

II-40

豊平川扇状地の地下水涵養機構について

北海道大学工学部 学生員 古川 治彦
 北海道大学工学部 フェロー会員 黒木 幹男
 北海道大学工学部 フェロー会員 板倉 忠興

1. はじめに

豊平川扇状地上には札幌市中心部が位置し、都市化とともに主な地下水供給源の一つである降雨による涵養量は減少傾向にあると思われるが、その一方で河川による地下水涵養量は、安定であると考えられる。

本研究では、降雨と共に地下水の供給を支えている河川による地下水涵養に着目し、二次元平面モデルによる数値シミュレーションを用いて解明していく。

2. 対象領域の水文地質と地形

図-1に豊平川扇状地の地質¹⁾を表す。扇状地西側には不透水性の安山岩山地、東側には支笏火山堆積物や野幌砂礫層からなる台地が分布し、扇端部から北部にかけては砂、粘土、シルトなどが発達している。また扇状地面は、扇頂付近で沖積世扇状地堆積物からなる札幌面と、上部洪積世堆積物からなる平岸面に分かれており、扇中央では平岸面の地盤高の方が10m近くも高く、札幌面とは段丘崖で区切られている。次に地質縦横断図²⁾より、扇状地の不透水性基盤の標高を推測してみた。札幌面の場合、深度40~50m付近に比較的連続性のあるシルト、粘土層もしくは当別層などの固結岩盤を不透水性基盤とした。その結果が図-2であり、扇中央部の平岸面では不透水性基盤が表層近くまで発達していると考えられる。



図-1 地質分布図

3. シミュレーション・モデル

解析には差分法(陰解法)を用い、対象領域を縦31、横37の要素に分割し、要素幅は縦200m、横200mの正方形とした。

3-1. 基礎式

平面二次元モデルにおける非定常状態での不圧地下水の基礎式は

$$\frac{\partial}{\partial x} \left\{ k(h-b) \frac{\partial h}{\partial x} \right\} + \frac{\partial}{\partial y} \left\{ k(h-b) \frac{\partial h}{\partial y} \right\} + q_r + q_s - w + q_s = s \frac{\partial h}{\partial t}$$

で表される。ここで、 h : 不圧地下水位、 k : 透水係数、 w : 揚水量
 b : 不透水層上面標高、 q : 降雨による涵養量
 q_r : 河川による涵養量、 s : 貯留係数、 q_s : 側方流量

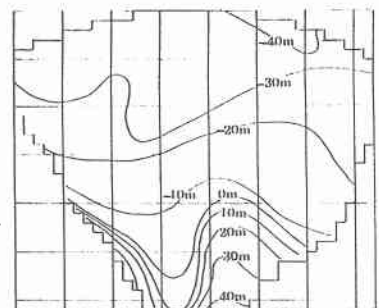


図-2 不透水性基盤標高

また、河川水と地下水は直接連続させず、涵養強度 l を媒介として連結し、その涵養量は、次式のように表現した。

$$q_r = l (h_r - h)$$

ここで、 l : 涵養強度、 h_r : 河川水位

3-2. 境界条件及び諸定数

(1) 境界条件

扇状地の東西の境界は不透水境界、扇頂、扇端の境界は一定水位条件を与えた。また、月寒台地側及び寒扇状地側の境界には側方流入があると考えられるので必要に応じて流量を与えた。

一定水位条件を与えるにあたっては、平成5年度の地下水位観測結果²⁾ から得られた扇状地及びその周辺にある21の地下水位観測井より地下水位等高線を推測し、それに基づいたものを各節点に与えた。

(2) 内部境界条件

札幌面と平岸面では地下水位にかなりの差がみられ、連続でない可能性がある。この境界にある精進川に沿って不透水境界を設けた。

(3) 透水係数

観測井台帳¹⁾ などから得られた透水係数をもとに図-3に示したようにブロックで表現した。豊平川左岸と平岸面の値は、季節変動を表現するため実測値より大きめのものに変更した。

(4) 貯留係数

貯留係数については砂礫層の場合0.01～.5程度の値を示すと言われていることから、扇状地上全域において0.1として計算を進めていく。

(5) 降水量

降水量はその内の地下水涵養分を直接基礎式に代入するとした。その値については平成5年度の降水量が分からなかったので、表-1のように降水量の月別比率を過去のデータから求め、年間降水量2700万 m^3 の内45%に当たる1200万 m^3 が地下水を涵養³⁾ するとした。また12月半ばから2月末までの降水量は3月と4月の融雪の時に地下水を涵養するとして表-1に示すように割り当てた。

