

事業名：5 内水面漁業研究事業

細事業名：(3) アユ資源緊急回復試験

課題名：a 天然資源の回復

期間：H29～R4 年度（事業期間を3年間延長）

予算額：3,505千円（単県2,197、国費383、水研325、その他600）

担当：増殖推進室（田中 靖）

目的：

アユ不漁の原因として、(1) 天然アユ資源の激減、(2) 河川内での生息環境の悪化の影響が考えられる。そこで本試験では、これらの改善策を立てることにより、アユ漁の復活を目指す。

成果の要約

1 調査内容

(1) 天然アユ遡上数及び孵化日推定調査

千代川、天神川、日野川（以下、「県内3河川」という）における天然アユの遡上状況を把握するため、以下の調査を実施した。

1) 千代川

2021年5月下旬～6月上旬にかけて、千代川中流域の3地点（永野堰、河原橋、大口堰）において、延べ3回アユを採集した。採集には投網を用いた。得られた試料について、背鰭第5軟条からの側線上方横列鱗数が17枚以上のものを天然アユ、それ以外のものを人工アユとして判別し、試料に含まれる天然アユと人工アユの割合から、ピーターセン法によって採集地点周辺の天然アユの資源尾数を推定した。本調査では、この値を千代川における遡上数とした。採集は千代川漁業協同組合（以下、「千代川漁協」という。）に委託した。

2) 天神川

2021年4月上旬～6月上旬にかけて、天神川下流域に位置する北条砂丘頭首工（通称 天神森堰堤）において、延べ10回の目視計数調査を行い遡上数を算出した。目視計数調査は天神川漁業協同組合（以下、「天神川漁協」という。）所属の組合員に委託した。

3) 日野川

2021年4月上旬～5月下旬にかけて、日野川下流域に位置する車尾堰堤において、延べ9回の目視計数調査を行い遡上数を算出した。また、3月下旬～5月下旬にかけて採集したアユ269個体について、耳石（扁平石）の日周輪を計数して日齢を算出し、採集日と日齢から孵化日を割り出した。目視計数調査及び採集は日野川水系漁業協同組合（以下、「日野川水系漁協」という。）に委託した。

(2) 成熟状況調査

日野川におけるアユの成熟状況を把握するため、2021年9月25日～10月28日にかけて、日野川下流に位置す

る八幡橋において、延べ7回アユを採集した。採集方法は釣り（友釣り、コロガシ釣り）を用いた。得られた試料は形態的特徴に基づいて天然アユと人工アユおよび雌雄を判別した後、体長、体重、生殖腺重量を測定し、生殖腺指数（GSI）を算出した。

(3) 親魚放流試験

千代川では遡上不良によって親魚および産卵量が減少しており、このことがアユ資源回復を阻害している可能性が考えられた。そこで、天然資源回復策を検討するため、以下の調査を実施した。

1) 産卵場造成前後での河床の変化の把握

千代川（鳥取市叶地先 源太橋水管橋下流）において2021年10月14日に千代川漁協が重機を用いて行った産卵場造成について、その効果を検証するため、造成前後で河床粒度組成を比較した。

2) 親魚放流試験

千代川漁協が産卵場造成を行った地点において、以下①、②を行った後、2021年11月12日及び18日に潜水目視による産着卵の確認、産卵面積測定及び水深・流速の測定を行った。

①テグス設置

放流親魚をカワウ等の食害から保護するために、放流地点においてテグスを設置した。設置作業は千代川漁協に委託した。

②親魚放流

2021年10月26日から11月1日にかけて、成熟したアユ親魚（千代川系F2）1,280尾を放流した。親魚生産及び放流は（公財）鳥取県栽培漁業協会に委託した。

(4) 産卵場調査

1) 千代川

千代川の自然産卵場における産卵状況を把握するため、2021年11月18日に千代川（鳥取市菖蒲地先）において、潜水目視による産着卵の確認、産卵面積測定及び水深・流速の測定を行った。

2) 日野川

日野川水系漁業協同組合が2021年10月12日～17日にかけて日野川（米子市吉岡 車尾堰堤下流）で実施した産卵場造成の効果を把握するために、2021年10月27日に潜水目視による産着卵の確認、産卵面積を測定した。

(5) 流下仔魚調査

県内3河川におけるアユ仔魚の流下状況を把握するため、以下の調査を実施した。

1) 千代川

2021年10月6日～12月5日にかけて、千代川下流域に位置する潮止堰の下流部において、延べ8回アユ仔魚を採集した。採集時刻は18:00～22:00とし、仔魚の採集は千代川漁協に委託した。得られた試料は速やかに10%ホルマリン溶液で固定した後、研究室において各

