

## M204

## Korteweg 力によって生じる液滴の自走運動

(同志社大理工)○(正)伴 貴彦\*・松本 卓也・青山 愛・(正) 塩井章久

## 1. 緒言

相互溶解する二溶液を化学平衡から遠く離れた状態で接触させると、その系の自由エネルギーを最小にするように、系が一相もしくは組成の異なる二相に分離する。この過程で対流が発生し、その対流は化学ポテンシャル勾配に比例する力—Korteweg 力—によって引き起こされることが理論的に示されている。しかしながら、この力は非常に微弱なため、相分離過程に伴う密度差による浮力の発生や、界面濃度の不均一性に起因する Marangoni 力による対流の発生により、覆い隠され、Korteweg 力の存在を実験的に実証するのは非常に困難である。

本研究では、密度差による浮力の発生も界面エネルギー変化に伴う Marangoni 力も発生しない水性二相系を用いて、Korteweg 力による液滴の運動の発現を実験的に実証する。

## 2. 実験方法

水性二相系として、 $\text{Na}_2\text{SO}_4$ -PEG 8000 を用いた。PEG8000 の濃度が 10.0wt%、 $\text{Na}_2\text{SO}_4$  の濃度が 13.0wt% となるように溶液を調整し、相分離を行う。上相を連続相に用いる。液滴相として、任意の濃度にした  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  溶液を用い、前述の連続相中に体積  $10\ \mu\text{L}$  の液滴を形成した。液滴は 1 もしくは 2 滴形成し挙動の変化を観察した。

## 3. 実験結果および考察

Vladimirova らは質量と運動量の輸送を成分依存性の体積力—Korteweg 力  $F_\phi$ —と連結させ、液滴の運動の数値シミュレーションを行った<sup>1)</sup>。その液滴の挙動は、連続相の初期濃度と平衡濃度の差によって大きく変化した。初期濃度が平衡濃度より低い場合は、液滴が収縮し溶解し、液滴の運動が起こらない。しかしこの過程では、時間の平方根に比例して変化する拡散過程とは異なり、Korteweg 力により時間に比例して液滴半径が減少する。また、初期濃度が平衡濃度より高い場合は、液滴は周りから物質を吸収し、液滴周りに“溝”を掘り、Korteweg 力により液滴が等速度運動を行う。

本実験系では、連続相に平衡にした水性二相系の上相を用い、液滴相の濃度を変化させて実験を行った。水性二相系を用いているため界面エネルギーが極めて低く、Marangoni 力はほとんど発生せず、また密度差も小さいため浮力の影響を無視することができる。13.0wt%  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ -10.0wt% PEG 8000 の平衡後の下相の成分は、16.0wt%  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ -1.4wt% PEG 8000 となっている<sup>2)</sup>。そのため液滴相の  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  の濃度が 16wt% を境に液滴運動の挙動が変化することが予想される。

我々の実験では、液滴の濃度が 16wt% 以下の場合は液滴が拡張しながら溶解することがわかった。その際に液滴の重心は僅かに移動したが並進運動はほとんど起こらなかった。16wt% 以上では、液滴がその形をほぼ維持したまま、並進運動を行った。単滴の溶解過程では Korteweg 力の存在を立証することができなかったため、濃度が 16wt% 以上での 2 液滴の運動挙動を調べることにより Korteweg 力の存在を確かめた。

平衡濃度を境にした 2 液滴の引力および斥力相互作用

は数値シミュレーションによって Vladimirova らに示されている。2 液滴にした場合の実験結果を Fig. 1 に示す。初期濃度が 5wt% の場合は、液滴の形が形成直後に速やかに崩れ、広がりながらお互いが交じり合い、溶解した。初期濃度が 20wt% の場合は、液滴が形状を保ちながら、並進運動を行った。

Fig. 1d の 2 液滴の運動結果を解析し、液滴の移動距離と液滴間距離の経時変化を Fig. 2 に示す。液滴の移動距離は時間にほぼ比例し、等速度運動を示すことがわかった。また、液滴間距離は時間とともに広がった。液滴同士が斥力相互作用を及ぼしながら、運動をしていることがわかる。この結果も Korteweg 力が作用したときに見られるシミュレーション結果と一致している。

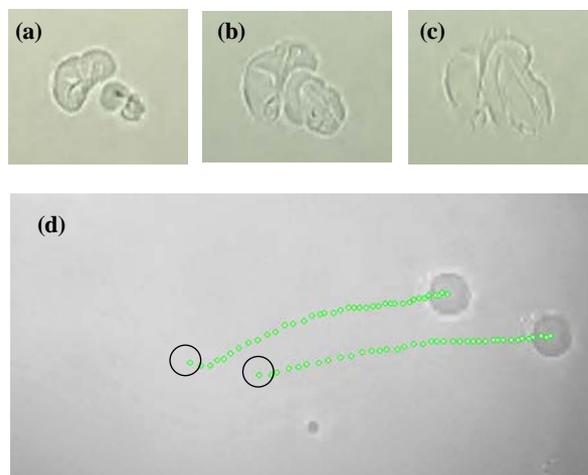


Fig.1 Motion of two droplets at initial concentration  $C_0=5\text{wt}\%$  (a)-(c) and, at 20wt% (d).

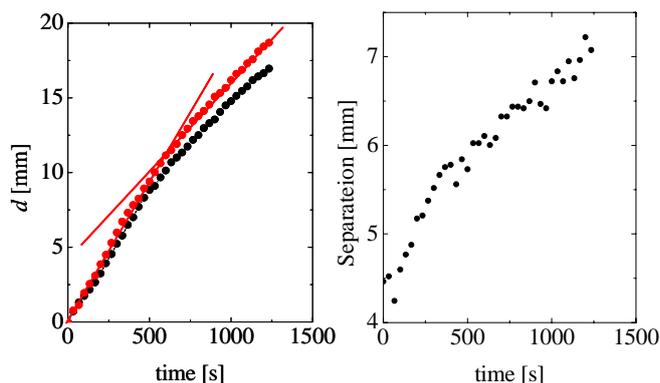


Fig.2 Evolution of moving distance (a) and separation between two droplets (b) in Fig. 1d.

## 参考文献

- 1) N. Vladimirova et al., *Phys. Rev. E*, vol. 60(1999)2037
- 2) S. N. Snyder et al., *J. Chem. Eng. Data*, vol. 37(1992)268

\* TEL:0774-65-6577

E-mail: tban@mail.doshisha.ac.jp