

■稲敷市市街地液状化対策実証実験(第2段階)業務、平成28年2月

稲敷市市街地液状化対策業務(平成26年3月)において、稲敷市における市街地液状化対策として、地下水位低下工法が期待できることが明らかになりました。ただし、地下水位低下工法を採用するにあたっては、下記1)~4)の課題を現場にて確認するための試験施工を行うことが望ましいとの結論が得られております。

- 1) 提案する工法で地下水位を低下させることが可能かどうか確認すること。
- 2) 地下水位低下に伴う地盤沈下(周辺への影響を含む)の影響を確認すること。
- 3) 排水管構造の検討に必要な地下水揚水量を把握すること、また排水処理方法について確認すること。
- 4) 遮水矢板で止水性が確保できるかどうかを確認すること。

実証実験(第2段階)は、稲敷市市街地液状化実証実験(第1段階)業務(平成27年2月)で立案された試験施工計画および実施設計に基づき、上須田地区、六角地区の実証実験箇所において実験施設および観測計器の設置後、地下水位低下工法の試験施工を行いました。

両地区での試験施工の結果、市街地液状化対策として有効なレベルまで地下水位を低下させることが可能であることがわかりました。しかし、対策区域外で地盤沈下が生じないようにするためには地下深部まで鋼矢板を打設する必要があること、対策区域内においても地盤沈下が発生する懸念(事業損失発生の恐れ)があること、揚水した地下水の水質が不良であるため定期的な管内洗浄や水質浄化が必要で維持管理費の住民負担が増加することなどが明らかになり、市街地液状化対策事業としての液状化対策は現実的ではないことがわかりました。

平成27年12月16日に第6回稲敷市市街地液状化対策事業計画策定検討委員会を開催し、実証実験(第1階・第2段階)の結果報告を行い、稲敷市の市街地液状化対策事業について話し合いました。その結果、市街地液状化対策事業を推進することは非常に困難であるとの技術的な側面からの結論が得られました。また、第6回委員会終了後、「稲敷市市街地液状化対策実証実験住民説明会」(平成27年12月20日:あずま生涯学習センター研修室にて)を開催し、①市街地液状化対策事業について、②稲敷市の市街地液状化対策事業について、③第6回委員会での審議結果について、④各地区の対策費用(世帯負担額含む)についての説明を行いました。

平成27年度の実証実験Ⅱの成果概要については、次頁以降に記載します。

1. 業務概要

(1) 業務目的

東日本大震災により液状化被災を受けた稲敷市では、2013 年度に「稲敷市市街地液状化対策事業計画策定検討委員会」が開催され、そのなかで液状化対策工法として地下水低下工法が推奨工法に選定された。

本業務(実証実験の第2段階)では、地下水低下工法の適用性と妥当性を把握することを目的として、観測機器の設置・撤去、動態観測、及び観測結果のとりまとめを行った。

(2) 業務対象エリア

業務対象エリアを図 1.1 に示す。

(3) 履行期間

自：平成 27 年 4 月 9 日、至：平成 28 年 2 月 29 日

(4) 業務内容及び数量

業務内容は、観測機器設置(表 1.1 参照)、動態観測(表 1.2 参照)、観測機器の撤去(表 1.3 参照)、検討とりまとめ(表 1.4 参照)、採水・水質分析、住民説明会及び委員会の開催である。

表 1.1 観測項目一覧表

観測項目		観測目的
沈下	地表面沈下	揚水に伴う地表面沈下の平面的な分布を把握
	層別沈下	揚水に伴う沖積粘性土(As2)層以深の沈下、圧密状況を把握
	模擬家屋不同沈下	揚水に伴う模擬家屋の圧密全沈下と相対沈下を把握
	エリア外の地表面沈下	近隣住宅地等への影響がないことを確認
地下水位		地下水位低下工法中の地下水位分布および鋼矢板の遮水効果を把握
揚水量		実証実験中に揚水した水量を把握

表 1.2 動態観測の数量表

項目	数量	単位	観測内容	備考
水準測量	19	回	沈下杭 55 か所、深層沈下計 2 か所、 模擬家屋の四隅の標点 4 か所、エリア 外沈下杭 5 か所	【実施頻度】4 回/月×1 か月(観 測開始時)+2 回/月×3 か月
水位計データ回収	19	回	浅層観測井戸 17 か所、深層観測井戸 2 か所、流量計 1 か所	【実施頻度】4 回/月×1 か月(観 測開始時)+2 回/月×3 か月

表1.3 観測機器の撤去数量一覧表

項目	数量	単位	観測内容	備考
設置観測資材の撤去	1	式	地下水観測井、沈下杭、深層沈下計、水位計の撤去	—

表 1.4 解析検討の委託内容一覧表

項目	内容		数量
動態観測結果 とりまとめ (データ整理、分析)	動態観測データ（地表面沈下、模擬家屋の沈下、層別沈下、地下水位、揚水量等）のとりまとめを行い、データの分析・評価を行った上で、観測値の経時変化、平面・横断変化等について整理を行う。		1 式
設計の妥当性の検証	観測データより地盤定数の逆算を行い地下水位変動や地盤沈下に関する解析を実施して、実測と解析値との対比を行い設計法の妥当性について検証を行う		1 式
	浸透流解析	準三次元解析（事後解析）	1 式
	沈下解析	平面一次元解析（事後解析）	1 式
地下水位低下工法の 妥当性の検討	動態観測や解析結果等より、液状化対策工法としての地下水低下工法の対策効果と適用性に関して評価を行う		1 式
液状化対策工の課題 の抽出	実証実験結果より実施工に移行する場合の課題抽出を行い、今後の事業の進め方について提案を行う		1 式
報告書の作成	委託成果を報告書として作成する。		1 式
打合せ協議	打合せ・協議を行う。		1 式

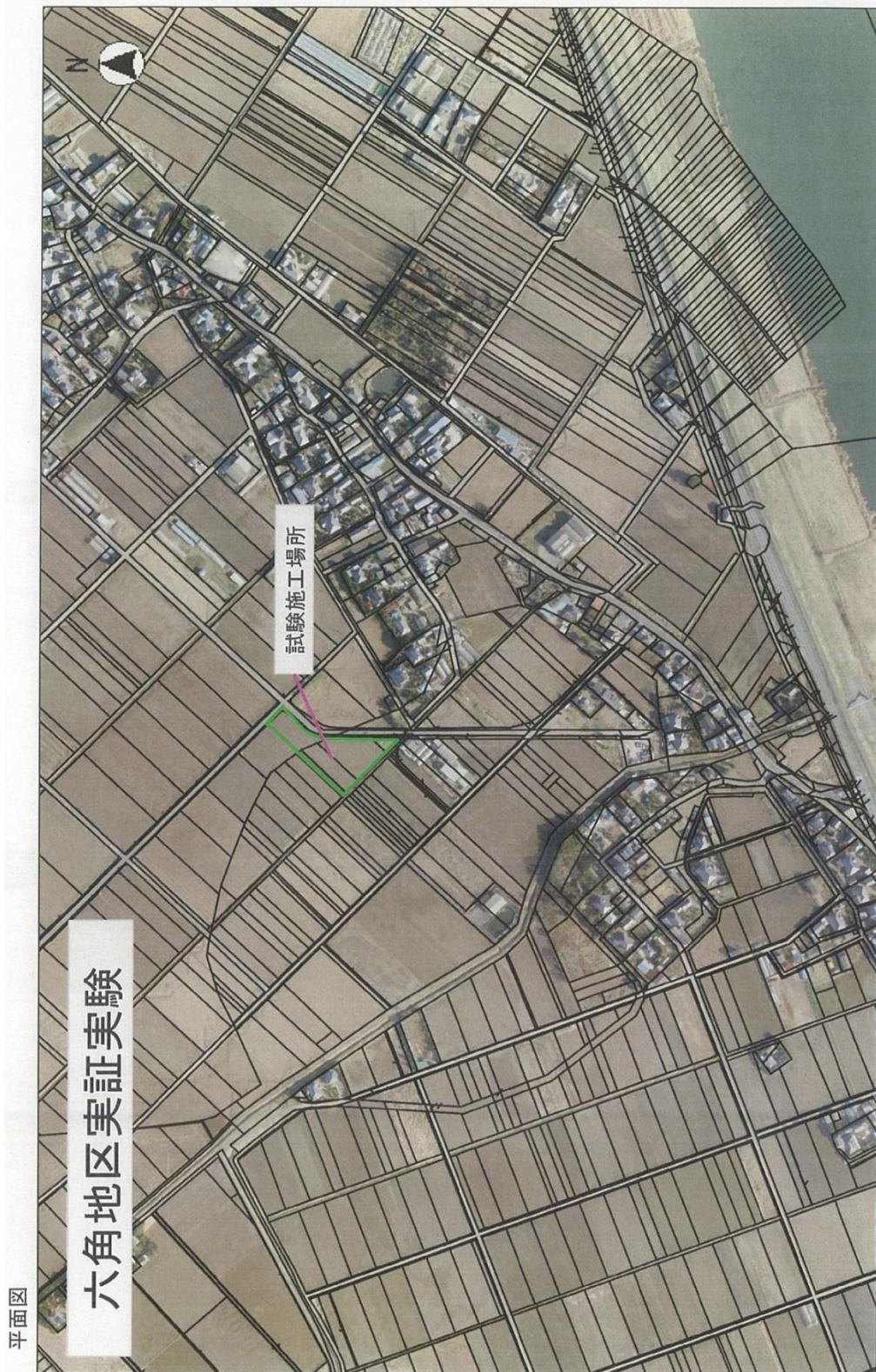


図 1.1(1) 六角地区の対象エリア

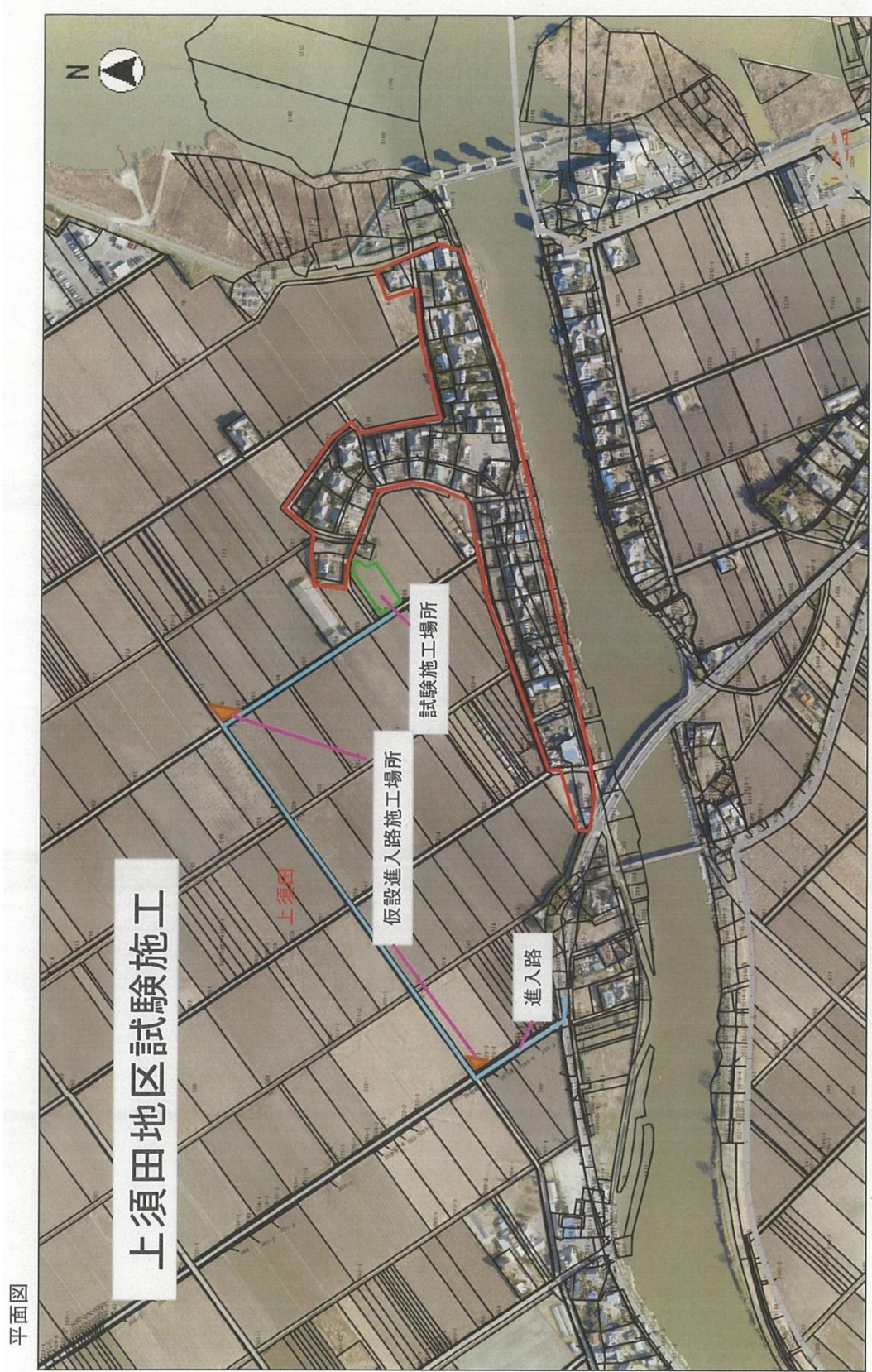


図 1.1 (2) 上須田地区の対象エリア

2. 成果概要

2.1 これまでの経緯

東北地方太平洋沖地震を受けて、稲敷市では 2012 年 10 月に市街地液状化対策事業に着手し、同時に「稲敷市市街地液状化対策事業計画検討委員会（以降「委員会」と称する）を組織した（図 2.1.1 参照）。

