

走査型透過電子顕微鏡を用いた *in-situ* 加熱によるサブナノ粒子の熱力学特性解析

(科学大化生研¹) ○徳田隼己¹・吉田将隆¹・今岡享稔¹・山元公寿¹

Thermodynamics characterization of subnanoparticles by *in-situ* heating using STEM

(¹Lab. for Chemistry and Life Science, Science Tokyo) ○Toshiki Tokuda¹, Masataka Yoshida¹, Takane Imaoka¹, Kimihisa Yamamoto¹

Metal subnanoparticles, composed of several to several dozen metal atoms, have been considered incapable of forming stable crystalline structures, leading to the belief that their structures dynamically fluctuate. Recent advancements in the temporal and spatial resolution of electron microscopy have enabled the direct observation of these atomic motions. By investigating how the dynamic structures and their distributions change with temperature, it is expected that the thermodynamics governing these particles can be elucidated. In this study, Au₃ clusters were directly observed under *in-situ* heating during electron microscopy to analyze the temperature-dependent changes in structural distributions.

Gold atoms were deposited onto graphene using the arc plasma deposition method to prepare samples. Subnanoparticles supported on graphene were observed using a scanning transmission electron microscope (STEM), and structural data were extracted from the obtained videos. The analysis revealed that Au₃ clusters predominantly adopt a structure with a maximum bond angle of 60° (Fig. 1A), and the proportion of this structure increases at higher temperatures (Fig. 1B).

Keywords : STEM; Subnanoparticles; Au cluster; Temperature effect; Dynamic structure

数個から数十個の金属原子から構成される金属サブナノ粒子は安定な結晶構造を取ることができないので、その構造は動的に変化すると考えられてきた。近年、電子顕微鏡の時間・空間分解能の向上により、この原子の動きを直接観察できるようになった。この動的構造とその分布が温度によりどのように変化するかを調査することにより、その熱力学を解明することができると期待される。本研究では、Au₃を *in-situ* 加熱しながら電子顕微鏡で直接観察し、温度ごとの構造分布の変化を調べた。

グラフェン上にアークプラズマ蒸着法で金原子を蒸着したものをサンプルとして、走査型透過電子顕微鏡 (STEM) を用いて、グラフェンに担持されたサブナノ粒子を観察し、取得した動画から構造データを抽出した。解析の結果、金三原子クラスターは最大結合角 60° の構造を最も取りやすいこと (Fig.1A)、また高温ほどこの構造の割合が増加すること (Fig.1B) が明らかになった。

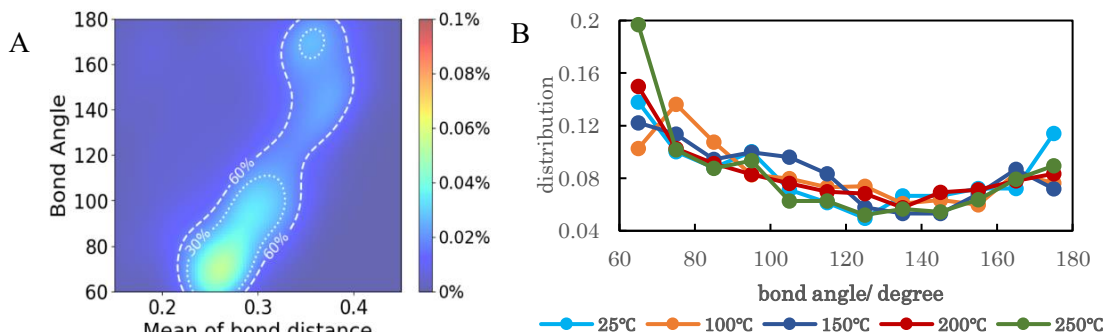


Fig.1 (A) Au₃ cluster structure distribution, (B) Bond angle distribution of Au₃ by temperature