

# 陸上養殖候補地調査委託業務

## 報告書

高知県内

高知県水産振興部

株式会社 相 愛

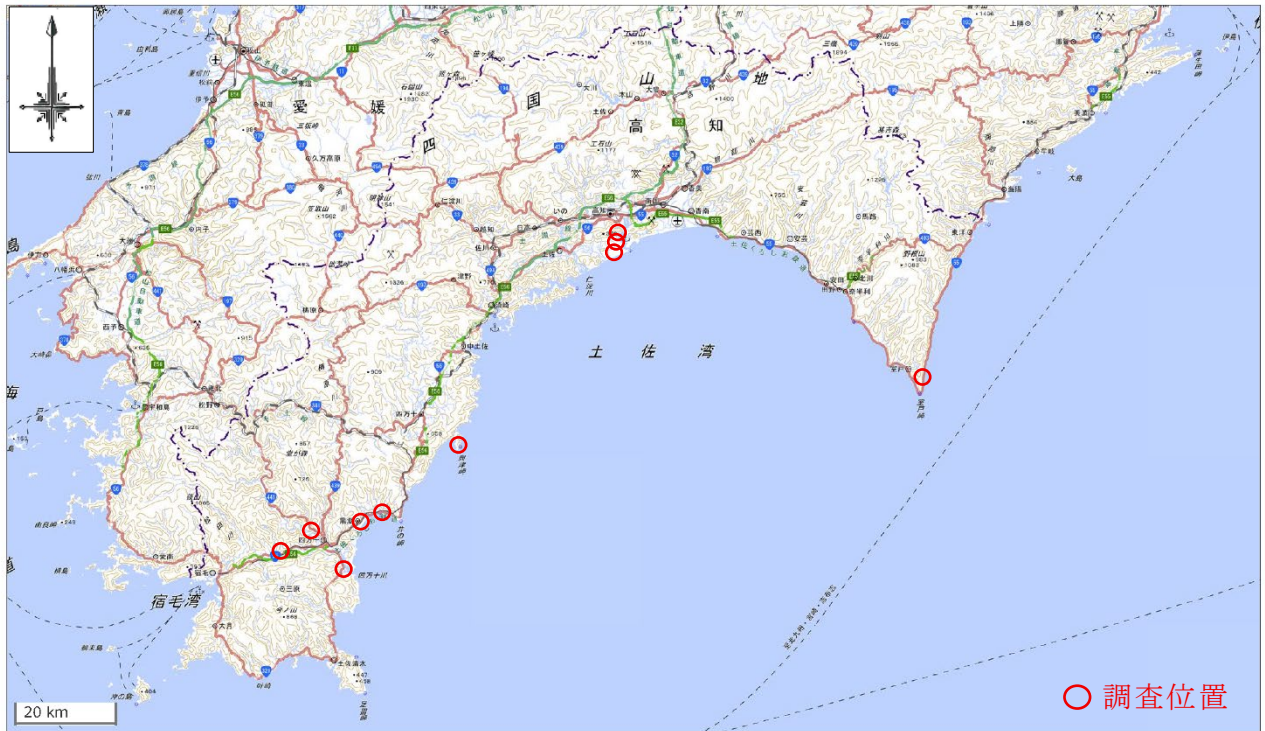
令和8年3月

## はじめに

本業務は、陸上養殖事業の候補地において、地下水の概略的な揚水可能量、透水性および水質等を把握し、地下水利用の可能性を評価することを目的として実施したものである。主な調査内容は、ボーリング調査、簡易揚水試験、現場透水試験および水質試験である。ボーリング調査は、各候補地において計 11 箇所を実施した。簡易揚水試験は、ボーリング調査によって地下水位および帯水層を確認したうえで、揚水が見込まれる箇所を対象として実施し、養殖事業に必要な揚水量を一定程度確保できるかを概略的に確認した。現場透水試験は全箇所を実施し、その後、各調査孔および必要に応じて周辺河川での水質試験を行った。また、既存井戸および周辺河川を対象として、水質試験を追加実施した。

現地調査の実施に当たっては、事前に地権者又は土地管理者から現地立入りの承諾を得た後、原則とし業務調査員立会いの下で現地確認を行い、地下水の賦存が見込まれる箇所を対象に調査を実施した。

総合解析の取りまとめでは、ボーリング調査結果を基に地質断面図を作成し、土地利用状況、土質、地下水位および帯水層厚等を整理した。次に、簡易揚水試験結果から本井戸施工時における最低揚水可能量を推定した。現場透水試験結果は、透水係数と土質との関係表を用いて透水性を評価した。水質試験では、分析結果を基に水質ダイアグラムを作成し、地下水および河川水の水質タイプを視覚化したうえで定量的に評価した。これらの各調査結果に加え、候補地の地形・地質に関する机上調査結果も踏まえ、陸上養殖事業における地下水利用の可能性について総合的に評価した。



調査位置図

出典：電子国土Web 国土地理院より加筆

<https://maps.gsi.go.jp/>

## ～ 目 次 ～

1. 業務概要	1
2. 調査・試験方法	5
2.1. 作業手順	5
2.2. 機械ボーリング	6
2.3. 原位置試験	12
2.3.1. 現場透水試験	13
2.3.2. 簡易揚水試験	15
2.4. 水質試験	18
2.4.1. 帯水層での採水	18
2.4.2. 周辺河川での採水	20
3. 地形・地質概要	21
3.1. 高知県の地形	21
3.2. 四国の地質	22
4. 調査結果	24
4.1. KO-No.1(高知県高知市長浜)	25
4.2. KO-No.2(高知県高知市海老ノ丸)	42
4.3. KO-No.3(高知県高知市横浜)	70
4.4. OK-No.1(高知県高岡郡四万十町興津)	87
4.5. OK-No.2(高知県高岡郡四万十町興津)	104
4.6. TN-No.1(高知県幡多郡黒潮町田野浦)	121
4.7. TN-No.2(高知県幡多郡黒潮町田野浦)	139
4.8. SH-No.1(高知県幡多郡四万十市有岡)	155
4.9. SH-No.2(高知県幡多郡四万十市川登)	164
4.10. TK-No.1(高知県室戸市高岡)	173
4.11. KA-No.1(高知県高岡郡黒潮町上川口)	183
4.12. 既存井戸(高知県幡多郡四万十市間崎)	201

～ 卷末資料 ～

コア写真・ボーリング柱状図  
国土地盤情報データベース検定  
現場記録写真  
業務計画書  
打合せ記録簿  
社内照査報告書

～ 電子成果品 ～

調査報告書  
公開用資料  
コア写真・ボーリング柱状図  
国土地盤情報データベース検定  
ボーリング断面図  
現場記録写真  
業務計画書  
打合せ記録簿  
社内照査報告書

## 1. 業務概要

(1) 業務名：陸上養殖候補地調査委託業務

(2) 業務場所：高知県内

(3) 業務期間：自) 令和7年 5月 21日  
至) 令和8年 3月 23日

(4) 業務目的：本業務は、陸上養殖の候補地となり得る地域において、陸上養殖に利用する地下水の水質等を明らかにするため、地下水の水質調査を実施するものである。

(5) 業務内容及び数量(詳細数量は後出の表 1-1 数量総括表及び表 1-2 数量内訳表に示す)

① 機械ボーリング	11 箇所	ΣL=155.0m
② 現場透水試験	合計 11 回	
③ 簡易揚水試験	合計 7 回	
④ 解析等調査	1 式	
⑤ 打合せ	1 式(中間 1 回)	
⑥ 国土地盤情報データベース検定	11 本	
⑦ 電子成果品作成	1 式	

(6) 業務組織：

発注者 高知県 水産振興部 水産業振興課  
 総括調査員 課長 土居 聡  
 専任調査員 課長 補佐 井上 久美賀  
 主任調査員 チーフ 鈴木 怜  
 業務調査員 主幹 岡見 卓馬  
 業務副調査員 主査 池田 拓司

受注者 株式会社 相 愛  
 住所：〒780-0002 高知市重倉 266-2  
 電話：088-846-6700 FAX：088-846-6712

管理技術者

担当技術者

社内照査技術者

## (7) 参考図書：

- ① 本業務特記仕様書：高知県
- ② 高知県委託業務技術者必携：高知県；令和 6 年 7 月 1 日
- ③ 高知県地質・土質調査共通仕様書：高知県；令和 6 年 7 月 1 日
- ④ 電子納品運用に関するガイドライン委託業務編：高知県；令和 7 年 5 月
- ⑤ CAD 製図基準：国土交通省；平成 29 年 3 月
- ⑥ CAD 製図基準に関する運用ガイドライン：国土交通省；平成 29 年 3 月
- ⑦ 地質・土質調査成果電子納品要領：国土交通省；平成 28 年 3 月
- ⑧ デジタル写真管理情報基準：国土交通省；令和 5 年 3 月
- ⑨ ボーリングポケットブック：(一社)全国地質調査業協会連合会；令和 5 年 9 月
- ⑩ ボーリング柱状図作成及びボーリングコア取扱い・保管要領(案)・同解説  
(一社)全国地質調査業協会連合会；平成 27 年 6 月
- ⑪ 地盤調査 基本と手引き：(公社)地盤工学会；平成 25 年 9 月
- ⑫ 地盤調査の方法と解説：(公社)地盤工学会；平成 25 年 3 月
- ⑬ 改著地下水学要論：理学博士 村上敏夫；昭和 52 年 7 月
- ⑭ 新版地下水調査法：理学博士 山本荘毅；昭和 58 年 3 月

表 1-1 数量総括表

費目	工種	種別	細別又は形状寸法	単位	当初数量	実施数量	改め	備考
地質調査業務(一般)								
直接調査費								
	機械ホーリング	土質ホーリング	φ66mm,粘性土・シルト オールコアホーリング,50m以下,鉛直下方	m	29	38.8	39	
		土質ホーリング	φ66mm,砂・砂質土 オールコアホーリング,50m以下,鉛直下方	m	51	11.4	11	
		土質ホーリング	φ66mm,礫混じり土砂 オールコアホーリング,50m以下,鉛直下方	m	60	74.6	75	
		土質ホーリング	φ66mm,玉石混じり土砂 オールコアホーリング,50m以下,鉛直下方	m	0	22.4	22	
		岩盤ホーリング	φ66mm,軟岩,50m以下,鉛直下方	m	10	7.8	8	
	サウンディング及び 原位置試験	現場透水試験	ケーシング法, GL-10m以内	回	0	1	1	
		現場透水試験	ケーシング法, GL-20m以内	回	13	1	1	
		現場透水試験	ケーシング法, GL-30m以内	回	1	0	0	
		現場透水試験	一重管法, GL-20m以内	回	0	8	8	
		現場透水試験	一重管法, GL-40m以内	回	0	1	1	
		簡易揚水試験		回	0	7	7	2時間程度
	水質試験	健康項目(1)	カドミウム	検体	14	9	9	
			鉛	検体	14	9	9	
			六価クロム	検体	14	9	9	
			総水銀	検体	14	9	9	
			ヒ素	検体	14	9	9	
			シアノ	検体	14	9	9	
			鉄	検体	0	9	9	
	ハキタイヤグラム	帯水層	8項目	検体	14	9	9	
		周辺	8項目	検体	10	3	3	
			既存井戸採水作業	式	0	1	1	
	解析等調査	資料整理とりまとめ		業務	1	1	1	
		断面図等の作成		業務	1	1	1	
直接経費								
	国土地盤情報データベース 検定費	国土地盤情報データベース 検定費		本	10	11	11	
間接調査費								
	運搬費	資機材運搬	クレーン付トラック2t積 2.9t吊 片道所要時間=1時間	日	10	12	12	
	準備費	準備及び後片付け		業務	5	5	5	
	仮設費	足場仮設設置・撤去	平坦地足場,50m以下 板材足場(高さ0.3m以下)	箇所	10	11	11	
		給水費(ポンプ運転)	20m以上150m以下	箇所	10	11	11	
	その他	調査孔閉塞		箇所	10	11	11	
地質調査業務(解析)								
直接人件費								
	打合せ等	打合せ	中間打合せ:1回	業務	1	1	1	
	解析等調査	既存資料の収集・現地調査		業務	1	1	1	
		資料整理とりまとめ		業務	1	1	1	
		断面図等の作成		業務	1	1	1	
		総合解析とりまとめ		業務	1	1	1	

表 1-2 数量内訳表

調査地	ボーリングNo.	試錐長(m)	層別試錐長(m)					原位置試験					ヘキサダイアグラム 水質試験		
			孔径φ66mm・オールコア・50m以下・鉛直下方					現場透水試験							
			粘性土・シルト	砂・砂質土	礫混じり土砂	玉石混じり土砂	軟岩	ケーシング法			一重管法		簡易揚水試験		
								GL-10m以内	GL-20m以内	GL-30m以内	GL-20m以内	GL-40m以内			
高知市長浜	KO-No.1	9.6	0.0	1.2	7.3	0.0	1.1				1			1	
高知市海老の丸	KO-No.2	38.6	21.0	2.5	7.0	8.1	0.0					1	1	1	2
高知市横浜	KO-No.3	12.2	1.9	0.3	9.0	0.0	1.0				1		1	1	
四万十町興津	OK-No.1	13.0	0.0	3.5	9.4	0.1	0.0				1		1	1	
四万十町興津	OK-No.2	14.0	0.0	1.6	12.1	0.0	0.3				1		1	1	
黒潮町田野浦	TN-No.1	13.7	4.0	0.4	9.0	0.0	0.3				1		1	1	
黒潮町田野浦	TN-No.2	3.4	0.0	0.6	1.8	0.0	1.0				1		1	1	
四万十市有岡	SH-No.1	6.5	0.8	0.2	2.5	1.7	1.3				1				
四万十市川登	SH-No.2	19.0	10.5	0.8	7.7	0.0	0.0		1						
室戸市高岡	TK-No.1	9.0	0.0	0.3	1.7	5.7	1.3	1							
黒潮町上川口	KA-No.1	16.0	0.6	0.0	7.1	6.8	1.5				1		1	1	
四万十市間崎	既存井戸													1	1
実施数量計		155.0	38.8	11.4	74.6	22.4	7.8	1	1	0	8	1	7	9	3
改め		155	39	11	75	22	8	1	1	0	8	1	7	9	3
当初数量計		150.0	29.0	51.0	60.0	0.0	10.0	0	13	1	0	0	0	14	10

上段 実施  
 中断 改め  
 下段 当初

2. 調査・試験方法

2.1. 作業手順

以下に業務の着手から納品までの業務フローを示す。

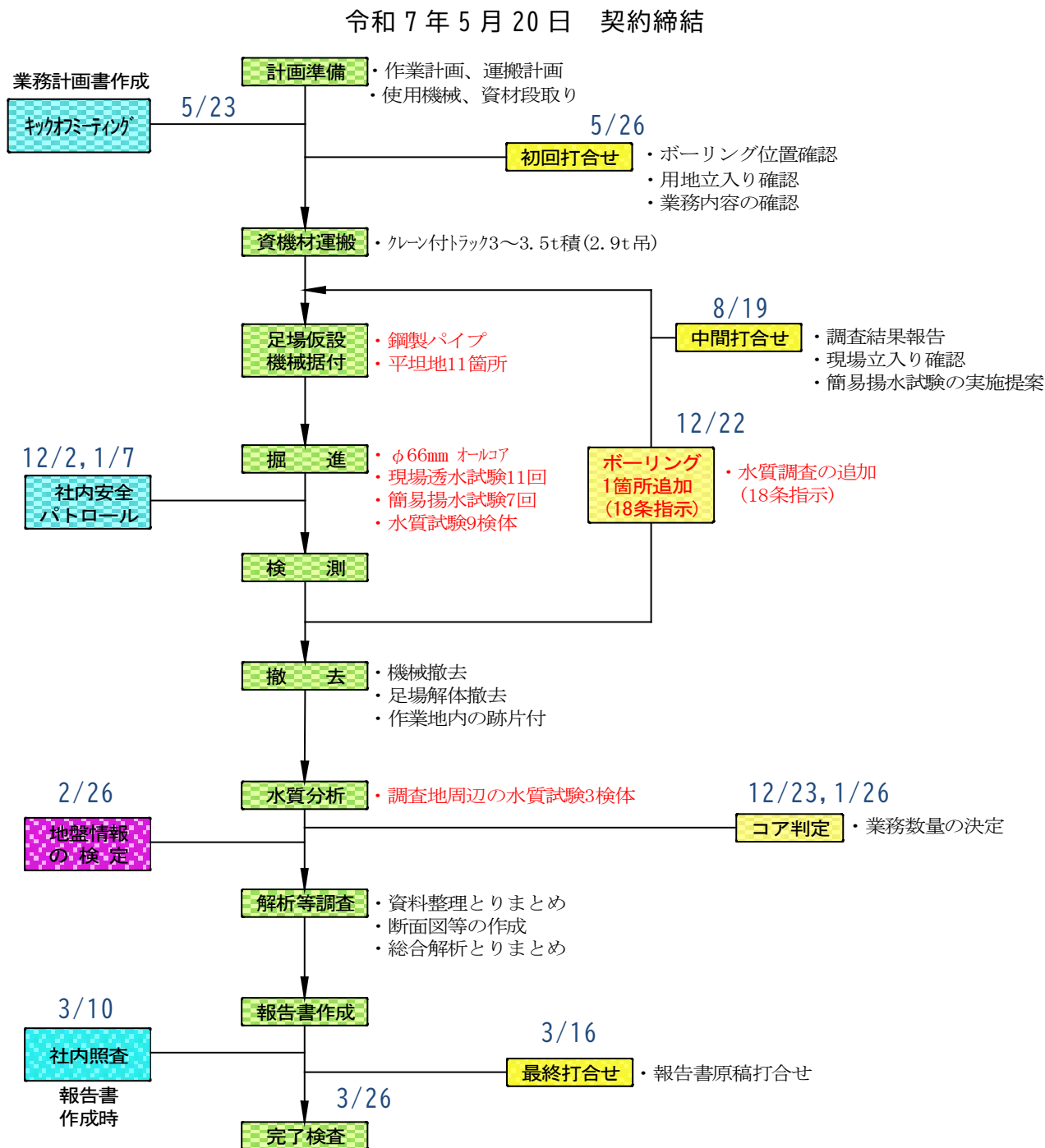


図 2-1 業務フロー図

## 2.2. 機械ボーリング

### (1) 目的

機械ボーリングの目的は、対象箇所における地盤情報の把握と、並行して実施する原位置試験(現場透水試験および簡易揚水試験)の試験孔を作成することである。なお、地盤情報の把握とは、主に未固結土層及び基岩層の種類、層厚、位置の確認、基岩の風化度合いや地質構造の調査などを示す。

### (2) ボーリング位置

ボーリング位置は、陸上養殖の候補地において地下水の確保が見込まれる箇所を対象として、調査職員との協議により選定した。また、ボーリングの座標および地盤標高は、VRS による RTK 測量により求めた。調査ボーリングは、当初計画の 10 箇所(高知市:3 孔、四万十町:2 孔、黒潮町:2 孔、四万十市:2 孔、室戸市:1 孔)で実施した。その後、候補地の拡大を目的として、ボーリング調査を 1 箇所(黒潮町:1 孔)追加した。なお、ボーリング位置の詳細については、4. 調査結果で示す。



代表写真 位置立会状況(左: K0-No. 3、右: SH-No. 1)



代表写真 RTK 測量状況(左: K0-No. 3、右: SH-No. 1)

## (3) 掘進方法

機械ボーリングはロータリー式ボーリングマシンを使用し、下図(図 2-2)の要領で掘進を行った。コア採取は孔径 $\phi 66\text{mm}$ とし、掘進中はコア採取率向上のため、地質状況に応じたビットを使用した。また、必要に応じて孔壁破壊を防止する目的でケーシングパイプを挿入した。掘進期間中は、作業前と作業後の孔内水位を測定した。

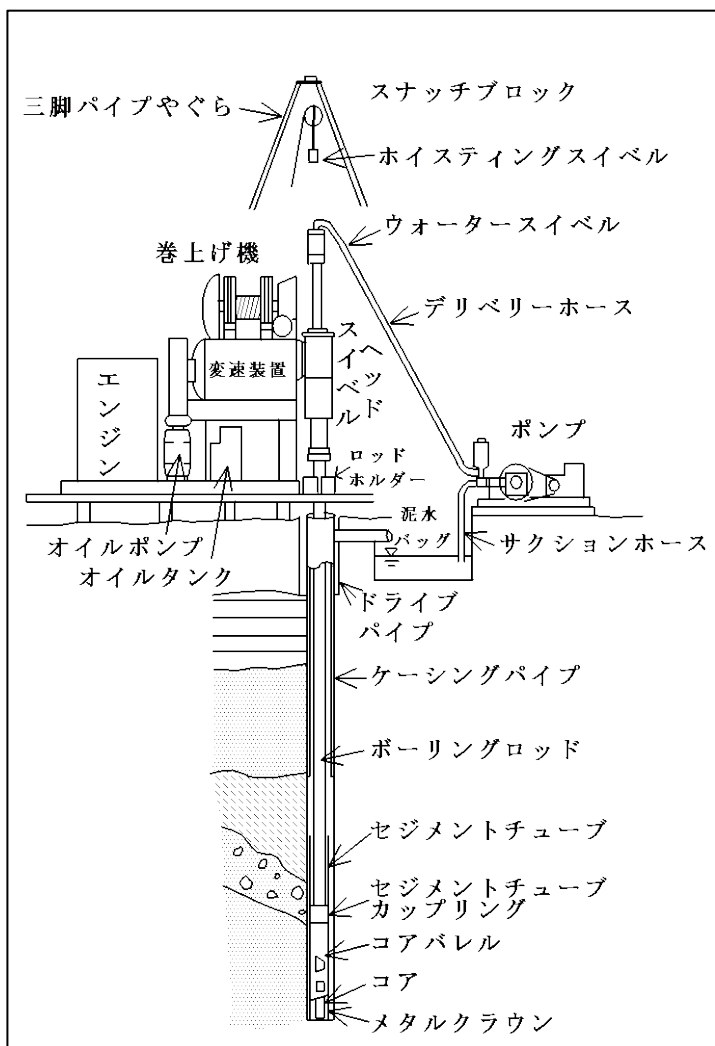


図 2-2 ボーリングマシン概略図 (2-1)

## (4) 結果の整理

ボーリング柱状図は、(一社)全国地質調査業協会連合会の「ボーリング柱状図作成及びボーリングコア取扱い・保管要領(案)・同解説」(平成27年6月)に基づき整理し、作成した。なお、ボーリング柱状図及びコア写真は、巻末資料に収めた。以下に、土質区分・岩盤状態の判定に使用した分類図表を記載する。

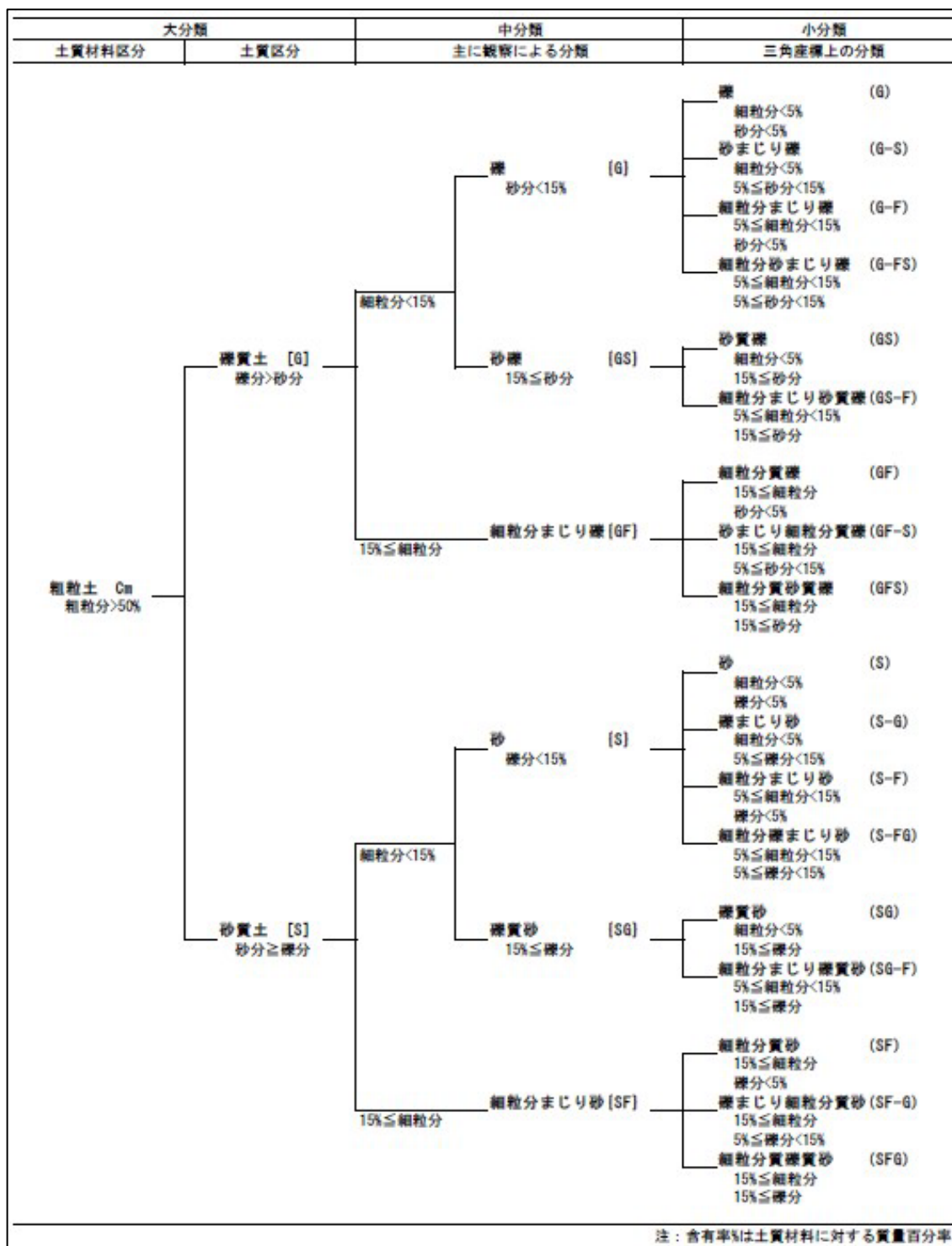


図 2-3 粗粒土の工学的分類体系<sup>(2-2)</sup>

大分類		中分類		小分類	
土質材料区分	土質区分	観察・塑性図上の分類		観察・液性限界等に基づく分類	
細粒土 F <sub>m</sub> 細粒分 $\geq$ 50%	粘性土 [Cs]	シルト {M}	$W_L < 50\%$	シルト (低液性限界)	(ML)
			$W_L \geq 50\%$	シルト (高液性限界)	(MH)
		粘土 {C}	$W_L < 50\%$	粘土 (低液性限界)	(CL)
			$W_L \geq 50\%$	粘土 (高液性限界)	(CH)
	有機質土 [O] 有機質、暗色で有機臭あり	有機質土 {O}	$W_L < 50\%$	有機質粘土 (低液性限界)	(OL)
			$W_L \geq 50\%$	有機質粘土 (高液性限界)	(OH)
			有機質で火山灰質	有機質火山灰土	(OV)
	火山灰質粘性土 [V] 地質的背景	火山灰質粘性土 {V}	$W_L < 50\%$	火山灰質粘性土 (低液性限界)	(VL)
			$50\% \leq W_L < 80\%$	火山灰質粘性土 (I型)	(VH <sub>1</sub> )
			$W_L \geq 80\%$	火山灰質粘性土 (II型)	(VH <sub>2</sub> )
高有機質土 P <sub>m</sub> 有機物を多く含むもの	高有機質土 [Pt]	高有機質土 {Pt}	未分解で繊維質	泥炭	(Pt)
			分解が進み黒色	黒泥	(Mk)
人工材料 A <sub>m</sub>	人工材料 [A]	廃棄物 {Wa}	廃棄物	(Wa)	
		改良土 {I}	改良土	(I)	

図 2-4 細粒土の工学的分類体系<sup>(2-3)</sup>

粒径 (mm)									
0.005	0.075	0.25	0.85	2	4.75	19	75	300	
粘土	シルト	細砂	中砂	粗砂	細礫	中礫	粗礫	粗石 (コブル)	巨石 (ボルダー)
		砂			礫			石	
細粒分		粗粒分					石分		

図 2-5 地盤材料の粒径区分とその呼び名<sup>(2-4)</sup>

<sup>(2-3)</sup> ボーリング柱状図作成及びボーリングコア取扱い・保管要領(案) (一社)全国地質調査業協会連合会：平成 27 年 6 月 p. 64

<sup>(2-4)</sup> 地盤材料試験の方法と解説 (公社)地盤工学会：令和 2 年 12 月 p. 73

表 2-1 岩級等級区分表<sup>(2-5)</sup>

岩盤等級	対象岩盤の一般的目安としては、新鮮な岩盤のテストピースの自然乾燥一軸圧縮強度が800kmf/cm <sup>2</sup> 以上のもの。 新鮮岩の露頭部における岩石のハンマー打撃によって、一般に金属音が発生する。	
	特 徴	ボーリングコアの状態
A	きわめて新鮮なもので、造岩鉱物および粒子は風化、変質を受けていない。キレツ、節理はよく密着し、それらの面に沿って風化の跡はみられないもの。ハンマーによって打診すれば、澄んだ音を出す。	<u>コアは100cm以上の棒状をなし</u> 、岩質極めて新鮮で、コアの表面は非常になめらかであり、節理は認められない。(すなわち、コア箱1mにおいては、割れ目が認められないintact rockである)コアの接種率は極めてよい。
B	岩質堅硬で開口した(たとえ1mmでも)亀裂あるいは節理はなく、よく密着している。ただし造岩鉱物および粒子は部分的に多少風化、変質がみられる。ハンマーによって打診すれば、澄んだ音を出す。	<u>コアは40～50cm前後の長柱状が主体をなし</u> 、岩質は新鮮で、コアの表面はなめらかである。節理の分布は少なく、密着している。節理面は稀に汚染されていることもある。コアの採取率は極めてよい。
CH	造岩鉱物および粒子は石英を除けば風化作用を受けてはいるが、岩質は比較的堅硬である。一般に褐鉄鉱などに汚染され、節理あるいは亀裂間の粘着力はわずかに減少しており、ハンマーの強打によって割れ目に沿って岩塊がはく脱し、はく脱面には粘土質物質の薄層が残留することがある。ハンマーによって打診すれば多少濁った音を出す。	<u>コアは10～30cm前後の柱状が主体をなし</u> 、岩質はおおむね新鮮で、コアの表面はおおむねなめらかである。節理はやや発達し、節理面はしばしば淡褐色に風化変質しているが、風化変質は内部まで進んでいない。時に節理面には薄く数物質が付着することもある。コアの接種率はよい。
CM	造岩鉱物および粒子は石英を除けば風化作用を受けて多少軟質化しており、岩質も多少軟らかくなっている。節理あるいは亀裂間の粘着力は多少減少しており、ハンマーの普通程度の打撃によって割れ目に沿って岩塊がはく脱し、はく脱面には粘土質物質の薄層が残留することがある。ハンマーによって打診すれば、少し濁った音を出す。	<u>コアは10cm前後の短柱状が主体をなし</u> 、岩片状をなす場合でも組合せると円柱状になる。岩質はやや風化変質しておりコアの表面はおおむね粗面を呈する。節理面は風化汚染され、内部まで風化が進んでいる。コアバレルからコアを抜いた時新たな割れ目が生じる。コアの採取率はおおむね80%以上。岩質が新鮮でも、開口節理が発達し、コア長の短いものはこの岩級に含まれる。
CL	造岩鉱物および粒子は風化作用を受けて軟化しており、岩質も軟らかくなっている。節理あるいは亀裂間の粘着力は減少しており、ハンマーの軽打によって割れ目に沿って岩塊がはく脱し、はく脱面には粘土質物質が残留する。ハンマーによって打診すれば、濁った音を出す。	<u>コアはおおむね岩片状が主体をなし</u> 、組合せても円柱状にすることは難しい。岩片は風化している為、コアの表面はザラザラし、一般に褐～茶褐色を呈する。風化変質は節理付近のみならず全体に進んでいる。コアバレルからコアを抜いた時崩壊し易い。採取率はおおむね80%以下。 <u>短棒状コアと砂～粘土状コアが繰り返す場合もこの岩級に含まれる。</u>
D	造岩鉱物および粒子は風化作用を受けて著しく軟質化しており、岩質も著しく軟らかい。節理あるいは亀裂間の粘着力はほとんどなく、ハンマーによってわずかな打撃を与えるだけで崩れ落ちる。はく脱面には粘土質物質が残留する。ハンマーによって打診すれば著しく濁った音を出す。	<u>コアはおおむね砂～粘土状を呈し</u> 、一見岩盤被覆層との区別は難しいが、相対的に締り度よい。通常の水堀りでは、ダブルコアチューブを用いてもコアの採取率は著しく悪い。

(2-5 左欄) 岩盤分類 応用地質特別号 日本応用地質学会：昭和59年8月 p.30

(2-5 右欄) ボーリング柱状図作成要領(案)解説書(改訂版) 日本建設情報総合センター：平成11年5月 p.20

また、柱状図に記載した「相対稠度」の表現は、下表(表 2-2)に基づいて記載した。相対稠度は、粘性土(粘土・シルト)の締め具合を示す指標であり、地盤の硬軟や締め具合を判断する際の参考として用いる。

表 2-2 細粒土の相対稠度区分と状態表現<sup>(2-6)</sup>

記号	相対稠度 (状態表現)	現場における判別方法 (原位置土に対する親指試験)
rc1	非常に軟らかい	親指を 25 mm 以上押し込める
rc2	軟  ら  か  い	親指を 25 mm ぐらい押し込める
rc3	締  ま  っ  た	親指を 6 mm ぐらい押し込める
rc4	硬  い	親指は押し込めないが、親指の爪はたやすく入る
rc5	非 常  に 硬  い	親指の爪も入らない

#### (5) 掘止め深度

掘止めは、岩盤を 1m 確認することを基準としたが、調査地の土質状況に応じて調査職員との協議により決定した。なお、掘止めの詳細については、4. 調査結果で個別に示す。

#### (6) 調査孔閉塞

ボーリング終了後は、豆バラス(豆砂利)を用いて、調査孔を閉塞した。

#### (7) 搬入方法

調査地への搬入方法は、全ての箇所において、ボーリング地点近傍までクレーン付トラックにより搬入した。

#### (8) 給水方法

各調査地における給水については、調査地の地権者、漁港管理者または施設管理者等から水道使用に関する承諾を得たうえで使用した。調査地に給水設備がない場合には、近隣の施設管理者から承諾を得て給水した。

<sup>(2-6)</sup> ボーリング柱状図作成及びボーリングコア取扱い・保管要領(案) (一社)全国地質調査業協会連合会：平成 27 年 6 月 p. 65

### 2.3. 原位置試験

原位置試験は、試験結果の精度向上を図るため、土質および地下水位の状況に応じて、可能な限り試験孔にストレーナ加工を施した測定用パイプ(以下、VP50)を使用した。VP50 の設置は、ボーリング孔の掘止め深度まで挿入した後、ケーシングを抜管する手順で行った。各孔の試験区間(ストレーナ区間)は、孔内水位の状況およびボーリングコアの観察結果から地下水の流動層を推定し、その結果に基づいて決定した。



写真 ストレーナ加工を施した VP50 (有孔管)



写真 通常の VP50 (無孔管)



代表写真 測定用パイプ挿入状況 (SH-No. 2)

### 2.3.1. 現場透水試験

#### (1) 目的

現場透水試験は、原位置における地盤の透水性を把握し、透水係数を求めるとともに、地下水の浸透挙動を評価し、陸上養殖に必要な地下水取水の可能性および井戸計画の検討に資することを目的とする。現場透水試験は、JGS 1314-2012<sup>\*1</sup>に基づいて実施した。

<sup>\*1</sup>JGS規格は、公益社団法人 地盤工学会(以下 JGS)が制定する土質試験、地盤調査、岩盤試験に関する国内基準である。

#### (2) 試験方法

現場透水試験には、非定常法および定常法があり、さらに各手法には注水法および回復法がある。これらの手法の選定は、試験対象となる地盤の透水性に応じて行う。一般に、比較的透水性の低い粘性土や岩盤では注水法が、比較的透水性の高い砂質土や礫質土では非定常法の回復法が採用されることが多い。本調査では、対象地盤の透水性を考慮し、非定常法を採用した。

試験の測定手順は下記のとおり実施した。

##### <注水法>

- ① 孔口から注水し、孔内水位を上昇させ、最大まで上昇した時の孔内水位を測定して試験を開始する。
- ② 時間経過とともに孔内水位の低下を計測し、記録する。試験時間は自然水位まで低下した時点、または 60 分経過した時点で測定を終了する。

##### <回復法>

- ③ 孔口に陸上ポンプのサクションホースを挿入し、孔内水位を低下させ、最大まで低下させた時点の孔内水位を測定して試験を開始する。
- ④ 時間経過とともに孔内水位の上昇を計測し、記録する。試験時間は自然水位まで上昇した時点、または 60 分経過した時点で測定を終了する。

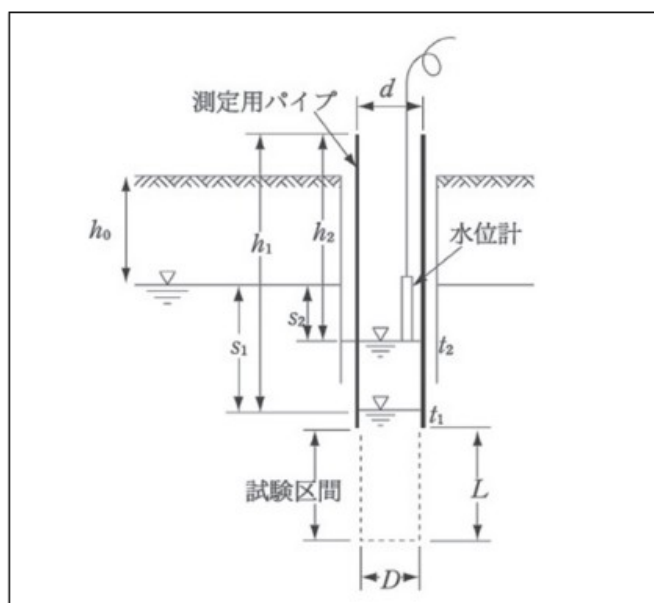


図 2-6 現場透水試験の概念図 <sup>(2-7)</sup>

## (3) 解析方法と結果の整理

片対数グラフの縦軸(対数目盛)には、平衡水位  $h_0$ (m)と測定パイプ内の水位  $h$ (m)との差である水位差  $s=|h_0-h|$ (m)をとる。横軸(算術目盛)には、経過時間  $t$ (s)をとって、 $\log s-t$  曲線を作成する。作成した曲線上のプロットにおいて直線的な勾配が確認されることをもって、データの妥当性を確認する。

① 得られた直線の勾配  $a$  を求める。

$$a = \frac{\log(s_1/s_2)}{t_2 - t_1}$$

② 透水係数  $k$ (m/s)を次式で算定する。

$$k = \frac{(2.3d)^2}{8L} \log\left(\frac{2L}{D}\right)a \quad \text{ただし、} \frac{L}{D} \geq 4$$

ここに、 $d$ ：測定用パイプ内の内径(m)

$D$ ：試験区間の孔径(m)

$L$ ：試験区間の長さ(m)

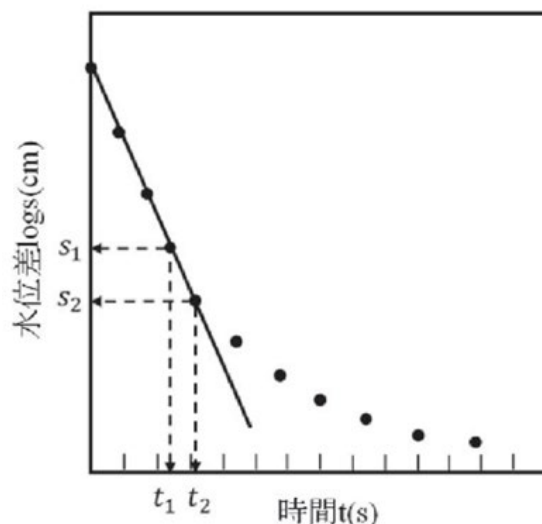


図 2-7  $\log s-t$  曲線の例 <sup>(2-8)</sup>

## (4) 結果の目安

透水係数と対応する地盤の種類を参考表を示す(表 2-3)。透水係数は地盤の種類によって大きく異なるが、地盤条件等により、この範囲から逸脱する場合がある。なお、試験結果は「現場透水試験結果表」にとりまとめた。

表 2-3 透水係数  $k$ (m/s)と対応する地盤の種類を参考表 <sup>(2-9)</sup>

	$10^{-11}$	$10^{-10}$	$10^{-9}$	$10^{-8}$	$10^{-7}$	$10^{-6}$	$10^{-5}$	$10^{-4}$	$10^{-3}$	$10^{-2}$	$10^{-1}$	$10^0$
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			砂及び礫			清浄な礫			

<sup>(2-8)</sup> 地盤調査の方法と解説：(公社)地盤工学会；平成25年3月 p.519

<sup>(2-9)</sup> 地盤調査 基本と手引き：(公社)地盤工学会；平成25年9月 p.155

## 2.3.2. 簡易揚水試験

### (1) 目的

簡易揚水試験は、後述する水質試験用のサンプル採水に先立ち、揚水により地下水が清澄化するまでの時間を利用して、井戸からの揚水量の目安となる地下水のポテンシャルを概略的に把握することを目的とする。試験は地上設置型揚水ポンプを用い、一定揚水量を維持する定量揚水方式により行った。なお、本試験はJGS 1315-2012に準拠し、簡略化して実施した。

定量揚水試験とは、一定の揚水量で地下水を連続的に揚水し、その際の水位低下量および時間変化を観測することにより、帯水層の水理特性を求める試験である。

### (2) 試験方法

試験の測定手順は下記のとおり実施した。

- ①ボーリングの掘止め深度まで、測定用パイプ(VP50)を挿入する。
- ②孔口より地上設置型揚水ポンプ(陸上ポンプ)のサクションホースを挿入し、地下水を汲み上げる。ポンプのバルブを調整し、一定の地下水位が維持されるよう揚水量を制御する。
- ③揚水量は、三角堰(Vノッチ堰)を用い、堰から排水される地下水の水流高さ(堰上水位)を測定することで算出する。
- ④試験中は、時間経過に伴う孔内水位の変化を定期的に計測・記録し、地下水のポテンシャルを把握する。
- ⑤試験は、揚水開始から120分を経過した時点で終了とする。

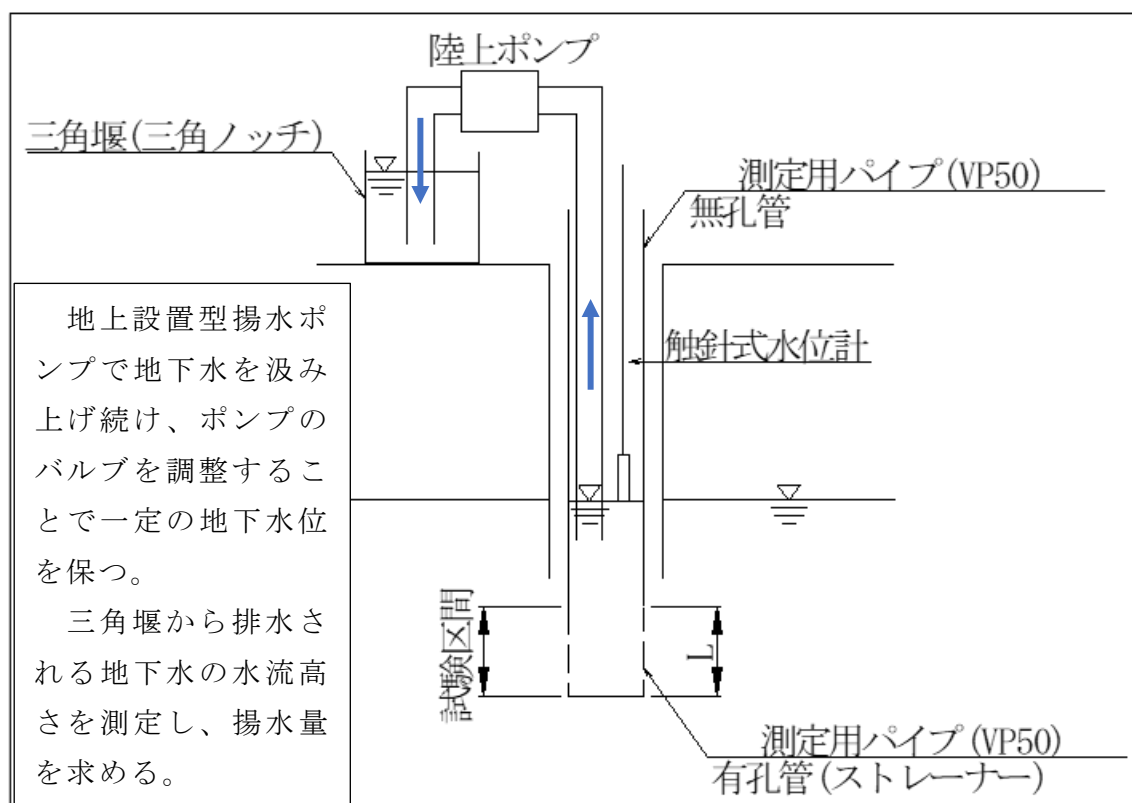


図 2-8 簡易揚水試験の概念図

### (3) 試験の留意点

#### ①測定用パイプ(VP50)に関する留意点

本試験は、ストレーナ付き測定用パイプ(VP50)を挿入して実施した。VP50の外径は $\phi 60\text{mm}$ であり、一般的な本設井戸( $\phi 150\sim 300\text{mm}$ )と比較して小口径である。このため、以下の点に留意する必要がある。

1. 流入断面積が小さいことから大流量を確保しにくく、地下水の真の揚水能力より過小に評価される可能性がある。
2. 井戸内の貯留量が小さいため水位変動が急峻になりやすく、解析値が安定しにくい場合がある。

#### ②地上設置型揚水ポンプに関する留意点

本試験は地上設置型揚水ポンプ(以下、陸上ポンプ)を用いて実施した。陸上ポンプの吸込揚程は理論上約10mが上限であるが、実際には配管損失等の影響により、実用上は概ね7~8m程度に制限される。このため、以下の点に留意する必要がある。

1. 地下水位が地表面から7~8mより深くなる場合には、ポンプの吸込能力の制約により所定の揚水条件を確保できず、試験の実施が困難となる場合がある。
2. 地下水の揚水可能量が当該ポンプの吐出能力を上回る場合には、地下水の真の限界揚水量を把握することはできない。
3. 当該ポンプの限界揚水量は、地下水位の深度および測定用パイプの立上り高さ起因する比高(吸込揚程)等の差により異なる。

試験時および試験結果の評価にあたっては、これらの点に留意する必要がある。

### (4) 結果の整理

試験結果は「簡易揚水試験測定結果表」にとりまとめた。なお、揚水量の算出は、ポンプ吐出し量測定法(JIS B 8302)に準拠した三角堰早見表を用いた。次頁の表2-4に三角堰早見表を示す。

表 2-4 三角堰早見表

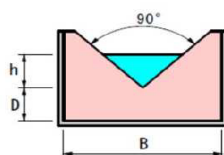
h(m)	0	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	0.007	0.008	0.009
0.010	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.003	0.003	0.004	0.004	0.005
0.020	0.006	0.006	0.007	0.008	0.009	0.010	0.011	0.012	0.013	0.014
0.030	0.015	0.016	0.018	0.019	0.021	0.022	0.024	0.025	0.027	0.029
0.040	0.031	0.033	0.034	0.037	0.039	0.041	0.043	0.045	0.048	0.050
0.050	0.053	0.055	0.058	0.061	0.064	0.067	0.070	0.073	0.076	0.079
0.060	0.083	0.086	0.089	0.093	0.097	0.101	0.104	0.108	0.112	0.116
0.070	0.121	0.125	0.129	0.134	0.138	0.143	0.148	0.153	0.157	0.163
0.080	0.168	0.173	0.178	0.184	0.189	0.195	0.200	0.206	0.212	0.218
0.090	0.224	0.230	0.237	0.243	0.250	0.256	0.263	0.270	0.277	0.284
0.100	0.291	0.298	0.306	0.313	0.321	0.328	0.336	0.344	0.352	0.360
0.110	0.368	0.377	0.385	0.394	0.402	0.411	0.420	0.429	0.438	0.448
0.120	0.457	0.466	0.476	0.486	0.496	0.506	0.516	0.526	0.536	0.547
0.130	0.557	0.568	0.579	0.590	0.601	0.612	0.623	0.635	0.646	0.658
0.140	0.670	0.682	0.694	0.706	0.718	0.731	0.743	0.756	0.769	0.782
0.150	0.795	0.808	0.822	0.835	0.849	0.863	0.876	0.890	0.905	0.919
0.160	0.933	0.948	0.963	0.978	0.992	1.008	1.023	1.038	1.054	1.069
0.170	1.085	1.101	1.117	1.134	1.150	1.166	1.183	1.200	1.217	1.234
0.180	1.251	1.269	1.286	1.304	1.322	1.340	1.358	1.376	1.394	1.413
0.190	1.432	1.450	1.469	1.489	1.508	1.527	1.547	1.567	1.586	1.607
0.200	1.627	1.647	1.668	1.688	1.709	1.730	1.751	1.772	1.794	1.815
0.210	1.837	1.859	1.881	1.903	1.926	1.948	1.971	1.994	2.017	2.040
0.220	2.063	2.087	2.110	2.134	2.158	2.182	2.207	2.231	2.256	2.280
0.230	2.305	2.331	2.356	2.381	2.407	2.433	2.459	2.485	2.511	2.537
0.240	2.564	2.591	2.618	2.645	2.672	2.700	2.727	2.755	2.783	2.811
0.250	2.840	2.868	2.897	2.926	2.955	2.984	3.013	3.043	3.072	3.102
0.260	3.132	3.162	3.193	3.223	3.254	3.285	3.316	3.348	3.379	3.411
0.270	3.443	3.475	3.507	3.539	3.572	3.604	3.637	3.670	3.704	3.737
0.280	3.771	3.805	3.839	3.873	3.907	3.942	3.977	4.012	4.047	4.082
0.290	4.117	4.153	4.189	4.225	4.261	4.298	4.334	4.371	4.408	4.446
0.300	4.483	4.520	4.558	4.596	4.634	4.673	4.711	4.750	4.789	4.828

流量の算出 (JIS B 8302) ポンプ吐出し量測定法

$$Q = kh^{2.5}$$

Q: 流量 (m<sup>3</sup>/min)

k: 流量係数



h: せきの越流水位 (m)  
D: 水路底面から切欠底点までの高さ (m)  
B: 水路の幅 (m)

$$k = 81.2 + (0.24/h) + (8.4 + (12/\sqrt{D})) \times ((h/B) - 0.09)^2$$

h: 0.7 m \*表を参考

D: 0.55 m

B: 1.1 m

k = 92.000  
Q = 92.000 m<sup>3</sup>/min

## 2.4. 水質試験

水質試験は、ボーリング孔において帯水層を対象とした簡易揚水試験後に採水を行い、実施した。また、調査孔周辺に河川が位置する場合には、河川水についても水質試験を実施した。対象項目を下表 2-5 に示す。なお、水質試験は最寄りの公的分析機関に依頼した。

表 2-5 水質試験対象項目

ヘキサダイアグラム 試験項目(8項目)	健康項目 試験項目(7項目)
ナトリウムイオン( $\text{Na}^+$ )	カドミウム
カリウムイオン( $\text{K}^+$ )	鉛
カルシウムイオン( $\text{Ca}^{2+}$ )	六価クロム
マグネシウムイオン( $\text{Mg}^{2+}$ )	水銀
塩化物イオン( $\text{Cl}^-$ )	ヒ素
炭酸水素イオン( $\text{HCO}_3^-$ )	シアン
硫酸イオン( $\text{SO}_4^{2-}$ )	鉄
硝酸イオン( $\text{NO}_3^-$ )	

### 2.4.1. 帯水層での採水

#### (1) 目的

帯水層での採水は、主要イオン成分の構成や重金属類等の有無といった水質特性を把握することで、養殖対象生物の飼育に適した水質であることを確認することを目的とする。

#### (2) 採水方法

帯水層からの採水は、事前に陸上ポンプによる 2 時間以上の揚水を行い、地下水の清澄化を図った。その際、濁度計を用いて地下水の濁度が原則 1.0NTU 以下<sup>\*2</sup>となったことを確認したうえで採水を行うことで、水質試験用サンプル水の品質を担保した。

<sup>\*2</sup>NTU(Nephelometric Turbidity Unit: 比濁計濁度単位)とは、水中の懸濁物質(泥・微粒子など)による濁りの程度を表す指標である。数値が大きいほど濁りが強く、値が 0 に近いほど水は澄んでおり、懸濁物質が少ない状態を示す。



代表写真 濁度計使用状況 (K0-No. 3)

## (3) 結果の整理

水質分析の結果を基に、水質ダイアグラム(ヘキサダイアグラム)を作成し、分析結果を可視化した。

ヘキサダイアグラムの概要、及び作成手順は以下のとおりである。

## &lt;概要&gt;

地下水中の主要溶存成分( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ )を、陽イオンと陰イオンに分けて六角形上にプロットする図法である。

## &lt;作成方法&gt;

- ①各イオン濃度(mg/L)をイオン等量(meq/L)へ換算する。meq/L=(mg/L)/モル等量
- ②左側に合計陽イオン( $\text{Na}^+$ + $\text{K}^+$ を合算、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ )、右側に合計陰イオン( $\text{SO}_4^{2-}$ + $\text{NO}_3^-$ を合算、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{HCO}_3^-$ )をプロットする。

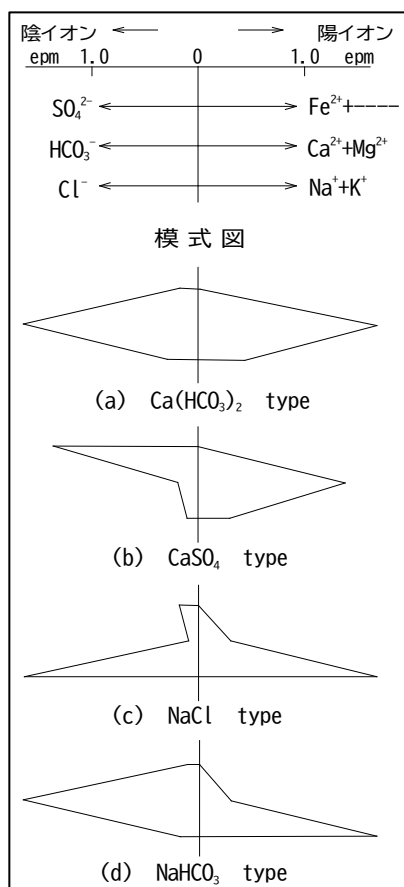


図 2-9 ヘキサダイアグラムの図化例 (2-11)

表 2-6 ヘキサダイアグラムの分類表 (2-10)

水質組成の型	$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ (炭酸カルシウム型)	$\text{NaHCO}_3$ (炭酸ナトリウム型)	$\text{CaSO}_4 \cdot \text{CaCl}_2$ (非炭酸カルシウム型)	$\text{NaSO}_4 \cdot \text{NaCl}$ (非炭酸ナトリウム型)
水の分類	地表水・地下水	地下水	地表水・地下水	海水・地下水
反応	酸性	アルカリ性	酸性	アルカリ性
地下水分布の特徴	最も一般的な地下水。汚染を受けない自由面地下水。補給地帯またはそれに近接する地帯の被圧地下水。	地下水の補給地帯から遠い。たとえば盆地の中央部・海岸地帯に分布する一般的な被圧地下水。	鉱山廃水、(主に第四系)火山起源の水(温泉水・鉱泉水)またはそれによって汚染された地下水。地すべり地、炭田地帯の(自由面)地下水。海岸地帯の塩水化地下水。	(主に第三系)火山起源の水(温泉水・鉱泉水)またはそれによって汚染された地下水。炭田地帯の被圧地下水。海岸地帯の塩水化地下水。島の水(地表水を含む)。
帯水層としての価値	透水性が比較的良好なので比湧水量が多い。	透水性が悪いので比湧水量が少ない。		
水利用上の特徴	上水・かんがい・工業などの用途に広く利用できる。	かんがい用水として適さないことがある。	すべての用途には適さない。	同左

(2-10) 改著地下水学要論：理学博士 村上敏夫；昭和 52 年 7 月 p. 181

(2-11) 改著地下水学要論：理学博士 村上敏夫；昭和 52 年 7 月 p. 183

## 2.4.2. 周辺河川での採水

### (1) 目的

周辺河川での採水は、帯水層における採水との水質の類似性を確認することを目的とする。

### (2) 採水方法

周辺河川での採水は、原則としてボーリング孔(帯水層)での採水日と同日に実施し、両者の水質条件の差を最小限とするため、時間を空けずに採水を行った。また、調査地および周辺河川が海域に近接する場合には、水質試験結果が海水の影響を受けるリスクを低減するため、干潮時に近い時間帯を選定して採水を実施した。

### (3) 結果の整理

水質分析の結果を基に、水質ダイアグラム(ヘキサダイアグラムおよびトリリニアダイアグラム)を作成し、分析結果を可視化した。

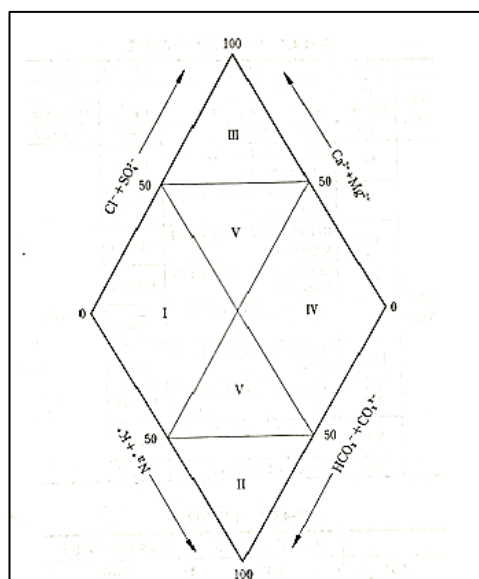
トリリニアダイアグラムの概要、及び作成手順は以下のとおりである。

#### <概要>

キーダイアグラム(ひし形)と、陽イオン・陰イオンの内訳を示す二つの三角グラフを組み合わせる図法である。ヘキサダイアグラムから算出したイオン比を用いて、キーダイアグラムを作成し領域Ⅰ～Ⅴに分類することで、水質タイプを定量的に評価することができる。

#### <作成方法>

- ①各イオンの(meq/L)を総イオン等量で割り、割合(%)を算出する。
- ②右上： $(Ca^{2+}+Mg^{2+})$ 、左下： $(Na^{+}+K^{+})$ 、右下： $(HCO_3^{-})$ 、左上： $(Cl^{-}+SO_4^{2-}+NO_3^{-})$ の割合(%)をプロットする。
- ③陽イオンは、 $(Ca^{2+})$  vs  $(Mg^{2+})$  vs  $(Na^{+}+K^{+})$ で割合(%)をプロットする。陰イオンは、 $(HCO_3^{-})$  vs  $(Cl^{-})$  vs  $(SO_4^{2-}+NO_3^{-})$ で割合(%)をプロットする。
- ④キーダイアグラム上のプロット位置によりⅠ～Ⅴ領域へ分類する。



#### 領域の区分

領域Ⅰ：アルカリ土類重炭酸塩, $Ca(HCO_3)_2$ 型

(普通の淡水)

領域Ⅱ：アルカリ重炭酸塩, $NaHCO_3$ 型

(被圧水,深層水など)

領域Ⅲ：アルカリ土類非酸塩, $CaSO_4$ 型または $CaCl_2$ 型

(鉱山,火山性の水など)

領域Ⅳ：アルカリ非酸塩, $Na_2SO_4$ 型または $NaCl$ 型

(海水,化石水など)

領域Ⅴ：中間の科学組成をもつ水

図 2-10, 11 キーダイアグラムの図化例と領域の区分 <sup>(2-12)</sup>

### 3. 地形・地質概要

#### 3.1. 高知県の地形

高知県は、県土の大部分を急峻な山地が占め、平野部が極めて少ない地形を有する。県中央部には四国山地が東西方向に連なり、これを分水嶺として北側と南側で地形・水系の性格が大きく異なる。

県北部は四国山地の南斜面にあたり、標高が高く起伏に富む山地が連続する。一方、県南部は太平洋(黒潮)に面し、山地が海岸線近くまで迫るため、沿岸部においても平野の発達は限定的である。

主要河川としては、四万十川、仁淀川、物部川などが挙げられ、いずれも流路が短く、流域勾配が大きい。このため、降雨時には急激な水位上昇が生じやすく、土砂供給量も多い。特に太平洋側は多雨地域であり、侵食作用が強く働くことで、谷が深く刻まれた急峻な地形が形成されている。

本調査地の多くは、太平洋沿岸および主要河川沿いに位置しており、地形・気象ならびに水文条件において海洋の影響を受けやすい環境にある。

各調査地の地形概要は、4. 調査結果にて詳述する。

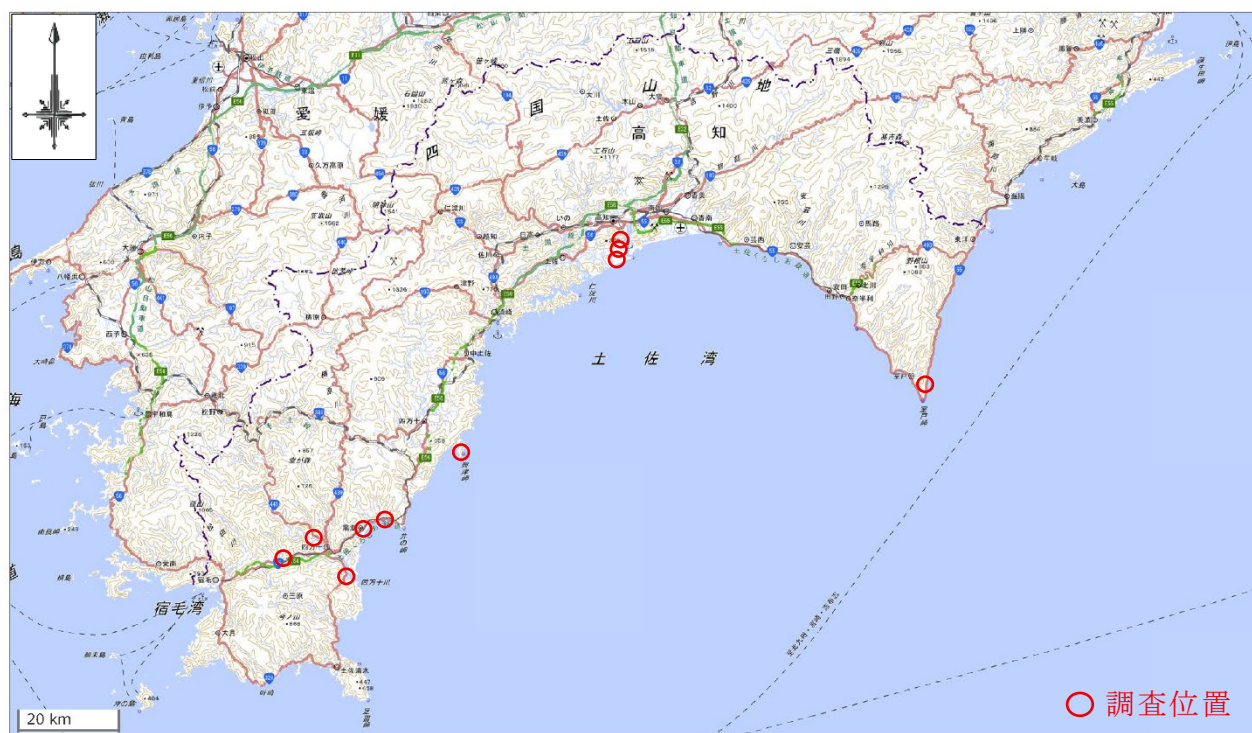


図 3-1 調査位置図 (3- 1)

### 3.2. 四国の地質

四国の地質は、ほぼ東西方向に走る 3 本の構造線(中央構造線・御荷鉾構造線・仏像構造線)によって、北から領家帯(中央構造線以北)、三波川帯(中央構造線—御荷鉾構造線)、秩父帯(御荷鉾構造線—仏像構造線)、及び四万十帯(仏像構造線以南)などに大別される(図 3-2)。大観的には南ほど新しい地層が分布する覆瓦(ふくが)状構造をなしている(次頁の図 3-3 四万十帯の構造-参照)。

各調査地は、四万十帯北帯(四万十帯中生界)および四万十帯南帯(四万十帯新生界)に属する。四万十帯の特徴は、著しく褶曲した砂岩や泥岩(タービダイト)から構成され、また玄武岩質の溶岩(枕状溶岩)や緻密で硬いチャートなどが混在する。

各調査地の地形概要は、4. 調査結果にて詳述する。



図 3-2 四国の地質概略図 (3-2)

四万十帯は海溝の底に堆積していたタービダイトと、海洋プレートとともに移動してきた玄武岩やチャートが海溝で混在した付加体が分布し、特に白亜紀の後期にあたる 7000 万年前に堆積したタービダイトには、赤道海域で約 1 億 2000 万年前(白亜紀前期)に噴出した枕状溶岩やチャートが混在しており、これらの岩石は 3000km 以上の距離を 5000 万年かけて(年間に約 6cm の速度)移動してきたことが証明されている。

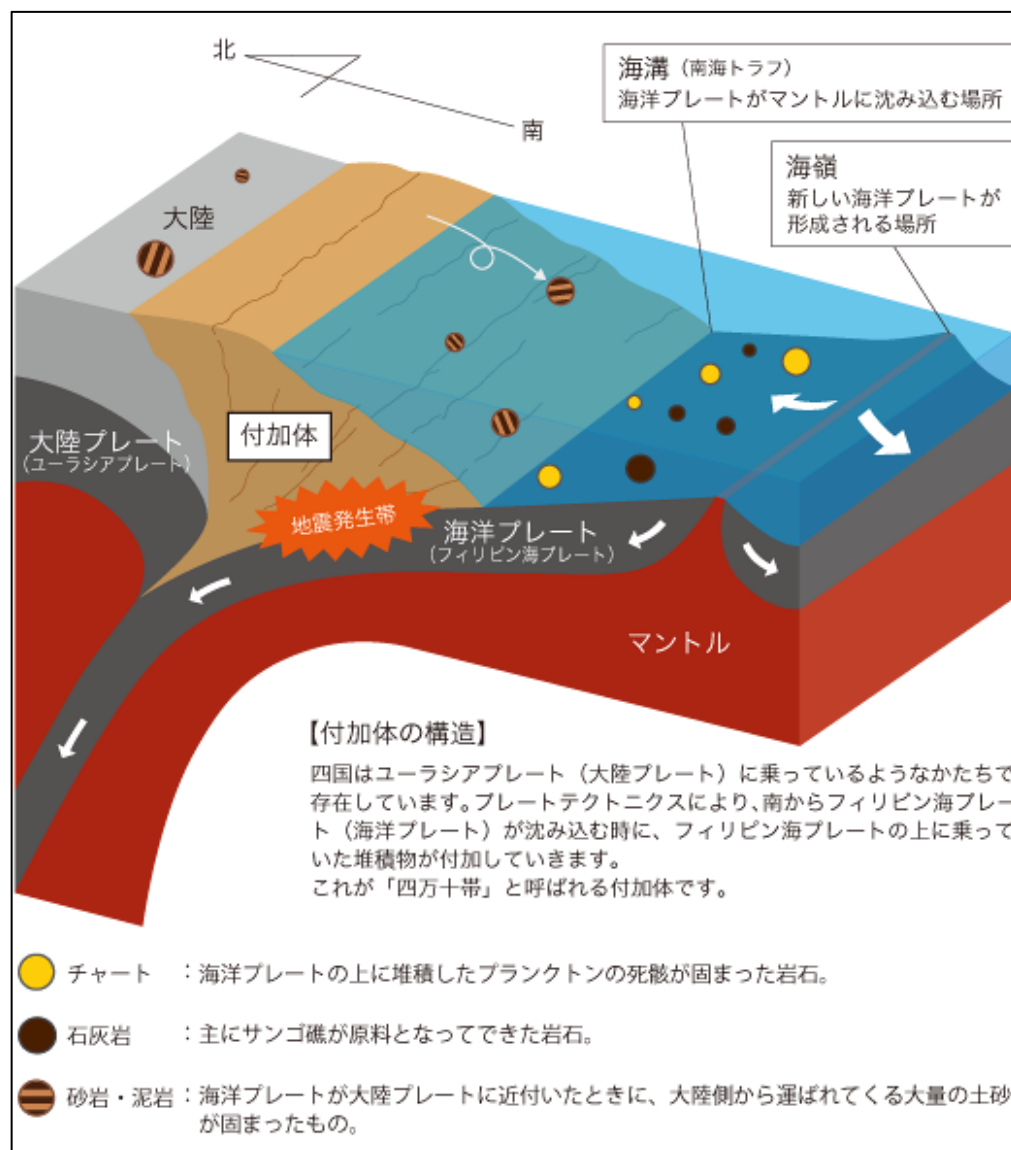


図 3-3 四万十帯 (付加体) の構造 (3- 3)

## 4. 調査結果

本業務で実施したボーリング調査、原位置試験および水質試験の結果を、下表(表 4-1～表 4-4)に取りまとめた。次頁以降では、各地区における調査結果を詳述する。

表 4-1 ボーリング調査結果一覧表

ボーリング調査結果											
孔番	調査地区	調査期間	所有地	調査地の地形	確認された地質	緯度	経度	孔口標高 (T.P.m)	掘進長 (m)	決定地下水位 (GL-m)	推定帯水層厚 (m)
KO-No.1	高知市長浜	R7.7.1～R7.7.8	民有地	砂州	沖積層・須崎層	33° 29' 10.2455"	133° 32' 13.9379"	6.83	9.60	4.26	4.29
KO-No.2	高知市海老ノ丸	R7.10.23～R7.11.6	公有地	水部	沖積層・洪積層	33° 33' 44.8799"	133° 34' 04.8729"	3.76	38.60	3.32	10.40
KO-No.3	高知市横浜	R7.11.24～R7.11.27	公有地	海岸平野	沖積層・半山層	33° 31' 47.4812"	133° 33' 28.7465"	2.13	12.20	1.78	9.42
OK-No.1	四万十町興津	R7.8.27～R7.9.1	公有地	旧水部	沖積層	33° 09' 45.5129"	133° 12' 56.8753"	2.54	13.00	2.75	10.25超
OK-No.2	四万十町興津	R7.9.1～R7.9.4	公有地	旧水部	沖積層	33° 09' 41.6456"	133° 12' 29.5575"	2.20	14.00	2.13	11.87超
TN-No.1	黒潮町田野浦	R7.9.9～R7.9.16	公有地	旧水部	沖積層・有岡層	32° 59' 57.3996"	133° 00' 20.5477"	2.45	14.00	2.15	6.65
TN-No.2	黒潮町田野浦	R7.9.12～R7.9.17	公有地	旧水部	沖積層・有岡層	33° 00' 05.2564"	133° 00' 18.9190"	2.69	3.40	1.76	0.59
SH-No.1	四万十市有岡	R7.10.8～R7.10.14	公有地	河岸段丘	洪積層・有岡層	32° 57' 55.6379"	132° 49' 42.7987"	18.55	6.50	3.56	1.64
SH-No.2	四万十市川登	R7.10.14～R7.10.22	公有地	自然堤防	沖積層	33° 01' 50.4770"	132° 51' 14.4126"	21.17	19.00	13.65	3.65
TK-No.1	室戸市高岡	R7.11.25～R7.12.2	公有地	浜	盛土層・津呂層	33° 15' 59.0922"	134° 11' 04.8405"	9.16	9.00	8.54	0.06
KA-No.1	黒潮町上川口	R8.1.5～R8.1.19	公有地	旧水部	沖積層・有岡層	33° 02' 22.2060"	133° 03' 23.6680"	3.80	16.00	3.23	11.77

表 4-2 原位置試験結果一覧表

原位置試験									
孔番	調査地区	実施日	試験時の潮汐	試験区間 (GL-m)	試験方法	現場透水試験結果		簡易揚水試験結果	
						透水係数k (m/s)	透水性の評価	試験時間	揚水量 (L/分)
KO-No.1	高知市長浜	R7.7.8	干潮⇒満潮	5.92～8.92	測定用パイプ(VP50)	4.24E-05	中位	10:30-12:30	31
KO-No.2	高知市海老ノ丸	R7.11.6	満潮⇒干潮	31.00～35.00	測定用パイプ(VP50)	3.09E-04	中位	9:25-11:25	53
KO-No.3	高知市横浜	R7.11.27	満潮⇒干潮	7.20～11.20	測定用パイプ(VP50)	2.73E-04	中位	12:00-14:00	24
OK-No.1	四万十町興津	R7.9.1	干潮⇒満潮	4.05～12.05	測定用パイプ(VP50)	1.05E-04	中位	9:00-11:00	31
OK-No.2	四万十町興津	R7.9.4	干潮⇒満潮	5.13～13.13	測定用パイプ(VP50)	8.52E-05	中位	9:35-11:35	31
TN-No.1	黒潮町田野浦	R7.9.16	干潮⇒満潮	1.00～8.00	測定用パイプ(VP50)	8.33E-05	中位	9:00-11:00	31
TN-No.2	黒潮町田野浦	R7.9.17	干潮⇒満潮	1.04～2.44	測定用パイプ(VP50)	4.70E-05	中位	10:10-10:21	1
SH-No.1	四万十市有岡	R7.10.14	-	2.50～5.50	測定用パイプ(VP50)	7.71E-07	低い	-	-
SH-No.2	四万十市川登	R7.10.22	-	14.00～17.00	ケーシング法(孔径φ86mm)	1.58E-05	中位	-	-
TK-No.1	室戸市高岡	R7.12.2	-	8.50～9.00	ケーシング法(孔径φ86mm)	2.25E-06	低い	-	-
KA-No.1	黒潮町上川口	R8.1.19	満潮⇒干潮	4.00～12.00	測定用パイプ(VP50)	3.14E-05	中位	9:30-11:30	41

