

2022年度水質の保全と「豊かな海」の両立に向けた社会実験の実施結果について

2022年11月1日から2023年3月末まで、矢作川浄化センター及び豊川浄化センターにおいて、下水道放流水中の窒素とリンの濃度を国の規制値上限まで緩和し、窒素とリンの濃度を増加させ、ノリやアサリへの効果を調査する、水質の保全と「豊かな海」の両立に向けた社会実験を実施した。

1 運転実施状況

社会実験の実施期間（2022年11月から2023年3月末まで）に実施した管理運転時の放流水中の窒素濃度平均値は、矢作川浄化センターで10.5mg/L、豊川浄化センターで11.3mg/Lであり、通常運転時の1.6倍程度の濃度で放流した（図1・図2）。

また、リンについては2022年9月から10月までは通常の上限1mg/Lの範囲内で管理運転を実施した後、社会実験を実施した。社会実験の実施期間の放流水中のリン濃度平均値は、矢作川浄化センターで1.28mg/L、豊川浄化センターで1.40mg/Lであり、通常運転時の3.9倍程度の濃度で放流した（図3・図4）。

なお、放流水中の窒素及びリンについては総量規制基準に適合していた。

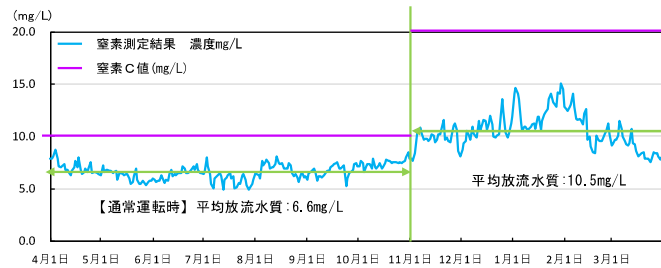


図1 矢作川浄化センターにおける2022年度社会実験による放流水の窒素濃度

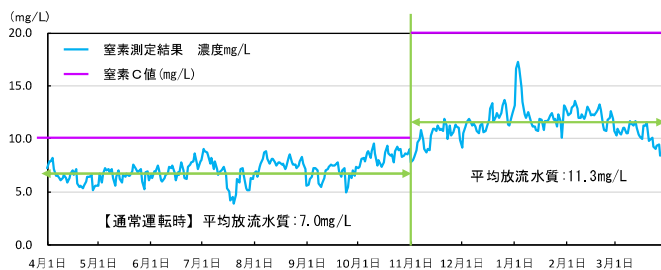


図2 豊川浄化センターにおける2022年度社会実験による放流水の窒素濃度

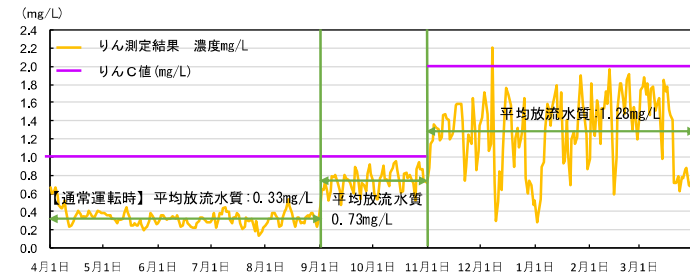


図3 矢作川浄化センターにおける2022年度社会実験による放流水のリン濃度

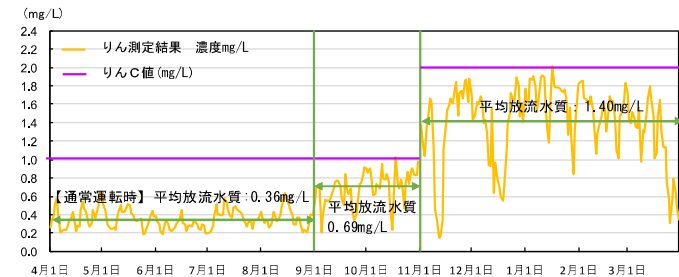


図4 豊川浄化センターにおける2022年度社会実験による放流水のリン濃度

2 環境への影響

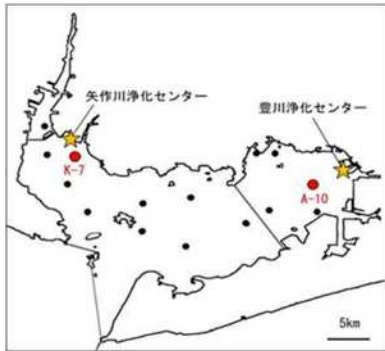