採集時刻の個体数を計数した。

2) 天神川

2021年10月4日～12月6日にかけて、北条砂丘頭首工において延べ10回アユ仔魚を採集した。採集時刻は17:00～21:00とした。採集には濾水計を装着した円錐形プランクトンネット（口径45cm, 側長95cm, 目合0.335mm）を用いた。ネットの設置時間は5分間とした。仔魚の採集は天神川漁協所属の組合員に委託した。

得られた試料は速やかに10%ホルマリン溶液で固定した後、研究室において各採集時刻の個体数を計数し、河川流量（国土交通省天神川小田観測所の河川流量暫定値）を用いて、日流下仔魚数および今期の流下仔魚総数（暫定値）を算出した。

3) 日野川

車尾堰堤の下流において、2021年10月5日～12月21日にかけて、延べ12回アユ仔魚を採集した。採集時刻は17:00～22:00とした。採集及び分析方法は天神川と同様である。仔魚の採集は日野川水系漁協に委託した。

(5) アユ海洋生活期に関する調査（（国研）水産研究・教育機構水産技術研究所委託事業「天然アユの海洋生活期の情報を取り入れた資源回復策の検討のうち日野川及び美保湾をモデルとしたアユ仔稚魚海域調査に関する調査」）

1) 海域プランクトン調査

海洋生活期におけるアユの餌料となる動物プランクトンの動態を把握するため、2021年9月下旬～12月下旬にかけて、日野川河口周辺の浅海域3地点（St.1: 日野川河口沖, St.2: 佐陀川河口沖, St.3: 淀江沖）において、延べ10回動物プランクトン及び表層水を採集し、動物プランクトン密度及びクロロフィルa濃度の測定を行った。

① 動物プランクトン

各地点で北原式定量プランクトンネット（口径22.5cm, 側長80cm, 目合100 μ m）を底層から表層まで鉛直曳きして採集した後、実験室に持ち帰り10%ホルマリンで固定した。その後、プランクトン分割器を用いて1/16～1/512に分割し、実顕微鏡下で目あるいは科などのレベルで可能な限り同定・計数した。その中で、仔稚魚の餌として重要なカイアシ類ノープリウス幼生及びコペポディド期以降の個体の密度を算出した。なお、密度算出の際の濾水量は、ネット網口面積（0.04 m²）×曳網距離（m）とした。

② クロロフィルa濃度

調査地点毎に表層、中層、底層の3点から、北原式定量採水器を用いて1,000mlの試料水を採水し、実験室に持ち帰った。持ち帰った試料水は47mm径のワットマンGF/Fフィルターを用いてろ過し、90%アセトンで一晩抽出した後、吸光光度法により測定した。クロロフィルa濃度は次式により計算した。

Chl. a (μ g/l) = 11.64×E663 - 2.16×E645 + 0.1×E630 × 検

液量 (ml) × 1000 / 検水量 (ml)

試料水の採集は、鳥取県漁業協同組合淀江支所所属の漁業者に委託した。

2) 海域仔稚魚調査

海域における仔稚魚の生息状況を把握するため、2021年10月25日～2022年3月1日までの間に、日野川近傍に位置する佐陀川河口周辺の海岸において、延べ12回仔稚魚を採集した。採集方法は灯火採集とし、日没前後に水中集魚灯（測量用三脚に防水LED灯（4.5W×3個）を接続したものを点灯し、蟄集したアユをタモ網で掬い取った。採集時間は15分～1時間とし、1～4人の調査員で採集した。アユ仔魚採集尾数と採集時間から、単位努力量当たりの採集尾数（尾/人・15分、以下、「CPUE」という。）を算出した。

得られた試料は速やかに70～99.5%エタノールで固定し、実験室にて全個体の体長測定を行った。その後、各採集日ごとの試料について体長組成に基づき30～40個体程度抽出し、耳石日周輪の計数による日齢算出、及び採集日と日齢からの孵化日の割り出しを行った。なお、10月および12月に採集した試料が保存状態が悪く、日周輪の計数が困難だったため日齢査定から除外した。

