(5%rdg+4dgt)

- ・スポンジ

ソフトスポンジ 5P 食器・ホーロー
用

株式会社セリア

- ・真空ポンプ

G シリーズ G-5DA

オイルミストトラップ OMT-050A

株式会社 ULVAC (図1)



図1 使用した減圧器

(2) 実験に使用する種子

食料として収穫可能になるまでが早く、一度茎を切っても再度成長する再生栽培が可能である面からカイワレ大根を使用した。

2) 栽培環境の構築

(1) 栽培方法

土壌栽培よりも水を頻繁に与える必要がないため減圧した状況を長く保つことができる、水耕栽培を選択した。

(参考文献3)

(2) 計測したデータ

今回の実験は植物が減圧下でも適切に育つかどうかを確認し、植物が育た

なくなる気圧の条件を調べることを目的としている。したがって、植えた種子の発芽率、発芽にかかった日数、高さを計測した。また、気圧以外を同じ条件で実験を行うため、室内の気温、湿度、照度を計測した。(図2)



図2 照度測定の様子

(3) 適切な栽培環境の構築

日光の入射量の差による実験間での結果の差異をなくすため、日光を遮断し、光量を調整できる部屋の中で実験を行った。また、定期的に照度を測定し、調整した。

実験開始時の容器内の温度の差を可能な限り減らすため、実験の開始時間を午後5時に合わせ、開始時の気温、湿度を測定した。

(4) 計測した気圧

気圧は1.0気圧、0.50気圧、0.25気圧の3つの条件で計測を行った。

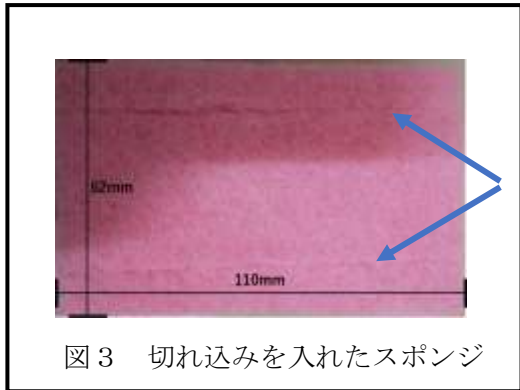
(5) 植物の高さの計測方法

真空容器内では定規を使って目視で1mm単位での計測を行った。

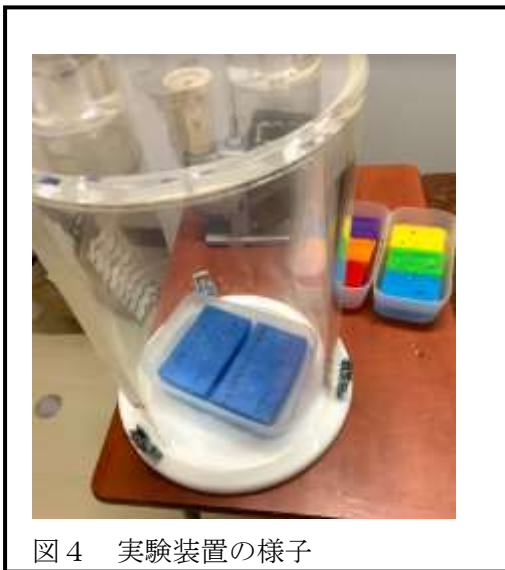
(6) 実験方法

まず、縦110mm、横62mm、厚さ35mmの二層に分かれたスポンジを用意し、ポリエステル不織布の方の面に長い辺と平行になるように端から10mm程度

のところに切れ込みを入れた(図3)。



切れ込みに市販のカイワレ大根の種子を一つのスポンジに15個入れ、スポンジが浮き上がらないよう完全に水につけて内部の空気を抜いた。そのスポンジ二つを容器の中に入れ、深さ20mmまで水を入れた後、減圧器の中に入れた。(図4)



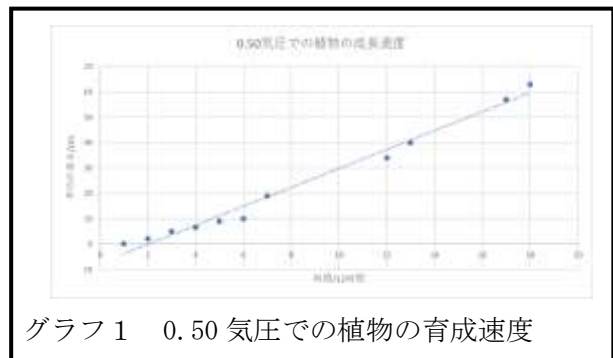
その後容器内を減圧し、容器上面が280ルクスとなる場所において10日間放置した。その間、毎日午前8時と午後5時に植物の発芽の有無、成長した高さを計測した。また、その際、容器内部の水分の蒸発や植物の蒸散により減圧器内部の気圧が開始時と変化していれば、開始時の気圧になるよう調整した。