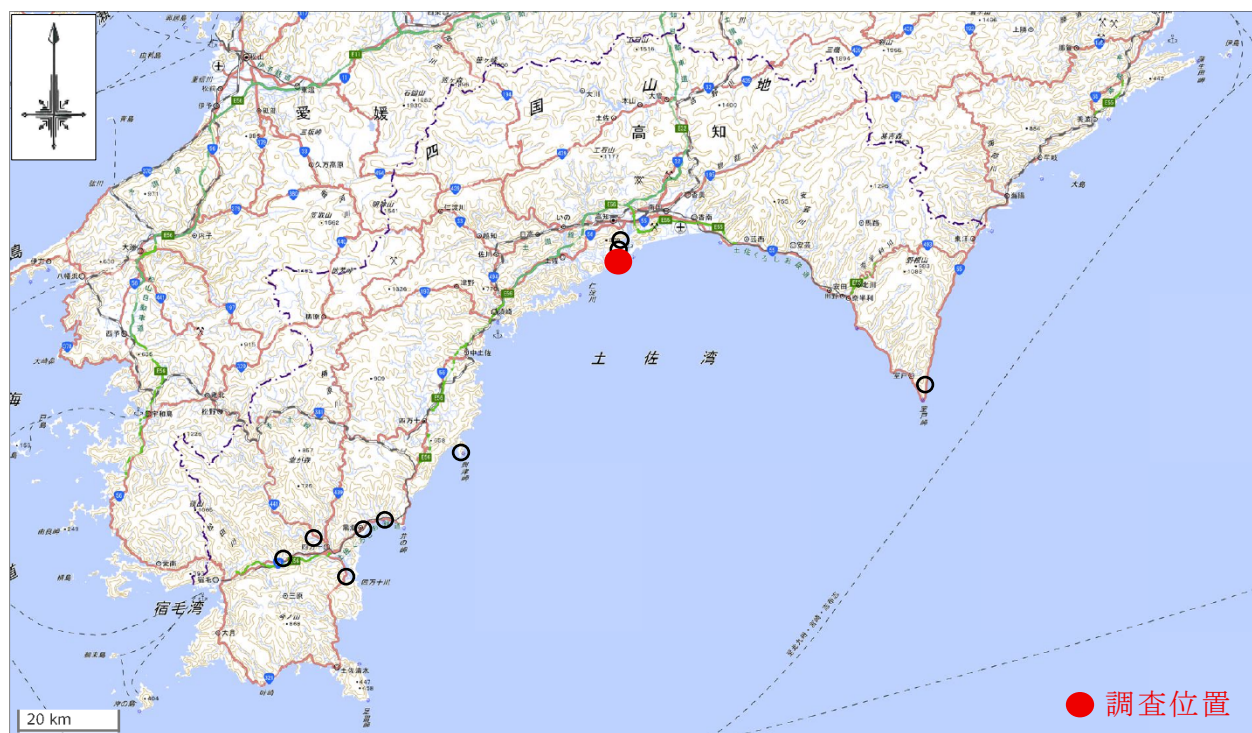
表 4-3 水質試験結果一覧表

水質試験用サンプル採水						水質試験結果			地下水に対する 海水の影響の目安
孔番	調査地区	時刻	気温	地下水温	濁度 (NTU)	健康項目(7項目)	ヘキサダイアグラム(8項目)		
						基準値との比較	図形の型	地下水の分類	地下水⇔海水 (0.5⇔200)
KO-No.1	高知市長浜	13時頃	34.8	21.7	目視による確認	鉄のみ超過(約4倍)	IV型(非炭酸ナトリウム型)	海水の影響を受けた不圧地下水	98.71
KO-No.2	高知市海老ノ丸	11時30分頃	20.9	20.1	0.4	鉄のみ超過(12倍)	IV型(非炭酸ナトリウム型)	海水の影響を受けた被圧地下水	81.50
KO-No.3	高知市横浜	15時頃	17.2	20.2	0.9	すべて基準値未満	IV型(非炭酸ナトリウム型)	海水の影響を受けた不圧地下水	11.35
OK-No.1	四万十町興津	11時30分頃	35.0	19.9	0.0	すべて基準値未満	IV型(非炭酸ナトリウム型)	海水の影響を受けた不圧地下水	147.75
OK-No.2	四万十町興津	12時頃	25.6	20.3	1.9	すべて基準値未満	IV型(非炭酸ナトリウム型)	海水の影響を受けた不圧地下水	100.71
TN-No.1	黒潮町田野浦	12時頃	32.0	24.9	1.9	鉄のみ超過(約1.4倍)	IV型(非炭酸ナトリウム型)	海水	207.41
TN-No.2	黒潮町田野浦	13時頃	33.0	35.2	0.6	すべて基準値未満	I型(炭酸カルシウム型)	不圧地下水(自由地下水)	0.08
SH-No.1	四万十市有岡	-	-	-	-	-	-	不圧地下水(自由地下水)	-
SH-No.2	四万十市川登	-	-	-	-	-	-	不圧地下水(自由地下水)	-
TK-No.1	室戸市高岡	-	-	-	-	-	-	裂隙水	-
KA-No.1	黒潮町上川口	12時頃	17.5	13.7	0.3	すべて基準値未満	II型(炭酸ナトリウム型)	不圧地下水(自由地下水)	0.49

表 4-4 既存井戸の調査結果一覧表

机上調査結果						井戸の諸元				水質試験用サンプル採水				水質試験結果			地下水に対する 海水の影響の目安	
調査地区	所有地	調査地の地形	調査地の地質	緯度	経度	地下水位	帯水層厚	適正揚水量	揚水ポンプ の仕様	実施日	時刻	試験時の潮汐	気温	地下水温	健康項目(7項目)	ヘキサダイアグラム(8項目)		
															基準値との比較	図形の型	地下水の分類	地下水⇔海水 (0.5⇔200)
四万十市間崎	公有地	自然堤防	沖積層・洪積層	32° 56' 18.1400"	132° 58' 29.2300"	不明	不明	不明	不明	R8.1.8	10時50頃	満潮⇒干潮	8.0	19.0	すべて基準値未満	II型(炭酸ナトリウム型)	被圧地下水	0.46

## 4.1. KO-No. 1(高知県高知市長浜)



調査地位置図

出典：電子国土 Web 国土地理院より加筆

<https://maps.gsi.go.jp/>

調査結果一覧表

ボーリング調査結果		原位置試験	
孔番	KO-No.1	実施日	R7.7.8
調査地区	高知市長浜	試験時の潮汐	干潮⇒満潮
調査期間	R7.7.1～R7.7.8	試験区間(GL-m)	5.92～8.92
所有地	民有地	試験方法	測定用パイプ(VP50)
調査地の地形	砂州	現場透水試験結果	
確認された地質	沖積層・須崎層	透水係数k(m/s)	4.24E-05
緯度	33° 29' 10.2455"	透水性の評価	中位
経度	133° 32' 13.9379"	簡易揚水試験結果	
孔口標高(T.P.m)	6.83	試験時間	10:30-12:30
掘進長(m)	9.60	揚水量(L/分)	31
決定地下水位(GL-m)	4.26	水質試験結果(健康7項目)	
推定帯水層厚(m)	4.29	基準値との比較	鉄のみ超過(約4倍)
水質試験用サンプル採水		ヘキサダイアグラム	
時刻	13時頃	図形の型	IV型(非炭酸ナトリウム型)
気温	34.8	地下水の分類	海水の影響を受けた不圧地下水
地下水温	21.7	地下水に対する海水の影響の目安	
濁度(NTU)	目視による確認	地下水⇄海水(0.5⇄200)	98.71

#### 4.1.1. 調査位置

ボーリング調査位置の諸元を下表(表 4-1-1)に、調査位置平面図を下図(図 4-1-1)に示す。ボーリング位置は、調査職員および地権者との現地協議のうえ決定した。また、ボーリング位置の座標および地盤標高は、VRS による RTK 測量により求めた。

表 4-1-1 ボーリング調査位置の諸元

孔番	調査位置(座標)		緯度・経度		孔口標高 (T.P.m)	掘進長 (m)	原位置試験
	X座標	Y座標	緯度	経度			
KO-No.1	53916.7872	3457.3843	33° 29' 10.2455"	133° 32' 13.9379"	6.83	9.60	現場透水試験(回復)・簡易揚水試験

※柱状図の記載標高は、小数点第 3 位を四捨五入。緯度経度は、小数点第 5 位を四捨五入表記。



図 4-1-1 調査位置平面図 (4-1-1)

#### 4.1.2. 調査地の地形・地質

##### (1) 調査地の地形

調査地の地形は、砂州・砂丘に属する。砂州・砂丘は、いずれも砂が堆積して形成された地形である。砂州は、波浪や沿岸流の作用により形成される海岸沿いの微高地であり、砂丘は、風により運搬された砂が堆積して形成される丘状の地形である。調査地は、後述するボーリングコアの観察結果から、砂州に相当すると考えられる。



図 4-1-2 調査地周辺の地形図 (4-1-2)

##### (2) 調査地の地質

調査地の表層地質は、沖積層に属する。沖積層は、約 1 万 1,700 年前の最終氷期終了後から現在に至る完新世に形成された堆積物からなり、臨海平野および河川沿いに分布し、泥、砂、礫からなる軟弱な層を形成する。

基岩層は、四万十帯北帯に属する須崎層に相当すると考えられる。須崎層は、黒色泥岩優勢の砂岩・泥岩互層、赤色頁岩、砂岩・泥岩互層および砂岩単層を含む特徴がある。

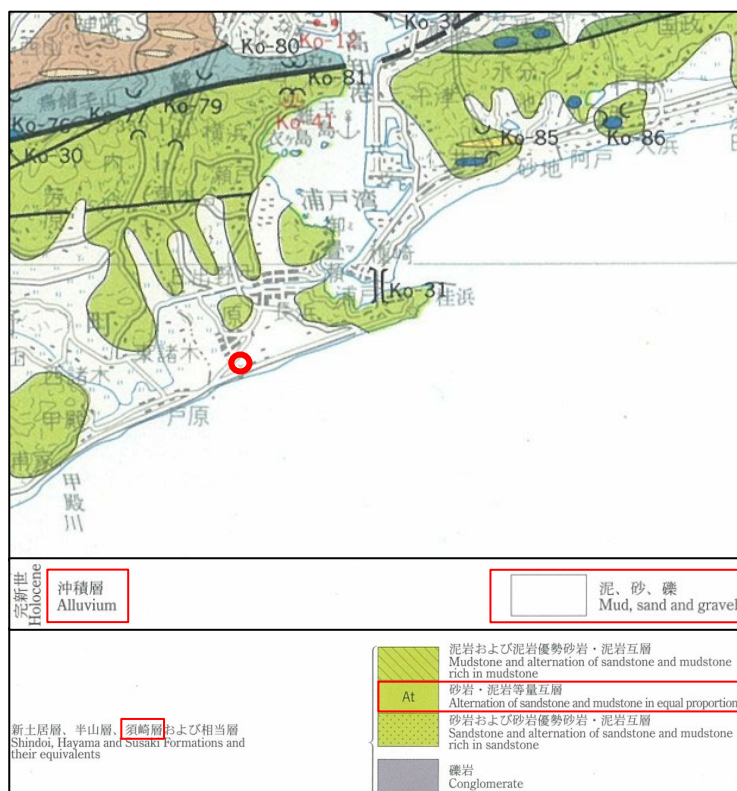


図 4-1-3 調査地周辺の地質図 (4-1-3)

(4-1-2) 電子国土 Web 国土地理院より加筆

(4-1-3) 四国地方土木地質図(凡例)；四国地方土木地質図編纂委員会：平成 10 年 3 月より加筆

## 4.1.3. ボーリング結果

本業務で実施した調査ボーリングの結果、盛土層(BS)、第一礫質土層(Ag1)、砂質土層(As)、第二礫質土層(Ag2)の計4層の未固結土層と基盤岩(Ss)を確認した。

本孔の掘止深度は、調査職員との協議のうえ、基盤岩(Ss)を1m程度確認した時点とした。

下表(表4-1-2)に大別した地質層序を一覧にまとめた。次頁からはボーリング孔についてまとめる。

表4-1-2 地質層序一覧表(K0-No.1)

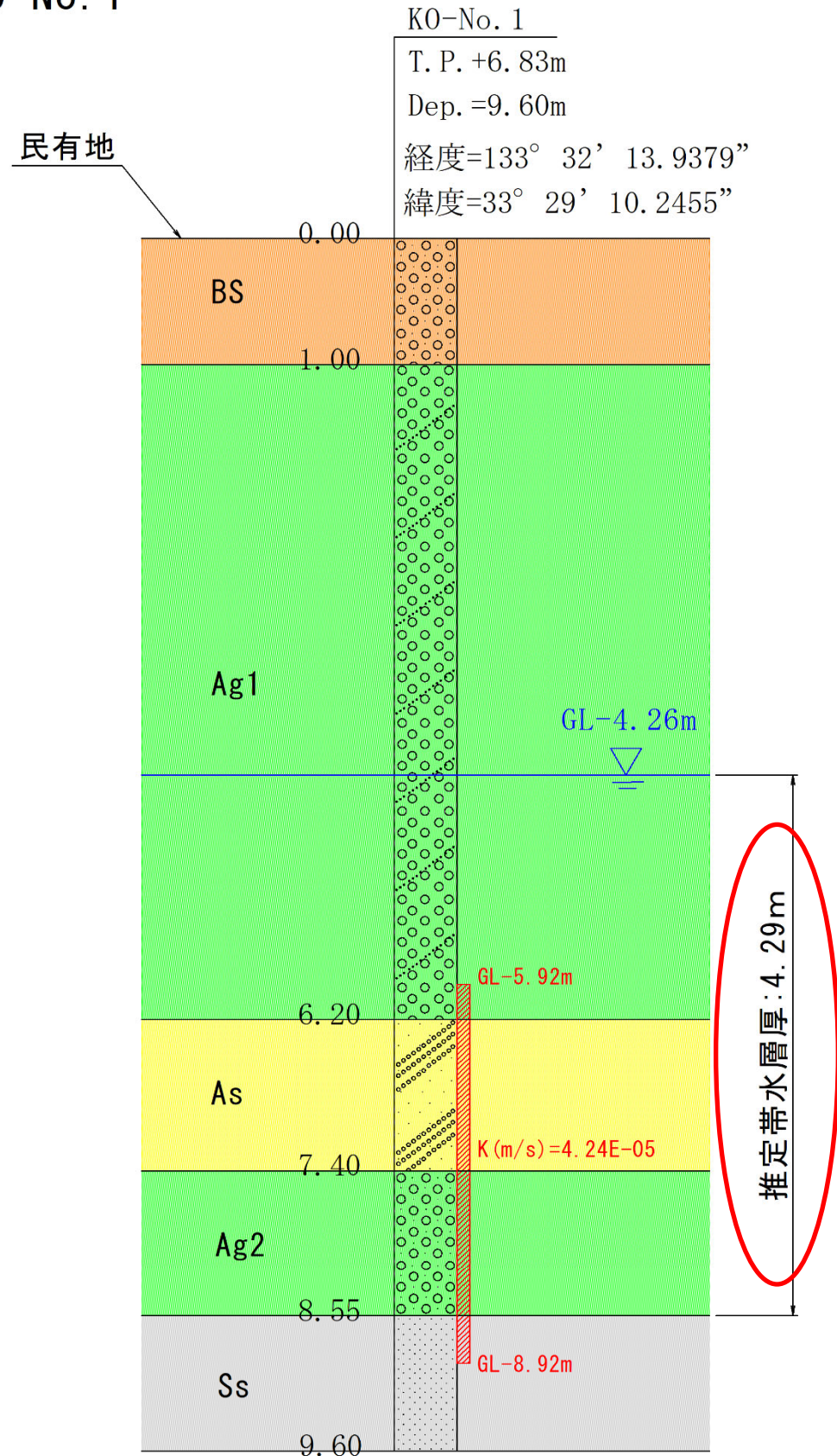
地層名	地層記号	深度(GL-m) 【層厚(m)】	記事
盛土層 (埋め土)	BS	0.00~1.00 (1.00)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 盛土材料はφ2~25mm程度、形状は円礫を主体とし、砂の粒径は細砂主体、主な構成要素は砂礫である。</li> <li>■ GL-0.00~0.20m間では、φ40~50mm程度の粗礫を含む。</li> </ul>
第一礫質土層	Ag1	1.00~6.20 (5.20)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ コア観察による土質は茶灰色を呈する砂混じり礫を主体とする。</li> <li>■ 礫径はφ2~20mm、形状は垂円礫~円礫である。</li> <li>■ GL-2.00~6.20m間では、含水が高い。</li> </ul>
砂質土層	As	6.20~7.40 (1.20)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ コア観察による土質は、茶灰色を呈する礫質砂である。</li> <li>■ 砂の粒径は中砂~粗砂主体で局所的に細粒分を含む。</li> <li>■ 礫径はφ2~15mm、形状は円礫である。</li> <li>■ GL-6.60~6.90m間では、礫分優勢となる。</li> <li>■ 全体的に含水が高く、帯水層を示唆している。</li> </ul>
第二礫質土層	Ag2	7.40~8.55 (1.15)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ コア観察による土質は茶灰色を呈する砂礫である。</li> <li>■ 砂は粗砂主体、粒径は粗砂~細砂へ遷移する。</li> <li>■ 礫径はφ2~35mmの垂円礫~円礫主体。GL-7.65~8.00m間は礫分優勢となり、GL-8.00~8.55m間は砂分優勢となる。</li> </ul>
基盤岩	Ss	8.55~9.60 (1.05)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 基盤岩は片状~MAX25cm程度の柱状コアで採取される砂岩。</li> <li>■ 岩級区分は、コアが概ね新鮮で風化や変色は認められないものの、部分的に亀裂が認められることから、CM~CL級岩盤と評価した。</li> </ul>

KO-No.1 : 0.00-9.60m (孔口標高 : TP+6.83m、掘進長 : 9.60m)

深度 (m)	土質 区分	コア写真		原位置試験	地質層序	
0.00					<p><b>盛土(BS) : GL-0.00~1.00m</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>盛土材料はφ2~25mm程度、形状は円礫を主体とし、砂の粒径は細砂主体、主な構成要素は砂礫である。</li> <li>GL-0.00~0.20m間では、φ40~50mm程度の粗礫を含む。</li> </ul> <p><b>第一礫質土層(Ag1) : GL-1.00~6.20m</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>コア観察による土質は茶灰色を呈する砂混じり礫を主体とする。</li> <li>礫径はφ2~20mm、形状は垂円礫~円礫である。</li> <li>GL-2.00~6.20m間では、含水が高い。</li> </ul> <p><b>砂質土層(As) : GL-6.20~7.40m</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>コア観察による土質は、茶灰色を呈する礫質砂である。</li> <li>砂の粒径は中砂~粗砂主体で局所的に細粒分を含む。</li> <li>礫径はφ2~15mm、形状は円礫である。</li> <li>GL-6.60~6.90m間では、礫分優勢となる。</li> <li>全体的に含水が高く、帯水層を示唆している。</li> </ul> <p><b>第二礫質土層(Ag2) : GL-7.40~8.55m</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>コア観察による土質は茶灰色を呈する砂礫である。</li> <li>砂は粗砂主体、粒径は粗砂~細砂へ遷移する。</li> <li>礫径はφ2~35mmの垂円礫~円礫主体。GL-7.65~8.00m間は礫分優勢となり、GL-8.00~8.55m間は砂分優勢となる。</li> </ul> <p><b>基盤岩(Ss) : GL-8.55~9.60m</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>基盤岩は片状~MAX25cm程度の柱状コアで採取される砂岩。</li> <li>岩級区分は、コアが概ね新鮮で風化や変色は認められないものの、部分的に亀裂が認められることから、CM~CL級岩盤と評価した。</li> </ul>	
1.00	砂礫			0m	1m	
	砂混じり礫			1m	2m	
				2m	3m	
				3m	4m	
				4m	5m	
				5m	6m	
6.20				6m	7m	試験深度:GL-5.92~8.92m
7.40	礫質砂				8m	簡易揚水試験
8.55	砂礫				9m	現場透水試験(回復法)
9.60	砂岩	9m	10m			

【ボーリング期間中の孔内水位】 孔内水位は掘進作業前、作業後に触針式水位計を用いて計測している。  
地下水位観測で確認されたボーリング作業前の最高水位はGL-4.26m、最低水位はGL-6.42mであった。

地質断面図 S=1:50  
K0-No.1



本調査で実施したボーリングデータを基に、地質断面図を作成した。なお、地質断面図の電子データは電子成果品に格納した。  
 決定地下水位は、ボーリング掘進が進み、孔内状況が安定した最終日の作業前水位である GL-4.26m を採用した。これにより、帯水層厚は決定地下水位から岩盤までの 4.29m と推定した。  
 後述する原位置試験の試験区間については、地下水の主な流動層が基盤岩直上の第二礫質土層 (Ag2) に相当すると推定し、第二礫質土層 (Ag2) を含む GL-5.92~8.92m に設定した。  
 次頁より、原位置試験結果および水質試験結果を示す。

BS	盛土層(埋め土)
As	砂質土層
Ag	礫質土層
Ss	基盤岩

工事種別	陸上養殖候補地調査委託業務		
図面名称	地質断面図	縮尺	S=1:50
路線河川名			
工事箇所	高知県 高知市 長浜		
設計種別			
事務所名	高知県水産振興部 水産業振興課	図面番号	1 12
会社名	株式会社 相愛		

図 4-1-4 地質断面図 (K0-No.1)

4.1.4. 現場透水試験結果

右表(表 4-1-3)に現場透水試験結果を示す。本孔では、揚水により水位を低下させ、平衡水位に回復するまでの時間を計測する回復法を採用した。

①解析区間は、揚水停止直後の回復挙動が透水特性を最もよく反映すると考え、 $t_1=0$ とした。また、 $\log s-t$  曲線において直線関係が概ね成立する区間が  $t=0\sim 20(\text{sec})$ であったことから、 $t_2=20$ と設定した。

②透水係数  $k(\text{m/s})$ は次式により算定した。本試験は測定用パイプ VP50 を使用して実施した。VP50 の内径  $d$  は  $0.051\text{m}$ 、孔径  $D$  は  $0.060\text{m}$  である。

③透水係数  $k(\text{m/s})$ は  $4.24 \times 10^{-5}$ と算定された。下表(表 4-1-4)に示す参考値と比較すると、調査地の透水性は「中位」の範囲に相当する。

表 4-1-3 現場透水試験結果表

現場透水試験結果表 (JGS 1314-非常法/直線勾配法)													
調査件名	陸上養殖候補地調査委託業務												
ボーリング番号	KO-No. 1	平衡水位 (GL-m)	試験前 6.52										
試験年月日	2025/7/8	ケーシング内径 $d$ (m)	0.0510										
試験者		孔径 $D$ (m)	0.060										
試験方法	回復法	試験区間の地質	砂混じり礫~砂岩										
試験区間 (GL-m)	上端	5.920	天候										
	下端	8.920	晴										
試験区間長 $L$ (m)	3.00	$\log s-t$ 曲線の直線部の勾配 $a$	0.037018134										
		透水係数 $k(\text{m/s})$	③ 4.24E-05										
経過時間 $t$ (sec)	孔内水位 $h$ (GL-m)	平衡水位との水位差 $s$ (m)											
0	6.63	0.110											
10	6.58	0.060											
20	6.54	0.020											
30	6.53	0.010											
40	6.52	0.000											
50	6.52	0.000											
60	6.52	0.000											
			<p>① <math>\log s-t</math> 曲線の直線部の勾配 <math>a</math> の決定 (下図より)</p> $a = \log(s_1/s_2) / (t_2 - t_1)$ <table border="1"> <tr> <td><math>t_1</math></td> <td>0</td> </tr> <tr> <td><math>t_2</math></td> <td>20</td> </tr> </table> <table border="1"> <tr> <td><math>s_1</math></td> <td>0.110</td> </tr> <tr> <td><math>s_2</math></td> <td>0.020</td> </tr> <tr> <td><math>a</math></td> <td>0.037018134</td> </tr> </table>	$t_1$	0	$t_2$	20	$s_1$	0.110	$s_2$	0.020	$a$	0.037018134
$t_1$	0												
$t_2$	20												
$s_1$	0.110												
$s_2$	0.020												
$a$	0.037018134												
<p>計算式: <math>k = \{ (2.3 * d)^2 / 8L \} * \log(2L/D) * a = 4.24453E-05 (\text{m/s})</math> ②</p>													
備考													

表 4-1-4 透水係数  $k(\text{m/s})$  と対応する地盤の種類の見分け表 (4-1-4)

透水性	10 <sup>-11</sup>	10 <sup>-10</sup>	10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>0</sup>
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			砂及び礫			清浄な礫			

4.24E

#### 4.1.5. 簡易揚水試験結果

地上設置型揚水ポンプの限界揚水量(Q=31L/分)で連続揚水を行った結果、水位低下量は0.35~0.43m(平均0.37m)で安定し、持続的な揚水が可能であることが確認された。また、試験終了後に回復試験を実施したところ、揚水停止後1分で自然水位GL-6.52mまで回復した。次頁に、簡易揚水試験測定結果表(表4-1-5)を示す。

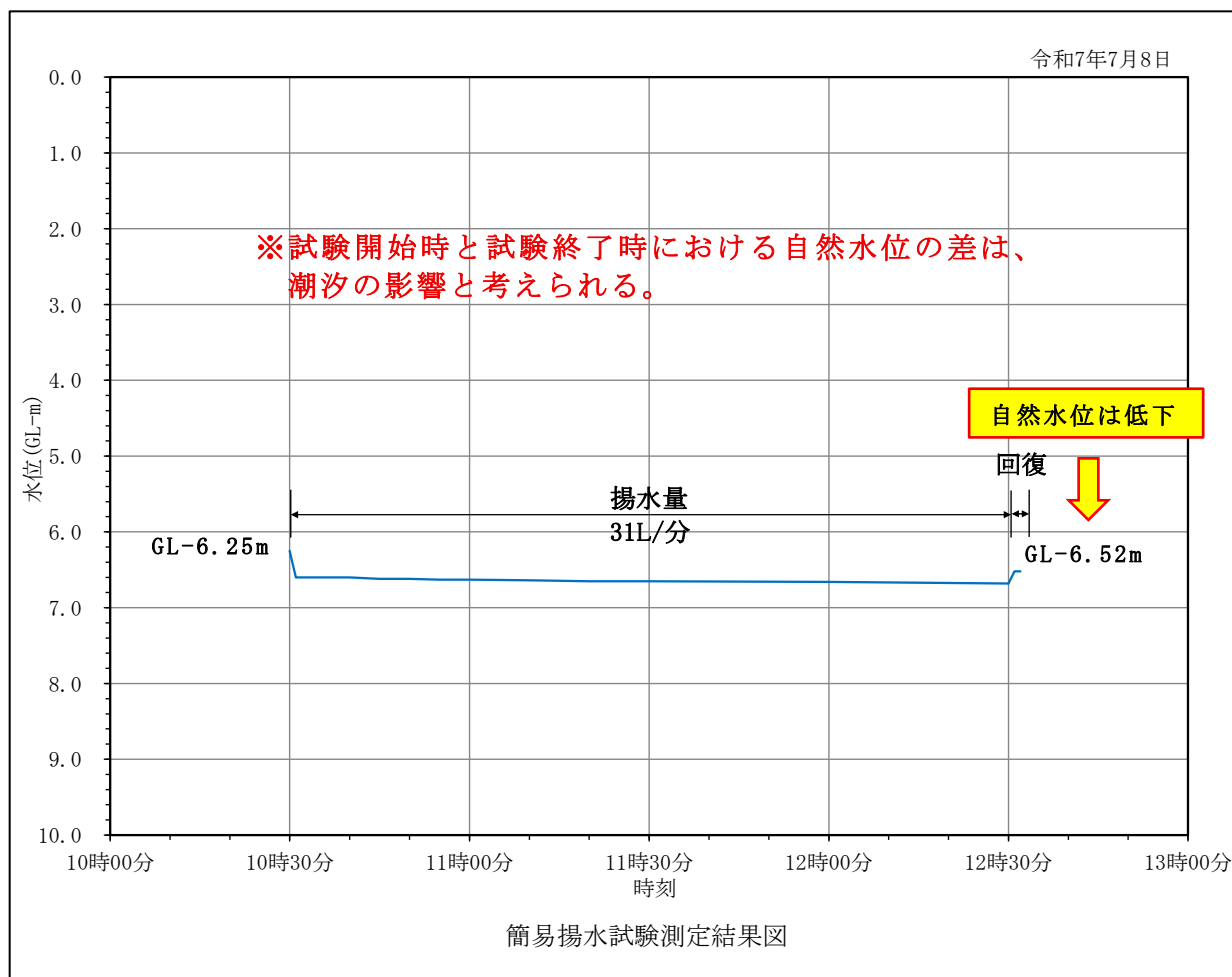


図 4-1-5 簡易揚水試験測定結果図

試験開始時と試験終了時における自然水位の差は、潮汐の影響によるものと考えられる。右図(図4-1-6)によれば、試験開始時はちょうど干潮時にあたるが、調査地は海岸から約150m離れていることから、地下水位への影響には時間的な遅れ(タイムラグ)が生じているものと推察される。

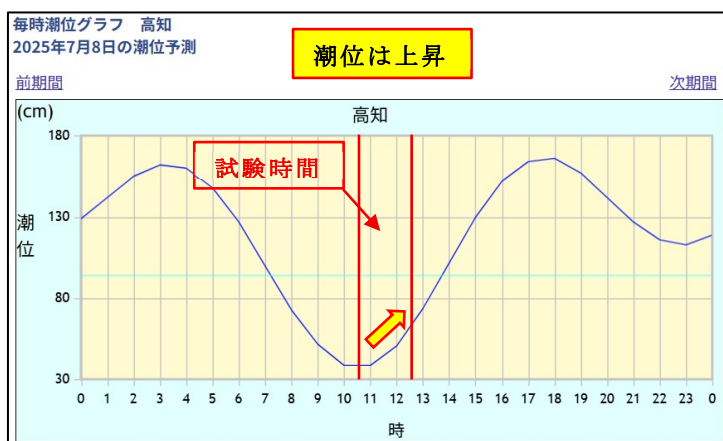


図 4-1-6 試験時における毎時潮位グラフ (4-1-5)



4.1.6. 水質試験結果

(1) 水質試験方法および採水条件

水質試験用サンプルの採水は、前述の原位置試験（簡易揚水試験および現場透水試験）終了後、調査孔から汲み上げた地下水の清澄化を目視により確認したうえで実施した。地下水の水温は水温計を用いて測定した。なお、水質分析は（一社）高知県食品衛生協会 食品検査センターに依頼した。採水条件表を下表（表 4-1-6）に、採水作業状況は下写真（写真-採水作業状況）に示す。

表 4-1-6 採水条件表

採水箇所	採水日	採水時刻	気温(°C)	水温(°C)	濁度(NTU)
KO-No.1	2025年7月8日	13時頃	34.8	21.7	目視による確認



写真 採水作業状況

調査地は海岸に近接しており、潮位の変動に伴う海水の影響により水質が変動する可能性がある。このため、本調査における採水時の毎時潮位の変動状況を下図（図 4-1-7）に示す。下図によれば、採水時刻は満潮に向かう時間帯であった。

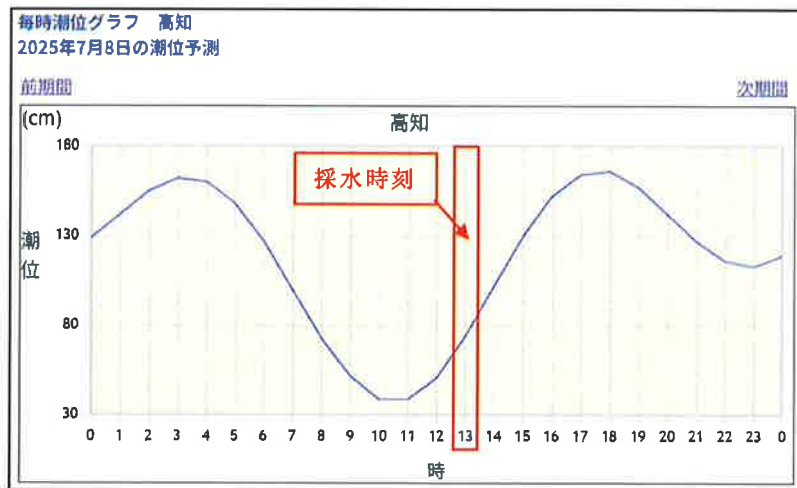


図 4-1-7 採水時における毎時潮位グラフ (4-1-6)

(4-1-6) 気象庁 Web 毎時潮位グラフ(高知市浦戸湾)より抜粋・加筆

## (2) 水質試験結果の検討

## ① 健康項目

本調査において健康項目として指定されている7項目について、水道法第4条の規定に基づく「水質基準に関する省令」で定められている水質基準項目を参考値として、分析結果を評価した(表4-1-7)。

水質分析の結果、ほぼすべての項目で基準値以下であったが、鉄のみ基準値の約4倍の数値が検出された。

表 4-1-7 水質試験健康項目および基準値<sup>(4-1-7)</sup>と分析結果

項目	基準値 (mg/L以下)	K0-No. 1	
		分析結果 (mg/L)	判定
カドミウム	0.003	<0.0003	基準値未満
鉛	0.01	<0.001	基準値未満
六価クロム	0.02	<0.002	基準値未満
水銀	0.0005	<0.00005	基準値未満
ヒ素	0.01	<0.001	基準値未満
シアン	0.01	<0.001	基準値未満
鉄	0.3	1.3	基準超過

## ② ヘキサダイアグラム

水質分析の結果を基に、水質ダイアグラム(ヘキサダイアグラム)を作図し、分析結果を可視化した。作図にあたっては、各成分の分析結果を等量単位に変換した(表4-1-8)。

ヘキサダイアグラムの図形はIV型(非炭酸ナトリウム型)を示した。IV型はナトリウムイオン( $\text{Na}^+$ )および塩化物イオン( $\text{Cl}^-$ )が卓越する水質型であり、海岸域において海水の影響(海水混入)を受けた地下水であると推察される。

表 4-1-8 水質分析値および等量単位

項目	K0-No. 1	
	分析値 (mg/L)	等量単位 (meq/L)
ナトリウムイオン( $\text{Na}^+$ )	1530.0	66.555
カリウムイオン( $\text{K}^+$ )	68.5	1.752
カルシウムイオン( $\text{Ca}^{2+}$ )	72.4	3.613
マグネシウムイオン( $\text{Mg}^{2+}$ )	186.0	15.306
塩化物イオン( $\text{Cl}^-$ )	3090.0	87.169
炭酸水素イオン( $\text{HCO}_3^-$ )	53.9	0.883
硫酸イオン( $\text{SO}_4^{2-}$ )	526.0	10.951
硝酸イオン( $\text{NO}_3^-$ )	6.4	0.103

<sup>(4-1-7)</sup> 環境省 Web 水質基準項目と基準値(51項目)より抜粋

地下水に対する海水の影響の程度は、 $Cl^{-}/(CO_3^{2-}+HCO_3^{-})$ の当量比を用いて、6段階に分類することが可能である。

本調査では、炭酸イオン( $CO_3^{2-}$ )は水質試験の対象項目に含まれていない。一般に、日本の地下水における炭酸イオン( $CO_3^{2-}$ )の濃度は0～数mg/L程度とされる。例外として、火山地域のアルカリ性地下水、石灰岩地域、強アルカリ性の温泉水等が分布する地域では炭酸イオン( $CO_3^{2-}$ )が有意となる場合がある。

しかし、前述の地質概要およびボーリング調査結果から、本調査地にそのような特徴は認められないと判断される。以上を踏まえ、便宜上、炭酸イオン( $CO_3^{2-}$ )の分析値を0mg/Lとして算出した。

$$Cl^{-}/(CO_3^{2-}+HCO_3^{-})=87.169/(0+0.883)=98.71(\text{meq/L})$$

表 4-1-9 地下水に対する海水の影響の目安 <sup>(4-1-8)</sup>

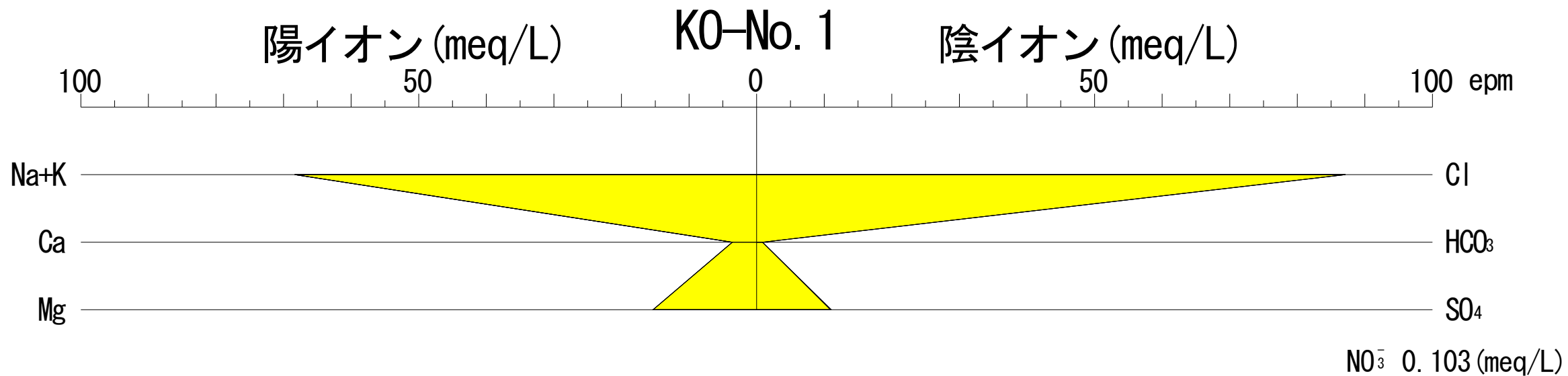
Cl/(CO <sub>3</sub> +HCO <sub>3</sub> )	汚 染 の 程 度
0.5	ふつうの汚染されていない地下水
1.3	少し汚染されている地下水
2.8	中ぐらいの汚染をうけた地下水
6.6	相当汚染された地下水
98.71 15.5	最もひどく汚染された地下水
200±	海水

※上記の表は、地下水の塩水化(文献上は汚染と表記)の指標を表した参考表である。

算出結果を表 4-1-9 と照合したところ、海水の影響の程度は 98.71 を示し、『最もひどく汚染された地下水』以上に相当し、『海水』には至らない結果となった。

次頁より作図したヘキサダイアグラムおよび水質試験検査成績書を示す。

# ヘキサダイアグラム K0-No. 1



## 凡例

I 型	II 型	III 型	IV 型

調査場所	試験名	採水日	分析値							
			Na <sup>+</sup> (mg/L)	K <sup>+</sup> (mg/L)	Ca <sup>2+</sup> (mg/L)	Mg <sup>2+</sup> (mg/L)	Cl <sup>-</sup> (mg/L)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)
高知市長浜	K0-No. 1	R. 7. 7. 8	1530.0	68.5	72.4	186.0	3090.0	53.9	526.0	6.4

各イオン	Na <sup>+</sup> (mg/L)	K <sup>+</sup> (mg/L)	Ca <sup>2+</sup> (mg/L)	Mg <sup>2+</sup> (mg/L)	Cl <sup>-</sup> (mg/L)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)
分子量	22.99	39.098	40.078	24.305	35.453	61.02	96.06	62.00
電荷数	1	1	2	2	1	1	2	1

### I 型 炭酸カルシウム型

最も一般的な地下水。汚染を受けていない自由地下水。補給地帯またはそれに隣接する地帯の被圧地下水。浅い地下水や河川水がこの領域に多く分類される。

### II 型 炭酸ナトリウム型

地下水の補給地帯から遠い、例えば盆地の中央部・海岸地帯に分布する一般的な被圧地下水。停滞した深層の地下水に多い型である。

### III 型 非炭酸カルシウム型

鉱山廃水、主に第四系火山起源の水(温泉水・鉱泉水)、またはそれによって汚染された地下水。地すべり地、炭田地帯の自由面地下水。海岸地帯の塩水化地下水。温泉水などに見られる。

### IV 型 非炭酸ナトリウム型

主に第三系の水(温泉水・鉱泉水)、またはそれによって汚染された地下水。炭田地帯の被圧地下水。海岸地帯の塩水化地下水。島の水(地表水を含む)。海水が混入した地下水などに多い型である。

調査場所	試験名	採水日	分析値								陽イオン 合計 (meq/L)	陰イオン 合計 (meq/L)
			陽イオン				陰イオン					
			Na <sup>+</sup> (meq/L)	K <sup>+</sup> (meq/L)	Ca <sup>2+</sup> (meq/L)	Mg <sup>2+</sup> (meq/L)	Cl <sup>-</sup> (meq/L)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/L)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (meq/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/L)		
高知市長浜	K0-No. 1	R. 7. 7. 8	66.555	1.752	3.613	15.306	87.169	0.883	10.951	0.103	87.226	99.106

等量単位 (meq/L) = 分析値 (mg/L) / (分子量 / 電荷数)

参考文献；改善地下水学要論 村下敏夫：昭和52年7月 p.177-183

図 4-1-8 ヘキサダイアグラム

表 4-1-10 水質試験検査成績書

<b>水質試験検査成績書</b>			
依頼者	株式会社相愛 様		
種別	地下水	試験名	_____
受付日	2025年7月8日	採水日	2025年7月8日
採水場所	高知市長浜		
採水者	株式会社相愛		
項目名	分析値	項目名	分析値
ナトリウムイオン	1530 mg/L		以下余白
カリウムイオン	68.5 mg/L		
カルシウムイオン	72.4 mg/L		
マグネシウムイオン	186 mg/L		
塩化物イオン	3090 mg/L		
炭酸水素イオン	53.9 mg/L		
硫酸イオン	526 mg/L		
硝酸イオン	6.4 mg/L		
カドミウム	0.0003 mg/L未満		
鉛	0.001 mg/L未満		
六価クロム	0.002 mg/L未満		
水銀	0.00005 mg/L未満		
ヒ素	0.001 mg/L未満		
シアン	0.001 mg/L未満		
鉄	1.3 mg/L		
試験期間	2025年 7月 8日 ~ 2025年 7月17日		
特記事項	漁維第100号 陸上養殖候補地調査委託業務 採水者による現場測定：気温 34.8℃，水温 21.7℃ 上水試験方法に定める検査法準用		
2025年7月18日			
水道法第20条登録検査機関 登録番号：57 建築物飲料水水質検査業 高知県登録 〒780-0850 高知県高知市丸ノ内2丁目4番 一般社団法人高知県食品衛生協会			

## 4.1.7. 総合解析とりまとめ

調査結果を下表(表 4-1-11)にとりまとめた。

表 4-1-11 調査結果一覧表

ボーリング調査結果		原位置試験	
孔番	KO-No.1	実施日	R7.7.8
調査地区	高知市長浜	試験時の潮汐	干潮⇒満潮
調査期間	R7.7.1～R7.7.8	試験区間(GL-m)	5.92～8.92
所有地	民有地	試験方法	測定用パイプ(VP50)
調査地の地形	砂州	現場透水試験結果	
確認された地質	沖積層・須崎層	透水係数k(m/s)	4.24E-05
緯度	33° 29' 10.2455"	透水性の評価	中位
経度	133° 32' 13.9379"	簡易揚水試験結果	
孔口標高(T.P.m)	6.83	試験時間	10:30-12:30
掘進長(m)	9.60	揚水量(L/分)	31
決定地下水位(GL-m)	4.26	水質試験結果(健康7項目)	
推定帯水層厚(m)	4.29	基準値との比較	鉄のみ超過(約4倍)
水質試験用サンプル採水		ヘキサダイアグラム	
時刻	13時頃	図形の型	IV型(非炭酸ナトリウム型)
気温	34.8	地下水の分類	海水の影響を受けた不圧地下水
地下水温	21.7	地下水に対する海水の影響の目安	
濁度(NTU)	目視による確認	地下水⇔海水(0.5⇔200)	98.71

## (1) 地下水の考察

ボーリング調査の結果、岩盤までの深度は GL-8.55m と比較的浅く、岩盤上に分布する未固結土層内に地下水が賦存していることが確認された。本地下水は、海岸平野に形成された不圧地下水(自由地下水)であると考えられる。

水質分析の結果、ヘキサダイアグラムでは海水の影響を受けた水質型を示した。調査地が海岸に近接していることから、潮汐に伴う海水の混入の影響を受けている可能性が高い。このことから、地下水位のみならず地下水温についても、潮汐や季節変動の影響を受け、年間を通じて変動することが想定される。

一方、地形および地質条件からは、調査地周辺に深い谷地形や明瞭な地下水分水界を示唆する地形的要素は認められない。このため、調査地周辺の沖積低地に広く連続する帯水層を構成しているものと推定される。

以上より、本調査地の地下水は、沖積層中に分布する広域的な不圧地下水(自由地下水)であり、海水の影響を受けつつも、地形的制約を受けにくい比較的開放的な水理環境下にあると考えられる。

## (2) 本井戸における揚水可能量の推定

簡易揚水試験で得られた揚水量 ( $Q=31\text{L/分}$ ) を基に、本井戸施工時に想定される揚水可能量の概算評価を行った。簡易揚水試験では、使用した地上設置型揚水ポンプの揚水能力に限界があったため、調査地において揚水量の算定に必要な詳細な水理データは把握できていない。したがって、井戸径の効果のみで揚水可能量を推定した。

自由面帯水層から採水する浅井戸、被圧帯水層から採水する深井戸の水理公式は、揚水中における帯水層内の水の流れが層流である仮定において、

$$Q = \frac{\pi \left( \frac{b_1 + b_2}{b_1} \right) T s}{\ln(R/r_w)}$$

- $b_1$  : 揚水前における飽和層厚  
 $b_2$  : 揚水中における飽和層厚  
 $R$  : 影響圏の半径  
 $r_w$  : 井戸の半径

図 4-1-9 揚水量の算定式 <sup>(4-1-9)</sup>

揚水量  $Q$  は上の図 (図 4-1-9) で表され、帯水層の定数 ( $T$ )、理論水位降下 ( $s$ )、揚水前における飽和層厚 ( $b_1$ )、揚水中における飽和層厚 ( $b_2$ ) が全て同じであると仮定すると、

$$Q \propto \frac{1}{\ln(R/r_w)}$$

となるため、井戸の半径  $r_w$  の違いによる増加倍率は、

$$\frac{Q_{300}}{Q_{60}} = \frac{\ln(R/r_{60})}{\ln(R/r_{300})}$$

で概算することができる。

- $\phi 60\text{mm}$  (直径 0.06m)  $\rightarrow r_{60} = 0.03\text{m}$
- $\phi 300\text{mm}$  (直径 0.30m)  $\rightarrow r_{300} = 0.15\text{m}$

影響圏の半径  $R$  は井戸構造や現場条件で変わるため、一般的な範囲 (10~100m) で示すと、

- $R = 10\text{m}$ :  $\ln(10/0.03) = 5.81$ 、 $\ln(10/0.15) = 4.20$   $\rightarrow$  1.38 倍
- $R = 100\text{m}$ :  $\ln(100/0.03) = 8.11$ 、 $\ln(100/0.15) = 6.50$   $\rightarrow$  1.25 倍

径の効果のみを考慮した場合、揚水量は概ね 1.25~1.38 倍程度に増加すると見込まれる。簡易揚水試験において確認された揚水量は 31L/分であったことから、井戸径を  $\phi 300\text{mm}$  とした場合、最低でも 38.8~42.8L/分以上の揚水量が期待される。

本推定に用いた理論式は、均一・等方な帯水層および定常流を仮定した理想化条件のもとで導かれたものである。実際の本井戸施工時には、井戸構造の違いや潮汐・季節条件に伴う地下水位変動等の影響を受ける可能性がある。このため、本推定値はあくまで参考値・概算値として取り扱うべきものである。

### (3) 養殖事業等の地下水利用に関する留意事項

本調査は、降雨期にあたり地下水位が比較的高いと考えられる7月に実施したが、その時点においても海水由来イオンの濃度が高い水質であることが確認された。渇水期にあたる冬季には地下水位の低下に伴い、さらなる塩水化の進行する可能性がある。したがって、養殖事業等において地下水を利用する場合には、ナトリウムイオン( $\text{Na}^+$ )および塩化物イオン( $\text{Cl}^-$ )濃度の季節変動の把握に加え、地下水位、水温および水質の継続的なモニタリングを実施する必要があると考える。

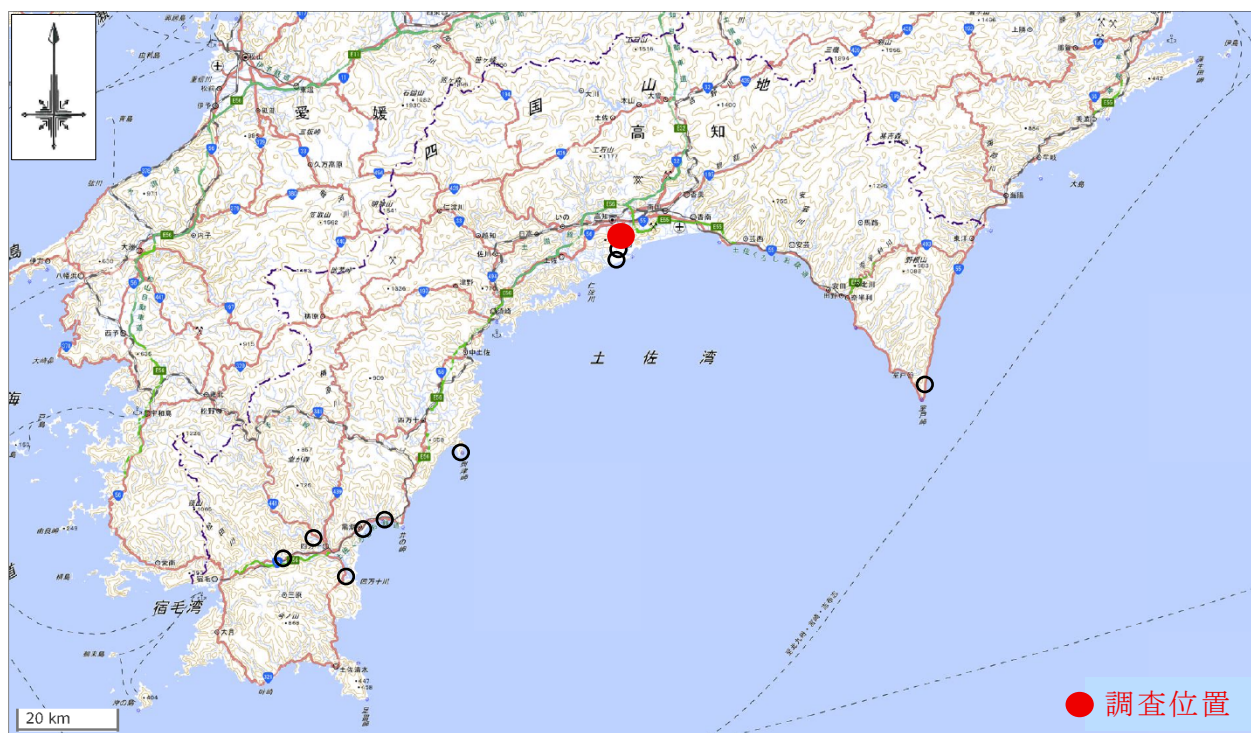
健康項目7項目について環境省が定める基準値と照合したところ、鉄は基準値の約4倍を示した。このことから、養殖事業等において地下水を利用する場合には、必要に応じて除鉄処理を講じることが望ましいと考えられる。具体的には、曝気により溶存鉄( $\text{Fe}^{2+}$ )を酸化させ不溶化した後、沈殿槽および砂ろ過設備等により除去する方法や、マンガン砂等の触媒ろ材を用いたろ過処理などが考えられる。

なお、鉄の形態(溶存態・懸濁態)、pH、溶存酸素濃度等の水質条件により処理方法や効率が異なるため、導入にあたっては簡易的な処理試験等により適用性を確認することが望ましい。

本井戸の供用にあたっては、周辺における既存井戸の位置、深度、揚水量および利用形態等の地下水利用状況を把握し、本井戸との水理的關係を整理する必要がある。

また、供用後は本井戸の揚水に伴う地下水位低下および水質変化の影響範囲を把握するため、周辺井戸を含めた地下水位および主要水質項目について継続的な観測を行い、影響の有無を確認することが重要である。

## 4. 2. KO-No. 2 (高知県高知市海老ノ丸)



調査地位置図

出典：電子国土 Web 国土地理院より加筆

<https://maps.gsi.go.jp/>

調査結果一覧表

ボーリング調査結果		原位置試験	
孔番	KO-No.2	実施日	R7.11.6
調査地区	高知市海老ノ丸	試験時の潮汐	満潮⇒干潮
調査期間	R7.10.23～R7.11.6	試験区間(GL-m)	31.00～35.00
所有地	公有地	試験方法	測定用パイプ(VP50)
調査地の地形	水部	現場透水試験結果	
確認された地質	沖積層・洪積層	透水係数k(m/s)	3.09E-04
緯度	33° 33' 44.8799"	透水性の評価	中位
経度	133° 34' 04.8729"	簡易揚水試験結果	
孔口標高(T.P.m)	3.76	試験時間	9:25-11:25
掘進長(m)	38.60	揚水量(L/分)	53
決定地下水位(GL-m)	3.32	水質試験結果(健康7項目)	
推定帯水層厚(m)	10.40	基準値との比較	鉄のみ超過(12倍)
水質試験用サンプル採水		ヘキサダイアグラム	
時刻	11時30分頃	図形の型	IV型(非炭酸ナトリウム型)
気温	20.9	地下水の分類	海水の影響を受けた被圧地下水
地下水温	20.1	地下水に対する海水の影響の目安	
濁度(NTU)	0.4	地下水⇔海水(0.5⇔200)	81.50

#### 4.2.1. 調査位置

ボーリング調査位置の諸元を下表(表 4-2-1)に、調査位置平面図を下図(図 4-2-1)に示す。ボーリング位置は、調査職員および土地管理者との現地協議のうえ決定した。また、ボーリング位置の座標および地盤標高は、VRS による RTK 測量により求めた。

表 4-2-1 ボーリング調査位置の諸元

孔番	調査位置(座標)		緯度・経度		孔口標高 (T.P.m)	掘進長 (m)	原位置試験
	X座標	Y座標	緯度	経度			
KO-No.2	62378.7141	6315.4401	33° 33' 44.8799"	133° 34' 04.8729"	3.76	38.60	現場透水試験(回復)・簡易揚水試験

※柱状図の記載標高は、小数点第3位を四捨五入。緯度経度は、小数点第5位を四捨五入表記。



図 4-2-1 調査位置平面図 (4-2-1)

## 4.2.2. 調査地の地形・地質

### (1) 調査地の地形

調査地の地形は、水部に属する。水部とは、海、湖沼、河川等の水面を指す地形区分である。調査地は、これらの水域において、周辺地盤高までの埋立てが行われることで、現在の地形が形成されたものと考えられる。

また、調査地周辺の地形は氾濫平野・海岸平野に属する。氾濫平野・海岸平野は主に砂や泥などが厚く堆積し、軟弱な地盤を形成する。



図 4-2-2 調査地周辺の地形図 (4-2-2)

### (2) 調査地の地質

調査地の地質は沖積層に属する。沖積層は、約1万1,700年前の最終氷期終了後から現在に至る完新世に形成された堆積物からなり、臨海平野および河川沿いに分布し、泥、砂、礫からなる軟弱な層を形成する。特に調査地および周辺では、細粒分に富む粘性土層が卓越し、厚く連続的に分布している。



図 4-2-3 調査地周辺の地質図 (4-2-3)

(4-2-2) 電子国土 Web 国土地理院より加筆

(4-2-3) 四国地方土木地質図(凡例)；四国地方土木地質図編纂委員会：平成10年3月より加筆

## 4.2.3. ボーリング結果

本業務で実施した調査ボーリングの結果、盛土層(BS)、第一粘性土層(Am1)、火山灰層(Vs)、第二粘性土層(Am2)、砂質土層(Ds)、礫質土層(Dg)、第三粘性土層(Dm3)の計7層の未固結土層を確認した。

本孔の掘止深度は、掘進作業時において地下水の帯水層を確認したことから、調査職員との協議のうえ、帯水層と考えられる礫質土層(Dg)の下位に分布する第三粘性土層(Dm3)を1m確認した時点とした。

下表(表 4-2-2)に大別した地質層序を一覧にまとめた。次頁からはボーリング孔についてまとめる。

表 4-2-2 地質層序一覧表(K0-No. 2)

地層名	地層記号	深度(GL-m) 【層厚(m)】	記事
盛土層 (埋め土)	BS	0.00~7.00 (7.00)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 盛土材料は、礫径がφ2~30mm程度、形状は亜角礫を主体とする砂礫である。</li> <li>■ 所々、粗礫や玉石が挟在する。</li> <li>■ 砂の粒径は中砂~細砂へ遷移する。</li> <li>■ GL-4.00~4.20m、GL-6.00~6.20m間では、砂分が優勢となる。</li> </ul>
第一粘性土層	Am1	7.00~22.80 (15.80)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ コア観察による土質は暗灰色を呈するシルトである。</li> <li>■ 細粒分は概ね均一で、粘性が強く指圧で僅かに変形する。</li> <li>■ 全体的に貝殻片を含む。</li> </ul>
火山灰層	Vs	22.80~23.00 (0.20)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ コア観察による土質は暗灰色を呈する砂質火山灰である。</li> <li>■ ガラス質を含む降下堆積物である。</li> </ul>
第二粘性土層	Am2	23.00~27.20 (4.20)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ コア観察による土質は暗灰色を呈するシルトである。</li> <li>■ 均一な細粒分を主体とし、粘性が強く指圧で容易に変形する。</li> <li>■ 全体的に貝殻片を含む。</li> </ul>
砂質土層	Ds	27.20~29.50 (2.30)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ コア観察による土質は暗黒灰を呈する洪積層の砂である。</li> <li>■ 砂の粒径は細砂主体で細粒分を多く含む。</li> <li>■ 全体的に含水が高く、貝殻片を含む。</li> </ul>
礫質土層	Dg	29.50~37.60 (8.10)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ コア観察による土質は暗灰~茶褐色を呈する洪積層の砂礫を主体とする。</li> <li>■ 砂の粒径は中砂主体である。</li> <li>■ 礫径はφ2~30mm程度、形状は亜角礫~亜円礫主体である。所々、L=7~12cm程度の玉石を確認した。</li> <li>■ GL-31.50~31.75m、GL-33.00~33.25m間では、礫分が優勢となる。</li> </ul>
第三粘性土層	Dm3	37.60~38.60 (1.00)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ コア観察による土質は暗黒灰を呈する洪積層の粘土である。</li> <li>■ 均一な細粒分を主体とし、粘性が強く指圧で変形する。</li> <li>■ 全体的に含水が高い。</li> </ul>

K0-No. 2 : 0.00-25.00m (孔口標高 : TP+3.76m、掘進長 : 38.60m)

深度 (m)	土質 区分	コア写真	原位置試験	地質層序	
0.00					
2.40	砂礫			<p><b>盛土(BS) : GL-0.00~7.00m</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・盛土材料は、礫径がφ2~30 mm程度、形状は垂角礫を主体とする砂礫である。</li> <li>・所々、粗礫や玉石が挟在する。</li> <li>・砂の粒径は中砂~細砂へ遷移する。</li> <li>・GL-4.00~4.20m、GL-6.00~6.20m間では、砂分が優勢となる。</li> </ul>	
7.00	シルト混じり砂礫			<p><b>第一粘性土層 (Am1) : GL-7.00~22.80m</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・コア観察による土質は暗灰色を呈するシルトである。</li> <li>・細粒分は概ね均一で、粘性が強く指圧で僅かに変形する。</li> <li>・全体的に貝殻片を含む。</li> </ul>	
7.60	礫混じりシルト				
22.80					<p><b>火山灰層 (Vs) : GL-22.80~23.00m</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・コア観察による土質は暗灰色を呈する砂質火山灰である。</li> <li>・ガラス質を含む降下堆積物である。</li> </ul>
23.00	火山灰				
25.00	シルト				

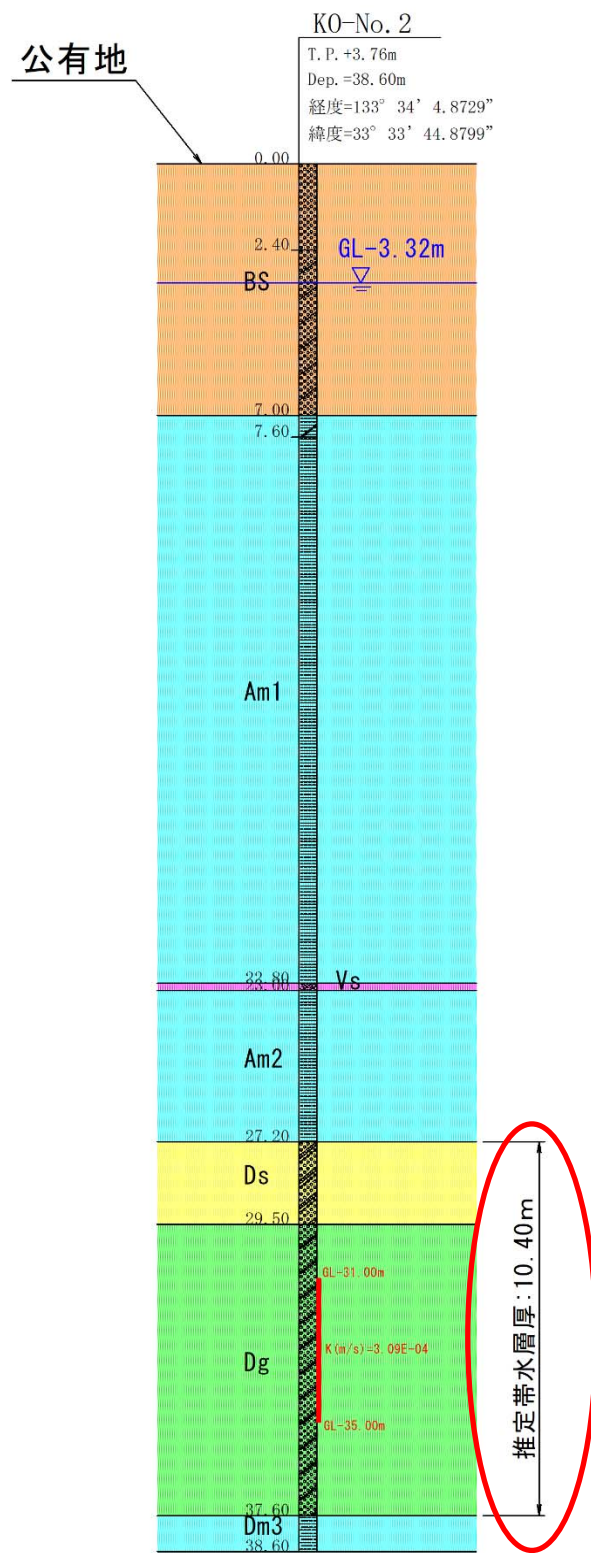
KO-No. 2 : GL-25.00-38.60m (孔口標高 : TP+3.76m、掘進長 : 38.60m)

深度 (m)	土質区分	コア写真	原位置試験	地質層序
27.20	シルト			<p><b>第二粘性土層 (Am2) : GL-23.00~27.20m</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・コア観察による土質は暗灰色を呈するシルトである。</li> <li>・均一な細粒分を主体とし、粘性が強く指圧で容易に変形する。</li> <li>・全体的に貝殻片を含む。</li> </ul> <p><b>砂質土層 (Ds) : GL-27.20~29.50m</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・コア観察による土質は暗黒灰を呈する洪積層の砂である。</li> <li>・砂の粒径は細砂主体で細粒分を多く含む。</li> <li>・全体的に含水が高く、貝殻片を含む。</li> </ul> <p><b>礫質土層 (Dg) : GL-29.50~37.60m</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・コア観察による土質は暗灰~茶褐色を呈する洪積層の砂礫を主体とする。</li> <li>・砂の粒径は中砂主体である。</li> <li>・礫径はφ2~30 mm程度、形状は亜角礫~亜円礫主体である。所々、L=7~12 cm程度の玉石を確認した。</li> <li>・GL-31.50~31.75m、GL-33.00~33.25m 間では、礫分が優勢となる。</li> </ul> <p><b>第三粘性土層 (Dm3) : GL-37.60~38.60m</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・コア観察による土質は暗黒灰を呈する洪積層の粘土である。</li> <li>・均一な細粒分を主体とし、粘性が強く指圧で変形する。</li> <li>・全体的に含水が高い。</li> </ul>
29.50	砂礫シルト 質砂			
	玉石混じり 砂礫			<p>試験深度: GL-31.00~35.00m 簡易揚水試験 現場透水試験(回復法)</p>
37.60	粘土			

【ボーリング期間中の孔内水位】 孔内水位は掘進作業前、作業後に触針式水位計を用いて計測している。  
地下水位観測で確認されたボーリング作業前の最高水位は GL-2.85m、最低水位は GL-3.85m であった。

地質断面図 S=1:200

K0-No. 2



BS	盛土層(埋め土)
Am・Dm	粘性土層
Vs	火山灰層
Ds	砂質土層
Ag・Dg	礫質土層

本調査で実施したボーリングデータを基に、地質断面図を作成した。なお、地質断面図の電子データは電子成果品に格納した。

本調査地における地下水は、難透水層<sup>※1</sup>である第一粘性土層(Am1)及び第二粘性土層(Am2)より下位に分布する礫質土層(Dg)を主に流動する被圧地下水であると考えられる。このため、決定地下水位は、ボーリング掘進が進み、孔内状況が安定した最終日の作業前水位である GL-3.32m を採用した。帯水層厚は、被圧地下水であることを考慮し、砂質土層(Ds)から第三粘性土層(Am3)までの10.40mと推定した。

後述する原位置試験の試験区間については、地下水の主な流動層が礫質土層(Dg)に相当すると推定し、GL-31.00~35.00mに設定した。

次頁より、原位置試験結果および水質試験結果を示す。

※1 難透水層とは、粘土、シルト、または固結した岩盤など、透水性が非常に小さく、地下水をほとんど通さない地層である。

未固結土層は、堆積年代の違いにより、一般に沖積層(Alluvium)および洪積層(Diluvium)に大別される。

(1) 沖積層(Alluvium)

沖積層は、約1万1,700年前の最終氷期終了後から現在に至る完新世に形成された堆積層である。主として河川、海岸、湖沼等における堆積作用により形成され、泥、砂、礫等から構成される未固結~半固結の地層である。細粒分を多く含む軟弱な層が厚く分布する場合が多い。一般に低地や氾濫平野、三角州、自然堤防等に広く分布する。

(2) 洪積層(Diluvium)

洪積層は、約260万年前から約1万1,700年前にかけての更新世に形成された堆積層である。沖積層と比較して形成時期が古く、堆積後の圧密や固結が進んでいることから、一般に締まりの良い地盤を形成する。主として段丘面や丘陵地に分布する。

本調査地周辺では地質調査が多数実施されており、既存資料として多くのデータが公開されている。これらの既存データを基に地層の堆積年代を区分した。地層記号の標記は、第二粘性土層(Am2)までを沖積層を示すAとし、礫質土層(Dg)以深は洪積層を示すDとした。

工事種別	陸上養殖候補地調査委託業務		
図面名称	地質断面図	縮尺	S=1:200
路線河川名			
工事箇所	高知県 高知市 海老ノ丸		
設計種別			
事務所名	高知県水産振興部 水産業務課	図面 番号	2 12
会社名	株式会社 相 堂		

図 4-2-4 地質断面図(K0-No. 2)

4.2.4. 現場透水試験結果

右表(表 4-2-3)に現場透水試験結果を示す。本孔では、揚水により水位を低下させ、平衡水位に回復するまでの時間を計測する回復法を採用した。

①解析区間は、揚水停止直後の回復挙動が透水特性を最もよく反映すると考え、 $t_1=0$ とした。また、 $\log s-t$  曲線において直線関係が成立する区間が  $t=0 \sim 5(\text{sec})$ であったことから、 $t_2=5$ と設定した。

②透水係数  $k(\text{m/s})$ は次式により算定した。本試験は測定用パイプ VP50 を使用して実施した。VP50 の内径  $d$  は  $0.051\text{m}$ 、孔径  $D$  は  $0.060\text{m}$  である。

③ 透水係数  $k(\text{m/s})$  は  $3.09 \times 10^{-4}$  と算定された。下表(表 4-2-4)に示す参考値と比較すると、調査地の透水性は「中位」の範囲に相当する。

表 4-2-3 現場透水試験結果表

現場透水試験結果表 (JGS 1314-非定常法/直線勾配法)			
調査件名	陸上養殖候補地調査委託業務		
ボーリング番号	KO-No. 2	平衡水位 (GL-m)	試験前 3.76
試験年月日	2025/11/6	ケーシング内径 $d$ (m)	0.0510
試験者		孔径 $D$ (m)	0.060
試験方法	回復法	試験区間の地質	玉石混じり砂礫
試験区間 (GL-m)	上端 31.000	天候	晴
	下端 35.000	$\log s-t$ 曲線の直線部の勾配 $a$	0.338039216
試験区間長 $L$ (m)	4.00	透水係数 $k(\text{m/s})$	③ $3.09\text{E-04}$

経過時間 $t$ (sec)	孔内水位 $h$ (GL-m)	平衡水位との水位差 $s$ (m)
0	4.25	0.490
5	3.77	0.010
10	3.76	0.000
20	3.76	0.000

**h-t曲線**  
時間  $t$  (s)

$\log s-t$  曲線の直線部の勾配  $a$  の決定 (下図より)

$$a = \log(s_1/s_2) / (t_2 - t_1)$$

$t_1$	0
$t_2$	5

$s_1$	0.490
$s_2$	0.010
$a$	0.338039216

**Logs-t曲線**

採用した直線部の勾配  $a$

(a) 非定常法

計算式:  $k = \frac{(2.3 * d)^2 * s_1 * \log(2L/D) * a}{8L * (t_2 - t_1)}$   $0.000308858 \text{ (m/s)}$  ②

表 4-2-4 透水係数  $k(\text{m/s})$  と対応する地盤の種類参考表 (4-2-4)

	$10^{-11}$	$10^{-10}$	$10^{-9}$	$10^{-8}$	$10^{-7}$	$10^{-6}$	$10^{-5}$	$10^{-4}$	$10^{-3}$	$10^{-2}$	$10^{-1}$	$10^0$
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		砂及び礫		清浄な礫					

3.09E

#### 4.2.5. 簡易揚水試験結果

地上設置型揚水ポンプの限界揚水量(Q=53L/分)で連続揚水を行った結果、水位低下量は0.47~0.61m(平均0.52m)で安定し、持続的な揚水が可能であることが確認された。また、試験終了後に回復試験を実施したところ、揚水停止後1分で自然水位GL-3.75mまで回復した。次頁に、簡易揚水試験測定結果表(表4-2-5)を示す。

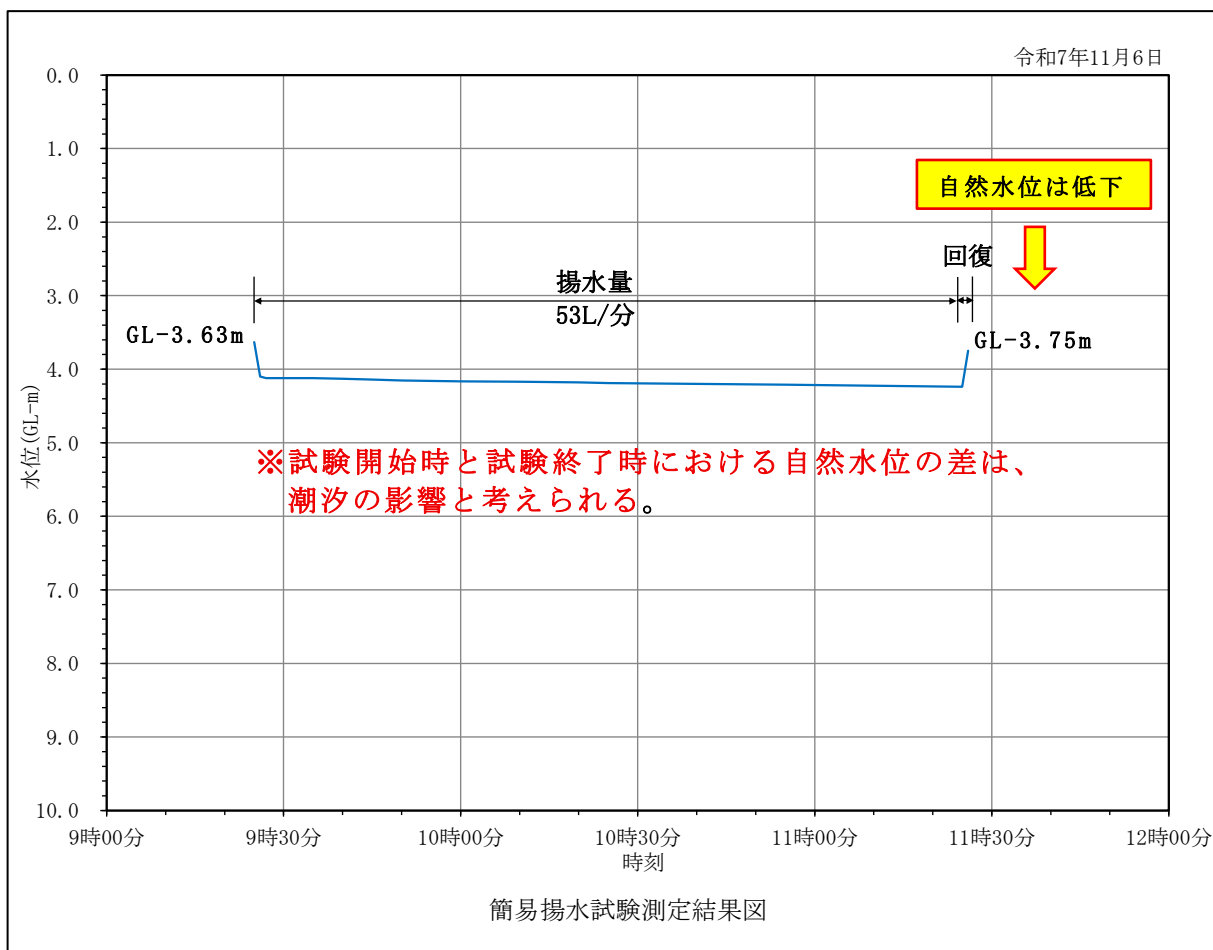


図 4-2-5 簡易揚水試験測定結果図

試験開始時と試験終了時における自然水位の差は、潮汐の影響と考えられる。右図(図4-2-6)によれば、試験開始時は干潮に向かう時間帯であり、地下水位と潮位はいずれも低下している。調査地は河川沿岸に位置し、河口まで一定の距離があるものの、後述する水質試験結果において海水の影響が確認されていることから、潮汐の影響が及んでいると示唆される。

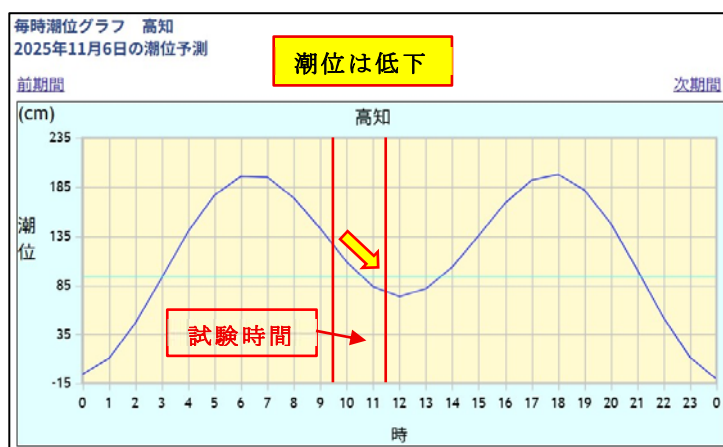


図 4-2-6 試験時における毎時潮位グラフ (4-2-5)



#### 4.2.6. 水質試験結果

##### (1) 水質試験方法および採水条件

本調査地の近隣には、東側を流下する本線の国分川および南側を流下し本線に合流する支線の江ノ口川が存在する。このため、地下水と河川水との水質の類似性を確認することを目的として、地下水および両河川を対象に採水を実施した。

調査孔における採水は、前述の原位置試験（簡易揚水試験および現場透水試験）終了後、濁度計を用いて調査孔から汲み上げた地下水の清澄化を確認したうえで実施した。周辺河川における採水は、水質条件の時間的変動を考慮し、調査孔での採水直後に実施した。下図（図 4-2-7）に採水地点を示す。

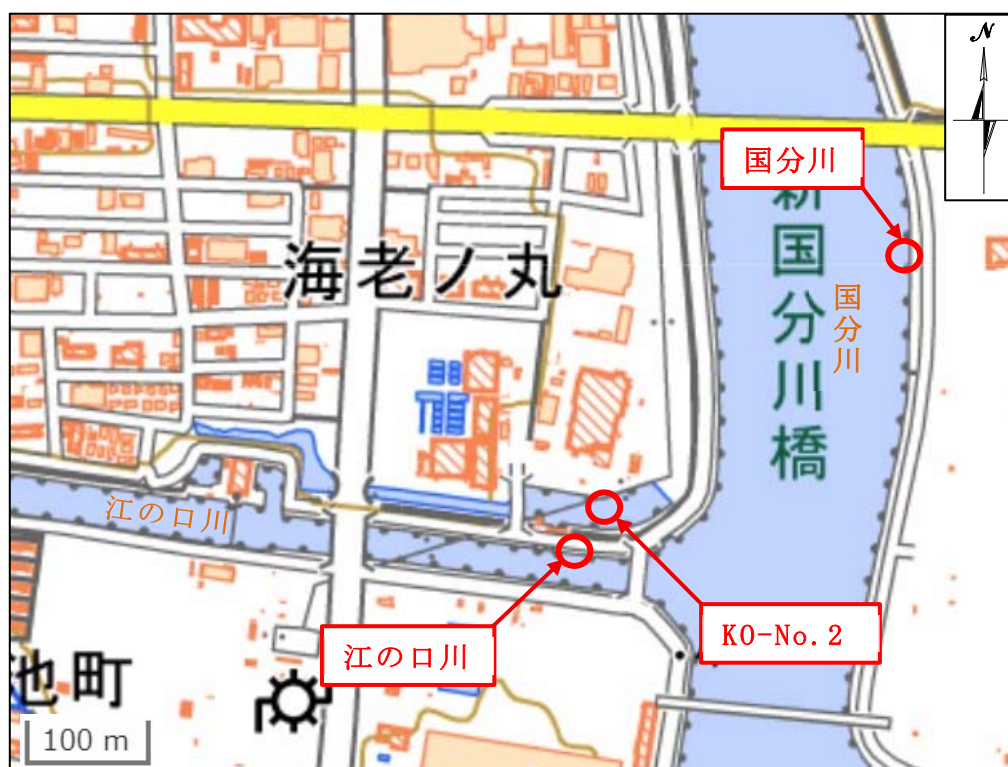


図 4-2-7 採水地点 <sup>(4-2-6)</sup>

地下水および河川水の水温は濁度計の測定値を採用した。なお、水質分析は（一社）高知県食品衛生協会 食品検査センターに依頼した。採水条件表を下表（表 4-2-6）に、採水作業状況は次頁の写真（写真-採水作業状況）に示す。

