

## ノート

# 近年の気仙沼湾の養殖漁場環境

柴久喜 光郎<sup>\*1</sup>・田邊 徹<sup>\*1</sup>・小野寺 淳一<sup>\*1</sup>・長田 知大<sup>\*2</sup>  
金澤 未来<sup>\*3</sup>・鈴木 矩晃<sup>\*1</sup>・遊佐 和洋<sup>\*1</sup>・上野 あゆみ<sup>\*1</sup>・田代 義和<sup>\*1</sup>

## Recent changes in the aquaculture environment in Kesenuma Bay

Mitsuro SHIBAKUKI<sup>\*1</sup>, Toru TANABE<sup>\*1</sup>, Junichi ONODERA<sup>\*1</sup>, Tomohiro NAGATA<sup>\*2</sup>

Miku KANAZAWA<sup>\*3</sup>, Noriaki SUZUKI<sup>\*1</sup>, Kazuhiro YUSA<sup>\*1</sup>, Ayumi UENO<sup>\*1</sup>, Yoshikazu TASHIRO<sup>\*1</sup>

キーワード：親潮、海水温上昇、栄養塩、短期トレンド

気象庁発表の「海面水温の長期変化傾向（令和7年3月5日）」

（[https://www.data.jma.go.jp/kaiyou/data/shindan/a\\_1/japan\\_warm/cfig/warm\\_area.html?area=K#title](https://www.data.jma.go.jp/kaiyou/data/shindan/a_1/japan_warm/cfig/warm_area.html?area=K#title), 2025年11月13日）によると、三陸沖の年間平均海面水温は昇温傾向にあり、特に2023年及び2024年の年間平均海面水温は、平年値と比べ、それぞれ+3.7°C、+4°Cとなった。この要因について、気象庁や東北大学・海洋研究開発機構等は、2022年秋以降、黒潮続流が異常なまでに三陸沖へ北上し、南方の高温水の流入によるものであると報告している<sup>1)</sup>。このように三陸沖の海洋環境が劇的に変化した状況下において、本報告では、宮城県水産技術総合センター気仙沼水産試験場（以下、気仙沼水産試験場と記載）が2013年1月から2024年12月まで気仙沼湾で実施した漁場水質調査データを解析し漁場環境の推移及びトレンドを記録として残すことが必要と考え、春季の親潮及び各調査項目等の推移、栄養塩と水温の相関関係、各調査項目の短期トレンドを解析したので報告する。

## 材料と方法

### 1 使用したデータ

#### 1) 漁場水質データ

気仙沼水産試験場が月に1回の頻度で行った水質調査結果のうち、欠測が少ない2013年1月から2024年12月ま

での12年分（144ヵ月分）の連続したデータで、気仙沼湾の湾口部の岩井崎、湾奥部の松岩の合計2点（図1）における水深0m・1m・2.5m・5m・10m及び海底直上1m（以下、B-1m層と記載）のものである。

解析対象データは、水温、塩分、三態窒素（以下、DINと記載）及びリン酸態リン（以下、DIPと記載）の値とした。水温と塩分は直読式水温塩分計（JFE ADVANTEC, ACTD-RS）、試水は、0m層は採水バケツ、他の層は北原式採水器を用いて採水し、栄養塩濃度の分析に供した。栄養塩濃度は、オートアナライザー（BL-TECH, QuAAtro2- HR）を用いて硝酸態窒素（NO<sub>3</sub>-N）・亜硝酸態窒素（NO<sub>2</sub>-N）・アンモニア態窒素（NH<sub>4</sub>-N）・リン酸態リン（PO<sub>4</sub>-P）の分析を行った。

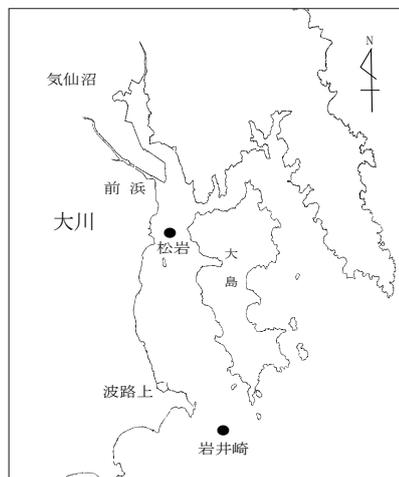


図1 気仙沼湾の調査点（図中の●）

<sup>\*1</sup>水産技術総合センター気仙沼水産試験場, <sup>\*2</sup>水産業基盤整備課, <sup>\*3</sup>東部地方振興事務所水産漁港部

## 2) 欠測値及び検出限界値の取り扱いについて

2019年6月の岩井崎0m層のDIN及びDIPの欠測値は、同年5月と7月のデータの平均値で補完した。

2019年12月の松岩10m層及びB-1m層の水溫と塩分の欠測値は、同年11月と翌年1月のデータの平均値で補完した。栄養塩の分析データについて、 $0.1\mu\text{g/L}$ 未満の検出限界値は $0\mu\text{g/L}$ として扱った。

