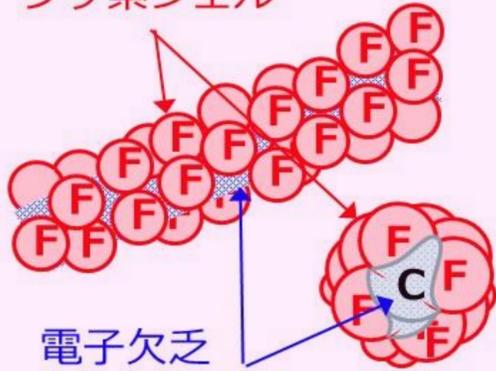


【課題】

電子リッチな
フッ素シエル



電子欠乏
の炭素コア

フッ化炭素基

PFASの代表 フッ素系界面活性剤

長所 耐熱性、耐薬品性、撥水性・撥油性、防汚性、防曇性

応用例 撥水処理剤、食品容器、洗剤、消火剤、泡

安定化剤、フッ素系ポリマー乳化剤など

短所 高価、生体への悪影響（生体蓄積性、発がん性の懸念）、

高環境負荷

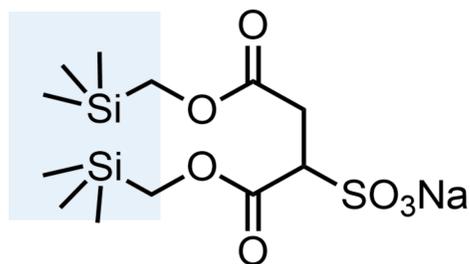
⇒ PFOA、PFOSなどのフッ素系界面活性剤の使用が禁止

× PFOA: $F(CF_2)_7COOH$ × PFOS: $F(CF_2)_8SO_3Na$

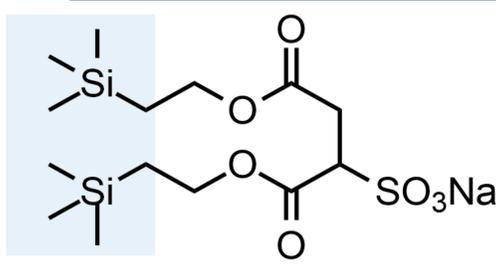
【研究概要】

フッ素系界面活性剤に代わる非フッ素系低表面エネルギー界面活性剤が必要

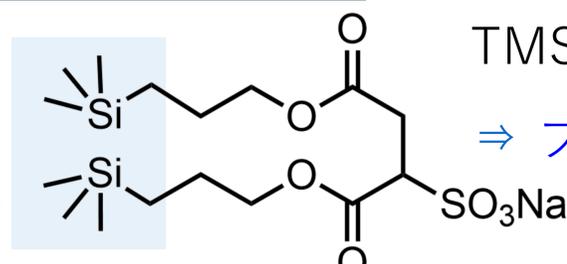
ヘッジホッグ界面活性剤



di-SiMSS



di-SiESS



di-SiPSS

TMS基, t-ブチル基

⇒ フッ化炭素基の代替

$\gamma_{CMC} = 27.0 \text{ mN/m}$

$\gamma_{CMC} = 24.3 \text{ mN/m}$

