

## 北灘湾における水産養殖場調査について

紺田明宏 村上友弥 黒瀬陽平 大森智史 相田健太郎\*<sup>1</sup> 曾我部洋 青木紀子 四宮博人

Keywords : nutrient salts, water quality, bottom sediment

水産養殖場による環境影響等の実態等を経年的に把握することを目的に、北灘湾において実施した平成9年度から令和6年度まで水質及び底質の調査結果をとりまとめた。

その結果、海底への有機汚濁物質の蓄積による水質及び底質への影響が示唆された一方で、水質規制対策の効果も確認された。海面養殖業による水質環境の悪化防止、持続可能な水産養殖業の確立のため、公共用水域調査を通じて引き続き栄養塩類等の水質環境の変化を把握していくことが重要である。

### はじめに

愛媛県が面する宇和海では養殖漁業が盛んであり、令和5年における本県の海面養殖業産出額は、約849億円で全国第1位である<sup>1)</sup>。一方、マダイやブリなどの魚類養殖では、与えた餌の残渣や排せつ物が海中に溶存、沈降することで漁場環境中に放出されることにより、水質環境への影響が懸念されている。

養殖餌に含まれる窒素やりんは、栄養塩類として魚類の成長に必要であるが、過剰な給餌は富栄養化を招くなど水質環境への影響がある<sup>2)</sup>ことから、本県では、昭和55年から瀬戸内海環境保全特別措置法に基づく削減指導方針を作成し、現状非悪化に取り組んできた。また、平成5年に全窒素及び全りんに係る環境基準が海域について設定されるとともに、閉鎖性海域への流入水に排水基準が適用<sup>3)</sup>されたことから、県は、平成9年に水質環境基準の類型指定を行い、基準の達成状況を確認するため公共用水域水質測定計画<sup>4)</sup>に基づき調査を行ってきた。さらに、平成13年には窒素含有量及びりん含有量が水質総量規制の対象物質に追加<sup>5)</sup>され、総量削減計画<sup>6)</sup>に基づき汚濁負荷削減のための施策を展開してきた。本県では、水産養殖業に起因する窒素、りんの汚濁負荷量が県全体の半分程度と非常に高い割合を占める<sup>7)</sup>ことから、持続的養殖生産確保法等に基づき、給餌量の制限や汚濁負荷の少ない飼餌料の使用の促進を図るとともに、過

密養殖とならないよう養殖施設の適正配置を行うなど、養殖漁場の適正利用を推進している<sup>6)</sup>が、赤潮による漁業被害は依然として発生している<sup>8)</sup>。

このような経緯の中、海面養殖業による水質環境の悪化防止、持続可能な水産養殖業の確立のための基礎資料として、水産養殖場による環境影響等の実態及び県が策定した削減指導方針等の効果を経年的に把握することを目的に、三瓶湾及び北灘湾において水質環境等の実態調査を昭和52年度から開始し、平成18年度からは調査地点を北灘湾1地点として実施し、令和6年度の調査を最後に終了した<sup>9)</sup>。

今回報告対象とした北灘湾は、宇和島市津島町に位置し、マダイや真珠貝養殖が盛んである。湾の入り口が狭く、リアス海岸であることから海水が滞留しやすい閉鎖的な海域である。東側からは岩松川の流入があり、淡水の影響も受ける。また、急潮と底入り潮<sup>10,11)</sup>という外洋系水の影響を受けることから栄養塩類等の挙動は特徴的である。

今回、結果を把握することができた平成9年度から令和6年度までの調査結果をとりまとめ、本県が実施している公共用水域調査結果及び環境省が実施している瀬戸内海環境情報基本調査の結果と比較、解析し若干の知見を得たので報告する。

### 方法

#### 1 調査対象

水産養殖場における水質環境等の実態調査を実施した水質、底質、養殖餌のうち、水質及び底質につ

愛媛県立衛生環境研究所 東温市見奈良1545番地4

\*1 松山市環境指導課(松山市二番町4丁目7-2)

いて解析を行った。

## 2 調査地点

愛媛県宇和島市津島町に面する北灘湾(地点名K1~K3)の3地点(図1)で実施した。採水は、表層(水深0.5m)及び下層(水深25m(平成9年度~平成18年度)又は底上1m(平成19年度~令和6年度))の2層で実施した。

