

論文

木曾川中下流域のワンド・タマリの
溶存態有機炭素濃度の時空間特性の把握

松本嘉孝¹⁾・佐川志朗²⁾・井上隆信¹⁾・横田久里子¹⁾・中村高志³⁾

**Spatial and temporal variations of dissolved organic carbon of Wando and Tamari
in the middle and lower Kiso River**

Yoshitaka MATSUMOTO¹⁾, Shiro SAGAWA²⁾, Takanobu INOUE¹⁾, Kuriko YOKOTA¹⁾ and Takashi NAKAMURA³⁾

Abstract

Wando and Tamari are water bodies existing in the floodplain and have an important part of keeping a valuable river ecosystem. There are over 100 Wando and Tamari at the middle and lower basin of Kiso river and an *Acheilognathus longipinnis*, Itasenpara Bitterling which designated as an endangered species has been identified in these areas. The habitats of these valuable species in Wando and Tamari have been reduced by vegetation changing around these water bodies caused by a river dredging. Our purposes of this research are to elucidate the levels of concentration of Dissolved Organic Carbon (DOC) on each water bodies and the grouping of the DOC fluctuations through a year. The samples collected at 10 places of Wando and 15 places of Tamari during Aug. 2011 to Aug. 2012 along Kiso river. We could classify the water bodies of higher DOC concentration and lower DOC by the once sampling in 2 months. Water bodies that contain the higher DOC concentrations are formulated by the spring water and those that the lower DOC concentrations are formulated by the Kiso river water, as a result of δD and $\delta^{18}O$. The fluctuation of the DOC concentrations on each water body could be classified into 4 groups. The DOC concentrations were strongly related to water depths in 2 groups. This relationship was considered that the hydrological factor was affected to the fluctuation of the DOC concentrations in Wand and Tamari.

Key words: Wando and Tamari, Dissolved Organic Carbon, δD , $\delta^{18}O$

摘 要

岐阜県木曾川中流域には、木曾川本川とつながっている開放的な水塊であるワンドや木曾川本川との接続はなく、洪水時など本川の水位上昇により冠水する閉鎖的な水塊であるタマリといった半止・止水性の水域が存在しており、そこには、絶滅危惧種の一つでもあるイタセンパラ (*Acheilognathus longipinnis*) が生息するなど、貴重な生物環境が維持されている。しかし、近年の河川改修などに伴い、ワンド・タマリの環境改変にともなう生物生息域の縮小化が指摘されており、河川の物理的構造と生物生息との関係を担う水質環境を明らかにすることが必要とされる。そこで本研究では、溶存有機態炭素 (DOC) に着目し、ワンド・タマリの濃度の特徴を明らかにすると共に、各地点の DOC 濃度変動のグループ化をもとに、ワンド・タマリの DOC の時空間特性の把握を行った。これにより、年間を通して相対的に DOC が高い、DOC が低い地点が明らかとなった。そして、水の水素と酸素の安定同位体比より、DOC が高い地点は湧水起源の地点であり、DOC が低い地点は本川の水起源であることが考えられた。次に、各地点の年間の DOC 濃度変動は、クラスター解析により 4 つの水質変動グループに分

¹⁾ 〒441-8580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘 1-1 豊橋技術科学大学 建築・都市システム学系, Department of Architecture and Civil Engineering, Toyohashi University of Technology, 1-1 Hibarigaoka Tenpaku Toyohashi-city, Aichi-prefecture, Japan. 441-8580 (E-mail : matsumoto@ace.tut.ac.jp)

²⁾ 兵庫県立大学自然・環境科学研究所, University of Hyogo, Institute of Natural and Environmental Sciences

³⁾ 山梨大学 国際流域環境研究センター, University of Yamanashi, International Research Center for River Basin Environment

類された。このうち2グループは、DOC濃度と水深との間に強い相関関係がえられたことから、水文因子である水深の上昇がDOC濃度の増加に影響を与えることが考えられた。

キーワード：ワンド・タマリ、溶存態有機炭素、 δD 、 $\delta^{18}O$

(2012年11月27日受付；2013年2月15日受理)

はじめに

洪水時に河川の水位が上昇した際に浸水する地帯である氾濫原は、淡水性生物の生息環境となり、生物多様性の高い景観要素の一つであるとされている(Tockner K. et al., 1999)。氾濫原にはワンドやタマリといった半止水・止水性の水域が存在し、その位置や形態により、冠水頻度の違いや、河川本川や他止水域との連結といった様々な水文、水理的变化が生じる。しかし、このような氾濫原に依存する多くの生物が絶滅の危機に瀕していることが危惧されており(土木研究所, 2010)、これら地域の自然再生が急務である。岐阜県木曽川中下流域においても氾濫原が発達しており、ワンドやタマリが約160箇所存在し、コイ科タナゴ亜科魚類に属し日本固有種であるイタセンバラ *Acheilognathus longipinnis* の生息が確認されている。森ら(2000)は1998年に木曽川のワンド等で調査をおこなったが、イタセンバラの確認はできなかったとしている。近年、佐川ら(2011)の報告によると、調査を行った104箇所のワンドの15%程度でイタセンバラの生息が確認されている。ただ、その生息地は局所的であり、経時的に安定して生息している状況にはないことから、絶滅危惧I A類に分類されている種である。

