野生魚類の生息環境としての園池

Garden Ponds as Wildlife Habitats for Fish from Lake Biwa into Kyōto City

伊藤 早介* 森本 幸裕**
Sosuke ITO Yukihiro MORIMOTO

Abstract : In Kyoto City, there are many garden ponds which have water supplied by canal from Lake Biwa. Various kinds of fish, including endangered species which have colonized from the lake, inhabit these garden ponds, and fish variety is rich in some of them. The purpose of this study is to clarify the environmental variables affecting the species richness of fish in the limited space of garden ponds which have the same water source. Analyses using TWINSpan and CCA have revealed that the diversity of micro-habitat has a very important role in species richness which depends on the establishment of symbiotic relations in garden ponds. Existence of a stream and/or a high turnover rate of water were found to contribute to the diversity of micro-habitats in garden ponds. These results could contribute to the planning and design of ponds as wildlife habitats.

Keywords: *wild fish, garden pond, native species, habitat evaluation, Lake Biwa canal, refugia*

キーワード：野生魚類，園池，在来種，生息環境評価，琵琶湖疏水，レフュージア

1. はじめに

南禅寺界隈を中心に、京都市内には琵琶湖疏水を水源とする園池が数多く存在する。中には疏水からの取水を停止して地下水に切り替えたところもあるが、これらの園池の魚類相は基本的に琵琶湖疏水に由来するものといえる。それらの園池のひとつである平安神宮神苑の園池の魚類相は多様であり、1995年7月16日に行われた琵琶湖文化館による調査では、11種の琵琶湖産魚類が生息していることが確認された¹⁾。その中には、イチモンジタナゴといった、現在の琵琶湖ではほとんど見られなくなった種も含まれている。

数ある園池のありかたは各々で異なっている。寺院で多く見られるような静謐な表情をもつ池もあれば、修景的に工夫を凝らし、滝や流れで動的な水の演出をした個人邸の池もある（後者の代表例として、小川治兵衛による庭が挙げられる。明治から昭和初期にかけて活躍した庭師である小川治兵衛（植治）は、多様な自然をモデルにして池や流れを巧みに構成し、庭園をデザインした。疏水の水を利用した彼の作品が、南禅寺界隈の別荘群に多く見られる²⁾。したがって、規模や形態に加え、水のありかた、周囲の植生や底質など、園池によって環境条件が様々に異なってくる。

本研究で対象とする疏水園池群において、琵琶湖疏水（すなわち琵琶湖）を起源とする野生魚類はいかなる分布状況を示すのであろうか。そこで見られる魚類相の組成は、それぞれの環境条件に相応するかたちで変動すると想像される。既往の魚類群集に関する研究で、複数の園池を比較検討した例はない。本研究では、魚類相の由来を琵琶湖疏水とする園池群を対象とし、魚類の生息状況および園池の環境を調査、分析することで、その限られた空間でいかなる環境要因が魚類相の組成に影響を与え、その多様性に寄与するのかを検討した。

2. 調査対象園池について

京都市内にある琵琶湖疏水から取水している園池、および琵琶湖疏水から取水していた経歴のある園池を調査対象とした。人工水域と判断しうる水域は園池としての範疇に加え、京都市動物園、京大理学部植物園などの水域も調査した。調査は、平安神宮、京都市美術館、京都市動物園、金地院、対龍山荘、南陽院、無鄰菴、旧閑院宮邸、旧九条邸（九条池）、沸成園（枳殻邸）、龍淵閣、慈

図一1 調査対象園池の位置

氏院、南禅院、正因庵、天授庵、南禅寺放生池、牧護庵、聴松院、織宝苑、洛翠、白沙村荘、京大理学部植物園、並河邸の23地点で行ったが、このうち京都市動物園と金地院では敷地内に互いに連絡のない2つの水域があるため、それらを考慮して調査園池は合計25箇所とした。各園池の所在を図-1に示す。琵琶湖疏水から取水している園池は数多くあり、実際に調査した園池はそれらのうちのほんの一部でしかない。ある池で利用した水を隣接する庭園の池で二次的に利用する、といった利用形態も見られ、全体として複雑な水系系統網が形成されている³⁾ (図-2)。

