

2-3 採取した地下海水の利用に関する検討

(1) 水質調査

1) 水質調査項目の選定

試掘井からの水を将来的に海産魚介類の飼育海水に用いることを考慮した上で、水質の調査項目を決定した。調査項目の選定は、丸山ら(2014)⁹や林(2017)¹⁰を参考にし、本業務の第1回委員会で検討した。

評価基準とその評価手法を表2-13に示す。揚水した水で魚介類を養殖・販売する上では、衛生管理型漁港における水産用水基準¹¹に関する5項目を満たしていることが望ましい。海産の魚介類を飼育する上では、塩分が維持されていること、水温が一定に維持されていることが必要である。鉄やマンガンは、給排水管内部への沈着の原因物質となる。これらの基準を考慮し、水質分析の項目と連続測定手法を検討した。

表2-13 水質調査項目の評価基準と評価手法

水質調査項目の評価基準	評価手法	
	水質分析	連続測定
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	○	—

⁹ 海水井戸と井戸障害対策，丸山治ら，東京図書出版，2014，

¹⁰ 漁港等における海水取得について，林浩志，漁港漁場漁村総合研究所 調査研究論文集(28)，19-26，2017

¹¹ 水産用水基準第8版，公益社団法人日本水産資源保護協会，2018

2) 水質調査方法

① 水質分析

試掘井からの水を将来的に飼育海水に用いることを考慮した上で決定した水質の分析方法を表 2-14 に示す。評価基準に基づき、水質分析の対象とした項目は、衛生管理型漁港における水産用水基準に基づく 5 項目(水素イオン濃度;pH、化学的酸素要求量;COD_{OH}、浮遊物質量;SS、大腸菌群数、全窒素;T-N)と溶解性鉄、溶解性マンガンとした。溶解性鉄や溶解性マンガンは、給排水管内部への沈着の原因物質になることが知られているため、分析項目に選定した。海産魚介類の飼育を行う上では、塩分と溶存酸素、水温の把握も欠かせないため、それぞれ多項目水質計(ASTD102)と棒状温度計を用いて現地で計測した。これに加え、パックテストによる硫化物濃度の簡易測定を実施した。

本業務に関連する水産用水基準を表 2-15 に示す。このうち、衛生管理型漁港における水産用水基準に関する 5 項目の基準値を赤い四角で囲った。本調査においては、化学的酸素要求量(COD_{OH})については、閉鎖性内湾の沿岸域における基準値を、全窒素(T-N)については水産 3 種の基準を用いた。なお、水産用水基準において全マンガンの基準値は 0.2mg/L と定められているが、溶解性マンガンの基準値は定められていない。ただし、全マンガンの基準値を算出する上で、アミメハギを対象とした溶解性マンガンの急性毒性試験結果 6 mg/L に適用係数 0.1 を乗じた値である 0.6mg/L を参考としていることから、本調査ではこの値を基準として設定した。

現地における採水は、年 3 回、夏季と秋季、冬季に実施した。主要な使用機材と調査状況の写真を図 2-24 に示す。試掘井からの採水には、小型の海水用ポンプ(マリンカワエース NFZ 3 形)を用いた。試料を採取する前に、約 20~30L/min で 4 時間程度揚水を行い、井戸内の水を循環させた。(4) 塩分・電気伝導率測定結果により、鉛直的に塩分を確認した結果、塩分はほぼ変わらず、水温についても GL-6.2~18.4m 以深で 0.7℃しか変化しなかった。そのため、採水深度は GL-6.2m 以深と考え、GL-9.4~13.5m で採水を実施した。

表 2-14 水質分析項目一覧

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
浮遊物質量(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
溶解性鉄(D-Fe)	—	ICP質量分析法	mg/L 0.005
溶解性マンガン(D-Mn)	JIS K0102 56.5	ICP質量分析法	mg/L 0.005

※1:上記に加え、現地での塩分と水温、溶存酸素測定、パックテストによる硫化物イオン(S²⁻)の測定を実施した。

表 2-15 水産用水基準一覧

水産用水基準項目	海域	河川・湖沼
水素イオン濃度(pH)	7.8～8.4	6.7～7.5
化学的酸素要求量(COD _{OH})	一般海域: 1mg/L以下 閉鎖性内湾の沿岸域: 2mg/L以下	—
浮遊物質(SS)	2mg/L以下	河川: 25mg/L以下 湖沼(貧栄養): 1.4mg/L以下 湖沼(一般): 3.0mg/L以下
大腸菌群数	1,000MPN/100mL以下	—
全窒素(T-N)	水産1種: 0.3mg/L以下 水産2種: 0.6mg/L以下 水産3種: 1.0mg/L以下	サケ科、アユ科: 0.2mg/L以下 ワカサギ: 0.6mg/L以下 コイ・フナ: 1.0mg/L以下
溶存酸素(DO)	6mg/L以上	一般: 6mg/L以上 サケ・マス・アユ: 7mg/L以上
鉄	0.2mg/L以下	0.09mg/L以下
マンガン	0.2mg/L以下 ※根拠とした溶解性マンガンの値は 0.2mg/L以下 0.6mg/L	

