

雨水・溪流水・地下水・池水の水素・酸素同位体比の時間変動について

和歌山大学システム工学部環境システム学科 石塚正秀

1. 水の同位体とは

水分子を構成する原子は水素と酸素である。水素の同位体は質量数 1 の H と質量数 2 の D ($= {}^2\text{H}$) があり、酸素同位体は ${}^{16}\text{O}$ 、 ${}^{17}\text{O}$ 、 ${}^{18}\text{O}$ がある。したがって、水分子 (H_2O) は同位体の違いを考慮すると、



の 9 種類が存在することになる。ただし、つぎに示すように存在率の低い同位体により構成される水分子は無視することができる。標準平均海水 (S.M.O.W) 中の水素と酸素の同位体の存在比は、

H	99.984 (%)	H H ${}^{16}\text{O}$	99.731 (%)
D	0.01557	H H ${}^{18}\text{O}$	0.1999
${}^{16}\text{O}$	99.763	H D ${}^{16}\text{O}$	0.0311
${}^{17}\text{O}$	0.0373	H H ${}^{17}\text{O}$	0.0369
${}^{18}\text{O}$	0.20045	D D ${}^{16}\text{O}$	0.00000241

である¹⁾。

2. 同位体分別作用

水の形態により同位体の違いが生じる主な原因は質量差である。つまり、各原子間の結合力や分子間力の相違により、蒸発(液相→気相)、凝縮(気相→液相)などの相変化の際に同位体分別が生じる。

3. 観測結果

3.1 溪流水と地下水の同位体比の季節変化

図 - 1 は 2000 年 4 月～2001 年 5 月の和泉山地における溪流水・地下水の酸素同位体比 ($\delta^{18}\text{O}$) の時間変化を示す。採取された水の水素・酸素同位体比は、同位体比が既知の国際標準物質 (V-SMOW) に対する比を表しており、値が大きくなれば、水が重くなることを示す。溪流水は一年を通して地

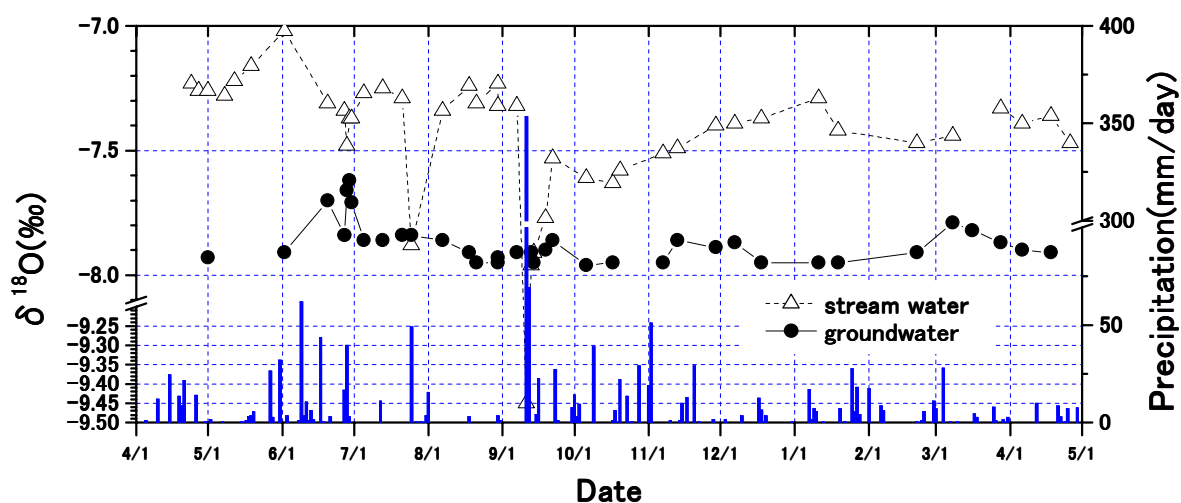


図 - 1 溪流水と地下水の酸素同位体比と降雨量の時間変化，
2000 年 4 月 23 日～2001 年 4 月 26 日

下水よりも重いことが分かる．また，降雨直後に採取された渓流水の同位体比は大きく変動している．2000 年 9～11 月は降水量が多く，この期間の渓流水は 4～8 月と比較して軽い．また，地下水は渓流水に比べて変動が小さく，雨水の影響を直接に受けていないことが分かる．

