

水生生物の回廊創出を通じた 広域多重地域連携

千葉県立中央博物館 生態・環境研究部 林 紀 男

1. はじめに

都市域に位置する池沼は、水生植物相が貧弱であることが多い。地域に古くから存在する天然池沼でも、市街化の進展により岸辺が垂直な護岸に改変され、水辺の移行帯が消失しがちである。里山地域に位置する池沼でも、富栄養化の影響により植物プランクトンの増殖に起因した内部生産の増大で透明度が低下し、沈水植物の多くが野生絶滅に追いやられている。こうした池で認められるのは、抽水植物と浮遊植物に限られがちで、他には浮葉植物が散見される程度である。農地灌漑を目的に創られた溜池も、都市域では利水の用途廃止を経て治水機能および修景池としての親水機能だけが残され、水辺は垂直に切り取られた構造となっている事例が多い。

手賀沼・印旛沼（千葉県）、霞ヶ浦（茨城県）、八郎湖（秋田県）など水面積の大きな湖沼でも、湖岸植生は都市域にある小規模な池沼と同じ状況にある。沈水植物を刈り取り、畑にすき込む肥料としたモク採りは過去のものとなって久しい（平塚ほか、2006）。1960年頃、手賀沼には22種、印旛沼には20種の沈水植物が繁茂していた（浅間、2001）が、1960年代の干拓事業により浅瀬が失われたことに端を発し、徐々に沈水植物が衰退している（林ほか、2008a）。手賀沼では1972年、印旛沼では1994年に、沈水植物が野生絶滅状態となったほか、浮葉植物も種多様性を損ねている（浅間・林、2016）。こうした水辺の移行帯が損なわれた水域は、生物の生息空間としての場の多様性を欠き、水生生物の種多様性を損ねる原因となっていることが指摘されている。

こうした背景のもと、水環境の保全を目指した取り組みを持続可能な方法で実現する上で、環境生態工学の視点（須藤、1999）が衆目を集めている。すなわち、水辺の水生植物帯を再生・保全し、場の多様性を蘇らせることで種の多様性を育む各種の取り組み（鷺谷ほか、2010・宮下・西廣、2015）である。

ここでは、環境生態工学の取り組みとして「遺伝的多様性にも配慮した土着水生植物株の探索・再生」「再生株の系統維持栽培・域内植え戻し」「域外保全としての水草栽培水槽の生物回廊化」「水槽の維持管理の担い手が地域を越え多重連携」といった取り組みを報告する。

2. 土着水草の復活と系統維持栽培

千葉県立中央博物館（以後、中央博）では、手賀沼・印旛沼（千葉県）や八郎湖（秋田県）などにおいて、散布体バンクに休眠する埋土種子を休眠打破させ、地域遺伝情報を保持した土着の沈水植物を復活させる取り組みを実施してきた（林、2019）。高水敷等にて掘削した旧沼底土壌をトロ舟水槽に撒き出し、休眠している散布体を強光・低温に暴露して発芽再生を促す取り組みである（久城ほか、2009；林、2013a）。旧沼底土壌の採取には、重機を用いた複数地点での開削のほか、灌漑用水の管渠交換・ポンプ場更新・排水路護岸等の工事現場の露頭からの採取も精力的に行ってきた（林、2019）。

撒き出しによる休眠打破には、撒き出し土壌の天地返しを6年繰り返し発芽再生に漕ぎ着けたオニバスの事例など、時間かけた長期の取り組みを要した種もあった。散布体からの再生の可能性は、時間経過に伴い低下することも明らかにされている（西廣ほか、2016）。このことは、池沼で野生絶滅した地域遺伝情報を保持した土着水生植物の再生には、植生消失からの時間が限られていることを意味している。中央博では、手賀沼流域産で24種、印旛沼流域産で34種、旧八郎湖産で19種の沈水植物・浮葉植物の復活・保全に成功している（林、2013a・尾崎、2014）。トロ舟水槽で再生させた株および生育地での株途絶が危惧され危険分散の目的で株分け移植した株は、大型水槽にて1水槽に1種を原則として移植し、リビングコレクションとして系統維持栽培している（林、2013b）。異なる地点から再生した株は、同種であっても遺伝的多様性の保全を目的に別水槽で栽培したため、水槽は100槽を超えた（林、2013b）。

