

9. 降水と地下水の酸素・水素同位体比とトリチウム濃度について

藪崎志穂（筑波大学・環境科学研究科）

田瀬則雄（筑波大学・地球科学系）

島野安雄（文星芸術大学）

嶋田 純（熊本大学・理学部）

安定同位体をトレーサーとして使用する際、対象地域でのバックグラウンドとしての降水の値や、その季節変動を含めた時系列変化を知る必要がある。また、降水、土壌水、地下水の安定同位体の分布や差異を検討することにより相互の水文プロセスに関する新たな情報を得ることが可能な場合がある。本研究では、土壌中の同位体のプロファイルから涵養年代、浸透速度などを農業系の物質と関係して検討することを目指しており、その基礎として本論では降水と地下水の安定同位体比と地下水のトリチウム濃度を検討した。

9.1 研究地の概要

研究対象地域である金子台は、武蔵野台地北西部に位置し、一帯は主に下末吉面が広がっている。北部には阿須山丘陵が存在し、丘陵に沿って霞川流れしており、阿須山丘陵東端で入間川と合流している。本地域は青梅を扇頂とする扇状地性を呈しており、西側ほど標高が高く、東に向かうにつれて標高が低下している。阿須山丘陵中央部から扇状地中央部を経て東京都国立市にかけて、逆断層の形態を成している立川断層の存在が確認されており、断層の北東側が約 10m ほど隆起した逆傾斜を示している（図 9-1）。

地質構造においては、新第三紀鮮新世から第四紀更新世前期にかけて発達した海性の堆積相を示す上層層群が基盤となっており、その上に 13~6 万年前のテフラ累層で、褐色~灰色の粘土質火山灰層である下末吉ローム層、6~3 万年前の褐色の玄武岩質火山灰層である武蔵野ローム層、3~1 万年前のかんらん石に富む赤褐色スコリア質の火山灰層である立川ローム層が存在している（高橋，1999）。

一帯は主に茶畑としての土地利用が行われており、野菜畑や栗畑等も見られる（図 2-1 参照）。また霞川沿いの地域には民家が多くみられる。

9.2 研究概要

金子台の地下水流動は、地下水面標高および従来の研究等により、立川断層の西側では南東方向の地下水流、東側では北東方向の地下水流の存在が想定されている（檜山ほか，1993）。

今回の調査では、1999 年 6 月 3 日に金子台一帯において地下水の採取を行い、その中の 6 地点において酸素・水素安定同位体測定、トリチウム測定を行い、同位体と地下水との関係および降水との関連性について考察を行った。なお、降水の同位体測定には金子台近傍の埼玉県小川町で採取されたサンプルを用いた。降水量等の気象データは、日本気象協会発行の東京都青梅のデータを用いた。

