

流水型ダム貯水池に造成されたビオトープの  
氾濫原依存種生息場としての機能評価と  
設計手法の検討

熊本大学 大学院自然科学研究科

皆 川 朋 子

# 流水型ダム貯水池に造成されたビオトープの 氾濫原依存種生息場としての機能評価と設計手法の検討

皆川朋子

## 1. はじめに

氾濫原湿地は生物にとって多様な生育・生息環境を提供する場であり、生物多様性の保全にとって極めて重要な場である。しかしながら近年、国土開発等により氾濫原湿地が激減し、氾濫原湿地の創出は我が国の生物多様性の保全において緊急に対処すべき重要な課題となっている<sup>1)</sup>。このような状況を踏まえ、鹿児島県西之谷ダム（流水型ダム）では、貯水池内にたまり等の湿地が造成され、氾濫原依存種の生息場としての機能が期待されている。特に西之谷ダムのような流水型ダム貯水池に整備された湿地は、出水による湛水、さらに流水による浸食や土砂堆積による攪乱によって、氾濫原依存種の重要な生息場になりうる可能性がある。

西之谷ダム貯水池の湿地整備においては、河川水の導入や沢からの流入水の利用、さらに流水型ダムであることから冠水頻度に考慮する等、多様な湿地環境が創出されるように工夫されている。これらは貯水池における氾濫原湿地再生のための有効な設計手法であると考えられるが、その有効性を評価し、情報を蓄積することは、流水型ダム貯水池を活用した新たな湿地再生のための設計手法の確立に寄与するものと考えられる。また、氾濫原依存種のうち、止水性甲虫類に関しては攪乱後の植生遷移の初期段階を生息場とし<sup>2)</sup>、その多くが絶滅危惧種に選定されているが、その保全手法は確立していない。西之谷ダム貯水池においては、出水により攪乱が期待できるため、氾濫原依存種のみならず、止水性甲虫類の生息場が持続的に維持される可能性がある。

以上を踏まえ本研究では、流水型ダム貯水池を活用した氾濫原依存種保全に資する湿地環境の創出のための設計手法に関する知見を得るため、西之谷ダム（流水型ダム）貯水池内に創出された湿地を対象に、環境と水生生物の把握を行い、攪乱後の湿性遷移の初期段階を生息場にすると考えられている止水性甲虫類を含む水生昆虫<sup>2)</sup>に着目し評価することを目的とする。

## 2. 調査対象地

本研究の対象地である西之谷ダムは、鹿児島市内を流れる新川に建設された(図-1)。本ダムでは、1/100年確率降雨の規模のダム地点洪水流量  $95\text{m}^3/\text{s}$  のうち  $65\text{m}^3/\text{s}$  を抑制する。堤高 21.5m、堤頂長 135.8m、集水面積  $6.8\text{km}^2$ 、湛水面積  $0.13\text{km}^2$ 、総貯水容量 79.3 万  $\text{m}^3$  である。貯水池内には、湿地が創出され、たまりが 9ヶ所 (T1~T9, 写真-1)、クリーク (C1)、棚田型湿地が創出され、たまりには河川水や沢水の流入が行われている。配置の際には冠水頻度を考慮して多様な湿地環境が創出されるように工夫されている (図-2)。

## 3. 方法

### 3.1 調査方法

造成されたたまり : T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, クリーク : C1, 棚田型湿地, 貯水池内本川 : S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8 (図-1) に水生生物調査及び、環境要因調査地点 (合計 19 地点) を設けた (図-2)。さらに貯水池外本川下流上流部に a1, a2, を設け水質を測定した。調査は 2014 年 9 月 (1, 2 日), 10 月 (23, 24 日) と 11 月 (14 日) に実施した。



