琵琶湖疏水水系における沈水植物の流入および分布状況

小田龍聖^{*1)}・深町加津枝²⁾・柴田昌三²⁾

1) 京都大学学際融合教育研究推進センター森里海連環学教育研究ユニット

2) 京都大学大学院地球環境学堂

摘要: 琵琶湖疏水は、2015年に重要文化的景観の選定を受けた岡崎地域を代表する都市水系である。重要な水生生態系として琵琶湖疏水をとらえ、これらの基盤となる沈水植物の流入と分布を調査した。琵琶湖疏水内の85区画で調査を行い、この調査では11種の流入および8種の沈水植物が確認された。被度と底質の分布を用いてnMDSによる分析を行ったところ、疏水分線では泥底質とオオカナダモが、疏水白川では中礫底質とササバモがよく見られた。疏水分線・疏水白川の両方に出現したネジレモは、細礫底質でよく見られた。

キーワード: 都市河川, 沈水植物, 地域住民, 親水空間, 市民活動, 琵琶湖疏水

ODA, Kimisato, FUKAMACHI, Katsue and SHIBATA, Shozo: **Influx and distribution of submerged aquatic plants in Lake Biwa Canal water system**

Abstract: Lake Biwa Canal is an urban water system representing the Okazaki area which was selected as the “Important cultural landscape” in 2015. We surveyed, flowing of drifting aquatic plants into the Okazaki area and the green coverage of submerged plants at Lake Biwa Canal as important ecosystem. We found 11 species drifting and 8 species growing from 85 plots in this canal. We used nMDS analysis based on green coverage and sediment of bottom surface. *Egeria densa* was found in “Sosui bunsen” with mud. *Potamogeton malaianus* was found in “Sosui Shirakawa” with middle gravel. *Vallisneria asiatica* var. *biwaensis* appeared in both waterway with fine gravel.

Key words: urban water system, submerged plants, local residents, water front, social movement, the Lake Biwa canal

1. はじめに

琵琶湖疏水は、1890年に完成した琵琶湖の水を京都の岡崎地域へと引き込む人工水路である。京都市の東山の麓、白川の扇状地に位置する岡崎地域は琵琶湖疏水の水利用を中心とした良質な近代都市景観として評価され、2015年10月7日に、「京都岡崎の文化的景観」として重要文化的景観の選定を受けた³⁾。2010年から京都市総合企画局を中心として策定された「岡崎地域活性化ビジョン」においても、「水と緑が共生する創造的で豊かなオープンスペース」を地域の魅力として挙げており¹⁶⁾、この地域における琵琶湖疏水的重要性を見て取ることができる。琵琶湖疏水と地域住民の関わりも深く2001年時点での京都河川美化団体連合会への加盟団体16団体のうち5団体が、琵琶湖疏水に関わる水系で活動をしている。

一方で、都市における河川や水路は親水空間としても扱われ、各地で様々な川づくりが試みられている^{24,25)}

が、親水空間としての都市水系には、経済効果や地域のシンボルとしての一体感を与える効果が期待される一方で、自然の豊かさの表象としては満足に機能しきれていないという報告もされている¹⁵⁾。琵琶湖疏水水系は人工水路、自然河川、また岡崎・南禅寺地域に見られる日本庭園群の園池が繋がっ

た複雑な水系ネットワークを構築しており、様々な水生生物の生息地となり得る要素が多様に存在する。これら水生生物の生息に重要な環境要因として、また好適な水環境を維持する要因としては、沈水植物の生育が影響することが知られている^{4,14,19,20)}。琵琶湖疏水水系における生物調査の事例は、底棲動物²⁶⁾、鳥類¹⁷⁾、魚類^{1,7,8,9,12,21,22)}に関して多数存在しており、環境省のレッドデータカテゴリで絶滅危惧ⅠA類に指定されるイチモンジタナゴ (*Acheilognathus cyanostigma* Jordan et Fowler) の生息も認められる重要な水系であることがわかるが、沈水植物の生育状況に触れたものは極めて少ない。そこで、本研究では京都市内の琵琶湖疏水水系のうち、住民や観光客の利用があり親水空間としての効果が期待される区間を対象として、都市の親水空間の基礎的、かつ重要な構成要素として沈水植物の現状および分布要因を検討するため、沈水植物の琵琶湖からの流入および疏水内での分布状況を明らかにすることを目的とした。