表 4-2-6 採水条件表

採水箇所	採水日	採水時刻	気温(°C)	水温(°C)	濁度(NTU)
KO-No.2	2025年11月6日	11時30分頃	20.9	20.1	0.4
国分川		12時20分頃	23.0	20.6	-
江ノ口川		12時頃	23.0	20.9	-



写真 採水作業状況

調査地および周辺河川が海域に近接しており、潮位の変動に伴う海水の影響により水質が変動する可能性がある。このため、本調査における採水時の毎時潮位の変動状況を下図(図 4-2-8)に示す。なお、本採水にあたっては、水質試験結果が海水の影響を受けるリスクを低減するため、干潮時に近い時間帯を選定して実施した。

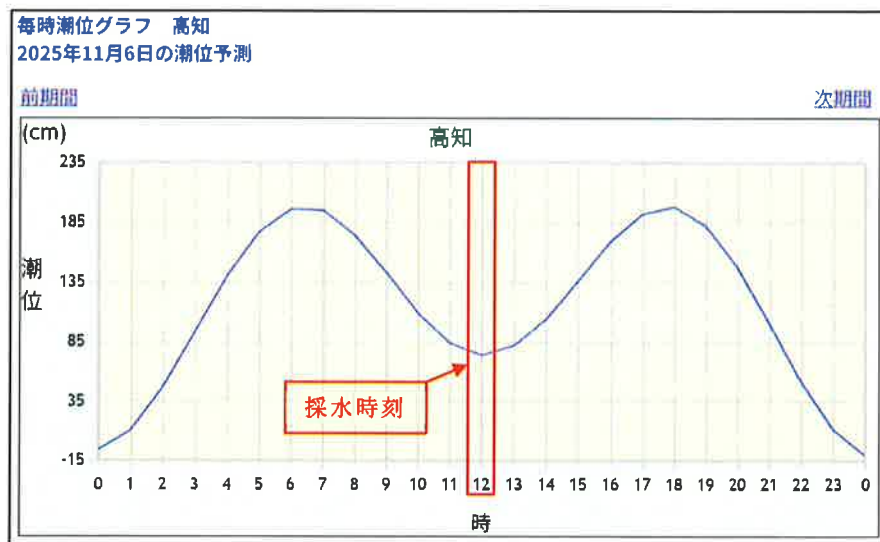


図 4-2-8 採水時における毎時潮位グラフ (4-2-7)

## (2) 水質試験結果の検討

## ① 健康項目

本調査において健康項目として指定されている7項目について、水道法第4条の規定に基づく「水質基準に関する省令」で定められている水質基準項目を参考値として、分析結果を評価した(表4-2-7)。

水質分析の結果、ほぼすべての項目で基準値以下であったが、鉄のみ基準値の1.2倍の数値が検出された。

表 4-2-7 水質試験健康項目および基準値<sup>(4-2-8)</sup>と分析結果

項目	基準値 (mg/L以下)	KO-No. 2		国分川		江ノ口川	
		分析結果 (mg/L)	判定	分析結果 (mg/L)	判定	分析結果 (mg/L)	判定
カドミウム	0.003	<0.003	基準値未満	<0.003	基準値未満	<0.003	基準値未満
鉛	0.01	<0.005	基準値未満	<0.005	基準値未満	<0.005	基準値未満
六価クロム	0.02	<0.005	基準値未満	<0.005	基準値未満	<0.005	基準値未満
水銀	0.0005	<0.00005	基準値未満	<0.00005	基準値未満	<0.00005	基準値未満
ヒ素	0.01	<0.005	基準値未満	<0.005	基準値未満	<0.005	基準値未満
シアン	0.01	<0.001	基準値未満	<0.001	基準値未満	<0.001	基準値未満
鉄	0.3	3.6	基準超過	0.06	基準値未満	0.06	基準値未満

## ② ヘキサダイアグラム

水質分析の結果を基に、水質ダイアグラム(ヘキサダイアグラム)を作図し、分析結果を可視化した。作図にあたっては、各成分の分析結果を等量単位に変換した(表4-2-8)。

ヘキサダイアグラムの図形は全てIV型(非炭酸ナトリウム型)を示した。IV型はナトリウムイオン( $\text{Na}^+$ )および塩化物イオン( $\text{Cl}^-$ )が卓越する水質型であり、海岸域において海水の影響(海水混入)を受けた地下水および河川水であると推察される。

表 4-2-8 水質分析値および等量単位

項目	KO-No. 2		国分川		江ノ口川	
	分析値 (mg/L)	等量単位 (meq/L)	分析値 (mg/L)	等量単位 (meq/L)	分析値 (mg/L)	等量単位 (meq/L)
ナトリウムイオン( $\text{Na}^+$ )	4320.0	187.920	2550.0	110.925	3590.0	156.165
カリウムイオン( $\text{K}^+$ )	48.3	1.236	109.0	2.788	152.0	3.888
カルシウムイオン( $\text{Ca}^{2+}$ )	408.0	20.359	123.0	6.138	164.0	8.184
マグネシウムイオン( $\text{Mg}^{2+}$ )	513.0	42.215	373.0	30.694	545.0	44.848
塩化物イオン( $\text{Cl}^-$ )	8760.0	247.120	5080.0	143.307	7540.0	212.703
炭酸水素イオン( $\text{HCO}_3^-$ )	185.0	3.032	77.9	1.277	93.5	1.532
硫酸イオン( $\text{SO}_4^{2-}$ )	1150.0	23.943	710.0	14.782	1010.0	21.028
硝酸イオン( $\text{NO}_3^-$ )	<0.1	0.002	2.3	0.037	5.9	0.095

<sup>(4-2-8)</sup> 環境省 Web 水質基準項目と基準値(51項目)より抜粋

地下水に対する海水の影響の程度は、 $Cl^{-}/(CO_3^{2-}+HCO_3^{-})$  の当量比を用いて、6段階に分類することが可能である。

本調査では、炭酸イオン( $CO_3^{2-}$ )は水質試験の対象項目に含まれていない。一般に、日本の地下水における炭酸イオン( $CO_3^{2-}$ )の濃度は 0～数 mg/L 程度とされる。例外として、火山地域のアルカリ性地下水、石灰岩地域、強アルカリ性の温泉水等が分布する地域では炭酸イオン( $CO_3^{2-}$ )が有意となる場合がある。

しかし、前述の地質概要およびボーリング調査結果から、本調査地にそのような特徴は認められないと判断される。以上を踏まえ、便宜上、炭酸イオン( $CO_3^{2-}$ )の分析値を 0 mg/L として算出した。

$$Cl^{-}/(CO_3^{2-}+HCO_3^{-})=247.120/(0+3.032)=81.50(\text{meq/L})$$

表 4-2-9 地下水に対する海水の影響の目安 <sup>(4-2-8)</sup>

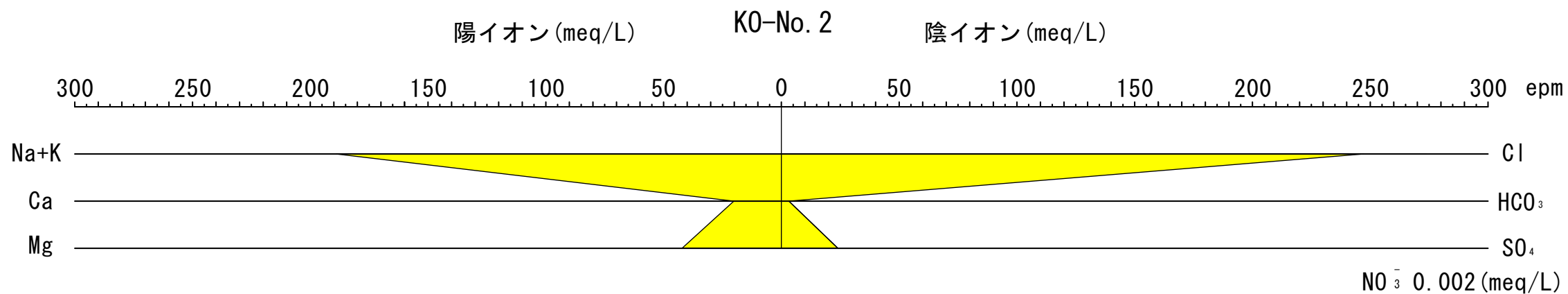
$Cl/(CO_3+HCO_3)$	汚 染 の 程 度
0.5	ふつうの汚染されていない地下水
1.3	少し汚染されている地下水
2.8	中ぐらいの汚染をうけた地下水
6.6	相当汚染された地下水
<b>81.50</b> 15.5	最もひどく汚染された地下水
200±	海水

※上記の表は、地下水の塩水化(文献上は汚染と表記)の指標を表した参考表である。

算出結果を表 4-2-9 と照合したところ、海水の影響の程度は 81.50 を示し、『最もひどく汚染された地下水』以上に相当し、『海水』には至らない結果となった。

次頁より作図したヘキサダイアグラムを示す。

# ヘキサダイアグラム K0-No. 2



## 凡例

I 型	II 型	III 型	IV 型

### I 型 炭酸カルシウム型

最も一般的な地下水。汚染を受けていない自由地下水。補給地帯またはそれに隣接する地帯の被圧地下水。浅い地下水や河川水がこの領域に多く分類される。

### II 型 炭酸ナトリウム型

地下水の補給地帯から遠い、例えば盆地の中央部・海岸地帯に分布する一般的な被圧地下水。停滞した深層の地下水に多い型である。

### III 型 非炭酸カルシウム型

鉱山廃水、主に第四系火山起源の水(温泉水・鉱泉水)、またはそれによって汚染された地下水。地すべり地、炭田地帯の自由面地下水。海岸地帯の塩水化地下水。温泉水などに見られる。

### IV 型 非炭酸ナトリウム型

主に第三系の水(温泉水・鉱泉水)、またはそれによって汚染された地下水。炭田地帯の被圧地下水。海岸地帯の塩水化地下水。島の水(地表水を含む)。海水が混入した地下水などに多い型である。

調査場所	試験名	採水日	分析値							
			Na <sup>+</sup> (mg/L)	K <sup>+</sup> (mg/L)	Ca <sup>2+</sup> (mg/L)	Mg <sup>2+</sup> (mg/L)	Cl <sup>-</sup> (mg/L)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)
海老の丸	K0-No. 2	R. 7. 11. 6	4320.0	48.3	408.0	513.0	8760.0	185.0	1150.0	0.1未満

各イオン	Na <sup>+</sup> (mg/L)	K <sup>+</sup> (mg/L)	Ca <sup>2+</sup> (mg/L)	Mg <sup>2+</sup> (mg/L)	Cl <sup>-</sup> (mg/L)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)
分子量	22.99	39.098	40.078	24.305	35.453	61.02	96.06	62.00
電荷数	1	1	2	2	1	1	2	1

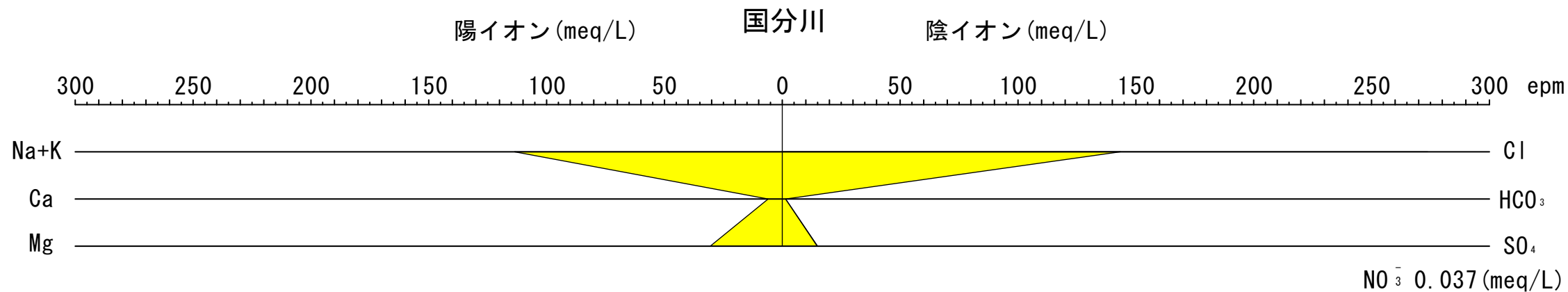
調査場所	試験名	採水日	分析値								陽イオン 合計 (meq/L)	陰イオン 合計 (meq/L)
			陽イオン				陰イオン					
			Na <sup>+</sup> (meq/L)	K <sup>+</sup> (meq/L)	Ca <sup>2+</sup> (meq/L)	Mg <sup>2+</sup> (meq/L)	Cl <sup>-</sup> (meq/L)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/L)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (meq/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/L)		
海老の丸	K0-No. 2	R. 7. 11. 6	187.920	1.236	20.359	42.215	247.120	3.032	23.943	0.002	251.730	274.097

等量単位 (meq/L) = 分析値 (mg/L) / (分子量 / 電荷数)

参考文献 ; 改善地下水学要論 村下敏夫 : 昭和52年7月 p. 177-183

図 4-2-9 ヘキサダイアグラム (K0-No. 2)

# ヘキサダイアグラム 国分川



## 凡例

I 型	II 型	III 型	IV 型

### I 型 炭酸カルシウム型

最も一般的な地下水。汚染を受けていない自由地下水。補給地帯またはそれに隣接する地帯の被圧地下水。浅い地下水や河川水がこの領域に多く分類される。

### II 型 炭酸ナトリウム型

地下水の補給地帯から遠い、例えば盆地の中央部・海岸地帯に分布する一般的な被圧地下水。停滞した深層の地下水に多い型である。

### III 型 非炭酸カルシウム型

鉱山廃水、主に第四系火山起源の水(温泉水・鉱泉水)、またはそれによって汚染された地下水。地すべり地、炭田地帯の自由面地下水。海岸地帯の塩水化地下水。温泉水などに見られる。

### IV 型 非炭酸ナトリウム型

主に第三系の水(温泉水・鉱泉水)、またはそれによって汚染された地下水。炭田地帯の被圧地下水。海岸地帯の塩水化地下水。島の水(地表水を含む)。海水が混入した地下水などに多い型である。

調査場所	試験名	採水日	分析値							
			Na <sup>+</sup> (mg/L)	K <sup>+</sup> (mg/L)	Ca <sup>2+</sup> (mg/L)	Mg <sup>2+</sup> (mg/L)	Cl <sup>-</sup> (mg/L)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)
海老の丸	国分川	R. 7. 11. 6	2550.0	109.0	123.0	373.0	5080.0	77.9	710.0	2.3

各イオン	Na <sup>+</sup> (mg/L)	K <sup>+</sup> (mg/L)	Ca <sup>2+</sup> (mg/L)	Mg <sup>2+</sup> (mg/L)	Cl <sup>-</sup> (mg/L)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)
分子量	22.99	39.098	40.078	24.305	35.453	61.02	96.06	62.00
電荷数	1	1	2	2	1	1	2	1

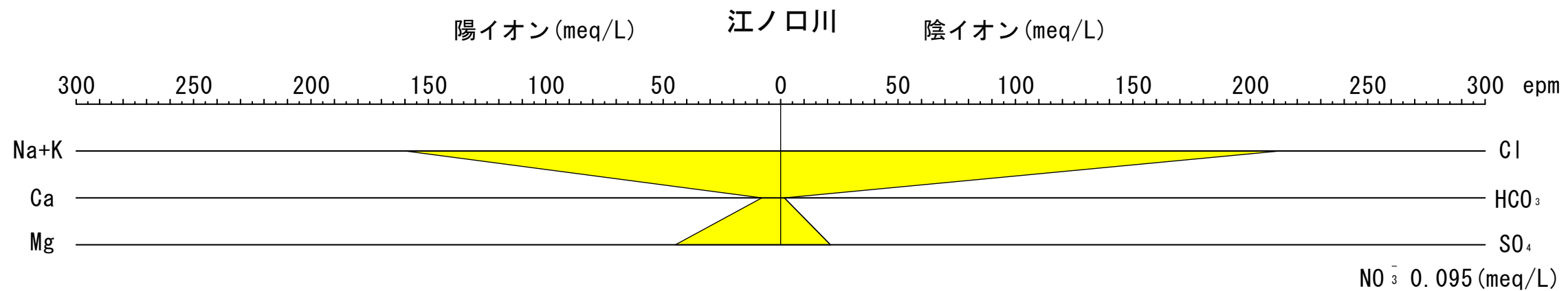
調査場所	試験名	採水日	分析値								陽イオン 合計 (meq/L)	陰イオン 合計 (meq/L)
			陽イオン				陰イオン					
			Na <sup>+</sup> (meq/L)	K <sup>+</sup> (meq/L)	Ca <sup>2+</sup> (meq/L)	Mg <sup>2+</sup> (meq/L)	Cl <sup>-</sup> (meq/L)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/L)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (meq/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/L)		
海老の丸	国分川	R. 7. 11. 6	110.925	2.788	6.138	30.694	143.307	1.277	14.782	0.037	150.545	159.403

等量単位 (meq/L) = 分析値 (mg/L) / (分子量 / 電荷数)

参考文献；改善地下水学要論 村下敏夫：昭和52年7月 p. 177-183

図 4-2-10 ヘキサダイアグラム(国分川)

# ヘキサダイアグラム 江ノ口川



## 凡例

I 型	II 型	III 型	IV 型

### I 型 炭酸カルシウム型

最も一般的な地下水。汚染を受けていない自由地下水。補給地帯またはそれに隣接する地帯の被圧地下水。浅い地下水や河川水がこの領域に多く分類される。

### II 型 炭酸ナトリウム型

地下水の補給地帯から遠い、例えば盆地の中央部・海岸地帯に分布する一般的な被圧地下水。停滞した深層の地下水に多い型である。

### III 型 非炭酸カルシウム型

鉱山廃水、主に第四系火山起源の水(温泉水・鉱泉水)、またはそれによって汚染された地下水。地すべり地、炭田地帯の自由面地下水。海岸地帯の塩水化地下水。温泉水などに見られる。

### IV 型 非炭酸ナトリウム型

主に第三系の水(温泉水・鉱泉水)、またはそれによって汚染された地下水。炭田地帯の被圧地下水。海岸地帯の塩水化地下水。島の水(地表水を含む)。海水が混入した地下水などに多い型である。

調査場所	試験名	採水日	分析値							
			Na <sup>+</sup> (mg/L)	K <sup>+</sup> (mg/L)	Ca <sup>2+</sup> (mg/L)	Mg <sup>2+</sup> (mg/L)	Cl <sup>-</sup> (mg/L)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)
海老の丸	江ノ口川	R. 7. 11. 6	3590.0	152.0	164.0	545.0	7540.0	93.5	1010.0	5.9

各イオン	Na <sup>+</sup> (mg/L)	K <sup>+</sup> (mg/L)	Ca <sup>2+</sup> (mg/L)	Mg <sup>2+</sup> (mg/L)	Cl <sup>-</sup> (mg/L)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)
分子量	22.99	39.098	40.078	24.305	35.453	61.02	96.06	62.00
電荷数	1	1	2	2	1	1	2	1

調査場所	試験名	採水日	分析値								陽イオン 合計 (meq/L)	陰イオン 合計 (meq/L)
			陽イオン				陰イオン					
			Na <sup>+</sup> (meq/L)	K <sup>+</sup> (meq/L)	Ca <sup>2+</sup> (meq/L)	Mg <sup>2+</sup> (meq/L)	Cl <sup>-</sup> (meq/L)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/L)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (meq/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/L)		
海老の丸	江ノ口川	R. 7. 11. 6	156.165	3.888	8.184	44.848	212.703	1.532	21.028	0.095	213.085	235.358

等量単位 (meq/L) = 分析値 (mg/L) / (分子量 / 電荷数)

参考文献；改善地下水学要論 村下敏夫：昭和52年7月 p. 177-183

図 4-2-11 ヘキサダイアグラム(江の口川)

## ③ トリリニアダイアグラム

水質分析の結果を基に水質ダイアグラム(トリリニアダイアグラム)を作図し、水質型の領域を分類・可視化した。一般に、キーダイアグラム上のプロット位置とヘキサダイアグラムの形状パターンとは相互に対応しており、対象とする試料水の水質特性を分類することで定量的な評価が可能となる。作図にあたっては、各成分の等量単位 (meq/L) を百分率 (%) に換算して用いた (表 4-2-10、表 4-2-11)。

表 4-2-10 キーダイアグラムの計算表 I

項目	K0-No. 2		国分川		江ノ口川	
	等量単位 (meq/L)	割合 (%)	等量単位 (meq/L)	割合 (%)	等量単位 (meq/L)	割合 (%)
ナトリウムイオン(Na <sup>+</sup> )	187.920	75.14	110.925	75.53	156.165	75.11
カリウムイオン(K <sup>+</sup> )	1.236		2.788		3.888	
カルシウムイオン(Ca <sup>2+</sup> )	20.359	24.86	6.138	24.47	8.184	24.89
マグネシウムイオン(Mg <sup>2+</sup> )	42.215		30.694		44.848	
陽イオン計	251.730	100	150.545	100	213.085	100
炭酸水素イオン(HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	3.032	1.11	1.277	0.80	1.532	0.65
塩化物イオン(Cl <sup>-</sup> )	247.120	98.89	143.307	99.20	212.703	99.35
硫酸イオン(SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	23.943		14.782		21.028	
硝酸イオン(NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	0.002		0.037		0.095	
陰イオン計	274.097	100	159.403	100	235.358	100

表 4-2-11 キーダイアグラムの計算表 II

項目	K0-No. 2		国分川		江ノ口川	
	等量単位 (meq/L)	割合 (%)	等量単位 (meq/L)	割合 (%)	等量単位 (meq/L)	割合 (%)
ナトリウムイオン(Na <sup>+</sup> )	187.920	75.14	110.925	75.53	156.165	75.11
カリウムイオン(K <sup>+</sup> )	1.236		2.788		3.888	
カルシウムイオン(Ca <sup>2+</sup> )	20.359	8.09	6.138	4.08	8.184	3.84
マグネシウムイオン(Mg <sup>2+</sup> )	42.215	16.77	30.694	20.39	44.848	21.05
陽イオン計	251.730	100	150.545	100	213.085	100
炭酸水素イオン(HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	3.032	1.11	1.277	0.80	1.532	0.65
塩化物イオン(Cl <sup>-</sup> )	247.120	90.16	143.307	89.90	212.703	90.37
硫酸イオン(SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	23.943	8.74	14.782	9.30	21.028	8.97
硝酸イオン(NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	0.002		0.037		0.095	
陰イオン計	274.097	100	159.403	100	235.358	100

水質キーダイアグラムのプロットは、すべて領域IV (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>NaCl型) に区分され、ほぼ同一の位置に集中した。前述のとおり、海水の影響を最小限とするため干潮時に採水を実施したが、地下水および河川水のいずれも海水の影響を強く受けた水質特性を示した。そのため、トリリニアダイアグラムにおいては地下水と河川水の水質差を明瞭に区別することが困難な結果となった。

次頁より作図したトリリニアダイアグラムを示す。

# トリリニアダイアグラム K0-No. 2

キーダイアグラム

<水質キーダイアグラム・領域の区分>

- 凡例
- 試験孔 (K0-No. 2)
  - 国分川
  - △ 江ノロ川

- 領域 I :  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  型: 普通の淡水
- 領域 II :  $\text{NaHCO}_3$  型: 被圧水、深層水など
- 領域 III :  $\text{CaSO}_4$   $\text{CaCl}$  型: 鉱山、火山性の水など
- 領域 IV :  $\text{Na}_2\text{SO}_4$   $\text{NaCl}$  型: 海水、化石水など
- 領域 V : 中間の科学組成をもつ水

キーダイアグラムの計算I

K0-No. 2					
成分	epm	%	成分	epm	%
$\text{Na}^+$	187.920	75.14	$\text{HCO}_3^-$	3.032	1.11
$\text{K}^+$	1.236		$\text{Cl}^-$	247.120	98.89
$\text{Ca}^{2+}$	20.359	$\text{SO}_4^{2-}$	23.943		
$\text{Mg}^{2+}$	42.215	24.86	$\text{NO}_3^-$	0.002	
陽イオン計	251.730	100	陰イオン計	274.097	100

国分川					
成分	epm	%	成分	epm	%
$\text{Na}^+$	110.925	75.53	$\text{HCO}_3^-$	1.277	0.80
$\text{K}^+$	2.788		$\text{Cl}^-$	143.307	99.20
$\text{Ca}^{2+}$	6.138	24.47	$\text{SO}_4^{2-}$	14.782	
$\text{Mg}^{2+}$	30.694		$\text{NO}_3^-$	0.037	
陽イオン計	150.545	100	陰イオン計	159.403	100

キーダイアグラムの計算II

K0-No. 2					
成分	epm	%	成分	epm	%
$\text{Na}^+$	187.920	75.14	$\text{HCO}_3^-$	3.032	1.11
$\text{K}^+$	1.236		$\text{Cl}^-$	247.120	90.16
$\text{Ca}^{2+}$	20.359	8.09	$\text{SO}_4^{2-}$	23.943	8.74
$\text{Mg}^{2+}$	42.215	16.77	$\text{NO}_3^-$	0.002	
陽イオン計	251.730	100	陰イオン計	274.097	100

国分川					
成分	epm	%	成分	epm	%
$\text{Na}^+$	110.925	75.53	$\text{HCO}_3^-$	1.277	0.80
$\text{K}^+$	2.788		$\text{Cl}^-$	143.307	89.90
$\text{Ca}^{2+}$	6.138	4.08	$\text{SO}_4^{2-}$	14.782	9.30
$\text{Mg}^{2+}$	30.694	20.39	$\text{NO}_3^-$	0.037	
陽イオン計	150.545	100	陰イオン計	159.403	100

キーダイアグラムの計算I

江ノロ川					
成分	epm	%	成分	epm	%
$\text{Na}^+$	156.165	75.11	$\text{HCO}_3^-$	1.532	0.65
$\text{K}^+$	3.888		$\text{Cl}^-$	212.703	99.35
$\text{Ca}^{2+}$	8.184	24.89	$\text{SO}_4^{2-}$	21.028	
$\text{Mg}^{2+}$	44.848		$\text{NO}_3^-$	0.095	
陽イオン計	213.085	100	陰イオン計	235.358	100

キーダイアグラムの計算II

江ノロ川					
成分	epm	%	成分	epm	%
$\text{Na}^+$	156.165	75.11	$\text{HCO}_3^-$	1.532	0.65
$\text{K}^+$	3.888		$\text{Cl}^-$	212.703	90.37
$\text{Ca}^{2+}$	8.184	3.84	$\text{SO}_4^{2-}$	21.028	8.97
$\text{Mg}^{2+}$	44.848	21.05	$\text{NO}_3^-$	0.095	
陽イオン計	213.085	100	陰イオン計	235.358	100

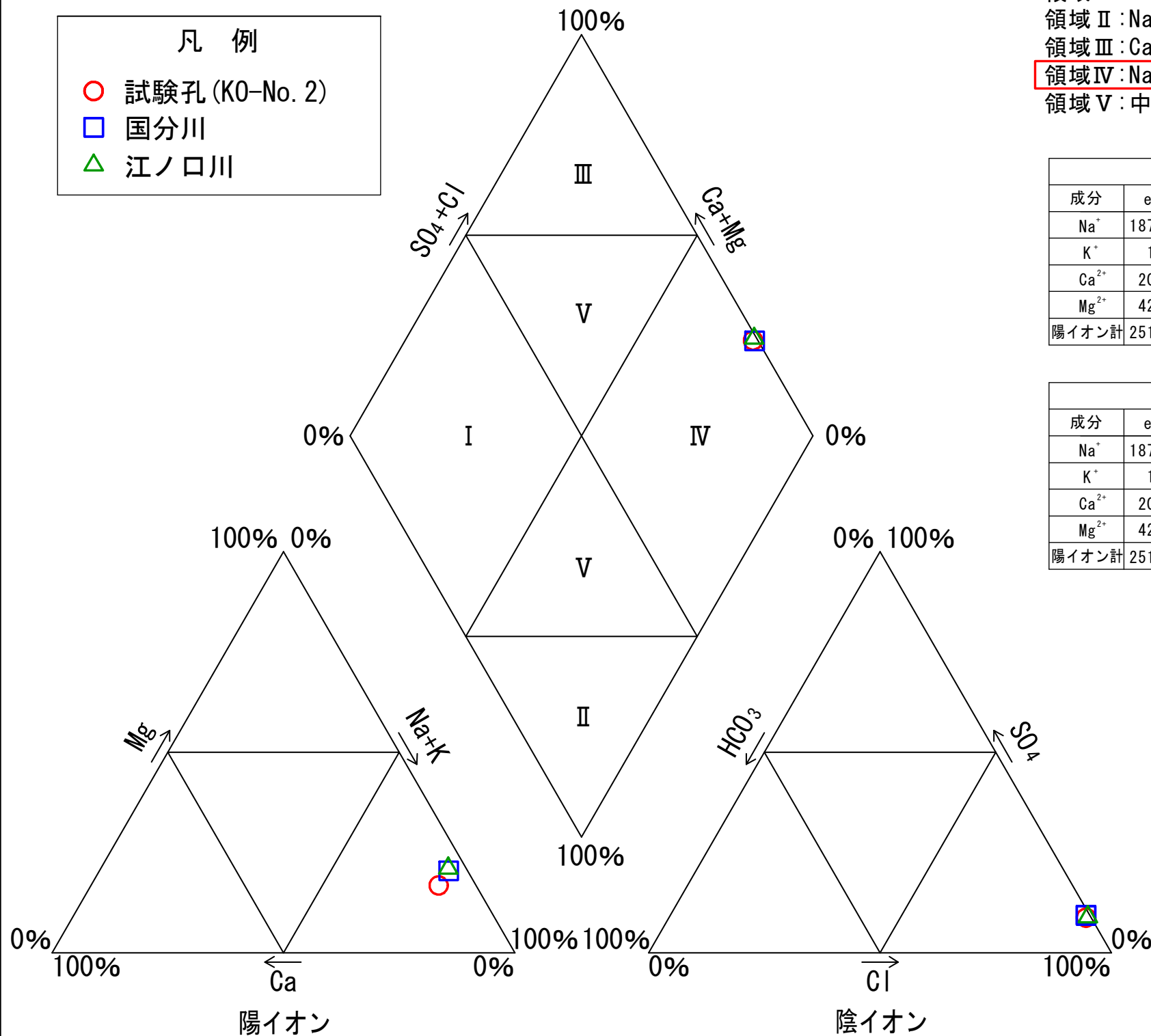


図 4-2-12 トリリニアダイアグラム

## ④ 創意工夫

トリリニアダイアグラムにおいては、地下水と河川水の水質差を明瞭に区別することが困難な結果となった。そこで、海水由来成分であるナトリウムイオン(Na<sup>+</sup>)および塩化物イオン(Cl<sup>-</sup>)の溶存比がほぼ均一な点に着目した(表 4-2-12、図 4-2-13)。両者に同程度の濃度の海水が流入していると仮定したうえで、ナトリウムイオン(Na<sup>+</sup>)および塩化物イオン(Cl<sup>-</sup>)を除いた主要溶存イオン(K<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)を対象とする残差的なヘキサダイアグラムを作成し、水質特性の比較を行った。

表 4-2-12 等量単位と割合表

項目	KO-No.2		国分川		江ノ口川	
	等量単位 (meq/L)	割合 (%)	等量単位 (meq/L)	割合 (%)	等量単位 (meq/L)	割合 (%)
ナトリウムイオン(Na <sup>+</sup> )	187.920	74.65	110.925	73.68	156.165	73.29
カリウムイオン(K <sup>+</sup> )	1.236	0.49	2.788	1.85	3.888	1.82
カルシウムイオン(Ca <sup>2+</sup> )	20.359	8.09	6.138	4.08	8.184	3.84
マグネシウムイオン(Mg <sup>2+</sup> )	42.215	16.77	30.694	20.39	44.848	21.05
陽イオン計	251.730	100	150.545	100	213.085	100
塩化物イオン(Cl <sup>-</sup> )	247.120	90.16	143.307	89.90	212.703	90.37
炭酸水素イオン(HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	3.032	1.11	1.277	0.80	1.532	0.65
硫酸イオン(SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	23.943	8.74	14.782	9.27	21.028	8.93
硝酸イオン(NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	0.002	0.00	0.037	0.02	0.095	0.04
陰イオン計	274.097	100	159.403	100	235.358	100

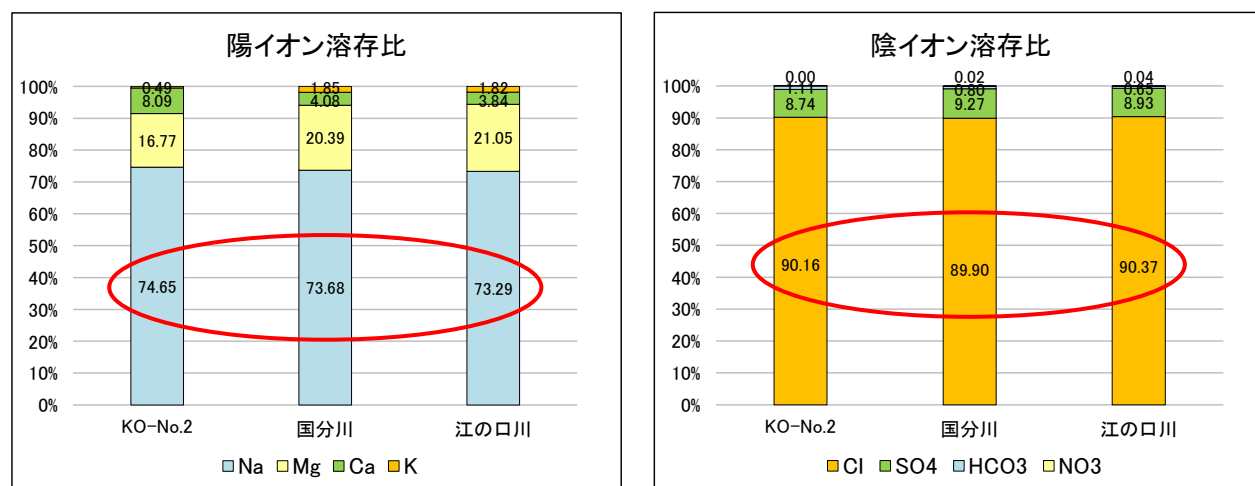


図 4-2-13 陽イオンおよび陰イオンの溶存比

作図にあたっては、陽イオンおよび陰イオンに区分し、六角形状を成立させるため、左側に陽イオン(Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、K<sup>+</sup>)、右側に陰イオン(HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)の順にプロットした。地下水および河川水について六角形をそれぞれ作成し、同一図面上に重ね合わせて比較した。

その結果、地下水ではカルシウムイオン( $\text{Ca}^{2+}$ )および炭酸水素イオン( $\text{HCO}_3^-$ )の当量濃度が河川水に比べ有意に高く、硫酸イオン( $\text{SO}_4^{2-}$ )も高濃度を示した。これは、地下水の長期滞留に伴い、岩石との反応により炭酸塩鉱物等の溶解を受けている可能性を示唆するものである。

一方、国分川及び江の口川では、カリウムイオン( $\text{K}^+$ )および硝酸イオン( $\text{NO}_3^-$ )の濃度が地下水に比べ高い組成を示した。これは、流域における生活排水や農地施肥等の人為的影響を受けている可能性、あるいは表流水としての酸化的環境を反映した水質特性であると考えられる。

表 4-2-13 海水由来成分を除いた等量単位表

項目	K0-No. 2	国分川	江ノ口川
	等量単位 (meq/L)	等量単位 (meq/L)	等量単位 (meq/L)
カリウムイオン( $\text{K}^+$ )	1.236	2.788	3.888
カルシウムイオン( $\text{Ca}^{2+}$ )	20.359	6.138	8.184
マグネシウムイオン( $\text{Mg}^{2+}$ )	42.215	30.694	44.848
炭酸水素イオン( $\text{HCO}_3^-$ )	3.032	1.277	1.532
硫酸イオン( $\text{SO}_4^{2-}$ )	23.943	14.782	21.028
硝酸イオン( $\text{NO}_3^-$ )	0.002	0.037	0.095

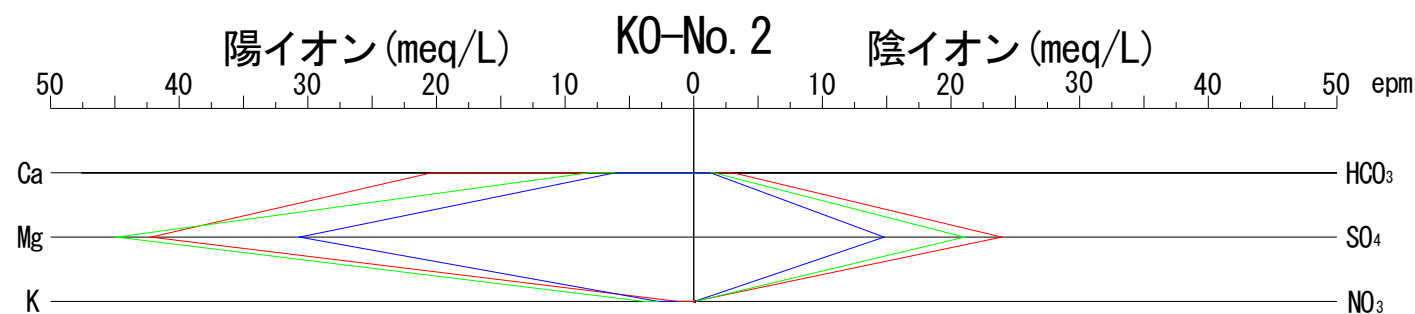
以上より、地下水はカルシウムイオン( $\text{Ca}^{2+}$ )および炭酸水素イオン( $\text{HCO}_3^-$ )に富む水質であり、河川水はカリウムイオン( $\text{K}^+$ )および硝酸イオン( $\text{NO}_3^-$ )の寄与が大きい水質として区別される。したがって、本調査の範囲においては、地下水と河川水は海水に起因する成分を共有しつつも、陸源成分の組成に明瞭な差異が認められ、両者は同一の水質グループには属さない可能性が高いと考えられる。

次頁より作図した残差ヘキサダイアグラム比較図および水質試験検査成績書を示す。

※注 ナトリウムイオン( $\text{Na}^+$ )および塩化物イオン( $\text{Cl}^-$ )を除外したヘキサダイアグラムは、海水混入が卓越する環境下において陸源成分の差異を視覚的に把握することを目的とした補助的手法である。したがって、本図は標準的な水質型分類図として解釈するものではなく、他の水質指標ならびに地質・水理条件と併せて総合的に評価する必要がある。

# 残差ヘキサダイアグラム比較図

※Na<sup>+</sup>及びCl<sup>-</sup>を除いた主要溶存イオンによるヘキサダイアグラム



調査場所	試験名	採水日	分析値						
			Na <sup>+</sup> (mg/L)	K <sup>+</sup> (mg/L)	Ca <sup>2+</sup> (mg/L)	Mg <sup>2+</sup> (mg/L)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)
海老の丸	KO-No. 2	R. 7. 11. 6	4320.0	48.3	408.0	513.0	185.0	1150.0	0.1未満
	国分川	R. 7. 11. 6	2550.0	109.0	123.0	373.0	77.9	710.0	2.3
	江ノ口川	R. 7. 11. 6	3590.0	152.0	164.0	545.0	93.5	1010.0	5.9

凡例

KO-No. 2	国分川	江ノ口川

各イオン	Na <sup>+</sup> (mg/L)	K <sup>+</sup> (mg/L)	Ca <sup>2+</sup> (mg/L)	Mg <sup>2+</sup> (mg/L)	Cl <sup>-</sup> (mg/L)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)
分子量	22.99	39.098	40.078	24.305	35.453	61.02	96.06	62.00
電荷数	1	1	2	2	1	1	2	1

調査場所	試験名	採水日	分析値						陽イオン 合計 (meq/L)	陰イオン 合計 (meq/L)		
			陽イオン			陰イオン						
			K <sup>+</sup> (meq/L)	Ca <sup>2+</sup> (meq/L)	Mg <sup>2+</sup> (meq/L)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/L)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (meq/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/L)				
海老の丸	KO-No. 2	R. 7. 11. 6	01.236	20.359	42.215	03.032	23.943	0.002	251.730	274.097		
	国分川	R. 7. 11. 6	110.925	2.788	6.138	30.694	143.307	1.277	14.782	0.037	150.545	159.403
	江ノ口川	R. 7. 11. 6	156.165	3.888	8.184	44.848	212.703	1.532	21.028	0.095	213.085	235.358

等量単位 (meq/L) = 分析値 (mg/L) / (分子量 / 電荷数)

図 4-2-14 残差ヘキサダイアグラム比較図

表 4-2-14 水質試験検査成績書 (K0-No. 2)

<b>水質試験検査成績書</b>			
依頼者	株式会社相愛 様		
種別	地下水	試験名	_____
受付日	2025年11月6日	採水日	2025年11月6日
採水場所	K0-No. 2 海老の丸		
採水者	株式会社相愛		
項目名	分析値	項目名	分析値
ナトリウムイオン	4320 mg/L		以下余白
カリウムイオン	48.3 mg/L		
カルシウムイオン	408 mg/L		
マグネシウムイオン	513 mg/L		
塩化物イオン	8760 mg/L		
炭酸水素イオン	185 mg/L		
硫酸イオン	1150 mg/L		
硝酸イオン	0.1 mg/L未満		
カドミウム	0.003 mg/L未満		
鉛	0.005 mg/L未満		
六価クロム	0.005 mg/L未満		
水銀	0.00005 mg/L未満		
ヒ素	0.005 mg/L未満		
シアン	0.001 mg/L未満		
鉄	3.6 mg/L		
試験期間	2025年11月 6日 ~ 2025年11月17日		
特記事項	漁維第100号 陸上養殖候補地調査委託業務 採水者による現場測定：気温 20.9℃、水温 20.1℃ 上水試験方法に定める検査法準用		
2025年11月18日			
水道法第20条登録検査機関 登録番号 57 建築物飲料水水質検査業 高知県登録 〒780-0850 高知県高知市丸ノ内2丁目4番11号 一般社団法人高知県食品衛生協会			

表 4-2-15 水質試験検査成績書(国分川)

<b>水質試験検査成績書</b>			
依頼者	株式会社相愛 様		
種別	河川水	試験名	_____
受付日	2025年11月6日	採水日	2025年11月6日
採水場所	国分川		
採水者	株式会社相愛		
項目名	分析値	項目名	分析値
ナトリウムイオン	2550 mg/L		以下余白
カリウムイオン	109 mg/L		
カルシウムイオン	123 mg/L		
マグネシウムイオン	373 mg/L		
塩化物イオン	5080 mg/L		
炭酸水素イオン	77.9 mg/L		
硫酸イオン	710 mg/L		
硝酸イオン	2.3 mg/L		
カドミウム	0.003 mg/L未満		
鉛	0.005 mg/L未満		
六価クロム	0.005 mg/L未満		
水銀	0.00005 mg/L未満		
ヒ素	0.005 mg/L未満		
シアン	0.001 mg/L未満		
鉄	0.06 mg/L		
試験期間	2025年11月 6日 ~ 2025年11月17日		
特記事項	漁維第100号 陸上養殖候補地調査委託業務 採水者による現場測定：気温 23.0℃，水温 20.6℃ 上水試験方法に定める検査法準用		
2025年11月18日			
水道法第20条登録検査機関 登録番号：57 建築物飲料水水質検査業 高知県登録 〒780-0850 高知県高知市丸ノ内2丁目4番11号 一般社団法人高知県食品衛生協会			

表 4-2-16 水質試験検査成績書(江の口川)

水質試験検査成績書			
依頼者	株式会社相愛 様		
種別	河川水	試験名	—————
受付日	2025年11月6日	採水日	2025年11月6日
採水場所	江の口川		
採水者	株式会社相愛		
項目名	分析値	項目名	分析値
ナトリウムイオン	3590 mg/L		以下余白
カリウムイオン	152 mg/L		
カルシウムイオン	164 mg/L		
マグネシウムイオン	545 mg/L		
塩化物イオン	7540 mg/L		
炭酸水素イオン	93.5 mg/L		
硫酸イオン	1010 mg/L		
硝酸イオン	5.9 mg/L		
カドミウム	0.003 mg/L未満		
鉛	0.005 mg/L未満		
六価クロム	0.005 mg/L未満		
水銀	0.00005 mg/L未満		
ヒ素	0.005 mg/L未満		
シアン	0.001 mg/L未満		
鉄	0.06 mg/L		
試験期間	2025年11月 6日 ~ 2025年11月17日		
特記事項	漁維第100号 陸上養殖候補地調査委託業務 採水者による現場測定：気温 23.0℃，水温 20.9℃ 上水試験方法に定める検査法準用		
2025年11月18日			
水道法第20条登録検査機関 登録番号 57 建築物飲料水水質検査業 高知県登録 〒780-0850 高知県高知市丸ノ内2丁目4番11号 一般社団法人高知県食品衛生協会			

## 4.2.1. 総合解析とりまとめ

調査結果を下表(表 4-2-17)にとりまとめた。

表 4-2-17 調査結果一覧表

ボーリング調査結果		原位置試験	
孔番	KO-No.2	実施日	R7.11.6
調査地区	高知市海老ノ丸	試験時の潮汐	満潮⇒干潮
調査期間	R7.10.23～R7.11.6	試験区間(GL-m)	31.00～35.00
所有地	公有地	試験方法	測定用パイプ(VP50)
調査地の地形	水部	現場透水試験結果	
確認された地質	沖積層・洪積層	透水係数k(m/s)	3.09E-04
緯度	33° 33' 44.8799"	透水性の評価	中位
経度	133° 34' 04.8729"	簡易揚水試験結果	
孔口標高(T.P.m)	3.76	試験時間	9:25-11:25
掘進長(m)	38.60	揚水量(L/分)	53
決定地下水位(GL-m)	3.32	水質試験結果(健康7項目)	
推定帯水層厚(m)	10.40	基準値との比較	鉄のみ超過(12倍)
水質試験用サンプル採水		ヘキサダイアグラム	
時刻	11時30分頃	図形の型	IV型(非炭酸ナトリウム型)
気温	20.9	地下水の分類	海水の影響を受けた被圧地下水
地下水温	20.1	地下水に対する海水の影響の目安	
濁度(NTU)	0.4	地下水⇔海水(0.5⇔200)	81.50

## (1) 地下水の考察

ボーリング調査の結果、帯水層は GL-27.20～37.60m に分布し、上下を厚い粘性土層(不透水層)に挟在していることが確認された。また、ボーリング掘進中に帯水層へ到達した際、自噴現象が認められた。以上より、本地下水は氾濫平野から水部低地にかけて分布する被圧地下水であると考えられる。

水質分析の結果、ヘキサダイアグラムでは海水の影響を受けた水質型を示した。調査地は河口に近く、湾とも連続していることから、潮汐に伴う海水混入の影響を受けている可能性が高い。このことから、地下水位は潮汐および季節変動の影響を受け、年間を通じて変動することが想定される。

また、周辺河川水も同様の水質型を示したが、本解析結果の範囲では、地下水と河川水は海水に起因する成分を共有しつつも、陸源成分の組成に明瞭な差異が認められた。このことから、両者は同一の水質グループに属するものではない可能性が高いと考えられる。

さらに、健康項目の分析結果では、地下水においてのみ鉄が基準値の12倍の値を示した。被圧帯水層では地下水の滞留時間が長く、溶存酸素が乏しい還元状態となりやすいことから、地層中の鉄分が溶出し、溶存鉄濃度が上昇したものと推察される。加えて、外気との直接的な熱交換が少ないため、地下水温は自由地下水に比べ変動が小さい傾向にある。

以上より、本調査地の地下水は、洪積層中に分布する広域的な被圧地下水であり、海水の影響を受けつつも、上下を不透水層に拘束された帯水層が広範囲に連続する水理環境下にあると考えられる。

## (2) 本井戸における揚水可能量の推定

簡易揚水試験で得られた揚水量 ( $Q=53\text{L/分}$ ) を基に、本井戸施工時に想定される揚水可能量の概算評価を行った。簡易揚水試験では、使用した地上設置型揚水ポンプの揚水能力に限界があったため、調査地において揚水量の算定に必要な詳細な水理データは把握できていない。したがって、井戸径の効果のみで揚水可能量を推定した。

自由面帯水層から採水する浅井戸、被圧帯水層から採水する深井戸の水理公式は、揚水中における帯水層内の水の流れが層流である仮定において、

$$Q = \frac{\pi \left( \frac{b_1 + b_2}{b_1} \right) T s}{\ln(R/r_w)}$$

- $b_1$  : 揚水前における飽和層厚  
 $b_2$  : 揚水中における飽和層厚  
 $R$  : 影響圏の半径  
 $r_w$  : 井戸の半径

図 4-2-15 揚水量の算定式 <sup>(4-1-9)</sup>

揚水量  $Q$  は上の図(図 4-2-15)で表され、帯水層の定数 ( $T$ )、理論水位降下 ( $s$ )、揚水前における飽和層厚 ( $b_1$ )、揚水中における飽和層厚 ( $b_2$ ) が全て同じであると仮定すると、

$$Q \propto \frac{1}{\ln(R/r_w)}$$

となるため、井戸の半径  $r_w$  の違いによる増加倍率は、

$$\frac{Q_{300}}{Q_{60}} = \frac{\ln(R/r_{60})}{\ln(R/r_{300})}$$

で概算することができる。

- $\phi 60\text{mm}$  (直径 0.06m)  $\rightarrow r_{60} = 0.03\text{m}$
- $\phi 300\text{mm}$  (直径 0.30m)  $\rightarrow r_{300} = 0.15\text{m}$

影響圏の半径  $R$  は井戸構造や現場条件で変わるため、一般的な範囲 (10~100m) で示すと、

- $R = 10\text{m}$ :  $\ln(10/0.03) = 5.81$ 、 $\ln(10/0.15) = 4.20 \rightarrow \underline{1.38 \text{ 倍}}$
- $R = 100\text{m}$ :  $\ln(100/0.03) = 8.11$ 、 $\ln(100/0.15) = 6.50 \rightarrow \underline{1.25 \text{ 倍}}$

径の効果のみを考慮した場合、揚水量は概ね 1.25~1.38 倍程度に増加すると見込まれる。簡易揚水試験において確認された揚水量は 53L/分であったことから、井戸径を  $\phi 300\text{mm}$  とした場合、最低でも 66.3~73.1L/分以上の揚水量が期待される。

本推定に用いた理論式は、均一・等方な帯水層および定常流を仮定した理想化条件のもとで導かれたものである。実際の本井戸施工時には、井戸構造の違いや潮汐・季節条件に伴う地下水位変動等の影響を受ける可能性がある。このため、本推定値はあくまで参考値・概算値として取り扱うべきものである。

### (3) 養殖事業等の地下水利用に関する留意事項

本調査は、潟水期にあたる10～11月に実施した。また、採水時には干潮時刻を選択したにもかかわらず、その時点において海水由来イオン濃度が高い水質であることが確認された。満潮時には、さらに塩水化が進行する可能性がある。したがって、養殖事業等において地下水を利用する場合には、ナトリウムイオン( $\text{Na}^+$ )および塩化物イオン( $\text{Cl}^-$ )濃度の潮汐による変動や季節変動の把握に加え、地下水位および水質の継続的なモニタリングを実施する必要があると考える。

本調査地の地下水は、洪積層中に分布する被圧地下水である。継続的な揚水により被圧水頭が低下した場合、帯水層を挟在する粘性土層において有効応力が増加し、圧密が進行することで地盤沈下が生じる可能性がある。特に、調査地周辺では既存資料から厚い粘性土層の分布が確認されており、地下水位の長期的低下は地盤沈下を誘発するリスクを有している。

このため、養殖事業等において地下水を継続的に利用する場合には、揚水量の適正管理を行うとともに、地下水位の長期的変動の監視および地盤変位の有無を確認することが重要である。具体的には、定量揚水試験の実施や圧密沈下量の予測検討を行い、地下水利用による影響を定量的に評価することが望ましい。

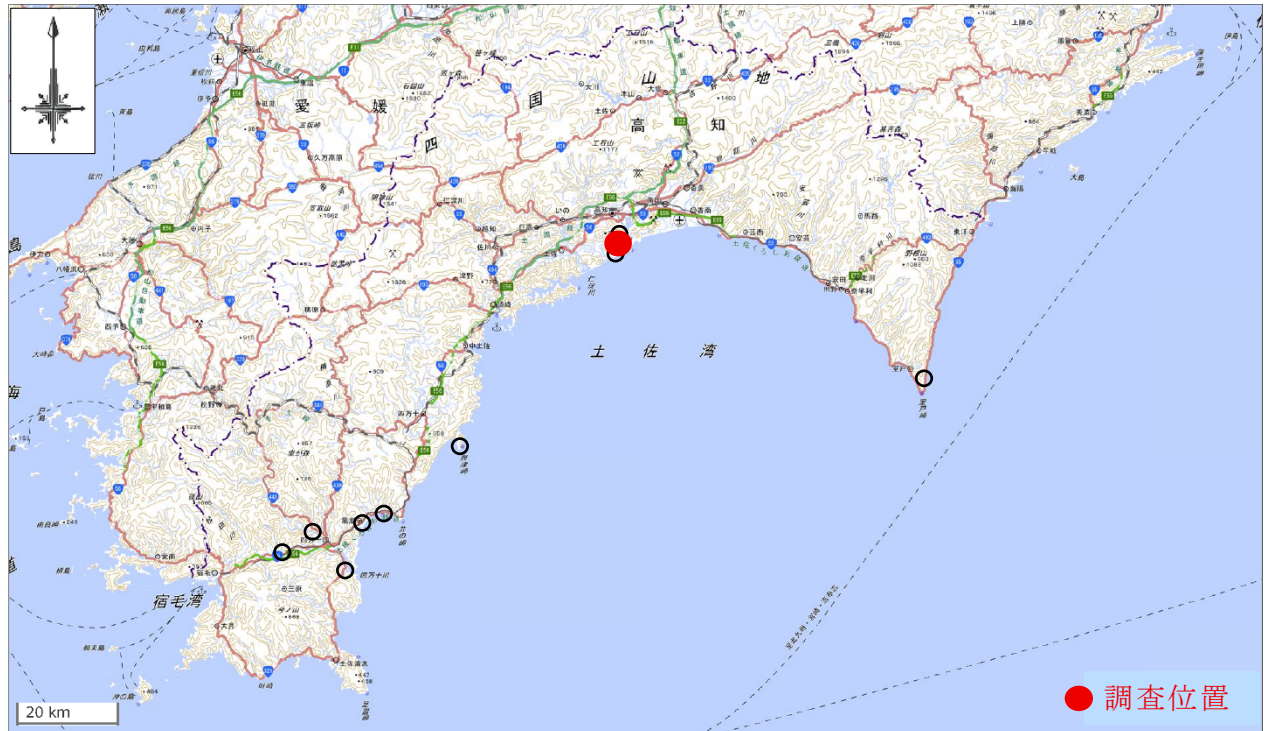
健康項目7項目について環境省が定める基準値と照合したところ、鉄は基準値の12倍を示した。このことから、養殖事業等において地下水を利用する場合には、必要に応じて除鉄処理を講じることが望ましいと考えられる。具体的には、曝気により溶存鉄( $\text{Fe}^{2+}$ )を酸化させ不溶化した後、沈殿槽および砂ろ過設備等により除去する方法や、マンガン砂等の触媒ろ材を用いたろ過処理などが考えられる。

なお、鉄の形態(溶存態・懸濁態)、pH、溶存酸素濃度等の水質条件により処理方法や効率が異なるため、導入にあたっては簡易的な処理試験等により適用性を確認することが望ましい。

本井戸の供用にあたっては、周辺における既存井戸の位置、深度、揚水量および利用形態等の地下水利用状況を把握し、本井戸との水理的關係を整理する必要がある。

また、供用後は本井戸の揚水に伴う地下水位低下および水質変化の影響範囲を把握するため、周辺井戸を含めた地下水位および主要水質項目について継続的な観測を行い、影響の有無を確認することが重要である。

## 4.3. KO-No. 3 (高知県高知市横浜)



調査地位置図

出典：電子国土 Web 国土地理院より加筆

<https://maps.gsi.go.jp/>

調査結果一覧表

ボーリング調査結果		原位置試験	
孔番	KO-No.3	実施日	R7.11.27
調査地区	高知市横浜	試験時の潮汐	満潮⇒干潮
調査期間	R7.11.24～R7.11.27	試験区間(GL-m)	7.20～11.20
所有地	公有地	試験方法	測定用パイプ(VP50)
調査地の地形	海岸平野	現場透水試験結果	
確認された地質	沖積層・半山層	透水係数k(m/s)	2.73E-04
緯度	33° 31' 47.4812"	透水性の評価	中位
経度	133° 33' 28.7465"	簡易揚水試験結果	
孔口標高(T.P.m)	2.13	試験時間	12:00-14:00
掘進長(m)	12.20	揚水量(L/分)	24
決定地下水位(GL-m)	1.78	水質試験結果(健康7項目)	
推定帯水層厚(m)	9.42	基準値との比較	すべて基準値未滿
水質試験用サンプル採水		ヘキサダイアグラム	
時刻	15時頃	図形の型	IV型(非炭酸ナトリウム型)
気温	17.2	地下水の分類	海水の影響を受けた不圧地下水
地下水温	20.2	地下水に対する海水の影響の目安	
濁度(NTU)	0.9	地下水⇔海水(0.5⇔200)	11.35

#### 4.3.1. 調査位置

ボーリング調査位置の諸元を下表(表 4-3-1)に、調査位置平面図を下図(図 4-3-1)に示す。ボーリング位置は、調査職員および土地管理者との現地協議のうえ決定した。また、ボーリング位置の座標および地盤標高は、VRS による RTK 測量により求めた。

表 4-3-1 ボーリング調査位置の諸元

孔番	調査位置(座標)		緯度・経度		孔口標高 (T.P.m)	掘進長 (m)	原位置試験
	X座標	Y座標	緯度	経度			
KO-No.3	58761.5129	5385.7379	33° 31' 47.4812"	133° 33' 28.7465"	2.13	12.20	現場透水試験(回復)・簡易揚水試験

※柱状図の記載標高は、小数点第 3 位を四捨五入。緯度経度は、小数点第 5 位を四捨五入表記。



図 4-3-1 調査位置平面図 (4-3-1)

#### 4.3.2. 調査地の地形・地質

##### (1) 調査地の地形

調査地の地形は、海岸平野に属する。海岸平野は、過去の海底が干上がることで形成される。

また、調査地北側には東西方向に山地が連なり、周辺では谷地形が発達している。後述するボーリングコアの観察結果から、調査地は、海岸平野において谷部から供給された山麓堆積地形に由来する堆積土によって形成されたものと考えられる。



図 4-3-2 調査地周辺の地形図 (4-3-2)

##### (2) 調査地の地質

調査地を含む周辺の地質は、四万十帯北帯に属する半山層に相当すると考えられる。半山層は、変形の少ない砂岩優勢の砂岩・黒色泥岩の互層を主体とする。走向性の断層<sup>※1</sup>や復褶曲構造<sup>※2</sup>がみられ、複数地点の黒色泥岩からアンモナイト化石や放射虫化石を産する。調査地から採取されたコアは、黒色泥岩に相当するものと考えられる。

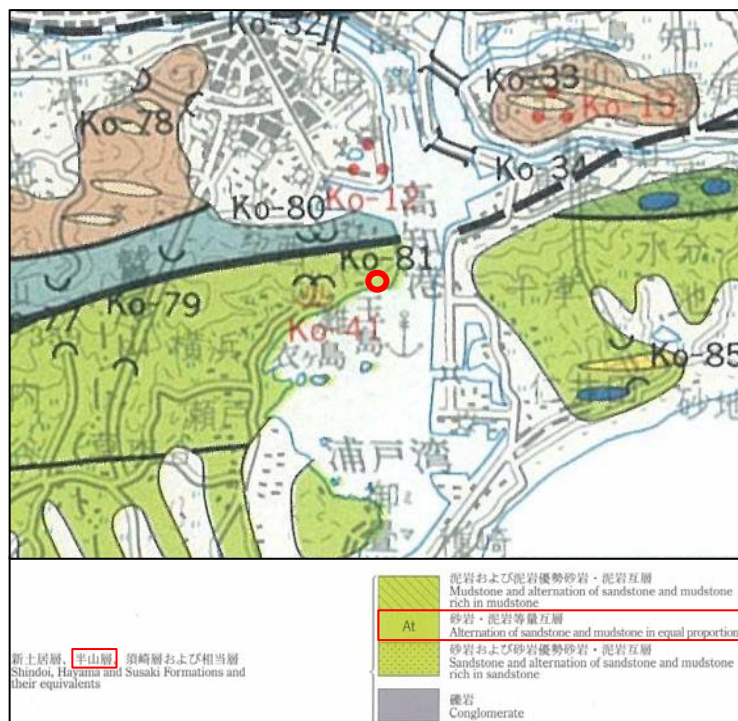


図 4-3-3 調査地周辺の地質図 (4-3-3)

※1 断層とは、地下の岩盤に大きな力が加わって破壊が生じ、割れ目に沿って相対的にずれ動いた構造をいう。

※2 復褶曲構造とは、地層が長期間の地殻変動による水平方向からの強い圧縮力を受け、波状に曲がって変形した構造を褶曲と言う。復褶曲構造とは、一度褶曲した地層が、その後の地殻変動によって再度、あるいは別の方向からの圧力によって曲げられ、褶曲の中にさらに小さな褶曲が乗っているような、複雑に折り重なった地質構造をいう。

(4-3-2) 電子国土 Web 国土地理院より加筆

(4-3-3) 四国地方土木地質図(凡例)；四国地方土木地質図編纂委員会：平成10年3月より加筆

## 4.3.3. ボーリング結果

本業務で実施した調査ボーリングの結果、盛土層(BS)、粘性土層(Am)、第一礫質土層(Ag1)、砂質土層(As)、第二礫質土層(Ag2)の計5層の未固結土層と基盤岩(Ms)を確認した。

本孔の掘止深度は、調査職員との協議のうえ、基盤岩(Ss)を1m確認した時点とした。

下表(表4-3-2)に大別した地質層序を一覧にまとめた。次頁からはボーリング孔についてまとめる。

表4-3-2 地質層序一覧表(K0-No.3)

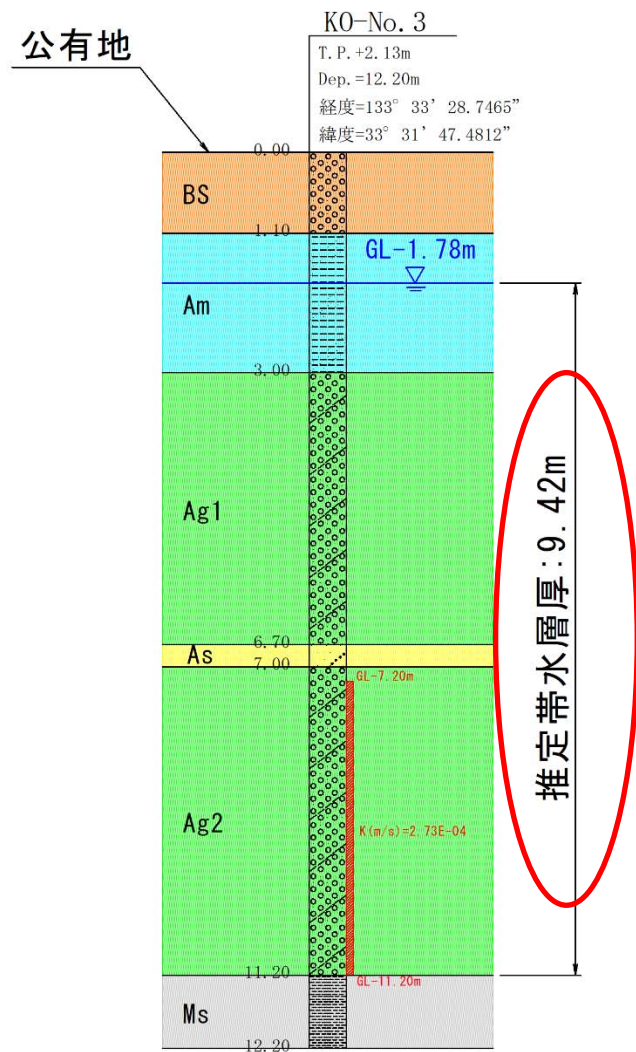
地層名	地層記号	深度(GL-m) 【層厚(m)】	記事
盛土層 (埋め土)	BS	0.00~1.10 (1.10)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 盛土材料は、礫径がφ2~20mm程度の亜角礫を主体とする砂礫である。</li> <li>■ 砂の粒径は細砂主体である。</li> </ul>
粘性土層	Am	1.10~3.00 (1.90)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 不均一な細粒分を主体とし、粘性が強く指圧で変形する。</li> <li>■ 砂分を多く含み、粒径は細砂主体である。</li> <li>■ 部分的に礫径がφ20mm程度の亜角礫を含む。</li> <li>■ 含水が高い。</li> </ul>
第一礫質土層	Ag1	3.00~6.70 (3.70)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ コア観察による土質は茶灰~暗灰色を呈する砂礫である。</li> <li>■ 砂の粒径は細砂主体である。全体的に細粒分を含み、貝殻片が混入する。</li> <li>■ 礫径はφ2~30mm程度、形状は角礫主体である。局所的にφ50mm程度の粗礫を確認した。</li> <li>■ 含水が高く、帯水層を示唆している。</li> </ul>
砂質土層	As	6.70~7.00 (0.30)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ コア観察による土質は暗灰色を呈する礫混じりの砂である。</li> <li>■ 砂の粒径は粗砂主体。所々、礫径がφ30~40mm程度の粗礫を含む。</li> <li>■ 貝殻片が多く混入する。</li> </ul>
第二礫質土層	Ag2	7.00~11.20 (4.20)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ コア観察による土質は茶灰~褐灰色を呈するシルト混じりの砂礫である。</li> <li>■ 礫径はφ2~30mm程度の角礫が主体である。所々、φ50mm程度の粗礫を確認した。</li> <li>■ 砂の粒径は細砂主体で、全体的に細粒分を含み、貝殻片が混入する。</li> <li>■ 含水が高く、帯水層を示唆している。</li> </ul>
基盤岩	Ms	11.20~12.20 (1.00)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 基盤岩はL=25cm程度の柱状~礫状コアで採取される泥岩である。</li> <li>■ GL-11.20~11.50m、GL-11.80~12.00m間では、表面や亀裂面に酸化変色が認められ、地下水の浸透が示唆される。</li> <li>■ 岩級区分は、コアに変色や亀裂、部分的な風化が認められるため、CL級岩盤と評価した。</li> </ul>

KO-No. 3 : GL-0.00-12.20m (孔口標高 : TP+2.13m、掘進長 : 12.20m)

深度 (m)	土質区分	コア写真	原位置試験	地質層序	
0.00				<p><b>盛土 (BS) : GL-0.00~1.10m</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>盛土材料は、礫径が <math>\phi 2 \sim 20</math> mm 程度の亜角礫を主体とする砂礫である。砂の粒径は細砂主体である。</li> </ul> <p><b>粘性土層 (Am) : GL-1.10~3.00m</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>不均一な細粒分を主体とし、粘性が強く指圧で変形する。砂分を多く含み、粒径は細砂主体である。部分的に礫径が <math>\phi 20</math> mm 程度の亜角礫を含む。</li> <li>含水が高い。</li> </ul> <p><b>第一礫質土層 (Ag1) : GL-3.00~6.70m</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>コア観察による土質は茶灰~暗灰色を呈する砂礫である。</li> <li>砂の粒径は細砂主体である。全体的に細粒分を含み、貝殻片が混入する。</li> <li>礫径は <math>\phi 2 \sim 30</math> mm 程度、形状は角礫主体である。局所的に <math>\phi 50</math> mm 程度の粗礫を確認した。</li> <li>含水が高く、帯水層を示唆している。</li> </ul> <p><b>砂質土層 (As) : GL-6.70~7.00m</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>コア観察による土質は暗灰色を呈する礫混じりの砂である。</li> <li>砂の粒径は粗砂主体である。</li> <li>所々、礫径が <math>\phi 30 \sim 40</math> mm 程度の粗礫を含む。</li> <li>貝殻片が多く混入する。</li> </ul> <p><b>第二礫質土層 (Ag2) : GL-7.00~11.20m</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>コア観察による土質は茶灰~褐灰色を呈するシルト混じりの砂礫である。</li> <li>礫径は <math>\phi 2 \sim 30</math> mm 程度の角礫が主体である。所々、<math>\phi 50</math> mm 程度の粗礫を確認した。</li> <li>砂の粒径は細砂主体で、全体的に細粒分を含み、貝殻片が混入する。</li> <li>含水が高く、帯水層を示唆している。</li> </ul> <p><b>基盤岩 (Ms) : GL-11.20~12.20m</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>基盤岩は L=25 cm 程度の柱状~礫状コアで採取される泥岩である。GL-11.20~11.50m、GL-11.80~12.00m 間では、表面や亀裂面に酸化変色が認められ、地下水の浸透が示唆される。</li> <li>岩級区分は、コアに変色や亀裂、部分的な風化が認められるため、CL 級岩盤と評価した。</li> </ul>	
1.10	砂礫		0m	1m	
3.00	砂質シルト		1m	2m	
6.70	シルト混じり砂礫		2m	3m	
7.00	礫混じり砂		3m	4m	
11.20			4m	5m	
			5m	6m	
			6m	7m	
			7m	8m	試験深度: GL-7.20~11.20m
	シルト混じり砂礫		8m	9m	簡易揚水試験
			9m	10m	現場透水試験(回復法)
			10m	11m	
12.20	泥岩		11m	12m	
		12m	13m		

【ボーリング期間中の孔内水位】 孔内水位は掘進作業前、作業後に触針式水位計を用いて計測している。  
本孔は、2日間で掘進作業を完了した。地下水位観測で確認できたボーリング作業前の孔内水位は GL-1.78m であった。

地質断面図 S=1:100  
K0-No. 3



本調査で実施したボーリングデータを基に、地質断面図を作成した。なお、地質断面図の電子データは電子成果品に格納した。

決定地下水位は、ボーリング掘進が進み、孔内状況が安定した最終日の作業前水位である GL-1.78m を採用した。これにより、帯水層厚は決定地下水位から基盤岩(Ms)までの 9.42m と推定した。

後述する原位置試験の試験区間については、地下水の主な流動層が基盤岩(Ms)直上の第二礫質土層(Ag2)に相当すると推定し、GL-7.20~11.20m に設定した。

次頁より、原位置試験結果および水質試験結果を示す。

BS	盛土層(埋め土)
Am	粘性土層
As	砂質土層
Ag	礫質土層
Ms	基盤岩

高 知 県			
工事種別	陸上養殖候補地調査委託業務		
図面名称	地質断面図	縮 尺	S=1:100
路線河川名			
工事箇所	高知県 高知市 横浜		
設計種別			
事務所名	高知県水産振興部 水産業振興課	図 面 番 号	3 12
会 社 名	株式会社 相 愛		

図 4-3-4 地質断面図(K0-No. 3)



#### 4.3.5. 簡易揚水試験結果

地上設置型揚水ポンプの限界揚水量(Q=24L/分)で連続揚水を行った結果、水位低下量は 0.70m で安定し、持続的な揚水が可能であることが確認された。また、試験終了後に回復試験を実施したところ、揚水停止後 1 分で自然水位 GL-1.70m まで回復した。次頁に、簡易揚水試験測定結果表(表 4-3-5)を示す。

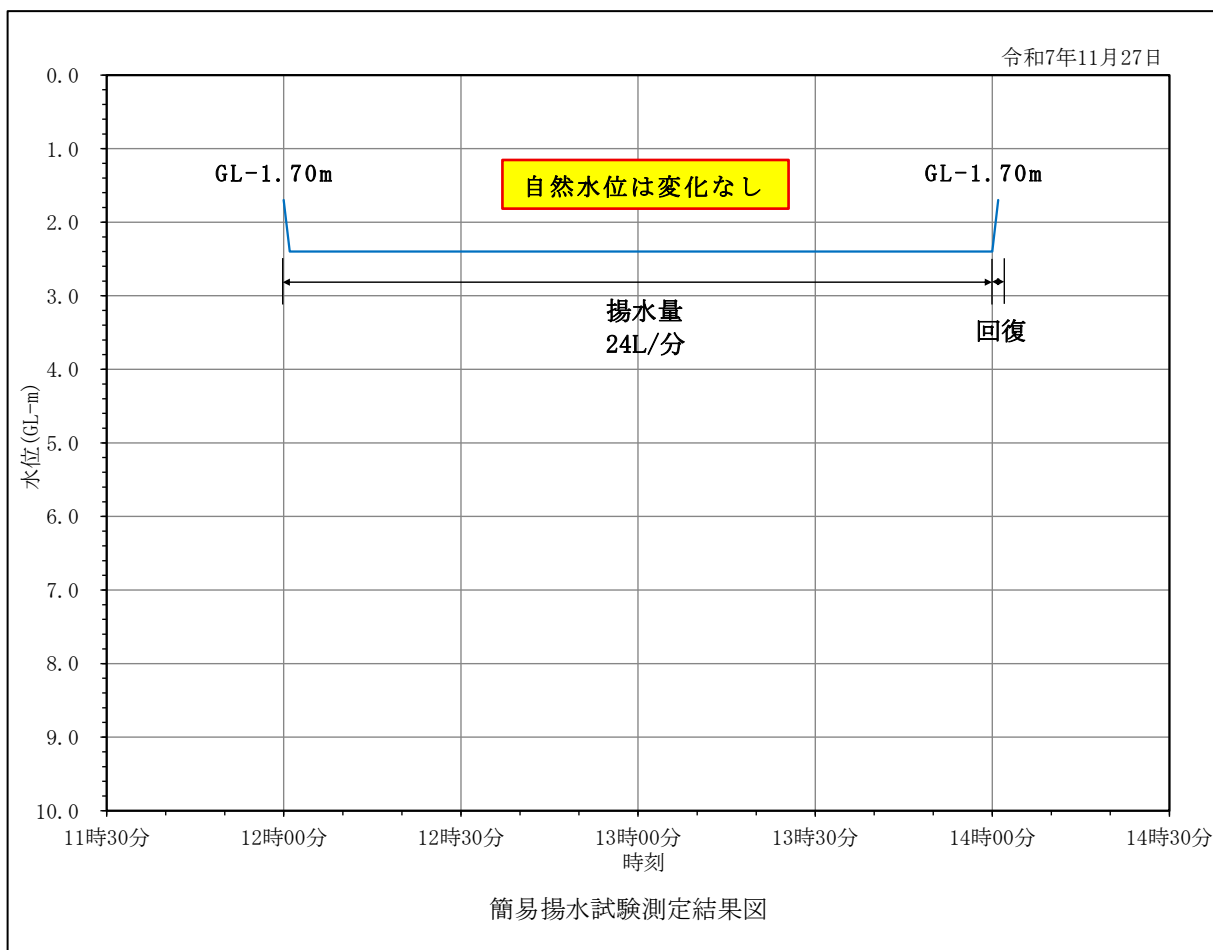


図 4-3-5 簡易揚水試験測定結果図

調査地は湾岸沿いに位置しているものの、試験開始時と試験終了時における自然水位の差は確認されなかった。右図(図 4-3-6)によれば、試験開始時は満潮から干潮へ向かう時間帯であった。後述する水質試験結果からは海水の影響が認められた一方、地下水位変動の状況からは自然地下水の影響が卓越していると考えられる。

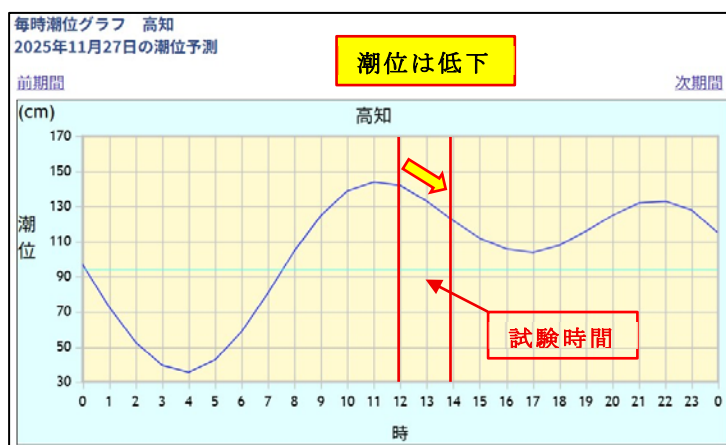


図 4-3-6 試験時における毎時潮位グラフ (4-3-5)