液状化被害が大きかった地区（上須田、結佐・六角、八筋川・境島、西代）の市街地液状化対策として、①地下水位低下工法、②格子状地盤改良工法が、まず、一次候補工法として選定され、地下水・沈下解析等の諸検討結果より、対策効果や住民負担額の面より地下水位低下工法が最適工法として選定されるに至っている。

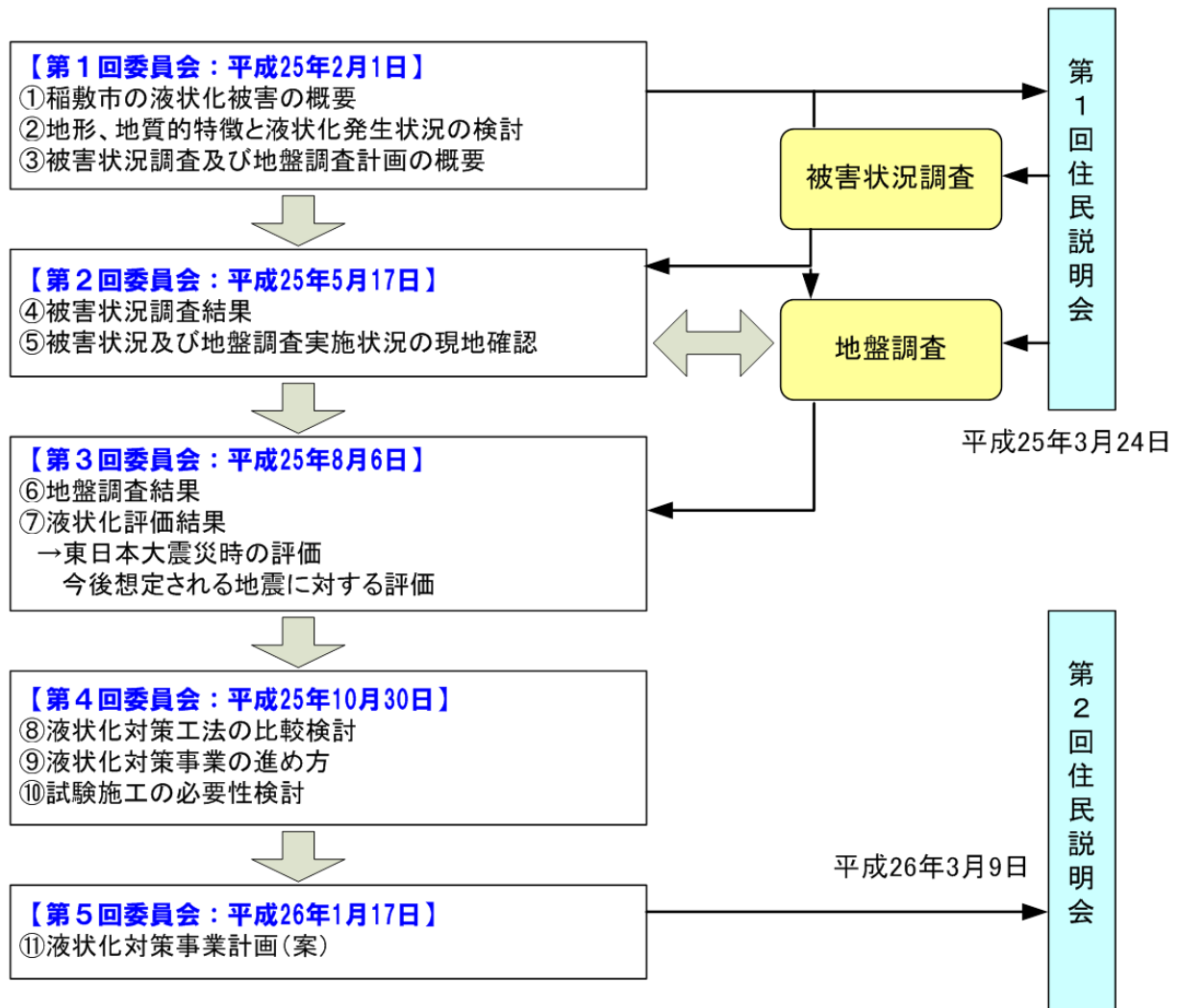


図 2.1.1 稲敷市における委員会活動状況

しかし、地下水位低下工法を実施工に採用する場合は、次の課題が残されていたため、試験施工を行う必要があった。

【地下水低下工法における課題】

- 1)提案する工法で地下水位を低下させることが可能かどうかを確認すること。
- 2)地下水位低下に伴う地盤沈下（周辺への影響を含む）の影響を確認すること。
- 3)排水管の構造検討に必要な地下水揚水量を把握すること、また排水処理方法について確認すること。
- 4)遮水矢板で止水性が確保できるかどうかを検討すること。
- 5)遮水矢板の根入れ層の透水性とその遮水層の出現深度を確認すること。

2.2 観測機器の設置

動態観測は、沈下観測（沈下杭による地表面沈下、ボーリング孔を利用した層別沈下、模擬家屋の沈下）と、地下水位観測（浅層地下水位、深層地下水位）、及び揚水量を対象にした。

図 2.2.1 と図 2.2.2 は上須田地区の観測計器の配置図である。なお、六角地区も同様の配置であるため省略した。

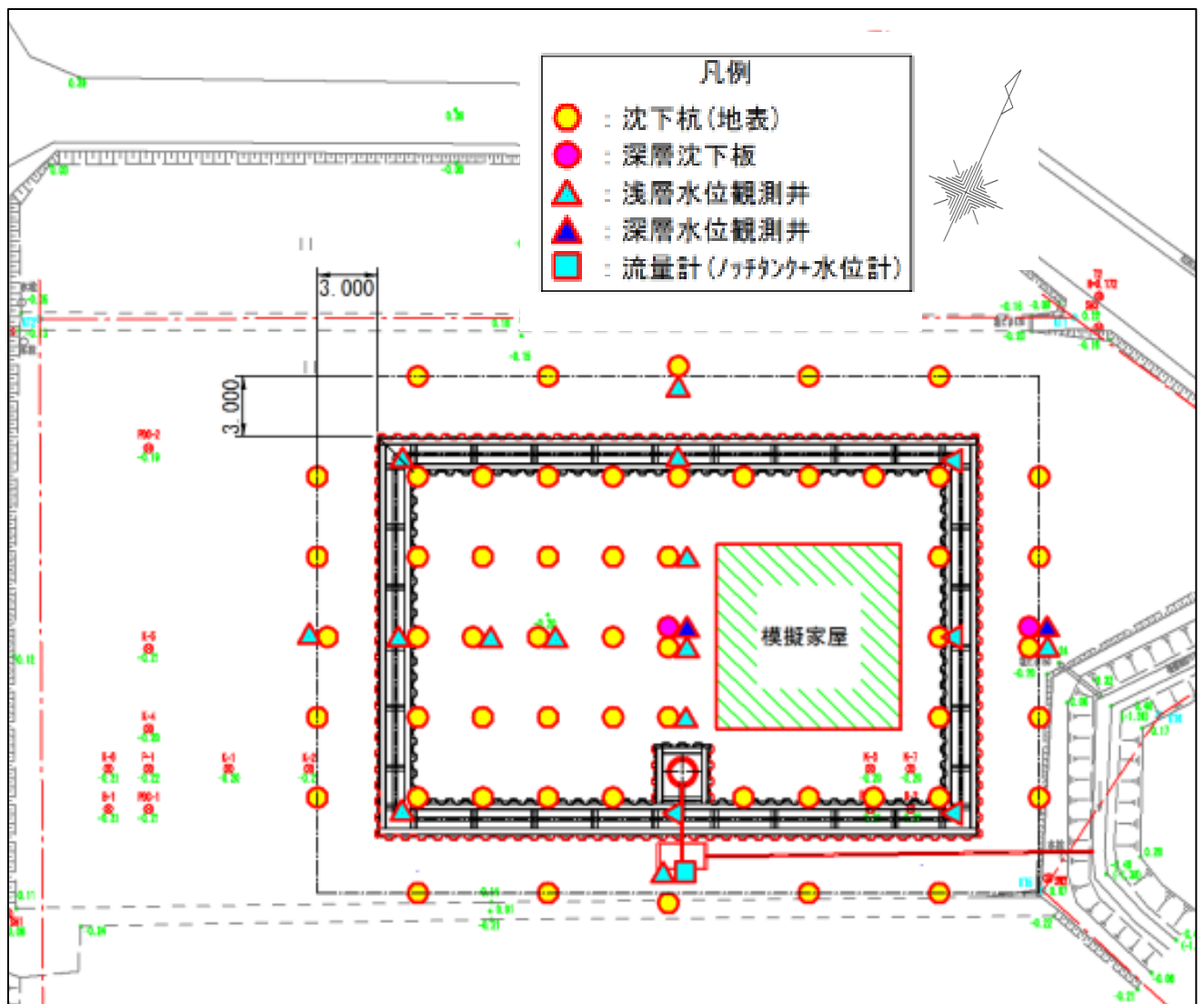


図2.2.1 観測計器設置平面図

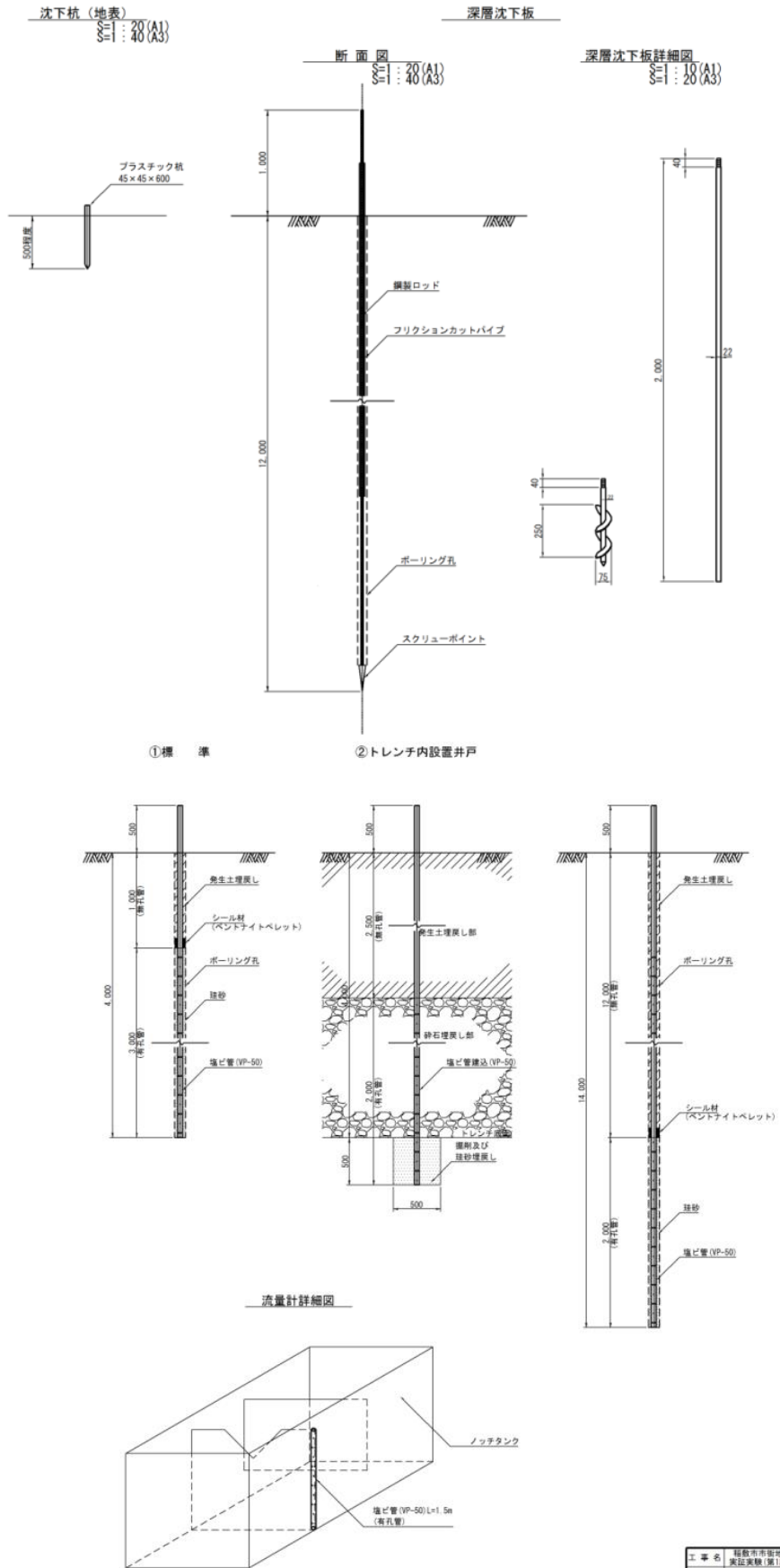


図 1.3 観測計器設置工詳細図

2.3 動態観測

動態観測は、沈下（地表面沈下、層別沈下、模擬家屋不同沈下、エリア外の地表面沈下）と地下水位、揚水量について実施した。観測頻度は、実証実験Ⅱの施設完成後、4回/月×1か月（観測開始時）+2回/月×3か月の頻度で実施した。六角・上須田地区の実施工程を表2.3.1に示す。

