

東北地方太平洋沖地震直後の東京における不圧・被圧地下水位の変化

首都大学東京 都市環境学部 学生員 ○高橋 泰之
 首都大学東京 都市環境科学研究科 正会員 河村 明
 東京都土木技術支援・人材育成センター 正会員 石原 成幸
 首都大学東京 都市環境科学研究科 正会員 天口 英雄
 首都大学東京 都市環境科学研究科 正会員 中川 直子

1. はじめに

東京地域における地下水に関する調査・研究には、大別すると地下水そのものの調査¹⁾、地盤沈下等との関係を対象にした調査²⁾、地震前兆予知などを前提とした地下水変動を対象とした調査・研究³⁾がある。

東京都土木技術支援・人材育成センター(以下「センター」という)では、東京都内(島嶼・山地を除く)の地下水に起因する地盤沈下の監視・観測を目的として、戦前から地下水位観測を実施しており、都内 42 ヶ所に 104 観測井(不圧地下水 13 井・被圧地下水 91 井)を設置し継続的な観測を行っている。

一方、(独)産業技術総合研究所においては地震予知研究を目的として、地殻活動と地下水変動の関連を把握するために地下水観測を 1976 年以来継続して実施している。これは、地下水総合観測ネットワーク⁴⁾として、東海地方、近畿地方及び紀伊半島から四国周辺に整備され、これを用いて地下水位のほか、温泉の自噴量、水質等の観測が行われている。また、同機関は 2011 年 3 月 11 日 14 時 46 分頃に発生した東北地方太平洋沖地震(以下「東日本大地震」という)に伴う地下水位等の変動に関する報告として、地震に伴う地下水位変化と地震の断層変位による体積歪変化との関係がホームページ上で公表⁵⁾されているが、地下水位変化の分類等は行っていない。特に、東京における東日本大地震に伴う不圧・被圧地下水の水位変動に関する調査・研究は筆者らの知る限りでは承知していない。

そこで本研究では、センターの地下水位観測システムにより観測された東日本大地震を含む 1 箇月間(2011 年 3 月)の 1 時間単位のデータを用い、複雑な時系列解析手法やパターン解析手法を用いるのではなく、不圧・被圧地下水位の変動パターンを抽出し、これらを分類した。さらに、分類された各変動パターンの特性要因に関して考察を行った。

2. 地下水位観測の概要

表-1 に、東京都内における地下水位観測局の諸元(局番、所在地、井戸深度、ストレーナ深度、地盤高)を示す。表中の観測井 No. に○が附されているものは、不圧地下水位を観測しているものであり、※は 2 重管式である。また、その地下水位観測局の分布図を地形概要とともに図-1 に示す。現在 42 観測局の中で、不圧地下水位観測井が 13 井、被圧地下水位観測井が 91 井の合計 104 井で地下水位の観測が行われている。

3. 東日本大地震前後の地下水位変動

東日本大地震は 2011 年 3 月 11 日 14 時 46 分頃、三陸沖を震源とするモーメントマグニチュード(以下「マグニチュード」という)9.0 の地震であり、東京地方においても最大深度 5 強を記録した。加えて、同 15 時 6 分頃マグニチュード 7.0 の余震など数多くの地震が観測された。

