

ボーリング名	旭浜No.1	調査位置	北海道広尾郡大樹町旭浜	北緯	
発注機関	水産庁栽培養殖課	調査期間	令和3年 6月29日～ 令和3年 7月16日	東経	
調査業者名	マリノフォーラム21 電話 03-6280-2792	主任技師	菊地 真 地質調査技士 登録番号	現場	葛巻 圭吾 地質調査技士 登録番号
孔口標高	H=2.08m	角	180° 上 90° 下	方	北 270° 西 180° 南
総削孔長	19.00m	度	0°	向	北 90° 東 180° 南
		地盤勾配	0° 水平	使用機種	試験機 東邦D1-C エンジン ヤンマーTF120V-E ポンプ 東邦BG-3

標高 (m)	深度 (m)	現場土質名 (模様)	地盤材料の工学的分類	色相対密度	相対稠度	記号	孔内水位/測定月日	標準貫入試験				試料採取		室内試験	削孔月日
								深度 (m)	N値	100mm毎の打撃回数	打撃ごとの貫入量	50回の貫入量	自沈時の貫入量		
0.00	1.40	bn	土(玉)混じり砂	褐灰		玉石混じり砂礫からなる堆土。礫径2~60mmの面円~円礫を主体とし、くりぬきコア長100~200mmの玉石を不規則に混入する。表層は細砂主体で、中砂を含んで粒径不均一である。	4/29								
1.40	7.30	ag	玉石混じり砂	褐灰		礫径2~50mmの面円~円礫を主体とし、くりぬきコア長60~200mmの玉石を不規則に混入する。表層は細砂主体とし、中砂を含んで粒径不均一である。深度7.3m付近、木片を混入する。									
7.30	8.30	ds	細砂	褐灰 黄褐		細砂主体とし、中砂を含んで粒径不均一である。深度7.4~7.5m間、細粒分を含んでシルト混じり細砂状である。									
8.30	16.20	dg 2	シルト混じり砂	淡褐灰		礫径2~50mmの面円~円礫を主体とし、表層は細砂主体で中~粗砂を含んで粒径不均一である。全体にシルト混じりである。深度16.1~16.2m間、くりぬきコア長100mmの玉石を混入する。									
16.20	17.60	dg 1	砂礫	黄褐 黄褐		礫径2~30mmの面円~円礫を主体とし、表層は細砂主体で中砂を含んで粒径不均一である。深度17.1~17.3m間、礫の混入少なく、礫混じり細砂状である。									
17.60	19.00	Tk2	シルト	褐灰 灰		透水管制にてコア長50~850mmの棒状コアで採取される。コアはハンマー打撃で海洋程度の硬さであり、全体に軟弱である。									

