

# 河川整備基金助成事業

## 「都市河川河口域の環境動態と稚アユの 大量遡上復活に関する研究」

助成番号：23-1215-028  
大阪市立大学大学院工学研究科  
教授 矢持 進

平成 23 年度

様式6・2

1. 調査・試験・研究

助成番号	助成事業名	所属・助成事業者氏名
23-1215-028	都市河川河口域の環境動態と稚アユの大量遡上復活に関する研究	大阪市立大学大学院 工学研究科 矢持 進
助成事業の要旨	<p>「目的」 大和川を管理する大和川河川事務所では水質改善の目標として「天然アユが100万匹遡上する川」を掲げており、2010年3月に大阪府柏原市にある柏原堰堤に新しく魚道を設置するなどアユが棲みやすい環境造りに取り組んでいる。しかし、大和川におけるアユに関する研究は近年始まったばかりで、天然アユの生息数などはわかっておらず、成育環境などに関するデータも少ない。本研究は「劣化した都市河川における豊かな汽水域環境の再生-天然稚アユが大量遡上する河口の復活-」を目標としているが、2011年は、新たに仔アユの接岸水域としての大和川河口域の評価、アユ稚魚の遡上阻害物質の河口域における分布、アユの遡上履歴を調べるための蛍光X線分析法、遡上したアユの産卵場造成の可能性などについて検討した。</p> <p>「内容」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・大和川河口域におけるアユの初期生活史</li> <li>・微小部蛍光X線によるアユ耳石中のSr分析法の検討</li> <li>・天然アユの遡上阻害物質「遊離アンモニア」の大和川下流域における分布</li> <li>・大和川における産卵場造成の試み</li> </ul> <p>「結果」</p> <p>1) 河口域またはその近傍にある人工干潟においてアユ仔稚魚の出現が確認された。東京湾においても人工海浜でアユ仔稚魚が出現し、幼仔魚期における成育場所となっている。今回の調査結果から、大阪湾奥域や河口域に浅場を造成すれば、アユ仔稚魚が成育場所として利用することが判明した。</p> <p>2) 耳石の二次元元素マッピング像を取得した結果、耳石中で特徴的に存在するSrの分布を鮮明に得ることができた。また、捕獲したアユの耳石の線分析を行い、養殖アユの耳石に含まれるSr強度の分布を基に、捕獲されたアユの中から天然アユと養殖アユの識別が可能であることが判った。今後、多数の耳石試料を経年的に調査し、大和川の水質汚濁の環境改善を示す一つの指標として、この分析手法が利用できるのではないかと考えられた。</p> <p>3) 大和川下流の支川（東除川）合流後から遊離アンモニア濃度の上昇がみられた。また、平水時よりも出水時の方が遊離アンモニア濃度の大きい傾向がみられる場合があった。ただし、稚アユの遡上阻害の影響指標値0.024mg/lを超える濃度にまでは至らなかった。U.S. EPAが定める遊離アンモニア濃度の基準0.01mg/lを超える地点もあることから、平水時の東除川合流後より下流の水域や出水後の河口域において、遊離アンモニア濃度の低下に向けてさらなる改善が必要であることが示唆された。</p> <p>4) 2011年は2007年よりも多数のアユ仔魚の流下が確認されたにもかかわらず、主産卵場と推察された河内橋において卵を多く見つけることが出来なかった。このことから主産卵場が河内橋付近ではなく、ここよりも大和川の下流域に存在する可能性が示唆された。</p>	

助成番号	助成事業名	所属・助成事業者氏名
23-1215-028	都市河川河口域の環境動態と稚アユの大量遡上復活に関する研究	大阪市立大学大学院 工学研究科 矢持 進

助成事業実施成果の自己評価

〔計画の妥当性〕

社会的ニーズに合ったテーマの設定、研究体制や実施の規模等についてはおおむね妥当であったと考えている。アユが100万尾遡上する都市河川「大和川」の再生を目指すためには、アユの生活史を考慮した河川環境の改善が必要であり、本助成による調査としては、仔魚の流下、河口への接岸、稚魚の遡上と成育に絞った現状の調査体制・計画・規模で良いと考えられる。

〔当初目標の達成度〕

大和川河口域への流下稚アユの接岸については、複数年の調査から、河口域に浅場を造成する効果の大きいことが明瞭になってきた(特に2012年3月に大和川河口に完成した人工渚において遡上前のアユが多く採集されたことから)。この結果は、全国の都市河川においてアユが遡上する「清流復元」を目指した活動が盛んになっていることや堆積河口土砂の有効利用などに一石を投じると考えられる。一方、稚アユの海域から河川中流域への遡上に関して、蛍光X線分析装置を用いた天然アユと放流アユの識別、ならびにそれと耳石の生態情報分析による天然アユの遡上数推定について一定の成果が得られた。この試みはおそらく日本で初めてであり、科学的裏付けのある遡上尾数の把握については地元の関心も強く、継続して取り組みを進めていく。産卵場造成の試みについては十分な知見が得られたとは言えず、主産卵場の把握に集中する必要がある。

〔事業の効果〕

国土交通省近畿地方整備局大和川河川事務所に提案し、同事務所の主催による2012年2月12日の「大和川水環境改善発表・研究・交流会2012 - 万葉の時代から現在にいたる水環境の変遷 -」において、本助成事業の担当者が中心的役割を果たし、研究成果の発表と啓蒙を行った。この交流会は大阪市立大学学術情報総合センターで開催し、地元市民・行政を中心に135名以上の参加者があり、本研究助成事業の成果を用いて、都市河川「大和川」の河川生態環境の現状と改善の方向性を説明した(右図参照)。大和川河川事務所からの依頼もあり、次年度も継続させることを考えている。

〔河川管理者等との連携状況〕

河川管理者(大和川河川事務所)とは調査開始前に打ち合わせを行い、定期的に会合を持つなどして、連携して調査・研究を進めることができている。また、河川事務所とは本研究も含め、大和川河川環境の再生・改善について広く意見交換し、河川環境事業のアドバイザーの役割を十分に果たしている。

大和川 水環境改善活動発表・研究・交流会2012

～万葉の時代から現在にいたる水環境の変遷～

大和川の周辺は古代の政治、経済、文化の中心地であり、飛鳥古宮、藤原京、平城京、藤原京などの都をはじめ、東大寺や法興寺、河内の大古墳地帯や国府、日本最大の仁徳天皇陵など、今なお日本の古代史にその名が残る遺跡が数多く点在する、日本文化の母なる地域です。

昭和30年頃の和川は、人々が水泳を楽しみ、川の水を飲み水として利用する身近な川でした。ところが昭和40年代に入り、高度経済成長とともに工場や家庭からの排水が大和川に流れ込み、水質が悪化。人々と大和川とのふれあいや大和川への関心は薄れ、アユをはじめとする多くの生き物たちが姿を消していきました。

その後、流域の下水道整備や、汚れた生活排水を減らすといった人々の意識の高まりと努力により大和川の水質は大幅に改善され、1972年(昭和47年)以降全国一級河川の水質現況でワースト3内にランキングされ続けていた大和川は2010年(平成22年)、公表39年目で初めてワースト3からの脱出を果たすことができました。

最近では天然アユの遡上が増えている大和川ですが、その兆しは確認されています。またアユをはじめとする生き物の生息環境として、瀬・淵、水際植生の減少など多くの改善点が残っています。そのため、水環境改善に向けた解決の方策を流域の方々から伺いながら活動していくことが大切であると考えます。

以上のことから、大和川を愛し水環境の回復を願う市民やNPO、企業、大学、行政の人々が知恵と行動力を合わせ、参加者の一人ひとりが「主体性とやりがい」のある活動を考える「大和川水環境改善活動発表・研究・交流会2012」を開催することにしました。

本発表・研究・交流会では、大和川の方々の時代から現在にいたる水環境の変遷等をとりながら、水質の変化にともなう大和川の生き物について学び、水環境改善に取り組んでおられる方々との意見交換を通じて、ひとりでも大和川の水環境の回復に賛同していただける方々を望みたいと思います。

2/平成24年 参加無料/事前申し込み制

2/12日 13:00~17:00 (受付12:00~)

会場/大阪市立大学学術情報総合センター 10階 会議室 定員250名

大阪市住吉区杉本3-3-138  
JR藤原和杉本駅(大阪市立大学前)下車徒歩5分  
地下鉄御堂筋線あびこ駅下車徒歩20分  
※校内に駐車場はありませんので公共交通機関をご利用下さい。

主催/国土交通省近畿地方整備局大和川河川事務所  
共催/大和川水環境改善活動推進協議会(近畿地方整備局・大阪府・京都市・河内市・河津市・河津町)  
協力/大和川市民ネットワーク、大和川(天然アユ)研究会  
協賛/社)土木学会関西支部 (社)日本水産学会近畿支部 大阪市立大学大学院工学研究科研究プロジェクト

- 目 次 -

1. はじめに	1
2. アユの初期生活史に関する調査	1
2.1 目的	1
2.2 調査概要と方法	1
2.2.1 大和川河口域におけるアユ仔魚の分布調査	1
2.2.2 大和川河口域に造成された人工渚におけるアユ仔稚魚の出現状況調査	2
2.2.3 調査で採集したサンプルの分析	3
2.3 結果と考察	3
2.3.1 大和川河口域におけるアユ仔魚分布調査	3
2.3.2 大和川河口域に造成された人工渚におけるアユ仔稚魚の出現状況調査	5
参考文献(第2章)	8
3. 微小部蛍光X線分析法によるアユの耳石中のSr分布解析	9
3.1 目的	9
3.2 実験	9
3.2.1 試料作成	9
3.2.2 装置および測定条件	10
3.3 結果と考察	10
3.3.1 耳石試料の二次元元素マッピング	10
3.3.2 耳石試料の線分析	11
3.4 まとめ	12
参考文献(第3章)	13
4. 大和川下流における遊離アンモニアの分布	14
4.1 目的	14
4.2 調査概要	14
4.3 結果と考察	15
4.4 まとめ	16
参考文献(第4章)	16
5. 大和川におけるアユ産卵場造成の試み	17
5.1 目的	17
5.2 産卵場の造成	17
5.2.1 造成の概要	17
5.2.2 結果と考察	17
5.3 主産卵場の推定	18
5.3.1 方法	18
5.3.2 結果と考察	19
5.4 まとめ	20
参考文献(第5章)	20

