

東広島市地域課題研究懸賞論文

シロウオ復活に向けて～

河川の産卵場における生態解明と環境保全を通じた

複合的アプローチによる資源管理手法の提案

広島大学 生物生産学部 生物生産学科

長谷川拓也

目次

1. 序論	…1
2. 方法	…3
3. 結果	…8
4. 考察	…12
5. 謝辞	…15
6. 参考文献	…15
7. 図表	…17

1. 序論

シロウオ *Leucopsarion peterusi* はスズキ目ハゼ科に属する魚類 (図.1.a) であり、生息分布域は北海道南部から鹿児島にわたる日本各地と朝鮮半島南部に分布している (松井, 1986)。本種は海域の沿岸域に生息しているが、産卵期には河川に遡上し、下流域で産卵する遡河回遊魚である (松井, 1986)。繁殖期は 1 月から 5 月とされており (松井, 1986)、桜の開花とともに遡上する地域が北上していく。本研究対象地の広島県三津大川 (図.2) の繁殖期は 4 月上旬から 5 月中旬とされている (安芸津漁協組合私信)。シロウオの遡上は春の風物詩とされ、遡上個体を四つ手網という網を落とし込み漁獲する (図.3)。『踊り食い』などのようなシロウオ料理として地域で振る舞われており、生食の状態でしか商品価値がないため比較的狭い地域での食文化が発達してきた。

全長は約 50mm 程度の小さな魚で、体長は雄より雌のほうが大きく、雌雄の判定は腹部の黒点色素胞の有無で容易に判断することができる (松井, 1986) (図.1.b)。

本種は特徴的な形態は、透明な体で、産卵期では雌の腹部には粒々とした卵が透けて見えるなど、一般的なハゼ科魚類の仔稚魚期に見られる特徴である (道津, 1979)。このために本種は幼魚の形のまま性成熟を行うことから『幼形成熟』する魚類だと考えられている (道津, 1979)。

遡上してきた雄個体が河川の石の下に営巣した後、遡上してきた雌個体に雄が巣に誘引行動を行い雌が巣の中に入り、雄は砂で巣穴の入り口をふさぎ産卵を行う。産卵後、雄は雌に対して噛み合いや追撃行動を行い巣外に出させて、雌は巣外で死亡する。対して雄は孵化するまで卵保護を行う。卵保護を終えた雄は巣内で死亡する (秋山, 1994)。

しかし、産卵を終えた雄が他の雌個体と新たにつがいになり産卵する『連続的複婚』を行ったという報告もある (秋山, 1994)。

本種の雄が連続的複婚になる可能性があると考えたため、竹垣（2013）は水槽でシロウオ雄 1 個体と雌 3 個体を収容し自由に繁殖させ、最初の繁殖の卵保護が終了するまでに雄が複数の雌と繁殖するか追跡調査を行った。結果は連続的に産卵する雄個体はみられなかったが、水槽実験で保護中の卵塊が孵化する前に新たな雌が巢内に入り成熟が進みつつあったことと、野外調査で雄と卵塊が同数確認された巣から成熟した産卵前の雌個体が見つかることから連続的複婚の可能性は否定できない結果となった。

そこで、本研究の一つの目的として、(1)本種の死ぬ時期についての影響、(2)なぜ連続的に産卵することができないかを調べるために、水槽実験で雄個体の繁殖活動のエネルギーコストを調べた。また、繁殖機会を与えられなかった個体の潜在能力を調べるために、単独飼育を行った。繁殖活動のコストが死ぬ時期と二匹以上と産卵できないののではないかという仮説をたて、飼育実験個体と野外標本採集個体から生存期間と解剖によって得られたコンディションの分析から試みる。

連続的に産卵できる能力を持っていたとするのであれば、一年という短い生活史を持ち（松井，1986）、人工的に養殖して資源を増やすことが困難とされている本種に対して、新たな資源量回復につながる方法を見つける手がかりとなる。

安芸津町は 2005 年に東広島市と合併された。東広島市において唯一海に面する地域であり、水産業が発達しておりカキなどを特産物としている（安芸津町商工会）。しかし、年々安芸津町域では少子高齢化に伴う過疎化が進行し問題となっている。

本研究を行った安芸津町三津大川では、春になるとシロウオの遡上が確認され、毎年、安芸津漁協組合の方が四つ手網という漁法でシロウオを採捕している。しかし、年々漁獲量が減少しており（安芸津漁協組合 私信）、近年では一人の方が漁を営むほどの規模になっている。近年国内の多くの地域で個体数が減少傾向になっているという報告もあり、いくつかの県では絶滅危惧種に指定されている（秋山，2010）。そのため、資源

量を維持し続ける研究が本種遡上河川の様々な地域で行われている（松井,1986；秋山ら,1995；安成,2008；竹垣 2015）が、広島県では資源量や繁殖地の情報、生態的知見がほとんどない状態である。

そこで、三津大川におけるシロウオの生態域の基本的知見を得るため、今年度は三津大川における産卵巣域と卵塊密度を調査した。また来年度以降は塩分濃度や粒形を調査していきたい。本種は底質の選好性が示唆されている（秋山, 1994）。継続したデータを得ることで三津大川のシロウオ資源の維持の方法を模索していきたい。

シロウオは高価な食材として知られており、市場価格は変動するが、約 20000 円/kg とされているため、観光資源として利用価値もきわめて高い。人工的に養殖して資源を増やすことが困難であるため、天然資源を回復させることに期待が高まっている。本調査を通じて、地域の漁業者、漁業組合、小売業者などに多大な協力をいただく一方で、研究成果を報告するなど双方向性の情報交換を通じたが、地域にとって重要な水産資源と生息環境に対する住民の関心を地元住民の方にシロウオの現状を伝えきれていないのが現状であった。そのため、来年度以降はしっかりと漁協や地域住民のほうと協議していくことが必要課題ともなる。

2. 方法

野外標本採集および調査地

広島県東広島市安芸津町三津大川で実施した（北緯 34 度 34 分, 東経 132 度 81 分）。三津大川は、三津湾に注ぐ 2 級河川であり、流路延長 4.95km、流域面積 25.3km と比

較的小さな川である。 広島県安芸津町三津大川におけるシロウオ遡上期と繁殖期前期におけるコンディション推移を明らかにするため、雌雄の肝臓重量指数（HSI）と肥満度（CF）を求めた。肝臓重量指数は肝臓/体重 $\times 100$ 、肥満度は体長/全長³ $\times 1000$ として出した。この指数は、一般的に魚類の栄養指標となるものである。求めた指数の雌雄比較には Mann-Whitney *U* 検定を用いた。サンプリング日は遡上期の 2015 年 3 月 8 日と繁殖期初期の 4 月 8 日と 4 月 19 日に設定した。肝臓重量指数に用いた個体は 3 月 8 日において、雌 74 個体、雄 87 個体、4 月 8 日は雄 25 個体、雄 16 個体、4 月 19 日は雌 41 個体、雄 17 個体であった。それに対して肥満度は 3 月 8 日において、雌 74 個体、雄 87 個体、4 月 8 日は雌 25 個体、雄 21 個体、4 月 19 日は雌 51 個体、雄 17 個体であった。用いた個体の合計に差があるのは、解剖する際、失敗してしまったため肝臓を採取することができなかつたためである。

標本採集はシロウオ漁が開始する三月初旬から漁が終わる四月中旬とした。三津大川で行われるシロウオ漁の漁期というものは、他の河川より不明瞭で漁師の減少から、現在では漁師の独断によって決まっているが、漁獲量が少なくなっていたら漁を終えるという形をとっている。サンプリング日は三月中に二回、四月中に二回設けようとしたが、三月中旬の遡上量が少なかったため、サンプルを確保することが難しく、このようなサンプリング日となった。サンプリングとして漁師の方から頂いた個体は計 275 個体（雄 125 個体、雌 150 個体）であった。