表 2.3.1(1) 六角地区の実証実験Ⅱの実施工程

		地下水位低下工法の実証実験Ⅱの実施工程(六角)																		
分類	作業項目	平成27年												平成28年						
		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月							
実証実験	第2段階	委託業務	計画準備	位置出し測量終了(7/9)																
			観測設備設置工	地表面沈下計																
				層別沈下計																
				観測井戸・水位計																
			準備工(揚水量の確認等)																	
			揚水工																	
			動態観測工	水位データ収録																
				沈下板計測(測量)																
			観測データ整理・とりまとめ																	
	同定解析(地下水・沈下)および検討																			
	報告書作成																			
	実験工事	実験施設設置工	準備工																	
			機械土工																	
			基礎砕石工・管渠工																	
			土留・仮締切工																	
			水換工																	
			集水柵・マンホール工																	
自然流下管布設工																				
ポンプ設備工																				
模擬家屋(ノッチタンク)																				
附帯工	既設吸水管撤去工																			
【備考】	表中の [] の部分は、工事施工会社の提供データを参考に作成しています。 第6回委員会の開催(12/16)																			

表 2.3.1(2) 上須田地区の実証実験Ⅱの実施工程

		地下水位低下工法の実証実験Ⅱの実施工程(上須田)																		
分類	作業項目	平成27年												平成28年						
		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月							
実証実験	第2段階	委託業務	計画準備	位置出し測量終了(7/5)																
			観測設備設置工	地表面沈下計																
				層別沈下計																
				観測井戸・水位計																
			準備工(揚水量の確認等)																	
			揚水工																	
			動態観測工	水位データ収録																
				沈下板計測(測量)																
			観測データ整理・とりまとめ																	
	同定解析(地下水・沈下)および検討																			
	報告書作成																			
	実験工事	実験施設設置工	準備工																	
			機械土工																	
			基礎砕石工・管渠工																	
			土留・仮締切工																	
			水換工																	
			集水柵・マンホール工																	
自然流下管布設工																				
ポンプ設備工																				
模擬家屋(ノッチタンク)																				
附帯工	既設吸水管撤去工																			
【備考】	表中の [] の部分は、工事施工会社の提供データを参考に作成しています。 第6回委員会の開催(12/16)																			

施工中に判明した問題点を以下に示す。

- ・ N 値の大きい深度では圧入圧力だけでは施工することが困難であった。
- ・ 地下水が豊富であったために集水柵・マンホール工や管渠工では施工が難航した。

- ・水替工の施工時には、隣地の水田の水位が下がり、苦情が発生した。
- ・水替工の施工時の排水に多くの砂が含まれており、排水管路の目詰まりが生じるとともに、排水流末の水路に砂が堆積した。
- ・地下水に塩分が含まれており、施工直後の晴天時には、地表面が乾燥し塩が残る状況がみられた。

実証実験Ⅱの揚水開始後の現地状況を写真 2.3.1～写真 2.3.4 に示す。

- ・揚水した水は茶褐色を呈し、泡が発生した。排水流末の水路も茶褐色の水で満たされた。
- ・ノッチタンクには、砂が堆積した。揚水ポンプを停止し、堆積した砂を除去する必要があるがあった。
- ・砂は、排水流末の水路にも若干流出した。
- ・矢板は、地表面から 10cm 頭出しの状況で施工されたが、矢板内側周辺の碎石埋戻し部では、50cm 程度の陥没が発生した箇所があった。



写真 2.3.1 揚水時の集水柵内の状況



写真 2.3.2 揚水時のノッチタンクの砂堆積状況



写真 2. 3. 3 矢板頭部と地表面の高さの状況



写真 2. 3. 4 揚水後の陥没箇所状況

2.4 観測機器の撤去

観測機器の撤去項目を表 2. 4. 1 に示す。この表に示すように、動態観測で使用した機器の撤去を行った。観測機器の撤去方法は、手作業及び重機等で実施した。

表 2. 4. 1 動態観測の撤去項目と数量

項 目		撤去数量
沈下観測機器	沈下杭	55 か所
	深層沈下計	2 か所
	模擬家屋	標点 4 か所
	エリア外沈下杭	5 か所
水位観測機器	浅層観測井戸	17 か所
	深層観測井戸	2 か所
	流量計	1 か所

2.5 観測結果とりまとめ

2.5.1 沈下・地下水位の観測結果

実証実験Ⅱの期間中の周辺道路の地盤沈下の状況を図 2.5.1 に示す。六角地区では、実験施設外の周辺道路部等では、有意な沈下は生じなかった。一方、上須田地区では周辺道路部 EG1～EG5 でごく僅か（1cm 程度）地盤沈下が生じた。揚水ポンプを停止した後は、EG1～EG5 は若干隆起したあと、沈下は生じなかった。

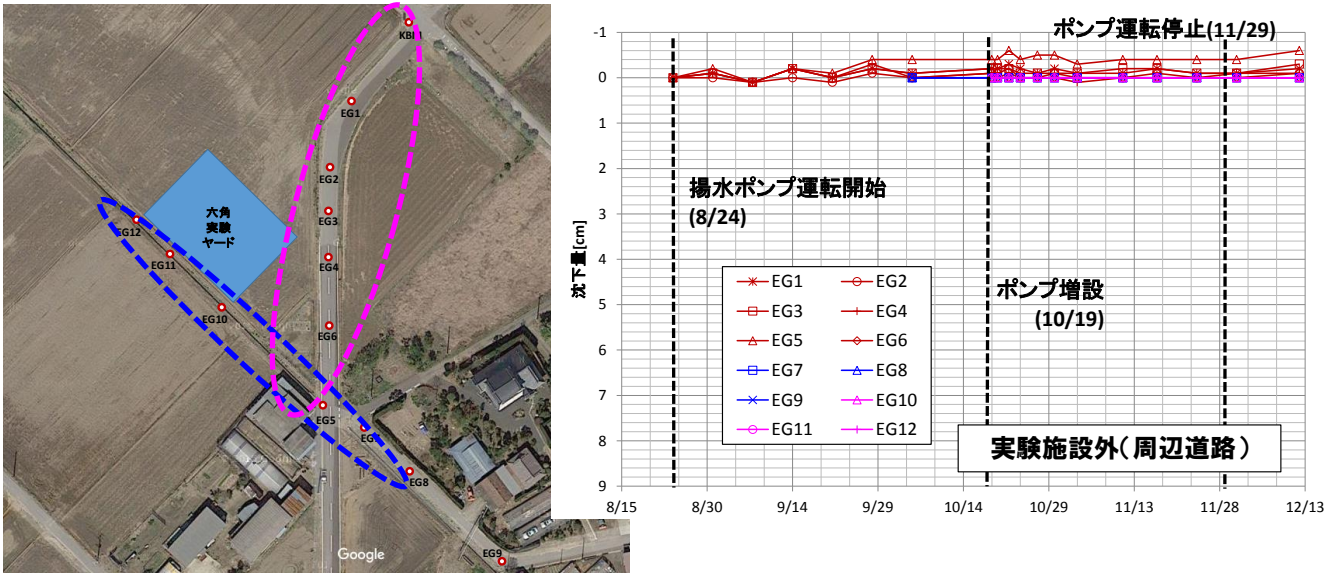


図 2.5.1(1) 周辺道路部等の沈下量の観測結果(六角地区)

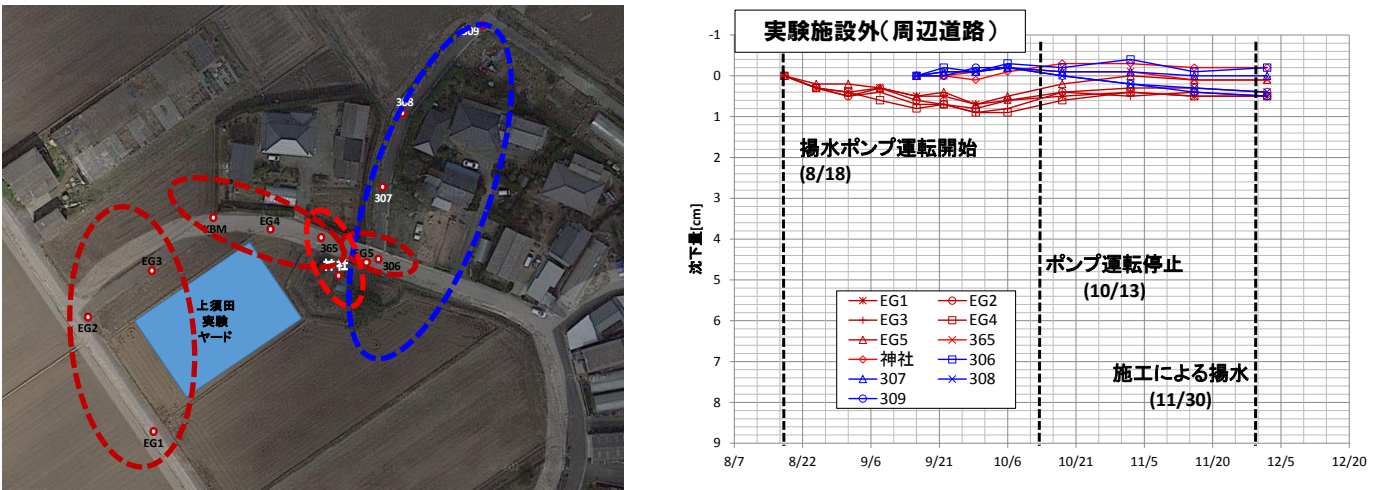


図 2.5.1(2) 周辺道路部の地表面沈下の観測結果(上須田地区)

2.5.2 六角地区の動態観測結果

(1) 矢板内側の排水溝部の地下水位と排水溝部周辺の沈下状況(図 2.5.2)

浅層(排水溝部)の地下水位は、ポンプ増設前は最も低下した位置で T.P.-1.5m 付近であった。ポンプ増設後には、Ws10~Ws13 の地下水位は T.P.-3.4m~T.P.-3.3m 付近まで低下することを確認した。Ws10~Ws13 の地下水位は T.P.-3.0m 程度であった。

