

揚水パターンと熊本被圧地下水位変化形態

大成ジオテック 正会員 福田光治
 大津菊陽水道企業団 栗木徳明

1. はじめに

熊本平野沿岸部の被圧地下水位は長期上昇傾向と季節変動としての鍋底型水位低下が共存している。熊本被圧地下水位の変化形態は11ゾーンに分類される。このうち季節揚水の影響を受けるのは地域Eゾーン～地域Hゾーンの4ゾーンである。熊本地下水位は長期低下傾向と言われる中で、長期上昇傾向にあることを位置づけ、多様性が存在すること確認したのが地域Gの沖新中島の地下水位である。本論文では毎年発生する鍋底型低下もタンクモデルで近似化可能であり、季節揚水が関係することを示す。

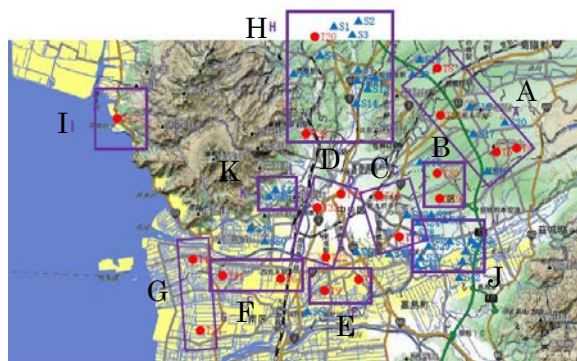


図-1 熊本市観測井と地域区分

2. 熊本市観測井の分類

熊本市水保全課観測井¹⁾と熊本市上下水道局観測井²⁾は図-1のように設置されており、被圧水位の変化形態から11地域に区分される³⁾。このうち長期揚水・季節揚水を考慮しなければならないゾーンは地域E～地域Hである。地域I、地域Kでも長期揚水を考慮しなければならないが、季節揚水を考える必要はない。

3タンクモデル⁴⁾は第1タンクを表層水、第2タンクは被圧地下水、第3タンクは下位の被圧地下水に係する水収支を表現していると考えている。地震による表層水理構造の変化は式(1)で、揚水パターンの影響は式(2)で表現する。それぞれ初期の流出係数を保持して、それに作用する比で表現した。ここに f_1 、 f_2 は第1タンク、第2タンク底部流出係数、 f_{10} 、 f_{20} は初期流出係数、 $rf1$ 、 $rf2$ は変化比である。

$$f_1 = rf1 \times f_{10} \quad (1) \quad f_2 = rf2 \times f_{20} \quad (2)$$

表-1 タンクモデルパラメータと熊本地下水への適用例

| タイプ | 長期揚水rf2 | | | | | | | | | | | | |
|------|---------|------|-----|------|------|------|------|------|----|-----|-----|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 1972 | 0.5 | | | | | | | | | | | | |
| 1989 | | | | | | 0.5 | 0.5 | | | | | | |
| 1990 | | | | | | | | | | 1.6 | | | |
| 1991 | | | | | | | | | | 1.6 | 2.5 | | |
| 1993 | | | | | | | | | | | | 2.5 | |
| 1994 | | | | | | | 0.3 | | | | | | |
| 1995 | | 0.5 | | 0.5 | 0.5 | | | 0.5 | | | | | |
| 1997 | | | | 0.2 | 0.3 | 0.3 | | | | | 9 | 3 | |
| 1998 | | | | | | | | | | 1.8 | | | |
| 2000 | 0.25 | 0.25 | | | | | 0.2 | 0.25 | 6 | | | | |
| 2001 | | | | | | 0.25 | | | 1 | | | | |
| 2002 | | | 0.7 | | | | | | | | | | 0.7 |
| 2003 | | | | | | | | | | 2 | 1 | | |
| 2011 | 0.15 | | | 0.15 | 0.2 | 0.15 | 0.15 | 0.2 | | | | | |
| 2012 | | | | | | | | 0.15 | | | | | |
| 2013 | | 0.15 | | | | | | | | | | | 0.1 |
| 2014 | | 0.2 | | | 0.15 | | | | | | | | |
| 2016 | | | | | | | | | | 1.2 | | | 0.7 |
| 2017 | | | | | | | | | 10 | | | | |
| 2018 | 0.14 | | | 0.13 | | | | | | | | | |
| 2019 | | | | | | | | | | | | | 0.1 |

| タイプ | 季節揚水rf2 | | | | | 2016年熊本地震rf1 | | |
|-----|---------|----|---|----|-----|--------------|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | タイプ | 0 | 1 |
| 開始月 | 1 | 6 | 6 | 7 | 8 | 2016/4/14 | 0 | 1 |
| 終了月 | 3 | 7 | 7 | 8 | 9 | | | |
| rf2 | 30 | 20 | 2 | 20 | 1.2 | | | |

