

3. 宮城県仁斗田(にとだ)漁港

3-1 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3-1に示す。



図3-1 調査位置図(S=1:25,000)¹⁵

¹⁵ 「地理院地図 国土地理院 <http://maps.gsi.go.jp/>」より一部抜粋加筆

(1) 地形概要

調査地付近は北上高地の南端部に位置し、牡鹿半島の南半部を中心に、その周囲を金華山・網地島・田代島等の島々が取り巻くように分布している。金華山は太平洋に突出した位置にあり、その山頂は調査地付近においての最高峰(444.9m)をなし、特徴あるピラミッド型の山体で目立つことから、海運や漁業上の指標として広く知られている。また、海岸線は複雑に入り組んでおり、小規模な湾入や岬が多く、三陸海岸に一般的なりアス海岸を呈する。田代島はその大半が丘陵地からなる島であり、島内の谷部に沿って小規模な段丘及び河原が形成されている。

調査地は、石巻港から南東約 18.9km 付近の田代島の仁斗田漁港内の狭小な平野部に位置する(図 3-2 参照)。また、調査位置は新旧の空中写真比較より、埋立造成時期が異なり、No. 2 孔付近は 1960 年代以前、No. 1 孔付近は 1970 年代頃に造成されたと推察される。

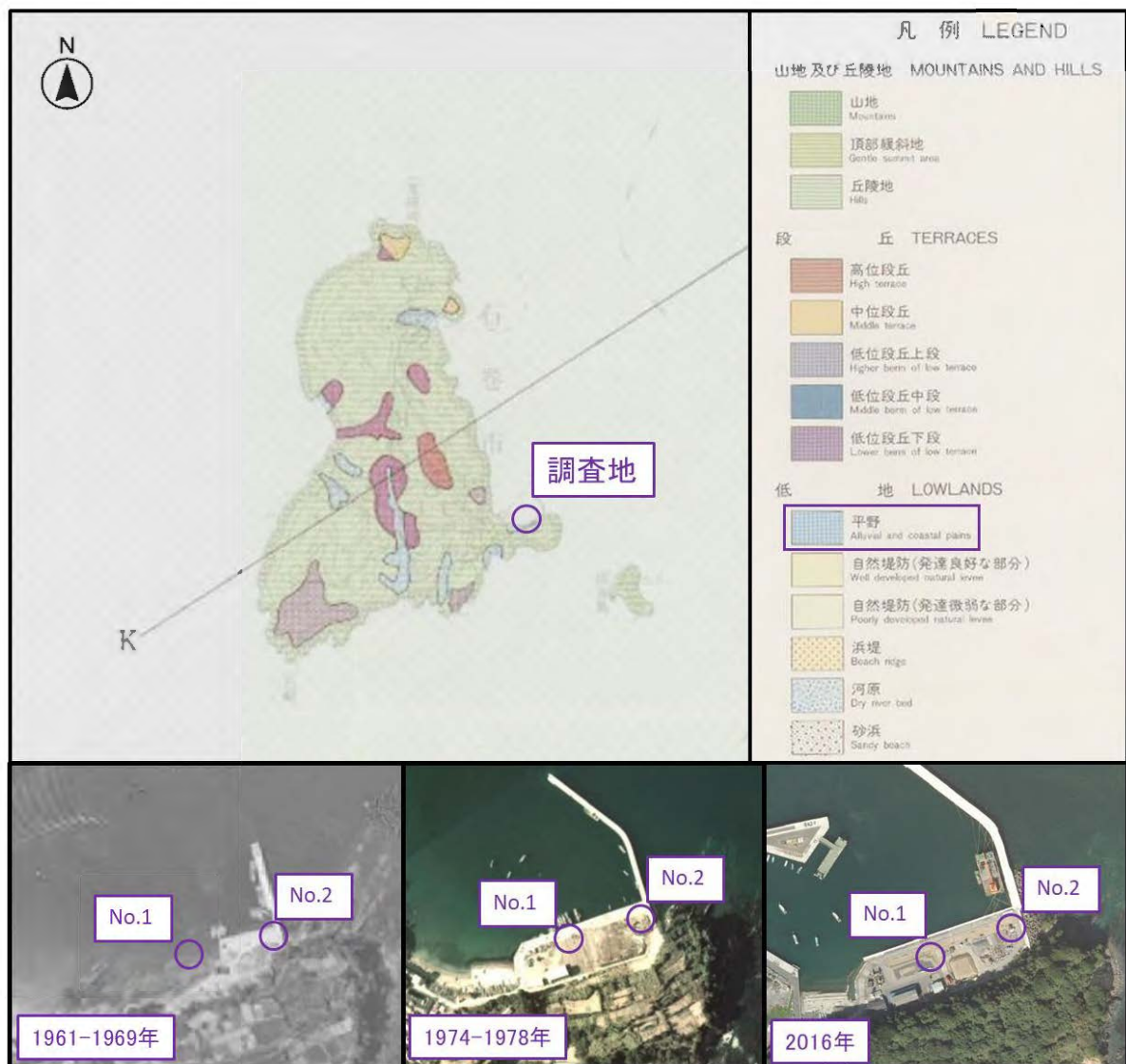


図 3-2 地形分類図及び新旧地形図比較^{16, 17}

¹⁶ 「土地分類基本調査 石巻・寄磯・金華山 5 万分の 1」(宮城県 1981)より一部抜粋加筆

¹⁷ 「地理院地図 国土地理院 <http://maps.gsi.go.jp/>」より一部抜粋加筆

(2) 地質概要

調査地を含む田代島は、中生代の牡鹿層群とこれを貫く貫入岩類によって構成され、島の大部分で緩傾斜地が発達している。

調査地付近は、「5万分の1地質図幅 金華山」(地域地質研究報告 地質調査所 1974)によれば、牡鹿層群・荻の浜累層の福貴浦頁岩砂岩部層が分布する地域にあたる。海岸線に分布する狭小な平坦地は、かつては海域であり、現在は漁港整備に伴う埋土造成及び護岸がなされている。

本調査では、埋土の下位に礫混じり中砂及び貝殻片を点在する砂礫を確認し、海浜堆積物としてとりまとめた。海浜堆積物下位は、頁岩及び砂岩からなり、これらを前述の荻の浜累層の福貴浦頁岩砂岩部層としてとりまとめた。

福貴浦頁岩砂岩部層は、荻の浜累層上部にあたり、主に頁岩砂岩の薄層理～中層理有律互層からなる。砂岩は細粒～中粒のワッケ質であり、一般に級化層理を示す。頁岩には斜交葉理細粒砂岩からシルト岩薄層または葉層が発達することが多く、特徴ある縞状を呈する。また、砂岩上面や頁岩中に生痕化石がよく見られる。



図3-3 調査地付近地質図¹⁸

¹⁸ 「5万分の1地質図幅 金華山」(地域地質研究報告 地質調査所 1974)より一部抜粋加筆

3-2 漁港施設用地における試掘等

試掘結果の概要を表3-1に示す。

表3-1 試掘調査結果の概要

調査内容			単位	No. 1	No. 2
機械ボーリング	φ 66mm (オールコア)	砂・砂質土	m		1.75
		礫混じり土砂		6.00	4.40
		軟岩		1.00	0.85
		合計		7.00	7.00
試掘井設置	仕上がり口径 φ 50mm		箇所	1	1
簡易揚水試験	連続揚水試験(3h)		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	1
仮設	平坦地足場(箇所)		箇所	1	1

※盛土は“砂・砂質土”及び“礫混じり土砂”に区分した

(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2-4参照)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ために設置した。掘削孔径は、 $\phi 86\text{ mm}$ 仕上がり孔径は $\phi 50\text{ mm}$ とし、取水区間を 0.5 mm 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。

1) No. 1 孔

後述の機械ボーリング結果より、仁斗田 No. 1 孔の地下水位は G. L.-2.11m であるが、この水位は深度 5.10~5.50m 間に挟在する砂質シルトに被圧されていた地下水が上昇してきたものであるため、深度 5.50m 以浅の埋土層は帯水層ではないと判断した。よって試掘井は、表層~深度 5.50m を無孔管(スクリーン無)とし、深度 5.50~7.00m 間を有孔管(スクリーン有)として実施した。試掘井構造図を図3-4に示す。

