

---

---

# ビオトープの構造要素を用いた身近な環境の評価

## Evaluation of Surrounding Environment 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1年  
森 祐貴  
生命環境科学科 卒業生  
箕輪 康太  
生命環境科学科 卒業生  
吉田 隼人  
生命環境科学科 卒業生

●  
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  
Yuuki MORI  
Department of Life and Environmental Sciences, Graduate  
Kouta MINOWA  
Department of Life and Environmental Sciences, Graduate  
Hayato YOSHIDA  
Department of Life and Environmental Sciences, Graduate

●  
2013年9月20日受付

●  
Received : 20 September 2013

---

Many indexes and methods have been developed for habitat evaluation and environmental assessment from the standpoint of precise and quantitative understanding. However, applying these tools requires much skill and know-how. From the perspective of environmental education, in this study, an evaluation method that can bring out a beginner's or student's interest in the surrounding environment was developed. An index sheet that helps with locating the structural and physical elements of biotopes in field observation was introduced based on the works of Sugiyama (1995) and of Sugiyama and Fukutome (1999). Trial field experiments were conducted as part of the regular curriculum and graduation work. The students found various elements from their observation. The number of located elements depended on both one's power of observation and action, and the types of element found were likely to increase by considering natural elements and artificial elements separately.

キーワード：ビオトープ, 構造要素, 物理構造, 環境評価, 学生実験

---

### 1. はじめに

自然環境復元運動が始まってから約20年、ホテルの里、トンボの里、近自然工法などのビオトープづくりの取り組みは、市民、専門家双方に定着してきた。杉山・福留(1999)<sup>1)</sup>によれば、そもそも学術用語として「生物相で特徴づけられる野生生物の生活環境」という意味を持つビオトープは、自然環境復元運動の目標として掲げられ、また市民運動の対象としての身近な自然環境としてとらえられることが多

いとされている。こうした展開の中で、生息場の復元の具体的な形として、環境の物理的な構造の復元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は、一般的に理解されるとともに必要なプロセスとして共有されているものと考えられる。しかしながら、生態・生物学の視点とビオトープ造成に直接関わる工学の視点とでは、当初よりその解釈、事業への取り組み方などに大きな相違が見られることも事実である。

自然環境復元運動の第一人者である杉山 (1990)<sup>2)</sup> は、こうしたギャップを埋め、工学系の関係者の理解を深める指標として、豊かな生態系をつくりだす環境の物理的構造に着目した。提案されたピオトープの構造要素とは、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。例えば、界面の一部が持ち上がり山となる構造を凸型構造、反対に窪んだ構造を凹型構造、凸型の高さが増した構造を突起構造、凹型の深さが増した穴構造など、界面が作り出す物理的構造について鮮明な図解と豊富な写真で説明を加えている (図1)。

著者らは、提案された構造要素のわかりやすさに着目した上で、環境を創出するデザイン指標としてではなく、環境を観察する指標として利用することを考えた。すなわち、環境系の学生が身近な環境に興味を持ち、理解し、定性的に評価するための指標としての可能性を探ることとした。環境評価手法あるいは指標としてすでに数多くのものが提案され、著者らも観察者の感性も取り入れた水環境の評価例を報告しているが<sup>3)</sup>、物理的構造から環境を評価した既往研究はほとんどない。

以上のような背景から、本研究では、ピオトープの構造要素を用いた身近な環境の評価法を確立することを目的として、上述の指標を2つの学生実験に適用し、妥当性、改善点を確認するとともに、有用性、発展性を検討した。なお、本評価法は、座学を進めてきた学生の環境理解、市民環境活動における環境理解等の環境学習効果を期するものであるが、ピオトープの構造要素を用いていることから、生物生息場の評価まで展開できるものと考えている。本報告で

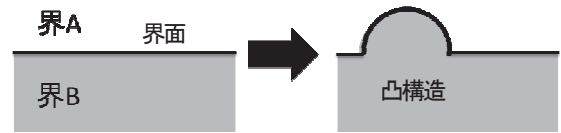


図1 界面の運動・変形による凸型構造の出現<sup>1)</sup>

は、調査時の観察項目の1つとして生物生息の有無と可能性を取り入れ分析することにより、生息場評価法としての発展性も検討することとした。

## 2. 調査方法

水質等の理化学的指標、採集生物等の生物学的指標ではなく、視覚で得られる物理的な構造要素を指標とすることから、調査法の理解が大変重要となる。以下、千葉工業大学の講義実験内での調査方法の学習、カリキュラムとしての学生実験、卒業研究としての学生実験について述べる。

