

陸奥湾ほたてがいがい養殖効率化事業
養殖施設における漁場環境調査

秋田佳林

目 的

ヤマセによる潮流等がホタテガイの成育に及ぼす影響を明らかにするため、ホタテガイ養殖漁場における漁場環境モニタリングを行った。さらに、ヤマセが吹いた場合の潮流シミュレーションを行った。

材料と方法

1. 層別漁場環境モニタリング

図1に示した蓬田村の漁業者施設、久栗坂実験漁場、平内町小湊地区の漁業者施設、川内実験漁場において、ホタテガイ養殖漁場の中層と下層にメモリー式流向流速計(JFEアドバンテック社、INFINITY-EM、水温センサー内蔵、以下、流速計)、メモリー式深度計(JFEアドバンテック社、DEFI2-D10)及びメモリー式加速度計(Onset Computer社、HOB0 ペンダントG Logger)を取り付け、1時間間隔で流向、流速、水温及び水深を5分間隔で鉛直方向の加速度を測定した。また、各地の養殖施設に垂下したパールネットの最下段上部に深度計及び加速度計を設置し、上記と同様に測定した。各地点における、測器の設置水深および期間等を表1に示す。なお、波浪や潮流の影響を抑えるため流速計には300匁の鉛を2つ取り付けており、中層の流速計に設置した深度計と加速度計は幹綱の水深と加速度を示すものとする。



図 1. モニタリング地点

表 1. 測器の設置位置及び期間（上段：流速計、下段：パールネット）

地区	漁場水深	幹綱水深	水深調整	流速計設置水深	流向流速計(水温計)	深度計	加速度計	設置日	回収日
蓬田	35m	10m	-	中層 10m	○	○	○	2020/7/20	2020/10/14
			手棒15m	下層 25m	○	○	○		
久栗坂	45m	10m	-	中層 10m	○	-	-	週年設置	
			手棒20m	下層 30m	○	-	-		
小湊	32m	10m	-	中層 15m	○	○	○	2020/7/20	2020/10/2
			手棒15m	下層 30m	○	○	○		
川内	33m	10m	-	中層 10m	○	-	-	週年設置	
			手棒10m	下層 20m	○	-	-		

地区	漁場水深	幹綱水深	水深調整	パールネット設置水深	深度計	加速度計	設置日	回収日
蓬田	35m	10m	10段ネット5m	中層 15m	-	○	流速計に同じ	
			手棒11m、10段ネット5m	下層 26m	○	○		
久栗坂	45m	10m 30m	10段ネット5m	中層 15m	○	○	2020/7/3	2020/9/30
			10段ネット5m	下層 35m	○	○		
小湊	32m	10m	8段ネット4m	中層 14m	-	○	流速計に同じ	
			手棒12m、8段ネット4m	下層 26m	○	○		
川内	33m	10m 23m	10段ネット5m	中層 15m	○	○	2020/7/20	2020/10/2
			10段ネット5m	下層 28m	○	○		

底層の泥の舞い上がりによる漁場の濁度の変化を捉えるため、2020年7月7日から久栗坂では同年10月9日まで、川内では同年10月2日まで、メモリー式濁度計(JFEアドバンテック社、INFINITY-CLW)を中

層(10m)と下層(30m)に設置して、1時間間隔の濁度を測定した。なお、下層の濁度計には、目詰まりすることなく、海藻やゴミ等がセンサーを覆うことを防げるよう図2に示す防護枠を使用した。

得られた観測結果は、陸奥湾海況自動観測システムの東湾ブイの風向データをもとに、ヤマセが吹いた時期と合わせて考察した。さらに、前年¹⁾に実施した同様の調査(以下、前回調査)と比較した。



図2. 濁度計防護枠

2. ヤマセの流速シミュレーション

ヤマセが吹いた場合の陸奥湾の層別の潮流を明らかにするため、九州大学応用力学研究所大気海洋環境研究センターに依頼して、次のような条件設定でシミュレーションを行った。湾内を約7.5kmメッシュに区切り、ヤマセの風速が1m/s~20m/sの場合に、1m・10m・22m・30m層における流向流速を求め、地図上に示した。

結果と考察

1. 層別漁場環境モニタリング

(1) 蓬田の漁業者施設

蓬田における観測結果を図3~6に示した。流速計のデータをみると、養殖施設への設置直後は、中層と下層いずれも0.2m/sを超える速い流速が観測されており、中層では10日以上速い流れが継続した。期間を通じて0.2m/sを超える流速を観測した回数は中層で136回、下層では40回、0.3m/sを超えたのは中層で26回、下層では6回と、前回調査よりも速い流速の観測回数が多く、本調査では下層でも潮の流れが速かった。流向は下層では南向きのことが多く、中層では北向きの流れも確認された。観測期間で最大流速は中層で7月23日の0.51m/s、下層で7月25日の0.34m/sであり、7月25日にはヤマセが吹いていた。

水温データをみると、毎時水温が最も高かったのは中層で9月10日の26.0℃、下層でも同日の25.6℃であった。中層と下層の日平均水温は7月26日にみられた3.0℃差が最大であった。ホタテガイ稚貝の成長が停止し貝が衰弱する24~25℃台²⁾だった日数は、中層では21日あり、下層ではなかった。中層と比較すると下層の水温は上下が激しく、8月2~3日、29~30日、9月10日には数時間で4℃程度変動していたのが確認された。前回調査の調査では、ヤマセが終わる時期に水温の上昇が見られていたが、本調査では水温の上昇とヤマセ時期との関連は認められなかった。

