

水生生物による環境調査を行う際の問題点

高島 義和

1. はじめに

生物を用いた環境調査を行うときには、様々な作業を経なければならない。このうち、(1)採集された生物を同定する、(2)同定した生物をリストにまとめる、(3)同定された各生物の持つ属性(量や指標性など)から、環境と生物の間の関わりについて考察する、という3つの要素は、調査結果をまとめる上で重要な役割を果たすものである。しかし、これら3つの作業は現状ではどれも難しく、すぐれた調査を行う上での障害となっている。どのような問題が潜んでいるのか、これらの問題をどう解決すればよいのかについて、以下に述べる。

2. 生物の同定に関する問題

生物の同定は、一般に考えられているよりも難しい行為であり、本来は分類学者が行うべき仕事である。しかし、現在、日本全国津々浦々で行われている環境調査全てに分類学者が関わることはできない。そこで、生物同定の技能を身につけた技術者が同定作業を行うことになる。

技術者には様々な制約があり、記載論文を漏れなく集め参照したり、模式標本を取り寄せ比較するなど、分類学者が行うような同定作業を行うことがほとんど不可能である。そこで、図鑑や検索表など、一般向けに制作された文献をもとに同定作業を行うことになる。しかし、これら一般向け同定ガイドには不十分な点が多く、正確な同定を支援できていない。一般向け同定ガイドの主要な形式である図鑑と検索表の問題点を次に述べる。

2a. 図鑑の問題点

図鑑の問題点としては、まず、ほとんどの図鑑では掲載されている種が限られていることが挙げられる。情報源が一部の種に限られているならば、そのような図鑑に頼った同定に誤りが生じることについては説明の要がないであろう。

図鑑にみられるもう一つの問題は、情報が的確に整理されていないという点である。生物を同定するにあたっては、「この種はこのような点でこれらの種と似ているが、これらの点で区別できる」という情報が必要である。しかし、図鑑に掲載されている記述には、この識別に必要な情報がよく整理されていない場合が散見される。これは、同定の能率を低下させるばかりではなく、正確な同定に対する妨げとなる。

2b. 検索表の問題点

少し専門的な調査になると、生物の同定には、図鑑と併せて検索表が用いられる。ところで、検索表のうちでも特に広く普及している二分岐式の検索表は、大きな欠陥を抱えており、同定の助けどころか、誤同定の温床とさえなりかねない危険性を持っている。二分岐式の検索表がもつ問題点を以下に指摘する。

2b-1. 網羅的ではない場合、誤同定の危険性が大きい

網羅的でない、すなわち掲載種が限られている場合、図鑑と同様、誤同定が生じる。ただし、図鑑であれば、図と記述が一般に豊富であるため、あからさまな誤同定は起こりにくい。ところが、検索表で

は、一般に含まれる情報が図鑑よりもはるかに少なく、図鑑によるものと比べて、スケールの大きな誤同定が生じる。この意味で、網羅的ではないことによる弊害が、図鑑よりも悪質であると言える。

2b-2. キーとなる形質状態の見極めが難しい

二分岐式検索表とは、次々に現れる条件に従ってグループを細分化していくという形式である。一般に、検索の始めでは、個々の条件により導き出されるグループが大きい、すなわち多数の構成員を含むものとなる。グループを導き出すためのキーとなる形質状態は、導き出されるグループの構成員全てに認められるものでなければならない。ところで、大きなグループになる程、構成員全てに共通する形質状態は、極めて些細で、認識が困難なものとなる場合が多い。例えば、魚類という大きなグループを導き出す際には、魚類全てに共通する特徴を見いださなければならないが、これは極めて困難であることが容易に想像できるであろう。なお、些細な形質状態の見極めは、大きなグループのキーばかりではなく、より検索が進んだところでも必要とされる場合がよくある。二分岐式検索表では、このような些細で認識が困難な形質状態の見極めが基本的に要求される。二分岐式検索表に感じられる難解さの主な原因はここにあるといえる。このようなものを用い続ける限り、誤同定は絶えないであろう。

2b-3. 形質状態の分布が完全に示されない

例えば図1に示すような構造の検索表があったとしよう。この場合、形質3の状態は、種Aではe、種Bではfとわかるが、他の種C~Fではわからない。例えば種CとEでも形質3の状態がeであったとしても、検索表にはその情報は現れない。形質3がeだからといって、必ずしもその標本が種Aであるとは限らないのである。この検索表では、形質3がキーとなる点Pまで正しく到達できて、はじめて形質3の見極めが有効となる。ところで、形質3の状態e、fの判別は容易であるのだが、点Pに至るま