## 3 採水・採泥方法

表層水はバケツ, 下層水はバンドーン採水器を用いて採水し, 底質はエクマンバージ型採泥器を用いて採泥した。

## 4 調査期間

平成9年度から令和6年度までの夏季(8月下旬~9月下旬)に各1日実施した。

## 5 分析項目

水質, 底質ともに, 化学的酸素要求量(以下「COD」という.), 全窒素(以下「T-N」という.), 全りん(以下「T-P」という.)の3項目を分析した。水質については, 水温, 水素イオン濃度(以下「pH」という.), 溶存酸素量(以下「DO」という.)の3項目も測定した。

## 6 分析方法

水質汚濁に係る環境基準について(昭和46年環境庁告示第59号)及び底質調査方法(平成24年8月環境省水・大気環境局)に基づき分析した。

## 7 解析方法

K1~K3の3地点の平均値から, Mann-Kendall検定により, 長期変化傾向の有無を判断した(有意水準: 0.05)。

公共用水域の調査地点は図1に示す2地点(631-24, 631-25)であり, 各項目の値は2地点で夏季に実施された表層の分析結果の平均値である。



地理院地図を加工して作成

なお, 下層水の採取水深が途中で変更されているが, 当該地点の水深は30m程度であることからその影響はほとんどないものとして解析を実施した。

## 結果及び考察

### 1 水質の経年変化

#### (1) 水温

表層の水温が平均して約 3°C 下層より高く, 表層及び下層で有意な傾向はみられなかった。公共用水域調査結果は有意な上昇傾向が認められ, 10 年あたりでみると, 約 1.1°C 上昇していた。既報<sup>12)</sup>と比較すると, 上昇幅は大きい。他の季節の公共用水域調査結果をみると, 夏季が最も強い上昇傾向を示すことがわかった。

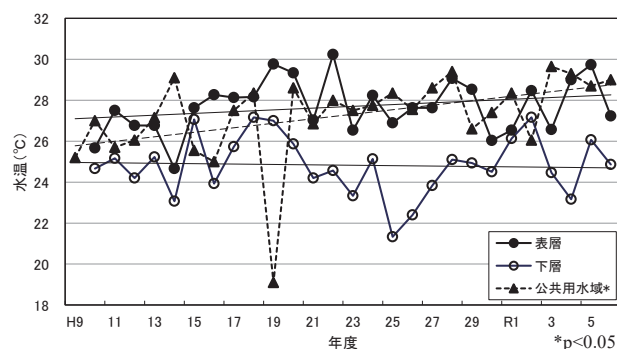


図2 水温の推移

#### (2) pH

下層のpHが表層より低く, 有機物の分解に伴う二酸化炭素生成によることを示すとともに, 有意な減少傾向が認められ, 10 年あたりでみると, 約 0.06 程度低下しており, 下層の酸性化が示唆された。水産用水基準<sup>13)</sup>では, 海域のpHは, 7.8 から 8.4 と規定されており, ほとんどの期間で満足していた。

表層と公共用水域調査結果は異なる傾向を示した。



海洋状況表示システムを加工して作成

図1 調査地点

表層水は河川水の影響を受けやすく、公共用水域調査地点は一部がより岩松川河口に近いことや、平成9年度から平成16年度までの公共用水域調査は7月の実施であったことなど、地理的・時期的要因が推察された。