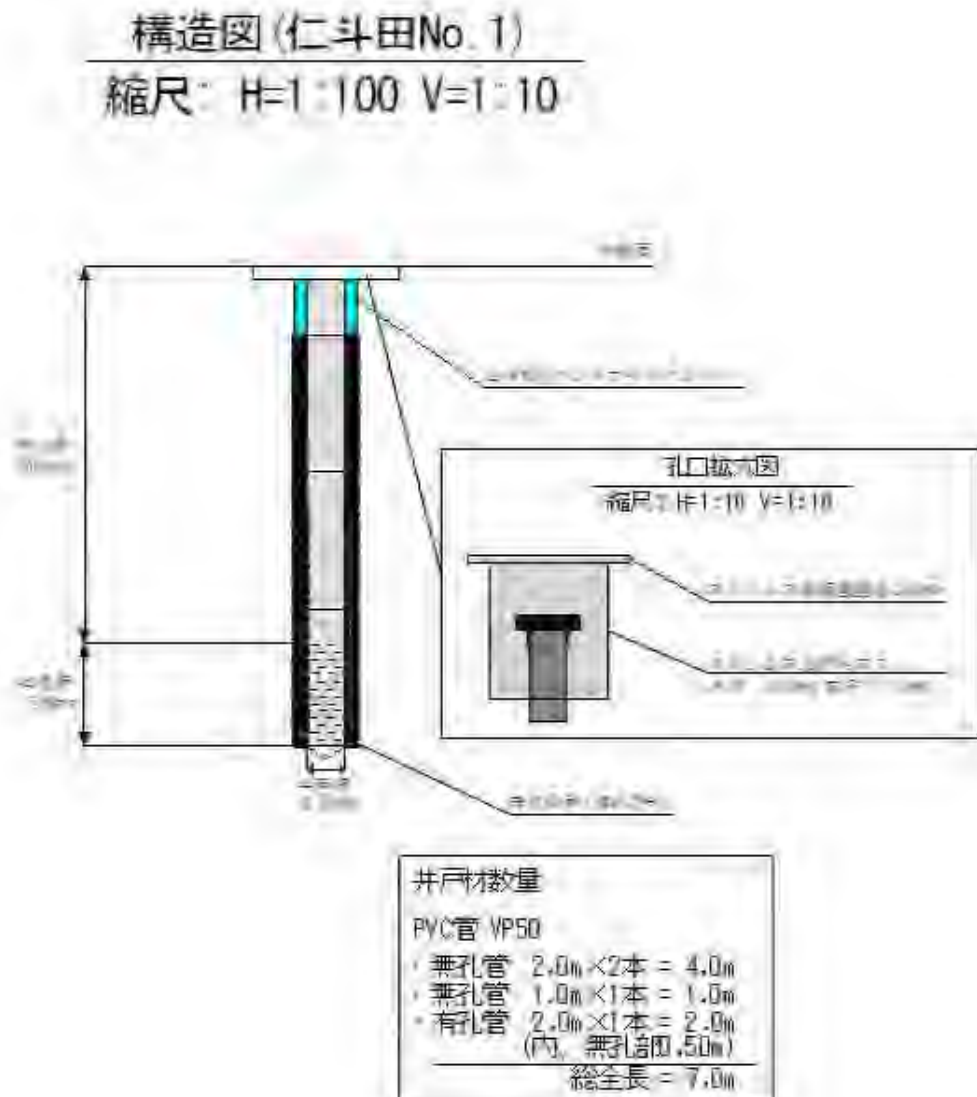


図3-4 試掘井構造図(仁斗田 No. 1 孔)

2) No. 2 孔

後述の機械ボーリング結果より、仁斗田 No. 2 孔の地下水位は埋土層(砂礫)内に確認され、地下水位以深は深度 6.15m まで礫質土層(埋土)及び砂質土層が分布しており、全て帯水層であると判断した。よって試掘井設置は、表層～深度 1.00m を無孔管(スクリーン無)とし、深度 1.00m 以深を有孔管(スクリーン有)として実施した。試掘井構造図を図 3－5 に示す。

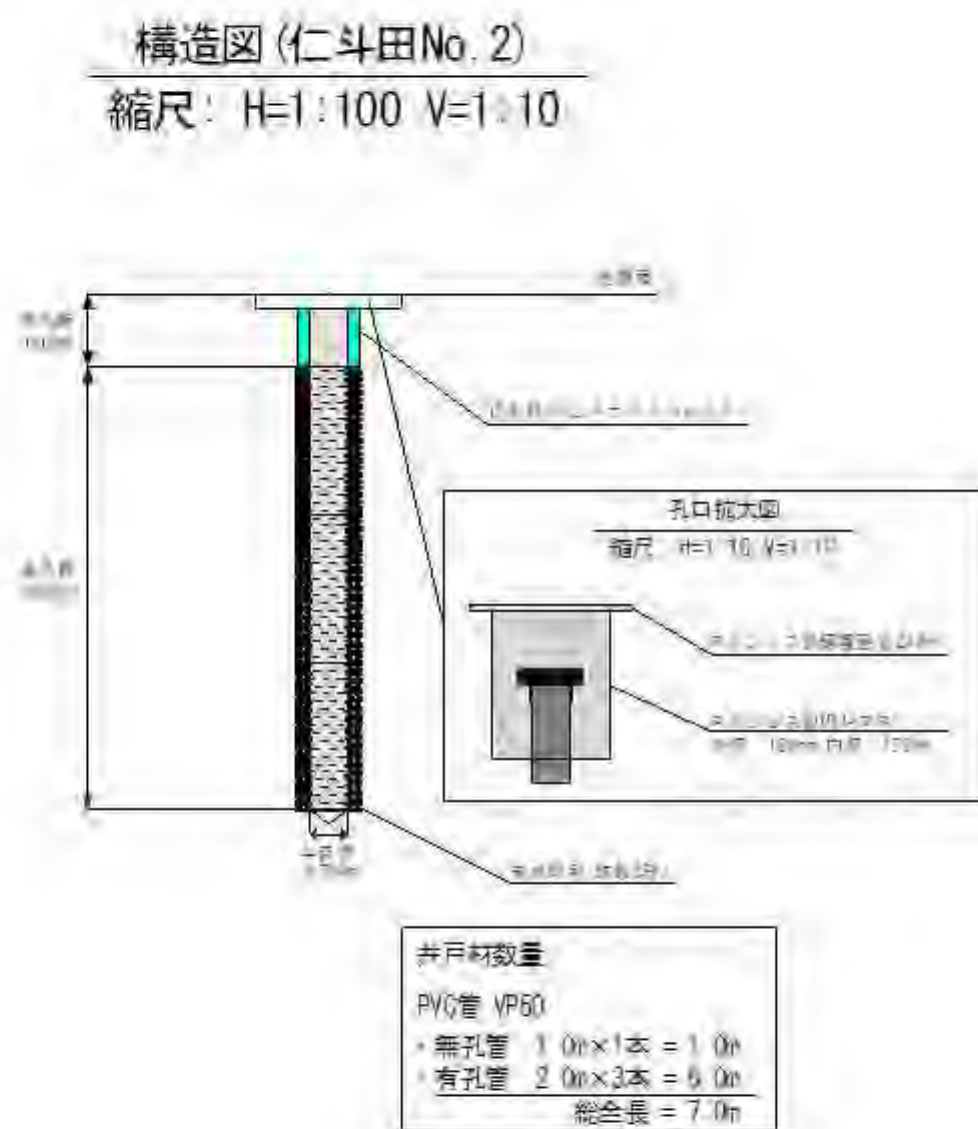


図 3－5 試掘井構造図(仁斗田 No. 2 孔)

(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ために実施した。

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 31.0L/min で連続揚水試験及び回復試験を実施した。

揚水作業には海水用ポンプ「マリンカワエース NFZ 3-250S(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もつ水であることを確認するために実施した。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、調査位置図(図 3-6 参照)に示す 2 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 3-2、ボーリング柱状図を図 3-7 及び図 3-8、掘進中の地下水位一覧を表 3-3 に示した。

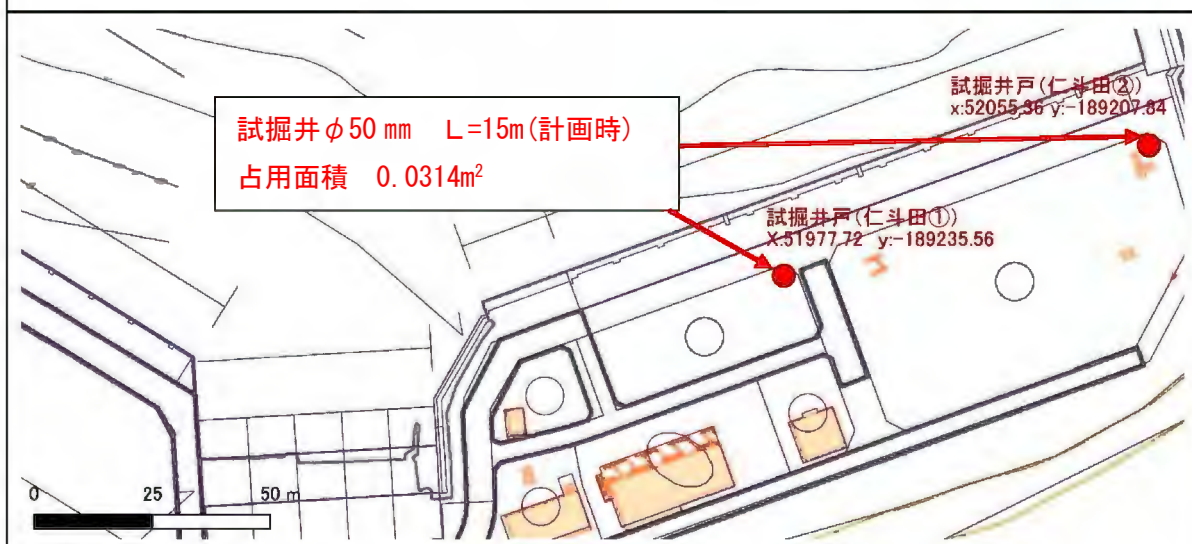
表 3-2 調査地の地質層序表

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	埋土	礫混じり細砂	bn2	0.60~0.70	礫径2~50mmの亜角~円礫を混入する。深度0.2m以浅、アスファルト及び碎石からなる。
				砂礫	bn1	4.40~4.90	礫径2~50mmの亜角~円礫主体とする。基質は中砂主体で、細砂及び粗砂を含んで粒径不均一である。深度1.0m以浅は碎石からなる。No.1孔では全体にシルト混じりである。
			海浜堆積物	礫混じり中砂	as1	1.05	No.2孔のみ確認。粗砂を含んで粒径不均一である。礫径2~30mmの円~角礫を混入する。
				砂礫	ag1	0.50	No.1孔のみ確認。礫径2~50mmの角~亜角礫主体とする。基質は中砂主体で、粗砂を含んで粒径不均一である。貝殻片を点在する。
中生代	ジュラ紀後期	-	牡鹿層群 萩の浜累層 福貴浦頁岩 砂岩部層	頁岩砂岩互層	Fk	0.85~1.00	No.1孔においては頁岩を確認。送水掘削でコア長50~200mmの棒状もしくは岩片状で採取される。亀裂多く、亀裂面は褐色を帯びる。No.2孔においては砂岩を確認。送水掘削でコアは棒状で採取される。部分的に亀裂発達し、亀裂面は黄褐~黄灰色を帯びる。

