

### 2017年度から実施したリン増加試験運転について

貧栄養化対策として、愛知県漁業協同組合連合会の要望を踏まえ、2017年度から2021年度までの5年間、三河湾内の矢作川及び豊川浄化センター（図1）でリン濃度を増加する試験運転を実施した。2017年度は11～3月に、2018、2019年度は10～3月、2020、2021年度は9～3月に試験運転を実施した。

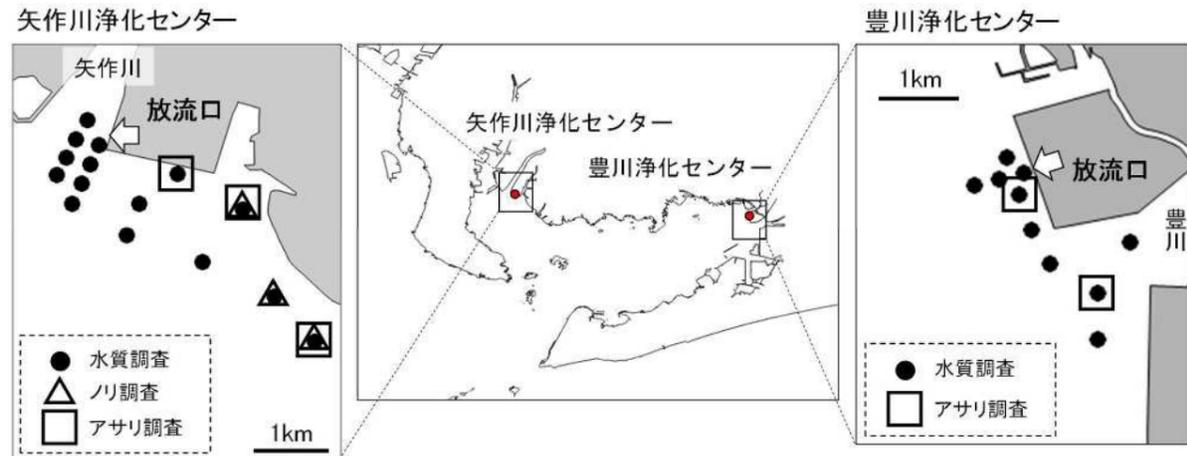


図1 浄化センターの位置と効果調査の調査地点

#### 1 試験運転実施状況

2017～2021年度における試験運転時の放流水中のリン濃度の平均値は、矢作川浄化センターで0.69～0.78 mg/L、豊川浄化センターで0.64～0.80 mg/Lであった。（表1）

表1 下水処理場からの放流水リン濃度(それぞれの運転期間の平均値)

	2017		2018		2019		2020		2021	
	通常運転時	試験運転時	通常運転時	試験運転時	通常運転時	試験運転時	通常運転時	試験運転時	通常運転時	試験運転時
	4月～10月	11月～3月	4月～9月	10月～3月	4月～9月	10月～3月	4月～8月	9月～3月	4月～8月	9月～3月
矢作川浄化センター	0.34	0.78	0.42	0.75	0.35	0.73	0.29	0.69	0.30	0.76
豊川浄化センター	0.47	0.80	0.37	0.77	0.36	0.64	0.26	0.78	0.30	0.73

※総量規制基準C値：1 (mg/L)

5年間の実施期間のうちの運転事例として、2021年度の運転状況を図2、3に示す。2021年9月から2022年3月まで実施した試験運転時の平均の放流水中リン濃度は、矢作川浄化センターで0.76 mg/L、豊川浄化センターで0.73 mg/Lであった。

