

4. 岩手県大槌(おおつち)漁港

4-1 漁港施設用地における地下海水の取水可能性の検討

試掘場所を図4-1に示す。



縮尺 1 : 50,000

「地理院地図 国土地理院 <http://maps.gsi.go.jp/>」より一部抜粋加筆

図 4-1 調査地案内図

(1) 地形概要

調査地付近は、北上高地の太平洋沿岸部に面し、リアス海岸によって特徴付けられる。リアス海岸は起伏の大きい山地が沈水し、生じた樹枝状の入り江を持つ海岸である。調査地付近では大小様々な入り江が発達し、これらの入り江には扇状地状の緩斜面と狭小な平坦面が形成される。

調査地は、三陸鉄道リアス線「大槌駅」の東約 1.3km に分布する人工改変地（埋立て地）であり、旧地形図より少なくとも昭和 28 年までは海域であったことがわかる。



図 4 - 2 調査地付近地形図²³

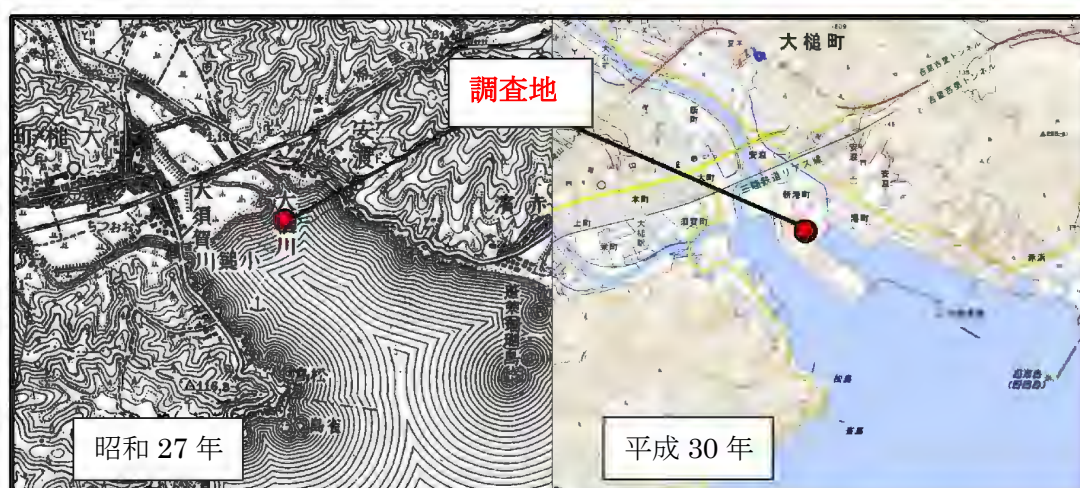


図 4 - 3 新旧地形図比較²⁴

²³ 「地理院地図 国土地理院 <http://maps.gsi.go.jp>」より一部抜粋加筆

²⁴ 「50000 分の 1 地形図 大槌」(国土地理院 昭和 27 年応修)より一部抜粋加筆

(2) 地質概要

調査地は、「5 万分の 1 地質図幅 大槌」(地質調査所 1964) においては海域と示されているが、現在は漁港整備に伴う盛土造成がなされている地域にあたる (図 4-4)。

本調査では、盛土の下位に礫混じり砂及びシルト質砂とシルトの互層を確認し、全て沖積層としてとりまとめた。



図 4-4 調査地付近地質図²⁵

²⁵ 「5 万分の 1 地質図 大槌」(地質調査所 1964) より一部抜粋加筆

4-2 漁港施設用地における試掘等

試掘結果の概要を表4-1に示す。

表4-1 試掘調査結果の概要

調査内容			単位	大槓
機械ボーリング	φ86mm ※	砂・砂質土	m	12.00
		合計		12.00
試掘井設置	仕上がり口径 φ50mm		箇所	1
簡易揚水試験	連続揚水試験(4h)		回	1
塩分・電気伝導率測定	地下水位以下深度0.5m毎測定及び揚水時30分毎測定		式	1
仮設	平坦地足場(箇所)		箇所	1

※コアはφ66mmで採取した。

(1) 機械ボーリングと試掘井設置

機械ボーリングは、試掘井設置及び地質構成の確認を目的として実施した。

ボーリング装置はハイドロリックフィード式ボーリング装置(図2-5参照)を使用し、掘削孔径 $\phi 86\text{ mm}$ オールコアボーリングで実施した(コア採取は $\phi 66\text{ mm}$)。ボーリング掘削に際しては、孔壁保護のためケーシング挿入を実施し、掘削能率の向上に努めた。

試掘井は、簡易揚水試験、塩分・電気伝導率測定を実施する為に設置した。掘削口径は $\phi 86\text{ mm}$ 仕上がり孔径は $\phi 50\text{ mm}$ とし、取水区間を 0.5 m 幅スリット有孔管とした。また掘削孔壁と試掘井間の空隙には、珪砂2号($\phi 2\sim 4\text{ mm}$)を外周充填砂利として使用し、珪砂上部はベントナイトペレット及び発生土を用いて遮水した。

既往柱状図(大槌漁港機能強化地質調査業務委託 図4-5)によると、調査地において対象となる帯水層は、上部の帯水層①(岩塊混じり砂礫)及び下部の帯水層②(シルト混じり砂礫～砂礫層)の2層となる。

帯水層①は地表～GL-7.00m程度まで分布し、地下水位がGL-1.55mに確認されていることから、帯水層としての層厚も十分に有しており、直接取水に近い揚水量が得られると予想された。水質に関しては淡水の流入量次第ではあるが、海水と同程度は期待できる。ただし浅部の帯水層であるため、孔内水の水温は季節変動、気象変動等による影響を受けて変動すると推察される。

下部の帯水層②は帯水層①の下位に介在する層厚30m程度の不透水層の下位に分布している。深層であることから孔内水の恒温性は十分に機能していると考えられるが、水質及び塩分に関しては不明であり、淡水の帯水層である可能性がある。

よって本調査では、上部の帯水層①を対象とした試掘井設置を実施した。試掘井の様子は図4-6に示す。

[illegible]

シート No 1

ボーリング名	B-1		調査位置	上関伊都大埴町港町地内				北緯	39° 21' 17.8"	
発注機関	沿岸広域振興局水産部			調査期間	平成 26年 7月 28日 ~ 26年 8月 12日			東経	141° 55' 6.3"	
調査業者名	株式会社 一測設計 電話 (0191-24-2222)	主任技師	小泉 友宏	現代理人	小泉 友宏	コ定者	小泉 友宏	ボーリング責任者	佐藤 栄成	
孔口標高	DL 2.30m	角	180° 上 90° 下	方	北 0° 270° 西 180°	地盤勾配	水平 0° 鉛垂 90°	使用機種	試錐機	東邦製 D O-C
総掘進長	53.00m	度		向		エンジン	ヤンマー製 NFD-10	ハンマー落下用具	ポンプ	東邦製 BG-3B