コンディション分析に用いた個体は三津大川における遡上期（三月上旬から三月下旬）と繁殖期初期（四月上旬から四月中旬）の個体を用いた。本研究対象地では、具体的な遡上期や繁殖期が分からなかったもので、時期として目安は、安芸津漁協組合から頂いた情報をもとにした。採集個体は、全長は定規を用いて計測し、腹部の黒点色素胞の有無による性判別（図.1.b）し、体重量を計測した。また、解剖して得られた肝臓、肝臓重

量指数（HSI）、肥満度（CL）を算出した。

単独飼育実験

本種の潜在的な能力を計るため、2015年4月16日から8月13日までシロウオ一匹ずつ飼育する単独飼育水槽実験を行った（図.4）。実験に用いた供試魚は4月上旬に三津大川の三津大橋周辺（北緯34度34分，東経132度81分）で四つ手網により漁師の方が漁獲されたもので、広島大学に持ち帰り各水槽（180×300×180mm）に雄（平均全長±標準偏差=42.6±1.5mm，範囲41.0～45.0mm，n=5）、雌（49.8±1.9mm，4.8～5.3mm，n=5）をそれぞれに収容した。底質には三津大川から採集した砂を本種に適した粒形に整えた後、約5センチの厚さに敷き、飼育水には塩素除去した水道水を使用した。産卵巣となる石は、本種雄が潜砂して低酸素の劣悪環境で生存することを防ぐためにこの実験では設置はしなかった。水温調節はせず、飼育部屋の窓を常に開放し外気温に近い温度で推移させた（12～27℃）。供試魚の行動に影響を与えないために、各虫かごの周りを黒いビニール袋で覆った。光周期は蛍光灯などを一切用いず野外に合わせた。遡上後の本種個体は河口などの低塩分環境下では摂餌を行いため（松井，1986）、漁獲から実験終了まで供試魚には給餌をしていない。毎日生存確認と水温を記録した。

単独飼育実験個体の死亡原因を探るため、実験死亡個体のコンディションデータ（肝臓重量指数、肥満度）を分析した。単独飼育実験の開始時の一番近い4月19日に三津大川から採集してきた野外個体のコンディションデータおよび心臓重量指数との比較を行った。野外採集個体は採集された直後に10%ホルマリン溶液で保存した。同様に単独水槽実験で死亡した個体も10%ホルマリン溶液で保存した後、解剖を行った。

繁殖活動コントロール実験

雄の繁殖活動のコストを評価することを目的に、2015 年 4 月 3 日から 6 月 26 日まで繁殖活動をコントロールした飼育実験を行った（図.5.a）。供試魚は単独飼育実験同様に漁師の方から頂いたもので、広島大学の実験室にある水槽室に持ち帰り、研究室の 398×254×280mm のガラス水槽で飼育した。水槽はタワー型水槽（図.5.b）を 6 基用意し、水槽を 2 区画に分けるために黒色のプラスチックダンボールを用いて分けた。このプラスチックダンボールは本種がすり抜けにくい程度の穴を空けて水の循環はできるようにした。こうして得られた 12 区画に雄 1 個体（ $44.3 \pm 1.2\text{mm}$, 4.2~4.6mm, $n=12$ ）と 6 区画に雌 1 個体（ $48.7 \pm 1.4\text{mm}$, 4.7~5.0mm, $n=6$ ）をそれぞれ収容し飼育した。雄はそれぞれ産卵巣だけつくらせ繁殖機会を与えられなかった nest 雄、繁殖機会を与えられ産卵はするが保護はさせない卵保護放棄雄、産卵をさせて最後まで卵保護をさせて卵保護雄の 3 パターンを用意したかったのでこの雌雄数となった。

底質と飼育水は単独飼育実験同様に敷き詰めて用意した。三津大川から採集してきた約 10cm の石を産卵巣としてすべての区画に用意し、区画の中心付近の底質に半分ほど埋まるように設置した。この実験では水温調節は行い、水温は 16℃付近で設定した。これはシロウオの卵内発生の研究（道津, 1979）で、この水温で調節されており、飼育個体の卵保護日数をみるために設定した。また水槽の周りには単独飼育個体同様黒色のビニール袋で覆った。光周期は水槽室の蛍光灯タイマーで、明期 10 時間と暗期 14 時間に調節した。雌雄ペア区画は自由に繁殖させ、雄単独区画は繁殖を制限させた。1 日に 2 回ほど水槽内の個体を観察して、個体数の確認を行い、雌雄それぞれの個体の生存日数を死亡するまで記録した。卵塊を確認するために、雌が入巣してから 1 週間後から産卵しているかを確認するため石をめくって卵塊の有無を確認した。石をめくった後は個体になるべく傷つけないように静かに置いた。卵塊を確認した後はストレスをかけな

いようめくらないようにした。nest 雄の石においては卵塊の確認は不必要であるが、他雄同様のストレスを与えるために石をめくった。

野外観察

野外観察は 2015 年 4 月 9 日から 5 月 31 日の干潮時に、ほぼ毎日三津大川三津大橋周辺で卵塊密度調査を行った (図.6)。シロウオの雄が産卵巣として利用する河床の石の下をランダムに選び、川の流れに対して直角に 5m、幅 60cm (図.7) の区画で卵塊を調べた。本種の卵塊は透明であるので他のハゼ類の卵塊とは容易に判別することができる (図.8)。ランダムで選んだ区画両端と中央付近の水面から底質までの高さ、水温、流速を計測した。本研究では卵塊数と保護されている卵数を計測したかったので、卵保護中のシロウオ雄個体の捕獲は行わなかった。箱めがねで河床を観察しながら、水底から約 15cm までに半埋没あるいは埋没している直径約 3cm 以上の石を 1 つずつ掘り返して表面に付着している卵塊の数を記録した。石に付着していた卵塊をピンセットで取り、10%ホルマリン溶液に入れて保存して、実体顕微鏡を用いて卵の発生段階を調べた。

シロウオ課外活動

今回の研究成果を本種の保全と新たな生態的知見の発信を目的として、2015 年 11 月東京で開かれた『動物行動学会』で発表を行った。また、2015 年 4 月に、西日本の中でもシロウオで町おこしを行っている長崎県佐々川に訪れた。そこで、佐々川におけるシロウオの漁獲現状と保護対策について、長崎大学竹垣毅准教授と意見交換会という形で行った。

3. 結果

三津大川における遡上期と繁殖期直前のコンディション推移

雌雄の肝臓重量指数のサンプリング日別変化を示した (図.9)。これによると、すべての時期において雌は雄よりも有意に高かった [$z=-6.974$, $p<0.0001$ (3月8日)、 $z=-5.318$, $p<0.0001$ (4月8日)、 $z=-5.352$, $p<0.0001$ (4月19日)]。つまり、雌はこの期間において雌は雄よりもコンディションのいい状態で繁殖を迎えているということになる。また、雌は緩やかに数値が減少していくのに対し、雄は繁殖盛期に近い4月19日において数値が高くなった。

次に、雌雄の肥満度のサンプリング日別変化を示した (図.10)。3回のサンプルすべてで雌雄間に有意差はみとめられなかった [$z=-2.008$, $p=0.45$ (3月8日)、 $z=-0.761$, $p=0.45$ (4月8日)、 $z=-2.188$, $p=0.29$ (4月19日)]。

単独飼育個体の生存日数

単独水槽実験による繁殖機会を与えない個体の生存日数は、雌 (92.4 ± 38.9 日, $n = 5$) と雄 (64.2 ± 8.4 日, $n = 5$) に有意差はみとめられなかった (Mann-Whitney U 検定, $U=5.0$, $p=0.12$; 図.11)。野外産卵は5月下旬までみられることから、いずれの性のも野外での繁殖期を通じて生存できた場合の仮想生存日数40日より長い生存期間であった。