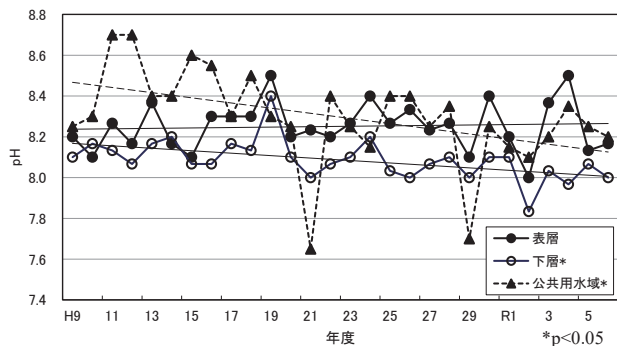


図3 pHの推移

### (3) COD

概ね表層が下層より高くなっており、内部生産と夏季の成層化の影響と考えられた。下層では有意な上昇傾向が認められ、海底への有機汚濁の蓄積が考えられた。

公共用水域調査結果はpHと同様の要因で表層と異なる傾向を示したと考えられた。

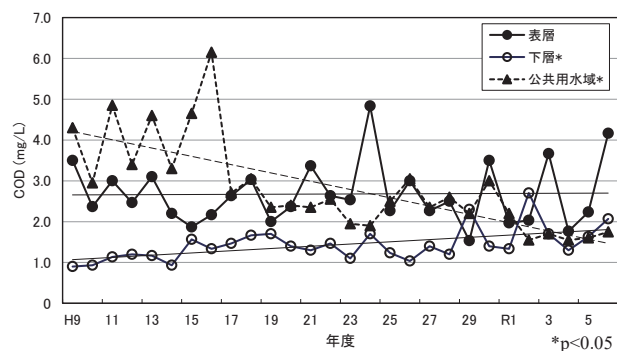


図4 CODの推移

### (4) DO

表層及び下層で有意な上昇傾向が認められ、有機汚濁負荷の減少に伴う微生物による酸素消費量の低下が一因として考えられた<sup>12)</sup>が、CODに有意な低下傾向は認められず、様々な要因が複合的に関係しているものと推察された。水産用水基準では、海域のDOは、一般で6 mg/L以上、内湾の夏季底層で4.3 mg/L以上と規定されており、ほとんどの期間で満足していた。

公共用水域調査結果はpH、CODと同様に表層と異なる傾向を示した。

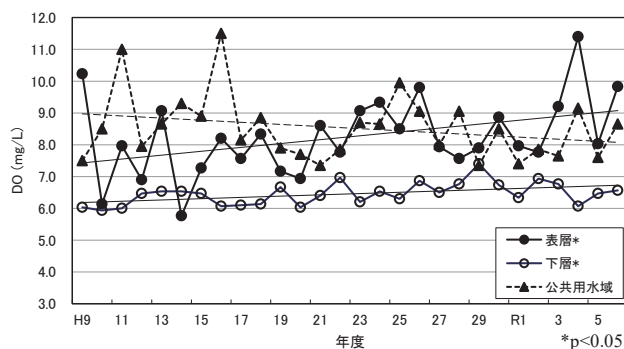


図5 DOの推移

### (5) T-N

表層では有意な減少傾向が認められ、水質総量規制等による汚濁負荷削減対策による減少と考えられた。水産用水基準では、海域のT-Nは、水産1種で0.3 mg/L以下と規定されており、調査期間を前後半に分けると、後半の方が多く基準を満たしている。

公共用水域調査結果は表層と同様に有意な減少傾向を示した。

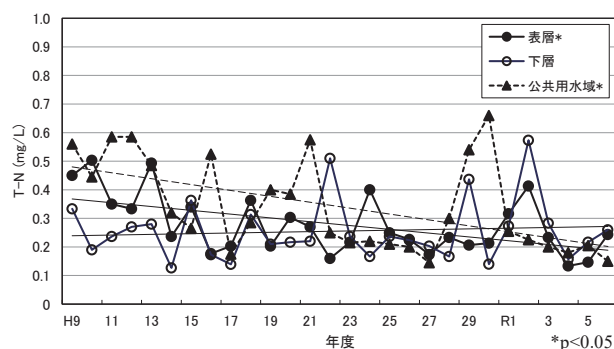


図6 T-Nの推移

### (6) T-P

表層では有意な減少傾向が認められ、T-Nと同様、水質総量規制等による汚濁負荷削減対策による減少と考えられた。水産用水基準では、海域のT-Pは、水産1種で0.03 mg/L以下と規定されており、調査期間を前後半に分けると、後半の方が多く基準を満たしている。

公共用水域調査結果は表層と同様に有意な減少傾向を示した。

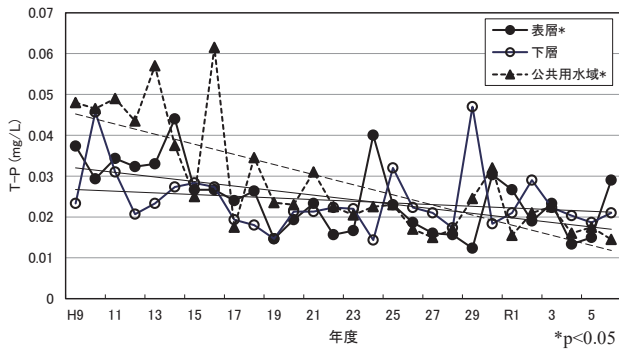


図7 T-Pの推移

## 2 底質の経年変化

各項目の分析は令和3年度までは当所で実施、令和4年度から外部委託により実施している。CODの分析は、試料の採取量によって分析値が大きく変動するなど反応条件により分析値が変動することや、反応条件を同じにした場合でも一定した分析値が得にくい試料もある<sup>14,15</sup>こと等から令和4年度以降の結果を今回の解析対象から除外した。

