

エンスタタイトコンドライト的な組成を仮定した水星の熱史

Thermal History of Mercury with enstatite chondritic composition

広瀬 佑介 [1]; 倉本 圭 [1]

Yusuke Hirose[1]; Kiyoshi Kuramoto[1]

[1] 北大・理・地球惑星

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

Mariner10 の水星探査により、水星には固有磁場が存在することが明らかになった。これは、水星には液体核が存在し、ここでダイナモが駆動されている可能性を強く示唆する。そこで、液体核の存在を説明する熱史モデル (Stevenson et al. 1983) が提唱されたが、このモデルでは、水星のマントルと核の組成は地球のそれに近いとされている。

原始太陽系の内縁部の条件下ではケイ酸塩は還元され、そのため太陽系のもっとも内側にある水星は、還元的な物質からなるという可能性が指摘されている (Wasson 1988)。また、水星の反射スペクトルは水星表面に有色鉱物が乏しいことを示しており、このことも水星が還元的な物質からなる可能性を支持している。そこで、本研究では、水星が原始太陽系星雲内で形成されたもっとも還元的な始原的隕石であるエンスタタイト (E) コンドライトと同様の組成をもつ物質から形成されたと仮定し、水星の熱史を数値計算した。

熱史の定式化にあたり、パラメータの値を次のように仮定した。まず、水星の核の組成を E コンドライトの金属・硫化鉄成分と同一であるとすると、従来 1~5 wt % とされていた核における硫黄の割合は 13 wt % となる。軽元素 (硫黄) の存在は、わずかな量であっても鉄の凝固点を大きく下げ、13 wt % の硫黄の存在は内核の成長を妨げると考えられる。つぎに、マントルの組成を E コンドライトのケイ酸塩成分と同一と仮定し、マントルの粘性率を以下のように与えた。すなわち、粘性率はマントル中に水が含まれる場合と比べ、含まれない場合のほうが約 100 倍高いこと (Karato and Wu 1993) から、地球に比べより乾燥していると考えられる水星マントルの粘性率を、地球のその 100 倍にした。さらに、エンスタタイトと地球マントルの主成分であるオリピンの粘性率を比較すると、エンスタタイトの粘性率はオリピンの粘性率の 10 倍 (1773 K のとき) から $10^{(1.5)}$ 倍 (1673 K のとき) になる (Mackwell 1991)。これらを加味して水星マントルの粘性率を与えた。このようにマントル粘性率を増加させると、マントル対流は起こりにくくなり内部の冷却を妨げると考えられる。さらに、地球のマントルにおける熱膨張率、比熱、熱伝導率を E コンドライトのそれらの値に置き換えた。以上の仮定の下で、水星の熱史をパラメータ化対流論、すなわち対流によって運ばれる熱流量をヌッセルト数・レイリー数の関係を用いて記述する手法により計算した。惑星内部の熱源や内核の成長などの定式化は Stevenson et al. (1983) にしたがった。

Stevenson et al. (1983) によれば、内核は初期状態から 2.3 億年後に成長を開始し、現在の内核半径は核全体の半径の 8 割程度である 1760km となる。しかしながら今回の計算結果では、内核成長は起こらなかった。また、核からマントルへ流れる熱流量の現在の値は 2.38 mWm^{-2} という結果を得た。

融解した核において、熱輸送が対流から伝導に切り替わる境界の熱流量の値は 11 mWm^{-2} である (Stevenson et al. 1983) から、今回のモデルでは外核に熱対流が生じない。水星に存在する固有磁場を説明するためには別の原因で外核が対流する必要がある。従来から、内核成長に伴う軽元素の析出による組成対流がその候補に考えられてきた。しかし今回のモデルでは、内核成長は起こらない。マントルの粘性率を、先に仮定した値の 3700 分の 1 以下にすると、内核成長の起こる解が得られる。エンスタタイトコンドライト組成の水星を考える場合には、何らかのマントルの粘性率を下げる機構が必要である。