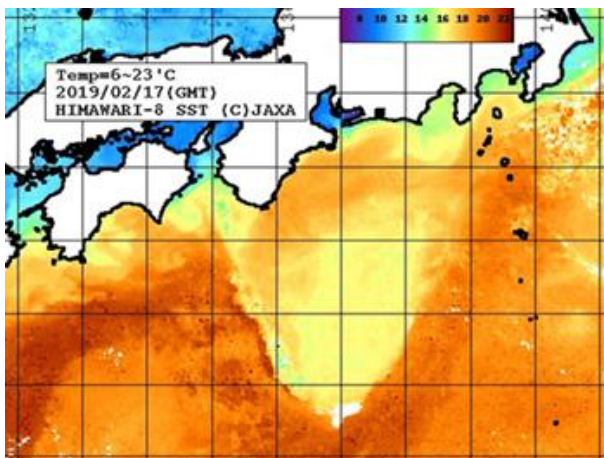
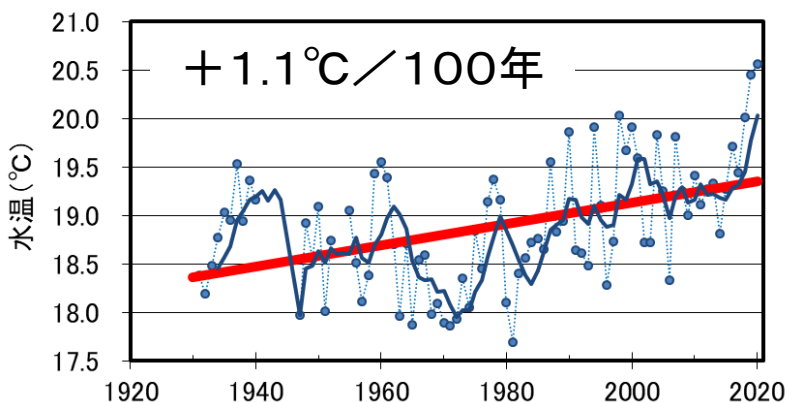


気候変動に対応した 新たな真珠適正養殖管理マニュアル



2020年12月
三重県水産研究所

はじめに

地球温暖化等の気候変動の影響が海域においても顕在化しつつあります。熊野灘沿岸水温は、過去約100年間で高水温化が進行していることが明らかになってきました。さらに、近年は、黒潮大蛇行や気象等の影響も加わり、顕著な高水温、餌不足といった漁場環境下において、アコヤガイのへい死が発生しています。

2019年、2020年に発生したアコヤガイの外套膜萎縮症状とへい死の原因は特定されていませんが、漁場環境に応じてアコヤガイにできるだけストレスを与えない適正な養殖管理を行うことが、へい死等を軽減する上で重要であることがわかってきました。

本マニュアルは、「真珠適正養殖管理マニュアル 2020年9月」の内容に、新しく得られた漁場環境データの解析結果やアコヤガイのへい死要因等に関する知見を加えて再編したものです。

今後、気候変動等による環境変化の影響が一層大きくなることが予想されます。水産研究所では、ICTブイによる水温、塩分のリアルタイムデータの提供や英虞湾をはじめとする漁場環境の情報を、「アコヤ養殖環境情報」として整理し、毎週1回(原則、水曜日)発行しています。

気候変動に対応した適正な養殖管理の実践に向けて、本マニュアルや水産研究所の発信する漁場環境情報を活用いただければ幸いです。

目次

1	気候変動に伴う熊野灘沿岸水温の長期変化	
	(1)年平均水温	1
	(2)季節別水温	2
2	黒潮流路が熊野灘沿岸水温に与える影響	
	(1)典型的な黒潮流路パターン	3
	(2)大蛇行流路パターン(A型)の細分化	6
3	近年の漁場環境(水温、餌、栄養塩類)	
	(1)水温	
	1)春～夏季	9
	2)避寒期間	10
	(2)餌(植物プランクトン)	12
	(3)栄養塩類(窒素、リン)	12
	(4)餌不足の要因	
	1)外洋からの影響	13
	2)陸域からの影響	14
4	2019年、2020年のアコヤガイのへい死等の発生状況	
	(1)外套膜萎縮症状	15
	(2)へい死率	17
	(3)へい死等の発生時期	18
5	アコヤガイのへい死等に影響する要因の検討	
	(1)飼育管理	
	1)稚貝(高水温期)	19
	2)母貝(避寒・抑制)	21
	(2)にごり	24
	(3)除草剤	25
	(4)感染症	26
	(5)まとめ	27

6 アコヤガイのへい死軽減対策

(1) 適正な高水温期の飼育管理	
1) 稚貝のストレス緩和対策	28
2) 母貝、挿核貝のストレス緩和対策	30
3) 「アコヤ養殖環境情報」の活用	31
(2) 適正な避寒時期の飼育管理	
1) 避寒と抑制の実施の検討	32
2) 避寒した後の養殖管理	33
3) 「アコヤ避寒情報」の活用	34
(3) 発症したときの各養殖管理工程 での対処法	35

7 漁場環境把握のためのICTブイの活用

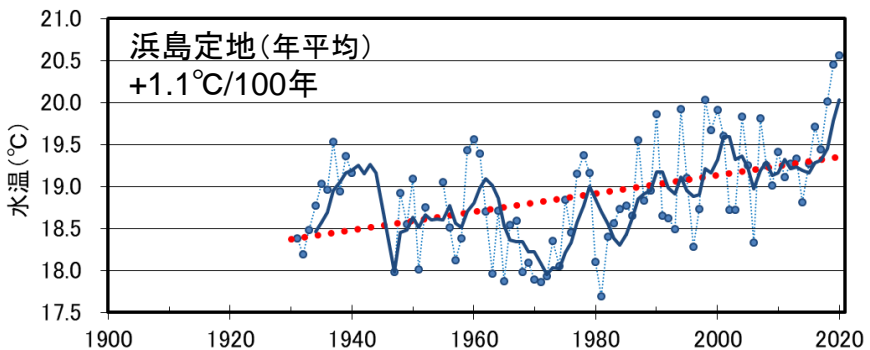
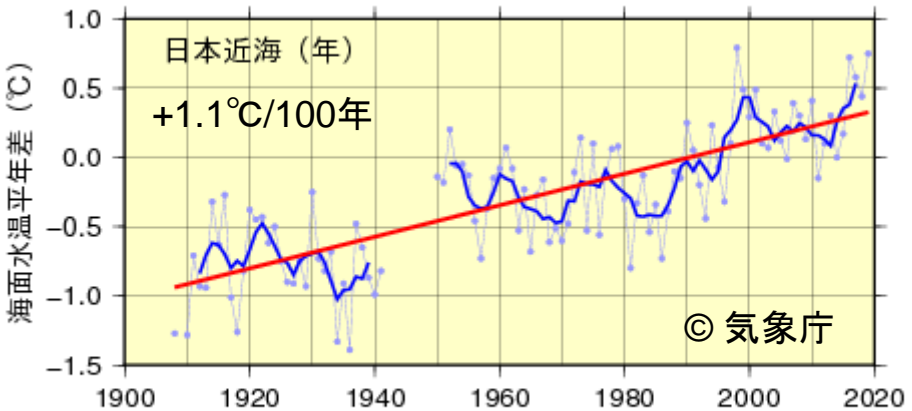
(1) ICTブイデータの表示方法	37
(2) アコヤガイの生理活動と水温	42
(3) アコヤガイの生理活動と塩分	44
(4) 英虞湾湾央の『水温』と『塩分』で見た 湾外からの海水流入	45

1 気候変動に伴う熊野灘沿岸水温の長期変化

(1) 年平均水温

下の図は、日本近海における年平均水温の平年差と志摩市の浜島定地における年平均水温の長期変動を示しています。共に年による変動が大きいものの、長期的には100年で 1°C 程度の上昇傾向が認められています。この上昇率は、日本の気温の上昇率($1.2^{\circ}\text{C}/100$ 年)と同程度となっています。

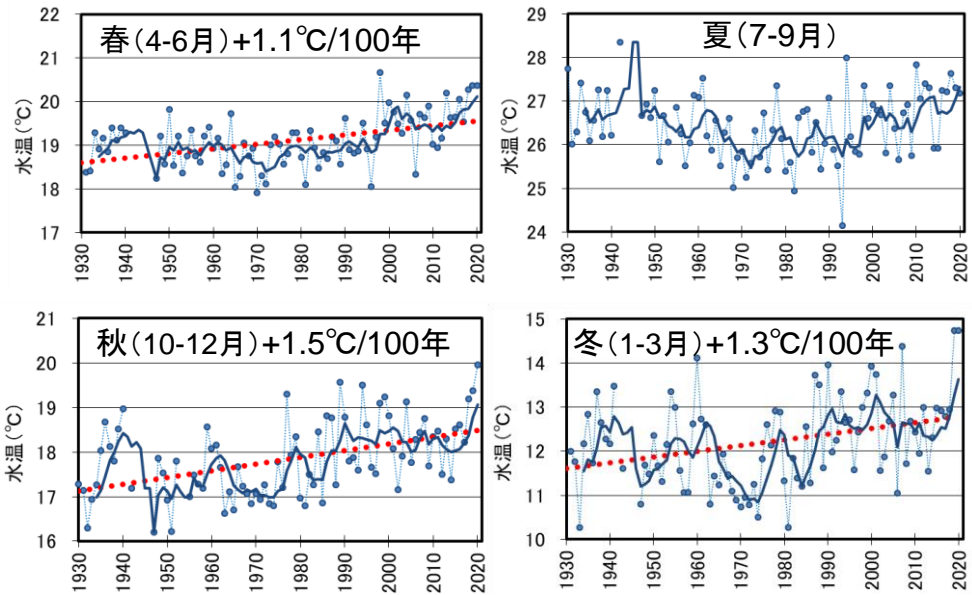
浜島定地水温の年平均値は、1980年代までは 19°C を超える年は少なく、 18°C 前後の年もありました。しかし、1990年代以降は 19°C を超える年が多くなり、 20°C 前後の年が頻繁にみられています。2019年は 20.4°C の極端な高水温となり、2020年は過去最高の 20.6°C を記録しました。



水温の長期変動 (上:日本近海、下:浜島定地)
青丸:年平均水温、青線:5年移動平均、赤線:長期傾向

(2) 季節別水温

下の図は、志摩市の浜島定地における月別平均水温の長期変動を示しています。秋の上昇率が最も大きく、100年あたり 1.5°C の上昇傾向が認められました。冬は $1.3^{\circ}\text{C}/100$ 年、春は $1.1^{\circ}\text{C}/100$ 年の上昇率が認められましたが、夏は明確な上昇傾向が認められませんでした。ただし、1970年以降の50年間では夏の水温にも顕著な上昇傾向($+1.3^{\circ}\text{C}/50$ 年)が認められました。同様に1970年以降では、春が $1.5^{\circ}\text{C}/50$ 年、秋が $1.3^{\circ}\text{C}/50$ 年、冬が $1.8^{\circ}\text{C}/50$ 年の上昇率となります。どの季節も近年は水温上昇が明確で、特に冬は1970年代と比べて約 2°C も高くなっています。



季節別の浜島定地水温の長期変動

青丸：年平均水温、青線：5年移動平均、赤線：長期傾向

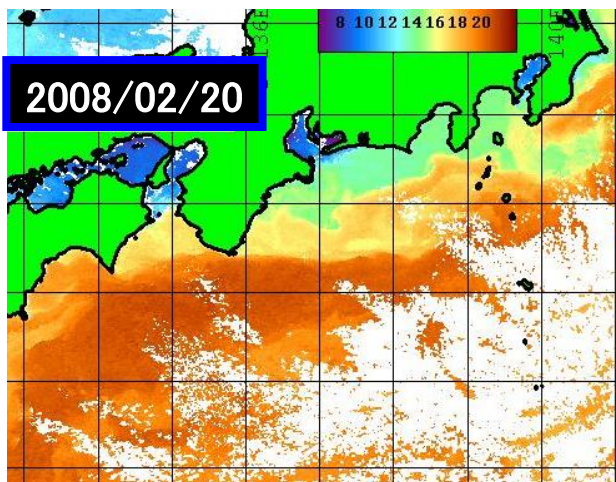
英虞湾における水温は、1970年以降に顕著な上昇傾向が認められています。特に近年は、どの季節も高水温が目立つようになってきています。ベースには気候変動が大きく影響している可能性があります。近年の極端な高水温は、黒潮の流路変動や日本近海の十年規模の変動も影響していると考えられます。

2 黒潮流路が熊野灘沿岸水温に与える影響

(1) 典型的な黒潮流路パターン

水産研究所では人工衛星の情報を用いて、黒潮流路のモニタリングや漁海況情報の提供を行っています。

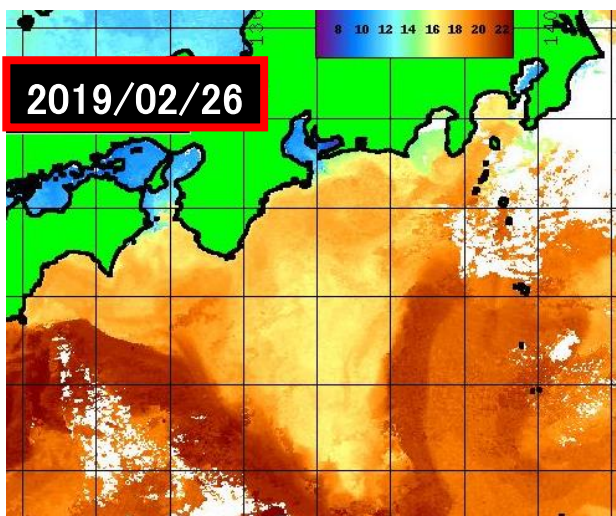
黒潮は、日本列島の南岸に沿って南西から北東に向かって流れる暖流で、沿岸水温に大きな影響を与えています。黒潮の流れは一定ではなく、東海沖では直進したり、大きく蛇行したりと変化します。熊野灘沿岸の水温は、黒潮流路と気温でおおむね決まります。



