太田川再生方針に基づく取組の効果検証調査・解析業務の概要（アユ関連調査）について

平成29年3月24日

広島市経済観光局農林水産部水産課
株式会社建設技術研究所 中国支社

平成28年度の調査概要

■ 調査目的

「太田川再生方針」に基づく取組の効果検証を実施するとともに、複数の関係者が方法等を調整する必要がある長期的取組を検討するための基礎的データを収集すること。

調査名	調査目的	調査方法
アユ買取り調査	「余剰種苗」の放流が、アユ資源に寄与しているのかを明らかにすること	漁業者からアユを買い取り、種苗の由来を判定する。 ※由来判定は広島大学に委託
流下仔魚調査	流下仔魚の供給状況・流下状況を明らかにすること	産卵場の直下や仔魚流下の要所となる地点で仔魚を採捕する。
長期的取組の試験的試行に向けた水位等測定調査	産卵期（流下仔魚期）における祇園水門、大芝水門の流量調整の実施に向け、水位・塩分等の現状を把握すること	安芸大橋の潮止め堰直上・直下で、大潮・小潮が含まれる期間に水位・塩分の測定を行う。
アユ資源数理モデルを用いた総合的な効果検証	太田川の現状やこれまでに実施してきたアユ資源量増大に係る取組、今後展開を予定する取組等の内容を踏まえ、アユ資源数理モデルを用いた総合的な効果検証を行う。	『太田川再生方針』の取組効果が推定できるように、アユの生活史を考慮したモデルを構築する

