

栃木県南部における地下水揚水による地盤沈下のモデルシミュレーション Model simulation of land subsidence caused by groundwater exploitation in the Southern part of Tochigi Prefecture

○町田清貴* 森田七子** 後藤章*** 水谷正一***

MACHIDA Kiyotaka, MORITA Nanako, GOTO Akira, MIZUTANI Masakazu

1. はじめに 地盤沈下は、第2次大戦後に進行し深刻な社会問題となった。その後、地下水採取規制が強化され地盤沈下は沈静化しつつあるが、栃木県南部では未だ沈下が進行している。森田(2009)は、地盤沈下を数値的に解析するため、3つのサブモデルからなる地盤沈下モデルを構築した。その中の帯水層水収支サブモデルは、検証井戸が境界条件の影響を受けやすい状態にあり、改善の余地があることが分かった。本研究では、境界条件の影響を軽減するよう、モデルの改良を行う。そこから様々な条件でシミュレーションを行い、地盤沈下を軽減するような揚水方法を提案し、その方法の実現可能性を現地の実状を踏まえ検討する。

2. 研究の方法 本研究では、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とした。検証井戸は既往の研究と同様、環境管理課1号井としている(Fig.1)。対象地域のデータを用い、森田のサブモデルを基礎にモデルの改良を行う。その後シミュレーションから地盤沈下を軽減するような揚水方法を検討した。

3. サブモデル構築 水田水収支サブモデル 1段目を地表タンク(水田)とし、モデル内で計算された地表タンクでの水位と、入力値として設定した維持湛水深の差を灌漑用揚水量とした。このモデルで地下水揚水量推定を行った。揚水量の実測値と計算値の比較を示す(Fig.2)。水管理などのタイミングのズレがあるものの概ね良好な一致を示している(Table 1)。 帯水層水収支サブモデル このサブモデルは帯水層の水収支から深層地下水位を計算するものである。境界条件の影響を軽減するため、地下水の方向を考えながら検証領域を北東、南西方向に拡張し(Fig.1)、以前は3つであったブロックを5つのブロックからなるモデルに改良した(Fig.3)。各ブロック2段のタンクモデルに深層タンクを付加し、浅層及び深層タンクにお

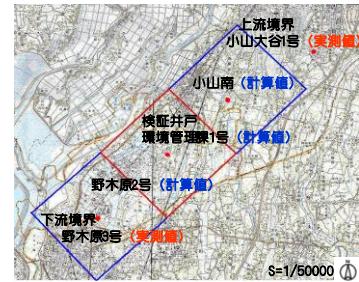


Fig.1 モデルの適用対象領域
Area for model application

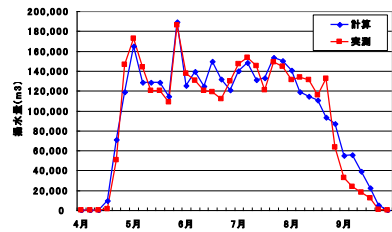


Fig.2 2004年灌漑期の実測・計算揚水量
Actual and calculated groundwater withdrawal

Table 1 モデル適合度 (Nash 効率係数)
Nash's coefficient of efficiency

水田水収支サブモデル		0.933
帯水層水収支サブモデル	小山南	0.906
	環境管理課1号井	0.837
地盤収縮サブモデル	野木原2号井	0.811
	小山南	0.714
地盤収縮サブモデル	環境管理課1号井	0.857
	野木原2号井	0.705

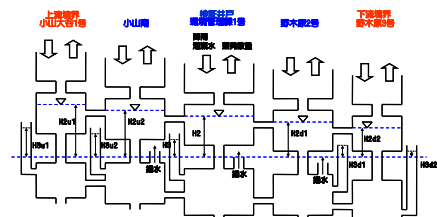


Fig.3 帯水層水収支サブモデル
Confined aquifer water balance sub-model

*宇都宮市役所 (Utsunomiya City Hall) **富貴沢建設コンサルタンツ (Fukisawa Construction Consultants) ***宇都宮大学農学部 (Utsunomiya University)

キーワード：地盤沈下、地下水、灌漑用揚水、レオロジーモデル

いて、上下流域境界井戸及び上下流井戸の流出入、上下タンクの浸透を考える。実測値と計算値(推定揚水量を入力)の地下水位の結果を示す(Fig.4)。本モデルにより、地下水位変化は良く再現されている(Table 1)。 地盤収縮サブモデル 地盤収縮の特性を表現するためには戻り変位量と残留変位量を考慮する必要がある。これを再現するものとして三要素モデルがあり、このモデルで地盤収縮を再現した。地盤収縮量の実測値と計算値(推定地下水位を入力)の結果を示す(Fig.5)。地盤収縮現象をうまく再現でき、本サブモデル及び全体の地盤沈下モデルは良く機能していると考えられた(Table 1)。

