

トンボ類を指標とした流域環境の評価に関する試み

東川 航・森 照貴

1. はじめに

トンボ類は日本に約200種記録されており、一般的に幼虫（ヤゴ）は水中で生息する一方、成虫は陸上にて飛翔生活するという水環境と陸環境を必要とする昆虫である。トンボ類の幼虫が生息する水環境は、水田や水路、池沼の他に、源流から河口に至る河川の様々な流程、さらには大河川のワンドやたまり、河跡湖と非常に多様であり、種によって異なることが知られている。そして、幼虫期に類似の環境で生息していたとしても、成虫になると草地を好む種や林地を好む種がいるなど、成虫期にも種によって選好する陸環境が異なる。日本のトンボ類は生活史に関する研究の蓄積があり、幼虫期と成虫期に利用する環境の理解が進んでいる。また、飛翔性の昆虫類の中でも、特に高い移動能力を有しているため、流域を広範囲に移動するといった特徴を持つ。つまり、トンボ類は流域の環境（流域環境）を理解する上で有効な指標生物となり、流域環境の評価に用いることが可能と考えられる。しかし、現状ではこうした流域環境の理解にトンボ類が利用された例は乏しい。

2. 流域環境とトンボ類の多様性の関係

流域は、河川、水田、ため池などの水環境および森林や草地、都市といった陸環境など、様々な環境により構成されている。こういった環境が流域内に存在しているかは、観察されるトンボ類の生息環境から理解できるだろう。さらに、長期に渡る流域内の環境変化についても推定できる可能性がある。例えば、「水生植物の繁茂する開けた湿地」に生息する種の多くが、過去30年の間に絶滅危惧種に指定された、という状況であれば、流域内でその生息環境が減少したと推察される。レッドリストに掲載される絶滅危惧種は、もともと個体数が少ないという稀な場合もあるが、多くは以前と比べて減少した種である。そのため、ン

ボ類を生息環境に基づいて類型化し、絶滅危惧種の多寡と利用する環境を把握できるシステムを構築すれば、流域環境の評価に応用できると考えられる。

こうした背景のもと、本稿ではトンボ類が流域環境を評価する上での指標生物となり得ることを検証するために、まず各種の分布状況や生息環境の情報を整理し、地方や都道府県の別や環境に応じてどういった種が生息しているのかを検索できるリストを作成した。次に、検索リストから例として抽出した岐阜県の生息種と生息環境の情報を利用して、トンボ類の各種が必要とする生息環境の類似性を求め、種のグループ化を行った。そして、岐阜県内で貴重種が多く含まれるグループを

表-1 トンボ類の生息環境情報の整理

項目	図鑑の記述 ¹⁾	生息種検索リスト中のカテゴリ
生息地の大区分	山地、丘陵地、平地	
	源流、上流、溪流、中流、下流	源流、上流（溪流）、中流、下流
水域	河川敷の水たまり、河跡池沼、（大河の）河川敷、河川敷の淀み	大河川の水たまり
	流れ際の水たまり、河川の水たまり	河川の水たまり
	河川（中下流域の）淀み	河川の水たまり
	緩やかな河川、細流、（用）水路、流れ、小川	小川や細流・水路
	河口	
	湖	
	琵琶湖、諏訪湖、愛知池など湖の流入河川	湖の流入河川
	緩やかな河川（流水）	緩流
	開放的な環境（池沼、湿地）、水面の開けた池沼	開放的な水域
	池沼	
	水田	
	放棄水田	
	湿地	
	岸辺の露出した水域	
	池塘	
	高層湿原	
	水のしみ出る斜面	
	樹洞	
	汽水（域）、海辺の湿地	汽水
	湧水	
水質の良い、透明度の高い、清流	透明度の高い水域	
底質	泥深い環境、砂泥底	泥底質
	砂底、砂泥底	砂底質
水域周辺の植生環境	背丈の高い抽水植物、ヒメガマ	背丈の高い抽水植物
	抽水植物	
	沈水植物	
	浮葉植物	
	湿性植物、植生豊か、水生植物、植物の（繁茂）した湿地	水生植物
	樹林に囲まれた水域	
周囲（近く）に樹林のある水域	樹林付近の水域	

An Attempt to Evaluate the Catchment Environments Using Odonata (Dragonflies and Damselflies)