写真1 造成されたたまり

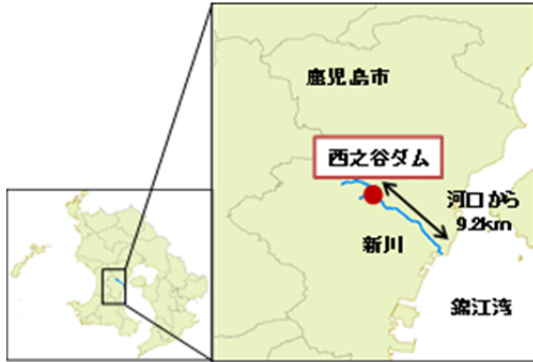


図-1 西之谷ダム所在地

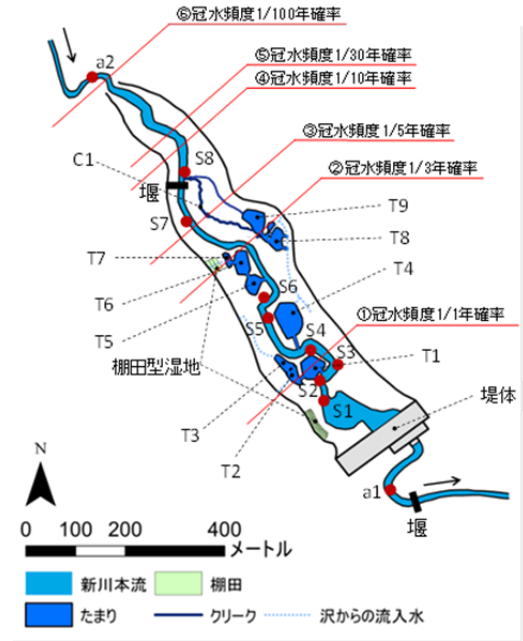


図-2 西之谷ダム貯水池平面図

## (1) 湿地環境及び本川の環境

### ① たまり、クリーク、棚田型湿地、貯水池内本川

流水型ダム貯水池内の湿地環境を把握するため、9月、10月に水深、水質、植生、9月に底質、河岸土壌硬度について、造成されたたまり (T1～T9) クリーク (C1) 棚田型湿地において調査を行った。また、11月に、貯水池内本川 (S1～S8) において、河岸土壌硬度を測定した。水深はたまり中央部においてスタッフを用いて測定した。水質調査は水温、pH、DO、EC、濁度、SS、VSSを行った、pH、DO、EC、濁度については、現地で水質計 (HORIBA U-52G) を用いて計測した。たまりではその中心、クリークではその流心において計測した。SS、VSSについては、現地で採水し冷暗所で保管し、実験室に持ち帰り分析した。植生は、たまりの水際を植生 (根が水底に固着するもの) がどの程度カバーしているかを現す水際植生率と、沈水植物と糸状緑藻が水表面をどの程度カバーしているかを現す沈水植物カバー率と糸状緑藻カバー率を目視 5%単位で読み取り求めた。さらに湿性遷移の進行状況を記録した。底質調査では、たまり中央部と水際において表層底質を採取し、冷暗所で保管して実験室に持ち帰り、粒度、T-N、T-C について測定した。粒度はレーザー回折 (Partica LA-950V2)、T-N、T-C は有機元素分析装置 (マクロコーダー JM1000CN) を用いて測定した。河岸土壌硬度は、各たまりの水際部において親指貫入程度 (極粗、粗、中、密、極密) により簡易的に測定した。

### ② 本川・ダム上下流

10月にダム上下流部の本川 (a1, a2) において水質を測定し、上記項目に加え、栄養塩濃度 (T-N, T-P) を測定した。また、比較のため T1, T3, T4, T7, T8, 棚田型湿地においても栄養塩濃度を測定した。

## (2) 水生生物の生息状況

水生生物調査は、造成されたたまり (T1～T9)、クリーク (C1)、棚田型湿地と、貯水池内本川 (S1～S8) に調査地点を設置し、定性調査を実施した。水生生物は、各地点Dフレームネット (幅30cm、ネット目合い1mm) を用いて、調査地点あたり15分間2名で採集を行った。なお、生息するすべての種を採集するために各調査地点においてすべての生息環境 (ハビタット) を網羅するように行った。採集した資料はその場で同定できるものはその場で行い、水生昆虫など同定困難なものはそれぞれ70%エタノールで固定し、実験室に持ち帰った後、ソーティングを行い、同定・計数を行った。種の同定には、「日本産水生昆虫」<sup>3)</sup>、「日本産トンボ幼虫・成虫検索図説」<sup>4)</sup>、「改訂トンボの調べ方」<sup>5)</sup>、「改訂版図説日本のゲンゴロウ」<sup>6)</sup>を用いた。

