

第20回熊本市液状化対策技術検討委員会 説明資料 【近見地区】

【議題1 ②地区の地下水位低下完了について】

熊本市

令和6年2月1日

議事 1 ②地区の地下水位低下完了について

1-1 本排水完了後の最終報告

1-2 モニタリング結果

1-3 事業効果検証

1-4 総括（②地区）

議事 2 経過観察時のモニタリング計画

2-1 経過観測時の計器配置（案）

2-2 経過観測時の観測頻度（案）

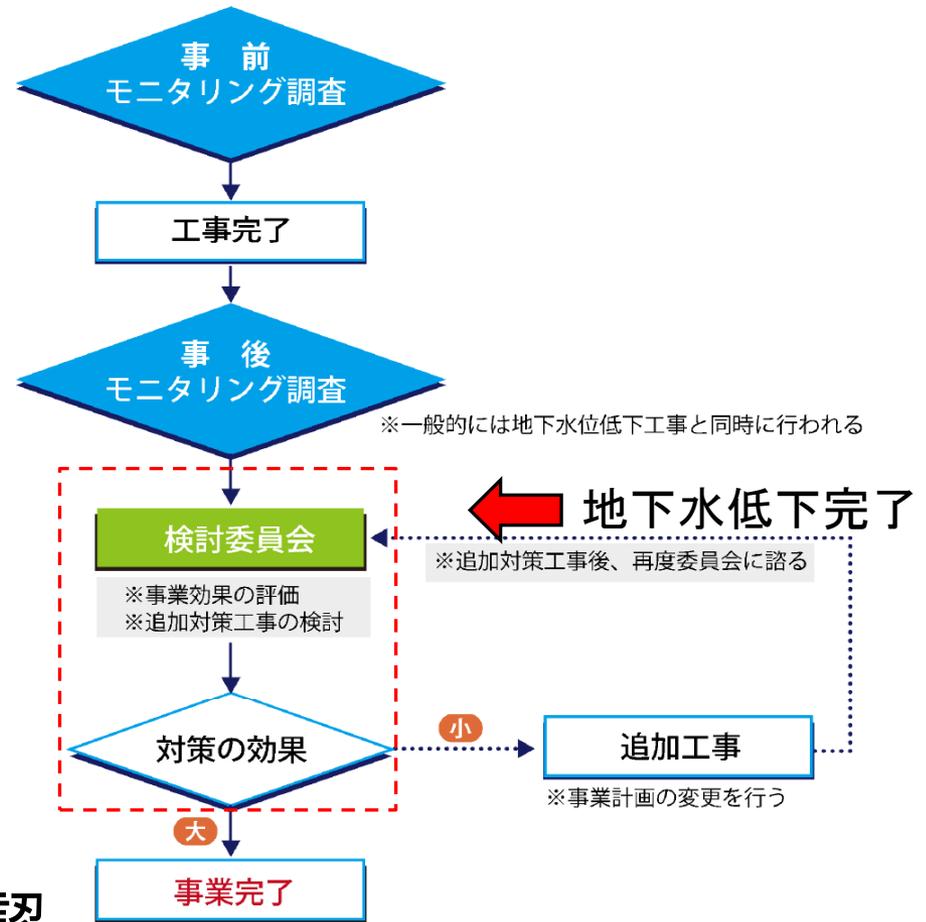
議事1
【②地区の地下水位低下完了について】

【事業効果確認計画】

- ・ 地下水位低下工法による
液状化対策効果の確認
 および**地盤変動等の影響**
検証を行うための計画。

【主な確認事項】

- ① 地下水位観測
 - ・ 非液状化層の確認
 - ・ 遮水効果の確認
- ② 沈下計測
 - ・ 事業前後の地盤変動の確認
 (工事中、地下水位低下後)
- ③ 排水量計測
 - ・ ポンプ規模妥当性の確認



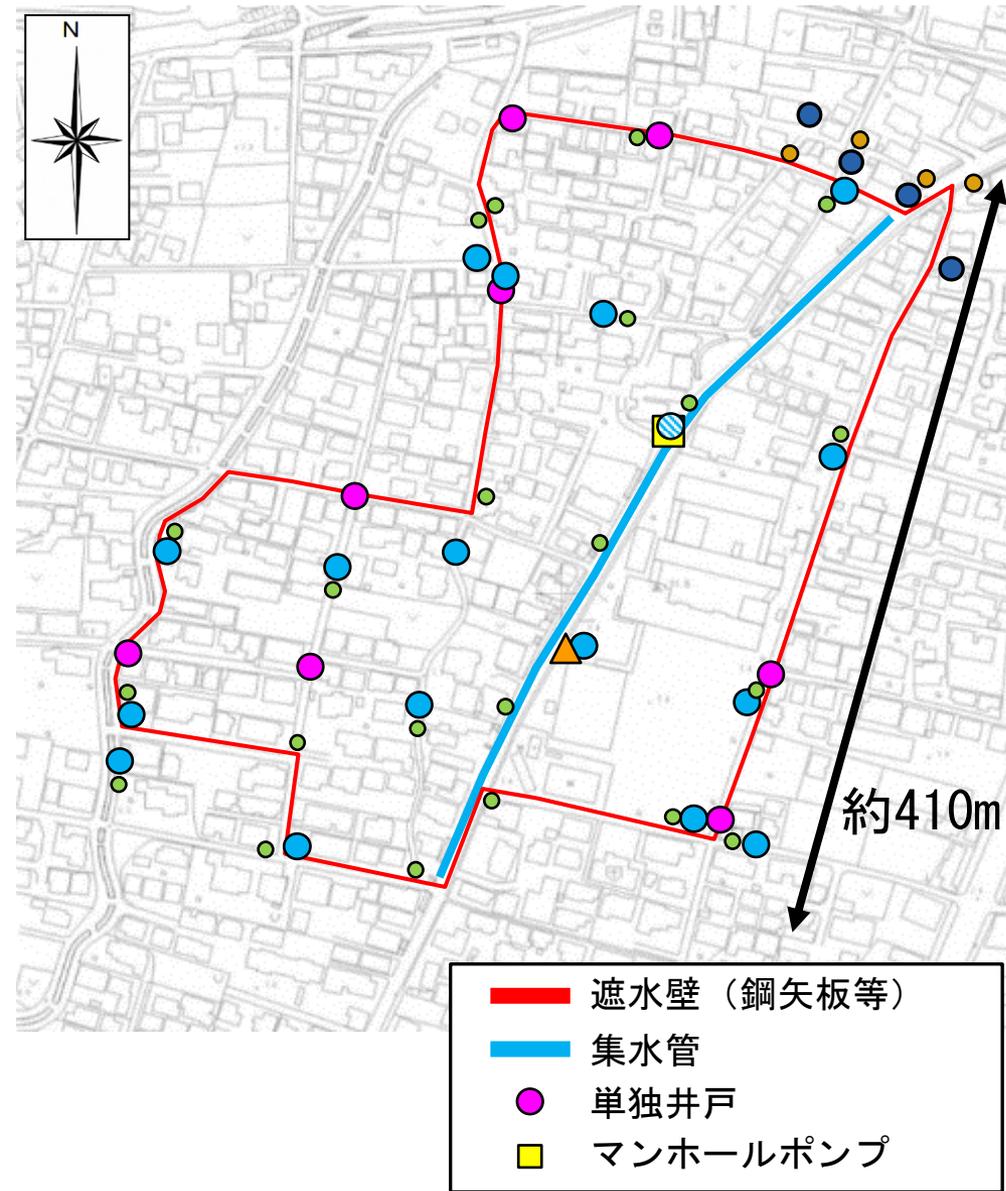
事業フロー図

【事業効果の確認項目】

確認項目一覧表

確認事項	内容	目標	計測・対応等
水位低下	地下水位の低下量 周辺の地下水位への 影響確認	GL-3.0m ($\Delta h=2.0m$)	自記水位計 降雨量
地盤沈下 (傾斜角) (沈下量)	地下水低下に伴う 地盤沈下状況の確認	基準:傾斜3/1000rad (最大5/1000rad) 基準:沈下量50mm 解析との比較	層別沈下計 沈下鋏 宅地の沈下観測
水質変化	地下水低下に伴う 水質変化状況の確認 (浅井戸対象)	事業による水質変化 がないこと	水質分析
排水量	想定排水量等との 相関性確認	—	ポンプ制御装置 (排水量計測)
想定していた 効果が得られない 場合の対応策	原因を推定して追加対 策の検討を実施	上記効果を 満足する事	各種必要な調査

【②地区の地下水位低下期間】



【地下水位低下開始】

・令和5年(2023年)3月30日

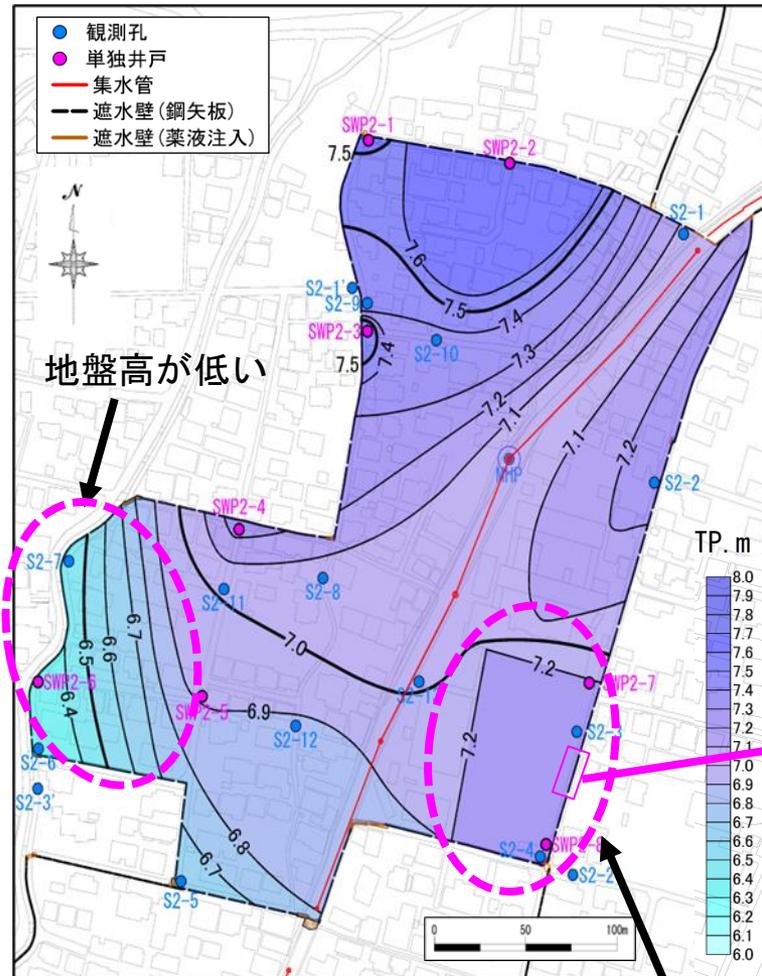
【本排水Ⅲ-3の影響確認終了】

・令和5年(2023年)11月10日

各項目の観測箇所数

観測機器	観測箇所数
自記水位計 (新規孔) (MHP内)	● 16基
	● 1基
層別沈下計	▲ 1基
沈下鉤	● 22点
排水ポンプ (MHP)	■ 1箇所
排水ポンプ (単独井戸)	● 8箇所
他地区自記水位計	● 4基
他地区沈下鉤	● 4点

【地盤高コンター(標高)】



地盤高コンター

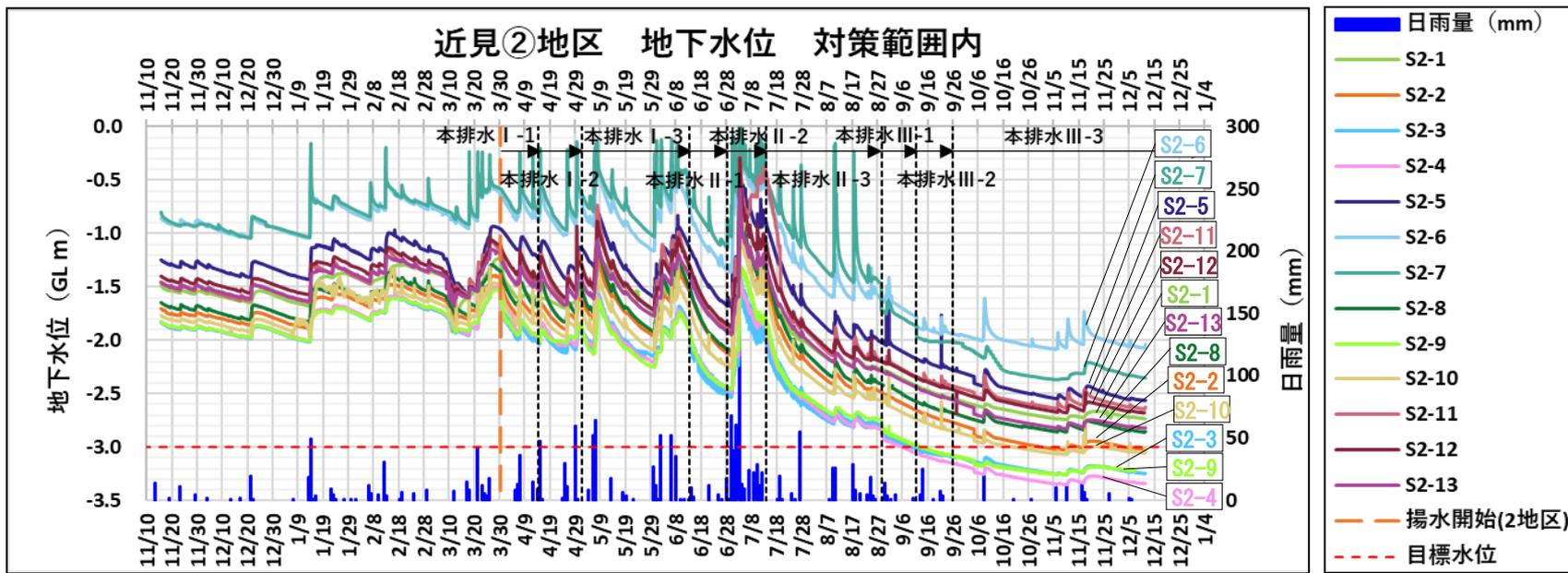
地盤高が一部
(日吉小グラウンド) 高い

- 区域内の地盤高は、TP+7.6～6.6m程度であり、北側～南側にかけて緩やかに傾斜している標高差は1.0m程度である。
- 地区南西側は、地盤高が低い。
- 地区東側は、一部(日吉小グラウンド)の地盤高が高くなる。



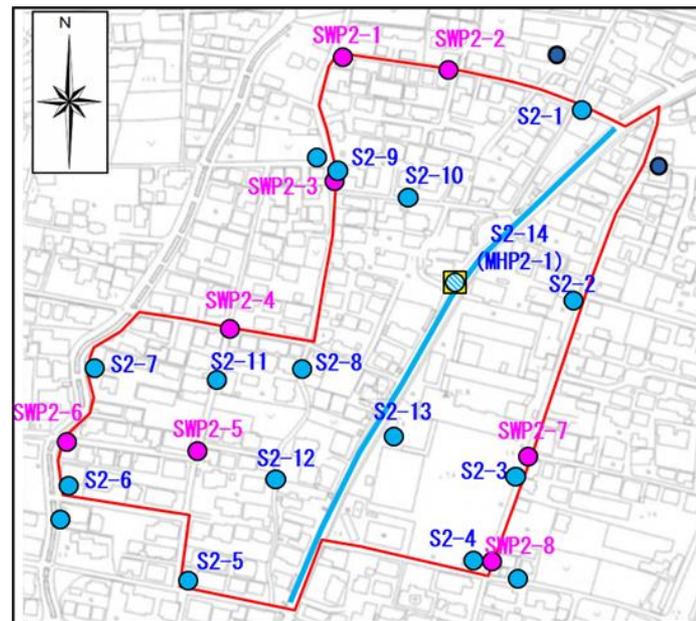
【②地区の地下水モニタリング (GL) _対策範囲内】

※2023/12/11観測結果まで



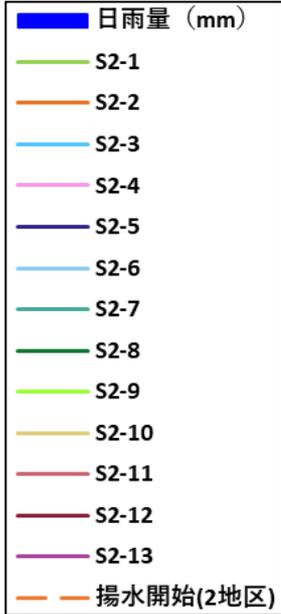
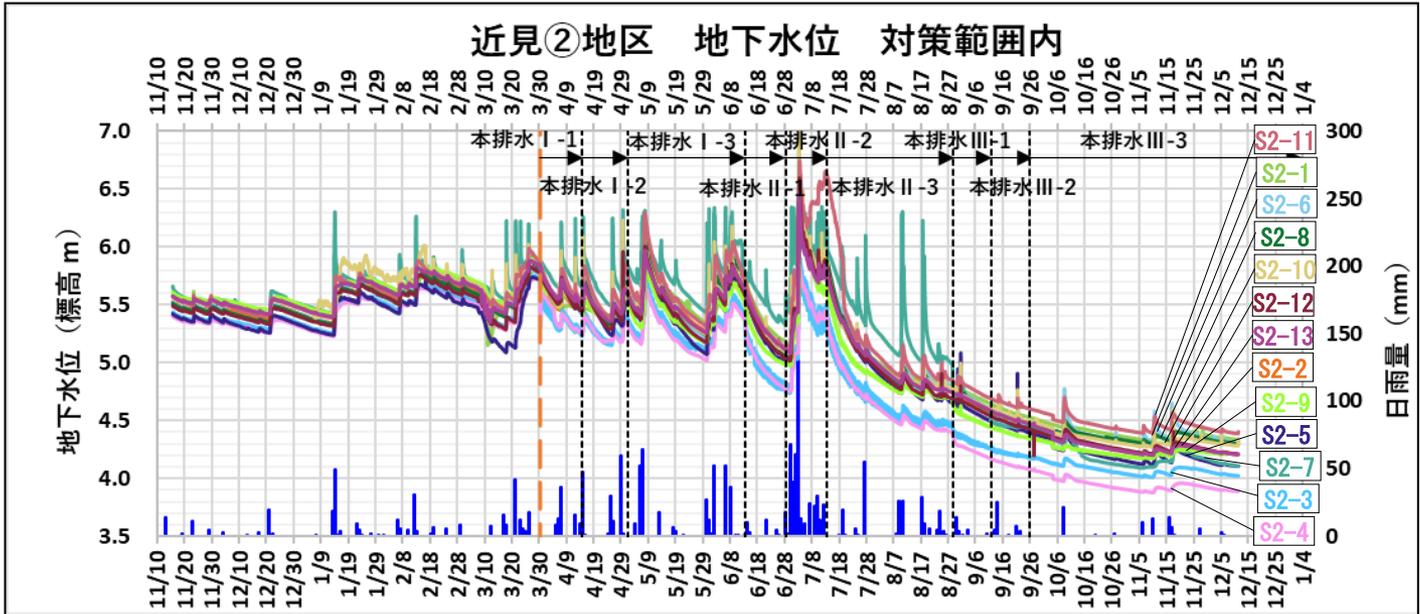
地下水位変動図_対策範囲内 (GL表記)

- 対策範囲内の地下水位は、GL-2.0m～3.2m程度 (平均GL-2.8m程度)に位置している。
- 地区南西側に位置するS2-6、S2-7は、地盤高が低いいため、地盤面からの地下水位が浅い。
- 地区東側に位置するS2-3、S2-4および地区北側に位置するS2-9は、単独井戸の影響による水位低下量が大きい。



