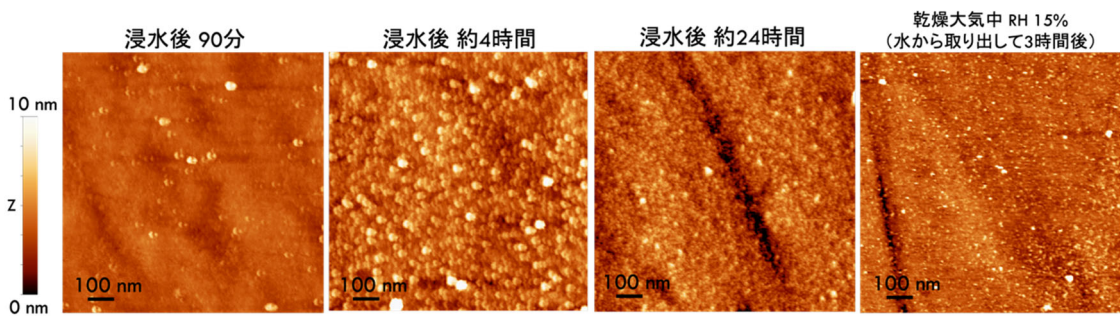


第 17 回 北陸銀行若手研究者助成金 研究実績報告書

氏名	所属・職名	助成金額
荒木 優希	理工研究域数物科学系・助教	500,000 円
研究課題名	高分解 AFM によるガラス表面の変質過程の実空間解析	
研究の概要	〔研究開始当初の背景, 研究の目的, 研究の方法等について記入〕 電子デバイスの高機能化・小型化に伴い、ガラス基板が注目されている。一方で、その親水性に起因する水の吸着・反応挙動の理解が課題である。荒木はこれまでに、高温環境においてガラス表面にゲル状層が形成される可能性を見出してきた。本研究では、このゲル状層の実態と形成機構の解明を目的とし、高分解能原子間力顕微鏡を用いてシリカガラス表面の形状と物性をナノスケールで評価した。その結果、湿度 60% 下では顕著な変化は見られなかった一方、超純水中では数時間スケールでヤング率が変動し、粒状構造が形成することから、水との反応により表面で溶解・ゲル化と再凝縮が速やかに進行していることが示唆された。	
研究の成果	〔成果の具体的内容, 意義, 重要性及び今後の展望等について記入〕 高分解能原子間力顕微鏡を用いて、石英ガラスおよびソーダガラスの表面形状および力学特性（凝着力・ヤング率）の時間変化を評価した。まず、相対湿度 60% 下で約 40 時間の逐次測定を行った結果、両ガラスともに表面形状および物性に顕著な変化は認められず、ナトリウムを含むソーダガラスにおいても、加水分解の進行が促進される傾向は観測されなかった。これらの結果は、湿度 60% の大気中ではガラス表面の変質が緩やかに進行することを示唆する。一方、大気中測定では FM-AFM での安定な測定が困難であったため、当該条件ではコンタクトモード AFM による評価を行なった。そのため、数 10 nm スケールの極めて微細な表面形状変化については、今後 FM-AFM による再検証が必要である。そこで、水との反応をより直接的に評価するため、超純水中での石英ガラス表面の測定を実施した。その結果、浸漬後 30 時間以内において、ヤング率が数時間周期で変動する挙動が観測された。さらに、浸漬時間の経過とともに表面に粒状構造が出現し、そのサイズはほぼ一定であるものの、時間とともに分布が明瞭になり、乾燥後も残存することが確認された（図 1）。これらの結果は、水の浸潤による表面の溶解・ゲル化と、その後のシリカの再凝縮が数時間スケールでくり返し進行していることを示唆している。  図 1 シリカガラス表面の粒状構造の時間変化（超純水中） 従来、ガラスの水中変質は高温やアルカリ環境下において数日から数ヶ月の時間スケールで進行すると理解されてきたが、本研究により、ナノスケールでは常温・超純水条件に	

	においても極めて迅速に構造変化が進行していることが明らかとなった。この知見は、ガラス表面のぬれや変質の初期過程の理解に貢献するものである。 今後、ソーダガラスの水中環境下における同様の測定を実施し、組成の違いが変質ダイナミクスに与える影響を明らかにする必要がある。また、観測された周期的変動の起源について、溶出・再凝縮の速度論的モデルや分子シミュレーションとの比較により定量的理解を深化させることが重要である。さらに、大気中におけるゲル化進行の時間スケールを明確化するため、相対湿度 90%近傍の超高湿環境での測定を実施したい。本研究では装置本体の劣化リスクを考慮し実施できなかったが、今後は結露対策を講じた測定系を構築し、高湿度環境下におけるガラス表面変質の評価へと展開する。		
研究成果発表状況	1. <u>荒木 優希</u>、湊 丈俊、新井 豊子「水中におけるシリカガラス表面物性の時間変化」『第 73 回応用物理学会春季学術講演会』、東京、2026 年 3 月 2. <u>Yuki Araki</u>, Taketoshi Minato, Toyoko Arai. In situ Observation of Surface Alteration of Silica Glass under Ambient Conditions by FM-AFM. Pacifichem2026, Honolulu, US (Dec. 2025) 3. <u>荒木 優希</u>、湊 丈俊、新井 豊子「洗浄条件によるシリカガラス表面構造と物性の変化」『第 86 回応用物理学会秋季学術講演会』、名古屋、2025 年 9 月 4. <u>Yuki Araki</u>, Taketoshi Minato, Toyoko Arai. Effects of Humidity and Water Immersion on the Mechanical Properties of Silica Glass Surfaces. nc-AFM2025, Toyama, (Aug. 2025) *ポスター		
経費の執行状況	費 目	事 項 (主な使用事項を記載)	執行額 (円) (費目毎総額を記入)
	物品費	AFM 測定用カンチレバー、ガラス試料、ガラス洗浄用メスシリンダー	437,087
	旅費	応用物理学会 (東京) 旅費	50,913
	人件費・謝金		0
	その他	応用物理学会参加費	12,000