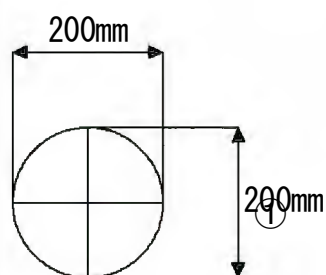
平面図（全体配置） 縮尺 1 : 10,000



平面図（試掘井位置） 縮尺 1 : 1,000



求積図（試掘井 VP50） 縮尺 1 : 10



構造物面積		(m ²)
①	$0.1 \times 0.1 \times \pi =$ 0.0314	0.0314
合計		0.0314

図 3 - 6 調査位置図及び求積図

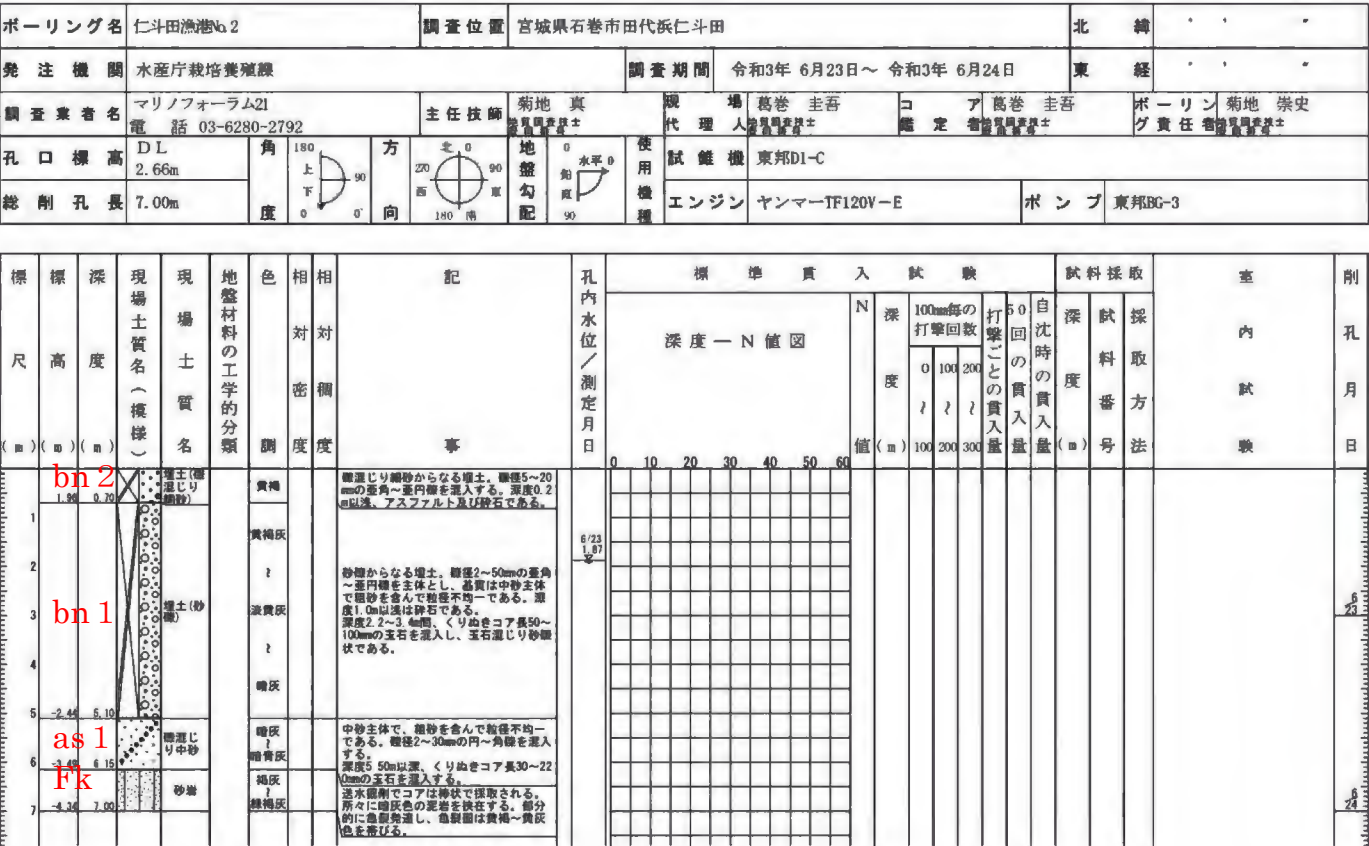
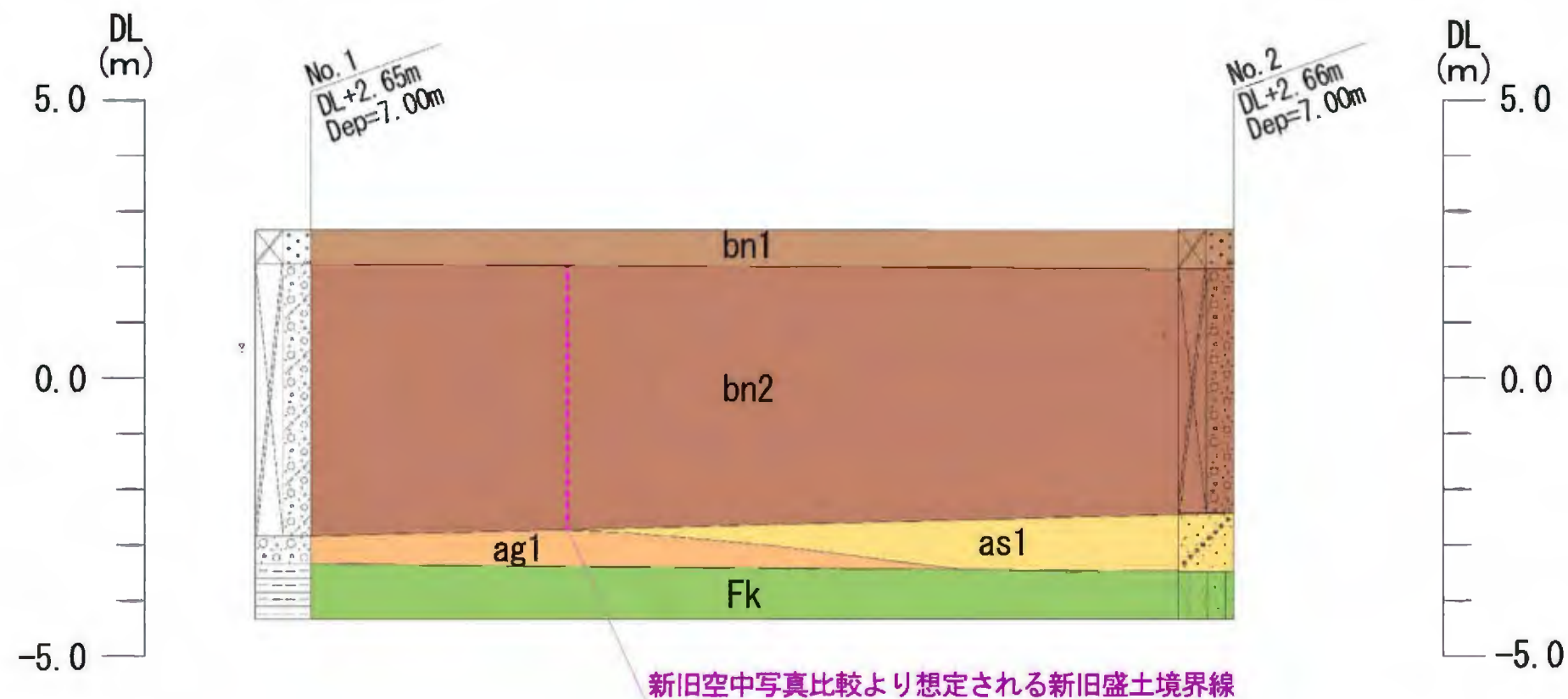
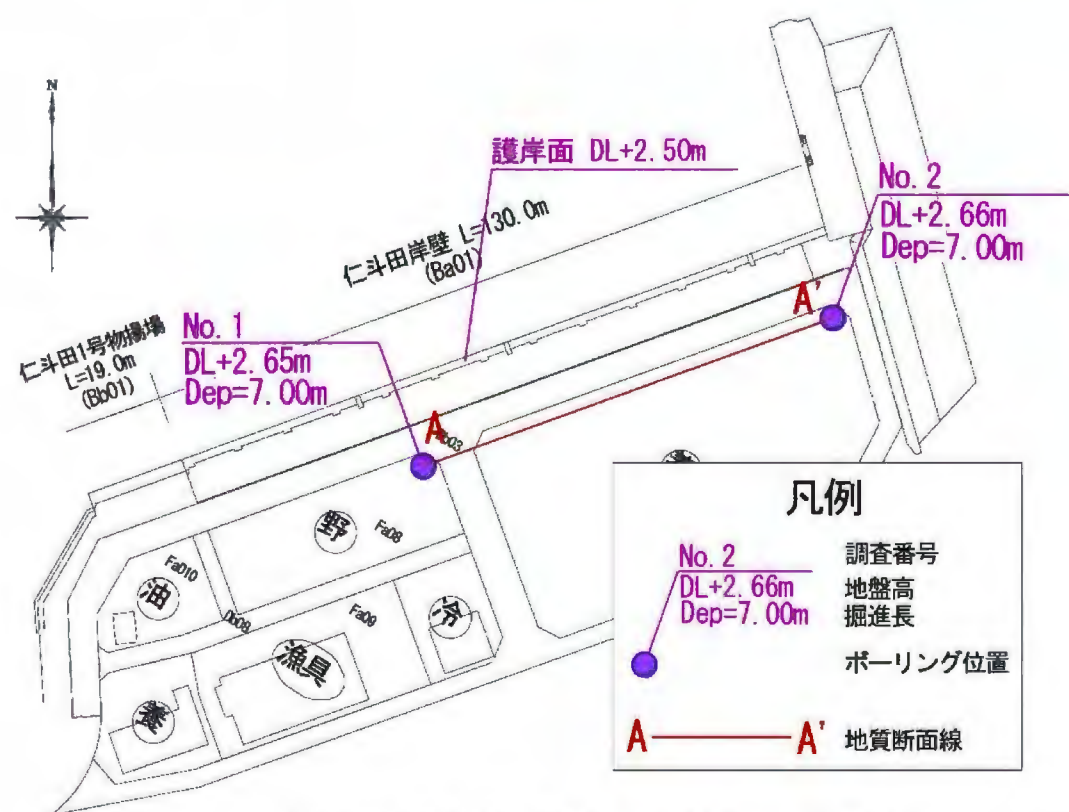