1.　アユ買取り調査

<u>買取り調査</u>

■　調査地点

高瀬堰下流域

■　調査方法

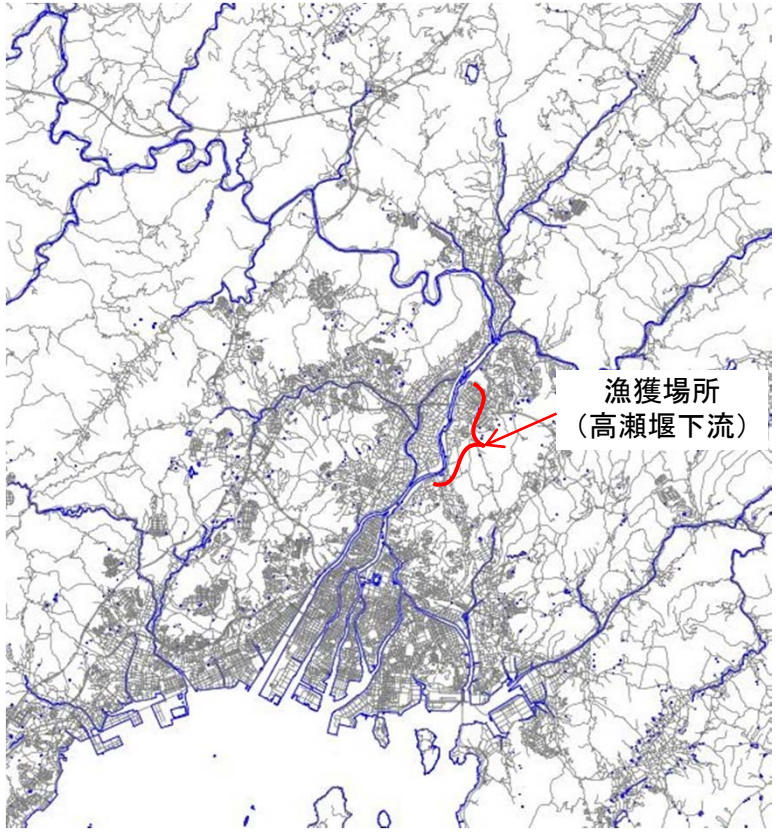
漁業者からアユを買い取り、種苗の由来の解析を行う。

【広島大学との共同研究】

■　買取り時期

平成28年10月14日

買取ったアユ
（太田川漁協さんが取り置きしていたアユを購入）



買取りアユの漁獲場所

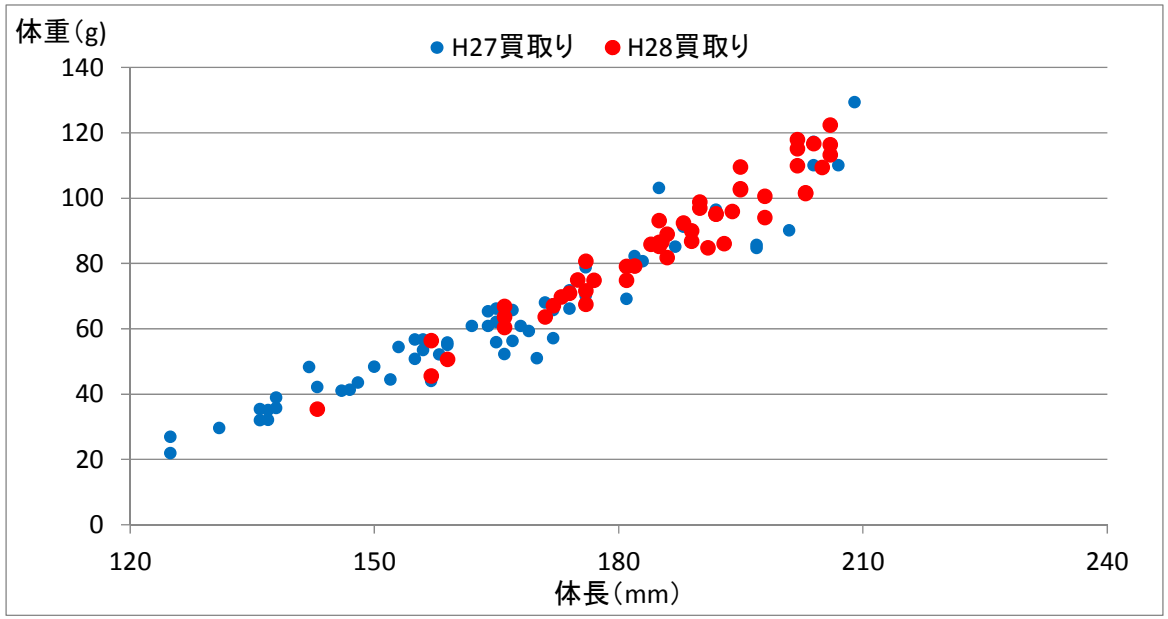
1.　アユ買取り調査

■　調査結果

・本調査で全51尾のアユの買取りを行った。

・買取りアユの体長は143～206mm、体重は35.3～122.4gであった

・平均体長・体重は本年度が185.3mm・86.5g、昨年度が165.8mm・63.0gであり、本年度の方がやや大きいものの、大きな違いはなかった。

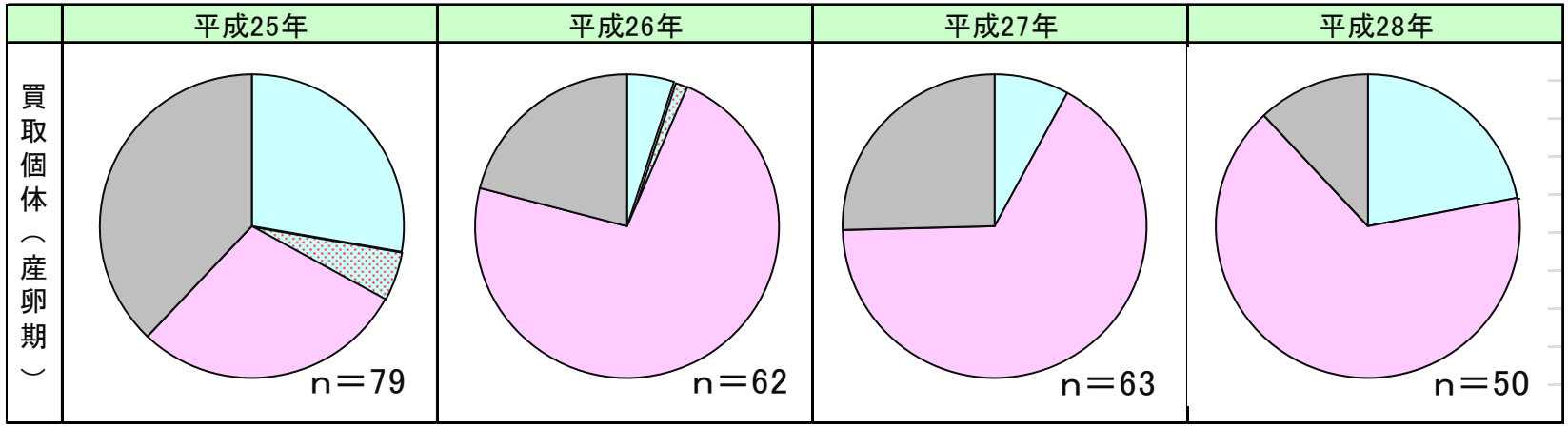


買取りアユの体長と体重の関係

1.　アユ買取り調査

■　調査結果

- 買い取りアユ50尾の中に、余剰種苗由来の個体と断定できる個体は確認できなかった。一方で、天然魚は33個体（66%）を占めた。
- 平成26年度以降は天然魚が占める割合が高い。ただし、天然魚の方が漁獲されやすい等のバイアスの可能性もある。一方で、人工魚が生残しにくい可能性もある（カワウに食害されやすい等）。

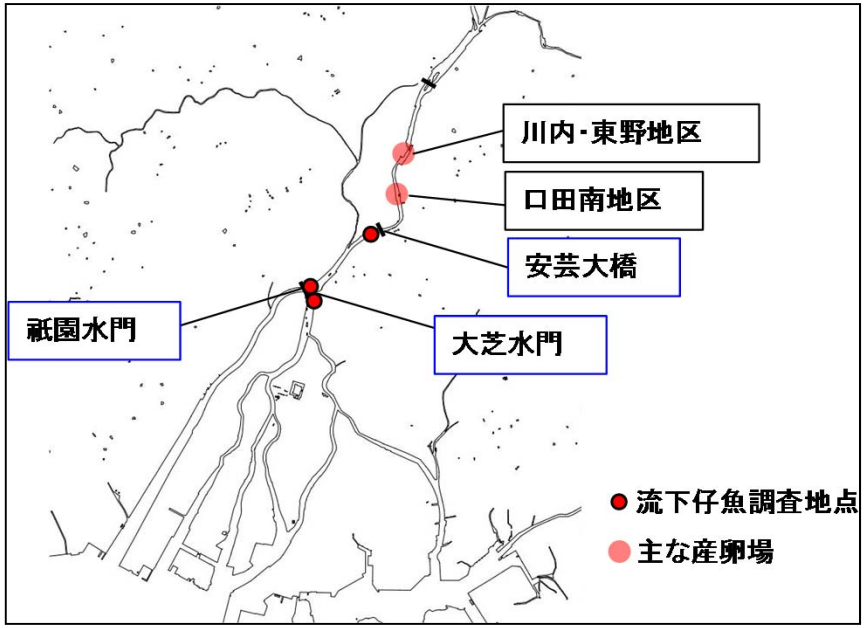


由来判別結果

2.　流下仔魚調査

■　調査地点

地点名	地点設定理由
安芸大橋下流	主要産卵場からの供給状況の把握
祇園水門	太田川放水路への流下状況の把握
大芝水門	旧太田川への流下状況の把握



調査地点

■　調査方法

産卵場の直下や仔魚流下の要所となる地点で仔魚を採捕する。

■　調査時期

平成28年10月31～11月 1日（大潮）
11月 8～11月 9日（小潮）
11月21～11月21日（小潮）

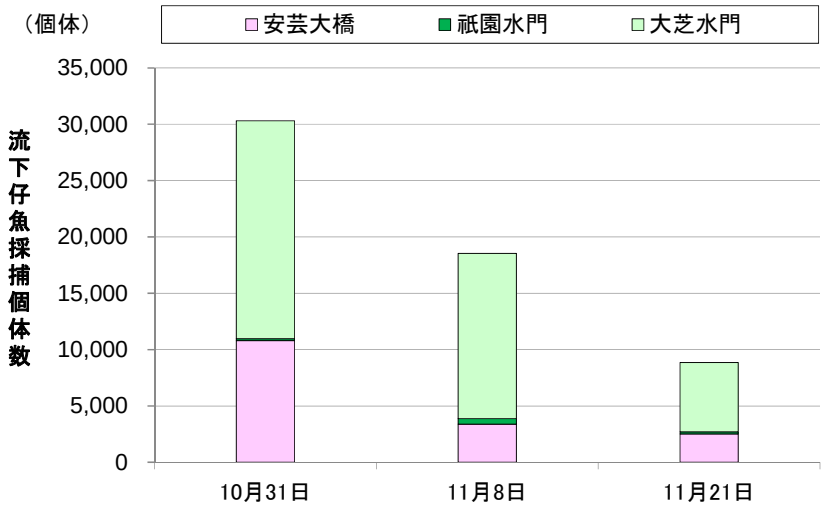
ネット設置状況

サンプル採取状況

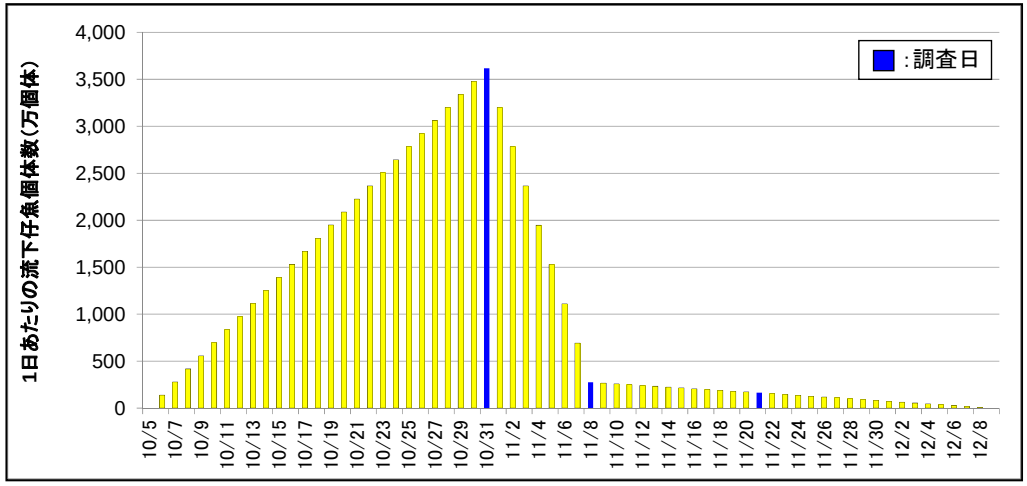
2.　流下仔魚調査

■　調査結果

- 3地点3回の調査で、合計57,689個体が採捕された。
- 地点別の採捕総数は大芝水門で最も多く、次いで安芸大橋であり、祇園水門は少なかった。
- 調査時の流量により安芸大橋地点の流下仔魚密度（1m^{3}あたり）を換算して推定した平成28年の流下仔魚の総個体数は、6.7億個体となった。