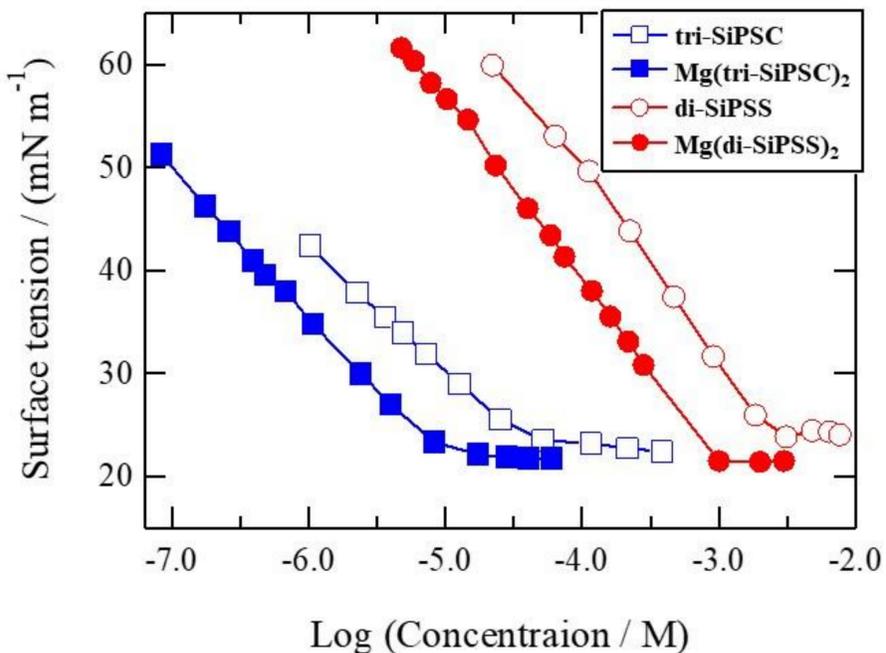
$\gamma_{CMC} = 22.8 \text{ mN/m}$

TMS系ヘッジホッグ界面活性剤が非常に低い水表面張力値を達成¹⁾

1) Adam Czajka, Christopher Hill, Jocelyn Peach, Jonny Pegg, Isabelle Grillo, Frederic Guittard, Sarah E. Rogers, **Masanobu Sagisaka**, and Julian Eastoe. *Phys. Chem. Chem. Phys.*, **2017**, *19*, 23869-23877.

【研究成果】

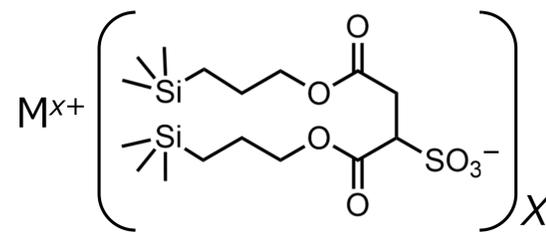
TMS系ヘッジホッグ界面活性剤の水表面張力低下能力(@25°C)²⁾



二鎖型

di-SiPSS ($M^{x+}=Na^+$)

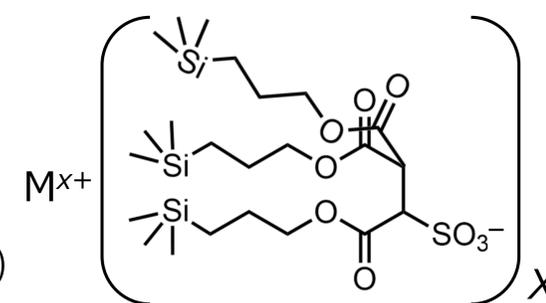
$Mg(di-SiPSS)_2$ ($M^{x+}=Mg^{2+}$)



三鎖型

tri-SiPSC ($M^{x+}=Na^+$)

$Mg(tri-SiPSC)_2$ ($M^{x+}=Mg^{2+}$)

