

# 潮来市日の出地区 液状化対策事業効果検討委員会

## 第3回委員会資料

令和元年7月2日

### INDEX

1.モニタリング結果.....	1
2.対策効果の検証.....	12

## 1. モニタリング結果

### 1.1 モニタリングの手法

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。

表1.1-1 地下水位低下工法施工後の事業効果の確認

確認が必要な事項	確認方法	計測・対応等
地下水位低下状況	どの程度地下水位が低下しているかを確認するために地下水位観測を行う。	自記水位計 降雨量
地下水位低下に伴う地盤沈下状況	施工時および地下水位低下に伴う地盤沈下状況を確認するために沈下量の観測を行う。	地盤沈下計 間隙水圧計

### 1) 自記水位計

地下水位観測にあたっては、図 1.1-1 に示すようにボーリングで削孔した孔にスクリーン加工したケーシングを建て込み、スクリーンの周囲にフィルター材(豆砂利)を挿入し、その上位をシール材により止水して地下水位観測孔を設置した。そして、ケーシング内に自記水位計を設置して地下水位の連続観測を行った。

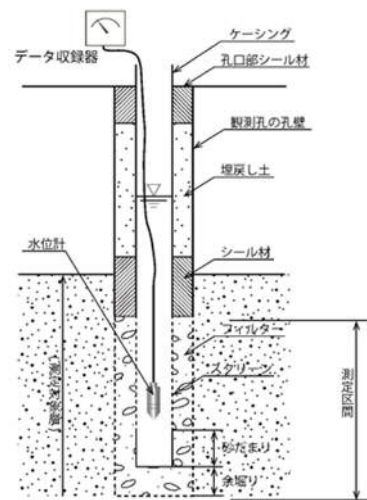


図 1.1-1 地下水位観測孔及び自記水位計の設置例

### 2) 地盤沈下計

地盤沈下量の計測にあたっては、ボーリングで支持層と評価される地層の上端まで削孔した孔の先端から、図 1.1-2 に示すように基線ロッドにスクリーアンカーを接続したものを支持層にねじ込んで固定する。そして、基線ロッドに対する地盤の動きを地盤沈下計で測定して地盤沈下量を求める。

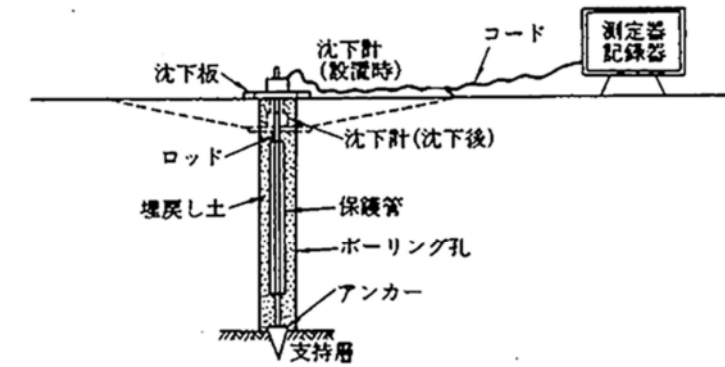


図 1.1-2 地盤沈下計の設置例

### 3) 間隙水圧計

地下水位低下工法により地下水位を下げることにより、下部の粘性土の間隙水圧が下がり有効上載圧が増すために圧密沈下を生じる。当該地では、粘性土(日の出泥層)に設置した間隙水圧計(図 1.1-3)を設置して計測したデータを基に、実際の間隙水圧の分布の変化を考慮して圧密沈下量を推定することが有効である。