標高 尺	層厚 (m)	深度 (m)	柱状 (m)	土質 区分	色調	相対 密度	相対 稠度	記 事	孔内 水位 (m) / 測定 月日	標準貫入試験				原位置試験 深 度 (m)	試験名 および結果	深 度 (m)	採取 番号	室内 試験 ()	進 月 日
										深 度 (m)	10cmごとの 打撃回数	打撃回数 / 貫入 量 (cm)	値						
1				盛土 (岩塊混じり砂礫)	褐色			掘り盛土。 長さ5~10cmの片状~短柱状コアで 採取される砂礫と、φ4cm以下の角 礫を主とする。深部コアで礫みに 細粒分を含む全体的にゆるいしま りを呈する。含水比は高値。	7/29 1.50	1.15	14	11	9	34	34				
2										1.45	6	2	2	10	10				
3										2.15	4	3	3	10	10				
4										3.12	4	2	1	7	7				
5										3.25	4	2	1	7	7				
6										4.15	4	2	1	7	7				
7	-4.70	7.00	7.00	礫混じり砂質シルト	褐色			φ2cm以下の角礫を1~2割含む粘り 気の強いシルト。指が容易に貫入す る程度の軟らかさ。含水比高値。		4.48	4	2	1	7	7				
8	-5.70	1.00	8.00							5.15	4	2	1	7	7				
9										5.25	6	2	1	9	9				
10										6.15	6	2	1	9	9				
11										9.45	1	1	1	3	3				
12										7.15	1	1	1	3	3				
13										7.25	1	1	1	3	3				
14										8.15	1	1	1	3	3				
15										8.45	2	2	2	6	6				
16										9.15	2	2	2	6	6				
17										9.45	2	2	2	6	6				
18										10.15	2	2	2	6	6				
19										10.45	1	2	2	5	5				
20										11.15	1	2	2	5	5				
21										11.25	1	2	2	5	5				
22										12.15	1	2	2	5	5				
23										12.45	1	2	2	5	5				
24										13.15	1	2	2	5	5				
25										13.45	3	3	2	8	8				
26										14.45	2	2	2	6	6				
27										15.15	2	2	2	6	6				
28										15.45	1	2	3	6	6				
29										16.45	5	6	6	17	17				
30										17.45	1	2	2	5	5				
31										18.45	2	2	3	7	7				
32										19.45	2	2	2	6	6				
33										20.15	2	2	2	6	6				
34										20.45	2	2	2	6	6				
35										21.15	2	2	2	6	6				
36										21.45	2	2	2	6	6				
37										22.45	2	2	2	6	6				
38										23.15	2	2	2	6	6				
39										23.45	2	2	2	6	6				
40										24.15	2	2	2	6	6				
41										24.45	2	2	2	6	6				
42										25.15	2	2	2	6	6				
43										25.45	3	3	2	8	8				

图 4-5 (1) 既往柱状图 (大槌)

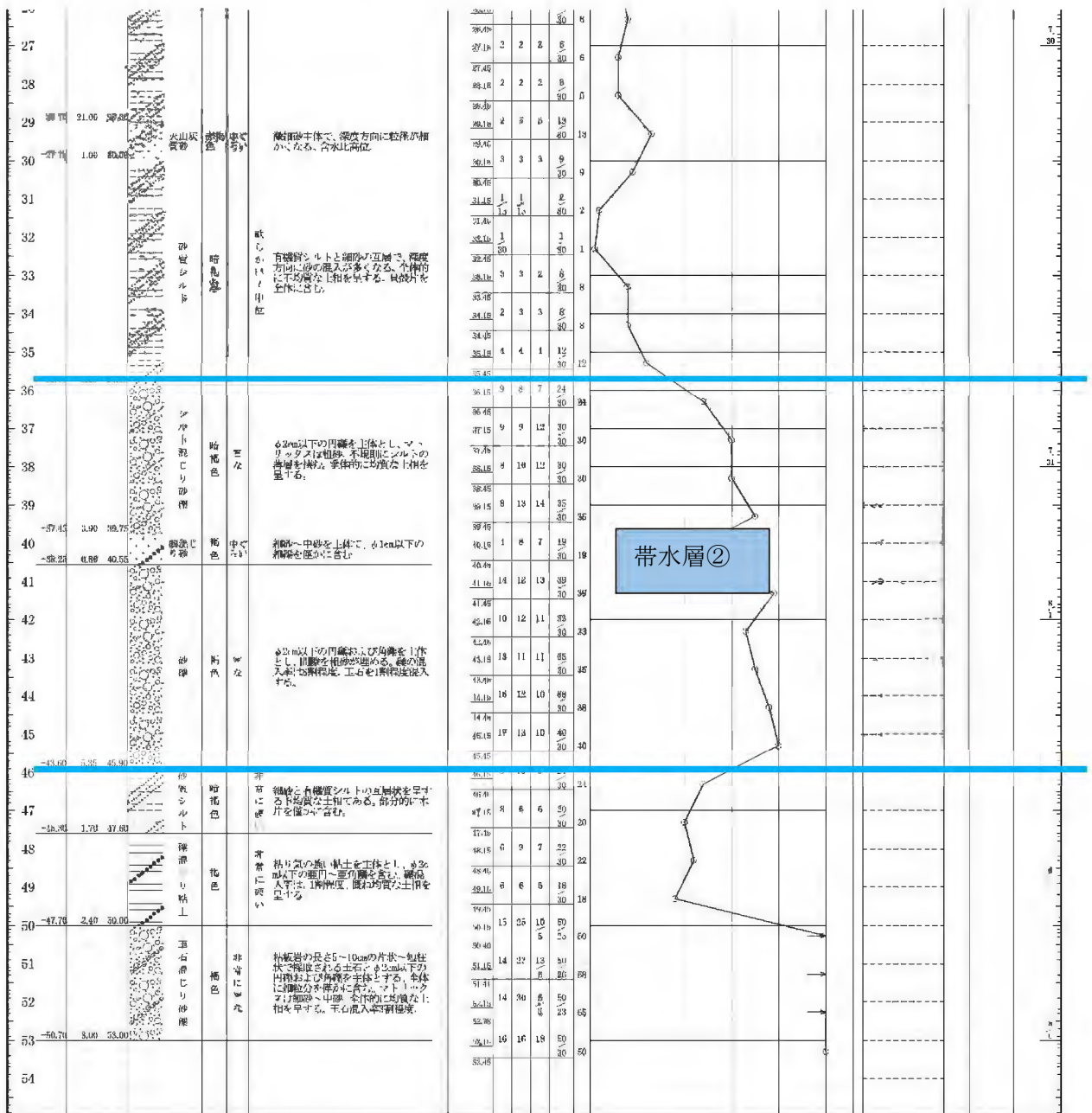


図 4 - 5 (2) 既往柱状図 (大槓)