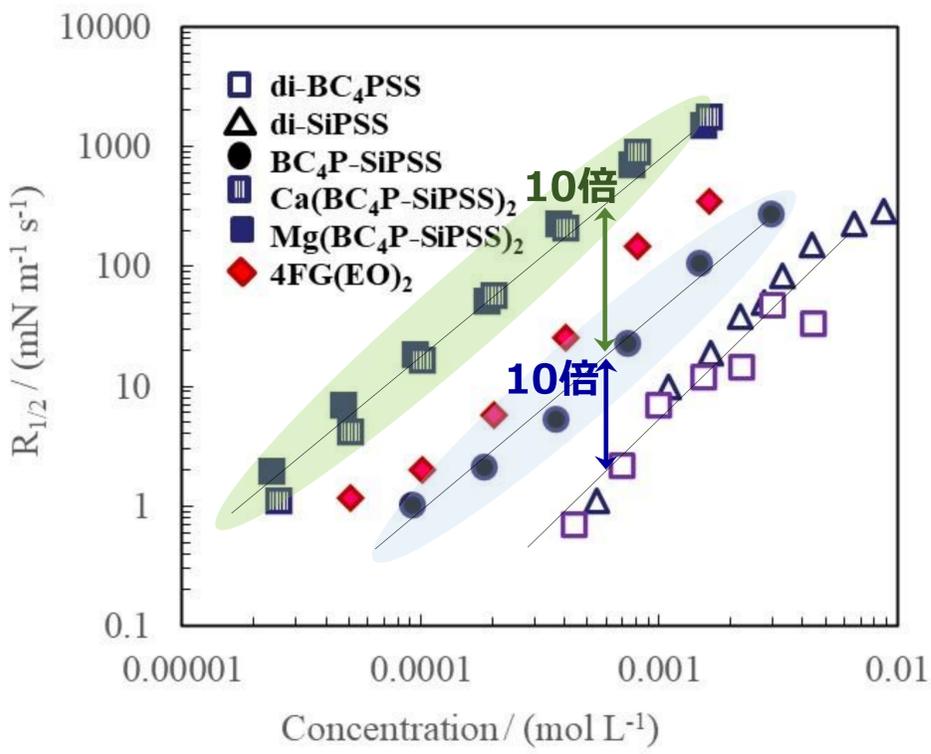


Surfactant	CMC / (mol L ⁻¹)	γ_{CMC} / (mN m ⁻¹)
di-SiPSS	2.3×10^{-3}	23.9
$Mg(di-SiPSS)_2$	9.4×10^{-4}	21.5
tri-SiPSC	3.6×10^{-5}	23.8
$Mg(tri-SiPSC)_2$	8.1×10^{-6}	22.3

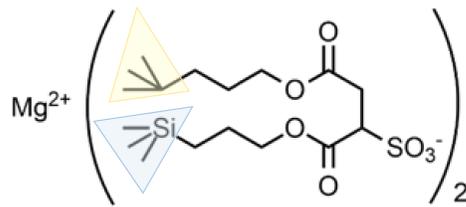
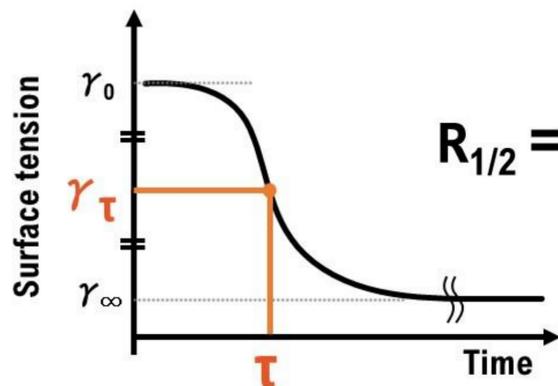
数 μ Mの極低濃度でフッ素系界面活性剤に匹敵する水表面張力低下能力(15~25 mN/m)

2) Nina M. Kovalchuk, **Masanobu Sagisaka**, Suzuna Osaki, Mark J. H., *Colloids Surfaces A*, 604, 125277 (2020).

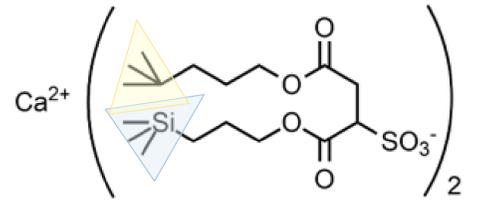
ヘッジホッグ界面活性剤の水表面張力低下速度 $R_{1/2}$ (@25°C)



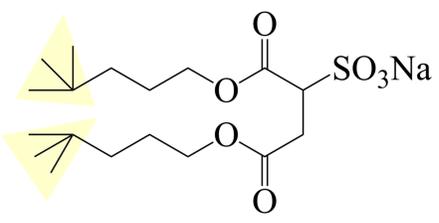
$R_{1/2}$ の算出方法 (最大泡圧法利用)



