

ガス存在下におけるフォルステライトの蒸発と凝縮過程への応用

Evaporation of forsterite in the presence of ambient gas and its application to the condensation process

永原 裕子[1], 橘 省吾[2], 稲葉 治美[2], 小澤 一仁[3]

Hiroko Nagahara[1], Shogo Tachibana[2], Harumi Inaba[3], Kazuhito Ozawa[4]

[1] 東大・理, [2] 東大・理・地球惑星, [3] 東大・理系・地惑

[1] Geol. Inst., Univ. Tokyo, [2] Earth and Planet. Sci., Univ. of Tokyo, [3] Earth Planet. Sci., Univ. Tokyo, [4] Univ. Tokyo, EPS

ガスの存在下における蒸発実験をこころみ、最も主要な惑星構成物質であるフォルステライトと金属鉄、珪酸塩メルトについて、そのカインティックパラメータの決定に成功した。本論においてはフォルステライトのそれに関して報告する。

星の様々な進化過程における初期化学進化は、凝縮過程を通じて進行する。また、太陽系星雲のような初期の星周円盤においては、凝縮に先立ち、蒸発過程も重要な役割を演ずる。これらの過程は動的過程であり、その反応速度は実験的に決定する必要がある。従来の蒸発実験のほとんどは真空中でおこなわれ、そこで決定されたパラメータは、蒸発が進行して周囲に自分自身から発生したガスが蓄積していく場合や、ある成分の分圧が固相の平衡蒸気圧より高くなり凝縮が進行する条件下では使用することができない。したがって、宇宙や太陽系の化学進化を定量的に取り扱うために、凝縮に関する速度論的パラメータを実験的に決定することが決定的に重要である。われわれは、ガスの存在下における蒸発実験をこころみ、最も主要な惑星構成物質であるフォルステライトと金属鉄、珪酸塩メルトについて、そのカインティックパラメータの決定に成功した。本論においてはフォルステライトのそれに関して報告する。

ガス存在下における物質の蒸発速度（トータルな蒸発速度）はHertz-Knudsen equationにより記述され、真空蒸発速度と凝縮速度の差として表される。真空蒸発速度は物質と温度にのみ依存し、その物質固有の値であり、その値は平衡蒸気圧に蒸発係数を乗じたものである。凝縮速度は周囲のガス中の問題とする成分の圧力に依存し、蒸気圧に凝縮係数を乗じた値である。蒸発係数、凝縮係数ともゼロから1の間の値をとり、ゼロはカインティックバリアが無限大で、事実上反応が進行しないことを意味し、1はカインティックバリアがないこと、すなわち、熱力学的駆動力そのものに依じた速度で反応することを意味している。真空中においては後者はゼロであり、化学平衡状態では両者がつりあって、見かけ上蒸発は進行しない。本研究においては長さの異なる容器を用い、そのコンダクタンスにより周囲のガス圧をコントロールした蒸発速度を決定した。試料は合成したフォルステライト単結晶であり、(001)面を容器底面に平行に配置し、1方向のみに蒸発を進行させた。実験は1550-1700.Cの範囲でおこなった。容器内のガス圧を計算により求め、ガス圧の関数としての凝縮速度を求めた。

その結果、フォルステライトの蒸発速度はガス圧（SiO₂分圧）の関数であり、ガス圧に対し非直線的な依存性を示す。直線で近似した場合は0.18となる。また、温度低下にともない減少する。フォルステライトは、本実験温度範囲では蒸発係数が0.1-0.2であることが従来の研究によりわかっている。

これらの結果を用いることで太陽系内におけるフォルステライト粒子の蒸発挙動がすべて記述可能となった。太陽系を水素とフォルステライトの単純系と仮定した場合の、凝縮にともなう粒子の成長速度を推定した。Yamamoto & Hasegawa (1977) による均質核形成モデルを用い、星雲の冷却速度を10K/yrとした場合、フォルステライトの凝縮温度は平衡凝縮モデルで予想されるより約30.C下となり、成長過程は平衡に近い条件で進行する。ただし、本研究では星雲の主成分である水素の効果、またそのほかのガス分子の効果は検討されていないので、より詳細な検討が必要である。