

黒部川扇状地における 地下水の非定常3次元 シミュレーション

Three-Dimensional Unsteady Groundwater Flow
Simulation at Kurobe Alluvial Fan, Japan

表 相根*・辻村 真貴**・榎根 勇***

Sang Keun BAE, Maki TSUJIMURA

and Isamu KAYANE

I はじめに

地下水流動のシミュレーションは、コンピュータ技術の発達により数学的には3次元非定常解析も可能になった。しかし、3次元空間においては計算に必要な正確なパラメータの値を得にくいこと、また境界条件を自然界と全く同じに設定することが、現在の計算技術では困難であること、等の問題が依然として存在する。以上の理由により筆者らは、地下水流動の3次元非定常シミュレーションを、自然現象の完全な模擬としてではなく、与えられた条件下におけるコンピュータによる思考実験として捉えた方がより妥当であるものとする。

筆者らはこれまでに、富山県黒部川扇状地における地下水流動に関して、3次元定常シミュレーションを行い、扇状地末端部における地下水の自噴構造の形成に対し、扇状地末端部の粘土層の存在と、海水による地下水流出阻止の効果が寄与していることを示唆する結果を得た(表ら, 1990; 1991)。しかしこれら定常解析では、扇状地における地下水揚水量が考慮されていなかった。黒部川扇状地では1988年現在、工場によるものだけでも、149,715m³/dayの地下水

が揚水されている(辻村・榎根, 1991)。そこで本研究では、現況の揚水量および現況の2倍の揚水量を与えた場合の地下水流動を、3次元非定常シミュレーションによって推定し、地下水の大量揚水が黒部川扇状地における地下水涵養・流動機構に与える影響を考察することを目的とした。

II 解析方法

本研究において用いた基礎式は、ダルシー則と連続式より導かれる、異方性・不均質多孔体中の非定常・3次元地下水流動方程式で、次式で表される。

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(K_{xx} \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_{yy} \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_{zz} \frac{\partial h}{\partial z} \right) = S_s \frac{\partial h}{\partial t} + W(x, y, z, t) \quad (1)$$

ここで、 h : 水理水頭

K_{xx}, K_{yy}, K_{zz} : x, y, z 方向の透水係数

x, y, z : 座標軸

S_s : 比貯留率

W : 単位時間当りの正味の涵養量

t : 時間

*啓明大学校工科大学土木工学科 **筑波大学地球科学研究科 ***筑波大学地球科学系

(1)式の差分化については、前報(斐ら, 1990; 1991)に詳述してあるので本稿では割愛する。

計算に用いたモデル領域のグリッドは第1図に示すように、水平方向間隔500mの格子である。ノード数は、東西方向が24ノード、南北方向が26ノード、鉛直方向がグリッド間隔20mで16ノード、合計9,984ノードである。これら各グリッドに対し、辻村・榎根(1991)によって明らかにされた本扇状地からの地下水揚水量の値を与えた。

地表面からの涵養量は以下のように設定した。

1) 自然涵養量

$$(\text{年降水量} - \text{年蒸発散量}) \times 0.9 = 1998\text{mm}$$

2) 灌漑水量(水田率を70%と仮定)

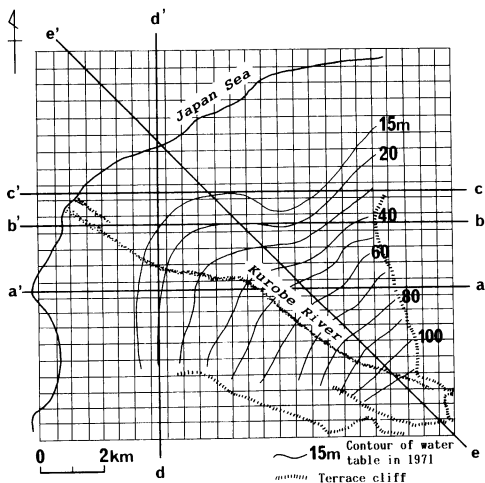
$$4/11 \sim 5/6 : 210\text{mm/day} \times 25\text{days} \times 0.7 = 3675\text{mm}$$

$$5/6 \sim 6/23 : 47\text{mm/day} \times 48\text{days} \times 0.7 = 1579\text{mm}$$

$$7/1 \sim 8/31 : 47\text{mm/day} \times 62\text{days} \times 0.7 = 2040\text{mm}$$

