

平成 29 年 11 月 10 日

報道機関 各位

東北大学 学際科学フロンティア研究所

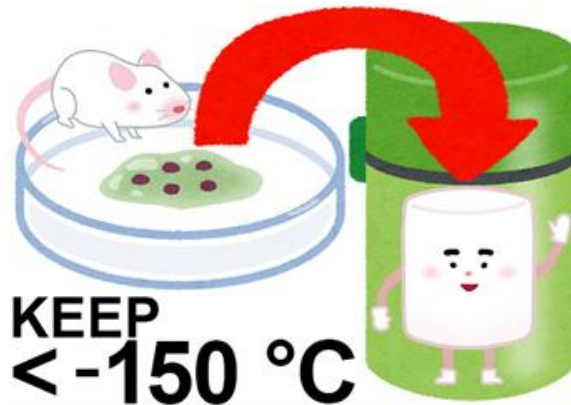
**シリコン組成モノリス型多孔体「マシュマロゲル」  
を用いた液体窒素保持材を開発**  
～市販魔法瓶水筒を用いて凍結試料の長時間運搬が可能に～

【概要】

東北大学学際科学フロンティア研究所 早瀬元・助教は名古屋大学 大矢康貴・技術職員とともに、市販魔法瓶水筒にシリコン組成モノリス型多孔体「マシュマロゲル」を詰めることで作製可能な、簡易な凍結胚運搬容器(小型ドライシッパー)を開発しました。-150 °C 以下を長時間保持可能な器具を DIY で作製可能であることから、動物胚や精子などを近隣施設へ運搬する際に活用されることが期待されます。本成果は 11 月 1 日に Applied Materials Today で公開されました。

Hayase, G.; Ohya, Y. “Marshmallow-like silicone gels as flexible thermal insulators and liquid nitrogen retention materials and their application in containers for cryopreserved embryos”, *Applied Materials Today* **2017**, 9, 560-565.

doi:10.1016/j.apmt.2017.10.004



## 【詳細な説明】

### 1. 背景

医学・生物学の研究分野では技術の進展により、遺伝子改変や突然変異マウスなどさまざまな種類のマウスが作出されており、その胚・精子を凍結保存して輸送するケースが多くなっています。これら凍結胚・凍結精子の長期保存や輸送には $-150\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下を長時間保つ必要があるため、冷媒に液体窒素を用いています。凍結胚・凍結精子の輸送には、内部に液体窒素吸収材が埋め込まれた特殊容器(ドライシッパー)が使用されていますが、高価で重量があるという問題点がありました。これまで、日本の大学研究環境では数十分から数時間内の少量輸送が多く、これらの容器はオーバースペックであったため、軽量化小型化が望まれていました。また、日本の若手研究者の予算は逼迫しており、安価な研究器具のニーズが高くなっていました。本研究では、マシュマロゲルと市販の水筒を用いて、凍結細胞輸送容器としての応用検討を目的としました。

マシュマロゲルは2011年に早瀬助教らが発表したシリコーン組成のモノリス型多孔体 [1] であり、高い柔軟性や撥水性などの性質を持ち、簡易なプロセスにより幅広い形状で作製可能であることから(図 1)、これまでさまざまな再現実験が行われてきました。加えて、液体窒素中でもある程度の柔軟性を有することから、2013年の論文では液体窒素をスポンジのように吸収・圧搾するデモンストレーションを論文中で報告しています[2]。この材料を液体窒素吸収に用いれば長時間保持が期待できることから、今回の研究が行われました。

