
ビオトープ構造要素に着目した身近な環境の保全・再生教育

Environmental Education for Conservation and Restoration Based on Structural and Physical Elements of Biotope

●
五明美智男
生命環境科学科 教授
村上 和仁
生命環境科学科 教授
池田 真啓
生命環境科学専攻 修士課程2年
木村 仁志
生命環境科学科 卒業生
鈴木 拓弥
生命環境科学科 卒業生
細矢 拓磨
生命環境科学科 卒業生
穂苅 充
生命環境科学科 4年

●
Michio GOMYO
Department of Life and Environmental Sciences, Professor
Kazuhito MURAKAMI
Department of Life and Environmental Sciences, Professor
Mahiro IKEDA
Master course of Life and Environmental Sciences, Graduate Student
Hitoshi KIMURA
Department of Life and Environmental Sciences, Graduate
Takuya SUZUKI
Department of Life and Environmental Sciences, Graduate
Takuma HOSOYA
Department of Life and Environmental Sciences, Graduate
Makoto HOKARI
Department of Life and Environmental Sciences, Student

●
2014年9月19日受付

●
Received : 19 September 2014

In an earlier study from the perspective of environmental education, an evaluation method that can bring out students' interest in the surrounding environment was developed (Gomyo et. al.,2014). An index sheet that helps with locating the structural and physical elements of biotopes in field observation was also introduced and proved useful for environmental evaluation. In this work, we explore further applications of the index sheet to environmental education for conservation and restoration. Trial field observations were conducted at many small streams and rivers in Chiba Prefecture as part of graduate work and regular curriculum. The index sheet helped students perform aquatic life surveys and design improvement of river bottom mud with the structural and physical elements of biotopes.

キーワード：ビオトープ, 構造要素, 物理構造, 保全・再生, 環境教育

1. はじめに

温暖化をはじめとする地球環境の変化とその影響と考えられるような様々な事象が見られる中, 身近な環境の保全・再生や環境教育の取り組みが数多く実践されている. 大学における関連分野の教育においては, 地域環境の担い手の育成も視野に入れ, その基礎となる科学知識を習得させるとともに, 身近な環境で考え行動する学生を育てることも大変重要である.

著者らは, その第一歩として, 身近な環境に興味を持って観察し, 評価するために, 杉山 (1995)¹⁾ の提案したビオトープの構造要素を指標とした評価手法について報告した (以下, 前報)²⁾. 本研究では, 保全・再生に関心を持ち, その技術を考えるための指標として, 上述のビオトープの構造要素を利用することを目的とし, 身近な環境での生物観察, 生物採集および環境保全・再生実験のケーススタディ

を実施した. 前者からは生物生息場としての構造の重要性を学び, 後者からは構造を切り口とした保全・再生の手法を学習することを試みた.

2. ビオトープ構造要素と利用方法

2-1. ビオトープの構造要素

環境保全・再生の展開の中でも, 生息場の保全・再生の具体的な形として, 生息場の物理的な構造の保全・再生あるいは生態系の豊かさを増すための改善・改良がなされることが多い. 前報で準用した杉山の指標は, 保全・再生に携わる工学系の関係者の理解を深めるために, 豊かな生態系をつくりだす環境の物理的構造について整理したもので, 2つの要素が隣接する界面の運動や変形に着目したものである.

本報では, 環境を創出するデザイン指標, 環境を評価

する指標だけでなく、環境の保全・再生の具体的な方法や手段について考える指標として利用することを考えた(図1)。著者の一人は、環境の保全・再生における住民との協議、合意形成などにおける情報の伝達・共有、関係のひろがりを目指すとして、ビオトープの構造要素を利用した技術コミュニケーションについて提案している³⁾。前報および本報の試みは、ビオトープの構造要素を用いた環境教育コミュニケーションの試行と言える。