3 仮説

気圧が低下するにつれて植物が吸収できる二酸化炭素の量が少なくなり、光合成の速度が遅くなること、植物の呼吸が行われにくくなることにより植物が発芽しなくなる、植物の正常な育成が行われなくなる、育成速度が遅くなるなどの影響があるのではないかと考えた。

4 結果

発芽率は1.0気圧では0.533、0.50気圧では0.466、0.10気圧では0.10であった。また、1.0気圧での実験開始から10日後の発芽した種子の平均の高さは100mmであり、0.50気圧での63mmであった。(図5)下に0.50気圧でのカイワレ大根の高さを示す。(グラフ1)ここでの高さは発芽したものみの平均をとった。



また、今回はスポンジを使った水耕栽培で

実験を行ったが、スポンジからカイワレ大根の根が抜けてしまったり、油が水面に浮いていたりという現象が見られた。

5 考察

0.25 気圧と比較すると 0.50 気圧、1.0 気圧はともに発芽率は大きく上回っていることがわかる。また、成長速度も 1.0 気圧が 0.50 気圧、0.25 気圧を上回っていた。グラフ 1 の切片が負になっているのは、発芽後からではなく、育成開始後から日時を計測し始めたからだと考えられる。

また、今回の実験では密閉容器内の空気の入れ替えをほとんど行わなかった。そのため、水面からの蒸発やカイワレ大根の蒸散により密閉容器内の空気の湿度が一度飽和水蒸気圧となってしまうと、その後カイワレ大根が正常に蒸散を行えなくなり、成長が妨げられた可能性がある。また、カイワレ大根の発芽率は 1.0 気圧と 0.50 気圧で大きな差はなかったことから、0.50 気圧ではカイワレ大根に対する気圧の影響は小さく、0.50 気圧のほうのみ密閉されていたことが成長に大きく影響を与えたのではないかと考えられる。さらに、0.50 気圧、1.0 気圧での発芽率と 0.25 気圧での発芽率に大きな差が出たことから 0.50 気圧から 0.25 気圧から気圧が植物の成長に大きな影響を与えるのではないかと考えられるため、今後は 0.50 気圧から 0.25 気圧までの調査を重点的に行う必要がある。

さらに、今回の実験でのカイワレ大根の発芽率はともに 0.80 を下回り、農業生物資源ジェンバンクで正常に保存できていると考える 0.80 を大幅に下回った。原因は水耕栽培の方法やカイワレ大根の種子の個体差など様々なことが考えられるため、実験方法から原因を特定し、実験方法を改善したのち、実験を再度行って正確なデータを取りたい。

6 結論

1.0 気圧と 0.50 気圧で成長速度に関しては大きな差がみられたが、気圧による変化かその他の要因による変化かが判明しなかった。そのため今後の実験ではカイワレ大根が正常に蒸散を行えるよう頻繁に空気の入れ替えを行う。

また、すべての実験で気圧以外の条件が同じになるよう、カイワレ大根の根がスポンジから出ないようにする、容器内の換気を頻繁に行うなど、実験の方法を考え直すことが必要であると考えられる。

7 今後の課題

今回の実験の結果では気圧が直接的に植物の発芽、成長に影響を与えたかが判然としなかったため、気圧のみが植物の発芽、成長に影響を与える実験方法を考え直す。また、より多くの実験データをとるために一つの気圧ごとにより多くの種子を使い、さらに正確なカイワレ大根の発芽、成長と気圧の関係を調べる。また、今回は 1.0、0.50、0.25 気圧の 3 条件のみ調べたが、さらに多くの条件で発芽への影響を調べ、さらに詳細な気圧と植物の育成速度の関係を調べる。また、その際は急激に植物の発芽、成長に大きく影響を与え始めると考えられる 0.50 気圧と 0.25 気圧の間の条件を重点的に調べたい。

さらに、今回の研究では植物の成長を妨げる要因として真空のみを扱ったが、宇宙には他にも放射線や無重力などの植物の成長を妨げる要因がある。そこで、今後は放射線が植物の発芽、成長に与える影響を調べ、宇宙での無重力、小重力下での植物育成の足掛かりとしたい。

その後、それらのデータをもとに宇宙で行う小重力下での実験方法の参考とし、宇宙で効率よく植物を大量生産できる衛星を衛星設計コンテストで提案する。

8 参考文献

1. 宮崎康行(2011). 『人工衛星をつくる一設計から打ち上げまで』. オーム社
2. 農業生物資源ジーンバンク Genebank Project, NARO. https://www.gene.affrc.go.jp/index_j.php 2020年10月29日
3. 水耕栽培ナビ(2017). 水耕栽培の方法や準備・初心者向けの植物など、徹底解析!
. <https://www.suikou-saibai.net/blog/2017/05/20/441> 2020年12月28日

9 謝辞

今回の研究にあたり、金沢大学の米徳大輔教授をはじめとする方々や、石川県立金沢泉丘高等学校の先生方に多くのご協力をいただきました。心より感謝申し上げます。