単独飼育個体 (死亡時) と野外採集個体のコンディション推移

単独飼育実験の開始時に近い4月19日の野外採集個体と単独飼育個体の死亡時のコンディション (図.12) 比較を行った。その結果、雌雄ともに、肝臓重量指数と肥

満度のいずれについても野外採集時が死亡時より有意に高かった (Mann-Whitney U 検定, 採集時雌, 死亡時雌; 肝臓重量指数: $z=-3.617$, $p<0.0005$; 肥満度: $z=-3.663$, $p<0.0005$ 、採集時雄, 死亡時雄; 肝臓重量指数: $z=-3.330$, $p<0.05$; 肥満度: $z=-3.330$, $p<0.05$)。

また、単独飼育個体の死亡時のコンディションにおいて、肥満度には雌雄差がなかったが (Mann-Whitney U 検定, 死亡時雌, 死亡時雄; 肥満度: $U=9.0$, $p=0.47$)、肝臓重量指数において雌は雄よりも余力を残して死亡していることが分かった (肝臓重量指数: $U=0.0$, $p=0.009$)。

繁殖活動コントロール実験における雄のコンディション比較

巣作りだけを行わせ、繁殖機会をもたせなかった雄 (以下 nest 雄) と産卵はさせたが卵保護を放棄させた雄 (以下保護放棄雄) と最後まで卵保護させた卵保護雄の 3 パターンを人為的に作り出し、産卵機会を与えるが卵保護を放棄させた保護放棄雄は、nest 雄と産卵雌と比べて肝臓重量指数は有意に低く、卵保護雄と比べて低い傾向となった (図.13) (ANOVA post-hoc Scheffe test)。そのほかの組み合わせには有意な差がみとめられなかった (ANOVA post-hoc Scheffe test)。

単独飼育実験同様に、4 月 9 日の野外採集個体と、これら 3 タイプ雄の肝臓重量指数を比較したところ、部分制約した 3 パターンの雄は野外採集個体の雄よりも肝臓重量指数が有意に低いことが分かった。(ANOVA post-hoc Scheffe test)

繁殖活動を部分制約した雄の生存日数

3 パターン雄の生存日数をそれぞれ比較したところ、産卵雌は 36.0 ± 5.3 日 ($n = 6$)、卵保護雄は 48.0 ± 9.0 日 ($n = 3$)、nest 雄は 59.9 ± 9.2 日 ($n = 6$)、保護放棄雄

は 78.3 ± 5.0 日 ($n = 3$) となった (図.14)。これらの間で、nest 雄と産卵雌、nest 雄と保護放棄雄、産卵雌と保護放棄雄、卵保護雄と保護放棄雄の間に有意差が見られた (ANOVA post-hoc Scheffe test)。

卵保護雄の繁殖履歴

上記実験の卵保護雄の卵保護に要した日数 (卵保護必要日数) を表に記した (表.1)。保護雄 1 は雌が巣から出た後、巣から出てくるまでに 5 日間かかった。その後水槽内から消えていたことから巣に戻った可能性があるが、12 日後に死亡した。保護雄 2 は卵保護に 7 日間費やし、14 日後に死亡した。この個体は石の下で死亡していた。保護雄 3 は観察を間違えた可能性があるため 2 日間と記載する。巣外に出てきて死亡するまで 21 日間と他の雄よりも長く生存した。表のデータと整合性をとること

これらの 3 例についてまとめると卵保護完了後の生存日数は 11-20 日間であり、卵保護必要日数の 3-8 日間を上回るものであった (表.1)。卵保護終了後に新たな雌が速やかに産卵すると仮定した場合に限られるが、潜在的に 2 回目の卵保護が可能な生存日数が残されていると言える。

三津大川の繁殖生態について

調査期間で得られた卵塊の総数は 92 個、雄が保護している卵数は 145~734 個 (351 ± 133 個 $n = 92$) であった。河口から上流に約 130m 離れた区画で初めて卵塊がみつかった。これ以降手前に卵塊を発見することができなかったのは、本種の卵が高塩分濃度下では生存率 (孵化率) が低下する (松井, 1986) ことから、河口から上流に約 130m 手前の区画では繁殖域として利用していないことが分かる。また、河口から上流に約 280m 先まで卵塊数は多いが、それ以降奥の区画では卵塊数が減る形となった (図.15)。

また、三津大川全体の産卵巣利用状態を以下に示した（図 16・17）。

区画ごとの産卵巣密度は m-st1 は $0.1\text{m}^2/\text{個}$ 、m-st2 は $2.4\text{m}^2/\text{個}$ 、m-st3 は $0.3\text{m}^2/\text{個}$ であった。m-st2 において他の区画より産卵巣密度が高い結果となった。(ANOVA post-hoc Scheffe test)。

産卵巣密度から推定される三津大川における産卵期は 4 月中旬から 5 月下旬と考えられ、産卵盛期は四月下旬から五月上旬だと考えられる。また区画ごとの雄が保護する卵数は m-st1 は 521 個 (n=1)、m-st2 では 311 ± 87 個 (n=73)、m-st3 では 510 ± 238 個 (n=13) であった。m-st1 においては一つの卵塊しか見つけることはできなかったが、m-st2 と m-st3 を比較すると、河口より奥のほうが雄の保護する卵が多くなる傾向が見られた (Mann-Whitney *U* 検定, $z = -1.701$, $p = 0.890$)。

三津大川では m-st2 では初めて卵塊を見つけたのは 4 月 8 日であったのに対し、m-st3 では 4 月 25 日だった。これは、室見川での研究 (松井, 1986) では上流域から産卵が始まるとの報告であったが、逆の結果となった。

シロウオ課外活動

動物行動学会はでは、動物の行動について議論を行う学会である。その場で、本種の一風変わった生活史に興味を持ってくれた方が多数いて、シロウオという魚を知ってもらえるいい機会であった。また、長崎県佐々川でのシロウオ漁の現状を現場で体感することができ、直接地元の漁師の方からもお話を聞くことができた。竹垣准教授との交換会では、本種の基礎的な生態情報や野外調査の方法を教えて頂き、それを基に三津大川での調査を円滑に進めることができた。

4. 考察

福岡県室見川における先行研究では、遡上初期のシロウオはまだ未成熟であり、遡上盛期の3月中旬～下旬になると体重が減少し始め、急速に成熟が始まり、次いで産卵するとされている（松井，1986）。しかし、広島県における本種の繁殖コンディションに関する生態的知見は全くといって乏しかった。本研究のコンディション比較において、肥満度はやや雌が高かったが、そこまでの差はなかった。肝臓重量指数はすべてのサンプリング日において有意に高かった。産卵前個体のコンディションは雄よりも雌のほうがコンディションはいいと考えられる。また、そのコンディションの良さが繁殖活動を発現できない個体群において、雌雄の生存日数の違いに反映されたと考えられる。

先行研究で行われた室見川での研究では、遡上初期から繁殖期になっていくほど雌雄とも肥満度は減少し、生殖腺重量指数は増加するというものである（松井，1986）。それに照らし合わせてみると三津大川個体群においても肥満度は雌雄とも減少傾向、肝臓重量指数は増加傾向である。繁殖期直前に肝臓重量指数や生殖腺重量指数を上昇させる種は他の魚種でも確認されている（雨宮・田村，1948）。そのため、繁殖期に最も近い最後のサンプリング日に雄の肥満度が上昇しているのと雌の肝臓重量指数が減少しているのは、誤差であると考えられる。それ以外に考えられる要因は、この遡上個体群において、遡上前の海の栄養状態が良かったため栄養状態が高くなったと考えられる。

そこで、今回繁殖活動をステージごとで分けた水槽実験を行ったところ、最後まで産卵を行った雄は巣だけ作った雄よりも肝臓重量指数が低く、さらに1%切るような値であったことから連続的産卵を行える個体はなかなか存在しないことが考えられる。

