

亀岡市都市計画公園及び京都スタジアム(仮称)の整備計画の
策定にあたり考慮すべき基本方針（ Ver3.2 ）

「京都・亀岡保津川公園」におけるアユモドキ
保全のための課題と対策について

平成30年11月15日

京 都 府

亀 岡 市

目次

はじめに	1
1 事業概要	2
(1) 亀岡市都市計画公園の事業概要.....	2
1) 公園整備事業.....	2
2) 道路整備事業.....	2
(2) 公園区域の位置と水路ネットワーク.....	3
2 保護増殖のための新たな繁殖施設の整備.....	4
(1) 保護増殖のための「共生ゾーン」整備の経過.....	4
(2) 平成 26 年、27 年の調査結果概要.....	4
1) 閉鎖水域における実験.....	4
2) 開放水域における実験.....	4
(3) 平成 28 年度のモニタリング調査結果.....	5
1) 親魚の進入・産卵状況調査の結果.....	5
2) 仔稚魚の生息・成育状況調査の結果.....	6
3) モニタリング調査のまとめ.....	7
(4) 新たな繁殖施設整備の評価と課題.....	8
1) 生息環境再生の現状と課題.....	8
2) 繁殖実験地の維持、改善策.....	10
3 アユモドキが利用する水路ネットワークの現状.....	13
(1) 生息現状の調査.....	13
1) 調査の目的と調査環境.....	13
2) 周辺区域と農業用水路・排水路の概況.....	13
(2) アユモドキ仔稚魚の発育段階区分.....	14
(3) 仔稚魚の成育状況.....	16
1) 曾我谷川における成育状況.....	16
2) 水路における成育状況.....	16
(4) アユモドキ稚魚が利用する水路環境の特徴.....	17
1) 中干し期前（稚魚期（前期・中期））の利用環境.....	17
2) 中干し期後（主に稚魚期（後期））の利用環境.....	17
3) 一般化線形モデルによるその他の解析結果.....	17
4) 水路環境条件についてアユモドキ稚魚と共通性が高い魚種.....	18
5) 水田転作の実施とアユモドキ稚魚の水路利用状況.....	19
(5) アユモドキの餌生物調査（糞分析による）.....	19
1) 中干し期前までの餌生物と成育環境.....	19
2) 中干し期後の餌生物と成育環境.....	20

(6) プランクトン調査.....	21
1) 水田のプランクトン.....	21
2) 水路・河川のプランクトン.....	21
3) プランクトンからみた水田と水路の関係.....	23
(7) 底生動物調査.....	24
1) 底生動物調査の結果.....	24
2) 水路間の違いとその要因.....	25
3) 底面と壁面の比較.....	27
4) 水路構造の違いと底生動物.....	27
5) 中干し期前後の比較.....	27
6) 礫搬入による底生動物の環境改善.....	28
(8) アユモドキ仔稚魚の発育段階と成育状況.....	28
4 アユモドキ仔稚魚が成育する水路環境条件の評価.....	30
(1) 曾我谷川の産卵場との連続性.....	30
(2) 水田吐口との位置関係等.....	30
(3) 水路の物理環境.....	31
1) 流速.....	31
2) 水路構造.....	31
3) 植生.....	32
5 アユモドキの成育場としての各水路の評価と整備の基本方針.....	33
(1) 各水路の現状評価.....	33
1) 曾我谷川（産卵場）.....	33
2) α 1 水路.....	33
3) α 2 水路.....	34
4) α 3 水路.....	35
5) α 4 水路.....	36
6) α 5 水路.....	36
(2) 水路整備の基本方針.....	37
1) α 1 水路.....	37
2) α 2 水路.....	37
3) α 3 水路.....	38
4) α 4 水路.....	38
5) α 5 水路.....	38
6 「京都・亀岡保津川公園」におけるアユモドキ保全のための課題と対策.....	39
(1) 繁殖施設の整備.....	39
1) 包括的な保全計画における位置づけと関係者の連携.....	39
2) 成魚の繁殖施設への進入の改善.....	39

3) 産卵環境、成育環境の改善.....	39
4) 捕食者や外来種の侵入抑制.....	40
5) 管理マニュアルの作成と作業記録による効率化.....	40
6) 繁殖施設の拡大.....	40
(2) 餌生物環境の保全.....	40
1) 曾我谷川の産卵場の餌生物環境.....	40
2) 稚魚期（前期）から稚魚期（中期）までの餌生物環境.....	41
3) 稚魚期（後期）の餌生物環境.....	41
(3) 発育段階に応じた水路環境の保全と改善.....	42
1) 全区間（各発育段階に共通）.....	42
2) 背水部区間（稚魚期（中期）までに利用する区間）.....	42
3) 背水部区間より上流区間（稚魚期（中期・後期）に利用する区間）.....	42
(4) アユモドキ保全のための官民協働の推進.....	43
(5) 普及啓発活動の拠点整備.....	43
(6) まとめと今後の課題.....	44

資料

アユモドキ等の自然環境と共生する亀岡市都市計画公園及び京都スタジアム（仮称）の整備について（ロードマップ（案））【スタジアム建設】.....	45
アユモドキ等の自然環境と共生する亀岡市都市計画公園及び京都スタジアム（仮称）の整備について（ロードマップ（案））【亀岡駅北土地区画整理事業】.....	46
アユモドキ等の自然環境と共生する亀岡市都市計画公園及び京都スタジアム（仮称）の整備について（ロードマップ（案））【京都・亀岡保津川公園エリアを中心としたアユモドキ等保全の取り組み】.....	47
亀岡市都市計画公園及び京都スタジアム（仮称）に係る環境保全専門家会議 委員名簿.....	48

はじめに

京都府と亀岡市は、「アユモドキ等の自然環境と共生する公園・スタジアム」を実現するため、平成 25 年度から平成 27 年度にかけて、亀岡市都市計画公園「京都・亀岡保津川公園」を整備しその敷地内に「京都スタジアム」(仮称)を整備することによるアユモドキの生息環境等に及ぼす影響について、動植物調査、アユモドキ生息環境調査、アユモドキ生息環境再生整備実験及び水田環境実証実験等を実施するとともに、環境保全専門家会議の各委員をはじめ専門家の意見を受け慎重に検討を重ね、「亀岡市都市計画公園及び京都スタジアム(仮称)の整備計画の策定にあたり考慮すべき基本方針(以下、「基本方針」と言う。)(Ver. 2)」(平成 28 年 3 月 31 日)を策定した。

その後、平成 28 年 4 月 27 日に、環境保全専門家会議の村上座長からアユモドキの生息環境の保全と地域の保全活動の維持・発展につながる「京都スタジアム」(仮称)の整備との両立を早期に実現させるため「アユモドキ等の自然環境と共生する亀岡市都市計画公園及び京都スタジアム(仮称)の整備について(座長提言)」(以下「座長提言」と言う。)が提出された。

京都府と亀岡市は、その対応について慎重に検討した結果、平成 28 年 8 月 24 日に座長提言の受け入れを表明し、「京都スタジアム」(仮称)を亀岡駅北土地区画整理事業地で整備することによるアユモドキの生息環境に及ぼす影響等について調査を行った。

これらの調査結果及び環境保全専門家会議委員各位の専門的見地による様々な角度からの分析、検討を重ねとりまとめた「京都スタジアム(仮称)整備事業に係る環境への影響について」(以下、「環境の評価」と言う。)を、平成 29 年 5 月 17 日に開催の「第 34 回環境保全専門家会議」に報告し、了承を得た。さらに、平成 29 年 6 月 5 日に開催の平成 29 年度第 1 回「京都府公共事業評価に係る第三者委員会」で、この環境保全専門家会議の協議結果が尊重され、「京都スタジアム」(仮称)整備の工事着手が了解されたところである。

また、亀岡市都市計画公園「京都・亀岡保津川公園」整備については、平成 28 年度以降も実証実験を継続するとともに、アユモドキに代表される貴重な自然環境や周辺の里地・里山に広がる文化的遺産の価値を広く市民が享受し、次代に引き継ぐに相応しい機能を備えた都市計画公園として整備できるよう検討してきたところである。

先の「環境の評価」については、「基本方針 (Ver. 2)」の系統的な改定に反映すべき内容であることから、平成 29 年 7 月 14 日に「基本方針 (Ver. 3. 1)」として既に公表したところである。

そこで本稿は、平成 28 年度までのアユモドキ生息環境調査や実証実験の結果と環境保全専門家会議の各委員をはじめ専門家の意見を基に、新たな繁殖施設としての機能を備えるに至った繁殖実験地の順応的な管理、改善の方策やアユモドキが利用する水路ネットワークの保全、改善の方策をとりまとめ、「基本方針 (Ver. 2)」を補完する「基本方針 (Ver. 3. 2)」として策定したものである。

なお、これらの方策は、「京都・亀岡保津川公園」内の北西部に「京都スタジアム」(仮称)建設地を仮決めした環境の下で実施した調査や実験結果に基づく検討の結果であるが、既に「京都スタジアム」(仮称)建設地を変更した現在においても、「京都・亀岡保津川公園」がアユモドキの重要な生息地であることからアユモドキの保全策を検討、実施していく上で重要な意義を有している。

今後は、広域的な生息環境改善施策と連携して将来にわたるアユモドキ個体群の安定的維持を図るため、「基本方針」に基づいて都市計画公園整備事業を進めるものである。

1 事業概要

(1) 亀岡市都市計画公園の事業概要

1) 公園整備事業

都市計画公園「京都・亀岡保津川公園」整備事業は、周辺に生息するアユモドキ等の生息環境に配慮した施設整備や子どもたちが自然と触れ合う場の整備、農業体験等を通して、「自然と共生」することを体感できる総合公園として整備し、保津川下り等の観光資源や周辺で整備が進められている「京都スタジアム」(仮称)、亀岡駅北土地区画整理事業、保津川かわまちづくり等との相乗効果により、アユモドキに象徴される豊かな自然環境を次世代に継承するとともに、にぎわいの創出と交流人口の拡大を目指すものである。

平成 26 年 5 月に都市計画公園として決定告示した後、平成 26 年 7 月に事業認可を得て事業に着手し、既に用地取得を完了している。

平成 28 年 4 月の「座長提言」を受け入れ、公園内での整備を計画していた「京都スタジアム」(仮称)が亀岡駅北土地区画整理事業地に整備されることとなったことから、平成 30 年度に公園計画を見直し、計画変更及び事業認可期間延長のための事業計画の変更認可手続きを行っていくこととしている。

また、亀岡市は、平成 29 年度に亀岡市内の各地域に点在する固有の自然環境や歴史的・文化的資産をつなぎ、市域全体を回遊式庭園のように結ぶ「亀岡まるごとガーデン・ミュージアム構想」を策定したところであり、「京都・亀岡保津川公園」をその中心に位置付け、アユモドキをはじめこの地に特有の生態系を保全し、水田を中心とした原風景を保全・再生するとともに、これらに関わる営農活動の継続、この地の自然や文化に関わる普及啓発活動の拠点となる施設整備など、公園整備の基本的な考え方を示したところである。

1	都市計画事業の種類及び名称
	南丹都市計画公園事業 5・5・303 京都・亀岡保津川公園
2	事業計画
	事業地 亀岡市保津町
	面積 13.9ha
	主要施設 園路、広場、植栽、休憩所、遊具、自然生態園、観察所、便所、照明施設、水道 等

2) 道路整備事業

亀岡市の川東地域(桂川左岸地域)住民から強い整備要望があった市道保津宇津根並河線道路改良事業を、平成 25 年度から実施している。

この道路整備は、川東地域と JR 亀岡駅を連絡する生活道路として、京都府が施工する宇津根橋の架け替えと連携し、「京都・亀岡保津川公園」の北端を通ることから公園計画とも整合を図り取り組んでいる。

整備工事は、宇津根橋から桂川右岸堤防を占用する延長約 1,400mの現道拡幅改良工事であり、環境保全専門家会議の助言を得て下流に生息するアユモドキ等の生息環境に配慮して施工している。

(2) 公園区域の位置と水路ネットワーク

都市計画公園用地 13.9ha は、桂川と曾我谷川の合流点から曾我谷川上流約 100mに位置する中島橋を起点に西北方向に広がる水田地帯約 49ha 内の東端に位置する。都市計画公園と周辺区域には、アユモドキの繁殖・成長に不可欠な灌漑用農業堰（ラバーダム）、河川氾濫原、農業用水路・排水路及び水田が連続する水路ネットワークが形成されている。



図 1 京都・亀岡保津川公園の位置

2 保護増殖のための新たな繁殖施設の整備

(1) 保護増殖のための「共生ゾーン」整備の経過

亀岡市は、「京都・亀岡保津川公園」の計画決定にあたり、周辺に生息するアユモドキ等の希少種の生息環境保全のため、ラバーダム起立により出現する氾濫原環境を活用して新たな生息環境を創出する「共生ゾーン」を公園内に整備することとした。

これは、平成20年に専門家に委嘱し設置した亀岡市アユモドキ生息環境保全回復研究会による「生息河川ないしその支流の沿川に圃場や排水路を活用したアユモドキのサンクチュアリを造成すること」がアユモドキの増殖に有効であるとの提言（平成21年）を反映したものである。

「基本方針（Ver. 2）」第2章2（3）において、平成26年度、27年度に繁殖実験地で実施した生息環境再生整備実験の端緒的な成果を受けて「繁殖施設の一部において繁殖環境を再現することができた。曾我谷川内の自然産卵場の重要性に変わりはないが、繁殖環境が再現できた結果を基に繁殖地を拡大し、絶滅の危険分散と仔稚魚の生息環境の改善をすすめる。」ことを、一つの基本方針として確認した。

(2) 平成26年、27年の調査結果概要

亀岡市は、平成26年5月に環境保全専門家会議の助言を基に、アユモドキの新たな繁殖施設の創出を目的にα1水路沿いの水田を掘り下げクサヨシを移殖するなどの方法により、3箇所の繁殖実験地（以下、A2、A3、A10の符号で称す。）を造成した。その内1箇所の実験地（A2）は、α1水路との間を遮断した閉鎖水域構造とし、他の2箇所の実験地（A3、A10）は、アユモドキ等の魚類がα1水路から進入し繁殖に活用できるよう誘導水路を設けた。

1) 閉鎖水域における実験

閉鎖水域の実験地（A2）においては、ラバーダム起立後にダム下流に取り残され曾我谷川の自然繁殖場に遡上することが不可能な場所から捕獲したアユモドキの親魚を救出して放流し、繁殖実験を行った。

平成26年度には、親魚を放流した後に人為的に実験地内の水位を上昇させて繁殖に成功し、平成27年度は、同様の水位上昇で繁殖行動を誘引することはできなかったが、繁殖施設に馴化した後の自然降雨による水位上昇で繁殖行動が起きた。

周辺水田の中干しにより実験地に供給される農業用水が涸渇して生息環境が悪化するため、7月中旬に実験地内のアユモドキを救出したところ、平成26年度に120尾、平成27年度に190尾の稚魚を採集した。

2箇年の実験により、閉鎖水域の実験場において放流した親魚が繁殖することが証明されたため、平成28年度からは、実験地（A2）にも他の実験地と同じく魚類がα1水路から進入し繁殖に活用できる誘導水路を設ける改良を行った。

2) 開放水域における実験

平成26年度、27年度の開放水域の実験地（A3、A10）においては、ラバーダム起立後の数日間の内にアユモドキ親魚の進入が観察され、少数ではあるが卵や仔魚が確認され、繁殖実験地の一部で繁殖環境を再現することができた。9月の落水時にも稚魚の生息が確認された。

また、実験地の一部ではナゴヤダルマガエルの生息も確認された。

表1 繁殖実験地の面積

箇所	面積(m ²)	整備年度
A10	約 840	平成26年度
A6	約 400	平成28年度
A3	約 290	平成26年度
A2	約 700	平成26年度
合計	約 2,230	

*ラバーダム水深指標170cm時の湛水面積

(3) 平成 28 年度のモニタリング調査結果

平成 28 年度には、過去 2 箇年の実験に伴う調査を継続して、新たに造成した実験地 (A6) を含む 4 箇所の実験地で実施した。なお、専門家の助言を基に実験地 (A10、A3、A2) でアユモドキの産卵に適した環境が面的に増えるよう土盛りによる緩傾斜地面積の拡大などの環境改善を実施した。

以下に、平成 26 年度、27 年度との比較情報を含めて、その概要を示す。

1) 親魚の進入・産卵状況調査の結果

ダム起立翌日の平成 28 年 6 月 6 日から 7 日までの 32 時間に、4 箇所の実験地を水上から巡回して、他魚種の状況を含めて親魚の進入、産卵状況を観察した。

① 各繁殖実験地の結果

【A10】

- ・アユモドキ (全長 10~15cm 程度) の遊泳を 5 回確認した。内 2 回は単独遊泳、3 回は 2 個体、3 個体、3 個体以上で、追尾あるいは産卵行動が確認された。
- ・繁殖の目的と考えられるタモロコ、アユモドキ、ドジョウ、チュウガタスジシマドジョウ、ナマズの成魚と、採餌や生息空間利用の目的と考えられるオイカワの稚魚、タイリクバラタナゴの仔魚が確認された。アユモドキ、ドジョウ、チュウガタスジシマドジョウは産卵行動も確認された。
- ・ナマズは、産卵行動が確認されなかった。

【A3】

- ・アユモドキは確認されなかった。
- ・繁殖の目的と考えられるタモロコ、ドジョウ、ナマズの成魚が確認された。タモロコは、産卵行動も確認された。
- ・ナマズは、単独での遊泳であった。

【A2】

- ・アユモドキは確認されなかった。
- ・繁殖の目的と考えられるタモロコ、ナマズの成魚と、採餌や生息空間としての利用の目的と考えられる 50 個体以上のオイカワの稚魚の群泳が確認された。タモロコは、産卵行動も確認された。
- ・ナマズは、単独での遊泳であった。

【A6】

- ・アユモドキは確認されなかった。
- ・繁殖の目的と考えられるドジョウとナマズの成魚が確認された。ドジョウは、産卵行動も確認された。
- ・ナマズは、単独での確認であった。

② 経年比較

アユモドキは、A10 で産卵と考えられる行動を含めて 5 回確認された。他の実験地では確認されなかった。平成 26 年度から開放水域である実験地 (A10、A3) への親魚の進入と産卵状況の経年比較を試みた。アユモドキの確認回数と確認個体数は、平成 28 年は 5 回のべ 10 個体で、平成 27 年の 3 回のべ 5 個体、平成 26 年の 3 回のべ 6 個体に比べ多かった。しかし、平成 28 年は同一グループの重複観察が含まれると考えられるため、確認回数は 4 回、確認個体数は 7 個体程度と考えるのが妥当である。アユモドキ成魚の実験地への進入については、平成 28 年は調査の縮小により過小評価になって

いることを考慮しても、調査実施期間において成魚の進入が大きく増加したという印象は得られなかった。

2) 仔稚魚の生息・成育状況調査の結果

各実験地における仔稚魚の生息・成育状況を調べるため、孵化後約 20 日の 6 月 27 日に仔魚期の調査を、孵化後約 1 ヶ月の 7 月 11 日、12 日に稚魚期の調査を実施した。

① アユモドキ仔稚魚

仔魚期調査では、A10 で 37 個体、A3 で 23 個体、A2 で 2 個体確認された。A6 では、アユモドキの仔魚は確認されなかった。稚魚期調査では、A10 で 4 個体、A3 で 3 個体、A2 で 8 個体、A6 で 1 個体、のべ 16 個体が確認された。

仔魚期におけるアユモドキの確認は、平成 26 年と平成 27 年は A10 のみであったが、平成 28 年は A10、A3、A2 で確認された。特に A10 と A3 は 20 個体以上が確認された。