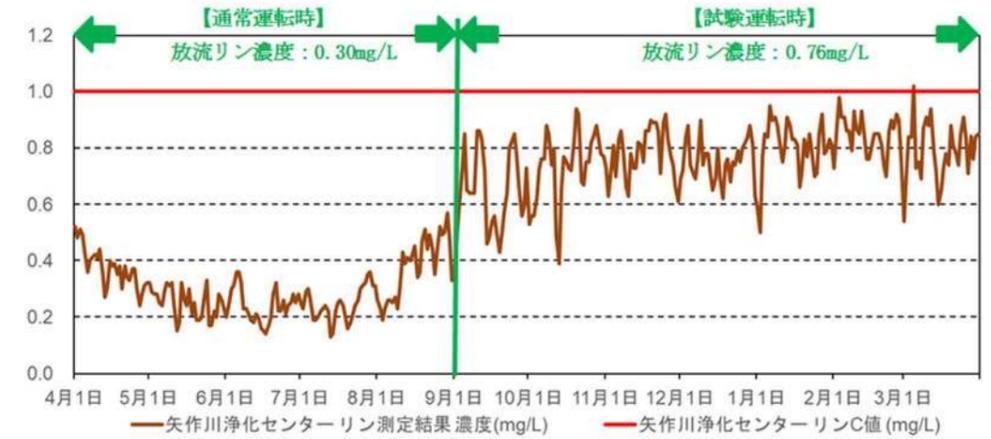


図2 矢作川浄化センターにおける放流水リン濃度(2021/4/1～2022/3/31)



図3 豊川浄化センターにおける放流水リン濃度(2021/4/1～2022/3/31)

#### 2 環境への影響

矢作川浄化センターの放流先である三河湾（Ⅱ類型）、豊川浄化センターの放流先である三河湾（Ⅲ類型）において、試験運転期間における全リン濃度は、試験を実施していない2016年度までと同程度であった。

図4 浄化センターの位置と三河湾の全窒素・全リン濃度類型指定図（●は環境基準点）

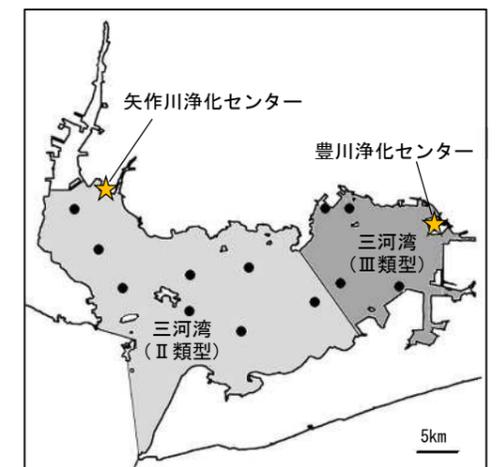


表2 三河湾(Ⅱ類型)・(Ⅲ類型)の過去10年の全リン濃度年平均値(単位:mg/L)

海域\年度	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
三河湾(Ⅱ類型)	0.036	0.032	0.031	0.034	0.030	0.032	0.029	0.029	0.027	0.031
三河湾(Ⅲ類型)	0.051	0.042	0.051	0.049	0.046	0.041	0.045	0.050	0.042	0.055

※網掛けは、リン増加試験運転の実施年度

公共用水域水質調査結果より

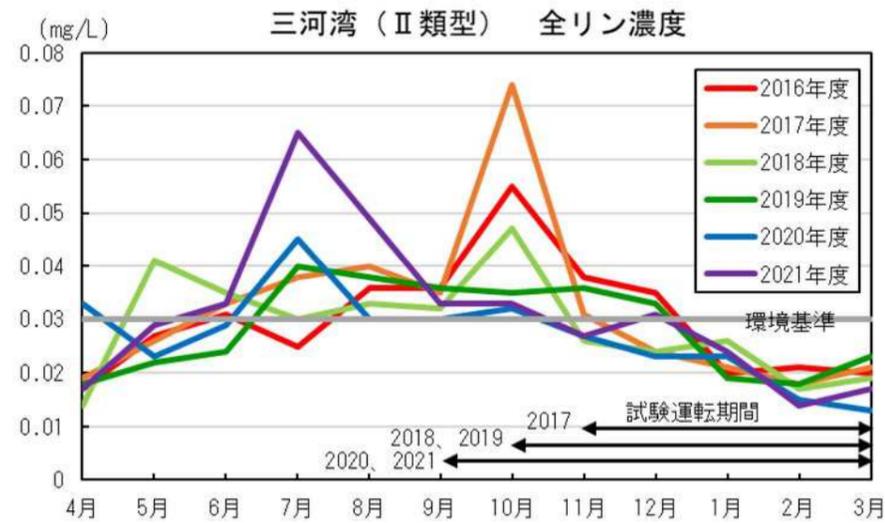


図5 三河湾(Ⅱ類型)の過去6年の月ごとの平均全リン濃度(単位:mg/L)

