

河道内樹木群管理の基礎的研究 ～治水と環境の調和を目指して～

STUDY FOR THE VEGETATION MANAGEMENT IN RIVERS

～AIMING AT THE HERMONY BETWEEN FLOOD CONTROL AND ENVIRONMENT～

土木工学専攻 7号 大沼 史佳

OHNUMA Fumiyooshi

1. はじめに

近年、わが国の河道には樹木が繁茂し、洪水の流下を阻害するといった問題が生じている。そのため、樹木群の管理によって洪水流下能力の確保が行われている^{1), 2)}。樹木群を適正に管理するためには、樹木群の有する治水機能と環境機能を評価する必要がある。しかし、有効な手法が得られていないのが現状である。

本研究では、利根川中流域の高水敷上に繁茂する樹木群を対象として、洪水流に対する樹木群の抵抗評価と、生物の現地調査に基づく河川環境上からの樹木群の評価法を示し、現地での視点に重きを置いた樹木群管理の一つの考え方を提案することを目的としている。

2. 治水上の樹木群の評価

治水上の樹木群の役割を評価するためには、洪水流への樹木群の抵抗評価が重要となる。ここでは、樹木群の繁茂形態を考慮した非定常平面二次元解析による樹木群の抵抗評価を示し、計画規模の洪水に対する樹木群の影響を検討する。

検討の対象とした利根川の栗橋(130.4km)から芽吹橋(104.1km)までの区間は、**図-1**に示すように複断面蛇行河道であり、132.5km 左岸に渡良瀬川合流点、121.5km 右岸に江戸川分派点を有している。高水敷には、主にヤナギやオギ、ヨシが繁茂している。

(1) 非定常平面二次元解析による樹木群抵抗の評価

樹木群のある河道の洪水解析手法に非定常平面二次元解析がある¹⁾。この解析では、式(1)に示す運動方程式の抵抗項は、摩擦抵抗項と樹木群抵抗項からなる。

$$(\tau_{0\xi}, \tau_{0\eta}) = \left(\frac{gn^2}{h^{1/3}} + \frac{gh_a}{K^2} \right) \sqrt{u^2 + v^2} (\tilde{U}, \tilde{V}) \quad (1)$$

ここで、 n : マニングの粗度係数、 K : 樹木群透過係数、

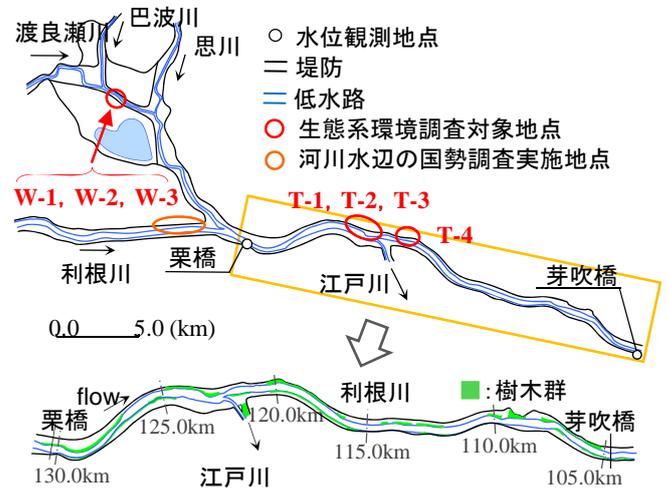


図-1 検討対象区間の概要

h : 水深, h_{tree} : 樹高, $h_a = \min(h, h_{tree})$, g : 重力加速度, (u, v) : 流速方向成分(ξ, η)である。摩擦抵抗の大きさは粗度係数, 樹木群抵抗の大きさは樹木群透過係数によって評価している。定常流解析では、洪水ハイドログラフごとに非定常性の影響の程度が異なるため、樹木群透過係数と粗度係数の値にその影響が表れるという問題が生じる。これに対し、洪水流の非定常性を考慮した非定常平面二次元解析では、洪水の水面形には河道内の様々な影響がその積分値として現れていることに着目し、観測された水面形の時間変化を説明する長い区間での平均値として樹木群透過係数と粗度係数を与えることによって、大きな洪水について同一の値でこれら进行评估することが可能である³⁾。摩擦抵抗項は、河道の断面形状や河床材料の摩擦による抵抗を評価しているため、粗度係数は、その本来の意味の河道の粗度を表すほぼ一定の値で与えられる。一方、観測された水面形の時間変化を説明するように樹木群抵抗値を評価することにより、様々な樹木