## 3) 気象庁のデータ

親潮の推移を検討するため、親潮の春季の平均南端位置

([https://www.data.jma.go.jp/kaiyou/data/shindan/b\\_2/oyashio\\_exp/mar2may\\_southedge.txt](https://www.data.jma.go.jp/kaiyou/data/shindan/b_2/oyashio_exp/mar2may_southedge.txt), 2025年11月13日) (深さ100mの水溫が $5^{\circ}\text{C}$ 以下の南限。以下、春季親潮南限緯度と記載) 及び年別の春季親潮の平均面積の値 ([https://www.data.jma.go.jp/kaiyou/data/shindan/b\\_2/oyashio\\_exp/mar2may\\_area.txt](https://www.data.jma.go.jp/kaiyou/data/shindan/b_2/oyashio_exp/mar2may_area.txt), 2026年2月10日) (3月から5月までの水深100mで水溫が $5^{\circ}\text{C}$ 以下の領域。以下、春季親潮面積と記載) を使用した。また、調査点別・水深別の塩分データと比較・検討するため、2013年1月から2024年12月までの気仙沼観測所(気仙沼市古町)における年別月別の合計降水量(以下、降水量と記載)のデータ

(<https://www.data.jma.go.jp/risk/obsdl/index.php>, 2025年11月13日) を使用した。

## 2 解析の方法

### 1) 調査項目等の推移

親潮及び降水量に関しては気象庁発表のデータを気仙沼湾の水質は観測結果を時系列で整理した。

### 2) データ間の相関関係の分析

親潮関係の相関はCORREL関数で、栄養塩と水溫の相関関係はノンパラメトリック手法であるKendallの順位相関係数で分析した。

### 3) 短期トレンドの分析

水溫、塩分、DIN及びDIPの時系列データのトレンドについては、ノンパラメトリック検定法で、外れ値の影響を受けにくいとされているMann-Kendall検定法で分析した。

## 3 解析ソフト

Microsoft Excel及びR-4.5.1を使用した<sup>2)</sup>。

なお、各解析結果の有意水準は $P < 0.05$ とした。

## 結果と考察

### 1 調査期間中の親潮と気仙沼湾の水溫・塩分・栄養塩の推移

#### 1) 親潮の推移

小川<sup>3)</sup>、永木<sup>4)</sup>、佐伯<sup>5)</sup>らの既往の知見によると、気仙沼湾は親潮の動向が大きな影響を持つ海域に属する。また、澤田・早川<sup>6)</sup>は、越喜来湾における栄養塩の季節変化と経年変化から、親潮系水の影響による底層からの栄養塩供給は、三陸沿岸水の底層に周年にわたって高濃度の栄養塩が存在する可能性を示唆した。

気象庁の2013年から2024年までの春季(3~5月)の親潮南限緯度と親潮面積の推移を図2に、両者の相関関係を図3に示す。

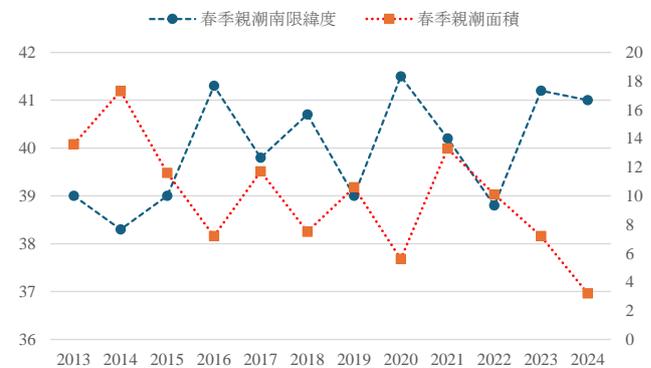


図2 春季親潮南限緯度と春季親潮面積の推移

親潮南限緯度について、2013年以降の12年間で北緯 $39^{\circ}$ 度を超えて気仙沼湾(北緯 $38.8^{\circ}$ 度)に達したのは2014年(北緯 $38.3^{\circ}$ 度)と2022年(北緯 $38.8^{\circ}$ 度)の2回だけで、他の年は北緯 $39^{\circ}$ ~ $41.5^{\circ}$ 度の範囲にあり、2020年は北緯 $41.5^{\circ}$ 度と最北に位置した。また、2023年は北緯 $41.2^{\circ}$ 度、2024年は北緯 $41^{\circ}$ 度と2年連続して北側に留まった。春季親潮面積は2020年が $56,000\text{ km}^2$ 、2023年が $72,000\text{ km}^2$ 、2024年が $30,000\text{ km}^2$ で、2013年以降においては、それぞれ2番目、3番目、1番目に小さい値となった。



図3 春季親潮南限緯度と春季親潮面積の相関図

2013～2024年の期間において、両者の間には、傾きが-0.2358、決定係数が0.6636と、中程度の負の相関が見て取れる。また、春季親潮南限緯度が北緯40.5度以北にある時、春季親潮面積は100,000 km<sup>2</sup>未満となっている等、春季親潮面積は漁場環境を評価する上で指標の一つに値すると思われる。

2) 水温の推移

水温(図4)は、湾口部の岩井崎が4.0～25.2℃で推移し、最小値は2014年4月の水深B-1mで、最大値は2023年9月の水深0mと1mで観測された。湾奥部の松岩は4.5～27℃で推移し、最小値は2015年3月の水深B-1mで、最大値は2024年8月の水深0mで観測された。2023年の1月以降の推移に注目すると、両調査点で最低水温が上昇傾向にあることが伺える。表1は各年の1～5月の水温(6サンプル×5ヵ月)について、10℃未満の観測値の割合を示したものである。例年、この期間の気仙沼湾は、寒気と親潮の南下の影響で、年間で最も水温が低い時期にあたる。10℃未満の水温観測値は2013～2023年まで47～93%で推移していたが、2024年は両調査点でその割合が10%まで極端に減少した。これは、低水温期において海水温が低下しなかったことを示唆している。

