

熊本大学工学部 学生会員 木良祐輔
正会員 川越保徳
非会員 村上祐也

1. はじめに

熊本市の水道水源はそのほとんどを地下水に依存しており、地下水は市民の生活に不可欠なものである。しかし近年、局地的な硝酸性窒素の高濃度化が確認されており、水質悪化に関する問題が懸念されている。我々は、地下水中の物質濃度変化が地下水位の変化と密接に関係していると考え、地下水中の硝酸性窒素濃度変化との関係を明らかにすることとした。本研究では、熊本市内にある複数の地下水井戸における地下水位の変化と硝酸性窒素濃度との関係を明らかにすると同時に、タンクモデルによる地下水位のシミュレーションを試みた。

2. 研究方法

測定対象とする地下水井戸には、熊本市内でも地下水涵養域に近く硝酸性窒素濃度が 10 mg/L を超えている地下水井戸（A1 井戸と称する）と、その 2 km 圏内に隣接する 2 つの井戸（各々、A2 井戸、A3 井戸と称する）、および、地下水流域にあり硝酸性窒素濃度は比較的低い井戸（B 井戸と称する）を選んだ。地下水の採水は週 1 回の頻度で行い、硝酸性窒素とそれ以外の陰イオン、陽イオン、溶性ケイ酸、アルカリ度、pH 等を測定した。

タンクモデルについては、3 段式タンクモデルを想定してプログラムを作成した。熊本県益城町の気象データを参照して日降水量を入力し、文献を参考にして地下水位のシミュレーションを行った。

3. 結果と考察

図 1 に A1 井戸の 2012 年 6 月 26 日から 1 週間ごとの硝酸性窒素濃度の変化を示す。測定開始時から減少傾向にあるが、水質基準である 10 mg/L を常に上回っていた。また、硝酸性窒素濃度は地下水位の増減に影響されていると推測され、地下水位の増加が硝酸性窒素濃度を減少させている傾向がみられた。この結果より、A1 井戸で取水される地下水帯では、降雨などによる水の入力によって、硝酸性窒素が薄められているものと推定される。しかし一方で、比較的近い距離にある、A2 井戸では、硝酸性窒素濃度と地下水位との関係が A1 井戸とは異なるといった傾向が認められたことから、A1 井戸と A2 井戸では、地下水の入出力に関する挙動が異なることが推察された。以上の理由から、各井戸について、地下水位の変動をタンクモデルにて表現し、降雨量と地下水位との関係、降雨と地下水位変動との時間差などの降雨—地下水位の応答に関する比較検討を行い、各井戸とその取水地下水帯の特性を把握した。図 2 に、3 段タンクの模式図を、表 1 に各取水井のタンクモデルパラメータを示す。本研究では第 2 タンクが地下水帯と仮定し、その貯水深が地下水変動を表現すると仮定した。ここで貯水深を D とし、地下水位を以下の式で推定した。

$$W=W_0+C(D-D_0) \quad (1)$$

ただし、 W : 地下水位、 D : 貯水深、 C : 貯水深

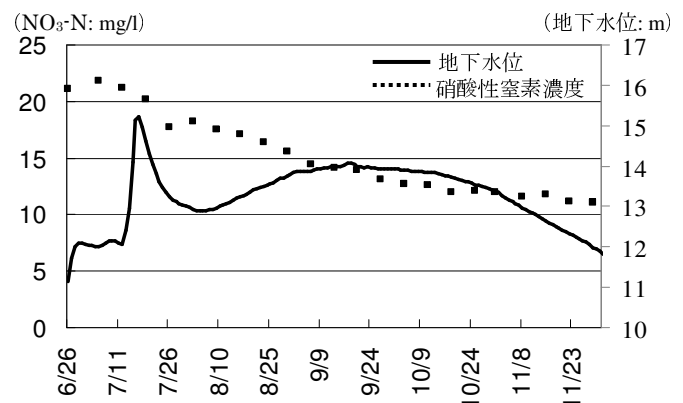


図 1 A3 井戸の硝酸性窒素濃度と水位

表 1 各取水井のタンクモデルパラメータ

パラメータ		A1	A2	A3	B
Hg11	mm	100	100	100	100
Hg12	mm	30	30	30	30
Hg2	mm	60	60	60	60
Hg3	mm	20	20	20	20
g11		0.3	0.01	0.01	0.05
g12		0.3	0.01	0.001	0.05
g2		0.0001	0.001	0.001	0.001
g3		0.01	0.01	0.01	0.01
f1		0.4	0.7	0.7	0.02
f2		0.05	0.025	0.3	0.01
f3		0.01	0.01	0.015	0.01
位相遅れ	日	1	5	1	13
基準地下水位標高	m	9.5	20.5	14	30
基準貯水深	mm	60	30	30	0.005
換算係数	m/mm	0.015	0.0031	0.006	0

の地下水変動量換算係数、 g_{11} 、 g_{12} 、 g_2 、 g_3 ：各流出孔の流出係数、 f_1 、 f_2 、 f_3 ：各浸透孔の浸透係数、 W_0 、 D_0 ：おのこの初期値である。以上の計算により、各々の井戸で得られた結果を図3～6に示す。いずれの取水井においても、降雨が比較的多い6月～7月中旬までの期間においては観測水位とモデル水位に大きな乖離は見られない。しかしながら、A1、A2、A3の井戸では、7月中旬以降において、降雨量が少ないにもかかわらず地下水位の上昇傾向が認められ、降雨のみを涵養水源と想定した今回のタンクモデルでは表現できないことが分かった。また、A1井戸では、隣接するA2井戸およびA3井戸とは異なる地下水位挙動がみられ、モデルのパラメータ設定においてもそれを裏付ける結果が得られた。