沈下量は最大 2.5cm 程度であった。Ss7~Ss11 に比べ粘土層厚が厚い Ss45~Ss49 の沈下量が大きい傾向にある。

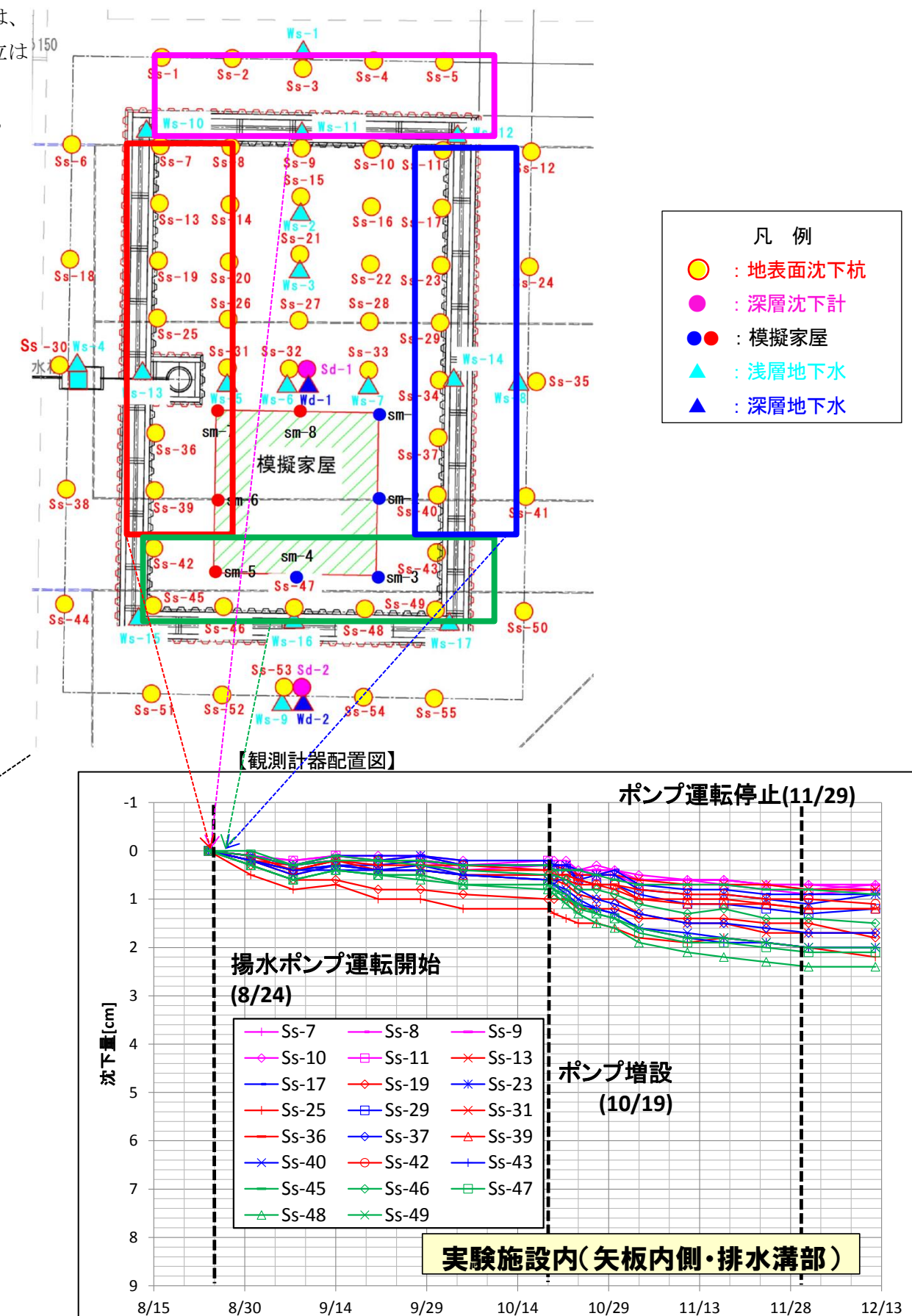
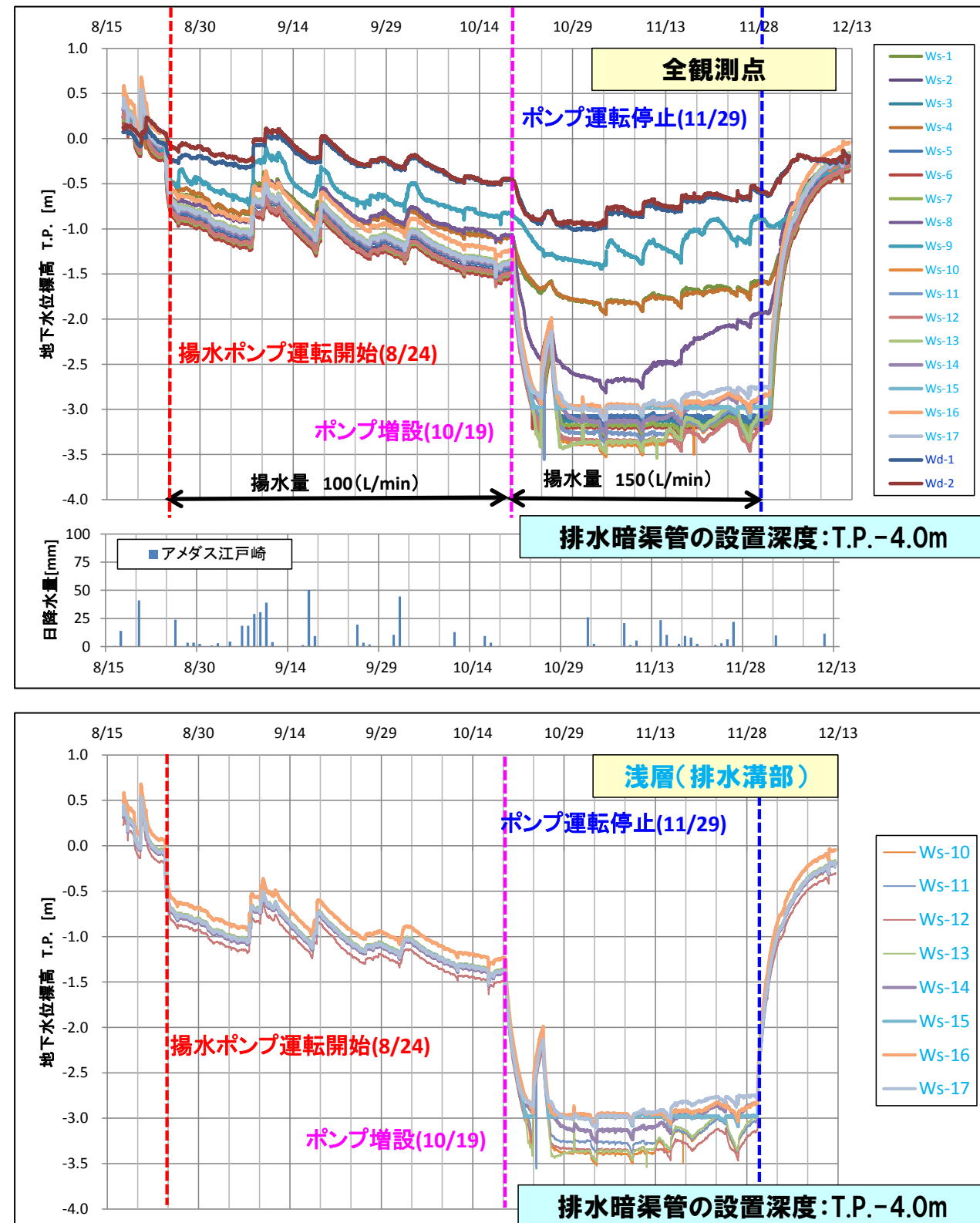


図 2.5.2 矢板内側の排水溝部の地下水位と排水溝部周辺の沈下状況(六角地区)

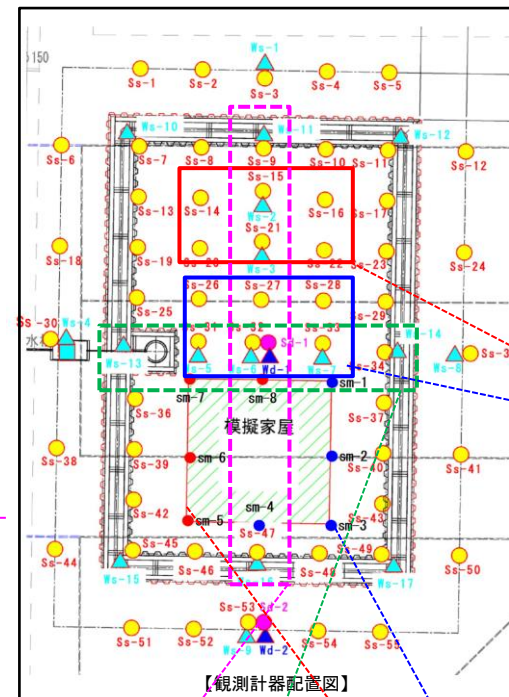
(2) 矢板内側の中心付近の地下水位と沈下状況(図 2.5.3)

浅層(排水溝部)の地下水位は、ポンプ増設前は最も下がった位置で T.P.-1.5m 付近であった。ポンプ増設後には、Ws10~Ws13 の地下水位は T.P.-3.4m~T.P.-3.0m 付近まで低下することを確認した。地下水位は、中央部長辺ラインに比べ、中央短辺ラインの低下量がやや小さい傾向にある。また、長辺ライン中では Ws16 の地下水位は、低下量がやや小さい傾向にある。

沈下杭の沈下量は最大 2.0cm 程度であった。Ss14~Ss22 に比べ粘土層厚が厚い Ss26~Ss34 の沈下量が大きい傾向にある。

模擬家屋の沈下量は、12/1 時点 1.6~2.7cm 程度であった。粘土層の厚い Sm-1~Sm-4 が Sm-5~Sm-8 に比べ沈下量が大きい傾向にある。模擬家屋の不同沈下量は 1.1cm となり、最大傾斜角は 8/10,000 であった。

揚水ポンプ停止後の沈下は生じていない。



- 凡例
- : 地表面沈下杭
 - : 深層沈下計
 - : 模擬家屋
 - ▲ : 浅層地下水
 - ▲ : 深層地下水

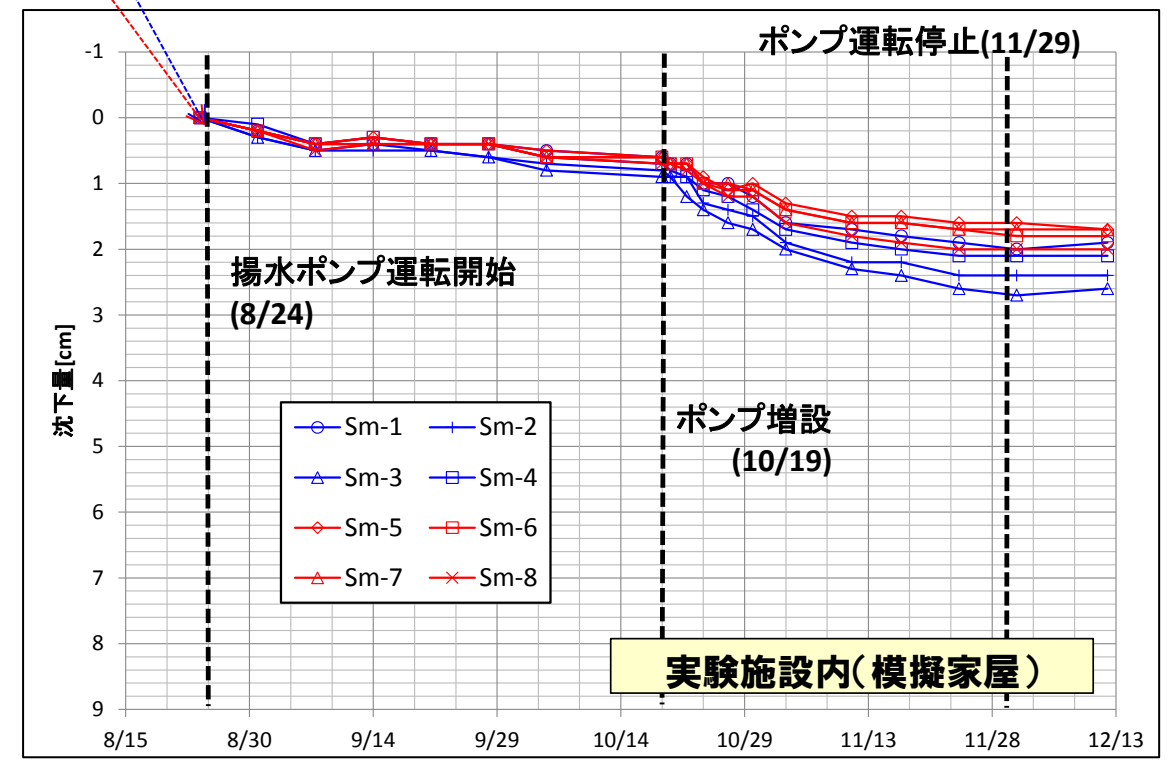
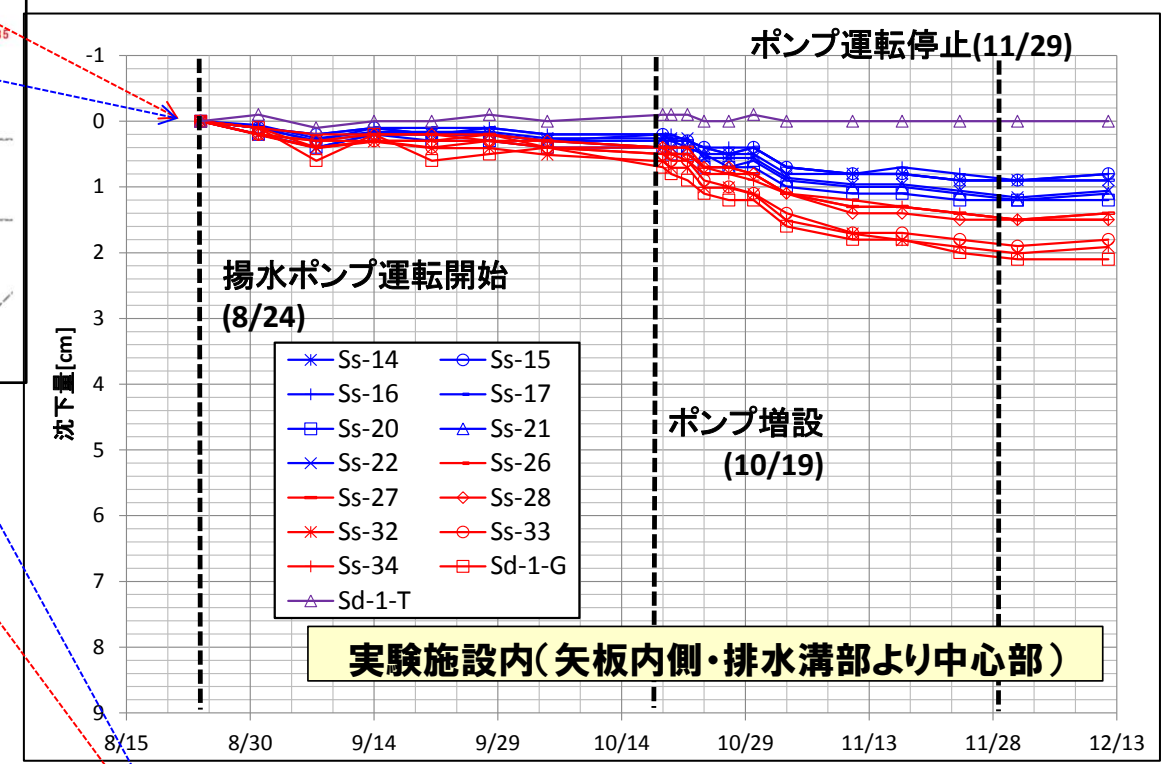
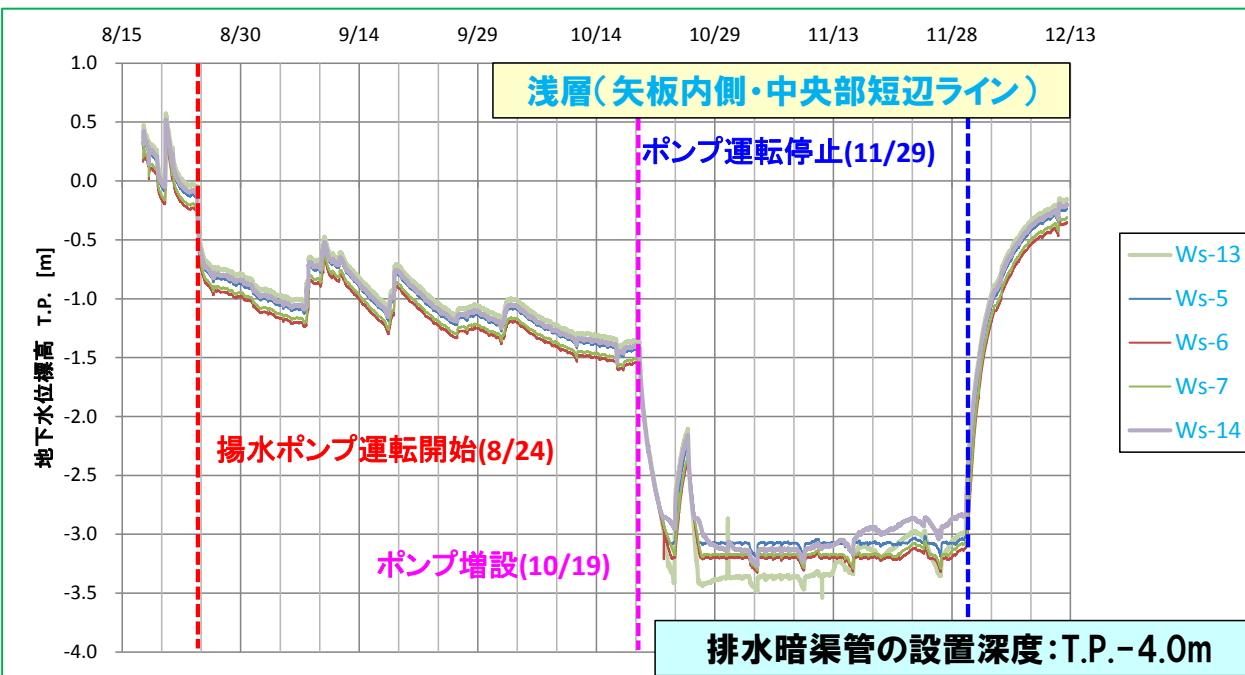
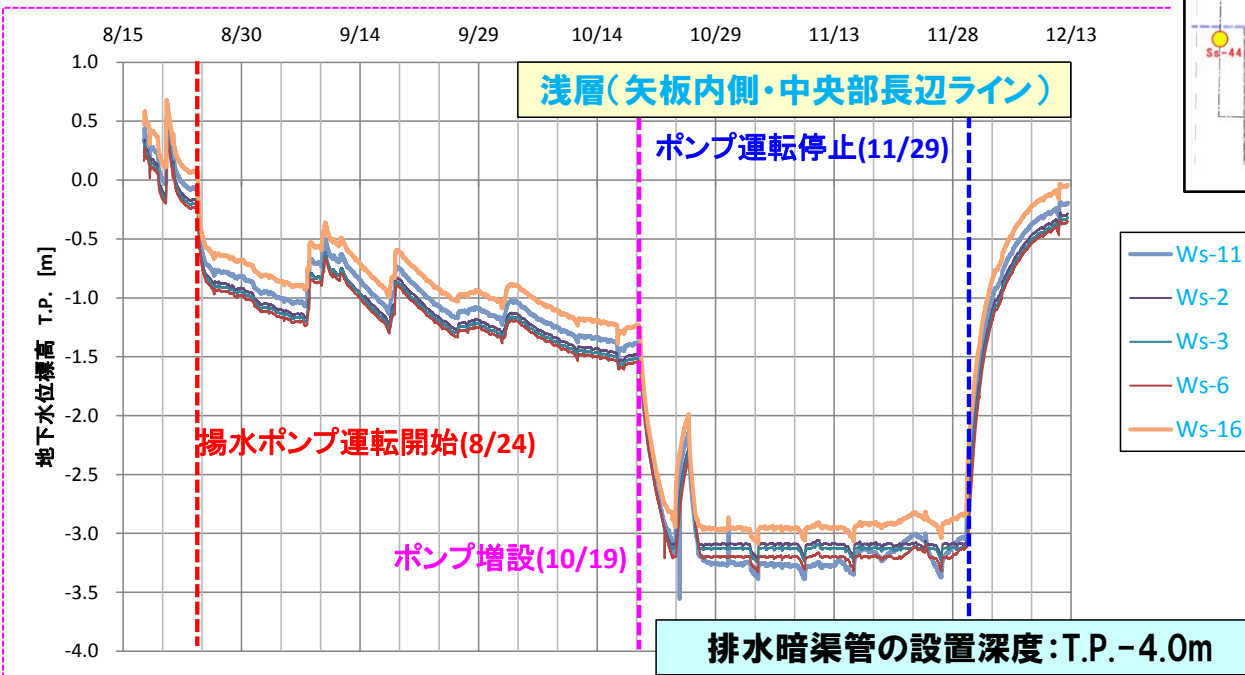