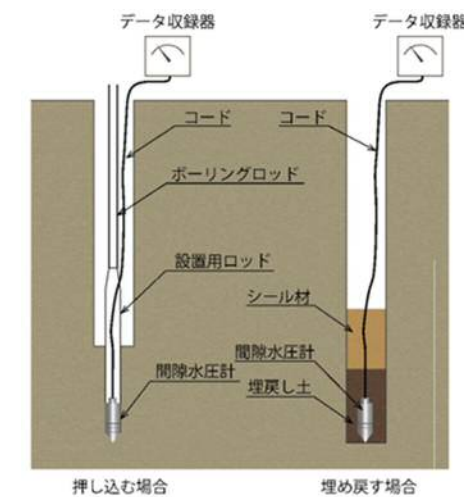


図 1.1-3 間隙水圧計の設置例

## 1.2 段階的地下水位低下の工程

地下水位低下に伴う不同沈下を防止するため、段階的に地下水位を低下させた。地下水位低下作業に際しては、下記作業フロー(図 1.2-1)を策定して作業を行った。

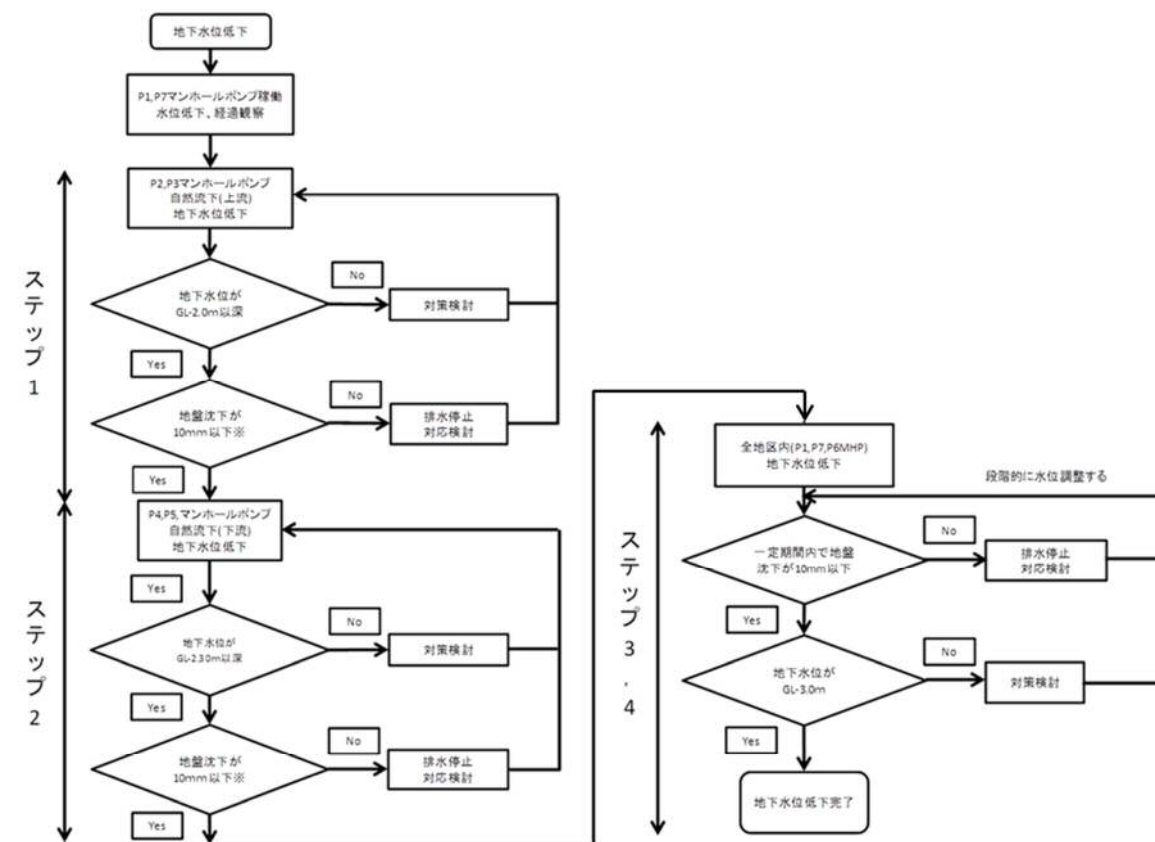


図 1.2-1 地下水位低下作業フロー

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 1.2-2)。

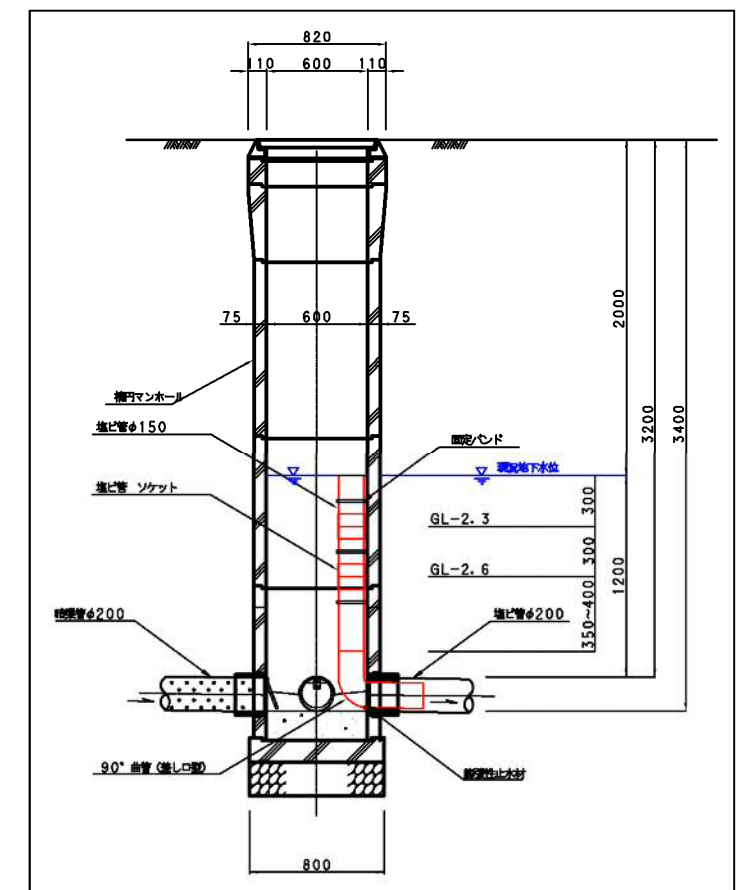


図 1.2-2 立ち上げ管の模式図

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1.2-3に示す。

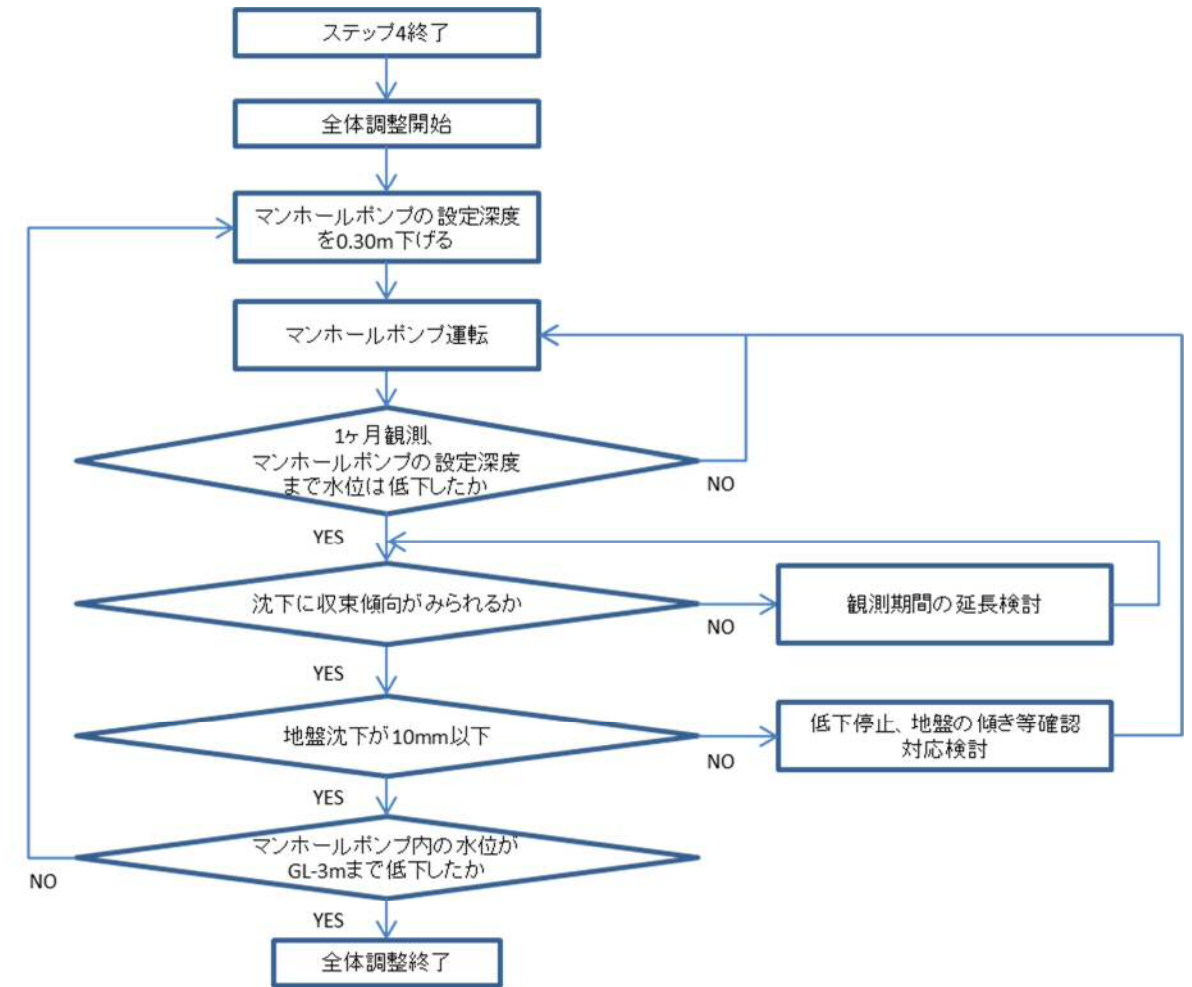


図1.2-3 地下水位低下工法フロー(ステップ4道路部)

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。

段階的地下水位低下作業を開始した日時をまとめ、以下に示す。

表 1.2-1 地下水位低下作業の日程

段 階	開始日
試験排水、P1, P7稼働	平成28年4月15日
ステップ1(地下水位深度2mまで低下)開始 P2, P3稼働、自然流下上流バルブ開放	平成28年6月16日
ステップ2(地下水位深度2.3mまで低下)開始 P4, P5稼働、自然流下下流バルブ開放	平成28年8月16日
ステップ3(地下水位深度2.6mまで低下)開始	平成28年12月16日
ステップ4(地下水位深度3mまで低下)開始 P6稼働	平成29年2月16日
マンホールポンプ P4最終設定完了	平成29年7月27日
マンホールポンプ P3最終設定完了	平成29年8月25日
マンホールポンプ P6最終設定完了	平成29年8月25日
マンホールポンプ P5最終設定完了	平成29年9月22日
マンホールポンプ P2最終設定完了	平成29年10月6日
マンホールポンプ P1最終設定完了	平成29年11月8日
マンホールポンプ 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

