

木曽川の感潮ワンドにおける底生動物群集

田代 喬¹⁾・古畑 寿¹⁾・辻本哲郎¹⁾

Benthic animal community in a tidal embayment of the Kiso River, Japan

Takashi TASHIRO¹⁾, Hisashi FURUHATA¹⁾ and Tetsuro TSUJIMOTO¹⁾

摘 要

木曽川下流の感潮域には、右岸の水制間にはワンドが形成され、左岸には周期的に干出する砂州が散在する。本研究では、木曽川 16.0 km 地点の水辺の潮間帯における微地形を測量するとともに、本川主流部の滞筋潮下帯を含めた計 35 地点において底生動物と底質の定量採取を実施した。底生動物を分析することで群集組成に関する情報を取得する一方、現地でも採取した底質と測量結果から、強熱減量、粒度組成、冠水率といった生息場所の物理特性を把握した。地点間の底生動物群集の類似性 (Bray-Curtis similarity) を算定し、クラスター解析、非計量多次元尺度構成法を実施したところ、滞筋、感潮ワンド、湿地といった景観によって異なる群集組成が明らかになった。さらに、各景観の生息場所の物理特性を比較したところ、感潮ワンドや湿地では細粒分や有機物を多く含んでおり、このことが多種多様な生物を育てている可能性が示唆された。

キーワード：Bray-Curtis similarity, 群集の多様度・優占度, 非計量多次元尺度構成法, 感潮ワンド, 底生動物群集

(2008 年 9 月 30 日受付；2009 年 5 月 15 日受理)

はじめに

木曽川は、幹線流路延長 229 km、流域面積 5,275 km²をもつわが国有数の大河川であり、その感潮域も河口から 26 km 地点の木曽川大堰にまで及ぶ (図 1 参照)。本川下流の感潮域上流部 (12~25 km 地点) では、隣接している長良川との分流確保を目的に造成された背割堤を保護するため、右岸には規則的かつ密に水制が配置されている。これらは「ケレップ水制」と呼ばれ、前記の背割堤とともに、明治政府の雇入れたオランダ人技師デ・レーケの指導によるものであることが知られている (建設省中部地方建設局木曽川下流工事事務所, 1987)。この水制群が造成されて以降、水制間には土砂が捕捉され、植生が侵入して多様な水辺景観が形成されてきた (北村, 1994; 篠田ほか, 2001; 木村ほか, 2002)。

この水制が配置されている区間 (以下、水制群区間と表記) ではこれまで、水制間における微地形の形成過程 (北村, 1994; 北村ほか, 2001; 篠田ほか, 2001; 辻本ほか, 2003; 椿ほか, 2008)、潮汐による周期的な水位変動と水制間堆積域の伏流挙動 (鷺見ほか, 2002; 辻本ほか, 2003) や水制間止水域の水温変動 (武田ほか, 2002) に関する研究が行わ

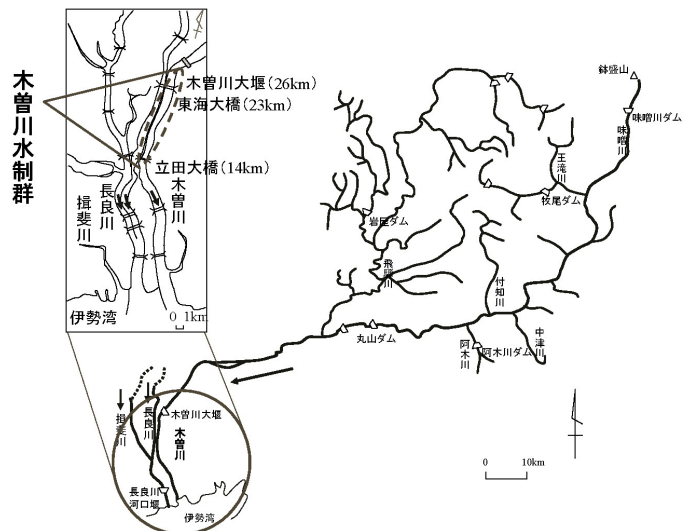


図 1. 木曽川流域とその感潮域、水制群区間の概要。

れてきた。一方、これより下流は、ヤマトシジミ *Corbicula japonica* の主要な漁場であることから (水野, 2000)、同種の漁獲量、個体群動態 (水野ほか, 2005) や発生初期の浮遊

¹⁾ 名古屋大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻 〒464-8603 名古屋市千種区不老町

Department of Civil Engineering, Graduate School of Engineering, Nagoya University, Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya 464-8603, Japan (連絡著者 田代喬 E-mail: ttashiro@civil.nagoya-u.ac.jp)

幼生（南部ほか，2006）を対象とした水産学的知見が蓄積されてきた。これを受けて著者らのグループでは，水制群区間に生息するヤマトシジミを対象として，水制群が塩水遡上特性に及ぼす影響（古畑ほか，2007b），水辺潮間帯における生息場所の物理特性（古畑ほか，2007a）や個体成長モデルに基づいた窒素取込量（古畑ほか，2008）の評価を行った。その結果，水辺潮間帯を含む水制群区間では，下流の主要漁場ほどではないにせよ，ヤマトシジミが高密度に生息していることが明らかになり，これらが水中を浮遊する有機物を濾過摂食することで汚濁負荷を凝集していることが示された。さらに，このヤマトシジミが漁獲されれば汚濁負荷の系外への除去が実現し，流域全体の汚濁負荷の低減に寄与することから，同区間における水質浄化機能が評価されたと思われる。しかしながら，ケレップ水制という歴史的な造成物の間に，植生の繁茂を伴ったワンドや砂州といった微地形が形成されて醸し出す景観の調和が評価されている現実を踏まえると（2000年認定土木学会選奨土木遺産），このような水辺環境を単調で景観的な多様性が乏しい本川主流部（滞筋）と同等に捉えることは，そこでの生態的機能の過小評価に繋がる危険性があり，他の項目を考慮するなど再考の余地があると思われる。なお，生態的機能（あるいは，生態系機能）は，一般的には生物多様性との関連性が議論されることが多く（例えば，Schulze and Mooney, 1993），Lovett et al. (2005) は，「生態系の中での単独，あるいは，複合的プロセスの結果として生じる，栄養塩の保持，バイオマスの生産，多様性の維持などの多面的な機能」と定義している。本研究では Lovett et al. の定義をもとに，傳田（2007）の整理を踏まえて，次のように限定して用いた。すなわち，生態的機能とは，対象とする景観（環境）が有する生物群集へのサービスのうち，景観の物理特性が主たる要因となり提供可能となるサービス群を示すものとした。

