

資料3 2号、3号揚水井戸の予測地盤沈下量
の試算結果について

2号および3号揚水井戸近傍の地質想定断面

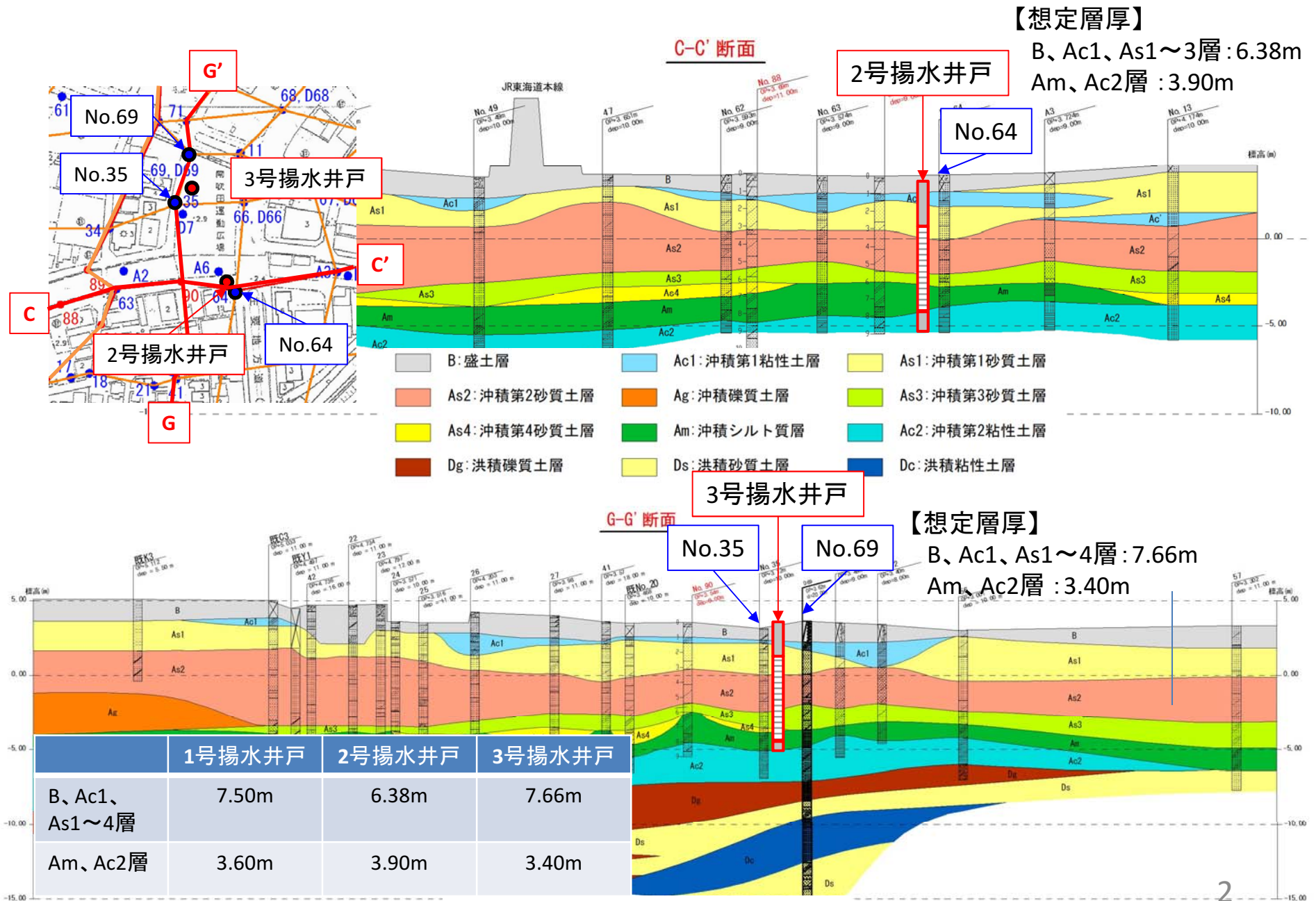


図3-1 揚水井戸近傍の地質想定断面図

予測地盤沈下量の試算方法

予測地盤沈下量の試算は1号揚水井戸における試算方法と同様の方法で行う。

① 透水係数の算定

連続揚水試験時に孔内水位の低下が認められた観測井戸の孔内水位、当該観測井戸と揚水井戸との距離を用いて、チームの平衡式により、透水係数を算定

② 地下水位の低下量と低下範囲を試算

①で得た透水係数、周辺観測井戸の孔内水位低下量を用いて、チームの平衡式により揚水により地下水位が低下する範囲および地下水位低下量を試算

③ 予測地盤沈下量の試算

②で得た揚水により地下水位が低下する範囲および地下水低下量、既往の調査データや一般値を用いて、テルツァーギの一次元圧密沈下理論より、予測地盤沈下量を試算

【チームの平衡式】

$$k = \frac{2.3Q}{\pi(h_2^2 - h_1^2)} \log \frac{r_2}{r_1}$$

k : 透水係数(m/sec)
 Q : 揚水量(m³/sec)
 h_1, h_2 : 揚水井からの距離 r_1, r_2 の地点における観測井内水位から難透水層までの深さ(m)