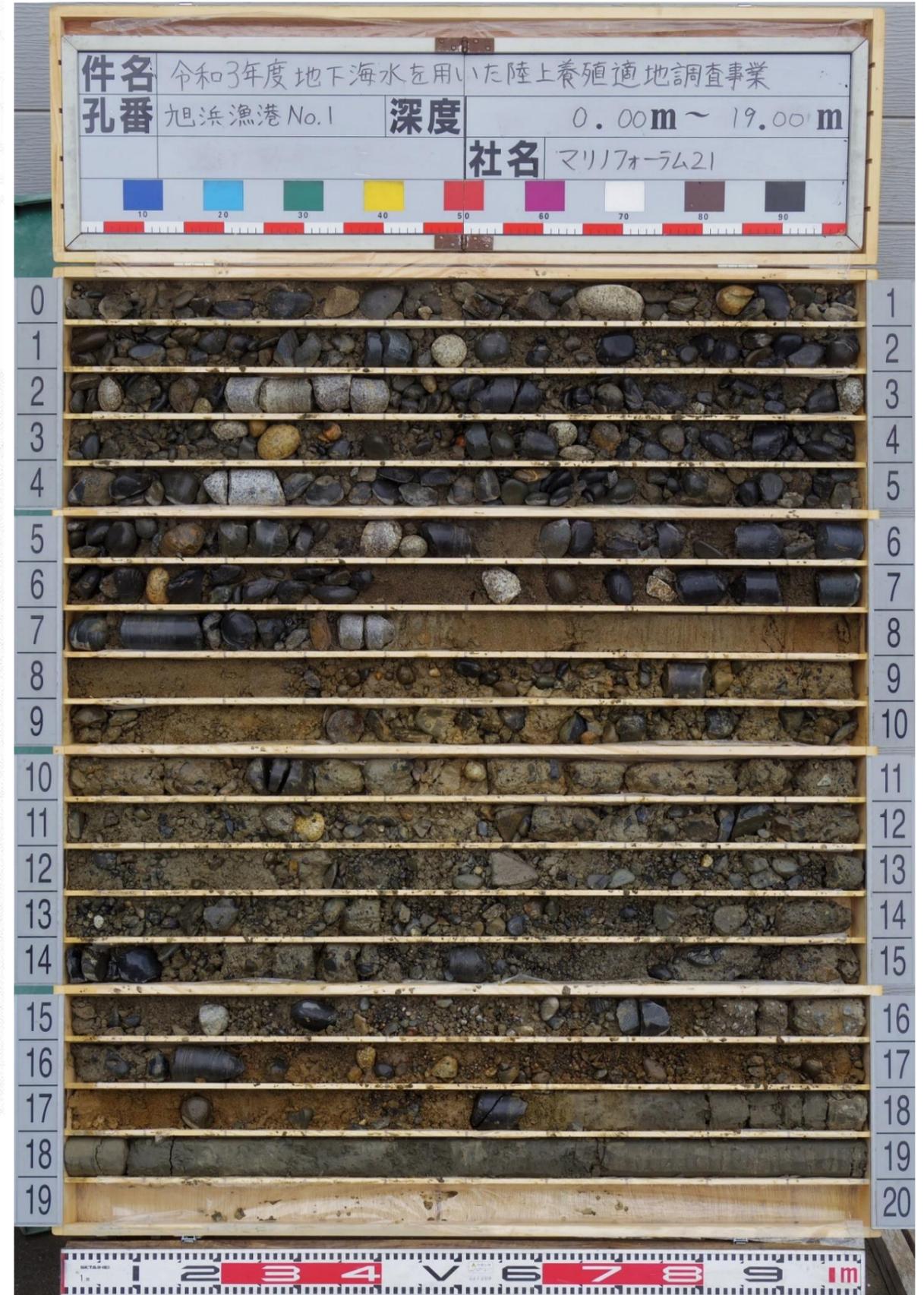


図2-10 ボーリング柱状図及びコア写真

表 2-4 地下水位（孔内水位）一覧表

調査番号 (孔口標高)	測定日	水位種別	水位G. L-(m)	備考
旭浜No. 1 (H=2.08m)	6月29日	初期無水	1.29	・掘進深度G. L-2.00m
	6月30日	翌朝水位	1.00	・掘進深度G. L-2.00m ・ケーシング先端深度G. L-2.00m
	7月1日	翌朝水位	0.98	・掘進深度G. L-3.00m ・ケーシング先端深度G. L-2.50m
	7月2日	翌朝水位	1.06	・掘進深度G. L-6.00m ・ケーシング先端深度G. L-5.00m
	7月3日	翌朝水位	0.29	・掘進深度G. L-6.00m ・ケーシング先端深度G. L-2.40m
	7月5日	翌朝水位	0.00	・掘進深度G. L-6.00m ・ケーシング先端深度G. L-2.80m
	7月6日	翌朝水位	0.00	・掘進深度G. L-6.00m ・ケーシング先端深度G. L-3.00m
	7月7日	翌朝水位	0.69	・掘進深度G. L-6.00m ・ケーシング先端深度G. L-4.30m
	7月8日	翌朝泥水水位	1.56	・掘進深度G. L-7.00m ・ケーシング先端深度G. L-6.00m
	7月9日	翌朝泥水水位	1.56	・掘進深度G. L-9.00m ・ケーシング先端深度G. L-8.00m
	7月10日	翌朝泥水水位	1.71	・掘進深度G. L-12.00m ・ケーシング先端深度G. L-11.00m
	7月12日	翌朝泥水水位	0.96	・掘進深度G. L-15.00m ・ケーシング先端深度G. L-14.00m
	7月13日	翌朝泥水水位	2.36	・掘進深度G. L-17.00m ・ケーシング先端深度G. L-17.00m
	7月14日	翌朝泥水水位	0.25	・掘進深度G. L-19.00m ・ケーシング先端深度G. L-18.00m
7月15日	ケーシング 抜管後水位	0.92	・掘進深度G. L-19.00m	

#### (4) 塩分・電気伝導率測定結果

簡易揚水試験前、試験中及び試験後に実施した旭浜試験掘孔の塩分・電気伝導率の測定結果を以下に示す。

測定期間 ; 7月15日(連続揚水試験; 10:01-14:10 回復試験; 14:10-14:24)  
 観測機器 ; ポータブル電気伝導率計 CM-31P  
 S&DLmini 設置深度; G. L-14.50m  
 地下水位 ; G. L-1.05m  
 揚水管の吸込み口 ; G. L-13.50m

表2-5に示す7月15日の揚水試験前の試験掘孔の孔内水の塩分は0.01~0.15%であり、揚水試験中は継続して0.01%である。揚水終了後の孔内水の塩分は表2-6に示すように0.01~0.13%となる。また、揚水試験前及び揚水試験後の孔内0.5m毎の塩分分布を図2-11に、揚水試験中の塩分変化を図2-12に示す。図2-12より揚水試験中の塩分は0.01%で安定しており、揚水試験時は主に淡水を揚水していることがわかる。また図2-11より、揚水することにより深度13.0m以深で孔内の塩分はわずかに上昇する。

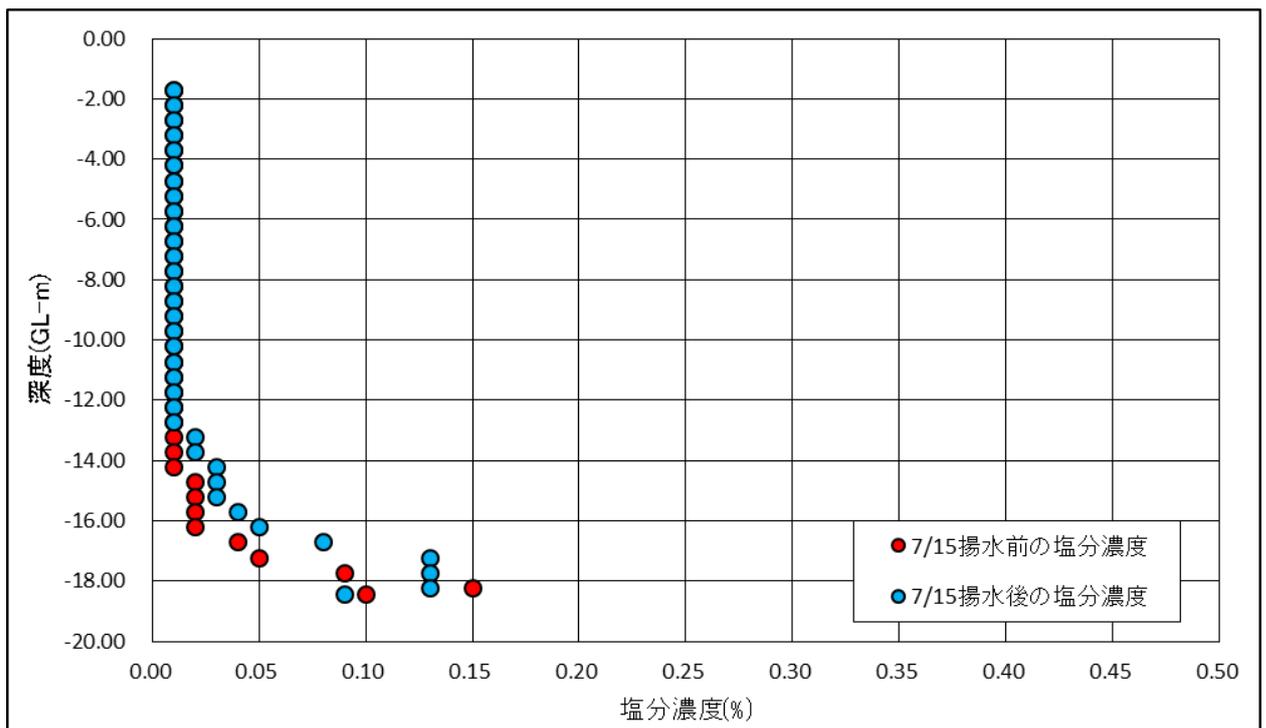


図2-11 揚水試験前及び揚水試験実施後の孔内0.5m毎の塩分分布

表 2-5 旭浜試掘孔 深度 0.5m 毎の鉛直塩分変化(揚水開始前 : 7月15日 8:40)