表1 各年1月～5月の水温10℃未満の観測値の割合

| 調査点：岩井崎 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 年       | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
| サンプル数   | 30   | 30   | 30   | 30   | 30   | 30   | 30   | 30   | 30   | 30   | 30   | 30   |
| うち10℃未満 | 26   | 21   | 24   | 24   | 24   | 17   | 19   | 18   | 20   | 25   | 17   | 3    |
| 割合      | 87%  | 70%  | 80%  | 80%  | 80%  | 57%  | 63%  | 60%  | 67%  | 83%  | 57%  | 10%  |

| 調査点：松岩  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 年       | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
| サンプル数   | 30   | 30   | 30   | 30   | 30   | 30   | 30   | 30   | 30   | 30   | 30   | 30   |
| うち10℃未満 | 24   | 27   | 25   | 21   | 23   | 21   | 22   | 24   | 22   | 28   | 14   | 3    |
| 割合      | 80%  | 90%  | 83%  | 70%  | 77%  | 70%  | 73%  | 80%  | 73%  | 93%  | 47%  | 10%  |

3) 塩分の推移

塩分(図5)は湾口部の岩井崎で27.64～34.79PSUで推移し、最小値は2016年8月の水深0mで、最大値は2017年12月の水深5mで観測された。2017年12月は、他の水深でも34.71～34.75PSUの範囲にあり、最も高い値が観測された。湾奥部の松岩は20.46～35.01 PSUで推移し、最小値は2013年7月の水深0mで、最大値は2017年1月の水深2.5mで観測された。

気仙沼観測所の年別月別の合計降水量の推移を図6に示した。図5の水深0mの塩分は、概ね降水量に応じて変化した。特に松岩の水深0mの急激な塩分低下は、北側に大川の河口があるため、河川からの淡水流入が大きく影響したと思われる。