表-1 観測局一覧

局番	局名	所在地	観測局No.	井戸深度(m)	ストレーナ深度(m)	地盤高 T.P.(m)
1	南砂町	江東区南砂町	1.2	70 130	85-70 125-130	-2
2	亀戸	江東区亀戸	1.2	61 144	56-61 139-144	-2
3	吾妻	墨田区立花	1.2	47 115	42-47 108-115	-1
4	両国	墨田区両国	1※.2	38 128	35-37 76-97	2
5	新江戸川	江戸川区松島	①.2.3※	10 151	2-10 129-150	-2
6	小岩	江戸川区上一色	1	58	47-55	3
7	江戸川東部	江戸川区江戸川	1.2.3※	70 161	62-67 150-160	1
8	小島	江戸川区西葛飾	1.2.3.4※	40 80	150 70-77	0
9	篠崎	江戸川区上篠崎	1.2※.3※	66 295	55-60 250-260	2
10	新足立	足立区中央本町	1	270	224-224	0
11	伊興	足立区伊興	1	120	87-115	3
12	神明南	足立区神明南	1.2.3※	110 180	99-104 170-177	1
13	小台	足立区小台	1.2.3※	60 170	40-45 148-160	2
14	舎人	足立区舎人	2※.3※.④	200 16	172-184 2-6	3
15	高砂	葛飾区高砂	1	124	118-123	1
16	戸田橋	板橋区戸丹	1※.2※.3	290 113	258-268 103-113	3
17	板橋	足立区富士見	1	270	188-199	29
18	上赤塚	足立区赤塚	1.2.3※	160 260	111-122 151-177	27
19	練馬	練馬区谷原	1.2	100 200	87-97 185-195	42
20	新宿	新宿区百人町	1	130	114-125	33
21	杉並	杉並区大宮	1※.②	180 10	115-143 4-8	37
22	世田谷	世田谷区柏谷	1	130	87-109	41
23	目黒	目黒区青葉台	1.②	158 18	125-147 9-13	17
24	千代田	千代田区紀尾井町	1.2	33 113	19-29 92-109	15
25	東久留米	東久留米市神宝町	1.2.3※.④	92 176	441 151-169	40
26	調布	調布市調布ヶ丘	1.2.3.4※	28 101	20-25 43-53	34
27	清瀬	清瀬市中清戸	1.2※.3※.④	94 207	441 5	44
28	東大和	東大和市奈良橋	1.2.3※.④	26 108	75-81 90-102	97
29	立川	立川市富士見町	1.2※.③	56 280	171 238-255	75
30	小金井	小金井市桜町	1.2※.3※	95 182	296 140-151	71
31	小金井南	小金井市東町	1.2※.③	130 210	114-125 167-189	47
32	武蔵村山	武蔵村山市三ツ藤	1.2.3※	103 189	280 94-100	125
33	府中	府中市武蔵台	1.2.3※	34 174	28 142-153	69
34	東村山	東村山市久米川町	1.2※.3※	44 201	57-42 170-181	63
35	八王子	八王子市大和田町	1.2※.③	105 220	108-100 148-175	109
36	瑞穂	瑞穂町箱ヶ崎	1.2※	94 180	76-93 142-189	142
37	新多摩	多摩市関戸	②	10	5-10	50
38	稲城	稲城市東長沼	1※	220	189-211	37
39	町田	町田市野津田町	1.2※	100 190	72-84 147-169	62
40	町田南	町田市高ヶ坂	1.2※	60 225	42-53 176-203	53
41	三鷹	三鷹市牟礼	1.2※.③	118 260	97-113 178-233	56
42	昭島	昭島市美堀町	1.2※.③	110 236	92-103 187-210	119

キーワード 東北地方太平洋沖地震、地下水位変動、東京、地盤沈下

連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 首都大学東京 E-mail : takahashi-yasuyuki@ed.tmu.ac.jp

