

2021年11月18日

報道機関 各位

東北大学大学院工学研究科
東北大学大学院医工学研究科

**土壌中の休眠微生物・ウイルスが表出するメカニズム解明に期待
～微生物の発酵によるブラジルナッツ効果の発見～**

【研究のポイント】

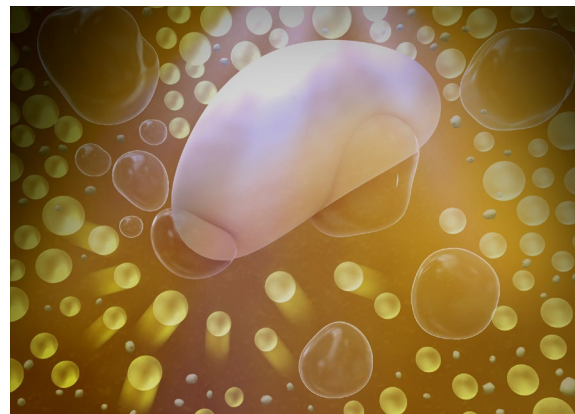
- 微生物の発酵時の発泡によるブラジルナッツ効果を発見
- 水環境において沈殿した粒子が表面上に再浮上するメカニズムを力学的に解明し、可視化に成功
- 休眠した微生物やウイルスの再興、未知の病原体が表出するメカニズム解明に期待

【研究概要】

大きさが異なる粉粒体の混合物に振動を与えると、大きな粒子が浮上し、小さい粒子が沈降する物理現象は“ブラジルナッツ効果”として知られていますが、このメカニズムについてはまだ明らかになっておりません。粒子の比重（重さ）や体積（大きさ）、浮力や重力などの物理的な要因によって説明される「粒子の対流」と「粒子の潜り込み」の二つの有力な説が提唱されており、隕石の衝突での微粒子飛散や地震後の土壌液状化現象など非平衡散逸系物理現象として注目されている現象です。

東北大学の研究グループの Atul Srivastava 博士（研究当時、大学院医工学研究科に在学）、菊地謙次准教授（大学院工学研究科）、石川拓司教授（大学院医工学研究科）らは、水中において酵母の発酵時の炭酸ガスの発泡によって微粒子内に沈降した物体が重力に逆らって浮上する、微生物由来のブラジルナッツ効果を発見しました。本研究では、湖底や河底、海底などの土壌が堆積した環境下で、土壌を流動化し、「粒子の潜り込み」によって埋没した物体が水面へと浮上する物理現象の可視化計測に成功しました。この成果は、土壌中に休眠した微生物やウイルスの再興、未知の病原体が表出するメカニズムの解明に貢献すると考えられます。

本研究成果は、2021年10月6日に、Soft Matter 誌の電子版に掲載されました。



同誌裏表紙として採択されたアートワーク

【研究の背景】

微生物には鞭毛や繊毛を用いて水中を遊泳するものがあり、呼吸や栄養吸収、危険回避や化学的物理的誘因によって様々な振る舞いを示すことが知られています。食品産業などで広く使用される酵母は、鞭毛や繊毛などの遊泳器官を有しませんが、発酵過程で自身が産生する気泡に付着することで、驚くべきことに秒速数 cm 程度の速度で底部から水面にまで上昇します⁽¹⁾。

研究グループは、発酵容器内に生分解されにくい人工物(シリコンゴム)を混入させることで、環境問題となっているプラスチックごみなどが、自然界の生態系にどのような影響を及ぼすのかを検討するために、実環境を模擬した「ジオラマ環境」での実験を行いました。発酵容器内に混入した人工物は、発酵気泡が付着することで容器の底面から水面に上昇し、その後、下降するという上下運動を繰り返し、容器内部が攪拌されます。その結果、栄養素が全体に行き渡り、酵母の増殖を促進させることが分かっています⁽²⁾。一見、酵母にとって邪魔な存在と思われる人工物ですが、実は酵母の増殖を助ける役割をすることが明らかになっています。

本研究では、人工物が周囲の微粒子に埋没した状況下で、微生物の発酵による発泡が微生物自身の10億倍の大きさの物体を移動させる物理現象を発見し(図1)、X線を用いたイメージング法と確率微分方程式に基づく理論解析により現象解明を試みました。