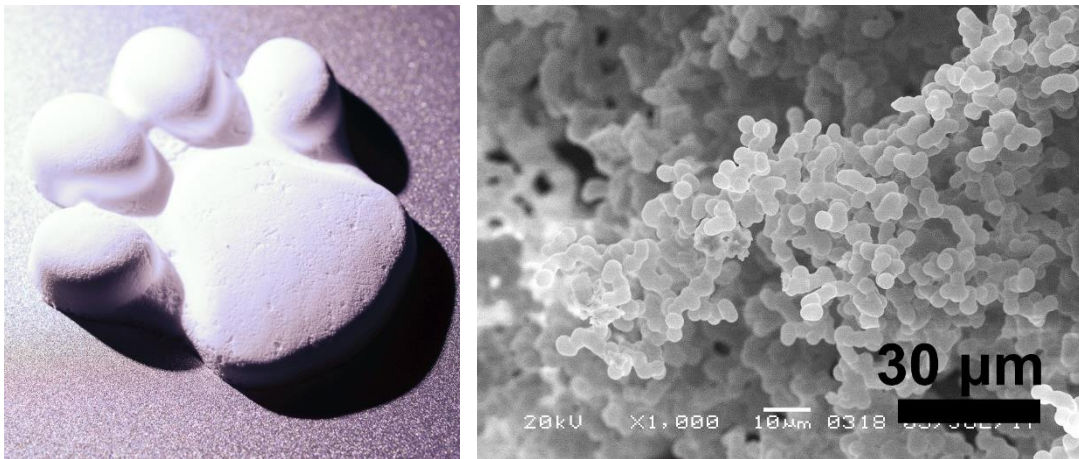


図 1 市販の菓子型を用いて作製したマシュマロゲルの外観と微細構造。

### 2. 今回の研究成果

マシュマロゲルの微細構造は数マイクロメートル径の骨格と数十マイクロメートルの細孔径から成っており、骨格間に液体窒素を吸収することができます。標準的に用いたマシュマロゲルのサンプルでは気孔率が 90% 以上であることから、体積の 90%

以上の液体窒素を内部に保持することが可能であると考えられます。液体窒素温度でマシュマロゲルはガラス転移を起こしていますが、室温では再び元に戻ります。この際、構造が壊れることはありません。一般的に多孔体内部の液体は、毛管力による蒸気圧低下や拡散性などの理由から、蒸発が遅くなる効果があります。マシュマロゲルは高い気孔率と発泡体等と比較して細かい細孔をもつため、高い効果が期待できます。

マシュマロゲルと繊維布を市販の魔法瓶水筒に詰めて(図2)液体窒素を注入し、数分後に未吸着の液体窒素を破棄して吸収量を比較したところ、マシュマロゲルで良好な結果が得られました。また、液体窒素吸収後のサンプルでは、長時間-150℃以下を保ち、布の倍以上、およそ10時間の保温性が確認できました(図3)。

続いてマシュマロゲルおよびポリエステルを詰めた同様の容器を用意して、マウス凍結胚の保温を行いました。解凍後の生存率について確認したところ、ポリエステル(PE)では4時間程度で全滅したのに対し、マシュマロゲルは9時間以上効果を発揮することがわかりました(図4)。