### 2.1 構造要素を用いた調査シートの作成

界面の運動・変形によりできるそれぞれの構造の関連性を矢印で表示し、構造要素関連図を作成し、これを調査シートとした (図2)。なお、ここでは、学生の理解を容易にするために、杉山の提案した構造を複合したものや名称を変更したものが含まれている。実験ガイダンスでは、構造関連図の各構造の説明を行い、各構造として判定される具体例を例示することで理解を促した (例えば、写真1~写真8)。

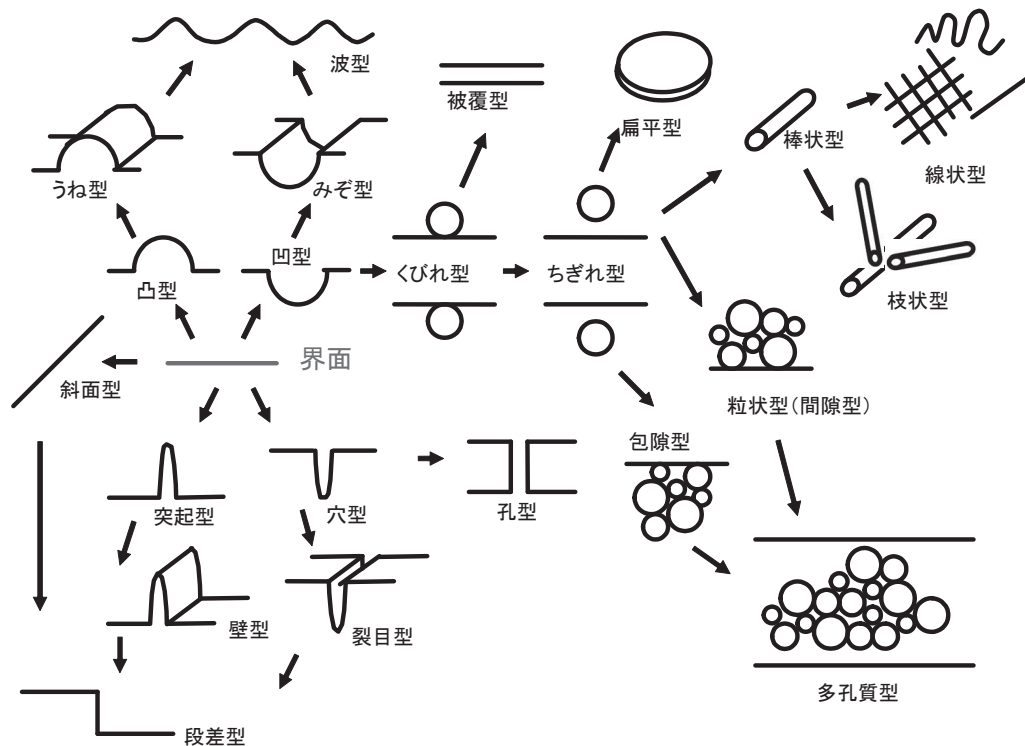


図2 ピオトープ構造要素の関連図





写真1 凸型構造例 (トビハゼの巣穴)

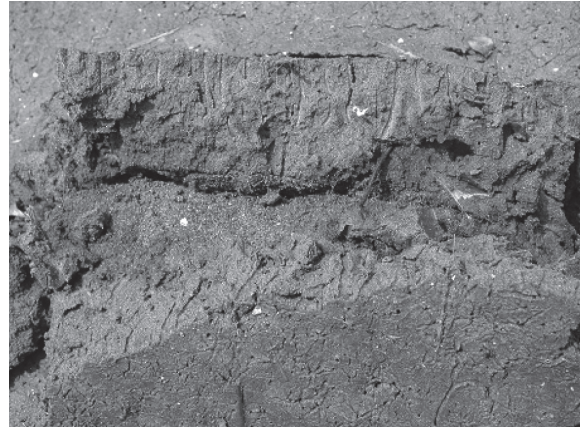


写真5 穴型構造例 (底性生物の巣穴)