ところで，河川感潮域は淡水域，海水域に比べ，塩分濃度の急激な変化を伴うため，生息する生物種は限定されるが，河川と海の両方からの栄養塩供給があるため，生産性の高いことで知られる（奥田・西條，1996）。感潮域の底生動物（マクロベントス）は底層水の塩分と流れが分布に影響するとされ，湖沼を中心として実施されてきたヤマトシジミなど特定生物を対象とした研究（例えば，中村，1997）が数多く，河川では，河口域，沿岸域を主な対象としながら，潮汐の影響に着目して主流部（滞筋潮下帯）を扱っていることが多い（山室，1996）。そのため，滞筋に沿った縦断的な分布については塩分濃度と関連付けた知見が集積されつつあるが（山室，1996；松政，2000），中野ほか（2005）が中流（順流部）で実施したような水辺の浅水域を含む横断的な分布については，山西ほか（2007）などで僅かな報告があるに過ぎない。また，潮汐によって生じる水辺潮間帯の生息場所については，河口や沿岸の干潟（例えば，大谷ほか，2007）や汽水湖の沿

岸ヨシ帯（坂本ほか，1995）における調査分析が進められてきたが，河川の潮間帯における底生動物の生息場所を分析した事例はほとんどない。そこで本研究は，河川感潮域，特に潮間帯における生態的機能の適切な評価を目指して，滞筋潮下帯と水辺潮間帯における底生動物の群集組成を解析し，水辺の多様な景観が生み出す生息場所としての機能について考察を行う。

なお，本研究は，平成18年度採択科学技術振興調整費「伊勢湾流域圏の自然共生型環境管理技術開発（代表：名古屋大学辻本哲郎教授）」プロジェクトの一環として行われた。三重県水産研究所の水野知巳博士には，研究遂行上，有用な助言をいただいた。現地観測に当たっては，赤須賀漁業協同組合（三重県桑名市）に協力いただいたほか，椿涼太博士（現：広島大学），河野周平君（現：別府市），塩之谷仁大君（現：東京電力株式会社），大野好範君（現：東京建物株式会社）を始めとする，名古屋大学水理学研究室のメンバーには，さまざまな面で支援いただいた。また，匿名査読者の方々には貴重なコメントをいただき，本論の改訂に役立てた。ここに記して御礼申し上げる。

材料と方法

本研究で用いた微地形情報，底質の粒度組成と強熱減量の分析結果については，古畑ほか（2007b）で既発表のものである。ただし，底生動物の分析と結果の解析については，古畑ほか（2007b）で採取したものについて新たに実施した。以下にその詳細を記す。

調査地は木曽川の河口から16.0 km地点であり，右岸の水制間には土砂の堆積を伴う止水域であるワンドが，左岸には干潮時に干出する砂州が形成されている。この右岸ワンドと左岸砂州の潮間帯では，DGPS（Differential Global Positioning System, SOKKIA製R80D）およびレーザーレベル（SOKKIA製LP30A）を用いて微地形を計測した。引き続き，河道中央の滞筋潮下帯（以下，滞筋と表記）の3地点（M1-M3），右岸ワンド19地点（R1-R19），左岸砂州13地点（L1-L13）といった3区分において，底生動物と底質の定量採取を実施した。一連の調査は，2006年10月中旬～11月初旬にかけて実施し，この期間内に洪水等による水位変動は見られなかった。図2と図3には，測量で得られた河床高のコンター図と潮間帯の底生動物・底質の採取地点を示す。

底生動物と底質の採取は，2006年10月17日に滞筋，同10月30日に右岸ワンド，同11月3日に左岸砂州において，干潮前後の時間帯に行った。底生動物採取には，滞筋ではスミス・マッキンタイヤー式採泥器（22 cm × 22 cm × 10 cm），潮間帯では円筒型コアサンプラー（直径20 cm，10 cm深）を用いた。持ち帰った試料から底生動物を含む有機物を抽出し，各試料に含まれる生物について，少なくとも科レベ

木曾川の感潮ワンドにおける底生動物群集

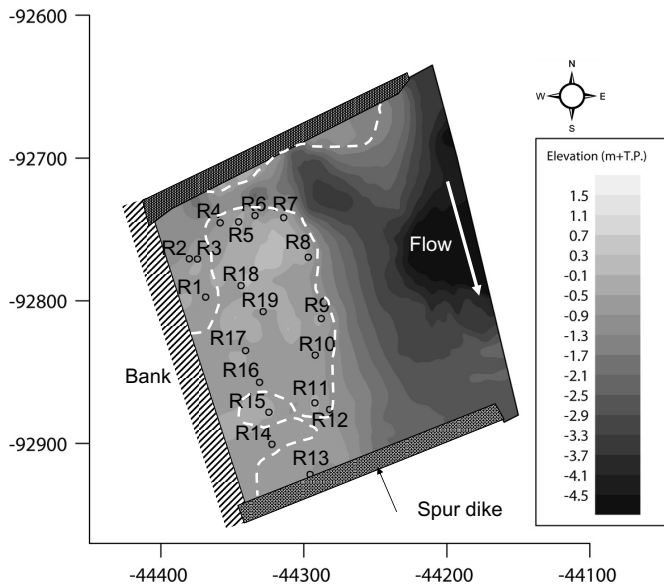


図2. 2006年秋季・木曾川16.0 km地点における右岸ワンドの河床高コンターと調査地点。ただし、縦横軸（単位：m）は平面直角座標系（第7系）におけるスケール、破線は干潮時における水際線。

