

2016/03～2018/02 (23ヶ月)

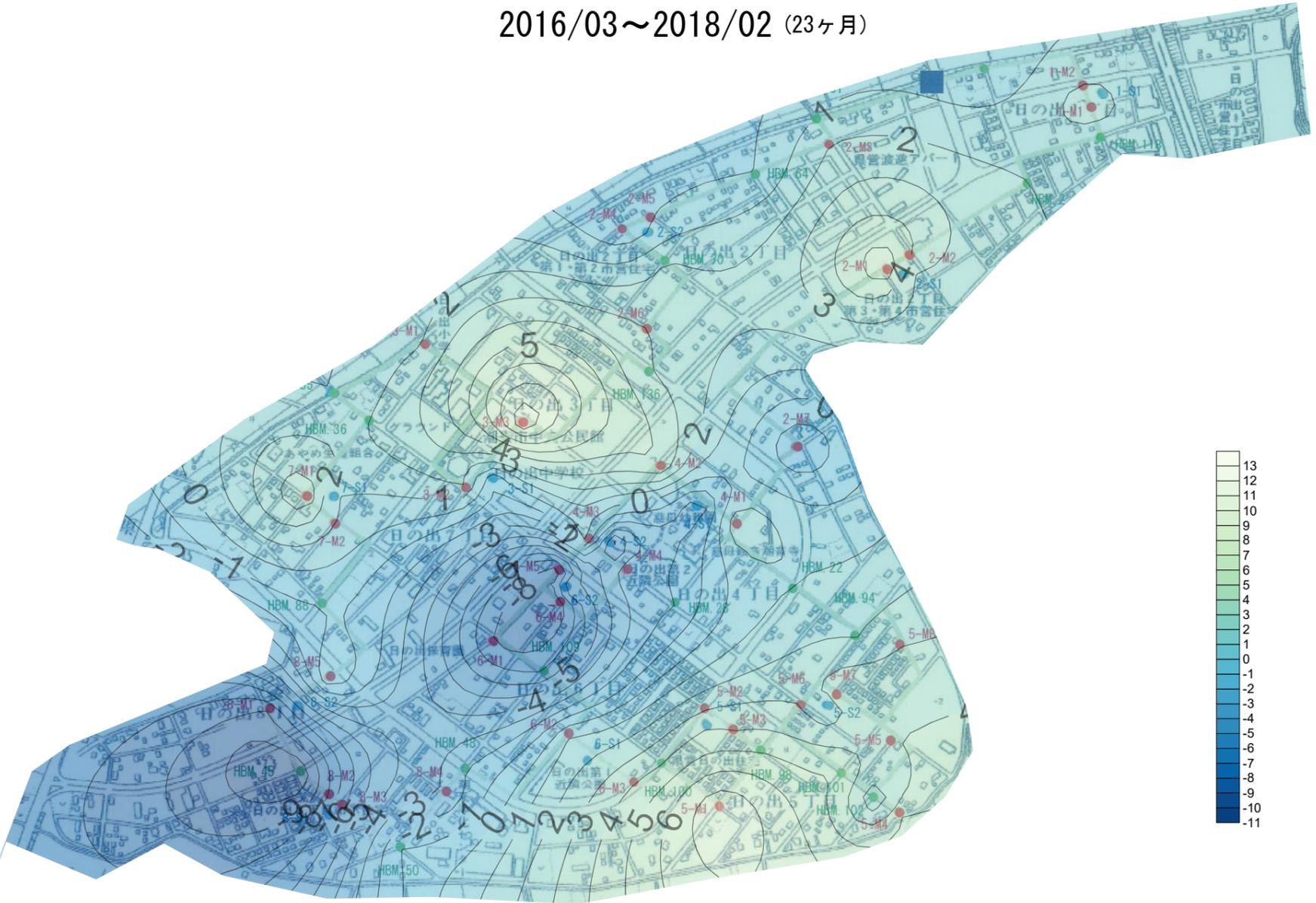


図1.5.1-7 水準測量結果(5)

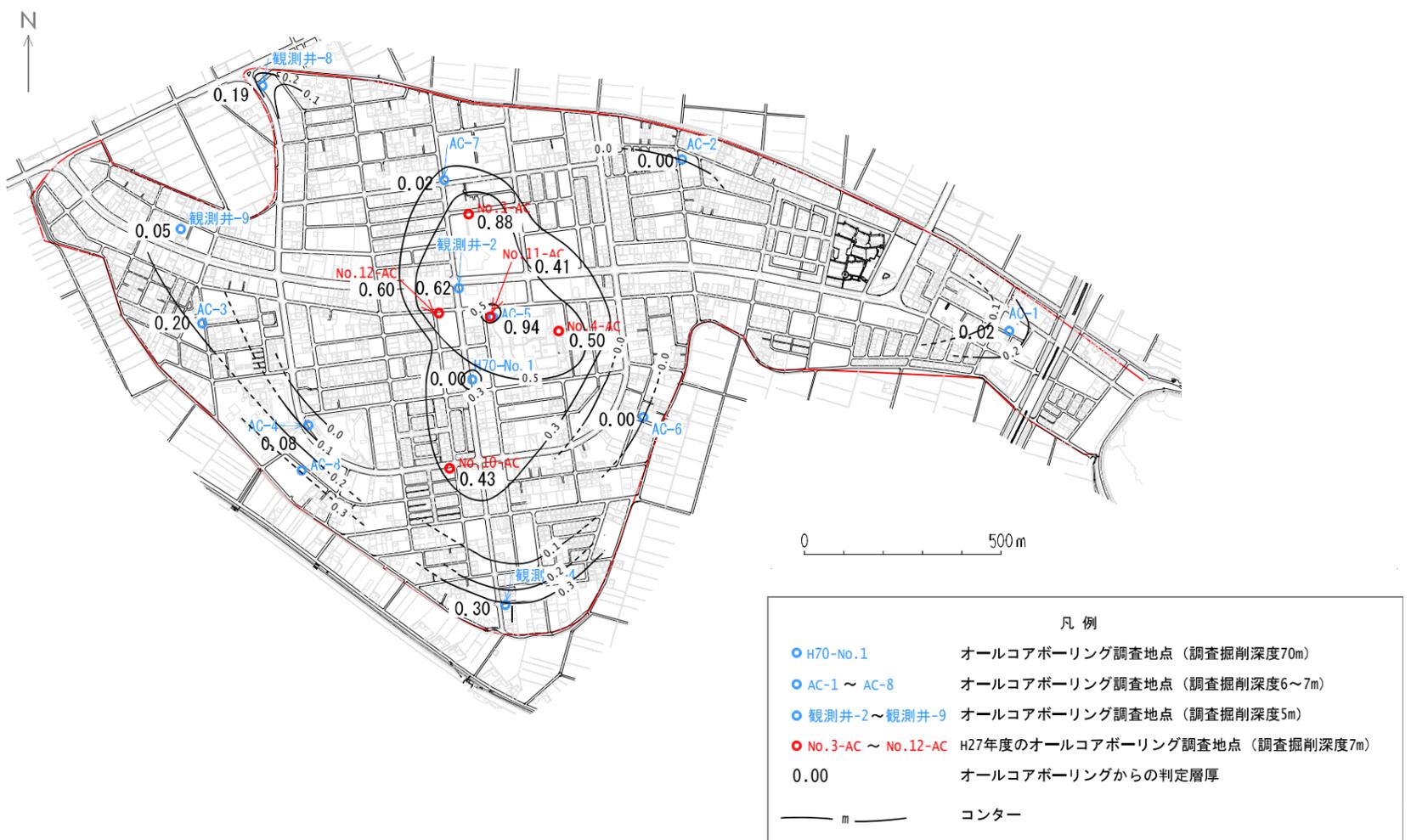


図1.5.1-8 埋立泥層の等層厚線図  
(下流物性的堆積層(DML))  
(数字は[m])

図 1.5.1-9、10 に経時的な縦断測量結果を整理した。

縦断測量においても、平成 28 年 3 月を基準として経時的に沈下が明確に進行している箇所は認められない。ただし、平成 29 年 2 月と平成 30 年 2 月の測定値を比較した場合、沈下傾向が認められる。5mm を閾値としたとき、R2+900 以降、R3+0～200、R3+600 以降、R5+0～40、これらの区間がそれに相当する。これは、水準測量の結果と概ね整合する。

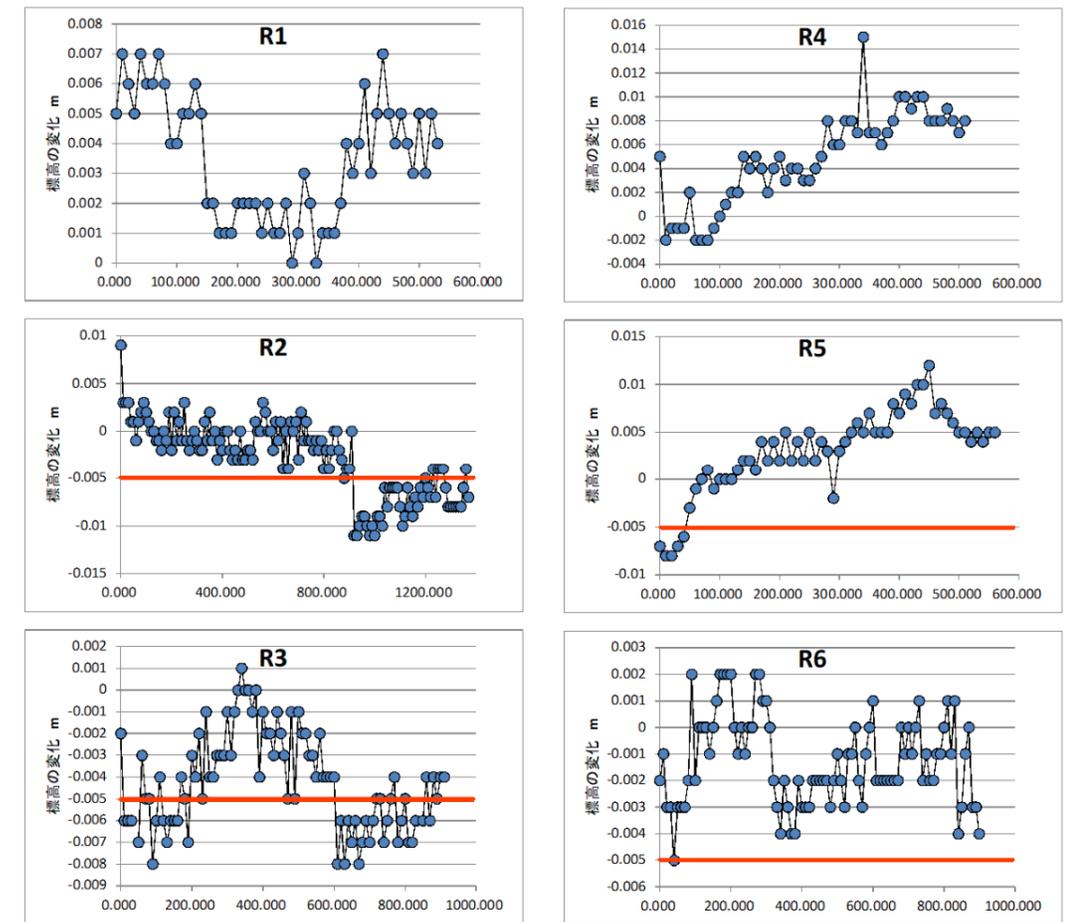


図 1.5.1.11 H29.2 と H30.2 の標高差（-が沈下）

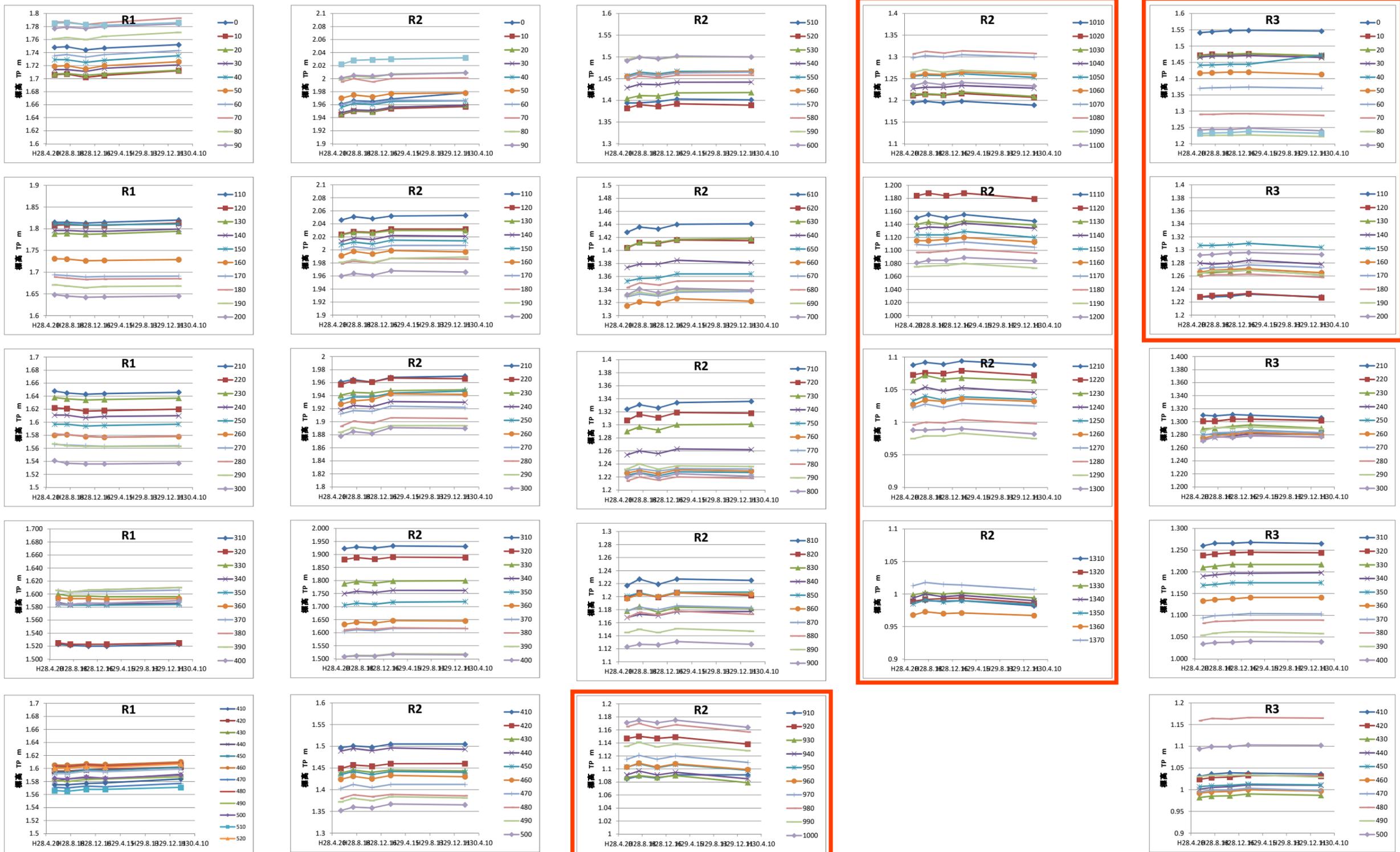


図1.5.1-9 縦断測量結果(1)