2-2. 構造要素の利用方法

環境の保全・再生においては、様々なスケールの構造要素に、多様な生物が生息することを前提に進めることが可能である。第一の利用方法としては、生物観察、生物採集の際に最適な観察・採集場所を特定するための利用が考えられる。こうした利用によって、保全・再生のための生息場造成のために、構造要素の選択や組合せを工夫する際の知見ともなる。

第二の利用方法として、生物生息に影響を与える環境を構造指標として特定することが挙げられる。劣化した環境で確認された構造型を改善・改良することで、環境の改善と生物生息を促進するための使い方である。さらに、第三の利用方法として、悪化した環境、生物が減少した生息場を再生する際の手段や手法を検討するための指標が挙げられる。保全・再生の計画や設計、土木的な手法に大きく依存する工事では、大変重要な情報となるものと考えられる。3.では、これらの指標を利用した学習例を紹介する。

3. 保全・再生におけるケーススタディ

3-1. 生物観察・採集のための指標

2013年の4月から12月にかけて、千葉県内に位置する5つの小河川・水路において、卒業研究の学生が直接水路に入り、タモ網(網目3mm, 前幅39cm, 網深さ28cm, 全長150cm)を用いた水生生物調査を行った(表1, 写真1)。3人による1時間あたりの採集物について、種の同定、個体数、体長の計測を行うとともに、水路の各構造を観察、カメラ撮影し分析に供した。

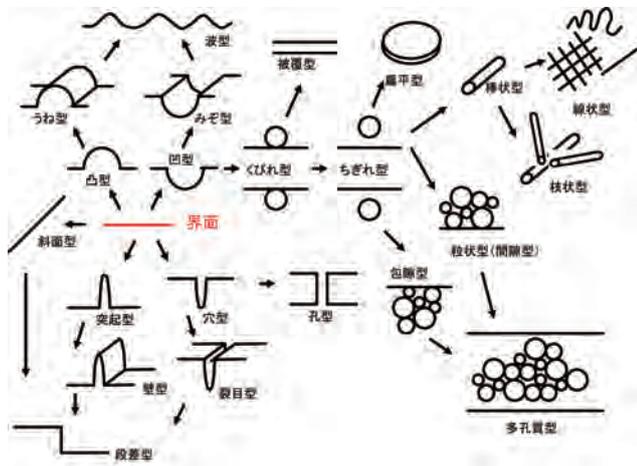


図1 ビオトープ構造要素の関連図(杉山¹⁾を参考に作成)

調査地点において採捕した生物の個体数と種類を表2に示す。採集時期が異なるものの、河川別には採集量の相違が明確である。こうした差の要因について検討するために、山口県の水辺の工夫⁴⁾を参考に各河川の構造特性を抽出

表1 調査日・調査場所

調査地	調査日							
	4月26日	5月24日	7月21日	8月30日	9月21日	11月1日	12月22日	
今津川					○		○	
生実川				○				
上前川			○			○	○	
支川都川				○				
村田川	○	○						



写真1 上前川における生物採集

表2 各河川・水路における水生生物採集結果

種名	調査日および調査地点									
	今津川		生実川	上前川			支川都川	村田川		
	9/21	12/22	8/30	7/21	11/1	12/22	8/30	4/26	5/24	
オイカワ					1		22		51	
カダヤシ	7	2		10	115	59	3			
コイ				1						
タモロコ			1			9				
トウヨシノボリ	31	5		1	3			1		
ドジョウ	1	1	1	5	4	6				
ニホンメダカ								5	7	
モツゴ	19	1	1	11	11	23	1			
フナ類	3	10		8	14	8				
ナマズ					1					
種数合計	5	5	4	6	7	5	3	2	2	
個体数合計	61	19	4	36	149	105	26	6	58	

