

地下水過剰揚水による地盤沈下のモデル化 Modeling of Land Subsidence Caused by Excessive Groundwater Exploitation

○森田 七子*、後藤 章**、水谷 正一**、松井 宏之**

MORITA Nanako, GOTO Akira, MIZUTANI Masakazu, MATSUI Hiroyuki

1. はじめに 地盤沈下は、大正・昭和時代から全国で見られるようになり、急速な沈下で社会現象となった。昭和後期になると、地下水採取規制が強化され現在では、地盤沈下は沈静化しつつある。しかし全国の地盤沈下が沈静化している中、関東平野北部では未だ地盤沈下が進行しており、現在最も注目を浴びている地域である。本研究では地盤沈下の再現と予測を行うためのモデル構築を行うことを目的とする。

坂井ら(1996)はテルツァギーの一次元圧密理論を用いて、飽和粘性土の繰り返し圧密を表現できる解析モデルを構築し、村上ら(2001)も一次元圧密理論を用い、外力としての地下水位の変動を時系列的にトレンド解析を行って沈下予測式に取り入れ、モデル構築を行った。しかし、いずれも地下水位の低下による地盤収縮のみで、地下水位の回復による地盤の回復を考慮していない。本研究では、地盤の収縮・回復の両者を考慮したモデルの構築を試みる。

2. 調査対象地 調査地概要 地盤沈下が進行する野木町を中心とする栃木県南部を調査対象地(Fig.1)とした。文献調査を行いながら、気象データ、観測データなどからモデルの構築を行い、対策案の検討を行っていく。この際の必要なデータとして気象庁 HP、地下水位年表、栃木県地盤変動調査報告書、栃木県地下水利用実態調査業務委託報告書の数値を用いる。 観測井の配置 野木町には、深層地下水について帯水層の地下水位、地盤変動量を測定する観測所(観測井)が7つ整備されている。そのうち4つの観測井についてその観測地盤変動の様子を Fig.2 に示す。



Fig.1 調査対象地
Location of study area

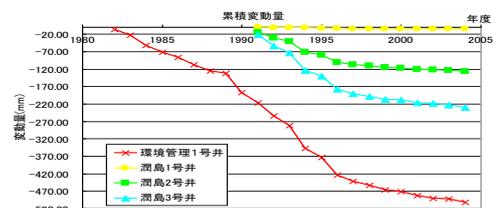


Fig. 2 観測所における観測地盤変動量
(*観測開始を0とする)

3. データ解析 地下水利用 野木町の地下水利用は、5月～8月に地下水揚水量が多く、年間の90%を占める。これは稲作期間にあたり、代掻き・田植え・水田の水管理に多量の水を使用するからだと考えられる。 農業用地下水揚水量と降水量の関係 降水量が少ない年では、地下水への依存が高く、地下水揚水量は増加する。逆に降水量が多い年では、地下水への依存が低く、地下水揚水量は少ない。 農業用深層地下水揚水量と地下水位の関係 経年的な地下水位の変化は、夏季水位低下型で5～10月に低水

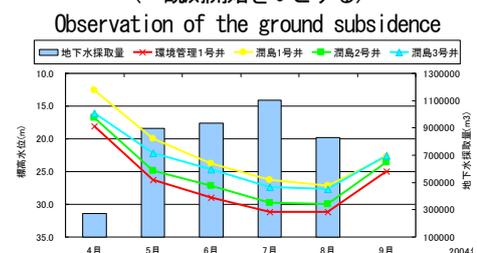


Fig. 3 地下水揚水量と深層地下水位
Monthly change in groundwater exploitation and deep ground table

*宇都宮大学農学研究科、Faculty of Agriculture, Utsunomiya University、**宇都宮大学農学部、Utsunomiya University、

Keywords: 地盤沈下、地下水、灌漑用揚水、レオロジーモデル

る。また、地下水揚水量と地下水位の関係を稲作期間で見ると、地下水揚水量が多いと、地下水位は低下し、揚水量が少なくなると、地下水位は回復傾向にあるのが分かる(Fig.3)。 深層地下水位と地盤変動量の関係 地下水位が低下すると、それに合わせて地盤が沈下する傾向にある (Fig.4)。地盤沈下は、地下水位が回復すると、元に戻るが沈下量に比べると小さい値であり完全に回復することはないので、沈下は累積傾向にある(Fig.5)。