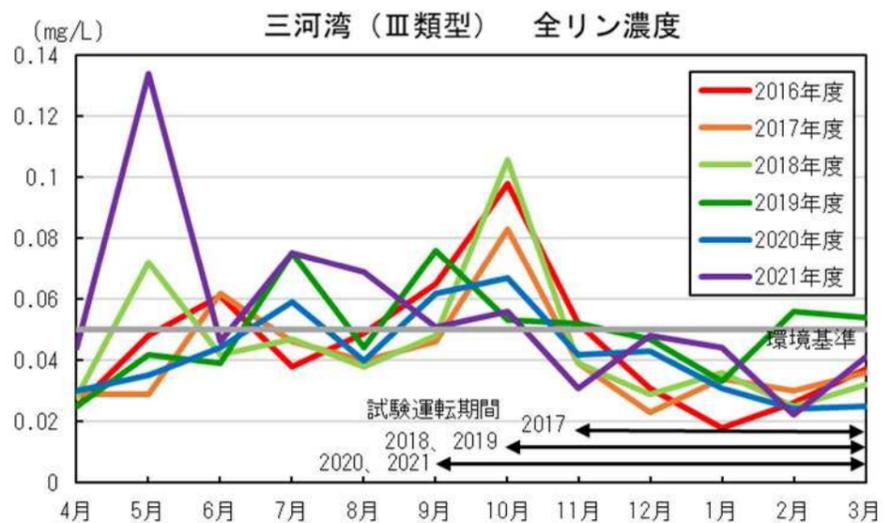


図6 三河湾(Ⅲ類型)の過去6年の月ごとの全リン濃度(単位:mg/L)

### 3 漁業への効果

#### (1) 漁場環境への効果

試験運転の漁場環境への影響を調査した。試験運転期間中に両浄化センター周辺で月2～3回の水質調査を行い(調査地点は図1)、分析によって得た全リン及びクロロフィルa濃度について、各調査点の5年間の全データの平均値を算出し、それを用いて描画した濃度分布を図7(矢作川地区)、図8(豊川地区)に示した。矢作川地区の全リン濃度は放流口直近で最も高く、放流口から離れるにつれて徐々に濃度が低下しており、拡散状況を確認することができた。一方、クロロフィルaの分布は放流口からやや離れた沖合で最大となった。その理由としては、リンの供給を受けた植物プランクトンが流れに乗って沖合で増殖したことや、干潟上でアサリ等の二枚貝により植物プランクトンが摂食されたことが考えられた。また、豊川地区についても全リン濃度は放流口直近で最も高く、クロロフィルaはやや離れた沖合で高くなる傾向が見られた。

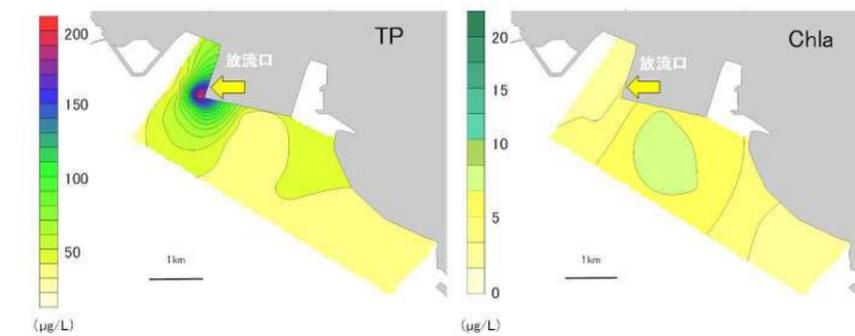


図7 矢作川地区の全リン(TP)及びクロロフィルa(Chla)の濃度分布(5年間の試験運転期間中の全データ平均値)

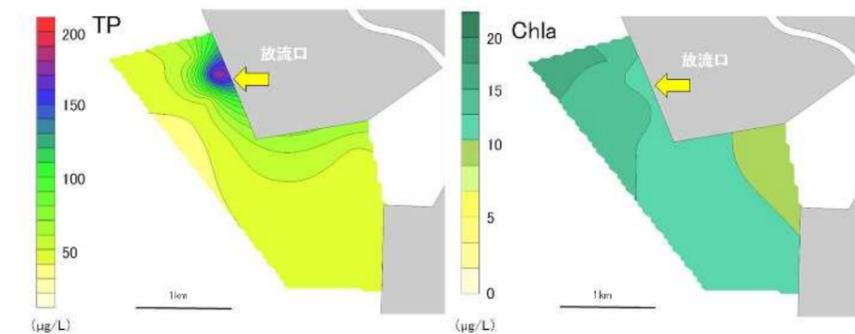


図8 豊川地区の全リン(TP)及びクロロフィルa(Chla)の濃度分布(5年間の試験運転期間中の全データ平均値)

