

研究課題名 水産物における放射性物質低減技術の開発
小課題名 カレイ類の放射性セシウム取込・排出過程の解明
研究期間 2019年～2019年

森口隆大

目 的

漁業復興には、消費者に福島県水産物を安心して購入してもらう必要がある。そのためには、放射性セシウムの取込・排出・蓄積のメカニズムを科学的に説明することが重要である。

魚体内に取り込まれた放射性セシウム（以下、 ^{137}Cs ）は、筋肉のほか肝臓や卵巣にも蓄積することが先行研究によって確認されている。そこで、年齢や季節による成熟の違いと魚体内における ^{137}Cs 蓄積の関係について把握するため、ホシガレイ 1、2 歳魚を用いて、夏と成熟期の冬に ^{137}Cs を含む飼料を摂餌させる飼育試験を実施した。

^{137}Cs は環境中から魚体内に取り込まれるとカリウム（以下、K）と同じ挙動を示し、浸透圧調節機構を介して排出されることが先行研究によって確認されている。そこで、本試験では K が ^{137}Cs の排出に及ぼす影響を把握するため飼育試験を実施した。

方 法

1 夏季と冬季の ^{137}Cs 蓄積試験

令和元年 8 月 13 日～8 月 20 日の夏の時期と令和元年 12 月 3 日～12 月 10 日の冬の時期に供試魚（ホシガレイ 1 歳魚 4 尾、2 歳魚 4 尾）に、 ^{137}Cs を含む配合飼料（約 2,300Bq/kg）を 8 日間で 1 個体あたり 5.2g 摂餌させた。この時、残餌は確認されなかった。供試魚を取り上げた後、筋肉、肝臓、生殖腺、その他に分け、部位ごとに ^{137}Cs 濃度をゲルマニウム半導体検出器で測定した。

2 飼育水 K 濃度が ^{137}Cs 排出に及ぼす影響

令和元年 9 月 24 日から 27 日に供試魚（ホシガレイ 1 歳魚 9 尾）に ^{137}Cs を含む配合飼料（約 2,300Bq/kg）を 4 日間で 1 個体あたり 6.0g 摂餌させた。この時、残餌は確認されなかった。1 日間の餌止めの後、飼育水を沿岸海水（対照区）及び、K 添加により濃度を沿岸海水の 2 倍とした試験区（K2 倍区）を設定し、無給餌、止水環境で 20 日間継続飼育し、飼育水及び供試魚の ^{137}Cs 濃度をゲルマニウム半導体検出器で測定した。

結 果 の 概 要

1 夏季と冬季の ^{137}Cs 蓄積試験

全試験区において、1 個体あたりの ^{137}Cs 量（平均値 \pm SD）は $6.82 \pm 0.87\text{Bq}$ であり、有意差はみられなかった（two-way ANOVA, $P > 0.05$ ）。

供試魚の筋肉及び卵巣の ^{137}Cs 濃度には正の関係がみられ、卵巣の方が筋肉よりも高い濃度を示した（図 1）。また、1 個体あたりの ^{137}Cs 量が全ての供試魚で等しいことから、濃度は魚体重、卵巣の重量に応じて推移したと考えられた（図 2）。卵巣重量体重比（GSI）と卵巣に蓄積した ^{137}Cs 量（Bq）の割合において、2 歳冬の試験区が最も高くなり、卵巣に蓄積した ^{137}Cs 量は、GSI の増加に応じて多くなり、成熟状況によって個体間で異なる傾向が確認された。（図 3）。

2 飼育水 K 濃度が ^{137}Cs 排出に及ぼす影響

^{137}Cs 濃度に体重を乗じて得た 1 個体あたりの ^{137}Cs 量（3 個体平均値）は、排出開始前が 8.96Bq であり、試験終了時は、対照区より K2 倍区の方が低かった（図 4）。飼育水に排出された ^{137}Cs 量、魚体内から飼育水に排出された ^{137}Cs 量の割合は、K2 倍区で高い結果となった（図 5、6）。

飼育環境中の K 濃度が高いことで体内に K が侵入し、塩類細胞を介した K の排出が促進され、K と同じ挙動を示す ^{137}Cs も魚体内からの排出が促進されたと考えられた。