2008年2月の例：

黒潮は安定したN型流路で、熊野灘沿岸は顕著な低水温でした。

浜島定地における2008年2月の月平均水温は、10.9°Cでした。



2019年2月の例：

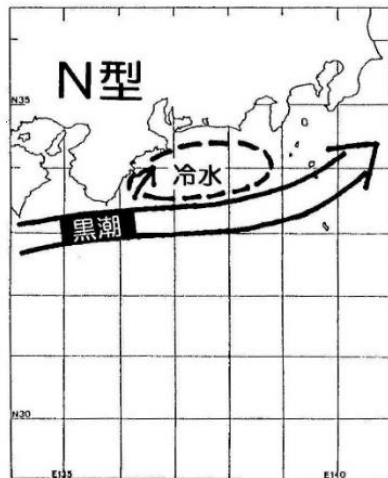
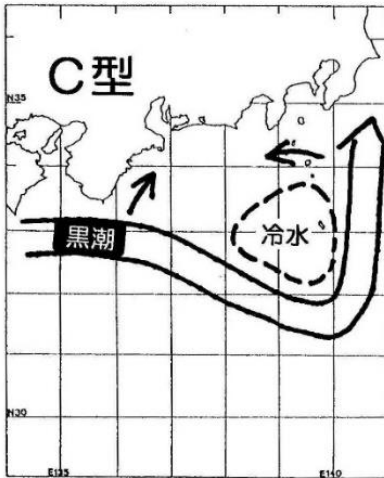
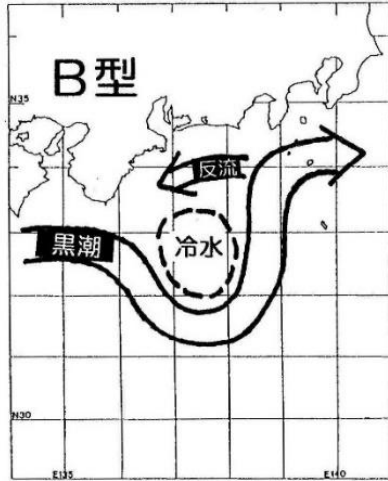
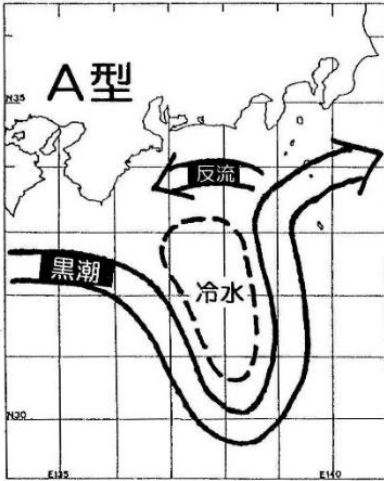
黒潮はA型流路で、遠州灘から黒潮系暖水が流入し熊野灘は高水温。

浜島定地における2019年2月の月平均水温は、15.0°Cでした。

黒潮流路の分類

黒潮は流路によって、下の図のような4つの型(A型、B型、C型、N型)に分類されます。

また、A型(大蛇行流路)とA型以外(非大蛇行流路)の大きく2つに分類することもあります。



A型：長期化しやすい（1年以上）

A型とは、黒潮が八丈島の北を通過していて、東経136° 以東で北緯32° 以南まで蛇行があり、その蛇行が長期間持続している時の流型です。一般に「黒潮が大蛇行している」という状態は、A型のことを指します。

A型の場合、房総半島～伊豆半島から、黒潮内側反流が遠州灘～熊野灘へ流入しやすく、沿岸水温が高くなるのが特徴です。

B型：短期間で変化しやすい（数週間～6ヶ月以内）

B型とは、黒潮が八丈島の北を通過し、流路の南端が北緯32° ～北緯33° の間にある時の流型です。

A型と同様に、黒潮内側反流が起こりやすく、遠州灘～熊野灘では沿岸水温が高くなりやすいのが特徴です。

C型：比較的短期間で変化しやすい（数週間～1年以内）

C型とは、黒潮が八丈島の南を通過している時の流型です。蛇行の位置や大きさによって流路は大きく変わりますが、八丈島を迂回する流型をC型と呼んでいます。

規模の大きなC型流路が安定して持続している時にも黒潮内側反流が発生し、房総半島沖～熊野灘の沿岸水温が高くなりやすくなります。

N型：比較的短期間で変化しやすい（数週間～1年以内）

N型とは、黒潮が八丈島の北を通過し、流路の南端が北緯33° 以北の時の流型です。N型が安定した場合、黒潮内側反流は発生しにくく、潮岬以東では沿岸の低水温化が顕著になる傾向があります。

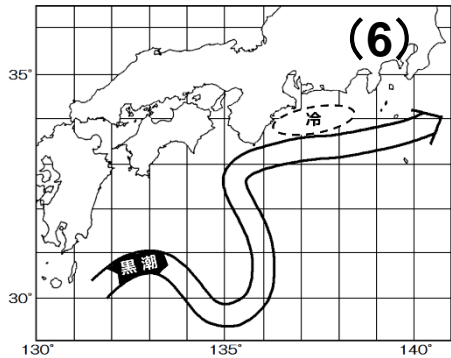
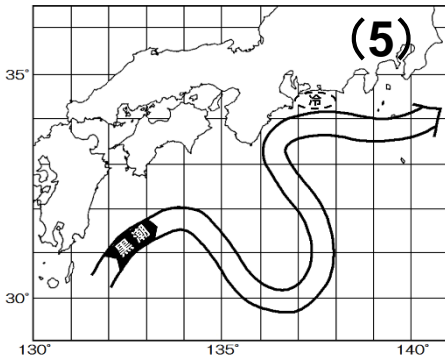
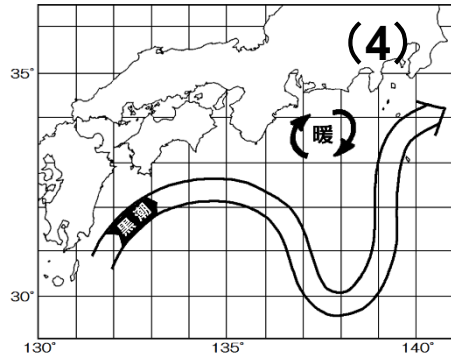
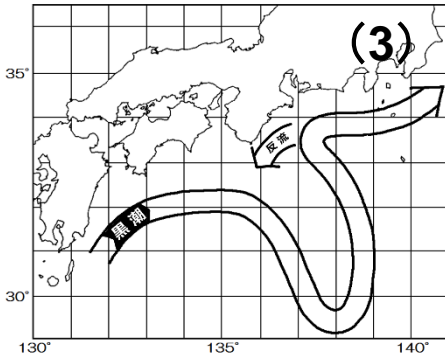
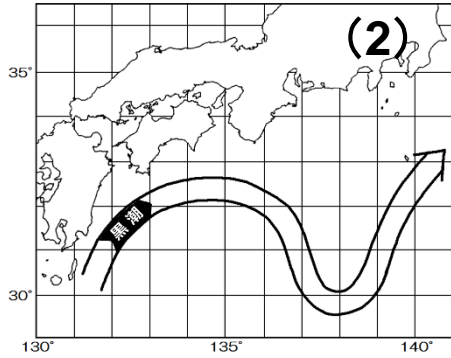
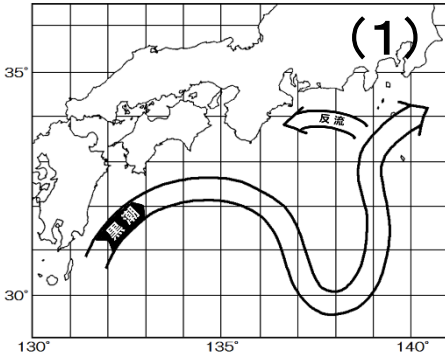
「黒潮がN型で厳冬と言われる年は、湾奥、湾央ともに平年よりも水温が下がりやすい」

「黒潮がA型で暖冬と言われる年は、湾奥、湾央ともに平年よりも水温が上がりやすい」

という傾向があります。

(2) 大蛇行流路パターン(A型)の細分化

2017年8月下旬から、黒潮は大蛇行(A型)が続いています。2020年8月下旬で丸3年が経過し、同じA型でも下の図(1)の典型的なA型の他にも、様々なパターン(2)~(6)があり、三重県沿岸への影響も異なることが明らかになってきています。



【黒潮大蛇行(A型)の細分化】

(1) 典型的A型 事例:2019年1月など

最も一般的なA型で、伊豆諸島の西側を黒潮が北上し、遠州灘から熊野灘へ黒潮内側反流が形成されやすい流路です。熊野灘沿岸は高水温傾向になるパターンです。

(2) 非典型的A型 事例:2018年2月など

黒潮が八丈島の南を通過し、伊豆諸島の東側を北上する流路です。規模の大きなC型と類似した型で、黒潮内側反流は形成されにくく、熊野灘沿岸は典型的A型ほど高水温にはなりにくいパターンです。

(3) As型 事例:2020年2月など

黒潮が遠州灘沖をS字状に北上し、大王埼に接近する流路です。黒潮内側反流の影響を強く受け、熊野灘沿岸は顕著な高水温になりやすいパターンです。

(4) A型(小暖水渦) 事例:2019年4月など

黒潮の一部が遠州灘で切離し、厚みのある暖水が時計回りの小暖水渦として、大王埼南東沖に停滞する型です。熊野灘沿岸は高水温化しやすいパターンです。

(5) As型(熊野灘接岸タイプ) 事例:2020年8月

黒潮が大王埼沖をS字状に北上し、黒潮が熊野灘に接岸する流路です。熊野灘には黒潮系暖水が接岸しますが、2020年8月中旬の事例では、的矢湾や鳥羽市沿岸で低水温になりました。

(6) An型(潮岬接岸タイプ) 事例:2020年10月

黒潮の蛇行部が著しく西偏し、潮岬に黒潮が接岸して、熊野灘沖を東へ直進する流路です。熊野灘沿岸はN型と同じような海況となることが想定されます。2020年10月下旬頃、黒潮が潮岬に接岸して、このような流路となりました。2020年10月の事例はごく一時的でしたが、このパターンが継続すると、大蛇行中でも熊野灘沿岸は顕著な低水温になる可能性があります。長期間続くことはないと思われませんが、注意が必要です。

黒潮流路と沿岸水温に関する情報

以下に、三重県水産研究所のホームページを紹介します。

現在の状況を知る

- ・人工衛星ひまわり海面水温画像（随時更新）

http://www.mpstpc.pref.mie.lg.jp/sui/kaikyo/movie_h/movie_h.htm

海色画像やNOAA/MetOp水温画像などへの切り替えも可能です。

- ・関東・東海海況速報（平日の夕方に毎日更新）

http://www.mpstpc.pref.mie.lg.jp/sui/kaikyo/movie/movie_kt.htm

- ・Fax版海況速報（週2～3回発行）

<http://www.db.pref.mie.lg.jp/db/view/index.asp?INFO=TWI3NUxHc3hORFI5TVRBPQ%3D%3D>

- ・熊野灘沿岸定線観測結果（毎月1回、調査船あさま）

<http://www.pref.mie.lg.jp/suigi/hp/000051089.htm>

今後の予測について

- ・黒潮と沿岸海況の1～2ヶ月予報（毎月1回、下旬に更新）

<http://www.pref.mie.lg.jp/suigi/hp/85603017445.htm>

- ・漁海況長期予報（年3回、7月下旬・12月下旬・3月下旬）

<http://www.pref.mie.lg.jp/suigi/hp/16126017449.htm>

三重県水産研究所のトップページ

<http://www.pref.mie.lg.jp/suigi/hp/index.shtm>

上記の他に、定置ブイや熊野灘沖浮魚礁の水温情報などもあります。

3 近年の漁場環境(水温、餌、栄養塩類)

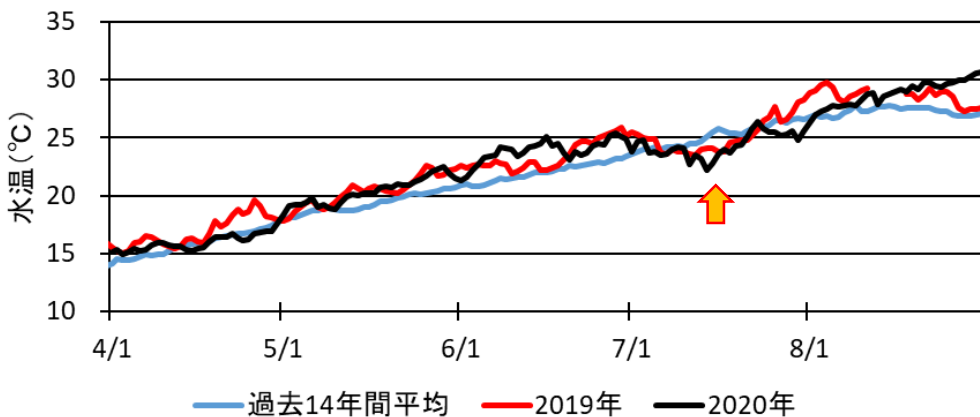
(1)水温

1)春～夏季(2019年4月～8月、2020年4月～8月)

