

太陽系システムの化学進化と地球システムの化学組成の確立

Chemical evolution of the solar system and bulk chemical composition of the earth system

永原 裕子[1]

Hiroko Nagahara[1]

[1] 東大・理

[1] Geol. Inst., Univ. Tokyo

太陽系の化学進化は、ガスと固体からなる2相流体の移動に蒸発・凝縮反応をとりこんだ、化学流体力学の問題に帰着する。従来の研究では、物理過程のみ考慮し、化学過程を平衡論により論ずるか、または、物理過程と化学過程を独立に検討し、そのタイムスケールを比較することで、支配的な化学過程を特定することがおこなわれている。本講演においてはそれらの試みをレビューし、地球システムの形成に重要な諸過程の役割を検討する。さらにその結果から、地球の総化学組成に対してかけられる制約に関して議論する。

太陽系における化学進化は、物質科学的には太陽系初期アクティブステージにおける温度による星間ダストの蒸発と、ひきつづくパッシブステージにおける温度降下による凝縮によりひきおこされる。一方物理的には、星雲ガスとダストあるいは凝縮した固体物質の相対速度による分離によりひきおこされる。したがって太陽系の化学進化は、ガスと固体からなる2相流体の移動に蒸発・凝縮反応をとりこんだ、化学流体力学の問題に帰着する。化学反応のタイムスケールが物質の移動速度にくらべて十分に早ければ、物質の種類や存在形態は化学平衡によって支配されたものとなる。一方、反応速度が移動速度にくらべておそければ、カイネティクスに支配されたものとなる。固体物質が存在しているかすべてガス化しているかは星雲のオパシティーに大きく影響し、星雲内部の温度構造を決する。それはまた移動してゆく物質の種類や組成を変化させる。これらを統合したモデルの確立はきわめて困難で、従来の研究では、物理過程のみ考慮し、化学過程を平衡論により論ずるか、または、物理過程と化学過程を独立に検討し、そのタイムスケールを比較することで、支配的な化学過程を特定することがおこなわれている。本講演においてはそれらの試みをレビューし、地球システムの形成に重要な諸過程の役割を検討する。さらにその結果から、地球の総化学組成に対してかけられる制約に関して議論する。

星雲の到達した最高温度と温度上昇・下降の履歴に関して、および星雲ガスとダストの運動に関しては、これまでに多くの研究がある。到達温度に関しては星雲の粘性が重要な役割を果たすことが明らかにされ、しかしその値は不明であるため、粘性をパラメータとして検討されている。移動に関しては、アクティブステージにおいてはダストの鉛直方向の移動速度はきわめて速いこと、動径方向の移動速度はおそいこと、ダストサイズが小さければダストとガスの移動速度はないこと、などが明らかにされてきた。

化学過程を平衡論にもとづき議論する試みは、コンドライトの化学グループのいくつかのものを説明することに成功しているが、すべてのグループを説明するにはいたっていない。カイネティクスを考慮した化学過程の検討は、パラメータを決定できる凝縮過程の実験が困難であるため、蒸発過程しか定量的な議論にたえず、片手落ちの状況である。しかし最近蒸発過程への延長が可能な実験が進行中で、太陽系星雲における主要元素の進化に関するフォワードの半定量的な検討がはじまった。

現時点できわめて不確定性の高い問題の1つは、上記のような初期の化学進化から、惑星系にいたる集積過程である。地球のマントルの総化学組成がコンドライト的であるなら、微惑星の合体のみで説明は可能であるが、パイロライト的であるならば、初期進化により太陽系内に化学的不均質（太陽からの距離の関数としての組成変化）を形成する必要がある。地球のマントル物質や地球化学的要請から推定される地球の原物質は、単純なコンドライトでは説明されない。