稚魚期におけるアユモドキの確認は、平成 26 年は A10、A3 で、平成 27 年は A10 のみであったが、平成 28 年は調査を行った 4 箇所すべての実験地で確認された。

平成 26 年度から継続して調査している A10 と A3 を合わせたひと掬いあたりの捕獲個体数を図 2 に示す。仔魚期における捕獲個体数は、平成 28 年は平成 26 年と平成 27 年よりも多かった。一方で、平成 28 年の稚魚期における捕獲個体数は平成 26 年と同数で、平成 27 年に比べ若干多い程度であった。

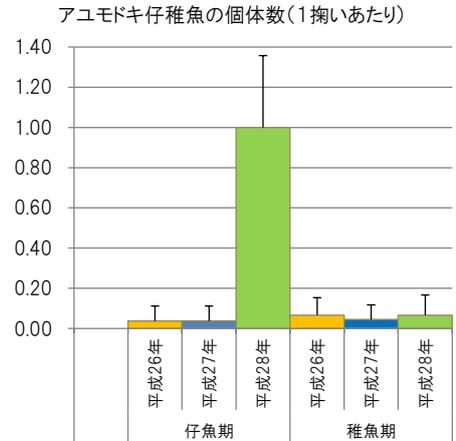
② 魚類群集

仔魚期調査と稚魚期調査で捕獲された魚類の組成を魚類群集で見ると、仔魚期調査ではフナ属が最も多く捕獲され、続いてオイカワ・ヌマムツ、アユモドキが多く捕獲された。ナマズはのべ 14 個体捕獲された。

稚魚期調査では、オイカワ・ヌマムツが最も多く捕獲され、続いてタイリクバラタナゴ、フナ属が多く見られた。タモロコ、イトモロコ、チュウガタスジシマドジョウも比較的多かった。ナマズは A2 で 2 個体が確認された。平成 27 年に確認されたオオクチバスは、平成 28 年の調査では確認されなかった。

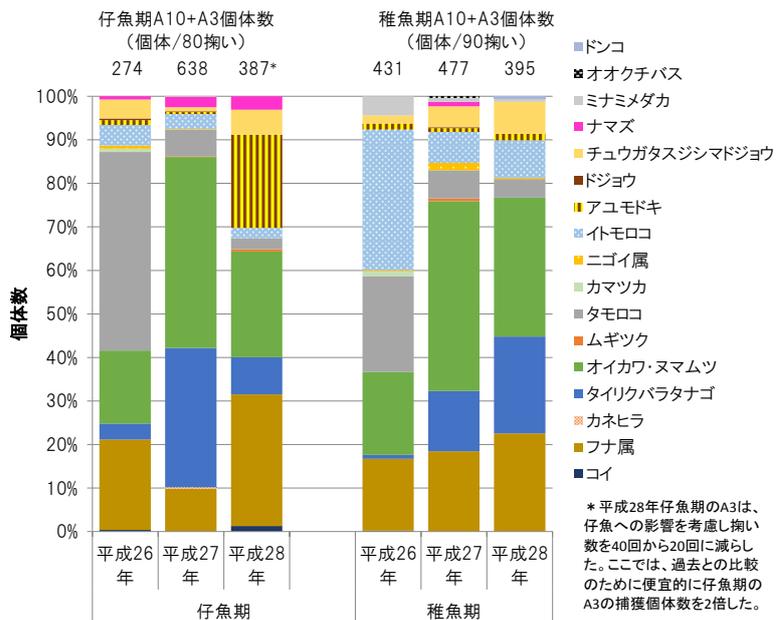
過去と経年比較するため、前回までと同様の調査を行った A10 と A3 で捕獲された仔稚魚の合計個体数と種組成を図 3 に示す。

仔魚期調査における仔稚魚の捕獲個体数は、平成 26 年が 274 個体、平成 27 年が 638 個体であったのに



* 平成26年から開放水域であった実験地(A10+A3)
* 個体数は地点間の平均値を示す。単位はひと掬いあたりの個体数。採集点数は仔魚期8地点(平成28年のみ6地点)、稚魚期9地点で、各地点で10掬いした。エラーバーは地点間の標準偏差を示す。

図 2 A10 と A3 で捕獲されたアユモドキ仔稚魚の個体数(1 掬いあたり)



* 平成28年仔魚期のA3は、仔魚への影響を考慮し掬い数を40回から20回に減らした。ここでは、過去の比較のために便宜的に仔魚期のA3の捕獲個体数を2倍した。

図 3 実験地における仔稚魚群集の種組成の経年変化

対し、平成 28 年は 387 個体であった。捕獲個体数は前年に比べ半減したが、これはタイリクバラタナゴとオイカワ・ヌマムツの仔稚魚の著しい減少が主な要因であった。タイリクバラタナゴとオイカワ・ヌマムツの捕獲個体数は、平成 27 年はそれぞれ 204 個体、280 個体で、平成 28 年はそれぞれ 19 個体（前年の約 10%）、66 個体（同 24%）であった。一方、アユモドキ、チュウガタスジシマドジョウ、フナ属は平成 27 年に比べ、平成 28 年はそれぞれ約 27 倍、5 倍、2 倍に大きく増加した。

稚魚期調査における仔稚魚の捕獲個体数は、平成 26 年が 431 個体、平成 27 年が 477 個体、平成 28 年が 395 個体であった。平成 28 年は平成 27 年に比べて捕獲個体数が約 17%減少しているが、これはオイカワ・ヌマムツの仔稚魚の個体数の減少（平成 27 年 208 個体、平成 28 年 126 個体）が大きく関係している。一方、アユモドキ、タイリクバラタナゴ、チュウガタスジシマドジョウは平成 27 年に比べ、平成 28 年はそれぞれ約 1.5 倍、1.3 倍、1.3 倍に増加した。

A10+A3 における平成 27 年と平成 28 年のナマズの個体数は、仔魚期調査ではそれぞれ 15 個体、8 個体であった。稚魚期調査では、平成 27 年は 5 個体であったが、平成 28 年は捕獲されなかった。

③ 仔稚魚の成長

仔魚期調査で捕獲されたアユモドキ仔魚の標準体長は、最小の個体が 11mm、最大の個体が 22mm であった。

稚魚期調査で捕獲された稚魚の標準体長は 21.4 ± 3.01 （平均値±標準偏差）であった。平成 26 年と平成 27 年を含めた実験地における仔稚魚の体長の推移を図 4 に示す。今年の稚魚の標準体長は、平成 27 年、平成 26 年に比べて小さかった。平成 28 年の水温は、平成 26 年と平成 27 年の中間の値であった。

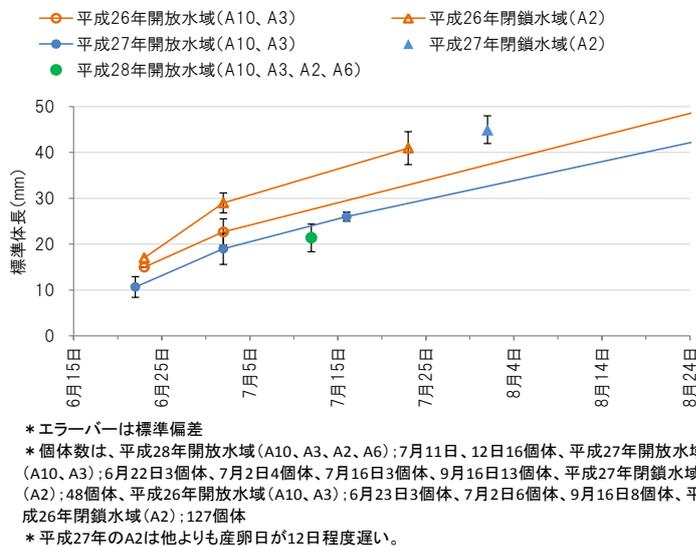


図 4 仔稚魚の成長



図 5 稚魚期調査における最大の稚魚 A10、標準体長 28.1mm

3) モニタリング調査のまとめ

① 繁殖実験地の環境変化とその要因

仔魚期調査では、過去 2 箇年と比較してアユモドキ仔魚の個体数が大きく増加した。仔魚の出現から A10、A3、A2 で産卵が行われたと考えられ、産卵が行われた開放的な実験地の数も過去 2 箇年の 1 箇所（A10）から増加した。さらに A10、A3 では、仔魚の生息密度も高く、産卵が比較的まとまって行われたと推察される。なお、これらの実験地では、平成 28 年の繁殖期の前に、実験地に進入した成魚が実験地内にとどまって十分に繁殖行動が行われるように、また、産卵に適した環境を増やすよ

うに構造を部分的に改変している。

稚魚期調査では、調査を行ったすべての実験地でアユモドキ稚魚が確認されたが、その個体数は過去2箇年と同様の程度であった。この実験地での仔魚期から稚魚期にかけての個体数の減少の要因には、減耗と分散が考えられる。平成28年9月ダム落水後の京都大学岩田明久教授らの個体数推定調査で当歳魚の増加が見られないことや落水時の救出・調査でも実験地で見られた仔魚の個体数から期待される当歳魚の増加はなかったことを考慮すると、落水までの期間に減耗した可能性が考えられる。

実験地の魚類群集は、平成28年はフナ属やチュウガタスジシマドジョウなどアユモドキ同様の氾濫原湿地の環境を繁殖に利用する魚類が増加した。このことは実験地で目標とする環境が再現されつつあることを示唆する。平成27年は、特に仔魚期には、オイカワ・ヌマムツやタイリクバラタナゴなど主に河川や水路で繁殖する魚類の仔稚魚が多く見られた。これらの魚種の減少要因は α 1水路や曾我谷川での同時期のこれらの魚類の状況を踏まえた検討が必要ではあるが、平成28年は平成27年の状況を考慮して実験地の水の流入量を減じたことや上記の構造の改変の効果を示唆していることも考えられる。全体での仔稚魚の生息密度は平成27年に比べ減少した。

平成28年は、実験地内のナマズの生息密度は仔魚期、稚魚期ともに平成27年よりも低かった。これはナマズ成魚の遡上・流下防止策が改善された効果と思われる。また、平成28年の調査では、オクチバスは見られなかった。

② 成育環境と仔稚魚の成長

【仔稚魚の体長】

平成28年のアユモドキ稚魚の体長は、平成26年、平成27年に比べ小さかった。平成28年の平均水温は、低水温で成長が遅かったと考えられた平成27年よりは高く、餌資源量や他種との競合など他の要因が存在すると考えられる。*また、仔魚期調査で捕獲された仔魚には、体サイズから産卵日・孵化日が若干遅い個体が含まれていると考えられる。その影響で稚魚期の捕獲個体の平均体長が小さくなった可能性もある。

*京都大学岩田明久教授が平成28年6月27日に曾我谷川の繁殖場で実施された仔魚期調査結果から、6月5日のラバーダム起立後の6月12日から15日における降雨とダム操作による水位変動時に2回目の産卵があったと推定されている。

【魚類の生息密度と体長】

アユモドキはフナ属やタイリクバラタナゴなどと異なり、生息密度が高い地点で、体長が大きい傾向が見られた。餌資源量や流速等の生息環境に応じた移動の影響が考えられるが、平成28年はこれらの調査を行っていない。アユモドキ稚魚の成育に関する生態を理解するためには、餌資源量や稚魚の移動分散の調査などを生息・成育状況の調査とあわせて行うことが重要である。

(4) 新たな繁殖施設整備の評価と課題

1) 生息環境再生の現状と課題

① 繁殖実験地の効果

実験地への成魚の進入・産卵状況調査と、仔稚魚の生息・成育状況調査から、平成28年はA10、A3、A2で産卵が行われたと考えられる。仔魚はA10、A3は比較的高い生息密度で見られたが、A2では低密度だった。平成28年に新設されたA6では、産卵は確認されなかった。稚魚期には、調査を行ったすべての実験地において稚魚が確認された。しかし、稚魚の個体数は平成26年と同程度で、仔魚期

調査結果の個体数から期待されるほどの増加はなかった。落水（9月中旬）後の推定個体数調査（9月下旬、10月初）やその後の他の調査からも平成28年の当歳魚の増加を示唆するデータは得られていない。

これらから、平成28年は繁殖実験地の一部で産卵の規模が拡大したが、落水後の10月初め時点での個体群の当歳魚を増やす効果にまでにはつながらなかったと考えられる。平成28年は稚魚期以降に例年以上に当歳魚が減耗するような状況は確認されていない。従って、仔魚から稚魚、未成魚への成育段階での、繁殖実験地及びその周辺における減耗の要因を明らかにするとともに、その結果に基づいた未成魚への成育環境の改善や創出が必要であると考えられる。

平成26年に造成された実験地の一部で産卵の規模が拡大した理由として、実験地がこれまで2シーズンの繁殖期を経て環境が整ってきたことや、進入した成魚が実験地内に留まりやすくするための構造の改変および繁殖環境拡大のための構造の改変を行ったことの効果と考えられる。仔魚が多かったことは、ナマズ成魚の遡上・流下対策により、実験地内のナマズ仔稚魚の生息密度が低下したことも影響していると考えられる。また、これらの実験地の仔稚魚群集では、フナ属やチュウガタスジシマドジョウなどのアユモドキ同様に氾濫原湿地の環境を繁殖に利用する魚類の増加が見られた。このことから、これらの実験地では産卵環境が再現されつつあると考えられる。一方、平成28年に新たに造成されたA6では、稚魚の進入は見られたが、産卵は確認されていない。造成間もない実験地であり、クサヨシやカサスゲなどの植物も少なく、繁殖環境が整っていないためと考えられる。

成魚の実験地への進入については、平成28年調査実施期間においては、成魚の進入が大きく増加したという印象は得られなかった。仔魚が高い生息密度で見られた実験地について、調査時以外に成魚が実験地で産卵を行ったのか、少数の進入した個体が多く産卵したのかは、今回の調査では不明である。

実験地は造られてから3年しか経っておらず、今後数年間は様々な変化が起こると考えられる。一度繁殖が確認された繁殖地であっても、その後アユモドキの繁殖利用が途絶える場合がある。実験地を効果的に個体群の保全につなげるためには、繁殖環境や魚類の動向を継続してモニタリングし、包括的な保全計画のもと順応的に管理、運用することが重要である。

② 実験地への捕食者の侵入、繁殖

ナマズ成魚の遡上・流下対策によって、実験地のナマズ仔稚魚の生息密度は低下した。一方で、遡上防止の柵が低く水没する、または流下防止策が不十分で進入経路が残りネットの増設や侵入したナマズ成魚の捕獲作業を産卵時期に行わざるを得なかった(A6)という事態も生じた。対策については、ダム起立前に現地において確認しておくことが重要である。

平成28年は、実験地ではオオクチバスは確認されなかった。調査の頻度が少なく状況が十分に把握できていない可能性もあるが、流入口に設置した流下防止ネットや環境省近畿地方環境事務所等が上流のため池で実施するオオクチバスの防除活動の効果と思われる。

③ 実験地内の産卵環境

クサヨシ群落やカサスゲ群落など産卵に適した植物の定着・拡大によって産卵環境が広がりつつある。一方で、環境悪化を招く恐れがあるヒメムカシヨモギ群落やキシウズメノヒエ群落などが水位変動域に形成されており、対策や監視を要する状況も続いている。なお、平成27年に過密に繁茂したクサヨシ群落の一部では、群落内に溝が掘られ、成魚の進入経路が作られた。また、実験地に入った成魚が実験地に留まりやすくするための形状の改変が行われた。これらによって部分的に実験地

の環境が改善された。しかし、掘った場所の水際が切り立っており産卵に不適であったり、改変後が裸地で、その部分に上記の外来種など問題を引き起こす植物が定着することが懸念されたりする課題も見られた。改変作業の実施にあたっては、有識者に作業内容を十分に確認することで、より効果的な改善を図ることが重要である。

④ アユモドキ稚魚の成育状況、成長

仔魚期はA10、A3で多くの仔魚が確認され、仔魚の段階では順調に成育していると思われた。しかし、稚魚期調査では調査を行った実験地のすべてでアユモドキ稚魚が確認されたが、稚魚の個体数は平成26年と同程度まで減少した。

稚魚期調査で捕獲された稚魚の体長は平成26年、平成27年に比べ小さかった。体サイズについては水温では説明できず、今回の調査だけではその要因を十分に検討できなかった。また、稚魚期のアユモドキ稚魚は魚類の生息密度が高い地点で体サイズが大きい傾向が見られたが、移動や餌資源量のデータが不十分で、詳細はわからない。

平成28年は落水時またはその後の調査において例年以上の当歳魚の増加は確認されていない。稚魚期調査時の個体数の減少は、実験地での減耗だけでなく、移動・分散により生息密度が低下した可能性もあるが、落水時期に当歳魚が増加していないことを考慮すると、仔魚から落水までの成育期間に課題があることも考えられる。

稚魚の移動・分散の開始時期はこれまでの調査で概ね把握されているが、移動・分散のパターンはよくわかっていない。仔魚期以降の成育についての理解を深めるためには、餌資源量や利用環境に加え、移動・分散に関する知見を得ることが重要である。

⑤ 成育環境

アユモドキ仔魚が確認された環境は、これまでの知見と大きく異なる点はないが、実験地における仔魚と稚魚が利用する環境の情報が蓄積された。

稚魚は成育に応じて、流水環境を利用するようになる。稚魚の成育に合わせて実験地の流量を増加させることができれば、遊泳力が増した稚魚も積極的に利用できる環境を再現することができる可能性が考えられる。

⑥ 実験地を利用する魚類群集

実験地の魚類群集は、平成28年はフナ属やチュウガタスジシマドジョウなどアユモドキ同様の氾濫原湿地の環境を繁殖に利用する魚類が増加し、実験地で目標とする環境が再現されつつあることが示唆された。平成27年は、実験地でオイカワ・ヌマムツやタイリクバラタナゴなど主に河川や水路で繁殖する魚類が個体数の過半数を占める状態であったため、平成28年は各実験地の水の流入量を減じた。周辺の河川や水路を踏まえた検討が必要ではあるが、造成から3年を経て実験地の環境が整いつつあることに加え、この水量の調整や「③実験地内の産卵環境」の項でも触れた実験地の形状の改変も魚類群集の変化に影響した可能性がある。

2) 繁殖実験地の維持、改善策

① 保全計画に基づいた順応的な実験地の運用

産卵の規模が拡大しつつある繁殖実験地の効果を個体群の保全につなげるためには、周辺地域を含むアユモドキ保全対策における繁殖実験地の役割を明確にし、稚魚の移動・分散パターンや摂餌生態等の保全対策に必要な調査や実証実験、モニタリングの結果を踏まえて順応的に運用していくことが重要である。

アユモドキは生活史の中で河川・水路・水田、氾濫原湿地など、広域におよび多様な環境からなる水域ネットワークを利用し、さらに産卵や成育、越冬など生活史の段階に応じて強い環境選好性を示す魚類である。そのためアユモドキの保全における実験地の役割を検討するためには、実験地だけでなく周辺地域を含めたアユモドキの生活史を包括し、継続性のある保全計画の策定が必要である。効果的な保全計画の策定には、国、府、市にまたがる多くの関係行政機関、地域、有識者等との連携が重要である。

② 成魚の実験地への進入の改善策

平成 28 年は A10、A3 および A2 において、隣接する水路との接続部付近の開けた環境を成魚がよりストレスなく実験地内部へ進入できるように土を盛り植生を増やす改変が行われた。しかし、クサヨシ等の定着量が少なく、平成 28 年の産卵時期の水際に植物は少なかった。クサヨシ等の定着が悪い場合には、環境悪化につながる植物の侵入を抑える効果と繁殖環境の拡大の効果も考慮して、クサヨシやカサスゲなどの産卵に好適な植物を補植することが必要である。