### 1.3 地下水位

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値は 3.0m である。H31.2.28 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 である。その不足分は 2cm である。ただし、No.3 においても地下水が GL-3.0m に達した時期はある(表 1.2-1、図 1.2-1、図 1.2-2)。

表 1.3-1 地下水位計測結果 (2019/2/28)

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
地下水位GL(m)	-2.91	-3.32	-3.13	-2.98	-3.58	-3.51	-2.81	-2.93	-3.1	-3.54	-2.82	-1.49	-3.2	-1.86	-3.39	-3.39
地下水位T.P.(m)	-0.65	-1.24	-1.04	-1.30	-2.14	-1.82	-1.62	-1.08	-1.88	-1.31	-1.85	-0.52	-2.33	-1.00	-2.20	-1.95

注：-D は深井戸の水位

2018 年は、直近 10 年間で最も年間降水量が少ない年であった。また、10 年間の年間降水量の平均より 200mm 程度少ない年間降水量であった。

表 1.3-2 2009 年～2018 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
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
2018年	72	23	195	88	172	166	92	51	261	63	67	41	1,291
2019年	16	69	131	108	101								
平均	71	82	108	121	129	135	106	113	201	248	108	83	1,507

### 1.4 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 1.4-1、図 1.4-1、図 1.4-2)。

表 1.4-1 沈下計観測結果 (2019/2/28、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)	-0.2	-3.9	-3.5	-10.8	-4.8	-11.4	-1.4	-10.9	-1.4	-6.7	-15.6	-31.4	-9.6
人自不整合から上の沈下量(mm)	-	-2.3	-3.5	-2.6	-	-	-1.4	-	-1.4	-0.8	-4.7	-1.8	-1.8
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)	-1.6	0.0	-8.2	-5.9	-21.7	-11.9	-5.9	-10.9	-29.6	-7.8			

注：H28.4.15 と H28.7.1 (No.13 のみ)との沈下差、-1 は地表面、-2 は自然堆積地層、の沈下

日の出泥層が分布する地点では、地表面沈下量の 2/3 以上が日の出泥層で生じた沈下量である。

このほか、No.6 では地表面に 11.4mm、人自不整合からの下の自然地層に 21.7mm 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ないと思われる。

### 1.5 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 1.5-1、図 1.5-1)。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 1.5-1 間隙水圧計観測結果 (2019/2/28)

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	0.02	0.07	0.05	0.06	0.09	0.05	0.09	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)	1.94	1.92	0.45	1.42	1.35	0.66	2.25	0.44	0.46	1.03
観測孔の水位(GL-m)	3.32	2.98	3.58	3.51	2.81	3.10	2.82	3.20	3.39	3.39

