

令和4年度
三陸町養殖海域の水質調査
報告書

令和5年3月

北里大学海洋生命科学部

難波信由

目 次

1	はじめに	1
2	調査概要	1
3	調査方法	2
	(1) 調査水域と調査期間	2
	① 海域	
	② 河川	
	(2) 調査項目と測定方法	4
	① 調査項目の測定方法	
	(a) 海域	
	(b) 河川	
	② 調査項目の概要	
	(a) 水温	
	(b) 塩分	
	(c) 溶存酸素量 (DO)	
	(d) 溶存酸素飽和度 (DO飽和度)	
	(e) クロロフィル蛍光	
	(f) 水素イオン濃度 (pH)	
	(g) 化学的酸素要求量 (COD)	
	(h) 生物化学的酸素要求量 (BOD)	
	(i) 浮遊物質 (SS)	
	(j) 透明度	
	(k) 大腸菌群数	
	(l) 油膜	
	③ 生活環境の保全に関する環境基準	
	④ 本報告における水質評価基準	
4	調査結果	9
	(1) 海域	9
	① 水温	
	(a) 夏季	
	(b) 秋季	
	② 塩分	
	(a) 夏季	
	(b) 秋季	
	③ 溶存酸素量 (DO)	
	(a) 夏季	

- (b) 秋季
- ④ 溶存酸素飽和度 (DO飽和度)
 - (a) 夏季
 - (b) 秋季
- ⑤ クロロフィル蛍光
 - (a) 夏季
 - (b) 秋季
- ⑥ 水素イオン濃度 (pH)
 - (a) 夏季
 - (b) 秋季
- ⑦ 化学的酸素要求量 (COD)
 - (a) 夏季
 - (b) 秋季
- ⑧ 大腸菌群数
 - (a) 夏季
 - (b) 秋季
- ⑨ 透明度
 - (a) 夏季
 - (b) 秋季
- ⑩ 油膜
 - (a) 夏季
 - (b) 秋季

(2) 河川 16

- ① 水温
 - (a) 夏季
 - (b) 秋季
- ② 溶存酸素量 (DO)
 - (a) 夏季
 - (b) 秋季
- ③ 溶存酸素飽和度 (DO飽和度)
 - (a) 夏季
 - (b) 秋季
- ④ 水素イオン濃度 (pH)
 - (a) 夏季
 - (b) 秋季
- ⑤ 生物化学的酸素要求量 (BOD)
 - (a) 夏季

(b) 秋季	
⑥ 浮遊物質 (SS)	
(a) 夏季	
(b) 秋季	
⑦ 大腸菌群数	
(a) 夏季	
(b) 秋季	
(3) まとめ	21
① 夏季と秋季の海域	
② 夏季と秋季の河川	
5 参考文献	23

1 はじめに

近年、地球温暖化等の気候変動を原因とした三陸町の養殖海域および流入河川の環境悪化が危惧されている。そこで本調査は、同町の養殖漁場および河川の水質を把握し、今後の持続的な養殖生産の確保の一助とすることを目的とする。

2 調査概要

本調査は、旧三陸町の委託事業として1974年度（昭和49年度）から開始され、北里大学水産学部の井田齊助教授（現在は名誉教授）、のちに早川康博講師（現在は水産大学校教授）によって担当され、当初は湾内に生息する海洋生物の生態学的調査も兼ねて実施された。

1991～1997年度（平成3～9年度）は、北里大学水産学部の河原栄二郎講師（現在は福山大学教授）、1998～2000年度（平成10～12年度）は同大学へ転任後の同教授によって、夏季、冬季の三陸町沿岸の3海域の水質、底質および4河川の水質調査が実施された。

2001～2006年度（平成13～18年度）は、旧三陸町と旧大船渡市との合併（2001年11月）によって新に発足した大船渡市の委託事業として、野村環境微生物学研究所代表の野村節三博士（北里大学水産学部名誉教授）が担当した。そして、2001～2003年度までは夏季、冬季の三陸町沿岸の3海域および6河川を対象に調査を実施し、2004～2006年度は夏季、冬季の三陸町沿岸の4海域にある主な13漁港および6河川の水質について、理化学的および細菌学的調査を行った。

2007年度（平成19年度）からは大船渡市の委託事業として、三陸町海域を漁業生産の場として保全することを目的とした三陸町沿岸の5海域（吉浜湾、越喜来湾、綾里湾、外海、綾里港湾）および吉浜湾、越喜来湾、綾里港湾への流入5河川（吉浜川、浦浜川、泊川、甫嶺川、綾里川）の水質調査が実施された。なお、2007年度は北里大学水産学部の加戸隆介教授と野村環境微生物学研究所代表の野村節三博士（北里大学水産学部名誉教授）、2008～2010年度（平成20～22年度）は北里大学海洋生命科学部（2008年度学部名称変更）の加戸隆介教授に協力頂き、同学部講師難波信由（現在は准教授）が担当した。

2011年度（平成23）は東日本大震災直後、2012～2016年度（平成24～28年度）は本格的な復興工事が進められていた時期、2017～2018年度（平成29～30年度）は大規模な復興工事終了後の三陸町海域における水質把握を目的として調査が実施された。なお、2011～2016年度（平成23～28年度）は同学部の加戸隆介教授、2017～2019年度（平成29～令和元年度）は広瀬雅人助教に協力頂き、同学部准教授難波信由が担当した。

2020年度（令和2年度）は、新型コロナウイルス感染症拡大のため本調査は実施されなかつ

たが、2021年度（令和3年度）は、前述した地球温暖化等の気候変動の影響把握を目的として、三陸町沿岸の5海域（吉浜湾、越喜来湾、綾里湾、外海、綾里港湾）および吉浜湾、越喜来湾、綾里港湾への流入5河川（吉浜川、浦浜川、泊川、甫嶺川、綾里川）を対象とした調査を、同学部准教授難波信由が担当して実施した。

今年度（令和4年度）は、昨年度と同様の目的で、三陸町沿岸の越喜来湾および同湾への流入3河川（浦浜川、泊川、甫嶺川）を対象とした調査を実施した。なお、本調査は北里大学海洋生命科学部准教授の難波信由が担当し、大船渡市農林水産部水産課の須賀眞央氏、佐藤直司氏、吉浜漁業協同組合、越喜来漁業協同組合および綾里漁業協同組合の協力の下に行われた。

3 調査方法

（1）調査水域と調査期間（図1、表1）

三陸町沿岸の越喜来湾は、岩手県南部におけるワカメ、ホタテガイ、マボヤなど食品として利用される水産物の主要養殖漁場であり、同湾の養殖漁場の水質は流入する外洋水と河川水の影響を受けている。そこで、その養殖海域と流入河川下流に設定した水質調査地点において、夏季（2022年9月）と秋季（2022年11月）に調査を実施した。

なお、本調査水域において、夏季（8～9月）の高温は養殖ホタテガイの新貝や成貝のへい死の原因になり、ワカメの養殖開始期にあたる秋季（11月）の高水温は養殖種苗の芽落ちの原因となる。