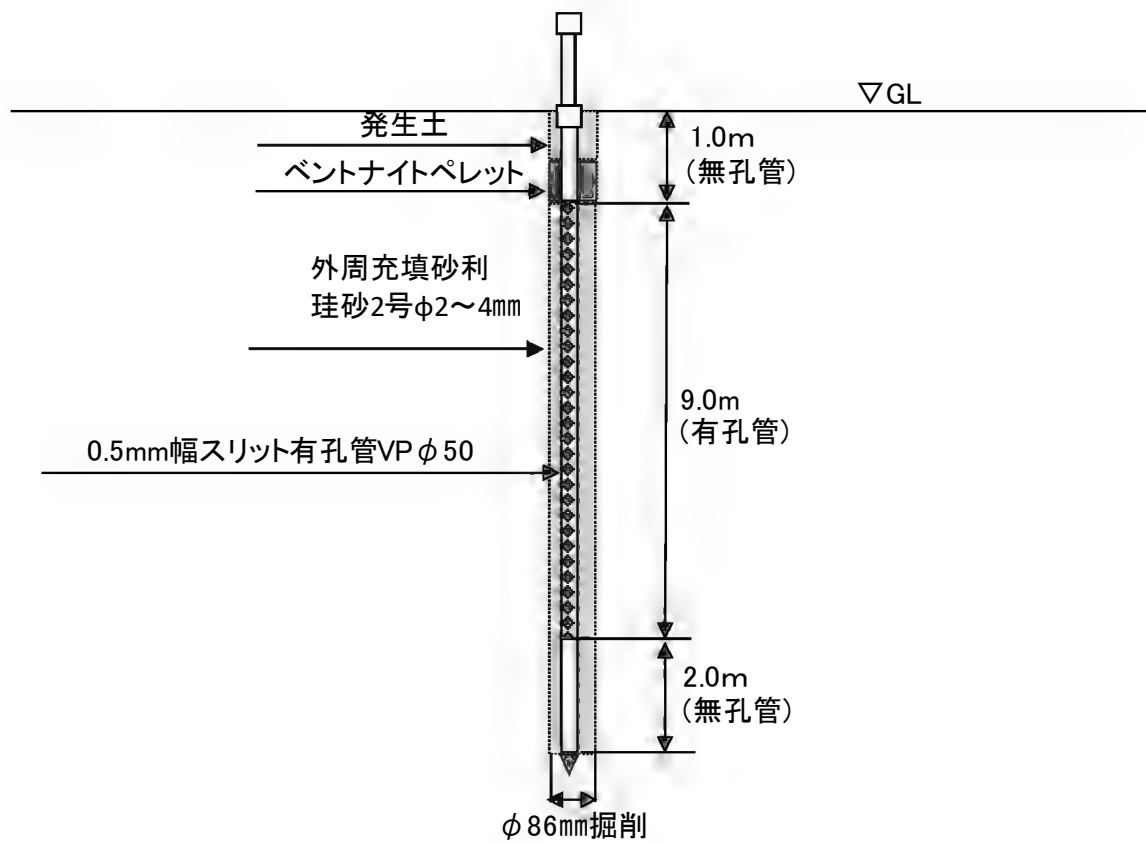


図 4 - 6 試掘井仕様(大槌)

(2)簡易揚水試験と塩分・電気伝導率測定

簡易揚水試験は、揚水の塩分及び揚水に伴う孔内水位の低下量と経過時間の相関から透水係数を求め、これにより調査地の揚水量を試算する為に実施した。

揚水試験は通常、井戸の能力試験と帯水層試験に大別され、能力試験として段階揚水試験、帯水層試験として連続揚水試験及び回復試験を実施するが、本調査では段階揚水試験は行わず、単一の揚水量(L/min)で連続揚水試験及び回復試験を実施した。

揚水作業には家庭用ポンプ(カワエース(最大吐出量：36.1L/min))を使用し、孔内水の変動は絶対圧水位計(S&DLmini)を用いて測定した。

塩分・電気伝導率測定は対象となる地下水が海水と同等、もしくは近い塩分を持つ水であることを確認する為に実施した。測定にはポータブル電気伝導率計(CM-31P)を使用し、揚水開始前及び揚水後に孔内 0.5m 深毎の測定及び揚水作業中 30 分毎の測定を実施した。

(3)機械ボーリング結果

機械ボーリングは、調査地点位置図(図4-8)に示す1箇所で行った。

機械ボーリングの詳細は、調査地の地質構成を表4-2及びボーリング柱状図を図4-7にまとめた。

表 4-2 調査地の地質層序表

地質時代			地層名	地質名	記号	層厚 (m)	記事
新 生 代	第 四 紀	完 新 世	盛土	礫混じり細砂	bn	2.50	全体に礫径10～70mmの角～亜円礫を混入する。最大礫径250mmの玉石を混入する。
			沖積層	礫混じり砂	as1	1.50	主に細砂からなる。全体に礫径2～30mmの亜角～亜円礫を含む。
				シルト質砂とシルトの互層	as2/ac	8.00以上	シルト質砂とシルトが互層を成している。深度4.0～10.0m間はシルト質砂～細砂を主体とし、深度10.0m以深はシルト～砂質シルトを主体とする。

ボーリング名	大船-1	調査位置	岩手県上閉伊郡大船町港町6	北緯	39° 21' 20.1000"
発注機関	水産庁栽培養殖課	調査期間	2020/ 6/ 3~2020/ 6/ 5	東経	141° 55' 04.4000"
調査業者名	マリノフォーラム21	主任技師	菊地 真	現場代理人	葛巻 主吾
電話	03-6280-2792	コ監定者	葛巻 主吾	ボーリング責任者	高尾 正和
孔口標高	KBM -0.32m	角	180° 上 下 0°	方	北 0° 東 90° 南 180° 西 270°
総掘進長	12.00m	地盤勾配	0° 鉛直	使用機種	ハンマー 落下用具
		エンジン	ヤンマーNFD12	ポンプ	東邦K3

標尺	層厚	深度	柱状図	土質	色	相対密度	相対稠密	記号	標準貫入試験	原位置試験	試料採取	掘進
m	m	m	m	図	分	調	度	事	深 度 m	深 度 m	深 度 m	深 度 m
1				as1	褐色			全体に粒径10~70mmの角~亜円礫を含む礫混じり細砂からなる盛土である。最大粒径250mmの玉石を混入する。				
2												
3				as2/ac	褐色			主に細砂からなり、深度2.8~3.0m間は褐色の中砂からなる。全体に粒径2~30mmの亜角~亜円礫を含む。深度3.90m付近、砂質シルトを挟む。				
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												