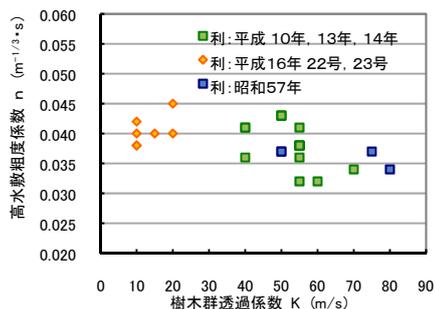


図-2 樹木群透過係数と高水敷粗度係数

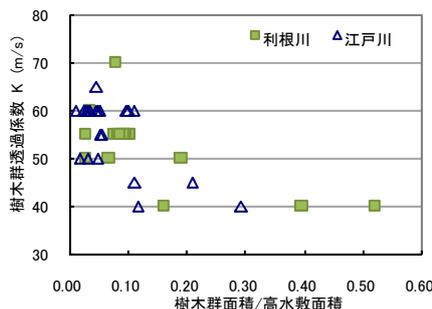


図-3 樹木群透過係数と樹木群の繁茂形態

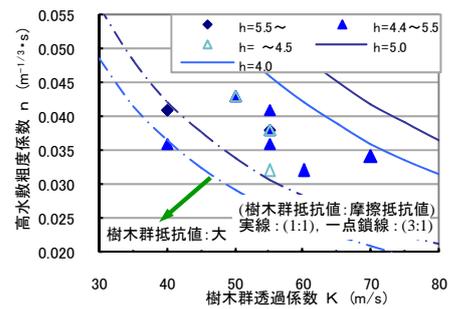


図-4 樹木群抵抗値と摩擦抵抗値の関係

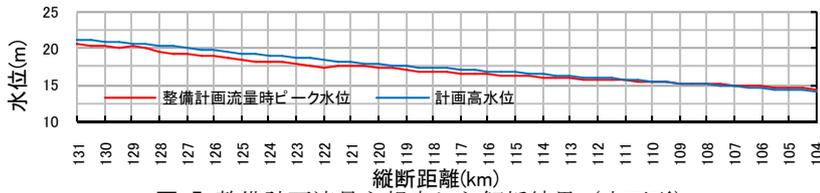


図-5 整備計画流量を想定した解析結果（水面形）

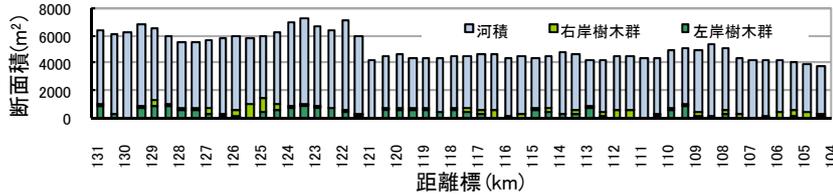


図-6 各断面での樹木群の占める断面積

群の繁茂形態を代表する値として樹木群透過係数が決まる、と考える。

図-2 には、いずれも大規模であった平成 10 年、平成 13 年、平成 14 年の 3 洪水について決定した対象区間の樹木群透過係数と高水敷粗度係数を示している³⁾。この図には、洪水規模の小さかった平成 16 年台風 22 号・23 号洪水と河道状況の異なる昭和 57 年洪水について決定した樹木群透過係数と高水敷粗度係数も併せて示している。いずれの洪水についても、非定常平面二次元解析によって観測された水面形の時間変化と流量ハイドログラフを必要な精度で求めている。図より、高水敷粗度係数は、河道固有の比較的狭い範囲の値をとり、一方、樹木群透過係数は、樹木群の繁茂形態の違いによる広がりのある値をとる。このときの高水敷面積に対する樹木群面積の割合と樹木群透過係数の関係を図-3 に示す。図には、江戸川について同様に決められた樹木群透過係数³⁾も併せて示している。式(1)より、樹木群透過係数が小さくなるほど樹木群抵抗値は大きくなることから、高水敷面積に対する樹木群面積の割合が大きいほど、樹木群透過係数が小さい（樹木群抵抗値が大きい）ことが確認できる。図-4 は、平成 10 年洪水ピーク流量時の樹木群抵抗値と摩擦抵抗値の大きさ関係を示す。樹木群抵抗値と摩擦抵抗値の大きさが、(1:1)と(3:1)となる樹木群透過係数と高水敷粗度係数の組み合わせを、それぞれ実線と一点鎖線で示している。実線に対して左下に樹木群透過係数と高水敷粗度係数が位置するほど、樹木群抵抗値が大きいことを示している。このときの樹木群透過係数と高水敷粗度係数が実線よりも左下に位置し、樹木群抵抗値が摩擦抵抗値の 2~4 倍程度大きいことが分かる。これより、河道の摩擦より高水敷に直立する樹木群の方が、洪水流への大きな抵抗となっていることが確認できる。したがって、非定常平面二次元解析では、粗度係数に河道が本来的に有するほぼ一定の値を与えた場合、繁茂形態と有意な関係を持つ樹木群透過係数を観測された水面形の時間変化を再現するように決定することは、合理的な考え方であると言える。

