

地下水と影響を与える水収支項目との相関関係評価とそれに伴った地下水位変化予測

中央大学 学生会員 ○宮川 千春
中央大学 正会員 佐藤 尚次

1. はじめに

東京およびその周辺は、戦後大量の地下水揚水によって地盤沈下し、その結果低平地の広域に渡って海拔ゼロメートル地帯など様々な障害が発生した。そのため 1971 年に揚水規制が講じられ、その結果地下水位が上昇することで地表面の地盤沈下は沈静化した。しかし地下水位が上昇し続けることで、既存の地下構造物に対して、設計時には想定していなかった水頭の上昇による浮き上がり・漏水などの新たな被害が発生している。地盤沈下を現段階よりも進行させないために揚水規制は継続されている¹⁾が、揚水規制の内容についても検討する必要がある。

本研究では、地下構造物への普遍的な影響として考えられる地下水において、その変動特性を捉えていく。特に影響を受けやすいと考えられる地下水位条件である地域を選定する。そのために地下水位について、降水量のような変動に影響すると考えられる他の要因との相関関係を示すことで、変動傾向を評価する。また、将来的な地下水位変動予測を回帰分析することで行い、変動要因を変化させることで地下水位変動を抑えることが出来るか検討する。

2. 対象地域

かつて地下水位の低下による地盤沈下が見られ、現在では地盤隆起が確認されていること、また地下構造物の被害が大きいと考えられることから、東京都 23 区を対象とする。

3. 計算手法

3.1 水収支による計算方法

対象領域の水系を、流入量と流出量の差が涵養される地下水量という水収支で捉える。対象領域間の帯水層における流入出を考慮しない場合、一般的な水収支式は式(1)で表される。本研究では式(1)に人工水収支として揚水量の項を加えて検討を行う。

$$R = Qa + V + E + \Delta S \quad (1)$$

R:降水量[m³], Qa:流出量[m³],

V:地下水変動量[m³],

E:蒸発散量[m³], ΔS:貯水量変化[m³]

3.1.1 推定値算出方法

対象期間においては揚水量の実測値が詳細に得られることや、また近年の地下水位変動を検討するために H17 年から H26 年までの値を対象期間として用いる。実測値として観測されていない水収支の項目については、学術的に提案されている算出式を用いることによって推定を行う。

蒸発散量の算出方法については、日照時間と平均気温から推定するソーンスウェイト式²⁾を採用する。有

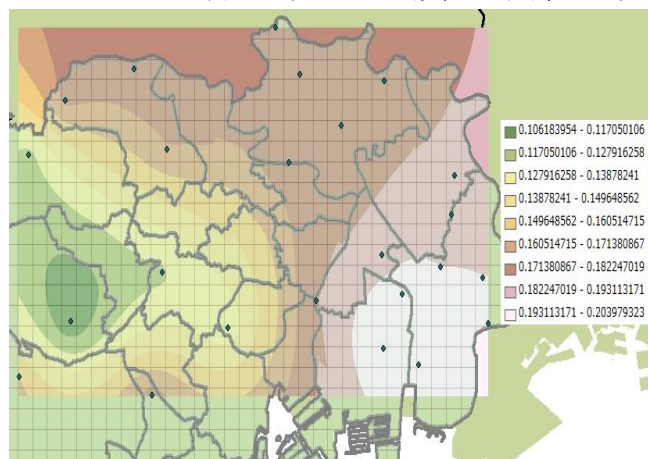


図-1 対象地域における地下水位変動量の
実測値と計算値の差[m] (H26年)