養殖施設に垂下した流速計に設置した深度計のデータは中層、下層ともに大きな変化はみられなかった。本調査で測器を設置した施設には試験用のパールネット以外には養殖籠を下げていなかったため、ホタテガイの成長に伴って施設が沈んだり、玉付け作業で施設が浮いたりすることがなかったためと考えられる。一方で下層のパールネットに設置した深度計では、7月27~29日、8月1、3、7日に1時間で10m程度上下するような変化がみられ、特に中層の潮の流れが速かった7月20日~8月3日頃は急激な浮き上がりが頻繁だった。前述のとおり、流速計とパールネットには15mの手棒がついており、流速計には300匁の鉛を2つ付けていたが、パールネットでは50匁の鉛が1つと軽かったために、長い手棒で振り子の様に浮き上がったと考えられる。

流速計の加速度は、中層、下層ともに8月下旬から小刻みな振動が見られた。一方で、パールネットの加速度は、養殖施設への設置後から大きく振動し、9月以降は比較的安定していた。これは中層と下層で同じ時期であり、下層のパールネットに設置した深度計の変化や下層の水温の変動と一致しており、潮の流れによって水温の変動、パールネットの動揺が見られたものと思われる。

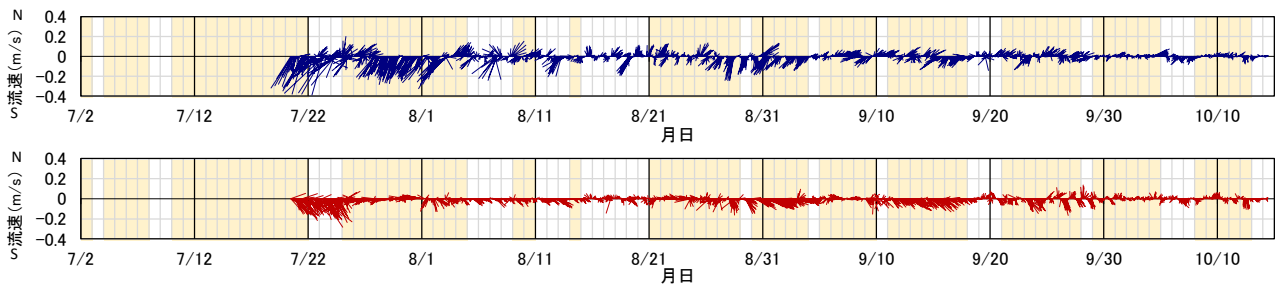


図 3. 蓬田における流向流速の推移(上段中層、下段下層、網掛けはヤマセ時期)

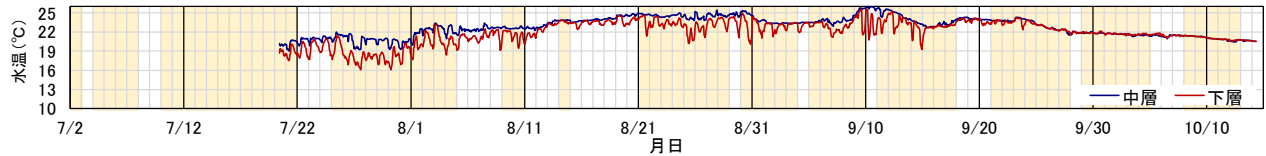


図 4. 蓬田における水温の推移(網掛けはヤマセ時期)

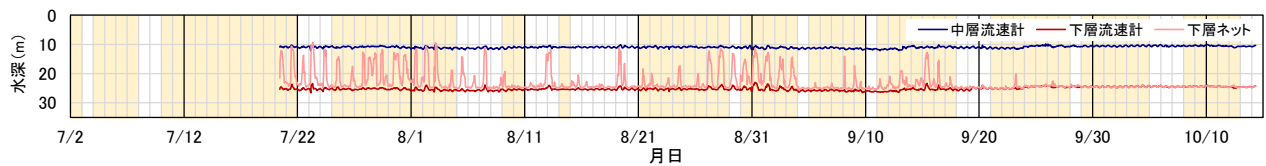


図 5. 蓬田における水深の推移(網掛けはヤマセ時期)