図 3 - 8 ボーリング柱状図及びコア写真 (仁斗田No. 2 孔)



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	埋土	礫混じり細砂	bn1	0.60～0.70	礫径2～50mmの亜角～円礫を混入する。深度0.2m以浅、アスファルト及び碎石からなる。
				砂礫	bn2	4.40～4.90	礫径2～50mmの亜角～円礫主体とする。基質は中砂主体で、細砂及び粗砂を含んで粒径不均一である。深度1.0m以浅は碎石からなる。No.1孔では全体にシルト混じりである。
			海浜堆積物	礫混じり中砂	as1	1.05	No.2孔のみ確認。粗砂を含んで粒径不均一である。礫径2～30mmの円～角礫を混入する。
				砂礫	ag1	0.50	No.1孔のみ確認。礫径2～50mmの角～亜角礫主体とする。基質は中砂主体で、粗砂を含んで粒径不均一である。貝殻片を点在する。
中生代	ジュラ紀後期	—	牡鹿層群 荻の浜累層 福貴浦頁岩 砂岩部層	頁岩砂岩互層	Fk	0.85～1.00	No.1孔においては頁岩を確認。送水掘削でコア長50～200mmの棒状もしくは岩片状で採取される。亀裂多く、亀裂面は褐色を帯びる。No.2孔においては砂岩を確認。送水掘削でコアは棒状で採取される。部分的に亀裂発達し、亀裂面は黄褐～黄灰色を帯びる。



調査地点位置図 (H=1:1000 V=1:1000)

図3-9 地質断面図 (H=1:200 V=1:400)

①中生代ジュラ紀後期 牡鹿層群荻の浜累層福貴浦頁岩砂岩部層(Fk)

No. 1 孔においては頁岩が確認された。送水掘削でコア長 50～200mm の棒状もしくは岩片状で採取された。亀裂が多く、亀裂面は褐色を帯びている。深度 6.65m 以浅、風化部で粘土化し、所々礫状であった。色調は暗灰色を呈した。

No. 2 孔においては砂岩が確認された。送水掘削でコアは棒状で採取された。所々に暗灰色の泥岩を挟在していた。部分的に亀裂が発達し、亀裂面は黄褐～黄灰色を帯びている。色調は褐灰～緑褐灰色を呈した。

②新生代第四紀完新世 海浜堆積物

海浜堆積物は礫混じり中砂(as 1)及び砂礫(ag 1)に区分した。各層の特徴を以下に示す。

・ 礫混じり中砂(as 1)

No. 2 孔のみで確認された。中砂主体で、粗砂を含んで粒径不均一であった。礫径 2～30mm の円～角礫を混入していた。深度 5.50m 以深では、くりぬきコア長 30～220mm の玉石を混入していた。色調は暗灰～暗青灰色を呈した。

・ 砂礫(ag 1)

No. 1 孔のみで確認された。礫径 2～50mm の角～亜角礫を主体とし、基質は中砂主体で、粗砂を含んで粒径不均一であった。貝殻片を点在していた。色調は暗灰色を呈した。

③新生代第四紀完新世 埋土

埋土は下位から砂礫(bn 1)、礫混じり細砂(bn 2)に区分した。各層の特徴を以下に示す。

・ 砂礫(bn 1)

砂礫からなる埋土で、礫径 2～50mm の亜角～円礫主体としていた。基質は中砂主体で、細砂及び粗砂を含んで粒径不均一であった。深度 1.0m 以浅は碎石からなる。No. 1 孔では全体にシルト混じりであり、深度 5.1m 以深、細粒分多く、砂質シルト状であった。No. 2 孔では深度 2.2～3.4m 間、くりぬきコア長 50～100mm の玉石を混入し、玉石混じり砂礫状であった。色調は、No. 1 孔では黄褐～暗灰～暗褐灰色を呈し、No. 2 孔では黄褐灰～淡黄灰～暗灰色を呈した。

・ 礫混じり細砂(bn 2)

礫混じり細砂からなる埋土で、礫径 2～50mm の亜角～円礫を混入していた。深度 0.2m 以浅はアスファルト及び碎石であった。

表 3－3 地下水位(孔内水位)一覽表

調査番号 (孔口標高)	測定日	水位種別	水位G. L-(m)	備考
仁斗田No. 1 (DL+2. 65m)	6月22日	初期無水	2. 11	・掘進深度G. L-5. 50m
仁斗田No. 2 (DL+2. 66m)	6月23日	初期無水	1. 87	・掘進深度G. L-2. 00m
	6月24日	翌朝水位	2. 78	・掘進深度G. L-3. 00m ・ケーシング先端深度G. L-3. 00m

(4) 塩分・電気伝導率測定結果

1) No. 1 孔

No. 1 孔は試掘井設置後、簡易揚水試験に使用する揚水機器(マリンカワエース)を用いて孔内洗浄を行ったが、水位は短時間で孔底付近まで低下し、揚水量も 1.0L/min を下回ったため、揚水井として十分な能力を有していないと判断した。よって簡易揚水試験時及び揚水後の塩分・電気伝導率測定は行わず、参考として孔内洗浄翌日(6月24日)に鉛直塩分・電気伝導率測定のみを行った。測定結果を表3-4に示す。

表3-4に示すように、No. 1 孔の孔内水の塩分は0.36~0.44%である。上記にあるとおり、簡易揚水試験用の揚水機器を用いて揚水した際の揚水量が 1.0L/min を下回っている。また、前述のように、埋土層下端の砂質シルト以深に地下水が分布し、掘進後に湧水してきたこと、深度 5.50m 以浅は無孔管としていることから、測定した塩分・電気伝導率は砂礫の地下水の数値である。

表3-4 仁斗田 No. 1 孔 深度 1.0m 毎の鉛直塩分変化

測定深度 (GL-m)	塩分濃度 (%)	電気伝導率 (s/m)	水温 (°C)	地質
2.2	0.44	0.811	20.5	埋土 (シルト混じり砂礫)
3.2	0.37	0.696	17.8	
4.2	0.37	0.688	16.9	
5.2	0.36	0.682	15.7	砂礫
6.2	0.36	0.679	15.5	頁岩
7.0	0.40	0.764	15.5	

2) No. 2 孔

簡易揚水試験前、試験中及び試験後に実施した仁斗田 No. 2 孔の塩分・電気伝導率の測定結果を以下に示す。

測定期間 ; 6 月 25 日 (連続揚水試験 ; 9:45-12:35 回復試験 ; 12:35-12:58)

