

粒径別雨滴回収法及び少試料での水素・酸素同位体比分析法の開発

Method for the determination of hydrogen and oxygen isotopic composition of each rain-drop

江口 景子 [1]; 阿部 理 [2]; 檜山 哲哉 [3]

Keiko Eguchi[1]; Osamu Abe[2]; Tetsuya Hiyama[3]

[1] 名大・環境・物質循環; [2] 名大・環境・地球環境; [3] 名大水循環センター

[1] Earth and Environmental Sci, Nagoya Univ.; [2] GSES, Nagoya Univ.; [3] HyARC, Nagoya Univ.

目的

降水の水素・酸素安定同位体比は、地球水循環を理解するための普遍的なツールとなっているが、雨滴落下中の水蒸気の蒸発量を定量的に評価する手段は少ない。そこで本研究では同位体比の変化によるアプローチを試みた。雨滴落下中の蒸発等に伴う同位体比の変化は、粒径の小さい雨滴がより大きくなることが予想される。本研究は1) 粒径別雨滴回収法の確立、2) マイクロリットルレベルの水の同位体比分析法の確立、により雨滴落下中の同位体比変化を見積もることを目的とする。

実験

1) 自然の雨の分布範囲に相当する半径 0.5mm ~ 1.5mm の水滴を液体窒素で氷結させ、その氷粒を回収することにより、氷粒から水滴径を再現できるかどうか及び、回収した氷粒が元の水滴の同位体比を保存しているかどうかについて確認した。そのためマイクロピペットで作成した既知量の水滴を数 cm の高さから液体窒素に滴下し、形成された氷粒の径及び重量、水素・酸素同位体比を測定した。また、滴下した水滴は、液体窒素表面付近にしばらく浮遊し、完全に氷結した後落下することから、各水滴径について浮遊時間も調べた。

2) 少試料 (数 μ l) での同位体比分析のための前処理法 (CoF3 法) を確立させるために精度確認のための実験を行い、その後、実際に雨滴を粒径別に回収し、その同位体比を測定する。

結果・考察

1) 水滴と氷粒の径及び重量にはよい直線関係が見られた。また、屋内の比高 12m ~ 落下させた水滴を回収した結果、終端速度に達した雨滴においても、その回収は液体窒素により十分可能であることが確認された。これらのことから、雨滴を氷滴として回収し、その径または重量を測定することによって、雨滴を粒径別に回収することが可能であることがわかった。

水滴半径 1.0mm から 1.5mm の間で作成した氷粒について、水素及び酸素同位体比を分析した結果、各径において、氷粒が水滴よりも大きな同位体比を持つことがわかった。また、氷粒の水素及び酸素同位体比がそれぞれ、水滴に対して平均 1.6 ‰ 及び平均 0.33 ‰ 増加した。両同位体比の水・氷間の差は、いずれも径には依存せず、ほぼ一定であることがわかった。また、氷結時の水損失率 $\{ (\text{水滴重量} - \text{氷滴重量}) / (\text{水滴重量}) \times 100 \}$ を求めたところ、平均で 4.8 ‰ となり、水滴径に対して有意な相関は見られなかった。半径 1.5mm の水滴を液体窒素に落下させた場合、最初は液面に浮かんでおり、約 15 秒後に内部まで完全に氷結すると同時に液内へと降下する。そこで、液面に存在している状態で、5 秒、10 秒、15 秒にそれぞれ氷粒を採取し、重量を測定したところ、経過時間の違いによる重量の差は見られず、5 秒後の、水滴表面がほぼ凍結している状態ですでに質量損失が起こっていることが確認された。

これらのことから、氷結時の水損失は、水滴が液面に衝突する時の衝撃、あるいは、水滴表面が最初に凍結する時のいずれかで発生していることが予想される。また、水・氷間の水素と酸素の同位体分別の比は $1.6/0.33 = 4.8$ であり、分子拡散の際の同位体分別係数比 (約 5) とほぼ等しくなったことから、質量損失は水表面における拡散過程が多きく寄与していると考えられる。

2) 同位体比の詳細な検討を行うため、水滴一粒ごとに同位体比を分析する前処理法を確立し、精度を向上させた。水滴回収時の同位体比変化を考慮して実際の雨滴を粒径別に回収しその同位体比を測定した結果を示す。