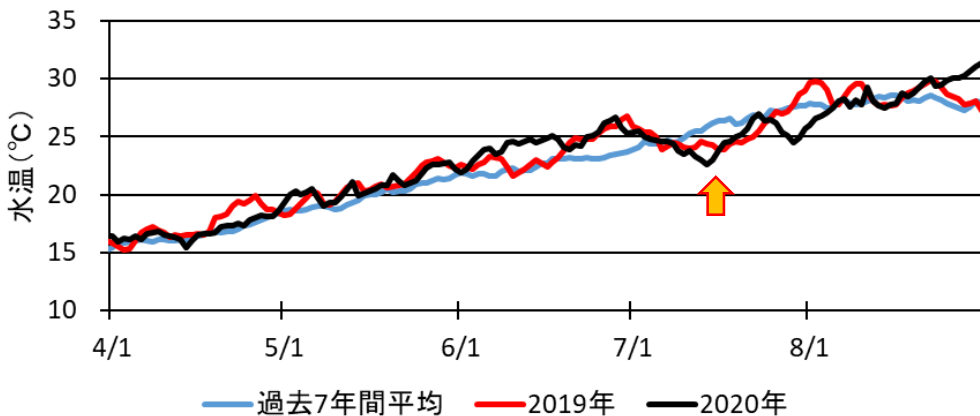
下の図は、英虞湾湾央と五ヶ所湾の2m層における水温変動を示しています。

2019年、2020年ともに水温は平年並～高めでしたが、7月には梅雨の長雨の影響によって水温が低下し、7月中旬頃は2年続けて平年を下回る低水温になりました。また、両年とも梅雨明け後、急激に水温が上昇しました。

英虞湾湾央



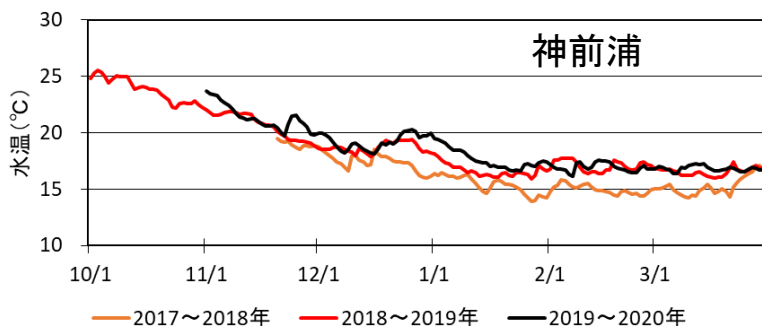
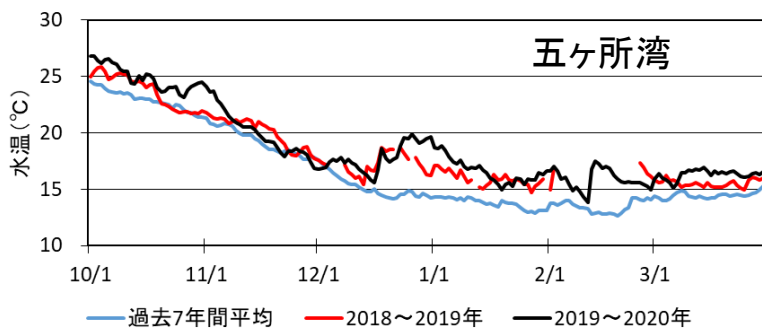
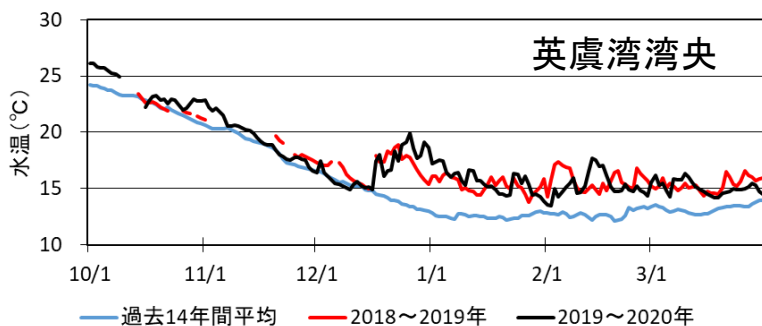
五ヶ所湾



2) 避寒期間(2018～2019年、2019～2020年)

下の図は、10月から3月までの英虞湾湾央、五ヶ所湾及び主要な避寒漁場である神前浦の2m層における水温変動を示しています。

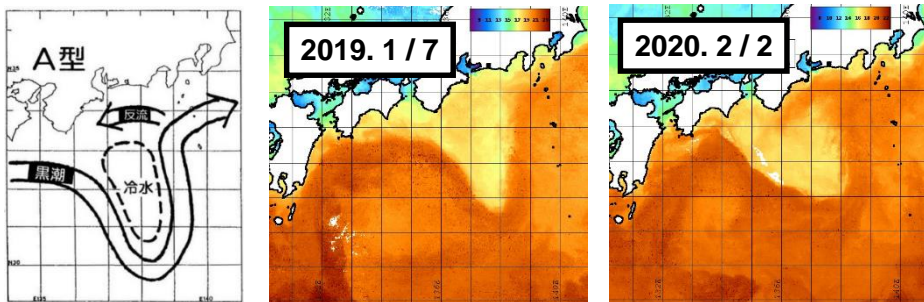
2018～2019年及び2019～2020年の水温は、平年よりも高く、特に12月中旬以降は2年連続で極めて高い状態が続きました。



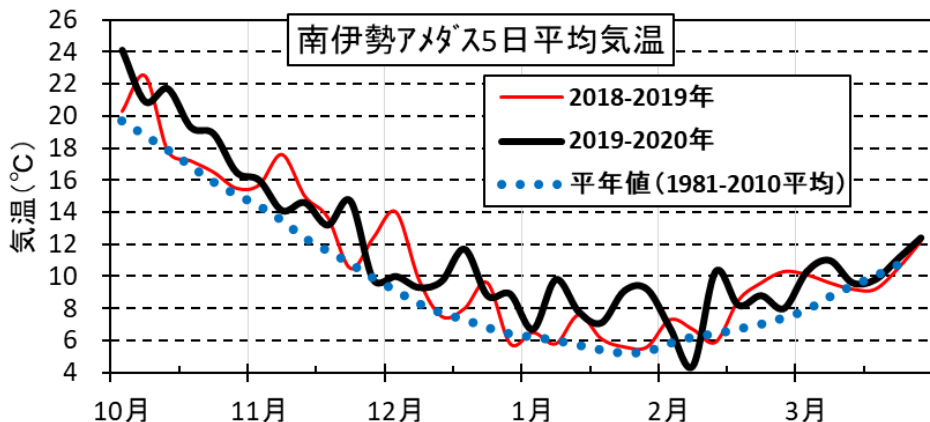
2018～2019年と2019～2020年の英虞湾、五ヶ所湾、神前浦の水温が高くなった要因について説明します。下に黒潮流路(A型)の模式図と2019年1月7日及び2020年2月2日の海面水温の衛星画像を示しました。黒潮はA型流路(大蛇行)が継続し、熊野灘沿岸では断続的に黒潮系暖水の影響を受けて高水温傾向が継続していました。

また、南伊勢アメダス(五ヶ所浦)の気温変動をみると、10月から3月は2年連続して、平年よりも気温が高く経過し、暖冬であったことがわかります。

以上のことから、2018～2019年及び2019～2020年の英虞湾、五ヶ所湾、神前浦の水温が高くなった要因として、黒潮の大蛇行と暖冬の影響が考えられました。



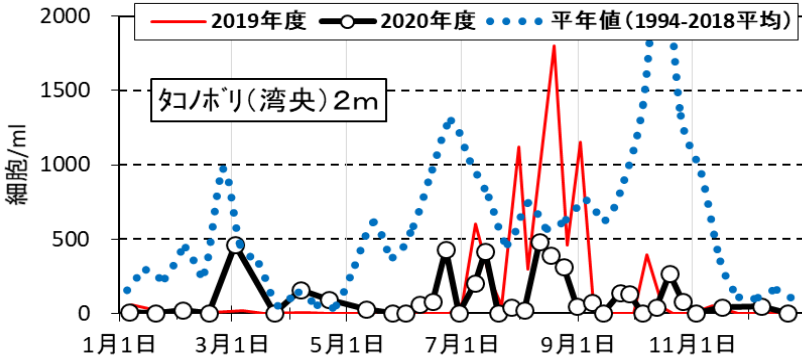
ひまわり8号による海面水温画像(三重県水産研究所HPより)



(2) 餌(植物プランクトン)

下の図は、英虞湾湾央の2m層における植物プランクトン(珪藻類)の密度を示しています。

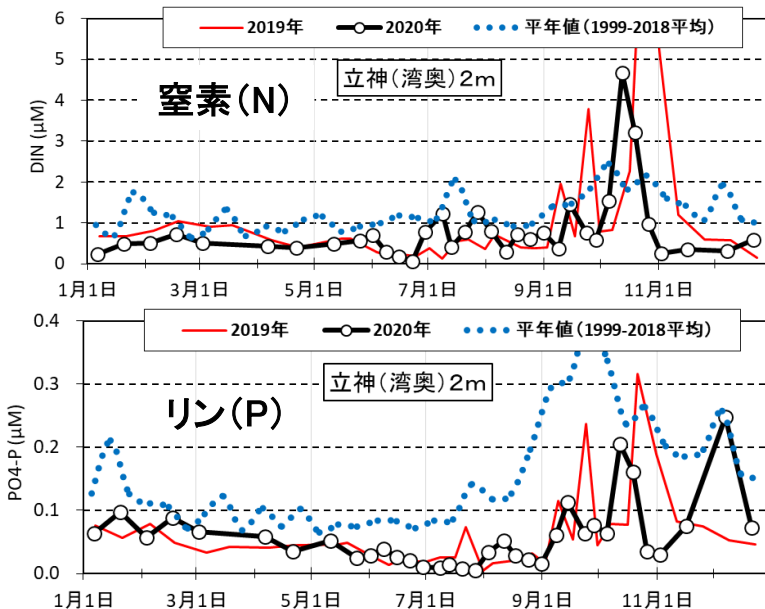
2019年と2020年の値は、平年値と比較して少なく、特に冬季と5月から6月にかけて少ない状況でした。



(3) 栄養塩類(窒素、リン)

下の図は、英虞湾湾奥の2m層におけるDIN(溶存無機態窒素)及び $PO_4\text{-P}$ (リン酸態リン)の濃度を示しています。

2019年と2020年は、平年値と比べて低い値で推移しており、黒潮系水は栄養塩濃度が低いことから、黒潮大蛇行との関連が示唆されます。



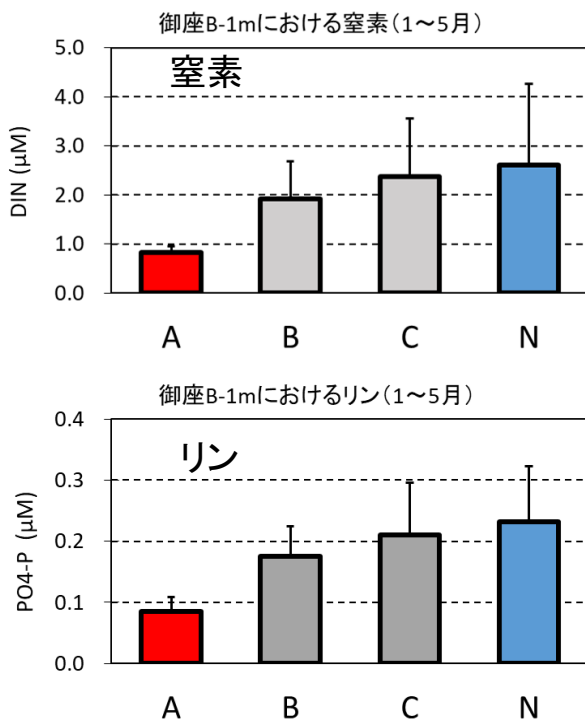
(4) 餌不足の要因

餌不足の要因として、近年の栄養塩が低いことに着目し、外洋からの影響(冬～春)と陸域からの影響(夏～秋)について調べました。

1) 外洋からの影響(黒潮流型別の栄養塩変動)

下の図は、1月から5月の英虞湾口の底層における栄養塩(窒素・リン)と黒潮流路の関係を示しています。黒潮がA型の時は、英虞湾口の底層の窒素、リンはともに非常に少なく、N型の時と比べて、窒素が31%、リンが37%でした。

また、黒潮がA型の時は、他の流路に比べて、英虞湾内へ外洋水の流入頻度が高くなり、英虞湾内は貧栄養になりやすいことが分かりました。

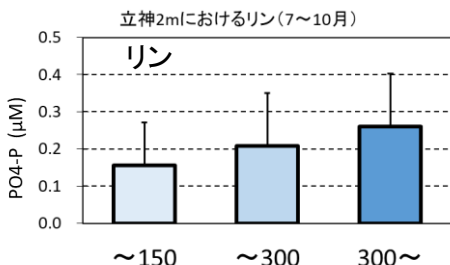
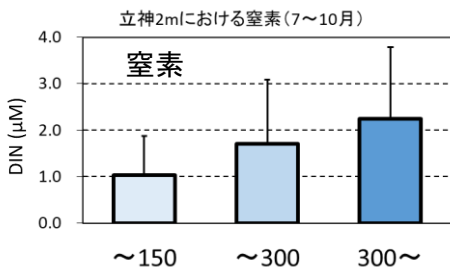


英虞湾口の底層における栄養塩と黒潮流型
資料: 2008~2020年の月平均値

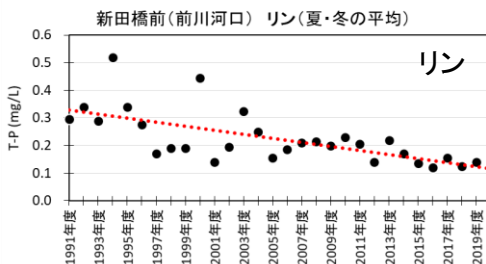
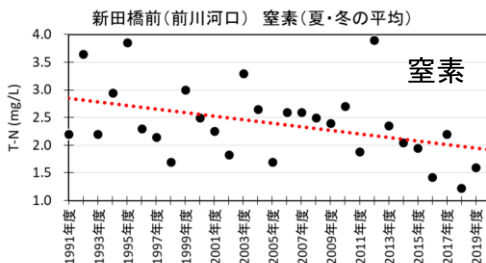
2) 陸域からの影響(降水量等による栄養塩変動)

下左の図は、7月から10月の英虞湾奥の表層における栄養塩(窒素・リン)と降水量の関係を示しています。英虞湾奥の表層では降水量が多くなると、窒素、リンともに多くなる傾向がみられました。

