

## 山地部造成工事に伴う地下水位変動モデル

齋帝国建設コンサルタント 地質調査部 正会員 香田 明彦  
齋帝国建設コンサルタント 地質調査部 正会員 戸塚 雄三

### 1. ま え が き

山地部での造成工事に伴う地下水位観測の結果、崖錐地形をなす地域の浅層不圧地下水位変動には、水位低下曲線の減水勾配に季節的な相違がみられた。このため、水位変動量と降水量の関係について整理を行ったところ、降水量と水位変動量との間に成立する直線関係のずれが認められた(図-7参照)。さらに、異なる2種の減水勾配と降水量の2要素のみから構成される地下水位変動予測式を提案した結果、実測地下水位変動に対する良好な再現結果が得られた。本報告では、これら一連の結果を示し、造成工事などに伴う周辺地域での地下水位管理手法の一助になればと考え、若干の考察を行う。

### 2. 観測地の概要と地下水位変動の特徴

本観測地は、標高 350~480m 付近の山麓斜面に位置している。図-1は、観測地点と造成工事範囲の位置関係を示したものである。観測地域の地形は崖錐帯と段丘~扇状地帯とに区分され、難透水性地盤をなす粘土質砂礫層(洪積世)上に、崖錐性もしくは扇状地性の堆積物である砂~砂礫層(洪積~沖積世)が層厚を大きく異にして累積している。また、崖錐帯先端部には湿地帯が形成されており、造成工事前には随所に優勢な湧水箇所がみうけられた。

図-2, 3, 4は崖錐帯に設置された観測井(深度 4.9~5.3m)での地下水位変動である。崖錐帯での地下水面は、地表下 3~5m 付近にあり、地表勾配にほぼ類似する 1/8~1/10 程度の水面勾配を示している。地下水位変動には、降水に伴う春期から夏期にかけての水位上昇期と、秋期から冬期にかけての下降期が顕著にみうけられる。しかも、水位下降期の減水状況に着目