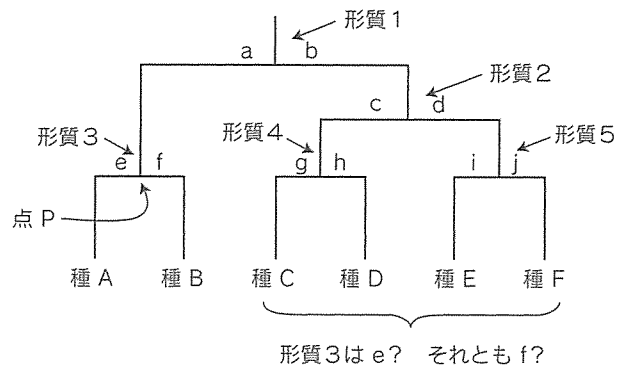


図1 二分岐式検索表の例。形質1には状態aとb、形質2には状態cとdがあり、これらの形質と状態によりグループ分けを行っていることを示す。形質3~5でも同様。

での検索が難解であるという場合に遭遇することがよくある。もし種C~Fのそれぞれについても、形質3がeであるのか、fであるのかを示されてさえいれば、「形質3の状態がeである」という情報のみで、その標本を種Aと同定して良いのか、そうではないのかを判断することが可能となり、より確実にスピーディーな同定が実現する。二分岐式検索ではこれができずに歯がゆい思いをしたり、ときには、「形質3がeだから、これは種Aである」という早合点による誤同定が生じることがある。

2c. よりよい生物検索の形式...マトリクスキー

このような二分岐式検索の不都合な問題をどのように解決したら良いであろうか。これには、マトリクスキー(表1)を採用するのがよい。

このようなマトリクスキーを用いれば、二分岐式検索表よりも豊富な情報を扱えるため、たとえ網羅的でなくとも、図鑑と同じ効果により、大きな誤同定を防ぐことができる。また、グループ全てが共有する特徴に頼るのではなく、その種が有する様々な

表1 マトリクスキーの例。

種名	形質1	形質2	形質3	形質4	...
○○カゲロウ	ある	長い	2本	太い	
△△カゲロウ	ない	短い	3本	細い	
□□カゲロウ	ない	長い	3本	細い	
	∴	∴	∴	∴	

特徴に注目した、多様な絞り込みが可能となる。利用者は、カード式データベースを用いるのと同じ感覚で、柔軟な検索を行うことができる。

このように便利なマトリクスキーであるが、なお改善したい点がある。それは、「長い」、「短い」などのように、程度を表す言葉の表現についてである。このように程度を表す言葉は、検索表には本来用いるべきではないが、実際に検索表を作成してみると、ある程度使用を避け得ない。この問題を解決するには、程度を表す言葉で説明している部分を、図で示すことである。すなわち、図入りのマトリクスキーをつくるのが非常に有効である。

これまで、生物の同定には、二分岐式検索表が広く使われてきたが、これは、「生物の同定なら二分岐式検索だ」という因習でしかない。今後は、図入りのマトリクスキーの広範な普及が望まれる。

3. 同定した生物をリストにまとめる問題

生物を同定した結果を提示するには、何らかの表を利用することになるだろう。例えば、地点別のどの種が何個体出現したか、という情報をまとめた表がよく用いられる。このような表は、簡単に作成できるように思われるかもしれないが、実際にできあがる表は、かなり曖昧なものになってしまうのが実状である。これは、サンプルに含まれる各個体を必ずしもいつも種まで同定することが出来ない(更に一般的にいうと、同定が到達するレベルが揃わない)ことに原因がある。

表2aに示した分類体系に所属するカゲロウ類が生息する河川で、Aさん、Bさん、Cさん、Dさんの4人がそれぞれ採集を行い、これらのカゲロウ類の同定を行ったとしよう。それぞれが出した結果が表2b～eである。ところで、Aさんが種まで同定することができず○○カゲロウ属としたものは実は△△カゲロウ、Bさんが種まで同定できず○○カゲロウ属としたものは実は●●カゲロウ、Cさんが種まで同定できず○○カゲロウ属としたものは実は▲▲カゲロウであった。この場合、AさんとBさんが

表2a～e 同定が種まで至らないときに、できあがる生物リストに生じる不都合を説明する例。a: ここで扱うカゲロウ類の分類体系。b～e: 4名の異なる人それぞれの同定結果。矢印は、高次分類群の実体が何であるか、例えば表1bでは、○○カゲロウ属と同定されたものの実体が△△カゲロウであることを示す。AさんとBさんが実際に得たサンプルに出現したカゲロウ類の種構成は同じなのだが、2名の同定レベルが異なるため、それぞれの表に示される種構成が異なってしまう。BさんとCさんの例では、実際に得たサンプルの種構成が異なっても、同定結果が同じになっている。