キーワード：熊本、被圧地下水位、季節変動、揚水、タンクモデル

〒865-0091 熊本市中央区上水前寺1丁目1-9 Tel 096-381-0892

1以下になる $rf2$ は、揚水量が減少する長期揚水形態、1以上になる $rf2$ は季節揚水による大量揚水の影響を想定している。タンクモデルによる近似化の結果、表-1 に示す $rf2$ のパターンを考慮しなければならなかった。季節揚水は一年のうち数か月の作業であるが、毎年揚水されていると、長期変化にも影響する。

3. 計算例 (Gゾーン沖新中島)

熊本市被圧地下水位の変化形態をするためには季節変化と長期変化形態のグラフを用意しなければならない。図-2 は季節変化形態で、8月頃を底とする鍋底型低下は長期間にわたって毎年発生している。同時に図-3、4 に示す長期上昇過程は1995年頃から続いている。これまで長期上昇傾向は揚水量の長期的な低下傾向に起因することを3タンクモデルで追跡してきた⁴⁾。本論文では、長期揚水低下傾向の中での短期的な揚水量上昇が鍋底型低下の起因であると考えて、タンクモデルによる表現を試みた。長期揚水はタイプ4で、季節揚水はタイプ4で近似した。2016年熊本地震の影響は考慮していない。長期揚水パターン4は、表-1 に示すように1995年、1997年、2011年、2018年に流出係数を暫時小さくしていく。一方季節揚水は、第2タンクモデル底流出係数が関係するとして7月、8月頃の流出係数を20倍に増加させて対応した。図-3、4 に示すように季節揚水の影響を含みながらの長期上昇傾向を表現している。図-5 は長期上昇傾向の中での2020年に着目した変化である。概略的には季節揚水を考慮したタンクモデルで近似化可能であることを示している。

8. おわりに

熊本被圧地下水位の長期上昇形態と鍋底型低下は第2タンクモデルの流出係数を調整することにより現象論的に近似化できることを示した。タンクモデルでは、鍋底型が上昇過程に復帰する上昇傾向が緩やかになることからさらなる改良が求められる。また鍋底型低下に着目した時、底部あるいは低下傾向にはいる過程で突発的な地下水位上昇が短期的に発生している。タンクモデルによる今後の追跡にはその現象も含めなければならない。

参考文献

- 1) 熊本市環境局水保全課：地下水位観測結果報告書，2014，2018。
- 2) 熊本市上下水道局：地下水位観測結果報告書 平成31年3月，2019。
- 3) 福田光治・栗木徳明：水位変化からみた熊本市域被圧地下水の地域性，土木学会全国大会第75回年次学術講演会，2020。
- 4) 福田光治：熊本地下水研究史と水保全，地下水地盤環境に関する研究協議会，地下水地盤環境に関するシンポジウム 2011—水環境の保全と育水—，2011。

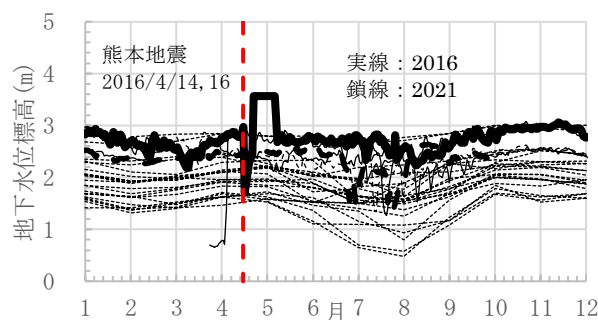


図-2 沖新中島季節変化

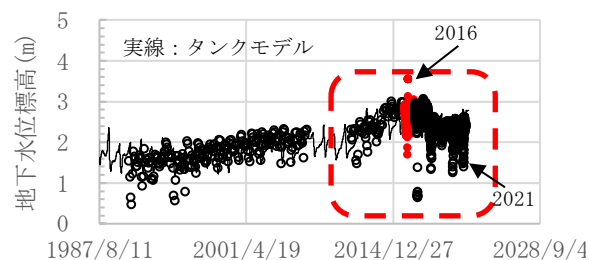


図-3 沖新中島タンクモデルと長期変化

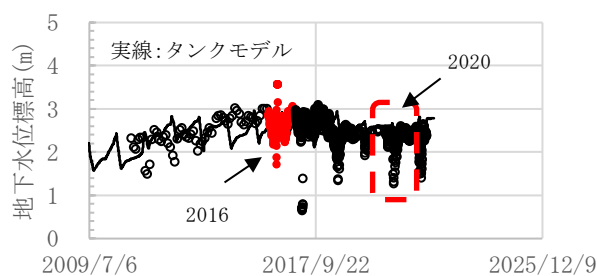


図-4 沖新中島タンクモデルと拡大

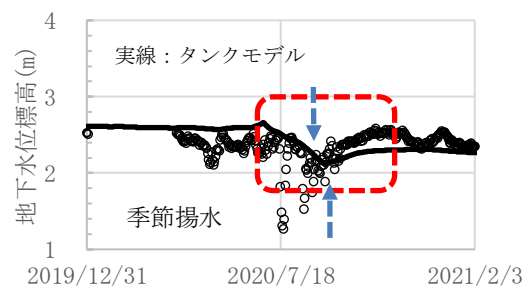


図-5 沖新中島 2020年季節変化