【テルツァーギの一次元圧密沈下理論】

$$S_c = \sum \frac{C_c}{1 + e_{0,c}} \cdot \log \frac{p_1'}{p_0'} \cdot H_c$$

S_c : 圧密沈下量(cm)
 C_c : 圧縮指数($C_c=0.53$)…次スライド④から引用
 $e_{0,c}$: 飽和した粘性土の間隙比($e_{0,c}=1.201$)…次スライド④をもとに算定
 p_0' : 揚水前の鉛直有効応力($p_0'=98.5$ kN/m²)…次スライド①～④をもとに算定
 p_1' : 揚水後の鉛直有効応力…次スライド①～④をもとに算定
 H_c : 軟弱地盤(沖積第2粘性土層)の層厚…次スライド③から引用

予測地盤沈下量の試算に用いた引用データ

予測地盤沈下量を試算するにあたり、揚水井戸における第1帯水層、沖積第2粘性土層(Ac2層)の層厚および物性値は不明であることから、近傍の既往調査データや一般値を用いた。

項目		2号揚水井戸	3号揚水井戸
第1帯水層の砂層 (B、Ac1、As1～4層)	①層厚	No.64地点のボーリング調査結果より	No.35地点のボーリング調査結果より
	②物性値	「土質試験 基本と手引き(社団法人地盤工学会)」を参考に設定	
沖積第2粘性土層 (Ac2層)	③層厚	No.66-2地点のボーリング調査結果より	No.69-2地点のボーリング調査結果より
	④物性値	都市計画道路におけるBorNo.1地点の土質試験結果より	

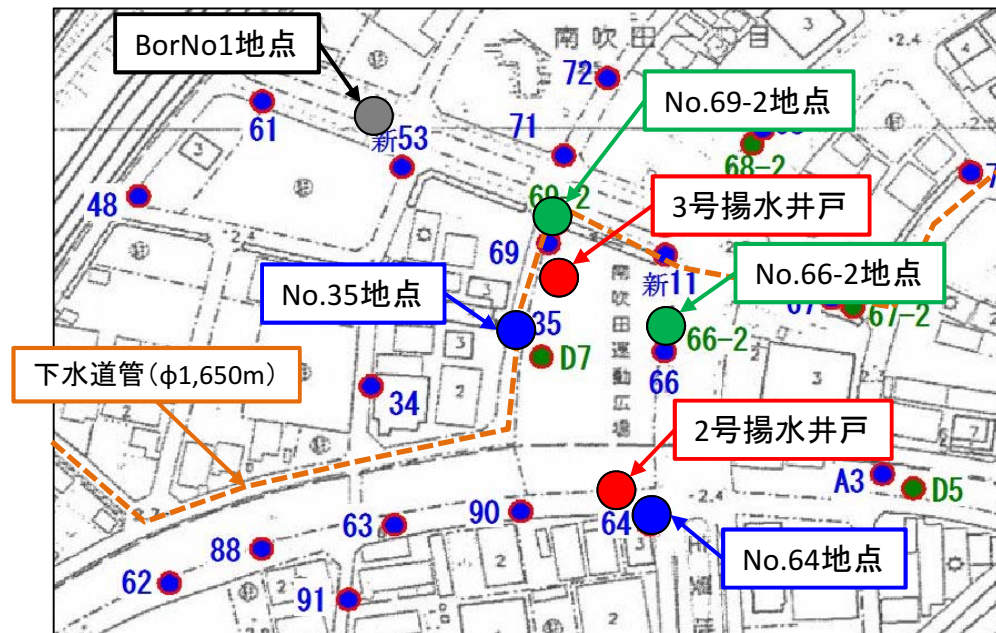


図3-2 揚水井戸と引用データの位置関係

揚水試験時の水位変化(2号揚水試験時)

- ① 揚水試験時に降雨はなく、降雨による観測井戸内の水位上昇は認められない
- ② 2号揚水試験時に孔内水位の低下が認められた観測井戸はA3、No.19、No.63、No.64、No.90井戸であった(⇒揚水による影響を受ける井戸)
- ③ その他の観測井戸では孔内水位の低下が認められない(⇒揚水による影響を受けていない井戸)

