

# 潮来市日の出地区 液状化対策事業効果検討委員会

## 委員会資料

平成 30 年 3 月 27 日

### INDEX

第 1 章 モニタリング結果	1	第 3 章 炭酸カルシウムスケールの検討	45
1.1 段階的地下水位低下の工程	1	3.1 現場実験	45
1.2 地下水位	3	3.2 水質分析	57
1.3 地表面沈下	7	3.3 今後の対応	60
1.4 間隙水圧	7		
1.5 水準測量	11	参考資料 日の出地区の概況	61
第 2 章 対策効果の検証	31		
2.1 地下水位低下と地表面沈下	31		
2.2 圧密沈下	43		
2.3 水収支	44		

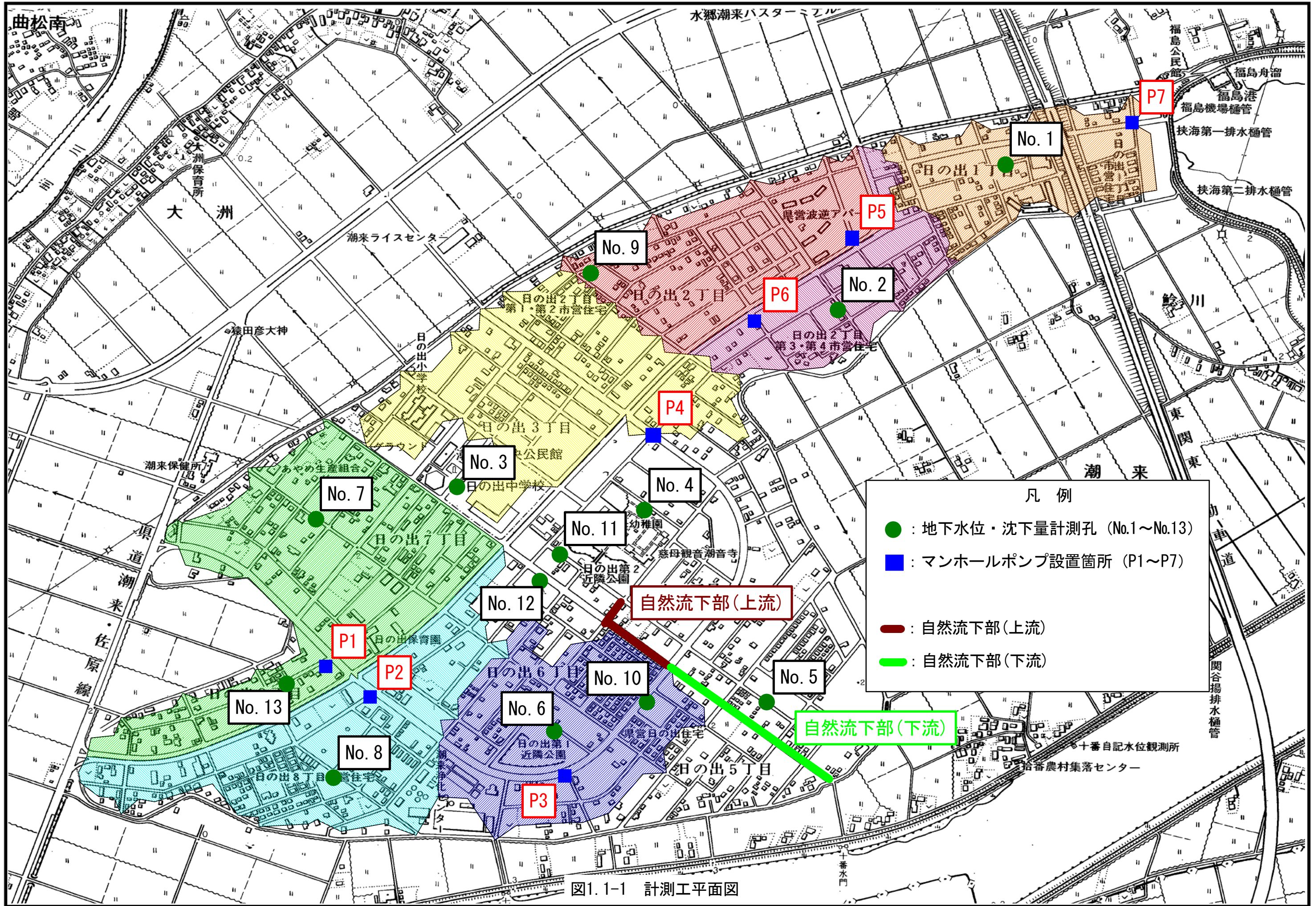


図1.1-1 計測工平面図

## 1. モニタリング結果

### 1.1 段階的地下水位低下の工程

潮来市日の出地区では、液状化対策工法としてみずみちネットワークを用いた地下水位低下工法を採用した。本工法は、道路下に設置したみずみちネットワークにより液状化対象層中の地下水位を低下させて非液状化層厚を厚くするものである。

液状化対策工事により地下水位を低下させた場合にはその地下水位が想定通り低下しているか、それに伴う地盤沈下により家屋への影響が生じていないかなど、一定期間モニタリング調査を行い、事業実施による効果について確認する必要がある。

モニタリングは、沈下計、地下水位計、間隙水圧計を用いた。

この地下水位低下による不同沈下を防止するため、段階的に地下水位を低下させる目的で作業フローを策定し(図 1.1-2)、それにしたがって作業を行った。

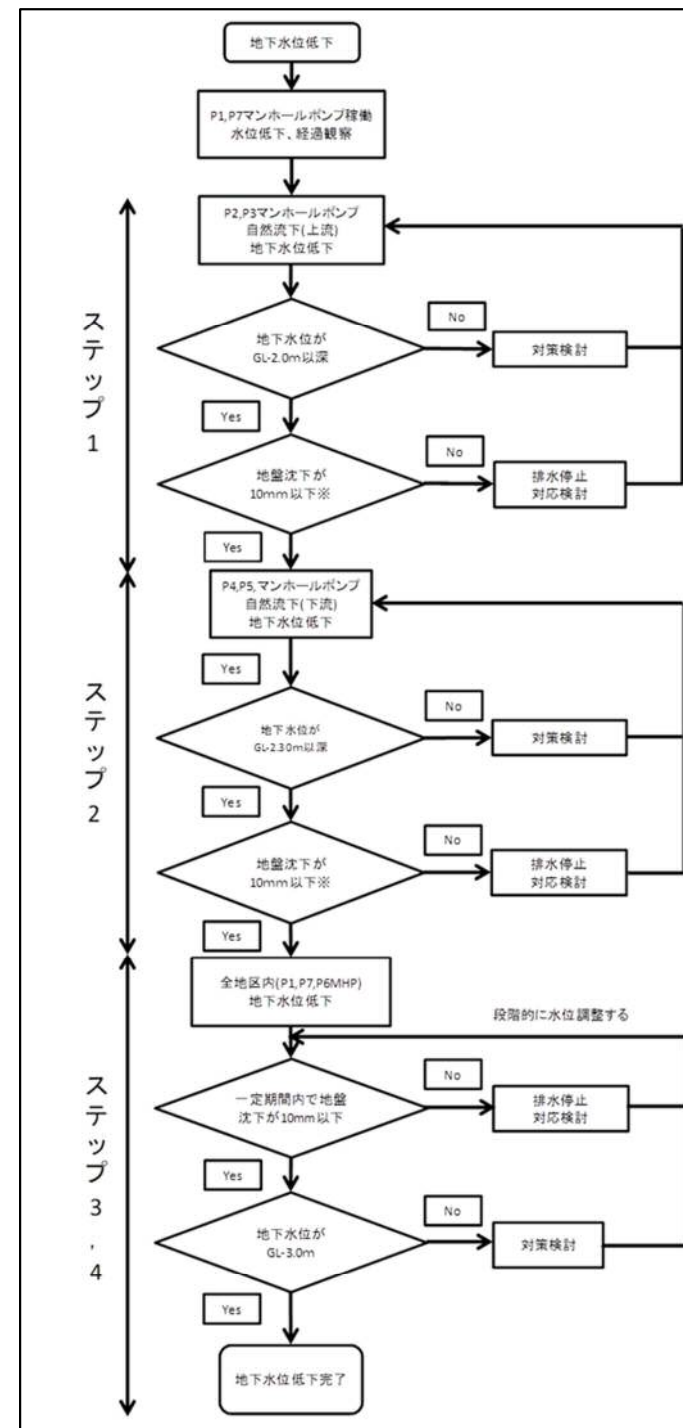


図 1.1-2 地下水位低下作業フロー

平成 28 年 4 月 15 日、試験的に地下水位を排水させ、その後の基礎資料とするため、マンホールポンプ P1 を深度 1.6m に、マンホールポンプ P7 を深度 1.93m に設置して稼働させた。

ステップ 1 は地下水位を全体に深度 2.0m まで低下させる工程である。

平成 28 年 6 月 16 日、ステップ 1 として、マンホールポンプ P2 と P3 を深度 2.0m に設置して稼働させた。また、自然流下上流の 5 箇所のバルブを半開した。

平成 28 年 6 月 30 日、自然流下部上流の地下水位の低下状況が悪いため、自然流下部上流のバルブを全開にした。

ステップ 2 は地下水位を全体に深度 2.3m まで低下させる工程である。

平成 28 年 8 月 16 日、ステップ 2 として、マンホールポンプ P4 と P5 を深度 2.3m の位置で稼働、自然流下部下流のバルブを解放した。なお、均等に水位低下をさせるためマンホールポンプ P2 と P3 は、現在のポンプ位置を維持するものとした。

自然流下部の対応として、平成 28 年 9 月 14 日、ボックス内の止水栓のバルブを  $\phi 11\text{mm}$  から  $\phi 25\text{mm}$  に拡張した。

H28.10.5 の時点で多くの観測孔が水位深度 2.2m 以下を示したのに対し、No.4、No.5、No.11 は深度 2.0m より高い水位を示していた。これは、自然流下部のバルブ付き止水栓からの排水量が少ないことによるものと考えられた。自然流下部の排水量をコントロールしながら排水を増やす方法として、ボックスに接続する楕円形のマンホール内に立ち上げ管を設置し、立ち上げ管の上端から地下水を呑み込み排水させるようにし、30cm 程度の水位調整が可能な仕様とした。立ち上げ管の設置は H28.10.21~10.29 で実施した(図 1.1-3)。

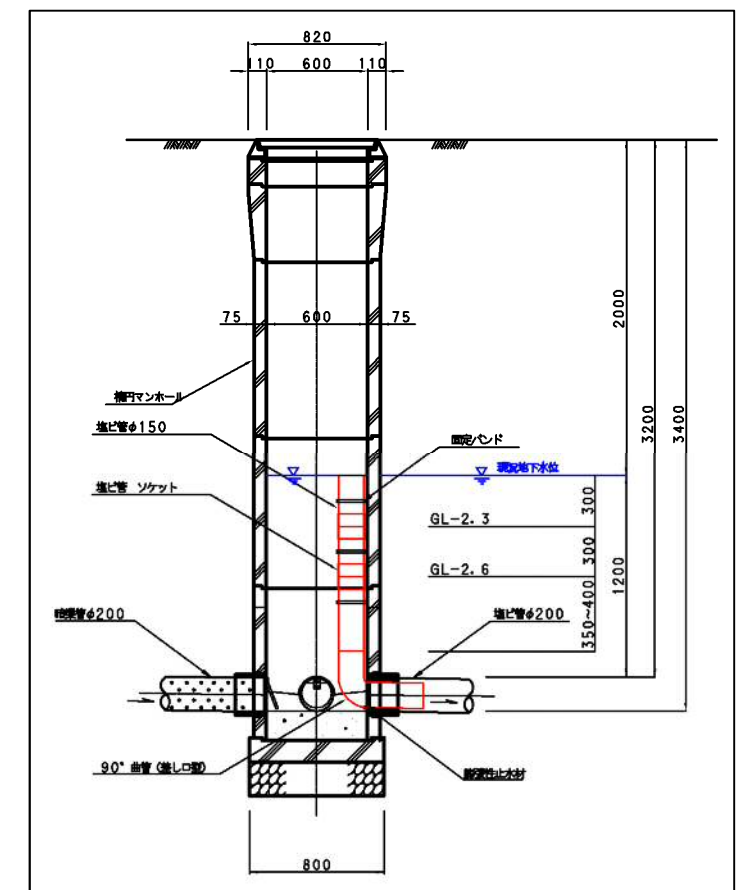


図 1.1-3 立ち上げ管の模式図

ステップ3は地下水位を全体に深度2.6mまで低下させる工程である。

平成28年12月16日、ステップ3として、マンホールポンプP1を深度1.8m、マンホールポンプP2を深度2.1m、マンホールポンプP3を深度2.2m、マンホールポンプP4を深度2.5m、マンホールポンプP5を深度2.4m、マンホールポンプP7を深度2.1m、それぞれの位置で稼働、自然流下部上流で深度2.6m、下流で深度2.0mの位置から排水を行った。

