

## アミノ酸系界面活性剤/高分子電解質複合体の潤滑特性

### Lubrication of amino-acid surfactant and cationic polyelectrolyte complexes

東理大・創域理工（学）\*高津 壮太 川研ファインケミカル株式会社（非）山本 義昭  
 川研ファインケミカル株式会社（非）平沼 健永 川研ファインケミカル株式会社（非）佐藤 裕樹  
 東理大・創域理工（非）荒川 京介 東理大・創域理工（非）酒井 秀樹 東理大・創域理工（正）酒井 健一  
 Sota Takatsu\*, Yoshiaki Yamamoto\*\*,  
 Takenaga Hiranuma\*\*, Yuki Sato  
 \*\*, Kyosuke Arakawa\*, Hideki Sakai\*, Kenichi Sakai\*  
 \*Tokyo University of Science, \*\*Kawaken Fine Chemicals Co., Ltd.

#### 1. 緒言

逆電荷を帯びた界面活性剤と高分子電解質は水中で静電的に相互作用して複合体を形成する<sup>1)</sup>。この複合体はシャンプー製剤に利用されている。近年、環境や安全への意識の高まりにより、陰イオン性界面活性剤の中でもアミノ酸系界面活性剤を配合した製品も増えている<sup>2)</sup>。本研究ではアミノ酸系界面活性剤の一つである *N*-ドデカノイル-*N*-メチル- $\beta$ -アラニンナトリウム (C12MeAlaNa) と四級アンモニウム塩型の陽イオン性高分子電解質 (CP) が形成する複合体の固体表面 (シリカ) に対する吸脱着機構を水晶振動子マイクロバランス (QCM-D) と原子間力顕微鏡 (AFM) を用いて評価した。また、その評価結果と潤滑特性との関係性を検討した。

#### 2. 方法

650 mmol/kg (20 mass%) の C12MeAlaNa と 0.3 mass% の塩化 *o*-[2 ヒドロキシ-3-(トリメチルアンモニオ)プロピル]ヒドロキシエチルセルロースを混合し、湯浴 (80 °C)、攪拌、静置して複合体を調製し、これを 1/50 に希釈することで評価に使用した。これら物質の化学構造を Fig. 1 に示す。QCM-D や AFM の測定は 25 °C あるいは室温条件で行った。さらに、摩擦試験はボールオンプレート法で行い、25 °C 恒温下で荷重 50 g、摺動速度 1.0 mm/s で評価した。

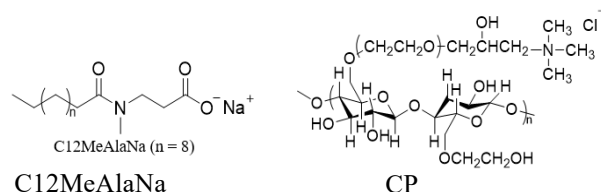


Fig. 1 Chemical structures of C12MeAlaNa and CP

#### 3. 結果と考察

##### 3.1 C12MeAlaNa・CP 複合体の溶解性評価

C12MeAlaNa・CP 複合体の溶解性を知るために、CP を 0.006 mass% に固定して、C12MeAlaNa の濃度を変化させた際の目視観察を行った。その結果を Fig. 2 に示す。C12MeAlaNa の濃度が高くなるにつれて、溶解領域から二相分離 (固体析出) 領域、再溶解領域に変化した。固体析出領域では負電荷を帯びた C12MeAlaNa と CP の比率が同程度となり、凝集体を形成したと考えられる。ここで、固液界面での評価に用いる濃度はシャンプー製剤で用いられる比率で、再溶解領域である C12MeAlaNa を 13 mmol/kg、CP を 0.006 mass% とした。

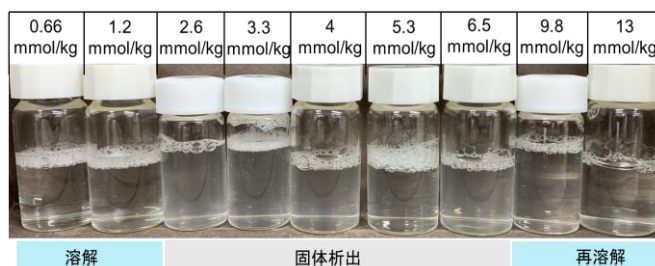


Fig. 2 Visual observation of C12MeAlaNa and CP complexes.

