

雨水の酸素・水素安定同位体比特性ならびに地表での動的分別特性 Characteristics of variability on oxygen and hydrogen stable isotope ratios in rainwater and its kinetic isotope fractionation on the surface

○中桐貴生* 石川奈那** 櫻井伸治* 堀野治彦* 藪崎志穂***

○Takao NAKAGIRI*, Nana ISHIKAWA**, Shinji SAKURAI*, Haruhiko HORINO*, Shiho YABUSAKI***

1. はじめに 雨水は、地表到達後に蒸発による動的分別作用を受け、その前後で酸素・水素安定同位体比(以下、水同位体比)特性(δ -ダイヤグラム)に比較的明確な差異が生じることが知られており、たとえば地表水を構成する水源の特定などにこれを応用できる可能性がある。本研究では、地上到達直後の雨水における水同位体比特性を調べ、また地上での蒸発作用に伴うその後の経時的変動特性を把握することを目的として実験的検討も行った。

2. 測定方法 (1)雨水の採取 大阪府立大学中百舌鳥キャンパス(堺市)にある学舎の屋上に、降り始めから積算 12.5 mm まで 2.5 mm ずつ個別のボトルに分取(それ以降は別途一括採取)可能な雨水採取装置(Photo 1)を設置し、降雨イベント毎に収集した。



Photo 1 Rainwater sampler

(2)雨水の蒸発実験 降雨開始前に、黒色土壌を厚さ 1 cm 程度に敷いたバットと土を敷いていない(土無し)バット(いずれも 48 cm×29 cm×深さ 12 cm)を屋上面に設置して降雨を貯留し、溜まった雨水が自然蒸発して無くなるか、次の降雨イベントが起こるまで、バットをそのまま静置して数時間おきに採水した。なお、土壌は次の降雨に備えてバットを交換した際に風乾させ再利用した。また、これとは別に、バット(48 cm×29 cm×深さ 15 cm)を常時設置し、そのバット内に雨水が溜まっていれば、先と同じタイミング・方法で採水した。

(3)水同位体分析 得られた試料の水同位体比は、安定同位体比アナライザ(Picarro L2130-i)で測定した。

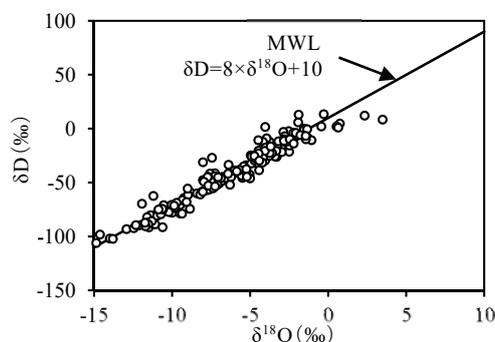


Fig.1 δ -diagram of fresh rainwater

3. 結果と考察 (1)地表到達直後の同位体比特性 '15/6/9 ~ '16/7/8 の間に雨水採取装置によって 48 イベント分、計 178 サンプルが得られた。Fig.1 は、各サンプルにおける水同位体比の δ -ダイヤグラムを示したものである。各プロットは Craig (1961) が示した世界の天水線(MWL)付近に集中している。また、イベント内での変動域をみると、比較的小さいものの、全体の変動範囲の半分程度に及ぶものも見られた。

そこで、'15/7/6-7、'15/8/25、'15/9/6 のイベントを例に、イベント内での降雨継続に伴う水同位体比の変動を詳細に見ると(Fig.2)、いずれもほぼ MWL に沿って不規則に上下動しており、各イベント中にサンプルが採取された順序(降雨継続時間)に伴う明確な傾向は見られなかった。

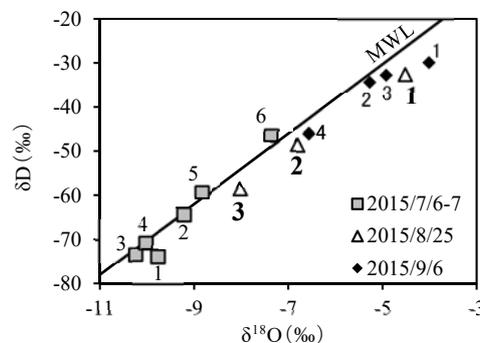


Fig.2 Fluctuation in water stable isotope ratios in consecutive rainwater

* 大阪府立大学大学院生命環境科学研究科 Grad. School of Life and Environmental Sciences, Osaka Pref. Univ.