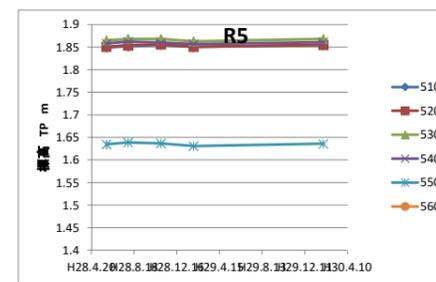
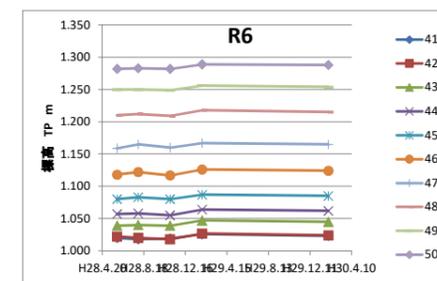
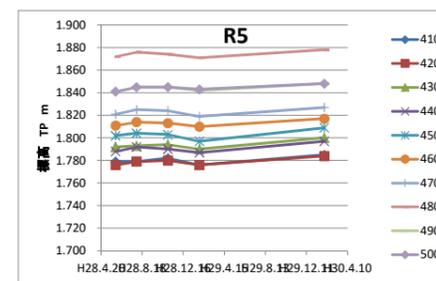
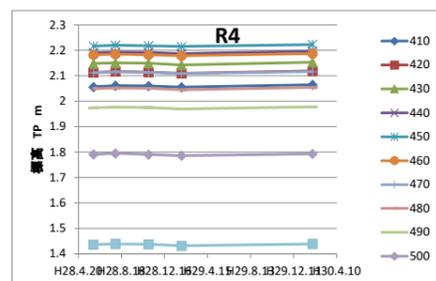
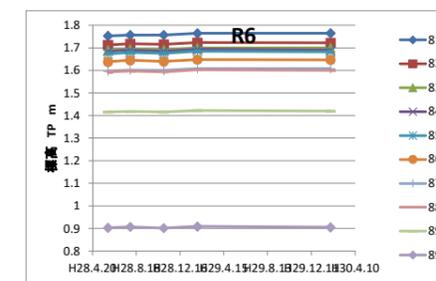
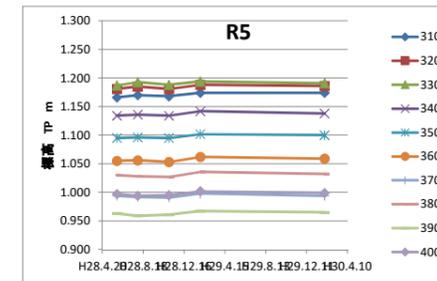
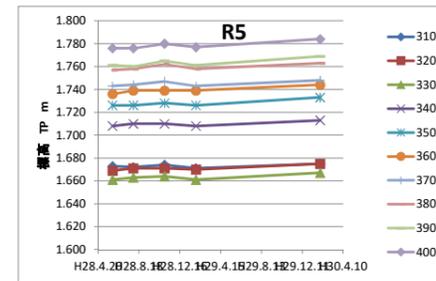
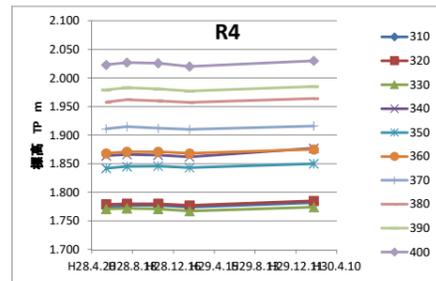
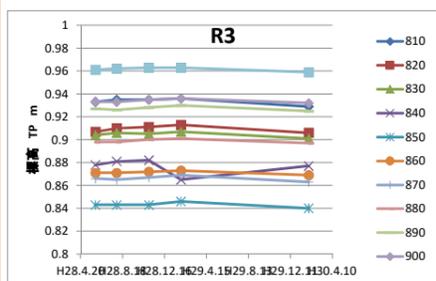
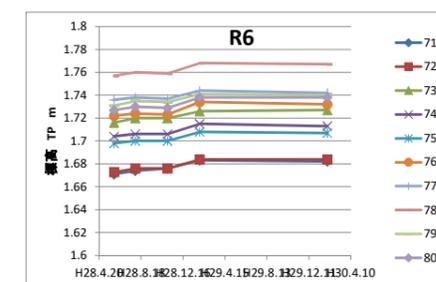
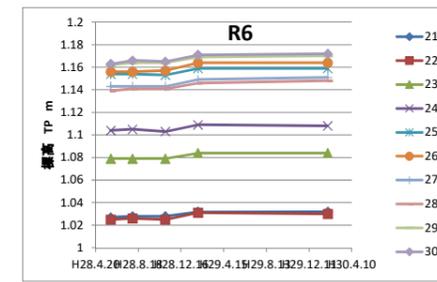
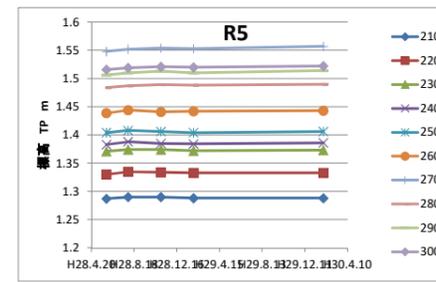
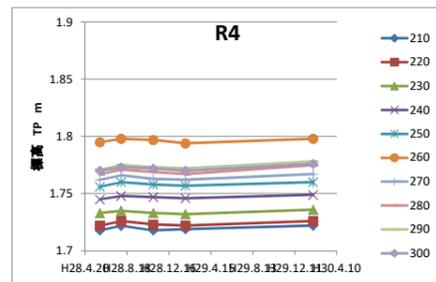
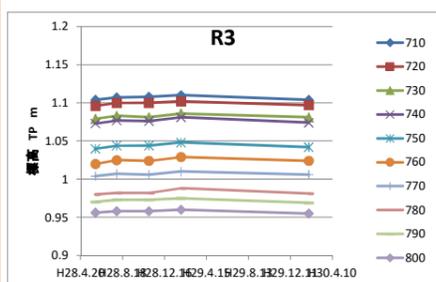
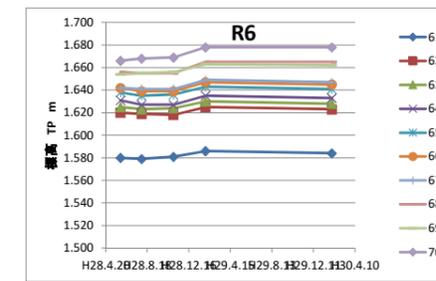
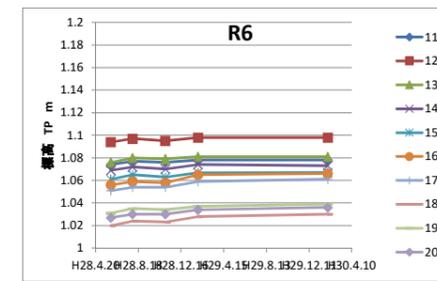
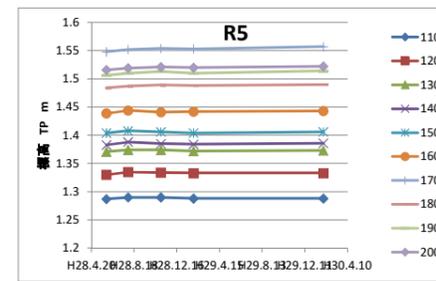
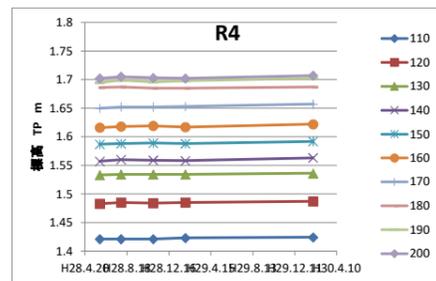
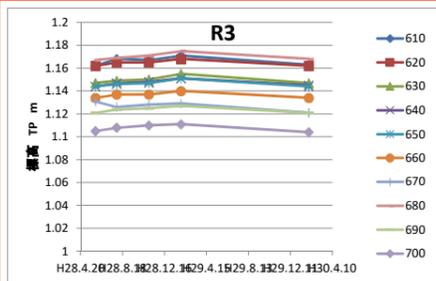
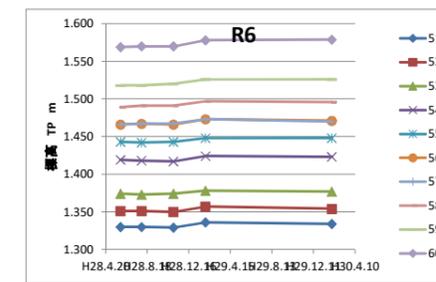
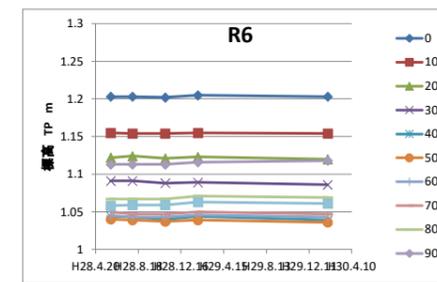
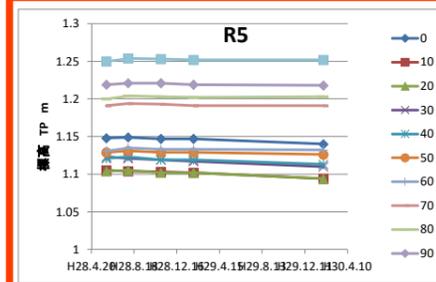
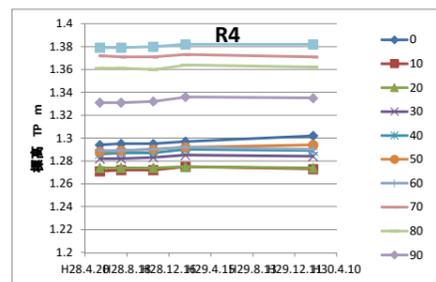
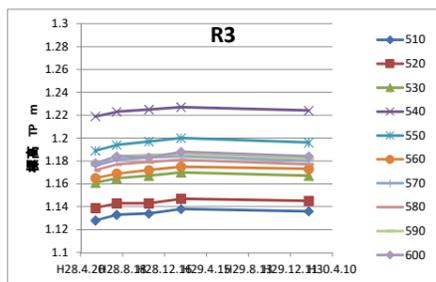


図1.5.1-10 縦断測量結果(2)

## 2. 対策効果の検証

### 2.1 地下水位低下と地表面沈下

観測孔毎に水位低下と地表面沈下の関係を整理した(図 2.1-1)。

No.1、No.7、No.9 は地表面沈下が 1mm 程度以下と小さい。これらの観測点は日の出泥層が分布しない北側にあることから、地表面沈下は日の出泥層の分布に左右されると考えられる。

上記 3 孔以外は、水位と地表面沈下量の関係は、ある任意点までは水位低下と地表面沈下が比例関係を示すが、それ以降は水位の変化が認められず、地表面沈下のみが増加する傾向を示す(図 2.1-2)。今後は、地表面沈下の収束状況を確認していくものとする。

表 2.1-1 地下水位と地表面沈下(測定値は 2018/2/14)

観測孔	地下水位 GL-m	地表面沈下 mm	効果
No.1	3.03	0.1	目標地下水位を確保 地表面沈下は1mm以下
No.2	3.32	3.1	目標地下水位を確保 地表面沈下は5mm以下
No.3	2.96	2.4	目標地下水位より低い 地表面沈下は5mm以下
No.4	3.38	6.9	目標地下水位を確保 地表面沈下は10mm以下
No.5	3.40	3.9	目標地下水位を確保 地表面沈下は5mm以下
No.6	2.92	8.1	目標地下水位を確保した期間あり 地表面沈下は10mm以下
No.7	2.97	1.2	目標地下水位を確保した期間あり 地表面沈下は10mm以下
No.8	3.02	8.2	目標地下水位を確保 地表面沈下は10mm以下
No.9	3.43	1.1	目標地下水位を確保 地表面沈下は1mm程度
No.10	2.79	4.8	目標地下水位を確保した期間あり 地表面沈下は5mm以下
No.11	2.93	11.4	目標地下水位より低い 地表面沈下は10mm以上
No.12	3.38	20.3	目標地下水位を確保 地表面沈下は10mm以上
No.13	3.41	6.5	目標地下水位を確保 地表面沈下は10mm以下

注：観測孔が赤字は人自不整合を貫かない深度 3m の観測孔

図 2.1-3、-4 に地下水位コンターの変化を示す。現在は、三角池付近で最も深く、概ね同心円状に等高線が描かれている。図 2.1-5 に人自不整合等高線を示すが、この等高線と水位コンターの低い部分は概ね整合する。

図 2.1-6、-7 に被圧地下水(佐原砂泥互層中の地下水位)コンターの変化を示す。現在は、No.11(ひょうたん池脇)で 1m 程度の水位低下が認められる。

No.1、No.6、No.7、No.8、No.10 は人自不整合面を貫かない条件で水位観測孔を設置したので観測孔の孔底深度が 3.0m である。これらの観測孔では、平成 29 年 10 月の大雨で地下水位が急上昇した測定値は認められるが、この大雨以前は一定の値を示す。この一定の水位は、観測孔孔底のたまり水に反応した結果と想定される。実際の地下水位は観測孔の孔底より深い位置にあると考えられる。このように、No.1、No.6、No.7、No.8、No.10 は目標水位深度の 3m より地下水位が低下していると考えられる。

No.2、No.4、No.5、No.9、No.12、No.13 は目標水位深度の 3m より低い地下水位を観測していることから、目標を達成している。

No.3(日の出中学校グラウンド)と No.11(ひょうたん池脇)はこれまで目標水位深度の 3m まで地下水位が低下した観測結果は得られていない。

No.3 は中学校のグラウンド内に位置している。当該地ではみずみち管と観測孔の距離が離れており、みずみち管による地下水の排水効果が出にくいと想定されるが、地区全体の地下水位が低下すれば目標水位を達成すると想定される。

No.11 は孔口標高が最も低いため、全体に地下水位が低下しないと目標水位深度 3.0m に達しないと想定される。

水位観測孔とみずみち管の断面方向の関係を図 2.1-8～2.1-12 に示す。地下水位の形状は、宅地部においてもほぼみずみち管の位置の位置にある。したがって、水位観測孔の深度が 3m の箇所についても地下水位はみずみち管の深度にあり、地下水位の深度は 3m 以下にあると想定される。