仔魚採捕個体数



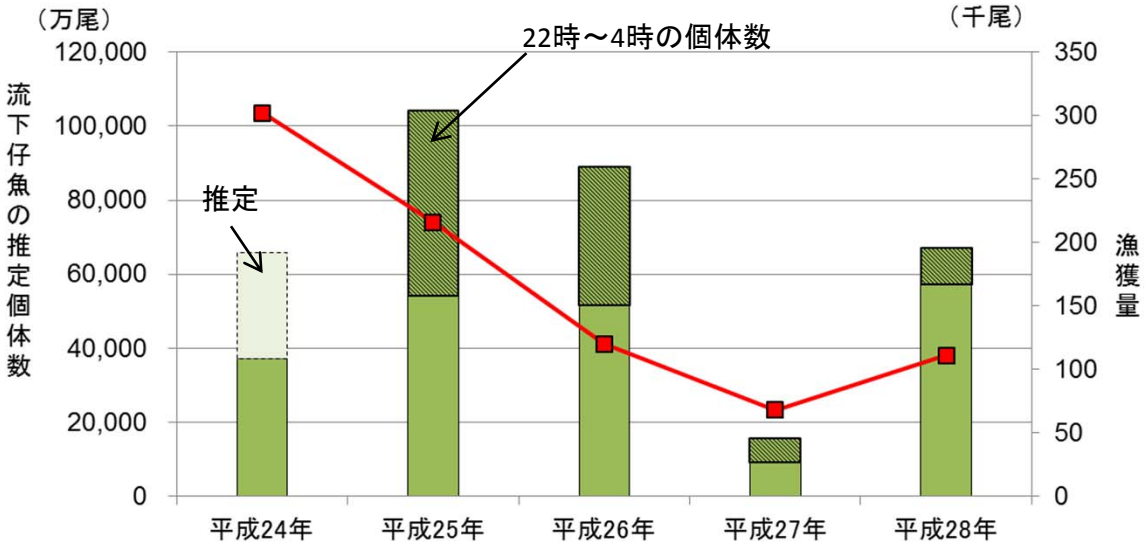
安芸大橋の推定流下仔魚個体数

仮定1：アユの産卵期間は10月5日～12月9日の間である。
仮定2：流下仔魚の個体数は、調査日と調査日の間は直線的に変化する。
仮定3：仔魚の流下時間は、夕方17時～翌朝5時の間のみである。
（なお、推定は過年度と同様に安芸大橋地点のデータを使用し、産卵期間開始・終了時は0個体とする。）

2.　流下仔魚調査

■　調査結果

- 平成24年以降の調査の中で、流下仔魚の個体数は平成25年が最も多く、平成28年は平成27年よりは多かった。
- アユ資源回復に向けた余剰種苗放流や産卵場造成の取組みと流下仔魚数は必ずしも相関しない。ただし、流下仔魚個体数とアユの漁獲量も同調しない（今年度は増加している）。
- 流下仔魚調査だけでは、アユ資源の傾向は把握・予測が難しい。



	平成24年	平成25年	平成26年	平成27年	平成28年
余剰種苗放流		●	●	●	●
産卵場造成		●		●	
禁漁区の拡大				●	●

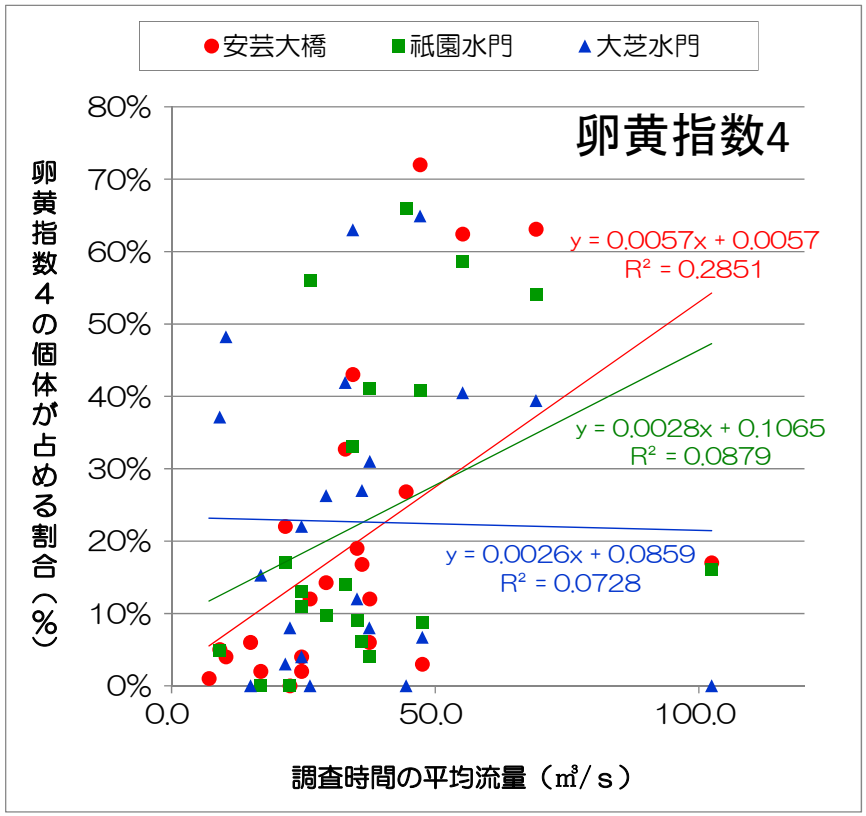
●･･･取組実施

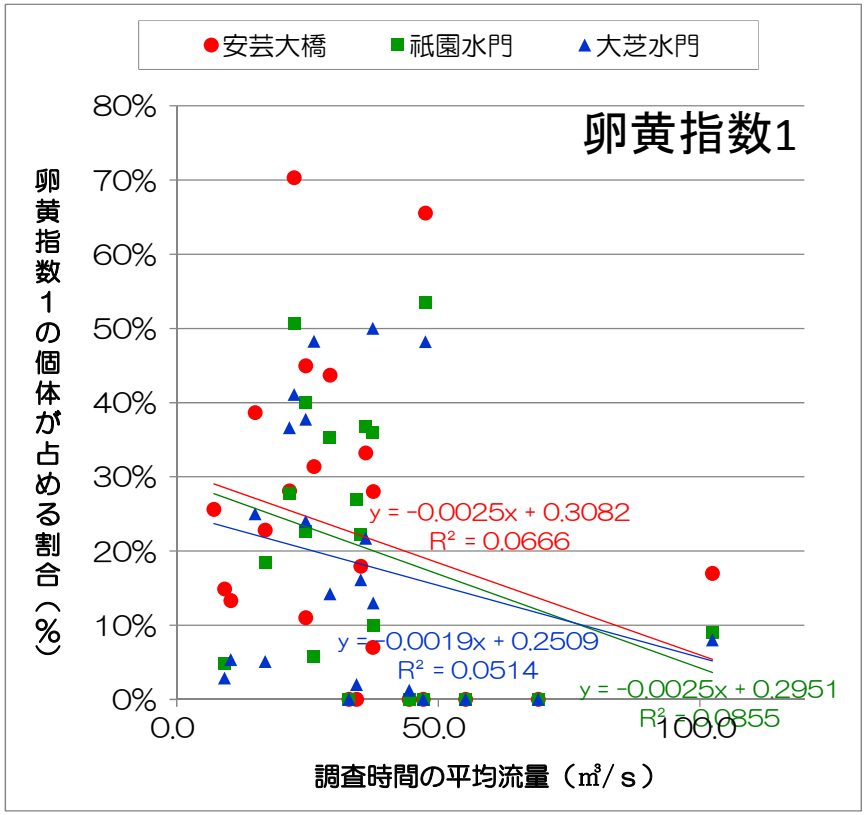
流下仔魚推定個体数の経年変化

2.　流下仔魚調査

■　調査結果

- 安芸大橋の卵黄指数4の個体は、流量が大きいほどが割合が大きくなる傾向があった（相関係数0.53）。ただし、祇園水門・大芝水門では傾向がない。
- 卵黄指数1の個体は、いずれの地点についても強い相関関係はみられないものの、流量が大きくなると割合が小さくなる傾向がうかがえた。