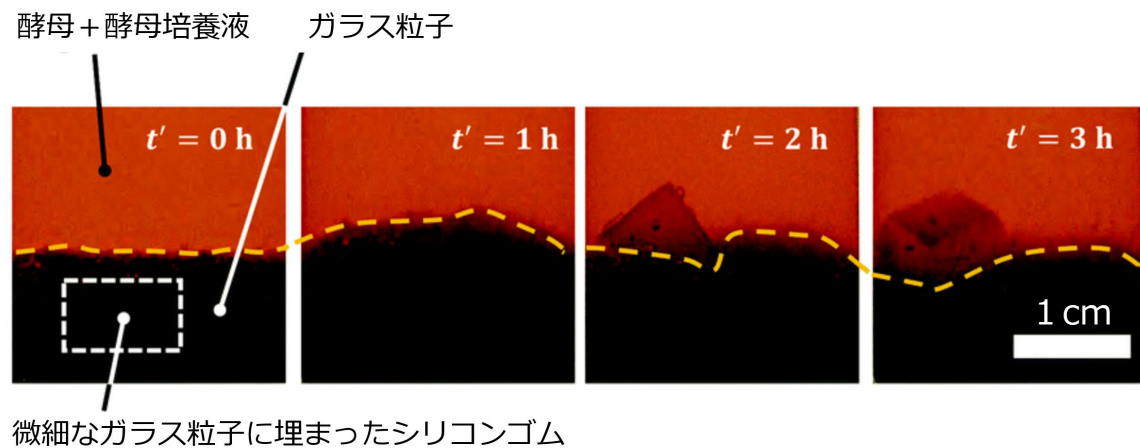


図 1. 酵母の発酵によって埋没したシリコンゴムが表面に浮かび上がる現象

- (1) A. Srivastava, K. Kikuchi, T. Ishikawa, The bubble induced population dynamics of fermenting yeasts, *Journal of the Royal Society Interface*, 17, 20200735, 2020
- (2) A. Srivastava, K. Kikuchi, T. Ishikawa, Non-biodegradable objects can boost microbial growth in water bodies by harnessing bubbles, *Royal Society Open Science*, 8: 210646, 2021

【研究成果】

今回、東北大学の研究グループの Atul Srivastava 博士(研究当時、大学院医工学研究科に在学)、菊地謙次准教授(大学院工学研究科)、石川拓司教授(大学院医工学研究科)らは、水中において酵母の発酵による発泡によって微粒子内に埋没した物体が重力に逆らって浮上する微生物由来のブラジルナッツ効果を発見しました(図

1)。

本研究は、湖底や河底、海底などの土壌が堆積した環境下で、微生物の発酵に伴う発泡による揺さぶり効果によって土壌を流動化し、「粒子の潜り込み」によって埋没した物体が水面へと浮上する物理現象の X 線を用いた可視化計測に成功し(図2)、確率微分方程式に基づく理論解析を行うことで、泡の移動によって生じた空洞と周囲粒子の潜り込みによる微生物の発酵によって生じる新たなブラジルナッツ効果を発見しました。

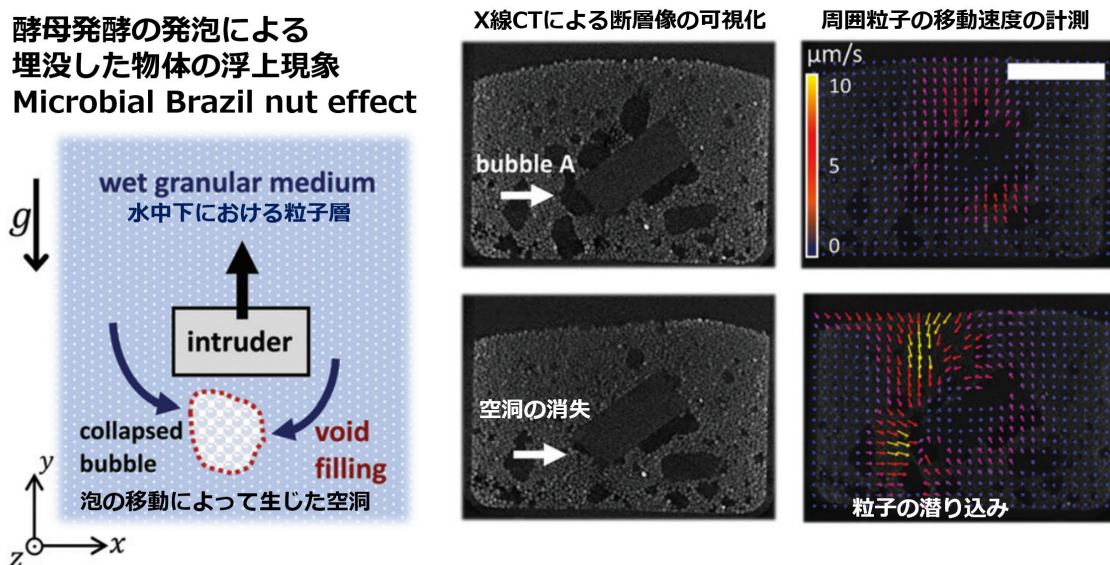


図 2. 埋没した物体下に生じた泡の移動によって生じた空洞に周囲粒子が潜り込む現象の可視化

【今後の展望】

本研究は、海洋など自然界に流出し沈降したプラスチックごみなどが原因で生じる、土壌中に休眠した微生物やウイルスの再興や未知の病原体の放出など、生態環境における輸送メカニズムの解明に貢献すると考えられます。

【付記】

本研究は、科研費(19H02059, 17H00853, 21H04999, 21H05306, 21H05308)および創発的研究支援事業(JPMJFR2024)の支援を受けて行われました。

【論文題目】

Title: Microbial Brazil nut effect

Authors: Atul Srivastava, Kenji Kikuchi and Takuji Ishikawa

掲載誌名: Soft Matter, 2021

DOI : 10.1039/D1SM01327K

URL : <https://doi.org/10.1039/D1SM01327K>

【お問い合わせ先】

(研究に関すること)

東北大学大学院工学研究科ファインメカニクス専攻

東北大学高等研究機構

准教授（東北大学ディスティングイッシュトリサーチャー）

菊地 謙次

TEL : 022-795-5029

FAX : 022-795-6959

Email : k.kikuchi@tohoku.ac.jp

(報道に関すること)

東北大学大学院工学研究科情報広報室 担当 沼澤 みどり

TEL : 022-795-5898

Email : eng-pr@grp.tohoku.ac.jp