4. モデルの構築の方法 地盤沈下は地下水位の低下によって起こる。両者の関係をモデル化し、地盤沈下の再現・予測を行う。浅層地下水は地盤沈下とはほぼ無関係であるため、今回は被圧帯水層に存在する深層地下水位のみを考慮する。 (Step1) 水田水収支モデル 揚水量のデータが 2004 年の灌漑期のみと不十分なため、まず地下水揚水量の推定のための水田水収支モデルを作成する。 (Step2) 地下水位モデル 推定した揚水量、不圧帯水層からの地下水涵養と深層地下水位の関係を表わし、地下水位モデルを作成する。 (Step3) 地盤沈下予測モデル 構築した地下水位モデルの結果を使用し、地下水位と地盤変動量の間をモデル化する。

地盤沈下は塑性(粘性)変形と弾性変形の組み合わせで起こる。この特質を表現するためには、弾性体と粘性体を組み合わせてモデル構築を行う必要がある。そこでレオロジー(Rheology)を使用する。レオロジーの特質を表現したものを三要素モデル(Fig.6)という。力を加えると全体が徐々に変形していく。その後、力を加えるのをやめると、弾性体の影響で元に戻ろうとする力が働くが、粘性体 1 の影響でその力が抑制される。さらに粘性体 2 の影響もあるために、元の形に戻る手前で変形が終了する。

5. 今後の予定 水田水収支モデルを完成後、揚水量・地下水涵養量などの推定を行う。モデル構築のための文献調査を行いながら、地下水位モデルの構築、またその結果を用いて、地盤沈下モデルの構築を行う。その後、地盤沈下の再現・予測を行い、今後の地盤沈下についての対策案を検討していく。モデル構築の際、境界点の選定、地下水流動、モデル対象とする井戸の選定など重要な課題となってくるため、それらについて十分な検討を重ねる。

【参考資料・引用文献】

1)菅原利夫, 富田友幸, 森一司 (1992) : 関東平野北部の地盤沈下の実態と発生機構について, 農業土木学会誌 1992 年 3 月 vol.60, 219-224. 2) 坂井晃, 三浦哲彦, 陶野郁雄, 八谷陽一郎 (1996) : 季節的な地下水揚水に伴う地盤沈下, 地下水学会誌 1996 年第 38 巻第 4 号, 269-278. 3) 村上哲, 望月紀子, 安原一哉 (2001) : 地下水位の時系列解析と広域地盤沈下予測への適用, 土と基礎 vol.49, No.6, 29-31. 4) 栃木県生活環境部環境局環境管理課 (2004) : 地下水位年表 (第 26 回). 5) 栃木県生活環境部環境局環境管理課 (2005) : 栃木県地盤変動調査報告書 (平成 17 年度) 6) 応用地質株式会社 (2004) : 栃木県地下水利用実態調査業務委託報告書 (平成 16 年度) .7) 大坪豊佳 (2007) : レオロジー物体のモデリング, http://www.noblab.jp/research/rheo/main/old_index.html. 8) 井本立也 (1963) : 概説レオロジー, 東京化学同人 (上), P73.

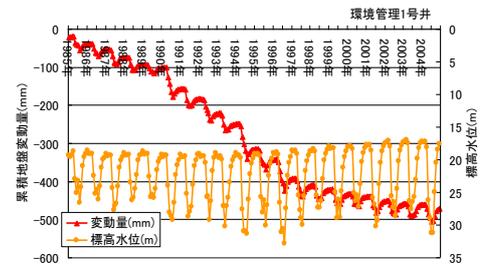


Fig. 4 深層地下水位変化と地盤変動量
Long term changes in deep groundwater table and ground surface

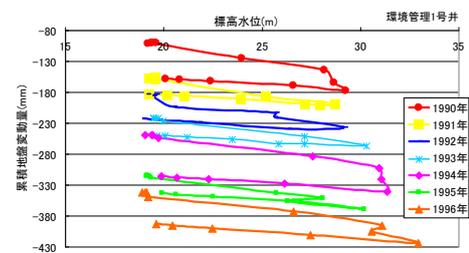


Fig. 5 深層地下水位と地盤変動量の関係
Relationship between deep groundwater table and the ground surface elevation

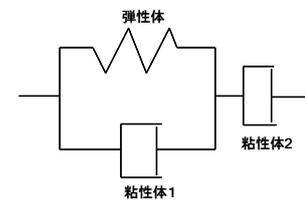


Fig. 6 三要素モデル
A three-factor rheology model