

◎地上設置型揚水ポンプに関する留意点

簡易揚水試験の実施に当たっては、孔壁保護のため試験孔に試験用パイプ（VP50）を挿入して実施した。VP50の内径はφ51mmであったことから、使用するポンプは吸入径25mm（1インチ）の陸上ポンプに限られた。また、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。**※本調査ではSH-No.2(四万十市川登)が該当する。**
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。**※本調査においては、KO-No.1(高知市長浜)、KO-No.2(高知市海老ノ丸)、KO-No.3(高知市横浜)、OK-No.1及びOK-No.2(四万十町興津)、TN-No.1(黒潮町田野浦)、KA-No.1(黒潮町上川口)がこれに該当するため、本評価結果のみをもって過小に判断しないよう留意する必要がある。**
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。**※調査地によって確認した揚水量に差があるのはこのためである（下表1参照）。**

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。
 下表（表2参照）に本試験で主に使用した陸上ポンプの詳細を示す。

表1 各調査地点で確認した揚水量一覧表

孔番	調査地区	揚水量 (L/分)
KO-No.1	高知市長浜	31
KO-No.2	高知市海老ノ丸	53
KO-No.3	高知市横浜	24
OK-No.1	四万十町興津	31
OK-No.2	四万十町興津	31
TN-No.1	黒潮町田野浦	31
TN-No.2	黒潮町田野浦	1(水量不足)
SH-No.1	四万十市有岡	水量不足
SH-No.2	四万十市川登	適用不可
TK-No.1	室戸市高岡	水量不足
KA-No.1	黒潮町上川口	41

表2 陸上ポンプの仕様

機種名		MG-25
型式		MG-25-AAA
ポンプ	吸入・吐出口径	25mm(1")
	全揚程 [※]	35m
	吸入揚程	8m
	最大吐出量	100L/min
モーター	電源	AC 100V
	電流	11A
	出力	350W
	回転数	7400rpm
	連続運転時間	約1時間
型式		整粒子モーター
正品重量(本体のみ)		6 Kg

※全揚程とは、ポンプが吸込水面から吐出し地点まで、水（流体）を押し上げるために必要な総エネルギーを「高さ（m）」に換算したものであり、実揚程（純粋な高低差）に、配管摩擦や曲がりによる損失、圧力差を加えた合計値である。

◎本井戸における揚水可能量の推定に関する留意点

本調査では、簡易揚水試験で得られた揚水量を基に、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、使用した陸上ポンプの揚水能力に限界があったため、各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ている点**に留意する必要がある。ただし、実際の井戸施工に当たっては、**スクリーン配置、井戸構造および使用するポンプの能力によって、推定値以上の揚水量が得られる可能性がある。**以下に推定式を示す。

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1 揚水量の算定式⁽¹⁾

揚水量Qは上の図で表され、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。

- φ60mm(直径0.06m) → r_{60} =0.03m
- φ300mm(直径0.30m) → r_{300} =0.15m

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

したがって、**井戸径の効果のみを考慮した場合**、各調査地で確認した揚水量は、それぞれ概ね1.25～1.38倍程度に増加すると推定した。

⁽¹⁾ 改著地下水学要論：理学博士 村上敏夫；昭和52年7月 p.117

5. 総合解析とりまとめ

5-1 KO-No. 1 (高知県高知市長浜)