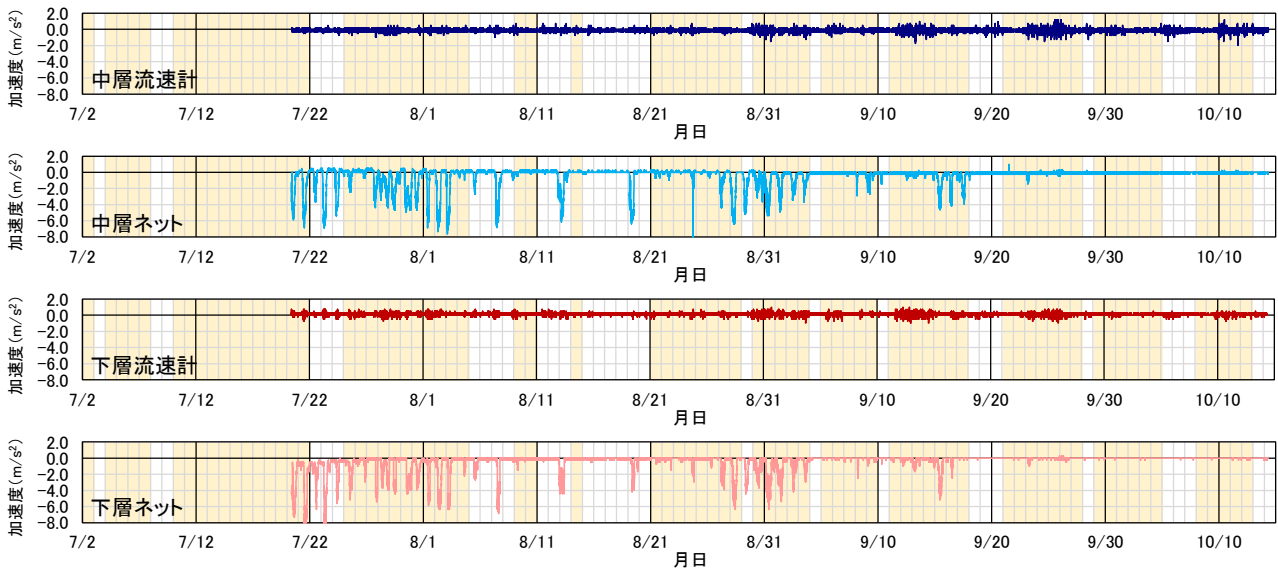


図 6. 蓬田における加速度の推移(網掛けはヤマセ時期)

(2) 久栗坂実験漁場

久栗坂における観測結果を図 7～10 に示した。流速計のデータをみると、期間を通じて比較的穏やかで、0.2m/s を超えたのは中層で 5 回、下層で 7 回と下層の方が多かった。観測期間で最大流速は中層で 8 月 30 日の 0.23m/s、下層で 8 月 7 日の 0.27m/s であり、やはり下層の方が速かった。なお、8 月 30 日はヤマセが吹いていた。

水温データをみると、毎時水温が最も高かったのは中層で 8 月 29 日の 25.3℃、下層では 8 月 21 日の 23.9℃ であった。9 月中旬までは中層と下層の水温には差がみられ、日平均水温で最大 4.6℃ 差だった。また、ホタテガイ稚貝の成長が停止し貝が衰弱する 24～25℃ 台²⁾ だった日数は、中層では 16 日あり、下層ではなかった。久栗坂の下層では、数時間での急激な温度変化は見られなかった。

パールネットに設置した深度計のデータは、安定していたが、中層は 10m 前後、下層は 30m 前後であり、表 1 に示した設置水深より浅く、幹網が想定よりも浮いていたと考えられる。

加速度計のデータをみると、中層の方が下層よりも大きく変動していたが、8月31日頃は下層の加速度が大きかった。このときの下層の流速は 0.1m/s 程度だが、中層では期間中最大流速を観測しており、その影響が考えられる。

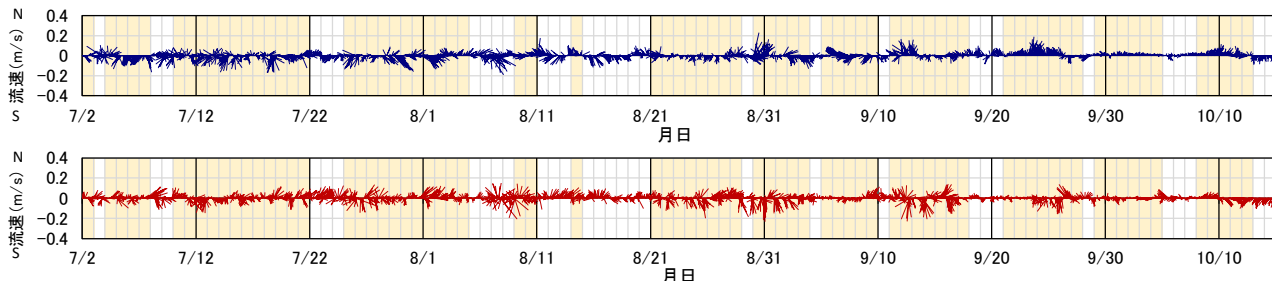


図 7. 久栗坂における流向流速の推移(上段中層、下段下層、網掛けはヤマセ時期)

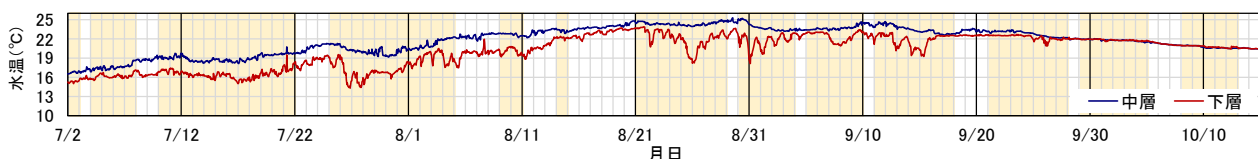


図 8. 久栗坂における水温の推移(網掛けはヤマセ時期)