写真2 凹型構造例 (人工タイドプール)



写真6 裂目型構造例 (人工突堤の捨石)



写真3 うね型・みぞ型構造例 (畦道と水路)



写真7 段差型構造例 (公園の階段式水路)



写真4 波型構造例 (鋼矢板護岸と畑)

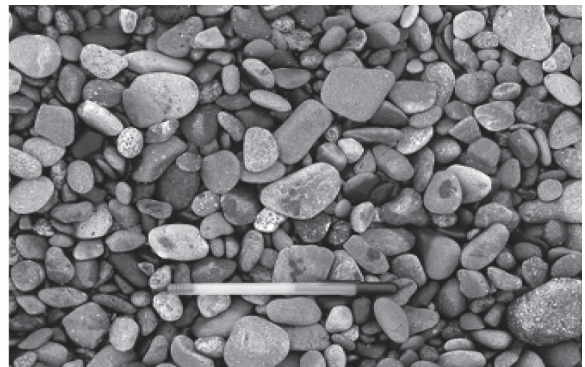


写真8 粒状型構造例 (海岸の礫)

## 2.2 カリキュラム学生実験

千葉工業大学新習志野キャンパス内での学生実験で、1回あたり学生約20数名が個人で構造を探した。調査時間は2時間～2時間半とした。構造を発見した場合には、前述の構造図より構造の種類を判別し、記録用紙に発見した構造要素の名称、種類、スケール、発見した構造での生物生息の有無・可能性を記入し、発見した構造を写真撮影した。構造のスケールは目視で判断し、 $10^{-3} \sim 10^2\text{m}$ の6段階から近い数値を記録した。

この実験結果より、調査方法のあいまいさやデータのばらつき、発見要素数の個人差について検討した。また、生物生息の有無・可能性に関する記入結果の分析から、生物生息場の評価法への発展性について検討した。

## 2.3 卒業研究学生実験

調査方法の有用性の確認や改善のために、異なった地点にてカリキュラム学生実験と同様の実験を実施した。研究室学生6～9人により、調査時間を1時間とした。調査地点としては、前述の新習志野キャンパスと類似する千葉工業大学津田沼キャンパスおよび景観の大きく異なる谷津干潟の2地点とした。ここでは、調査地点の景観により、建物の多い津田沼キャンパスを人工環境、植物が多く大きな水面を有する谷津干潟を自然環境とした。以後、津田沼キャンパスを人工環境、谷津干潟を自然環境とする。

## 3. カリキュラム学生実験結果

カリキュラム学生実験に参加した学生は全体で69人であった。ここでは、構造要素の名称、種類、スケール、生物生息の有無のすべてのデータが記載されていた39人の調査データを集計、分析した。なお、これらには、発見した構造要素の名称の間違いも含まれることから誤答としての検証も行った。

### 3.1 全体的傾向

図3に示すように、全体および1人あたりの発見構造数は、それぞれ1780個、約46個となった。調査地点の構造には棒状型、線状型、枝状型が多く見られ、多くの構造が植物の枝、茎等から見出されていることが確認された。典型的な構造を見出した対象物を付写真1～3に示す。

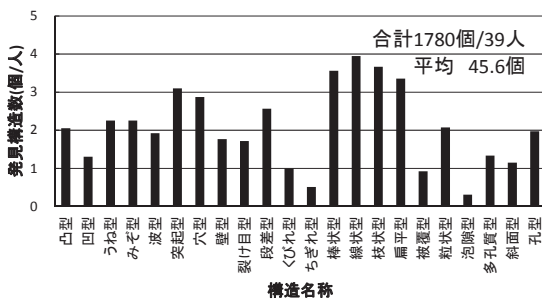


図3 カリキュラム学生実験における平均発見構造数

## 3.2 誤答率

集計データの中には、構造を間違えて見出したものも含まれる。そこで、どのような構造が誤答とされたかを確認するために、全体の誤答割合、構造別の誤答率を集計した。構造の中には凸型と突起型などのように類似の構造も存在することから、ここでは明らかに間違えている構造を誤答として集計をした(図4, 図5)。