調査時の流量と卵黄指数別の個体数の関係

4.　長期的取組の試験的試行に伴う水位等測定

■　調査地点

安芸大橋潮止め堰直上・直下流

■　調査方法

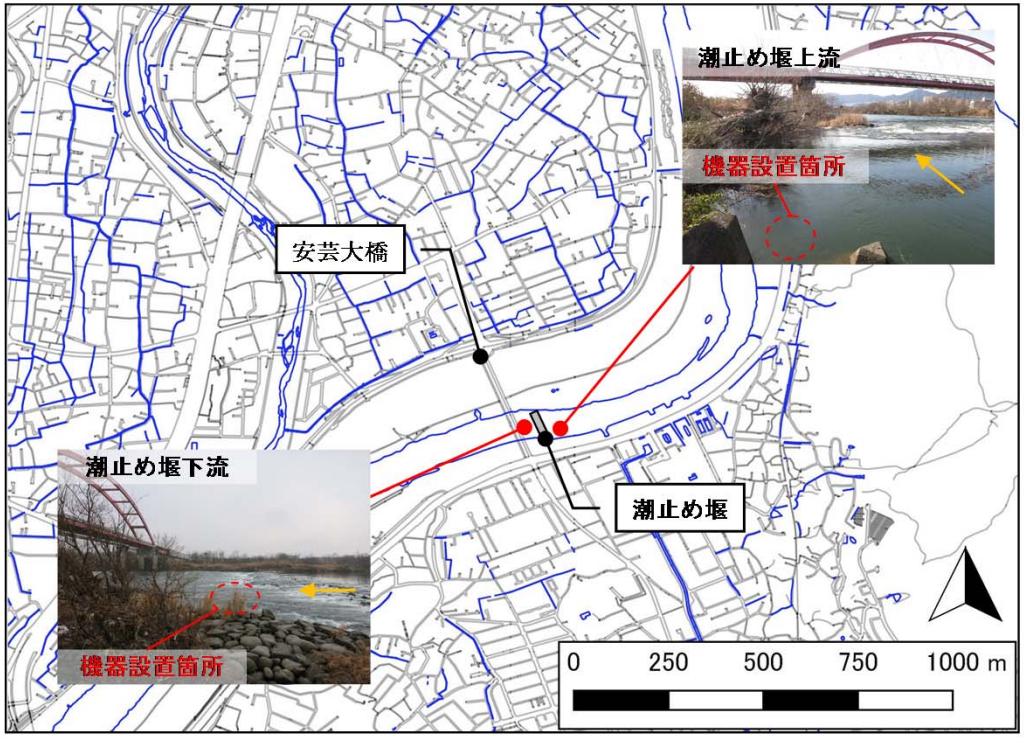
安芸大橋の潮止め堰直上・直下で、大潮・小潮が含まれる期間に水位・塩分の測定する。

水位・塩分計は河床に設置した。

（概ね下流側で水深1.0m
上流側で1.3m）

■　調査時期

平成29年1月31日15時30分～
2月14日10時00分
（2月10～13日：大潮）



調査地点

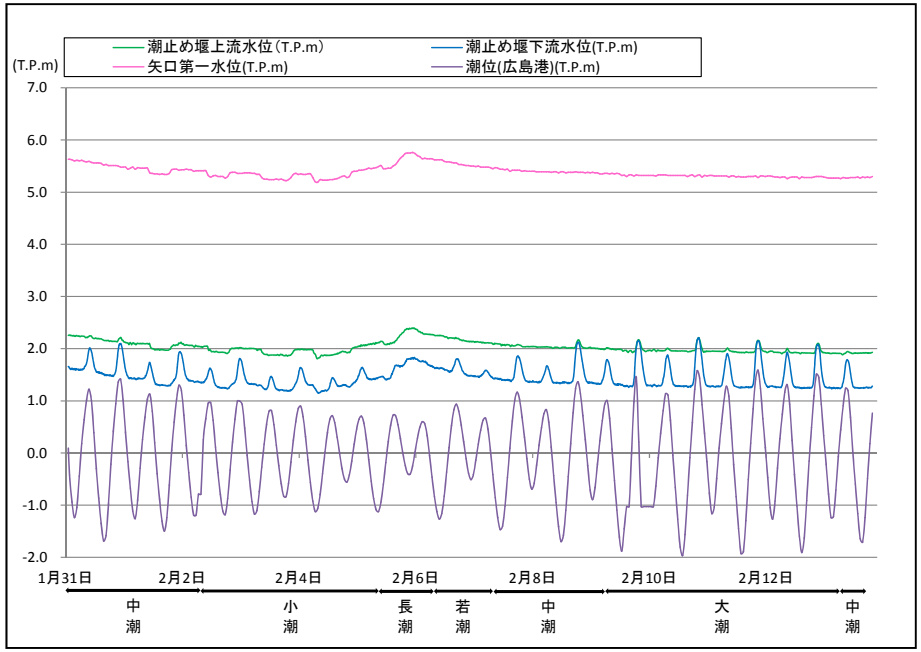
水位計・塩分計設置状況

水位計・塩分計回収状況

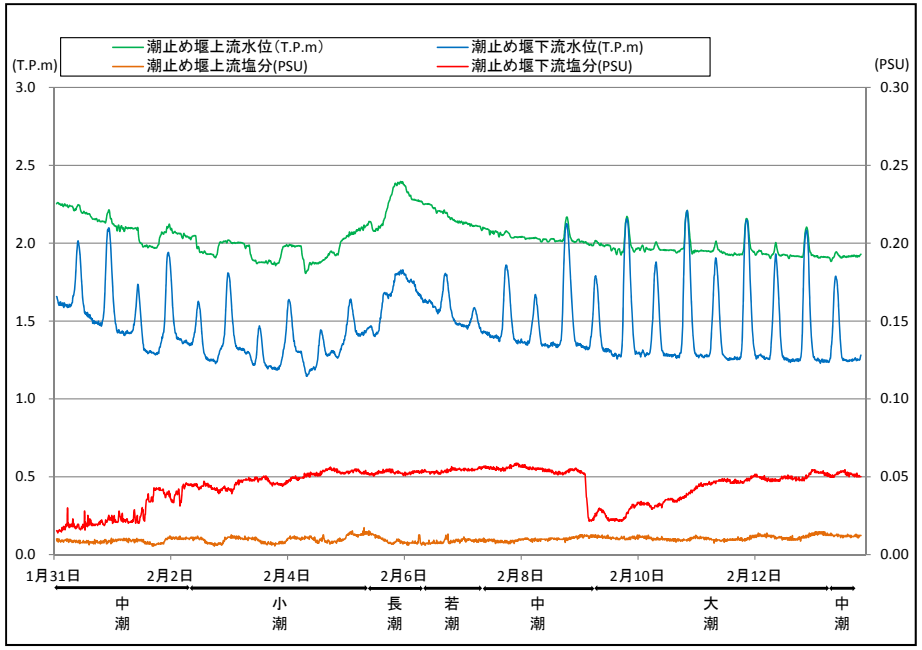
4.　長期的取組の試験的試行に伴う水位等測定

■　調査結果

- 潮止め堰下流の水位は、潮位の変化の影響を受け、大潮満潮時には潮止め堰の天端よりも高くなった（満潮時より少し遅れて水位が高くなる）。
- 潮止め堰下流の塩分は0.05PSU（電気伝導度：80μS/cm）を超える期間がみられたものの、水位（潮汐）との関連性がない。
- 潮止め堰上流の塩分は、大潮満潮時でも変化はなく、最も高い時でも0.02PSU（電気伝導度：20μS/cm）程度であった。