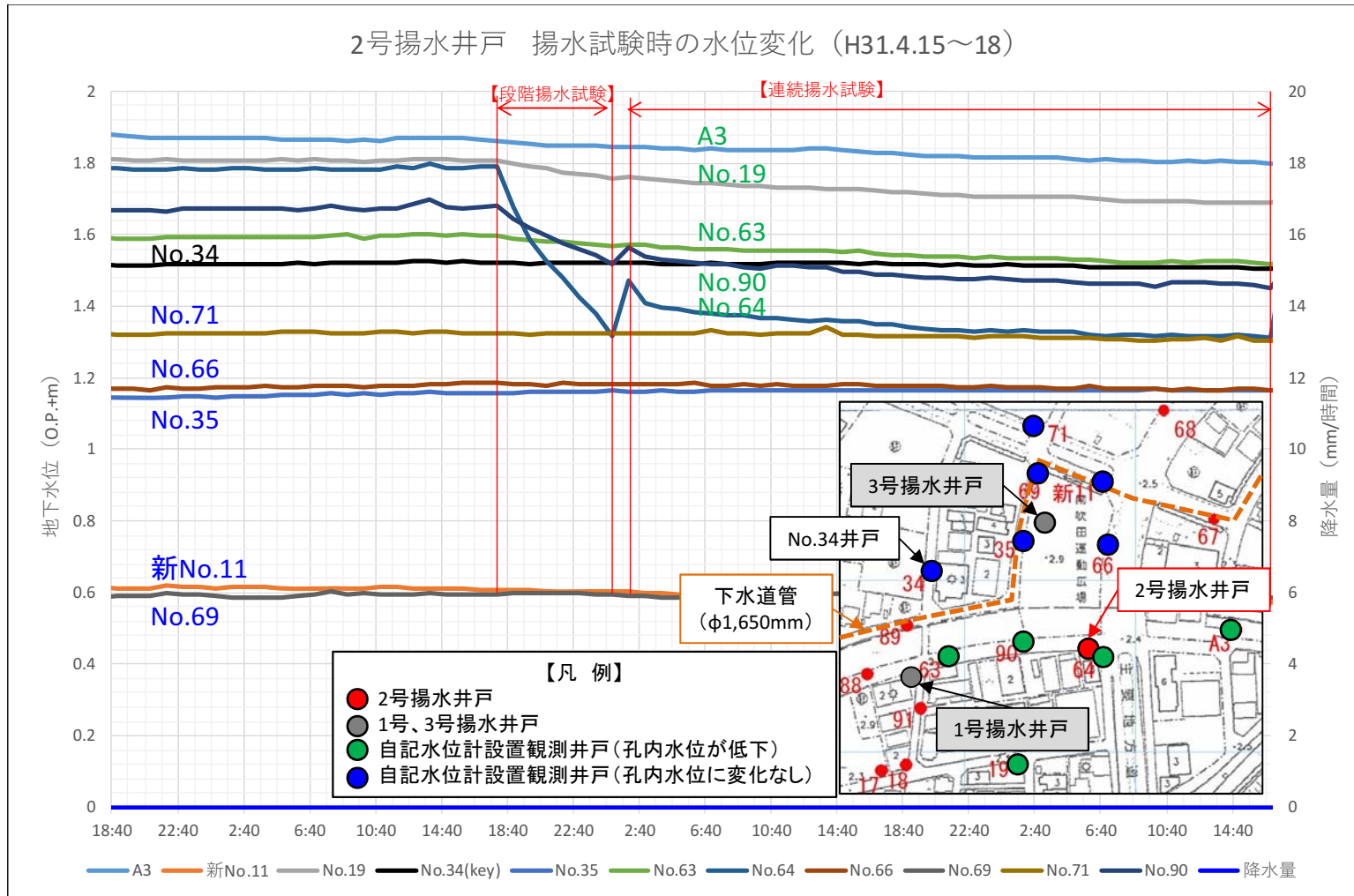


図3-3 2号揚水試験時の地下水水位の変動状況

透水係数の算定結果(2号揚水井戸周辺)

- ① 孔内水位の低下が認められた観測井戸 (A3、No.19、No.63、No.64、No.90井戸)の孔内水位、当該観測井戸と2号揚水井戸の距離を用いて、チームの平衡式により、透水係数を算定
- ② 2号揚水井戸周辺の透水係数は、 $6.09 \times 10^{-5} \sim 1.99 \times 10^{-4} \text{ m/sec}$ 程度

表3-1 透水係数の算定結果

No.	揚水井戸 および 観測井戸	揚水井戸との 位置関係		地下水位 (O.P.+m)		難透水層からの水頭 (m) ※3		孔内水位 低下量 (m)	備考
		方向	距離 (m)	揚水試験前※1	揚水試験中※2	揚水試験前※1	揚水試験中※2		
①	2号揚水井戸	—	0.0	1.63	0.49	5.57	4.44	1.13	
①	A3	東	95.7	1.87	1.84	5.81	5.79	0.03	
②	新No.11	北	101	0.61	0.60	4.56	4.54	0.02	※4
③	No.19	南	80.1	1.81	1.73	5.75	5.67	0.08	
④	No.34	北西	101.7	1.52	1.52	5.47	5.47	0.00	※4
⑤	No.35	北西	76.2	1.16	1.16	5.10	5.11	-0.01	
⑥	No.63	西	85.3	1.60	1.55	5.54	5.50	0.04	
⑦	No.64	東	6.2	1.79	1.36	5.74	5.31	0.43	
⑧	No.66	北	66	1.19	1.18	5.13	5.12	0.01	
⑨	No.69	北	103.1	0.59	0.60	4.54	4.54	0.00	
⑩	No.71	北	55.2	1.33	1.34	5.27	5.29	-0.01	※4
⑪	No.90	西	38.5	1.68	1.51	5.62	5.46	0.17	

組み 合わせ		透水係数 (m/sec)
No.64	A3	6.09E-05
No.64	No.90	1.35E-04
No.64	No.63	1.50E-04
No.90	No.63	1.99E-04
最大値		1.99E-04
最小値		6.09E-05
平均値		1.36E-04

※No.64とNo.19の組み合わせについては、地質想定断面図がなく地層の連続性が不確定なため、透水係数の算定からは除外した（なお透水係数の試算値は7.50E-5である。）

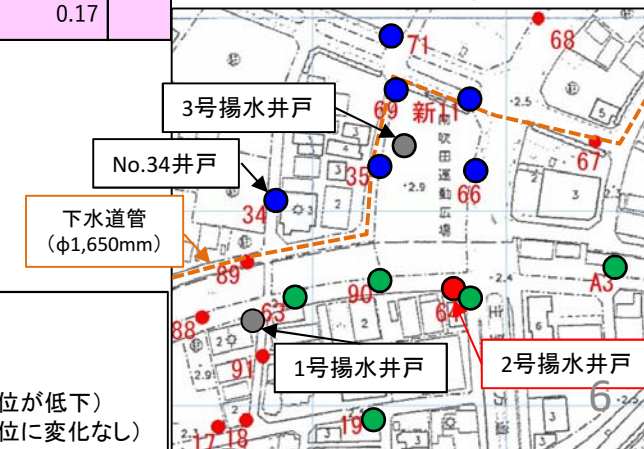
- ※1 段階揚水試験前の孔内水位 (2019.4.16 17:00時点)
- ※2 連続揚水試験時の安定水位 (2019.4.17 14:00時点)
- ※3 観測井戸No.64ボーリング調査結果より、難透水層上面標高はO.P.-3.945m
- ※4 揚水井戸と観測井戸の間に下水道本管あり