測定深度 (GL-m)	塩分濃度 (%)	電気伝導率 (ms/m)	水温 (°C)	地質	
1.70	0.01	19.13	15.5	玉石混じり砂礫	
2.20	0.01	18.27	14.8		
2.70	0.01	16.73	14.5		
3.20	0.01	14.84	14.1		
3.70	0.01	14.60	14.0		
4.20	0.01	15.05	13.8		
4.70	0.01	15.66	13.5		
5.20	0.01	17.29	13.0		
5.70	0.01	23.70	10.5		
6.20	0.01	25.40	9.8		
6.70	0.01	25.60	9.5		
7.20	0.01	25.80	9.4		
7.70	0.01	26.10	9.4		細砂
8.20	0.01	24.90	9.4		
8.70	0.01	25.00	9.4	シルト混じり砂礫	
9.20	0.01	26.60	9.4		
9.70	0.01	26.50	9.3		
10.20	0.01	27.10	9.3		
10.70	0.01	26.80	9.3		
11.20	0.01	27.60	9.3		
11.70	0.01	25.60	9.3		
12.20	0.01	27.40	9.2		
12.70	0.01	27.60	9.2		
13.20	0.01	26.60	9.3		
13.70	0.01	28.00	9.2		
14.20	0.01	29.70	9.2		
14.70	0.02	32.20	9.2		
15.20	0.02	33.90	9.2		
15.70	0.02	37.60	9.2		
16.20	0.02	49.00	9.2		
16.70	0.04	77.50	9.2	砂礫	
17.20	0.05	109.10	9.1		
17.70	0.09	190.60	9.1	シルト岩	
18.20	0.15	292.00	9.1		
18.40	0.10	190.10	9.1		

表 2-6 旭浜試掘孔 深度 0.5m 毎の鉛直塩分変化(揚水終了後 : 7月15日 14:20)

測定深度 (GL-m)	塩分濃度 (%)	電気伝導率 (ms/m)	水温 (°C)	地質	
1.70	0.01	16.00	14.1	玉石混じり砂礫	
2.20	0.01	14.62	14.0		
2.70	0.01	13.28	13.9		
3.20	0.01	13.27	13.8		
3.70	0.01	13.61	13.7		
4.20	0.01	14.29	13.4		
4.70	0.01	14.52	13.2		
5.20	0.01	14.72	12.5		
5.70	0.01	14.75	12.3		
6.20	0.01	14.88	11.9		
6.70	0.01	15.35	11.3		
7.20	0.01	20.20	10.3		
7.70	0.01	20.70	9.9		細砂
8.20	0.01	20.80	9.8		シルト混じり砂礫
8.70	0.01	21.10	9.7		
9.20	0.01	21.10	9.7		
9.70	0.01	22.00	9.6		
10.20	0.01	22.60	9.5		
10.70	0.01	22.50	9.5		
11.20	0.01	22.40	9.4		
11.70	0.01	23.40	9.3		
12.20	0.01	28.80	9.2		
12.70	0.01	29.90	9.2		
13.20	0.02	36.00	9.2		
13.70	0.02	40.70	9.1		
14.20	0.03	54.50	9.1		
14.70	0.03	64.60	9.1		
15.20	0.03	65.20	9.1		
15.70	0.04	72.40	9.1		
16.20	0.05	91.80	9.1		
16.70	0.08	161.70	9.1	砂礫	
17.20	0.13	256.00	9.1	シルト岩	
17.70	0.13	262.00	9.1		
18.20	0.13	257.00	9.1		
18.40	0.09	183.60	9.1		

表 2-7 旭浜試掘孔 連続揚水試験中の塩分・電気伝導率及び揚水量(7月15日)

測定時刻	塩分濃度 (%)	電気伝導率 (ms/m)	水位 (GL-m)	揚水量 (l/min)	水温 (°C)
10:32	0.01	20.20	1.99	31.0	11.7
11:02	0.01	18.83	2.09	31.0	11.8
11:32	0.01	18.40	2.14	31.0	11.5
12:02	0.01	17.89	2.15	31.0	11.5
12:32	0.01	18.00	2.20	31.0	11.7
13:02	0.01	18.53	2.20	31.0	11.8
13:32	0.01	18.46	2.16	31.0	12.1
14:02	0.01	18.56	2.19	31.0	11.9

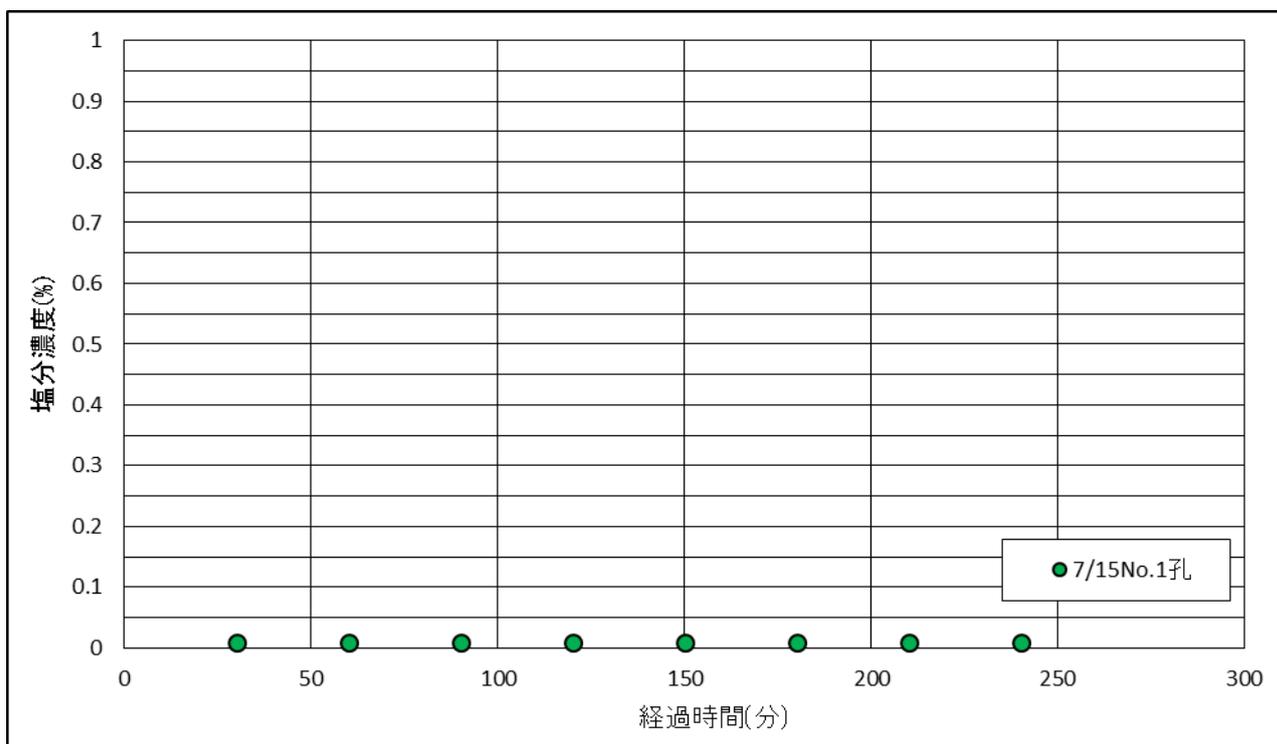


図 2-12 揚水試験中の塩分の変化

### (5) 簡易揚水試験結果

簡易揚水試験は、揚水による塩分変化及び揚水量の試算に用いる水理定数を得ることを目的とした。

試験の実施状況は以下のとおりである。

試験期間：令和3年7月15日 10:01~14:24

揚水機器：マリンカワエース NFZ 3-250S (揚水量：31.0L/min)

