

降雨中の水素と酸素の安定同位体比

○北陸推進工業（株）

正会員 落合志穂

和歌山大学システム工学部 正会員 井伊博行

和歌山大学システム工学部 正会員 平田健正

1. 研究の背景と目的

水は地球上に様々な形で存在し、地球規模で循環している。そして、その循環過程で、水は溶媒として物質の貯留、移動、運搬などを担っている。また、この水文循環で運搬されるものに、水を構成する水素と酸素の同位体があり、これまでの研究によって、温度効果、高度効果、緯度効果、内陸効果、雨量効果等について明らかにされている。しかし、この水素と酸素の同位体と水循環との関係についてのプロセスが明らかとなっていない。

そこで、本研究では、この安定同位体比と水循環との関係について調べることを研究の目的とし、1つの降雨イベント内での降雨中の水素、酸素の安定同位体比および溶存イオン成分の挙動を調べた。また、日本海側と太平洋側での安定同位体比の比較により、季節変化による安定同位体比の変化も調べた。

2. 採水場所および実験方法

日本海側である富山市の降雨を対象とし、1つの降雨イベントを連続的にサンプリングすることによって、イベント内の安定同位体比および溶存イオン成分の時間変化を調べた。また、和歌山市と富山市との降雨中の安定同位体比を比較することによって、太平洋側と日本海側の降雨の比較を行った。

3. 結果と考察

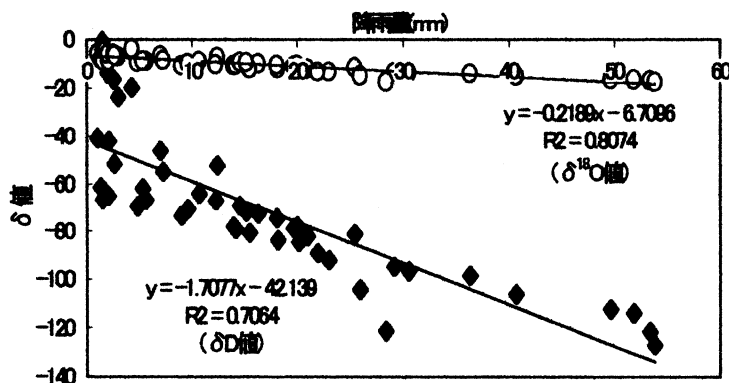


図1 イベント内の降雨量とδ値の関係

降雨イベント内の経時変化には、2つのパターンがあった。1つは、降雨初期に溶存イオン濃度および安定同位体比が高く、その後、溶存イオン濃度は急激に減少し、低濃度で安定し、安定同位体比は、徐々に低下するというパターンであり、もう1つは、同様の変化後、降雨終了直前に溶存イオン濃度と安定同位体比の増加が見られるパターンである。この濃度上昇および同位体比の増加をもたらす要因として降雨強度が考えられる。そこで、降雨強度との関係を見ると、降雨強度が

1mm/hour以上で維持されていると、降雨中の溶存イオン濃度の急激な減少、安定同位体比の低下が見られるが、降雨途中で降雨強度が1mm/hour以下に一旦達すると、それ以降の降雨強度にかかわらず、溶存イオン濃度と安定同位体比の上昇がみられた。

次に、イベント内の累積降雨量の増加に伴う安定同位体比の低下を図1に示す。降雨開始からの累積降雨量に比例して、同位体比が低下する雨量効果が見られる。

富山市と和歌山市の水素の安定同位体比の季節変化を図2に示す。7月以降のデータを比較すると、水素の安定同位体比の季節変化は、7月～10月にかけて同じ傾向がみられた。しかし、富山市の安定同位体比は和歌山市の値と比較して全体的に低かった。この差は内陸効果によるものと考えられる。この7月～10月にかけての降雨は、太平洋側から北上してくる低気圧によってもたらされる降雨であり、先に上陸する太

