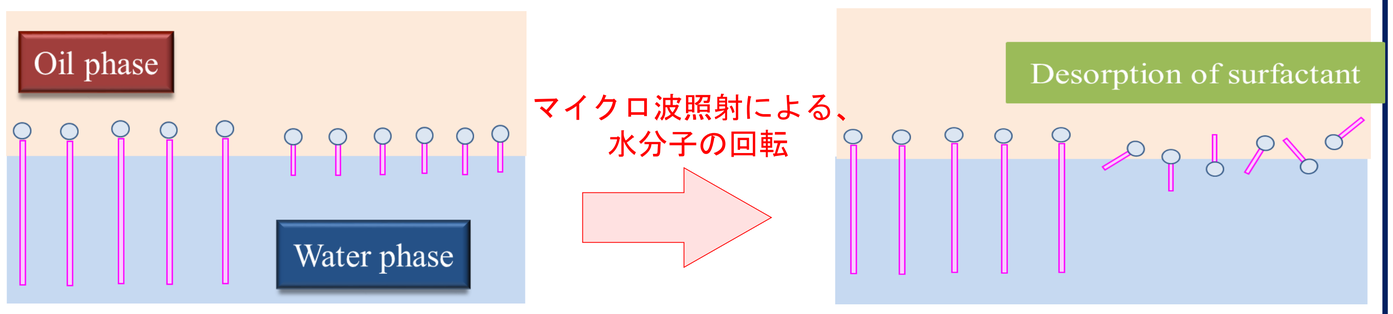
マイクロ波で溶液の性質を変える

(兵庫県立大) 薗部智史、柴田洋輔、朝熊裕介、(Curtin Uni) Anita Hyde, Chi Phan

研究目的

以前の研究では、マイクロ波照射によるより短い界面活性剤(TritonX-100)の脱着が確認された。本研究では、より長い界面活性剤(TritonX-405)を、マイクロ波で界面から脱離させることを試みた。その脱着には高出力であるものの、局所加熱による沸騰挙動には気を付けなければならない。 そこで、高出力のパルス照射を行い、エネルギー集中を低減させることで、界面活性剤の脱着を試みる。



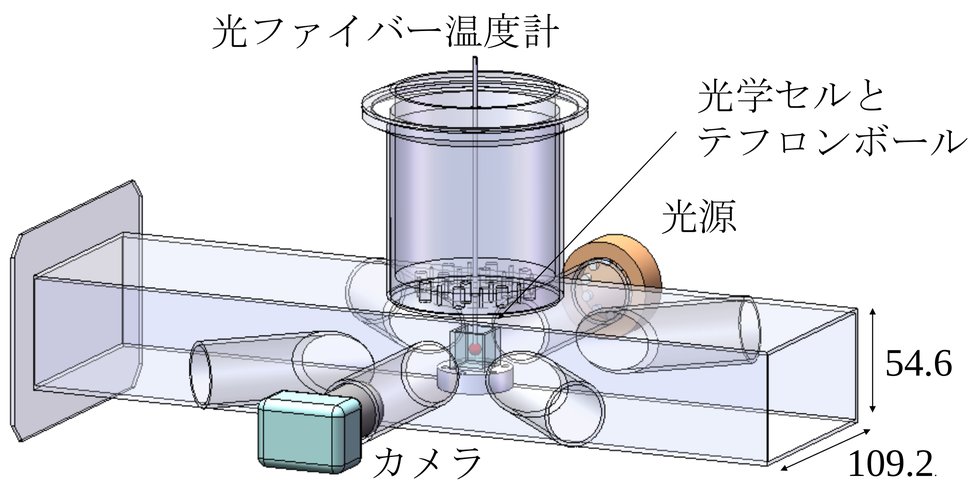
(a)マイクロ波照射前　(b)マイクロ波照射後

図1マイクロ波照射下による界面活性剤の脱着のモデル図

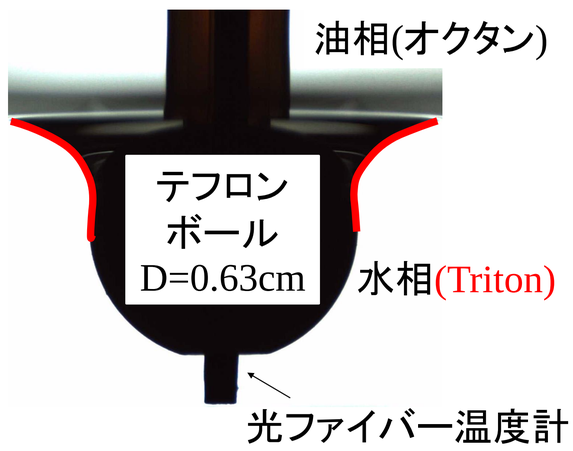
実験方法

①照射出力を変更し、同じエネルギーのマイクロ波を照射した。
②マイクロ波照射中の界面の様子を動画撮影し、照射中及び照射後の水相の温度を測定した。

撮影された動画で、メニスカスを解析し界面張力を測定した。



(a)実験装置の概略図



(bマイクロ波照射前のメニスカスの様子

表. 界面張力の実験条件

溶液	出力(W)	Nacl(mol/L)	照射回数	照射時間(s)	照射間隔(s)	エネルギー(J)
X-405/0.2 mM	200	0	4	3	27	2400
	200	1	4	3	27	2400
	400	1	2	3	27	2400
	800	1	1	3	27	2400