以上より、当該地の地下水位低下はほぼ達成されたものと判断される。

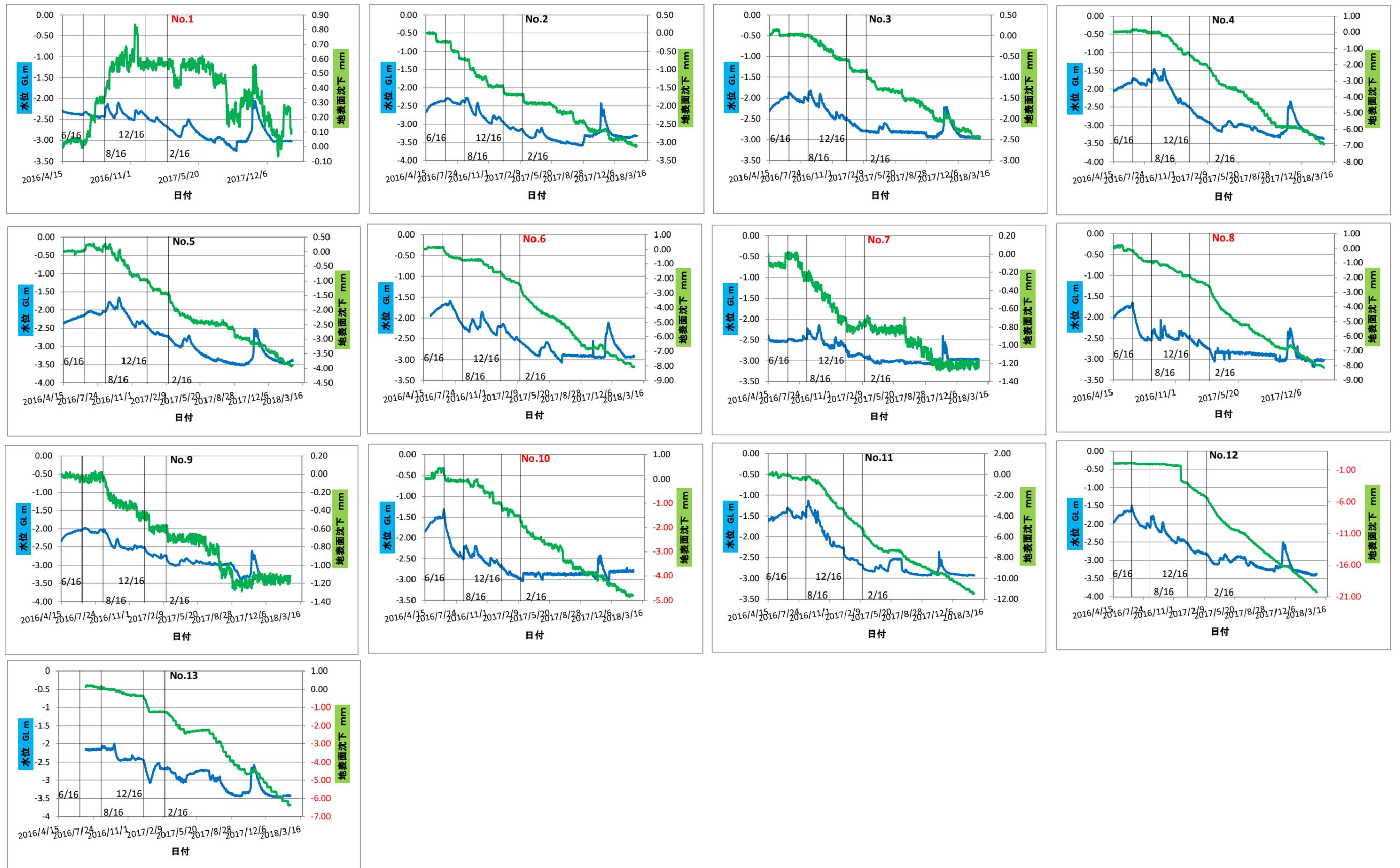


図2.1-1 水位と沈下の経時変化

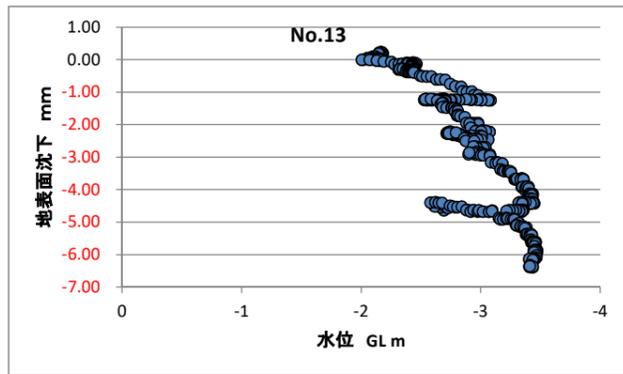
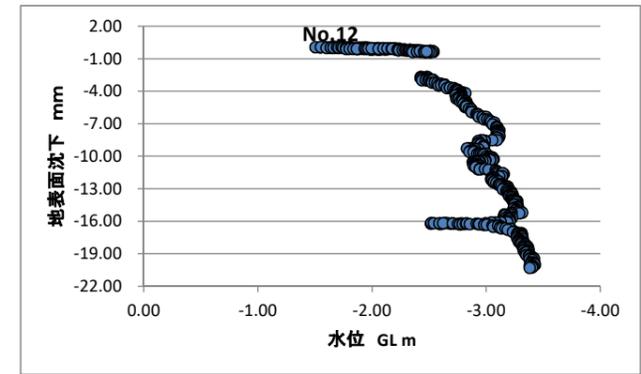
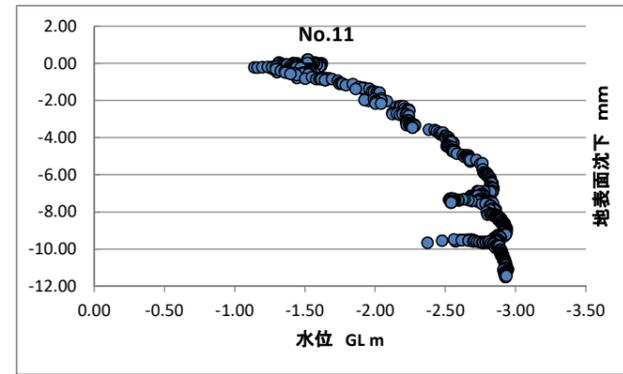
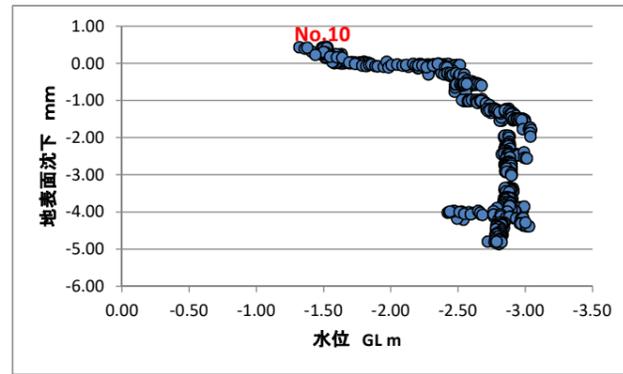
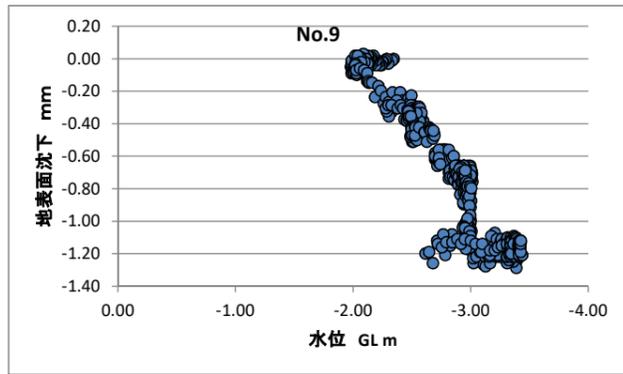
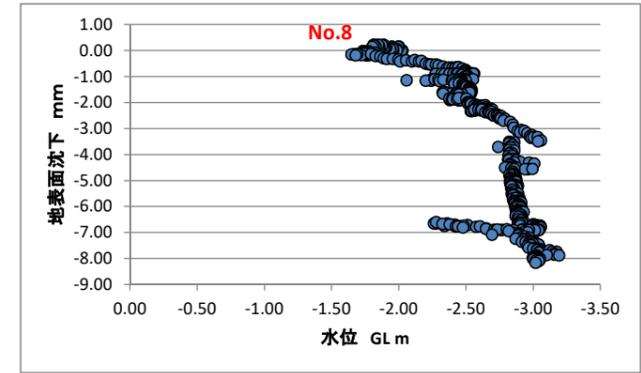
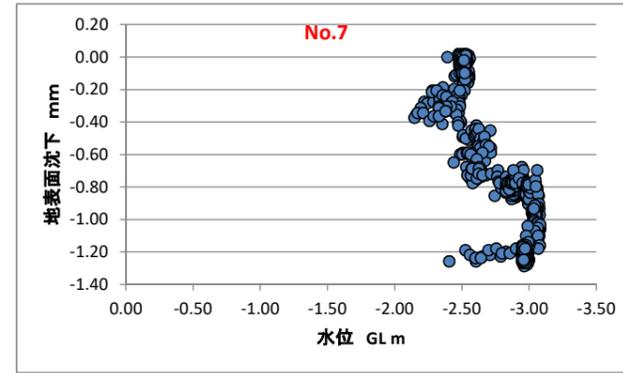
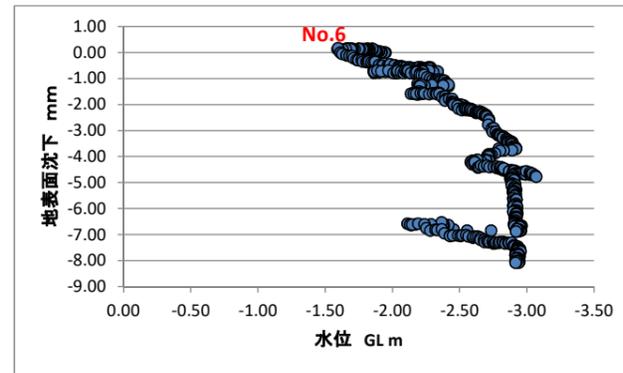
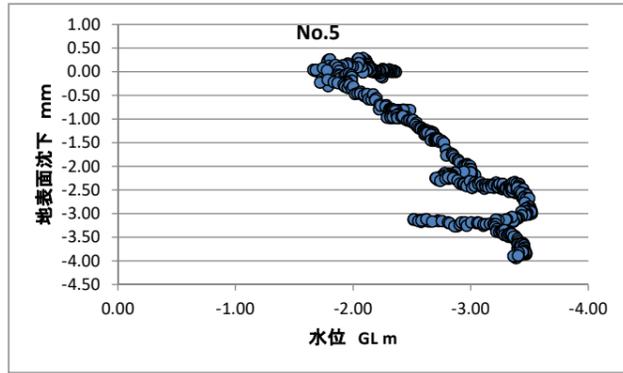
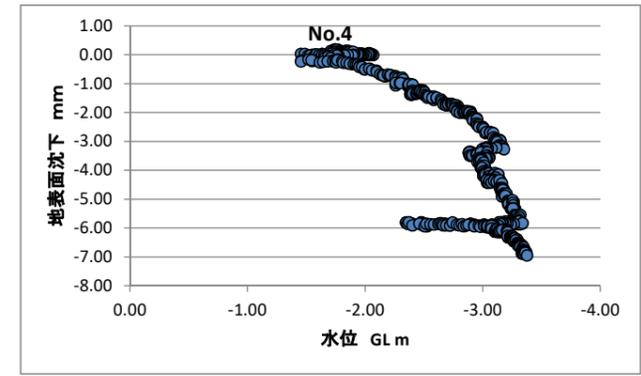
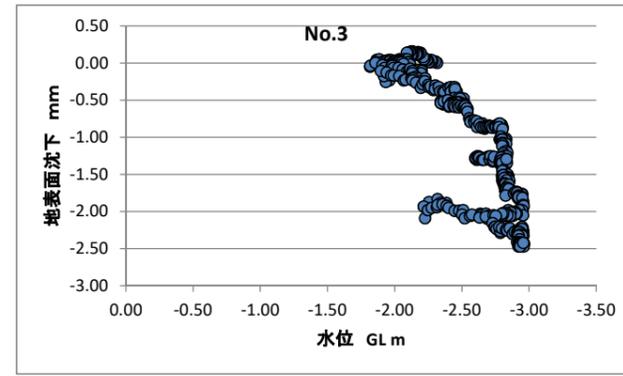
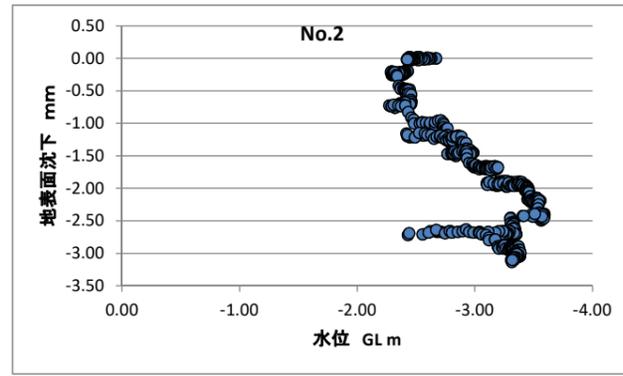
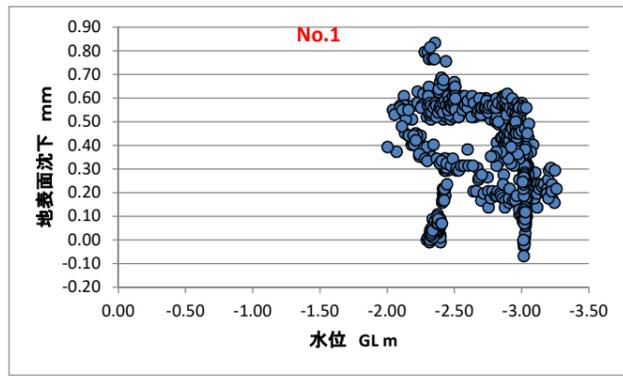
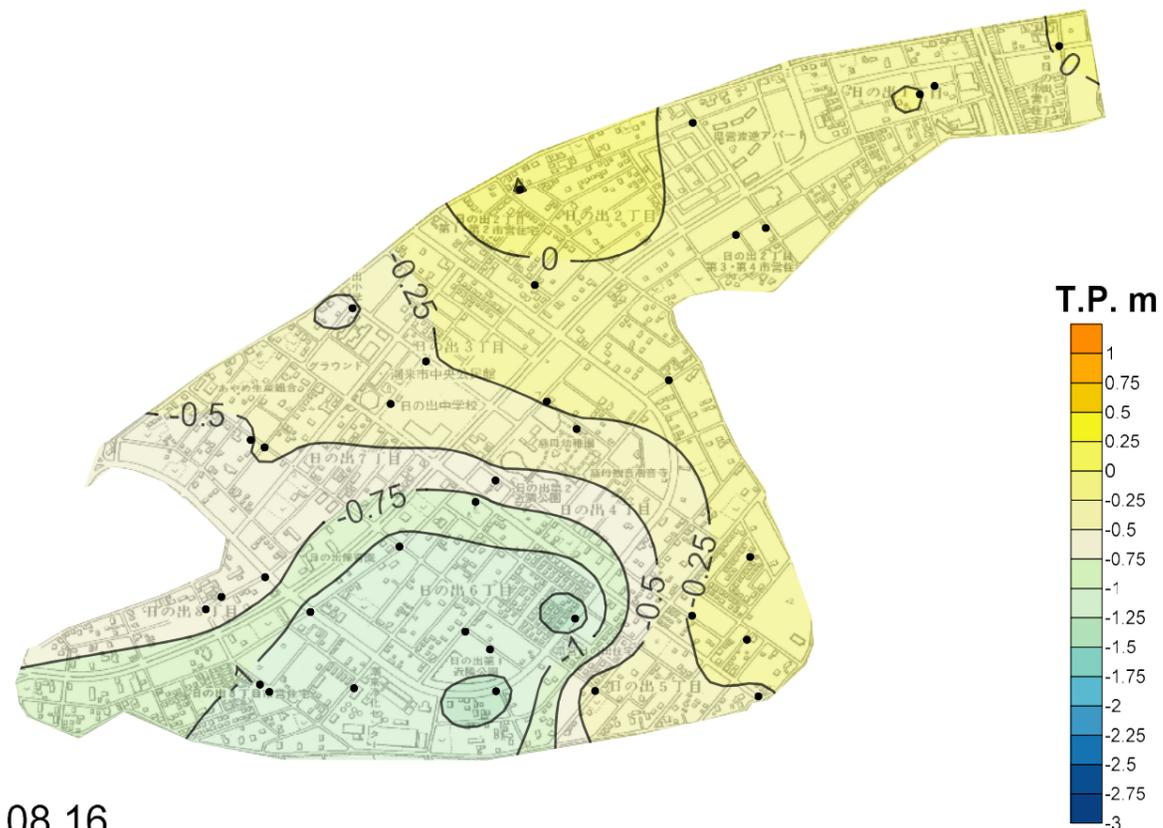