一回産卵かつ年魚であり、ほかのハゼ科魚類同様雄が卵保護を行う本種では、雌よりも雄のほうが長く生存すると考えやすい。しかし、本来持っているコンディションの良

さは雌のほうが高いことから、生存日数は長くなった。

野外において雌は産卵した後、雄に卵保護を託して死亡する本種であるが、体長も重量も雄よりも大きく肝臓重量指数や肥満度といった数値も高いことから、一回の産卵にかかるコストが雄よりも高い可能性がある。雄は生活史での繁殖イベントが雌よりも多く（巣作り、求愛行動、放精、卵保護）、雄は産卵にかかるコストを少なくして、もともと雌よりも低いコンディションで様々な状況を生活しているのかもしれない。

単独飼育個体と野外採集個体のコンディションについて、実験開始時のサンプリング個体群と比較したところ、単独飼育個体つまり死亡時の個体雌雄とも肝臓重量指数が大きく低下して死亡している。これは外的要因（捕食や水温変化）がない水槽実験において、栄養蓄積の枯渇が原因であると考えられる。雄の肝臓重量指数がほぼ 0 であるのに対し、雌の数値は雄より比較的高いものとなっている。これは、雌が雄よりも余力を残しているとも考えられる。

繁殖活動を様々なステージで制約した実験において、巣作りだけさせた雄（nest 雄）は卵保護放棄雄と卵保護雄よりもコンディションが良い状態で死亡していた。ここから産卵と卵保護はやはり大きなコストが示唆されるが、卵保護放棄雄と卵保護雄の生存日数が約 30 日も違った。コンディションを極限低下状態にさせてまでここまで生存したのは、卵保護放棄ということは野外のシロウオの生息環境ではまずないためだと考えられる。そのため、産卵後に卵保護を行うという本種における重要な生活史が欠落することになったため、nest 雄よりも長く生存することで、新たな配偶者と会う機会をうかがっていた可能性が高い。卵保護雄の行動を水槽で観察したところ、二匹の雄が卵保護を行った期間よりも巣から出現して死亡する期間のほうが長かった。つまり、新たな配偶者が存在し、直ちに次の産卵機会があれば潜在的には 2 回目の繁殖が可能であるということがわかる。これは先述した通り野外でも同様の状況が起きていると考えてもよい

(秋山, 1994、竹垣, 2013)。しかし、水槽実験の結果からみて肝臓重量指数が 1%を切ったコンディションでは連続二回目の繁殖行動を行うことは難しいといえる。本研究を通して、シロウオ瀬戸内海個体群においては繁殖エネルギーが生存日数と複婚を制限している可能性が高く、他地域同様本種の連続的複婚は野外においても稀な現象であると考えられる。

三津大川における卵塊発生状況は、塩分や底質が大きく関わっているといえるだろう。今回は三津大川のどの区域にシロウオが産卵しているかということに着目したかったので、底質採取はしていないが、シロウオは営巣場所を選ぶ際、底質の選好性が存在する(道津, 1979、秋山, 1995)。当初、漁師の方が河口から約 400m 離れた JA 芸南支所付近で産卵していると仰っていたので、そのあたりを調査した。しかし、そこから河口に 150m 下った区画あたりが最も卵塊密度が高かった。県道 207 号線にかかる橋の上流付近で、堰を作る工事が約 10 年前に行われた。このため、漁師さんが仰っていた区域の底質がシロウオの好む粒形 2-5mm (道津, 1979) よりも大きく、産卵域が河口側に下がった可能性が高い。

シロウオは年魚であり、海の生活史が不明なところが多く増養殖は困難とされている。三津大川の底質や他の調査項目を増やし、シロウオ資源の維持のために様々な知見を得ることが急務となる。

今年度行うことができなかったが、漁協協同組合の方や地元住民の方に発信することをしていくことでシロウオ資源の重要性を伝えていくことが重要であると考え。そのために、地域住民や漁協組合の方に対して報告会を行っていきたい。本種は先ほど伝えたように環境に左右されやすく、地元住民や行政と一体となって三津大川の環境を維持することで、永続的に三津大川のシロウオ資源の維持につながっていくと考えている。具体的には、三津大川の河川清掃ボランティアを行ったりすることで、地域住民の関心

を持っただけのようにすることや、先述したシロウオの好む砂を造成して、シロウオの産卵場を形成していくことなどである。

筆者自身は来年修士に進学するので、シロウオの生態情報と保護対策などを、様々な学会で発表することを予定している。というのは、シロウオの現状をより広い人に対してしてもらうことを目的のためである。

5. 謝辞

本研究を行うにあたり、広島大学生物生産学部水産科学コース水圏資源生物学研究室の坂井陽一教授、富山毅准教授、竹原ステーションの小路淳准教授には、終始にわたりご指導を頂き、深く感謝申し上げます。

また、長崎大学水産学部の竹垣毅教授には、本種の生態情報と生態調査の方法を教えて頂き、深く感謝申し上げます。

柴孝利組合長をはじめとする安芸津漁協協同組合の皆様、三津大川調査を円滑に進めて頂いたことに深く感謝申し上げます。特に、安芸津漁協組合の山田昭光さんにはシロウオのサンプル個体を無償で頂いたことや、様々な知見を教えて頂いたことに深く感謝申し上げます。

また、同研究室の先輩方、同輩、後輩には、肝臓の観察、水槽実験のモデル作りなど様々な場面で御助言頂き、この場を借りて深く感謝申し上げます。

6. 引用文献

- 松井誠一（1986）シロウオの生態と増殖に関する研究.九大農学芸誌, 1986 ; 40 : 135-174
- 道津喜衛, 内田隆信（1979）ハゼ類の生活史ーシロウオを中心に. 海洋と生物 3
- 秋山信彦, 小笠原義光（1994）飼育状況下でのシロウオの繁殖行動. 水産増殖 1994 ; 42 : 577-584
- 竹垣毅, 松本有記雄, 川瀬翔馬, 井出勇旗, 佐藤成祥（2013）シロウオ *Leucopsarion petersii* 雄の同時的複婚の可能性. Nippon Suisan Gakkaishi ; 79 : 793-796
- 秋山信彦（2010）シロウオ.「改訂レッドリスト付属説明資料, 汽水・淡水魚類」（環境省自然環境局野生生物課編）.環境省自然環境局野生生物課, 東京, 46.
- 秋山信彦, 北野忠, 引地邦夫, 小笠原義光（1995）シロウオの営巣と砂粒形・流速の関係.水産増殖, 43 : 289-296
- 安成淳（2008）シロウオの産卵調査について.山口県水産研究センターだより, 1 : 17-19
- 竹垣毅, 永瀬翔一, 井出勇旗, 佐々木学人, 天谷貴史, 金谷洋祐, 寺田龍介（2015）シロウオ *Leucopsarion petersii* の産卵造成効果の検証. Nippon Suisan Gakkaishi, 81 : 722-724
- 雨宮育作, 田村保（1948）魚類肝臓重量の雌雄差に就て. 水産学会報 ; 10 : 10-13