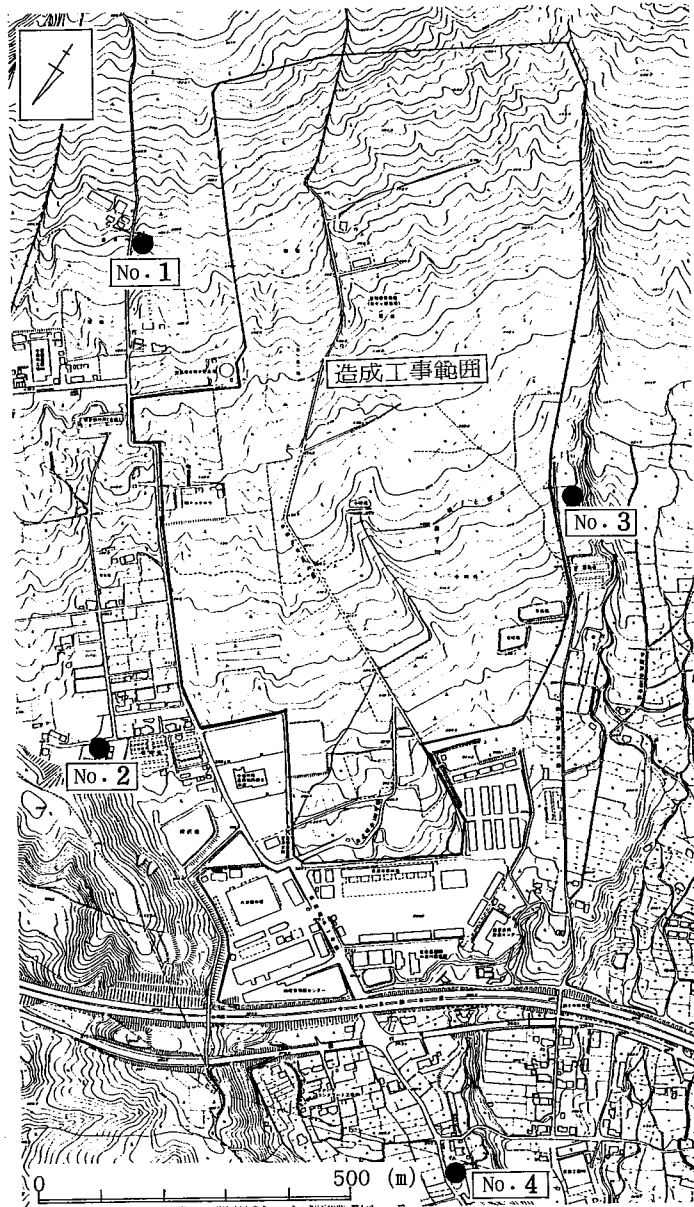
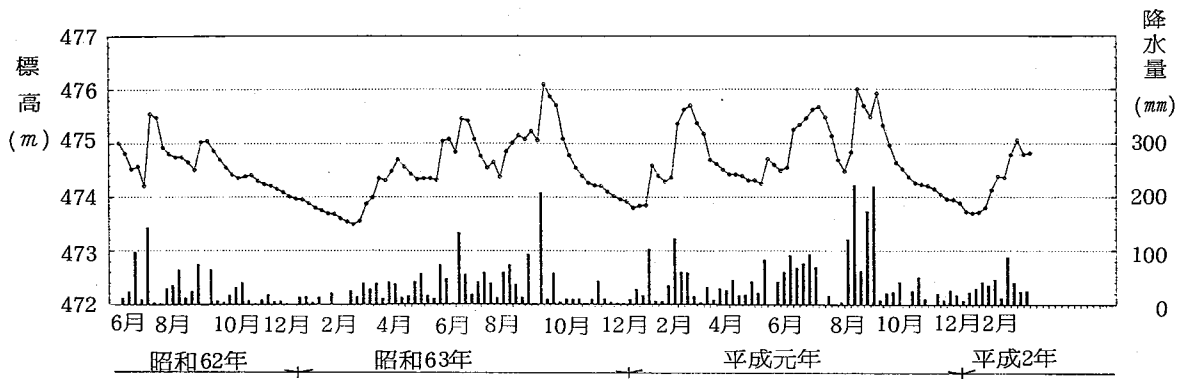
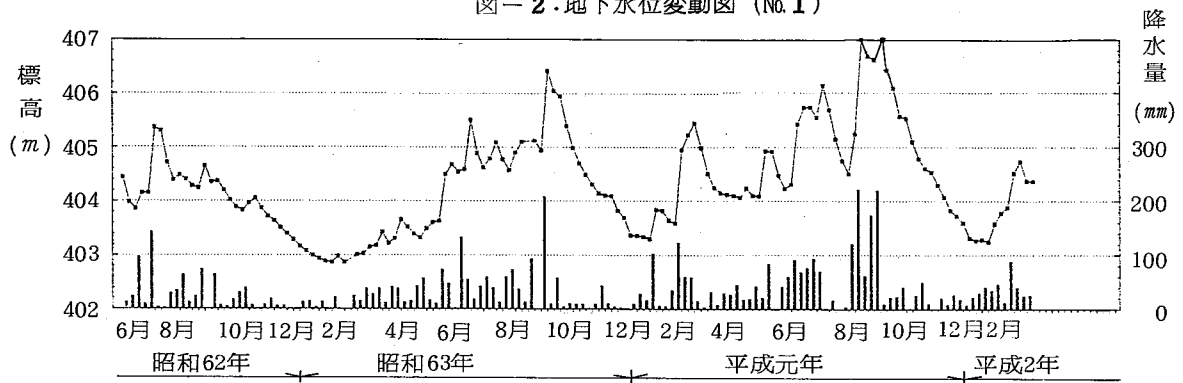