木曽川中下流域における氾濫原の研究は、二枚貝や魚類を対象とした生物調査・研究(土木研究所, 2011, 根岸ら, 2008)や物理構造の把握が主として行われている。河川環境は物理構造⇄水質⇄生物が相互作用しあう各環境要素の総体として捉えることができるため(高津ら, 2005)、今後のイタセンバラの生息環境の再生計画を構築する上でも継続した水質調査および水質形成機構の解明は必要である。これまで、ワンドやタマリにおける水質についても調査は行われており、電気伝導度(EC)と各水質項目との関係解析より、氾濫原水域の水質形成に地下水が関与していることが考えられている(土木研究所, 2010)。さらに、前述の結果をもとに、その地下水涵養割合の定量化を目的として、水の酸素安定同位体比とケイ酸をエンドメンバーとして、地下水、降雨および河川水による水形成割合を求めている(土木研究所, 2011)。これによると、木曽川氾濫原の水域は、地下水寄与が5%以下から60%程度であり、氾濫原水域の水質形成が一律ではなく、各地点で異なることがわかる。ただ、これまでの調査結果は地下水の涵養の検討が主であり、木曽川氾濫原の生態系保全までを見据えた調査計画を考えると、より広域、継続的かつ多面的な見地からの水質研究が必要と考えて

いる。ここで、止水域である湖沼等は多くの詳細な知見が得られているものの、ワンドへの応用が期待される、ため池などの小規模な止水域についての報告は限られている(土山ら, 1995, 土山ら, 2007)。このため、木曽川のワンド・タマリでの水質調査および研究は、木曽川特有のワンド・タマリにおける水質特徴の把握に加えて、小規模止水域の水質特性の知見を蓄積する側面からも重要であると考えられる。

以上のことから、本研究は木曽川氾濫原の止水域であるワンド・タマリの水質特徴を水文学的要因から検討を行うことを目的として研究を行う。今回着目した水質項目は溶存態有機炭素(DOC)であり、それは水質汚濁指標の一つであるため、生物の生息状況を水質面から明らかにする第一歩の対象水質項目としてふさわしいと考える。さらに、DOCは、金属物質などと結合し錯体を形成しやすい(Heikkinen, 1990)ことから、今後、ワンド・タマリ域の物質の移動特性を明らかにする上でも重要といえる。解析ではまず、各地点のDOC濃度の特徴を、水の起源と地形条件から把握する。そして次にDOC濃度変動について、降雨などに伴う水深変化が与える影響より明らかにする。

調査方法

研究手順

研究手順としては、まず、2ヶ月に1回の頻度で木曽川中下流域のワンド・タマリの水質調査を行う。その後、実験室にてDOCの測定を行い、地点間のDOC濃度の相対的な違いの把握をする。そして、水素および酸素の安定同位体比から各地点の水の起源を明らかにしたうえで、各地点のDOC濃度の特徴を地形条件と合わせて解析する。次に、DOC濃度の時系列変動を統計学的手法により分類し、分類された各グループのDOC濃度変動解析を、各地点の水深を用いて解析を行う。

調査地

調査は木曽川中流域の河口より39kmポストから27kmポストの範囲のワンド・タマリにて、2011年6月から調査を開始した。本論文中において、ワンドとは木曽川本川とつながっている開放的な水塊、タマリとは木曽川本川との接続はなく、洪水時など本川の水位上昇により冠水する可能性のある閉鎖的な水塊とした。このうち、木曽川右岸の調査地は9箇所、左岸調査地は16箇所である。そして、ワンドは10箇所

木曾川中下流域のワンド・タマリの溶存態有機炭素濃度の時空間特性の把握

所、タマリは15箇所である。イタセンパラの生息が確認されているワンド・タマリは10箇所であるが、今回はイタセンパラの生息の有無に関する情報は明示しない。調査区間は約12 kmにおいて、AからGの7つのエリアに分けた。この調査は2ヶ月に1回の頻度で行っており、今回の解析に用いるデータは、2011年6月から2012年8月までの計8回である。

個別の地点については、エリア名と番号、およびタマリであれば「T」、ワンドであれば「W」をその後に付し、調査地の地点名とした。

現地観測、試料採取方法

調査地点からタマリ6箇所、ワンド4箇所を選択し、HOBO U20により20分間隔で水深を測定した。水深の観測は2011年9月より開始し、現在も継続中である。ただ、E1-Wについては、2012年3月から9月までのデータの取得はできなかった。

雨量データは国土交通省の水文・水質データベースの川島(岐阜県各務原市川島町松原)のデータを用いた。木曾川本線の水位についても、国土交通省の水文・水質データベースより笠松(岐阜県羽島郡笠松町柳原町地先)のデータを用いた。

2011年10月、12月および2012年2月の調査では、各ワンド・タマリの水底直上のDOをMetler Toledo SevenGo SG6により測定した。

試料の採取、分析方法

調査地にて、表層水を1000 mL採取しDOC測定に用いた。採取した試料は低温状態にて実験室に持ち帰り、ろ過後分析まで冷暗所に保存した。ろ過は孔径45 μmのガラス繊維濾紙にて行い、そのろ液をShimadzu TOC-VにてNPOC法

でDOCを測定した。測定を行った試料は、2011年8月から2012年8月までの計212試料である。

水の水素・酸素安定同位体比は、調査地にて20 mLのボトルに採水を行った。採取した試料は実験室に持ち帰り、分析まで常温にて暗所で保存した。安定同位体比は、山梨大学大学院医学工学総合研究部附属国際流域環境研究センター(ICRE)に設置してある、PICARRO WS-CRDS方式水安定同位体比アナライザーにて測定を行った。測定を行った試料は、2011年6月から10月までの計73試料である。

データ解析方法

水深の変化幅について、それぞれの標準偏差を平均値で除し、百分率で表した指標を水深変動率とし解析を行った。

DOC濃度の時系列変動の解析には、クラスター分析法(正規化, ウォード法, 平方距離)を用いて行った。この解析では、

表1. 調査期間における累積降雨量、木曾川本川の最大水位および平均水位。

Table 1. Precipitation and maximum and average water level of Kiso River during sampling periods.