環境への影響を把握するため、矢作川浄化センターでは公共用水域水質調査の測点 K-7 を、豊川浄化センターでは同測点 A-10 を調査地点として、全窒素・全リン・クロロフィル a 濃度等の水質や赤潮の発生状況を観測した。

なお、これらの確認には、公共用水域水質調査、赤潮調査を活用した。

(参考) 社会実験の中断条件

- ・公共用水域水質調査において全窒素・全リン濃度が2か月連続して各月の過去10年間（2012～2021年）における最大値を超過し、原因が栄養塩管理運転による場合や他に原因がない場合。
- ・極度の赤潮が発生し2か月以上継続することが予測され、原因が栄養塩管理運転による場合や他に原因がない場合。

また、月別の全窒素・全リン濃度は、両地点とも過去10年間（2012年度から2021年度）の最大値を超過することはなかった。



	K-7	A-10
放流口からの距離	矢作川浄化センターから約2.1 km	豊川浄化センターから約3.7 km
平均水深	約6 m	約9 m
採水水深	0.5 m	0.5 m

図5 水質調査地点

表1 水質調査項目

調査頻度		公共用水域水質調査	赤潮調査
調査項目		月1回	月1回
	COD	○	×
	全窒素・全リン	○	×
	溶存態窒素・リン酸態リン	○	○
	クロロフィルa	○	○
	水温	○	○
	塩分	○	○
	溶存酸素	○	○

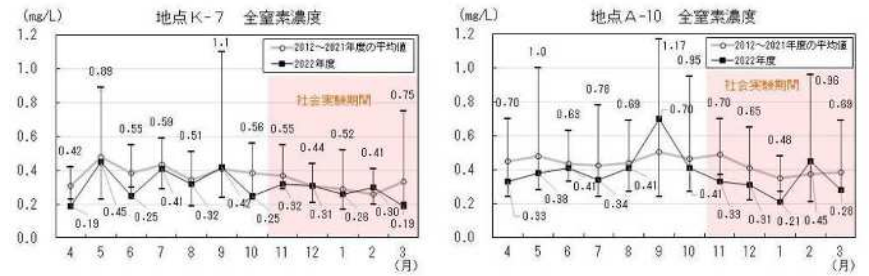


図6 2022年度の地点K-7・A-10の月別全窒素濃度及び過去10年間の平均値と最大値・最小値

※2022年度の月別全窒素濃度は速報値

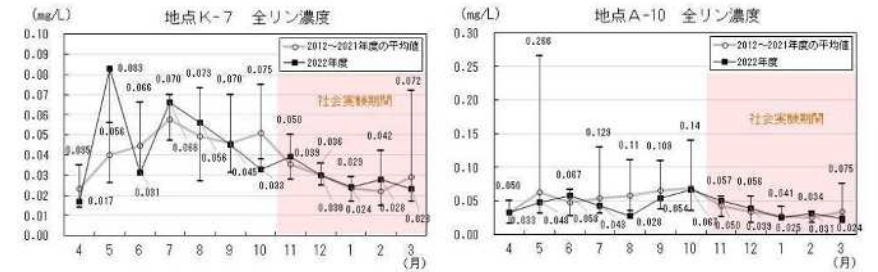


図7 2022年度の地点K-7・A-10の月別全リン濃度及び過去10年間の平均値と最大値・最小値

※2022年度の月別全リン濃度は速報値

(1) 水質について

測点 K-7 と A-10 において、2022 年度の年間平均の全窒素濃度及び全リン濃度は表 2 のとおりだった。いずれも過去 10 年の平均値と大きな差はなかった。