【②地区の地下水モニタリング(標高)_対策範囲内】

※2023/12/11観測結果まで

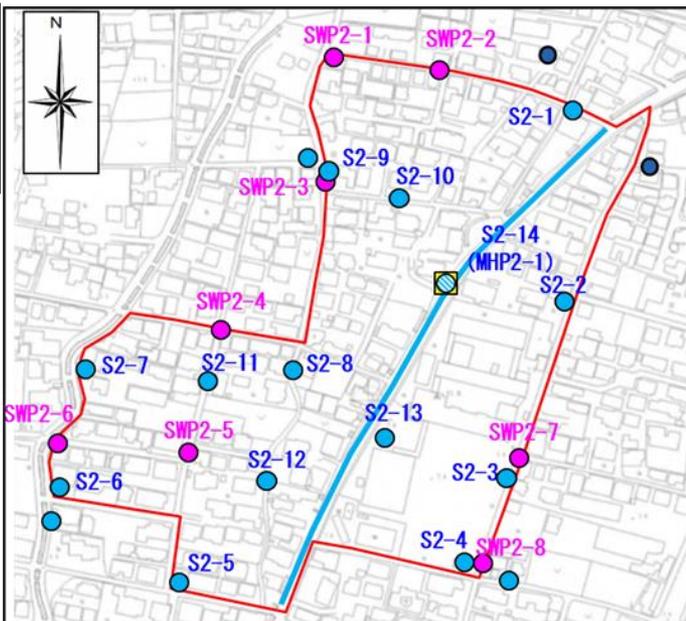


地点名	S2-1	S2-2	S2-3	S2-4	S2-5	S2-6	S2-7	S2-8	S2-9	S2-10	S2-11	S2-12	S2-13
揚水前の最低地下水位(標高m) (2023/1/13 19:00)	5.39	5.34	5.26	5.23	5.24	5.36	5.43	5.34	5.43	5.40	5.40	5.32	5.40
揚水後の最低地下水位(標高m) (2023/11/10 2:00)	4.33	4.20	4.01	3.88	4.12	4.31	4.10	4.30	4.17	4.27	4.39	4.21	4.20
水位低下量(m)	1.06	1.14	1.25	1.35	1.12	1.05	1.33	1.04	1.26	1.13	1.01	1.11	1.20

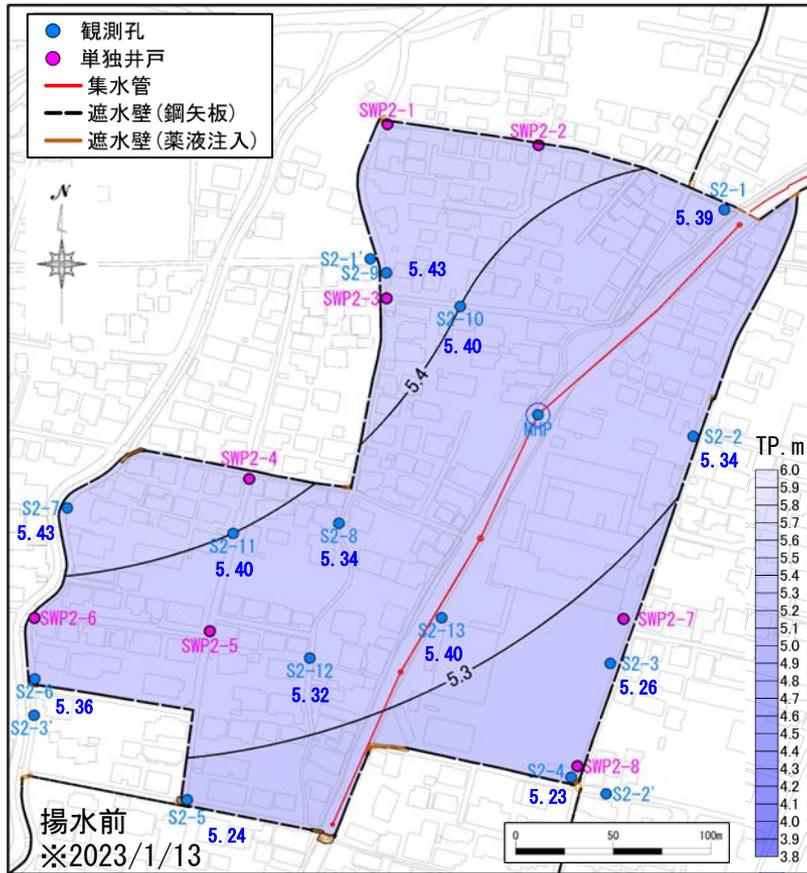
地下水位変動図_対策範囲内(標高表記)

•地区内の地下水位はTP3.9~4.5m程度(揚水開始前5.2m~5.5m程度)の範囲である。

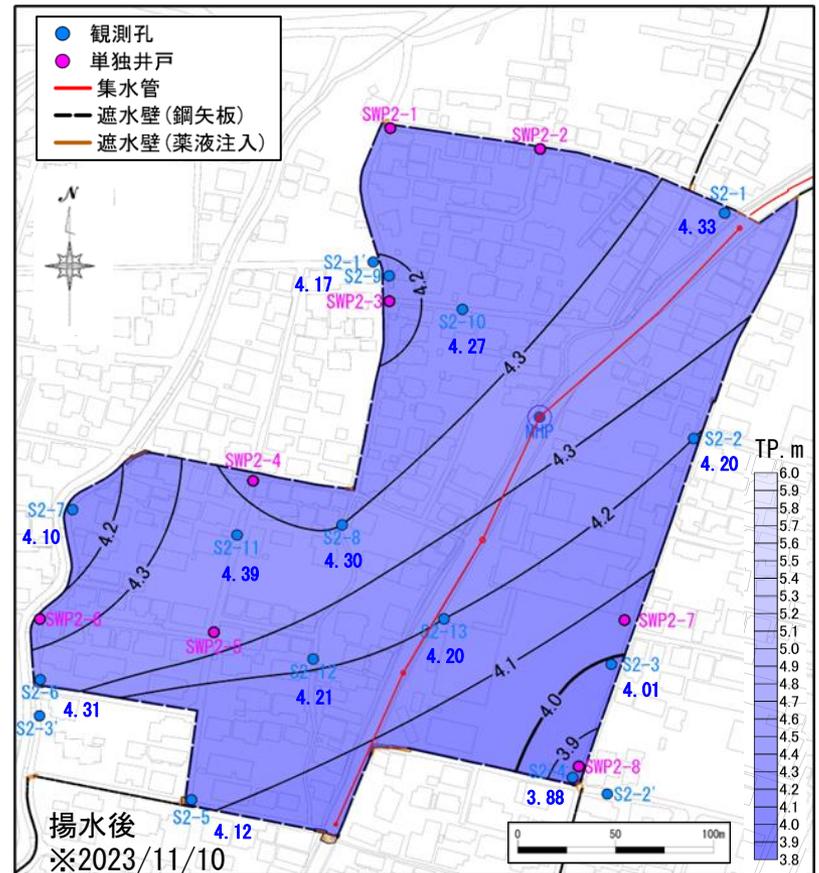
•地区東側に位置するS2-3、S2-4および地区北側に位置するS2-9は、単独井戸の影響による水位低下量が大きい。



【地下水コンター(標高)】



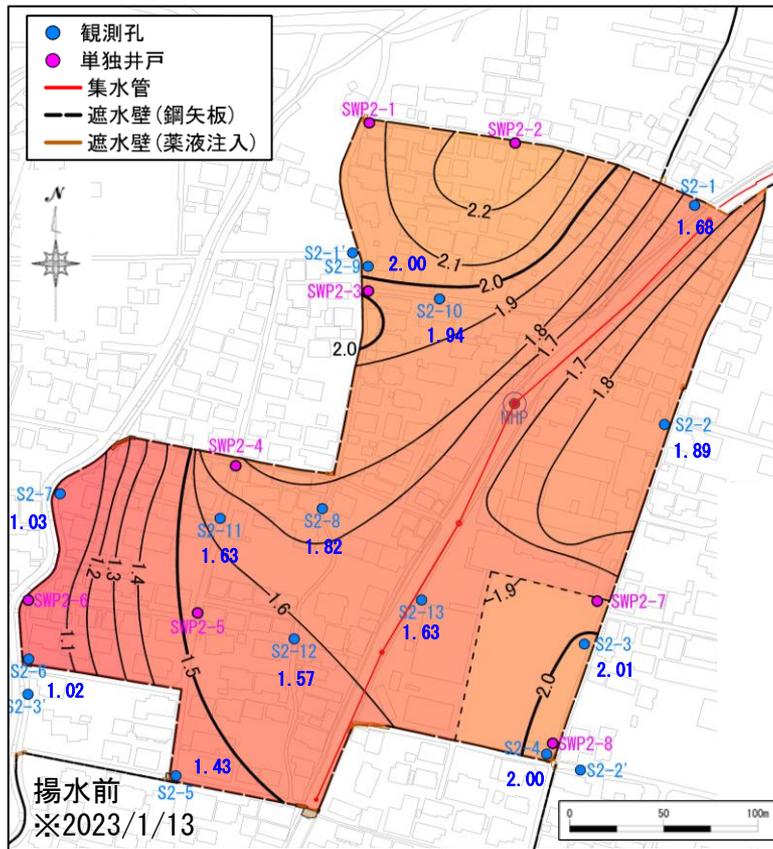
地下水コンター(揚水前)



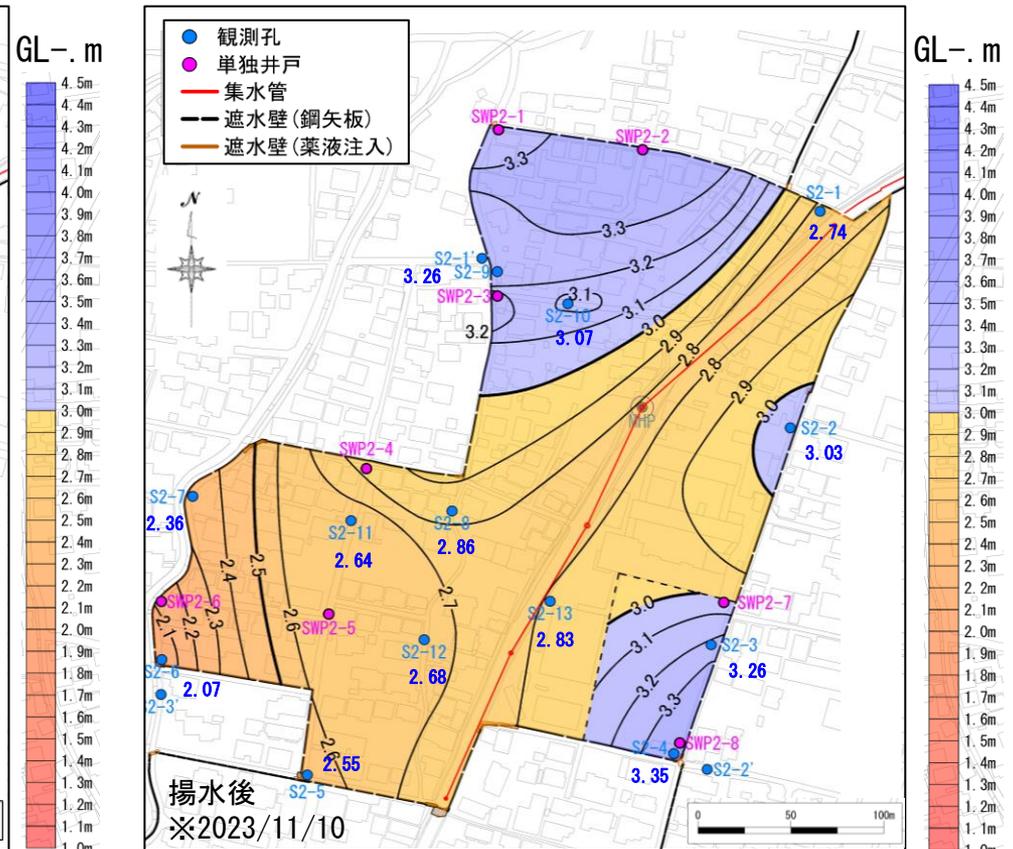
地下水コンター(揚水後)

- 揚水前の地下水位は南へ流下しており、標高差は0.2m程度である。
- 揚水後は、集水管および単独井戸へ向かって水位低下しており、標高差は0.6m程度である。特に地区東側の水位が低下している。

【地下水コンター(GL)】



地下水コンター(揚水前)

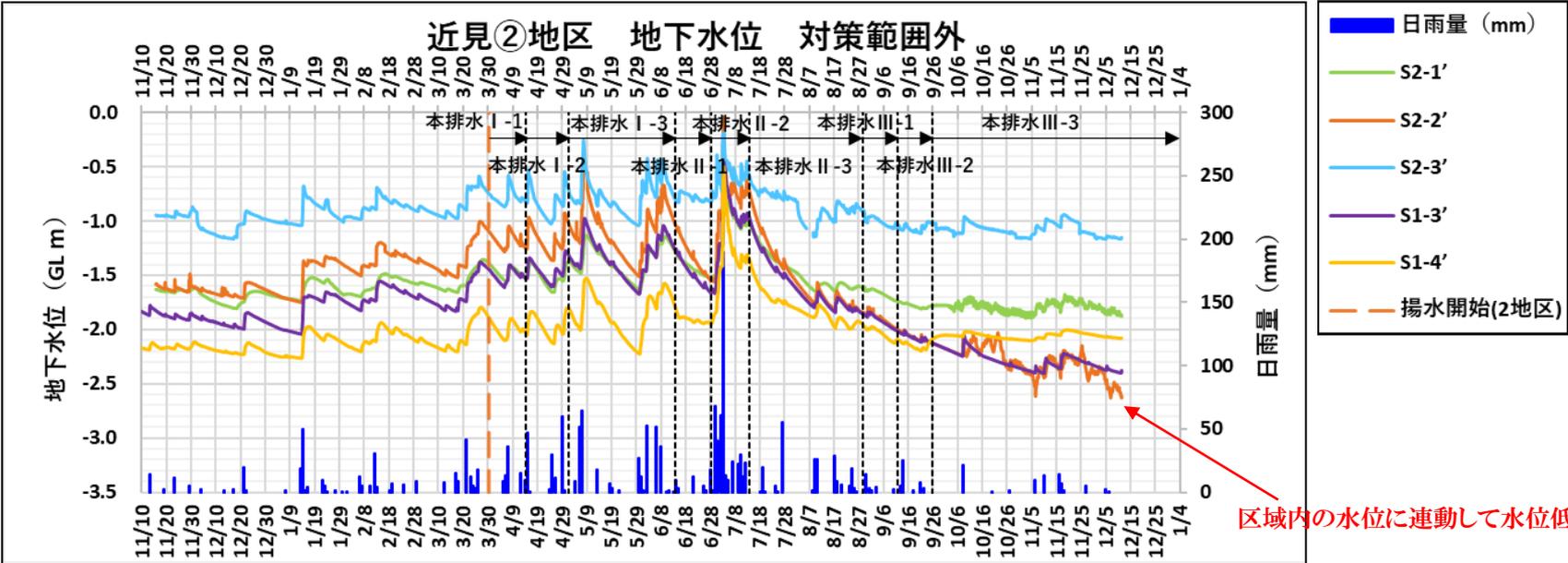


地下水コンター(揚水後)

- 揚水前の地下水位はGL-1.0～2.0m程度であり、地盤高の低い範囲は相対的に地盤面からの地下水位が浅い。
- 揚水後の地下水位は、GL-2.0～3.2m程度となり、**地区の北の一部、東側で目標水位を満足している(青色範囲)。**
- **目標水位未達の範囲についても、GL-2.0～2.9m程度まで水位低下している。**

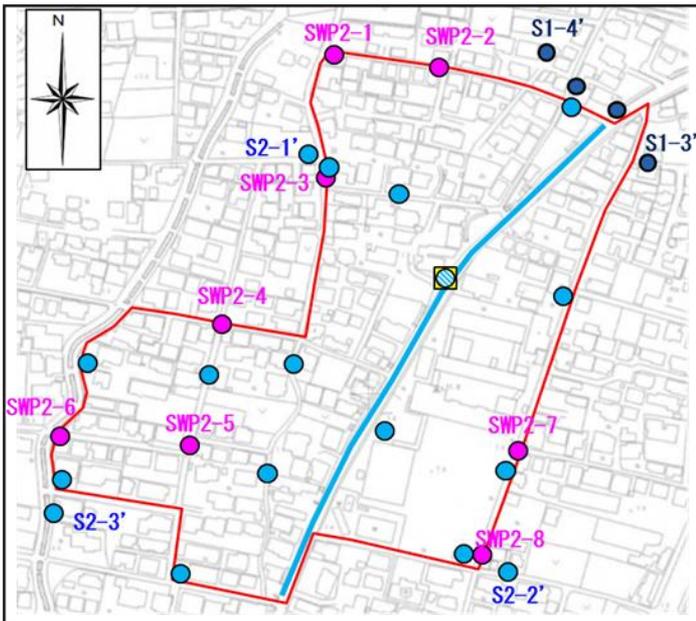
【②地区の地下水モニタリング (GL) _対策範囲外】

※2023/12/11観測結果まで



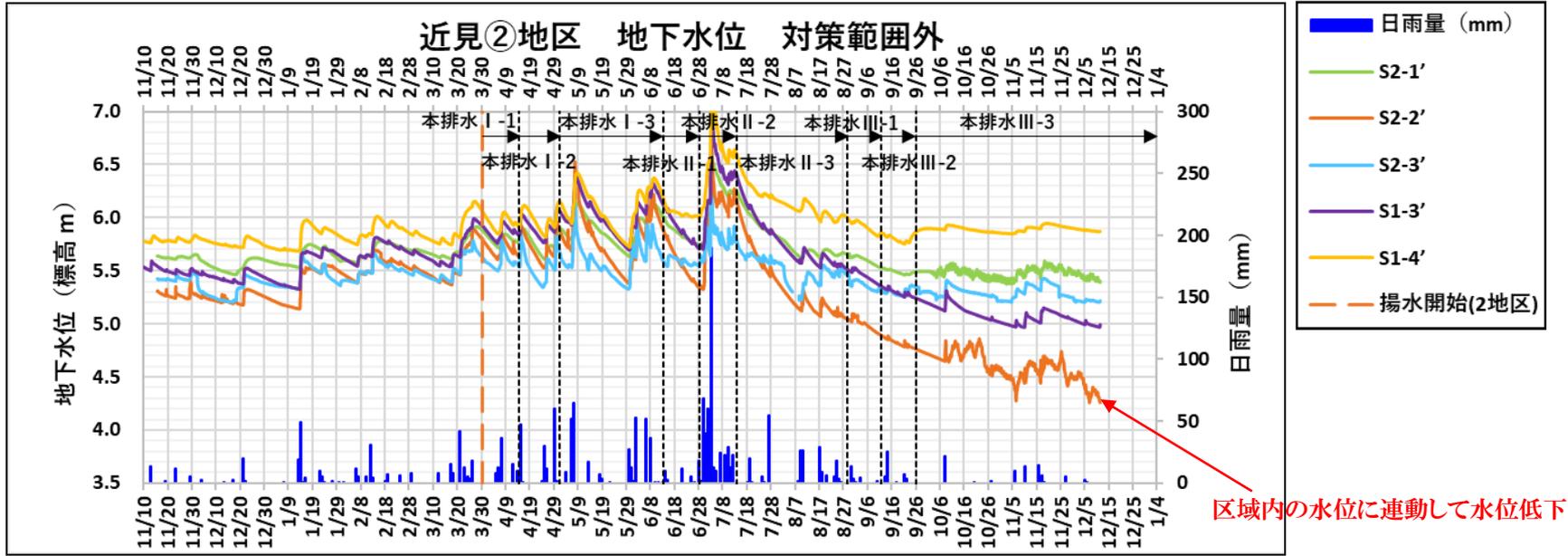
地下水位変動図_対策範囲外 (GL表記)

- 対策範囲外の地下水位は、GL-1.2m～2.5m程度に位置している。
- S2-2'で地下水位低下の傾向が認められる。
- S2-2'は、SWP2-8の近傍にあり、区域内の水位 (S2-4)と同程度の地下水位低下が確認されている。
- ただし、いずれにおいても周辺の沈下は確認されていない。