キーワード：安定同位体比、δD、δ18O、内陸効果

連絡先：北陸推進工業（株）〒930-0097 富山市芝園町2丁目4番地9号

Tel 076-441-8867

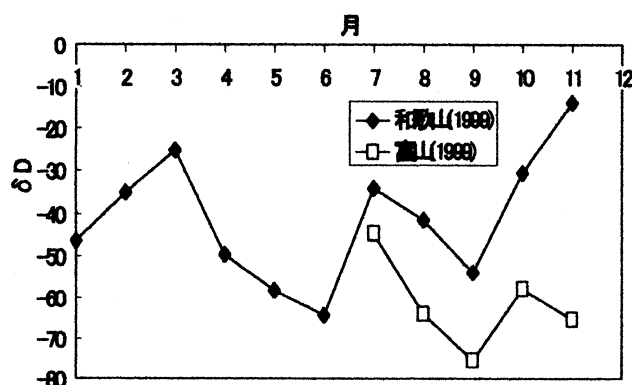


図 2 水素の安定同位体比の季節変化

平洋側で先に降雨をもたらす。重たいものから降雨として落下するという安定同位体の性質により、太平洋側から安定同位体比の高い雨が降雨として落下するため、日本海側に到達する時には、安定同位体比が小さくなる内陸効果によって、この現象が説明される。

富山市の降雨イベントにおける降雨初期の水素、酸素の安定同位体比を表 1 に示す。

表 1 各降雨イベントにおける降雨初期の δD におよび $\delta^{18}O$ 値

	7/20	8/24	8/27	10/20	10/27	10/30	11/1
δD (‰)	-42.9	-63.9	-40.8	-0.6	-	-25.0	-19.9
$\delta^{18}O$ (‰)	-6.2	-8.9	-5.6	-3.9	-3.5	-5.2	-3.7

夏季における降雨イベントの降雨初期の値は、 δD では-40.8~-63.9‰、 $\delta^{18}O$ では-5.6~-8.9‰、冬季に関しては、 δD では-0.6~-25.0‰、 $\delta^{18}O$ では-3.5~-5.2‰という値が得られた。冬季の初期の値は夏季の値より高く、これは、北陸地方は冬季にシベリア気団の影響が関係すると考えられる。シベリア高気団は、大陸上で発達するため冷たく乾燥していて、日本海を通過する時に日本海から熱と水蒸気が供給され、上陸直後に降雨をもたらす。また、シベリア高気団は乾燥しているため海水の蒸発量が多い。従って、冬季の日本海側では、日本海の起源の降雨となりやすく、特に降雨初期の安定同位体比は、海水が蒸発した水蒸気の影響が大きく、安定同位体比の基準とされている海水のゼロの値に近い値になることが分かる。さらに、冬季の降雨は、海塩起源とされている溶存イオン濃度も高く、冬季は日本海から強い季節風によって海水が雨水に入りやすく、特に降雨開始直後に影響を受けやすいことから、海水の混入による影響も考えられる。一方、富山市の夏季の降雨は、太平洋上で高温多湿な小笠原高気団の北上に伴うものであり、富山市まで到達する間に日本の陸地や海上で雨を降らせるくるため、内陸効果が考えられる。また、空気の流れが太平洋側からであるため、海水が直接混入することもない。従って、富山市での夏季の降雨初期の安定同位体比が低い値となる。

富山市と和歌山市における降雨の溶存イオン濃度を季節毎に表 2 に示す。夏季、冬季において、今回のデータの重加平均によると、和歌山での降雨中の溶存イオン濃度が富山より高い。夏季については、小笠原高気団の北上により、太平洋に近い和歌山で濃度の高い雨を降らせ、内陸効果および雨量効果により富山に到達するまでに、濃度が低くなることが考えられる。冬季については、夏季とは逆でシベリア高気団が富山から内陸へ移動するので、和歌山に到達するまでに濃度が低くなることが予想されたが、和歌山での降雨中の溶存イオン濃度の方が高い。これは、和歌山市の採水地点が海に近いので常に「海の影響を受けているもの」と考えられる。

表 2 富山と和歌山の降水の水質

		pH	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
		(μeq/L)								
夏季	富山	6.1	15	18	4.3	2.2	26	14	11	16
	和歌山	5.9	25	4.2	5.0	8.1	26	48	12	26
冬季	富山	5.3	43	13	4.9	4.7	9.8	44	12	19
	和歌山	5.6	58	11	23	17	45	80	33	38