表3 水生生物調査場所におけるビオトープ構造要素

項目	調査地点					ビオトープ構造要素
	今津川	生実川	上前川	支川都川	村田川	
水門がある	×	×	×	○	×	壁型
湖と淵がある	×	×	○	○	×	凸型・凹型
側壁が垂直である	○	×	×	×	○	壁型
側壁の高さが高い	○	×	×	×	○	壁型
太陽の日射がある	○	×	○	○	○	
底部がコンクリートである	×	×	×	×	×	被覆型
底部が砂質である	○	×	○	○	×	粒状型
底部が泥質である	×	○	○	○	×	粒状型
底部がヘッド口である	×	○	○	○	×	粒状型
底部が礫質である	×	×	×	○	○	粒状型
底部に穴やくぼみがある	○	×	○	○	○	凹型・穴型
底部に枯れ草や枝が堆積している	×	○	×	×	×	被覆型・多孔質型
底部に植生がある	○	×	○	○	○	柱状型
底部に蛇籠が敷き詰められている	○	×	×	×	×	うね型・みぞ型
底部に転石がある	×	×	×	○	○	くびれ型
底部にブロックが敷き詰められている	×	×	×	×	×	形状により多様な型
底部にポールがある	×	×	×	○	×	凹型
中洲がある	○	×	○	×	×	凸型
中洲に植生がある	○	×	×	×	×	凸型・柱状型
法面がコンクリートである	×	×	×	×	×	斜面型
法面が砂質である	○	×	○	×	×	粒状型
法面がブロックで覆われている	×	×	○	○	×	形状により多様な型
法面に穴やくぼみがある	×	×	○	○	×	凹型・穴型
法面に植生がある	×	×	○	○	○	柱状型
法面の勾配が急である	○	×	○	×	×	斜面型
法面の長さが長い	×	×	×	×	×	斜面型
排水路である	○	○	○	○	○	
橋や林などにより日影がある	○	○	○	○	○	
ワンドがある	○	○	○	○	×	凹型

して検討した。表3に示すように、採集量の少ない生実川では、存在する構造が他河川と比べ明らかに少ないことがわかる。また、各河川では、すみか、隠れ場などとして利用する穴やくぼみ、ヘドロから礫までの底質、河川底面、側方法面の植生等に差がみられる。こうした特徴は、各構造要素の有無、相違としても整理することができ、構造型と出現する生物の種、量との関係を前提に生物観察、生物



写真2 江戸川放水路における底質攪拌（熊手）



写真3 江戸川放水路における底質攪拌（足踏み）

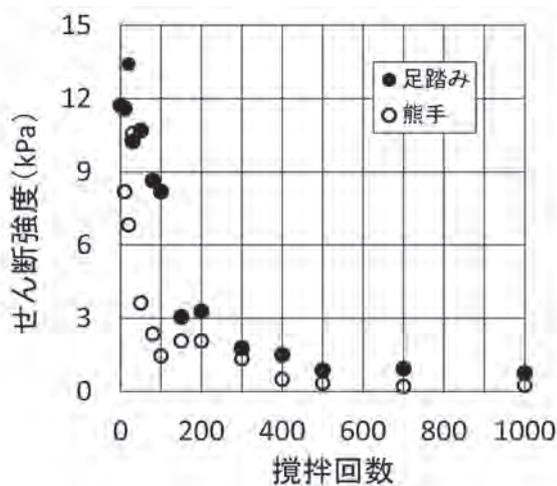


図2 江戸川放水路での攪拌回数とせん断強度の関係

採集を進めることが可能と考えられる。「どのような構造要素にどのような生物が生息可能か」という知見の習得は、保全・再生のための構造を工夫する際の生物生息場への配慮にもつながるものと期待される。

3-2. 環境要因改善のための指標

2013年12月21日に、江戸川放水路にて底質の耕耘調査を卒業研究として実施した。足踏み、熊手による攪拌を対象に、それぞれの方法を定義した上で、一定回数毎に、底質のせん断強度、表面から20cm深度までの上中下層の酸化還元電位（以下 ORP）を測定した（写真2,3）。測定深度は、上層（-5cm）、中層（-10cm）、下層（-20cm）である。攪拌は、測定のインターバルを取りながら行い、足による耕耘では片足1踏みを1回とし、熊手を用いた耕耘では1かきを1回として回数を計測した。