2 結果と考察

(1) 遡上数及び孵化日推定調査

1) 千代川

天然アユの遡上数は1.2万尾であった。

2) 天神川

天然アユの遡上数は0.4万尾、遡上時期は4月上旬～5月中旬、遡上盛期は5月上旬であった。

3) 日野川

天然アユの遡上数は7.6万尾であり、前年度よりは増加したものの、資源量は未だに低水準であることがわかった（図1）。

遡上時期は3月中旬～5月下旬、遡上盛期は4月中旬～5月中旬であった。遡上魚の孵化時期は10月中旬～12月下旬であり、特に多かったのが11月上旬生まれ（全体の25%）、11月中旬生まれ（24.4%）、および10月下旬生まれ（20.1%）であった。前年度の仔魚の流下時期と比較したところ、大きなかい離は見られなかったものの、流下盛期（10月中旬、11月下旬）と遡上魚の孵化盛期が一致せず、特に10月中旬生まれの生き残りが悪かった（図2）。

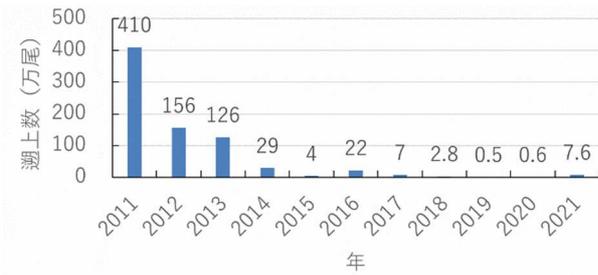


図1 日野川における天然アユ遡上数の推移



図2 日野川における遡上魚の孵化時期と前年の仔魚の流下状況

(2) 成熟状況調査

合計 78 個体のアユを採集した。天然アユの比率は全体の 64.1% を占め 1%未満だった昨年より大きく増加した。今年度は昨年度と比べて天然アユの遡上数が多かったことが原因として考えられる。

平均体長は 201.9mm, 体長組成のモードは 220mm であり (図 3), 昨年 (平均体長 145.2mm, 体長組成のモード 140mm) より大型であった。

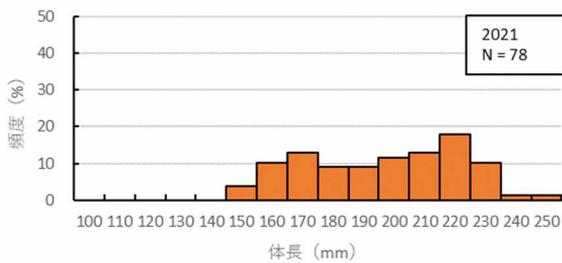


図3 採集したアユの体長組成

雌雄別の平均 GSI はメスで 10 月中旬, オスで 10 月上旬がピークであった (図 4)。一般的に成熟したアユの GSI はオスで 10 以上, メスで 20 以上であることから, 八幡橋周辺のアユは 10 月上旬から産卵可能な状態にあったものと考えられる。

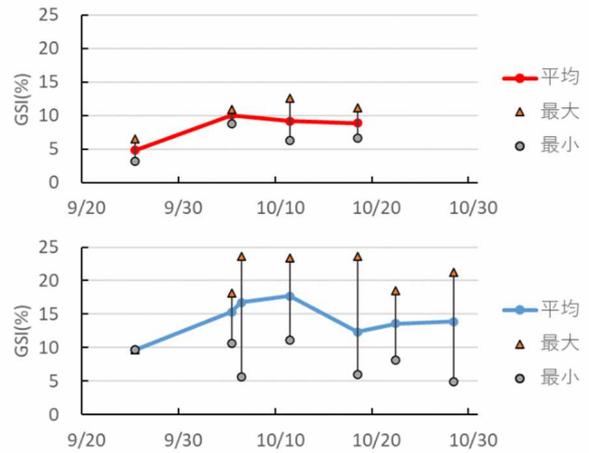


図4 平均 GSI の推移 (上: オス, 下: メス)

(3) 親魚放流試験

1) 産卵場造成前後での河床の状況

造成前 (10 月 8 日) と造成直後 (10 月 14 日) を比較したところ, 造成直後の方が造成前に比べて粒径 2mm 未満の砂が 4.2% から 1.8% に, 75mm 以上の礫が 58.1% から 37.0% に減少した。一方, アユの産卵に好適とされる粒径 5mm~30mm の礫は 24.2% から 30.0% まで増加した (図 5)。潜水して河床を観察したところ, 造成前 (図 6 上) は産卵に不適な大礫や砂が多く, はまり石状態であったが, 造成後 (図 6 下) は砂が減少し, 30mm 前後の礫が増加したほか, 浮石状態となった。以上のことから, 効果的な産卵場造成が行われたものと考えられる。