図4より全体の誤答割合として、くびれ型が約3割、次いでちぎれ型が多く、孔型、泡隙型、多孔質型が約1割を占めていることがわかった。図5より各構造別の誤答率を見ると、泡隙型の構造が全て間違えられていることが明らかとなった。泡隙型は水の泡や油が固体によって包まれているような構造を示すもので、粒状型、包隙型を含む多孔質型と混同した記録が目立っていた。誤答率の高くくびれ型、ちぎれ型については、構造に対する理解不足と考えられ、ガイダンス時におけるよりわかりやすい説明が不可欠であることが示唆された。

### 3.3 複合構造発見数

ガイダンス時には、1つの対象物に複数の構造が見られたり、見る方向やスケールによって構造が変化したりすることを説明した。しかしながら、結果として1つの調査対象物に対して1つの構造を見出している学生と、1つの調査対象物から複数の構造を見出している学生とに大きな差が生じた。

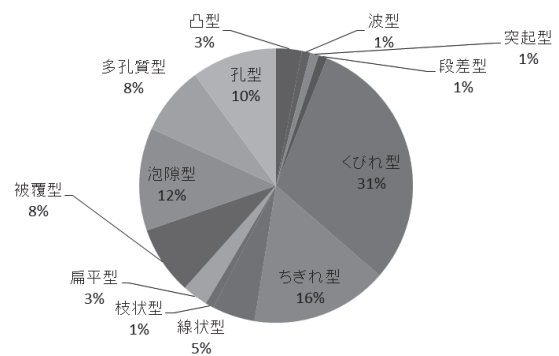


図4 全体での誤答割合

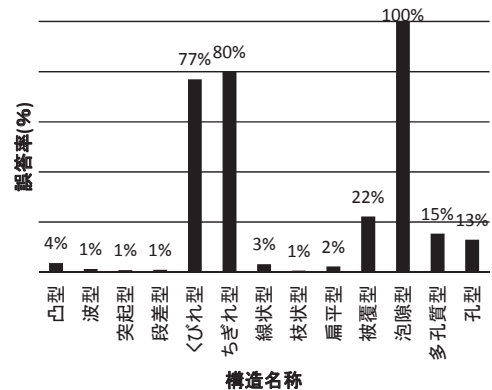


図5 各構造の誤答率



図6は、調査対象物の数とそこから発見した構造数の関係を示したものである。調査対象物の数は学生の行動力を、また発見構造の数は学生の観察力を示すものと考えられる。学生は1つの対象物から1～2個の構造を発見していること、中には1つの対象物から3つ以上の構造を見出している学生も存在することがわかる。明らかに学生の行動力と観察力には個人差があり、こうした差を減少させるためには、個人差を想定したガイダンス時の説明や調査実施時のフォローなど細かい配慮と指導が必要と考えられる。

### 3.4 構造発見数上位、下位学生の特徴

構造を多く発見した学生と少ない学生の相違を確認するために、発見構造数が多い上位3名と発見構造数が少ない下位3名の平均データを比較した。

図7に示した上位3名の結果では、1人あたりの発見構造数は約92個で、構造は穴型が多く、続いて棒状型、線状型、枝状型が多く見られた。一方、図8の下位3名の結果では、1人あたりの構造発見数は約21個で、構造は突起型、枝状型が多く見られた。発見数としては両者には4倍以上の差があることがわかった。

発見構造を比べてみると、上位3名は平均的に多くの種類の構造を発見できているが、下位3名は発見できていない構造が散見した。これらの差の要因としては、調査に対する学生のモチベーション、構造要素や調査方法の理解度、天候、フィールド調査への慣れなどが関係しているものと考えられる。

