



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	水溶液中観察の高空間分解能化を目的としたグラフェンベース液体セルの開発 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	屋嶋, 悠河
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(理学)
Dissertation Number	甲第16250号
Issue Date	2025-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/95327
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Yuga_Yashima_review.pdf, 審査の要旨



学 位 論 文 審 査 の 要 旨

博士の専攻分野の名称 博士（理 学） 氏 名 屋 嶋 悠 河

審査担当者	主査	教 授	木 村 勇 気
	副査	教 授	渡 部 直 樹
	副査	教 授	佐 崎 元
	副査	准教授	山 崎 智 也
	副査	助 教	日 高 宏

学 位 論 文 題 名

水溶液中観察の高空間分解能化を目的としたグラフェンベース液体セルの開発

博士学位論文審査等の結果について（報告）

液中における化学反応や結晶化などの物理現象をミクロにとらえる研究が盛んに行われている。特に、近年、隔膜を用いることによって透過電子顕微鏡（TEM）内でナノスケールの液中現象を捉えられるようになり、目覚ましい進展を見せている。しかし、その多くは既存の TEM 液体セルを用いた観察で、高空間分解能観察や、軽元素から成るナノスケールの結晶核の動態解明には技術的な制約が存在しており、ブレイクスルーには至っていない。そのため、従来の液体セルに代わる新たな観察手法の開発が求められている。

本論文は、このような現況にある液中のナノ領域現象の可視化技術について、グラフェン液体セル（GLC）を用いた“その場”観察の可能性を探究し、液体を包埋できる確率および密閉性に関する課題を系統的に研究することで、実用的な液体セル形成条件の解明を目的として遂行したものである。

著者は、まず純水を用いて先行研究の GLC 観察の再現性を検証し、その結果、純水や希薄水溶液が GLC にトラップされる確率が極めて低いことを明らかにした。さらに、電子線照射実験において水の放射線分解で生じる泡の発生が観察されなかったことから、GLC 内の液体が意図した組成ではない可能性を示唆した。冷却 TEM 観察の結果、GLC 内に硫酸アンモニウム結晶が形成されることが確認され、エッチング液由来のコンタミネーションが主成分であることが判明した。

また、著者はエッチング液を直接トラップすることで、多数のグラフェンベース液体セルが高い再現性で形成されることを発見し、これを利用してナノ領域における気泡や分散粒子の運動の可視化に成功した。さらに、高濃度塩水溶液が真空環境下でも一定程度水の蒸発を抑制することを示した。

本研究の成果として、グラフェンに点在する欠陥が水分子のリークを引き起こす要因であることをエッチピット法により確認し、グラフェン欠陥を被覆することで水のリークを抑制する試みを行った。この知見は、純水中または濃度制御した希薄水溶液中での微小現象の“その場”観察の実現に向けた重要なステップとなる。これを要するに、著者は、グラフェン液体セルの密閉性と液体トラップの安定性に関して新知見を得たものであり、液中観察技術の発展に対して大きく貢献するところがある。

よって著者は、北海道大学博士（理学）の学位を授与される資格あるものと認める。