### 3.2 解析方法

湿地に生息する水生昆虫の群集構造の特徴を把握するため9月10月の水生昆虫調査より得られた各水生昆虫の在・不在データを用いてTwo-wayクラスター分析(PC-ORDver.6)を行った。また、2013年との比較及び、たまり・クリークの環境要因と水生昆虫の群集構造の関係を明らかにするため、2013年2014年に取得した水生昆虫の在・不在データと環境要因を用いて、除歪対応分析(DCA解析(PC-ORDver.6))を行った。DCA解析は、生物群集の種と個体数(あるいは在・不在)を用いて座標付け(スコアの算出)を行い、その結果から環境要因との関係を解析する方法である。解析に用いた様々な環境データから、影響の強いものを予測・選別するのに有効である<sup>7)</sup>。実数データは常用対数変換、百分率データは逆正弦平方変換を行うことで正規分布化し、各解析を行った。

## 4. 結果及び考察

### 4.1 湿地環境の評価

水質は、貯水池内で大きな違いは示されないが、河川水と比較すると栄養塩濃度(T-N, T-P)は高い傾向がみられた。貯水池内では、下流部のたまりでは濁度やSS,VSSが高い値を示した。要因として、中上流部のたまりと比較して流水の流入が土砂の堆積等により減少していたことが要因としてあげられた。底質に関しては、たまりごとに粒径の違いは見られず、全体的にシルトが堆積していた。河川水が流入するクリークの底質の粒径はたまりより大きく、また、T9のクリークとの接続部分に一部粒径が大きい箇所が確認できた。また、堆積物中のT-C/T-N比から陸源性物質の流入程度を検討した結果、上流部に位置するC1, T9, T8で高い値を示した。上流の山間部から供給された落ち葉などの陸源性の有機物の流入、堆積していることが示唆された。水際植生の被覆率は5~90%程度、沈水植物は5~60%、糸状緑藻は5~80%でたまり間にばらつきがみられた。

表-1に2014年(10月)にダム上下流(a1, a2)で得られた水質調査結果を示す。水温, pH, EC, DOは上流下流であり変化が生じなかった。しかし、濁度は0.8, SSは4mg/L, VSSは2.4mg/Lとダムを通過することにより、わずかに上昇する結果となった。栄養塩濃度に関しては、T-Nが1.1mg/L減少し、T-Pはあまり変化が見られなかった。また、図-3にたまりとダム上下流で栄養塩濃度を比較した結果を示す。T-Nは、ダム下流地点が最も低い値を示し、上流地点は、T7, T8より高い値であったが他の地点よりは低い値を示した。T-Pはダム上下流地点どちらもT4, T8と同程度の値で、T1, T3より低い値を示した。

### 4.2 水生生物の生息場としての評価

#### (1) たまり・クリーク・棚田型湿地

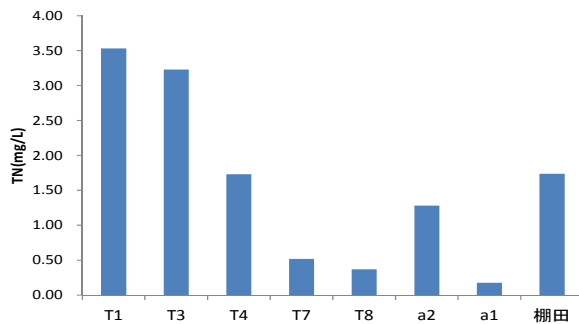
表-2に2014年(9月, 10月)にたまり, クリーク, 棚田型湿地で実施した定性調査から得られた水生昆虫の出現種リストを示す。9月の調査では、トンボ目12種, カメムシ目8種, コウチュウ目5種の合計25種が確認され、10月の調査では、トンボ目14種, カメムシ目6種, コウチュウ目8種の合計28種が確認された。累積の出現種数はトンボ目17種, カメムシ目9種, コウチュウ目9種の合計35種が確認された。環境省の絶滅危惧Ⅱ類に選定された*Tripunctatus orientalis*や鹿児島県の分布特性上重要種に選定されているセスジダルマガムシ

表-1 ダム上下流の水質調査結果(2014.10)

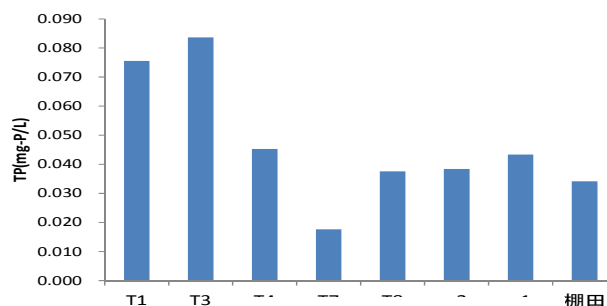
地点	水温(°C)	pH	EC(mS/cm)	NTU	DO(mg/L)
a1	17.72	7.29	0.27	0.80	14.40
a2	17.59	7.23	0.25	0.00	12.88