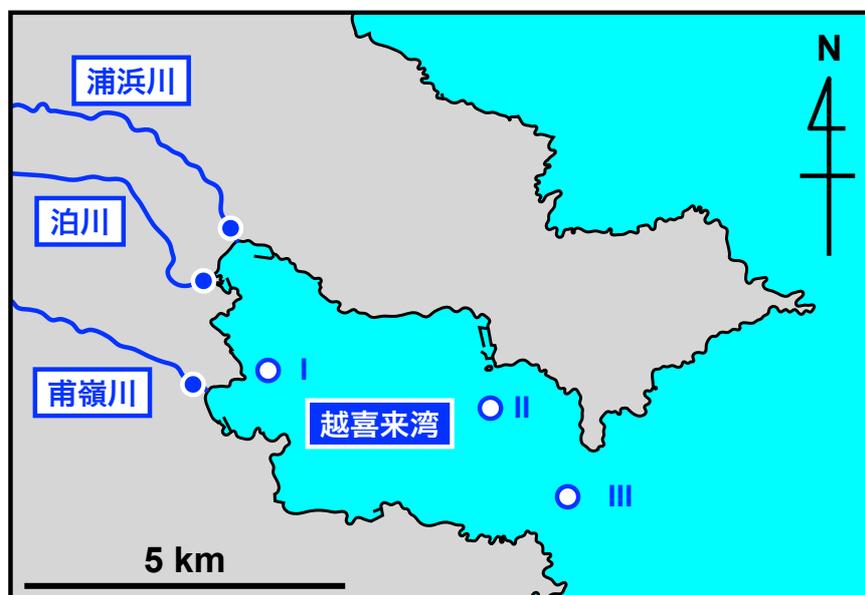


図1. 調査水域
白丸は海域、青丸は河川（表1）の調査地点を示す。

① 海域

越喜来湾内に3調査地点（湾奥浅層の地点I（水深15m）、湾中央付近深層の

地点II（水深60m）、湾口深層の地点III（水深90m）を設定し、各調査地点の表層と底層の水質を調査した。

② 河川

越喜来湾への流入河川である浦浜川、泊川、甫嶺川の下流に各1調査地点を設定し、流心部中層の水質を調査した。

表 1. 調査水域

水域		地点	水深 (m)
海域	越喜来湾	I	表・底層 (0, 15 m)
		II	表・底層 (0, 60 m)
		III	表・底層 (0, 90 m)
河川	吉浜川	下流域	中心部の中層
	浦浜川	下流域	中心部の中層
	泊川	下流域	中心部の中層

表 2. 調査項目と測定方法

調査項目	測定方法
水温	メモリー式多項目測定装置
塩分	
溶存酸素量 (DO)	
溶存酸素飽和度 (DO飽和度)	
クロロフィル蛍光	
水素イオン濃度 (pH)	pHメーター
化学的酸素要求量 (COD)	酸性過マンガン酸カリウム吸光光度法
生物化学的酸素要求量 (BOD)	5日間BOD
大腸菌群数	寒天平板法
浮遊物質 (SS)	乾燥重量法
透明度	透明度板
油膜	目視観察

(2) 調査項目と測定方法

① 調査項目の測定方法 (表2)

(a) 海域

表2に示す測定機器を用いて、調査地点の表層と底層の水温、塩分、溶存酸素量(DO)、溶存酸素飽和度(DO飽和度)、クロロフィル蛍光、透明度を計測し、表層の油膜の有無を記録した。また、表層では採水用ボトル、底層ではニスキン採水器で試験水を採水し、表2に示す方法を用いて水素イオン濃度(pH)、化学的酸素要求量(COD)、大腸菌群数(本項目は表層水を測定)を測定した。

(b) 河川

表2に示す測定機器を用いて、調査地点の流心部中層の水温、溶存酸素量(DO)、溶存酸素飽和度(DO飽和度)を計測した。また、流心部中層において採水用ボトルで試験水を採水し、表2に示す方法を用いて水素イオン濃度(pH)、生物化学的酸素要求量(BOD)、浮遊物質質量(SS)、大腸菌群数を測定した。

② 調査項目の概要

本調査で用いる項目の概要を、環境省のホームページ(ホームページアドレス：www.env.go.jp)から引用した内容を中心として以下に記す。

(a) 水温

水温は海域と河川の水質や養殖対象種を含む水生生物の生育に大きな影響を与える環境要因で、地球温暖化等の気候変動における主要指標である。

本調査海域では、夏季の高温期に水温23°Cを超えると養殖ホタテガイの新貝や成貝がへい死する恐れがあり、稚貝は水温25°Cを超えるとへい死する恐れがある(参考文献：岩手県水産技術センター 2021)。そこで本調査では、水温23°C以上を「ホタテガイへい死危惧水温」とした。

(b) 塩分

塩分は海域の水質や養殖対象種を含む水生生物の生育に大きな影響を与える環境要因であり、海域の水系を表す指標にもなる。そして、三陸の沿岸近くを南下する津軽暖流水系の塩分は33.7~34.2の範囲、沖合を北上する暖流、黒潮水系の塩分は34.2~35.0の範囲とされている(参考文献：Hanawa and Mitsudera 1986)。

(c) 溶存酸素量 (DO)

水中に溶けている酸素量のこと、主として有機物による水質汚濁の指標として用いられている。水温と塩分が高いほど酸素が海水中に溶解する限界（飽和DO）は低くなるため、高温の夏季でDOは低くなる傾向がある。最もきれいな水ではほぼ飽和状態。やや汚染された水では5mg/L以上、非常に汚染された水ではゼロないし微量になる。水産用水基準では内湾の魚場の夏季底層において最低限維持しなければならないDOは4.3mg/Lとされている。

常に酸欠状態が続くと、好気性微生物にかわって嫌気性微生物（空気を嫌う微生物）が増殖するようになり、有機物の腐敗（還元）が起こってメタン、アンモニアや硫化水素が発生し、悪臭の原因になる。また、生物相は非常に貧弱になり、魚類は生息できなくなる。

海域の水系が異なるとDO値も異なるため水系を表す指標にもなり、黒潮水系では5mg/L (7.1mg/L) 前後とされている（参考文献：海洋大辞典）。

(d) 溶存酸素飽和度 (DO飽和度)

DO飽和度は酸素が海水中に溶解する限界（飽和DO）を100%とした値で、水温、塩分などの条件で決まる。水温と塩分が高いほど飽和DOは低くなるため、高温の夏季でDO飽和度は低くなる傾向がある。植物プランクトンが大量に増殖し、その光合成により水中の酸素が増加した場合などに過飽和（100%を超える）になる。

(e) クロロフィル蛍光

海域の基礎生産を担い、養殖ホタテガイ、カキ類、マボヤなどの餌となる植物プランクトンの指標になっている。一方、赤潮の指標でもあり、赤潮発生時のクロロフィルは一般的に50 μ g/L以上とされている。

(f) 水素イオン濃度 (pH)

水素イオン濃度指数のこと、主として水の成分の指標として用いられており、水に何らかの化学物質がイオン状態で溶解している状態では酸性かアルカリ性を示す。酸性はpH7未満、中性はpH7、アルカリ性はpH7を超えた値である。水質が酸性あるいはアルカリ性になると水利用の支障があるほか、水中に生息する生物に影響を及ぼす。

(g) 化学的酸素要求量 (COD)

Chemical Oxygen Demandの略称で、湖沼及び海域の、主として有機性物質による水質汚濁の指標として用いられている。CODが高い状態が続くと水生生物相が貧弱になり、魚類などが生息できなくなる。

(h) 生物化学的酸素要求量 (BOD)

Biochemical Oxygen Demandの略称で、主として有機物による水質汚濁の指標として用いられている。最もきれいな水では1mg/L以下。やや汚染された水では5mg/L以下。かなり汚染された水では10mg/L以下。非常に汚染された水では常に高濃度になるとされている。BODが高い状態が続くと水生生物相が貧弱になり、魚類などが生息できなくなる。

(i) 浮遊物質 (SS)

Suspended Solid (浮遊物質) の略称で、主として水の濁りの原因となる水に溶解しない固体成分 (浮遊物) による汚染の指標として用いられている。水の濁りの原因となる浮遊物は低濃度では影響が少ないが、高濃度では魚の呼吸障害、水中植物の光合成妨害などの影響がある。また、沈殿物として底質への影響がある。

(j) 透明度

前述の浮遊物質と同様、水の濁りの指標として用いられている。水中植物である養殖ワカメの生長や植物プランクトンの増殖に必要な水中光量の指標にもなっている。

(k) 大腸菌群数

主として陸上生物 (人や動物) の排泄物による汚染の指標として用いられている。水中から大腸菌が検出されることは、人または動物の排泄物で汚染されている可能性を意味し、赤痢菌などの他の病原菌による汚染が疑われる。また、大腸菌群数は陸上生物由来なので、海域よりも河川で高くなる。

