

京都大学教育研究振興財団助成事業 成 果 報 告 書

2019年 3月 31日

公益財団法人京都大学教育研究振興財団

会 長 藤 洋 作 様

所 属 部 局 工学研究科

職 名 助教

氏 名 天野 健一

助 成 の 種 類	平成 30年度 ・ 研究活動推進助成			
申請時の科研費 研究 課 題 名	理論と実験を組み合わせたコロイド粒子の分布構造予測			
上記以外で助成金 を 充 当 した 研 究 内 容	食品を利用したコロイド粒子の整列化			
助成金充当に関 わる共同研究者	(所属・職名・氏名)			
発表学会文献等	<p>(この研究成果を発表した学会・文献等)</p> <p>[発表1] 天野健一、古川暁之、西 直哉、作花哲夫、「高分子添加に伴う液中でのコロイド粒子—基板間の相互作用の変化:理論と実験による物性解析」、第69回コロイドおよび界面化学討論会、つくば市、2018年9月20日。</p> <p>[発表2] Ken-ichi Amano, Satoshi Furukawa, Naoya Nishi, Tetsuo Sakka, "Effect of addition of random-coiled polymers on depletion force between a colloidal particle and a flat plate", The 12th SPSJ International Polymer Conference, Hiroshima city, 5 December 2018.</p>			
成 果 の 概 要	研究内容・研究成果・今後の見通しなどについて、簡略に、A4版・和文で作成し、添付して下さい。(タイトルは「成果の概要／報告者名」)			
会 計 報 告	交付を受けた助成金額	1,000,000 円		
	使用した助成金額	1,000,000 円		
	返納すべき助成金額	0 円		
	助成金の使途内訳	費 目	金 額	
		旅費	502,560円	
		消耗品	129,694円	
備品		269,286円		
	学会参加費	98,460円		
当財団の助成に つ いて	<p>(今回の助成に対する感想、今後の助成に望むこと等お書き下さい。助成事業の参考にさせていただきます。)</p> <p>ご支援いただき大変ありがとうございました。研究の自由度も高く、食品を利用したコロイド粒子の整列化に関する試験的研究も行う事ができました。成果報告の時点ではまだ論文化された成果は出ていませんが、今回の助成のお陰で論文の原稿は準備できましたのでこれに関しても大変感謝いたします。今後ともこういった助成事業が続く事を強く願います。</p>			

成果の概要／天野健一

本研究では「理論と実験を組み合わせたコロイド粒子の分布構造予測」を行った。コロイドプローブ原子間力顕微鏡（CP-AFM）を用いるとコロイド分散系中におけるコロイドプローブと基板間のフォースカーブを測定する事ができる。フォースカーブの中には元々基板近傍に形成されていたコロイド粒子の密度分布の情報が含まれており、本研究で独自に開発した分析理論を用いてその情報の逆計算を行った。本研究では、コロイド分散系に非吸着性高分子を添加した際に、コロイド粒子の基板近傍における密度分布がどう変化するかを理論&実験的に研究した。また、理論的に非吸着性高分子の基板近傍における密度分布の計算も行った。主な成果は以下の通りである。

（成果1）：CP-AFMによって測定された非吸着性高分子が添加されたコロイド分散系でのフォースカーブ[1]を独自に開発した分析理論[2]に適用する事で、高分子の添加に伴う基板近傍のコロイド粒子の密度分布の変化を調べた。これにより非吸着性高分子の添加に伴いコロイド粒子が基板近傍に集まりやすくなる事が判明した。これは非吸着性高分子の添加に伴いバルクでの混み合いが増し、それを緩和するためにコロイド粒子が基板近傍に集まった（追いやられた）ためと考えられる。

（成果2）：上記の（成果1）で得た実験データの分析結果の妥当性を調べるために、純粋な理論計算による検証も行った。理論計算には積分方程式理論（Ornstein-Zernike equation coupled with hypernetted-chain closure）を用いた。また、非吸着性高分子のモデルとして Bolhuis と Louis によって提案されたモデルを用いた[3]。コロイド粒子は剛体球としてモデリングした。この計算においても、非吸着性高分子の添加がコロイド粒子を基板近傍に追いやる傾向を確認する事ができた。また、この計算では非吸着性高分子の基板近傍での密度分布も調べる事ができるので、それに関しても調べた。すると、非吸着性高分子はそれ自身のバルク濃度を上げたとしても、コロイド粒子のように積極的に基板近傍に集まる事はない事を確認した。

（成果3）：実験データの分析結果（成果1）と純粋な理論計算（成果2）の大きな違いは、コロイド粒子や高分子の電離の効果が含まれているかいないかである。よって、これらの結果を比較する事で次の事が判明した。「コロイド粒子や高分子の電離度が上がるに伴いお互いがより反発し合う効果が強まる。この反発のためバルクの混雑具合は増す。ゆえに電離度の高い高分子ほど、その添加に伴うコロイド粒子の基板近傍への追い込みをより促進させる。」

本研究と関連して「食品を利用したコロイド粒子の整列化」も行った。これまでのコロ

イド研究で得た知識を活かし、いくつかのコロイド粒子の整列化に挑戦した。最終目標は、食品由来のコロイド粒子を整列化させコロイド結晶とし、金属の利用無しに光沢のある食品を作成する事である。コロイド粒子を利用した食品保護シート等の作成も最終目標である。今回の試験的研究では最終目標まで至る事はできなかったが、ポリスチレン粒子（非食品）のコロイド結晶の作成と食品表面上への転写塗布に成功した。今後は全てを食品で作成できたらと考えている。

REFERENCES

- [1] S. Ji and J. Y. Walz, *Langmuir* 29, 15159 (2013).
- [2] K. Amano, T. Ishihara, K. Hashimoto, N. Ishida, K. Fukami, N. Nishi, and T. Sakka, *J. Phys. Chem. B* 122, 4592 (2018).
- [3] P. G. Bolhuis and A. A. Louis, *Macromolecules* 35, 1860 (2002).