図 2.5.3 矢板内側の中心付近の地下水位と沈下状況 (六角地区)

(3) 矢板外側の地下水位と沈下状況 (図 2.5.4)

浅層 (矢板外側) の地下水位は、ポンプ増設前にもっとも下がった位置で T.P.-1.0m 付近であった。地下水位はポンプ増設後に、Ws18 が T.P.-2.7m 付近、Ws1 と Ws4 が T.P.-1.9m 付近、W9 の T.P.-1.4m 付近まで低下した。

深層 (矢板外側) の地下水位 Wd2 は、深層 (矢板内側) の地下水位 Wd1 と同じような挙動をしており、ポンプ増設後に T.P.-1.0m 付近まで低下した。

矢板の外側でも沈下が最大 2.0cm 程度生じた。粘土層が厚い箇所の沈下量が大きい傾向にある。

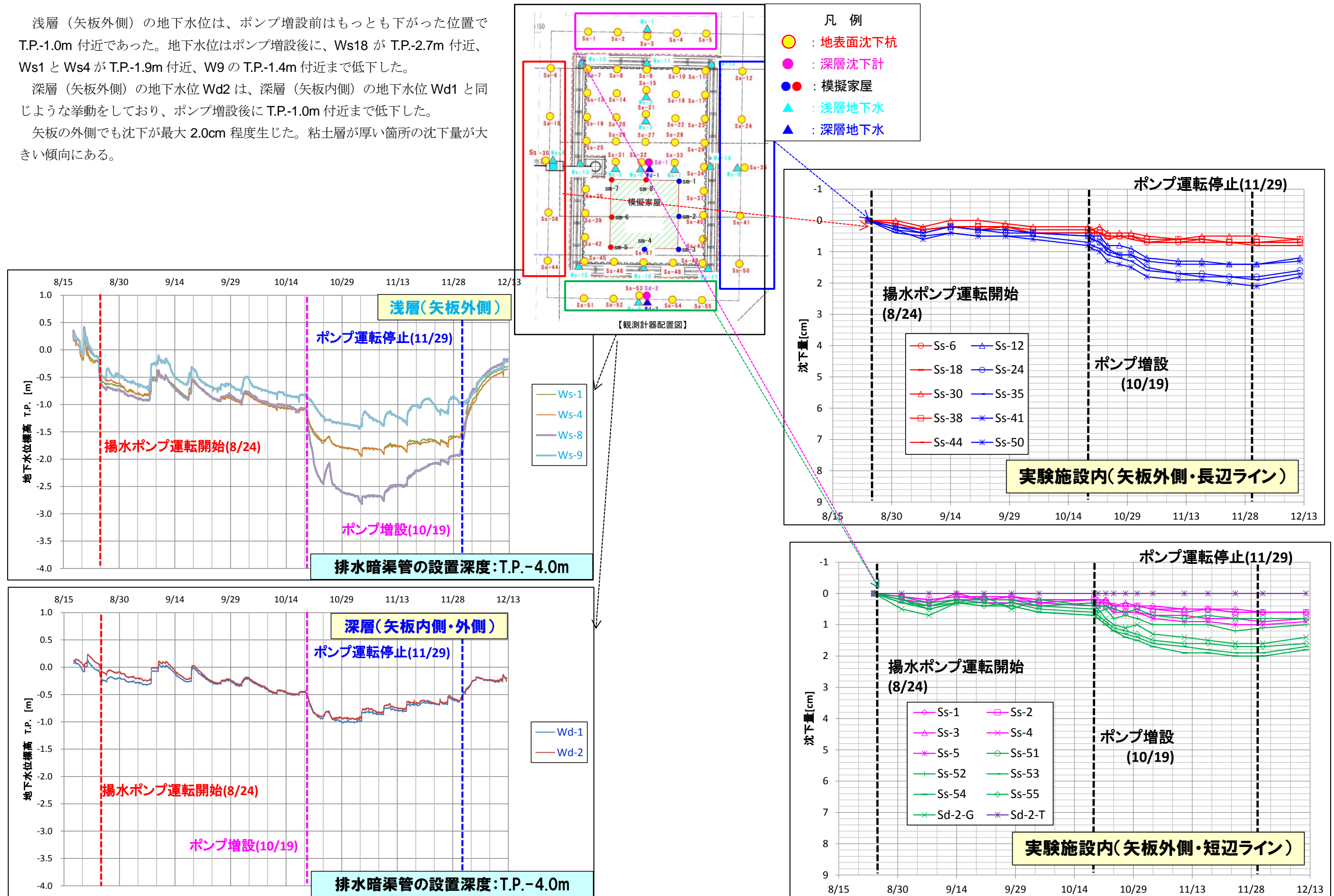


図 2.5.4 矢板内側の排水溝部の地下水位と排水溝部周辺の沈下状況 (六角地区)

2.5.3 上須田地区の動態観測結果

(1) 矢板内側の地下水位と地盤沈下の状況(図2.5.5参照)

浅層(排水溝部)の地下水位は、T.P.-3.5m~T.P.-3.9m付近まで低下することを確認した。ただし、降雨に鋭敏に反応し、水位が上昇する。

沈下量は陥没付近で大きく Ss49では6.0cm程度となった。陥没箇所以外では、最大3.0cm程度であった。ポンプ運転停止後は若干の隆起が見られ、その後の沈下は生じていない。