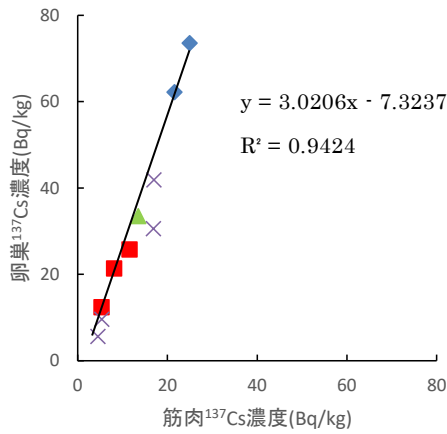


図 1 筋肉と卵巣の ^{137}Cs 濃度の関係

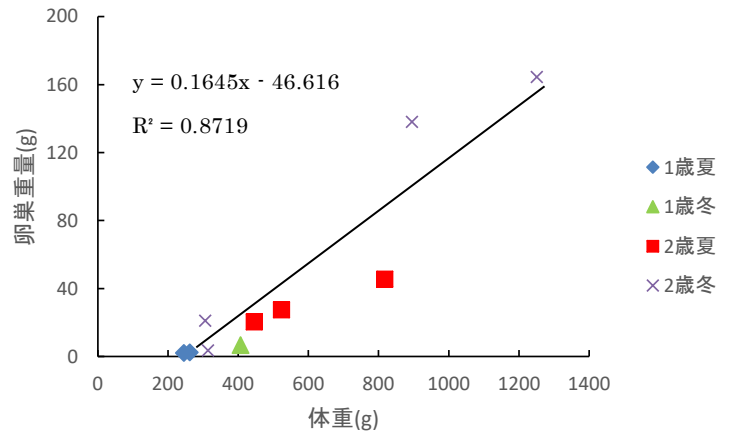


図 2 供試魚の体重と卵巣の重量の関係

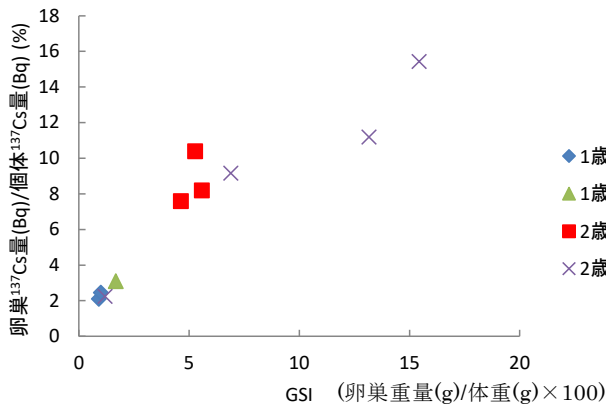


図 3 卵巣の発達と ^{137}Cs 蓄積の関係

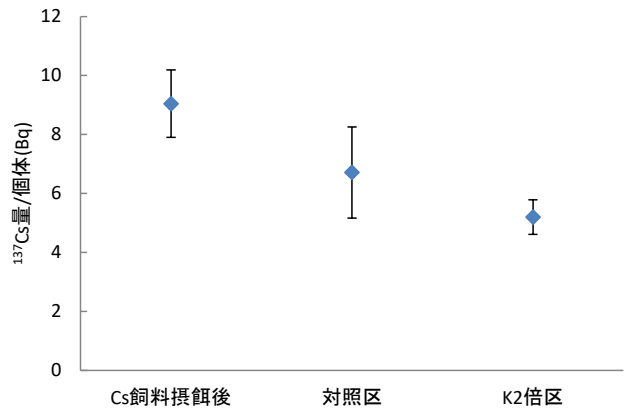


図 4 1 個体あたりの ^{137}Cs 量の平均値

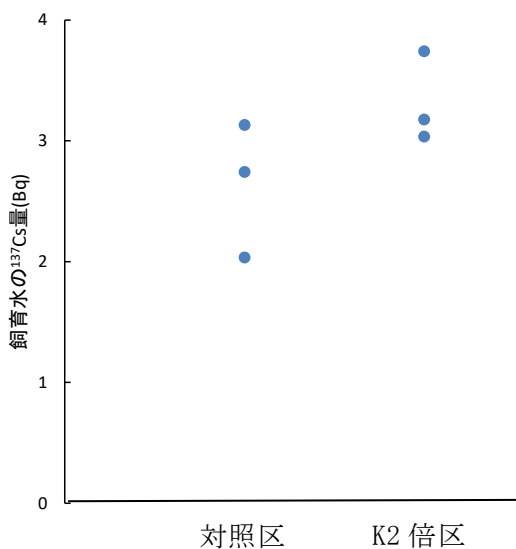


図 5 飼育水に排出された ^{137}Cs 量の関係

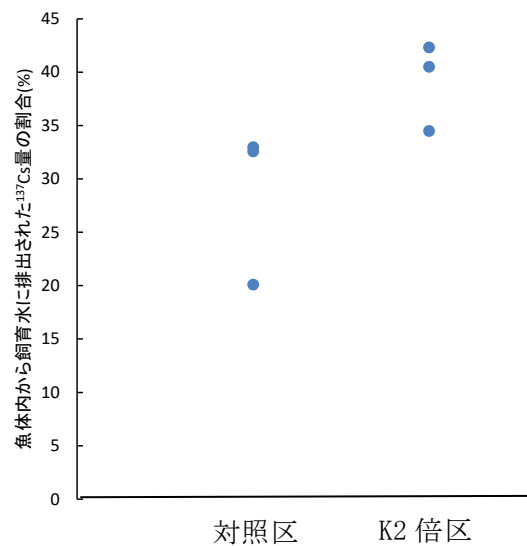


図 6 飼育水の K 濃度と魚体内から排出された ^{137}Cs 量の割合

結果の発表等 令和元年度放射線関連成果「ホシガレイ体内における放射性 Cs 量と摂餌量の関係」
 登録データ 19-01-001「カレイ類の放射性セシウム取込・排出過程の解明」(10-69-1819)

