

地下水変動に及ぼす降雨の影響について

芝浦工業大学工学部 正員 菅 和利
大野市明倫館環境学科 南部隆保

1. はじめに

福井県大野市は水使用量の大部分を地下水に依存しており、地下水の質、量の保全が重要な課題である。大野市は盆地であり、境界が固定されているので地下水収支を明確にすることが容易な場所である。境界からの流入出量、水田、降雨からの涵養、揚水量とのバランスによって水位が決定される。しかし、大野市の地下水位変動の年周期は水田湛水の周期にほぼ一致しており、水田湛水、降雨など地表からの涵養量が年周

期程度の地下水位変動量を支配していると考えられる。春先の融雪と共に地下水位が上昇をはじめ、代掻き期に水田湛水によって地下水位は益々上昇する。水田から水を落とす9月から水位が低下し始め12月末には最低水位に達する。水位が低下した冬期に消雪用水に地下水を揚水すると井戸枯れなどの被害が発生する。大野市の地下水は豊富で、ほとんどの家庭が浅井戸を使用しているために、変動に対して弱い側面を有している。この大野盆地での地下水収支を地元の明倫館環境学科の皆さんと実証的な調査を行ってきている。地下水資料の分析を通して、水田涵養、降雨量の水位への影響を分析することを目的としている。

2. 地下水変動の年周期

図-1は平成10年の地下水変動を示したものである。地表面から地下水面までの深さが井戸の揚水に直接影響するために、多くの資料はこの値で整理されている。地下水の流れの方向から見ると小山公民館が市街地の上流に位置し、春日、荒井公園はそれぞれ市街地の上流端、下流端近傍に位置している。春日公園は大野市の地下水位観測の基準地点である。図-2は降雨の状況を示したものである。冬期の降雪は降雨量に換算している。年周期の水位変動に加えて微小な変動が見られ、ある値以上の降雨が存在した場合に水位がわずかに上昇していることを示している。この水位の変動が降雨の効果と考えられる。降雨は周辺の森林地帯にも降り、その地下水流出によって降雨期に水位が上昇するとも考えられるが、水位の変動は市街地も



図-1 平成10年の地下水変動（地表面からの深さ）

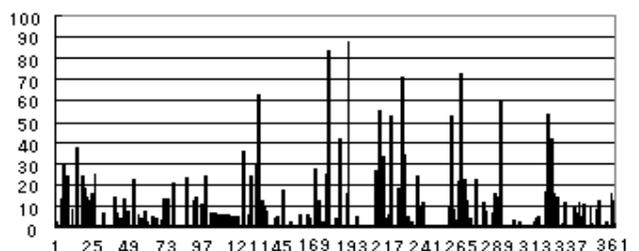


図-2 平成10年の降雨（日雨量）

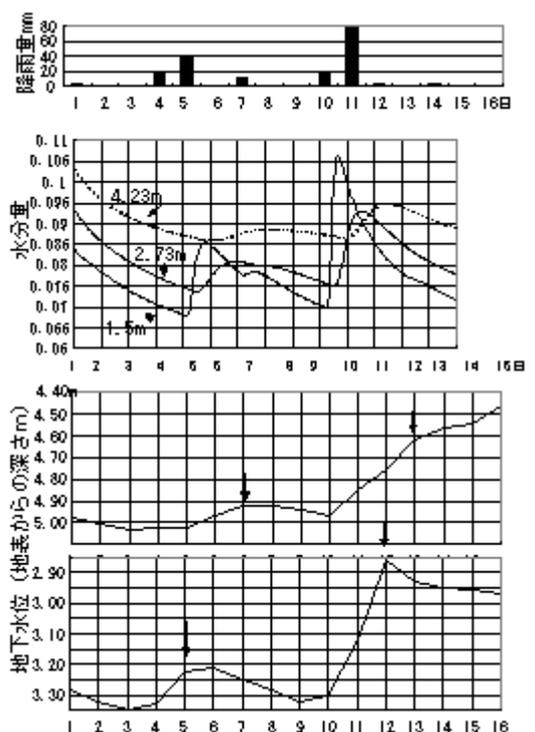


図-3 地下水変動と降雨の関係

含めて全域で生じている。図 - 3 の上図は平成 8 年度の 6 月 15 日から 6 月 30 日の期間での降雨量を示し、下図は天神町、幸町の地下水位を表したものである。この期間は水田に水を湛水している期間であるが、降雨後に地下水位が変動している。湛水している水田は降雨に対しては不浸透域になるが、多くの畑地、休耕田、緑地等が残っており、浸透域は十分に存在している。水位変動は降雨後 1 ~ 2 日後に生じており、地下水位変動が上流域から伝播してくるのか、地表面からの浸透が地下水位面に達して水位変動を起こしているのかを不飽和浸透の計算によって検討した。