(l) 油膜

主として油汚染の指標として用いられている。特に海域では、オイルタンカーからの排水・事故や、震災瓦礫による汚染が問題となっている。

③ 生活環境の保全に関する環境基準

我が国の公共水域に対する環境基準としては、1993年に制定された環境基本法に基づく「生活環境の保全に関する環境基準」が挙げられる。この基準は環境基本法の前身である公害対策基本法 (1967年制定) に基づいて、生活環境保全のために維持することが望ましい基準として定められたものであり、1971年に旧環境庁より告示され、以後数次にわたり改正されている。

この環境基準の中で本調査に関係する3つの基準、すなわち、海域に関する「生活環境の保全に関する環境基準 (海域)」と、河川に関する「生活環境の

保全に関する環境基準（海域）」を表3、4に示す。なお、「生活環境の保全に関する環境基準」の詳細は環境省のホームページ（ホームページアドレス：www.env.go.jp）を参照されたい。

表3. 生活環境の保全に関する環境基準（海域）

類型	利用目的の適応性	基準値				
		pH	COD (mg/L)	DO (mg/L)	大腸菌群数 (MPN 100/mL)	n-ヘキサン抽出物 (油分等)
A	水産1級、水浴、自然環境保全およびB以下の欄に掲げるもの	7.8 以上 8.3 以下	2 以下	7.5 以上	1000 以下	検出されないこと
B	水産2級、工業用水およびC以下の欄に掲げるもの	7.8 以上 8.3 以下	3 以下	5 以上	-	検出されないこと
C	環境保全	7.0 以上 8.3 以下	8 以下	2 以上	-	-

環境省のホームページ（www.env.go.jp）から引用。

表4. 生活環境の保全に関する環境基準（河川）

類型	利用目的の適応性	基準値				
		pH	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	DO (mg/L)	大腸菌群数 (MPN 100/mL)
AA	水道1級、自然環境保全およびA以下の欄に掲げるもの	6.5 以上 8.5 以下	1 以下	25 以下	7.5 以上	50 以下
A	水道2級、水産1級、水浴およびB以下の欄に掲げるもの	6.5 以上 8.5 以下	2 以下	25 以下	7.5 以上	1000 以下
B	水道3級、水産2級およびC以下の欄に掲げるもの	6.5 以上 8.5 以下	3 以下	25 以下	5 以上	5000 以下
C	水産3級、工業用水1級およびD以下の欄に掲げるもの	6.5 以上 8.5 以下	5 以下	50 以下	5 以上	-
D	工業用水2級、農業用水およびE以下の欄に掲げるもの	6.0 以上 8.5 以下	8 以下	100 以下	2 以上	-
E	工業用水3級、環境保全	6.0 以上 8.5 以下	10 以下	ごみ等の浮遊が認められないこと	2 以上	-

環境省のホームページ（www.env.go.jp）から引用。

④ 本報告における水質評価基準

前述2つの環境基準の水産に関する評価基準（表3、4の利用目的の適応性）を以下のように改変して本調査における水質評価基準として用いた（表5、6）。

海域では、維持することが望ましい『きれいな海』の「水産1級」、「水産1級」より栄養は豊富だが水質ランクが低い『豊かな海』の「水産2級」、汚染の心配がある『要注意な海』の「要注意」の3ランクに改変した（表5）。

河川では維持することが望ましい『きれいな川』の「水産1級」、「きれいな川」の2ランクに改変した（表6）。

表5. 海域の水質評価基準

評価基準	基準値				
	pH	COD (mg/L)	大腸菌群数 (cfu/mL)	DO (mg/L)	油膜
1級	7.8 以上 8.3 以下	2.0 以下	10 以下	7.5 以上	認められない
2級	7.8 以上 8.3 以下	3.0 以下	10 を超えるもの	5.0 以上	認められない
要注意	7.0 以上 8.3 以下	8.0 以下	10 を超えるもの	2.0 以上	認められる

白色は水産1級、緑色は水産2級、オレンジ色は要注意の範囲を示す。

表6. 河川の水質評価基準

評価基準	基準値				
	pH	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	大腸菌群数 (cfu/mL)	DO (mg/L)
1級	6.5 以上 8.5 以下	2.0 以下	25 以下	10 以下	7.5 以上
2級	6.5 以上 8.5 以下	3.0 以下	25 以下	50 以下	5.0 以上
3級	6.5 以上 8.5 以下	5.0 以下	50 以下	50 を超えるもの	5.0 以上
要注意	6.0 以上 8.5 以下	8.0 以下	100 以下	50 を超えるもの	2.0 以上

白色は水産1級、緑色は水産2級、黄色は水産3級、オレンジ色は要注意の範囲を示す。

な川』であるが「水産1級」よりも水質ランクが低い「水産2級」、「水産1～2級」よりも栄養は豊富だが水質ランクが低い『豊かな川』の「水産3級」、汚染の心配がある『要注意な川』の「要注意」の4ランクに改変した（表6）。

また、前述2つの環境基準（表3、4）における以下の2点を改変した。

大腸菌群数において、本調査では寒天平板法を用いて大腸菌群数を集落群数単位（Colony forming unit：cfu）で測定したため、「生活環境の保全に関する環境基準（海域および河川）」における大腸菌群数の単位（MPN/100mL）を、本調査での単位（cfu/mL）に置き換えて評価した（表5、6）。

「生活環境の保全に関する環境基準（海域）」の基準項目である「n-ヘキサン抽出物（油分等）」は「油膜の有無」に置き換えて評価した（表5）。

4 調査結果

（1）海域

本項では、越喜来湾の湾奥浅層（水深15m）の地点Iと、湾中央付近と湾口深層の地点II（水深60m）と地点III（水深90m）における東日本大震災後の2011～2022年（今年度）にかけて12年間の夏季（9月）と、2022～2022年（今年度）の2年間の秋季（11月）の調査結果を示す。なお、2020年は新型コロナ感染症拡大のため調査は実施しなかった。

① 水温（図2）

（a）夏季

今年度（2022年）の表層水温（21.9～22.3℃）は地点間で大きな差はなかった。そして、全調査年の平均値（21.7℃）に近い値であった。

今年度の地点Iの底層水温（21.8℃）は表層水温に近く、地点IIと地点IIIの底層水温（16.4℃と15.0℃）は地点Iに比べて低い値であった。これは全調査年の3地点の底層水温と同様であり、今年度の地点Iの底層水温は同地点の全調査年の平均値（20.5℃）に比べて高い傾向を示し、地点IIと地点IIIの底層水温はこれら2地点の全調査年の平均値（15.8℃）に近い値であった。

