

原始月円盤からのケイ酸塩ガスの散逸

Hydrodynamic escape of vapor from proto-lunar disk

玄田 英典[1], 阿部 豊[2]

Hidenori Genda[1], Yutaka Abe[2]

[1] 東大・理・地物, [2] 東大・理・地球惑星物理

[1] Dep. of Earth and Planetary Phys., Tokyo Univ., [2] Earth Planetary Phys., Univ. Tokyo

月の起源としてジャイアントインパクト説がある。ジャイアントインパクトで形成される原始月円盤は高温のケイ酸塩ガス円盤と考えられ、ケイ酸塩の凝縮の潜熱により等温的であると考えられるので、ハイドロダイナミックエスケープする可能性がある。本研究では静水圧平衡が破れる条件から円盤散逸条件をもとめた。一般に散逸は円盤の端でおこるが、高温円盤ほど中心付近まで散逸するため、初期温度によって円盤の角運動量/質量比は決まってしまうことが示唆された。角運動量/質量比は最終的に形成される月の質量に影響を与えるので重要である。講演では散逸のタイムスケールに基づいて、散逸がどれほどの影響を持つか議論する予定である。

月の起源としてジャイアントインパクト説がある。火星サイズの天体が原始地球に斜め衝突することによって、原始月円盤が形成され、数百年かけて冷却した後に集積が始まり月が形成されるというシナリオである。現在の地球月系の角運動量と月の化学組成を比較的うまく説明できる説である。

現在までの情報を総合すると衝突直後の円盤には次のような特徴を挙げるができる。

- (1)非常に高温である。(4000~10000K)
- (2)円盤を構成するケイ酸塩は少なくとも部分的に蒸発をしている。
- (3)ケイ酸塩の凝縮/蒸発による潜熱によって円盤が等温的な構造をもつ。

一般に等温的な大気は天体の重力に束縛されずに流出することが知られている。これをハイドロダイナミックエスケープと呼び、太陽風の生成と基本的には同じ原理である。原始月円盤を構成する高温のケイ酸塩ガスも地球の重力にバウンドされずハイドロダイナミックエスケープが起こる可能性がある。

原始月円盤の散逸が起これば次のような影響が出ることが予測される。

- (1)円盤の質量と角運動量が失われ、単位質量あたりの角運動量が増える。このことは最終的に形成される月の質量に影響を与える。
 - (2)散逸にともない元素の揮発度に関連した分別が起これば、月の組成に影響を与える。
 - (3)月形成に使われなかった円盤物質の大部分は原始地球に降ってくる考えられるので、原始地球組成にも影響を与える。
- 以上のことから円盤散逸がおこるか否か、おこる場合にはどのようにおこるかは月、地球両者にとって重要であると考えられる。

本研究では、衝突直後の高温ガス円盤からのハイドロダイナミックエスケープに注目した。

ケイ酸塩ガスと固体(液体)粒子が分離しないと仮定し、一流体ポリトロプガスとして取り扱って、そもそも散逸がどのような条件でおきるかを解析的に求めた。用いた重要なパラメータは3つである。

- (1)円盤中心面での圧力分布(円盤のコンパクトさをあらわす)
- (2)円盤の温度構造をあらわすポリトロプ指数
- (3)円盤初期の温度をあらわすエスケープパラメータ

散逸するかどうかは、初期の円盤の温度構造と初期の質量分布(圧力分布)で決まる。温度構造が等温に近い場合、もしくはコンパクトではない円盤(広がった円盤)の場合に静水圧平衡が破れ散逸が起こりやすいことがわかった。また、散逸は円盤の外側から円盤の厚さ方向に散逸する。初期温度は散逸が起きるもっとも内側の位置に影響を与え、高温な円盤ほど内側からおこることがわかった。その例として、非常に等温的で(ポリトロプ指数が1.05)初期の温度が5000K程度の円盤ではロッシュ半径より内側の位置でも散逸することがわかった。

次に、円盤の静水圧平衡が破れている外側のガスがすべて散逸してしまった場合を考える。この仮定は、円盤が放射によって冷却されず、無限遠の時間をかけて散逸したことをあらわし、散逸量の上限を与える。この仮定で得られた結果は、散逸後の円盤の角運動量/質量比が初期の温度に強く依存しているということである。角運動量/質量比は最終的に形成される月の質量に影響を与える。散逸によって円盤の質量分布が支配され、高温な円

盤ほどより内側から散逸がおこるので、温度が高いほど広がった円盤は作れないということがわかった。

上で用いた仮定は実際には正しくなく、放射冷却によって円盤の温度がさがり、散逸フラックスが減少し、やがて散逸がとまってしまう可能性がある。このことから、散逸の規模、つまりフラックスを求め、散逸のタイムスケールを求めることが重要になってくる。講演では、散逸のタイムスケールと円盤冷却のタイムスケールを比較検討し、散逸の円盤に対して与える影響を議論していく予定である。