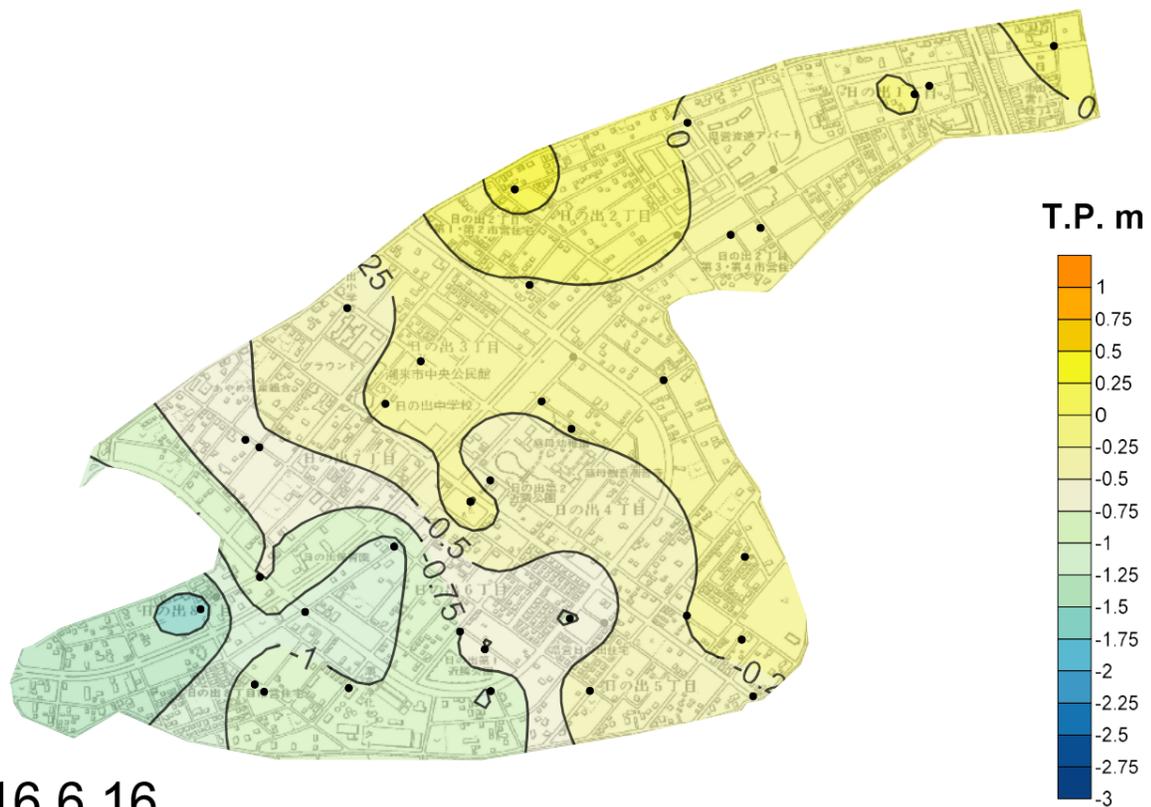
図2.1-2 水位と沈下の関係



2016.04.15



2016.08.16



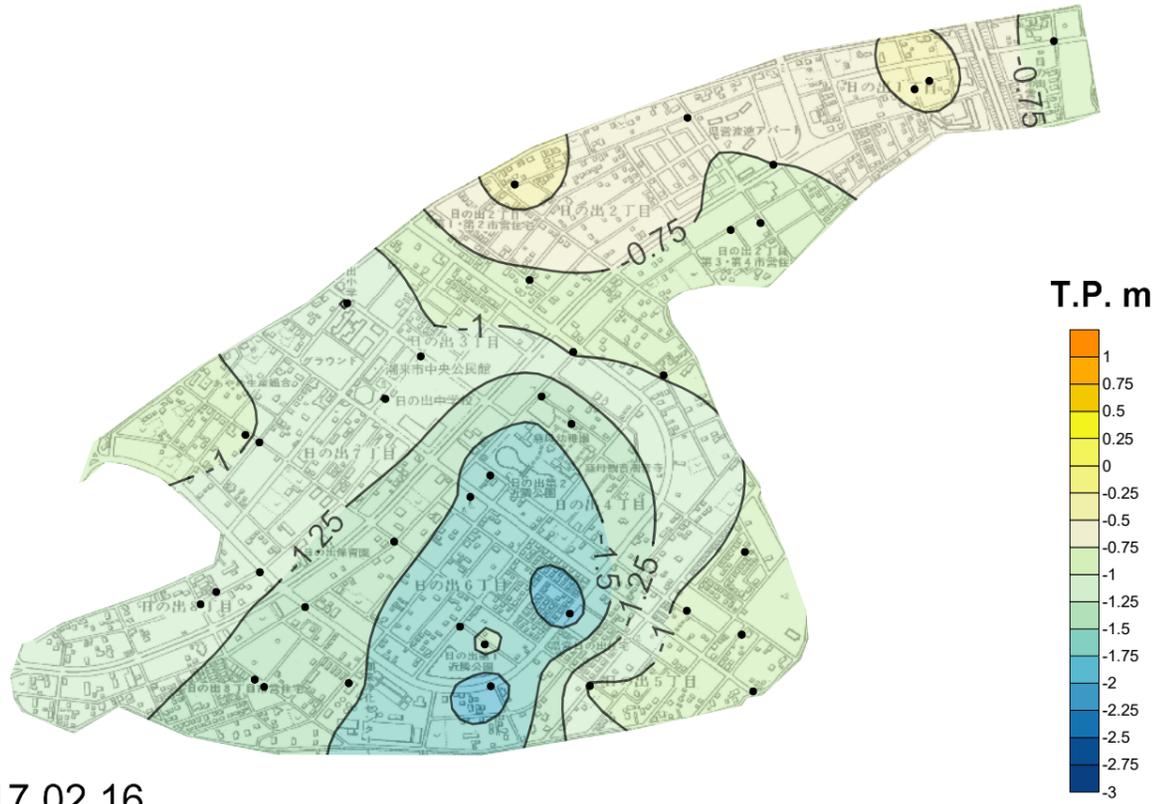
2016.06.16



2016.12.16

図2.1-3 地下水位コンター(1)

2017.02.16



2018.2.14

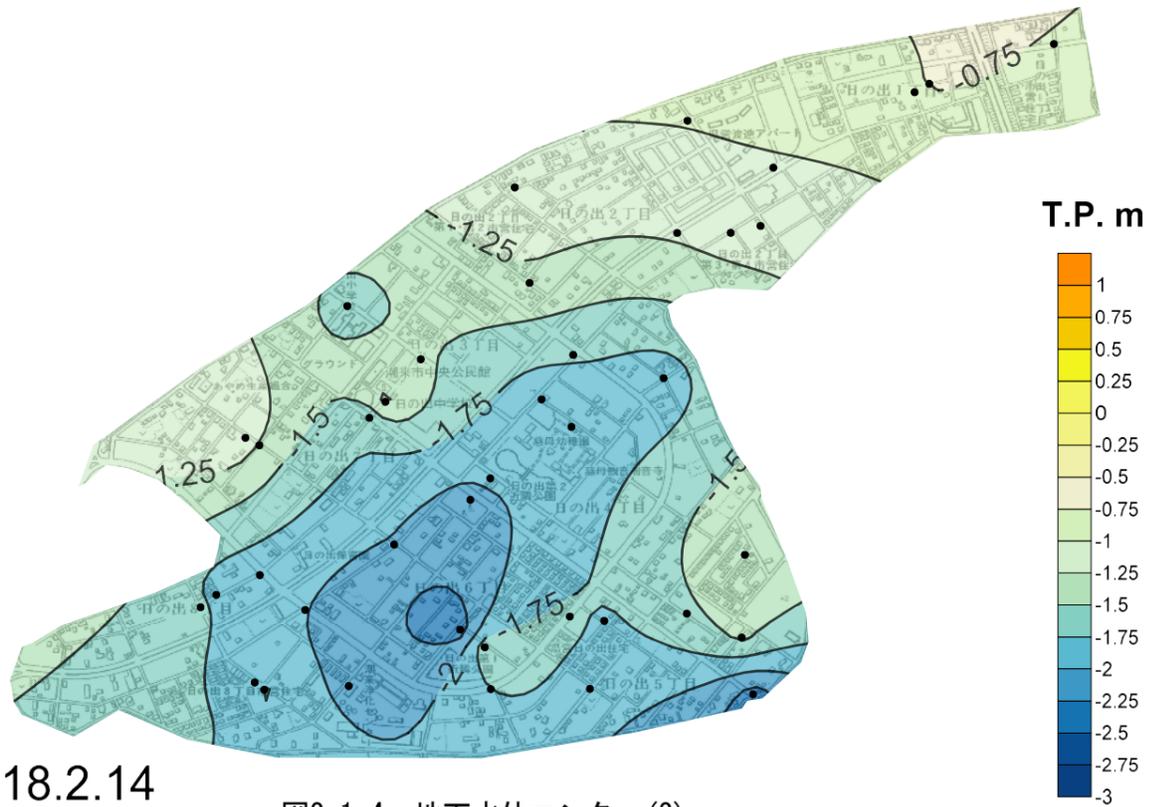


図2.1-4 地下水位コンター(2)

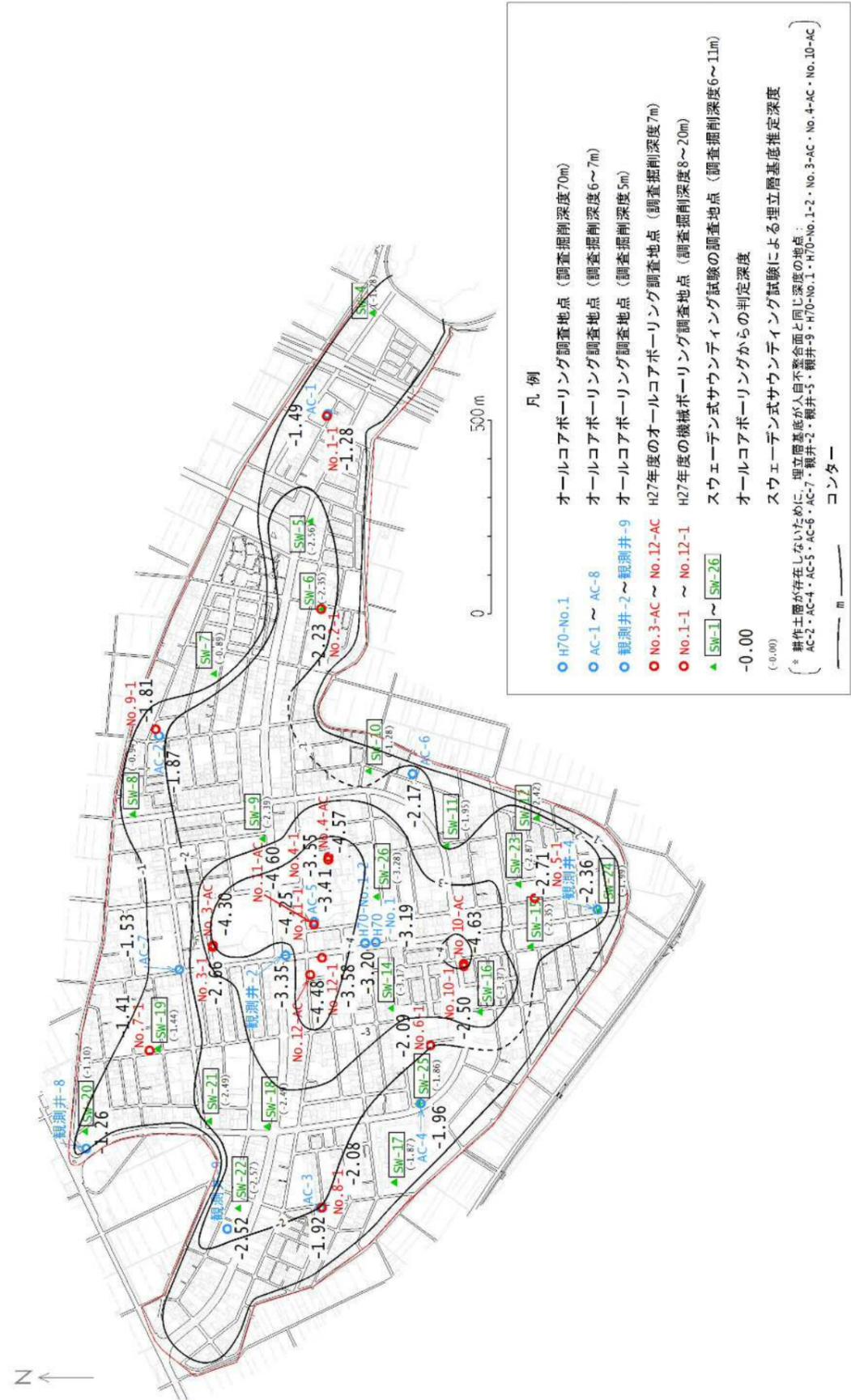


図2.1-5 日の出の人自不整合(JJU)等高線図  
(数字は標高[G.L.m])