全調査年の中で2012年の全地点が「ホタテガイのへい死危惧水温（23℃以上）」に当てはまったが、今年度を含む他の年で当てはまる地点はなかった。

（b）秋季

今年度（2022年）の表層水温と地点Iの底層水温は夏季に比べて低く、表層（15.4～15.9℃）と底層（15.6～16.1℃）の全地点間で大きな差はなかつ

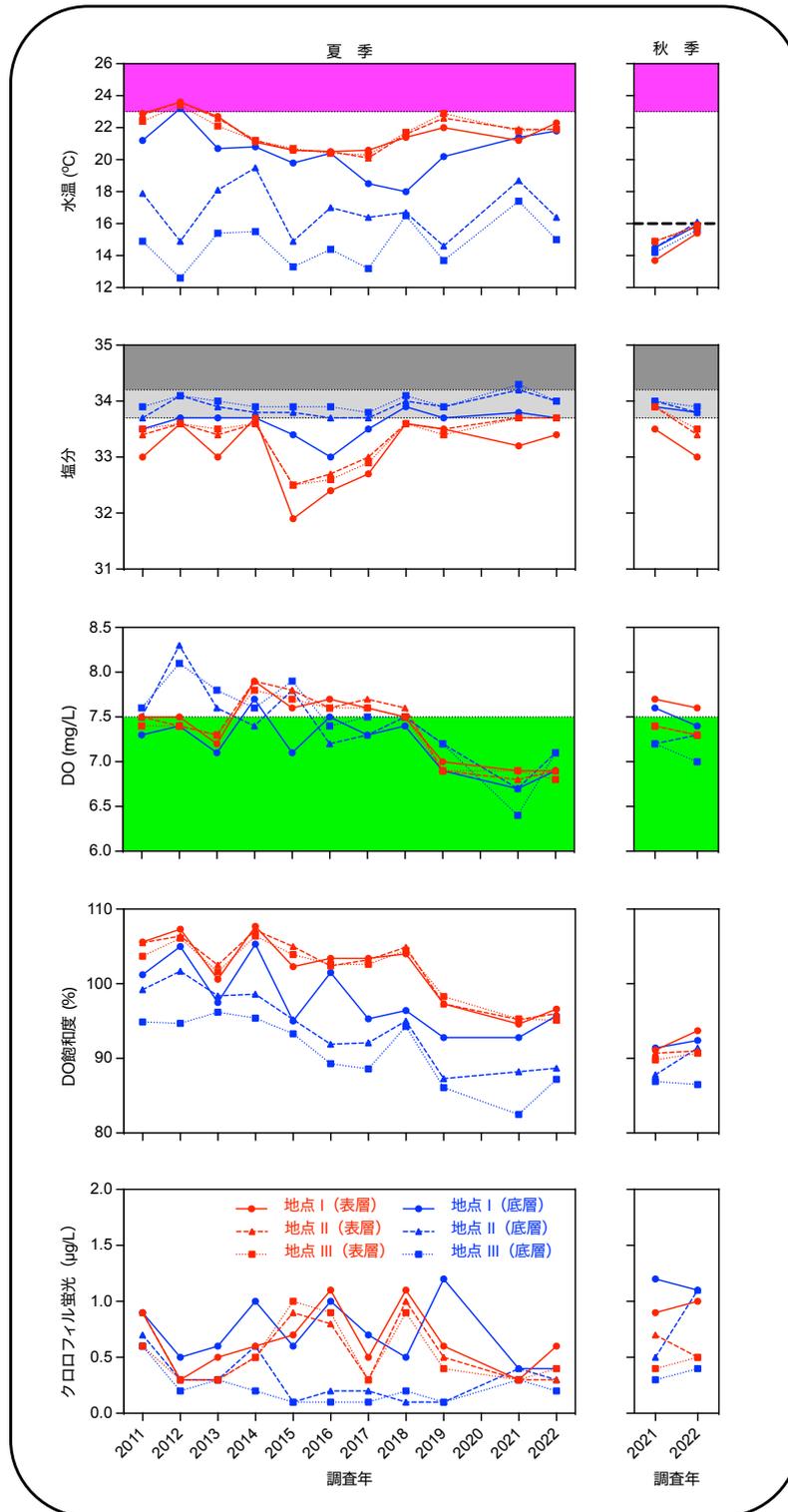


図2. 海域（越喜来湾3地点：地点I，地点II，地点III）における2011年～2022年（今年度）の夏季（9月）と2021年～2022年（今年度）の秋季（11月）の表層、底層の水温、塩分、DO、DO飽和度、クロロフィル蛍光。
 水温のピンク色はホタテガイのへい死危惧水温（23°C以上）、秋季水温の点線は地点II表層の2011～2022年11月の平均水温、塩分の薄い灰色は津軽暖流水系（33.7～34.2）、濃い灰色は黒潮水系（34.2～35.0）、DOの白色は水産1級、緑色は水産2級の範囲を示す。2020年夏季は新型コロナウイルス感染症拡大のため欠測。

た。そして、今年度の水温は2021年に比べて高い傾向を示し、本調査とは別に測定した越喜来湾の地点II表層の2012年～今年度までの平均水温（16.0°C）に比べて、2021年は低い傾向を示したが、今年度は大きな差はなかった。

両年の全地点が「ホタテガイのへい死危惧水温（23°C以上）」に当てはまらなかった。

② 塩分（図2）

（a）夏季

今年度の地点Iの表層塩分（33.4）は、地点IIと地点IIIの表層塩分（33.7と33.7）に比べて低い傾向を示した。これは全調査年の3地点の底層塩分と同様であったが、今年度の地点Iの底層塩分は同地点の全調査年の平均値（33.1）に比べて高い傾向を示し、地点IIと地点IIIの底層塩分も、これら2地点の全調査年の平均値（33.3）に比べて高い傾向を示した。

今年度の地点Iの底層塩分（33.7）は地点IIと地点IIIの表層塩分と同じ値で、地点IIと地点IIIの底層塩分（34.0と34.0）は地点Iに比べて高い値であった。これは全調査年の3地点の底層塩分と同様であり、今年度の地点Iの底層塩分は同地点の全調査年の平均値（33.6）に近い値であり、地点IIと地点IIIの底層塩分もこれら2地点の全調査年の平均値（33.9）に近い値であった。

全調査年の表層塩分の中で2021と今年度の地点IIと地点IIIが津軽暖流水系に当てはまったが、調査期間を通して黒潮水系に当てはまる地点はなかった。一方、底層塩分では2021年の地点IIIが黒潮水系に当てはまったが、他に当てはまる年と地点はなかった。また、2016年の地点III、2011～2013年、2015、2017、2021年の地点IIと地点III、2014、2018、2019、2022年（今年度）の全地点が津軽暖流水系に当てはまった。

（b）秋季

今年度（2022年）の表層塩分（33.0～33.5）は夏季に比べて低い傾向を示したが、底層塩分（33.8～33.9）は夏季に近い値であった。地点Iの表層塩分（33.0）は、地点IIと地点IIIの表層塩分（33.4と33.5）に比べて低い傾向を示したが、底層塩分には全地点間で大きな差はなく、表層塩分に比べて低い値であった。そして、今年度の表層塩分は2021年に比べて低い傾向を示したが、底層塩分は2021年に近い値であった。

両年の全地点が黒潮水系に当てはまらなかったが、2021年の地点IIと地点IIIの表層塩分と、両年の底層の全地点が津軽暖流水系に当てはまった。

③ 溶存酸素量 (DO) (図2、表7)

(a) 夏季

今年度(2022年)の表層(6.8~6.9mg/L)と底層(6.9~7.1mg/L)のDOに大きな差はなく、地点間においても大きな差はみられなかった。そして、2019、2021年と同様に、全調査年の平均値(7.4mg/L)に比べて低い値であった。

また、黒潮水系のDOは7.1mg/L前後とされており、2019、2021と今年度の表・底層水(6.4~7.2mg/L)が黒潮水系の影響を受けていた可能性も示唆された。

水質評価結果として、表層DOの2014~2018年は「水産1級」、2011、2012年は「水産1~2級」、2013年と2019~2022年(今年度)は「水産2級」に当てはまった。そして、底層DOの2011~2018年は「水産1~2級」、2019~2022年(今年度)は「水産2級」に当てはまった。一方、全地点の底層DOは全調査年を通して内湾魚場の夏季底層において最低限維持しなければならない値(4.3mg/L)に比べて十分に高い値であった。

(b) 秋季

今年度(2022年)の表層DO(7.3~7.6mg/L)と地点Iと地点IIの底層DO(7.3と7.4mg/L)は夏季に比べて高い傾向を示したが、地点IIIの底層DO(7.0mg/L)は夏季に近い値であった。表層と底層のDOに大きな差はなく、地点間においても大きな差はみられなかった。そして、2021年に比べても大きな差はなかった。

また、黒潮水系のDOは7.1mg/L前後とされており、今年度の地点IIIの底層水が黒潮水系の影響を受けていた可能性も示唆された。

水質評価結果として、表層DOの2021年と今年度は「水産1~2級」、そして、底層DOの2022年は「水産1~2級」、今年度は「水産2級」に当てはまった。一方、両年の全地点の底層DOは内湾魚場の夏季底層において最低限維持しなければならない値(4.3mg/L)に比べて十分に高い値であった。