明らかにし、こういった環境が減少したと想定されるのかを事例的に評価した。

3. トンボ類が利用する環境

3.1 生息種検索リストの作成

日本に生息するほぼすべての種が紹介されている図鑑「日本のトンボ 改訂版」¹⁾では、出版された2021年時点でのトンボ類の分布および生息環境に関する情報が概ね一定のルールに基づいて記述されている(表-1)。これらの情報に基づき、地方および都道府県ごとにトンボ類の生息種を検索できるリストを作成した。また、図鑑に記載されている分布図より、各都道府県における各種の分布域を割合として求め、分布状況を下記の3クラス(広域:6割以上、狭域:2割超過~6割未満、局所:2割以下)に分類した。備考として、飛来種(その場所に定着はしないが飛来記録のある種)や過去に分布していた(今は分布していない)種の情報もリストに加えた。次に、各種の生息環境に関する図鑑での記述を表-1のように整理・変換し、種ごとにその生息環境が当てはまる場合は○、そうでない場合は空欄として、検索リストに追記した。これにより、生息環境を指定することで生息種を検索できるリストとした。表-2では、岐阜県を対象に「大河川のたまり」を選択した場合を例示した。

3.2 生息環境による階層クラスタリング

単一の種ではなく、種群と生息環境との関係性を理解するために、各種の生息環境を用いた階層クラスタリング分析を実施した。2.1で作成した検索リストより、例として岐阜県におけるトンボ全99種を抽出し、リストの生息環境に関する情報において、○を1に空欄を0に数値変換した。これらの数値をもとに、種による生息環境の違いをユークリッド距離として総当たりで算出して、その距離行列を作成した。次に、最も近接する2データのクラスタ化を繰り返すウォード法を適用して全99種の階層クラスタリングを実施し、その結果を樹形図として描いた(図-1)。樹形図においては、k-means法により末端のクラスタを10に区分し、それぞれを色付けして示した。作成した樹形図に関して、各階層のクラスタ区分に最も影響のある生息環境の条件を検索リストから読み取り、樹形図に書き加えた。トンボ類の

表-2 リストにおける岐阜県「大河川のたまり」の生息種検索結果

○は生息条件となる環境を示す。

地方 区分	都道府県	分布 状況	分布 割合	種	環境省RD カテゴリ	生息地の大区分			備考																									
						山地	丘陵地	平地	源流	上流 (溪流)	中流	下流	大河川	大河川の たまり	大河川の たまり	河川の たまり	河川の よどみ	小河川や 細流・水路	河口	天然記念物へ の指定状況														
									底質					植生					備考															
									泥底 質	砂底 質	背丈の高い 抽水植物	抽水 植物	沈水 植物	浮葉 植物	水生 植物	樹林に 囲まれた 水域	樹林 付近の 水域	過去の分布記録 (分布域の割合)	飛来記録 (飛来地域 の割合)	日本 固有種	天然記念物へ の指定状況													
中部	岐阜県	過去	0.2	コバネアオイトトンボ	EN	山地	丘陵地	平地	源流	上流 (溪流)	中流	下流	大河川	大河川の たまり	大河川の たまり	河川の たまり	河川の よどみ	小河川や 細流・水路	河口	泥底 質	砂底 質	背丈の高い 抽水植物	抽水 植物	沈水 植物	浮葉 植物	水生 植物	樹林に 囲まれた 水域	樹林 付近の 水域	過去の分布記録 (分布域の割合)	飛来記録 (飛来地域 の割合)	日本 固有種	天然記念物へ の指定状況		
中部	岐阜県	局所	0.1	アオヤンマ	NT																													
中部	岐阜県	広域	0.6	カトリヤンマ																														
中部	岐阜県	狭域	0.3	チョウトンボ																														
中部	岐阜県	広域	1	マユタテアカネ																														
中部	岐阜県	狭域	0.3	マイコアカネ																														

生息環境を区分する上で最上位の階層に当てはまる条件は「流水性か止水性～緩流性か」という流れの状態であった。次の階層においては、「止水性～緩流性」のクラスターでは生息地の大区分（山地～平地、丘陵地～平地）の条件が当てはまり、流水性のクラスターでは流程（上流、中流、下流）の条件が概ね当てはまった。それ以下の階層では、植生や水深、水質、底質などの条件がそれぞれ当てはまった（図-1）。生息環境別に絶滅危惧種の多寡を把握するため、2015年に岐阜県から出されたレッドリスト²⁾に指定されている狭域分布種を対象に、その情報を樹形図の種名右横に赤字で示した。