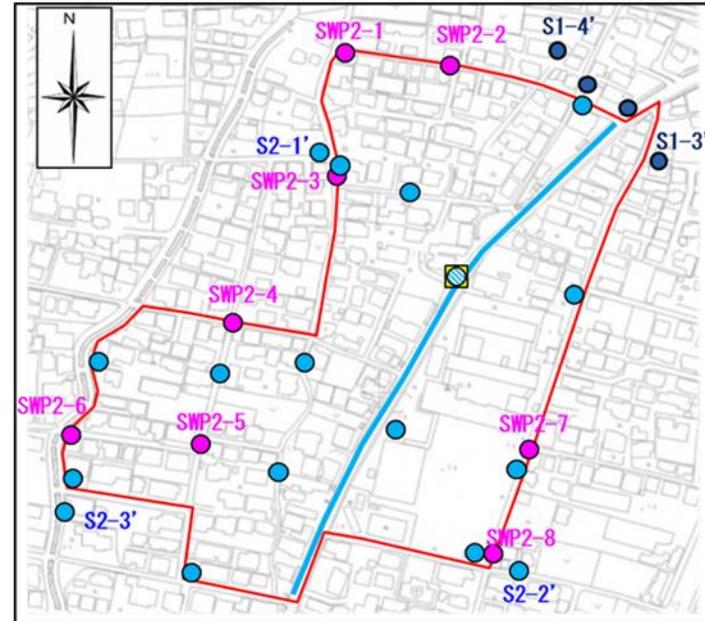
【②地区の地下水モニタリング(標高)_対策範囲外】

※2023/12/11観測結果まで



地点名	S2-1'	S2-2'	S2-3'	S1-3'	S1-4'
揚水前の最低地下水水位(標高m) (2023/1/13 19:00)	5.53	5.16	5.33	5.33	5.69
揚水後の最低地下水水位(標高m) (2023/11/10 2:00)	5.45	4.44	5.28	4.97	5.87
水位低下量(m)	0.09	0.71	0.05	0.36	-0.18

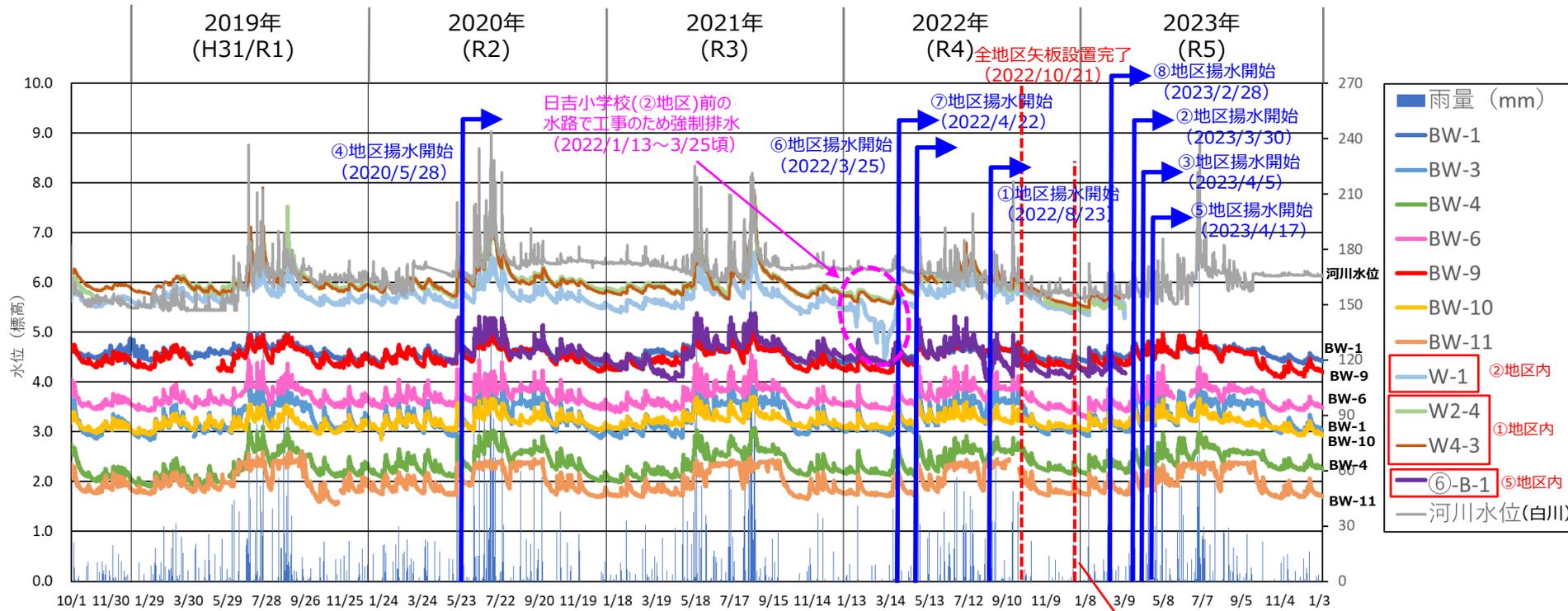
地下水水位変動図_対策範囲内(標高表記)



- 地下水水位は標高4.3~5.9m程度である。
- S2-2'で地下水水位低下の傾向が認められる。

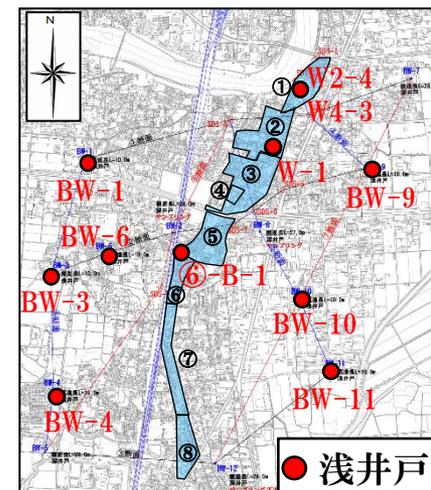
【広域地下水モニタリング(標高)_浅井戸】

※2024/1/9観測結果まで



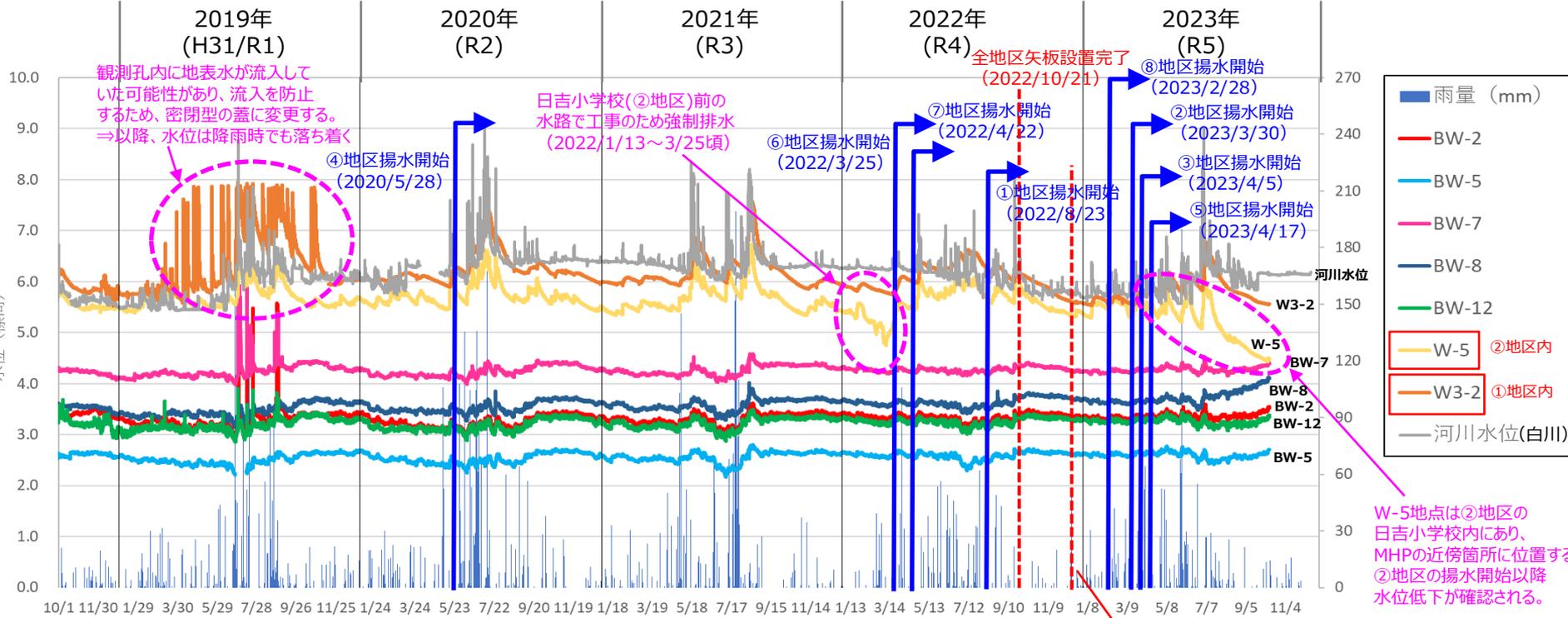
広域地下水位変動図(浅井戸)

- 広域の地下水位(浅井戸)は、豊水期と渇水期で0.3~0.8m程度の水位差(季節変動)が見られる。
- 近見全地区の揚水開始(2023/4/17)以降、広域の地下水位(浅井戸)において、渇水期の水位は例年と同程度であり、水位低下の傾向は確認されていない。



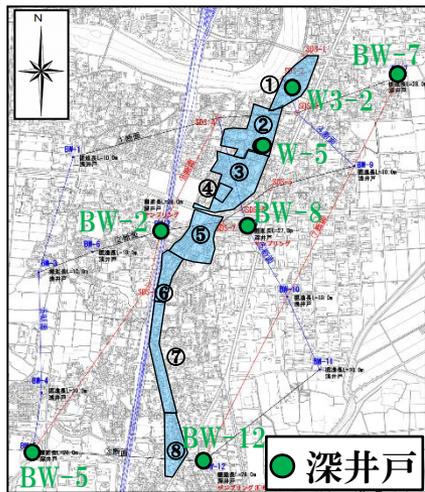
【広域地下水モニタリング(標高)_深井戸】

※2024/1/9観測結果まで



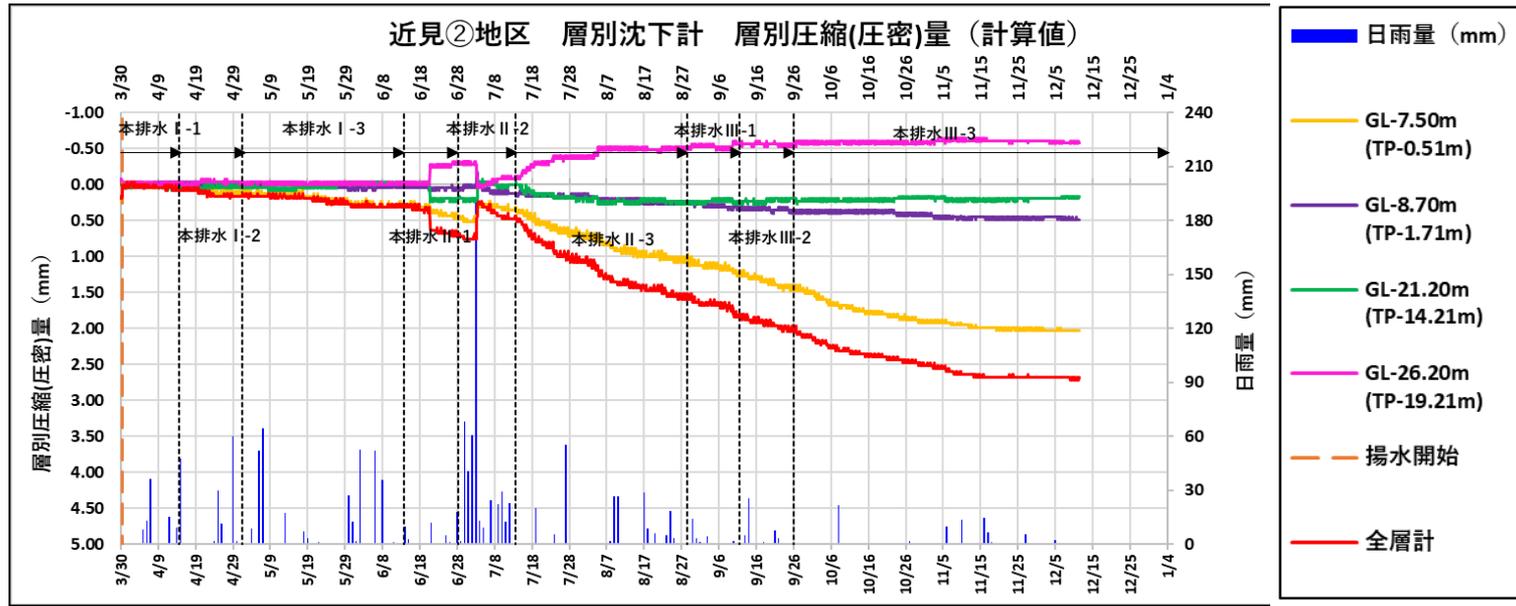
広域地下水位変動図(深井戸)

- 揚水後の広域の地下水位(深井戸)は、W-5を除き、豊水期と渇水期で変動は小さく、水位差(季節変動)はあまり見られない。
- W-5は周辺の地下水が揚水されると、それに伴い、水位が低下する傾向がある。ただし、周辺の沈下は確認されていない。



【②地区の沈下モニタリング(層別沈下計)】

※2023/12/11観測結果まで



合計圧縮量
2.64mm

地層	GL-0.0m~GL-7.5m As1-u	GL-7.5m~GL-8.7m Ac1-d	GL-8.7m~GL-21.2m As1-d,As2-u,d	GL-21.2m~GL-26.2m Ac2-d・Sks	全層合計
累積圧縮(圧密)量(観測値)(mm)	1.95	2.4	2.64	1.99	—
層別圧縮(圧密)量(計算値)(mm)	1.95	0.45	0.24	-0.65	—
層別圧縮(圧密)量(mm)	1.95	0.45	0.24	(※) 0.00	2.64

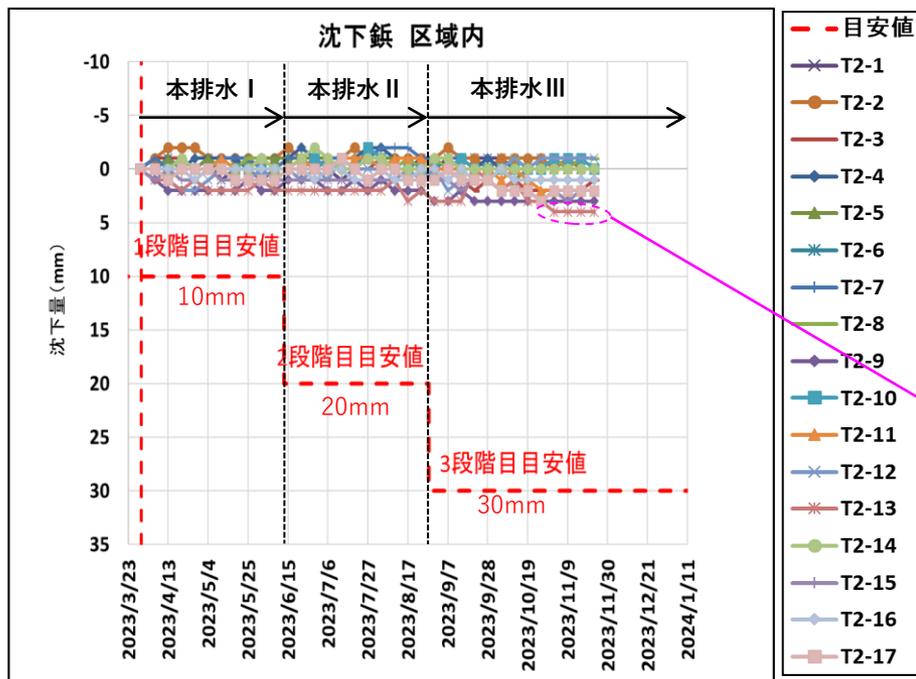
層別沈下量変動図

- 現時点の圧縮量は、全層の合計で2.64mmと微小であり、1段階目安値(10mm)以下である。
- 層別で最も圧縮しているのは、As1-u層の1.95mmである。

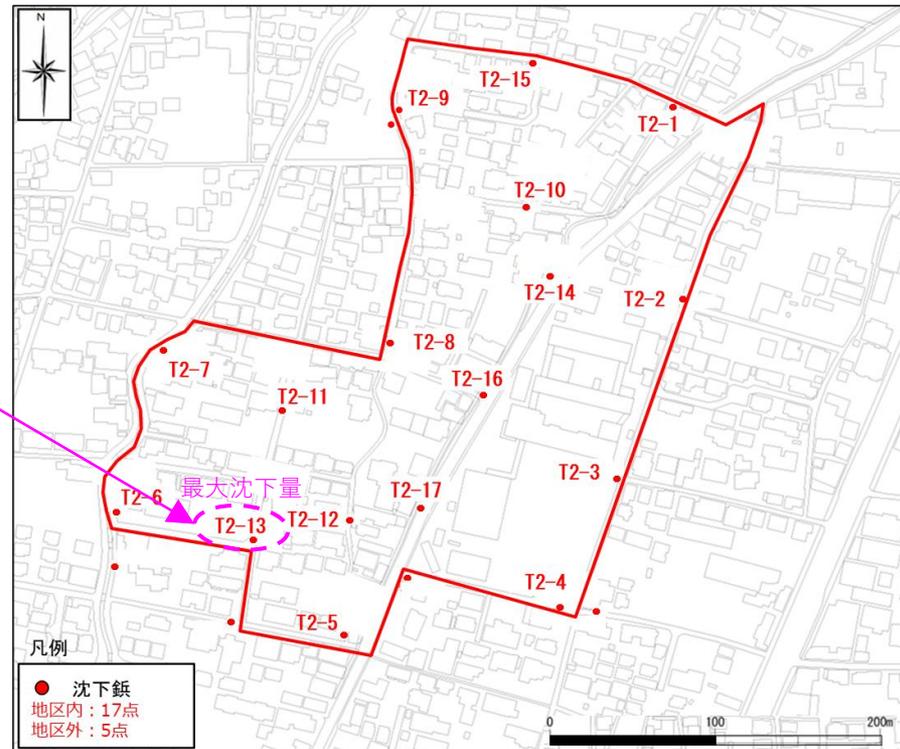
※3段階目安値は、基準値3/1000を10m幅当りに換算した値

【②地区の沈下モニタリング(沈下鉆)_対策範囲内】

※2023/12/11観測結果まで



沈下量変動図_対策範囲内

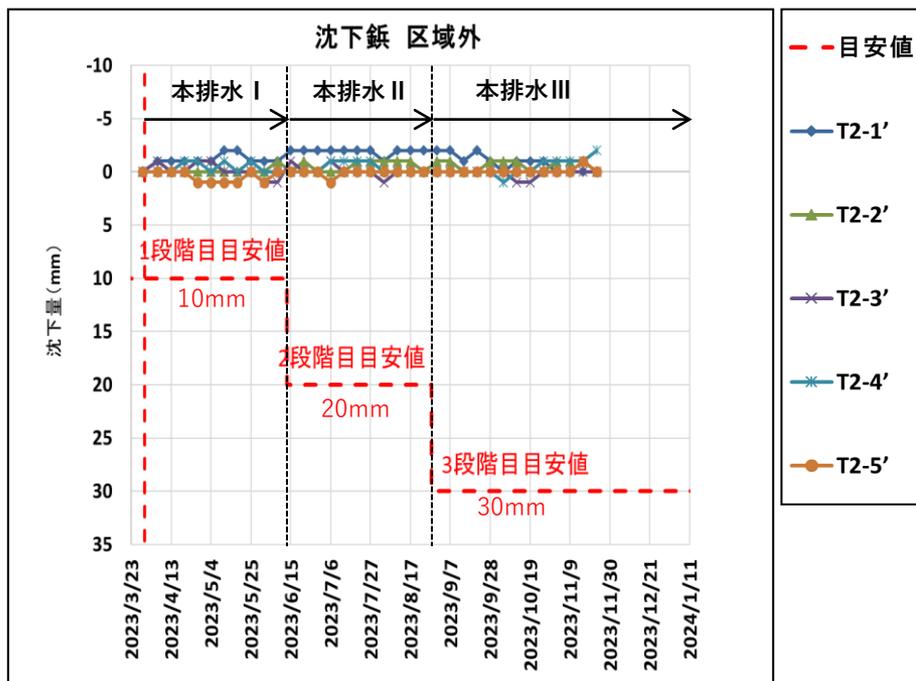


- 現時点の沈下量は、対策範囲内、範囲外ともに1段階目目安値(10mm)以下である。
- 対策範囲内の最大沈下量は4mm(T2-13)であり、有害な沈下は確認されていない。