④ 溶存酸素飽和度 (DO飽和度) (図2)

(a) 夏季

今年度(2022年)の表層のDO飽和度(95.1~96.6%)は地点間で大きな差はなかった。そして、2019、2021年と同様に、全調査年(2011~2022年)の平均値(102.1%)に比べて低い値であった。

今年度の地点Iの底層のDO飽和度（95.7%）は表層のDO飽和度に近く、地点IIと地点IIIの底層のDO飽和度（88.7%と87.2%）は地点Iに比べて低い値であった。これは全調査年の3地点の底層のDO飽和度と同様であり、今年度の地点Iの底層のDO飽和度は2019、2021年と同様に、同地点の全調査年の平均値（98.0%）に比べて低い傾向を示し、地点IIと地点IIIの底層のDO飽和度も2019、2021年と同様に、これら2地点の全調査年の平均値（92.7%）に比べて低い傾向を示した。

表7. 養殖海域の水質評価結果

季節	年	pH		COD		大腸菌群数		DO		油膜
		表層	底層	表層	底層	表層	表層	底層	表層	
夏季	2011	1級	1級	1級	1級	1級	1級～2級	1級～2級	1級	
	2012	1級	1級	1級	1級	1級	1級～2級	1級～2級	1級	
	2013	1級	1級	1級	1級	1級	2級	1級～2級	1級	
	2014	1級	1級	1級	1級	1級	1級	1級～2級	1級	
	2015	1級	1級	1級	1級	1級	1級	1級～2級	1級	
	2016	1級	1級	1級	1級	1級	1級	1級～2級	1級	
	2017	1級	1級	1級	1級	1級	1級	1級～2級	1級	
	2018	1級	1級	1級	1級	1級	1級	1級～2級	1級	
	2019	1級	1級	1級	1級	1級	2級	2級	1級	
	2020	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測
	2021	1級	1級	1級	1級	1級	2級	2級	1級	
2022	1級	1級	1級	1級	1級	2級	2級	1級		
秋季	2021	1級	1級	1級	1級	1級	1級～2級	1級～2級	1級	
	2022	1級	1級	1級	1級	1級	1級～2級	2級	1級	

(b) 秋季

今年度（2022年）の表層のDO飽和度（90.7～93.7%）と地点Iの底層のDO飽和度（92.4%）は夏季に比べて低い傾向を示したが、地点IIと地点IIIの底層のDO飽和度（91.4と86.5mg/L）は夏季に近い値であった。表層と地点Iと地点IIの底層のDO飽和度に大きな差はなかったが、地点IIIの底層のDO飽和

度は低い傾向を示した。そして、2021年と比べて表層と地点Iと地点IIIの底層のDO飽和度に大きな差はなかったが、地点IIの底層のDO飽和度は高い傾向を示した。

⑤ クロロフィル蛍光 (図2)

(a) 夏季

今年度の表層と底層のクロロフィル蛍光 (0.2~0.6 $\mu\text{g/L}$) は、全調査年の表層と底層の平均値 (0.5 $\mu\text{g/L}$) に近い値であった。

全調査年を通して全地点が赤潮発生時のクロロフィル (50 $\mu\text{g/L}$ 以上) に比べて十分に低い値であった。

(b) 秋季

今年度の表層と底層のクロロフィル蛍光 (0.4~1.1 $\mu\text{g/L}$) は、夏季に比べて大きな差はなく、2021年に比べて大きな差はみられなかった。

両年の全地点が赤潮発生時のクロロフィル (50 $\mu\text{g/L}$ 以上) に比べて十分に低い値であった。

⑥ 水素イオン濃度 (pH) (図3、表7)

(a) 夏季

今年度の表層と底層のpH (8.0~8.1) は「水産1級」の範囲内であり、全調査年を通して全地点が「水産1級」に当てはまった。

(b) 秋季

今年度の表層と底層のpH (8.3) は、2021年と同様に全地点が「水産1級」に当てはまった。

⑦ 化学的酸素要求量 (COD) (図3、表7)

(a) 夏季

今年度の表層と底層のCOD (0.5 mg/L) は「水産1級」の範囲内であり、全調査年を通して全地点が「水産1級」に当てはまった。

(b) 秋季

今年度の表層と底層のCOD (0.5 mg/L) は、2021年と同様に全地点が「水産1級」に当てはまった。

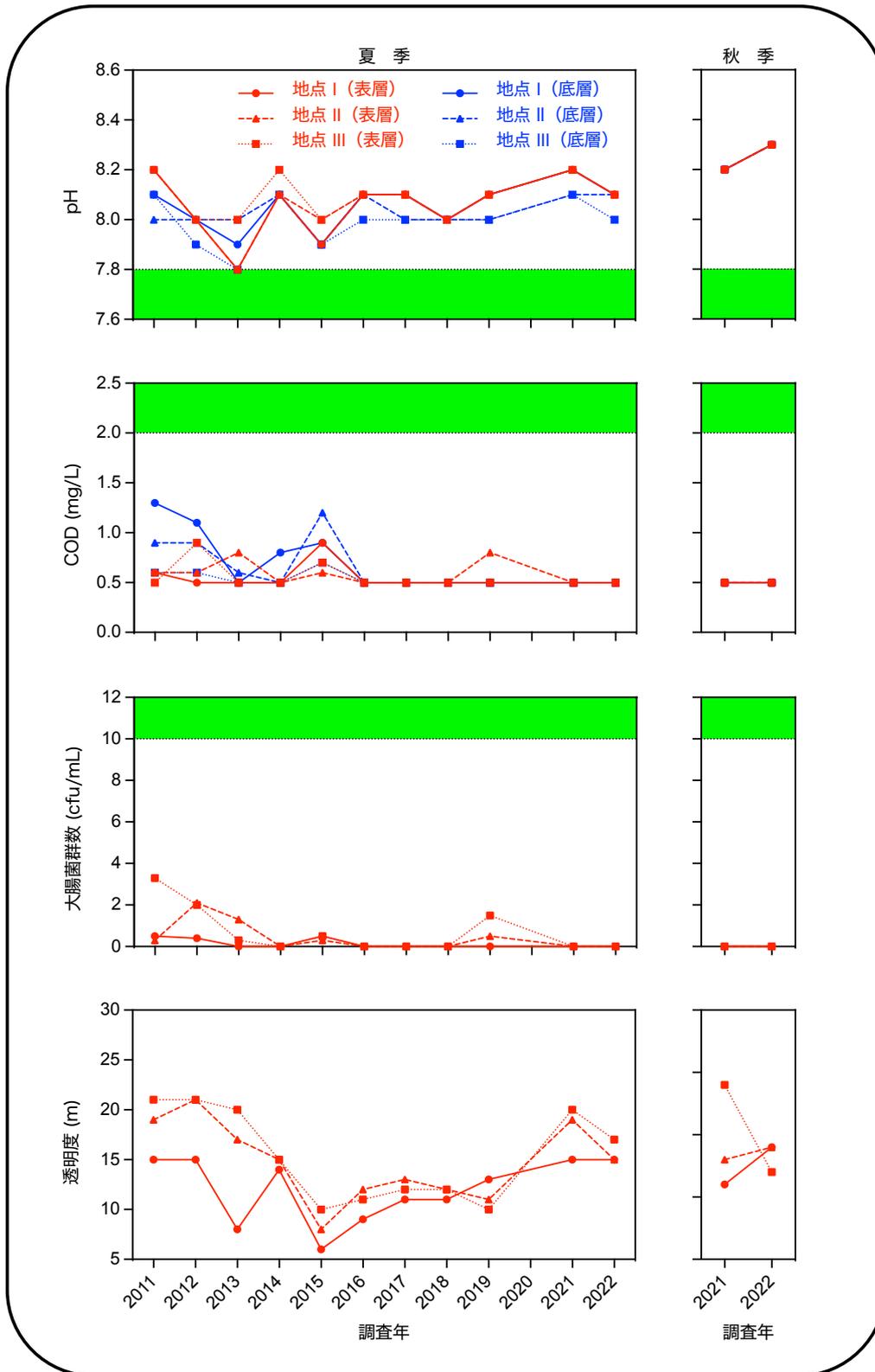


図3. 海域（越喜来湾3地点：地点Ⅰ，地点Ⅱ，地点Ⅲ）における2011年～2022年（今年度）の夏季（9月）と2021年～2022年（今年度）の秋季（11月）のpH、COD、表層の大腸菌群数と透明度。
 pH、COD、大腸菌群数の白色は水産1級、緑色は水産2級の範囲を示す。2020年は新型コロナウイルス感染症拡大のため欠測。