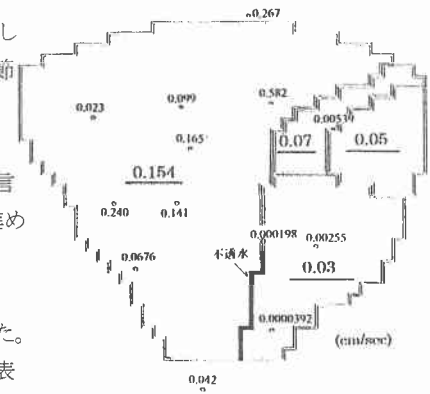


図-3 透水係数分布図

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
月別比率(%)	11.1	8.4	8.5	5.5	5.5	5.4	4.8	9.5	8.0	13.3	11.3	9.1
入力値(mm)	0	0	75.4	107.9	26.5	26.0	23.1	45.8	38.5	64.1	54.4	21.9

表-1 降水量月別比率及び入力値 (mm/月)

(6) 揚水量

揚水量は日平均揚水量11万(m^3)³⁾ (平成4年度の値) とし、空間分布は影響の大きくみられる市街地中心部に全体の20～35%を与え、豊平川左岸領域全体で80～90%、右岸領域に残りを割り当てた。また、これらの割合はシミュレーション過程で求めていったものである。

(7) 河川水位

河川水位は雁来における平成5年度の水位、流量を用いて不等流計算を行い求めた。シミュレーションには月別平均値を用いることとする。

(8) 涵養強度

この値は定常状態の計算途中で求めた一定値を用いていたが、河川周辺の地下水位を観測値に近づけるために、 $l = 3.0 \times 10^{-7} \sim 6.0 \times 10^{-7}$ の範囲で月ごとに値を変更した。

(9) 初期値

初期値として必要な平成5年1月1日の不圧地下水位は定常状態での計算を行い、観測値による地下水水面形と一致するよう諸定数を変更しながら得られた。

4. 結果と考察

4-1. 地下水位分布と変動の再現

図-4に3/1、7/1、11/1の地下水位分布を示す。これらの図を見ると扇状地全体的には観測値と一致しているが、豊平川右岸の扇端部付近の地下水位はあまりよく表現できなかった。

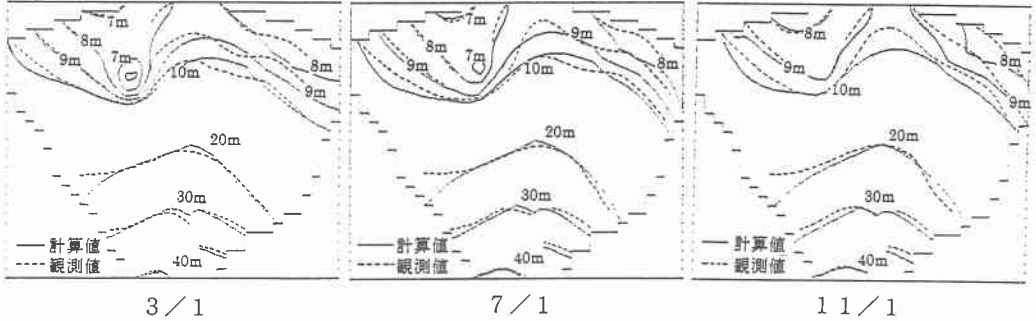


図-4 地下水位分布図

図-5に平岸面、右岸扇端部、左岸扇中部、左岸扇端部の地下水位変動結果を観測値と共に示した。季節的な変動パターンは図-5以外の観測井においてもよく再現された。しかし左岸の山地付近にある節点では、観測値よりも2~3m小さい値を示したが、これは部分的に存在する段丘礫層からの流入を考慮していないためと考えられる。