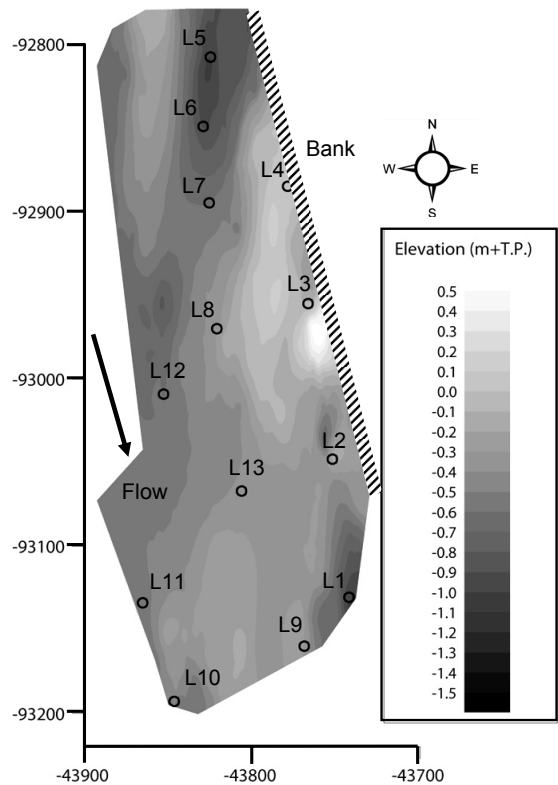


図3. 2006年秋季・木曾川16.0 km地点における左岸砂州の河床高コンターと調査地点。ただし、縦横軸（単位：m）は平面直角座標系（第7系）におけるスケール、図示した砂州全域は潮間帯で干潮時に干出、満潮時に冠水。

ルまでの同定、個体数の計数、湿重量の計測を行った。一方、底質の粒度組成と強熱減量の分析用に、直近の表層底質 2.5 cm をステンレス試料円筒（直径 5 cm, DIK-1803, 大起理化学工業株式会社）により採取した。これらの分析は、土の粒度試験方法（JIS A 1204:2000）、土の強熱減量試験方法（JIS A 1226:2000）にしたがって実施した。

生息場所の物理特性を規定する因子として、底質の細粒分率（粒径 75 μm 以下の割合）、強熱減量のほか、粒度試験から得られた代表粒径 d_x （添え字 x は、試験における通過質量百分率）を用いて、中央粒径 (d_{50})、均等係数 (d_{60}/d_{10})、曲率係数 ($d_{30}^2/d_{10}d_{60}$)、ふるい分け係数 ($(d_{75}/d_{25})^{1/2}$)、標準偏差 ($(d_{84}/d_{16})^{1/2}$) を算出した。ここで、均等係数、ふるい分け係数、標準偏差は粒径加積曲線の傾きを、曲率係数は粒径加積曲線のなだらかさを表す（中川・辻本, 1986；社団法人地盤工学会, 2001）。さらに、調査地点の河床標高と 2006 年 10 月 1 日～30 日における調査地（16.0km）の推定水位（毎時水位）をもとに冠水率を算定し、以上、合計 8 変数を解析に用いた。なお、調査地の推定水位は、「リアルタイム川の防災情報（国土交通省）」で公開されている木曾船頭平（12.6 km 地点）、葛木（18.0 km 地点）両観測所における毎時水位から内挿して得た。

底生動物の群集解析に当たっては、各地点におけるそれぞれの生物の個体数密度を変数とし 4 乗根変換を行ったうえで、各地点間の群集組成の類似性を表す similarity index

（Bray-Curtis similarity S_{17} ：0 ~ 100 %（Bray and Curtis, 1957））を求めた。以下にその算定式を記す。

$$S_{17} = 100 \cdot \left(1 - \frac{\sum_i |y_{i\alpha} - y_{i\beta}|}{\sum_i y_{i\alpha} + \sum_i y_{i\beta}} \right) \text{ (for st. } \alpha \times \text{st. } \beta) \quad (1)$$

ここで、 $y_{i\alpha}$ ：任意の地点 st. α における底生動物 i の個体数密度、 $y_{i\beta}$ ：st. α 以外の地点 st. β における底生動物 i の個体数密度である。この similarity index を用いてクラスター解析と非計量多次元尺度構成法（NMDS：Non-metric Multi-Dimensional Scaling（Kruskal, 1964））を実施した。多次元尺度構成法（MDS）は 1952 年に W.S. Torgerson によって提案されたもので、他の多くの多変数解析と異なって変数間の関係に対して線形性を仮定しない方法であり、中でも NMDS は量的変数に限らないため汎用性が高い（田中, 1977；田口ほか, 2001）。なお、ここでの変数処理と解析は、多変数を扱う生態学研究のために開発された統計解析用ソフトウェア Primer Ver.6.1.6（Primer-E Ltd.）を用いた（Clarke and Gorley, 2006）。さらに、群集の多様性評価のため、群党性種を除いた個体数密度を用いて各地点における Simpson（1949）の多様性指数 $1/\lambda$ と McNaughton（1967）の優占度指数 DI を算定した。以下の式（2）、（3）にはその算定式を記す。

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{N(N-1)}{\sum_{i=1}^N n_i(n_i-1)} \quad (2)$$

$$DI = \frac{n_1 + n_2}{N} \quad (3)$$

ここで、 N : 総個体数密度、 n_i : i 種の個体数密度、 n_1 : 第1位の優占種の個体数密度、 n_2 : 第2位の優占種の個体数密度である。

結果と考察

底生動物は、調査地点を通じて18目24科29種(属含む)が確認された(表1a, b, c参照)。全地点において確認されたのはシジミ属 *Corbicula* sp. のみであり、特に滞筋部では圧倒的に優占したが、潮間帯の各地点では、個体数密度においてシジミ属(19地点)、イトミミズ科 Tubificidae

表 1a. 2006 年秋季・木曾川 16.0 km 地点滞筋部において出現した底生動物一覧。ただし、表中の数値は個体数密度 (Ind./m²)、太字は優占種、和名欄の「-」は和名が無いことを示す。