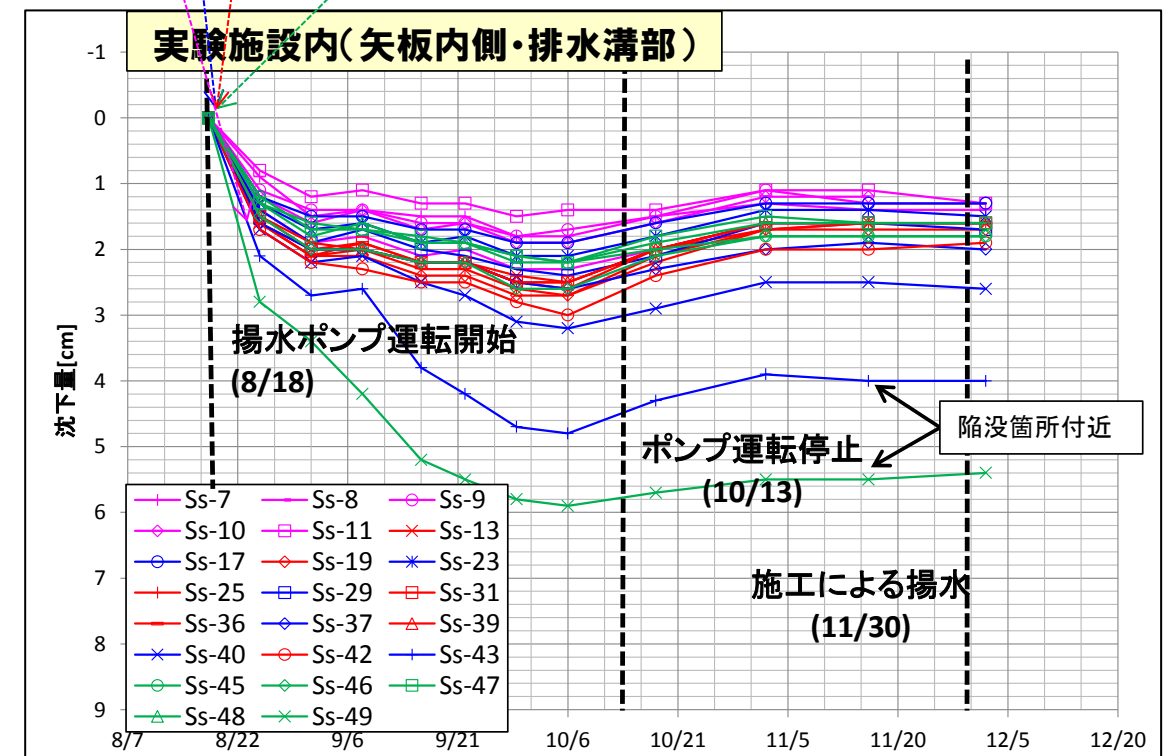
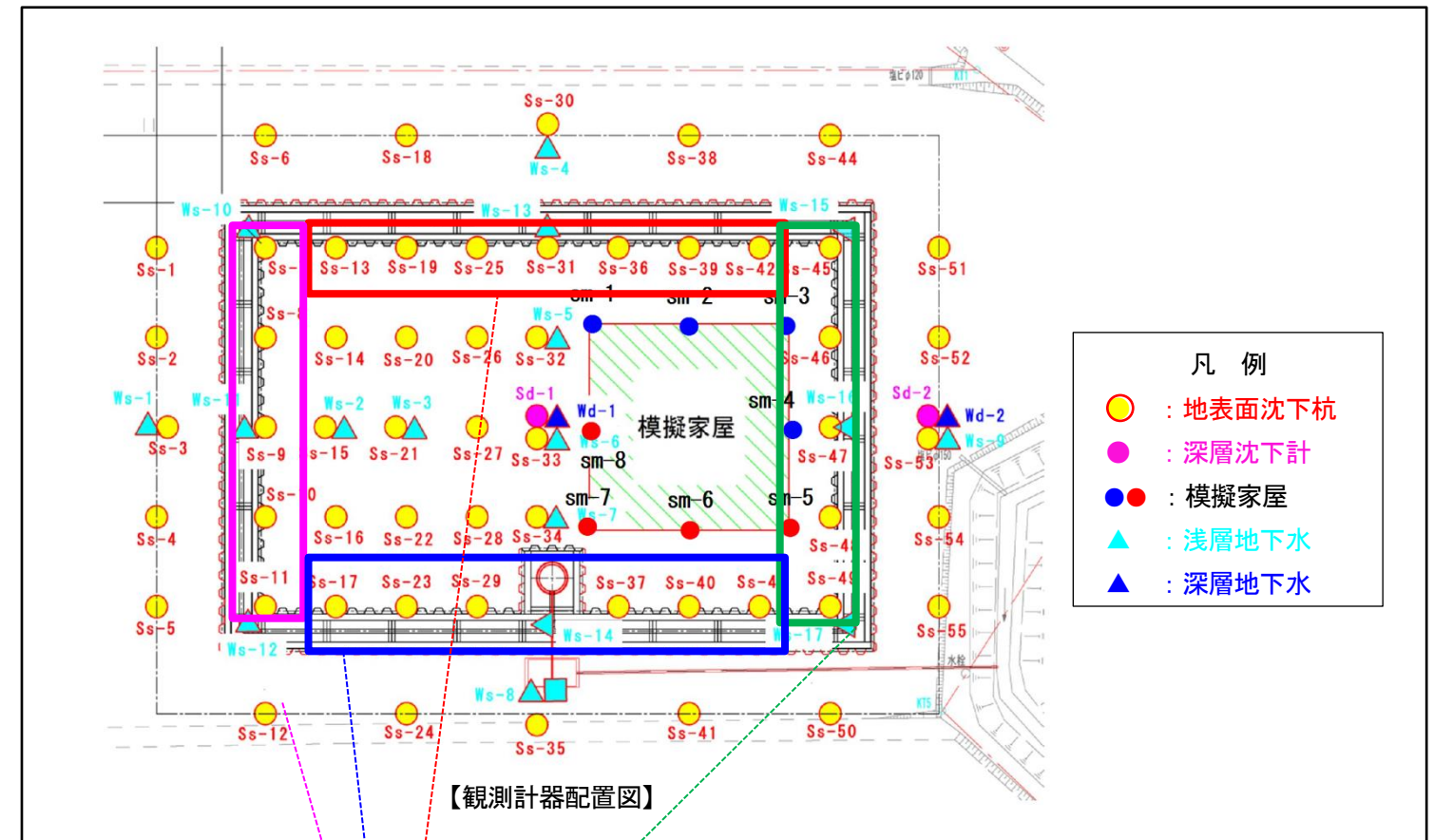
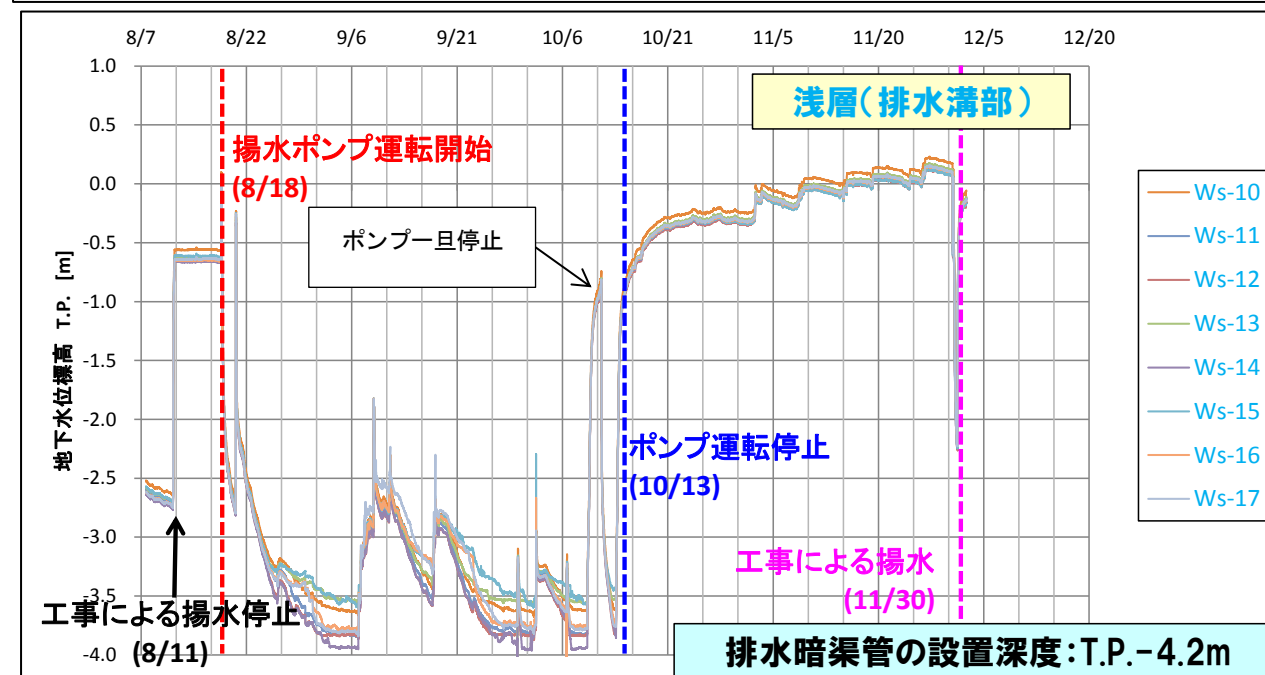
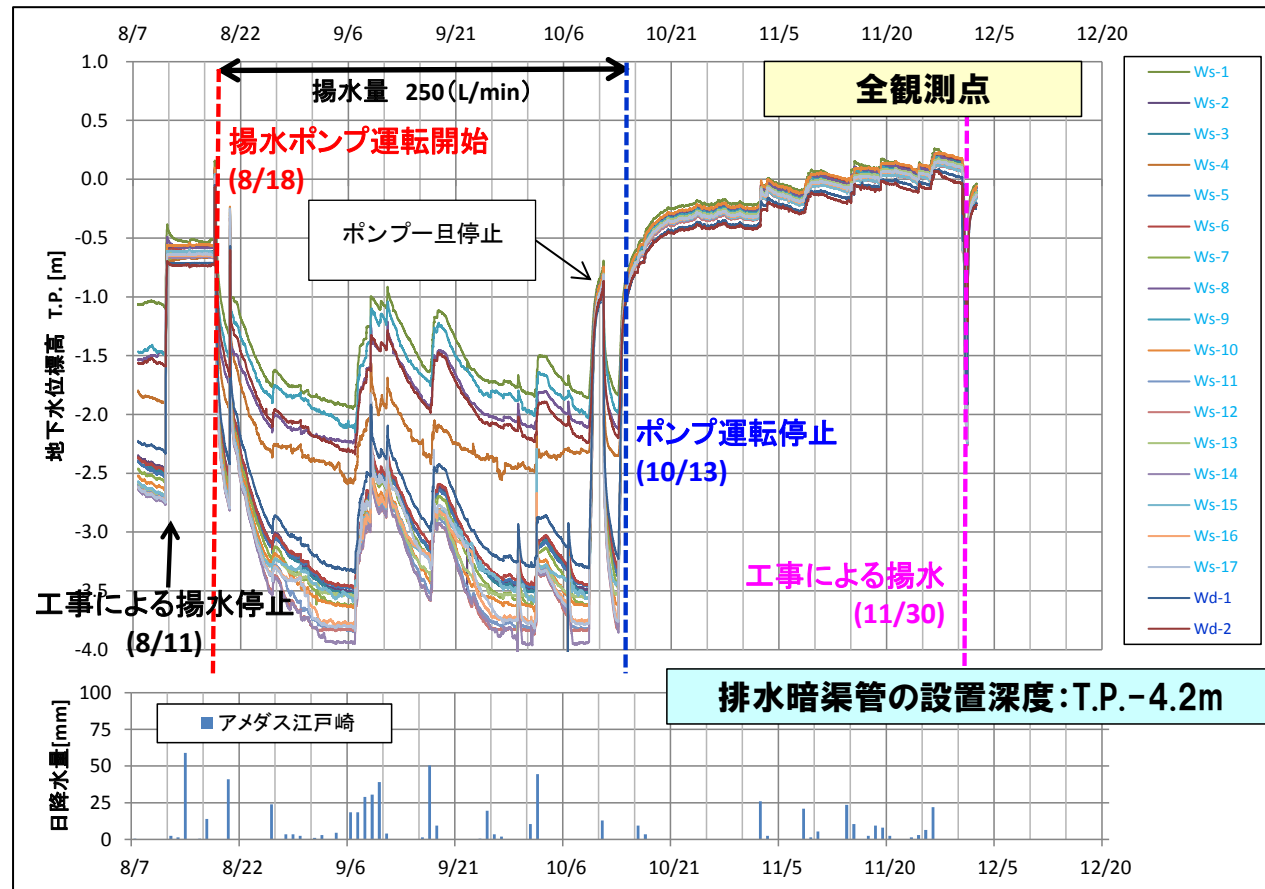


図2.5.5 矢板内側の排水溝部の地下水位と排水溝部周辺の沈下状況(上須田地区)

(2) 矢板内側の中心付近の地下水位と沈下状況 (図 2.5.3 参照)

浅層 (排水溝部) の地下水位は、Ws11、Ws16、Ws14 が T.P.-3.9m ~ T.P.-3.7m 付近まで低下、その他の地点が T.P.-3.5m 付近まで低下することを確認した。矢板内側の中心部付近でも降雨に鋭敏に反応し、観測期間内では、9/7 付近に 1.5m 程度の水位上昇が見られた。

沈下杭の沈下量は最大 3.8cm 程度であった。Ss14~Ss22 に比べ模擬家屋に近い Ss26~Ss34 の沈下量が大きい傾向にある。

模擬家屋の沈下量は、10/6 時点で 3.3~3.8cm 程度であった。Sm-1 ~ Sm-8 で概ね同じような挙動を示した。模擬家屋の不同沈下量は 0.5cm となり、最大傾斜角は 6/10,000 であった。