	川島		笠松	
	累積降雨量 (mm)	最大水位 (m)	平均水位 (m)	
2011年6月から8月	274	5.46	4.29	
2011年8月から10月	686	8.26	4.48	
2011年10月から12月	119	5.27	3.82	
2011年12月から2012年2月	92	4.27	3.65	
2012年2月から4月	374	5.16	4.19	
2012年4月から6月	272	5.34	3.79	
2012年6月から8月	368	6.25	4.24	

表2. 調査地点の平均水深、水深変動率および、平均DOC濃度と標準偏差および平均DO濃度と標準偏差。

Table 2. Average and rate of variability of water depth, average and standard deviation of the concentration of DOC and DO at each sampling points.

	A1-T	A2-T	B1-T	B2-T	B3-T	B4-T	B5-T	B6-T	B7-T	B8-W	B9-W	C1-W	C2-W
平均水深 (m)	0.259	0.217			0.277	0.353			0.294	0.151		0.301	0.451
水深変動率 (%)	84.5	118.2			84.0	64.3			68.9	166.4		49.9	30.8
平均DOC濃度 (mgCL ⁻¹)と標準偏差	2.8±0.7	2.5±0.3	2.0±0.8	2.4±0.7	2.1±0.7	2.6±0.8	1.8±0.5	2.0±0.5	1.5±0.5	1.6±0.6	1.1±0.4	2.5±0.7	2.6±0.7
水底直上の平均DO濃度 (mgL ⁻¹)と標準偏差	3.4±1.8	4.0±1.3	3.8±0.6	2.5±1.7	4.6±0.6	5.6±0.9	5.3±1.3	3.6±0.2	5.3±1.1	4.6±0.7	4.8±1.7	3.2±0.9	2.2±0.4
	D1-T	D2-T	D3-T	E1-W	E2-W	F1-W	F2-T	F3-T	F4-W	F5-T	G1-W	G2-W	Bエリア湧水
平均水深 (m)		0.329	0.322	0.352	0.353								
水深変動率 (%)		26.1	35.3	15.3	15.6								
平均DOC濃度 (mgCL ⁻¹)と標準偏差	2.8±1.4	2.1±0.7	1.8±0.9	1.9±0.5	1.2±0.4	2.0±0.2	1.9±0.4	4.1±0.4	4.2±0.5	2.0±0.5	1.1±0.5	1.0±0.6	1.2±0.4
水底直上の平均DO濃度 (mgL ⁻¹)と標準偏差	3.8±1.1	2.1±2.1	2.3±1.8	1.6±2.1	4.4±1.7	5.2±0.8	4.5±0.1	3.9±1.6	3.0±0.4	5.2±2.1	5.4±1.2	5.9±1.4	

採水月別に、各地点のDOC濃度の類似度を計算し、その類似度の合計によるグループ化で、濃度変動の傾向を地点分類した。その際、2011年8月から2012年8月までの分析結果が揃っていないB4-T, B5-T, B9-W, C1-W, F3-T, G1-Wおよび、最大と最小の濃度差が1.0 (mgCL⁻¹) 以下と水質変動がほとんどない、A2-T, F1-W, F2-Tは解析に用いなかった。

結 果

ワンド・タマリの水文

岐阜県各務原市川島にて観測されたAMeDAsデータによ

ると、調査期間である2011年8月から10月の間にもっとも降水量が多くなったことがわかる(表1)。それに伴い、笠松で観測された木曾川の最大水位もその期間で観測された。一方、2011年12月から2012年2月までの期間では、降水量、水位最大値および平均水位は最も小さくなった。

観測を行った10箇所のワンド・タマリにおいても、本川で観測されたデータと同様に、降雨に対応して水深の変化がみられた(図1)。ただし、同じ降雨イベントでも、各地点の水深変動率は、B8-Wを除き、ワンドの方が変動率は小さいことが明らかになった(表2)。また、タマリにおいて、B3-Tを除き、面積が大きい方がその変動率は小さくなる傾

