

## 微小スケール流れの観察について

機械・環境建設系技術班 十河 基介

### 1. はじめに

加工技術の進歩によりナノスケールの加工も可能となってきた。これに伴って流れのスケールも微小化している。微小スケールの流れにおいては、液体の粘性の影響が大きくなるなど特有な現象が現れる。微小スケールの流れの研究はこれまで多くの研究が行われており、ナノスケールの流れについても注目されている。微小スケールの流れの実験においては流れを可視化し、流れの様相を観察する方法がよく使用される。今回は主に、微小スケール流れの観察における可視化実験についての報告を行う。

### 2. 光学顕微鏡による観察

図-1に倒立型リサーチ顕微鏡を示す。この顕微鏡は光源として水銀ランプやレーザー光を利用して観察対象の下側から観察する形式の顕微鏡である。

図-2に PDMS (polydimethylsiloxane) によるマイクロスケールの流路を示す。PDMS は型取りによって微細な流路を製作することができる。また、自己吸着性があるため簡単に微小スケールの流路を構成することができる。この流路にトレーサー粒子として蛍光粒子を混入した液体を流す。光源によって発生する粒子からの蛍光によって可視化し、その動きから流れの様相を観察することができる。マイクロスケールの流れにおいては、温度や風などの実験環境によって流れが不安定となるので、実験環境の管理は重要となる。また、流れが安定するまでに長時間必要となることや、漏れなどもゆっくりと影響があるので準備に時間がかかることが多い。

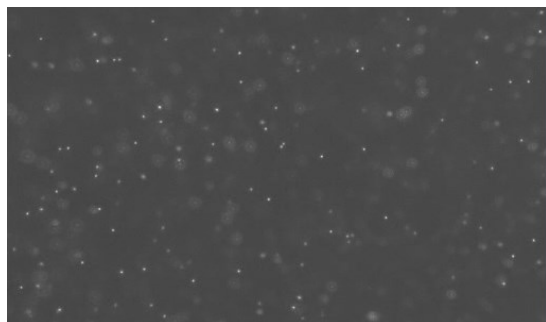
図-3に可視化結果を示す。(a)は光源に水銀ランプによる画像であり、(b)はエバネッセント光による画像である。エバネッセント光は壁面の極近傍にしか存在しないので、水銀ランプによる画像のように後方に存在する粒子が見られない。このことから、壁面近傍における解像度の高い観察が可能となる。



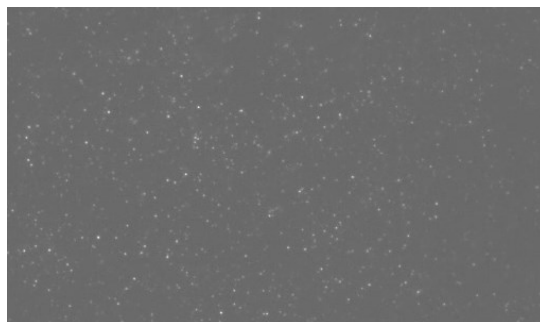
図-1 倒立型リサーチ顕微鏡



図-2 マイクロスケール流路



(a) 透過光による画像 (水銀ランプ)