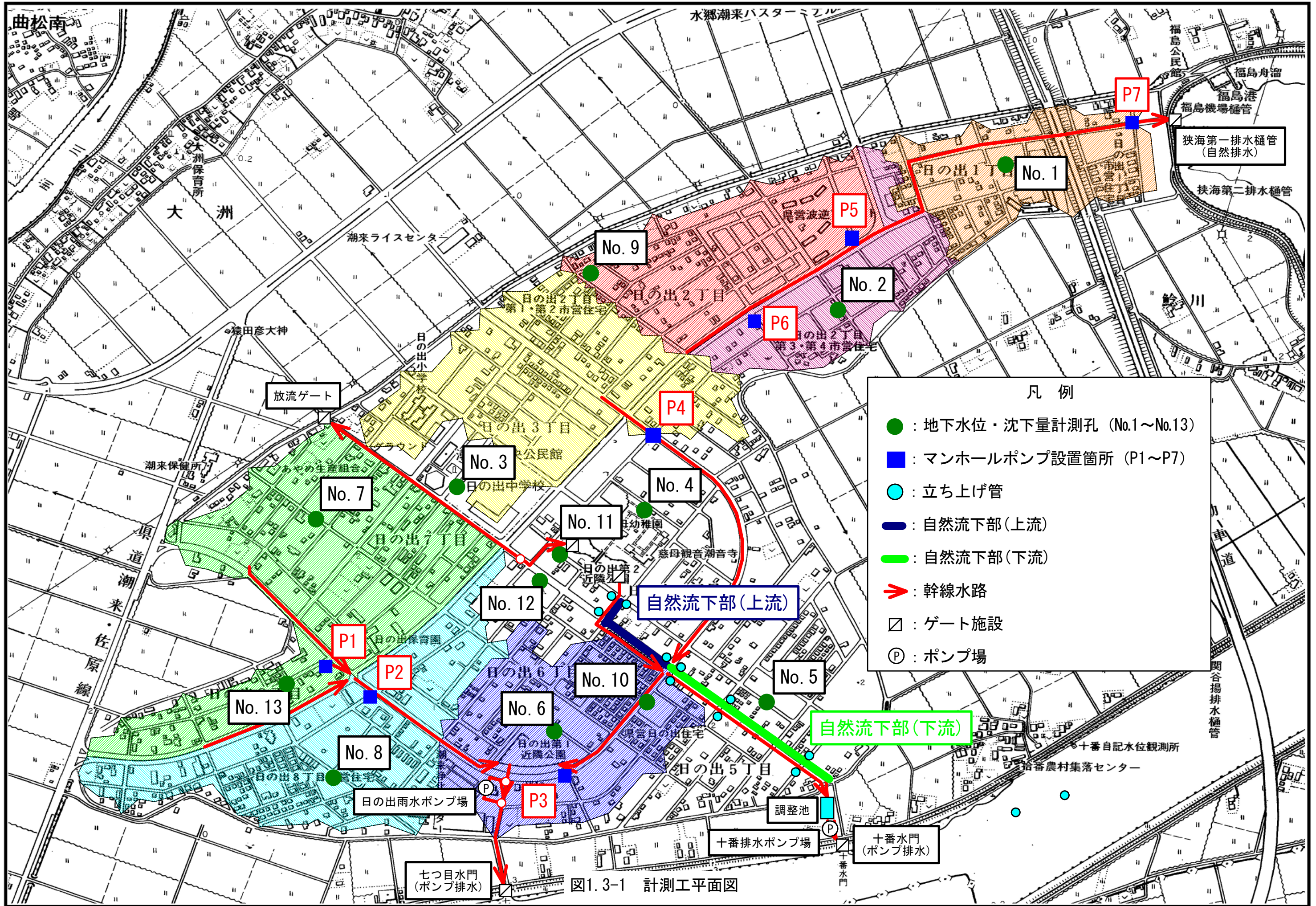


図1.3-1 計測工平面図

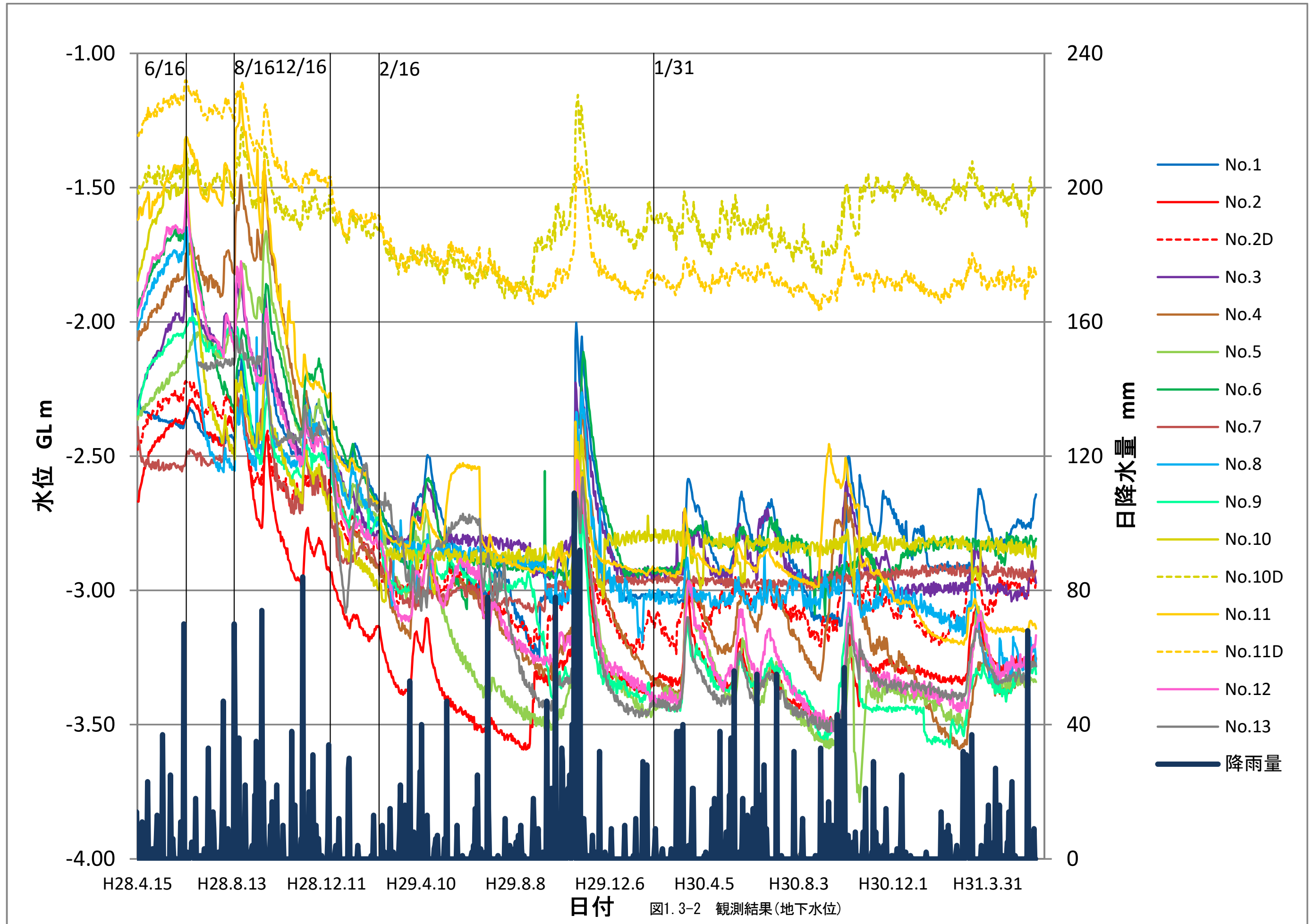


図1.3-2 観測結果(地下水位)