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-6.07m

地下水位 ; G. L-2.31m

揚水管の吸込み口 ; G. L-4.95m

表 3-5 に示す 6 月 25 日の揚水試験前の No. 2 孔の孔内水の塩分は 2.04~3.06% であり、揚水試験中は 2.81~2.96% である。揚水終了後の孔内水の塩分は表 3-6 に示すように 1.83~3.01% 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 3-10 に、揚水試験中の塩分変化を図 3-11 に示す。図 3-11 より揚水試験中の塩分は 2.81~2.96% であり、揚水することで時間経過とともに上昇していくことから、揚水時は主に海水を揚水していることがわかる。また図 3-10 より、揚水することで深度 6.47m で孔内の塩分はわずかに低下するが、全体的にはほとんど変化はない。

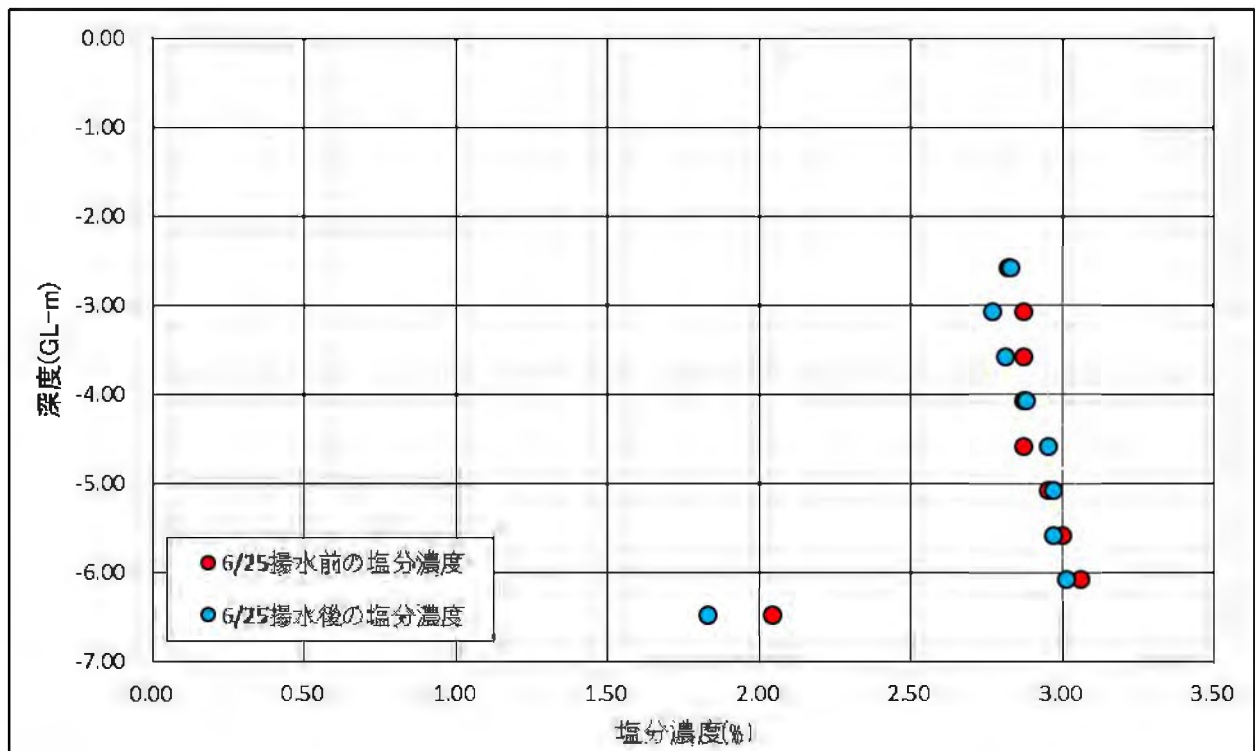


図 3-10 揚水試験前及び揚水試験実施後の孔内 0.5m 毎の塩分分布

表 3-5 仁斗田 No. 2 孔 深度 0.5m 毎の鉛直塩分変化(揚水開始前：6 月 25 日 7:10)

測定深度 (GL-m)	塩分濃度 (%)	電気伝導率 (s/m)	水温 (°C)	地質
2.57	2.82	4.56	19.7	埋土(砂礫)
3.07	2.87	4.60	19.3	
3.57	2.87	4.60	19.2	
4.07	2.87	4.60	19.2	
4.57	2.87	4.61	19.2	
5.07	2.95	4.71	19.1	
5.57	3.00	4.79	19.1	礫混じり中砂
6.07	3.06	4.89	17.6	
6.47	2.04	3.38	16.7	砂岩

表 3-6 仁斗田 No. 2 孔 深度 0.5m 毎の鉛直塩分変化(揚水終了後：6 月 25 日 13:10)

測定深度 (GL-m)	塩分濃度 (%)	電気伝導率 (s/m)	水温 (°C)	地質
2.57	2.83	4.53	20.2	埋土(砂礫)
3.07	2.77	4.46	19.9	
3.57	2.81	4.52	19.4	
4.07	2.88	4.62	19.1	
4.57	2.95	4.72	19.1	
5.07	2.97	4.75	19.1	
5.57	2.97	4.75	18.7	礫混じり中砂
6.07	3.01	4.81	17.8	
6.47	1.83	3.06	16.3	砂岩

表 3-7 仁斗田 No. 2 孔 連続揚水試験中の塩分・電気伝導率及び揚水量(6 月 25 日)

測定時刻	塩分濃度 (%)	電気伝導率 (s/m)	水位 (GL-m)	揚水量 (l/min)	水温 (°C)
10:00	2.81	4.53	-2.97	31.0	18.8
10:30	2.86	4.59	-2.92	31.0	19.3
11:00	2.88	4.62	-2.89	31.0	19.4
11:30	2.89	4.63	-2.78	31.0	19.5
12:00	2.89	4.64	-2.69	31.0	19.5
12:30	2.96	4.74	-2.54	31.0	19.7

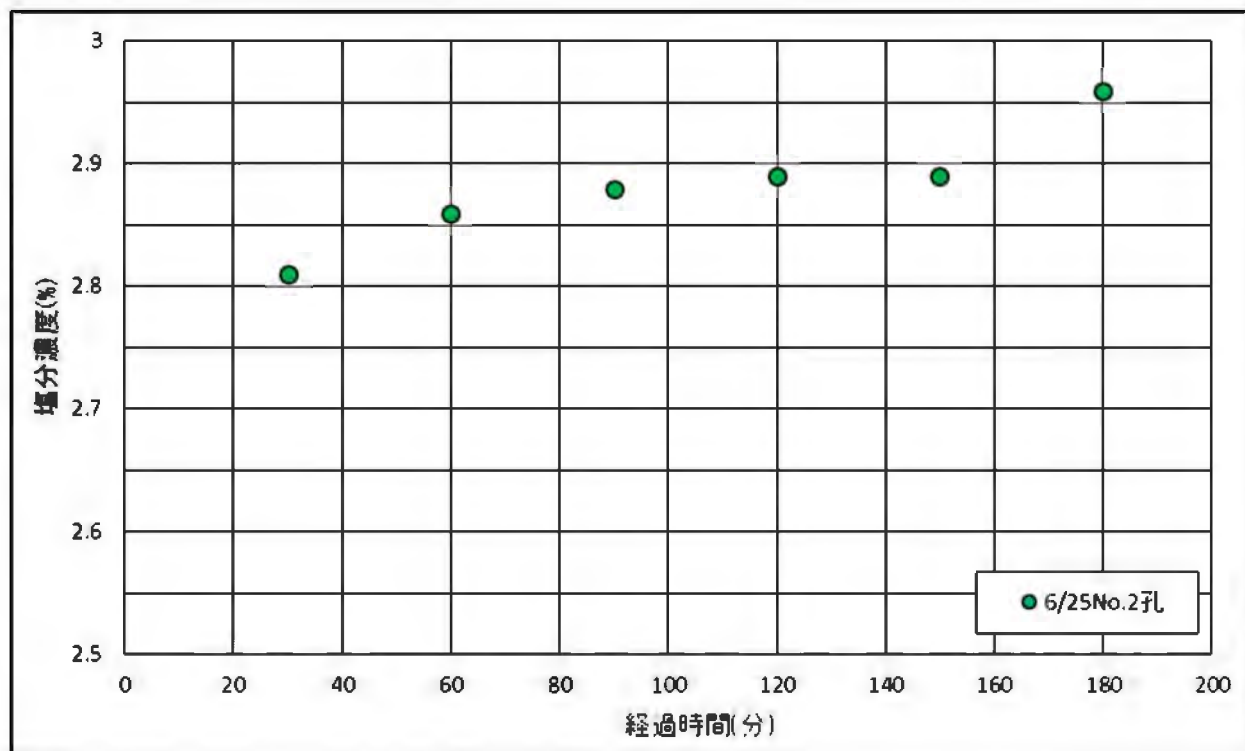


図 3 - 11 揚水試験中の塩分の変化

(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。なお、No. 1 孔に関しては、試掘井の揚水量が 1.0L/min を下回ったため、揚水井として十分な能力を有していないと判断した。よって、簡易揚水試験は No. 2 孔でのみ実施した。

