

円盤降着率の変動による初期 inner nebula の酸素同位体・化学組成進化

Evolution of oxygen isotopic and chemical composition in the early inner solar nebula due to fluctuation of disk accretion rate

福井 隆[1]; 倉本 圭[2]

Takashi Fukui[1]; Kiyoshi Kuramoto[2]

[1] 北大・理・地球惑星; [2] 北大・理・地球惑星

[1] Earth and Planetary Sci., Hokkaido Univ; [2] Earth and Planetary Sci., Hokkaido Univ.

始原的な隕石は、質量に依存しない酸素同位体比の不均質を持つことが知られている。また、その構成物には酸化的な環境下で形成される物質と、還元的な環境下で形成される物質が混在している。このような同位体・化学組成の特徴を実現する物質形成のシナリオを説明することは、現在の惑星系形成論に残された重要な問題の 1 つである。

同位体組成の問題について、Yurimoto & Kuramoto (2004) は以下のようなモデルを提唱している：分子雲コアにおいて、ダスト上の水氷は紫外線による C17,180 の選択的初期光解離反応を介して 160 に乏しくなる。これが原始太陽系星雲に運び込まれると、星雲ガスと共に太陽へ降着を始める。ガス抵抗により、ダストの降着速度はガスのそれよりも大きい。これらの速度は質量降着率に強く依存し、ダスト/ガスの速度比は降着率が減少するにつれ大きくなる。降着により星雲内側へと運ばれたダストは、周囲の星雲温度がその構成成分の昇華点を上回った地点で部分蒸発する。ダスト・ガスの降着速度差により、ダスト蒸発物は蒸発領域の下流側で太陽組成に比べ濃集するようになる。質量降着率が徐々に減少すると H2O の濃集はより強くなり、inner nebula の酸素同位体組成は 160 に乏しい方向へと進化する。彼らによれば、隕石や地球の 160 欠乏と CAI の 160 過剰を説明するには数 mm のダストサイズおよび 10^{-9} solar mass/yr の質量降着率が適当である。

研究の目的は、上記のモデルを拡張、蒸発物の星雲中での移流拡散を数値計算することにより、もう一方の問題である酸化還元物質形成のシナリオを提示することである。簡単のため、原始惑星系円盤の面密度・温度分布としては最小質量モデルを用い、降着率によらず一定とする。ダストサイズとしては 1 mm 程度のものを仮定する。ダスト中には水氷および有機物が構成成分として含まれると仮定する。蒸発温度は成分毎に異なり、水氷・有機物の蒸発位置は円盤中心からそれぞれ 3 AU, 0.3 AU の地点である。これらの物質が上記過程で濃集し、円盤中心へと広がっていく。

まず、降着率が大きく (10^{-8} solar mass/yr 以上) 定常的な場合を考える。この場合、円盤内側領域の C/O 比は太陽組成と同じ 0.5 程度になる。しかし、実際の質量降着率は全体的には減少傾向にあるものの、不規則に変動するものと考えられる。そこで次に、この定常状態から降着率が急激に減少する場合を考える。有機物・氷はどちらもそれぞれの蒸発領域で濃集を始める。もしこれがそのままの量比で混合されれば、やはり星雲の C/O 比は太陽組成とほとんど同じ組成になってしまうだろう。しかし、3 AU 地点で濃集した水蒸気が円盤内側に流れてくるまでには幾らか時間を要する (典型的には円盤質量を降着率で割った程度の時間)。この間、0.3 AU 地点での有機物の濃集により、円盤の最も内側領域の C/O 比は 1 を超え、還元的環境下でのみ形成される物質を形成することが出来ると考えられる。

こうして円盤内側領域で形成された物質のうち、かなりの部分は太陽へと落ち込んでしまうが、一部は円盤へと環流され、やがて隕石母天体に取り込まれたと考えられる。環流や隕石への選択的な取り込みの機構の詳細はまだよくわかっていない。降着率変化による円盤の温度・密度変化およびダストの付着成長を考慮したより正確なサイズ分布を用いた計算を今後行っていく予定である。