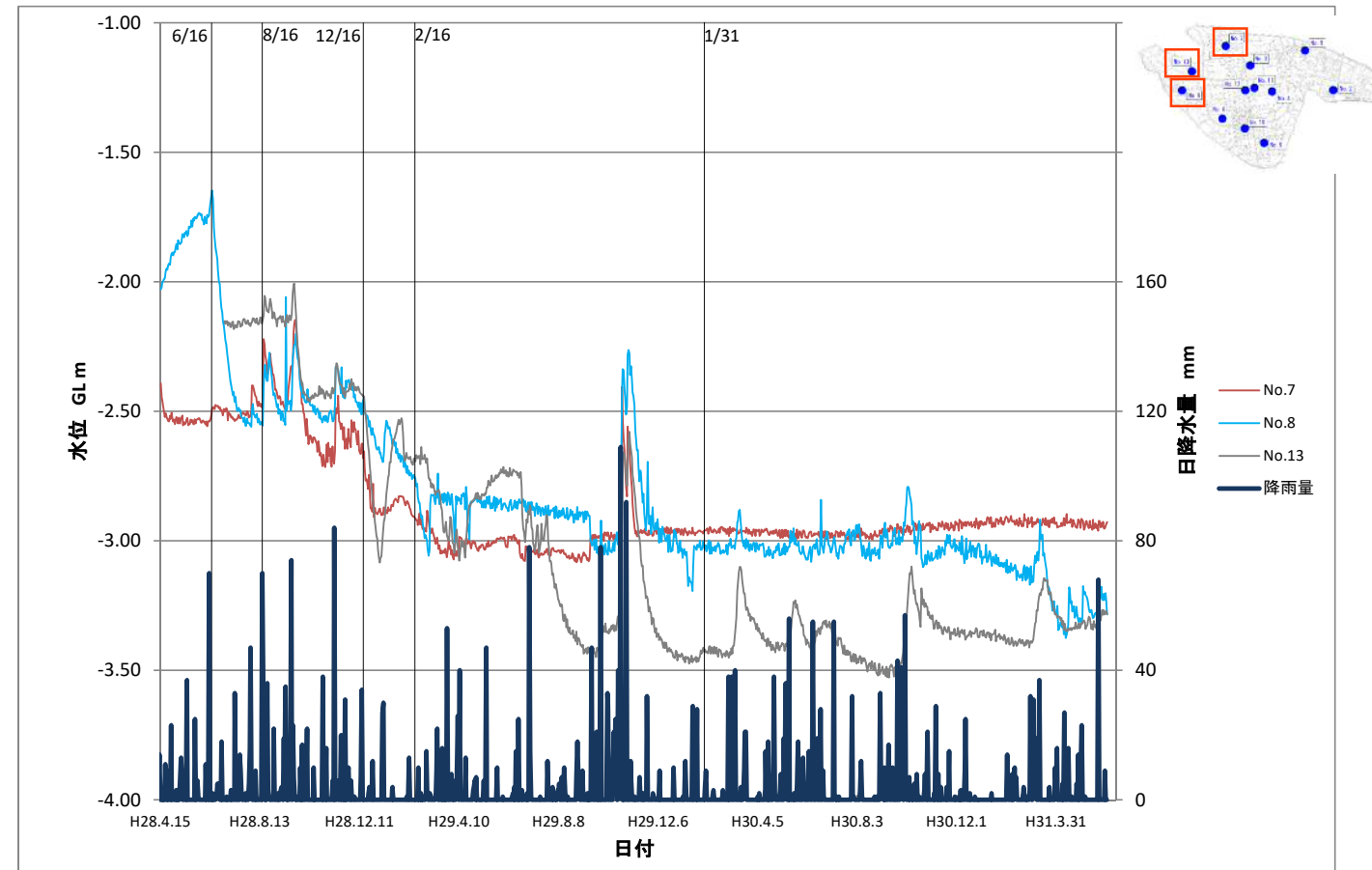
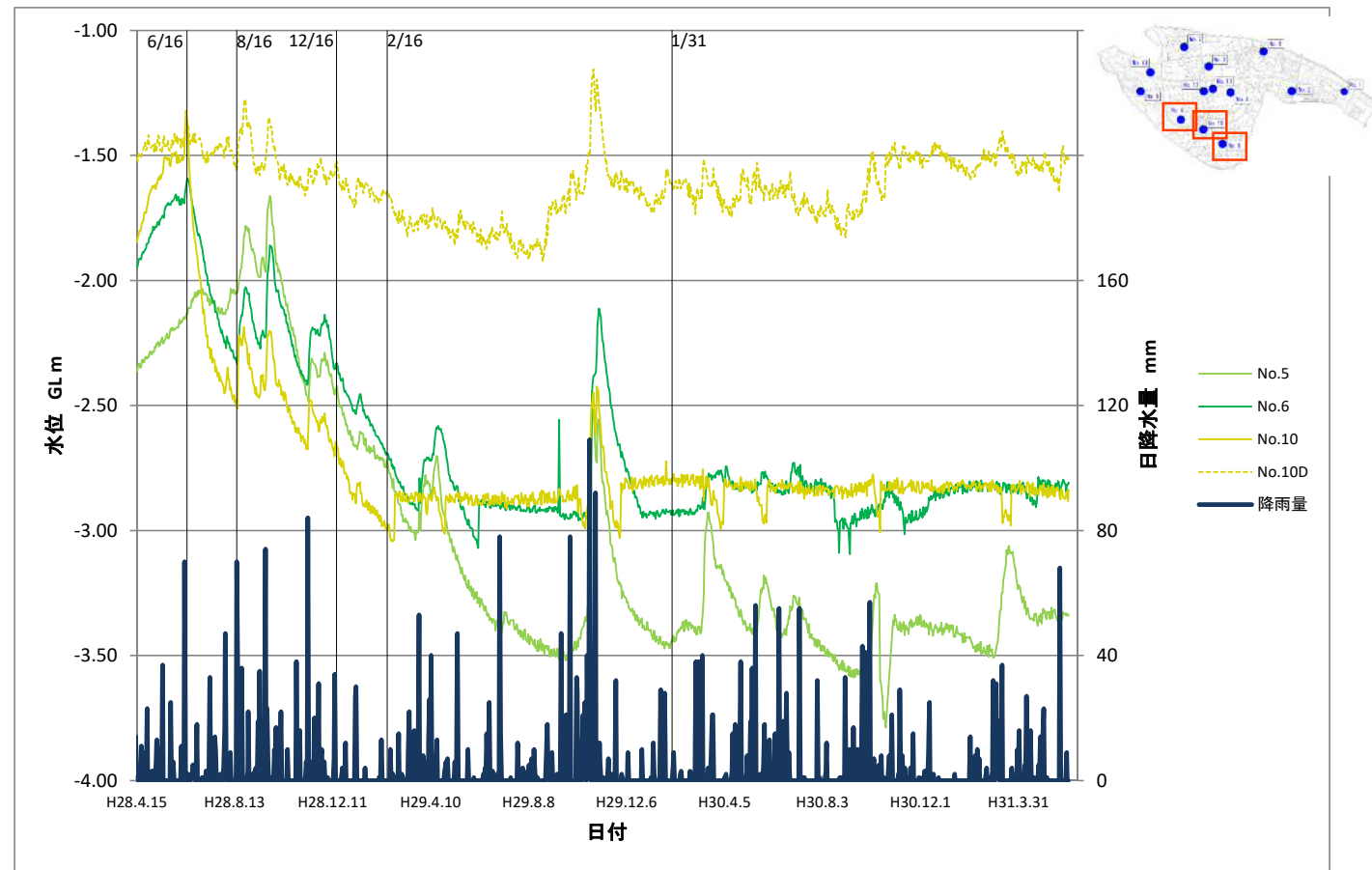
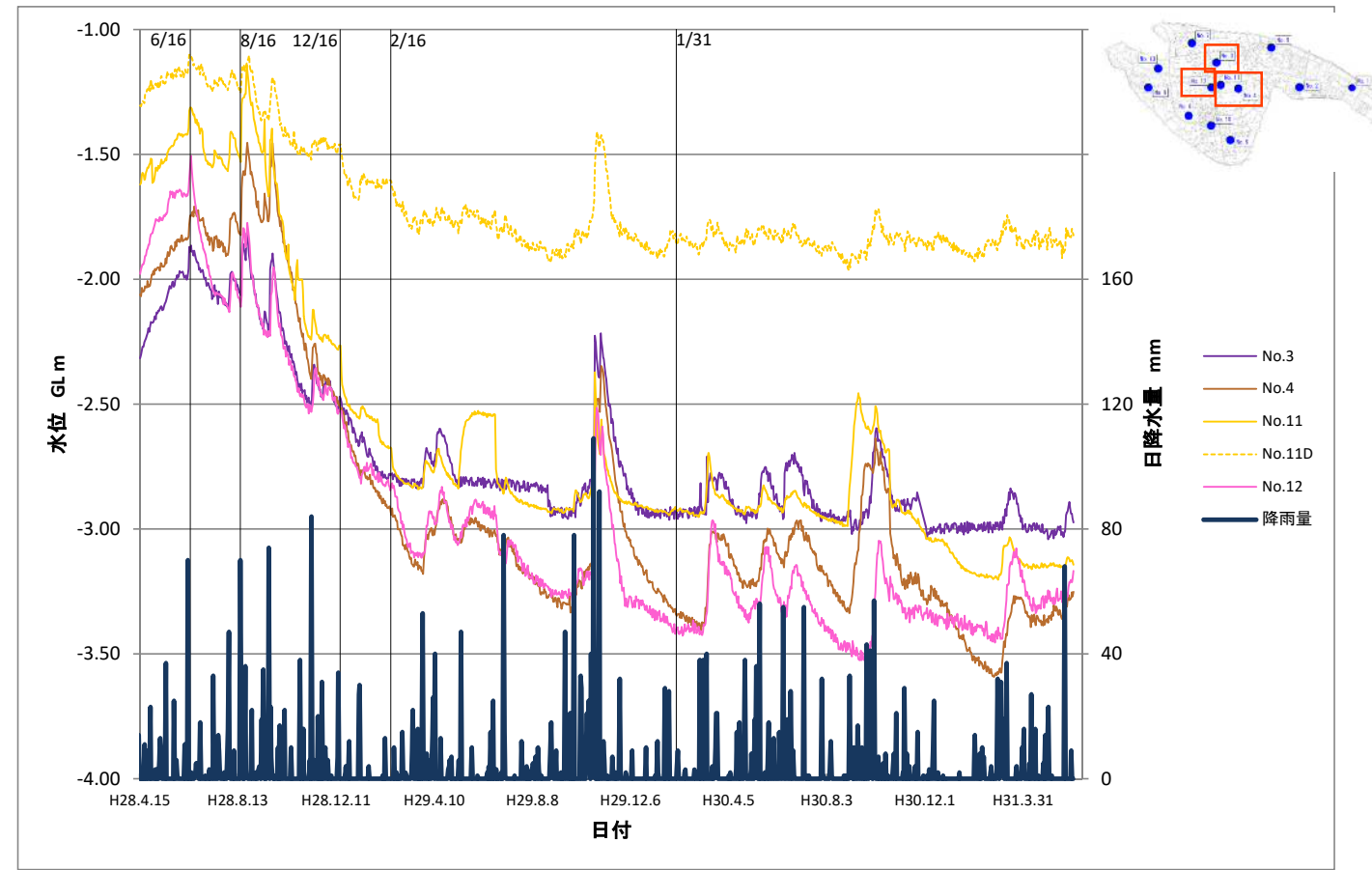
