

II-30

豊平川扇状地の地下水に関する研究

北海道大学工学部 学生員 古川 治彦
 北海道大学工学部 正 員 黒木 幹男
 北海道大学工学部 正 員 板倉 忠興

1. はじめに

札幌市中心部が位置する豊平川扇状地は豊富な地下水に恵まれているが、近年地下水揚水量の増加により地下水位の低下や、扇端部の湧水を源流としている小河川の流量の減少などがみられる。そこで地下水の今後の適正な利用量を検討するためには、対象領域における地下水の流動特性を明らかにする必要がある。

本研究は、豊平川扇状地における不圧地下水の流動特性を、数値シミュレーションによって明らかにしようとするものであり、また河川からの地下水涵養量のついても同時に検討していく。

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、扇中央部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。

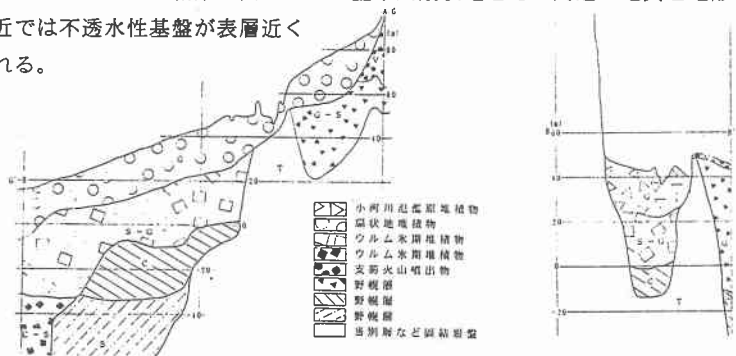
次に9ヶ所の地質縦横断面¹⁾（一部を図-2に参照）より、扇状地の不透水性基盤の標高を推測してみたが、ここでどの地層を不透水性基盤として扱うかが問題となる。特に札幌面の場合、深度40~50m付近に比較的連続性のあるシルト、粘土層があり、その下部には古期扇状地堆積物がある。しかし、ここでは当別層などの固結岩盤もしくは洪積世のシルト、粘土層を不透水性とした。その結果が図-3であり、扇中央部の平岸面付近では不透水性基盤が表層近くまで発達していると考えられる。



図-1

豊平川扇状地とその周辺の地質と地形

図-2 地質縦横断面
 右図 B-B' 横断面
 左図 G-G' 縦断面



Study on Groundwater of Toyohira River Alluvial Fan
 by Haruhiko Furukawa, Mikio Kuroki, Tadaoki Itakura

3. シミュレーション・モデル

解析には差分法を用い、図-4のように対象領域を縦46、横38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

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[k(h-b) \frac{\partial h}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[k(h-b) \frac{\partial h}{\partial y} \right] + q_r + q + w = 0$$

で表される。ここで、 h ：不圧地下水位、 k ：透水係数
 b ：不透水層上面標高
 q_r ：河川からの涵養量
 q ：降雨による涵養量、 w ：揚水量

河川からの涵養量は河川水位と地下水位の差に透水係数などによる係数を掛けたものとし、

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

で表すとした。ここで、 l ：漏水強度、 h_r ：河川水位

また、漏水強度に関しては次の3-2.において考えるとする。

3-2. 境界条件及び諸定数

境界条件は図-4に示した様に、安山岩山地に面した扇状地西側は不透水境界とし、それ以外の境界には指定水頭を用いた。指定水頭の値を決めるにあたって、平成五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の地下水位観測井での年平均による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。

つぎに各定数について述べると、透水係数に関してはあまり多くの地点での資料が得られなかったため、扇状地上では一律0.1 (Cm/sec)とし、降雨による涵養量 q と揚水量 w の場合も空間分布が不明なため、降雨による年間涵養量1200万 (m³)、日平均揚水量11万 (m³)³⁾とし、 $q = 0.381$ (m³/sec)、 $w = 1.273$ (m³/sec)を全地点に用いることとした。また不透水層上面標高は図-3より、河川水位には実測値による河床標高+1 (m)を与えた。河川の漏水強度については、豊平川の伏流量が低水時においても1 (m³/sec)程度³⁾あると言われていることから $l = 2.7 \times 10^{-7}$ (1/sec)としたが、値が小さすぎ最終的に $l = 8.3 \times 10^{-6}$ (1/sec)とした。