表2 K-7、A-10の全窒素・全リン濃度の年間平均値

	全窒素濃度 (mg/L)		全リン濃度 (mg/L)	
	2022 年度	過去 10 年平均 (2012~2021)	2022 年度	過去 10 年平均 (2012~2021)
K-7	0.31	0.36	0.040	0.038
A-10	0.38	0.43	0.042	0.046

※2022年度の全窒素・全リン濃度は速報値

(2) 赤潮の発生状況について

社会実験期間中の K-7、A-10 では極度の赤潮は発生しなかった。なお、期間中の両定点のクロロフィル a は図 8 のとおりであった。

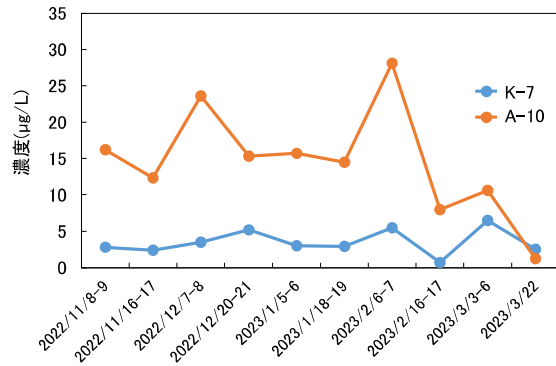


図 8 K-7、A-10 におけるクロロフィル a の推移

3 漁業への効果

矢作川地区及び豊川地区 (図 9) の窒素・リン・クロロフィル a の分布状況、ノリの色調やアサリ生残率等を調査した。

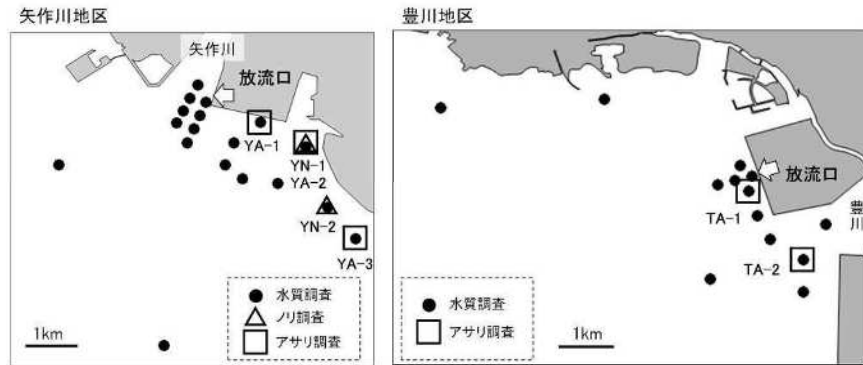


図9 漁業への効果調査地点(左図:矢作川地区ノリ・アサリ調査、右図:豊川地区アサリ調査)

表3 漁業への効果調査項目

矢作川地区			
	調査項目	調査期間	調査頻度
水質調査	全窒素,全リン,溶存態窒素,リン酸態リン,クロロフィルa,水温,塩分,溶存酸素	8~3月	月2回
ノリ調査	色調 (L*値),黒み度	1~3月	月2回
アサリ調査	現存量,生残率,肥満度,群成熟度	8~3月	月1回

豊川地区			
	調査項目	調査期間	調査頻度
水質調査	全窒素,全リン,溶存態窒素,リン酸態リン,クロロフィルa,水温,塩分,溶存酸素	8~3月	月2回
アサリ調査	生残率,肥満度,群成熟度	11~2月	月2回

