

香川大学工学部 ○橋本美智子

香川大学工学部 河原能久

香川大学大学院 渡邊健一

1. はじめに

香川県は日本でも有数の水不足地域である。健全な水循環系の保全を図りながら渇水時の水資源の確保を進めることは高松地域の緊急の課題となっている。地下水は水循環系の重要な構成要素であるとともに水資源の候補のひとつに挙げられる。しかし、高松平野における地下水の流動、水質の現状は必ずしも明らかではないため、本研究ではそれらの実態を把握することを目的としている。ここでは不圧地下水の水質に関する調査・検討結果を報告する。

2. 観測地域と観測項目

観測地域は高松市とその周辺地域である。高松平野は、西部を流れる香東川により形成された扇状地、東部の春日川、新川等による氾濫平野、および河口部の三角州からなる海岸平野から形成されている（図-1を参照）。地質は、上位から沖積層（砂礫、砂層中に粘土・シルトが不規則に重なる）、三豊層、基盤（花崗岩類）に大別される。沖積層と三豊層との境界には細粒分が卓越した層が広く広がっており、難透水層となっている。上部の帯水層の厚さは地表から深度 20m 程度であり、ここに多数の浅井戸が設置されている。また、三豊層中の帯水層は深度 40m~100m 程度であり、地下水は被圧状態となっている。なお、河川の表流水が伏没する箇所は多く、流水は乏しい。

高松地域に点在する浅井戸 65 箇所において、水位と水質の調査を 2001 年 3 月、6 月、9 月、12 月、2002 年 3 月、6 月（上旬と下旬の 2 回）、9 月に実施した。調査内容は以下のとおりである。1) 地下水位、2) 水質（現場）：水温、pH、電気伝導、3) 水質（実験室にてイオンクロマトグラフィーおよび滴定により分析）： Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 、 NH_4^+ 、 PO_4^{3-} 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 NO_2^- 、 HCO_3^- 。

3. 観測結果

3.1 地下水位

地下水位観測結果の一例として、図 1 に 2001 年 12 月の高松地域における地下水位を示す。対象地域では不圧地下水からの揚水が行われているが、水位の等高線はほぼ地形の等高線に沿う形になっている。また、水位が平均海水面よりも低い地域が詰田川河口周辺に形成されている。これらの現象は年間を通して確認される。これまでの調査より、沿岸部の井戸は潮汐の影響を受けていること、水位は夏季に最も高くなり冬季から春先にかけて最低となること、さらにその変動幅が 1~2 m であり、市街地では農地に比べて水位の変動幅が少ないこと等が明



図 1 2001 年 12 月における地下水のコンター

らかにされている。

3.2 水質組成

地下水の水質について 2001 年 12 月, 2002 年 9 月のイオン分析結果をもとに, ヘキサダイアグラムを作図した (図 2(a), (b)). ヘキサダイアグラムの下に数字は井戸番号である. 図より, 殆どの地点でその形, 大きさは安定しており, 経時的な変化は小さいことがわかる.

ヘキサダイアグラムの作成に用いた各種イオンを説明変数として 2001 年 12 月, 2002 年 6 月上旬, 下旬, 9 月の分析結果についてクラスター分析を行い, 高松平野における水質を 4 つのグループに分類した (図 3(a), (b), (c), (d)). また, 表 1 は各群の平均的なイオン組成を示している. それぞれの群の特徴を次のように要約できる. 1 群: 4 つの群の中で最も所属する個体数が多く, それらは高松平野全体に分布している. 特に南部の井戸はほとんどがこの群に属する. そのイオン組成は 1 種類が卓越していることはなく, どれも量的に少ない. 2 群: 1 群の次に所属している個体数が多い.

高松平野北部に多く見られる. 経時的に 1 群と 2 群の間で変化する地下水が 7 地点存在する.

3 群: この群に所属する個体数は少なく, 沿岸部に位置する同じ井戸 (4 番, 94 番) が属している. ヘキサダイアグラムと照らし合わせてみると, この群には海水の混入がある地下水が属している. 4 群: ヘキサダイアグラムで見るとイオン量が比較的多く, 硝酸イオン濃度が高い地下水が属している. 48 番の井戸は常にここに属している. まれに 1, 2 群であった地下水が一時的に 4 群に属することがある. なお, 5 群に分類した場合は上記の 4 群がさらに 2 つに細分される.