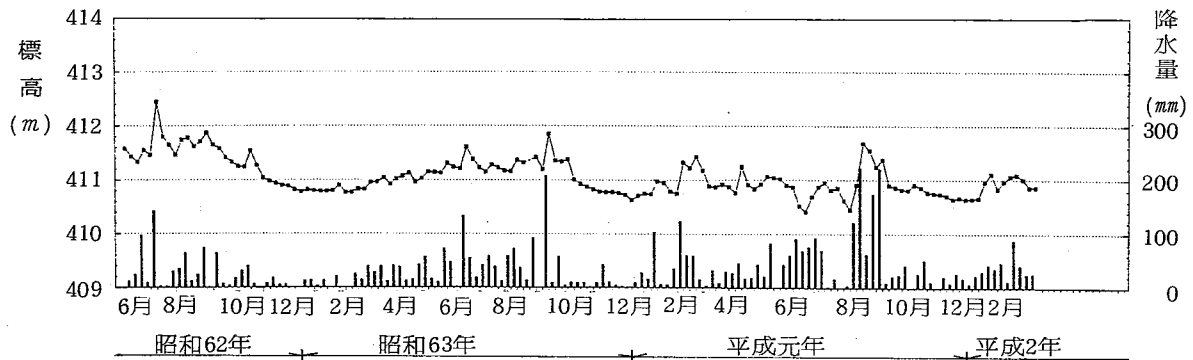
図-1. 造成工事範囲と観測地点



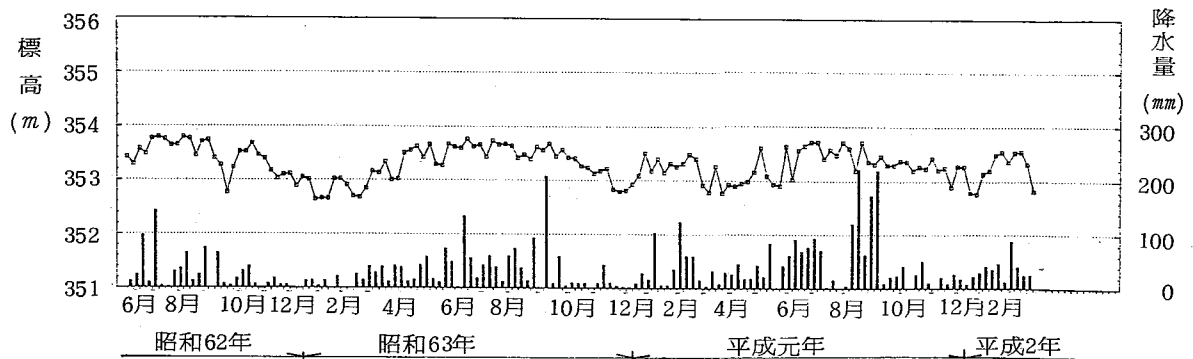
図一 2 . 地下水位変動図 (No. 1)



図一 3 . 地下水位変動図 (No. 2)



図一 4 . 地下水位変動図 (No. 3)



図一 5 . 地下水位変動図 (No. 4)

すると、水位標高が高い夏期と秋期および冬期とでは、水位低下曲線の勾配に相違がみられ、変曲点に相当する水位標高の存在が認められる傾向にある。

一方、図-5は湿地帯より下流側の段丘～扇状地帯で観測された地下水位変動である。地下水面は地表下1～2m付近と浅く、また崖錐帯とは対称的に降水に伴う水位上昇が不明確で、かつ季節的な水位変動幅も1m前後と非常に小さい特徴を示している。

### 3. 水位変動モデルの概要

図-6は、崖錐帯での水位低下曲線にみられる変曲点に着目し、河川や湧水箇所への表層流出を考慮した地下水収支をモデル化したものである。

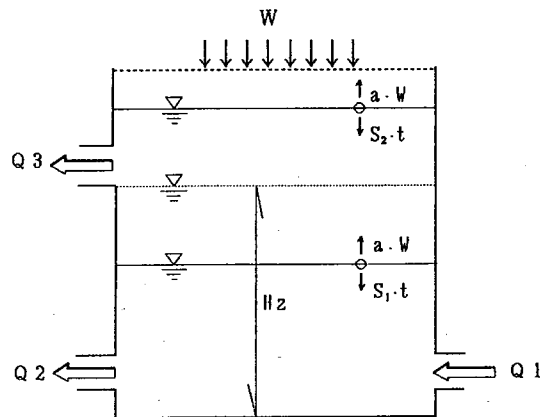
ここで、ある一定時間(t)内の水位変動を考えてみる。初期水位 $H_1$ と、表層流出が生ずる限界の水位 $H_2$ との相対的な水位標高の違いによって、モデル内の水位低下速度 $S$ は大きく異なり、図-6に示すような $S_1$ 、 $S_2$ の定数として表示できるものとする、両者は $S_2 > S_1$ 関係にある。