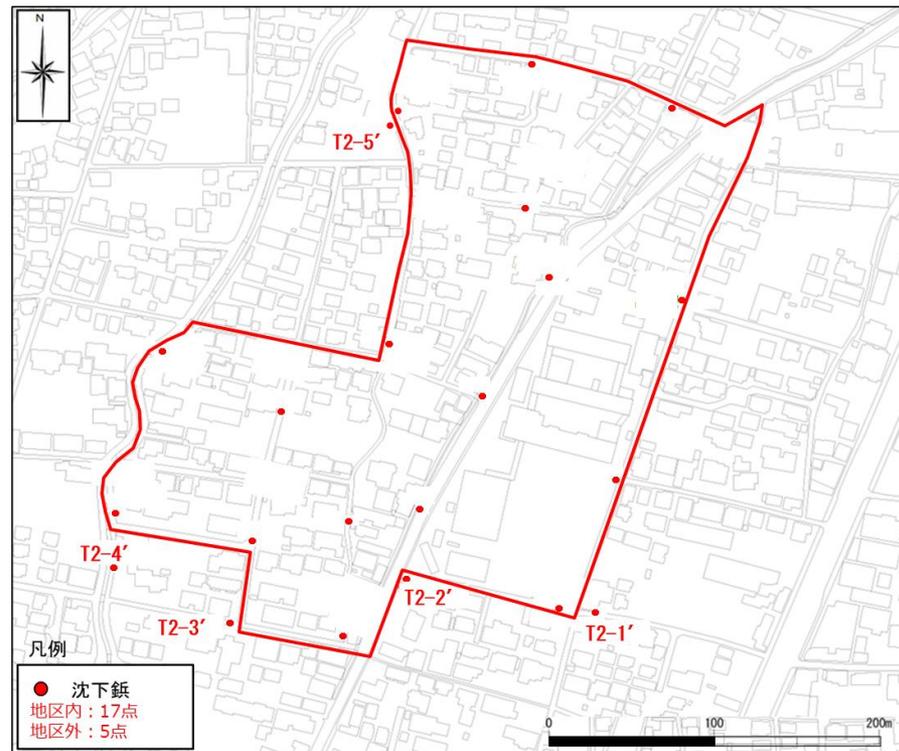
※3段階目目安値は、基準値3/1000を10m幅当りに換算した値

【②地区の沈下モニタリング(沈下鉆)_対策範囲外】

※2023/12/11観測結果まで



沈下量変動図_対策範囲外

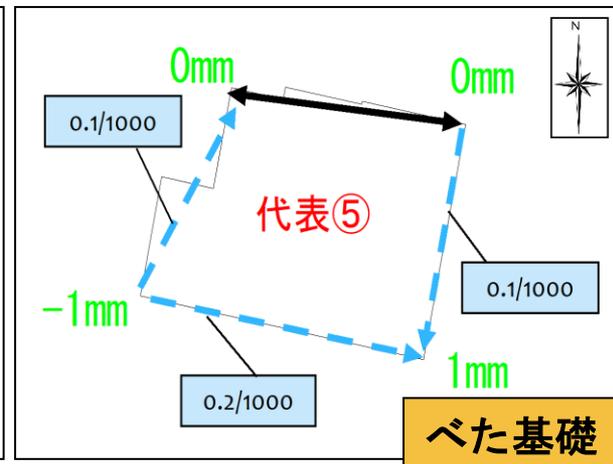
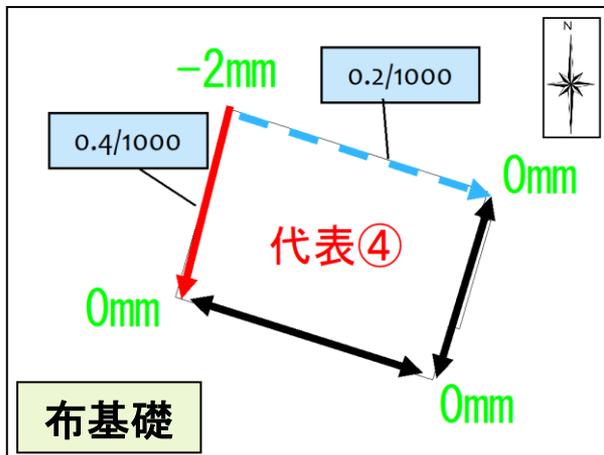
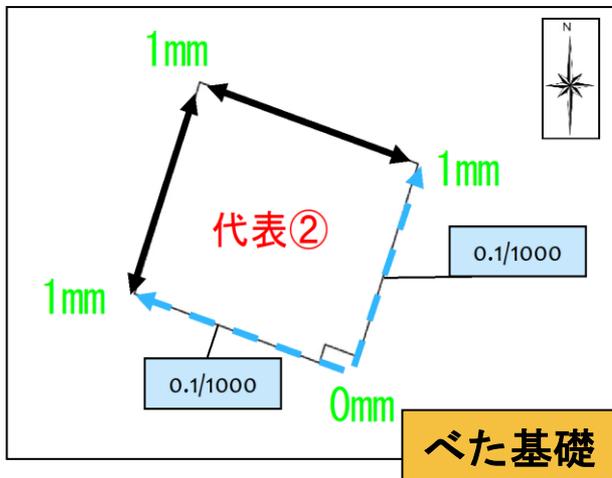
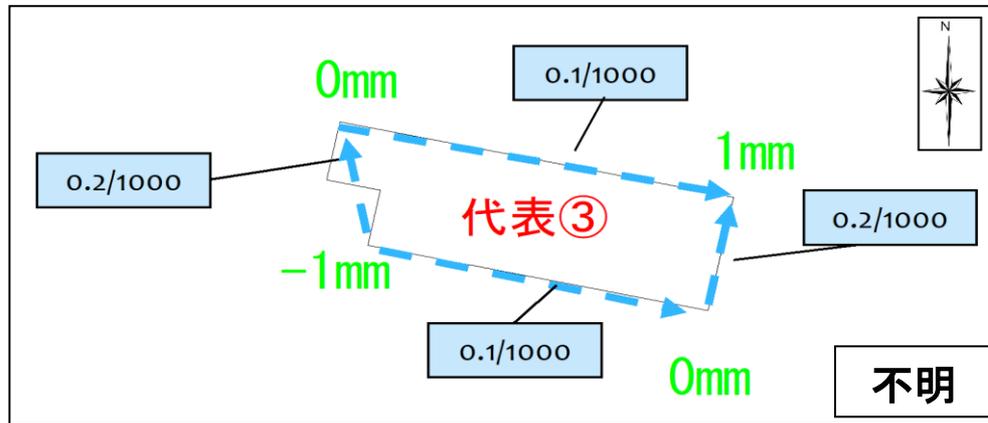
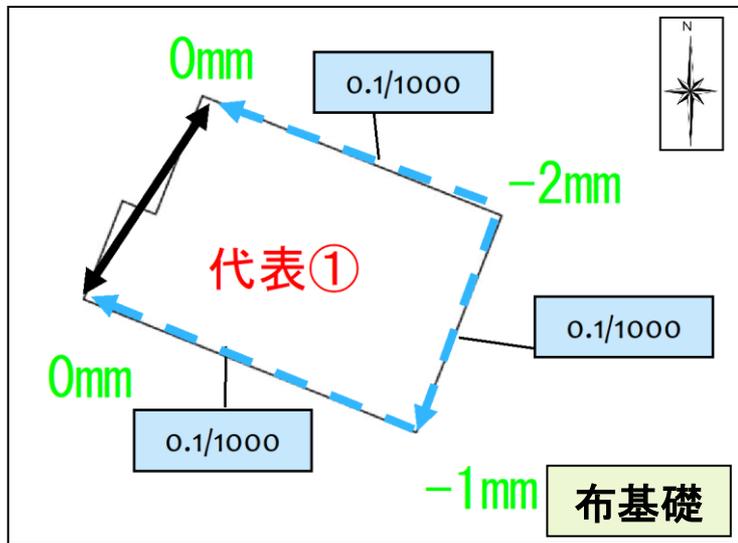
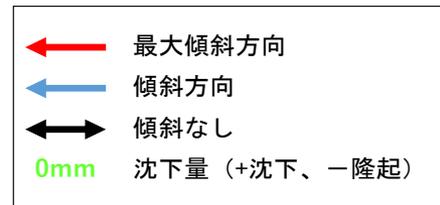


- 現時点の沈下量は、対策範囲内、範囲外ともに1段階目目安値(10mm)以下である。
- 対策範囲外の最大沈下量は1mm(T2-3'、T2-4')であり、沈下の進行は確認されていない。

※3段階目目安値は、基準値3/1000を10m幅当りに換算した値

【②地区の沈下モニタリング(代表家屋)】

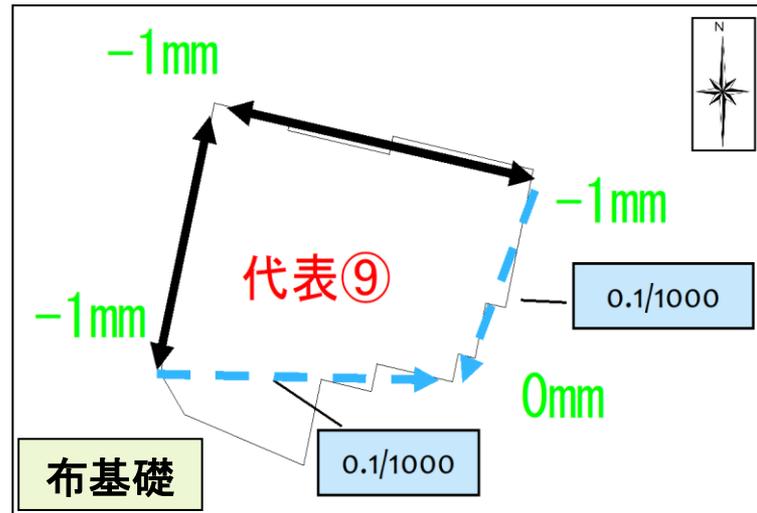
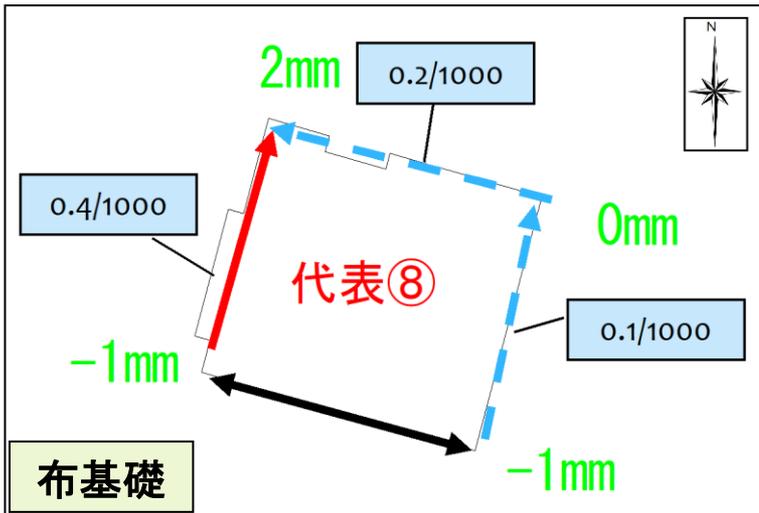
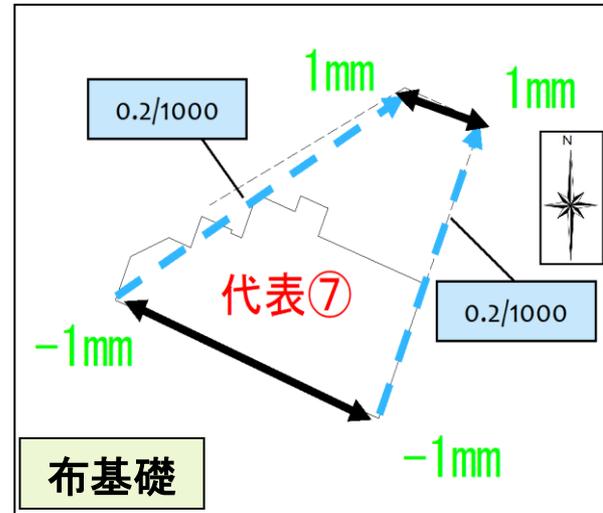
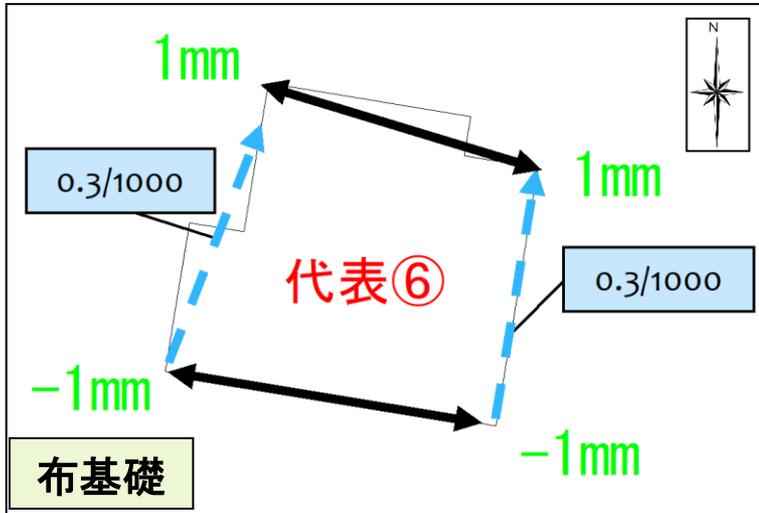
凡 例 ※2023/11/23観測結果



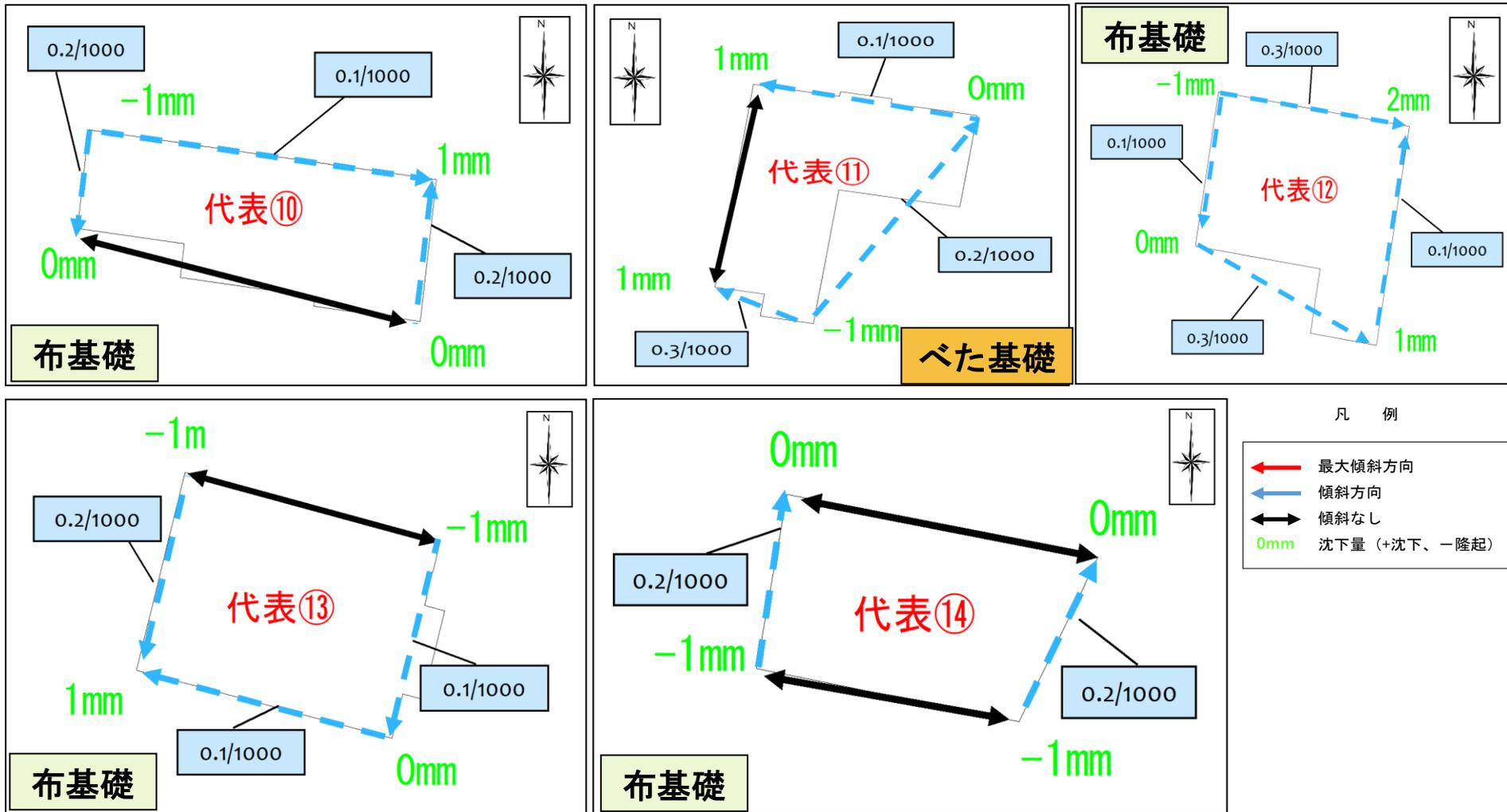
【②地区の沈下モニタリング(代表家屋)】

凡 例

-  最大傾斜方向
-  傾斜方向
-  傾斜なし
- 0mm 沈下量 (+沈下、-隆起)



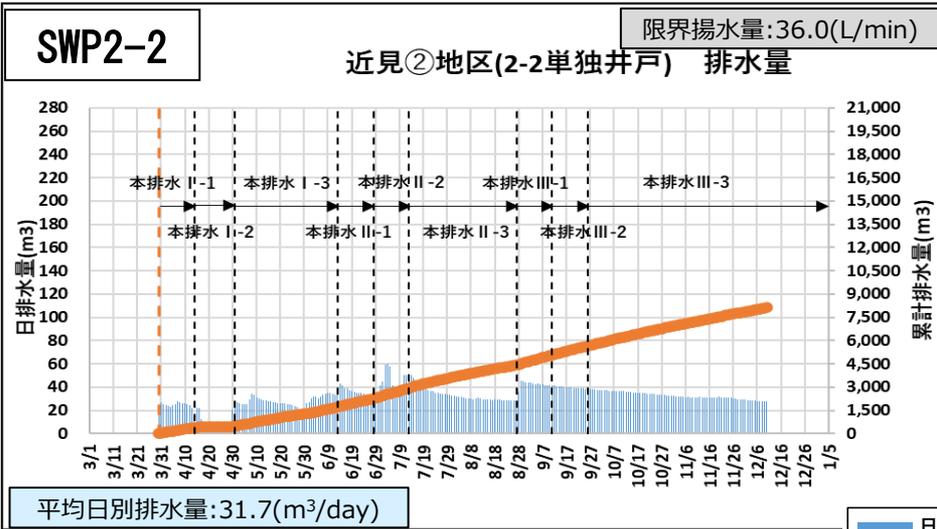
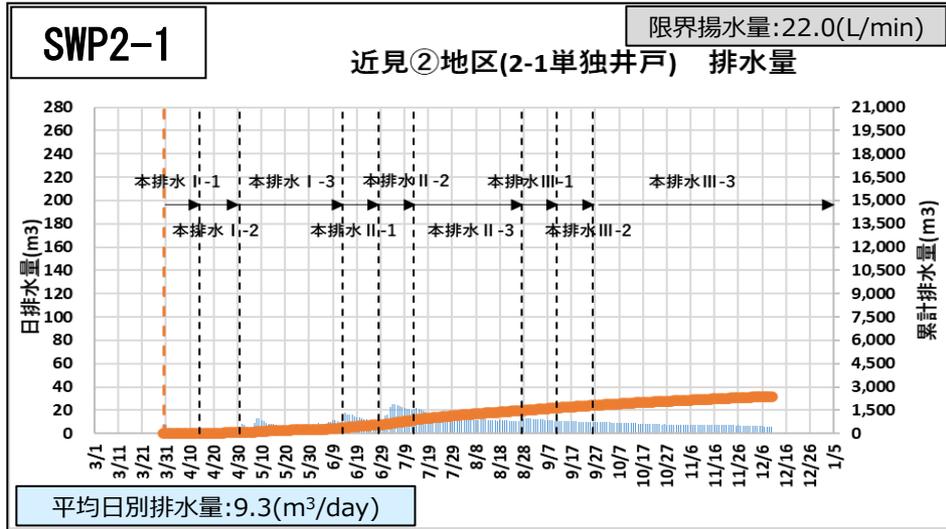
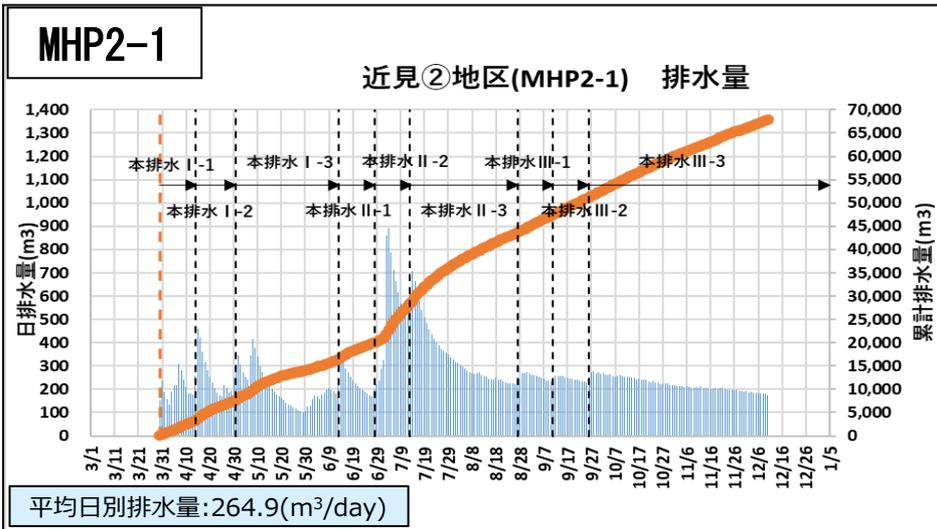
【②地区の沈下モニタリング(代表家屋)】