3. 復活させた土着水草の域外保全

系統維持栽培している水生植物は、環境学習素材として流域内の学校等の希望に応じて「流域内での栽培限定」および「再譲渡禁止」の条件付きで無償分譲している。2009年以降、手賀沼流域の小中学校11校、印旛沼流域の小中学校15校、八郎湖流域の小中学校等9施設に分譲し、水槽栽培や学校ビオトープにて生かされている（林、2021）。その他、大学、市民団体、公共団体、企業、研究所などへも株を分譲し、生息域外保全の拠点は年々増加している。

手賀沼流域では、2010年から流域自治体で構成する手賀沼水環境保全協議会の事業として、手賀沼親水広場のミニ手賀沼において市民を対象とした「土着沈水植物の移植行事」を水生生物の観察会と併せる形式で継続実施している。池に沈水植物が繁茂すると透明度が回復し、水生生物の種類と量が増える事実を観察会を通じて体感してもらう啓発を続けている（林、2021）。

印旛沼流域では、学校ビオトープへの移植を複数校で進めているほか、酒々井里山フォーラムが主体となり西井戸の谷津田（千葉県酒々井町）を対象としたビオトープ池および中央博と同一規格水槽を用いた同一運用の沈水植物栽培を展開している。2019年には株式会社竹中工

務店が印旛沼流域内（千葉県印西市）の技術研究所敷地内に創った池「調の森 SHI-RA-BE®」に印旛沼の土着水生植物を移植し、水生植物による担体・隠れ家・産卵場・羽化場など機能性創出効果に関する実規模での実証共同研究も進めている。

秋田県では、環八郎湖環境学習事業の位置づけで、特定非営利活動法人はちろうプロジェクトが事務局となって旧八郎潟産の土着水生植物を植栽した水草を素材とした環境学習プログラムを精力的に展開している。特に中央博での研究と同一規格水槽を用いて、八郎湖土着水生植物を移植した同一運用の取り組みを9拠点到展開し衆目を集めている。

4. 栽培水槽が創る生物回廊

蘇らせた水生植物を水槽で栽培する取り組みは、系統維持の対象である水生植物以外に、さまざまな水生生物にも生息空間の提供が可能である。水槽の設置湛水後、いち早く水槽に定着するのは、プランクトンおよび水生昆虫である。水槽に系統維持栽培している水生植物株を移植する際には、植物体を入念に洗浄する。しかし、微小で粘着力が強い付着性物（ペリフィトン）を完全に排除することはできず、移植元水槽から移植先水槽に混入させてしまう事態が生じる。しかし、水生植物を移植しない対照水槽においても、速やかなプランクトンの定着が認められることが確認されている。これは、プランクトンの多くが、シスト（被囊・囊子）や休眠卵という乾燥に耐える状態で、土埃と共に風に乗って移動可能な地理的分散能を持つことに起因する。

飛翔力のあるハイイロゲンゴロウ、街中のちょっとした水辺にも生息するユスリカの仲間などの水生昆虫も、湛水後に時間をおかずに見いだされる。トンボ類も水槽を産卵・繁殖の場として利用する。ヤンマ類など長距離を飛翔可能なトンボが認められやすい。一方、小型のイトトンボ類は、大型のトンボに比較して移動可能距離が短いという制約がある。このため、イトトンボ類は、里山での生息地から近場の水槽は利用可能でも、遠く離れた都市中心部へ一足飛びに移動することは難しい。また、ギンヤンマ幼虫やショウジョウトンボ幼虫など、イトトンボ類の幼虫を捕食する大型幼虫（ヤゴ）が生育している場に、イトトンボ類の幼虫が共存することは、捕食圧を逃れるための隠れ家機能を担う水生植物が豊富に繁茂した環境が必要となる。

本取り組みにおいて、土着水生植物を繁茂させた水草を流域内の複数箇所に分散配置することは、隠れ家機能を担う水草豊かな水環境が、里山地域から都市域まで飛び石状に創出されることを意味する。加えて、これらの水槽は、トンボ幼虫にとって好適な餌となるミジンコなどが豊富に生息し、アメリカザリガニ、ウシガエル幼生（オタマジャクシ）などの天敵生物も不在の水環境である。飛び石配置された水槽群は、移動力の弱いイトトンボ類をはじめとした各種の水生生物にとって定着・繁殖の足がかりとして活用可能となる。水草栽培の水槽群は、水生生物の回廊として機能しうる潜在的能力を有している。

都市域では、かつて身近に豊富に存在した水たまり、湿田、池などが消失し、アスファルト

やコンクリートなどの人工物で塗り固められている。すなわち、水生生物の安定的な生息環境が不足しがちである。こうした人工環境の中心に単独の池を創出しても飛来・定着できる水生生物の種類は限定されるのが必然である。水生生物にとって好適な水域を、たとえ小規模な水槽であっても広域に分散配置することは、水生生物の回廊創出として地域の水生生物相を豊かにする上で大きな役割を果たしうることが明らかにされている（林、2021）。