## 4.3.6. 水質試験結果

## (1) 水質試験方法および採水条件

水質試験用サンプルの採水は、前述の原位置試験（簡易揚水試験および現場透水試験）終了後、濁度計を用いて調査孔から汲み上げた地下水の清澄化を確認したうえで実施した。地下水の水温は濁度計の測定値を採用した。なお、水質分析は（一社）高知県食品衛生協会 食品検査センターに依頼した。採水条件表を下表（表 4-3-6）に、採水作業状況は下写真（写真-採水作業状況）に示す。

表 4-3-6 採水条件表

採水箇所	採水日	採水時刻	気温(°C)	水温(°C)	濁度(NTU)
KO-No. 3	2025年11月27日	15時頃	17.2	20.2	0.9



写真 採水作業状況

調査地は海岸に近接しており、潮位の変動に伴う海水の影響により水質が変動する可能性がある。このため、本調査における採水時の毎時潮位の変動状況を下図（図 4-3-7）に示す。下図によれば、採水時刻は干潮に向かう時間帯であった。

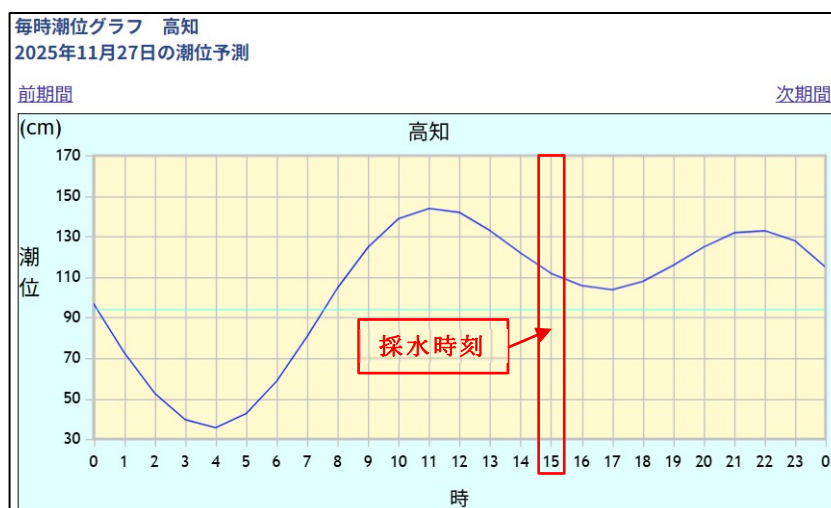


図 4-3-7 採水時における毎時潮位グラフ (4-3-6)

## (2) 水質試験結果の検討

## ① 健康項目

本調査において健康項目として指定されている7項目について、水道法第4条の規定に基づく「水質基準に関する省令」で定められている水質基準項目を参考値として、分析結果を評価した(表4-3-7)。

水質分析の結果、すべての項目で基準値以下となり、基準超過を示す異常値は検出されなかった。

表 4-3-7 水質試験健康項目および基準値<sup>(4-3-7)</sup>と分析結果

項目	基準値 (mg/L以下)	K0-No. 3	
		分析結果 (mg/L)	判定
カドミウム	0.003	<0.003	基準値未満
鉛	0.01	<0.005	基準値未満
六価クロム	0.02	<0.005	基準値未満
水銀	0.0005	<0.00005	基準値未満
ヒ素	0.01	<0.005	基準値未満
シアン	0.01	<0.001	基準値未満
鉄	0.3	0.08	基準値未満

## ② ヘキサダイアグラム

水質分析の結果を基に、水質ダイアグラム(ヘキサダイアグラム)を作図し、分析結果を可視化した。作図にあたっては、各成分の分析結果を等量単位に変換した(表4-3-8)。

ヘキサダイアグラムの図形はIV型(非炭酸ナトリウム型)を示した。IV型はナトリウムイオン( $\text{Na}^+$ )および塩化物イオン( $\text{Cl}^-$ )が卓越する水質型であり、海岸域において海水の影響(海水混入)を受けた地下水であると推察される。

表 4-3-8 水質分析値および等量単位

項目	K0-No. 3	
	分析値 (mg/L)	等量単位 (meq/L)
ナトリウムイオン( $\text{Na}^+$ )	503.0	21.881
カリウムイオン( $\text{K}^+$ )	15.0	0.384
カルシウムイオン( $\text{Ca}^{2+}$ )	180.0	8.982
マグネシウムイオン( $\text{Mg}^{2+}$ )	94.4	7.768
塩化物イオン( $\text{Cl}^-$ )	1180.0	33.288
炭酸水素イオン( $\text{HCO}_3^-$ )	179.0	2.934
硫酸イオン( $\text{SO}_4^{2-}$ )	159.0	3.310
硝酸イオン( $\text{NO}_3^-$ )	4.1	0.066

地下水に対する海水の影響の程度は、 $Cl^{-}/(CO_3^{2-}+HCO_3^{-})$ の当量比を用いて、6段階に分類することが可能である。

本調査では、炭酸イオン( $CO_3^{2-}$ )は水質試験の対象項目に含まれていない。一般に、日本の地下水における炭酸イオン( $CO_3^{2-}$ )の濃度は0～数mg/L程度とされる。例外として、火山地域のアルカリ性地下水、石灰岩地域、強アルカリ性の温泉水等が分布する地域では炭酸イオン( $CO_3^{2-}$ )が有意となる場合がある。

しかし、前述の地質概要およびボーリング調査結果から、本調査地にそのような特徴は認められないと判断される。以上を踏まえ、便宜上、炭酸イオン( $CO_3^{2-}$ )の分析値を0mg/Lとして算出した。

$$Cl^{-}/(CO_3^{2-}+HCO_3^{-})=33.288/(0+2.934)=11.35(\text{meq/L})$$

表 4-3-9 地下水に対する海水の影響の目安 <sup>(4-3-8)</sup>

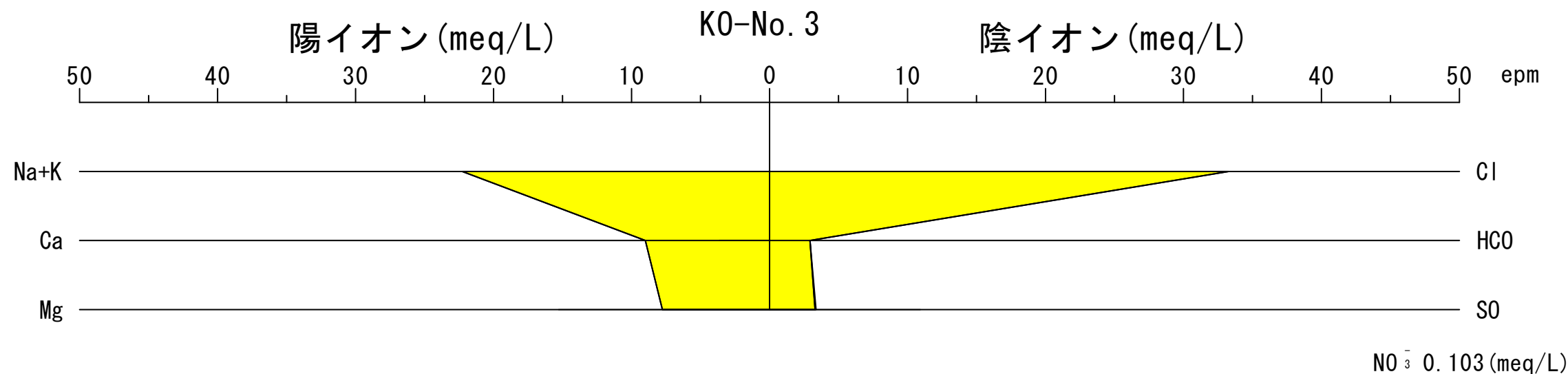
Cl/(CO <sub>3</sub> +HCO <sub>3</sub> )	汚 染 の 程 度
0.5	ふつうの汚染されていない地下水
1.3	少し汚染されている地下水
2.8	中ぐらいの汚染をうけた地下水
11.35	相当汚染された地下水
15.5	最もひどく汚染された地下水
200±	海水

※上記の表は、地下水の塩水化(文献上は汚染と表記)の指標を表した参考表である。

算出結果を表 4-3-9 と照合したところ、海水の影響の程度は 11.35 を示し、『相当汚染された地下水』以上に相当し、『最もひどく汚染された地下水』には至らない結果となった。

次頁より作図したヘキサダイアグラムおよび水質試験検査成績書を示す。

# ヘキサダイアグラム K0-No.3



### 凡例

I 型	II 型	III 型	IV 型

#### I 型 炭酸カルシウム型

最も一般的な地下水。汚染を受けていない自由地下水。補給地帯またはそれに隣接する地帯の被圧地下水。浅い地下水や河川水がこの領域に多く分類される。

#### II 型 炭酸ナトリウム型

地下水の補給地帯から遠い、例えば盆地の中央部・海岸地帯に分布する一般的な被圧地下水。停滞した深層の地下水に多い型である。

#### III 型 非炭酸カルシウム型

鉱山廃水、主に第四系火山起源の水(温泉水・鉱泉水)、またはそれによって汚染された地下水。地すべり地、炭田地帯の自由面地下水。海岸地帯の塩水化地下水。温泉水などに見られる。

#### IV 型 非炭酸ナトリウム型

主に第三系の水(温泉水・鉱泉水)、またはそれによって汚染された地下水。炭田地帯の被圧地下水。海岸地帯の塩水化地下水。島の水(地表水を含む)。海水が混入した地下水などに多い型である。

調査場所	試験名	採水日	分析値							
			Na <sup>+</sup> (mg/L)	K <sup>+</sup> (mg/L)	Ca <sup>2+</sup> (mg/L)	Mg <sup>2+</sup> (mg/L)	Cl <sup>-</sup> (mg/L)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)
高知市横浜	K0-No.3	R.7.11.27	503.0	15.0	180.0	94.4	1180.0	179.0	159.0	4.1

各イオン	Na <sup>+</sup> (mg/L)	K <sup>+</sup> (mg/L)	Ca <sup>2+</sup> (mg/L)	Mg <sup>2+</sup> (mg/L)	Cl <sup>-</sup> (mg/L)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)
分子量	22.99	39.098	40.078	24.305	35.453	61.02	96.06	62.00
電荷数	1	1	2	2	1	1	2	1

調査場所	試験名	採水日	分析値									陽イオン 合計 (meq/L)	陰イオン 合計 (meq/L)
			陽イオン				陰イオン						
			Na <sup>+</sup> (meq/L)	K <sup>+</sup> (meq/L)	Ca <sup>2+</sup> (meq/L)	Mg <sup>2+</sup> (meq/L)	Cl <sup>-</sup> (meq/L)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/L)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (meq/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/L)			
高知市横浜	K0-No.3	R.7.11.27	21.881	0.384	8.982	7.768	33.288	2.934	3.310	0.066	39.015	39.598	

等量単位 (meq/L) = 分析値 (mg/L) / (分子量 / 電荷数)

参考文献；改善地下水学要論 村下敏夫：昭和52年7月 p.177-183

図 4-3-8 ヘキサダイアグラム

表 4-3-10 水質試験検査成績書

水質試験検査成績書			
依頼者	株式会社相愛 様		
種別	地下水	試験名	_____
受付日	2025年11月27日	採水日	2025年11月27日
採水場所	高知市横浜 (KO-No. 3)		
採水者	株式会社相愛		
項目名	分析値	項目名	分析値
ナトリウムイオン	503 mg/L		以下余白
カリウムイオン	15.0 mg/L		
カルシウムイオン	180 mg/L		
マグネシウムイオン	94.4 mg/L		
塩化物イオン	1180 mg/L		
炭酸水素イオン	179 mg/L		
硫酸イオン	159 mg/L		
硝酸イオン	4.1 mg/L		
カドミウム	0.003 mg/L未満		
鉛	0.005 mg/L未満		
六価クロム	0.005 mg/L未満		
水銀	0.00005 mg/L未満		
ヒ素	0.005 mg/L未満		
シアン	0.001 mg/L未満		
鉄	0.08 mg/L		
試験期間	2025年11月27日 ~ 2025年12月 9日		
特記事項	漁維第100号 陸上養殖候補地調査委託業務 採水者による現場測定：気温 17.2℃, 水温 20.3℃ 上水試験方法に定める検査法準用		
2025年12月11日			
水道法第20条登録検査機関 登録番号 57 建築物飲料水水質検査業 高知県登録 〒780-0850 高知県高知市丸ノ内2丁目4番11号 一般社団法人高知県食品衛生協会			

## 4.3.7. 総合解析とりまとめ

調査結果を下表(表 4-3-11)にとりまとめた。

表 4-3-11 調査結果一覧表

ボーリング調査結果		原位置試験	
孔番	KO-No.3	実施日	R7.11.27
調査地区	高知市横浜	試験時の潮汐	満潮⇒干潮
調査期間	R7.11.24~R7.11.27	試験区間(GL-m)	7.20~11.20
所有地	公有地	試験方法	測定用パイプ(VP50)
調査地の地形	海岸平野	現場透水試験結果	
確認された地質	沖積層・半山層	透水係数k(m/s)	2.73E-04
緯度	33° 31' 47.4812"	透水性の評価	中位
経度	133° 33' 28.7465"	簡易揚水試験結果	
孔口標高(T.P.m)	2.13	試験時間	12:00-14:00
掘進長(m)	12.20	揚水量(L/分)	24
決定地下水位(GL-m)	1.78	水質試験結果(健康7項目)	
推定帯水層厚(m)	9.42	基準値との比較	すべて基準値未満
水質試験用サンプル採水		ヘキサダイアグラム	
時刻	15時頃	図形の型	IV型(非炭酸ナトリウム型)
気温	17.2	地下水の分類	海水の影響を受けた不圧地下水
地下水温	20.2	地下水に対する海水の影響の目安	
濁度(NTU)	0.9	地下水⇔海水(0.5⇔200)	11.35

## (1) 地下水の考察

ボーリング調査の結果、岩盤までの深度はGL-11.20mと比較的浅く、岩盤上に分布する未固結土層内に地下水が賦存していることが確認された。本地下水は、海岸平野に形成された不圧地下水(自由地下水)であると考えられる。

水質分析の結果、ヘキサダイアグラムでは海水の影響を受けた水質を示した。調査地が海岸に近接していることから、潮汐に伴う海水の混入の影響を受けている可能性が高い。このことから、地下水位のみならず地下水温についても、潮汐や季節変動の影響を受け、年間を通じて変動することが想定される。

地形および地質条件から、調査地の北側および周辺には谷地形が発達し、集水地形を形成している。このことから、地下水は当該谷地形を涵養源としつつ、調査地周辺の沖積低地に連続する帯水層として分布しているものと推定される。

以上より、本調査地の地下水は、集水地形を涵養源とする沖積層中に分布する不圧地下水(自由地下水)であり、海水の影響を受けつつも、比較的限定された範囲で連続する水理環境下にあると考えられる。

## (2) 本井戸における揚水可能量の推定

簡易揚水試験で得られた揚水量 ( $Q=24\text{L/分}$ ) を基に、本井戸施工時に想定される揚水可能量の概算評価を行った。簡易揚水試験では、使用した地上設置型揚水ポンプの揚水能力に限界があったため、調査地において揚水量の算定に必要な詳細な水理データは把握できていない。したがって、井戸径の効果のみで揚水可能量を推定した。

自由面帯水層から採水する浅井戸、被圧帯水層から採水する深井戸の水理公式は、揚水中における帯水層内の水の流れが層流である仮定において、

$$Q = \frac{\pi \left( \frac{b_1 + b_2}{b_1} \right) T s}{\ln(R/r_w)}$$

- $b_1$  : 揚水前における飽和層厚  
 $b_2$  : 揚水中における飽和層厚  
 $R$  : 影響圏の半径  
 $r_w$  : 井戸の半径

図 4-3-9 揚水量の算定式 (4-3-9)

揚水量  $Q$  は上の図(図 4-3-9)で表され、帯水層の定数 ( $T$ )、理論水位降下 ( $s$ )、揚水前における飽和層厚 ( $b_1$ )、揚水中における飽和層厚 ( $b_2$ ) が全て同じであると仮定すると、

$$Q \propto \frac{1}{\ln(R/r_w)}$$

となるため、井戸の半径  $r_w$  の違いによる増加倍率は、

$$\frac{Q_{300}}{Q_{60}} = \frac{\ln(R/r_{60})}{\ln(R/r_{300})}$$

で概算することができる。

- ・  $\phi 60\text{mm}$  (直径 0.06m)  $\rightarrow r_{60} = 0.03\text{m}$
- ・  $\phi 300\text{mm}$  (直径 0.30m)  $\rightarrow r_{300} = 0.15\text{m}$

影響圏の半径  $R$  は井戸構造や現場条件で変わるため、一般的な範囲 (10~100m) で示すと、

- ・  $R = 10\text{m}$ :  $\ln(10/0.03) = 5.81$ 、 $\ln(10/0.15) = 4.20$   $\rightarrow$  1.38 倍
- ・  $R = 100\text{m}$ :  $\ln(100/0.03) = 8.11$ 、 $\ln(100/0.15) = 6.50$   $\rightarrow$  1.25 倍

径の効果のみを考慮した場合、揚水量は概ね 1.25~1.38 倍程度に増加すると見込まれる。簡易揚水試験において確認された揚水量は 24L/分であったことから、井戸径を  $\phi 300\text{mm}$  とした場合、最低でも 30.0~33.1L/分以上の揚水量が期待される。

本推定に用いた理論式は、均一・等方な帯水層および定常流を仮定した理想化条件のもとで導かれたものである。実際の本井戸施工時には、井戸構造の違いや潮汐・季節条件に伴う地下水位変動等の影響を受ける可能性がある。このため、本推定値はあくまで参考値・概算値として取り扱うべきものである。

### (3) 養殖事業等の地下水利用に関する留意事項

本調査は、渇水期にあたり地下水位が比較的低いと考えられる 11 月に実施した。その時点において、海水由来イオンを一定濃度含む水質であることが確認された。降雨期にあたる夏季には地下水位の上昇に伴い、塩水化の程度が低減する可能性がある。したがって、養殖事業等において地下水を利用する場合には、ナトリウムイオン ( $\text{Na}^+$ ) および塩化物イオン ( $\text{Cl}^-$ ) 濃度の季節変動の把握に加え、地下水位、水温および水質の継続的なモニタリングを実施する必要があると考える。

また、地形条件および涵養状況の違いにより、地下水と海水の混合比は井戸施工位置によって異なる可能性がある。淡水涵養の影響が相対的に小さくなると考えられる範囲(山の尾根部付近)では、海水由来成分の割合が高まる可能性があることに留意する必要がある。

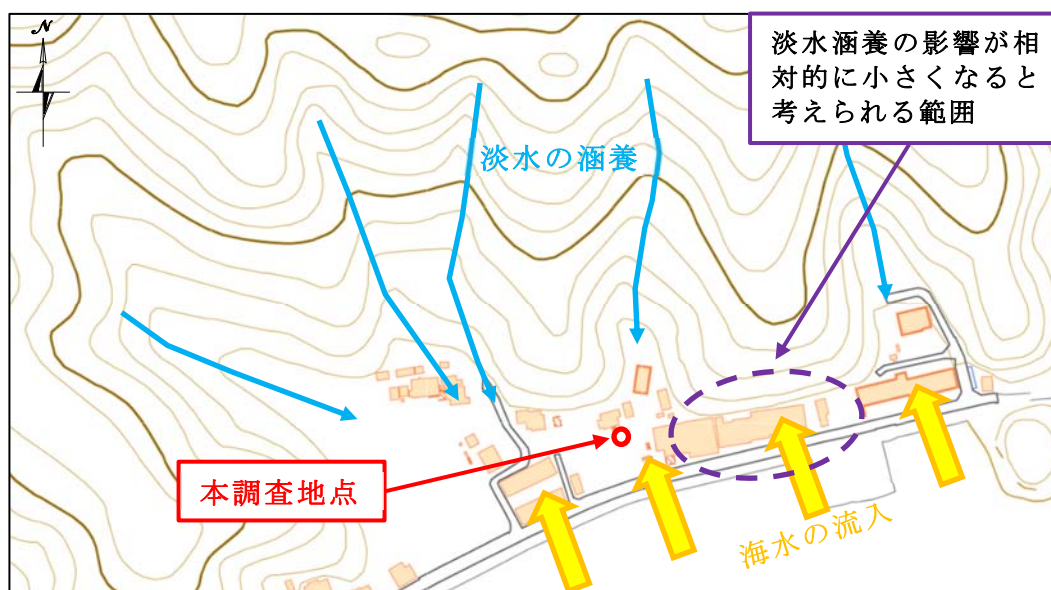


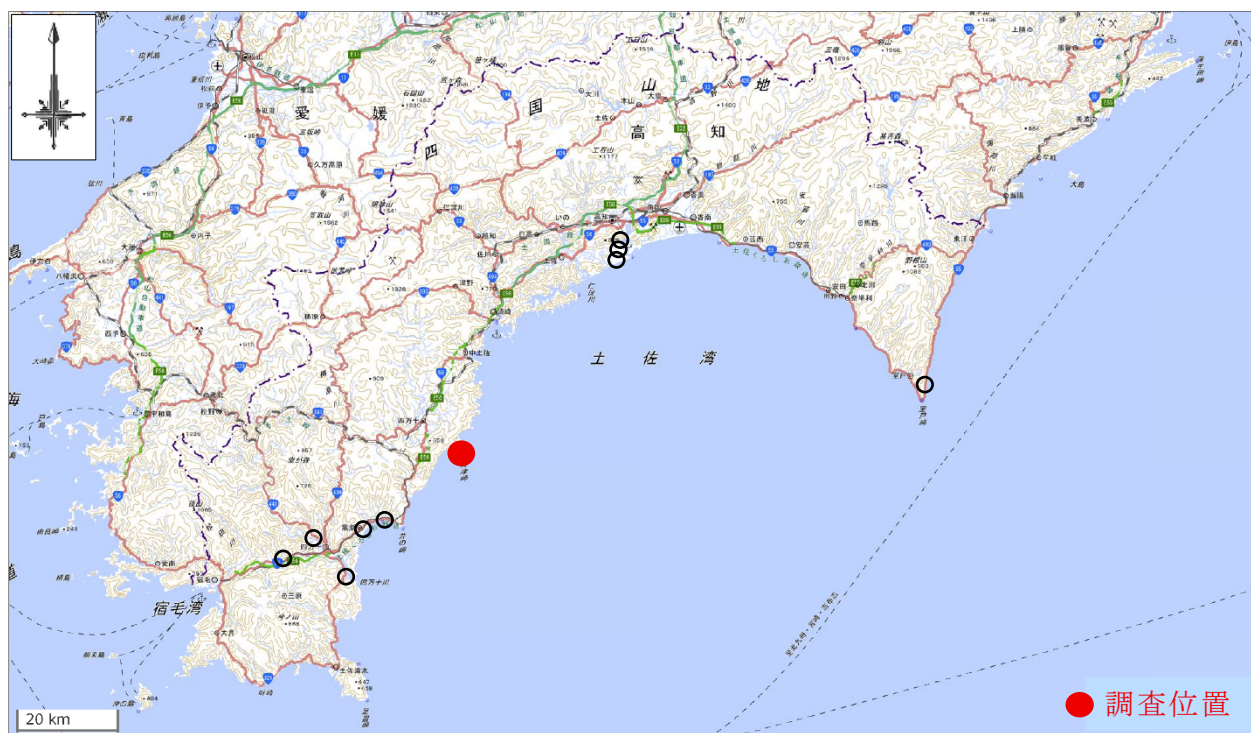
図 4-3-10 調査位置図 (4-3-10)

本井戸の供用にあたっては、周辺における既存井戸の位置、深度、揚水量および利用形態等の地下水利用状況を把握し、本井戸との水理的関係を整理する必要がある。

また、供用後は本井戸の揚水に伴う地下水位低下および水質変化の影響範囲を把握するため、周辺井戸を含めた地下水位および主要水質項目について継続的な観測を行い、影響の有無を確認することが重要である。

-以上-

## 4. 4. OK-No. 1 (高知県高岡郡四万十町興津)



調査地位置図

出典：電子国土 Web 国土地理院より加筆

<https://maps.gsi.go.jp/>

調査結果一覧表

ボーリング調査結果		原位置試験	
孔番	OK-No.1	実施日	R7.9.1
調査地区	四万十町興津	試験時の潮汐	干潮⇒満潮
調査期間	R7.8.27～R7.9.1	試験区間(GL-m)	4.05～12.05
所有地	公有地	試験方法	測定用パイプ(VP50)
調査地の地形	旧水部	現場透水試験結果	
確認された地質	沖積層	透水係数k(m/s)	1.05E-04
緯度	33° 09' 45.5129"	透水性の評価	中位
経度	133° 12' 56.8753"	簡易揚水試験結果	
孔口標高(T.P.m)	2.54	試験時間	9:00-11:00
掘進長(m)	13.00	揚水量(L/分)	31
決定地下水位(GL-m)	2.75	水質試験結果(健康7項目)	
推定帯水層厚(m)	10.25超	基準値との比較	すべて基準値未滿
水質試験用サンプル採水		ヘキサダイアグラム	
時刻	11時30分頃	図形の型	IV型(非炭酸ナトリウム型)
気温	35.0	地下水の分類	海水の影響を受けた不圧地下水
地下水温	19.9	地下水に対する海水の影響の目安	
濁度(NTU)	0.0	地下水⇄海水(0.5⇄200)	147.75

## 4.4.1. 調査位置

ボーリング調査位置の諸元を下表(表 4-4-1)に、調査位置平面図を下図(図 4-4-1)に示す。調査地は浦分漁港内に位置する。ボーリング位置は、調査職員および漁港管理者との現地協議のうえで決定した。また、ボーリング位置の座標および地盤標高は、VRS による RTK 測量により求めた。

表 4-4-1 ボーリング調査位置の諸元

孔番	調査位置(座標)		緯度・経度		孔口標高 (T.P.m)	掘進長 (m)	原位置試験
	X座標	Y座標	緯度	経度			
OK-No.1	18072.1697	-26508.0816	33° 09' 45.5129"	133° 12' 56.8753"	2.54	13.00	現場透水試験(回復)・簡易揚水試験

※柱状図の記載標高は、小数点第 3 位を四捨五入。緯度経度は、小数点第 5 位を四捨五入表記。



図 4-4-1 調査位置平面図 (4-4-1)

#### 4.4.2. 調査地の地形・地質

##### (1) 調査地の地形

調査地の地形は、旧水部に属する。旧水部とは、旧版地形図や古い空中写真等の資料から、かつて海、湖、池・貯水池、河川・河川敷などの水辺であったことが確認できる土地として区分される地形である。調査地は、漁港整備に伴い人工的に埋立てが行われ、現在の地形が形成されている。



図 4-4-2 調査地周辺の地形図 (4-4-2)

##### (2) 調査地の地質

調査地を含む周辺の地質は、四万十帯北帯に属する野々川層に相当すると考えられる。野々川層は、四国西部に分布し、基盤岩は単調な砂岩・泥岩互層からなり、時代的に白亜紀後期(約1億50万～6,600万年前)を示す。黒色泥岩には白色酸性凝灰岩の薄層を挟むことが多い。

また、地質図には、調査地周辺を北西方向に延びる断層(黒色実線)<sup>※1</sup>が示されている。これは過去の地殻変動に伴い形成された地質構造であると考えられる。



図 4-4-3 調査地周辺の地質図 (4-4-3)

※1 断層とは、地下の岩盤に大きな力が加わって破壊が生じ、割れ目に沿って相対的にずれ動いた構造をいう。

(4-4-2) 電子国土 Web 国土地理院より加筆

(4-4-3) 四国地方土木地質図(凡例); 四国地方土木地質図編纂委員会: 平成10年3月より加筆

## 4.4.3. ボーリング結果

本業務で実施した調査ボーリングの結果、盛土層(BS)、第一礫質土層(Ag1)、第一砂質土層(As1)、第二礫質土層(Ag2)、第二砂質土層(As2)、第三礫質土層(Ag3)の計6層の未固結土層を確認した。

本孔の掘止深度は、掘進作業時において地下水の帯水層を確認したことから、調査職員との協議のうえ、帯水層と考えられる第二砂質土層(As2)の下位に分布する第三礫質土層(Ag3)を1m程度確認した時点とした。

下表(表 4-4-2)に大別した地質層序を一覧にまとめた。次頁からはボーリング孔についてまとめる。

表 4-4-2 地質層序一覧表(OK-No. 1)

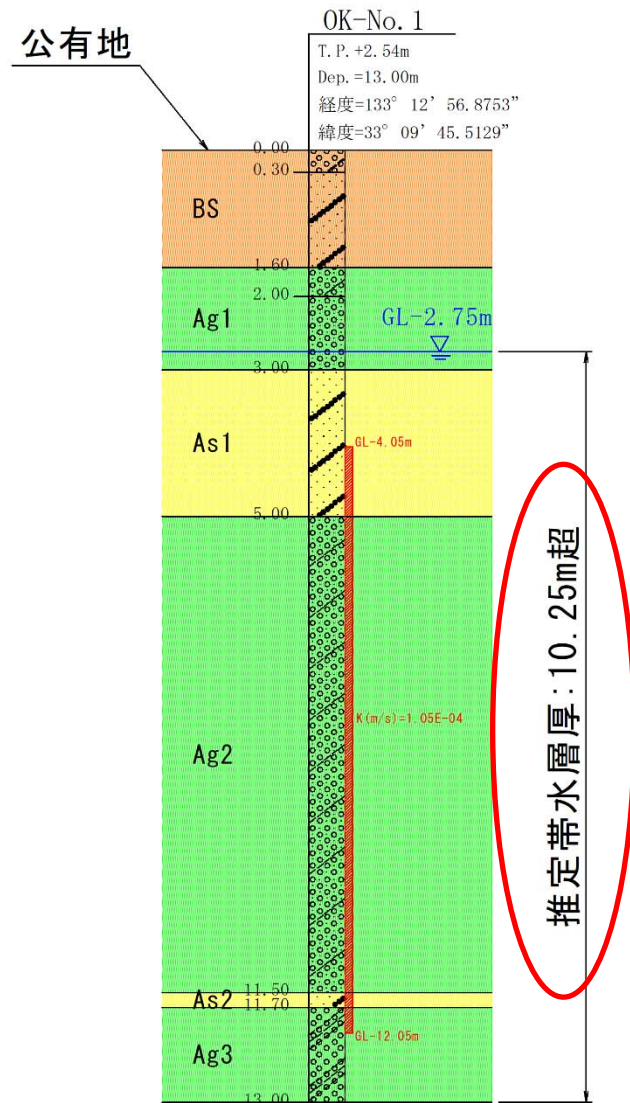
地層名	地層記号	深度(GL-m) 【層厚(m)】	記事
盛土層 (埋め土)	BS	0.00~1.60 (1.60)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 盛土材料は、礫径 <math>\phi</math> 2~40mm 程度の亜角礫~亜円礫が混じる砂を主体とする。</li> <li>■ 砂の粒径は細砂~中砂主体。全体的に貝殻片が混入する。</li> <li>■ GL-1.30~1.60m間は含水が高い。</li> </ul>
第一礫質土層	Ag1	1.60~3.00 (1.40)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ コア観察による土質は茶灰~黒灰色を呈する砂礫である。</li> <li>■ 砂の粒径は粗砂主体で、全体的に細粒分を含み、貝殻片が混入する。</li> <li>■ 礫径は <math>\phi</math> 2~30mm 程度、形状は亜円礫が主体である。部分的に、MAX <math>\phi</math> 50mm 程度の粗礫を確認した。</li> <li>■ 含水が高い。</li> </ul>
第一砂質土層	As1	3.00~5.00 (2.00)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ コア観察による土質は黒灰~灰色を呈する礫混じりの砂である。</li> <li>■ 砂の粒径は粗砂主体で、全体的に貝殻片が混入する。</li> <li>■ 礫径は <math>\phi</math> 2~30mm 程度、形状は亜角礫が主体である。局所的に、MAX50mm 程度の粗礫を確認した。</li> <li>■ 含水が高く、帯水層を示唆している。</li> </ul>
第二礫質土層	Ag2	5.00~11.50 (6.50)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ コア観察による土質は灰~茶灰色を呈する砂礫である。</li> <li>■ 砂の粒径は細砂~中砂主体で、全体的に細粒分を含み、貝殻片が混入する。</li> <li>■ 礫径は <math>\phi</math> 2~30mm 程度、形状は亜円礫~円礫が主体である。GL-6.50~6.70m間は、L=12cm 程度の玉石を確認した。</li> <li>■ GL-9.00~9.30m間では、礫分が優勢となる。</li> <li>■ 含水が高く、帯水層を示唆している。</li> </ul>
第二砂質土層	As2	11.50~11.70 (0.20)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ コア観察による土質は茶灰色を呈する礫混じりの砂である。</li> <li>■ 砂の粒径は粗砂主体で、全体的に貝殻片が混入する。</li> <li>■ 礫径は <math>\phi</math> 2~15mm 程度、形状は円礫が主体である。</li> <li>■ 含水が高く、帯水層を示唆している。</li> </ul>
第三礫質土層	Ag3	11.70~13.00 (1.30)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ コア観察による土質は暗灰~茶灰色を呈するシルト質の礫である。</li> <li>■ 全体的に、不均質な細粒分を多く含み、粘性が高い。</li> <li>■ 礫径は <math>\phi</math> 2~30mm 程度、形状は亜角礫が主体である。局所的に、MAX40mm 程度の粗礫を確認した。</li> <li>■ GL-11.00~11.10m間では、礫分が優勢となる。</li> </ul>

OK-No.1 : GL-0.00-13.00m (孔口標高 : TP+2.54m、掘進長 : 13.00m)

深度 (m)	土質区分	コア写真	原位置試験	地質層序
0.00				<p><b>盛土(BS) : GL-0.00~1.60m</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>盛土材料は、礫径φ2~40 mm程度の垂角礫~垂円礫が混じる砂を主体とする。砂の粒径は細砂~中砂主体。全体的に貝殻片が混入する。</li> <li>GL-1.30~1.60m間は含水が高い。</li> </ul> <p><b>第一礫質土層(Ag1) : GL-1.60~3.00m</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>コア観察による土質は茶灰~黒灰色を呈する砂礫である。</li> <li>砂の粒径は粗砂主体で、全体的に細粒分を含み、貝殻片が混入する。</li> <li>礫径はφ2~30 mm程度、形状は垂円礫が主体である。部分的にMAXφ50 mm程度の粗礫を確認した。</li> <li>含水が高い。</li> </ul> <p><b>第一砂質土層(As1) : GL-3.00~5.00m</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>コア観察による土質は黒灰~灰色を呈する礫混じりの砂である。</li> <li>砂の粒径は粗砂主体で、全体的に貝殻片が混入する。</li> <li>礫径は、φ2~30 mm程度、形状は垂角礫が主体である。局所的に、MAX50 mm程度の粗礫を確認した。</li> <li>含水が高く、帯水層を示唆している。</li> </ul>
0.30	砂混じり礫		1m	
1.60	礫混じり砂		2m	
2.00	シルト混じり砂礫		3m	
3.00	砂礫		4m	
5.00	礫混じり砂		5m	
11.50	シルト混じり砂礫		6m	<p>試験深度: GL-4.05~12.05m</p> <p>簡易揚水試験</p> <p>現場透水試験(回復法)</p>
11.70	礫混じり砂		7m	
13.00	シルト質礫		8m	
			9m	
			10m	
			11m	
		12m		
		13m		<p><b>第二礫質土層(Ag2) : GL-5.00~11.50m</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>コア観察による土質は灰~茶灰色を呈する砂礫である。</li> <li>砂の粒径は細砂~中砂主体で、全体的に細粒分を含み、貝殻片が混入する。</li> <li>礫径はφ2~30 mm程度、形状は垂円礫~円礫が主体である。GL-6.50~6.70m間は、L=12 cm程度の玉石を確認した。GL-9.00~9.30m間では、礫分が優勢となる。</li> <li>含水が高く、帯水層を示唆している。</li> </ul> <p><b>第二砂質土層(As2) : GL-11.50~11.70m</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>コア観察による土質は茶灰色を呈する礫混じりの砂である。</li> <li>砂の粒径は粗砂主体で、全体的に貝殻片が混入する。</li> <li>礫径はφ2~15 mm程度、形状は円礫が主体である。</li> <li>含水が高く、帯水層を示唆している。</li> </ul> <p><b>第三礫質土層(Ag3) : GL-11.70~13.00m</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>コア観察による土質は暗灰~茶灰色を呈するシルト質の礫である。全体的に、不均質な細粒分を多く含み、粘性が高い。</li> <li>礫径はφ2~30 mm程度、形状は垂角礫が主体である。局所的に、MAX40 mm程度の粗礫を確認した。</li> <li>GL-11.00~11.10m間では、礫分が優勢となる。</li> </ul>

【ボーリング期間中の孔内水位】 孔内水位は掘進作業前、作業後に触針式水位計を用いて計測している。地下水位観測で確認されたボーリング作業前の最高水位はGL-2.25m、最低水位はGL-2.75mであった。

地質断面図 S=1:100  
OK-No. 1



BS	盛土層(埋め土)
As	砂質土層
Ag	礫質土層

本調査で実施したボーリングデータを基に、地質断面図を作成した。なお、地質断面図の電子データは電子成果品に格納した。

決定地下水位は、ボーリング掘進が進み、孔内状況が安定した最終日の作業前水位である GL-2.75m を採用した。

本孔は、掘進作業時に地下水の帯水層を確認したことから、岩盤深度までの掘進は行っていない。このため、帯水層厚は決定地下水位から掘止深度までの 10.25m 超と推定した。

後述する原位置試験の試験区間については、地下水の主な流動層が決定地下水位 (GL-2.75m) より下位に分布する透水層の第一砂質土層 (As1)、第二礫質土層 (Ag2)、第二砂質土層 (As2) および第三礫質土層 (Ag3) のいずれかに該当する可能性があることから、試験区間を広く設定し、GL-4.00~12.00m とした。

次頁より、原位置試験結果および水質試験結果を示す。

高 知 県			
工事種別	陸上養殖候補地調査委託業務		
図面名称	地質断面図	縮 尺	S=1:100
路線河川名			
工事箇所	高知県 高岡郡 四万十町 興津		
設計種別			
事務所名	高知県水産振興部 水産振興課	図 面 番 号	4 12
会 社 名	株式会社 相 愛		

図 4-4-4 地質断面図 (OK-No. 1)

4.4.4. 現場透水試験結果

右表(表 4-4-3)に現場透水試験結果を示す。本孔では、揚水により水位を低下させ、平衡水位に回復するまでの時間を計測する回復法を採用した。

①解析区間は、揚水停止直後の回復挙動が透水特性を最もよく反映すると考え、 $t_1=0$ とした。また、 $\log s-t$  曲線において直線関係が成立する区間が  $t=0 \sim 10(\text{sec})$ であったことから、 $t_2=10$ と設定した。

②透水係数  $k(\text{m/s})$ は次式により算定した。本試験は測定用パイプ VP50 を使用して実施した。VP50 の内径  $d$  は  $0.051\text{m}$ 、孔径  $D$  は  $0.060\text{m}$  である。

③透水係数  $k(\text{m/s})$ は  $1.05 \times 10^{-4}$  と算定された。下表(表 4-4-4)に示す参考値と比較すると、調査地の透水性は「中位」の範囲に相当する。

表 4-4-3 現場透水試験結果表

現場透水試験結果表 (JGS 1314-非定常法/直線勾配法)				
調査件名 陸上養殖候補地調査委託業務				
ボーリング番号	OK-No. 1	平衡水位(Gl-m)	試験前	2.48
試験年月日	2025/9/1	ケーシング内径 d (m)		0.0510
試験者		孔径 D (m)		0.060
試験方法	回復法	試験区間の地質	礫混じり砂〜シルト質礫	
試験区間 (Gl-m)	上端 4.050 下端 12.050	天候	晴	
試験区間長 L (m)	8.00	logs-t曲線の直線部の勾配 a	0.200860017	
		透水係数 k(m/s)	③ 1.05E-04	

経過時間 t (sec)	孔内水位 h (Gl-m)	平衡水位との水位差 s (m)
0	3.50	1.020
10	2.47	0.010
20	2.47	0.010
30	2.47	0.010
40	2.48	0.000
50	2.47	0.010
60	2.48	0.000

h-t曲線  
時間 t (s)

logs-t曲線の直線部の勾配aの決定 (下図より)

$$a = \log(s_1/s_2) / (t_2 - t_1)$$

t1	0
t2	10
s1	1.020
s2	0.010
a	0.200860017

①

Log-s-t曲線  
水位差 s (m)  
時間 t (s)

採用した直線部の勾配 a

(a) 非定常法

計算式:  $k = [(2.3 * d)^2 / 8L] * \log(2L/D) * a = 0.00010476 (\text{m/s})$  ②

備考

表 4-4-4 透水係数  $k(\text{m/s})$ と対応する地盤の種類の参考表 (4-4-4)

	$10^{-11}$	$10^{-10}$	$10^{-9}$	$10^{-8}$	$10^{-7}$	$10^{-6}$	$10^{-5}$	$10^{-4}$	$10^{-3}$	$10^{-2}$	$10^{-1}$	$10^0$
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		砂及び礫		清浄な礫					

1.05E

#### 4.4.5. 簡易揚水試験結果

地上設置型揚水ポンプの限界揚水量(Q=31L/分)で連続揚水を行った結果、水位低下量は0.48~0.84m(平均0.67m)で安定し、持続的な揚水が可能であることが確認された。また、試験終了後に回復試験を実施したところ、揚水停止後1分で自然水位GL-2.48mまで回復した。次頁に、簡易揚水試験測定結果表(表4-4-5)を示す。

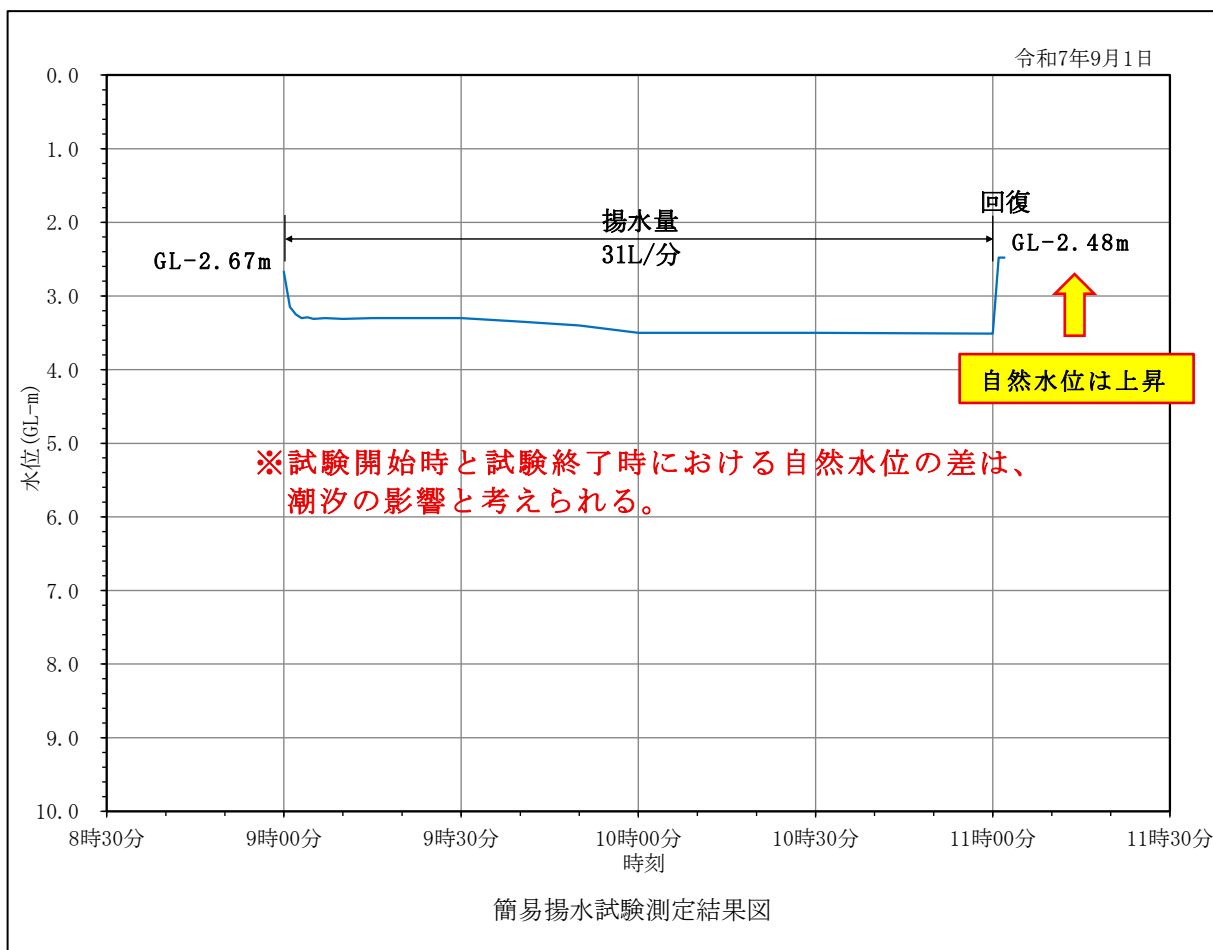


図 4-4-5 簡易揚水試験測定結果図

試験開始時と試験終了時における自然水位の差は、潮汐の影響によるものと考えられる。右図(図4-4-6)によれば、試験開始時は満潮に向かう時間帯であった。地下水水位と潮位はいずれも上昇しており、調査地が漁港内に位置し、後述する水質試験結果においても海水の影響が確認されていることから、潮汐の影響が及んでいることが示唆される。

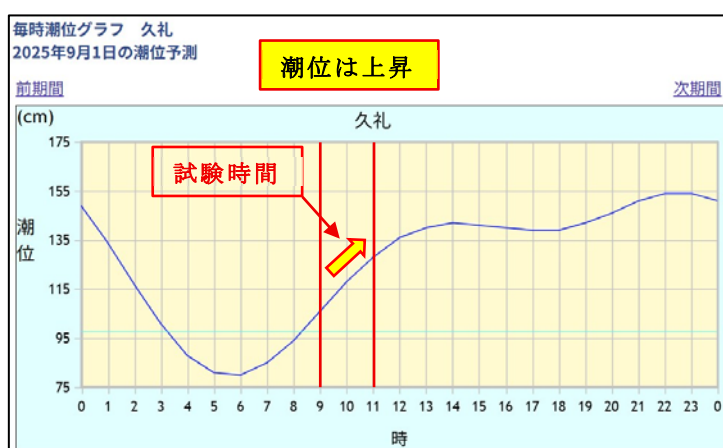


図 4-4-6 試験時における毎時潮位グラフ (4-4-5)



4.4.6. 水質試験結果

(1) 水質試験方法および採水条件

水質試験用サンプルの採水は、前述の原位置試験(簡易揚水試験および現場透水試験)終了後、濁度計を用いて調査孔から汲み上げた地下水の清澄化を確認したうえで実施した。地下水の水温は濁度計の測定値を採用した。なお、水質分析は(一社)高知県食品衛生協会 食品検査センターに依頼した。採水条件表を下表(表 4-4-6)に、採水作業状況は下写真(写真-採水作業状況)に示す。

表 4-4-6 採水条件表

採水箇所	採水日	採水時刻	気温(°C)	水温(°C)	濁度(NTU)
OK-No.1	2025年9月1日	11時30分頃	35.0	19.9	0.0



写真 採水作業状況

調査地は海岸に近接しており、潮位の変動に伴う海水の影響により水質が変動する可能性がある。このため、本調査における採水時の毎時潮位の変動状況を下図(図 4-4-7)に示す。下図によれば、採水時刻は満潮に向かう時間帯であった。

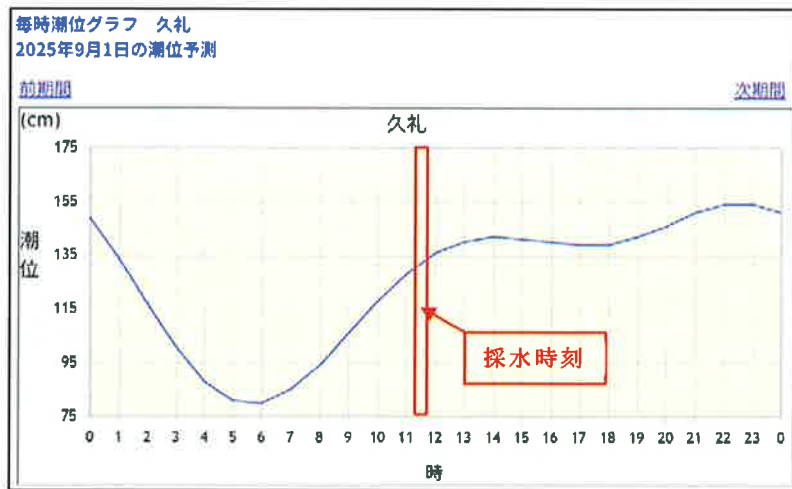


図 4-4-7 採水時における毎時潮位グラフ (4-4-6)

(4-4-6) 気象庁 Web 毎時潮位グラフ(高知市浦戸湾)より抜粋・加筆

## (2) 水質試験結果の検討

## ① 健康項目

本調査において健康項目として指定されている7項目について、水道法第4条の規定に基づく「水質基準に関する省令」で定められている水質基準項目を参考値として、分析結果を評価した(表4-4-7)。

水質分析の結果、すべての項目で基準値以下となり、基準超過を示す異常値は検出されなかった。

表 4-4-7 水質試験健康項目および基準値<sup>(4-4-7)</sup>と分析結果

項目	基準値 (mg/L以下)	OK-No. 1	
		分析結果 (mg/L)	判定
カドミウム	0.003	<0.003	基準値未満
鉛	0.01	<0.005	基準値未満
六価クロム	0.02	<0.005	基準値未満
水銀	0.0005	<0.00005	基準値未満
ヒ素	0.01	<0.005	基準値未満
シアン	0.01	<0.001	基準値未満
鉄	0.3	0.17	基準値未満

## ② ヘキサダイアグラム

水質分析の結果を基に、水質ダイアグラム(ヘキサダイアグラム)を作図し、分析結果を可視化した。作図にあたっては、各成分の分析結果を等量単位に変換した(表4-4-8)。

ヘキサダイアグラムの図形はIV型(非炭酸ナトリウム型)を示した。IV型はナトリウムイオン( $\text{Na}^+$ )および塩化物イオン( $\text{Cl}^-$ )が卓越する水質型であり、海岸域において海水の影響(海水混入)を受けた地下水であると推察される。

表 4-4-8 水質分析値および等量単位

項目	OK-No. 1	
	分析値 (mg/L)	等量単位 (meq/L)
ナトリウムイオン( $\text{Na}^+$ )	5060.0	220.110
カリウムイオン( $\text{K}^+$ )	187.0	4.783
カルシウムイオン( $\text{Ca}^{2+}$ )	308.0	15.369
マグネシウムイオン( $\text{Mg}^{2+}$ )	656.0	53.982
塩化物イオン( $\text{Cl}^-$ )	9700.0	273.637
炭酸水素イオン( $\text{HCO}_3^-$ )	113.0	1.852
硫酸イオン( $\text{SO}_4^{2-}$ )	1380.0	28.732
硝酸イオン( $\text{NO}_3^-$ )	1.5	0.024

<sup>(4-4-7)</sup> 環境省 Web 水質基準項目と基準値(51項目)より抜粋

地下水に対する海水の影響の程度は、 $Cl^{-}/(CO_3^{2-}+HCO_3^{-})$ の当量比を用いて、6段階に分類することが可能である。

本調査では、炭酸イオン( $CO_3^{2-}$ )は水質試験の対象項目に含まれていない。一般に、日本の地下水における炭酸イオン( $CO_3^{2-}$ )の濃度は0～数mg/L程度とされる。例外として、火山地域のアルカリ性地下水、石灰岩地域、強アルカリ性の温泉水等が分布する地域では炭酸イオン( $CO_3^{2-}$ )が有意となる場合がある。

しかし、前述の地質概要およびボーリング調査結果から、本調査地にそのような特徴は認められないと判断される。以上を踏まえ、便宜上、炭酸イオン( $CO_3^{2-}$ )の分析値を0mg/Lとして算出した。

$$Cl^{-}/(CO_3^{2-}+HCO_3^{-})=273.637/(0+1.852)=147.75(\text{meq/L})$$

表 4-4-9 地下水に対する海水の影響の目安 <sup>(4-4-8)</sup>

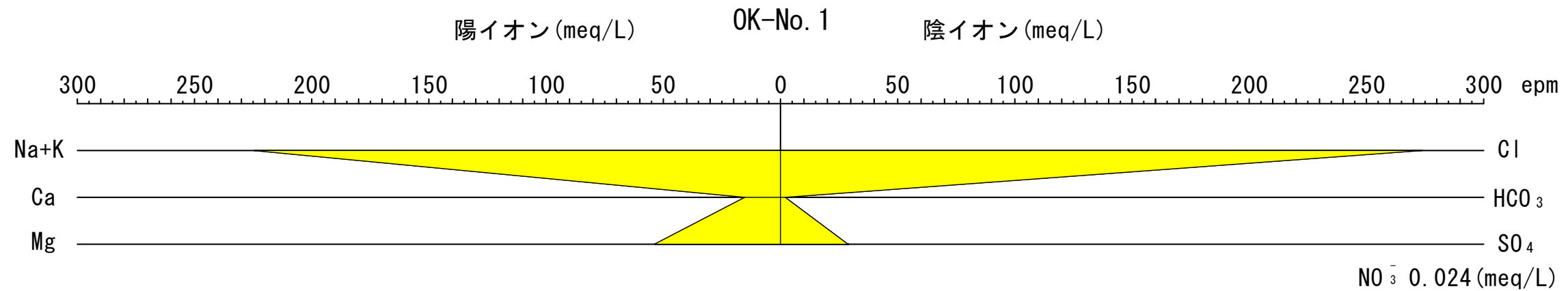
$Cl/(CO_3+HCO_3)$	汚 染 の 程 度
0.5	ふつうの汚染されていない地下水
1.3	少し汚染されている地下水
2.8	中ぐらいの汚染をうけた地下水
6.6	相当汚染された地下水
147.75 15.5	最もひどく汚染された地下水
200±	海水

※上記の表は、地下水の塩水化(文献上は汚染と表記)の指標を表した参考表である。

算出結果を表4-4-9と照合したところ、海水の影響の程度は147.75を示し、『最もひどく汚染された地下水』以上に相当し、『海水』には至らない結果となった。

次頁より作図したヘキサダイアグラムおよび水質試験検査成績書を示す。

# ヘキサダイアグラム OK-No. 1



### 凡例

I 型	II 型	III 型	IV 型

### I 型 炭酸カルシウム型

最も一般的な地下水。汚染を受けていない自由地下水。補給地帯またはそれに隣接する地帯の被圧地下水。浅い地下水や河川水がこの領域に多く分類される。

### II 型 炭酸ナトリウム型

地下水の補給地帯から遠い、例えば盆地の中央部・海岸地帯に分布する一般的な被圧地下水。停滞した深層の地下水に多い型である。

### III 型 非炭酸カルシウム型

鉱山廃水、主に第四系火山起源の水(温泉水・鉱泉水)、またはそれによって汚染された地下水。地すべり地、炭田地帯の自由面地下水。海岸地帯の塩水化地下水。温泉水などに見られる。

### IV 型 非炭酸ナトリウム型

主に第三系の水(温泉水・鉱泉水)、またはそれによって汚染された地下水。炭田地帯の被圧地下水。海岸地帯の塩水化地下水。島の水(地表水を含む)。海水が混入した地下水などに多い型である。

調査場所	試験名	採水日	分析値							
			Na <sup>+</sup> (mg/L)	K <sup>+</sup> (mg/L)	Ca <sup>2+</sup> (mg/L)	Mg <sup>2+</sup> (mg/L)	Cl <sup>-</sup> (mg/L)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)
四万十町興津	OK-No. 1	R. 7. 9. 1	5060.0	187.0	308.0	656.0	9700.0	113.0	1380.0	1.5

各イオン	Na <sup>+</sup> (mg/L)	K <sup>+</sup> (mg/L)	Ca <sup>2+</sup> (mg/L)	Mg <sup>2+</sup> (mg/L)	Cl <sup>-</sup> (mg/L)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)
分子量	22.99	39.098	40.078	24.305	35.453	61.02	96.06	62.00
電荷数	1	1	2	2	1	1	2	1

調査場所	試験名	採水日	分析値								陽イオン 合計 (meq/L)	陰イオン 合計 (meq/L)
			陽イオン				陰イオン					
			Na <sup>+</sup> (meq/L)	K <sup>+</sup> (meq/L)	Ca <sup>2+</sup> (meq/L)	Mg <sup>2+</sup> (meq/L)	Cl <sup>-</sup> (meq/L)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/L)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (meq/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/L)		
四万十町興津	OK-No. 1	R. 7. 9. 1	220.110	4.783	15.369	53.982	273.637	1.852	28.732	0.024	294.244	304.245

等量単位 (meq/L) = 分析値 (mg/L) / (分子量 / 電荷数)

参考文献 ; 改善地下水学要論 村下敏夫 : 昭和52年7月 p. 177-183

図 4-4-8 ヘキサダイアグラム

表 4-4-10 水質試験検査成績書

水質試験検査成績書			
依頼者	株式会社相愛 様		
種別	地下水	試験名	_____
受付日	2025年9月1日	採水日	2025年9月1日
採水場所	四万十町興津 浦分漁港		
採水者	株式会社相愛		
項目名	分析値	項目名	分析値
ナトリウムイオン	5060 mg/L		以下余白
カリウムイオン	187 mg/L		
カルシウムイオン	308 mg/L		
マグネシウムイオン	656 mg/L		
塩化物イオン	9700 mg/L		
炭酸水素イオン	113 mg/L		
硫酸イオン	1380 mg/L		
硝酸イオン	1.5 mg/L		
カドミウム	0.003 mg/L未満		
鉛	0.005 mg/L未満		
六価クロム	0.005 mg/L未満		
水銀	0.00005 mg/L未満		
ヒ素	0.005 mg/L未満		
シアン	0.001 mg/L未満		
鉄	0.17 mg/L		
試験期間	2025年 9月 1日 ~ 2025年10月 2日		
特記事項	漁維第100号 陸上養殖候補地調査委託業務 採水者による現場測定：気温 35.0℃，水温 19.9℃ 上水試験方法に定める検査法準用		
2025年10月2日 水道法第20条登録検査機関 登録番号：57 建築物飲料水水質検査業 高知県登録 〒780-0850 高知県高知市丸ノ内2丁目4番11号 一般社団法人高知県食品衛生協会			

## 4.4.7. 総合解析とりまとめ

調査結果を下表(表 4-4-11)にとりまとめた。

表 4-4-11 調査結果一覧表

ボーリング調査結果		原位置試験	
孔番	OK-No.1	実施日	R7.9.1
調査地区	四万十町興津	試験時の潮汐	干潮⇒満潮
調査期間	R7.8.27～R7.9.1	試験区間(GL-m)	4.05～12.05
所有地	公有地	試験方法	測定用パイプ(VP50)
調査地の地形	旧水部	現場透水試験結果	
確認された地質	沖積層	透水係数k(m/s)	1.05E-04
緯度	33° 09' 45.5129"	透水性の評価	中位
経度	133° 12' 56.8753"	簡易揚水試験結果	
孔口標高(T.P.m)	2.54	試験時間	9:00-11:00
掘進長(m)	13.00	揚水量(L/分)	31
決定地下水位(GL-m)	2.75	水質試験結果(健康7項目)	
推定帯水層厚(m)	10.25超	基準値との比較	すべて基準値未満
水質試験用サンプル採水		ヘキサダイアグラム	
時刻	11時30分頃	図形の型	IV型(非炭酸ナトリウム型)
気温	35.0	地下水の分類	海水の影響を受けた不圧地下水
地下水温	19.9	地下水に対する海水の影響の目安	
濁度(NTU)	0.0	地下水⇔海水(0.5⇔200)	147.75

## (1) 地下水の考察

ボーリング調査では、本孔は掘進作業時に地下水の帯水層を確認したことから、岩盤深度までの掘進は行っていない。岩盤深度は、付近の既存資料より GL-24.00m 程度と推定される。岩盤深度までは概ね透水性の高い礫層および砂層が主体と推定されることから、本帯水層は比較的厚く連続して分布している可能性がある。

また、地形条件からは南西側に谷地形が発達しており、これを涵養源として調査地の水辺低地に地下水が流下・分布していると考えられる。したがって、本地下水は西側谷地形を涵養源とする不圧地下水(自由地下水)であると推定される。

水質分析の結果、ヘキサダイアグラムでは海水の影響を受けた水質型を示した。調査地が海岸に近接していることから、潮汐に伴う海水の混入の影響を受けている可能性が高い。このことから、地下水位のみならず地下水温についても、潮汐や季節変動の影響を受け、年間を通じて変動することが想定される。

以上より、本調査地の地下水は、谷地形を涵養源とする沖積層中に分布する不圧地下水(自由地下水)であり、海水の影響を受けつつも、比較的限定された範囲で連続する水理環境下にあると考えられる。

## (2) 本井戸における揚水可能量の推定

簡易揚水試験で得られた揚水量 ( $Q=31\text{L/分}$ ) を基に、本井戸施工時に想定される揚水可能量の概算評価を行った。簡易揚水試験では、使用した地上設置型揚水ポンプの揚水能力に限界があったため、調査地において揚水量の算定に必要な詳細な水理データは把握できていない。したがって、井戸径の効果のみで揚水可能量を推定した。

自由面帯水層から採水する浅井戸、被圧帯水層から採水する深井戸の水理公式は、揚水中における帯水層内の水の流れが層流である仮定において、

$$Q = \frac{\pi \left( \frac{b_1 + b_2}{b_1} \right) T s}{\ln(R/r_w)}$$

- $b_1$  : 揚水前における飽和層厚  
 $b_2$  : 揚水中における飽和層厚  
 $R$  : 影響圏の半径  
 $r_w$  : 井戸の半径

図 4-4-9 揚水量の算定式 (4-4-9)

揚水量  $Q$  は上の図(図 4-4-9)で表され、帯水層の定数 ( $T$ )、理論水位降下 ( $s$ )、揚水前における飽和層厚 ( $b_1$ )、揚水中における飽和層厚 ( $b_2$ ) が全て同じであると仮定すると、

$$Q \propto \frac{1}{\ln(R/r_w)}$$

となるため、井戸の半径  $r_w$  の違いによる増加倍率は、

$$\frac{Q_{300}}{Q_{60}} = \frac{\ln(R/r_{60})}{\ln(R/r_{300})}$$

で概算することができる。

- $\phi 60\text{mm}$  (直径 0.06m)  $\rightarrow r_{60} = 0.03\text{m}$
- $\phi 300\text{mm}$  (直径 0.30m)  $\rightarrow r_{300} = 0.15\text{m}$

影響圏の半径  $R$  は井戸構造や現場条件で変わるため、一般的な範囲 (10~100m) で示すと、

- $R = 10\text{m}$ :  $\ln(10/0.03) = 5.81$ 、 $\ln(10/0.15) = 4.20$   $\rightarrow$  1.38 倍
- $R = 100\text{m}$ :  $\ln(100/0.03) = 8.11$ 、 $\ln(100/0.15) = 6.50$   $\rightarrow$  1.25 倍

径の効果のみを考慮した場合、揚水量は概ね 1.25~1.38 倍程度に増加すると見込まれる。簡易揚水試験において確認された揚水量は 31L/分であったことから、井戸径を  $\phi 300\text{mm}$  とした場合、最低でも 38.8~42.8L/分以上の揚水量が期待される。

本推定に用いた理論式は、均一・等方な帯水層および定常流を仮定した理想化条件のもとで導かれたものである。実際の本井戸施工時には、井戸構造の違いや潮汐・季節条件に伴う地下水位変動等の影響を受ける可能性がある。このため、本推定値はあくまで参考値・概算値として取り扱うべきものである。

### (3) 養殖事業等の地下水利用に関する留意事項

本調査は、降雨期にあたり地下水位が比較的高いと考えられる 8 月～9 月に実施したが、その時点においても海水由来イオンの濃度が高い水質であることが確認された。渇水期にあたる冬季には地下水位の低下に伴い、さらなる塩水化の進行する可能性がある。したがって、養殖事業等において地下水を利用する場合には、ナトリウムイオン( $\text{Na}^+$ )および塩化物イオン( $\text{Cl}^-$ )濃度の季節変動の把握に加え、地下水位、水温および水質の継続的なモニタリングを実施する必要があると考える。

また、地形条件および涵養状況の違いにより、地下水と海水の混合比は井戸施工位置によって異なる可能性があることから、本井戸の施工に当たっては、下図(図 4-4-10)に示す涵養源の影響を受けると考えられる範囲を候補とすることが望ましい。

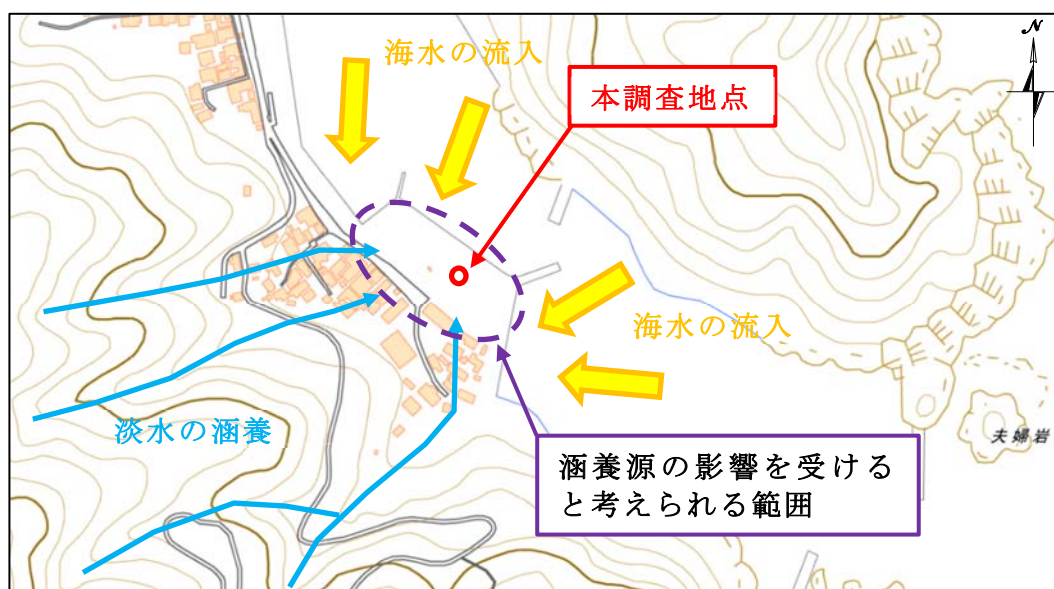


図 4-4-10 調査位置図 (4-4-10)

本井戸の供用にあたっては、周辺における既存井戸の位置、深度、揚水量および利用形態等の地下水利用状況を把握し、本井戸との水理的關係を整理する必要がある。

また、供用後は本井戸の揚水に伴う地下水位低下および水質変化の影響範囲を把握するため、周辺井戸を含めた地下水位および主要水質項目について継続的な観測を行い、影響の有無を確認することが重要である。

-以上-

## 4.5. OK-No.2(高知県高岡郡四万十町興津)



調査地位置図

出典：電子国土 Web 国土地理院より加筆

<https://maps.gsi.go.jp/>

調査結果一覧表

ボーリング調査結果		原位置試験	
孔番	OK-No.2	実施日	R7.9.4
調査地区	四万十町興津	試験時の潮汐	干潮→満潮
調査期間	R7.9.1~R7.9.4	試験区間(GL-m)	5.13~13.13
所有地	公有地	試験方法	測定用パイプ(VP50)
調査地の地形	旧水部	現場透水試験結果	
確認された地質	沖積層	透水係数k(m/s)	8.52E-05
緯度	33° 09' 41.6456"	透水性の評価	中位
経度	133° 12' 29.5575"	簡易揚水試験結果	
孔口標高(T.P.m)	2.20	試験時間	9:35-11:35
掘進長(m)	14.00	揚水量(L/分)	31
決定地下水位(GL-m)	2.13	水質試験結果(健康7項目)	
推定帯水層厚(m)	11.87超	基準値との比較	すべて基準値未滿
水質試験用サンプル採水		ヘキサダイアグラム	
時刻	12時頃	図形の型	IV型(非炭酸ナトリウム型)
気温	25.6	地下水の分類	海水の影響を受けた不圧地下水
地下水温	20.3	地下水に対する海水の影響の目安	
濁度(NTU)	1.9	地下水⇄海水(0.5⇄200)	100.71

## 4.5.1. 調査位置

ボーリング調査位置の諸元を下表(表 4-5-1)に、調査位置平面図を下図(図 4-5-1)に示す。調査地は小室漁港内に位置する。ボーリング位置は、調査職員および漁港管理者との現地協議のうえ決定した。また、ボーリング位置の座標および地盤標高は、VRS による RTK 測量により求めた。

表 4-5-1 ボーリング調査位置の諸元

孔番	調査位置(座標)		緯度・経度		孔口標高 (T.P.m)	掘進長 (m)	原位置試験
	X座標	Y座標	緯度	経度			
OK-No.2	17954.9849	-27216.1913	33° 09' 41.6456"	133° 12' 29.5575"	2.20	14.00	現場透水試験(回復)・簡易揚水試験

※柱状図の記載標高は、小数点第 3 位を四捨五入。緯度経度は、小数点第 5 位を四捨五入表記。



図 4-5-1 調査位置平面図 (4-5-1)

#### 4.5.2. 調査地の地形・地質

##### (1) 調査地の地形

調査地の地形は、旧水部に属する。旧水部とは、旧版地形図や古い空中写真等の資料から、かつて海、湖、池・貯水池、河川・河川敷などの水辺であったことが確認できる土地として区分される。調査地は、漁港整備に伴い人工的に埋立てが行われ、現在の地形が形成されている。

また、調査地より東側の地形は浜に属する。浜辺を人工的に埋立てることで、小学校や民家等が形成されている。

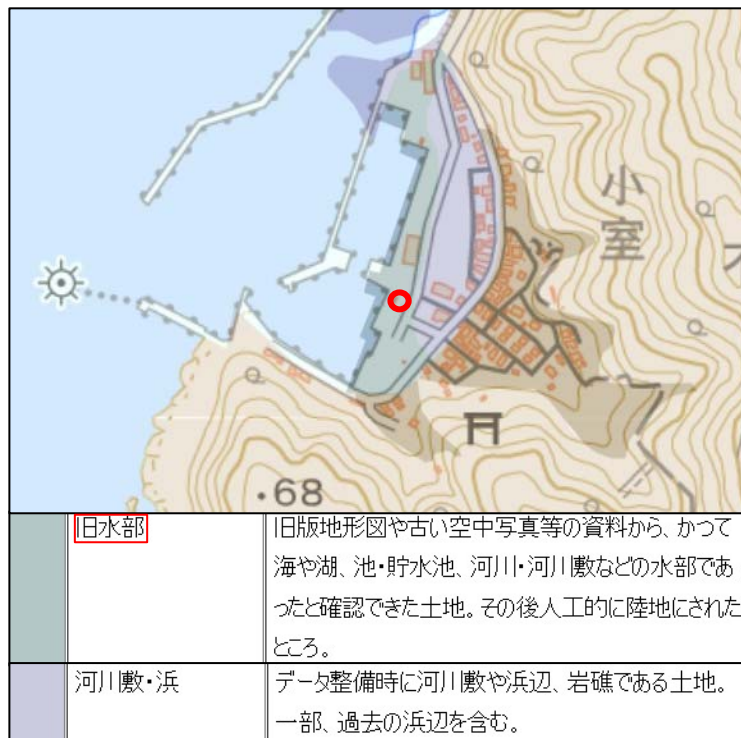


図 4-5-2 調査地周辺の地形図 (4-5-2)

##### (2) 調査地の地質

調査地を含む周辺の地質は、四万十帯北帯に属する野々川層に相当すると考えられる。野々川層は、四国西部に分布し、基盤岩は単調な砂岩・泥岩互層からなり、時代的に白亜紀後期(約1億50万~6,600万年前)を示す。黒色泥岩には白色酸性凝灰岩の薄層を挟むことが多い。また、まれに砂岩層中に二枚貝化石、泥岩中にアンモナイト化石を産することがある。



図 4-5-3 調査地周辺の地質図 (4-5-3)

(4-5-2) 電子国土 Web 国土地理院より加筆

(4-5-3) 四国地方土木地質図(凡例); 四国地方土木地質図編纂委員会: 平成10年3月より加筆

## 4.5.3. ボーリング結果

本業務で実施した調査ボーリングの結果、盛土層(BS)、砂質土層(As)、第一礫質土層(Ag1)、第二礫質土層(Ag2)の計4層の未固結土層を確認した。

本孔の掘止深度は、掘進作業時において地下水の帯水層を確認したことから、調査職員との協議のうえ、帯水層と考えられる第一礫質土層(Ag1)の下位に分布する第二礫質土層(Ag2)を1m程度確認した時点とした。なお、第一礫質土層(Ag1)と第二礫質土層(Ag2)の地層境界は、礫径、形状および色調の相違ならびに細粒分の含有量の増加が認められたGL-13.10mを根拠として区分した。

下表(表4-5-2)に大別した地質層序を一覧にまとめた。次頁からはボーリング孔についてまとめる。

表4-5-2 地質層序一覧表(OK-No.2)

地層名	地層記号	深度(GL-m) 【層厚(m)】	記事
盛土層 (埋め土)	BS	0.00~1.40 (1.40)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ GL-0.00~0.10m間は、現漁港のアスファルトである。</li> <li>■ 盛土材料は、礫径がφ2~40mm程度の垂角礫を主体とする砂質礫である。</li> <li>■ 砂の粒径は細砂主体である。</li> <li>■ GL-0.40~0.70m間では、旧漁港由来と考えられるコンクリートの挟在が確認された。</li> <li>■ GL-0.70~1.20m間の礫は、コンクリート下部に敷き詰められたグリ石と考えられる。</li> </ul>
砂質土層	As	1.40~3.00 (1.60)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ コア観察による土質は茶灰色を呈する礫混じりの砂である。</li> <li>■ 砂の粒径は中砂主体で、GL-3.20~3.75m、GL-5.30~5.65m間では、砂分が優勢となる。</li> <li>■ 礫径はφ2~30mm程度の垂円礫~円礫が主体である。</li> </ul>
第一礫質土層	Ag1	3.00~13.10 (10.10)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ コア観察による土質は茶灰~灰色を呈する砂混じりの礫である。</li> <li>■ 砂の粒径は中砂主体である。</li> <li>■ 礫径はφ2~30mm程度、形状は円礫が主体である。GL-6.00~6.70m、GL-11.70~11.90m、GL-12.90~13.00m間は、MAX50mm程度の粗礫を確認した。</li> <li>■ 含水が高く、帯水層を示唆している。</li> </ul>
第二礫質土層	Ag2	13.10~14.00 (0.90)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ コア観察による土質は茶~灰色を呈する砂質礫である。</li> <li>■ 砂の粒径は中砂主体である。</li> <li>■ 礫径はφ2~20mm程度、形状は垂円礫~円礫が主体である。GL-13.10~13.30m間は、細粒分を多く含む。</li> <li>■ 地層境界は、上位層と比較して礫径、形状および色調が異なり、細粒分を多く含むGL-13.10mを礫質層の境界として区分した。</li> </ul>