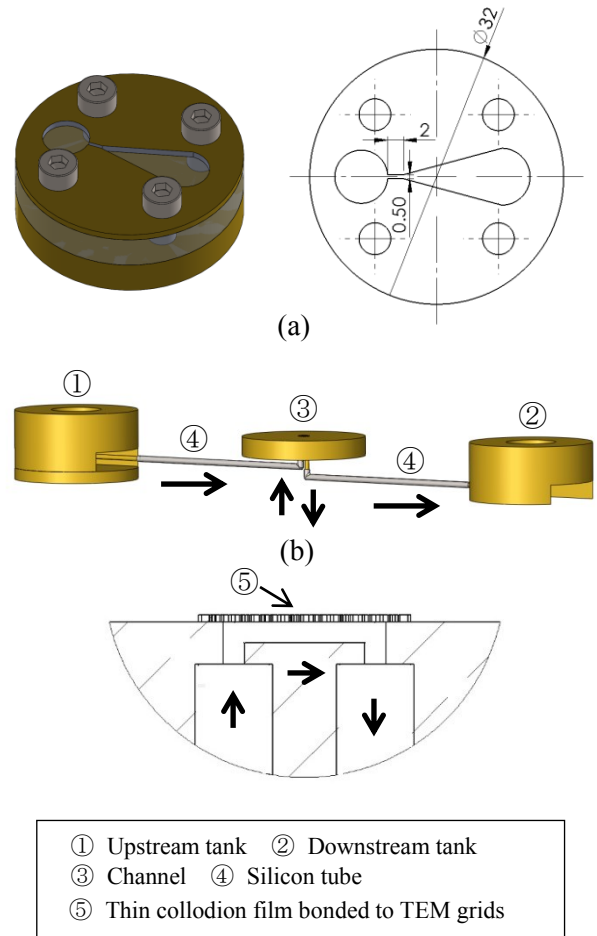
(b) エバネッセント光による画像

図-3 倒立型リサーチ顕微鏡による可視化画像

### 3. 電子顕微鏡（SEM）による観察

光学顕微鏡による観察では分解能は 100 ~ 300 nm であり，それ以下のスケールの流れ場の観察を行う事はできない．そこで光学顕微鏡よりも高い分解能を持つ電子顕微鏡（SEM）による流れの観察を目的として実験を行った．

図-4にオープンチャンネルおよびクローズドチャンネルの実験管路の概略図を示す．この管路をSEMのチャンバー内に設置する．チャンバー内は高真空であるので，液体の多くは蒸発してしまう．そこで，蒸気圧の極めて低いイオン液体を用いた．イオン液体に金メッキされたプラスチック粒子（粒径 $\phi 3 \mu\text{m}$ ）をトレーサ粒子として混入させ，流れの可視化を行った．図-5にそれぞれの可視化結果を示す．(a)はオープンチャンネルを反射電子によって観察した画像であり，(b)はクローズドチャンネルを二次電子によって観察した画像である．SEMによって流れを観察できたが，今後の課題として，流れを制御することができず，定常流とすることができなかったことや，イオン液体の飛散などが残った．



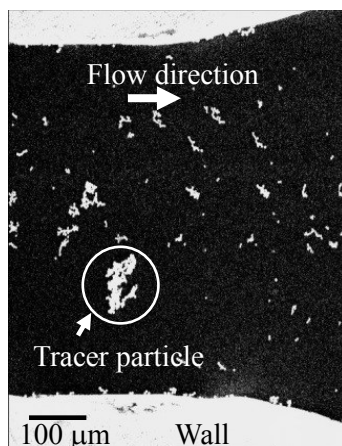
(a) オープンチャンネル，(b) クローズドチャンネル  
図-4 実験管路概略図

### 4. おわりに

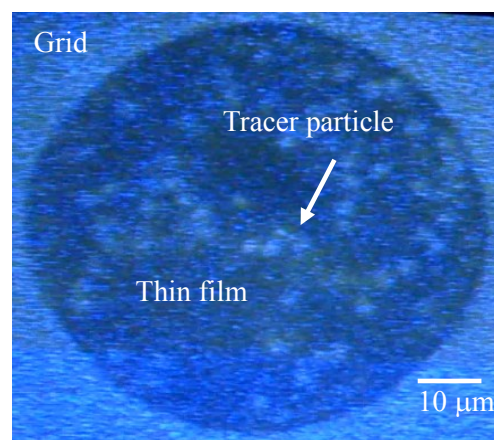
微小スケールの流れの実験は流れの再現が難しく，多くのノウハウがあるので，今後も多くの経験を積んでいきたいと思っている．

**謝辞:** 今報告の内容を実施するにあたって，ご配慮，ご協力いただいた，工学部および工学部等技術部の関係各位にお礼申し上げます．

本報告のSEMによる研究は，JSPS 科研費 23917020，25917016 の助成を受けたものです．



(a) オープンチャンネル（反射電子像）



(b) クローズドチャンネル（二次電子像）

図-5 SEMによる可視化画像