さらに、t時間内に降水量 $w$ が生じた場合には、単位降水量あたりの水位上昇量を係数 $a$ とすると、t時間内の水位変動量は $a \cdot w$ に相当する水位上昇分が加算されることになり、降水を考慮した場合の水位変動量は、以下の式によって求められる。

$$H_1 > H_2 \quad \Delta h = H_2 - H_1 = a \cdot w - S_2 \cdot t \quad \text{--- (1)式}$$

$$H_1 < H_2 \quad \Delta h = H_2 - H_1 = a \cdot w - S_1 \cdot t \quad \text{--- (2)式}$$

すなわち、崖錐帯での地下水収支が、図-6に示すようなモデルで表現しうれば、観測結果にもとづく水位変動量 $\Delta h$ と降水量 $w$ との整理結果には、図-7のような2種の直線関係が予想されることになる。また、表層流出が生ずる限界水位 $H_2$ の推定が可能であれば、(1)式および(2)式を区別することによって、図-8に示す水位変動モデルによる地下水位の再現計算ができることになる。



$Q_1$  : 基底流入量       $w$  : 降水量  
 $Q_2$  : 基底流出量       $a$  : 係数  
 $Q_3$  : 表層流出量       $S$  : 水位低下速度

図-6. 崖錐帯での地下水収支

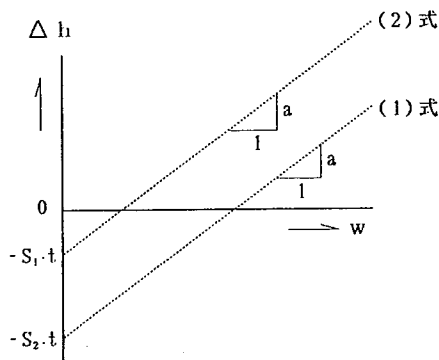


図-7.  $\Delta h \sim w$  関係

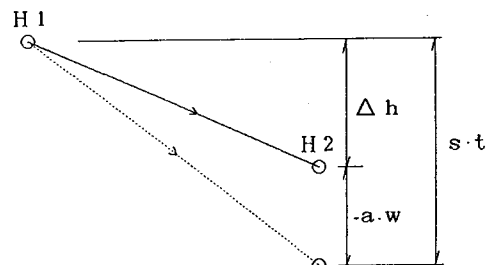


図-8. 水位変動モデル

#### 4. 水位変動量と降水量の関係

図-9, 10, 11は、崖錐帯に位置する3地点での観測結果に対して、一週間ごとの水位変動量 ( $\Delta h$ ) と、降水量 ( $w$ ) の関係をプロットしたものである。なお、整理は造成工事が本格化する前の昭和62年度の観測値のみについて行っている。また、各水位変動図に認められる減水勾配の変曲点付近の水位標高を目安にして、初期水位が上位に位置するもの(図中の黒丸)と、下位に位置するもの(図中の白丸)とに区別して示した。

各地点での  $\Delta h \sim w$  関係図のうち、白丸で表示されるグループについては降水量の増加に伴い水位上昇量も大きくなる傾向が顕著に認められ、また、両要素の間には比較的強い直線関係が成立している。これに対して、黒丸で表示されるグループでは、全体にばらつきが大きく、図-7に想定したような直線関係はみうけられない。このような黒丸のグループにみられる各点のばらつきは、図-6に示したモデルにおいて、水位低下速度  $S_2$  を一定と仮定したことの原因すると考えられる。すなわち、初期水位  $H_1$  が  $H_2$  に対して高い場合には、 $H_1$  と  $H_2$  との水頭差によって、表層流出量  $Q_3$  も変化するはずであり、特に、 $H_2$  付近での水位低下速度  $S_2$  は除々に減少傾向を示し  $S_1$  へと漸移することが予想される。

したがって、図-9, 10, 11に示される黒丸のグループのうち、白丸のグループに含まれるものの多くは、初期水位と  $H_2$  との水位差が小さく、上記の現象が顕著に表れたものと考えられる。