** 近畿農政局 Kinki Regional Agricultural Administration Office

*** 総合地球環境学研究所 Research Institute for Humanity and Nature

キーワード: 酸素・水素安定同位体比, 雨水, 動的分別

発実験は、'15/6/8～'15/11/17-18における合計 11 のイベントに対して行った。Fig.3 に、その結果の一例として、代表的な 4 イベントに対する土無しのバットから採取した水の δ -ダイアグラムを示す。なお当然ながら、降雨終了後からの設置時間およびサンプリング回数は、降雨イベントごとに異なる。どの雨水も、時間経過に伴って天水線から徐々に下方に逸脱する変動傾向が明確であった。これは、より軽い水分子の選択的な蒸発によって、残留水体が次第に重くなっていることを示唆している。また、どの雨水の変動もほぼ直線的で、その傾きは天水線に比べ緩やかとなっていることが窺われる。

Fig.4 は、'15/6/8 と'15/9/2-3 のイベントを例として、土無しのバットに溜まった雨水 (RWN) と、土入りのバットに溜まった雨水 (RWS) における水同位体比の経時変化を比較したものである。どちらのイベントでも、土壌の有無に拘わらず、それぞれのイベントで同一直線上を変動しており、このことから土壌の有無は水同位体比の変動特性にほとんど影響しない、すなわち、土粒子表面での選択的吸着特性には影響されないと推察される。ただし、両バットからのサンプリングは同時刻に行ったにも拘わらず、両者でプロットの変化にずれが生じており、RWS は RWN に比べより速く重くなるという傾向が窺われる。これは黒色の土壌を入れたバットの方が日射による水温上昇が大きかったため、RWN に比べ蒸発速度がより大きくなったことに起因すると思われる。

(3) 継続的蒸発作用による影響 Fig.5 は、屋上に設置し続けたバットに溜まった雨水における水同位体比の変化を示したものである。この実験は'15/8/18～'17/1/18にかけて行われたが、'15/8/18 の降雨以降、自然蒸発によって計 3 回バットが空となった。ここではデータをそこで

区切り、Fig.5 に示す 4 期間でグルーピングして整理した。どのデータグループでも、基本的には、バットの水がほとんど降ったばかりの雨水であれば、その時の δ -ダイアグラムは MWL 付近にプロットされ、バット内で蒸発作用を長く受けるほど、プロットは Fig.3 と同様に MWL から、より緩やかな勾配で直線的に離れる方向に変動し、再び降雨があればその量に応じて、再び MWL に近づくという変動パターンが繰り返し見られた。また、Fig.5 をみると、そのプロセスが繰り返されることで、MWL 付近ではプロットに比較的大きなばらつきがある一方、MWL から離れるに従い、ある一定の方向に収束しているようにも見受けられる。この点については、同様の実験を継続して行い、さらに検討を行っていく予定である。

4. おわりに 雨水は、蒸発作用によって比較的速やかに重くなり、それと同時に酸素および水素の安定同位体比の対応関係が、地上到達直後とは異なるものへと変化することが明らかとなった。したがって、湖沼やため池の水はもとより、田面水についても水同位体比によって雨水との区別が可能と思われる。今後は、湧水の涵養源評価等への適用性について検討していきたい。なお、本研究は、総合地球環境学研究所の「同位体環境学共同研究事業」の支援により行った。

引用文献：Craig, H. (1961), Isotopic variations in meteoric waters, Science, 133, pp.1702-1703

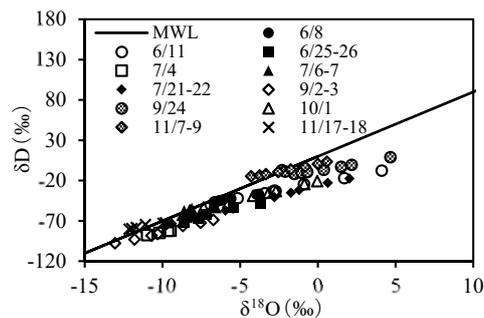


Fig.3 Changes in water stable isotope ratios of rainwater accompanied with evaporation on the surface for each rainfall event

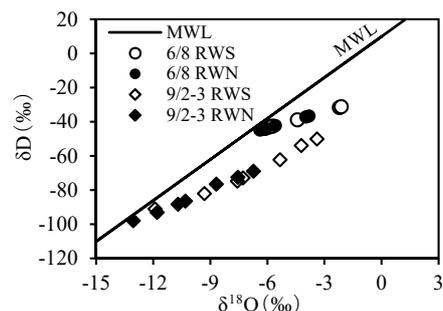


Fig.4 Effect on changes in water stable isotope ratios of rainwater by existence of soil

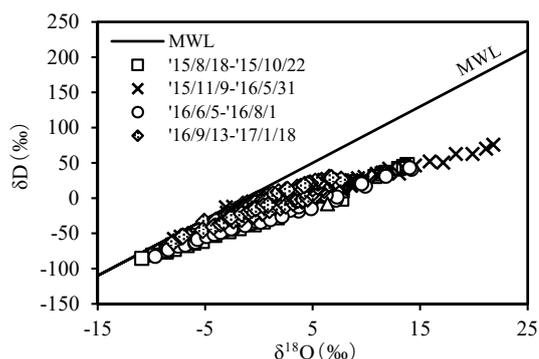


Fig.5 Changes in water stable isotope ratios of rainwater by consecutive evaporation on the surface