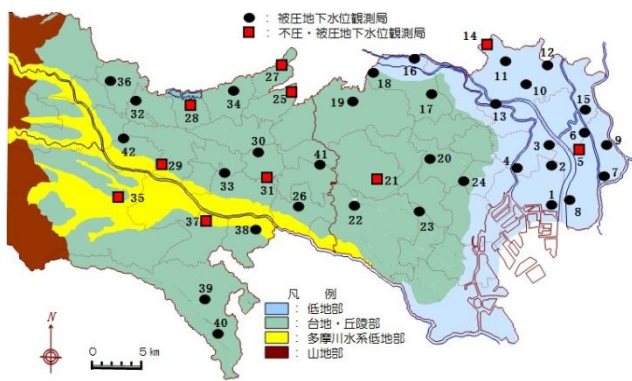


図-1 地下水位観測局

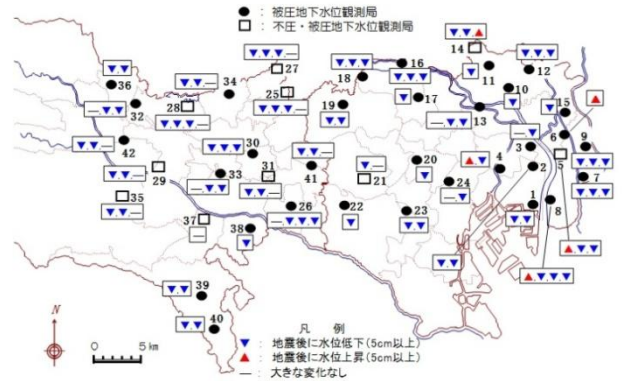


図-2 地震後の地下水位変動状況図

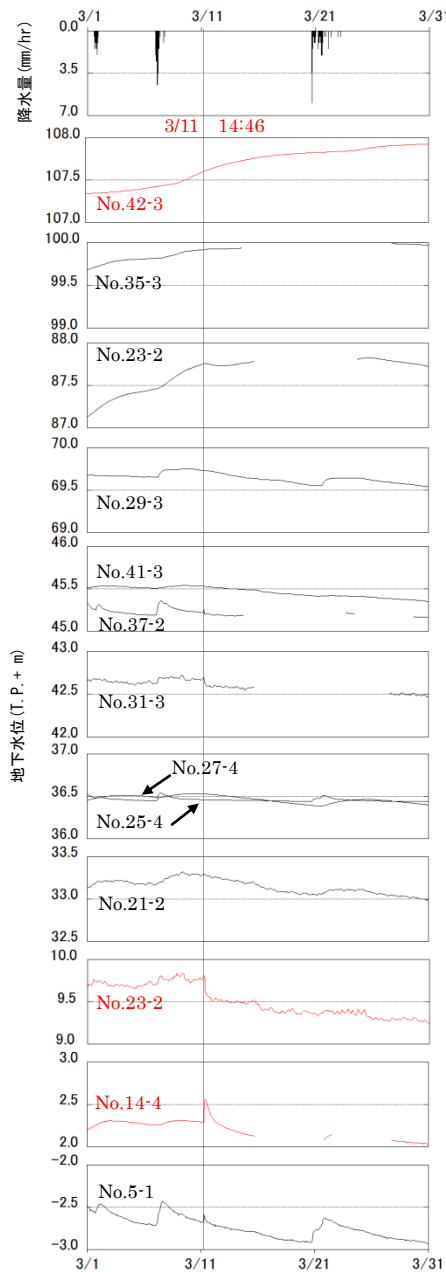


図-3 不圧地下水位変動状況図

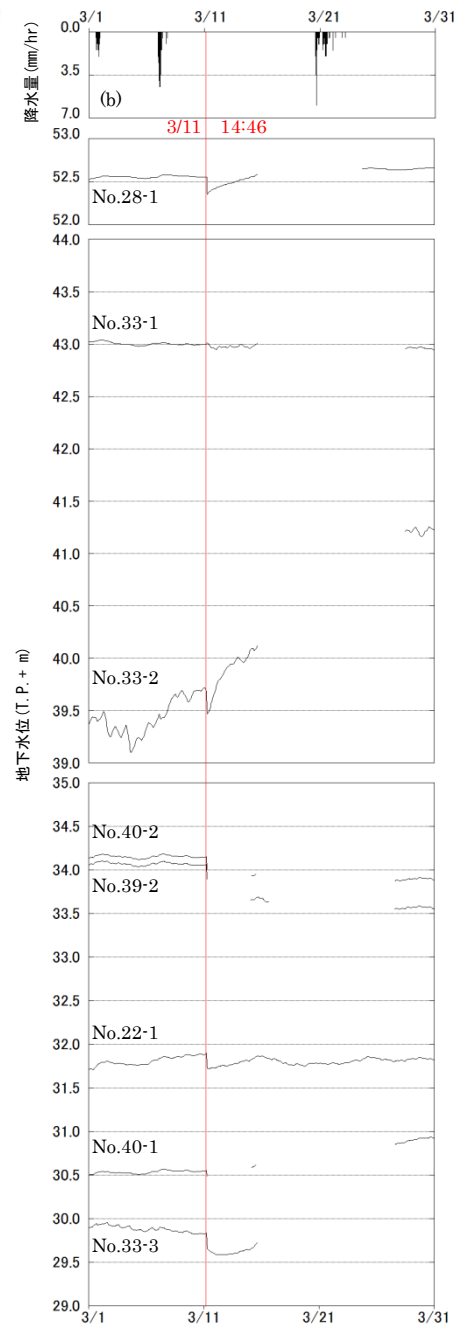
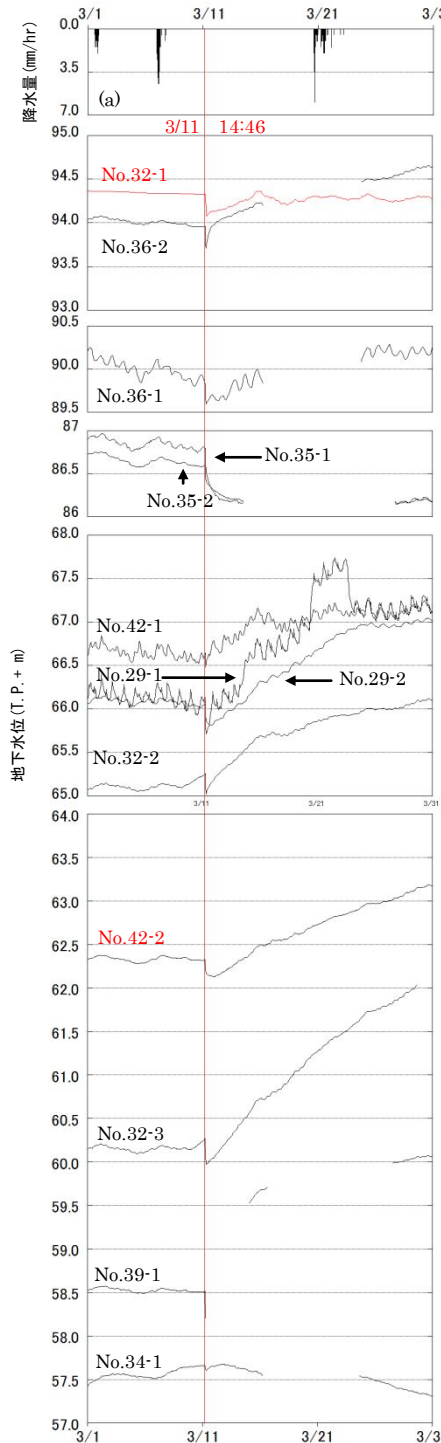


図-4 被圧地下水位変動状況図(高地下水地域)

図-2は、東日本大地震により生じた各観測局の地下水位変動の傾向を示している。この図の地下水位の変動傾向は、3月11日14時と16時の地下水位を比較し、閾値として5cm以上の水位上昇・低下をしたものを「変動あり」としてそれぞれ赤▲、青▼とし、5cm未満を「変動なし」として記号「-」で大別したものである。また、観測局に複数の記号があるのは、表-1に対応しているからである。局番39-1~2、局番40-1~2の観測井に関しては、16時以降の観測値が停電による欠測のため、14時と15時の地下水位の比較とした。

図-3は不圧地下水位の全13観測井における2011年3月の一時間単位の地下水位変動に東京大手町における気象庁東京管区気象台の時間降水量を加えたものであり、図中のグラフにおいて線が途切れている箇所は、停電又は計画停電により欠測となったものである。また、被圧地下水位の全89観測井のうち、東京湾海面T.P.+29m以上の地下水位に関する変動(21井)を図-4に、それ以下の地下水位に関する変動(68井)を図-5に示す。

4. 考察

(1) 不圧地下水位の変動要因

図-3より、No.42-3のように地震後大きな変動が見られないものをパターンU-Nとし、No.23-2のように地震に伴い水位が低下し、その後も低下傾向が続くものをパターンU-D、No.14-4のように地震に伴い水位上昇した後、

