

# 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



2022年3月改訂  
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県内海域において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おり、近年は黒潮A型(大蛇行流路)や気象等の影響も加わって、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年以降発生しているアコヤガイのへい死に関して、2022年2月に外套膜萎縮症状を引き起こすとされる新種のウイルスの報告がありました。その予防技術は確立されていません。

これまでに水産研究所が実施したへい死軽減試験や三重県版アコヤタイムラインの実施した結果からも、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、へい死軽減を図るために重要であると考えられます。

本マニュアルは、「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」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、改訂したものです。

今後、気候変動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、本マニュアルや水産研究所が発信する漁場環境の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)黒潮流路と熊野灘沿岸水温	3
	(2)A型(大蛇行流路)パターンの細分化	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)栄養塩類	
	1)窒素	12
	2)リン	13
	(3)餌(植物プランクトン)	14
	(4)餌不足の要因	
	1)外洋からの影響	15
	2)英虞湾への外洋水流入	16
	3)陸域からの影響	19
4	2019年～2021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	20
	(2)へい死亡率	22
	(3)へい死等の発生時期	23
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	24
	(2)にごり	26
	(3)除草剤	27
	(4)感染症	28
	(5)まとめ	29

## 6 アコヤガイのへい死軽減対策

(1) へい死軽減のための適正な飼育管理	
1) 稚貝の飼育管理	----- 30
2) 母貝、挿核貝の飼育管理	----- 36
3) 「アコヤ養殖環境情報」の活用	----- 37
4) 「三重県版アコヤタイムライン」の実施	----- 38
(2) 避寒時期の適正な養殖管理	
1) 避寒と抑制の実施の検討	----- 40
2) 避寒した後の養殖管理	----- 41
3) 「アコヤ避寒情報」の活用	----- 42
(3) 発症したときの各養殖管理工程 での対処法	----- 43

## 7 高品質真珠の効率生産のための飼育管理

(1) 赤変病でへい死させない 日本産アコヤガイの飼育管理	----- 44
(2) 外套膜萎縮と挿核貝の飼育管理	
1) 挿核貝の貝殻再生痕の大きさ	----- 46
2) 挿核貝の貝殻再生痕の大きさと真珠品質	----- 47
3) 挿核貝の貝殻再生時期と真珠品質	----- 48

## 8 漁場環境把握のためのモニタリングシステムの活用

(1) モニタリングシステムのデータの表示方法	----- 50
(2) アコヤガイの生理活動と塩分	----- 55
(3) アコヤガイの生理活動と水温	----- 56
(4) 英虞湾湾央の『水温』と『塩分』で見た 湾外からの海水流入	----- 58

## 9 適正養殖管理に向けた水質予測情報の活用

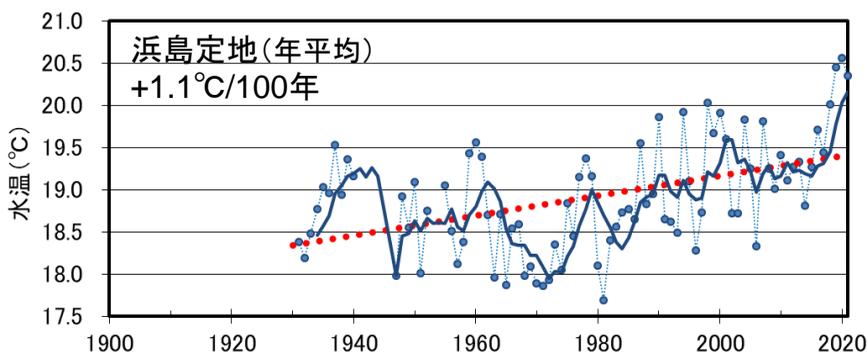
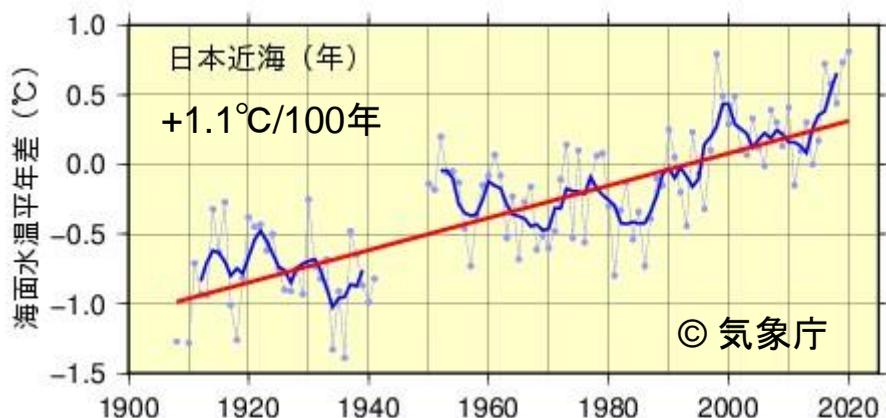
(1) 水質予測情報について	----- 60
(2) 水質予測情報の表示方法	----- 60
(3) 水質予測情報の活用例	----- 61

# 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。いずれも年による変動が大きいものの、長期的には100年で $1^{\circ}\text{C}$ 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( $1.2^{\circ}\text{C}/100\text{年}$ )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 $19^{\circ}\text{C}$ を超える年は少なく、 $18^{\circ}\text{C}$ 前後の年もありました。しかし、1990年代以降は $19^{\circ}\text{C}$ を超える年が多くなり、 $20^{\circ}\text{C}$ 前後の年が頻繁にみられています。2019年は $20.4^{\circ}\text{C}$ 、2020年は $20.6^{\circ}\text{C}$ と2年連続で過去最高記録を更新し、2021年も $20.4^{\circ}\text{C}$ と3年連続で顕著な高水温を示しています。

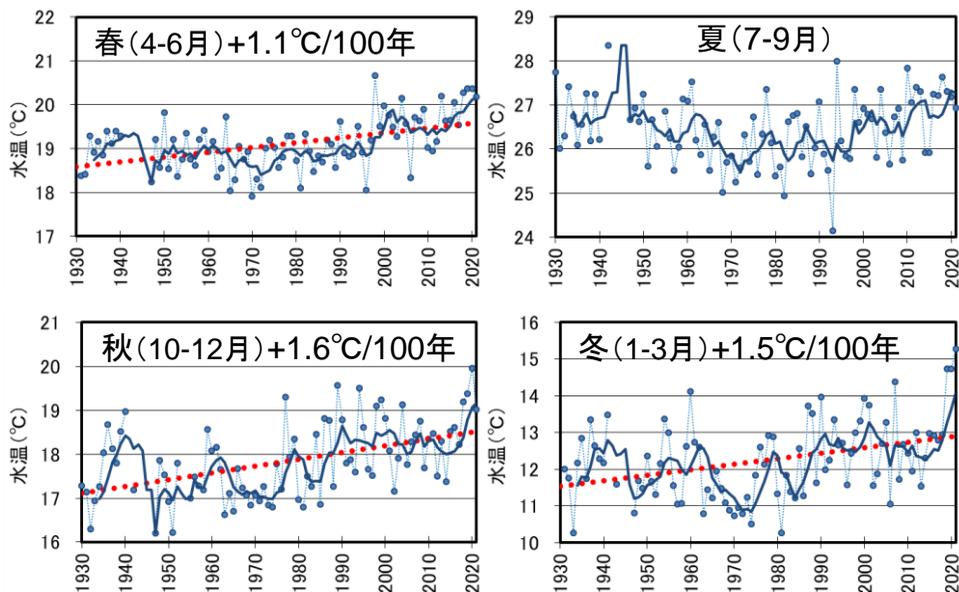


水温の長期変動（上：日本近海、下：浜島定地）  
青丸：年平均水温、青線：5年移動平均、赤線：長期傾向

## (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季節に分けて示しています。秋の上昇率が最も大きく、100年あたり $1.6^{\circ}\text{C}$ の上昇傾向が認められました。冬は $1.5^{\circ}\text{C}/100$ 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 $1.4^{\circ}\text{C}/50$ 年、冬が $2.1^{\circ}\text{C}/50$ 年の上昇率となっています。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 $2^{\circ}\text{C}$ 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

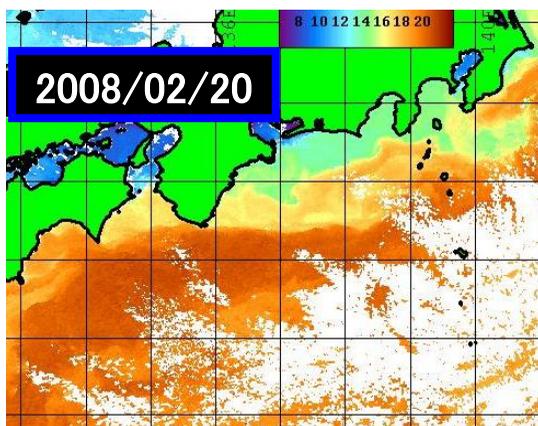
英虞湾における水温は、1970年以降に明確な上昇傾向が認められています。特に近年は、どの季節も高水温が目立つようになってきています。気候変動が影響していると考えられ、さらに近年の極端な高水温は、黒潮の大蛇行流路や日本近海の10年規模の変動も影響していると考えられます。

## 2 黒潮流路が熊野灘沿岸水温に与える影響

### (1) 黒潮流路と熊野灘沿岸水温

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。

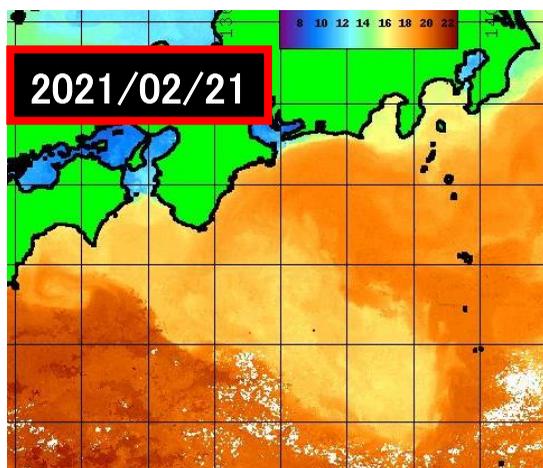
黒潮は、日本列島の南岸に沿って南西から北東に向かって流れる暖流で、沿岸水温に大きな影響を与えています。黒潮の流れは一定ではなく、東海沖では直進したり、大きく蛇行したりと変化します。熊野灘沿岸の水温は、気温に加えて黒潮流路の影響を大きく受けます。黒潮流路が直進の時は低く、蛇行すると高くなりやすい傾向があります。



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。



2021年2月の例:

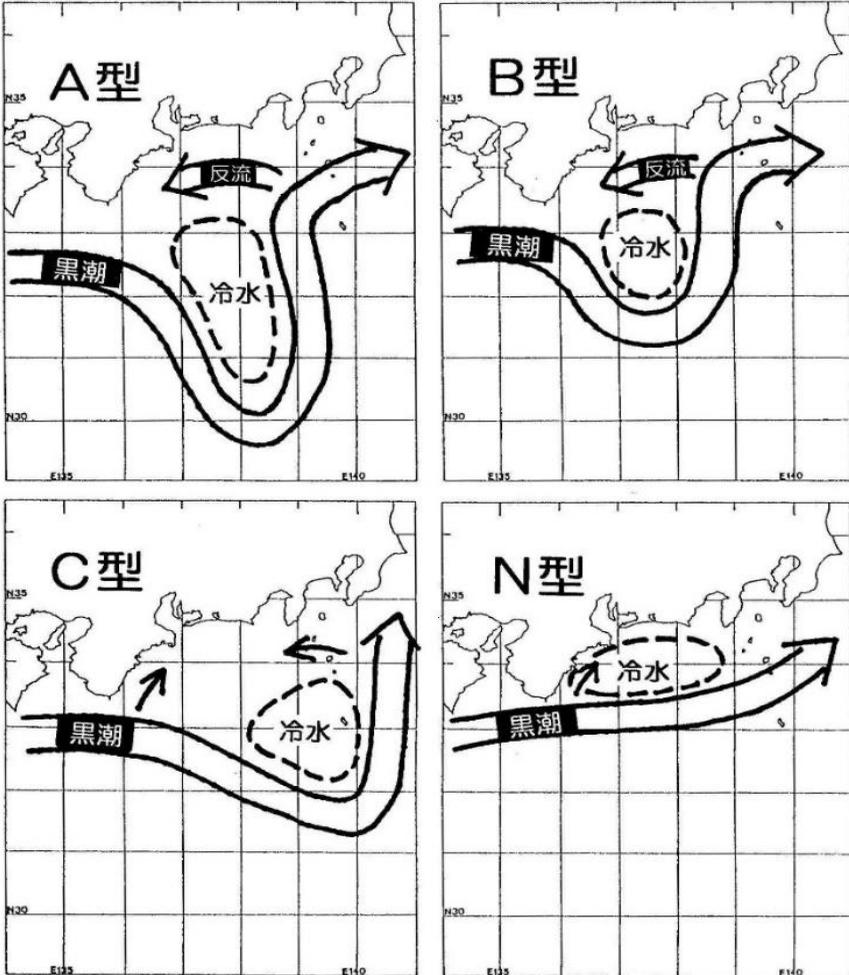
黒潮はA型流路で、遠州灘から黒潮系暖水が流入し熊野灘は高水温でした。

浜島定地における2021年2月の月平均水温は、15.2°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）

