

## 「Hydro Tropi」宇宙実験へ向けた給水システムのパラボリックフライトによる検証

東北大・院・生命科学 宮沢 豊, 岡本 美貴, 藤井 伸治, 高橋 秀幸

(独) 宇宙航空研究開発機構 石岡 憲昭, 山崎 丘

(株) エイ・イー・エス 鎌田 源司

(財) 日本宇宙フォーラム 嶋津 徹

### Parabolic flight experiments for validation of water- salt-solution delivery systems developed for spaceflight experiment.

*Yutaka Miyazawa, Miki Okamoto, Nobuharu Fujii, Hideyuki Takahashi (Tohoku University)*

Graduate School of Life Sciences, Tohoku University, Katahira 2-1-1, Aoba-ku, Sendai 980-8577

E-Mail: miyazawa@ige.tohoku.ac.jp

*Noriaki Ishioka, Takashi Yamazaki (JAXA)*

*Motoshi Kamada (Advanced Engineering Services Co.,Ltd.)*

*Toru Shimazu (Japan Space Forum)*

Abstract: Plant roots display not only gravitropism but also hydrotropism for determining their growth orientation. Previously, we found that gravitropism interferes with hydrotropism, which led us to prepare a spaceflight experiment for separating hydrotropism from gravitropism under microgravity condition, namely in KIBO module of International Space Station. Cucumber seeds are embedded in the water-absorbable plastic foam before launch. The cultivation chamber has two ports; one is for supplying water to this foam and the other is for supplying water or NaCl solution to a filter paper situated at the opposite side of the foam. Onboard, crew will connect plastic syringe and the port by tubing and supply water or NaCl solution for allowing seed germination and for controlling moisture gradient. Considering microgravity conditions, we were concerned about feasibility of these water- and salt-solution-delivery systems. We therefore conducted parabolic-flight-experiments to test these systems under altered gravity conditions. Under microgravity conditions, we injected 9.5 mL of water to the foam by using this system, and its absorption pattern was recorded by video camera and compared it with the result on the ground. The results showed that on the ground the injected solution tended to accumulate on the bottom flank of the foam and took longer than 90 seconds to be fully distributed into the foam. Under microgravity conditions, on the contrary, the solution rapidly distributed, and it took just 15 seconds to complete injection. These results allow us to properly calculate crew time required for onboard operation and to validate the systems to supply solutions into the chamber in space.

*Key words; Cucumber (Cucumis sativus), Gravitropism, Hydrotropism, Parabolic flight, Root*

約 4.5 億年前に動物に先立ち陸上に進出した植物は、陸地環境というそれまでの生育域とは大きく異なる環境に対する適応能力を進化させた。この適応能力の一つが屈性であり、植物は重力、光、水分勾配、接触などの方向性のある環境刺激に対して屈曲成長する。水分屈性は、水分勾配に対して根が水分含量の多い空間へと屈曲伸長する形態形成であり、水分の限定される環境での植物の生存に大きく寄与すると考えられる。しかしながら、植物の根は重力屈性も示し重力方向に伸長するため、重力が恒常的に存在する地球上での水分屈性は常に重力屈性の影響を受け続ける。それゆえ、根の水分屈性を重

力屈性から分離して解析するためには微小重力環境の利用が必要不可欠となる。

一般に屈性発現を説明するモデルとして Cholodny-Went 仮説が 70 年以上も前に提唱されている<sup>(1)</sup>。すなわち、植物ホルモンの一つであるオーキシンが刺激に伴い、偏差的に分布するようになり、偏差的な応答とともに偏差成長が起こることにより屈曲が発現するというものである。近年の分子遺伝学的な解析により、少なくとも重力屈性においてはこの仮説を支持する多くのデータが取られている。また、我々も、キュウリを用いた実験から、水分屈性において水分勾配に応じたオーキシン誘導

性遺伝子(*CsIAA1*)の偏差的発現が生じる可能性を示してきた<sup>2)</sup>。しかしながら、オーキシンの偏差的な分布が生じるメカニズムの重力屈性との異同は未だ解明されていない。そこで、我々は、根の水分屈性と重力屈性を国際宇宙ステーションでの実験により分離し、根の水分屈性および重力屈性発現に伴うオーキシン動態変化を解明する宇宙実験「Hydro Tropi」に向けた準備を行っている。本宇宙実験では、キュウリ種子の発芽を誘導し、容器内の湿度を維持するためのベルイータへの給水と、同じく湿度の維持および湿度勾配を形成するための水または塩水の給水を行う。地上重力下の予備実験で、濾紙は吸水性が高く、その水分保持能力も高いことがわかった一方、ベルイータへの給水は濾紙への給水に比べて長時間を要し、かつ容器内に水が流れ落ちないように注水するには細心の注意を要さねばならないことがわかった。実際の宇宙実験においては、クルーが限られた時間の中で円滑かつ安全に給水を行わなければならない。そこで、実際にこれまで検討してきたベルイータおよび濾紙への給水システムが微小重力環境下で機能するのかどうかについてパラボリックフライトにより検証した。実験は、液体の拡散の視認性を良くするために水、塩水ともに、赤色インクを溶かした溶液を用いて行った。

まず、ベルイータへの注水についての検証を行った。比較のため、地上重力下で注水を行ったところ、色水は注水直後から重力方向から徐々に拡散していき、85秒後には全体にいきわたり、その後、所定の量を注水しきるのに90秒以上を費やした。一方、同様の注水を重力環境が微小重力状態になってから開始したところ、注水された色水は種子ポケット周囲から表面にしみていき、8秒後には全体にいきわたった。また、すぐにベルイータに吸収されない溶液はベルイータの周りを覆うように存在し、容器内にたれ落ちることはなかった。その後、飛行機の落下が終わり、微小重力環境から重力が回復した途端に、ベルイータの周りにあった溶液が重力方向に垂れた。実験に用いたベルイータは、注水した液量を吸収するのに十分な体積を有していることから、長時間の微小重力を得ることができる宇宙空間では、すぐに吸収されずにベルイータの周りを覆っていた水も、時間とともに吸収されていくことが期待された。

次に、濾紙への注水についても検証を行った。地上で濾紙に溶液を注水した場合は、溶液は給水ポートから重力方向に楕円状になりつつも、ほぼ同心円状に拡散していき、平均して18秒程度で全量が注水しきれた。このとき、溶液が濾紙から垂れ出すよ

うなことはなかった。同様にパラボリックフライトで得られる微小重力条件においても実験を行ったところ、注水開始直後から溶液はポートからほぼ同心円状に拡散していき20秒程度で全体にいきわたった。また、濾紙の表面に出てくる様子などは観察されなかった。また、重力が回復した後も色水が容器内に垂れ落ちることはなかった。これらの結果から、この給水システムが微小重力環境でも円滑に機能することが強く示唆された。

#### 参考文献

- 1) Went FW, Thimann KV (1937) *Phytohormones*. Macmillan New York
- 2) Mizuno H, Kobayashi A, Fujii N, Yamashita M, Takahashi H (2002) Hydrotropic response and expression pattern of auxin-inducible gene, *CS-IAA1*, in the primary roots of clinorotated cucumber seedlings. *Plant Cell Physiol*. 43: 793-801