

小口径揚水機の使用増加を想定した 一次元地盤沈下モデルによる地層収縮量の予測

八武崎寿史 吉岡 薫* 金澤かおる* 西田寛子*

(*：環境生活部水質保全課)

1 はじめに

本県では、1960～1970年代の高度成長期に、地下水や天然ガスかん水等の過剰な採取による地盤沈下が東京湾岸地域において深刻化し問題とされてきた。そのため県では法令に基づく地下水の採取規制や天然ガス鉱区の買い上げ等の対策を行い、その後の地盤沈下は沈静化の傾向にある。一方で一部地域では、依然として沈下が進行しており、現在規制対象となっていない小口径揚水機による地下水採取の影響も懸念されている。

県内では、地下水の採取にあたっては工業用水法、建築物用地下水の採取の規制に関する法律及び千葉県環境保全条例が適用される¹⁾。しかし吐出口断面積6cm²以下の小口径揚水機による地下水の採取はいずれの法令でも規制対象外となっている。一方で小口径揚水機の能力は、近年著しく向上しており、その影響がどのようなものかは明らかになっていない。

以上のことから県では、小口径揚水機の使用増加による地下水の採取が地盤沈下に与える影響を検討するため、地盤沈下影響解析業務委託（以下、業務委託）を実施した。本報告では、行政資料に基づいた現状及び将来の井戸使用世帯数の推定を行い、業務委託による解析結果と比較することで、モデル地域における一般家庭を想定した小口径揚水機の使用増加による地層収縮量を予測した。

2 方法

2・1 対象地域

モデル地域は、野田市南部から流山市、柏市西部、松戸市北部にかけての地域としており（図1）、県の地盤沈下・地下水位観測井のデータを利用できること、大局的な地質情報が得られていること、条例に基づく地下水の揚水量報告がなされていること、地下水採取の影響を比較的受けやすい沖積層を含むことを主な条件として選定した。

モデル地域の地質は、江戸川及び利根川沿いの河岸低地に分布する沖積層と、それら沖積層の下位及び下総台地を構成する下総層群の大きく二つに分類できる。沖積層は、両河川の開析谷を埋めるようにして堆積し、この地域では数m～十数m程度の厚さを有する²⁾。下総層群は、県の北西部に広く分布し、地下水を豊富に湛えていることで関東地下水盆の一部を構成し、県内での地下水採取は主にこの地層から行われている。

2・2 地盤沈下解析

業務委託による地盤沈下解析は、野田市今上に設置されている県の地盤沈下・地下水位観測井（野田-3）を代表的



図1 調査地域

な解析地点として実施した。この地点は、観測井の連続観測による地盤変動量及び地下水位変動量を得られ、さらにオールコアボーリングによる詳細な地質が把握できており、解析に適していることから選定した。またこの地点は江戸川沿いの低地であり、前述のとおり表層に沖積層が分布する。沖積層は一般的に、河川や海岸沿岸の低地に分布していることが多く、形成年代が新しく軟弱な地質であり、地下水の採取や圧密収縮等による地盤沈下を引き起こしやすいことでも知られている。

地盤沈下・地下水位観測井（野田-3）における一次元地盤沈下モデルによる解析は以下の手順で行った。

- ① 各地層の物性を考慮し、地盤変動量と地下水位変動量の相関解析を行い、地盤沈下モデルを構築。
- ② ①の結果による応答解析から地層収縮量と地下水位変動量を予測。
- ③ 地下水揚水量と地下水位変動量の相関を解析。
- ④ いくつかの地下水揚水のモデルケースを想定し、②③の結果から地層収縮量を推計し、地下水揚水が地盤沈下に与える影響を評価。

ただし、本解析は鉛直方向の収縮を解析する一次元解析であり、解析地点をモデル地域の代表点とした結果が得られることに留意しなければならない。そのため解析地点の選定にあたっては、目的を十分に考慮する必要がある。地盤沈下・地下水位観測井（野田-3）は、井戸深度 35m 及びストレーナー位置深度 27.5～33.0m で、一般家庭の井戸で想定されるポンプの揚程である 25m と同程度の規模を有している。また、地層収縮の影響を受けやすい沖積低地であるため、小口径揚水機の使用増加を想定した地層収縮量の予測に適している。

