

## 別紙 4

報告番号	※	第	号
------	---	---	---

## 主 論 文 の 要 旨

論文題目 History of the Formation and Evolution of Cosmic Dust through  
the Evolution of Galaxies (銀河進化における宇宙塵の形成・進化史)

氏 名 浅野 良輔

## 論 文 内 容 の 要 旨

銀河とは、星と星間物質と暗黒物質の巨大な集合体である。宇宙マイクロ波背景放射(CMB)の観測から、初期宇宙の物質分布はほとんど一様等方であったことが分かっている。それに対し、現在の宇宙には銀河や恒星など様々なスケールの天体が存在する。これは、宇宙進化の中で銀河と星の形成・進化が起きていることを意味する。つまり、銀河や星の形成・進化は極めて本質的な、宇宙物理学最大の問題の一つである。銀河は星間物質中で起こる星形成・進化により、低金属量、低ダスト量な状態から高金属量、高ダスト量な状態へと進化する(化学進化という)。特に、星形成および銀河のスペクトルエネルギー分布(SED)は、銀河中に存在するダストの量とサイズ分布に強く影響を受ける。つまり、銀河進化の理解には、ダスト進化の解明が必要不可欠である。しかし、その重要性は認識されつつも、様々な物理現象が絡み合い複雑なため、ダスト進化の研究は端緒に就いたばかりである。近年、Herschel 宇宙望遠鏡や ALMA によって、遠方銀河のダストに関して多くの観測的知見が得られており、精密なダスト進化モデルの構築は急務である。そこで本研究では、ダスト粒子に影響を与える様々な過程を一貫して扱うモデルを構築し、銀河のダスト進化、特に総ダスト質量、ダストサイズ分布、および減光曲線の進化について検証した。

まず銀河の総ダスト量進化について検証した。ダスト質量は星形成やダストによる減光量に強く影響を与える重要な物理量である。本研究により、若い銀河に存在するダストは星からの供給が大部分を占めているが、銀河の金属量がある臨界値(臨界金属量)になると、星間空間中でのダスト表面上への重元素降着(以下、ダスト成長)が重要になることが分かった。この臨界金属量は星形成のタイムスケール( $\tau_{SF}$ )の-1/2 乗に比例している。臨界金属量の導入により、低金属量銀河や遠方宇宙に存

在するダスト豊富なクェーサーや、銀河系のような近傍の年老いた銀河のダスト量を同時に説明することが可能になった。従って、金属量が主要なダスト供給源を判定するよりよい指標になっているといえる。

次に、先のダスト質量進化モデルを発展させ、銀河のダストサイズ分布進化モデルを構築した。進化初期の銀河では星から供給される大きなダスト(> 0.1 $\mu\text{m}$ )が支配的になっているが、ダスト量が増加するにつれ星間空間中での過程がサイズ分布を決定する。この支配過程の変化の時間スケールは  $1(\tau_{\text{SF}}/10^9 \text{年})^{1/2} \times 10^9$  年程度である。この支配過程の変化によって、小さいダストがダスト粒子の衝突破砕により増加し、さらにダスト成長によってダストサイズ分布上にバンプ(ダスト半径 $\sim 0.01\mu\text{m}$ )が形成される。小さいダスト量が増加に伴いダスト衝突による合体が効果的に起こるようになると、サイズ分布上のバンプが 0.03-0.05 $\mu\text{m}$  にシフトする。この結果は、従来の近傍銀河を基にした遠方銀河の星形成率や SED の推定が実際のものとは大きく異なっている可能性を示している。

このモデルを用いて減光曲線進化について調べた結果、進化初期の銀河の減光曲線は平坦であるが、星間空間中での過程が支配的になると、大きな 2175 $\text{\AA}$  バンプや紫外線領域で急な傾きを持つように進化することが分かった。その後、ダスト粒子の合体過程によりバンプと紫外線領域のカーブが緩やかに変化することも見出された。