(2) 矢作川地区のノリ・アサリへの効果

ノリ葉体の色調は L\*値（明度；数値が低いほど黒い）で評価することができ、L\* > 49.5 は貧栄養時にみられる色落ちの判断基準の一つとされている（小池・淵上 2013）。矢作川地区において、冬季（2018、2019 年度は 12～3 月、2020、2021 年度は 1～3 月）調査時に各調査地点でノリ葉体を採取し、それぞれ 20 枚の葉体の L\*値を色彩色差計で測定した。各調査地点の平均 L\*値（5 年間の調査で測定した全てのサンプル葉体の平均値）を比較したところ、放流口に近い調査地点の方が平均 L\*値が低くなる傾向が見られた（図 9）。

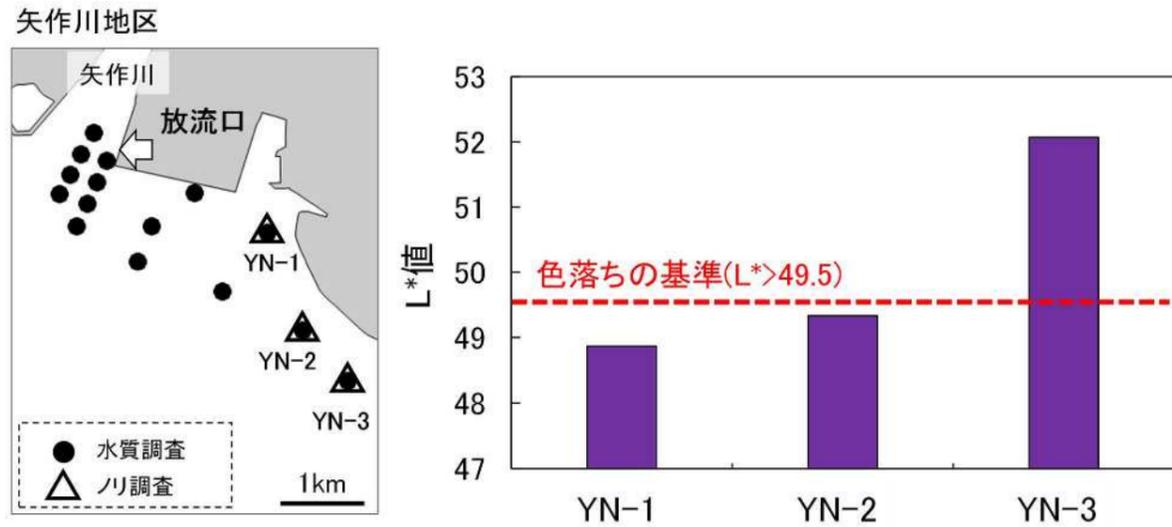


図 9 矢作川地区におけるノリ葉体の平均 L\*値 (5 か年平均)

矢作川地区の各調査点でアサリの稚貝を放流し、毎月、その放流した区画内で枠取り調査を行ってアサリを採取し、アサリの現存量（1m<sup>2</sup>あたりに生息していたアサリの殻付き重量：g/m<sup>2</sup>）を求めるとともに、肥満度（貝殻の大きさに対する身の重さの割合：むき身重量 ÷（殻長 × 殻高 × 殻幅））を測定した。その推移を図 10（上図）に示した。2019 年度までは現存量の増加がみられなかったが、2020 年度以降は 3 調査地点全てで現存量が増加し、特に放流口に近い調査地点（YA-1）で現存量、肥満度ともに高い傾向であった。10 月から試験運転を行った 2018-19 年度と 9 月から試験運転を行った 2020-21 年度の平均現存量の推移を比較すると、2018-19 年度は全調査地点で現存量の低下が見られたのに対して、2020-21 年度ではいずれの地点でも現存量の低下がみられず、秋冬季（10 月～2 月頃）の減耗が軽減されたことが確認された（図 10 下図）。これは生残率が高かった 2020-21 年度は、2018-19 年度に比べ 9 月のクロロフィル a 濃度が高く、肥満度も高かったため、その後の生残が良くなり現存量に反映された、と考えられた（図 11）。