なお計算をするにあたって、不圧地下水位の初期値は、観測値から得られた地下水位等高線によりおおよその値を与えた。さらに指定水頭に関しては、計算を試みる過程で多少、値の変更を行っている。

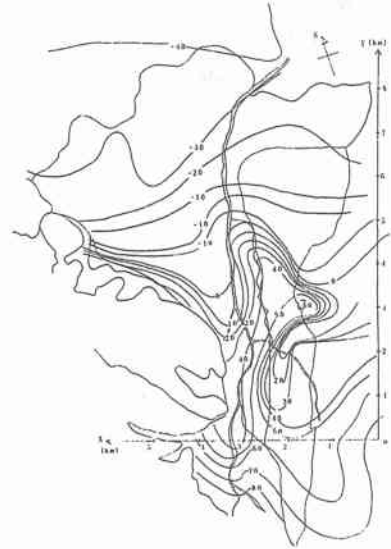


図-3 不透水性基盤高

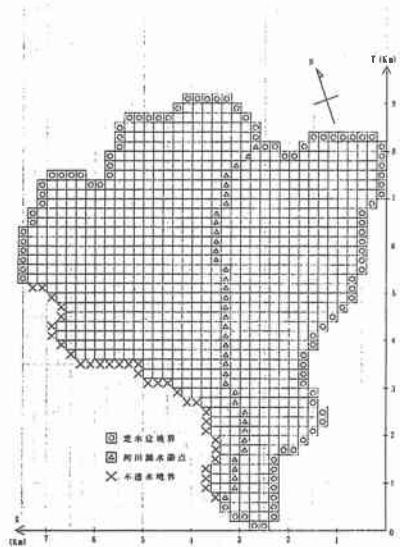


図-4 領域の要素分割図

4. 結果と考察

図-5に計算結果と観測値による地下水位等高線を示すが、左図が河川からの漏水を考慮したもの(TYPE 1)であり、右図が漏水係数 $1=0$ として地下水との間の水の交換を遮断したもの(TYPE 2)である。これらの結果をみるとどちらの図においても、精進川より東側に位置する平岸面に関しては観測値に近い値が得られたが、札幌面については地下水位等高線50m及び10m付近で同じように計算結果の方がかなり高くなっている。また、計算値では扇状地西部の安山岩山地に面している所に10mの線が現れているが、この値はこの地点の不透水性基盤より小さいものとなっている。これは透水量係数の計算の際に地下水位が不透水性基盤高より低くなっても、不透水性基盤高以上それプラス計算誤差以下の水位が存在するとして透水性を失わない様にしたためであり、これを解決するためには、不透水境界に一定の涵養量を与え、さらに不透水性基盤高より計算値が低くなった場合には、(基盤高) + (計算誤差)の地下水位を用い計算を続けるなどの工夫が必要である。