無次元数について -局所加熱-

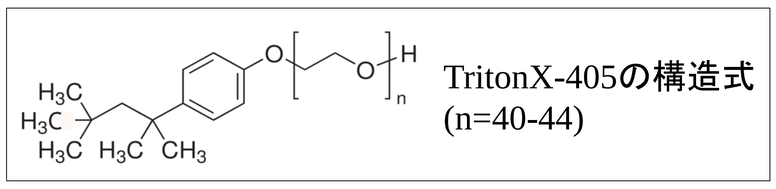
$$M_w = \frac{W}{\alpha H d \rho} = \frac{W C_p}{\lambda H d}$$

界面に対してプラスの効果は分子(W)
マイナスの効果は分母($\alpha H d$)

W : マイクロ波出力 (W)
a : 熱拡散率(m^2/s) (= l / rC_p)
H : 蒸発潜熱(J/g)
d : マイクロ波の透過厚さ (m)
r: 密度 (g/m^3)
C_p : 比熱(J/(g･K))
l : 熱伝導率(W/(m･K))

無次元数がより高い数値であれば、界面でのエネルギー集中度合いが高くなる

実験結果と考察



TritonX-405の構造式
(n=40-44)

図.5マイクロ波照射による界面近傍の気泡形成

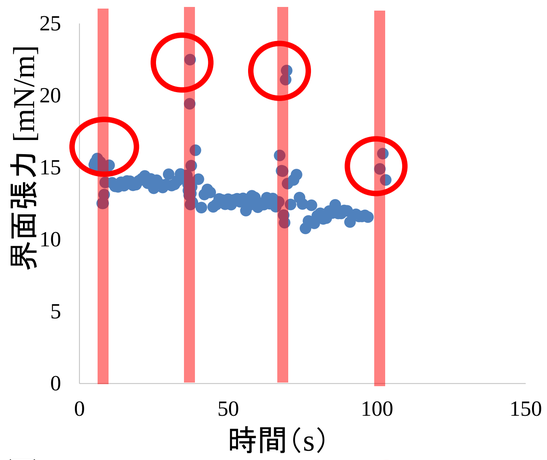


図 **1**. 200W; 3s 27s; NaCl 0mol/L

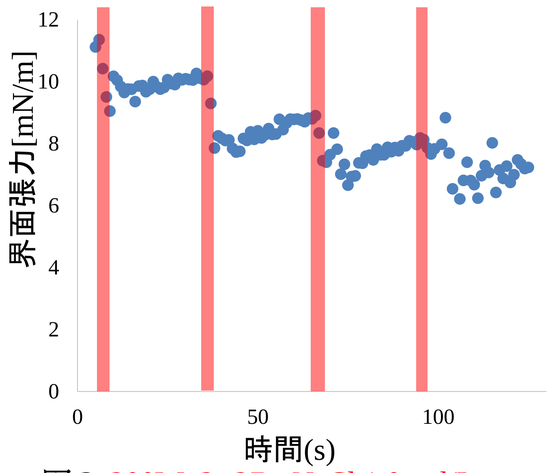


図 **2**. 200W; 3s 27s; NaCl 1.0mol/L

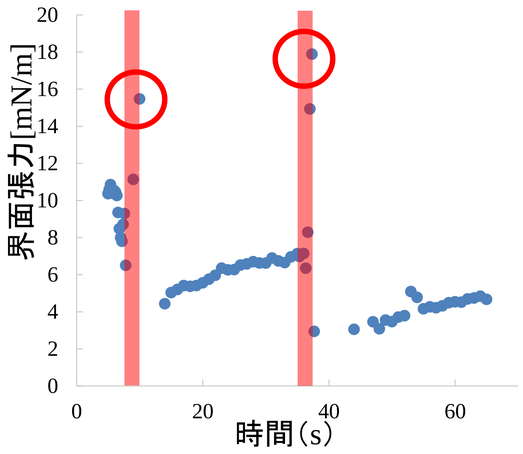


図 **3**. 400W; 3s 27s NaCl; 1.0mol/L

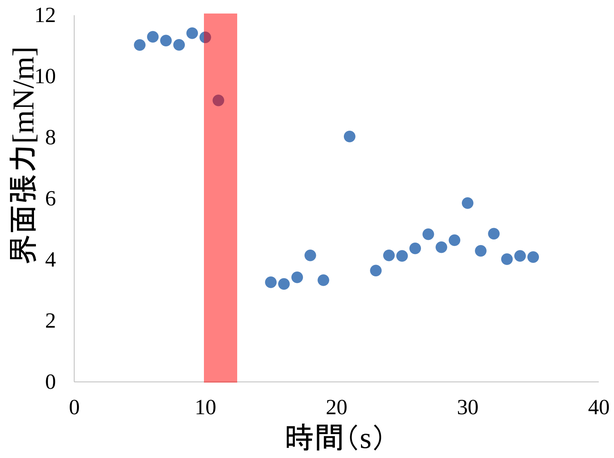
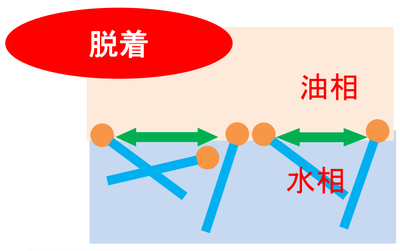
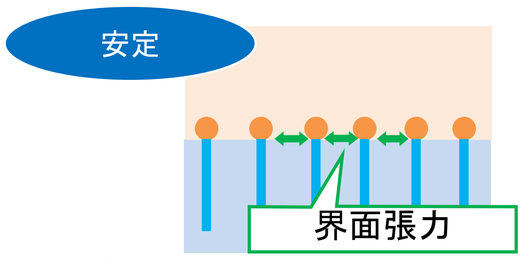


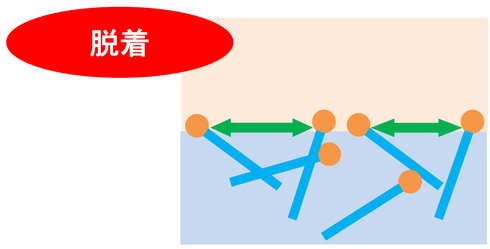
