

内部の混み合い・掻きまぜの影響が生きた細胞と抽出液のちがいを生む ～ “モノ” と “生き物” の違いは元気な動きにある～

九州大学大学院理学研究院の水野大介准教授と大学院理学府博士課程の西澤賢治（日本学術振興会特別研究員）は、生きた細胞と細胞から取り出された中身（細胞抽出液）の粘弾性を測定し、生きた細胞と細胞抽出液の違いを生み出す原因が、細胞内部の混み合った状態を掻きまぜる力にあることを明らかにしました。

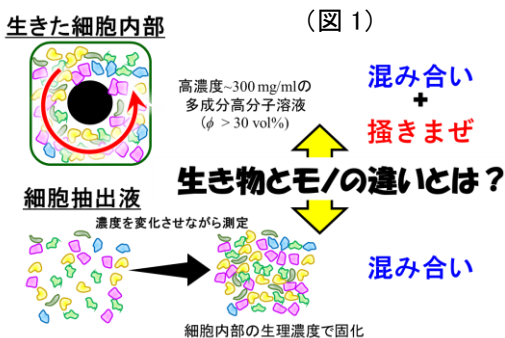
細胞は、必要に応じてその力学的性質を変化させて、多彩な機能を果たします。ガラスやゲル等の単なる“モノ”の性質を変えるには、その物質や構造を作り換えることが必要ですが、細胞のような“生き物”のダイナミックな柔軟性・順応性を説明するためには、もっと容易にその性質を変えられる仕組みが必要です。ダイナミックに変化する細胞の中身はとても混み合っていて、さらに、モータータンパク質が生み出す力によって掻きまぜられています。したがって、混み合いや掻きまぜによって、細胞の力学的な性質が大きく変化するのであれば、そこに“モノ”とは異なる“生き物らしさ”が生まれる可能性があります。そこで、水野大介准教授のグループでは、混み合いと掻きまぜの影響を調整した試料の力学的性質を比較検討して、生き物らしい性質が生まれる仕組みを明らかにしました(図1)。

まず、細胞の膜を壊して中身だけを取り出した細胞抽出液を用意し、掻きまぜの影響を除去した状態で、この細胞抽出液に含まれる中身の濃度を変化させながら力学的性質を測定しました。すると、わずかな濃度の増加で粘性率が急激に上昇(発散)し、固化することが分かりました。驚くことに、抽出された細胞の種類に依らずにヒトもバクテリアも、卵細胞も組織細胞も同じように変化して、生きた細胞内の濃度(≒300mg/ml)よりも低い濃度で固化することも分かりました。

生きた細胞も抽出液のように固まってしまうと、細胞内部に必要な物質を合成して、必要なところに送ることが出来なくなります。そこで、中身の濃度を変化させながら生きた細胞の力学的な性質を計測して、生きた細胞も本当に固まってしまうのか調べました。抽出液と内容物は全く同じであるにもかかわらず、抽出液とは異なり、生きた細胞内部は流動性を保っていました。また、中身の濃度と粘性率の関係性も細胞抽出液とは全く違いました。これを詳しく解析した結果、生きた細胞と抽出液の違いを生み出す原因が、細胞内部の掻きまぜにあることが分かりました。

これまで細胞が働く仕組みを調べる際に、混み合いや掻きまぜの影響は殆ど考慮されて来ませんでした。細胞や組織の力学的性質は、癌の悪性化や胚発生・幹細胞分化等の様々な病理・生理現象に影響を与えます。これらの細胞における混み合いや掻きまぜ効果をさらに研究することで、将来的にはがん治療や生殖・再生医療等の幅広い分野に貢献する知見が得られると期待されます。

本研究は、日本学術振興会 科研費 JP15H03710、JP2368403、JP25127712、JP25103011、JP23840031の支援を受けました。本研究成果は、2017年11月9日(木)にオンライン科学誌「Scientific Reports」に掲載されました。



研究者(西澤)からひとこと: 生き物が単なるモノとは何が違うのか? という大きな疑問を追及した結果、私達の細胞は“元気”でないと固まってしまうことが分かりました。私たちにとって身近な細胞内部のことでさえ、まだまだ未解明なことが多くあります。一つの考えに凝り固まらずに、好奇心・疑問を抱きながら今後も“元気に”研究に励みたいと思います。



水野准教授(左)
西澤博士課程/日本学術研究員(右)

【用語解説】

モータータンパク質：細胞内部には、アデノシン三リン酸(ATP)を加水分解することによって力を生成し、物質の輸送をする機能性高分子が存在し、モーター蛋白質と呼ばれます。細胞の中で荷物を運ぶトラックや、本当に回転するモーターや、筋肉の一部として働きます。