成魚の実験地への進入を増やす方法は、他にも以下の方法が考えられる。

非灌漑期、特に繁殖直前の時期に実験地の下流部に成魚を留めることで、実験地により多くの成魚が訪れると考えられる。このためには、浅く河床が単調な α 1 水路に深場や隠れ家をつくること、流量を増やすこと、 α 1 水路下流部に小規模な堰堤をつくることなどによって、越冬環境を含めて非灌漑期にも生息場所として利用できる環境をつくるのが効果的と思われる。なお、繁殖場への成魚の誘導が繁殖場造成にあたっての重要な課題であるが、これらの環境改変は捕食者の増加を招く可能性もあるため、他の改善項目と合わせた慎重な検討が必要である。

A10 により多くの成魚を誘導する方法としては、誘導石を高くする方法が考えられる。また、A10 の入り口は、底から水面まで大きく入り口が開いており魚類が往来しやすい構造であるが A10 からの水量が少なく、ファブリダム立ち上げ直後の α 1 水路上流からの代掻き水が流入している中で認識され難い可能性もある。アユモドキが通ると考えられる護岸の一部や底面は開けたまま、中層や水面付近を部分的に塞ぎ A10 から流出する水に勢いをつけることも成魚の誘導に効果があると思われる。なお、繁殖を控えた成魚は浸水直後の繁殖場の水に誘導されることが示唆されているため、このことを踏まえた効果的な成魚の繁殖場への誘導策を検討する必要がある。

③ 産卵環境、成育環境の改善策

上記の成魚の進入に関する環境改善と同様に、クサヨシ等の定着が悪い場合には、環境悪化につながる植物の侵入を抑えるためにもクサヨシやカサスゲなどの産卵に好適な植物を補植することが望ましい。また、改変後も勾配が急であったり、単調な環境であったりと、機能的でないと考えられる箇所も残っており、勾配を緩くするまたは凹凸をつけて環境を多様にするなど、手作業でも可能な小規模な改変で改善できると考えられる。

アユモドキが繁殖する環境を造ることに時間是要する。実験地が造成され 3 年が経ち、一部の実験地では、多くの仔魚が確認され、アユモドキ以外の魚類群集からも繁殖環境が再現されつつある状態と考えられる。これらの実験地は大きな改変なしに経過を見ることが重要である。産卵が行われていない、または規模が小さい実験地では、モニタリングで得られた情報を基に改善を行うことで、より早く産卵場としての効果が上がる可能性があるが、周辺の野外の繁殖場や安定しつつある実験地内の環境に悪影響が出ないよう慎重に行う必要がある。

平成 28 年の調査では稚魚期・未成魚の成育環境に課題があると考えられた。移動・分散を行う稚

魚の成育場は、周辺の水田地帯の水路や実験地に隣接する水路、河川などの周辺水域を含めてデザインすることが重要である。

④ 植物の定着の改善策

これまでに移植されたクサヨシは各実験地において面積を拡大し、定着しつつある。さらに、混入または自然に分布を拡大したカサスゲも群落を形成している。ただし、今後も状況を確認し、繁殖地に適さない植物に置き換わりつつある場所や過密になっている場所は、適切な管理を行うことが重要である。産卵に適した水位変動域で、クサヨシやカサスゲの定着が悪い場所では、クサヨシが過密の場所からまとまった株数を土ごと移植することで定着が促進されると考えられる。クサヨシが密生し過ぎている箇所は、成魚が泳げるように水路状に刈り取る、または部分的に耕すなどしてクサヨシの地下茎を分断し、クサヨシが密生しすぎないような管理を行う。また、造成から1年しか経っていないA6は今後大きく変化すると考えられる。A6を早期に繁殖場としての質を高めるには、成魚の遊泳路をイメージしてその付近にクサヨシを移植することが効果的と考えられる。

A2とA3で確認されたキシユウスズメノヒエは、繁殖環境の悪化を引き起こすと考えられるため積極的に駆除すべきである。水位変動域に繁茂するヒメムカシヨモギなどの双子葉類の植物は、湛水後にその枯死体が富栄養化を進め、環境悪化を引き起こすことが懸念される。したがって、必要に応じて刈り取り、水域から除去することが望ましい。

これまで移植は細かい記録無しに行い、その定着の程度についても定性的な記録のみである。今後、繁殖地の拡大を行うのであれば、より効率的に移植ができるようにこれまでの移植の結果を踏まえて移植方法や管理手法の実験を行い、適した手法を確立することが有効と思われる。

⑤ 捕食者の侵入抑制の改善策

平成28年は各実験地においてナマズ仔稚魚は低密度に抑えられた。ナマズ成魚の遡上、ナマズ稚魚の流下防止ネットの効果と思われる。現在の実験地においては、ナマズ成魚の遡上・流下対策は継続することが望ましい。また、これらの対策が適切に行われているか、事前に十分に確認することが重要である。

捕食者の抑制を過度に行った場合、生残や成長に不自然さが生じる可能性がある。このことが個体群に悪影響を及ぼさないように、将来の繁殖場の造成にあたっては個体が自然に出入りできる構造にすることが重要である。また、繁殖場を複数設けることで、そのリスクを分散させる効果や個体の出入りの機会を増やす効果が期待できる。

⑥ 魚類群集における外来種等の改善策

平成28年の調査では、実験地ではオオクチバスとブルーギルは確認されなかった。流入防止のネットや隣接する曾我谷川周辺で行われているオオクチバスの防除活動の効果と思われる。これらの対策の継続が望まれる。また、平成27年に実験地内で高い生息密度で見られたタイリクバラタナゴは、平成28年は減少した。このようなアユモドキを捕食しない外来種についても、狭い実験地内で高密度になると餌資源や生息空間を介したアユモドキへの影響が懸念される。引き続き、その動向を注視することが重要である。

3 アユモドキが利用する水路ネットワークの現状

(1) 生息現状の調査

1) 調査の目的と調査環境

公園区域内の農業用水路・排水路や水田は、仔稚魚の成育にとって必要な環境条件を備えていると考えられ、公園整備事業に伴う水路の付け替えや水田面積の減少が仔稚魚の成育環境に及ぼす影響を考慮した保全対策を実施する必要がある。

このため、平成27年度にアユモドキ仔稚魚調査、糞分析による餌生物調査、河川・水路におけるプランクトンと底生動物調査等を実施し、前年度までの調査結果と合せて、アユモドキ仔稚魚の生存と成長にとって必要な水路環境や水田の配置等の成育環境条件を整理した上で、水路ネットワークの現状を評価した。

なお、現地の調査は平成26年度に続いて、図6のとおり都市計画公園内の北西部に「京都スタジアム」（仮称）建設地を仮決めし、水稲作付を水路沿いの水田に限定した条件下で実施した。

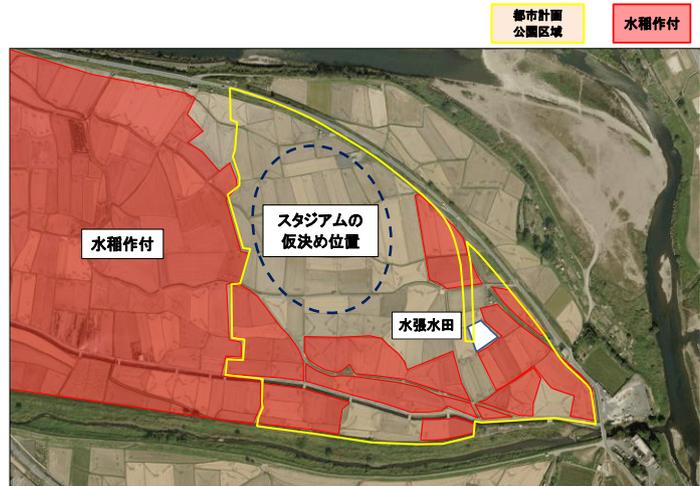


図6 平成27年度水田環境図

2) 周辺区域と農業用水路・排水路の概況

農業用水は、主として桂川の約7km上流にある上桂川統合堰（可動堰）で取水され幹線水路を通じて、例年5月下旬から9月中旬の間に供給されている。公園区域内の農業用水路・排水路の水源も主にこの幹線水路に依存し、水田を潤した後の排水は水路を通じて曾我谷川に流下する。この地域の水田は未整備田であり、用水路と排水路を兼用した農業水路が入り組んでいる。

アユモドキの生息環境からみた公園区域を通過する主な水路の特徴は次のとおりである。（希少種保護のため生息場所の特定につながる情報は公開していない。水路の名称は記号で表す。）

【α1水路】

公園区域の上流域を含めて多くの水田からの排水が流入する。単調な構造の水路であるが、アユモドキの生息環境に重要な役割を果たしていると考えられる。

【α2水路】

ダム起立により出現する一時的水域との連続性が比較的に良好であり、以前からアユモドキの生息が確認されている。水路沿いの水田から排水が流下する。上流からある程度の流量があり、下流部を除いて比較的流速が速い区間がある。

【α3水路】

ダム起立により出現する一時的水域と連続するが、水面落差が生じて遡上阻害要因となる場合がある。上流からの流量が少なく、水路沿いの水田からの排水が流量の多くを占め流速が緩やかな状況にあることが多い。以前からアユモドキの生息が確認されている。

【α4水路】

河川から取水した用水を下流の水路に分配している。ダム起立により出現する一時的水域と直接的に連続する構造ではない。堰板、水位落差等が各所にあり、平常時に仔稚魚が遡上することは困難で

ある。ただし、詳細は不明であるが小水路を通じるなどにより、アユモドキの生息が確認されたことがある。

【α 5水路】

ダム起立により出現する一時的水域との直接の連続性はない。単調な水路構造の区間がほとんどであるが、公園用地西側の水田から受けた排水を公園区域内を流下させている。

(2) アユモドキ仔稚魚の発育段階区分

アユモドキ仔稚魚の発育段階区分について、環境保全専門家会議岩田委員に指導をいただき、既往調査で得られている知見、既往研究及びヒアリング結果に基づいて、表 2 のとおり整理した。

アユモドキ仔稚魚が成育する水路環境条件の評価にあたっては、発育段階に区分して評価することを基本とした。ただし、水路環境条件を整理する上では、水路運用の実態に合わせ、中干し期前と中干し期後（中干し期を含む）に分けて評価することとした。

中干し期前においては、アユモドキの発育段階は主に仔魚期～稚魚期（中期）である。稚魚期（前期）にまで成長するとしだいに遊泳力を高め産卵場から周辺に生息場所を広げる。主に動物プランクトンを採餌している。中干し期後（中干し期を含む）においては、アユモドキの発育段階は稚魚期（中期）～稚魚期（後期）である。稚魚期（中期）には、流水耐性がつき始めるため、河川や水路の様々な環境へ分散を始める。また、主な餌動物はプランクトンから底生動物へ移行しているものと考えられる。

表 2 アユモドキ稚魚の発育段階区分

時期	4月	5月	6月					7月					8月					9月			10月	11月 - 3月
			上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬					
ファブリダム運用状況			ダム起立					中干し期														
目安			6/5頃					7/16~23頃										9/15頃				
亀岡における 当歳魚の発育段階			前期仔魚期 (前期)	後期仔魚期 (後期)	後期仔魚期 (後期)	稚魚期 (前期)	稚魚期 (中期)	稚魚期(後期)					稚魚期(後期)			稚魚期(後期)~未成魚						
アユモドキの 発育段階	発育段階	-	前期 仔魚期	後期 仔魚期 (前期)	後期 仔魚期 (後期)	稚魚期 (前期)	稚魚期 (中期)	稚魚期 (後期)					稚魚期(後期)~未成魚									
	形態上の 特徴	卵黄	-	有り 前期仔魚期 終了までに 消失	消失	-	-	-	-					-								
		口、口ヒゲ 頭部	-	前期仔魚期 終了までに 開口端位	端位	端位から下 位に移行す る口ヒゲの 形成	口ヒゲの形 成完了	頭長/体長 比が成魚よ り大	頭長/体長比が成魚に近づ く					-								
		脊索末端 尾鰭	-	上屈せず	上屈を開始 し、完了す るまで 尾鰭の形状 が完成する まで	尾鰭完成	-	-	-					-								
		体色	-	透明から鉛色	褐色	褐色からグ アニン色素 の沈着開始 まで	体側にハ ー マ ー ク 状の模 様が出現	体側の斑紋 が成魚と同 様の帯状に なるが細い	体側の横帯が成魚と同様に太くなる					-								
		その他	-	-	-	-	-	体長の格差 が大きくなる	-					-								
	行動上の 特徴	飼育下	-	孵化直後は 水底を横 臥、または 水草等にぶ ら下がるよ うに静止、 孵化後4日程 度で中層を ゆっくり泳 ぎだすよう になる ^{0,0,0}	摂餌を開 始、中層を 断続的に泳 ぐ ⁰	-	まだ中層を 泳ぐが、そ の動作はや や活発を増 す ⁰	主として中 層を泳ぐが、 時折水底を 這うように 泳ぎだす ⁰	中層と低層を泳ぐ時間が等しくなる ⁰					主として低層を泳ぎまわ り、折々餌を求めて中層 へ浮上する ⁰								
亀岡での 一般的特 徴		-	(注)産卵(6 月上旬) はそのまま 産卵。卵膜は 強い粘性、 水底に転 がる。	摂餌を開 始。移動能 力はほぼ無 いと思われ るが、少し ずつ移動し ている可能 性があるか もしれない。	弱いながら 移動を開始 する。	本格的に移 動を開始す る。	流速耐性が 成魚ほど強 くない。	強い流速に耐性を持つようになる。					-									
餌(飼育下)		-	-	フラインコリアク 幼生 ⁰ 、ツホ ワム、ハリカ シジコ ^{0,2}	フラインコリアク 幼生、シジコ など ⁰ 、イミ ズ ^{0,2}	イトミミズ ⁰	イトミミズ ⁰	シジコなどの動物性フランクソ、ユスリカ幼虫、イトミミズなど ⁰					-									
飼育下における 仔稚魚期の模式図 ⁰ * 個体サイズは全て 全長。野生個体とは、 体型が異なる場合が ある	-	孵化直後 3.5mm	孵化後9日 6.3mm	孵化後21日 11.8mm	孵化後26日 16.2mm	孵化後39日 24.8mm	孵化後61日 37.6mm	孵化後138日 59.6mm														
	-	孵化後4日 5.4mm	孵化後14日 8.0mm	孵化後21日 14.0mm <small>※成魚の早い孵化</small>	孵化後30日 18.3mm	模式図なし		模式図なし		模式図なし												

(1) 中村幸典・元徳昌(1971)、アユモドキの生活史、筑波科学研究所報 79、8-15 (2) 上原一彦(1997)、アユモドキの生態、平成7年度大原国立水産試験場報告書 29、65-92 (3) Tsuchida Abe・Tetsuya Sakamoto(2011)、Embryonic development and larval behavior of the kissing toad (Parabuteo ootaki) adaptations to an ephemerid, hypoxic environment, Ichthyological research 58(3)、238-244

(3) 仔稚魚の成育状況

1) 曾我谷川における成育状況

平成 27 年 6 月 5 日にラバーダムが起立した後の 6 月 20 日、27 日、7 月 3 日、14-15 日に、曾我谷川でアユモドキ仔稚魚の成育状況を調査した。なお、調査開始は 6 月 20 日であり、アユモドキの後期仔魚期からの調査である。

① 後期仔魚期（前期）

6 月 20 日の調査時に、曾我谷川の一時的水域 20 地点のうち 5 地点で後期仔魚期（前期）15 尾が確認された。確認された後期仔魚期（前期）は移動能力がほぼないことから、アユモドキはこれらの確認場所で 6 月上旬に産卵したと考えられる。

② 後期仔魚期（後期）

6 月 27 日の調査時には、同様の 20 地点のうち 9 地点で後期仔魚期（後期）26 尾が確認され、7 月 3 日には、6 地点で後期仔魚期（後期）12 尾と稚魚期（前期）2 尾が確認された。7 月 14 日になると 7 地点で稚魚期（中期）8 尾が確認された。産卵場所では、仔稚魚は成長と共に確認数が減少した。孵化したアユモドキは、後期仔魚期（後期）の段階まで、主に曾我谷川の産卵場所で成長し、6 月下旬には、後期仔魚期（後期）から稚魚期（前期）に成長する段階であり、遊泳力が弱いながらも移動を開始し、7 月上旬から中旬にかけて産卵場所から周辺の湛水域に移動するものと考えられる。

2) 水路における成育状況

7 月 3 日、14-15 日、8 月 10-11 日、15-16 日、9 月 10-12 日、13 日、16 日までに公園区域内の全ての水路で、アユモドキ仔稚魚の成育状況を調査した。アユモドキ稚魚の確認があったのは、 α 2 水路、 α 3 水路と α 4 水路であった。確認個体数や確認回数が多かったのは、 α 2 水路と α 3 水路であり、 α 4 水路での確認は日雨量 110 mm を伴った台風 11 号通過直後の中干し時の救出活動によるものなどであった。

過年度は、水路内での調査が少なく中干しの救出による確認が主であるが、 α 2 水路や α 3 水路では継続的に比較的多くの稚魚が確認されている。また、 α 4 水路、 α 5 水路でも何度か確認があるほか、平成 21 年には α 4 水路の支流でも確認があった。

以上より、 α 2 水路と α 3 水路が主な利用水路になっていると考えられる。平成 21 年に α 4 水路の比較的上流で確認があるが移動経路や移動のタイミングについては、よくわかっていない。また、 α 5 水路では稚魚の確認は 2 回（平成 21 年、平成 26 年）と少ない。

① 後期仔魚期（後期）

7 月 3 日に過年度の確認記録が多い 2 本の水路で調査を行ったが、アユモドキ仔稚魚は確認されなかった。過年度の記録では、平成 16 年の 6 月 27 日に河川からの背水を受ける河川との合流点の直上流で確認されたのが、最も早い時期の記録である。

② 稚魚期

初めに中干し直前の 7 月 14 日に 2 本の水路で稚魚期（前期・中期）12 尾を確認した。詳細は不明であるが、過去には 7 月 5 日や 11 日等に稚魚が確認されている。中干し後の 8 月、9 月には、延べ 7 回の調査で 3 本の水路に 37 尾の稚魚期（後期）を確認した。

以上の結果、アユモドキ稚魚の水路利用が確認されるのは、稚魚期（前期）に成長した 7 月上旬頃からはほぼ稚魚期（中期）に成長する中干し期までの 2~3 週間と、中干し期を終えて稚魚期（後期）に成長してから落水によりラバーダムが倒伏され湛水域が消失する 9 月中旬までの 2 カ月弱である。

(4) アユモドキ稚魚が利用する水路環境の特徴

アユモドキが主に利用する α 2水路、 α 3水路の共通点は、河川に直接接続していることである。その他、水路幅が比較的広く(1.0~1.2m)、水深が比較的深い(29~59cm程度)ことが共通する。また、稚魚が多く確認された区間の共通点は、これらの水路環境に加えて、隠れ場所が多い区間であった。

さらに、アユモドキ稚魚が利用する水路環境の特徴を把握するため、発育段階別の利用水路の特徴や、周辺の耕作状況による違いを検討した。また、アユモドキの確認場所がどのような環境要因と関連するのかを把握するため、関係性の高い物理環境の相違により各水路を31の区間に区分(1区間の延長は20~220m、平均約60m)して、アユモドキの確認個体数との相関関係を一般化線形モデルを用いて解析した。それらの調査結果を、中干し期前と中干し期後に区分して整理した。