ステップ4は地下水位を全体に深度3.0m以下に低下させる工程である。

平成29年2月16日、ステップ4として、マンホールポンプP1を深度2.08m、マンホールポンプP2を深度2.6m、マンホールポンプP3を深度2.7m、マンホールポンプP4を深度2.9m、マンホールポンプP5を深度2.7m、マンホールポンプP7を深度2.6mの位置で稼働、加えてマンホールポンプP6を深度3.0mで始動、自然流下部上流で深度3.0m、下流で深度2.3mの位置から排水を開始した。

観測孔のある公園等の宅地部は地下水位が確認できる。ただし、観測孔と道路部の標高差から、マンホールポンプ等のある道路部は宅地内で地下水位深度3.0m以下が達成されても深度3.0m以下に地下水位が達していない箇所が生じる場合がある。当該地では地下水位低下工法により非液状化層を3m以上確保することで液状化被害を軽減することができると考えられており、道路部でもマンホールの流入管底高までポンプ位置を低下させて地下水位を深度3m以下にすることが必要である。

ステップ4後にステップ4の道路部の調整という位置づけでポンプ深度調整を行う必要があった。

道路部の調整では最大で1.0mの水位低下をおこなうことになった。

道路部の調整の水位低下ステップは、これまでと同様に30cmを基本とした。これまでに実施したステップ3において約1ヶ月で地盤沈下に収束傾向が見られたことから、沈下傾向を確認することを前提として1ステップの放置期間は1ヶ月とした。

ステップ4道路部の水位低下フローを図1.1-4に示す。

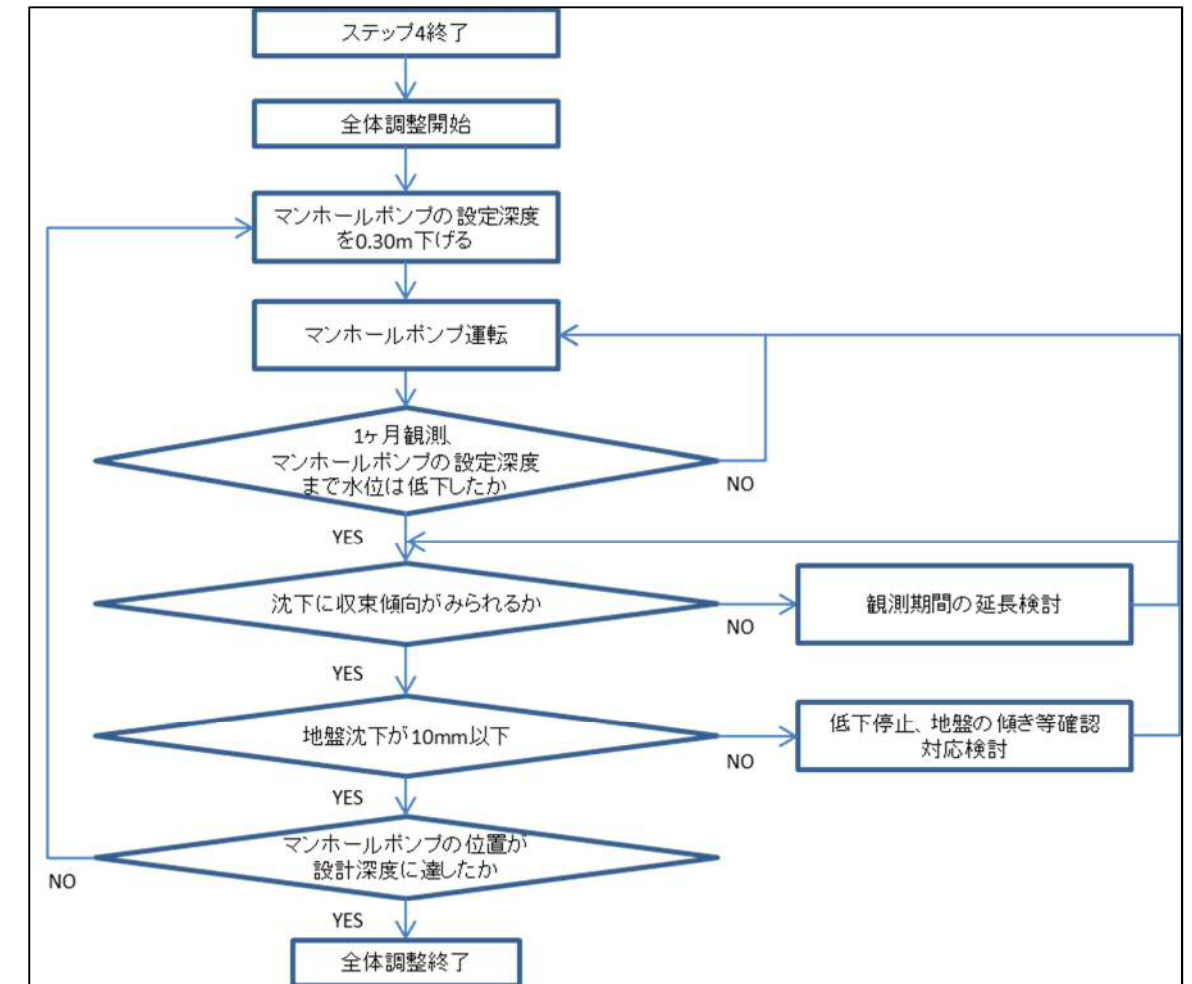


図 1.1-4 地下水位低下工法フロー(ステップ4 道路部)

ここで、計測地点で地盤沈下が閾値の10mmを生じた場合の対応を以下に示す。

- ①観測点周辺の現地確認を行う。
- ②水位低下が進まないように地下水位を維持した。具体的には対象となるポンプ深度、立ち上げ管を一段階前に戻した。
- ③対象計測地点周辺の水準点を測量し、変位を把握した。
- ④対象計測地点周辺の宅地について、事前の家屋調査と対比できるように測量を行い、地盤の傾きの変化を把握した。

結果的にはNo.12、No.11観測点で実施した。

段階的地下水水位低下作業を開始した日時をまとめ、以下に示す。

表 1.1-1 地下水水位低下作業の日程

段階	開始日
試験排水	平成28年4月15日
ステップ1	平成28年6月16日
ステップ2	平成28年8月16日
ステップ3	平成28年12月16日
ステップ4	平成29年2月16日
MHP P4最終設定完了	平成29年7月27日
MHP P3最終設定完了	平成29年8月25日
MHP P6最終設定完了	平成29年8月25日
MHP P5最終設定完了	平成29年9月22日
MHP P2最終設定完了	平成29年10月6日
MHP P1最終設定完了	平成29年11月8日
MHP P7最終設定完了	平成29年11月8日
自然流下部立ち上げ管撤去	平成30年1月31日

## 1.2 地下水水位

当該地の水位観測孔は、人自不整合を貫かない条件で設置しているため、No.1、No.6、No.7、No.8、No.10 は観測できる水位の下限值は 3.0m である。H30.2.14 の時点で、人自不整合を貫かない観測孔を除くと、目標水位(深度 3.0m)を確保していないのは、No.3 と No.11 である。その不足分は最大で 4~7cm である(表 1.2-1、図 1.2-1、図 1.2-2)。

表 1.2-1 地下水水位計測結果 (2018/2/14)

孔名	No.1	No.2	No.2D	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	No.10D	No.11	No.11D	No.12	No.13
観測孔の孔底深度(m)	3.00	4.00	18.00	4.00	5.00	5.00	3.00	3.00	3.00	3.75	3.00	24.00	4.00	18.00	4.00	4.00
孔口標高T.P.(m)	2.26	2.08	2.08	1.68	1.44	1.69	1.19	1.85	1.22	2.24	0.98	0.97	0.87	0.86	1.19	1.44
地下水GL(m)	-3.03	-3.32	-3.14	-2.96	-3.38	-3.40	-2.92	-2.97	-3.02	-3.43	-2.79	-1.60	-2.93	-1.85	-3.38	-3.41
地下水T.P.(m)	-0.77	-1.24	-1.05	-1.28	-1.94	-1.71	-1.72	-1.12	-1.80	-1.19	-1.81	-0.63	-2.06	-0.99	-2.19	-1.97

注：-D は深井戸の水位

2017年は、年間降水量は少ない雨量であったが、10月は平均値の1.6倍の427mmの降水量であった(表 1.2-2)。

表 1.2-2 2006年~2017年の降水量(mm)

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年間
2006年	115	103	92	106	116	145	193	72	159	440	102	201	1,844
2007年	48	67	27	124	172	40	204	62	190	170	45	65	1,214
2008年	38	75	106	201	188	142	23	142	206	164	83	79	1,447
2009年	141	54	92	135	118	191	64	120	67	262	220	112	1,576
2010年	12	146	181	165	107	88	71	3	567	251	159	117	1,867
2011年	8	126	102	78	238	139	138	130	155	243	67	92	1,516
2012年	86	100	131	81	138	173	107	117	218	204	117	87	1,559
2013年	78	58	49	150	84	104	44	28	111	582	23	85	1,396
2014年	40	170	90	101	113	272	127	271	47	234	99	87	1,651
2015年	117	69	109	105	57	124	135	145	256	85	171	29	1,402
2016年	112	46	103	107	103	114	71	268	197	102	185	66	1,474
2017年	61	27	133	127	71	57	111	62	173	427	64	20	1,333
平均	71	87	101	123	125	132	107	118	196	264	111	87	1,523

