

有機質星間塵の起源と進化

Origin and evolution of interstellar organic grains

香内 晃[1]

Akira Kouchi[1]

[1] 北大・低温研

[1] Inst. Low Temp. Sci., Hokkaido Univ

有機質星間塵の起源と進化を、シミュレーション実験と赤外線観測をもとにレビューする。特に、炭素星周辺星雲での炭素質物質の凝縮、分子雲での光化学反応による有機物の生成、低密度雲での有機物の変成、原始太陽系星雲での蒸発変成に着目する。また、有機質星間塵が大量に含まれている彗星のダストとの比較を行う。

1. 有機物研究の重要性

最近、宇宙空間に大量の有機物が存在することが、次々に明らかになってきた。ハレー彗星の塵から、有機物からなる塵(いわゆる CHON 粒子)が発見された。赤外線宇宙望遠鏡による観測で、宇宙空間にはいたるところに有機物の塵が存在することが明らかになった。また、有機物が宇宙空間に大量に存在するであろうことは、元素の宇宙存在度を見ても直感的に理解できる。Si, Mg, Fe より、C, O, N の存在度のほうが一桁大きいのである。

分子雲には鉱物を核として、低密度雲で変成を受けた有機物、分子雲で生成された有機物、アモルファス氷、それに微小な炭素質微粒子からなる星間塵が存在する。これらの星間塵が太陽系の材料物質になったので、星間塵の研究は惑星系の起源や進化を議論する際に重要である。これまでは 鉱物と氷に着目した研究が行われてきたが、太陽系の材料物質としての有機物に着目した研究はあまり行われてこなかった。本稿では、有機質星間塵の形成と進化の研究の現状を、シミュレーション実験の結果をもとにレビューする。

2. 分子雲での有機物の形成

分子雲では、H₂O, CO, NH₃, CH₄ などを含むアモルファス氷に紫外線が照射されて、光化学反応が起こると考えられている。この過程は主としてシミュレーション実験によって研究されている。

真空チェンバー中の金属板を 10K に冷却し、H₂O, CO, NH₃, CH₄ などを含むアモルファス氷を凝縮される。これに紫外線を照射すると、親分子の分解により種々のイオン・ラジカルが形成される。氷の温度を上昇させると、低温で凍結されていたイオン・ラジカルが動きやすくなり、種々の有機物が形成される。さらに温度を上げていくと 170-200K で氷は完全に蒸発してしまうが、室温になっても安定な黄色の有機物(イエロー・スタッフ)が残る。

イエロー・スタッフは C, H, O, N を含み、種々の分析法により、様々な有機化合物が形成されたことがわかっている。N/C は氷とイエロー・スタッフであまり変化しないが、O/C はイエロー・スタッフでは小さくなる。

3. 低密度雲での変成

分子雲で形成されたイエロー・スタッフは、低密度雲でさらに、分子雲に比べてより強い紫外線の照射を受ける。シミュレーション実験によると、この過程でイエロー・スタッフ中の O, N が減少し、C, H が主成分になることがわかる。ラマンスペクトルの測定からは、多環式芳香族化合物が形成されることがわかった。これらの実験から、低密度雲ではイエロー・スタッフが炭素化、重合化すると結論される。

実験室で紫外線を照射して変成させたイエロー・スタッフと、銀河中心の赤外線吸収スペクトルを比較すると、よく一致する。

4. 質量放出星周辺星雲での凝縮

質量放出星(C/O>1)周辺星雲での、ガスからの凝縮でも炭素質物質が形成される。凝縮物としては QCC, PAH, アモルファス C, C₆₀ などの可能性が議論されている。ISO の観測によると、PAH の発光スペクトルが質量放出星周辺星雲で観測されている。炭素質星間塵の一部は、分子雲で形成されたイエロー・スタッフが低密度雲で紫外線による変成を受けて形成された物質である可能性がある。

5. 原始太陽系星雲での加熱変成

原始太陽系星雲での有機物の分布を明らかにするために、有機質星間塵の加熱実験をおこなった。その結果、星間塵中の有機物は 2.1AU よりも内側では大部分が蒸発することがわかった。有機物が存在したのは 2.1AU よりも外側の領域であり、2.1 より外側では低密度雲で変成を受けた有機物が、2.5AU よりも外側では、それに加えて分子雲で生成された有機物が存在していた。