観測機器：絶対圧水位計(S&DLmini)・ポータブル電気伝導率計 CW-31P

孔口標高：H=2.08m

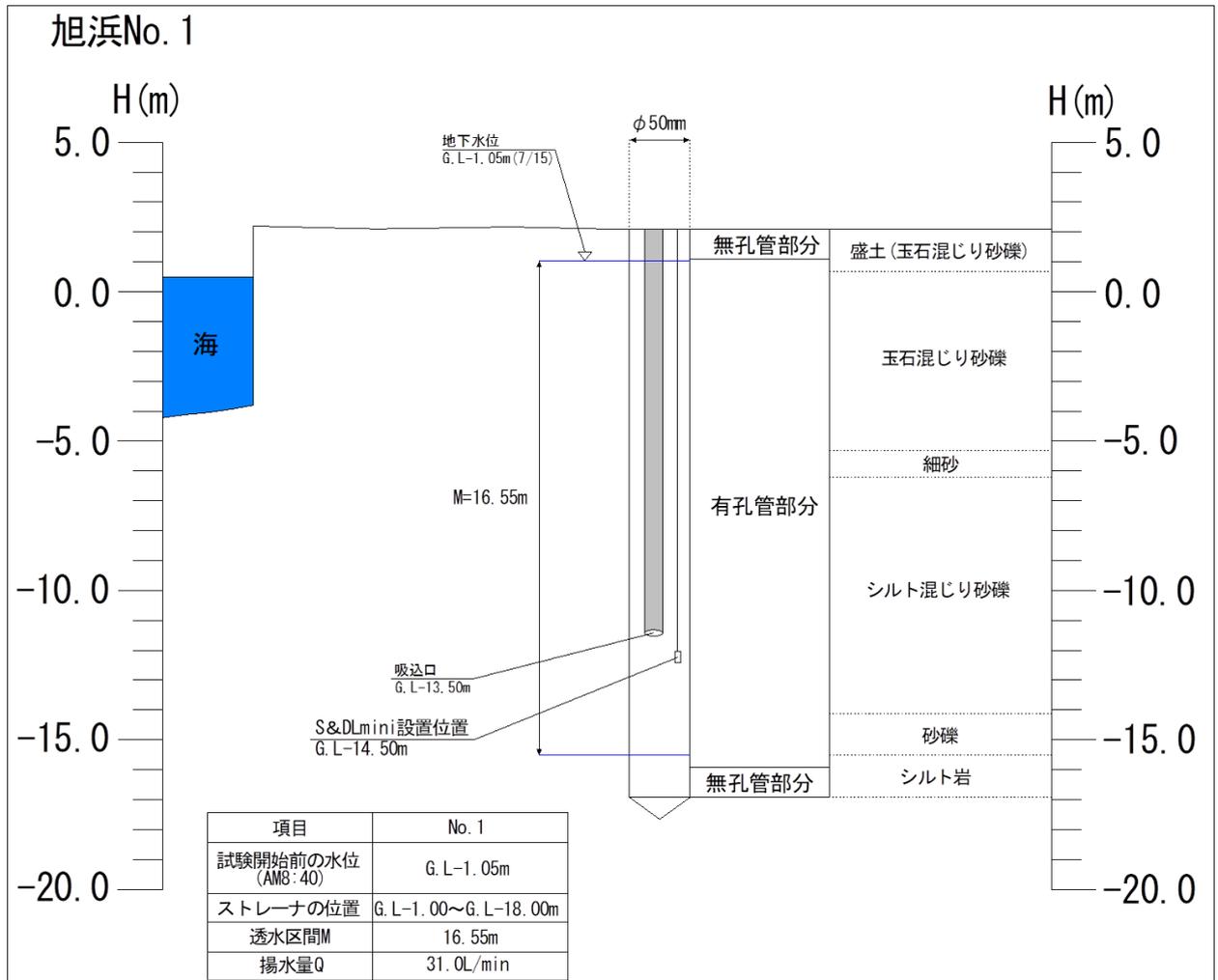


図2-13 旭浜試掘孔 簡易揚水試験実施状況

揚水試験中の水位変化を図 2-14 に示す。

ポンプ運転時及びポンプ停止時の水位降下・上昇は短時間で終了している。水位降下は揚水開始時が約 75cm で、降下後はわずかな上下動は見られるが水位はほぼ一定である。潮位に関しては 12:34 が干潮の時刻で、揚水期間中の変動幅は約 12cm である。