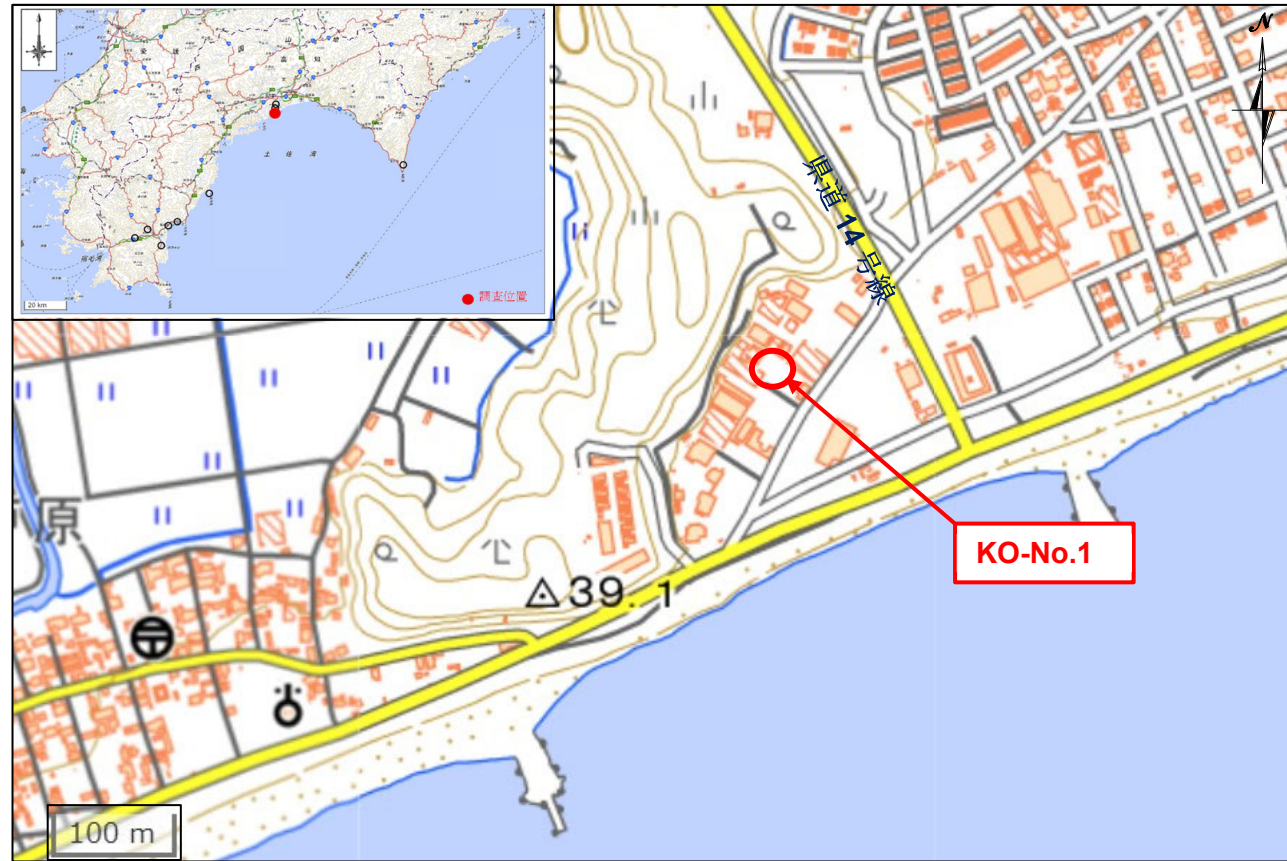


図 5-1 調査地位置図

表 5-1 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

簡易揚水試験では、使用した陸上ポンプの能力上限である 31L/分で安定した揚水が可能であった。この結果から、井戸径を φ300mm とした場合、**少なくとも 38.8～42.8L/分の揚水量**が見込まれ、さらに**揚水可能量が増加する可能性**もある。

(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、Na および 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。なお、鉄の形態、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。

5-2 KO-No. 2(高知県高知市海老ノ丸)



図 5-2 調査地位置図

表 5-2 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.Pm)	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	地下水の種類	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ことより、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

簡易揚水試験では、使用した陸上ポンプの能力上限である 53L/分で安定した揚水が可能であった。この結果から、井戸径を φ300mm とした場合、少なくとも 66.3～73.1L/分の揚水量が見込まれ、さらに揚水可能量が増加する可能性もある。

(3) 養殖事業等の地下水利用に関する留意事項

本調査は満水期に当たる 10～11 月に実施した。採水は干潮時に行ったが、海水由来イオン濃度の高い水質が確認され、満潮時にはさらなる塩水化の可能性がある。このため、養殖事業等に地下水を利用する場合には、Na および Cl 濃度の潮汐・季節変動の把握に加え、地下水位及び水質の継続的なモニタリングが必要である。

本調査地の地下水は洪積層中の被圧地下水であり、継続的な揚水により被圧水頭が低下した場合、厚い粘性土層の圧密に伴う地盤沈下を生じる可能性がある。このため、養殖事業等に地下水を継続利用する場合には、揚水量の適正管理、地下水位の長期変動及び地盤変位の監視を行うとともに、定量揚水試験等により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、鉄は基準値の約 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。

5-3 KO-No. 3 (高知県高知市横浜)