4. 地下水位・地盤沈下のシミュレーション Table 2 の条件でシミュレーションを行った。被圧帯(深層)から揚水を行うことが沈下の発生する要因であり、不圧帯(浅層)からの揚水は沈下に影響しない。昭和 40 年から 60 年代にかけて浅井戸を利用していたが、不圧地下水の枯渇(田植え期)によりその後、深井戸に転換している。そのため沈下を抑制させるためには再び浅井戸を活用することが鍵となる。また、集中的に揚水を行う田植え期を分散させる方法が効果的であると考えた。3 は田植え期に被圧帯から揚水し、田植え期以外の時期に不圧帯から揚水する場合のシミュレーションである。結果を見ると、田植え期以外の揚水を全て不圧帯から行っても、田植え期の被圧帯から揚水の影響が大きいため地盤収縮も進行してしまうのが分かる(Fig.6)。5 は揚水が集中する田植え期(4月中旬から5月中旬)を4月中旬から6月中旬まで延長し、揚水の集中を防いだ場合である(Fig.7)。結果のうち、分散した田植え期の初めの 1/4 期間のみを被圧帯から揚水し、残りの期間を不圧帯から揚水した場合、現況に比べて沈下をかなり抑制できていることが分かる。

5. 実現可能な対策の検討 揚水量をゼロにすれば地盤収縮が起きることは無い。しかし実際に揚水を止めることは不可能である。シミュレーションの結果、不圧地下水を再活用する、或いは揚水が集中する田植え期を分散させることで地盤収縮はある程度抑制されることが分かった。一方、現地聞き取り調査の結果では、現在浅井戸は深井戸に転換されてほぼ消滅状態であった。この結果から田植え期の分散的な利用が一番効果的な方法であると考えられる。地盤沈下は広域での地下水移動の中で起こる現象であることから対象空間を広げ、より広範囲なモデル構築を行うことが今後の課題である。

【引用文献】 1)森田七子 (2009) : 地下水過剰揚水による地盤沈下のモデル化, 宇都宮大学修士論文

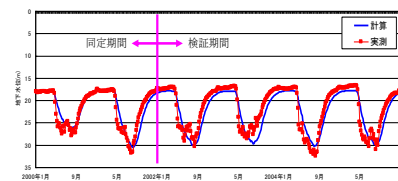


Fig.4 実測・計算地下水位変化量 (環境管理課 1号井)

Actual and calculated groundwater table

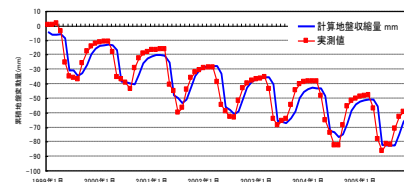


Fig.5 実測・計算地盤収縮量 (環境管理課 1号井)

Actual and calculated land subsidence

Table 2 シミュレーション一覽 Scenarios for simulation

1. 適用領域内の揚水量を減少させた場合
2. 適用領域内の周辺で揚水の影響を受けなかった場合
3. 現況で田植え期のみ被圧帯水層から全て揚水を行った場合
4. 周辺の揚水の影響を受けず、田植え期のみ被圧帯水層から全て揚水を行った場合
5. 集中化した田植え時期を分散させた場合

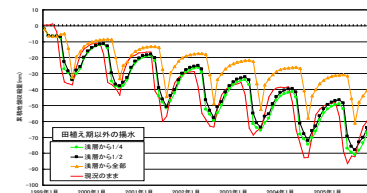


Fig.6 3.田植え期のみ全て被圧帯水層から揚水を行った場合の地盤収縮量の変化 (環境管理課 1号井)

Land subsidence in case groundwater withdrawal from confined aquifer is allowed only during transplanting season

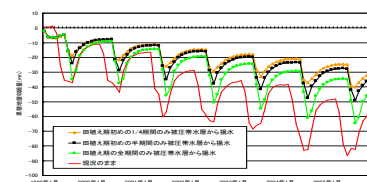


Fig.7 5.集中化した田植え期を分散させた場合の地盤収縮量の変化 (環境管理課 1号井)

Land subsidence in case transplanting period is prolonged