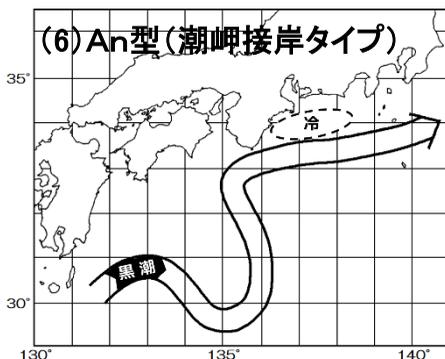
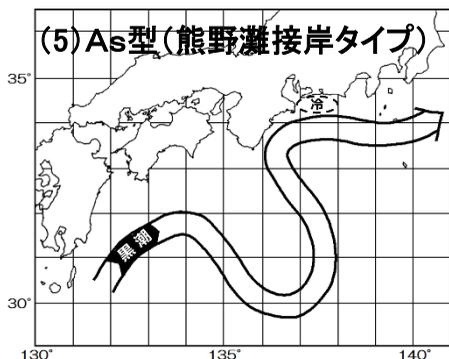
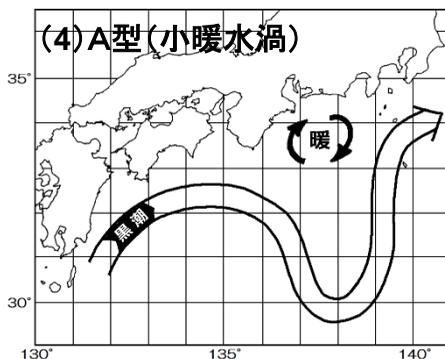
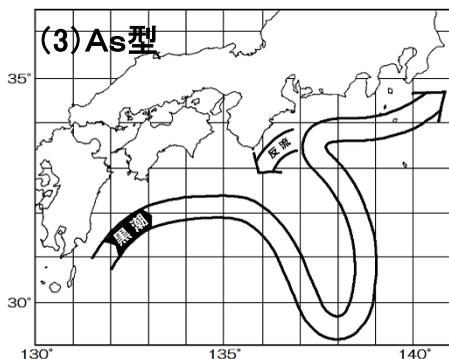
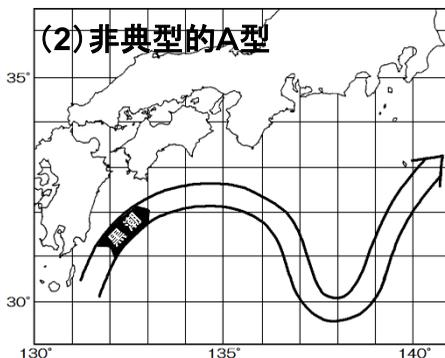
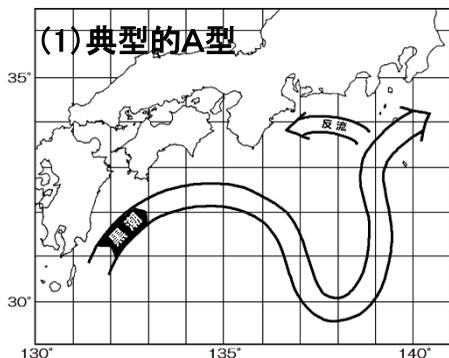
N型とは、黒潮が八丈島の北を通過し、流路の南端が北緯33° 以北の時の流型です。N型が安定した場合、黒潮内側反流は発生しにくく、潮岬以東では沿岸の低水温化が顕著になる傾向があります。

「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) A型(大蛇行流路)パターンの細分化

2017年8月下旬に始まった黒潮のA型(大蛇行流路)は、現在も続いており、2022年2月下旬で4年半が経過しました。この間、同じA型でも下の図(1)の典型的なA型の他に、様々なパターン(2)~(6)が観測され、三重県沿岸の漁場環境への影響も異なることが明らかになってきました。



## 【黒潮A型(大蛇行流路)の細分化】

(1) 典型的A型 事例: 2019年1月、2021年10月など

最も一般的なA型で、熊野灘沿岸は高水温になりやすいパターンです。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。

(2) 非典型的A型 事例: 2018年2月、2021年3月など

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。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いです。

(3) As型 事例: 2020年2月、2021年2月など

熊野灘沿岸は黒潮内側反流の影響を強く受け、顕著な高水温になりやすいパターンです。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。

(4) A型(小暖水渦) 事例: 2019年4月、2021年1月など

熊野灘沿岸は高水温になりやすいパターンです。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。

(5) As型(熊野灘接岸タイプ) 事例: 2020年8月、2022年1月

熊野灘には黒潮系暖水が接岸して高水温になりやすいパターンです。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。2020年8月中旬のように、夏には、的矢湾や鳥羽市沿岸で低水温になることもありました。

(6) An型(潮岬接岸タイプ) 事例: 2020年10月、2021年12月末

熊野灘沿岸はN型と同じような海況となる可能性のあるパターンです。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。2020年10月下旬頃、2021年12月末に黒潮が潮岬に接岸して、このような流路となりました。共に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](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](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。

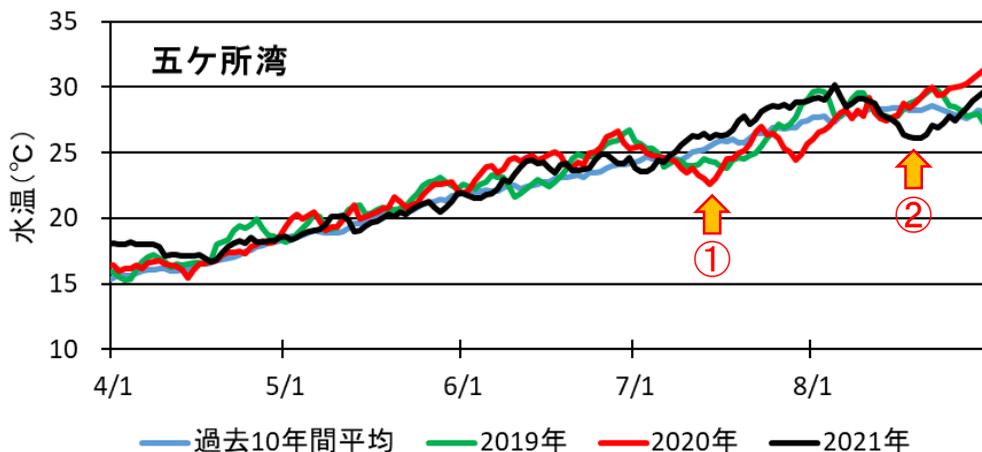
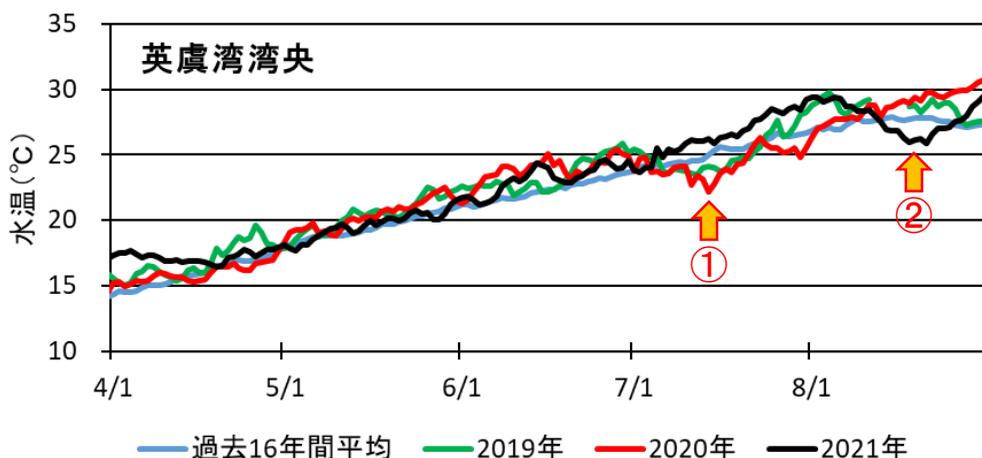
### 3 近年の漁場環境(水温、餌、栄養塩類)

#### (1)水温

##### 1)春～夏季(2019～2021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。

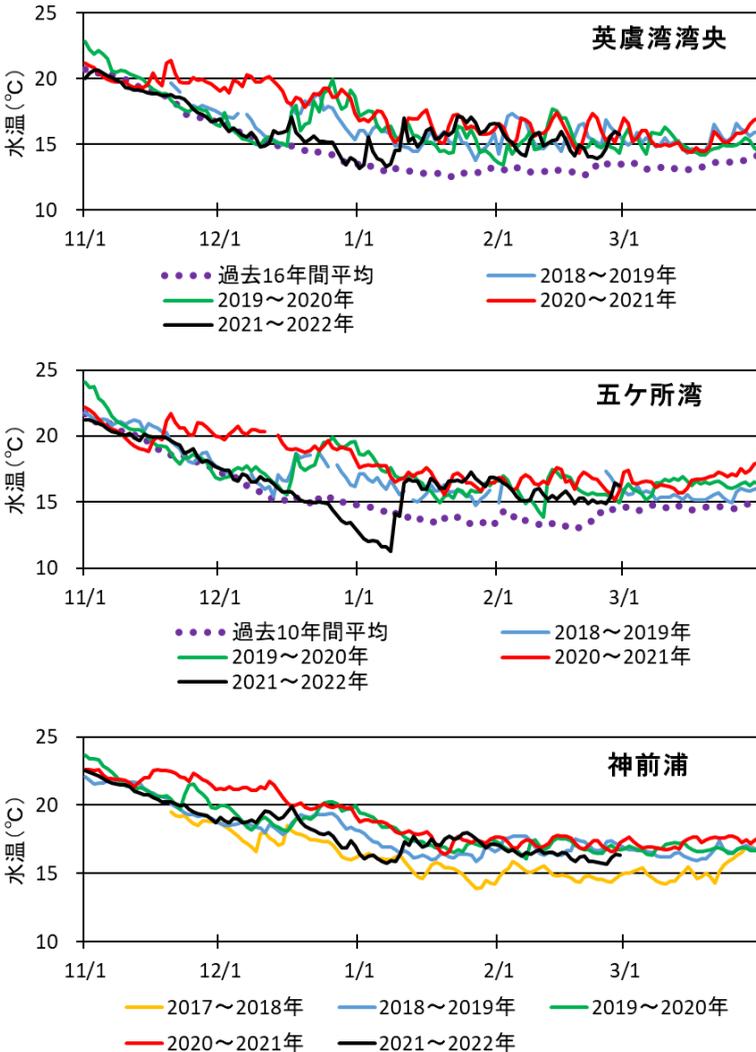
2019～2021年の3か年ともに水温は平年並～高めでしたが、2019年と2020年は7月中旬頃(矢印①)に、2021年は8月中旬頃(矢印②)にそれぞれ梅雨等の長雨の影響により水温が低下し、平年を下回る低水温になりました。また、いずれの年も長雨が終わった後、急激に水温が上昇しました。



## 2) 避寒期間(2018～2022年、11～3月)

下の図は、2018年以降の11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。

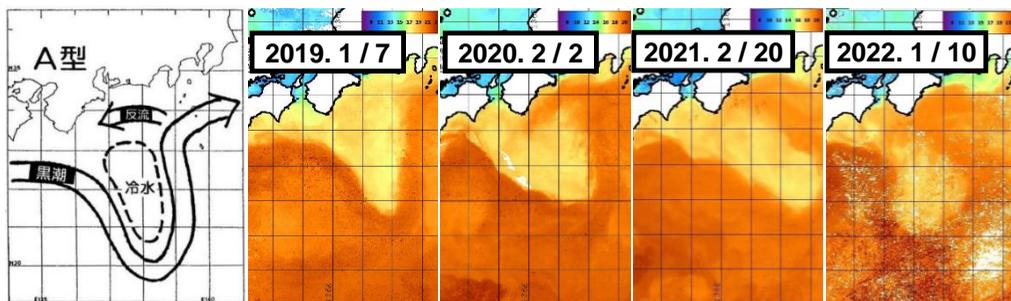
いずれの年も水温は平年よりも高く、特に2018～2019年、2019～2020年及び2020～2021年は12月中旬以降、2021～2022年は1月中旬以降極めて高い状態が続きました。



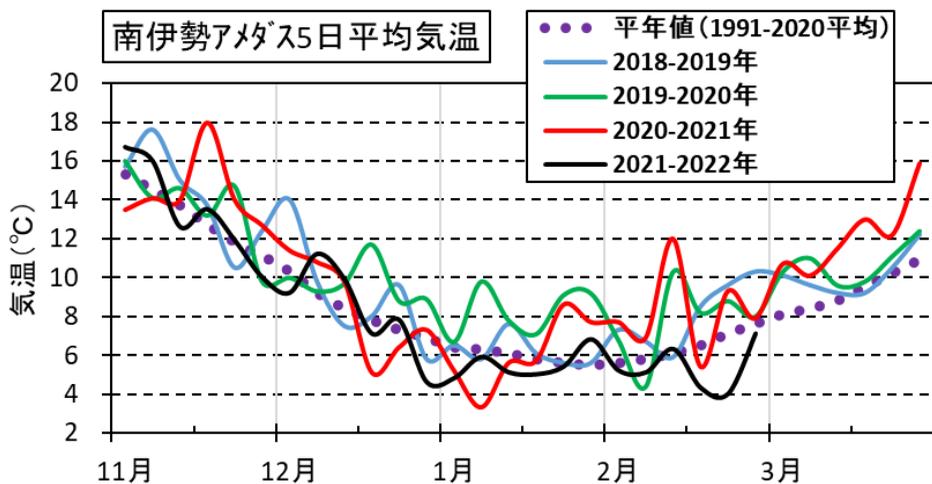
2018年以降の英虞湾、五ヶ所湾、神前浦の水温が高くなった要因について説明します。下に黒潮流路(A型)の模式図と2019年1月7日、2020年2月2日、2021年2月20日及び2022年1月10日の海面水温の衛星画像を示しました。黒潮はA型(大蛇行流路)が継続し、熊野灘沿岸では断続的に黒潮系暖水の影響を受けて高水温傾向が継続していました。

また、南伊勢アメダス(五ヶ所浦)の気温変動をみると、2018年以降の3ケ年はいずれも10月から3月の気温が平年よりも高く経過し、暖冬であったことがわかります。2021~2022年は平年並みで推移しています。

以上のことから、2018以降の英虞湾、五ヶ所湾、神前浦の水温が高くなった大きな要因として、黒潮の大蛇行が考えられます。加えて、2021~2022年を除く3ケ年については暖冬も影響したと考えられます。



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) 栄養塩類

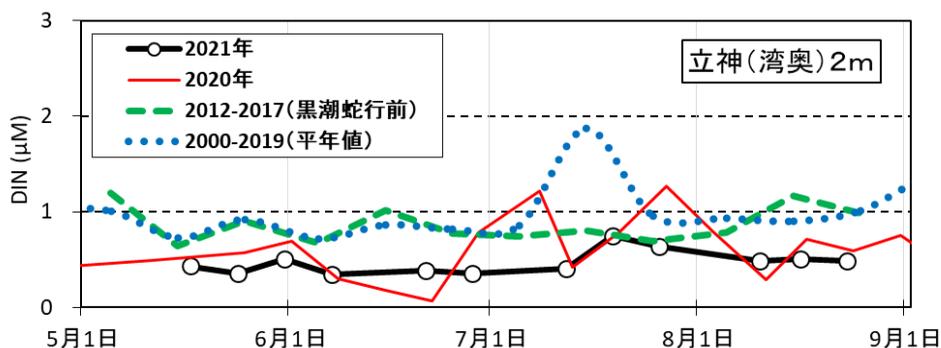
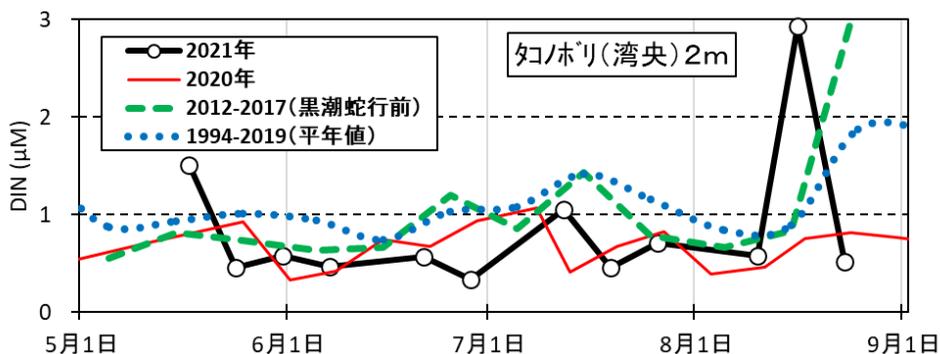
### 1) 窒素