	SS(mg/L)	VSS(mg/L)	COD(mg/l)	TN(mg/l)	TP(mg-P/l)
a1	5.20	2.40	1.73	0.18	0.04
a2	1.20	0.00	1.67	1.28	0.04



① T-N



② T-P

図-3 たまりとダム上下流の栄養塩比較

*Ochthebius japonicus* などの止水性の水生甲虫類を含むコウチュウ目は、9種確認された。2013年の調査結果（トンボ目15種、カメムシ目10種、コウチュウ目6種）と比較すると、トンボ目とコウチュウ目に関しては増加しており、カメムシ目では減少していた。

図-4, 5に9月10月の水生昆虫定性調査から得られた出現種の在・不在を用いた Tow-way クラスター分析の結果とタイプ別の生物群集を示す。生物群集に基づいて類型化を行ったところ大きく4タイプ（TypeA, B, C, D）に分類された。各タイプの特徴としては、TypeA（T1, T2, T3, T4）は、貯水池の下流部に位置し、比較的水深の大きいたまり、TypeB（T5, T6）は中流部にあり、右岸からの沢水の流入があるたまり、TypeC（T8, T9, C1）は上流部にあり、右岸からの沢水と河川水の流入があるたまりと流水環境であるクリーク、TypeD（T7）は上流部にあり右岸からの沢水の流入があり、水深がある

表-2 水生昆虫の定性調査から得られた出現種リスト

目	科	属	種	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	C1	棚田										
Odonata	トンボ目	Coenagrionidae	イトトンボ科	Agriocnemis	ヒメイトトンボ属	○ <i>Femina oryzae</i>	コフヒメイトトンボ	●	●															
			Aciagrion	ホソイトトンボ属	○ <i>Migratum</i>	ホソイトトンボ		●							●									
			Ceragrion	キイトトンボ属	○◎ <i>Nipponicum</i>	ベニイトトンボ										●								
			Ischnura	アオモンイトトンボ属	○◎		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●								
			Cercion	クロイトトンボ属	○◎ <i>Calamorum calamorum</i>	クロイトトンボ		●																
			Gomphidae	サナエトンボ科	Asiagomphus	アジアサナエ属	◎									●								
					Ictinogomphus	タイフンウチワヤンマ属	○ <i>Pertinax</i>	タイフンウチワヤンマ	●	●	●	●	●											
					Aeshnidae	ヤンマ科	Anax	ギンヤンマ属	○	●	●	●	●		●	●	●	●						
			Corduliidae	エゾトンボ科	Macromia	コヤマトンボ属	◎ <i>Amphigena amphigena</i>	コヤマトンボ		●														
					Epophthalmia	オオヤマトンボ属	○ <i>Elegans</i>	オオヤマトンボ	●	●														
			Libellulidae	トンボ科	Orthetrum	シオカラトンボ属	○ <i>Alibistylum speciosum</i>	シオカラトンボ	●	●	●	●			●	●	●							
					Nannophya	ハツチョウトンボ属	○ <i>Pygmaea</i>	ハツチョウトンボ	●	●		●	●			●	●							
					Ocrocothemis	ショウジョウトンボ属	○◎ <i>Servilia marianneae</i>	ショウジョウトンボ**	●	●	●	●		●										
					Trithemis	ベニトンボ属	○◎ <i>Aurora</i>	ベニトンボ		●														
					Rhyothemis	チョウトンボ属	○◎ <i>Fuliginosa</i>	チョウトンボ	●															
					Tramea	ハネビロトンボ属	○ <i>Virginia</i>	ハネビロトンボ				●	●											
					Pantala	ウスバキトンボ属	○◎ <i>Flavescens</i>	ウスバキトンボ				●	●	●	●									
					Sigara	コミズムシ属	<i>Suvstata</i>	コミズムシ	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●						
Micronecta	チビミズムシ属	<i>Sebstriata</i>			チビミズムシ	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●									
Parapleia	マルミズムシ属	<i>Japonica</i>			マルミズムシ	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●									
Hemiptera	カメムシ目	Corixidae	ミズムシ科	Gerris	<i>Aquarius paludum</i>	アメンボ	●	●					●	●										
			Microvelia	カタビロアメンボ属	<i>Douglasi</i>	ケンシカタビロアメンボ	●	●	●	●	●	●	●	●										
			Anisops	コマツモムシ属	<i>Ogasawarensis</i>	コマツモムシ	●	●	●	●	●	●	●	●										
			<i>Exiguus</i>	チビコマツモムシ				●						●										
			Laccotrepes	タイコウチ属	<i>Laccotrepes japonensis</i>	タイコウチ						●												
Coleoptera	コウチュウ目	Hydrophilidae	ガムシ科	Ranatra	ミズカマキリ属	<i>Chinensis</i>	ミズカマキリ		●			●												
			Sternolophus	ヒメガムシ属	※ <i>Rufipes</i>	ヒメガムシ		●				●												
			Enochrus	ヒラタガムシ属	※ <i>Simulans</i>	キヒロヒラタガムシ		●	●	●														
			Amphips	タマガムシ属	※ <i>Mater</i>	タマガムシ								●										
			Helochaers	スジヒラタガムシ属	※ <i>Nipponicus</i>	スジヒラタガムシ							●											
			Ochthebius	セズジダルマガムシ属	※ <i>Ochthebius inermis</i>	セズジダルマガムシ**		●																
			Cybister	ゲンゴロウ属	※ <i>Tripunctatus</i>	コガタゲンゴロウ*	●	●	●	●			●											
			Hydroglyphus	チビゲンゴロウ属	※ <i>Hydroglyphus japonicus</i>	チビゲンゴロウ		●		●														
			Eretes	ハイロゲンゴロウ属	※ <i>Sticticus</i>	ハイロゲンゴロウ							●											
			Noterus	コツブゲンゴロウ科	Noterus	コツブゲンゴロウ属									●									
出現種数														16	10	10	5	9	8	11	6	7	3	8

