

手取川扇状地の地下水位変化に影響を与える要因の評価 Assessment of factors influencing the changes in groundwater level in the Tedori River Fan

○岩崎有美*, 尾崎正志**, 中村公人*, 堀野治彦**, 川島茂人*

Yumi Iwasaki, Masashi Ozaki, Kimihito Nakamura, Haruhiko Horino, Shigeto Kawashima

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が、今後、人為的要因および気候変動を含めた自然的要因の変化による影響が地下水環境に及ぶことが考えられる。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要因を定量的に評価することが重要となる。本報告では、現地での地下水に関わる観測データをもとに本地域での地下水に影響すると考えられる要因を考慮した地下水流動モデルを構築し、土地利用、揚水量変化が及ぼす地下水位への影響評価を行った。

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り、手取川扇状地のうち南部の手取川、北東部の犀川および伏見川、西側の日本海、東側の白山山地で囲まれた面積約 135km² の領域を解析対象とした。また、地下水流動解析には、MODFLOW (Harbaugh, 2005) による 3次元の有限差分法を用いた。

モデルの 1セルは、東西・南北方向ともに 400m のグリッドとした (Fig.1)。帯水層構造は、基本的には浅層 (砂礫) と深層 (砂礫, 砂, 粘土互層) の 2種類に大別したが、扇端部には海成粘土層と思われる舌状の粘土層が存在するため、浅層帯水層の一部でこれを考慮した。

土地利用は国土数値情報 (国土交通省計画局) の 100m メッシュデータにモデルセルを重ね合わせ、水田面積率を算出した。灌漑期の涵養量は、水田面積率が 100%のモデルセルからの涵養量に水田面積率と転作率を乗じた値とした。また、非灌漑期では、水田と畑地をたし合わせた涵養域の面積率を用いて、降水による涵養量を与えた。揚水量分布は、石川県ら (2007) による 1km メッシュごとの揚水量データを用い、モデルセル内の 1km メッシュの面積比をもとに、セル毎の揚水量を決定した。

(2) モデルパラメータの同定 透水係数は水平的な地質分布を考慮して、浅層帯水層を 3つにゾーニングした。2009年11月に扇状地全域の 87地点で行った地下水位一斉観測結果をもとに、水田および畑地からの若干の降水涵養を考慮して、透水係数を同定した。結果を Table 1 に示す。つぎに、2010年6月に 86地点で行った地下水位一斉観測結果から、水田からの涵養を同定すると 5.0 mm・d⁻¹ となった。この値は、灌漑期初期の田面浸透水によって地下水体が多量に涵養された後、地下水位変化が安定した期間の涵養量であり、水田圃場で観測された浸透量 16 mm・d⁻¹ と比べると低い値であるが、横浸透等によって浸透



Fig.1 対象領域のモデル化
Numerical grid for simulation.

Table 1 透水係数の同定値
Hydraulic conductivity.

	透水係数 (cm・s ⁻¹)
浅層帯水層①	4.0×10 ⁻¹
浅層帯水層②	4.1×10 ⁻²
浅層帯水層③	6.3×10 ⁻¹
海成粘土層	3.6×10 ⁻⁹
深層粘土層	9.8×10 ⁻⁵

* 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, 土地利用

量の一部しか地下水涵養に寄与しないことから、不自然な値ではないと思われる。手取川水位変化を考慮するため、灌漑期の地下水位観測結果および流量観測から推定された手取川の伏没量をもとに流量境界を設定した。灌漑期の定常計算において、計算値は実測値と良好に一致し、地下水位コンターも概ね再現された。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. 土地利用、揚水量の影響評価

構築されたモデルで定常計算を行った結果、灌漑期、非灌漑期いずれも水田からの涵養、手取川と犀川からの涵養、揚水、日本海への流出がともに収支成分として無視できないことがわかった。そこで、扇状地内のどの領域の土地利用、揚水量が地下水位に影響するのかを灌漑期の定常解析によって検討した。まず、Fig.2 に示すように解析対象領域を、扇頂、扇央、扇端部および河川からの距離をもとに6つに分割した。それぞれの領域 (zone) ごとに、水田からの涵養量を同定した $5.0 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ (case L1) から、将来の水田面積の減少を考慮して、 $3.3, 1.6, 0 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ と減



Fig.2 領域の分割
Partition of the model domain.

少させた条件 (case L2,L3,L4) で計算を行った。つぎに、揚水量を 2005 年の揚水量分布をもとに、各領域内での分布は変化させずに総揚水量を $1.0 \times 10^4, 3.0 \times 10^4, 5.0 \times 10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ だけ増加させた条件 (case P2,P3,P4) で計算を行った。

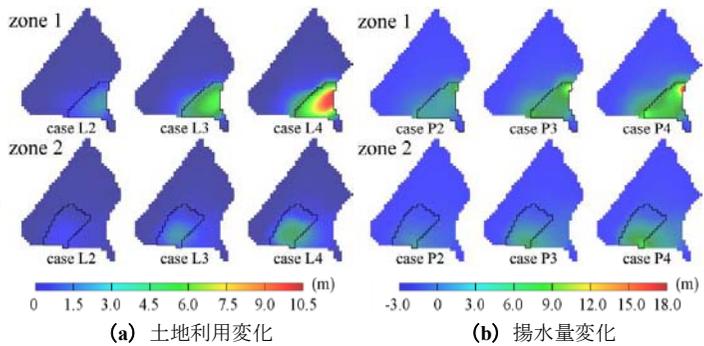


Fig.3 仮想的な土地利用変化(a)と揚水量変化(b)による地下水位低下量 (case L1, P1 に対する地下水位低下量)

各ケースに対して 2005 年の状況 (case L1, case P1) からの地下水位低下量を Fig.3 (b) the groundwater use (relative to case L1 for (a) and case P1 for (b)).

に示す。扇頂部に位置する zone 1 からの水田涵養量が低下する場合には、その付近で地下水位が低下し、地下水位低下量は最大約 10m であった。また、zone 2 での最大の地下水位低下量は約 4.5m となった。一方で、都市域に位置する zone 3 と扇端部の zone 4~6 では地下水位低下量は 1.2m 以内にとどまった。揚水量変化については、扇頂部 (zone 1) と手取川に近い扇央部 (zone 2) での揚水量増加が、その領域周辺の地下水位低下に大きく影響し、zone 1, zone 2 の場合で、地下水位低下量はそれぞれ最大 18m, 9m であった。その他の zone 3~6 での揚水量増加による最大地下水低下量は 1.5m 以下であった。以上の結果より、地下水位に対する土地利用と揚水量変化の影響は、扇状地内の場所によって、その程度に差があり、とくに扇頂部と手取川に沿った扇央部において大きいことが明らかになった。さらに、扇頂部と手取川に近い扇央部での水田面積の維持と揚水量の抑制は、それら領域周辺の地下水位低下を抑制する上で重要であると考えられる。

4. おわりに 今後は非定常解析により地下水位変化を詳細に検討する予定である。

引用文献 Harbaugh, A.W. (2005) : MODFLOW-2005, The U.S. Geological Survey Modular Ground-Water Model of the Ground-Water Flow Process, U.S. Geological Survey Techniques and Methods 6-A16, 国土交通省計画局 : 国土交通省国土計画地理情報システム, 石川県・金沢市・七尾市 (2007) : 平成 18 年度 石川県地下水保全対策調査報告書, p.51.