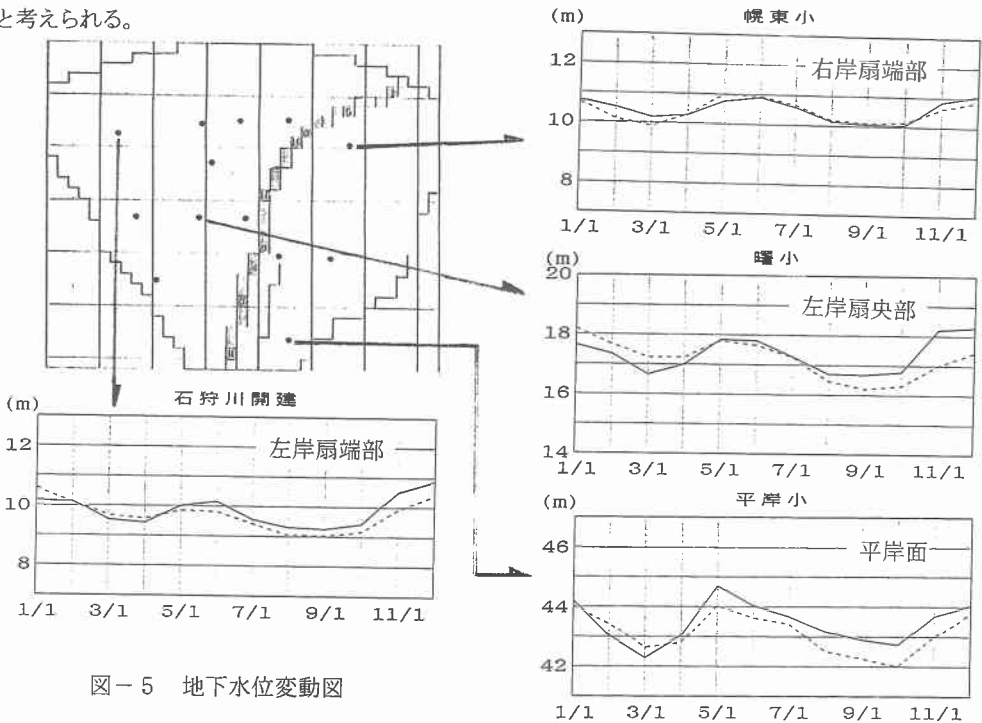


図-5 地下水位変動図

4-2. 河川による地下水涵養

図-6に河川による涵養量の縦断変化の例として7/1のものを示す。これによると扇端部から川に沿って1.5km地点(扇端部から数えて6番目の節点付近)より下流側では地下水が河川水を涵養している。実際には5, 6番目の節点付近(東橋と1号床止の間)及び1番目の節点付近(上白石橋)で湧水⁵⁾が確認されており、計算結果とよく一致している。

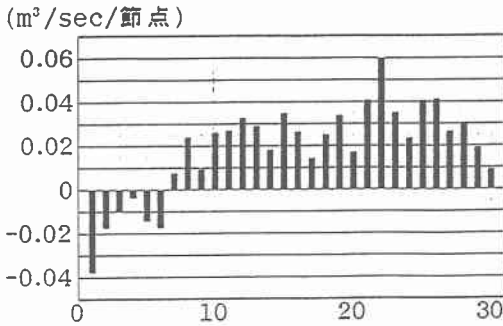


図-6 涵養量の縦断変化

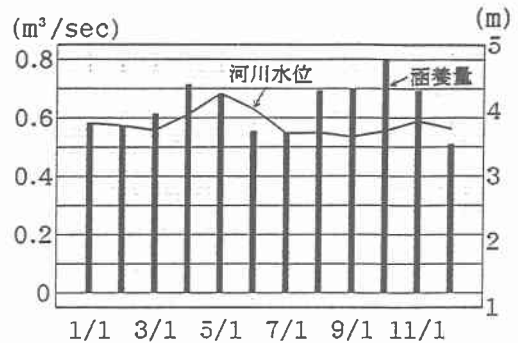


図-7 涵養量の年変動

図-7には1/1~12/1までの涵養量の変動を示した。これによると扇状地上での涵養量は0.5~0.8程度の値を示し、毎月1日の値がその月の代表値と考えると年間涵養量は2018万(m³/year)となった。また図の折れ線は月平均の河川水位を表すが、これと涵養量の相関は特に見られず、涵養量の変化には揚水量など他の要因も絡んでいると思われる。

5. おわりに

本研究では、降水量の付加の仕方や貯留係数などに関して問題点を抱えながらも、河川による地下水涵養量を大まかな計算ではあるが求めた。地下水が重要な水資源と考えられている今、主な涵養源である河川による涵養量をより精度良く求めていく必要がある。

参考文献

- 1) 北海道開発局石狩川開発建設部：石狩川下流水理地質図(No.1豊平川流域地区) 1979
 ：地質縦横断図 1979
 ：観測井台帳
- 2) 建設省河川局 ：地下水位年表(平成5年度) 1993
- 3) 北海道開発局石狩川開発建設部：札幌近郊に於ける地下水の現状と展望について、第38回(平成6年度)北海道開発局技術研究発表会講演概要集 1994
- 4) 北海道立地下水資源調査所 ：北海道の地質と資源IV 北海道の水資源 1985
- 5) 財) 札幌市公園緑化協会 ：札幌市豊平川さけ科学館館報 第5号