また、英虞湾に流入する栄養塩の長期変化を調べた結果(下右図)、窒素、リンともに近年は減少傾向が認められました。



英虞湾奥の表層における栄養塩と降水量
 栄養塩: 1994~2020年の月平均値
 降水量: 同期間の英虞湾アメダス月合計(mm)



英虞湾への陸域からの栄養塩流入の年変化
 資料: 志摩市環境課(1991~2019年度)

英虞湾における栄養塩は、冬~春は外洋からの影響を強く受け、夏~秋は陸域からの影響を受けやすいという特徴があります。

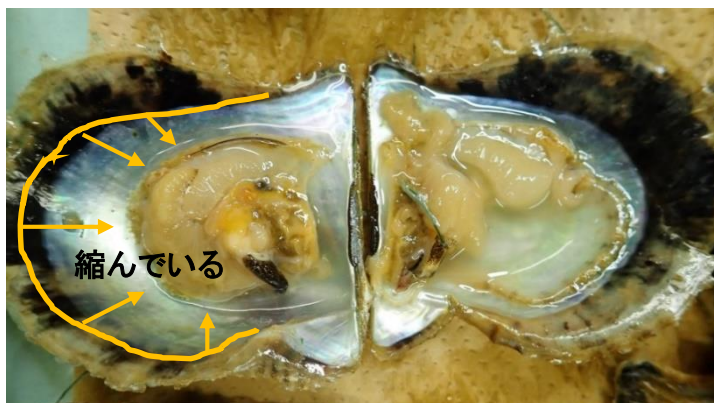
黒潮がA型(大蛇行流路)の時は、N型(直進流路)の時に比べて、窒素・リンの濃度が低い貧栄養の外洋水の影響を受けています。降水量の多い時に栄養塩が増加する傾向がみられましたが、長期的には、陸域からの栄養塩が低下していることも確認されました。

4 2019年、2020年のアコヤガイのへい死等の発生状況

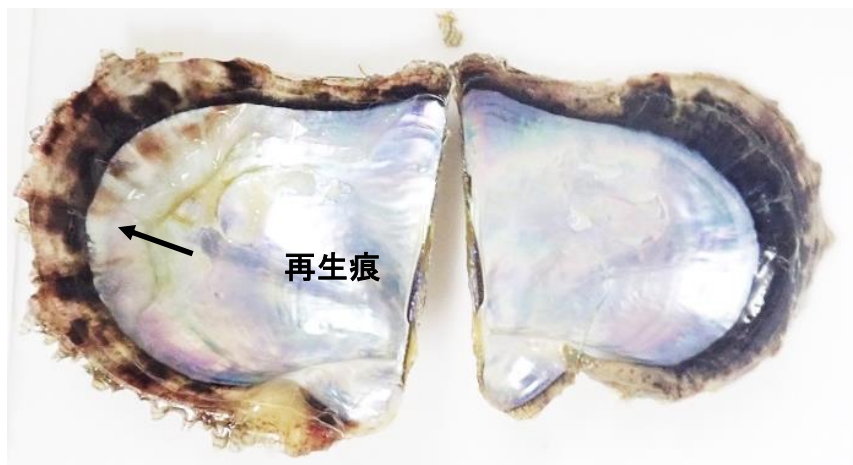
2019年、2020年の夏を中心に、県内の真珠養殖漁場で飼育中のアコヤガイに大量へい死が発生しました。また、愛媛県や長崎県など他の真珠生産地域でも同様の症状とへい死が確認されました。これまでも外套膜が萎縮する症状は、低水温期に稀に確認されることはありましたが、大きな被害につながることはなく、今回の事象はこれまでとは異なるといえます。ここでは、新たに発生した高水温期の外套膜萎縮症状とへい死の発生状況や漁場環境、飼育条件の違いによるへい死率への影響等について説明します。

(1) 外套膜萎縮症状

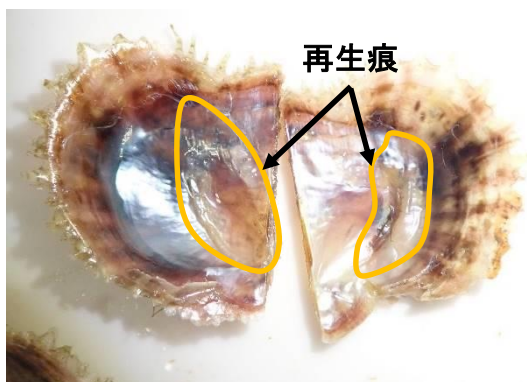
健康なアコヤガイの外套膜の先端部は、貝殻の縁のあたりに位置していますが、発症した貝では、下の写真のように外套膜が貝殻からはがれて貝殻の中心に向かって縮みます。しかし、症状が出ている貝でも外見上はハサキが良く伸びているなど、一見すると状態の良い貝に見える場合が多く、挿核などで貝の内部を確認しない場合には、発症を見過ごす場合があります。



発症貝では、症状が回復に向かい、外套膜が元の位置に戻る過程で、貝殻の再生痕が形成されることがあります。再生痕は、本来は平滑で色もきれいな真珠層の部分が、凸凹になったり、褐色になったりすることで分かります。発症に気づかなかった貝でも、後で貝殻を調べることで発症していたかどうか確認することができます。



1年貝(稚貝)は、2、3年貝と比べて、突然、大量にへい死する状況が確認されています。1年貝でも2、3年貝と同様の外套膜の萎縮症状や貝殻の再生痕が確認されています。



(2) へい死率

これまでに実施した真珠養殖業者の皆さんへのアンケート調査の結果を基に、地区別の1年貝(稚貝)のへい死率、貝の年齢別のへい死率を表に示しました。(アンケート調査実施期間:【2019年】8月19日～8月30日、【2020年】8月17日～8月24日)

地区別及び貝の年齢別ともに、へい死率は2019年の方が2020年よりも高く、2019年の被害が大きかったことが分かります。地区別では、英虞湾湾奥地区が他の地区よりもへい死率が高い傾向がありました。年齢別では1年貝のへい死率が2、3年貝よりも顕著に高い傾向がありました。

地区別の1年貝(稚貝)のへい死率(%)

地区	2019年	2020年
英虞湾湾奥地区	74	49
英虞湾湾央地区	68	39
英虞湾以外の地区	56	39

貝の年齢別のへい死率と例年のへい死率(%)

貝の年齢	へい死率(%)		例年のへい死率(%) ※
	2019年	2020年	
1年貝	70	44	15
2年貝	23	10	9
3年貝	24	18	16

※2019年アンケート調査より

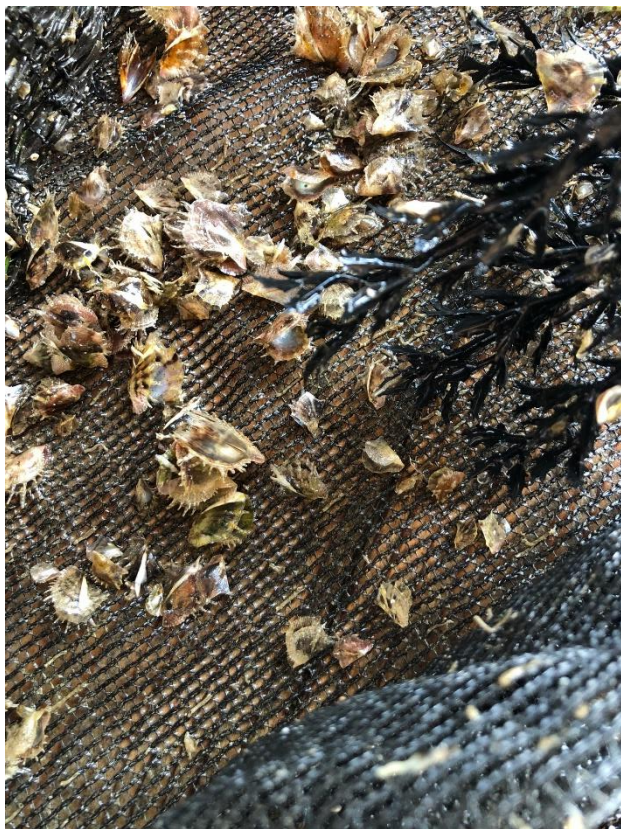


2019年9月23日:鈴木知事によるアコヤガイへい死状況の現地視察

(3)へい死等の発生時期

2019年は、7月上旬から2、3年貝に外套膜萎縮の症状が見られるとの情報が水産研究所にありました。7月下旬には稚貝にへい死が見られるとの情報も多数寄せられました。これらの情報とアンケート調査結果から、2019年は7月下旬頃がへい死等の発生ピークと推測されました。

2020年は、6月上旬から中旬に稚貝がへい死しているとの多くの情報が水産研究所に寄せられ、その後、7月にはへい死等の情報はありませんでした。これらのことから、2020年は6月中旬頃がへい死等の発生ピークとなりました。



へい死した稚貝（2020年6月8日撮影）

5 アコヤガイのへい死等に影響する要因の検討

(1) 飼育管理

1) 稚貝(高水温期)

① 飼育密度

飼育密度は、稚貝の成長を左右する重要な要因の一つです。高密度状態では飼育カゴ内部の水の交換が悪くなり、餌不足や溶存酸素濃度の低下といった飼育環境の悪化をまねく可能性があります。特に、高水温期にはその影響が顕著に表れる可能性があります。

下の表は、2020年に水産研究所で実施した飼育密度の異なる条件での実験の結果です。高密度区では、提灯カゴに低密度区の約3倍の稚貝を收容しました。高密度区のへい死率は低密度区よりも高く、また高密度区の成長は低密度区よりも悪いという結果が得られました。

稚貝の飼育では、早めの飼育密度の調整、目合の大きな籠への入れ替えをしましょう。

飼育カゴへの收容密度の違いによるへい死率の差

	收容数	生残数	へい死数	へい死率(%)
高密度区	7,122	3,846	3,276	46
低密度区	2,520	1,745	775	31

飼育カゴへの收容密度の違いによる成長差

	平均重量(g)	平均蝶番長(mm)
高密度区	0.196	12.8
低密度区	0.302	15.2

②揺れ(振動)

稚貝の飼育漁場としては、波当たりが弱く、流れの緩やかな場所が経験的に使われていますが、稚貝のへい死とカゴの揺れに関する調査はこれまでに行われておらず、揺れや潮流が稚貝に与える影響についてはよく分かっていませんでした。

そこで、水産研究所では、水槽内にカゴを設置し、1日1回、20cm/秒で2分間、カゴを左右に揺らす実験を2020年に行いました(実験期間は約20日)。

下の表のとおり、カゴを揺らすことで、稚貝のへい死率が上がる結果が得られており、稚貝は波の静かな海域で飼育することが望ましいと考えられました。

なお、船の引き波も影響を与える可能性が考えられるため、稚貝漁場の近くでは航行速度を落とし、引き波を立てないようにしましょう。

飼育カゴに振動を与えた場合と与えない場合の稚貝のへい死率(%)

	試験1回目	試験2回目
振動あり	76.5%	10.5%
振動なし	54.0%	2.5%
実験員	衰弱稚貝	健全稚貝

〔 衰弱している、していないにかかわらず、振動を与えるとへい死率が高くなった。 〕



2) 母貝(避寒・抑制)

① 避寒開始時期

避寒の開始時期では、2、3年貝ともに2018年11月以前に比べて同年12月に避寒した場合にへい死率が低くなっていました。2018年11月から2019年3月にかけて水温が高かったことに加え、餌となるプランクトンの量も少ない状況でした。このことから、避寒期間が短いほど貝に蓄積されたエネルギーの消耗が抑えられ、へい死率の低減につながったと考えられました。

避寒開始時期とへい死率 (2019年アンケート調査より)

	避寒時期	へい死率(%)
2年貝	11月以前	25
	12月	10
3年貝	11月以前	30
	12月	12

② 避寒時のカゴの種類

避寒時のカゴの種類別のへい死率は、3年貝において、抑制カゴより丸カゴのへい死率が低くなっていました。避寒期間中は高水温と餌不足により、アコヤガイがエネルギーを消耗しやすい環境となっていましたので、丸カゴに收容したことで、抑制カゴよりも餌を取りやすく、アコヤガイの体力を温存できたためへい死率が低くなったと考えられました。

避寒時のカゴの種類とへい死率 (2019年アンケート調査より)

	避寒時のカゴ	使用率(%)	へい死率(%)
3年貝	丸カゴ	19.7	17.6
	抑制カゴ	78.9	32.9
	提灯カゴ	1.4	-

③抑制

下の表は、抑制の有無とへい死率の関係を示しています。

3年貝では、「春以降に抑制」した場合のへい死率は「秋に抑制」した場合よりも低くなっていました。

2年貝では、「秋に抑制」のデータ数が少なかったため、へい死率を「抑制せず」と「春以降に抑制」で比較すると、「抑制せず」の場合のへい死率は、「春以降に抑制」した場合よりも低くなっていました。

春以降の抑制は、秋の抑制に比べて短期間で実施され、成熟した卵や精子を取り除くことを主目的に行われます。一方、秋の抑制は、避寒全期間にわたって生殖細胞の成熟を抑えることを目的に行われます。

春以降の抑制では、餌不足の環境ではあったものの、秋の抑制よりも短期間で行われることから、過剰な抑制状態とならず、衰弱が抑えられたと考えられます。

抑制の有無とへい死率（2019年アンケート調査より）

	抑制の有無	データの件数	発症率(%)	へい死率(%)
2年貝	抑制せず	24	17	16
	秋に抑制	1	20	20
	春以降に抑制	47	30	25
3年貝	抑制せず	3	31	27
	秋に抑制	25	27	27
	春以降に抑制	12	19	15

④母貝の系統

アコヤガイには母貝、ピース貝といった用途による違いに加えて、日本産貝や外国産アコヤガイとの交雑貝など様々な系統があります。2019年度のアンケートでは、貝の系統ごとのへい死率についても調査しましたが、特に系統によるへい死の違いは確認されませんでした。