図2は、攪拌に伴うせん断強度の変化を示したものである。いずれの場合も100回程度の攪拌で強度は1/5程度まで低下した。また、図3は、ORPの変化を示したものである。足踏みと熊手では攪拌1000回での上下混合程度に相違が

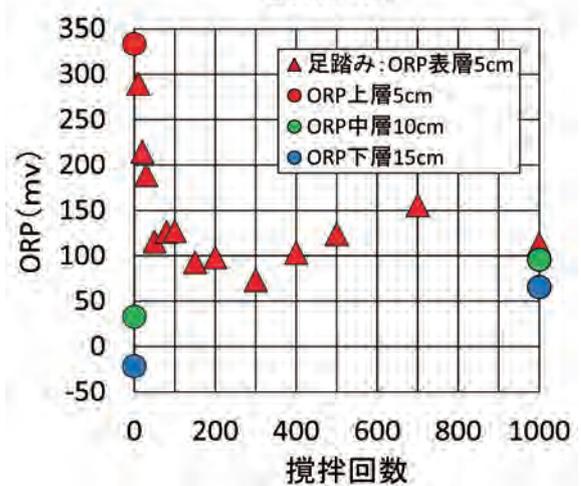
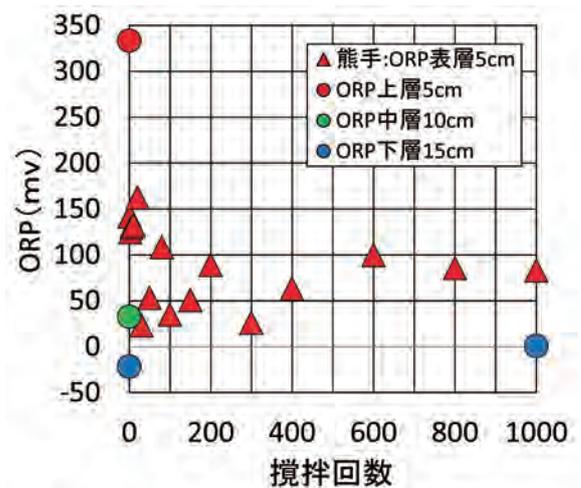


図3 江戸川放水路での攪拌回数と ORP の関係

見られるものの、表層は低下、下層は上昇を示し、徐々に一定値に収束する傾向が見られた。これは、足踏み、熊手による ORP の早期改善を示すものであり、人為的な攪拌による耕耘の効果は顕著である。

こうした効果は、被覆型構造を攪拌により破壊することで強度が低下するとともに、泥の堆積、圧密などに伴って低下した底質内部への酸素供給を促進したことによるものである。田植え前の機械による代掻き、水田内での催事や各地で行われている泥んこバレー、水田での運動会、あるいは春から夏の潮干狩りなどは、こうした耕耘と同様の効果をもつものである。

3-3. 環境改善手法検討のための指標

2度にわたる埋立、合流管方式による下水整備が実施され、雨水と下水の放流によって汚泥の堆積と悪臭が生じている千葉県習志野市の菊田川下流域にて、構造要素を用いた底質改善実験を卒業研究として実施した(写真4)。

底質改善の方法として底質置換、置換底質の安定化および岩尾ら⁵⁾と同様、底質への水供給の機能を期待し、構造要素のうちの凸型、凹型、粒状型、扁平型を組み合わせ、12種類の簡易構造を2013年8月に設置した(表4、図4、写真5)。各構造について、2014年2月まで一定期間ごとに、水の浸透速度、構造近傍底質の ORP、構造の沈下量、