## 1. はじめに

大和川は奈良県の笠置山地を源流とし、大阪平野を西に流れ、大阪湾に注いでいる一級河川である。大和川の水質は高度成長期から人口増加による家庭排水や工業排水による河川への有機物流入量の増加により悪化した。しかしながら、流域の市民グループを巻き込んだ水質改善への取り組みの結果として、水質は徐々に改善されており、2004年のBOD濃度は環境基準値の5mg/lを達成した。また、大和川で成育する生物の種類や個体数の増加がみられ、2004年にはアユの生息が確認された。大和川を管理する大和川河川事務所では水質改善の目標として「天然アユが100万匹遡上する川」を掲げており、2010年3月に大阪府柏原市にある柏原堰堤に新しく魚道を設置するなどアユが棲みやすい環境造りに取り組んでいる。さらに、市民活動としてアユの種苗放流が行われている。しかし、大和川におけるアユに関する研究は近年始まったばかりであり、天然アユの生息数などはわかっておらず、成育環境などに関するデータも少ない。本研究は「劣化した都市河川における豊かな汽水域環境の再生-天然稚アユが大量遡上する河口の復活-」を目標としているが、2011年は、新たに仔アユの接岸水域としての大和川河口域の評価、アユ稚魚の遡上阻害物質の河口域における分布、アユの遡上履歴を調べるための蛍光X線分析法、遡上したアユの産卵場造成の可能性などについて検討した。

## 2. アユの初期生活史に関する調査

### 2.1 目的

アユは両側回遊魚であり、秋から冬にかけて卵からふ化した仔魚は、すぐさま川の流れにより海域へと流下し、春から初夏に河川に遡上するまでの間、海域生活を送る<sup>1)-4)</sup>。海域に流下したアユは成長に伴って分布域を変化させ、その生活段階は「海域に流下直後の沿岸浮遊期」「体長10~20mmに成長し砂浜海岸などの波打ち際に分布する接岸期」「波打ち際から生息域を沖合へと広げるシラス期」「遡上期」の4段階に分類される<sup>5)</sup>。これまでの調査において、大和川生まれのアユ仔魚が大和川河口域まで流下していることや、淀川感潮域を中心に大阪湾奥域においても岸沿い浅所の波打ち際に体長10~20mmのアユ仔魚が接岸することが確認された<sup>6)</sup>。

近年、大和川河口域では生物共生型護岸<sup>7)</sup>や堺2区沖での人工干潟の造成<sup>8)</sup>が行われ、これら人工的な渚は流下後の仔アユにとって接岸期以降の成育場所としての機能が期待される。本研究は大和川河口域において流下してきたアユ仔魚の分布および大和川河口域に造成されている人工渚におけるアユ仔稚魚の出現状況を明らかにすることを目的とし、以下の調査を行った。

大和川河口域におけるアユ仔魚の分布調査

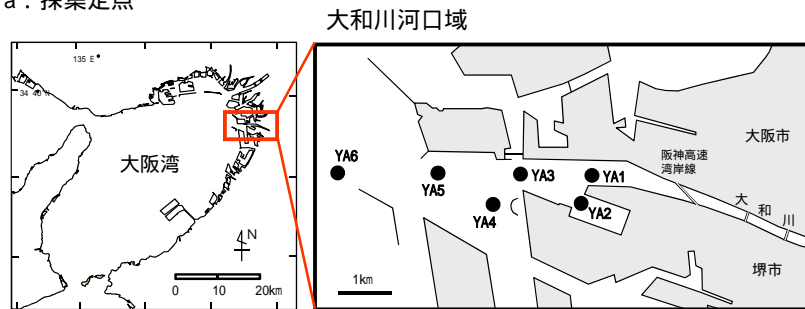
大和川河口域に造成された人工渚におけるアユ仔稚魚の出現状況調査

### 2.2 調査概要と方法

#### 2.2.1 大和川河口域におけるアユ仔魚の分布調査

調査は2011年11月7日、11月18日、11月28日、12月9日の計4回行った。大和川河口域に6定点を設け、採集前には各点でCompact CTD (ASTD-687型、JFEアドバンテック社製)により水温、塩分を測定した。仔魚の採集には口径80cm、網目0.5mm、側長3.8mの稚魚ネットを用いた。各定点において表層で船速約2ノット、5分~10分間の水平曳きを行った。曳網する際には網枠が水面から20cm出るように浮きを枠に取り付け曳網した。網枠には濾水計を取り付け、網口面積と濾水計の値から濾水量を算出し、採集尾数を1000m<sup>3</sup>あたりに換算した(図2・1)。

a. 採集定点



b. 採集方法

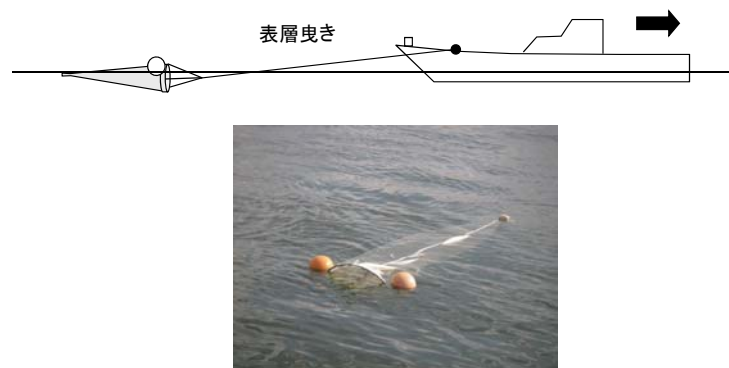


図 2-1 大和川河口域におけるアユ仔魚分布調査の採集定点および採集方法

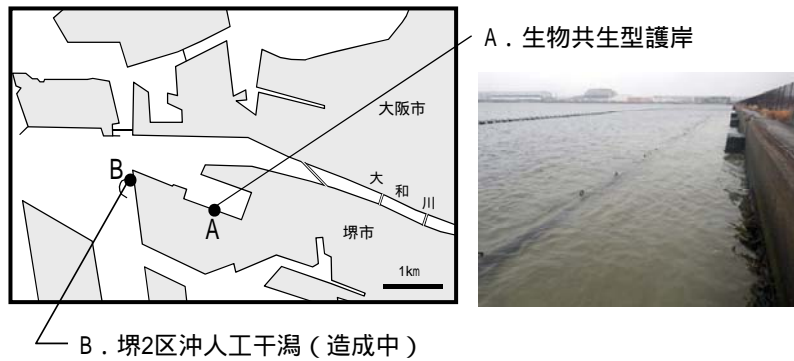
### 2.2.2 大和川河口域に造成された人工渚におけるアユ仔稚魚の出現状況調査

生物共生型護岸では 2011 年 11 月 7 日、11 月 18 日、11 月 28 日、12 月 9 日、12 月 27 日、2012 年 1 月 31 日、2 月 23 日、3 月 19 日に調査を行った。生物共生型護岸の干潟型護岸<sup>7)</sup>において小型曳き網(幅 4m、高さ 1m、網目 1mm)を用い、護岸に沿って一方の端からもう一方の端までの曳網を 2 回行った(図 2-2)。曳網距離をハンディ GPS で算出し、曳網距離 50m あたりの採集尾数に換算し、採集数は 2 回の曳網の平均値とした。

堺 2 区沖に造成中の人工干潟(以下、人工干潟)では 2012 年 2 月 23 日、3 月 19 日に調査を行った。現在、造成途中の人工干潟では石積護岸の北端部分に土砂の搬入路が設置されており、調査点は搬入路の北側と南側にそれぞれ設けた。アユ仔稚魚の採集には上述の小型曳き網と小型地びき網を用いた(図 2-2)。小型曳き網は、波打ち際を岸に沿って 2 分間の曳網を各点 2 回ずつ行った。生物共生型護岸での調査と同様、曳網距離 50m あたりの採集尾数に換算し、採集数は北側、南側計 4 回の曳網の平均値とした。小型地びき網(幅 11m、高さ 2.5m、魚獲り部の網目 5mm)は、波打ち際から約 50m 沖に網を入れ、両端のロープをたぐり岸までひき上げた。

採集時には採水により現場の表層水温、塩分を測定した。なお、採集時の潮時に関しては考慮していない。

### a. 採集定点



### b. 採集方法



小型曳網



小型地曳網  
(人工干潟のみ)

図 2・2 大和川河口域に造成された人工渚におけるアユ仔稚魚出現状況調査の採集定点および採集方法

### 2.2.3 調査で採集したサンプルの分析

サンプルは現場において 95%エタノールで固定後、実験室に持ち帰り、アユ仔稚魚を選別した。採集されたアユ仔稚魚については、採集数を計数、発育段階を判別し、体長を計測した。発育段階については卵黄吸収の有無および発育に伴う脊索末端の上屈度合いおよび鰭の形成度合いによる分類により卵黄嚢仔魚、上屈前仔魚、上屈仔魚、上屈後仔魚、稚魚に分けた<sup>9)</sup>。体長については卵黄嚢仔魚～上屈仔魚については脊索長を、上屈後仔魚、稚魚については標準体長を測定し体長とした。