25 の園池のうち、平安神宮、旧閑院宮邸、旧九条邸（九条池）、

* (株) プレック研究所 ** 京都大学地球環境学大学院

623

表-4 外来魚の有無による
園池の分類と在来魚の種類

外来魚の有無	在来魚の種類
平安神宮	0 11
京都府動物園/水路	0 6
金地院/東部の池	0 2
金地院/西部の池	0 3
無鄰菴	0 4
山内院宮邸	0 7
正因庵	0 4
南禅寺放生池	0 4
牧護庵	0 7
織室苑	0 9
白砂村荘	0 6
理学部植物園	0 6
京都府美術館	1 3
南陽院	1 3
田九泰保(九条池)	1 4
淨土園	1 4
龍吟園	1 1
龍吟院	1 1
入道庵	1 3
洛翠	1 2
忌野庵	1 1
京都府動物園/噴水池	(0) (0)
野池山荘	(0) (0)
南陽院	(0) (0)
龍吟院	(0) (0)

表-5 Mann-Whitney
の検定結果

	統計量
Mann-Whitney の U	12
Wilcoxon の W	57
Z	-3.024
漸近有意確率 (両側)	0.002

図-3 カワムツ A 型 (♂)

た。また、織室苑と洛翠は隣接し、環境も互いに似通った特徴をもつが、外来魚の生息する後で確認された在来種はコイとウナギの2種のみであった。以下、これら外来魚による影響を受けた園池を除き、最終的に平安神宮、白砂村荘、京大理学部植物園、旧閑院宮邸、織室苑、無鄰菴、南禅寺放生池、金地院東部の池、金地院西部の池、牧護庵、京都市動物園水路、正因庵の12の園池を比較対象とし、分析に供することとした。

これら12の園池で確認された種は、合計20種であった。種名と、それぞれの出現頻度、および出現率を表-6に示す。その多くが観賞目的で人為的に移入されたと考えられるコイを除くと、

遍在種として第一に挙げられるのは表-6 魚種別の出現頻度と出現率
カワムツ A 型(図-3)であり、生息密度も他種と比較して高い傾向にあった。本種の生態は明確にされていないが、河川の下流域や湖沼の沿岸域に生息するといわれている。カワムツ A 型と近縁であるオイカワも比較的高い頻度で出現し、生息密度も高い傾向にあった。本種は河川の上流域から中流域、湖沼などあらゆる水域で見られる。ギンブナやモツゴ、トウヨシノボリは、溜め池や湖沼で一般的に見られる種であり、比較的高い頻度で出現した。ゲンゴロウブナは、4園池で出現したが、平安神宮を除く3園池では各々成魚が1個体生息するのみであった。一方、平安神宮では多数生息しており、若い個体も確認されるため、繁殖しているものと推察される。

ところで、園池に生息する魚類の供給源である琵琶湖疏水の魚類相はどのような状況であろうか。南禅寺付近から北進する疏水分線および山科区周辺の疏水本線における調査データがある^{9) 10)}。前者においては、ギンブナ、オイカワ、カワムツ A 型、ムギツク、カマツカ、ヤリタナゴ、アブラボテ、カネヒラ、ブルーギル、ドンコ、トウヨシノボリの計11種(在来種10種)、後者においては、コイ、ゲンゴロウブナ、オイカワ、ハス、カマツカ、ゼゼラ、スポテッド・

ガー、オオクチバス、ブルーギル、トウヨシノボリ、ヌマチチブの計11種(在来種9種)が確認されている。園池へ新たに供給される魚類はこれらの構成種で規定される。

疏水で確認された種のうち、カマツカ、ヤリタナゴ、アブラボテ、カネヒラ、ハスは園池内で確認されていない。これらの種が園池内に生息していない理由として次のようなことがいえる。カマツカは流水を好むため生息に適した環境をもつ園池はごく限られ、タナゴ類であるヤリタナゴ、アブラボテ、カネヒラの3種は産卵床として二枚貝を必要とするが、二枚貝が多く確認されたのは平安神宮に限られている。

また、タモロコ、ニゴロブナ、バラタナゴ、イチモンジタナゴ、ワタカ、メダカ、ナマズ、ギギ、ウナギは、園池で確認されたが疏水においては確認されていない。イチモンジタナゴは、琵琶湖ではほとんど見られなくなっており、ワタカ、タモロコ、ギギも激減しているという。また、バラタナゴを除くタナゴ類、フナ類、ドンコおよびムギツクも同様に激減している。

疏水から直接導水している龍淵閣の園池では、現在コイを除いて外来種しか認められない状況となっている。聴き取り調査によると、かつて琵琶湖や疏水に魚が豊富に見られた頃には、疏水から落ちてくる滝に網を構えるだけでアユやウナギ、他の小魚が容易に捕まえられ、滝を経て流れる水路には大型の二枚貝が多く見られたという。琵琶湖や疏水の魚類相は過去と比較して確実に貧乏化しており、園池に新たに供給される在来魚類は減少しているものと考えられる。