⑤避寒漁場

下の表は、避寒漁場別の外套膜萎縮の発症率とへい死率を示しています。なお、2年貝の「県外越冬」は、2019年の春に県外の母貝業者から導入した貝です。

2、3年貝とも、各漁場間で発症率やへい死率に明確な差は認められませんでした。データ数は3例と少ないですが、3年貝の避寒せず(英虞湾越冬)ではへい死率が6%と低く、冬季水温が過去15年で最も高い中で、水温が低めの英虞湾で飼育したことがへい死率を低減させた要因と考えられました。

避寒漁場別の外套膜萎縮発症率とへい死率
(2019年アンケート調査より)

貝の年齢	避寒湾	データの 個数	発症率 (%)	へい死率 (%)
2年貝	南島・南勢	2	26	26
		5	19	19
		15	28	24
		3	33	33
		-	-	-
	紀州	1	0	0
		3	28	24
	県外越冬 避寒せず	1	0	0
		30	30	26
	3年貝	南島・南勢	5	29
11			29	29
1			10	10
19			20	20
2			40	40
紀州		1	0	0
		-	-	-
		-	-	-
県外越冬 避寒せず		1	40	40
		3	13	6

(2)にごり

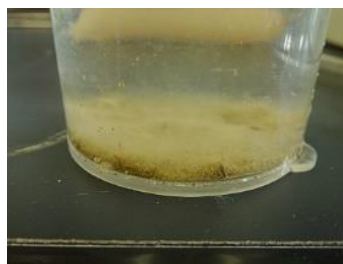
養殖業者の皆さんから懸念の声が聞かれる「にごり」の影響を明らかにするため、底泥(海底の泥)、浮泥(水中を漂う泥)、粘着性浮泥(ヌタ)を含む海水で稚貝を飼育し、その影響を確認する実験を2020年に行いました。

アコヤガイのろ水量に影響を与えるとされる7mg/L濃度を基準に、底泥は7~7,000mg/L、浮泥は7~70,000mg/Lに調整した海水に稚貝を2~3日間入れた結果、7,000mg/L以下ではへい死や衰弱状態(足糸が付着しない状態)は確認されませんでした。濃度7,000mg/Lは、濁度で1,400NTUであり、これは現場では起こり得ない高濃度です(現場では50NTU程度で相当の「にごり」)。この結果から、通常起こりえる濃度の泥ではアコヤガイはへい死しないことが分かりました。ただし、泥を含む海水に稚貝を入れると粘液を分泌したことから、「にごり」はアコヤガイにとってストレス要因と考えられました。

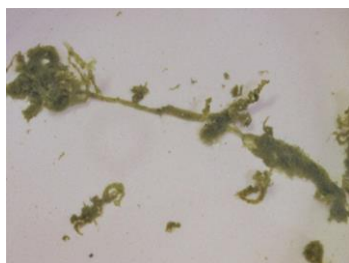
一方、2020年7月16日に英虞湾湾奥で採取した粘着性浮泥(ヌタ:ラフィド藻類のフィブロカプサ ジャポニカ由来と推定)を含む海水に稚貝を2日間入れると、へい死や衰弱状態が確認され、稚貝に悪い影響がありました。ヌタの発生要因は複数あるため、ヌタの由来によりアコヤガイへの影響も異なると考えられます。



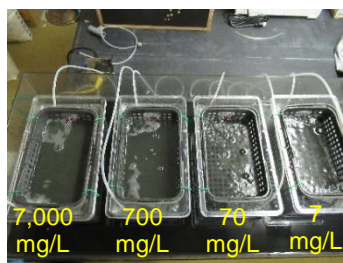
底泥



浮泥



粘着性浮泥(ヌタ)



底泥の影響を明らかにする実験

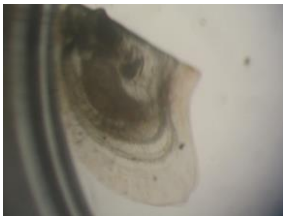
(3) 除草剤

養殖業者の皆さんから懸念の声が聞かれる除草剤の影響を明らかにするため、除草剤(2種類)について稚貝と植物プランクトンに対する実験を2020年に行いました。

除草剤を0.01~10,000ppm(通常の散布濃度は10,000ppm)含む海水に、稚貝を2日間入れた結果、どちらの除草剤も100ppm以上で稚貝がへい死しました。一方、10ppm以下ではへい死することなく、衰弱状態(足糸が附着しない状態)も確認されませんでした。

植物プランクトンは、珪藻(フェオダクテラム)、緑藻(テトラセルミス)、クリプト藻(ロードモナス)の3種類を0.01~1,000ppmの除草剤を含む海水に3日間入れた結果、どちらの除草剤でも100ppm以上で植物プランクトンの増殖が阻害されました。10ppm以下では植物プランクトンの増殖に影響はありませんでした。

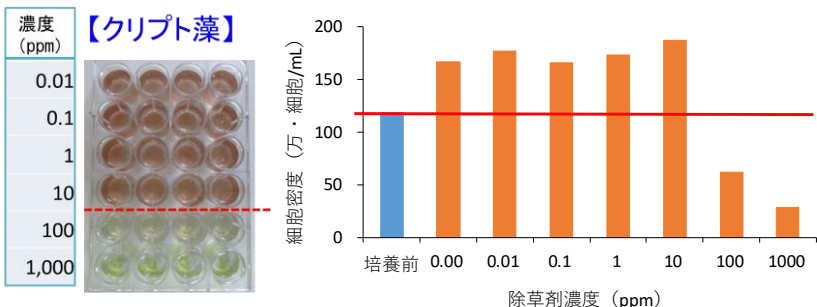
仮に、立神浦(海水量約400万トン)で影響濃度の100ppmに達するための必要な除草剤の流入量を試算してみました。その結果、「散布濃度の除草剤が約4万トンが必要である」と算出されました。このような大量の除草剤の流入は現実的に考えられないことから、除草剤がへい死の要因とは考えられませんでした。



10ppm(生存個体)



100ppm(へい死個体)



稚貝及び植物プランクトンに対する除草剤の影響を明らかにする実験

(4) 感染症

令和2年11月10日に農林水産省消費・安全局畜水産安全管理課と水産庁増殖推進部栽培養殖課より「アコヤガイの大量へい死に関する当面の対応について(注意喚起)」が通知されました。

通知の概要

- 感染試験の結果、外套膜萎縮症状が感染症の可能性を示唆する結果が得られた
- へい死との関係は不明である
- 病原体は特定されていない
- 現場でのへい死の発生については、環境変化や餌料不足等の複合要因である可能性である
- 真珠養殖業者がとるべき当面の対応は以下のとおり

真珠養殖業者がとるべき当面の対応について

1 アコヤガイの適切な養殖管理

本マニュアルを始め「アコヤ養殖環境情報」や三重県真珠養殖連絡協議会が運営している「三重県真珠養殖関連漁場水温モニタリングシステム」などを参考に、貝にストレスの少ない養殖管理を心掛けてください。

2 アコヤガイの漁場間の移動時の注意

貝を移動する際には感染症の可能性を考慮し、病原体の拡散を防止するよう注意する必要があります。

そのため、稚貝のへい死、外套膜萎縮症状等が確認された漁場から、未発生の漁場への貝の移動は控えてください。

3 海外からのアコヤガイ導入に伴う注意(主に種苗生産業者が対象)

海外から種苗または種苗生産に供するアコヤガイを導入する場合は、「水産防疫対策要綱」等に基づき、導入元の管理状況の確認を徹底するとともに、既飼育貝と一定期間隔離、区別して飼育を行ってください。

(5)まとめ

2019年、2020年の漁場環境の特徴やへい死要因の検討のための試験結果などから、現時点において、アコヤガイのへい死等に影響を与える要因は以下のように整理されます。

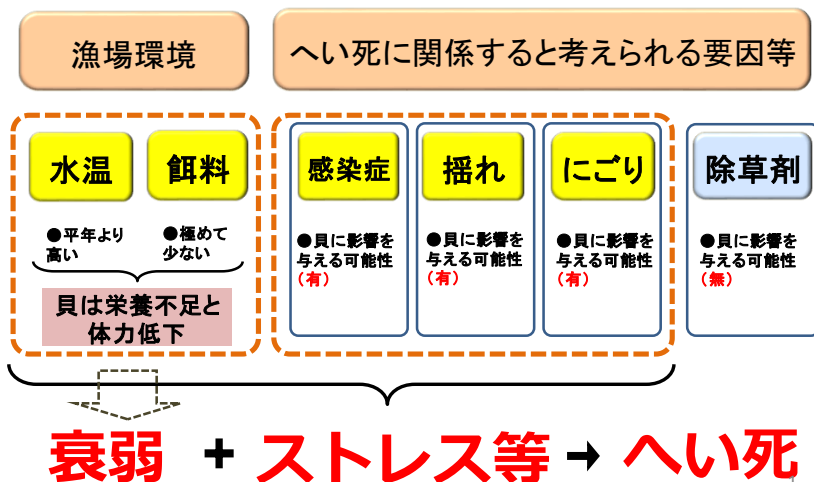
まず、漁場環境については、水温が平年よりも高く、餌料となる植物プランクトンが少ないという環境が、アコヤガイを衰弱させたり、ストレス要因となっていた可能性が考えられました。

その他に感染症、揺れ、にごり、などもアコヤガイに影響を与える要因である可能性が考えられました。

なお、除草剤については、かなりの高濃度でなければ影響が確認されず、今回のへい死の発生に関与した可能性は無いと考えられました。

以上のように、へい死要因は一つではなく、こうした要因が複合的に影響したと考えられます。特に、稚貝は栄養不足や体力低下に陥りやすく、高水温や餌不足に起因する衰弱状態に、ストレスとなる複数の要因（感染症、揺れ、にごり等）が加わった結果、へい死に至ったと考えられます。

へい死等に影響を与える要因 まとめ



6 アコヤガイのへい死軽減対策

(1) 適正な高水温期の飼育管理

1) 稚貝のストレス緩和対策

水温が平年よりも高く、また餌となるプランクトンが少ない状況下では、アコヤガイはストレスを受けやすい状態となります。特に海水温が28℃以上となると、アコヤガイの生存に必要なエネルギーが急激に増大するとともに生理的な変調が生じます。その結果、貝は栄養不足と体力低下により、衰弱しやすくなります。

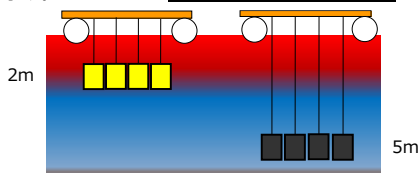
また、実験結果から、カゴへの収容密度が高い状態やカゴの揺れ、にぐりは、稚貝にとってストレスになることが判明しました。

以下を参考に、稚貝のへい死を低減するため、できる限り稚貝にストレスを与えず、衰弱させない飼育管理を心掛けてください。

- ① 高水温を避けるため、現状の垂下水深に比べて水温が低い層まで深吊りする。

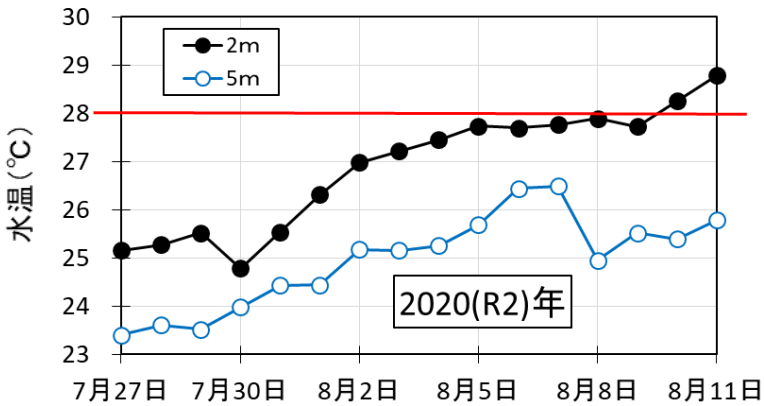
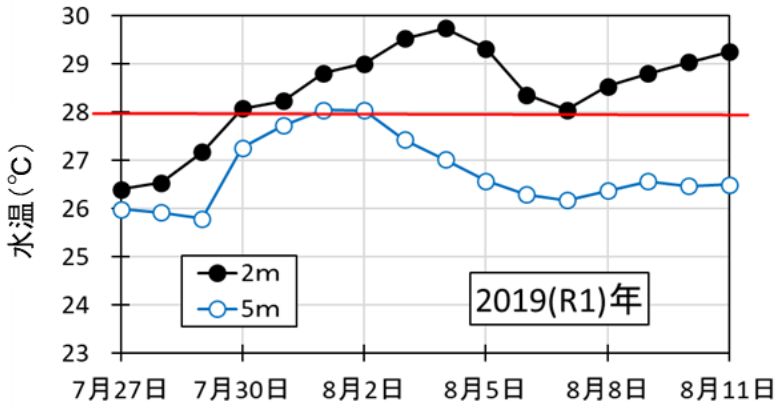
(※次ページのグラフ：

2mと5mの水温変化を参照)



- ② 海水の交換を良くするため、できる限り大きな目合いのカゴに収容する。ただし、潮流が速い漁場では、逆に潮流によるストレスを受けやすくなる可能性があるため、注意が必要。
- ③ 餌となるプランクトンを取りやすくするため、カゴへの収容数を減らす。
- ④ 淡水処理や塩水処理など、貝のストレスとなる作業を控える。
- ⑤ カゴの揺れ(振動)によるストレスをできるだけ緩和する。
(養殖筏近くでの超スロー航行の徹底など)





英虞湾湾央ブイの2mと5mにおける日平均水温の動向

※ 5m層では、2m層に比べてアコヤガイが海水温28°C以上に曝される期間を短くできます。

2)母貝、挿核貝のストレス緩和対策

高水温期は、稚貝と同様に、母貝、挿核貝にとっても厳しい環境です。以下を参考に、できる限りストレスを与えない養殖管理を心掛けてください。

- ① 足糸は引きちぎらず、貝出刃で足糸を切る等、できる限りストレスを与えないようにする。
- ② 貝掃除の回数を減らしたり、貝掃除をする際も水圧を通常よりも弱くする。
- ③ 淡水処理や塩水処理を行う際は、貝がしっかり口を閉じていることを確認してから行う。
- ④ オゾンによる卵抜きを行う際、高水温による長時間のオゾン処理は避ける。
- ⑤ 外套膜萎縮症状を発症した貝には挿核せず、発症していない貝に挿核する。