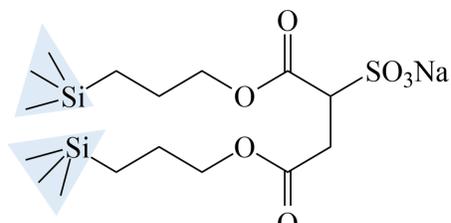
$Mg(BC_4P-SiPSS)_2$



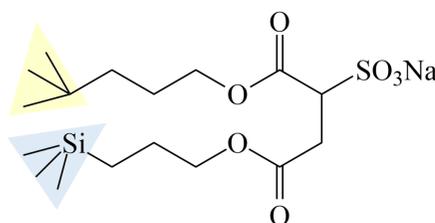
$Ca(BC_4P-SiPSS)_2$



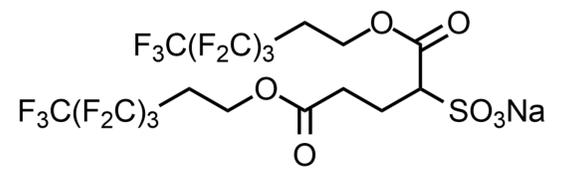
di- BC_4PSS



di-SiPSS



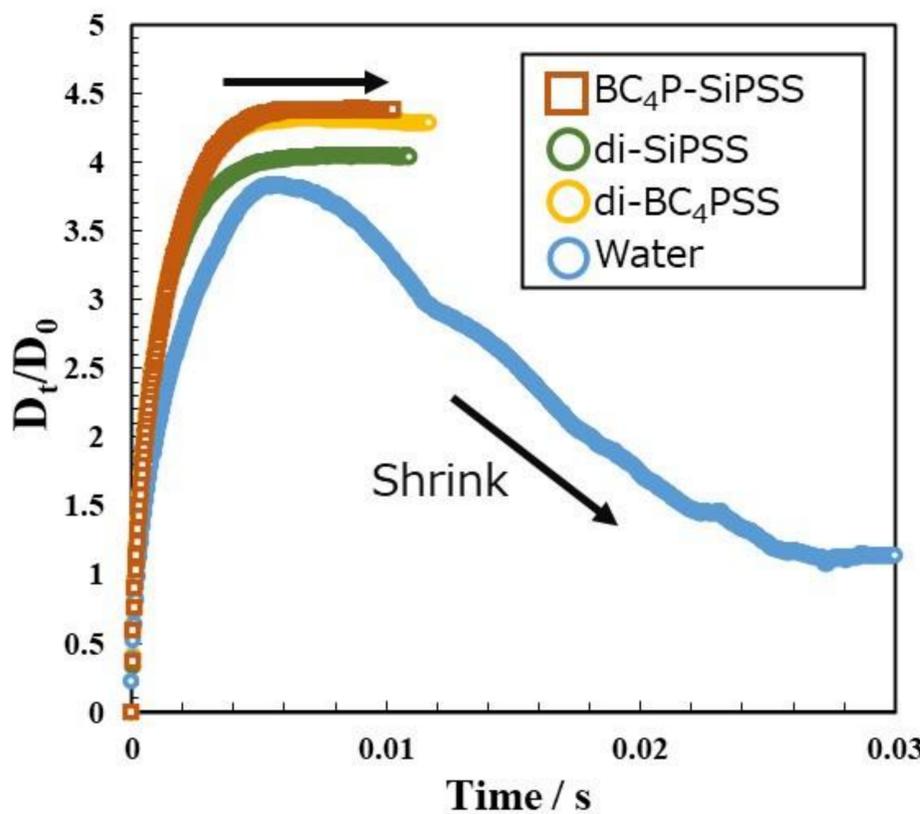
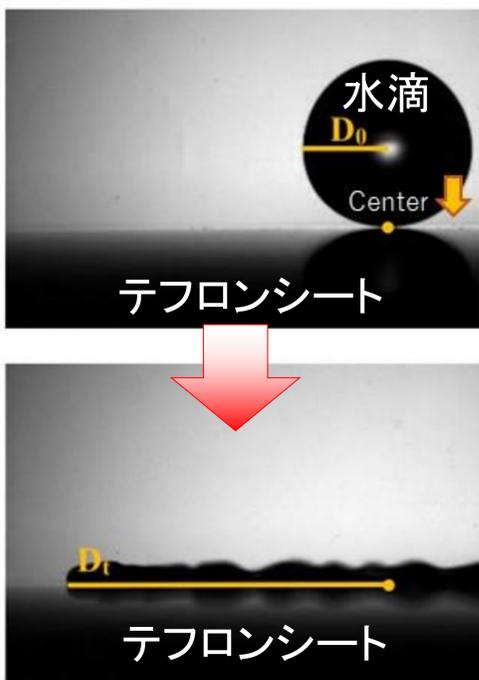
$BC_4P-SiPSS$



$4FG(EO)_2$

TMS基とt-ブチル基を併用したハイブリッド型疎水基構造 + 二価対イオンの採用
⇒水表面張力低下速度を100倍以上高速化、フッ素系界面活性剤の性能を圧倒

ヘッジホッグ界面活性剤の高速湿潤性能



テフロンシート表面での
界面活性剤水溶液
(@10 × CMC)の湿潤挙動

**水の表面張力だけでなく、
水/テフロン界面張力も
効果的に低下させ、ミリ
秒スケールで高速湿潤**

【今後の展開】

- ・ **低コスト化**に加え、さらなる**表面張力低下能力、低下効率、低下速度の向上**
- ・ **実証試験**を行い、実験データを積み重ね、**条件・組成の最適化**
- ・ 界面活性剤の**生体や環境への影響(細胞毒性や生分解性等)の調査**

【問い合わせ先】

弘前大学 研究・イノベーション推進機構 産学官連携相談窓口

E-mail: ura@hirosaki-u.ac.jp / TEL: 0172-39-3176