

松山市 正会員 ○矢野 成
愛媛大学工学部 正会員 門田 章宏
愛媛大学工学部 正会員 鈴木 幸一

1. はじめに

松山市を流れる重信川は標高 1,233m の東三方ヶ森に源流を持ち、山間部を南流し重信町横河原で平野部に出て扇状地を形成し表川と合流した後、東流し松山平野を貫流して伊予灘に注いでいる。1994(H6)年夏季の異常小雨によって、松山市を中心とする重信川流域の水需給が逼迫していることが明らかになった。しかし、石手川ダムの貯留水と重信川周辺の地下水とに頼っている水源の流域内での新たな開発は困難な状況にある。そこで、重信川流域内での水収支を明らかにするためこの地域の地下水流動を有限要素法によって検討する必要がある。

2. 研究内容と目的

本研究では、有限要素法を用いて多層帯水層の地下水位の準三次元解析を行い、地下水流動特性を検討していくことが目的である。

3. 地下水流動解析領域と境界条件

地下水流動の解析領域は図-1 に示す重信川と石手川および北東部山脈で囲まれた範囲で、面積は約 80km² である。この領域には小野川、内川、悪社川、堀越川および川付川がある。河川が地下水の流入、流出の境界であると考え、低水時には便宜的に各河川の河床高がその場所での自由地下水面とする必要がある。山地境界では、便宜的に石手川、川付川、堀越川、小野川、内川および重信川本川の上流境界での河床高を考慮して水位を仮定することにする。

4. 基礎式と有限要素分割・地層の模式化

この解析で用いる地下モデルは帯水層と難帯水層が相互に存在する多層帯水層である。この場合、基礎式は次のようになる。

$$\text{帯水層: } \frac{\partial}{\partial x} \left(T \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(T \frac{\partial h}{\partial y} \right) = S \frac{\partial h}{\partial t} + q_s + q_L$$

(不圧帯水層) $T = Kh_0$, T : 透水量係数, h_0 : 不圧地下水深, K : 透水係数,
 S : 有効空隙率

(被圧地下水) $T = KB$, B : 帯水層厚, S : 貯留係数

$$\text{難帯水層: } \frac{\partial}{\partial z} \left(K' \frac{\partial h}{\partial z} \right) = S_s \frac{\partial h}{\partial t}$$

(S_s : 単位貯留能, K' : 透水係数)

ここに, x, y : 水平座標, z : 鉛直座標, t : 時間, h : ピエゾ水頭, q_L, q_s :



図-1 解析領域

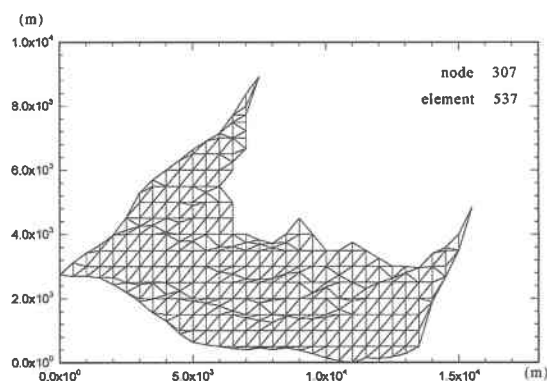


図-2(a) 水平面についての三角形要素分割

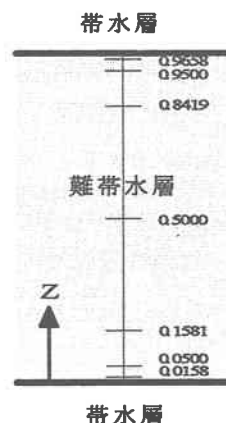


図-2(b) 線要素分割

単位時間、単位面積当たりのそれぞれ揚水量および漏水流出力である。

帯水層の水平面についての三角形有限要素分割図が図-2(a)であり、要素数が537、節点数が307である。また、難帯水層の鉛直方向についての線要素分割図は、難帯水層の厚さを1としたとき図-2(b)に示す比率で分割した要素数が8で節点数が9である。なお、難帯水層は第1帯水層と第2帯水層の間にあるものとする。計算条件は帯水層の透水係数は $1.0 \times 10^{-3}(\text{m/s})$ 、難帯水層の透水係数 $1.0 \times 10^{-8}(\text{m/s})$ と仮定している。