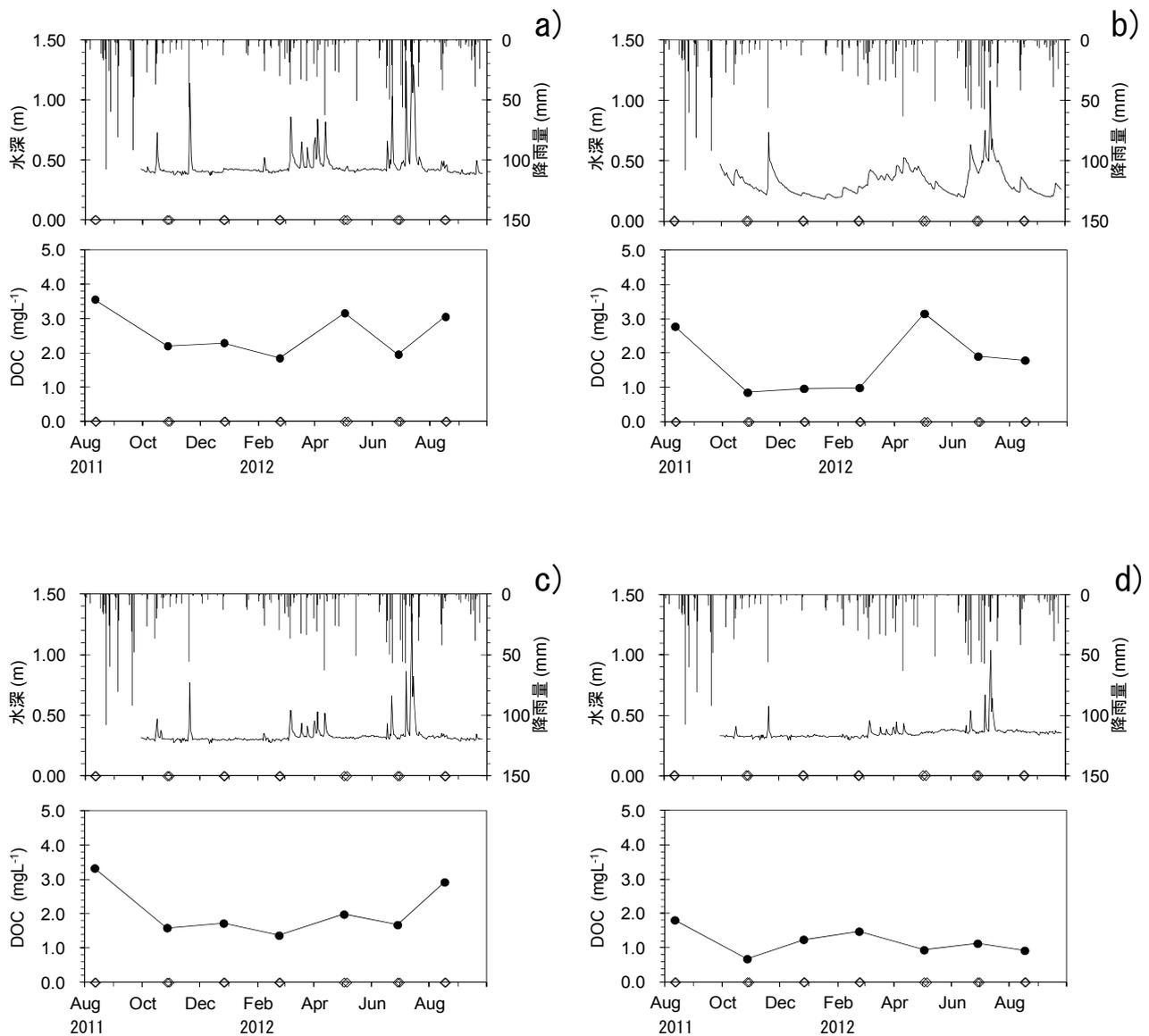


図1. 代表的なワンド・タマリの降雨量と水深変動(上段)、DOC濃度変動(下段)。

(a) C2-W, b) D3-T, c) D2-T, d) E2-W, ◇は採水日を示す)

Fig. 1. Precipitation and water depths (upper) and concentrations of DOC (lower) of representative Wando and Tamari.

(a) C2-W, b) D3-T, c) D2-T, d) E2-W, ◇ is indicated sampling day)

向であった。

ワンド・タマリの DOC 濃度

各地点の DOC 濃度の特徴を把握する第一として、各地点間の DOC 濃度について検討を行う。表 2 より、DOC 濃度が相対的に高めの地点と低めの地点とが存在する現象が読める。DOC 濃度が相対的に高めの地点は、F3-T, F4-W であり、それらの平均 DOC 濃度は、 $4.1 \text{ mgCL}^{-1} \pm 0.4$, $4.2 \text{ mgCL}^{-1} \pm 0.5$ だった。ここで、有機物種が単一でないが、DOC 濃度を BOD へ換算した結果、F3-T は $10.9 \text{ mgO}_2\text{L}^{-1}$, F4-W は $11.2 \text{ mgO}_2\text{L}^{-1}$ となり、有機汚濁が進行していると認められる濃度であった。一方、DOC 濃度が相対的に低い地点は、B9-W, E2-W, G1-W, G2-W であり、その平均濃度と標準偏差は $1.1 \text{ mgCL}^{-1} \pm 0.1$ であった。この濃度を BOD 換算すると、 $2.9 \text{ mgO}_2\text{L}^{-1}$ となる。

