

月の極域の水のD/Hとその探査

The Exploration of the D/H Ratio of the Water in the Lunar Polar Regions

春山 純一 [1]

Jun'ichi Haruyama [1]

[1] NASDA・先端ミッション

[1] AMRC,NASDA

最近、クレメンタイン衛星、ルナープロスペクターといった月探査機の観測から、月の極域に氷があることを示唆するデータがもたらされている。本研究では、月に衝突した彗星によってもたらされた水分子が月面上で反跳を繰り返す間に、そのD/Hがどのように変化するかを見積もった。その結果、月の極域の水が、彗星からもたらされた水分子が、数千万年以上前のものであるとすると、現在の月の水のD/Hは初期の値に比べ極めて大きくなることが示唆された。SELENE以後の月探査では、極域をローバーを使って探査することも考えられている。極域の水のD/Hを測定することは、非常に重要な意味を持つ。

1 はじめに

最近の月探査機の観測から、月の極域に氷があることを示唆するデータがもたらされている。1994年に打ち上げられたClementine衛星によって取得されたデータによって作られた月南極域のモザイク画像には観測期間中全期間にわたって陰となっている部分が有ることがわかり (Shoemaker et al. 1994)、氷が存在するのに有力な候補となる永久陰の存在の可能性が高まった。また、やはりクレメンタイン衛星のレーダの偏光観測によって氷が存在することが示唆された (Nozette et al. 1996)。最近では、ルナープロスペクター衛星の中性子分光観測から、月の極域にH原子の濃集が観測され (Feldman et al. 1998)、月の氷の存在が一層現実味を帯びてきた。

月の氷の起源については、様々な説が提唱されている。その中の一つに月の氷（水分子）は、過去に月に衝突した彗星もしくは炭素質隕石に含まれていた水が衝突の際生き残り、反跳を繰り返し極域に達したという説がある。Butler(1997)は、モンテカルロシミュレーションを行い、月面に生き残った水の20～50%の割合が永久陰に到達し蓄積されている可能性を示した。月の氷がこうした彗星起源のものであるならば、月の氷の成分や量を調べることで、過去の落下してきた彗星の成分や落下頻度に対して重要な情報となるかもしれない。しかしながら、反跳によって、水の成分（D/H比）は変化していくことが容易に想像される。本研究では、月の彗星成分の生き残りとしての水分子が反跳を繰り返す間に、そのD/Hがどのように変化するかを見積もってみた。

2 計算

水分子の反跳の際の速度分布は、Butler(1997)が用いた修正ガウス分布を用いた。この式を基礎とすると、一回の反跳における逃散率（月の重力圏を脱出してしまう率）や、第一近似として、反跳の際の最も生じやすい速度、平均的な反跳時間、反跳距離が求めることが出来る。

3 結果

H₂O分子の一回の反跳による逃散率は、きわめて小さく、温度300Kでも 10^{-7} 程度である。200Kだと 10^{-11} 程度であり、100Kとなると、 10^{-25} にまで落ちる。

一回の反跳の平均的な移動距離は、温度によってそう変わらず、300Kで80km、100Kでも、25kmであり、その飛行時間は数分である。

H₂O分子が減少する時間は、温度に大きく依存する。仮に水分子が200Kの場所にもっぱら滞在すると、1割にまで減少する時間は、数千万年程度と予想される。

速度の分布関数は、質量の違いに敏感である。よって逃散率はH₂OとDHOにおいて差が生じる。温度200Kが平均的な温度場だとすると、1000万年では最初のD/Hはファクター程度しか変わらないが、1億年のスケールでは、オーダーで4桁以上もの開きが生じる。

4 議論

月の極域の水が、彗星からもたらされた水分子が、数千万年以上前のものであるとすると、現在の月の水のD/Hは初期の値に比べきわめて大きくなる。一方もし月の氷の起源が内部起源とすると、そのD/Hは地球の初期段階のD/Hを反映するであろう。この場合、D/Hは彗星のそれより低いと予想されるので（たとえば、Owen and Bar-Nun 1995）、月の極域の水のD/Hを調べ低い値が見いだされれば、月の初期において月には水成分もあったという示唆が与えられることになる。

SELENE以後の将来の月探査では、極域をローバーを使って探査することも考えられる。極域の水のD/H

を測定することは、非常に重要な意味を持つ。

<参考文献>

• Shoemaker et al., 1994: " South Pole region of the Moon as seen by Clementine", Science, vol.266, 1851-1854／
• Nozette et al. ,1996: The Clementine istatic radar experiment", Science, vol.274, 1495-1498／
• Feldman et al., 1998: "Fluxes of Fast and Epithermal Neutrons from Lunar Prospector: Evidence for Water Ice at the Lunar Poles, Science, vol. 281, 1496-1500／
• Butler, 1997:"The migration of volatiles on the surfaces of Mercury and the Moon", JGR, vol. 102, No.E8,19283-19291／
• Owen and Bar-Nun, 1995:"Comets,Imapacts and atmospheres", Icarus, vol.116, 215-226