(2) 大規模洪水を想定した解析による樹木群の評価

整備計画流量の流下を想定した準二次元解析の結

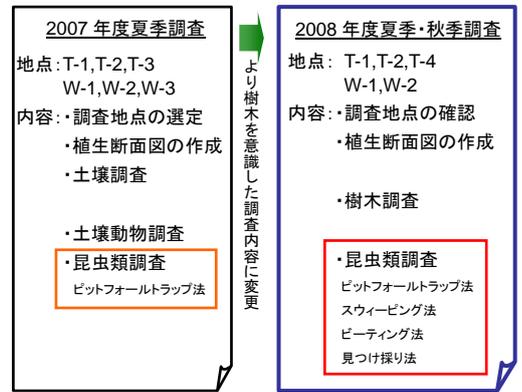


図-7 生態系環境調査の調査概要

表-1 調査地点の特徴

	樹木	草本	地形	湿性	リター層	日射
T-1	タチヤナギ	クサヨシ	凹地	有り	有り	悪い
T-2(2007)	アカメヤナギ	クサヨシ	起伏が多い	無し	有り	悪い
T-2(2008)	エノキ	オギ・クサヨシ	起伏が多い	無し	有り	良い
T-3	—	オギ	平ら	無し	無し	良い
T-4	アカメヤナギ	クサヨシ・ノイバラ	凹地	有り	有り	良い
W-1	タチヤナギ・クワ	クサヨシ	水辺微高地	有り	有り	悪い
W-2	クワ	ノイバラ	凹地	有り	ほぼ無し	悪い
W-3	—	オギ・ヨシ	平ら	無し	無し	良い

果（図-5）を用いて、対象河道における治水上の樹木群の影響を検討する。これより、119.5~121.5km 区間と 127.5~129.5km 区間において、整備計画流量時の水位が計画高水位の高さを超えることが分かる。図-6 に示す各断面での樹木群の占める断面積より、計画高水位を超える区間下流部の 117.0~120.5km 区間左岸と 127.0~129.5km 区間左岸に樹木群が繁茂していることが分かる。また、122.0~124.5km 区間左岸の水衝部と高水敷が突出している場所（図-1）では、この場所に繁茂する樹木群が洪水流への大きな抵抗要素になると考えられる。このように、大規模洪水時にその流下を阻害すると考えられる樹木群については、洪水流を安全に流下させるために、樹木群の伐採を検討する必要がある。

3. 河川環境上の樹木群の評価

河川環境上の樹木群の役割を評価することを目的として、河道において特徴的な植生とその生育している物理環境を推定する RHS (River Habitat Survey) や、ある対象種にとって適切な生息の場を推定する HEP (Habitat Evaluate Procedure)等日本の河道への適用性の検討がなされている^{4), 5)}。しかし、これらの手法を我が国の河川環境における樹木群の役割を評価するには、多くの課題が残されている。そこで、実際に樹木群をハビタットとしている生物を指標とした河川環境上の樹木群の評価法について検討する。ここでは、現地では採集した陸上昆虫類と既往の河川水辺の国勢調査の結果を用いて検討を行う。

(1) 利根川・渡良瀬川における生態系環境調査

図-1 に示す利根川(T-1,T-2,T-3,T-4)と渡良瀬川(W-1, W-2, W-3)の調査地点において、陸上昆虫類（陸上昆虫およびクモ目）の採集を目的とした調査を実施した。T-1, T-2, T-4 の樹木群は、2. (2) で治水上問題があると判断した区間に存在する樹木群である。調査は、

2007年夏季, 2008年夏季, 2008年秋季の3回実施し, 2008年からは, 2007年よりも樹木を生活の場とする昆虫に着目し, 調査地点と調査方法を充実している. 調査概要を図-7に示し, 各調査地点の特徴を表-1にまとめている. 陸上昆虫類調査は, 調査法⁶⁾に準じ, ピットフォールトラップ法では地表を徘徊している種, スウィーピング法とビーティング法では樹木や草本に付いている種, 見つけ採り法では対象樹木とその周辺に生息している大きくて目立つ種を主な対象としている.