下の図は、英虞湾のタコノボリ(湾央)および立神(湾奥)の2m層における5月から8月の、DIN(溶存無機態窒素)の濃度を示しています。

2020年は、タコノボリ、立神ともに平年値や黒潮蛇行前よりも概ね低くなりました。

2021年は、タコノボリの8月中旬を除き、2020年と同様に低い値で推移しました。2021年8月中旬の高い値は、降雨により窒素が湾内に供給されたためと考えられました。

黒潮系水は栄養塩濃度が低いことから、両年ともに黒潮大蛇行との関連が示唆されました。



## 2)リン

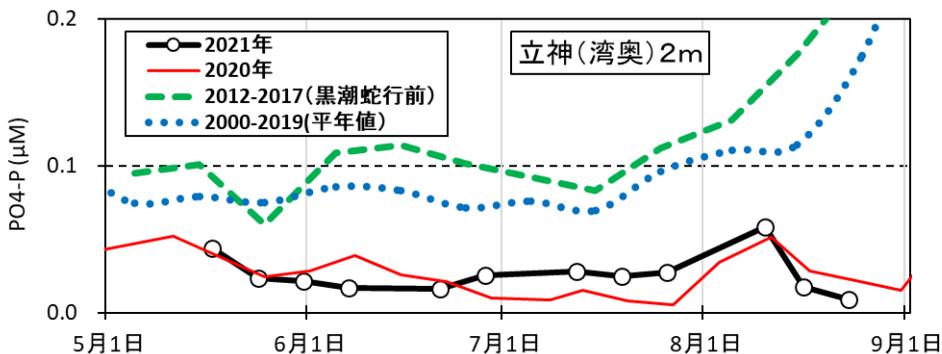
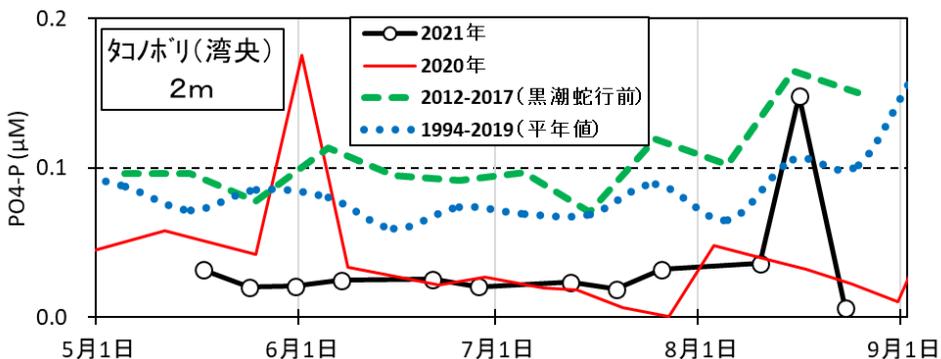
下の図は、英虞湾のタコノボリ(湾央)および立神(湾奥)の2m層における5月から8月の、 $\text{PO}_4\text{-P}$ (リン酸態リン)の濃度を示しています。

2020年は、タコノボリの6月を除き、平年値や黒潮蛇行前を下回りました。

2021年は、タコノボリの8月中旬を除き、2020年と同様に低い値で推移しました。

2021年8月中旬の高い値は、降雨によりリンが湾内に供給されたためと考えられました。

黒潮系水は栄養塩濃度が低いことから、両年ともに黒潮大蛇行との関連が示唆されました。



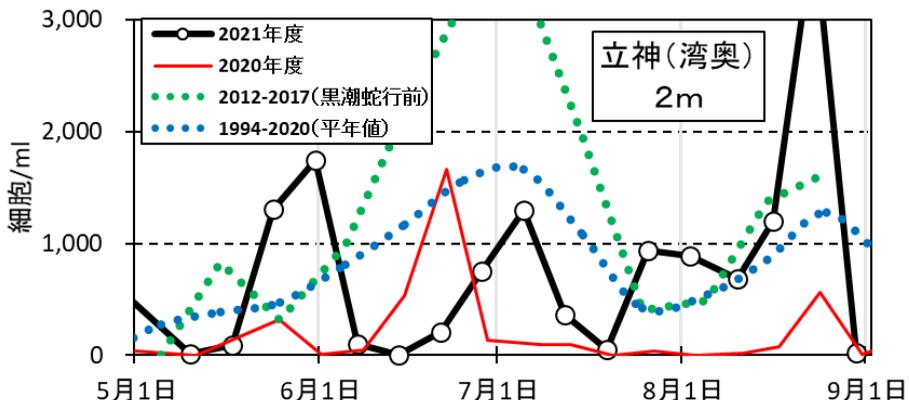
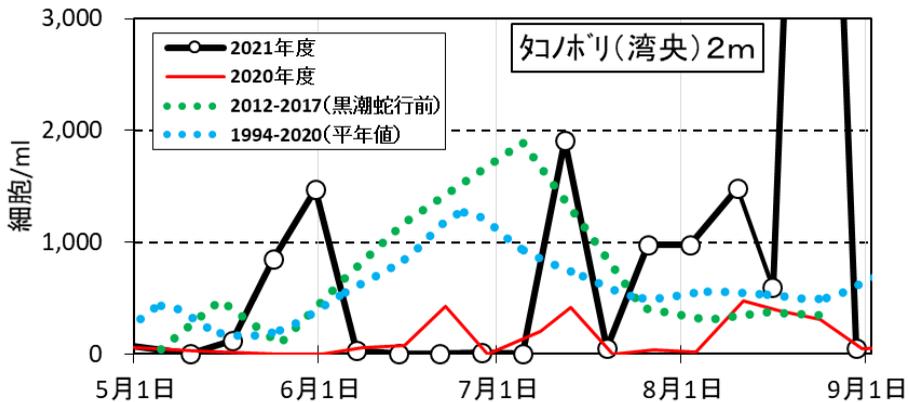
### (3) 餌(植物プランクトン)

下の図は、英虞湾のタコノボリ(湾央)および立神(湾奥)の2m層における5月から8月の、植物プランクトン(珪藻類)の細胞数を示しています。

2020年の細胞数は、平年値や黒潮蛇行前よりも低くなりました。タコノボリでは8月中下旬に、立神では6月下旬に高いときもありました。

2021年の細胞数も、平年値や黒潮蛇行前と比べ、タコノボリでは6月、立神では6、7月に少なく、8月は同レベルまたはそれ以上となりました。

2020年と2021年の比較では、タコノボリ、立神ともに、2021年が2020年よりも高くなりました(6月を除く)。



## (4) 餌不足の要因

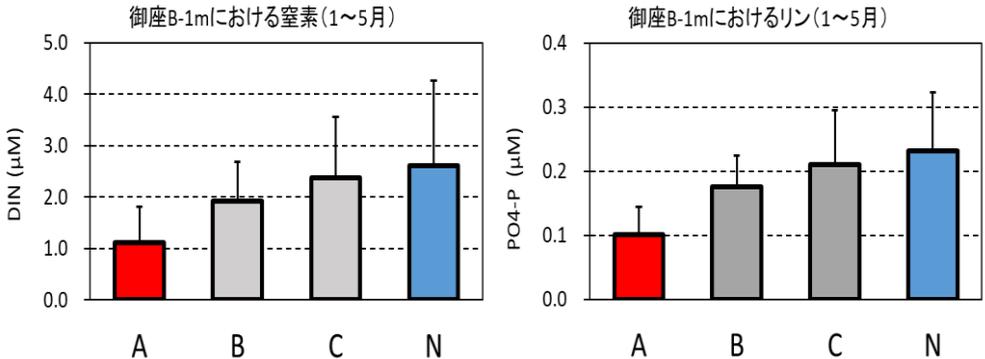
餌不足の要因として、近年の栄養塩濃度が低いことに着目し、外洋からの影響(冬～春)と英虞湾への外洋水の流入状況ならびに陸域からの影響(夏～秋)について調べました。

### 1) 外洋からの影響(黒潮流路別の栄養塩変動)

下の図は、1月から5月の英虞湾口(御座)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、リンともに43%しかありませんでした。

この結果から、黒潮が大蛇行して黒潮内側反流が熊野灘に流入しやすいA型の時は、他の流路に比べて、英虞湾内への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といえます。

なお、このような外洋からの影響は、降雨が少なく陸域からの栄養塩の供給が乏しい冬～春に大きくなると考えられます。



英虞湾口の底層における栄養塩と黒潮流路  
資料：2008～2021年の月平均値

## 2) 英虞湾への外洋水流入(2020年と2021年の比較)

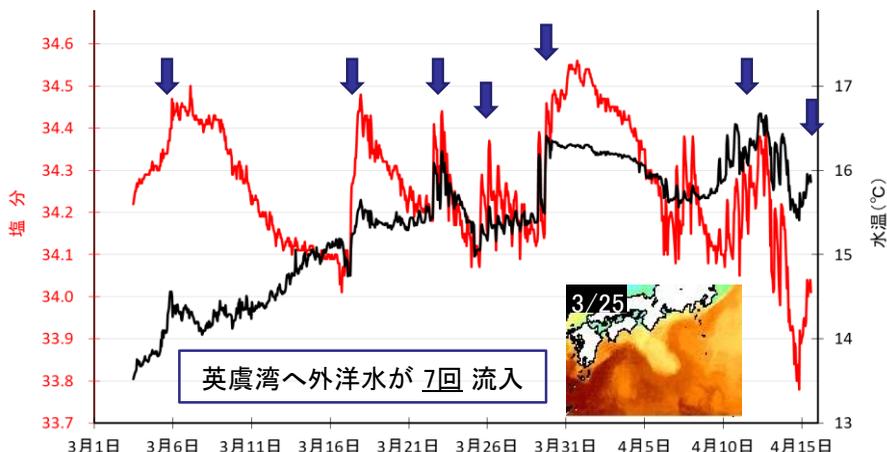
英虞湾への外洋水の流入状況として、2020年と2021年における、外洋水の流入回数及び黒潮の接岸状況について調べました。

### ①外洋水の流入回数

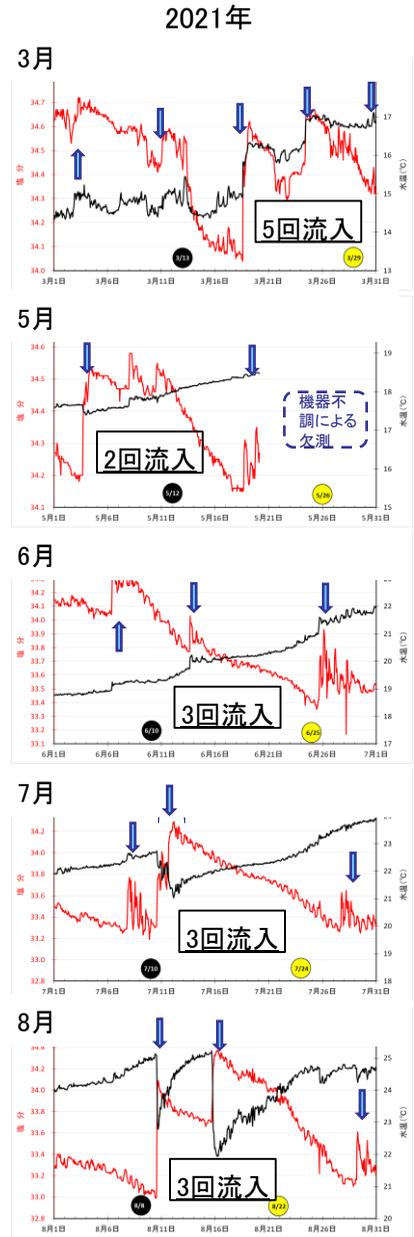
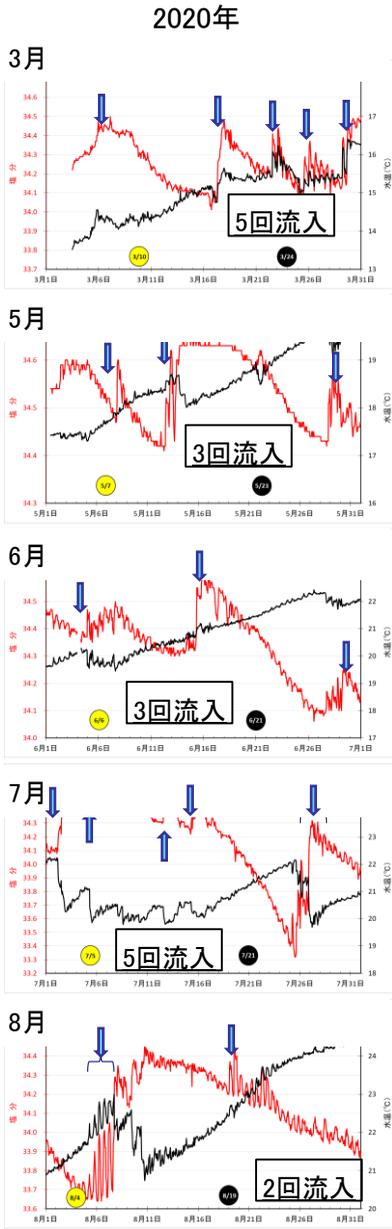
外洋水は塩分濃度が高く、通常の海水に比べて重いため、底層から英虞湾内に流入します。また、水温が高い場合が多いです。そこで、下の図で示したように、タコノボリ(湾央)に設置したICTブイの連続測定データで、底層において『塩分が0.2psu以上急上昇』し、同時に『水温変化が発生』した場合、外洋水流入と判断しました。



例：塩分(赤)と水温(黒)の変化から外洋水が流入したと判断 (青矢印)