5. 地下水流動の解析結果および考察

(a) 取水井からの揚水による地下水位の変動

ここでは取水井群からの揚水および水田等地面からの浸透水を考慮に入れた非定常状態の解析について検討する。図-3は現在の市街化地域および取水井を示したものである。本研究では市街化地域からの浸透水はないものとし、揚水のある場合とない場合の水位差を比較した。図-4は取水井からの揚水の条件を考慮せず、地面からの浸透水についての地下水位を等高線で示したものである。やはり、上流部に比べて下流部は等高線の間隔は広く地下水の流れが緩やかであるのがわかる。図-5は揚水の条件を加えた場合と比較したものである。図を見ると取水井が多い下流部では揚水によって最大45cm程度低下しているのがわかる。また、上流部でも約25cm地下水位が低下している地点があるのがわかる。

(b) 市街化地域の変化による地下水位の変動

解析領域内すべてから浸透が行われると仮定した場合(過去)と現在の状態および解析領域内すべてが市街化地域になると仮定した場合(将来)との地下水の水位について比較を行った。図-6は現在の状態と過去の場合の水位差を示したものである。この図のように松山市内は市街化が進んでおり浸透量がないため水位が約80cmと大きく低下している。また、重信川の上流部でも市街化が進んでいるため水位差が大きくなっている。図-7は将来の場合と過去の場合の水位差を比較したものである。やはり、松山市内は水位差が大きいとその地域だけではなく、全体的に水位が低下している。

参考文献

1) 鈴木幸一・渡辺政広・河野和彦：多層帯水層地下水位の準三次元解析，愛媛大学紀要，第12巻 第1号，pp.205～pp.212，1990

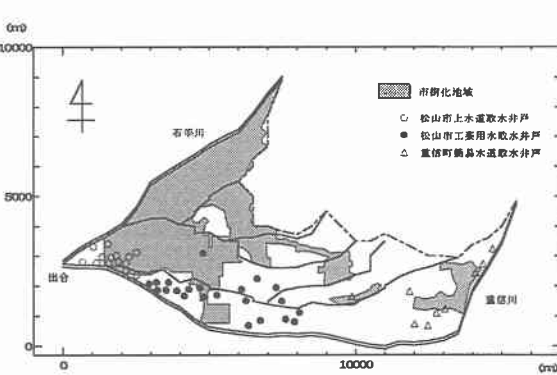


図-3 取水井群および市街化地域

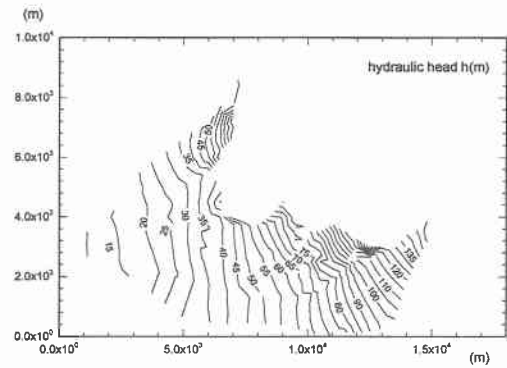


図-4 浸透水のみによる地下水位等高

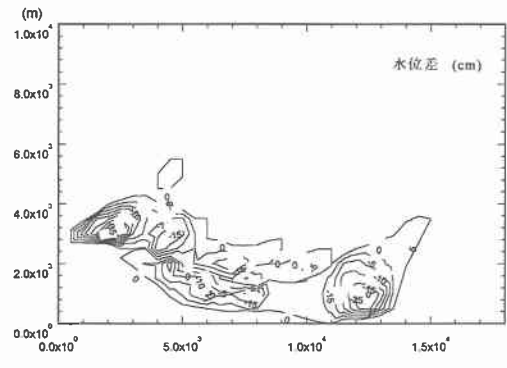


図-5 揚水による水位差の等高線図

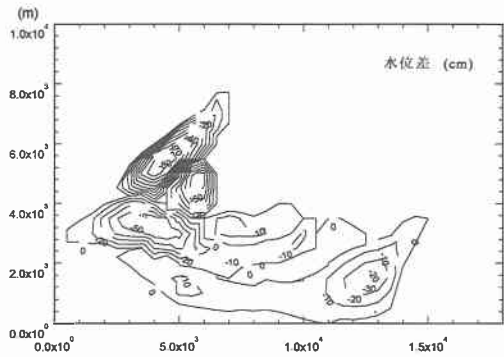


図-6 過去と現在の水位差の等高線図

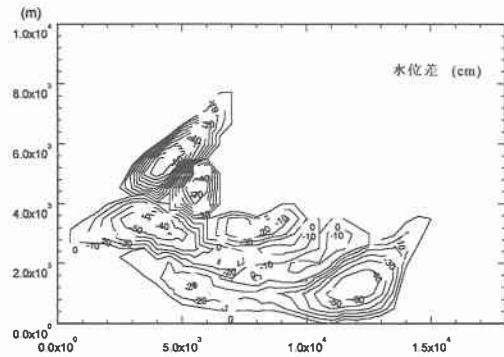


図-7 過去と将来の水位差の等高線図