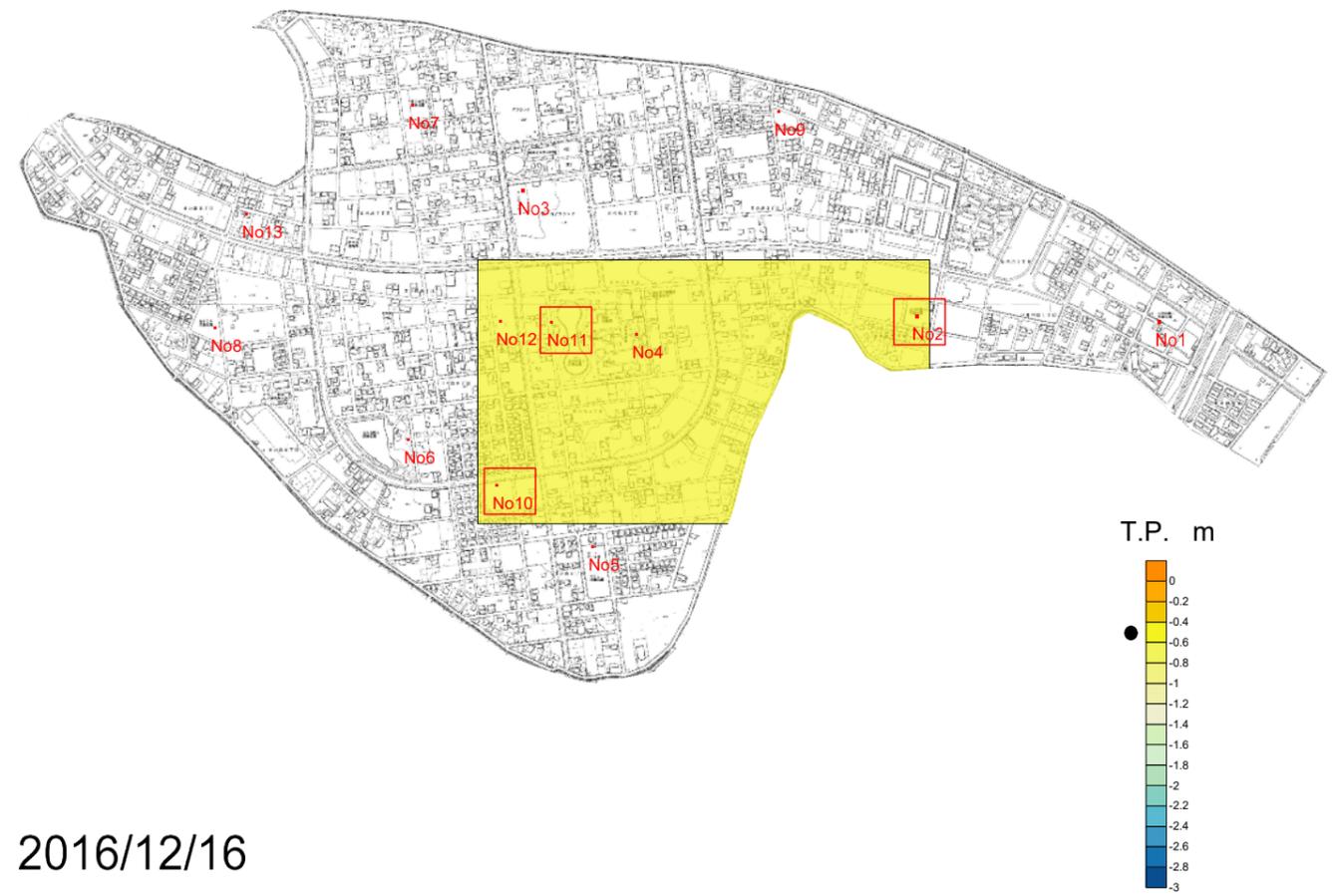
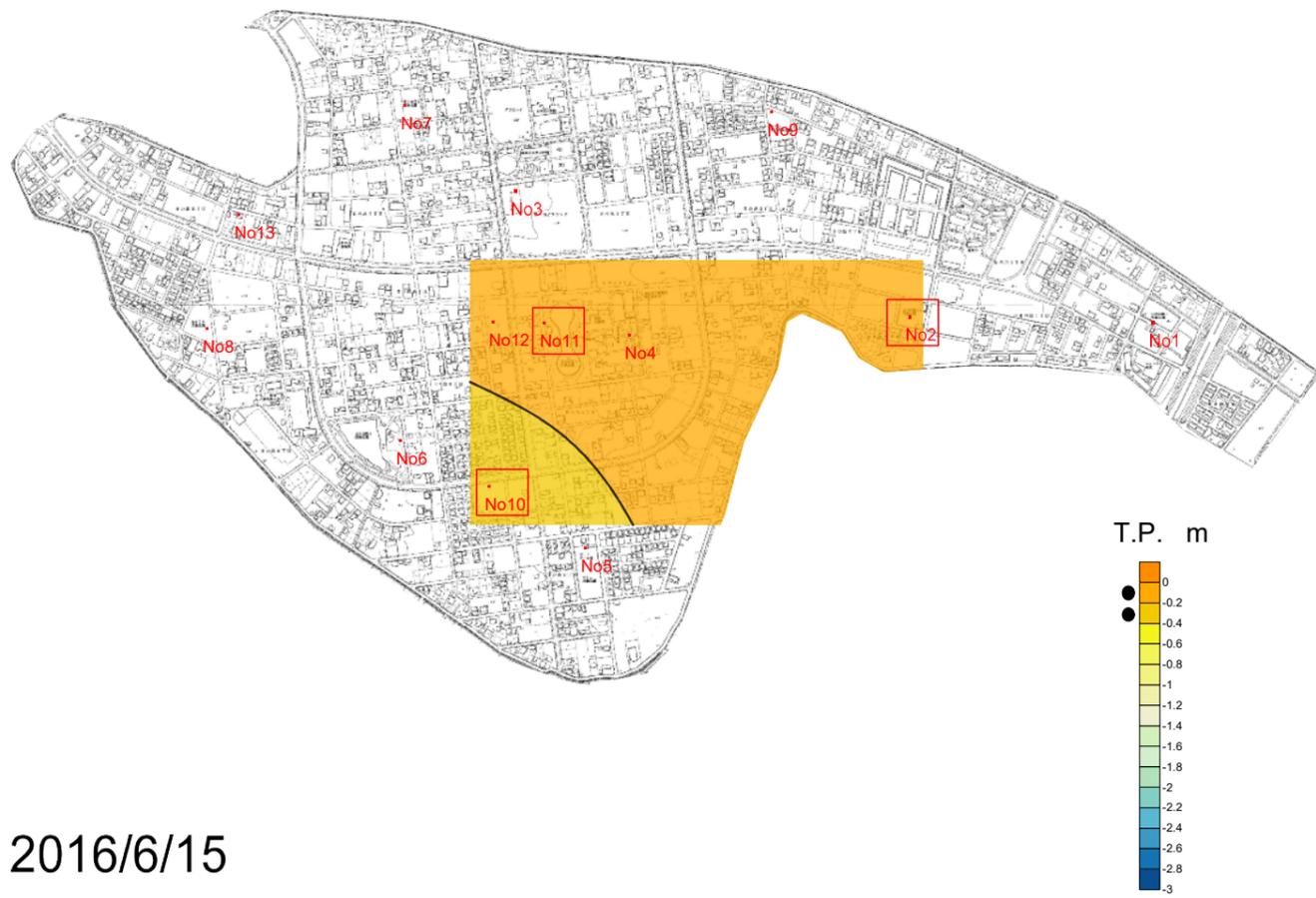
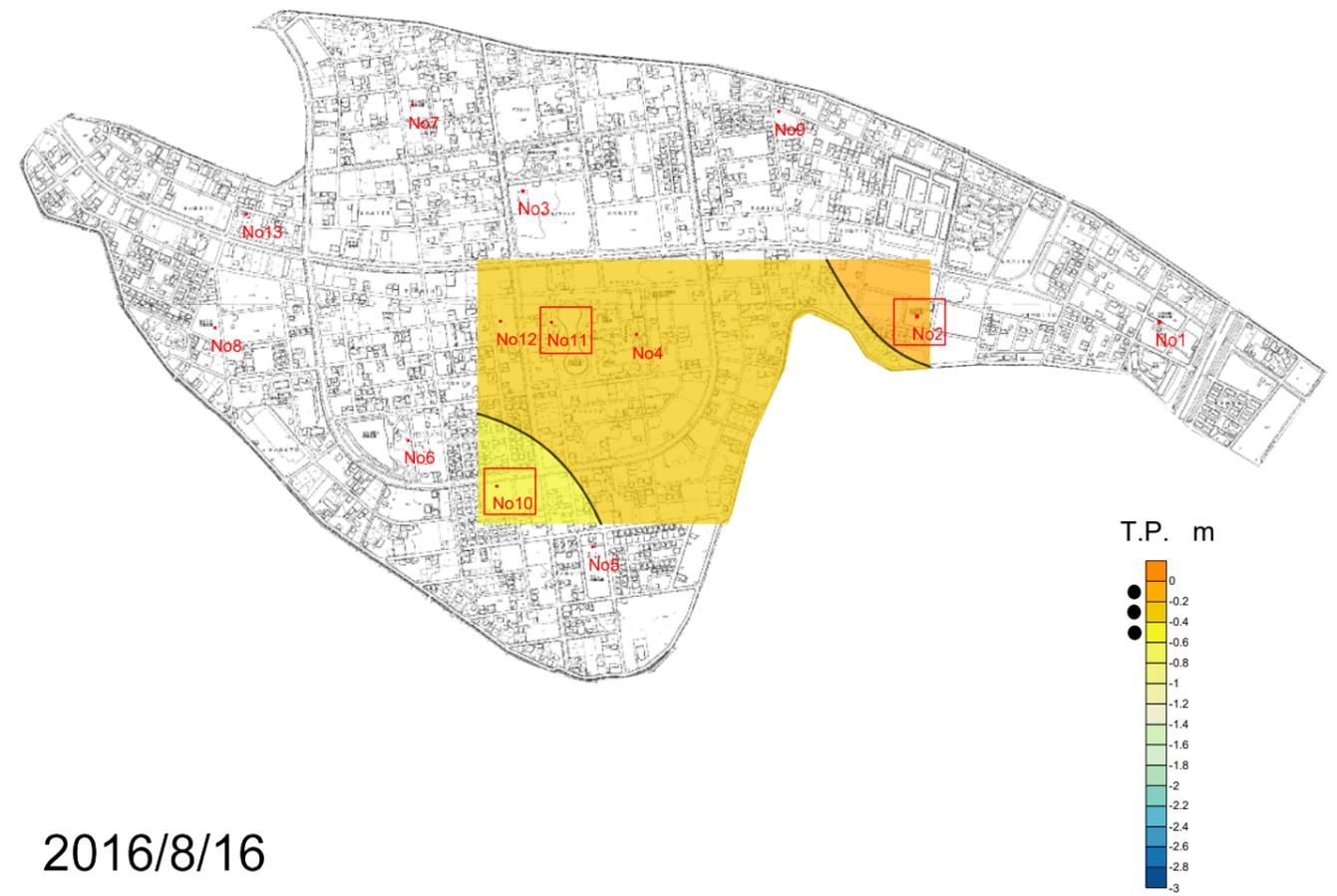
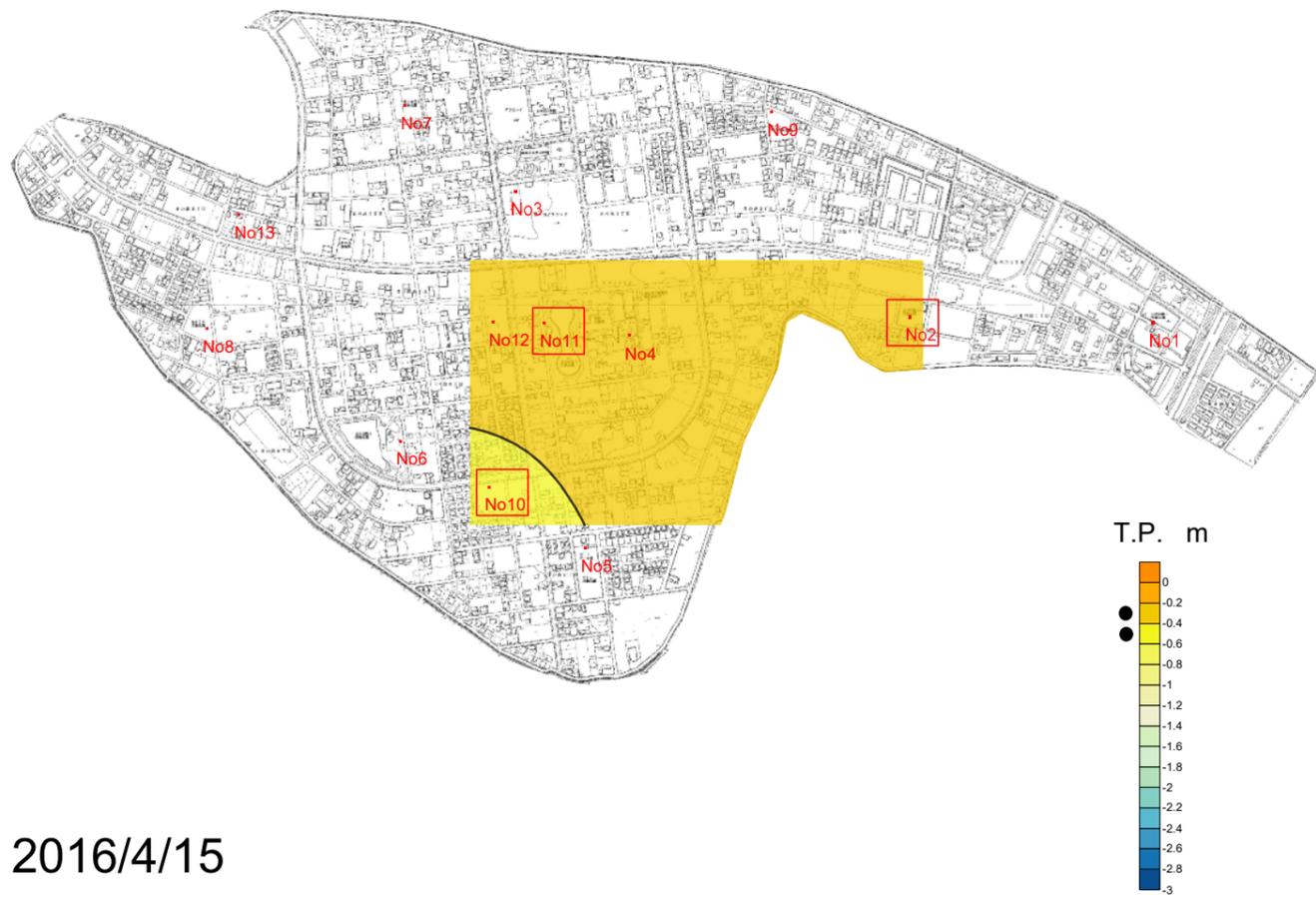
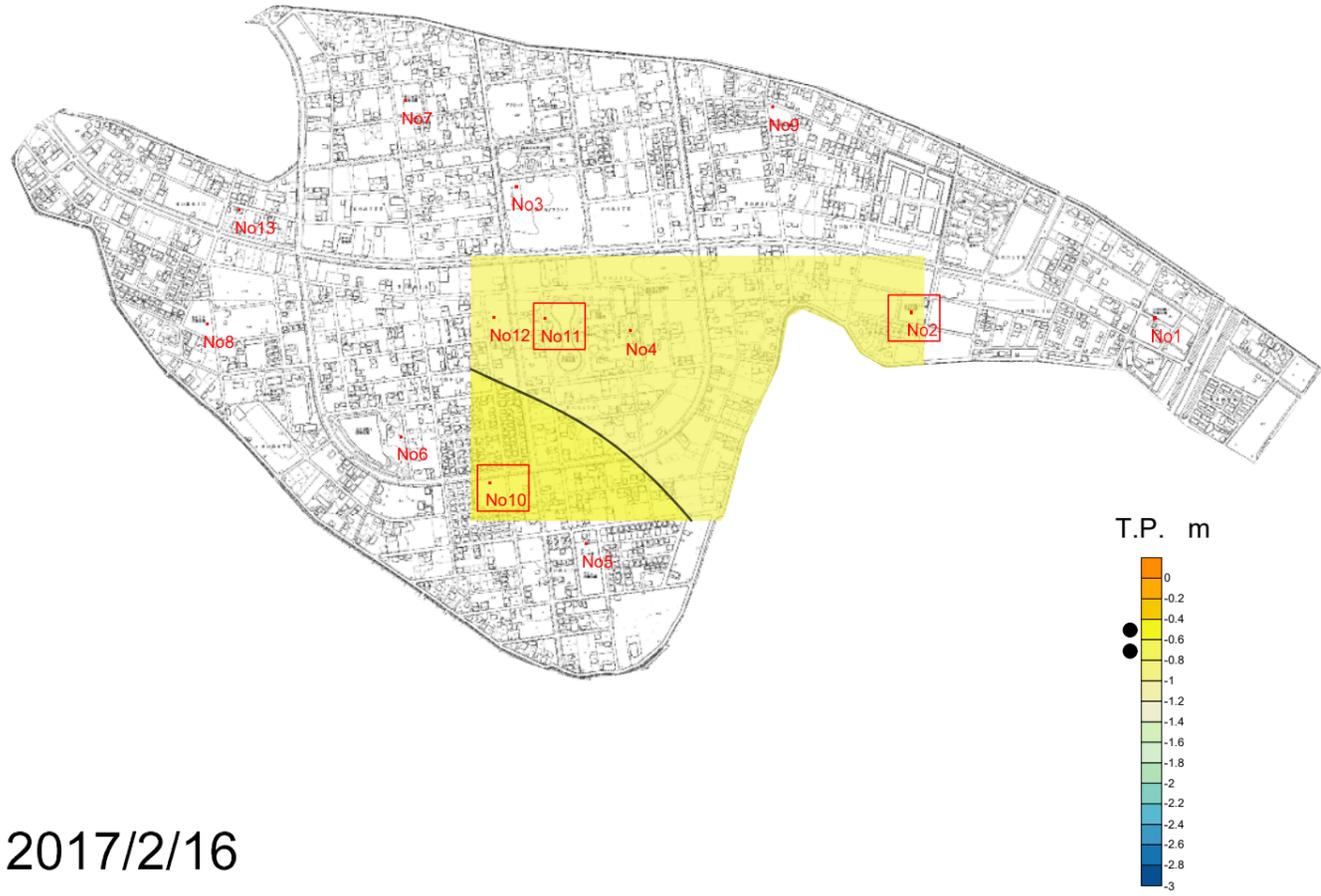
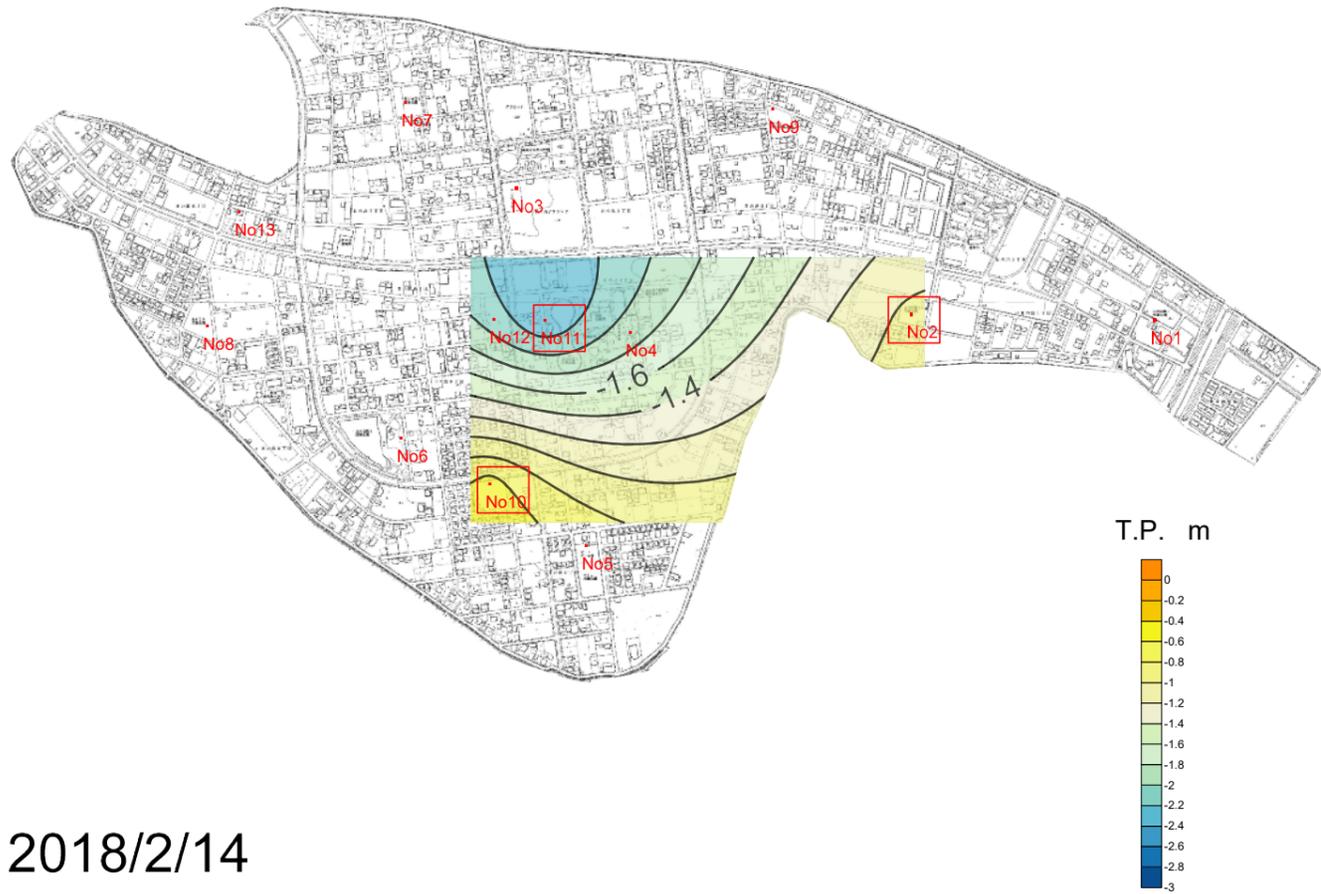


