

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 号
------	---------

氏 名 佐々木 祐生

論 文 題 目 Fabrication of high-quality large-size graphene and
TEM observation of graphene liquid cell

(高品質大面積グラフェンの合成法の確立とグラフェン液体セルの透過
型電子顕微鏡観察)

論文審査担当者

主 査	名古屋大学大学院理学研究科	教授	理学博士	篠原 久典
委 員	名古屋大学大学院理学研究科	教授	理学博士	阿波賀 邦夫
委 員	名古屋大学物質科学国際研究センター	教授	博士(工学)	菱川 明栄

論文審査の結果の要旨

別紙 1-2

本論文は大面積かつ高品質なグラフェンを合成・評価し、これを 2 枚用いてグラフェン層間に液体を挟む「グラフェン液体セル」を作製することで、透過型電子顕微鏡 (Transmission electron microscope, TEM) での液体試料の直接観察を行ったものである。第一章では研究背景としてグラフェンの物理的、化学的性質が論じられている他、グラフェン層間を利用した液体観察の重要性について述べられている。第二章では化学気相成長法 (Chemical vapor deposition, CVD) によるグラフェン成長に関わる表面化学や技術および、グラフェンの成長機構の考察、結晶性評価について述べられている。第三章ではグラフェンを 2 枚用いたグラフェン液体セルの高収率作製法の開発と TEM による評価、考察が記述されている。第四章ではグラフェン液体セルを利用した水溶液をはじめとする種々の液体の TEM 観察と、それぞれについての詳細な考察が行われている他、グラフェン液体セル内で観察される水の特異な相転移現象の評価・考察が述べられ、グラフェン液体セルの優れた汎用性について論じられている。

液体、特に水は古くから利用されてきた物質であるとともに、我々生物にとってなくてはならない物質である。しかしながら、その内部で起きる興味深い現象の数々は複雑かつ難解であるために、十分な理解は進んでいるとは言えない。液体を直接的に、分子レベル、原子レベルで観察・解析する技術の開発は、液中の現象の理解に必要不可欠である。申請者はこの現状を鑑みて、以下の研究に取り組んだ。

第二章では、申請者は液体の TEM 観察に用いるグラフェン液体セルの作製に必要となる、大面積かつ高品質なグラフェンの合成法を確立した。従来知られている合成法と異なり、グラフェン合成前の銅箔に対して高濃度の水素を付加することで、グラフェン粒子同士が極めて良く結合した、高品質なグラフェンが合成に成功した。

第四章では、種々の液体をグラフェン層間に挟むことで、グラフェン層間における液体試料の置かれた圧力や温度などを見積もった他、グラフェン液体セルの高い汎用性を示した。また、申請者はグラフェン液体セル中の純水が、室温にもかかわらず、極稀に電子線によって氷へと相転移する現象を発見した。超純水を挟んだ観察においては相転移が確認できなかったのに対して、金を超純水と共にグラフェンに挟み観察した際に、水の相転移が比較的高頻度で確認できたことから、金属不純物が水の相転移に寄与していることを突き止め、水中のわずかな不純物の存在が、水の相図に大きな影響を与えていることを実証した。

上記のように、本論文では大面積グラフェンの合成法及び、グラフェン液体セルの効率的作製法の確立と、それによる種々の液体試料の TEM による観察と特異な水の相転移の直接観察に成功しており、学位論文として十分な新規性・革新性を備えている。したがって、申請者は博士(理学)の学位を授与される資格があるものと認められる。