置換材の流出量の測定および周辺の生物観察・採集を行った。

調査期間中、10月2日、16日、26日に、台風22号、26号、28号が関東地方に接近し、調査地点も降雨、出水の影響を受けた。図5は、9月18日から20日の大潮時の千葉港水位変化(気象庁)を示したものである。設置地点は潮位90cmで干出・冠水を繰り返す場所であり、設置した浸透マスは、下げ潮時潮位100cmで水供給を開始することが確認された。

図6は、各構造における泥の堆積量の変化を示したものである。構造設置後1カ月は泥の堆積が見られなかったが、10月初旬以降の台風による降雨、暗渠から河川内への出水によって、各構造には顕著な泥の堆積が見られるようになった。底質置換地点は平坦なため、ほぼ同一の堆積量となっているが、竹炭設置部では比重の軽い竹炭の流出により、その跡のくぼみに泥が堆積したことが確認された。台風シーズンを含む4ヶ月間の泥の堆積量は約10cmであった。

飛石は現地盤に対し凸型の構造となるため、流れによる乱れ等の効果により上部にはほとんど泥が堆積しなかった。しかしながら、軟泥上および砂置換した構造上では数cmの沈下が確認された。また、浸透マスの凸型構造の内部には、底質置換部の1/2程度の堆積量が見られた。比重



写真4 習志野市菊田川の下流部

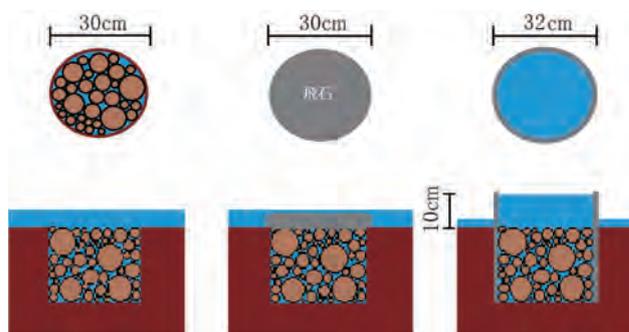


図4 構造要素設置断面図

表4 構造要素を活用した簡易構造

機能	底質	機構	使用材	構造要素
底質置換	砂	粗粒化 改良		凹型 粒状型
	竹炭			
	礫			
	現地泥			
安定化	砂	被覆	飛石	凹型 粒状型 扁平型
	竹炭			
	礫			
	現地泥			
水供給	砂	浸透 水位差	浸透マス	凹型 凸型 粒状型
	竹炭			
	礫			
	現地泥			



写真5 菊田川における底質改善構造設置(浸透マス)

の軽い竹炭等の材料については、粘性の高い現地泥との事前混合などによる流出対策が必要である。

浸透マスの浸透速度については、砂置換での目詰まりが顕著である。泥が堆積する場所での粗粒化置換では、目詰まりなどによる機能の劣化が生じる。

底質の改善効果については、各構造の近傍表層を中心にORPを測定した。台風により新たな泥が堆積したことによって酸化状態になったものの3カ月程度で還元状態へと戻り、泥の内部にあっては還元的な状況が継続するなど、改善効果は見られなかった。1日2回浸透マスでの水供給