(1) 周辺海域における窒素・リンの分布

矢作川地区における 2022 年度の社会実験期間 (11~3 月) 及び同時期の過去 5 か年平均 (2017~2021 年度) の全窒素、全リンの濃度分布はそれぞれ図 10 のとおりであった。2022 年度ではいずれも放流口直近の濃度は過去 5 か年平均よりも高かった。一方、沖合の濃度は、全窒素、全リンとも過去 5 か年平均と同程度であった。

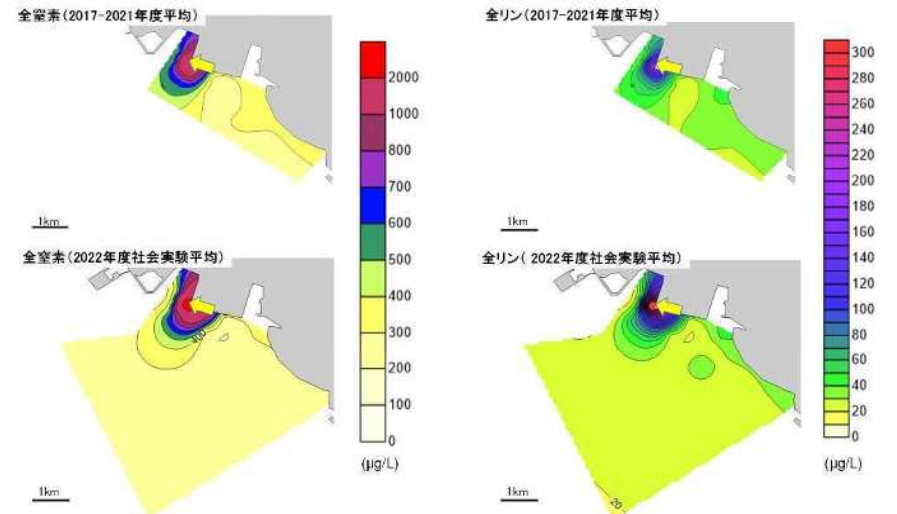


図 10 矢作川地区の全窒素、全リン濃度分布(11~3 月平均)

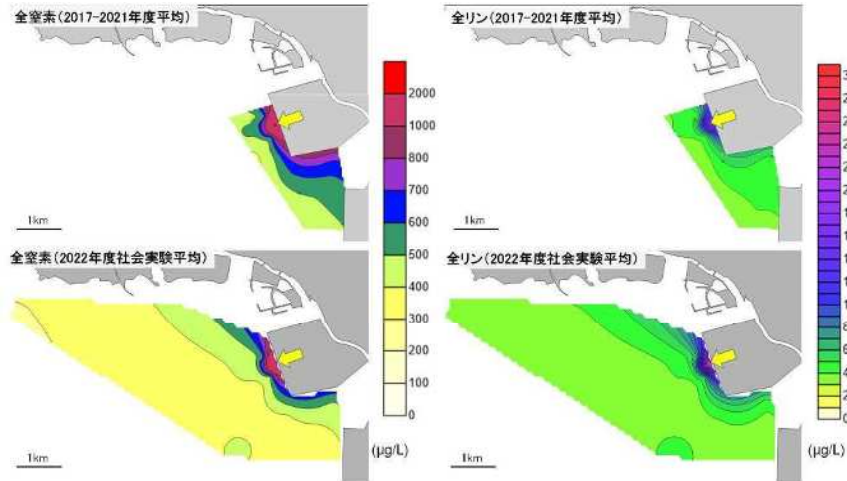


図 11 豊川地区の全窒素、全リン濃度分布(11～3月平均)

豊川地区における 2022 年度の社会実験期間 (11 月～3 月) 及び同時期の過去 5 か年平均 (2017～2021 年度) の全窒素、全リンの濃度分布はそれぞれ図 11 のとおりであった。全リンについては 2022 年度は放流口直近の濃度が過去 5 か年平均よりも高かったが、全窒素については放流口から離れた場所の濃度は過去 5 か年平均よりやや低かった。