2. 調査地と方法

2.1 調査対象地の特性

琵琶湖疏水は、滋賀県大津市観音寺町にある琵琶湖取水地点から始まり、京都市左京区蹴上へと開渠区間とトンネルを繰り返し至る第1疏水と、第1疏水取水地点の少し北側から

* 連絡先著者 (Corresponding author) : 〒606-8502 京都市左京区北白川追分町 E-mail : odakimi@gmail.com

図-1 調査対象地

Fig. 1 Location of the study sites

取水され全線がトンネルである第2疏水とによって京都の岡崎地域へと流入している。蹴上で合流した琵琶湖疏水は、西進した後南下し伏見へと向かう疏水本線と、北上し南禅寺、哲学の道、北白川を抜け高野川へと向かう疏水分線とに分かれている。疏水本線は南禅寺船溜で一級河川白川と合流した後、平安神宮の大鳥居の付近で再び白川と分流する。分流後の疏水白川は、琵琶湖疏水の水が大量に流れ込むため、合流前の白川の上流と大きく性質を変えており、水深も浅いためネジレモ (*Vallisneria asiatica* Miki var. *biwaensis* Miki) 等の琵琶湖由来の沈水植物をよく観察することができる。また、祇園を抜け鴨川に合流するまでの間に川沿いの散策路や、河川へ降りる階段なども見られることから親水空間としての役割も果たしている。

疏水分線は大部分が開渠で、南禅寺の水路閣を抜けて北上した後、若王子神社の前から銀閣寺までの区間は、水路沿いの散策路を備えた構造となり、哲学の道として整備され、多くの観光客や市民に親しまれている。この疏水分線は人工的

に開削された水路であるものの、疏水白川と同様にネジレモ等の琵琶湖固有の沈水植物を確認することができる。1月～3月にかけて行われる第1疏水の停水期には疏水水系全体への総流量は減少するものの、疏水白川は一時的なポンプアップ、疏水分線では他の水路との流量調整によって水量が管理されており、疏水白川では通常時は最大で大人の膝丈程度の水深から5～10 cm程度への低下は見られるものの、水系から水が消失することはない。

本研究では、琵琶湖疏水水系の中でも、親水空間として機能し市民や観光客の利用が多く、かつ沈水植物の視認が容易となっている疏水白川と疏水分線の2つの支線、およびこれらの起点となる第1・2疏水合流点の直近に位置する蹴上水力発電所の取水口を調査対象とした(図-1)。

2.2 導水路における流入沈水植物

調査は蹴上水力発電所の取水口(図-1)に常設されたスクリーンで行った。この取水口は第1疏水、および第2疏水が合流した直後に位置し、合流した水の一部が水力発電用水として取水されている。発電用タービンへの浮遊物の混入を防ぐためにスクリーンが設置されているが、スクリーンに滞留した沈水植物を主体とする浮遊物は、据え付けられた除塵機によって自動的に回収、コンベアによって移動し廃棄される。この除塵機は、琵琶湖疏水停水期(1～3月)を除いた4月から12月にかけて継続して稼働しており、本調査では2011年の4月から1ヶ月に1度、1回の除塵作業によって回収される沈水植物の流入沈水植物の種類を記録した。流入沈水植物は発電所の廃棄物として扱われるため持ち帰っての計量等が許可されず、現地屋外のコンベア上での作業時間も限られたため、調査は出現種の記録に限定して行った。また種の同定と学名表記は日本水草図鑑¹³⁾をもとに行った。

2.3 琵琶湖疏水系の沈水植物の分布調査

2017年8月から2018年7月にかけて、疏水分線のうち、若王子神社前から高野川までの哲学の道を含む開渠区間、および疏水合流後、京都市動物園前から川端通までを流れる疏水白川を対象として沈水植物それぞれの被度および底質表面の状態の調査を行った(図-1)。対象とした区間の総延長は4858.2mであり、目視による観測が確実にできるように疏水上の橋から下流側に1mの地点を基点として、下流側に長さ3m、幅は河川幅に等しい調査区画を、疏水分線に53ヵ所、疏水白川に32ヵ所の計85区画設定し、北から昇順となるよう区画番号を設定した(図-1)。各調査区画の河川幅は、疏水分線で平均値4.9m、最大値11.2m、最小値2.9m、疏水白川で平均値8.6m、最大値12.5m、最小値5.3mとなった。

調査は2017年8月から2018年7月にかけて実施し、調査開始から沈水植物の水中部が減衰・消失する2018年4月までは2ヶ月に1回、再び水中葉の展開が始まる2018年4月以降は1ヶ月に1回の頻度で行い、調査区画ごとに沈水植物の被度を算出した。沈水植物のそれぞれの被度は目視によって判断し、10%単位で記録した。また、被度が10%に満た