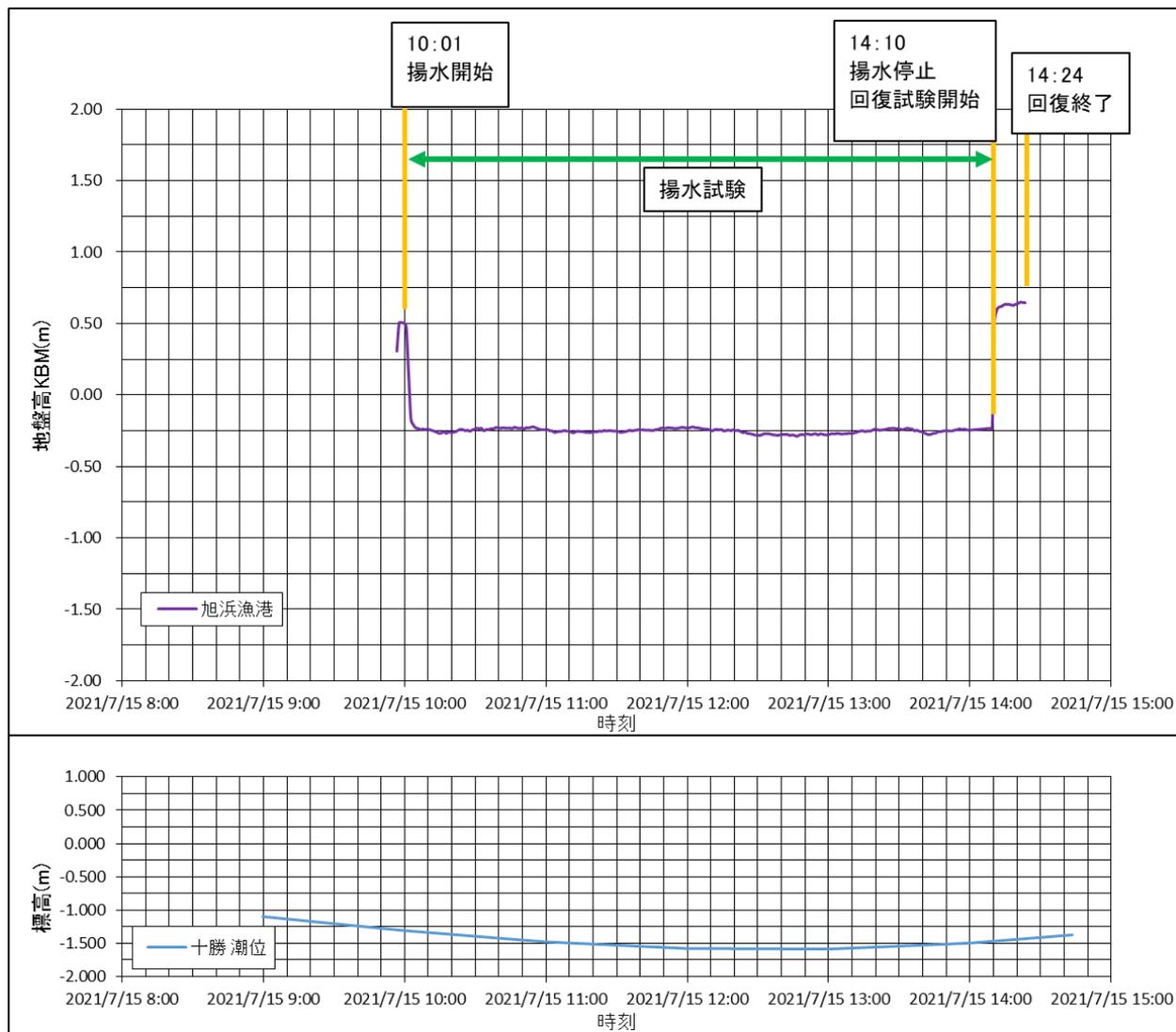


図 2-14 旭浜試掘孔 揚水試験中の水位変動と潮位変化(7月15日実施)

## (6) 揚水量の試算

(5)の項でも述べたとおり、揚水試験に伴う水位変動はポンプ運転時及びポンプ停止時の短時間で終了している。このため、旭浜漁港における簡易揚水試験結果の解析は図2-15に示す①部分を用いることとし、解析方法は「ヤコブの直線法」を用いて、透水量係数T及び透水係数kの算出を行った。また、回復試験結果の解析は図2-15に示す②部分を用いることとし、解析方法は「回復法」を用いて、同様に透水量係数T及び透水係数kの算出を行った。

簡易揚水試験で実測した水位降下量Sと経過時間tの関係を図2-16の片対数図に示した。また、回復試験より実測した残留水位降下量S'と連続揚水試験開始からの経過時間tと回復開始後の経過時間t'との比 $t/t'$ の関係を図2-17の片対数図に示した。

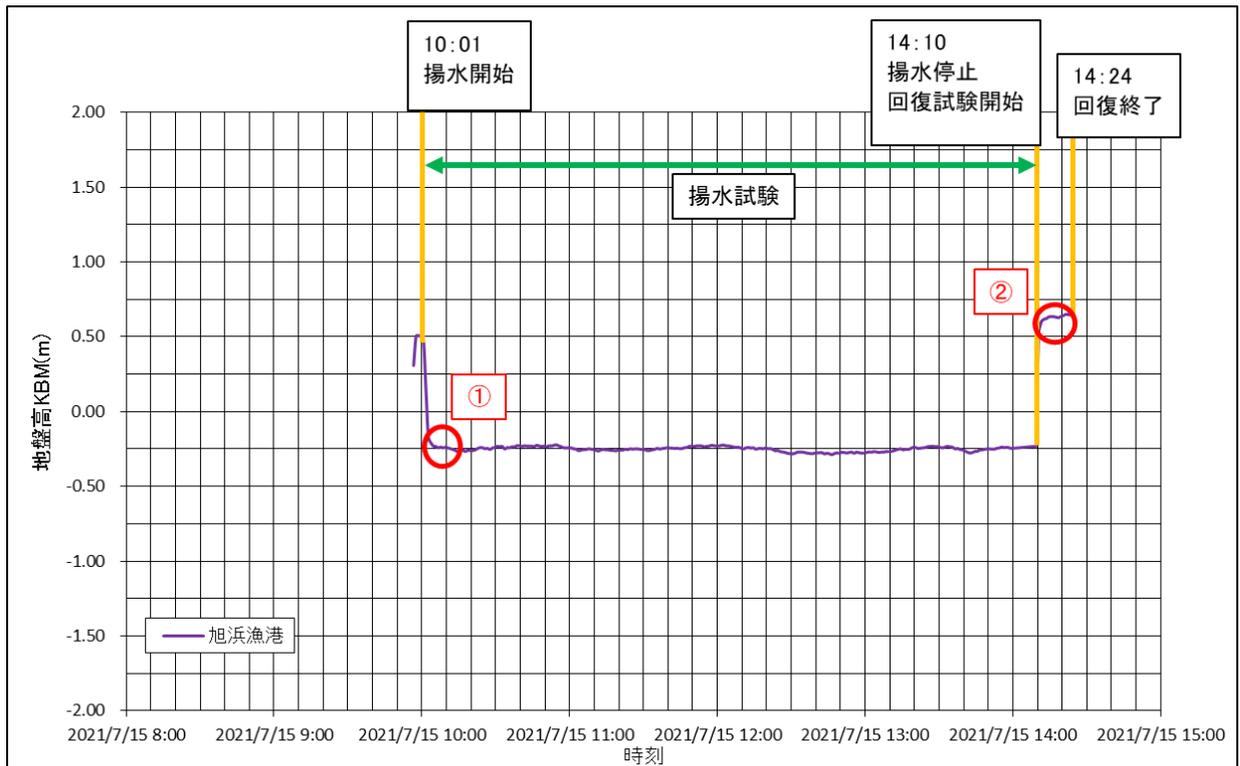


図2-15 旭浜試掘孔 揚水試験中の水位変動(7月15日)