##### 3.2 C12MeAlaNa 単独系, CP 単独系, C12MeAlaNa・CP 複合体の潤滑特性

C12MeAlaNa 単独系 (13 mmol/kg) および CP 単独系 (0.006 mass%), C12MeAlaNa (13 mmol/kg)・CP (0.006 mass%) 複合体の潤滑特性を評価するために摩擦試験を行った。手順はまず、純水中で動摩擦係数を測定した後に、C12MeAlaNa や CP の水溶液に置換して動摩擦係数を測定した。さらにその後、溶液を純水に置換して再度、動摩擦係数を測定した。C12MeAlaNa 単独系の測定結果を Fig. 3 に、CP 単独系の測定結果を Fig. 4 に、C12MeAlaNa・CP 複合体の測定結果を Fig. 5 に示す。これらの結果から、いずれ

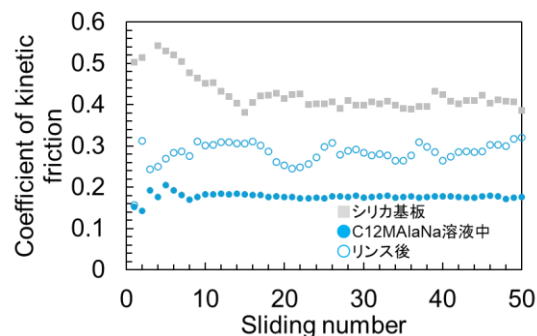


Fig. 3 Kinetic friction coefficients measured in C12MeAlaNa aqueous solution.

の添加剤も動摩擦係数の低減に寄与していることが示唆された。特に，C12MeAlaNaは顕著に動摩擦係数を低減することがわかった（Fig. 3）. さらにその

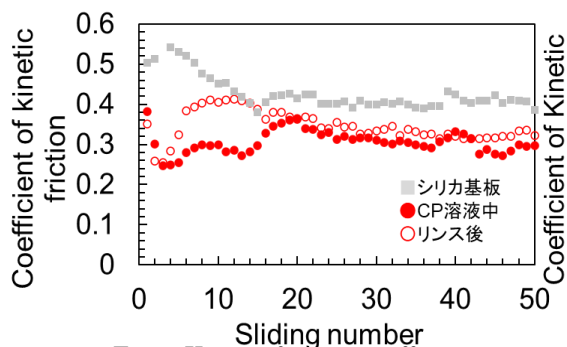


Fig. 4 Kinetic friction coefficients measured in CP aqueous solution.

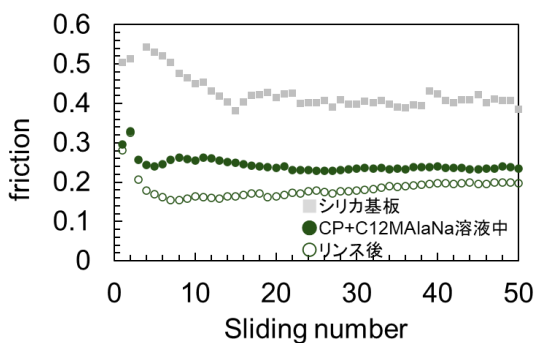


Fig. 5 Kinetic friction coefficients measured in C12MeAlaNa and CP complexes aqueous solution.