図 - 3 の下図は 2 地点の地下水位の変動を示しているが、水位変動の出現（図中矢印で示した）が約 1 日遅れている。この 2 地点の 6 月 19 日の地下水位標高は 172.93m と 172.775m とほとんど同じで、地表からの深さが 3.22m、5.02m である。また、小山公民館、春日公園の距離が 1.8km、地下水標高の差が 8.16m で、透水係数 0.7m/s であるので地下水の流速は Darcy 則より 2.74m/日である。したがって、1.8km 流下するには数日では達することはできず、上流域からからの伝播よりは地表面からの浸透によって地下水が変動していると思われる。次に不飽和浸透の計算によって湿潤面の到達時間を検討した。基礎式は Richards の毛管ポテンシャル理論をもとに一次元の鉛直水分移動を表した次式を用いた。

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial q}{\partial z} \quad q = -K(\theta) \frac{\partial \psi}{\partial z} + K(\theta)$$

q は水分フラックス、K は不飽和浸透係数、 θ 、 ψ はそれぞれ水分量、土壌水分圧力水頭である。さらに、不飽和浸透係数、土壌水分圧力水頭と水分量の関係式として Hillel の経験式を採用した。

$$K(\theta) = K_s S^5, \quad \psi = -5 \times 10^4 \theta^{-2.85}$$

K_s は飽和透水係数、S は飽和度である。図 - 3 の上図の降雨を地表に与え、水分量の時間変化計算結果を示したのが図 - 3 の真中の図である。2.73m、4.23m の結果がそれぞれ春日、幸町の地点での地下水の深さに相当している。下図の水位変化と多少のずれがあるが、時間遅れの特色は良く再現しており、地表面からの降雨の浸透が局所的な水位の変化を引き起こしていると結論することができる。

3. 降雨量と水位変化量関係

水位変動の年周期以外の微小な変動には地表面からの降雨の浸透が影響していることが明らかになった。この水位の変動量と降雨との関係についてデータ整理によって検討した。地下水変動に影響するのは日雨量ではなく、一雨毎の降雨が影響している。そこで、一雨毎の総降雨量を算定し、水位変動とを比較したのが図 - 4 である。水位の変動と一雨総降雨量とは必ずしも一致しておらず、一雨総降雨量と共に降雨継続時間をも考慮した検討が必要である。水位変動上昇期間での総降雨量と水位上昇量とを求め、図示したのが図 - 5 である。データのばらつきはあるが正の相関を示しており、総降雨量が 40 mm を超えると水位変動に影響を与えるようになることを示している。地表面からの降雨の浸透による影響であるので、観測地点によって相関に違いがあるが、地下水変動への総降雨量の影響を評価することができる。

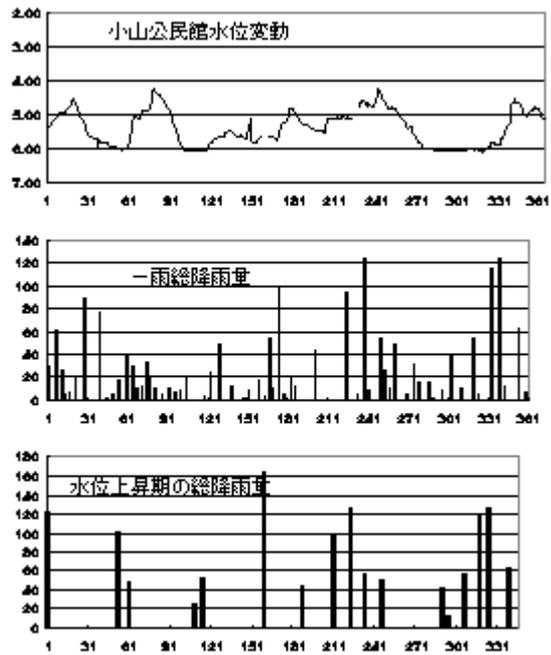


図 - 4 水位上昇期の総降雨量と地下水位変動

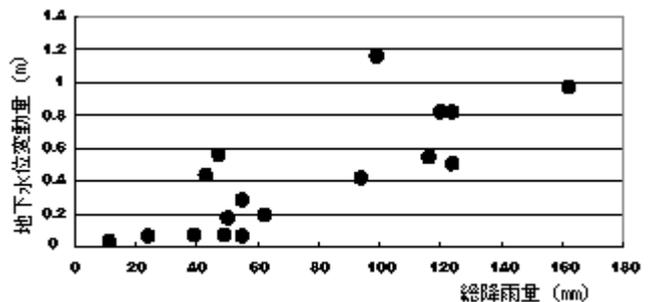


図 - 5 降雨量と水位変動量