## (2) ノリの効果確認結果

矢作川地区の各調査で採集したノリ葉体の L\*値 (数値が低いほど黒いノリとなる) を測定し、2022 年度と過去 5 か年 (2017～2021 年度) の全データをそれぞれ平均した L\*値を図 12 に示した。2022 年度のノリ葉体の平均 L\*値は、両調査地点においても、過去 5 か年平均よりも低く、色調が良好であった。

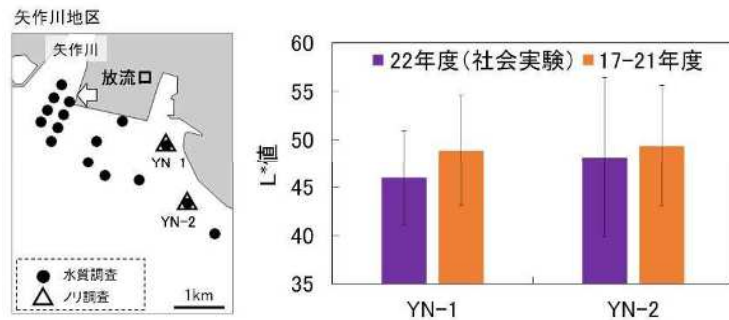


図 12 矢作川地区におけるノリ葉体の平均 L\*値(エラーバーは標準偏差を示す)

L\*値: 色彩色差計を用いて測定される明るさを表す値。値が大きいほど明るい色であることを示す。

図 13 に知多湾に漁場を持つ漁協が生産した 2022 年度の製品(乾ノリ)の黒み度(数値が高いほど黒いノリとなる)の推移を示した。黒み度は 1 月下旬までは全ての漁協において高い値で推移しており、2 月上旬以降は全体的に低下した。西尾・味沢、一色、衣崎と比べると、矢作川浄化センターから遠い日間賀島や大井の低下幅が大きかった。

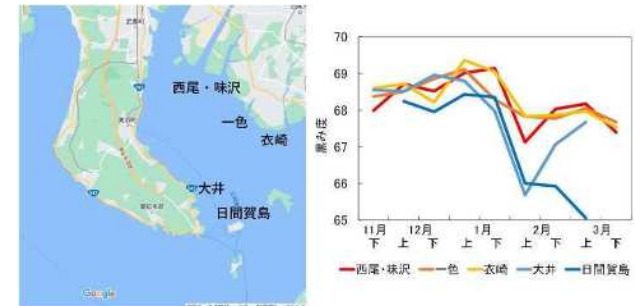


図 13 知多湾漁場における乾ノリの黒み度(数値が高いほど黒いノリとなる)

黒み度: 色彩色差計を用いて L\*値, a\*値, b\*値を測定し、測定値から計算式「 $100 - \sqrt{(L^*^2 + a^*^2 + b^*^2)}$ 」により求めた。(蒲原ら (2019))

## (3) アサリの効果確認結果

### (3-1) クロロフィル a の分布

図 14 には矢作川地区 (左上、左下)、豊川地区 (右上、右下) における 2022 年度の社会実験期間 (11～3 月) 及び同時期の過去 5 か年平均 (2017～2021 年度) のクロロフィル a 濃度の分布を示した。2022 年度の矢作川地区のクロロフィル a 濃度は、過去 5 か年平均よりも全体的に低かった。一方、豊川地区のクロロフィル a 濃度は過去 5 か年平均とほぼ同等であった。

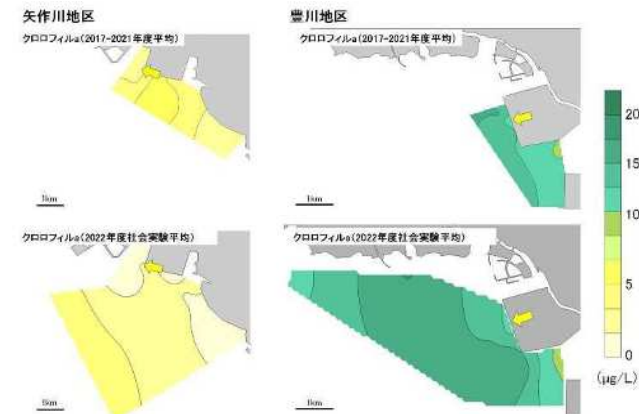


図 14 矢作川地区(左上、左下)、豊川地区(右上、右下)におけるクロロフィル a 濃度の分布(11～3月平均)



