

(5)簡易揚水試験結果

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

試験の実施状況は以下のとおりである。

試験期間：令和2年(2020年)9月3日 10:02～14:13

揚水機器：カワエース（吐出量：33.0L/min）

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

孔口標高：H=1.25m

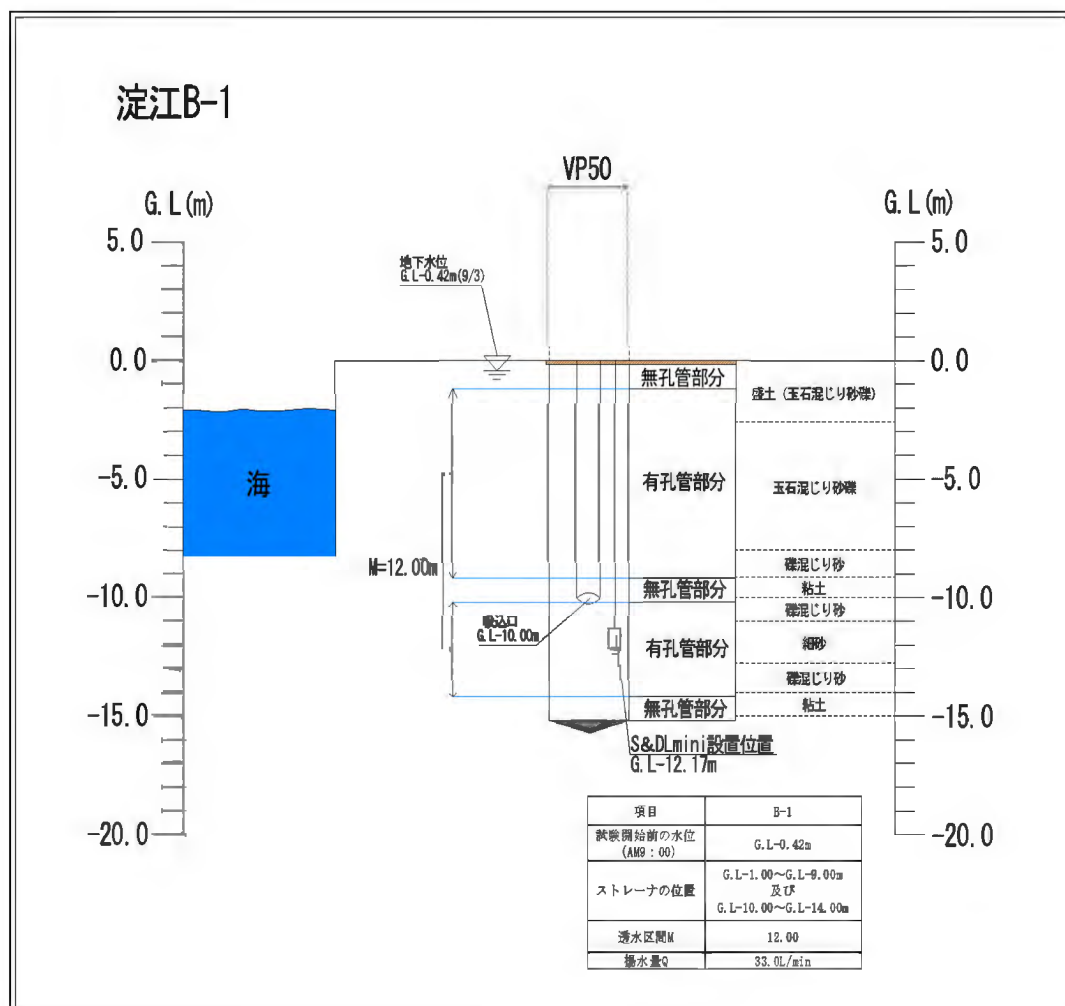


図5-9 B-1孔 簡易揚水試験実施状況

揚水試験中の水位変化を図 5－10 に示す。

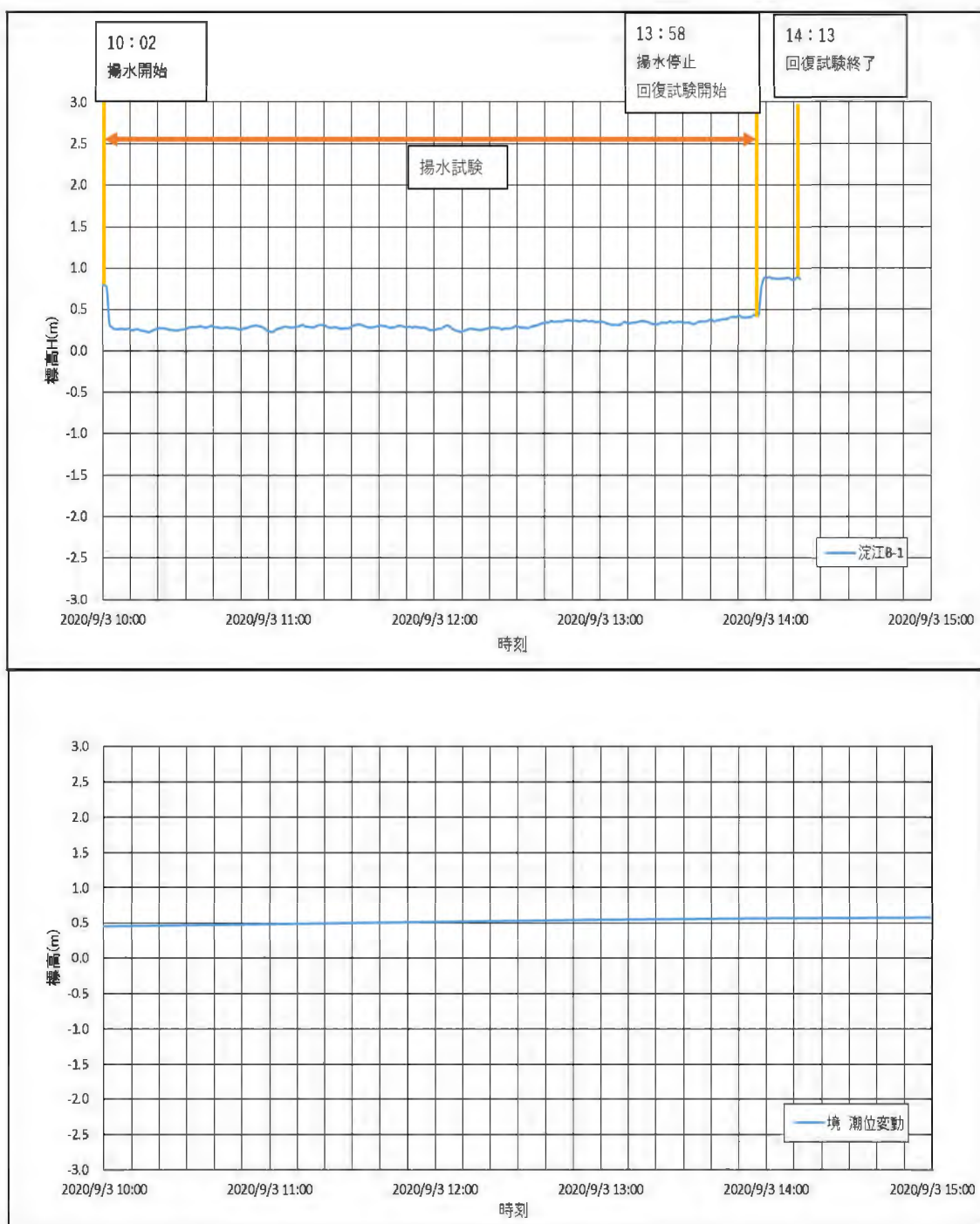


図 5－10 B-1 孔揚水試験中の水位変動と潮位変化（8 月 28 日）

ポンプ運転時及びポンプ停止時の水位降下・上昇が短時間で終了している。水位降下は揚水開始時及び停止時共に約 50cm であり、降下後は緩やかに上昇しており、揚水能力以上に潮位の上昇の影響を受けていると推察される。潮位に関しては緩やかに上昇しており、揚水期間中の変動幅は約 11cm である。

(6) 揚水量の試算

(5)の項でも述べた通り、ポンプ運転時及びポンプ停止時の水位降下・上昇は短時間で終了している。このため、B-1 孔においての揚水試験結果の解析は図5-11 に示す①の部分を用いることにした。解析方法は「ヤコブの直線法」によることとし、回復試験結果の解析は行わないこととした。連続揚水試験で実測した水位降下量 S と経過時間 t の関係を図5-12 の片対数図に示す。