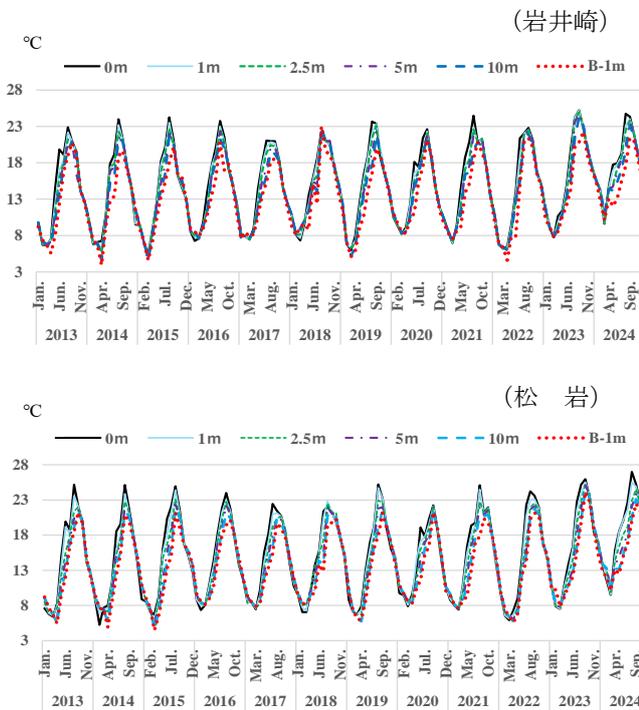


図4 岩井崎及び松岩の水温の推移

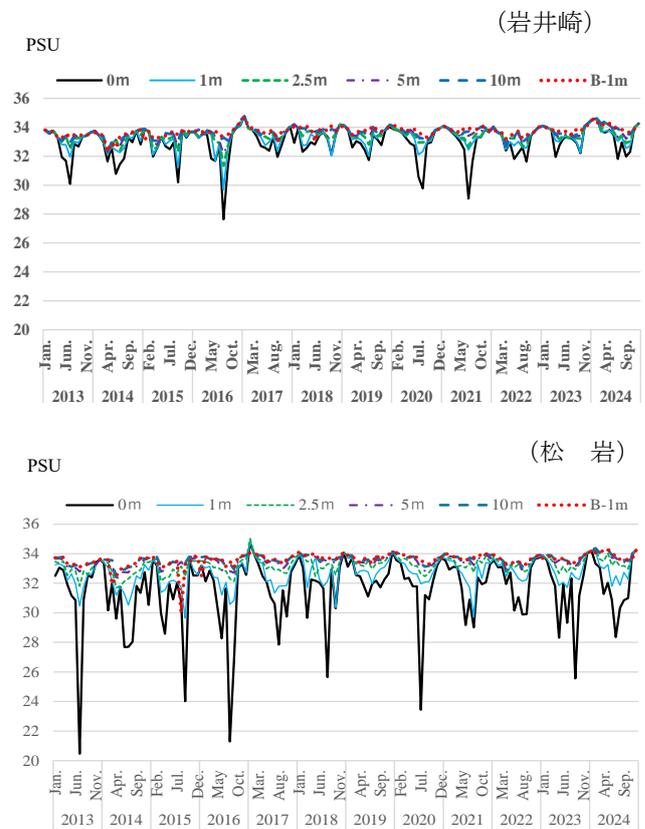


図5 岩井崎及び松岩の塩分の推移

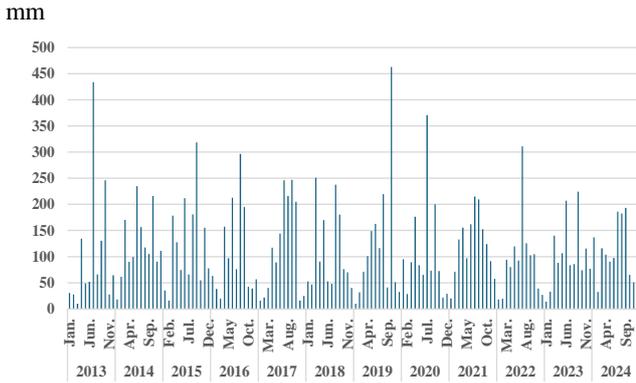


図6 気仙沼観測所の年別月別の合計降水量の推移

水温と同様に表2は各年の1～5月の塩分（6サンプル×5ヵ月）について、34PSU未満の観測値の割合を示したものである。2013～2023年までは73～100%で推移していたが、2024年は岩井崎が23%、松岩が30%までその割合が減少し、34PSU台のサンプルが70%以上を占めた。例年、この期間の気仙沼湾の塩分は、概ね31～33PSU台で推移し、親潮系水及び津軽暖流水の塩分値の範囲に収まることから、2024年1月～5月の気仙沼湾は高塩分の海水に占められていたと思われる。

表2 各年1月～5月の塩分34PSU未満の観測値の割合

| 調査点：岩井崎 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 年       | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
| サンプル数   | 30   | 30   | 30   | 30   | 30   | 30   | 30   | 30   | 30   | 30   | 30   | 30   |
| うち34未満  | 30   | 30   | 30   | 30   | 23   | 23   | 24   | 25   | 24   | 26   | 23   | 7    |
| 割合      | 100% | 100% | 100% | 100% | 77%  | 77%  | 80%  | 83%  | 80%  | 87%  | 77%  | 23%  |

| 調査点：松岩 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 年      | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
| サンプル数  | 30   | 30   | 30   | 30   | 30   | 30   | 30   | 30   | 30   | 30   | 30   | 30   |
| うち34未満 | 30   | 30   | 30   | 30   | 22   | 26   | 26   | 26   | 27   | 30   | 30   | 9    |
| 割合     | 100% | 100% | 100% | 100% | 73%  | 87%  | 87%  | 87%  | 90%  | 100% | 100% | 30%  |

#### 4) 栄養塩（DIP及びDIN）の推移

DIP（図7）は、湾口部の岩井崎で検出限界未満の0～68.7μg/Lの範囲で推移した。最大値は2015年5月の水深B-1mで観測された。調査期間中の水深B-1mの平均値は7.4μg/Lで、他の水深より1～2μg/L高かった。最小値の0μg/Lは全調査水深で複数回観測された。特に2024年8月と10月は、すべての調査水深のサンプルの値が検出限界未満の0μg/Lであった。また、同年の5～10月に採水した36サンプルのうち35サンプルが0～1μg/L未満の範囲にあった。他に、2013年の同期間は36サンプルのうち25サンプル、2020年の同期間は36サンプルのうち18サンプルが同じ範囲であった。

湾奥部の松岩は検出限界未満の0～73.5μg/Lの範囲で推移した。最大値は2017年10月の水深5mで観測された。

調査期間中の水深B-1mの平均値は7.4μg/Lで、他の水深より1～2μg/L高かった。最小値の0μg/Lは全調査水深で複数回観測された。湾口部の岩井崎と同様に2024年8月と10月は、12サンプルのうち11サンプルが検出限界未満の0μg/Lであった。また、同年の5～10月に採水した36サンプルのうち32サンプルが0～1μg/L未満の範囲にあった。他に2020年の同期間は36サンプルのうち10サンプル、2013年の同期間は36サンプルのうち8サンプルも同様である。

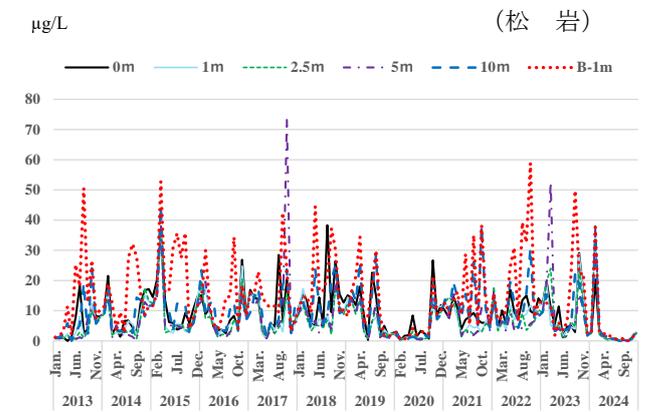
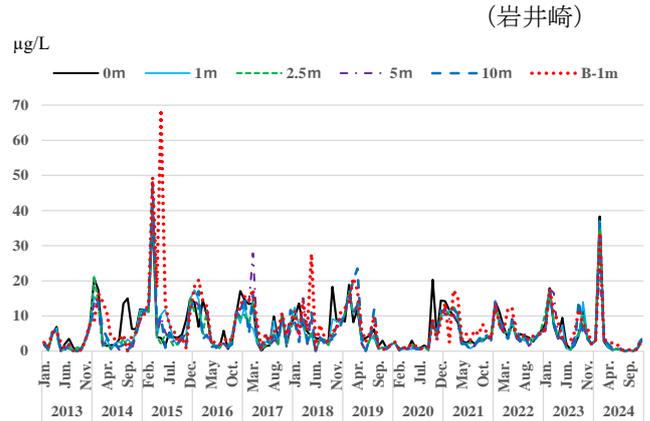