【凡例】

揚水試験時に孔内水位の低下が認められた井戸
揚水試験時に孔内水位の低下が認められなかった井戸

【凡例】

- 2号揚水井戸
- 1号、3号揚水井戸
- 自記水位計設置観測井戸(孔内水位が低下)
- 自記水位計設置観測井戸(孔内水位に変化なし)



揚水試験時の水位変化(3号揚水試験時)

- ① 揚水試験時に降雨はなく、降雨による観測井戸内の水位上昇は認められない
- ② 3号揚水試験時に孔内水位の低下が認められた観測井戸はNo.35、No.66、No.69井戸であった(揚水による影響を受ける井戸)
- ③ その他の観測井戸では孔内水位の低下が認められなかった(揚水による影響を受けない井戸)

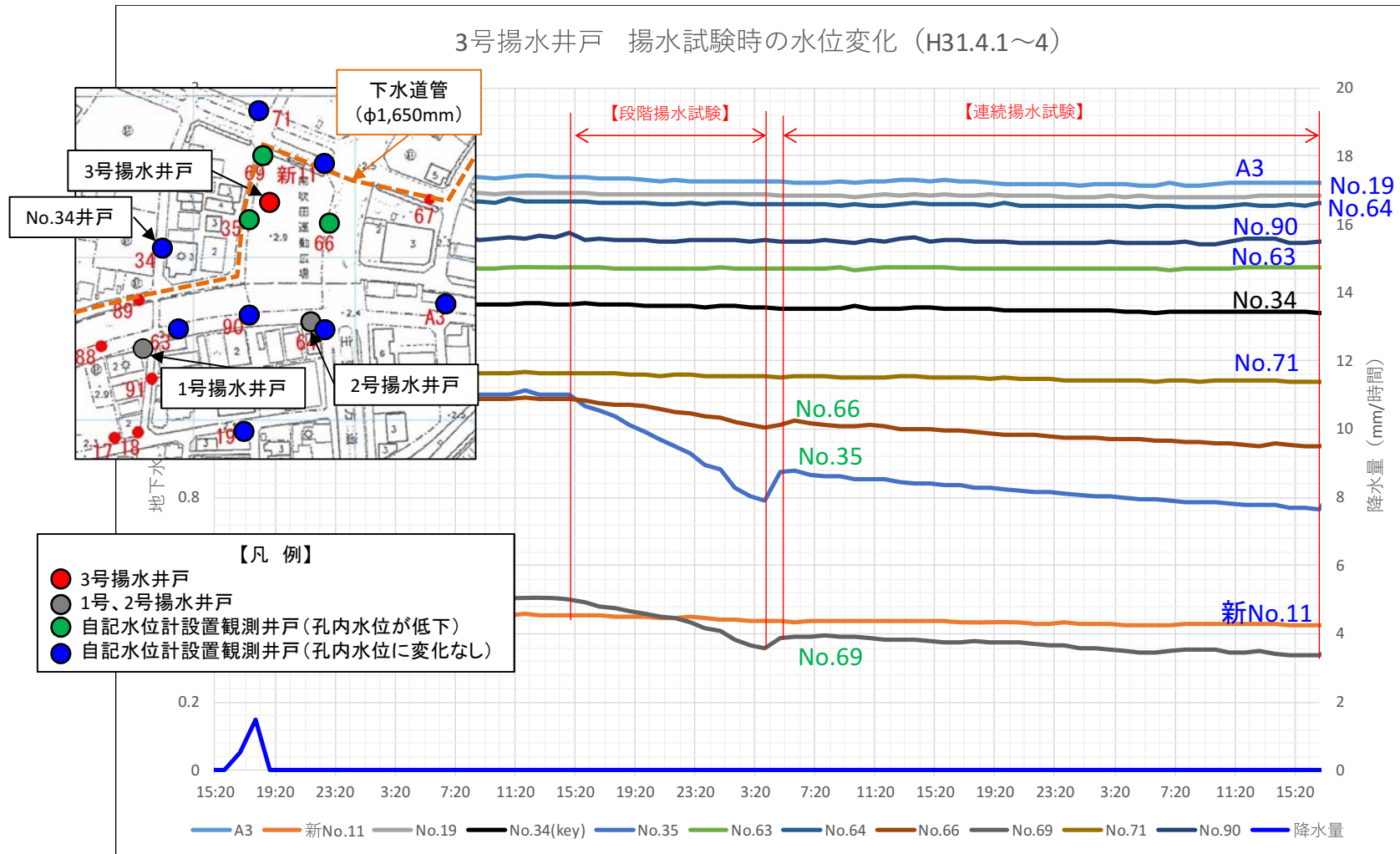


図3-4 3号揚水試験時の地下水位の変動状況

透水係数の算定結果(3号揚水井戸周辺)

