

水星：還元的領域で形成された惑星

Mercury : A Reduced Planet and its Evolution Process

岡田 達明[1]

Tatsuaki Okada[1]

[1] 宇宙研

[1] ISAS/JAXA

<http://planeta.sci.isas.ac.jp/>

水星は月と似た外観をもつ小型の地球型惑星である。しかし、その進化過程はサイズの違いだけではなく、水星が還元的環境下で形成されたことを考慮すべきである。本研究では水星の内部構造モデルを構築し、還元的材料物質による影響を現在得られる水星の地形・地質情報から検証する。また、月や地球型惑星との比較の上で、材料物質の違いが進化過程に与える影響についても議論する。

水星の直径は月よりも大きく、火星や金星、地球に比べて小さい。最も単純な議論では、惑星の進化過程は天体サイズによって決まる。初期内部温度や、その後の冷却時間が天体サイズに支配されるからだ。しかし、コア形成後の地殻マントルの分離や火成活動は岩石中の部分溶融の仕方に強く依存するため、材料物質のもつ元素・鉱物組成によって異なる進化史をたどることが予測される。水星の表面は無数のクレータに覆われており、月と同様に古い年代の岩石や地質構造が残存すると考えられるが、月との相違点も多い。水星にも高地と平原があるが、平原には低反射率の海がない。高地の反射率は月の高地と同程度の0.12であるが、平原は寧ろ高く、0.16と大きい。カロリス盆地内には、月のオリエンタル盆地内と同様にメルト噴出の痕跡があるが、反射率が周囲と同程度であり、玄武岩質とは異なる。水星のその他の特徴として、平均密度が極めて大きいこと、固有磁場をもつことが挙げられる。元素の宇宙存在度から、Feに富み、それが巨大な中心核を形成しており、少なくともその外縁部分は液相であると、これらの観測事実を上手く説明できる。

水星の形成過程には主な3つのモデルがある。選択集積・蒸発・巨大衝突である。本研究では、選択集積モデルを採用する。他のモデルは材料物質に依存しないことと、偶発性に左右されるためである。選択集積モデルとは、物体どうしが高速度衝突するとき、成分の金属どうしは合体し、岩石は破碎して飛散する性質によって、選択的に金属塊が成長し、それらが集積することによって金属に富む惑星が形成される。水星の金属の選択集中度は、水星の核が直径の2/3~3/4とすると、地球に比べて約2倍(1.8~2.5倍)であり、十分可能な程度である。選択集積が実現するには、還元的な原始太陽系星雲ガス中で、固体粒子中に金属と岩石が分離した状態で含まれることが必須である。つまり炭素質コンドライトのようなFeの大部分がケイ酸塩中に含まれるのではなく、Eコンドライト、またはHコンドライトのような形態である。

ここで水星の材料物質を、Eコンドライト、Hコンドライトとし、各場合について水星の地殻・マントル・核からなる表層・内部構造を算出した。その際、水星の現在の平均密度に一致するように、金属とケイ酸塩の比率を調節した。モデルの単純化のため、今回は熱史までは考慮しないが、金属核の溶融条件や、火成活動の可能性は判定条件として考慮した。

Eコンドライトの場合、水星はエンスタタイトの地殻・マントルと巨大な金属核からなる。核はSを含み溶融可能である。マントルの大部分はエンスタタイトで部分溶融は生じにくい。成分中に含まれる斜長石が溶融して表層に噴出し、斜長岩地殻を形成した可能性はある。その後の玄武岩質の溶岩流は発生せず、盆地形成時に生じるメルトも状態変化によるもので、元素分配は生じない。盆地の跡の平原はエンスタタイトのマントルが露出する。この場合、現在の水星に見られるアルベドの特徴について、定性的な説明が可能になる。Hコンドライトの場合、水星の地殻は主にカンラン岩のマントルと、部分溶融によって形成した地殻、さらに金属核からなる。金属核はSを多く含み、溶融可能である。マントル中にもFeが含まれるため、Eコンドライトの場合に比べて核のサイズは小さい。火成活動や地殻形成過程などが月と類似の過程を経た可能性もある。表面には玄武岩質の溶岩流があってもよいが、現在のアルベドは上手く説明できない。

今回の単純なモデルでは、水星が還元的隕石であるEコンドライトを材料物質とする場合、現在の水星表面にみられるアルベド分布の特徴や、火成活動の欠如を説明できることは重要である。これが真実の場合、地球型惑星の内部進化過程はサイズだけでなく、材料物質の酸化還元状態や乾湿状態を考慮することが必要になるだろう。また、水星領域が還元的雰囲気や、現在の小惑星スペクトル型の分布から予測されるように還元的な隕石が多く存在したことの傍証となる。