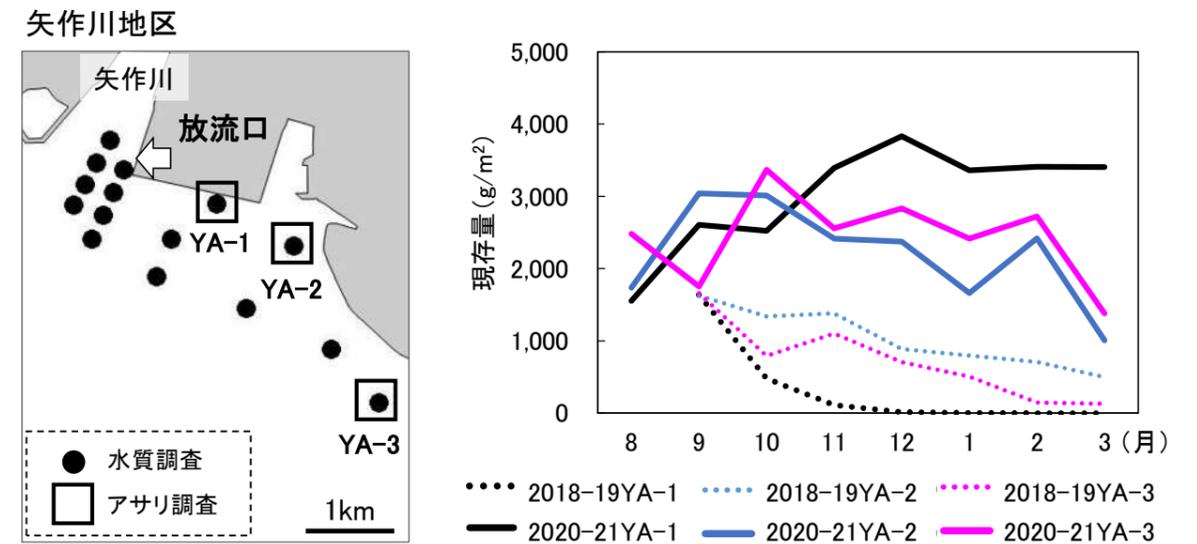
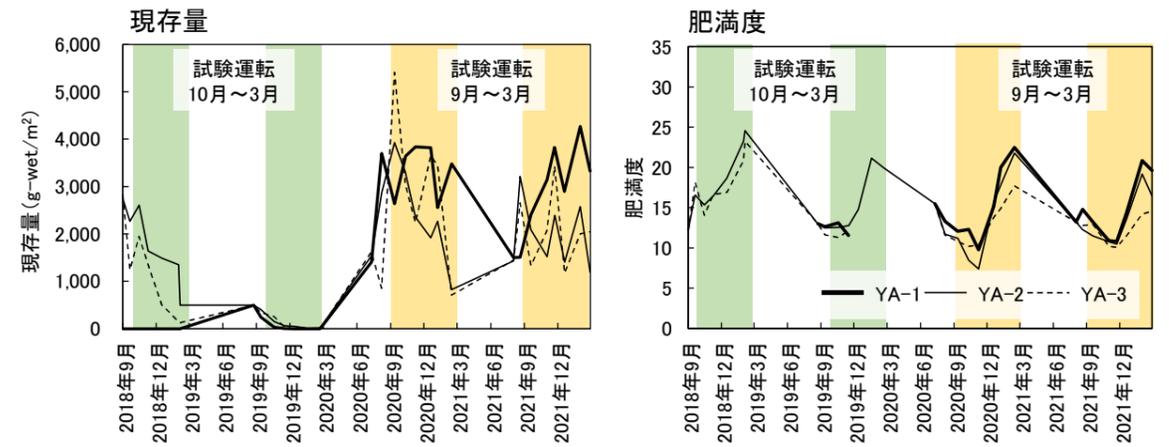


図 10 矢作川地区におけるアサリの現存量と肥満度の推移(上図)及び 2018-19 年度と 2020-21 年度の平均現存量の比較(右下図)