揚水ポンプ停止後は隆起し、その後、沈下は生じていない。

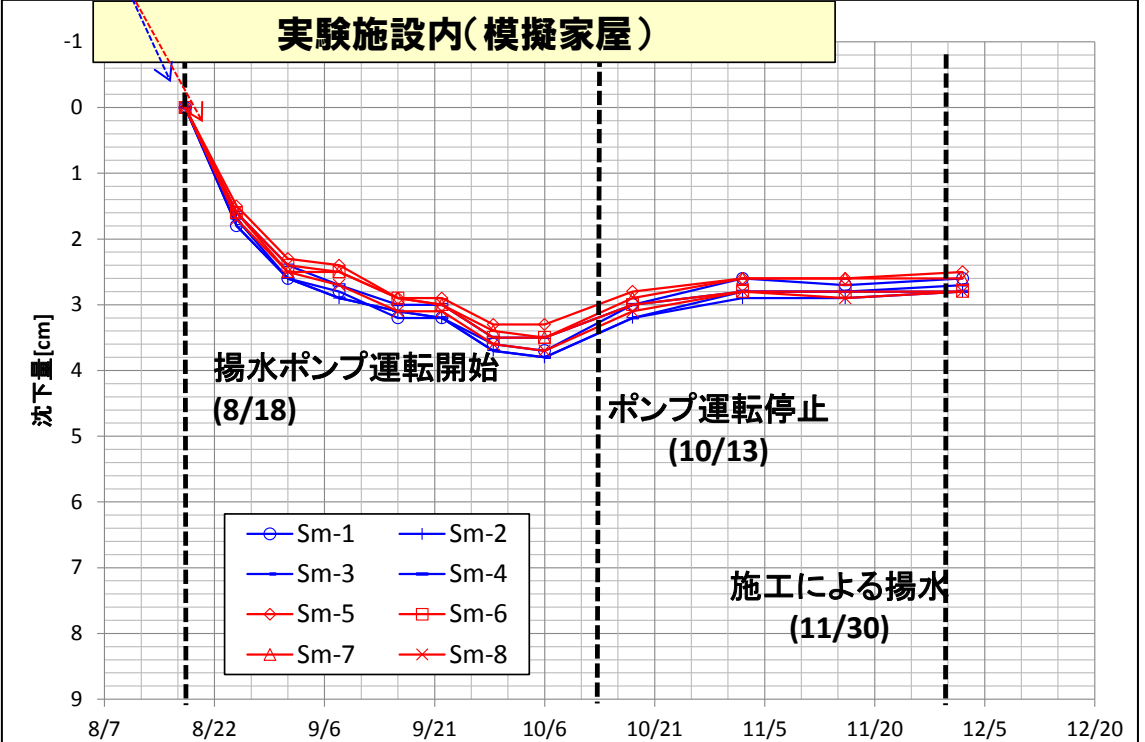
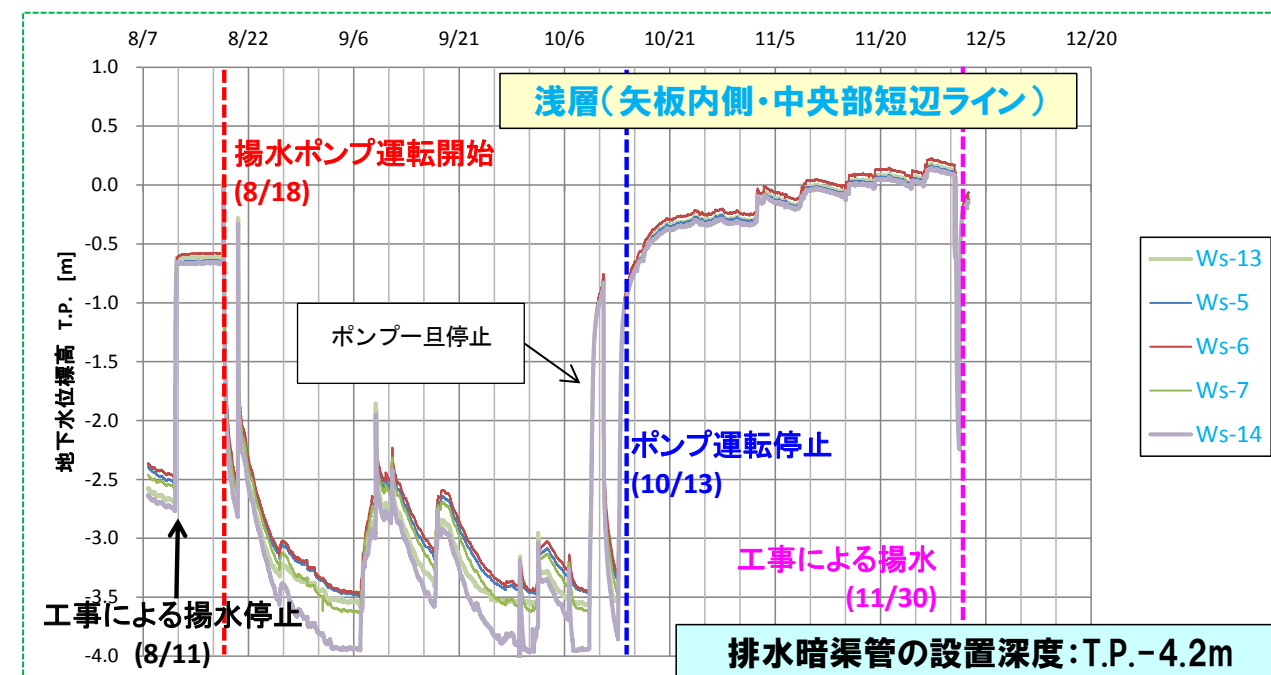
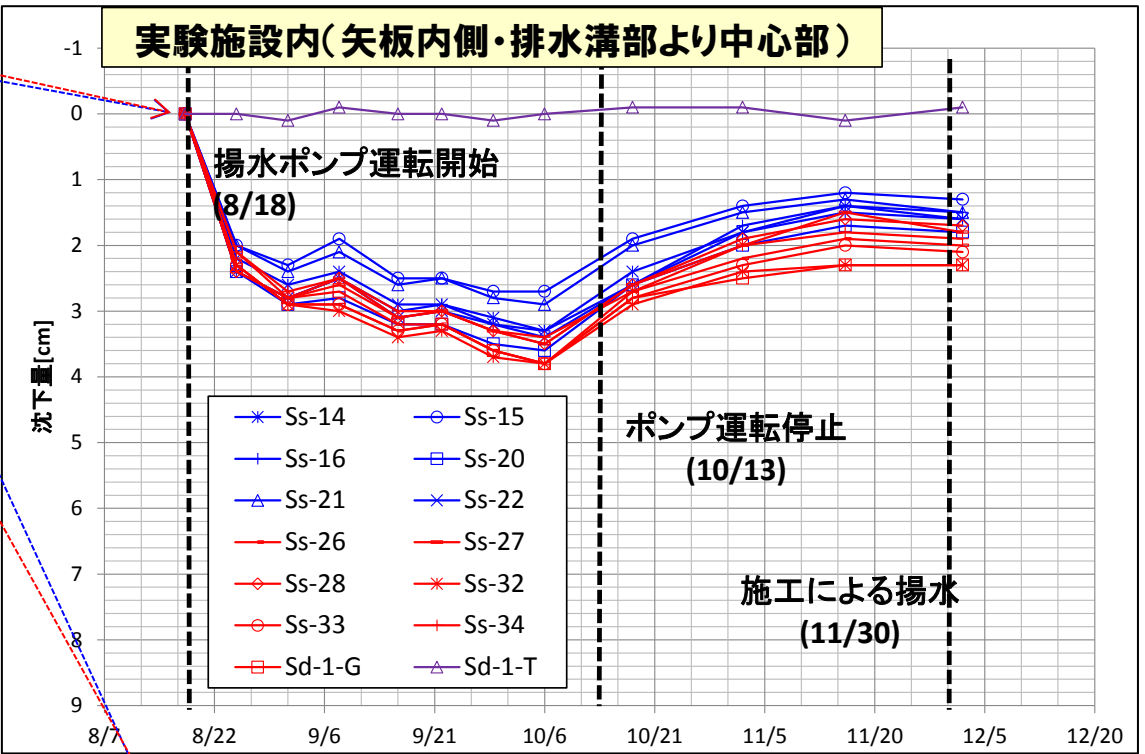
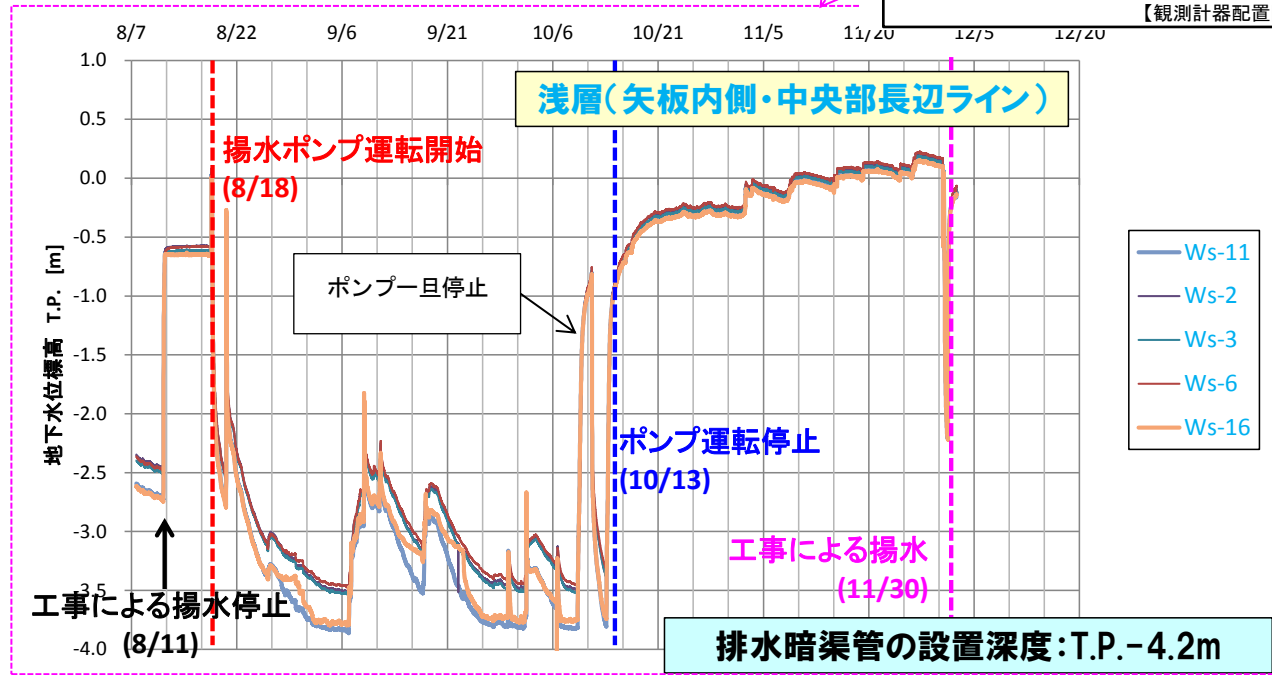
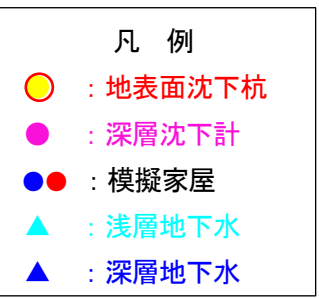
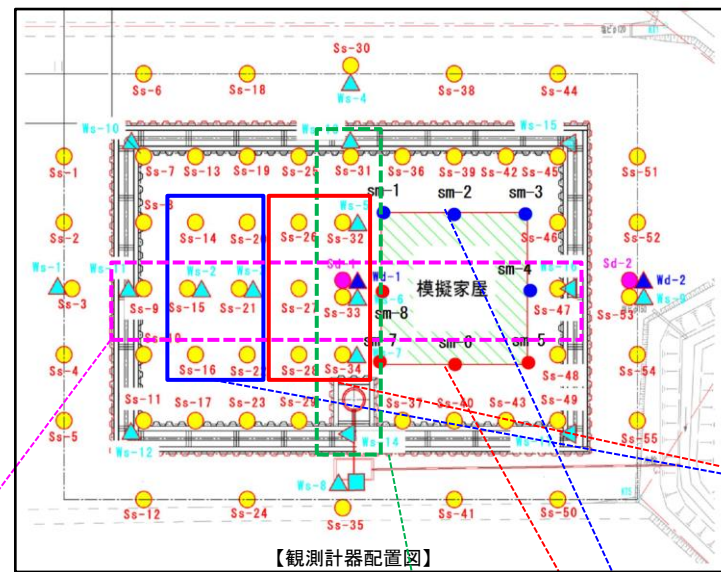


図 2.5.3 矢板内側中心付近の地下水位と沈下状況 (上須田地区)

(3) 矢板外側の地下水位と沈下状況 (図 2.5.4 参照)

浅層 (矢板外側) の地下水位は、T.P.-2.5m~T.P.-2.0m 付近まで低下してしまっ。Ws4 付近の低下量がやや大きかった。

深層 (矢板内側) Wd1 の地下水位は、T.P.-3.3m 付近まで低下した。深層 (矢板外側) Wd2 の地下水位は、T.P.-2.3m 付近まで低下した。

矢板の外側でも沈下が最大 3.2cm 程度生じた。模擬家屋に近い箇所の沈下量が大きい傾向にある。

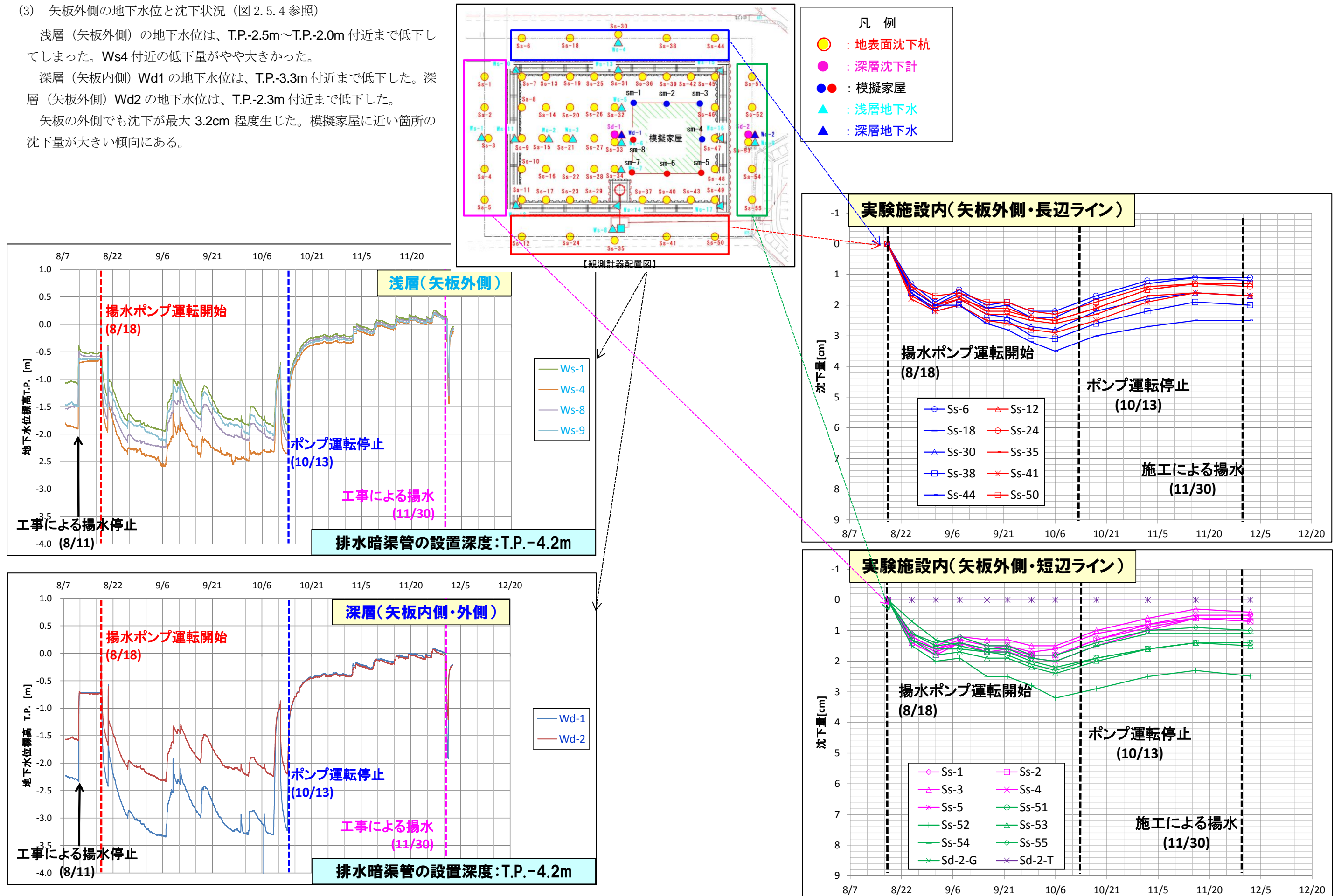


図 2.5.4 矢板外側中心付近の地下水位と沈下状況 (上須田地区)