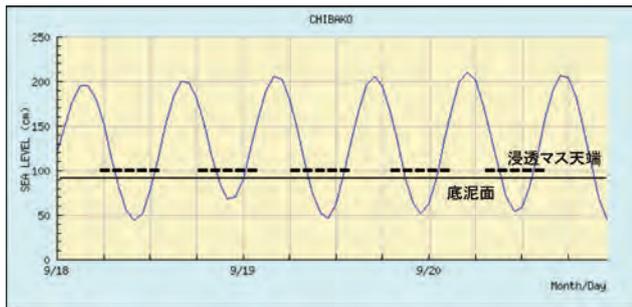


図5 潮位変化と地盤高、構造天端高さの関係

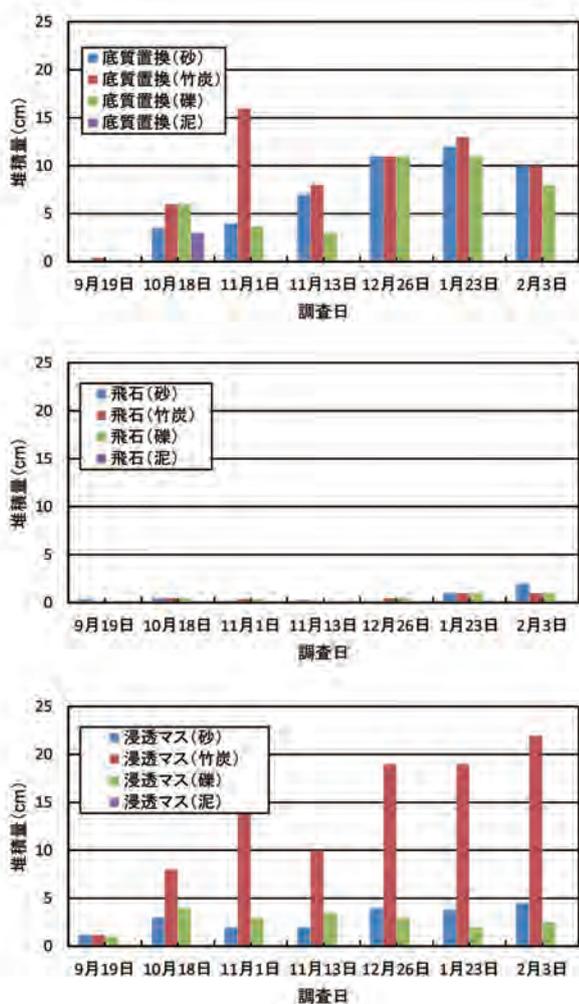


図6 各構造における泥の堆積量

があると仮定した場合、100日間でのマス1個あたりの供給水量は1.4m³と微量であり、現地の泥の新たな堆積の影響が卓越している。

改善を期待したこの実験では、底泥の堆積が卓越し十分な効果が得られなかったが、環境教育の視点では、こうした事例からも学べることは少なくないものと考えられる。

4. ケーススタディを活かした環境教育の試み

3-3. では、簡易な構造による菊田川底質環境の改善の難しさを確認した。構造の改善機能を上回る新たな底泥の堆積と時間経過による構造機能の低下・劣化が大きな原因である。こうした改善の難しさを示すデータを環境教育に利用することを考え、本学3年生のカリキュラム実験内で取り組み結果を紹介するとともに、ビオトープの構造要素を用いた新たな構造設置の検討、提案を課題とした。

河川での構造の工夫事例を既往知見から紹介し、「菊田川の底質環境を改善するために、みなさんはどのような工夫をしますか」、「期待する機能を考えながら構造の組み合わせを考えてみてください」等の問いかけを試みた。用いる構造、期待する機能、生物生息効果とともに用いる材料の4点について提案するような方向性を提供した。

図7は、17名4班での提案構造について、河川全体の改善あるいは局所的な改善のいずれを提案したかを示したものである。全体での提案総数は127であり、紹介された事例の空間スケールだけでなく、河川全体の広範囲を意識した学生の提案が少なからず見られた。

図8は、提案に用いられた構造要素を示したものである。突起型・棒状型、粒状型、段差型、凸型での提案が多く見られた。図9は、これらの組み合わせで期待された効果を整理したものである。河川域の水質・底質の直接的な改善、底泥の堆積を低減させるための流速制御、生物生息場の提供、長期的な利用による管理が意識されている。

改善手段や実際の設置方法、コスト面の知識不足もあり、すぐに設置できるものは少なかったものの、多くの提案の中にはユニークな構造案が見られ、技術的なコミュニケーションとしての構造要素の指標の有用性が確認された。今