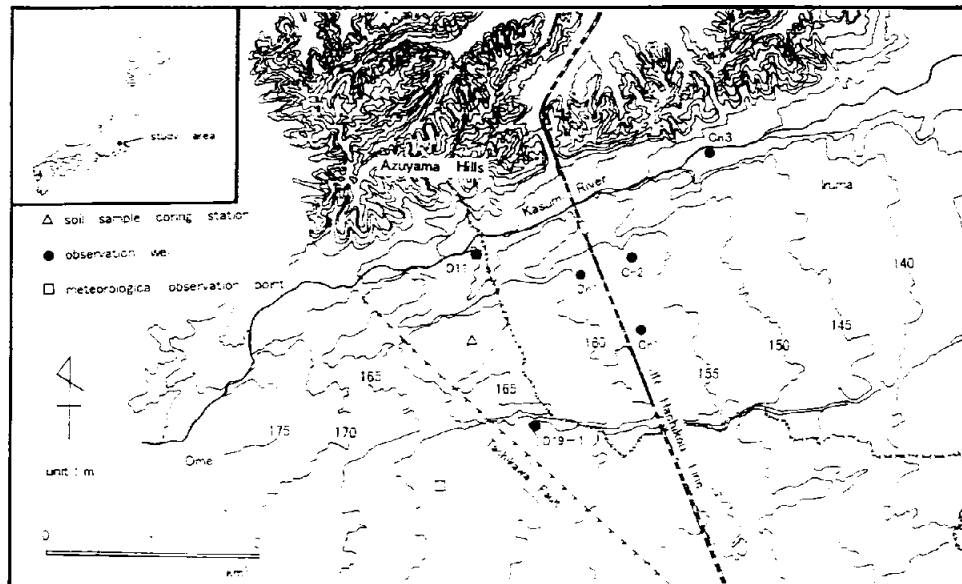


図 9-1 研究地域の概要

酸素安定同位体比の測定は二酸化炭素による同位体交換法により、また水素安定同位体比の測定は金属亜鉛を用いた還元法を用いた後、筑波大学地球科学系の質量分析計 (Delta-S, Finnigan MAT 252) にて測定を行った。測定値は SMOW (標準平均海水) からの千分率偏差 (δ 値: ‰) で示し、 δ 値の計算は、 δ (‰) = $\{(R_{\text{sample}} - R_{\text{SMOW}}) / R_{\text{SMOW}}\} \times 1000$ の式を用いる。なお、 R は $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ または D/H を表している。測定精度は、 $\delta^{18}\text{O}$ は $\pm 0.1\%$ 、 δD は $\pm 1\%$ である。トリチウム測定は、採水後蒸留を行い、電気分解による濃縮後真空蒸留を行い、低レベル放射能測定用液体シンチレーションカウンタ (Packard 社製 2000CA 型) にて 100 分計測を約 10 回繰り返して行った。

9.3 結果および考察

1) 地下水の水温、電気伝導度、酸素・水素安定同位体比およびトリチウム濃度

地下水採取地点を図 9-1 に示した。地下水の $\delta^{18}\text{O}$ 、 δD 、トリチウム濃度の分布図をそれぞれ図 9-2、3、4 に、地下水の δ ダイアグラムを図 9-5 に示した。

酸素・水素安定同位体ともに明確な違いはみられないが、霞川沿いに位置する Cn3 および D11 と、Cn1・Cn2・Dn1・D19-1 とに若干の違いがみられ、前者の方が同位体比はやや軽い傾向が現れている。トリチウム濃度に関しても、安定同位体と同様に Cn3 および D11 と、Cn1・Cn2・Dn1 とに大きく分けることができるが、特に Cn1・Cn2・Dn1 は 3.4~3.6 T.U. とほぼ同様の値を示している。一方、D11 は 5.1 T.U.、Cn3 は 4.8 T.U. と相対的に高い値となっている。地下水温についても、D11 と Cn3 は 14~15°C の値を示し、Cn1・Cn2・Dn1 は 17~18°C と前者に比べ高い値となっている。これらの結果より、台地上に位置する地下水 (地点 Cn1、Cn2、Dn1) と、霞川沿岸地域の地下水 (Cn3、D11) には違いが存在すると想定される。本研究地における地形面分類図 (図 9-6) から、D11 と Cn3 は武蔵野面上に、Cn1、Cn2、Dn1 は下末吉面上に位置しており、この地形面の違いが前述の各測定値の値に差異をもたらしている原因と考えられる。また下末吉面におけるトリチウム濃度 (Cn1、Cn2、Dn1) は武蔵野面における濃度 (D11、Cn3) よりも低い値を示して入る。これは相対的にローム層の厚い下末吉面では、地表面から浸透した降水が地下水面に到達するまでにより多くの時間を要し、放射改変に伴うトリチウム濃度の減少が生じることによって、武蔵野面上のトリチウム濃度よ