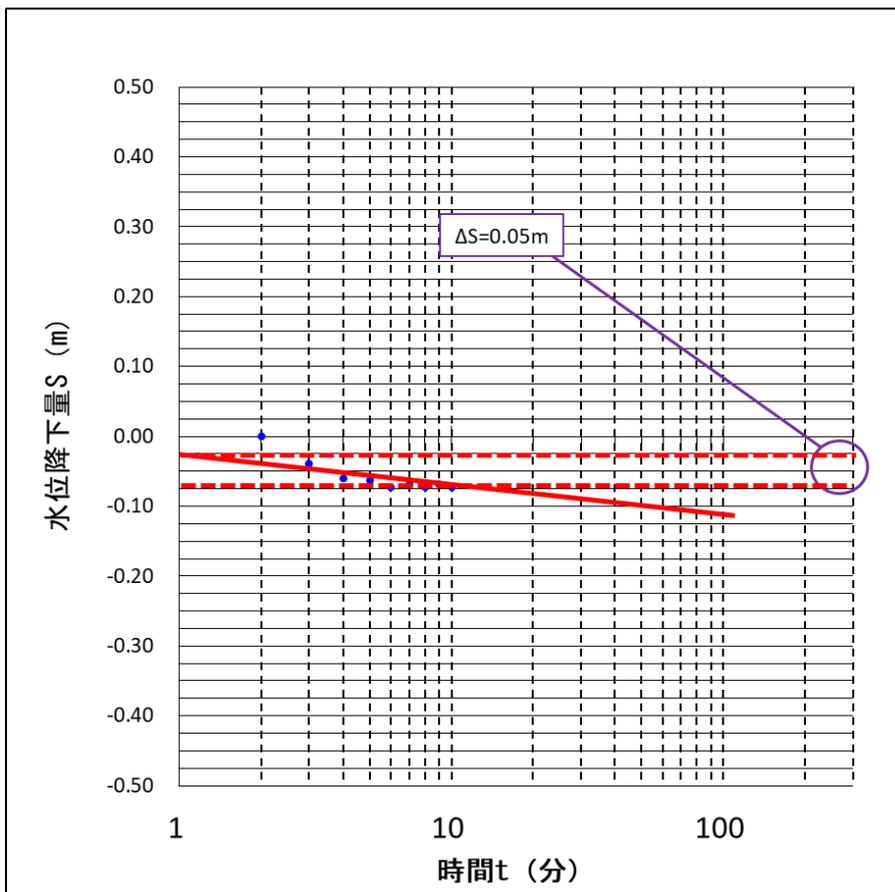


図 2-16 旭浜の簡易揚水試験 ヤコブの直線法による解析

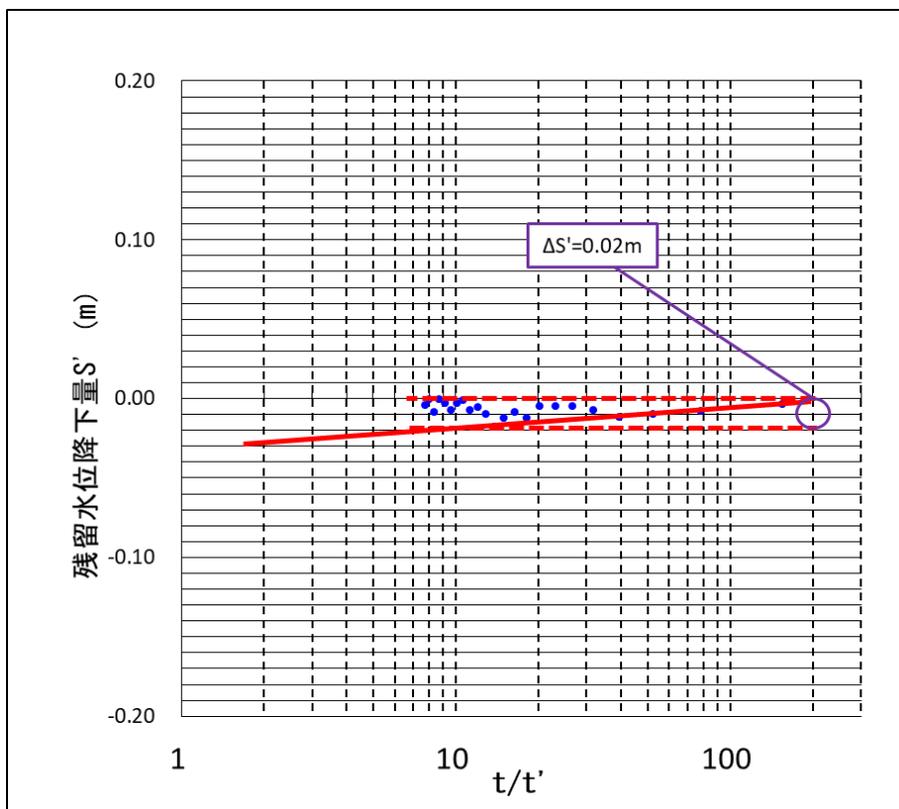


図 2-17 旭浜の簡易揚水試験 回復法による解析

1) ヤコブの直線法による解析結果

透水量係数 T は次式により求められる。

$$T=2.3Q/(4 \cdot \pi \cdot \Delta S) \quad (\text{ヤコブの直線法})$$

ここで、

$$Q \text{ (揚水試験時の揚水量)} : 0.031\text{m}^3/\text{min}$$

$$\Delta S \text{ (図 2-16 における } \log t \text{ の 1 サイクル分の水位降下量)} : 0.05\text{m}$$

揚水量が 31 L/min の時、

$$T = (2.3 \cdot 0.031) / (4 \cdot \pi \cdot 0.05) = 0.113477474\text{m}^2/\text{min}$$

透水係数 k は次式により求められる。

$$k=T/M$$

ここで、

$$M \text{ (透水層の厚さ)} : 16.55\text{m} \quad (\text{図 2-13 参照})$$

よって、

$$k=0.113477474/16.55=0.006856645 \text{ (m/min)}=1.1 \times 10^{-4} \text{ (m/s)}$$

となる。

透水係数は地盤の種類によって大きく異なる。地盤の種類と透水係数の関連性を図 2-18 に示す。

	$10^{-11}$	$10^{-10}$	$10^{-9}$	$10^{-8}$	$10^{-7}$	$10^{-6}$	$10^{-5}$	$10^{-4}$	$10^{-3}$	$10^{-2}$	$10^{-1}$	$10^0$ (m/s)
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		微細砂、シルト、砂-シルト-粘土混合土				砂および礫		清浄な礫			

図 2-18 地盤の種類と透水係数の対応<sup>5</sup>

旭浜試掘孔の透水層は礫質土主体であり、図 2-18 において算出した透水係数は「砂および礫」に該当し、本孔の透水性が「中位」であることを示している。

<sup>5</sup> 地盤調査の方法と解説 (社団法人 地盤工学会)