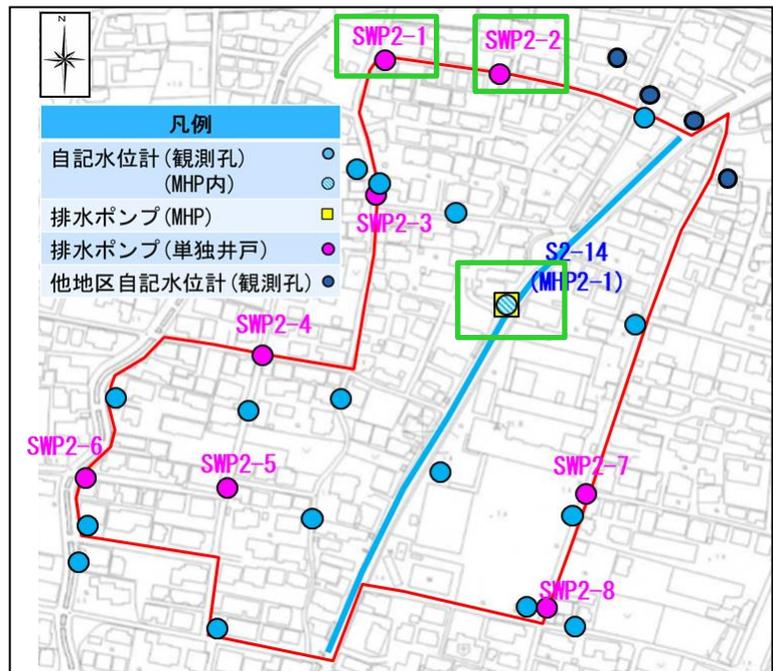
• 代表家屋14軒のうち、最大傾斜角は、代表家屋④および⑧の0.4/1000radであり、基準値未満である。

【②地区の排水量モニタリング】

※2023/12/11観測結果まで

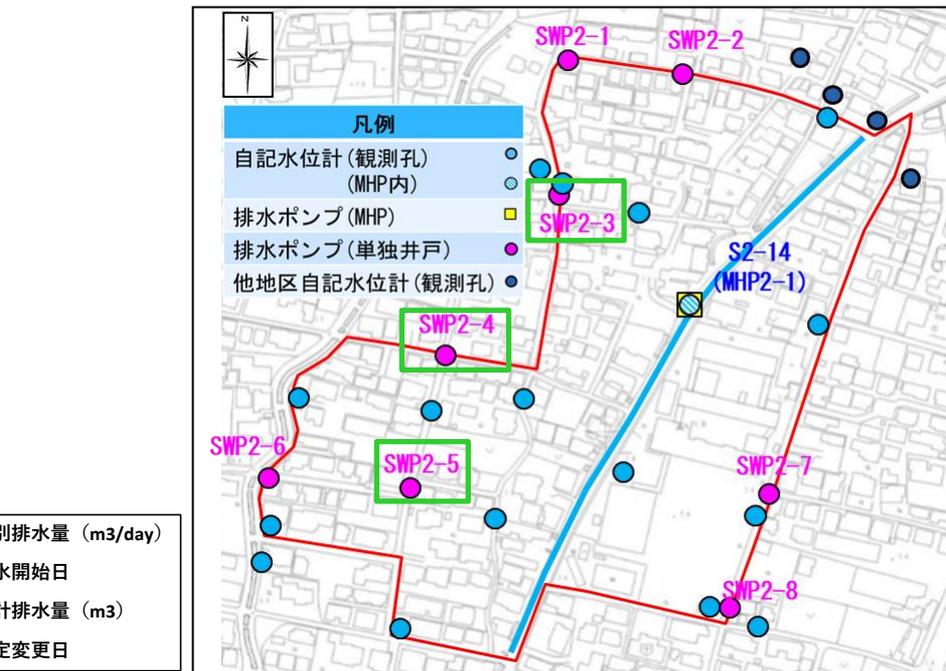
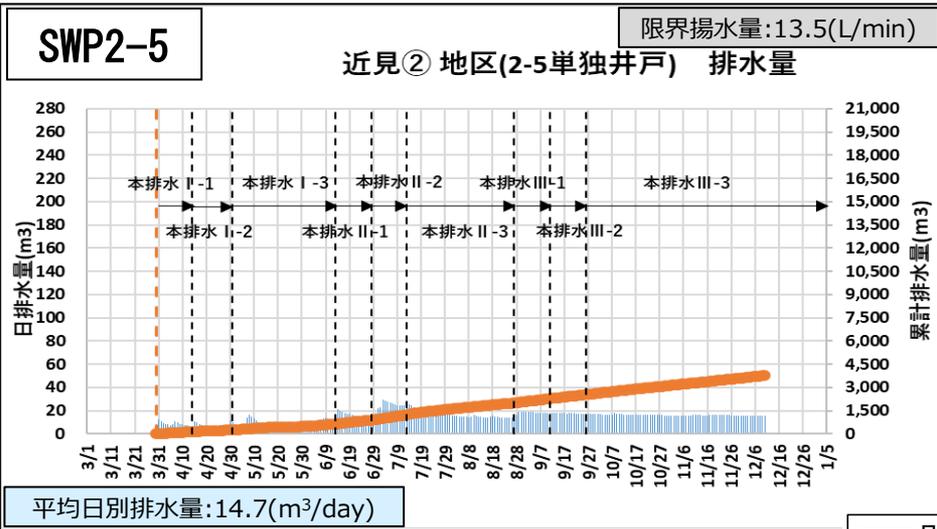
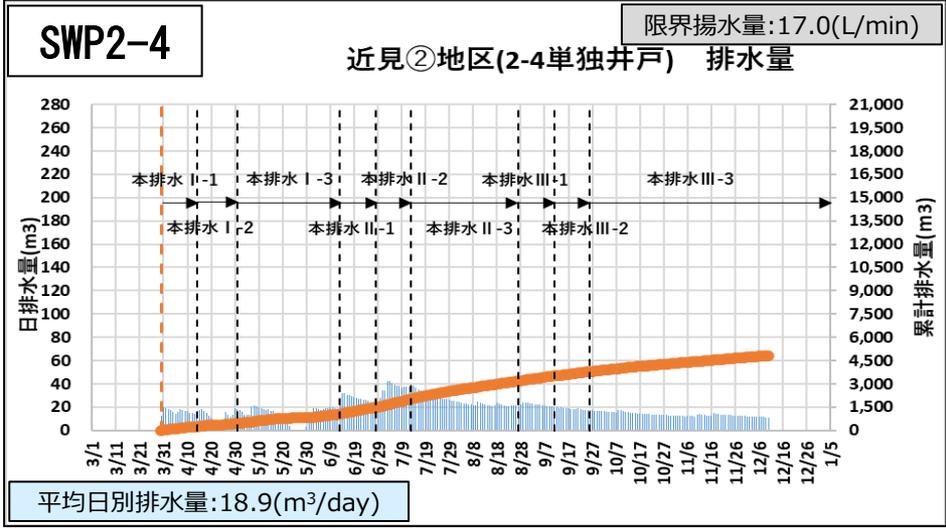
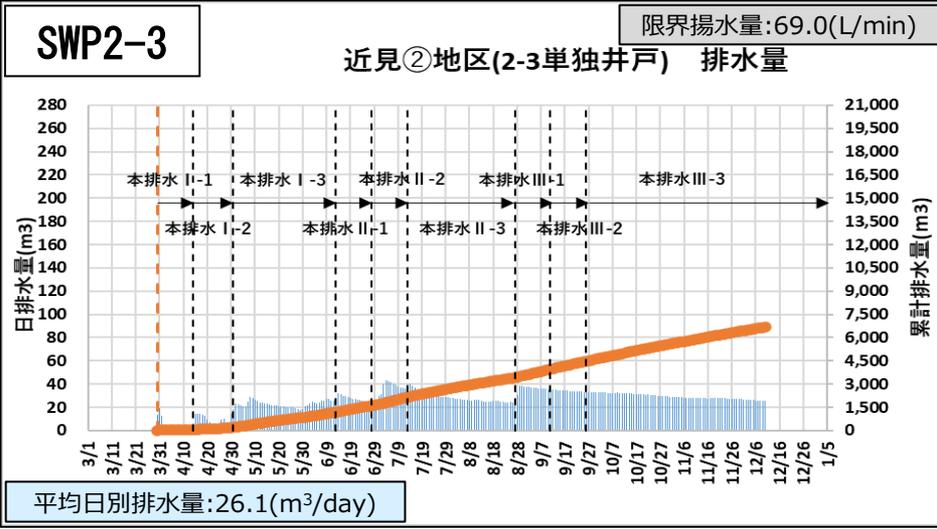


- 日別排水量 (m³/day)
- 揚水開始日
- 累計排水量 (m³)
- 設定変更日



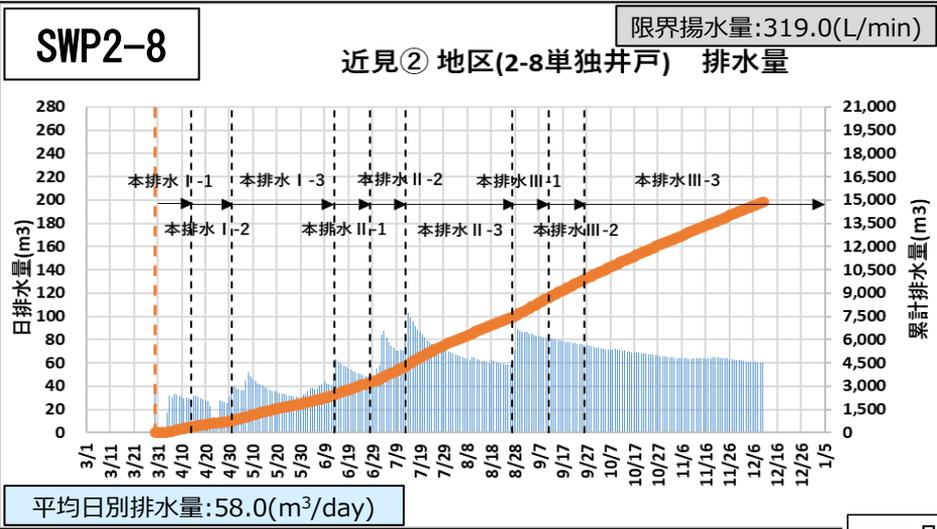
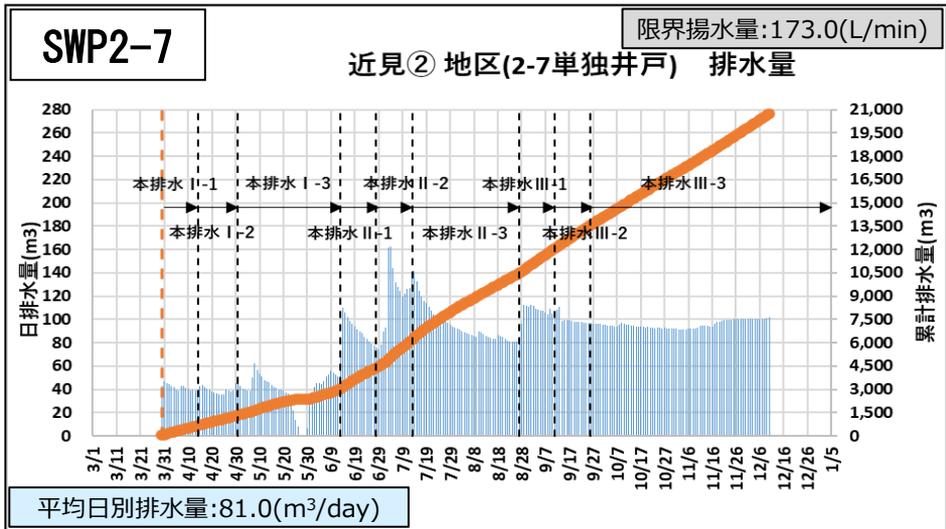
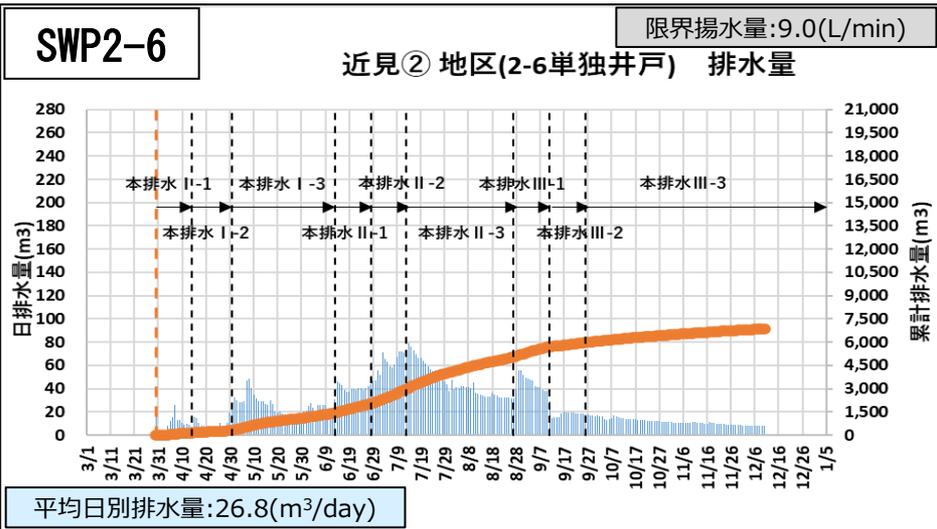
【②地区の排水量モニタリング】

※2023/12/11観測結果まで

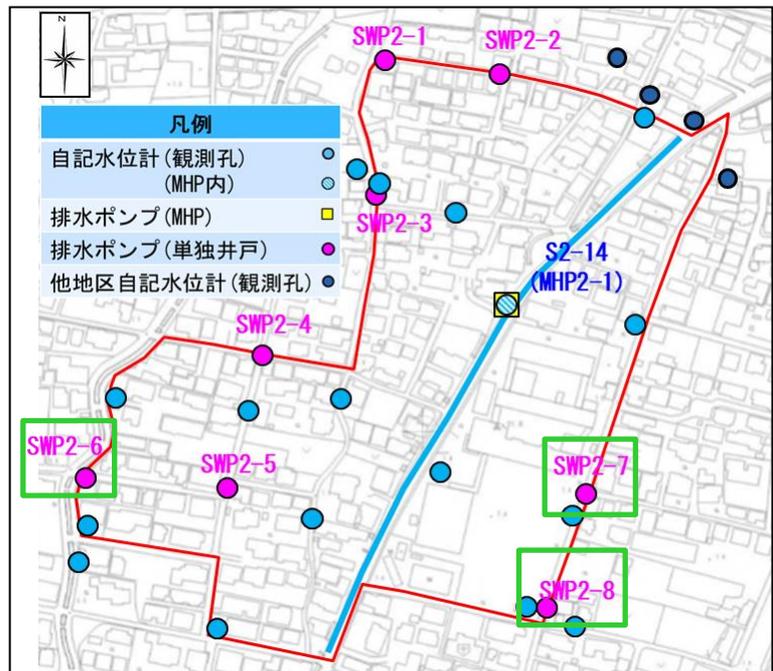


【②地区の排水量モニタリング】

※2023/12/11観測結果まで



- 日別排水量 (m³/day)
- - - 揚水開始日
- 累計排水量 (m³)
- - - 設定変更日



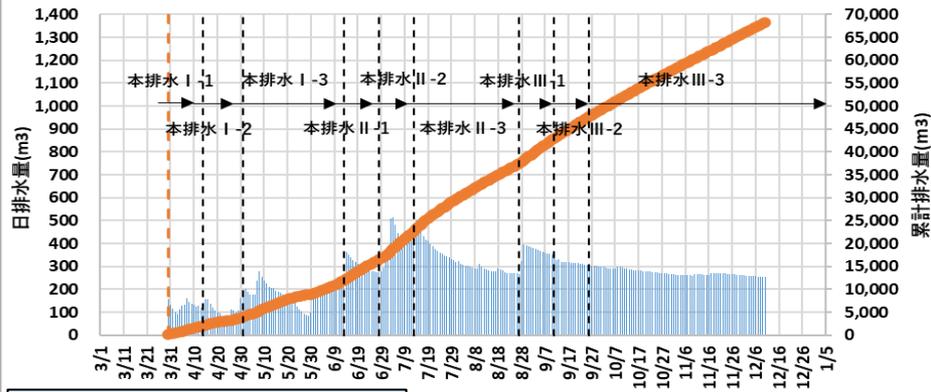
【②地区の排水量モニタリング】

※2023/12/11観測結果まで



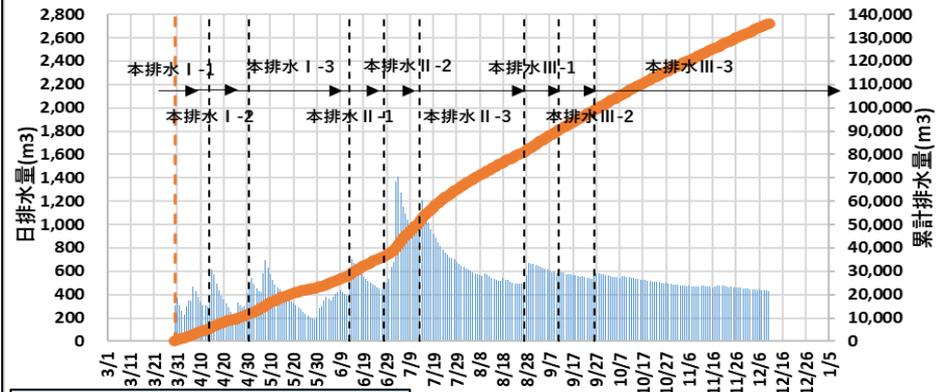
SWP総排水量

近見②地区(単独井戸) 総排水量

平均日別排水量:266.5(m³/day)