水産研究所による各真珠組合での技術講習会の開催
(2020年6月17日～7月9日)

3) 「アコヤ養殖環境情報」の活用

水産研究所では、2020年5月から従来の「プランクトン速報」をリニューアルした「アコヤ養殖環境情報」を毎週1回（原則、水曜日）発行しています。従来のプランクトン検鏡結果の他、グラフを加えた情報にしました。また、今後1週間程度の水温動向予測やアコヤガイ定期モニタリングの情報も掲載しています。この情報は、水産研究所ホームページに掲載するとともに、LINEによるプッシュ型情報としても発信しています。

アコヤ養殖環境情報
2020-17号
(8月17日～8月19日観測)
令和2年 8月18日発行
<http://www.pref.mie.lg.jp/suilgi/hp/160520f7292.htm>
三重県水産研究所
TEL 0599-53-0016
FAX 0599-53-2225

◎ 概況

1. 水温等の状況 (8/18の英虞湾湾央2m層における日平均水温は、29.0℃)
・英虞湾や五ヶ所湾では、猛暑の影響で表面水温は30℃前後で、英虞湾では一部で2m層でも30℃以上となっているところがあります。
- ・海面下5m層付近の水温は26～27℃前後で、英虞湾の一部では26℃以上となっています。今回は全域で3mg/L以下の貧酸素は確認されませんでした
2. プランクトンの状況
・英虞湾では湾奥部を中心に、珪藻類の少ない状況が続いています。
3. アコヤガイのへい死状況等
・水産研究所による定期モニタリング(2年貝と3年貝)では、英虞湾においてはへい死が確認されたものの、特に多い状況ではありません。五ヶ所湾と阿曾浦においては、引き続き、目立ったへい死は見られていません。

◎ 今後1週間程度の水温動向(予測)

◆ 今後の水温動向 = 2m層では現状並みの高水温が継続し、5m層でも高水温傾向になると予測されます。(気象庁の「2週間気温予報」や黒潮の流路、熊野灘海域の水温状況を参考にしています。)

◎ 最近の黒潮流路に関する情報

黒潮は、2017年8月下旬から大蛇行流路が丸3年続いています。今年7月頃から、蛇行の最南下部が切離する現象が見られる等、大蛇行流路の中で、変化が激しくなっています。8月中旬には、黒潮が熊野灘に異常接近し、極めて特異な流路となっています。

黒潮がこれほど熊野灘の岸近くを流れたことは、少なくともここ30年はありません。このような流路は一時的で、長期間続くことはないと予測されますが、現状は栄養塩の少ない黒潮系水が英虞湾や五ヶ所湾に流入しやすい海況となっています。一方、的矢湾～伊勢湾では黒潮系水の影響は受けにくいパターンになっています。

今後しばらく、猛暑による高水温に加えて、黒潮流路の動向にもご注意ください。



図. 8月19日の黒潮流路(Fax版海況速報より)

【英虞湾の環境】

◇水温:
・自動観測ブイ(8月19日 9:00): ※年平均は過去14年平均

水深・観測点	湾中央(タノボリ)ブイ	湾奥(立神)ブイ
2 m(平年差)	29.7℃ (+2.0℃)	29.6℃ (+0.5℃)
5 m(平年差)	27.8℃ (+1.0℃)	26.3℃ (-0.5℃)

・浜島定地水温(8月19日): 29.3℃ (平年差 +1.9℃) ※年平均は1981～2010年の30年平均

◇溶存酸素量と塩分:
・2～5m層: 8月17日、水産研究所観測点

項目	範囲
溶存酸素量	4.6～7.0 mg/L
塩分	31.7～33.4

【五ヶ所湾・神前浦の水温】

・自動観測ブイ(8月19日 9:00) ※年平均値: 五ヶ所湾は過去7年平均、神前浦は過去2年の平均

水深・観測点	五ヶ所湾(床なま)ブイ	神前浦ブイ
2 m(平年差)	28.5℃ (+0.3℃)	27.7℃ (+0.7℃)
5 m(平年差)	26.9℃ (-0.3℃)	27.1℃ (+0.4℃)

【アコヤガイ定期モニタリング 死亡貝・異常貝の発生率%】 ()内は累積の値 調査日: 令和2年8月17～18日

貝種類	地区							
	神明	立神	船越	片田	和具	誠置	五ヶ所	阿曾
2年貝	1 (7)	0 (9)	2 (4)	1 (2)	0 (3)	2 (13)	0 (3)	0 (2)
3年貝	1 (11)	2 (16)	1 (13)	3 (6)	1 (13)	1 (12)	0 (2)	0 (3)

(今週は、全部で8ページあります。)

(2)適正な避寒時期の飼育管理

1)避寒と抑制の実施の検討

飼育管理とへい死率の関係から、避寒時の抑制方法を漁場環境に応じて適切に行うことがへい死率の軽減につながると考えられます。

そこで、冬季の黒潮流路と気温のパターンから、避寒と抑制の実施について、下の表のとおり示しました。

漁場の水温が極端に高くなる可能性のある「黒潮A型、暖冬」の場合は、英虞湾漁場において丸カゴで飼育することをおすすめします。逆に、低水温となる可能性のある「黒潮N型」の場合は、気温予想にかかわらず英虞湾での飼育はおすすめできません。

避寒と抑制の実施の方針について、判断しにくい場合は、水産研究所にご相談ください。

冬季の黒潮流路と気温の予想と避寒・抑制の実施の判断

冬季の黒潮流路 の予想	冬季の気温 の予想	避寒		抑 制	
		英虞湾	五ヶ所湾 より南	する (抑制カゴ)	しない (丸カゴ)
A型	暖冬	○	△	△	◎
	平年並み	△	○	○	○
	厳冬	×	○	○	○
B型、C型	暖冬	△	○	△	○
	平年並み	△	○	○	○
	厳冬	×	○	○	○
N型	暖冬	×	○	○	○
	平年並み	×	○	○	○
	厳冬	×	◎	○	○

◎:おすすめできる

○:可能

△:個別に研究所に相談ください

×:おすすめできない

2) 避寒した後の養殖管理

避寒時のカゴの種類について、2018年～2019年の冬は抑制カゴより丸カゴで飼育した方がへい死率が低いという結果でした。これは、避寒期間の水温が高かったことから、餌を取りやすい丸カゴで飼育した方が、アコヤガイの体力を温存できたためと考えられました。

そこで、避寒漁場(神前浦、五ヶ所湾)の避寒期間(12月～3月)の各月末における15℃を超える水温の積算値(12月1日以降の積算値)について、へい死に影響したと推察される2018年～2019年とその前シーズン(2017年～2018年)を比較して表に示しました。また、これらの数値を参考に設定した「飼育カゴ(抑制カゴから丸カゴへ)の切替の目安となる水温の積算値」を示しました。

避寒漁場における15℃を超える水温の積算値の情報については、県水産研究所が発行する「アコヤ避寒情報」で提供していますので、飼育カゴの切替の参考としてください。(次ページを参照ください)

避寒期間(12月～翌3月)の各月における15℃を超える水温の積算値(℃)及び飼育カゴの切替の目安となる積算値(℃)

時期	神前浦 水温の積算値(℃)		五ヶ所湾 水温の積算値(℃)			飼育カゴの切替の 目安となる水温の 積算値(℃)*
	2018-2019年 (へい死発生)	2017-2018年 (へい死なし)	2018-2019年 (へい死発生)	2017-2018年 (へい死なし)	2010-2017年 の7期の平均 (へい死なし)	
12月末	114	75	59	39	23	60
1月末	164	92	85	41	29	80
2月末	222	96	94	42	30	90
3月末	270	111	111	52	36	110

* 飼育カゴの切替の目安:

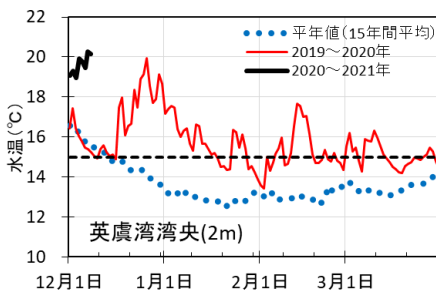
へい死が発生した2018年12月～2019年3月の避寒漁場(神前浦、五ヶ所湾)のうち、積算値が低かった五ヶ所漁場の積算値を参考にして設定した。

3)「アコヤ避寒情報」の活用

水産研究所では、2019年12月から「アコヤ避寒情報」の発行を開始しました。情報は、水産研究所ホームページに掲載し、2020年12月からは「アコヤ養殖環境情報」に避寒情報を加える形でリニューアルして、LINEでも情報発信を開始しました。避寒情報の発行期間は、12月から翌年3月までとし、①神前浦、五ヶ所湾、英虞湾の水温、②15°Cを超える水温の積算値(12月1日起点)、③黒潮流路や気温の状況、④プランクトンの状況などを掲載しています。避寒の場所やタイミング、抑制方法の選択など、避寒時期の飼育管理にご活用ください。

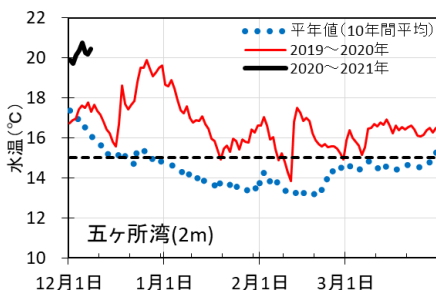
●英虞湾(タコノボリ) 2m

英虞湾 湾央	15°Cを超える 水温の積算(°C)			抑制カゴ から丸カゴ への切替 の目安(°C)
	2020~ 2021	2019~ 2020	2018~ 2019	
12月	36.9※	55.3	55.1	60
1月		80.9	69.1	80
2月		95.3	91.6	90
3月		104.2	104.9	110



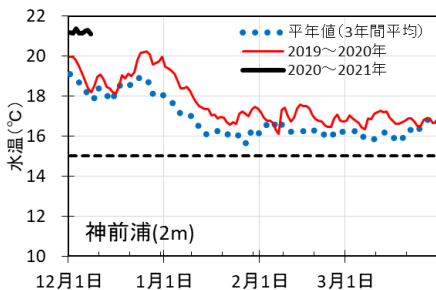
●五ヶ所湾(床なぎ) 2m

五ヶ所 湾	15°Cを超える 水温の積算(°C)			抑制カゴ から丸カゴ への切替 の目安(°C)
	2020~ 2021	2019~ 2020	2018~ 2019	
12月	41.8※	86.8	58.5	60
1月		136.8	85.4	80
2月		163.5	94.1	90
3月		204.1	110.9	110



●神前浦(小納戸) 2m

神前浦	15°Cを超える 水温の積算(°C)			抑制カゴ から丸カゴ への切替 の目安(°C)
	2020~ 2021	2019~ 2020	2018~ 2019	
12月	49.7※	130.5	113.9	60
1月		212.3	164.5	80
2月		266.1	222.1	90
3月		322.0	270.1	110



※12月は8日までの積算

(3)発症したときの各養殖管理工程での対処法

2、3年貝の外套膜萎縮症状や1年貝(稚貝)のへい死は、6月上旬から発生しており、水温が22℃を超えた時期に発症する可能性が考えられます。

1)稚貝・母貝養成

養成中のアコヤガイ稚貝・母貝に外套膜萎縮症状を確認した場合は、発症がおさまるまで、貝掃除、カゴ交換、漁場の移動などを避けて、できるだけ貝にストレスをかけないようにしましょう。

避寒させる場合には、避寒直前の漁場水温や避寒先の水温を把握するとともに、冬季の黒潮流路、気温の予測情報をもとに移動時期やカゴの種類を検討する必要があります。詳しくは次ページで説明します。

2)抑制(避寒期間中)

抑制中に発症が確認されたら、抑制を中止して貝を抑制カゴから取り出して丸カゴに收容し、発症が収まるまでストレスをかけないようにしましょう。

3)挿核

挿核は最も外套膜萎縮症状を確認しやすい作業です。発症のみられる貝には挿核せず、発症していない貝に挿核しましょう。

4)養生、本養殖

養生中に外套膜萎縮が発症した場合にも、ストレスをかけないように注意し、へい死した貝は回収しましょう。本養殖中に発症した場合は、症状がおさまるまで貝掃除などの作業を中止しましょう。

外套膜萎縮症状から回復したアコヤガイは挿核に使えるのか？

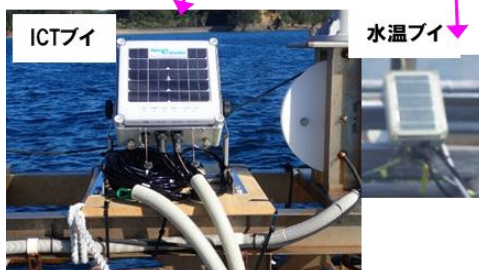
2019年の夏季に発生した外套膜萎縮症状ですが、貝殻に再生痕がみられるものが多く確認されています。10月以降にサンプリングした貝では、貝殻の再生痕も真珠層に覆われて、貝肉の状態も良好な個体も見られました。このような個体には、体力が十分に回復すれば挿核できる可能性があります。

7 漁場環境把握のためのICTブイの活用



三重県真珠養殖連絡協議会は、三重県真珠養殖関係漁場水温モニタリングシステムを構築し、英虞湾、的矢湾、五ヶ所湾及び神前浦の水温を測定し、ホームページで公開しています。

また、三重県は2019年11月8日から英虞湾湾央にICTブイ(水温・塩分計)を設置し、三重県真珠養殖関係漁場水温モニタリングシステムのホームページ上で塩分データの提供を行っています。