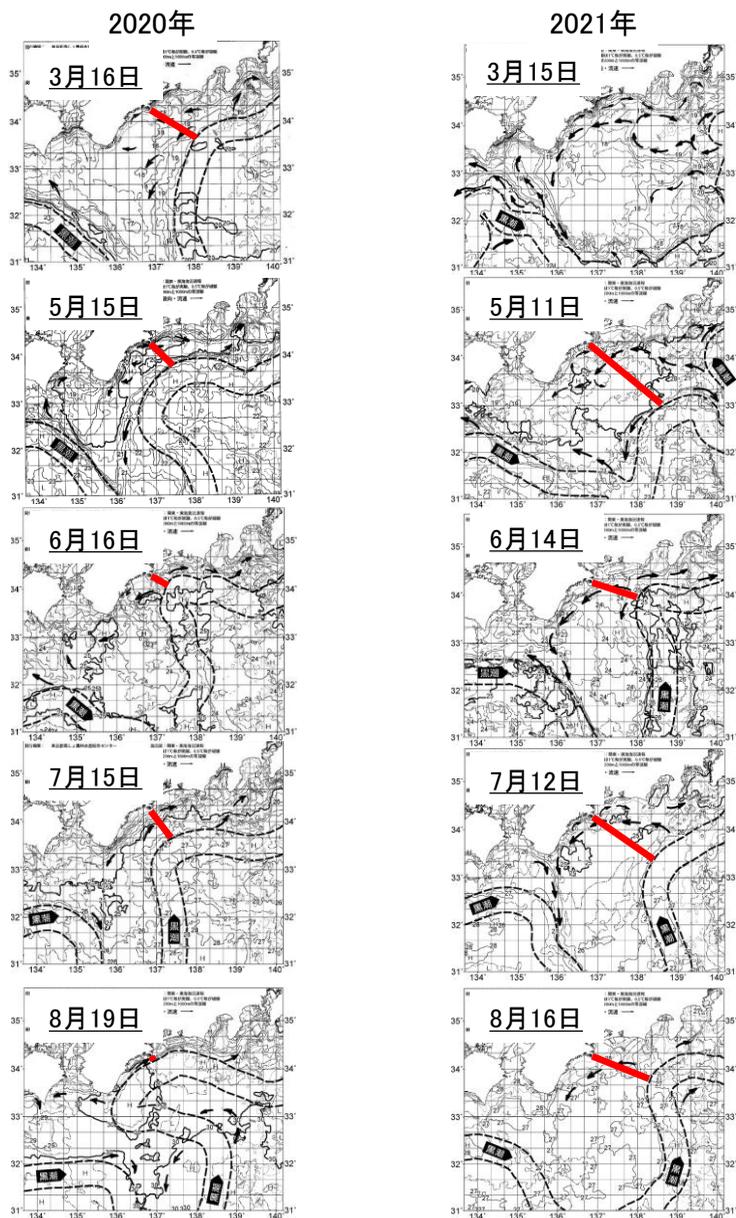
2020年と2021年の3月及び5月から8月における、英虞湾への外洋水の流入回数を下の図に示しました。両年ともに黒潮流路はA型（大蛇行流路）で、英虞湾内への流入回数に大きな差はありませんでした。



## ②黒潮の接岸状況

2020年と2021年の3月及び5月から8月の中旬における、英虞湾への黒潮の接岸状況を下の図に示しました。両年ともに黒潮流路はA型(大蛇行流路)ですが、2021年は2020年ほど黒潮が志摩半島に接近しませんでした。

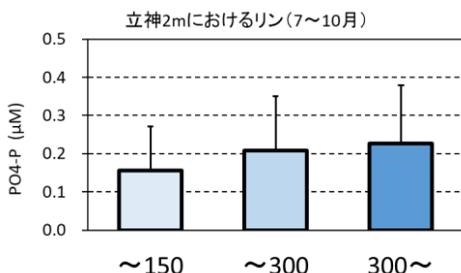
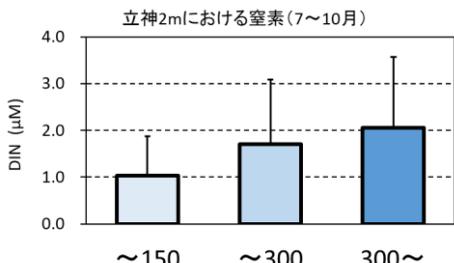
(— : 志摩半島と黒潮の距離)



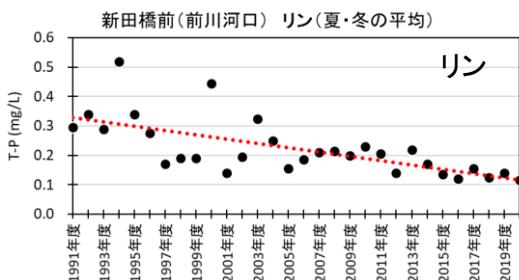
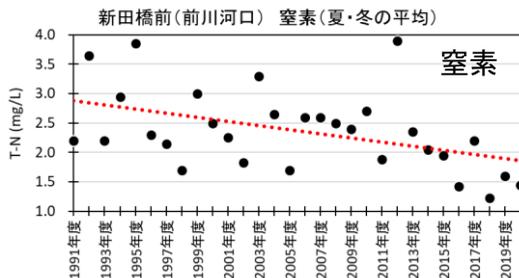
### 3) 陸域からの影響(降水量等による栄養塩変動)

下左の図は、梅雨や台風など雨の影響を受けやすい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ています。



英虞湾奥の表層における栄養塩と降水量  
 栄養塩: 1994~2021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(1991~2020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)の場合は、N型(直進流路)に比べて、窒素・リンの濃度が低い貧栄養の外洋水の影響が大きくなります。また、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、陸域からの栄養塩の供給は減少していることも確認されました。

## 4 2019～2021年のアコヤガイのへい死等の発生状況

アコヤガイの外套膜が萎縮する症状や稚貝を中心とするへい死は、2019年7月に初めて確認され、2020年、2021年においても引き続き発生しています。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ています。これまでも外套膜が萎縮する症状は、低水温期にまれ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、近年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。

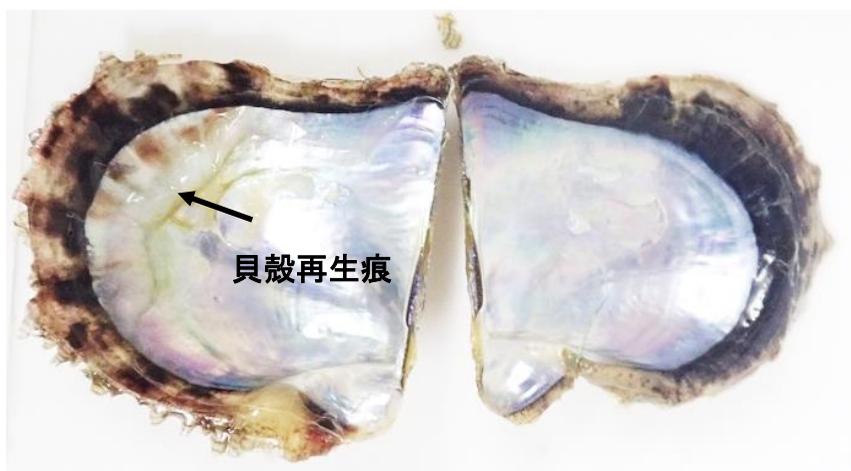
### (1) 外套膜萎縮症状

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、外套膜萎縮の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、挿核手術時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。

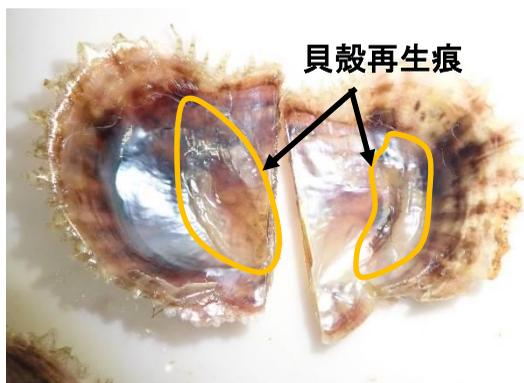
外套膜萎縮の発症には新種のウイルスが関与していると考えられています(令和4年2月1日プレスリリース 水産研究・教育機構と愛媛県水産研究センター)。



一回でも発症した貝では、症状が回復しても、外套膜が元の位置に戻る過程で、貝殻に再生痕（貝殻再生痕）が形成されることがあります。貝殻再生痕は、平滑で色もきれいな真珠層の部分が、凸凹になったり、褐色になったりした箇所のことを言います。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、【2021年】8月25日～9月6日)

地区別及び貝の年齢別ともに、へい死率は2019年が最も高く、年を経るほど低くなっており、被害は年々小さくなりつつあることがうかがわれます。

地区別では、2019年と2020年に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が、2021年は地区別で大きな差はみられませんでした。

年齢別では、いずれの年も1年貝のへい死率が2、3年貝よりも顕著に高い傾向が認められています。なお、2、3年貝では2020年、2021年ともへい死率は例年と同程度となっています。

### 地区別の1年貝(稚貝)のへい死率(%)

地区	2019年	2020年	2021年
英虞湾湾奥地区	74	49	23
英虞湾湾央地区	68	39	28
英虞湾以外の地区	56	39	26

### 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	2021年	
1年貝	70	44	25	15
2年貝	23	10	9	9
3年貝	24	18	11	16

※ 2019年アンケート調査より

### (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であったと推測されます。

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であったと判断されます。

2021年は、6月中旬から下旬に稚貝のへい死情報が水産研究所に多く寄せられ、7月中旬以降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、2021年は6月中旬から下旬頃がへい死等の発生ピークであったと推測されます。



へい死した稚貝（2020年6月8日撮影）

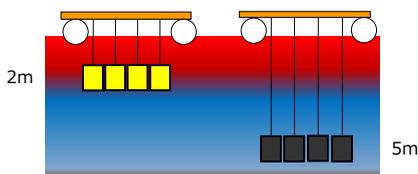
## 5 アコヤガイのへい死等に影響する要因の検討

### (1) 飼育管理

#### 【垂下水深】

基地筏のある波穏やかで浅い漁場の水深0.5～2m程度に稚貝を吊ることが多いですが、水深の浅い漁場は沖合の漁場よりも水温の変化が激しく、また、水温の上昇も早くなります。

2021年に水産研究所が実施した、異なる水深にカゴを垂下した飼育試験では、通常よりも深く(水深5m)垂下すると、へい死の多い時期が遅くなったり、へい死率が低くなりました。(詳細は31ページ)



#### 【カゴの目合】

稚貝の飼育は、沖出しカゴなど目合の細かいカゴ(48目、24目、1分目、1.5分目など)に收容して行われますが、目合が大きいほど海水の交換が良く、目詰まりも起こしにくくなります。

2021年に水産研究所が実施した異なる目合の沖出しカゴを用いた飼育試験では、大きい目合(1分目)のカゴのへい死率が、小さい目合(24目)のカゴよりも低くなりました。(詳細は32ページ)

#### 【飼育密度】

1つのカゴに稚貝をたくさん入れた高密度飼育は、カゴ内部への水の交換が悪くなり、稚貝どうしで餌を取り合い餌不足になったり、外套膜萎縮の症状を示す貝がいた場合には、他の貝にも感染する危険性も高まります。

2020年と2021年に水産研究所が実施した飼育密度の異なる条件での飼育試験では、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ています。(詳細は33ページ)

## 【揺れ(振動)】

稚貝の飼育は、波穏やかで、流れの緩やかな漁場で行うことが多いですが、稚貝のへい死とカゴの揺れの関係についての調査はこれまでに行われたことがありませんでした。

そこで、水産研究所が、水槽内に稚貝を入れたカゴを設置し、1日1回、20 cm/秒で2分間、カゴを左右に揺らす試験を2020年に行いました(試験期間は約20日間)。

下表のとおり、カゴを揺らした区は揺らさない区よりも、稚貝のへい死率が高くなりました。

このことから、揺れは稚貝のへい死に影響を与える要因であることがわかりました。

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)にごり

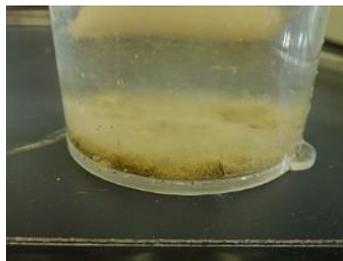
稚貝への「にごり」の影響を明らかにするため、底泥(海底の泥)、浮泥(水中を漂う泥)、粘着性浮泥(ヌタ)を含む海水で稚貝を飼育し、その影響を確認する実験を2020年に行いました。

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以下では稚貝のへい死や衰弱(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に相当し、これは現場では起こり得ない高濃度です(現場では50NTU程度でかなりの「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であると考えられました。

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は異なると考えられます。



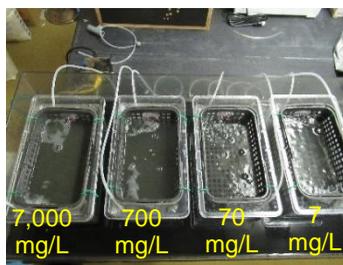
底泥



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はなく、衰弱状態(足糸が付着しない状態)も確認されませんでした。

植物プランクトンは、珪藻(フェオダクチラム)、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。

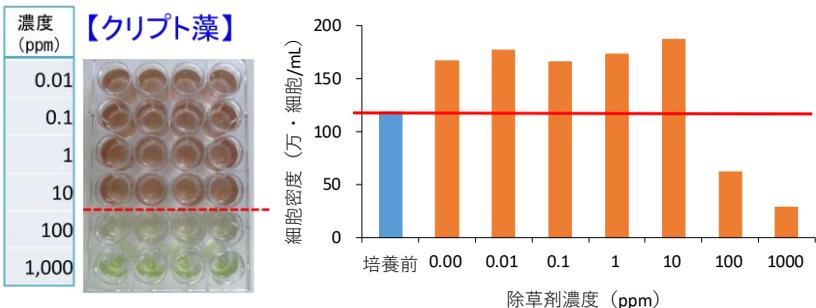
仮に、立神浦(海水量約400万トン)で影響濃度である100ppmに達するために必要な除草剤の流入量を試算してみました。その結果、「散布濃度の除草剤が約4万トンが必要である」と算出されました。このような大量の除草剤の流入は現実的に考えられないことから、除草剤がへい死の要因とは考えられませんでした。



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4年2月1日に、水産研究・教育機構と愛媛県水産研究センターが、大量へい死に関与すると考えられる新種のウイルスを特定したとのプレスリリースを行いました。また、同日付で農林水産省消費・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から通知された「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)」には、「当該ウイルスの増殖要因や病原性の強さなど引き続き解明すべき点は多く、かつ、複合的な要因がへい死率を増加させていると推測されていることから、生産県で作成されている海洋環境に適応した適正養殖管理マニュアル等に従った養殖を引き続き行うこと、貝の健康状態に十分注意し、病原体の拡散を極力防止することに努めること等の令和2年11月10日付通知に基づいた対応をするように」とあります。