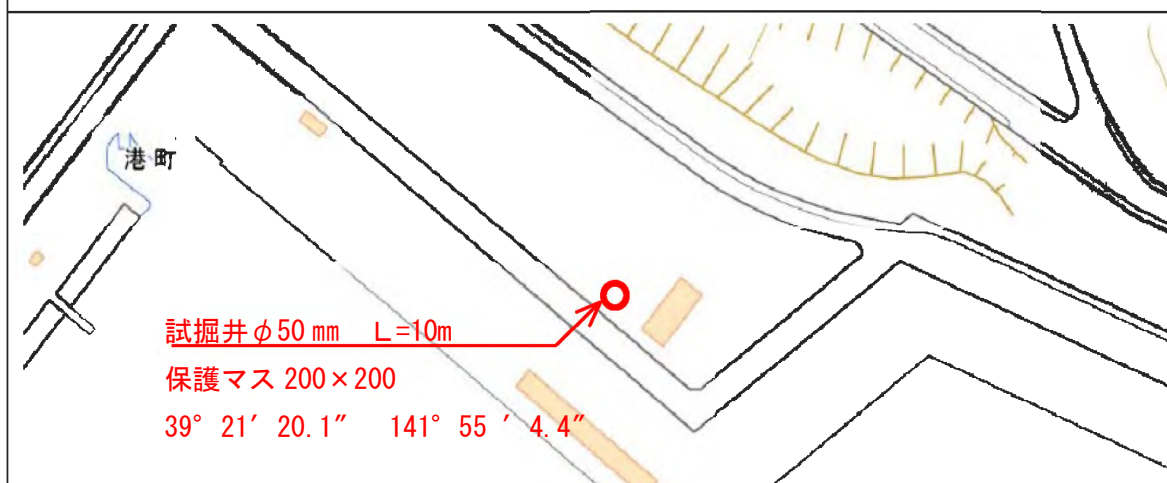


図4-7 ボーリング柱状図及びコア写真

平面図（全体配置） 縮尺 1 : 10,000



平面図（試掘井位置） 縮尺 1 : 3000



求積図（試掘井 VP50） 縮尺 1 : 10

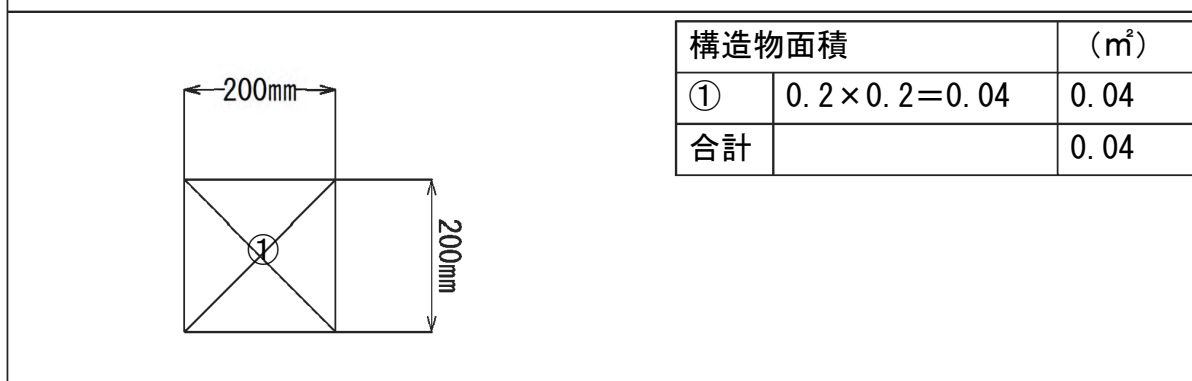


図 4 - 8 調査位置図及び求積図

1) 新生代第四紀完新世沖積層

沖積層は下位から、シルト質砂とシルトの互層 (as2/ac) 及び礫混じり砂 (as1) に区分した。各層の特徴を以下に示す。

A シルト質砂とシルトの互層 (as2/ac)

深度 4.0～10.0m 間、シルト質砂～細砂を主体とする。細砂は中砂を含んで不均一である。深度 5.5m 付近及び深度 9.3m 付近に貝殻片、深度 5.7m 付近に植物片を混入する。深度 7.0～7.3m 間は礫混じり細砂からなり、最大礫径 35mm の亜円礫を含む。深度 10.0m 以深はシルト～砂質シルトを主体とし、部分的に細砂を挟む。また、植物片を部分的に含む。色調は暗灰色を呈する。

B 礫混じり砂 (as1)

細砂主体で、深度 2.8～3.0m 間は褐灰色の中砂からなる。全体に礫径 2～30mm の亜角～亜円礫を含む。深度 3.9m 付近、砂質シルトを挟む。色調は暗灰色を呈する。

2) 盛土 (bn)

全体に礫径 10～70mm の角～亜円礫を含む礫混じり細砂である。最大礫径 250mm の玉石を混入する。色調は褐灰色を呈する。

掘進中の地下水位は以下のとおりである。

表 4－3 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
B-1 (KBM-0.32m)	8月3日	初期無水	1.4	・掘進深度G. L-1.80m
	8月4日	作業前水位	1.4	・掘進深度G. L-1.80m
		作業後水位	0.8	・掘進深度G. L-12.0m ・ケーシング先端深度G. L-11.50m
	8月5日	作業前水位	1.1	・掘進深度G. L-12.0m ・ケーシング先端深度G. L-11.50m

(4) 塩分・電気伝導率測定結果

簡易揚水試験実施前、揚水試験中及び揚水試験後に実施した B-1 孔の塩分・電気伝導率の測定結果を以下に示す。

測定期間；8月6日（連続揚水試験；7：08～11：13 回復試験；11：13～11：23）

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-10.5m

地下水位；G. L-1.22m

揚水管の吸い込み口；G. L-9.50m

表 4－4 B-1 孔 深度 0.5m 毎の鉛直塩分変化（揚水開始前：8月6日 AM6:30）

測定深度(GL-m)	塩分(%)	電気伝導率(s/m)	水温(°C)	地質
1.5	0.12	0.243	18.00	盛土 (礫混じり細砂)
2.0	0.13	0.254	16.70	
2.5	0.17	0.331	15.80	
3.0	0.20	0.393	15.60	礫混じり砂
3.5	0.20	0.391	15.40	
4.0	0.20	0.397	15.20	
4.5	0.23	0.437	14.90	シルト質砂と シルトの互層
5.0	0.26	0.501	14.70	
5.5	0.26	0.502	14.60	
6.0	0.26	0.500	14.50	
6.5	0.26	0.493	14.50	
7.0	0.26	0.496	14.50	
7.5	0.26	0.502	14.40	
8.0	0.28	0.529	14.30	
8.5	0.31	0.587	14.30	
9.0	0.33	0.629	14.20	
9.5	0.72	1.303	13.70	
10.0	0.98	1.720	13.50	
10.5	1.00	1.764	13.40	

