

タリアメント川における定点カメラ画像を用いた止水性生息場の 履歴と水生生物群集の解析

Analysis of Habitat History on Lentic Animal Communities by Using Fixed Cameras in Tagliamento River

寺田匡徳⁽¹⁾・渡辺幸三⁽²⁾・W. BERTOLDI⁽³⁾・A. M. GURNELL⁽⁴⁾・K. TOCKNER⁽⁵⁾
竹門康弘・角哲也

Masanori.TERADA⁽¹⁾, Kozo.WATANABE⁽²⁾, W.BERTOLDI⁽³⁾, A.M.GURNELL⁽⁴⁾
, K.TOCKNER⁽⁵⁾, Yasuhiro.TAKEMON and Tetsuya.SUMI

(1) 京都大学大学院工学研究科

(2) 愛媛大学

(3) トレント大学

(4) ロンドン大学クイーン・メアリー

(5) IGB

(1) Graduate School of Engineering, Kyoto University

(2) Tokushima University

(3) Trento University

(4) Queen Mary, University of London

(5) IGB Leibniz-Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries,
and Institute of Biology at Freie Universität Berlin

Synopsis

Biodiversity of lentic habitats in river channels generally depends on a frequency of connection with channels and the time since the habitat was born. The Tagliamento River in the north Italy has a steep basin with high sediment supply and thus its middle reaches form braided channels changing frequently with flow fluctuations. To understand relations of species diversity of aquatic animal communities to age of lentic habitats, the temporal dynamics of the habitats in two reaches of the river were recorded by fixed cameras installed on the cliff tops beside the reaches. A total of 89 habitats were chosen to collect aquatic animals and to measure environment factors in April to May, 2011. This paper revealed that lentic species increase with the age of habitats while lotic species decrease with the age. Considering with specificity of habitat preference, we discussed on the age and longevity of the lentic habitats required for maximize biodiversity of habitats scale and reach scale.

キーワード: タリアメント川, 生息場履歴, 定点カメラ画像, 生息場評価

Keywords: Tagliamento River, habitat history, fixed camera image, habitat evaluation

1. はじめに

1.1 背景

河川では流量と土砂供給によって河床地形が形成され、その地形が多く生物によって利用されている。そのため、河川における生物の多様性は地形の多様性と深く関係している。（竹門，2007）

現在、日本の多くの河川でダム建設による土砂供給量の減少や河床掘削によって流路の固定化が進んでいる。（アジア航測，2012；玉井信行，2004）このことが特に水域と陸域のエコトーンを利用している生物に大きな影響を与えている。（野村康弘，2005；綾史郎，2004）本研究で着目しているたまり、ワンドは陸域である砂州上の水域というエコトーンであり、流路とは異なる止水性の環境を持ち、河川全体の生物多様性を高める上で大きな役割を持っている。（黒川マリア他，2009；福原修一他，2009）例えば、多くのタナゴ類は普段は本川で生活しているが、産卵期になると、洪水で本川とつながった機会にたまりに侵入し、たまり内のイシガイ類の殻内に産卵を行う。さらに孵化した個体はある程度成長すると、再び洪水等で本川と接続した際に本川に移動する。そのため、タナゴ類の生息には本川とたまりが存在し、さらに適度な頻度での接続が重要である。そのため、このような止水性生息場を維持していくこと、さらには質を向上させていくことが重要な課題であり、その質の評価手法の開発が急がれている。

現在、止水性生息場に関する様々な研究が行われており、止水性生息場の生物の種構成や多様性は攪乱の頻度と深い関係があることが分かっている。

（Catherine and Fran, 2009；寺田，2011）また、たまりでは中程度の本川との接続がβ多様性を高めることが分かっている。（Ward et al, 1999；Ward and Tockner, 2001）また、止水性生息場だけでなく、流水性生息場の代表である瀬では、大規模な出水時に瀬頭に土砂が堆積することによって、軟らかい河床が形成され、好適なアユの産卵場となっていることが分かっている。（角哲也他，2011；鈴木崇正他，2011）このように生息場の履歴を考慮し、生息場の評価を行うことは非常に重要である。