1) 中干し期前(稚魚期(前期・中期))の利用環境

平成27年度の水路調査で初めてアユモドキ仔稚魚が確認された7月14日の調査結果をみると、 α 2水路では、体長22.0~42.0mm(平均28.3mm)の個体が、河川合流点から40mまでの流速7.2cm/s以下の範囲で確認され、直上流の流速12.6cm/sの区間より上流では確認されなかった。 α 3水路では、体長24.5~31.0mm(平均27.7mm)の個体が、河川合流点から125mまでの流速3.0cm/s以下の範囲で確認された。 α 3水路が α 2水路に比べて流速が遅かったことで、河川合流点から遠い距離にまで遡上したと考えられる。

7月中旬において稚魚期(前期~中期)の個体は、水路の流水部へ移動したものの、流速の弱い場所にとどまり、流れへの耐性が強くないことが考えられる。中干し期前までは流速7.2cm/s以下程度の緩やかな環境が、生息環境として重要と考えられる。

2) 中干し期後(主に稚魚期(後期))の利用環境

8月以降になると、 α 2水路で河川合流点から流速22.0cm/sの区間を越えた区間でも確認された。また、9月には調査水路で最も早い流速58.4cm/sの区間でも確認があった。稚魚期(後期)に成長した8月以降は、強い流速に耐性をもつようになり、流速が水路を利用する場合の制限とはならないと考えられる。

3) 一般化線形モデルによるその他の解析結果

この他、一般化線形モデルに基づく解析で得られた情報は、次のとおりである。

① 河川からの距離

7月及び9月の調査において、アユモドキの確認数は河川からの距離が近いほど多く遠いほど少ない負の関係にあった。そのため、産卵場である曾我谷川からの遡上条件が良好な水路環境が選択されていると考えられる。

② 水田吐口との関係

全ての調査月で、アユモドキの確認数は水路区間内の水田吐口の数と正の関係があった。水田吐口からは、プランクトンの密度が高い排水が出てくることから、餌密度の高い区間に集まってきている可能性がある。

③ 隠れ場との関係

9月には、アユモドキの確認数は水路区間内の壁面の割れ目など隠れ場の総数と正の関係があり、底生生活に移行したアユモドキの利用環境を示していると考えられる。

4) 水路環境条件についてアユモドキ稚魚と共通性が高い魚種

アユモドキ稚魚が確認された水路で同時に出現し易い魚種(以下「指標種」と言う。)の有無を検討し、アユモドキ稚魚や指標種が確認された水路の環境条件を把握することによって、アユモドキ稚魚の水路における環境条件を推定し、今後の保全対策等を検討することができると考えられる。

① 指標種の検討

平成27年度の7月、8月、9月及び平成26年度の8月、9月の水路(α1水路を除く)における魚類調査結果を基に、一般化線形モデルを用いてアユモドキ稚魚の確認個体数と水路環境条件との関係性について同様の傾向を示す種を解析した。

平成27年度調査の確認種は、在来種が5目8科25種、外来魚が2目2科3種であった。優占しているのは、オイカワ、タモロコ、その他コウライニゴイ、ヌマムツ、メダカ類等であった。確認種は全体的に水田周辺水路で生息する種であった。解析の結果、それぞれの調査時期で特にアユモドキ稚魚と共通の関係性がみられた魚種は、チュウガタスジシマドジョウであった。関連性がみられたその他の種は、調査時期によっては傾向が異なっている種であった。これらの種は、アユモドキ稚魚の発育段階や周辺水路の管理状況などによっては、生息環境が異なる魚種であると考えられた。

② 利用水路環境の共通性

一般化線形モデルによる解析結果から、アユモドキ稚魚とチュウガタスジシマドジョウの生息場所と水路の物理環境との関係性は次のとおりであった。

【河川からの距離】

どちらの種も水路で確認された場所は、共に河川からの距離が長いと減少する負の関係にあった。河川から生息場所までの距離は、アユモドキ稚魚が175mまで、チュウガタスジシマドジョウが191mまでで、ほぼ同程度だと考えられる。両種の確認区間は、7月～9月を通じて重なっているが、チュウガタスジシマドジョウの方が少し出現範囲が広がった。

【隠れ場所の総数】

どちらの種も隠れ場所の多い区間での確認数が多い正の関係にあった。

【水田吐口の数】

アユモドキ稚魚にのみ正の関係(水田吐口が多いほどアユモドキ稚魚の確認数も多い傾向)がみられ、チュウガタスジシマドジョウにはみられなかった。

【流速】

アユモドキ稚魚は7月のみ負の関係(流速が緩やかな区間で確認数が多く、流速が速いと確認数が少ない、あるいは確認されない傾向)がみられた。7月に流速7.2cm/sまでの範囲では確認があったが、12.6cm/sを超えるとその区間から上流には確認されていなかった。

チュウガタスジシマドジョウは、7月に流速34.3cm/sまでの範囲で確認され、さらに流速が速い上流区間では確認がなかった。8月には正の関係がみられた。

これらのことから、隠れ場の創出、水田吐口の増設(直接的な餌資源の供給)、多様な流れ環境の創出といった対策を施すことで、アユモドキ稚魚やチュウガタスジシマドジョウに適した水路環境に改善できる可能性があると考え

表3 水路系統別転作面積とアユモドキ確認個体数

年	転作面積 ha	水路で確認されたアユモドキ個体数			当歳魚推定個体数 (落水後調査)
		中干し前	中干し後	合計	
平成16年	0.1	16	0	16	444.1± 95.1
平成21年	17.2	497	85	582	2317.5± 301.2
平成22年	0.1	7	0	7	489.0± 267.7
平成23年	10.0	79	7	86	302.8± 123.7
平成24年	0.1	1	0	1	24.6± 4.8
平成25年	0.1	1	0	1	160.0± 69.5
平成26年	17.2	30	15	45	188.0± 91.2
平成27年	12.4	16	37	53	558.0± 188.3

えられる。

5) 水田転作の実施とアユモドキ稚魚の水路利用状況

公園区域内の水田とその西側の保津町地内の水田（合せて約 28ha）は、これまで集団転作（最大 17.2ha）が実施されてきた経緯があり、「農業用水路・排水路の系統別の転作面積とアユモドキ稚魚の水路利用状況が関連するのではないか」との助言（第 23 回専門家会議）を受けて、過年度の水路系統別転作面積とアユモドキ稚魚の確認状況の情報を収集し比較したところ（表 3、図 7 参照）、程度の違いはあるものの、転作がある年に水路でのアユモドキ稚魚の確認が多い傾向がみられた。

その要因として、「転作により水田耕作面積が減少すると、水田から水路へ流入する餌が減少し、アユモドキが餌を求めて水路を遡上するのではないか」との意見（第 23 回専門家会議）があった。ただし、アユモドキ稚魚の水路利用には、転作以外にも、流速の影響等が考えられる。また、過年度の餌生物量、物

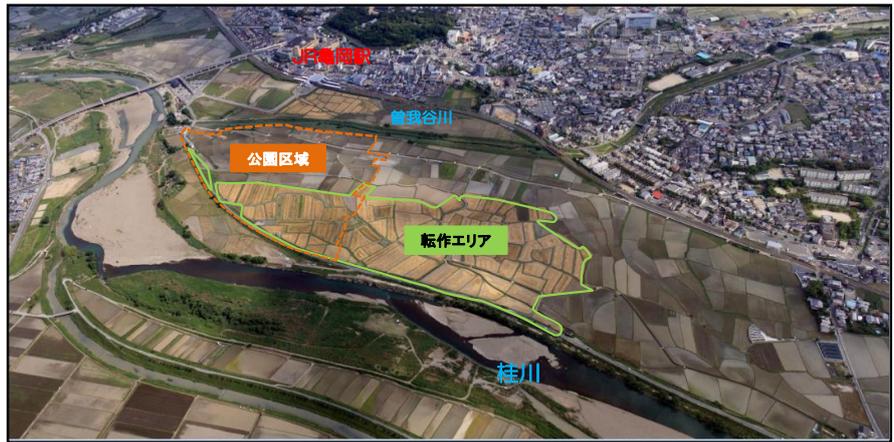


図 7 公園区域と転作による減反農地（平成 26 年 6 月）

理環境など周辺環境の状況が不明であること、個体の確認が中干し時や落水時の救出活動のみということが多く、推定個体数の誤差範囲が大きいこと等、記録がなく解明されていない様々な要因も多いことから、転作状況とアユモドキ稚魚の確認率の関係性は明確でない。

(5) アユモドキの餌生物調査（糞分析による）

アユモドキの餌生物については、これまで採餌行動の観察等による知見に限られ、実際に採餌された餌を調査した事例はなかったが、岩田委員、竹岡委員により、捕獲された仔稚魚の糞を解析する調査が実施された。

中干し期までは、平成 27 年 6 月中下旬の後期仔魚期 2 個体から、中干し後（中干し期間中を含む）は、平成 27 年 7 月の中干し期間中に α 1 水路で捕獲された稚魚期（中期）の 1 個体、8 月中旬の 16 個体と平成 26 年 8 月中旬の 8 個体、9 月中旬の 15 個体の稚魚期（後期）合せて 40 個体から採取された糞が対象となった。

1) 中干し期前までの餌生物と成育環境

① 餌生物

曾我谷川の繁殖地で捕獲された後期仔魚期は、セナカワムシ科、ミズミミズ科、ソコミジンコ目、キクロプス目を捕食していた。

中干し期までのアユモドキについては、糞分析結果のサンプル数が少なく今後例数を増やす必要があるが、捕食していた餌動物の個体数は、いずれも数個体程度と少なく、個体数からみると水田由来、水田または水路由来のプランクトンが多くを占めていた。

② 餌生物からみた成育環境

アユモドキ稚魚調査において、中干し期まではアユモドキは流速の早い環境には進入できないことがわかっている。このほかアユモドキ生息環境再生整備実験モニタリング結果からも、プランクト

ン密度と仔稚魚の密度には正の関係性が示唆されている。以上のことから、中干し期までのアユモドキの生息環境としては、流れが少なく、プランクトン密度の高い止水環境の創出が重要であるといえる。

2) 中干し期後の餌生物と成育環境

① 餌生物

中干し期間中に α 1水路で捕獲された稚魚期(中期)は、カイミジンコ目、キクロプス目、ツキガタワムシ科、ネズミワムシ科、ハナビワムシ科、ミズミミズ科を捕食していた。

2カ年を通して、個体数からみるとヒゲユスリカの仲間を多くのアユモドキが捕食していたが、特に、 α 3水路、 α 2水路の最下流部、繁殖実験池など、流れがあまりない環境で捕獲されたアユモドキは非常に多数のヒゲユスリカ族を捕食していることが多かった。ハエ目では、このほかエリユスリカ属、ツヤユスリカ属、ハモンユスリカ属、ユスリカ属などが広く捕食されており、採餌環境に応じて発生するユスリカの仲間を採餌しているものと考えられる。

プランクトンでは、後期仔魚期から稚魚期にかけて、ワムシ類(ハオリワムシ属、ネズミワムシ属、セナカワムシ科など)、顎脚綱(キクロプス目(ケンミジンコ)、ミジンコ目(シカクミジンコ属、マルミジンコ属))を捕食していた。これらの種は、特に α 2水路の中流部で捕食されないことが多かった。

プランクトンの内、有殻アメーバ類ではナベカムリが見られない一方で、ツボカムリ属、トゲツボカムリの捕食が特徴的に見られた。

イトミミズ目では、ミズミミズ亜科が広く捕食されていた。なお、ミズミミズ亜科については、糞から毛が多数確認された場合があり、捕食個体数が極めて過小評価となっている可能性がある。

ユスリカの仲間の他、ハエ目を除く昆虫綱では、カゲロウ目、トビケラ目が餌動物として利用されていた。流水環境ではコガタシマトビケラが捕食されていた。特に、コガタシマトビケラは α 2水路で多く捕食されていた一方で、繁殖実験池では捕食が確認されなかった。また、ヒメトビケラ属は α 2水路の下流部でのみ確認された。

止水環境ではフタバカゲロウ属ないしヒメフタバコカゲロウ属が多く捕食されており、特に繁殖実験池の捕食例が多かった。

同じ水路や区間であっても、捕獲日によっては捕食している餌動物種が流水環境由来であったり、止水環境由来であったりした。この要因として、水理環境の変化やアユモドキの移動などの理由が考えられた。

この他、2カ年ともに植物の柵状組織が多数確認されている。アユモドキは主には動物性の餌を利用していると考えられるが、このことから植物質を栄養源としている可能性も否定できない。

② 採餌の選好性

アユモドキは特定の餌動物を専食することなく、様々なサイズの餌動物を捕食していると考えられた。また、同じ水路区間で捕獲されたアユモドキの糞からは、底生動物調査においてその場所で確認された餌動物相と類似し似通っていることから、アユモドキが捕食している餌動物は、その空間において個体数が多い餌動物を捕食しているものと考えられた。ただし、トビケラ目やカワゲラ目については、棲息している環境に積極的に移動し、選好して捕食している可能性がある。

③ 餌生物からみた成育環境

平成27年度はアユモドキの成長が遅いと評価されているが、7月20日の個体からは大型の底生動

物（ヒラタカゲロウ属の1種）も確認されており、この結果から遅くとも8月上旬にはアユモドキの主要な餌資源は河川や水路の底生動物となっていると考えられた。また、7月半ばごろには、現地の観察により、アユモドキが河川の壁面や底をつついて採餌している様子が確認されていることから、浮遊性のプランクトンの捕食は限定的であるといえる。以上のことから中干し期以降のアユモドキの生息環境としては、底生動物の個体数が多い水路環境の保全・創出が、重要であると考えられる。

餌動物の指標として、止水環境となる水路ではユスリカ科とカゲロウ目（止水性）、流水環境となる水路ではトビケラ目、カゲロウ目が適切であると考えられる。

（6）プランクトン調査

水田が、アユモドキの餌生物となる動物プランクトンの供給に、どの程度に貢献しているのか検討するため、動物プランクトンの定量調査を実施した。また、糞分析の解析結果との動物プランクトンの種組成を比較し、餌となり得る種群やその量についても考察を行った。

調査は、アユモドキの仔稚魚がプランクトンを捕食している期間内の平成27年6月に2回、7月に1回、8月に1回のあわせて4回、α2水路とα3水路の各4地点、α5水路の14地点、モデル水田（R0～R3、内R2は水張り水田）4地点、河川2地点で実施した。

1）水田のプランクトン

① 密度

水田では、プランクトンの密度が高い傾向があった（図8参照）。特に、水張り水田の3回目調査で非常に高いプランクトン密度が記録されたため、密度の幅が広い結果となった。

② 日供給量

各水田吐口からの排水量に応じプランクトン日供給量を整理した（図9参照）。水張り水田について、耕作水田と変わらない量のプランクトンが生産されていることが把握できた。耕作の有無に関わらず、同様の環境（栄養塩の豊富な止水環境）を保全することで、アユモドキの餌供給に役立つ可能性がある。

水田からの供給量について、面積、水温、流量などとの関係は見られなかった。

2）水路・河川のプランクトン

① 密度

水路のプランクトン密度は、水田吐口で最も高く、水田吐口が多く流量の少ない水路ほど密度が高い傾向であった（図10参照）。特に、水路からの供給がほとんどなく、水田からの排水が流量のほとんどを占めると考えられるα3水路上流区間では、水田に次ぐプランクトン密度を示した。

多数の水田吐口からの排水を直接に受けているα1水路では、流量が非常に多いにも関わらずプランクトン密度が高かった。調査対象区域より上流にも多数の耕作水田を抱えていることもその理由と

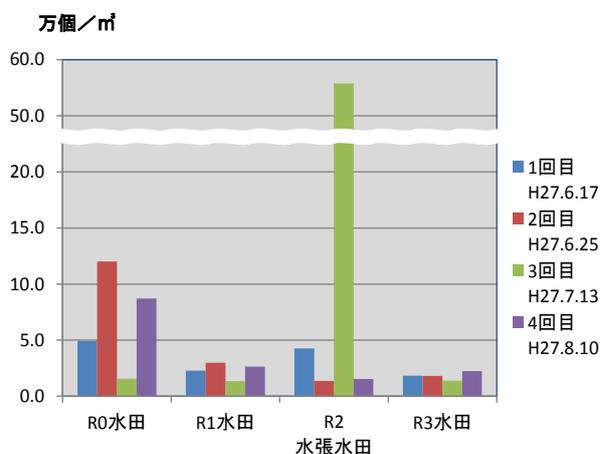


図8 各水田のプランクトン密度

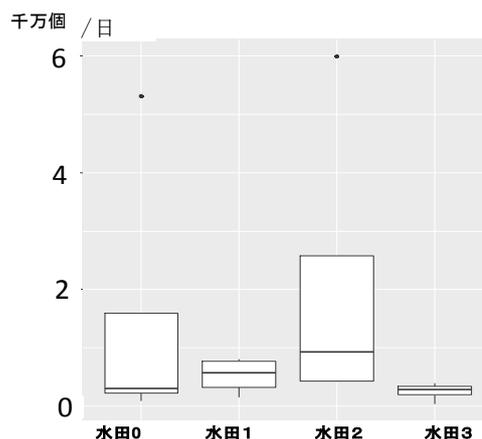


図9 各水田のプランクトン日供給量

考えられた。

α 2水路のプランクトン密度は、 α 3水路や α 5水路と比べると少ない傾向があった。 α 2水路では、上流で河川を水源とする α 4水路からの配水が流入することから、プランクトン密度が薄まっているものと考えられる。

② 全日流下量

各水路及び曾我谷川の流量に応じ全日流下量を整理した(図 11 参照)。曾我谷川のダム直上流では、 α 2水路の全日流下量の 40 倍弱、 α 1水路の全日流下量の 8 倍程度の流下量が確認された。曾我谷川上流からの合流、 α 1水路沿いの水田からの排水があり、また止水域ではプランクトンの生産も想定され、これらが寄与しているものと考えられる。

全日流下量をみると、全ての水路において下流に流下するにつれてプランクトン量が増加した。

水路間では、 α 1水路が極めて多かった。 α 3水路の全日流下量に対して α 1水路の全日流下量は、30 倍程度の開きがあり、 α 1水路の上流で直接排水している水田や調査区域よりさらに上流からの供給が大きく寄与していると考えられた。

次いで α 2水路で多く、 α 3水路、 α 5水路は少ない傾向が見られた。

α 2水路は、 α 5水路の排水を受けて河川を水源とする α 4水路からの配水と合流して流下するため流量が多く、日流下量が多いものと考えられる。 α 5水路下流の全日流下量は、 α 2水路下流の全日流下量の約 4 割を占めていた。 α 2水路を流下する間の全日流下量の増加分は、直接排水を受けている 8 箇所の水田からの合流分と概ね合致していた。

③ アユモドキが利用可能と推定される全日流下量

アユモドキが河床ならびに壁面から 3cm までの範囲のプランクトンを餌として利用していると仮定して、全体に対するその範囲の割合を算出し全体の流量に乗じて、アユモドキが利用可能と推定されるプランクトンの日流下量を設定した(図 12 参照)。実際には、河床や壁面での流速は遅くなり流量が減少する一方で、プランクトン密度は増えるものと推察されるが、詳細は不明であるため考慮していない。

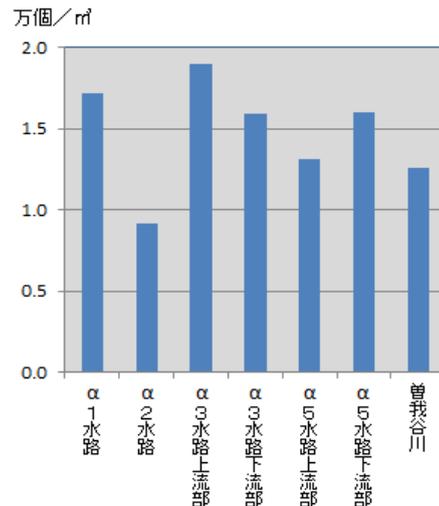


図 10 水路・河川のプランクトン密度(中央値)

