

滋賀県日置前扇状地における地下水の水質特性

Characteristics of Groundwater Quality in Hiokimae Alluvial Fan, Shiga Prefecture

○今川智絵・竹内 潤一郎・河地 利彦

○Chie Imagawa, Junichiro Takeuchi and Toshihiko Kawachi

1 はじめに

森林流域の流出水や扇状地の地下水・湧水の水質について、あるいは水田の有する硝酸態窒素除去機能に関して、多くの研究が行われている。扇状地水田における研究^[1]によると、扇端上部の水田では浸透量が多く浸透水の硝酸態窒素濃度も高い一方、扇端下部の湧水地帯の湿田では脱窒機能が強く、扇端から浸出する地下水中の硝酸態窒素を浄化することが推測されている。本研究では、流域水質モデルの構築に向けて、扇状地における地下水の硝酸態窒素や他の溶存成分について調査を行い、水田の水管理や地下水流動と地下水水質との関連を検討した。

2 調査地区の概要

日置前扇状地は、滋賀県高島市今津町に位置し（図1）、野坂山地から流下する百瀬川や境川により形成された複合扇状地の一部である^{[2],[3]}。その前面には、三角州性低地である今津、マキノ低地が琵琶湖岸まで広がる。本扇状地は、更新世後半から完新世にかけて形成されたもので、古琵琶湖層群と丹波層群を基盤とする。丹波層群は、三畳紀からジュラ紀に海溝底に堆積した泥質岩や砂岩、チャート等の付加複合体と、これに貫入した古第三期の花崗岩体から成る。鮮新世から更新世に盆地が沈降し出現した古琵琶湖に礫や砂、シルト、粘土が堆積し、古琵琶湖層群が形成された。更新世後半には、東西方向の圧縮により基盤が褶曲し、低平な盆地状の地形と山地の繰り返しができた。その後氷河期の水面低下により、河谷沿いには段丘と扇状地が形成され、盆地中央部には沖積層が厚く堆積した。沖積層は、湖成の粘土層、泥炭層と河成の砂礫層の互層で成る。また、本扇状地の農地土壌は、境川沿いの一部で礫質黄色土、他は多腐食質多湿黒ボク土である^[4]。

本扇状地では、扇頂には集落があり、扇央は水田として利用されている。水田では、4月下旬から代掻きが始まり、4月末から5月上旬に元肥の施肥と苗の移植、6月中旬から下旬に中干し、6月末から7月中旬に穂肥の施肥、8月下旬から9月上旬に収穫が行われる。元肥には緩効性肥料が平均40kgN/ha、穂肥には即効性肥料が平均30kgN/ha施肥される。

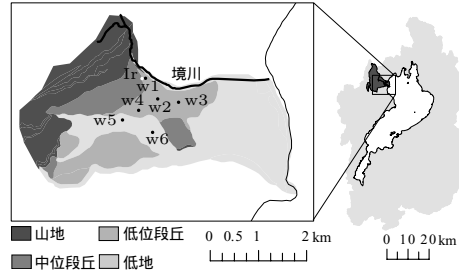


図1：調査対象地域の地形と地下水観測井
Fig.1: Topographic map of the study area

3 調査方法

日置前扇状地とそれに続く平地の浅層地下水の水文、水質調査を目的として、6か所の地下水観測井（w1-w6）を設置した（図1、表1）。w1が扇頂、w2が扇央、w3、w4が扇端上部、w5、w6が平地に位置し、w2-w6の周囲は水田である。

表1：地下水観測井

No.	地盤標高	水位計までの深さ	対象帯水層
w1	145.60m	8.74m	第3帯水層
w2	124.18m	8.39m	第2帯水層
w3	110.82m	17.10m	第4帯水層
w4	117.93m	7.57m	第3帯水層
w5	112.87m	0.82m	第1帯水層
w6	108.29m	4.13m	第1帯水層

地下水位、水温は、観測井内に設置した水位計により10分毎に測定した。RpH、電気伝導度（EC）は採水時に現地で測定を行い、硝酸態窒素（NO₃-N）濃度は実験室で分析を行った。2006年9月から調査を開始し、観測井6か所の地下水と1か所の用水（Ir）を、月1、2回の頻度で採取した。

4 調査結果と考察

観測井でのボーリング調査から推測すると、本扇状地の鉛直断面は、扇頂から扇央は砂礫互層であり、扇端から平地にかけて有機質土壌が厚くなる（図2）。

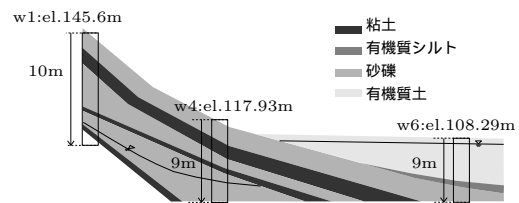


図2：日置前扇状地の地質構造
Fig.2: Geologic profile

観測井の地下水位変動を図3に示す。同じ帯水層が対象のw1とw4では降雨に対応して1~2mの水位上昇があるが、下流側のw4では変化がなだらかである。地表面直下に地下水面のあるw5とw6では水位変動が小さいが、w5では降雨に対応して数十cmの水位上昇がある。また4月下旬に、降水やw1での水位上昇が無いにもかかわらず、w2, w3, w4, w5では水位上昇が見られる。これは水田に代掻き用水が灌漑されたためと推測され、扇中央から扇端にかけて水田からの鉛直浸透が比較的多く、水田の水管理の影響がすぐに現れると考えられる。