研究課題名 栽培漁業対象種の放流技術に関する研究
小課題名 ホシガレイの放流技術に関する研究（種苗の長距離輸送）
研究期間 2017～2019 年

實松敦之・榎本昌宏・佐々木つかさ
森口隆大・菊地正信

目 的

ヒラメに次ぐ栽培漁業対象種として漁業者から強い要望のあるホシガレイの放流技術を開発する。

方 法

1 輸送試験

国立研究開発法人水産研究・教育機構東北区水産研究所宮古庁舎（現・国立研究開発法人水産研究・教育機構水産技術研究所）で生産されたホシガレイ種苗約 13 万尾を福島県いわき市まで輸送し、輸送後の種苗のコンディションを判定した。なお、輸送中は酸素を通気し、ブローアで水を攪拌して溶存酸素飽和度を 100%付近に保った。

種苗はポリエチレン製カゴ（以下、カゴとする。）に小分けにし、縦に 7 段積み重ねて、海水で満たした 1 m³FRP 水槽 3 基に収容した。

輸送は令和元年 7 月 12 日及び 19 日に実施し、平均全長 80mm 種苗を 6.5 万尾ずつ輸送した。

2 放流試験

上記試験により輸送した種苗合計 13 万尾を福島県いわき市小名浜港澤風防波堤から放流した。なお、放流魚には ALC 1 重標識を施した。

結 果 の 概 要

1 輸送試験

輸送密度 49～65kg/m³、水温 16.2～17.3℃、溶存酸素飽和度 102.1～147.6%であった。輸送距離 400km、輸送時間 8 時間であった。

7 月 12 日輸送、7 月 19 日輸送ともに輸送後のへい死は見られず、放流後、速やかに潜行した。

今年度の輸送では、エアレーションの位置をカゴの間に設置した結果（図 1）、気泡によりカゴ内の水が過剰に攪拌されることを防ぎ、前年度に比べて良好なコンディションを保つことができた。

2 放流試験

調査船調査の結果、放流後の再捕獲はなかった。

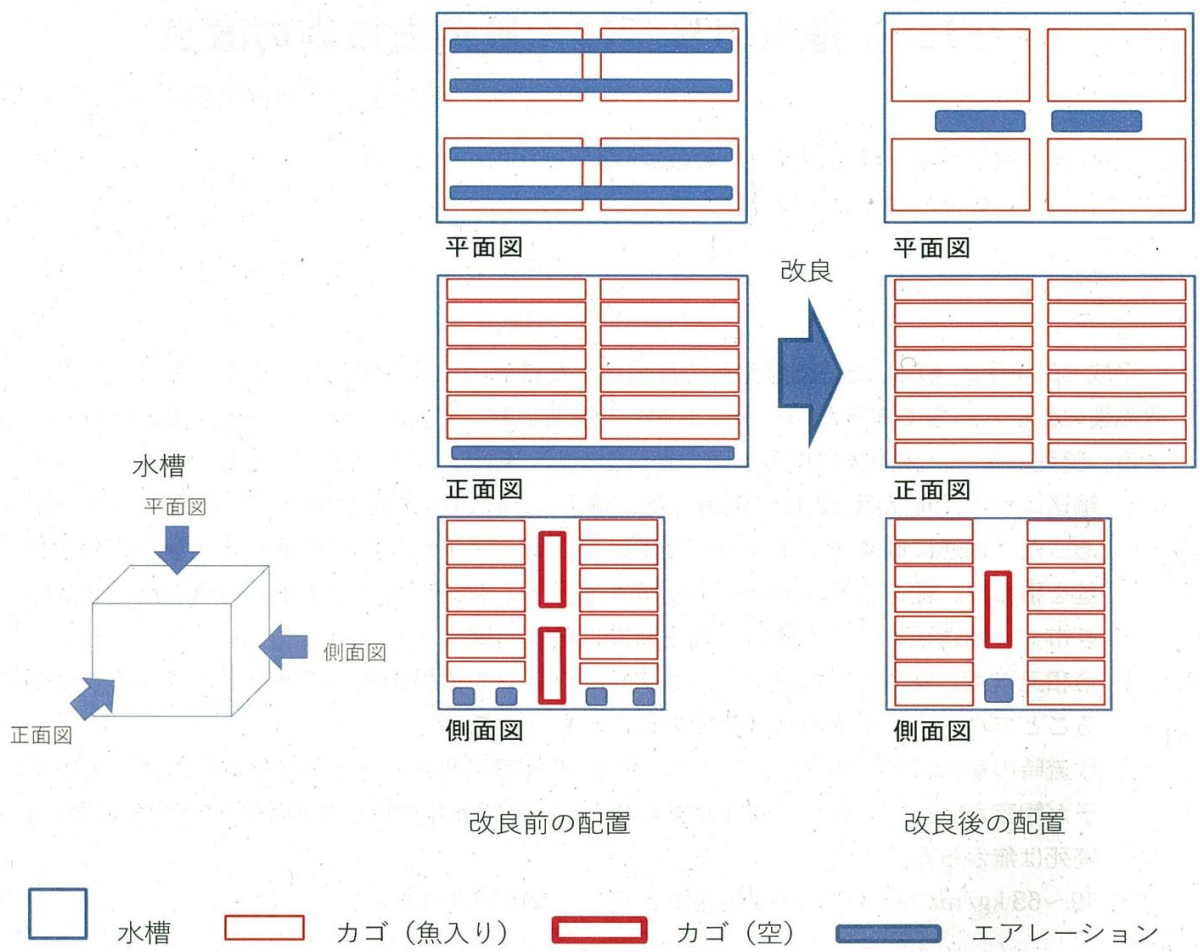


図1 水槽内のカゴとエアレーションの配置（三面図）

結果の発表等 令和元年度普及に移しうる成果「ホシガレイ稚魚の長距離大量輸送技術の開発」
登録データ 19-01-002「ホシガレイ長距離輸送」（07-45-1819）