日付

H28.4.15 H28.6.14 H28.8.13 H28.10.12 H28.12.11 H29.2.9 H29.4.10 H29.6.9 H29.8.8 H29.10.7 H29.12.6 H30.2.4

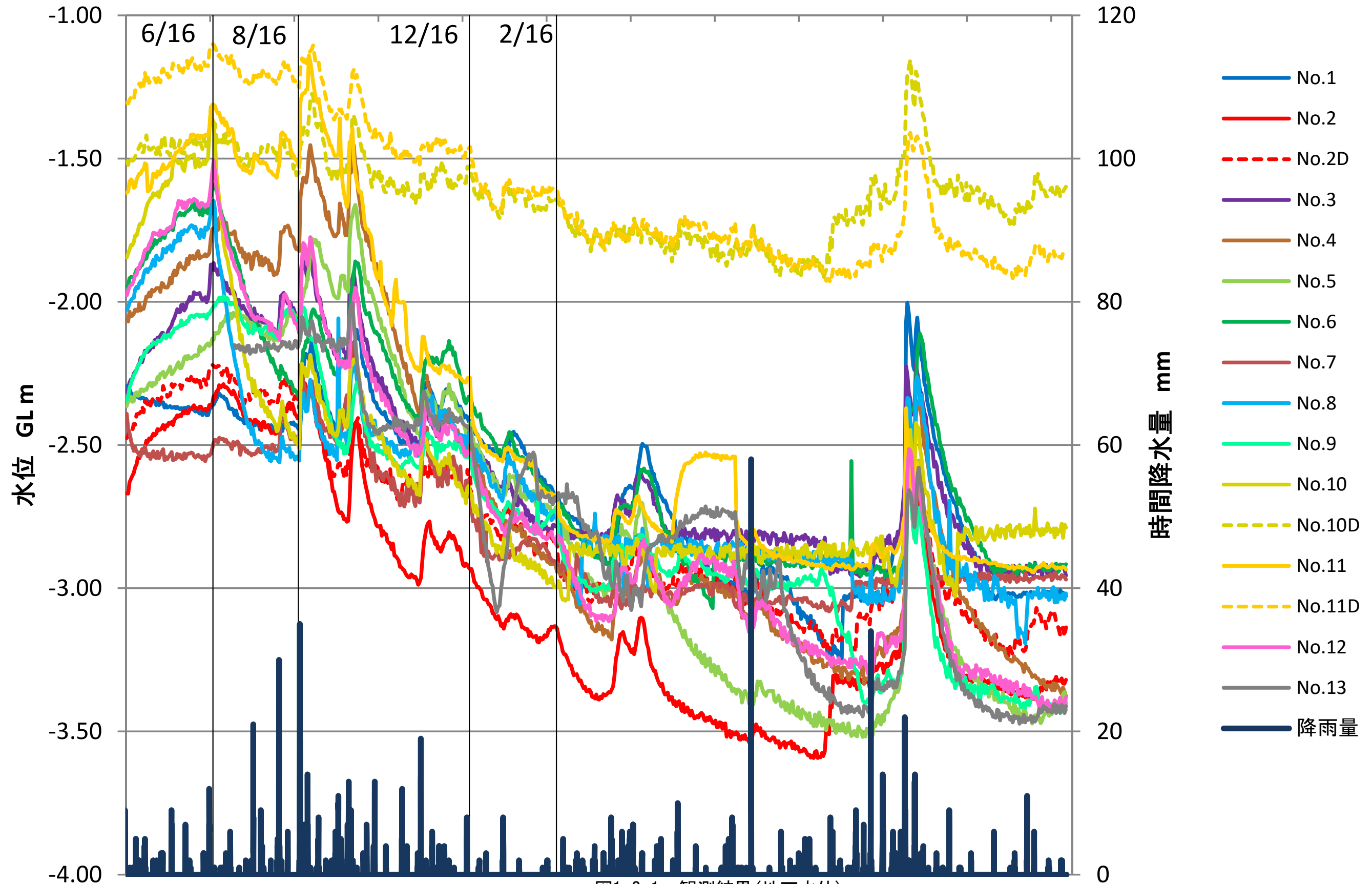


図1.2-1 観測結果(地下水位)

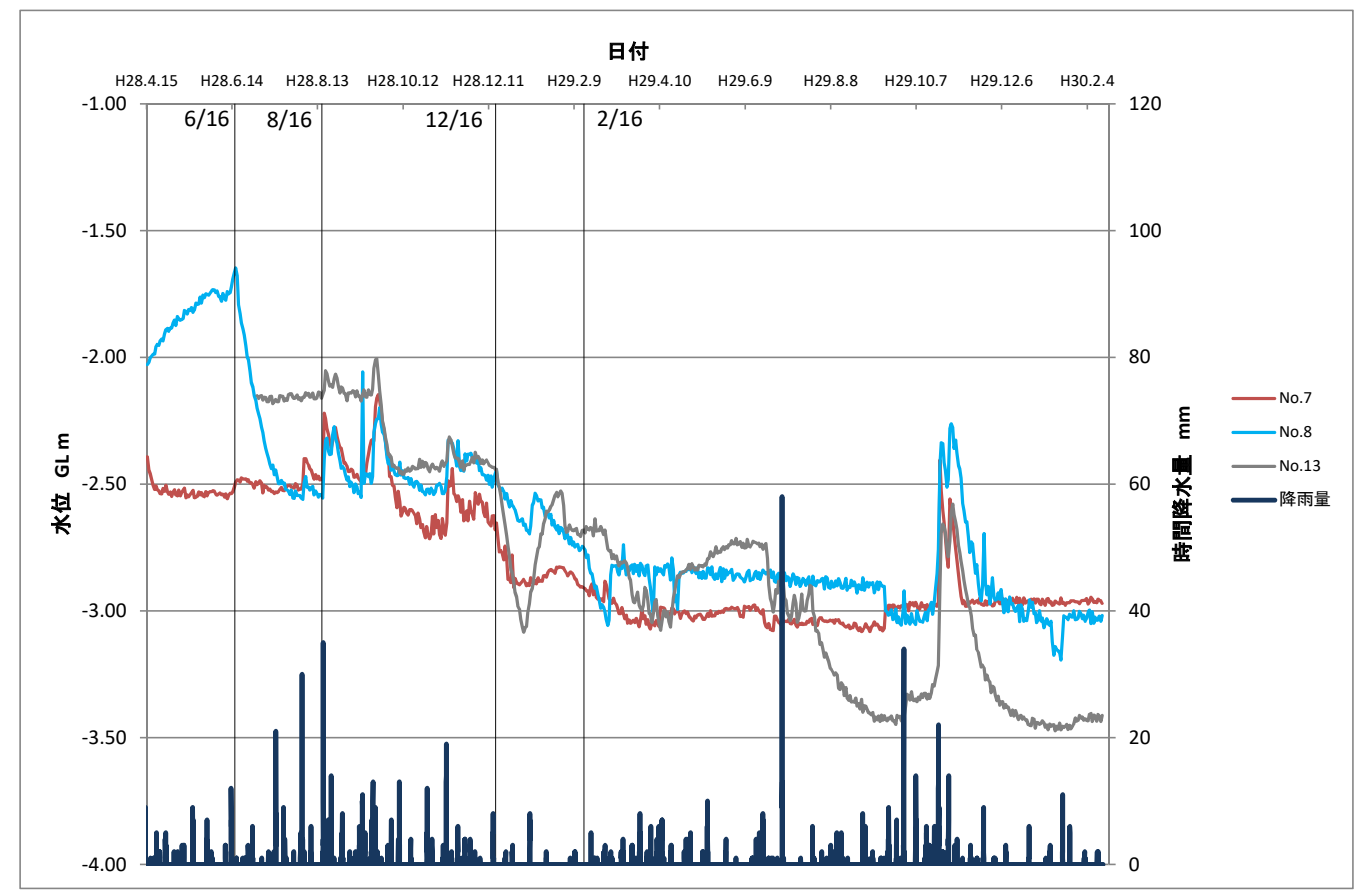
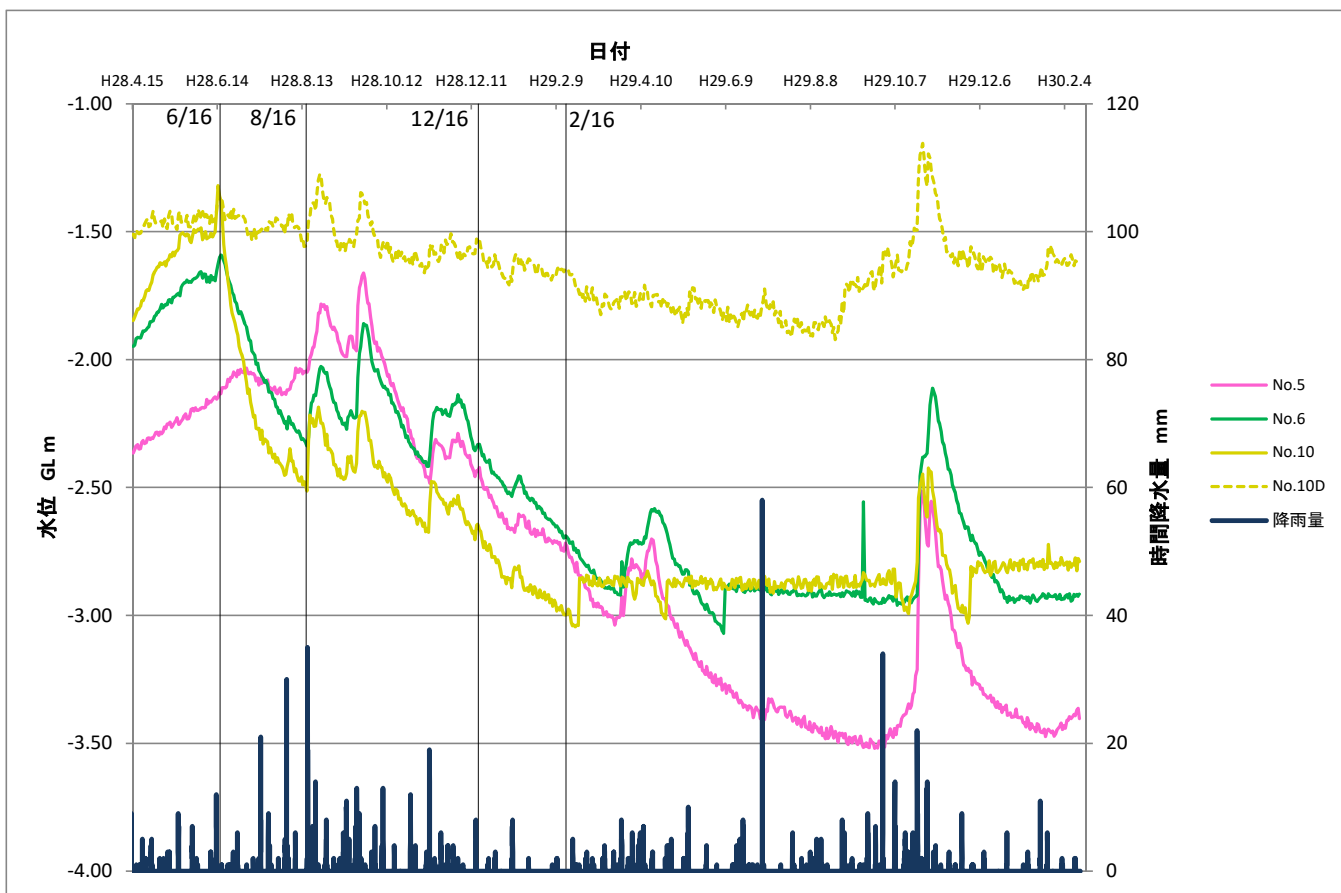
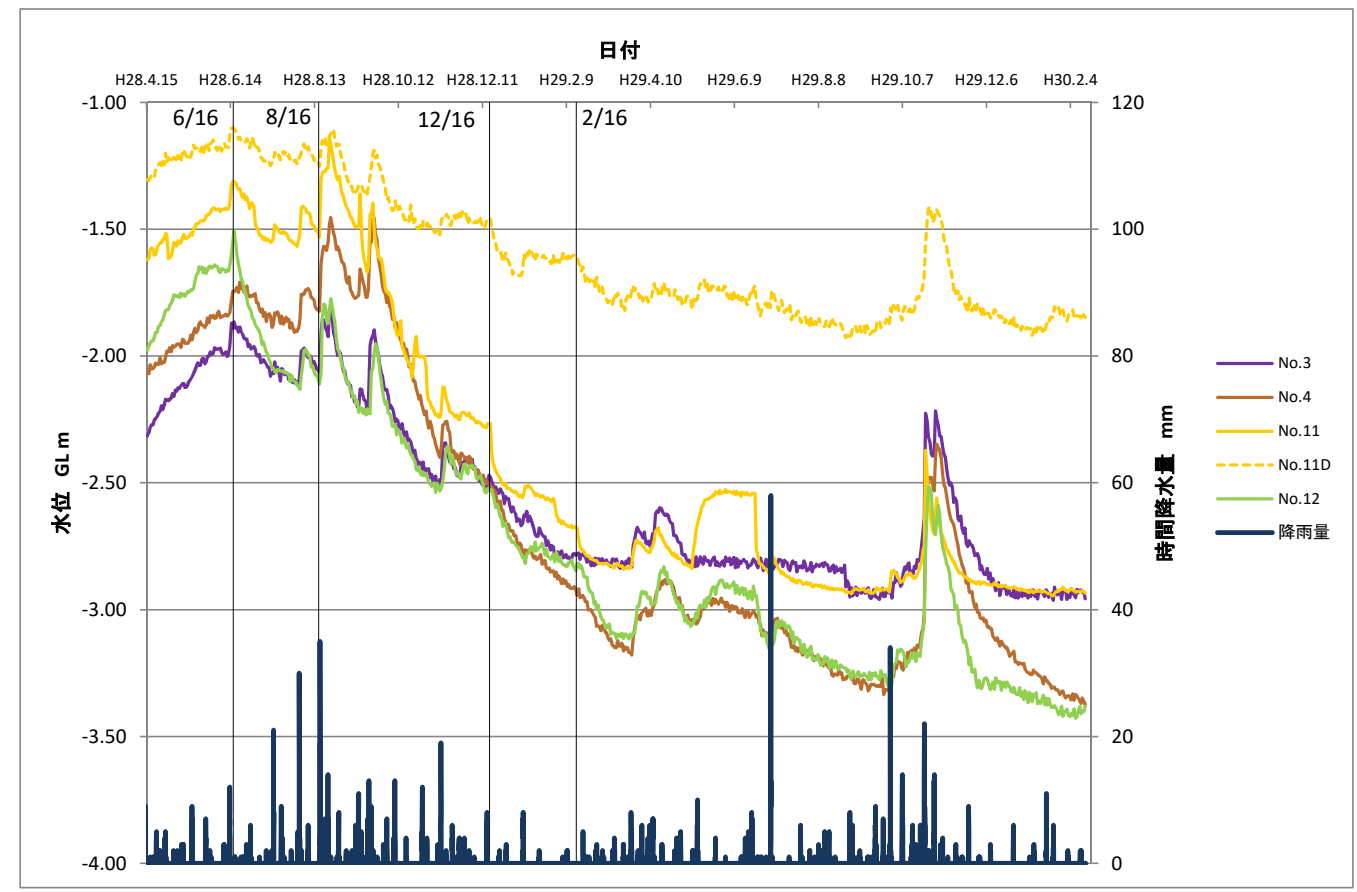
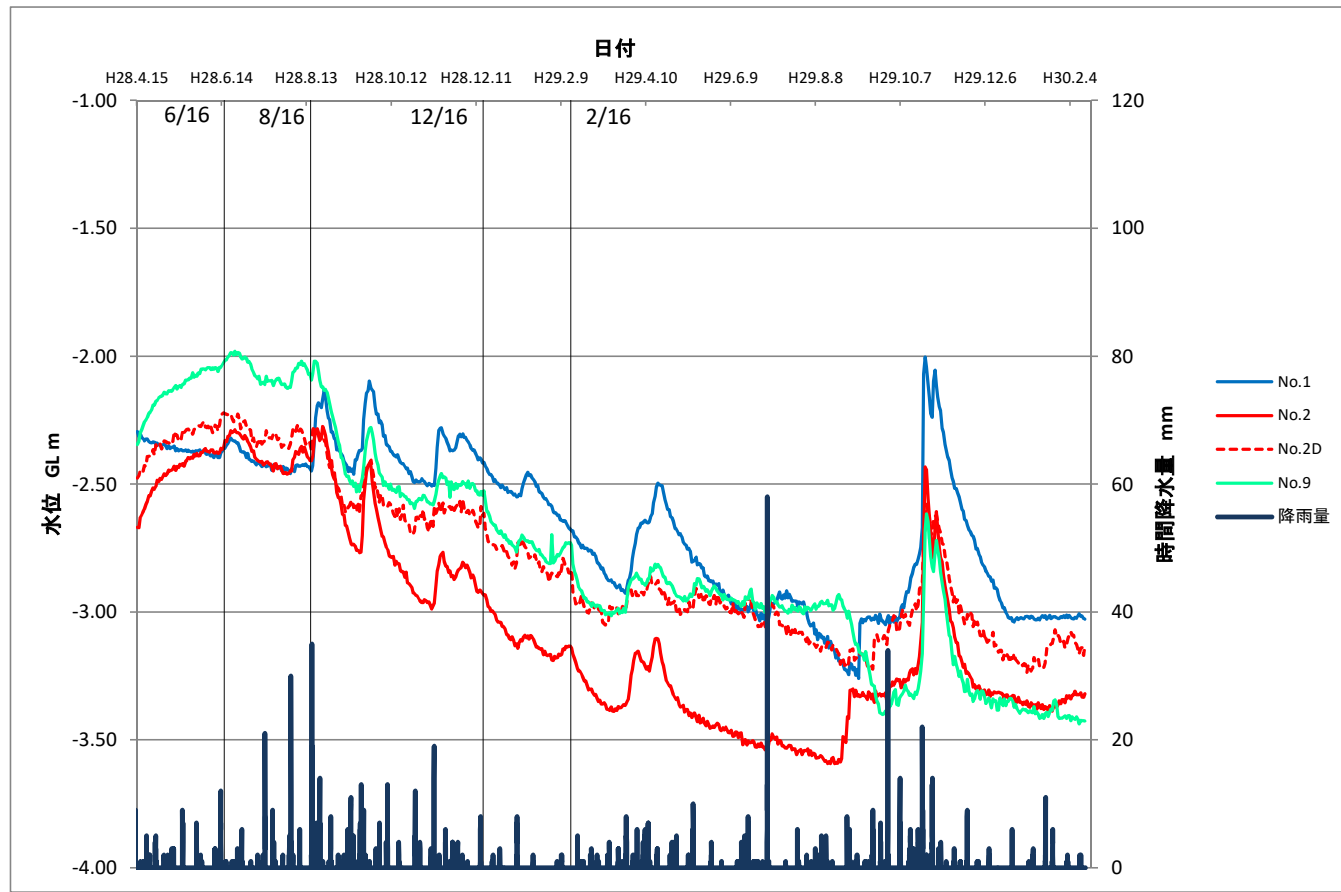