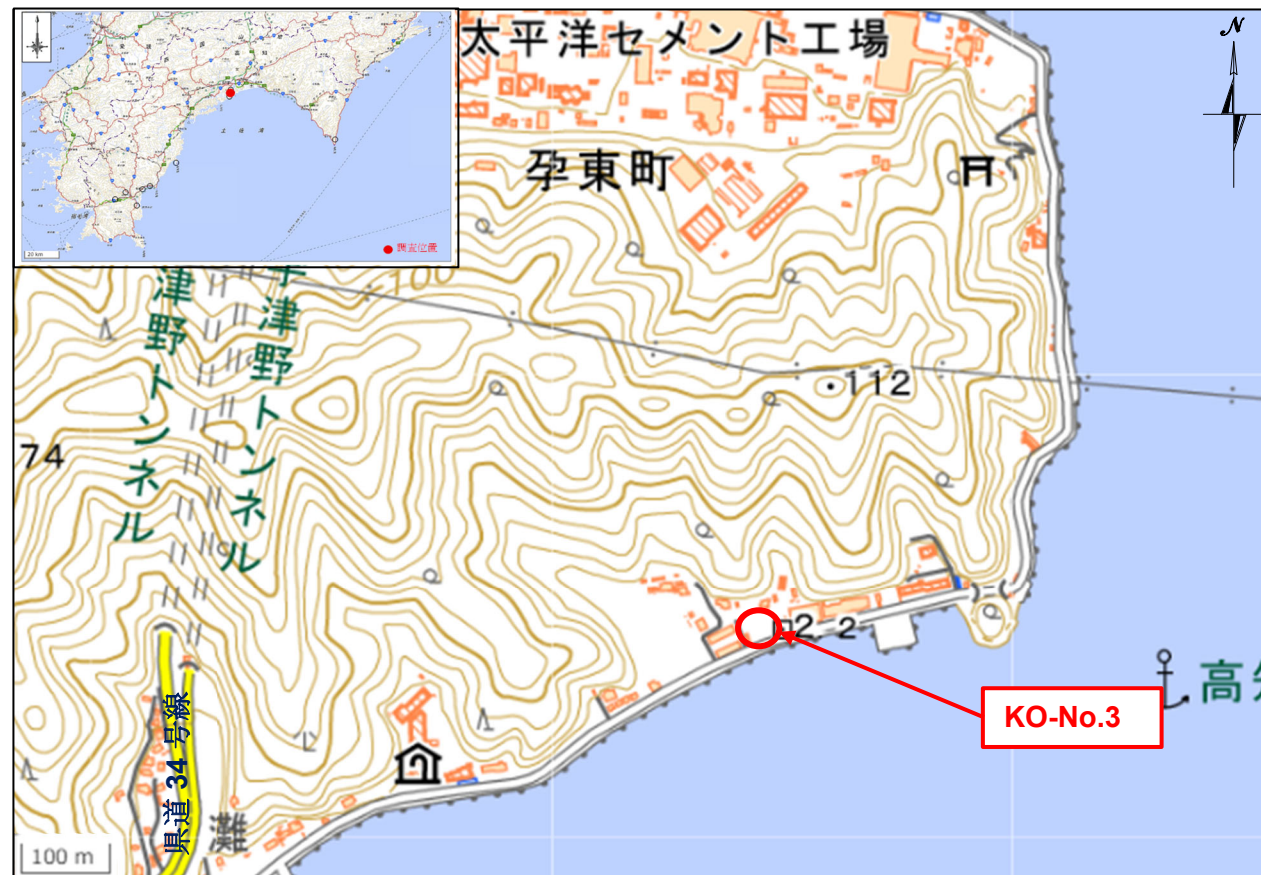


図 5-3-1 調査地位置図

表 5-3 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

簡易揚水試験では、使用した陸上ポンプの能力上限である 24L/分で安定した揚水が可能であった。この結果から、井戸径を φ300mm とした場合、**少なくとも 30.0～33.1L/分の揚水量**が見込まれ、さらに**揚水可能量が増加する可能性**もある。

(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、Na および 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。

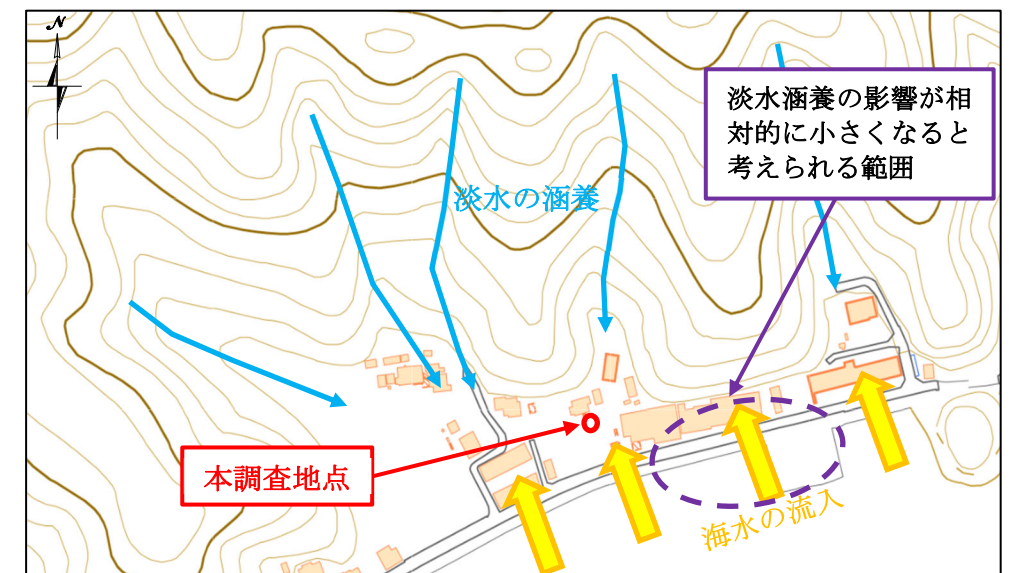


図 5-3-2 調査地位置図

5-4 OK-No.1(高知県高岡郡四万十町興津)



図 5-4-1 調査地位置図

表 5-4 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

(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

簡易揚水試験では、使用した陸上ポンプの能力上限である 31L/分で安定した揚水が可能であった。この結果から、井戸径を φ300mm とした場合、**少なくとも 38.8～42.8L/分の揚水量**が見込まれ、さらに**揚水可能量が増加する可能性**もある。

(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、Na および 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の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、右図（図 5-4-2）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。