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 6 月 25 日 9：45～12：58

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：DL=2.66m

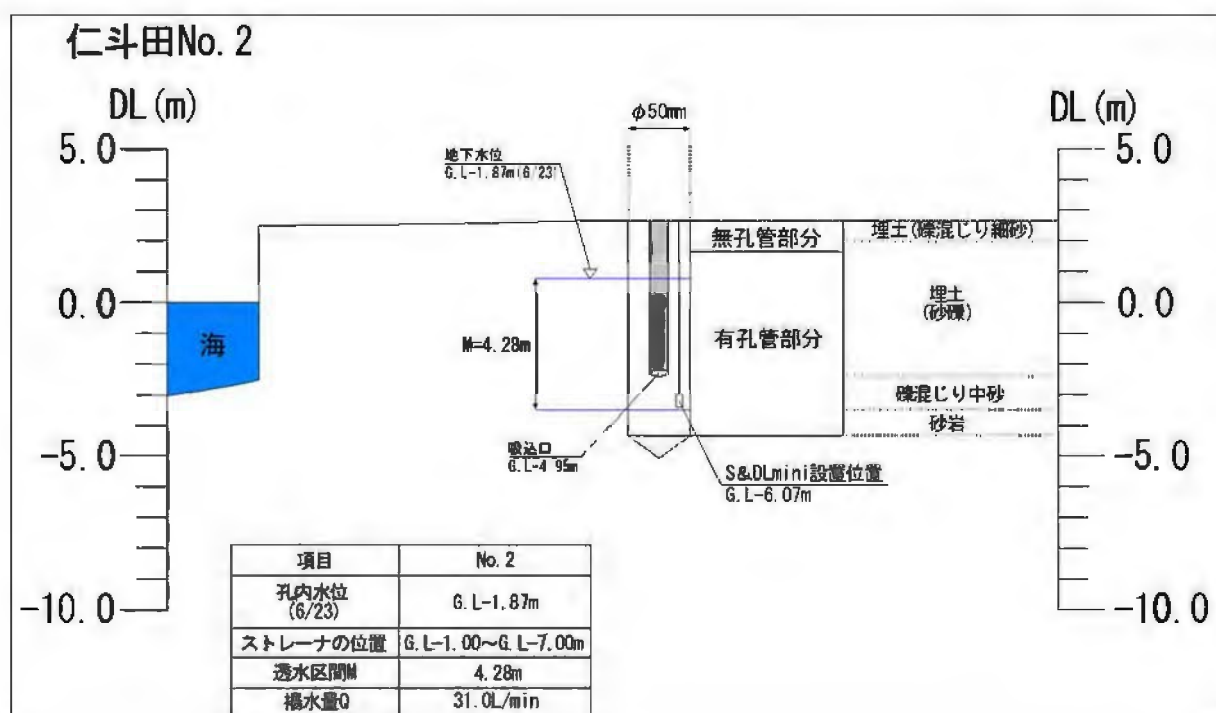


図 3-12 仁斗田 No. 2 孔 簡易揚水試験実施状況

揚水試験中の水位変化を図 3-13 に示す。

ポンプ運転時及びポンプ停止時の水位降下・上昇はごくわずかである。揚水開始時の水位低下は無く、揚水停止時の水位上昇は 12mm 確認した。揚水中は、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 10:00 が干潮の時刻で、揚水期間中の変動幅は約 55cm である。

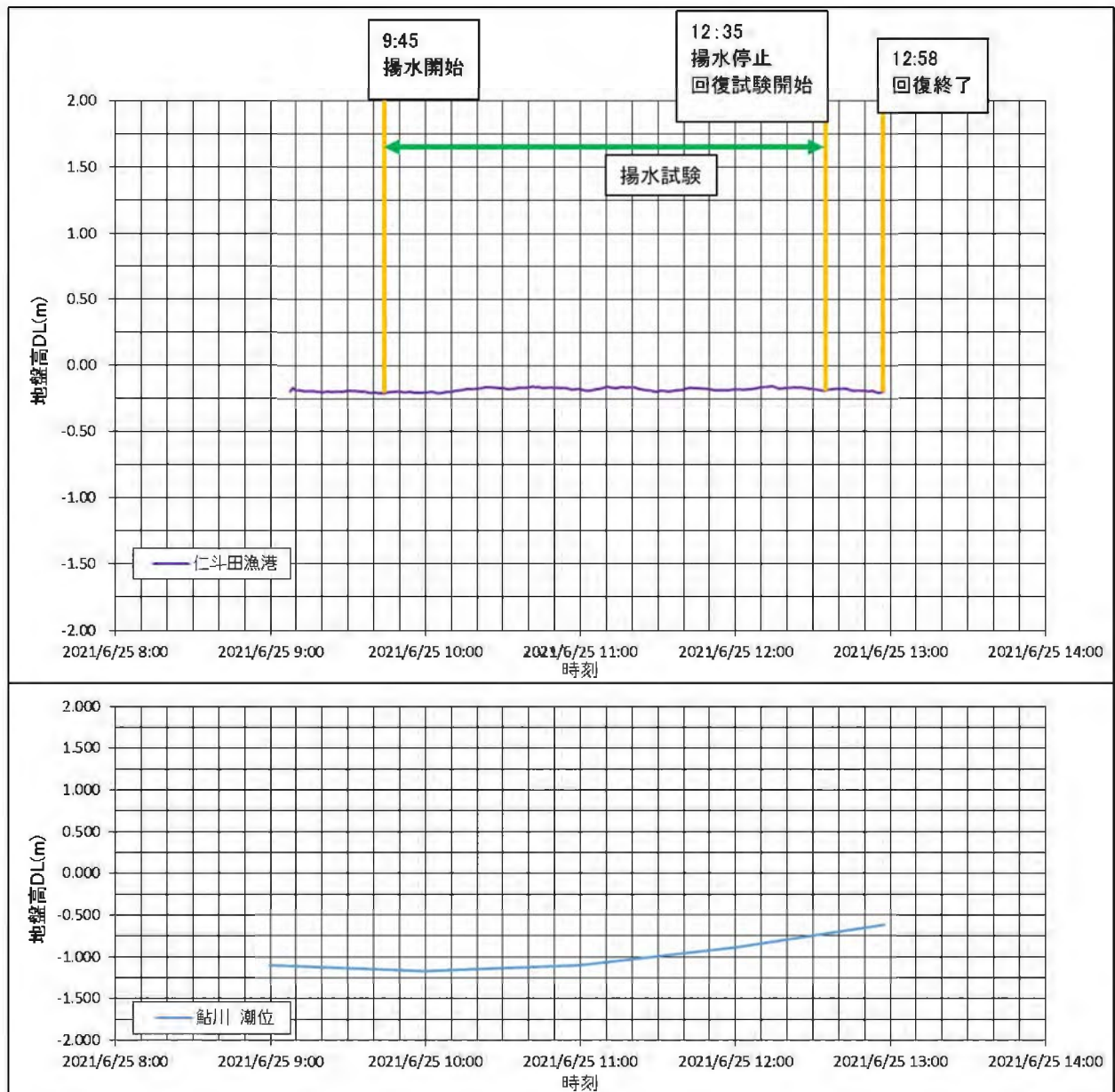


図 3-13 仁斗田 No. 2 孔 揚水試験中の水位変動と潮位変化 (6 月 25 日実施)

(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、仁斗田 No. 2 孔においての簡易揚水試験結果の解析は図 3-14 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 3-14 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 3-15 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 3-16 の片対数図に示した。