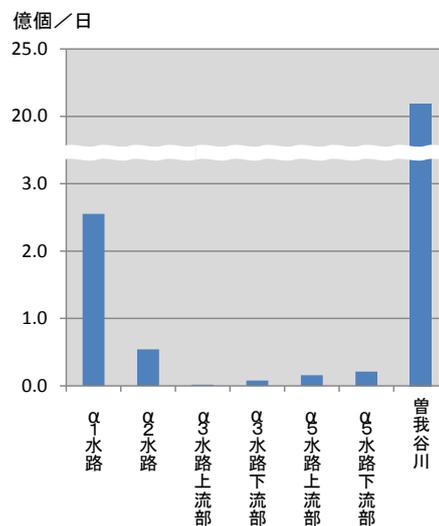


図 11 水路・河川のプランクトン全日流下量(中央値)

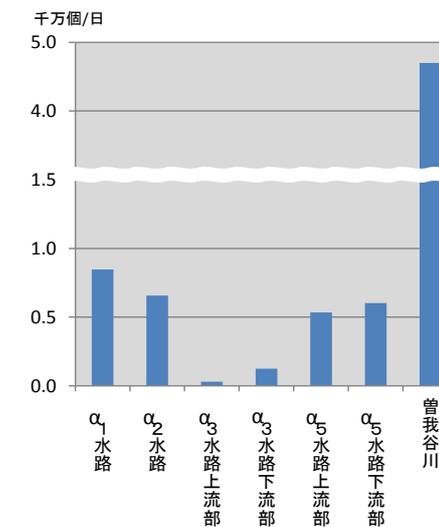


図 12 アユモドキが利用可能と推定される水路・河川のプランクトン全日流下量(中央値)

全日流下量と同様に、水路と比較し、曾我谷川での日流下量が多い結果となった。

河川では、川幅に対して水深が深いため、アユモドキの利用可能と推定される空間が相対的に狭くなり、全日流下量に対して利用可能な全日流下量が減少した。

アユモドキが利用可能な日流下量からみると、全体の日流下量と同様に、全ての水路において下流に流下するにつれてプランクトン量が増加した。

大きな水路ほど、水路全体に対するアユモドキが利用すると仮定した範囲の割合が減少するため、水路が大きくなる下流ほど、全日流下量に比べて利用可能なプランクトンの割合が減少した。

全日流下量と同様、曾我谷川のダム直上流のプランクトン量が多い結果に変わりはないが、各水路及びα 1水路での利用可能量との差は大きく縮まっている。

④ プランクトン量の季節変化について

調査地点数が多いα 5水路のデータを活用して、調査回別に流下するプランクトン量の季節変化について検討した。

プランクトンの密度は、耕作が始まってから最も早く調査された1回目（6月17日）が最も高く、次いで中干後最初の調査となる3回目（8月3日）が高かった。日流下量についても同様に、1回目の調査が最も多かった。また、中干後最初の調査となる3回目（8月3日）で多い傾向があった。

種群別にみると、アユモドキの餌生物として確認されたプソイドトロカ目は、水田に水が入ったあと（6月、中干し直後）に増加した種である。また、キクロプス目、ノープリウス幼生、ミズミミズ科、マルミジンコは8月に多かった。

3) プランクトンからみた水田と水路の関係

水田は、アユモドキの繁殖場にプランクトンを供給する役割を果たしている。しかし、水田と繁殖場の距離が長いと水路を流下するプランクトンの減耗が生じる可能性がある。そこで、アユモドキの餌生物となるプランクトンからみて適切な水田と水路の配置や距離の関係を検討するため、水路での流下にとまらうプランクトンの増減を調査した。

① 調査水路の物理的環境

α 5水路の約300m区間の14地点の調査結果を用いて解析を行った。調査区間は、水田からの排水による影響を受けないよう水稻作付が行われていない区間とした。ただし、区間の中ほどにクランク形状の暗渠があり、出口側に止水的な環境が形成されておりプランクトンの再生産が活発に行われることが想定されたため、クランクより上流側と下流側を別に解析した。

上流区間は、全線を通してコンクリート製U字溝が設置されており、単調な水路形状となっていた。下流区間は、中流部分が土羽岸となっており、植生が岸際にみられた。

② 流下にとまらうプランクトンの増減

水路内を流れるプランクトンの流下に伴う増減について、その多くは流下距離の長短との関係性が見られなかった。しかしながら、一部のプランクトンについては減少傾向、増加傾向を示すものがあった。（表4参照）

50%減耗距離は、最短で15.8m（ホソタマミジンコ）、最長で94.0m（ハオリワムシ属）であった。

減少した種5種（調査回毎）のうち3種（調査回毎）がワムシ類であった。また、その他の2種は

表 4 流下に伴う増減傾向を示したプランクトン種数

距離による増減傾向	上流区間	下流区間
増加傾向がみられた種	2	3
距離による変化がなかった種	37	29
減少傾向がみられた種	2	3
解析対象種数計	41	35

ホソタマミジンコ、橈脚亜綱（ノープリウス幼生）であり、アユモドキの糞分析結果からこれらの種、または類似の種群が採取されていることから、魚類によって捕食されている可能性がある。

既往研究事例では、供給源からの距離が離れるにつれて、魚類による捕食によってプランクトンが減少したという報告があり、今回の結果も魚類による捕食の可能性はある。

③ 流速等の違いによる増減

プランクトンの減少率は、流速が遅いほどプランクトンの減少率が高かった。一方、流量や径深との関係は見られなかった。

流速の遅い箇所は、特に下流区間では土羽構造となっており、水路壁面や植生繁茂などにより粗度が高まるため流速が低下しやすい区間であると言える。流区間は、底面・壁面ともにコンクリートであることから粗度が低い区間となっており、砂泥の堆積が区間を通してほとんど見られない。

粗度が低く流速が早い水路は、プランクトンを遠方に供給する能力が高い可能性がある一方で、プランクトンをトラップする能力が低い可能性がある。糞分析の結果からも、アユモドキからはソコミジンコやカイミジンコなどの底生性のプランクトンを捕食している可能性が高く、このような水路環境は動物性プランクトンの採餌環境として適していない可能性がある。

（7）底生動物調査

アユモドキ稚魚の餌となる底生動物について、平成 26 年と 27 年に各水路と曾我谷川で実施した定量的調査結果を基に、水域環境に応じた餌の種構成や分布量について把握した。

平成 26 年調査は、5 月に曾我谷川で、7 月 15～16 日（中干し前）に α 2 水路、α 3 水路、α 4 水路、α 5 水路の底面、壁面で、9 月 4～5 日に同水路の底面で実施した。平成 27 年調査は、7 月 13 日に α 1 水路壁面で、8 月 10 日、9 月 10～12 日に α 2 水路、α 3 水路、α 5 水路、α 4 水路で、10 月 6 日に曾我谷川で実施した。平成 27 年調査の結果、全体で 10 綱 20 目 39 科 90 種の底生動物を確認した。

1) 底生動物調査の結果

平成 26 年度、27 年度に実施した調査で出現した底生動物を、止水性と流水性に区分した単位面積（ $0.0625 \text{ m}^2 = 25\text{cm}$ 四方）あたりの個体数は、図 13 のとおりであった。

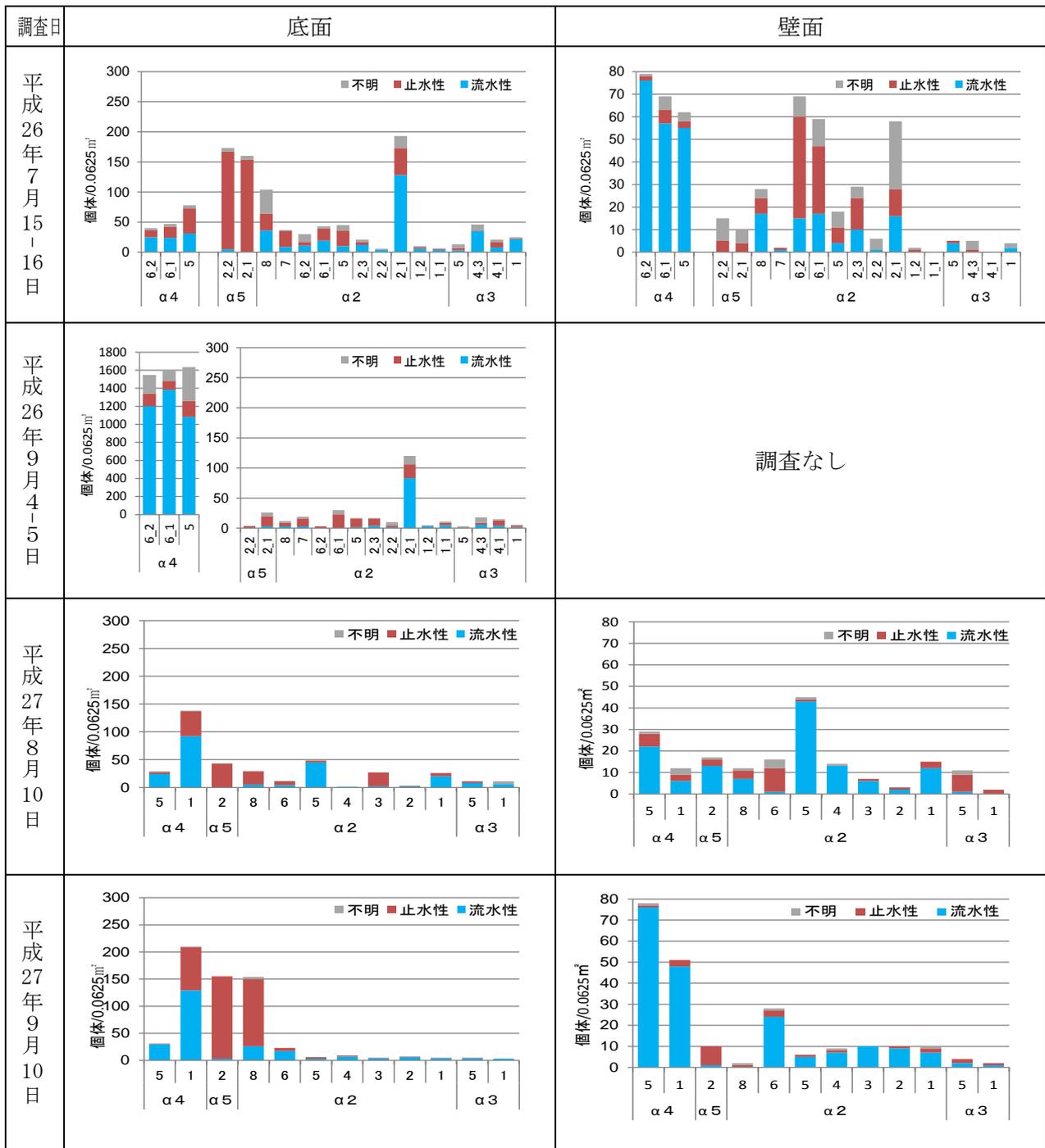


図 13 水路における底生動物出現状況の比較

(個体/0.0625㎡)

* 水路記号の上段の数字は採取地点の記号を表す。

2) 水路間の違いとその要因

平成26年の7月、9月、平成27年の8月、9月の4回の調査を基に、農業用排水路の調査結果を比較した。水路間では、底生動物の個体数ならびに種数は、α4水路で多く、α3水路で少ない傾向があった。α2水路、α5水路は地点によって様々であり中間的な値を示した。

アユモドキの餌になると考えられる底生動物としては、ユスリカ科が多くの地点で優占しており、ついでイトミミズ目が多かった。

① 河川からの取水等で底生動物が多かったα4水路

α4水路では、2カ年ともに流水性のユスリカ類が多数確認された。特に平成26年9月には、いず

れの調査地点においても 1500 個体/0.0625 m²以上の底生動物（貝、ヒル、エビ類除く）が確認された。種群としては、ヒゲユスリカ族やエリユスリカ属、ハモンユスリカ属などが高密度に確認された。また、平成 26 年度調査では、タニガワトビケラ類が高密度に確認され、200 個体/0.0625 m²以上確認された地点もあった。

α 4 水路で、底生動物が多かった理由としては、桂川から取水した用水が比較的安定して流れていること、また中干し期の影響が限定的である場合があることなどが挙げられる。特に、ユスリカ類は平成 26 年、平成 27 年の両年ともに一定個体数、種数が確認されている。また、カゲロウ目及びトビケラ目が、平成 26 年に高密度で確認されており、α 4 水路はこれらアユモドキの餌として重要な底生動物の供給源として、ポテンシャルが高いと考えられる。なお平成 27 年では、カゲロウ目、トビケラ目は、α 4 水路内でほとんど確認できなかった。その理由は不明であったが、平成 27 年は用排水路を流れる流量が多かったことが、理由の一つとして想定される。

② 多様な水路環境の α 2 水路、α 5 水路

α 2 水路、α 5 水路では、調査地点によって底生動物の個体数、種数が様々であったが、これは矢板区間や土水路区間のほか、変化に富んだ水路勾配など、多様な水路環境によるものと考えられる。例えば、α 5 水路の下流部や α 2 水路の上流部などで、大きな逆勾配が生まれており、流速もやや緩やかな状況である。これら区間においては、止水性のユスリカ科やイトミミズ目の個体数が多い時期があった。また、底生動物の供給源と考えられる α 4 水路から近いことも、α 2 水路で底生動物の個体数が多い要因の一つであると考えられた。

③ 低い水準の α 3 水路

α 3 水路では低い水準であることが多く、平成 26 年 7 月に 46 個体/0.0625 m²（25cm 四方あたり）が確認されているが、それ以外では底面・壁面含めて 0~25 個体/0.0625 m²であった。

α 3 水路で底生動物の種数、個体数が少なかった要因の一つとして、水路内の連続性の問題が考えられた。α 3 水路は、上流の α 4 水路からの距離が離れている上に、α 4 水路までの区間に堰が多数設置されている。そのため、上流から流下してくる底生動物の供給量が極めて少ないと推察される。加えて、α 3 水路は河川と連続しており、魚類が容易に遡上できることから、底生魚の捕食圧も高い環境であることも要因として考えられる。

④ α 1 水路の壁面調査

平成 27 年 7 月調査時に、α 1 水路の壁面で確認された底生動物（図 14 参照）は、他の水路壁面で確認された底生動物の個体数と大きく変化がなかった。また、壁面の上部と下部を比較しても、明確な違いは見られなかった。

⑤ 曾我谷川の底生動物

曾我谷川では、平成 26 年 5 月調査で各水路と比べて非常に多くの底生動物が確認された。曾我谷川の止水域においては、平成 27 年 10 月にも水路と比較して多くの底生動物が確認された。同一年度の調査結果でないこと等により一概に比較はできないが、季節間での比較では、5 月時点の方が 10 月時点よりも多くの底生動物が出現した。（図 15 参照）また、カゲロウ目・トビケラ目については、流水性の種が瀬や植物帯などで多く確認された。

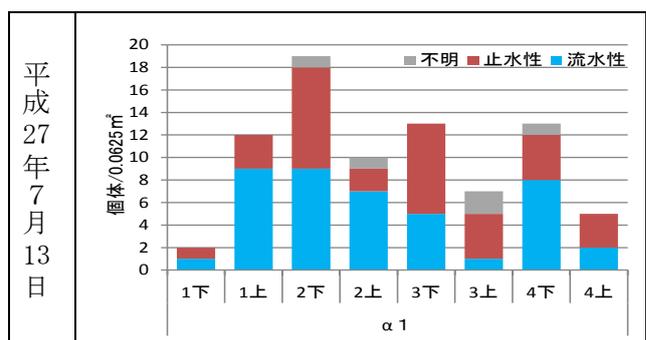


図 14 α 1 水路壁面の底生動物出現状況 (個体/0.0625 m²)

* 水路記号の上段の数字は採取地点の記号を表す。

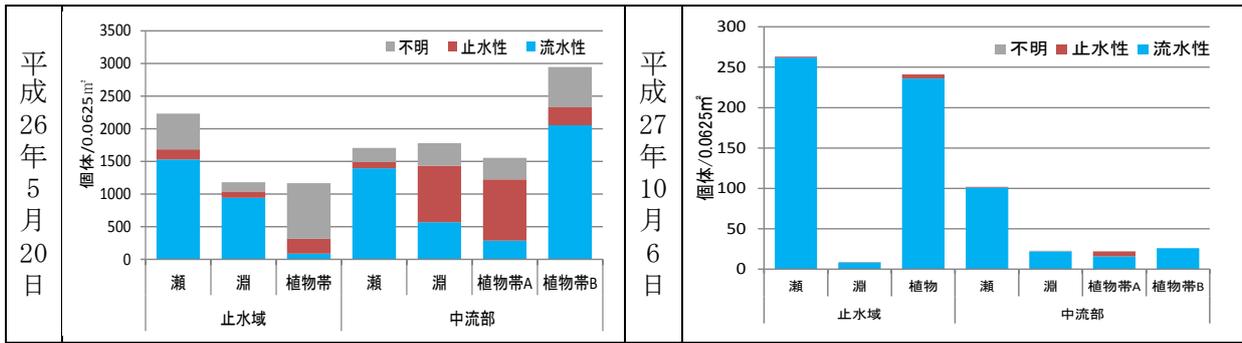


図 15 曾我谷川の底生動物出現状況 (個体/0.0625 m²)

3) 底面と壁面の比較

調査全体を通して、底面と壁面の調査結果を比較した。

底面と壁面では、総じて底面での個体数が多い結果であった。

一方で、底生動物種数は底面と壁面で大きな差はなかった。ただし、底面では、ユスリカ類やイトミミズ目、顎脚綱の個体数が多い地点が多かった。壁面においても、ユスリカ類やイトミミズ目、顎脚綱の個体数が多い地点が多かったが、底面と比べ、カゲロウ目やトビケラ目の割合が多い地点が多かった。また、底面に比べ、壁面の方が、流水性種の個体数が多い場合が多かった。

4) 水路構造の違いと底生動物

底面と壁面の構造について検討したところ、壁面で底生動物群集に差が見られた構造として、土水路が挙げられ、土水路では底生動物の種数、個体数が、矢板護岸・コンクリートと比較して多い傾向があった。平成 27 年 7 月には、他の水路区間では見られなかったガムシ科やゲンゴロウ科、アオヒゲナガトビケラ属が見られた。アユモドキの餌動物としては、ユスリカ科

表 5 壁面形状別の底生動物 (平均個体数)

単位: 個体/0.0625 m²

調査月	26年7月			27年8月,9月		
	コンクリ	板	土	コンクリ	板	土
地点数	14	2	3	16	4	2
腹足綱	7.4	2.5	15.7	5.3	3.3	8.5
ミズミズ科	3.1	4.0	3.7	1.9	0.3	1.0
ヒル綱	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0
顎脚綱	0.6	7.0	13.3	1.1	0.3	0.0
コカゲロウ科	2.2	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0
トビケラ目(毛翅目)	4.3	0.0	1.7	0.0	0.0	0.0
ハエ目(双翅目)	13.4	5.5	25.7	11.7	6.8	23.0
合計	30.9	19.0	62.0	20.6	10.5	32.5

が多い傾向があり、平成 26 年にはヌマユスリカ属やモンユスリカ亜科など、平成 27 年にはハモンユスリカ属やナガレユスリカ属の個体数が比較的多く確認された。なお、土水路の区間とその他の水路構造の間で、底面では特徴的な違いは見られなかった。