7. 図表



本種は透明である。真ん中に見える丸いものは鰾。



(a) 腹部に黒点のある個体が雌。体長は雌のほうが雄よりも大きく、外見から容易に雌雄判別を行うことができる。

図.1 シロウオ個体の写真

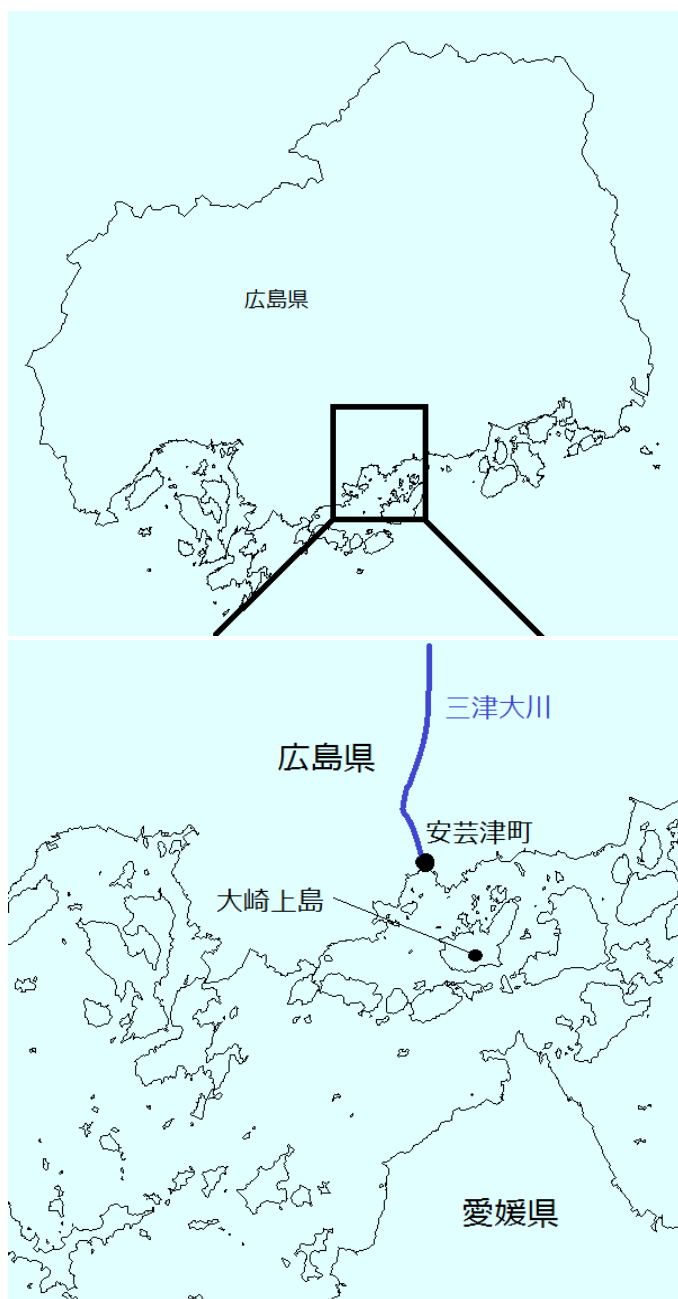


図.2 調査地の広島県安芸津町三津大川

調査地の広島県安芸津町の位置と三津大川の流路。三津大川が流れ込む三津湾は大崎上島などの島に囲まれている。



遡上期のシロウオを漁獲するための四つ手網



四つ手網にたまったシロウオをバケツに集めて、生きた状態で卸しに出される

図.3 シロウオ漁の様子。安芸津町では、サンプル提供をして頂いた山田さん一人だけがシロウオ漁を行っている。

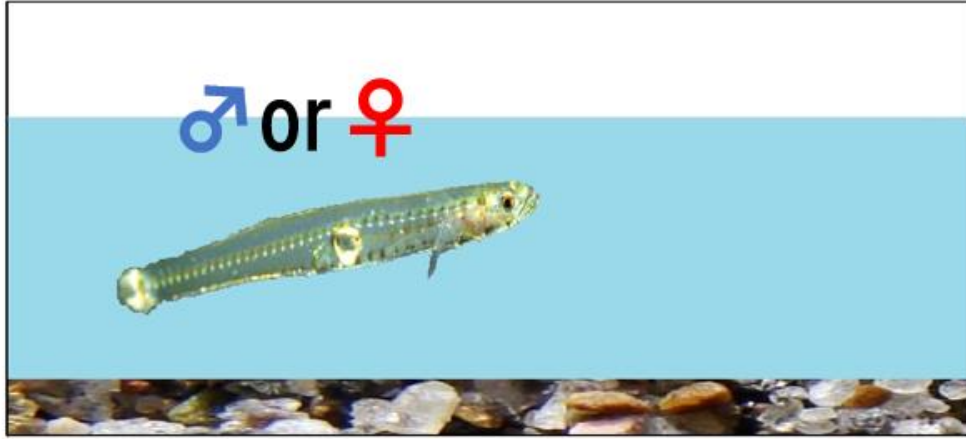
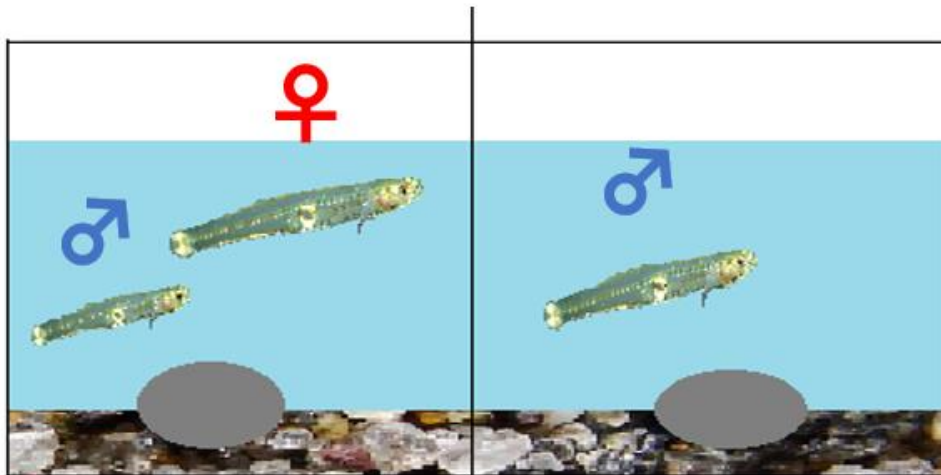


図.4 単独水槽実験のイメージ。雄 5 個体と雌 5 個体をそれぞれ用意



繁殖活動コントロール実験のイメージ。一つの水槽を二つの区画に分け、一つの区画に雄一匹雌一匹を収容し、もう一つの区画に雄一匹だけ収容した。



水槽実験の様子。タワー型水槽を用いた。水槽の周りを黒色のビニール袋を用いて光を遮った。

図.5 繁殖活動コントロール実験の様子



三津大川干潮時の様子



箱メガネを用いて適当な石を拾い上げ卵塊を見つけていく

図.6 野外調査の様子

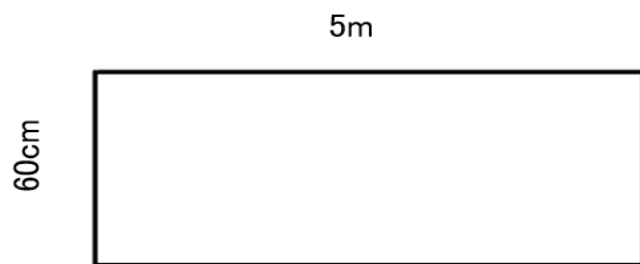


図.7 区画内にある全水没または半水没している石を拾い出し、卵塊密度を調査した
区画内から取り出した石は区画内に影響を与えないように区画外にだし、調査を終えた後区画内に戻した。



