

## 博士論文審査結果の要旨

博士論文審査委員会

主 査 小野 直樹

審査委員 田中 耕太郎

審査委員 角田 和巳

審査委員 丹下 学

審査委員 松本 壮平

氏 名	山田 崇
論文題目	気液自由界面上に生じるマランゴニ対流を用いたマイクロ混合流の生成
〔論文審査の要旨〕 マイクロ TAS や Lab-on-a-chip と呼ぶ技術分野においては、産業界のニーズの進展に応じて、新しい手法を用いたマイクロ混合技術が近年も盛んに提案されている。本研究は、マイクロ流路内に気液界面を設置し、その界面に表面張力の異なる 2 液を衝突させ、そこで生じるマランゴニ対流を用いて 2 液を混合させるという新しい手法の探索的な研究である。具体的にはスケールが $100\mu\text{m}$ 程度の L 字型の微細流路の屈曲部分に気液自由界面（気泡表面）を設置する機構を自作により実現し、流れのくびれ部分（幅は約数 $\mu\text{m}$ ）に表面張力の異なる 2 液を衝突させ、そこで生じる流れの可視化および流速計測を実施した。その結果、気液界面には周期が 0.03 秒程度、流速が数 $\text{mm/s}$ 程度の周期的な流れがマランゴニ効果によって生じていることが明らかになり、混合に有効な流れであることが確認された。この流れは数値計算でもほぼ再現でき、自発的に周期的な流れが生じていることが理解され、この手法の有効性を示す論文内容となっている。 予備審査は 2014 年 11 月 16 日（日）13:00～15:00 の 2 時間にわたり実施した。前半の約 1 時間を研究内容のプレゼンテーション、後半の約 40 分を質疑とし、その後、審査委員のみで審議を行った。その後、無記名にて投票をおこない、予備審査は全員一致で合格と判定した。予備審査では、1) 本研究で取り上げるテストセクションの形状に至るまで経緯も含める形にした方がよい、2) 研究の位置づけを新手法の着想・試行・評価といった点にあることを明確にした方がよい等の指摘を受けた。 最終審査（最初の 1 時間 45 分は公聴会）は 2015 年 1 月 25 日（日）13:00～15:30 の 2 時間半にわたり実施した。予備審査での指摘事項が博士論文にほぼ反映されていることが確認された。学位審査基準・評価シートに基づき評価した後、無記名投票を行い、全員一致で合格と判定した。 なお、研究業績については、最終審査時点で、査読付き学術論文 4 件、受賞 2 件（化学工学会）、査読付き国際会議 4 件、口頭発表 6 件を有している。 以上	

<p>※報告番号</p>	<p>甲 第 171号</p>	<p>氏 名</p>	<p>山田 崇</p>
<p>主論文題名 気液自由界面上に生じるマランゴニ対流を用いたマイクロ混合流の生成</p>			
<p>内容の要旨</p> <p>本研究は、微細流路内に形成された気泡表面を用いて、液相の表面張力差によって発生するマランゴニ対流による、マイクロ混合流の生成を実現させ、液体の急速混合に対する可能性を探索するため、そのためのデバイスを考案、設計の上、それを用いた流動実験を各種行った。これは、マイクロリアクター開発のうち、複数の流体の混合促進に焦点を当てた機能設計。としてのマイクロミキサー研究の一環として行うものであり、実験結果から、混合効果とそのメカニズムについて解析することで、対流、特にせん断流を用いたマイクロ混合についての知見を得ることを目的とする。</p> <p>具体的な手法として、代表長さ 0.1mm オーダーの微細流路内の空間に、気液自由界面を形成させ、表面張力の異なる二液を接触させることで、その二液間の界面張力差により発生するマランゴニ対流により、混合デバイス内に渦流を発生させ、これにより微細管内の二液の急速混合に発展させるせん断流生成デバイスの開発を行った。試験流路は L 字型流路を元に、その合流部に気液自由界面（気泡表面）を設置する機構を設けた試験流路を制作し、表面張力差の異なる二液体を用いて実施した流動実験と PIV (Particle Image Velocimetry : 粒子画像化速度計測法) を用いた流れ可視化実験を行い、マランゴニ対流によるマイクロ混合流の可視化と、その流動速度解析を試みた。</p> <p>実験時の試験流体に対する輝度値測定結果から、混合デバイス周辺（デバイスから 0.5mm 未満の領域内）において、最大 50%程度混合が促進されていることが確認された。また、PIV 解析による流れの可視化実験において、外縁流速が 20.0mm/s 以上の、周期的に発生する旋回流が観測された。</p> <p>また上記の現象について、単相流有限体積法による簡易的な計算モデルを用いた 0.05 秒間の三次元非定常解析を行い、実験結果と比較した結果、1 周期間の流速について、実験と類似した傾向が得られることが確認された。</p> <p>これらの結果から、このマランゴニ対流が微細流路内の流れに周期的な変化を与えることにより、その二液混合に大きな影響を与えていることが確認され、その流れの影響により、微細流路内の二液の混合促進に大きく貢献することが見出された。</p> <p>以上の成果は一定の価値を見いだせるものであり、マイクロ空間内での流体挙動や、二液混合技術に対して新たな知見を与えることができた。</p> <p>以上</p>			

※印欄記入不要