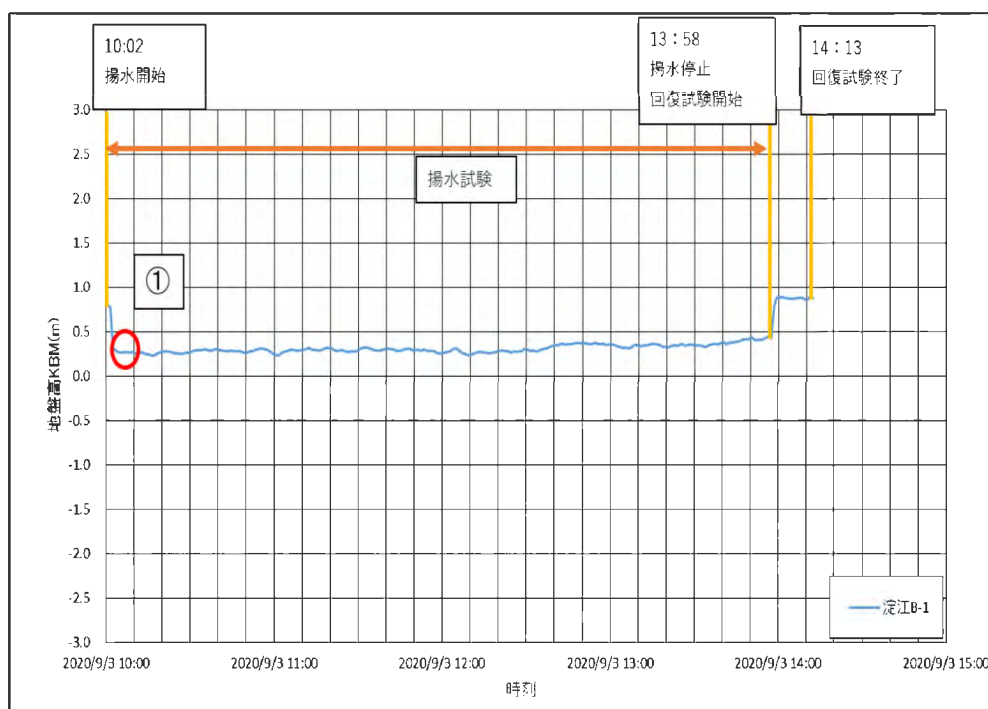


図5-11 B-1 孔 揚水試験中の水位変動 (9月3日)

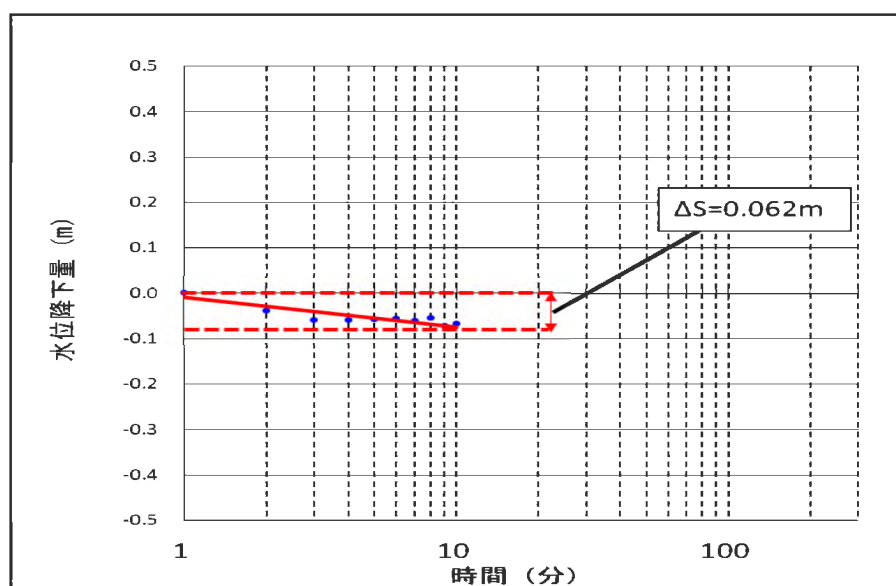


図5-12 B-1 孔の簡易揚水試験 ヤコブの直線法による解析

透水量係数 T は次式により求められる。

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

ここで、

Q (揚水試験時の揚水量) : 0.033 m³/min

ΔS (図 5-12 における logt の 1 サイクル分の水位降下量) : 0.062m

揚水量が 30 L/min の時、

$$T = (2.3 \cdot 0.033) / (4 \cdot \pi \cdot 0.062) = 0.097 \text{ m}^2/\text{min}$$

透水係数 k は次式により求められる。

$$k = T/M$$

ここで、

M (透水層の厚さ) : 12.00m (図 5-9)

よって、

$$k = 0.097/12.00 = 0.0081 (\text{m}/\text{min}) = 1.4 \times 10^{-4} (\text{m}/\text{s})$$

となる。

透水係数は地盤の種類によって大きく異なる。地盤の種類と透水係数の関連性を図 5-13 に示す。

	10 ⁻¹¹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻⁹	10 ⁻⁸	10 ⁻⁷	10 ⁻⁶	10 ⁻⁵	10 ⁻⁴	10 ⁻³	10 ⁻²	10 ⁻¹	(m/s)
透水性	実質上不透水		非常に低い		低い		中位		高い			
対応する土の種類	粘性土		微細砂、シルト、砂-シルト-粘土混合土					砂および礫		清浄な礫		

図 5-13 地盤の種類と透水係数の対応³⁴

B-1 孔の透水層は砂質土・砂礫主体であり、図 5-13 において算出した透水係数は「砂および礫」に該当し、本孔の透水性が「中位」であることを示している。

³⁴ 地盤調査の方法と解説 (社団法人 地盤工学会)