No.	門	綱	目	科	和名	学名	M1	M2	M3
1	海綿動物	普通カイメン	ザラカイメン	タンスイカイメン	ヨワカイメン (芽球)	<i>Eunapius fragilis</i> (gemmule)	0	0	0
2	線形動物	不明	不明	不明	線形動物門	NEMATODA	0	0	0
3	軟体動物	マキガイ	ニナ	カワニナ	チリメンカワニナ	<i>Semisulcospira reiniana</i>	0	0	0
4				ミズゴマツボ	ミズゴマツボ	<i>Stenothyra japonica</i>	0	0	0
5		ニマイガイ	ハマグリ	シジミ	シジミ属	<i>Corbicula</i> sp.	2045	3264	2893
6		ゴカイ	サンバゴカイ	ゴカイ	ゴカイ科	Nereididae	21	0	41
7			イトゴカイ	イトゴカイ	イトゴカイ属	<i>Capitellidae</i> sp.	0	0	0
8	環形動物	ミミズ	オヨギミミズ	オヨギミミズ	オヨギミミズ科	Lumbriculidae	0	0	0
9			イトミミズ	ヒメミミズ	ヒメミミズ科	Enchytraeidae	0	0	0
10			イトミミズ	イトミミズ科	Tubificinae	0	0	0	
11		ヒル	ウオビル	ウオビル科	Piscicolidae	0	0	0	
12			スナウミナナフシ	スナウミナナフシ属	<i>Cyathura</i> sp.	0	0	0	
13			ワラジムシ	スナホリムシ	ナギサスナホリムシ属	<i>Eurydice</i> sp.	0	21	0
14	甲殻		ヨコエビ	ドロクダムシ	カマカヨコエビ属	<i>Kamaka</i> sp.	0	0	0
15			エビ	スナガニ	アリアケモドキ	<i>Deiratonotus cristatus</i>	0	0	0
16			不明	不明	甲殻綱	CRUSTACEA	0	0	0
17	節足動物		トビムシ	ミズトビムシ	ミズトビムシ	<i>Podura aquatica</i>	0	0	0
18				ガガンボ	-	<i>Erioptera</i> sp.	0	0	0
19		昆虫		ヌカカ	ヌカカ科	Ceratopogonidae	0	0	0
20				ユスリカ	ユスリカ科	Chironomidae	21	0	0
21				アシナガバエ	アシナガバエ科	Dolichopodidae	0	0	0
22				コウチュウ	ハネカクシ	ハネカクシ科	Staphylinidae	0	0
23			トビケラ	不明	トビケラ目	Trichoptera	0	0	0
24	触手動物	コケムシ	掩喉	ヒメテンコケムシ	ヒメテンコケムシ (休芽)	<i>Lophopodella carteri</i> (statoblast)	0	0	0

表 1b. 2006 年秋季・木曾川 16.0 km 地点左岸砂州において出現した底生動物一覧。ただし、「学名」以左は表 1a 参照。表中の数値は個体数密度 (Ind./m²)、太字は優占種、「*」は群体系種のため、計数不能なことを示す。

学名	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13
<i>Eunapius fragilis</i> (gemmule)	0	*	0	*	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NEMATODA	0	0	0	223	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Semisulcospira reiniana</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Stenothyra japonica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Corbicula</i> sp.	828	32	159	64	1401	1592	3088	1114	414	605	1050	446	764
Nereididae	1751	0	0	0	859	32	223	0	509	64	255	64	923
<i>Capitellidae</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lumbriculidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Enchytraeidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tubificinae	0	95	0	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Piscicolidae	0	0	0	0	0	32	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cyathura</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32	0	0	0
<i>Eurydice</i> sp.	64	0	0	0	0	0	95	223	32	191	64	0	286
<i>Kamaka</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Deiratonotus cristatus</i>	0	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CRUSTACEA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Podura aquatica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Erioptera</i> sp.	0	95	0	127	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ceratopogonidae	0	64	0	1751	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chironomidae	0	0	0	2483	0	0	0	0	0	0	0	0	32
Dolichopodidae	0	286	64	668	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Staphylinidae	0	0	0	446	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trichoptera	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lophopodella carteri</i> (statoblast)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

木曾川の感潮ワンドにおける底生動物群集

表 1c. 2006 年秋季・木曾川 16.0 km 地点右岸ワンドにおいて出現した底生動物一覧。ただし、「学名」以左は表 1a 参照。表中の数値は個体数密度 (Ind./m²)、太字は優占種、「*」は群體性種のため、計数不能なことを示す。

学名	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19
<i>Eunapius fragilis</i> (gemmule)	0	0	0	0	*	0	0	*	0	0	0	0	0	*	0	0	0	*	*
NEMATA	0	32	0	0	191	0	0	2801	0	0	0	0	0	0	255	0	0	0	828
<i>Semisulcospira reiniana</i>	127	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Stenothyra japonica</i>	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Corbicula</i> sp.	127	1910	223	1082	446	1082	318	10313	64	1082	191	350	923	637	382	382	64	32	350
Nereididae	159	350	32	0	95	32	64	32	0	0	64	223	573	700	0	350	318	0	0
Capitellidae sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32	0	0
Lumbriculidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	159	0	0	127	0
Enchytraeidae	0	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	95	1401	0	0	32	414
Tubificinae	987	446	0	0	1687	0	0	95	0	0	0	0	2355	9486	4488	0	1241	191	1560
Piscicolidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32	0	0	0	0	0
<i>Cyathura</i> sp.	32	0	0	0	0	0	0	32	0	0	0	0	0	0	0	0	95	0	0
<i>Eurydice</i> sp.	0	0	0	0	0	0	95	223	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Kamaka</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32	0	0	0	0	0	0
<i>Deiratonotus cristatus</i>	0	0	0	0	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32	32	0	0
CRUSTACEA	0	350	0	0	0	0	0	2578	0	0	0	0	0	0	0	0	64	0	0
<i>Podura aquatica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64
<i>Erioptera</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32	0	0	0	0
Ceratopogonidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	350
Chironomidae	0	32	0	0	0	0	0	382	0	0	0	0	0	0	159	0	0	414	414
Dolichopodidae	0	0	0	0	0	0	32	0	64	95	0	159	191	32	987	127	64	382	796
Staphylinidae	0	0	0	0	0	0	0	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32	0
Trichoptera	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lophopodella carteri</i> (statoblast)	0	0	0	0	*	0	0	*	0	0	0	0	0	*	0	0	0	*	0