研究課題名 栽培漁業対象種の放流技術に関する研究
小課題名 有用魚種の大量放流技術に関する研究
研究期間 2018年～2019年

森口隆大・菊地正信

目 的

栽培漁業の新たな展開を目指して、生産コストの低減と対象魚種拡大が求められている。本県における栽培漁業推進対象種であるホシガレイ、栽培漁業研究対象種であるイシガレイ、マコガレイについて、仔魚期での放流効果の把握と放流効果を把握するため仔魚への標識方法について検討する。

方 法

平成30年度にアリザリンコンプレキソン（以下、ALC）を用いて耳石を標識したホシガレイ仔魚32万尾を松川浦へ放流し、放流効果把握のため松川浦内において追跡調査を実施した。

イシガレイ、マコガレイ親魚から受精卵を得た。卵管理を行いふ化させた後、イシガレイ、マコガレイ仔魚（0日齢）1万尾を供試魚として、ALCを用いて浸漬濃度1ppm、浸漬時間12時間の条件で耳石標識を施した。仔魚が成長した後、標識確認の可否を評価するため、標識した仔魚を継続飼育し、定期的に供試魚から耳石を摘出し、落射蛍光顕微鏡下（G励起）で標識を確認した。

結 果 の 概 要

松川浦内における追跡調査でホシガレイ稚魚（天然発生個体を含む）は採捕されなかった。

浸漬後の仔魚の耳石を蛍光顕微鏡下（G励起）で観察した結果、耳石の標識が確認された（図1、2）。標識が確認されたことから、仔魚を継続飼育して定期的に耳石を摘出し、蛍光顕微鏡下（G励起）で観察した。標識の有無を確認した結果、100日齢まで標識が確認された（図3、4）。

イシガレイ、マコガレイについて仔魚期に標識することで、放流・天然発生個体の区別が可能となり、少なくとも100日齢までは放流効果を把握できることが確認された。

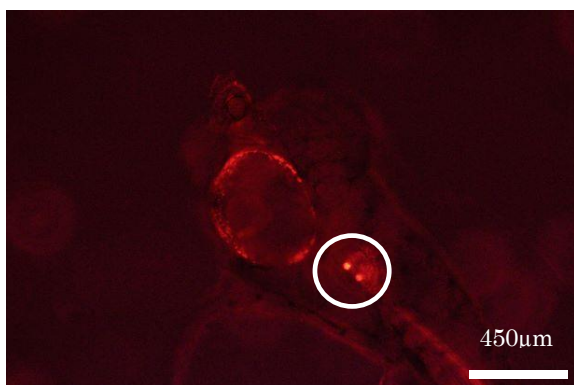


図1 イシガレイふ化仔魚の耳石

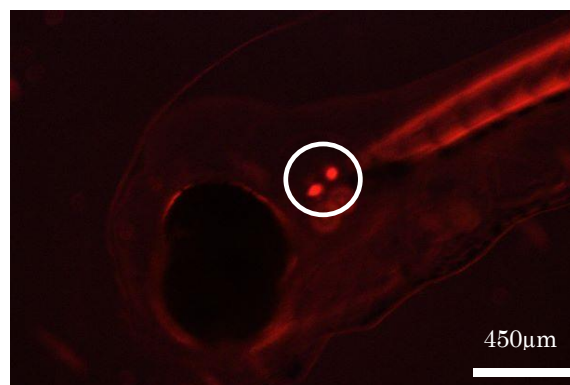


図2 マコガレイふ化仔魚の耳石

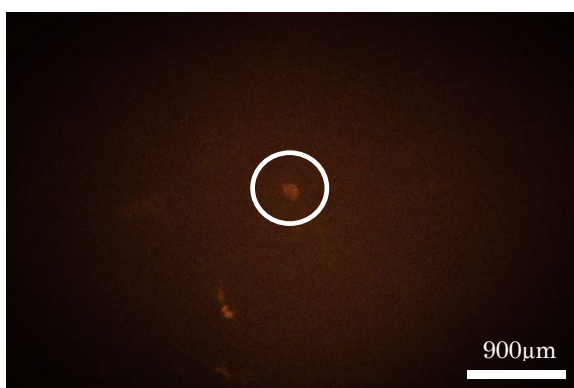


図3 イシガレイ 100日齢の耳石

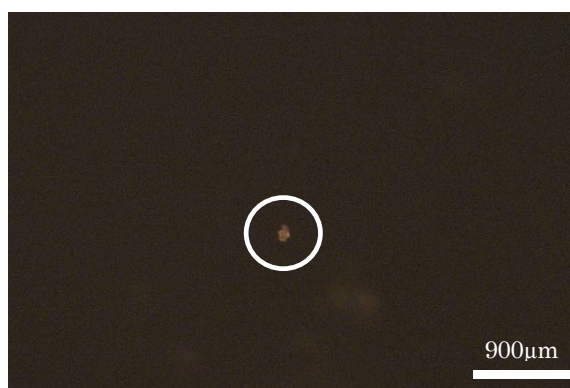


図4 マコガレイ 100日齢の耳石

結果の発表等 令和元年度普及に移しうる成果「アリザリンコンプレキソン(1ppm)による
ホシガレイ仔魚期での耳石標識について」

登録データ 19-01-003 「有用魚種大量放流」(05-18-1819)