(7)まとめ

- ・揚水した水の塩分は平均 0.13%程度であり、海水井戸として塩分は満足しない結果となった。揚水試験前の孔内塩分測定では、塩分 0.01~0.02%と深度毎の増減はほとんど認められなかった。鉛直塩分は揚水後に主に深度 11m 以浅で上昇しているが最大で 0.32%であることから、本孔では揚水により淡水起源の地下水を主体に引き込んでいると推察される。淡水は調査地背後の孝霊山及び大山からの伏流水であると考えられる。
- ・B-1 孔の簡易揚水試験結果より、ヤコブの直線法による解析を用いて透水係数 k を求めたところ、 $k=0.00014(\text{m/s})$ であった。
- ・調査地東部にて背後の山地からの湧水が流れていると思われる水路が確認された。水路は最終的に調査地北部の砂浜地帯に流入しており、水路出口の状況から一時的なものではなく日常的に水が流れていると推察される。このことから、調査地及びその周辺は淡水が豊富であることが推察され、B-1 孔の孔内水に影響を与えていると考えられる。



図 5-14 調査地北～東部にて確認された湧水が流れていると推察される水路

5-3 採取した地下海水の利用に関する検討

(1) 水質調査

1) 水質調査方法

① 水質分析

現地における採水は、夏季にのみ実施した。採水深度は、GL-10.0m とした。

対象とした水質の分析項目を表 5-7 に示す。分析項目は象潟や大槌の夏季調査と同様である。

表 5-7 淀江における分析項目一覧

試験項目	分析方法	単位	定量下限値
水素イオン濃度(pH)	JIS K0102 12.1	ガラス電極法	— 小数点第1位
化学的酸素要求量(COD _{OH})	昭和46年環告第59号 別表2.2 ア 備考2	アルカリ性法	mg/L 0.5
浮遊物質濃度(SS)	昭和46年環告第59号 付表9	グラスファイバーフィルター法	mg/L 1
大腸菌群数	昭和46年環告第59号 別表2.1(1)ア 備考4	最確数(MPN)法	MPN/100mL 2
全窒素	JIS K0102 45.6	流れ分析法	mg/L 0.05
塩分(S)	海洋観測指針(1999)第1部 5.3.4.2	サリノメータ法	— 小数点第2位
溶解性鉄(D-Fe)	JIS K0102 57.2	フレイム原子吸光法	mg/L 0.1
溶解性マンガン(D-Mn)	JIS K0102 56.2	フレイム原子吸光法	mg/L 0.1

※1:上記に加え、現地での水温と溶存酸素測定を実施した。

② 水温・塩分連続測定

夏季の採水後、現地からの要望により、試掘井を埋め戻した。そのため、他の調査地点で実施している水温・塩分の連続測定は実施していない。

2) 水質調査結果

①調査時の気象・現地状況

調査実施時の現地における気象状況を表 5－8 に、調査時の写真を図 5－15 に示す。

現地調査を実施した際の天候は、曇り時々晴れであった。台風通過の影響により、風が強かった。気温は、31.8℃であった。

5-4(4)塩分・電気伝導率測定結果により、GL-1.17～-15.17m の範囲において塩分が 0.01～0.02、水温は 17.70～17.80℃の範囲とほぼ均一であり、採水深度の制限は小さかった。採水深度は GL-10.0m とした。

表 5－8 淀江における現地調査時の概況

夏季	
調査日	9月3日
天気	曇時々晴 大風を伴う
気温(℃)	31.8
採水深度(GL-m)	10.0

※気温：米子地域気象観測所(アメダス)より引用

※天気：鳥取地方気象台より引用

夏季調査(9月3日)	
	