## 2) 簡易揚水試験結果を用いた揚水量試算

簡易揚水試験に拠る透水係数を、揚水量試算のための理論公式に代入して孔内水の揚水量  $Q$  を試算する。理論公式は試掘井が自由水面を持つ地下水(不圧地下水)の井戸で、かつ井底が不透水層にまで達する条件で次の式を使用する。

井戸形式及び理論公式を図 2-19 に示す。

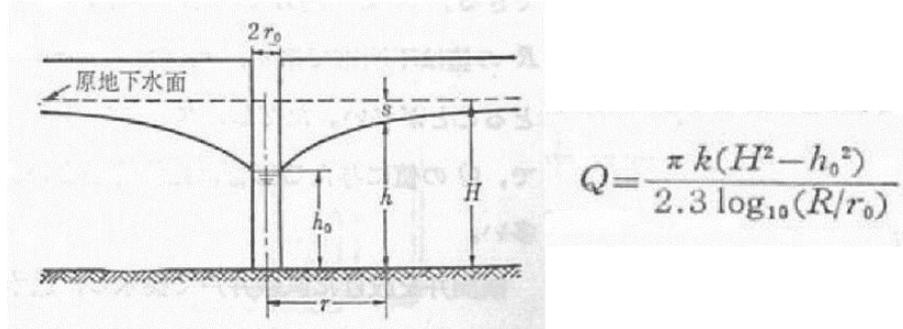


図 2-19 井戸形式図及び理論公式<sup>6</sup>

図 2-19 の理論公式で地下水位を 100 cm 低下させた場合の揚水量を試算することとし、表 2-8 の計算条件を使用する。

表 2-8 旭浜 試算条件

	単位	A地点	備考
H	m	16.55	
$h_0$	m	15.55	100cm水位低下時
k	m/min	0.0068	$1.1 \times 10^{-4}$ (m/s)
R	m	25	地理条件より仮定
$2r_0$	m	0.3	仮定

表 2-8 の計算条件及び図 2-19 の理論公式を用いて算出した揚水量を表 2-9 に示す。

表 2-9 旭浜 揚水量試算結果

	単位	A地点	備考
揚水量Q	m <sup>3</sup> /分	0.135	100cm水位低下時
	m <sup>3</sup> /時	8.11	

<sup>6</sup> 「水理公式集」土木学会 昭和 46 年

### 3) 回復法による解析結果

透水量係数  $T$  は次式により求められる。

$$T=0.183Q/\Delta S \quad (\text{回復法})$$

ここで、

$$Q \text{ (揚水試験時の揚水量)} : 0.031\text{m}^3/\text{min}$$

$$\Delta S \text{ (図 2-17 における } \log t \text{ の 1 サイクル分の水位降下量)} : 0.02\text{m}$$

揚水量が 31 L/min の時、

$$T = (0.183 \cdot 0.031) / 0.02 = 0.28365\text{m}^2/\text{min}$$

透水係数  $k$  は次式により求められる。

$$k=T/M$$

ここで、

$$M \text{ (透水層の厚さ)} : 16.55\text{m} \quad (\text{図 2-13 参照})$$

よって、

$$k=0.28365/16.55=0.017138973 \text{ (m/min)}=2.8 \times 10^{-4} \text{ (m/s)}$$

となる。

透水係数は地盤の種類によって大きく異なる。地盤の種類と透水係数の関連性を図 2-20 に示す。

	$10^{-11}$	$10^{-10}$	$10^{-9}$	$10^{-8}$	$10^{-7}$	$10^{-6}$	$10^{-5}$	$10^{-4}$	$10^{-3}$	$10^{-2}$	$10^{-1}$	$10^0$ (m/s)
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		微細砂、シルト、砂-シルト-粘土混合土				砂および礫		清浄な礫			

図 2-20 地盤の種類と透水係数の対応<sup>7</sup>

旭浜試掘孔の透水層は礫質土主体であり、図 2-20 において算出した透水係数は「砂および礫」に該当し、本孔の透水性が「中位」であることを示している。

<sup>7</sup> 地盤調査の方法と解説 (社団法人 地盤工学会)

#### 4) 回復試験結果を用いた揚水量試算

回復試験に拠る透水係数を、揚水量試算のための理論公式に代入して孔内水の揚水量  $Q$  を試算する。理論公式は試掘井が自由水面を持つ地下水(不圧地下水)の井戸で、かつ井底が不透水層にまで達する条件で次の式を使用する。

井戸形式及び理論公式を図 2-21 に示す。

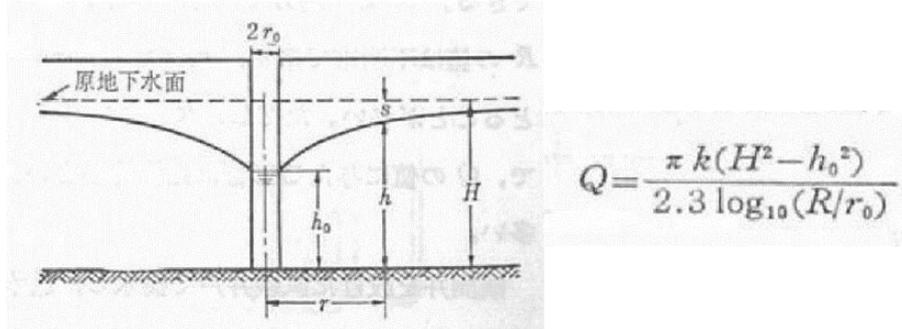


図 2-21 井戸形式図及び理論公式<sup>8</sup>

図 2-21 の理論公式で地下水位を 100 cm 低下させた場合の揚水量を試算することとし、表 2-10 の計算条件を使用する。

表 2-10 旭浜 試算条件

	単位	A地点	備考
H	m	16.55	
$h_0$	m	15.55	100cm水位低下時
k	m/min	0.017	$2.8 \times 10^{-4}$ (m/s)
R	m	25	地理条件より仮定
$2r_0$	m	0.3	仮定

表 2-10 の計算条件及び図 2-21 の理論公式を用いて算出した揚水量を表 2-11 に示す。

表 2-11 旭浜 揚水量試算結果

	単位	A地点	備考
揚水量Q	$\text{m}^3/\text{分}$	0.338	100cm水位低下時
	$\text{m}^3/\text{時}$	20.29	

<sup>8</sup> 「水理公式集」土木学会 昭和46年

(7)まとめ

揚水した孔内水の塩分は0.01%で安定しており、海水井戸として塩分は満足しない結果となった。揚水試験前の孔内塩分は0.01~0.15%と深度毎の増減はわずかであった。鉛直塩分は揚水後に主に深部(深度13.0m以深)で上昇しているが、最大で0.13%であることから、本孔では揚水により段丘あるいは扇状地からの淡水起源の地下水を主体に引き込んでいると推察される。