平安神宮(図-4)および織室苑(図-5)は他の園池よりも多くの種が生息しており、特異な魚類相が認められた。両園池の種組成は互いに大きく異なっており、他の園池では認められない種が多く出現した。平安神宮では11種が確認された。特異種として4種が確認され、ニゴロブナとゼゼラに加え、タナゴ亜科のバラタナゴおよびイチモンジタナゴが生息していた。また、流れにおいて他の園池ではほとんど見られなかったドブガイが多く確認された。タナゴの仲間はドブガイなどの大型の二枚貝に産卵するため、園池内にこれらの貝が存在しなければ生息環境としては成立しない。なお、これら二枚貝は泥が深く堆積するような環境は好まず、適度な流れのある砂礫底を好む¹¹⁾。一方、織室苑では9種が確認された。特異種として4種が確認され、ギギ、ムギツク、ヌマチチブ、ウナギが生息していた。ムギツクは、営巣する他種の魚類に托卵する習性があることが知られており、オヤニラミ、ドンコ、ギギ、ヌマチチブの巣に托卵することが明らかにされている^{12) 14)}。織室苑ではギギおよびヌマチチブが確認されたことから、織室苑におけるムギツクは、これらの営巣魚の存在によって繁殖が可能となっているものと推察される。

図-4 平安神宮神苑平面図
(文献1より作成)

図-5 織室苑平面図
(文献2より作成)

表一 7 分析対象とした各園池の環境変数

	S	H'	A	ln A	Is	Md ± SD	T	ln T	Micro
平安神宮	11	2.38	7674	8.95	3.98	35.0 ± 14.3	2.12	0.75	14
京都市動物園／水路	6	1.21	142	4.96	3.06	30.9 ± 3.5	171.95	5.15	3
金地院／東部の池	2	0.46	274	5.61	2.44	29.0 ± 7.7	30.33	3.41	8
金地院／西部の池	3	0.62	132	4.88	2.19	29.9 ± 13.0	16.68	2.81	5
無鄰菴	4	0.77	300	5.70	1.95	13.1 ± 14.5	-106.25	4.67	11
旧閑院宮邸	7	1.41	645	6.47	1.61	36.4 ± 13.6	14.13	2.65	7
正因庵	4	0.83	27	3.30	1.62	27.4 ± 4.1	37.63	3.63	5
南禅寺放生池	4	0.95	449	6.11	1.62	48.6 ± 7.6	6.86	1.93	4
牧庵庵	7	1.20	214	5.37	1.78	38.9 ± 7.1	53.51	3.98	9
織宝苑	9	1.56	412	6.02	3.25	30.3 ± 11.5	77.89	4.36	9
白砂村荘	6	1.10	668	6.50	3.32	36.9 ± 10.7	19.71	2.98	12
理学部植物園	6	1.10	635	6.45	1.24	18.3 ± 6.1	6.83	1.92	8

※SD：標準偏差

図一 6 TWINSpan の結果

図一 7 CCA の結果

(3) 分析

最終的に分析対象とした 12 の園池における種数 (S)、多様度指数 (H'), 園池面積の対数 (lnA), Shape Index (Is), 平均水深 (Md), 水の回転率の対数 (lnT), 微小生息場所の多様度 (Micro) を表一 7 に示す。

(i) TWINSpan

園池は 5 つのグループに分類された (図一 6)。単独に分類された第 1 グループの平安神宮は、一般的に出現する種が生息する以外に特異種が 4 種生息し、なおかつ他の 2 園池でのみ確認されたタモロコが生息する。

種組成を見ると、平安神宮および織宝苑のそれは特異であるこ

とがわかる。両者は最も遠いグループに位置づけられており、互いに異なる性質の魚類相であることが示唆されている。平安神宮は水の回転率は比較的低く、水生植物は豊富に存在する。一方で織宝苑は水の回転率が高く、水生植物はほぼ皆無である。両者とも作庭は小川治兵衛によるものであり、護岸の石組みは凹凸が大きく複雑であるが、後者においてはコイの隠れ家を意図して石の下が横穴状に掘り込まれているなど、石組みに特徴ある構造が認められる。平安神宮ではタモロコやモツゴ、タナゴ類など止水域を好む種、フナ類など産卵に水草を必要とする種が多く見られた。一方、織宝苑では石や岩、適度な流れを好み、岩のすき間などに産卵するムギツクやギギが生息していた。平安神宮および織宝苑の 2 園池を比較すると、環境条件の質が異なると魚類相の組成に変化が生じる様子が見て取れる。