図7 岩井崎及び松岩のDIPの推移

DIN（図8）は、湾口部の岩井崎で検出限界未満の0～174.5μg/Lの範囲で推移した。最大値は2017年12月の水深0mで観測された。調査期間中の水深B-1mの平均値は44.7μg/Lで、他の水深より8～10μg/L高かった。最小値の0μg/Lは2024年8月に水深0m, 1m, 2.5m, 5mで観測された。同年の5～10月に採水した36サンプルのうち24サンプルが0～1μg/L未満の範囲にあった。同期間で1μg/L未満が観測されたのは、2020年が4サンプル、2013年が2サンプル、2023年が1サンプルである。

湾奥部の松岩は検出限界未満の0～354.6μg/Lの範囲で

推移した。最大値は2023年9月の水深0mで観測された。調査期間中の水深0mの平均値は62.2 $\mu\text{g/L}$ で、他の水深より2~27 $\mu\text{g/L}$ 高かった。最小値の0 $\mu\text{g/L}$ は2024年8月に水深0m, 1m, 5mで観測された。また、同年の5~10月に採水した36サンプルのうち20サンプルが0~1 $\mu\text{g/L}$ 未満の範囲にあった。同期間で1 $\mu\text{g/L}$ 未満の値が観測されたのは、2013年が2サンプル、2020年が1サンプルのみである。

ルで推移し、他の年と比べ長期に及んだ。この要因については、黒潮属流の流入はもちろん、春季親潮を考慮する必要がある。春季親潮南限緯度について、2023年から2024年にかけて2年連続して北緯41度以北に留まった。また、春季親潮面積は2024年が2013年以降で最も小さかった。これらのことは、沖合域から気仙沼湾等の本県沿岸域への栄養塩補給が少なかったことを示唆していると思われる。

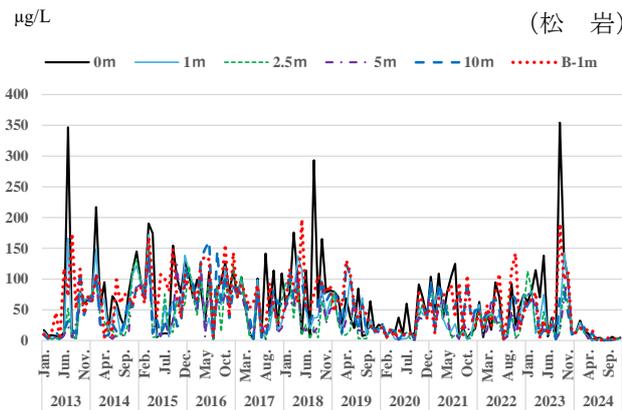
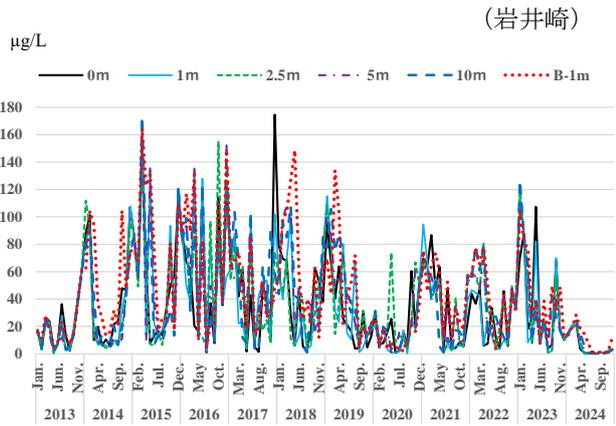


図8 岩井崎及び松岩のDINの推移

5) 気仙沼湾の漁場環境の推移のまとめ

湾口部の岩井崎及び湾奥部の松岩の水温・塩分の水深別の推移から、2024年1月から5月までの期間は、岩井崎及び松岩の水温が10 $^{\circ}\text{C}$ をほとんど下回っておらず、塩分は34PSU台で概ね推移するなど、気仙沼湾は高水温・高塩分の暖流系水に大部分を占められていたと推察される。この特異的な漁場環境は、2024年の春季親潮南限緯度が北緯41度付近に留まっていたなどの状況を考慮すると、南方からの黒潮属流の流入とその接岸によってもたらされたものと考えられる。

栄養塩について、2024年の5月から10月にかけて、岩井崎と松岩のDIP及びDINの値が0~1 $\mu\text{g/L}$ 未満の低いレベ

2 栄養塩 (DIP及びDIN) と水温の相関関係

次に、栄養塩と水温の関係を確かめるため、両者の相関の強弱をKendallの順位相関係数で解析し、表3と表4に調査点別に結果を示した。

DIPと水温(表3)について、湾口部の岩井崎は全調査水深で有意( $P < 0.001$ )な負の相関があった。 $\tau$ 値は-0.270~-0.326の範囲にあり、調査水深間で大きな差はなかった。湾奥部の松岩は、水深10mとB-1mを除き有意( $P < 0.01$ )な負の相関があった。B-1mは有意ではないものの、 $\tau$ 値は0.078と唯一正の値となった。