表 4－5 B-1 孔 連続揚水試験中の揚水の塩分・電気伝導率及び揚水量（8 月 6 日）

測定時刻	塩分(%)	電気伝導率(s/m)	水位(GL-m)	揚水量(l/min)	水温(°C)
7:38	0.19	0.362	1.43	30.00	16.60
8:08	0.19	0.366	1.48	30.00	16.10
8:38	0.18	0.356	1.53	30.00	16.40
9:08	0.17	0.336	1.57	30.00	16.20
9:38	0.16	0.319	1.61	30.00	16.20
10:08	0.17	0.326	1.66	30.00	16.50
10:38	0.17	0.328	1.70	30.00	16.80
11:08	0.35	0.652	1.97	30.00	16.10

表 4－6 深度 0.5m 毎の鉛直塩分変化（揚水終了後：8 月 6 日 AM11:25）

測定深度(GL-m)	塩分(%)	電気伝導率(s/m)	水温(°C)	地質
2.0	0.10	0.204	17.00	盛土 (礫混じり細砂)
2.5	0.10	0.200	16.40	
3.0	0.11	0.210	16.10	礫混じり砂
3.5	0.11	0.221	16.00	
4.0	0.16	0.321	15.90	
4.5	0.30	0.551	15.10	シルト質砂と シルトの互層
5.0	0.45	0.847	14.90	
5.5	0.70	1.267	14.00	
6.0	0.73	1.320	14.00	
6.5	0.76	1.368	13.80	
7.0	0.78	1.403	13.80	
7.5	0.73	1.328	13.90	
8.0	0.66	1.199	14.00	
8.5	0.69	1.253	13.90	
9.0	0.73	1.317	13.80	
9.5	0.76	1.366	13.80	
10.0	0.74	1.334	13.90	
10.5	0.92	1.623	13.60	

表 4－4 に示す 8 月 6 日の揚水試験前の B-1 孔の孔内水の塩分は 0.12～1.00% であり、揚水試験中は 0.16～0.35% に変化している。揚水終了後の孔内水の塩分は表 4－6 に示すように 0.10～0.92% となる。また、揚水試験前及び揚水試験後の孔内 0.5m 毎の塩分分布図を図 4－9 に、揚水試験中の塩分変化図を図 4－10 に示す。図 4－9 より揚水することで孔内 0.5m 毎の孔内水の塩分が全体的に上昇する傾向が見られる。また、図 4－10 より揚水試験中の塩分は概ね

0.16～0.19%の間で安定しているが、11：08 測定時に塩分が 0.35%に上昇した。このことより揚水開始から 3 時間は主に淡水を揚水しているが、その後の 1 時間は徐々に海水を引き込んでできていると考えられる。

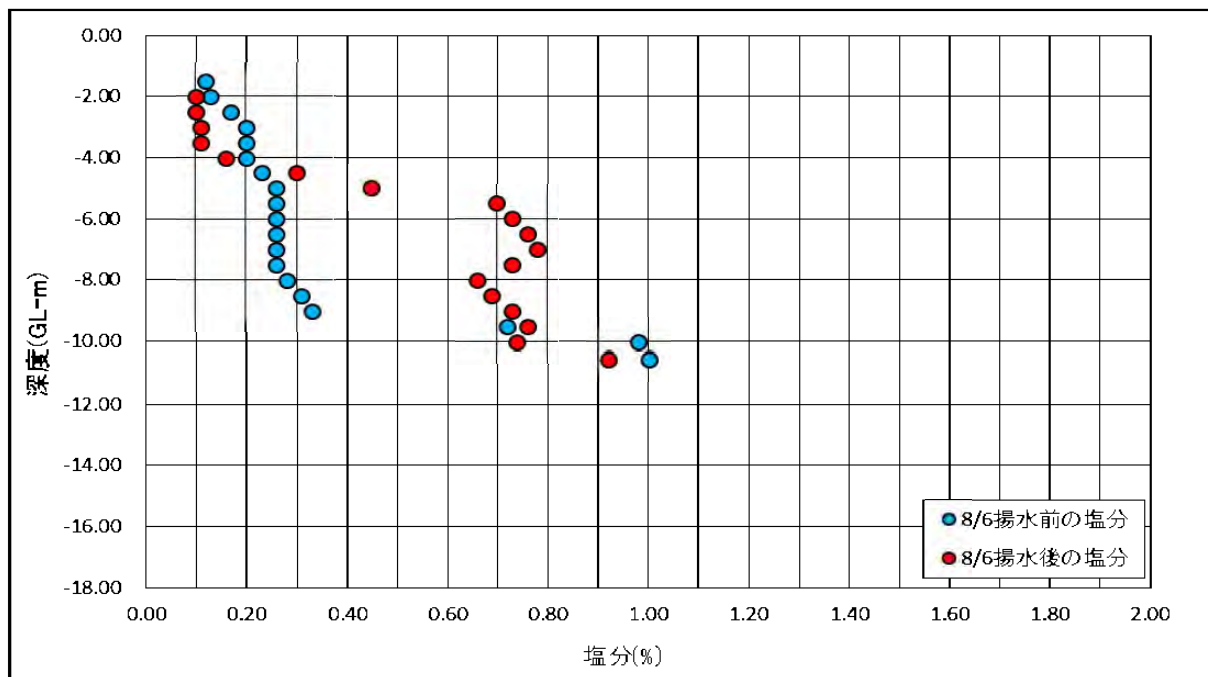


図 4－9 揚水試験前及び揚水試験後の孔内 0.5m 毎の塩分分布

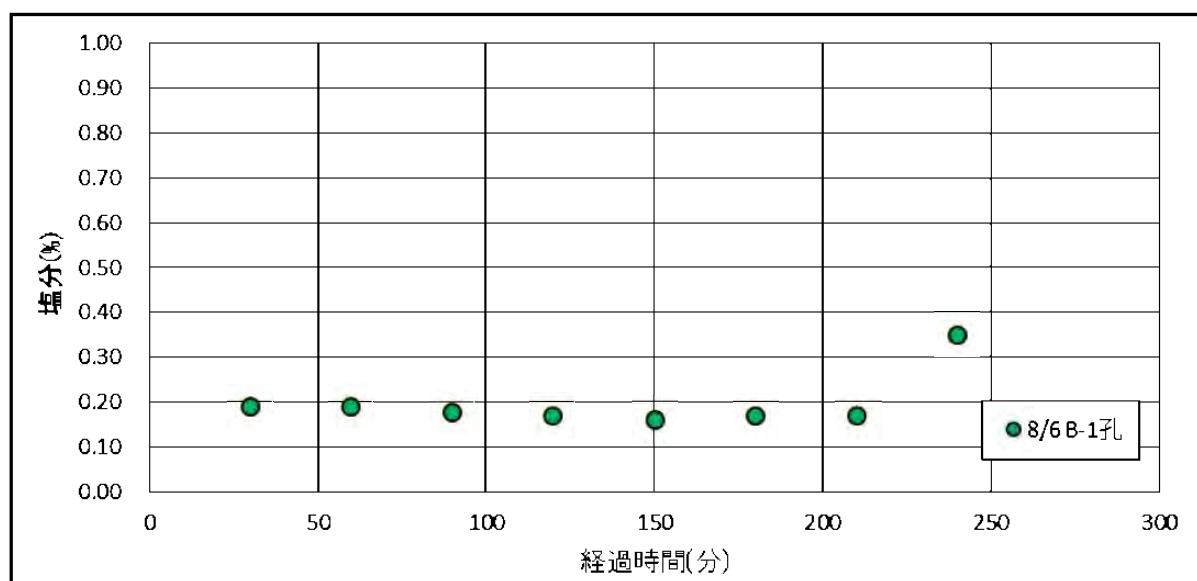


図 4－10 揚水試験中の塩分の変化

(5) 簡易揚水試験結果

簡易揚水試験は、揚水による塩分の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2年(2020年)8月6日 7:08～11:13