5. 水槽栽培の広域連携

蘇らせた水生植物を水槽で栽培する取り組みを、対象水域内の複数拠点で展開することで、水槽ネットワークの構築が可能となることは先述のとおりである。ここで示したネットワークには二つの旨趣があり、一方は水生生物による繁殖場の回廊化という水生生物のネットワークである。他方は、水槽の維持管理を担う人々の情報交換・共有といった担い手のネットワークである（林、2021）。

栽培水槽の維持管理には、技術の蓄積もあり拠点間で情報交換している。同時に栽培水槽を生育場・繁殖場として活用する様々な水生生物の観察記録も有益な情報交換の素材となることが明らかとなった。管理を担う仲間は、1) 同水槽を管理する仲間との近場での交流連携、2) 同一流域内の他拠点で同規格の水槽管理を担う「流域内の遠隔環境」にある仲間との交流連携、3) 印旛沼流域（千葉県）と八郎湖流域（秋田県）など、「遠く離れた異なる流域」で水槽群の管理を担う集団との交流連携、と多重の連携構築が可能である。

水槽管理の担い手は、わかりやすい指標生物群を題材に、情報交換を始めることが望ましい。その題材は水草は無論のこと、ミジンコ、トンボ幼虫なども筆頭候補である。ミジンコは体長が小さく虫眼鏡や顕微鏡を用いた観察が求められる上に、休眠卵で広域に分散展開可能という生態特性を有している。そのため回廊化の足跡、季節性の地域偏差などを拠点間の多重連携で共有・比較する上ではトンボ幼虫（ヤゴ）の観察、とりわけ羽化殻確認が好適である。トンボ幼虫を捕獲しての種名確認には経験と技術が必要となるが、羽化殻の採集は容易で個体数を減らすこともない（粟生田ほか、2013）。羽化殻は乾燥させた状態で保存すれば、後に専門家の同定にて種名を明らかにすることができる。羽化殻は、種名に加えて採集日・採集場所・採集者名も記録に残し、繁殖の証拠標本となり、地域の生物情報としても意義が深い。郊外の里山地区にだけ繁殖が認められていたトンボが、繁殖場所を都市域にまで広域化した足跡を拠点交流を通じた情報共有により明確化できる。さらに、隣接拠点には認められる種が、ある拠点には長く認められない現象が明らかとなれば、トンボの産卵様式や産卵基質、幼虫の餌としてのミジンコの種類と生息密度など、その理由を探る学びの契機とすることも可能となる（林、2021）。トンボの視点で考えて水槽の管理・運用を工夫することにより、繁殖の場として利用するトンボの種多様性が増えていく（松木・林、2018）のは、担い手の達成感や連帯感が共有できるため動機付けにも有効に働く。

トンボは象徴種として取り組みやすいが、ガムシ・ゲンゴロウ・ユスリカなど他の水生昆虫、ミジンコ・ワムシなど動物プランクトンも含め、水槽拠点ごとの観察記録を元にした定期的な情報交換の機会は、管理を担う児童・生徒・学生・市民らの意識高揚にも役立つ。無論、水生動物のみならず、植栽している水生植物の生育度合いを他拠点と比較し、生育の具合がよくない場合の原因を、日照、水源、周りの樹木、用いている水源、水槽に見られる動物たちなどの違いから探る「気づき・学び」の機会創出も可能となる（林、2021）。

学校ビオトープは、広く各地に創られてきたが、それらの一部に外来種が優占し荒れた状態となっている事例も見受けられる。学校ビオトープは魅力的な学びの場であるが、その維持管理に多くの時間が必要である点が見落とされてきた面が否めない。本報で紹介した地域遺伝情報に配慮した水生植物を起点とした水槽での取り組みは、維持管理の手間が軽減され、必要となる経費がビオトープに比較し低廉である。水槽は景観としては人工的ながら、環境学習視点での意義や発展性は大きく、近隣拠点を含めた広域での取り組みに発展させることができれば、学びの場としての潜在力を高めることも可能となる。学校ビオトープの維持管理や継続性に問題を抱えている場合には、学校ビオトープの代替策の一つとして、本報の取り組みも検討するに十分な資質を備えている。