ここで、以上のような考察を加味して、白丸のグループに含まれない黒丸の分布に着目すると、各地点の  $\Delta h \sim w$  関係図には、図-7に類似した傾向を読みとることができる。

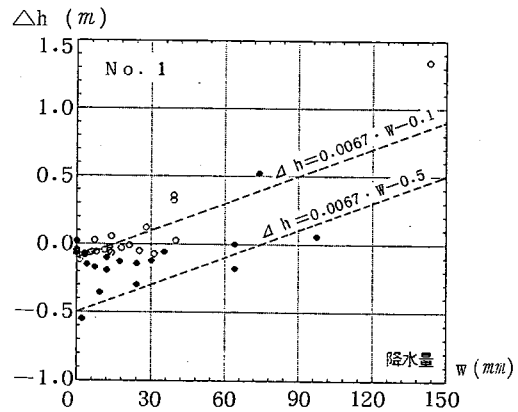


図-9.  $\Delta h \sim w$  関係図 (No.1)

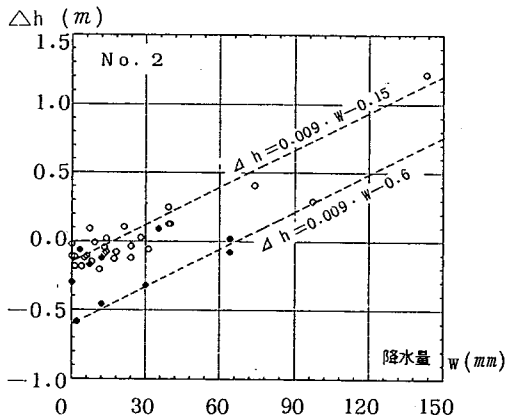


図-10.  $\Delta h \sim w$  関係図 (No.2)

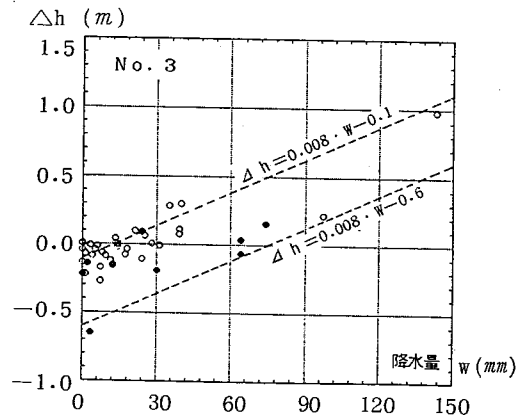


図-11.  $\Delta h \sim w$  関係図 (No.3)

#### 5. 水位変動予想式の提案と再現性

崖錐帯の地下水位変動が、図-8に示すような水位変動モデルによって表わされるものとするれば、(1)式および(2)式に含まれるある一定時間内の無降水条件下での水位低下量  $S \cdot t$  は、 $\Delta h \sim w$  関係図上に示される各直

線関係より、 $w=0$ 軸上の値として求められる。ここで、図-9, 10, 11に示した各 $\Delta h \sim w$ 関係図上の白丸と黒丸のグループに対して、図-7のような傾き $a$ を共有する2つの直線関係を想定し、各地点ごとに係数 $a$ 、無降水条件下での一週間単位の水位低下量( $S_1 \cdot t$ ,  $S_2 \cdot t$ )を表-1のように定めた。

また、(1)式および(2)式より、 $H_1$ を既知数として与えることによって、一週間経過後の水位 $H_2$ を予測する水位変動式は次のように表わされる。

$$H_1 > H_z \quad H_2 = H_1 + a \cdot w - S_2 \cdot t \quad \text{--- (3)式}$$

$$H_1 < H_z \quad H_2 = H_1 + a \cdot w - S_1 \cdot t \quad \text{--- (4)式}$$

(3)式および(4)式中の各係数値として、表-1の諸数値を用い、さらに各観測地点での第1回目の観測値を $H_1$ とし

て与えた場合の再現計算結果を図-12, 13, 14に示す。なお、計算時に設定した $H_z$ に相当する水位標高は、諸係数の値を求めるのに対象とした昭和62年度の実測地下水位変動との再現性を重視し、若干の補正を加えた。各図に示される再現結果のうち、No.1とNo.2地点では昭和63年度以降の実測地下水位変動が良く再現されるのに対し、No.3地点では昭和63年度の夏期以降、計算値が実測値を上回る傾向が続いている。