真珠養殖業者の皆さんには、次の対応をお願いします。

### 【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

2019～2021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。

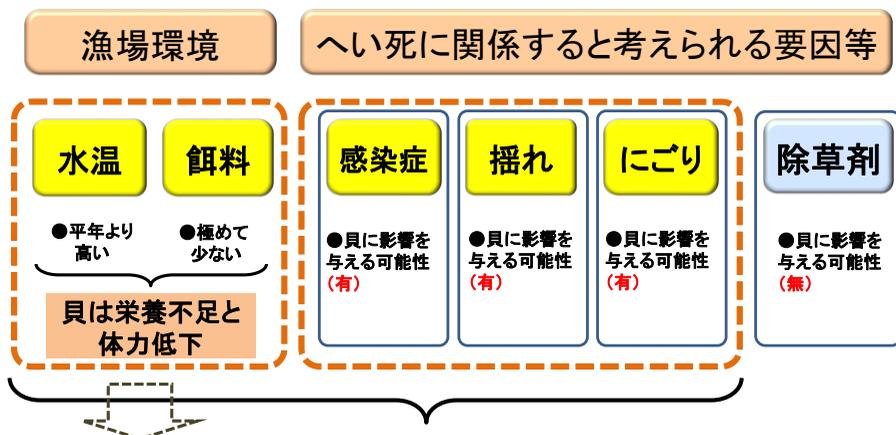
まず、漁場環境については、水温が平年よりも高く、餌料となる植物プランクトンが少ないという環境が、アコヤガイを衰弱させたり、ストレス要因となっていた可能性が考えられました。

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



**衰弱 + ストレス等 → へい死**

## 6 アコヤガイのへい死軽減対策

### (1) へい死軽減のための適正な飼育管理

#### 1) 稚貝の飼育管理

稚貝のへい死を軽減するためには、以下を参考にすることが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行うことが大切です。

##### ① 深吊り

- ・水深のある漁場では、深吊りにより水温の低い水深で飼育することにより、外套膜萎縮症状の発症を遅らせたり、へい死率を抑える効果が期待できます。
- ・表層よりも深い水深の方が温度変化が緩やかで貝に与えるストレスが小さくなると考えられます。(詳細は31ページ)

※貧酸素化しやすい夏に深吊りを行う時は、溶存酸素量に注意してください。

##### ② 目合いの大きなカゴに収容

- ・水の交換を良くして、餌となるプランクトンを得やすくしたり、溶存酸素の低下を防ぐなど、飼育環境を改善でき、へい死率を抑える効果が期待できます。(詳細は32ページ)
- ・外套膜萎縮症状はウイルスの感染により引き起こされるとの報告があるため、水の交換を良くすることで、カゴ内での感染拡大の抑制が期待できます。  
※潮流が速い漁場では、逆に潮流によるストレスを受ける可能性があるため、注意が必要です。

##### ③ 低密度飼育

- ・カゴに収容する貝の数を少なくすることにより、餌となるプランクトンを得る機会が増し餌不足への対策になります。(詳細は33ページ)
- ・外套膜萎縮症状はウイルスに感染して起こると言われているため、飼育密度を下げることで、カゴ内部での感染拡大の抑制が期待できます。

##### ④ 貝のストレスとなる作業を控える

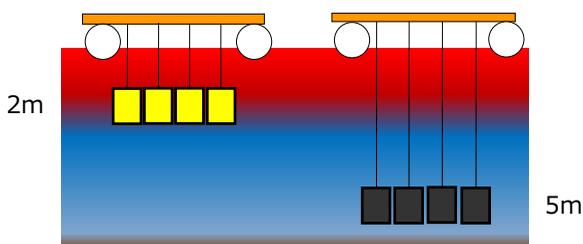
- ・貝にストレスとなる作業(淡水・塩水処理等)を可能な限り減らしてください。
- ・揺れ(振動)は貝のストレスとなるので、カゴができる限り揺れないようにしてください。(養殖筏近くでの超スロー航行の徹底など)(詳細は25ページ)

##### ⑤ 沖で飼育(2年貝や3年貝がまわりにいない漁場で飼育)

- ・外套膜萎縮症状はウイルスの感染により引き起こされるとの報告があるため、稚貝は、2年貝や3年貝と離れた沖の漁場等で飼育することで、感染リスクを下げてください。

## ①『深吊り』によるへい死軽減(沖出しカゴ)

カゴを通常の水深(2m)よりも深く(5m)吊るしてへい死率を比較しました。試験は2021年5月から7月にかけて英虞湾内の3漁場で実施しました。試験の結果、いずれの漁場においても水深5mの方が、へい死する時期が1～2週間ほど遅れました。このことから、水温が低い水深5mでは水深2mよりもへい死の発生が遅く、へい死率の軽減も期待されました。ただし、この試験では2mと5mの水温差が約1℃と小さかったため、へい死率に大きな差がみられない場合もありました。



35%以上のへい死率が確認された日

	和具	片田	タコノボリ
垂下水深2m	6月22日	6月29日	6月30日
へい死率(%)	68.3	59.1	37.0
垂下水深5m	6月29日	7月6日	7月13日
へい死率(%)	73.3	49.4	35.0

各漁場の2mと5mの水温差(平均値)

	和具	片田	タコノボリ
水温2m-5m平均℃	0.8	0.9	1.0

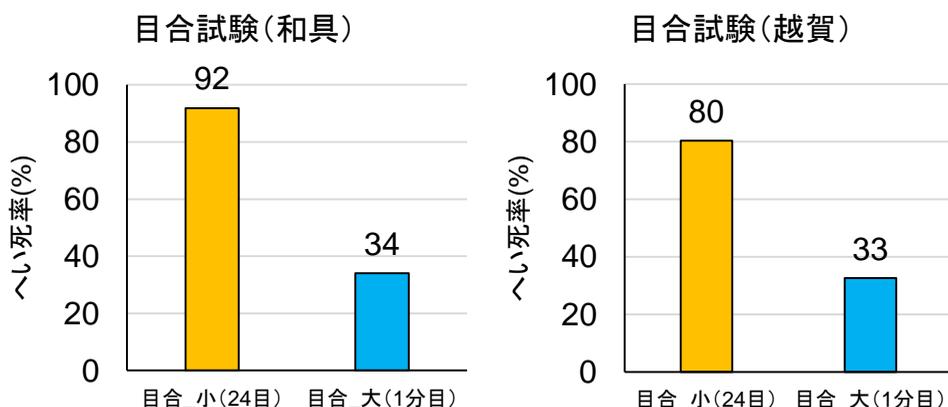
## ②『目合いの大きなカゴへの収容』によるへい死軽減試験

稚貝の飼育は、沖出しカゴなど目合の細かいカゴ(48目、24目、1分目、1.5分目など)に収容して行われますが、目合が細かいほど水の交換が悪いうえに、目詰まりも起こしやすくなります。目合を大きくすることにより、水の交換を良くして、餌環境等の飼育環境の改善が期待できることから、目合の異なる2種類の沖出しカゴを用いてへい死率を比較しました。

実験は2021年5月から7月にかけて英虞湾内の2漁場(和具と越賀)で実施しました。1分目(約3mm)と24目(約1.25mm)の2種類の沖出しカゴに蝶番線長3.5mmの稚貝(日本貝系統)をそれぞれ5,000個収容し、水深2mに垂下しました。

試験の結果、いずれの漁場においても目合の小さい24目の沖出しカゴのへい死率が高くなりました。へい死の軽減対策として、できるだけ目合の大きいカゴを用いて水の交換を良くすることで、飼育環境を良好にするだけでなく、外套膜萎縮を引き起こすとされるウイルスのカゴ内での感染拡大を抑える効果も期待できます。

稚貝が小さすぎる場合には、目合の細かいカゴに入れる必要がありますが、落下したり、逃げ出したりする恐れがないサイズまで飼育したらすぐに目合の大きなカゴに移したり、ほぐしたロープなどの付着基質を入れたり、寒冷紗を底面に取り付けたりするといった方法を検討してください。



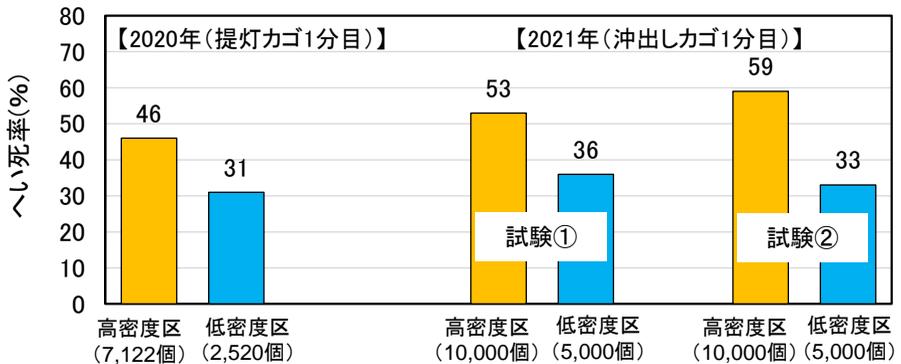
沖出しカゴの目合いの大きさによるへい死率の差

### ③『低密度飼育』によるへい死軽減

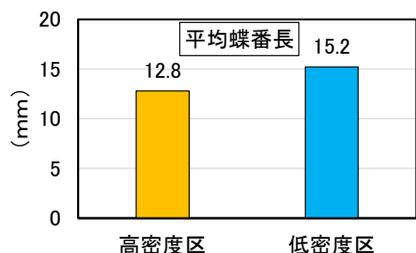
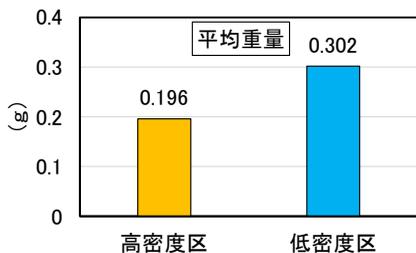
特に高水温期の高密度飼育は、餌不足になったり、外套膜萎縮の症状を示す貝がいた場合には、他の貝にも感染しやすくなる等、へい死する危険性が高まります。

下の図は、2020年と2021年に水産研究所が実施した異なる飼育密度での試験の結果です。いずれの試験においても低密度区のへい死率は高密度区よりも低く、また低密度区の成長は高密度区よりも良いという結果が得られました。

稚貝の飼育では、早いうちにできる限り低密度になるよう密度調整するとともに、目合の大きな籠への入れ替えをしましょう。



稚貝の収容密度の違いによるへい死率の差



飼育カゴへの収容密度の違いによる成長の差

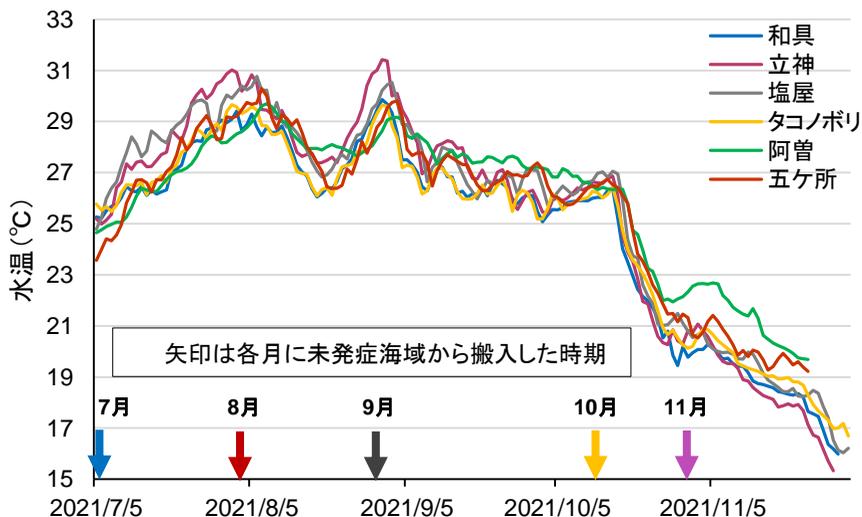
## 【外套膜萎縮未発症海域から発症確認海域に稚貝搬入した試験】

2019年から問題となっているへい死は、2年貝や3年貝よりも稚貝で多い特徴があります。そこで、特に稚貝が小さい間を外套膜萎縮の未発症海域である尾鷲湾で飼育し、ある程度大きくなってから発症確認海域である伊勢志摩の漁場に搬入することで、アコヤガイのへい死を軽減できないかと考えました。

尾鷲湾で飼育した日本産アコヤガイを7月から英虞湾、五ヶ所湾及び阿曾浦に毎月搬入し、へい死や貝殻再生痕(1回でも外套膜が萎縮したことを示す痕跡)の有無を調べました。

### 発症確認海域に搬入した時の稚貝の状況

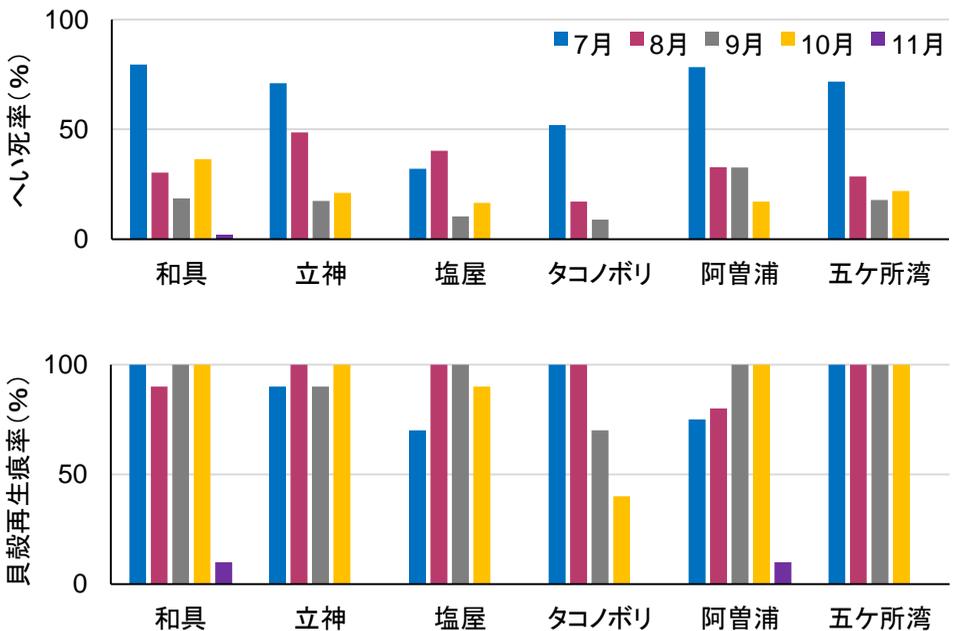
	7月	8月	9月	10月	11月
試験開始日	7月5~7日	8月2~5日	9月1日	10月11~13日	11月1日
サイズ(蝶番線長)	16.1mm	16.9mm	27.0mm	33.4mm	37.4mm
収容数	200	200	150	100	75
カゴの目合	2分目	2分目	3分目	3分目	3分目