2.5.4 水質分析結果

実験中に排水設備内に茶褐色の付着物を調べるため採水・水質分析と付着物の成分分析を行った。

(1) 分析試料

水質分析試料は浮遊物を含んでいるため、主溶存イオンの分析は0.45 μ mメンブランフィルターによりろ過した試料について実施した。ろ過直後の水質分析試料は無色透明であるが、時間の経過により濁りが発生した。また、付着物の分析試料は水分を多量に含んでいるため、ろ過処理により残留した固形物について分析を行った（写真2.5.1）。



(ろ過前)



(ろ過残留物)

写真 2.5.1 付着物分析試料

(2) 水質分析結果

揚水した地下水はNaCl型（IV型）に分類される。ノッチタンク内の付着物を構成する成分を把握するために、鉄・アルミニウム・カルシウム・マグネシウムの濃度を分析したところ、地下水には試験項目のすべてが確認され、鉄とカルシウムの濃度が比較的高い値を示すことがわかった（表2.5.1参照）。

表 2.5.1 分析結果一覧表（六角地区）

	六角地区			上須田地区		
	ろ過前 (mg/L)	ろ過後 (mg/L)	減少率 (%)	ろ過前 (mg/L)	ろ過後 (mg/L)	減少率 (%)
鉄	22.2	8.05	63.7	20.6	0.05	99.8
マンガン	1.22	1.21	0.8	0.35	0.21	40.0
アルミニウム	0.09	0.06	33.3	5.62	0.13	97.7
カルシウム	31.0	30.8	0.6	77.0	74.9	2.7
マグネシウム	12.7	12.7	0.0	214	214	0.0

鉄・マンガン・アルミニウム・カルシウム・マグネシウムについて、付着物の乾燥重量に対する重量比を表2.5.2に整理した。付着物に占める割合は鉄が多く、鉄バクテリアの反応によるものと考えられる

表 2.5.2 付着物の重量の構成比

	上須田 (%)	六角 (%)
鉄	37.4	49.2
マンガン	0.04	0.07
アルミニウム	0.71	0.02
カルシウム	1.93	0.62
マグネシウム	0.64	0.04

2.6 稲敷市市街地液状化対策事業について

(1) 他市の実施状況

市街地液状化対策事業の参考とするために、先行実施されている他市の状況について整理を行った。

- ・ 地下水位低下工法の実証実験を実施した自治体は神栖市、潮来市、鹿嶋市、我孫子市、千葉市、久喜市の7市である。
- ・ 現時点で地下水位低下工法による液状化対策工事を着工した自治体は、神栖市（1地区）、潮来市（11地区）である。
- ・ 地下水位低下工法を準備中の自治体は久喜市、神栖市（4地区）、潮来市、香取市（1地区）、千葉市である。
- ・ 地下水位低下工法の採用を断念した自治体は、浦安市（地盤沈下と維持管理費への懸念）、我孫子市（住民同意が得られず）、神栖市（10地区で適用性が低いため）、鹿嶋市（適用性が低いため）、香取市（2地区で適用性が低いため）である。

(2) 地下水位低下工法の対策効果

稲敷市において地下水位低下工法を採用した場合の課題を以下に列記する。

- ・ 施工性：矢板の打設は困難を極めたこと、排水量が多く仮設締切工による掘削は難航したこと、周辺水田の土地が乾燥し苦情が発生したこと、吸出された砂が水路に堆砂し沈下・陥没が発生したこと、揚水した水は茶褐色で泡が出ており、鉄分などの付着物が排水管にコビリ付いたため、排水能力が低下したこと。
- ・ 地下水位低下状況：矢板で囲んだ範囲では概ね平均 GL-3.5m 付近まで地下水位を低下させることは可能であったが、矢板で囲まれた外側でも平均で GL-2.5m、深層地下水位も GL-2～3m 程度の地下水位の低下が認められたため、矢板の遮水性が十分でないことが判明した。
- ・ 地盤沈下状況：地下水位の低下に応じて、鋼矢板内外で 1cm～4cm 程度の沈下が発生した。また、周辺道路も一様な広域地盤沈下がごく僅か（1cm程度）発生した。
- ・ 対策効果：10m 前後の遮水鋼矢板による地下水位低下工法を採用した場合は、施工性、遮水効果、周辺環境への影響等を考えると課題が多いことが判明した。鋼矢板による遮水性を高め、周辺地区の地盤沈下を防止するためには、完全遮水が期待できる深部不透水層への根入れが必要である。しかし、深部不透水層の深度は GL-25～30m となっているものの、不確実であり遮水効果に不安が残る。

(3) 工事費と維持管理費

地下水位低下工法と格子状地盤改良工法を対象に、稲敷市における市街地液状化対策工法の推奨工法の一覧表を表 2.6.2 に示す。

表 2.6.2 稲敷市における推奨工法

地区		西代		結佐		六角		八筋川		上須田	
地区内の世帯数		95		123		22		53		25	
液状化対策工法		地下水	格子状	地下水	格子状	地下水	格子状	地下水	格子状	地下水	格子状
当初計画時の初期工事費用(億円)		43.9	19.0	28.3	25.0	9.9	26.7	7.0	9.3	8.2	4.9
実証実験後の初期工事費用の増加費用(億円)	矢板延長	0.0	-	8.3	-	10.9	-	0.0	-	7.5	-
	吸出し防止シート追加	0.3	-	0.2	-	0.1	-	0.1	-	0.1	-
実証実験後の初期工事費用(億円)		44.2	19.0	36.8	25.0	20.9	26.7	7.1	9.3	15.8	4.9
地区全体維持管理費(万円/年)		2,556	0	966	0	227	0	320	0	227	0
初期工事費の世帯負担額(万円)		0	1,328	0	1,486	0	12,148	0	1,271	0	1,310
維持管理費の世帯負担額(万円/年)		26.9	0	7.9	0	10.3	0	6.0	0	9.1	0
判定	対策効果の有無	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有
	施工面・維持管理面での課題	*1)	*2)	*1)	*2)	*1)	*2)	-	*2)	-	*2)
	住民負担額の大中小	中	大	小	大	小	大	小	大	小	大
	対象エリア内の水位低下に伴う地盤沈下の可能性の有無	有	-	有	-	有	-	有	-	有	-
	対象エリア外周辺家屋の水位低下に伴う沈下障害	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
推奨工法		△	△	△	×	△	×	△	×	△	×
備考		*1) 深度40m程度までの止水矢板の施工 (現実的には殆ど不可能) *2) 既存の宅地部での地盤改良の施工 ・矢板延長: 下端深度: 結佐・六角T.P.-41.0m、上須田T.P.+29m									

この表には対策効果、初期工事費用、年間維持費用、世帯負担額、問題点、工法を採用するに際しての課題を要約している。この表より、以下のことが言える。

- ・ 格子状地盤改良工法は住民負担額が大きい上に地区内の地盤改良工法の施工性の面で課題が多い。
- ・ 地下水位低下工法に関しても、対策区域外で地盤沈下が生じないようにするためには地下深部まで鋼矢板を打設する(現実的には不可能)必要があること、対策区域内においても地盤沈下が発生する懸念(事業損失発生の恐れ)があること、揚水した地下水の水質が不良であるため定期的な管内洗浄や水質浄化が必要で維持管理費の住民負担が増加することなどが明らかになった。

以上より、稲敷市における市街地液状化対策事業としての液状化対策は現実的ではないと思われる。

2.7 住民説明会の開催

住民説明会は H27/12/20 に開催された。概要を以下に状況写真を写真 2.7.1 に示す。

- 1 日時：平成 27 年 12 月 20 日（日）14 時～15 時
- 2 場所：あずま生涯学習センター研修室
- 3 出席者：住民 7 名、
稲敷市：4 名（都市計画課長 石塚晃彦、都市計画課長補佐 中村栄喜、
都市計画課開発係長 黒田佳宏）、応用地質：1 名、合計 12 名
- 4 議題：
 - (1)市街地液状化対策事業とは、(2)稲敷市の市街地液状化対策事業
 - (3)委員会での審議結果、(4)各地区の対策費用（世帯負担額含む）
 - (5)まとめ
- 5 質疑応答内容：
 - A. 今度地震が来た時には液状化被害は生じるのか？
 - Q. 緩い砂が液状化した場合は、締まるので以降は液状化しないという説もありますが、繰り返し液状化した事例もありますので、稲敷市でも同じような被害が生じる恐れがあります。
 - A. 阪神大震災後に家の作りが変わったような気がする。
 - Q. 耐震基準が改定されたため、家の作りも変わって来たと思います。東日本大震災では、揺れの回数が多く特殊な地震だったので、今後も耐震基準が変わる可能性があります。
 - A. 液状化対策事業を実施しない場合は、諦めるしかないのか？
 - Q. 市街地液状化対策事業を実施するのは難しいが、個別対策の方法はいくつかの案が提案されているので、参考にして下さい。かなり世帯の負担が必要になると思います。



写真 2.7.1 住民説明会の状況

2.8 委員会の開催

(1) 出席者

第6回稲敷市市街地液状化対策事業計画策定検討委員会に出席した委員を表2.8.1に示す。

表 2.8.1 出席委員名

氏名		所属及び役職
委員長	安原 一哉	茨城大学地球変動適応科学研究機関茨城大学 名誉教授
委員	梅本 通孝	筑波大学 システム情報系 社会工学域講師
委員	古関 潤一	東京大学 大学院工学系研究科 社会基盤学専攻 教授
委員	佐々木 哲也	(独) 土木研究所 地質・地盤研究グループ 土質・振動チーム上席研究員
委員	若松 加寿江	関東学院大学 工学部 土木工学系教授

(2) 議事次第

- ・ 検討委員会名称：「第6回稲敷市市街地液状化対策事業計画策定検討委員会」
- ・ 開催日時：平成27年12月16日（水）14時30分～16時30分
- ・ 場 所： 稲敷市役所東庁舎 3階
- ・ 出 席 者：委員6名、稲敷市役所4名、応用地質6名

なお、委員会に先立ち13時～14時間に上須田地区と六角地区の実証実験現場の見学会を開催した。

議 事 次 第

1. 開会
2. これまでの経緯について：資料.2
3. 報告事項
 - (1) 実証実験Ⅰの結果報告について：資料.3
 - (2) 実証実験Ⅱの結果報告について：資料.4
4. 審議事項
稲敷市の市街地液状化対策事業について：資料.5

(3) 質疑応答

質疑応答の要旨を以下に示す。

■報告事項（1）実証実験Ⅰの結果報告について

○当初計画と少し場所と少し異なっていたが、実証実験場所として適切である。

■報告事項（2）実証実験Ⅱの結果報告について

○事前解析の結果と実測値の整理や実測値を踏まえて事後解析を行うことも重要だ。

○陥没は吸出し防止シートを巻いてなかったことが主要因である。

○可能であれば、規模を変化させた解析を行って貰った方が良い。

■審議事項 稲敷市の市街地液状化対策事業について

○「事業を推進しない結論を出す」、「事業化のために残された技術的課題を提示する」という方向性を出すことで良い。

○技術的な課題があっても克服するのは大変であり、経済性の面は、行政側で総合的に判断するのが良い。

○N値が高い地下深部まで鋼矢板の打設は無理なので浅いところで実施した結果、矢板の範囲外で地下水位が下がって沈下した。しかし、地区の外側が全部農地であるなら一過性の沈下が生じた表土を敷ならせばまた使用可能になり、成立する場合があるかもしれない。それをやる余裕がないのであればこの結論で良い。

○市街地液状化対策事業における液状化対策はこのように現実的ではないという結論になるが、個別対応（液状化対策を個別に行う方法）は学会とか、その他の地区でうまくいっているものがあるので、それを住民にも説明するのが良い。

○公的費用で実施したので、吸い出し防止シートは必要不可欠であること、ウォータージェット併用で圧入施工すると、ミズミチを作る恐れがあること等を、ホームページに載せるのが良い。

○今回得られた新しい知見、特に地下水位低下工法に関して配慮しなければいけないことやこの技術がより有効に液状化対策として生かされていくための留意点が、今回の検討委員会の中で幾つか得られた。



写真 2.8.1 現地見学会の状況



写真 2.8.2 検討委員会の状況写真