現在、タリアメント川では定点カメラが2地点に設置されており、1時間ごとに河道の様子を撮影している。この画像を用いて、土砂動態や砂州上植生の変遷等の観察や生息場の寿命を観察することができる。（Dimitry et al, 2003；Walter et al, 2009）

1.2 目的

本研究では、河川の生物多様性を考慮したダム等の土砂・流況管理目標の策定を最終目標とする。この最終目標のためには二つの段階が必要である。まずは生物多様性を維持・向上させるような河川地形

を明らかにすることである。その上で次の段階として、その地形を生み出すような土砂供給量と流況を考える必要がある。本研究では一つ目の段階である生物多様性を維持・向上させるような河川地形を明らかにすることを目的とし、止水性生息場の履歴に着目した生息場評価を行った。

2. 手法

2.1 調査対象河川

イタリア北西部（フリウリ＝ヴェネツィア・ジュリア自治州）を流れるタリアメント川（Tagliamento River）を対象とした。タリアメント川はアルプスの標高1195mを源流とし、アドリア海に流れ込む全長170km、流域面積2580 km²の急峻な河川である。タリアメント川の特徴として、ダムや人口堤防がほとんどなく、自然河川に近い環境が残されている点が挙げられる。また、アルプスからの土砂供給量が非常に多いため、広大な裸地砂州が広がっており、かつて日本の多くの河川がそうであったように、ダイナミックな地形の変化が頻繁に起こっている河川である。そのため、日本の河川管理目標を考える上で本河川は非常に有用な河川であるといえる。

本研究ではタリアメント川のCornino（コルニーノ）地点とFragogna（フラゴーニャ）地点の2地点に設置された定点カメラの撮影範囲を研究対象とし、現地調査及びカメラ画像の解析を行った。



Fig.1 Flow routing in Tagliamento



Fig.2 Fixed camera

2.2 現地調査手法

2011年4-5月に2つのリーチの計89地点（Cornino:46地点, Flagogna:43地点）で現地調査を行った。調査地点のハビタットはPrimary Channel(PC), Secondary Channel(SC), Bar Head Wand(BH), Bar Tail Wand(BT), Active Pond(AP), Terrace Pond(TP)の6種類である。PC,SCは止水性生息場との比較対象として調査を行った。Fig.3は定点カメラからの画像に調査位置をプロットしたものである。

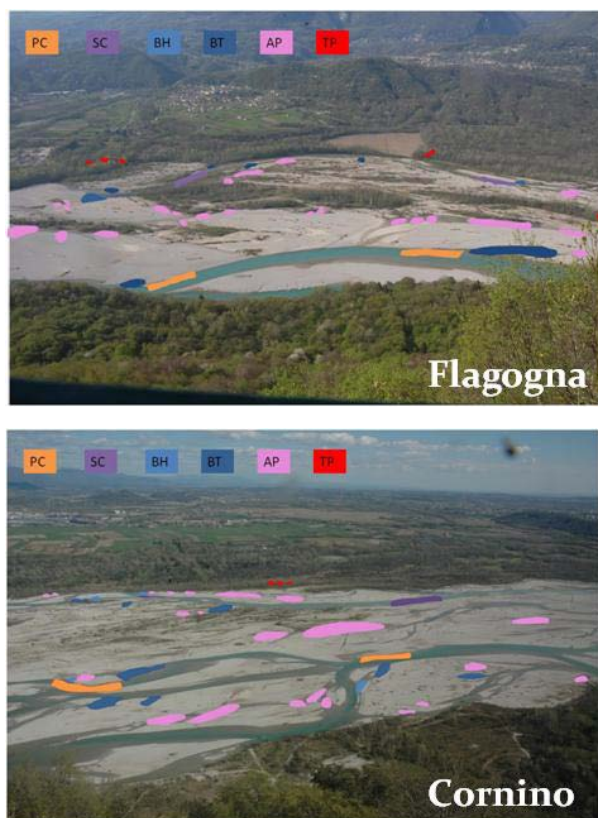


Fig.3 The research sites

	Cornino	Flagogna	合計
PC	2	2	4
SC	2	2	4
BH	4	2	6
BT	9	5	14
AP	26	27	53
TP	3	5	8
	46	43	89