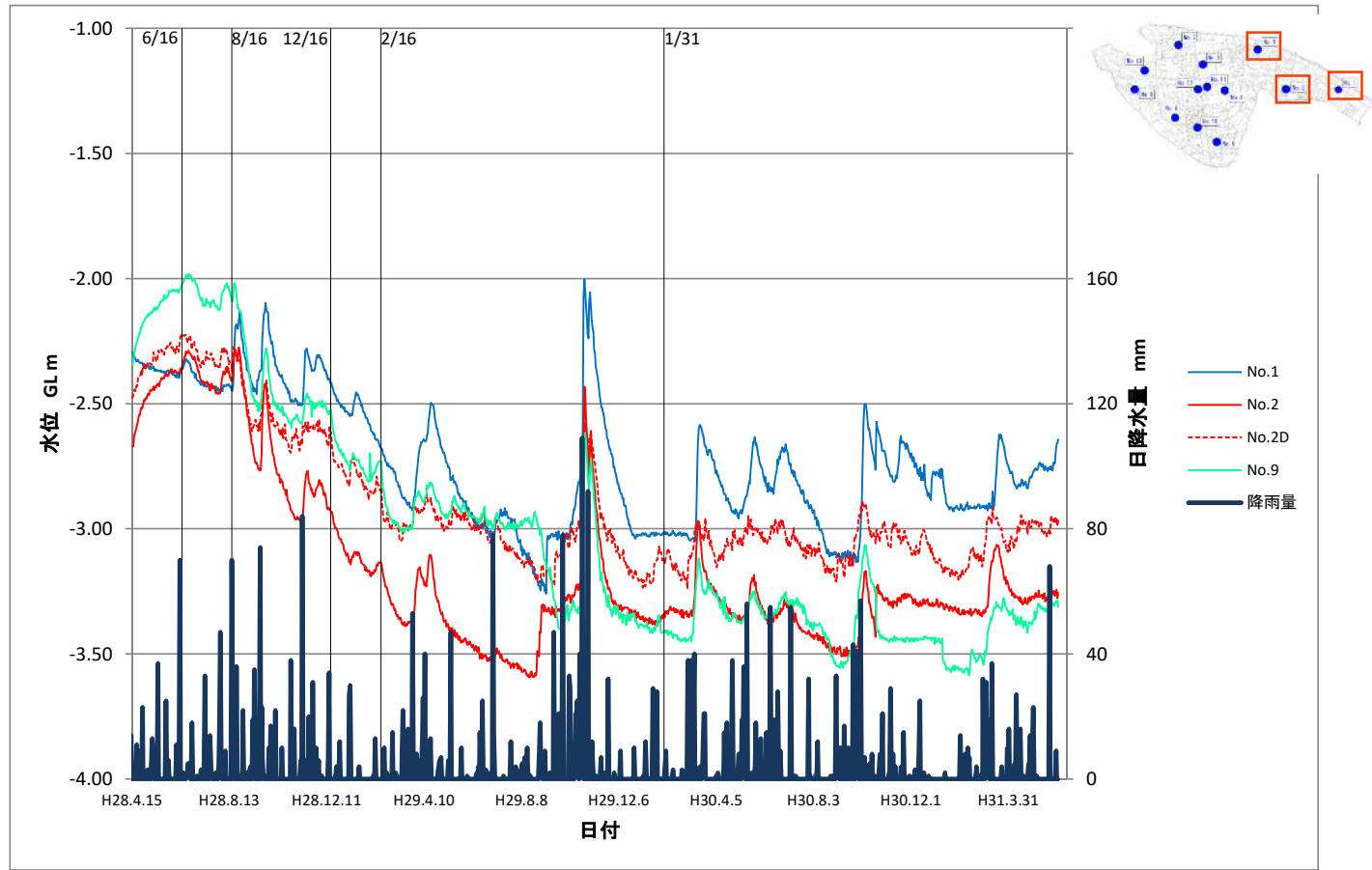
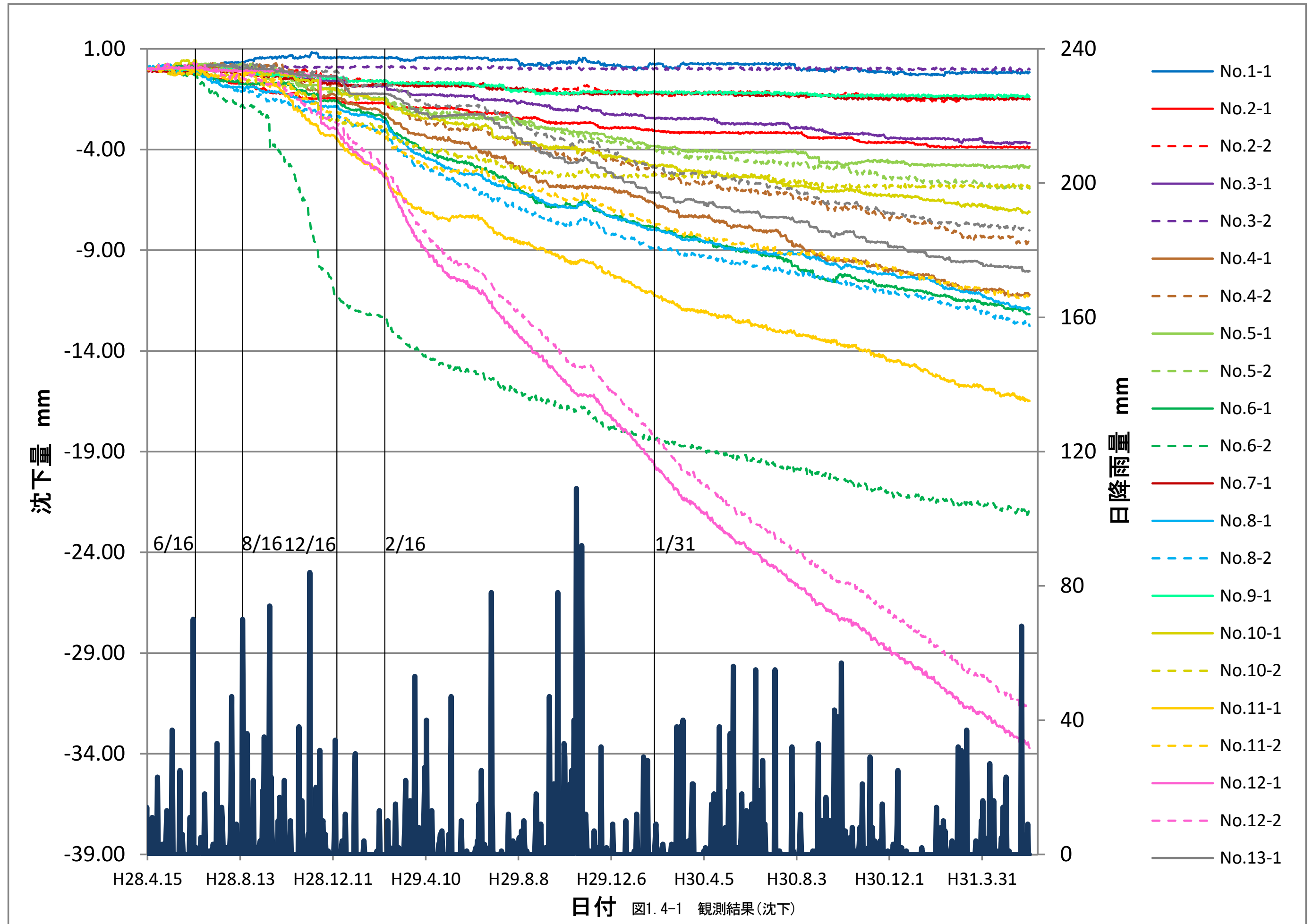