(3-2) 矢作川地区

矢作川地区におけるアサリの現存量及び肥満度の推移を図15に示した。2023年3月時点のアサリ現存量は過去5か年の同時期と比べ、全調査地点で多かった。特に放流口に近いYA-1ではこれまでよりも高水準だった。また、放流口から離れたYA-3でも肥満度の増大が確認された。一方、YA-1の肥満度は2021年度まで他の調査地点と比べて高い傾向にあったが、2022年度は他の調査地点よりも低い傾向が見られた。2022年度は窒素・リンの供給により餌料環境が向上し、現存量の増加に結びついたものの、アサリが増えて相対的に餌が少なくなった(密度効果)と考えられた。

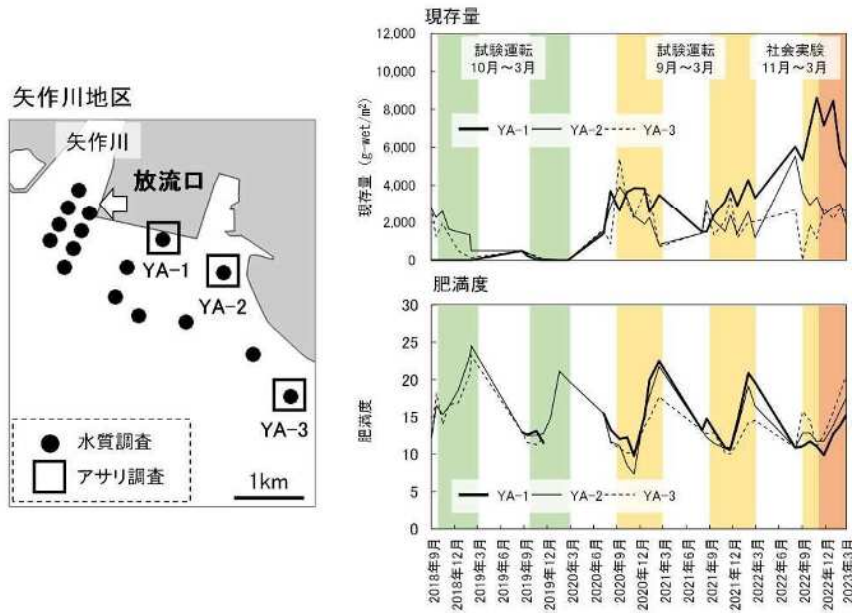


図15 矢作川地区におけるアサリの現存量(上図)、肥満度(下図)の推移

(3-3) 豊川地区

図16に豊川地区の袋網試験におけるクロロフィルa濃度及びアサリの肥満度、生残率の推移を示した。2022年度のクロロフィルの濃度は10月まではTA-1で高く、社会実験を開始した11月から1月は両地点で同程度に推移した。また2020年度、2021年度と比べ、12月以降のクロロフィルa濃度は高く維持されていた。

アサリの肥満度と生残率の動向は、2020年度は11月まではTA-1がTA-2より高い傾向がみられたが、2022年度は11月下旬までは肥満度に差は見られず、12月から1月にかけてTA-1の肥満度がやや高い傾向が見られた。生残率はTA-1がやや高かった。



図16 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

(4) 2022年度の気象・海象

図17及び18には矢作川地区(豊田市、K-7)及び豊川地区(新城市、A-10)それぞれにおける月平均気温・降水量及び水温・塩分の推移を示した。2022年度の気温・水温は平年並みで推移した。一方、両地区における2022年度の11月の降水量は過去5か年平均よりも多かったが、12月以降は少なかった。また、K-7の2022年度の塩分は期間を通じて高めに推移し、A-10でも2月を除いて2022年度が高かった。降水量は河川勢力に影響を与えるため、窒素・リンの分布に影響した可能性が考えられる。