2・3 井戸使用世帯数の推定

井戸使用世帯数の推定には、総務省統計局の「令和 2 年国勢調査」による世帯数の地域メッシュ統計³⁾及び県の水道統計による市町村別水道普及状況⁴⁾のデータを使用した。また、将来の世帯数予測では、県の人口調査報告書から当該地域である野田市、流山市、松戸市及び柏市の 2021 年と 2022 年の世帯数⁵⁾を使用し増加率を算出して推計した。

なお、井戸使用世帯数の推定は、地下水揚水量の集計方法に合わせて、総務省統計局の基準地域メッシュ（第 3 次地域区画；一辺の長さ約 1km）に基づいて行った。

3 結果

3・1 地盤沈下解析

地盤沈下解析は、モデル地域全体における小口径揚水機の台数を増加させた、いくつかのモデルケースを想定し、一次元地盤沈下解析により年間の地層収縮量を求めた（表 1）。このモデルケースでは、現状の年間地層収縮量（Case 0）を、モデル地域における地下水採取量から推計した 3.00mm とし、Case 0 からの地下水採取量の増加分を小口径揚水機の増加台数に置き換えて、それぞれのモデルケースにおける年間地層収縮量を推計した。なお、小口径揚水機 1 台あたりの地下水採取量は、1 世帯あたりの人員を 4 人とし、水使用量を 250L/人日として、30.4 m³/月と設定している。例えば、Case 1 における「小口径揚水機を 145 台増加させたモデルケース」は、モデル地域全体の基準地域メッシュ数が 145 であることから、「約 1km²あたり 1 世帯の井戸使用世帯が増加したモデルケース」と読み替えることができる。

表 1 モデルケース別の地下水揚水による地層収縮への影響

小口径揚水機の増加台数 (台)	年間地層収縮量* (mm)
0 (Case 0)	3.00
145 (Case 1)	3.10
725 (Case 2)	3.51
1,450 (Case 3)	4.04
14,500 (Case 4)	13.08

※モデル地域全体において、2020 年 12 月を初期状態とし、小口径揚水機を増加させた場合の、解析地点（野田-3）における地層収縮量を示す。

また、それぞれのモデルケースにおける年間地層収縮量は表層に現れる地盤沈下に含まれることとなる。例えば、Case 1 における地層収縮量は 3.10mm であり、Case 0 からの増加量は 0.10mm となる。これは「小口径揚水機を 145 台増加させた」ことにより、地層収縮量が 0.10mm 増加する予測であることを意味している。

本解析の結果から、小口径揚水機の増加台数にほぼ比例して Case 0 からの地層収縮量が増加することが予測された。

3・2 井戸使用世帯数の推定

井戸を使用している世帯数は、

$$\text{世帯数} \times (1 - \text{水道普及率})$$

を基準地域メッシュ毎に算出することで推計した(図 2)。水道普及率については、市町村毎の統計データのため、市町村が該当するメッシュにそれぞれの普及率を割り当てている。この結果から得られた、モデル地域全体の推定井戸使用世帯数は、5,843 世帯と推定された。

将来の世帯数予測では、その増加率を、

$$(2022 \text{ 年世帯数} - 2021 \text{ 年世帯数}) / 2022 \text{ 年世帯数}$$

として市町村毎に推計した(表 2)。この場合、年間の世帯の増加率は最大で 2.55% となり、モデル地域全体における世帯数は最大で年間 149 世帯の増加 (5,843 世帯 × 2.55%) と推定された。

3・3 地層収縮量の予測

モデル地域全体における年間の最大世帯増加数は 149 世帯と推定され、これを地盤沈下解析のモデルケースと合わせると、Case 1 (小口径揚水機 145 台増加) とほぼ同等となった。

このモデルケースの地層収縮量の増加は 0.10mm と予測され、モデル地域における一般家庭での使用を想定した小口径揚水機の増加による地層収縮量は小さく、地盤沈下への影響は小さいことが示唆された。ただし、モデル地域では依然として地盤沈下が進行していることから、引き続き精密水準測量及び地層収縮量・地下水位の観測等による監視を行っていく必要がある。なお、本予測では、増加する世帯 1 世帯につき 1 台小口径揚水機を設置するものとし、それ以外の設置はないものとしていることにも留意が必要となる。