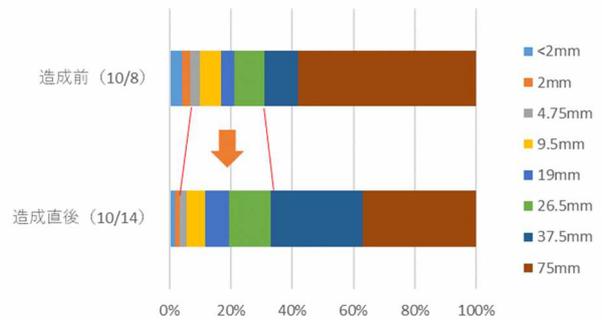


図5 千代川 (源太橋下流) における造成前後での河床粒度組成の比較





図6 造成前後の河床の様子（上：造成前，下：造成直後。ポールは5cmピッチで色分け）

2) 親魚放流試験地点周辺の産卵状況

放流地点周辺を潜水観察したところ、数百尾程度のアユの群れを確認した（図7）。また、河床からは産着卵が確認された（図8）。産着卵は前述した造成地点（以下、「造成産卵場」という。）のほかに、未造成地点（以下、「自然産卵場」という。）でも確認された。

造成産卵場および自然産卵場における水深、流速および産卵面積を表1に示す。水深は0.37～0.61m、流速は0.49～0.69mの地点に産着卵が存在していた。産卵面積は自然産卵場および造成産卵場を合計すると402㎡であった。



図7 放流地点付近で見られたアユの群れ



図8 アユの産着卵

表1 放流地点周辺における産卵場の環境と産卵面積

調査日	種別	水深 (m) ※	流速 (m/s) ※	産卵面積 (㎡)
2021年11月12日	自然産卵場	0.61±0.11	0.69±0.11	299
2021年11月18日	造成産卵場	0.37±0.03	0.49±0.14	103

※水深、流速ともに平均±標準偏差を記載。

放流地点周辺の上空にはカワウやサギ類等が飛来していたが、テグス設置地点付近に降下することができない模様であった。

以上の結果から、産卵場造成によって産卵に好適な河床環境を整え、親魚放流によって親魚を添加し、テグスを上空に設置してカワウによるアユ食害を防除することで、一定数のアユが産卵を継続でき、資源回復に繋がる可能性が示唆された。

(4) 産卵場調査

1) 千代川

千代川（鳥取市菖蒲）における産卵面積は109㎡であった。水深は親魚放流地点（源太橋下流）よりかなり浅かった（表2）。河床の粒度組成を調べたところ、アユの産卵に好適とされる粒径5mm～30mmの礫は全体の54.9%を占めており、アユの産卵に適した環境であった（図9）。しかし、周囲に親魚の姿は見られなかった。付近にはカワウやサギ類等の飛来が確認されており、これらの食害の影響を強く受けたものと考えられる。

表2 千代川（鳥取市菖蒲）における産卵環境と産卵面積

調査日	種別	水深 (m) ※	流速 (m/s) ※	産卵面積 (㎡)
2021年11月12日	自然産卵場	0.61±0.11	0.69±0.11	299
2021年11月18日	造成産卵場	0.37±0.03	0.49±0.14	103

※水深、流速ともに平均±標準偏差を記載。

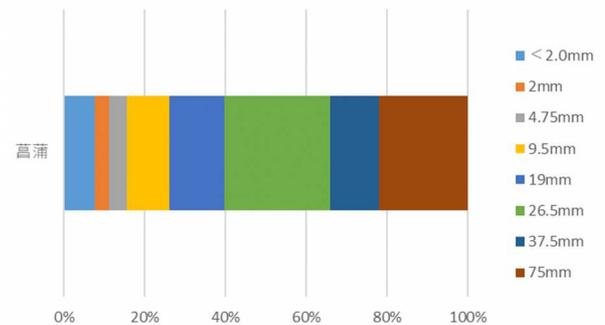


図9 千代川（鳥取市菖蒲）における産卵場の河床粒度組成

2) 日野川

造成地で産卵が確認されたほか、未造成地でもわずかながら産卵が確認された。造成作業によって3,400㎡が産卵可能な環境となり、そのうち約2,900㎡で産卵が確認された。造成前後で河床の粒度組成を比較したところ、造成後の方が2mm未満の砂13.3%から5.5%に減少し、アユの産卵に好適とされる粒径5mm～30mmの礫が19.7%から27.7%に増加した（図10, 11）。以上の結果から、日野川において、効果的な産卵場造成が行われたと考えられ