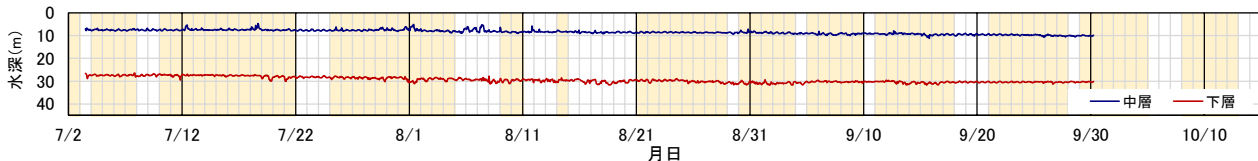


図 9. 久栗坂における水深の推移(網掛けはヤマセ時期)

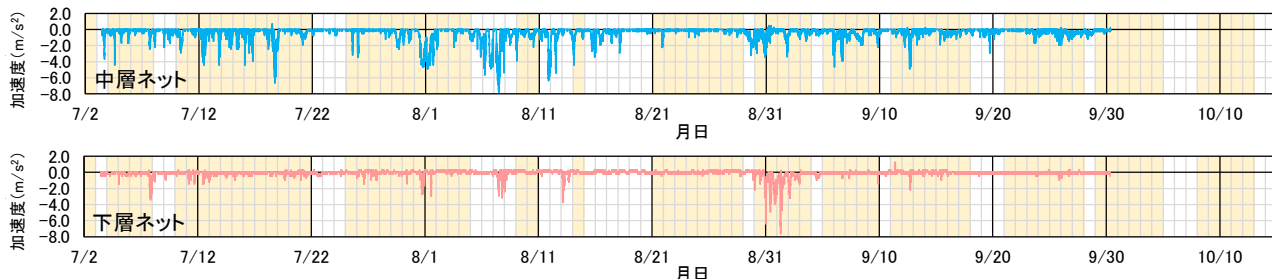


図 10. 久栗坂における加速度の推移(網掛けはヤマセ時期)

(3) 小湊の漁業者施設

小湊における観測結果を図 11～14 に示した。流速計のデータをみると、速い流れが観測されたのは中層のみで、0.2m/s を超えたのが 177 回だった。中層では特に、8月31日～9月2日、9月12～14日、9月24～26日にかけて速い南向き流れが集中的に見られ、この期間はいずれもヤマセが吹いていた。観測期間で最大流速は9月13日の 0.44m/s であった。一方で、下層では潮の流れは比較的穏やかで、最大流速は8月7日の 0.16 m/s であった。

水温データをみると、毎時水温が最も高かったのは中層で8月20日の 24.8℃、下層では同日の 23.8℃ であった。9月中旬までは中層と下層の水温に差がみられ、日平均水温では9月1日に最大の 3.0℃ 差だったが、それ以降は大きな差はなかった。ホタテガイ稚貝の成長が停止し貝が衰弱する 24～25℃ 台²⁾ だった日数は、中層では7日あり、下層ではなかった。下層の水温は8月7日に数時間で 2.5℃ の上昇が見られたが、このとき下層では期間中最も速い流速が確認されていた。

流速計とパールネットに設置した深度計のデータは、期間中概ね安定していたが、流速計の深度計では、中層も下層も8月31日～9月4日頃に数mのわずかな変動が見られ、中層の流速が速かった。なお、幹綱水深は10mの想定であったが、実際には15mに沈んでおり、そのため下層のパールネットの水深は期間を通じて漁場水深の32m程度となり、海底に着いていたことがわかった。

流速計の加速度は中層も下層も期間を通じて小刻みに変動しており、特に中層で強い南向きの流れが観測された頃は流速計の振動も大きくなっていった。中層のパールネットの加速度は比較的安定していたが、前述の速い流れが観測された頃には -6m/s^2 を超える振動が確認された。一方で下層のパールネットは海底に着いていたため、振動の大きさを評価できなかった。

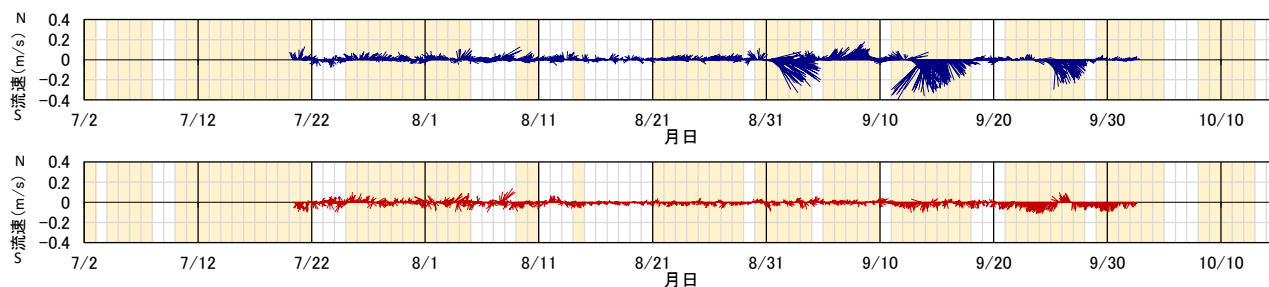


図 11. 小湊における流向流速の推移(上段中層、下段下層、網掛けはヤマセ時期)