※止水性の水生甲虫類 \*環境省絶滅危惧Ⅱ類 \*\*鹿児島県分布特性上重要種 ○止水性 ◎流水性

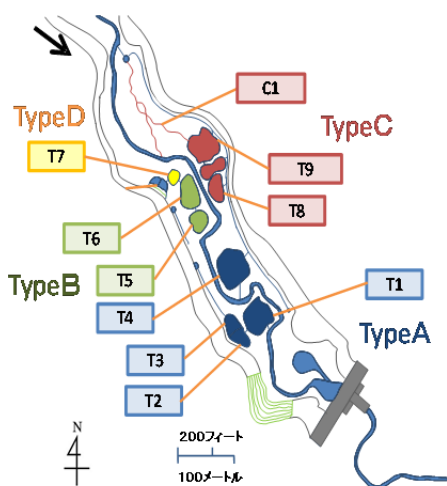


図-4 クラスター分析結果

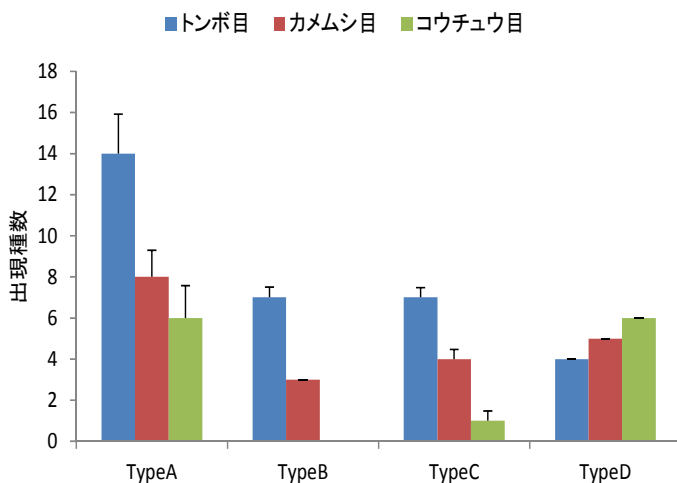


図-5 タイプ別出現種数

たまりで構成された。また、TypeA はトンボ目、カメムシ目、コウチュウ目に関して他の地点よりも出現種数が多く、群集構造が多様であった。TypeB と TypeC は同じような群集構造を示したが、TypeB ではコウチュウ目の確認がされなかった。TypeC は T7 だけで構成されており、トンボ目の出現種数は 4 種と少なかったが、コウチュウ目が 6 種確認された。大きく 3 つのタイプに類型化されていた 2013 年<sup>8)</sup>と比較すると、4 タイプに類型化された 2014 年の群集構造は多様になったと考えられた。また、DCA 解析の結果から、一軸、二軸に対してそれぞれ糸状緑藻カバー率、沈水植物カバー率との相関が得られた。実際に沈水植物や糸状緑藻が繁茂していた下流側のたまりでは多くの種の水生昆虫が確認され、水生昆虫の生息環境要因として糸状緑藻や沈水植物等の水生植物が重要な要因であると考えられた。これらの植生は、水生昆虫に捕食から免れるための隠れ場を創出することで、水域内の水生昆虫の増加、さらには種組成の多様性の維持に影響を及ぼしていると考えられた。

#### 4.3 設計手法について

流水型ダム貯水池に整備された湿地は、出水時に湛水し、さらに流水による浸食や土砂堆積による攪乱が生じることから、氾濫原依存種の重要な生息場になり、氾濫原依存種保全の一ツールに成りうる可能性がある。河川水の導入のないたまりでは通常時には河川からの水供給は見込めないため、沢水の流入が湿地環境の維持の面でも重要である。さらに、沢水の導入があるたまりにおいては、沈水植物が多く繁茂している傾向がみられた。沢水の流入は流水のみでなく、植物や生物の流入が期待できる。これらのことから、流水型ダム貯水池に氾濫原湿地を創出する際には、たまりに河川水を導入し、配置には沢からの流入を考慮して造成することで、生物群集やその環境要因に違いが見られる等、多様な湿地環境が創出され、生物の多様性に寄与すると考えられる。今回大規模な冠水は起きなかったために貯水池内において冠水頻度の違いによる環境の変化は生まれず、生物相への影響は確認されなかった。今後出水における湿地環境や生物相への影響を調査することで設計における知見を得ることが必要である。