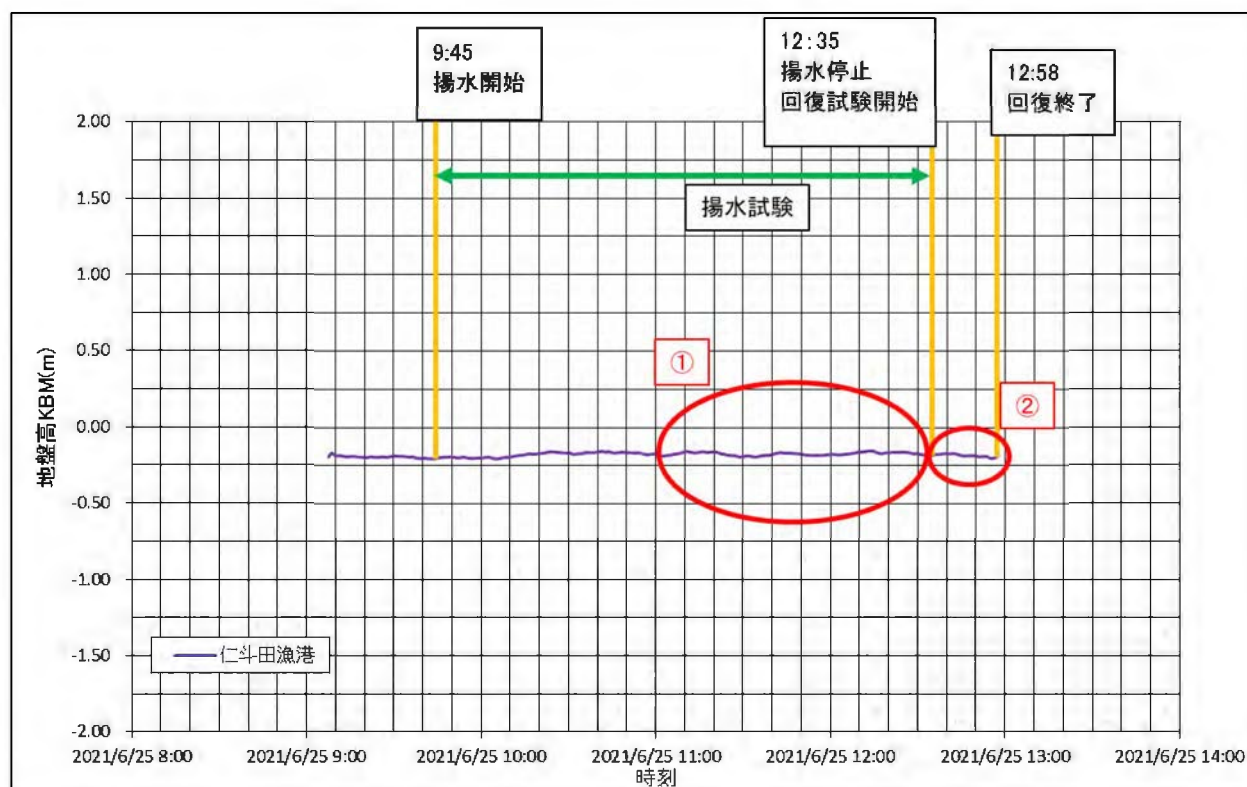


図 3-14 仁斗田 No. 2 孔 揚水試験中の水位変動(6 月 25 日)

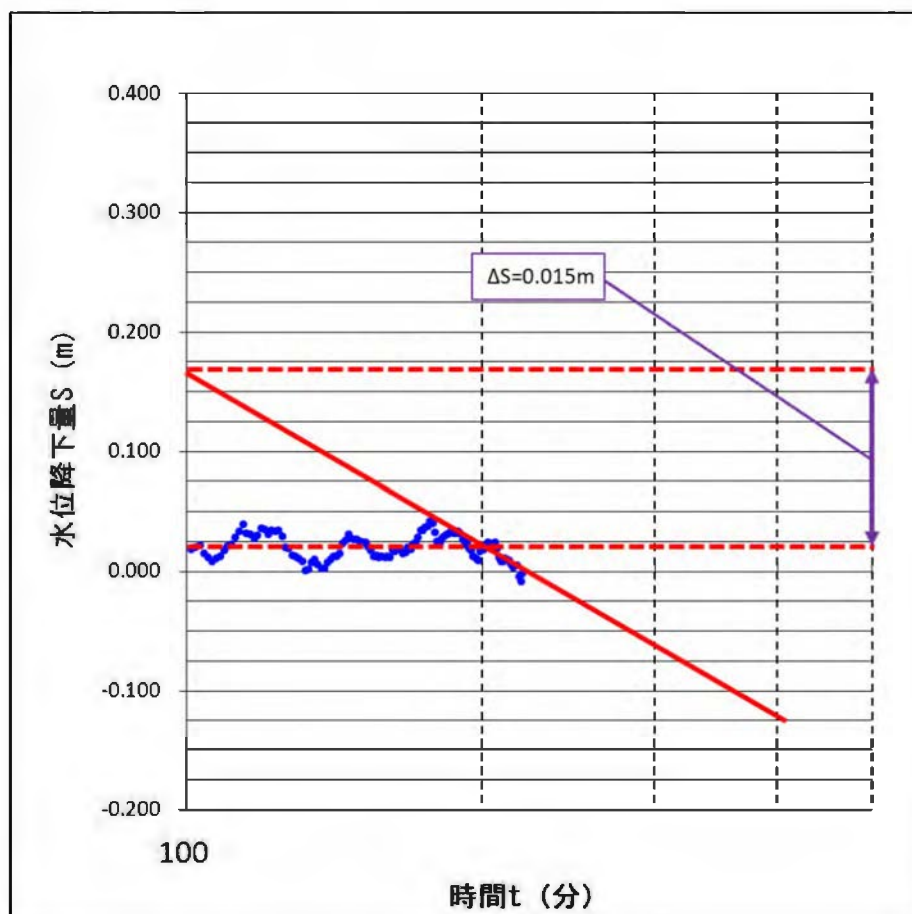


図 3-15 仁斗田 No. 2 孔の簡易揚水試験 ヤコブの直線法による解析

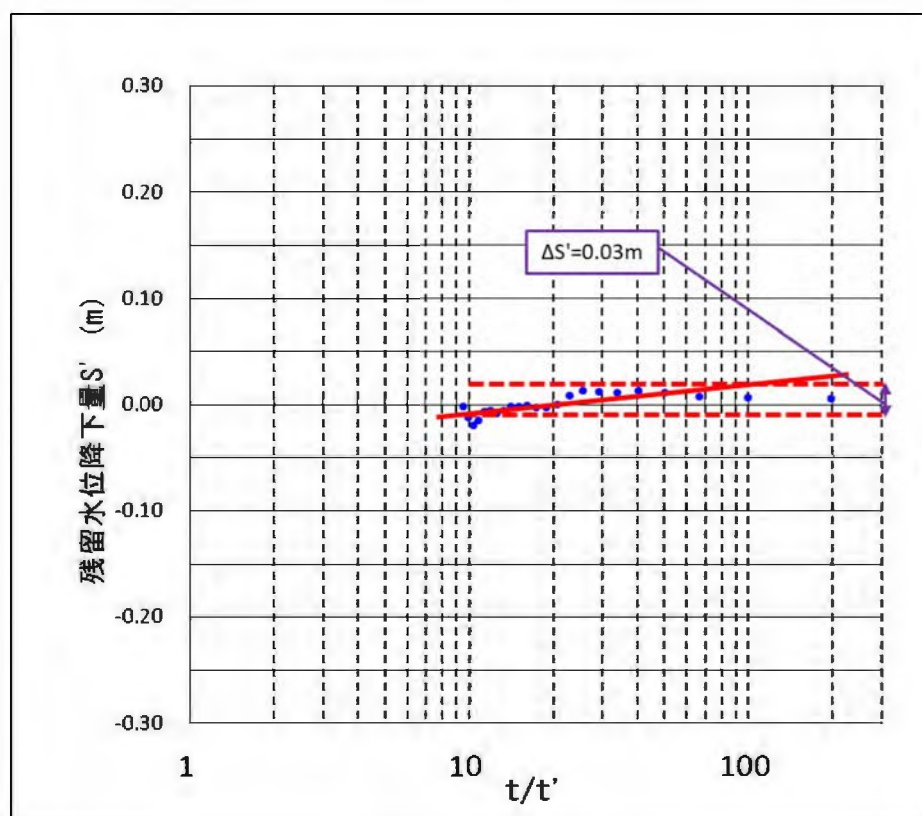


図 3-16 仁斗田 No. 2 孔の簡易揚水試験 回復法による解析

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、

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

$$\Delta S \text{ (図 3-15 における } \log t \text{ の 1 サイクル分の水位降下量)} : 0.015 \text{ m}$$

揚水量が 32 L/min の時、

$$T = (2.3 \cdot 0.031) / (4 \cdot \pi \cdot 0.015) = 0.378258248 \text{ m}^2/\text{min}$$

透水係数 k は次式により求められる。

$$k = T/M$$

ここで、

$$M \text{ (透水層の厚さ)} : 4.28 \text{ m} \quad (\text{図 3-12 参照})$$

よって、

$$k = 0.378258248 / 4.28 = 0.088378095 \text{ (m/min)} = 1.4 \times 10^{-3} \text{ (m/s)}$$

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 3-17 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 3-17 地盤の種類と透水係数の対応¹⁹

仁斗田 No. 2 孔の透水層は砂質土主体であり、図 3-17 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。

¹⁹ 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の、次の式を使用する。

井戸形式及び理論公式を図3-18に示す。

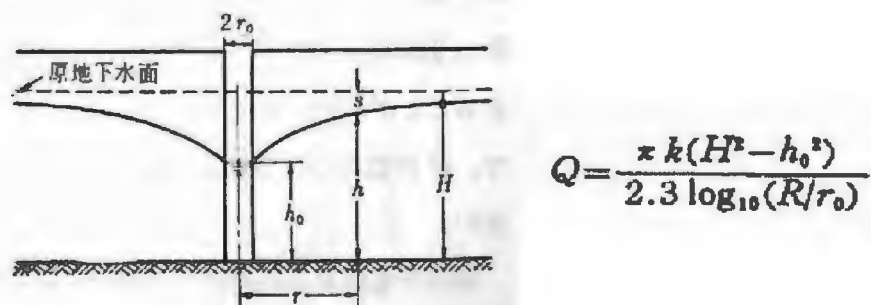


図3-18 井戸形式図及び理論公式²⁰

図3-18の理論公式で地下水位を100cm低下させた場合の揚水量を試算することとし、表3-8の計算条件を使用する。

表3-8 仁斗田 No. 2 孔 試算条件

	単位	A地点	備考
H	m	4.38	
h_0	m	3.28	100cm水位低下時
k	m/min	0.0883	1.4×10^{-3} (m/s)
R	m	12	地理条件より仮定
$2r_0$	m	0.3	仮定

