

2023 年度年次報告書

トランススケールな理解で切り拓く革新的マテリアル

2023 年度採択研究代表者

栗栖 実

東北大学 大学院理学研究科

助教

膨張・分裂する次世代マイクロ膜小胞の創出

研究成果の概要

本研究の目的は、自発的に膨張・分裂するマイクロ膜小胞の機構解明と多様な膜分子組成での実現である。本年度は実験面での組成探索に先立ち、まずソフトマターの膜弾性理論に基づいて膨張・分裂機構を解明し、膜や環境が満たすべき物性値の範囲の情報を得ることに注力した。そこで膜の変形を記述する Helfrich の自発曲率モデルを用いて膜の曲げ弾性、膜張力、浸透圧差を考慮した膜小胞の自由エネルギー式から導かれる膜小胞の状態方程式 (Shape Equation) を議論したところ、その解として、確かに実験で観測された通りの小胞サイズで分裂が生じることの理論的な説明を与えることに成功した。これはすなわち、状態方程式を構成する各物性値が同程度であれば現在の1種類の分子組成 (AOT + Cholesterol) 以外の組成でも同様の膨張・分裂が実現可能であることを示唆する。実際に、こうした膜全体の安定形状に関するグローバルな平衡系の議論から、さらに膜のローカルなゆらぎの不安定性の議論へと展開することで、自発的な膨張と分裂のために膜に要求される物性・実験条件の範囲を示す不等式を得ることに成功した。これにより膜小胞の膨張・分裂現象は膜内外の浸透圧差(環境条件)に対する膜の自発曲率の大きさ(組成の物性条件)に強く支配されていることが判明し、今後実験面で膨張・分裂可能な多様な膜組成を探索していくための極めて大きな手がかりが得られた。

【代表的な原著論文情報】

- 1) Kurisu, M., Imai, M. Concepts of a synthetic minimal cell: Information molecules, metabolic pathways, and vesicle reproduction. *Biophysics and Physicobiology*, **21**, e210002, (2024).