## 2.3 結果と考察

### 2.3.1 大和川河口域におけるアユ仔魚分布調査

各採集日における定点別水深別の水温、塩分を図 2・3 に示す。調査期間中、水温は 11.5～23.2、塩分は 0.7～31.8 の範囲で推移した。曳網を行った表層の水温は 11 月 7 日、18 日には 20 前後であったが、11 月 28 日には 15～20 に 12 月 9 日には YA1～YA3 では 15 を下回った。一方、塩分について定点別にみると、YA1 および YA3 の表層では全ての調査日で塩分 25 を下回り、水深 1m 以浅で塩分躍層が形成され、河川水の影響がみられた。YA2 では 11 月 7 日、12 月 9 日に表層塩分が 15 を下回った。YA4 では 11 月 28 日に表層塩分が 20 前後まで下がったが、



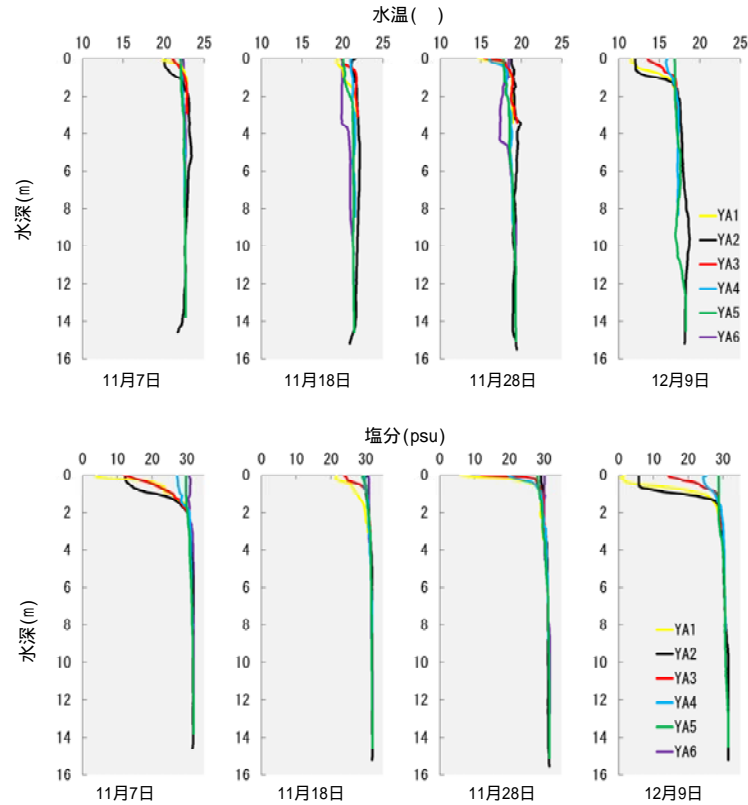


図 2・3 大和川河口域における調査日別の水温、塩分  
(上段：水温、下段：塩分)

YA1～YA3 ほど河川水の影響はみられなかった。YA5、YA6 の表層塩分は塩分 30 前後で、河川水の影響は他の点に比べほとんどみられなかった。

アユ仔魚の採集結果を図 2・4 に示す。アユ仔魚はいずれの調査日においても採集され、11 月 7 日には 26 尾 (13.3～77.5 尾/1000m<sup>3</sup>)、11 月 18 日には 3 尾 (4.4～5.5 尾/1000m<sup>3</sup>)、11 月 28 日には 2 尾 (8.6 尾/1000m<sup>3</sup>)、12 月 9 日には 29 尾 (10.3～43.1 尾/1000m<sup>3</sup>) の計 60 尾採集された。アユ仔魚は河口から約 2km 圏内にある YA1～YA4 で採集され、それよりも沖合にある YA5、YA6 では採集されなかった。YA1～YA4 は河川水の影響がみられた点であり (図 2・3)、今回の調査結果からも大和川河口域における流下後のアユ仔魚の分布に塩分の影響があることが示唆された。

各調査日に採集されたアユ仔魚の体長分布を図 2・5 に示す。採集されたアユ仔魚の大きさは体長 4.8mm～9.9mm で、卵黄嚢仔魚および上屈前仔魚の発育段階であった。卵黄未吸収の個体から接岸を開始するサイズと考えられる体長 10mm<sup>6)</sup> に近い個体まで採集されており、大和川河口域が流下後、接岸するまでの成育場となっていることが示唆される。また、卵黄嚢仔魚は 11 月 7 日に採集された後、11 月 18 日、11 月 28 日には採集されなかったが、12 月 9 日に再び採集された。大和川河口から約 7km 上流の点で本研究とほぼ同時期に行われた流下仔魚調査 (本報告書第 5 章) では 11 月上旬に流下数のピークがみられており、11 月 7 日にまとめて採集された卵黄嚢仔魚はこの時期に大和川でふ化し、流下してきたアユ仔魚の可能性が高いと考えられる。一方、12 月 9 日の採集結果からは 12 月にもある程度まとまった産卵があったことが推測されるが、大和川流下仔魚調査の 12 月における結果からはそのような様子はみられなかった。



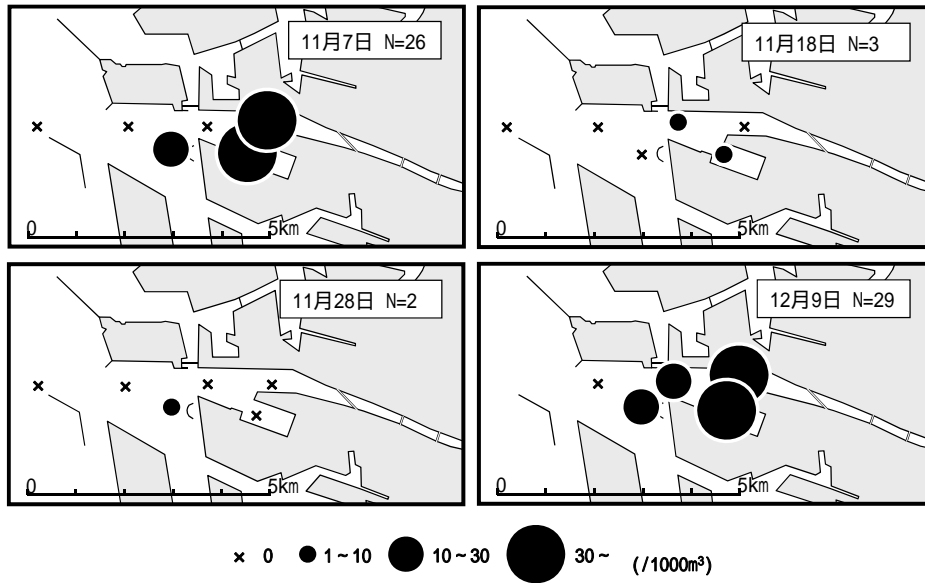


図 2・4 大和川河口域におけるアユ仔魚の採集結果（1000m<sup>3</sup>あたり）

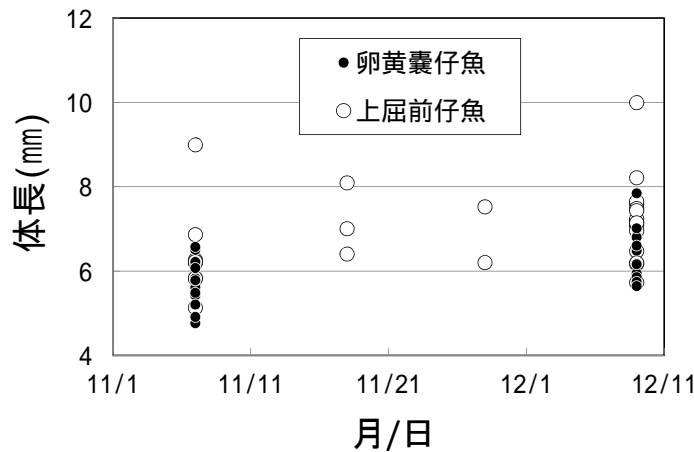


図 2・5 大和川河口域におけるアユ仔魚の各調査日における体長分布と発育段階

### 2.3.2 大和川河口域に造成された人工渚におけるアユ仔稚魚の出現状況調査

調査時の水温、塩分を図 2・6 に示す。調査期間中、生物共生型護岸における水温は 5.8～20.2℃、塩分は 5.8～29.2 の範囲で推移した。水温は 12 月に入ると急激に下がり、12 月 27 日には 5.8℃まで低下した。その後は徐々に上昇し、3 月 19 日には 10℃を上回った。一方、塩分は 11 月 11 日、11 月 18 日を除き塩分 25 を下回り、河川水の影響がみられた。人工干潟では、水温は生物共生護岸とほぼ同じ値であったが、塩分は生物共生護岸よりも高く、人工干潟内でも北側と南側で差がみられ、河口側に位置する北側で塩分が低く、河川水の影響がみられた。