ない区画については、1 個体以上 5 個体未満が確認された区画を 1%, 5 個体以上が確認された区画を 5%として記録した。また、沈水植物の分布に関わる環境要因の一つとして、水路内の底質表面の状態を記録した。底質表面は大窪・御池²³⁾、および琵琶湖沈水植物図説第 4 版²⁾の調査方法を参考にし、目視観測により、コンクリート、泥（肉眼で粒子が認められない）、砂（米粒大以下～肉眼で粒子が認められる）、細礫（米粒大～こぶし大）、中礫（こぶし大～人頭大）に分類し、各区画でのそれぞれの分布割合を 10%単位で記録した。

2.4 被度と底質表面の分布を用いた非計量多次元尺度法

調査を行った 85 区画のうち、各沈水植物において出現区画数が最大となった 2018 年 7 月に沈水植物の出現が確認された区画を対象として、Bray-Curtis 非類似度を用いノンパラメトリックな多次元尺度構成法（以下、nMDS と表記する）によって、各沈水植物の被度の類似度に基づく分類を行い、結果を二次元平面上に配置した。また、被度による nMDS 配置図と、底質表面の分布との相関を計算し、沈水植物の被度に関わる底質表面の状態を検討した。これらの統計解析には R.3.5.3 を用いた。

3. 結果

蹴上発電所取水口での流入沈水植物調査、および疏水白川・疏水分線での分布調査で確認された沈水植物の一覧を表-1 に示した。流入沈水植物調査ではイバラモ (*Najas marina* L.)、コウガイモ (*Vallisneria denseserrulata* (Makino) Makino)、オオカナダモ (*Egeria densa* Planch.)、エビモ (*Potamogeton crispus* L.)、コカナダモ (*Elodea nuttallii* (Planch.) St.John)、ネジレモ、ホザキノフサモ (*Myriophyllum spicatum* L.)、クロモ (*Hidrilla verticillate* (L.f.) Royle)、ササバモ (*Potamogeton malaianus* Miq.)、センニンモ (*Potamogeton maackianus* A. Benn.)、マツモの 4 科 11 種が、分布調査ではこれらからイバラモ、コウガイモ、クロモ、マツモを除き、ヤナギモ (*Potamogeton oxyphyllus* Miq.)を加えた 3 科 8 種が確認された。

3.1 導水部における流入沈水植物

疏水停水期である 1 月～3 月を除く全ての月（9 ヶ月）で流入が確認されたのはマツモ、およびセンニンモの 2 種であった。次いでササバモ（8 ヶ月）、クロモ（7 ヶ月）、ホザキノフサモ（7 ヶ月）で長期間に渡る流入が確認された。エビモは 4 月から 6 月にかけて、コカナダモは 4 月から 8 月にかけてのみ確認され、9 月以降の流入は確認されなかった。出現種数は、5 月（10 種）、8 月（9 種）、10 月（8 種）、6 月、および 7 月（7 種）の順に多く、初夏から秋にかけて一定種数の流入が確認された。一方で、12 月（3 種）、11 月、および 4 月（5 種）と冬季の流入種数が減少した。

3.2 琵琶湖疏水水系における沈水植物の分布

85 区画のうち、56 区画でいずれかの調査月に沈水植物が

確認された。各月の沈水植物種ごとの出現区画数を表-2 に、出現区画数が最大となった 2018 年 7 月の被度別の出現区画数をヒストグラムとして図-2 に示した。冬期を含め年間を通して確認されたのはオオカナダモのみで、ほとんどの沈水植物では 10 月から出現区画数に減少が見られ、2 月には消失していた。また、ホザキノフサモでは 6 月から、それ以外の沈水植物では 5 月から出現していた。

1 年を通して出現したオオカナダモは、ほとんどが疏水分線でのみ見られ、被度が 80%を越える区画（32, 33）がある一方で、数個体のみが見られる区画が最も多く確認された。オオカナダモと並ぶ出現区画数を示したササバモとネジレモは、被度分布でも 30%までの区画がほぼ均等に現れる類似の傾向を示したが、ササバモは疏水白川でのみ出現し（表-2）、40%以上の区画（59, 66）があった点で異なった。センニンモは疏水分線でのみ出現したが被度 20%の区画（24）が 1 ヶ所出現した以外は、被度 10%未満となった。エビモは疏水分線でのみ少数の区画で出現したが、被度 50%になる区画（34）が 1 ヶ所出現した。コカナダモ（22, 23）およびヤナギモ（34, 35）は疏水分線でのみ、ホザキノフサモ（56, 59, 60）は疏水白川でのみ出現した。

