

小惑星と隕石の起源に対する有機質星間塵の影響

Effect of interstellar organic grains on the origin of asteroids and meteorites

香内 晃[1], 工藤 達行[1], 中野 英之[1]

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

[1] 北大・低温研

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

有機質星間塵の加熱蒸発実験から、有機質星間塵は小惑星領域に存在する事がわかった。衝突・付着実験から、mmサイズの有機質星間塵は5m/sでも付着することが明らかになった。これらの結果から、有機質星間塵が存在した2.5-3.5 AUでは、星雲が乱流状態になっている降着円盤時でも、星間塵の集合体の成長が急速に進んだと結論される。それらの結果をもとに、小惑星、隕石の形成に関する新しいモデルを提案する。

1. はじめに

分子雲中の星間塵が太陽系の材料物質になったので、惑星系の起源や進化を議論する際には、星間塵の加熱蒸発過程や衝突・付着成長過程は、まず最初に明らかにしなければならない重要な素過程であるが、有機物に着目した研究は行われてこなかった。ここでは、有機質星間塵の加熱蒸発実験や衝突・付着成長実験を紹介し、それらの結果をもとに、小惑星、隕石の形成に関する新しいモデルを提案する。

2. 出発物質

有機質星間塵を直接手にすることはできないので、アナログ物質を用いて実験を行った。アナログ物質は、シミュレーション実験の化学分析データを参考にし、試薬を用いて調製した。分子雲で生成された有機物を(A)と呼び、低密度雲で変成を受けた有機物を(B)と呼ぶ。

3. 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(A+B)の加熱実験を行い、蒸発残渣の質量の温度依存性を測定した。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る。2.5AUおよび2.1AUで大量のガスが発生することがわかり、前者はわずかに還元的($C/O=5-7$)、後者は非常に還元的なガス($C/O=100$)であった。

4. 衝突・付着成長過程

分子雲で生成された有機物(A)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できる。

5. モデル

以上の結果から、有機質星間塵が存在した2.5-3.5 AUでは、星雲が乱流状態になっている降着円盤時でも、星間塵の集合体の成長が急速に進んだと結論される。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。この結論を作業仮説として受け入れると、これまで問題になっている種々の現象が、以下のように統一的に説明できる。

5.1 小惑星はなぜ小惑星か？

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。

小惑星領域からの地球・金星領域への物質の供給は、「地球・金星はなかなか成長しない」という問題を解決する鍵になりうる。

5.2 隕石

(1) コンドライト-エコンドライト

エコンドライト母天体は、有機物の付着効果によって急速に成長したので、26Alが十分に残っており、それによって火成活動がおこった(2.1-3.5AU)。いっぽう、2.1 AUより内側と3.5 AUより外側では、星雲の乱流がおさまってから、普通コンドライト母天体と炭素質コンドライト母天体が形成された。わずかに残った26Alで変成

作用が起こった。

(2) 酸化・還元状態

蒸発ガスの C/O 比および 5 AU 付近での氷の蒸発を考慮すると、次のような隕石母天体の形成位置が考えられる。1.5AU 付近で内側から H, L, LL, 2AU 付近で E, オープライト, 2-2.5AU でエコンドライト (HED), 2.5AU でユレイライト, 3AU より外側で, C3, C2, C1 である。

(3) その他

酸素同位体, 有機物の起源, コンドリュールの起源なども, 以上のスキームで無理なく説明できる。詳細は講演時に述べる。