4. 考察

南北に長い日本列島では、地域によって生息種が異なるため、流域環境を評価する際にトンボ類を指標とするには、その地域に定着している種のみを対象とするべきである。本研究で作成したリストを用いることで表-2や図-1で岐阜県を指定したように、対象地域での生息種を抽出することが可能である。その上で、クラスター解析のようなグループ化を行うことにより（図-1）、流域を構成する環境と種群との関連性を見出すことができる。図-1で示した結果は岐阜県の生息種を対象としているため、他の都道府県では樹形のパターンが異なる可能性がある。しかし、上位階層の分岐をもたらしていた流れの有無（流水性、止水性～緩流性）や地形（山地～平地、丘陵地～平地）および流程（上流、中流、下流）の違いは、トンボ類の生息環境を特徴づける上で根本的な要素と考えられ、これらについては他の地域で分析しても類似した結果になると予想される。

岐阜県においては、レッドリスト指定の狭域分布種の割合が5割以上となった生息環境は①抽水植物の繁茂する池沼やたまり・ワンド、②抽水・沈水植物が繁茂する池沼や緩流、そして③砂泥底の河川中下流であった（図-1）。このように、生息環境別の貴重種割合を参照することで、県内の各流域においてどのような水環境や水辺環境が減少・劣化したのか、逆にどのような水環境が維持されているのかを俯瞰的に理解することができる。①②については、埋め立て等による水環境そのものの消失に加え、池沼や水路の水際がコンクリー

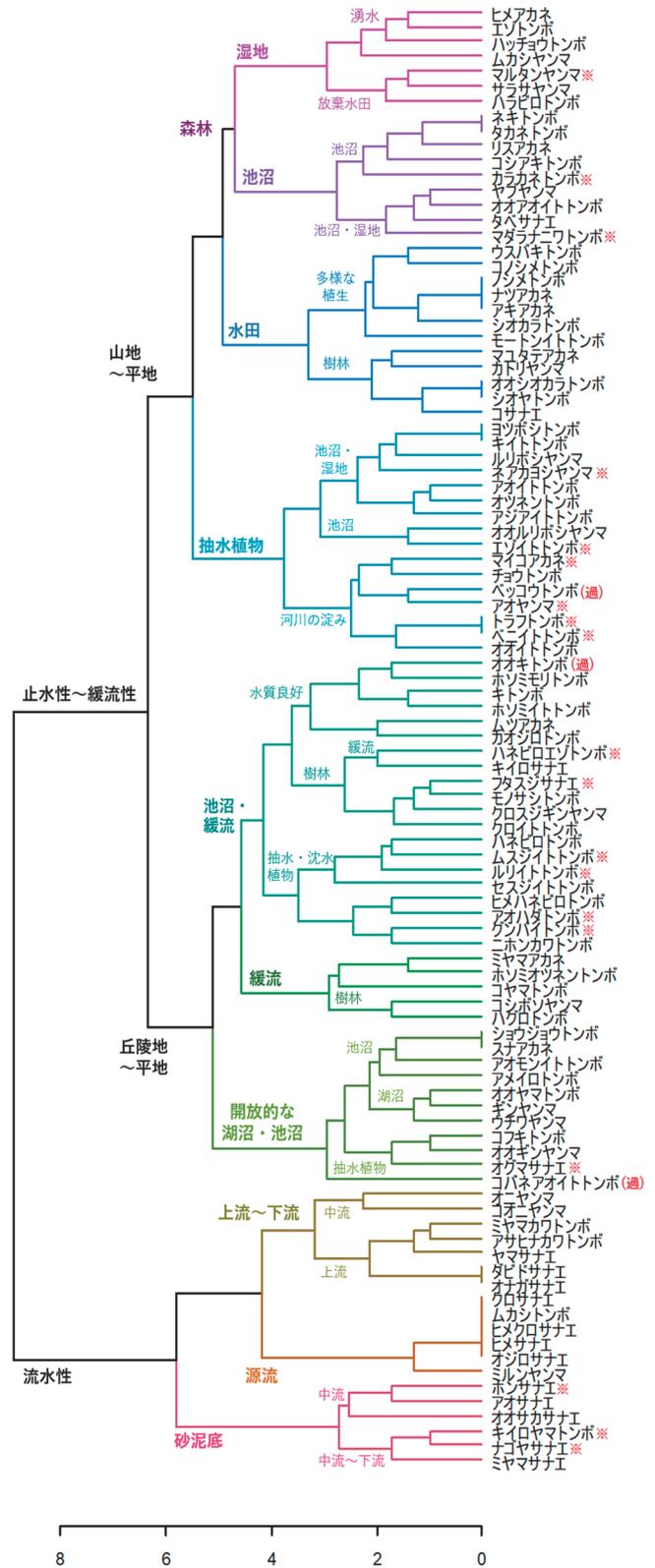


図-1 岐阜県に生息するトンボ類の生息環境に基づいた階層クラスター分析による樹形図

横軸は距離を示す。枝に併記した語は、クラスター区分の代表的な要因（生息環境条件）を示す。種名の右に赤字で付した※は岐阜県のレッドリストにおいて何らかのカテゴリに指定されていることを示し、(過)は岐阜県での生息記録が過去にはあるが、現在、県内での生息が確認できないことを示す。

