

手取川扇状地における地下水位への水田灌漑の影響 Effect of paddy irrigation on groundwater level in the Tedori River Fan

○岩崎有美*, 尾崎正志**, 堀野治彦**, 中村公人*, 川島茂人*

IWASAKI Yumi, OZAKI Masashi, HORINO Haruhiko, NAKAMURA Kimihito
and KAWASHIMA Shigeto

1. はじめに 石川県手取川扇状地には豊富な地下水資源が存在している。地下水資源を持続的に利用するためには、地下水位変化に影響を与える自然的及び人為的要因を定量的に評価することが重要となる。本報告では、地下水に関わる現地観測データをもとに、この地域を対象とした地下水流動モデルを構築し、水田面積の変化が灌漑期の地下水位に与える影響を評価すると共に、地下水位を維持するための揚水規制について検討した。

2. 研究方法

(1) 対象領域のモデル化 手取川扇状地は左岸側より右岸側が広いことが特徴である。そのため、手取川、犀川および伏見川、日本海、白山山地で囲まれた面積約 135 km²の右岸側領域を解析対象とした (Fig.1)。領域の北東部には金沢市の市街地が広がっている。地質構造は、上部に扇状地性砂礫層、その下部が砂礫、砂、粘土からなる互層、さらに下部が基盤岩である。また、沿岸部には舌状の粘土層が介在し、扇状地性砂礫層を上下に二分している。本研究では、扇状地性砂礫層と互層を帯水層になりうる地質とみなし、それぞれを浅層、深層帯水層としてモデル化を行った。

地下水流動解析には、3次元有限差分法 (MODFLOW) を用いた。解析対象領域を水平方向には、400 m×400 mのグリッドに分割した。鉛直方向には、地質分布を考慮し、4つのレイヤ (層) を設定した。レイヤ 1, 3が浅層 (砂礫層), レイヤ 4が深層 (砂礫, 砂, 粘土の互層), レイヤ 2がレイヤ 1と3に挟まれる沿岸部の舌状粘土層を表す。また、水平的な地質分布を考慮して、浅層帯水層を北部, 南部, 沿岸部の3つにゾーニングし、それぞれに異なる透水係数を与えた。

土地利用情報に関しては、国土交通省が提供する国土数値情報土地利用細分メッシュ (100mメッシュ, 2006年度) から得た。灌漑期の地表面から涵養量は、中干し前の実測浸透量 7.4 mm/d (丸山ら, 2012) に各グリッドの水田面積率と耕作率 (1-転作率) を乗じた値とした。水田以外の土地利用は非涵養域とした。解析対象領域内の水田面積率は 51%, 関連市町の転作率は 27% (北陸農政局, 2006) であった。また、揚水量については、2008年度の 1 kmメッシュデータ (石川県, 2010) を用い、各メッシュに含まれるグリッドの面積割合を考慮して、各グリッドの揚水量を求めた。

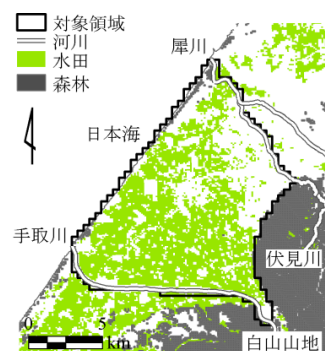


Fig.1 手取川扇状地の概要
Outline of the study site.

Table 1 透水係数の同定値
Optimized hydraulic conductivity.

ゾーン	透水係数 (cm/s)
浅層北部	1.0×10^0
浅層南部	5.5×10^{-2}
浅層沿岸部	8.6×10^{-1}
舌状粘土層	1.3×10^{-6}
深層	1.4×10^{-3}