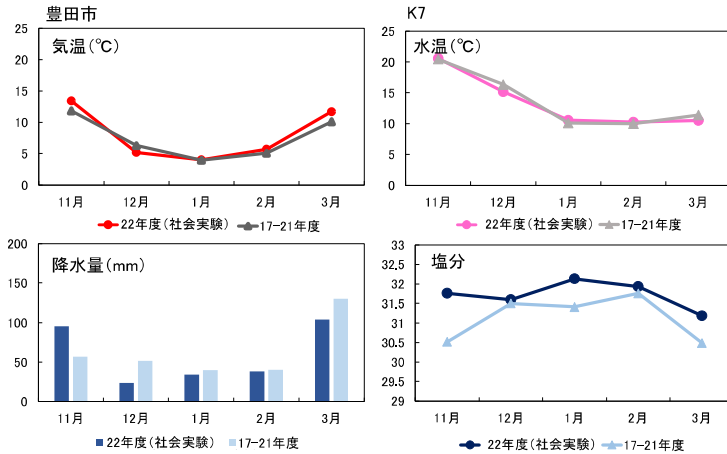


図 17 矢作川地区の月平均気温・降水量(豊田市)及び水温・塩分(K-7)の推移

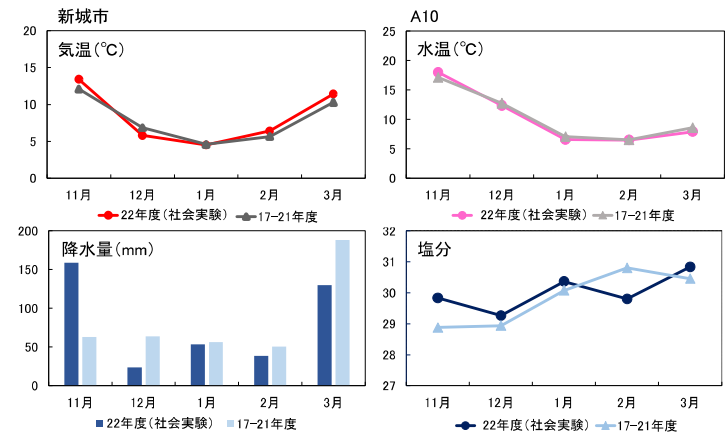


図 18 豊川地区の月平均気温・降水量(新城市)及び水温・塩分(A-10)の推移

#### 4 まとめ(考察)

2022年度の調査結果では、矢作川地区においてノリの色調は過去5か年平均よりも良好であり、アサリでは冬季減耗が軽減され、過去5か年よりも現存量が多かった。豊川地区においてはアサリへの明瞭な効果は見られなかったが、12月以降の調査点のクロロフィルa濃度は高く維持されていた。これらのことから、2022年度の社会実験はノリの色調、アサリの現存量及び肥満度に対する効果があったと考えられた。しかし、アサリでは現存量が多くなると肥満度が低下する等、増加した資源量を維持するために必要な窒素やリンの供給量には達していない可能性が示唆された。

2022年度は矢作川地区、豊川地区ともに窒素・リンの分布範囲は過去5か年平均と比

較して顕著な変化が見られなかったが、これは12月以降の降水量が少なく、下水道放流水を拡散させる力が弱かったためであると考えられ、例年どおりの河川流量であれば影響範囲の拡大がみられた可能性がある。また、2022年度の矢作川地区は全窒素、全リン濃度は過去5年間と同程度であるのに対してクロロフィルa濃度は過去5か年平均よりも全体的に低かったが、これはアサリ現存量が多く、餌となる植物プランクトンの摂餌量が増加したことにより生じた可能性が考えられた。このことから、放流濃度を高めてもアサリ等の二枚貝が増加すれば赤潮には至らないと考えられ、本社会実験の目的にある“水質の保全”と“豊かな海”の両立の可能性が示唆された。今後も引き続き、数値シミュレーションを含めた効果の検証を進める必要がある。