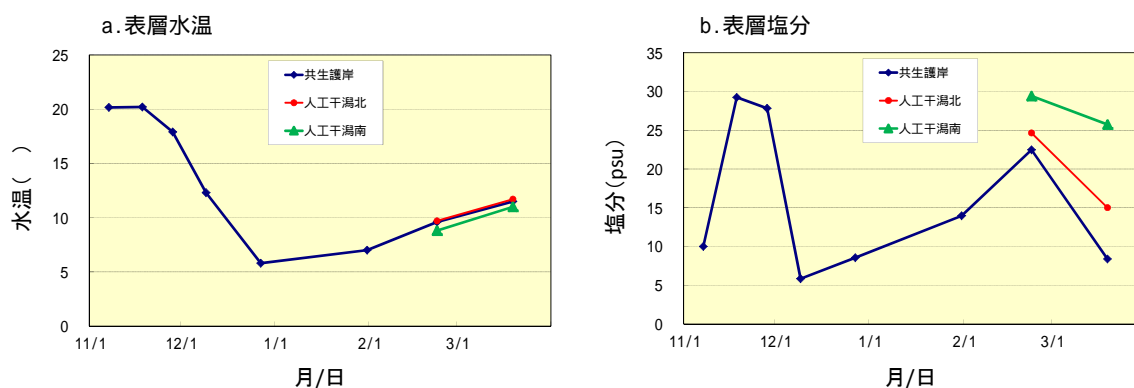


図 2・6 大和川河口域に造成された人工渚の各調査日における水温・塩分

生物共生型護岸におけるアユ仔稚魚の各調査日の採集尾数を表 2・1 に示す。11 月 18 日に初めて採集された後、11 月 28 日から 1 月 31 日の間は採集されなかったが、2 月 23 日、3 月 19 日に再び採集された。接岸期以降のアユ仔稚魚は水温が 10 を下回ると波打ち際から離れることが指摘されている<sup>3) 6) 10)</sup>。11 月 28 日以降に採集されなかった原因の一つとして 12 月に入り大きく低下した水温が考えられ、水温が 10 前後に回復した 2 月調査以降に再び採集されたことからこのことがうかがえる。

表 2・1 大和川河口域に造成された人工渚の各調査日におけるアユ仔稚魚採集尾数

調査年月日	小型曳網 (50m 曳網あたり)		小型地びき網 (1 曳網あたり)
	共生護岸	人工干潟	人工干潟
2011年 11月7日	0		
11月18日	4.5		
11月28日	0		
12月9日	0		
12月27日	0		
2012年 1月31日	0		
2月23日	0.6	0.3	4
3月19日	21.3	14.5	218

※2/23の小型地びき網は南側の点のみ曳網

生物共生型護岸の各採集日におけるアユ仔魚の体長組成を図 2・7 に示す。採集されたアユの大きさは体長 9.1mm から 46.4mm で、上屈前仔魚から稚魚の発育段階の個体であった。

11 月 18 日に採集されたアユは体長 9.1mm ~ 19.6mm の上屈前仔魚および上屈後仔魚であり、同日にアユ仔魚分布調査で採集された体長 7.0mm ~ 8.0mm の上屈前仔魚に比べると体長は大きく、発育も進んだ個体であった。他水域での報告<sup>1) 11)</sup>や昨年の淀川における調査結果<sup>6)</sup>からも波打ち際への接岸行動は体長 10mm 前後の個体から行われると考えられ、今回の結果も成長、発育により沖合から波打ち際に分布を変えたものと推測される。

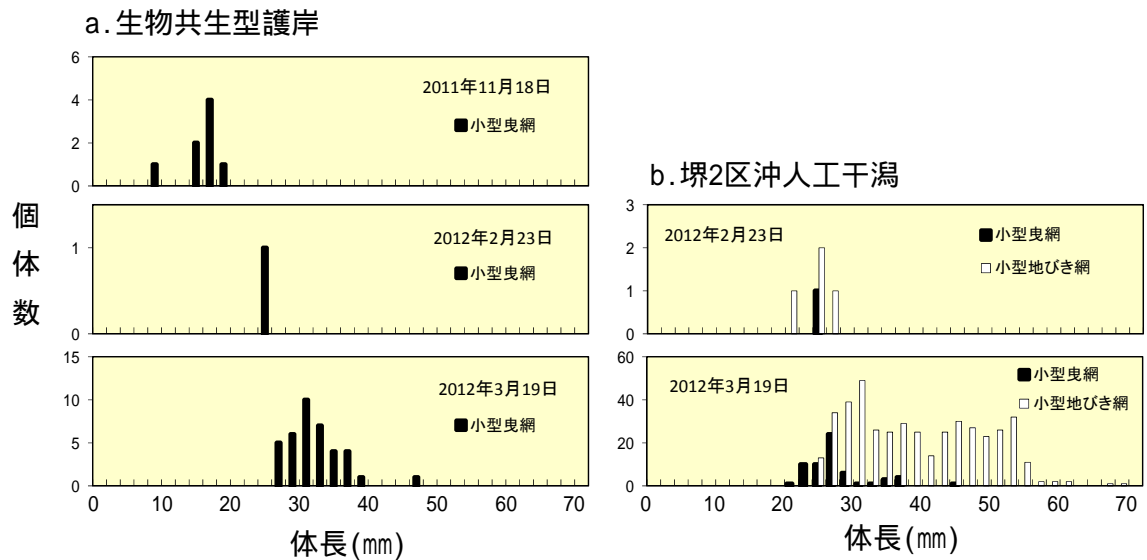


図 2-7 大和川河口域に造成された人工渚の各調査日におけるアユ仔稚魚の体長組成

人工干潟における各採集日における採集尾数を表 2・1 に、アユ仔稚魚の体長組成を図 2・7 に示す。人工干潟では調査を行った両日も採集され、小型曳網調査では同日に行った生物共生護岸とほぼ同数、ほぼ同じ大きさのアユ仔稚魚が採集された。さらに 3 月 19 日に行った小型地曳き網調査では 1 網あたりの採集尾数も 200 尾を越え、小型曳網調査では採集されなかった体長 40mm 以上のアユ稚魚が採集された (図 2・8)。前述のアユ仔魚分布調査は 11 月および 12 月にまとまった産卵が行われたことを推測させる結果であったが (図 2・5) 人工干潟で 3 月 19 日に採集された体長 30mm 前後の個体と体長 40~50mm の個体は明らかにふ化日が異なると考えられ、この結果からも産卵期が異なる群の存在が推測される。大和川下流で行われた流下仔魚調査では 12 月にまとまった産卵があった様子はみられず (本報告書第 5 章) ふ化時期により流下の成功率やその後の生残率が違う、あるいは他所でふ化した個体の可能性など考えられるが、現時点では不明である。

今回、生物共生型護岸および堺 2 区沖人工干潟ともにアユ仔稚魚の出現が確認された。東京湾においても人工海浜でアユ仔稚魚が出現し、海域における成育場所の一つとなっている<sup>12)</sup>。今回の調査結果から、大阪湾奥域においても浅場を造成すれば、アユ仔稚魚が成育場所として利用することが示唆された。



図 2・8 堺 2 区人工干潟・南側で小型地びき網により採集されたアユ仔稚魚

参考文献（第 2 章）

- 1) 高橋勇夫 (2005): 四万十川河口域におけるアユの初期生活史に関する研究、高知大学海洋生物教育研究センター研究報告、23、113-173 .
- 2) 田子泰彦 (2002): 富山湾の河口域およびその隣接海域表層におけるアユ仔魚の出現・分布、日本水産学会誌、68(1)、61-71 .
- 3) 田子泰彦 (2002): 富山湾の砂浜域砕波帯周辺におけるアユ仔魚の出現、体長分布と生息場所の変化、日本水産学会誌、68(2)、144-150 .
- 4) 大竹二雄 (2006): 海域におけるアユ仔稚魚の生態特性の解明、(独)水産総合研究センター研究報告、5、179-185.
- 5) 高橋勇夫 (1997): アユは生き残るか - 知られざる半生と資源保護、矢作川研究、1、221-235 .
- 6) 矢持 進 (2010): 河川・海洋生態系の連関を重視した河口域の環境動態と稚アユの遡上・成長に関する研究、河川整備基金助成事業成果報告書 平成 22 年度、pp.1-21 .
- 7) 高木裕子 (2010): 生物共生型護岸による港湾の環境改善について、平成 22 年度近畿地方整備局研究発表会 論文集、国土交通省近畿地方整備局研究発表会ホームページ <http://www.kkr.mlit.go.jp/plan/happyou/index.html> .
- 8) 大阪府都市整備部港湾局：人工干潟への取り組み、大阪府都市整備部港湾局ホームページ、<http://www.pref.osaka.jp/kowan/jigyoo/jinkohigata.html>
- 9) 河野 博・茂木正人・加納光樹 (2006): 体長の測定と発育段階．東京湾 魚の自然史 (河野博監・東京海洋大学魚類学教室編) 平凡社、東京、pp.55-59 .
- 10) 高橋勇夫・東 健作 (2006): 波打ち際でのアユの生活、ここまでわかったアユの本、築地書館、東京、pp.63-73 .
- 11) 東 健作・平賀洋之・堀木信男・谷口順彦 (2002): 和歌山県中部の砕波帯におけるアユ仔魚の分布、水産増殖、50、9-15.
- 12) 河野 博・島田裕至 (2006): 冬の湾奥の代表種 - アユ．東京湾 魚の自然史 (河野 博監・東京海洋大学魚類学教室編) 平凡社、東京、pp.148-160 .