表2a

- カゲロウ科
- カゲロウ属
- カゲロウ
- カゲロウ
- △△カゲロウ
- ▲▲カゲロウ

表2b. Aさんの同定結果

種	地点1	地点2
○○カゲロウ	○	
●●カゲロウ		○
○○カゲロウ属	○	○
↓		
△△カゲロウ		

表2c. Bさんの同定結果

種	地点1	地点2
○○カゲロウ	○	
△△カゲロウ	○	○
○○カゲロウ属		○
↓		
●●カゲロウ		

表2d. Cさんの同定結果

種	地点1	地点2
○○カゲロウ	○	
△△カゲロウ	○	○
○○カゲロウ属		○
↓		
▲▲カゲロウ		

表2e. Dさんの同定結果

種	地点1	地点2
○○カゲロウ	○	
△△カゲロウ	○	○
○○カゲロウ科	○	○
↓		
○○カゲロウの若齢個体		

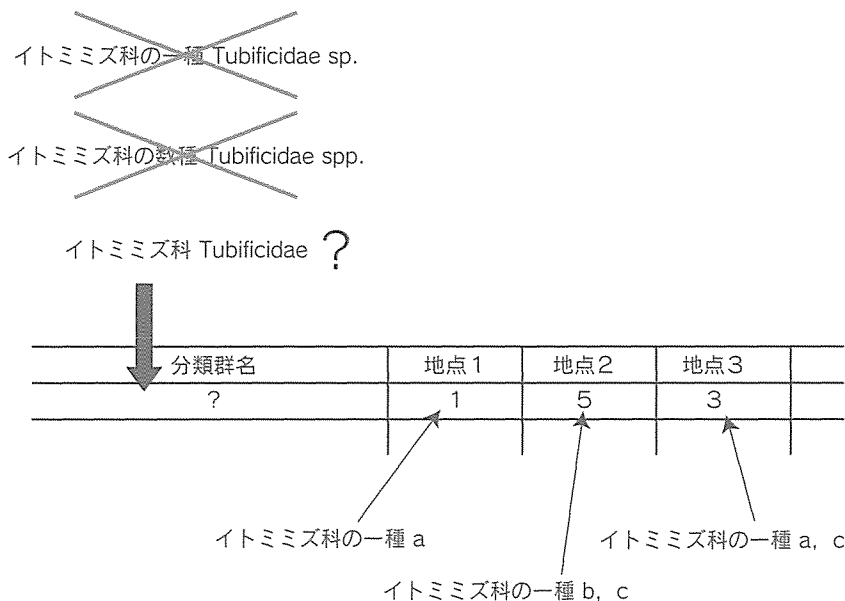
それぞれ採集をして得た実際のサンプルの出現種構成は同じであるにも係わらず、AさんとBさんが結果に示した種構成は異なってしまう。BさんとCさんの例では、その逆である。また、Dさんの例では、○○カゲロウの若齢個体を、科までの同定としている(表2e、○○カゲロウ科)が、A、B、Cの3名がこれを○○カゲロウに含めたとすれば、Dさんの結果は他の3名の結果とは同列に扱えないであろう。更に複雑なことに、「○○カゲロウ科」のよ

うな高次分類群には、「○○カゲロウ若齢」と「▲▲カゲロウ」のように複数の実体が含まれてしまうこともある。このように、「○○カゲロウ属」、「○○カゲロウ科」のような高次分類群は、注意しなければゴミ箱のように扱われてしまうが、完璧な同定が困難な環境調査では、これは不可避的であろう。これら4名の結果を統合しようとする、多くのエラーが発生するのは説明するまでもない。このような現状で種構成の比較や数値解析などを行っても、どれだけ意義のある結論を導き出せるのか、不安が感じられる。種まで同定できなければ属まで、属まで同定できなければ科まで、というような同定はよく行われるが、結果を正しく見つめようとするならば、この方法は改善する必要がある。完璧な同定が望めない以上、種まで同定できるように同定精度を上げる、という目標を置くのではなく、表の表記方法を考え直さなければならないのである。なお、ここでは話の見通しをよくするために、複数の人間による不一致の例を出したが、このような現象は、同一人物が