尾鷲湾から稚貝を搬入した漁場の水温と、搬入時期

試験の結果、へい死率はいずれの試験区でも7月搬入が最も高く、8月、9月、10月と低下する傾向がみられました。11月には和具で2%へい死したのみで他の漁場でへい死は確認されませんでした。貝殻再生痕率は、7月から10月まではタコノボリ以外では70~100%の高い率で確認されましたが、11月には和具と阿曾浦で10%確認されたのみで他の漁場では確認されませんでした。

各漁場の水温推移をみると、へい死や貝殻再生痕が確認されなかった11月導入では、いずれの漁場においても水温が23℃を下回っていました。これらのことから、水温が23℃を下回る時期に、未発症海域で飼育した稚貝を発症確認海域に搬入することで、へい死軽減できる可能性があります。



7月から11月までの各月に未発症海域から発症海域に搬入した稚貝のへい死率(上段)と貝殻再生痕率(下段)

## 2)母貝、挿核貝の飼育管理

母貝、挿核貝についても、へい死軽減のための飼育管理は、基本的に稚貝の場合と同じです。以下を参考に、普段から貝を衰弱させないように飼育(ストレス緩和対策)することが重要です。

### ①深吊り

- ・特に夏は、貝を吊るす水深を深くするほど、水温が低く、また水温変化が緩やかであるため、貝へのストレスが小さいと考えられます。
- ※貧酸素化が進行する時期に浅い漁場で深吊りを行う場合は、溶存酸素量に注意してください。

### ②目合いの大きなカゴに収容

- ・水の交換を良くすることにより、餌となるプランクトンの摂餌機会を増やし、溶存酸素量の低下を防ぎます。
- ・感染症対策として、カゴ内部での感染拡大の抑制が期待できます。

### ③低密度飼育

- ・餌となるプランクトンを得る機会が増し、餌不足への対策になります。
- ・外套膜萎縮症状はウイルスに感染して起こると言われているため、飼育密度を下げることで、カゴ内での感染拡大の抑制が期待できます。

### ④貝に過度なストレスをかけないようにやさしく触る

- ・足糸は引きちぎらず、貝出刃で足糸を切りましょう。
- ・貝掃除の回数を減らしたり、貝掃除の水圧も通常よりも弱くしましょう。
- ・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いましょう。

### ⑤挿核時の注意

- ・高水温で長時間のオゾン処理は避けましょう。
- ・外套膜萎縮症状を示す貝は直ちに取り除き、症状のない貝に挿核しましょう。(外套膜萎縮に関与するウイルスに他の貝を感染させる可能性があります。)

### 3) 「アコヤ養殖環境情報」の活用

水産研究所では、2020年5月に「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（下図）」を毎週1回（原則、水曜日）発行しています。この情報は、水産研究所ホームページ

(<https://www.pref.mie.lg.jp/suigi/hp/16052017292.htm>)に掲載するとともに、県内真珠養殖業者を対象とした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**  
**2021-23号**  
(6月7日～6月9日観測)  
令和3年6月9日発行  
<http://www.pref.mie.lg.jp/suigi/hp/16052017292.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 (6/8の英虞湾湾奥2m層における日平均水温は23.8℃)

- ・英虞湾では、2m層で22～24℃、5m層で20～21℃程度であり、特に湾奥の深い層(2m以浅)で高くなっています。

2. プランクトンの状況

- ・英虞湾の珪藻類は先週に比べて著しく減少しています。

\* 先日はへい死等の現状調査にご協力頂きありがとうございました。調査結果は、明日(6月10日)のアコヤ養殖環境情報(臨時号)にてご報告いたします。今後はアコヤガイ定期モニタリングに代わり、へい死等の現状調査を実施し、県内のへい死等の現状をお知らせしていきます。引き続き調査へのご協力をお願いいたします。

◎ 今後1週間程度の水温動向(予測) … 気象庁の「2週間気温予報」や黒潮流路などを参考にしています。

◆ 今後の水温動向 = 現状から上昇し、平年並～高めで推移すると予測されます。

◎ お知らせ

「三重県版アコヤタイムライン」について、英虞湾奥(水深2m)の海水温が23℃に近づいてきましたので、5月28日(金)からステージ2へ移行しています。

真珠養殖業者の皆様には、特に、次のことについて徹底をお願いします。

**★稚貝の注意深い観察**  
**★淡水処理や塩水処理には十分注意**  
**★目合いの大きなカゴへ収容**  
**★水温変化の小さい2m以深に吊るす**  
**★稚貝の変調やへい死があれば「水産研究所に通報」**

◎ 黒潮と沿岸水温(現況と今後の予測)

黒潮は熊野灘沖～遠州灘沖で著しく離岸し、御前埼をS字状に北上しています(A型)。黒潮の蛇行北上部がS字状になり、遠州灘から熊野灘北部沖合へ暖水が流入し始めています。今後は北上部のS字がさらに強まり、6月下旬には黒潮が大王埼へ接近すると予測されています。

今のところ、熊野灘沿岸への暖水流入は特に強くありませんが、黒潮の接近に伴って、暖水流入が強まる可能性があります。

気温の上昇に伴って、湾内の水温も湾奥部の表層から上昇しています。気象庁発表の2週間気温予報では、おおむね平年並で推移する見込みです。黒潮系暖水の接近も予測されていることから、沿岸水温は「平年並～高め」で推移する見込みです。



6月8日の海況図

【英虞湾の水温】( )内は平年差

・自動観測ポイント(6月9日 9:00) ※平年値: 湾尖・湾奥は過去17年平均、神明は2年平均

水深・観測点	英虞湾尖(タノボリ)ポイント	英虞湾 神明ポイント	英虞湾奥(立神)ポイント
2 m(平年差)	22.4℃ (+0.7℃)	23.6℃ (-0.8℃)	24.1℃ (+1.8℃)
5 m(平年差)	21.8℃ (+0.7℃)	21.4℃ (-1.0℃)	21.6℃ (+0.6℃)

・浜島定地水温(6月9日): 23.0℃(平年差 +0.8℃) ※平年値は1991-2020年の30年平均

【的矢湾・五ヶ所湾・神前浦の水温】( )内は平年差

・自動観測ポイント(6月9日 9:00) ※平年値: 的矢湾は過去14年平均、五ヶ所湾は10年平均、神前浦は3年平均

水深・観測点	的矢湾(三ヶ所)ポイント	五ヶ所湾(床なぎ)ポイント	神前浦(小瀬戸)ポイント
2 m(平年差)	22.1℃ (+0.9℃)	22.2℃ (-0.3℃)	21.1℃ (-1.4℃)
5 m(平年差)	21.4℃ (+1.1℃)	20.9℃ (-0.8℃)	20.7℃ (-1.4℃)

(今週は、全部で8ページです。)

## 4)「三重県版アコヤタイムライン」の実施

三重県では、へい死被害を最小限に抑えるため、「いつ、誰が、何をするか」などを共有し、的確に対策が講じられるよう、「三重県版アコヤタイムライン(以下、アコヤタイムライン)」を策定しました。アコヤタイムラインの実施期間は、毎年の稚貝飼育が本格的に開始される時期(4月中旬頃)から、英虞湾奥(水深2m)の海水温20℃以下かつ水産研究所へのへい死通報数が無くなる時期(11月初旬頃)までとし、2021年は、4月15日から11月10日の間実施しました。

### ①三重県版アコヤタイムラインの策定の目的

三重県版アコヤタイムラインとは、「いつ、誰が、何をするか」を海水温等を基に設定したステージ毎に各関係者が実行する対策を整理したものです。あらかじめ関係者が三重県版アコヤタイムラインについて共有し、各ステージに応じたへい死軽減対策を迅速に実行することにより、へい死被害を最小限に抑えることを目的として策定しました。

### ②三重県版アコヤタイムラインの主な内容

ステージを4段階に設定し、各関係者(県、市町、真珠養殖業者、真珠養殖漁業協同組合)の役割を明確にしました。

県は、三重県版アコヤタイムラインの運用(ステージ移行の決定等)や海水温、餌量等の情報提供を行うほか、市町と連携してへい死等調査を行います。

真珠養殖業者や真珠養殖漁業協同組合は、常時の適正養殖管理の徹底と稚貝にへい死等があった際には水産研究所への通報のほか、各ステージにおける対策を実行します。

**【ステージ1(準備段階)】**稚貝飼育が本格的に開始される時から、ストレス緩和対策に努めます。

**【ステージ2(早期警戒)】**海水温が23℃に達しそうになる時から、ストレス緩和対策を徹底します。

**【ステージ3(警戒)】**海水温が28℃に達しそうになる時から、貝にとってストレスとなる作業を中止し、稚貝の漁場間移動もしないようにします。

**【緊急対応】**各ステージにおいてアコヤガイのへい死の発生するおそれ著しく大きくなった場合は、貝にとってストレスとなる作業を中止し、稚貝の漁場間移動もしないようにします。

# 【真珠養殖業者さんに行っていたきたいこと】

## 常時

適正養殖管理マニュアル等に基づく **適正養殖管理の徹底**

稚貝の変調やへい死があれば **水産研究所に通報**

### ステージ1(準備段階): 稚貝飼育を開始した時点

ストレス緩和対策に努める。

#### ストレス緩和対策:

深吊り。目合の大きなカゴへ収容。収容数の減少。沖で飼育。ストレス作業を控える。振動緩和のため、超スロー航行。

### ステージ2(早期警戒):

予測海水温23℃以上あるいは1系統でも稚貝が50%以上へい死した真珠養殖業者が1件以上確認された場合

ストレス緩和対策を徹底する。

### ステージ3(警戒):

予測海水温28℃以上あるいは1系統でも稚貝が50%以上へい死した真珠養殖業者が10件以上確認された場合

貝にとってストレスとなる作業を中止。  
稚貝の漁場間(特に湾間)の移動をしない。  
へい死等調査への協力。

【注意】貝掃除やカゴ替え等、貝にとってストレスとなる作業であっても貝を触らないといけない場合は、この限りではありません。臨機応変な対応をお願いします。

緊急対応 : 所有稚貝全体の50%以上がへい死した組合員が組合に30%以上確認された場合

貝にとってストレスとなる作業を中止。  
稚貝の漁場間の移動しない。  
へい死等調査への協力。

## (2) 避寒時期の適正な養殖管理

### 1) 避寒と抑制の実施の検討

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、避寒と抑制の実施を検討する際の参考として下表を作成しました。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。

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。

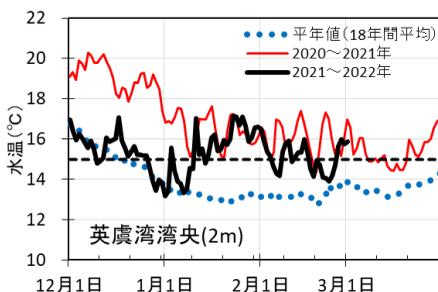
### 3)「アコヤ避寒情報」の活用

12月から翌年3月までの間は、「アコヤ養殖環境情報」内に「アコヤ避寒情報」を加えて発行しています。

アコヤ避寒情報では、①神前浦、五ヶ所湾、英虞湾の水温、②15℃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。

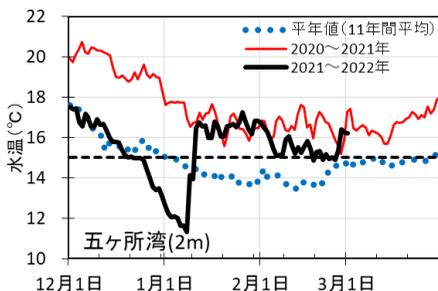
#### ●英虞湾(タコノボリ) 2m

英虞湾 湾央	15℃を超える 水温の積算(℃)			抑制カゴ から丸カゴ への切替 の目安(℃)
	2021~ 2022	2020~ 2021	2019~ 2020	
12月	18.8	126.8	55.3	60
1月	43.0	172.4	80.9	80
2月	52.6	202.8	95.3	90
3月	53.5*	220.3	104.2	110



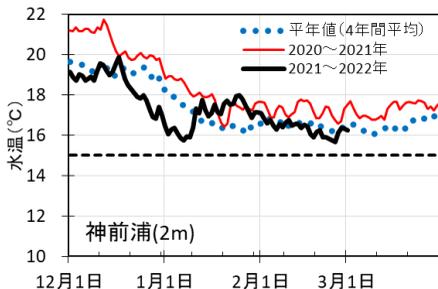
#### ●五ヶ所湾(床なぎ) 2m

五ヶ所 湾	15℃を超える 水温の積算(℃)			抑制カゴ から丸カゴ への切替 の目安(℃)
	2021~ 2022	2020~ 2021	2019~ 2020	
12月	28.4	142.0	86.8	60
1月	60.5	201.4	136.8	80
2月	75.9	244.6	163.5	90
3月	77.1*	299.5	204.1	110



#### ●神前浦(小納戸) 2m

神前浦	15℃を超える 水温の積算(℃)			抑制カゴ から丸カゴ への切替 の目安(℃)
	2021~ 2022	2020~ 2021	2019~ 2020	
12月	109.6	171.2	130.5	60
1月	170.6	258.9	212.3	80
2月	208.1	321.0	266.1	90
3月	209.4*	392.6	322.0	110



※3月1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年貝、3年貝の外套膜萎縮症状や稚貝のへい死は、6月上旬から確認されており、水温が23℃を超えた頃から起こりやすいと考えられます。

#### 1) 稚貝・母貝養成

飼育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収容し、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) 養生中およびその後の飼育

養生中に外套膜萎縮症状を確認した場合にも、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。その後の飼育でも発症した貝を発見した場合は、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？

2021年に実施した挿核試験の浜揚げ時に、試験貝の貝殻の再生痕とその貝から採取した真珠の品質について確認したところ、新しい再生痕や貝殻の3/4を占める大きな貝殻再生痕があると商品珠率がやや低くなる結果が得られました。一方で、貝殻をしっかりと再生して真珠層に覆われている貝であれば真珠品質に与える悪影響は少ないと考えられました。(詳細は46～48ページ)

## 7 高品質真珠の効率生産のための飼育管理

### (1) 赤変病でへい死させない日本産アコヤガイの飼育管理

1996年以降、赤変病によるアコヤガイのへい死が発生して大きな問題となりました。その後、日本産アコヤガイと外国産アコヤガイとの交雑貝が、日本産アコヤガイよりも赤変病に対するへい死が少ないとされ、交雑貝の利用が多い状況です。

しかしながら、交雑貝は高品質真珠の生産率が日本産アコヤガイよりも低いとされるため、仕立てやすく高品質な真珠が生産しやすいとされる日本産アコヤガイによる真珠生産を再検討する価値があると考えられます。

そのためには、低水温処理を行うことが必要不可欠です。低水温処理は、低水温期に15℃を下回った水温(13℃であれば-2℃)を足し算した水温(積算水温)が、-100℃以下となるようにアコヤガイを飼育する方法で、赤変病の発症を遅らせ、へい死被害を抑える効果が期待できます。

次に、低水温処理に加え、挿核貝の隔離を行い、へい死を抑えた養殖試験方法と、飼育管理のポイント・考え方を示します。

### 日本産アコヤガイの飼育管理と浜揚げ結果の一例

#### 【 飼育管理の情報 】

飼育期間: R2.11月~R3.12月

試験貝 : 母貝(10~12匁)・ピース貝ともに日本産貝(3年貝)

避寒漁場 : 英虞湾(低水温処理 積算水温 -140℃)

飼育漁場 : 英虞湾(抑制・挿核・養生)

→ 的矢湾(飼育) → 英虞湾(飼育・仕上げ)

抑制(期間): 抑制カゴに100個ずつ収容(R2.11月下旬~R3.5月上旬)

挿核手術 : 5月上旬 核サイズ2.0 1個入れ 挿核数400個

養生期間 : 27日間

垂下水深 : 5m (9月7日以降 3~4m)

貝掃除 : 7月(3回)、8月(3回)、9月(1回)、10月(1回)、11月(1回)

浜揚げ : 12月中旬

#### 【 浜揚げ結果 】

生残貝数: 360個

生残率 : 90%  注目!