3.3 被度と底質表面の分布を用いた nMDS

2018 年 7 月の被度を使用し、Bray-Curtis 非類似度を用いた nMDS による配置図を作成したところ、stress 値は 0.056 (<0.1) となりモデルとして適正な配置に収まった。この配置図と底質表面の分布割合の相関を調べたところ、コンクリート ($p=0.0008$)、泥 ($p=0.0002$)、細礫 ($p=0.0006$)、中礫 ($p=0.0002$) の 4 項目が有意な適合を示した（図-3）。配置図の第 1 軸を見ると、被度による調査区画の配置では負の方向に疏水分線（1～53）、正の方向に疏水白川（54～85）が配置される傾向が見られ、底質表面の分布では負の方向に泥が、正の方向に中礫、細礫が配置されたことから、疏水分線と疏水白川では、沈水植物の植生および底質表面の分布が異なることが示された。次に、nMDS 配置図に対して有意に適合した底質表面の構をそれぞれ等値線で示し、出現区画数が多く本研究の調査地を代表すると考えられる沈水植物のうち、出現のほとんどが疏水分線に限定されたオオカナダモ、疏水分線と疏水白川の両支線で多く出現したネジレモ、疏水白川でのみ出現が確認されたササバモについて、nMDS 配置図に重ねて表記した（図-4）。オオカナダモは泥の分布割合が高い位置に配置され、一部がコンクリートの割合が高い位置にも見られた。疏水分線と疏水白川の両支線で出現したネジレモは細礫の分布割合が高い位置に配置され、細礫が 30%以上の区画にのみ出現した。疏水白川でのみ出現したササバモは、中礫の分布割合が高い位置に配置され、中礫の割合が 20%以下となる区画では出現しなかった。また、コンクリートが 20%以上の区画では 3 ヶ所でのみ沈水植物が確認された（図-5）。

表-1 琵琶湖疏水水系で見られる沈水植物とその特性

Table. 1 Submerged aquatic plants in the water systems of Biwa Lake canal

科名	種名	学名	希少種 / 外来種	越冬形態	流入沈水植物の有無(4月～12月)												出現 月数	分布 調査
					4	5	6	7	8	9	10	11	12					
マツモ	マツモ	<i>Ceratophyllum demersum</i>	-	殖芽	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	9	×		
ヒルムシロ	センニンモ	<i>Potamogeton maackianus</i>	-	常緑	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	9	●		
ヒルムシロ	ササバモ	<i>Potamogeton malaianus</i>	-	地下茎	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	8	●		
アリトウグサ	ホザキノフサモ	<i>Myriophyllum spicatum</i>	準絶滅危惧種(京都)	水中部	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	7	●		
トチカガミ	クロモ	<i>Hydrilla verticillata</i>	要注目種(京都)	殖芽/地下茎		○	○	○	○	○			○		7	×		
トチカガミ	ネジレモ	<i>Vallisneria asiatica</i> var. <i>biwaensis</i>	分布上重要種(滋賀)	走出枝		○		○	○	○	○	○	○		6	●		
トチカガミ	コカナダモ	<i>Elodea nuttalli</i>	生態系被害防止外来種	常緑	○	○	○	○							5	●		
トチカガミ	オオカナダモ	<i>Egeria densa</i>	生態系被害防止外来種	常緑		○	○		○		○				3	●		
ヒルムシロ	エビモ	<i>Potamogeton crispus</i>	-	殖芽/常緑	○	○	○								3	●		
トチカガミ	コウガイモ	<i>Vallisneria denseserrulata</i>	絶滅危惧Ⅱ類(京都) その他重要種(滋賀)	殖芽/常緑						○		○			2	×		
トチカガミ	イバラモ	<i>Najas marina</i>	絶滅危惧Ⅰ類(京都) その他重要種(滋賀)	種子		○									1	×		
ヒルムシロ	ヤナギモ	<i>Potamogeton oxyphyllus</i>	-	殖芽/常緑	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		●		
○:流入調査で確認 / ●:分布調査で確認 / ×:分布調査で未確認				出現種数	5	10	7	7	9	6	8	5	3		8