調査により, 2007年夏季では24種798個体, 2008年夏季では101種1552個体, 2008年秋季では83種775個体の陸上昆虫類を採集した. 採集した昆虫類は, 資料^{例えぼ7)}を参考に同定している. 2007年夏季に比べ, 調査法を増やした2008年夏季では, 採集した個体数, 種数ともに多かった. また, 2008年の調査で採集した個体数は, 秋季調査に比べ夏季調査の方が多かった.

表-2 採集した種数と2地点間の共通種数

(a) 2008年夏季調査 (b) 2008年秋季調査

夏季	T-1	T-2	T-4	W-1	W-2	秋季	T-1	T-2	T-4	W-1	W-2
T-1	45	12	20	9	7	T-1	31	9	11	5	6
T-2	—	44	18	11	7	T-2	—	35	15	8	4
T-4	—	—	39	11	6	T-4	—	—	35	7	7
W-1	—	—	—	20	7	W-1	—	—	—	17	8
W-2	—	—	—	—	15	W-2	—	—	—	—	18

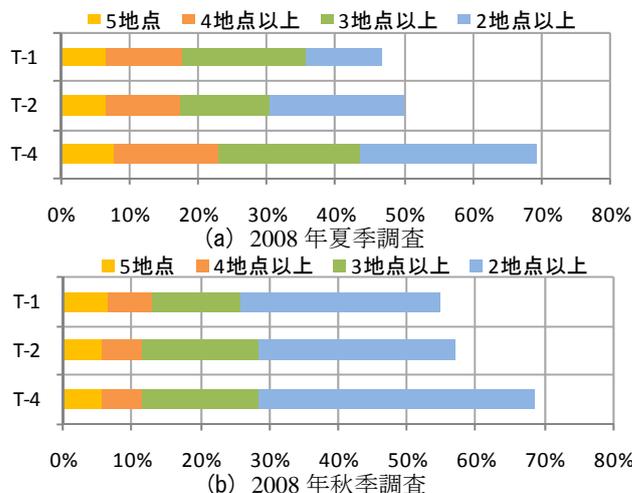


図-8 他地点と共通する種の割合

表-3 河川水辺の国勢調査結果との対応関係

(a) 2008年夏季調査

夏季	T-1	T-2	T-4	W-1	W-2	計
既確認種	36	39	31	16	11	79
採集種	45	44	39	20	25	101
既確認種/採集種	80.0%	88.6%	79.5%	80.0%	44.0%	78.2%

(b) 2008年秋季調査

秋季	T-1	T-2	T-4	W-1	W-2	計
既確認種	31	28	26	14	12	63
採集種	31	35	35	17	18	83
既確認種/採集種	100.0%	80.0%	74.3%	82.4%	66.7%	75.9%

(2) 陸上昆虫類の共通性の検討

伐採を検討している樹木群の周辺に生息している昆虫類が, 他の場所においても生息している場合, その昆虫類への樹木の伐採の影響は小さいと考えられることから, 2008年の調査結果を用いて調査地点間での採集した種の共通性について検討する. 各調査地点で採集した種数と, 2地点間で共通している種数を表-2に示す. これより, (a)夏季には, T-1とT-2で12種, T-2とT-4で18種, T-4とT-1で20種, (b)秋季には, T-1とT-2で9種, T-2とT-4で15種, T-4とT-1で11種の昆虫類が共通し, 他の地点間での共通種数が4~11種であったことに比べて多い. また, T-1, T-2, T-4で確認した種のうち, その地点を含めて2地点以上に生息している種の割合を図-8に示す. これより, (a)夏季と(b)秋季において, T-1とT-2では約50%, T-4では約70%の昆虫類が他の地点にも生息していることが分かった. 表-1に示した各地点の特徴から, T-1, T-2, T-4においては, 高木があり落葉の堆積層であるリター層があること, 草本が繁茂していること, 微地形があること, 土壌が湿っていることといった調査地点の特徴が類似していたためだと考えられる.