研究課題名 沿岸性底魚類の生態と資源動向の解明
小課題名 沿岸性底魚類の生態と資源動向の解明（ヒラメソリネット調査）
研究期間 1998～2019年

實松敦之

目 的

水産資源の持続的な利用のため、資源動向や状況に関する情報及び資源管理手法を本県漁業者に提示することで、自主的管理の取り組みを支援する。

方 法

1 ヒラメ新規加入水準の把握

令和元年 7～10月に相馬沖およびいわき沖の調査定点でソリネット調査を行い、面積-密度法により分布密度を求め、ヒラメの新規加入水準を把握した。稚魚は漁業調査指導船拓水で木工研Ⅱ型桁網（網幅2m）を用いて採集した。網目合い6.0mmを使用した。調査は月1回実施した。調査定点は磯部大浜、夏井川河口沖（以下、新舞子）、菊多浦の各地点の水深7m及び15mの計6点とし、約2ノットの速度で、1定点あたり15分曳網した。

2 資源評価に係るデータの収集

調査船調査、緊急時環境モニタリング等によるヒラメ天然魚、放流魚別の全長組成データおよび精密測定データを収集した。

結 果 の 概 要

1 ヒラメの新規加入水準

各調査定点では、磯部大浜の7m及び15mで7月31日、8月9日、9月20日、新舞子の7m及び15mで8月22日、9月19日、菊多浦の7mで8月21日、15mで8月21日、9月18日の調査でヒラメ稚魚が採取され、それ以外では入網しなかった。磯部大浜の15mにおいて多く採取された。

令和元年級群の新規加入水準は、前年に続き高い水準であった。

2 資源評価に係るデータの収集

調査船調査、緊急時環境放射能モニタリング等により採捕されたヒラメについて精密測定を実施し、データを国に提供して資源評価に活用された。

表1 ヒラメ幼稚仔魚調査結果

年月日	場所	地点	入網尾数	曳網面積 (m ²)	分布密度 (尾/1,000m ²)
2019/9/20	磯部大浜	7m	2	1,895	1.1
2019/9/20	磯部大浜	15m	2	1,630	1.2
2019/8/9	磯部大浜	7m	14	1,558	9.0
2019/8/9	磯部大浜	15m	52	1,651	31.5
2019/7/31	磯部大浜	7m	15	1,668	9.0
2019/7/31	磯部大浜	15m	28	1,631	17.2
2019/9/18	菊多浦	7m	0	1,559	0.0
2019/9/18	菊多浦	15m	12	1,701	7.1
2019/8/21	菊多浦	7m	4	1,714	2.3
2019/8/21	菊多浦	15m	3	1,726	1.7
2019/9/19	新舞子	7m	49	1,186	41.3
2019/9/19	新舞子	15m	3	1,812	1.7
2019/8/22	新舞子	7m	1	1,084	0.9
2019/8/22	新舞子	15m	9	1,676	5.4
計			194	22,490	8.6

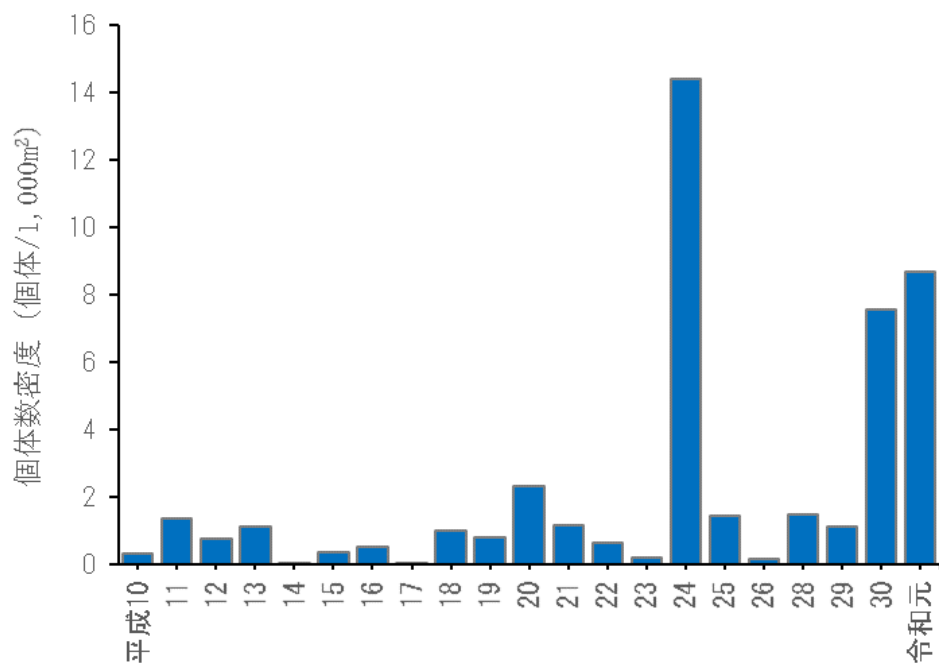


図1 ヒラメ稚魚個体数密度の経年変化

結果の発表等 なし

登録データ 19-01-004 「ヒラメソリネット調査」(04-40-1919)