- ① 孔内水位の低下が認められた観測井戸(No.35、No.66、No.69井戸)の孔内水位、当該観測井戸と3号揚水井戸の距離を用いて、チームの平衡式により、透水係数を算定
- ② 3号揚水井戸周辺の透水係数は、 $4.25 \times 10^{-5} \text{m/sec}$ 程度

表3-2 透水係数の算定結果

No.	揚水井戸 および 観測井戸	揚水井戸との 位置関係		地下水位 (O.P.+m)		難透水層からの水頭 (m) ※3		孔内水位 低下量 (m)	備考
		方向	距離 (m)	揚水試験前※1	揚水試験中※2	揚水試験前※1	揚水試験中※2		
①	3号揚水井戸	—	0.0	0.91	-0.17	5.99	4.91	1.07	
①	A3	南東	137.6	1.74	1.72	6.82	6.80	0.01	
②	新No.11	北東	42.5	0.45	0.43	5.53	5.51	0.02	※4
③	No.19	南	143.7	1.69	1.69	6.77	6.77	0.01	
④	No.34	南西	71.1	1.37	1.35	6.45	6.43	0.01	※4
⑤	No.35	南西	17.5	1.10	0.84	6.18	5.92	0.26	
⑥	No.63	南西	98.8	1.47	1.47	6.55	6.55	0.00	
⑦	No.64	南	81.7	1.67	1.66	6.75	6.74	0.01	
⑧	No.66	東	36.8	1.09	1.00	6.17	6.08	0.09	
⑨	No.69	北	25.8	0.50	0.37	5.58	5.45	0.13	※5
⑩	No.71	北	131.7	1.16	1.15	6.24	6.23	0.01	※4
⑪	No.90	南	71.8	1.56	1.55	6.64	6.63	0.01	

組み 合わせ		透水係数 (m/sec)
No.35	No.66	4.25E-05
最大値		4.25E-05
最小値		4.25E-05
平均値		4.25E-05

※5 No.69は揚水による地下水位低下が認められたものの、周辺井戸と比べて水位が極端に低く、下水道管へ地下水が流入している可能性が考えられるため、透水係数の算定からは除外した。

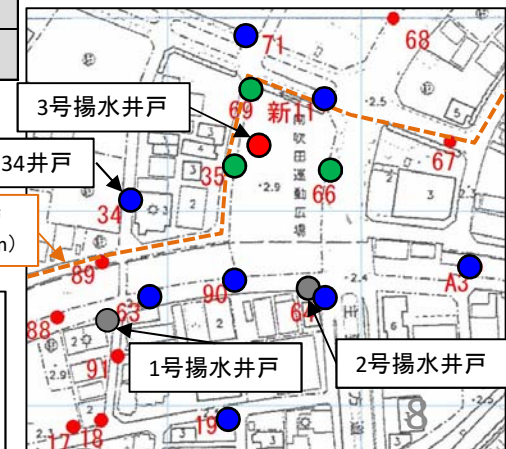
- ※1 段階揚水試験前の孔内水位 (2019.4.2 14:00時点)
- ※2 連続揚水試験時の安定水位 (2019.4.3 17:00時点)
- ※3 観測井戸No.35ボーリング調査結果より、難透水層上面標高はO.P.-5.08m
- ※4 揚水井戸と観測井戸の間に下水道本管あり

【凡例】

揚水試験時に孔内水位の低下が認められた井戸
揚水試験時に孔内水位の低下が認められなかった井戸

【凡例】

- 3号揚水井戸
- 1号、2号揚水井戸
- 自記水位計設置観測井戸(孔内水位が低下)
- 自記水位計設置観測井戸(孔内水位に変化なし)



透水係数の算定結果のまとめ

- ① 今回の調査によって得られた透水係数は、**既往調査で得られた透水係数と同程度のオーダー** ($1 \times 10^{-5} \text{m/sec}$) であった。
- ② 当該地の第一帯水層の透水性は、一般的に「低い～中位」に相当する。
(既往調査結果より、第一帯水層はシルト混じりの細砂～中砂主体であり、得られた透水係数は一般値と比較して妥当である。)

表3-3 透水係数の算定結果のまとめ

揚水井戸		透水係数	備考
今回の調査結果	2号揚水井戸	6.09×10^{-5} ～ $1.99 \times 10^{-4} \text{ m/sec}$ 程度	
	3号揚水井戸	$4.25 \times 10^{-5} \text{ m/sec}$ 程度	
既往の調査結果	1号揚水井戸	$2.05 \sim 4.71 \times 10^{-5} \text{ m/sec}$	平成29年度調査
	No.19井戸	$2.23 \sim 3.43 \times 10^{-5} \text{ m/sec}$	平成14年度調査
	No.45井戸	$4.29 \times 10^{-5} \text{ m/sec}$	平成20年度調査

(m/sec)	10^{-11}	10^{-10}	10^{-9}	10^{-8}	10^{-7}	10^{-6}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}	10^0
透水性	実質上不透水		非常に低い	低い	中位			高い				
対応する土の種類	粘性土 {C}		微細砂、シルト 砂-シルト-粘土混合土 {SF} [S-F] {M}			砂及び礫 (GW) (GP) (SW) (SP) (G-M)			清浄 (GW)			
透水係数を直接測定する方法	特殊な変水位透水試験		定水位透水試験					特殊な変水位透水試験				
透水係数を間接的に推定する方法	圧密試験結果から計算			なし			清浄な砂と礫は粒度と間隙比から計算					