### 3. 微小部蛍光 X 線分析法によるアユの耳石中の Sr 分布解析

#### 3.1 目的

近年、耳石の Sr 濃度あるいは Sr / Ca 比からアユなどの海水と淡水を行き来する回遊魚の回遊履歴を推定する技術が発展しつつある<sup>1)-3)</sup>。耳石とは、魚類の内耳の囊と呼ばれる小さな袋の中にある炭酸カルシウムの結晶で、平衡器官としての機能を備えている。魚類の耳石は、生きていた水の周辺環境に強く影響を受けることが分かっており<sup>4)</sup>、特に海水中の Sr 濃度は河川水中に比べて 100 倍以上の濃度であることから、海水に住んでいた時期に形成された日輪には河川に住んでいた時期に形成された日輪よりも多くの Sr を含んでいる。これを利用し、アユなどの回遊魚においては、耳石中の Sr / Ca 比を調べることで、その回遊履歴を推定することができる<sup>5)</sup>。さらに、Sr / Ca 比の分布の違いから人工放流されたアユと天然遡上アユの判別ができるとされている。

これまで魚類の耳石中の Sr 濃度比の調査には、電子プローブマイクロアナリシス (EPMA)<sup>1) 2) 3) 6)</sup>や荷電粒子 X 線発光分析 (PIXE)<sup>7) 8)</sup>を使用した測定が行われてきた。しかし、これらの方法で元素分析を行うためには、試料である耳石に導電性を持たせるためにカーボンコーティングなどの前処理を施す必要があり、電子を入射することによる試料へのダメージも無視できない。そのため、試料へのダメージが少なく、試料の前処理も簡単な蛍光 X 線分析法による耳石の測定も行われている。Tsukamoto 及び Nakai ら<sup>9) 10)</sup>は高エネルギー加速器研究機構 (KEK)、Photon Factory (PF) において 100 × 100 μm の X 線ビームを作製し、ウナギの耳石の分析を行った。Ca や Sr の元素イメージングを行い、得られた Sr / Ca 比からウナギの回遊履歴の検討を行った。本章では、ポリキャピラリー X 線レンズを装備した面内空間分解能 10 μm をもつ微小部蛍光 X 線分析装置を開発し、大和川で捕獲されたアユの微小部蛍光 X 線分析を行うことで、捕獲アユの生活履歴を調べた結果を報告する。

#### 3.2 実験

##### 3.2.1 試料作製

実験に用いたアユは、大阪府堺市を流れる大和川で投網を用いて採集したアユと、養殖アユの 2 種類である。捕獲したアユの総数は 100 尾であり、すべてのアユに対して全長と体長を測定し、体長のヒストグラムを作成した。体長に対するアユの数のヒストグラムを図 3・1 に示す。体長のヒストグラムに合致するよう、100 尾の捕獲したアユの中から、27 尾のアユを選別し、耳石を抽出した。

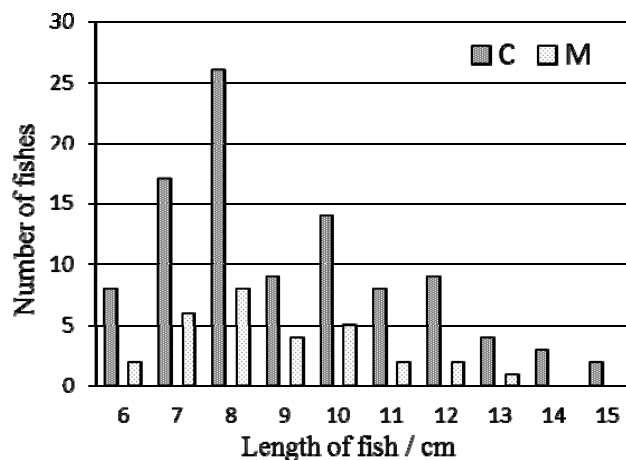


図 3・1 体長に対するアユの数のヒストグラム。C は捕獲されたアユ、M は選別測定されたアユに対する結果

耳石の抽出方法は、シャーレ内で柄付き針とピンセットを用いてアユの頭部を切り取り、頭部のみをスライドグラスに乗せた。その後、実体顕微鏡（NATURESCOPE、Nikon 製）で観察しながらアユの頭部の中から耳石（扁平石）を取り出した。スライドグラス上に耳石のみを残し、100%エタノールに浸しさらにエタノールを蒸発させることにより、耳石に付着していた水分を取り除いた。水分を取り除きエタノールが完全に蒸発したら、エポキシ樹脂を用いて耳石をスライドグラス上で固定した。固定後、樹脂の表面研磨を行い、耳石表面を露出させ、分析に供した。

### 3.2.2 装置および測定条件

実験装置の試料設置場所近傍を図 3・2 に示す<sup>11)</sup>。X 線管は封入式小型 X 線管（MCBM 50-0.6B、rtw 社製、Mo ターゲット）を用いた。X 線管は管電圧 50 kV、管電流は 0.5 mA で動作させた。X 線検出器はシリコンドリフト X 線検出器（X-Flash Detector Type 1001、BRUKER 社製、結晶面積: 10 mm<sup>2</sup>；エネルギー分解能: <150 eV at 5.9 keV）。検出器は試料に対して 45° の角度に設置した。ポリキャピラリー X 線レンズ（PCXL）は XOS 社製の長さ 100 mm、入射側焦点距離が 24.0 mm、出射側焦点距離が 2.4 mm、Mo K で評価した場合のビーム径が 10.1 μm のものを使用した。試料は XYZ 自動ステージ（YA05A-R1（X-Y ステージ）、ZA05A-V1（Z ステージ）；神津精機社製）上に置き、ステップモーターコントローラー（NT-2400、ラボラトリイクイップメント社製）により走査した。測定の際は試料が常に PCXL の焦点に合うように調整して測定を行った。

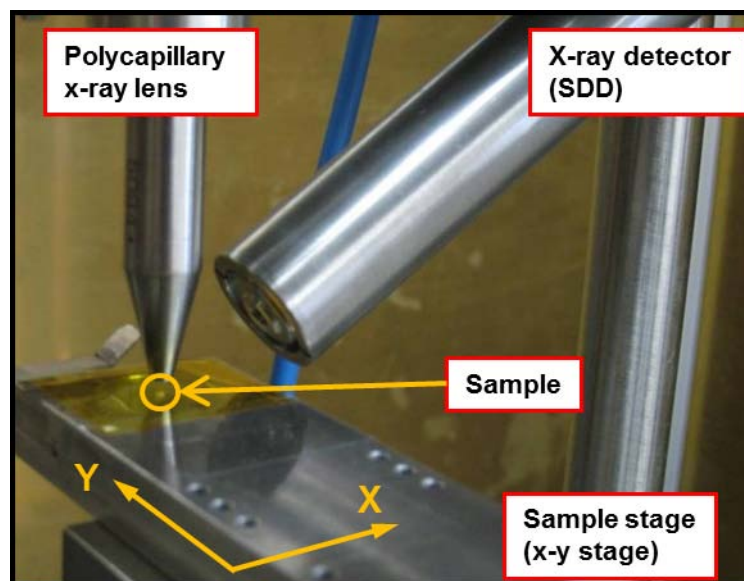


図 3・2 ポリキャピラリー X 線レンズを搭載した微小部蛍光 X 線分析装置の試料部の様子

## 3.3 結果と考察

### 3.3.1 耳石試料の二次元元素マッピング

前述の装置を使用して耳石試料の二次元元素マッピングを行った。測定条件は、1600 μm × 1600 μm の範囲をステップサイズ 20 μm で測定した。測定時間は 1 点につき 50 秒間 Live Time で測定した。測定に先立ち、耳石の数か所においてスペクトルを取得した結果、Ca、P、S、Ni、Sr、Zn、Mn の 7 種類の元素が検出され、これら 7 種類の元素をマッピングした。アユの二次元



元素マッピングで得られた画像を図 3・3 に示す。図 3・3 の左上図は、分析に供した耳石の光学顕微鏡写真である。マッピング分析の結果、Ca、P、S に比べ、Sr、Ni、Mn、Zn の元素が局所的に分布していることが分かった。とりわけ Sr は外周部に比べて耳石内部に偏在していることが分かった。これは、アユの仔魚が孵化した直後に降海し、その後、河川を遡上していることを示唆した結果といえる。耳石へ Sr が取り込まれる要因として、耳石の主成分である炭酸カルシウムの Ca と Sr は周期律表の同族にあり、化学的性質が似ているため耳石に取り込まれやすい<sup>8)</sup>。海水中の Sr 濃度は河水に比べて 100 倍高く、そのため Sr 濃度が高いということは海水中で生活していたことを示し、周辺部での Sr 濃度の減少は淡水中へアユが生活場所を移動したことを示している。さらに Ni、Zn、Mn の 3 種はそれぞれ特定の局所に多く存在しているが、アユが生息していた水環境に存在していた Ni、Zn、Mn が耳石に取り込まれたとは考えにくく、耳石摘出時や樹脂による包埋処理による汚染であると推察される。