⑧ 大腸菌群数 (図3、表7)

(a) 夏季

今年度、表層の大腸菌群は検出されなかった。そして、全調査年を通して全地点が「水産1級」に当てはまった。

(b) 秋季

今年度、表層の大腸菌群は検出されなかった。そして、両年の全地点が「水産1級」に当てはまった。

⑨ 透明度 (図3)

(a) 夏季

今年度の透明度 (15~17m) は、全調査年の平均値 (14m) に近い値であった。

(b) 秋季

今年度の地点Iと地点IIの透明度 (14と14m) は、2021年に近い値であったが、地点IIIの透明度 (12m) は2021年に比べて低い値であった。

⑩ 油膜 (表7)

(a) 夏季

今年度、油膜は検出されなかった。そして、全調査年を通して全地点が「水産1級」に当てはまった。

(b) 秋季

今年度、油膜は検出されなかった。そして、両年の全地点が「水産1級」に当てはまった。

(2) 河川

本項では、越喜来湾への流入3河川 (浦浜川、泊川、甫嶺川) における東日本大震災後の2012~2022年 (今年度) にかけて11年間の夏季 (9月) と、2022~2022年 (今年度) の2年間の秋季 (11月) の調査結果を示す。なお、2020年は新型コロナウイルス感染症拡大のため調査は実施しなかった。

① 水温 (図4)

(a) 夏季

今年度 (2022年) の水温 (17.4~18.2°C) は河川間で大きな差はなかつ

た。そして、全調査年の平均値（16.7°C）に近い値であった。

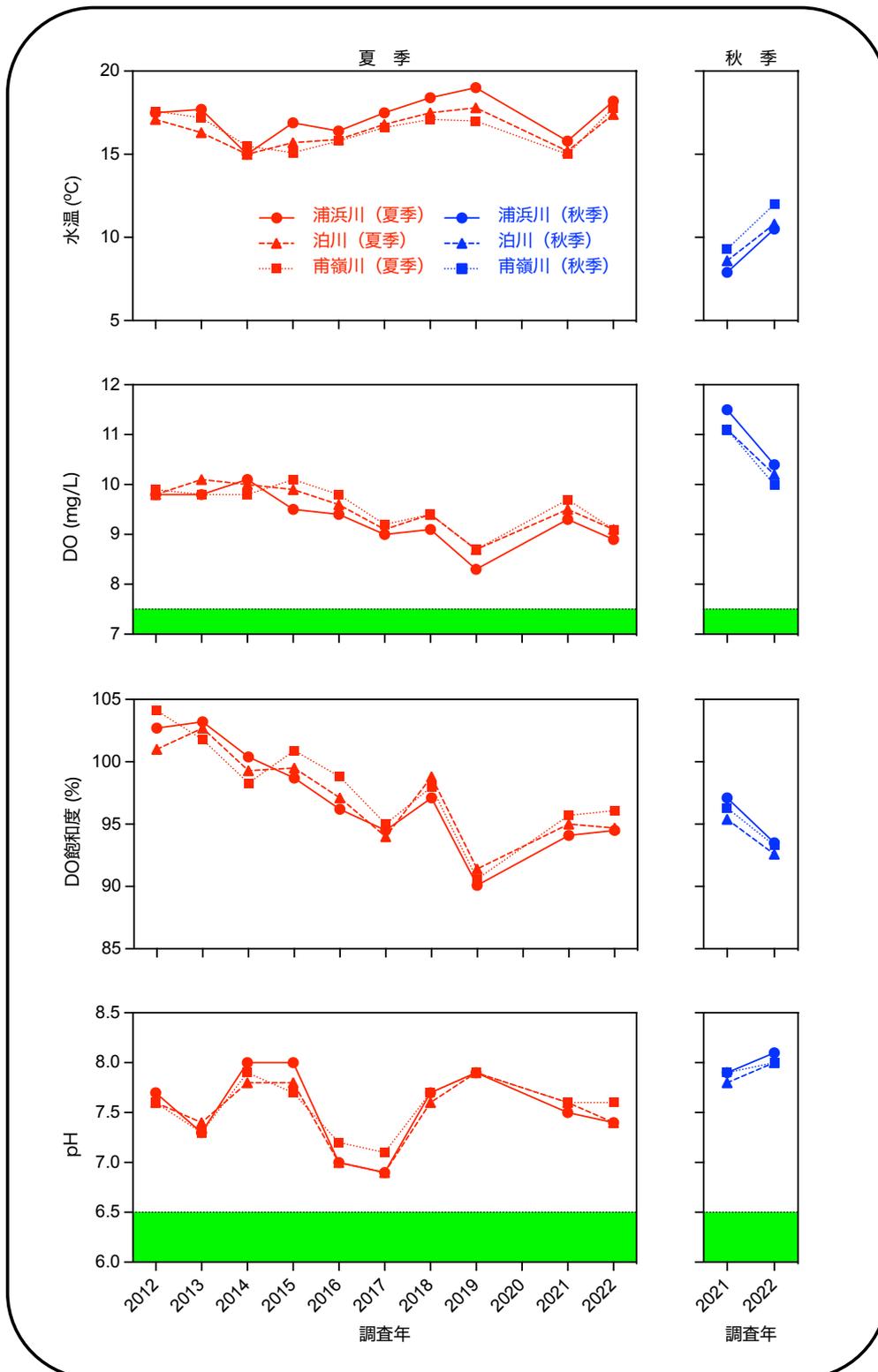


図4. 河川（浦浜川，泊川，甫嶺川）における2012年～2022年（今年度）の夏季（9月）と2021年～2022年（今年度）の秋季（11月）の水温，DO，DO飽和度，pH。
 DO，pHの白色は水産1級，緑色は水産2級の範囲を示す。2020年は新型コロナウイルス感染症拡大のため欠測。

(b) 秋季

今年度（2022年）の水温（10.5～12.0℃）は夏季に比べて低く、河川間で大きな差はなかった。そして、2021年に比べて高い傾向を示した。

② 溶存酸素量（DO）（図4、表8）

(a) 夏季

今年度（2022年）のDO（8.9～9.1mg/L）は河川間で大きな差はなかった。全調査年の平均値（9.5mg/L）に比べて低い傾向を示したが、全調査年を通して全河川が「水産1級」に当てはまった。

表8. 河川の水質評価結果

季節	年	pH	BOD	SS	大腸菌群数	DO
	2012	1級	1級	1級	3級	1級
	2013	1級	1級	1級	2級～3級	1級
	2014	1級	2級	1級	2級～3級	1級
	2015	1級	1級	1級	2級～3級	1級
	2016	1級	1級	1級	1級～2級	1級
夏季	2017	1級	1級	1級	2級～3級	1級
	2018	1級	1級	1級	2級～3級	1級
	2019	1級	1級	1級	3級	1級
	2020	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測
	2021	1級	1級	1級	2級～3級	1級
	2022	1級	1級	1級	3級	1級
秋季	2021	1級	1級	1級	2級	1級
	2022	1級	1級	1級	2級～3級	1級