* 京都大学大学院農学研究科 Graduate School of Agriculture, Kyoto University

** 大阪府立大学生命環境科学研究科 Graduate School of Life and Environmental Sciences, Osaka Prefecture University

Keywords: 地下水, 扇状地, 水田

(2) **モデルパラメータの同定** 本地域の灌漑期の地下水位は、代かき等のための初期灌水により急上昇した後、高水位で安定的に推移する。よって、2010年6月1日～4日に扇状地内 87 地点において行った地下水位一斉観測の結果が再現されるように、定常解析から透水係数の同定を行った。このときの河川と沿岸の境界条件は、それぞれ一斉観測結果から推定した地下水位と平均海水面標高による定水頭境界、山麓の境界条件は非流動境界とした。Table 1 に同定結果を示す。得られた値は他地域で報告されている値よりやや大きい傾向にあるが、地下水位分布を良好に再現できたことからこれらを採用した。

2010年の灌漑期、非灌漑期に実施した手取川流量観測から、最下流部を除いて、河川から地下水体へ水移動が生じる伏伏区間であることが確認された。そこで、手取川境界について、河川水位と地下水位に応じ相互に交換流が生じるとする流量境界条件の適用を試みた。流量境界に関するパラメータは、前述の透水係数を同定した際の手取川からの地下水体への流入量を元に設定した。モデルによる地下水位の計算値は実測値と良好に一致し、地下水分布も概ね再現された。現地観測に基づいて作成したこのモデルを用いて、本地域の水田面積の増減に対する地下水位応答を評価することは妥当であると考えられる。

3. 結果と考察 過去からの土地利用、揚水量データを用いた本モデルによる地下水位の再現計算によって、水田面積の減少が地下水位低下の主要因であると推測された。そこで、都市化の進展により今後さらに水田面積が減少した場合に、地下水位がどのように変化するかを検討した。解析対象領域全体の水田面積が 2006 年時点（現況とする）から 10、30、50、70%減少した時の地下水位を計算した。その結果を、現況に対する地下水位低下量として Fig.3 に示す。水田面積の減少量が 10、30、50、70%の場合、最大地下水位低下量はそれぞれ 0.5、2.0、3.6、5.2 m となった。地下水位低下の傾向は、扇頂部から手取川に近い扇中部で顕著となっている。この地域は上流からの地下水流入量が少ないこと、また、現況の水田面積率自体が高いため、単位面積当たりの水田の減少面積が扇端部に比べ大きいことが原因と考えられる。次に、現況地下水位を維持するには揚水規制がどの程度必要かを概算した。その結果、水田面積の減少率が 10%のときには、揚水規制を 20%実施すれば地下水位が維持されるが、水田面積の減少率が 30%を超えると、揚水規制のみでは現況の地下水位を維持できないという結果を得た。1987年から1997年の水田面積の減少率は 6.5%，1997年から2006年の同減少率は 10.5%であり、今後、水田の耕作放棄や転用が進むようなことがあれば、地下水の量的な保全のためには、揚水規制以外の積極的な対策が必要となる。

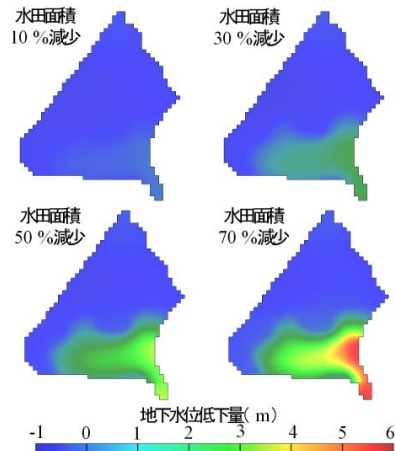


Fig.3 水田面積減少による灌漑期の地下水位低下（2006年に対する水位低下量）
Groundwater drawdown in irrigation period with decrease in paddy filed area (Drawdown from the condition in 2006).

4. おわりに 今後は非定常解析により地下水位の影響因子を詳細に検討する予定である。

引用文献 石川県 (2010) :平成 20 年度 石川県地下水保全対策調査報告書, P.51. 国土交通省 (2006) : 国土数値情報土地利用細分メッシュデータ, http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/jpgis/datalist/KsjTmplt-L_03-b.html. 北陸農政局 (2006) : 石川農林水産統計年報 (農林編) 平成 16~17 年, p.12. 丸山利輔ら (2012) : 手取川扇状地における水収支の分析, 水文・水資源学会誌 25(1), pp.20-29.