現地状況	揚水状況
	
採水試料	埋め戻し状況

図5-15 淀江における現地調査状況一覧

②水質分析

夏季における水質分析の結果を表5-9にまとめ、その結果を図5-16に図示した。

- ・衛生管理型漁港で満たすべき水産用水基準5項目：

衛生管理型漁港で満たすべき水産用水基準5項目のうち、夏季は3項目(COD_{OH}、大腸菌群数、T-N)を満足した。

- ・pH：

値は夏季に6.9であった。衛生管理型漁港で満たすべき水産用水基準を満たさなかったが、河川・湖沼における水産用水基準(6.7~7.5)は満たしていた。

- ・COD_{OH}：

値は、報告下限値未満(0.5mg/L未満)であった。衛生管理型漁港で満たすべき水産用水基準を満たした。

- ・SS：

値は、夏季に4mg/Lであった。衛生管理型漁港で満たすべき水産用水基準を満たした。

- ・大腸菌群数：

値は、夏季に49MPN/100mLであった。衛生管理型漁港で満たすべき水産用水基準を満たした。

- ・T-N：

値は、夏季に0.27mg/Lであった。衛生管理型漁港で満たすべき水産用水基準を満たした。

- ・塩分：

値は、夏季に2.28であった。一般的な沿岸域の海水(33~34前後)に比べかなり低かった。

- ・溶解性鉄：

値は、夏季に0.5mg/Lであった。溶解性鉄の水産用水基準は0.2mg/L以下となっており、水産用水基準を満たさなかった。

- ・溶解性マンガン：

値は、夏季に0.4mg/Lであった。溶解性マンガンの基準は0.6mg/L以下と設定しており、基準を満たした。

- ・溶存酸素：

値は、夏季に1.5mg/Lであった。海域の溶存酸素の水産用水基準は6.0mg/L以上となっており、基準を満たさなかった。

- ・水温：

値は、夏季に20.0℃であった。

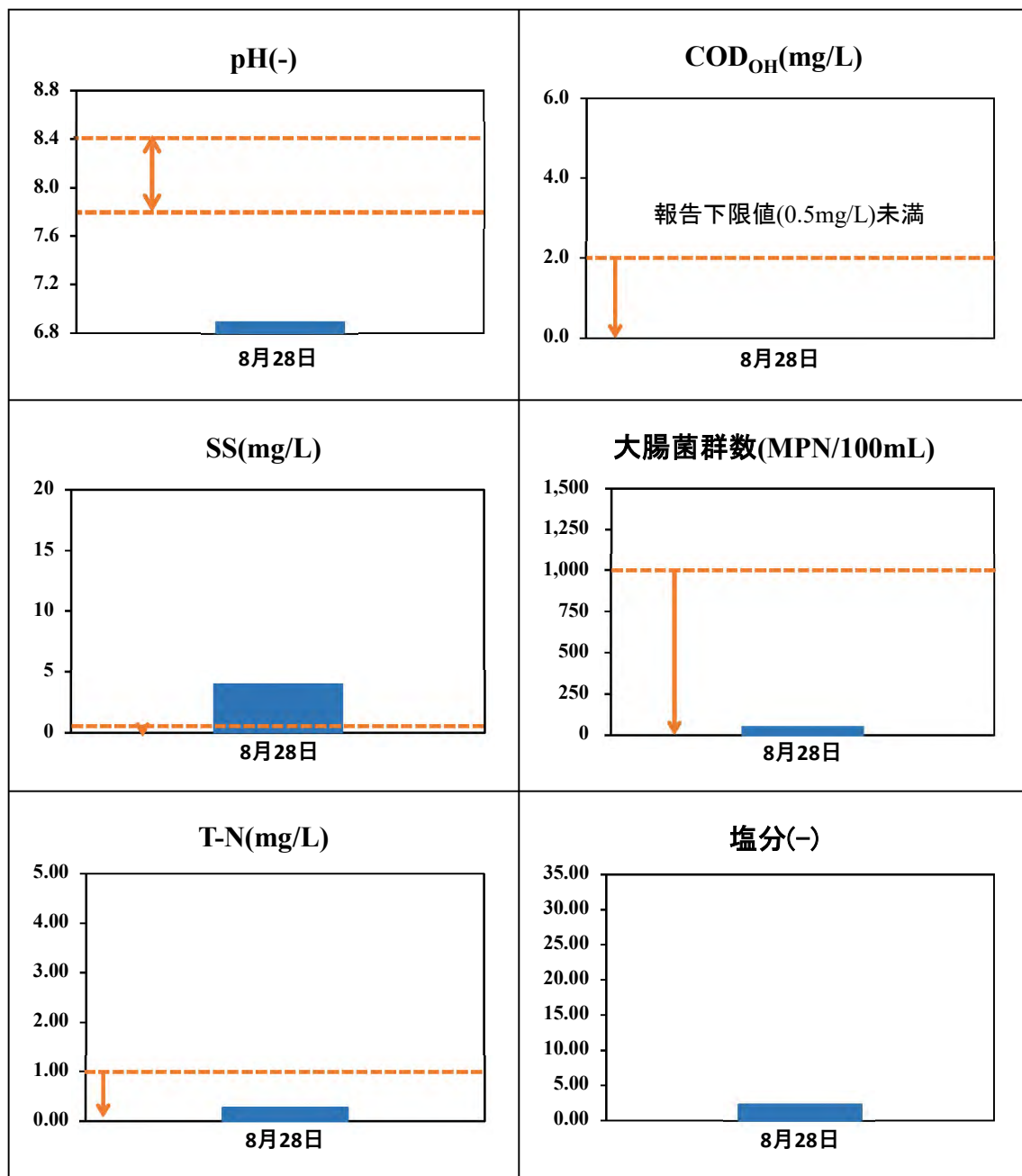
表 5－9 水質分析結果一覧

	分析項目	基準値	分析・計測値			適合状況			適合率
			夏	秋	冬	夏	秋	冬	
衛生管理型 漁港に 関する項目	pH	7.8-8.4	6.9	—	—	—	—	—	0/1
	COD _{OH} (mg/L)	2mg/L以下	<0.5	—	—	○	—	—	1/1
	SS(mg/L)	2mg/L以下	4	—	—	×	—	—	0/1
	大腸菌群数(MPN/100mL)	1000/100mL以下	49	—	—	○	—	—	1/1
	T-N(mg/L)	1.0mg/L以下	0.27	—	—	○	—	—	1/1
	水産用水基準適合率		—	—	—	3/5	—	—	3/5
その他 の項目	塩分(—)	—	2.28	—	—	—	—	—	—
	溶解性鉄(mg/L)	0.2mg/L以下	0.5	—	—	×	—	—	0/1
	溶解性マンガン(mg/L)	0.6mg/L以下※1	0.4	—	—	△	—	—	—
	溶存酸素(mg/L)	6mg/L以上	1.5	—	—	×	—	—	0/1
	水温	—	20.0	—	—	—	—	—	—