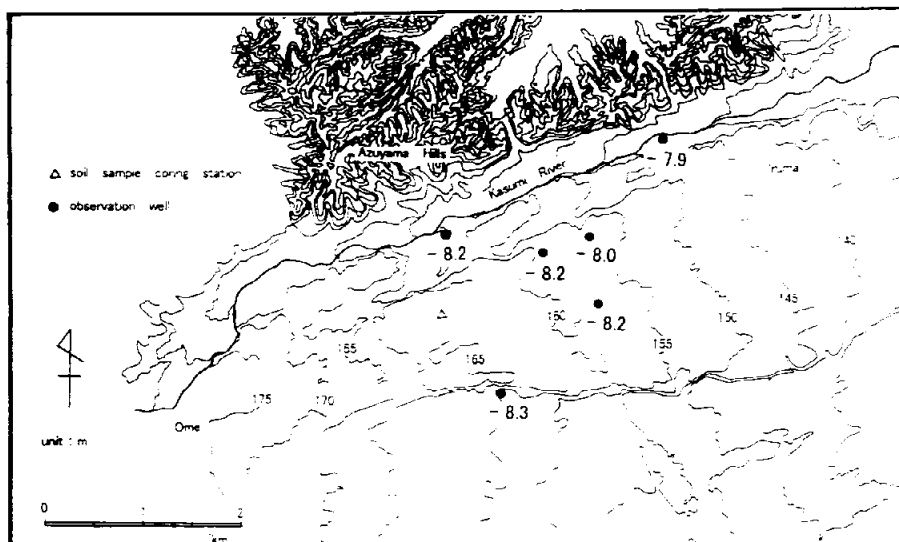


図9-2 地下水の酸素安定同位体比の分布 (‰)

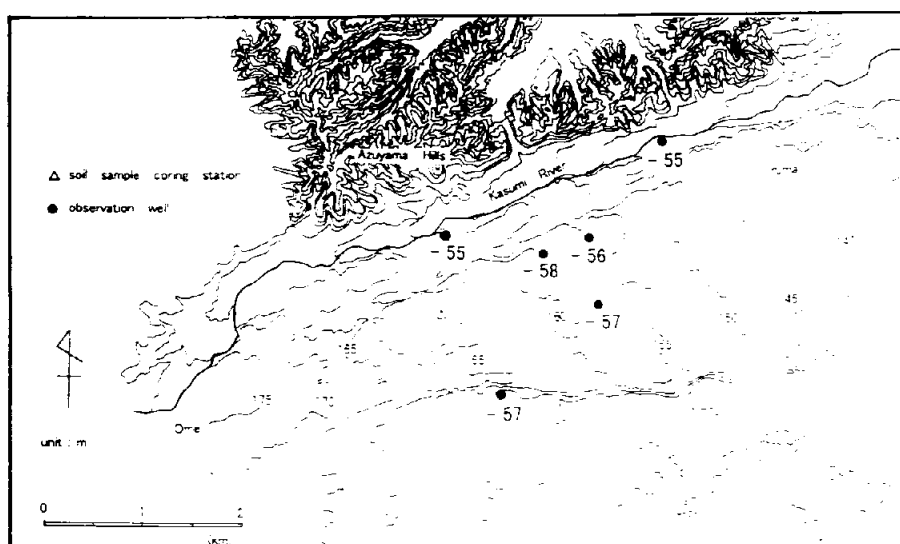


図9-3 地下水の水素安定同位体比の分布 (‰)