表3-8の計算条件及び図3-18の理論公式を用いて算出した揚水量を表3-9に示す。

表3-9 仁斗田 No. 2 孔 揚水量試算結果

	単位	A地点	備考
揚水量Q	m ³ /分	0.479	100cm水位低下時
	m ³ /時	28.77	

²⁰ 「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、

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

$$\Delta S \text{ (図 3-16 における } \log t \text{ の 1 サイクル分の水位降下量)} : 0.03 \text{ m}$$

揚水量が 32 L/min の時、

$$T = (0.183 \cdot 0.31) / 0.03 = 0.1891 \text{ m}^2/\text{min}$$

透水係数 k は次式により求められる。

$$k = T / M$$

ここで、

$$M \text{ (透水層の厚さ)} : 4.28 \text{ m} \quad (\text{図 3-12 参照})$$

よって、

$$k = 0.1891 / 4.28 = 0.044182243 \text{ (m/min)} = 7.3 \times 10^{-4} \text{ (m/s)}$$

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 3-19 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 3-19 地盤の種類と透水係数の対応²¹

仁斗田 No. 2 孔の透水層は砂質土主体であり、図 3-19 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。

²¹ 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の、次の式を使用する。

井戸形式及び理論公式を図 3-20 に示す。

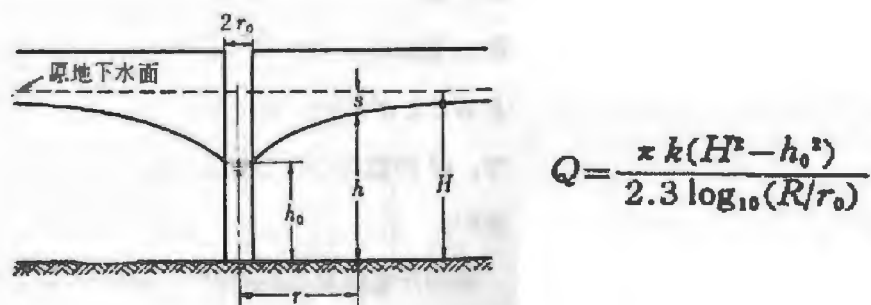


図 3-20 井戸形式図及び理論公式²²

図 3-20 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 3-10 の計算条件を使用する。

表 3-10 仁斗田 No. 2 孔 試算条件

	単位	A地点	備考
H	m	4.38	
h_0	m	3.28	100cm水位低下時
k	m/min	0.0441	7.3×10^{-4} (m/s)
R	m	12	地理条件より仮定
$2r_0$	m	0.3	仮定

表 3-10 の計算条件及び図 3-20 の理論公式を用いて算出した揚水量を表 3-11 に示す。

表 3-11 仁斗田 No. 2 孔 揚水量試算結果

	単位	A地点	備考
揚水量Q	m ³ /分	0.239	100cm水位低下時
	m ³ /時	14.38	

²² 「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 2.81～2.96%であり、海水井戸として満足できる結果となった。揚水試験前の孔内塩分は 2.04～3.06%であり、深度 6.47m 地点で塩分が低下するが、以浅は 2.82～3.06%と高い数値を示している。鉛直塩分は揚水後に深度 6.47m で孔内の塩分はわずかに低下するが、全体的にはほとんど変化はない。よって、本孔では周辺海域からの浸透海水を主体に引き込んでいと推察される。

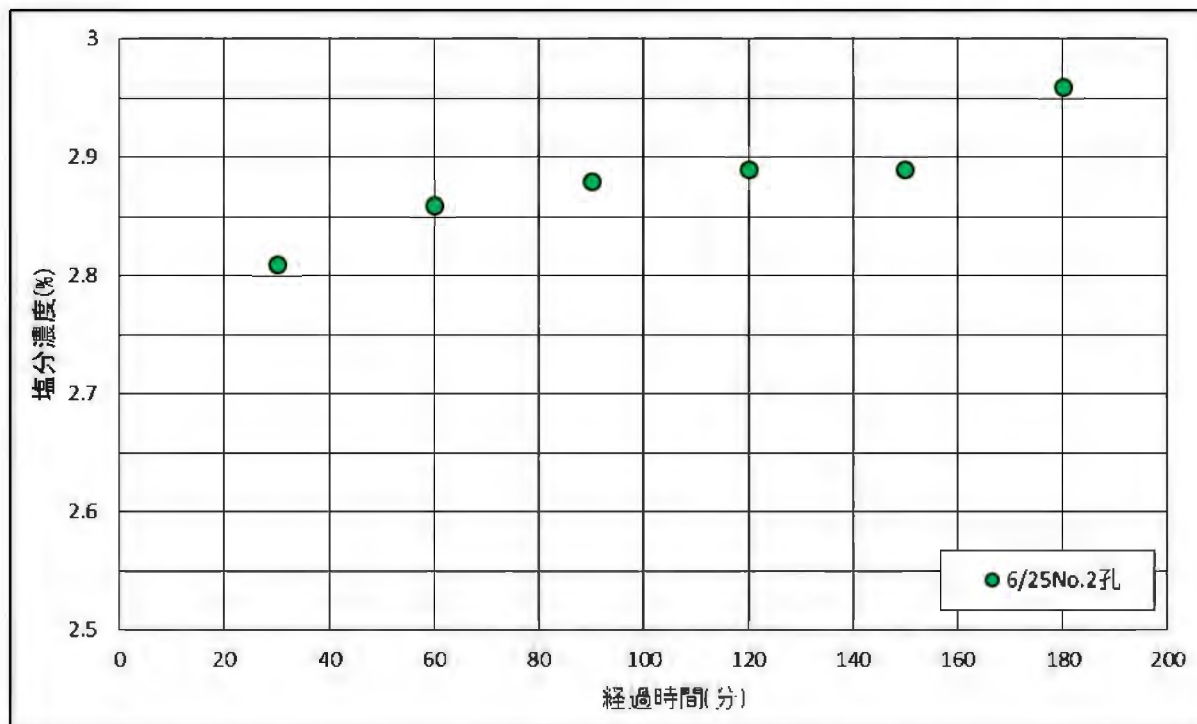


図 3-21 揚水試験中の塩分変化

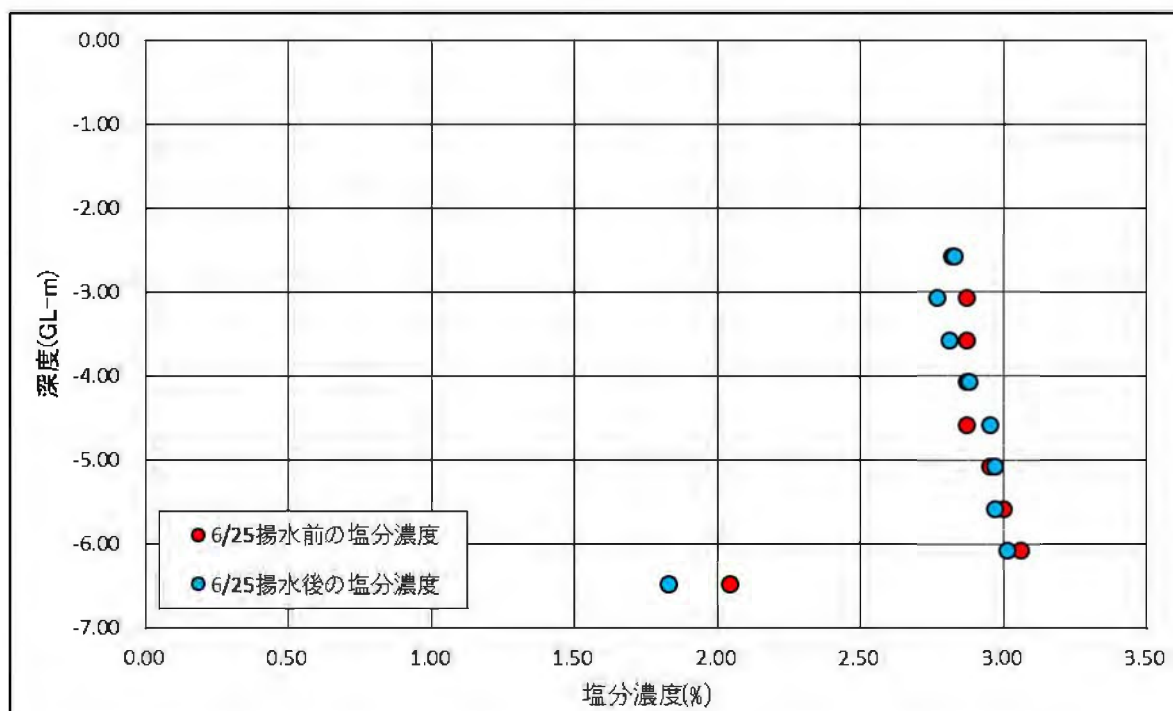


図 3-22 揚水試験前及び揚水試験後の孔内 0.5m 毎の塩分分布

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 3-12 のとおりである。

表 3-12 仁斗田 No. 2 孔 揚水量試算結果

	手法	単位	A地点	備考
揚水量Q	ヤコブの直線法	m ³ /分	0.479	100cm水位低下時
		m ³ /時	28.77	
	回復法	m ³ /分	0.239	
		m ³ /時	14.38	

以上から、井戸径 300mm での揚水量は 0.239～0.479 (m³/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。