図2 マシュマロゲルを用いて作製した凍結マウス胚保存容器の構成図。板状のマシュマロゲルをロールして魔法瓶水筒内に充填した。

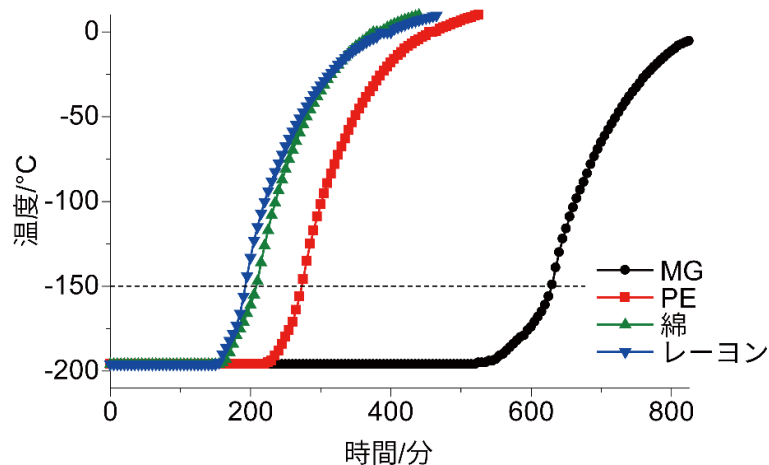


図3 マシュマロゲル (MG) と一般的な繊維布による低温保持能の比較。

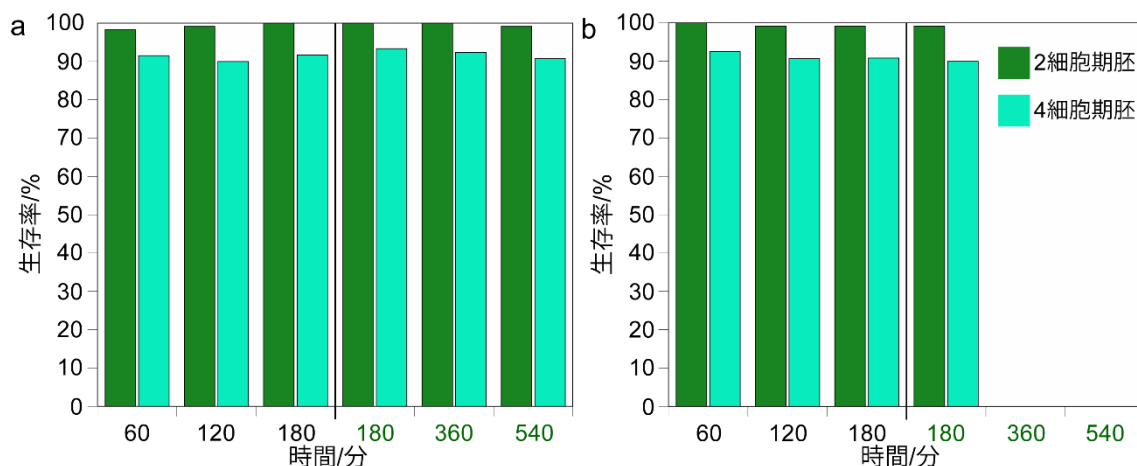


図 4 (a) マッシュマロゲルと (b) ポリエステルを液体窒素保持材に用いた場合におけるマウス胚の平均生存率。60・120・180 分および 180・360・540 分の 2 種類の時間セットに関して試験を行った。

これらの結果より、マッシュマロゲルと市販の水筒を用いて作製した凍結胚運搬容器は、大学内や近隣施設への凍結細胞の運搬に十分なスペックであり、実用的であると考えられます。加えて、他の冷却用途、例えば高温超伝導電磁石の冷却などへの利用も期待ができます。

また、室温における熱伝導率も  $30 \text{ mW m}^{-1} \text{ K}^{-1}$  と低い値であることから、柔軟な断熱材としての応用も考えられます。

### 3. 今後の展開

本研究におけるマウス凍結胚運搬容器は特別に高価な器具を必要としないことから、実験従事者が DIY で準備することが可能となります。液体窒素は完全に吸着しておりこぼれる心配が少なく、自家用車等で近隣施設にマウス胚を運ぶのに十分な性能を保持しています。今後は名古屋大学をはじめとして各施設への波及が期待できます。

マッシュマロゲルは既に 6 年以上も研究されているため新規材料とは言いがたく、材料自体の大幅な改良は見込めません。しかし、簡易なプロセスにより作製可能で高い再現性をもつことから、今後さまざまな分野におけるオープンな材料として活躍が期待できます。今後も応用アイデアを発表していくことを計画しています。

#### 【参考】

- Hayase, G. et al., *J. Mater. Chem.* **2011**, *21*, 17077–17079.  
doi:[10.1039/c1jm13664j](https://doi.org/10.1039/c1jm13664j)
- Hayase, G. et al., *Angew. Chem. Int. Ed.* **2013**, *52*, 1986–1989.  
doi:[10.1002/anie.201207969](https://doi.org/10.1002/anie.201207969)

**【謝辞】**

本研究は科研費(17H00684・15K17909)および笹川科学研究助成(29-332)の支援の下で行われました。マイクロCT測定における東北大学総合学術博物館 佐々木理・准教授のご協力に感謝致します。

**【論文情報】**

発表論文名:

Marshmallow-like silicone gels as flexible thermal insulators and liquid nitrogen retention materials and their application in containers for cryopreserved embryos  
(マシュマロゲルの柔軟断熱・液体窒素保持と凍結胚運搬容器への応用)

著者名: Gen Hayase, Yasutaka Ohya

発表雑誌名: Applied Materials Today

doi: 10.1016/j.apmt.2017.10.004

URL: <https://dx.doi.org/10.1016/j.apmt.2017.10.004>

プレプリント (ChemRxiv): <https://doi.org/10.26434/chemrxiv.5336200>

**【問い合わせ先】**

<研究に関すること>

東北大学 学際科学フロンティア研究所  
助教 早瀬 元(はやせ げん)

<http://hayase.science/>

<報道に関すること>

東北大学 学際科学フロンティア研究所  
URA 鈴木 一行(すずき かずゆき)

電話:022-795-4353

E-mail: [suzukik@fris.tohoku.ac.jp](mailto:suzukik@fris.tohoku.ac.jp)