3.2 池水の蒸発過程

図 - 2 は 2000 年 7 月 21 日～10 月 21 日の池水の水素同位体比 (δD) と酸素同位体比の関係を示す．図中の直線は天水線($\delta D = 8\delta^{18}O + 10$)を表しており，雨水起源の水は天水線上に分布することが知られている²⁾．8 月 2 日～9 月 8 日に，池水の水素・酸素同位体比は増加し，その際，天水線からずれて右上方向へ変化する傾向がみられた．このとき，水素・酸素同位体比の関係は天水線の傾き 8 に対して，傾きは 4.6 であり，これは蒸発線の傾きが 4～6 である他の結果と一致する²⁾．その後，9 月 11 日・12 日に観測された大雨(降水量，353.5，69.0mm/day)により，9 月 13 日の池水は最も軽くなり，同時に，天水線上に分布している．このことから，蒸発の影響を受けていた池水が雨水に交換されたことが分かる．

3.3 雨水の同位体比の時間変動

図 - 3 は 2000 年 6 月 28 日における雨水の酸素同位体比および風ベクトルと気温の時間変化を示す．降水量の変動から，降雨期間は三区間に分けて考えることができる．期間 I では，同位体比の変動は小さく，これは南からの暖かい湿った空気が風速 10m/s を越える強風により断続的に流れ込んできたためと考えられる．一方，風向が北よりの弱い風に变化した期間 II・III では，降り始めが重く，徐々に軽くなる傾向がみられた．また，期間 III における同位体比は期間 II の同位体比よりもさらに軽くなっている．これは，期間 III において気温が急激に低下していることから，雨水に含まれる重い同位体の凝縮がさらに進行したためと考えられる．

4. 今後の課題

これらの同位体データや今後の観測データをもとに，雨水→中間流出水→地下水→河川水→池水・湖沼水への流出機構・水循環機構について検討したい．

参考文献

- 1) 立見辰雄編：現代鉱床学の基礎，東大出版会，pp.96 - 118，1977．
- 2) Craig, H.: Isotopic Variation in Meteoric Waters, *Science*, Vol.133, pp.1702-1703, 1961.

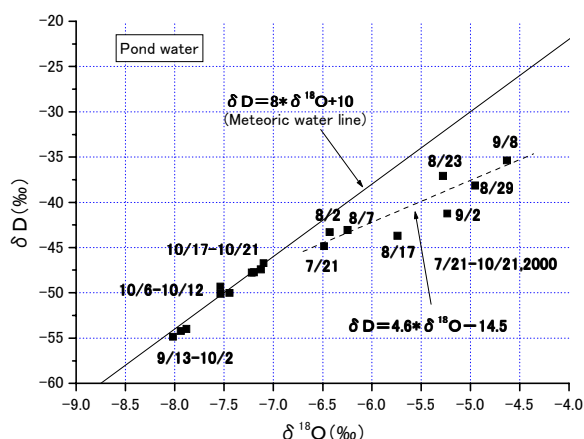


図 - 2 池水の水素・酸素同位体比の時間変化，
2000 年 7 月 21 日～10 月 21 日

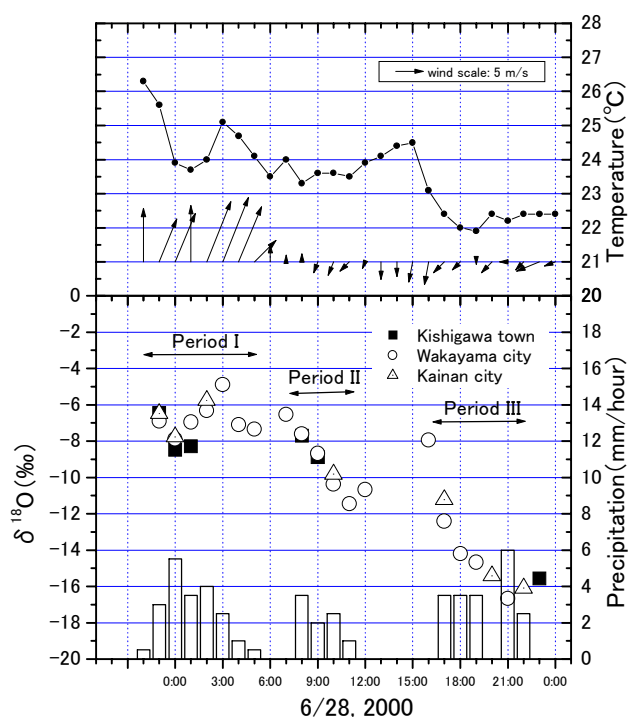


図 - 3 風ベクトルと気温の時間変化（上図），
雨水の酸素同位体比と降雨量の時間変化（下図），
2000 年 6 月 28 日