(3) 河川水辺の国勢調査の結果を用いた検討

日本の河川では河川水辺の国勢調査が実施され, 河川環境に関する基礎情報が集められている. この調査は, 5年で1サイクルとなるように全8項目の調査が行われ, 生物調査として陸上昆虫類等調査, 鳥類調査, 両生類・爬虫類・哺乳類調査, 植物調査, 魚介類調査, 底生動物調査が実施されている. 今回の検討では, 図-1の現地調査地点付近の渡良瀬川が合流する利根川の合流点の直上流部の利根川左岸で行われた河川水辺の国勢調査の一例を示す. 1993年, 1999年, 2004年に行われた陸上昆虫類調査の結果と, 今回の調査結果との対応関係について検討する. 表-3に今回の調査で確認した種数とそのうち河川水辺の国勢調査にお

いても確認されている種数, およびその割合を示す. これより, W-2以外の地点では, 今回の調査で確認した約80%以上の昆虫類が, 河川水辺の国勢調査においても確認されていたことが分かった. W-2地点は, 落葉の堆積層であるリター層がなく, 樹冠によって日射が遮られており, 他の地点と特徴が異なる場所であった. 以上より, 利根川の河川水辺の国勢調査地点との対応関係が確認できたため, 他の生物についても河川水辺の国勢調査の結果が現地の状況と対応しているものと考え, 河川水辺の国勢調査の鳥類・両生類・爬虫類・哺乳類の調査結果を用いて, 他地点との種の共通性について検討する.

利根川上流区間では, 1994年, 2000年, 2005年に5地点を対象とした両生類・爬虫類・哺乳類調査が, 1991年, 1997年, 2003年に15地点を対象とした鳥類調査が実施されている. 鳥類調査については, 地被状況ごとに結果が記録されているため, 広葉樹林で確認された種を用いて検討する. 図-1に示す河川水辺の国勢調査の調査地点を対象地点とし, 利根川の他の調査地点との確認された種の共通性を検討する. 図-9には, (a)両生類・爬虫類・哺乳類調査と(b)鳥類調査により対象地点で確認された種のうち, 他の地点でも確認された種の割合を示している. 図より, 対象地点で

確認された種の多くは、他の地点においても確認されていたことが分かる。以上より、今回の調査地点に生息している種の共通性は高く、他の地点においてもこれらの種の生息場が存在していると考えられる。

4. 樹木群管理のフロー

以上の議論から、樹木群の果たす治水と環境の両面からの役割評価に基づく樹木群管理のフローを図-10に示す。

まず、樹木群の抵抗を評価するための水位や流量等の水理量と、樹木群の繁茂形態等の河川環境の基礎情報について、計画的、継続的な観測を行う必要がある。

次に、洪水観測結果を用いた洪水解析から樹木群の抵抗評価を行う。非定常平面二次元解析では、地被状況図や航空写真等の河道の情報から、樹木群領域や樹木群透過係数の値を決め、観測された水面形の時間変化を再現するように樹木群透過係数を確定する。さらに、他の洪水についても同じ抵抗値を用いて解析を行い、樹木群の抵抗値の妥当性を検討する。樹木群の抵抗値を決定した後、整備計画規模や既往最大規模の洪水を想定した解析から、治水上の好影響・悪影響のある樹木群を判定する。

河川環境からは、河川水辺の国勢調査や日頃の調査・点検等から、河道の状況を把握し、樹木群を評価するために適切な生物指標を決定する。このとき、陸上昆虫類の他に保全上重要な生物種がその指標に含まれることが望ましい。

ここで、治水上の悪影響のある樹木群については、その伐採により管理を検討するが、伐採の判断には河川環境や地域にとっての重要性を十分に考慮する必要がある。そうでない樹木群に関しても、現地調査の結果等から、樹木群周辺に形成されている生態環境に代償し得る環境が他の地点においても存在するか検討する。これが確認できる場合は、場所や規模、伐採順序等の異なる幾つかの伐採方式を検討し、樹木の伐採が治水上の悪影響を及ぼさず、なおかつ生態環境への影響が小さいと判断できるものを採用する。