表3 DIPと水温の相関解析結果

調査点：岩井崎

| 水深    | $\tau$ 値 | p 値      | 有意水準 |
|-------|----------|----------|------|
| 0 m   | -0.270   | 1.7.E-06 | ***  |
| 1 m   | -0.296   | 1.6.E-07 | ***  |
| 2.5 m | -0.317   | 2.1.E-08 | ***  |
| 5 m   | -0.313   | 3.1.E-08 | ***  |
| 10 m  | -0.324   | 1.0.E-08 | ***  |
| B-1 m | -0.326   | 7.6.E-09 | ***  |

調査点：松岩

| 水深    | $\tau$ 値 | p 値      | 有意水準 |
|-------|----------|----------|------|
| 0 m   | -0.148   | 8.6.E-03 | **   |
| 1 m   | -0.176   | 1.7.E-03 | **   |
| 2.5 m | -0.194   | 6.0.E-04 | ***  |
| 5 m   | -0.175   | 2.0.E-03 | **   |
| 10 m  | -0.031   | 5.8.E-01 |      |
| B-1 m | 0.078    | 1.6.E-01 |      |

\*  $P < 0.05$ , \*\*  $P < 0.01$ , \*\*\*  $P < 0.001$

表4 DINと水温の相関解析結果

| 調査点：岩井崎 |          |          |      |
|---------|----------|----------|------|
| 水深      | $\tau$ 値 | p 値      | 有意水準 |
| 0 m     | -0.328   | 5.9.E-09 | ***  |
| 1 m     | -0.302   | 8.4.E-08 | ***  |
| 2.5 m   | -0.325   | 7.5.E-09 | ***  |
| 5 m     | -0.314   | 2.5.E-08 | ***  |
| 10 m    | -0.329   | 4.9.E-09 | ***  |
| B-1 m   | -0.308   | 4.4.E-08 | ***  |
| 調査点：松岩  |          |          |      |
| 水深      | $\tau$ 値 | p 値      | 有意水準 |
| 0 m     | -0.179   | 1.4.E-03 | **   |
| 1 m     | -0.249   | 9.6.E-06 | ***  |
| 2.5 m   | -0.244   | 1.5.E-05 | ***  |
| 5 m     | -0.187   | 9.2.E-04 | ***  |
| 10 m    | -0.098   | 8.1.E-02 |      |
| B-1 m   | -0.002   | 9.7.E-01 |      |

\*  $P < 0.05$ , \*\*  $P < 0.01$ , \*\*\*  $P < 0.001$

DINと水温（表4）について、岩井崎は全調査水深で有意 ( $P < 0.001$ ) な負の相関があった。 $\tau$  値は-0.302~-0.329の範囲にあり、調査水深間で大きな差はなかった。松岩は水深10mとB-1mを除き、有意 ( $P < 0.01$ ) な負の相関があった。

調査点別に整理すると、湾口部の岩井崎においては、全調査水深で水温とDIP及びDINとの間に有意 ( $P < 0.001$ ) な負の相関がみられた。湾奥部の松岩は、水深B-1及び10mを除き、水温とDIP及びDINとの間に有意 ( $P < 0.01$ ) な負の相関がみられた。しかし、水深B-1及び10mの $\tau$  値は-0.1~0.1の範囲にあり相関は弱い。これについては、日下<sup>7)</sup>らが報告しているとおり、松岩は河川水及び外洋水の流入と潮汐の影響を受けやすい地理的条件にあることや、底層のDOの低下による底土からのNH<sub>4</sub>-NおよびPO<sub>4</sub>-Pの溶出などが関係しているものと推測される。

### 3 調査期間中の気仙沼湾の水温・塩分・栄養塩の短期トレンド

Mann-Kendall検定法を用いて、2013から2024年までの各月別データから、短期トレンドを検証した。

#### 1) 水温の短期トレンド

岩井崎及び松岩の水温について、表5にそれぞれ水深別に解析結果を示した。岩井崎は、トレンドの指標となる $\tau$  値が0.131~0.145の範囲にあり、正の値を示すとともに、全水深で有意 ( $P < 0.05$ ) な上昇トレンドが認められた。松岩についても、 $\tau$  値が0.127~0.134の範囲にあり、岩井崎と同様に全水深で有意 ( $P < 0.05$ ) な上昇トレンドを示した。湾口及び湾奥部の両調査点でほぼ同じ解析結果が得られたことから、気仙沼湾の広範囲で昇温トレンドにあるものと思われる。

表5 水温の短期トレンド解析結果

| 調査点：岩井崎 |          |          |      |
|---------|----------|----------|------|
| 水深      | $\tau$ 値 | p 値      | 有意水準 |
| 0 m     | 0.131    | 2.0.E-02 | *    |
| 1 m     | 0.135    | 1.6.E-02 | *    |
| 2.5 m   | 0.135    | 1.7.E-02 | *    |
| 5 m     | 0.140    | 1.3.E-02 | *    |
| 10 m    | 0.145    | 1.0.E-02 | *    |
| B-1 m   | 0.136    | 1.6.E-02 | *    |
| 調査点：松岩  |          |          |      |
| 水深      | $\tau$ 値 | p 値      | 有意水準 |
| 0 m     | 0.128    | 2.3.E-02 | *    |
| 1 m     | 0.133    | 1.8.E-02 | *    |
| 2.5 m   | 0.127    | 2.4.E-02 | *    |
| 5 m     | 0.132    | 1.9.E-02 | *    |
| 10 m    | 0.128    | 2.3.E-02 | *    |
| B-1 m   | 0.134    | 1.7.E-02 | *    |

