

酸化的な物質を考慮したイオの組成と内部構造について

Internal structure and composition of Io with highly oxidized materials

樋山 克明[1]; 倉本 圭[2]

Katsuaki Hiayama[1]; Kiyoshi Kuramoto[2]

[1] 北大・理・地球惑星; [2] 北大・理・地球惑星

[1] Earth and Planetary Sci., Hokkaido Univ; [2] Earth and Planetary Sci., Hokkaido Univ.

はじめに：ガリレオ衛星が形成された原始木星系円盤には H₂O が濃集していたと考えられ，原材料物質は酸化的な化学組成になっていた可能性が考えられる．例えば C1 コンドライトには Fe は金属や硫化鉄の状態ではほとんど含まれておらず，酸化物や硫酸化物の状態で存在している．したがってコアやマンツルの組成にはこれらの酸化物質が考えられるが，これまでその可能性についてはほとんど調べられていない．そこで本研究では，酸化的な物質を考慮に入れたイオの組成と内部構造を考える．

モデル：太陽系元素存在度 (Anders and Grevesse 1989) において Si に対して原子数が 1/1000 以上存在し，常温常圧で酸化物，金属，硫化物として存在する元素について， Z の存在度をパラメータとして鉱物組み合わせの計算を行った．Fe のみは Holwege et al (1990) の太陽系元素存在度の値 ($\log N(\text{Fe}) = 7.48 \pm 0.09$) を用い，エラーバーの上限と下限についても同様の計算を行った．鉄と硫黄の酸化に伴う相の変化は 1200 K での Fe-S-O 系の相図 (Lewis 1982) に従うとした．これにより得られた FeO と MgO と他の元素については，ノルム計算の規則に従うものとした．リン灰石，正長石，ネフェリン，アノーサイト，ディオプサイド，オリビン，ハイパーシーン，MgSO₄ はマンツルに，イルメナイト，クロマイト，金属鉄，磁硫鉄鉱，マグネタイト，ヘマタイトはコアに分配されるものとし，それぞれの質量比と平均密度から慣性能率を求めた．

結果：Fe が全て Fe-FeS からなる系から出発し，徐々に系の Z の割合を増加させると，マンツルとコアの組成および慣性能率が次のように変化する．

1) まず金属鉄が酸化されて FeO が生じる．このとき，FeO はマンツルに分配され主にかんらん石をつくるので， Z の増加に対して顕著に平均密度は下がり，慣性能率は増加する．

2) 金属鉄がすべて FeO になると，続いて FeS が酸化されて FeO と MgSO₄ が生じる．平均密度はゆるやかに下がり，慣性能率はさらに増加する．コアに分配される鉱物が乏しくなっていくので，慣性能率は 0.4 (均質) に近づいていく．

3) FeS がすべて酸化されると，次に FeO が酸化されてマグネタイトが生じる．マグネタイトはコアに分配され，コア半径が増加して慣性能率は減少する．マグネタイトをつくるのに FeO が使われるため，マンツル密度が減少し平均密度は減少していく．FeO の減少により，かんらん石の代わりに石英が生じる．

4) やがて Fe が全てマグネタイトをつくと，ヘマタイトが生じる．この段階では Z の増加に対する慣性能率と平均密度の減少は緩やかである．

現在求められているイオの平均密度と慣性能率と比較すると，段階 3 でそれぞれに近い値を示した．Sohl et al. (2002) で議論されたような原始木星系星雲での Fe と Si の分別が起こらなくても，太陽系元素存在度から推定した鉱物組み合わせの酸化還元状態を変えることにより，イオの平均密度と慣性能率を示すことができる可能性が示された．