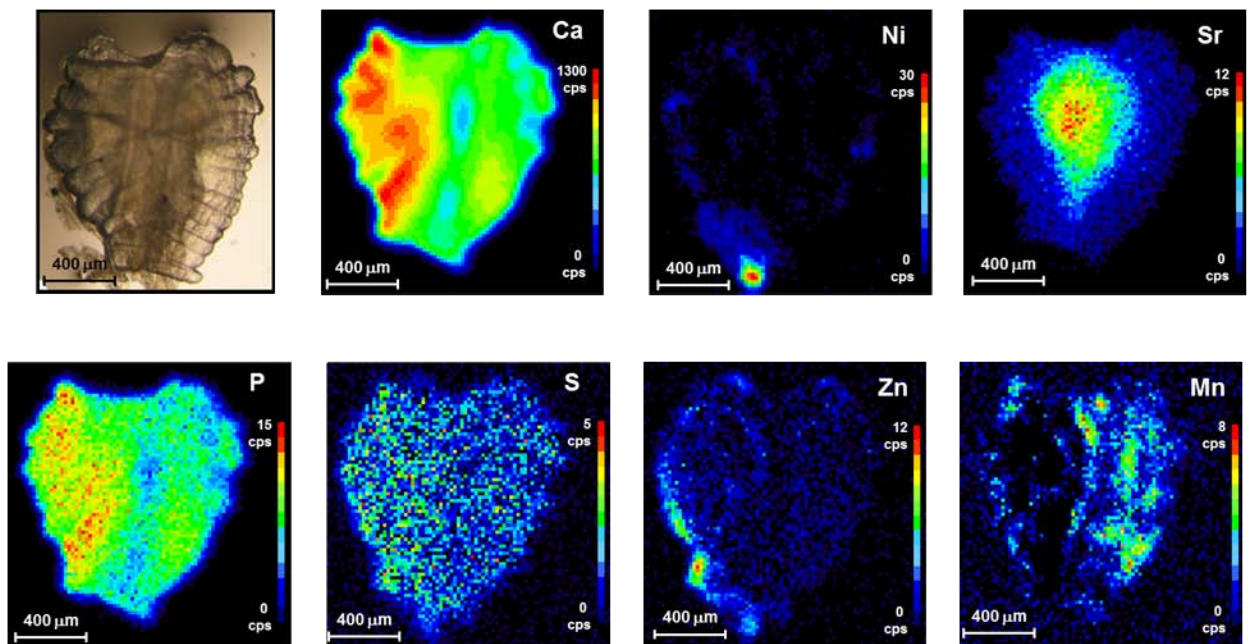


図 3・3 微小部蛍光 X 線分析による 大和川で捕獲されたアユの耳石中の Ca, Ni, Sr, P, S, Zn, Mn の各元素分布解析結果

### 3.3.2 耳石試料の線分析

耳石に含まれる Sr の強度分布を調べるため、耳石試料の長軸方向に対して 10 μm 毎、500 秒間測定を行った。得られた Sr の強度分布は耳石の中心において最大値を示し、耳石の端へ行くほど Sr の強度は弱くなった。これは、元素マッピングで得られた結果と同様に、アユが孵化した後は海水中で成長し、その後淡水域へ移動したことを示している。図 3・4 に耳石の中心から端までの Sr 強度分布を示す。アユの生活履歴に依って、3 つの Sr 強度分布に分類することができた。図 3・4(a)は測定した養殖アユ 7 尾のうち典型的な 4 尾の Sr 強度分布を示している。耳石中心(0 μm) から 400 μm の距離までに Sr 強度の減少が見られ、400 μm を過ぎると Sr 強度の変化は穏やかになった。つまり、耳石中心から 400 μm の間まで養殖アユは海水中で成長し、400 μm からは淡水中で成長したことを示している。この強度分布は測定した養殖アユ 7 尾に共通して見られた。養殖アユを捕獲した日は同一であるので、耳石の中心から端までの距離は同じになるはず



であるが、アユから耳石を抽出する際に欠損が生じたり、耳石をエポキシ樹脂で固定後、耳石表面を露出させるため研磨した際に欠損が起こったため耳石の長さに違いが生じたと考えられる。養殖アユは海水中で育った期間が一定であるので、養殖アユの耳石に含まれる Sr の強度分布の変化にもこのような特徴がみられるはずである。すなわち、Sr の強度が 400  $\mu\text{m}$  までに減少し、その後、強度に変化が見られないという Sr の強度分布を示すものが捕獲アユの耳石試料の線分析結果から見いだせれば、その耳石試料は養殖アユ由来であると考えることができる。

図 3・4 (b)、(c) に示すプロファイルは、いずれも捕獲したアユに対して得られた Sr 強度分布である。図 3・4 (b) に捕獲したアユの中から、図 3・4 (a) と同様な Sr 強度分布を示した 4 尾の耳石試料の線分析結果を示した。これらは耳石中心から 400  $\mu\text{m}$  の間で Sr 強度の減少が見られることから、測定した捕獲アユ試料 27 尾の内、少なくとも 4 尾は養殖アユであることが示唆された。

図 3・4 (c) に捕獲したアユのその他の典型的な Sr 強度分布を示す。図 3・4 (a)、(b) とは明らかに Sr の強度分布に違いがみられる。耳石中心から端にかけて Sr 強度は凸形の分布を示しており、400  $\mu\text{m}$  を過ぎても Sr 強度は高い状態を保っている。我々の今までの調査では、大和川における天然アユの孵化及び流下時期は 2009 年 11 月中頃がピークであり、天然アユの遡上時期は 2010 年 5 月下旬であることが判明している。今回の測定に用いた捕獲アユ試料は 2010 年 4 月下旬から 5 月上旬にかけて捕獲されたものであり、大和川に遡上して間もない天然アユを捕獲したことになる。よって、淡水で成長した期間が短く、Sr が低い一定の強度を示す期間がほぼ見られなかったと考えられる。以上のことから、養殖および捕獲アユの Sr 強度分布を比較する手法を用いることにより、捕獲されたアユの中から天然もしくは養殖アユを判別する事が出来た。

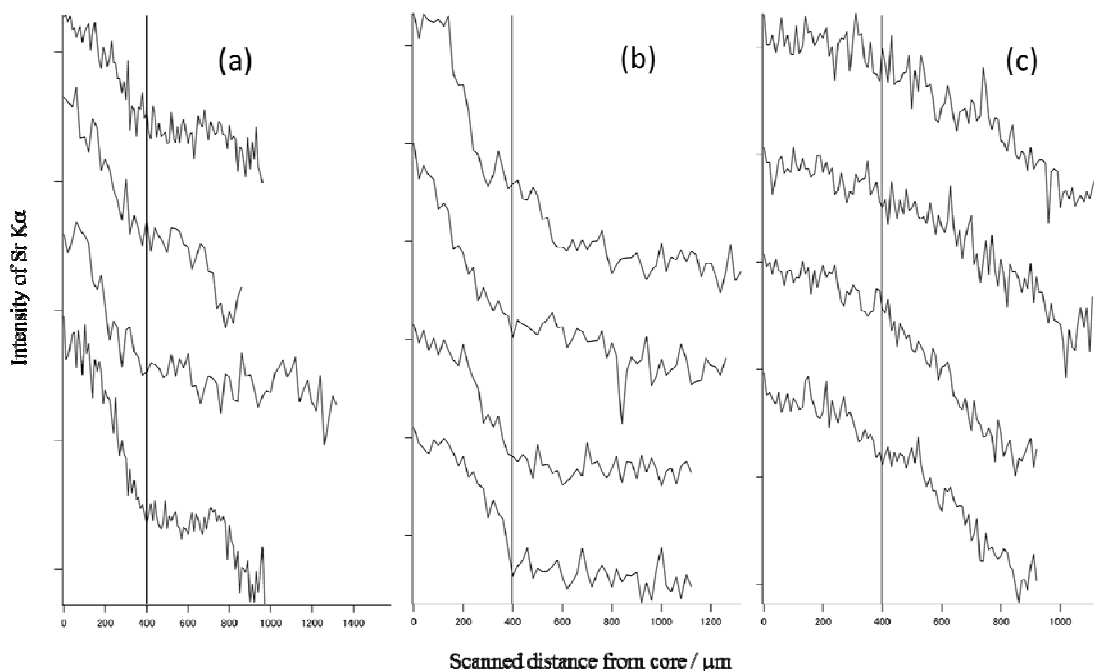


図 3・4 アユの耳石中の中心部から周辺に向かっての Sr K $\cdot$  蛍光 X 線強度分布. (a) 養殖アユ 7 尾のうち典型的な 4 尾に対する Sr 強度分布. (b)(c) 捕獲したアユに対する結果

### 3.4 まとめ

微小部蛍光 X 線分析装置を用いて鮎の耳石に含まれる元素のマッピング分析を行った。耳石の二次元元素マッピング像を取得した結果、耳石中で特徴的に存在する Sr の分布を鮮明に得ることができた。また、捕獲したアユの耳石の線分析を行い、養殖アユの耳石に含まれる Sr 強度の分布を基に、捕獲されたアユの中から天然アユと養殖アユの識別が可能であることが示唆された。今

後、多数の耳石試料を経年的に調査し、大和川の水質汚濁の環境改善を示す一つの指標として、この分析手法が利用できるのではないかと考えられる。

耳石の分析に用いられている EPMA や PIXE などと比べ、実験室において微小部蛍光 X 線分析装置の面内分解能は若干劣る。現段階ではポリキャピラリー X 線レンズを用いた X 線のビームサイズは 10  $\mu\text{m}$  程度であり、それと比較して耳石の日輪は一日に数  $\mu\text{m}$  ほど形成されていくため、アユの生活履歴を日毎に調べることは難しい。今後、より微細な X 線ビームを実験室において製作することができれば、より詳細な耳石の分析ができると思込まれる。