合計 : 9292mm

非定常計算は9月1日を初日とした360日間を対象



第1図 シミュレーションのためのモデル領域と計算に用いたグリッド (a-a'~e-e'の各ラインは第2~6図における鉛直2次元等ポテンシャル分布の断面を示す)

とし、以下の2つのケースについて行った。

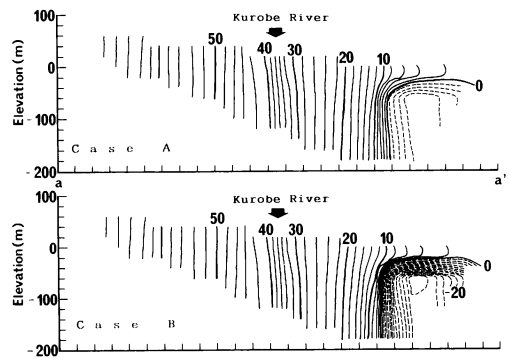
1) Case A: 現況の揚水量における非定常計算

2) Case B: 現況の2倍の揚水量における非定常計算

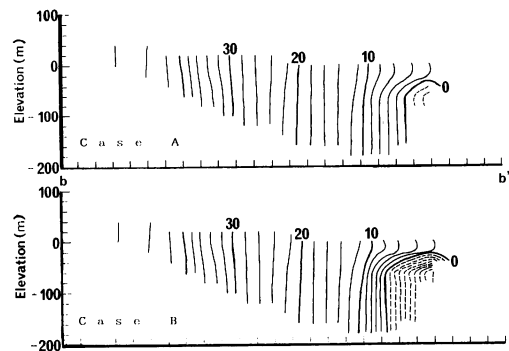
その他の初期・境界条件等の詳細に関しては、斐ら(1990; 1991)を参照されたい。

III 解析結果と考察

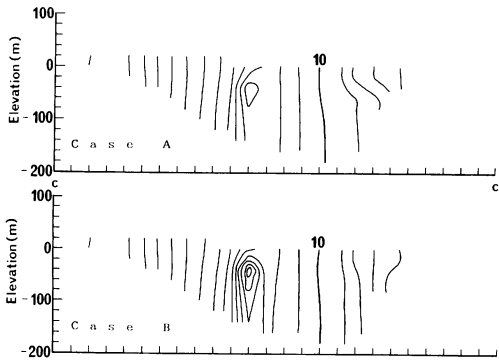
非定常計算開始後210日目の結果を、第1図におけるa-a'~e-e'の各断面について鉛直2次元のポテンシャル分布図として、第2図~第6図に示した。各図において、断面左が山側、右が海岸側である。以下、各断面のポテンシャル分布の特徴について述べる。