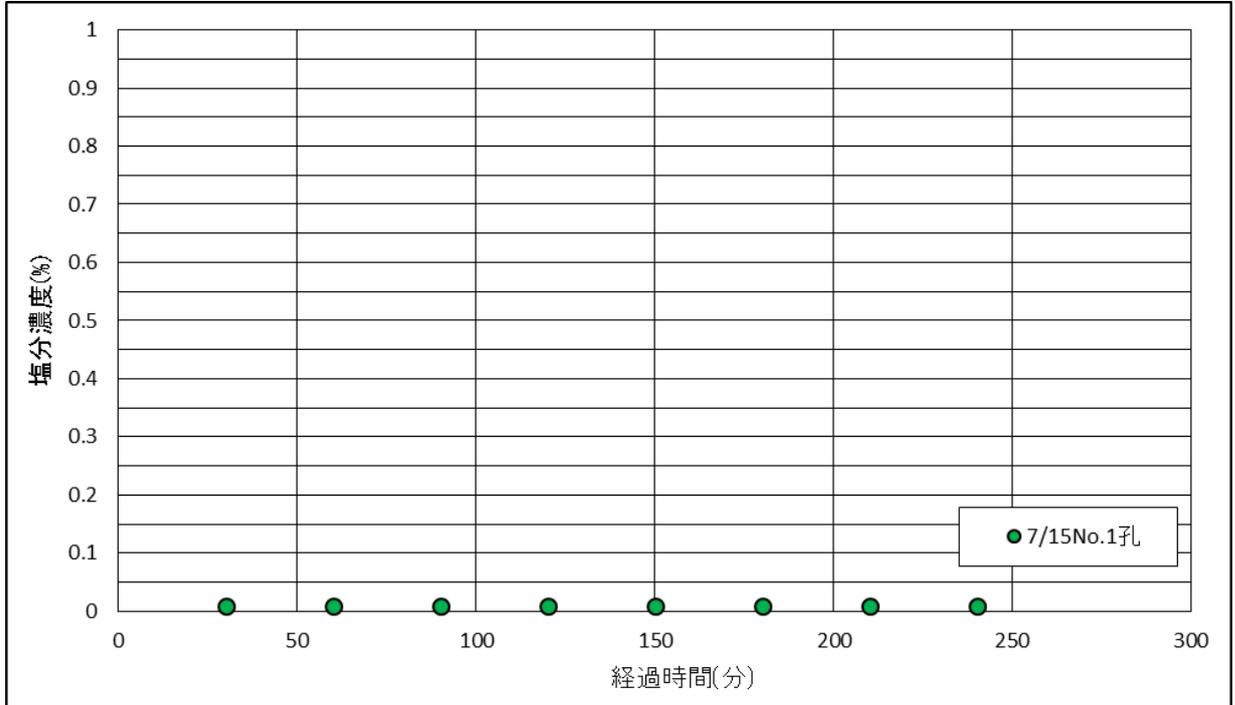


図 2-22 揚水試験中の塩分変化

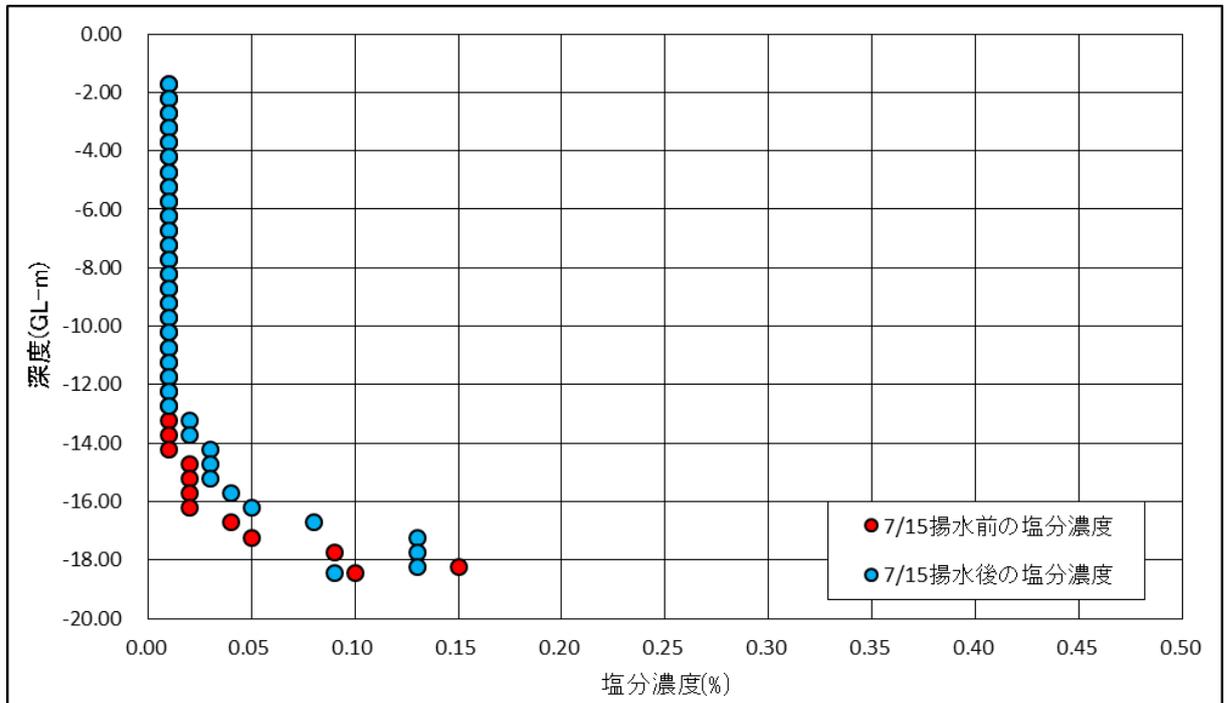


図 2-23 揚水試験前及び揚水試験後の孔内0.5m毎の塩分分布

簡易揚水試験結果より、ヤコブの直線法による解析及び回復法に拠る解析結果を用いた揚水量の試算結果は表 2-12 に示すとおりである。

表 2-12 旭浜試掘孔 揚水量試算結果

	手法	単位	旭浜No. 1	備考
揚水量Q	ヤコブの直線法	m <sup>3</sup> /分	0.135	100cm水位低下時
		m <sup>3</sup> /時	8.11	
	回復法	m <sup>3</sup> /分	0.338	
		m <sup>3</sup> /時	20.29	

井戸径 300mm での揚水量は 0.135~0.338 (m<sup>3</sup>/分) の結果を得たが、小口径の試験井戸で実施した簡易揚水試験結果からの推定値であるため、実際の井戸能力については、井戸削孔後に揚水試験を行い、確認することが必要である。