\*  $P < 0.05$ , \*\*  $P < 0.01$ , \*\*\*  $P < 0.001$

#### 2) 塩分の短期トレンド解析結果

岩井崎及び松岩の塩分について、表6にそれぞれ水深別に解析結果を示した。岩井崎は、トレンドの指標となる $\tau$  値が0.115~0.309の範囲にあり、全水深で有意 ( $P < 0.05$ ) な上昇トレンドが認められた。松岩については、 $\tau$  値が0.074~0.256の範囲にあり、水深0mを除いた調査水深で有意 ( $P < 0.05$ ) な上昇トレンドを示した。両

調査点ともに、調査水深が深くなるにつれて、 $\tau$  値は大きくなり、P値は小さくなる傾向が見られており、塩分変化の度合いは水深が深いほど大きかったものと推察される。

表6 塩分の短期トレンド解析結果

調査点：岩井崎

| 水深    | $\tau$ 値 | p 値      | 有意水準 |
|-------|----------|----------|------|
| 0 m   | 0.115    | 4.2.E-02 | *    |
| 1 m   | 0.126    | 2.6.E-02 | *    |
| 2.5 m | 0.147    | 9.4.E-03 | **   |
| 5 m   | 0.180    | 1.4.E-03 | **   |
| 10 m  | 0.222    | 8.2.E-05 | ***  |
| B-1 m | 0.309    | 2.2.E-16 | ***  |

調査点：松岩

| 水深    | $\tau$ 値 | p 値      | 有意水準 |
|-------|----------|----------|------|
| 0 m   | 0.074    | 1.9.E-01 |      |
| 1 m   | 0.153    | 6.6.E-03 | **   |
| 2.5 m | 0.220    | 9.7.E-05 | ***  |
| 5 m   | 0.229    | 4.9.E-05 | ***  |
| 10 m  | 0.240    | 2.2.E-05 | ***  |
| B-1 m | 0.256    | 6.0.E-06 | ***  |

\* P<0.05, \*\* P<0.01, \*\*\* P<0.001

### 3) DIPの短期トレンド解析結果

岩井崎及び松岩のDIPについて、表7にそれぞれ水深別に解析結果を示した。岩井崎は、トレンドの指標となる $\tau$  値が-0.018~-0.098の範囲にあり、全水深で負のトレンドが伺えたものの、有意 (P<0.05) ではなかった。松岩は、 $\tau$  値が-0.034~-0.150の範囲にあり、全水深で負のトレンドで、B-1mのみ有意 (P<0.05) な減少を示した。

### 4) DINの短期トレンド解析結果

岩井崎及び松岩のDINについて、表8にそれぞれ水深別に解析結果を示した。岩井崎は、トレンドの指標となる $\tau$  値が-0.113~-0.168の範囲にあり、全水深で有意 (P<0.05) な負のトレンドとなった。松岩についても、 $\tau$  値が-0.136~-0.238の範囲にあり、全水深で有意 (P<0.05) な負のトレンドが認められた。

表7 DIPの短期トレンド解析結果

調査点：岩井崎

| 水深    | $\tau$ 値 | p 値      | 有意水準 |
|-------|----------|----------|------|
| 0 m   | -0.098   | 8.2.E-02 |      |
| 1 m   | -0.049   | 3.9.E-01 |      |
| 2.5 m | -0.019   | 7.4.E-01 |      |
| 5 m   | -0.018   | 7.6.E-01 |      |
| 10 m  | -0.039   | 4.9.E-01 |      |
| B-1 m | -0.078   | 1.7.E-01 |      |

調査点：松岩

| 水深    | $\tau$ 値 | p 値      | 有意水準 |
|-------|----------|----------|------|
| 0 m   | -0.063   | 2.7.E-01 |      |
| 1 m   | -0.066   | 2.4.E-01 |      |
| 2.5 m | -0.038   | 5.0.E-01 |      |
| 5 m   | -0.034   | 5.5.E-01 |      |
| 10 m  | -0.057   | 3.2.E-01 |      |
| B-1 m | -0.150   | 7.7.E-03 | **   |

\* P<0.05, \*\* P<0.01, \*\*\* P<0.001

表8 DINの短期トレンド解析結果

調査点：岩井崎

| 水深    | $\tau$ 値 | p 値      | 有意水準 |
|-------|----------|----------|------|
| 0 m   | -0.168   | 2.8.E-03 | **   |
| 1 m   | -0.180   | 1.4.E-03 | **   |
| 2.5 m | -0.113   | 4.4.E-02 | *    |
| 5 m   | -0.146   | 9.3.E-03 | **   |
| 10 m  | -0.136   | 1.6.E-02 | *    |
| B-1 m | -0.163   | 3.7.E-03 | **   |

調査点：松岩

| 水深    | $\tau$ 値 | p 値      | 有意水準 |
|-------|----------|----------|------|
| 0 m   | -0.159   | 4.7.E-03 | **   |
| 1 m   | -0.208   | 2.2.E-04 | ***  |
| 2.5 m | -0.177   | 1.6.E-03 | **   |
| 5 m   | -0.160   | 4.6.E-03 | **   |
| 10 m  | -0.136   | 1.5.E-02 | *    |
| B-1 m | -0.238   | 2.4.E-05 | ***  |

