

還元的な組成を持つ水星の熱史と中心核ダイナモによる固有磁場生成の可能性

Thermal history of Mercury with reduced composition and the possibility of intrinsic magnetic field generated by core dynamo

広瀬 佑介 [1]; # 倉本 圭 [2]

Yusuke Hirose[1]; # Kiyoshi Kuramoto[2]

[1] 北大・理・地球惑星; [2] 北大・理・宇宙

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

これまでに水星探査を行った唯一の探査機 Mariner 10 (1974 年) によって水星には強い固有磁場が存在するとされている。これは水星コアには液体核が残されており、そこでの対流が磁場を生成していることを強く示唆する。Mariner 10 の探査以前、水星は小型の惑星であるためその内部は冷却されやすく、現在までにコアは完全に凍結してしまっていると考えられていた。

現在もっとも広く受け入れられている液体核の存在を説明する水星熱史モデル (Stevenson et al. 1983) によれば、コアに数%未満の硫黄が混合し、その凝固点降下のために水星は現在までコアの完全凍結を免れることができる。さらに純粋な固体鉄からなる内核の成長に伴い液体核の密度変化が生じ、それによって起こる組成対流が磁場発生の原動力になると考えられてきた。

しかしこのモデルには、水星のコアやマンツルの組成を地球のそれらとほぼ同一とする仮定が置かれている。コアの硫黄濃度は凝固点降下の大きさに、マンツル粘性率は惑星内部の冷却のしやすさに大きく影響を及ぼすため、組成が異なれば、熱史は従来のモデルとは異なるものになる可能性がある。

水星表面の反射スペクトルの観測結果や隕石の化学・同位体組成の系統性の解釈 (Wasson, 1988) は、ともに水星が還元的な物質から形成された可能性を示唆する。そこで本研究では、もっとも還元的な始原的隕石であるエンスタタイト (E) コンドライトを材料物質とした水星モデルを想定した。この E コンドライトモデルでは、コアは E コンドライトの金属鉄・硫化鉄成分からなるとし、硫黄濃度は 13 wt % に及ぶ。そのため凝固点降下が著しく内核成長はきわめて起こりにくい。またマンツルは水分をほとんど含まず、その主成分を E コンドライトの珪酸塩成分であるエンスタタイトと仮定する。このとき粘性率は地球マンツルのそれよりも約 1000 倍高く、内部が冷却されにくいと予想される。これらの仮定の下で水星の熱史の数値計算を行い、ダイナモによる磁場生成の可能性を検討した。計算にあたってはパラメータ化対流論、あるいは混合距離理論を用いて熱輸送を評価し、内核成長の定式化や惑星内部の熱源に関する仮定は Stevenson らのモデルに従った。

組成対流を引き起こす内核成長に着目し E コンドライトモデルに対する結果をまとめると次のようになった。Stevenson らの標準モデルでは内核は初期状態から 2.3 億年後には成長を開始し、現在の内核半径はコア半径の 9 割程度である 1760km に及ぶ。一方今回の E コンドライトモデルでは内核は全く成長しない。またコア・マンツル境界の熱流量が小さく液体核では熱が伝導で輸送されるようになるため磁場の起源をコアの鉛直熱対流に求めることは難しい。この場合はコア・マンツル境界の水平温度不均質によるものなど、別の磁場生成機構を考えることが必要である。

硫黄濃度とマンツル粘性率の値をさまざまに変えて内核成長の起こりうる範囲を調べ、Olson and Cristensen (2006) が提案した磁場強度のスケーリング則を用いて組成対流で発生する磁場の磁場強度を見積もったところ、粘性率が E コンドライトモデルより 1/10 ほど低く、硫黄濃度が 6 ~ 8 wt % の範囲であれば観測された磁場を説明できる可能性があることが分かった。現在水星に向かいつつある Messenger や将来打ち上げの予定されている Bepi Colombo などの探査によって水星の表面組成や磁場などが制約されれば、水星の熱史と固有磁場生成のメカニズムについて惑星全体組成と関連づけてよりよく理解できるようになると期待される。