#### 参考文献 (第 3 章)

- 1) 清家 暁・二本木俊二・海野徹也・中川平介 (2002): 耳石 Sr/Ca 比による江の川アユ産卵群の由来判別、広島大学大学院生物圏科学研究科紀要、41、23-29.
- 2) 清家 暁・岡部正也・佐伯 昭・海野徹也・大竹二雄・中川平介 (2002): 耳石 Sr/Ca 比による高知県伊尾木川および物部川産アユの由来判別、日本水産学会誌、68、852-858.
- 3) 海野徹也・柴 智久・検崎仁美・柴田恭宏・長澤和也 (2007): 耳石 Sr/Ca 比による広島県芦田川水系における陸封アユの確認、広島大学大学院生物圏科学研究科紀要、46、35-42.
- 4) Bath, G. E., Thorrold, S. R., Jones, C. M., Campana, S. E., McLaren, J. W., and Lam J. W. H. (2000): Strontium and barium uptake in aragonitic otoliths of marine fish, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 64, 1705-1714.
- 5) Secor, D. H., Arzapalo, A. H., and Piccoli, P. M. (1995): Can otolith microchemistry chart patterns of migration and habitat utilization in anadromous fishes? , *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 192, 15-33.
- 6) Chang, C. W., Iizuka, Y., and Tzeng, W. N. (2004): Migratory environmental history of the grey mullet *Mugil cephalus* as revealed by otolith Sr : Ca ratios, *Marine Ecology-Progress Series*, 269, 277-288.
- 7) Morris, J. A. Jr, Rulifson, R. A., Babaluk, J. A., May, P. G., and Campbell, J. L. (2005): Use of micro-PIXE to investigate otolith Sr distributions of the anadromous striped bass, *Morone saxatilis* *X-Ray Spectrom.*, 34, 301-305.
- 8) Elfman, M., Limburg, K. E., Kristiansson, P., Malmqvist, K., and Pallon, J. (1999): Application of micro-PIXE to fish life history analyses: trace element analysis of otoliths, *Nucl. Instr. and Meth. in Phys. Res. B.*, 150, 272-276.
- 9) Tsukamoto, K., Nakai, I., and Tesch, W. V. (1998): Do all freshwater eels migrate? *Nature* 396, 635-636 (1998).
- 10) Nakai, I., Iwata, R., and Tsukamoto, K. (1999): Ecological study of the migration of eel by synchrotron radiation induced X-ray fluorescence imaging of otoliths, *Spectrochim. Acta, Part B*, 54, 167-170.
- 11) Matsuda, A., Nakano, K., Komatani, S., Ohzawa, S., Uchihara, H., and Tsuji, K. (2009): Fundamental characteristics of polycapillary x-ray optics combined with glass conical pinhole for micro x-ray fluorescence spectrometry, *X-Ray Spectrom.*, 38, 258-262.

## 4. 大和川下流における遊離アンモニアの分布

### 4.1 目的

「100万尾の天然アユが遡上する川」を目指す都市河川大和川において水質の改善は課題である。大和川の水質は高度経済成長期を機に水質が悪化したが、その後は2004年にBOD値が41年ぶりに環境基準値をクリアし(図4・1)、2009年には全国一級河川水質(BOD値)ランキングでワースト1位を脱却するなどBOD値については水質の改善が見られている。しかし、他の水質項目についてはデータの蓄積があまりされていない。今回は、水質項目のうちアユの遡上を阻害していると考えられ、家庭からの雑排水やし尿などに多く含まれているアンモニアに着目し、その中でも毒性の高い遊離アンモニア濃度<sup>1)</sup>について大和川縦断方向の調査を行い、どのような分布をしているのかを明らかにすることを目的とした。なお、調査範囲は、アユの棲息が確認されている河口から17.5kmの地点である柏原堰堤から河口域までとした。

大和川のBOD経年変化(大和川本川8地点のデータより)

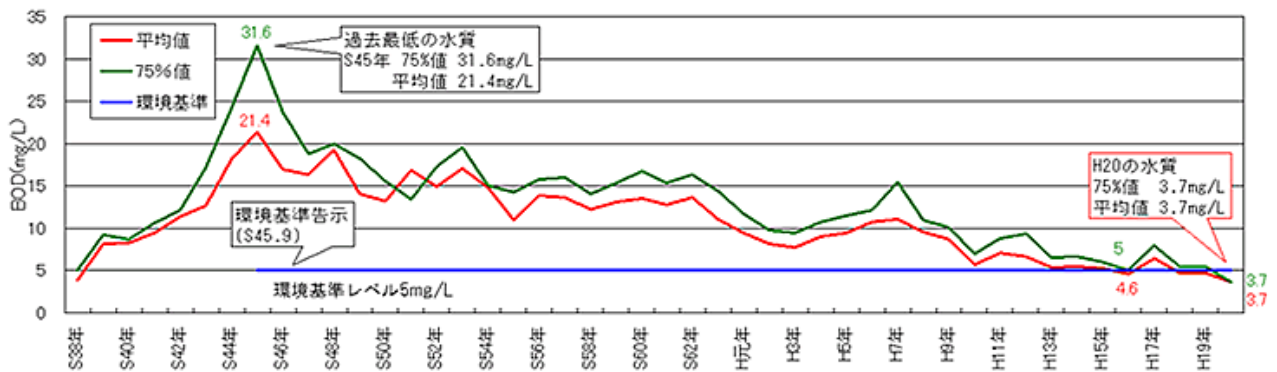


図4・1 大和川のBOD経年変化 大和川河川事務所資料より

### 4.2 調査概要

アユ遡上時期である5月の平水時に2回(2011年5月6日・5月16日)、出水時に1回(2011年5月25日)の計3回柏原堰堤から河口域まで縦断方向の採水調査を行い、水温・pHの計測を行った(表4・1、図4・2)。採水した水はオートアナライザー(ビーエルテック社製自動栄養塩分析装置AACS)を用いてアンモニア態窒素濃度の分析を行い、Anthonisenらの式<sup>2)</sup>を用いて遊離アンモニア濃度を求めた。調査地点は図4・2および表4・1に示す通り、上流は河口域から17.5kmに地点である柏原堰堤から大和川河口域までの計10地点とした。なお、St.3~St.6は大和川の支川である東除川と西除川の合流前後に当たる。

$$[\text{NH}_3] = \frac{[\text{NH}_4^+ - \text{N}] \times 10^4}{\exp(6844 / (378 + T)) + 10^4} \quad (1)$$

ここで、 $[\text{NH}_3]$ :遊離アンモニア濃度( $\text{mg l}^{-1}$ )、 $[\text{NH}_4^+ - \text{N}]$ :アンモニア態窒素濃度( $\text{mg l}^{-1}$ )、A:pH、T:水温( ) とする。

表 4.1 採水調査地点

St.	地点名	備考	St.	地点名	備考
1	柏原堰堤下		5	西除川合流前	西除川合流前
2	大正橋		6	西除川合流後	西除川合流後
3	明治橋	東除川合流前	7	遠里小野橋	
4	高野橋	東除川合流後	8	河口域	



図 4.2 採水地点図

#### 4.3 結果と考察

図 4.3 に、縦断方向における遊離アンモニア濃度を示す。全ての調査日にみられる特徴として、東除川合流後の St.4 において遊離アンモニア濃度の上昇があげられる。また下流域の遊離アンモニア濃度の高いことが分かる。さらに、調査日別の遊離アンモニア濃度の特徴として、平水時である 5 月 6 日の遊離アンモニア濃度が全体的にほかの調査日より高かった。5 月 16 日の平水時と 5 月 25 日の出水時を比較すると、遊離アンモニア濃度は平水時よりも出水時の方が高い。支川との合流にともなう水質の変化については、東除川の合流前(St.3)に比べ合流後(St.4)に 2 倍から 3 倍の濃度上昇がみられたが、西除川合流前後(St.5 と St.6)については極端な濃度上昇はみられなかった。河口域に当たる St.8 の遊離アンモニア濃度は出水時が最も高い値であった。

なお、稚アユの遡上における遊離アンモニアの影響指標値として、0.024mg/L に達すると影響を与えるという報告があるが<sup>1)</sup>、今回の調査では 0.024mg/l の濃度を超えるような遊離アンモニア濃度は認められなかった。ただし、アメリカの政府機関である U.S. EPA (United States Environment Protection Agency)は、遊離アンモニアの適正な基準を 0.01mg/l 以下としている<sup>3)</sup>。今回の調査では、5 月 6 日の東除川合流後より下流の複数地点や、5 月 25 日の出水時の河口域ではこの基準を超えている。安全な稚アユの遡上環境を達成するためには、下流部の支川と本川河口域の遊離アンモニア濃度の改善が必要であると考えられる。

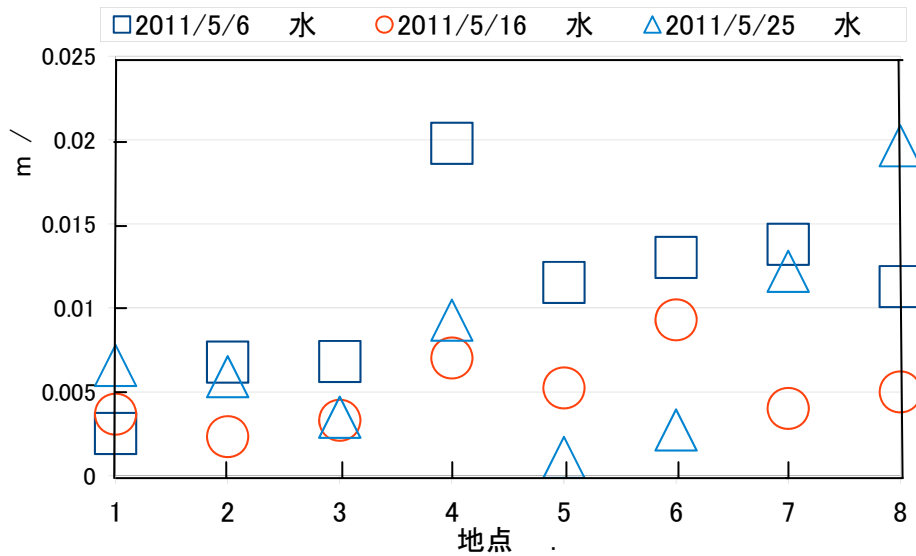


図 4.3 柏原堰から下流の遊離アンモニア濃度の変化

#### 4.4 まとめ

アユ遡上期の平水時と出水時に柏原堰堤から河口域まで現地調査を行い、遊離アンモニア濃度を測定した。その結果以下のことが明らかとなった。

東除川合流後から下流では、遊離アンモニア濃度の上昇がみられた。また、平水時よりも出水時の方が遊離アンモニア濃度の値が大きい傾向がみられる場合があった。稚アユの遡上阻害の影響指標値 0.024mg/l を超える濃度は認められなかった。ただし、U.S. EPA が定める遊離アンモニア濃度の基準 0.01mg/l を超える地点は、平水時の東除川合流後より下流の水域や出水後の河口域にみられたため、遊離アンモニア濃度の低下に向けてさらなる改善が必要であることが示唆された。

#### 参考文献（第 4 章）

- 1) 恩地 啓実, 矢持 進 (2011) : 大和川下流域における稚アユの遡上阻害要因に関する研究 遊離アンモニアがアユ稚魚の生残に及ぼす影響、環境アセスメント学会誌、19、62-68.
- 2) Anthonissen A.C., Loehr R.C., Prakasam T.B.S., and Srinath, E.G. (1976), Inhibition of nitrification by ammonia and nitrous acid, J. Water Pollut. Control Fed., 48, 835-852.
- 3) U.S. EPA (1989) Ambient water quality criteria for ammonia (saltwater)-1989. PB89-1952411 (水産用水基準 2005 年版から引用).