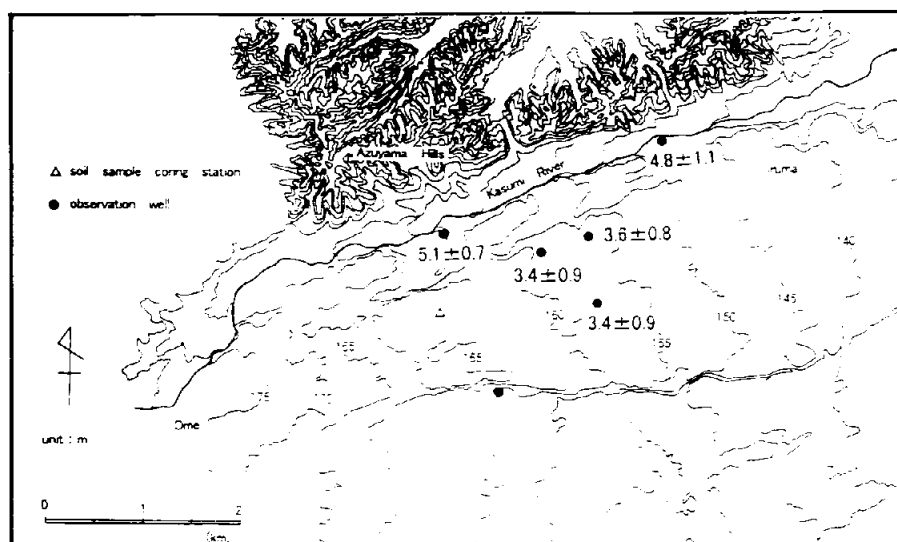


図9-4 地下水のトリチウム濃度の分布 (T.U.)

りも低い値を示していることが示唆される。

同地域内にて採取した土壌コア(図9-1の△地点)から遠心分離によって得た土壌水の地下水面付近の深度(11~12m)の同位体比は、 $\delta^{18}\text{O}$: 約-7.5‰、 δD : 約-51‰となっており、地下水の同位体比と比べると相対的に重い値を示している。従って、地表面から土壤中を浸透し地下水を涵養する鉛直方向の涵養よりも、地下水の水平方向の流動の影響が強く現れていることが推測される。