出典: 地盤工学会「地盤調査法」

図3-5 透水係数と透水性

揚水による地下水位低下の影響範囲の推定結果

- ① チームの平衡式によって求めた観測井戸内の水位低下量が実測値に近似するように揚水による地下水位低下の影響範囲を推定

表3-4 揚水による地下水位低下の影響半径

揚水井戸	揚水井戸内の水位低下量	影響半径
2号揚水井戸	1.13m程度	96m
3号揚水井戸	1.07m程度	49m

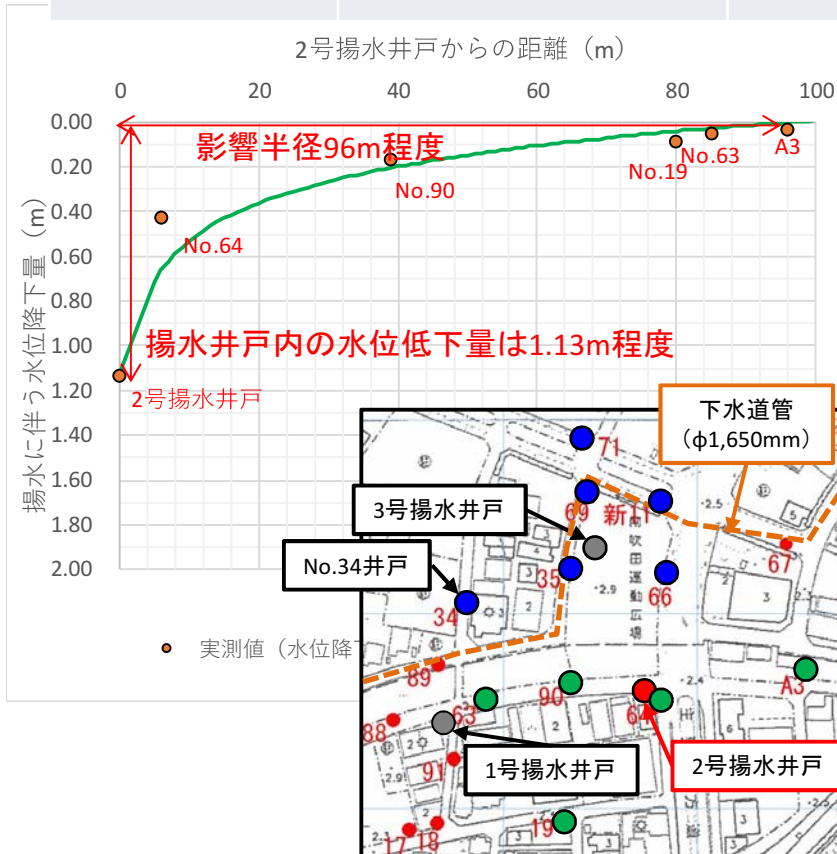


図3-6 2号揚水井戸における揚水に伴う地下水位低下量

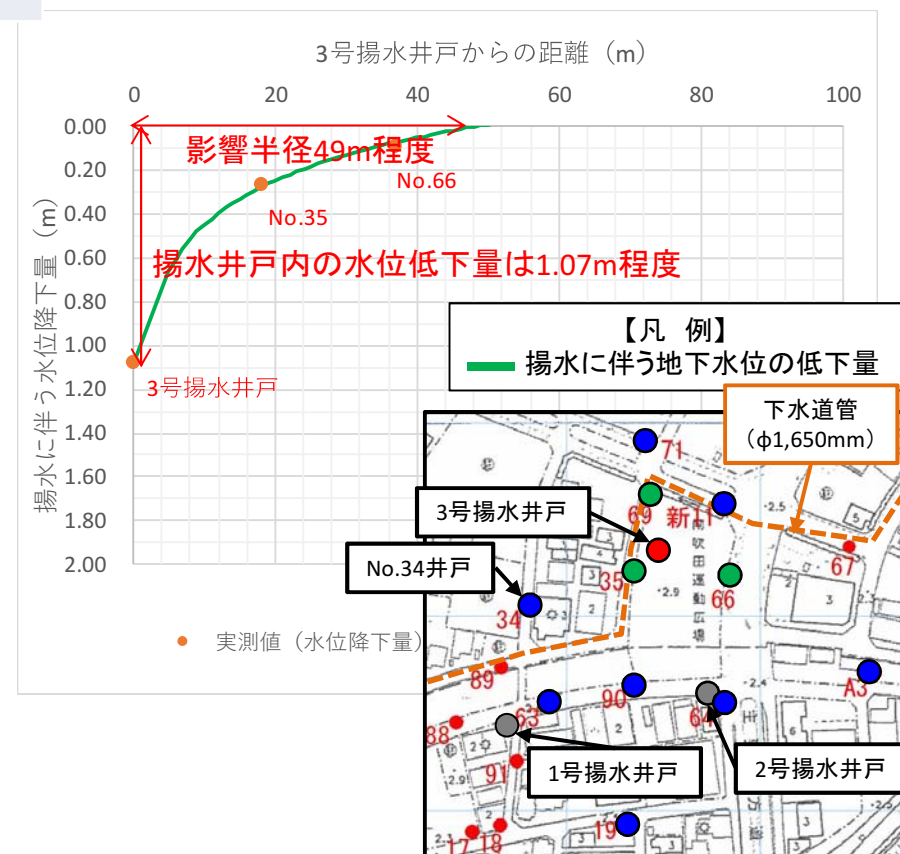


図3-7 3号揚水井戸における揚水に伴う地下水位低下量

予測地盤沈下量の推定結果

- ① 予測地盤沈下量は揚水井戸から離れるに従って予測地盤沈下量は逡減
- ② なお、当該地域の年間の地下水位変動量1.35m程度(No.34の水位データより)に対して、家屋が立地する揚水井戸から10~20m程度離れた地点の地下水位低下量は0.2~0.3m程度と小さく、また当該地域の第1帯水層の地下水位は降雨によって比較的敏感に反応し水位が上昇することから、家屋に影響を与えるような地盤沈下は基本的には生じないものとする。