トになったことや、ワンドやたまりの水面上への樹冠繁茂などによって、水生植物が繁茂する水環境が減少したことなど、様々な要因が考えられる。③についても、例えばコンクリート護岸等によって岸際の低流速環境が減少し、砂泥底が失われてしまった可能性などが考えられる。今後調査を進め、これらの関係性について検証を行う予定であるが、このように各都道府県における流域環境の現状を把握することができ、流域内で回復が必要と考えられる環境についての理解が進むことになる。

トンボ類は幼虫期には水環境を利用し、成虫期には陸環境を利用することから、流域における複数の異なる環境を必要とする。例えば、図-1において、山地～平地に生息し、水田を利用しつつ、多様な植生を利用するグループは複数の環境を必要とする種群に該当する。このグループの代表的な種は、ウスバキトンボ、シオカラトンボ、アキアカネ、ナツアカネ、ノシメトンボであり、後3種は「赤とんぼ」として親しまれてきたものである³⁾。これらの「赤とんぼ」は全国的に数多く生息するものであったが、近年では水田や湿地の環境悪化に伴って各地で減少していることが報告されている⁴⁾。「赤とんぼ」といったシンボリックかつ広域に分布する種(群)は、さまざまな地域で流域に多様な環境があるか否かの評価を可能にするものと考えられる。

本研究で作成したトンボ類の生息種検索リストは、地方や都道府県によって生息種を絞り込めるため、ある河道内にワンドやたまりなどを創出した場合、そこにどういった種の生息が期待されるかを明確にすることが可能であり、効果を計ることもつながると考えられる。

5. おわりに

本研究では、流域環境の指標となる生物の候補としてトンボ類に着目した。そして、トンボ類の分布域や生息環境の情報をを用いることで、流域環境を評価できる可能性を提示した。今後、野外での観察結果などを踏まえた検証が必要であるが、童謡にも登場するトンボ類は、地域住民にとって親しみやすいといった利点がある。そのため、例えば市民参加型のトンボ類の分布調査など、地域と連携した活動にもつなげやすいだろう⁵⁾。トンボ類の中でも「赤とんぼ」に対する認知度は高い

と考えられ、近年の減少は流域環境を考えてもらう良いキッカケとなるのではないかと⁶⁾。一方で、そうした活動を広く実現するためには、行政や市民といった環境評価の参画者に対して、トンボの基本的な生態等に関する環境教育を行うことが必要となろう。

謝 辞

生息種検索リストの作成に際し、図鑑情報のデータ入力補助を担当いただいた土木研究所自然共生研究センターの山内昇子氏に御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 尾園暁、川島逸郎、二橋亮：日本のトンボ 改訂版、531p、文一総合出版、2021
- 2) 岐阜県：レッドリスト(動物編)改訂版、<https://www.pref.gifu.lg.jp/page/6591.html>、岐阜県環境生活政策課、2015
- 3) 井上清、谷幸三：赤とんぼのすべて、183p、トンボ出版、2010
- 4) 東川航、吉村真由美、八木剛、前藤薫：水田地帯における赤とんぼの衰退と保全に関する課題—生息地利用の視点から—、陸水学雑誌、80、107~124、2019
- 5) 小堀洋美：地域をつなぐ生物多様性保全を目指した生涯学習 — 新たな市民科学の確立に向けて、環境教育、23、19~27、2013
- 6) 栗生田忠雄、片野海、遠山和成、神宮字寛：赤トンボの羽化殻を指標とした市民参加型の水田環境評価、新潟大学農学部研究報告、65、131~135、2013

東川 航



研究当時 土木研究所 流域水環境研究グループ自然共生研究センター 専門研究員、博士(農学)、現 国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所九州支所森林動物研究グループ 研究員

Dr. HIGASHIKAWA Wataru

森 照貴



土木研究所 流域水環境研究グループ自然共生研究センター 主任研究員、博士(環境科学)

Dr. MORI Terutaka