(ii) CCA

CCA により第 4 軸まで検出されたが、固有値の大きな第 1 軸および第 2 軸を採用した。CCA によって求められた種、園池、環境要因のスコアを、第 1 軸および第 2 軸による直座標系上に位置づけた (図一 7)。第 1 軸は微小生息場所の多様度 (Micro) と最も相関が高く、第 2 軸は Shape Index (Is) と最も相関が高い。

図一 7 から、オイカワは、水の回転率の高い園池を好む傾向があると読み取れるのに対して、カワムツ A 型は、わずかながら水の回転率の対数と負の関係を示している。TWINSPAN の結果でも認められたが、近縁種のカワムツ A 型とオイカワは、互いに選好する環境が異なるようである。CCA の結果を勘案すれば、カワムツ A 型はより止水的環境に、オイカワはより流水的環境に選好性があると考えられる。ところで、両種が生息する河川で、オイカワは下流にも多いがカワムツ A 型よりも上流まで生息することが明らかになっている¹⁵⁾。下流の方が上流よりも止水環境であると考えれば、今回の結果と符合する。

タモロコは、微小生息場所の多様度の軸に最も近く位置づけられており、タモロコが生息するためには多様な微小生息場所が必要であるといえる。また、タモロコと水の回転率には有意な負の相関が認められ、タモロコは止水的な環境に選好性があるといえる。

5. まとめ

本研究で調査した園池の魚類相は、疏水の魚類相に規定される。しかしながら、外来種の侵入を免れた平安神宮では、過去の魚類相が保存され、現在の疏水の魚類相より多様であった。外来種であるオオクチバスおよびブルーギルが生息する園池では、魚類相が単純化し、多様性が低かった。調査した 25 園池のうち、9 園池で外来魚の生息が確認された。ポンプアップなどにより魚類の侵入過程自体に障害があると判断された 3 園池をあらかじめ除くと、実に 22 園池中 9 園池、すなわち全体のおよそ 4 割の園池で外来魚の生息が確認された。浄化槽の設置、地下水への給水源の切り替えなどで魚類の侵入路が断たれている園池以外は、魚類の供給源である疏水に外来種が生息する限り、それらが侵入する危険性があるといえるだろう。

外来種の生息しない園池を比較対象とし、園池の環境要因と魚類の生息状況の関係を評価した。人為的な移入が考えられるコイを除けば、カワムツ A 型が第一の遍在種であり、出現頻度だけでなく生息密度も高かった。比較的高い頻度で出現した種は、概して止水域に選好性がある種、または適応可能な種であった。また、園池によっては特異的に生息する種が存在し、特に平安神宮

と織宝苑で特異種の種数が多かった。

近縁種であるカワムツ A 型とオイカワにはわずかな生息場所の相違が見られ、オイカワはより流水環境に、カワムツ A 型はより止水環境に選好性があると考えられ、河川における両者の分布の特徴が、園池においても確認された。

タモロコは微小生息場所が多様な園池に生息しており、より止水的な環境に選好性があると考えられ、タモロコが生息可能なほど微小生息場所が豊かであれば魚類相は多様になりうると推測された。

平安神宮と織宝苑は種組成が特異であった。その原因を構成種の特徴的な生態から考察し、以下の結論が得られた。

平安神宮（図-4）では、特異な種としてタナゴ類が2種生息するが、その産卵床となるドブガイも多数生息していた。また、ドブガイを初めとするイシガイ類の幼生はタナゴ類以外の小魚に寄生する必要がある、底生魚がその寄主となりやすい。園池内には底生魚であるトウヨシノボリとゼゼラが生息しており、これらの魚類が重要な寄主となっている可能性が推察された。平安神宮ではタナゴ類、二枚貝、小魚という3者間の共生関係が成立していた。

織宝苑（図-5）では、特異な種としてムギツク、ギギ、ヌマチチブが生息していた。ムギツクは托卵する性質があり、他種の営巣する魚類を必要とする。それゆえ、ギギあるいはヌマチチブとの共生が推察された。また、ムギツクは石や岩を好み、ギギは適度な水流を好む。織宝苑の園池は、水の回転率が高いために園池の水は流水状態となり、泥は全体に厚く堆積せずに底質は主に砂で形成され、一部細礫や粗礫も見られた。護岸の石積みは凹凸が大きく、小魚から比較的大きな魚まで隠れることのできる構造が認められた。このような条件がこれらの魚類の生息を可能にしていると考えられる。

以上のことから、園池において多様な魚類相を確保するためには、共生関係にも配慮した微小生息場所が必要になるといえるだろう。平安神宮では、泥の堆積が抑制された流れにおいて多数のドブガイが確認された。織宝苑では水の回転率が高いことにより、やや流水状態の環境であったが、それによって底質の単純化が回避され、流水を好む種も生息していた。これらのことを考慮すると、流れの存在や水の回転率の高さが微小生息場所の多様性に寄与しているといえるであろう。したがって、園池に流れを設けたり、あるいは水の回転率を高くすることが、園池内の多様な魚類相を確保するために役立つ可能性があると考えられる。

