

A221

基板上における 2 成分溶液滴の内部流動

(九大院) ○(学)宮本 晋安・(九大工)(正)中曾 浩一・(正)深井 潤*

【はじめに】電子デバイスの新たな製造プロセスとしてインクジェット製膜法が期待されている。滴下する溶液に混合溶媒を用いるとマランゴニ効果で液滴内部が攪拌され、形成する薄膜形状が制御できる¹⁾。しかし、混合溶媒液滴内部の流動については詳細に検討した。本研究では、PIV で基板上混合溶媒液滴の蒸発過程における内部流動を可視化し、2 成分溶媒の組合せが流動に及ぼす影響を検討した。

【検討事項と実験方法】基板上液滴の接触角が 90° より小さい場合、気液界面での蒸発速度に分布が生じ²⁾、接触線付近の蒸発速度が大きくなる。そのため、混合溶媒を用いると、接触線部分に高沸点成分、液滴頭頂部分に低沸点成分の割合がそれぞれ大きくなると考えられる。このとき、混合溶媒の沸点、表面張力が異なると界面の溶媒組成よりマランゴニ対流が誘起される。

本研究では、溶媒としてアセトフェノン(以下 Ap)、シクロヘキシルベンゼン(以下 CHB)、メシチレン(以下 Mes)、アニソール(以下 Ani)、キシレン(以下 Xy)、溶質には分子量 250,000 のポリスチレンを $c_0=3.0$ wt% で用いた。Table 1 に溶媒の沸点および表面張力を示す。

マイクロシリンジを用いて初期体積 1.0 μl の液滴を、疎液処理を施した Si 基板上に滴下した。可視化光源として YAG レーザを用いた。シート状にしたレーザを反射ミラーにより液滴上部から照射し、30 fps の CCD カメラにより水平方向から撮影した。可視化トレーサとして粒径 4 μm 、密度 1.02 kg/cm^3 のナイロンパウダを 0.1 wt% 混入した。基板の周りはアクリル製の箱で覆い、外乱による影響を防いだ³⁾。実験では基板温度、雰囲気温度を 25°C 一定とした。

【結果および考察】Table 2 に各溶媒の組合せおよび予測されるマランゴニ対流の方向と実験結果(流動方向と最大流速)を表す。溶媒混合比はいずれも 50 : 50 (質量基準)とした。Ap/Mes の場合、予測どおり液滴対称軸上向きに流動させることができ、単成分溶媒の流速(Table 1)と比較して 2 オーダ大きい流速となった。Mes/Xy の場合、溶媒の表面張力の差が小さいため誘起される流速も小さくなった。Ap/CHB の場合、Fig. 1 に示すように滴下直後に対称軸を下降する向きの流動が観察され、48 min 後に流動方向が逆転した(Fig. 2)。この現象は溶質を用いない場合でも観察されたため、混合溶媒液滴蒸発時のマランゴニ対流によると考えられる。ここで初期溶質濃度を 0, 3, 8 wt.% と増加させると流動方向の逆転が起こるまでの時間は、58, 48, 5 min と短縮され、20 wt.% では滴下直後から上昇流が見られた。この原因は不明である。

以上より、溶媒に表面張力、沸点の異なる 2 成分溶媒を用いることで、液滴気液界面で生じるマランゴニ対流により内部流動を制御できることがわかった。また、蒸発の進行とともに低沸点成分の割合が減少するため流動方向が逆転する場合があることもわかった。

【参考文献】1) de Gans and Schubert, *Langmuir*, **20**, 7789 (2004)
2) Deegan *et al.*, *Phys. Rev. E*, **62**, 756 (2000).
3) Kaneda *et al.*, *Langmuir*, **24**, 9102 (2008)
4) H. Hu and R. G. Larson, *J. Phys. Chem. B*, **106**, 1334 (2002)

Table 1 溶媒物性値と単成分液滴蒸発時の最大流速
(実験結果, $c_0=3.0$ wt%)

	CHB	Ap	Mes	Ani	Xy
沸点[°C]	512	475	438	427	412
表面張力 [mN/m]	24.5	38.8	28.3	34.6	28.1
流速[$\mu\text{m}/\text{s}$]	0.1	2.0	6.3	8.0	—

Table 2 組合せおよび粒子速度

組合せ	予測される液滴 対称軸での流動方向	実験結果	
		流動方向	平均流速 [$\mu\text{m}/\text{s}$]
Ap/Mes	上向き	上向き	175
Mes/Xy	上向き	上向き	3.89
CHB/Ap	下向き	下向き*	0.62

(*48 min 後, 上向きに変化)

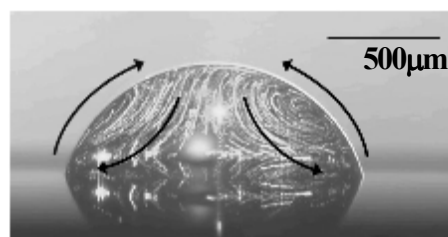


Fig. 1 粒子の軌跡 ($c_0=3.0$ wt.% - Ap/CHB 25°C)

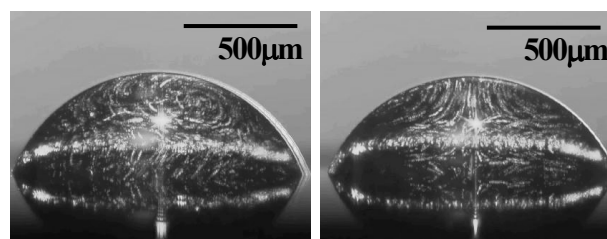


Fig. 2 流動方向の逆転の様子
(左: 遷移状態の軌跡 右: 遷移後対称軸上向きの流動)

* E-mail: jfukai@chem-eng.kyushu-u.ac.jp