潮止め堰上下流水位と
矢口第一水位・広島港潮位の関係



潮止め堰上下流の水位と塩分の関係

調査のまとめ

- 今回、買い取りアユに余剰種苗由来と断定できる個体が含まれなかったことから、余剰種苗による資源向上の効果について述べることは難しい。しかし、例年と同様に、余剰種苗を含むと考えられる「人工魚」が一定量が含まれることから、少ないながらも余剰種苗放流がアユの資源向上に貢献していると想定される。

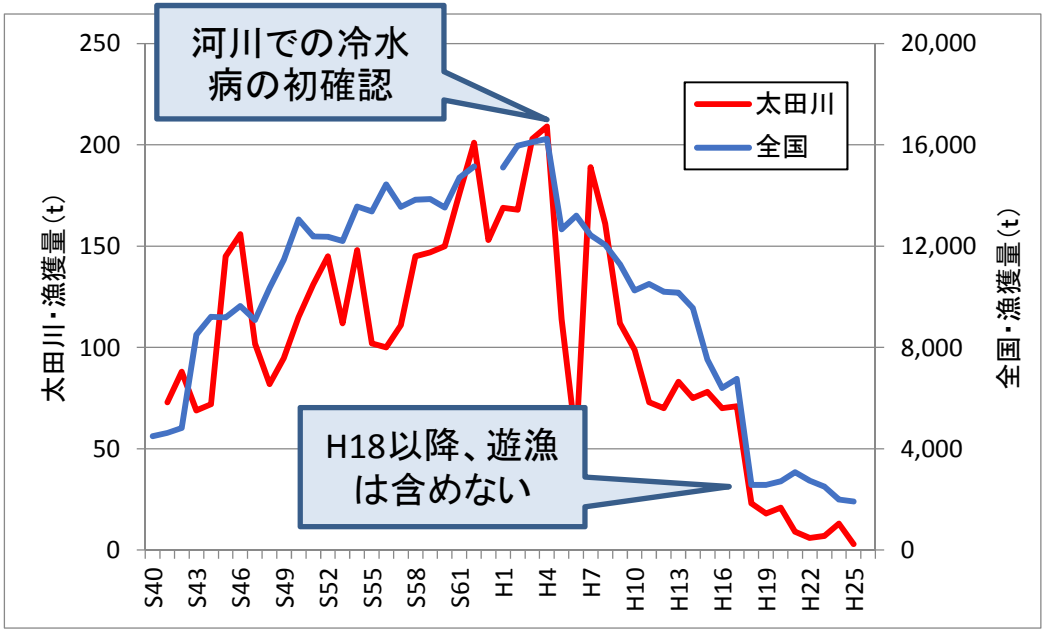
- アユの流下仔魚の推定総量は昨年よりも増加したものの、これが来年の漁獲量にどのように影響するかは予測できない。また、産卵場造成の実施と流下仔魚数の増加の関係も見られなかった。ただし、調査のタイミングにより結果が異なる可能性もあり、今回の流下仔魚の個体数という観点のみでは、これらの取り組みの評価は難しい。
- 一方で、流量が大きければ、早期に海域に流下する可能性が示唆されたことから、アユの流下仔魚の促進を図る流量調整の実施が望まれる。

- 現状では安芸大橋上流の潮止め堰を塩分が越流することもなく、上記の流量調整による取水等への影響はないと想定される。

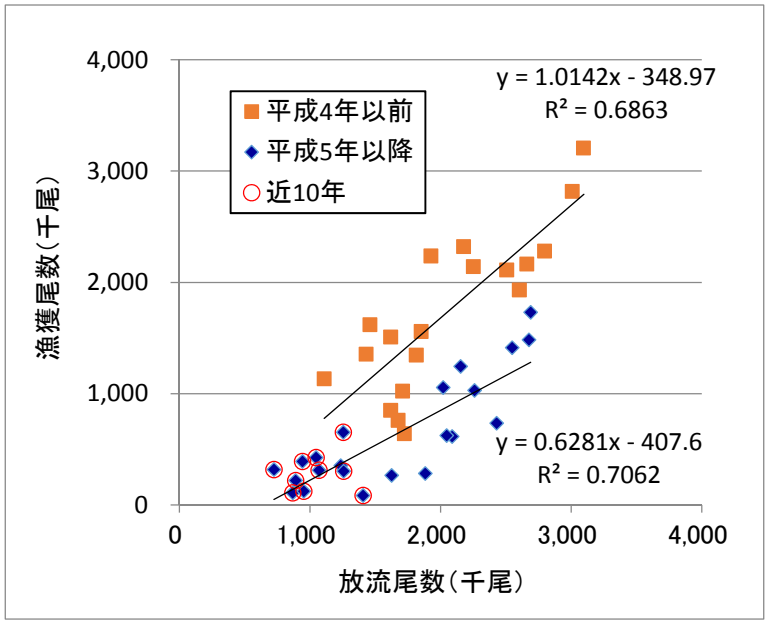
アユにとって望ましい利水運用の実現に向けて

- 太田川のアユの現状
  - 平成4～5年を契機に減少に転じている
    - 冷水病の蔓延が原因
    - 全国の漁獲量の傾向より減少傾向が大きい
    - 平成5年以降、放流が漁獲に反映されず、放流事業は破綻寸前（獲れないから放流しない→放流しないから獲れないという悪循環となっている可能性がある）

