

降着円盤での有機物微粒子の急速成長と小惑星の起源

Rapid growth of interstellar organic grains in the accretion disk of the solar nebula and the origin of asteroids

香内 晃[1], 工藤 達行[1], 荒川 政彦[1], 中野 英之[1]

Akira Kouchi[1], Tatsuyuki Kudo[2], Masahiko Arakawa[3], Hideyuki Nakano[4]

[1] 北大・低温研

[1] Inst. Low Temp. Sci., Hokkaido Univ, [2] Inst. of Low Temp. Sci., Hokkaido Univ., [3] Inst. Low Temp. Sci., Hokkaido Univ., [4] Low Temperature Sci, Hokkaido Univ

1. はじめに

これまで太陽系の材料物質として全く着目されてこなかった有機物の加熱蒸発実験および衝突・付着実験を紹介し、それらの結果をもとに、太陽系星雲の初期進化過程および小惑星の形成に関する新しいモデルを提案する。さらに、太陽系星雲の初期進化過程を ALMA で観測できることを示す。

2. 蒸発変成過程

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行った。加熱温度を、降着円盤モデルを用いて太陽からの距離に換算すると、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と結論づけられた。

3. 衝突・付着成長過程

分子雲で生成された有機物の衝突実験を行い、付着の起こる最大衝突速度(付着臨界速度)の温度依存性を測定した。付着臨界速度は温度が下がるにつれて増加し、250 K 付近で最大 5 m/s に達した。さらに温度が下がると、付着臨界速度は減少する。mm サイズの他の物質では、鉱物の場合は 0.15 m/s の衝突速度でも、氷の場合は 0.015 cm/s の衝突速度でも付着は観測されていない。したがって、mm サイズの有機質星間塵は、氷や鉱物より数桁も大きな数 m/s の衝突速度でも付着すると結論された。

4. 太陽系星雲の初期進化

以上の結果から、有機質星間塵が存在し、それらが付着しやすい温度領域である 2.5-3.5 AU では、星雲が乱流状態になっている降着円盤後期でも、星間塵の集合体の成長が急速に進んだと結論される。星間塵の集合体が 1m 程度になると、ガス抵抗を強く受け、大部分の物質は内側へ落下してしまう。なお、この時期は星雲は比較的高温であるので、6AU 以内には氷は存在していない。いっぽう、星間塵表面に氷の存在した木星領域や鉱物の存在した地球領域では、乱流のため付着・凝集成長は起こらなかった。星雲への物質の降着が終了し、星雲の温度が下がると、3AU 以遠では氷が再凝縮する。この時には、2.5-3.5 AU には固体物質はほとんどなくなっていた。この 2.5-3.5 AU という数値は降着円盤モデルに依存するが、いずれにせよ、降着円盤の後期には小惑星領域に固体物質の存在しない幅 1-2AU のギャップがあったと結論できる。ALMA によりこのギャップが観測できれば、太陽系星雲の初期進化の理解が進むであろう。

5. 小惑星の起源

小惑星領域で「固体物質が非常に少ない」のは、次の理由による。有機物の付着効果によって小惑星は急速に成長した。小惑星に取り込まれなかった 1m サイズの粒子集合体(質量では大部分を占める)は、ガス抵抗によって急速に内側に落下した。それで、2-3.5AU では小惑星の材料物質が急速に減ってしまった。「小さいものが多数」あるのは「大きな天体が壊れた」のではなく、「大きくなれずに成長が止まった」ためである。