図 **4**. 800W; 3s 27s NaCl; 1.0mol/L



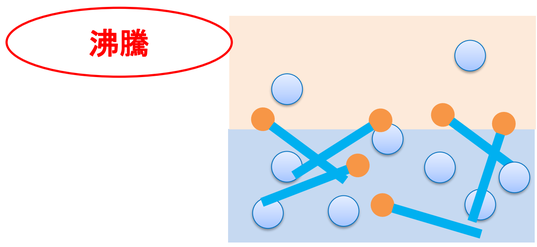
マイクロ波の出力が200Wの場合、界面活性剤分子及び水分子が強く回転する。界面張力が急激に上昇しており、界面活性剤 の脱着が考えられる。これらの回転は界面近傍でさらなる脱着を引き起こす可能性がある。



NaClを追加して、マイクロ波を界面に対してさらに局所的に集中させた。しかし、界面での界面活性剤の脱着は起こらなかった。これは親水基が長いため、電解液の界面で界面活性剤がより安定しているためと考えられる。



マイクロ波照射が400Wの場合、NaClの濃度が高い溶液で界面張力の急激な増加が観察された。より高い出力が必要なことがわかった。



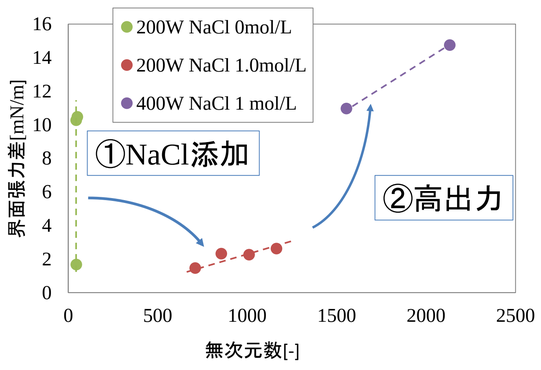
マイクロ波電力が最大(800W)のとき、水が沸騰した(図5)。
したがって、水に塩が含まれている場合、より長い界面活性剤を脱着させるためには、中程度の出力が必要である。

概要

①NaClの添加により、界面活性剤がより安定するため、急激な界面張力の増加(界面活性剤の脱着)が困難。

②界面活性剤の脱着には、より高い出力が必要。

③無次元数は界面活性剤の脱着現象を判断するのに適した指標。



結論

界面張力について本実験では、親水基の長さが異なる界面活性剤の存在下で、異なる出力のパルス照射で測定した。

・界面活性剤の脱着で引き起こされる界面張力の急激な応答が、親水基の長い界面活性剤であっても、パルス照射中に観測できた。

・塩濃度が高い場合、親水基の長い界面活性剤の脱着はより困難になる。界面活性剤の脱着にはより高い出力が必要となる。

・界面でのマイクロ波局所加熱に関する無次元数は、脱着現象を制御し、沸騰現象も防止するための良い指標になる可能性がある。