

微小重力下における接触角測定のための 2 m 落下施設の適用性

Applicability of 2 m drop tower for contact angle measurement under microgravity

○長沼菜摘*・佐藤直人*・丸尾裕一*・野川健人**・登尾浩助**

○Natsumi Naganuma*・Naoto Sato*・Yuichi Maruo*・Kento Nogawa**・Kosuke Noborio**

1. 背景

2013年に火星に向けた有人宇宙ミッションを行う計画が示された(ISECG, 2013)。長期的な有人宇宙探査を実現するには、人間が生存するための食料を宇宙空間や地球外惑星・衛星で生産することが不可欠である(北宅ら, 2016)。宇宙空間における土耕栽培を実現するためには多孔質体中の水分挙動を把握する必要がある。微小重力下では多孔質体中の水分浸潤速度が極めて小さくなることが報告されているが(佐藤ら, 2014)、浸潤速度低下の原因は明らかではない。

多孔質体中の水分移動には毛管作用によるマトリックポテンシャルが大きく関わっている。毛管力は毛管径、水の表面張力、接触角によって決定される。特に接触角について、液滴径が6.5 mm以上の大きさの液滴で接触角の増加が確認されており(Brutinら, 2009)、このような接触角の増加が毛管力の低下、さらには浸潤速度の低下を引き起こした可能性がある。従って、微小重力下でより様々な浸潤溶液や液滴径について接触角を測定する必要がある。しかし、現在、国内で行うことのできる微小重力実験は主に50 m落下塔COSMOTORRE(HASTIC)かパラボリックフライト(ダイヤモンドエアサービス株式会社)の2つであり、これらの実験を行うには多額の費用を必要とする。そのため、多くのデータを得ることが極めて難しいので、実験室でも簡易に実施可能な、これらに代わる実験方法の構築が望まれる。そこで本研究では、2 mの簡易な落下施設を用いて微小重力下における接触角の変化を観察し、2 mの落下施設の適用性を評価した。

2. 実験方法

2.1 2 m 落下実験

2 m落下施設(図1)を使って接触角の測定を行った。ポリカーボネート板の上にマイクロピペットを用いて、30 μ Lの蒸留水を滴下した後、2 mの高さから自由落下させた。微小重力継続時間は0.6秒であった。液滴の様子はRaspberry Pi 3(Raspberry Pi Foundation)に接続したマイクロスコープ(HidemiconLite, 株式会社テック)によって動画で取得した。

2.2 50 m 落下塔実験

落下塔COSMOTORRE(HASTIC)を使って接触角の測定を行った。ポリカーボネート板上に、蒸留水5 μ Lを滴下し、50 mの高さから自由落下させた。微小重力継続時間は2.6秒であった。微小重力下における液滴の形状変化をRaspberry Pi 3(Raspberry Pi Foundation)に接続したマイクロスコープ(HidemiconLite, 株式会社テック)によって動画で取得した。

* 明治大学大学院農学研究科 Graduate School of Agriculture, Meiji University

** 明治大学農学部 School of Agriculture, Meiji University

キーワード: 水分移動、微小重力、間隙構造

2.3 解析方法

取得した動画を VirtualDub (<https://ja.osdn.net/projects/virtualdub/releases/>) を用いて、7 fps の静止画像として切り出した。時間経過による液滴の接触角の変化を ImageJ (<http://rsb.info.nih.gov/ij/>) ソフトウェアを用いて測定した。

3. 結果と考察

30 μL (2 m の落下実験) および、5 μL (50 m の落下塔実験) の液滴の重力変化に伴う接触角の変化を図2に示した。50 m 落下塔を用いた5 μL の液滴と2 m 落下施設を用いた30 μL の液滴において接触角の増加が確認された。5 μL の液滴では30 μL に比べて接触角の増加量が小さかった。液滴が大きいほど、1G下において重力の影響を大きく受けているので、微小重力になった際の増加量が大きくなったと考えられる。

50 m の落下塔実験では、液滴の接触角は落下開始後ただちに安定し、0.6秒以降接触角の変化は見られなかった。従って、微小重力下における接触角測定は微小重力継続時間が0.6秒の2 m 落下施設でも充分に行うことができると考えられる。

4. 謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費(17H06251, 代表: 登尾浩助)の助成を受けたものである。本研究の一部は新領域創成型研究・若手研究(代表: 佐藤直人)の助成を受けたものである。

5. 参考文献

[1] ISECG (2013): The Global Exploration Roadmap (2nd edition). [2] 北宅善昭ら (2016): 長期有人宇宙ミッションでの生命維持に必須の食料生産, 物質循環, 健康維持機能を担う植物栽培システムの構築. Space Utiliz. Res., Vol. 30. [3] 丸尾裕一ら (2016): 微小重力下における様々な形状のガラス管内の水の挙動. 2016 土壌水分ワークショップ論文集, 4-7. [4] 佐藤直人ら (2016): μG と 1G 条件下における多孔質体への水分浸潤. Space Utiliz. Res., Vol. 30. [5] Brutin, David. ら (2009): Sessile drop in microgravity: creation, contact angle and interface. Microgravity Science and Technology, 21.1, 67-76.



図1. 50 m 落下塔 (左) と 2 m 落下施設 (右)
Figure 1. 50 m Drop tower(left) and 2 m Drop tower(right).

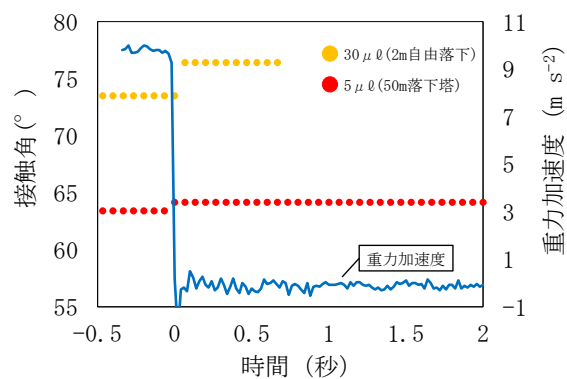


図2. 2 μL と 30 μL (2 m の自由落下実験) および、5 μL (50 m の落下塔実験) の液滴の重力変化に伴う接触角の変化
Figure 2. Changes in contact angle due to gravity change for 2 μL and 30 μL (2 m free fall experiment) and 5 μL (50 m drop tower experiment) droplets.