図1.3-3 観測結果(地下水位、地区別)



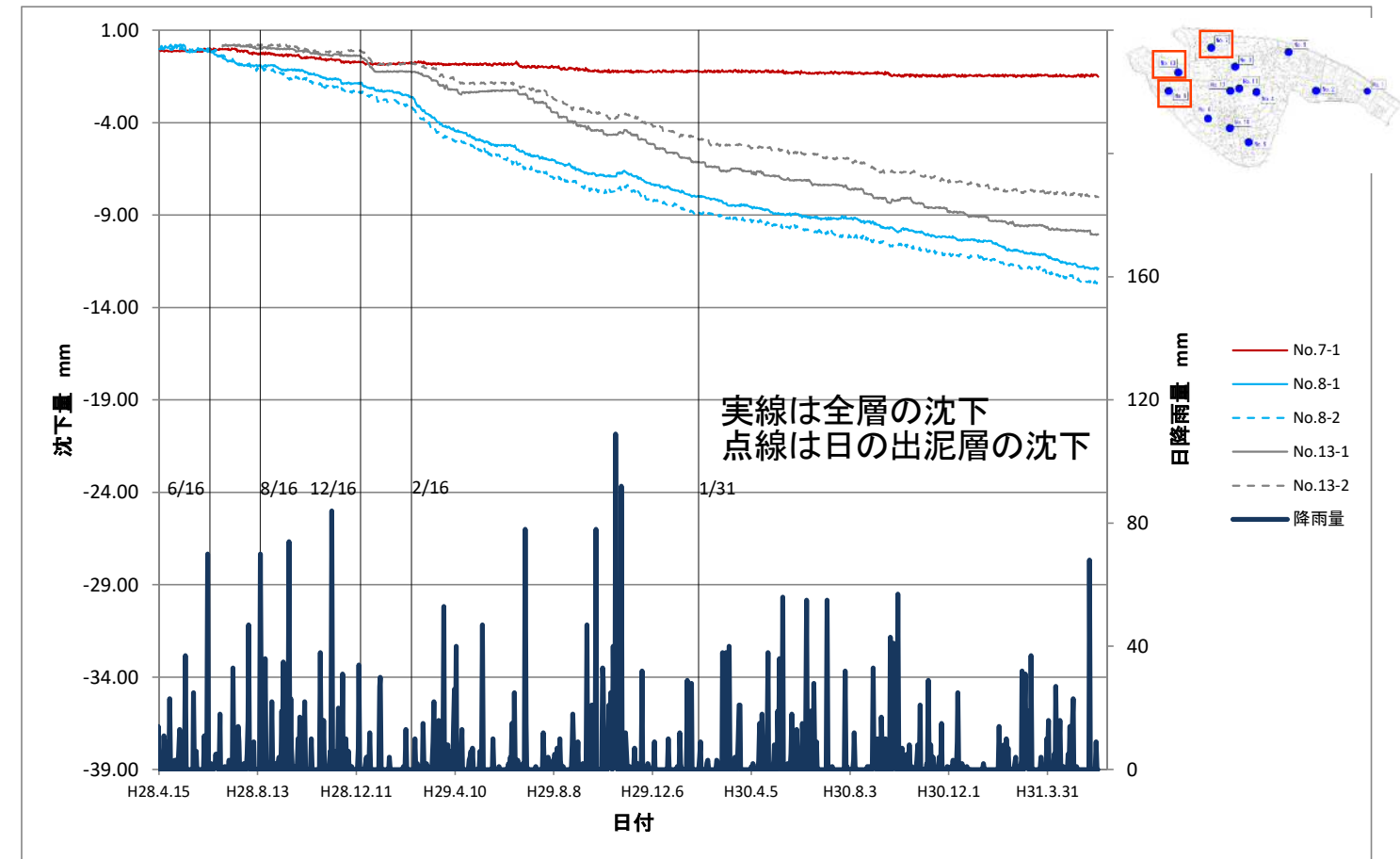
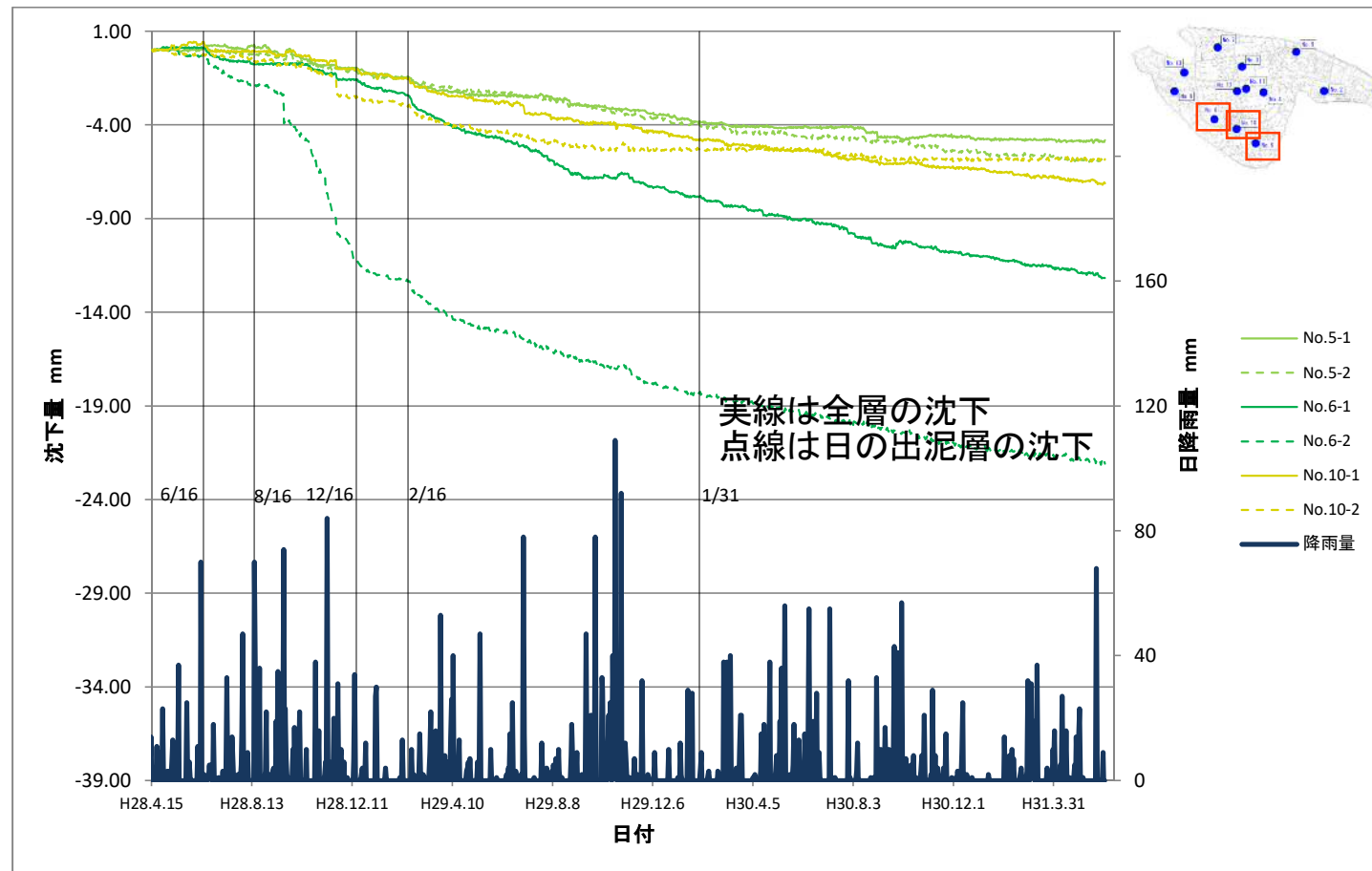