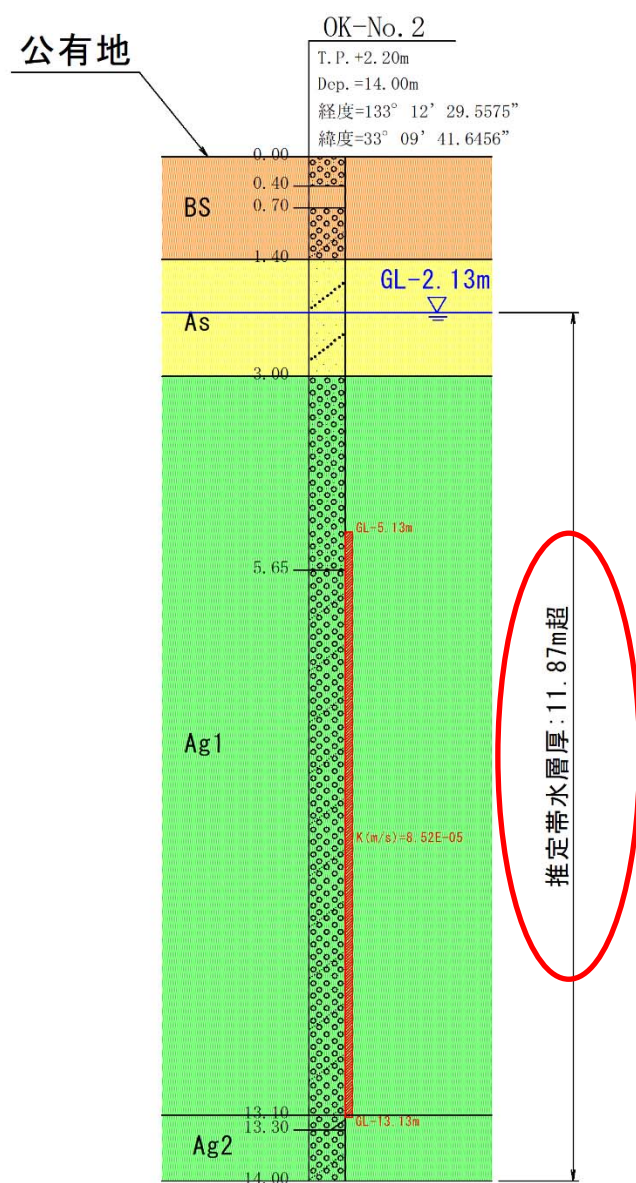
OK-No. 2 : GL-0.00-14.00m (孔口標高 : TP+2.20m、掘進長 : 14.00m)

深度 (m)	土質区分	コア写真	原位置試験	地質層序
0.00		<p>件名 漁維第100号 陸上養殖候補地調査委託業務          孔番 OK-No.2 深度 0.0m~14.0m          社名 株式会社相愛</p>		<p><b>盛土(BS) : GL-0.00~1.40m</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>GL-0.00~0.10m間は、現漁港のアスファルトである。</li> <li>盛土材料は、礫径がφ2~40mm程度の亜角礫を主体とする砂質礫である。</li> <li>砂の粒径は細砂主体である。GL-0.40~0.70m間では、旧漁港由来と考えられるコンクリートの挟在が確認された。</li> <li>GL-0.70~1.20m間の礫は、コンクリート下部に敷き詰められたグリ石と考えられる。</li> </ul> <p><b>砂質土層(As) : GL-1.40~3.00m</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>コア観察による土質は茶灰色を呈する礫混じりの砂である。</li> <li>砂の粒径は中砂主体で、GL-3.20~3.75m、GL-5.30~5.65m間では、砂分が優勢となる。</li> <li>礫径はφ2~30mm程度の亜円礫~円礫が主体である。</li> </ul> <p><b>第一礫質土層(Ag1) : GL-3.00~13.10m</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>コア観察による土質は茶灰~灰色を呈する砂混じりの礫である。</li> <li>砂の粒径は中砂主体である。</li> <li>礫径はφ2~30mm程度、形状は円礫が主体である。GL-6.00~6.70m、GL-11.70~11.90m、GL-12.90~13.00m間は、MAX50mm程度の粗礫を確認した。</li> <li>含水が高く、帯水層を示唆している。</li> </ul> <p><b>第二礫質土層(Ag2) : GL-13.10~14.00m</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>コア観察による土質は茶~灰色を呈する砂質礫である。</li> <li>砂の粒径は中砂主体である。</li> <li>礫径はφ2~20mm程度、形状は亜円礫~円礫が主体である。GL-13.10~13.30m間は、細粒分を多く含む。</li> <li>地層境界は、上位層と比較して礫径、形状および色調が異なり、細粒分を多く含むGL-13.10mを礫質層の境界として区分した。</li> </ul>
0.40	砂礫		1m	
0.70	コンクリート		2m	
1.40	砂混じり礫		3m	
3.00	礫混じり砂		4m	
5.65	砂礫		5m	
6.00	砂混じり礫		6m	試験深度 : GL-5.13~13.13m 簡易揚水試験 現場透水試験(回復法)
7.00			7m	
8.00			8m	
9.00			9m	
10.00			10m	
11.00			11m	
12.00			12m	
13.10	13m	13m		
13.30	シルト混じり礫			
14.00	砂混じり礫			

【ボーリング期間中の孔内水位】 孔内水位は掘進作業前、作業後に触針式水位計を用いて計測している。  
 地下水位観測で確認されたボーリング作業前の最高水位はGL-2.02m、最低水位はGL-2.13mであった。

# 地質断面図 S=1:100

## OK-No. 2



BS	盛土層(埋め土)
As	砂質土層
Ag	礫質土層

本調査で実施したボーリングデータを基に、地質断面図を作成した。なお、地質断面図の電子データは電子成果品に格納した。

決定地下水位は、ボーリング掘進が進み、孔内状況が安定した最終日の作業前水位である GL-2.13m を採用した。

本孔は、掘進作業時に地下水の帯水層を確認したことから、岩盤深度までの掘進は行っていない。このため、帯水層厚は決定地下水位から掘止深度までの 11.87m 超と推定した。

後述する原位置試験の試験区間については、地下水の主な流動層が決定地下水位 (GL-2.13m) より下位に分布する透水層の第一礫質土層 (Ag1) に相当すると考えられたことから、試験区間を広く設定し、GL-5.13~13.13m とした。

次頁より、原位置試験結果および水質試験結果を示す。

高 知 県			
工事種別	陸上養殖候補地調査委託業務		
図面名称	地質断面図	縮尺	S=1:50
路線河川名			
工事箇所	高知県 高岡郡 四万十町 興津		
設計種別			
事務所名	高知県水産振興部 水産業振興課	図面 番号	5 12
会社名	株式会社 相愛		

図 4-5-4 地質断面図 (OK-No. 2)

4.5.4. 現場透水試験結果

右表(表 4-5-3)に現場透水試験結果を示す。本孔では、揚水により水位を低下させ、平衡水位に回復するまでの時間を計測する回復法を採用した。

①解析区間は、揚水停止直後の回復挙動が透水特性を最もよく反映すると考え、 $t_1=0$  とした。また、 $\log s-t$  曲線において直線関係が成立する区間が  $t=0 \sim 10(\text{sec})$  であったことから、 $t_2=10$  と設定した。

②透水係数  $k(\text{m/s})$  は次式により算定した。本試験は測定用パイプ VP50 を使用して実施した。VP50 の内径  $d$  は  $0.051\text{m}$ 、孔径  $D$  は  $0.060\text{m}$  である。

③透水係数  $k(\text{m/s})$  は  $8.52 \times 10^{-5}$  と算定された。下表(表 4-5-4)に示す参考値と比較すると、調査地の透水性は「中位」の範囲に相当する。

表 4-5-3 現場透水試験結果表

現場透水試験結果表 (JGS 1314-非定常法/直線勾配法)			
調査件名		陸上養殖候補地調査委託業務	
ボーリング番号	OK-No. 2	平衡水位(GL-m)	試験前 2.32
試験年月日	2025/9/4	ケーシング内径 $d$ (m)	0.0510
試験者		孔径 $D$ (m)	0.060
試験方法	回復法	試験区間の地質	砂礫～砂混じり礫
試験区間 (GL-m)	上端 5.130	天候	雨
	下端 13.130	$\log s-t$ 曲線の直線部の勾配 $a$	0.163346846
試験区間長 $L$ (m)	8.00	透水係数 $k(\text{m/s})$	③ $8.52\text{E-}05$
経過時間 $t$ (sec)	孔内水位 $h$ (GL-m)	平衡水位との水位差 $s$ (m)	
0	2.75	0.430	
10	2.33	0.010	
20	2.33	0.010	
30	2.33	0.010	
40	2.32	0.000	
50	2.32	0.000	
60	2.32	0.000	
① $\log s-t$ 曲線の直線部の勾配 $a$ の決定 (下図より) $a = \log(s_1/s_2) / (t_2 - t_1)$			
		$t_1$	0
		$t_2$	10
		$s_1$	0.430
		$s_2$	0.010
		$a$	0.163346846
② 計算式: $k = [(2.3*d)^2 / 8L] * \log(2L/D) * a = 8.51946\text{E-}05 (\text{m/s})$			
備考			

表 4-5-4 透水係数  $k(\text{m/s})$  と対応する地盤の種類の参考表 (4-5-4)

	$10^{-11}$	$10^{-10}$	$10^{-9}$	$10^{-8}$	$10^{-7}$	$10^{-6}$	$10^{-5}$	$10^{-4}$	$10^{-3}$	$10^{-2}$	$10^{-1}$	$10^0$
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		砂及び礫			清浄な礫				

8.52E

#### 4.5.5. 簡易揚水試験結果

地上設置型揚水ポンプの限界揚水量(Q=31L/分)で連続揚水を行った結果、水位低下量は0.64~0.79m(平均0.75m)で安定し、持続的な揚水が可能であることが確認された。また、試験終了後に回復試験を実施したところ、揚水停止後1分で自然水位GL-2.32mまで回復した。次頁に、簡易揚水試験測定結果表(表4-5-5)を示す。

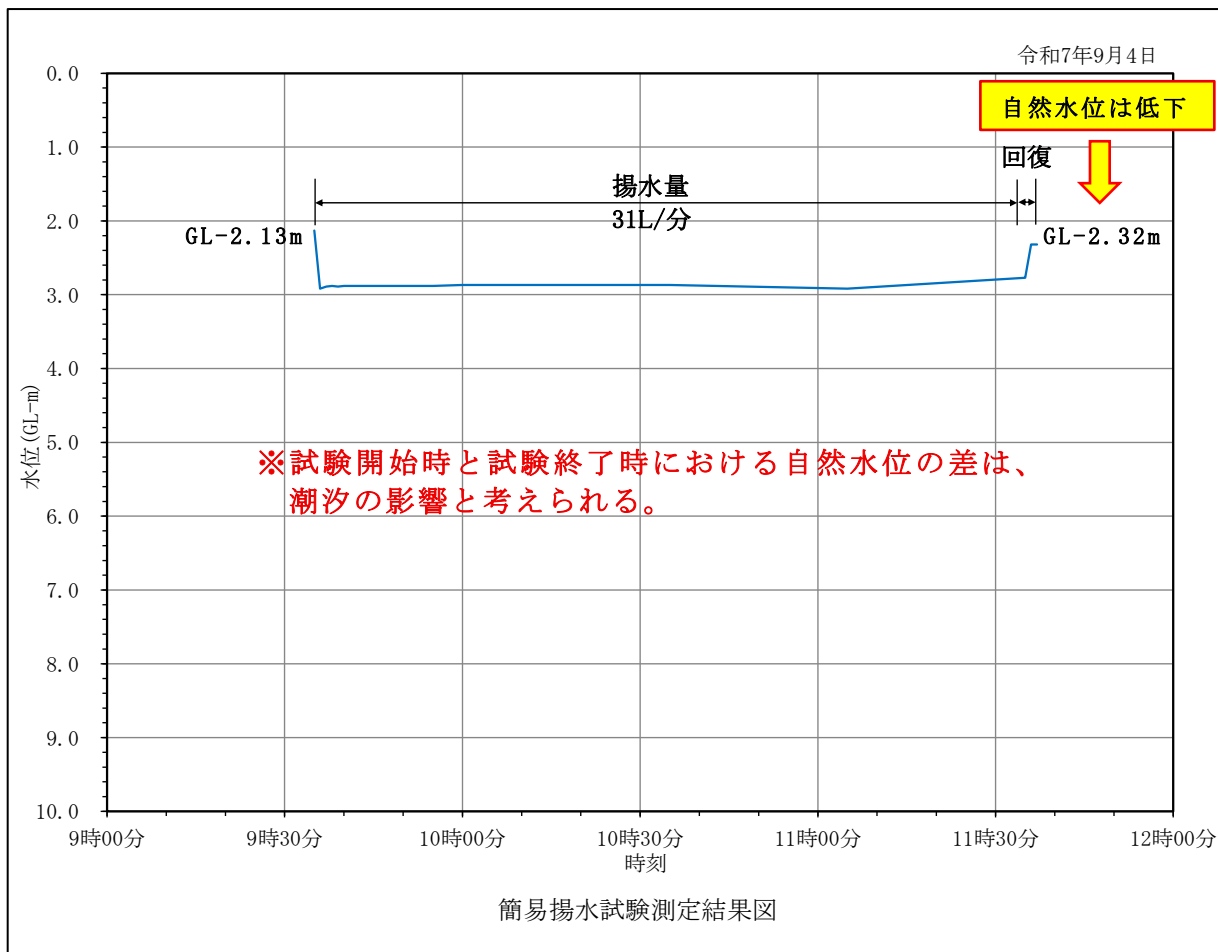


図 4-5-5 簡易揚水試験測定結果図

試験開始時と試験終了時における自然水位の差は、潮汐の影響によるものと考えられる。右図(図4-5-6)によれば、試験時は干潮から満潮へ移行する時間帯であった。調査地は漁港内に位置するが、地下水位と潮位の変動にはズレが認められることから、地下水位への影響には時間的な遅れ(タイムラグ)が生じているものと推察される。

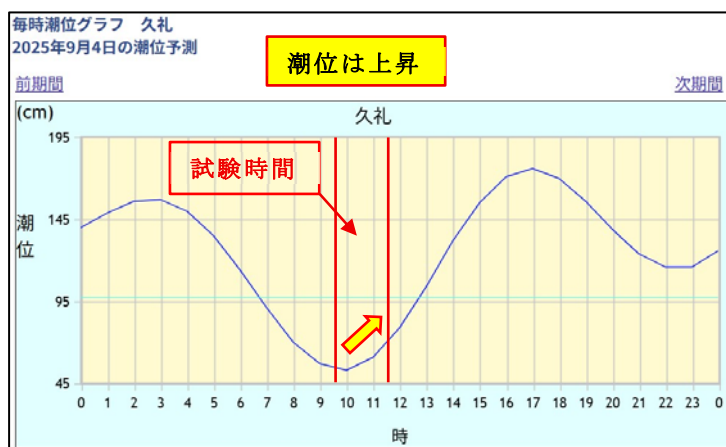


図 4-5-6 試験時における毎時潮位グラフ (4-5-5)



#### 4.5.6. 水質試験結果

##### (1) 水質試験方法および採水条件

水質試験用サンプルの採水は、前述の原位置試験（簡易揚水試験および現場透水試験）終了後、濁度計を用いて調査孔から汲み上げた地下水の清澄化を確認したうえで実施した。地下水の水温は濁度計の測定値を採用した。なお、水質分析は（一社）高知県食品衛生協会 食品検査センターに依頼した。採水条件表を下表（表 4-5-6）に、採水作業状況は下写真（写真-採水作業状況）に示す。

表 4-5-6 採水条件表

採水箇所	採水日	採水時刻	気温(°C)	水温(°C)	濁度(NTU)
OK-No.2	2025年9月4日	12時頃	25.6	20.3	1.9



写真 採水作業状況

調査地は海岸に近接しており、潮位の変動に伴う海水の影響により水質が変動する可能性がある。このため、本調査における採水時の毎時潮位の変動状況を下図（図 4-5-7）に示す。下図によれば、採水時刻は満潮に向かう時間帯であった。

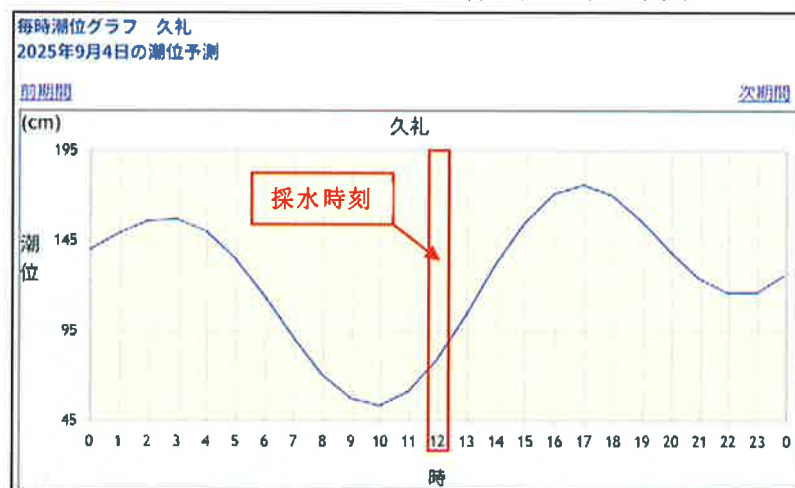


図 4-5-7 採水時における毎時潮位グラフ (4-5-6)

## (2) 水質試験結果の検討

## ① 健康項目

本調査において健康項目として指定されている7項目について、水道法第4条の規定に基づく「水質基準に関する省令」で定められている水質基準項目を参考値として、分析結果を評価した(表4-5-7)。

水質分析の結果、すべての項目で基準値以下となり、基準超過を示す異常値は検出されなかった。

表 4-5-7 水質試験健康項目および基準値<sup>(4-5-7)</sup>と分析結果

項目	基準値 (mg/L以下)	OK-No. 2	
		分析結果 (mg/L)	判定
カドミウム	0.003	<0.003	基準値未満
鉛	0.01	<0.005	基準値未満
六価クロム	0.02	<0.005	基準値未満
水銀	0.0005	<0.00005	基準値未満
ヒ素	0.01	<0.005	基準値未満
シアン	0.01	<0.001	基準値未満
鉄	0.3	0.11	基準値未満

## ② ヘキサダイアグラム

水質分析の結果を基に、水質ダイアグラム(ヘキサダイアグラム)を作図し、分析結果を可視化した。作図にあたっては、各成分の分析結果を等量単位に変換した(表4-5-8)。

ヘキサダイアグラムの図形はIV型(非炭酸ナトリウム型)を示した。IV型はナトリウムイオン( $\text{Na}^+$ )および塩化物イオン( $\text{Cl}^-$ )が卓越する水質型であり、海岸域において海水の影響(海水混入)を受けた地下水であると推察される。

表 4-5-8 水質分析値および等量単位

項目	OK-No. 2	
	分析値 (mg/L)	等量単位 (meq/L)
ナトリウムイオン( $\text{Na}^+$ )	2140.0	93.090
カリウムイオン( $\text{K}^+$ )	83.2	2.128
カルシウムイオン( $\text{Ca}^{2+}$ )	115.0	5.739
マグネシウムイオン( $\text{Mg}^{2+}$ )	276.0	22.712
塩化物イオン( $\text{Cl}^-$ )	4270.0	120.457
炭酸水素イオン( $\text{HCO}_3^-$ )	73.0	1.196
硫酸イオン( $\text{SO}_4^{2-}$ )	578.0	12.034
硝酸イオン( $\text{NO}_3^-$ )	2.4	0.039

<sup>(4-5-7)</sup> 環境省 Web 水質基準項目と基準値(51項目)より抜粋

地下水に対する海水の影響の程度は、 $Cl^{-}/(CO_3^{2-}+HCO_3^{-})$ の当量比を用いて、6段階に分類することが可能である。

本調査では、炭酸イオン( $CO_3^{2-}$ )は水質試験の対象項目に含まれていない。一般に、日本の地下水における炭酸イオン( $CO_3^{2-}$ )の濃度は0～数mg/L程度とされる。例外として、火山地域のアルカリ性地下水、石灰岩地域、強アルカリ性の温泉水等が分布する地域では炭酸イオン( $CO_3^{2-}$ )が有意となる場合がある。

しかし、前述の地質概要およびボーリング調査結果から、本調査地にそのような特徴は認められないと判断される。以上を踏まえ、便宜上、炭酸イオン( $CO_3^{2-}$ )の分析値を0mg/Lとして算出した。

$$Cl^{-}/(CO_3^{2-}+HCO_3^{-})=120.457/(0+1.196)=100.71(\text{meq/L})$$

表 4-5-9 地下水に対する海水の影響の目安<sup>(4-5-8)</sup>

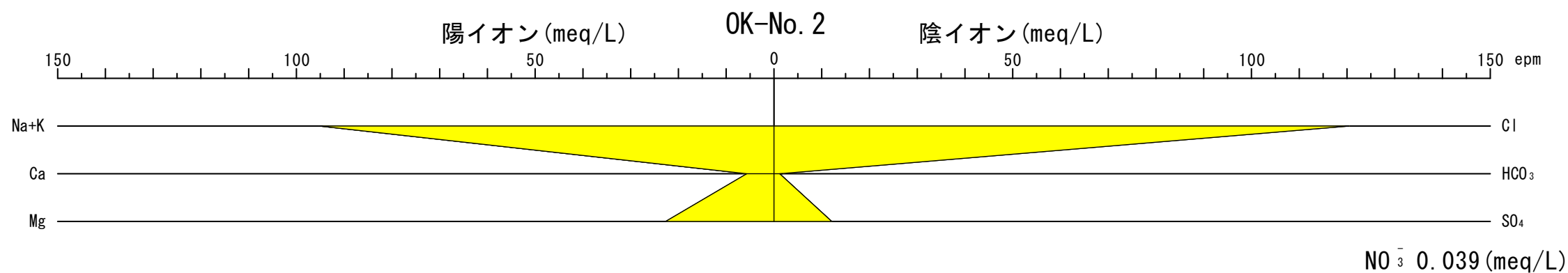
$Cl/(CO_3+HCO_3)$	汚 染 の 程 度
0.5	ふつうの汚染されていない地下水
1.3	少し汚染されている地下水
2.8	中ぐらいの汚染をうけた地下水
6.6	相当汚染された地下水
100.71 15.5	最もひどく汚染された地下水
200±	海水

※上記の表は、地下水の塩水化(文献上は汚染と表記)の指標を表した参考表である。

算出結果を表4-5-9と照合したところ、海水の影響の程度は100.71を示し、『最もひどく汚染された地下水』以上に相当し、『海水』には至らない結果となった。

次頁より作図したヘキサダイアグラムおよび水質試験検査成績書を示す。

# ヘキサダイアグラム OK-No. 2



## 凡例

I 型	II 型	III 型	IV 型

### I 型 炭酸カルシウム型

最も一般的な地下水。汚染を受けていない自由地下水。補給地帯またはそれに隣接する地帯の被圧地下水。浅い地下水や河川水がこの領域に多く分類される。

### II 型 炭酸ナトリウム型

地下水の補給地帯から遠い、例えば盆地の中央部・海岸地帯に分布する一般的な被圧地下水。停滞した深層の地下水に多い型である。

### III 型 非炭酸カルシウム型

鉱山廃水、主に第四系火山起源の水(温泉水・鉱泉水)、またはそれによって汚染された地下水。地すべり地、炭田地帯の自由面地下水。海岸地帯の塩水化地下水。温泉水などに見られる。

### IV 型 非炭酸ナトリウム型

主に第三系の水(温泉水・鉱泉水)、またはそれによって汚染された地下水。炭田地帯の被圧地下水。海岸地帯の塩水化地下水。島の水(地表水を含む)。海水が混入した地下水などに多い型である。

調査場所	試験名	採水日	分析値							
			Na <sup>+</sup> (mg/L)	K <sup>+</sup> (mg/L)	Ca <sup>2+</sup> (mg/L)	Mg <sup>2+</sup> (mg/L)	Cl <sup>-</sup> (mg/L)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)
四万十町興津	OK-No. 2	R. 7. 9. 4	2140.0	83.2	115.0	276.0	4270.0	73.0	578.0	2.4

各イオン	Na <sup>+</sup> (mg/L)	K <sup>+</sup> (mg/L)	Ca <sup>2+</sup> (mg/L)	Mg <sup>2+</sup> (mg/L)	Cl <sup>-</sup> (mg/L)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)
分子量	22.99	39.098	40.078	24.305	35.453	61.02	96.06	62.00
電荷数	1	1	2	2	1	1	2	1

調査場所	試験名	採水日	分析値								陽イオン 合計 (meq/L)	陰イオン 合計 (meq/L)
			陽イオン				陰イオン					
			Na <sup>+</sup> (meq/L)	K <sup>+</sup> (meq/L)	Ca <sup>2+</sup> (meq/L)	Mg <sup>2+</sup> (meq/L)	Cl <sup>-</sup> (meq/L)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/L)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (meq/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/L)		
四万十町興津	OK-No. 2	R. 7. 9. 4	93.090	2.128	5.739	22.712	120.457	1.196	12.034	0.039	123.669	133.726

等量単位 (meq/L) = 分析値 (mg/L) / (分子量 / 電荷数)

参考文献 ; 改善地下水学要論 村下敏夫 : 昭和52年7月 p.177-183

図 4-5-8 ヘキサダイアグラム

表 4-5-10 水質試験検査成績書

水質試験検査成績書			
依頼者	株式会社相愛 様		
種別	地下水	試験名	_____
受付日	2025年9月4日	採水日	2025年9月4日
採水場所	四万十町興津 小室漁港		
採水者	株式会社相愛		
項目名	分析値	項目名	分析値
ナトリウムイオン	2140 mg/L		以下余白
カリウムイオン	83.2 mg/L		
カルシウムイオン	115 mg/L		
マグネシウムイオン	276 mg/L		
塩化物イオン	4270 mg/L		
炭酸水素イオン	73.0 mg/L		
硫酸イオン	578 mg/L		
硝酸イオン	2.4 mg/L		
カドミウム	0.003 mg/L未満		
鉛	0.005 mg/L未満		
六価クロム	0.005 mg/L未満		
水銀	0.00005 mg/L未満		
ヒ素	0.005 mg/L未満		
シアン	0.001 mg/L未満		
鉄	0.11 mg/L		
試験期間	2025年 9月 4日 ~ 2025年10月 2日		
特記事項	漁維第100号 陸上養殖候補地調査委託業務 採水者による現場測定：気温 25.6℃，水温 20.3℃ 上水試験方法に定める検査法準用		
2025年10月2日			
水道法第20条登録検査機関 登録番号：57 建築物飲料水水質検査業 高知県登録 〒780-0850 高知県高知市丸ノ内2丁目4番11号 一般社団法人高知県食品衛生協会			

## 4.5.7. 総合解析とりまとめ

調査結果を下表(表 4-5-11)にとりまとめた。

表 4-5-11 調査結果一覧表

ボーリング調査結果		原位置試験	
孔番	OK-No.2	実施日	R7.9.4
調査地区	四万十町興津	試験時の潮汐	干潮⇒満潮
調査期間	R7.9.1～R7.9.4	試験区間(GL-m)	5.13～13.13
所有地	公有地	試験方法	測定用パイプ(VP50)
調査地の地形	旧水部	現場透水試験結果	
確認された地質	沖積層	透水係数k(m/s)	8.52E-05
緯度	33° 09' 41.6456"	透水性の評価	中位
経度	133° 12' 29.5575"	簡易揚水試験結果	
孔口標高(T.P.m)	2.20	試験時間	9:35-11:35
掘進長(m)	14.00	揚水量(L/分)	31
決定地下水位(GL-m)	2.13	水質試験結果(健康7項目)	
推定帯水層厚(m)	11.87超	基準値との比較	すべて基準値未滿
水質試験用サンプル採水		ヘキサダイアグラム	
時刻	12時頃	図形の型	IV型(非炭酸ナトリウム型)
気温	25.6	地下水の分類	海水の影響を受けた不圧地下水
地下水温	20.3	地下水に対する海水の影響の目安	
濁度(NTU)	1.9	地下水⇔海水(0.5⇔200)	100.71

## (1) 地下水の考察

ボーリング調査では、本孔は掘進作業時に地下水の帯水層を確認したことから、岩盤深度までの掘進は行っていない。岩盤深度は、付近の既存資料より GL-25.00m 程度と推定される。岩盤深度までは概ね透水性の高い礫層および砂層が主体と推定されることから、本帯水層は比較的厚く連続して分布している可能性がある。

また、地形条件からは主に東側から西側にかけて谷地形が発達しており、これを涵養源として調査地の水辺低地に地下水が流下・分布していると考えられる。したがって、本地下水は東側から西側にかけての谷地形を涵養源とする不圧地下水(自由地下水)であると推定される。

水質分析の結果、ヘキサダイアグラムでは海水の影響を受けた水質型を示した。調査地が海岸に近接していることから、潮汐に伴う海水の混入の影響を受けている可能性が高い。このことから、地下水位のみならず地下水温についても、潮汐や季節変動の影響を受け、年間を通じて変動することが想定される。

以上より、本調査地の地下水は、主に東側から西側にかけて発達する谷地形を涵養源とする沖積層中に分布する不圧地下水(自由地下水)であり、海水の影響を受けつつも、比較的限定された範囲で連続する水理環境下にあると考えられる。

## (2) 本井戸における揚水可能量の推定

簡易揚水試験で得られた揚水量 ( $Q=31\text{L/分}$ ) を基に、本井戸施工時に想定される揚水可能量の概算評価を行った。簡易揚水試験では、使用した地上設置型揚水ポンプの揚水能力に限界があったため、調査地において揚水量の算定に必要な詳細な水理データは把握できていない。したがって、井戸径の効果のみで揚水可能量を推定した。

自由面帯水層から採水する浅井戸、被圧帯水層から採水する深井戸の水理公式は、揚水中における帯水層内の水の流れが層流である仮定において、

$$Q = \frac{\pi \left( \frac{b_1 + b_2}{b_1} \right) T s}{\ln(R/r_w)}$$

- $b_1$  : 揚水前における飽和層厚  
 $b_2$  : 揚水中における飽和層厚  
 $R$  : 影響圏の半径  
 $r_w$  : 井戸の半径

図 4-5-9 揚水量の算定式 (4-5-9)

揚水量  $Q$  は上の図(図 4-5-9)で表され、帯水層の定数 ( $T$ )、理論水位降下 ( $s$ )、揚水前における飽和層厚 ( $b_1$ )、揚水中における飽和層厚 ( $b_2$ ) が全て同じであると仮定すると、

$$Q \propto \frac{1}{\ln(R/r_w)}$$

となるため、井戸の半径  $r_w$  の違いによる増加倍率は、

$$\frac{Q_{300}}{Q_{60}} = \frac{\ln(R/r_{60})}{\ln(R/r_{300})}$$

で概算することができる。

- $\phi 60\text{mm}$  (直径 0.06m)  $\rightarrow r_{60} = 0.03\text{m}$
- $\phi 300\text{mm}$  (直径 0.30m)  $\rightarrow r_{300} = 0.15\text{m}$

影響圏の半径  $R$  は井戸構造や現場条件で変わるため、一般的な範囲 (10~100m) で示すと、

- $R = 10\text{m}$ :  $\ln(10/0.03) = 5.81$ 、 $\ln(10/0.15) = 4.20$   $\rightarrow$  1.38 倍
- $R = 100\text{m}$ :  $\ln(100/0.03) = 8.11$ 、 $\ln(100/0.15) = 6.50$   $\rightarrow$  1.25 倍

径の効果のみを考慮した場合、揚水量は概ね 1.25~1.38 倍程度に増加すると見込まれる。簡易揚水試験において確認された揚水量は 31L/分であったことから、井戸径を  $\phi 300\text{mm}$  とした場合、最低でも 38.8~42.8L/分以上の揚水量が期待される。

本推定に用いた理論式は、均一・等方な帯水層および定常流を仮定した理想化条件のもとで導かれたものである。実際の本井戸施工時には、井戸構造の違いや潮汐・季節条件に伴う地下水位変動等の影響を受ける可能性がある。このため、本推定値はあくまで参考値・概算値として取り扱うべきものである。

### (3) 養殖事業等の地下水利用に関する留意事項

本調査は、降雨期にあたり地下水位が比較的高いと考えられる9月に実施したが、その時点においても海水由来イオンの濃度が高い水質であることが確認された。渇水期にあたる冬季には地下水位の低下に伴い、さらなる塩水化の進行する可能性がある。したがって、養殖事業等において地下水を利用する場合には、ナトリウムイオン( $\text{Na}^+$ )および塩化物イオン( $\text{Cl}^-$ )濃度の季節変動の把握に加え、地下水位、水温および水質の継続的なモニタリングを実施する必要があると考える。

また、地形条件および涵養状況の違いにより、地下水と海水の混合比は井戸施工位置によって異なる可能性がある。水涵養の影響が相対的に小さいと考えられる漁港北側の山地の尾根部周辺では、海水由来成分の割合が高まる可能性がある。加えて、岩盤までの深度が浅いことも想定されることから、養殖事業に必要な地下水を確保するための十分な帯水層厚が得られない可能性がある点に留意する必要がある。

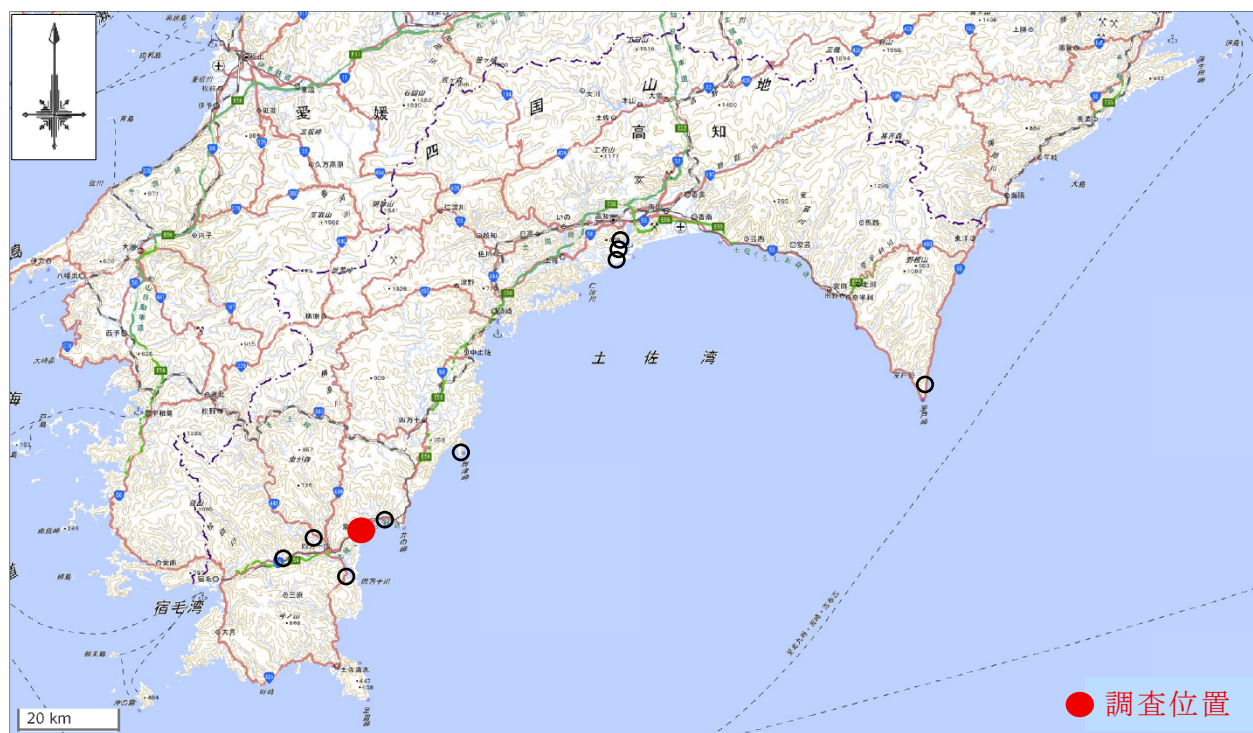


図 4-5-10 調査位置図 (4-5-10)

本井戸の供用にあたっては、周辺における既存井戸の位置、深度、揚水量および利用形態等の地下水利用状況を把握し、本井戸との水理的關係を整理する必要がある。

また、供用後は本井戸の揚水に伴う地下水位低下および水質変化の影響範囲を把握するため、周辺井戸を含めた地下水位および主要水質項目について継続的な観測を行い、影響の有無を確認することが重要である。

## 4. 6. TN-No. 1 (高知県幡多郡黒潮町田野浦)



調査地位置図

出典：電子国土 Web 国土地理院より加筆

<https://maps.gsi.go.jp/>

調査結果一覧表

ボーリング調査結果		原位置試験	
孔番	TN-No.1	実施日	R7.9.16
調査地区	黒潮町田野浦	試験時の潮汐	干潮→満潮
調査期間	R7.9.9～R7.9.16	試験区間(GL-m)	1.00～8.00
所有地	公有地	試験方法	測定用パイプ(VP50)
調査地の地形	旧水部	現場透水試験結果	
確認された地質	沖積層・有岡層	透水係数k(m/s)	8.33E-05
緯度	32° 59' 57.3996"	透水性の評価	中位
経度	133° 00' 20.5477"	簡易揚水試験結果	
孔口標高(T.P.m)	2.45	試験時間	9:00-11:00
掘進長(m)	14.00	揚水量(L/分)	31
決定地下水位(GL-m)	2.15	水質試験結果(健康7項目)	
推定帯水層厚(m)	6.65	基準値との比較	鉄のみ超過(約1.4倍)
水質試験用サンプル採水		ヘキサダイアグラム	
時刻	12時頃	図形の型	IV型(非炭酸ナトリウム型)
気温	32.0	地下水の分類	海水
地下水温	24.9	地下水に対する海水の影響の目安	
濁度(NTU)	1.9	地下水⇄海水(0.5⇄200)	207.41

## 4.6.1. 調査位置

ボーリング調査位置の諸元を下表(表 4-6-1)に、調査位置平面図を下図(図 4-6-1)に示す。調査地は田野浦漁港内に位置する。ボーリング位置は、あらかじめ漁港管理者の承諾を得たうえで、調査職員との現地協議のもと決定した。また、ボーリング位置の座標および地盤標高は、VRS による RTK 測量により求めた。

表 4-6-1 ボーリング調査位置の諸元

孔番	調査位置(座標)		緯度・経度		孔口標高 (T.P.m)	掘進長 (m)	原位置試験
	X座標	Y座標	緯度	経度			
TN-No.1	28.4102	-46189.1970	32° 59' 57.3996"	133° 00' 20.5477"	2.45	14.00	現場透水試験(回復)・簡易揚水試験

※柱状図の記載標高は、小数点第 3 位を四捨五入。緯度経度は、小数点第 5 位を四捨五入表記。



図 4-6-1 調査位置平面図 (4-6-1)

4.6.2. 調査地の地形・地質

(1) 調査地の地形

調査地の地形は、旧水部に属する。旧水部とは、旧版地形図や古い空中写真等の資料から、かつて海や河川等の水辺であったことが確認できる土地として区分される。調査地は、漁港整備に伴い人工的に埋立てが行われ、現在の地形が形成されている。

また、漁港周辺は段丘地形<sup>\*1</sup>に囲まれており、西側の氾濫平野や砂州から供給された砂や泥が、調査地に流入・堆積しているものと考えられる。



図 4-6-2 調査地周辺の地形図 (4-6-2)

<sup>\*1</sup> 段丘とは河川や海岸沿いに発達する地形で、平坦な面(段丘面)と急な崖(段丘崖)が階段状に連なる地形である。主に、河川沿いに形成される河岸段丘と、海岸沿いに形成される海岸段丘に区分される。

(2) 調査地の地質

調査地を含む周辺の地質は、四万十帯南帯に属する有岡層に相当すると考えられる。有岡層は、主に塊状黒色砂質泥岩からなり、多量の砂岩および緑色岩や緑灰色珪質頁岩のレンズ状小岩体を含む。全体がせん断された混在岩相を示す。黒色砂岩泥岩からは白亜紀最末期(約6,600 万年前)の放射虫化石を産する。



図 4-6-3 調査地周辺の地質図 (4-6-3)

(4-6-2) 電子国土 Web 国土地理院より加筆

(4-6-3) 四国地方土木地質図(凡例); 四国地方土木地質図編纂委員会: 平成10年3月より加筆

## 4.6.3. ボーリング結果

本業務で実施した調査ボーリングの結果、盛土層(BS)、第一礫質土層(Ag1)、砂質土層(As)、第二礫質土層(Ag2)、粘性土層(Am)、第三礫質土層(Ag3)の計6層の未固結土層と基盤岩(Ms)を確認した。

本孔の掘止深度は、調査職員との協議のうえ、基盤岩(Ms)を0.60m確認した時点とした。

下表(表4-6-2)に大別した地質層序を一覧にまとめた。次頁からはボーリング孔についてまとめる。

表4-6-2 地質層序一覧表(TN-No.1)

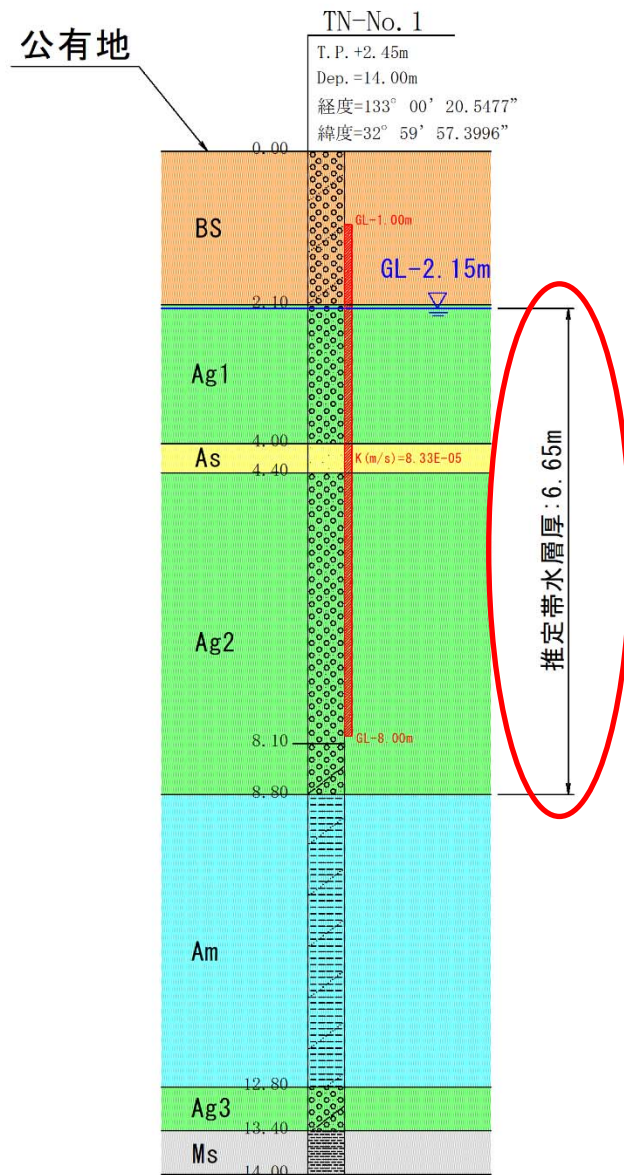
地層名	地層記号	深度(GL-m) 【層厚(m)】	記事
盛土層 (埋め土)	BS	0.00~2.10 (2.10)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 盛土材料は、礫径がφ2~30mm程度の角礫を主体とする砂混じり礫である。</li> <li>■ 砂の粒径は中砂主体である。</li> <li>■ GL-0.55~1.00m間では礫分が優勢となり、GL-1.10~1.30m間では砂分が優勢となる。</li> </ul>
第一礫質土層	Ag1	2.10~4.00 (1.90)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ コア観察による土質は暗灰~暗黄灰色を呈する砂礫である。</li> <li>■ 砂の粒径は細砂~中砂主体である。</li> <li>■ 礫径はφ2~30mm程度、形状は垂角礫~垂円礫が主体である。部分的に、MAX50mm程度の粗礫を確認した。</li> <li>■ 局所的に、細粒分を少量含む。</li> </ul>
砂質土層	As	4.00~4.40 (0.40)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ コア観察による土質は暗灰色を呈する砂である。</li> <li>■ 均一な砂で、粒径は細砂~中砂主体である。</li> <li>■ 所々、貝殻片が混入する。</li> </ul>
第二礫質土層	Ag2	4.40~8.80 (4.40)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ コア観察による土質は暗灰~茶灰色を呈する質礫が主体である。</li> <li>■ 砂は中砂主体、粒径は中砂~細砂へ遷移する。</li> <li>■ 礫径はφ2~20mm程度、形状は円礫~垂角礫へ遷移する。</li> <li>■ GL-8.10~8.80m間は細粒分が混じり、GL-8.10~8.30m間では細粒分が優勢となる。</li> <li>■ 所々、貝殻片が混入する。</li> </ul>
粘性土層	Am	8.80~12.80 (4.00)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ コア観察による土質は暗灰色を呈する砂混じりのシルトである。</li> <li>■ 細粒分は概ね均一で、粘性が強く指圧で変形する。</li> <li>■ 砂の粒径は細砂主体である。</li> </ul>
第三礫質土層	Ag3	12.80~13.40 (0.60)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ コア観察による土質は暗灰色を呈するシルト混じりの砂礫である。</li> <li>■ 砂の粒径は細砂主体である。</li> <li>■ 礫径はφ2~15mm程度、形状は垂円礫が主体である。</li> <li>■ 全体的に、細粒分を含む。</li> </ul>
基盤岩	Ms	13.40~14.00 (0.60)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 基盤岩は塊状~砂状コアで採取される泥岩である。</li> <li>■ 岩級区分は、著しい風化により固結度が低いことから、D級と評価した。</li> </ul>

TN-No. 1 : GL-0.00-14.00m (孔口標高 : TP+2.45m、掘進長 : 14.00m)

深度 (m)	土質区分	コア写真	原位置試験	地質層序
0.00				<p><b>盛土(BS) : GL-0.00~2.10m</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>盛土材料は、礫径がφ2~30 mm程度の角礫を主体とする砂混じり礫である。</li> <li>砂の粒径は中砂主体。GL-0.55~1.00m 間では礫分が優勢となり、GL-1.10~1.30m 間では砂分が優勢となる。</li> </ul> <p><b>第一礫質土層(Ag1) : GL-2.10~4.00m</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>コア観察による土質は暗灰~暗黄灰色を呈する砂礫である。</li> <li>砂の粒径は細砂~中砂主体である。</li> <li>礫径はφ2~30 mm程度、形状は垂角礫~垂円礫が主体である。部分的に、MAX50 mm程度の粗礫を確認した。局所的に、細粒分を少量含む。</li> </ul> <p><b>砂質土層(As) : GL-4.00~4.40m</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>コア観察による土質は暗灰色を呈する砂である。</li> <li>均一な砂で、粒径は細砂~中砂主体である。所々、貝殻片が混入する。</li> </ul> <p><b>第二礫質土層(Ag2) : GL-4.40~8.80m</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>コア観察による土質は暗灰~茶灰色を呈する質礫が主体である。</li> <li>砂は中砂主体、粒径は中砂~細砂へ遷移する。</li> <li>礫径はφ2~20 mm程度、形状は円礫~垂角礫へ遷移する。GL-8.10~8.80m 間は細粒分が混じり、GL-8.10~8.30m 間では細粒分が優勢となる。所々、貝殻片が混入する。</li> </ul> <p><b>粘性土層(Am) : GL-8.80~12.80m</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>コア観察による土質は暗灰色を呈する砂混じりのシルトである。細粒分は概ね均一で、粘性が強く指圧で変形する。</li> <li>砂の粒径は細砂主体である。</li> </ul> <p><b>第三礫質土層(Ag3) : GL-12.80~13.40m</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>コア観察による土質は暗灰色を呈するシルト混じりの砂礫である。</li> <li>砂の粒径は細砂主体。礫径はφ2~15 mm程度、形状は垂円礫が主体である。全体的に、細粒分を含む。</li> </ul> <p><b>基盤岩(Ms) : GL-13.40~14.00m</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>基盤岩は塊状~砂状コアで採取される泥岩である。</li> <li>岩級区分は、著しい風化により固結度が低いことから、D 級と評価した。</li> </ul>
2.10	砂混じり礫		1m	
4.00	砂礫		2m	
4.40	砂		3m	
8.10	砂礫		4m	試験深度: GL-1.00~8.00m
8.80	シルト混じり砂礫		5m	簡易揚水試験
12.80	砂混じりシルト		6m	現場透水試験(回復法)
13.40	シルト混じり砂礫		7m	
14.00	強風化泥岩		8m	
			9m	
			10m	
			11m	
			12m	
			13m	
		14m		

**【ボーリング期間中の孔内水位】** 孔内水位は掘進作業前、作業後に触針式水位計を用いて計測している。  
 地下水位観測で確認できたボーリング作業前の孔内水位は GL-2.15m であった。

# 地質断面図 S=1:100 TN-No. 1



本調査で実施したボーリングデータを基に、地質断面図を作成した。なお、地質断面図の電子データは電子成果品に格納した。

決定地下水位は、ボーリング掘進が進み、孔内状況が安定した最終日の作業前水位である GL-2.15m を採用した。

本孔における地下水は、第一礫質土層 (Ag1) から第二礫質土層 (Ag2) にかけて流動する自由地下水 (不圧地下水)<sup>※1</sup> であると考えられる。また、粘性土層 (Am) の下位には第三礫質土層 (Ag3) の透水層が認められたが、層厚が薄く、ボーリング掘進時にも被圧地下水の存在を示唆する孔内水位の上昇等は認められなかったことから、被圧地下水<sup>※2</sup> は流動していないものと判定した。したがって、帯水層厚は決定地下水位から不透水層である粘性土層 (Am) までの 6.65m と推定した。

後述する原位置試験の試験区間については、地下水の主な流動層が決定地下水位 (GL-2.15m) に相当する第一礫質土層 (Ag1) およびその下位に分布する砂質土層 (As)、第二礫質土層 (Ag2) のいずれかに該当する可能性があるため、主な流動層の把握に加え、上位層との連続性を確認することを目的として、試験区間を広く設定し、GL-1.00~8.00m とした。

次頁より、原位置試験結果および水質試験結果を示す。

※1 不圧地下水 (自由地下水) は、上部に不透水層を有さず、大気圧の影響を直接受ける地下水である。地下水面 (自由水面) を有し、その水位は降雨や河川水位の変動等の影響を受けやすい。主に砂層や礫層などの透水性の高い地層中を流動し、浅層部に分布することが多い。  
また、不圧地下水の水位は観測井戸において実際の地下水面として確認され、揚水時には地下水面が低下する。一般に氾濫平野や自然堤防、砂州・砂丘等の沖積低地に広く分布する。

※2 被圧地下水は、上下を不透水層または難透水層に挟まれた透水層中に存在する地下水であり、地層中で圧力を受けた状態にある地下水である。観測井戸を掘削した際には、帯水層内の圧力により孔内水位が帯水層上面より高く上昇することがある。  
また、被圧地下水は地層の連続性や地形条件により広範囲に分布する場合があります。揚水時の水位低下挙動や周辺井戸への影響範囲が不圧地下水とは異なる特徴を有する。

地質区分凡例	
BS	盛土層 (埋め土)
Am	粘性土層
As	砂質土層
Ag	礫質土層
Ms	基盤岩

高 知 県			
工事種別	陸上養殖候補地調査委託業務		
図面名称	地質断面図	縮尺	S=1:100
路線河川名			
工事箇所	高知県 幡多郡 黒潮町 田野浦		
設計種別			
事務所名	高知県水産振興部 水産業振興課	図面 番号	6 12
会社名	株式会社 相 愛		

図 4-6-4 地質断面図 (TN-No. 1)

4.6.4. 現場透水試験結果

右表(表 4-6-3)に現場透水試験結果を示す。本孔では、揚水により水位を低下させ、平衡水位に回復するまでの時間を計測する回復法を採用した。

①解析区間は、揚水停止直後の回復挙動が透水特性を最もよく反映すると考え、 $t_1=0$ とした。また、 $\log s-t$  曲線において直線関係が成立する区間が  $t=0 \sim 10(sec)$ であったことから、 $t_2=10$ と設定した。

②透水係数  $k(m/s)$ は次式により算定した。本試験は測定用パイプ VP50 を使用して実施した。VP50 の内径  $d$  は  $0.051m$ 、孔径  $D$  は  $0.060m$  である。

③ 透水係数  $k(m/s)$  は  $8.33 \times 10^{-5}$  と算定された。下表(表 4-6-4)に示す参考値と比較すると、調査地の透水性は「中位」の範囲に相当する。

表 4-6-3 現場透水試験結果表

現場透水試験結果表 (JGS 1314-非定常法/直線勾配法)			
調査件名	陸上養殖候補地調査委託業務		
ボーリング番号	TN-No. 1	平衡水位 (GL-m)	試験前 2.45
試験年月日	2025/9/16	ケーシング内径 $d$ (m)	0.0510
試験者		孔径 $D$ (m)	0.060
試験方法	回復法	試験区間の地質	砂混じり礫～砂礫
試験区間 (GL-m)	上端 1.000 下端 8.000	天候	晴
試験区間長 $L$ (m)	7.00	$\log s-t$ 曲線の直線部の勾配 $a$	0.143136376
		透水係数 $k$ (m/s)	③ 8.33E-05
経過時間 $t$ (sec)	孔内水位 $h$ (GL-m)	平衡水位との水位差 $s$ (m)	
0	2.72	0.270	
10	2.46	0.010	
20	2.46	0.010	
30	2.46	0.010	
40	2.45	0.000	
50	2.45	0.000	
60	2.45	0.000	
120	2.45	0.000	
180	2.45	0.000	
240	2.45	0.000	
300	2.45	0.000	

h-t曲線  
時間  $t$  (s)

logs-t曲線の直線部の勾配  $a$  の決定 (下図より)

$$a = \log(s_1/s_2) / (t_2 - t_1)$$

$t_1$	0
$t_2$	10
$s_1$	0.270
$s_2$	0.010
$a$	0.143136376

Logs-t曲線

採用した直線部の勾配  $a$

(a) 非定常法

計算式:  $k = (2.3 * d^2 / 8L) * \log(2L/D) * a = 8.3279E-05$  (m/s) ②

備考

表 4-6-4 透水係数  $k(m/s)$  と対応する地盤の種類参考表 (4-6-4)

	$10^{-11}$	$10^{-10}$	$10^{-9}$	$10^{-8}$	$10^{-7}$	$10^{-6}$	$10^{-5}$	$10^{-4}$	$10^{-3}$	$10^{-2}$	$10^{-1}$	$10^0$
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		砂及び礫			清浄な礫				

8.33E

4.6.5. 簡易揚水試験結果

地上設置型揚水ポンプの限界揚水量(Q=31L/分)で連続揚水を行った結果、水位低下量は-0.09~0.40m(平均 0.28m)で安定し、持続的な揚水が可能であることが確認された。また、試験終了後に回復試験を実施したところ、揚水停止後1分で自然水位GL-2.45mまで回復した。次頁に、簡易揚水試験測定結果表(表 4-6-5)を示す。

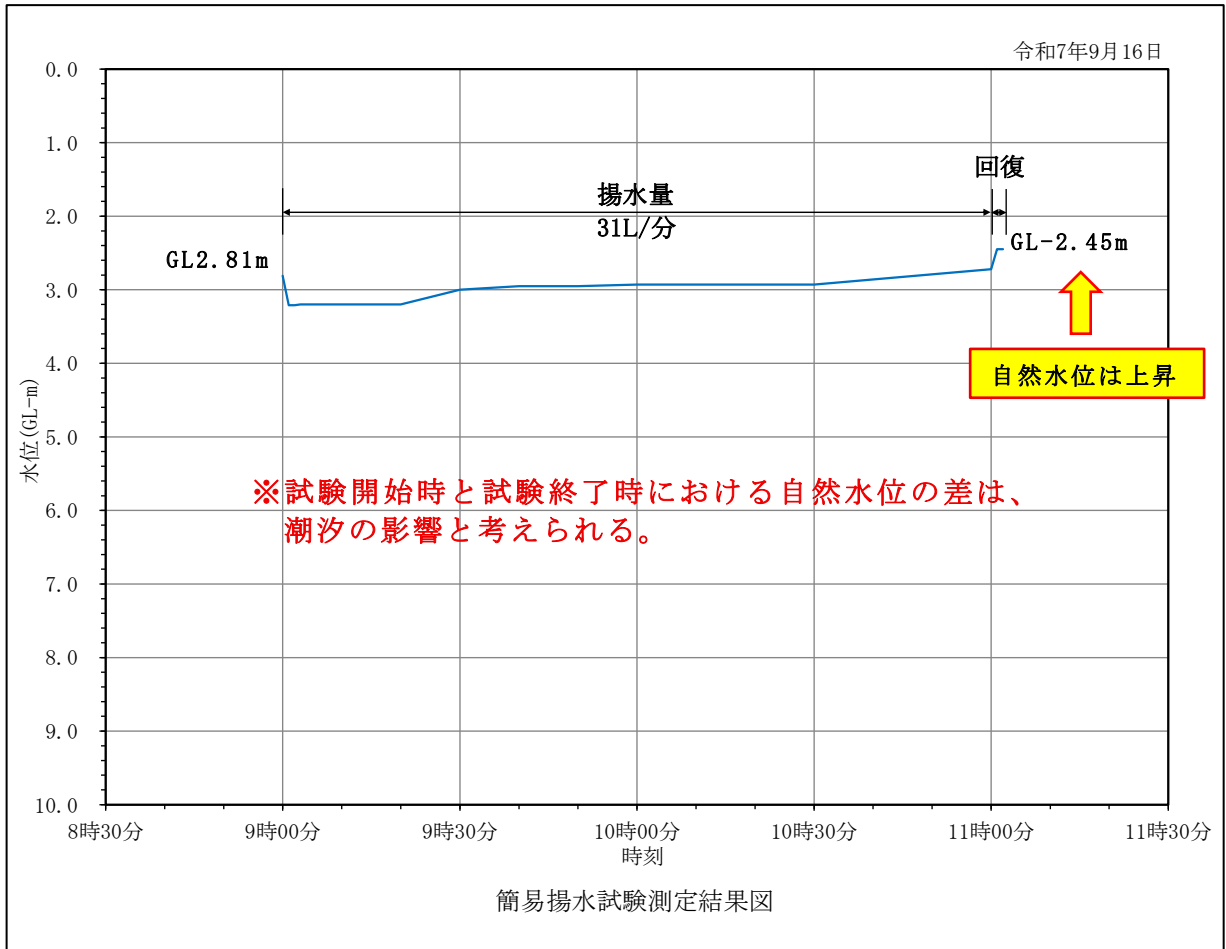


図 4-6-5 簡易揚水試験測定結果図

試験開始時と試験終了時における自然水位の差は、潮汐の影響によるものと考えられる。右図(図 4-6-6)によれば、試験開始時は満潮に向かう時間帯であった。地下水水位と潮位はいずれも上昇しており、調査地が漁港内に位置し、後述する水質試験結果においても海水の影響が確認されていることから、潮汐の影響が及んでいることが示唆される。

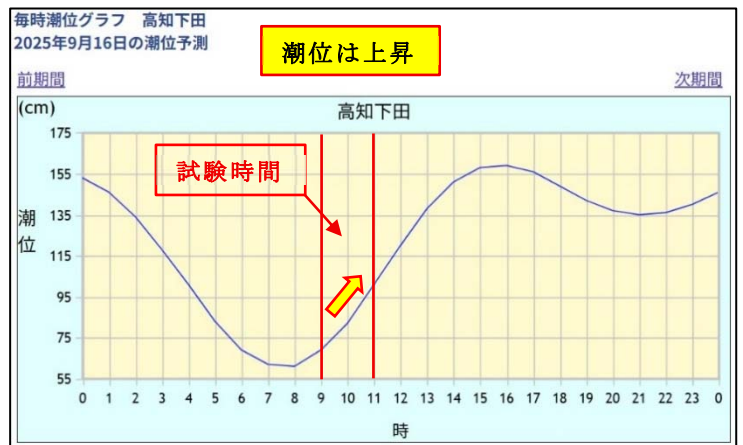


図 4-6-6 試験時における毎時潮位グラフ (4-6-5)



#### 4.6.6. 水質試験結果

##### (1) 水質試験方法および採水条件

水質試験用サンプルの採水は、前述の原位置試験（簡易揚水試験および現場透水試験）終了後、濁度計を用いて調査孔から汲み上げた地下水の清澄化を確認したうえで実施した。地下水の水温は濁度計の測定値を採用した。なお、水質分析は（一社）高知県食品衛生協会 食品検査センターに依頼した。採水条件表を下表（表 4-6-6）に、採水作業状況は下写真（写真-採水作業状況）に示す。

表 4-6-6 採水条件表

採水箇所	採水日	採水時刻	気温(°C)	水温(°C)	濁度(NTU)
TN-No.1	2025年9月16日	12時頃	32.0	24.9	1.9



写真 採水作業状況

調査地は海岸に近接しており、潮位の変動に伴う海水の影響により水質が変動する可能性がある。このため、本調査における採水時の毎時潮位の変動状況を下図（図 4-6-7）に示す。下図によれば、採水時刻は満潮に向かう時間帯であった。

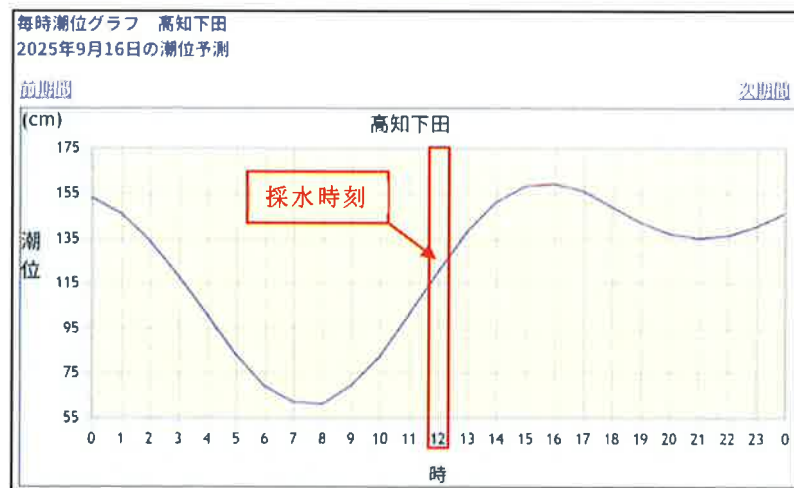


図 4-6-7 採水時における毎時潮位グラフ (4-6-6)

## (2) 水質試験結果の検討

## ① 健康項目

本調査において健康項目として指定されている7項目について、水道法第4条の規定に基づく「水質基準に関する省令」で定められている水質基準項目を参考値として、分析結果を評価した(表4-6-7)。

水質分析の結果、ほぼすべての項目で基準値以下であったが、鉄のみ僅かに基準値を超過する数値が検出された。

表 4-6-7 水質試験健康項目および基準値<sup>(4-6-7)</sup>と分析結果

項目	基準値 (mg/L以下)	TN-No. 1	
		分析結果 (mg/L)	判定
カドミウム	0.003	<0.003	基準値未満
鉛	0.01	<0.005	基準値未満
六価クロム	0.02	<0.005	基準値未満
水銀	0.0005	<0.00005	基準値未満
ヒ素	0.01	<0.005	基準値未満
シアン	0.01	<0.001	基準値未満
鉄	0.3	0.43	基準超過

## ② ヘキサダイアグラム

水質分析の結果を基に、水質ダイアグラム(ヘキサダイアグラム)を作図し、分析結果を可視化した。作図にあたっては、各成分の分析結果を等量単位に変換した(表4-6-8)。

ヘキサダイアグラムの図形はIV型(非炭酸ナトリウム型)を示した。IV型はナトリウムイオン( $\text{Na}^+$ )および塩化物イオン( $\text{Cl}^-$ )が卓越する水質型であり、海岸域において海水の影響(海水混入)を受けた地下水であると推察される。

表 4-6-8 水質分析値および等量単位

項目	TN-No. 1	
	分析値 (mg/L)	等量単位 (meq/L)
ナトリウムイオン( $\text{Na}^+$ )	10100.0	439.350
カリウムイオン( $\text{K}^+$ )	378.0	9.669
カルシウムイオン( $\text{Ca}^{2+}$ )	374.0	18.663
マグネシウムイオン( $\text{Mg}^{2+}$ )	1170.0	96.279
塩化物イオン( $\text{Cl}^-$ )	18800.0	530.348
炭酸水素イオン( $\text{HCO}_3^-$ )	156.0	2.557
硫酸イオン( $\text{SO}_4^{2-}$ )	2600.0	54.132
硝酸イオン( $\text{NO}_3^-$ )	0.2	0.003

<sup>(4-6-7)</sup> 環境省 Web 水質基準項目と基準値(51項目)より抜粋

地下水に対する海水の影響の程度は、 $Cl^{-}/(CO_3^{2-}+HCO_3^{-})$ の当量比を用いて、6段階に分類することが可能である。

本調査では、炭酸イオン( $CO_3^{2-}$ )は水質試験の対象項目に含まれていない。一般に、日本の地下水における炭酸イオン( $CO_3^{2-}$ )の濃度は0～数mg/L程度とされる。例外として、火山地域のアルカリ性地下水、石灰岩地域、強アルカリ性の温泉水等が分布する地域では炭酸イオン( $CO_3^{2-}$ )が有意となる場合がある。

しかし、前述の地質概要およびボーリング調査結果から、本調査地にそのような特徴は認められないと判断される。以上を踏まえ、便宜上、炭酸イオン( $CO_3^{2-}$ )の分析値を0mg/Lとして算出した。

$$Cl^{-}/(CO_3^{2-}+HCO_3^{-})=530.348/(0+2.557)=207.41(\text{meq/L})$$

表 4-6-9 地下水に対する海水の影響の目安 <sup>(4-6-8)</sup>

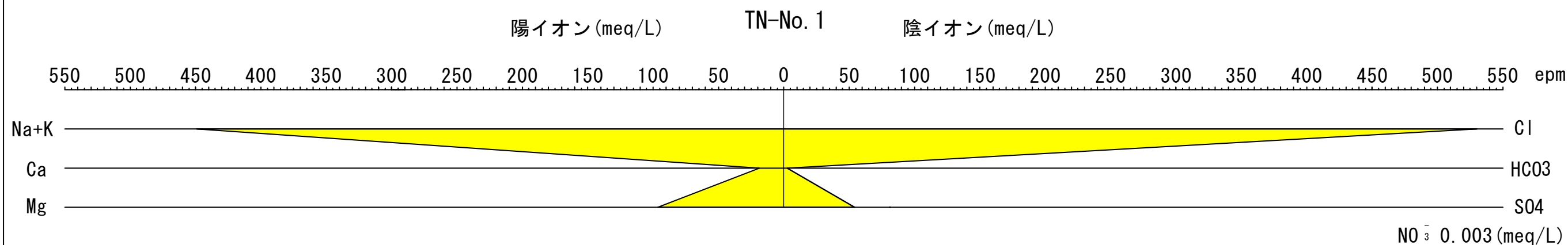
$Cl/(CO_3+HCO_3)$	汚 染 の 程 度
0.5	ふつうの汚染されていない地下水
1.3	少し汚染されている地下水
2.8	中ぐらいの汚染をうけた地下水
6.6	相当汚染された地下水
15.5	最もひどく汚染された地下水
<b>207.41</b> <b>200±</b>	<b>海水</b>

※上記の表は、地下水の塩水化(文献上は汚染と表記)の指標を表した参考表である。

算出結果を表4-6-9と照合したところ、海水の影響の程度は207.41を示し、『海水』に相当する結果となった。

次頁より作図したヘキサダイアグラムおよび水質試験検査成績書を示す。

# ヘキサダイアグラム TN-No. 1



## 凡例

調査場所	試験名	採水日	分析値							
			Na <sup>+</sup> (mg/L)	K <sup>+</sup> (mg/L)	Ca <sup>2+</sup> (mg/L)	Mg <sup>2+</sup> (mg/L)	Cl <sup>-</sup> (mg/L)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)
黒潮町田ノ浦	TN-No. 1	R. 7. 9. 16	10100.0	378.0	374.0	1170.0	18800.0	156.0	2600.0	0.2

I 型	II 型	III 型	IV 型

### I 型 炭酸カルシウム型

最も一般的な地下水。汚染を受けていない自由地下水。補給地帯またはそれに隣接する地帯の被圧地下水。浅い地下水や河川水がこの領域に多く分類される。

### II 型 炭酸ナトリウム型

地下水の補給地帯から遠い、例えば盆地の中央部・海岸地帯に分布する一般的な被圧地下水。停滞した深層の地下水に多い型である。

### III 型 非炭酸カルシウム型

鉱山廃水、主に第四系火山起源の水(温泉水・鉱泉水)、またはそれによって汚染された地下水。地すべり地、炭田地帯の自由面地下水。海岸地帯の塩水化地下水。温泉水などに見られる。

### IV 型 非炭酸ナトリウム型

主に第三系の水(温泉水・鉱泉水)、またはそれによって汚染された地下水。炭田地帯の被圧地下水。海岸地帯の塩水化地下水。島の水(地表水を含む)。海水が混入した地下水などに多い型である。

各イオン	Na <sup>+</sup> (mg/L)	K <sup>+</sup> (mg/L)	Ca <sup>2+</sup> (mg/L)	Mg <sup>2+</sup> (mg/L)	Cl <sup>-</sup> (mg/L)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)
分子量	22.99	39.098	40.078	24.305	35.453	61.02	96.06	62.00
電荷数	1	1	2	2	1	1	2	1

調査場所	試験名	採水日	分析値								陽イオン 合計 (meq/L)	陰イオン 合計 (meq/L)
			陽イオン				陰イオン					
			Na <sup>+</sup> (meq/L)	K <sup>+</sup> (meq/L)	Ca <sup>2+</sup> (meq/L)	Mg <sup>2+</sup> (meq/L)	Cl <sup>-</sup> (meq/L)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/L)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (meq/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/L)		
黒潮町田ノ浦	TN-No. 1	R. 7. 9. 16	439.350	9.669	18.663	96.279	530.348	2.557	54.132	0.003	563.961	587.040

等量単位 (meq/L) = 分析値 (mg/L) / (分子量 / 電荷数)

参考文献；改善地下水学要論 村下敏夫：昭和52年7月 p. 177-183

図 4-6-8 ヘキサダイアグラム

表 4-6-10 水質試験検査成績書

水質試験検査成績書			
依頼者	株式会社相愛 様		
種別	地下水	試験名	_____
受付日	2025年9月16日	採水日	2025年9月16日
採水場所	黒潮町田野浦漁港 TN-No. 1		
採水者	株式会社相愛		
項目名	分析値	項目名	分析値
ナトリウムイオン	10100 mg/L		以下余白
カリウムイオン	378 mg/L		
カルシウムイオン	374 mg/L		
マグネシウムイオン	1170 mg/L		
塩化物イオン	18800 mg/L		
炭酸水素イオン	156 mg/L		
硫酸イオン	2600 mg/L		
硝酸イオン	0.2 mg/L		
カドミウム	0.003 mg/L未満		
鉛	0.005 mg/L未満		
六価クロム	0.005 mg/L未満		
水銀	0.00005 mg/L未満		
ヒ素	0.005 mg/L		
シアン	0.001 mg/L未満		
鉄	0.43 mg/L		
試験期間	2025年 9月16日 ~ 2025年10月 2日		
特記事項	漁維第100号 陸上養殖候補地調査委託業務 採水者による現場測定：気温 32℃，水温 24.9℃ 上水試験方法に定める検査法準用		
2025年10月7日			
水道法第20条登録検査機関 登録番号：57 建築物飲料水水質検査業 高知県登録 〒780-0850 高知県高知市丸ノ内2丁目4番1号 一般社団法人高知県食品衛生協会			

## 4.6.7. 総合解析とりまとめ

調査結果を下表(表 4-6-11)にとりまとめた。

表 4-6-11 調査結果一覧表

ボーリング調査結果		原位置試験	
孔番	TN-No.1	実施日	R7.9.16
調査地区	黒潮町田野浦	試験時の潮汐	干潮⇒満潮
調査期間	R7.9.9～R7.9.16	試験区間(GL-m)	1.00～8.00
所有地	公有地	試験方法	測定用パイプ(VP50)
調査地の地形	旧水部	現場透水試験結果	
確認された地質	沖積層・有岡層	透水係数k(m/s)	8.33E-05
緯度	32° 59' 57.3996"	透水性の評価	中位
経度	133° 00' 20.5477"	簡易揚水試験結果	
孔口標高(T.P.m)	2.45	試験時間	9:00-11:00
掘進長(m)	14.00	揚水量(L/分)	31
決定地下水位(GL-m)	2.15	水質試験結果(健康7項目)	
推定帯水層厚(m)	6.65	基準値との比較	鉄のみ超過(約1.4倍)
水質試験用サンプル採水		ヘキサダイアグラム	
時刻	12時頃	図形の型	IV型(非炭酸ナトリウム型)
気温	32.0	地下水の分類	海水
地下水温	24.9	地下水に対する海水の影響の目安	
濁度(NTU)	1.9	地下水⇔海水(0.5⇔200)	207.41

## (1) 地下水の考察

ボーリング調査の結果、岩盤までの深度はGL-13.40mと比較的浅く、岩盤上に分布する未固結土層内に地下水が賦存していることが確認された。

水質分析の結果、ヘキサダイアグラムでは海水の影響を受けた水質型を示した。地下水に対する海水影響の指標では、「海水」に相当する区分を示した。また、下表(表 4-6-12)に示す海水の化学成分と本分析値を比較したところ、主要イオン成分は概ね海水と同等の濃度を示した。

表 4-6-12 海水の化学成分と本分析値の比較表<sup>(4-6-9)</sup>

項目	海水の化学成分 (g/kg)	海水の化学成分 (mg/L)	分析値 (mg/L)
ナトリウムイオン(Na <sup>+</sup> )	10.556	10556	10100
カリウムイオン(K <sup>+</sup> )	0.380	380	378
カルシウムイオン(Ca <sup>2+</sup> )	0.400	400	374
マグネシウムイオン(Mg <sup>2+</sup> )	1.272	1272	1170
塩化物イオン(Cl <sup>-</sup> )	18.980	18980	18800
炭酸水素イオン(HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	0.140	140	156
硫酸イオン(SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	2.469	2469	2600

(kg ⇔ L)

<sup>(4-6-9)</sup> 新版地下水調査法：理学博士 山本荘毅；昭和58年3月 p.370 の値(g/kg)を(mg/L)に換算

調査地は旧水部に位置し、漁港整備に伴い人工的に埋立てが行われて現在の地形が形成されている。このような立地条件を踏まえると、地下水が海水の影響を受けやすい水理環境下にあることは地形的にも整合的である。

これらのことから、本地下水は海水成分の寄与が卓越しており、本来の淡水成分は相対的に僅少な状態にあると考えられる。

調査地が海岸に近接していることから、潮汐に伴う海水の混入の影響を受けている可能性が高い。したがって、地下水位のみならず地下水温についても、潮汐や季節変動の影響を受け、年間を通じて変動することが想定される。

以上より、本調査地の地下水は、沖積層中に分布する海水成分が卓越した地下水であり、旧水部の埋立地という地形的背景を反映して、潮汐変動の影響を受ける水理環境にあると推定される。

## (2) 本井戸における揚水可能量の推定

揚水量については、地下水が海水の影響を強く受けていることから、養殖事業に必要な水量を確保できる可能性が高いと考えられる。

一方、本調査では地下水の限界揚水量を把握していないため、簡易揚水試験で得られた揚水量(Q=31L/分)を基に、本井戸施工時に想定される揚水可能量の概算評価を行った。簡易揚水試験では、使用した地上設置型揚水ポンプの揚水能力に限界があったため、調査地において揚水量の算定に必要となる詳細な水理データは把握できていない。したがって、井戸径の効果のみを考慮し、本井戸施工時における揚水可能量を概算的に推定した。

自由面帯水層から採水する浅井戸、被圧帯水層から採水する深井戸の水理公式は、揚水中における帯水層内の水の流れが層流である仮定において、

$$Q = \frac{\pi \left( \frac{b_1 + b_2}{b_1} \right) T_s}{\ln(R/r_w)}$$

- $b_1$  : 揚水前における飽和層厚
- $b_2$  : 揚水中における飽和層厚
- $R$  : 影響圏の半径
- $r_w$  : 井戸の半径

図 4-6-9 揚水量の算定式 <sup>(4-6-10)</sup>

揚水量  $Q$  は前頁の図(図 4-6-9)で表され、帯水層の定数( $T$ )、理論水位降下 ( $s$ )、揚水前における飽和層厚( $b_1$ )、揚水中における飽和層厚( $b_2$ )が全て同じであると仮定すると、

$$Q \propto \frac{1}{\ln(R/r_w)}$$

となるため、井戸の半径  $r_w$  の違いによる増加倍率は、

$$\frac{Q_{300}}{Q_{60}} = \frac{\ln(R/r_{60})}{\ln(R/r_{300})}$$

で概算することができる。

- ・  $\phi 60\text{mm}$  (直径 0.06m)  $\rightarrow r_{60} = 0.03\text{m}$
- ・  $\phi 300\text{mm}$  (直径 0.30m)  $\rightarrow r_{300} = 0.15\text{m}$

