

彗星の水含有率から地球の水の起源を探る

もし天 67P_班：

高嶋 英寿 (高3) 【慶應義塾高等学校】、廣瀬 凜 (高2) 【筑波大学附属坂戸高等学校】、
山田 優斗 (高1) 【武蔵高等学校】

要 旨

私たちは、地球の水の起源の可能性のある彗星について、実際にどれくらい水が含まれているのか疑問を持った。そこで、今回の研究では複数の彗星における測光観測とアーカイブデータの解析をもとに、彗星に含まれている水の水含有率について議論した。

1. 背景

彗星には、ガスやダストによるコマ(薄い大気)と尾が存在し、太陽の周りを楕円や放物線の軌道を描き公転している。カイパーベルトから飛来する短周期彗星とオールトの雲から飛来するとされる長周期彗星に大別される。彗星は、豊富に水を含むことから地球の水の起源の一つとして提案されている[1]。一方で、67P彗星のD/H比(水素重水素比)が地球の海水に比べておよそ3倍であったこと[2]や、彗星の衝突頻度が低いこと[3]などから、彗星の水含有率から地球上の水量を説明できるかという議論が現在も続いている。私たちは生命の起源を探るべく、生命に必須な物質である水がどこから来たのかについて興味を持った。

2. 目的

複数の彗星を観測し、水の水含有量を調べる。彗星に含まれる水の絶対量を求めることは難しい上、大きさは当然、水の水含有量の差に直結する。他の物質の分子に対する水の比率を比較し、彗星が水の起源である可能性を考察する。

3. 研究方法

各彗星におけるコマ中のH₂OとC₂分子の比率(H₂O/C₂比)を求めるため、H₂O⁺(中心波長702nm)、C₂(514nm)フィルターを用いて測光観測を行った。撮像画像の明るさを比較し、分子・イオンの発光効率、H₂O ⇌ H₂O⁺ + e⁻反応の分岐率を考慮することで、彗星のコマのH₂O/C₂比を求め、彗星間で比較した。分光観測も予定したが、天候が悪くできなかったため、過去の観測データを用いた。Leonard彗星の分光観測データの解析から、各輝線の明るさを計算しNH₂/C₂比を求めた。また、アーカイブデータ[4]を使用し、彗星のOH、NH₂、CN、C₂、C₃分子の核からの放出率のデータを比較した。

4. 観測結果

測光観測では計4彗星(104P, 4P, 67P, 2019L3)をH₂O⁺、C₂フィルターで観測した。アーカイブデータの解析から、Leonard彗星のNH₂/C₂比は100程度だった。また彗星によるNH/OH比やCN/OH比の違いを調べようとしたが、観測点数が十分な彗星が少なかったため、唯一太陽に近づくにつれてOHの放出量が減少していたC/1990 K1(Levy)の解析を行った。

5. 考察

測光観測結果からH₂O/C₂比が彗星によって大きく異なることが分かった。サンプル数が少なく、標準偏差やグラフの歪度を導出することは出来なかった。太陽から遠いほどH₂O/C₂比が低い傾向が見られたが、これは低温ではH₂Oが昇華しにくいからだと考えられる。Leonard彗星のNH₂/C₂比は求めることができたが、測光では、H₂O⁺フィルターはH₂O⁺に対応する波長だけを捉えている(本来H₂O⁺フィルターはH₂O⁺とNH₂に対応する波長の光を透過する)と仮定したため、直接比較することは出来なかった。C/1990 K1(Levy)の解析からは、各分子の核からの放出量を比較すると、OHが太陽に近づくにつれて減少していることが見て取れる。データセット(COBS database)で可視光での明るさの変化を見たところ、近日点通過前に明るさのピークが来ていることから、途中で核の崩壊が起きているということが分かった。C/1990 K1(Levy)の解析で、彗星の核崩壊後にOHの放出量が減少していたことから、彗星ごとに核の中の物質の割合がOHとその他の物質で大きく異なる可能性があると考えた。

6. 今後の展望

彗星の測光データの解析を再度行い考察を深めたい。今後、彗星の内部構造についての議論を発展させていく。

7. 参考文献

- [1]海部宣男『宇宙生命論』、東京大学出版会、2015年、p.98
- [2]Altwegg, K. et al. (2015, Science, 347, 6220)
- [3]Morbidelli, A. et al. (2000, Meteoritics & Planetary Science, 35(6), 1309-1320)
- [4]Lowell Observatory Cometary Database - Production rates <https://data.nasa.gov/Earth-Science/LOWELL-OBSERVATORY-COMETARY-DATABASE-PRODUCTION-RA/hxax-w8en> 最終閲覧2022/1/28

8. 謝辞

C/2021 A1 (Leonard) の分光観測データを提供して下さい下さった赤澤秀彦様、仙台市天文台の皆様、もし天2021スタッフの皆様に感謝申し上げます。ありがとうございました。



図1: 2019L3彗星の撮像画像

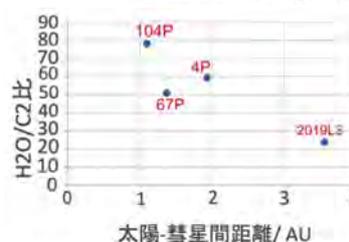


図2: 太陽-彗星間距離と彗星の H₂O/C₂ 比

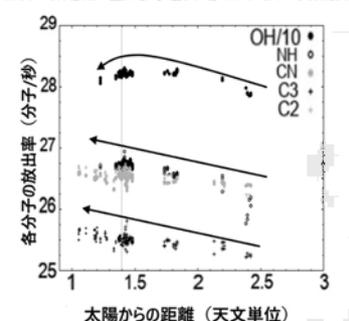


図3: C/1990 K1 (Levy) の核からの各分子放出量の変化