(b) 秋季

今年度（2022年）のDO（10.0～10.4mg/L）は夏季に比べて高く、河川間で

大きな差はなかった。2021年に比べて低い傾向を示したが、両年の全河川が「水産1級」に当てはまった。

③ 溶存酸素飽和度 (DO飽和度) (図4)

(a) 夏季

今年度(2022年)のDO飽和度(94.5~96.1%)は河川間で大きな差はなかった。そして、全調査年の平均値(97.5%)に近い値であった。

(b) 秋季

今年度(2022年)のDO飽和度(92.6~93.5%)は河川間で大きな差はなく、夏季と2021年に比べて低い傾向を示した。

④ 水素イオン濃度 (pH) (図4、表8)

(a) 夏季

今年度のpH(7.4~7.6)は「水産1級」の範囲内であり、全調査年を通して全河川が「水産1級」に当てはまった。

(b) 秋季

今年度のpH(8.0~8.1)は、2021年と同様に全地点が「水産1級」に当てはまった。

⑤ 生物化学的酸素要求量 (BOD) (図5、表8)

(a) 夏季

今年度のBOD(1.6~1.8mg/L)は河川間で大きな差はなく、全調査年の平均値(1.5mg/L)に近い値であった。そして、2014年の全河川が「水産2級」に当てはまったが、今年度を含む他の年は「水産1級」に当てはまった。

(b) 秋季

今年度のBOD(1.8~1.9mg/L)は夏季に近い値であり、河川間で大きな差はなく、2021年に比べて高い傾向を示した。そして、両年の全河川が「水産1級」に当てはまった。

⑥ 浮遊物質量 (SS) (図5、表8)

(a) 夏季

今年度のSS(0.7~1.6mg/L)は河川間で大きな差はなく、全調査年の平均

値 (3.7mg/L) に比べて低い傾向を示した。そして、全調査年を通して全河川が「水産1級」に当てはまった。

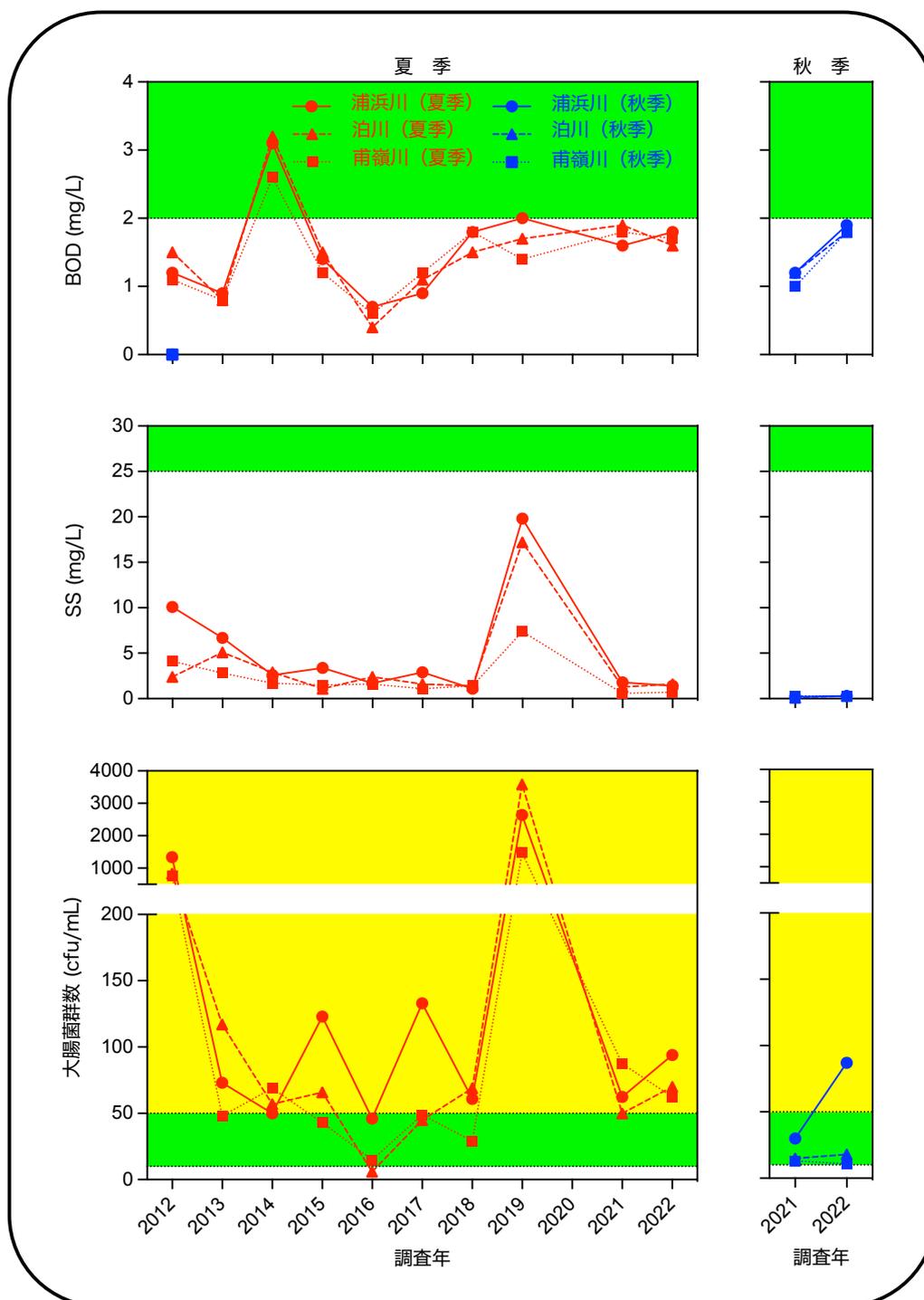


図5. 河川（浦浜川，泊川，甫嶺川）における2012年～2022年（今年度）の夏季（9月）と2021年～2022年（今年度）の秋季（11月）のBOD，SS，大腸菌群数。
BOD，SS，大腸菌群数の白色は水産1級，緑色は水産2級，黄色は水産3級の範囲を示す。2020年は新型コロナウイルス感染症拡大のため欠測。

(b) 秋季

今年度のSS (0.3mg/L) は夏季に比べて低い傾向を示し、河川間で差はなかった。また、2021年に比べて大きな差はみられなかった。そして、両年の全河川が「水産1級」に当てはまった。

⑦ 大腸菌群数 (図5、表8)

(a) 夏季

今年度の大腸菌群数 (63~94cfu/mL) は全河川が「水産3級」の範囲内であった。全調査年の大腸菌群数は大きく変動し (6~3588cfu/mL)、震災直後の2012年と2019年に非常に高い値を示した。

そして、2012、2019、今年度は全河川が「水産3級」、2013~2015年、2017、2018、2021年が「水産2~3級」、2016年が「水産1~2級」に当てはまった。

(b) 秋季

今年度の大腸菌群数 (11~87cfu/mL) は泊川、甫嶺川が「水産2級」、浦浜川が「水産3級」の範囲内であり、泊川、甫嶺川が夏季に比べて低く、浦浜川は2021年に比べて高い傾向がみられた。

そして、2021年は全河川が「水産2級」、今年度は「水産2~3級」に当てはまった。

(3) まとめ

近年、地球温暖化等の気候変動を原因とした三陸町の養殖海域および流入河川の水質悪化が危惧されている。そこで本調査は、同町の養殖漁場および河川の水質を把握し、持続的な養殖生産確保を目的として実施された。

具体的には、最も水温が高く、養殖ホタテガイのへい死が危惧される夏季の9月と、ワカメの養殖開始期であり、この時期の高水温が養殖種苗の芽落ちの原因ともなる秋季 (11月) に、三陸町沿岸の越喜来湾に設置した湾奥浅層 (水深15m) の地点I、湾中央付近深層の地点II (水深60m)、湾口深層の地点III (水深90m) および同湾への流入3河川 (浦浜川、泊川、甫嶺川) を対象として、海域では10項目 (水温、塩分、DO、DO飽和度、クロロフィル蛍光、pH、COD、大腸菌群数、透明度、油膜)、河川では7項目 (水温、DO、DO飽和度、pH、BOD、SS、大腸菌群数) を測定した。