今後とも環境の悪化が進行したり、改善が見込まれない場合、日本在来の里地付近の淡水魚類は一部の種を除いて存続の危機に陥ることは必至と考えられる。淡水魚の中には人間の生活と深くかかわり合い、水田や水路を繁殖や稚魚の成育の場として有効に利用しているものも多い。しかし落差工などで水田や水路を自然水域と切り離してしまうことで魚の行き来ができなくなったり、農業の散布や、水路のコンクリート化などによって、魚類が生息すること事態が困難な状況になりつつある。河川や湖沼においても、水質の悪化や水生植物群落の減少などが進み、在来魚類の生息環境は失われてきた。こうした悪条件の中で、外来魚による食害が在来魚の減少に拍車をかけているのが現状である。オオクチバス、ブルーギルといった外来魚は、主に沿岸部の止水域を生息場所としている。琵琶湖では小魚の多くは沿岸部に生息するため、その被害は甚大である。また、ため池や湖沼などの開放された水域では、人為による外来魚の拡散がなされやすく、問題となって

いる。

このような現状において、平安神宮には現在の琵琶湖ではほとんど見られなくなったイチモンジタナゴが生息している。さらに流水では確認されていないタモロコ、琵琶湖内で生息数が減少しているといわれているムギツク、ギギ、ドンコやワタカなども園池内に生息していた。不特定多数の人の出入りをコントロールすることが可能な人工水域である園池が、在来魚のレフュージアとして重要な役割を果たしているといえるだろう。

謝辞：本研究を進めるにあたり、多くの方々にお世話になりました。日本大学の吉田博宣教授、京都造形芸術大学の尼崎博正副学長、近畿大学の細谷和海教授、足羽寛氏、大阪教育大学の長田芳和教授には多大なるご教示・ご協力を頂きました。この場を借りて厚く御礼申し上げます。最後に、調査を快諾して下さった園池関係者各位に深く感謝の意を表します。

補注及び参考文献

- 1) 平安神宮百年史編纂委員会編（1997）：平安神宮百年史：平安神宮、529
- 2) 尼崎博正（1990）：植治の庭・小川治兵衛の世界：淡交社、210-220
- 3) 宇戸純子（1998）：庭園の水系と都市の環境：京都芸術短期大学／京都造形芸術大学 日本庭園研究センター編 日本庭園と水、58-66
- 4) 尼崎博正（1984）：南禅寺界隈流水園池群の水系：京都芸術短期大学紀要「瓜生」
- 5) 本論では便宜的に外国産の種を外来種とした。ヌマチチブは本来琵琶湖には生息していなかった種であり、琵琶湖では外来種とされるが、日本国内に広く分布する種であるため、ここでは在来種として扱った。また、平安神宮で確認されたバラタナゴは、タイリクバラタナゴの特徴が認められるが、ニッポンバラタナゴとの交雑個体であるとして在来種として扱った。
- 6) Hill, M. O. (1979b): TWINSpan, a FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes: Cornell University, Ithaca.
- 7) Ter Braak, C. J. F. (1986): Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis: Ecology 67, 1167-1179
- 8) Ter Braak, C. J. F. (1988): CANOCO, a FORTRAN program for canonical community ordination. Microcomputer Power, Ithaca.
- 9) 細谷数海（2002）：疎水分流調査：京都府レッドデータブック 2002 下巻、275-276
- 10) 足羽寛（2002）：疎水本流調査：京都府レッドデータブック 2002 下巻、284-285
- 11) 近藤高貴（1998）：用水路の淡水二枚貝群集：江崎博男・田中哲夫編 水辺環境の保全—生物群集の視点から：朝倉書店
- 12) Baba R., Y. Nagata and S. Yamagishi (1990): Brood parasitism and egg robbing among three freshwater fish. Anim. Behav., 40 : 776-778
- 13) 長田芳和・前畑政善（1991）：ムギツクによるドンコの巣への産卵：滋賀県立琵琶湖文化館紀要第9号、17-20
- 14) 長田芳和（2000）：ハゲギギへのムギツクの托卵とハゲギギの産着卵の確認：魚類自然史研究会会報ボテジャコ第4号、37pp
- 15) 足羽寛・上井大介・井上和成・長田芳和（1994）：兵庫県大津茂川における魚類相：大阪教育大学紀要 第3部門第42巻2号、141-153