

氏名	柳 敏		
授与学位	博士 (工学)		
学位記番号	博乙第 29 号		
学位授与年月日	平成 27 年 9 月 4 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 2 項		
学位論文題目	光硬化性樹脂を用いた雪結晶レプリカの作製方法およびレプリカを用いた雪結晶の表面構造の研究		
論文審査委員	主査 教授	亀田 貴 雄	
	教授	平賀 啓二郎	
	准教授	舘山 一 孝	
	准教授	白川 龍 生	
	准教授	ウラ・シャリフ	

学位論文内容の要旨

雪結晶の表面構造は、これまで主に光学顕微鏡を用いて調べられてきたが、その表面構造を詳細に調べた例は少ない。これは、主として昇華・変形の速い雪結晶の表面構造を迅速かつ正確に測定することが困難なためである。しかしながら、雪結晶の表面構造を細部まで把握することは、雪結晶の形成過程を調べる上で極めて重要である。そこで、雪結晶の表面構造を正確に保存するレプリカを作製し、レプリカの測定により雪結晶表面の構造を明らかにすることを目的として研究を行った。

レプリカの作製には紫外線硬化型樹脂と可視光硬化型樹脂の 2 種類の光硬化性樹脂を用いた。実験では、それぞれの樹脂の硬化特性を調べた。その結果、気温が -5°C 以下で紫外線硬化型樹脂により雪結晶の片側表面の構造を保存したレプリカ（片面レプリカ）を作製する場合、 1.0 mW cm^{-2} の紫外線照射密度で 15 分間の樹脂硬化が最適であることがわかった。また、気温が -3°C 以下で可視光硬化型樹脂により雪結晶の全面を保存したレプリカ（樹脂包埋レプリカ）を作製する場合は、 $2000\text{ lux} \sim 8000\text{ lux}$ の可視光による 10 分間の樹脂硬化が最適であることがわかった。

次に、金属製粗さ標準片を用いてレプリカの転写精度を確かめた。その結果、どちらの光硬化性樹脂によるレプリカでも、表面構造は硬化収縮のため

小さくなり、その減少率は紫外線硬化型樹脂によるレプリカでは最大 -2.7 %、可視光硬化型樹脂によるレプリカでは最大 -2.2 % であることがわかった。従って、この硬化収縮の影響を考慮することで、レプリカでの測定結果から実際の雪結晶における表面構造を推定できることがわかった。

雪結晶から作製した片面レプリカをレーザー顕微鏡で測定した結果、雪結晶の表面には高低差 $5.3 \mu\text{m} \sim 26.2 \mu\text{m}$ の段差が存在すること（ここでは測定面を「裏面」と記す）がわかった。この「裏面」では段差のあるところから側枝が発達し、伸長していた。一方、反対側の面（ここでは「表面」と記す）は平面ではなく湾曲していることもわかった。樹脂包埋レプリカのレーザー顕微鏡による測定では、雪結晶の両面での構造の違いを識別できた。従って、樹脂包埋レプリカを用いると、ひとつの雪結晶での「表面」と「裏面」の構造を詳細に把握できることがわかった。

論文審査結果の要旨

雪結晶の表面構造は、これまで主に光学顕微鏡を用いて調べられてきたが、その表面構造を詳細に調べた例は少ない。これは、主として昇華・変形の速い雪結晶の表面構造を迅速かつ正確に測定することが困難なためである。そこで、雪結晶の表面構造を正確に保存するレプリカを作製し、レプリカの測定により雪結晶表面の構造を明らかにすることを目的として研究は実施された。

本研究では、申請書の柳 敏氏が独自に開発した「光硬化性樹脂を用いた雪結晶レプリカ法」を用いて、1) 雪結晶レプリカの最適な作製方法、2) 雪結晶レプリカの転写精度、3) 雪結晶レプリカを用いた雪結晶の表面構造の特徴、を明らかにした。これらの研究成果は、日本機械学会が刊行する英文学術雑誌“Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing” および日本雪氷学会が刊行する学会誌「雪氷」に論文として発表されており、当該分野に大きな貢献をしている。

よって、申請者は北見工業大学博士（工学）の学位を授与される資格があるものと認める。