図2.1-6 被圧地下水位コンター(1)



2017/2/16



2018/2/14

図2.1-7 被圧地下水位コンター(2)

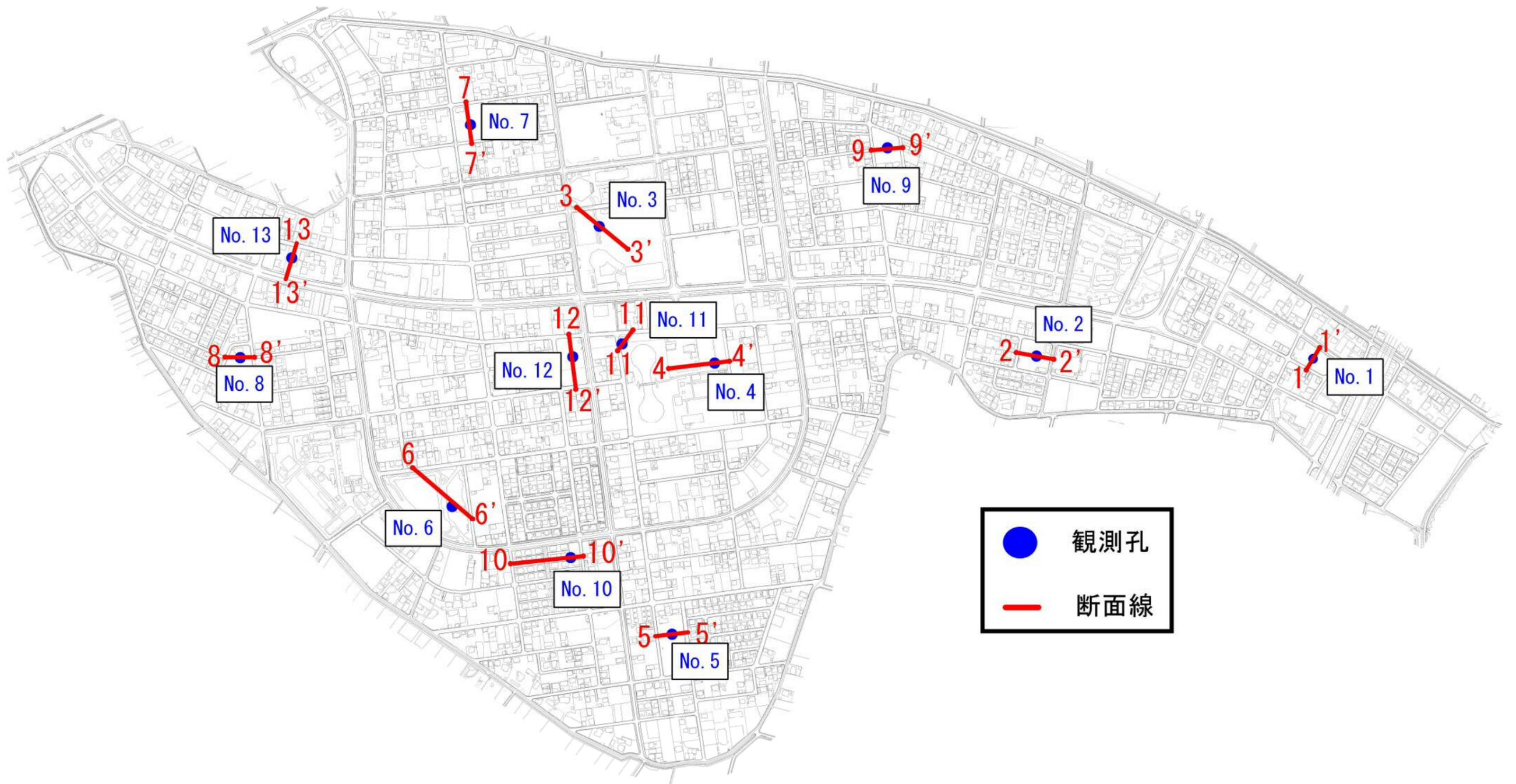


図2.1-8 断面線位置図

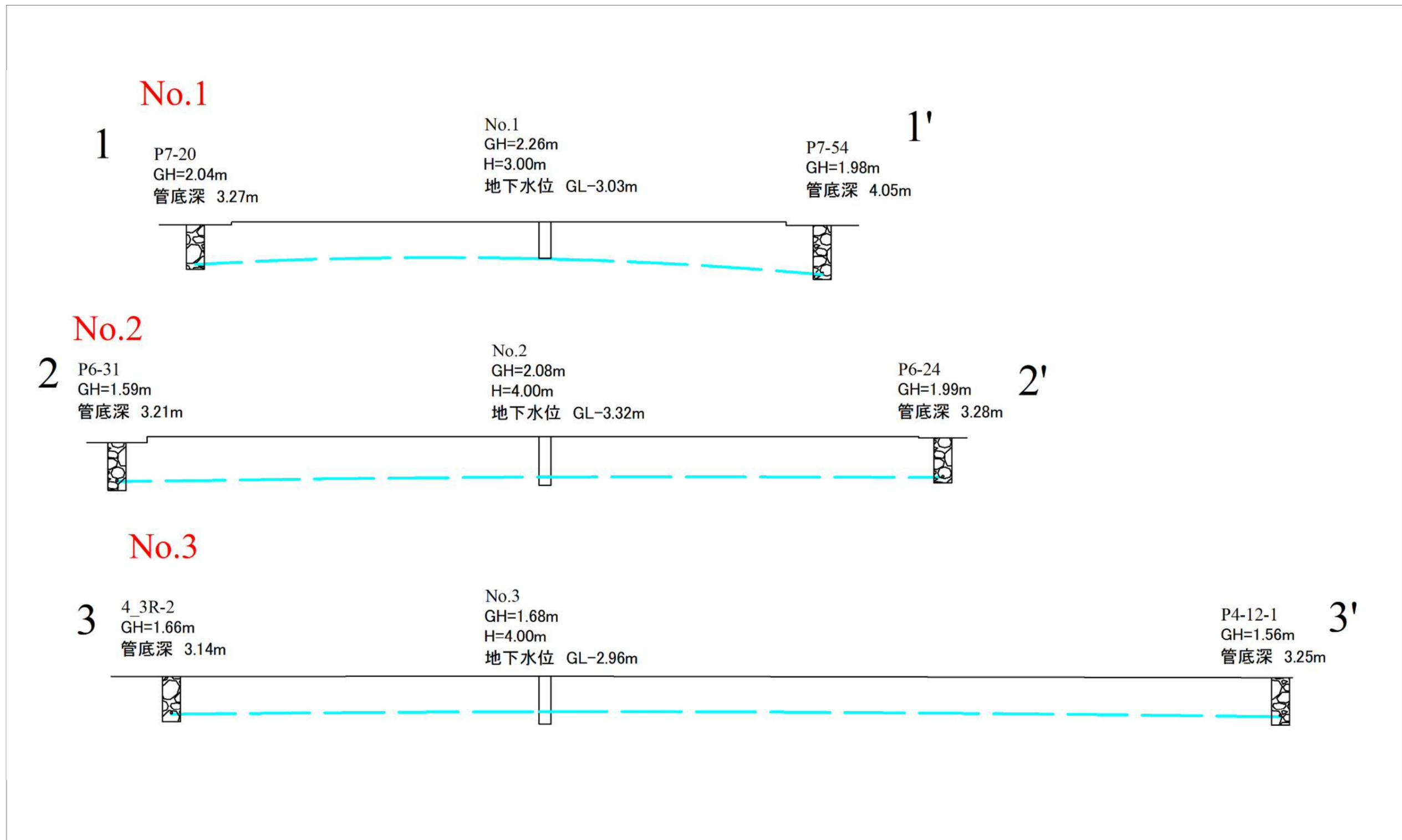


図 2.1-9 水位観測孔とみずみち管の位置関係 (No. 1~No. 3)