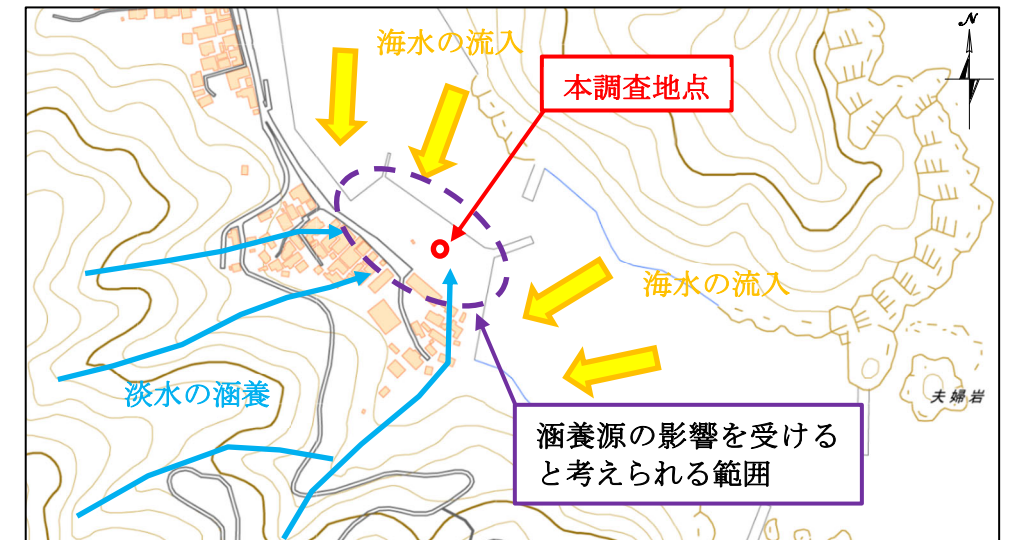


図 5-4-2 調査地位置図

5-5 OK-No. 2(高知県高岡郡四万十町興津)



図 5-5-1 調査地位置図

表 5-5 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.Pm)	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

簡易揚水試験では、使用した陸上ポンプの能力上限である 31L/分で安定した揚水が可能であった。この結果から、井戸径を φ300mm とした場合、**少なくとも 38.8～42.8L/分の揚水量**が見込まれ、さらに**揚水可能量が増加する可能性**もある。

(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。湧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、Na および 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。

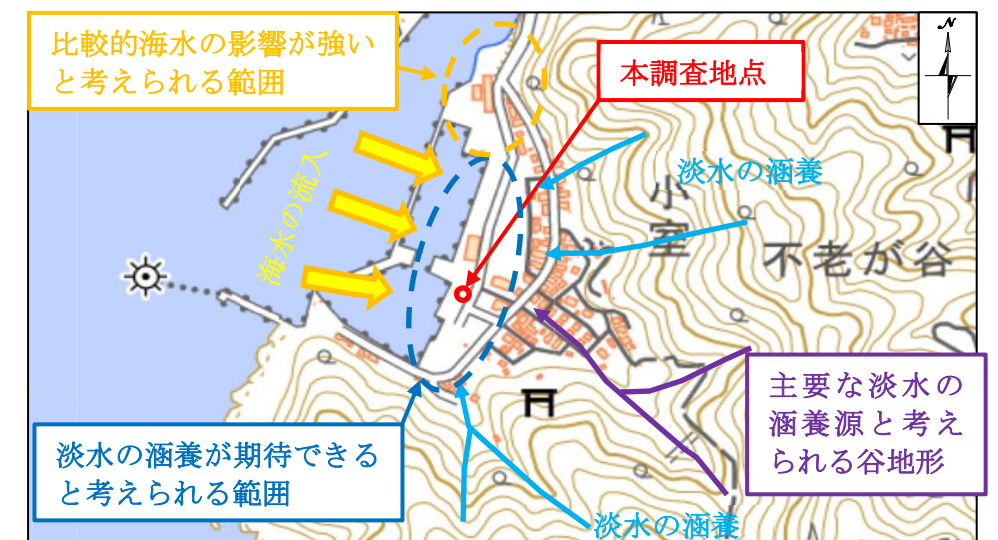


図 5-5-2 調査地位置図

5-6 TN-No. 1 (高知県幡多郡黒潮町田野浦)



図 5-6-1 調査地位置図

表 5-6-1 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	地下水の種類	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、右表(表 5-6-2 参照)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。

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、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

簡易揚水試験では、使用した陸上ポンプの能力上限である 31L/分で安定した揚水が可能であった。この結果から、井戸径を φ300mm とした場合、**少なくとも 38.8～42.8L/分の揚水量が見込まれ、さらに揚水可能量が増加する可能性**もある。また、地下水は海水の影響を強く受けているため、**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。

(3) 養殖事業等の地下水利用に関する留意事項

本調査は、降雨期に当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、その時点でも海水由来イオン濃度が極めて高く、海水と同程度の水質が確認された。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。よって、養殖事業等に地下水を利用する場合には、Na および Cl 濃度の季節変動の把握に加え、地下水位、水温及び水質の継続的なモニタリングが必要である。

