

小天体大気の水素・重水素遠隔観測に向けた吸収セルのフィラメント開発

米本周平 [1]; 田口 真 [2]; 吉岡 和夫 [3]; 川原 琢也 [4]; 亀田 真吾 [5]; 桑原 正輝 [6]
[1] 東大・理・地球惑星; [2] 立教大・理・物理; [3] 東大・新領域; [4] 信州大・工; [5] 立教大; [6] ISAS/JAXA

Filament development of absorption cell for remote observation

Shuhei Yonemoto[1]; Makoto Taguchi[2]; Kazuo Yoshioka[3]; Takuya Kawahara[4]; Shingo Kameda[5]; Masaki Kuwabara[6]

[1] Earth and Planetary Science, Tokyo Univ.; [2] Rikkyo Univ.; [3] The Univ. of Tokyo; [4] Faculty of Engineering, Shinshu University; [5] Rikkyo Univ.; [6] ISAS/JAXA

The ORIGIN of Earth's water is not clear. Researchers have debated the possibility of comets and asteroids of delivering the Earth's water.

The deuterium-to-hydrogen ratio (D/H) in water between the asteroids, comets, and Earth's oceans is crucial. Previous D/H measurements have been made for a dozen comets from Oort cloud and three Jupiter family comets. We need to get close to Jupiter family comets with a spacecraft. Therefore, we are developing a smaller and lighter absorption cell than the device that has measured D/H ratio. Using the absorption cell, the opportunity for spacecraft observation for Jupiter family comets will be increased.

The absorption cell is made of glass and contains a filament. Hydrogen molecules or deuterium molecules are filled. When the filaments are activated, H₂ is dissociated into atomic H. The H atoms in the cell can absorb the Lyman-alpha line from comets through the resonance scattering. Then, the amount of deuterium and hydrogen can be estimated from the measured values with and without activating the filament.

We have made a prototype hydrogen absorption cell and evaluate its performance. We have two problems with prototypes. The first is that when the filament of the cell is activated, light from 110 nm to 130 nm is emitted. The second is that the filament is broken in several tens of hours. As a cause of the fact that the absorption cell emits light of 110 nm to 130 nm, it is suspected that the hydrogen Lyman alpha line is emitted because emitted electron from hot filament. In addition, we want to extend the life of the filament by adding a rare gas so that the filament does not break in a few tens of hours. We will test these two problems and present a summary of the results obtained.

現在存在している水は地球が冷えた後に彗星あるいは小惑星の衝突によりもたらされたという学説が有力である (Drake et al, 2002).

水の D/H 比は地球の水の供給源を推定するための指標とされる。この学説を検証するために、彗星やコンドライトの D/H 比が測定されてきた。しかし、カイパーベルトを起源とする木星族彗星についての 3 例の D/H 比測定結果は $(1.61 \pm 0.24) \times 10^{-4}$, 2.0×10^{-4} 未満, $(5.3 \pm 0.7) \times 10^{-4}$ (Hartogh et al., 2011, Ceccarelli et al., 2014, Altwegg et al., 2015) であり、傾向がつかめていない。そこで、私たちは過去の木星族彗星の大型探査機計画で用いられてきた分光器 (約 30 kg) や質量分析器 (約 16 kg) よりも、超小型探査機に搭載可能である小型・軽量 (約 1 kg) な吸収セルイメージャーの開発を進めている。

水素と重水素の輝線である Ly- α の波長はそれぞれ 121.567 nm, 121.534 nm で、約 33 pm の違いがある。これらの輝線を分離して観測できれば、その強度比から D/H 比を得られる。

吸収セルは、ガラスでできた容器 (セル) であり、光を入射、出射する面には Ly- α を透過するフッ化マグネシウムを使用する。セル内は水素分子・重水素分子で満たされている。フィラメントを加熱していない時は、水素・重水素の Ly- α は共にセルを通過し、光検出器まで到達するが、セル内のフィラメントを加熱すると分子が原子になり共鳴散乱を起こすため、水素の Ly- α は検出器まで到達しなくなる。この現象を用いて、フィラメントの加熱時/非加熱時による Ly- α の光量差から対象の水素・重水素の発光強度を導出できる。

現在私たちは水素吸収セルの試作品を作成し、性能を評価している。フィラメント加熱時に何らかの要因で光ノイズが生じていることを発見した。これを低減することで、観測の S/N を向上させられる可能性がある。光ノイズの発生原因としては、フィラメントの黒体放射、あるいは熱電子もしくは熱エネルギーによる水素原子の励起が考えられる。原因を実験的に特定した上で、新しいフィラメント素材の選定、フィラメントに与える電力を検討する。加えて、フィラメントの寿命にも改善の余地がある。この二点の問題点について、理論的な検討と試験を進めて得られた結果を発表する。