以上のような再現性について、各観測地点の造成工事範囲に対する位置関係を考えてみる。No.1とNo.2地点は工事範囲に対して上流域に位置するのに対し、No.3地点は、下流域に位置するとともに、昭和63年度以降、隣接して大規模な盛土施工が行われている。すなわち、本文で想定した水位変動モデルが、No.3地点付近の崖錐帯に対しても適合しうるものであれば、図-14に示された両水位変動のずれが造成工事によってもたらされた可能性が強い。そこで、図-6に示したモデルのうち、上流域での造成工事によって変化が予想される要素として、係数 $a$ の減少と基底流入量( $Q_1$ )の減少に伴う水位低下速度( $S_1$ )の増大を考えてみた。その結果、 $S_1$ の変化に対しては、良好な再現性が得られなかったものの、係数 $a$ の変化に対しては実測地下水位変動の追従性が良く(係数 $a$ の値を1/2にまで減少させた場合の再現結果を図-15に示す)、造成工事に伴う森林伐採や盛土施工などによって、周辺地域での地表面浸透能に大きな変化が生じつつある状況が示唆された。

## 6. む す び

本報告で提案した水位変動モデルについては、予測式中の係数 $a$ に対する季節的、地域的な検討と決定方法に関して、あるいは水位低下速度 $S_2$ と初期水位 $H_1$ との関係など、検討を要する点が多々残されるものの、複雑な地下水収支の結果として示される水位変動の概要を再現するうえで、また、造成工事などが及ぼす周辺地下水環境への影響検討に際して、有効な一管理手法になるものと考えられる。

なお、本報告をまとめるにあたり、岐阜大学宇野尚雄教授より適切な御指導を受けましたことをここに記し、謝意を示す。

Variation in the Groundwater level accompanied by reclamation work in mountain area ; A. Kouda and Y. Tozuka (Teikoku Construction Consultants, Inc.)

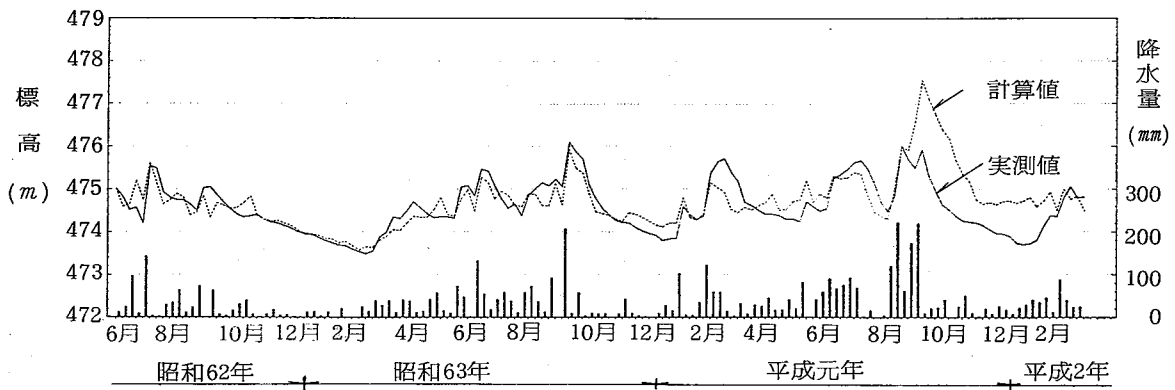


図-12.地下水水位再現計算結果 (No.1)