4. 結論と今後の展望

本研究は、現在も継続中であり、結論には、1～2年間での調査結果を踏まえた上での考察が必要であると考えられる。しかし、本研究において、短い時間スケールでの地下水位変動と降雨との関係、および硝酸性窒素濃度変化との関係が明らかになり、さらに、それらが近い距離にある井戸の間で異なることが示されるなど、今後、局所的な硝酸性窒素汚染や地下水水質の挙動を解明する上で、非常に有用な知見が得られたものとする。

さらに今後は、硝酸性窒素の地表への堆積、表面流出、土壌への浸透、蓄積等を考慮したモデルを構築することで、地表への窒素負荷と地下水量および硝酸性窒素濃度との関係解明の一助となることを期待したい。

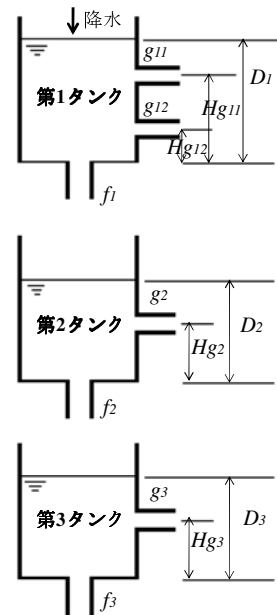


図2 3段式タンクモデル

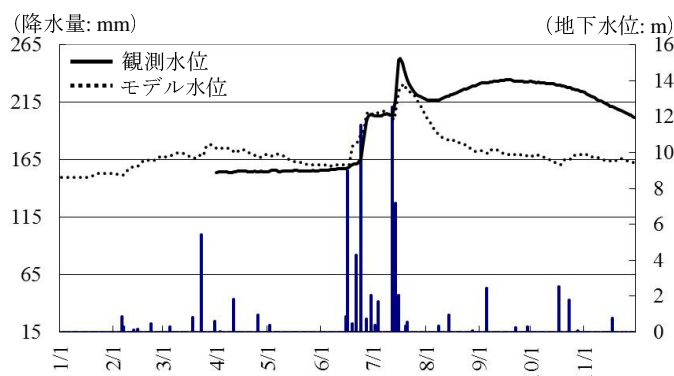


図3 A1井戸の観測水位とタンクモデル水位

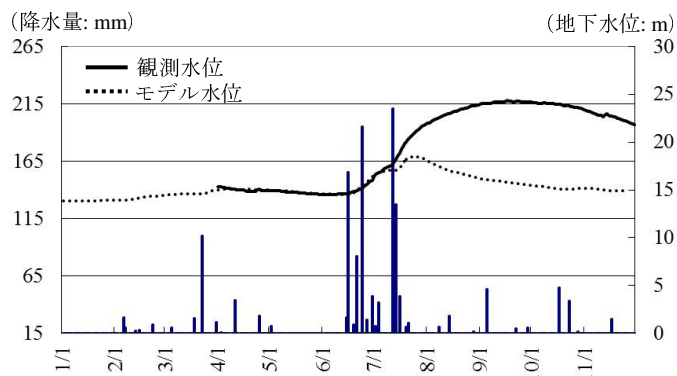


図5 A3井戸の観測水位とタンクモデル水位

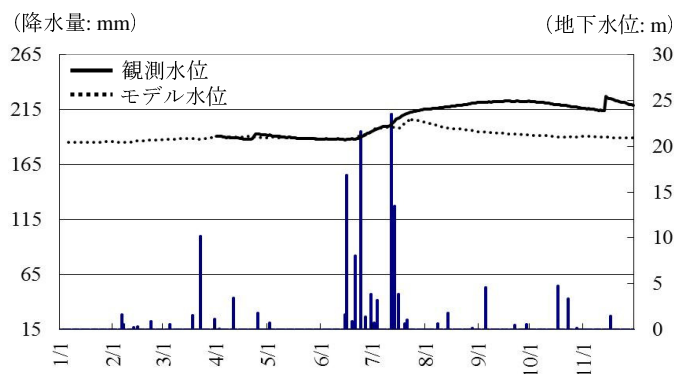


図4 A2井戸の観測水位とタンクモデル水位

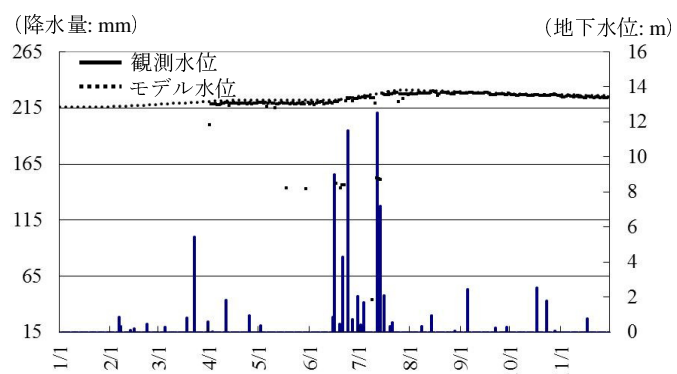


図6 B井戸の観測水位とタンクモデル水位

参考文献)

- 1) 福田光治 他 熊本市地下水地域変動と降雨依存性
日本応用地質学会九州応用地質学会 平成21年度(第25回) 研究発表会論文集 pp.31-37 (2009)
- 2) 浮田正夫 他 土地利用別タンクモデルによるポルトグラフシミュレーション
土木学会第42回年次学術講演会 pp.952-953 (1987)