## 5. 大和川におけるアユ産卵場造成の試み

### 5.1 目的

奈良県と大阪府の都市部を流れている大和川は汚濁の進行した川として有名であったが、現在では水質改善が進み、2004年にはごく少数ではあるが、天然アユの生息が確認された<sup>1)</sup>。一般にアユの産卵に適した河床は5～50mmの小石が間隙の多くを占める「浮き石」状態であるが<sup>2)</sup>、大和川下流の河床はほとんどが砂でおおわれており、人工的に砂分を取り除き浮き石状態を造成する必要があった。そこで、2011年秋季に耕耘を行うことによって、人為的にアユの産卵場を造成し、卵の付着状況を観察するとともに、主産卵場を推定するための調査を行った。

### 5.2 産卵場の造成

#### 5.2.1 造成の概要

柏原堰堤下流の河内橋直下を産卵場造成地とした(図5・1、5・2)。ここは過去に産卵が確認されている場所であり、砂におおわれている大和川でも比較的礫が露出している。2011年10月23日に、上流から下流にむかって約50m<sup>2</sup>の河床をスコップやレーキによって耕運することで、河床に堆積している砂を除去した。また、2011年10月29日から11月22日まで、3日に1度の頻度で河内橋直下にて産卵の有無について目視確認を行った。

#### 5.2.2 結果と考察

耕運した場所からアユの卵が個体(粒径1mm)発見された(図5・3)。卵の確認された石の粒径はいずれも約50mmであり、既往の研究の知見<sup>2)3)</sup>と一致した。しかしながら、後述するように、この時期に流下仔魚が比較的多数下流部において確認されており、流下仔魚数に比べて確認された卵数が少なく、主産卵場が別水域にある可能性が示唆された。



図5・1 大和川下流



図5・2 柏原堰堤付近における産卵場造成場所

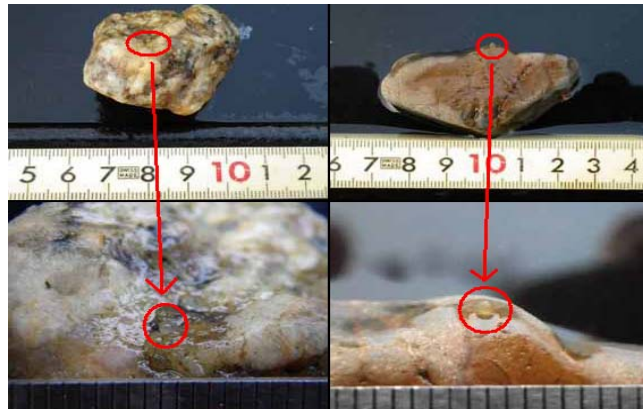


図 5.3 確認されたアユの卵（大和川河川事務所より）

### 5.3 主産卵場の推定

#### 5.3.1 方法

大和川におけるアユの孵化を確認するため、2011年11月から12月にかけて5回、仔魚の流下状況を調べた。採集場所はJR阪和線から300m上流の大和川流心（大阪市立大学前）である（図5.4）。採集はノルパックネット（口径45×45cm、長さ180cm、目合い0.49mm）（図5.5）によって行い、夜間の20時、23時、2時に各10分間の採集を行った。また、主産卵場は、日没後の18時頃に卵からの孵化が行われること、流下仔アユの時刻別採集状況、ならびに柏原堰堤から採集場所までの500m毎の流速（アレック社製COMPACT-EMで計測）などから推定した。



図 5.4 流下仔魚採集調査地点



図 5.5 ノルパックネット



### 5.3.2 結果と考察

2011年の流下仔魚の採集結果を2007年と比較した(図5・6、5・7)。日没後から午前2時までで採集数が最も多いのは、両年とも午前2時であった。なお、2時以降に採集流下仔魚が減少するのは恩地らによって報告されている<sup>4)</sup>。2011年の一日当たりの流下仔魚数についてはピーク時が45万尾であり、2007年の30万尾を上回った。また、両年の同時期の採集数を比べると、いずれも2007年のほうが2011年より多かった。これらのことから2007年は2011年より産卵活動が活発であったことが窺われる。

次に、各測定点の流速を用いて、基準となる各橋から仔魚採集場所(大阪市立大学前)までの流下時間を推定したものを示す(表5・1)。採集場所において午前2時に仔魚の流下のピークが認められたこと、また、孵化時刻を日没後の18時と考えると、午前2時に採集される仔魚の多くは流下時間が約8時間となる河内橋直下で生まれた可能性が高いと一見考えられる。しかしながら、今回の流下時間計測は流心の流速を計測することによって求めたものであり、遊泳能力に乏しい仔魚は、流れの停滞している堰の手前や水草帯で滞留することが大いに考えられる。そのため、河内橋付近に造成した産卵場で生まれた仔魚は午前2時には大阪市立大学前の採集場所に到達しないと推察される。また、20時や23時にも流下が確認されているが、これらの個体は柏原堰堤より短い下流で孵化したと考えられる。いずれにしても、アユ卵の発見数が極めて少ないことや到達時間の妥当性などから、大和川に遡上した天然アユは、従来産卵場と言われてきた河内橋付近より下流で産卵している可能性が示された。

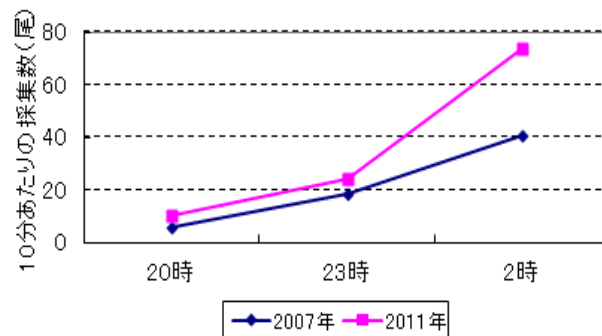


図5・6 2011年と2007年の時刻別流下仔魚数  
(値は各調査日の平均値)

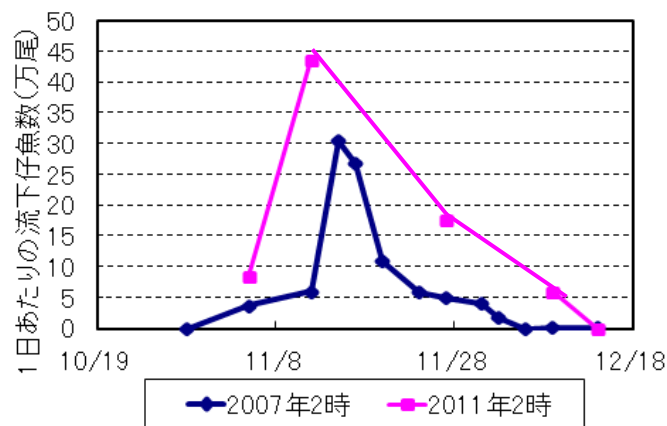


図5・7 2011年と2007流下仔魚数の経日変化

表 5・1 各橋から採集地点までの距離と流速から求めた流下時間

区画内の各橋	採集場所までの距離 [km]	採集場所までの流下時間 [時間]
柏原堰堤	11.05	8.3
河内橋	10.75	8.2
新大井橋	9.75	7.5
大正橋	8.25	6.5
新明治橋	6.65	5.3
明治橋	5.95	4.9
高野大橋	4.25	3.9
阪神高速	4.05	3.8
近鉄南大阪線	2.45	1.8
下高野橋	2.30	1.6
行基大橋	2.00	1.3
吾彦大橋	0.70	0.4
採集場所	0.00	0.0

#### 5.4 まとめ

2011 年は 2007 年よりも多数のアユ仔魚の流下が確認されたにもかかわらず、主産卵場と推察された河内橋において卵を多く見つけることが出来なかった。このことは主産卵場が河内橋付近ではなく、ここよりも大和川の下流域に存在する可能性を示唆している。

#### 参考文献(第 5 章)

- 1) 国土交通省大和川河川事務所 HP, <http://www.kkr.mlit.go.jp/yamato/index.php>
- 2) 石田力三 (1990): 「アユの産卵場」、水産増殖、138, No2 p.p.207-208.
- 3) 高橋勇夫、東健作 (2006): ここまでわかったアユの本、築地書館、東京、265pp.
- 4) Onchi H. and S.Yamochi (2011): Occurrence of Ayu *Plecoglossus altivelis* at the Mouth of the Yamato River, Japan, 日中科学技術交流大阪シンポジウム論文集, p.p.3.39-42.