※1:衛生管理型漁港における水産用水基準に該当するものを赤い四角で示す。

※2:河川におけるCODは酸性法(COD_{Mn})によるため、ここでは記載していない。

※3:海域におけるアルカリ性法(COD_{OH})は2018年版の水産用水基準では保留となっているが、ここでは従来の基準を示している。

※4:浮遊物質における「湖沼(一般)」とは、温水性魚類の生産に適する湖沼のことを示す。

※5:鉄は溶解性鉄、マンガンは全マンガンを示す。そのため、本調査における溶解性マンガンの基準値としては0.6mg/Lを用いた。

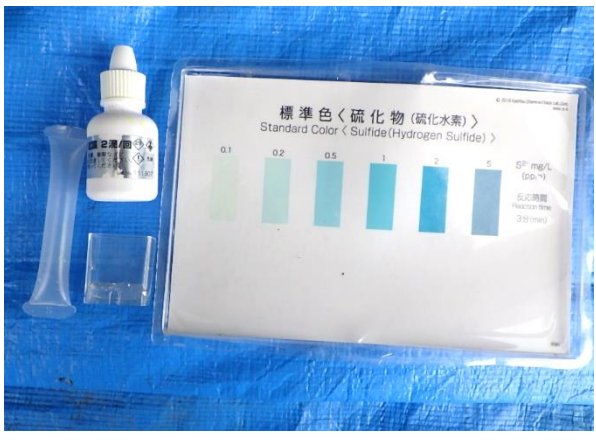
	
小型海水用ポンプ マリンカワエース NFZ 3 形	パックテスト (R) 硫化物 (硫化水素) 共立理化学研究所
	
カスタニー導電率メーター (HORIBA)	多項目水質計 (ASTD102)
	
水中ポンプ設置状況	採水状況

図 2-24 調査機材と水質調査状況

②水温・塩分連続測定

試掘井からの水を飼育に用いるためには、水温と塩分が長期間安定していることが大切である。そこで、水温と塩分については、採水試料を対象にした分析のみではなく、試掘井内に吊り下げたデータロガーによる長期トレンドの把握を目指した。試掘井が完成した後、令和3年7月19日から令和4年2月2日まで水温・塩分計(HOBO U24 電気伝導率ロガー)と水温計(DEFI 2-T)を試掘井内に吊り下げ、水温と塩分の季節変動を調べた。使用した機材を図2-25に示す。

観測深度は水温・塩分計をGL-16.0m、水温計をGL-15.5mとし、サンプリング間隔は毎正時1時間ごととした。機器の動作確認やデータの抽出を10月5日、12月7日に行ったため、該当日のデータを除外して解析を行った。



図2-25 使用機材と水温・塩分連続測定状況

3) 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 2-16 に、調査時の写真を図 2-26 に示す。

現地調査を実施した際の天候は、夏季は晴後一時雨、雷を伴う、秋季は雨時々曇、冬季は晴後一時曇であった。気温は、夏季は 24.3℃、秋季は 11.7℃、冬季は 2.9℃、機器回収時は-10.4℃であった。

調査時の採水深度は、夏季は GL-13.5m、秋季と冬季は GL-9.4m であった。

表 2-16 旭浜における現地調査時の概況

	夏季	秋季	冬季	機器回収
調査日	2021年7月19日	2021年10月5日	2021年12月7日	2022年2月2日
天気	晴後一時雨、 雷を伴う	雨時々曇	晴後一時曇	晴後一時 雪一時曇
気温(℃)	24.3	11.7	2.9	-10.4
採水深度(GL-m)	13.5	9.4	9.4	—

※気温：大樹地域気象観測所(アメダス)より引用

※天気：帯広測候所より引用

夏季調査(7月19日)	秋季調査(10月5日)	冬季調査(12月7日)
		