研究課題名 沿岸性底魚類の生態と資源動向の解明
小課題名 沿岸性底魚類の生態と資源動向の解明（ヒラメ市場調査）
研究期間 2018～2019年

實松敦之

目 的

水産資源の持続的な利用のため、資源動向や状況に関する情報及び資源管理手法を本県漁業者に提示することで、自主的管理の取り組みを支援する。

方 法

平成30年4月から平成31年3月の期間（7,8月を除く）に相馬双葉漁業協同組合相馬原釜地方卸売市場（以下、相馬）及びいわき市漁業協同組合沼之内支所魚市場（以下、いわき）で、沖合底びき網漁業及び小型機船底びき網漁業で漁獲、水揚げされたヒラメの全長を測定した。

結 果 の 概 要

全長のヒストグラムを図1に示す。

相馬、いわき両地区ともに全長60cmをピークとした全長組成となっている月が多くみられ、80cmを超える個体も漁獲されており、大型魚が多い資源状況が続いていることが確認された。

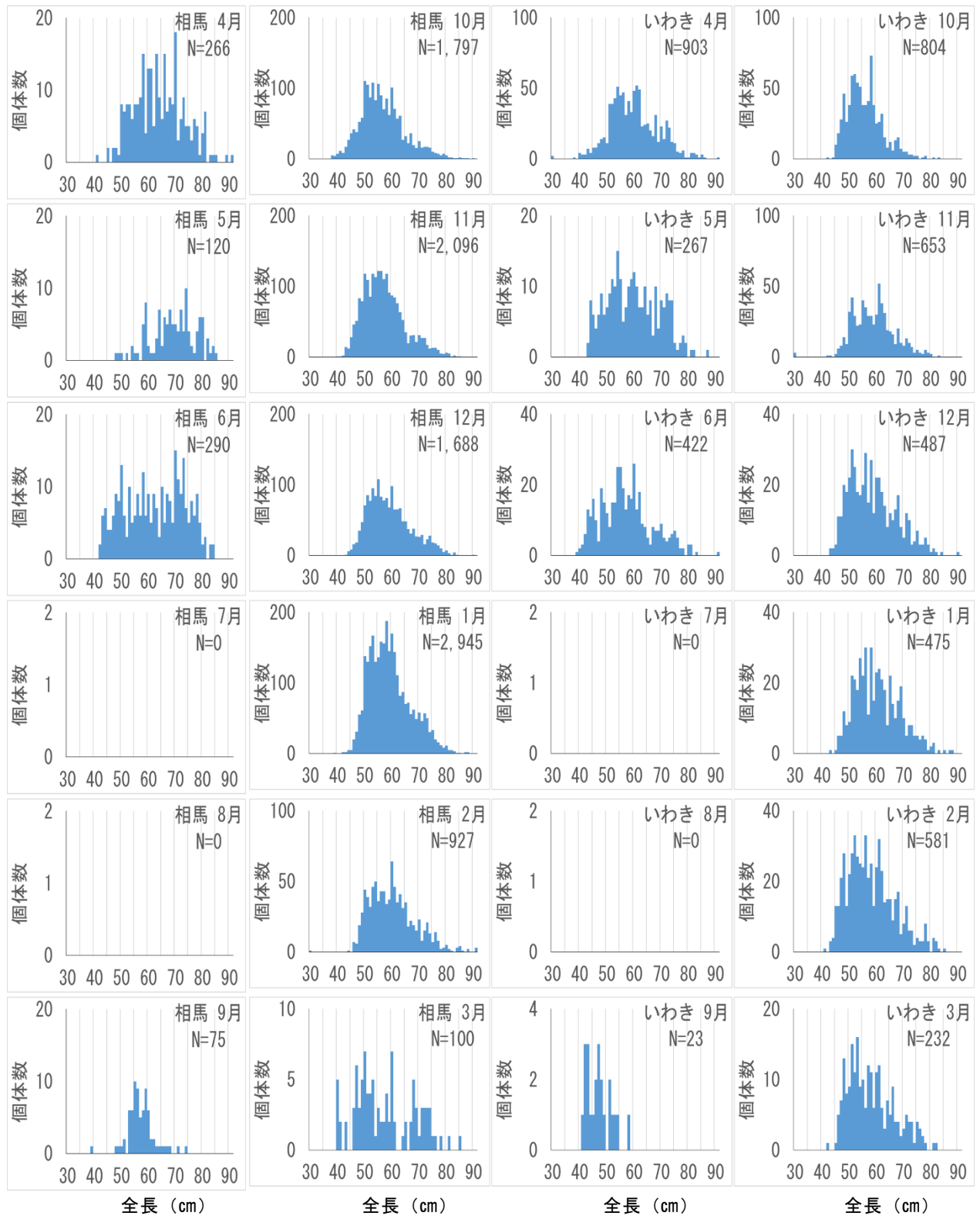


図1 市場調査によるヒラメ全長組成

結果の発表等 なし

登録データ 19-01-005「ヒラメソリネット調査」(04-40-1919)