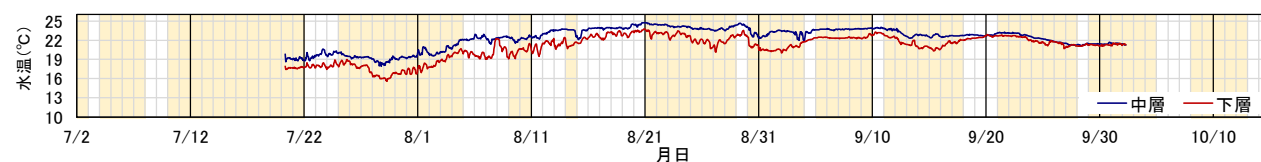


図 12. 小湊における水温の推移(網掛けはヤマセ時期)

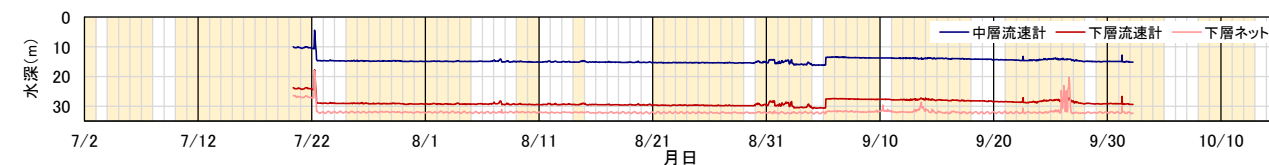


図 13. 小湊における水深の推移(網掛けはヤマセ時期)

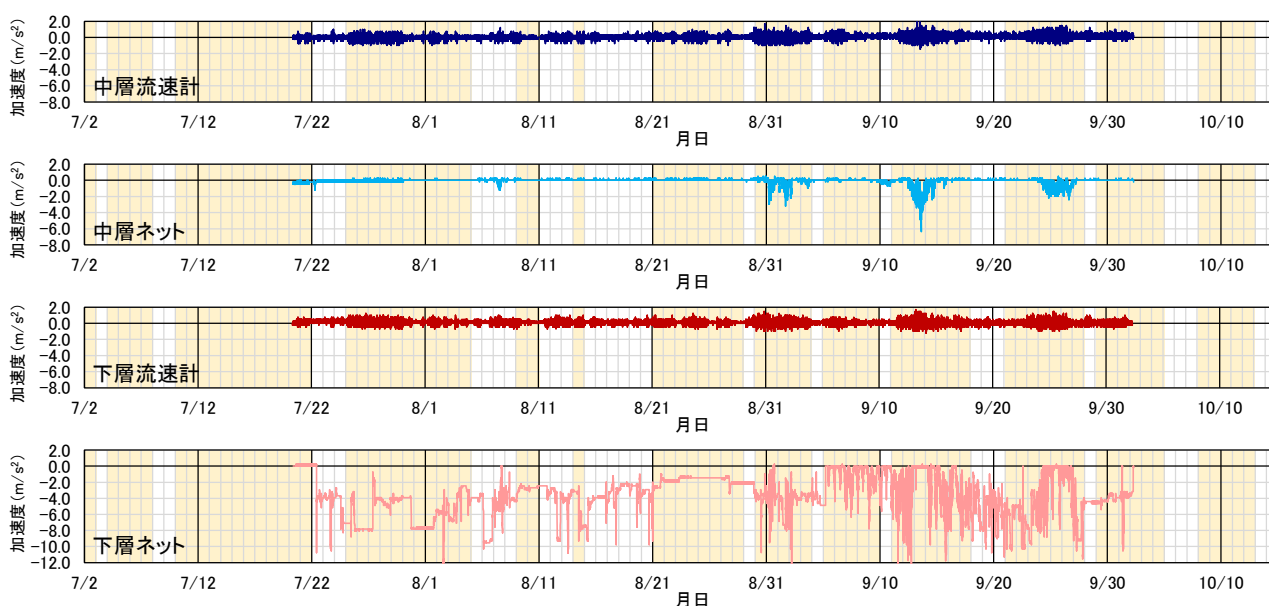


図 14. 小湊における加速度の推移(網掛けはヤマセ時期)

(4) 川内実験漁場

川内における観測結果を図 15～18 に示した。流速計のデータをみると、期間を通じて 0.2m/s を超える流速を観測した回数は中層で 185 回、下層では 34 回、0.3m/s を超えたのは中層で 19 回、下層で 3 回と、前回調査同様下層でも速い流れが観測された。特に 7 月は潮の流れが速かった。観測期間で最大流速は中層で 9 月 2 日の 0.36m/s、下層で 8 月 7 日の 0.36m/s であり、9 月 2 日はヤマセが吹いていた。

水温データをみると、毎時水温が最も高かったのは中層で 8 月 28 日の 24.9℃、下層では 8 月 31 日の 24.4℃ であった。8 月半ばまで中層と下層では水温差があり、日平均で最大 5.6℃ 差であった。ホタテガイ稚貝の成長が停止し貝が衰弱する 24～25℃ 台²⁾ だった日数は、中層では 15 日あり、下層ではなかった。また、9 月 3～4 日に、数時間で 5℃ 程度の急激な変化が見られた。