### (1) COD

地点K1・K2に比べて地点K3は低い値を示した。これは地点K1・K2が魚類養殖場付近であるのに対して、地点K3は真珠養殖場付近であること及び地点K3は湾口に近いたことが要因と考えられた。3地点の平均値に有意な傾向は見られなかった。

また、環境省が実施している瀬戸内海環境情報基本調査<sup>16</sup>の結果によると、湾外の最も近い地点Bu-6(図1)で第3回(平成13~16年度)12 mg/g, 第4回(平成27~29年度)14 mg/gであり、養殖場調査における当該期間(平成13~29年度)の平均値は16 mg/gであった。

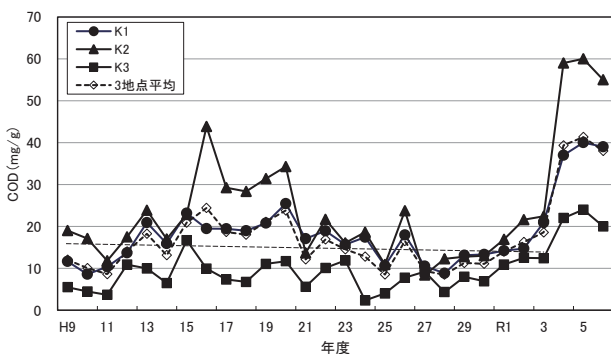


図8 底質CODの推移

### (2) T-N

CODと同様に地点K1・K2に比べて地点K3は低い値を示した。3地点の平均値に有意な傾向は見られなかった。

また、瀬戸内海環境情報基本調査の結果によると、

地点Bu-6で第3回1.7 mg/g, 第4回1.5 mg/gであり、養殖場調査における当該期間の平均値は2.1 mg/gであった。

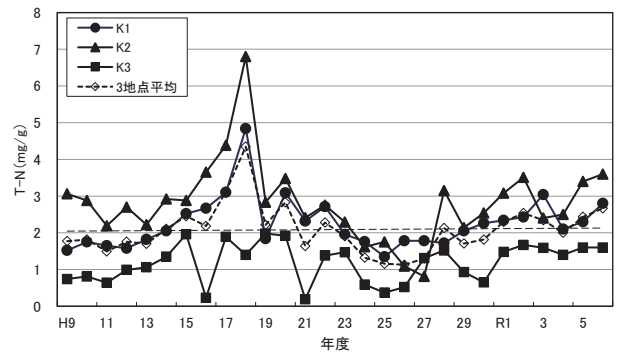


図9 底質T-Nの推移

### (3) T-P

COD, T-Nと同様に地点K1・K2に比べて地点K3は低い値を示した。3地点の平均値に有意な増加傾向が認められ、養殖による底質への負荷が示唆された。

また、瀬戸内海環境情報基本調査の結果によると、地点Bu-6で第3回0.53 mg/g, 第4回0.75 mg/gであり、養殖場調査における当該期間の平均値は1.7 mg/gであり、他項目と比較して負荷が顕著にみられた。

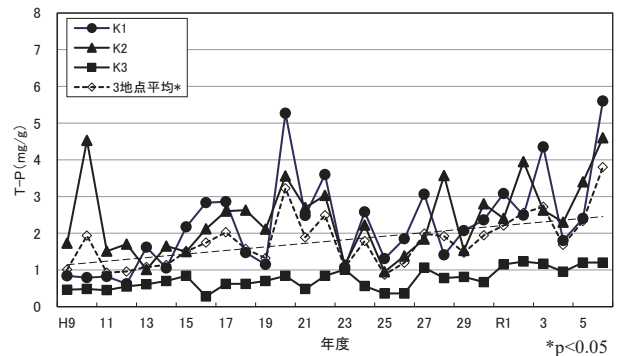


図10 底質T-Pの推移

## 3 今後の調査展望

これまでの汚濁負荷削減等の取組により、瀬戸内海の水質は一定程度改善したが、一部の海域では、栄養塩類の減少を一因とするノリの色落ち等水産資源への影響が生じていることから、令和3年の瀬戸内海環境保全特別措置法の改正により、これまでの排水規制から水質管理に転換され、栄養塩類管理制度が創設された<sup>17</sup>。本県でも、令和7年10月に愛媛県栄養塩類管理計画<sup>18</sup>を策定し、栄養塩類増加措置を計画的に実施することとしている。北灘湾をはじめとする養殖漁業が盛んな宇和海は、赤潮等の懸念から同計画の対象海域ではなく、現状では栄養塩類の供給は必要ないと考えられるが、今後も公共用水域調査を通じて栄養塩類をはじめとする水質環境の変化を監視し、