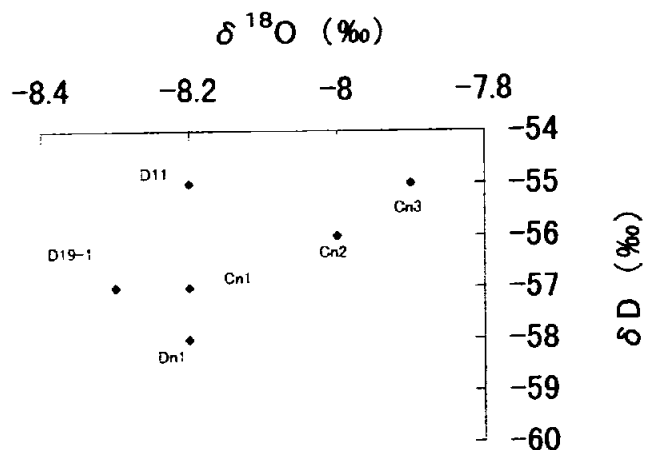


図9-5 地下水の δ ダイアグラム

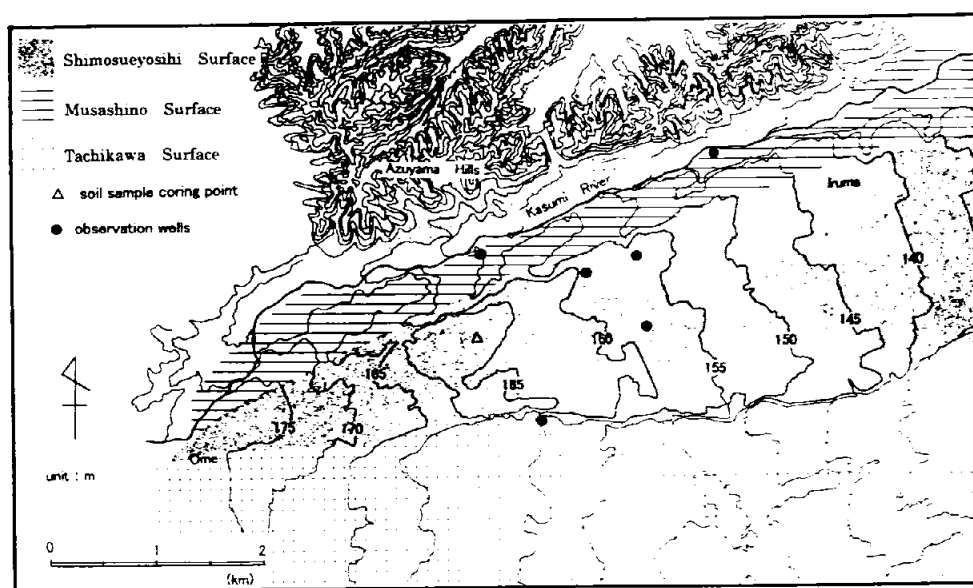


図9-6 金子台付近の地形面分類(檜山ほか(1993)に基づく)

2) 降水の酸素・水素安定同位体比

本研究地の地下水は、主に降水が起源であると推定される。従って、降水の酸素・水素同位体比と地下水の安定同位体比を比較することにより、地下水の涵養時期についての情報を得ることができると考えられる。

1993年1月~1999年4月の小川町の降水の酸素安定同位体比と降水量(青梅の気象データ)を図9-7に示した。なお、1994年1月~12月のデータはTase et al.(1997)、1993年9月~1998年3月のデータは田瀬・島野(未発表データ)を用いた。降水量が多い時期の酸素安定同位体比は若干軽くなる傾向(降水量効果)がみられる。降水量と酸素安定同位体比の値を、暖候期(4月~9月)と寒候期(10月~3月)に分け

て示したのが図9-8である。この結果、寒候期には降水量と同位体比の相関関係はほとんどみられないが、暖候期では降水量が多いと同位体比は相対的に軽くなる傾向がみられる。このような降水量効果の存在は、降水のある毎に採取を行い、その同位体比を測定することによって、更に明らかにすることができると考えられる。

各月の酸素安定同位体比を降水量で加重平均した結果、 -8.4% となった。暖候期（4～9月）と寒候期（10月～3月）に分け、それぞれの同位体比の加重平均地を求めたところ、夏期： -7.9% 、冬期： -9.7% となり、地下水の同位体比（ $-7.9\sim-8.3\%$ ）は夏期の値に近く、夏期の降水の涵養が相対的に多いと考えられる。更に、1994年1月～12月と1998年4月～1999年4月の約2年分の降水の δD データがある期間において、 δ ダイヤグラムを求め、地下水のデータも同一図上に示した（図9-9）。地下水の同位体比は、夏期の降水の回帰直線側にプロットされていることが伺える。従ってこの図からも、夏期の降水による地下水涵養の割合が高いことが示唆される。

