

## 惑星形成終盤における円盤ガスの温度構造

## The gas temperature in the dissipating solar nebula: Influences on the various processes at the final stage of planetary formation

# 坂本 晶子 [1]; 阿部 豊 [1]

# Akiko Sakamoto[1]; Yutaka Abe[1]

[1] 東大・理・地球惑星科学

[1] Earth Planetary Sci., Univ. Tokyo

惑星系の母胎である原始惑星系円盤では、円盤ガスはおよそ  $10^{6-7}$  年のタイムスケールで散逸し、円盤から失われると考えられている。しかしながら、円盤ガス散逸のメカニズムおよび惑星形成のどの段階において円盤ガスが散逸したのかといったことはまだよく分かっていない。このため、散逸段階にある円盤ガスがどのような状態にあり、それが惑星形成のプロセスにおいてどのような影響を及ぼしうるかといったことに関する検討はこれまでになされてこなかった。本研究ではこのような問題を検討するために、散逸段階にある円盤ガスの温度構造およびその時間的な進化を推定し、惑星形成のプロセスにおける影響について明らかにすることを旨とする。

惑星形成のプロセスにおいて考えられる影響の一つとして、本研究では地球型惑星の軌道離心率問題と円盤ガス捕獲問題を同時に解決しうる可能性について検討した。Kominami & Ida (2002; 2004) では、惑星形成の最終段階においても最小質量円盤の  $10^{-4} \sim 10^{-3}$  倍程度の円盤ガスが残っていることで、形成された地球型惑星の軌道離心率を現在の値程度 ( $\sim 0.01$ ) まで下げることが示されている。しかしながら、このような状況の下では、惑星は周囲の円盤ガスを大量に捕獲してしまう可能性がある。Mizuno et al. (1980; 1982) によれば、最小質量円盤の散逸以前に地球の集積が完了した場合に地球が獲得する円盤ガス起源の He と Ne の量は、現在の地球大気中に存在する量よりもはるかに多くなってしまふ。円盤ガス密度が  $10^{-4}$  倍に減少するだけでは、地球が捕獲しうる He と Ne の量は Mizuno et al. (1980; 1982) の計算結果の 1 割程度までしか減少せず、依然として捕獲しすぎてしまうことには変わりはない。

そこで本研究では、最小質量円盤の  $10^{-4}$  倍まで散逸した円盤ガスが高温になる可能性を検討した。Mizuno et al. (1980; 1982) では円盤ガス温度とダストの温度が等しいと仮定している。しかしながら、このように希薄な円盤においては、円盤ガスとダストとの衝突確率が低下することにより、この仮定が成り立たなくなる可能性が考えられる。さらに、気体粒子同士の衝突確率も低下するために冷却の効率が下がり、円盤ガスがダストよりも高温になる可能性が考えられる。円盤ガスが高温であれば、熱運動のエネルギーが大きくなるために惑星の重力ポテンシャルよりも大きなエネルギーをもつ円盤ガスの割合が増加し、結果として惑星が捕獲しうる円盤ガスの量は減少することが考えられる。最小質量円盤の  $10^{-4}$  倍まで散逸した等温の円盤ガスについてこの効果を見積もると、円盤ガス温度が 1000K 程度まで上昇していれば、地球が重力的に捕獲しうる Ne の量が現在の地球大気中に存在している量程度になることが分かった。そこで本研究では、地球軌道付近の円盤ガス温度が 1000K 程度まで上昇しうる可能性について検討した。

円盤ガスの熱源としては、太陽および近傍の星からの紫外線、太陽 X 線および宇宙線の寄与を考慮した。円盤ガスを加熱するメカニズムとしては、ダストとの衝突による加熱、光電加熱、宇宙線および X 線加熱を考慮した。冷却のメカニズムとしては、ダストとの衝突による冷却、OI、CI、CII および CO の回転スペクトル線による冷却を考慮した。その結果、円盤ガス温度は円盤中に存在する CO およびダスト (特にミクロンサイズ程度のもの) の存在度に強く依存することが分かった。特に、CO と水素の個数密度比およびミクロンサイズのダストとガスの質量比がともに  $10^{-6}$  以下である場合には、地球軌道付近の円盤ガス温度は 1400K 程度まで上昇しうることが分かった。

散逸によって希薄になりつつある円盤においては、CO は光分解反応により存在度が減少する可能性が考えられる。また、惑星形成のプロセスを経たことにより、ミクロンサイズ程度のダストは惑星形成以前に比べて減少している可能性が考えられる。惑星形成の最終段階における CO およびダストの存在度に関して、今後さらに定量的な検討を行っていく予定である。