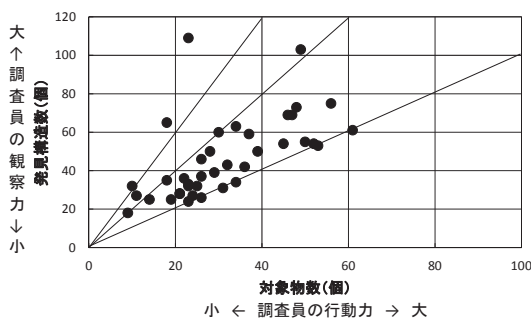


図6 発見構造数からみた学生の行動力と観察力

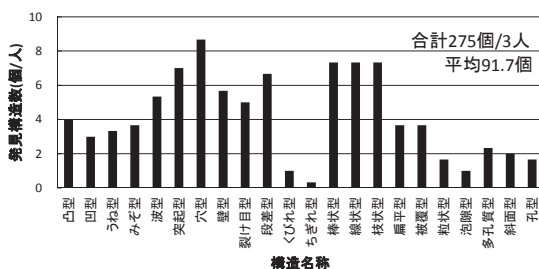


図7 発見構造数上位3名の特性

## 4. 卒業研究学生実験結果

卒業研究学生実験の参加者は、前述のカリキュラム学生実験のティーチングアシスタントとしての経験を有する学生である。ここでは、研究室人数の制約等からカリキュラム学生実験の約1/10の人数、1/2の調査時間として実験を行った。学生の母数や時間、経験による発見構造数の変化を分析するとともに、調査方法の改善、カリキュラム学生実験へのフィードバックの検討を行った。

### 4.1 全体的傾向

人工環境、自然環境における調査結果を図9に示す。これより、人工環境での1人あたりの発見構造数は約19個とカリキュラム学生実験の結果より少ない結果となっている。この理由としては、調査時間を約半分としたことが主要因と考えられる。調査地点の特徴としては、突起型の構造が多く見られる結果となった。

一方、自然環境での1人あたりの発見構造数は約14個と人工環境よりも少ないことがわかった。調査地は樹木などの植物が多いため同じ種類の構造が多く、学生がその他の構造を発見するのが難しかったものと考えられる。構造の特徴としては、突起型が多く見られる人工環境と類似した結果となった。典型的な構造を見出した対象物を付写真4～7に示す。

### 4.2 発見構造の特徴

両環境ともに突起型の構造が多く見出されていたが、人工環境では建物や街灯など、自然環境では水鳥の止まり木

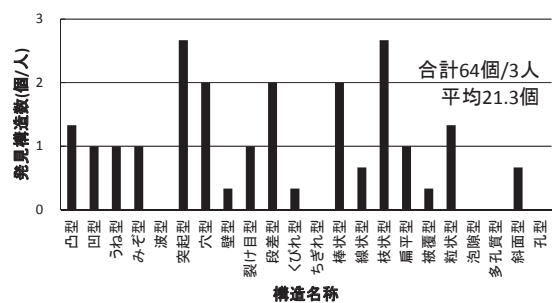


図8 発見構造数下位3名の特性

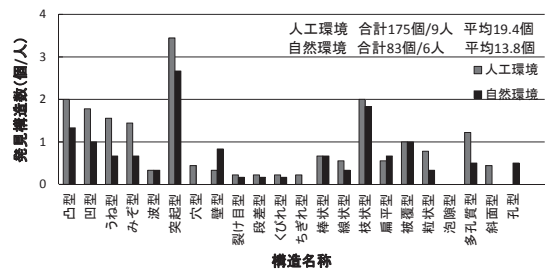


図9 人工環境、自然環境における平均発見構造数

などから構造が見出されていた。しかしながら、植物が多く、人工環境とは景観も全く異なる自然環境でありながら、構造の特徴が類似した点について詳細を見てみると、学生は自然環境からも、街灯など人工環境にも存在する人工物を中心に構造を見出していることが明らかとなった。人工環境の次に自然環境を対象とした調査の順序、自然環境への慣れなどが影響しているものと考えられる。

### 4.3 調査方法改善とその結果

調査の順序、自然環境への慣れの差などが結果に影響することを避けるため、調査対象に人工物、自然物があることを事前に周知することとし、調査項目に人工物、自然物の項目を追加した。その試用として卒業研究学生実験にて調査を実施した。その調査結果を図10～図15に示す。