揚水機器：カワエース（揚水量：30.0L/min）

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

孔口標高：KBM-0.32m

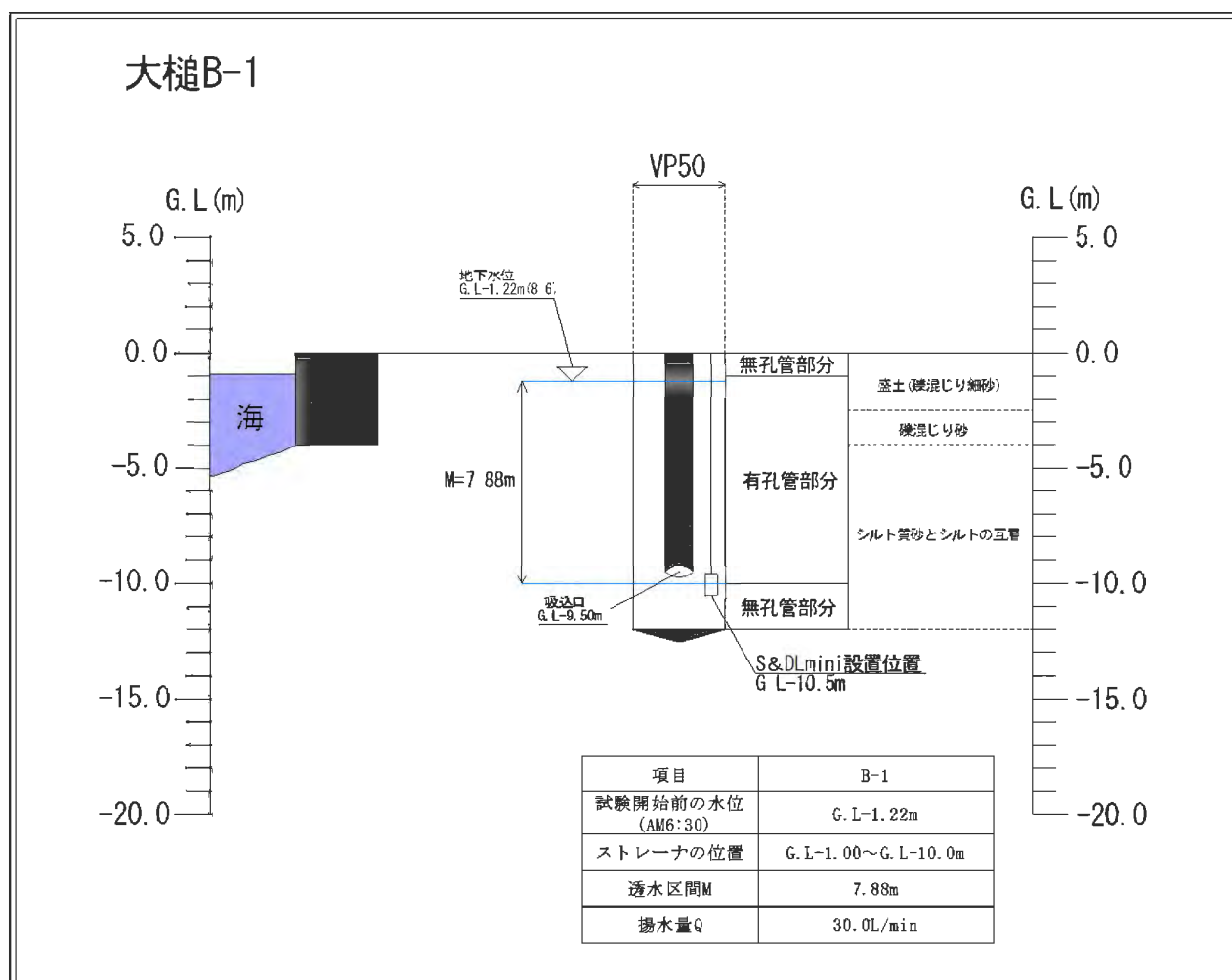


図4-11 B-1孔 簡易揚水試験実施状況

揚水試験中の水位変化を図 4-12 に示す。

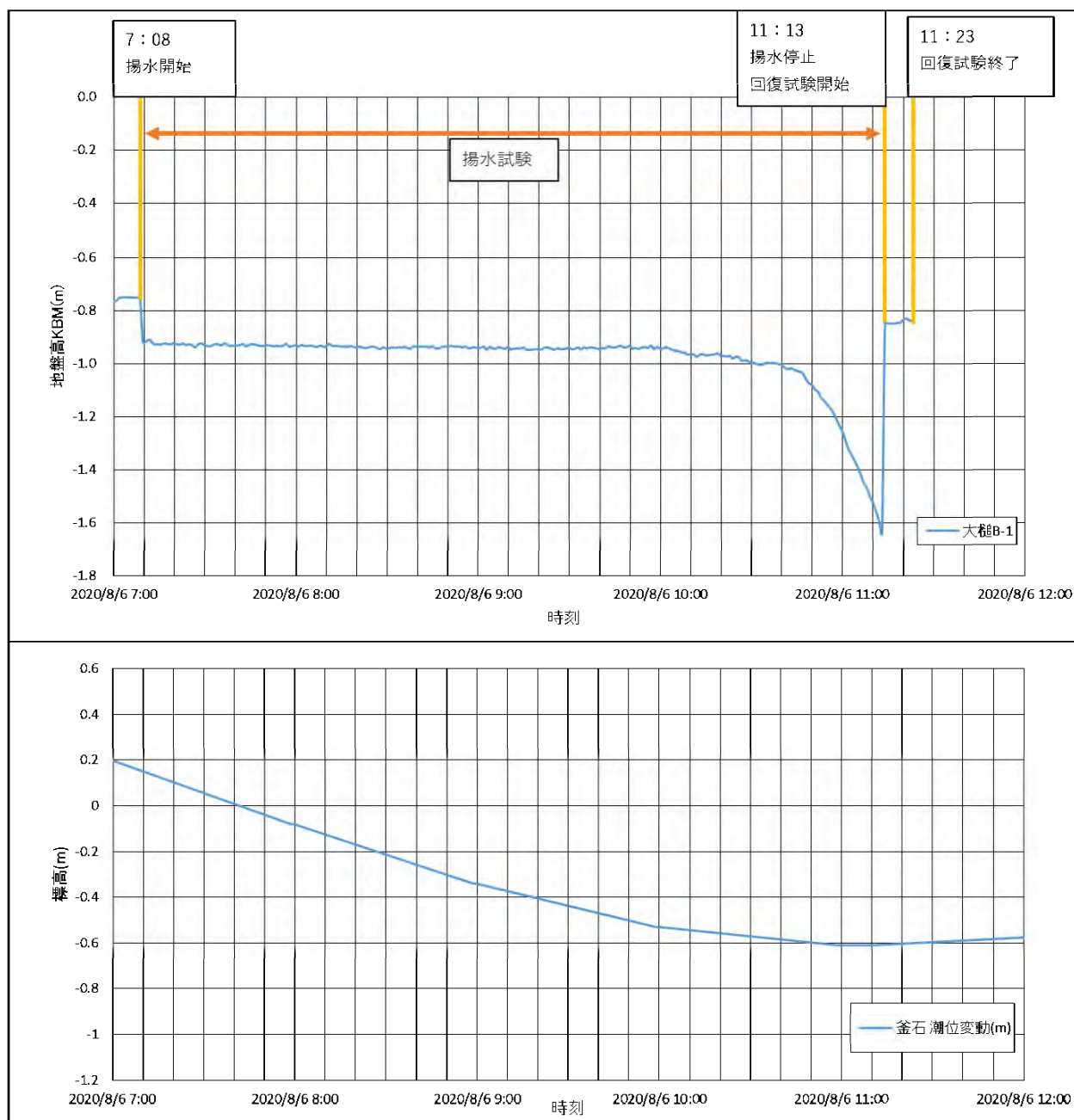


図 4-12 B-1 孔 揚水試験中の水位変動と潮位変化 (8 月 6 日)

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 20cm 程度であり、降下後は緩やかに水位が低下していく。また、10:50 頃から水位低下の幅が急激に大きくなり、揚水終了時の水位上昇は 80cm 程度であった。潮位に関しては変動幅に差はあるが、孔内水位の急激な低下が始まる 10:50 頃までは同様に低下し、そのまま干潮の 11:10 まで低下し続ける。この要因としては、湾内の潮位が低下することで孔内水における淡水の流入量が低下し、塩分は上昇、水位は低下したと考えられる。

(6) 揚水量の試算