また、アユモドキの餌動物として、壁面ではカゲロウ目の確認が比較的多く、水路ではコカゲロウ属やフタバカゲロウ属がよく出現した。これらは、矢板区間ではやや確認数が少なく、コンクリート水路の壁面や土水路で比較的頻繁に確認された。

壁面の構造としては、土水路が底生動物の生息にとってよいと考えられた。ただし、「農業用排水路では水深が不安定であることに留意しておく必要がある。」(第 26 回専門家会議)との意見があった。なお、平成 27 年は、調査時は全ての地点で水深 25cm まで水深が確保されていたが、平成 26 年調査では現地調査写真や水位データからは、水深が確保できていない場合がほとんどであった。

5) 中干し期前後の比較

平成 26 年調査を基に、水路底面について、中干し前後(平成 26 年 7 月と 9 月)の調査結果を比較した。

① α 4 水路以外は個体数が減少

中干し前後では、 α 4 水路を除く水路の多くの地点で、底生動物の個体数が減少した。7 月及び 9 月の底生動物種組成の変化をみると、7 月には多種のユスリカ類が多数確認されたが、9 月には α 2 水路の区間 2（礫投入地点）においてハモンユスリカ属とエリユスリカ属が増加したことを除いて、ユスリカ類が減少、消失した地点が多かった。また、トビケラ目やカゲロウ目についても、その確認個体数が減少していた。中干しの影響を受けたものと考えられる。

② α 4 水路の変化

一方、 α 4 水路は他の水路と異なり、種数はさほど増えないものの、中干し後にユスリカ類やカゲロウ目、トビケラ目の個体数が増加した。また、中干し前に確認されなかったミズミズ亜科が、中干し後には大量に確認された。この要因として、用水路である α 4 水路だけが、中干し期間中でも 15cm 程度の水深を維持していたことがあげられる。この他、中干し後の底生動物減少の要因に考えられた事象として、平成 26 年 8 月 9～10 日にかけて襲来した台風 11 号による大規模な出水による影響を受けた可能性も考えられる。

6) 礫搬入による底生動物の環境改善

① 礫搬入（石間ハビタットの形成）の効果

平成 26 年 6 月 30 日に、 α 2 水路の複数地点の底面（砂泥及びコンクリート構造）に礫を 2 層、3 層に投入して環境改善を実施し、底生動物群集について確認したところ、他の調査地点と比較して礫投入箇所では、底生動物の個体数・種数が増加した。区間 2 では、貝、エビ、ヒル類を除く底生動物の総個体数は減少していたものの、ハモンユスリカ属やエリユスリカ属はむしろ増えるなど、底生動物の減少が少なかった。環境改善効果が大きかった地点では、中干しによる底生動物の個体数や種数の減少が少ない傾向が見られた。

礫投入箇所においても、種数や個体数が多い種群はユスリカ科であった。底生動物の個体数が、特に多かった地点では、コガタシマトビケラやコカゲロウ属も多数確認され、流水性の底生動物の個体数が、他の地点に比べて多かった。

礫投入地点では石間ハビタットが形成され、アユモドキの餌となるユスリカ科やトビケラ目、カゲロウ目の良好な生息環境をつくるものと考えられた。

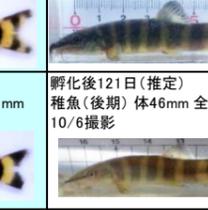
② 環境管理後の維持管理

翌年の平成 27 年度調査時に、礫投入地点では、すでに砂や細礫の堆砂が進んでいる様子が確認された。堆砂の速度がどの程度であるかについては詳しく把握できなかったが、農業用水路であることから砂泥の流入量は相当あることが見込まれることから、石間の間隙も一定時間の経過に伴い急速に詰まっていくことが想定される。従って、環境改善にあたっては、実施後の維持管理のしやすさや、メンテナンス計画についても、今後の経過観察を踏まえて検討する必要があると考えられる。

（8）アユモドキ仔稚魚の発育段階と成育状況

平成 27 年度に曾我谷川及び都市計画公園内の各水路において実施したアユモドキ仔稚魚調査結果に基づいて、仔稚魚の捕獲場所、成育状況とその発育段階を整理し、糞分析により検出された餌生物情報を加えて、表 6 を作成した。なお、平成 27 年については、成育が遅い年であるとされており、このような年は、中干し期前には稚魚期（中期）の個体はほとんど見られない。本表は希少種情報保護のため生息場所の具体的な情報は秘匿している。

表 6 平成 27 年度調査結果に基づくアユモドキ稚魚の成育状況と発育段階

時期	4月	5月	6月				7月				8月				9月			10月	11月 - 3月		
			上旬		中旬		下旬		上旬		中旬		下旬		上旬		中旬			下旬	
			0	5	10	15	20	25	0	5	10	15	20	25	0	5	10			15	20
ファブリダム運用状況			ダム起立				中干し(1週間程度)								落水						
目安			6/5頃				7/16頃				7/23頃										
亀岡における 当歳魚の発育段階			前期仔魚期		後期仔魚期(前期)		後期仔魚期(後期)		稚魚期(前期)		稚魚期(中期)		稚魚期(後期)					未成魚 ~成魚			
発育段階	-	-	前期仔魚期		後期仔魚期(前期)		後期仔魚期(後期)		稚魚期(前期)		稚魚期(中期)		稚魚期(後期)				稚魚期(後期)~未成魚				
ア ユ モ ド キ の 発 育 段 階	形態上の 特徴	卵黄	-	有り 前期仔魚期終了までに消失	消失	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
		口、ロヒゲ 頭部	-	前期仔魚期終了までに開口 端位	端位	端位から下位に移行する ロヒゲの形成	ロヒゲの形成完了	頭長/体長比が成魚より大	頭長/体長比が成魚に近づく	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
		脊索末端 尾鰭	-	上屈せず	上屈を開始し、完了するまで 尾鰭の形状が完成するまで	尾鰭完成	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		体色	-	透明から艶色に変化	褐色	褐色からグアニン色素の沈着開 始まで	体側にハニシマーク様の模様が出 現	体側の斑紋が成魚と同様の帯状 になるが細かい	体側の横帯が成魚と同様に太くなる	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		その他	-	-	-	-	-	-	体長の格差が大きくなる	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
行動上の 特徴	飼育下	-	孵化直後は水底を横臥、または 水草等にぶら下がるように静止、 孵化後4日程度で中層をゆっくり 泳ぎだすようになる ^{1),2),3)}	摂餌を開始、中層を断続的に泳 ぐ ¹⁾	-	まだ中層を泳ぐが、その動作は やや活発を増す ¹⁾	主として中層を泳ぐが、時折水底 を這うように泳ぎだす ¹⁾	中層と低層を泳ぐ時間が等しくなる ¹⁾	主として低層を泳ぎまわり、折々 餌を求めて中層へ浮上する ¹⁾	-	-	-	-	-	-	-	-				
	亀岡での一 般的特徴	-	(注)産卵(6月上旬) ばらまき産卵。卵膜は弱 い粘性、水底に転がる。	摂餌を開始。 移動能力はほぼ無いと思われる が、少しずつ移動している可能性 があるかもしれない。	弱いながら移動を開始する。	本格的に移動を開始する。	流速耐性が成魚ほど強くない。	強い流速に耐性を持つようになる。	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
餌(飼育下)	-	-	-	ブラインシュリンプ 幼生 ¹⁾ 、ツボムシ、ハ リナガミジンコ ²⁾	ブラインシュリンプ 幼生、ミジンコなど ¹⁾ 、 イトミミズ ²⁾	イトミミズ ²⁾	イトミミズ ²⁾	ミジンコなどの動物性プランクトン、ユスリカ幼虫、イトミミズなど ¹⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
飼育下における 仔稚魚期の模式図 ¹⁾	-	-	孵化直後 3.5mm 	孵化後9日 6.3mm 	孵化後21日 11.8mm 	孵化後26日 16.2mm 	孵化後39日 24.8mm 模式図なし	孵化後61日 37.6mm 模式図なし	孵化後138日 59.6mm 模式図なし	-	-	-	-	-	-	-	-				
* 個体サイズは全て全長。野 生個体とは、体型が異なる場 合がある	-	-	孵化後4日 5.4mm 	孵化後14日 8.0mm 	孵化後21日 14.0mm ※成長の早い個体 	孵化後30日 18.3mm 	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
平 成 27 年 度 調 査 概 要	個体写真	-	※人工孵化個体		H27 6/20調査個体	H27 6/27調査個体	※H26 調査個体 H27.7.3の側面写真はなし	H27 7/14調査個体	H27 8/10・11調査個体	H27 8/15・16調査個体	H27 9/16救出個体	H27 10/6調査個体									
		-	孵化直後 人工孵化個体 ³⁾ 前期仔魚 全長3.63±0.03mm(n=8) 	孵化後13日(推定) 後期仔魚(前期) 全長11mm 6/20撮影 	孵化後20日(推定) 後期仔魚(後期) 全長21mm 6/27撮影 	孵化後21日(推定) 稚魚(前期) 体長17mm 6/28撮影 	孵化後37日(推定) 稚魚(中期) 体29.5mm 全36.0mm 7/11撮影 	孵化後66日(推定) 稚魚(後期) 体49.3mm 全59.1mm 8/15撮影 	孵化後69日(推定) 稚魚(後期) 体45.6mm 全57.0mm 8/15撮影 	孵化後101日(推定) 稚魚(後期) 体59.3mm 全73.4mm 9/16撮影 	孵化後121日(推定) 稚魚(後期) 体75mm 全89mm 10/6撮影 										
	-	孵化後13日(推定) 後期仔魚(前期) 全長8mm 6/20撮影 	孵化後20日(推定) 後期仔魚(後期) 全長18mm 6/27撮影 	孵化後22日(推定) 稚魚(前期) 体長20mm 6/29撮影 	孵化後37日(推定) 稚魚(中期) 体22.0mm 全27.0mm 7/14撮影 	孵化後65日(推定) 稚魚(後期) 全42.0mm 全50.7mm 8/10撮影 	孵化後95日(推定) 稚魚(後期) 体47.8mm 全57.9mm 9/10撮影 	孵化後101日(推定) 稚魚(後期) 体45.7mm 全55.1mm 9/16撮影 	孵化後121日(推定) 稚魚(後期) 体46mm 全52mm 10/6撮影 	-	-										
	発育段階 (成魚を除く)	-	-	全て後期仔魚(前期)	全て後期仔魚(後期)	後期仔魚 (後期)	稚魚 (前期)	稚魚(前期~中期)	全て 稚魚(後期)	全て 稚魚(後期)	全て 稚魚(後期)	全て 稚魚(後期)									
捕獲個体数	-	-	15	26	12	3	20	20	6	6	5										
仔稚魚の 個体サイズ (本調査)	体長	-	-	-	~18.0mm	20.0~21.0mm	22.0~42.0mm	42.0~49.3mm	35.8~45.6mm	33.8~53.9mm	46~75mm										
	全長	-	3.63±0.03mm ³⁾	8~11mm	11~21mm	9~21.0mm	22.0~23.0mm	25.5~50.0mm	50.7~59.1mm	41.6~57.0mm	42.4~64.9mm										
糞分析結果	-	-	-	キクロブス目(ケンミジンコ)、 ミズミズ科が検出された。	-	-	-	-	ユスリカ科(ヒゲユスリカ属、ツヤユス リカ属等)が最も多く検出された。 他には、ディフルギア科(ツボカムリ 属)、ハオリワムシ属等。また、ミズミ ズ科も多くの個体から検出された。	ユスリカ科(ヒゲユスリカ属、ツヤユス リカ属等)が最も多く、他にはディフ ルギア科やミズミズ科が検出され た。ケンミジンコやシカクミジンコ属 は、検出が多かった水路と少なかった 水路があった。	-	-									

1): 中村守純・元信(1971)、アユモドキの生活史、資源科学研究所報 75、8-15 2): 上原一彦(1997)、アユモドキ増殖試験、平成7年度大阪府立淡水魚試験場業務報告 29、85-92 3): Tsukasa Abe・Tatsuya Sakamoto(2011)、Embryonic development and larval behavior of the kissing loach (Parabotia curta): adaptations to an ephemeral, hypoxic environment, Ichthyological research 58(3)、238-244

4 アユモドキ稚魚が成育する水路環境条件の評価

アユモドキ稚魚が成育する水路の環境条件（餌生物の環境を含む）について、（１）曾我谷川の産卵場との連続性、（２）水田吐口との位置関係等、（３）水路の物理環境を視点にして整理し現状の水路ネットワークを評価した。

平成 27 年度のアユモドキ稚魚の成育状況と発育段階については、表 6 平成 27 年度調査結果に基づくアユモドキ稚魚の成育状況と発育段階のとおり整理したが、発育段階に対応する環境条件の検討については、水路の運用状況の実態にあわせて便宜的に中干し期前と中干し期後（中干し期を含む）に 2 分して整理した。

なお、これらの評価は、主には平成 27 年度調査をもとに整理・検討したものである。平成 27 年度調査は、都市計画公園内の北西部に「京都スタジアム」（仮称）建設地を仮決めして影響を検討するために実施したものであり、また、この年の水路運用により用排水の流量が例年と比較して多かった、調査地点や調査方法の変更などにより既往調査との比較検討が困難であった等の状況もあり、今後、新たな調査結果や得られた知見を踏まえ、更新していく必要がある。

（１）曾我谷川の産卵場との連続性

【中干し期前】

現状では、ダム降下時に一時的な水域の水位が水路の下流端の底高より下がって水面落差が生じる、あるいは水路内に取水堰やゲート等の物理的な遡上障害がある等により、遡上可能な範囲は限られている。

稚魚期（前期）の個体が確認された水路区間は、流速 7.2cm/s 以下程度の緩やかな流れで産卵場から連続する区間であった。また、アユモドキ稚魚が水路で確認された個体数は、河川から確認場所までの距離と負の関係があった。水路における魚類群集調査結果からアユモドキ稚魚と同時に出現し易く生息環境を検討する上で指標種になると考えられるチュウガタスジシマドジョウの確認数も、河川から確認場所までの距離と負の関係があった。

従って、曾我谷川の産卵場からの遡上条件を良好な環境に改善することで、稚魚が成育する水路区間を広げることができると考えられる。

【中干し期後】

現状では、ダム降下時に一時的な水域の水位が水路の下流端の底高より下がって水面落差が生じる、あるいは水路内に取水堰やゲート等の物理的な遡上障害がある等により、遡上可能な範囲は限られている。

中干し期前に比べてしだいに流速への耐性を強め、8 月には流速 22cm/s の区間より上流に、9 月には流速 58.4cm/s の区間にまで生息域を広げていた。また、アユモドキ稚魚やチュウガタスジシマドジョウの個体数は、河川から確認場所までの距離と負の関係があった。

従って、水路の遡上条件を良好な環境に改善することで、稚魚が成育する水路ネットワークを広げることが可能であると考えられる。ただし、中干し時や落水時に河川に降河できる環境を確保する、あるいは中干しや降雨による水路の流量調整時にも一定の水位を維持することが課題である。

（２）水田吐口との位置関係等

【中干し期前】

アユモドキ稚魚の確認数は、水路区間内の水田吐口の数と正の関係にあった。高い密度の動物プランクトンが排水に含まれ採餌し易い環境になるためと考えられる。一方、水田吐口から水路に供給されるプランクトンは、流下によって減耗する種もあり最短で 15.8m、最長で 94.0m で半減した。

従って、アユモドキ仔稚魚が成育する水路区間には、水田吐口の数は多い方が望ましく、少なくとも 100m 以内に確保するのが良い。水田吐口からの距離が長く、プランクトンが減耗する恐れがある水路区間については、ワンド状の環境を水田吐口から 100m 以内に配置すると良いと考えられる。

【中干し期後】

アユモドキ稚魚の確認数は、水路区間内の水田吐口の数と正の関係にあった。

従って、アユモドキ稚魚が成育する水路区間には、水田吐口の数は多い方が望ましい。

また、餌となる底生動物の流下阻害にもなる堰や堰板については、より流下し易い環境とするため、構造や配置、利用期間などに改善の余地がある。また、植生についても著しく繁茂した場合、底生動物の移動阻害となっている可能性があるため適正管理が望ましい。

(3) 水路の物理環境

1) 流速

【中干し期前】

中干し期前は流速耐性が弱く、7.2cm/s までの区間でしか分布が確認されていない。

そのため、これより流れの緩やかな環境を確保することが重要である。

また、水路の流速が遅いと水田から流下するプランクトンはトラップされ易く採餌環境として良いが、逆に速いと流下による減耗は低下する。このため、アユモドキ仔稚魚が成育する水路区間より上流においては、流速を高めることによりプランクトンの流下距離を延ばすことができる。

【中干し期後】

中干し期以降はアユモドキ稚魚に流速耐性がつき、8月には 22.0cm/s の区間より上流、9月には 58.4 cm/s (調査において記録した最大流速) の区間でも生息が確認されている。

また、糞分析で捕食が確認されたコガタシマトビケラは、稚魚が採取された止水的環境の水路や実証実験地の底生動物調査では出現しておらず、餌となる底生動物の環境条件として、流水性の環境が重要であると考えられる。ただし、流速の早い石礫底での調査は実施していないため、流速と底生動物の間関係については評価はできていない。

従って、中干し期後においては、水路ネットワークにおける現状の流速が遡上阻害の要因となることがないと考えられ、餌となる底生動物の環境条件として良好な流水性の環境が、アユモドキ稚魚の成育環境に良いと考えられる。

2) 水路構造

① 断面形状

調査を行った排水路は、それぞれ規模が小さく、ほとんどがコンクリートの矩形断面であったため、発育段階に関わらず、砂泥や石積など断面形状の違いによる環境条件の違いは認められなかった。

なお、α 1 水路については非灌漑期 (ダム落水後から翌年の起立までの期間) の水深が 10cm 程度であることから、アユモドキの生息環境を確保するために複断面化して一定の水深を維持する提案がある。

② 壁面

【中干し期前】

アユモドキ稚魚やチュウガタスジシマドジョウの確認数は、水路区間内の隠れ場の数と正の関係があった。また、プランクトンは、隠れ場があるような粗度が高い壁面ほどトラップされ易く採餌環境として良い。(一方、流下による減耗を低下させるためには、流速が速い粗度の低い壁面が良い。)

従って、隠れ場となる木矢板の隙間や、壁面の割れ目などの環境が重要であると考えられるため、

できるだけ丸太柵工や木矢板工、石積工など隙間を創出できる壁面構造を取り入れることが望ましい。

【中干し期後】

アユモドキ稚魚やチュウガタスジシマドジョウの確認数は、水路区間内の隠れ場の数と正の関係があった。

また、壁面が土である土水路で底生動物の種数や個体数が多い傾向があり、底生動物の環境に良いと考えられる。

従って、隠れ場となる木矢板の隙間や、壁面の割れ目などの環境が重要であると考えられるため、できるだけ丸太柵工や木矢板工、石積工など隙間を創出できる壁面構造を取り入れることが望ましい。また、底生動物の環境を確保するため一部には土水路を取り入れるのが良いと考えられる。

③ 底質

【中干し期前】

アユモドキやチュウガタスジシマドジョウの確認数は、水路区間内の隠れ場の数と正の関係があり、隠れ場となる環境が重要であると考えられる。

一方、後期仔魚期（後期）までは、餌となる浮遊性または底生性プランクトンの発生源となるような砂泥環境が良いと思われる。

従って、産卵場と同様に餌となるプランクトンの発生源となる砂泥環境が望ましい。ただし、稚魚期（前期）には隠れ場となる環境が重要であり、隙間を創出できる壁面構造と組み合わせることが良い。