冷水病罹患アユ
出典：富山県水産試験場HP



漁獲量の経年変化



放流尾数と漁獲尾数の関係

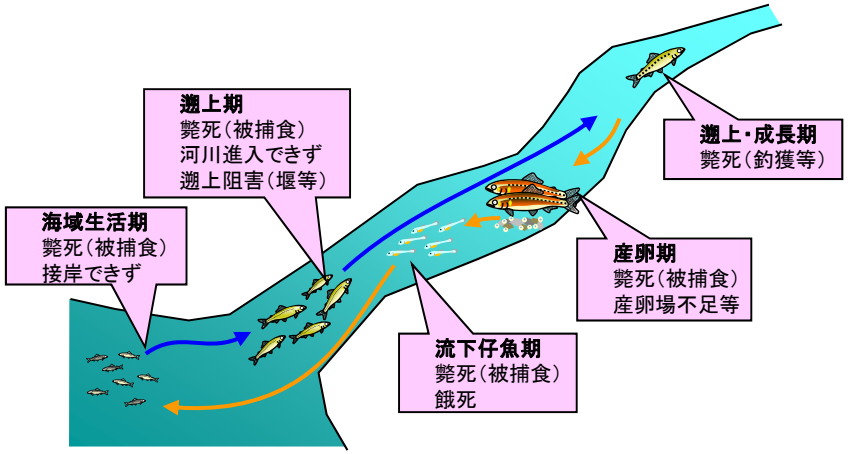
『太田川再生方針』の策定と取組み

- 平成25年、アユ・シジミ資源の回復を目的として策定
- 短期・中期的方策の個別効果は確認されているが、資源量の回復に至っていない⇒引き続き実施

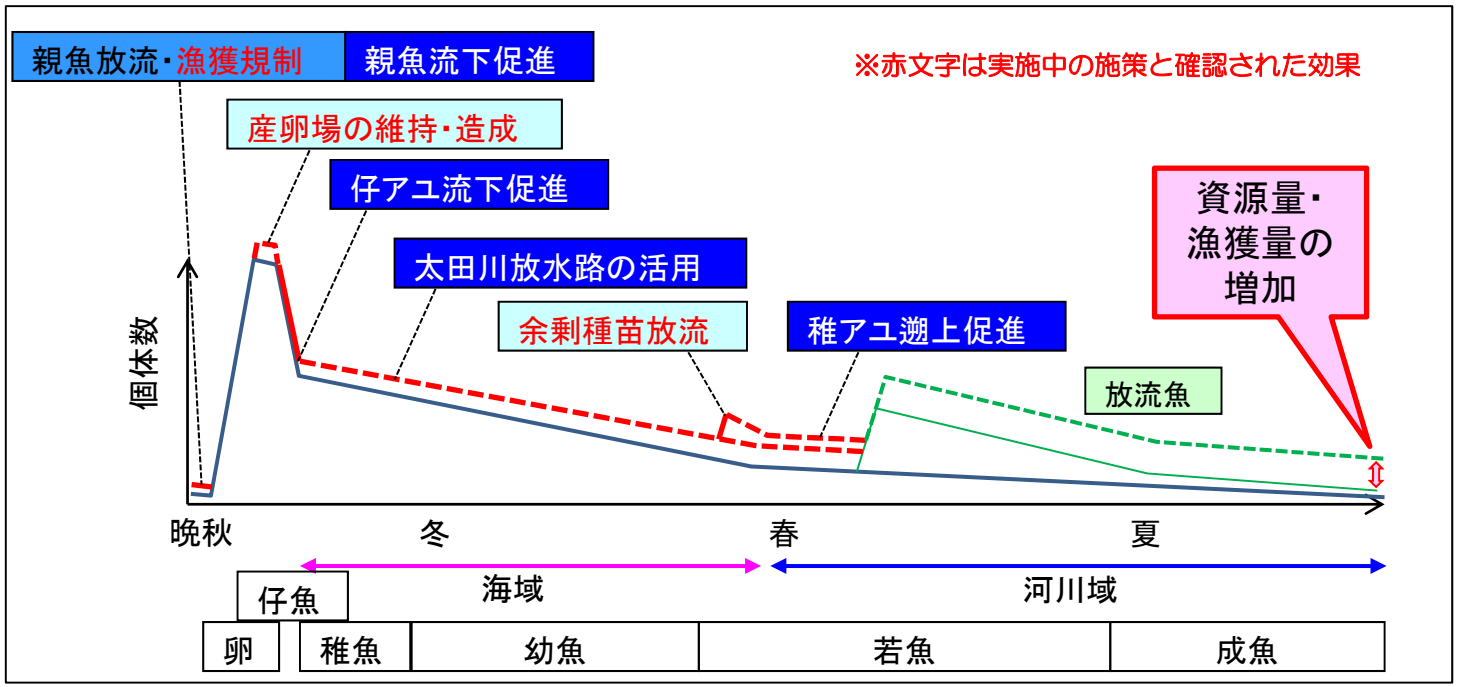
方策	区分	取組手法	取組内容	取組み状況
短期	稚魚	生産施設における余剰種苗の放流	放流場所・時期・サイズ等の技術的な検討（放流後の追跡調査）	実施中 H25～28
	繁殖場	産卵場の維持・造成	場所・時期・規模等の技術的な手法の検討（漁協による実施）	実施中 H25・H27
中期	親魚	禁漁期間延長	モニタリングを通じた科学的な裏付けを基に検討（漁協による実施）	実施中 H27～28
		晩期親魚放流		未実施
		禁漁区間の設定・拡大		実施中 H27～28
		漁法の制限		未実施
長期	稚魚	稚魚遡上促進	河川管理者や水利権者等へ個別の時期に増水放流の検討を依頼	未実施
	親魚	親魚流下促進		
	繁殖場	仔アユ流下促進		
	保育場	太田川放水路の活用	太田川放水路における積極的な稚魚育成を狙って、増水放流や堰のゲート操作等を依頼	未実施

取組みの有効性の確認

- アユの生活史ごとに効果が想定される⇒数理モデルによる確認
  - アユ減少の現状・減少要因を探る。
  - 『太田川再生方針』の目論見の検証
  - アユ資源増加に効果的な方策を探る。
- 数理モデルのメリット・デメリット
  - 保全措置の効果比較（意志決定）ができる。
  - モデルに不確実性がある。



