



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	超高真空低温原子間力顕微鏡によるアモルファス氷の表面形状と表面電位分布に関する研究 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	都丸, 琢斗
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(理学)
Dissertation Number	甲第15742号
Issue Date	2024-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/92474
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Takuto_Tomaru_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士（理 学） 氏 名 都 丸 琢 斗

審査担当者 主査 教授 渡 部 直 樹
副査 教授 佐 崎 元
副査 教授 木 村 勇 気
副査 助教 日 高 宏

学位論文題名

超高真空低温原子間力顕微鏡によるアモルファス氷の表面形状と表面電位分布
に関する研究

博士学位論文審査等の結果について（報告）

宇宙空間にはサブミクロンサイズの鉱物微粒子が大量に存在し、その表層はアモルファス氷に覆われている（氷星間塵）。氷星間塵は、その表面上で複雑有機分子を含む様々な分子の合成が行われることや、衝突・合体によって微惑星形成へと繋がるなど、宇宙空間で生じる化学や天体の進化過程において重要な役割を果たすことが知られている。氷星間塵表層のアモルファス氷の形状は、これらの化学・物理現象を支配する重要な要素の一つであるが、天文観測からは形状に関する詳細な情報を得ることはできない。したがって、実験室において様々な条件下で作製したアモルファス氷のミクロな形状を知ることは物理・化学的意義だけでなく、天文学的にも大きな意味を持つ。

室内実験においては、低温基板への水分子線蒸着で作製されたアモルファス氷薄膜を疑似星間塵氷として用いるが、技術的な問題から表面形状の測定は行われていない。これは、アモルファス氷薄膜は真空・低温という極限環境が必要なうえ非常に壊れやすく、さらには電気伝導性がないため、走査電子顕微鏡などによる形状観察が困難であることが大きな要因である。アモルファス氷薄膜は、密度や比表面積などの物性値測定により、蒸着温度や蒸着角度等の作製条件に依存してその形状が大きく変化することが知られているが、作製条件に依存したアモルファス氷の実空間形状に関する知見はほとんど得られていない。

都丸氏の研究は、超高真空低温原子間力顕微鏡を用いて、水分子線蒸着法により異なる基板温度で作成されたアモルファス氷薄膜の表面形状をナノスケールの分解能で測定し、アモルファス氷表面形状を可視化することを目的としている。高分解能測定に必要な測定プローブや、基板温度可変システムを中心とした数々の装置開発・改良を経て、異なる温度で作製したアモルファス氷表面の高分解能形状像の測定し、幾何学的な形状の違いを可視化することに成功した。また、取得した高分解能の表面形状データを用いて、高さ－高さ相関関数分析を水分子線の蒸着方向に対して並行方向および垂直方向にそれぞれ行い比較分析することにより、表面形状のみならず立体的な氷構造の違いを判別できる可能性を見出した。さらに、ナノスケールの氷表面形状に依りて局所的に変化する氷の表面電位（接触電位差）測定を行い、アモルファス氷薄膜が有する真空界面側が基板に対して負電位を持つ自発分極という未だ発生メカニズムが明確に示されていない現象に対して、その原因解明に大きく寄与した。

以上のように、都丸氏の研究は、得られた科学的知見のみならず、装置の開発・設計という技術的な達成度においても学位取得に十分であると判断する。

よって、北海道大学博士（理学）の学位を授与される資格あるものと認める。