【中干し期後】

アユモドキ稚魚やチュウガタスジシマドジョウの確認数は、水路区間内の隠れ場の数と正の関係があり、隠れ場となる石間ハビタットなどの環境が重要であると考えられる。また、底生動物の生息環境についても、礫環境が最も良く石間ハビタットが重要である。

従って、アユモドキ稚魚の生息場や底生動物の環境に良い礫環境、石間ハビタットが望ましい。ただし、水路では砂泥の堆積が早いことから石間が詰まりやすいため、砂泥の堆積を抑制する工法や、定期的なメンテナンスが必要である。

3) 植生

【中干し期前】

アユモドキ稚魚やチュウガタスジシマドジョウの確認数は、水路区間内の隠れ場の数と正の関係があった。また、水路内の植生がある止水環境はプランクトンの再生産環境となっていると考えられる。

従って、隠れ場となりプランクトンの再生産環境となる植物帯の確保が重要である。ただし、植物が密生した場合は、利用しなくなると言われており、適正な植生管理が必要である。

【中干し期後】

アユモドキ稚魚やチュウガタスジシマドジョウの確認数は、水路区間内の隠れ場の数と正の関係があった。また、植生と底生動物の間に明確な関係は見られなかったが、既往知見では、植生が生育している方が底生動物の種数や個体数が増加するとの報告が多く、適度な植生が底生動物の増加に寄与すると考えられる。

従って、隠れ場となり底生動物の増加に寄与すると考えられる植物帯の確保が重要である。ただし、植物が密生した場合は、利用しなくなると言われ、水面を覆うほど繁茂した区間においては底生動物がほとんど確認できない区間もあったことから、適正な植生管理が必要である。

5 アユモドキの成育場としての各水路の評価と整備の基本方針

(1) 各水路の現状評価

前章「3 アユモドキ仔稚魚が成育する水路環境条件の評価」に基づいて、公園区域を通過する主な水路について各水路毎に、産卵場である曾我谷川との連続性や遡上条件、水田吐口との位置関係や餌資源（プランクトンまたは底生動物）環境、その他隠れ場などの成育環境などの側面から長所、短所を検討し、成育環境の現状を評価した。なお、曾我谷川の産卵場は仔稚魚期の重要な成育場でもあり、得られている調査結果の範囲で同様に評価した。

1) 曾我谷川（産卵場）

【中干し期前】

① 産卵場との連続性や遡上条件

平成 27 年調査では、止水的環境において、3 回の調査で合計 57 個体の仔稚魚を確認した。既往の調査では繁殖前の親魚が曾我谷川に待機する状況が毎年確認されており、ラバーダムの湛水域内で親魚が産卵し孵化したものと考えられる。

7 月に入ると稚魚期（前期）にまで成長し、繁殖場所から曾我谷川上流など周辺水域に移動を始め、一部が公園区域の水路ネットワークを利用していると考えられる。

② 餌資源環境

ラバーダムの湛水域内には護岸沿いに止水的環境であるクサヨシ帯が形成され 144,000 個体/m³と著しく高いプランクトン密度が確認（平成 26 年 6 月）されており、アユモドキの採餌環境としての価値は高く重要な成育環境であると考えられる。ただし、当該箇所における仔稚魚期の採餌内容について、分析例が少なく不明点が多い。

③ その他の成育環境

仔魚期には、ほとんど移動能力がなく曾我谷川は産卵環境に加え、仔稚魚の成育環境としても重要な機能を果たしていると考えられる。ただし、大雨によりラバーダムを転倒することがあり、その場合、卵や仔稚魚の流出が危惧されることから、成育環境としては不安定な面がある。

【中干し期後】

ラバーダム湛水域は、産卵場であるとともに多数の仔稚魚の成育場として利用されている。既往調査においても周辺の瀬などで多数の稚魚が確認されており、重要な成育環境であると言える。ただし、物理環境や餌生物の定量的調査等の結果が十分に得られておらず、評価するには至っていない。

2) α 1 水路

【中干し期前】

① 産卵場との連続性や遡上条件

ラバーダムの湛水により流心の流速は常時 5.0cm/s 以下であり、産卵場と緩やかな流れで接続し稚魚期（前期から中期）の個体が観察されている。

② 餌資源環境

曾我谷川合流部までの間に水田吐口が 35 箇所（約 18m あたり 1 箇所）と極めて多く、他に 3 箇所の排水路からの流入もある。また、さらに上流にも 3 本の排水路や多くの水田吐口を抱えており、水田からの排水が多く流入している。

プランクトン密度は 17,200 個体/m³と高く、日流下量も 25,523 万個体/日と非常に多い。アユモドキの採餌環境としての価値が高く、下流の曾我谷川へのプランクトンの供給能力も高いと評価できるが、実際の採餌状況については調査事例が少なく不明な点が多い。

③ その他の成育環境

中干期前の生息場所として適していると考えられる。ただし、成育環境はラバーダムによる湛水に依存しており、大雨時等における安定した湛水域の維持が課題である。

【中干し期後】

① 産卵場との連続性や遡上条件

産卵場と緩やかな流れで連続しているが、灌漑期には上流の取水ゲートにより遡上可能な範囲が限られている。

7月に入ると産卵場から移動を始めた稚魚期（前期、中期）の個体が観察される。平成21年には、1時間程度で100個体以上が確認された。平成27年には中干し期以降に平瀬部で計17個体の成魚及び稚魚が確認されている。

② 餌資源環境

成長段階毎の生息状況や餌生物調査は実施されておらず、不明点が多い。

③ その他の成育環境

産卵場から近く、水田からの排水も多く流入し、他の水路に比較して規模が圧倒的に大きく、稚魚期（前期、中期、後期）の重要な成育環境であると考えられる。ただし、単調な流路であると推察されることから、底質、隠れ場や植生など改善の余地もあると考えられ、非灌漑期の水深が10cm程度であることから、水深を確保するために複断面に改善する提案がある。

3) α2水路

【中干し期前】

① 産卵場との連続性や遡上条件

背水部の区間については流速が緩やかであり、河川に直接接続しているため遡上条件に適している。ただし、流水区間になると流速が20.6 cm/sであり、中干期前の仔稚魚の生息場所としては流速が速いため、水路全域を利用することは難しい。

② 餌資源環境

プランクトン密度が水路全体としては9,175個体/m³と背水部を除いては低いことから、中干し期前におけるアユモドキの成育環境として、基本的には適さないと考えられる。ただし、背水部の区間については、流速が緩やかで河川に直接接続しており遡上条件に問題がなく、プランクトン密度も12,725個体/m³と曾我谷川の湛水部と比較して低くないことから成育環境に適している。

また、上流の水路や接続する7箇所の水田吐口（約40mあたりに1箇所）からプランクトンが流下してきており、日流下量は5,410万個体/日と他の水路と比較してやや多いため、産卵場である曾我谷川へプランクトンを供給する能力が一定程度有していると評価できる。

③ その他の成育環境

背水部の区間については成育環境に適している面もあるが、単調な3面張りコンクリート構造であり、隠れ場の創出など改善の余地がある。

【中干し期後】

① 産卵場との連続性や遡上条件

平成27年調査では、中干し期後に計30個体を確認した。河川と直接接続しており、ラバーダムの湛水時は水面落差もなく、連続性に問題がない。ただし、土水路区間の植生が過密化すると遡上阻害の要因となる場合があると考えられる。

② 餌資源環境

水田吐口は7箇所（約40mあたりに1箇所）と多く、他に排水路の流入が2箇所ある。

平成27年の底生動物調査では、底面で1~49個体/0.0625 m²、壁面で3~45個体/0.0625 m²と密度が低かったが、糞分析で採餌が確認されたヒゲユスリカ族などについては、糞分析結果と底生動物調査結果の間に関係性が伺え、水路に多く生息する底生動物種を捕食していると推察された。また、ア

ユモドキの糞からは、底生動物調査で確認できなかったコガタシマトビケラやコカゲロウ科などの水生昆虫が多数確認されており、点在する礫床や植物帯などのマイクロハビタットに、これらの水生昆虫が局所的に生息している可能性がある。

餌資源に適した多様な環境や石間ハビタットによる環境改善などにより餌資源の環境には良好な面もあるが、中干や落水、天候による影響を受けやすく、安定した環境を維持するためには課題も多い。

③ その他の成育環境

平成 27 年調査では、隠れ場となる礫や植生帯、木矢板護岸のすきまなどが広い範囲に点在する。水路構造が礫床や植物の生育する泥底、土水路、矢板区間などと多様であり、流速も区間により 19.3cm/s～58.4cm/s と多様な物理環境があり、アユモドキ稚魚期（中期～後期）の成育環境として、 α 3 水路、 α 5 水路と比較して良いと評価できる。ただし、植生の過密化や石間ハビタットの砂泥堆積を抑制する構造への改善や適切なメンテナンスの実施などの課題がある。

4) α 3 水路

【中干し期前】

① 産卵場との連続性や遡上条件

ほぼ毎年、中干し期直前、中干し期中に稚魚の生息が確認されている。曾我谷川の産卵場から少し距離があるが、ラバーダムの湛水時は水面落差がほとんどなく、水路上流端にあるゲートは通常閉鎖されているため流速は 0.1～7.9cm/s と緩やかであり、連続性に問題はない。ただし、降雨時などにラバーダムが降下して水面落差が生じ遡上阻害要因となることがある。また、上流端のゲートにより遡上範囲は限られている。

② 餌資源環境

水路上流部は、上流端にあるゲートが通常閉鎖されており下流区間からの背水を受けて緩やかな流速となっており、水田と似たプランクトン組成になっていると考えられる。水田吐口は 14 箇所（約 20m あたり 1 箇所）と極めて多く、排水路の流入も 2 箇所あり、プランクトン密度は、区間により違いがあるが 15,950～19,000 個体/m³ と非常に高い。

上流からの排水の多くが水路上流端のゲートから別ルートで流下するため、流量は少なくプランクトンの日流量は 774 万個体/日と少ないため、曾我谷川の繁殖場へプランクトンを供給する能力は高くない。

③ その他の成育環境

平常時は曾我谷川との連続性や遡上条件に問題はなく、プランクトン密度も高いため、中干し期前の仔稚魚の生息場所として適していると考えられるが、全区間が単調なコンクリート 3 面張り構造で、点在する礫を除いて隠れ場が少なく改善の余地がある。

また、降雨による増水時等にダムが降下し水路下流端の底高より水位が下がり水面落差が生じる場合があるため、水路底を切り下げることが望ましい。

【中干し期後】

① 産卵場との連続性や遡上条件

平成 27 年調査では、中干し期後に計 6 個体を確認したが、 α 2 水路と比べアユモドキの利用は少なかった。

② 餌資源環境

水田吐口は 14 箇所（約 20m あたりに 1 箇所）と極めて多く、他に排水路の流入が 2 箇所ある。

底生動物は、平成 27 年調査では底面で 3～11 個体/0.0625 m²、壁面 2～11 個体/0.0625 m² と極めて密度が低かった。水路構造がコンクリート 3 面張りの単調な構造で、流速も一部を除いて 0.0～12.5cm/s

と緩やかなため、底生動物、なかでも濾過食性の水生昆虫の生息には適さない環境であり、上流からの流下昆虫の供給が少ないと考えられることなどから、底生動物の生息環境として適していない評価される。ただし、底生動物調査で確認できなかったコカゲロウ科などの水生昆虫がアユモドキの糞から確認されており、点在する礫や植物帯などに局所的に生息している可能性がある。

③ その他の成育環境

水路構造がコンクリート3面張りの単調な構造のため一部の区間を除いて隠れ場が少ない。

従って、平常時はラバーダムの湛水域と水面落差がなく連続性に問題がないため稚魚期（中期～後期）の利用が確認されているが、餌となる底生動物の個体密度が低く、水路上流端の堰で上流区間とも隔絶され新たな供給もあまり期待できないことから、成育環境の課題が多いと考えられる。

5) α4水路

【中干し期前】

① 産卵場との連続性や遡上条件

曾我谷川との直接的な連続性に構造上の問題があり、流速も15～30cm/sと早く中干し期前の仔稚魚が遡上することは困難である。

② 餌資源環境

水田からの排水の流入は流程に対して少ないが、既往の調査結果からは一定のプランクトンが流下していると考えられる。流れが早く、単調なコンクリート構造であり、プランクトンを下流へ運びやすいと考えられ、餌資源を下流の水路へ供給している環境を維持する必要があると考えられる。ただし、未調査の部分が多く、評価するための情報が不足している。

③ その他の成育環境

用水路であることから単調なコンクリート構造であり、成育環境としては適していないと考えられる。

【中干し期後】

① 産卵場との連続性や遡上条件

平成21年の落水時における救出活動で77個体が確認されているが、それ以外での確認例は少なく、平成26年、平成27年はそれぞれ1個体ずつ確認されている。

曾我谷川との直接的な連続性に構造上の問題があり、平常時には遡上・進入できない構造となっており、進入経路の詳細は不明である。

② 餌資源環境

底生動物の密度は、平成27年調査では、下流の区間において底面で138～210個体/0.0625㎡、壁面で12～51個体/0.0625㎡、中流の区間において底面で29～31個体/0.0625㎡、壁面で29～78個体/0.0625㎡と比較的高かった。

③ その他の成育環境

曾我谷川との連続性に問題があり、進入した場合も各所に設けられた堰や堰板を越えない限りは、各排水路および河川には戻れない構造となっており生息場所には適さないと考えられる。

一方、用水路であることから底面・壁面はコンクリート構造の単調な環境であるが、上流の河川からの流量は比較的安定しており、底生動物の生息環境として良好な側面もあり、アユモドキが生息する水路への餌動物の供給源として重要な水路であると考えられ、その能力を維持ないしは改善していく必要があると考えられる。ただし、未調査の部分が多く、評価するための情報が不足している。

6) α5水路

【中干し期前】

① 産卵場との連続性や遡上条件

曾我谷川の産卵場からの距離が離れており、途中、流速の速い区間（最大 25.3cm/s）を通過する必要があり、中干し期前のアユモドキが進入することは困難である。

② 餌資源環境

ほとんどがU字溝の単調なコンクリート構造であり、粗度が小さいため上流の水田から流下するプランクトンの減耗は少なく、日流下量も 2,129 万個体/日であり、下流の水路を通じてラバーダム上流の湛水域にプランクトンを供給している。

③ その他の成育環境

ほとんどがU字溝の単調なコンクリート構造であり、アユモドキ仔稚魚の成育環境に適さないと評価できる。

【中干し期後】

① 産卵場との連続性や遡上条件

曾我谷川の産卵場からの距離が離れており、これまでもほとんどアユモドキの生息が確認されていない。

② 餌資源環境

平成 27 年 8 月、9 月調査では、底生動物の密度は壁面で 10～17 個体/0.0625 m²であったが底面で 43～155 個体/0.0625 m²と高かった。河川からの距離が離れているため魚類による捕食圧が低いと考えられ、餌動物の供給源としてのポテンシャルは一定程度あると考えられる。ただし、平成 26 年 9 月の底生動物密度は、底面で 4～26 個体/0.0625 m²であったことから、中干の影響により稚魚期（後期）における餌資源量の変動が大きいと推察される。

③ その他の成育環境

ほとんどがU字溝の単調なコンクリート構造であり、他の水路に比べて中干しによる濁水の影響も受け易く、中干し期後の成育環境に適さないと評価できる。

（2）水路整備の基本方針

1) α 1 水路

〔保全する環境〕

・ラバーダム起立により緩やかな流れで繁殖場と連続しており、多くの水田から排水を直接受けて、仔稚魚の重要な採餌、成育環境を有しており、現状の水位操作による冠水環境を保全する。

《環境の改善策》

- ・流量は断面に対して多くなく、複断面化するなどの改善策を検討する。
- ・単調な構造であるため、稚魚期（中期）以降の隠れ場の整備や底生動物の生息環境などの改善対策を講じる。
- ・実証実験により順応的に整備を進めている新たな繁殖施設を親魚が利用しやすいよう、隣接する区間を活動期の重要な生息場として整備する。

2) α 2 水路

〔保全する環境〕

・仔魚期の生息場として曾我谷川の背水が流入する区間を保全する。背水区間より上流は流速が速いため中干前の仔稚魚の成育環境には適していないが、中干以降は稚魚の生息場として重要であり、餌供給源の機能を有する隣接水田を含めて現状の成育環境を保全する必要がある。

《環境の改善策》

- ・底生動物の生息環境の改善、アユモドキの隠れ場の保全と拡大を図るための水路環境の改善対策を講じる。

- ・上流にある休耕田の環境改善を行い、繁殖場、仔稚魚の成育場の整備に活用する。
- ・ α 4水路からの流量増、水路拡幅を伴う多様な水路環境を整備する。
 - ・中干期や落水後の成育環境を維持するため、年間の通水環境の確保を検討する。

3) α 3水路

[保全する環境]

- ・ α 1水路と連続しており、上流からの排水は水門により別系統に分岐しているため流速は緩やかで、隣接水田からの排水を受けてプランクトン密度が高い。このため、中干期前後の稚魚の生息場として、隣接水田を含めて保全する必要がある。

《環境の改善策》

- ・コンクリート3面張の単調な構造であるため、底生動物の生息環境の改善、アユモドキの隠れ場の保全と拡大を図るための水路環境の改善対策を講じる。
- ・中干期や落水後にアユモドキが流下し易い構造とする。

4) α 4水路

[保全する環境]

- ・プランクトンや底生動物を供給する水路としての機能を保全する。

《環境の改善策》

- ・アユモドキが遡上した場合に備え、中干しや落水等による渇水時に退避できる環境を整備する。
- ・流下による減衰を補填するため淵などの止水域や底質環境を整備して、餌料生物の増殖を図る。

5) α 5水路

[保全する環境]

- ・西側水田地帯から供給されるプランクトンを流下させる水路としての機能を維持する。

《環境の改善策》

- ・流下による減衰を補填するため背水路などの止水域を整備して、プランクトンの増殖を図る。

6 「京都・亀岡保津川公園」におけるアユモドキ保全のための課題と対策

前章までにおいて、これまでの生息環境再生整備実験により公園内に新たな繁殖施設が整備されつつある実績と、「京都・亀岡保津川公園」とその周辺の水路ネットワークにおけるアユモドキ仔稚魚の成育環境に関する新たな知見を整理、確認してきた。そこで、「基本方針」(Ver. 2)にこれらの実績と知見を重ね合わせ、さらに環境保全専門家会議の各委員をはじめ専門家の意見を受け慎重な検討を重ね「京都・亀岡保津川公園」におけるアユモドキ保全のための課題と対策についての基本方針を次のとおりとりまとめた。

なお、アユモドキ以外の希少種の保全についても、「基本方針」(Ver. 2)第2章2(4)、第3章2(4)を継承しつつ、生物多様性保全の観点から課題と対策についての検討を実施する。

(1) 繁殖施設の整備

1) 包括的な保全計画における位置づけと関係者の連携

アユモドキ亀岡個体群の保全において、公園に整備されつつある繁殖施設は大きな役割が期待される。ただし、その役割については、公園内に止まることなく周辺地域を含めたアユモドキ亀岡個体群の生活史全体を包括した継続性のある保全計画の中で位置づける必要がある。地元関係者、NPO団体、有識者、国・府・市の関係行政機関による連携した取り組みが重要である。

2) 成魚の繁殖施設への進入の改善

① 産卵前の親魚の待機場の整備

6月のダム起立により繁殖施設に一時的水域が出現する前に、繁殖施設に誘引される親魚が待機できる生息場所を整備することが重要である。繁殖施設の下流部の河川、水路に親魚が待機できる環境を専門家の助言を受けて整備する。その際、越冬環境を含めて非灌漑期にも生息場所として利用できる環境づくりを検討する。ただし、産卵前の親魚の待機場所を新たに整備することは、危険分散のためにも有効と考えられるが、曾我谷川の産卵環境に及ぼす影響についても慎重に検討するものとする。