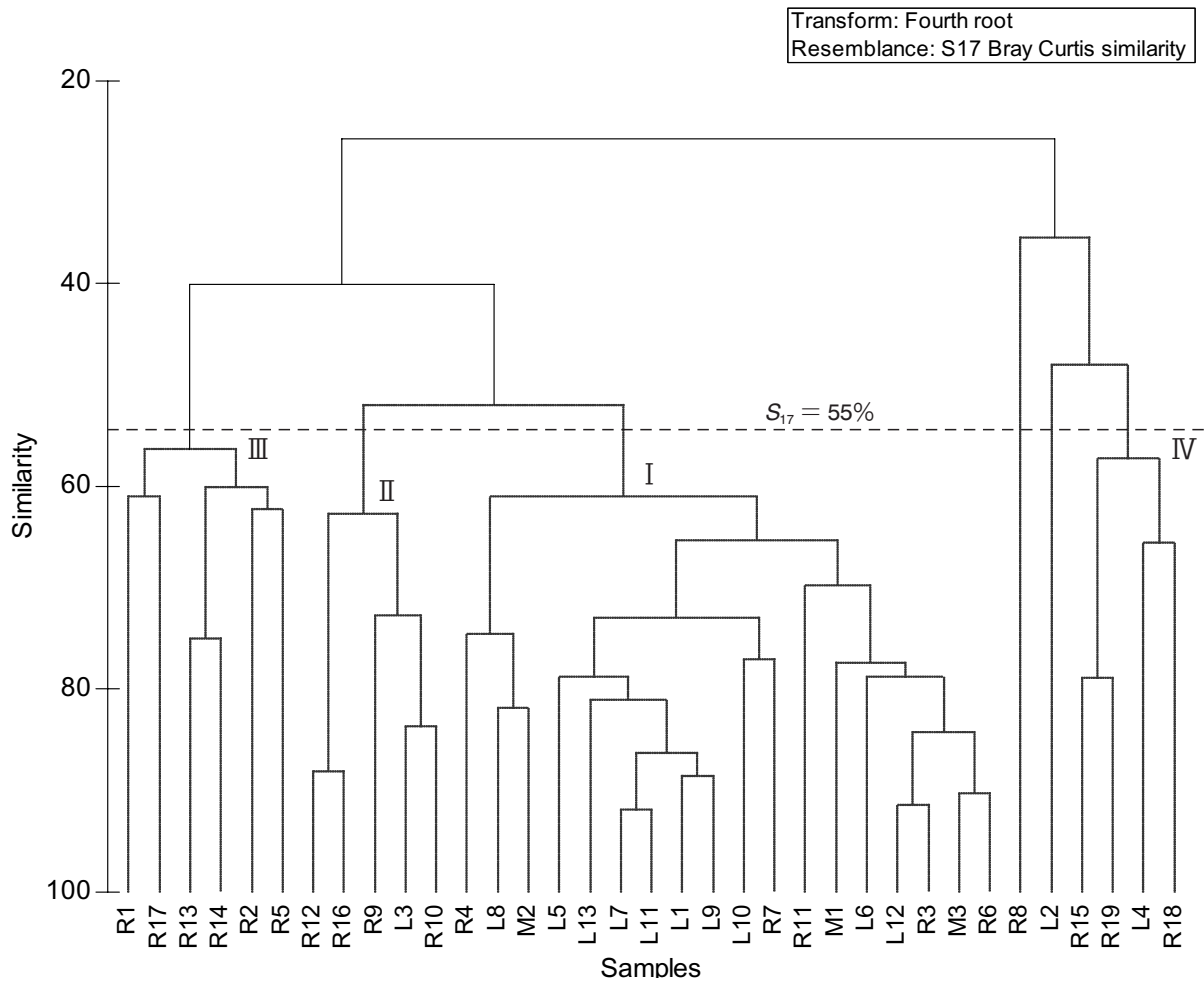


図 4. Bray-Curtis similarity を用いたクラスター解析による 2006 年秋季・木曾川 16.0 km 地点における底生動物群集の解析。

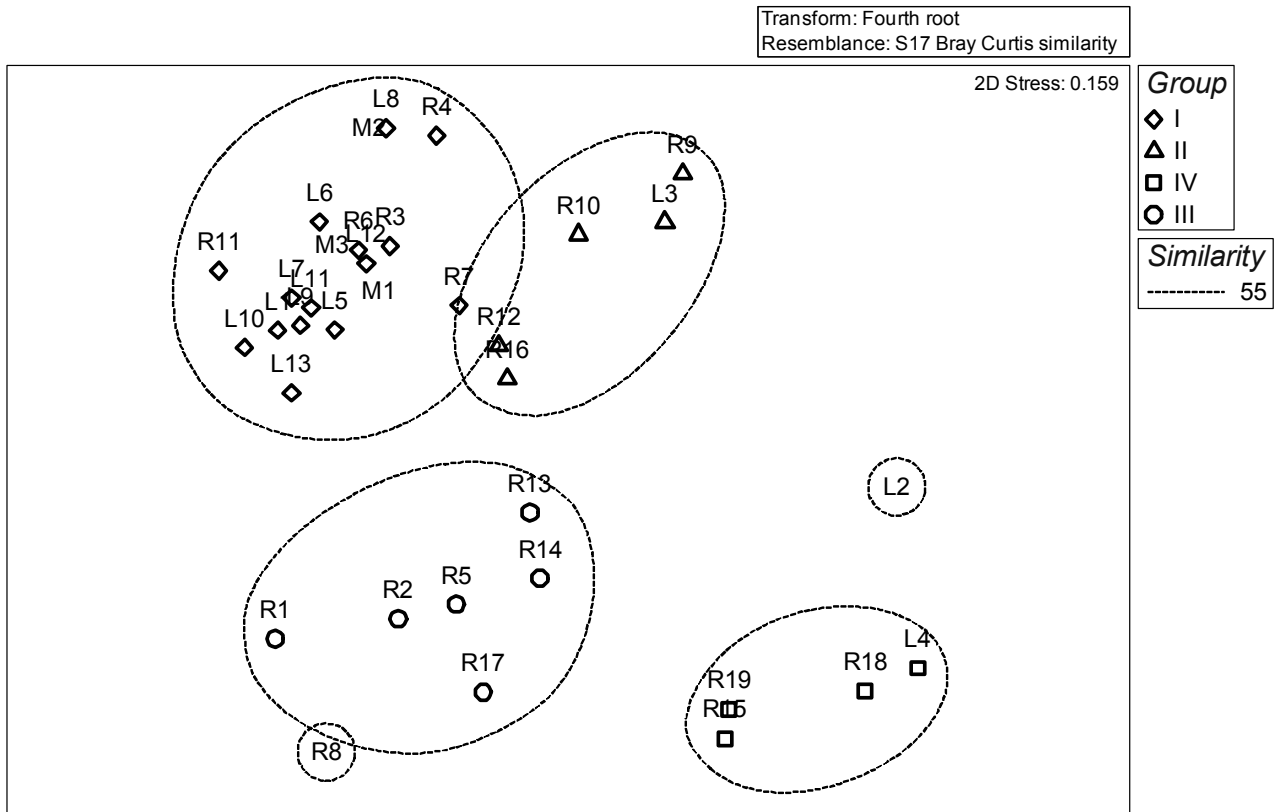


図 5. Bray-Curtis similarity を用いた非計量多次元尺度構成法 (Non-metric Multi-Dimensional Scaling; NMDS) による 2006 年秋季・木曾川 16.0 km 地点における底生動物群集の解析。ただし、図中のプロットは相対的な位置関係に過ぎないため、縦・横軸に尺度は無い。

(7 地点), ゴカイ科 *Nereididae* (3 地点), アシナガバエ科 *Dolichopodidae* (2 地点), ユスリカ科 *Chironomidae* (2 地点) が優占した。また, 本調査地近隣での確認事例のように(木村, 2006), 希少巻貝のミズゴマツボ *Stenothyra japonica* が 1 地点で出現したほか, スナウミナナフシ属の一種 *Cyathura sp.* (4 地点) やナギサスナホリムシ属の一種 *Eurydice sp.* (10 地点), アリアケモドキ *Deiratonotus cristatus* (4 地点), カマカヨコエビ属の一種 *Kamaka sp.* (1 地点) が確認された。現地の塩分濃度は 0.1 ~ 1.0 ‰程度 (古畑ほか, 2007a) と貧鹹 (かん) 水であり (マクラスキー, 1999), 木曾川同様に河口から 10 km 程度以上の感潮域を有する北上川 (松政, 2000), 淀川 (山西, 1995; 山西ほか, 2007), 吉野川 (大谷ほか, 2007), 河口堰が運用される以前の長良川 (山西, 1995) の貧鹹水域における底生動物相を比較したところ, 隣接して流れるかつての長良川が本結果の一部と同様であったほか, 他の河川ともおおむね類似した傾向を示したことから, 貧鹹水域を代表する底生動物組成であると考えられた。その他に群体性種として, 数地点でヨワカイメン *Eunapius fragilis*, ヒメテンコケムシ *Lophopodella carteri* が確認されたが, 以下の解析はこれら群体性種を除いて実施した。

式 (1) で算定された地点間の S_{17} を用いたクラスター解析によって得られたデンドログラムを図 4 に示す。また, こ