図-2 2018年7月に確認された沈水植物の被度分布

Fig. 2 submerged aquatic plants in the water systems of Biwa Lake canal

表-2 沈水植物の出現区画数の推移

Table.2 Changes in the number of submerged aquatic plants

出現種名	2017年					2018年				
	8月	10月	12月	2月	4月	5月	6月	7月	8月	10月
	分線(53)	白川(32)	分線(53)	白川(32)	分線(53)	白川(32)	分線(53)	白川(32)	分線(53)	白川(32)
オオカナダモ	15	1	14	1	14	1	12	0	10	0
ササバモ	0	18	0	16	0	10	0	0	0	0
ネジレモ	6	14	4	14	3	4	0	0	0	0
センニンモ	6	0	2	0	2	0	0	0	0	0
エビモ	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0
コカナダモ	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0
ヤナギモ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ホザキノフサモ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

※表の数値は各月、各出現種の出現区画数を示す。左上段に疏水分線での出現区画数を、右上段に疏水白川での出現区画数を、下段には全水系での出現区画数の合計を示した。

図-3 被度と底質表面の分布による nMDS の配置図

Fig. 3 Green coverage and sediment on nMDS dimension

図-4 主要な沈水植物の分布と底質表面の関係

Fig. 4 Relationship between major submerged plants and sediment on nMDS dimension

図-5 沈水植物出現区画とコンクリートの被度の等値線

Fig. 5 Appearance of submerged plants and isogram of concrete sediment

4. 考察

疏水分線、疏水白川の2つの支線では琵琶湖固有種であるネジレモが出現しており、琵琶湖疏水の完成から現在に至るまでの間に、共通の水源である琵琶湖の影響を受けていることが示された。一方で、2つの支線の沈水植物相と底質表面の分布が大きく異なっており、各支線の底質の粒径が、流入した沈水植物の定着に影響を与えていると考えられた。

流入調査の全ての月で出現したマツモは、沈水植物の分布調査では出現しなかった。マツモは仮根により水底に固着することもあるが、水面下に浮遊していることがふつうの沈水性浮遊植物¹³⁾であり、疏水分線および疏水白川では流入した沈水植物が滞留しづらい環境にあると考えられる。

底質表面にコンクリートが20%以上見られる区画では3区画でのみ沈水植物が確認された。疏水分線は完全に人工の水路であり、沈水植物の定着基盤となる堆積物が不十分でコンクリート面の露出していることが原因と推測される。

琵琶湖では沈水植物の分布は波浪の影響を強く受け、波浪に弱いコカナダモが深部の泥底質を占拠し、比較的波浪に強い在来種が浅所の砂や礫底に出現することが報告されている⁶⁾。本研究においては琵琶湖水系で見られる在来種のうち、ササバモとネジレモの2種が多くの調査区画で出現が確認されたが、ササバモは波浪の影響を受けやすい浅水域に、ネジレモは粗粒化した水域 ($\Phi=1.5$, 細礫～中礫) によく見られることが報告されており^{10,27)}、ササバモは中礫の、ネジレモは細礫の多い区画に出現したことと一致した。湖と河川を同一視して考えることはできないが、湖での波浪による影響の代わりに、琵琶湖疏水水系における泥や砂といった粒径の小さな底質を押し流す掃流力による影響が沈水植物に対して似

たような影響を与えたことが推測できる。

琵琶湖疏水の水源となる琵琶湖南湖におけるオオカナダモの現存量は底質の平均粒径と正の相関（Φスケールと負の相関）があることが報告されている⁵⁾が、琵琶湖疏水では疏水白川を中心とした底質表面に中礫が多く見られる区画ではオオカナダモはほとんど出現しなかった。河川におけるオオカナダモでは、5cm未満の礫が移動するような流速では流失が発生すること、また河床材料の粒径が大きい場合うまく固定できずに多くの流失が生じること¹⁸⁾が報告されており、こぶし大より大きな中礫が多く見られた疏水白川においては安定した定着が難しいことが理由だと考えられる。一方で、オオカナダモは河川の掃流力が弱まる堰の近くで繁茂しやすい傾向を示す¹⁹⁾ことも報告されており、本研究では泥底質のよく見られる、すなわち泥が流されない程度に掃流力の弱い疏水分線によく出現したことも一致する。オオカナダモは生態系被害防止外来種として扱われており、流入頻度が少ないにも関わらず、特に疏水分線において、被度80%にも及ぶ区画から数個体のみで構成される区画まで多様な形態で出現していた。少ない流入で大きく定着するリスクがあるとも推測できるが、過去の大量流入による巨大群落の形成の有無など本調査では確認できないため、分布調査と合わせて特に流入に関する定量的・継続的な調査が必要である。