図10より、人工環境の1人あたりの発見構造数は約27個となり構造数は増加した。図11、図12に示すように、人工物、自然物に分けて集計すると、人工物の発見構造数は1人あたり約21個、自然物の発見構造数は約7個となった。それぞれの構造の特徴を見ると人工物は突起型の構造が多く、自然物は枝状型の構造が多いことがわかった。また、図13より、自然環境の1人あたりの発見構造数は約26個となり、自然環境においても構造数が増加した。図14,15に示すように、人工物の発見構造数は1人あたり約17個、自然物の発見構造数は約9個となった。

人工環境、自然環境の構造の特徴から、突起型が多い原因としては、自然環境中にある人工物であることが確認された。また、人工環境、自然環境の両方の調査を行った6名の学生へのヒアリングから「構造を自然物、人工物に分

けるように指示があると構造を探しやすい」との意見があった。調査に対する慣れとともに、自然物、人工物の区別も発見構造数に対する重要な要因となる可能性が示唆された。

以上より、人工環境、自然環境にかかわらず人工物、自然物に個別に注目することで発見構造数の増加が期待される。母数の少ない調査での結果ではあるが、カリキュラム学生実験に反映し、同様の結果が得られるかどうかの検証をしたいと考えている。

## 5. 評価法としての有用性と発展性

### 5.1 有用性

今回、新たに提案した指標を学生実験で使用した理由と

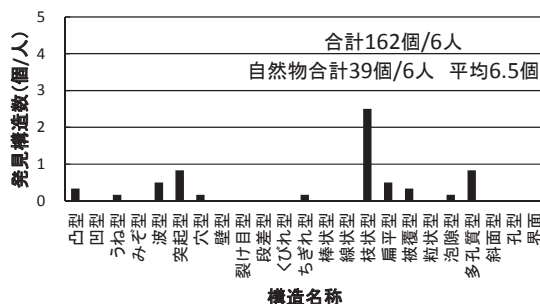


図12 人工環境における自然物平均発見構造数

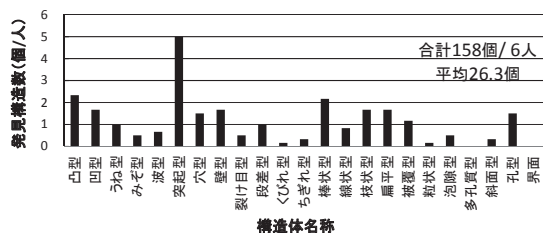


図13 自然環境における平均発見構造数 (項目追加後)

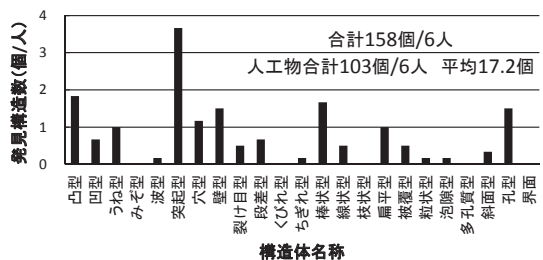


図14 自然環境における人工物平均発見構造数

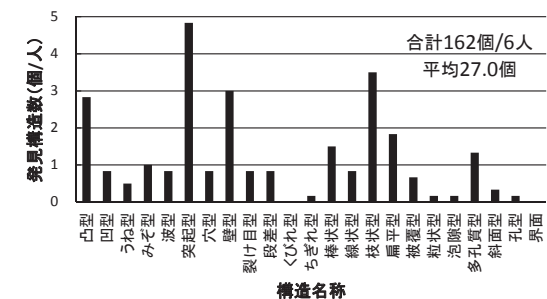


図10 人工環境における平均発見構造数 (項目追加後)