#### 5 漁業の状況(参考)

ノリ及びアサリにおける直近の漁業の状況について報告する。図19に知多湾にノリ漁場を持つ漁協において、2022年度と過去5か年平均における良質なノリ(ノリの平均単価10円以上)が出荷された時期を示した。ノリ生産の一般的な傾向として、漁期の後半に栄養塩不足による色落ちが発生して生産が終了する。2022年度は過去5か年平均と比較して、いずれの漁協においても良質なノリが出荷された期間が長かった。特に矢作川浄化センターに近い西尾・味沢、一色、衣崎については4月中旬まで良質なノリが出荷された。

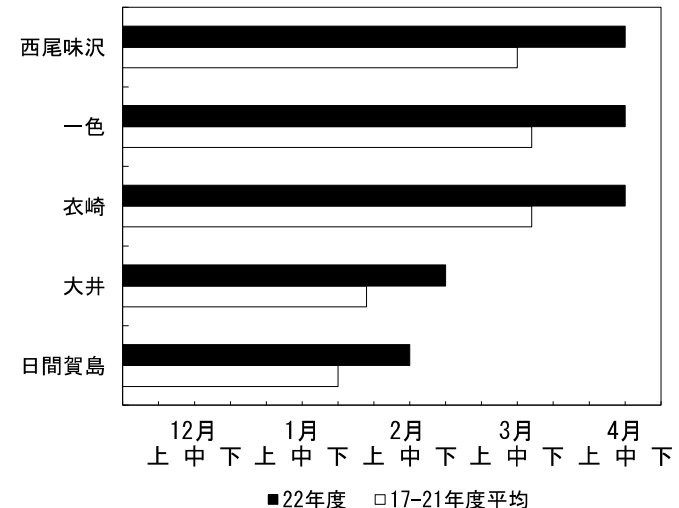


図 19 知多湾漁場において良質なノリが出荷された時期

図 20 には一色干潟におけるアサリ漁業の漁法別操業データから得られた 1 日 1 隻あたりの漁獲量 (CPUE: kg/隻日) の近年の推移を示した。底びき網、腰まんがともに 2020 年までは CPUE が極めて低く推移したが、9 月から試験運転を実施して最初の漁期にあたる 2021 年以降、CPUE は増加して、過去の水準にまでは至らないものの一定水準で推移している。このように、社会実験を実施した矢作川地区周辺海域におけるノリ及びアサリの直近の漁業の状況は比較的好調であった。

※腰まんが：漁業者が海に入り、「まんが」と呼ぶ鉄製の枠にたくさんの鉄爪とカゴが付いた漁具を腰につないで、鉄爪を砂に潜らせながら人力で引いて、アサリを獲る漁法

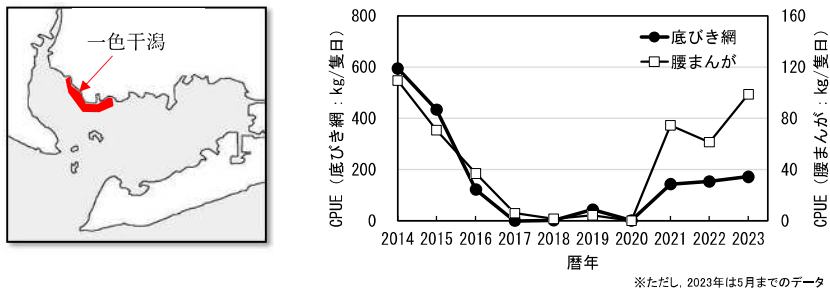


図 20 一色干潟における底びき網及び腰まんがの 1 日 1 隻あたりアサリ漁獲量 (CPUE) の推移

#### 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, 洲上哲 (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.