

水質による地下水流動の検討とそれに基づく収支解析

熊本大学 学生員 岡本 寛幸

熊本大学 岡本文久

熊本大学 正会員 中島重頼

1. はじめに

本研究の目的は、まず地下水の水質分析により、地下水の流動過程を明らかにする。それに基づいて、地下水収支の基礎式をガラーキン有限要素法を用いて解析し、モデル式を作成する。そのモデル式を用いて適正揚水量を検討しようというものである。

2. 対象地域の概要

対象地域は、熊本県阿蘇郡西原村小牧地区である。西原村は熊本市の東方約20kmの位置にあり、外輪山の一部をなす地域である。そして、小牧地区は図-1に示された布田川沿いの約14000m²の地域である。

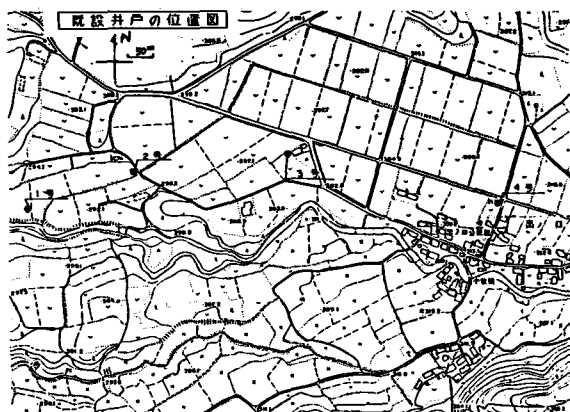


図-1 西原村小牧地区

3. 流動過程の検討

8月1日から10月24日まで、1号井は13回、2号井は11回、4号井も11回と、週1回の割合で採水し、実験室で分析した。そのうち、9月26日、10月9日、10月17日採水の分析結果は、 K^+ 、 Cl^- の値が異常に高かったのを除き、その他の分析結果の平均値と標準偏差を表-1に示す。

井戸名	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+
1号井	0.86 ± 0.03	0.09 ± 0.02	0.11 ± 0.06	0.41 ± 0.05	0.45 ± 0.05	0.32 ± 0.06	0.12 ± 0.02
2号井	0.69 ± 0.06	0.04 ± 0.03	0.10 ± 0.08	0.30 ± 0.07	0.30 ± 0.04	0.24 ± 0.05	0.08 ± 0.04
4号井	0.65 ± 0.06	0.06 ± 0.02	0.09 ± 0.06	0.34 ± 0.07	0.30 ± 0.04	0.21 ± 0.03	0.04 ± 0.03

表-1 分析結果の平均値と標準偏差(単位はmg/l)

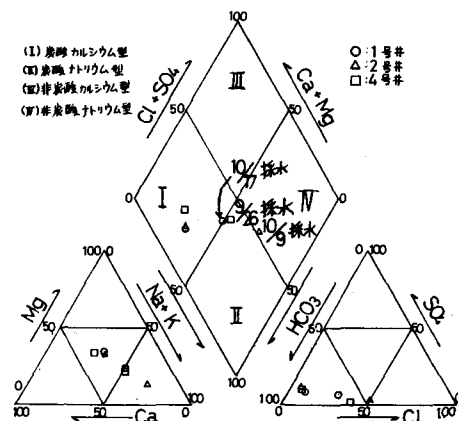


図-2 キイダイグラム

図-2のキイダイグラムに、表-1の平均値と9月26日、10月9日、10月17日の分析結果による水質組成を示す。図-2の平均値では、この地区の地下水は炭酸カルシウム型地下水に属している。

図-3は、 K^+ と Cl^- の経時変化を記録したものである。 K^+ と Cl^- が著しく高い分析結果がでたのは、最初が4号井、次が2号井、1号井となっている。そして、解析地域はほとんど田畑であるが、田畑では5月末にカリ肥料を入

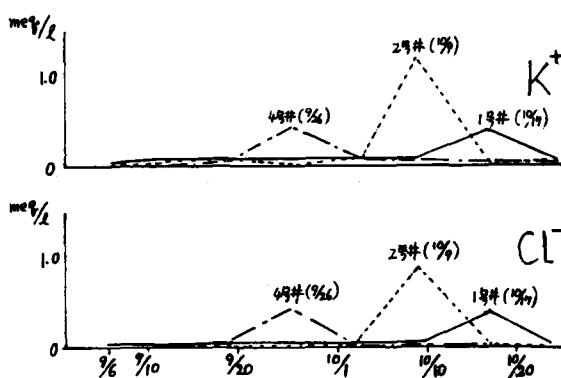


図-3 水質経時変化

れた。KとQが3つの井戸から同時にずい。時間をおいてたことより、KとQが地表面より直接浸透したとは考えられない。(その詳細は発表時に証明する。)さらに、図-4のように地下水標高は4号井の方が高い。これより、東から西へ流れていると考えた。布田川は短期流出の洪水流量のみで、長期流出の低水流量は0である。