知見を蓄積する必要がある。

## まとめ

平成9年度から令和6年度まで実施した北灘湾における水産養殖場調査の結果と近傍地点における公共用水域調査結果について解析を行い、次の知見を得た。

- 1 水産養殖場の下層pHに有意な減少傾向、下層CODに有意な上昇傾向がみられ、海底への有機汚濁の蓄積が示唆された。
- 2 pH及びDOはほとんどの期間で水産用水基準を満足していたのに対して、T-N、T-Pは超過の割合が高かったが、汚濁負荷対策による基準超過の改善がみられた。
- 3 底質はT-Pで有意な増加傾向がみられるなど、養殖による底質への負荷が示唆された。
- 4 今後も公共用水域調査を通じて栄養塩類をはじめとする水質環境の変化を監視し、知見を蓄積する必要がある。

## 謝辞

本調査の実施にあたりご協力いただきました愛媛県環境・ゼロカーボン推進課、宇和島保健所環境保全課をはじめ関係者の皆様に感謝申し上げます。

## 文献

- 6) 農林水産省:令和5年漁業産出額  
[https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/gyogyou\\_seigaku/index.html](https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/gyogyou_seigaku/index.html)
- 7) 出村雅晴:農林中金総合研究所 調査と情報, 217, 4-8(2005)
- 8) 環境省:平成5年8月27日環境庁告示第65号
- 9) 愛媛県:公共用水域及び地下水の水質測定計画・結果  
<https://www.pref.ehime.jp/page/60037.html>
- 10) 環境省:第5次総量規制  
<https://www.env.go.jp/water/heisa/5kisei.html>
- 11) 愛媛県:総量削減計画  
<https://www.pref.ehime.jp/page/63231.html>
- 12) 環境省:中央環境審議会水環境部会 瀬戸内海環境保全小委員会(第12回)  
<https://www.env.go.jp/council/09water/y0915-12b.html>
- 13) 農林水産省:瀬戸内海の赤潮  
<https://www.jfa.maff.go.jp/setouti/akasio/>
- 14) 水質環境科:愛媛県立衛生環境研究所年報, 7, 100-105(2004)
- 15) 武岡英隆:豊後水道の急潮と底入り潮, 沿岸海洋研究, (2020)
- 16) 宇和海海況情報サービス:豊後水道・宇和海の急潮・底入り潮と宇和海水産業への影響  
<https://akashio.jp/explain.html>
- 17) 井上誠也ほか:愛媛県立衛生環境研究所年報, 23, 27-34(2020)
- 18) (公社)日本水産資源保護協会:水産用水基準(2018)
- 19) 環境省:底質調査方法  
<https://www.env.go.jp/water/teishitsu-chousa/>
- 20) 亀岡貫太郎ほか:愛媛県環境保全センター所報, 2, 54-56(1979)
- 21) せとうちネット:底質汚濁の状況  
[https://www.env.go.jp/water/heisa/heisa\\_net/setouchiNet/seto/g2/g2cat01/teishitsuodaku/index.html](https://www.env.go.jp/water/heisa/heisa_net/setouchiNet/seto/g2/g2cat01/teishitsuodaku/index.html)
- 22) 環境省:瀬戸内海環境保全特別措置法の一部を改正する法律について  
[https://www.env.go.jp/water/heisa/setonaikai\\_law\\_rev.html](https://www.env.go.jp/water/heisa/setonaikai_law_rev.html)
- 23) 愛媛県:愛媛県栄養塩類管理計画の策定について  
<https://www.pref.ehime.jp/page/124478.html>

## Survey of Aquaculture Farms in Kitanada Bay

Akihiro KONDA, Tomoya MURAKAMI, Youhei KUROSE, Satoshi OOMORI,  
Kentarou SOUDA, Hiroshi SOGABE, Noriko AOKI, Hiroto SHINOMIYA

This report summarizes the results of water quality and bottom sediment surveys conducted from fiscal year 1997 to fiscal year 2024 in Kitanada Bay. The survey was aimed at monitoring the environmental impacts of aquaculture farms over time.

As a result, the accumulation of organic pollutants on the seafloor was found to affect both water quality and bottom sediment, while the effectiveness of water quality regulations was also confirmed. In order to prevent water quality deterioration caused by marine aquaculture and establish sustainable aquaculture practices, it is crucial to continue monitoring changes in water quality environment, particularly nutrient salts and other environmental factors through surveys of public water bodies.