

## 平成23年度 トピックス

## ナノ計測・分析領域における支援成果

## 宇宙に存在するナノ粒子の生成過程の解明

<sup>A</sup>東北大学, <sup>b</sup>北海道大学

木村勇氣<sup>a</sup>, 田中今日子<sup>b</sup>, 三浦均<sup>a</sup>, 塚本勝男<sup>a</sup>

## 【研究目的】

宇宙には、星の終焉期に放出するガスから生成するナノメートルサイズの固体微粒子（宇宙ダスト）が至る所に存在している。宇宙ダストは惑星の材料や分子生成の下地となるばかりでなく、エネルギー収支も担っていることから、そのサイズや数密度の見積もりは重要である。これに対し、気相からのナノ粒子の核生成温度（過冷却度）と過飽和度を実験的に決定し、核生成理論を適用することで、最も大きな不定性を与えているナノ粒子の表面張力と吸着係数を決定し、天体進化に伴う宇宙ダストの結晶化過程を解明することが目的である。

## 【成 果】

$10^{-6}$ 以下の極僅かな屈折率変化を捉えられる二波長マッハツェンダー干渉計を立ち上げ、気相から核生成する際の温度と濃度を同時に測定することに成功した。また、生成粒子のサイズ、数密度、結晶構造を高分解能透過分析電子顕微鏡支援により決定することで（図1）、核生成理論を用いて凝縮温度と生成粒子のサイズを同時に説明可能な、クラスターの“実効的な”表面張力と吸着係数を同時に決定することに成功した（図2）。例えば、マンガンに関しては、ナノ粒子であっても、その表面エネルギーはバルクと同程度の値であり、吸着係数は約0.4であった。さらに、酸化タングステンにおいては、ナノ粒子の融点降下や拡散速度の特異現象により、液滴状融合成長が頻繁に起こることで核の数を減らす現象を定量的に示した。これにより、実際に宇宙ダストが生成する温度、サイズ、数密度などを核生成理論から予測可能になると期待される。

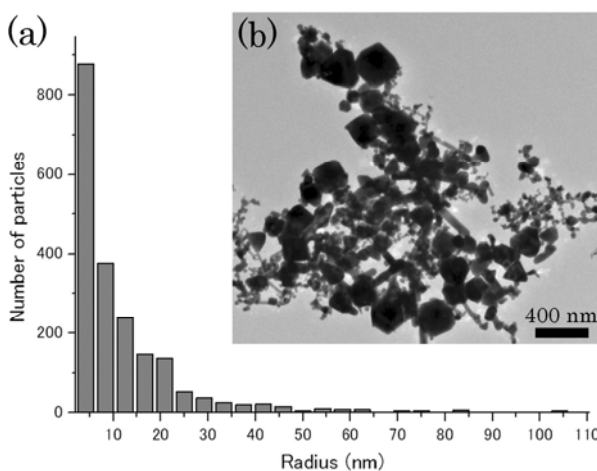


図1. Arガス $2 \times 10^4$  Pa中で加熱蒸発させたマンガン蒸気が冷えて凝縮した結果生成したナノ粒子の(a)サイズ分布と、(b)典型的な電子顕微鏡像。電子回折パターンは、室温で安定な $\alpha$ 相と高温相の $\beta$ 相が両方生成していることを示した。単位格子にしめる原子数はそれぞれ58個と20個であり、臨界核サイズの6個より小さかった。これは、結晶構造は気相からの核生成ではなく、その後の成長過程に伴う融液からの二度目の核生成時に決定することを示している。

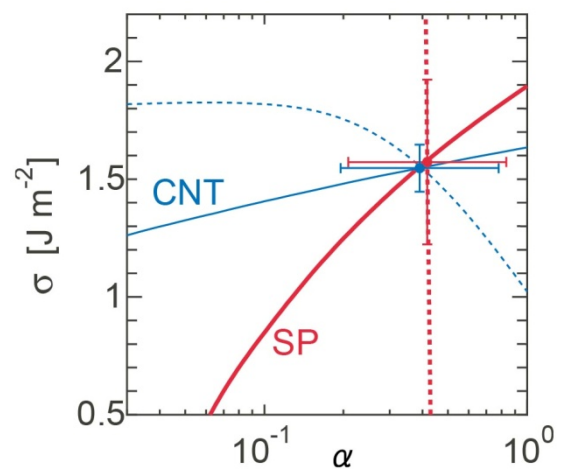


図2. 実線と破線はそれぞれ凝縮温度と粒子サイズを説明するための表面張力 $\sigma$ と吸着係数 $\alpha$ の組み合わせである。双方を同時に説明できる交点から2つのパラメータを同時に決定できる。CNT(青線)は古典的核生成理論、SP(赤線)は半現象論モデルを用いた結果である。エラーバーの大きさは、熱対流のために粒子の生成環境が不均一になることによる。