表-1 主な低地部観測地点における年度別地下水位
変動量の実測値に対する計算値の割合

観測地点	17年	18年	19年	20年	21年	22年	23年	24年	25年	26年
南砂町第1	6%	8%	13%	0%	0%	7%	0%	5%	5%	4%
亀戸第1	2%	6%	4%	6%	8%	7%	7%	5%	7%	12%
吾嬬A	3%	4%	9%	0%	-1%	0%	0%	4%	0%	4%
両国第1	9%	5%	2%	12%	6%	21%	3%	4%	0%	1%
新江戸川第1	-4%	20%	7%	-1%	34%	-39%	1%	62%	0%	-23%
小岩	-4%	17%	30%	8%	-1%	16%	3%	-10%	-81%	-10%
江戸川東部第1	4%	10%	48%	23%	4%	12%	-7%	6%	-10%	-115%
小島第1	6%	8%	16%	14%	5%	12%	-26%	8%	20%	23%
篠崎第1	8%	x	5%	6%	23%	14%	-14%	17%	-41%	-1%
小台第1	14%	-1%	3%	5%	-9%	0%	-7%	6%	-1%	32%
高砂	4%	3%	1%	6%	6%	0%	4%	3%	16%	22%
戸田橋第1	-2%	-1%	-1%	5%	2%	-2%	10%	5%	-1%	0%

効雨量(降水量から蒸発散量を引いた値)がマイナスの値となったものは、降水量が全て蒸発・発散したとし、有効雨量をゼロとする。

流出量の算出方法については、気象庁の都市用流出モデルとなる一段タンクモデルを採用し³⁾、表面流出のみを考慮し、有効雨量に流出係数⁴⁾を乗じて算出した。

3.1.2 水収支式による計算値と実測値の比較

図-1 は実測値の地下水位変動量と水収支式から求められた地下水位変動量の差を GIS を用いて示したものである。また計算値の実測値に対する割合を表-1 に示す。この結果から、対象地域においての地下水位変動は、地域内に直接降った雨が浸透することによる影響は小さく、隣接する地域の帯水層から流入する地下水による変動割合が極めて高いことがわかる。

キーワード 地下構造物, 水収支, 被圧地下水

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27

TEL:03-3817-1816

FAX:03-3817-1803

そのため、対象地域の地下水位変動量を捉えるとき、降水量が直接浸透した値を、直接流入出量の指標として捉えるのが妥当だと判断する。

3.2 相関を検討した回帰分析

降水量が対象地域に直接浸透した量を地下浸透量とし、単回帰式を式(2)として、地下浸透量と地下水位変動量との相関を検討した。

$$V = aRp - Y + C \quad (2)$$

V:地下水変動量[m³], Rp:地下浸透量[m³],

Y:揚水量[m³], a,C:回帰係数

また、地下水位の上昇は、ある特定日の降水量に左右されるのではなく、一定の連続期間の総降水量に影響される⁹⁾として、地下浸透量を検討する。本研究では、各月総降水量と、各月地下水位変動量を、1ヶ月～5ヶ月間の期間で移動させ、それぞれ相関係数を求めることで、対象月を検討した。相関係数が最も高くなった対象月を表-2に示す。表-2の移動月に基づいた値を用いて、回帰分析を行った。しかし値は地点ごとにまばらであり、また高い相関係数を得られなかった。

4. 観測地点間の相関性

各観測地点における地下水位の経年変化を図-2に示す。変動の傾向別にグループ分けをするため、各観測地点における他の観測地点との相関係数を求め、平均値を対象地域における相関性として図-3に示す。ほとんどの観測地点は相関係数0.8以上となり、変動の大小はあるが、同じような変動傾向を示した。また図-2からわかるように、地下水は概ね上昇傾向にある。そこで各観測地点の地下水位変動を回帰分析し、実測値から回帰式による変動量を除き、直接浸透する降水量の影響を検討した。降水量と地下水位変動量を図-4に示す。

5. おわりに

水収支式によって、地下水位変動量の計算値と実測値を比較することにより、対象地域における直接浸透する降水量による変動への影響はほとんど見られないことがわかった。しかし降水量と地下水位変動量にある程度相関が見られることも、回帰式の算出結果より考えられる。今後の課題として、観測地点を変動の傾向別にグループ分けをし、観測地点間の距離や地層成分から、地域ごとの特性を捕らえていく。

参考文献・出典

- 1) 東京都環境局：東京都の地盤沈下と地下水の再検証について 平成22年度地下水対策検討委員会のまとめ, 2011
- 2) 藤田光一, 伊藤弘之, 小路剛志, 安間智之：水物質循環モデルを活用した水環境政策評価, 2006
- 3) 気象庁, 流域雨量指数：
<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/bosai/ryuikishisu.html>
- 4) 道路土工要綱, 日本道路協会, 2009
- 5) 木佐貫徹：東京周辺地盤における地下構造物の設計 地下水位設計方法応用例, 2002