観測データは、パソコンやスマートフォン、携帯電話でいつでも、どこでも、確認することができます。

(1)ICTブイデータの表示方法

パソコンでモニタリングシステムを見る(その1)

このアドレスから確認することができます。

<http://www.ohyamanet.info/~m-shinkyō/index.php>

【トップ(表紙)ページ】:モニタリングシステムの最初の画面です。

●水温ブイの測点

測点を押すとそれぞれのページが表示されます。地図でも指定できます。2020年12月時点の測点は、英虞湾湾央、英虞湾湾奥、英虞湾神明、五ヶ所湾、的矢湾、神前浦です。

●ICTブイの観測項目

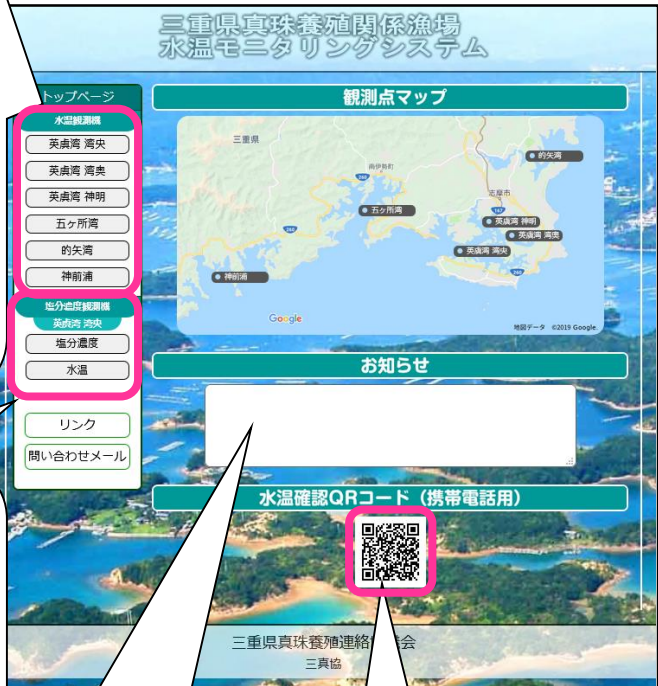
英虞湾湾央にあるICTブイの観測項目です。項目を押すとそれぞれのページが表示されます。項目は塩分濃度と水温です。

●お知らせ

モニタリングシステムの停止や再開等の観測状況についてのお知らせです。

●水温確認QRコード

(携帯電話用)
携帯電話用のページのQRコードです



パソコンでモニタリングシステムを見る(その2)

【各測点の水温】:各測点の0.5m、2m、5mおよび8mの水温の変化をグラフで確認することができます。2日、7日、35日、190日間のグラフが表示されます。

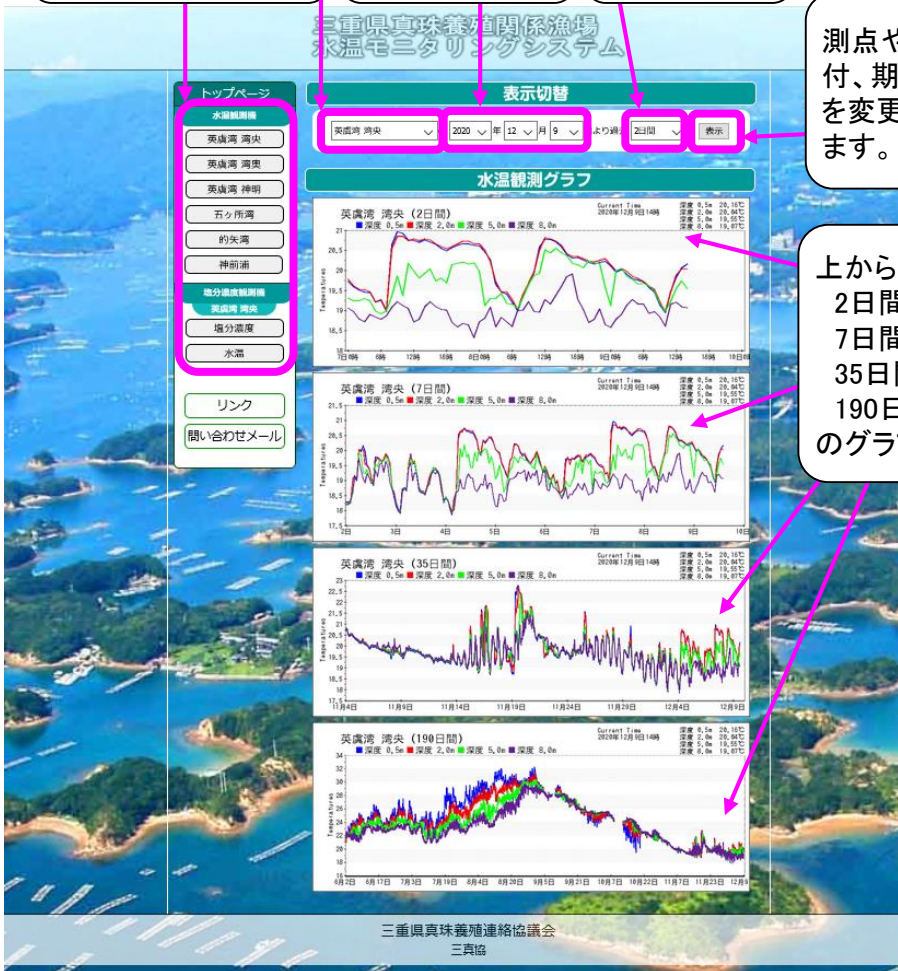
各測点や項目を確認
できます。

データの表示開
始時を指定しま
す。

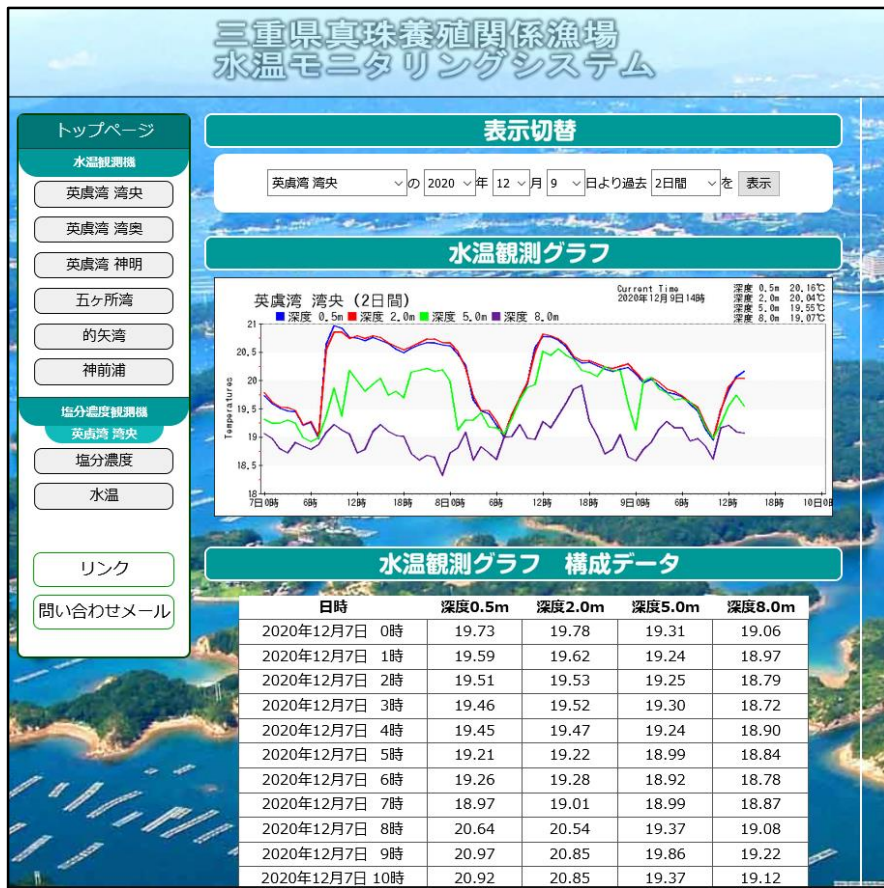
データを表示
する期間を指
定します。

測点や日
付、期間
を変更し
ます。

上から
2日間、
7日間、
35日間、
190日
間のグラフ



【数値で表示】: 指定した期間の水温をグラフと数値で確認できます。



日付を変えると過去の観測データを確認することができます。

英虞湾 湾奥 : 2003年9月12日以降

湾央 : 2003年9月9日～2015年8月13日、2016年11月11日以降

的矢湾 : 2007年3月21日以降

五ヶ所湾 : 2011年11月28日以降

神前浦 : 2017年11月20日以降

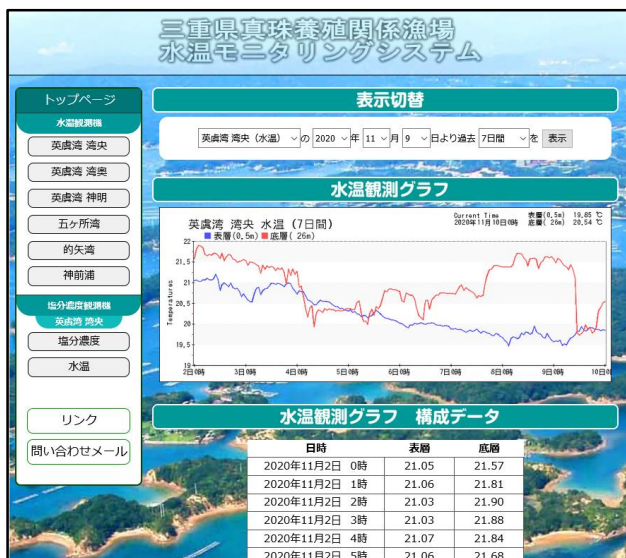
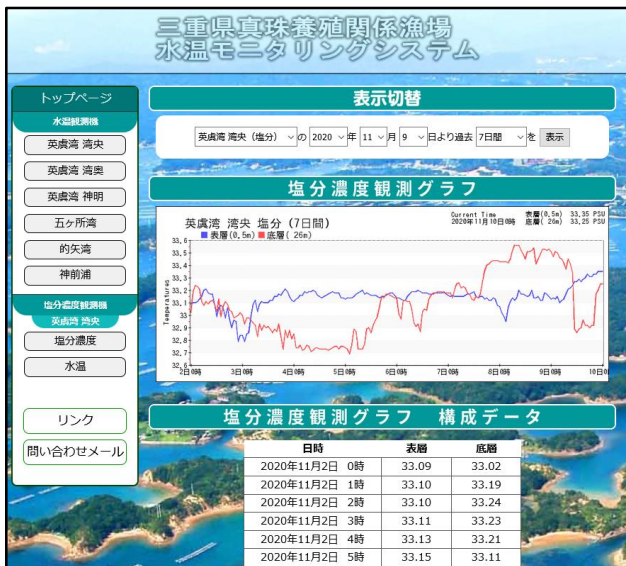
パソコンでモニタリングシステムを見る(その3)

【英虞湾湾央の水溫と塩分濃度】: 英虞湾湾央の0.5mおよび底層の水溫と塩分濃度の變化をグラフと表で確認することができます。

湾内は湾外よりも浅いため、気温の影響を強く受けます。そのため、湾内の水溫は、冬には湾外よりも低く、夏には湾外よりも高くなることが多いです。

また、湾内は湾外よりも降雨の影響を受けやすいため、湾内の塩分濃度は湾外よりも低いです。

急に水溫や塩分濃度が変わったときは、湾外から海水が流入している可能性が高いです。



スマートフォン・携帯電話で モニタリングシステムを見る

スマートフォン・携帯電話を使うと、いつでも、どこでも県内の真珠養殖関係漁場の水温や塩分が確認できます。

モニタリングシステム(下のアドレス)につないでください。

<http://http://www.ohyamanet.info/>

~mshinkyu/keitai.php

2次元バーコード(QRコード)に対応した携帯電話は、下のバーコードからもつながります。



スマートフォン・パソコンで、モニタリングシステムを見ると、過去の観測結果を見ることができるほか、観測結果をグラフ化できますので、漁場の様子をより詳しく見ることができます。

携帯電話でモニタリングシステムを見ると、過去の水温の観測結果を見ることができませんが、1時間毎に測定している観測結果のうち「最新の観測結果」を数字で確認することができます。

現在の水温情報

■英虞湾(湾奥)
2020年12月04日 18時
0.5m: 20.34℃
2.0m: 20.35℃
5.0m: 19.99℃
8.0m: 18.84℃

■英虞湾(湾奥)
2020年12月04日 18時
0.5m: 15.39℃
2.0m: 15.45℃
5.0m: 15.41℃
8.0m: 15.46℃

■英虞湾(神明)
2020年12月04日 18時
0.5m: 16.34℃
2.0m: 16.34℃
5.0m: 16.35℃
8.0m: 16.29℃

■五ヶ所湾(床なぎ)
2020年12月04日 18時
0.5m: 20.83℃
2.0m: 20.98℃
5.0m: 20.78℃
8.0m: 19.71℃

■的矢湾(三力所)
2020年12月04日 18時
0.5m: 15.13℃
2.0m: 15.27℃
5.0m: 15.16℃
8.0m: 15.07℃

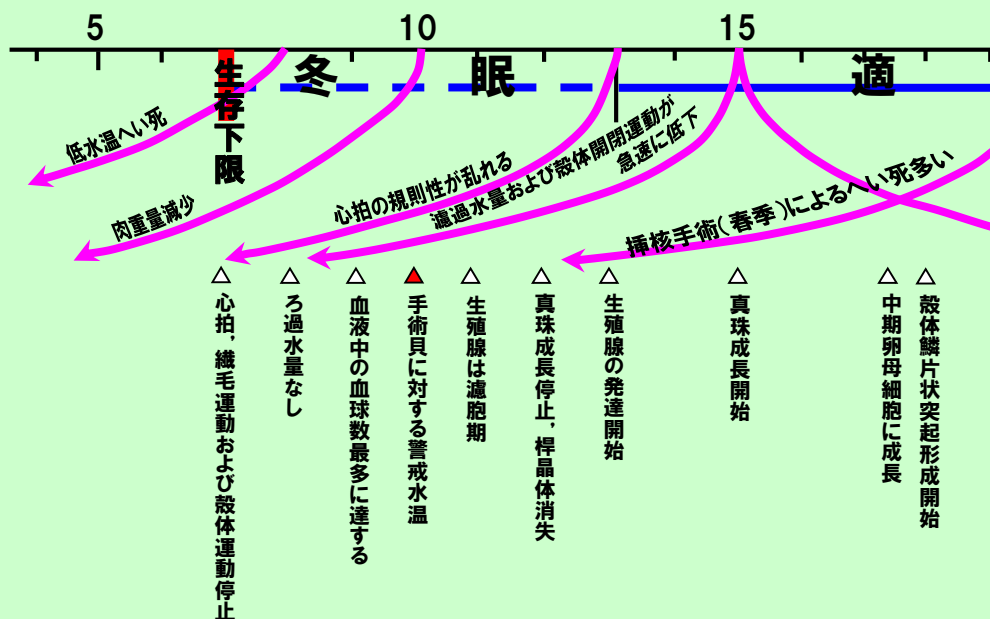
■神前浦(小納戸)
2020年12月04日 18時
0.5m: 21.12℃
2.0m: 21.06℃
5.0m: 21.08℃
8.0m: 21.18℃