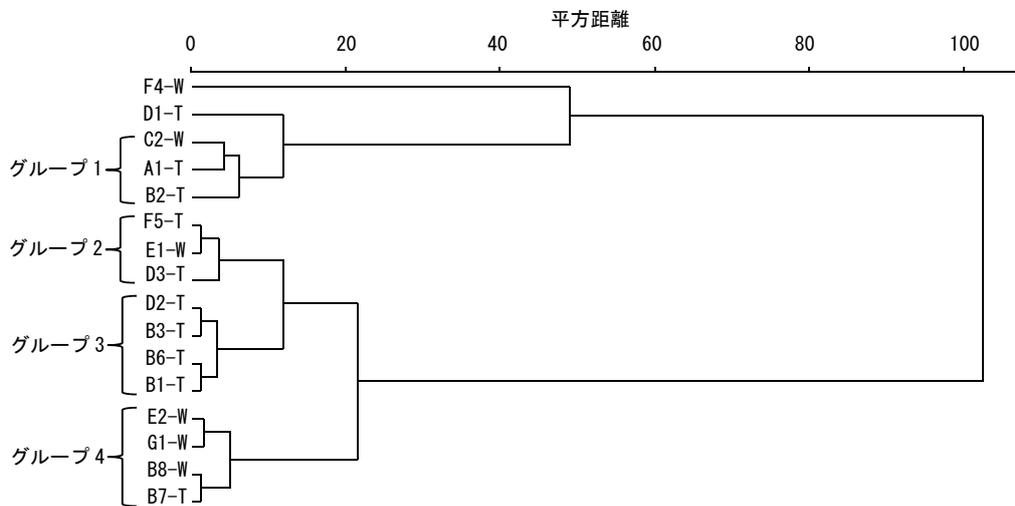
次に、クラスター解析により、DOC 濃度の変動は大きく 4 つのグループに分類することができた (図 2)。まず、グループ 1 は、A1-T, B2-T, C2-W であり、どのグループよりもグループの平均 DOC 濃度 ($2.6 \text{ mgCL}^{-1} \pm 0.7$) が高かった。その変動傾向は他のグループに比べ特徴を認めることが難しかった。グループ 2 (D3-T, E1-W, F5-T) およびグループ 3 (B1-T, B3-T, B6-T, D2-T) のグループの平均 DOC 濃度はグループ 2 が $1.9 \text{ mgCL}^{-1} \pm 0.7$, グループ 3 が $2.1 \text{ mgCL}^{-1} \pm$

0.7 とほぼ等しく、グループ 1 よりも小さくなった。グループ 2 の DOC 濃度の変動傾向として、秋、冬期 (10, 12, 2 月) に DOC 濃度が低下することが認められた。グループ 3 では、夏季 (8 月) から冬期 (2 月) にかけて減少しその後上昇し、両グループとも季節サイクルのある変動傾向が認められた。最後に、グループ 4 (B7-T, B8-W, E2-W, G1-W) では、グループの平均 DOC 濃度が低かった ($1.4 \text{ mgCL}^{-1} \pm 0.5$) ことが、他のグループと異なり、DOC 濃度変化の特徴としては、他のグループに比べ変動幅が小さなことであった。

考 察

ワンド・タマリの水起源

水の水素と酸素の同位体比は、蒸発や凝固といった相変化によりその値に違いが生まれるため、値にはその水が受けてきた気象学的、水文学的な過程履歴が反映されている。そのため、ワンドおよびタマリの水の安定同位体比を測定することで、水塊を形成する水の起源を特定することができる。ワンドおよびタマリの水ならびに 2011 年 8 月に B エリアで採取した湧水の水素および酸素安定同位体比値 (δD 値および $\delta^{18}O$ 値) を表 3 に示し、さらに図 3 にはこれらの δD 値および $\delta^{18}O$ 値に合わせて、天水線 ($\delta D = 8 \delta^{18}O + 10$) と既往の調査で得られている木曾川河川水の δD 値および $\delta^{18}O$ 値 (δD :



	平均 DOC 濃度 (mgCL ⁻¹) と標準偏差	特徴
グループ 1	2.6 ± 0.7	DOC 濃度が相対的に高く、変動傾向が認めにくい
グループ 2	1.9 ± 0.7	秋、冬期 (10, 12, 2 月) に DOC 濃度が低下する傾向
グループ 3	2.1 ± 0.7	夏季 (8 月) から冬期 (2 月) にかけて減少しその後上昇する、サイクルのある変動傾向
グループ 4	1.4 ± 0.5	DOC 濃度が相対的に低く、変動幅が小さい

図 2. 各調査地点 DOC 濃度のクラスター分析結果および各グループの平均 DOC 濃度と標準偏差および特徴。

Fig. 2. Result of the cluster analysis for the concentrations of DOC at each sampling points and average, standard deviation and characteristics of DOC on each cluster groups.

表 3. 各調査地点の平均 δD および $\delta^{18}O$ と標準偏差。
Table 3. Average of δD and $\delta^{18}O$ at each sampling points.

	A1-T	A2-T	B1-T	B2-T	B3-T	B4-T	B5-T	B6-T	B7-T	B8-W	B9-W	C1-W	C2-W
δD (‰)	-55.7	-54.7	-55.7	-56.9	-55.2	-57.3	-53.4	-54.8	-54.8	-55.1	-65.2	-61.7	-57.4
$\delta^{18}O$ (‰)	-8.9	-8.6	-8.9	-8.7	-8.6	-8.8	-8.3	-8.8	-8.4	-8.3	-9.6	-9.0	-8.5
	D1-T	D2-T	D3-T	E1-W	E2-W	F1-W	F2-T	F3-T	F4-W	F5-T	G1-W	G2-W	Bエリア湧水
δD (‰)	-50.6	-51.8	-51.5	-58.2	-65.1	-59.8	-52.9	-51.9	-53.6	-49.4	-64.5	-64.7	-54.4
$\delta^{18}O$ (‰)	-6.4	-7.5	-7.1	-8.2	-9.5	-8.7	-8.1	-7.5	-8.2	-7.5	-10.0	-9.9	-8.3