(5)の項でも述べた通り、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。このため、B-1 孔においての揚水試験結果の解析は図4-13に示す①の部分を用いることとした。解析は「ヤコブの直線法」に拠ることとし、回復試験結果の解析は行わないこととした。連続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4-14の片対数図に示す。

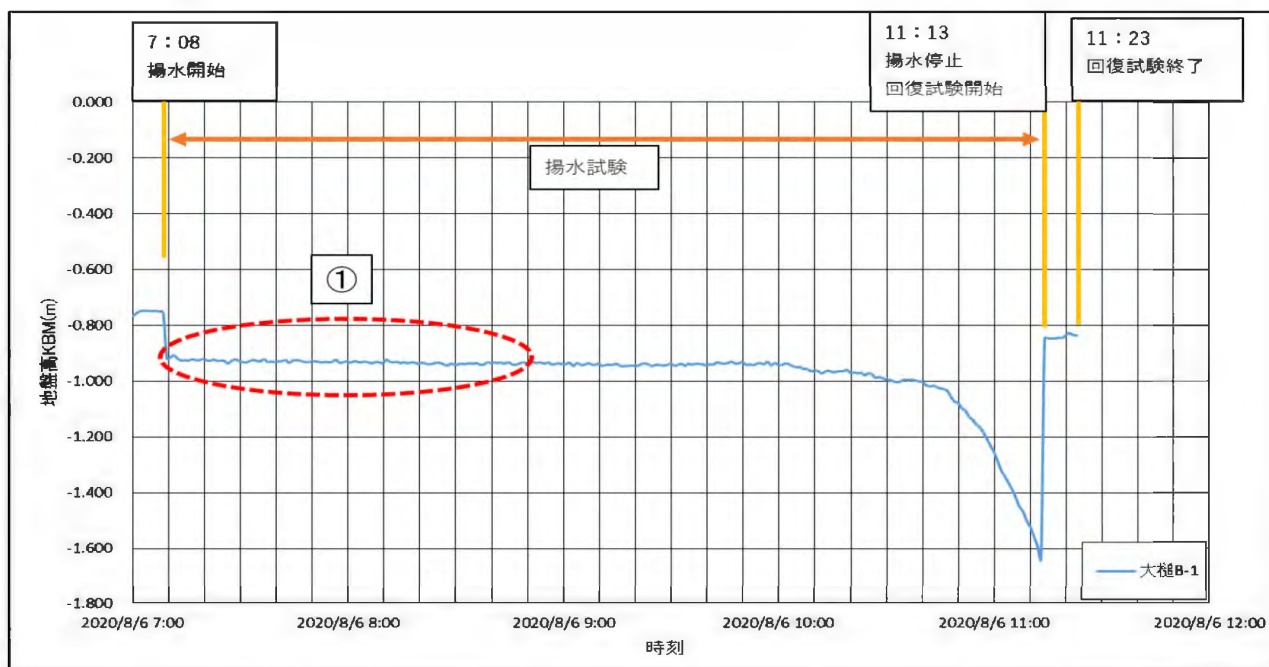


図4-13 B-1 孔 揚水試験中の水位変動 (8月6日)

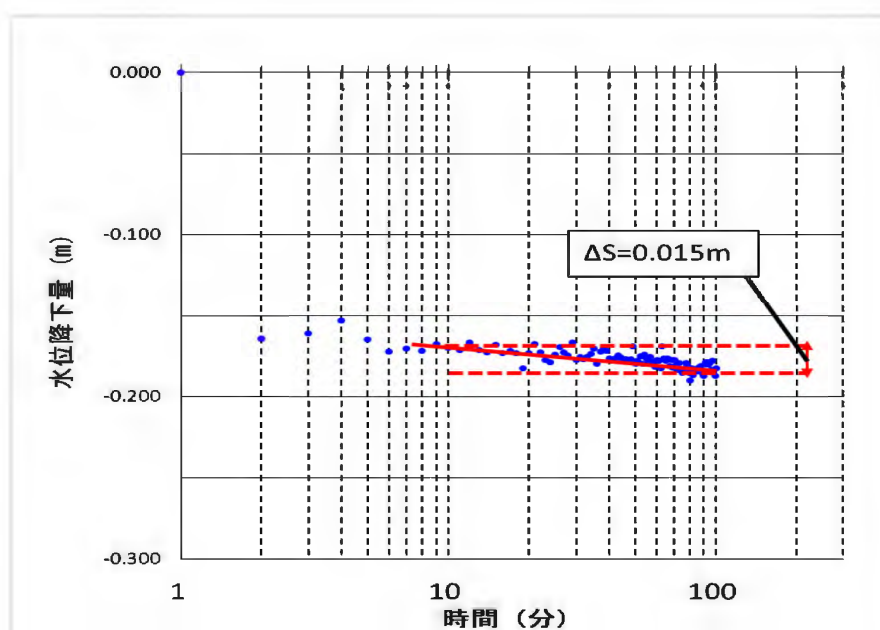


図4-14 B-1 孔の簡易揚水試験 ヤコブの直線法による解析

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、

$$Q \text{ (揚水試験時の揚水量)} : 0.030 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$\Delta S \text{ (図 3.6-2 における } \log t \text{ の 1 サイクル分の水位降下量)} : 0.015 \text{ m}$$