Fig.4 The number of sites and habitat types

これらの調査地点ごとに生息生物、水質、物理環境の調査を行った。生息生物調査はDフレームネットを用いて行い、調査地点内の全てのマイクロハビタットを網羅するように生物を採集した。採集したサンプルはエタノールで固定し、研究室に持ち帰りソーティングを行った。

水質調査は調査地点に測器を持ち込みDO、EC、ORP、COD、pHを計測した。また、簡易バックテストでNO₃、NH₄、PO₄を計測した。また、一部の調査地点には水温ロガーを1~2日間設置し、水温の日変動を計測した。

物理環境は面積と形状をGPSを用いて計測した。また、任意の数点を選び水深を測定した。

2.3 生息場履歴を表す指数

止水性生息場の履歴を表す値として、Habitat AgeとHabitat Longevityの2つの値を用いた。それぞれの定義を以下で説明する。Habitat Ageは止水性生息場が出現してから時間を指すものである。この場合の出現とは、洪水等によってその場の地形が形成されること、又は以前から地形的には存在したが、その地点が洪水等で流水部となり一時的に止水性生息場でなくなった後、再度止水性生息場に戻ることを指す。つまり、直近の出現イベントからある地点までの時間である。

Habitat Longevityは止水性生息場の出現から消滅まで時間である。出現はHabitat Ageと同じ考え方であり、消滅は洪水等で流水部になることと水が枯れてしまうことを意味している。今回はひとつの地点の過去3回の出現・消失の履歴を辿り、その平均をHabitat Longevityの値とした。

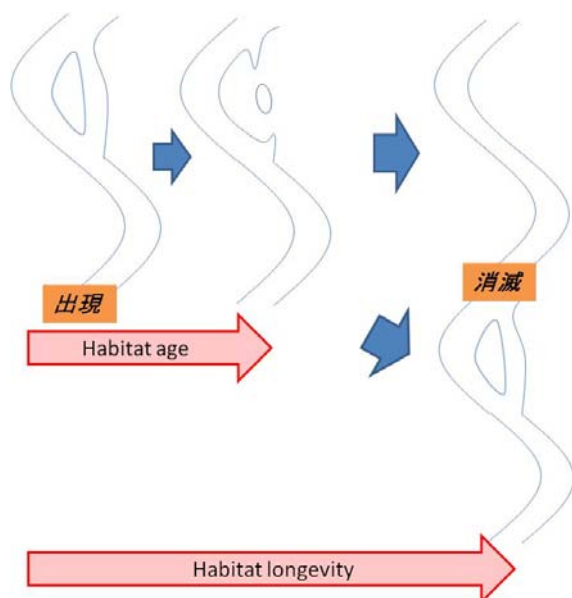


Fig.5 Simple image of "Habitat Age" and "Habitat Longevity"

3. 結果

3.1 現地調査結果

①生物調査結果

今回の現地調査では89地点で調査を行い、計134種（PC&SC：57種、BH：35種、BT：60種、AP：99種、TP：25種）の生物が確認された。

確認された生物の内訳とハビタットごとの種数及び種組成を以下に示す。

水生昆虫	115
節足動物	2
甲殻類	2
貝類	3
魚類	6
その他	6
計	134

Fig.6 Items of creatures

Ephemeroptera	14
Plecoptera	9
Trichoptera	12
Chironomidae	31
Coleoptera	21
Diptera	13
その他	15
計	115