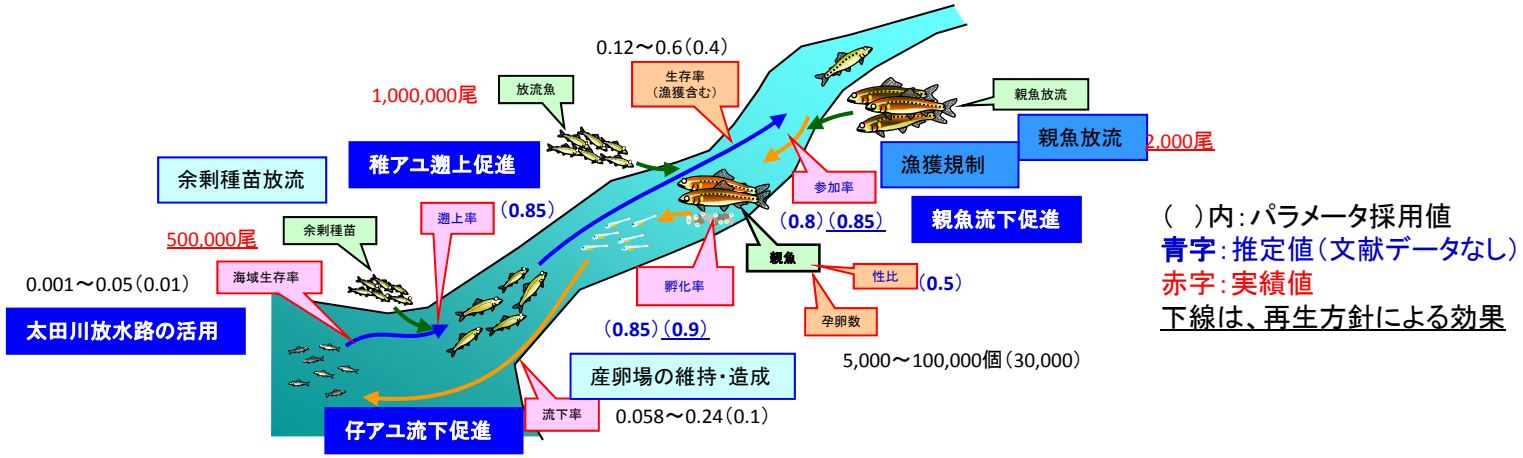
アユの生活史と減少要因



アユの生活史における『太田川再生方針』の取り組み効果のイメージ

個体群モデルの概要

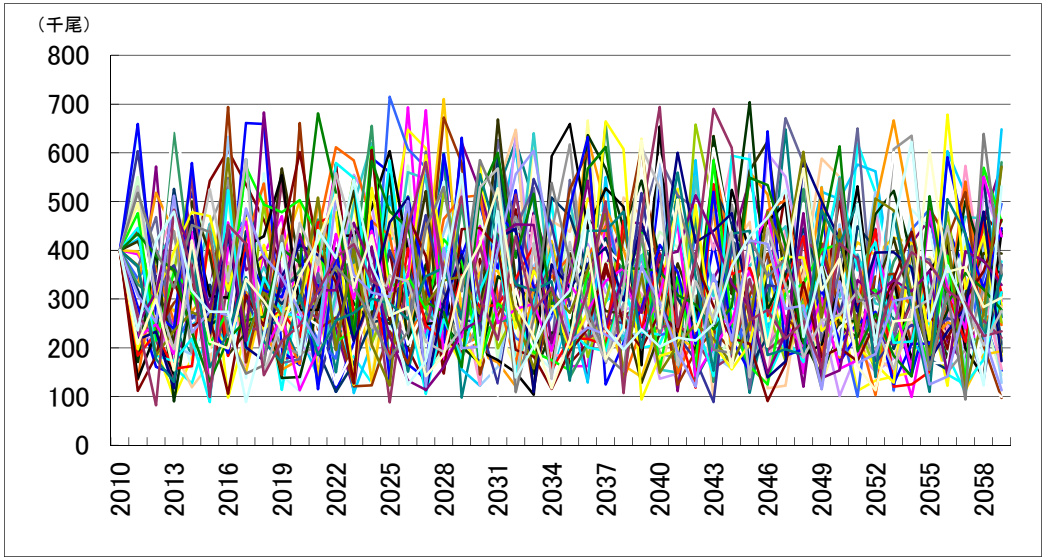
- 個体群成長モデルの採用
  - アユの生活史の生活段階毎に独立した生存率を掛け続け、翌年の個体群の源泉となる親魚数を求める。
  - 50年先まで200回を試行する（乱数を用いるため200回分異なる結果が得られる）。
- 個体群成長式
  - 親魚$_{N+1}$＝ {[（親魚×性比×孕卵数×孵化率×流下率×海域生存率＋ 余剰種苗） ×遡上率＋放流魚]×生存率＋親魚放流} ×参加率
    - 『太田川再生方針』の方策に対応した生活段階毎に独立した生存率を掛け続け、翌年の個体群の源泉となる親魚数を求める。実際の漁獲量も親魚数とほぼ同等レベルになる。
    - 生存率等のパラメーターは、文献値や実測値等から推定して設定し、乱数により0.5～1.5倍で変動させる。
    - 密度効果は無視する。
      - 密度は親魚の体サイズ（孕卵数）やカワウ等による被捕食に影響する



アユの個体群モデルのパラメーター

個体群モデルによる現状の再現

- 2010年（平成22年）に親魚が40万尾いたと仮定して検討
- 平均32万尾程度（50年間）が繁殖に参加する（減りもしない・増えもしない）。



モデルの計算結果

パラメーター	現状で想定される値
親魚放流数	―
繁殖参加率	0.8
孵化率	0.85
流下率	0.1
海域生存率	0.01
遡上率	0.85
余剰種苗放流	―
放流数	1,000,000尾
生存率	0.4
絶滅待ち時間（年）	存続
平均尾数（千尾）	321

個体群モデルによる減少要因分析

- 感度分析による現状分析

（感度分析：パラメーターを意図的に変えて結果を比較することで、その原因や効果を検討すること）

  - 「放流なし」では、現状のアユ資源は維持できない。⇒漁獲は放流により維持されている。
  - 流下率や海域生存率が高いと資源量がやや増加する。⇒数年に1度、漁獲が多くなる年がある理由と考えられる。

減少要因の感度分析の結果

パラメーター	現状で想定される値			文献に基づく最大値		
	現状	天然なし	放流なし	現状	天然なし	放流なし
親魚放流数（尾）	－	－	－	－	－	－
繁殖参加率	0.8	←	←	←	←	←
1尾あたり産卵数（千個）	30	←	←	100	100	100
孵化率	0.85	←	←	←	←	←
流下率	0.1	←	←	0.24	0.24	0.24
海域生存率	0.01	←	←	0.05	0.05	0.05
遡上率	0.85	0.00	←	←	0.00	←
余剰種苗放流（尾）	－	－	－	－	－	－
放流数（尾）	1,000,000	←	0	←	←	0
生存率	0.4	←	←	0.6	0.6	0.6
絶滅待ち時間（年）	存続	存続	3	存続	存続	5
平均尾数（千尾）	323	320	8	638	621	10

※←は、左端の数値を採用することを示す

個体群モデルによる短期・中期的方策の検証

- 短期・中期的方策の効果は限定的であり、現時点ではさらなる資源増加は望めない。

短期・中期的方策のシミュレーション結果

パラメーター	現状で想定される値	再生方針(短期・中期方策後の想定値)	取り組み内容	方策区分
親魚放流数（尾）	―	2,000	晩期親魚放流	中期・親魚
繁殖参加率	0.8	0.85	禁漁期間延長・禁漁区間の設定・拡大・漁法の制限	中期・親魚
1尾/産卵数（千個）	30	←		
孵化率	0.85	0.9	産卵場の維持・造成	短期・繁殖場
流下率	0.1	←		
海域生存率	0.01	←		
遡上率	0.85	←		
余剰種苗放流（尾）	―	500,000	生産施設における余剰種苗の放流	短期・稚魚
放流数（尾）	1,000,000	←		
生存率	0.4	←		
絶滅待ち時間（年）	存続	存続		
平均尾数（千尾）	323	350	資源量がやや増加する	

長期的方策の効果

- 短期・中期的方策の取組効果は限定的である可能性が示唆されることから、早期の長期的方策の実施が望まれる。
- 長期方策の効果
  - 高瀬堰からの流量の添加⇒仔アユ流下促進・親魚流下促進
  - 降下期の祇園・大芝水門の流量比の変更→太田川放水路の活用（干潟環境で稚魚を成育）⇒稚アユの生存率増加
  - 遡上期の祇園・大芝水門の流量比の変更⇒稚魚遡上促進

個体群モデルによる効果的な長期的方策の検討

- 長期的方策では、繁殖参加率・流下率・海域生存率・遡上率が増大すると想定する。
  - 文献の最大値を採用した場合の親魚数（資源量）の増加率は1.1倍程度（3万尾増）と見込まれる。ただし、約4倍の効果が出る年もある。
  - 高瀬堰のみ、あるいは祇園水門のみの取組の場合は、その効果は限定的になる。

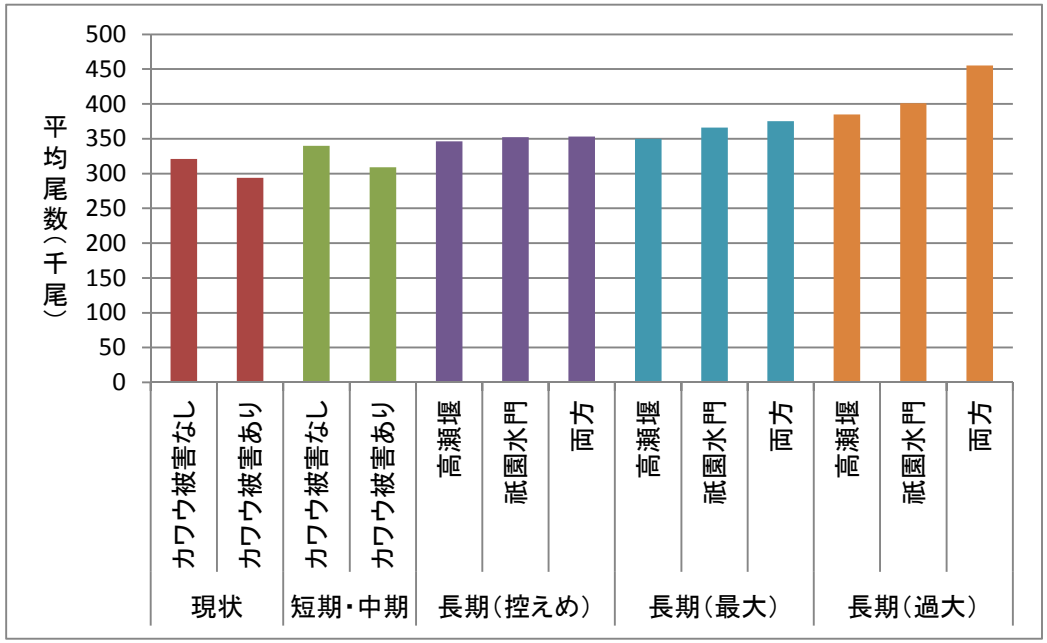
長期的方策のシミュレーション結果

パラメーター	現状（短・中期）	長期的方策		
		文献最大値	高瀬堰のみ	祇園水門のみ
親魚放流数（尾）	2,000	←	←	←
繁殖参加率	0.8	0.85	0.85	0.85
孵化率	0.9	←	←	←
流下率	0.1	0.24	0.24	0.1
海域生存率	0.01	0.05	0.01	0.05
遡上率	0.85	0.90	0.90	0.90
余剰種苗放流（尾）	500,000	←	←	←
放流数（尾）	1,000,000	←	←	←
生存率	0.4	←	←	←
絶滅待ち時間（年）	存続	存続	存続	存続
平均尾数（千尾）	350	375	350	366