-64.1 ‰ $\delta^{18}O$: -9.7 ‰, 独立行政法人 産業技術総合研究所, 2005) を示した。ワンドの水の δD 値および $\delta^{18}O$ 値はそれぞれ, -65 ~ -54 ‰ および -10.0 ~ -8.2 ‰ で, タマリの δD 値および $\delta^{18}O$ 値は -57 ~ -49 ‰ および -8.9 ~ -6.4 ‰ を示し, タマリの水の方が比較的高い値を有する傾向を示した。ワンドの水, 湧水, 木曾川河川水ならびにタマリの水の一部の試料は概ね天水線に沿って分布したが, 幾つかのタマリ (D1-T, D2-T, D3-T, F3-T) の水については天水線から下方に乖離し $\delta^{18}O$ 値が高くなる傾向を示した (Fig. 3)。このことから, タマリを形成する水の起源として湧水が多くを占めることが考えられ, 天水線から乖離した地点については, 水面からの蒸発の影響が他地点よりも大きかったといえる。次に, ワンドの水は木曾川河川水の δD 値および $\delta^{18}O$ 値に極めて近い値を示す 4 地点 (B9-W, E2-W, G1-W, G2-W) と, 湧水の δD 値および $\delta^{18}O$ 値に近い 4 地点があり, それぞれ木曾川河川水と湧水を起源としていられる (図 3)。また, この他のワンドは, 木曾川河川水と湧水の間に広く分布していることから, 両者の水の混合により形成されていると考えられる。

ワンド・タマリの DOC の特徴

ワンド・タマリの DOC 濃度が相対的に低かった地点は, B9-W, E2-W, G1-W, G2-W であった。これらの地点の特徴としてはワンドであることが挙げられる。これらの地点に存在している水塊の特徴について, 水の水素および酸素の安定同位体比より考察を行う。

上記で挙げた B9-W, E2-W, G1-W, G2-W の水起源は木曾川河川水と考えられたことから, 本川とワンドとの水の交換が頻繁に行われているといえる。国土交通省が公開している, 水文水質データベースの木曾川橋 2011 年 1 月から 12 月までの BOD データを見ても, 最大で 0.5 mgCL⁻¹ であるため, 本川の有機物汚濁は低いと考えられる。以上より, これらの地点の DOC 濃度が低い理由としては, 有機物汚濁の低い本川の水との交換能が高いため, 地点内の DOC 濃度が年間を通して低かったと考えられる。

次に, DOC 濃度が相対的に高かった地点である, F3-T, F4-W の水起源は, 湧水と認められた。なお F4-W は, 木曾

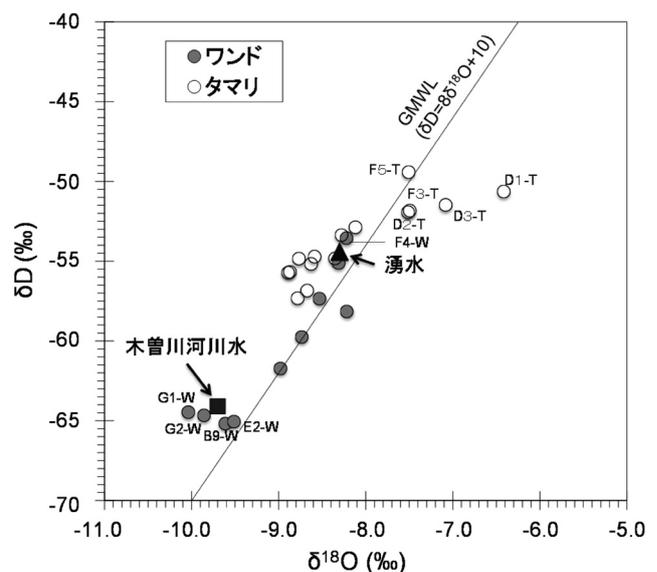


図 3. 各調査地点の δD と $\delta^{18}O$ の関係。
Fig. 3. The relationship between δD and $\delta^{18}O$ of each sampling points.

川本川の水水位が低下している際には接続しておらず, 目視による水の動きはほとんどないことも判明している。そのため, 本川の河川水位が上昇しなければ, 湧水で形成される地点であるといえる。ただし, 湧水の平均 DOC 濃度は 1.2 mgCL⁻¹ とタマリやワンドに比べ低いにもかかわらず, この地点の DOC 濃度が高い理由としては, 水底の平均 DO 濃度が 3.0 ± 0.4 mgL⁻¹ と常に低いうえ, 底泥が堆積していることから, 水底からの溶出が考えられる。

F3-T についても湧水起源 (図 3) であることが認められた。D1-T, D2-T, D3-T も F3-T と水素安定同位体比はほぼ等しく, 湧水により形成された地点と判断される。それらの地点は木曾川本川より, D1-T が 15 m, D2-T が 120 m, D3-T が 165 m である。D2-T, D3-T で観測された水深結果から, 洪水時には平水時に比べ 1 m 近くも水深が増加することもある。そのため, 上記の 3 地点が木曾川本川の水深増加により, 冠水することが考えられる。これにより, 水底の DOC が流出し, 底泥からの DOC 溶出は少なかったと推測される。それに対し F3-T は, 木曾川本川から 285 m に位置しているため, 冠

水の影響は少ないと考えられる。また、この地点の平均 DO 濃度は 5.2 mgL^{-1} であるが、2012 年 2 月には 3.0 mgL^{-1} まで低下した。そのため、冠水による水底の DOC の流出がほとんどなく、水底の DO 低下による DOC 溶出のため、DOC 濃度が高くなる傾向にあったと推測される。