影響圏の半径  $R$  は井戸構造や現場条件で変わるため、一般的な範囲(10~100m)で示すと、

- ・  $R = 10\text{m}$ :  $\ln(10/0.03) = 5.81$ 、 $\ln(10/0.15) = 4.20$   $\rightarrow$  1.38 倍
- ・  $R = 100\text{m}$ :  $\ln(100/0.03) = 8.11$ 、 $\ln(100/0.15) = 6.50$   $\rightarrow$  1.25 倍

径の効果のみを考慮した場合、揚水量は概ね 1.25~1.38 倍程度に増加すると見込まれる。簡易揚水試験において確認された揚水量は 31L/分であったことから、井戸径を  $\phi 300\text{mm}$  とした場合、最低でも 38.8~42.8L/分以上の揚水量が期待される。

本推定に用いた理論式は、均一・等方な帯水層および定常流を仮定した理想化条件のもとで導かれたものである。実際の本井戸施工時には、井戸構造の違いや潮汐・季節条件に伴う地下水位変動等の影響を受ける可能性がある。このため、本推定値はあくまで参考値・概算値として取り扱うべきものである。

### (3) 養殖事業等の地下水利用に関する留意事項

本調査は、降雨期にあたり地下水位が比較的高いと考えられる 9 月に実施したが、その時点においても海水由来イオンの濃度が極めて高く、海水と同程度の水質であることが確認された。このことから、本地下水は海水の影響を強く受ける水理環境下にあると考えられる。したがって、養殖事業等において地下水を利用する場合には、ナトリウムイオン( $\text{Na}^+$ )および塩化物イオン( $\text{Cl}^-$ )濃度の季節変動の把握に加え、地下水位、水温および水質の継続的なモニタリングを実施する必要があると考える。

地下水と海水の混合比は井戸施工位置によって異なる可能性がある。淡水涵養の影響が相対的に大きくなる地点では、地下水由来成分の割合が高まる可能性があることに留意する必要がある。



図 4-6-10 調査位置図 (4-6-11)

健康項目 7 項目について環境省が定める基準値と照合したところ、鉄は基準値の約 1.4 倍を示した。このことから、養殖事業等において地下水を利用する場合には、必要に応じて除鉄処理を講じることが望ましいと考えられる。具体的には、曝気により溶存鉄 ( $\text{Fe}^{2+}$ ) を酸化させ不溶化した後、沈殿槽および砂ろ過設備等により除去する方法や、マンガン砂等の触媒ろ材を用いたろ過処理などが考えられる。

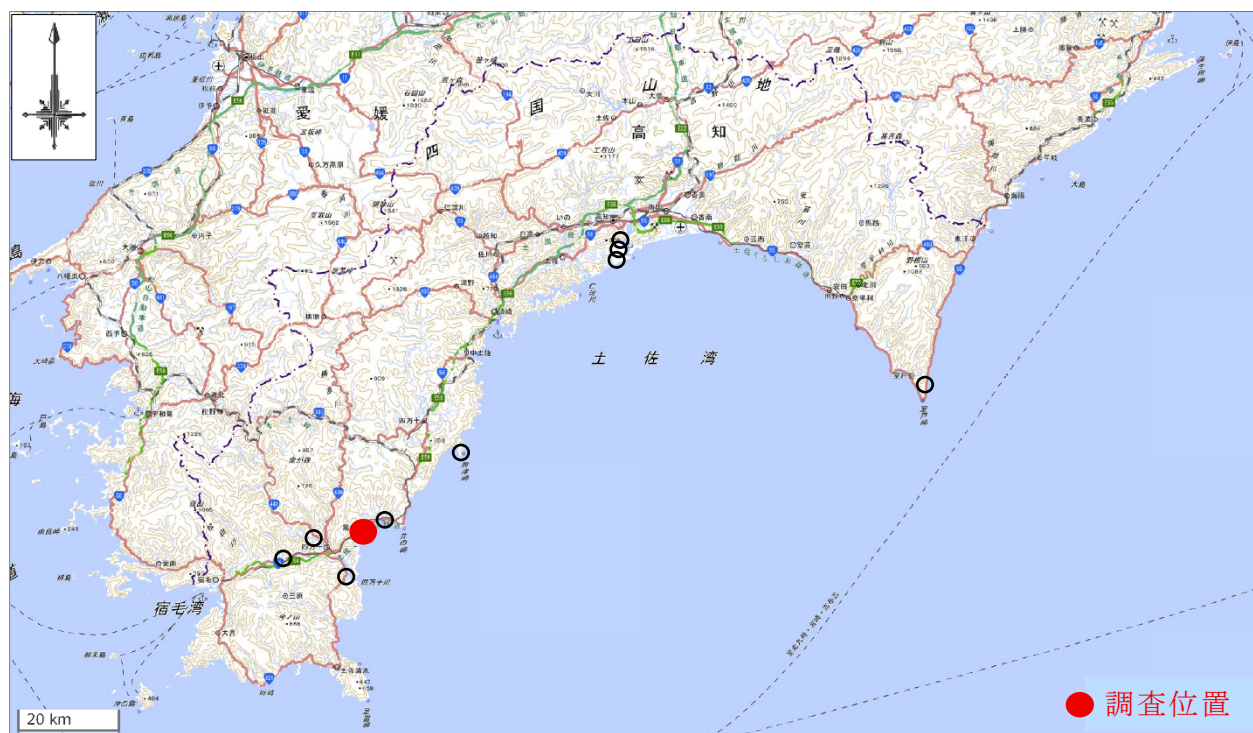
なお、鉄の形態(溶存態・懸濁態)、pH、溶存酸素濃度等の水質条件により処理方法や効率が異なるため、導入にあたっては簡易的な処理試験等により適用性を確認することが望ましい。

本井戸の供用にあたっては、周辺における既存井戸の位置、深度、揚水量および利用形態等の地下水利用状況を把握し、本井戸との水理的関係を整理する必要がある。

また、供用後は本井戸の揚水に伴う地下水位低下および水質変化の影響範囲を把握するため、周辺井戸を含めた地下水位および主要水質項目について継続的な観測を行い、影響の有無を確認することが重要である。

-以上-

## 4.7. TN-No. 2(高知県黒潮町田野浦)



調査地位置図

出典：電子国土 Web 国土地理院より加筆

<https://maps.gsi.go.jp/>

調査結果一覧表

ボーリング調査結果		原位置試験	
孔番	TN-No.2	実施日	R7.9.17
調査地区	黒潮町田野浦	試験時の潮汐	干潮⇒満潮
調査期間	R7.9.12～R7.9.17	試験区間(GL-m)	1.04～2.44
所有地	公有地	試験方法	測定用パイプ(VP50)
調査地の地形	旧水部	現場透水試験結果	
確認された地質	沖積層・有岡層	透水係数k(m/s)	4.70E-05
緯度	33° 00' 05.2564"	透水性の評価	中位
経度	133° 00' 18.9190"	簡易揚水試験結果	
孔口標高(T.P.m)	2.69	試験時間	10:10-10:21
掘進長(m)	3.40	揚水量(L/分)	1
決定地下水位(GL-m)	1.76	水質試験結果(健康7項目)	
推定帯水層厚(m)	0.59	基準値との比較	すべて基準値未滿
水質試験用サンプル採水		ヘキサダイアグラム	
時刻	13時頃	図形の型	I型(炭酸カルシウム型)
気温	33.0	地下水の分類	不圧地下水(自由地下水)
地下水温	35.2	地下水に対する海水の影響の目安	
濁度(NTU)	0.6	地下水⇄海水(0.5⇄200)	0.08

## 4.7.1. 調査位置

ボーリング調査位置の諸元を下表(表 4-7-1)に、調査位置平面図を下図(図 4-7-1)に示す。調査地は田野浦漁港内に位置する。ボーリング位置は、あらかじめ漁港管理者の承諾を得たうえで、調査職員との現地協議のもと決定した。また、ボーリングの座標および地盤標高は、VRS による RTK 測量により求めた。

表 4-7-1 ボーリング調査位置の諸元

孔番	調査位置(座標)		緯度・経度		孔口標高 (T.P.m)	掘進長 (m)	原位置試験
	X座標	Y座標	緯度	経度			
TN-No.2	270.6313	-46230.3353	33° 00' 05.2564"	133° 00' 18.9190"	2.69	3.40	現場透水試験(回復)・簡易揚水試験

※柱状図の記載標高は、小数点第3位を四捨五入。緯度経度は、小数点第5位を四捨五入表記。



図 4-7-1 調査位置平面図 (4-7-1)

#### 4.7.2. 調査地の地形・地質

##### (1) 調査地の地形

調査地の地形は、旧水部に属する。旧水部とは、旧版地形図や古い空中写真等の資料から、かつて海や河川等の水辺であったことが確認できる土地として区分される。調査地は、漁港整備に伴い人工的に埋立てが行われ、現在の地形が形成されている。

また、調査地は段丘崖の斜面に近接しており、後述するボーリング結果からも、同漁港内で先行した TN-No. 1 と比較して岩盤までの深度が浅いことが確認された。



図 4-7-2 調査地周辺の地形図 (4-7-2)

##### (2) 調査地の地質

調査地を含む周辺の地質は、四万十帯南帯に属する有岡層に相当すると考えられる。有岡層は、主に塊状黒色砂質泥岩からなり、多量の砂岩および緑色岩や緑灰色珪質頁岩のレンズ状小岩体を含む。全体がせん断された混在岩相を示す。黒色砂岩泥岩からは白亜紀最末期(約 6,600 万年前)の放射虫化石を産する。

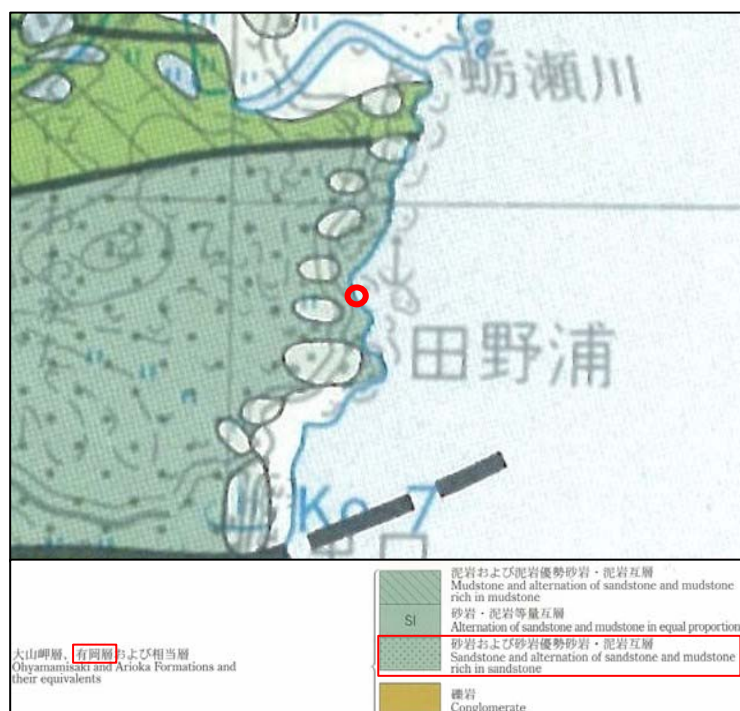


図 4-7-3 調査地周辺の地質図 (4-7-3)

(4-7-2) 電子国土 Web 国土地理院より加筆

(4-7-3) 四国地方土木地質図(凡例); 四国地方土木地質図編纂委員会: 平成 10 年 3 月より加筆

## 4.7.3. ボーリング結果

本業務で実施した調査ボーリングの結果、盛土層(BS)、礫質土層(Ag)、砂質土層(As)の計3層の未固結土層と基盤岩(Ms)を確認した。

本孔の掘止深度は、調査職員との協議のうえ、基盤岩(Ms)を1m程度確認した時点とした。

下表(表4-7-2)に大別した地質層序を一覧にまとめた。次頁からはボーリング孔についてまとめる。

表4-7-2 地質層序一覧表(TN-No. 2)

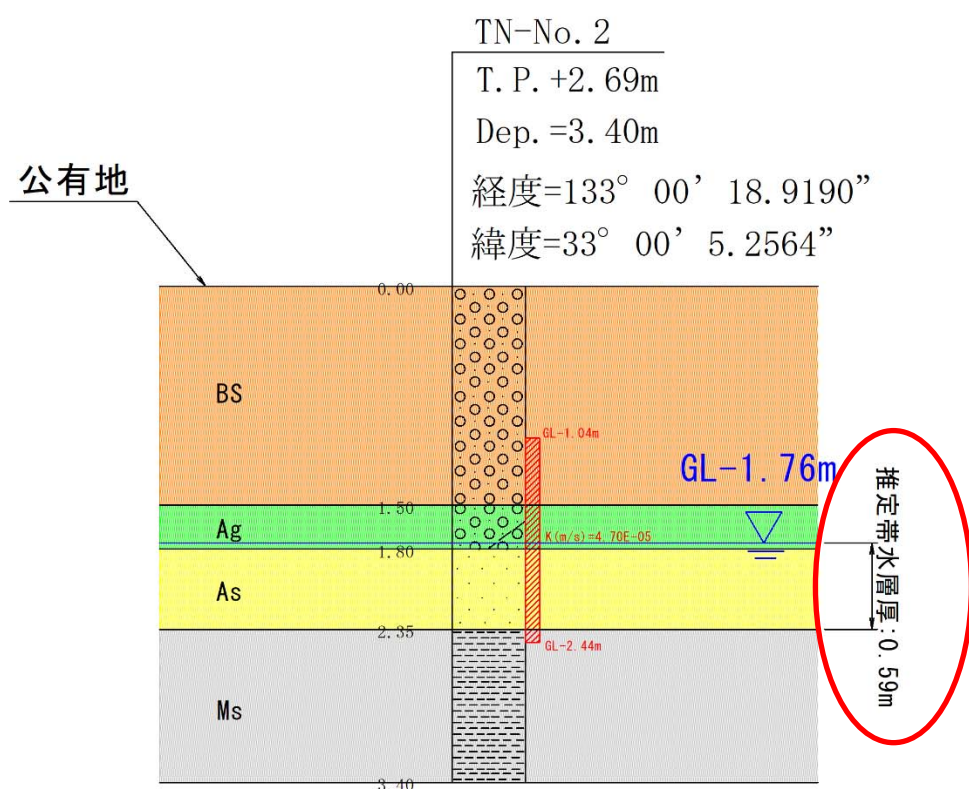
地層名	地層記号	深度(GL-m) 【層厚(m)】	記事
盛土層 (埋め土)	BS	0.00~1.50 (1.50)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 盛土材料は、礫径がφ2~30mm程度の角礫を主体とする砂礫である。</li> <li>■ 部分的に、礫径φ50mm程度の粗礫を含む。</li> <li>■ 砂の粒径は中砂主体である。</li> </ul>
礫質土層	Ag	1.50~1.80 (0.30)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ コア観察による土質は暗灰~茶灰色を呈するシルト混じりの砂礫である。</li> <li>■ 砂の粒径は細砂~中砂主体である。</li> <li>■ 礫径はφ2~30mm程度、形状は亜円礫が主体である。局所的に、φ40mm程度の粗礫を確認した。</li> <li>■ 全体的に、細粒分を含む。</li> </ul>
砂質土層	As	1.80~2.35 (0.55)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ コア観察による土質は暗黄灰色を呈する砂である。</li> <li>■ 砂の粒径は中砂主体である。</li> <li>■ 所々、礫径φ10~30mm程度の円礫を少量含む。</li> </ul>
基盤岩	Ms	2.35~3.40 (1.05)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 基盤岩は塊状~粘土状コアで採取される泥岩である。</li> <li>■ 岩級区分は、著しい風化により固結度が低いことから、D級と評価した。</li> </ul>

TN-No. 2 : GL-0.00-3.40m (孔口標高 : TP+2.69m、掘進長 : 3.40m)

深度 (m)	土質区分	コア写真		原位置試験	地質層序
0.00					<p><b>盛土 (BS) : GL-0.00~1.50m</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>盛土材料は、礫径が <math>\phi 2 \sim 30</math> mm 程度の角礫を主体とする砂礫である。</li> <li>部分的に、礫径 <math>\phi 50</math> mm 程度の粗礫を含む。</li> <li>砂の粒径は中砂主体である。</li> </ul> <p><b>礫質土層 (Ag) : GL-1.50~1.80m</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>コア観察による土質は暗灰~茶灰色を呈するシルト混じりの砂礫である。</li> <li>砂の粒径は細砂~中砂主体である。</li> <li>礫径は、<math>\phi 2 \sim 30</math> mm 程度、形状は亜円礫が主体である。局所的に、<math>\phi 40</math> mm 程度の粗礫を確認した。全体的に、細粒分を含む。</li> </ul> <p><b>砂質土層 (As) : GL-1.80~2.35m</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>コア観察による土質は暗黄灰色を呈する砂である。</li> <li>砂の粒径は中砂主体である。</li> <li>所々、礫径 <math>\phi 10 \sim 30</math> mm 程度の円礫を少量含む。</li> </ul> <p><b>基盤岩 (Ms) : GL-2.35~3.40m</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>基盤岩は塊状~粘土状コアで採取される泥岩である。</li> <li>岩級区分は、著しい風化により固結度が低いことから、D 級と評価した。</li> </ul>
1.50	砂礫	0m		1m	
1.80	シルト混じり砂礫	1m		2m	試験深度: GL-1.04~2.44m
2.35	砂	2m		3m	簡易揚水試験
3.40	強風化泥岩	3m		4m	現場透水試験(回復法)

【ボーリング期間中の孔内水位】 孔内水位は掘進作業前、作業後に触針式水位計を用いて計測している。  
本孔は、2日間で掘進作業を完了した。地下水位観測で確認できたボーリング作業前の孔内水位は GL-1.76m であった。

地質断面図 S=1:50  
TN-No. 2



本調査で実施したボーリングデータを基に、地質断面図を作成した。地質断面図の電子データは電子成果品に格納した。

決定地下水位は、ボーリング掘進が進み、孔内状況が安定した最終日の作業前水位である GL-1.76m を採用した。これにより、帯水層厚は決定地下水位から基盤岩(Ms)までの 0.59m と推定した。

後述する原位置試験の試験区間については、地下水の主な流動層が決定地下水位(GL-1.76m)に相当する礫質土層(Ag)およびその下に分布する砂質土層(As)のいずれかに該当する可能性があるため、主な流動層の把握に加え、上位層との連続性を確認することを目的として、試験深度を広く設定し、GL-1.04~2.44mとした。

次頁より、原位置試験結果および水質試験結果を示す。

BS	盛土層(埋め土)
As	砂質土層
Ag	礫質土層
Ms	基盤岩

高 知 県			
工事種別	陸上養殖候補地調査委託業務		
図面名称	地質断面図	縮尺	S=1:50
路線河川名			
工事箇所	高知県 幡多郡 黒潮町 田野浦		
設計種別			
事務所名	高知県水産振興部 水産業振興課	図面 番号	7 12
会社名	株式会社 相 愛		

図 4-7-4 地質断面図(TN-No. 2)

4.7.4. 現場透水試験結果

右表(表 4-7-3)に現場透水試験結果を示す。本孔では、揚水により水位を低下させ、平衡水位に回復するまでの時間を計測する回復法を採用した。

①解析区間は、揚水停止直後においても直線性は確認できたが、 $\log s-t$  曲線上の直線部の勾配が緩く、安定した解析値を得るのに適さなかったため、直線関係が安定して認められた区間を解析対象とし、 $t_1=60$ 、 $t_2=110$ を採用した。

②透水係数  $k(m/s)$  は次式により算定した。本試験は測定用パイプ VP50 を使用して実施した。VP50 の内径  $d$  は  $0.051m$ 、孔径  $D$  は  $0.060m$  である。

③ 透水係数  $k(m/s)$  は  $4.70 \times 10^{-5}$  と算定された。下表(表 4-7-4)に示す参考値と比較すると、調査地の透水性は「中位」の範囲に相当する。

表 4-7-3 現場透水試験結果表

現場透水試験結果表 (JGS 1314-非定常法/直線勾配法)			
調査件名	陸上養殖候補地調査委託業務		
ボーリング番号	TN-No. 2	平衡水位 (GL-m)	試験前 1.83
試験年月日	2025/9/17	ケーシング内径 $d$ (m)	0.0510
試験者		孔径 $D$ (m)	0.060
試験方法	回復法	試験区間の地質	砂礫～強風化泥岩
試験区間 (GL-m)	上端 1.040	天候	晴
	下端 2.440	$\log s-t$ 曲線の直線部の勾配 $a$	0.022922561
試験区間長 $L$ (m)	1.40	透水係数 $k$ (m/s)	③ 4.70E-05
経過時間 $t$ (sec)	孔内水位 $h$ (GL-m)	平衡水位との水位差 $s$ (m)	
0	3.30	1.470	
10	3.16	1.330	
20	2.99	1.160	
30	2.87	1.040	
40	2.70	0.870	
50	2.54	0.710	
60	2.39	0.560	
70	2.21	0.380	
80	2.07	0.240	
90	1.97	0.140	
100	1.91	0.080	
110	1.87	0.040	
120	1.87	0.040	
130	1.85	0.020	
140	1.85	0.020	
150	1.85	0.020	
180	1.84	0.010	
300	1.84	0.010	
600	1.83	0.000	

h-t曲線

①  $\log s-t$  曲線の直線部の勾配  $a$  の決定 (下図より)

$$a = \log(s_1/s_2) / (t_2 - t_1)$$

$t_1$	60
$t_2$	110
$s_1$	0.560
$s_2$	0.040
$a$	0.022922561

Log s-t 曲線

採用した直線部の勾配  $a$

(a) 非定常法

計算式:  $k = \frac{(2.3 * d^2 / 8L) * \log(2L/D) * a}{}$  4.70001E-05 (m/s) ②

備考

表 4-7-4 透水係数  $k(m/s)$  と対応する地盤の種類の参考表 (4-7-4)

	$10^{-11}$	$10^{-10}$	$10^{-9}$	$10^{-8}$	$10^{-7}$	$10^{-6}$	$10^{-5}$	$10^{-4}$	$10^{-3}$	$10^{-2}$	$10^{-1}$	$10^0$
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		砂及び礫		清浄な礫					

4.70E

## 4.7.5. 簡易揚水試験結果

地上設置型揚水ポンプのバルブを調整し、揚水量(Q=1L/分)で揚水を実施した。その結果、約1分で水位が枯渇したため、試験を終了した。また、試験終了後に回復試験を実施したところ、揚水停止から自然水位 GL-1.83m まで回復するのに約10分を要した。以上の結果から、本孔においては持続的な揚水は困難であることが確認された。次頁に、簡易揚水試験測定結果表(表4-1-5)を示す。

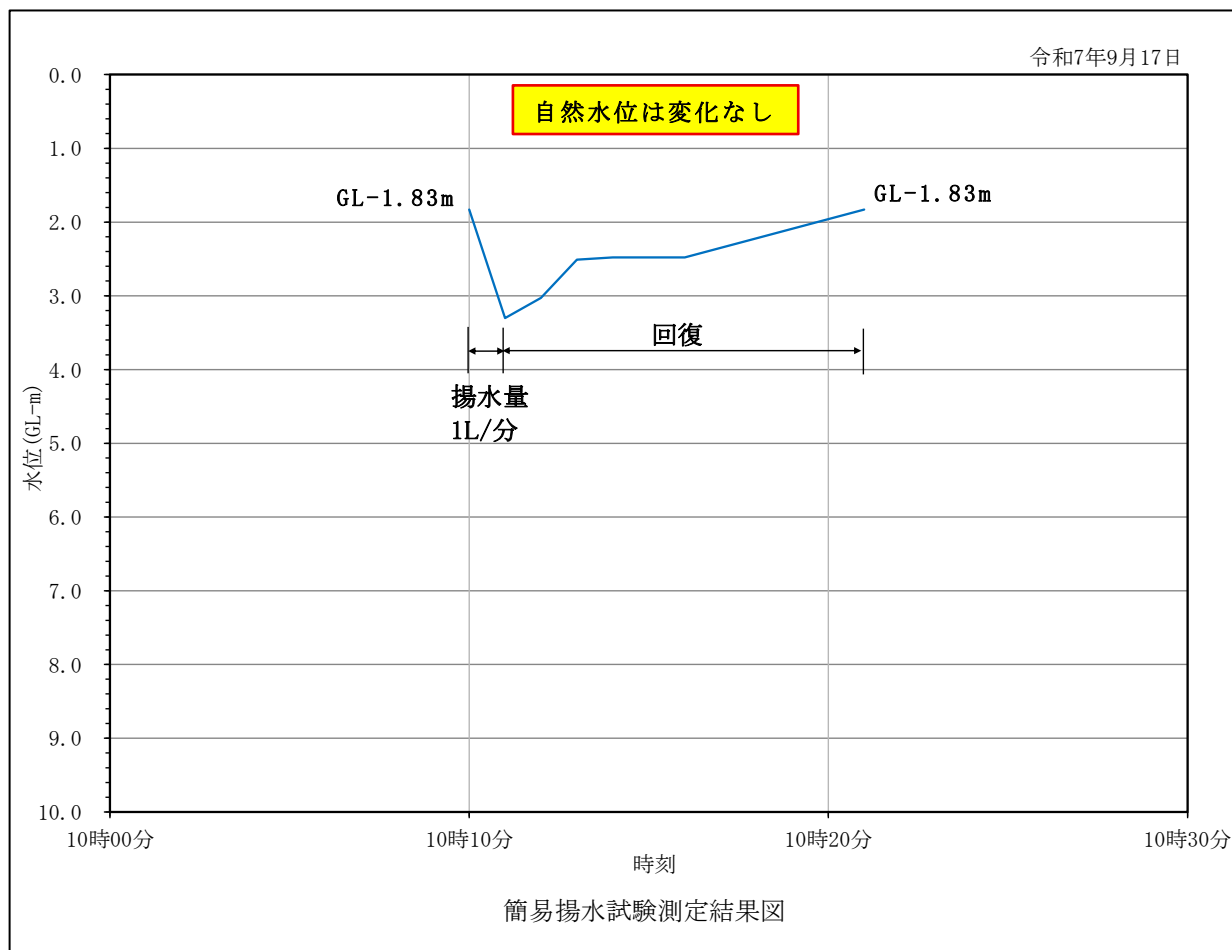
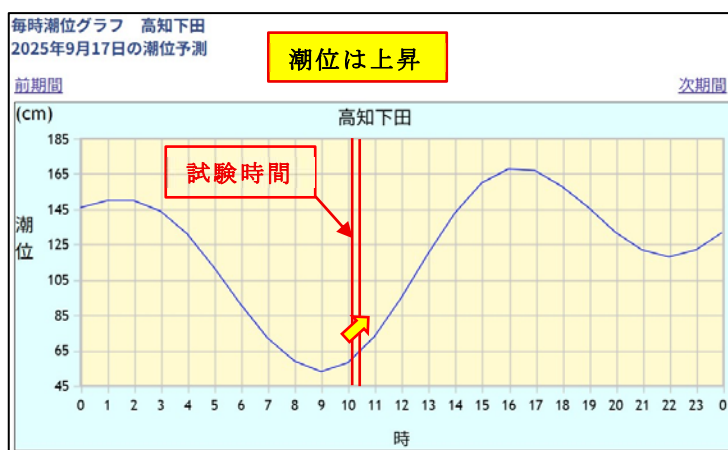


図 4-7-5 簡易揚水試験測定結果図

右図(図4-7-6)によれば、試験時は満潮に向かう時間帯であった。試験時間が短かったため、自然地下水位と潮位との詳細な関係性は確認できなかった。しかし、後述する水質試験結果において海水の影響は認められなかったことから、潮汐の影響は小さいものと考えられる。





#### 4.7.6. 水質試験結果

##### (1) 水質試験方法および採水条件

水質試験用サンプルの採水は、前述の原位置試験（簡易揚水試験および現場透水試験）終了後、濁度計を用いて調査孔から汲み上げた地下水の清澄化を確認したうえで実施した。地下水の水温は濁度計の測定値を採用した。なお、水質分析は（一社）高知県食品衛生協会 食品検査センターに依頼した。採水条件表を下表（表 4-7-6）に、採水作業状況は下写真（写真-採水作業状況）に示す。

表 4-7-6 採水条件表

採水箇所	採水日	採水時刻	気温(°C)	水温(°C)	濁度(NTU)
TN-No.2	2025年9月17日	13時頃	33.0	35.2	0.6

※本孔の地下水温は、清澄化のための揚水作業において揚水量が少なかったことから、陸上ポンプの電気モーター部で加温された可能性があり、本来の地下水温を反映していない可能性が高い。



写真 採水作業状況

調査地は海岸に近接しており、潮位の変動に伴う海水の影響により水質が変動する可能性がある。このため、本調査における採水時の毎時潮位の変動状況を下図（図 4-7-7）に示す。下図によれば、採水時刻は満潮に向かう時間帯であった。

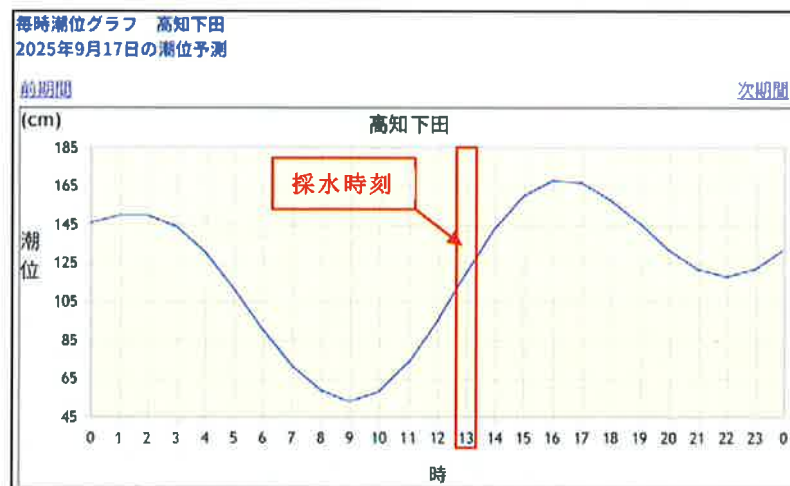


図 4-7-7 採水時における毎時潮位グラフ (4-7-6)

## (2) 水質試験結果の検討

## ① 健康項目

本調査において健康項目として指定されている7項目について、水道法第4条の規定に基づく「水質基準に関する省令」で定められている水質基準項目を参考値として、分析結果を評価した(表4-7-7)。

水質分析の結果、すべての項目で基準値以下となり、基準超過を示す異常値は検出されなかった。

表 4-7-7 水質試験健康項目および基準値<sup>(4-7-7)</sup>と分析結果

項目	基準値 (mg/L以下)	TN-No. 2	
		分析結果 (mg/L)	判定
カドミウム	0.003	<0.0003	基準値未満
鉛	0.01	<0.001	基準値未満
六価クロム	0.02	<0.002	基準値未満
水銀	0.0005	<0.00005	基準値未満
ヒ素	0.01	<0.001	基準値未満
シアン	0.01	<0.001	基準値未満
鉄	0.3	0.03	基準値未満

## ② ヘキサダイアグラム

水質分析の結果を基に、水質ダイアグラム(ヘキサダイアグラム)を作図し、分析結果を可視化した。作図にあたっては、各成分の分析結果を等量単位に変換した(表4-7-8)。

ヘキサダイアグラムの図形はI型(炭酸カルシウム型)を示した。I型は、カルシウムイオン( $\text{Ca}^{2+}$ )および炭酸水素イオン( $\text{HCO}_3^-$ )が卓越する水質型であり、降水や地表水が地下に浸透し、岩石と反応することで形成される一般的な地下水に多く認められる。

表 4-7-8 水質分析値および等量単位

項目	TN-No. 2	
	分析値 (mg/L)	等量単位 (meq/L)
ナトリウムイオン( $\text{Na}^+$ )	18.9	0.822
カリウムイオン( $\text{K}^+$ )	3.9	0.100
カルシウムイオン( $\text{Ca}^{2+}$ )	66.5	3.318
マグネシウムイオン( $\text{Mg}^{2+}$ )	10.2	0.839
塩化物イオン( $\text{Cl}^-$ )	12.6	0.355
炭酸水素イオン( $\text{HCO}_3^-$ )	257.0	4.212
硫酸イオン( $\text{SO}_4^{2-}$ )	19.0	0.396
硝酸イオン( $\text{NO}_3^-$ )	0.3	0.005

ヘキサダイアグラムの図形はI型を示し、一般に海水の影響を受けていない地下水の特徴を示した。しかし、調査地は海岸に近接していることから、確認のため下記の当量比を用いた分類法により検証した。

地下水に対する海水の影響の程度は、 $Cl^{-}/(CO_3^{2-}+HCO_3^{-})$ の当量比を用いて、6段階に分類することが可能である。

本調査では、炭酸イオン( $CO_3^{2-}$ )は水質試験の対象項目に含まれていない。一般に、日本の地下水における炭酸イオン( $CO_3^{2-}$ )の濃度は0～数mg/L程度とされる。例外として、火山地域のアルカリ性地下水、石灰岩地域、強アルカリ性の温泉水等が分布する地域では炭酸イオン( $CO_3^{2-}$ )が有意となる場合がある。

しかし、前述の地質概要およびボーリング調査結果から、本調査地にそのような特徴は認められないと判断される。以上を踏まえ、便宜上、炭酸イオン( $CO_3^{2-}$ )の分析値を0mg/Lとして算出した。

$$Cl^{-}/(CO_3^{2-}+HCO_3^{-})=0.355/(0+4.212)=0.08(\text{meq/L})$$

表 4-7-9 地下水に対する海水の影響の目安<sup>(4-7-8)</sup>

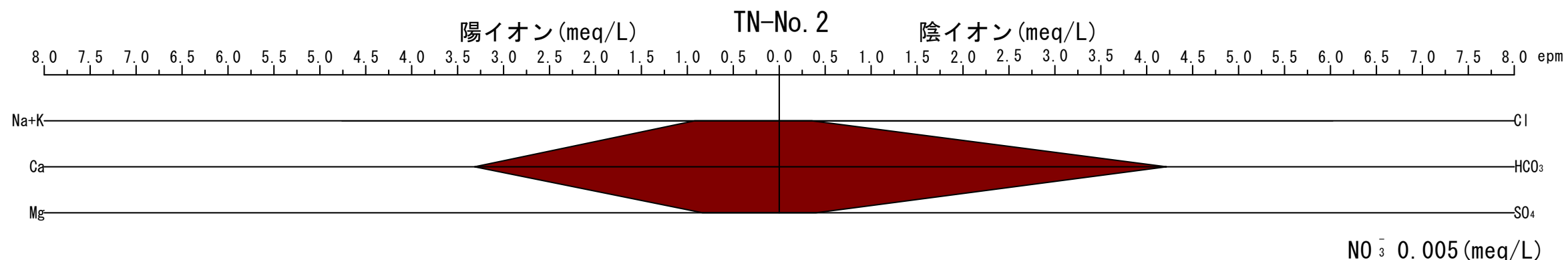
$Cl/(CO_3+HCO_3)$	汚 染 の 程 度
0.08	ふつうの汚染されていない地下水
0.5	少し汚染されている地下水
1.3	中ぐらゐの汚染をうけた地下水
2.8	相当汚染された地下水
6.6	最もひどく汚染された地下水
15.5	
200±	海水

※上記の表は、地下水の塩水化(文献上は汚染と表記)の指標を表した参考表である。

算出結果を表4-7-9と照合したところ、海水の影響の程度は0.08を示し、『ふつうの汚染されていない地下水』に相当した。このことから、ヘキサダイアグラムの判定結果は当量比によっても裏付けられた。

次頁より作図したヘキサダイアグラムおよび水質試験検査成績書を示す。

# ヘキサダイアグラム TN-No. 2



## 凡例

I 型	II 型	III 型	IV 型

### I 型 炭酸カルシウム型

最も一般的な地下水。汚染を受けていない自由地下水。補給地帯またはそれに隣接する地帯の被圧地下水。浅い地下水や河川水がこの領域に多く分類される。

### II 型 炭酸ナトリウム型

地下水の補給地帯から遠い、例えば盆地の中央部・海岸地帯に分布する一般的な被圧地下水。停滞した深層の地下水に多い型である。

### III 型 非炭酸カルシウム型

鉱山廃水、主に第四系火山起源の水(温泉水・鉱泉水)、またはそれによって汚染された地下水。地すべり地、炭田地帯の自由面地下水。海岸地帯の塩水化地下水。温泉水などに見られる。

### IV 型 非炭酸ナトリウム型

主に第三系の水(温泉水・鉱泉水)、またはそれによって汚染された地下水。炭田地帯の被圧地下水。海岸地帯の塩水化地下水。島の水(地表水を含む)。海水が混入した地下水などに多い型である。

調査場所	試験名	採水日	分析値							
			Na <sup>+</sup> (mg/L)	K <sup>+</sup> (mg/L)	Ca <sup>2+</sup> (mg/L)	Mg <sup>2+</sup> (mg/L)	Cl <sup>-</sup> (mg/L)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)
黒潮町田ノ浦	TN-No. 2	R. 7. 9. 17	18.9	3.9	66.5	10.2	12.6	257.0	19.0	0.3

各イオン	Na <sup>+</sup> (mg/L)	K <sup>+</sup> (mg/L)	Ca <sup>2+</sup> (mg/L)	Mg <sup>2+</sup> (mg/L)	Cl <sup>-</sup> (mg/L)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)
分子量	22.99	39.098	40.078	24.305	35.453	61.02	96.06	62.00
電荷数	1	1	2	2	1	1	2	1

調査場所	試験名	採水日	分析値								陽イオン 合計 (meq/L)	陰イオン 合計 (meq/L)
			陽イオン				陰イオン					
			Na <sup>+</sup> (meq/L)	K <sup>+</sup> (meq/L)	Ca <sup>2+</sup> (meq/L)	Mg <sup>2+</sup> (meq/L)	Cl <sup>-</sup> (meq/L)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/L)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (meq/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/L)		
黒潮町田ノ浦	TN-No. 2	R. 7. 9. 17	0.822	0.100	3.318	0.839	0.355	4.212	0.396	0.005	5.079	4.968

等量単位 (meq/L) = 分析値 (mg/L) / (分子量 / 電荷数)

参考文献 ; 改善地下水学要論 村下敏夫 : 昭和52年7月 p. 177-183

図 4-7-8 ヘキサダイアグラム

表 4-7-10 水質試験検査成績書

水質試験検査成績書			
依頼者	株式会社相愛 様		
種別	地下水	試験名	—————
受付日	2025年9月17日	採水日	2025年9月17日
採水場所	黒潮町田野浦漁港 TN-No. 2		
採水者	株式会社相愛		
項目名	分析値	項目名	分析値
ナトリウムイオン	18.9 mg/L		以下余白
カリウムイオン	3.9 mg/L		
カルシウムイオン	66.5 mg/L		
マグネシウムイオン	10.2 mg/L		
塩化物イオン	12.6 mg/L		
炭酸水素イオン	257 mg/L		
硫酸イオン	19.0 mg/L		
硝酸イオン	0.3 mg/L		
カドミウム	0.0003 mg/L未満		
鉛	0.001 mg/L未満		
六価クロム	0.002 mg/L未満		
水銀	0.00005 mg/L未満		
ヒ素	0.001 mg/L未満		
シアン	0.001 mg/L未満		
鉄	0.03 mg/L未満		
試験期間	2025年 9月17日 ~ 2025年10月 2日		
特記事項	漁維第100号 陸上養殖候補地調査委託業務 採水者による現場測定：気温 30.5℃，水温 35.2℃ 上水試験方法に定める検査法準用		
2025年10月7日			
水道法第20条登録検査機関 登録番号：57 建築物飲料水水質検査業 高知県登録 〒780-0850 高知県高知市丸ノ内2丁目4番 一般社団法人高知県食品衛生協会			

## 4.7.7. 総合解析とりまとめ

調査結果を下表(表 4-7-11)にとりまとめた。

表 4-7-11 調査結果一覧表

ボーリング調査結果		原位置試験	
孔番	TN-No.2	実施日	R7.9.17
調査地区	黒潮町田野浦	試験時の潮汐	干潮⇒満潮
調査期間	R7.9.12～R7.9.17	試験区間(GL-m)	1.04～2.44
所有地	公有地	試験方法	測定用パイプ(VP50)
調査地の地形	旧水部	現場透水試験結果	
確認された地質	沖積層・有岡層	透水係数k(m/s)	4.70E-05
緯度	33° 00' 05.2564"	透水性の評価	中位
経度	133° 00' 18.9190"	簡易揚水試験結果	
孔口標高(T.P.m)	2.69	試験時間	10:10-10:21
掘進長(m)	3.40	揚水量(L/分)	1
決定地下水位(GL-m)	1.76	水質試験結果(健康7項目)	
推定帯水層厚(m)	0.59	基準値との比較	すべて基準値未滿
水質試験用サンプル採水		ヘキサダイアグラム	
時刻	13時頃	図形の型	I型(炭酸カルシウム型)
気温	33.0	地下水の分類	不圧地下水(自由地下水)
地下水温	35.2	地下水に対する海水の影響の目安	
濁度(NTU)	0.6	地下水⇔海水(0.5⇔200)	0.08

## (1) 地下水の考察

ボーリング調査の結果、岩盤までの深度は GL-2.35m と浅く、岩盤上に分布する未固結土層内に地下水が賦存していることが確認された。

水質分析の結果、ヘキサダイアグラムでは降水や地表水が地下に浸透し、岩石との反応により形成される一般的な地下水に多く認められる水質型を示した。また、地下水に対する海水影響の指標においても「地下水」に相当する区分を示したことから、本地下水は海水の影響を受けていない水質であると判断される。

調査地は旧水部に位置し、漁港整備に伴う人工的な埋立てにより現在の地形が形成されている。また、本調査地は岩礁が分布していた海域に相当し、岩礁上に砂礫が薄く堆積した地盤条件であると推定される。このことから、地下水はこれらの砂礫層中を流動する不圧地下水(自由地下水)として賦存していると考えられる。



図 4-7-9 調査地周辺の航空写真 (4-7-9)

以上より、本調査地の地下水は、岩礁上に薄く堆積した沖積層中に分布する不圧地下水(自由地下水)であり、浅部の砂礫層を流動する水理環境下にあると推定される。

本孔(TN-No. 2)の岩盤深度は TP+0.34m であるのに対し、別孔(TN-No. 1)の岩盤深度は TP-10.95m であった。海水面を TP±0.00m と仮定すると、本孔では岩盤が海水面より高位に位置していることになる。このことから、本孔では岩盤を通じた海水の直接的な流入は生じていないものと推察される。

## (2) 養殖事業等への地下水利用に関する考察

本調査において確認された帯水層厚は 0.59m と非常に薄く、地下水の貯留量は限定的であると考えられる。簡易揚水試験では、揚水量(Q=1L/分)で揚水を実施した結果、約 1 分で水位が枯渇した。また、揚水停止後に自然水位まで回復するまでに約 10 分を要した。

これらの結果から、本帯水層は地下水の供給能力が小さく、持続的な揚水に対する安定した水量を確保することが困難である。したがって、本調査地点での地下水は養殖事業等における水源としての利用には適さないと判断される。

一方、別孔(TN-No. 1)では、岩盤までの深度が GL-13.40m であり、推定帯水層厚は 6.65m と比較的厚い帯水層が確認されている。このことから、調査地周辺においても地下水賦存条件は一様ではなく、局所的な地形・地質条件により帯水層厚が大きく異なる可能性が示唆される。

本孔は旧岩礁帯上に位置することにより帯水層が局所的に薄くなっている可能性が考えられるため、旧岩礁帯を避けた位置において井戸を施工した場合には、より厚い砂礫層を対象とした地下水利用の可能性が見込まれるものと考えられる。したがって、地下水利用を検討する場合には、周辺の地形・地質条件を踏まえたうえで井戸位置を慎重に選定するとともに、追加調査等により帯水層の分布状況を把握したうえで計画することが望ましい。

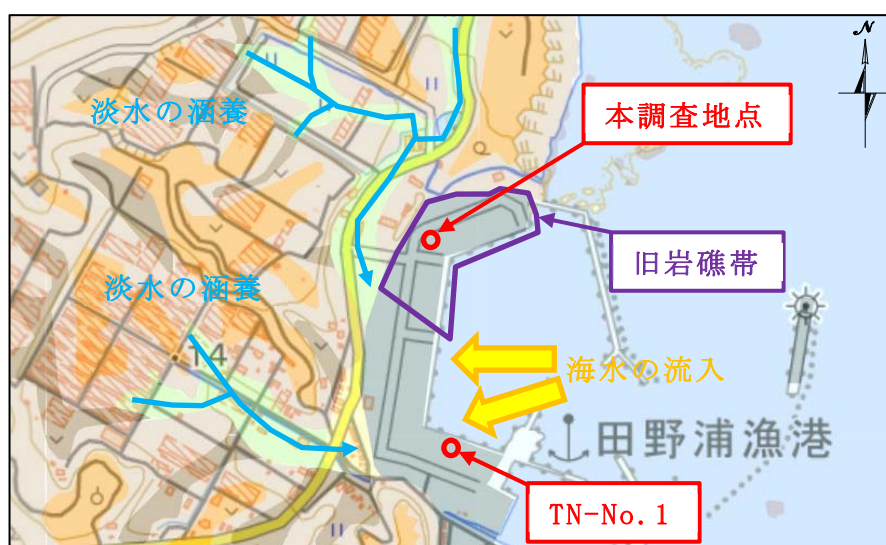
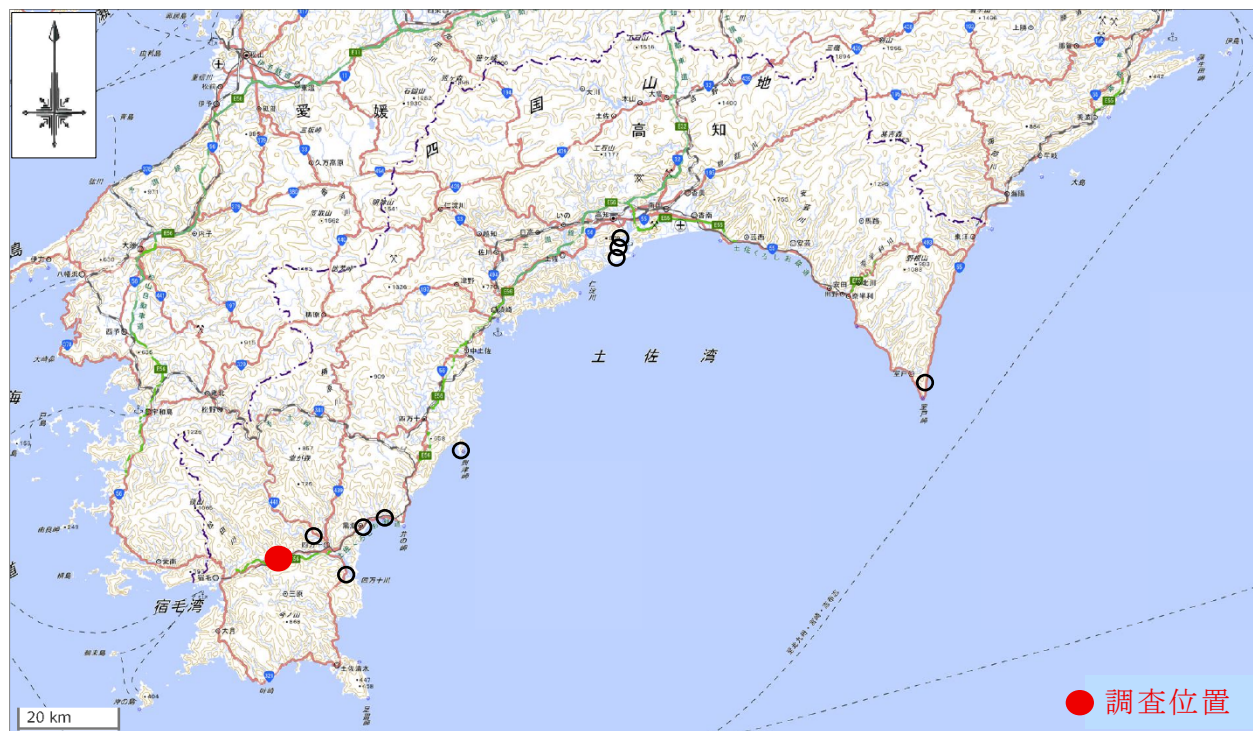


図 4-7-10 調査位置図 (4-7-10)

## 4. 8. SH-No. 1 (高知県幡多郡四万十市有岡)



調査地位置図

出典：電子国土 Web 国土地理院より加筆

<https://maps.gsi.go.jp/>

調査結果一覧表

ボーリング調査結果		原位置試験	
孔番	SH-No.1	実施日	R7.10.14
調査地区	四万十市有岡	試験時の潮汐	-
調査期間	R7.10.8～R7.10.14	試験区間(GL-m)	2.50～5.50
所有地	公有地	試験方法	測定用パイプ(VP50)
調査地の地形	河岸段丘	現場透水試験結果	
確認された地質	洪積層・有岡層	透水係数k(m/s)	7.71E-07
緯度	32° 57' 55.6379"	透水性の評価	低い
経度	132° 49' 42.7987"	簡易揚水試験結果	
孔口標高(T.P.m)	18.55	試験時間	-
掘進長(m)	6.50	揚水量(L/分)	-
決定地下水位(GL-m)	3.56	水質試験結果(健康7項目)	
推定帯水層厚(m)	1.64	基準値との比較	-
水質試験用サンプル採水		ヘキサダイアグラム	
時刻	-	図形の型	-
気温	-	地下水の分類	不圧地下水(自由地下水)
地下水温	-	地下水に対する海水の影響の目安	
濁度(NTU)	-	地下水⇄海水(0.5⇄200)	-

#### 4.8.1. 調査位置

ボーリング調査位置の諸元を下表(表 4-8-1)に、調査位置平面図を下図(図 4-8-1)に示す。ボーリング位置は、調査職員および土地管理者との現地協議のうえ決定した。また、ボーリング位置の座標および地盤標高は、VRS による RTK 測量により求めた。

表 4-8-1 ボーリング調査位置の諸元

孔番	調査位置(座標)		緯度・経度		孔口標高 (T.P.m)	掘進長 (m)	原位置試験
	X座標	Y座標	緯度	経度			
SH-No.1	-3630.6751	-62767.4305	32° 57' 55.6379"	132° 49' 42.7987"	18.55	6.50	現場透水試験(回復)

※柱状図の記載標高は、小数点第3位を四捨五入。緯度経度は、小数点第5位を四捨五入表記。

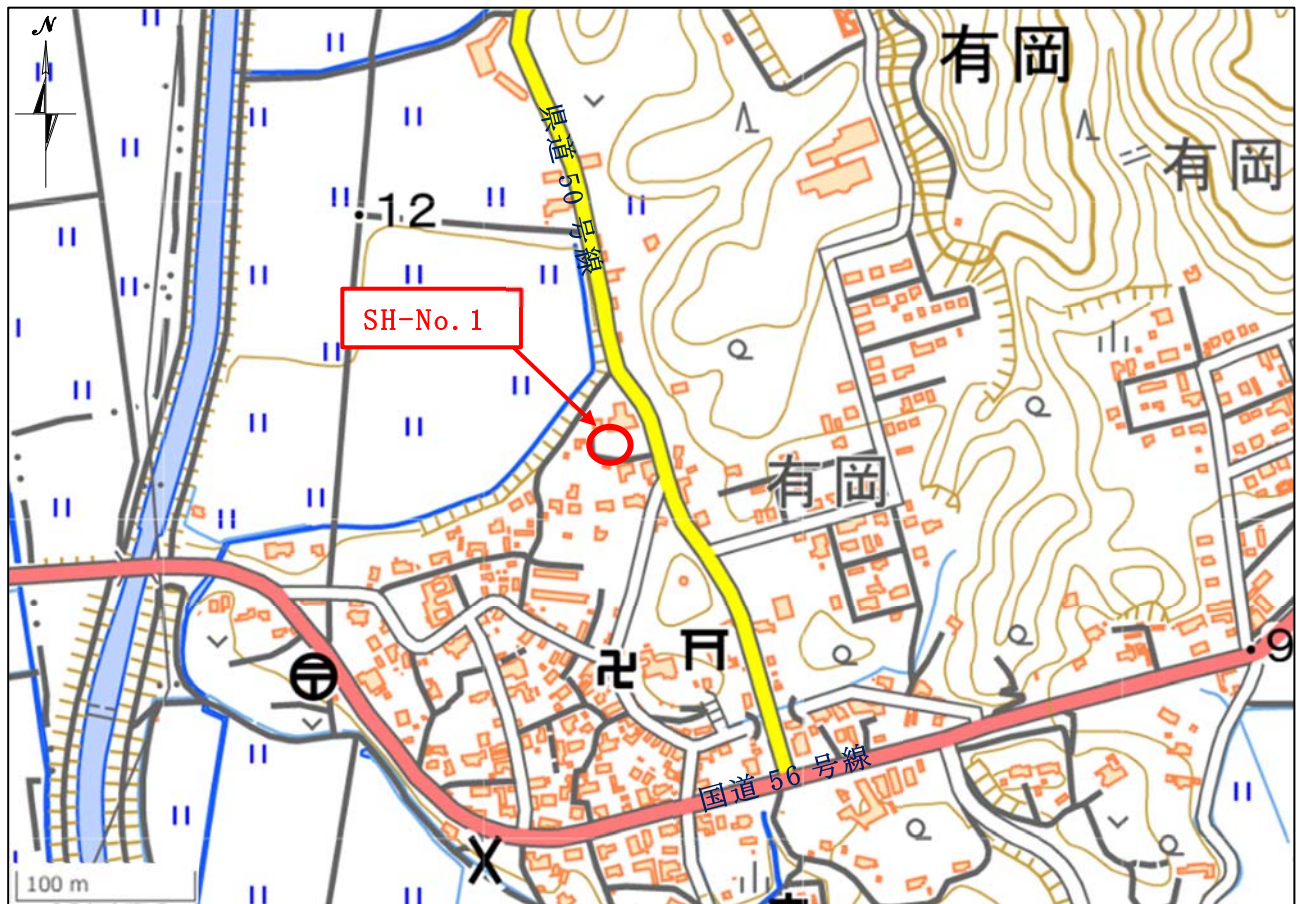


図 4-8-1 調査位置平面図 (4-8-1)

## 4.8.2. 調査地の地形・地質

### (1) 調査地の地形

調査地の地形は、段丘に属する。段丘は、河川や海岸沿いに発達する地形で、平坦な面(段丘面)と急な崖(段丘崖)が階段状に連なる地形である。主に、河川沿いに形成される河岸段丘と、海岸沿いに形成される海岸段丘に区分される。

調査地および周辺の段丘地形は、近隣を流れる中筋川と支流である横瀬川の浸食作用によって削られ、取り残された河岸段丘であると考えられる。



図 4-8-2 調査地周辺の地形図 (4-8-2)

### (2) 調査地の地質

調査地を含む周辺の地質は、四万十帯南帯に属する有岡層に相当すると考えられる。有岡層は、主に塊状黒色砂質泥岩からなり、多量の砂岩および緑色岩や緑灰色珪質頁岩のレンズ状小岩体を含む。全体がせん断された混在岩相を示す。黒色砂岩泥岩からは白亜紀最末期(約 6,600 万年前)の放射虫化石を産する。

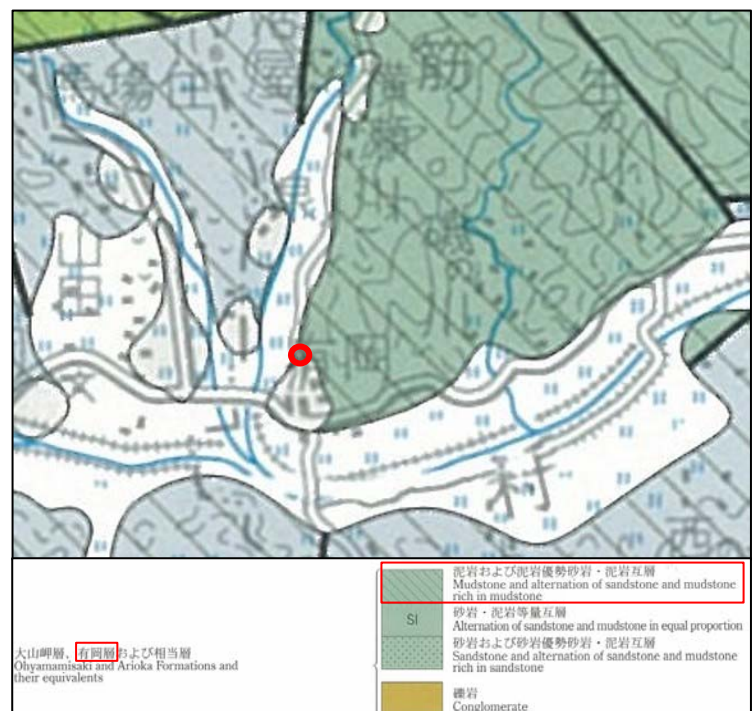


図 4-8-3 調査地周辺の地質図 (4-8-3)

(4-8-2) 電子国土 Web 国土地理院より加筆

(4-8-3) 四国地方土木地質図(凡例); 四国地方土木地質図編纂委員会: 平成10年3月より加筆

## 4.8.3. ボーリング結果

本業務で実施した調査ボーリングの結果、盛土層(BS)、粘性土層(Dm)、礫質土層(Dg)の計3層の未固結土層と基盤岩(Ms)を確認した。

本孔の掘止深度は、調査職員との協議のうえ、基盤岩(Ms)を1m程度確認した時点とした。

下表(表4-8-2)に大別した地質層序を一覧にまとめた。次頁からはボーリング孔についてまとめる。

表4-8-2 地質層序一覧表(K0-No.1)

地層名	地層記号	深度(GL-m) 【層厚(m)】	記事
盛土層 (埋め土)	BS	0.00~0.20 (0.20)	■盛土材料は、礫径φ2~15mm程度の角礫が混じる砂を主体とする。
粘性土層	Dm	0.20~1.00 (0.80)	■コア観察による土質は褐灰色を呈する礫混じりの粘土を主体とする。 ■粘性が強く、硬質な粘土を呈する。 ■礫径はφ2~15mm程度、形状は角礫が主体である。
礫質土層	Dg	1.00~5.20 (4.20)	■コア観察による土質は褐灰~褐色を呈する粗礫や玉石が混じる礫質土である。 ■GL-1.00~3.50m間では、所々に礫径φ50mm程度の粗礫が認められ、GL-3.50~5.20m間では、所々にL=7~12cm程度の玉石が混在する。 ■礫と玉石の隙間には粘土が挟在する。 ■コアの特徴から段丘堆積物と考えられる。
基盤岩	Ms	5.20~6.50 (1.30)	■基盤岩は短柱状~粘土状コアで採取される泥岩である。 ■GL-5.20~5.60m間では、礫状~粘土状のコアとして採取され、著しい風化が認められたため、固結度が低く、岩級区分はD級と評価した。 ■GL-5.60~6.50m間では、短柱状~片状のコアとして採取され、亀裂が発達しているため、岩級区分はCL級と評価した。

未固結土層は、堆積年代の違いにより、一般に沖積層(Alluvium)および洪積層(Diluvium)に大別される。

## (1) 沖積層(Alluvium)

沖積層は、約1万1,700年前の最終氷期終了後から現在に至る完新世に形成された堆積層である。主として河川、海岸、湖沼等における堆積作用により形成され、泥、砂、礫等から構成される未固結~半固結の地層である。細粒分を多く含む軟弱な層が厚く分布する場合が多い。一般に低地や氾濫平野、三角州、自然堤防等に広く分布する。

## (2) 洪積層(Diluvium)

洪積層は、約260万年前から約1万1,700年前にかけての更新世に形成された堆積層である。沖積層と比較して形成時期が古く、堆積後の圧密や固結が進んでいることから、一般に締まりの良い地盤を形成する。主として段丘面や丘陵地に分布する。

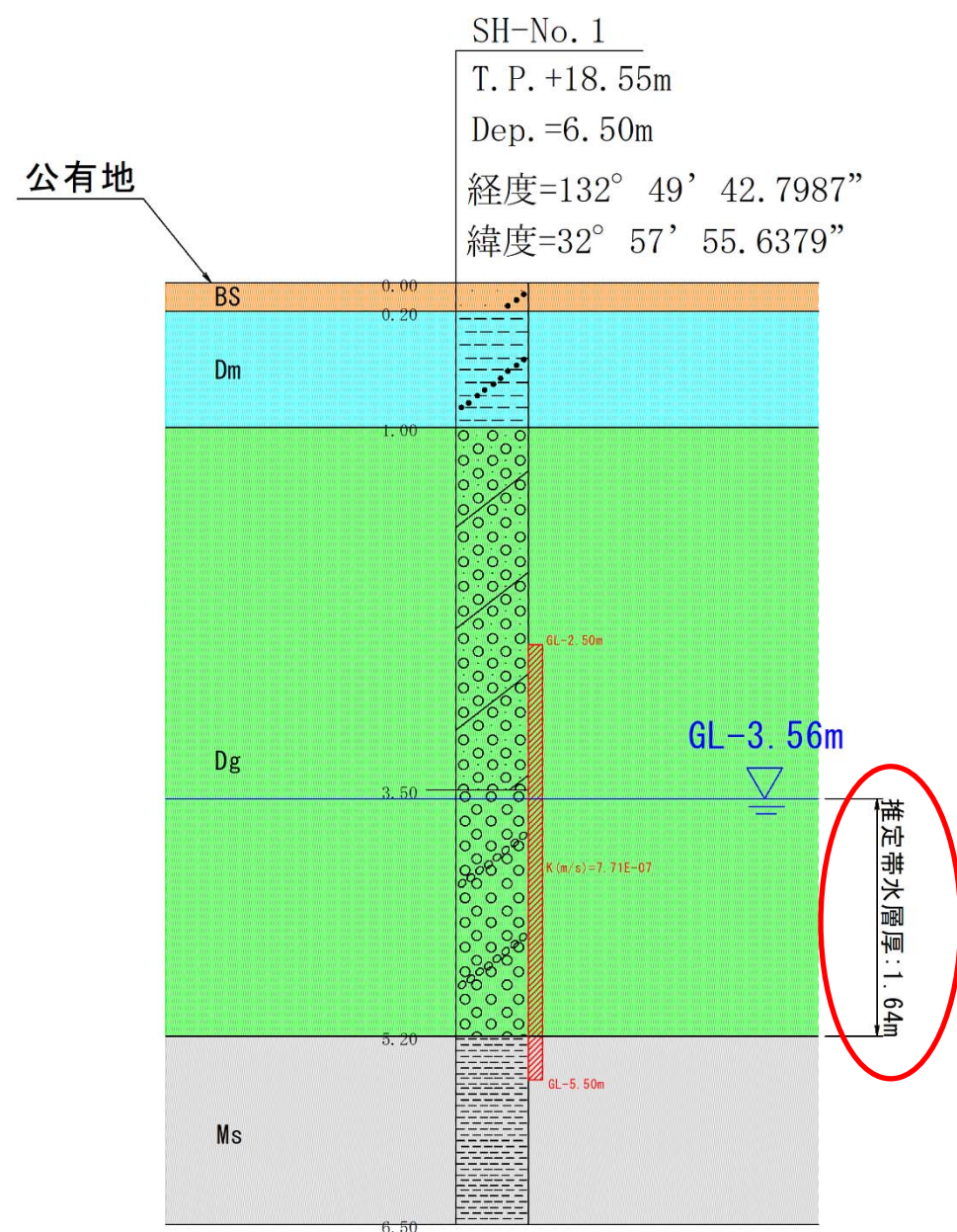
既存資料調査により本調査地の地形が段丘であることが判明し、ボーリングコアの観察結果からも段丘堆積物を示唆する特徴が確認されたことから、地層記号の標記は洪積層を示すDとした。

SH-No. 1 : GL-0.00-6.50m (孔口標高 : TP+18.55m、掘進長 : 6.50m)

深度 (m)	土質区分	コア写真	原位置試験	地質層序
0.00				<p><b>盛土 (BS) : GL-0.00~0.20m</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>盛土材料は、礫径 <math>\phi</math> 2~15 mm 程度の角礫が混じる砂を主体とする。</li> </ul> <p><b>粘性土層 (Dm) : GL-0.20~1.00m</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>コア観察による土質は褐灰色を呈する礫混じりの粘土を主体とする。粘性が強く、硬質な粘土を呈する。</li> <li>礫径は <math>\phi</math> 2~15 mm 程度、形状は角礫が主体である。</li> <li>コアの特徴から段丘堆積物と考えられる。</li> </ul> <p><b>礫質土層 (Dg) : GL-1.00~5.20m</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>コア観察による土質は褐灰~褐色を呈する粗礫や玉石が混じる礫質土である。GL-1.00~3.50m 間では、所々に礫径 <math>\phi</math> 50 mm 程度の粗礫が認められ、GL-3.50~5.20m 間では、所々に L=7~12 cm 程度の玉石が混在する。礫と玉石の隙間には粘土が挟在する。</li> <li>コアの特徴から段丘堆積物と考えられる。</li> </ul> <p><b>試験深度: GL-2.50~5.50m</b> <b>現場透水試験 (回復法)</b></p>
0.20	礫混じり砂		1m	
1.00	礫混じり粘土		2m	
	粘土混じり砂礫		3m	
3.50			4m	
5.20	玉石混じり礫		5m	
6.50	泥岩		6m	
		7m		
<p><b>【ボーリング期間中の孔内水位】</b> 孔内水位は掘進作業前、作業後に触針式水位計を用いて計測している。 本孔は、2 日間で掘進作業を完了した。地下水位観測で確認できたボーリング作業前の孔内水位は GL-3.56m であった。</p>				

# 地質断面図 S=1:50

## SH-No. 1



地質区分凡例	
BS	盛土層(埋め土)
Dm	粘性土層
Dg	礫質土層
Ms	基盤岩

本調査で実施したボーリングデータを基に、地質断面図を作成した。なお、地質断面図の電子データは電子成果品に格納した。

決定地下水位は、ボーリング掘進が進み、孔内状況が安定した最終日の作業前水位である GL-3.56m を採用した。これにより、帯水層厚は決定地下水位から岩盤までの 1.64m と推定した。

後述する原位置試験の試験区間については、地下水の主な流動層が基盤岩(Ms)直上の礫質土層(Dg)に相当すると推定し、GL-2.50~5.50m とした。

本孔において簡易揚水試験を実施した結果、揚水により地下水が枯渇し、回復までに長時間を要したため、安定して揚水を継続することができなかった。試験深度は礫質土層としたが、前述のボーリングコア観察結果から、礫や玉石の間に粘性土が挟在していることが確認されており、透水性が極めて低いことがその要因であると考えられる。加えて、このような礫混じりで細粒分を多く含む層相は、年代の古い段丘堆積物にみられる特徴とも整合する。

次頁より、現場透水試験結果を示す。

高 知 県			
工事種別	陸上養殖候補地調査委託業務		
図面名称	地質断面図	縮 尺	S=1:50
路線河川名			
工事箇所	高知県 四万十市 有岡		
設計種別			
事務所名	高知県水産振興部 水産振興課	図面 番号	8 12
会社名	株式会社 相 愛		

図 4-8-4 地質断面図(SH-No. 1)

4. 8. 4. 現場透水試験結果

右表(表 4-8-3)に現場透水試験結果を示す。本孔では、揚水により水位を低下させ、平衡水位に回復するまでの時間を計測する回復法を採用した。

①解析区間は、揚水停止直後の不安定な回復挙動を除外し、log s-t 曲線において直線性が確認された区間を対象として、 $t_1=30$ 、 $t_2=360$ を設定した。

②透水係数  $k(m/s)$  は次式により算定した。本試験は測定用パイプ VP50 を使用して実施した。VP50 の内径  $d$  は  $0.051m$ 、孔径  $D$  は  $0.060m$  である。

③透水係数  $k(m/s)$  は  $7.71 \times 10^{-7}$  と算定された。下表(表 4-8-4)に示す参考値と比較すると、調査地の透水性は「低い」の範囲に相当する。

表 4-8-3 現場透水試験結果表

現場透水試験結果表 (JGS 1314-非定常法/直線勾配法)			
調査件名	陸上養殖候補地調査委託業務		
ボーリング番号	SH-No. 1	平衡水位 (GL-m)	試験前 3.50
試験年月日	2025/10/14	ケーシング内径 $d$ (m)	0.0510
試験者		孔径 $D$ (m)	0.060
試験方法	回復法	試験区間の地質	粘土混じり砂礫～泥岩
試験区間 (GL-m)	上端 2.500	天候	晴
	下端 5.500	logs-t 曲線の直線部の勾配 $a$	0.000672269
試験区間長 $L$ (m)	3.00	透水係数 $k(m/s)$	③ 7.71E-07
経過時間 $t$ (sec)	孔内水位 $h$ (GL-m)	平衡水位との水位差 $s$ (m)	
0	6.50	3.000	
30	6.10	2.600	
60	6.00	2.500	
120	5.85	2.350	
180	5.55	2.050	
240	5.34	1.840	
300	5.17	1.670	
360	5.06	1.560	
420	5.05	1.550	
480	4.93	1.430	
540	4.85	1.350	
600	4.77	1.270	
660	4.68	1.180	
720	4.60	1.100	
780	4.55	1.050	
840	4.37	0.870	
900	4.26	0.760	
1200	4.22	0.720	
1500	4.16	0.660	
3000	3.98	0.480	
6000	3.50	0.000	

h-t 曲線

logs-t 曲線の直線部の勾配  $a$  の決定 (下図より)

$$a = \log(s_1/s_2) / (t_2 - t_1)$$

$t_1$	30
$t_2$	360
$s_1$	2.600
$s_2$	1.560
$a$	0.000672269

Log s-t 曲線

(b) 非定常法

計算式:  $k = \frac{(2.3 * d)^2 * L * a}{8 * L * \log(2L/D) * a} = 7.70829E-07 (m/s)$  ②

表 4-8-4 透水係数  $k(m/s)$  と対応する地盤の種類の参考表 (4-8-4)

透水性	10 <sup>-11</sup>	10 <sup>-10</sup>	10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>0</sup>
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			砂及び礫		清浄な礫				

7.71E

## 4.8.5. 総合解析とりまとめ

調査結果を下表(表 4-8-5)にとりまとめた。

表 4-8-5 調査結果一覧表

ボーリング調査結果		原位置試験	
孔番	SH-No.1	実施日	R7.10.14
調査地区	四万十市有岡	試験時の潮汐	-
調査期間	R7.10.8~R7.10.14	試験区間(GL-m)	2.50~5.50
所有地	公有地	試験方法	測定用パイプ(VP50)
調査地の地形	河岸段丘	現場透水試験結果	
確認された地質	洪積層・有岡層	透水係数k(m/s)	7.71E-07
緯度	32° 57' 55.6379"	透水性の評価	低い
経度	132° 49' 42.7987"	簡易揚水試験結果	
孔口標高(T.Pm)	18.55	試験時間	-
掘進長(m)	6.50	揚水量(L/分)	-
決定地下水位(GL-m)	3.56	水質試験結果(健康7項目)	
推定帯水層厚(m)	1.64	基準値との比較	-
水質試験用サンプル採水		ヘキサダイアグラム	
時刻	-	図形の型	-
気温	-	地下水の分類	不圧地下水(自由地下水)
地下水温	-	地下水に対する海水の影響の目安	
濁度(NTU)	-	地下水⇄海水(0.5⇄200)	-

## (1) 地下水の考察

ボーリング調査の結果、岩盤までの深度は GL-5.20m と浅く、岩盤上に分布する未固結土層内に地下水が賦存していることが確認された。

本孔において簡易揚水試験を実施した結果、揚水により地下水が枯渇し、自然水位まで回復するのに約 1 時間 40 分を要したため、安定した揚水を継続することができなかった。さらに、現場透水試験の結果においても透水係数は  $7.71 \times 10^{-7}$  (m/s) と小さく、本帯水層の透水性は低いことが確認された。

地形的にみると、本調査地は付近を流れる中筋川および支線の横瀬川による侵食作用により形成された河岸段丘上に位置しているものと考えられる。河岸段丘は、河川の下刻作用<sup>\*1</sup>と地盤の隆起<sup>\*2</sup>などに伴い、旧河床面が段状に取り残されることによって形成される地形である。

\*1 下刻作用(かこくさよう)は、河川や氷河がその底面(河床・氷床)を削って下方へ向かって深くする侵食作用である。

\*2 隆起とは地面が海面に対して高度を増すことである。地震などの地殻変動、火山活動などによって地盤が絶対的に上昇して起こる場合と、海面の下降によって相対的に地面の高度が変化する場合がある。

一般に段丘を構成する未固結土層は地質年代が古く、固結度が高いため比較的強固な地盤を形成している。一方で、土粒子間の空隙が小さいことから透水性は低い傾向を示す。

以上より、本調査地の地下水は、岩盤上に堆積した洪積層中に分布する滲出型の不圧地下水(自由地下水)であると考えられる。

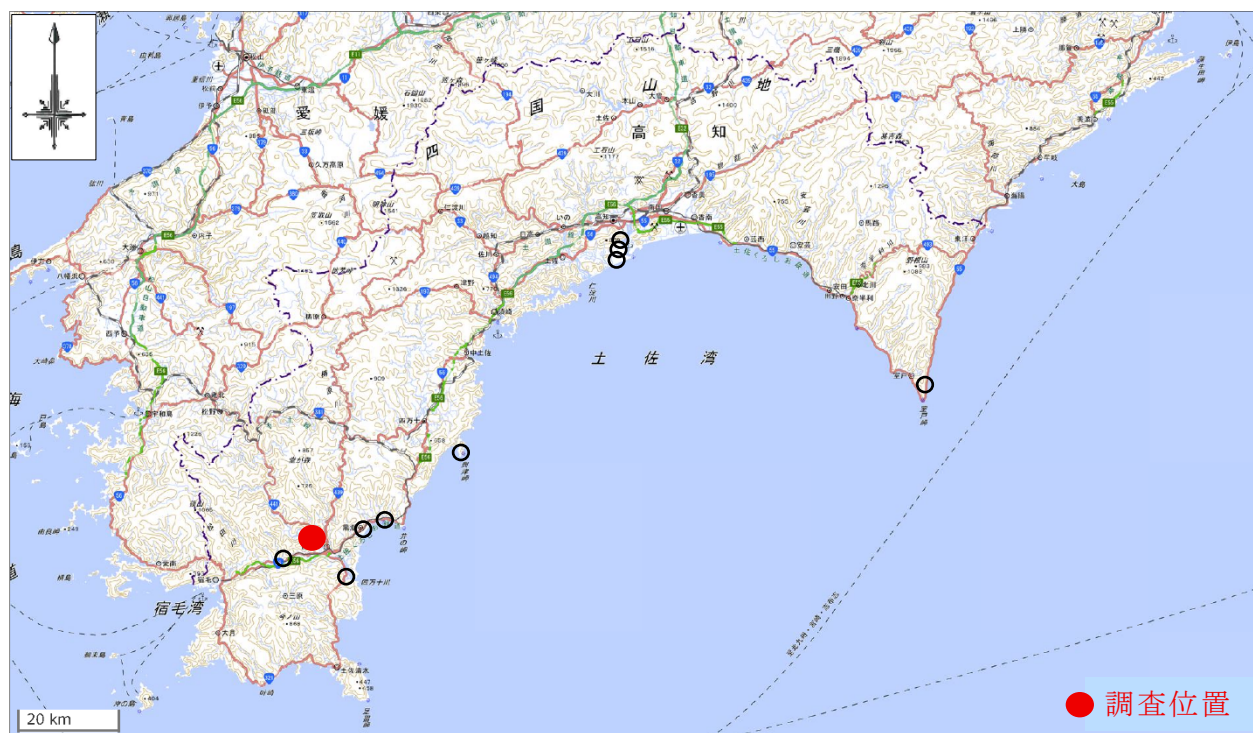
## (2) 養殖事業等への地下水利用に関する考察

本地下水は未固結土層内を緩やかに滲み出す程度の流動形態を示しており、いわゆる滲出型地下水として賦存していると考えられる。

本帯水層の地下水供給能力は小さいものの、地下水は局所的に滲出する形で賦存していることから、家庭用の小規模な汲み上げ井戸として利用する程度であれば地下水利用は可能であると考えられる。

しかしながら、地下水の供給能力は限定的であり、養殖事業のように連続的な揚水を必要とする用途に対しての適用は困難であると考えられる。このため、本調査地における養殖用水の確保については、他の水利用方法を検討する必要がある。