後，純水で置換すると，摺動回数によらず，全体的に動摩擦係数が増加した。一方，CP 単独系の動摩擦係数は C12MeAlaNa 単独系での値よりも高くなった（Fig. 4）。その後，純水で置換すると動摩擦係数は増加したが，摺動後期には CP 溶液中の値まで減少した。さらに，C12MeAlaNa・CP 複合体は CP 単独系よりも動摩擦係数が低くなること，および C12MeAlaNa 単独系のようにリンス時に動摩擦係数を増加させることなく，低い値を維持できることがわかった（Fig. 5）。

### 3.3 C12MeAlaNa・CP 複合体の吸着特性

QCM-D 測定により，C12MeAlaNa 単独系（13 mmol/kg），CP 単独系（0.006 mass%），ならびに C12MeAlaNa（13 mmol/kg）・CP（0.006 mass%）複合体の吸脱着挙動を評価した。その結果を Fig.6 示す。QCM-D 測定では吸着量の指標となる振動数の変化量（ $\Delta F_3/3$ ）と粘弾性の指標となるエネルギー散逸値の変化量（ $\Delta D_3$ ）を得ることができる。

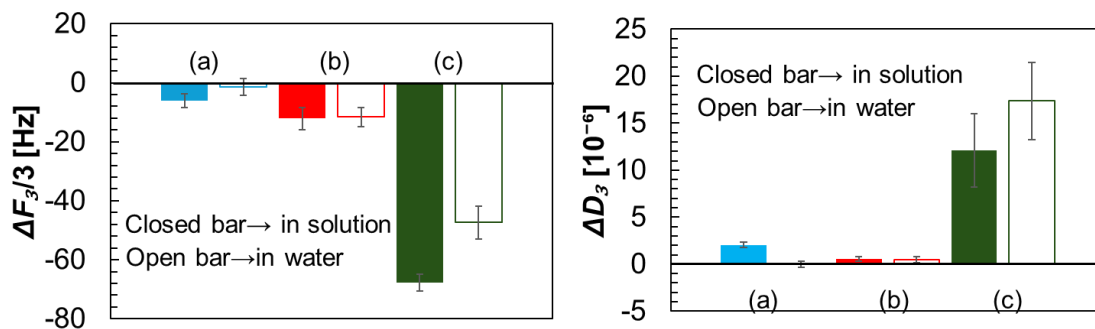


Fig. 6 QCM-D results for (a) C12MeAlaNa single system, (b) CP single system and (c) C12MeAlaNa and CP complex system.

溶液添加時には C12MeAlaNa は基板上に吸着し，動摩擦係数を減少させるが，リンス後，そのまま C12MeAlaNa は脱着したため動摩擦係数が増加したと考えられる。CP 溶液中では  $\Delta F_3/3$  が減少し， $\Delta D_3$  が増加したことから，CP の吸着が確認され，リンス時には残存することが示唆された。さらに，C12MeAlaNa・CP 混合水溶液添加時には振動数  $\Delta F_3/3$  は極めて顕著に減少， $\Delta D_3$  も極めて顕著に増加したことから粘性優位な混合吸着膜の形成が示唆された。この組成では負電荷が優勢であるものの，CP がアンカーとして作用し，吸着膜が形成されたと考えられる。この粘性優位な混合吸着膜が潤滑性の向上に寄与したと考えられる。また，純水でリンスすると， $\Delta F_3/3$  と  $\Delta D_3$  がともに増加する傾向が得られたことから，吸着膜の一部が脱離しつつも残存した吸着膜はさらに粘性優位になっていることが示唆された。この粘性優位な吸着膜が動摩擦係数の低減に寄与したと考えられる。

## 4. 結言

本研究では QCM-D 測定を用いることで，C12MeAlaNa・CP 複合体が粘性優位な混合吸着膜を基板上で形成していることが示唆された。この吸着膜の存在により，動摩擦係数を減少させていると考えられる。さらに，純水でリンスすると吸着膜の一部が脱離しつつも残存した吸着膜はさらに粘性優位になることが示唆され，動摩擦係数も減少することが示唆された。

## 文献

- 1) Surfactants and Polymers in Aqueous Solution, K. Holmberg, B. Jonsson, B. Kronberg, B. Lindman, John Wiley & Sons, Ltd. (2002) Chapter 13: Surfactant-Polymer System.
- 2) 吉村倫一，矢田詩歩，オレオサイエンス，2020，20，425-430