表2：地下水水質の平均・分散
Table 2: Statistics of observed water qualities

		温度 [°C]	RpH [-]	EC [μS/cm]	NO ₃ ⁻ -N [mg/L]
w1	平均	13.4	7.0	109	0.49
	分散	0.3	0.4	860	0.13
w2	平均	15.4	7.9	444	1.32
	分散	0.8	0.3	2,820	0.16
w3	平均	15.2	5.7	108	1.69
	分散	0.2	0.04	434	0.08
w4	平均	14.1	5.6	84	2.14
	分散	0.7	0.04	18	0.19
w5	平均	15.1	8.0	340	0.31
	分散	26.7	0.9	6,201	0.04
w6	平均	14.5	6.4	94	0.44
	分散	0.03	0.3	418	0.06
Ir	平均	11.7	6.9	38	0.76
	分散	21.8	0.06	182	0.19

各水質項目について全測定回数の平均・分散を表2に、水温、硝酸態窒素濃度の変動を図4, 5に示す。まず、地表面直下のw5を除く観測井では水温上昇のピークが1~2月頃であり、気温のピークに対して約半年のずれがあった。また、w1よりもw4の方が変動幅がやや大きく、ピークは約1か月早かった。これは、扇状地を流下する間に地表面からの鉛直浸透流が帯水層に流入するためと考えられる。

RpHは、w1からw3, w4へ低くなり、w6ではや

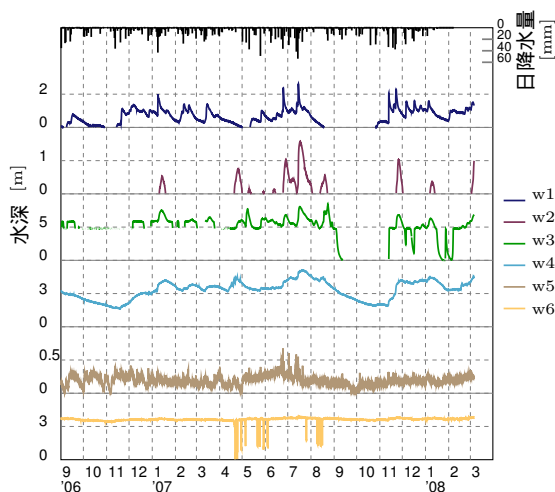


図3：地下水深（水位計を基準とした水深）の変動
Fig.3: Groundwater depth above the sensor

や高くなって弱酸性であった。また、地下水のECは用水と比較してはるかに高く、地下水中にはイオン総量が多いといえる。観測井ごとのECはRpHと似た傾向を示し、w1からw3, w4へ低くなり、w6ではやや高くなった。w2, w5ではRpH, ECともに特に大きな値を示し、その要因は地質的なものと考えられる。

NO₃⁻-N濃度は、最も高い値を示すw4においても3.0mg/L以下であり、全体的に低い値であった。w1からw3, w4へ高くなり、w6ではw1と同程度かそれ以下に低下した。扇端上部での濃度上昇は、扇状地を流下する間に、硝化の進行しやすい不飽和層を通過してNO₃⁻-N濃度の高くなった鉛直浸透流が帯水層に流入するためと考えられる。逆に平地の水田直下では、地下水位が高く嫌気条件にあるために脱窒が進行し、NO₃⁻-N濃度が低下すると考えられる。また、w4, w5, w6では5~8月の灌漑期にNO₃⁻-N濃度が低下した。これは、水田の湛水によって嫌気条件となり脱窒が進行するためと考えられる。7月23日にわずかに高い値を示した要因は、前週に施肥された穂肥の溶脱と推測される。

5 まとめ

日置前扇状地において、地下水の水質は、帯水層内の水の流動のみで決定されるものではなく、地質や水田における営農活動等の局所的な影響を受けやすいことが示された。今後、本地域において流域水質モデルを構築することが課題である。

参考文献 [1] 木方 展治, 結田 康一: 扇状地水田下の土壌水中硝酸態窒素, 土肥誌, 63(5), 581-589, 1992. [2] 中江 訓, 吉岡 敏和, 内藤 一樹: 竹生島地域の地質, 地質調査所, 2002. [3] 中江 訓, 吉岡 敏和: 熊川地域の地質, 地質調査所, 1999. [4] 滋賀県県民文化生活部県民生活課: 5万分の1土地分類基本調査「竹生島」.

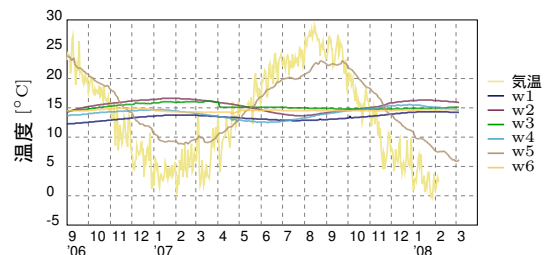


図4：気温および地下水温の変動
Fig.4: Groundwater temperature

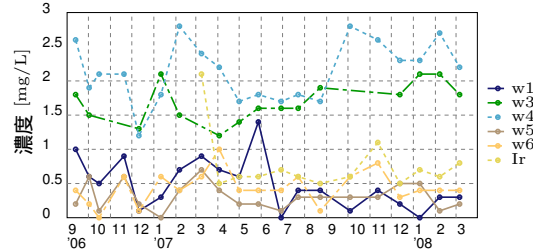


図5：硝酸態窒素濃度の変動
Fig.5: NO₃⁻-N concentration