表3-5 揚水による予測地盤沈下量の推定結果

揚水井戸	適正揚水量	影響半径	予測地盤沈下量 (揚水井戸近傍)
2号揚水井戸	32m ³ /日	96m	最大3.2cm程度
3号揚水井戸	30m ³ /日	49m	最大2.5cm程度

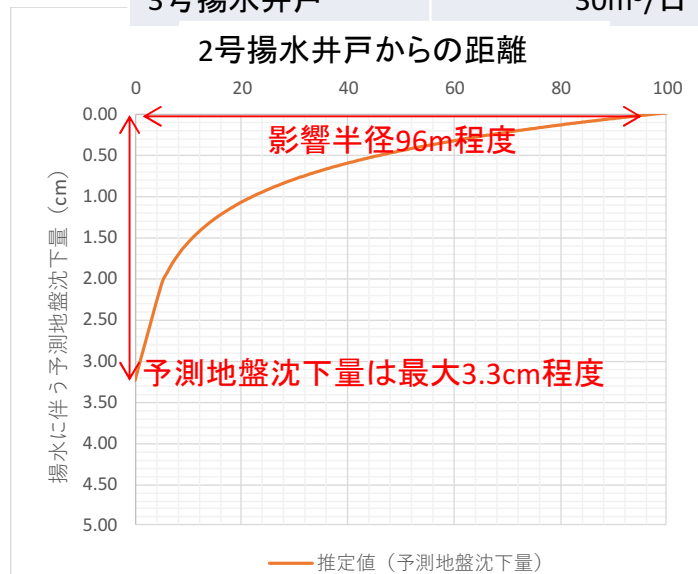


図3-8 2号揚水井戸における揚水に伴う予測地盤沈下量

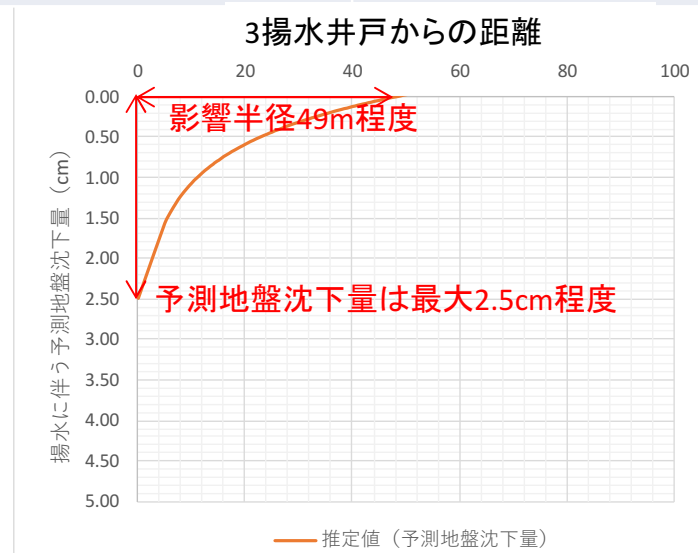


図3-9 3号揚水井戸における揚水に伴う予測地盤沈下量

【予測地盤沈下量の推定結果の不確かさ】

以下の理由から、揚水井戸およびその周辺の条件(地盤、地下水位)を必ずしも正確に表現しているとは言えないため、予測地盤沈下量には不確かさが含まれる。

- ① 揚水試験結果と併せて近傍の調査データや一般値を活用している。
- ② 2号揚水井戸、特に3号揚水井戸は、1号揚水井戸と比べて地下水位低下を確認するための周辺の観測井戸が少なく、推定に用いる周辺1観測井戸内の水位データが少ない