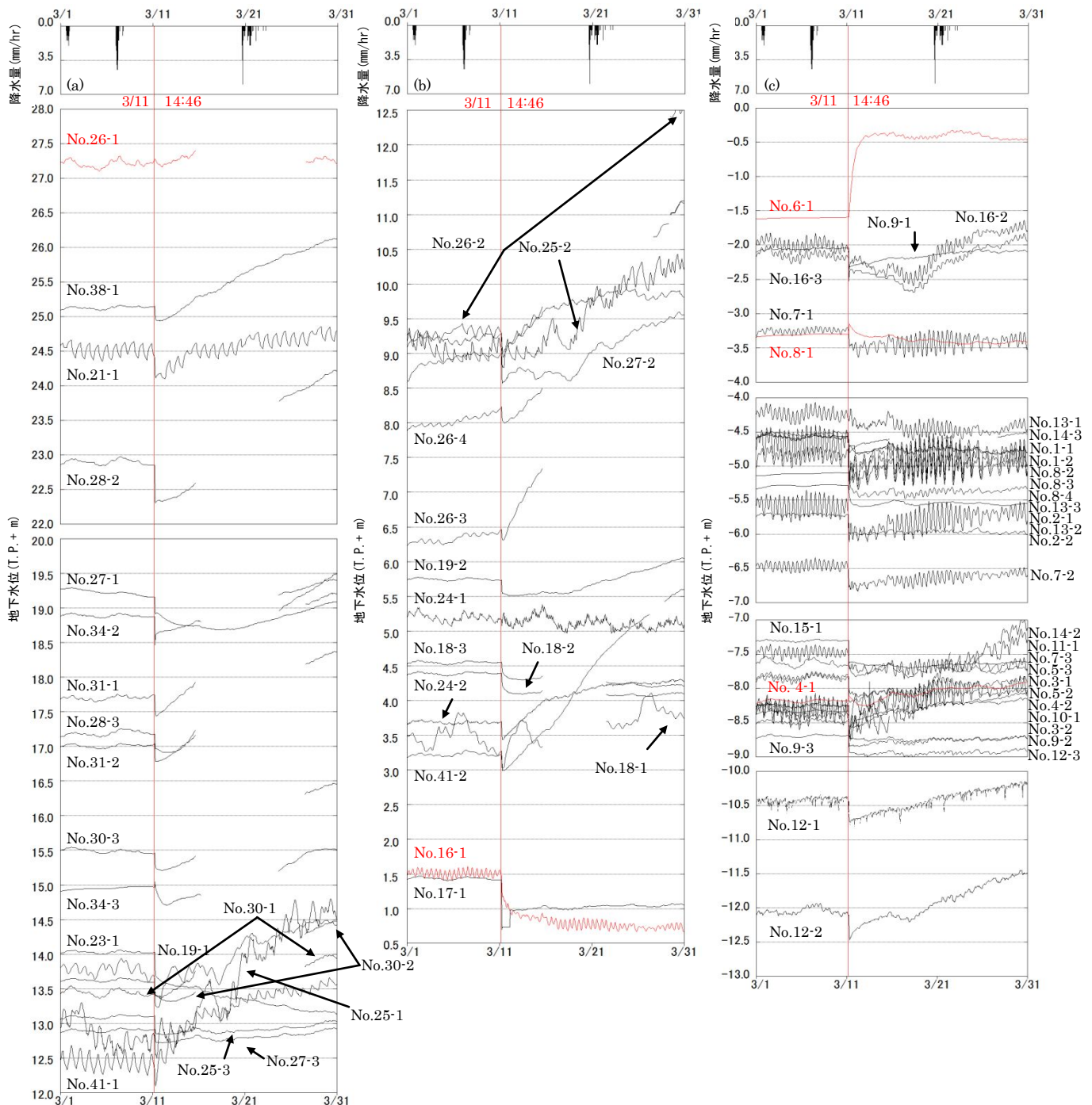


図-5 被圧地下水位変動状況図(低地下水地域)

地震前の水位にまで低下するものをパターン U-I とする。不圧地下水は、この 3 種類に大別され、それらの特徴と分類された観測井数を表-2 に示す。

パターン U-I は、地震動の揺れによって砂層中における過剰間隙水圧が高まったため、有効応力の減少を招き地盤の不安定化とともに、水位が短期的な上昇をしたものと考えられる。パターン U-D の 2 井は台地部にあり、地震に伴う地殻の膨張による圧力低下が要因に考えられる。パターン U-N は全て台地部に位置していることから、台地部の多くの地下水はその影響をほとんど受けなかったものとする。