る。

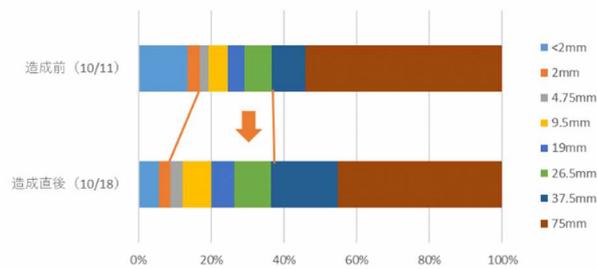


図 11 日野川（車尾堰堤下流）における造成前後での河床粒度組成の比較



図 12 造成前後の河床の様子（上：造成前，下：造成直後。ポールは5cm ピッチで色分け）

(5) 流下仔魚調査

1) 千代川

計数段階で仔魚の採集尾数が著しく少ない状態にあり、正確な数値の算出が困難と判断されたため、流下仔魚数の算出を行わなかった。

2) 天神川

仔魚の流下は10月下旬から11月上旬のごく短い期間に確認され、ピークは11月4日であった（図13）。今期の流下仔魚総数は約1,000万尾（暫定値）であった。遡上不良が始まる以前、2001年から2011年までの平均流下仔魚数は約2億5,000万尾であり、それと比較すると著しく少ない。天然アユ遡上数の減少に伴う親魚数の減

少が大きく影響しているものと考えられ、早急な対策が必要である。

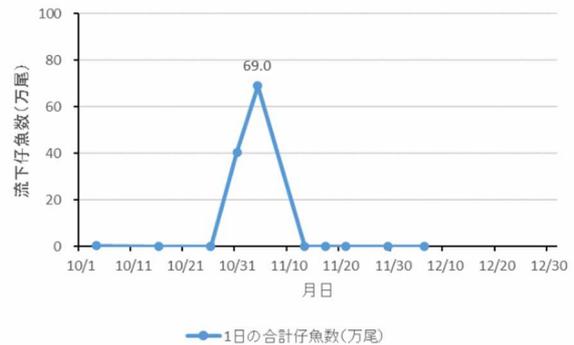


図 13 天神川における日流下仔魚数の推移

表 3 天神川における2017年以降の流下仔魚総数

年	流下仔魚総数 (万尾)
2001～2011平均	25,210
2017	152
2018	2402
2019	300
2020	87
2021	962

3) 日野川

日流下仔魚数は32万（10月5日）～1,147万尾（11月23日）の間で推移し、流下ピークは10月下旬及び11月中～下旬であった（図14）。流下は12月以降も継続しており、日野川におけるアユの産卵期間が比較的長く続いたものと考えられる。日野川では自然産卵場の形成が確認されたほか、10月中旬に産卵場造成が実施されており、これらの影響によって仔魚が長期間流下したものと推測される。

日野川における今期の流下仔魚総数は約5億2,000万尾（暫定値）と推定された。遡上不良が発生する以前の値（2005年～2012年平均 約9億5,000万尾）と比較すると少ないが、過去5年間では最も多かった（図15）。

仔魚の卵黄指数について図15に示す。10月上旬から中旬にかけて、指数0および1のものが全体の40%以上を占めていた。孵化後1日につき卵黄指数が1減少すると言われていたことから、孵化後3日～4日程度経過した仔魚が多かったと言える。一方、10月下旬以降になると指数0および1のものが占める割合は40%未満で推移した。