今年度の海域 (養殖海域) および河川の水質を評価するために、水温では「ホタテガイのへい死危惧水温 (23°C以上)」、塩分では三陸の沿岸近くを南

下する津軽暖流水系（33.7～34.2）と沖合を北上する暖流の黒潮水系（34.2～35.0）への当てはめ、DOでは内湾魚場の夏季底層において最低限維持しなければならない値（4.3mg/L）と黒潮水系の値（7.1mg/L前後）、クロロフィル蛍光では赤潮発生時の一般的な値（4.3mg/L）との比較を行った。また、「生活環境の保全に関する環境基準」（表3、4）の対象項目については、この基準を改変した水質評価基準（表5、6）を用いて評価した。

そして、今年度夏季の海域の結果は2011年～昨年度（2021年）までの調査結果、今年度夏季の河川の結果は2012年～昨年度（2021年）までの調査結果、秋季の海域と河川の結果は昨年度（2021年）の調査結果と比較した。さらに、秋季の海域の水温は、本調査とは別に測定した越喜来湾の地点II表層の2012年～今年度までの平均水温（16.0℃）と比較した。

① 夏季と秋季の海域

夏季の養殖海域では、2011年から今年度にかけて11年間の水温は表層から底層へ低下する傾向を示し、逆に塩分とDO飽和度には増加傾向がみられた。一方、昨年度から調査を実施した秋季の浅層の水温は夏季よりも低く、水深による大きな差はなかった。また、塩分には水深による大きな差がみられたが、DO飽和度の水深による差は夏季よりも小さくなった。さらに、今年度地点II表層の水温は、同地点表層の2012年～今年度まで11年間の平均水温に比べて大きな差はなかった。これらの結果は、夏季の鉛直的な成層化が水温低下により崩れ、秋季に鉛直混合が開始されるという水環境の季節変化が約10年間継続していることを示唆していた。

2011年から今年度にかけて12年間の夏季の水温に継続的な上昇はみられず、「ホタテガイのへい死危惧水温（23℃以上）」に当てはまったのは2012年だけであった。そして、ワカメの養殖開始時である今年度秋季の全地点の水温は、前述のように越喜来湾の地点II表層の11年間の平均水温に比べて大きな差はなく、養殖種苗の芽落ちを引き起こすような高温ではなかった。

養殖海域の水質評価項目である夏季のpH、COD、大腸菌群数と油膜はこの約10年間、最も安全性の高い「水産1級」であった。そして、2021年と今年度秋季のこれら4項目も全て「水産1級」に当てはまった。また、赤潮発生の指標となるクロロフィル蛍光は、夏季と秋季ともに、その一般的な値（4.3mg/L）よりも著しく低い値であり、透明度も10m以上と高い値を示した。

もう一つの水質評価項目であるDOは、夏季と秋季の全期間で、内湾魚場において最低限維持しなければならない値（4.3mg/L）を十分に上回っていたが、夏季の2019年～今年度の全地点が「水産2級」に当てはまり、2011年～2018年に

比べ著しく低い値になった。また、DO飽和度も同様な傾向を示した。そして、2019年～今年度のDOは黒潮水系の値（7.1mg/L前後）に近く、2021年の夏季底層2地点の塩分は本調査期間中初めてこの黒潮水系に当てはまった。

これらの結果は、三陸町養殖海域の高水準な水質『きれいな海』に対して地球温暖化等の気候変動が大きな影響をおよぼしていないことを示していた。一方、この海域が三陸沖合を北上する暖流である黒潮の影響を顕著に受け始めていることも示唆され、今後も継続的な水質評価は必要であろう。

また、越喜来湾に設置した地点Iの底層の水温、塩分、DO飽和度は他の2地点とは異なり、表層に近い値を示した。これは湾奥に位置する浅い地点（水深15m）であり、同湾への流入3河川（浦浜川、泊川、甫嶺川）の湾口に近いという地形的特徴を表していると考えられる。

② 夏季と秋季の河川

2012年から今年度にかけて11年間の河川の夏季の水温に継続的な上昇はみられず、河川の水質評価項目である夏季のpH、BOD、SSとDOは、この11年間、最も安全性の高い「水産1級」であった。そして、2021年と今年度秋季のこれら4項目は全て「水産1級」に当てはまった。

もう一つの水質評価項目である大腸菌群数の夏季の変動は大きく（「水産1級～3級」）、今年度夏季は「水産3級」、秋季は「水産2級～3級」に当てはまった。したがって、今後もこの項目には注意が必要であり、その改善には下水処理場、し尿処理場、し尿浄化槽など処理施設の機能向上が必要とも考えられる。

5 参考文献

岩手県水産技術センター（2021）．2021年ホタテガイ高水温情報．<https://www2.suigi.pref.iwate.jp/research/20210727scallopseed>．

Hanawa, K., Mitsudera, H. (1986) . Variation of water system distribution in the Sanriku coastal area. J. Oceanogr. Soc. Japan, 42, 435-446.

半谷高久・小倉紀雄（1995）．第3版 水質調査法．丸善株式会社．東京．

和達清夫（1994）．再版 海洋大辞典．株式会社東京堂出版．東京．

難波信由・加戸隆介（2008）．平成19年度 三陸町海域・河川の水質調査報告書．大船渡市．岩手．

難波信由・加戸隆介（2009）．平成20年度 三陸町海域・河川の水質調査報告書．大船渡市．岩手．

難波信由・加戸隆介（2010）．平成21年度 三陸町海域・河川の水質調査報告書．大船渡市．岩手．

- 難波信由・加戸隆介（2011）．平成22年度 三陸町海域・河川の水質調査報告書．
大船渡市．岩手．
- 難波信由・加戸隆介（2012）．平成23年度 三陸町養殖海域の水質調査報告書．大
船渡市．岩手．
- 難波信由・加戸隆介（2013）．平成24年度 三陸町海域・河川の水質調査報告書．
大船渡市．岩手．
- 難波信由・加戸隆介（2014）．平成25年度 三陸町海域・河川の水質調査報告書．
大船渡市．岩手．
- 難波信由・加戸隆介（2015）．平成26年度 三陸町海域・河川の水質調査報告書．
大船渡市．岩手．
- 難波信由・加戸隆介（2016）．平成27年度 三陸町海域・河川の水質調査報告書．
大船渡市．岩手．
- 難波信由・加戸隆介（2017）．平成28年度 三陸町海域・河川の水質調査報告書．
大船渡市．岩手．
- Nanba, N., Kado, R., Kamoshida, H., Shinotsuka, M. (2015) . Effect of the 2011 Great
East Japan tsunami on water quality in cultivation sites of Sanriku-Town area,
southern Iwate Prefecture, Japan. *Aquacult. Sci.* 63, 469-474.
- 難波信由・広瀬雅人（2018）．平成29年度 三陸町海域・河川の水質調査報告書．
大船渡市．岩手．
- 難波信由・広瀬雅人（2019）．平成30年度 三陸町海域・河川の水質調査報告書．
大船渡市．岩手．
- 難波信由・広瀬雅人（2020）．令和元年度 三陸町海域・河川の水質調査報告書．
大船渡市．岩手．
- 難波信由（2022）．令和3年度 三陸町養殖海域の水質調査報告書．大船渡市．岩
手．
- 財団法人日本規格協会（1997）．JISハンドブック環境測定．株式会社平文社．
東京．
- 財団法人日本気象協会（1990）．海洋観測指針（気象庁編）．大東印刷工芸株式
会社．東京．
- 澤田明利・早川康博（1997）．越喜来湾における栄養塩類の平均的季節変化と経
年変化．*日水誌*、63、152-159．