シロウオの卵塊。透明で楕円状の形をしている



三津大川に生息する他ハゼ科魚類の卵塊。赤みの色がシロウオとは違うのがわかる

図.8 シロウオの卵塊の様子

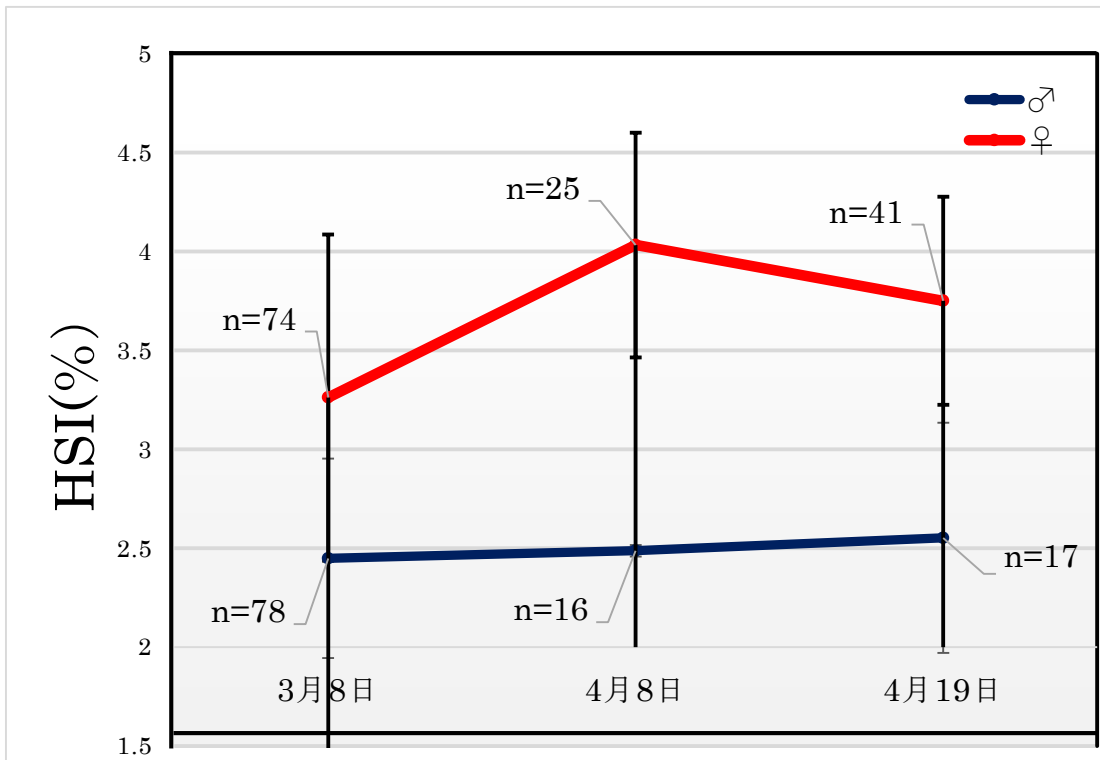


図.9 肝臓重量指数の推移

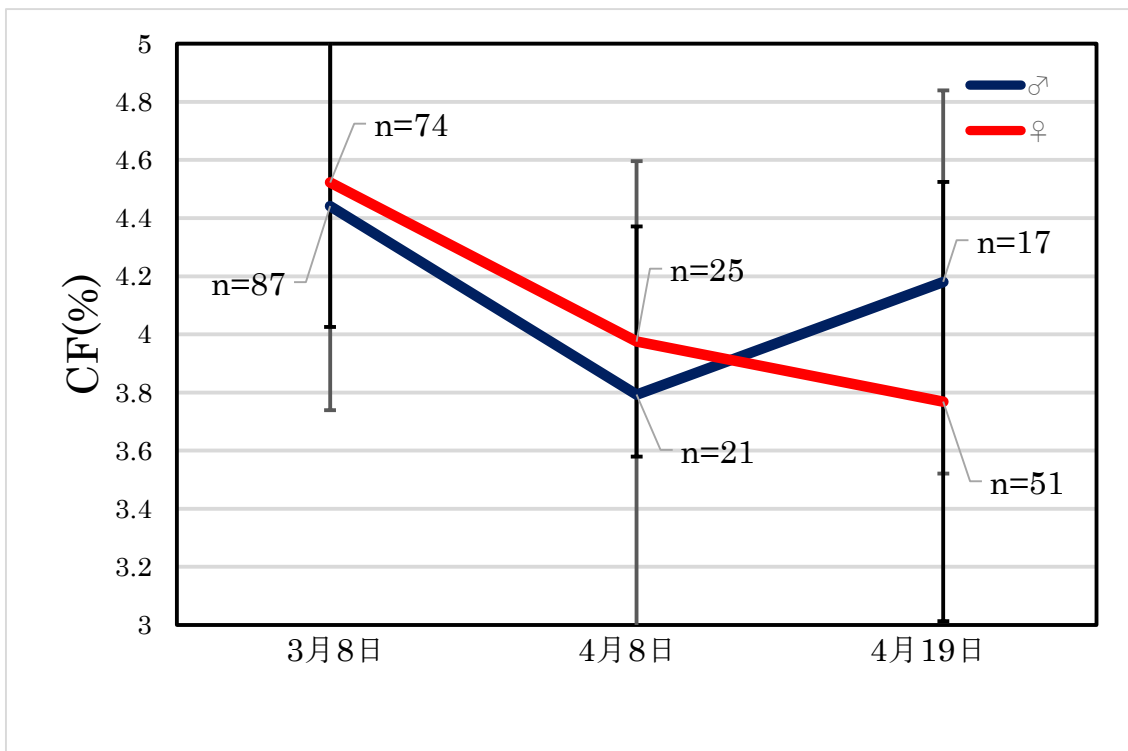


図.10 肥満度の推移

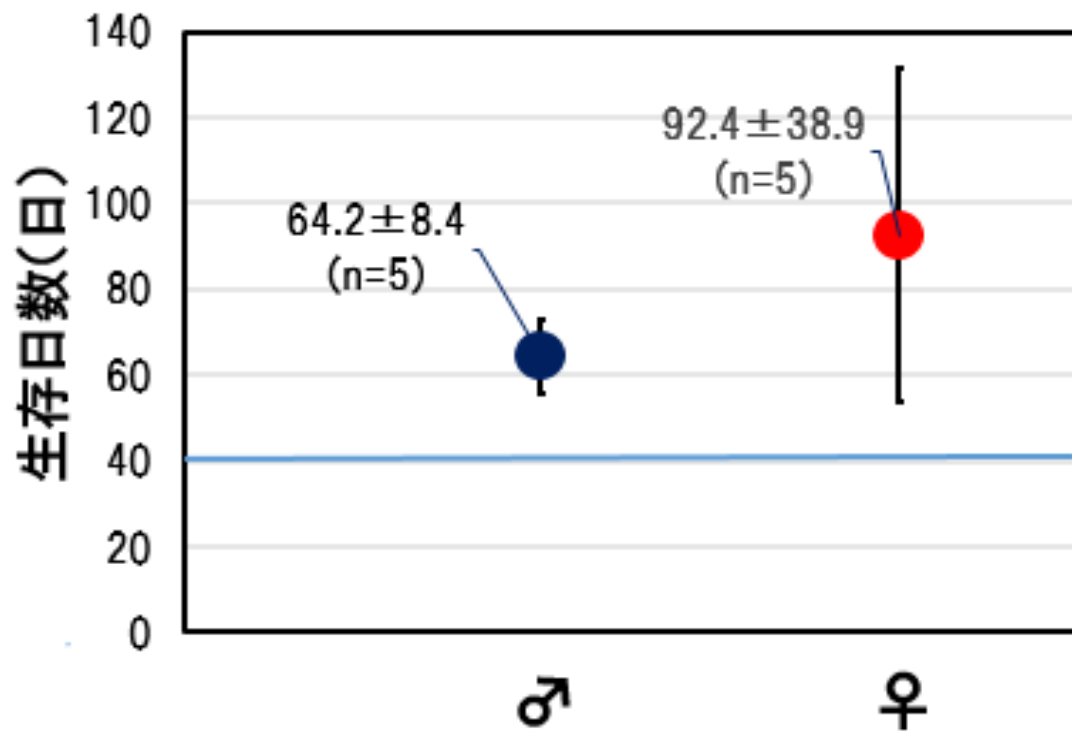


図.11 単独飼育条件下における雌雄の生存日数

40 日にひかれている水色の線は野外の繁殖期を通じて生存できた場合の仮想生存日数
(野外産卵は 5 月下旬まで)