Fig.7 Items of insects

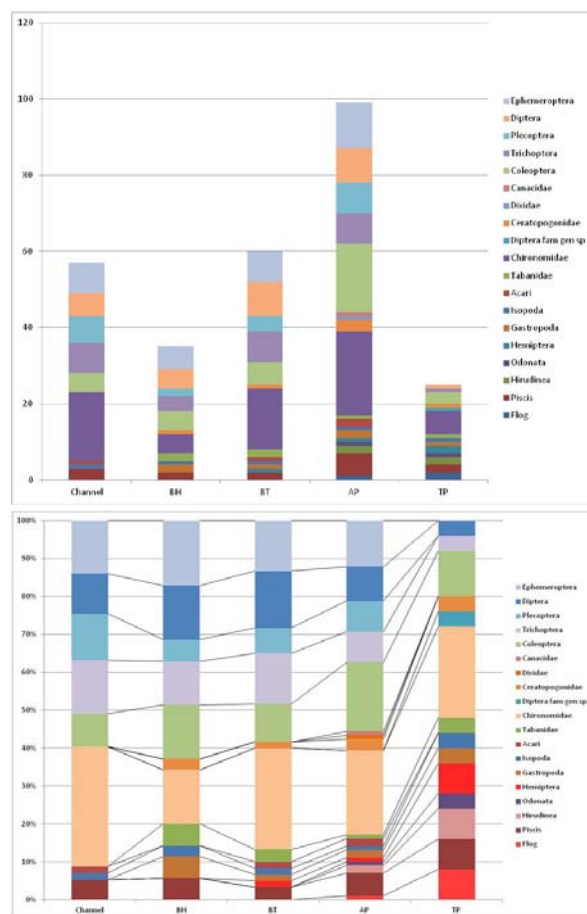


Fig.8 Composition of species

今回の調査では、流水部に生息する種数よりも、APに生息する種数の方が多かった。このことから、止水性生息場がタリメント川の生物多様性を高めていることが確認できる。また、種組成を見てみると、TPが非常に特異な種組成を持っていることがわかった。

また、TP以外のハビタットは似た種組成を持っていることがわかった。これはタリメント川は水位変動が大きく、APやワンドが頻繁に本川と繋がっていることが一因であると考えられる。

②水質調査結果

水質調査で得られた結果がFig.9である。ここでもTPの特異性が見て取れた。TPは本川との接続頻度が極端に少ないために堆積有機物の分解に酸素が消費され、また、周囲を樹木に囲まれているために光合成による酸素の供給が少ないと考えられ、そのため、DOが低くなり、ORPが還元側に傾いていると考えられる。

また、TP以外のハビタット間では大きな差は見られなかった。このことは本川の水が小規模な洪水等で止水性生息場に頻繁に流入していること、又は、砂州の間隔が大きく、平水時から本川と止水性生息

場の水交換が行われていることが原因であると考えられる。

水温の日変化の結果を見るとAPやワンドに対して、TPの日変動が小さいことが見て取れる。これは周囲が樹木に覆われていることによって日射を受けにくいことと多くのTPに湧水が流れ込んでいることが影響していると考えられる。

APとワンドはTPよりも大きな日変動を示している。これは周囲に日射を遮るものが少ないことが原因であると考えられる。さらに、ワンドよりもAPの方が変動が大きいことが見て取れる。これはワンドが比較的水温の安定している本川と接続し、常に水交換を行っている為であると考えられる。

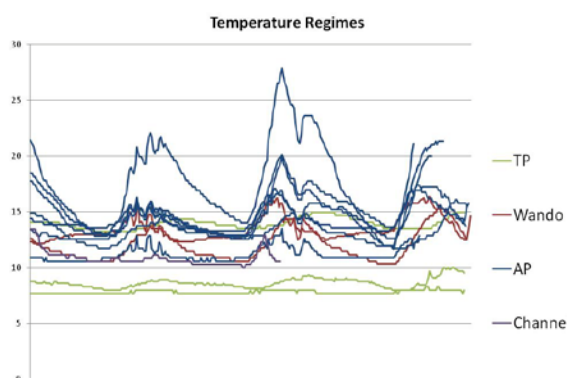
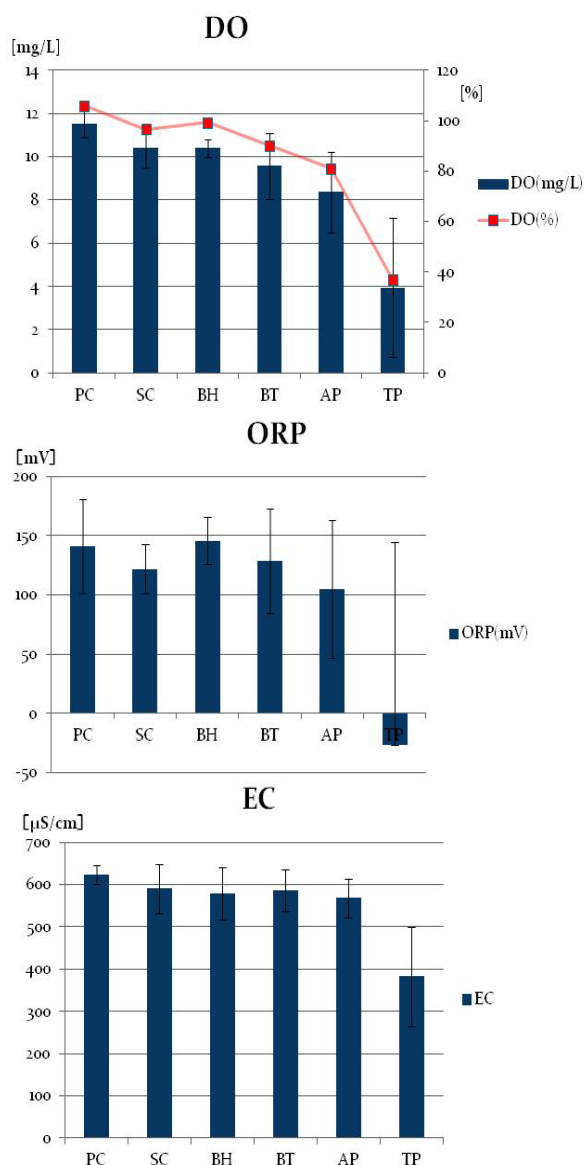