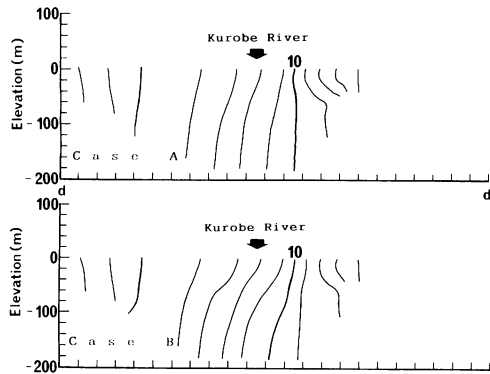
第2図 a-a'断面における等ポテンシャル分布図



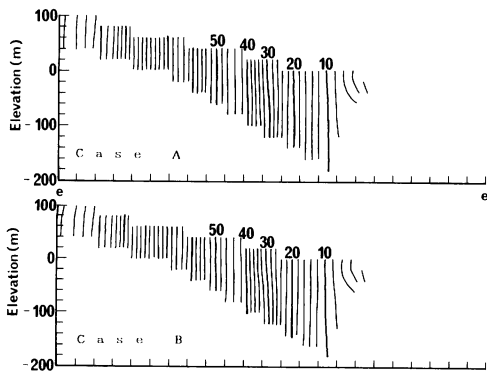
第3図 b-b'断面における等ポテンシャル分布図



第4図 c-c'断面における等ポテンシャル分布図



第5図 d-d'断面における等ポテンシャル分布図



第6図 e-e'断面における等ポテンシャル分布図

第2図, a-a'断面について, 本断面の右側(海岸寄り)には大規模工場による大量揚水井群が存在し, 日量約69000m³/dayの揚水を行っており, この影響で現状の揚水量(Case A)で既に揚水水位が海面下まで低下している。しかし, 地下水面直下約10mの層内にわずかではあるが地下水の上向きの流れが認められる。このことから, 扇状地末端部に局所的に残存している自噴井は, ごく浅層の地下水の湧出によって形成されているものと思われる。また海岸付近におけるCase AとCase Bを比較すると, 後者において等ポテンシャル線の集中が特に顕著になっているが, その影響範囲は揚水深度の比較的近傍に限られており, 広範囲にはおよんでいない。また, 断面内の黒部川との交差部分(図中矢印)において, 等ポテンシャル線の間隔が密になっていることから, この部分において特に黒部川からの地下水涵養が顕著であることが考えられる。

第3図, b-b'断面について, 前述のa-a'断面で示した大量揚水の影響が, 黒部川近傍の本断面にまでおよんでいることが認められる。すなわち, 揚水される地下水の涵養源として, 黒部川からの誘発涵養が重要な役割を果たしていることが示唆される。

第4図, c-c'断面について, 断面中央部に, 水道水源用大量揚水の影響と思われる等ポテンシャルの閉曲線が認められる。揚水量を2倍にしたCase Bでは, この閉曲線が強化されている。

第5図, d-d'断面について, Case Bにおいて黒部川と交差する部分で, 川からの涵養がやや大きくなる傾向が認められる。

第6図, e-e'断面について, 2つのケースに顕著な違いは認められない。

以上, 非定常3次元シミュレーションの結果を, 鉛直2次元の等ポテンシャル分布図として概観し, その特徴について若干の考察を行った。各断面において, 黒部川との交差部付近で等ポテンシャル線の間隔が狭くなる傾向が認められ, この部分における黒部川から地下水への涵養の効果が表れているものと判断された。また, 揚水量を現況の2倍に設定した場合でも, その影響が広範囲におよぶ水位低下をもたらすようなことは認められず, むしろ揚水深度

周辺において局地的に動水勾配が増す傾向があり、過剰の揚水分が黒部川からの涵養により補われていることが示唆された。これらの特徴は、榎根(1991)によって明らかにされた黒部川と地下水の交流についての事実とも一致しており、本研究における思考実験としての目的は達成されたものとする。

参考文献

榎根 勇編著(1991)：『実例による新しい地下水調査法』山海堂，171p.

辻村真貴・榎根 勇(1991)：地下水の利用．榎根 勇編著：『実例による新しい地下水調査法』山海堂，77-82.

榎 相根・嶋田 純・谷口真人・川村隆一(1990)：黒部川扇状地における地下水流動シミュレーション．筑波大学水理実験センター報告，No.14，81-90.

榎 相根・嶋田 純・榎根 勇(1991)：地下水流動三次元定常シミュレーション．榎根 勇編著：『実例による新しい地下水調査法』山海堂，131-144.