パールネットに設置した深度計のデータは、概ね安定していたが、7 月 25 日、8 月 6 日、9 月 1～3 日、9 月 15 日頃に数 m の変動が見られた。このとき、0.3m/s 前後の流速が確認されており、速い潮の流れの影響と考えられる。なお、下層の深度計は表 1 に示した設置水深より浅く、幹綱が想定よりも浮いていたと考えられる。

パールネットに設置した加速度計のデータでは、中層、下層ともに大きな変動が見られる時期は一致していた。観測期間の前半は中層の方が下層よりも大きく変動していたが、8 月 30 日～9 月 3 日、9 月 14～17 日頃は下層の方が振動が大きかった。この時期は深度計でも変動が見られており、潮の流れが速い期間であった。

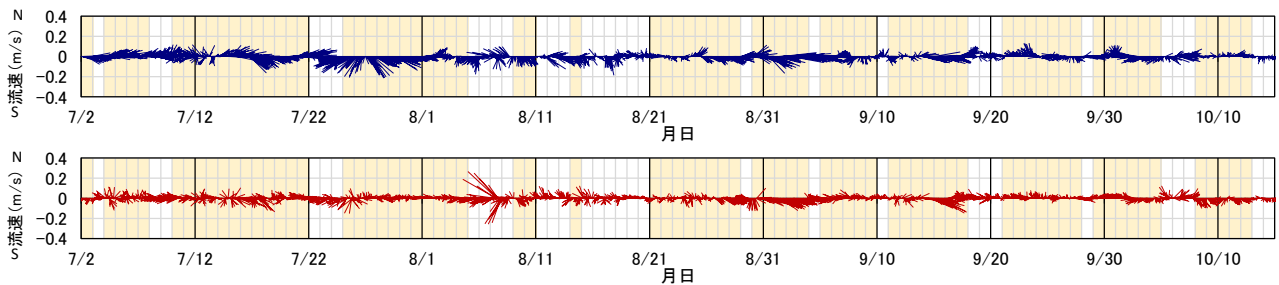


図 15. 川内における流向流速の推移 (上段中層、下段下層、網掛けはヤマセ時期)

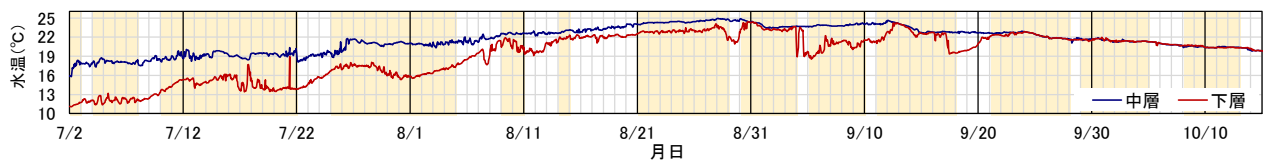


図 16. 川内における水温の推移 (網掛けはヤマセ時期)

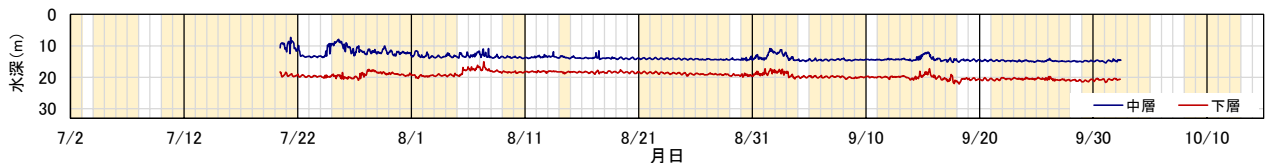


図 17. 川内における水深の推移 (網掛けはヤマセ時期)

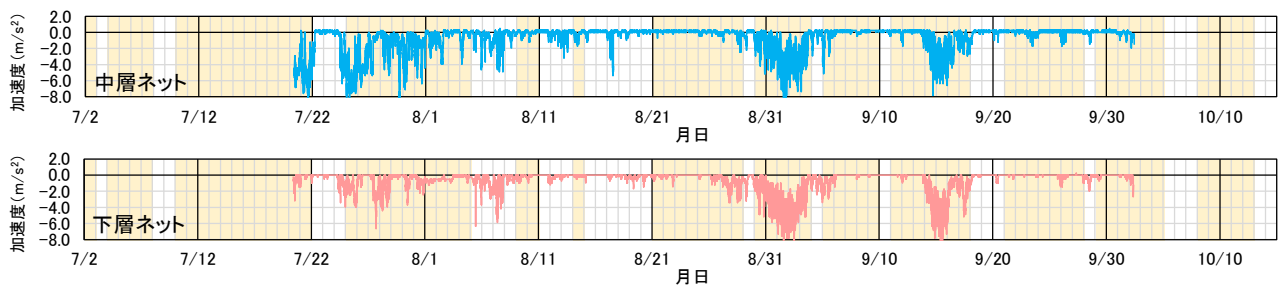


図 18. 川内における加速度の推移（網掛けはヤマセ時期）

(5) 濁度計

久栗坂及び川内における濁度計のデータを図 19、20 に示した。濁度計は前回調査から設置方法を変更し、ネットによる目詰まりのない方法で設置したが、本調査でも 7 月 21 日～8 月 5 日はベースラインが高く、エラー値がみられた。また久栗坂の下層では 8 月下旬から 1 ヶ月間頻繁にスパイク状のエラー値も見られた。1,000FTU を超えるエラー値はほとんどが夜間に観測されており、観測時に測器から発せられるクロロフィルセンサーの青色発光に生物が寄ってきたとも考えられるが、原因については不明である。これらエラー値を除くと、濁度は概ね 10FTU 以下であり、ヤマセの時期に泥が舞い上がり下層の濁度が上昇するようなことは確認されなかった。