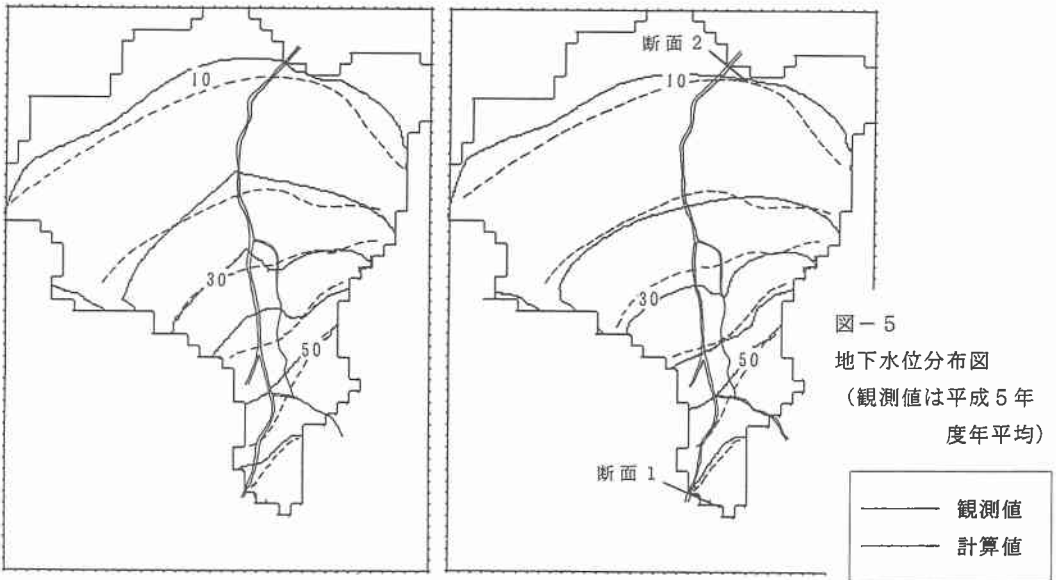


図-5
地下水位分布図
(観測値は平成5年度年平均)

河川からの漏水を考慮した場合
(TYPE 1)

河川からの漏水を無視した場合
(TYPE 2)

次に図-6に豊平川上での地下水位縦断面図を示した。これによると、TYPE 1の場合地下水位と河川水位がほぼ等しく、地下水位観測値より全体的に4~6m高くなってしまっている。TYPE 2の場合是一部で河川水位より高くなっているが、扇尖部から扇端部にかけては観測値に近いものになっている。ここでTYPE 1からTYPE 2の水位差は河川による涵養量と考えられる。

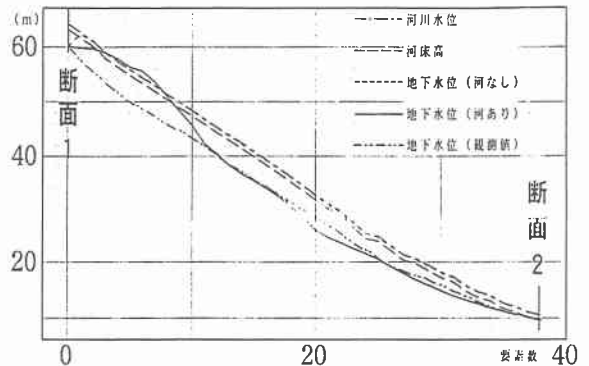


図-6 地下水位縦断面図

最後に、河川による涵養があるとしたときの計算値から求められた豊平川扇状地の透水量係数を図-7に示す。図の白い部分で透水量係数は $2600 \sim 3500 \text{ (m}^2/\text{日)}$ となり、扇状地全体をみてもかなり大きめの値となった。この理由として、透水量係数 $T = k(h - b)$ を求める地下水位自体が観測値より大きすぎることも挙げられるだろう。

5. まとめ

本論文では揚水試験による透水量係数を用いるのではなく不透水性基盤のデータにより計算を進めてきたが、全体的には観測値に近い地下水位等高線が表せた。

広域地下流動のシュミレーションは、計算に用いられる水文地質パラメータの精度によっておおきく左右されるが、本論文の場合指定水頭の値や揚水量の空間分布についても考え直す必要があると思われる。今後はより計算値が観測値に近づくようすると共に、非定常状態においても検討し、豊平川扇状地の流動特性について解明していくつもりである。

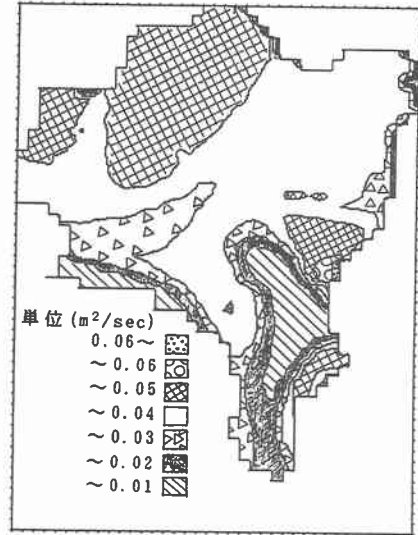


図-7 透水量係数

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
：地質縦横断面図 1979
 - 2) 建設省河川局：地下水水位年表 (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
- 北海道立地下資源調査所：北海道の地質と資源IV 北海道の水資源 1985