② 親魚を誘引する方策

ダム起立直後の湛水域に上流から代掻き水が流下してくる中で、繁殖施設からの排水量が少なく認識され難い可能性があるため流量を増やす抜本的な改善が望まれる。抜本的な改善までは、護岸の一部や底面は開けたまま、中層や水面付近を部分的に塞ぎ流出する水に勢いをつけることも成魚の誘導に効果があると思われる。また、誘導石を高くする方法等と合わせて効果的な方法を検討、実施する。

3) 産卵環境、成育環境の改善

① クサヨシ等の移植と定着

親魚の産卵行動に有効であるクサヨシ、カサスゲの移植量が少ないあるいは定着が悪い場合には、繁殖環境の改善、拡大と環境悪化につながる植物の侵入を抑える効果も考慮して、クサヨシ等の産卵に好適な植物を移植する。特に、繁殖場所拡大のために水深が深い単調な空間に盛土を行うなど施設改善を行った場合は、クサヨシ等を補植する。移植後の定着が悪い場所では、クサヨシ等が過密な場所からまとまった株数を土ごと移植することで定着が促進されることが考えられる。新たに繁殖環境を整備する場合は、滞筋に沿った成魚の遊泳路をイメージしてその付近にクサヨシを移植することが効果的と考えられる。

また、クサヨシ等が密生し過ぎている箇所は、成魚が泳げるように水路状に株ごと掘り起こして耕すなどしてクサヨシの地下茎を分断し、クサヨシが密生しすぎないような管理を行う。

② 環境悪化の要因となる植生の改善

繁殖施設内に確認されているキシウズメノヒエは、繁殖環境の悪化を引き起こすと考えられるため積極的に駆除する。一端放置すると急速に拡大するため、新たな場所に侵入した場合は、初期段階で徹底して駆除する。水位変動域に繁茂するヒメムカシヨモギなどの双子葉類の植物は、湛水後にその枯死体が富栄養化を進め、環境悪化を引き起こすことが懸念される。したがって、必要に応じて刈り取り、水域から除去することが望ましい。

4) 捕食者や外来種の侵入抑制

① ナマズの侵入、流下抑制

平成 28 年は、繁殖施設においてナマズ仔稚魚は低密度に抑えられた。ナマズ成魚の遡上、流下防止柵の効果と考えられる。平成 26 年には繁殖施設内でナマズの産卵行動も確認されており、引き続いてナマズ成魚の遡上、流下対策を継続する。ただし、捕食者の抑制を過度に行った場合、生残や成長に不自然さが生じる可能性があり、このことが個体群に悪影響を及ぼすことがないよう将来的には改めての検討が必要である。

② 外来種の侵入抑制

平成 28 年は、繁殖施設内においてはオオクチバスとブルーギルは確認されなかった。ナマズと同様に河川からの侵入防止柵及び曾我谷川や支川上流のため池等で実施されている外来魚の流下防止活動の効果と考えられる。これらの対策と連携し、引き続いて侵入防止対策を継続する。

5) 管理マニュアルの作成と作業記録による効率化

これまでに繁殖施設で実施されてきた繁殖環境改善のための土盛り整備やクサヨシ等の移殖及び維持管理については、記録の集積と効果の具体的な検証が十分には行われてきたとは言い難い。繁殖環境は定着、拡大する傾向にあるが、今後において環境悪化を招くことのないよう適切な管理を行い、また一年を通じて効果的な時期と方法で維持管理作業を実施するため、繁殖施設の管理マニュアルの作成と管理作業の記録化が必要である。それらの記録を集積することは、新たな場所での繁殖施設整備や曾我谷川の自然産卵場の改善策の検討にも有効であると思われる。

6) 繁殖施設の拡大

平成 26 年度、平成 28 年度に造成された繁殖施設は、いずれも $\alpha 1$ 水路沿いに整備したものであり、曾我谷川の自然産卵場と同じく既存のラバーダム起立により生じる氾濫原環境に依存している。そこで、危険分散とより効果的な保護増殖を図るため、曾我谷川から直接にあるいは他の水路から親魚が進入する場所、またラバーダムに依存することを必ずしも前提としない繁殖施設の整備を、検討課題とする。

(2) 餌生物環境の保全

1) 曾我谷川の産卵場の餌生物環境

曾我谷川で孵化した仔魚は、後期仔魚期（後期）まで産卵場近くで育成すると考えられる。

曾我谷川の繁殖地で捕獲された後期仔魚期（前期）の糞からは、セナカワムシ科、ミズミミズ科、ソコムジンコ目、キクロプス目が検出され、水田由来、水田または水路由来のプランクトンが多くを占めていた。

好適な産卵場や仔魚の成育場となるラバーダム上流部の湛水域には、水田で生産された動物プランクトンが曾我谷川や農業用水路・排水路を通じて流入し、止水的環境が維持され易い緩傾斜水域において再生産される餌生物環境が形成されている。曾我谷川のダム直上流における動物プランクトンの全日流下量は、 $\alpha 2$ 水路と $\alpha 3$ 水路を合わせた全日流下量の 30 倍強、 $\alpha 1$ 水路の全日流下量の 8 倍

程度が確認された。曾我谷川上流からの流下、止水域での再生産が寄与しているものと考えられる。

従って、曾我谷川内の緩傾斜水域の保全、公園区域やその西側区域さらには曾我谷川上流域の水田環境の保全が望まれる。なお、産卵場においては、後期仔魚期（後期）までの餌となる浮遊性または底生性プランクトンの発生源となるような砂泥環境が良いと思われる。

2) 稚魚期（前期）から稚魚期（中期）までの餌生物環境

稚魚期（前期）になると産卵場から周辺水域に移動を始める。主な餌動物は、プランクトンからしだいに底生動物に移行すると考えられる。

中干し期までの糞分析サンプル数は少ないが、水田由来、水田または水路由来のプランクトンが多く検出された。中干し期中に水路で捕獲された稚魚期（中期）の糞からは、カイミジンコ目、キクロプス目、ツキガタワムシ科、ネズミワムシ科、ハナビワムシ科、ミズミミズ科が検出された。

水路におけるアユモドキ稚魚の確認数は、水路区間内の水田吐口の数と正の関係にあった。水路内のプランクトン密度は水田吐口が最も高く、採餌し易い環境になるためと考えられる。

従って、アユモドキ稚魚が成育する水路区間には、水田吐口の数は多い方が望ましい。なお、水路内の植生がある止水環境はプランクトンの再生産環境となっていると考えられる。

3) 稚魚期（後期）の餌生物環境

稚魚期（後期）になると流速への耐性を強め、現状の水路ネットワークでは流速が遡上阻害とならず、曾我谷川や水路の上流に生息域を広げる。

① 稚魚期（後期）の餌動物

糞分析の結果から、アユモドキは特定の餌動物を専食することなく、様々なサイズの餌動物を捕食しており、糞分析で検出された餌動物が捕獲された水路区間の底生動物調査で確認された餌動物相と類似していたことから、アユモドキが捕食している餌動物は、その空間において個体数が多い餌動物を捕食しているものと考えられた。

稚魚期（後期）のアユモドキは、総じてヒゲユスリカの仲間を多く捕食していた。特に、流れがあまりない環境で捕獲されたアユモドキは非常に多数のヒゲユスリカ族を捕食していることが多かった。ただし、トビケラ目やカゲロウ目については、棲息している環境に積極的に移動し、選好して捕食している可能性がある。餌動物の指標として、止水環境となる水路ではユスリカ科とカゲロウ目（止水性）、流水環境となる水路ではトビケラ目、カゲロウ目が適切であると考えられる。

また、平成 27 年 7 月 20 日の個体からは大型の底生動物も確認されており、遅くとも 8 月上旬にはアユモドキの主要な餌資源は河川や水路の底生動物となっていると考えられた。

② 底生動物の生息環境

糞分析で確認されたコガタシマトビケラは、稚魚が採取された止水的環境の水路や実証実験地の底生動物調査では出現しておらず、底生動物の環境条件として、流水性の環境が重要であると考えられる。

曾我谷川では、平成 26 年 5 月調査でカゲロウ目・トビケラ目が瀬や植物帯などで多く確認された。農業用水路・排水路に礫を投入した石間ハビタットでは、底生動物の増加が確認され糞分析で検出されたアユモドキの餌となる底生動物も多数確認された。

従って、稚魚期（後期）の餌となる底生動物の水路環境として、石間ハビタットのような礫底が良いと考えられる。ただし、農業用水路・排水路では砂泥の流入量は相当あることが見込まれることから、石間の間隙が詰まることが想定され、砂泥の堆積を抑制する工法やメンテナンス計画について検

討する必要がある。

③ 曾我谷川と各水路のネットワーク

曾我谷川や各水路における底生動物調査の結果、稚魚期の餌となる底生動物としては、ハエ目が多く、多くの地点で優占しており次いでイトミミズ目が多かった。

曾我谷川では、止水域及び流水環境の瀬や植物帯で、各水路と比べて非常に多くの底生動物確認された。桂川を水源とする α 4水路でも、流水性のユスリカ類やカゲロウ目及びトビケラ目が高密度で確認されており、アユモドキの餌として重要な底生動物の供給源としてポテンシャルが高いと考えられる。他の水路と比較して α 2水路、 α 5水路では、底生動物の個体数、種数が様々であった。矢板区間や土水路区間のほか、変化に富んだ水路勾配など、多様な水路環境によるものと考えられる。

従って、稚魚期（後期）の主な餌動物となる底生動物の環境としては、曾我谷川が最も安定した環境であり、公園区域内の水路では α 4水路がアユモドキが生息する水路に底生動物を供給するポテンシャルが高いと考えられ、アユモドキがこれらの水路ネットワークを发育段階に応じて選択できる環境の保全が重要である。

（3）发育段階に応じた水路環境の保全と改善

アユモドキ仔稚魚が成育する水路環境条件について、仔稚魚の发育段階を中干し期の前後に区分して検討してきたが、水路環境の具体的な改善方法を検討するため、亀岡市におけるアユモドキ仔稚魚の成育環境に着目して、中干し期前までの发育段階に対応する稚魚期（中期）までに利用する背水部区間と、中干し期後の发育段階に対応する稚魚期（中期・後期）に利用する背水部区間より上流区間に分けて、各发育段階に共通する環境条件と合せて、アユモドキ仔稚魚が成育する水路の物理的環境の改善方法を整理する。

1) 全区間（各发育段階に共通）

各发育段階に共通して、仔稚魚が産卵場から自由に移動・分散できる遡上条件が良好な物理的環境が重要である。そのためには、曾我谷川の一時的水域の水位とそこに接続する水路下流端に可能な限り落差が生じないように切り下げることで、また、水路に堰板や取水ゲートがあっても遡上阻害を回避できる魚道等を整備することが重要となる。

しかし、遡上を始めた稚魚は阻害物がない限りどこまでも上流に向かって遡上するため、降雨により水路の流量が調整されたり中干し時、落水時などの水路運用により水路が涸渇すると斃死してしまう。このため、魚類が河川に自然と降河できる範囲、または一時的に待避できる環境を確保し人為的救出が可能な範囲で連続性を確保することが妥当である。

また、オオクチバスなどの外来種の水路への侵入防除にも配慮する必要がある。

2) 背水部区間（稚魚期（中期）までに利用する区間）

中干し期前の稚魚期（中期）は流速耐性が弱く7.2cm/sまでの緩やかな流速が条件となる。曾我谷川の産卵場と連続する水路下流部に一時的水域の背水が流入する区間を設け、プランクトンや底生動物が再生産されるよう土水路の構造とし、産卵にも適したクサヨシやカサスゲを水際に植栽することが望ましい。ただし、植生が密集し過ぎないように適正な管理が重要である。

また、プランクトン密度の高い排水が仔稚魚の採餌条件として好適であるため、水田吐口が水路沿いに多く配置されることが望ましい。

3) 背水部区間より上流区間（稚魚期（中期・後期）に利用する区間）

稚魚期（中期・後期）になると流速耐性をしだいに強め流水環境に移動・分散を始める。主な餌生

物もプランクトンから底生動物に移行すると考えられる。このため底生動物を多く含む河川由来の水が流れ、石間ハビタットのある礫底で隠れ場のある石積みや木矢板などの壁面、所によっては植生のある土の壁面など、多様な水路環境が望ましい。ただし、砂泥の堆積を抑制する工法や石間のメンテナンス、また植生が過密化しないよう適正に管理することが重要である。

さらに、餌となる底生動物の流下阻害にもなる堰や堰板については、より流下できるような構造や配置、利用期間などについて、関係者と協議して改善を図ることが望まれる。

稚魚期にもプランクトンを捕食しており、下流部への流下目的だけでなく水田吐口が水路沿いにあることも重要である。流下によって減耗するプランクトンもあるため、水田吐口は 100m に 1 箇所以上あることが望ましい。プランクトンが減耗する恐れがある水路区間では、ワンド状の環境を最長で 100m 以内に配置すると良いと考えられる。

（４）アユモドキ保全のための官民協働の推進

国（文部科学省、農林水産省、国土交通省、環境省）においては、各種法令に基づく保全対策とともに「アユモドキ保護増殖事業計画」（平成 16 年）の下で、近畿地方環境事務所により外来魚防除事業、野生復帰を含む生息域外保全事業等が、文化庁により亀岡市が実施する天然記念物緊急調査事業への支援等が実施されている。京都府においては、京都府絶滅のおそれのある野生生物の保全に関する条例に基づいて、アユモドキを指定希少野生生物の第 1 号に指定し、地域住民との協働による保全事業が実施されている。亀岡市においては、生息地の自治会、土地改良区など農業関係者、漁業協同組合、研究者、保全団体及び京都府、亀岡警察署などとアユモドキ保全のための協議会を組織し、環境省や文化庁の財政支援も受けて繁殖地の維持・改善、アユモドキの生息調査、外来魚駆除などの保全対策を講じている。

このような官民協働によるアユモドキ保全のための各種の対策との関係において、「京都・亀岡保津川公園」における繁殖施設の整備、餌生物環境の保全及び発育段階に応じた水路環境の保全と改善の課題を位置づけ、地元関係者、NPO 団体、有識者、国・府・市の関係行政機関による協働の取り組みが重要である。

（５）普及啓発活動の拠点整備

「京都・亀岡保津川公園」周辺の豊かな自然環境のシンボルであり亀岡市の魚であるアユモドキの観察・飼育施設を整備し、アユモドキが水田生態系の中の一員であり、水田地帯に生息する多くの生物が人の営みとの関わりの中で生きていることを、子どもたちや来場者が体感できる施設とする。あわせて、地域の豊かな自然を紹介し、自然環境を保全することの重要性を普及啓発する。また、子どもたちや来場者が「自然と共生」することを体感できる施設とあわせて、天然記念物であるアユモドキの生態や農業などの人の営みとの関わり等を通じて、文化財としての魅力を普及啓発する活動を促進する。

さらに、保津川下り等の観光資源、「京都スタジアム」（仮称）、亀岡駅北土地区画整理事業、保津川かわまちづくり等との相乗効果により、にぎわいの創出と交流人口の拡大に努め、地域の保全活動を維持・発展させる上でも必要な地域の振興・活性化の拠点とする。

また、公園の供用開始後は、生息地情報の広まりにより密漁の脅威が高まるため、監視カメラの設置など密漁防止措置を実施するとともに、普及啓発活動と合せて、密漁やゴミ投棄の防止、オオクチバスなど特定外来生物の密放流と外来生物の放流防止など、環境保全意識の啓発に努める。

(6) まとめと今後の課題

亀岡駅北土地区画整理事業地での地下水保全に係る取り組み、モニタリング調査及び予防保全対策の実施に加え、「基本方針 (Ver. 2)」第2章5に記載している「広域的なアユモドキ生息環境の改善」に係る項目について、環境保全専門家会議の指導、助言を踏まえ、京都府と亀岡市は連携して検討・実施している。

また、アユモドキの生息を恒久的に維持していくためには、広域的な保全対策が必要であり、「基本方針 (Ver. 3. 1)」を取りまとめた。

こうした経過や環境保全専門家会議の指導・助言を踏まえ、「京都・亀岡保津川公園」におけるアユモドキ保全のための課題と対策を取りまとめた「基本方針 (Ver. 3. 2)」を策定した。

- ・地下水保全に係る取り組み
- ・公園エリアにおけるアユモドキの生息地等保全地区などの指定に向けた取り組み
- ・公園エリアにおける共生ゾーンのデザイン
- ・同エリアにおける水田耕作の維持継続
- ・ラバーダム (堰) の修繕 (水位管理のしくみ作り)
- ・公園エリア西側農地の保全維持
- ・曾我谷川と桂川の合流部上流でのワンドの整備など越冬地の保全維持・改善、桂川本川及び支川での新たな繁殖場所の創出
- ・アユモドキ保全に係る情報発信及び関係機関・住民協働による保全活動の推進
- ・地元の協力によるラバーダム下流に取り残された産卵期のアユモドキ救出、産卵場所の維持清掃、外来魚駆除など保全活動の実施

広域的なアユモドキ生息環境の改善に係る上記のような様々な取り組みを進めることにより、アユモドキへの影響が軽微になるだけでなく、将来にわたる保全環境を早期に確立することができると思われる。

これまでの地域住民のたゆまない保全活動の継続と平成25年5月以降長期間にわたり実施してきたアユモドキの生態や産卵・繁殖・生息環境に係る調査・実証実験等によって、ほとんど知られていなかった知見が数多く得られ、将来にわたるアユモドキの保全に向けた取り組みを行うための大きな成果が得られてきた。

更に、こうした知見を積み重ねるとともに、その貴重な知見を最大限に活かし、地域住民等による保全活動の維持・発展、保全対策等につなげることが、アユモドキに代表される貴重な自然環境や周辺の里地・里山に広がる文化的遺産の価値を広く市民が享受し、次代に引き継ぐに相応しい機能を備えた都市公園の整備につながると考えている。

以上、述べたような多様なアユモドキの保全対策を維持発展させることによって、アユモドキ等の自然環境と共生する亀岡市都市計画公園及び京都スタジアム (仮称) の整備という新しい公共事業のあり方を示すこととなる。

亀岡市都市計画公園及び京都スタジアム（仮称）に係る環境保全専門家会議
委員名簿

（平成30年4月1日現在）

（委員）

氏名	所属
岩田 明久	京都大学大学院アジア・アフリカ地域研究研究科教授
竹林 洋史	京都大学防災研究所流域災害研究センター准教授
竹門 康弘	京都大学防災研究所水資源環境研究センター准教授
辻村 茂男	元京都学園大学バイオ環境学部准教授
平井 規央	大阪府立大学大学院生命環境科学研究科准教授
堀野 治彦	大阪府立大学大学院生命環境科学研究科教授
松井 正文	京都大学名誉教授
松田 征也	琵琶湖博物館総括学芸員
光田 重幸	元同志社大学理工学部環境准教授
◎ 村上 興正	元京都大学理学部研究科講師

◎座長

（オブザーバー）

氏名	所属
江戸 謙顕	文部科学省文化庁文化財部記念物課文化財調査官
迫 和昭	農林水産省近畿農政局農村振興部農村環境課長
稲垣 茂人	国土交通省近畿地方整備局淀川河川事務所河川環境課長
澤志 泰正	環境省近畿地方環境事務所野生生物課長

京都府文化スポーツ部スポーツ施設整備課

亀岡市まちづくり推進部まちづくり交通課