助成番号　210705	５－２

研 究 成 果 報 告 書

研究テーマ（和文）	原始太陽系星雲内における分子生成効率の理解に向けた氷ナノ粒子の核生成実験		
研究テーマ（英文）	Nucleation experiments of ice nanoparticles toward understanding the efficiency of molecular production in the solar nebula		
研究期間	2021年 ～ 2022年	研究機関名　北海道大学	
研究代表者	氏名	（漢字）	木村勇気
		（カタカナ）	キムラユウキ
		（英文）	Yuki Kimura
	所属機関・職名		北海道大学低温科学研究所・教授
共同研究者（１名をこえる場合は、別紙追加用紙へ）	氏名	（漢字）	
		（カタカナ）	
		（英文）	
	所属機関・職名		

概要　（600 字～800 字程度にまとめてください。）

まず、気相から氷を始めとした揮発性物質のナノ粒子を生成できる、「低温ナノ粒子生成装置」の開発を進め、本装置を完成させた。その後、この装置を実験室に既設の二波長マッハツェンダー型レーザー干渉計に組み込んだ。真空装置内に不活性ガスを封入して液体窒素で冷却した環境下で、蒸発源として用意した氷を抵抗加熱により昇華させて水蒸気を発生させた。その水蒸気が冷却する過程で均質核生成を経て氷ナノ粒子へと成長する過程を干渉計でその場観察した。この時、熱対流のために冷たい不活性ガスが下方から蒸発源に流れ込むため、核生成は過飽和度が最大となる蒸発源の下方で起こった。二波長の干渉縞の変位から、二つの未知数である温度と蒸発物質の数密度を同時に計測できる。これにより、核生成する際の過飽和度の変遷が分かる。

さらに、同様の過程を独自に構築した赤外分光光度計を用いてその場計測した。その結果、赤外線吸収強度の時間変化を捉えることに成功した。これは、水蒸気から氷ナノ粒子が生成する過程を捉えたことを意味する。これらの成果は、46 億年前の原始太陽系星雲内で昇華と凝縮を繰り返した氷ダストの状態を予測可能な核生成モデルの構築につながるだけでなく地球上の様々な現象の理解に繋がると期待される。さらに、ドイツとの国際共同研究へと発展し、欧州において航空機を用いた微小重力実験のプロジェクトに結び付いた。

発表文献 （この研究を発表した雑誌・図書について記入してください。）

雑誌	論文課題	航空機を用いた微小重力環境下における氷ナノ粒子の核生成実験の速報				
	著者名	木村勇気、山崎智也、屋嶋悠河、中埜夕希、森章一、稲富裕光	雑誌名	Space Utilization Research		
	ページ	SA6000180005 (4 pp)	発行年	２　０　２　２	巻号	17
雑誌	論文課題					
	著者名		雑誌名			
	ページ	～	発行年		巻号	
雑誌	論文課題					
	著者名		雑誌名			
	ページ	～	発行年		巻号	
図書	書名					
	著者名					
	出版社		発行年		総ﾍﾟｰｼﾞ	
図書	書名					
	著者名					
	出版社		発行年		総ﾍﾟｰｼﾞ	

英文抄録 （100 語～200 語程度にまとめてください。）

We developed a "low-temperature nanoparticle generator" that is a chamber can generate ice nanoparticles and other volatile materials from the gas phase. This chamber was then incorporated into a two-wavelength Mach-Zehnder type laser interferometer. In the chamber filled with inert gas and cooled with liquid nitrogen, ice prepared as an evaporation source was sublimated by resistance heating to generate water vapor. The growth process of the water vapor into ice nanoparticles via homogeneous nucleation during the cooling process was observed in situ using interferometry. Nucleation occurred below the evaporation source, where the supersaturation was maximum, because cold inert gas flowed into the evaporation source from below due to thermal convection. From the displacement of the interference fringes at two wavelengths, two unknowns, temperature and the number density of evaporating material, can be measured simultaneously. This allows us to determine the evolution of the degree of supersaturation during nucleation.

In addition, a similar process was measured in situ using an originally constructed infrared spectrometer. As a result, we succeeded in capturing the time evolution of the infrared absorption intensity. This means that the process of ice nanoparticle formation from water vapor was captured. These results are expected not only to lead to the construction of a nucleation model that can predict the state of ice dust that repeatedly sublimated and condensed in the solar nebula 4.6 billion years ago, but also to the understanding of various phenomena on Earth. Furthermore, the project has developed into an international collaboration with Germany, leading to a project for microgravity experiments using aircraft in Europe.