の S_{17} による地点間の相対的な関係について, NMDS によって 2 次元表示した結果を図 5 に示す。図 4, 図 5 から, $S_{17} = 55\%$ を基準とする群集組成の類型化を行ったところ, 図中に破線で示す閉曲線により, (2 地点を除く) 次の 4 つのグループに類型化された。すなわち, I (18 地点): 濤筋 (3 地点) と類似した主流部の群集, II (5 地点): 砂州水辺の群集, III (6 地点): ワンド止水域の群集, IV (4 地点): 冠水頻度の小さな湿地性群集である。各グループでは, I, II におけるシジミ属, ゴカイ科の優占, III ではシジミ属を中心とした種組成, IV ではミミズ綱 *Oligochaeta* やハエ目 *Diptera* などの多様な種組成を呈していた。以下では, 濤筋を除く潮間帯におけるデータを対象として分析を行う。

Simpson (1949) の多様度指数 $1/\lambda$ と McNaughton (1967) の優占度指数 DI を式 (2), (3) により算定し, 各グループに整理したものを図 6 に示す。各指数を対象としたクラスカル・ウォリス検定を実施したところ, いずれの指数においてもグループ間に有意な差 ($P < 0.01$) が検出されたため, さらに多重比較検定 *Sheffe's F test* を実施したところ, 図中に示すような有意差が確認された。これより, Group IV は多様度が有意に高く, 優占度が有意に低い群集であることが相対的に明らかとなった。また, Group I ~ III における多様度に有意な差は無いものの, Group I は Group III に比べて優占

度が有意に低いことを鑑みれば、Group III は比較的多様度の高い群集であると考えられた。Group I が滞筋を含む主流部の群集であることから、ワンドに特有な Group III や比高の高い湿地性の Group IV など、水辺の潮間帯における生物多様性の高さが示された。

汽水湖の水辺における底生動物相を調べた坂本ほか(1995)は、ヨシ群落の存在が底生動物の豊富な生息に寄与していると指摘した。また、Kasai and Nakata (2005) は、炭素と窒素の安定同位体比の分析に基づき、河川下流域に生息するヤマトシジミが陸域由来の餌物質を摂取している可能性を示した。本研究では、植生の存在を考慮しなかったが、比高の高い区域やワンド内部といった植生が侵入した地点 (Group III, IV) において、底生動物の生物多様性が高いことは確認している。今後は景観の差異にとどまらず、坂本ほか (1995) や Kasai and Nakata (2005) が指摘するように、水辺の植生に着目した餌資源の供給経路といった生態的機能に関する分析を進める必要があると考えられた。

最後に、各グループの生息場所の物理特性を比較するため、生息場所の物理特性を表す 8 因子についてグループごとに整理し、表 2 に示す。各因子を対象としたクラスカル・ワーリス検定を実施したところ、全因子においてグループ間に有意な差 ($P < 0.01$) が検出された。さらに多重比較検定 Sheffe's