水生植物が、付着担体・隠れ家・産卵場・羽化場など機能性を発揮し、安定生態系を構築させることを、教科書・書籍・論文からの情報としてではなく、実際の水槽観察を通じた実体験として肌で感じることは、児童・生徒・学生をはじめ広く市民に対して環境学習効果が大きいと結論づけられる。

6. おわりに

野生絶滅した水生植物を、池沼や湖沼の旧底質に眠る散布体バンクから再生させる取り組みは、遺伝的多様性に配慮した水辺再生事業として衆目を集め、大きな成果を上げてきた。一方、再生した水生植物を元の水辺に植え戻し、植生を再生させる目論見は、食害生物の影響が甚大で成功には課題が多いことも明らかにされている。しかしながら、再生させた水生植物株を、流域内の複数拠点で水槽栽培する域外保全が系統維持の危険分散のみならず、トンボ産卵場所の創出効果を生み、水生生物の回廊として機能することも見いだされた。

水槽群を分散配置し、各拠点で管理を担う人々は、1) 担当する水槽拠点での担い手同士での連携、2) 流域内の他の水槽群を管理する担い手グループたちとの連携、3) 遠隔地の流域で同様の取り組みを展開している水槽群で形成された担い手グループ群との連携、と多重な人の輪を形成することが可能となる。そのつなぎ役を担うのも博物館の役割といえる。

本取り組みの「目的」は、地域の池沼に土着水生植物が豊かな水辺を復活させることである。その「手段」として、水槽での水草系統維持栽培を位置づけた。しかし、水槽が創る小規模な生態系を学びの場とすることが「手段」となり、人々の「つながり」が生まれ、地域を結ぶ人々

の「にぎわい」が育まれ始めた。地域における市民の「つながり」「にぎわい」の創出も「目的」たり得ることが明らかとなり、感慨ひとしおである。

7. 引用文献

- 浅間 茂, 2001. 手賀沼の水生植物. 所収: 千葉県史料研究財団編, 千葉県の自然誌本編 5 千葉県の植物 2 植生. 県史 44: 449-454. 千葉.
- 浅間 茂・林 紀男, 2016. 手賀沼の生態学 2016. たけしま出版, 96pp. 千葉.
- 粟生田忠雄・片野 海・遠山和成・神宮字寛, 2013. 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(2): 131-135.
- 林 紀男・谷城勝弘・浅間 茂, 2008a. 手賀沼流域における水生植物の繁茂状況. 千葉生物誌, 58(1): 1 ~ 6.
- 林 紀男・稲森隆平・尾崎保夫, 2008b. ミジンコ個体群動態に及ぼす水生植物代謝産物の影響. 日本水処理生物学会誌 45(1): 57-62.
- 林 紀男, 2013a. 印旛沼・手賀沼における沈水植物再生の取り組みと課題. 八郎湖流域管理研究 2: 49-58.
- 林 紀男, 2013b. 印旛沼(千葉県)における沈水植物の系統維持. 水草研究会誌 100: 72-76.
- 林 紀男, 2019. 土着水草の再生株を生かし地域をつなぐ博物館. 金属 89(12): 12-19.
- 林 紀男, 2021. 水草の系統維持栽培を通じた水生生物の回廊創出. 水草研究会誌 112: 17-23.
- 平塚純一・山室真澄・石飛 裕, 2006. 里湖(さとうみ)モク採り物語—50年前の水面下の世界. 141pp. 生物研究社.
- 久城 圭・林 紀男・西廣 淳, 2009. 印旛沼(千葉県)湖底の散布体バンクにみる沈水植物再生の可能性. 水草研究会誌 91: 1 - 8.
- 松木和雄・林 紀男, 2018. 生態園でのイトトンボ類増殖の試み. 房総の昆虫 63: 70-71.
- 宮下 直・西廣 淳, 2015. 保全生態学の挑戦 - 空間と時間のとらえ方. 238pp. 東京大学出版会.
- 西廣 淳・赤坂宗光・山ノ内崇志・高村典子, 2016. 散布体バンクを含む湖沼底質からの水生植物再生可能性の時間的低下. 保全生態学研究 21(2): 147-154.
- 尾崎保夫, 2014. 八郎湖の水環境改善をめざした沈水植物の再生と課題. 八郎湖流域管理研究 3: 27-36.
- 須藤隆一, 1999. 環境生態工学の視点. 水環境学会誌 22(1): 1.
- 鷺谷いづみ・西廣 淳・角谷 拓・宮下 直, 2010. 保全生態学の技法 - 調査・研究・実践. 324pp. 東京大学出版会.