#### 5. まとめ

西之谷ダム貯水池に造成された湿地には、魚類、甲殻類、水生昆虫の合計 40 種の水生生物が確認された。止水性甲虫類については 9 種確認され、これらの生息場として機能していることが明らかとなった。水生昆虫に関しては、沈水植物や糸状緑藻が生息に正に作用し、水生昆虫の生息場として重要な役割を果たしていることが示唆された。また、クリークと上流部のたまりには陸源性の有機物が堆積し、中下流部のたまりとは異なる特性が示される等、貯水池内のたまり間に違いがみられ、各たまりの水生昆虫群集構造も多様なものになっていた。これらの環境の違いは、河川水の導入や沢からの流入水等の違いが関与しているものと考えられた。竣工から 2 年、大きな出水がなく、攪乱の影響が明らかになっていない。今後、調査を継続させ、湿性遷移の進行や出水による冠水、攪乱が貯水池内の環境へ与える影響を明らかにし、止水性水生昆虫の保全手法の検討に向け、植生の群落との関係や他の環境要因との関係について明らかにする必要がある。

#### 参考文献

- 1) 鷺谷いづみ：氾濫原湿地の喪失と再生—水田を湿地として活かす取り組み、国際環境研究協会「地球環境」12(1), pp.3-6, 2007.
- 2) 中島淳：過去から現在における水生甲虫相の変遷—福岡県での事例、昆虫と自然 48(4), pp.16-19, 2013.
- 3) 川合 禎次, 谷田 一三：日本産水生昆虫—科・属・種への検索、東海大学出版会, 2005
- 4) 石田昇三, 石田勝義, 小島圭三, 杉村光俊：日本産トンボ幼虫・成虫検索図説、東海大学出版会, pp.140, 1989.
- 5) 日本環境動物昆虫学会：改訂トンボの調べ方、文教出版, pp.339, 2010.
- 6) 森正人・北山昭：日本のゲンゴロウ、文一総合出版, 2007.
- 7) 山中武彦, 浜崎健児, 嶺田拓也：生物・社会調査のための統計解析入門, 調査・研究の現場から, 農業土木学会誌, 第 73 巻第 4 号 pp.319-324, 2005.
- 8) 井上剛介：西之谷ダムにおける環境整備の評価, 熊本大学平成 25 年度卒業論文