F test を実施したところ、各因子において表中に示すような有意差が確認された。表より、Group I (滞筋) と Group II (砂州水辺) では標準偏差、強熱減量において有意な差 ($P < 0.05$) が検出され、細粒分率も大きく異なっていた。強熱減量、細粒分率が大きくなるとヤマトシジミの生息が制限されるため (中村, 1997)、Group II におけるヤマトシジミの個体数密度が制限された結果、両グループが類似した群集組成 (図 4 参照) を有しながら区別されたものと考えられた。感潮ワンド特有の Group III (止水域) と Group I (滞筋) では、細粒分率 **, 中央粒径 *, 均等係数 **, 標準偏差 **, 強熱減量 ** において有意な差が検出された (ただし, * : $P < 0.05$, ** : $P < 0.01$, 以下同様)。中央粒径を除く数値は Group III の方が大きいことから、ワンド内止水域 (Group III) では細粒分や有機物を含めて多様な粒度を有し、このことが多種多様な生物を育てている要因と考えられた。湿地性の Group IV は、Group I との間で、細粒分率 **, 中央粒径 **, ふるい分け係数 *, 標準偏差 **, 強熱減量 **, 冠水率 * において、Group II との間では中央粒径 *, Group III との間では曲率係数 * において有意な差が検出された。比高の高い場所に成立する Group IV では、冠水率が低下し粒度が細かくなるが、細粒分や有機物を含めて多様な粒度を有している点は Group III と共通しており、ここでも多種多様な生物が生息できるものと考えられた。

本調査地よりも塩分濃度がやや高い河口域での事例であるが、大谷ほか (2007) は粒度組成と地盤高さから河口干潟の物理特性を 7 つの景観に分類したのち、各景観においてそれぞれ特徴的な底生動物群集が成立していることを示し、底質環境と底生生物の多様性との間に正の相関があったと結論付けた。本研究は、底生動物の組成から群集を類型化したうえで各類型を支持する生息場所の物理特性を考察しており、これとは対照的なアプローチであるが、同様に底生動物群集の成立・支配要因としての生息場所の物理特性の重要性を指摘するものであった。河川感潮域の潮間帯の生息場所を評価するうえで、底質条件、冠水頻度といった指標に対する理解が必須であることが、本研究により支持されたものと考えられる。

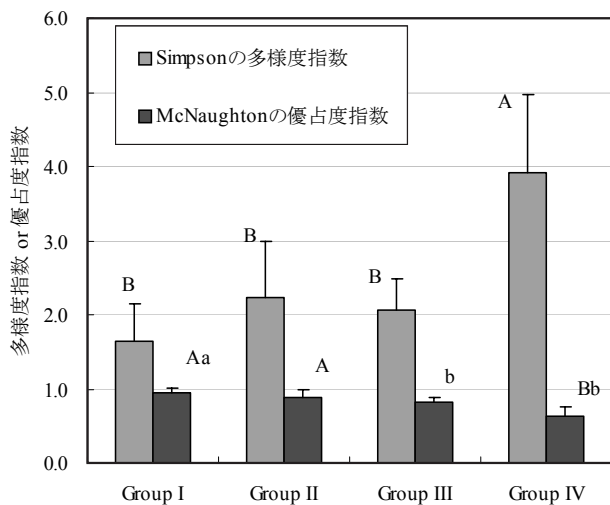


図 6. 2006 年秋季・木曾川 16.0 km 地点潮間帯の底生動物群集 (Group I~IV) における Simpson の多様度指数と McNaughton の優占度指数。ただし、各指数において異符号間には有意差があることを示す (大文字 : $P < 0.01$, 小文字 : $P < 0.05$, Sheffe's F test)。

表 2. 底生動物群集で類型化された 2006 年秋季・木曾川 16.0 km 地点潮間帯 (Group I~IV) の生息場所の物理特性。ただし、表中の数値は平均値と標準偏差 (\pm)、同列において異符号間には有意差があることを示す (大文字 : $P < 0.01$, 小文字 : $P < 0.05$, Sheffe's F test)。

	細粒分率 (%)	中央粒径 (mm)	均等係数	曲率係数	ふるい分け係数	標準偏差	強熱減量 (%)	冠水率
Group I	1.13 \pm 1.46 ^B	0.45 \pm 0.08 ^{Aaa}	1.84 \pm 0.86 ^B	0.99 \pm 0.15	1.37 \pm 0.22 ^B	1.46 \pm 0.10 ^{Bb}	1.04 \pm 0.39 ^{Bb}	0.89 \pm 0.08 ^a
Group II	3.99 \pm 3.97 ^b	0.36 \pm 0.10 ^a	3.25 \pm 1.41 ^b	1.01 \pm 0.23	1.40 \pm 0.19	2.01 \pm 0.53 ^a	2.82 \pm 1.80 ^a	0.88 \pm 0.18
Group III	10.02 \pm 4.03 ^{Aa}	0.33 \pm 0.06 ^{bb}	5.48 \pm 2.24 ^{Aa}	1.56 \pm 0.94 ^a	1.67 \pm 0.26	2.32 \pm 0.38 ^A	3.88 \pm 1.13 ^A	0.89 \pm 0.07
Group IV	10.09 \pm 4.83 ^A	0.20 \pm 0.03 ^{Bb}	3.41 \pm 0.62	0.68 \pm 0.16 ^b	1.77 \pm 0.22 ^a	2.19 \pm 0.18 ^A	3.76 \pm 0.99 ^A	0.71 \pm 0.15 ^b