家屋調査範囲について

2号揚水井戸からの距離

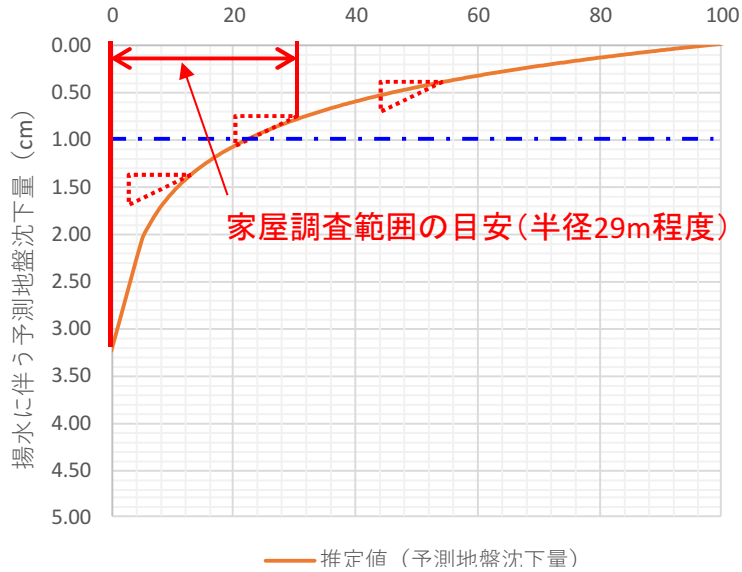


図3-10 2号揚水井戸の家屋調査範囲

3号揚水井戸からの距離

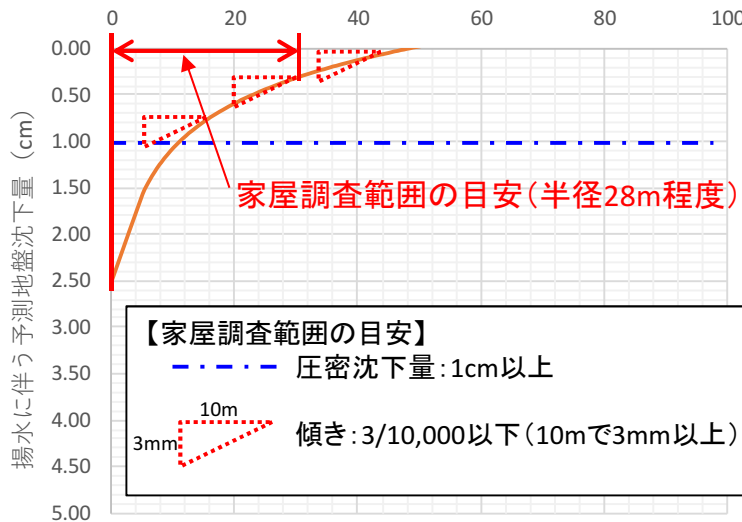


図3-11 3号揚水井戸の家屋調査範囲

- ① 地盤沈下が生じないように揚水管理を行うため、沈下に伴う家屋への影響はないものと考え、念のため対策実施前には事前に家屋調査を実施する。
- ② 家屋調査範囲は、1号揚水井戸と同様の方法で設定
 - ・日本建築学会「小規模建築物基礎設計指針」によると、布基礎やべた基礎の建物の設計における圧密沈下の許容値は10cm以下、不同沈下に対する傾斜角の設計目標値は3/1,000以下とされている
 - ・さらに厳しい値(上記に対して1/10)を目安とし、家屋調査範囲の設定する
 圧密沈下量: 1cm以上
 傾き: 3/10,000以上(10mで3mm以上)
- ② 家屋調査範囲の目安値
 - ・2号揚水井戸: 半径29m程度
 - ・3号揚水井戸: 半径28m程度

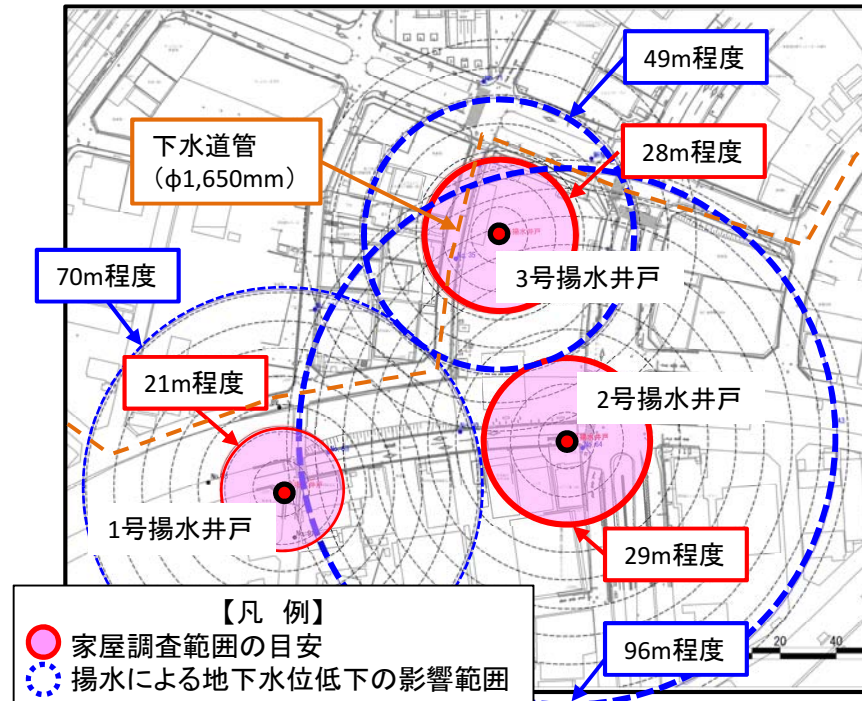


図3-12 家屋調査範囲

1号～3号揚水井戸の試験結果および推計結果のまとめ

項目	既往調査結果	今年度の調査結果	
	1号揚水井戸	2号揚水井戸	3号揚水井戸
揚水試験日	H30.6.14～15	H31.4.16～17	H31.4.2～4
限界揚水量	24m ³ /日(17L/分)	40m ³ /日(28L/分)	38m ³ /日(26L/分)
適正揚水量	20m ³ /日(14L/分)	32m ³ /日(22L/分)	30m ³ /日(21L/分)
適正揚水量における 地下水位低下量	0.61m	1.13m	1.07m
透水係数	2.05 × 10 ⁻⁵ ～ 4.71 × 10 ⁻⁵ m/sec	6.09 × 10 ⁻⁵ ～ 1.99 × 10 ⁻⁴ m/sec	4.25 × 10 ⁻⁵ m/sec
揚水による影響範囲	半径70m程度	半径96m程度	半径49m程度
揚水井戸近傍における 予測地盤沈下量	1.7cm程度	3.2cm程度	2.5cm程度
家屋調査範囲	半径21m程度	半径29m程度	半径28m程度