※短・中期的方策前の平均尾数は323千尾

【参考】効果の比較

- パラメーターを変化させることで、結果（資源量）は異なる。
- 実際に明確になっているパラメーターがほとんどないため、想定するしかないものの、資源量が「倍」になることはない（過剰な期待を抱かないことが重要である）。
- また、カワウの食害の影響により資源の10%に影響を受けると想定した場合（人による漁獲圧の増加）も、資源量ベースでは3万尾程度の「損害」になると想定される。



パラメーターの違いによる結果

今後の対応

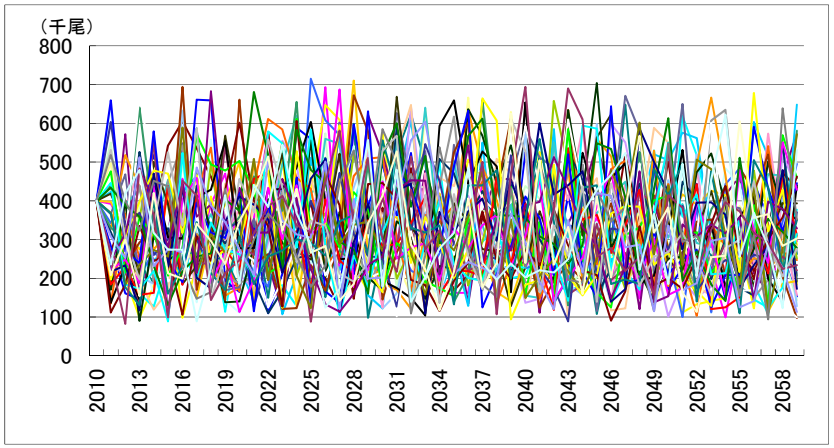
- 短期・中期的方策の実施とモニタリングの継続
  - 全体の効果検証は、漁獲量によるモニタリングが望ましいものの、漁獲量の急増が見込めない中、買取り調査は継続すべき

- 長期的方策の試行
  - 取組地点の下流域における流速の測定・流下仔魚調査
  - モデルを利用した効果の検証
  - シジミ・その他の生物等への影響のモニタリング

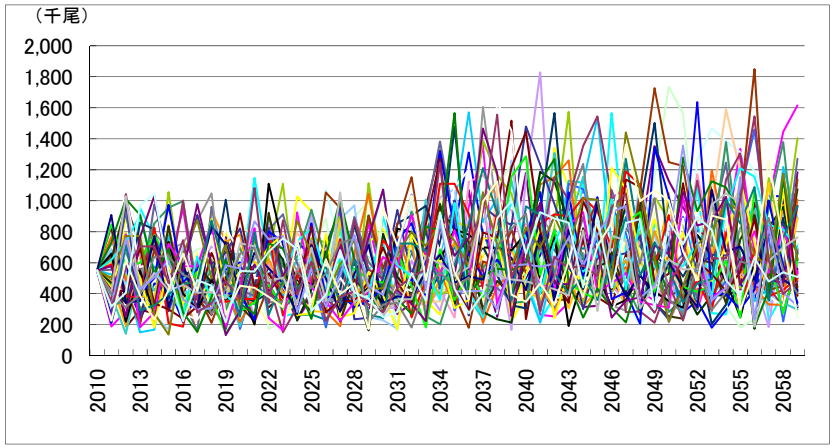
【参考】個体群モデルによる多摩川の再現

- シナリオ：25年後に多摩川において海域生存率が増加する
  - 親魚の個体数（漁獲数）が1.2倍となる。
  - ただし、漁獲量（重量）が増加しない可能性がある。

太田川



多摩川



モデルの計算結果

パラメーター	太田川	多摩川
初期親魚数（尾）	400,000	550,000
親魚放流数	―	―
繁殖参加率	0.8	←
孵化率	0.85	←
流下率	0.1	←
海域生存率	0.01	←：～25年 0.1：25～年
遡上率	0.85	←
余剰種苗放流	―	←
放流数（尾）	1,000,000	←
生存率	0.4	←
絶滅待ち時間（年）	存続	存続
平均尾数（千尾）	321	519：～25年 669：25～年

「太田川再生方針」に基づく取組

■　平成25年に策定された「太田川再生方針」では、アユとシジミの資源回復のために各々、短期・中期・長期的方策を提示しており、現在、短期・中期的取組を中心に実施中である。

	取組		
	短期的	中期的	長期的
アユ	• 生産施設における余剰種苗※の放流 • 産卵場の維持・造成 ※広島市水産振興センター並びに（一社）広島県栽培漁業協会が生産した、漁協への売り払い後の残余種苗	• 禁漁期間延長 • 晩期親魚放流 • 禁漁区間の設定・拡大 • 漁法の制限	• 稚魚遡上促進 • 親魚流下促進 • 仔アユ流下促進 • 太田川放水路の活用
シジミ	• 種苗放流（他産地種苗） • 種苗放流（人工種苗） • ネット被覆による食害防止	• 操業日の制限 • 禁漁区間の設定・拡大 • 漁獲サイズの制限 • 漁獲量の制限 • 稚貝の着底や成育に適した浅場の整備	（該当施策なし）

※赤文字は実施中の施策を示す（試験段階も含む）

平成28年度の調査概要

■ 調査目的

「太田川再生方針」に基づく取組の効果検証を実施するとともに、複数の関係者が方法等を調整する必要がある長期的取組を検討するための基礎的データを収集すること。

調査名	調査目的	調査方法
アユ買取り調査	「余剰種苗」の放流が、アユ資源に寄与しているのかを明らかにすること	漁業者からアユを買い取り、種苗の由来を判定する。 ※由来判定は広島大学に委託
流下仔魚調査	流下仔魚の供給状況・流下状況を明らかにすること	産卵場の直下や仔魚流下の要所となる地点で仔魚を採捕する。
アユ資源数理モデルを用いた総合的な効果検証	『太田川再生方針』で示された取組の天然アユの再生産に及ぼす効果の評価、「稚魚遡上促進」・「親魚流下促進」・「仔アユ流下促進」の妥当性を検証すること	過年度から今年度のアユの生息状況調査の結果及び太田川の現状やこれまでのアユ資源量増大に係る取組、今後実施予定の取組等の内容を踏まえ、アユ資源数理モデルを用いて効果検証を行う。
長期的取組の試験的試行に向けた水位等測定調査	産卵期（流下仔魚期）における祇園水門、大芝水門の流量調整の実施に向け、水位・塩分等の現状を把握すること	安芸大橋の潮止め堰直上・直下で、大潮・小潮が含まれる期間に水位・塩分の測定を行う。