※1:水産用水基準の根拠の値を参考に溶解性マンガンの基準値を定め、適合状況を△と×で示す。

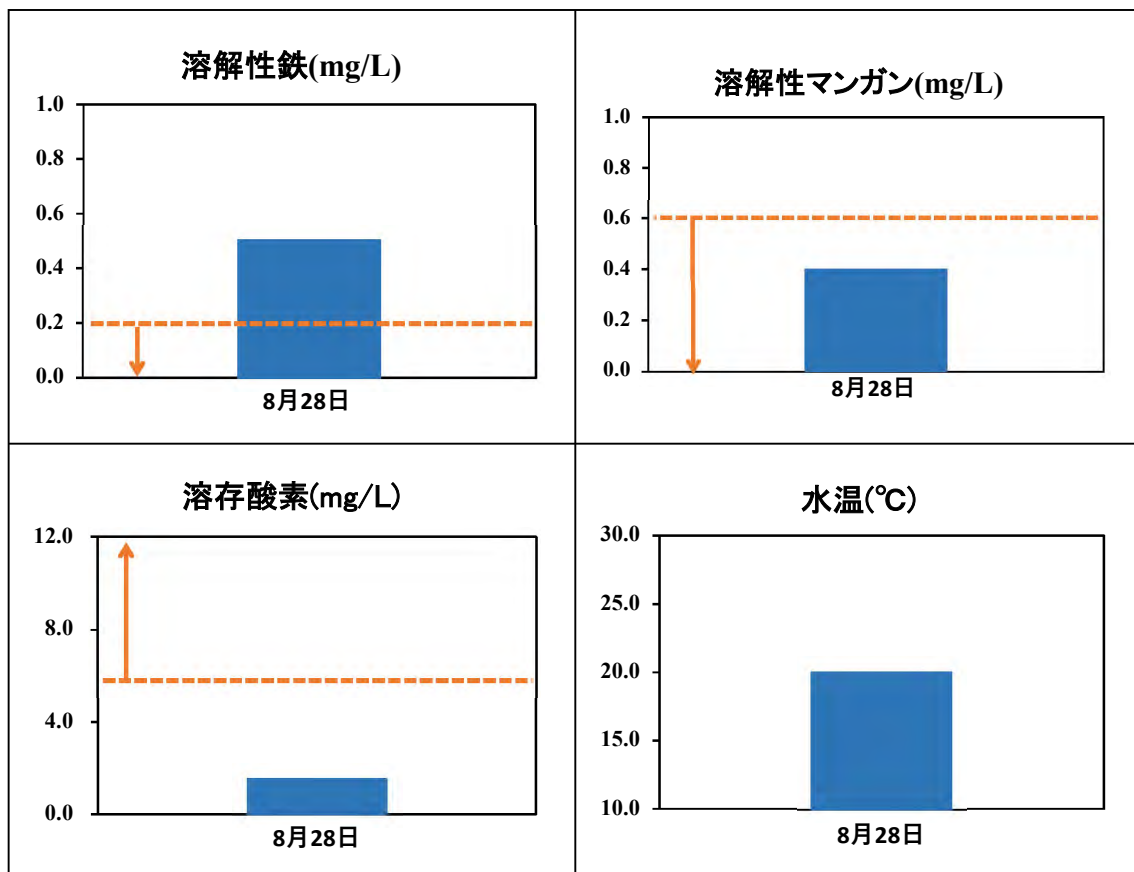
※2:秋と冬の調査は実施していないため、夏の結果のみを示す。

※3:衛生管理型漁港に関する項目を赤い四角で囲った。



※1：橙点線は水産用水基準を示す。

図 5 - 16 (1) 淀江における水質分析結果一覧



※1：橙点線は水産用水基準を示す。

※2：水産用水基準の全マンガンの根拠資料を元に設定した溶解性マンガンの基準値を示す。

図 5 - 16 (2) 淀江における水質分析結果一覧

3) 水質調査考察

①水質分析

淀江における水質分析の結果のうち、特筆すべき結果を下記にまとめる。

- ・衛生管理型漁港で満たすべき水産用水基準 5 項目：

衛生管理型漁港で満たすべき水産用水基準 5 項目のうち、夏季は 3 項目 (COD_{OH}、大腸菌群数、T-N) を満足した。

- ・塩分について

塩分は、夏季に 2.28 であった。一般的な沿岸域の海水 (33～34 前後) に比べかなり低く、淡水の影響が大きいことが示唆された。

- ・溶解性鉄と溶解性マンガンについて

地下水中に鉄やマンガンが多量に存在すると、生物に悪影響を及ぼす。それに加え、給排水管やタンク内に付着し、水質の悪化を招くことが知られている。溶解性鉄は夏季に 0.5mg/L 検出され、溶解性マンガンは 0.4mg/L 検出された。