## 4.9. SH-No. 2 (高知県幡多郡四万十市川登)



調査地位置図

出典：電子国土 Web 国土地理院より加筆

<https://maps.gsi.go.jp/>

調査結果一覧表

ボーリング調査結果		原位置試験	
孔番	SH-No.2	実施日	R7.10.22
調査地区	四万十市川登	試験時の潮汐	-
調査期間	R7.10.14~R7.10.22	試験区間(GL-m)	14.00~17.00
所有地	公有地	試験方法	ケーシング法(孔径φ86mm)
調査地の地形	自然堤防	現場透水試験結果	
確認された地質	沖積層	透水係数k(m/s)	1.58E-05
緯度	33° 01' 50.4770"	透水性の評価	中位
経度	132° 51' 14.4126"	簡易揚水試験結果	
孔口標高(T.P.m)	21.17	試験時間	-
掘進長(m)	19.00	揚水量(L/分)	-
決定地下水位(GL-m)	13.65	水質試験結果(健康7項目)	
推定帯水層厚(m)	3.65	基準値との比較	-
水質試験用サンプル採水		ヘキサダイアグラム	
時刻	-	図形の型	-
気温	-	地下水の分類	不圧地下水(自由地下水)
地下水温	-	地下水に対する海水の影響の目安	
濁度(NTU)	-	地下水⇔海水(0.5⇔200)	-

#### 4.9.1. 調査位置

ボーリング調査位置の諸元を下表(表 4-9-1)に、調査位置平面図を下図(図 4-9-1)に示す。ボーリング位置は、調査職員および土地管理者との現地協議のうえ決定した。また、ボーリング位置の座標および地盤標高は、VRS による RTK 測量により求めた。

表 4-9-1 ボーリング調査位置の諸元

孔番	調査位置(座標)		緯度・経度		孔口標高 (T.P.m)	掘進長 (m)	原位置試験
	X座標	Y座標	緯度	経度			
SH-No.2	3588.5443	-60344.0296	33° 01' 50.4770"	132° 51' 14.4126"	21.17	19.00	現場透水試験(注水)

※柱状図の記載標高は、小数点第3位を四捨五入。緯度経度は、小数点第5位を四捨五入表記。

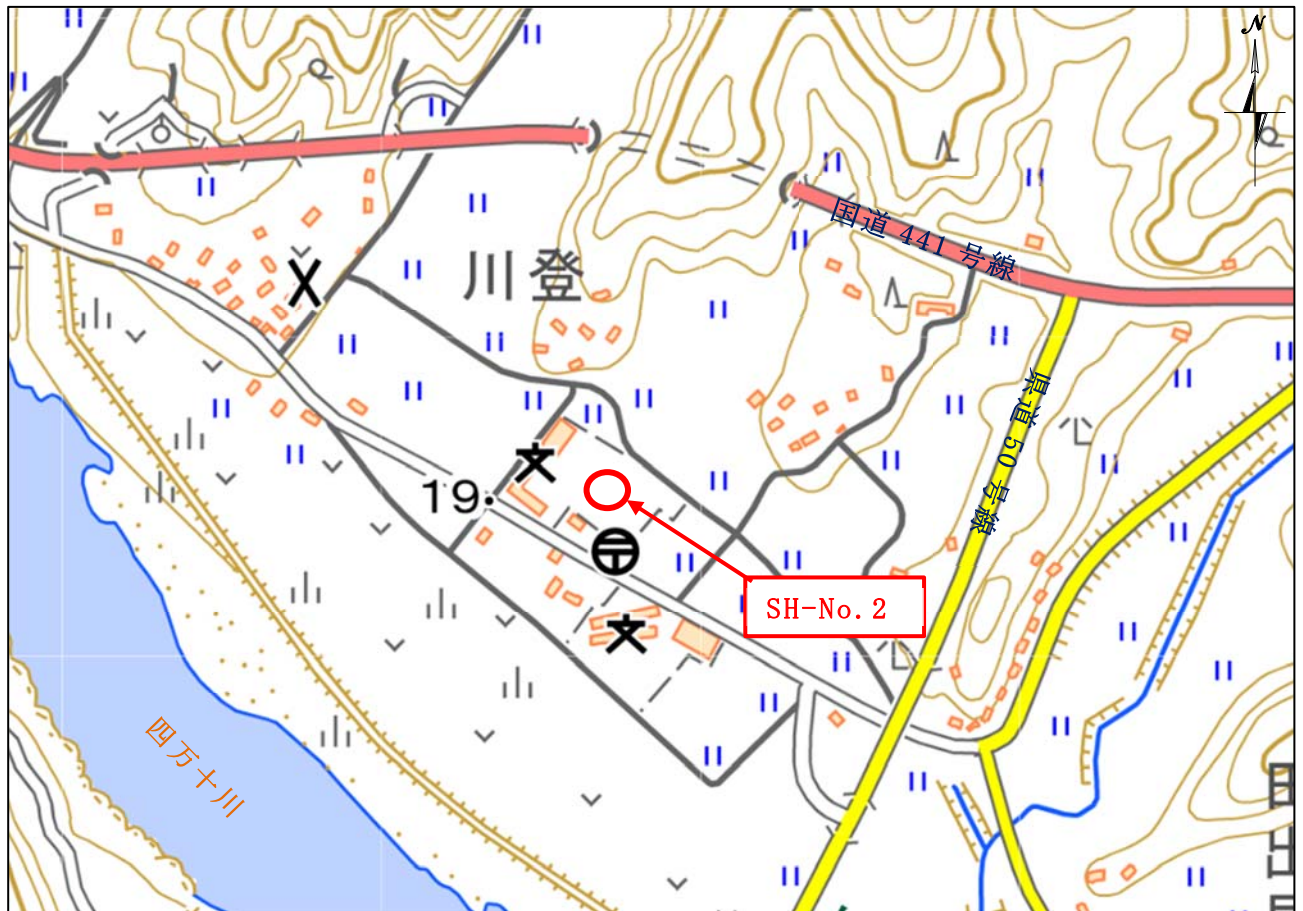


図 4-9-1 調査位置平面図 (4-9-1)

#### 4.9.2. 調査地の地形・地質

##### (1) 調査地の地形

調査地の地形は、自然堤防に属する。自然堤防は、河川が氾濫した際に運搬された土砂が河道の両岸に沿って自然に堆積し、周囲より僅かに高く形成された微高地である。一般的に水はけが良く、古くから集落や畑、果樹園等として利用されてきた地形である。

また、調査地周辺にも自然堤防が発達しており、過去に四万十川の氾濫に伴う堆積作用が繰り返された結果、現在の地形が形成されたものと考えられる。



図 4-9-2 調査地周辺の地形図 (4-9-2)

##### (2) 調査地の地質

調査地を含む周辺の地質は、四万十帯北帯に属する中村層に相当すると考えられる。中村層は、四国西部に分布し、基盤岩は単調な砂岩・泥岩互層からなり、時代的に白亜紀後期(約 1 億 50 万～6,600 万年前)を示す。黒色泥岩には白色酸性凝灰岩の薄層を挟むことが多い。また、まれに砂岩層中に二枚貝化石、泥岩中にアンモナイト化石を産することがある。



図 4-9-3 調査地周辺の地質図 (4-9-3)

(4-9-2) 電子国土 Web 国土地理院より加筆

(4-9-3) 四国地方土木地質図(凡例)；四国地方土木地質図編纂委員会：平成10年3月より加筆

## 4.9.3. ボーリング結果

本業務で実施した調査ボーリングの結果、盛土層(BS)、砂質土層(As)、第一礫質土層(Ag1)、第一粘性土層(Am1)、第二礫質土層(Ag2)、第二粘性土層(Am2)の計6層の未固結土層を確認した。

本孔の掘止深度は、掘進作業時において地下水の帯水層を確認したことから、調査職員との協議のうえ、帯水層と考えられる第二礫質土層(Ag2)の下位に分布する第二粘性土層(Am2)を1m程度確認した時点とした。

下表(表 4-9-2)に大別した地質層序を一覧にまとめた。次頁からはボーリング孔についてまとめる。

表 4-9-2 地質層序一覧表(SH-No. 2)

地 層 名	地層記号	深度(GL-m) 【層厚(m)】	記 事
盛 土 層 (埋め土)	BS	0.00~0.90 (0.90)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 盛土材料は、礫径φ5~30mm程度の角礫~亜円礫を主体とする礫混じりの砂や砂混じりの礫である。</li> <li>■ 砂の粒径は中砂~細砂へ遷移する。</li> <li>■ 礫形状は角礫~亜円礫へ遷移する。</li> <li>■ GL-0.50~0.90m間では、局所的にφ50mm程度の粗礫を確認した。</li> </ul>
砂質土層	As	0.90~1.20 (0.30)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ コア観察による土質は暗灰色を呈するシルト質の砂である。</li> <li>■ 砂の粒径は細砂主体で細粒分を多く含む。</li> </ul>
第 一 礫質土層	Ag1	1.20~3.50 (2.30)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ コア観察による土質は暗灰色を呈するシルト混りの砂礫である。</li> <li>■ 砂の粒径は中砂主体で細粒分を多く含む。</li> <li>■ 礫径はφ2~30mm程度、形状は亜円礫が主体である。所々、MAX50mm程度の粗礫を確認した。</li> <li>■ 全体的に含水が高く、貝殻片を含む。</li> </ul>
第 一 粘性土層	Am1	3.50~12.30 (8.80)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ コア観察による土質は暗灰~茶灰色を呈する砂質シルトである。</li> <li>■ 砂の粒径は細砂主体。</li> <li>■ 不均一な細粒分を主体とし、粘性が強く指圧で僅かに変形する。所々、貝殻片が混入する。</li> <li>■ 全体的に含水が高い。</li> </ul>
第 二 礫質土層	Ag2	12.30~17.30 (5.00)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ コア観察による土質は茶灰~灰色を呈する砂礫である。</li> <li>■ 砂の粒径は粗砂主体。</li> <li>■ 礫径はφ2~30mm程度、形状は亜円礫が主体である。所々、MAX50mm程度の粗礫を確認した。</li> <li>■ GL-17.00~17.30m間は、細粒分を多く含み含水が高い。</li> <li>■ 礫形状から、河川堆積物と考えられる。</li> </ul>
第 二 粘性土層	Am2	17.30~19.00 (1.70)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ コア観察による土質は暗灰色を呈する砂質シルトである。</li> <li>■ 不均一な細粒分を主体とし、粘性が強く指圧で僅かに変形する。部分的に、礫径φ2mm程度の円礫を含む。</li> <li>■ 砂の粒径は細砂主体。</li> <li>■ 全体的に含水が高い。</li> </ul>

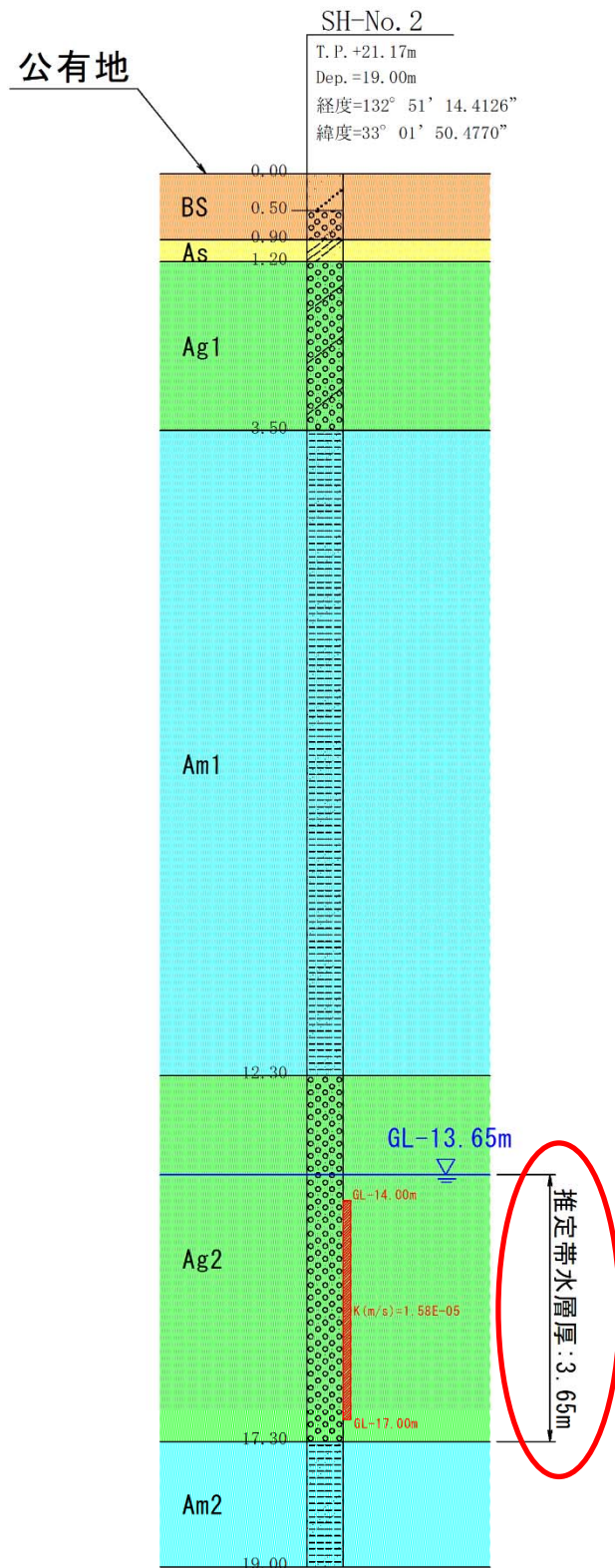
SH-No. 2 : 0.00-19.00m (孔口標高 : TP+21.17m、掘進長 : 19.00m)

深度 (m)	土質 区分	コア写真	原位置試験	地質層序	
0.00				<p><b>盛土(BS) : GL-0.00~0.90m</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>盛土材料は、礫径φ5~30 mm程度の角礫~亜円礫を主体とする礫混じりの砂や砂混じりの礫である。</li> <li>砂の粒径は中砂~細砂へ遷移する。</li> <li>礫形状は角礫~亜円礫へ遷移する。</li> <li>GL-0.50~0.90m間では、局所的にφ50 mm程度の粗礫を確認した。</li> </ul>	
0.50	礫混じり砂		0m		<p><b>砂質土層(As) : GL-0.90~1.20m</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>コア観察による土質は暗灰色を呈するシルト質の砂である。</li> <li>砂の粒径は細砂主体で細粒分を多く含む。</li> </ul>
0.90	砂混じり礫		1m		
1.20	シルト質砂		2m		
3.50	シルト混じり砂礫		3m		<p><b>第一礫質土層(Ag1) : GL-1.20~3.50m</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>コア観察による土質は暗灰色を呈するシルト混じりの砂礫である。</li> <li>砂の粒径は中砂主体で細粒分を多く含む。礫径はφ2~30 mm程度、形状は亜円礫が主体である。所々、MAX50 mm程度の粗礫を確認した。</li> <li>全体的に含水が高く、貝殻片を含む。</li> </ul> <p><b>第一粘性土層(Am1) : GL-3.50~12.30m</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>コア観察による土質は暗灰~茶灰色を呈する砂質シルトである。</li> <li>砂の粒径は細砂主体。不均一な細粒分を主体とし、粘性が強く指圧で僅かに変形する。所々、貝殻片が混入する。</li> <li>全体的に含水が高い。</li> </ul> <p><b>第二礫質土層(Ag2) : GL-12.30~17.30m</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>コア観察による土質は茶灰~灰色を呈する砂礫である。</li> <li>砂の粒径は粗砂主体。礫径はφ2~30 mm程度、形状は亜円礫が主体である。所々、MAX50 mm程度の粗礫を確認した。</li> <li>GL-17.00~17.30m間は、細粒分を多く含み含水が高い。</li> <li>礫形状から、河川堆積物と考えられる。</li> </ul>
12.30	砂質シルト		4m		
			5m		
			6m		
			7m		
			8m		
			9m		
			10m		
			11m		
			12m		
			13m		
	砂礫		14m	<p><b>試験深度 :</b> GL-14.00~17.00m <b>現場透水試験(注水法)</b></p>	<p><b>第二粘性土層(Am2) : GL-17.30~19.00m</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>コア観察による土質は暗灰色を呈する砂質シルトである。</li> <li>不均一な細粒分を主体とし、粘性が強く指圧で僅かに変形する。部分的に、礫径φ2mm程度の円礫を含む。</li> <li>砂の粒径は細砂主体。全体的に含水が高い。</li> </ul>
			15m		
			16m		
17.30		17m			
19.00	砂質シルト	18m			

【ボーリング期間中の孔内水位】 孔内水位は掘進作業前、作業後に触針式水位計を用いて計測している。

地下水位観測でケーシング抜管後に確認された水位はGL-13.65mであった。

地質断面図 S=1:100  
SH-No. 2



本調査で実施したボーリングデータを基に、地質断面図を作成した。地質断面図の電子データは電子成果品に格納した。

決定地下水位は、ボーリング掘進が進み、孔内状況が安定した最終日の作業前水位である GL-13.65m を採用した。これより、帯水層厚は決定地下水位から難透水層である第二粘性土層 (Am2) までの 3.65m と推定した。

ボーリング調査の結果、地下水の主な流動層と考えられる第二礫質土層 (Ag2) は、難透水層である第一および第二粘性土層 (Am1、Am2) に挟在していることから、地層の連続性のみを考慮すれば被圧地下水<sup>※1</sup> の可能性も示唆された。しかし、第二礫質土層 (Ag2) に掘進が進行しても孔内水位の上昇は認められなかったことから、本孔における地下水は不圧地下水 (自由地下水)<sup>※2</sup> であると判定した。

前述のボーリングコア観察結果より、第二礫質土層 (Ag2) に分布する礫は円礫を主体としており、河川堆積物であると考えられる。このことから、本帯水層は河川堆積物により形成されたものと推定され、地下水の水質も調査地近傍を流れる四万十川の伏流水と考えられる。

後述する原位置試験の試験区間については、地下水の主な流動層が第二礫質土層 (Ag2) に相当すると推定し、GL-14.00~17.00m に設定した。

本孔は地下水位が低く、簡易揚水試験に使用する陸上ポンプの揚程が7~8m程度であったため、所定の揚水条件を確保できず、試験を実施することができなかった。また、現場透水試験についても同様の理由により、揚水による回復法の適用が不可能であったことから、ケーシングを GL-14.00m まで引き上げた後、注水法により試験を実施した。次頁より、現場透水試験結果を示す。

※1 被圧地下水は、上下を不透水層または難透水層に挟まれた透水層中に存在する地下水であり、地層中で圧力を受けた状態にある地下水である。観測井戸を掘削した際には、帯水層内の圧力により孔内水位が帯水層上面より高く上昇することがある。

また、被圧地下水は地層の連続性や地形条件により広範囲に分布する場合があります。揚水時の水位低下挙動や周辺井戸への影響範囲が不圧地下水とは異なる特徴を有する。

※2 不圧地下水 (自由地下水) は、上部に不透水層を有さず、大気圧の影響を直接受ける地下水である。地下水面 (自由水面) を有し、その水位は降雨や河川水位の変動等の影響を受けやすい。主に砂層や礫層などの透水性の高い地層中を流動し、浅層部に分布することが多い。

また、不圧地下水の水位は観測井戸において実際の地下水面として確認され、揚水時には地下水面が低下する。一般に氾濫平野や自然堤防、砂州・砂丘等の沖積低地に広く分布する。

BS	盛土層 (埋め土)
Am	粘性土層
As	砂質土層
Ag	礫質土層

工事種別	陸上養殖候補地調査委託業務		
図面名称	地質断面図	縮尺	S=1:100
路線河川名			
工事箇所	高知県 四万十市 川登		
設計種別			
事務所名	高知県水産振興部 水産業振興課	図面 番号	9 12
会社名	株式会社 相愛		

図 4-9-4 地質断面図 (SH-No. 2)

4.9.4. 現場透水試験結果

右表(表 4-9-3)に現場透水試験結果を示す。本孔では、注水により水位を上昇させ、平衡水位へ回復するまでの低下過程を計測する注水法を採用した。

①解析区間は、 $\log s-t$  曲線上に複数の直線区間が認められたものの、透水特性を最も適切に反映すると判断される初期区間を採用し、 $t_1=0$ 、 $t_2=30$  を設定した。

②透水係数  $k(m/s)$  は次式により算定した。本試験は、ケーシング法<sup>\*1</sup>を採用した。ケーシングの内径  $d$  は  $0.075m$ 、孔径  $D$  は  $0.086m$  である。

③ 透水係数  $k(m/s)$  は  $1.58 \times 10^{-5}$  と算定された。下表(表 4-9-4)に示す参考値と比較すると、調査地の透水性は「中位」の範囲に相当する。

表 4-9-3 現場透水試験結果表

現場透水試験結果表 (JGS 1314-非定常法/直線勾配法)			
調査件名		陸上養殖候補地調査委託業務	
ボーリング番号	SH-No. 2	平衡水位(GL-m)	試験前 13.65
試験年月日	2025/10/22	ケーシング内径 $d$ (m)	0.075
試験者		孔径 $D$ (m)	0.086
試験方法	注水法	試験区間の地質	砂礫
試験区間 (GL-m)	上端 14.000 下端 17.000	天候	雨
試験区間長 $L$ (m)	3.00	$\log s-t$ 曲線の直線部の勾配 $a$	0.006904183
		透水係数 $k(m/s)$	③ $1.58E-05$
経過時間 $t$ (sec)	孔内水位 $h$ (GL-m)	平衡水位との水位差 $s$ (m)	
0	13.07	0.580	
30	13.29	0.360	
60	13.47	0.180	
120	13.60	0.050	
180	13.64	0.010	
240	13.65	0.000	
300			
360			
420			
480			
540			
600			
660			
720			
780			
840			
900			
1200			
1500			
3000			
6000			

h-t曲線

①  $\log s-t$  曲線の直線部の勾配  $a$  の決定 (下図より)

$t_1$	0
$t_2$	30
$s_1$	0.580
$s_2$	0.360
$a$	0.006904183

Logs-t曲線

(a) 非定常法

計算式:  $k = \frac{(2.3 * d)^2 / 8L * \log(2L/D) * a}{a} = 1.57819E-05 (m/s)$  ②

備考

表 4-9-4 透水係数  $k(m/s)$  と対応する地盤の種類の参考表 (4-9-4)

	$10^{-11}$	$10^{-10}$	$10^{-9}$	$10^{-8}$	$10^{-7}$	$10^{-6}$	$10^{-5}$	$10^{-4}$	$10^{-3}$	$10^{-2}$	$10^{-1}$	$10^0$
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		砂及び礫		清浄な礫					

1.58E

<sup>\*1</sup> ケーシング法とは、ボーリング孔内にケーシングパイプを挿入し、試験区間のみ地下水が流入する状態を形成し、その水位回復速度に基づいて地盤の透水係数を求める非定常法である。

## 4.9.5. 総合解析とりまとめ

調査結果を下表(表 4-9-5)にとりまとめた。

表 4-9-5 調査結果一覧表

ボーリング調査結果		原位置試験	
孔番	SH-No.2	実施日	R7.10.22
調査地区	四万十市川登	試験時の潮汐	-
調査期間	R7.10.14~R7.10.22	試験区間(GL-m)	14.00~17.00
所有地	公有地	試験方法	ケーシング法(孔径φ86mm)
調査地の地形	自然堤防	現場透水試験結果	
確認された地質	沖積層	透水係数k(m/s)	1.58E-05
緯度	33° 01' 50.4770"	透水性の評価	中位
経度	132° 51' 14.4126"	簡易揚水試験結果	
孔口標高(T.Pm)	21.17	試験時間	-
掘進長(m)	19.00	揚水量(L/分)	-
決定地下水位(GL-m)	13.65	水質試験結果(健康7項目)	
推定帯水層厚(m)	3.65	基準値との比較	-
水質試験用サンプル採水		ヘキサダイアグラム	
時刻	-	図形の型	-
気温	-	地下水の分類	不圧地下水(自由地下水)
地下水温	-	地下水に対する海水の影響の目安	
濁度(NTU)	-	地下水⇔海水(0.5⇔200)	-

## (1) 地下水の考察

ボーリング調査では、本孔は掘進作業時に地下水の帯水層を確認したことから、岩盤深度までの掘進は行っていない。岩盤深度については近隣に既存資料が存在しないため詳細は不明であるが、本孔の掘進深度までに岩盤は確認されていない。

本孔は地下水位がGL-13.65mと低く、簡易揚水試験に使用する陸上ポンプの揚程が約5mであったため、所定の揚水条件を確保できず、試験を実施することができなかった。

ボーリングコアの観察結果より、地下水の主な流動層と考えられるGL-13.65~17.30m区間に分布する礫は円礫を主体としており、河川堆積物であると考えられる。また、当該区間は難透水層である厚い粘性土層に挟在していることから、地層の連続性のみを考慮すれば被圧地下水の可能性が示唆された。しかし、当該区間の掘進時に孔内水位の上昇は認められなかったことから、本孔における地下水は不圧地下水(自由地下水)であると判定した。

地形的にみると、本調査地は近傍を流れる四万十川の河川作用によって形成された自然堤防上に位置していると考えられる。自然堤防は、洪水時に河川から溢れた流水により運搬された砂礫が河道沿いに堆積することで形成される微高地である。このことから、本帯水層は河川堆積物により形成されたものと推定される。また、地下水の水質は調査地近傍を流れる四万十川の影響を受けている可能性がある。



図 4-9-5 調査位置図 (4-9-5)

以上より、本調査地の地下水は、四万十川の河川作用により形成された砂礫主体の河川堆積物中に賦存し、河川との水理的關係を有する不圧地下水(自由地下水)であると考えられる。

#### (2) 養殖事業等への地下水利用に関する考察

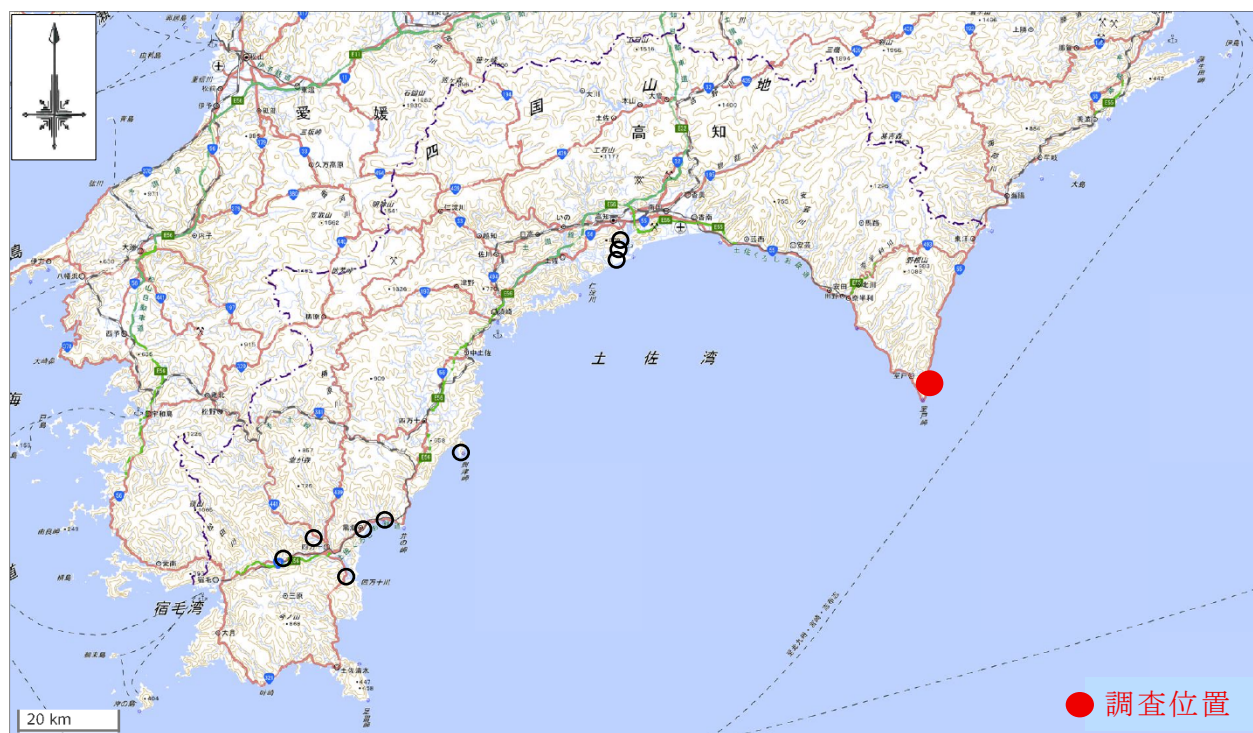
自然堤防を構成する砂礫層は一般に透水性が高く、地下水は河川との水理的關係を有しながら流動しているものと推定されるため、一定の揚水量は期待できるものと考えられる。

一方で、本地下水は四万十川と水理的に連続した伏流水<sup>※1</sup>として賦存している可能性があり、水質は四万十川の影響を受けると考えられる。このため、地下水利用にあたっては水質の変動および周辺水利用との關係に留意する必要がある。

※1 伏流水とは、河川敷や旧河道の下層にある砂礫層などの中を流れている地下水(土壤水)で、地表の河川との水理的な關係が強いものをいう。比較的浅い場所にある透水性の高い砂礫層中を流れている。

-以上-

## 4.10. TK-No. 1 (高知県室戸市高岡)



調査地位置図

出典：電子国土 Web 国土地理院より加筆

<https://maps.gsi.go.jp/>

調査結果一覧表

ボーリング調査結果		原位置試験	
孔番	TK-No.1	実施日	R7.12.2
調査地区	室戸市高岡	試験時の潮汐	-
調査期間	R7.11.25～R7.12.2	試験区間(GL-m)	8.50～9.00
所有地	公有地	試験方法	ケーシング法(孔径φ86mm)
調査地の地形	浜	現場透水試験結果	
確認された地質	盛土層・津呂層	透水係数k(m/s)	2.25E-06
緯度	33° 15' 59.0922"	透水性の評価	低い
経度	134° 11' 04.8405"	簡易揚水試験結果	
孔口標高(T.P.m)	9.16	試験時間	-
掘進長(m)	9.00	揚水量(L/分)	-
決定地下水位(GL-m)	8.54	水質試験結果(健康7項目)	
推定帯水層厚(m)	0.06	基準値との比較	-
水質試験用サンプル採水		ヘキサダイアグラム	
時刻	-	図形の型	-
気温	-	地下水の分類	裂隙水
地下水温	-	地下水に対する海水の影響の目安	
濁度(NTU)	-	地下水⇔海水(0.5⇔200)	-

## 4.10.1. 調査位置

ボーリング調査位置の諸元を下表(表 4-10-1)に、調査位置平面図を下図(図 4-10-1)に示す。調査地は、漁港に隣接する公園内に位置する。ボーリング位置は、あらかじめ漁港管理者の承諾を得たうえで、調査職員との現地協議のもと決定した。また、ボーリング位置の座標および地盤標高は、VRS による RTK 測量により求めた。

表 4-10-1 ボーリング調査位置の諸元

孔番	調査位置(座標)		緯度・経度		孔口標高 (T.P.m)	掘進長 (m)	原位置試験
	X座標	Y座標	緯度	経度			
TK-No.1	29753.2965	63786.5908	33° 15' 59.0922"	134° 11' 04.8405"	9.16	9.00	現場透水試験(回復)

※柱状図の記載標高は、小数点第3位を四捨五入。緯度経度は、小数点第5位を四捨五入表記。



図 4-10-1 調査位置平面図 (4-10-1)

## 4.10.2. 調査地の地形・地質

### (1) 調査地の地形

調査地の地形は、浜に属する。過去の航空写真を参照すると、調査地はかつて岩礁であったことが確認でき、これを埋立てることにより、現在の漁港および公園が整備されている。



図 4-10-3 調査地周辺の航空写真 (4-10-3)

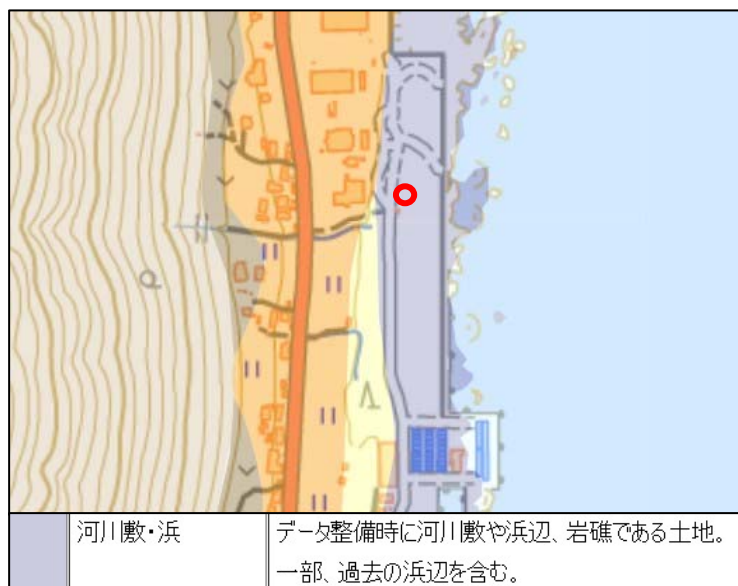


図 4-10-2 調査地周辺の地形図 (4-10-2)

### (2) 調査地の地質

調査地を含む周辺の地質は、四万十帯南帯に属する津呂層に相当すると考えられる。津呂層は、上部は砂岩優勢で、下部は泥岩優勢の砂岩・泥岩互層からなる。黒色マンガンに富む多色頁岩を頻繁に挟み、スランプ褶曲<sup>※1</sup>が発達する。赤色頁岩は放射虫化石を多量に含み、始新世(約 5,600～3,390 万年前)の再堆積種を含むが中新世前期(約 2,300～1,600 万年前)の年代を示す。

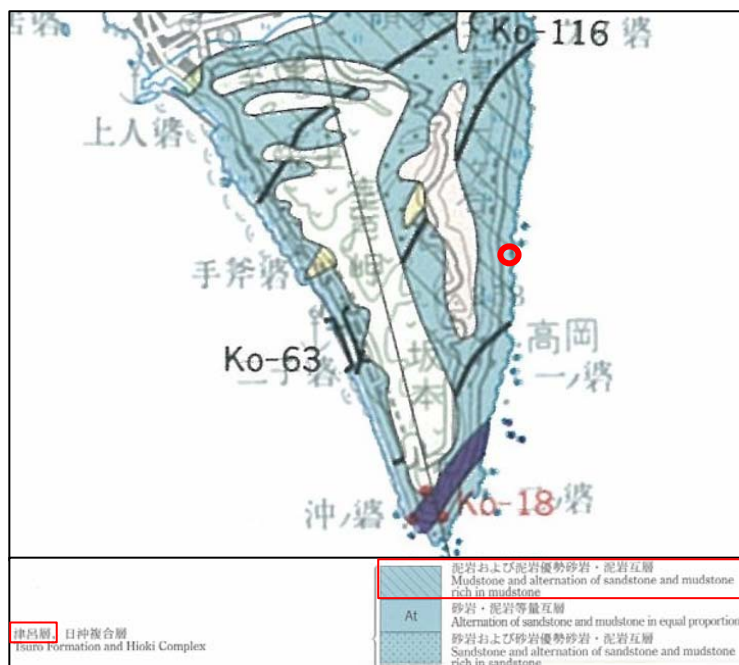


図 4-10-4 調査地周辺の地質図 (4-10-4)

※1 スランプ褶曲とは、海底や湖底に堆積した直後の未固結な地層が、斜面の傾斜により滑動する海底地すべりに伴って形成される褶曲構造である。

(4-10-2) 電子国土 Web 国土地理院より加筆

(4-10-3) 電子国土 Web 年度別航空写真(1974年～1978年)国土地理院より加筆

(4-10-4) 四国地方土木地質図(凡例)；四国地方土木地質図編纂委員会：平成10年3月より加筆

## 4.10.3. ボーリング結果

本業務で実施した調査ボーリングの結果、盛土層(BS)と基盤岩(Ms)を確認した。地層区分については、過去の航空写真判読結果に基づき、岩盤より上位の地層を盛土層(BS)と判定した。

本孔の掘止深度は、調査職員との協議のうえ、基盤岩(Ms)を1.0m程度確認した時点とした。

下表(表4-10-2)に大別した地質層序を一覧にまとめた。次頁からはボーリング孔についてまとめる。

表4-10-2 地質層序一覧表(TK-No.1)

地層名	地層記号	深度(GL-m) 【層厚(m)】	記事
盛土層 (埋め土)	BS	0.00~7.70 (7.70)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 盛土材料は、概ね礫径がφ2~30mm程度の礫質土が主体である。</li> <li>■ GL-0.00~2.00m間の上部層は、主に粘性土や玉石の混じる砂礫である。砂の粒径は中砂主体である。</li> <li>■ GL-2.00~3.30m間の中部層は、礫形状が垂円礫を主体とする砂礫である。砂の粒径は細砂~中砂主体である。</li> <li>■ GL-3.30~7.70m間の下部層では、所々L=7cm程度の玉石が分布する砂礫である。砂の粒径は細砂~中砂主体である。</li> <li>■ GL-4.20~5.40m間では、旧堤防由来と考えられるコンクリートの挟在が確認された。</li> <li>■ 下位層にあたる基盤岩までの未固結土層は、岩礁を埋め立てた人口地盤であると考えられる。</li> </ul>
基盤岩	Ms	7.70~9.00 (1.30)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 基盤岩はL=25cm程度の柱状~礫状コアで採取される泥岩である。</li> <li>■ GL-7.70~8.00m間では、半塊状~片状のコアとして採取され、亀裂が発達しているため、岩級区分はCL級と評価した。</li> <li>■ GL-8.00~9.00m間では、比較的新鮮な柱状コアが主体として採取されたため、岩級区分はCM級と評価した。</li> <li>■ GL-8.50~8.60m間では、局所的な破碎が認められることから、裂隙水の流路であると考えられる。</li> </ul>

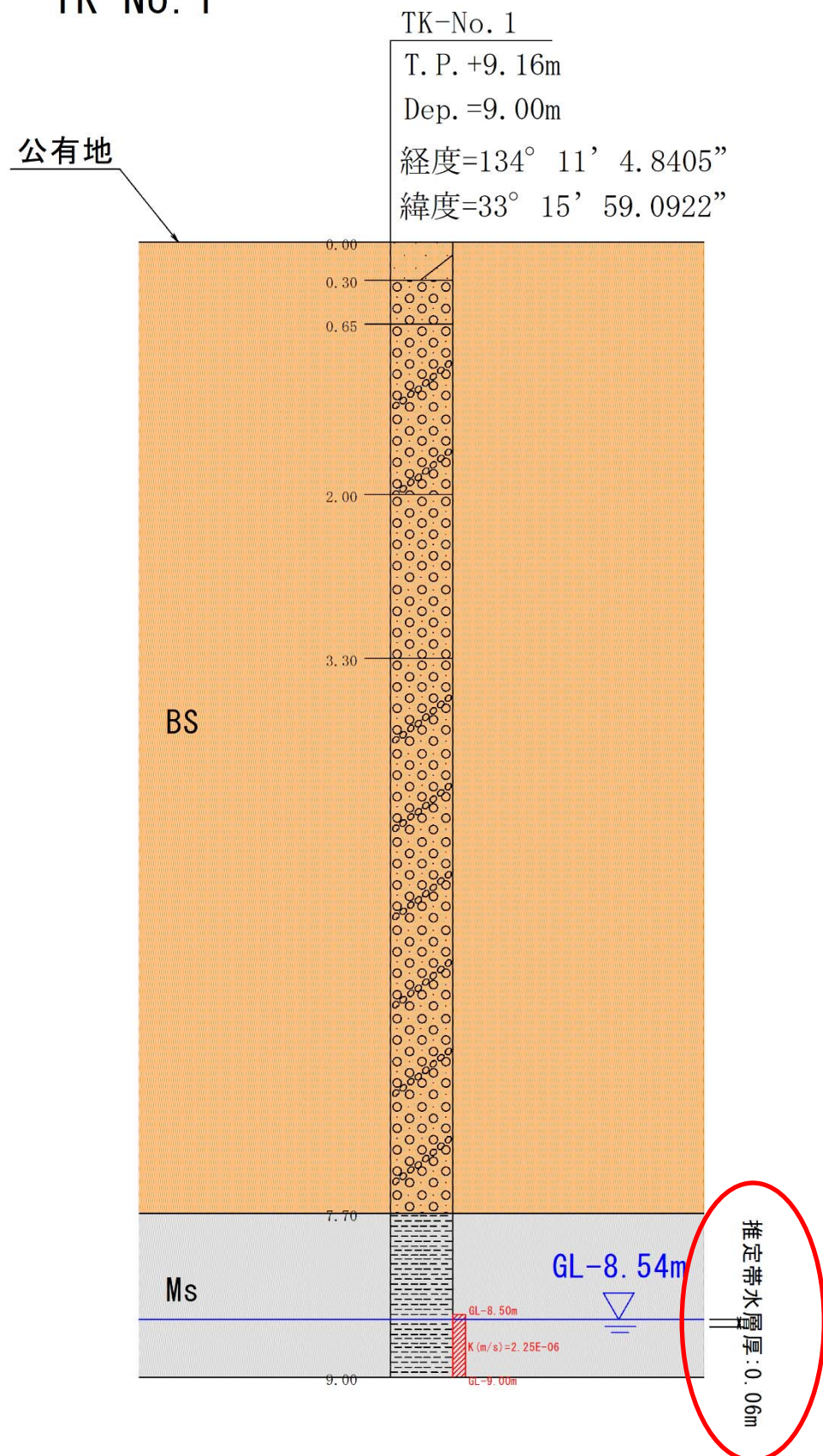
TK-No.1 : 0.00-9.00m (孔口標高 : TP+9.16m、掘進長 : 9.00m)

深度 (m)	土質 区分	コア写真	原位置試験	地質層序	
0.00				<p><b>盛土(BS) : GL-0.00~7.70m</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・盛土材料は、概ね礫径がφ2~30 mm程度の礫質土が主体である。</li> <li>・GL-0.00~2.00m 間の上部層は、主に粘性土や玉石の混じる砂礫である。砂の粒径は中砂主体である。</li> <li>・GL-2.00~3.30m 間の中部層は、礫形状が垂円礫を主体とする砂礫である。砂の粒径は細砂~中砂主体である。</li> <li>・GL-3.30~7.70m 間の下部層では、所々L=7 cm程度の玉石が分布する砂礫である。砂の粒径は細砂~中砂主体である。</li> <li>・GL-4.20~5.40m 間では、旧堤防由来と考えられるコンクリートの挟在が確認された。</li> <li>・下位層にあたる基盤岩までの未固結土層は、岩礁を埋め立てた人工地盤であると考えられる。</li> </ul> <p><b>基盤岩(Ms) : GL-7.70~9.00m</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・基盤岩は L=25 cm程度の柱状~礫状コアで採取される泥岩である。</li> <li>・GL-7.70~8.00m 間では、半塊状~片状のコアとして採取され、亀裂が発達しているため、岩級区分はCL級と評価した。</li> <li>・GL-8.00~9.00m 間では、比較的新鮮な柱状コアが主体として採取されたため、岩級区分はCM級と評価した。</li> <li>・GL-8.50~8.60m 間では、局所的な破碎が認められることから、裂隙水の流路であると考えられる。</li> </ul>	
0.30	粘土混じり砂		0m		
0.65	砂礫		1m		
2.00	玉石混じり砂礫		2m		
3.30	砂礫		3m		
7.70	玉石混じり砂礫		4m		
9.00	泥岩		5m		
			6m		
			7m		
		8m			
		9m	試験深度: GL-8.50~9.00m 現場透水試験(回復法)		

【ボーリング期間中の孔内水位】 孔内水位は掘進作業前、作業後に触針式水位計を用いて計測している。  
地下水位観測で確認できたボーリング作業前の孔内水位は GL-8.54m であった。

地質断面図 S=1:50

TK-No. 1



本調査で実施したボーリングデータを基に、地質断面図および地質推定断面図(模式図)を作成した。なお、これらの電子データは電子成果品に格納した。

決定地下水位は、ボーリング掘進が進み、孔内状況が安定した最終日の作業前水位であるGL-8.54mを採用した

ボーリングコアの観察結果より、GL-8.50~8.60m間に局所的な破碎が認められたことから、地下水は岩盤内を流動する裂隙水<sup>※1</sup>であると考えられる。帯水層厚は、孔内水位(GL-8.54m)から破碎部の下端であるGL-8.60mまでの約0.06mと推定した。

後述する原位置試験の試験区間については、破碎区間を中心に、その上下の岩盤を含めた透水性の確認を目的として、GL-8.50~9.00mに設定した。

本孔は地下水位が低く、揚水量も極めて僅少であったため、簡易揚水試験を実施することができなかった。同様の理由から、現場透水試験はベラー(採水器)を用いた汲み上げによる回復法を採用した。

※1 裂隙水(れっかすい)とは、岩盤中に発達した割れ目(裂隙、節理、断層破碎帯など)の空隙を通じて存在・流動する地下水をいう。主として岩盤地域に分布し、砂礫層などの粒間空隙を主体とする一般的な地下水とは異なり、割れ目の連続性や開口幅に支配されることが特徴である。

裂隙水は、岩石自体の透水性が低い場合であっても、割れ目が発達していれば地下水の流動経路となり得る。そのため、透水性は岩種そのものよりも、裂隙の密度、連続性、開口状況、充填物の有無等に大きく依存する。一般に、裂隙が未充填で開口している場合には比較的高い透水性を示すが、粘土鉱物などが岩盤の割れ目に充填されている場合には透水性は著しく低下する。また、断層破碎帯では局所的に地下水が集中し、水みちを形成することがある。



GL-8.50~8.60m間では、局所的な破碎が認められることから、裂隙水の流路であると考えられる。

図 TK-No. 1 コア写真(GL-5.00~9.00m)

地質区分凡例	
BS	盛土層(埋め土)
Ms	基盤岩

高 知 県			
工事種別	陸上養殖候補地調査委託業務		
図面名称	地質断面図	縮尺	S=1:50
路線/河川名			
工事箇所	高知県 室戸市 高岡		
設計種別			
事務所名	高知県水産振興部 水産業振興課	図面 番号	10 12
会社名	株式会社 相愛		

図 4-10-5 地質断面図(TK-No. 1)

# TK-No.1地質推定断面図(模式図)

S=1:200

毎時潮位 2025年12月 室戸岬

先月

翌月(速報値)

日	時刻																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	37	56	66	66	57	40	21	6	-3	-2	10	30	54	76	90	91	79	55	26	-3	-24	-33	-27	-9
2	17	46	71	86	88	77	58	36	18	8	9	22	44	71	92	103	98	79	48	10	-24	-48	-55	-44
3	-18	17	54	84	101	103	91	70	45	25	15	18	34	59	85	103	109	97	69	28	-16	-54	-77	-81
4	-64	-32	9	49	82	99	99	85	61	35	15	7	13	32	58	84	101	103	87	54	10	-36	-73	-94
5	-94	-72	-34	11	54	88	107	106	91	65	39	19	13	22	44	70	93	104	100	78	40	-7	-53	-88

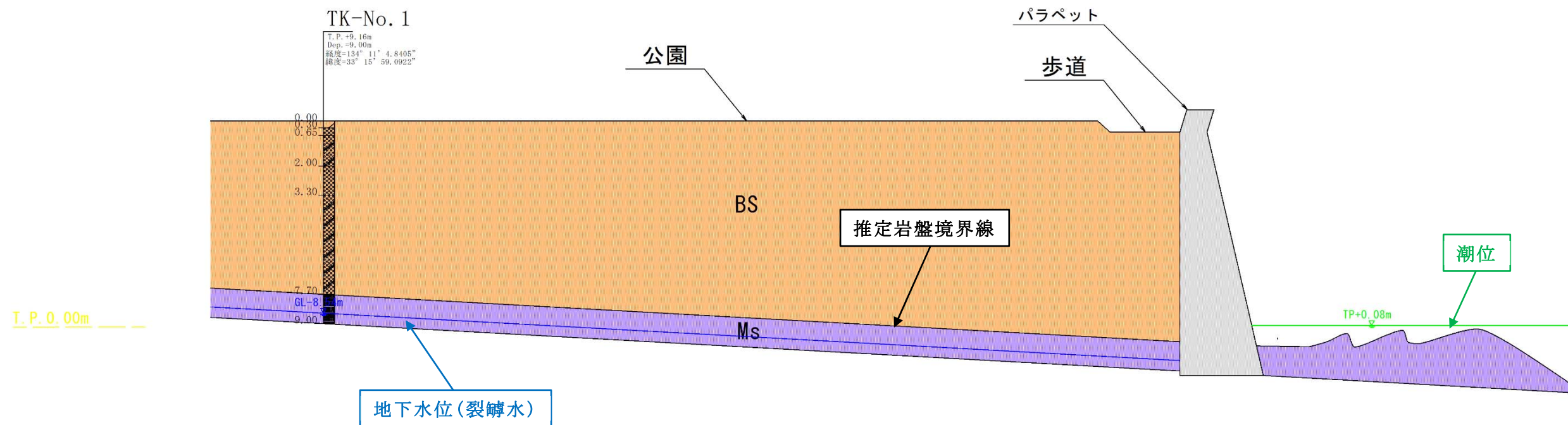
気象庁 Web 潮汐観測資料(2025年12月)より一部抜粋・加筆

地質推定断面図(模式図)は、調査地において携帯型レーザー距離計を用い、パラペットの天端からボーリング地点までの標高および距離を簡易的に計測した結果に基づき作成した。

推定岩盤境界線は、ボーリング孔における岩盤到達深度およびパラペットから海側に露出する岩礁までの標高と距離の測定結果に基づき、両者を結んで設定した。

潮位は、気象庁ホームページで公開されている室戸岬の潮汐観測資料を参照し、孔内水位の測定時刻に近い TP+0.08m を採用した。

岩盤内を流動する裂隙水の推定水位は海水面と明確に異なっており、パラペットにより遮水されていると考えられることから、水理的連続性は低く、海水の影響は受けていないものと推定される。次頁より、現場透水試験結果を示す。



BS	盛土層(埋め土)
Ms	基盤岩

高知県			
工事種別	陸上養殖候補地調査委託業務		
図面名称	地質断面図	縮尺	S=1:200
路線河川名			
工事箇所	高知県 種多郡 黒潮町 上川口		
設計種別			
事務所名	高知県水産振興部 水産振興課	図面 番号	11
会社名	株式会社 相愛		12

図 4-10-6 地質推定断面図(TK-No.1)

4.10.4. 現場透水試験結果

右表(表 4-10-3)に現場透水試験結果を示す。本孔では、揚水により水位を低下させ、平衡水位に回復するまでの時間を計測する回復法を採用した。

①解析区間は、 $\log s-t$  曲線上に複数の直線区間が認められたものの、透水特性を最も適切に反映すると判断される初期区間を採用し、 $t_1=0$ 、 $t_2=60$  を設定した。

②透水係数  $k(m/s)$  は次式により算定した。本試験は、ケーシング法<sup>※1</sup>を採用した。ケーシングの内径  $d$  は  $0.075m$ 、孔径  $D$  は  $0.086m$  である。

③ 透水係数  $k(m/s)$  は  $2.25 \times 10^{-6}$  と算定された。下表(表 4-10-4)に示す参考値と比較すると、調査地の透水性は「低い」の範囲に相当する。

表 4-10-3 現場透水試験結果表

現場透水試験結果表 (JGS 1314-非常法/直線勾配法)			
調査件名	陸上養殖候補地調査委託業務		
ボーリング番号	TK-No. 1	平衡水位 (GL-m)	試験前 8.50
試験年月日	2025/12/2	ケーシング内径 $d$ (m)	0.075
試験者		孔径 $D$ (m)	0.086
試験方法	回復法	試験区間の地質	泥岩
試験区間 (GL-m)	上端 8.500	天候	晴
	下端 9.000	$\log s-t$ 曲線の直線部の勾配 $a$	0.000283889
試験区間長 $L$ (m)	0.50	透水係数 $k(m/s)$	③ 2.25E-06
経過時間 $t$ (sec)	孔内水位 $h$ (GL-m)	平衡水位との水位差 $s$ (m)	
0	8.760	0.260	
30	8.755	0.255	
60	8.750	0.250	
120	8.745	0.245	
180	8.740	0.240	
240	8.735	0.235	
300	8.732	0.232	
360	8.729	0.229	
420	8.724	0.224	
480	8.720	0.220	
540	8.718	0.218	
600	8.715	0.215	
660	8.713	0.213	
720	8.710	0.210	
780	8.707	0.207	
840	8.705	0.205	
900	8.701	0.201	
1200	8.690	0.190	
1500	8.680	0.180	
3000	8.625	0.125	
3600	8.606	0.106	
7200	8.536	0.036	

**h-t曲線**

**log s-t曲線の直線部の勾配aの決定 (下図より)**

①

$t_1$	0
$t_2$	60
$s_1$	0.260
$s_2$	0.250
$a$	0.000283889

**Log s-t曲線**

採用した直線部の勾配  $a$

(b) 非常法

計算式:  $k = \frac{(2.3 \cdot d)^2}{8L} \cdot \log \frac{(2L/D) \cdot a}{s_1 - s_2} = 2.2502E-06 \text{ (m/s)}$  ②

備考

表 4-10-4 透水係数  $k(m/s)$  と対応する地盤の種類の参考表 (4-10-5)

	$10^{-11}$	$10^{-10}$	$10^{-9}$	$10^{-8}$	$10^{-7}$	$10^{-6}$	$10^{-5}$	$10^{-4}$	$10^{-3}$	$10^{-2}$	$10^{-1}$	$10^0$
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				砂及び礫			清浄な礫		

2.25E

※1 ケーシング法とは、ボーリング孔内にケーシングパイプを挿入し、試験区間のみ地下水が流入する状態を形成し、その水位回復速度に基づいて地盤の透水係数を求める非常法である。

## 4.10.5. 総合解析とりまとめ

調査結果を下表(表 4-10-5)にとりまとめた。

表 4-10-5 調査結果一覧表

ボーリング調査結果		原位置試験	
孔番	TK-No.1	実施日	R7.12.2
調査地区	室戸市高岡	試験時の潮汐	-
調査期間	R7.11.25~R7.12.2	試験区間(GL-m)	8.50~9.00
所有地	公有地	試験方法	ケーシング法(孔径φ86mm)
調査地の地形	浜	現場透水試験結果	
確認された地質	盛土層・津呂層	透水係数k(m/s)	2.25E-06
緯度	33° 15' 59.0922"	透水性の評価	低い
経度	134° 11' 04.8405"	簡易揚水試験結果	
孔口標高(T.P.m)	9.16	試験時間	-
掘進長(m)	9.00	揚水量(L/分)	-
決定地下水位(GL-m)	8.54	水質試験結果(健康7項目)	
推定帯水層厚(m)	0.06	基準値との比較	-
水質試験用サンプル採水		ヘキサダイアグラム	
時刻	-	図形の型	-
気温	-	地下水の分類	裂隙水
地下水温	-	地下水に対する海水の影響の目安	
濁度(NTU)	-	地下水⇄海水(0.5⇄200)	-

## (1) 地下水の考察

地形的にみると、本調査地は岩礁が分布する浜地形に位置しており、波浪・高潮・津波対策を目的とした護岸整備に伴う人工的な埋立てにより現在の地形が形成されたと考えられる。

ボーリング調査の結果、岩盤までの深度は GL-7.70m と比較的浅く、地下水を汲み上げた後も回復が確認されたことから、岩盤内に地下水が賦存していることが確認された。また、ボーリングコアの観察結果より、GL-8.50~8.60m 区間では局所的な破碎部が認められたことから、地下水は岩盤内を流動する裂隙水であると推定される。

本孔は地下水位が低く、揚水量も極めて小さかったため、簡易揚水試験を実施することができなかった。さらに、現場透水試験の結果においても透水係数は  $2.25 \times 10^{-6}$  (m/s) と小さく、本帯水層の透水性は低いことが確認された。

以上より、本調査地の地下水は岩盤内の裂隙を流動する裂隙水であり、地下水の賦存量は限定的であると考えられる。

## (2) 養殖事業等への地下水利用に関する考察

一般に砂浜海岸では、砂層が自然のろ過装置として機能するため、地下水として清澄な海水を取水できる場合がある。このような環境では、砂層中を流動する海水が自然ろ過を受けることにより、比較的安定した水質の取水が可能となる。

一方、本調査地は砂浜海岸とは異なり、岩礁が卓越する岩石海岸に位置している。ボーリング調査の結果からも、地下水は岩盤内の裂隙を流動して賦存しており、地下水の賦存量は限定的であることが確認された。さらに、現場透水試験の結果においても透水係数は小さく、地下水の供給能力は低いことが明らかとなっている。

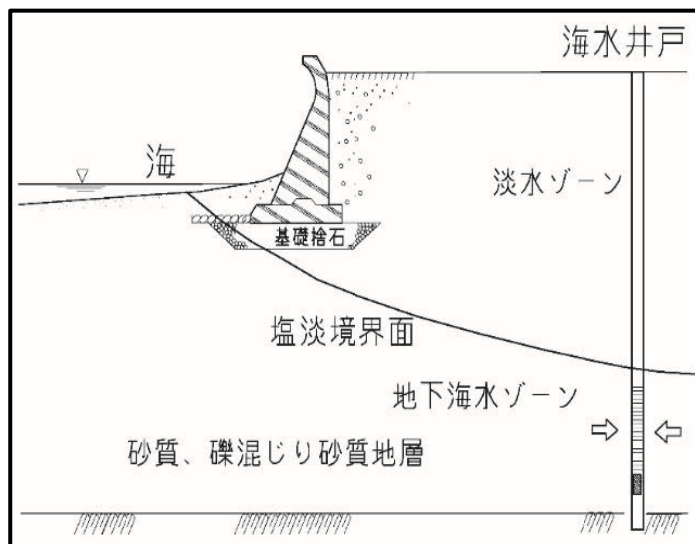


図-4-10-7 砂浜海岸の模式図 (4-10-6)

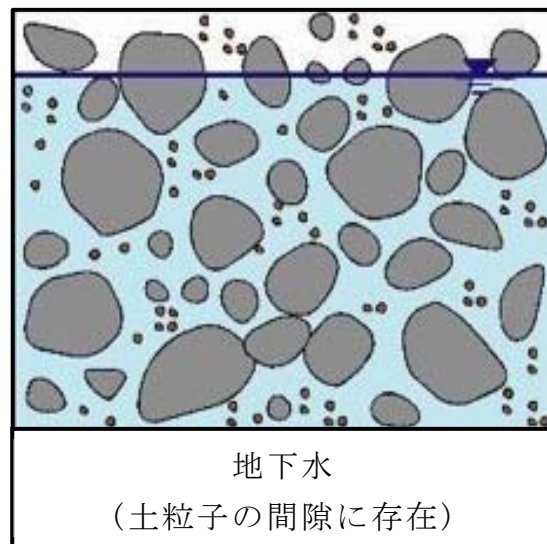


図-4-10-8 地下水のイメージ (4-10-7)

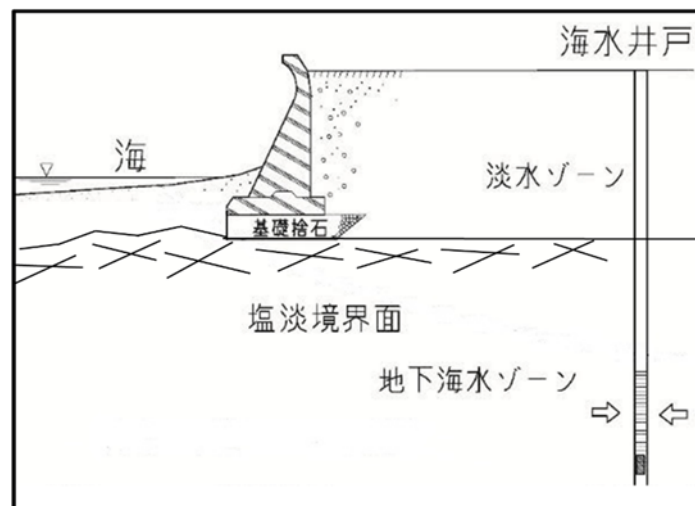


図-4-10-7 岩石海岸の模式図 (4-10-6)

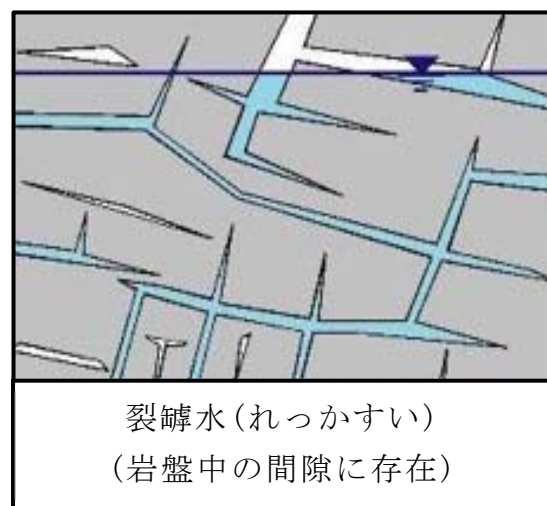


図-4-10-10 裂隙水のイメージ (4-10-7)

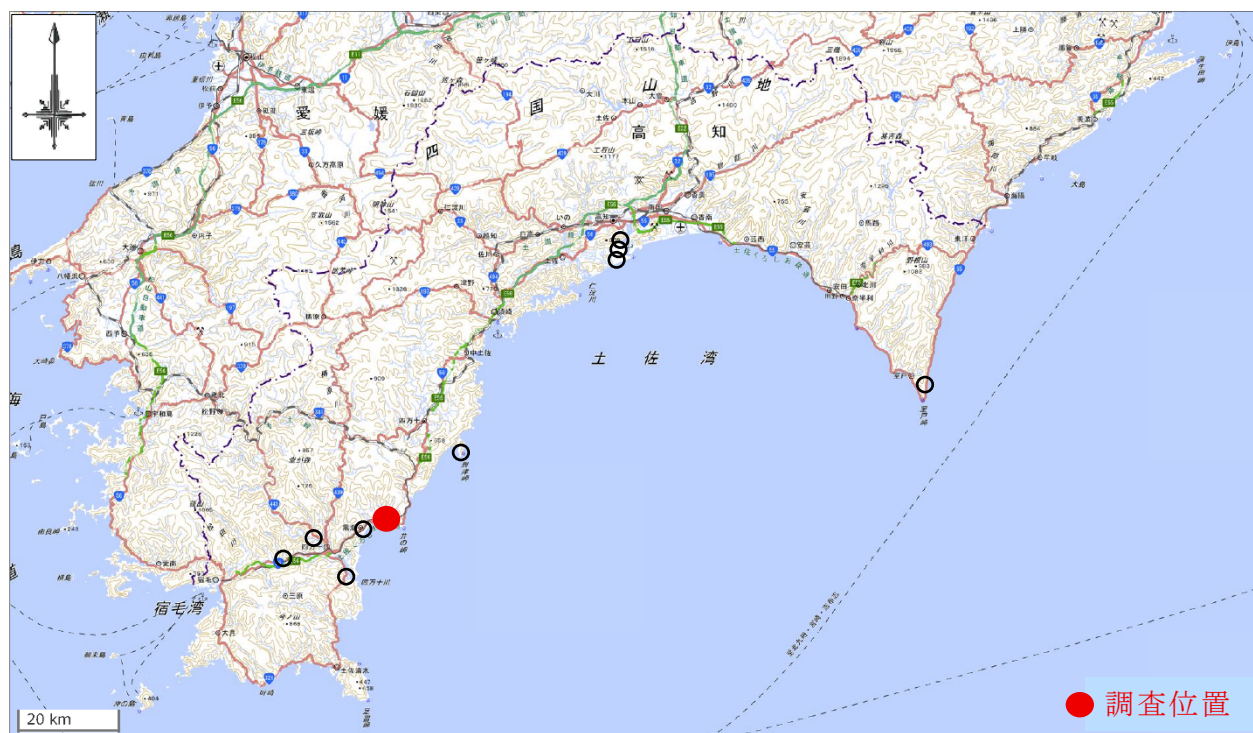
以上のことから、本調査地において地下水を利用した養殖事業等の揚水は困難であると判断される。また、地形・地質条件を踏まえると、岩礁が卓越する浜地形であるため、斜掘り井戸による海水の取水についても適用は困難であると考えられる。このため、本調査地における養殖用水の確保については、他の水利用方法を検討する必要がある。

-以上-

(4-10-6 調査研究論文集 No. 33 : (一財)漁港漁場漁村総合研究所; 令和5年12月 p.9より加筆

(4-10-7 応用地質 Q&amp;A 中国四国版 : 日本応用地質学会中国四国支部; 令和元年5月 p.264

## 4. 11. KA-No. 1 (高知県高岡郡黒潮町上川口)



調査地位置図

出典：電子国土 Web 国土地理院より加筆

<https://maps.gsi.go.jp/>

調査結果一覧表

ボーリング調査結果		原位置試験	
孔番	KA-No.1	実施日	R8.1.19
調査地区	黒潮町上川口	試験時の潮汐	満潮→干潮
調査期間	R8.1.5～R8.1.19	試験区間(GL-m)	4.00～12.00
所有地	公有地	試験方法	測定用パイプ(VP50)
調査地の地形	旧水部	現場透水試験結果	
確認された地質	沖積層・有岡層	透水係数k(m/s)	3.14E-05
緯度	33° 02' 22.2060"	透水性の評価	中位
経度	133° 03' 23.6680"	簡易揚水試験結果	
孔口標高(T.P.m)	3.80	試験時間	9:30-11:30
掘進長(m)	16.00	揚水量(L/分)	41
決定地下水位(GL-m)	3.23	水質試験結果(健康7項目)	
推定帯水層厚(m)	11.77	基準値との比較	すべて基準値未滿
水質試験用サンプル採水		ヘキサダイアグラム	
時刻	12時頃	図形の型	II型(炭酸ナトリウム型)
気温	17.5	地下水の分類	不圧地下水(自由地下水)
地下水温	13.7	地下水に対する海水の影響の目安	
濁度(NTU)	0.3	地下水⇄海水(0.5⇄200)	0.49

## 4.11.1. 調査位置

ボーリング調査位置の諸元を下表(表 4-11-1)に、調査位置平面図を下図(図 4-11-1)に示す。調査地は、漁港に隣接する公園内に位置する。ボーリング位置は、あらかじめ漁港管理者の承諾を得たうえで、調査職員との現地協議のもと決定した。また、ボーリング位置の座標および地盤標高は、VRS による RTK 測量により求めた。

表 4-11-1 ボーリング調査位置の諸元

孔番	調査位置(座標)		緯度・経度		孔口標高 (T.P.m)	掘進長 (m)	原位置試験
	X座標	Y座標	緯度	経度			
KA-No.1	4467.8688	-41417.0948	33° 02' 22.2060"	133° 03' 23.6680"	3.80	16.00	現場透水試験(回復)・簡易揚水試験

※柱状図の記載標高は、小数点第3位を四捨五入。緯度経度は、小数点第5位を四捨五入表記。



図 4-11-1 調査位置平面図 (4-11-1)

## 4.11.2. 調査地の地形・地質

### (1) 調査地の地形

調査地の地形は、旧水部に属する。過去の航空写真によれば、調査地はかつて水部であったことが確認でき、これを埋立てることにより、現在の漁港および公園が整備されている。



図 4-11-3 調査地周辺の航空写真 (4-11-3)



図 4-11-2 調査地周辺の地形図 (4-11-2)

### (2) 調査地の地質

調査地を含む周辺の地質は、四万十帯南帯に属する有岡層に相当すると考えられる。有岡層は、主に塊状黒色砂質泥岩からなり、多量の砂岩および緑色岩や緑灰色珪質頁岩のレンズ状小岩体を含む。全体がせん断された混在岩相を示す。黒色砂岩泥岩からは白亜紀最末期(約 6,600 万年前)の放射虫化石を産する。

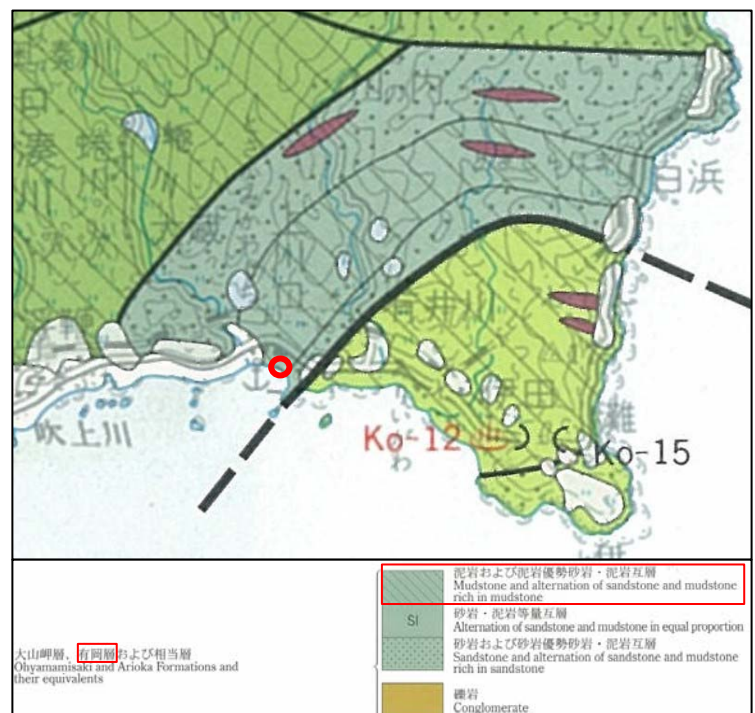


図 4-11-4 調査地周辺の地質図 (4-11-4)

(4-11-2) 電子国土 Web 国土地理院より加筆

(4-11-3) 電子国土 Web 年度別航空写真(1974年～1978年)国土地理院より加筆

(4-11-4) 四国地方土木地質図(凡例); 四国地方土木地質図編纂委員会: 平成10年3月より加筆

## 4.11.3. ボーリング結果

本業務で実施した調査ボーリングの結果、盛土層(BS)、第一礫質土層(Ag1)、粘性土層(Am)、第二礫質土層(Ag2)の計4層の未固結土層と基盤岩(Ss・Ms)を確認した。

本孔の掘止深度は、調査職員との協議のうえ、基盤岩(Ss・Ms)を1.00m確認した時点とした。

下表(表4-11-2)に大別した地質層序を一覧にまとめた。次頁からはボーリング孔についてまとめる。

表4-11-2 地質層序一覧表(KA-No.1)

地層名	地層記号	深度(GL-m) 【層厚(m)】	記事
盛土層 (埋め土)	BS	0.00～5.70 (5.70)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 盛土材料は、礫径φ2～30mm程度の垂角礫～垂円礫を主体とする砂礫である。</li> <li>■ 所々、礫径φ50mm程度の粗礫が混入する。</li> <li>■ 砂の粒径は細砂～中砂主体である。</li> <li>■ GL-4.00～4.65m間では、含水が高く細粒分を含む。</li> <li>■ GL-5.20～5.70m間では、旧漁港由来と考えられるコンクリートが挟在する。</li> </ul>
第一礫質土層	Ag1	5.70～11.40 (5.70)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ コア観察による土質はシルトや玉石の混じる砂礫である。</li> <li>■ コアの色調は暗茶～黄灰～茶灰へ遷移する。</li> <li>■ 砂の粒径は中砂～粗砂主体で、部分的に細砂の層も認められる。</li> <li>■ 礫径はφ2～30mm程度、形状は垂角礫～円礫が主体である。</li> <li>■ GL-5.70～9.60m間では、部分的にL=7～10cm程度の玉石を含む。また、L-5.85～6.40m間では礫分が優勢となる。</li> <li>■ GL-9.60～10.20m間では、全体的に細粒分を含む。</li> <li>■ GL-10.20～11.40m間では、L=5cm程度の玉石が主体となり、連続的に分布する。</li> </ul>
粘性土層	Am	11.40～12.00 (0.60)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ コア観察による土質は茶灰～暗灰色を呈する礫混じりシルトである。</li> <li>■ 不均一な細粒分を主体とし、粘性が強く指圧で変形する。</li> <li>■ 礫径はφ2～20mm程度、形状は垂角礫～垂円礫が主体である。</li> </ul>
第二礫質土層	Ag2	12.00～15.00 (3.00)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ コア観察による土質は暗黄灰～茶灰色を呈するシルトや玉石の混じる砂礫である。</li> <li>■ 砂の粒径は細砂～粗砂へ遷移する。</li> <li>■ 礫径はφ2～30mm程度、形状は垂角礫～垂円礫が主体である。</li> <li>■ GL-12.00～13.30m間では、全体的に細粒分を含む。</li> <li>■ GL-13.30～15.00m間では、所々にL=5～10cm程度の玉石を含む。</li> </ul>
基盤岩	Ss・Ms	15.00～16.00 (1.00)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 基盤岩はL=25cm程度の棒状～塊状コアで採取される砂岩勝ち泥岩との互層である。</li> <li>■ GL-15.00～15.40m間では、コアの表面や亀裂面に酸化変色が認められるものの、概ね新鮮な柱状コアが主体として採取されたため、岩級区分はCM級と評価した。</li> </ul>

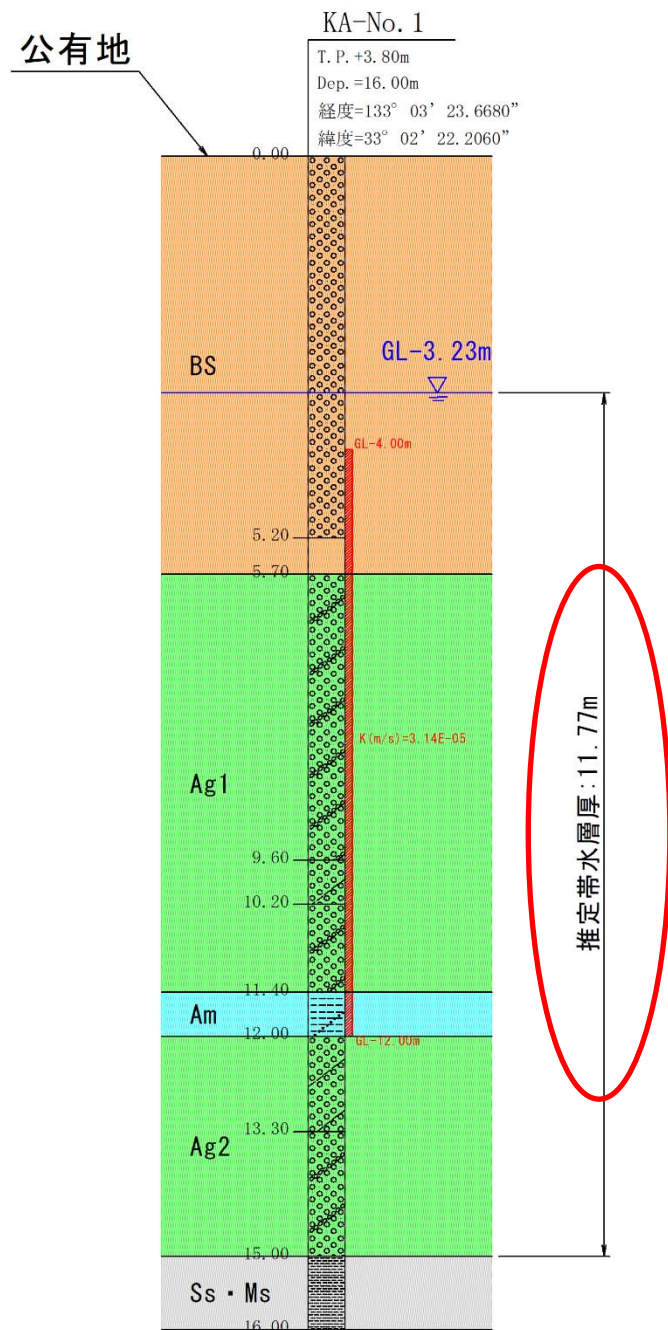
KA-No.1 : 0.00-16.00m (孔口標高 : TP+3.80m、掘進長 : 16.00m)