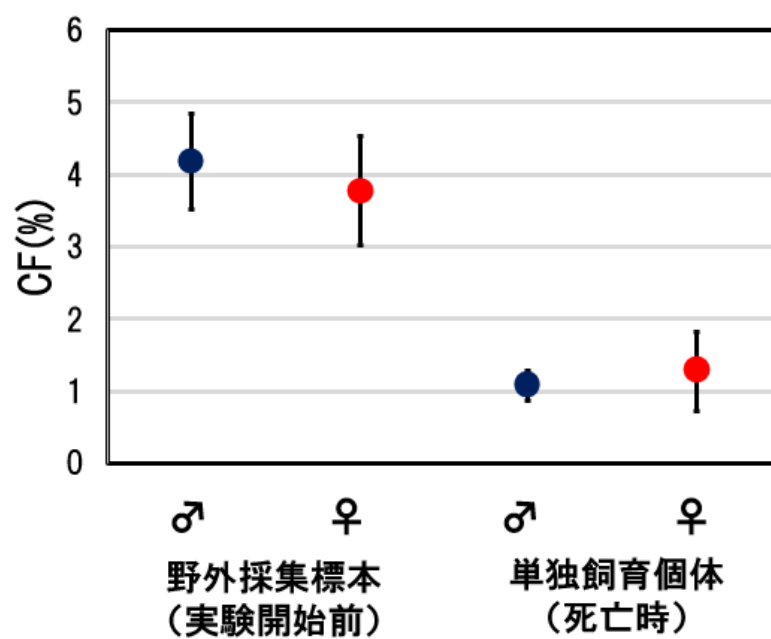
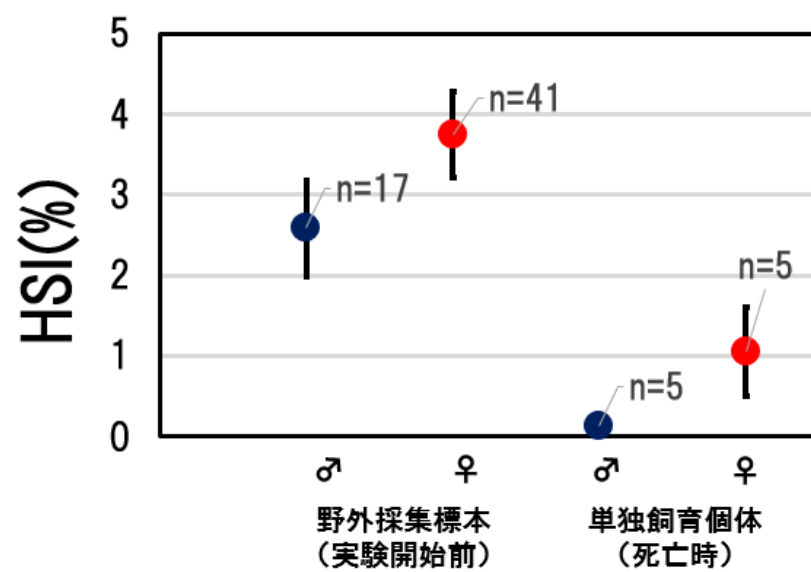


図.12 単独飼育個体（死亡時）と野外採集個体（繁殖期開始時）のコンディション比較

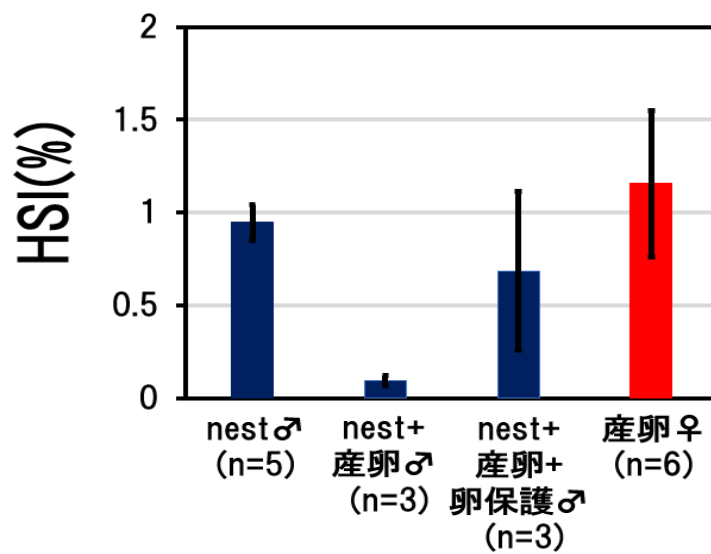


図.13 繁殖活動を部分制約した雄の死亡時のコンディション比較

nest 雄が 5 個体であるのは、身が腐敗しすぎていたため解剖が不可能であったため

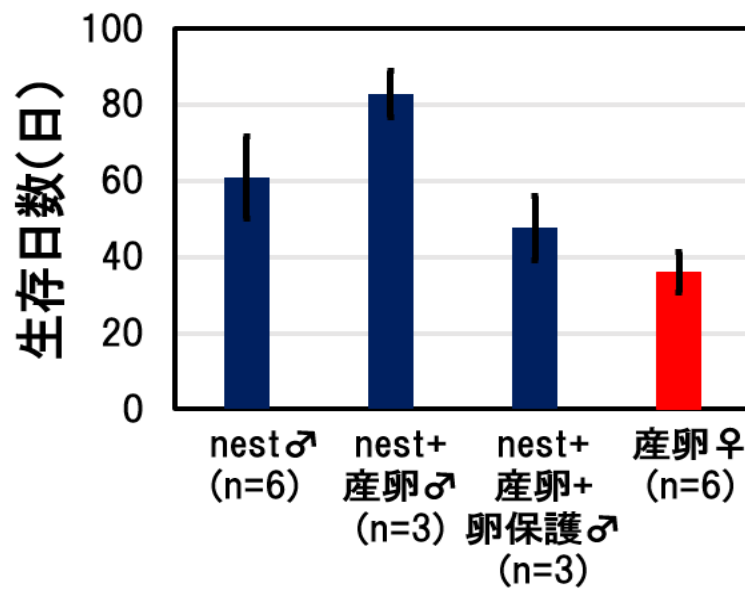


図.14 繁殖活動を部分制約した雄と産卵した雌の生存日数

	♀巣入り	♀巣から出現 (産卵)	死亡♀	♂巣から出現 (孵化)	♂死亡
♂1	4/7	4/27	6d 4/30	5/2	11d 5/12
♂2	4/7	5/2	8d 5/8	5/9	13d 5/21
♂3	4/9	5/8	3d (?) 5/9	5/10	20d 5/29