現地状況	現地状況	現地状況
		
試掘井の状況	試掘井の状況	試掘井の状況
		
調査状況(水質測定)	調査状況(採水)	調査状況(採水)
		
採水試料	採水試料	採水試料

図2-26 旭浜における現地調査状況一覧

②水質分析

夏季と秋季、冬季における水質分析の結果を表 2-17 にまとめ、その結果を図 2-27 に図示した。

・衛生管理型漁港における水産用水基準 5 項目：

衛生管理型漁港における水産用水基準 5 項目のうち、夏季と秋季は 2 項目 (COD_{OH}、大腸菌群数)、冬季は 3 項目 (COD_{OH}、SS、大腸菌群数) を満たした。

・ pH：

値は、夏季に 6.5、秋季と冬季に 6.3 であった。年間を通じて 6.3～6.5 の範囲で変動しており、変動の幅は小さかった。衛生管理型漁港における水産用水基準を満たさなかった。

・ COD_{OH}：

値は、夏季と冬季に 0.6mg/L であったが、秋季は 0.5mg/L 未満であった。夏季と冬季に比べ、秋季に値が減少した。全季において、衛生管理型漁港における水産用水基準を満たした。

・ SS：

値は、夏季に 8 mg/L、秋季に 4 mg/L、冬季に 1 mg/L であった。夏季に比べ、秋季と冬季に値が減少した。冬季において、衛生管理型漁港における水産用水基準を満たした。

・ 大腸菌群数：

値は、夏季に 130MPN/100mL であったが、秋季に 13MPN/100mL、冬季に 2 MPN/100mL であった。夏季に比べ、秋季と冬季に値が減少した。全季において、衛生管理型漁港における水産用水基準を満たした。

・ T-N：

値は、夏季に 3.13mg/L、秋季に 4.26mg/L、冬季に 3.80mg/L であった。夏季に比べ、秋季と冬季において値が増加した。全季において、衛生管理型漁港における水産用水基準を満たさなかった。

・ 塩分：

値は、夏季に 0.1、秋季に 0.1、冬季に 0.2 であった。年間を通じて 0.1～0.2 の幅で変動しており、変動の幅は小さかった。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 0.454mg/L、秋季に 0.041mg/L、冬季に 0.029mg/L であった。夏季に比べ、秋季と冬季に値が減少した。溶解性鉄の水産用水基準は 0.2mg/L 以下となっており、夏季においては基準を満たさなかった。

・ 溶解性マンガン：

値は、夏季に 0.049mg/L、秋季に 0.019mg/L、冬季に 0.011mg/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、どの季においても溶解性マンガンの基準を満たした。

・溶存酸素：

値は、夏季に 5.9mg/L、秋季に 5.4mg/L、冬季に 5.6mg/L であった。年間を通じて 5.4～5.9mg/L の幅で変動していた。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、全季において、基準を満たさなかった。

・水温：

値は、夏季に 11.0℃、秋季に 10.6℃、冬季に 9.2℃であった。年間を通じて 9.2～11.0℃の幅で変動しており、最も水温の高かった夏季と冬季とで水温差は 1.8℃と、変動の幅は小さかった。

・硫化物：

パックテストにより硫化物イオンの濃度を測定した結果、どの季においても 0.1mg/L 未満(検出限界以下)であった。

表 2-17 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	6.5	6.3	6.3	×	×	×	0/3
	COD _{OH} (mg/L)	2mg/L以下	0.6	<0.5	0.6	○	○	○	3/3
	SS(mg/L)	2mg/L以下	8	4	1	×	×	○	1/3
	大腸菌群数(MPN/100mL)	1000MPN/100mL以下	130	13	2	○	○	○	3/3
	T-N(mg/L)	1.0mg/L以下	3.13	4.26	3.80	×	×	×	0/3
	水産用水基準適合率		-	-	-	2/5	2/5	3/5	7/15
その他の 項目	塩分(-)	-	0.1	0.1	0.2	-	-	-	-
	溶解性鉄(mg/L)	0.2mg/L以下	0.454	0.041	0.029	×	○	○	2/3
	溶解性マンガン(mg/L)	0.6mg/L以下※1	0.049	0.019	0.011	△	△	△	-
	溶存酸素(mg/L)	6mg/L以上	5.9	5.4	5.6	×	×	×	0/3
	水温	-	11.0	10.6	9.2	-	-	-	-

※1:溶解性マンガンの基準値はないため、全マンガンの基準値を記載し、適合状況を△と×で示す。

※2:衛生管理型漁港に関する項目を赤い四角で囲った。