図1.2-2 観測結果(地下水位, 地区別)

### 1.3 地表面沈下

No.1 を除く 12 箇所の観測地点の地表面に 1mm 以上の沈下が認められた。(表 1.3-1、図 1.3-1、図 1.3-2)。

表 1.3-1 沈下計観測結果(2018/2/14、沈下は-)

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
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			

注：H28.4.15 と H28.7.1(No.13 のみ)との沈下差、-1 は地表面、-2 は自然地層、それぞれの沈下

このほか、No.6 では地表面に 8.1mm、人自不整合からの下の自然地層に 18.5mm の沈下が認められた。当該箇所の沈下は、H28.6.16 から実施したマンホールポンプの稼働時期に合わせて発生している。また、人自不整合から下位の自然地層の沈下量のほうが大きいのは、自然地層の収縮が局部的で平面的な広がりが無いと思われるので、地盤の沈下にあられていないか、観測機システムの不具合などが考えられる。この点は、今後、継続する観測結果を待つこととする。

なお、No.11、No.12 では、管理値の 1cm を超えたため、観測点の周辺に地表面の傾きが生じていないかの確認を行った。結果は、1.5.2 章、1.5.3 章で述べる。

### 1.4 間隙水圧

人自不整合下位に設置された間隙水圧計による観測結果を整理すると、間隙水圧は全体的に横ばい、あるいは間隙水圧の上昇が認められる。また、水位低下による間隙水圧の低下はほとんど認められない(表 1.4-1、図 1.4-1)。したがって、人自不整合の下の粘性土は、地下水位低下による沈下はほとんど生じないと考えられる。

なお、間隙水圧を水位に換算すると、そのほとんどが近傍の水位観測孔より高い水位(被圧地下水)を示す。

表 1.4-1 間隙水圧計観測結果(2018/2/14)

観測孔	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.8	No.10	No.11	No.12	No.13
間隙水圧(Mpa)	0.03	0.03	0.08	0.06	0.06	0.09	0.05	0.08	0.08	0.05
設置深度(GL-m)	4.8	4.0	7.5	6.5	7.5	9.5	7.5	9.0	8.0	6.5
換算水位(GL m)	-1.95	-1.39	0.18	-0.70	-1.11	-0.70	-2.19	-0.59	0.14	-1.28
観測孔の水位(GL m)	-3.32	-2.96	-3.38	-3.40	-2.92	-3.02	-2.79	-2.93	-3.38	-3.41

注：換算水位で+は地表より高いことを示す。



日付

H28.4.15 H28.6.14 H28.8.13 H28.10.12 H28.12.11 H29.2.9 H29.4.10 H29.6.9 H29.8.8 H29.10.7 H29.12.6 H30.2.4

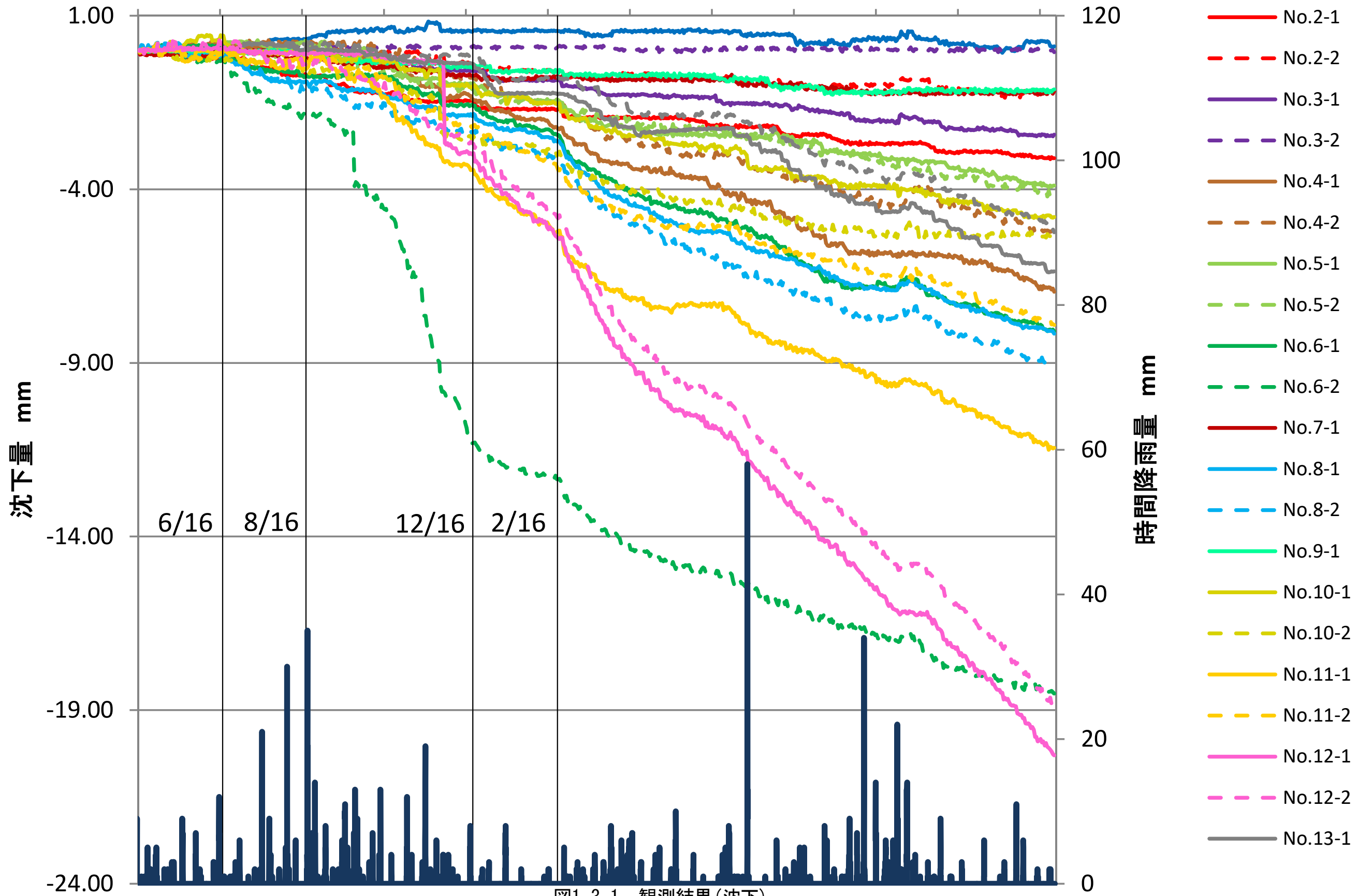


図1.3-1 観測結果(沈下)