研究課題名 水産生物の種苗性改善に関する研究
小課題名 ホシガレイ優良種苗生産技術の開発（令和元年度放流種苗生産）
研究期間 2016～2019年

佐々木つかさ・實松敦之・榎本昌宏
森口隆大・菊地正信

目 的

ヒラメに次ぐ栽培漁業対象種として漁業者から強い要望のあるホシガレイについて、安定して種苗を量産する技術を開発する。

方 法

国立研究開発法人水産研究・教育機構東北水産研究所宮古庁舎（以下、東北水研宮古庁舎）で実施されているホシガレイ種苗生産方法で飼育試験を実施した。

東北水研宮古庁舎で生産した受精卵と、当所で生産した受精卵を当所で管理し、得られたふ化仔魚を試験に供した。30トン水槽3面で飼育を開始した。

飼育水温は、収容時（0～3日齢）の10℃から開口（6～7日齢）まで1.0℃/日で上昇させ、開口日に16℃とした。

ワムシ給餌期間中は、飼育水槽の注水を止めて飼育し、ワムシの密度を高く（5～10個体/ml）維持した。ワムシの栄養強化剤（HG生クロレラ-V12）は飼育水槽に直接投入し、飼育水槽内でワムシの増殖と栄養強化を行った。栄養強化剤は、20万cell/mlの濃度を維持した。

仔魚が開口（6～7日齢）する直前から10日齢まで、飼育水槽に24時間照明を行うことで照度を確保（276lx～545lx）し、摂餌可能時間を延長した。

アルテミアはインディペプラスで栄養強化し、20日齢から60日齢まで給餌した。

成長に合わせて飼育池を増やし、最終的に75トン水槽4面を用い、放流サイズの全長6cmまで飼育を行った。

結 果 の 概 要

ホシガレイ種苗の飼育成績を表1に示す。

3回次の飼育試験におけるふ化仔魚（ステージA）から着底稚魚（ステージI）までの生残率は45.1%～77.0%で、平均が $59.8 \pm 16.1\%$ であった。平成19～21年度に水産種苗研究所で実施された43回の飼育試験における生残率は0.0%～43.9%、平均が $8.3 \pm 9.9\%$ であり、本年度の試験は、従前の結果と比較して安定して高い生残率となった。

一次生産の後、ALC2重標識を施し、形態異常個体を廃棄し、11.2万尾を生産した。生産した種苗は令和元年6月10～12日、相馬市の松川浦大橋付近に試験放流した。

表1 ホシガレイ飼育成績

生産回次	由来	採卵日	孵化	収容	収容尾数 (万尾)	一次生産 終了時 生残尾数 (万尾)	水槽移動 30→75㎡	移槽後の 収容尾数	一次生産終了後、放流までの		
									斃死尾数 (万尾)	形態異常 廃棄尾数 (万尾)	放流尾数 (万尾)
1回次	宮古	1月21日	1月27日	1月27日	10.0	7.7 → 4月18日		7.7	1.6	2.7	3.4
2回次	福島	1月29日	2月1日	2月8日	17.8 → 分割	5.5 → 4月23日		5.5	-0.1	2.4	3.2
2回次					3月26日	4.7 4月23日					
3回次	宮古	2月1日	2月4日	2月11日	11.3	5.1 → 4月24日		9.8	1.3	3.9	4.6
合計					39.1	23.0			2.8	9.0	11.2

結果の発表等 令和元年度普及に移しうる成果「ホシガレイ飼育初期生残率の大幅向上」
 登録データ 19-01-006 「ホシガレイ種苗生産」(07-45-1819)

研究課題名 水産生物の種苗性改善に関する研究
小課題名 内水面漁業の復活に向けた種苗生産・供給技術に関する実証研究
研究期間 2018～2019年

榎本昌宏・菊地正信

目 的

公益財団法人福島県栽培漁業協会では、平成 23 年までは複数系統のアユ親魚を継代しており、経費の面で大きな負担がかかっていた。また、現在の施設では地下水や工業用水を用いることができず、親魚の継代が難しい状況にあることから、閉鎖循環飼育装置による低コスト親魚養成を可能とする体制モデルを構築し、親魚養成経費を明らかにする。

方 法

前年度に構築した閉鎖循環飼育装置を拡大し、飼育水槽として FRP2t 水槽 2 面を使用した。受水槽として 500L ダイライト水槽 1 面、生物濾過槽には 500L コンテナ水槽を使用し、濾材にはカキ殻を使用した。飼育槽からオーバーフローした飼育水を受水槽内に設置した 75L コンテナに敷き詰めた濾材(サランロック)で 1 次ろ過し、循環ポンプで生物濾過槽に汲み上げ、生物濾過槽からオーバーフローした水を飼育槽に注水する構造とした(図 1、2)。注水量は循環ポンプの能力から 16.5L/min(約 30 回転/日)と設定した。

生物濾過槽の硝化細菌は前年度使用したものを継続して通水していたものを使用した。

アユ親魚の飼育では、アユ親魚の性成熟が進まないよう、飼育水の保温とタイマー操作による照明時間の調節で長日処理を施した。

結 果 の 概 要

令和元年 8 月 28 日に県内の中間育成業者から購入したアユ成魚 200 尾を各水槽に 100 尾ずつ収容し 12 月 2 日まで飼育した(飼育日数 96 日)。