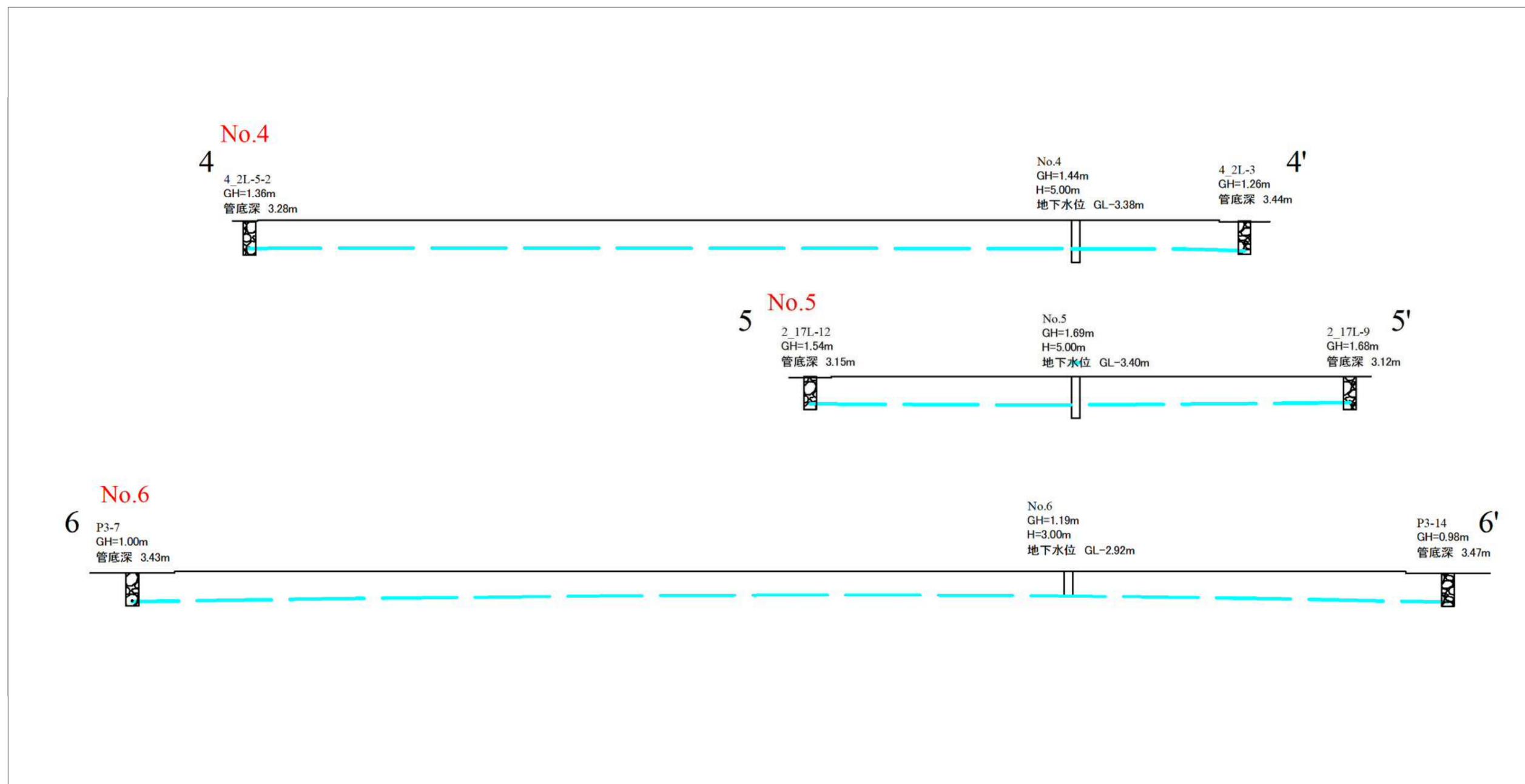


図 2.1-10 水位観測孔とみずみち管の位置関係 (No. 4~No. 6)

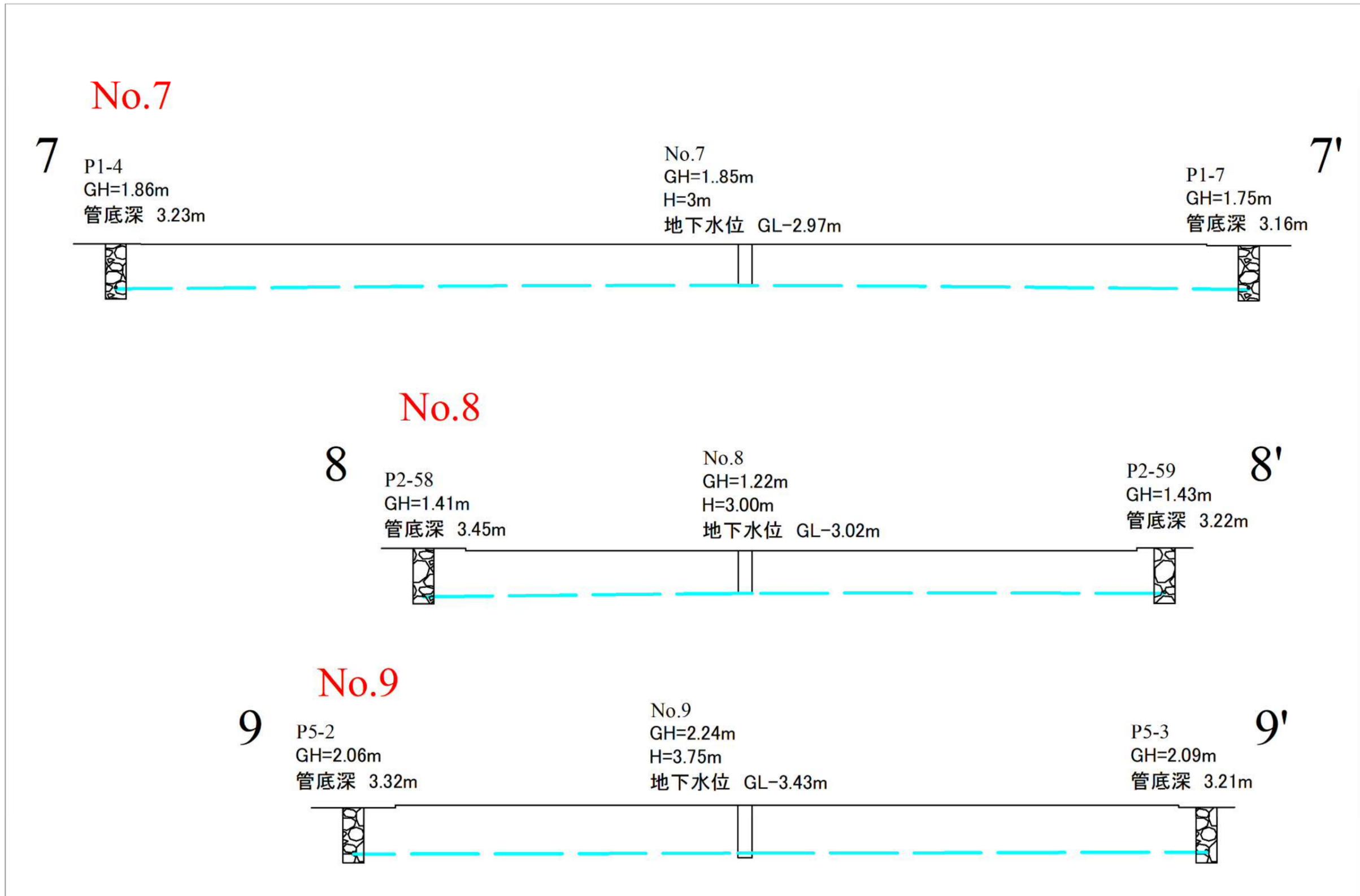


図 2.1-11 水位観測孔とみずみち管の位置関係 (No. 7~No. 9)

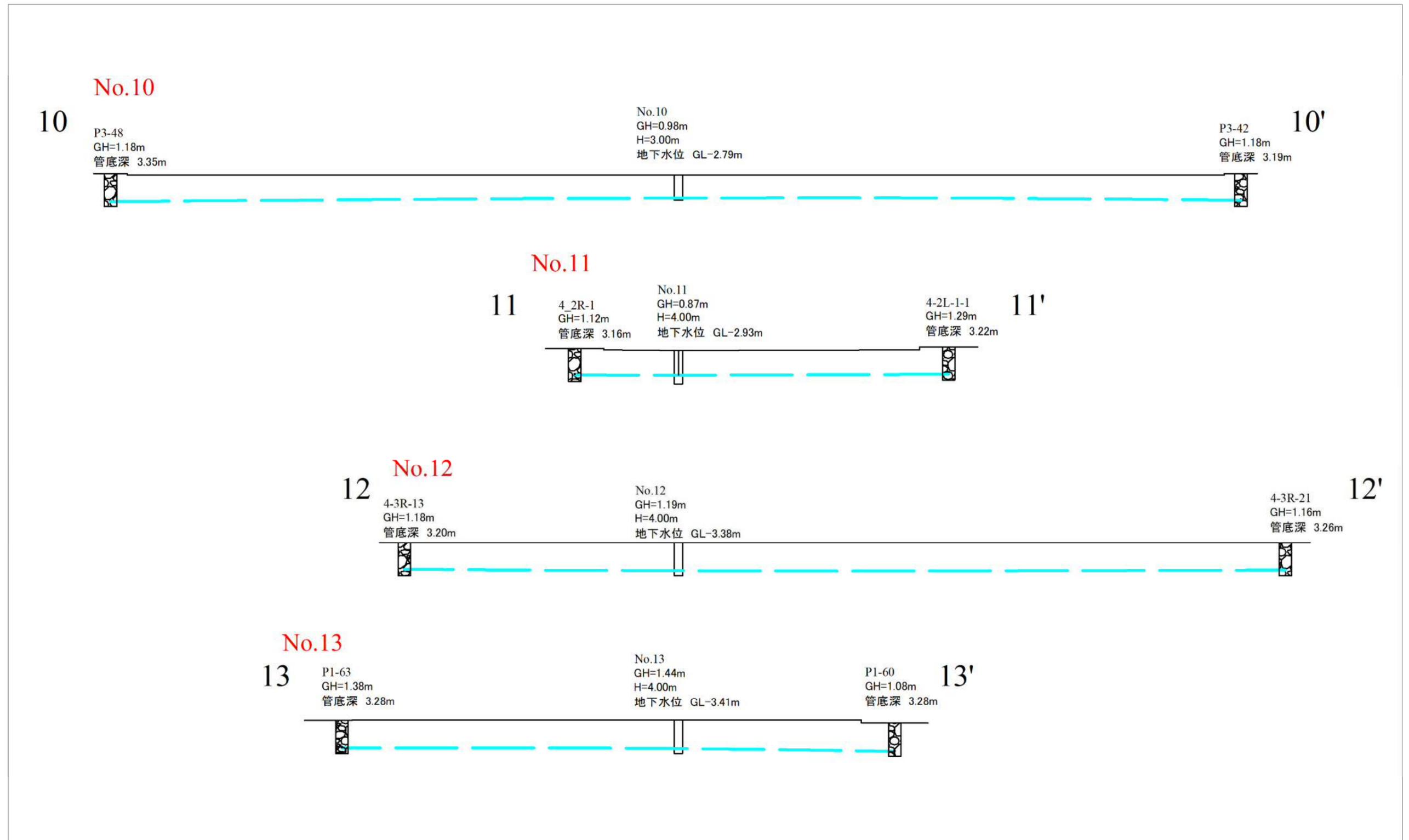


図 2.1-12 水位観測孔とみずみち管の位置関係 (No. 10~No. 13)

## 2.2 圧密沈下

日の出地区は、北側では日の出泥層が分布しない。このため、日の出泥層が分布する計測点では人自不整合より下位に層別沈下計を設置し、人自不整合より上と下との沈下量を分別できるようにしている。

計測結果として、人自不整合より上位の沈下量は1.1~3.5mm、人自不整合より下位の沈下量は1.3~18.9mmである(表 2.2-1)。

人自不整合より下位の沈下量は主に日の出泥層で生じたものと想定される。

表 2.2-1 人自不整合の上下における沈下量

観測地点	No.1-1	No.2-1	No.3-1	No.4-1	No.5-1	No.6-1	No.7-1	No.8-1	No.9-1	No.10-1	No.11-1	No.12-1	No.13-1
地表面の沈下量(mm)	0.1	-3.1	-2.4	-6.9	-3.9	-8.1	-1.2	-8.2	-1.1	-4.8	-11.4	-20.3	-6.5
人自不整合から上の沈下量(mm)	-	-1.8	-2.4	-1.6	-	-	-1.2	-	-1.1	-	-3.5	-1.4	-1.1
観測地点	No.2-2	No.3-2	No.4-2	No.5-2	No.6-2	No.8-2	No.10-2	No.11-2	No.12-2	No.13-2			
人自不整合から下の沈下量(mm)	-1.3	0.0	-5.3	-4.2	-18.5	-8.9	-5.3	-7.9	-18.9	-5.4			

計測した沈下量を検証する目的で、埋立泥層が厚く分布する No.11 観測孔(図 2.2-1)において不攪乱試料を採取し(図 2.2-2)、圧密沈下解析を実施した。