総排水量

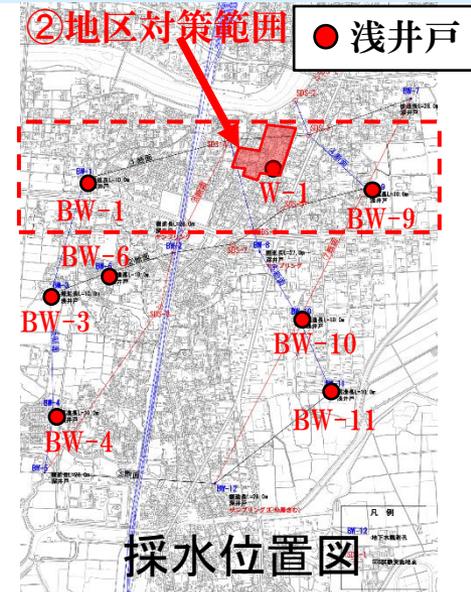
近見②地区 総排水量

平均日別排水量:531.4(m³/day)

- 日々の排水量は、降雨や設定変更によって変化しているが、②地区の日別総排水量は本排水Ⅲ以降、約400～500 m³/dayである。
- 想定排水量2,100m³/dayの約20～25%程度である。

【水質変化】

- 現段階では事業による大きな水質変化は認められない。
- 地区の水質は、乾期(揚水前)と雨期(揚水後)でわずかに変化が認められるが、季節変動の影響と考えられる。
- 季節変動の影響確認を含め、引き続き観測を継続する。



水質分析結果

対策範囲内

項目	BW-1						BW-9						W-1				S2-14		単位	水質基準	
	対策前	対策後					対策前	対策後					対策前	対策後			対策前	対策後			
	2019/8/28 (雨期)	2020/7/16 (雨期)	2021/1/21 (乾期)	2022/1/20 (乾期)	2022/7/25 (雨季)	2023/1/24 (乾期)	2019/8/28 (雨期)	2020/7/16 (雨期)	2021/1/21 (乾期)	2022/1/20 (乾期)	2022/7/25 (雨季)	2023/1/24 (乾期)	2019/8/28 (雨期)	2022/1/20 (乾期)	2022/7/25 (雨季)	2023/1/24 (乾期)	2023/2/1 (乾期)	2023/5/8 (雨期)			
1 一般細菌	3000	3000	180	280	820	220	170	1500	70	110	400	80	230	190	68	62	3000以上	110	個/mL	100個/mL以下	
2 大腸菌	検出	検出	不検出	不検出	不検出	検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	検出	不検出	不検出	不検出	検出	不検出	検出	-	検出されないこと	
3 亜硝酸態窒素	0.027	0.021	0.054	0.085	0.054	0.068	0.004	0.004	0.004	0.004未満	0.004未満	0.009	mg/L	0.04mg/L以下							
4 硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素	0.3	0.3	0.7	2.0	0.7	1.3	0.1	0.1	0.1	0.1未満	0.1未満	0.1未満	0.8	0.4	0.1	0.1未満	0.1未満	0.2	mg/L	10mg/L以下	
5 塩化物イオン	5.2	2.9	6.5	7.8	6.2	9.2	6.6	3.3	6.4	7.1	9.9	13	3.8	5.8	2.3	2.7	3.4	5.4	mg/L	200mg/L以下	
6 有機物(全有機炭素(TOC)の量)	1	1.0	0.6	0.7	0.8	0.8	1.8	1.6	2.0	2.7	2.5	2.9	1.0	0.6	1	0.6	1.2	0.7	mg/L	3mg/L以下	
7 pH値	6.9	6.7	6.9	6.9	6.9	7.0	7.3	7.4	7.3	7.2	7.3	7.3	7.1	7.2	7.1	7.1	7.5	7.2	-	5.8以上8.6以下	
8 味	分析不能	分析不能	分析不能	分析不能	-	異常なし															
9 臭気	異常なし	生くさ臭	異常なし	土臭	異常なし	異常なし	異常なし	生くさ臭	異常なし	土臭	異常なし	土臭	異常なし	微土臭	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし	-	異常なし	
10 色度	4.4	3.2	2.4	2.4	4.3	2.3	8.5	4.7	73	75	87	73	2.0	1.7	1.2	4.7	16	3.4	度	5度以下	
11 濁度	27	1.4	0.9	2.2	1	0.6	0.9	4.2	33	58	52	56	7.2	6.8	2	1.4	4.4	0.2	度	2度以下	

【モニタリング結果のまとめ】

モニタリング結果一覧表

項目	目標	本排水Ⅰ	本排水Ⅱ	本排水Ⅲ
水位低下	GL-3.0m ($\Delta h=2.0m$)	GL-2.0m ($\Delta h=1.0m$)	GL-2.5m ($\Delta h=0.5m$)	一部の範囲で 目標水位 を満足
地盤沈下 (傾斜角)	基準:傾斜角3/1000 (最大5/1000)	0.0/1000～ 0.4/1000	0.0/1000～ 0.2/1000	0.0/1000～ 0.4/1000
(沈下量)	基準:沈下量50mm	0mm～2mm	0mm～2mm	0mm～4mm
水質変化	事業による水質変化がないこと	事業による水質変化は認められない		事業による水質変化は認められない
排水量	定常時: 2100m ³ /day (参考値)	定常時:500m ³ /day		定常時:400～ 500m ³ /day

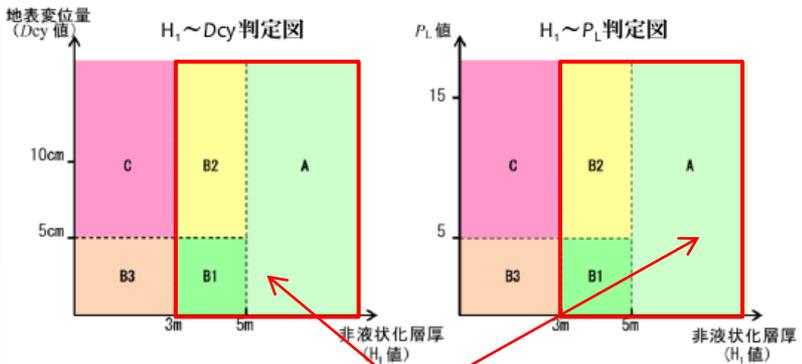
【本事業の対策目標】

対策目標は、液状化被害抑制を目標としてAランク、B1ランク
液状化被害軽減の目標として、B2ランクとしている。

- ◇ 今回の液状化対策の対策目標の方針
 - 設計地震動(今次災害) : M7.3 240gal
 - 地下水位低下工法における液状化被害抑制の目標 : Aランク、B1ランク、
 - 地下水位低下工法における液状化被害軽減の目標 : B2ランク

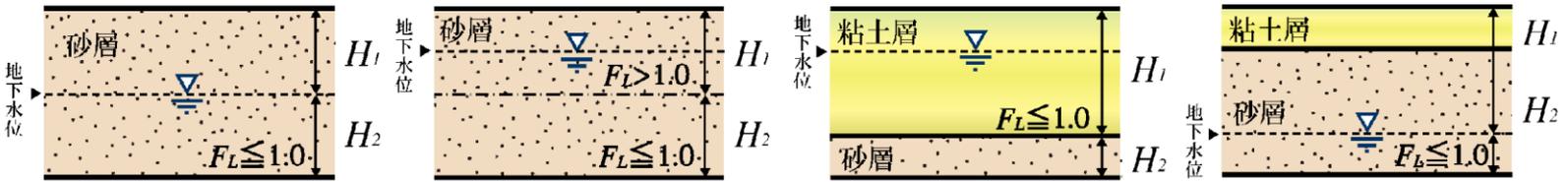
公共施設・宅地一体型液状化対策工法における効果の目標値 (地下水位低下工法)

判定結果	H1の範囲	Dcyの範囲	PL値の範囲	地下水位低下工法
C	3m未満	5cm以上	5以上	不可
B3		5cm未満	5未満	不可(※)
B2	3m以上 5m未満	5cm以上	5以上	液状化被害軽減の 目標として可
B1		5cm未満	5未満	液状化被害抑制の 目標として可
A	5m以上	-	-	



対策目標

公共施設・宅地一体型液状化対策工法の判定基準 (地下水位低下工法)



(a) 対象が全て砂層の場合-1 (b) 対象が全て砂層の場合-2 (c) 砂層の上に粘土がある場合 (地下水水位が粘土層内) (d) 砂層の上に粘土層がある場合 (地下水水位が砂層内)

【ガイダンスに基づいた評価手法】

本事業効果検証では、地下水位低下完了地区の観測データをガイダンスに基づいた評価手法で整理し、その結果を踏まえた評価を行った(詳細は後述する)。

【ガイダンスの評価手法】

地下水位低下工法の対策効果は、例えば図5-30に示すように降雨・降雪の影響を除いた平均低水位等(年平均水位以下の日平均した水位)で比較し、地下水位低下が図られたことを確認して判断する。その結果、目標とする地下水位まで安定した低下等が図られたことを確認し、検討委員会による最終判断をもって液状化対策事業の完了とする。

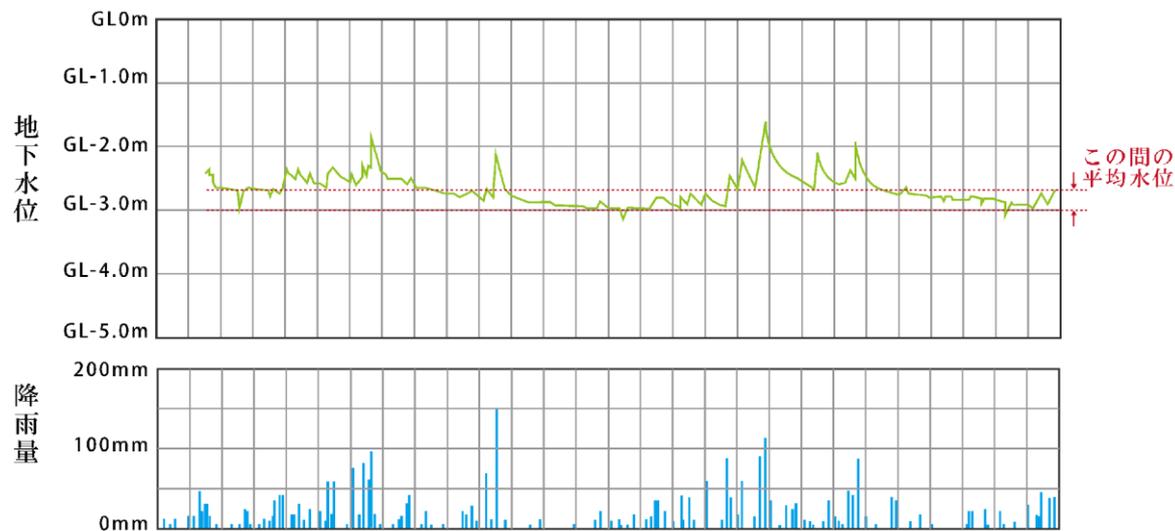


図 5-30 平均低水位算出例

【ガイダンスに基づいた評価手法】

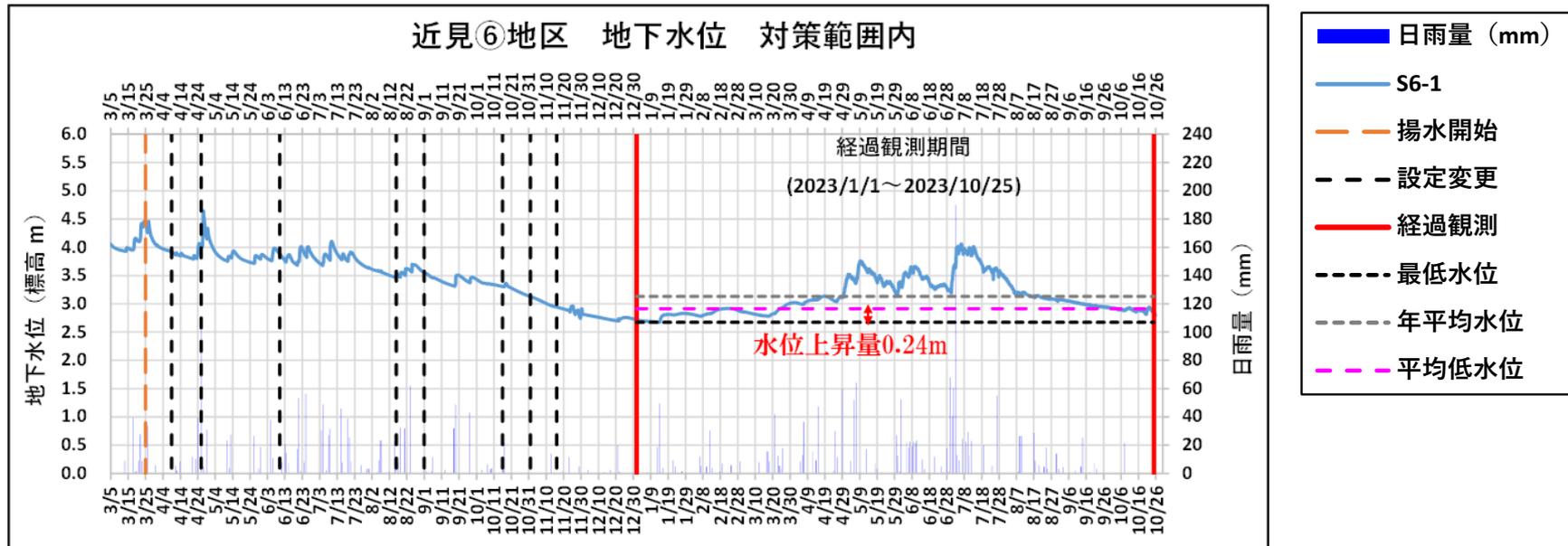
ガイダンスでは「地下水位低下工法の対策効果は、降雨・降雪の影響を除いた**平均低水位等(年平均水位以下の日平均した水位)**で比較」と記載されている。

そこで、水位低下完了地区(④⑥地区)を対象に、水位低下後の観測データを用いて、平均低水位、および水位低下完了時の最低水位との差(水位低下完了後の水位上昇量)を求めた。

また、2022/12/6からポンプの設定を変更していない⑦地区の水位データも併せて整理した。

なお、対象期間は⑥⑦地区の最後のポンプ設定変更から30日程度が経過した【2023/1/1～2023/10/25】とした。

※ただし、④地区は、③地区の地下水位低下の影響を受けていない期間【2022/4/1～2023/4/1】を対象期間とした。



平均低水位および水位上昇量の整理例

【地下水水位低下後の水位上昇量】

各観測孔における最低水位から平均低水位までの水位上昇量(水位低下完了後の水位上昇量)の一覧表を以下に示す。

水位上昇量の一覧表(標高標記)

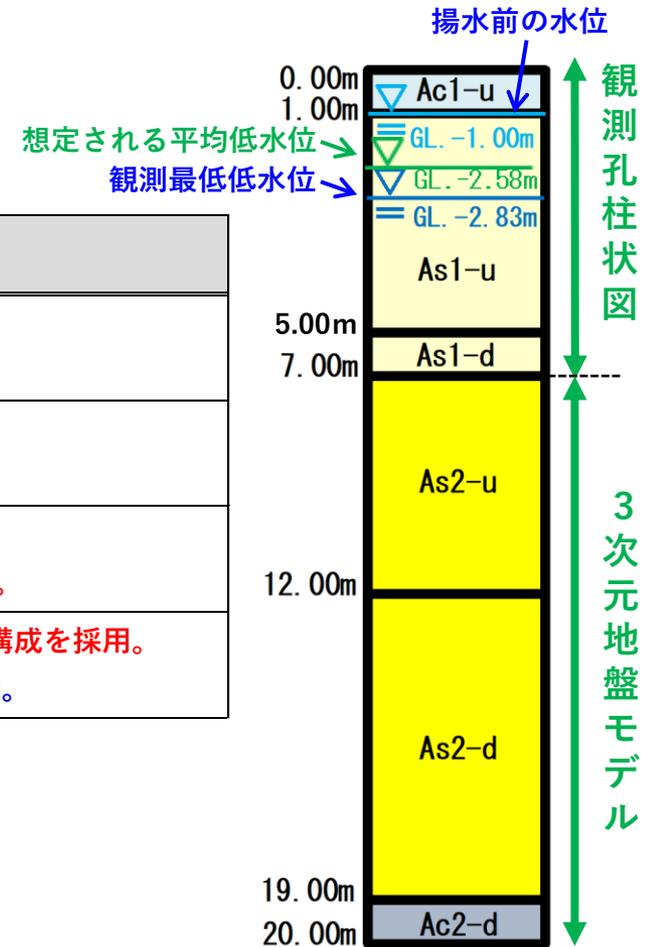
地点名	S4-2	S4-6	S6-1	S6-7	S6-9	S7-1	S7-2	S7-3	S7-4	S7-5	S7-7	全地点平均
平均低水位(標高 m)	3.82	3.79	2.92	2.95	2.64	2.91	3.19	3.08	2.90	2.17	2.27	2.97
最低水位(標高 m)	3.62	3.55	2.68	2.74	2.42	2.63	2.88	2.79	2.61	1.96	1.98	2.71
水位上昇量(m) (最低水位から平均低水位までの上昇量)	0.20	0.24	0.24	0.21	0.22	0.29	0.30	0.29	0.29	0.20	0.29	0.25

上記の結果から、各観測孔の水位上昇量の平均値は**0.25m**であることを確認した。これを踏まえ、本事業効果検証では、最低水位に0.25mの水位上昇量を見込んだ「**想定される平均低水位**」を用いて事業効果の検証を行った。

【液状化判定の検討方法】

液状化判定時の各観測孔の地下水位、地層構成は以下のとおり設定した。

項目		精度	備考
地盤高(TP.m)		実測値	各観測地点における水準測量の実測値を採用。
地下水位 (GL.-m)	揚水前の水位	推定値	設計時に想定したGL-1.0mを採用。
	揚水後の水位	実測値	<ul style="list-style-type: none"> 観測最低水位(観測日：2023/11/10 2:00) 想定される平均低水位を採用(観測最低水位+0.25m)。
地層構成		実測値/ 推定値	GL-7.0m以浅は観測孔設置時の簡易柱状図による地層構成を採用。 GL-7.0m以深は3次元地盤モデルによる地層構成を採用。



地層構成の模式図(例)

【液状化判定の検討方法】

設定した地下水位および地層構成は以下のとおりである。

地下水位および地層構成一覧表

地点名		S2-1	S2-2	S2-3	S2-4	S2-5	S2-6	S2-7	S2-8	S2-9	S2-10	S2-11	S2-12	S2-13	2-B-2	No.1-2
地盤高(TP.m)		7.07	7.23	7.27	7.23	6.67	6.38	6.46	7.16	7.43	7.34	7.03	6.89	7.03	7.21	7.07
地下水位 (GL.-m)	揚水前の水位	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	観測最低水位 (平均低水位)	2.74 (2.49)	3.03 (2.78)	3.26 (3.01)	3.35 (3.10)	2.55 (2.30)	2.07 (1.82)	2.36 (2.11)	2.86 (2.61)	3.26 (3.01)	3.07 (2.82)	2.64 (2.39)	2.68 (2.43)	2.83 (2.58)	3.26 (3.01)	3.26 (3.01)
地層の 下端深度 (GL.-m)	Ac1-u	—	—	3.50	2.50	—	3.00	—	—	2.50	3.50	3.50	1.50	1.50	1.50	—
	As1-u	5.00	6.00	7.00	7.00	6.50	2.00 5.50	6.50	6.00	6.50	6.50	6.50	7.00	7.00	6.50	7.00
	Ac1-d	—	—	7.49	—	—	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	—	8.50	—	—
	As1-d	9.00	9.50	10.50	11.50	9.50	10.00	10.00	10.52	10.47	10.01	10.51	9.99	10.00	9.50	9.50
	As2-u	12.50	13.00	14.52	14.00	14.00	14.46	14.50	14.50	15.00	14.50	14.50	14.00	13.52	14.03	13.00
	Ac2-u	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	K-Ah	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
As2-d	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	

※2-B-2.No.1-2の最低水位については、近傍観測孔S2-3の水位データを用いた。

【液状化判定の検討方法】

液状化判定に用いる定数は以下のとおり設定した。

- 各地層の単位体積重量、N値、Fcは既往柱状図(2-B-2、No.1-2)の平均値を採用。
- Ac1-u、Ac1-d層に関しては、②地区の既往柱状図で液状化判定Cランクの試験値が無いいため、隣接する①地区の試験値を採用。
- 液状化抵抗比は、既往土質試験結果を採用。(粘性土についてはN値、Fc、有効土被り圧より算出)