仔魚の平均脊索長の推移について図16に示す。平均脊索長は6.1mmから6.5mmの間で推移したが、サイズの変

化について時期的な傾向は見られなかった。



図 14 日野川における日流下仔魚数の推移

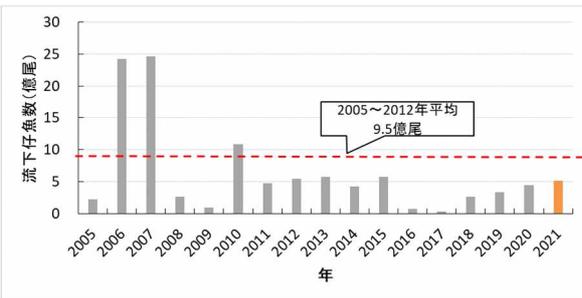


図 15 日野川における流下仔魚総数

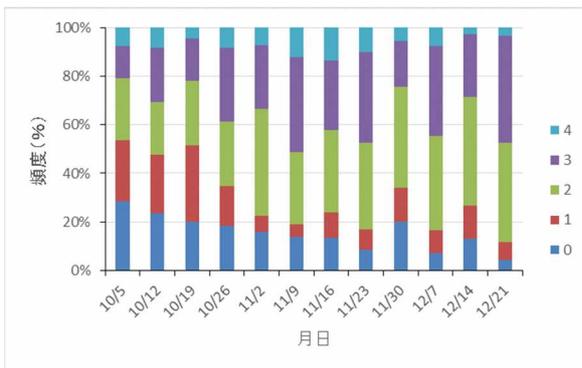


図 16 流下仔魚の卵黄指数の推移

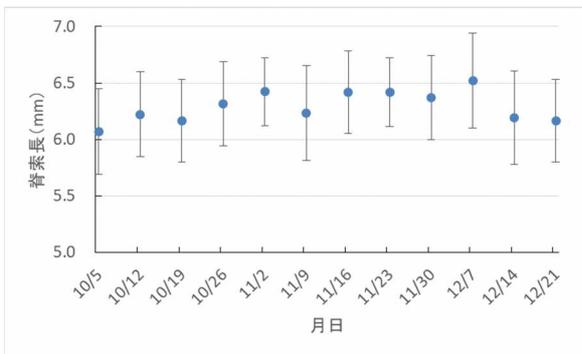


図 17 流下仔魚の平均脊索長の推移
※エラーバーは標準偏差を示す。

(5) 海域プランクトン調査

1) カイアシ類ノープリウス幼生の密度

3 地点の平均密度は 1.8 個体/1 (12 月下旬) から 44.9 個体/1 (10 月上旬) の間で推移し、ピークは 10 月上旬, 10 月下旬から 11 月中旬であった (図 10) .

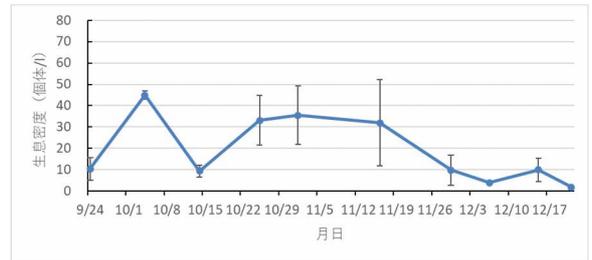


図 18 美保湾沿岸におけるノープリウス幼生の生息密度の推移 (3 地点平均)

※エラーバーは標準偏差を示す。

アユ仔魚の主な流下期間である 10~12 月のノープリウス幼生の平均密度は 20 個体/1 であり, 2020 年に引き続き, 比較的餌料が多い環境であったと考えられる (図 19) .



図 19 美保湾沿岸におけるノープリウス幼生の密度の年比較 (10~12 月の平均値)

※エラーバーは標準偏差を示す。

2) クロロフィル a 濃度

3 地点の全層平均クロロフィル a 濃度は 1.1 $\mu\text{g/l}$ (9 月下旬) から 4.0 $\mu\text{g/l}$ (11 月下旬) の間で推移し、ピークは 10 月下旬から 11 月下旬であった (図 12) . クロロフィル a 濃度のピークとノープリウス幼生生息密度のピークは概ね一致した。

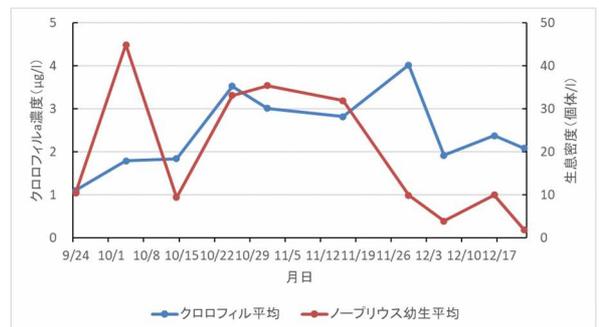


図 20 美保湾沿岸におけるクロロフィル a 濃度とノープリウス幼生生息密度の推移 (3 地点平均)

(6) 海域仔稚魚調査

1) 生息状況

調査期間中に合計 855 個体の仔稚魚を採集した。灯火

採集によるCPUE（尾/人・15分）は2.8（1月下旬）から160.6（12月中旬）で推移し、1月以降にCPUEが急激に低下した（図21）。

期間中の平均CPUEは25.1であり、過去4年間の中で最も多くのアユ仔稚魚が採捕された（図22）。今年度は沿岸域におけるノープリウス幼生の密度が高かったこと（図18）が、砕波帯における平均CPUEが高かったことの一因と考えられる。