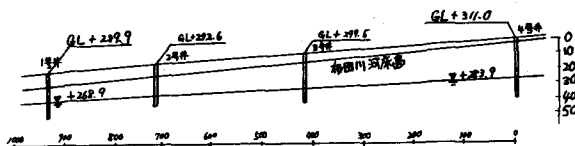


図-4 標高と地下水位の関係
(単位はm)

4. 地下水位変動の基礎式と数値シミュレーションの方法
地下水収支の基礎式は、

$$\frac{\partial}{\partial x} (k_x \frac{\partial \phi}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (k_y \frac{\partial \phi}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial z} (k_z \frac{\partial \phi}{\partial z}) = 0 \quad \phi: \text{水頭}$$

ここで、水平二次元と考え、透水層を等方性とする、

$$\frac{\partial \phi}{\partial x^2} + \frac{\partial \phi}{\partial y^2} = 0$$

となり、これに揚水量を考慮して、

$$\frac{\partial \phi}{\partial x^2} + \frac{\partial \phi}{\partial y^2} + \frac{Q}{T} = 0 \dots (1)$$

Q: 揚水量 T: 透水量係数

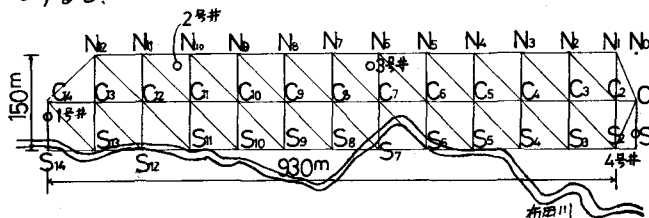


図-5 有限要素メッシュとその節点番号

(1) 式をガラーキン有限要素法を用いて解析する。

計算領域は図-5のように三角形要素に分割した。

流動過程の検討で述べたように、この地区の地下水は東から西へ流れているから、東西方向の境界は閉鎖条件とした。境界 $N_2 - C_{11}$ は、安山岩の岩盤があるため閉鎖条件とした。

図-4のように、9月25日において、1号井の水位標高は+26.9mで、4号井は+28.9mであることより、境界 $C_1 - S_1$ と境界 $C_{11} - S_{11}$ に水位差15mを与え、計算領域において、図-4のように動水勾配が変わらないとして、各節点に初期水位を与えた。

透水量係数は、 $8.83 \times 10^{-4} \text{ m/sec}$ で一定としている。これは2号井の揚水試験より得られた値である。

5. 解析結果および考察

境界 $C_1 - N_1$ が閉鎖であるか、開放であるか求めるために次のような3つの条件で解析を進めた。

(1) 境界 $C_1 - N_1$ を閉鎖条件とする。

(2) 境界 $C_1 - N_1$ を開放条件とする。

(3) 節点 N_6 を考え、要素 N_6, N_7, C_7 を増やし、境界 $N_6 - C_7$ を閉鎖条件とする。

2号井の一定量くみ揚げ連続試験¹⁾では、揚水量 $Q = 1240 \text{ m}^3/\text{day}$ のとき、水位降下2.20mであった。(1)(2)(3)の条件下で、2号井のある要素 N_6, C_7, N_7 より $1240 \text{ m}^3/\text{day}$ の揚水を行なうと、節点 N_6, C_7, N_7 の水位降下は表-2のようなになる。これより、条件(1)による結果が、揚水試験結果に最も近く、誤差も小さい。

それで、この地域の地下水収支のモデルとして、境界 $C_1 - N_1$ を閉鎖と考えた。

6. おわりに

今後は、このモデルを使って、適正揚水量や揚水に及ぼす相互干渉等を検討し、発表時に報告したい。

参考文献 1) 西原村島子工業団地開発に係る工業用水源調査報告書

条件	N_{10}	C_{11}	N_{11}
(1)	20.41	18.15	17.64
(2)	20.12	17.87	17.43
(3)	20.20	17.94	17.48

表-2 節点 N_6, C_7, N_7 における
水位降下(単位はm)