真珠採取率: 84.3%

1級品率 : 41.7%  注目!

# 日本産アコヤガイの飼育管理のポイント

## 抑制

下の状態を目安に貝を11月に抑制する。

### 抑制できる貝の状態(目安)

- ・外套膜はグリコーゲンで白く肥厚している。
- ・生殖巣は未成熟の状態(満卵ではない状態)にある。

### 【避寒漁場での抑制のポイント】

暖冬の年は、英虞湾内でしっかり低水温処理しながら抑制。  
抑制貝は11℃以下にならず、かつ15℃未満の水温の積算が  
-100℃以下になる海域を選ぶことが重要。

※ICTブイなどで避寒漁場の水温情報をこまめに把握する。  
その漁場が冷えすぎる場合は、風のない穏やかな日にもう少し  
南の暖かい漁場へ移動する。

### 秋抑制の意義

- ・日本産貝は、秋に生殖細胞が未成熟の状態。  
(交雑貝や外国産貝では成熟した卵を持っているものが多い)
- ・秋抑制とは、抑制カゴに入れて生殖細胞の発達を抑制し、  
成熟させない処理のこと。

## 挿核

4～5月(水温が17～18℃で安定するようになったら挿核開始)

### 抑制貝の状態

上手く抑制できていれば、生殖細胞は未成熟か卵の無い状態。  
抑制がしっかりとできていない場合は、再抑制を行う。

### 【挿核後の貝の管理ポイント】

低水温処理した貝を低水温処理していない貝(未処理貝)の近くで  
養殖しない(適切な隔離距離を確保)。

※20℃以上の時期は、未処理貝からの再感染に要注意。

※適切な隔離距離は漁場によっても異なるため、事前に稚貝等を  
垂下して赤変病発症の有無を確認する必要がある。

※未処理貝と垂下水深を2m以上ずらして隔離する方法もある。

### 貝の状態

高水温が長期化しても、十分な低水温処理と隔離養殖を行えばほとん  
ど発症させることなく、元気に貝を飼育することができる。

## 浜揚げ

12月～1月

## (2) 外套膜萎縮と挿核貝の飼育管理

### 1) 挿核貝の貝殻再生痕の大きさ(目視5段階)

2019年夏の外套膜萎縮症状の発生以降、貝殻再生痕がある貝も挿核手術に用いられることもあると思いますが、貝殻再生痕のある貝で生産された真珠の品質についてはよくわかりませんでした。そこで、水産研究所では、4～6月に挿核手術し、12月に浜揚げした日本産貝と交雑貝の合計660個を対象に貝殻再生痕の大きさと真珠品質の関係を調査しました。

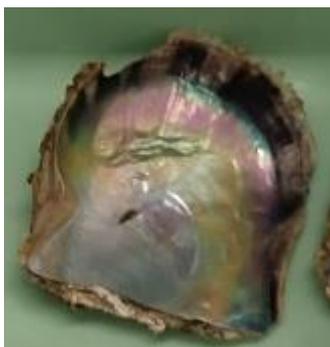
貝殻再生痕の有無は、日本産貝と交雑貝で大きな差がなかったため、貝殻内面にできた貝殻再生痕の大きさについて、以下の写真を基準に目視により、「レベル0(再生痕無し)、1、2、3、4」の5段階に分類しました。



再生痕無し



レベル1



レベル2



レベル3



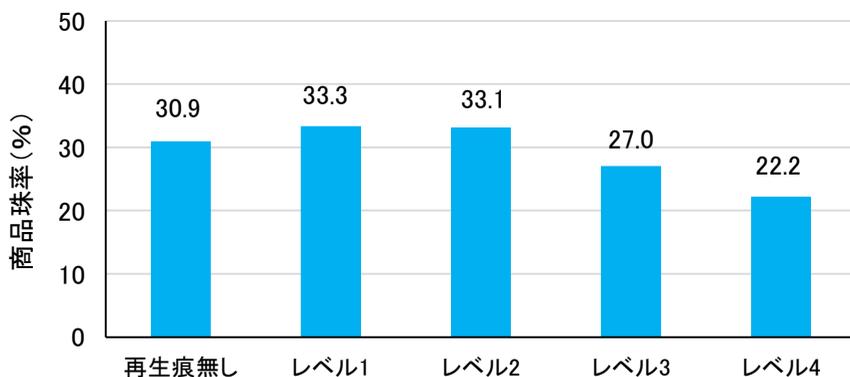
レベル4

## 2)挿核貝の貝殻再生痕の大きさと真珠品質

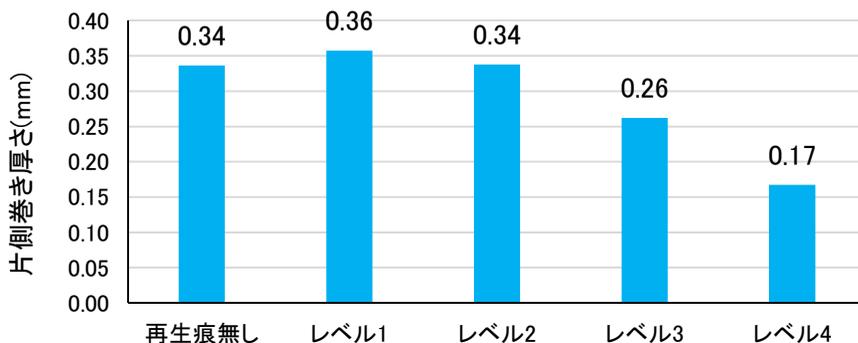
貝殻再生痕の大きさがレベル3、レベル4の貝では商品珠の比率(商品珠率)が低下する傾向が確認されました。貝殻再生痕の大きさがレベル2までの小さい場合には商品珠率に大きな差はありませんでした。

また、貝殻再生痕の大きさがレベル3、レベル4の貝から得られた真珠の巻き(片側の巻きの厚さ)は、レベル2以下の貝から得られた真珠の巻きよりも薄い傾向が確認されました。

これらのことから、貝殻再生痕が大きいほど、真珠品質に悪影響がある可能性があります。



貝殻再生痕の大きさと商品珠率



貝殻再生痕の大きさと真珠の巻きの厚さ

### 3) 挿核員の貝殻再生時期と真珠品質

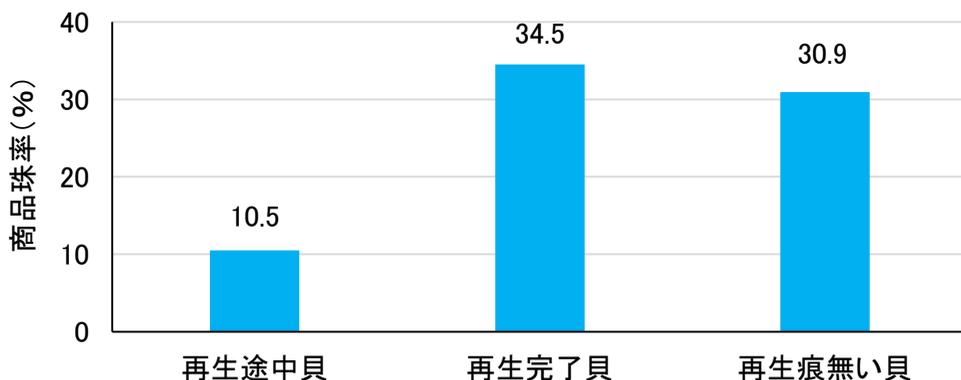
外套膜萎縮を発症した後、浜揚げ時点においても貝殻を再生している途中の貝(再生途中貝)は、すでに真珠層で完全に覆いなおした貝殻再生完了済の貝(再生完了貝)や貝殻再生痕の無い貝にくらべて商品珠率が低い傾向が確認されました。



再生途中貝

再生完了貝

貝殻再生痕の無い貝



貝殻再生痕のできた時期の異なる貝と商品珠率

挿核時点で、外套膜萎縮から完全に回復していない母貝を用いた場合にも、真珠品質は悪くなることが考えられました。

挿核の際には、外套膜萎縮している貝は、他の貝に悪影響を与えないよう直ちに除外すること、挿核後は貝へのストレスを少なくし、外套膜萎縮をできるだけ発症させない飼育管理を行うことが大切です。

## 8 漁場環境把握のためのモニタリングシステムの活用



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。



気候変動が激しい近年は、モニタリングシステムを活用して、こまめに漁場環境を把握し、貝にきめ細やかな飼育管理を行うことが重要です。

# (1) モニタリングシステムのデータの表示方法

## 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

測点ボタンまたは地図上の測点ボタンを押すとそれぞれの測定の水温が表示されます。2022年3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、神前浦の計6測点です。

### ●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。項目ボタン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します。

### ●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。



地図データ ©2019 Google

# 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

The screenshot shows a web-based monitoring system for water temperature. The interface includes a sidebar menu on the left with options like 'トップページ', '水質観測機', and '観測機水質予測'. The main content area features a '表示切替' (Display Switch) section with dropdown menus for '観測機' (set to '英虞湾湾央'), '年' (set to '2022'), '月' (set to '1'), and '日' (set to '25'). Below this is a '水溫観測グラフ' (Water Temperature Observation Graph) section with four line graphs showing temperature changes over time for different durations: 2日間 (2 days), 7日間 (7 days), 35日間 (35 days), and 190日間 (190 days). Each graph displays temperature (Temperature) on the y-axis and time on the x-axis. The graphs show multiple data series representing different depths: 0.5m (blue), 2.0m (red), 5.0m (green), and 8.0m (purple). The background of the interface is a scenic view of a bay with boats and greenery.

三重県真珠養殖連絡協議会  
三真協

【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。



「表示切替」の日付を変えると過去の観測データを確認できます。

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)

【英虞湾湾央の水温と塩分濃度】: 英虞湾湾央の0.5mおよび底層の水温と塩分濃度の変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やすい。そのため、湾内の水温は、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。

急に水温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。

(※湾外からの海水流入を把握する方法は58、59ページ参照)

日付、期間を指定します。

塩分濃度を選択します。

日時	表層	底層
2022年1月21日 0時	34.53	34.50
2022年1月21日 1時	34.53	34.49
2022年1月21日 2時	34.53	34.48
2022年1月21日 3時	34.51	34.51
2022年1月21日 4時	34.52	34.49
2022年1月21日 5時	34.52	34.47

日付、期間を指定します。

水温を選択します。

日時	表層	底層
2022年1月21日 0時	15.33	13.70
2022年1月21日 1時	15.25	13.66
2022年1月21日 2時	15.11	13.70
2022年1月21日 3時	14.97	13.88
2022年1月21日 4時	14.84	13.76
2022年1月21日 5時	14.90	13.63

# 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://www.ohyamanet.info/](http://www.ohyamanet.info/~m-shinkyō/keitai.php)

[~m-shinkyō/keitai.php](http://www.ohyamanet.info/~m-shinkyō/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℃

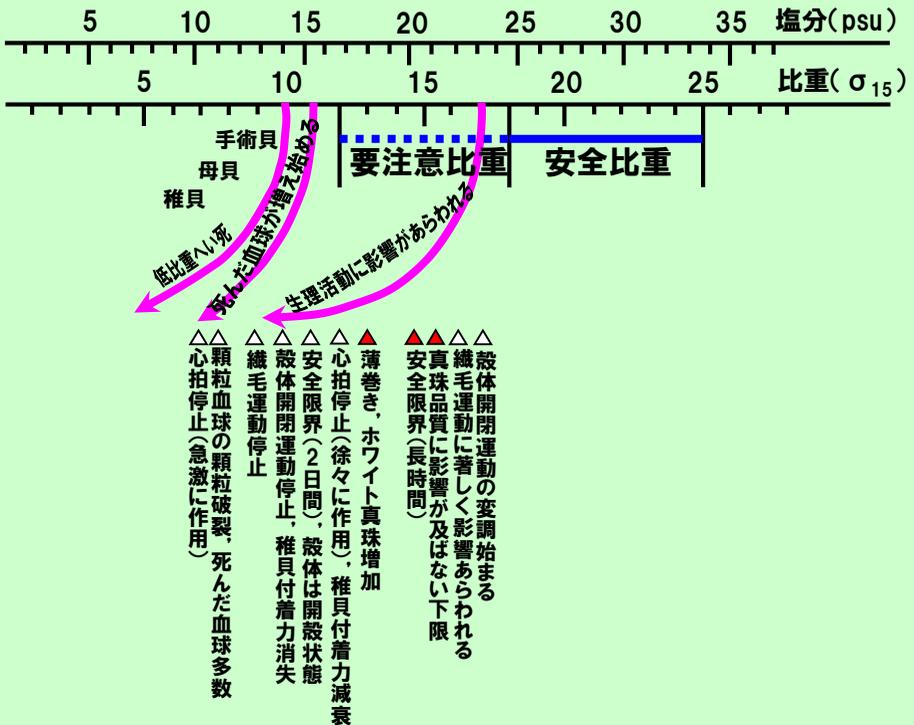
■神前浦(小納戸)  
2020年12月04日 18時  
0.5m: 21.12℃  
2.0m: 21.06℃  
5.0m: 21.08℃  
8.0m: 21.18℃