図21 砕波帯におけるアユ仔稚魚のCPUEの推移
※エラーバーは標準偏差を表す

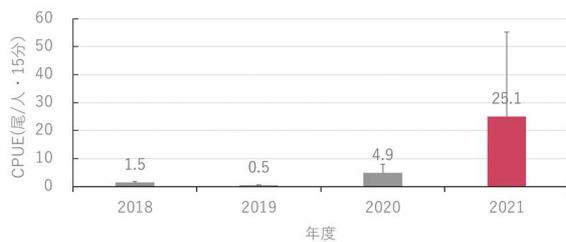


図22 砕波帯におけるアユ仔稚魚のCPUEの年比較
※エラーバーは標準偏差を表す

2) 体長組成

各調査日の体長組成を図23に示す。10月下旬から11月上旬までは6mm以上20mm未満の個体が構成され、モードは14mm台であった。調査回数が進むにつれて体長組成も大型化し、1月中旬に20mm以上42mm未満の個体が構成され、モードは30mmであった。その後1月下旬になると小型化した。2月下旬に48mm台の大型個体が採集されたものの、それ以外は小型の個体で構成されていた。

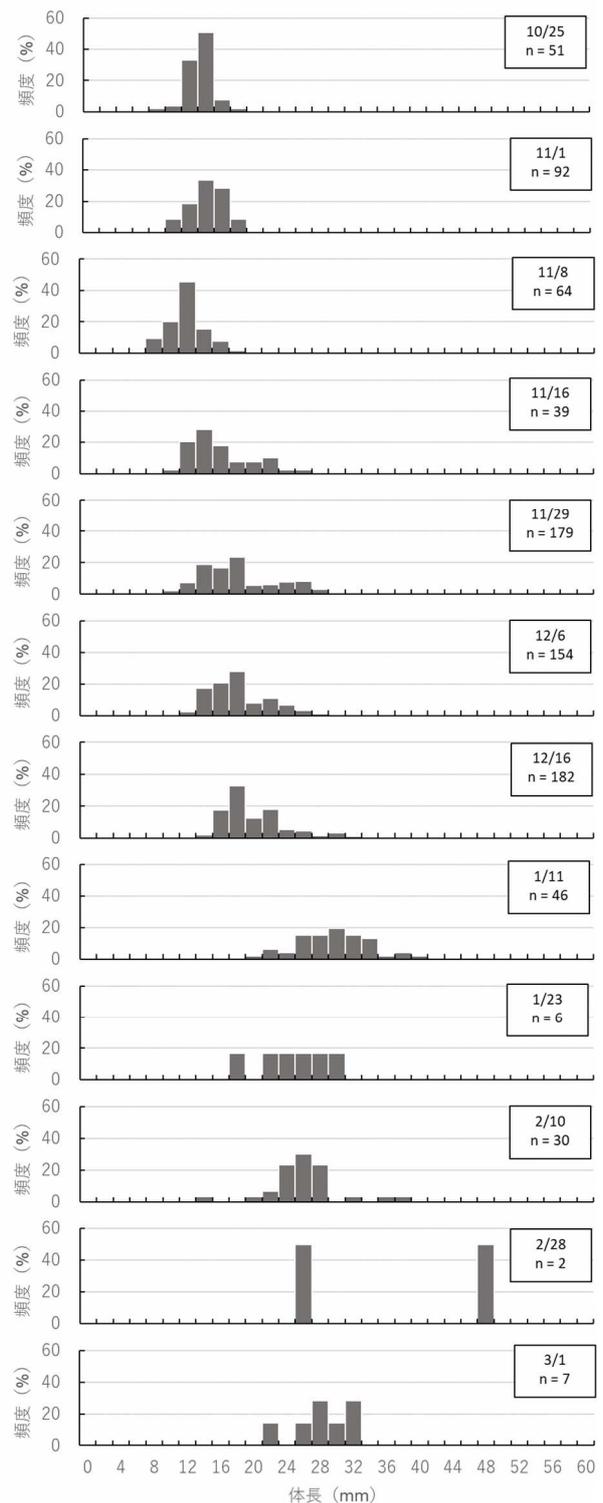


図23 砕波帯における各調査日のアユ仔稚魚の体長組成

3) 孵化日組成

各調査日の孵化日組成を図24に示す。10月下旬から1月中旬にかけては、主に10月から11月中旬孵化群が採集された。1月下旬以降は10月から11月孵化群が占める割合が減少し、12月以降の孵化群が主体となった。以上の点から、10月から11月中旬孵化群の大部分は年明け

