

水田涵養と蒸発を考慮した降水量、地下水位と湧水量の関係

九州東海大学 学正会員 桐山 貴文 正会員 市川 勉 正会員 星田 義治

1. はじめに

上水道水源のほぼ 100%を地下水に依存している熊本地域の地下水の状況を把握する一つの目安として、1992 年から水前寺地区(水前寺・江津湖周辺)の湧水量調査を開始した。1992 年～1996 年の 5 年間の湧水量と地下水位実測データから、両者には高い相関関係があることを示した(市川ら 1997¹⁾)。本研究ではさらに降雨のデータと湧水地帯の上流側にあたる健軍地区にある観測井の地下水位のデータから、蒸発散と水田涵養を考慮し、降水量、地下水位及び湧水量の関係を検討した。

2. 観測データ

湧水量は熊本市内にある水前寺・江津湖周辺を含む神水・砂取湧水群で観測した。地下水位データはこれらの湧水群より北東 4km に位置する健軍観測井の観測データを使用した。地下水観測地点の海拔標高は 34.2m である。また、降水量は熊本市京町にある気象庁熊本地方気象台の7日分データを使用した。

3. 土地利用状況

熊本地域は昭和 40 年頃市街地を中心として建築物が集中していたが、平成 3 年頃になると都市化により市街地が広がり、熊本市の北部、東部において宅地化、工場の造成等によって非涵養域が面積にして 103.5km²(対総面積比 10%)増加している。この非涵養域に転化した面積の 73.5%が田畑である。

4. 水理地質

熊本地域の水理地質は阿蘇火砕流堆積物で形成されており、上流部に位置する阿蘇、高遊原台地での涵養によって地下に浸透した水は難透水層(粘土層)を境に上下に分かれて流れている。この上部を第1帯水層、下部を第2帯水層と称している。第2帯水層は託麻台地付近から下流側に存在する砥川溶岩で上下部に分かれている。湧水池が存在する水前寺・江津湖の真下一帯に広がる砥川溶岩は上・下部に発泡多孔質で良好な帯水層となっている。また、砥川溶岩は厚さ約 55m あり、その上部の発泡多孔質部分の透水係数は 1.02×10^{-1} (cm/sec) と推定される。

5. 降水量と地下水位および湧水量の関係

5.1 降水量と地下水位の関係

本研究では 1992 年 4 月～1995 年 3 月までの 3 年間の地下水位と降水量のデータを用いて両者の関係を定め、1995 年 4 月～1997 年 3 月までの 2 年間の地下水位変動を降水量データから推定している。1994 年の年間降水量は 921mm と蒸発を考えると、地下へ供給される水量はほとんど皆無と思われる。通常であれば地下水位は下流への流出によって、低下傾向を続けるはずであるが、7 月から上昇に転じ、

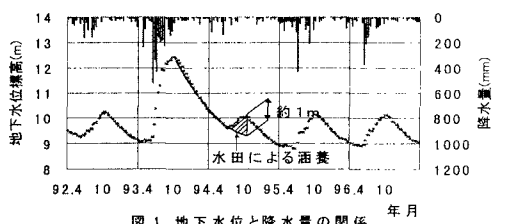


図.1 地下水位と降水量の関係

相関係数=0.73 地下水位変動量 = 0.0013 × 有効降水量 - 0.0642

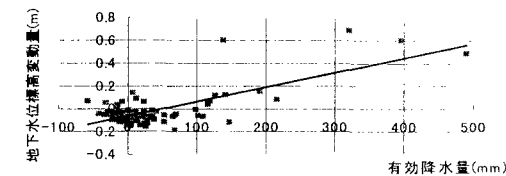


図.2 旬別降水量と地下水位標高差(CASE4)

10 月第 2 旬でピークを迎えている。そこで、この地下水位低減期の地下水位を目的関数とし、時間(この場合 10 日間間隔)を説明変数として指数回帰によって回帰した(図.1)。回帰値と実測地下水位には 10 月第 2 週で約 1m の差が出ている。この期間の地下水上昇は灌漑期の水田湛水時期と重なるので水田湛水が主な原因と思われる。降水量と地下水位変動の関係は縦軸に地下水位変動量で翌旬との水位差、横軸に当該旬の積算降水量をとって表わした(図.2)。この図は各旬(10 日間)に降った雨が地下水位をどの程度上昇させるかを

表.1 各ケースにおける考慮条件

	蒸 発	水田涵養
CASE 1	なし	除かない
CASE 2	なし	除く
CASE 3	あり	除かない
CASE 4	あり	除く

表わしている。この関係を表.1の4ケースについて求めた。ただし、本報告では土壤中へ雨水の貯留分を無視して、降水量と Penman（末包・樫根による値を用いた²⁾）及び Thornthwaite（測定された気温から算出した）による蒸発量の差を有効降水量として行った。これらの回帰より、地下水位の推定を行った（図.3 推定期間は 1992.4～1995.3）。