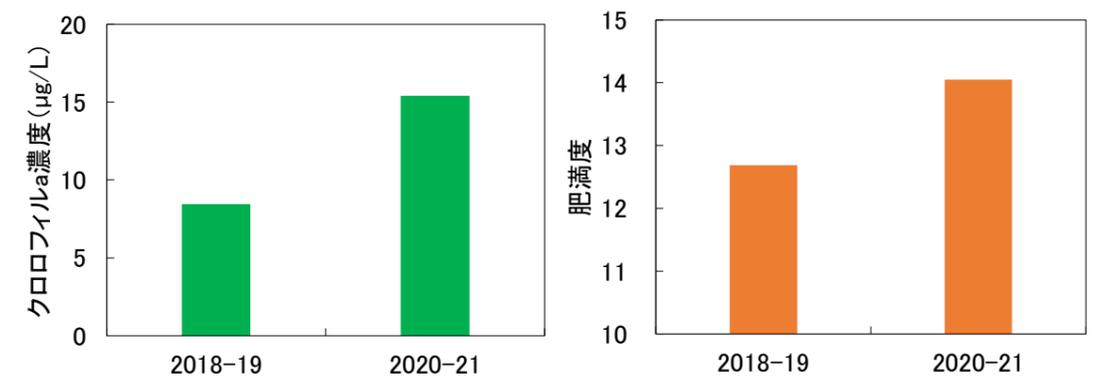


図 11 YA-1 における 9 月のクロロフィル a 濃度と肥満度の比較

### (3) 豊川地区のアサリへの効果

豊川地区では、2020年度と2021年度に袋網にアサリを入れて2か所の調査点に設置する飼育試験を実施した(図12)。同数、同重量のアサリを入れた袋網を複数、あらかじめそれぞれの調査地点に設置しておき、定期的に網袋を1袋ずつ回収して袋内のアサリの肥満度を測定し、生残していたアサリの個体数を計数した。また両調査地点におけるクロロフィルa濃度は水質調査結果を活用した。

2020年度は、期間中のクロロフィルaの濃度は放流口付近の調査地点(TA-1)で10月まで高い日が多く見られた。またこの期間中のアサリの肥満度は、11月まではTA-1の方が豊川河口域(TA-2)よりも高く、TA-1は肥満度が横ばいで維持されていたのに対し、TA-2のアサリ肥満度が次第に低下していた。生残率は10月以降TA-1で低めに推移しており、これはこの時期に貧酸素が発達していたことから、その影響を受けたと考えられた。

2021年度は期間中のクロロフィルaの濃度は、11月までTA-1でやや高めで推移した。アサリの肥満度はTA-1とTA-2で明瞭な差は見られなかったが、9、10月にTA-1の方がやや高い状況だった。生残率は9月に両地点で大きく低下しており、これはこの時期に苦潮の発生が確認されており、その影響を受けたと考えられた。

一方、豊川河口域のアサリ稚貝(1歳)の10月以降の密度について、10月時点として、その後の推移を試験運転開始前(2014~2016年度)と試験運転開始後(2017~2021年度)を比較したところ、試験運転開始後は試験運転開始前より高い傾向が見られた(図13)。