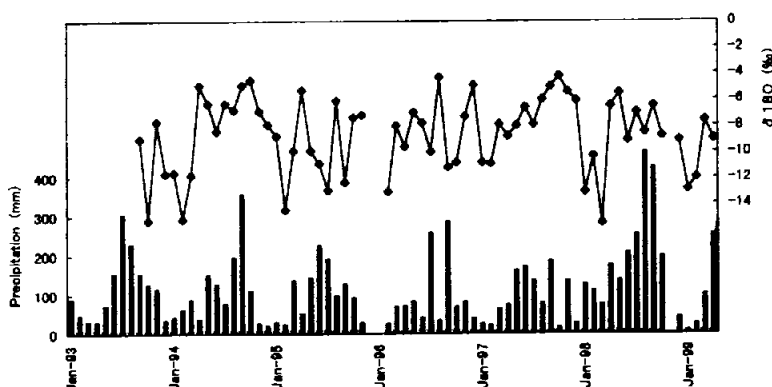


図9-7 降水量と降水の $\delta^{18}O$ 値の経月変化

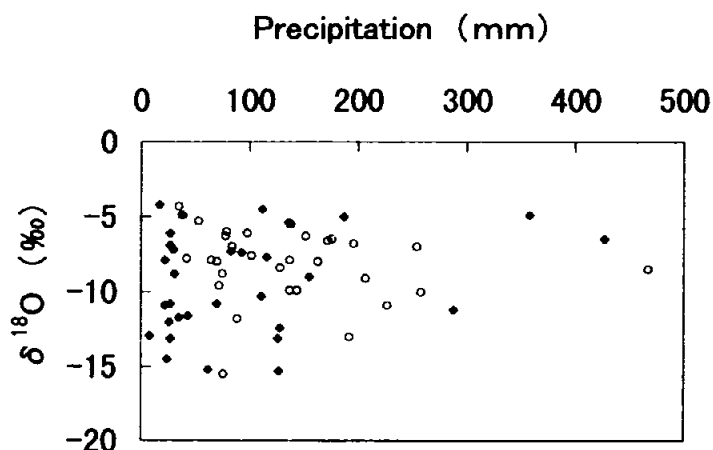


図9-8 降水量と $\delta^{18}O$ の関係（○：4月～9月，◆：10～3月）

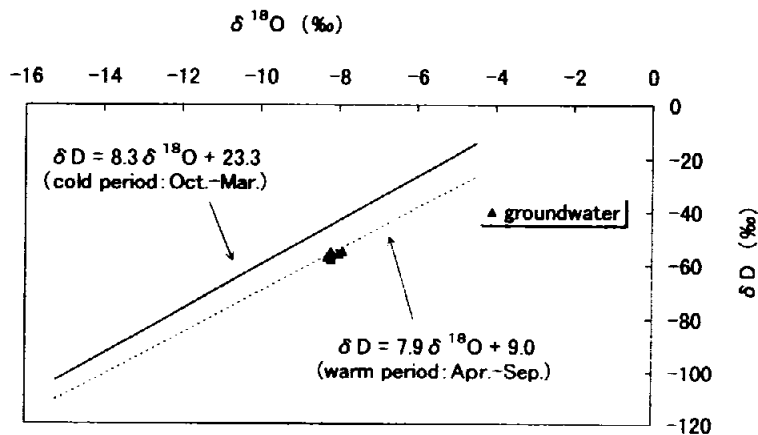


図 9-9 天水線と地下水の同位体比

9.3 結論

本研究地における地下水の水温、酸素・水素安定同位体比、トリチウム濃度の分析より、以下の結果を得た。

地下水採取地点の Cn3・D11 と、Cn1・Cn2・Dn1 では、水温、 $\delta^{18}\text{O}$ 、 δD 、トリチウム濃度等に違いがみられた。これは地形面の違い（武蔵野面と下末吉面）に由来すると考えられる。

地下水のトリチウム濃度において、Cn3・D11 の値が Cn1・Cn2・Dn1 と比べて相対的に高い値を示していることから、Cn3・D11 の地下水の方が比較的新しい水であると推測される。

降水の δ ダイアグラム図に地下水の値を入れたところ、地下水のデータは夏期の降水の回帰直線状にプロットされていることから、地下水の涵養は夏期の影響を強く受けていることが示唆された。

参考文献

- 高橋彦治 (1999) : 川と平野の地学・第四期層—利根川と関東平野、淀川と大阪平野—。山海堂。270p.
- 檜山哲哉・宮岡邦任・嶋田純・板寺一洋 (1993) : 金子台付近における不圧地下水—水質の空間分布と地形段丘面による差異—。筑波大学水理実験センター報告, 18, 29-30.
- Tase, N., Shimano, Y., Kono, T., Mori, K., Shinmi, O., Yokoyama, S., Miyazawa, T., Kodama, Y., Matsumoto, E., Fushiwaki, Y., Yasuike, S., Iijima, T. Yamanaka, T. and Shimada, J. (1997): Isotopic variation in precipitation of Japan. *Internationnal workshop on global change and terrestrial environment in monsoon asia, Tsukuba, Japan*, 140-143.