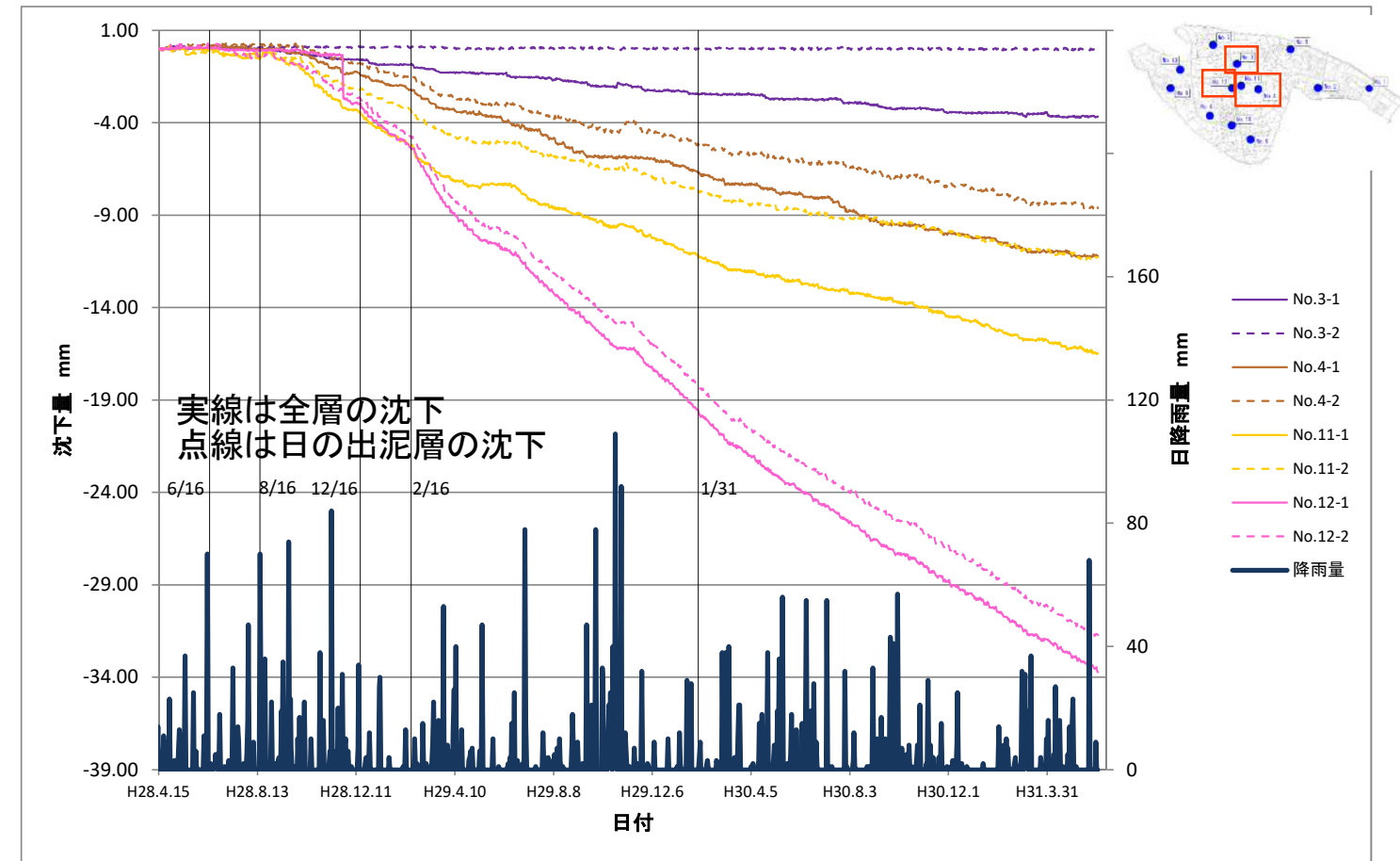
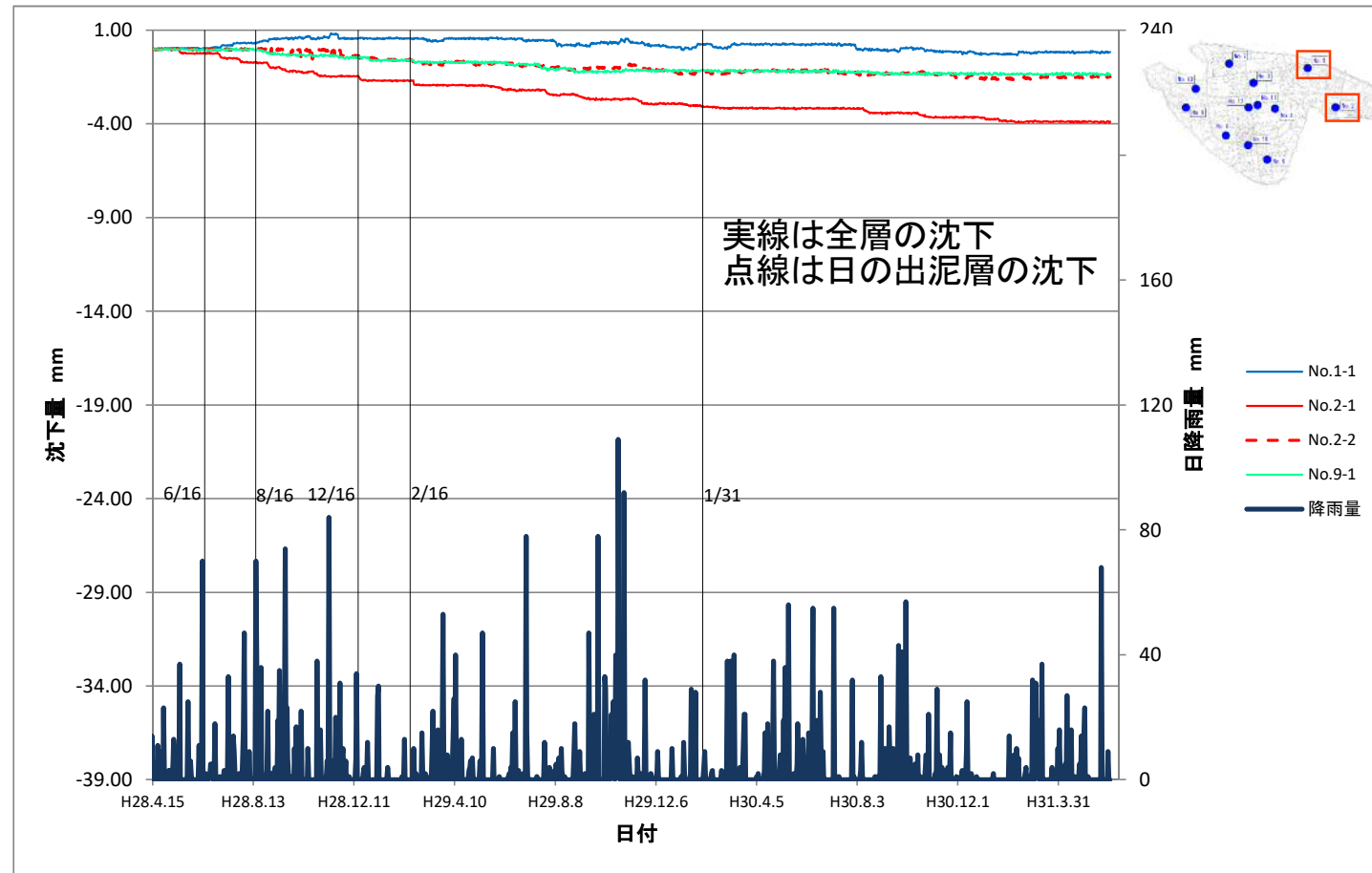


図1.4-2 観測結果(沈下、地区別)