5.2 地下水位と湧水量の関係

降雨と健軍地点の地下水位から、水前寺・江津湖の湧水量の一連の関係を明らかにするため、地下水位と湧水量の関係を回帰によって求めた（図.4）。図.4に示したように実測の地下水位と湧水量は高い相関を有することがわかる。この関係を用いて、地下水位から湧水量の推定が可能となる。

5.3 湧水量の推定

図.4に示した式を用いて、5.1で降雨より推定した地下水位から水前寺・江津湖の湧水量を推定した（図.5）。Penman 法の CASE4（図.5）では集中豪雨の年を除けば、ほぼ実測湧水量と近い値を推移している。細かい変化を追いきれないのは湧水量測定時の天候（降雨）による影響が考えられる。これらの結果から、水前寺・江津湖の湧水量は降水量のデータを用いて、ほぼ推定可能であると思われる。

6. まとめ

統計的処理により降雨から地下水位のデータを用いて湧水量の推定を行った。その結果、以下のような結論を得た。

- 1) 熊本地域（健軍）の帯水層である砥川溶岩上部層の地下水位は7月～10月にかけて水位上昇期であり、10月～翌年の7月まで水位は下降の傾向を示している。
- 2) 指数回帰を行い、水田涵養がない場合の地下水位を推定したものと実測の地下水位を比較すると水田湛水末期には水田涵養による地下水位上昇は1m近くにもなることがわかった。このことから、熊本地域の地下水は水田からの涵養に大きく影響されていることがわかる。
- 3) 降水量と地下水位および湧水量は高い相関を持ち、降水量から湧水量をほぼ推定することが出来る。しかし、集中豪雨の年（1993年）のデータは追跡しきれていない。

4) Penman 法はデータ不足によって、末包・樫根によって与えられた値を用いたため集中豪雨の年の地下水位上昇、湧水量上昇・下降を追跡できていないが、平年の変動は、ほぼ一致している。Thornthwaite による場合、各月の平均気温で行ったため、集中豪雨時の上昇は、ほぼ表現できたが水位及び湧水量の下降があまり良く合っていない。

今回の解析では、地下水の流動を考慮していないので今後は地下水流動も考慮した解析を行い、より精度の高いタンクモデルによる解析を行いたい。また、他の地点での地下水位との関連、水田涵養、蒸発散量のより精密な評価を行う必要がある。

謝辞：本研究にあたり熊本市地下水保全課から熊本地域の地下水位データ等の貴重なデータを頂きました。ここに記して、感謝の意を表わします。

参考文献 1) 市川 勉、金子 好雄、荒牧 昭二郎、星田 義治：都市部湧水地帯における湧水、地下水位と降雨の関係について、第5回水資源に関するシンポジウム論文集 p. 199～p. 204 (1997)

2) 末包 昭彦、樫根 勇：熊本平野における降雨に対する地下水位の応答、地理学評論 53-10 p. 666～p. 671 (1980)

相関係数=0.944 地下水位推定=0.0013×有効降水量-0.0642

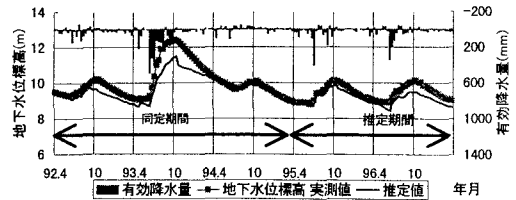


図.3 地下水位標高推定(CASE4)(1995.4～1997.3)

相関係数=0.825 湧水量 = 63162 × 地下水位標高 - 187747

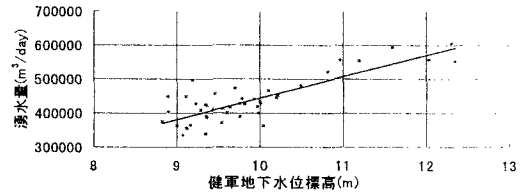


図.4 全湧水量と地下水位標高実測値の回帰

相関係数=0.695 湧水量推定 = 63162 × 地下水位標高 - 187747

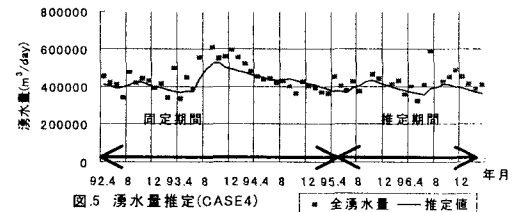


図.5 湧水量推定(CASE4)