謝辞：本研究の一部は、科学研究費補助金（18H02226、代表：柴田昌三）の助成を受けたものである。

引用文献

- 足羽寛（2002）京都府レッドデータ調査疏水本流，京都府
- 琵琶湖総合開発管理所（2018）琵琶湖沈水植物図説第4版，独立行政法人日本水資源機構，13pp
- 文化庁．（更新年不明）“京都岡崎の文化的景観”．文化遺産オンライン．<http://bunka.nii.ac.jp/heritages/detail/215054>（参照：2018年7月5日）．
- Carpenter, Stephen R.・Lodge, David M. (1986) Effects of submersed macrophytes on ecosystem processes. *Aquatic Botany*, 26: 341-370.
- 芳賀裕樹・大塚泰介・松田征也・芦谷美奈子（2006）2002年夏の琵琶湖南湖における沈水植物の現存量と種組成の場所による違い．*陸水学雑誌*, 67(2): 69-79.
- 浜端悦治（1991）琵琶湖の沈水植物群落に関する研究：(1) 潜水調査による種組成と分布．*日本生態学会誌*, 41(2): 125-139.
- 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，5292pp.
- 細谷和梅（1999）京都府レッドデータ調査疏水分流，京都府
- 細谷和梅（2002）京都府レッドデータ調査平安神宮，京都府．
- 今本博臣・加藤正典・堀家健司・原稔明・（1998）琵琶湖の湖岸環境に関する研究 I. 沈水植物の種組成と分布．*応用生態工学*, 1(1): 7-20
- 乾隆帝・赤松良久・掛波優作（2016）佐波川におけるオオカナダモ被度の定量化と繁茂要因の検討．*土木学会論文集 B1（水工学）*, 72(4): 1123-1128.
- 伊藤早介・森本幸裕（2003）野生魚類の生息環境としての園池．*ランドスケープ研究*, 66(5): 621-26
- 角野康郎（1994）日本水草図鑑，文一総合出版
- 門脇勇樹・久保田由香・佐貫方城・中田和義（2017）環境配慮工法が施工された農業水路における魚類の選好環境：活動期と越冬期の比較．*農業農村工学会論文集*, 85(2): 61-70.
- 古武家善成（2003）アンケート調査による都市河川環境の感覚的評価．*環境技術*, 32(9): 708-713
- 京都市総合企画局市民協働政策推進室（2011）京都岡崎活性化ビジョン 世界の人々が集いほんものに出会う「京都岡崎」，京都市，4pp.
- 宮本脩詩・福井亘（2014）琵琶湖疏水およびその周辺環境条件と鳥類群集との関係．*日本緑化工学会誌*, 40(1): 108-113
- 水口雄介・椿涼太・河原能久・松原功馬（2013）フラッシュ放流による沈水植物の流失特性．*土木学会論文集 B1（水工学）*, 69(4): 1351-1356.
- 内藤馨・石橋亮・金丸善紀・宮下敏夫（2014）淀川淡水域における魚類相の現状．*地域自然史と保全*, 36(1): 41-52.
- 中村圭吾・天野邦彦（2007）沈水植物の有無が水質，生態系に及ぼす影響．*土木技術資料*, 49: 52-57.
- 奈良文化財研究所文化遺産部景観研究室（2013）京都岡崎の文化的景観調査報告書，京都市，173-177.
- 小田龍聖・深町加津枝・柴田昌三（2016）京都市東山区における河川環境に対する周辺住民の意識とその実態．*日本緑化工学会誌*, 42(1): 38-43.
- 大窪久美子・御池俊輔（2008）長野県上伊那地方の水路における水生植物の分布と立地環境条件との関係．*ランドスケープ研究*, 71(5): 549-552.
- 大野正彦・若林明子（2000）千川上水における水路の改修とその効果．*水環境学会誌*, 23(11): 668-676
- リバーフロント整備センター編（1992）まちと水辺に豊かな自然をⅡ，多自然型川づくりを考える，山海堂，185pp.
- 津田松苗・山口秀吉（1936）琵琶湖疏水の動物相に就いて．*陸水学雑誌*, 6(1): 11-20.
- 山口久直（1943）琵琶湖の水草．*陸水学雑誌*, 12(2): 92-104.

（2019年7月26日受理）