## (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。



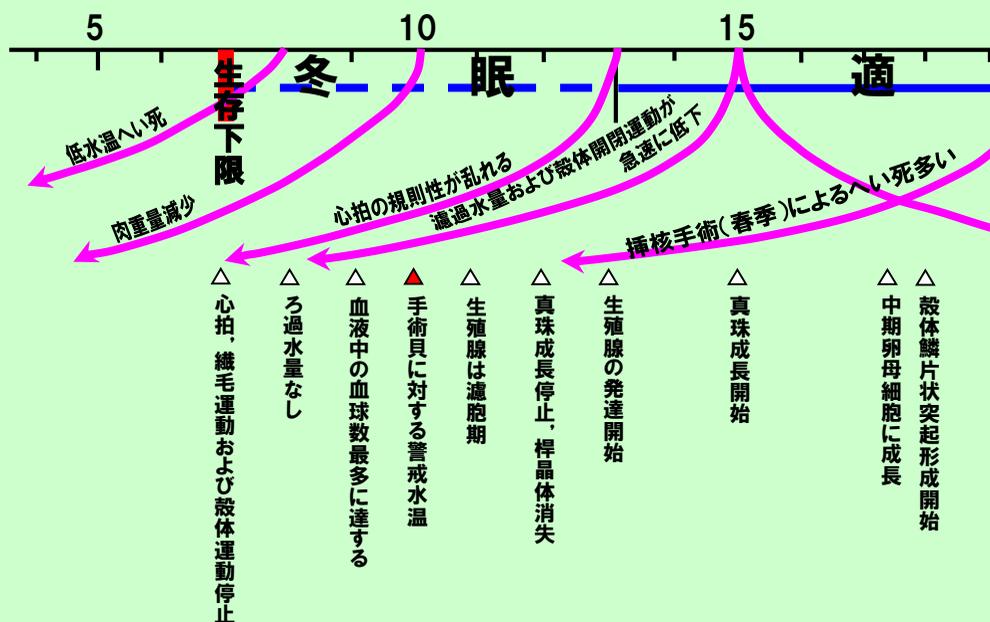
アコヤガイの生理活動と塩分 (出典:和田浩爾1991年 科学する真珠養殖 図51改)

### (3) 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適正な養殖管理の参考にしてください。



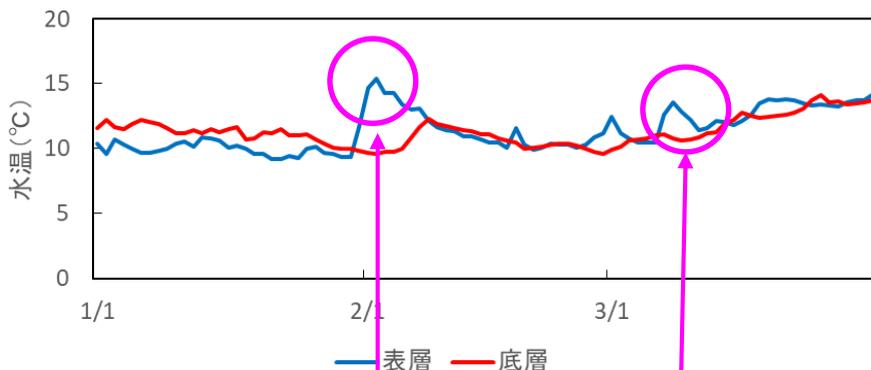
アコヤガイの生理活動と水温（出典：和田浩爾1991年 科学する真珠養殖 図44）

## (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】

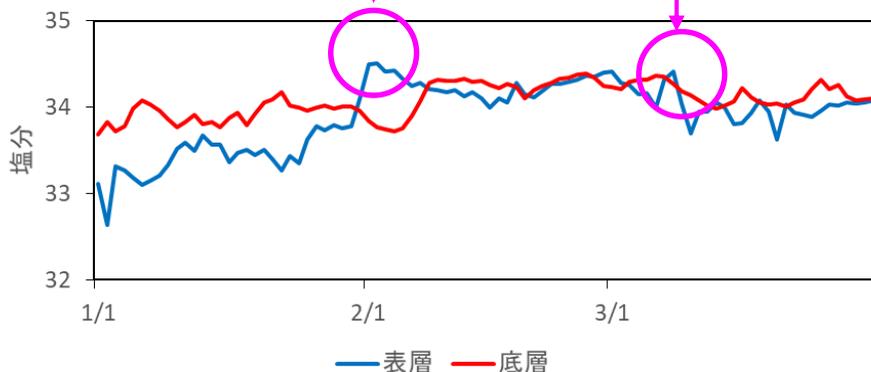
冬には湾内よりも湾外の水温が高く比重が低いため、湾外の海水は表層に入ってきます。黒潮由来の暖かい海水が入ってきた時には、湾外からの海水流入がよりはっきりわかります。また、湾内よりも湾外の塩分濃度が高いため、湾外からの流入があった時には表層の塩分濃度も上がります。

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

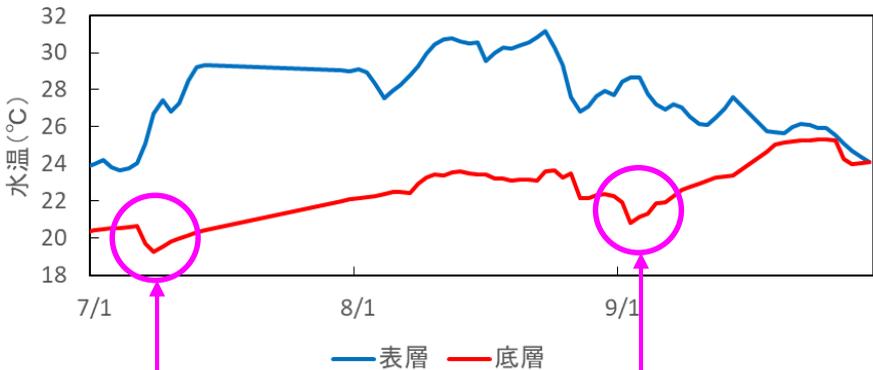


冬に高水温になるとアコヤガイの活性は高くなります。冬は餌となるプランクトンが少ないため抑制中の貝が衰弱することがあるので注意が必要です。

## 【夏の場合】

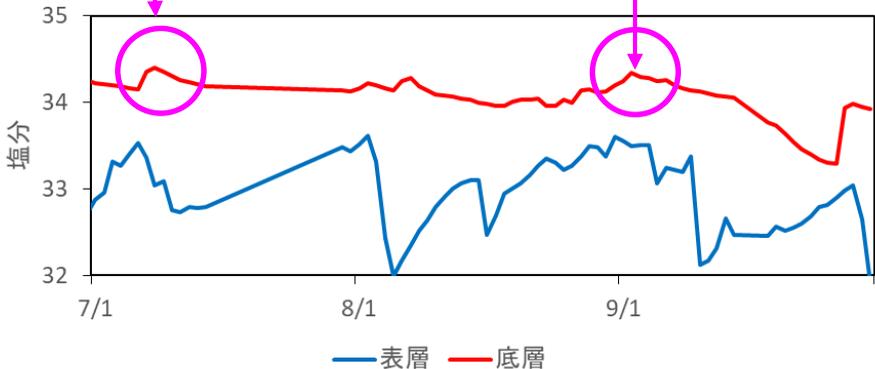
夏には湾内よりも湾外の水温が低く、比重が高いため、湾外の海水は底層に入ってきます。また、湾内よりも湾外の塩分濃度が高いため、湾外からの流入があった時には底層の塩分濃度も上がります。この湾外から湾内の底層への海水の流入により、底層の貧酸素水が浅い層に持ち上げられることもあります。

### 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上げられ、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。

## 9 適正養殖管理に向けた水質予測情報の活用

### (1) 水質予測情報について

三重県水産研究所は、四日市大学の協力を得て、インターネット上で水質予測情報を試験公開し、令和4年度から正式公開の予定です。

(PC版 <https://suigi.pecori.jp/index.html> (携帯版もあります))

水質予測には、三重県及び三重県真珠養殖連絡協議会がICTブイで連続測定している水温や塩分データ、水産研究所の定期観測データ、気象庁の気象予報データ等を使用し、英虞湾漁場環境モデルを用いて11日先までの英虞湾10海域の水質(水温、塩分、クロロフィル量、溶存酸素量)を予測するものです。

夏の高温期へのストレス緩和対策、浜揚げ日を決める参考にしてください。

また、英虞湾の気温、湿度、降水量、風速も11日先まで予測していますので、冬の避寒漁場への貝の運搬日を決める参考にしてください

### (2) 水質予測情報の表示方法

三重県真珠養殖連絡協議会が運営する、三重県真珠養殖漁場水温モニタリングシステムのホームページ内にリンクボタンを設置しています。

(<http://www.ohyamanet.info/~m-shinkyu/index.php>)

リンクボタンを押すと水質予測情報のページに移動できます。

リンクボタン



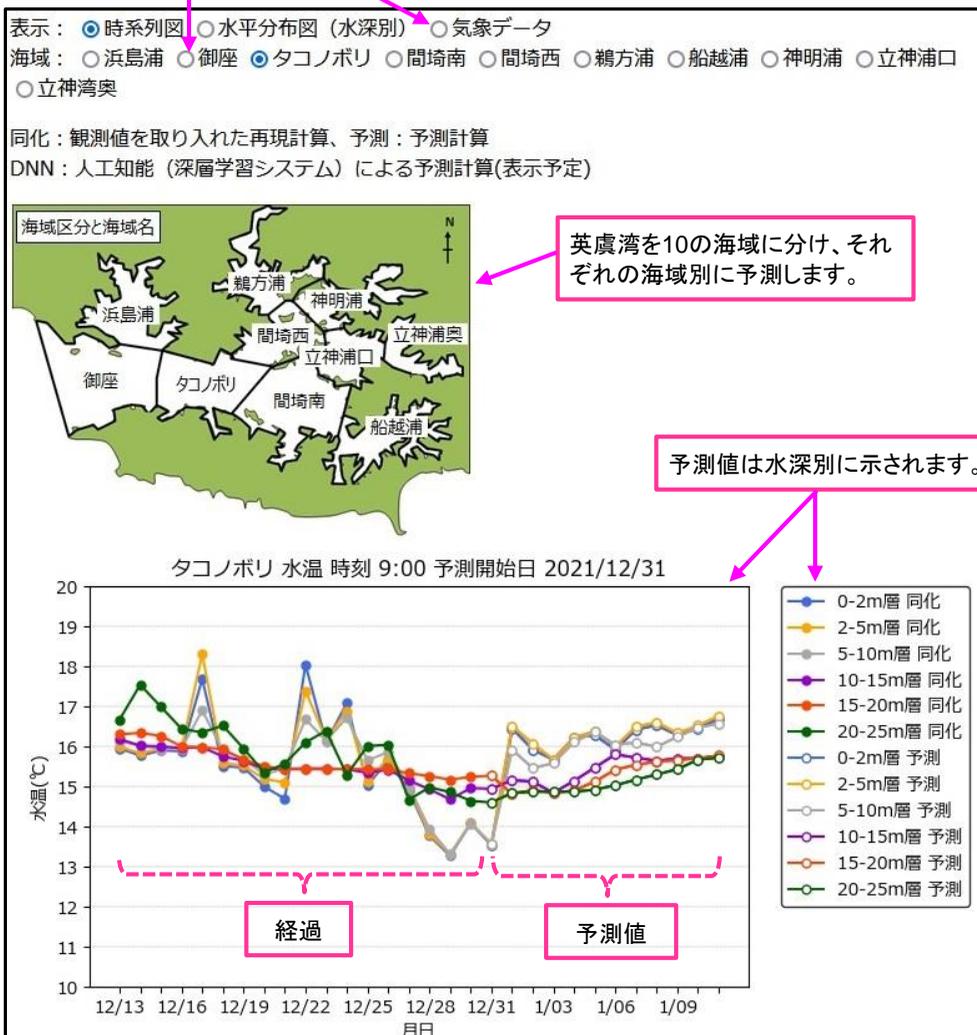
### (3) 水質予測情報の活用例

表示方法は、時系列図と水平分布図の2通りあります。

各海域におけるこの先11日間の環境予測を知りたい場合は時系列図、湾全体の面的な環境予測を知りたい場合は水平分布図を、それぞれ参照してください。

ココ(○)をクリックすると、  
表示や海域の変更ができます。

#### 時系列図の表示例

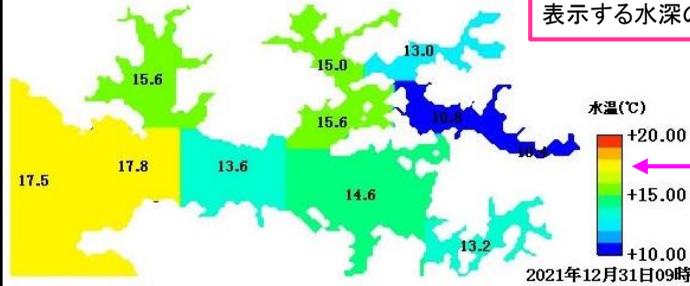


## 水平分布図の表示例

ココ(○)をクリックすると、水温や塩分等、表示項目の変更ができます。

表示： ○ 時系列図 ● 水平分布図 (水深別) ○ 気象データ  
 要素： ● 水温 ○ 塩分 ○ クロロフィル a ○ 溶存酸素  
 水深： ○ 0-2m ● 2-5m ○ 5-10m ○ 10-15m ○ 15-20m ○ 20-25m

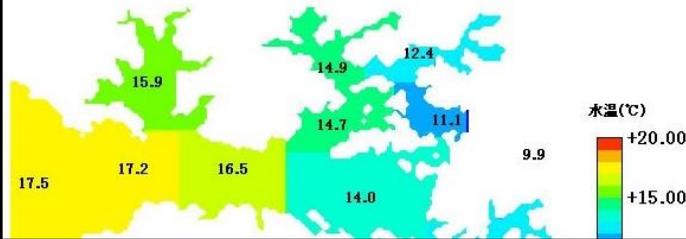
0日目



ココ(○)をクリックすると、表示する水深の変更ができます。

湾内の10海域は、予測値に応じて色付けされます。

1日後



## 気象データの表示例

表示： ○ 時系列図 ○ 水平分布図 (水深別) ● 気象データ



気温の他、湿度、降水量、日射量、風速の予測値も示されます。(気温のグラフの下方に表示されます)

表紙の写真の説明

(上・左) 水中のアコヤガイ

(上・右) 高品質な真珠

(下・左) 挿核手術

(下・右) 英虞湾に設置したICTブイ(水温・塩分計)

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

2022年3月改訂  
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