Fig.9 Result of water quality and temperature

3.2 画像分析結果

タリアメント川のCornino地点とFragogna地点の2地点を臨む近傍の山上に設置された定点カメラの画像を用いて、Habitat AgeとHabitat Longevityを算出した。この定点カメラは日中のみ1時間毎に撮影している。この画像から止水性生息場の上流端と下流端の両方が本川と接続した際、流水環境となり止水環境が消滅したと見做した。また、TPについては樹木に覆われており画像では直接観察できないため、TPの存在している付近の砂州上に流路ができた際に止水環境が消滅したと見做した。Habitat Ageのおよその分布をまとめたものと各ハビタットごとのHabitat Age及びHabitat Longevityの平均を以下に示した。

TPのHabitat Age、Habitat Longevityの値は他のハビタットに対して約5倍ほど大きな値を取っており、TPが生息場寿命の観点からも非常に特異であることがわかる。

TP以外のハビタット間では有意な差は見られず、10~20日という短いスパンで消失と形成を繰り返していることがわかった。



Fig.10 Cornino



Fig.11 Flagogna

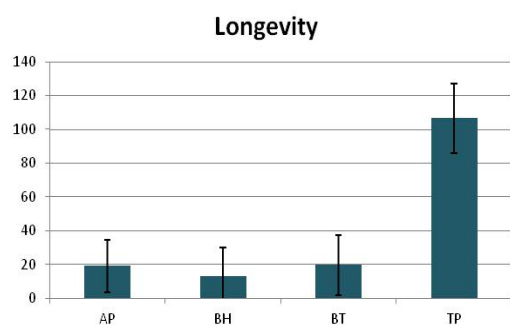
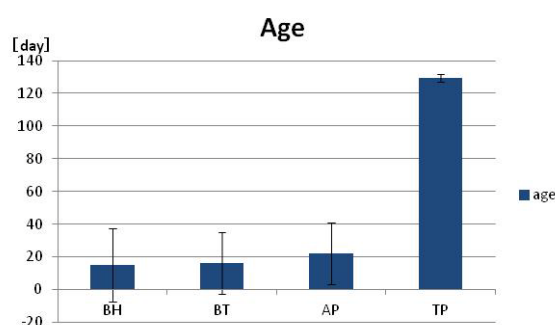


Fig.12 Result of Habitat Age and Habitat Longevity

3.3 生息場履歴と生物群集の関係

①Habitat Age

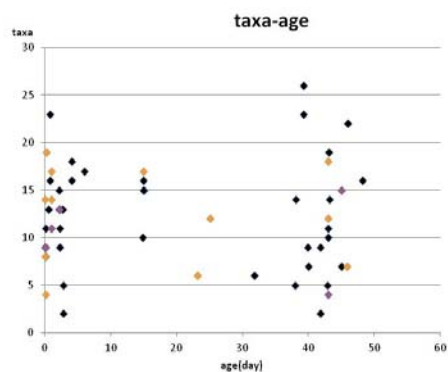


Fig.13 Habitat Age-the number of taxa

Habitat Ageと種数の関係をFig.13に示した。TPはHabitat Ageが他と比べてかなり大きくなるため消去した。TPを除いて考えたとしても、Habitat Ageと種数に直接的な相関は見られなかった。