また、樹木の伐採後には、伐採の影響についてモニタリングをするとともに、継続して河道内の状況の把握、河道の抵抗値の調査を実施していく必要がある。

5. まとめ

本研究では、利根川の洪水敷上に繁茂する樹木群を対象として、治水上と環境上の樹木群の評価に基づく樹木群管理の一つの方法を提案した。

治水上から樹木群を評価するためには、まずは洪水流に対する樹木群の抵抗評価が重要となり、非定常平面二次元解析では、河道が本来的に有する粗度係数と観測された水面形の時間変化を説明する樹木群透過係数を与えればよいことを示した。大規模洪水を想定した解析結果から治水上の樹木群の影響を評価した。樹木群の周囲で採集した陸上昆虫類を用いて、他の地点との種の共通性に着目した樹木群の環境上の評価

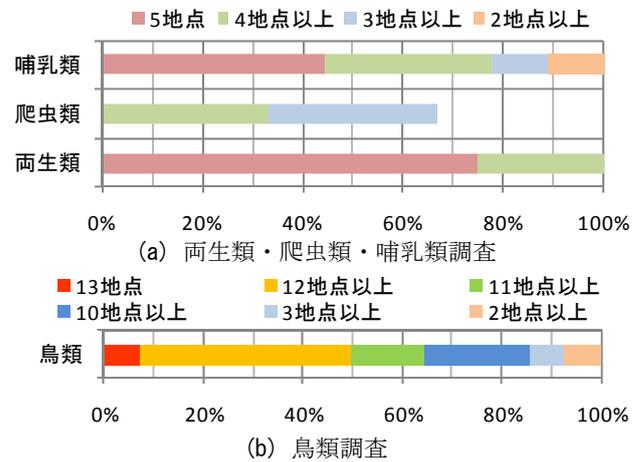


図-9 他地点と共通する種の割合（河川水辺の国勢調査）

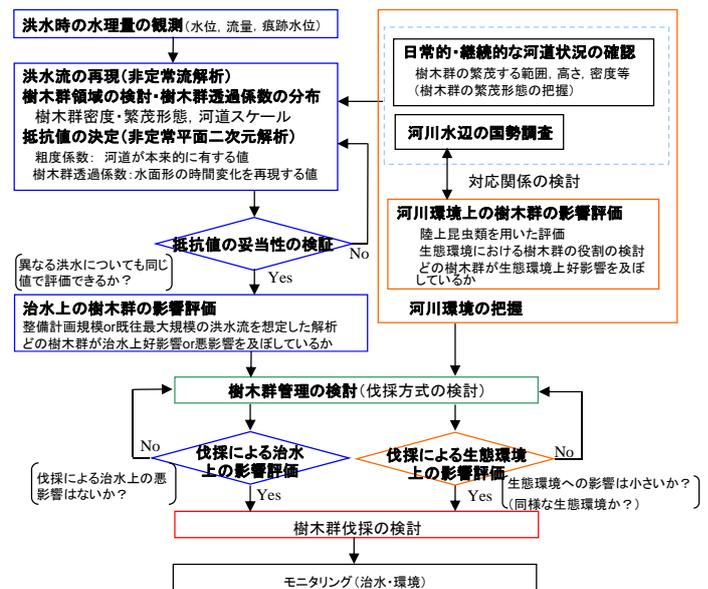


図-10 樹木群管理のフロー

法を示した。このとき、既往の河川水辺の国勢調査の結果と現地調査の対応関係を確認し、樹木群の評価にこの調査結果を利用し得ることを示した。

参考文献 1)福岡捷二: 洪水の水理と河道の設計法, 森北出版, 2005. 2)財団法人リバーフロント整備センター編: 河川における樹木管理の手引き, 山海堂, 1999. 3)福岡捷二, 渡邊明英, 田端幸輔, 風間聡, 牛腸宏: 利根川・江戸川分派点を含む区間における流量ハイドログラフと粗度係数・樹木群透過係数の評価, 水工学論文集, 第50巻, pp.1165-1170, 2006. 4)大石哲也, 天野邦彦, 尾澤卓思: RHS・HQAによる円山川河川環境評価の検討, 応用生態工学 8(2), 179-191, 2006. 5)田中章: 何をもちて生態系を復元したといえるのか?—生態系復元の目標設定とハビタット評価手続き HEP について, ランドスケープ研究 65(4), pp.282-285, 2002. 6)国土交通省河川局環境課, リバーフロント整備センター: 平成18年度版河川水辺の国勢調査基本調査マニュアル〔河川版〕(陸上昆虫類等調査編), 2007. 7)リバーフロント整備センター: 川の生物図典, 山海堂, 1996.