(2) 被圧地下水位の変動要因

図-4、図-5 より、地震に伴う水位低下が見られたものをパターン C-D、逆に水位上昇が見られたものをパターン C-I と大別する。パターン C-D については、No.32-1(図-4(a))のように、地震に伴う水位低下後に水位が復元するものをパターン C-DR とし、No.42-2(図-4(a))のように水位低下後に反転上昇するものをパターン C-DI、水位低下が続く No.16-1(図-5(b))をパターン C-DC に細分する。また、パターン C-I については、No.8-1(図-5(c))のように水位上昇後に地震前の水位まで戻ったものをパターン C-ID、上昇から低下に転じた後、再び上昇した No.4-1(図-5(c))などをパターン C-II とし、No.6-1(図-5(c))のように上昇した水位を維持したものをパターン C-IC とした。また No.26-1(図-5(a))のように大きな変動が見られなかったものをパターン C-N とした。被圧地下水はこれら 7 つに分類でき、それらの特徴と観測井数等をまとめたものを表-3 に示す。

パターン C-D に大別されたものは、主に東日本大地震により生じた地殻の膨張に起因する圧力低下によるものと考えられ、水位低下後の変動に関しては水みちの変化や地盤沈下に伴う水位上昇などが考えられる。一方、パターン C-I に大別された水位上昇の要因は、地層中の過剰間隙水圧の上昇により、地中で水位が上昇したと考えられる。

5. むすび

本研究は、東京都 42 観測局の不圧観測 13 井、被圧観測 89 井の 2011 年 3 月 1 箇月間における 1 時間地下水位データを用い、その時系列特性を基に 3 月 11 日に発生した東日本大地震に伴う東京における不圧・被圧地下水位の変動パターン特性を抽出・分類するとともに、その変動パターンに考察を加えた。その結果、不圧地下水位の変動パターンとして 3 パターン、被圧地下水位のそれは 7 パターンに大別できた。不圧地下水位の変動パターンは、大きな変動なしのパターンが多く、被圧地下水位では水位低下後に反転上昇のパターンが最も多いことを示した。

次に、東日本大地震に伴う地下水位変動の大きな要因としては、1)不圧地下水位の上昇に関しては地層中の過剰間隙水圧が高まったためと考えられる、2)被圧地下水位の水位低下に関しては近くの膨張により圧力が低下したことに関与していると考えられる。今回使用したデータが非常に稀な観測記録であったことから比比較・検討が難しいため、今後関連するデータの収集・解析を努めるとともに、その要因に関しても精査していきたい。

参考文献

- 1) 國分邦紀, 土屋十朗: 東京の地下水と水循環について, 水文・水資源学会誌, 第 16 巻 3 号, pp.289-300, 2003.
- 2) 東京都環境局: 東京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.
- 3) 東京都防災会議: 地震時における地下水変動に関する研究, 地震部会調査研究報告書, 1979.
- 4) 高橋誠: 地震予知のための地下水テレメータ観測システム, 地学雑誌, Vol.102, No.3, pp.241-251, 1993.
- 5) 産業技術総合研究所 地質調査総合センター: 2011 東北地方太平洋沖地震に伴う東海～四国周辺における地下水・地盤歪変化, 第 300 回 地震防災対策強化地域判定会資料, 2011.
- 6) 神奈川県温泉地学研究所: 東北地方太平洋沖地震(2011 年 3 月 11 日 M9.0)の箱根温泉への影響について, 神奈川県温泉地学研究所 HP, 2011.
- 7) 産業技術総合研究所: 2011 年東北地方太平洋沖地震(M9.0)に伴う東海～四国周辺における地下水・地盤歪変化, 地質調査総合センター 活断層・地震研究センターHP, 2011.

表 - 2 不圧地下水位の変動パターン

パターン	特徴	代表井No.	井戸数
1 U-D	水位低下しそのまま継続	23-2	2
2 U-I	水位上昇後、元の水位に低下	14-4	3
3 U-N	大きな変動なし	42-3	8

表 - 3 被圧地下水位の変動パターン

パターン	特徴	代表井No.	井戸数
1 C-DI	水位低下後に反転上昇	42-2	46
2 C-DC	水位低下し、そのまま継続	16-1	21
3 C-DR	水位低下後、元の水位へ復元	32-1	14
4 C-II	水位上昇・低下後に反転上昇	4-1	2
5 C-IC	水位上昇し、そのまま継続	6-1	1
6 C-ID	水位上昇後、元の水位へ復元	8-1	2
7 C-N	大きな変動なし	26-1	3