②Habitat Longevity

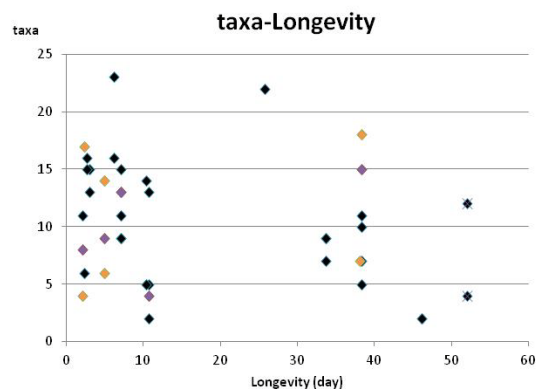


Fig.14 All Habitat Longevity-the number of taxa

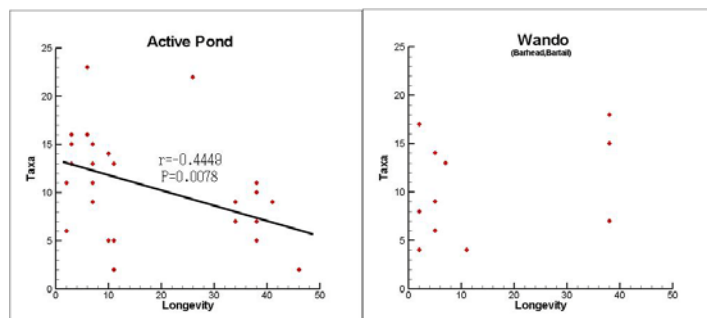


Fig.15 Habitat Longevity-the number of taxa

Habitat LongevityでもTPが大きく外れるため、TPは無視した。これを見てもHabitat Ageと種数に直接的な相関は見られなかったが、Fig.14をAPとワンドに分けて考えると、APの種数とHabitat Ageには負の単相関の関係が見られた。つまりAPにおいては接続が頻繁に起こるような地点で種数が多く、接続が起こりにくい地点では種数が減少している。

4. 考察・まとめ

本研究は生物多様性を維持・向上させるような河川地形を明らかにすることを目的とし、イタリアのタリアメント川での現地調査の結果とタリアメント川に設置された定点カメラで撮影されたインターバル画像から得られた生息場の履歴の関係を求めた。

現地調査の結果から、TPは非常に特異な環境及び生物群集を持っていることがわかった。この主な原因としては①日射を受けにくい②湧水の流入③攪乱頻度が少ないことの3つが考えられる。TP以外のハ

ピタットでは環境・生物群集の双方で大きな差は見られなかった。このことはTP以外の止水性生息場は本川との接続が頻繁に起こり、その都度水や水生生物の流入が起こっているからだと考えられる。Habitat LongevityとAPの種数が負の相関を取ることも同じ理由で説明できる。

ハビタットごとのHabitat AgeとHabitat Longevityの値はTPが非常に大きくなっているが、その他のハビタット間では差がなかった。これはタリアメント川において、APはワンドと変わらぬほど小規模洪水による攪乱を受けやすいということである。これは豊富な土砂供給と大きな流量変動があるタリアメント川の特徴であると言えるだろう。平成21年度淀川上流環境保全調査事業報告書によると、昭和23年に撮影された木津川の航空写真では現在のタリアメント川に見られるような複列砂州が観察される。当時の木津川や他の日本の河川においても、小規模洪水による攪乱を受けやすいAPが多く存在していたと考えられ、本研究で得られた知見は過去を評価する上でも有用であると考えられる。

止水性生息場の種数とHabitat Age又はHabitat Longevityの関係をみると直接的な相関関係は見られなかったが、Habitat LongevityとAPの種数では相関が見られた。