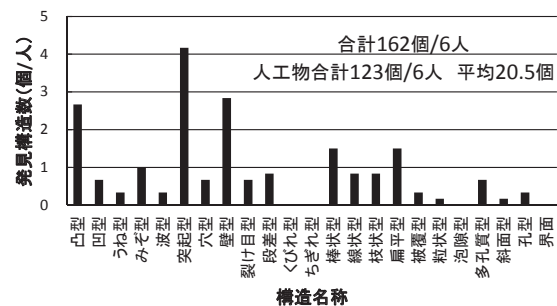


図11 人工環境における人工物平均発見構造数

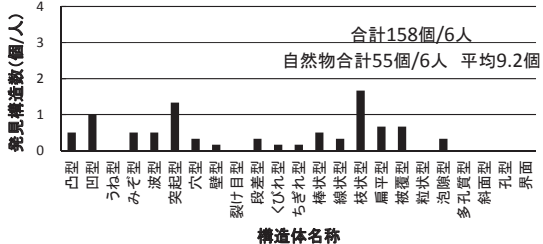


図15 自然環境における自然物平均発見構造数

して、物理的な形から環境調査を行うため、説明を受ければ誰にでも調査が容易に行えることがある。キャンパスで学びながらキャンパス内の環境を見ていないといった状況から、身近な環境への気づきの機会として十分に有効な方法であると考えられる。しかしながら、カリキュラムでの運用の効果を高めるためには、前述のように、学生の個人差があることをふまえた準備とガイダンス、調査中のサポートが必要である。

## 5.2 発展性

卒業研究学生実験の結果から、環境の異なる地点でも調査が可能であること、項目を追加、改善することによって発見構造数の増加の可能性があることがわかった。しかし、環境を評価するにあたっては、生物の生息の関連性、調査対象の材質、季節による景観、構造の変化も考慮する必要があり、今後の課題と言える。

今回のカリキュラム学生実験では、こうした課題の1つである生物生息の有無とその可能性についての調査結果も得られている。そこで、生物生息が確認された、あるいはその可能性が指摘された構造のみを集計した。その結果、図16に示すように、全体の発見構造数は1020個、1人あたりの発見構造数は約26個となり、総数の半数以上が生物生息可能な構造であることが確認された。学生は、生物の利用の痕跡がある構造や、実際に生物の利用が確認できた構造を意識して、また生物生息場に関する知識から推測して調査を行ったものと考えられる。

様々な構造に生物の生息および生息の可能性が確認されたが、中でも枝状型の構造での発見数が多いことが特徴的である。調査結果では、植物の枝を構造として捉え、鳥類の休息場、昆虫の生息場としての利用などを想定していることが確認されている。こうした事実から、今後、生物生息に関する調査項目を適切に設定することで、生物生息場の評価法としての利用も期待される。

## 6. おわりに

多くの学生が身近な環境に関心を持ち、多様な構造を発見できたことから、評価法としての当初のねらいは達成できたものと判断できる。周囲の環境への理解を深めるため

に、よりわかりやすく容易な方法として、また生物生息場の評価法への発展を目指して、カリキュラムでの実験を通じた改良を続けたいと考えている。

### 本研究に関する主な発表論文

- 1) 池田真啓・五明美智男：人工・自然環境に見られる物理的構造に関する研究，第40回土木学会関東支部技術研究発表会 宇都宮 (2013.3)

### 参考文献

- 1) 杉山恵一・福留脩文編：ビオトープの構造－ハビタット・エコロジー入門－，朝倉書店，p.181 (1999)
- 2) 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)
- 3) 村上和仁・五明美智男他：人工的自然干潟と自然的人工干潟の環境調査－干潟版水環境健全性指標による比較解析－，千葉工業大学研究報告 (理工編)，No.60，pp.73-77 (2013)

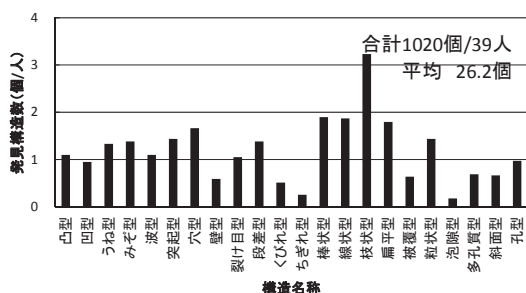


図16 カリキュラム学生実験における生物生息場としての平均発見構造数





付写真1 棒状型構造 (カリキュラム学生実験)



付写真5 人工環境突起型 (建物)



付写真2 枝状型構造 (カリキュラム学生実験)



付写真6 自然環境突起型 (杭)



付写真3 線状型構造 (カリキュラム学生実験)



付写真7 自然環境突起型 (パイロン, 周囲の杭)



付写真4 人工環境突起型 (街灯)