頃を境に碎波帯を離れたものと考えられる。このことは、年明け以降の碎波帯における CPUE の低下 (図 21) とも一致する。

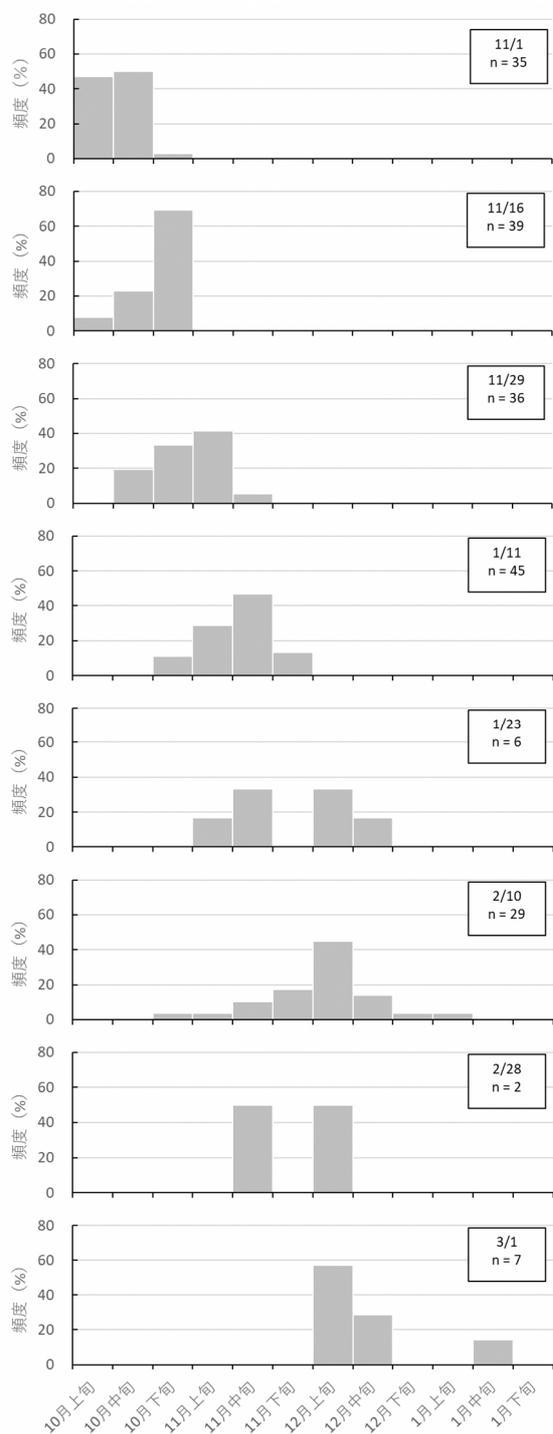


図 24 碎波帯における各調査日のアユ仔稚魚の孵化日組成

調査期間を通じての孵化日組成を図 25 に示す。10 月中旬から 11 月中旬孵化群が多く、そのうち 10 月下旬孵化群が全体の 23% を占め、優占した。仔魚の流下パターン (図 14) やカイアシ類ノープリウス幼生の生息密度 (図 18) とおおむね一致した。

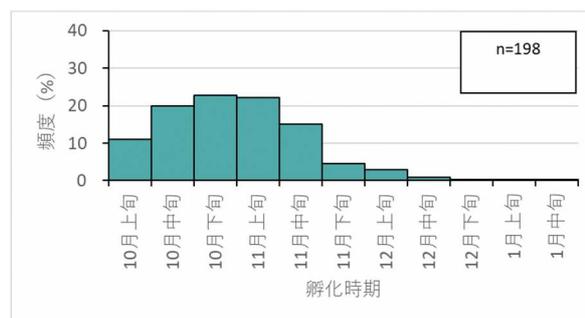


図 25 碎波帯における調査期間を通じてのアユ仔稚魚の孵化日組成

成果の活用 :

各漁協、アユ不漁対策 PT 会議、水辺の環境保全協議会等へ報告を行った。また、令和 3 年度 水産研究・教育機構 交付金研究開発プロジェクト「天然アユの海洋生活期の情報を取り入れた資源回復策の検討」に参画し、調査結果の報告を行うとともに、天然アユの減耗要因解明に向けた調査の検討を行った。

関連資料・報告書 :

令和 3 年度国立研究開発法人水産研究・教育機構交付金研究開発プロジェクト「天然アユの海洋生活期の情報を取り入れた資源回復策の検討のうち日野川及び美保湾をモデルとしたアユ仔稚魚海域調査」実績報告書

令和 3 年度全国湖沼河川養殖研究会アユ資源研究部会報告書「鳥取県におけるアユ海域仔稚魚調査の経過について」