Habitat Ageは直前の攪乱からの時間であり、生物に直接的な影響を与えていると考えられるが、直前の攪乱のみに由来するため偏差が大きくなってしまいうという問題点がある。例えば、直前に大規模な攪乱が起こってしまうと、ほとんどの地点が同じHabitat Ageを持つことになってしまう。Habitat Longevityは数回の形成・消滅過程を平均しているもので、生物に直接的に影響を与えているものではないが、偏差が少ないものである。そのためHabitat Longevityの方が地形の特徴を正確に表したものと言えるだろう。

5. 今後の課題

Habitat Age において50日以上サンプル、Habitat Longevityにおいては10~30日程度と50日を超えるようなサンプルが少なく、今後サンプルを増やし、この間を埋めていく必要がある。また、Habitat Longevityの値を得るには数回の形成・消滅過程が必要な為、長期に渡る連続的なカメラ画像が必要であり、そのために定点カメラからの撮影を今後も続けていく必要がある。また、現在は夜間の撮影ができておらず、夜間の本川との接続を考慮していないことも今後の課題である。

本研究でのHabitat Age及びHabitat Longevityの算

出では、上流端と下流端の両方が本川と接続した際に流水部になったと見做している。しかし、たまりの上流端又は下流端の一方が接続した際、たまりがワンドに変化するが、これをたまりの消失と捉えることもできる。このような中間的な状況をどのように捉えていくかも今後考えていく必要がある。

謝 辞

本研究を進めるに当たりご協力いただいた京都大学防災研究所水資源環境研究センターの皆様並びにトレント大学の方々に深く感謝致します。

参考文献

- アジア航測株式会社 (2012) : 淀川上流環境保全調査業務報告書
- 綾史郎, 近年の淀川の生態環境の変化. 生活衛生, 2004. 48(6) : pp. 334-340
- 黒川 マリア, 片野 修, 東城 幸治, 北. 聡 (2009) : 小河川におけるワンド・タマリの環境要因と水生無脊椎動物の分布, 陸水学雑誌, 2009. Vol. 70: pp. pp. 67-85.
- 鈴木崇正, 角哲也, 竹門康弘, 中島佳奈 (2011) : 土砂供給に伴うアユ産卵環境の変化予測, 京都大学防災研究所年報 第 54 号 B
- 角哲也, 中島佳奈, 竹門康弘, 鈴木崇正 (2011) : アユの産卵に適した河床形態に関する研究, 京都大学防災研究所年報 第 54 号 B
- 竹門康弘 (2007) : 砂州の生息場機能, 土と基礎の生態学, 講座, 土と基礎, Vol. 55, No. 2, pp. 37-45
- 玉井信行 (2004) : 河川計画論. 東京大学出版会. 東京.
- 寺田匡徳 (2011) : 木津川たまりにおける魚類等の生息場評価に関する研究
- 野村康弘 (2005) : 多摩川におけるカワラバタの分布状況と生息地間ネットワークに関する研究, 環境システム研究論文集, 33, 73-78, 2005
- 福原修一, 森下郁子, 矢田敏晃, 木本紀子 (2009) : 砂州周辺水域の生物群集, 木津川の総合研究 II, pp. P269~284.
- Catherin, L and Fran, S(2009) : Hydrological connectivity drives patterns of macroinvertebrate biodiversity in floodplain rivers of the Australian wet/dry tropics
- Ward J.V. and Tockner K. (2001) : Biodiversity: towards an unifying theme for river ecology, Freshwater Biology, 46, 807-819
- Ward J.V., Tockner K. & Schiemer F. (1999) :

- Biodiversity of floodplain river ecosystems: ecotones and connectivity. *Regulated Rivers: Research and Management*, 15, 125–139
- Walter B, Angela G, Nicola S, Tockner K, Luca Z, Luca Z and Guido Z (2009) : Understanding reference processes: linkages between river flows, sediment dynamics and vegetated landforms along the tagliamento river, Italy, *River Research and Applications*, Volume 25, Issue 5, pages 501–516, June 2009
- Dimitry Van Der Nat, Klement T, Peter J. E., J.V. Ward And Angela G (2003) : Habitat change in braided flood plains (Tagliamento, NE-Italy), *Freshwater Biology* Volume 48, Issue 10, pages 1799–1812, October 2003

(論文受理日：2013年6月7日)