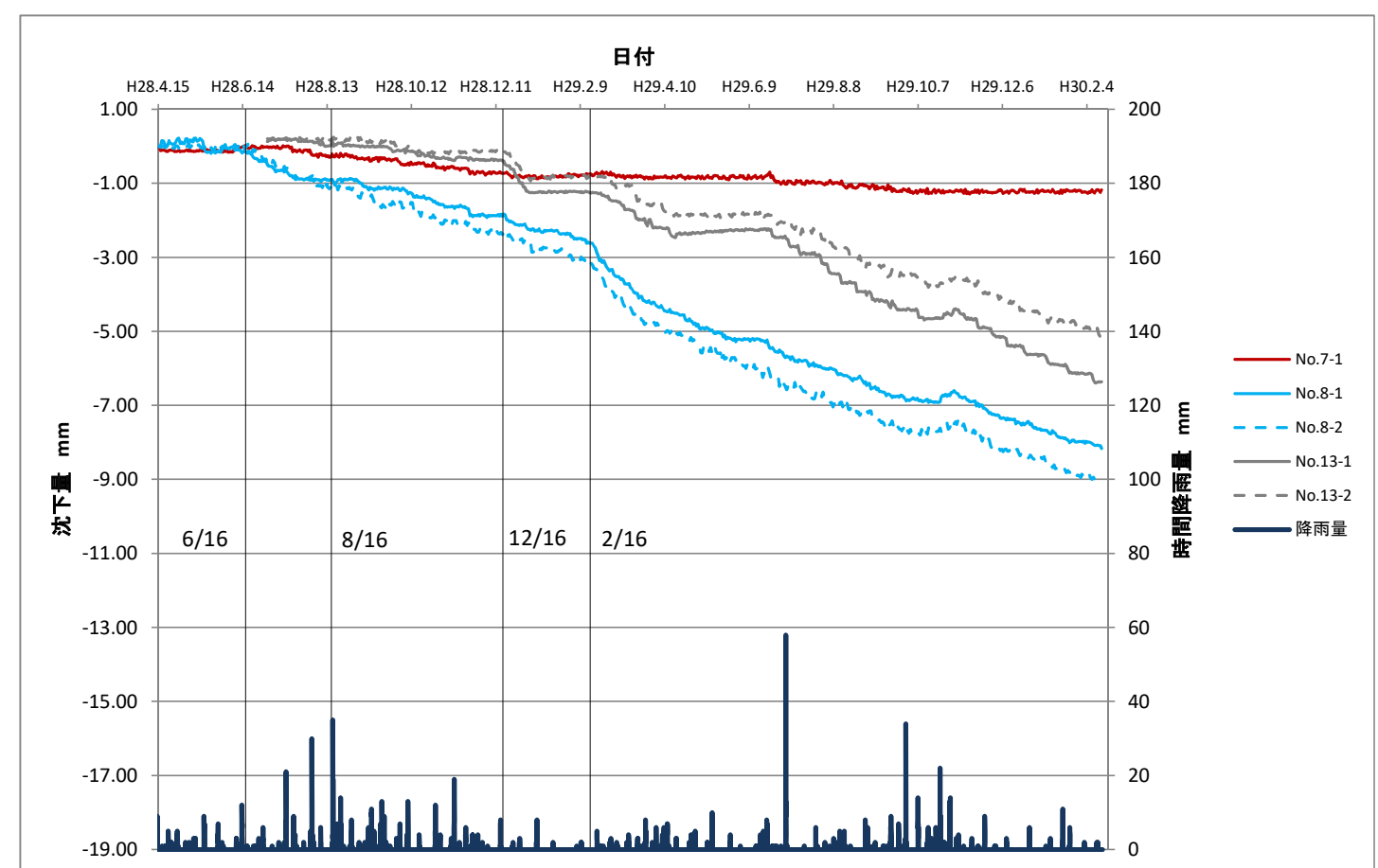
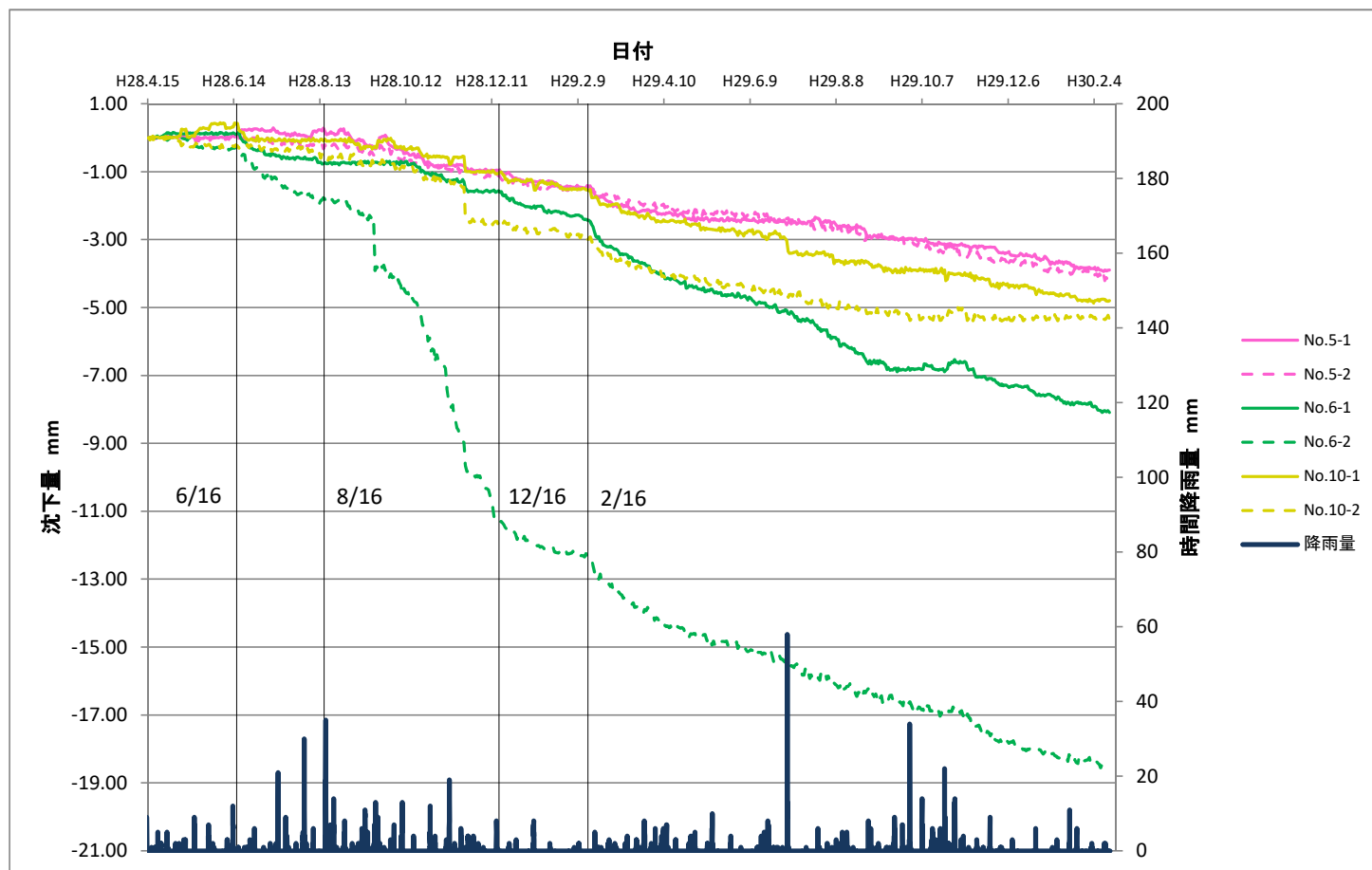
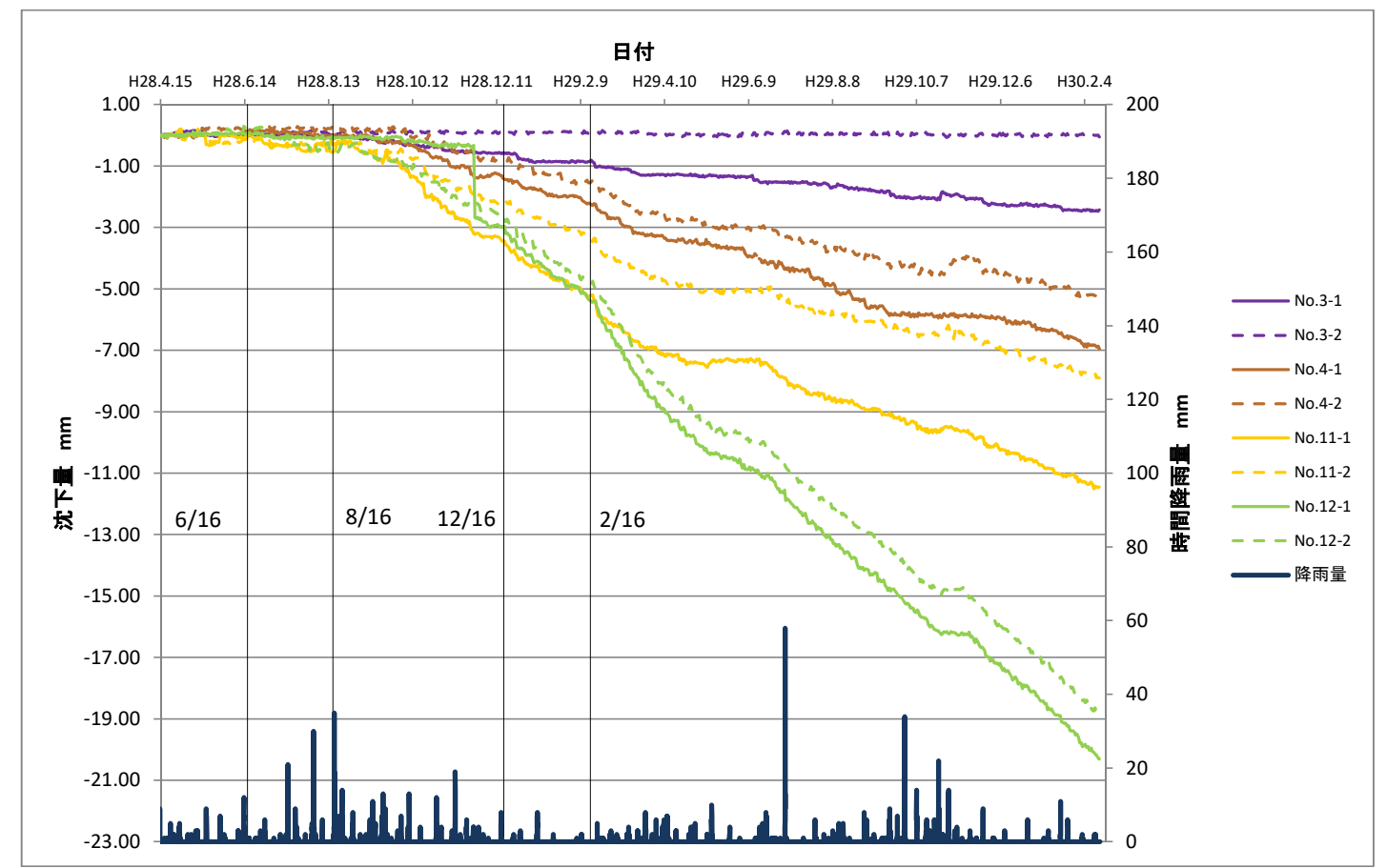
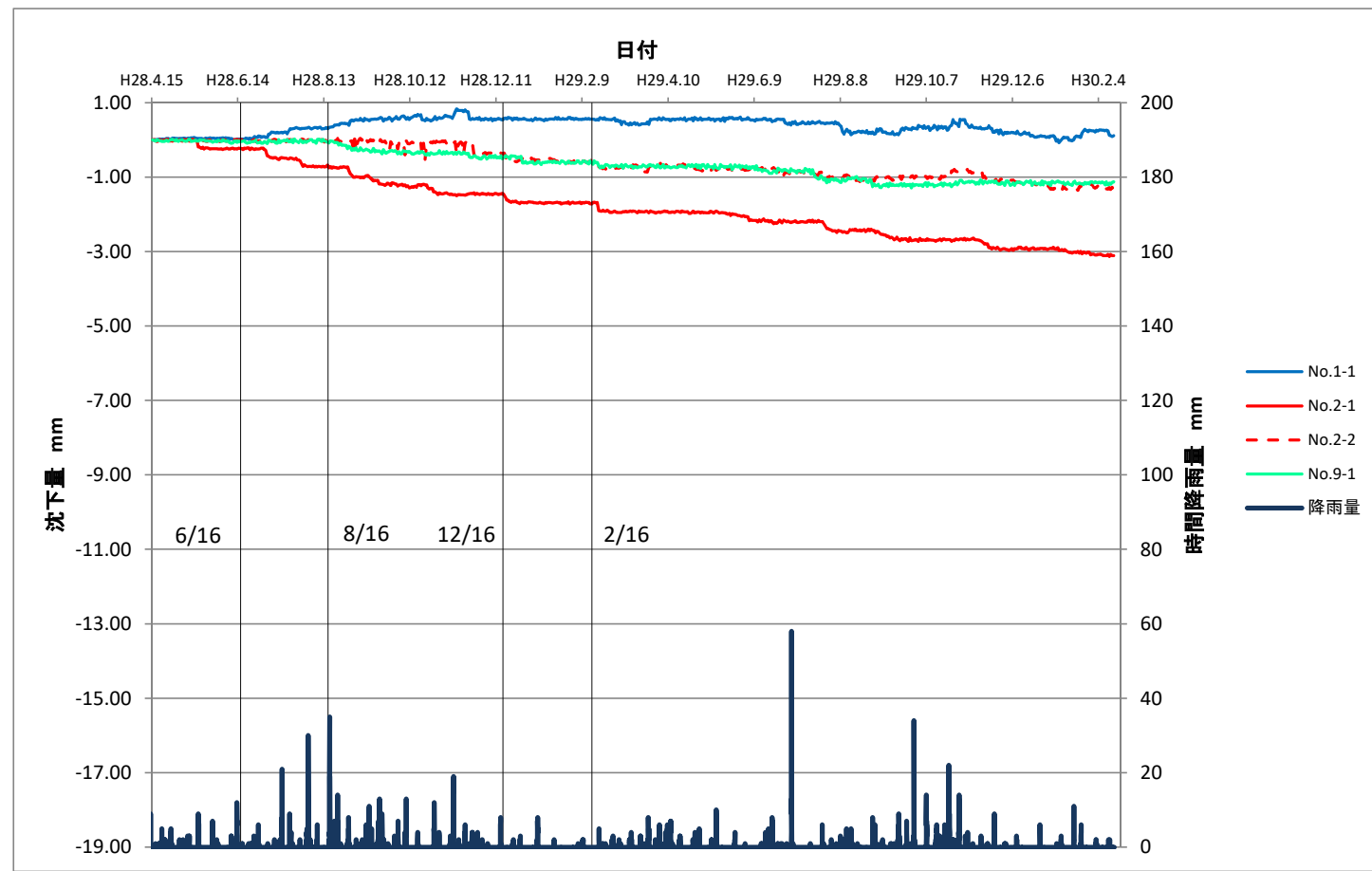