土質定数の設定方法一覧

地層名\項目	単位体積重量 $\gamma t(kN/m^3)$	N値	Fc(%)	液状化抵抗比
Ac1-u	隣接する①地区の既往柱状図Ss1-1、Ss3-1(液状化判定Cランク)のAc1-d層の平均値を採用。 (②地区の既往柱状図で液状化判定CランクのAc1-u層の試験値がないため)			N値、Fc、有効土被り圧より算出。
As1-u	②地区の既往柱状図2-B-2、No.1-2(液状化判定Cランク)のAs1-u層の平均値を採用。			既往土質試験結果(0.180)を採用。 (第8回委員会時に報告)
Ac1-d	隣接する①地区の既往柱状図Ss1-1、Ss3-1(液状化判定Cランク)のAc1-d層の平均値を採用。 (②地区の既往柱状図で液状化判定CランクのAc1-d層の試験値がないため)			N値、Fc、有効土被り圧より算出。
As1-d	②地区の既往柱状図2-B-2、No.1-2(液状化判定Cランク)のAs1-d層の平均値を採用。			既往土質試験結果(0.343)を採用。 (第8回委員会時に報告)
As2-u	②地区の既往柱状図2-B-2、No.1-2(液状化判定Cランク)のAs2-u層の平均値を採用。			既往土質試験結果(0.158)を採用。 (第8回委員会時に報告)
Ac2-u	②地区はAc2-u層が無いため、該当無し。			該当無し。
K-Ah	②地区はK-Ah層が無いため、該当無し。			該当無し。
As2-d	②地区の既往柱状図2-B-2、No.1-2(液状化判定Cランク)のAs2-d層の平均値を採用。			既往土質試験結果(0.235)を採用。 (第8回委員会時に報告)

議事(1) 前回の確認事項

【砂質土の液状化強度比 R_{L20} について】

液状化強度比を確認するため、土質試験を追加実施した。
⇒As2-d層の液状化強度はこれまで確認した値より高いことを確認した。

地層別の液状化強度 R_{L20} 一覧表

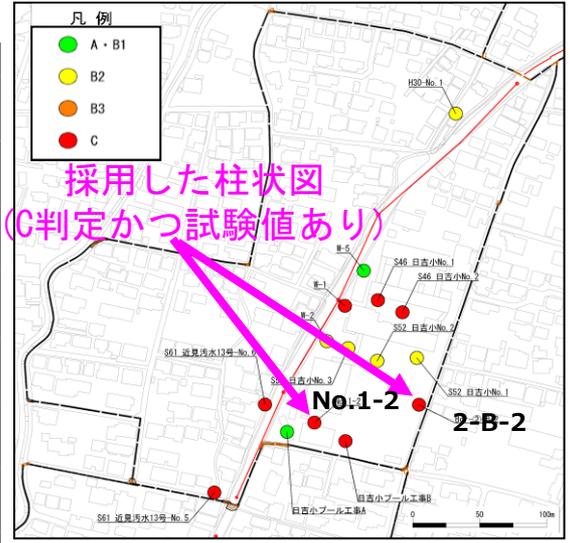
地層	既往	高品質サンプル
As1u	0.180 (N=10, Fc=8%)	-
As1d	0.313 (N=7, Fc=26%)	0.343 (N=8, Fc=4%)
As2u	0.168 (N=7, Fc=11%)	0.158 (N=8, Fc=21%)
As2d	0.168 (N=23, Fc=12%)	0.235 (N=23, Fc=13%)
K-Ah	0.247 (N=6, Fc=77%)	-

※Nは平均N値、Fcは平均細粒分含有率

新規観測孔設置位置図

液状化抵抗比の試験値

第8回熊本市液状化対策技術検討委員会 説明資料【近見地区】
(平成31年3月12日時点) に加筆



既往調査による液状化判定平面図

【液状化判定の検討方法】

設定した各地層の定数は以下のとおりである。

観測孔における設定土質定数一覧

地層名\項目	1	2	3	4	備考
	単位体積重量 $\gamma_t(\text{kN/m}^3)$	N値	Fc(%)	液状化抵抗比	
Ac1-u	14.0	1	75.8	算出値	項目1～3は、①地区の既往柱状図Ss1-1、Ss3-1(液状化判定Cランク)の平均値を採用 項目4は、N値、Fc、有効土被り圧より算出
As1-u	17.0	6	14.1	0.180	項目1～3は、②地区の既往柱状図2-B-2、No.1-2(液状化判定Cランク)の平均値を採用 項目4は、既往土質試験結果を採用(第8回委員会時に報告)
Ac1-d	14.0	1	75.8	算出値	項目1～3は、①地区の既往柱状図Ss1-1、Ss3-1(液状化判定Cランク)の平均値を採用 項目4は、N値、Fc、有効土被り圧より算出
As1-d	17.0	27	3.7	0.343	項目1～3は、②地区の既往柱状図2-B-2、No.1-2(液状化判定Cランク)の平均値を採用 項目4は、既往土質試験結果を採用(第8回委員会時に報告)
As2-u	18.5	7	14.2	0.158	項目1～3は、②地区の既往柱状図2-B-2、No.1-2(液状化判定Cランク)の平均値を採用 項目4は、既往土質試験結果を採用(第8回委員会時に報告)
Ac2-u	—				②地区はAc2-u層が無い場合、該当無し。
K-Ah	—				②地区はK-Ah層が無い場合、該当無し。
As2-d	18.5	21	21.5	0.235	項目1～3は、②地区の既往柱状図2-B-2、No.1-2(液状化判定Cランク)の平均値を採用 項目4は、既往土質試験結果を採用(第8回委員会時に報告)

※なお、実測値のある既往柱状図2-B-2、No.1-2の液状化判定においては、実測値(N値および土質試験結果)より算出した液状化抵抗比を用いた。

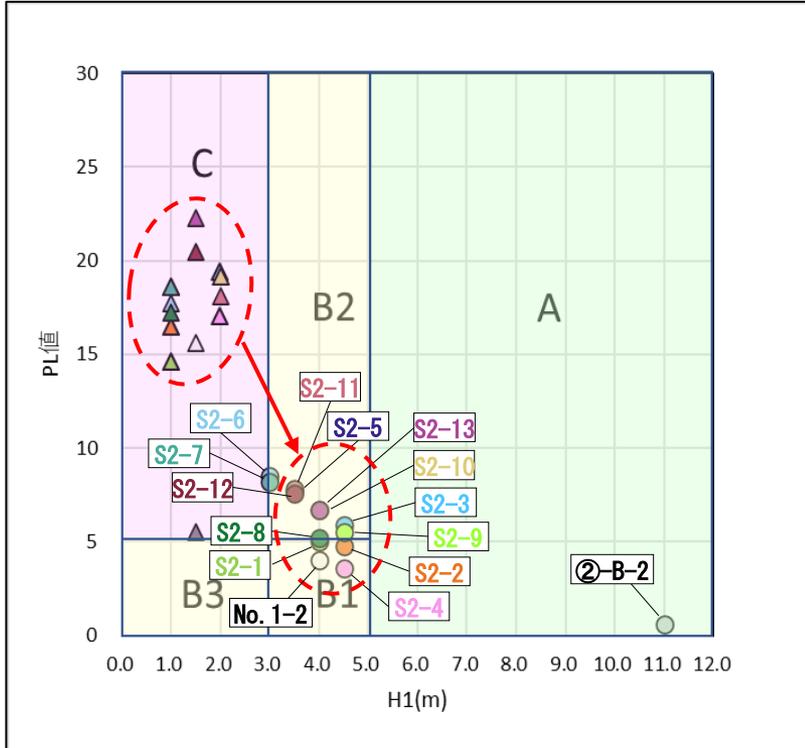
議事 1 - 3 事業効果検証

各観測地点の液状化判定結果であるPLおよびDcyのランク変化図を以下に示す。
 揚水後の最低水位では、**全地点においてB2～Aランクに改善している。**

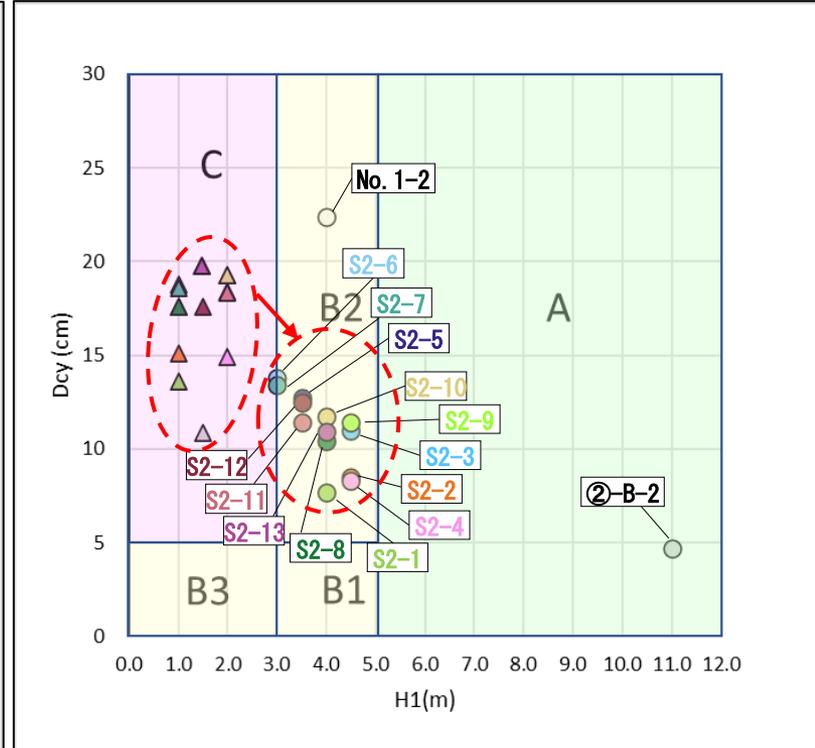
地点名	水位低下前															観測最低地下水水位(2023/11/10 2:00)															
	S2-1	S2-2	S2-3	S2-4	S2-5	S2-6	S2-7	S2-8	S2-9	S2-10	S2-11	S2-12	S2-13	㊟-B-2	No.1-2	S2-1	S2-2	S2-3	S2-4	S2-5	S2-6	S2-7	S2-8	S2-9	S2-10	S2-11	S2-12	S2-13	㊟-B-2	No.1-2	
標高	7.070	7.230	7.270	7.230	6.670	6.380	6.460	7.160	7.430	7.340	7.030	6.890	7.030	7.210	7.070	7.070	7.230	7.270	7.230	6.670	6.380	6.460	7.160	7.430	7.340	7.030	6.890	7.030	7.210	7.070	
地下水水位(GL-m)	1.0															2.74	3.03	3.26	3.35	2.55	2.07	2.36	2.86	3.26	3.07	2.64	2.68	2.83	3.26	3.26	
H1	1.0	1.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	4.0	4.5	4.5	4.5	3.5	3.0	3.0	4.0	4.5	4.0	3.5	3.5	4.0	11.0	4.0	
PL	14.6	16.5	19.4	17.0	18.6	17.7	18.6	17.2	19.2	19.1	18.1	20.5	22.3	5.5	15.6	5.0	4.8	5.9	3.6	7.7	8.5	8.2	5.2	5.5	6.7	7.8	7.6	6.7	0.6	4.0	
Dcy(cm)	13.6	15.1	19.2	14.9	17.6	18.8	18.6	17.6	18.4	19.3	18.3	17.6	19.7	10.9	31.4	7.7	8.5	11.0	8.3	12.7	13.8	13.4	10.4	11.4	11.7	11.4	12.5	10.9	4.7	22.4	
PL判定ランク	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	B2	B1	B2	B1	B2	A	B2									
Dcy判定ランク	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	B2	B2	B2	B2	B2	B2	B2	B2	B2	B2	B2	B2	B2	B2	A	B2

地点名	S2-1	S2-2	S2-3	S2-4	S2-5	S2-6	S2-7	S2-8	S2-9	S2-10	S2-11	S2-12	S2-13	㊟-B-2	No.1-2
B2以上境界水位 (GL-m)	2.060	2.060	1.360	2.200	2.060	1.420	2.060	2.060	2.200	1.360	1.360	2.140	2.140	2.310	1.780

- 低下前 低下後
- ▲ S2-1 ● S2-1
- ▲ S2-2 ● S2-2
- ▲ S2-3 ● S2-3
- ▲ S2-4 ● S2-4
- ▲ S2-5 ● S2-5
- ▲ S2-6 ● S2-6
- ▲ S2-7 ● S2-7
- ▲ S2-8 ● S2-8
- ▲ S2-9 ● S2-9
- ▲ S2-10 ● S2-10
- ▲ S2-11 ● S2-11
- ▲ S2-12 ● S2-12
- ▲ S2-13 ● S2-13
- ▲ ㊟-B-2 ● ㊟-B-2
- ▲ No.1-2 ○ No.1-2



PL値 ランク図(観測最低地下水水位)



Dcy ランク図(観測最低地下水水位)

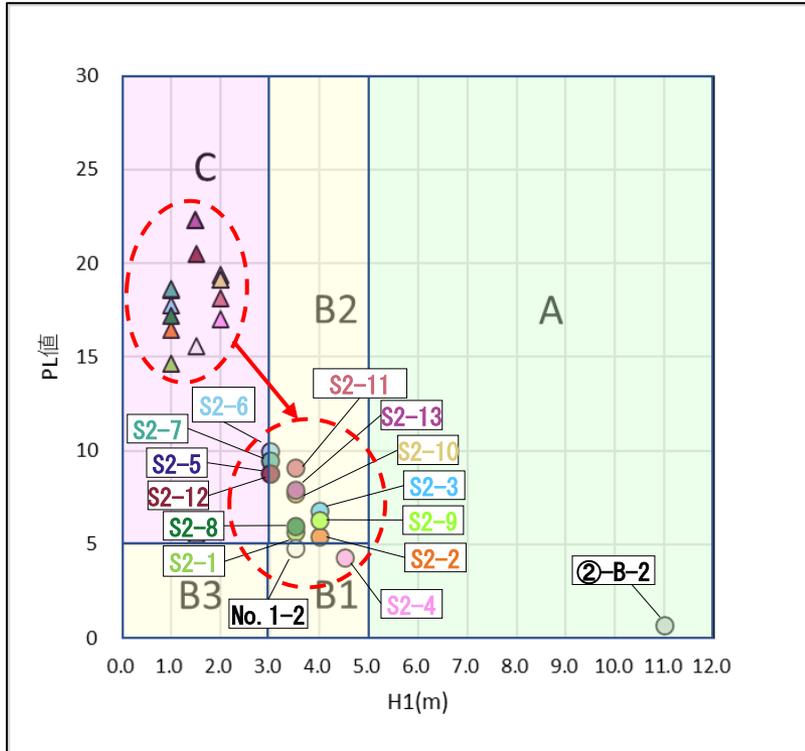
議事 1 - 3 事業効果検証

各観測地点の液状化判定結果であるPLおよびDcyのランク変化図を以下に示す。
 想定される平均低水位においても、**全地点においてB2～Aランクに改善している。**

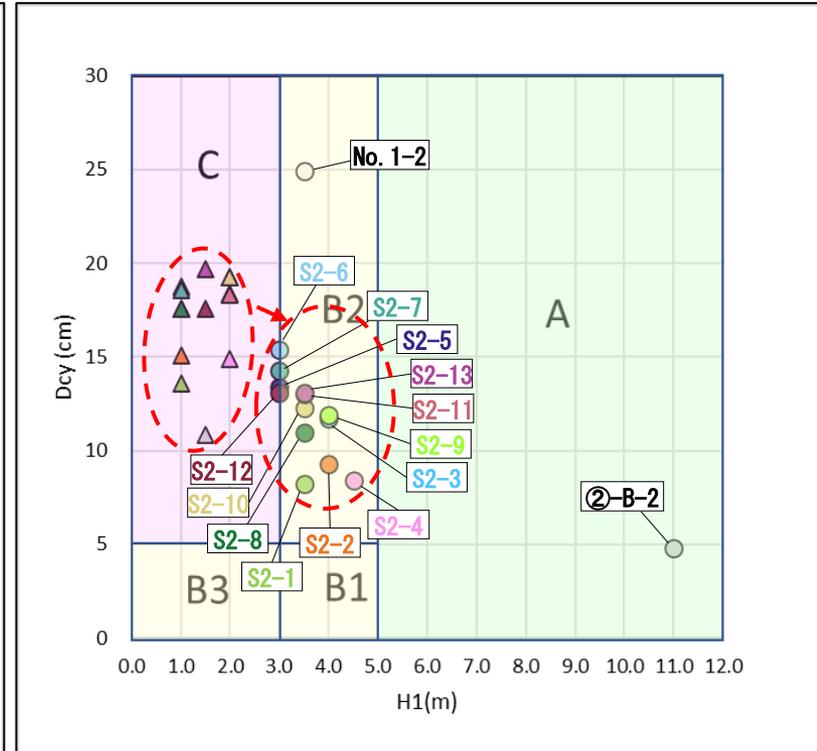
地点名	水位低下前															平均低水位(観測最低地下水+0.25m)															
	S2-1	S2-2	S2-3	S2-4	S2-5	S2-6	S2-7	S2-8	S2-9	S2-10	S2-11	S2-12	S2-13	㊟-B-2	No.1-2	S2-1	S2-2	S2-3	S2-4	S2-5	S2-6	S2-7	S2-8	S2-9	S2-10	S2-11	S2-12	S2-13	㊟-B-2	No.1-2	
標高	7.070	7.230	7.270	7.230	6.670	6.380	6.460	7.160	7.430	7.340	7.030	6.890	7.030	7.210	7.070	7.070	7.230	7.270	7.230	6.670	6.380	6.460	7.160	7.430	7.340	7.030	6.890	7.030	7.210	7.070	
地下水位(GL-m)	1.0															2.49	2.78	3.01	3.10	2.30	1.82	2.11	2.61	3.01	2.82	2.39	2.43	2.58	3.26	3.26	
H1	1.0	1.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	3.5	4.0	4.0	4.5	3.0	3.0	3.0	3.5	4.0	3.5	3.5	3.0	3.5	11.0	3.5	
PL	14.6	16.5	19.4	17.0	18.6	17.7	18.6	17.2	19.2	19.1	18.1	20.5	22.3	5.5	15.6	5.7	5.4	6.8	4.3	8.8	10.0	9.5	6.0	6.3	7.7	9.1	8.8	7.9	0.7	4.8	
Dcy(cm)	13.6	15.1	19.2	14.9	17.6	18.8	18.6	17.6	18.4	19.3	18.3	17.6	19.7	10.9	31.4	8.2	9.3	11.7	8.4	13.4	15.4	14.3	11.0	11.9	12.3	13.0	13.1	13.1	4.8	24.9	
PL判定ランク	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	B2	B2	B2	B1	B2	A	B2									
Dcy判定ランク	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	B2	B2	B2	B2	B2	B2	B2	B2	B2	B2	B2	B2	B2	B2	A	B2

地点名	S2-1	S2-2	S2-3	S2-4	S2-5	S2-6	S2-7	S2-8	S2-9	S2-10	S2-11	S2-12	S2-13	㊟-B-2	No.1-2
B2以上境界水位 (GL-m)	2.060	2.060	1.360	2.200	2.060	1.420	2.060	2.060	2.200	1.360	1.360	2.140	2.140	2.310	1.780

- | | |
|----------|----------|
| 低下前 | 低下後 |
| ▲ S2-1 | ● S2-1 |
| ▲ S2-2 | ● S2-2 |
| ▲ S2-3 | ● S2-3 |
| ▲ S2-4 | ● S2-4 |
| ▲ S2-5 | ● S2-5 |
| ▲ S2-6 | ● S2-6 |
| ▲ S2-7 | ● S2-7 |
| ▲ S2-8 | ● S2-8 |
| ▲ S2-9 | ● S2-9 |
| ▲ S2-10 | ● S2-10 |
| ▲ S2-11 | ● S2-11 |
| ▲ S2-12 | ● S2-12 |
| ▲ S2-13 | ● S2-13 |
| ▲ ㊟-B-2 | ● ㊟-B-2 |
| ▲ No.1-2 | ● No.1-2 |