文 献

- Bray, J.R. and J.T. Curtis (1957): An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. *Ecological Monographs*, 27: 325-349.
- Clarke, K.R. and R.N. Gorley (2006): PRIMER v6: User Manual/Tutorial, Primer-E Ltd., Plymouth, UK.
- 傳田正利 (2007): 河川中流域における一時的水域の生態的機能評価手法に関する研究. 名古屋大学工学研究科学位論文.
- 古畑寿・河野周平・田代喬・辻本哲郎 (2007a): 木曾川感潮域の砂州におけるヤマトシジミ *Corbicula japonica* の生息場特性. 河川技術論文集, 13: 171-176.
- 古畑寿・塩之谷仁大・椿涼太・辻本哲郎 (2007b): 木曾川感潮域水制群区間における塩水遡上特性. 河川技術論文集, 13: 1-6.
- 古畑寿・大野好範・田代喬・椿涼太・辻本哲郎 (2008): 木曾川感潮域における汽水性二枚貝による生態系サービスの定量評価. 河川技術論文集, 14: 479-485.
- Kasai, A. and A. Nakata (2005): Utilization of terrestrial organic matter by the bivalve *Corbicula japonica* estimated from stable isotope analysis. *Fisheries Science*, 71: 151-158.
- 建設省中部地方建設局木曾川下流工事事務所(1987): デ・レーケとその業績. 建設省中部地方建設局木曾川下流工事事務所, 桑名.
- 木村一郎・北村忠紀・鷺見哲也・武田誠・鬼束幸樹・庄建治朗・大塚康司 (2002): 木曾川感潮域に設置された水制群周辺のワンド形成過程と河川環境に関する共同研究. 河川技術論文集, 8: 365-370.
- 木村昭一 (2006): 愛知県におけるミズゴマツボの産出記録. かきつばた, 32: 22-27.
- 北村泰一 (1994): 感潮区間の水制域における微地形変化と水辺林の成立. 新砂防, 47(4):14-22.
- 北村忠紀・山田淳夫・辻本哲郎 (2001): 水制背後の局所河床低下におけるわんど地形の形成. 河川技術論文集, 7: 327-332.
- 国土交通省: リアルタイム川の防災情報. <http://www.river.go.jp/>.
- Kruskal, J.B. (1964): Multidimensional scaling by optimizing goodness of fit to a nonmetric hypothesis. *Psychometrika*, 29: 1-27.
- Lovett G.M., C.G. Jones, M.G. Turner and K.C. Weathers (2005): *Ecosystem Function in Heterogeneous Landscapes*. Springer Science + Business Media, Inc., New York.
- 松政正俊 (2000): 感潮域におけるベントスの分布と水環境 - 特に塩分変動との関係を北上川をフィールドとして -. 河川整備基金事業 感潮河川の水環境特性に関する研究, 河川環境管理財団編集: 87-101.
- マクラスキー, D.S. (1999): エスチャリーの生態学 (中田喜三郎訳). 生物研究社, 東京.
- McNaughton, S.J. (1967): Relationship among functional properties of California Grassland. *Nature*, 216: 168-169.
- 水野知巳 (2000): 木曾三川. 日本のシジミ漁業 - その現状と問題点 -, 中村幹雄編著: 152-167. たたら書房, 米子.
- 水野知巳・南部亮元・関口秀夫 (2005): 木曾三川感潮域のヤマトシジミの漁獲量の変動. 日本水産学会誌, 71(2):151-160.
- 中川博次・辻本哲郎 (1986): 土砂の性質. 新体系土木工学 23 移動床流れの水利, 社団法人土木学会編: 25-31, 技報堂出版, 東京.
- 中村幹雄 (1997): 宍道湖におけるヤマトシジミ *Corbicula japonica* PRIME と環境との相互関係に関する生理生態学的研究. 北海道大学水産学部学位論文.
- 中野大助・布川雅典・中村太士 (2005): 標津川再生事業の概要と再蛇行化実験の評価 - 再蛇行化に伴う底生動物群集の組成と分布の変化 -. 応用生態工学, 7 (2): 173-186.
- 南部亮元・水野知巳・川上貴史・久保田薫・関口秀夫 (2006): 木曾三川感潮域における二枚貝浮遊幼生の着底場所および着底時期. 日本水産学会誌, 72(4): 681-694.
- 奥田節夫・西條八束 (1996): 河川感潮域の自然と人間活動. 河川感潮域 - その自然と変貌 -, 西條八束・奥田節夫編著: 1-8. 名古屋大学出版会, 名古屋.
- 大谷壮介・上月康則・倉田健悟・仲井薫史・村上仁士 (2007): 河口干潟潮間帯の物理的な底質環境と底生生物群集との関係. 土木学会論文集 G, 63(4): 195-205.
- 坂本陽一・國井秀伸・中村幹雄 (1995): 宍道湖のヨシ帯とマクロベントス. 汽水湖研究, 4: 68-72.
- Schulze, E.D. and H.A. Mooney (1993): *Biodiversity and Ecosystem Function*. Springer-Verlag, Berlin.
- 社団法人地盤工学会 (2001): 土の粒度試験. 土質試験 - 基本と手引き -, 地盤工学会土の試験実習書編集委員会編: 27-38, 丸善, 東京.
- 篠田孝・水谷直樹・松山康忠・辻本哲郎 (2001): ケレップ水制周辺の地形履歴から見たワンド地形形成過程と水辺環境の特性に関する考察. 河川技術論文集, 7: 333-338.
- Simpson, E.H. (1949): Measurement of diversity. *Nature* 163: 688.
- 鷺見哲也・鷺津善之・辻本哲郎 (2002): 木曾川わんど部での水域・堆積域間水交換. 河川技術論文集, 8: 365-370.
- 田口善弘・大野克嗣・横山和成 (2001): 非計量多次元尺度構成法への期待と新しい視点. 統計数理, 49: 133-153.
- 武田誠・木村一郎・松尾直規・山崎美彦・藤田晶子 (2002): 木曾川ワンドにおける水温変動とその数値解析モデルに関する研究. 水工学論文集, 46: 1097-1102.
- 田中良久 (1977): 心理学的測定法. 東京大学出版会, 東京.

木曾川の感潮ワンドにおける底生動物群集

- 椿涼太・古畑寿・辻本哲郎（2008）：水制群を含む木曾川下流域の出水時の流れ構造とワンド地形の変遷．水工学論文集，52：691-696.
- 辻本哲郎・北村忠紀・鷺見哲也・金山晋吾・岡嶋和義（2003）：感潮域河道内氾濫原における侵食流路と浸出水に関する研究．河川技術論文集，9：275-280.
- 山室真澄（1996）：感潮域の底生動物．河川感潮域 - その自然と変貌 -，西條八束・奥田節夫編著：151-172．名古屋大学出版会，名古屋.
- 山西良平（1995）：感潮河川の水ぎわの生物相－淀川・紀ノ川・長良川と比べて－．Nature Study，41(4)：39-4.
- 山西良平・高田直俊・河合典彦（2007）：汽水域生物基礎環境調査結果（平成16年・17年）について．第20回淀川環境委員会配布資料，国土交通省近畿地方整備局淀川河川事務所．http://www.yodogawa.kkr.mlit.go.jp/activity/comit/env_h18/pdf/20th_02_3.pdf.
- （担当編集委員：山本敏哉，豊田市矢作川研究所）

