

研究課題別中間評価結果

1. 研究課題名： イオン液体と真空技術による革新的ナノ材料創成法の開発

2. 研究代表者： 桑畑 進（大阪大学大学院工学研究科 教授）

3. 研究概要

真空中でも蒸発しないイオン液体を、真空条件を必要とする材料作製装置や分析機器に入れることで、新しいナノ材料創製法と分析方法を開発している。3年間の研究による具体的な成果は、次の通りである。

(1) 金属スパッタ装置にイオン液体を入れ、金属のスパッタを施すと、金属、合金のナノ粒子、さらには中空のナノ粒子が合成され、それらはイオン液体内に安定して分散していることを見出した。触媒活性のある金属ナノ粒子(Pt, Au, Pd など)については、それらを炭素材料に吸着させて触媒能を評価したところ、市販の金属触媒を超える高い活性を示すものもあることを見出した。

(2) 金属イオンまたはビニルモノマーを溶かしたイオン液体、さらには、そのもの自身が重合可能なイオン液体をシリコン基板に塗布し、収束イオンビーム装置や電子ビーム装置に入れて、それら量子ビームを走査すると、真空中で還元反応や重合反応が起こり、それによって金属や高分子の3次元パターンを短時間で形成することに成功した。

(3) 電子顕微鏡の真空試料室にイオン液体を入れて、その中で電気化学反応や熱重合反応を行うことで、反応をリアルタイムに電子顕微鏡観察またはEDX計測できるシステムを作り、種々の反応の解析に使用できるようにした。

(4) 光電子分光計測についても、電気化学反応を行いながらイオン液体の表面成分を計測できるシステムを構築した。

(5) 生体試料にイオン液体をコートまたは浸透させることで、濡れた状態の生体試料を帯電することなく電子顕微鏡観察する方法を確立した。そして、この方法を病理学領域で活用できる可能性があることを見出した。

4. 中間報告結果

4-1. 研究の進捗状況及び研究成果の現状

低揮発・導電性イオン液体を真空中で効果的に利用することで、電気化学過程の可視化、触媒機能活性ナノ粒子、FIBやEB照射下での高アスペクト比3次元造型、生体材料へのイオン液体の塗布のみで電子顕微鏡による生体材料の観察など、斬新なナノ製造技術の確立に成功し、先駆的であって高いインパクトを有している。特に、生体試料のSEM、TEM観察は本チームが世界に先駆けて行い、従来長時間をかけて試料作製をしていた異分野コミュニティに革新的波及効果を及ぼしている。

4-2. 今後の研究に向けて

前半はイオン液体の可能性を追求して多様な事象、材料を開発して来たが、イオン液体を利用したナノ材料開発では世界をリードしており、高いレベルにある。今後は、応用の例をそう増やすのではなく、今まで培った知識、経験を基に、その現象の背後にある理論的な理解を進め、普遍性のある技術として確立し、イオン液体の特性を生かして他の手法では実現出来ない独自且つ格段の特性を示すナノ材料の創製に

集中してほしい。そのためには、イオン液体の状態とナノ材料形成過程の関係をもっと理解することが必要である。例えば、イオン液体を利用した電子顕微鏡観察では、単に明瞭に観えるというだけでなく、イオン液体がどのように存在していて、その結果、このように見えるという因果関係が分かれば、電顕観察の意味はもっと豊富になろう。

4-3. 総合評価

イオン液体と真空の組み合わせで独創的な結果が多く見いだされたことは大変評価できる。FIB 照射高分子の3次元パターン作製では、微細限界、アスペクト比限界を明確化し、従来のレーザや FIB 法よりも機能的に意味ある構造の創製ができれば、他の研究者が自ずと参画し新三次元構造形の成法が期待される。また、イオン液体中でなくては創製できないようなユニークなナノ粒子等の材料を創製することに注力することが望ましい。さらに、本チームが上げてきた事例研究に沿って反応機構の理論的な研究に重点を移すことが、世界レベルの研究にとって重要と考える。