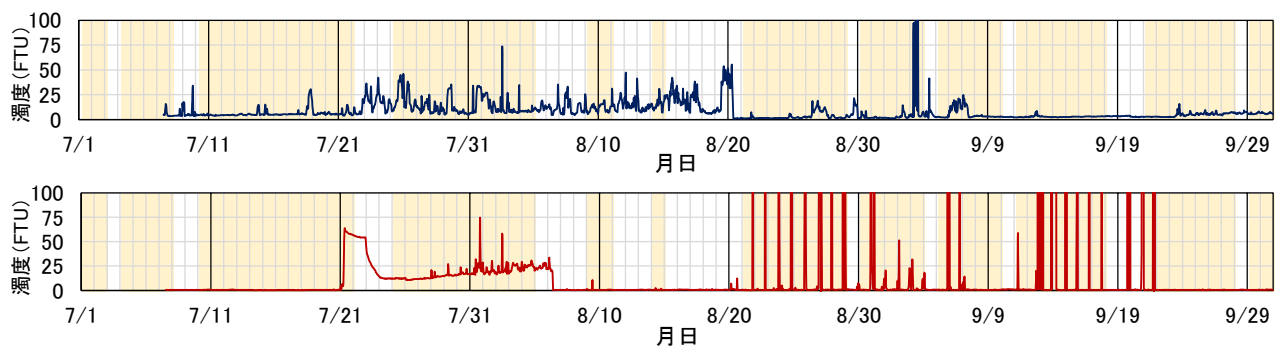


図 19. 久栗坂における濁度の推移（上段中層、下段下層、網掛けはヤマセ時期）

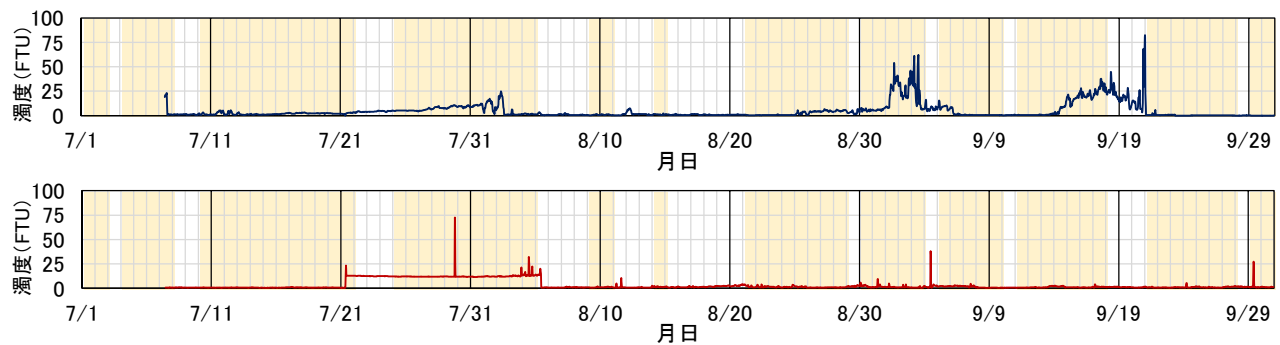


図 20. 川内における濁度の推移（上段中層、下段下層、網掛けはヤマセ時期）

2. ヤマセの潮流シミュレーション

シミュレーション結果を付図 1~20 に示した。層別漁場環境モニタリングを行った期間中、東湾ブイの日平均風速は 9 月 25 日が最大で 13.3m/s であり、その他に日平均風速が 10m/s を超えたのは 7 日あった。そこで、風速 10m の中層 (10m)、下層 (22m) の流速シミュレーション結果を図 21 に示した。実線で囲んだ湾口部と川内沖では、中層と下層で逆向きの流れになった。図 22 に示した、9 月 24~26 日の川内実験漁場の流速計データによると、中層の流向はシミュレーションとは異なるが、中層では北向き、下層では南向きと逆の流れがみられた。シミュレーションによる計算値と実測値が概ね一致したと言える。また、図 21 の点線で囲った東田沢沖では、中層よりも下層で潮の流れが速い結果となった。東田沢沖では流速の実測値がないため、今後流速計を設置して検証する必要がある。