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。

健康項目 7 項目について基準値と照合したところ、鉄が基準値の約 1.4 倍を示したことから、必要に応じて除鉄処理を講じることが望ましい。

表 5-6-2 海水成分と本分析値の比較表⁽¹⁾

項目	海水の化学成分 (mg/L)	分析値 (mg/L)
Na	10556	10100
K	380	378
Ca2	400	374
Mg2	1272	1170
Cl	18980	18800
HCO3	140	156
SO4	2469	2600

(kg⇄L)



図 5-6-2 調査地位置図

⁽¹⁾ 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

5-7 TN-No. 2(高知県幡多郡黒潮町田野浦)



図 5-7-1 調査地位置図

表 5-7-1 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	地下水の種類	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。

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。



図 5-7-2 調査地周辺の旧航空写真

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。

(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、簡易揚水試験の結果から、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った。したがって、本調査地点での地下水は養殖事業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ため、帯水層が局所的に薄い可能性がある。一方、旧岩礁帯を避ければ、より厚い砂礫層を対象とした地下水利用の可能性はある。このため、地下水利用に当たっては、周辺の地形・地質条件を踏まえて井戸位置を慎重に選定し、追加調査等により帯水層分布を把握した上で計画することが望ましいと考える。



図 5-7-3 調査地位置図

5-8 SH-No. 1 (高知県幡多郡四万十市有岡)

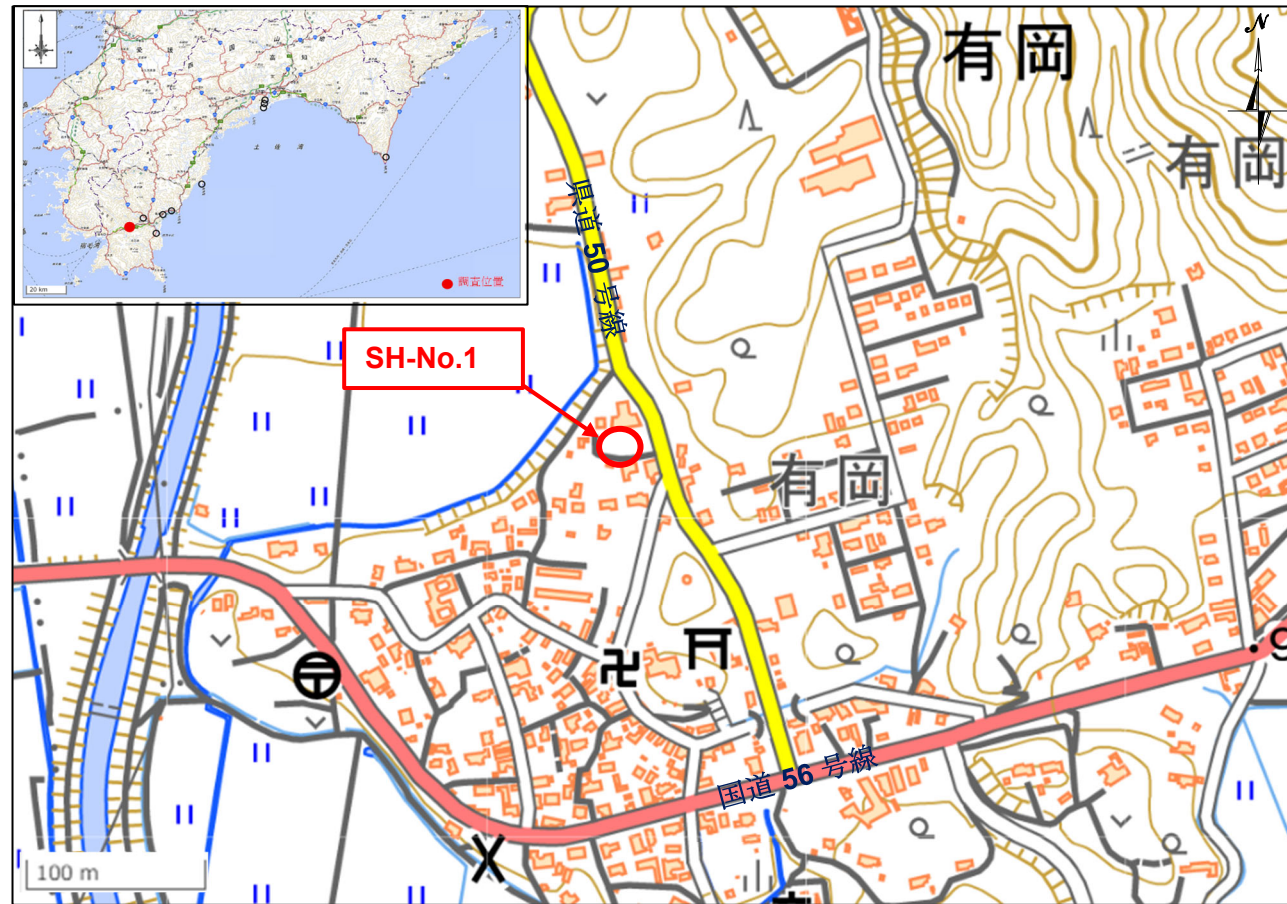


図 5-8 調査地位置図

表 5-8 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 7.71×10^{-7} (m/s) と、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^{※1}と地盤の隆起^{※2}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し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する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。

