

# 中性子小角散乱法による3成分系shake gelの構造解析

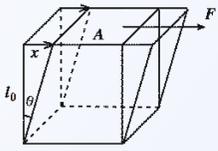
東大物性研 ○竹田麻希子、松永拓郎、西田理彦、杉村亜寿美、遠藤仁、柴山充弘

## Introduction

Shake Gel・・・剪断(shear)によりゲル化が誘起される溶液

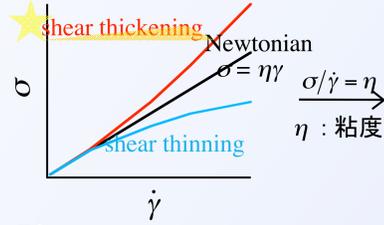
剪断(shear)

物体内部の任意の面に関して面に平行方向に力を作用させた状態



剪断応力:  $\sigma = F/A_0$   
 ひずみ:  $\gamma = l_0/x = \tan\theta$   
 ひずみ速度:  $\dot{\gamma} = \frac{d\gamma}{dt}$

複雑系液体の物性



粒子-高分子混合溶液

粒子分散溶液に高分子を添加して粘度を調節したもの。

化粧品、食品等多く分野で応用されている。

また、shear thickening、shear thinningなど興味深いRheology挙動を示す。

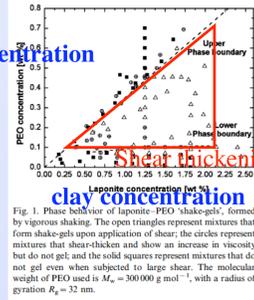
粒子-高分子混合溶液のshear thickening・・・粒子と高分子の間に働く引力相互作用が起源

粒子とポリマーの濃度、ポリマーの分子量、粒子間の距離が鍵となる現象。物性変化に伴う微視的構造研究の例は数少ない。

先行研究

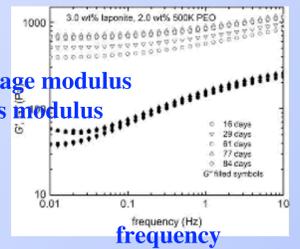
Phase diagram of shear thickening

PEO concentration



Aging effect

G' : Storage modulus  
G'' : Loss modulus



clay: 3 wt%-PEO(500k): 2 wt%

J. Zebrowski, et al.

Colloid Surface and Interface, 213, 189. (2003)

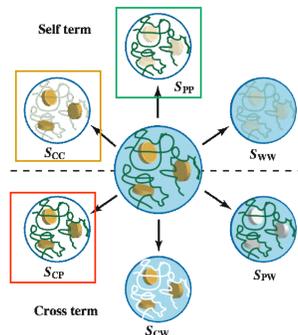
H. A. Baghdadi, et al.

Rheol. Acta, 47, 349. (2008)

## コントラスト変調SANS(CV-SANS)法

clay, PEO, water 3成分系の散乱関数

$$I(q) \approx (\rho_C - \rho_W)^2 S_{CC}(q) + (\rho_P - \rho_W)^2 S_{PP}(q) + 2(\rho_C - \rho_W)(\rho_P - \rho_W) S_{CP}(q)$$

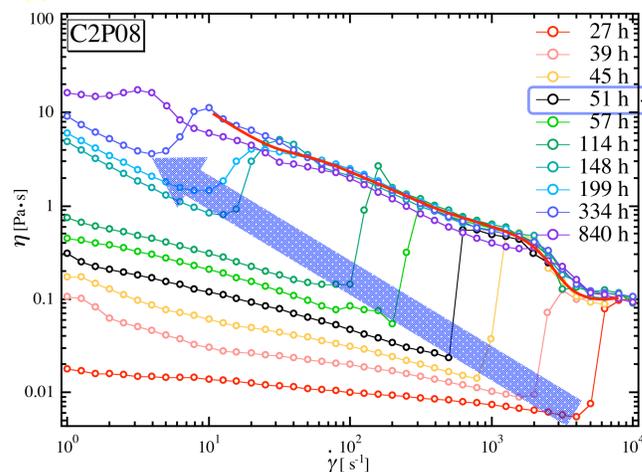


C: clay  
P: PEO  
W: 溶媒

$S_{ij}$ : 部分散乱関数  
 $\rho_W$ : 溶媒の散乱長密度  
 $\rho_P$ : PEOの散乱長密度  
 $\rho_C$ : clayの散乱長密度

溶媒のD<sub>2</sub>O分率( $\rho_W$ )を変え、それぞれの部分散乱関数を求める。

## Aging effect



調整してからの経過時間と共に、shear thickeningの起る剪断速度は低下する。どの時間においてもshear thickeningを起こした後は同じ粘度-剪断速度曲線を描く。

## 実験

sample

粒子-高分子混合系 Shake gel

・粒子: Laponite (XLG) (clay)

・高分子: Poly(ethylene) oxide (PEO)

$M_w=400,000$   $[-CH_2CH_2O-]_n$

・溶媒: 水

SANS測定の際は溶媒と重水を混合

( $\phi_{D_2O} = 1, 0.9, 0.8, 0.7, 0.6, 0$ )

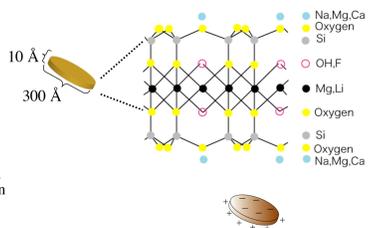
実験手法

粘度測定(macroscopic) Rheometer

MCR-501 (Anton Parr)

