

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	インクジェット技術におけるエタノールと水の混合液滴の蒸発に関する数値と実験の解析
Title(English)	Numerical and experimental analysis on the evaporation of ethanol-water mixture droplet for inkjet
著者(和文)	JONGLEARTTRAKULLPanus
Author(English)	Panus Jongleartrakull
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第12527号, 授与年月日:2023年9月22日, 学位の種別:課程博士, 審査員:伏信 一慶,平井 秀一郎,門永 雅史,大西 領,高橋 秀治
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12527号, Conferred date:2023/9/22, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	JONGLEARTTRAKULL Panus		
論文審査 審査員		氏名	職名		氏名	職名
	主査	伏信 一慶	教授		高橋 秀治	准教授
	審査員	平井 秀一郎	教授	審査員		
		門永 雅史	教授			
大西 領		准教授				

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本研究は「Numerical and experimental analysis on the evaporation of ethanol-water mixture droplet for inkjet technology」と題し、全5章から構成されている。

第1章「Introduction」では、印刷業界の現状、なかでもインクジェット技術に代表されるアナログ印刷からデジタル印刷への技術シフトの状況を概観し、特に高速・高品質の仕様が要求される商用印刷におけるインクジェット技術の用紙着弾後のインク液滴の蒸発、濡れ広がり、用紙への浸透からなるインク乾燥高速化のための基礎学理解が十分でないことを指摘している。その上で、本研究の目的が、環境対応から拡大が期待される水系インク着弾後のインク液滴の蒸発過程を実験的、理論的に解明し、もってインクジェット商用印刷機的设计・開発指針構築に貢献することであると述べている。

第2章「Visualization of the vapor evaporated from sessile droplet for inkjet technology」では、従来から提案されている液滴蒸発速度の予測式について、気相側蒸気濃度分布の実験値に立脚した検証が十分になされていないことを指摘し、Z-type Schlieren 法により濃度境界層厚さの定量化を行うことで、現象解明と予測式検証の手段を新たに提供するとしている。水系インクを模擬した系としてエタノール水溶液液滴を対象に、従来、現象の定性理解に用いられてきた Schlieren 法をベースとして、屈折角の定量解析による屈折率分布の定量的なマッピングを通じた濃度分布可視化を実現することで、蒸気濃度境界層厚さの経時観察を実現し、エタノールの体積濃度や複数液滴が隣接する影響などを明らかにするとともに、従来提案されている複数の蒸発速度式との比較でその優劣などを論じている。

第3章「Numerical simulation and experiment of sessile droplet vapor cloud in controlled environment」では、気相側蒸気濃度の詳細な理解のため、第2章で構築した可視化実験系の試験部を飽和塩法により湿度制御し、さらに Z-type Schlieren 法で得られた2次元面への投影画像からアーベル逆変換により軸対称 r - z 座標系での濃度分布を求めることを実現し、エタノール体積濃度の増加や相対湿度の低下に伴う蒸気体積の増大や、その時間変化の挙動を明らかにしている。また、オープンソースの連続体力学数値解析パッケージである OpenFOAM を用いた気相での流動・濃度計算により、理論面からもこれらの傾向を確認している。

第4章「Numerical simulation of vapor cloud concentration of ethanol-water mixture droplet: ideal and real solution」では、第3章で確認された実験と数値計算結果との間に見られた定量的な差異の原因を明らかにするため、液滴表面での気相側蒸気濃度の計算における活量、液滴の蒸発による質量変化と、液滴内部での水とエタノールの相互拡散を考慮することで、新たに OpenFOAM による気相・液相を連成させた流動・濃度計算を行った。これにより、活量と液滴内での拡散の考慮により実験に近い値を得られること、また、特に時間経過とともに理想溶液を仮定した計算結果との差異が大きくなること、さらに、蒸発量の大きさが顕著でないことから質量変化の影響は限定的であることなどを明らかにしている。

第5章「Conclusions and Recommendations」では、本研究の成果を概観し、得られた知見と今後取り組むべき研究の方向性を総括している。

以上を要するに本論文は、市場拡大が見込まれるインクジェット印刷の高速・高品質化実現の上で期待される着弾後のインク液滴の蒸発挙動解明のため、水系インクを模擬したエタノール水溶液液滴蒸発時の蒸気濃度定量計測と流動・濃度数値計算により、蒸発速度予測式の検証、蒸気濃度分布に及ぼす周囲条件依存性や、活量、液滴内拡散などの影響を明らかにしており、工学上及び工業上貢献するところが大きい。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として十分な価値を有するものと認められる。