図7 構造設置の対象範囲

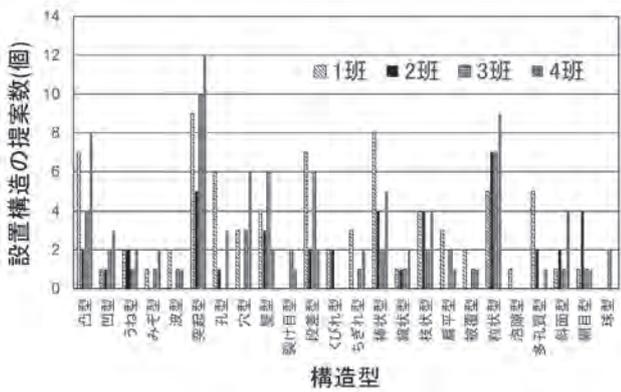


図8 各構造要素の提案数

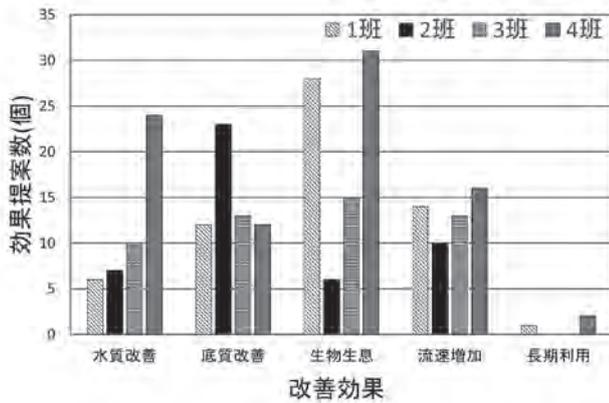


図9 構造提案の期待する効果

後のカリキュラム実験においては、構造要素のデータベースなどを提供することにより、より現実的かつ実効的な構造提案につながる仕組みを検討していくことが必要と考えられる。

5. おわりに

生物観察、生物採集における構造指標に関連した経験、実際に河川内に入って活動をした時の構造の改善、失敗例に学ぶ保全・再生の難しさと代替の構造提案により、環境保全・再生の学習効果があることが確認された。今後も環境教育効果を視野に入れた様々な取り組みを展開していく予定である。

謝辞：本研究における菊田川の簡易構造の調査の実施にあたっては、習志野市役所都市整備部下水道課より地域の下水道整備の経緯をご教示いただくとともに、千葉県千葉土木事務所より河川調査の許可をいただいた。ここに記して謝意を表する。

本研究に関する主な発表論文

- (1) 細矢拓磨・五明美智男：水路における魚類の生息実態と構造特性との関係，第41回土木学会関東支部技術研究発表会，Ⅶ-12.
- (2) 鈴木拓弥・五明美智男：住民活動の耕耘効果とS Iモデル提案に関する研究，第41回土木学会関東支部技術研究発表会，Ⅶ-41.
- (3) 木村仁志・五明美智男：各種構造を用いた臨海部河川環境改善手法の研究，第41回土木学会関東支部技術研究発表会，Ⅶ-9.

参考文献

- (1) 杉山恵一：ビオトープの形態学－環境の物理的構造，朝倉書店，p.156 (1995)
- (2) 五明美智男・村上和仁・池田真啓・森祐貴・箕輪康太・吉田隼人：ビオトープの構造要素を用いた身近な環境の評価，千葉工業大学研究報告（理工編），No.61，pp.59-66 (2014)
- (3) 五明美智男：技術コミュニケーションを促す住民視点の水域底質改善の試み，土木学会論文集B3（海洋開発），Vol.70，No.2，pp.1_1158-1_1163 (2014).
- (4) 山口県土木建築部河川課：水辺の小わざ，山口県，p.271.
- (5) 岩尾大輔・五十嵐学・増田龍哉・御園生敏治・滝川清：有明海における人工巣穴を用いた底質改善技術に関する研究，土木学会論文集B3（海洋開発），Vol.67，No.2，pp.1_499-1_504 (2011).