图1.3-2 観測結果(沈下、地区別)

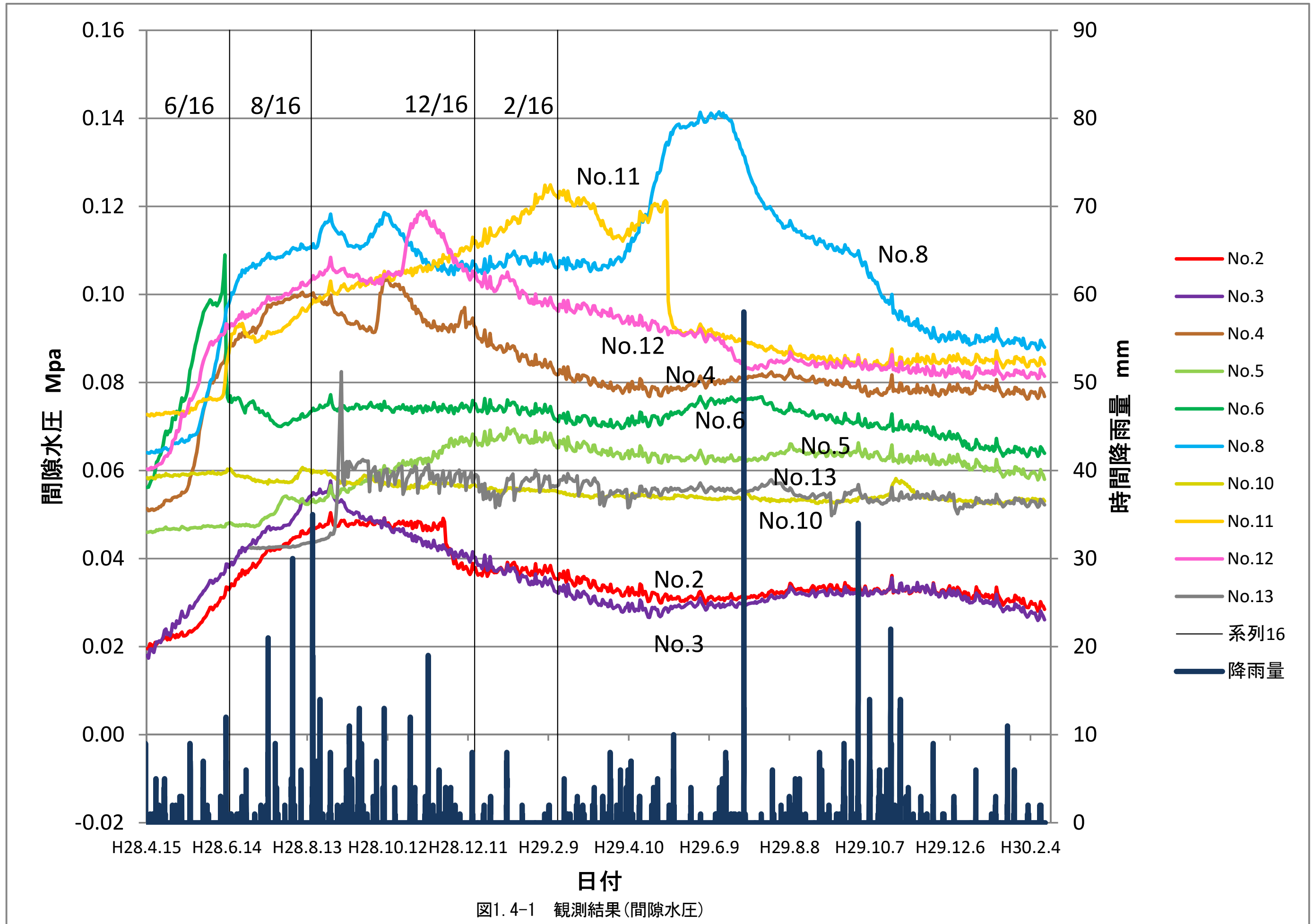
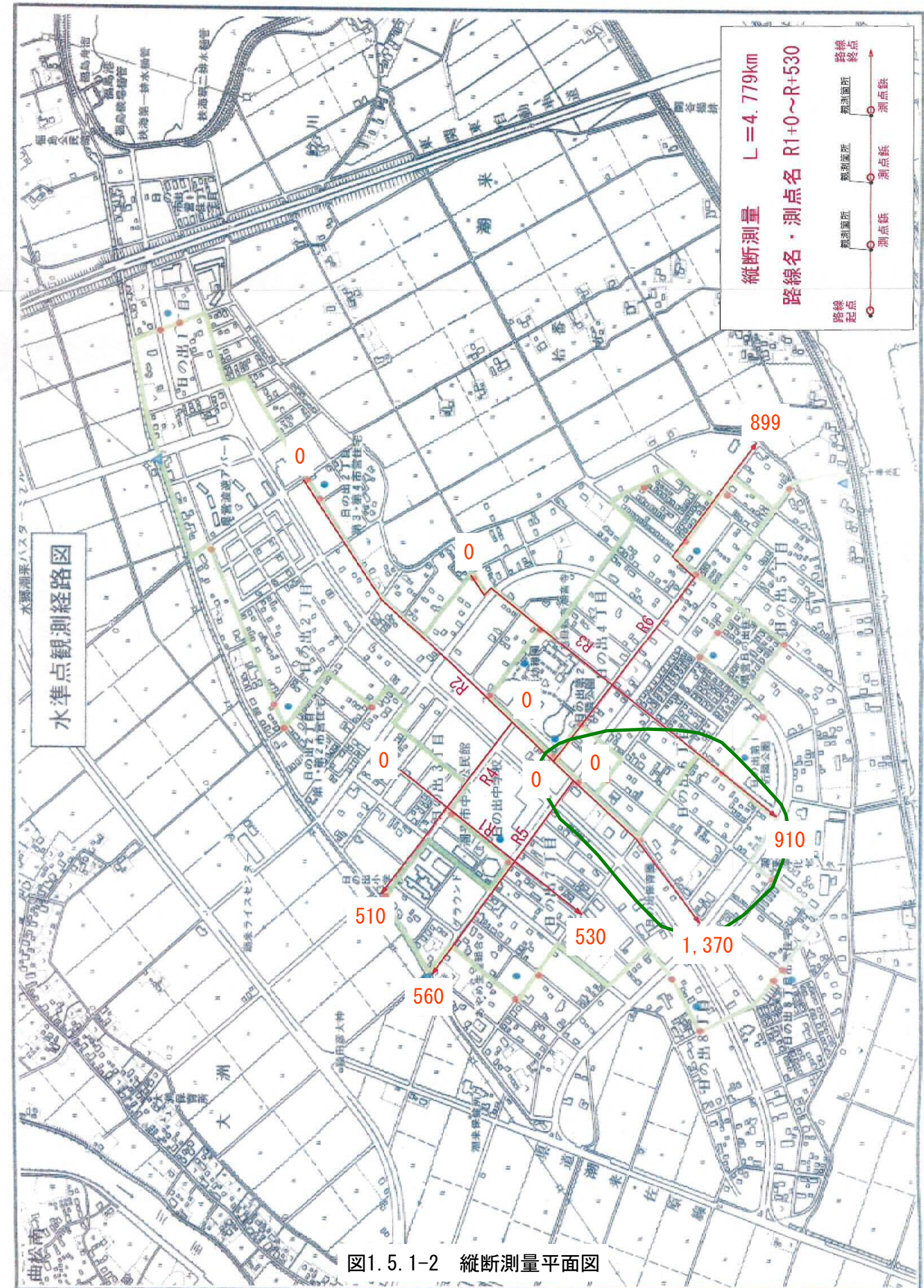
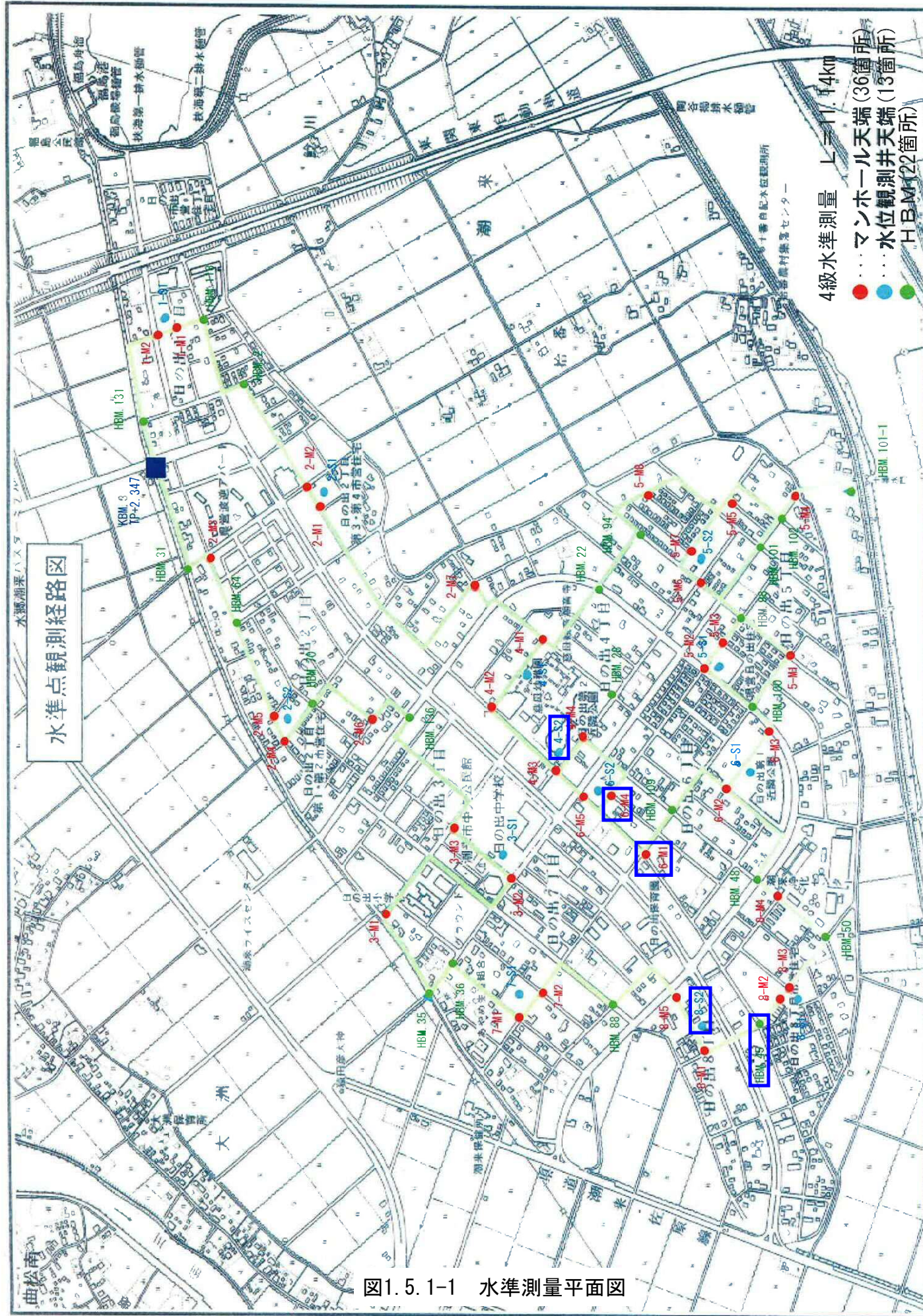