4 補足

本報告では業務委託による地盤沈下解析を一次元地盤沈下モデルにより実施したが、これは鉛直方向のみの局所的な解析である。このため、解析結果を他の地域でも広く適用できるよう県内に広く分布し地盤沈下の起こりやすい地質である沖積低地を解析地点とした。また下総台地においては、沖積層よりも固結の進ん

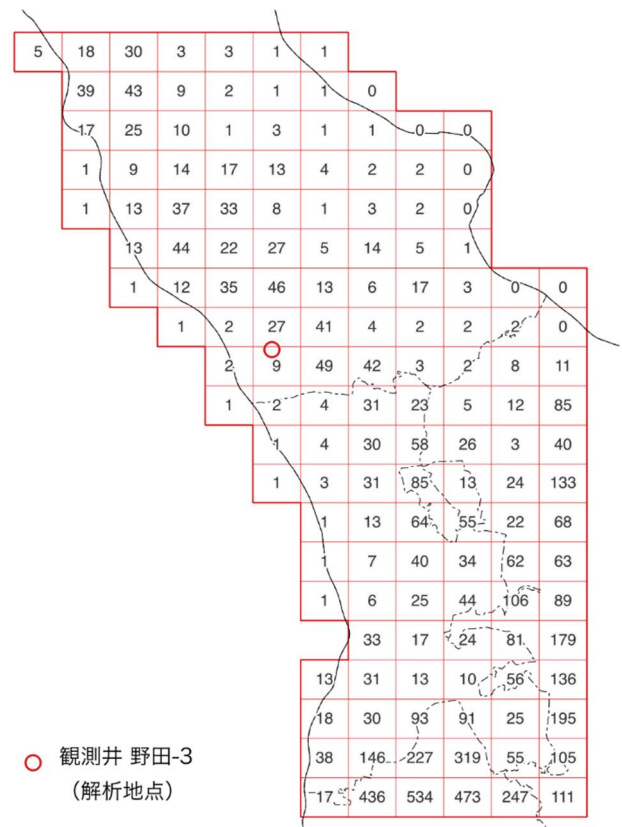


図 2 基準地域メッシュ毎の推定井戸使用世帯数
推定はメッシュ毎に $\text{世帯数} \times (1 - \text{水道普及率})$ により算出し、図中の数値は整数切り上げとしている。

表 2 市町別の世帯数と増加率

	2021 年 世帯数 (R3.1.1)	2022 年 世帯数 (R4.1.1)	増加率
野田市	63,714	64,304	0.92 %
流山市	83,760	85,953	2.55 %
松戸市	231,463	232,895	0.61 %
柏市	188,836	191,832	1.56 %

だ下総層群によって主に構成されているため、地下水採取の地盤地下への影響は本報告よりもさらに小さいと推測される。しかしながら、厳密には地質構造や物性、地下水の流動等は地域によって異なるので、他地域への解析結果の適用については留意する必要がある。

今後は、県内の地質情報及び地下水位データを収集・精査した上で3次元流動解析等による空間解析を行い、地下水の流動を考慮した面的な地盤沈下の解析を実施することで、これらの成果が地下水採取量の変化による将来予測や対策にさらに活かされるであろう。

なお、本報告では、地殻変動等による地盤沈下は考慮されていないため、地震等が起きた場合は要因を切り分けて影響を解析する必要がある。

引用文献

- 1) 千葉県環境生活部水質保全課: 令和3年 千葉県における地盤沈下の概況について. 千葉県 (2022) .
- 2) 国立研究開発法人産業技術総合研究所 地質調査総合センター 地質情報研究部門: 都市域の地質地盤図. <https://gbank.gsj.jp/urbangeol/> (2023年3月時点) .
- 3) 総務省統計局: 令和2年国勢調査結果. <https://www.e-stat.go.jp/> (2023年3月時点) .
- 4) 千葉県総合企画部水政課: 令和2年度 千葉県の水道. 千葉県 (2022) .
- 5) 千葉県: 令和3年 千葉県毎月常住人口調査報告書 年報. 千葉県 (2022) .