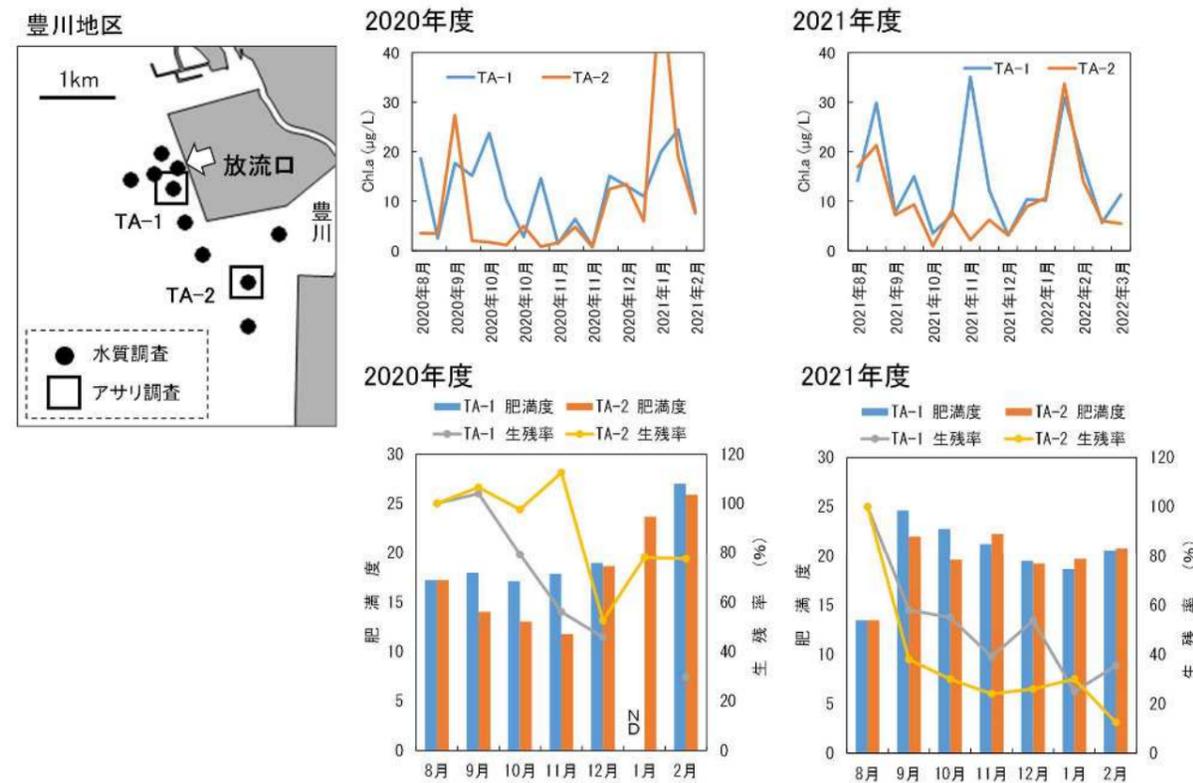


図12 豊川地区における袋網試験のクロロフィルa濃度とアサリ肥満度、生残率の推移

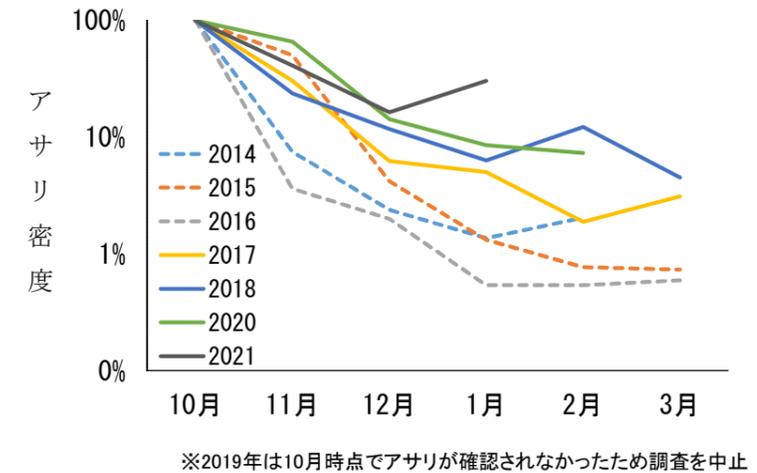


図13 豊川河口域におけるアサリ稚貝の密度の推移(対10月比)

### 4 まとめ(考察)

以上の調査結果から、浄化センターからの放流水のリン濃度の増加放流により、海域において一定のリン濃度の上昇と周辺への拡散が確認され、矢作川地区のアサリやノリへの効果が見られた。また、増加放流が9月から開始されるようになった2020年以降、矢作川地区のアサリの現存量が顕著に増加しており、増加放流期間の延長がアサリの生残を高めた可能性が示唆された。一方の豊川地区については、年により稚貝の発生量が大きく変動するとともに貧酸素や苦潮の影響を受けやすく、明瞭な効果を示すのが難しい結果であった。そのような中で、袋網試験についてはクロロフィルa濃度が高いことが肥満度の維持に影響した可能性が考えられ、また10月以降のアサリ稚貝の密度の推移については、試験運転開始前と比べ改善傾向が認められた。豊川河口域はアサリ稚貝の重要な供給地であり、試験運転が健全な放流稚貝の確保に寄与することが示唆されることから、今後も引き続き、効果の把握に努める必要がある。