構造評価(microscopic) 小角中性子散乱

SANS-U (東大物性研)

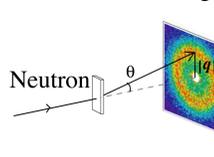
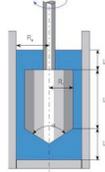


粘度測定

構造評価

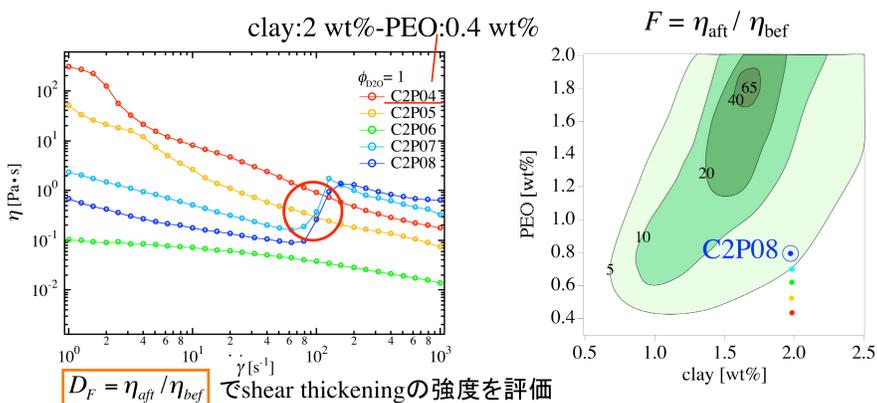
Rheometer

Small-Angle Neutron Scattering



## 粘度測定

Shear thickeningの強度測定



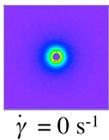
$D_F = \eta_{aft} / \eta_{bef}$  でshear thickeningの強度を評価

## Rheology と 2D-SANS パターン

実験条件 Col/SDD=4 m/4 m

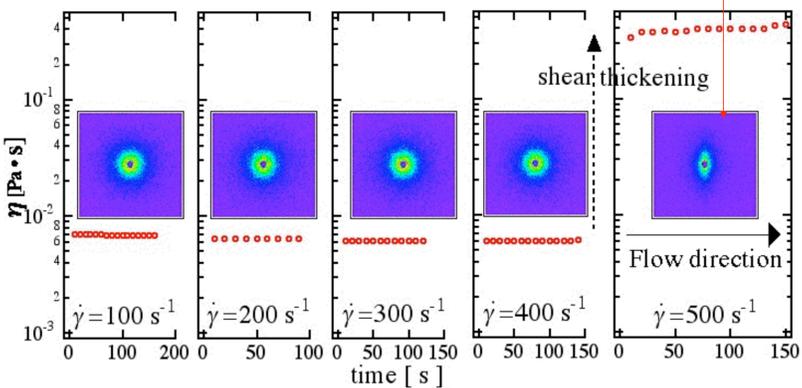
C2P08  $\phi_{D_2O}=1$

shear thickeningのおきる前の剪断速度( $\dot{\gamma} = 400 \text{ s}^{-1}$ 以下)では等方的な散乱パターンだが、thickeningが起きている状態( $500 \text{ s}^{-1}$ )では異方的な散乱パターン

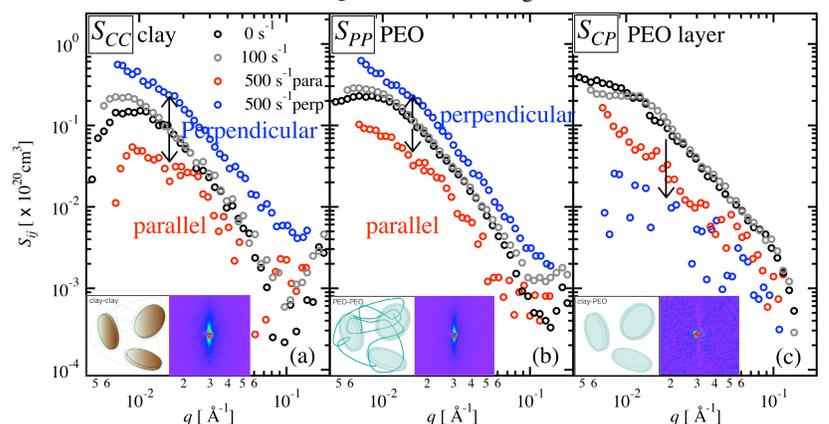
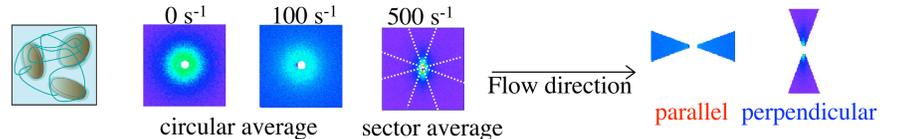


$\dot{\gamma} = 0 \text{ s}^{-1}$

Anisotropic scattering pattern!!



CV-SANS法により、配向の詳細を調べる。



thickeningがおきると、clayとPEO両方が流動方向に平行に配向

## まとめ

- ・ clay-PEO混合溶液において、clay表面にPEO吸着層が確認され、shear thickeningが起きると吸着層が薄くなる事が確認された。
- ・ shear thickeningが起きると流動方向と平行にclayとPEOが配向する事が分かった。
- ・ Rheology測定により、経時変化が確認された。調整時からの経過時間と共に、shear thickeningの起る剪断速度は低下する事が分かった。また、どの時間においてもshear thickeningを起こした後は同じ粘度-剪断速度曲線を描くことも分かった。