図1.4-1 観測結果(間隙水圧)



1.5 水準測量

1.5.1 日の出地区全体

水準測量を平成 28 年 3 月、およびステップ 1 でポンプ稼働する前の平成 28 年 6 月、ステップ 2 でポンプ稼働する前の平成 28 年 8 月、ステップ 3 でポンプ稼働する前の平成 28 年 11 月、ステップ 4 でポンプ稼働する前の平成 29 年 2 月、排水施設が設計位置に到達した後の平成 30 年 2 月の計 6 回実施した。今回の整理では、マンホール天端が 36 点、水位観測孔が 13 点、BM が 22 点の計 71 点を用いて、平成 28 年 3 月を基準として、平成 28 年 6 月、8 月、11 月、平成 29 年 2 月、および平成 30 年 2 月との標高差をコンターで示した(図 1.5.1-1~6)。

H30.2.14 の計測で地表面沈下量が 5mm を超えた箇所の水準測量値を表 1.5.1-1 に示す。計測点の地表面沈下量と水準測量の値は一致しない。これは、水準点が地表面沈下量の計測点と同じ敷地にある水位観測孔の値であり、このような計測点の差異により生じたものと考えられる。

表 1.5.1-1 地表面沈下量と水準測量の比較

計測点	地表面沈下 H30.2.14 mm	水準点	H28.6 mm	H28.8 mm	H28.11 mm	H29.2 mm	H30.2 mm
No.5	-6.9	5-S2	0	7	3	6	2
No.6	-8.1	6-S1	1	0	-2	7	2
No.8	-8.2	8-S1	-3	2	-5	-2	-7
No.11	-11.4	4-S2	-3	-1	-4	-5	-6
No.12	-20.3	6-S2	-4	0	-2	-1	-5
No.13	-6.5	8-S2	0	(-41)	(-43)	(-44)	(-48)

注：水準測量は H28.3 の値を基準とし、- が沈下

No.13 は H28.6 と H28.8 の差が大きいため H28.8 の値を基準とした

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ず、沈下隆起を繰り返している(表 1.5-2)。ただし、平成 28 年 11 月を基準とすれば変化しない～沈下傾向が認められるのは、6-M1、6-M4、4-S2、8-S2、HBM45 である。

平成 30 年 2 月の結果で、ひょうたん池西側にみられる標高差に沈下傾向が認められる箇所は埋立泥層の層厚が厚い箇所に概ね一致する。

表 1.5.1-2 水準測量結果

(水準測量は H28.3 値を基準とし、- が沈下)

測点	H28.3(m)	H28.6(m)	H28.8(m)	H28.11(m)	H29.2(m)	H30.2(m)
1-M1	0	0.001	0.003	0	0.006	0.003
1-M2	0	0.001	0.001	0.002	0.005	0.002
2-M1	0	0.001	0.002	0	0.001	0.006
2-M2	0	-0.002	0.003	0	0.002	0.004
2-M3	0	0	0.002	0.003	0.002	0.002
2-M4	0	0.001	0.001	-0.001	-0.002	-0.001
2-M5	0	0.001	0.001	0.001	0.002	0
2-M6	0	0.002	0.002	-0.001	0	0.003
2-M7	0	-0.002	0	-0.001	-0.001	-0.002
3-M1	0	-0.002	0.002	-0.001	-0.007	0.002
3-M2	0	-0.005	-0.002	-0.002	0	0.002
3-M3	0	0.003	0.006	0.002	0.004	0.009
4-M1	0	0.002	0.001	-0.003	0	0.002
4-M2	0	0.003	0.001	-0.001	0	0.004
4-M3	0	-0.001	0	-0.001	0.001	0.001
4-M4	0	-0.003	0.001	-0.002	0	-0.002
5-M1	0	0.001	0.003	0.001	0.009	0.008
5-M2	0	0.002	0.002	0	0.005	0.003
5-M3	0	-0.001	0	-0.001	0.004	0.004
5-M4	0	-0.001	0.004	0.001	0.011	0.005
5-M5	0	-0.002	0.005	-0.003	0.006	0.004
5-M6	0	0.001	0.004	-0.001	0.004	0.003
5-M7	0	0.003	0.008	0.005	0.006	0.004
5-M8	0	0	0.002	-0.001	0.002	0.003
6-M1	0	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.008
6-M2	0	0.002	0.002	0.001	0.006	0.001
6-M3	0	0	0.002	0	0.005	0.004
6-M4	0	-0.005	-0.002	-0.003	-0.003	-0.009
6-M5	0	-0.002	0	-0.003	-0.001	-0.009
7-M1	0	0.005	0.009	0.01	-0.001	0.004
7-M2	0	-0.003	0.001	0.005	0.001	0.001
8-M1	0	-0.007	-0.003	-0.004	-0.004	-0.009
8-M2	0	-0.005	0	0.001	-0.002	-0.008
8-M3	0	-0.004	0	-0.005	-0.001	-0.006
8-M4	0	-0.003	-0.001	-0.004	0	-0.003
8-M5	0	0	-0.001	0.005	0.003	0
1-S1	0	0	0	0	0.003	0.002
2-S1	0	-0.002	0.003	0.001	0.002	0.003
2-S2	0	0.001	0.003	0.001	-0.002	0
3-S1	0	-0.007	-0.004	-0.004	-0.003	-0.001
4-S1	0	0.003	0.002	-0.002	-0.003	-0.003
4-S2	0	-0.003	-0.001	-0.004	-0.005	-0.006
5-S1	0	0.001	0.003	0.001	0.005	0.004
5-S2	0	0	0.007	0.003	0.006	0.002
6-S1	0	0.001	0	-0.002	0.007	0.002
6-S2	0	-0.004	0	-0.002	-0.001	-0.005
7-S1	0	0	0.001	0.005	-0.003	0.001
8-S1	0	-0.003	0.002	-0.005	-0.002	-0.007
8-S2	0	0	-0.041	-0.043	-0.044	-0.048
HBM.2	0	-0.002	-0.001	-0.001	0.004	0.002
HBM.118	0	-0.001	0.001	-0.001	0.006	0.001
HBM.131	0	-0.001	-0.002	-0.002	0	柵改修
HBM.31	0	0	0.002	0.002	-0.001	0.001
HBM.64	0	-0.001	0.001	0.001	-0.002	0
HBM.70	0	0.003	0.002	0.001	0	0.002
HBM.136	0	0.002	0.002	-0.002	0	0.003
HBM.35	0	-0.001	0.003	0.002	-0.004	0.001
HBM.36	0	-0.001	0.003	0.002	-0.001	0.002
HBM.22	0	0.002	0.002	-0.003	0.002	0.001
HBM.28	0	-0.003	0.002	-0.002	0.001	-0.002
HBM.94	0	0.001	0.003	-0.001	0.004	0.002
HBM.98	0	0.002	0.001	-0.001	0.007	0.005
HBM.101	0	0.003	0.001	0.001	0.01	0.005
HBM.102	0	0	0.002	0.001	0.01	0.002
HBM.101-1	0	0	0.004	0.002	0.012	0.006
HBM.100	0	0	0.001	0	0.006	0.004
HBM.109	0	-0.001	0	-0.001	0	-0.007
HBM.88	0	0.053	0	-0.001	-0.007	-0.001
HBM.45	0	-0.006	0.001	-0.002	-0.002	-0.011
HBM.48	0	-0.001	0.001	-0.002	0.001	-0.002
HBM.50	0	-0.002	0	-0.002	0.003	-0.001

2016/03~2016/06 (3ヶ月)

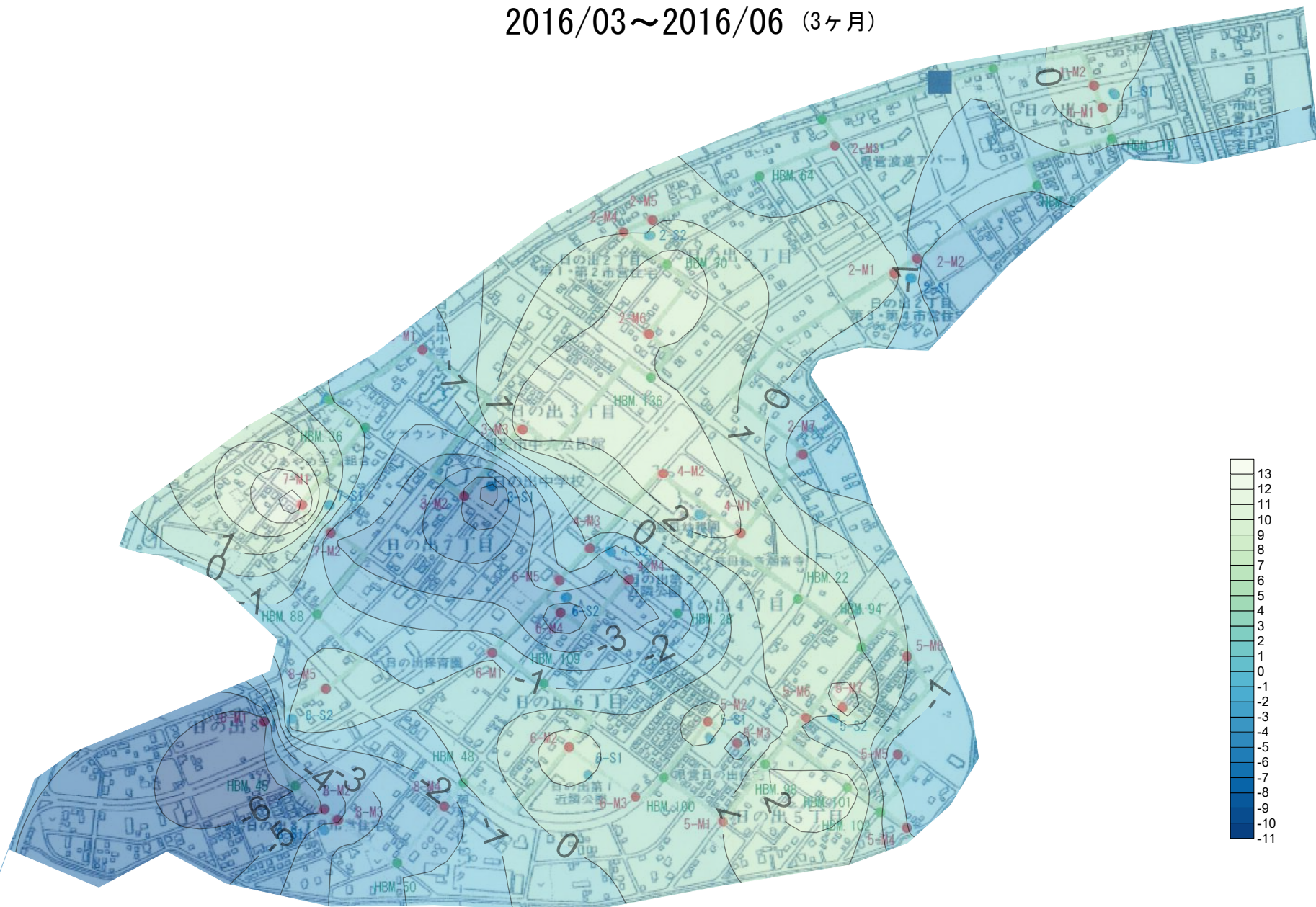


図1.5.1-3 水準測量結果(1)