5-9 SH-No. 2(高知県幡多郡四万十市川登)

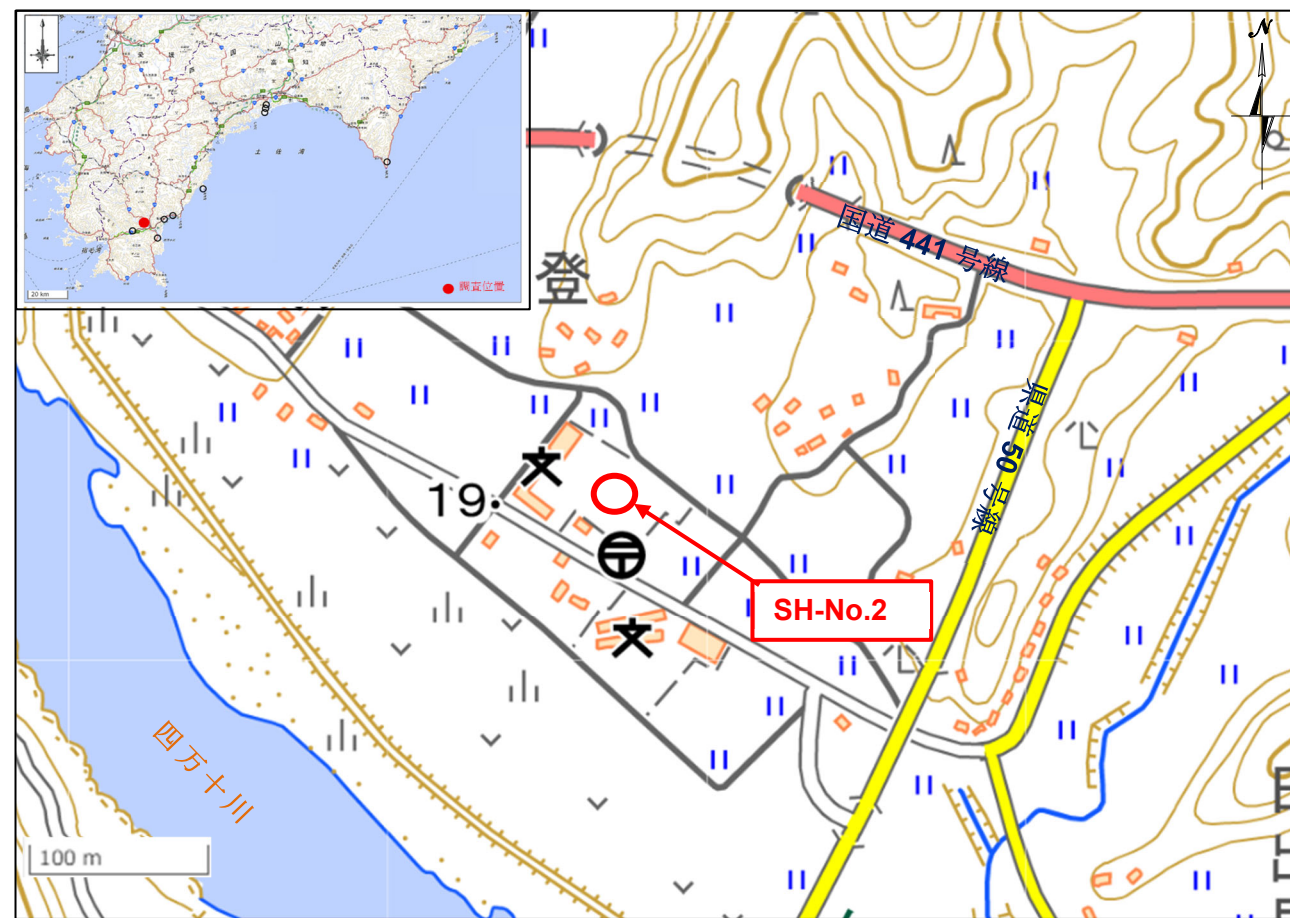


図 5-9-1 調査地位置図

表 5-9 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)	-

(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 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。

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 5-9-2 調査地位置図

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、河川との水理的関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関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^{※1}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関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(土壌水)で、地表の河川との水理的な関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。

5-10 TK-No. 1 (高知県室戸市高岡)



図 5-10-1 調査地位置図

表 5-10 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.Pm)	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	-	地下水の種類	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

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(れっかすい)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 $2.25 \times 10^{-6}(\text{m/s})$ 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。