なお、ノリの色調やアサリの肥満度は放流口から離れるにつれて効果が低減しており、1つの浄化センターからの効果が及ぶ範囲は限定的であると考えられた。このため、漁業生産力の回復には、まず増加放流の濃度を高めること、及びその場合の変化の程度等を確認することが必要である。これに加えて数値シミュレーションの利用等による漁業生産に必要な栄養塩濃度の算定や、その管理方策について検討が必要と考えられた。

### 参考文献

大橋昭彦・荒川哲也・岡田元・石田基雄・鈴木輝明(2009) 三河湾の栄養塩環境とノリ養殖. 海洋と生物, 181, 154-160.  
 蒲原聡・高須雄二・湯口真実・美馬紀子・天野禎也(2018) 三河湾における栄養塩の低下. 愛知水試研報, 23, 30-32

国分秀樹 (2019) 伊勢湾における栄養塩類と水産資源の長期変動. 土木学会論文集 B2 (海岸工学), 75(2), I\_1123-I\_1128.

蒲原聡・高須雄二・湯口真実・美馬紀子・天野禎也 (2020) 2018 年度ノリ漁期において伊勢・三河湾で生産された乾海苔の黒み度への漁場の栄養塩類の影響. 愛知水試研報, 25, 1-8.

服部宏勇・松村貴晴・長谷川拓也・鈴木智博・黒田拓男・和久光靖・田中健太郎・岩田靖宏・日比野学 (2021) 愛知県内アサリ漁場における秋冬季のアサリ肥満度の変動と減耗. 愛知水試研報, 26, 1-16.

芝修一・姫野天領・吉田司・蒲原聡・田中義人・鈴木輝明 (2020) 個体成長モデルを用いた伊勢湾東部沿岸域におけるアサリ *Ruditapes philippinarum* 資源の減耗要因の検討. 水産海洋研究, 84(1), 11-26.

蒲原聡, 芝修一, 鶴島大樹, 鈴木輝明 (2021) 三河湾のアサリ *Ruditapes philippinarum* の成育と全窒素・全リン濃度の経年変化との関連. 水産海洋研究, 85(2), 69-78.

水産庁(2022)水産資源及び漁場環境をめぐる動き. 令和3年度水産白書, 95-122.

小池美紀, 淵上哲 (2013) 溶存態無機リン欠乏がスサビノリ (*Pyropia yezoensis*) に及ぼす影響. 福岡水海技セ研報, 23, 33-42.

蒲原聡・湯口真実・栗田貴代・鈴木輝明(2022) 三河湾豊川河口域におけるアサリ *Ruditapes philippinarum* の発生から見た流域下水道の栄養塩供給効果. 水環境学会誌, 45(4), 181-191.

蒲原聡・高須雄二・湯口真実・美馬紀子・矢澤孝・宮脇大・鈴木智博・二ノ方圭介・松村貴晴・平井玲・服部宏勇・小椋友介・長谷川拓也(2020) 下水道の栄養塩増加運転に係る効果調査. 平成30年度水産試験場業務報告, 79-81.

蒲原聡・松村貴晴・湯口真実・松井紀子・天野禎也・石井亮・矢澤孝・宮脇大・鈴木智博・二ノ方圭介・日比野学・服部宏勇・長谷川拓也(2021) 下水道の栄養塩増加運転に係る効果調査. 令和元年度水産試験場業務報告, 88-90.

谷川万寿夫・日比野学・長谷川拓也・村田将之・松村貴晴・二ノ方圭介・天野禎也・大澤博 (2022) 下水道の栄養塩増加運転に係る効果調査 (矢作川地区). 令和2年度水産試験場業務報告, 81-82.

松村貴晴・二ノ方圭介・天野禎也・大澤博・鈴木智博・長谷川圭輔・荒川純平(2022) 下水道の栄養塩増加運転に係る効果調査 (豊川地区). 令和2年度水産試験場業務報告, 83-84.

谷川万寿夫・日比野学・鈴木貴志・村田将之・松村貴晴・二ノ方圭介・加藤毅士・大澤博 (2022) 下水道の栄養塩増加運転に係る効果調査 (矢作川地区). 令和3年度水産試験場業務報告, 77-78.

松村貴晴・二ノ方圭介・加藤毅士・大澤博・市原聡人・長谷川圭輔・荒川純平(2022) 下水道の栄養塩増加運転に係る効果調査 (豊川地区). 令和3年度水産試験場業務報告, 79-80.