表-2 主な観測地点において地下水位の対象月と相関が見られる降水量の移動月数と相関係数

観測地点 (沖積層)	対象月	相関係数	観測地点 (洪積層)	対象月	相関係数
南砂町第1	1ヵ月	0.581	南砂町第2	2ヶ月	0.449
亀戸第1	1ヵ月	0.367	亀戸第2	1ヵ月	0.323
吾嬬A	2ヶ月	0.162	吾嬬B	2ヶ月	0.176
両国第1	2ヶ月	0.556	両国第2	1ヵ月	0.430
新江戸川第1	5ヶ月	0.701	新江戸川第2	1ヵ月	0.584
小岩	1ヵ月	0.702	江戸川東部第2	1ヵ月	0.549
江戸川東部第1	1ヵ月	0.295	小島第2	1ヵ月	0.421
小島第1	4ヵ月	0.215	篠崎第2	1ヵ月	0.568
篠崎第1	1ヵ月	0.520	新足立	1ヵ月	0.297
小台第1	1ヵ月	0.254	伊興	4ヵ月	0.241
高砂	1ヶ月	0.679	神明南第1	1ヵ月	0.499
戸田橋第1	2ヶ月	0.426	神明南第2	4ヵ月	0.175
			小台第2	1ヵ月	0.800
			舎人第2	4ヵ月	0.333
			戸田橋第2	2ヶ月	0.222

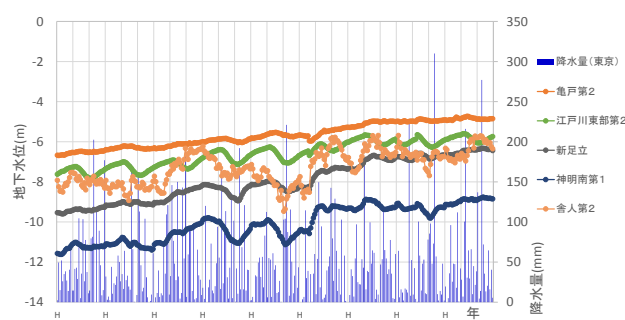


図-2 主な観測地点における地下水位[m]と降水量[mm]の経年変化(H18年～H26年)

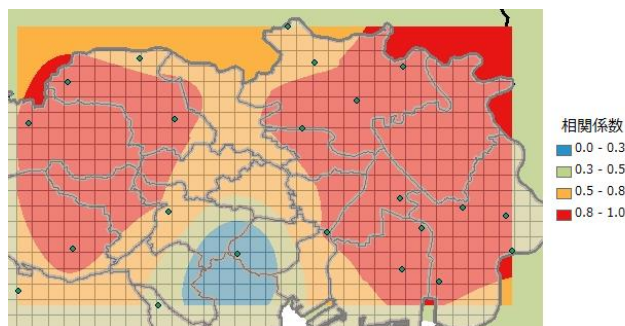


図-3 対象地域の各観測地点における他の観測地点との相関係数

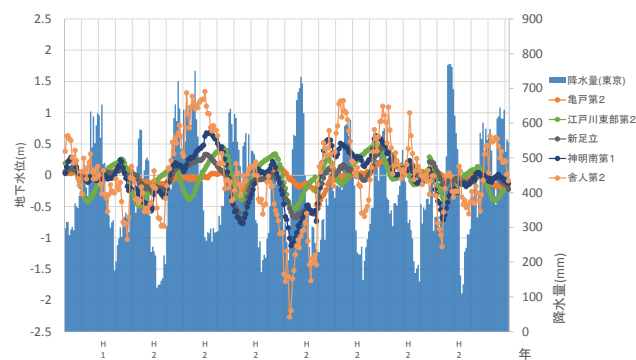


図-4 主な観測地点における、地下水位の上昇(低下)勾配を除いた地下水位変動量[m]と降水量[mm]の経年変化(H18年～H26年)