

学 位 論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

1. 申請者氏名	山下泰史
2. 審査委員	主 査：宮本賢治 副主査：平田晴路 委 員：米延仁志 委 員：西川和孝 委 員：胸組虎胤
3. 論文題目	イオン液体を用いた生物試料形態のSEM観察とSEMの学校教育への適用の検討
4. 審査結果の要旨	教科教育実践学専攻生活・健康系教育連合講座 山下泰史 から申請のあった学位論文について、兵庫教育大学学位規則第16条に基づき、下記のとおり審査を行った。 論文審査日時： 令和4年1月29日（土） 14時00分～14時30分 場 所： オンライン開催（Teams） 1. 学位論文の構成と概要 走査型電子顕微鏡(SEM)は、医学・生物学分野や微細加工等の研究において欠くことのできない機器として広く普及している。また中学校における理科、技術家庭科（技術分野）や高等学校の生物における教材でプランクトンや木材等の細胞のSEM画像が見られるなど、教育の分野においても活用されている。本研究の目的は、SEMの学校教育への新たな適用可能性について検討することである。具体的には、1）イオン液体を用いた簡便かつ短時間で行える前処理方法の最適化とSEM画像の妥当性と2）かんなの刃先の切れ味と表面状態との相関性について調べた。全体で7章からなる本論文の構成と概要は以下の通りである。 第1章では、本研究の目的を踏まえ、研究の背景およびイオン液体を用いた簡便かつ処理時間の短い前処理方法や切削工具の切れ味評価に関わる先行研究について整理し、本論文の内容に関する独自性と位置づけについて述べた。 第2章では、本研究で扱うイオン液体の特徴と応用例について述べた。特に応用例として、ワカメや培養細胞等のSEM観察に向けた前処理法について述べた。 第3章では生物試料としてプランクトンを対象に、まずイオン液体を用いた前処理の方法や手順

について述べた。次に生物試料が変形・収縮することなく鮮明なSEM画像を得るには、試料の置換時間、イオン液体の希釈濃度、溶媒の種類が最適化に必要なパラメータであることを示した。

第4章では、イオン液体を用いた前処理によるSEM観察の学校教育への適用について述べた。中学生を対象に、座学と実習から成る授業実践を行った。座学ではSEMの原理や構造、応用例、光学顕微鏡との比較を行った。実習では、イオン液体を用いた試料の前処理やSEMの操作を生徒自らが、プランクトンの観察を行った。事前・事後のアンケート調査結果から、SEMの原理・構造への十分な理解と共に高い興味・関心が示されており、学校教育への適用が十分に可能であることを確認した。

第5章では、中学校技術・家庭科（技術分野）や高校工業科の材料加工で用いられる木材試料を対象にし、SEM観察に向けたイオン液体を用いた前処理法の適用可能性について述べた。従来はバイオマス燃料生成において、木材に含まれるセルロースの糖化の促進という“細胞組織を破壊する”ためにイオン液体は用いられており、SEM観察での利用目的と相反する。本研究の結果、SEM観察に向けた前処理における最適なイオン液体の濃度・温度、試料の前処理時間はバイオマス利用の場合よりも十分に低いため、木材の細胞組織を破壊することなく適用可能であることを明らかにした。また現生標本だけではなく、考古学的出土標本のSEM観察にもイオン液体を用いた前処理が適用可能であることを示した。

第6章では、中学校技術・家庭科（技術分野）や高校工業科の材料加工で用いられる切削工具刃先の切れ味評価へのSEMの適用について述べた。本研究では教育用に開発された滑走式試験器を用いて測定した進入痕深さとSEMで観察した刃先の表面状態との相関性について比較・検討した。その結果、両者に顕著な相関性があることを確認し、試験器を用いた刃先の切れ味評価が妥当であることを示した。また、新品のかんな身を使用する前に研磨する効果や、学習者が刃先を研磨する場合における注意点についても述べた。

第7章は全体のまとめとして、新たなSEMの学校教育への適用方法を開拓するにあたって行った1) イオン液体を用いた簡便かつ処理時間の短い前処理法による生物試料、特に木材試料への適用可能性の検討、2) 中学生を対象にした同前処理法による生物試料のSEM観察の授業実践、3) SEM観察による切削工具の刃先表面の劣化状態の検証を通して得られた知見を総括すると共に今後の課題について述べた。

2. 審査経過

本研究の審査は、次の観点について行った。

1) 論文の新規性・独創性

本論文の独創性は以下の通りである。

- ・SEM観察に向けたイオン液体を用いた前処理法が、現生標本や考古学的出土標本の木材試料に適用可能であることを明らかにした。

- ・従来の学校教育では、教員が用意した生物試料のSEM画像を生徒に提示するのみであったが、イオン液体を用いた簡便かつ短時間で行える試料の前処理方法を用いることで、生徒自らが生物試料の前処理を施し、SEM観察を行うような授業の実践が可能であることを示した。

・進入痕の深さ測定とSEMを用いた刃先の表面観察の両方から刃先の切れ味を評価し、両者に相関性が見られることを示した。

2) 論文の発展性

論文の発展性として、まず科学技術的にイオン液体を用いた前処理方法は、イオン液体濃度や塗布方法などのパラメータを最適化することで、プランクトンや木材以外の試料、例えば花粉等へのSEM観察の前処理法として応用できることが期待される。次に学校教育への適用としては、1) 理科や中学校技術・家庭科（技術分野）で、例えばミドリムシを題材にした生物育成の授業への展開や2) 東大寺の柱のような考古学出土標本を題材とした社会科との教科横断的な授業への適用が十分可能である。

3) 学校教育実践への貢献

本研究で得られた成果により、中学校技術・家庭科（技術分野）や高等学校工業科、理科や社会科の教育実践への貢献度は高いと考えられる。特に1) 中学・高校・大学間の連携や教科横断的な内容を踏まえた新規授業の開発、2) 生物試料の前処理から観察までの過程を生徒が能動的に行える授業の開発や3) 切削工具表面の劣化状態や考古学的出土標本のSEM画像という新たな教材の開発は、高い貢献が期待できる。

4) 社会的貢献

本研究で得られた成果により、木材の考古学的標本のSEM観察を従来よりもはるかに短時間かつ簡便に行えることが示された。これにより年輪年代測定を通して、考古学、建築史、美術史、地形地質学、気象学等の幅広い分野に貢献できると期待される。

3. 審査結果

以上により、本審査委員会は 山下泰史 の提出した学位論文が博士（学校教育学）の学位を授与するにふさわしい内容であると判断し、全員一致で合格と判定した。