ワンド・タマリの DOC 濃度変動について

クラスター分析により、DOC 濃度変動を 4 つのグループに分類することができた。ここで、グループ 2 およびグループ 3 については、季節サイクルのある変動傾向が見られた。今回調査を行った地域は、夏季に降雨が多く、冬季に降雨が少ないこともあり (表 1)、季節的な水深変化が考えられる。そこで、氾濫原の特徴でもある、水深との関係性について以下に解析を行う。

図 4 は、グループ別に DOC 濃度とその採水を行った際に

圧力式水位計 HOB020 で観測された時間平均水深値との関係を記している。これによるとグループ 2 の E1-W ($R=0.99$, $p<0.1$) グループ 3 の B3-T ($R=0.82$, $p<0.05$), D2-T ($R=0.95$, $p<0.01$), グループ 4 の B8-W ($R=0.91$, $p<0.05$) で水深の増加により DOC 濃度が増加する傾向が認められた。ただし、B8-W は 1 つの調査データが他調査データと大きく異なっているため、ここでは解析の対象外とした。また、グループ 2 の D3-T については、 $R=0.68$ ($p=0.13$) と比較的高い相関性がえられた。この、水深と DOC 濃度の両者に相関性がえられたことは、氾濫原に存在する地点の水質が洪水等の水文変化の影響を受けていることを示している。ここで、氾濫原における水深の増加は、本川からの水の流れ込み、ワンドやタマリ周囲からの表面流の流れ込み、湧水量の増加などが考えられる。平水時のワンドやタマリ内の水の流速は小さいと考えられることから、上記の水深増加をもたらすいずれの要因に

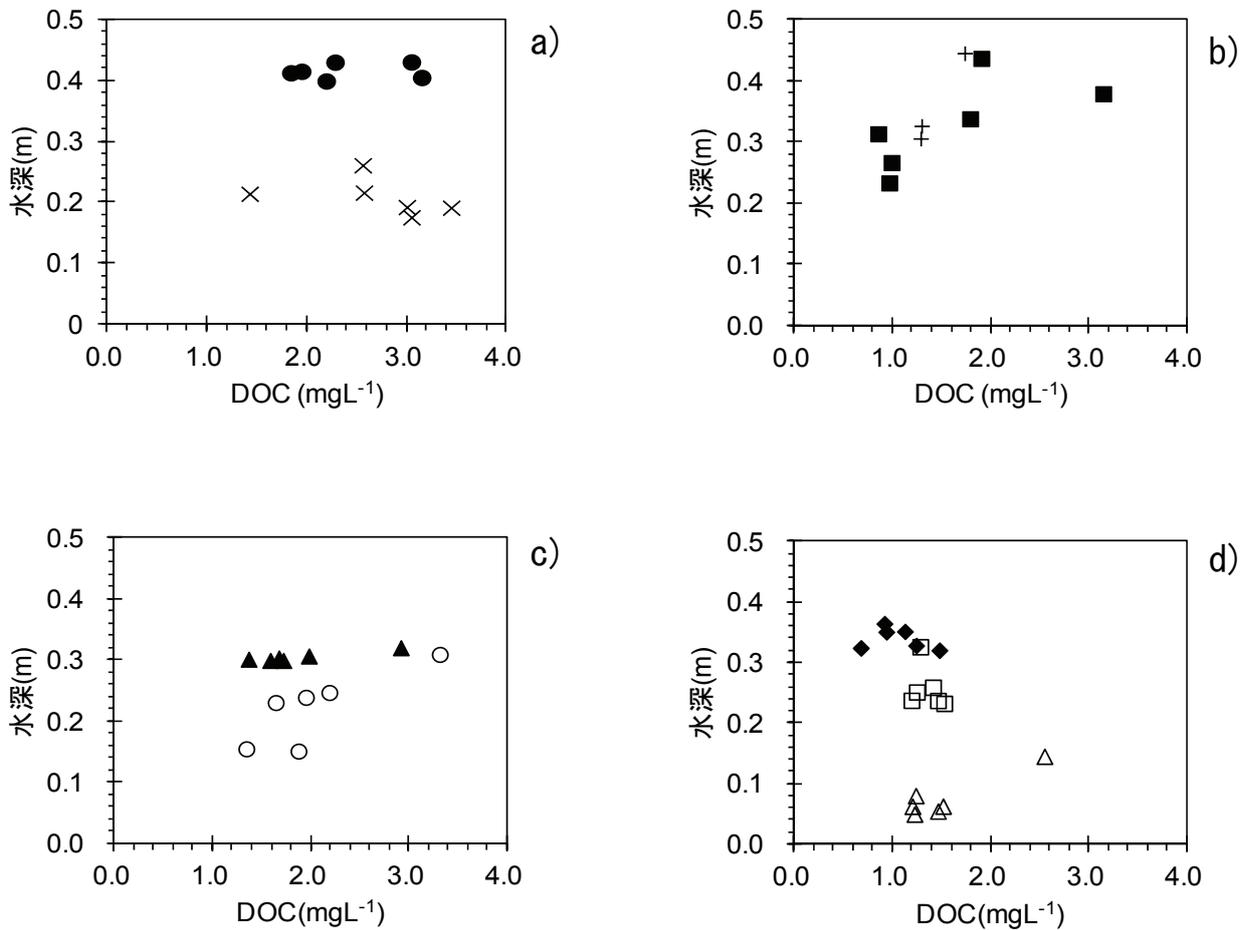


図 4. DOC 濃度変動のグループ別 DOC 濃度と水深の関係。

(a) グループ 1 (● C2-W, × A1-T), b) グループ 2 (■ D3-T, +E1-W), c) グループ 3 (▲ D2-T, ○ B3-T), d) グループ 4 (◆ E2-W, □ B7-T, △ B8-W))

Fig. 4. The relationship between DOC concentrations and water depths on each cluster groups.