次に, 属性分類の要因となっているイオン成分を調べるために, クラスター分析の結果を用いて判別分析を行った. 表 1 に判別分析の主たる結果を示す. イオンの横に表示されている数字は判別係数である. この絶対値が大きいほど, その物質がグループ分けの際に影響力が大きいといえる. この表より, ほとんどのグループ分けで陰イオンが関与していることが読み取れる. 属する個体数が最も多く, 各イオン総量も最も平



図 2(a) ヘキサダイアグラム (2001 年 12 月)



図 2(b) ヘキサダイアグラム (2002 年 9 月)

均的な1群と他群を比較して判別要素を考察する。2群は HCO_3^- 濃度が高く、 Ca^{2+} 濃度もやや高いことがわかる。3群の特徴は Cl^- と Na^+ が多く含まれていることである。これらの地点では水深方向に水質が変化していることが確認されていることより、海水の混入を受けた地下水であると考えられる。また、4番の井戸に注目すると、硝酸イオン濃度も高いことから海水の浸入に加え何らかの人為的影響があると考えられる。4群は1群だけではなく、他のすべての群と比べて明らかに硝酸イオン濃度が高い。実際に4群に属する井戸では硝酸性窒素が環境基準である 10mg/l を超えている。周辺の土地利用から48番の井戸では施肥と畜産が汚染原因となっており、また他の地点でも人為的影響により一時的に硝酸イオン濃度が高くなっているものと考えられる。

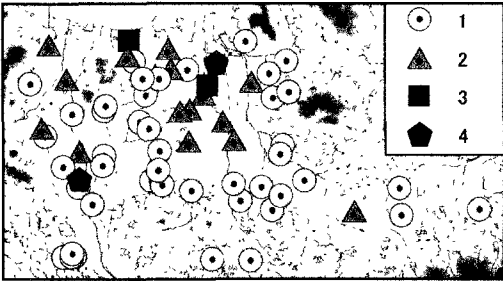


図 3(a) クラスタ分析結果 (2001 年 12 月)



図 3(b) クラスタ分析結果 (2002 年 6 月上旬)

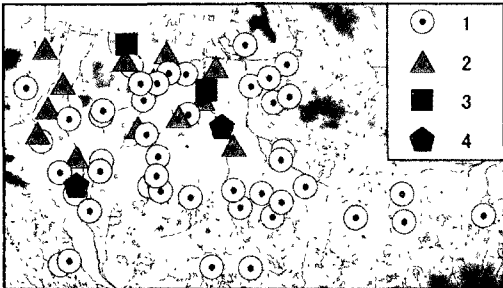


図 3(c) クラスタ分析結果 (2002 年 6 月下旬)

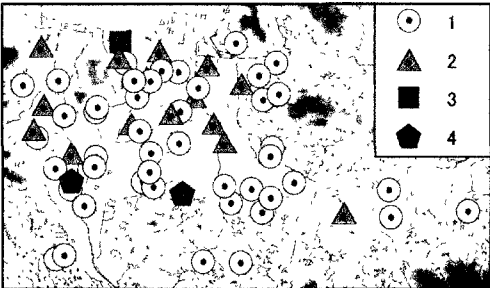


図 3(d) クラスタ分析結果 (2002 年 9 月)

表 2 判別分析結果

	全体	群1	群2	群3	群4
SO_4^{2-}	0.75	0.64	1.11	0.95	2.61
HCO_3^-	1.69	1.28	3.03	1.69	2.20
Cl^-	0.69	0.62	0.92	4.29	1.45
NO_3^-	0.17	0.19	0.11	0.64	1.54
Mg^{2+}	0.52	0.39	0.96	0.76	1.28
Ca^{2+}	1.83	1.48	2.97	1.97	4.75
$\text{Na}^+ + \text{K}^+$	0.97	0.88	1.28	4.66	1.23

表 1 各群のイオン組成平均

	1	2	3
2	$\text{NO}_3^-(-7.08)$		
	$\text{HCO}_3^-(-4.27)$		
	$\text{SO}_4^{2-}(-3.92)$		
3	$\text{NO}_3^-(-24.31)$	$\text{NO}_3^-(-34.31)$	
	$\text{Cl}^-(-16.8)$	$\text{SO}_4^{2-}(15.79)$	
		$\text{Cl}^-(-12.37)$	
4	$\text{NO}_3^-(43.99)$	$\text{NO}_3^-(-25.2)$	$\text{HCO}_3^-(22.89)$
	$\text{SO}_4^{2-}(-12.52)$	$\text{Ca}^{2+}(-6.77)$	$\text{Ca}^{2+}(-14.45)$
	$\text{Ca}^{2+}(-10.3)$		$\text{Mg}^{2+}(-13.28)$

謝辞：科学研究費基盤研究（C）（代表：河原能久）の研究助成を受けて行ったものである。ここに記して謝意を表します。

参考文献：1) 渡邊健一，河原能久，橋本美智子：高松地域における地下水位の空間分布および時間変動の特性，水文水資源学会 2002 年研究発表会要旨集，66-67，2002。