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。

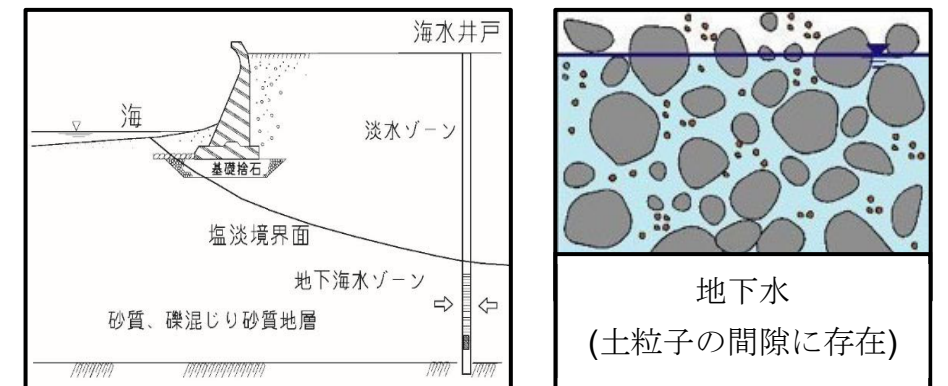


図 5-10-2 砂浜海岸および賦存する地下水

一方、本調査地は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より、地下水は岩盤内の裂隙を流動して賦存し、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た。

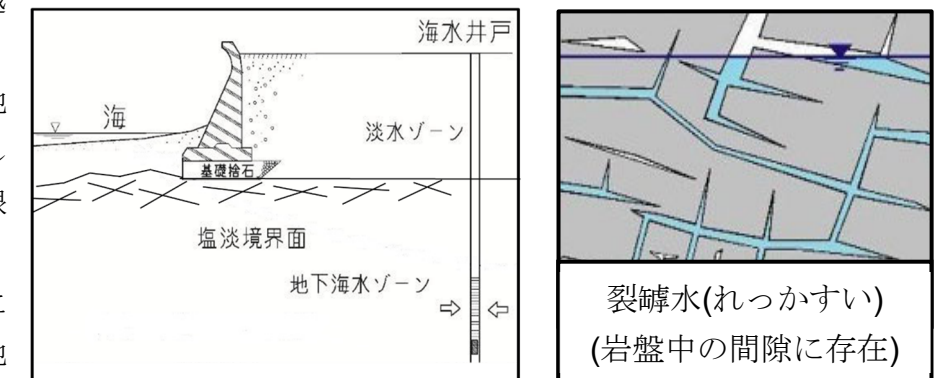


図 5-10-3 岩石海岸および賦存する地下水

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。

5-11 KA-No.1 (高知県高岡郡黒潮町上川口)

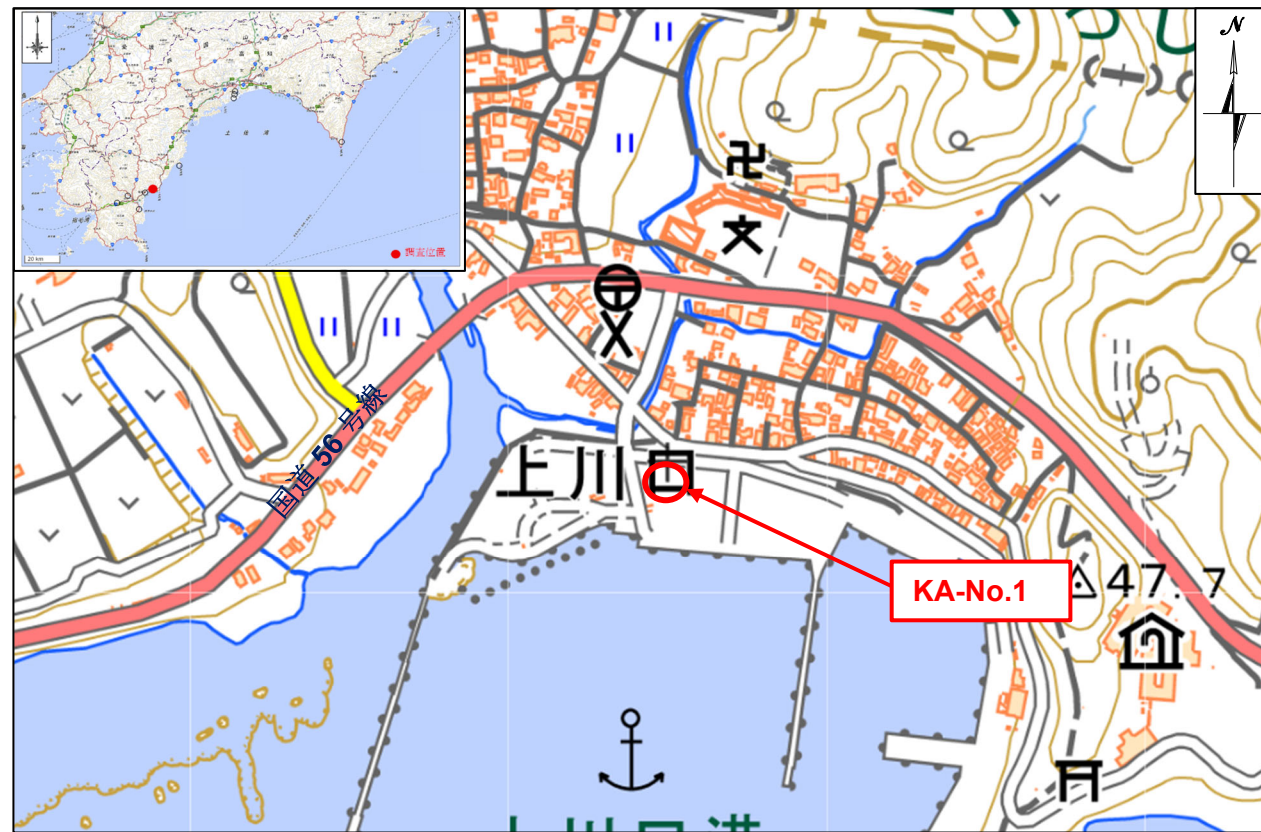


図 5-11-1 調査地位置図

表 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	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