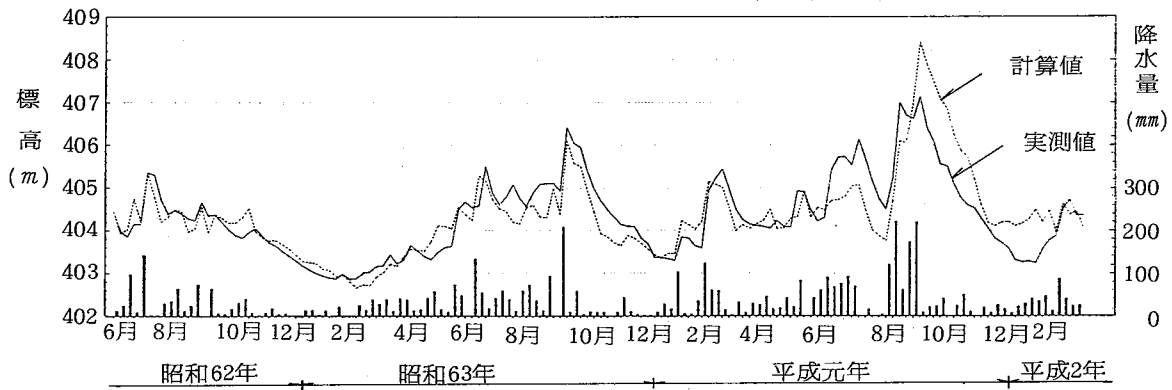


図-13.地下水水位再現計算結果 (No.2)

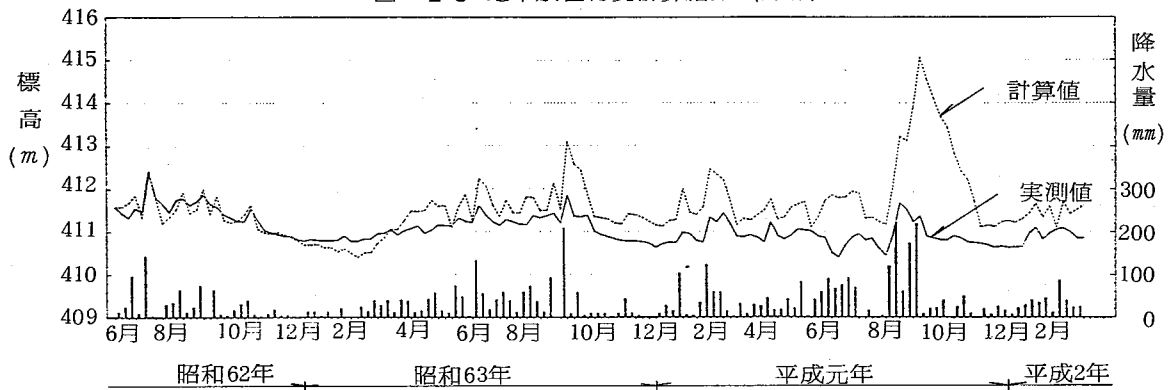


図-14.地下水水位再現計算結果 (No.3)

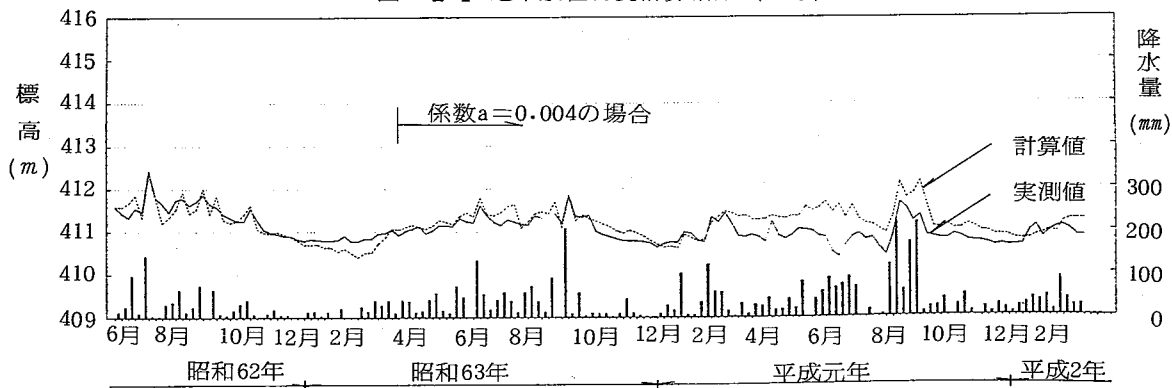


図-15.係数aを変化させた場合の再現計算結果 (No.3)