揚水量が 30 L/min の時、

$$T = (2.3 \cdot 0.030) / (4 \cdot \pi \cdot 0.015) = 0.37 \text{ m}^2/\text{min}$$

透水係数 k は次式により求められる。

$$k = T/M$$

ここで、

$$M \text{ (透水層の厚さ)} : 7.88 \text{ m} \quad (\text{図 4-11})$$

よって、

$$k = 0.37 / 7.88 = 0.047 \text{ (m/min)} = 7.8 \times 10^{-4} \text{ (m/s)}$$

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 4-15 に示す。

(m/s)

	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	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 4-15 地盤の種類と透水係数の対応²⁶

B-1 孔の透水層は砂質土主体であり、図 4-15 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。

²⁶ 地盤調査の方法と解説（社団法人 地盤工学会）

(7) まとめ

- ・揚水した水の塩分は平均 0.19%程度であり、海水井戸として塩分は満足しない結果となった。試掘井の揚水試験前の鉛直塩分測定では、塩分 0.12~1.00%と深度方向に塩分が高くなる傾向が認められた。孔内塩分は揚水試験後に全体的に上昇する結果となり、特に深度 4m 以深で顕著な現象が見られた。

しかし、塩分は 1%に満たない程度であることから、本孔では揚水により淡水起源の地下水を主体に孔内に引き込んでいと推察される。

- ・簡易揚水試験実施時の 10 : 38 から 11 : 08 の間に塩分が 0.17%から 0.35%に上昇する現象が見られた。一方、この時間中には手測り地下水位が G. L-1.70m から G. L-1.97m まで急激に低下する現象が見られた。このことより、干潮時には主体に浸透する淡水起源の地下水の供給量が減少し、被圧されていた海水由来のやや塩分を有する地下水を引き込んでいと推察される。

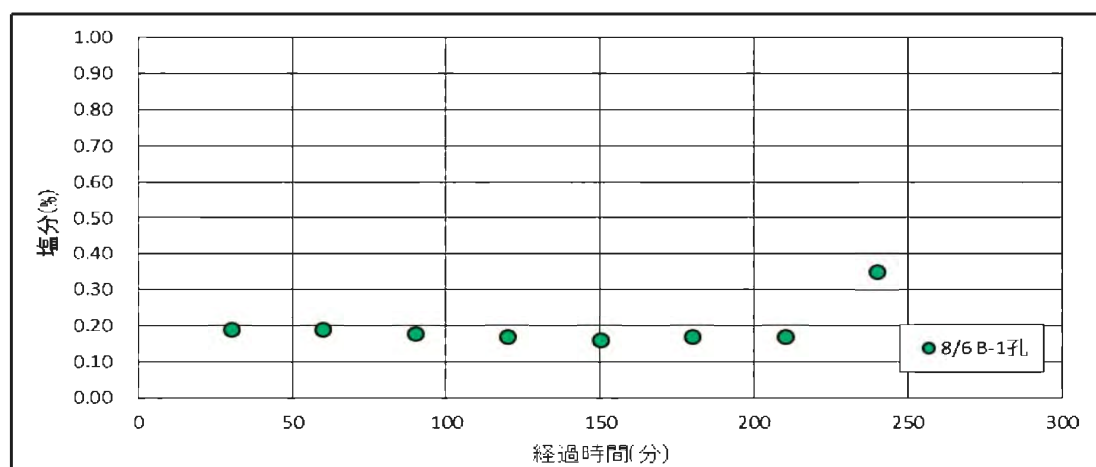


図 4 - 16 揚水試験中の塩分の変化

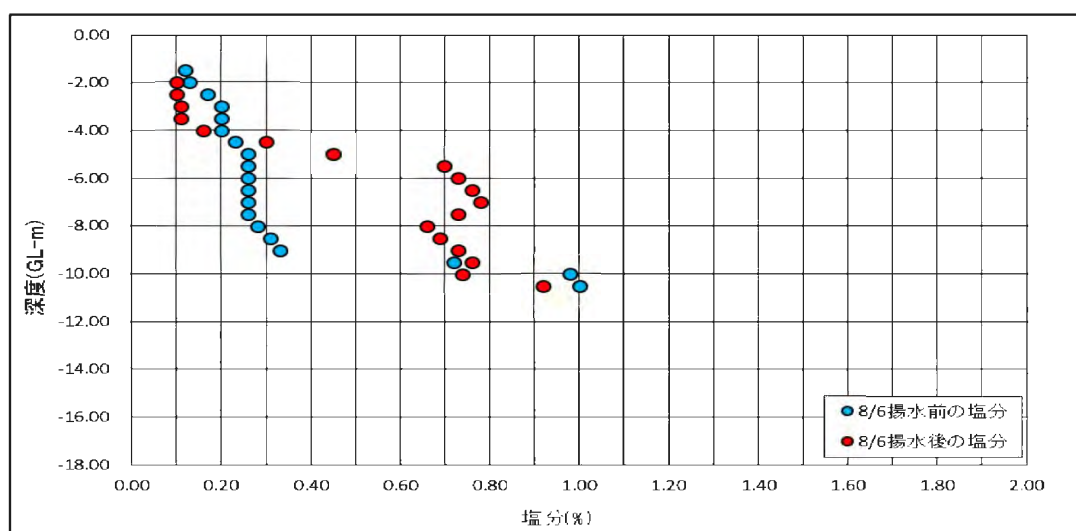


図 4 - 17 揚水試験前及び揚水試験後の孔内 0.5m 毎の塩分分布

- ・ B-1 孔の簡易揚水試験結果より、ヤコブの直線法による解析を用いて透水係数 k を求めたところ、
 $k=0.00078(\text{m/s})$ であった。
- ・ 調査地北部に分布する県道 231 号にて近接する山地由来と思われる湧水が複数箇所確認された。道路においての湧水は縁石に藻の繁殖が見られることから、一時的なものではなく日常的に湧水しているものと推察される。このことから、調査地及びその周辺は伏流水が豊富であることが推察され、B-1 孔の孔内水に影響を与えていると考えられる。



図 4-18 調査地北部の県道 231 号にて確認された湧水状況