水温は、飼育開始時には 24℃台であったが、気温の低下とともに低下したことから 11 月 7 日に 500W ヒーター 2 本を設置した。その後、11 月 29 日に一時的に 18.9℃まで水温が低下したが、概ね 20℃台を維持した(図 3)。

飼育開始直後から、タイマーを用いて照明の点灯時間を調節し(4～20 時点灯)長日処理を行った。その結果、飼育期間中に成熟個体は確認されなかった。

また、飼育期間中にちょうちん病と思われるへい死が続いたことから、飼育水の循環と水面のかく乱によるアユのストレス低減を図った。その結果、へい死を完全に防ぐことはできなかったが、ちょうちん病が回復した個体も複数確認できたことから、エアーカーテンの設置がアユに対して好適な環境を提供したと考えられた。

飼育期間 97 日間の飼育コストを試算した結果、閉鎖循環飼育では 173 千円の経費が掛かったと試算された(表 1-1)。同様に水道水を用いて流水飼育を行った場合、経費は 470 千円と試算され(表 1-2)、閉鎖循環飼育は約 65%の経費削減効果があったと考えられた。なお、水道水ではなく工業用水を用いて流水飼育を行った場合、経費は 263 千円と試算され、閉鎖循環飼育は約 25%の経費削減効果があったと考えられた(表 1-3)。

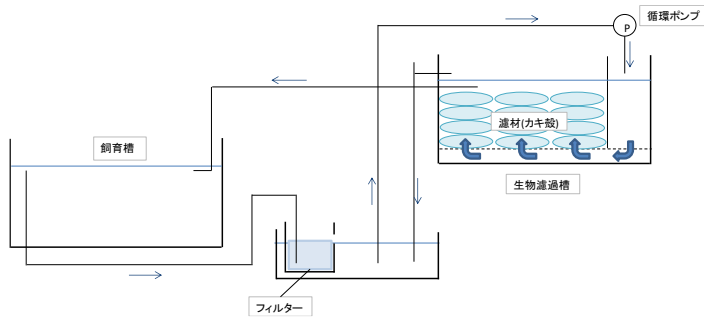


図1 閉鎖循環飼育装置の模式図



図2 閉鎖循環飼育装置

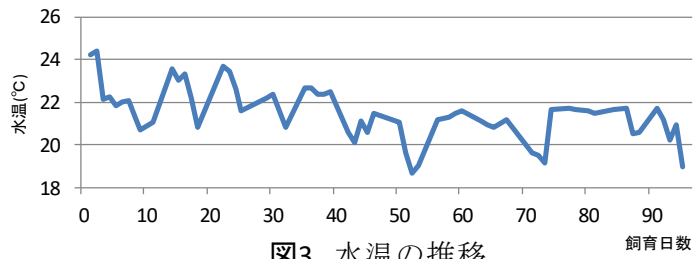


図3 水温の推移

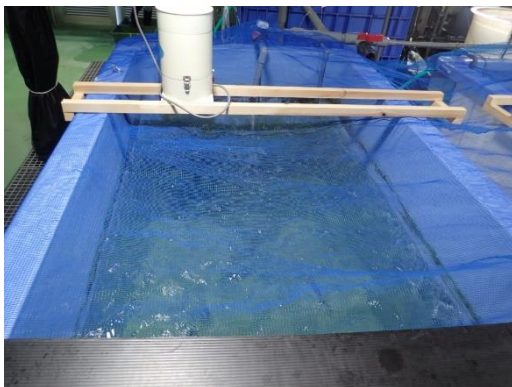


図4 エアーカーテンの設置状況



図5 ちょうちん病の個体(上)と回復した個体(下)

表1-1 飼育コストの試算(閉鎖循環、97日間)

	項目	使用数量	日数	単価	金額
水道代	実容量1.5kL	3.85 kL		209 円/m ³	805 円
水道代	底掃除、蒸発による追加分	2 kL		209 円/m ³	314 円
電気代	循環ポンプ	0.145 kWh	97 日	16.08 円/kWh	5,428 円
電気代	ブロー	0.071 kWh	97 日	16.08 円/kWh	2,658 円
餌代	日新丸紅アユスイート3	2.1 kg		445.5 円/kg	936 円
人件費		0.5 h/日	97 日	3,342 円	162,087 円
				小計	172,227 円

表1-2 飼育コストの試算(流水(水道水)、97日間)

	項目	使用数量	日数	単価	金額
水道	500%/日(実用量1.5kL)2面	15 kL	97 日	209 円/m ³	304,095 円
電気代	ブロー	0.071 kWh	97 日	16.08 円/kWh	2,658 円
餌代	日新丸紅アユスイート4	2.1 kg		445.5 円/kg	936 円
人件費		0.5 h/日	97 日	3,342 円	162,087 円
				小計	469,776 円

表1-3 飼育コストの試算(流水(工業用水)、97日間)

	項目	使用数量	日数	単価	金額
水道代(工業)	500%/日(実用量1.5kL)	15 kL	97 日	48 円/m ³	69,840 円
電気代	ブロー	0.071 kWh	97 日	16.08 円/kWh	2,658 円
餌代	日新丸紅アユスイート3	2.1 kg		445.5 円/kg	936 円
人件費		0.5 h/日	97 日	3,342 円	162,087 円
				小計	235,521 円

結果の発表等 なし

登録データ 19-01-007「アユ閉鎖循環飼育」(09-59-1819)