(a) group1 (● C2-W, × A1-T), b) group2 (■ D3-T, +E1-W), c) group3 (▲ D2-T, ○ B3-T), d) group4 (◆ E2-W, □ B7-T, △ B8-W))

においても、水塊内の流速は大きくなる。それにより、水底のせん断応力が増加し攪拌されることにより、水底もしくは底質間隙水中のDOCが巻き上げられ、水中のDOC濃度が上昇したと思われる。ただし、夏季において微生物による有機物分解によるDOC濃度上昇も要因の一つとして推察されることから、水深以外の要因についても今後検討が必要である。

一方、グループ1、グループ4はB8-Wを除き、DOCと水深の間には有意な関係は得られなかった。グループ1と4については、水深との明確な関連性は認められなかった。これらのグループは、調査を行った時の水深の多くが変化幅0.04m以内であったため、両者の明確な関係を判定することが難しかった。

おわりに

木曽川中下流域に存在する、ワンド・タマリにおけるDOC濃度の空間分布特徴および濃度変動の時系列の特徴を求め、それらを水文学的要因より考察した。調査を行った25地点で、年間を通してDOC濃度が相対的に高い、もしくは低い特徴的に現れる地点が存在した。この濃度が高い地点は、水の水素と安定同位体比より湧水起源の水であるとされ、水底からのDOCの溶出によりDOC濃度が高いレベルになったと示唆された。濃度が低い地点は水素と酸素の安定同位体比が低く、木曽川本川との水交換頻度が高いといえ、この本川の低いDOC濃度の水の流入により、地点のDOC濃度が低くなったと考えられた。このように、地点のDOC濃度の特徴には、地点の水起源が強く影響していると考えられた。

次に、DOC濃度変動は、クラスター解析により大きく4つのグループに分けることができた。このうち2つのグループは水深とDOC濃度との間に強い相関関係が認められ、水文因子である水深の上昇がDOCの増加をもたらす原因の一つと考えられた。

今回明らかとなった、木曽川氾濫原のワンド・タマリのDOC濃度の特徴および変動傾向は、河川物理的構造やイタセンバラの生息情報とを組み合わせることが、今後のイタセンバラ保全対策を構築する上で必要であると考えられる。

謝 辞

今回の調査にあたっては、土木研究所自然共生研究センターの永山滋也氏に協力をしていただいた。また、水素、酸素の安定同位体比については、山梨大学大学院医学工学総合研究部附属国際流域環境研究センター(ICREE)にて分析をおこなった。ここに謝意を示す。

文 献

- 独立行政法人 土木研究所 (2010) : 平成 21 年度 希少性二枚貝と魚類をモデルとした氾濫原の生態系劣化機構の解明と自然再生に関する緊急性評価 報告書. : 4-13.
- 独立行政法人 土木研究所 (2011) : 平成 22 年度 希少性二枚貝と魚類をモデルとした氾濫原の生態系劣化機構の解明と自然再生に関する緊急性評価 報告書. : 4-18.
- Heikkinen K. (1990): Seasonal changes in iron transport and nature of dissolved organic matter in a humic river in northern Finland. *Earth Surface Processes and Landforms*, **15** : 583-596.
- 高津文人, 河口洋一, 布川雅典, 中村太士 (2005) : 炭素, 窒素安定同位体自然存在比による河川環境の評価. 応用生態工学, **7** : 201-213.
- 森誠一, 和田吉弘, 川地利昭, 安藤志郎 (2000) : 濃尾平野におけるイタセンバラの現状—環境庁の委託調査から—, 環境保全額の理論と実践. : 83-104. 信山社サイテック, 東京.
- 根岸淳二郎, 萱場祐一, 佐川志朗 (2008) : 氾濫原の冠水パターンの変化とその生態的な影響—淡水性二枚貝の生息状況の観点から—. 土木技術資料, **50** : 38-41.
- 佐川志朗, 萱場祐一, 久米学, 森誠一 (2011) : イタセンバラを育む木曽川氾濫原生態系の理解と再生への取り組み. 土木技術資料, **53** : 6-9.
- Tockner, K., Schiemer F., Baumgartner C., Kum G., Weigand E., Zweimuller I. and Ward J. V. (1999): The Danube restoration project : species diversity patterns across connectivity gradients in the floodplain system. *Regulated Rivers*, **15** : 245-258.
- 土山ふみ, 安藤良, 成瀬洋児, 榊原靖, 村上哲生, 若山秀夫, 伊藤英一 (1995) : 「ため池」水質の簡易な予測モデル. 水環境学会誌, **18** : 808-813.
- 土山ふみ, 鎌田敏幸, 安藤良, 榊原靖, 鈴木直喜 (2007) : 流入負荷量の削減と水草の生育面積の変化がため池の水質に及ぼす影響. 用水と排水, **49** : 1043-1048.
- (担当編集委員 : 八木明彦, 愛知工業大学都市環境学科)