(2) アコヤガイの生理活動と水温

アコヤガイは変温動物であり、生理活動は水温に依存しています。

アコヤガイは、水温が15℃を超えると生理活性が徐々に活発となり、23～25℃で最も適した水温となります。水温25℃以上では水温が高くなるにつれて、餌をとる力(ろ過能力)は弱まっていきますが、エネルギー消費は高くなっていきますので、エネルギーの獲得量と消費量のバランスがくずれ、貝は痩せやすくなります。

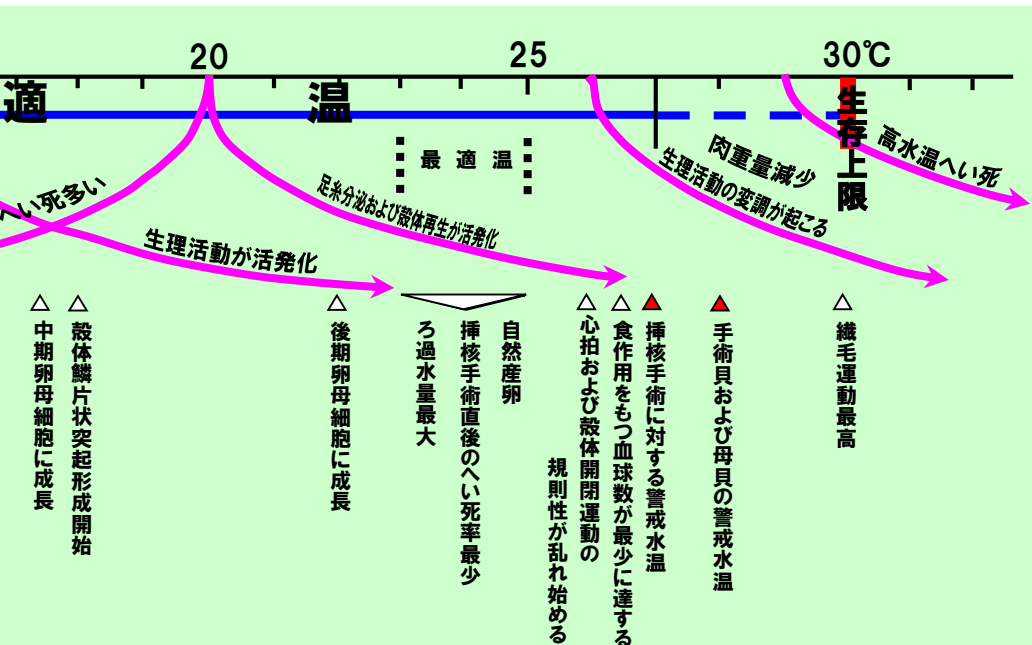
水温が28℃以上では、様々な生理活動に変調が起こり、水温30℃以上になるとへい死が増えることから、水温30℃はアコヤガイの生存限界とされています。



一方、水温が15℃を下回るとアコヤガイの生理活性は徐々に低下し、13℃以下で冬眠状態、10℃以下で肉重量が減少し、8℃以下でへい死が始まり、7℃が生存限界とされています。

下の図は、これまで日本の真珠養殖に使用されてきた日本産アコヤガイの生理活動と水温の関係を示したものです。

水温に対するアコヤガイ（日本貝）の基礎知識として、ICTブイから得られるリアルタイムの水温情報と合わせて参考にしてください。



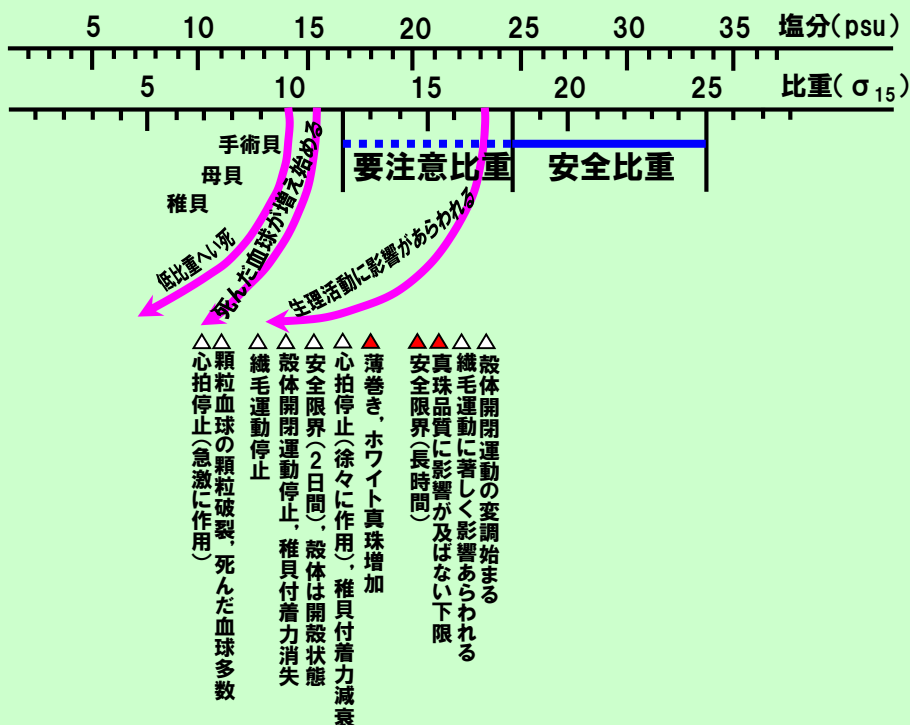
アコヤガイの生理活動と水温（出典：和田浩爾1991年 科学する真珠養殖 図44）

(3) アコヤガイの生理活動と塩分

アコヤガイの生理活動は塩分にも影響され、特に低塩分になると大きく変化します。通常、海水の塩分は30～34psuの範囲にあり、貝の生理活動にとって大きな問題にはなりません。しかし、大雨が降ったり、伊勢湾から低塩分海水が流入したりすると、英虞湾の塩分が30psu以下に急激に低下することがあります。

塩分15psuの状態が48時間以上続くとへい死が起こり始めるので、このような時には塩分の高い漁場へ移動するか、塩分のより高い水深まで深吊りするなどの対処が必要です。低塩分に対する耐性は稚貝、母貝、挿核貝の順で高いとされています。

なお、モニタリングシステムでは塩分を「psu」単位で示しています。

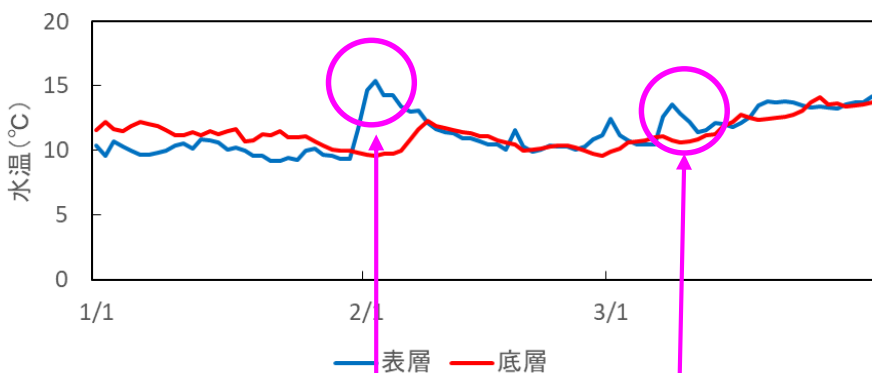


アコヤガイの生理活動と塩分 (出典:和田浩爾1991年 科学する真珠養殖 図51改)

(4) 英虞湾湾央の『水温』と『塩分』で見た 湾外からの海水流入

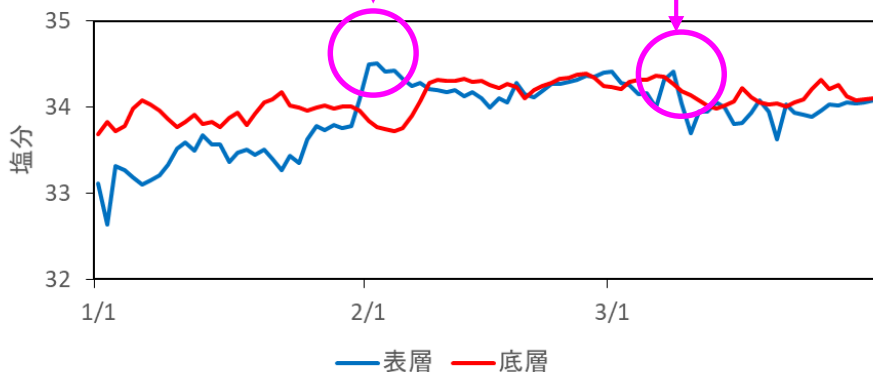
【冬の場合】冬には湾内よりも湾外の水温が高く比重が低いため、湾外の海水は表層に入ってきます。黒潮由来の温かい海水が入ってきたときには、それがよりはっきりわかります。また、湾内よりも湾外の塩分濃度が高いため、湾外からの流入があったときには表層の塩分濃度も上がります。

冬の水温の変化



高水温、高塩分濃度なので湾外の海水の流入があったと考えられます。

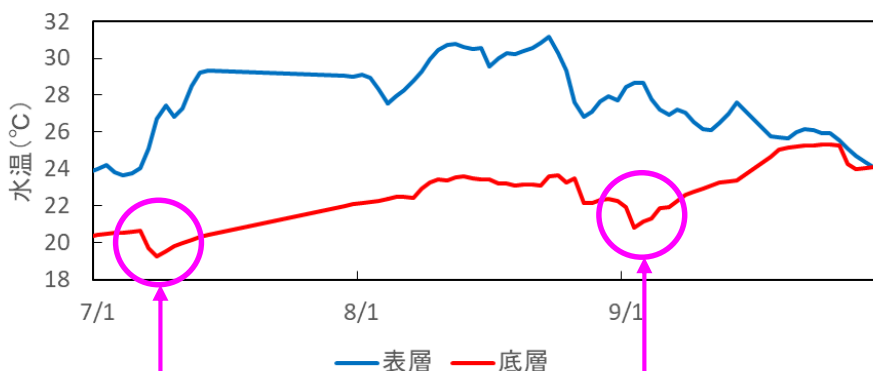
冬の塩分濃度の変化



冬に高水温になるとアコヤガイの活性は高くなります。冬は餌となるプランクトンが少ないため抑制中の貝が衰弱することがあります。

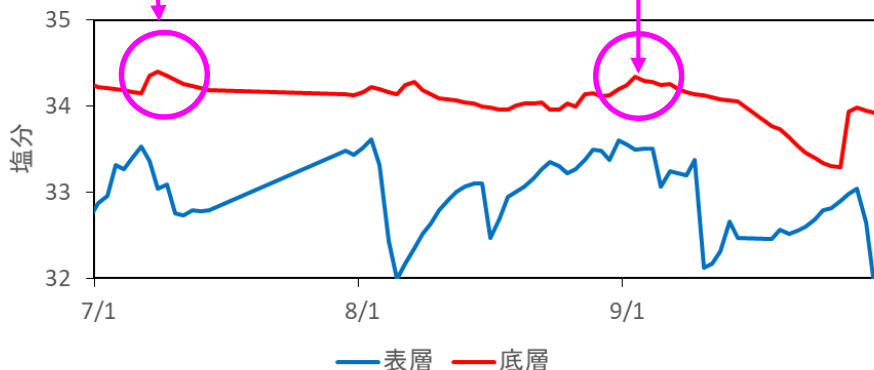
【夏の場合】夏には湾内よりも湾外の水温が低く、比重が高いため、湾外の海水は底層に入ってきます。また、湾内よりも湾外の塩分濃度が高いため、湾外からの流入があったときには底層の塩分濃度も上がります。この湾外から湾内の底層への海水の流入により、底層の貧酸素水が浅い層に持ちあげられることもあります。

夏の水温の変化



低水温、高塩分濃度なので湾外の海水の流入があったと考えられます。

夏の塩分濃度の変化



湾奥では、湾外からの海水の流入により底層の貧酸素水が持ちあげられ、アコヤガイ垂下水深近くまで貧酸素状態になる場合があるので注意が必要です。

表紙の写真の説明

- (上) 英虞湾（志摩市浜島町）における年平均水温の長期変動
- (下) 黒潮大蛇行時の人工衛星「ひまわり」による海面水温の画像

気候変動に対応した
新たな真珠適正養殖管理マニュアル

2020年12月
三重県水産研究所

【問い合わせ先】

電話：0599(53)0016／ファックス：0599(53)2225

メールアドレス：suigi@pref.mie.lg.jp

住所：〒517-0404 志摩市浜島町浜島 3564-3