表.1 卵保護雄の繁殖履歴

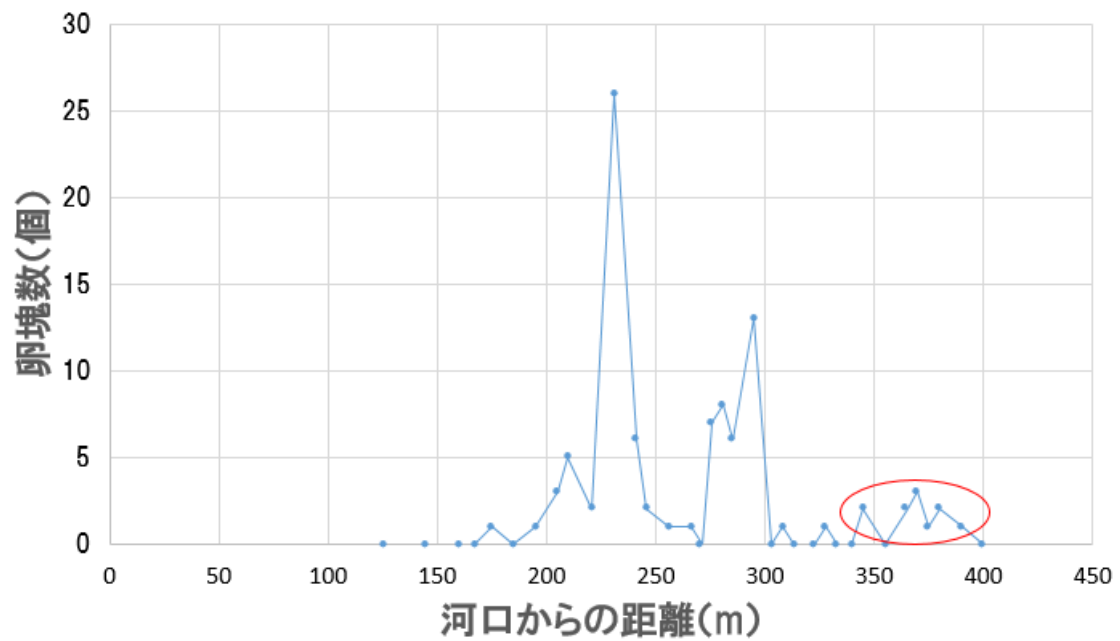


図.15 河口の距離と卵塊数

赤まるで示した場所が主に以前、シロウオが産卵層として利用していた場所。そこから、河口に近くなった場所をシロウオが産卵巣として利用していることが分かる。

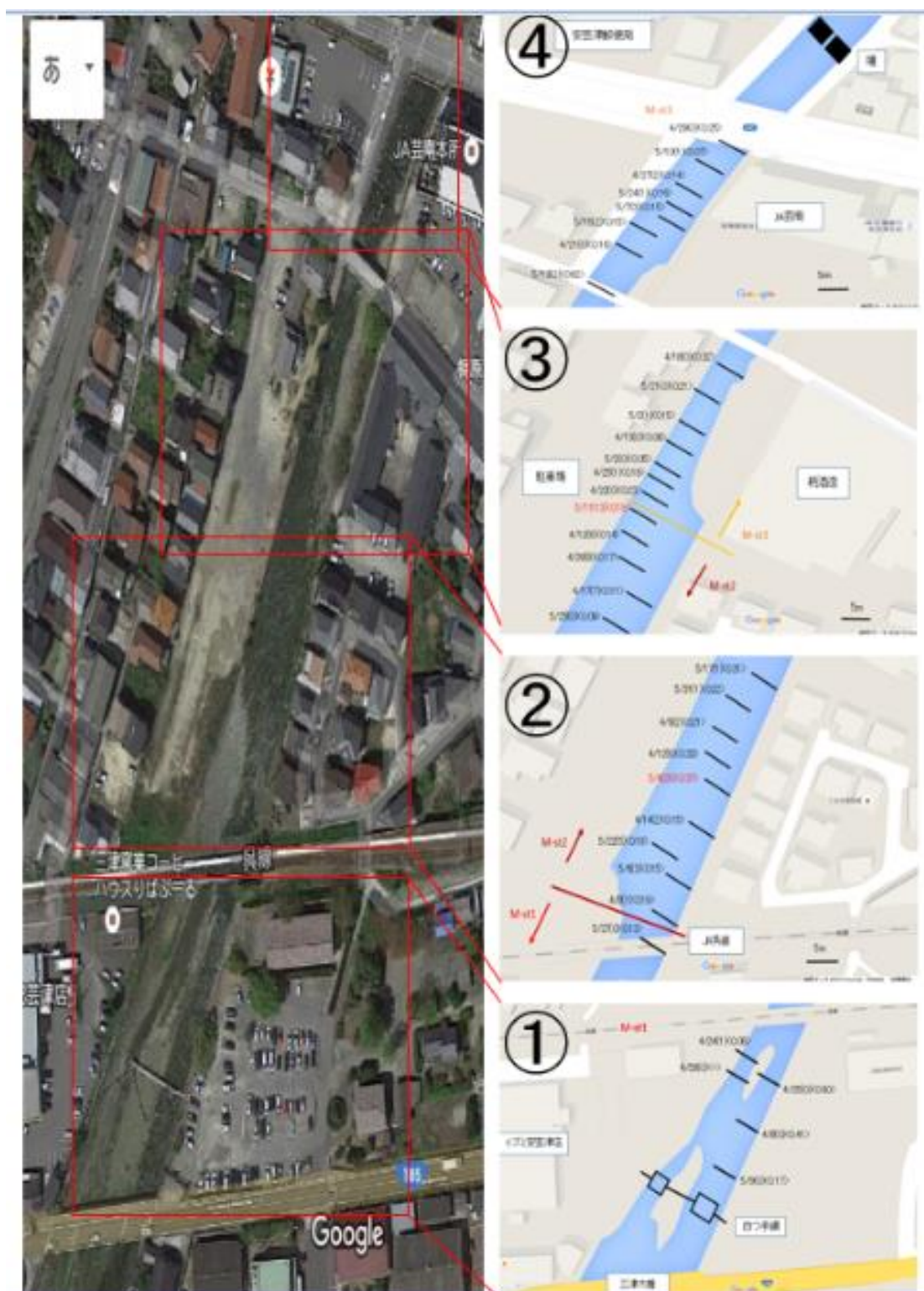


図.16 三津大川全体の産卵巣利用状況

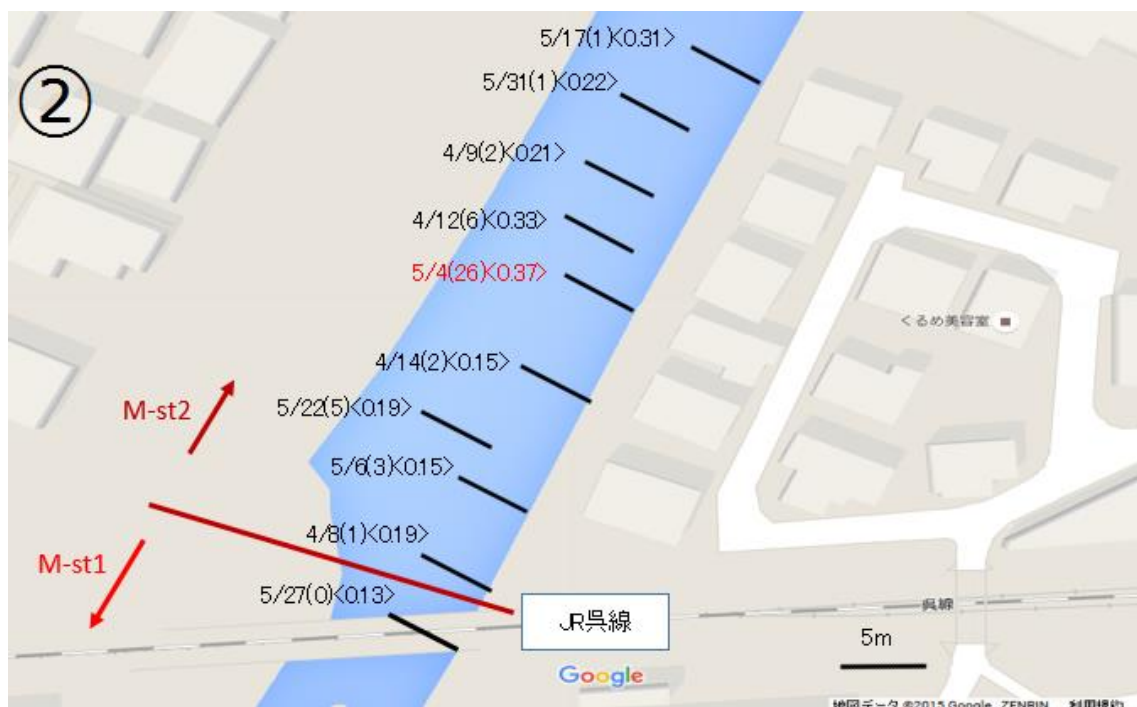




図.17 産卵巣利用状況図の詳細

() が卵塊数、<> が流速を示している