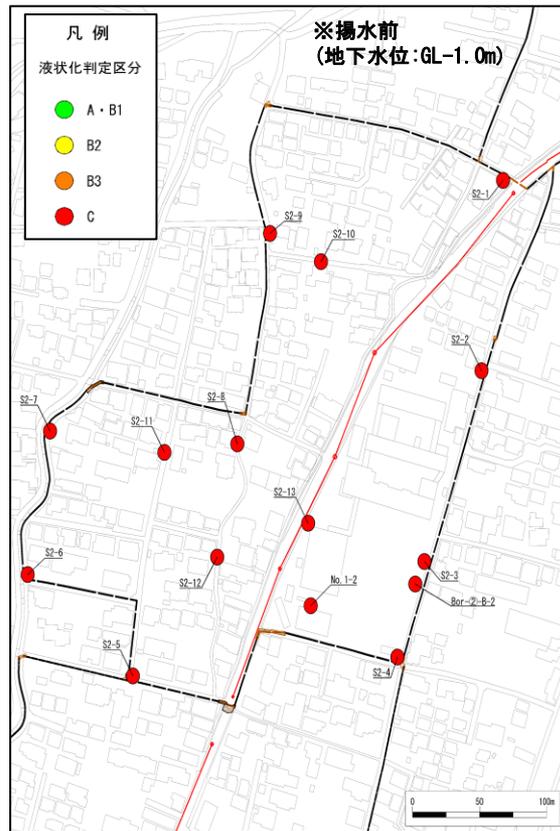


PL値 ランク図(平均低水位)



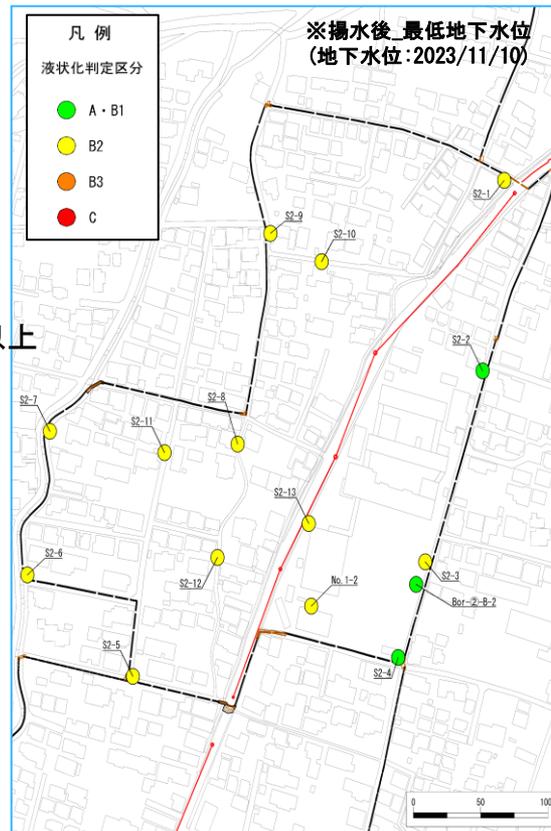
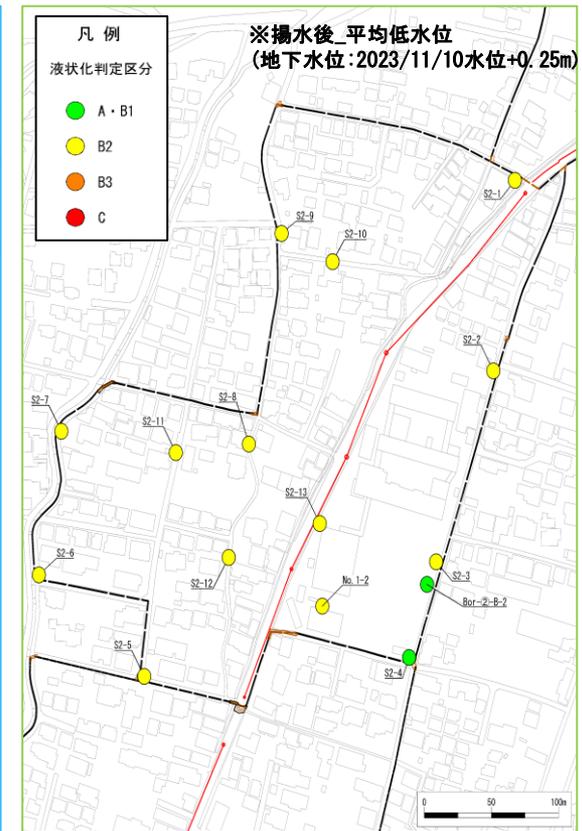
Dcy ランク図(平均低水位)

【PL値_判定ランクの変化】



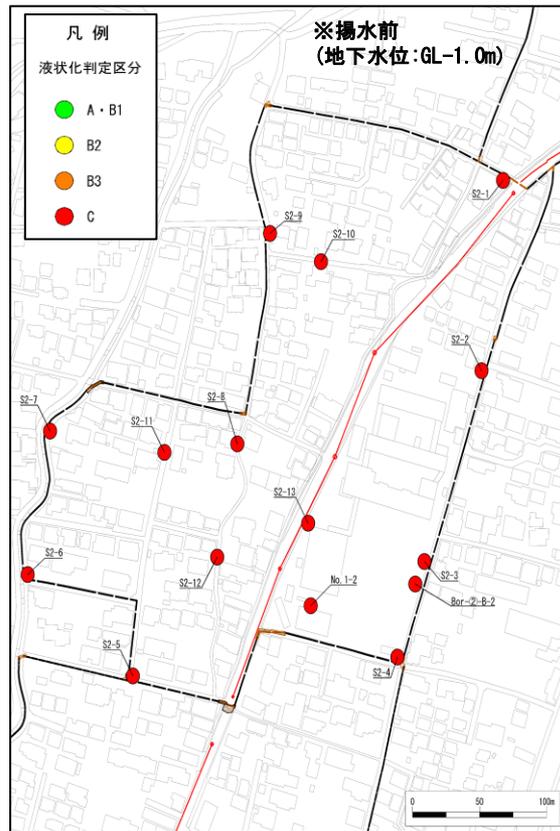
PL値ランク平面図(揚水前)

全地点で
B2ランク以上
に改善

PL値ランク平面図
(揚水後_最低地下水位)PL値ランク平面図
(揚水後_平均低水位)

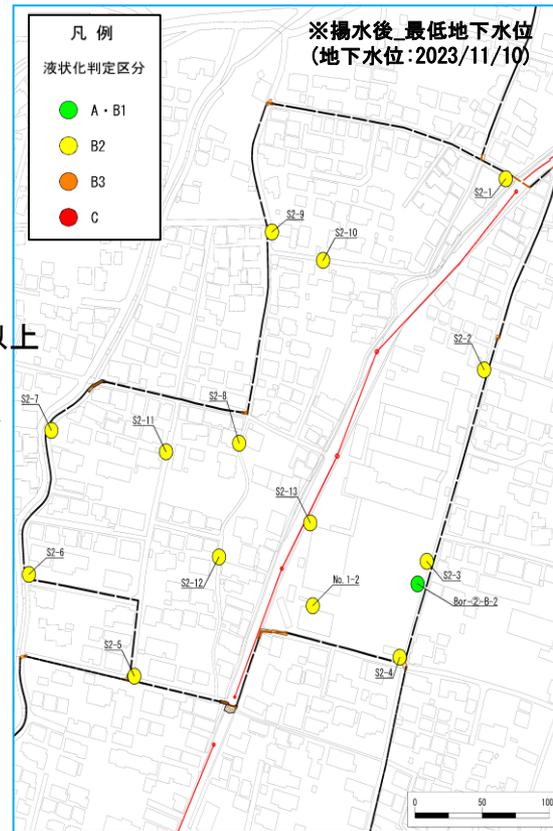
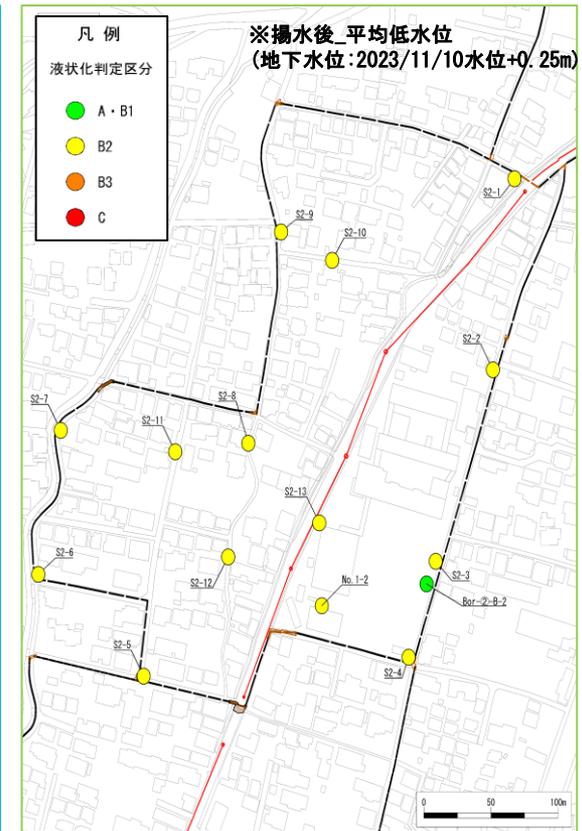
- 揚水前は全地点でCランクであった。
- 揚水後(最低地下水位、想定される平均低水位)では、**すべての地点**でB2~Aランクに改善している。

【Dcy_判定ランクの変化】



Dcyランク平面図(揚水前)

全地点で
B2ランク以上
に改善


Dcyランク平面図
(揚水後_最低地下水位)Dcyランク平面図
(揚水後_平均低水位)

- 揚水前は全地点でCランクであった。
- 揚水後(最低地下水位、想定される平均低水位)では、**すべての地点**でB2~Aランクに改善している。

【双曲線法による沈下予測】

最終圧縮量・残留圧縮量の予測

地点	地層	t_0 :起点日	起点日圧縮量 S_{i0} (mm)	t_1 :現時点	実測圧縮量 S_{i1} (mm)	最終圧縮量 S_f (mm)	圧密度 U(%)	残留圧縮量 (mm)
GL-0.0m~GL-7.5m As1-u	As1-u	2023/9/26	1.48	2024/1/9	2.07	2.30	90.0	0.23
GL-7.5m~GL-8.7m Ac1-d	Ac1-d	2023/9/26	0.36	2024/1/9	0.49	0.60	81.7	0.11
GL-8.7m~GL-21.2m As1-d,As2-u,d	As1-d As2-u,d	2023/9/26	0.20	2024/1/9	0.16	0.30	53.3	0.14
GL-21.2m~GL-26.2m Ac2-d・Sks	Ac2-d,Sks	2023/9/26	≒0.0	2024/1/9	≒0.0	≒0.0	—	—
全層合計	As1-u ~Ac2-d	2023/9/26	2.04	2024/1/9	2.72	3.20	85.0	0.48

起点日：2023/9/26(本排水Ⅲ-3開始日)

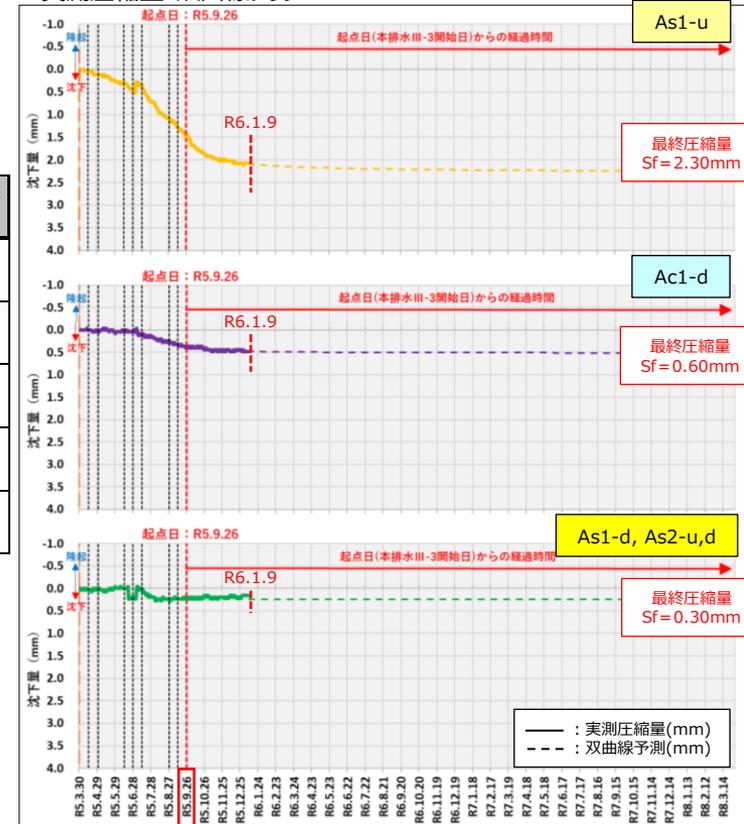
実測期間：2023/3/30 ~2024/1/9

パラメータ推定に用いた期間：2023/9/26 ~2024/1/9

- 本排水Ⅲ-3以降のモニタリング結果を用いて、双曲線法による圧縮量の予測を実施した。
- 各地層ごとの実測圧縮量における圧密度は約50~90%程度である。
- 全層を合計した最終圧縮量は約3.2mmと1段階目目安値(10mm)以内である。
- 全層の残留圧縮量は、0.5mm程度と予測され、今後の沈下量は小さく、収束傾向である。

●実測圧縮量・双曲線グラフ

※2024/1/9観測結果まで



効果判定(最低地下水位)

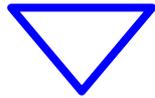
- なお、地下水位低下完了時の最低水位では、地区全体として、以下の対策効果が確認されている。
PL値は、地区の平均で $PL=17.3 \Rightarrow 5.9$ まで、
Dcyは、地区の平均で $Dcy=18.1\text{cm} \Rightarrow 11.4\text{cm}$ まで減少し、
B2～Aランクに改善した。

効果判定(想定平均低水位)

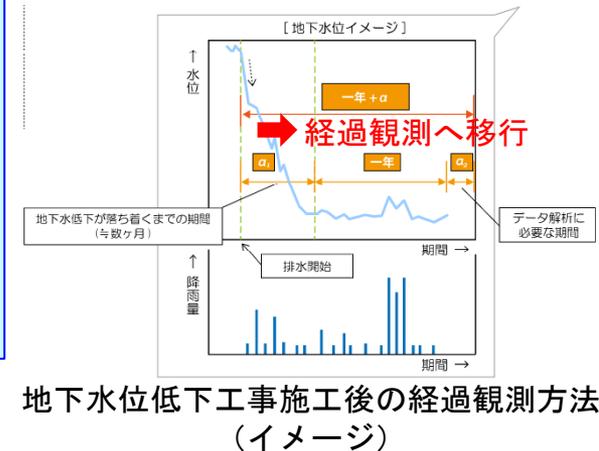
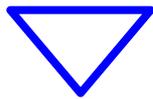
- 想定される平均低水位においても、地区全体として以下の対策効果が見込まれる。
PL値は、地区の平均で $PL=17.3 \Rightarrow 6.8$ まで、
Dcyは、地区の平均で $Dcy=18.1\text{cm} \Rightarrow 12.3\text{cm}$ まで減少し、
B2～Aランクに改善する。

総括(②地区)

- 地下水水位低下工法を実施した②地区では、**液状化対策事業の効果**がみられた。



- 以下の理由から追加工事は必要ない。
 - ⇒判定ランクは、想定される平均低水位においても、**地区の全地点でB2～Aランクへの改善**が見込まれる。
 - ⇒今後の水位変動は、**代表地点で引き続き観測を行う予定である(経過観測期間)**。



追加工事は実施せず、1年間の経過観測に移行する

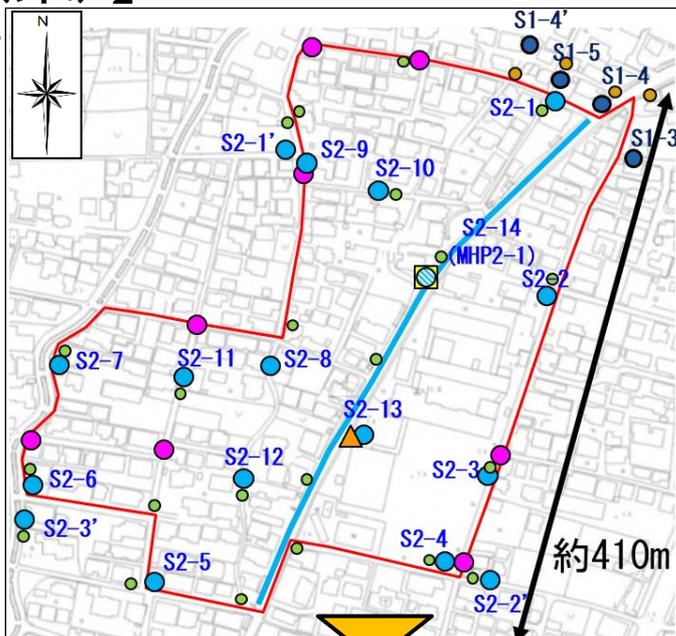
議事2
【経過観測時のモニタリング計画】

議事 2-1 経過観測時の計器配置(案)

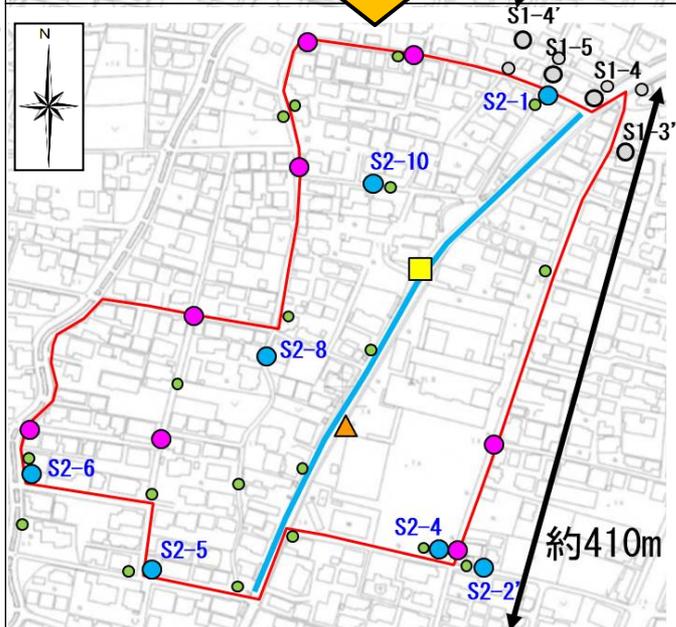
【計器配置(案)】

地下水水位低下時

観測機器	
自記水位計(新規孔) (MHP内)	●
層別沈下計	▲
沈下鉞	●
排水ポンプ(MHP)	■
排水ポンプ(SWP)	●
他地区自記水位計	●
他地区沈下鉞	●



経過観測時



- 経過観測時の計器配置は各エリアで地下水水位低下量が小さい、7地点とする。

◆区域内

【S2-1, S2-4, S2-5, S2-6, S2-8, S2-10】

S2-1: 地区北側(代表地点)

S2-4: 地区東側(代表地点)

S2-5: 地区南側(代表地点)

S2-6: 地区西側(代表地点)

S2-8, S2-10: 地区中央(代表地点)

◆区域外

【S2-2'】

水位低下傾向の確認

※なお、経過観測を行わない地点についても観測孔は存置する。

各項目の観測箇所数

観測機器	地下水低下時	経過観測時
自記水位計(新規孔) ●	16基	7基
(MHP内) ●	1基	
層別沈下計 ▲	1基	1基
沈下鉞 ●	22点	19点

【観測頻度(案)】

- ・ 各項目の観測頻度は以下を基本とする。

地下水水位計・地盤沈下計の観測頻度一覧表

段階	計測頻度	データ回収頻度
事前・工事中	1回/1時間	1回/1か月
地下水水位低下中	1回/1時間	1回/1日※
経過観測期間	1回/1時間	1回/1日※
完了後	1回/1日	1回/1か月

※インターネット回線を利用した自動データ回収

沈下鉞の観測頻度一覧表

段階	計測頻度	備考
事前・工事中	1回	初期値計測
地下水水位低下中	1回/1週	
経過観測期間	1回/1か月	
完了後	なし	

※出典：第10回熊本市液状化技術検討委員会資料より抜粋