2016/03~2016/06 (5ヶ月)

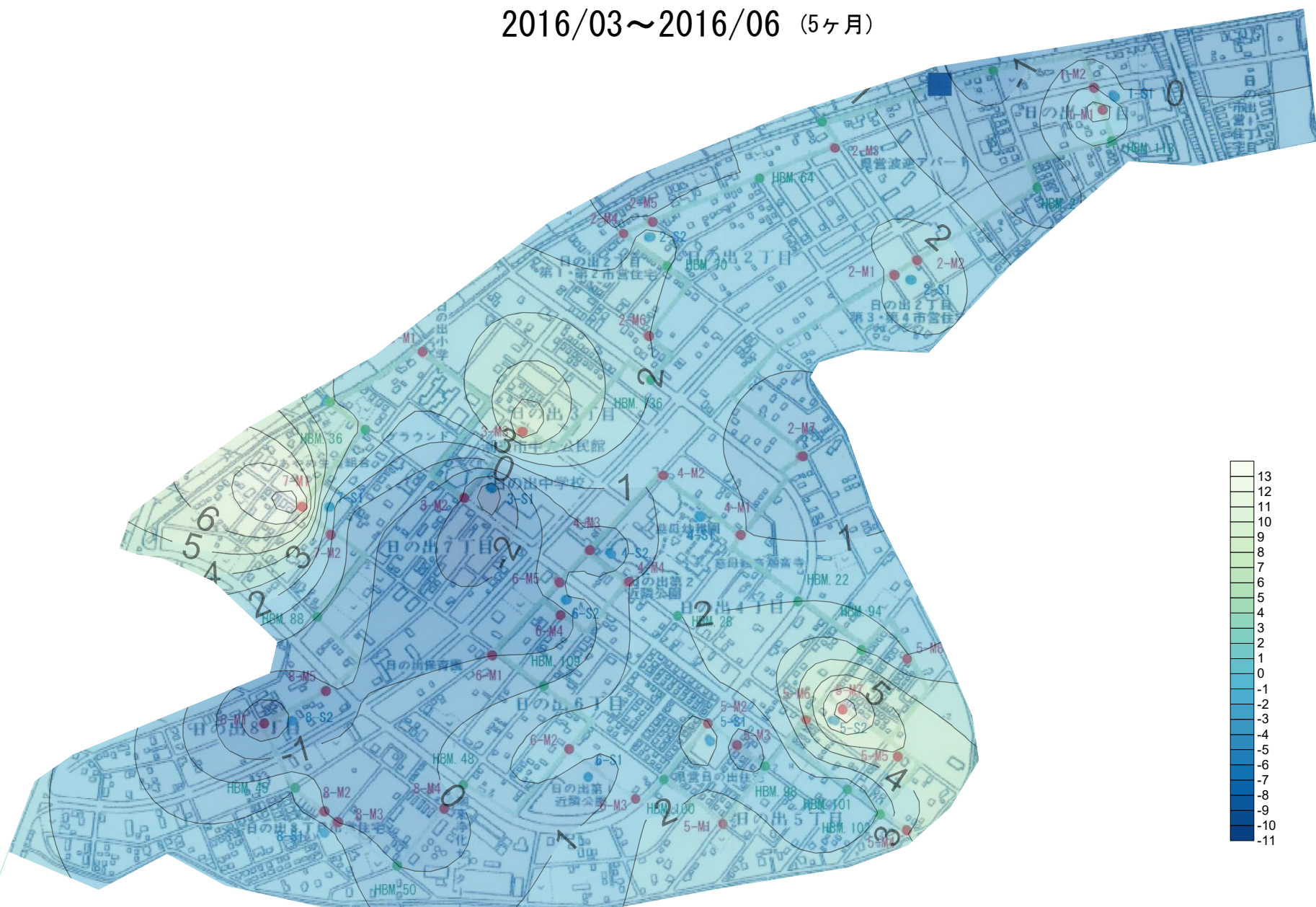


図1.5.1-4 水準測量結果(2)

2016/03~2016/11 (8ヶ月)

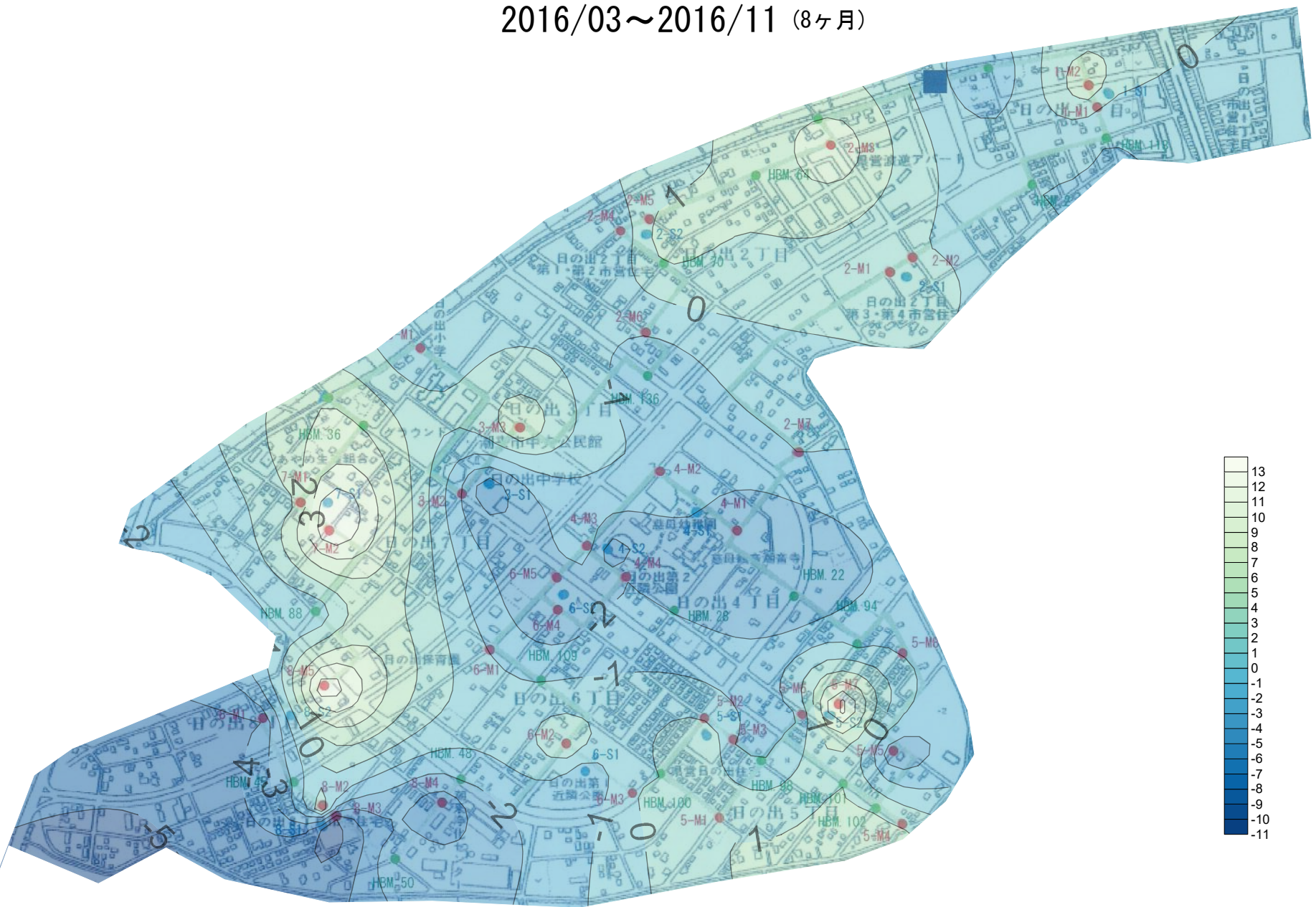


図1.5.1-5 水準測量結果(3)

2016/03~2017/02 (11ヶ月)

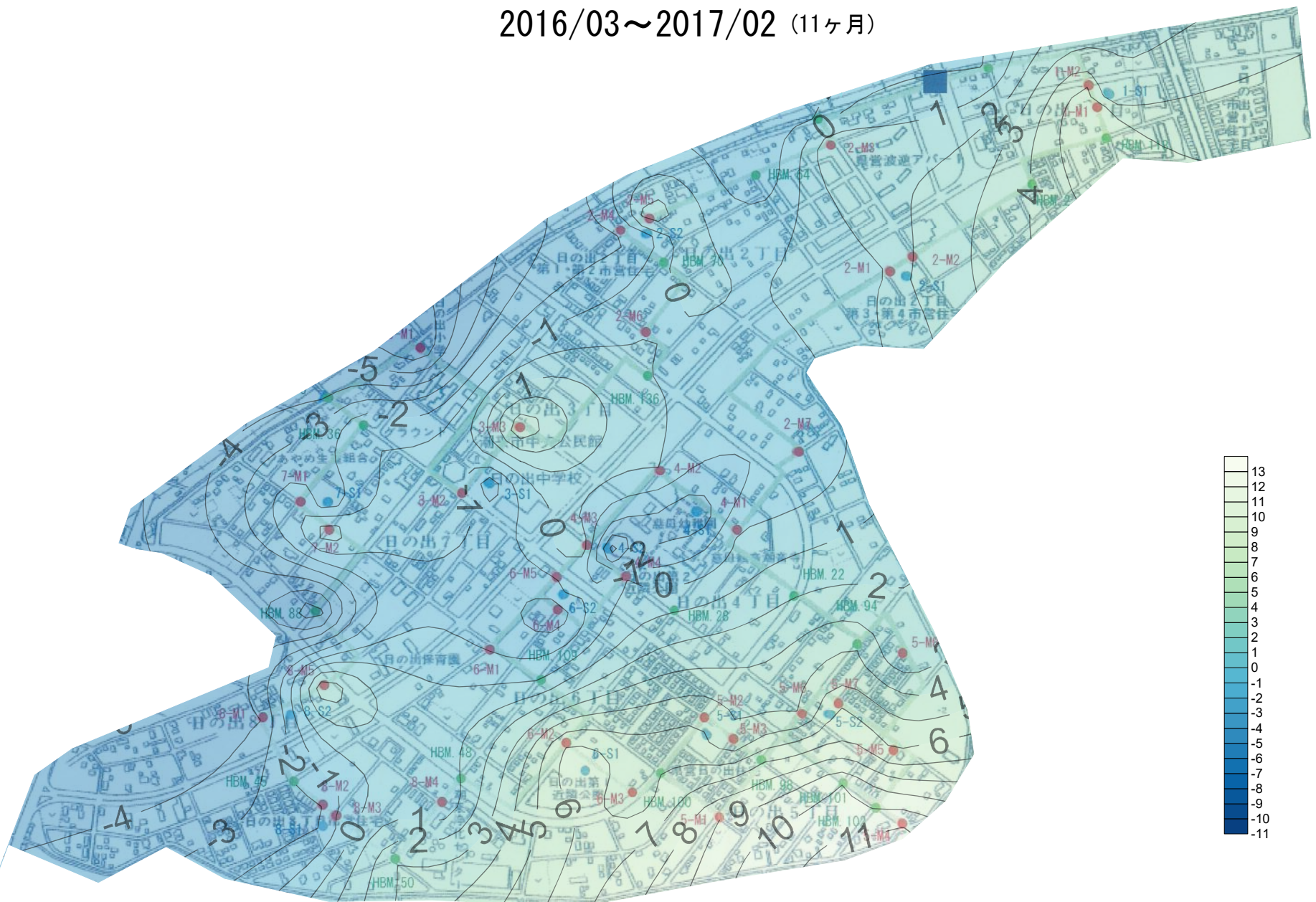


図1.5.1-6 水準測量結果(4)