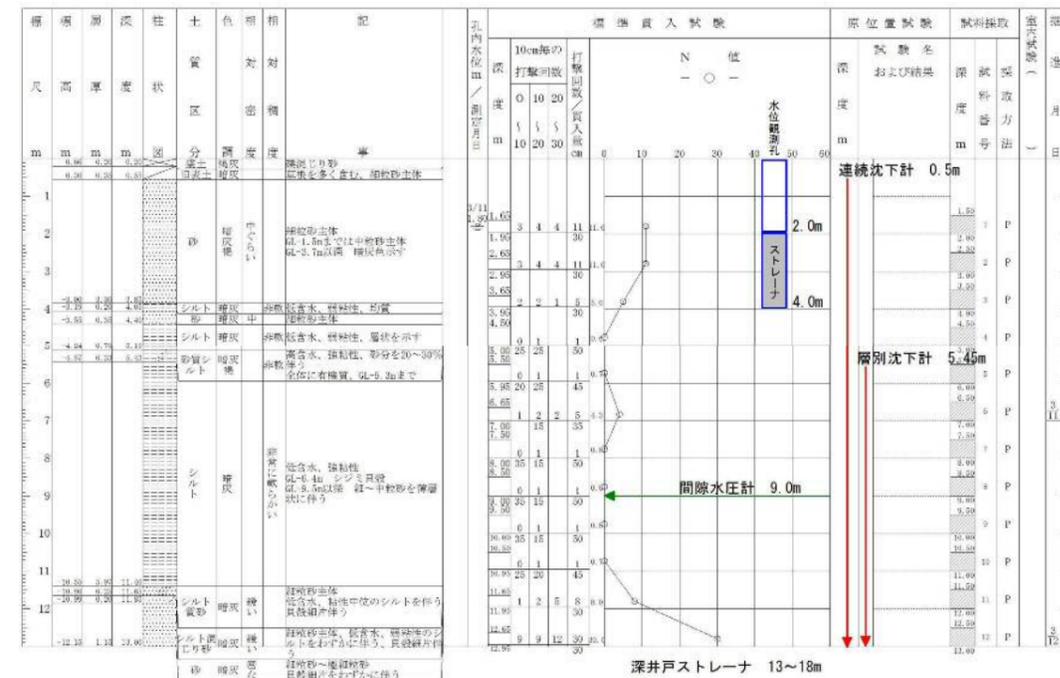


図 2.2-1 No. 11 柱状図

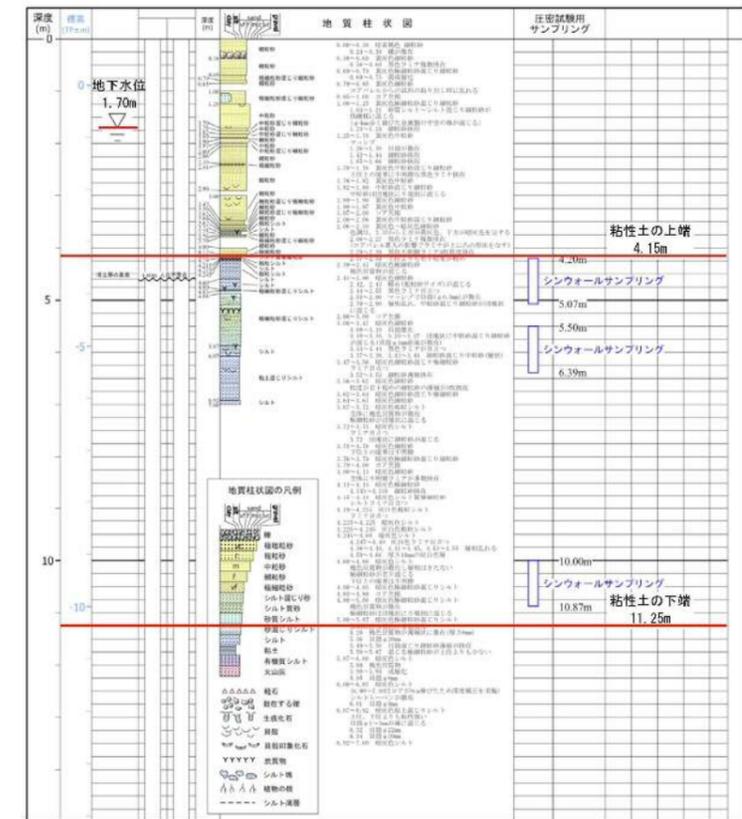


図 2.2-2 試料採取位置

日の出地区では、地下水位を深度 3.0m まで低下させる計画である。

地下水位低下による有効応力増加分  $\Delta p$  は、粘性土上面では水位低下分になるが、粘性土下面の帯水層は被圧地下水であるため粘性土下面の帯水層の地下水位は変化しないと考えられることから、 $\Delta p$  は 0 である。

沈下量の計算は、図 2.2-3 に示す地下水位低下前の有効土被り圧  $p_0$  から地下水位低下後の有効土被り圧  $p_f$  までを対象とした。圧縮係数は、図 2.2-4 に示すように、圧密試験から得られる圧縮曲線(実験  $f\text{-log}p$  曲線)を上方に平行移動した補正  $f\text{-log}p$  曲線を用いて  $p_f$  までの体積変化を算出し、以下の式で沈下量  $S_f$  を求めた。

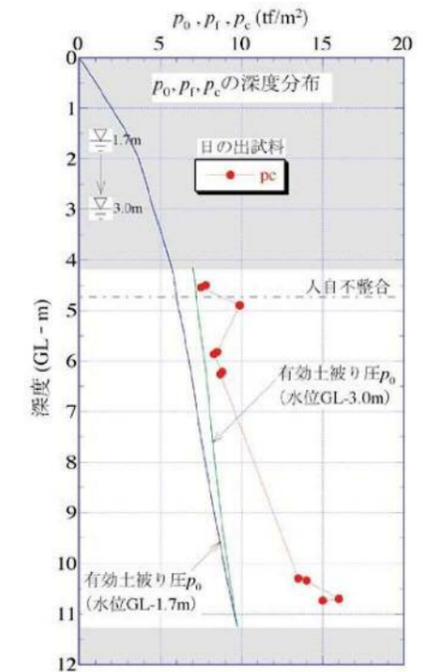


図 2.2-3 地下水位低下後の有効応力分布

$$Sf = \sum (\Delta f / f_0 \times \Delta H) = \sum (\varepsilon \times \Delta H)$$

$\Delta H$  : 分割した粘土層厚(m)

$\varepsilon$  : 各深度の圧縮ひずみ

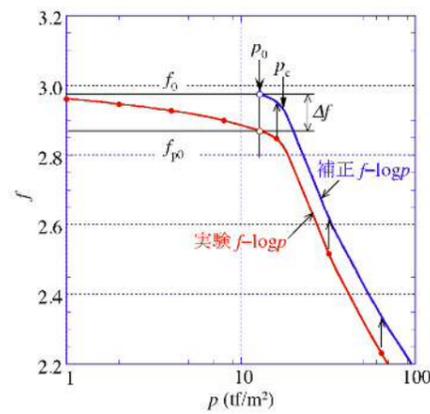


図 2.2-4 補正圧縮曲線

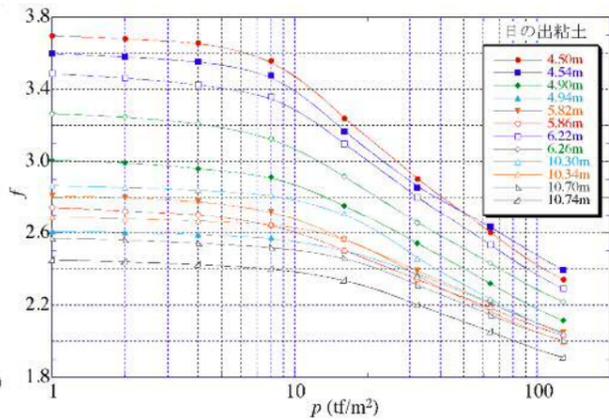


図 2.2-5 全深度の圧縮曲線

地下水位を深度 1.7m から深度 3.0m(地下水位低下量 1.3m)の場合の沈下量の計算結果を以下に示す。沈下量は 2.8cm と算定され、現在計測している No.11 の地表面沈下量の 1.1cm の約 2 倍であるが、沈下量としては小さなもので、概ね再現できていると考えられる。

表 2.2-2 浚渫泥土の沈下量(地下水位低下量 1.3m)

深度 (m)	層厚 $\Delta H$ (m)	圧密試験 深度(m)	$p_0$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\Delta p$ (tf/m <sup>2</sup> )	$p_r$ (tf/m <sup>2</sup> )	補正 $f_0$	補正 $f_r$	ひずみ $\varepsilon$ ( $(f_0 - f_r) / f_0$ )	沈下量 $\Delta S$ (m)
4.15~4.70	0.55	4.50	5.92	1.22	7.14	3.699	3.666	0.0089	0.0049
4.70~5.36	0.66	4.90	6.10	1.15	7.25	3.016	3.000	0.0053	0.0035
5.36~6.04	0.68	5.82	6.67	0.98	7.65	2.831	2.817	0.0049	0.0034
6.04~8.13	2.09	6.26	6.91	0.91	7.82	3.292	3.273	0.0058	0.0121
8.13~10.52	2.39	10.30	9.10	0.16	9.26	2.874	2.870	0.0014	0.0033
10.52~11.25	0.73	10.74	9.39	0.09	9.48	2.466	2.464	0.0008	0.0006

全層厚  $\Sigma \Delta H = 7.10m$

残留沈下量  $S_r = \Sigma \Delta S = 0.0278m$

### 2.3 水収支

マンホールポンプ始動からの累積排水量と同時期の降雨による供給量を比較した。

平成 29 年 11 月以降の降水量は減少しているのに対し、排水量はこれまでと同様な増加傾向を示している。これは、降雨以外に地下水が補給されている可能性を示唆している。

日の出地区の北側は、日の出泥層の分布がなく、浚渫土砂層とその下位の佐原砂・泥互層が連続しているため、佐原砂・泥互層からの補給が考えられる。

ただし、水収支については段階的地下水位低下作業が終了して間もないことから、今後蓄積した観測データにより詳細に検討する必要がある。

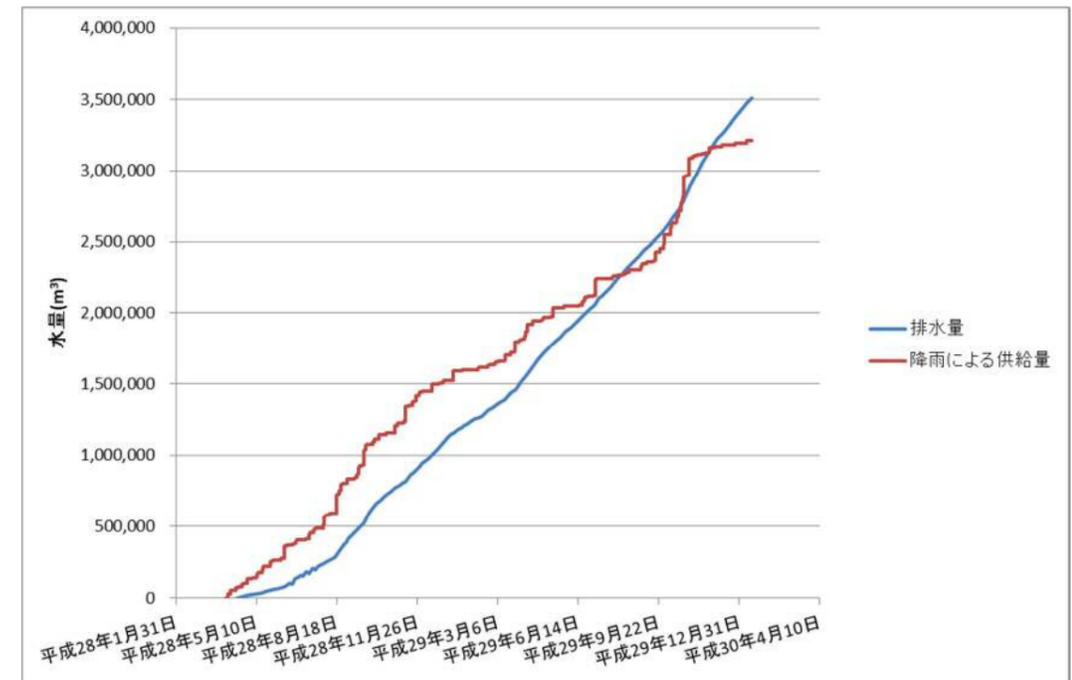


図 2.3-1 マンホールポンプによる排水量と降雨による供給量

### 3. 炭酸カルシウムスケールの検討

潮来市日の出地区の地下水位低下工法の排水に用いられているマンホールポンプ(P7)が停止した。平成28年9月1日にポンプを引き上げて状況確認したところ、帯黄白色の結晶が付着し、ポンプが作動不能となっていた。



写真 3.1-1 スケールの付着状況

結晶の分析を行ったところ、結晶は炭酸カルシウム(方解石、 $\text{CaCO}_3$ )であることが判明した。炭酸カルシウムはカルシウムイオンと炭酸水素イオンが反応して生成される。カルシウムイオンは当該地の浚渫土砂層に含まれる貝殻片由来と想定される。また、炭酸水素イオンは硬水や海水に含まれ、二酸化炭素が水に溶けた炭酸から電離しても形成される。カルシウムイオンと炭酸水素イオンの反応による炭酸カルシウムの生成を抑制する発生源対策は現状では困難であると考えられる。

### 3.1 現場実験

みずみち管をマンホール内に設置し、炭酸カルシウムの付着状況の確認のための現場実験を実施した。みずみち管は平成28年12月26日に設置した。

みずみち管をマンホール内に設置して1ヶ月経過後(平成29年1月31日)と1年経過後(平成29年12月15日)にスケール付着状況を確認した。

みずみち管を設置したマンホールポンプP1~P7、自然流下部ではみずみち管に結晶化した炭酸カルシウムは認められなかった。結果を以下に示す。

ただし、人孔内の水位が低下して接続するみずみち管が露出して写真撮影が可能な箇所は、みずみち管内に泥土状のスライムが付着しているのが確認できたため、洗浄計画等を立案することが必要である。

表 3.1-1 現場実験結果

位置	付着状況
MHP P1	管全体に暗灰褐色の付着物が認められる みずみち管にスライムの付着が認められる
MHP P2	管の下部45cmに赤褐色の付着物が認められる
MHP P3	管全体に黄灰褐色の付着物が認められる 管の下部33cmに赤褐色の付着物が認められる
MHP P4	付着物なし
MHP P5	管の下部27cmに暗褐色の細砂状の付着物が認められる みずみち管にスライムの付着が認められる
MHP P6	管の片面に黄灰褐色の細粒~中粒の付着物が認められる
MHP P7	管の下部35cmに褐色の付着物が認められる
自然流下部上流	所々に台風時の増水の影響と思われる灰黒色の泥が付着
自然流下部下流	3箇所幅12~20cmの付着物が認められる

