

原始惑星系円盤の化学進化

Chemical processes in protoplanetary disks

相川 祐理[1]

Yuri Aikawa[1]

[1] 神戸大・理・地球惑星科学

[1] Dept. of Earth and Planetary Sci., Kobe Univ.

<http://nova.planet.sci.kobe-u.ac.jp/members/aikawa-j.html>

太陽系形成時の物質進化については従来主に化学平衡論を基に議論されてきた。しかし、中心星近傍の高温高密度領域を除いては、化学平衡が現実のよい近似であるかどうかは疑わしい。そこで近年では、原始惑星系円盤で起りうる化学反応過程を列挙して組成進化を初期値問題として解くという手法がとられるようになってきた。これによって、非平衡な化学組成進化を円盤内の質量降着などの動的な過程をも考慮して調べることができる。本講演では、非平衡計算によって得られた円盤外縁部の彗星形成領域から中心星近傍のダスト蒸発領域までの化学組成分布について概観する。また、非平衡計算の結果に基づいて固相 - 気相の元素分別について議論する。

太陽系形成時の物質進化については従来主に化学平衡論を基に議論されてきた。しかし、中心星近傍の高温高密度領域を除いては、化学平衡が現実のよい近似であるかどうかは疑わしい。そこで近年では、原始惑星系円盤で起りうる化学反応過程を列挙して組成進化を初期値問題として解くという手法がとられるようになってきた。これによって、非平衡な化学組成進化を円盤内の質量降着などの動的な過程をも考慮して調べることができる。本講演では、非平衡計算によって得られた円盤外縁部の彗星形成領域から中心星近傍のダスト蒸発領域までの化学組成分布について概観する。

円盤外縁部の低温領域 ($T < 20\text{K}$) では、星間雲から取りこまれたガスは水素とヘリウムを除いてほとんどが短時間でダスト表面に吸着されて氷マンテルを形成する。よってこの領域では、ほとんどの重元素が気相ではなく固相にあるという点を除いて、化学組成は星間雲のものによく似ていると考えられる。

円盤内の質量降着によって物質がより温度の高い領域に流れてくると、各領域での温度に応じて氷マンテルが徐々に昇華する。昇華した分子は気相で新たな化学反応にさらされる。標準的な円盤モデルでは、半径数 AU 以内での柱密度は宇宙線によるイオン化率の減衰長よりも小さいので、ガスは部分的にイオン化しておりイオン - 分子反応が起こる。イオン - 分子反応はラジカルを生成することによって中性 - 中性反応も駆動する。これらの化学反応の結果、昇華したガス分子の一部はより大きな昇華温度の高い物質に変換され、再び氷マンテルへと戻る。たとえば、メタンが昇華すると気相反応でより大きな炭化水素になる。炭化水素は短時間で氷マンテルに取りこまれ、また、メタンよりも昇華温度が高いため固相にとどまることになる。こうして円盤の内側ほど昇華温度の高い分子が固相に濃集されていくと考えられる。氷マンテルの組成進化の割合は、円盤内のイオン化率や降着流の流速などにも依存する。

半径 1 AU 以内の領域では円盤の温度は 1000 K 近い高温になる。この領域ではダストのコアも昇華しはじめる。シリケートと炭素質ダストの昇華過程は Duschl et al. (1996) によって調べられている。シリケートはほぼ平衡論的に昇華するが、炭素質ダストは昇華温度に達する前に OH ラジカルとの反応で壊されていくと考えられる。