4) 水質調査総括

淀江の試掘井における水質分析結果の概要を表5-10にまとめる。

- ・水産用水基準について

衛生管理型漁港で満たすべき水産用水基準5項目のうち、夏季は3項目(COD_{OH}、大腸菌群数、T-N)を満足した。達成率は60%(3/5)であった。

- ・塩分について

塩分については、夏季に2.28と低かった。

- ・水温について

水温は夏季に20.0℃であった。

- ・鉄・マンガン濃度について

溶解性鉄は夏季に0.5mg/L、溶解性マンガンは0.4mg/L検出された。溶解性鉄の水産用水基準を超過していた。

- ・総括

したがって、淀江における試掘井の水質の特徴としては、塩分が低く淡水性が強いことがあげられる。淡水性が強いこともあり、海域のpHの水産用水基準は満たさなかったものの、その他の4項目のうち3項目を満たした。しかしながら、溶解性鉄が水産用水基準を超えて検出されており、試掘井の水を利用した際に配管等に悪影響を及ぼす可能性が考えられる。本地点では、試掘、採水後、地元からの要望により埋め戻したため、水温や塩分の季節変動については議論できない。

表5-10 淀江における水質分析結果の概要

水質分析項目の評価基準	結果
1. 水産用水基準を満たす	△
2. 塩分が維持されている	-
3. 水温の変動幅が小さい	-
4. 鉄・マンガン濃度が低い	×

(2)採取した地下海水の利用に関する検討

1) 地域の状況

米子市内や近郊では、JR 西日本やニッスイの地下海水を利用したマサバの陸上養殖施設が数カ所あり、事業化されており、アニサキスの危険が少なく刺身でも食べられるとして JR 西日本では数年前から“お嬢サバ”というブランドで販売・流通させている。

また、米子市内では地下海水を用いたヒラメ(寄生虫のクドアがいないことを売りにしている)の養殖を行う業者やアユの種苗生産に利用している漁協があるそうである。

その他にも、鳥取県内では土地と海水が入手できるなら、養殖を検討したいという業者がいるとのことである。

しかし、弓ヶ浜という広範囲の砂浜がある一方で、伯耆富士とも呼ばれる大山(だいせん)の伏流水が豊富なこの地域は、井戸の水質(塩分)は掘ってみないとわからないと言われている。

ある業者は、試験井戸で良質な海水と豊富な水量を確認できたため、同一敷地内で、試験井戸から約 10m ほど離れた場所に本井戸 2 本を掘ったところ、十分な水量を揚水することができず、さらに約 10m ほど離れた場所に別の本井戸 2 本を掘ったところ、そのうちの 1 本から十分な水量が揚水できたとのことである。

また、鳥取県栽培漁業センターでもごく近くに井戸を試掘しても水質が全く異なることも珍しくないそうである。

そのような状況下、当事業で良質な地下海水が取水できれば、地元漁協ではサバ等の陸上養殖への利用を期待していた。

本事業の試掘は、漁港の岸壁から 5m 程度離れたところを試掘したにもかかわらず、ほぼ淡水であった。

地下海水取水の難しさを改めて思い知らされた。

今回の試験井はほぼ淡水であったことから、地元漁協の意向を踏まえ、9 月の試掘直後に試験井戸を埋め戻し、原状回復した。

2) 利用策

漁港敷地内で井戸を掘って出てきた水が海水でなくとも、水質次第では、網洗い用の水など漁業利用の可能性はあり、漁港ストックの有効活用につながる可能性はあると思われる。

6. 各調査地の水温・塩分連続測定結果比較

本年度の試掘地点4地点のうち、水温と塩分の連続測定を実施した3地点における水温と塩分の経時変化を表6-1及び図6-1、2にまとめる。

・水温について

地点間の水温を比較すると、北海道の地点である神恵内において最も低い値となっており、平均水温 10.5℃であった。次いで岩手の大槌で平均水温 13.1℃と低く、秋田の象潟で最も高く、平均水温 16.3℃であった。

水温の変動傾向は地点間によって異なっており、神恵内においては1日ごとに水温の上昇と低下が確認された。大槌においては、7～10日前後ごとに11月までは水温の上昇、12月以降は低下が確認された。この理由としては、潮汐の影響が考えられる。一方、象潟における水温はほぼ一定であった。象潟においては揚水量が少なかったため、外部からの水の流入が少なく、一定の水温が維持されたと考えられる。