(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。

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唆される。

地形および地質条件から、調査地は旧水部に位置する一方、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。

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

簡易揚水試験では、使用した陸上ポンプの能力上限である 41L/分で安定した揚水が可能であった。この結果から、井戸径を φ300mm とした場合、**少なくとも 51.3～56.6L/分の揚水量**が見込まれ、さらに**揚水可能量が増加する可能性**もある。

(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°C 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 5-11-2 調査地位置

5-12 既存井戸（高知県幡多郡四万十市間崎）

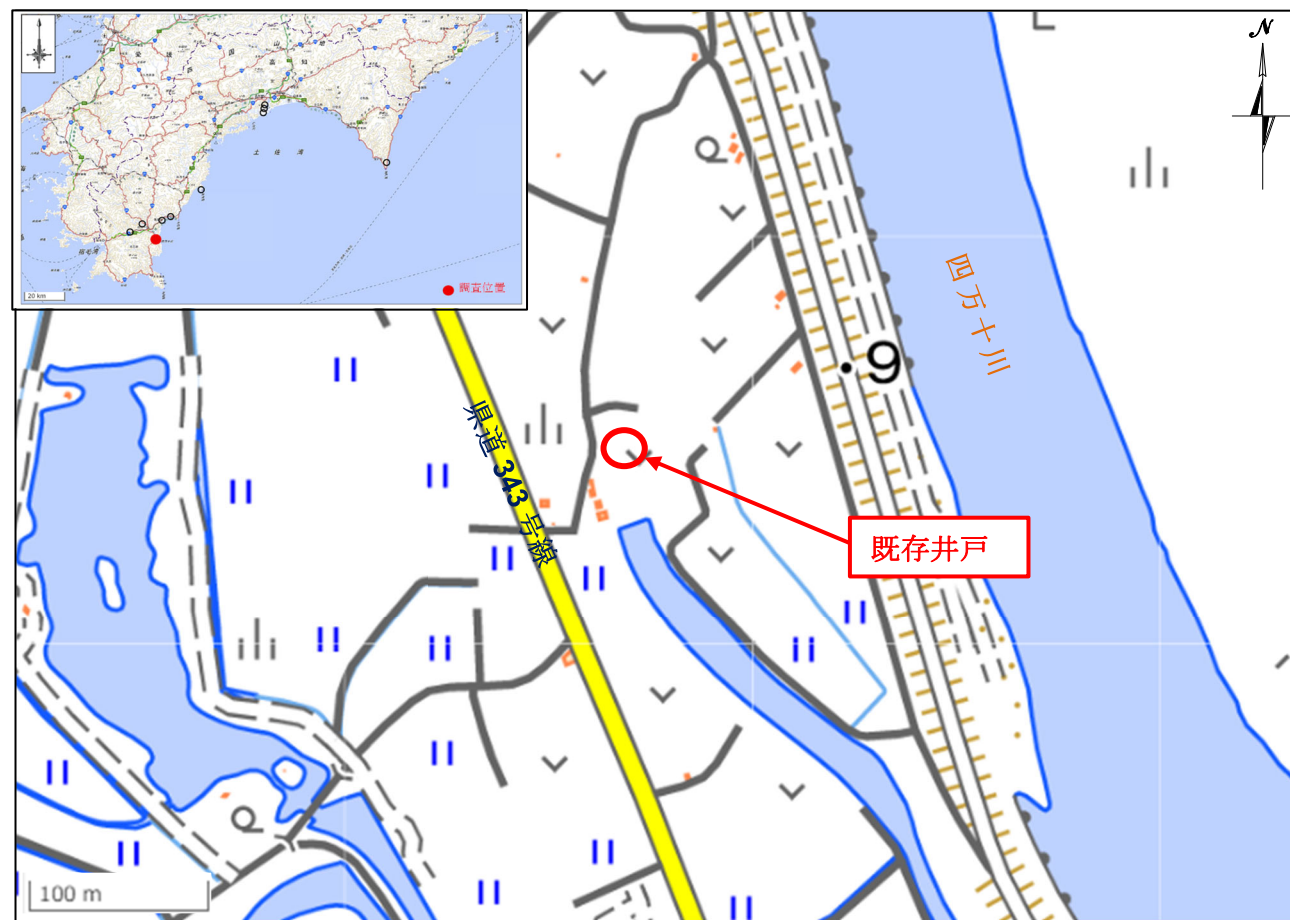


図 5-12 調査地位置図

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た。

表 5-12 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。