時を違えて行った同定の間にも起こりうる。

更に、リストづくりについては、次のような問題もある。いくつかの地点で、イトミミズ類を同定して、その結果をリストにしたのが、表3である。ここで、地点1は1種のようなのだが、地点2や3は複数種を含んでいるようであり、属レベルでの同定や、せめてタイプ分けでも出来ればよいのだが、それも困難であったとする。イトミミズ類のように同定が困難な分類群では、このような状況にしばしば出くわす。この場合、分類群名をどうしたら良いであろうか。「イトミミズ科の一種 Tubificidae sp.」、「イトミミズ科の数種 Tubificidae spp.」ではどちらも間違いである。そこで、どちらかに限定せずに、「イトミミズ科 Tubificidae」と表記することがよく行われる。しかし、この表記は、「イトミミズ科の一種」や「イトミミズ科の数種」という意味で用いられる場合もある。これは曖昧な表記であり、結果の正確な解釈を不可能にする。同定者が直面した状況を正しく表現できる表記方法を開発する必要がある。

表3 生物リストに分類群名を記入する際に生じる困難について。地点1のサンプルにはイトミミズ科の一種 aのみ、地点2のサンプルには、少なくともイトミミズ科の一種 bと cが、地点3のサンプルには、少なくともイトミミズ科の一種 aと cが含まれており、かつこれらを明瞭に種別に区別して扱うことは困難であった。この場合、分類群名をどうすべきか？



以上の2つの例で述べたような、同定結果を表にまとめる際に生じる様々な問題については、これまであまり重視されてこなかったようである。しかし、このままでは、せっかくの同定結果もガラクタになってしまうと言っても過言ではない。これらの問題に対する解決策を考え出すことは容易ではないが、よく考え、優れたリスト作成法を模索していかなければならないだろう。

4. 環境と生物の関係についての問題

どのような生物が、どのような環境を好み生息するのか、という、生物と環境の対応が分かれば、生物の存在により、その場の環境について知ることができる。すなわち、生物が環境の指標となる。

水生生物では、現在、水質汚濁などの、環境に関する指標性が、多くの種に与えられてはいる。しかし、その実態をみると、まともな解析に耐えうるだけの具体性を伴った指標性が与えられているとは言えないようである。

古くに提唱され、今なお用いられている指標性には、汚水生物系列がある。これは、水域を清冽なものから汚濁されたものへ、貧腐水性(os)、 β 中腐水性(β ms)、 α 中腐水性(α ms)、強腐水性(ps)の4つの区分に分け、それぞれの区分に生息する種を、その区分の指標種とするものである。

ところで、水質汚濁と生物の関係についての解説書である、「汚水生物学」(津田、1964)によると、これら4つの区分には、「かなり多い」「より酸化が進んだ状態」などのような、曖昧あるいは相対的な記述しかなされていない。これでは、生物の存在により、その場所を構成する様々な環境パラメーターを具体的に限定し、環境を正確に記述することが出来ないことになる。そして、この状況は現在に至るまで改善された様子はほとんどない。この結果、生物による水域の評価は、そこが「おおよそ綺麗である」とか、「少し汚い」、というような、わざわざ生物を調べなくとも、水域を一目見て判断できる程度の、大雑把なものにとどまっている。

大事なことは、その種が存在するならば、その水域の溶存酸素量は〇〇mg/Lである、などのような、具体的な評価が行えることである。これが出来てこそ、はじめて水域の正確な診断が可能となり、評価の結果が思わしくない場合は、具体的な解決策を挙げる事が出来るようになる。

生物種と環境を構成する要素との詳細な関係を調べることは、このような意味で重要である。しかし、現在においてもこの分野に対する関心は薄く、生息環境が詳細に記述された種は極めて少ないように思われる。そろそろ、生物を使った水質評価に対する認識を根本から改め、水生生物各種について基礎的なデータを揃えていかなければならない。

5. おわりに

生物を使って環境を評価しようとするとき、これまで述べてきたように、生物の同定が難しい、同定を終えた生物をリストとして提示する際に曖昧さが残りがちである、生物と環境指標性に関する知見が不足している、という問題にぶつかる。これらの問題は、環境調査に係わる技術者が努力して技を磨き克服するもの、というよりは、基礎的な研究を充実させることにより、解決策を模索していくものであると思われる。これらの問題を解決するべく、基礎的なデータを蓄積したりそれを整備していくことは、簡単なことではない。しかし環境問題に対する関心が高まっている現在、これは急務である。ここに述べた問題点の解決をはっきりとした目的に見据えた、基礎的情報や調査手法の整備が望まれる。

6. 謝辞

本稿は、淡水動物分類研究会(TAFA)2004年富山集会にて発表した内容に一部変更を加え、まとめたものです。本稿の掲載を許可していただきました、淡水動物分類研究会に御礼申し上げます。

引用文献

津田松苗. 1964. 汚水生物学. 北隆館, 東京, 258pp.