以上のように、地点ごとに水温の変動傾向は大きく異なっていた。

・塩分について

地点間の塩分を比較すると、北海道の地点である神恵内において最も低い値となっており、平均塩分 0.13 であった。次いで岩手の大槌で低く(平均塩分 8.88)、秋田の象潟で最も高い値(平均塩分 14.94)となっていた。塩分の変動傾向は地点間によって異なっており、神恵内においてはほぼ変動がなく、低い値を示していた。大槌においては、7～10日前後ごとに塩分の低下が確認された。この理由としては、潮汐の影響が考えられる。象潟における塩分はほぼ一定であるものの、特定のタイミングで急激な低下が確認された。急激な低下の時期は降雨があった時期と重なっており、外部からの水の流入が少ないと考えられる象潟の試掘井内に、雨水が流入したためであると考えられる。

以上のように、地点ごとに塩分の変動傾向は大きく異なっていた。

表6-1 3地点における水温・塩分の経時変化の概要

	水温(℃)			塩分(-)		
	神恵内	象潟	大槌	神恵内	象潟	大槌
最高	12.7	16.8	16.0	0.21	16.08	11.37
最低	9.2	15.7	9.6	0.11	1.57	2.36
平均	10.5	16.3	13.1	0.13	14.94	8.88

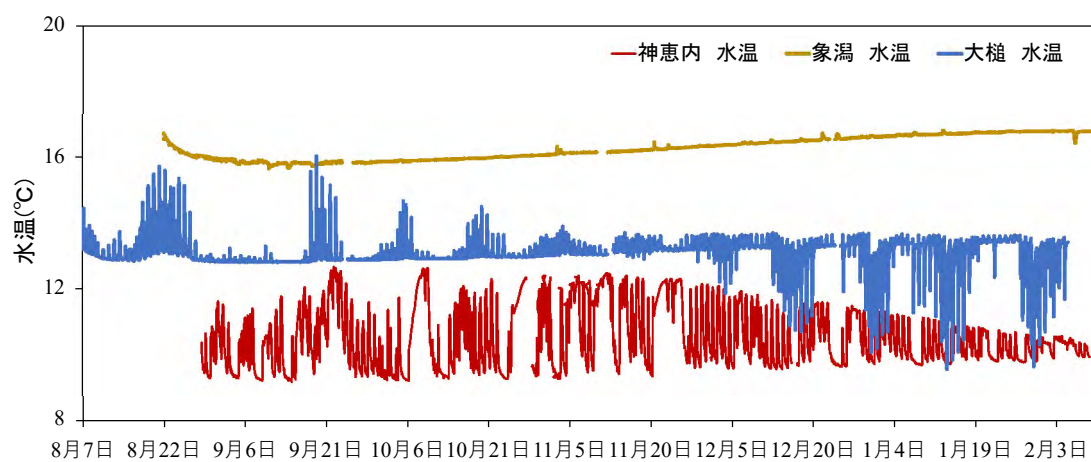


図 6 - 1 3 地点における水温の経時変化

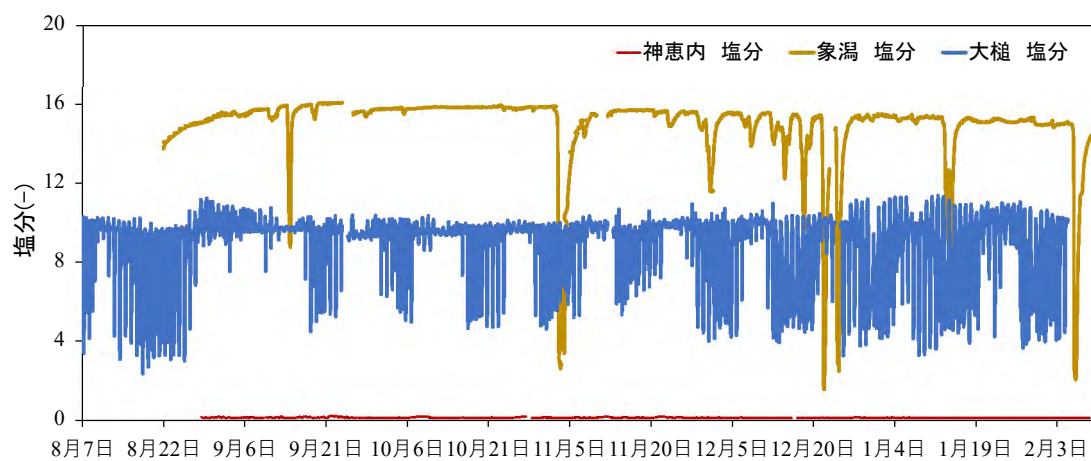


図 6 - 2 3 地点における塩分の経時変化