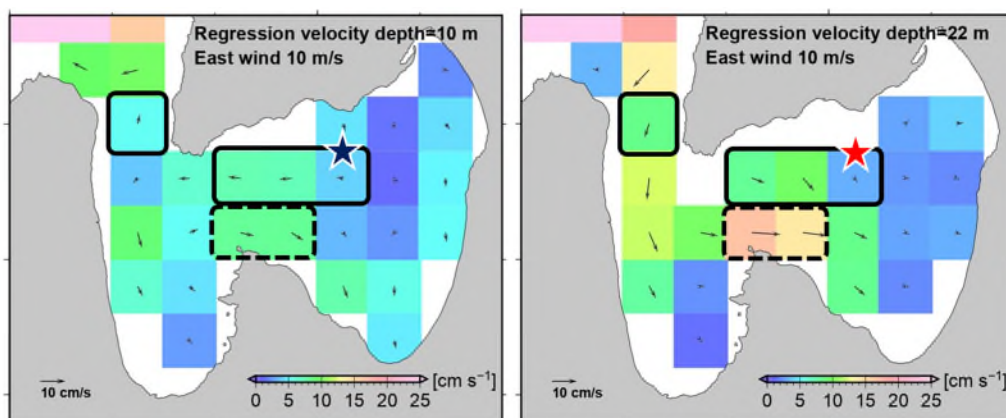


図 21. 風速 10m の中層、下層の流速シミュレーション (★印は流速計設置位置)

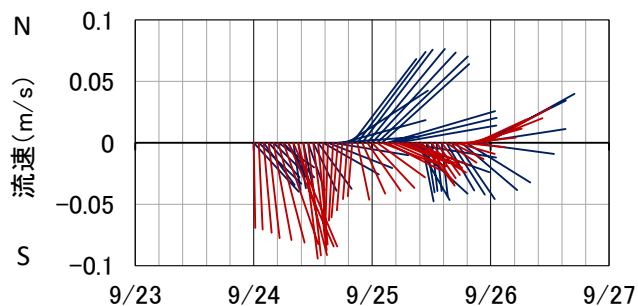


図 22. 川内における流向流速の 12 時間移動平均値の推移 (青：中層、赤：下層)

3. まとめ

4 地点の観測期間をカバーするように、図 3~18 では横軸を 7 月 2 日~10 月 14 日としており、この 105 日間においてヤマセ期間は 74 日あり、前回調査の 86 日間で 42 日よりヤマセが多かった。

4 地点では特に中層において、ヤマセ期間には速い潮の流れが観測された。蓬田以外では下層で最大流速が観測された日は同じ 8 月 7 日だったが、この日はヤマセ期間ではなかった。海上を吹くヤマセの影響は中層の方が受けやすく、下層で潮が速くなったのは、暖流の入り込みや中層の流れを補完する流れ等ヤマセ以外の要因が関係していると考えられる。

各地点の流速別出現割合及び日平均水温別観測日数を表 2 に示した。蓬田では、下層の流速が 4 地点で最も速かった。久栗坂では中層よりも下層の方が潮の流れが速かった。小湊では、中層で 0.3m/s 以上の出

現割合が最も高かった。川内では 0.1m/s 以上の出現割合が 45.2%と最も高かった。前回調査と比較すると概ね本調査の方が、速い流速の出現割合が高かった。前述のように、ヤマセが多かったことが要因として考えられる。

潮の流れが速い時期には、幹綱の深度の変化、下層のパールネットの浮き上がり、幹綱やパールネットの振動が確認された。ヤマセによって潮の流れが速いと、ホタテガイの施設やパールネットは不安定な状態になることが分かった。

ホタテガイ稚貝は水温が 23℃を超えると成長が鈍化し、24～25℃で成長が停止、衰弱する²⁾ことがわかっており、前回調査は下層でも日平均水温が 24℃を超えた日があったが、本調査ではいずれの地点でも 24℃を超えることはなかった。漁業者は夏季に水温が上がる前に施設を下層に沈める対策をとっており、本調査のように中層と下層の水温に差がある場合には有効な高水温対策であるが、前回調査の蓬田のように下層でも水温が高いこともあるため、注意が必要である。また、数時間での急激な水温変化は本調査でも確認されたが、前回調査と異なり、ヤマセ時期との関連は認められなかった。

このような漁場環境がホタテガイの成長に与える影響は別報³⁾で明らかにした。

表 2. 流速別出現割合及び日平均水温別観測日数

地区	垂下水深	0.1m/s以上	0.2m/s以上	0.3m/s以上	23℃以上	24℃以上	25℃以上
蓬田	中層	25.9%	6.6%	1.3%	42日	21日	5日
	下層	18.6%	1.9%	0.3%	32日	0日	0日
久栗坂	中層	11.7%	0.2%	0.0%	42日	16日	0日
	下層	11.8%	0.3%	0.0%	5日	0日	0日
小湊	中層	24.9%	10.0%	2.7%	32日	7日	0日
	下層	2.4%	0.0%	0.0%	5日	0日	0日
川内	中層	45.2%	7.3%	0.7%	30日	15日	0日
	下層	17.8%	1.3%	0.1%	9日	0日	0日

文 献

- 1) 秋田佳林・吉田達(2021) 陸奥湾ほたてがい養殖効率化事業 養殖施設における漁場環境調査. 2019年度地方独立行政法人青森県産業技術センター水産総合研究所事業報告, 318-325.
- 2) 小谷健二・吉田達・伊藤良博・東野敏及・川村要(2014) 猛暑時のホタテガイへい死率を低減する養殖生産技術の開発(ホタテガイ養殖生産技術の改善). 平成24年度青森県産業技術センター水産総合研究所
- 3) 秋田佳林 (2022) 陸奥湾ほたてがい養殖効率化事業 養殖施設におけるホタテガイの成育状況調査. 2020年度地方独立行政法人青森県産業技術センター水産総合研究所事業報告, 330-342.