\* P<0.05, \*\* P<0.01, \*\*\* P<0.001

## 5) 調査項目の短期トレンド解析結果のまとめ

各調査項目の短期トレンド解析結果から、気仙沼湾の養殖漁場環境は、水温・塩分が上昇傾向で、栄養塩類ではDIPは減少傾向が見られ、特にDINは全調査水深で有意に減少傾向にあった。このことは、気仙沼湾において、冷水性のホタテガイ・コンブ・ホヤの養殖が困難になりつつあること、適応水温帯が広いマガキやワカメ養殖においても生育の遅延や収量の減少が懸念されるなど、従来から営んできた無給餌型養殖の種類及び湾の生産性に適した養殖可能量の再考を迫るものである。

経営的に持続可能な養殖業を実現するためには、生産者を中心として、環境変化に応じた気仙沼湾の養殖漁場としての効率的な利用の在り方を早急に話し合うことが必須であるとともに、公的試験研究機関等は継続したモニタリング調査を実施し、漁場の生産性の評価について、常態的に生産者と情報交換することが重要であると思料される。

また、周知のとおり、気仙沼湾を含む広域にわたる三陸沿岸域の漁業・養殖業にとって、春季親潮の南下と広がり、水温の低下による漁場形成や栄養塩の供給源という点で極めて重要である。地球の温暖化に伴い、海水温が上昇傾向にあるからこそ、宮城県と岩手県との県境である北緯39度付近の沿岸域から沖合域までの調査船による定線観測調査、定地水温観測によるモニタリング等を強化・充実する必要がある。これよってもたらされる情報・成果は、本県漁業者及び水産関係者が将来に向けた経営戦略を描く上で欠かせぬ指標になるとともに、国等の研究機関による海況予測等の精度向上に資することを期待する。

## 要約

気象庁が発表した近年の親潮の推移及び気仙沼水産試験場が2013年1月から2024年12月まで気仙沼湾で実施した漁場水質調査の結果のうち、湾口部の岩井崎、湾奥部の松岩における各調査項目の推移を時系列で整理するとともに、栄養塩と水温の相関関係、各調査項目の短期トレンドを解析した。

### 1) 近年の親潮の推移

近年の親潮南限緯度の推移について、2023年は北緯41.2度、2024年は北緯41度と2年連続して気仙沼湾（北緯

38.8度）の北側に留まった。また、2024年の春季親潮面積は30,000 km<sup>2</sup>と見積もられ、2013年以降で最小となった。

### 2) 気仙沼湾の水温・塩分・栄養塩の推移

湾口部の岩井崎及び湾奥部の松岩の水温・塩分の水深別の推移から、2024年1月から5月までの期間は、高水温・高塩分の暖流水に大部分を占められており、気仙沼湾は、南方からの黒潮属流が流入し、かつ、接岸した状態にあったと考えられる。栄養塩の推移について、2024年5月～10月の岩井崎と松岩のDIP及びDINの値は、大部分の調査水深で0～1µg/L未満の低いレベルで推移した。このことは、近年の春季親潮緯度の北偏及び春季親潮面積の縮小によって、本県沿岸及び沖合域の栄養塩量の減少が懸念される結果となった。

### 3) 栄養塩と水温の相関関係

湾口部の岩井崎においては、全調査水深で水温とDIP及びDINとの間に有意 ( $P<0.001$ ) な負の相関がみられた。湾奥部の松岩においても、低層付近を除き、水温とDIP及びDINとの間に有意 ( $P<0.01$ ) な負の相関がみられた。このことは、高水温化にともない栄養塩は減少する関係にあることを示唆している。

### 4) 各調査項目の短期トレンド

短期トレンド解析結果から、気仙沼湾の養殖漁場環境は、水温と塩分が上昇し、DIN及びDIPを代表とする栄養塩類が減少している傾向にあると考えられた。

## 謝辞

永年にわたり気仙沼湾の水質調査に携わってこられた宮城県水産技術総合センター気仙沼水産試験場の歴代担当職員諸氏に謝意を表します。

岩淵清江氏には膨大なデータ入力・処理に御協力いただき深く感謝申し上げます。

## 参考文献

- 1) Sugimoto, S., Kojima, A., Sakamoto, T., Kawakami, Y., Nakano, H. (2025) Influence of Extreme Northward Meandered Kuroshio Extension during 2023-2024 on Ocean-Atmosphere Conditions in the Sanriku offshore region, Japan. *Journal of Oceanography* **81**:203–215  
<https://doi.org/10.1007/s10872-025-00747-x>
- 2) 神永正博, 木下勉 (2023) R で学ぶ確率統計学 実データ分析編 内田老鶴圃
- 3) 小川嘉彦, 平井光行, 安田一郎 (1987) 親潮第一貫入の変動とその水産生物への影響. *東北水産研報* **49**, 1-15
- 4) 永木利幸 (2001) 宮城県沿岸海域のパターン化と季節変動特性. *宮城県水産研究報告* **1**, 103-110
- 5) 佐伯光広, 稲田真一, 小野寺毅, 永木利幸 (2016) 宮城県沿岸における海水温の長期トレンド. *宮城水産研報* **16**, 1-9
- 6) 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**(2), 152-159
- 7) 日下啓作, 石川哲郎, 中家浩, 千葉充子 (2015) 気仙沼湾での東日本大震災による養殖漁場の水質変化. *宮城水産研報* **15**, 103-110