深度 (m)	土質区分	コア写真	原位置試験	地質層序	
0.00				<p><b>盛土(BS) : GL-0.00~5.70m</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>盛土材料は、礫径φ2~30 mm程度の亜角礫~亜円礫を主体とする砂礫である。所々、礫径φ50 mm程度の粗礫が混入する。</li> <li>砂の粒径は細砂~中砂主体。GL-4.00~4.65m 間では、含水が高く細粒分を含む。</li> <li>GL-5.20~5.70m 間では、旧漁港由来と考えられるコンクリートが挟在する。</li> </ul>	
	砂礫		1m		<p><b>第一礫質土層 (Ag1) : GL-5.70~11.40m</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>コア観察による土質はシルトや玉石の混じる砂礫である。コアの色調は暗茶~黄灰~茶灰へ遷移する。</li> <li>砂の粒径は中砂~粗砂主体で、部分的に細砂の層も認められる。礫径はφ2~30 mm程度、形状は亜角礫~円礫が主体である。GL-5.70~9.60m 間では、部分的にL=7~10 cm程度の玉石を含む。また、L=5.85~6.40m 間では礫分が優勢となる。GL-9.60~10.20m 間では、全体的に細粒分を含む。</li> </ul>
5.20			4m		
5.70	コンクリート		5m		<p>GL-10.20~11.40m 間では、L=5 cm程度の玉石が主体となり、連続的に分布する。</p>
9.60	玉石混じり砂礫		6m		<p><b>粘性土層 (Am) : GL-11.40~12.00m</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>コア観察による土質は茶灰~暗灰色を呈する礫混じりシルトである。</li> <li>不均一な細粒分を主体とし、粘性が強く指圧で変形する。</li> <li>礫径はφ2~20 mm程度、形状は亜角礫~亜円礫が主体である。</li> </ul>
10.20	シルト混じり砂礫		7m	<p>試験深度: GL-4.00~12.00m</p> <p>簡易揚水試験</p> <p>現場透水試験(回復法)</p>	
11.40	玉石混じり砂礫		8m		
12.00	礫混じりシルト		9m		
13.30	シルト混じり砂礫		10m		
15.00	玉石混じり砂礫		11m		<p><b>第二礫質土層 (Ag2) : GL-12.00~15.00m</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>コア観察による土質は暗黄灰~茶灰色を呈するシルトや玉石の混じる砂礫である。</li> <li>砂の粒径は細砂~粗砂へ遷移する。</li> <li>礫径はφ2~30 mm程度、形状は亜角礫~亜円礫が主体である。</li> <li>GL-12.00~13.30m 間では、全体的に細粒分を含む。GL-13.30~15.00m 間では、所々にL=5~10 cm程度の玉石を含む。</li> </ul>
16.00	砂岩勝ち泥岩との互層		12m		<p><b>基盤岩 (Ss・Ms) : GL-15.00~16.00m</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>基盤岩は L=25 cm程度の棒状~塊状コアで採取される砂岩勝ち泥岩との互層である。</li> <li>GL-15.00~15.40m 間では、コアの表面や亀裂面に酸化変色が認められるものの、概ね新鮮な柱状コアが主体として採取されたため、岩級区分はCM級と評価した。</li> </ul>
			13m		
			14m		
			15m		
			16m		

【ボーリング期間中の孔内水位】 孔内水位は掘進作業前、作業後に触針式水位計を用いて計測している。

地下水位観測で確認されたボーリング作業前の最高水位は GL-3.23m、最低水位は GL-3.69m であった。

地質断面図 S=1:100  
KA-No. 1



本調査で実施したボーリングデータを基に、地質断面図を作成した。なお、地質断面図の電子データは電子成果品に格納した。

決定地下水位は、ボーリングの掘進作業が完了し、孔内状況が安定した原位置試験実施日の作業前水位である GL-3.23m を採用した。

本孔における地下水は、第一礫質土層 (Ag1) から第二礫質土層 (Ag2) にかけて分布する透水層を流動する不圧地下水 (自由地下水)<sup>※1</sup> であると考えられる。第一および第二礫質土層 (Ag1、Ag2) の間には難透水層である粘性土層 (Am) が確認されたが、その層厚は 0.60m と薄く、ボーリング掘進時にも被圧地下水の存在を示唆する孔内水位の上昇等は認められなかった。以上のことから、被圧地下水<sup>※2</sup> は流動していないものと判定した。したがって、帯水層厚は決定地下水位から基盤岩 (Ss・Ms) までの 11.77m と推定した。

後述する原位置試験の試験区間については、地層の連続性から推定される帯水構造に対して地下水位が高いことから、地下水の主な流動層は第一礫質土層 (Ag1) に相当すると推定し、試験区間を広く設定して GL-4.00~12.00m とした。

次頁より、原位置試験結果および水質試験結果を示す。

※1 不圧地下水 (自由地下水) は、上部に不透水層を有さず、大気圧の影響を直接受ける地下水である。地下水面 (自由水面) を有し、その水位は降雨や河川水位の変動等の影響を受けやすい。主に砂層や礫層などの透水性の高い地層中を流動し、浅層部に分布することが多い。

また、不圧地下水の水位は観測井戸において実際の地下水面として確認され、揚水時には地下水面が低下する。一般に氾濫平野や自然堤防、砂州・砂丘等の沖積低地に広く分布する。

※2 被圧地下水は、上下を不透水層または難透水層に挟まれた透水層中に存在する地下水であり、地層中で圧力を受けた状態にある地下水である。観測井戸を掘削した際には、帯水層内の圧力により孔内水位が帯水層上面より高く上昇することがある。

また、被圧地下水は地層の連続性や地形条件により広範囲に分布する場合があります。揚水時の水位低下挙動や周辺井戸への影響範囲が不圧地下水とは異なる特徴を有する。

地質区分凡例	
BS	盛土層 (埋め土)
Am	粘性土層
Ag	礫質土層
Ss・Ms	基盤岩

高 知 県			
工事種別	陸上養殖候補地調査委託業務		
図面名称	地質断面図	縮尺	S=1:100
路線/河川名			
工事箇所	高知県 幡豆郡 黒瀬町 上川口		
設計種別			
事務所名	高知県水産振興部 水産振興課	図面 番号	12
会社名	株式会社 相 愛		12

図 4-11-5 地質断面図 (KA-No. 1)

4.11.4. 現場透水試験結果

右表(表 4-11-3)に現場透水試験結果を示す。本孔では、揚水により水位を低下させ、平衡水位に回復するまでの時間を計測する回復法を採用した。

①解析区間は、 $\log s-t$  曲線上に複数の直線区間が認められたものの、透水特性を最も適切に反映すると判断される初期区間を採用し、 $t_1=0$ 、 $t_2=10$  を設定した。

②透水係数  $k(m/s)$  は次式により算定した。本試験は測定用パイプ VP50 を使用して実施した。VP50 の内径  $d$  は  $0.051m$ 、孔径  $D$  は  $0.060m$  である。

③ 透水係数  $k(m/s)$  は  $3.14 \times 10^{-5}$  と算定された。下表(表 4-11-4)に示す参考値と比較すると、調査地の透水性は「中位」の範囲に相当する。

表 4-11-3 現場透水試験結果表

現場透水試験結果表 (JGS 1314-非定常法/直線勾配法)													
調査件名	陸上養殖候補地調査委託業務												
ボーリング番号	KA-No. 1	平衡水位(GL-m)	試験前 3.76										
試験年月日	2026/1/19	ケーシング内径 $d$ (m)	0.0510										
試験者		孔径 $D$ (m)	0.060										
試験方法	回復法	試験区間の地質	砂礫～礫混じりシルト										
試験区間 (GL-m)	上端	4.000	天候										
	下端	12.000	晴										
試験区間長 $L$ (m)	8.00	$\log s-t$ 曲線の直線部の勾配 $a$	0.060205999										
		透水係数 $k$ (m/s)	③ $3.14E-05$										
経過時間 $t$ (sec)	孔内水位 $h$ (GL-m)	平衡水位との水位差 $s$ (m)	<p>h-t曲線 時間 t (s)</p>										
0	4.04	0.280											
10	3.83	0.070											
20	3.80	0.040											
30	3.79	0.030											
40	3.78	0.020											
50	3.77	0.010											
60	3.77	0.010											
120	3.76	0.000											
180	3.76	0.000											
240	3.76	0.000											
300	3.76	0.000											
<p><math>\log s-t</math> 曲線の直線部の勾配 <math>a</math> の決定 (下図より)</p> $a = \log(s_1/s_2) / (t_2 - t_1)$ <table border="1"> <tr> <td><math>t_1</math></td> <td>0</td> </tr> <tr> <td><math>t_2</math></td> <td>10</td> </tr> <tr> <td><math>s_1</math></td> <td>0.280</td> </tr> <tr> <td><math>s_2</math></td> <td>0.070</td> </tr> <tr> <td><math>a</math></td> <td>0.060205999</td> </tr> </table>			$t_1$	0	$t_2$	10	$s_1$	0.280	$s_2$	0.070	$a$	0.060205999	<p>Log s-t曲線 採用した直線部の勾配 <math>a</math></p>
$t_1$	0												
$t_2$	10												
$s_1$	0.280												
$s_2$	0.070												
$a$	0.060205999												
<p>①</p>													
<p>計算式: <math>k = (2.3 * d^2 / 8L) * \log(2L/D) * a = 3.14008E-05 (m/s)</math> ②</p>													
備考													

表 4-11-4 透水係数  $k(m/s)$  と対応する地盤の種類の参考表 (4-11-5)

	$10^{-11}$	$10^{-10}$	$10^{-9}$	$10^{-8}$	$10^{-7}$	$10^{-6}$	$10^{-5}$	$10^{-4}$	$10^{-3}$	$10^{-2}$	$10^{-1}$	$10^0$
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			砂及び礫			清浄な礫			

3.14E

4.11.5. 簡易揚水試験結果

地上設置型揚水ポンプの限界揚水量(Q=41L/分)で連続揚水を行った結果、水位低下量は 0.57~0.83m(平均 0.63m)で安定し、持続的な揚水が可能であることが確認された。また、試験終了後に回復試験を実施したところ、揚水停止後1分で自然水位 GL-3.60m まで回復した。次頁に、簡易揚水試験測定結果表(表 4-11-5)を示す。

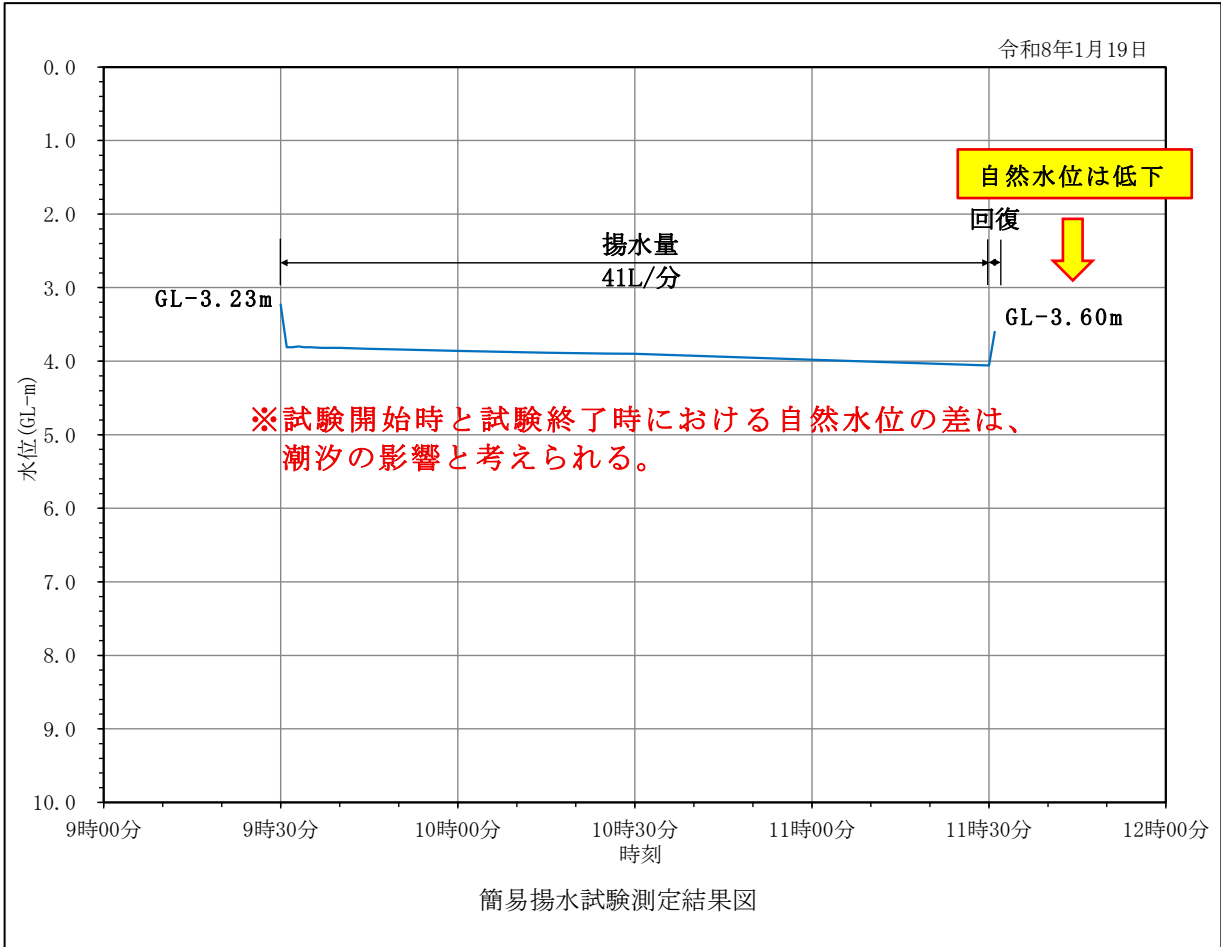


図 4-11-6 簡易揚水試験測定結果図

試験開始時と試験終了時における自然水位の差は、潮汐の影響によるものと考えられる。右図(図 4-11-7)によれば、試験開始時は干潮に向かう時間帯であり、地下水位と潮位はいずれも低下している。なお、調査地は漁港内に位置している。後述する水質試験結果においては、海水の影響が確認されなかったため、自然地下水の影響が卓越していると考えられる。

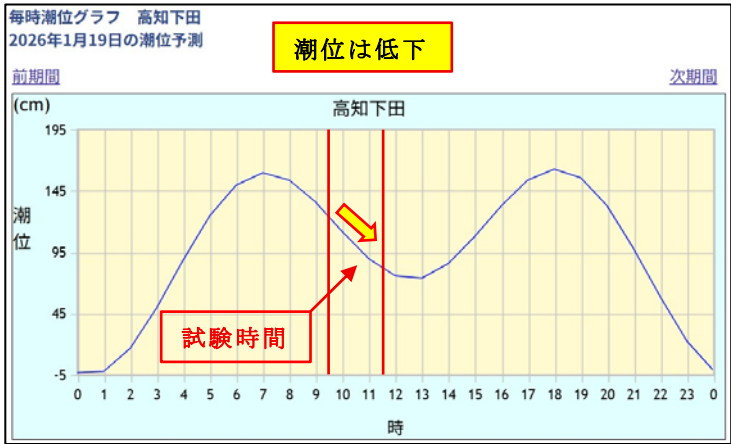


図 4-11-7 試験時における毎時潮位グラフ (4-11-6)

(4-11-6) 気象庁 Web 毎時潮位グラフ(高知下田)より抜粋・加筆



4.11.6. 水質試験結果

(1) 水質試験方法および採水条件

水質試験用サンプルの採水は、前述の原位置試験（簡易揚水試験および現場透水試験）終了後、濁度計を用いて調査孔から汲み上げた地下水の清澄化を確認したうえで実施した。地下水の水温は濁度計の測定値を採用した。なお、水質分析は（一社）高知県食品衛生協会 食品検査センターに依頼した。採水条件表を下表（表 4-11-6）に、採水作業状況は下写真（写真-採水作業状況）に示す。

表 4-11-6 採水条件表

採水箇所	採水日	採水時刻	気温(°C)	水温(°C)	濁度(NTU)
KA-No.1	2026年1月19日	12時頃	17.5	13.7	0.3



写真 採水作業状況

調査地は海岸に近接しており、潮位の変動に伴う海水の影響により水質が変動する可能性がある。このため、本調査における採水時の毎時潮位の変動状況を下図（図 4-11-7）に示す。下図によれば、採水時刻は干潮に向かう時間帯であった。

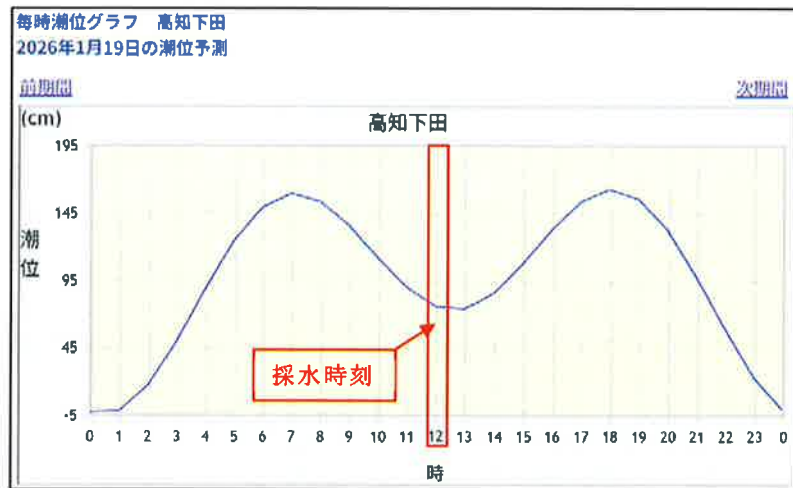


図 4-11-7 採水時における毎時潮位グラフ (4-11-7)

(4-11-7) 気象庁 Web 毎時潮位グラフ(高知市浦戸湾)より抜粋・加筆

## (2) 水質試験結果の検討

## ① 健康項目

本調査において健康項目として指定されている7項目について、水道法第4条の規定に基づく「水質基準に関する省令」で定められている水質基準項目を参考値として、分析結果を評価した(表4-11-7)。

水質分析の結果、すべての項目で基準値以下となり、基準超過を示す異常値は検出されなかった。

表 4-11-7 水質試験健康項目および基準値<sup>(4-11-8)</sup>と分析結果

項目	基準値 (mg/L以下)	KA-No. 1	
		分析結果 (mg/L)	判定
カドミウム	0.003	<0.0003	基準値未満
鉛	0.01	<0.001	基準値未満
六価クロム	0.02	<0.002	基準値未満
水銀	0.0005	<0.00005	基準値未満
ヒ素	0.01	<0.001	基準値未満
シアン	0.01	<0.001	基準値未満
鉄	0.3	0.26	基準値未満

## ② ヘキサダイアグラム

水質分析の結果を基に、水質ダイアグラム(ヘキサダイアグラム)を作図し、分析結果を可視化した。作図にあたっては、各成分の分析結果を等量単位に変換した(表4-11-8)。

ヘキサダイアグラムの図形はⅡ型(炭酸ナトリウム型)を示した。Ⅱ型は、ナトリウムイオン( $\text{Na}^+$ )および炭酸水素イオン( $\text{HCO}_3^-$ )が卓越する水質型であり、カルシウムがナトリウムに置換される陽イオン交換作用の影響や、長期の地下滞留により形成される地下水に多く認められる。

表 4-11-8 水質分析値および等量単位

項目	KA-No. 1	
	分析値 (mg/L)	等量単位 (meq/L)
ナトリウムイオン( $\text{Na}^+$ )	14.4	0.626
カリウムイオン( $\text{K}^+$ )	2.6	0.067
カルシウムイオン( $\text{Ca}^{2+}$ )	8.6	0.429
マグネシウムイオン( $\text{Mg}^{2+}$ )	4.5	0.370
塩化物イオン( $\text{Cl}^-$ )	13.0	0.367
炭酸水素イオン( $\text{HCO}_3^-$ )	44.9	0.736
硫酸イオン( $\text{SO}_4^{2-}$ )	15.5	0.323
硝酸イオン( $\text{NO}_3^-$ )	0.7	0.011

ヘキサダイアグラムの図形はⅡ型を示し、ナトリウムイオン(Na<sup>+</sup>)が卓越するものの、塩化物イオン(Cl<sup>-</sup>)の卓越を伴わない点でⅣ型(海水型)とは区別され、内陸性の変質地下水に多くみられる地下水の特徴を示した。しかし、調査地は海岸に近接していることから、確認のため下記の当量比を用いた分類法により検証した。

地下水に対する海水の影響の程度は、Cl<sup>-</sup>/(CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>+HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>)の当量比を用いて、6段階に分類することが可能である。

本調査では、炭酸イオン(CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>)は水質試験の対象項目に含まれていない。一般に、日本の地下水における炭酸イオン(CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>)の濃度は0～数mg/L程度とされる。例外として、火山地域のアルカリ性地下水、石灰岩地域、強アルカリ性の温泉水等が分布する地域では炭酸イオン(CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>)が有意となる場合がある。

しかし、前述の地質概要およびボーリング調査結果から、本調査地にそのような特徴は認められないと判断される。以上を踏まえ、便宜上、炭酸イオン(CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>)の分析値を0mg/Lとして算出した。

$$\text{Cl}^- / (\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-) = 0.367 / (0 + 0.736) = 0.49 \text{ (meq/L)}$$

表 4-11-9 地下水に対する海水の影響の目安 <sup>(4-11-9)</sup>

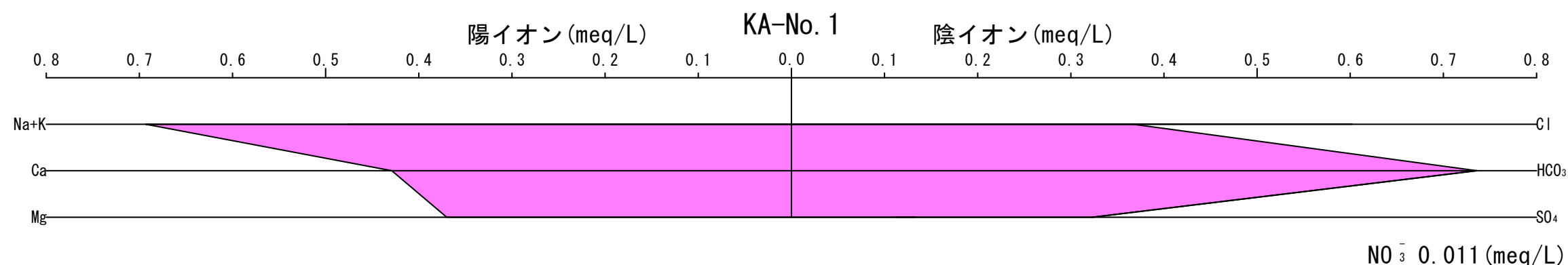
Cl/(CO <sub>3</sub> +HCO <sub>3</sub> )	汚 染 の 程 度
0.49	ふつうの汚染されていない地下水
0.5	少し汚染されている地下水
1.3	中ぐらいの汚染をうけた地下水
2.8	相当汚染された地下水
6.6	最もひどく汚染された地下水
15.5	
200±	海水

※上記の表は、地下水の塩水化(文献上は汚染と表記)の指標を表した参考表である。

算出結果を表4-11-9と照合したところ、海水の影響の程度は0.49を示し、『ふつうの汚染されていない地下水』未満に区分された。このことから、ヘキサダイアグラムの判定結果は当量比による評価とも整合していると判断される。

次頁より作図したヘキサダイアグラムおよび水質試験検査成績書を示す。

# ヘキサダイアグラム KA-No. 1



## 凡例

I 型	II 型	III 型	IV 型

### I 型 炭酸カルシウム型

最も一般的な地下水。汚染を受けていない自由地下水。補給地帯またはそれに隣接する地帯の被圧地下水。浅い地下水や河川水がこの領域に多く分類される。

### II 型 炭酸ナトリウム型

地下水の補給地帯から遠い、例えば盆地の中央部・海岸地帯に分布する一般的な被圧地下水。停滞した深層の地下水に多い型である。

### III 型 非炭酸カルシウム型

鉱山廃水、主に第四系火山起源の水(温泉水・鉱泉水)、またはそれによって汚染された地下水。地すべり地、炭田地帯の自由面地下水。海岸地帯の塩水化地下水。温泉水などに見られる。

### IV 型 非炭酸ナトリウム型

主に第三系の水(温泉水・鉱泉水)、またはそれによって汚染された地下水。炭田地帯の被圧地下水。海岸地帯の塩水化地下水。島の水(地表水を含む)。海水が混入した地下水などに多い型である。

調査場所	試験名	採水日	分析値							
			Na <sup>+</sup> (mg/L)	K <sup>+</sup> (mg/L)	Ca <sup>2+</sup> (mg/L)	Mg <sup>2+</sup> (mg/L)	Cl <sup>-</sup> (mg/L)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)
黒潮町上川口	KA-No. 1	R. 8. 1. 19	14.4	2.6	8.6	4.5	13.0	44.9	15.5	0.7

各イオン	Na <sup>+</sup> (mg/L)	K <sup>+</sup> (mg/L)	Ca <sup>2+</sup> (mg/L)	Mg <sup>2+</sup> (mg/L)	Cl <sup>-</sup> (mg/L)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)
分子量	22.99	39.098	40.078	24.305	35.453	61.02	96.06	62.00
電荷数	1	1	2	2	1	1	2	1

調査場所	試験名	採水日	分析値									陽イオン 合計 (meq/L)	陰イオン 合計 (meq/L)
			陽イオン				陰イオン						
			Na <sup>+</sup> (meq/L)	K <sup>+</sup> (meq/L)	Ca <sup>2+</sup> (meq/L)	Mg <sup>2+</sup> (meq/L)	Cl <sup>-</sup> (meq/L)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/L)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (meq/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/L)			
黒潮町上川口	KA-No. 1	R. 8. 1. 19	0.626	0.067	0.429	0.370	0.367	0.736	0.323	0.011	1.492	1.437	

等量単位 (meq/L) = 分析値 (mg/L) / (分子量 / 電荷数)

参考文献；改善地下水学要論 村下敏夫：昭和52年7月 p. 177-183

図 4-11-8 ヘキサダイアグラム

表 4-11-10 水質試験検査成績書

水質試験検査成績書			
依頼者	株式会社相愛 様		
種別	地下水	試験名	_____
受付日	2026年1月19日	採水日	2026年1月19日
採水場所	黒潮町上川口 KA-No. 1		
採水者	株式会社相愛		
項目名	分析値	項目名	分析値
ナトリウムイオン	14.4 mg/L		以下余白
カリウムイオン	2.6 mg/L		
カルシウムイオン	8.6 mg/L		
マグネシウムイオン	4.5 mg/L		
塩化物イオン	13.0 mg/L		
炭酸水素イオン	44.9 mg/L		
硫酸イオン	15.5 mg/L		
硝酸イオン	0.7 mg/L		
カドミウム	0.0003 mg/L未満		
鉛	0.001 mg/L未満		
六価クロム	0.002 mg/L未満		
水銀	0.00005 mg/L未満		
ヒ素	0.001 mg/L未満		
シアン	0.001 mg/L未満		
鉄	0.26 mg/L		
試験期間	2026年 1月19日 ~ 2026年 1月28日		
特記事項	漁維第100号 陸上養殖候補地調査委託業務 採水者による現場測定：気温 17.5℃, 水温 13.7℃ <div style="text-align: right;">上水試験方法に定める検査法準用</div>		
2026年1月29日 水道法第20条登録検査機関 登録番号：57 建築物飲料水水質検査業 高知県登録 〒780-0850 高知県高知市丸ノ内2丁目4番1号 一般社団法人高知県食品衛生協会 			

## 4.11.7. 総合解析とりまとめ

調査結果を下表(表 4-11-11)にとりまとめた。

表 4-11-11 調査結果一覧表

ボーリング調査結果		原位置試験	
孔番	KA-No.1	実施日	R8.1.19
調査地区	黒潮町上川口	試験時の潮汐	満潮⇒干潮
調査期間	R8.1.5～R8.1.19	試験区間(GL-m)	4.00～12.00
所有地	公有地	試験方法	測定用パイプ(VP50)
調査地の地形	旧水部	現場透水試験結果	
確認された地質	沖積層・有岡層	透水係数k(m/s)	3.14E-05
緯度	33° 02' 22.2060"	透水性の評価	中位
経度	133° 03' 23.6680"	簡易揚水試験結果	
孔口標高(T.P.m)	3.80	試験時間	9:30-11:30
掘進長(m)	16.00	揚水量(L/分)	41
決定地下水位(GL-m)	3.23	水質試験結果(健康7項目)	
推定帯水層厚(m)	11.77	基準値との比較	すべて基準値未満
水質試験用サンプル採水		ヘキサダイアグラム	
時刻	12時頃	図形の型	II型(炭酸ナトリウム型)
気温	17.5	地下水の分類	不圧地下水(自由地下水)
地下水温	13.7	地下水に対する海水の影響の目安	
濁度(NTU)	0.3	地下水⇔海水(0.5⇔200)	0.49

## (1) 地下水の考察

ボーリング調査の結果、岩盤までの深度はGL-15.00mであり、岩盤上に分布する未固結土層内に地下水が賦存していることが確認された。帯水層内には難透水層である粘性土層が挟在していたが、その層厚は0.60mと薄く、連続的な被圧条件を形成するものとは認められなかった。また、当該区間の掘進時に孔内水位の上昇は確認されなかった。以上より、本孔における地下水は不圧地下水(自由地下水)であると判定した。

水質分析の結果、ヘキサダイアグラムでは内陸性の変質地下水に多くみられる地下水の特徴を示した。また、地下水に対する海水影響の指標においても「地下水」に相当する区分を示したことから、本地下水は海水の影響をほとんど受けていない水質であると判断される。

一方、調査地は海岸に近接しており、簡易揚水試験の前後において自然地下水位の差が確認された。このことから、潮汐に伴う海面水圧の変動が地下水系に伝播している可能性が示唆される。このような潮汐応答現象は、一般に海域と水理的に連続する帯水層において認められる現象である。このため、地下水位のみならず地下水温についても、潮汐や季節変動の影響を受けて年間を通じて変動する可能性があると考えられる。

地形および地質条件から、調査地は旧水部上に位置する一方、北側には谷地形が発達しており、周辺一帯の集水域を形成している。このことから、地下水は当該谷地形を主な涵養域としつつ、調査地周辺の沖積低地に連続する帯水層として分布しているものと推定される。このことから、地下水の流動は概ね北側谷地形から沖積低地に向かう方向性を有していると推察される。

以上より、本調査地の地下水は、集水地形を涵養源とする沖積層中に分布する不圧地下水(自由地下水)であり、潮汐の影響を受けつつも、調査地周辺の沖積低地に連続する帯水層を形成しているものと考えられる。

## (2) 本井戸における揚水可能量の推定

簡易揚水試験で得られた揚水量(Q=41L/分)を基に、本井戸施工時に想定される揚水可能量の概算評価を行った。簡易揚水試験では、使用した地上設置型揚水ポンプの揚水能力に限界があったため、調査地において揚水量の算定に必要な詳細な水理データは把握できていない。したがって、井戸径の効果のみで揚水可能量を推定した。

自由面帯水層から採水する浅井戸、被圧帯水層から採水する深井戸の水理公式は、揚水中における帯水層内の水の流れが層流である仮定において、

$$Q = \frac{\pi \left( \frac{b_1 + b_2}{b_1} \right) T s}{\ln(R/r_w)}$$

- $b_1$  : 揚水前における飽和層厚
- $b_2$  : 揚水中における飽和層厚
- $R$  : 影響圏の半径
- $r_w$  : 井戸の半径

図 4-11-9 揚水量の算定式 (4-11-10)

揚水量 $Q$ は前頁の図(図4-11-9)で表され、帯水層の定数( $T$ )、理論水位降下( $s$ )、揚水前における飽和層厚( $b_1$ )、揚水中における飽和層厚( $b_2$ )が全て同じであると仮定すると、

$$Q \propto \frac{1}{\ln(R/r_w)}$$

となるため、井戸の半径  $r_w$  の違いによる増加倍率は、

$$\frac{Q_{300}}{Q_{60}} = \frac{\ln(R/r_{60})}{\ln(R/r_{300})}$$

で概算することができる。

- ・  $\phi 60\text{mm}$  (直径 0.06m)  $\rightarrow r_{60} = 0.03\text{m}$
- ・  $\phi 300\text{mm}$  (直径 0.30m)  $\rightarrow r_{300} = 0.15\text{m}$

影響圏の半径  $R$  は井戸構造や現場条件で変わるため、一般的な範囲(10~100m)で示すと、

- ・  $R = 10\text{m}$ :  $\ln(10/0.03) = 5.81$ 、 $\ln(10/0.15) = 4.20$   $\rightarrow$  1.38 倍
- ・  $R = 100\text{m}$ :  $\ln(100/0.03) = 8.11$ 、 $\ln(100/0.15) = 6.50$   $\rightarrow$  1.25 倍

径の効果のみを考慮した場合、揚水量は概ね 1.25~1.38 倍程度に増加すると見込まれる。簡易揚水試験において確認された揚水量は 41L/分であったことから、井戸径を  $\phi 300\text{mm}$  とした場合、最低でも 51.3~56.6L/分以上の揚水量が期待される。

本推定に用いた理論式は、均一・等方な帯水層および定常流を仮定した理想化条件のもとで導かれたものである。実際の本井戸施工時には、井戸構造の違いや潮汐・季節条件に伴う地下水位変動等の影響を受ける可能性がある。このため、本推定値はあくまで参考値・概算値として取り扱うべきものである。

### (3) 養殖事業等の地下水利用に関する留意事項

本調査は、渇水期にあたり地下水位が比較的低いと考えられる 1 月に実施した。その時点において、海水由来イオンをほとんど含まない水質であることが確認された。

また、地下水温は 13.7℃であった。一般に地下水温は、地中において外気との直接的な熱交換を受けにくいことから年間を通じた変動が小さく、地域の平均気温に近い温度で安定する傾向を有する。

しかし、沿岸部の不圧地下水(自由地下水)では、降雨による涵養や潮汐に伴う地下水流動の影響を受け、季節的な変動が生じる可能性がある。このため、養殖事業等において地下水を利用する場合には、地下水温の季節変動の把握に加え、地下水位および水質の継続的なモニタリングを実施する必要があると考える。

さらに、地形条件および涵養状況の違いにより、地下水と海水の混合比は井戸施工位置によって異なる可能性がある。淡水涵養の影響が相対的に小さくなる地点では、海水由来成分の割合が高まる可能性があることに留意する必要がある。



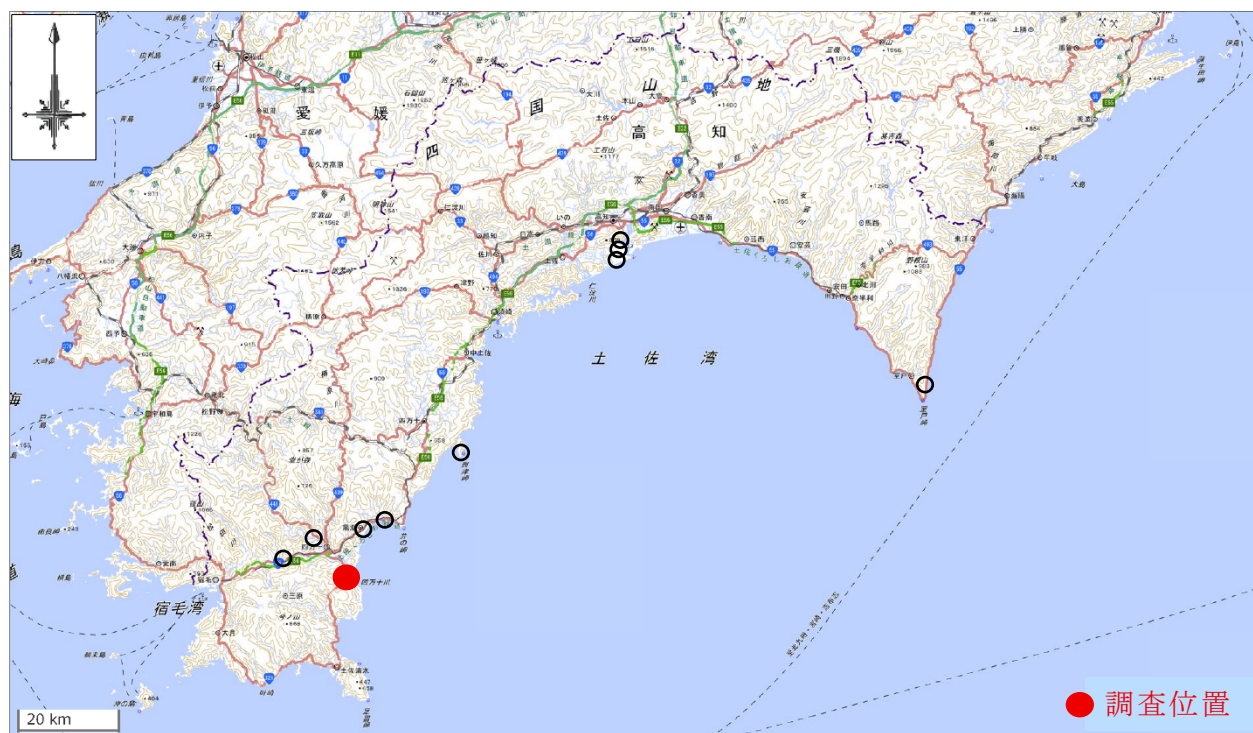
図 4-11-10 調査位置図 (4-11-11)

本井戸の供用にあたっては、周辺における既存井戸の位置、深度、揚水量および利用形態等の地下水利用状況を把握し、本井戸との水理的關係を整理する必要がある。

また、供用後は本井戸の揚水に伴う地下水位低下および水質変化の影響範囲を把握するため、周辺井戸を含めた地下水位および主要水質項目について継続的な観測を行い、影響の有無を確認することが重要である。

-以上-

## 4. 12. 既存井戸(高知県幡多郡四万十市間崎)



調査地位置図

出典：電子国土 Web 国土地理院より加筆

<https://maps.gsi.go.jp/>

調査結果一覧表

机上調査結果		水質試験用サンプル採水	
調査対象	既存井戸	実施日	R8.1.8
調査地区	四万十市間崎	時刻	10時50頃
所有地	公有地	試験時の潮汐	満潮⇒干潮
調査地の地形	自然堤防	気温	8.0
調査地の地質	沖積層・洪積層	地下水温	19.0
緯度	32° 56′ 18.1400″	水質試験結果(健康7項目)	
経度	132° 58′ 29.2300″	基準値との比較	すべて基準値未満
井戸の諸元		ヘキサダイアグラム	
地下水位	不明	図形の型	II型(炭酸ナトリウム型)
帯水層厚	不明	地下水の分類	被圧地下水
適正揚水量	不明	地下水に対する海水の影響の目安	
揚水ポンプの仕様	不明	地下水⇄海水(0.5⇄200)	0.46

## 4.12.1. 調査位置

調査位置の諸元を下表(表 4-12-1)に、調査位置平面図を下図(図 4-12-1)に示す。調査位置の座標は、国土地理院が公開する電子国土 Web を用い、既存井戸の位置から取得した。

表 4-12-1 調査位置の諸元

孔番	調査位置(座標)		緯度・経度	
	X座標	Y座標	緯度	経度
既存井戸	-6711.6810	-49112.3927	32° 56′ 18.1400″	132° 58′ 29.2300″

※公開 Web 上の位置座標を用いたため、緯度・経度の読み取り精度は小数点第 2 位までとし、第 3 位以下は 0 とした。

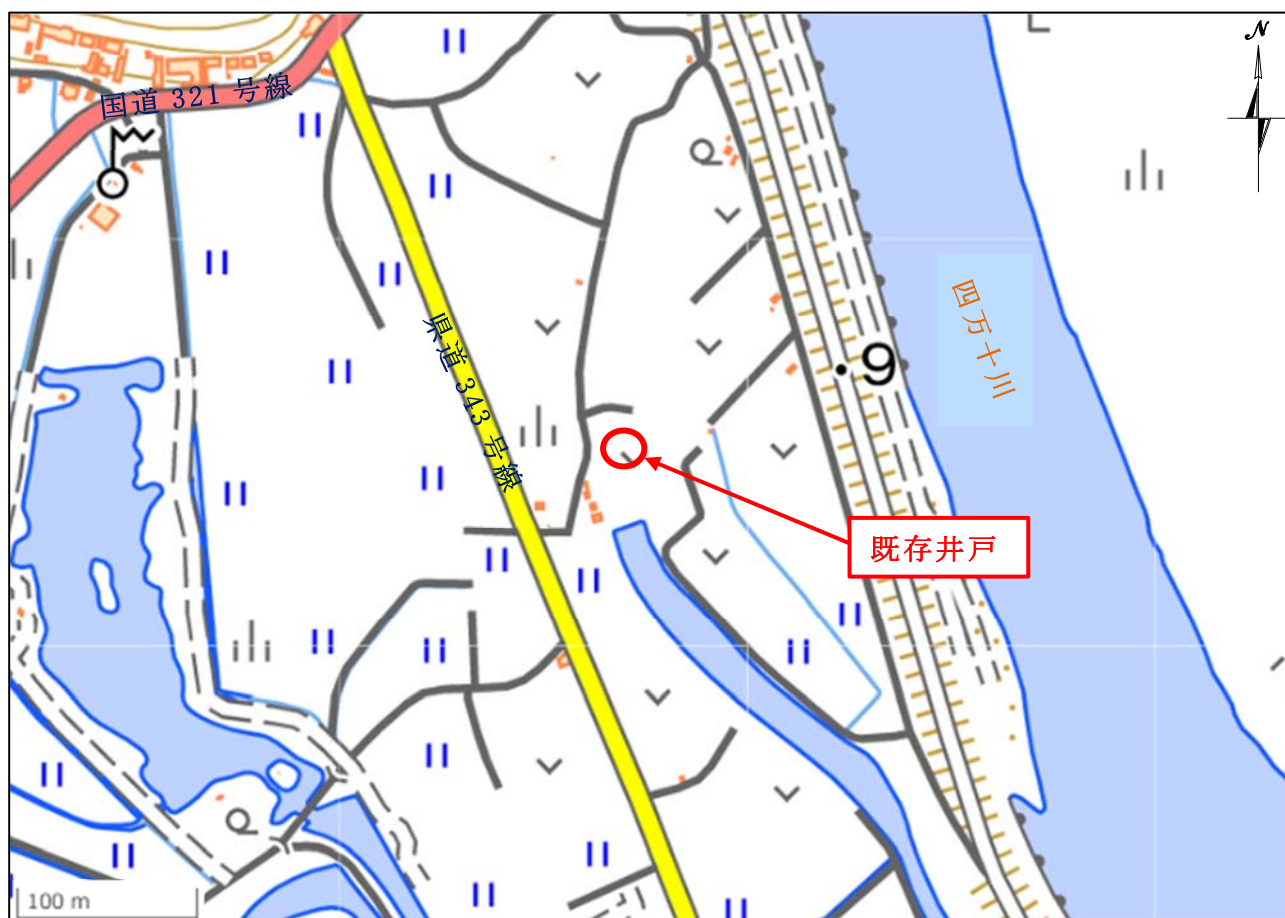


図 4-12-1 調査位置平面図 (4-12-1)

#### 4.12.2. 調査地の地形・地質

##### (1) 調査地の地形

調査地の地形は、自然堤防に属する。自然堤防は、河川が氾濫した際に運搬された土砂が河道の岸に沿って自然に堆積し、周囲より僅かに高く形成された微高地である。一般的に水はけが良く、古くから集落や畑、果樹園等として利用されてきた地形である。

また、近隣には旧河道の存在が確認されるため、過去の河道変遷に伴う堆積作用の影響を強く受けていると考えられる。このことから、調査地の地下には泥質土や砂質土が厚く堆積している可能性が示唆される。



図 4-12-2 調査地周辺の地形図 (4-12-2)

##### (2) 調査地の地質

調査地の表層地質は、沖積層に属する。沖積層は、約 1 万 1,700 年前の最終氷期終了後から現在に至る完新世に形成された堆積物からなり、臨海平野および河川沿いに分布し、泥、砂、礫からなる軟弱な層を形成する。

基岩層は、四万十帯南帯に属する来栖野層に相当すると考えられる。来栖野層は、スランプ褶曲※<sup>1</sup>の発達する砂岩・泥岩互層を主体とする単調な層相を示す。堆積後の再移動による活発な海溝斜面域の堆積場が考えられる。

※<sup>1</sup> 海底や湖底に堆積した直後の未固結な地層が、斜面の傾斜により滑動する海底地すべりに伴って形成される褶曲構造。

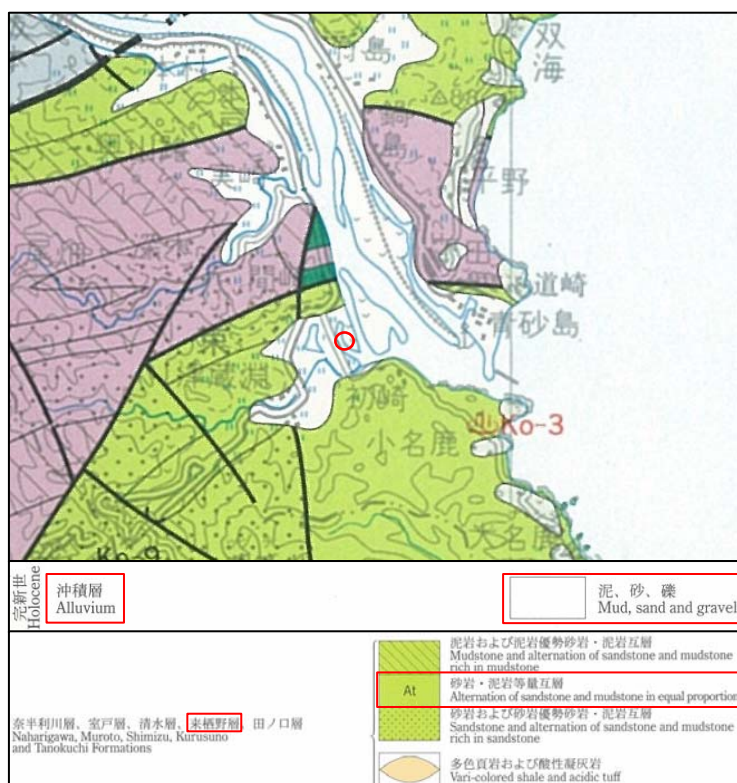


図 4-12-3 調査地周辺の地質図 (4-12-3)

(4-12-2) 電子国土 Web 国土地理院より加筆

(4-12-3) 四国地方土木地質図(凡例)；四国地方土木地質図編纂委員会：平成 10 年 3 月より加筆

### 4.12.3. 水質試験結果

#### (1) 水質試験方法および採水条件

本調査地の東側には、南へ流下する四万十川が存在する。このため、地下水と河川水との水質の類似性を確認することを目的として、既存井戸および四万十川を対象に採水を実施した。

既存井戸における採水は、土地管理者の立会いのもと実施した。周辺河川における採水は、水質条件の時間的変動を考慮し、既存井戸での採水直後に実施した。下図(図 4-12-4)に採水地点を示す。



図 4-12-4 採水地点 (4-12-4)

地下水および河川水の水温は水温計を用いて測定した。なお、水質分析は(一社)高知県食品衛生協会 食品検査センターに依頼した。採水条件表を下表(表 4-12-2)に、採水作業状況は次頁の写真(写真-採水作業状況)に示す。

表 4-12-2 採水条件表

採水箇所	採水日	採水時刻	気温(°C)	水温(°C)
既存井戸	2026年1月8日	10時50分頃	8.0	19.0
四万十川		11時頃	8.0	17.0



写真 採水作業状況

調査地は河口に位置しており、潮位の変動に伴う海水の影響により水質が変動する可能性がある。このため、本調査における採水時の毎時潮位の変動状況を下図(図4-12-5)に示す。下図によれば、採水時刻は満潮から干潮に向かう時間帯であった。

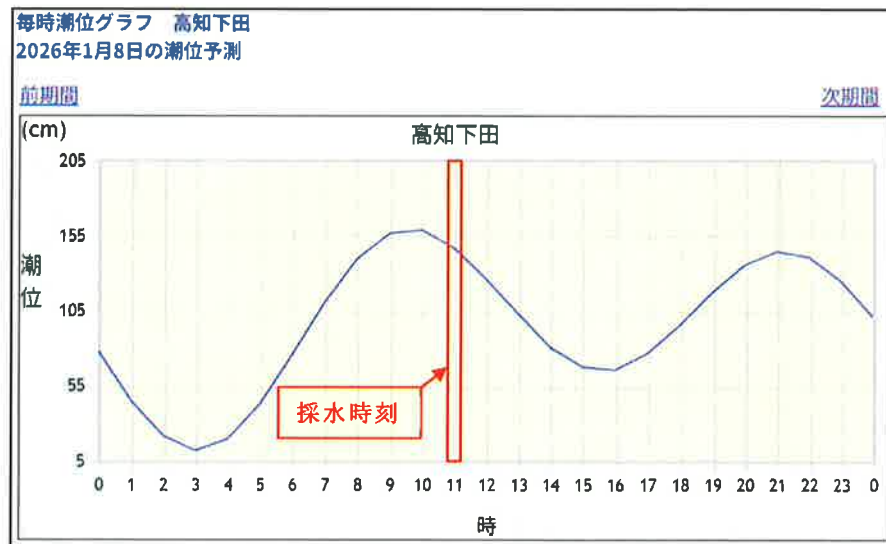


図 4-12-5 採水時における毎時潮位グラフ (4-12-5)

なお、本調査は既存井戸の水質試験のみを対象としていることから、地下水位、帯水層の深度および層厚、適正揚水量、揚水ポンプの仕様等は明らかではない。

## (2) 水質試験結果の検討

## ① 健康項目

本調査において健康項目として指定されている7項目について、水道法第4条の規定に基づく「水質基準に関する省令」で定められている水質基準項目を参考値として、分析結果を評価した(表4-12-3)。

水質分析の結果、すべての項目で基準値以下となり、基準超過を示す異常値は検出されなかった。

表 4-12-3 水質試験健康項目および基準値<sup>(4-12-6)</sup>と分析結果

項目	基準値 (mg/L以下)	既存井戸		四万十川	
		分析結果 (mg/L)	判定	分析結果 (mg/L)	判定
カドミウム	0.003	<0.0003	基準値未満	<0.003	基準値未満
鉛	0.01	<0.001	基準値未満	<0.005	基準値未満
六価クロム	0.02	<0.002	基準値未満	<0.005	基準値未満
水銀	0.0005	<0.00005	基準値未満	<0.00005	基準値未満
ヒ素	0.01	<0.001	基準値未満	<0.005	基準値未満
シアン	0.01	<0.001	基準値未満	<0.001	基準値未満
鉄	0.3	0.1	基準値未満	0.12	基準値未満

## ② ヘキサダイアグラム

水質分析の結果を基に、水質ダイアグラム(ヘキサダイアグラム)を作図し、分析結果を可視化した。作図にあたっては、各成分の分析結果を等量単位に変換した(表4-12-4)。

ヘキサダイアグラムの図形は、既存井戸がⅡ型(炭酸ナトリウム型)を示し、四万十川がⅣ型(非炭酸ナトリウム型)を示した。

## ・ 既存井戸の図形概要

Ⅱ型は、ナトリウムイオン( $\text{Na}^+$ )および炭酸水素イオン( $\text{HCO}_3^-$ )が卓越する水質型であり、カルシウムがナトリウムに置換される陽イオン交換作用の影響や、長期の地下滞留により形成される地下水に多く認められる。

## ・ 四万十川の図形概要

Ⅳ型はナトリウムイオン( $\text{Na}^+$ )および塩化物イオン( $\text{Cl}^-$ )が卓越する水質型であり、海水の影響(海水混入)を受けた河川水(汽水域)であると推察される。

表 4-12-4 水質分析値および等量単位

項目	既存井戸		四万十川	
	分析値 (mg/L)	等量単位 (meq/L)	分析値 (mg/L)	等量単位 (meq/L)
ナトリウムイオン(Na <sup>+</sup> )	8.1	0.352	9130.0	397.155
カリウムイオン(K <sup>+</sup> )	0.6	0.015	332.0	8.493
カルシウムイオン(Ca <sup>2+</sup> )	4.5	0.225	340.0	16.966
マグネシウムイオン(Mg <sup>2+</sup> )	2.3	0.189	1120.0	92.165
塩化物イオン(Cl <sup>-</sup> )	6.8	0.192	16700.0	471.107
炭酸水素イオン(HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	25.4	0.416	108.0	1.770
硫酸イオン(SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	5.4	0.112	2300.0	47.886
硝酸イオン(NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	1.3	0.021	0.1	0.002

既存井戸におけるヘキサダイアグラムの図形はⅡ型を示し、ナトリウムイオン(Na<sup>+</sup>)が卓越するものの、塩化物イオン(Cl<sup>-</sup>)の卓越を伴わない点で四万十川の図形が示したⅣ型(海水型)とは区別され、内陸性の変質地下水に多くみられる地下水の特徴を示した。しかし、調査地は河川と近接していることから、確認のため下記の当量比を用いた分類法により検証した。

地下水に対する海水の影響の程度は、Cl<sup>-</sup>/(CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>+HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>)の当量比を用いて、6段階に分類することが可能である。

本調査では、炭酸イオン(CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>)は水質試験の対象項目に含まれていない。一般に、日本の地下水における炭酸イオン(CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>)の濃度は0～数mg/L程度とされる。例外として、火山地域のアルカリ性地下水、石灰岩地域、強アルカリ性の温泉水等が分布する地域では炭酸イオン(CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>)が有意となる場合がある。

しかし、前述の地質概要から、本調査地にそのような特徴は認められないと判断されるため、便宜上、炭酸イオン(CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>)の分析値を0mg/Lとして算出した。

$$\text{Cl}^{-}/(\text{CO}_3^{2-}+\text{HCO}_3^{-})=0.192/(0+0.416)=0.46(\text{meq/L})$$

表 4-12-5 地下水に対する海水の影響の目安 <sup>(4-12-7)</sup>

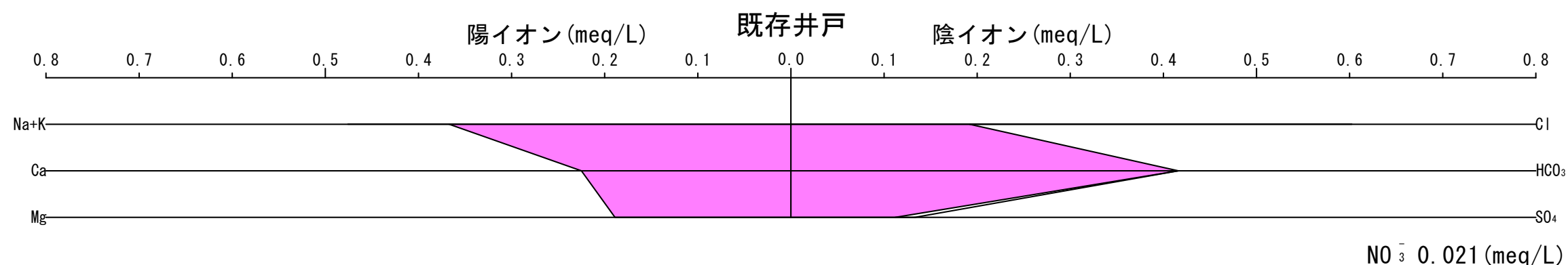
Cl/(CO <sub>3</sub> +HCO <sub>3</sub> )	汚染の程度
0.46	ふつうの汚染されていない地下水
0.5	少し汚染されている地下水
1.3	中ぐらいの汚染を受けた地下水
2.8	相当汚染された地下水
6.6	最もひどく汚染された地下水
15.5	海水
200±	

※上記の表は、地下水の塩水化(文献上は汚染と表記)の指標を表した参考表である。

算出結果を前頁の表(表 4-12-5)と照合したところ、海水の影響の程度は 0.46 を示し、『ふつうの汚染されていない地下水』未満に区分された。このことから、ヘキサダイアグラムの判定結果は当量比による評価とも整合していると判断される。

次頁より作図したヘキサダイアグラムを示す。

# ヘキサダイアグラム 既存井戸



## 凡例

I 型	II 型	III 型	IV 型

### I 型 炭酸カルシウム型

最も一般的な地下水。汚染を受けていない自由地下水。補給地帯またはそれに隣接する地帯の被圧地下水。浅い地下水や河川水がこの領域に多く分類される。

### II 型 炭酸ナトリウム型

地下水の補給地帯から遠い、例えば盆地の中央部・海岸地帯に分布する一般的な被圧地下水。停滞した深層の地下水に多い型である。

### III 型 非炭酸カルシウム型

鉱山廃水、主に第四系火山起源の水(温泉水・鉱泉水)、またはそれによって汚染された地下水。地すべり地、炭田地帯の自由面地下水。海岸地帯の塩水化地下水。温泉水などに見られる。

### IV 型 非炭酸ナトリウム型

主に第三系の水(温泉水・鉱泉水)、またはそれによって汚染された地下水。炭田地帯の被圧地下水。海岸地帯の塩水化地下水。島の水(地表水を含む)。海水が混入した地下水などに多い型である。

調査場所	試験名	採水日	分析値							
			Na <sup>+</sup> (mg/L)	K <sup>+</sup> (mg/L)	Ca <sup>2+</sup> (mg/L)	Mg <sup>2+</sup> (mg/L)	Cl <sup>-</sup> (mg/L)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)
四万十市間崎	井水	R. 8. 1. 8	8.1	0.6	4.5	2.3	6.8	25.4	5.4	1.3

各イオン	Na <sup>+</sup> (mg/L)	K <sup>+</sup> (mg/L)	Ca <sup>2+</sup> (mg/L)	Mg <sup>2+</sup> (mg/L)	Cl <sup>-</sup> (mg/L)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)
分子量	22.99	39.098	40.078	24.305	35.453	61.02	96.06	62.00
電荷数	1	1	2	2	1	1	2	1

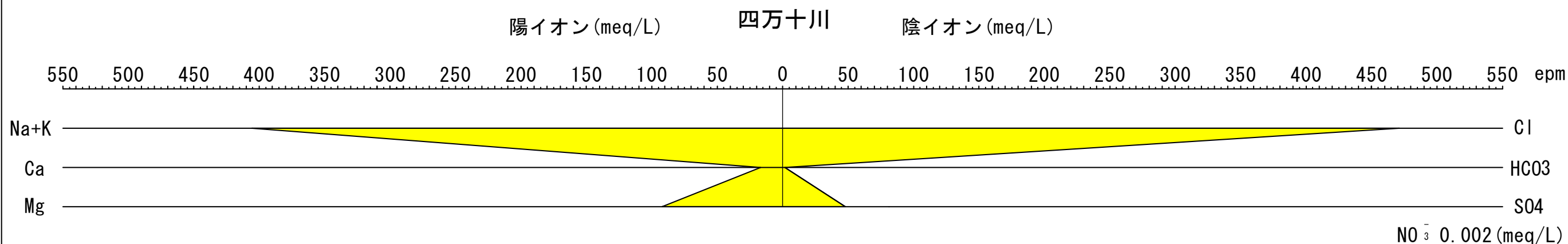
調査場所	試験名	採水日	分析値								陽イオン 合計 (meq/L)	陰イオン 合計 (meq/L)
			陽イオン				陰イオン					
			Na <sup>+</sup> (meq/L)	K <sup>+</sup> (meq/L)	Ca <sup>2+</sup> (meq/L)	Mg <sup>2+</sup> (meq/L)	Cl <sup>-</sup> (meq/L)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/L)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (meq/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/L)		
四万十市間崎	井水	R. 8. 1. 8	0.352	0.015	0.225	0.189	0.192	0.416	0.112	0.021	0.781	0.741

等量単位 (meq/L) = 分析値 (mg/L) / (分子量 / 電荷数)

参考文献；改善地下水学要論 村下敏夫：昭和52年7月 p. 177-183

図 4-12-6 ヘキサダイアグラム(既存井戸)

# ヘキサダイアグラム 四万十川



## 凡例

I 型	II 型	III 型	IV 型

### I 型 炭酸カルシウム型

最も一般的な地下水。汚染を受けていない自由地下水。補給地帯またはそれに隣接する地帯の被圧地下水。浅い地下水や河川水がこの領域に多く分類される。

### II 型 炭酸ナトリウム型

地下水の補給地帯から遠い、例えば盆地の中央部・海岸地帯に分布する一般的な被圧地下水。停滞した深層の地下水に多い型である。

### III 型 非炭酸カルシウム型

鉱山廃水、主に第四系火山起源の水(温泉水・鉱泉水)、またはそれによって汚染された地下水。地すべり地、炭田地帯の自由面地下水。海岸地帯の塩水化地下水。温泉水などに見られる。

### IV 型 非炭酸ナトリウム型

主に第三系の水(温泉水・鉱泉水)、またはそれによって汚染された地下水。炭田地帯の被圧地下水。海岸地帯の塩水化地下水。島の水(地表水を含む)。海水が混入した地下水などに多い型である。

調査場所	試験名	採水日	分析値							
			Na <sup>+</sup> (mg/L)	K <sup>+</sup> (mg/L)	Ca <sup>2+</sup> (mg/L)	Mg <sup>2+</sup> (mg/L)	Cl <sup>-</sup> (mg/L)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)
四万十市間崎	河川水	R. 8. 1. 8	9130.0	332.0	340.0	1120.0	16700.0	108.0	2300.0	0.1

各イオン	Na <sup>+</sup> (mg/L)	K <sup>+</sup> (mg/L)	Ca <sup>2+</sup> (mg/L)	Mg <sup>2+</sup> (mg/L)	Cl <sup>-</sup> (mg/L)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)
分子量	22.99	39.098	40.078	24.305	35.453	61.02	96.06	62.00
電荷数	1	1	2	2	1	1	2	1

調査場所	試験名	採水日	分析値								陽イオン 合計 (meq/L)	陰イオン 合計 (meq/L)
			陽イオン				陰イオン					
			Na <sup>+</sup> (meq/L)	K <sup>+</sup> (meq/L)	Ca <sup>2+</sup> (meq/L)	Mg <sup>2+</sup> (meq/L)	Cl <sup>-</sup> (meq/L)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/L)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (meq/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/L)		
四万十市間崎	河川水	R. 8. 1. 8	397.155	8.493	16.966	92.165	471.107	1.770	47.886	0.002	514.779	520.765

等量単位 (meq/L) = 分析値 (mg/L) / (分子量 / 電荷数)

参考文献；改善地下水学要論 村下敏夫：昭和52年7月 p.177-183

図 4-12-7 ヘキサダイアグラム(四万十川)

## ③ トリリニアダイアグラム

水質分析の結果を基に水質ダイアグラム(トリリニアダイアグラム)を作図し、水質型の領域を分類・可視化した。一般に、キーダイアグラム上のプロット位置とヘキサダイアグラムの形状パターンとは相互に対応しており、対象とする試料水の水質特性を分類することで定量的な評価が可能となる。作図にあたっては、各成分の等量単位 (meq/L) を百分率 (%) に換算して用いた (表 4-12-6、表 4-12-7)。

表 4-12-6 キーダイアグラムの計算表 I

項目	既存井戸		四万十川	
	等量単位 (meq/L)	割合 (%)	等量単位 (meq/L)	割合 (%)
ナトリウムイオン (Na <sup>+</sup> )	0.352	46.99	397.155	78.80
カリウムイオン (K <sup>+</sup> )	0.015		8.493	
カルシウムイオン (Ca <sup>2+</sup> )	0.225	53.01	16.966	21.20
マグネシウムイオン (Mg <sup>2+</sup> )	0.189		92.165	
陽イオン計	0.781	100	514.779	100
炭酸水素イオン (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	0.416	56.14	1.770	0.34
塩化物イオン (Cl <sup>-</sup> )	0.192	43.86	471.107	99.66
硫酸イオン (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	0.112		47.886	
硝酸イオン (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	0.021		0.002	
陰イオン計	0.741	100	520.765	100

表 4-12-7 キーダイアグラムの計算表 II

項目	既存井戸		四万十川	
	等量単位 (meq/L)	割合 (%)	等量単位 (meq/L)	割合 (%)
ナトリウムイオン (Na <sup>+</sup> )	0.352	46.99	397.155	78.80
カリウムイオン (K <sup>+</sup> )	0.015		8.493	
カルシウムイオン (Ca <sup>2+</sup> )	0.225	28.81	16.966	3.30
マグネシウムイオン (Mg <sup>2+</sup> )	0.189	24.20	92.165	17.90
陽イオン計	0.781	100	514.779	100
炭酸水素イオン (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	0.416	56.14	1.770	0.34
塩化物イオン (Cl <sup>-</sup> )	0.192	25.91	471.107	90.46
硫酸イオン (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	0.112	17.95	47.886	9.20
硝酸イオン (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	0.021		0.002	
陰イオン計	0.741	100	520.765	100

水質キーダイアグラムのプロットは、既存井戸が領域 I (Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 型) に、四万十川が領域 IV (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>NaCl 型) に区分された。地下水は一般的な淡水型に分類されるのに対し、河川水は海水の影響を受けた水質特性を示した。したがって、本調査の範囲においては、地下水と河川水の水質に明瞭な差異が認められ、両者は同一の水質グループには属しないと判断される。

次頁より作図したトリリニアダイアグラムおよび水質試験検査成績書を示す。

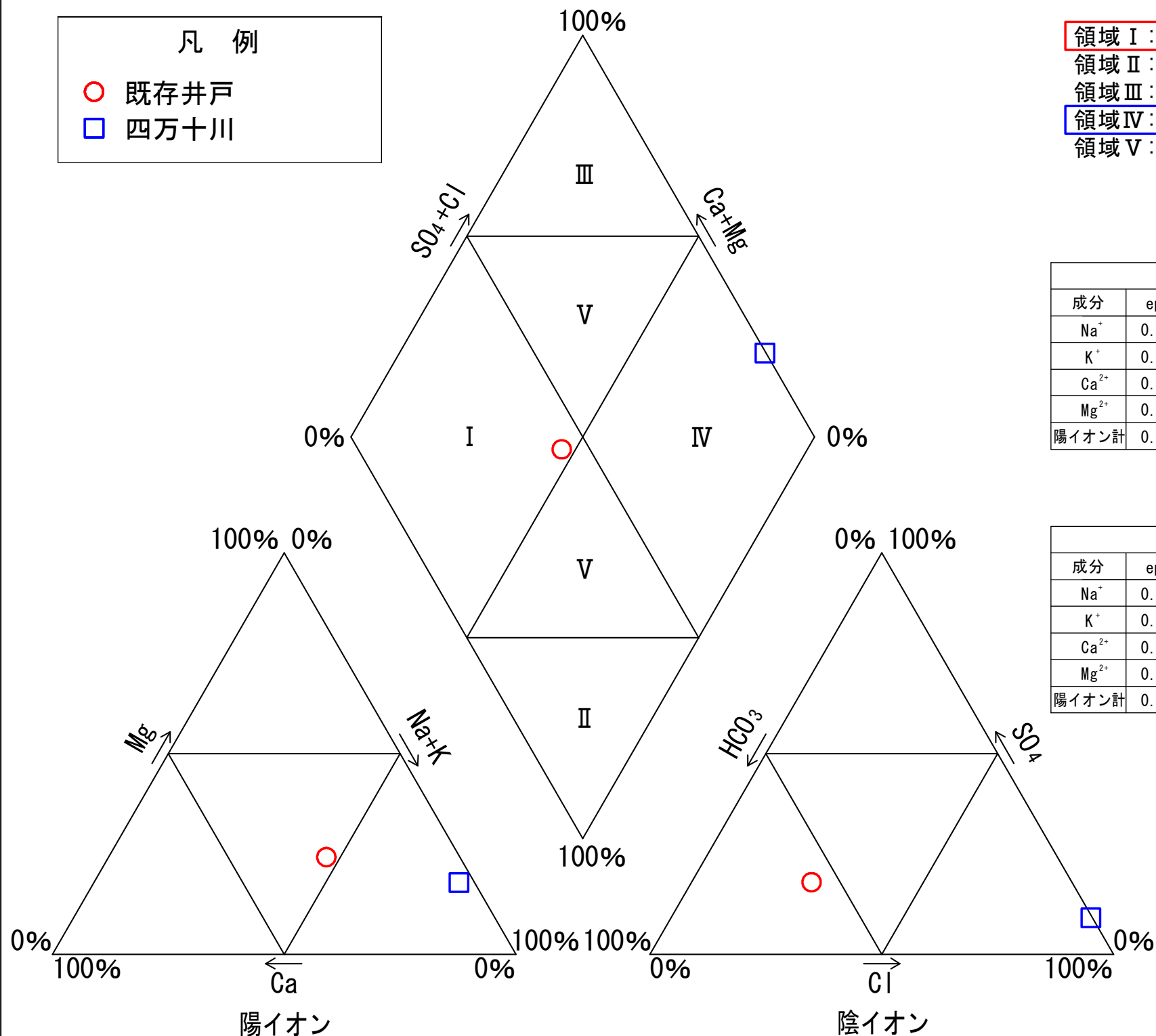
# トリリニアダイアグラム 既存井戸

キーダイアグラム

<水質キーダイアグラム・領域の区分>

- 凡例
- 既存井戸
  - 四万十川

- 領域 I :  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  型 : 普通の淡水
- 領域 II :  $\text{NaHCO}_3$  型 : 被圧水、深層水など
- 領域 III :  $\text{CaSO}_4$   $\text{CaCl}$  型 : 鉱山、火山性の水など
- 領域 IV :  $\text{Na}_2\text{SO}_4$   $\text{NaCl}$  型 : 海水、化石水など
- 領域 V : 中間の科学組成をもつ水



キーダイアグラムの計算I

既存井戸					
成分	epm	%	成分	epm	%
$\text{Na}^+$	0.352	46.99	$\text{HCO}_3^-$	0.416	56.14
$\text{K}^+$	0.015		$\text{Cl}^-$	0.192	43.86
$\text{Ca}^{2+}$	0.225	$\text{SO}_4^{2-}$	0.112		
$\text{Mg}^{2+}$	0.189	$\text{NO}_3^-$	0.021		
陽イオン計	0.781	100	陰イオン計	0.741	100

四万十川					
成分	epm	%	成分	epm	%
$\text{Na}^+$	397.155	78.80	$\text{HCO}_3^-$	1.770	0.34
$\text{K}^+$	8.493		$\text{Cl}^-$	471.107	99.66
$\text{Ca}^{2+}$	16.966	$\text{SO}_4^{2-}$	47.886		
$\text{Mg}^{2+}$	92.165	$\text{NO}_3^-$	0.002		
陽イオン計	514.779	100	陰イオン計	520.765	100

キーダイアグラムの計算II

既存井戸					
成分	epm	%	成分	epm	%
$\text{Na}^+$	0.352	46.99	$\text{HCO}_3^-$	0.416	56.14
$\text{K}^+$	0.015		$\text{Cl}^-$	0.192	25.91
$\text{Ca}^{2+}$	0.225	28.81	$\text{SO}_4^{2-}$	0.112	17.95
$\text{Mg}^{2+}$	0.189	24.20	$\text{NO}_3^-$	0.021	
陽イオン計	0.781	100	陰イオン計	0.741	100

四万十川					
成分	epm	%	成分	epm	%
$\text{Na}^+$	397.155	78.80	$\text{HCO}_3^-$	1.770	0.34
$\text{K}^+$	8.493		$\text{Cl}^-$	471.107	90.46
$\text{Ca}^{2+}$	16.966	3.30	$\text{SO}_4^{2-}$	47.886	9.20
$\text{Mg}^{2+}$	92.165	17.90	$\text{NO}_3^-$	0.002	
陽イオン計	514.779	100	陰イオン計	520.765	100

図 4-12-8 トリリニアダイアグラム

表 4-12-8 水質試験検査成績書

水質試験検査成績書			
依頼者	株式会社相愛 様		
種別	井水	試験名	_____
受付日	2026年1月8日	採水日	2026年1月8日
採水場所	わさび農園		
採水者	株式会社相愛		
項目名	分析値	項目名	分析値
ナトリウムイオン	8.1 mg/L		以下余白
カリウムイオン	0.6 mg/L		
カルシウムイオン	4.5 mg/L		
マグネシウムイオン	2.3 mg/L		
塩化物イオン	6.8 mg/L		
炭酸水素イオン	25.4 mg/L		
硫酸イオン	5.4 mg/L		
硝酸イオン	1.3 mg/L		
カドミウム	0.0003 mg/L未満		
鉛	0.001 mg/L未満		
六価クロム	0.002 mg/L未満		
水銀	0.00005 mg/L未満		
ヒ素	0.001 mg/L未満		
シアン	0.001 mg/L未満		
鉄	0.10 mg/L		
試験期間	2026年 1月 8日 ~ 2026年 1月23日		
特記事項	漁維第100号 陸上養殖候補地調査委託業務 採水者による現場測定：気温 8℃，水温 19℃ 上水試験方法に定める検査法準用		
2026年1月26日			
水道法第20条登録検査機関 登録番号：5.7 建築物飲料水水質検査業 高知県登録 〒780-0850 高知県高知市丸ノ内2丁目4番11号 一般社団法人高知県食品衛生協会			

表 4-12-9 水質試験検査成績書

<b>水質試験検査成績書</b>			
依頼者	株式会社相愛 様		
種別	河川水	試験名	_____
受付日	2026年1月8日	採水日	2026年1月8日
採水場所	四万十川		
採水者	株式会社相愛		
項目名	分析値	項目名	分析値
ナトリウムイオン	9130 mg/L		以下余白
カリウムイオン	332 mg/L		
カルシウムイオン	340 mg/L		
マグネシウムイオン	1120 mg/L		
塩化物イオン	16700 mg/L		
炭酸水素イオン	108 mg/L		
硫酸イオン	2300 mg/L		
硝酸イオン	0.1 mg/L未満		
カドミウム	0.003 mg/L未満		
鉛	0.005 mg/L未満		
六価クロム	0.005 mg/L未満		
水銀	0.00005 mg/L未満		
ヒ素	0.005 mg/L未満		
シアン	0.001 mg/L未満		
鉄	0.12 mg/L		
試験期間	2026年 1月 8日 ~ 2026年 1月23日		
特記事項	漁維第100号 陸上養殖候補地調査委託業務 採水者による現場測定：気温 8℃，水温 17℃ 上水試験方法に定める検査法準用		
2026年1月26日 水道法第20条登録検査機関 登録番号：57 建築物飲料水水質検査業 高知県登録 〒780-0850 高知県高知市丸ノ内2丁目4番11号 一般社団法人高知県食品衛生協会			

## 4.12.4. 総合解析とりまとめ

調査結果を下表(表 4-12-10)にとりまとめた。本調査は、既存井戸および周辺河川における水質調査を実施したことから、本報告における考察は水質試験に関してまとめる。

表 4-12-10 調査結果一覧表

机上調査結果		水質試験用サンプル採水	
調査対象	既存井戸	実施日	R8.1.8
調査地区	四万十市間崎	時刻	10時50頃
所有地	公有地	試験時の潮汐	満潮⇒干潮
調査地の地形	自然堤防	気温	8.0
調査地の地質	沖積層・洪積層	地下水温	19.0
緯度	32° 56′ 18.1400″	水質試験結果(健康7項目)	
経度	132° 58′ 29.2300″	基準値との比較	すべて基準値未満
井戸の諸元		ヘキサダイアグラム	
地下水位	不明	図形の型	II型(炭酸ナトリウム型)
帯水層厚	不明	地下水の分類	被圧地下水
適正揚水量	不明	地下水に対する海水の影響の目安	
揚水ポンプの仕様	不明	地下水⇄海水(0.5⇄200)	0.46

## (1) 地下水の考察

調査職員への聞き取りによると、既存井戸の深度は GL-70m 程度とのことである。地形的にみると、本調査地は四万十川の自然堤防上に位置し、周辺には氾濫平野が広く発達している。地質的には沖積層に区分されるが、周辺の既存ボーリングデータから基盤岩までの深度は深いと推察され、その間には洪積層が厚く堆積しているものと推定される。

したがって、本孔の地下水は、深層被圧地下水であると推定される。

水質分析の結果、水質ダイアグラム(ヘキサダイアグラムおよびトリリニアダイアグラム)において、地下水は陸源性由来の水質型を示したのに対し、河川水は海水の影響を受けた水質型および分布位置を示した。このことから、両者は同一の水質グループに属するものではないと考えられる。

以上より、本調査地の地下水は深層被圧地下水であり、河川水とは水質特性の異なる地下水系を形成しているものと考えられる。

## (2) 養殖事業等への地下水利用に関する考察

本調査では水温は19℃を示したが、採水後に容器内で計測したため、水温が上昇していた可能性がある。土地の所有者である四万十市によると、地下水温は、年間を通じて14～17℃の範囲にあると報告を受けている。

本孔の地下水は、被圧地下水であると推定される。被圧地下水の水温は、一般に地中において外気との直接的な熱交換を受けにくいいため、年間を通じた変動が小さく、概ね地域の平均気温に近い温度で安定する傾向にある。

一方、調査地は四万十川の河口付近に位置していることから、地下水温および地下水位は、潮汐の影響を受けて年間を通じ変動する可能性があると考えられる。

このため、養殖事業等において地下水を利用するに当たっては、地下水温の変動把握に加え、地下水位および水質の継続的なモニタリングを実施する必要があると考える。

-以上-