

令和3年版環境白書（資料編）

第5章 環境と調和した地域づくり

1. 環境に関わる人づくり

(1) 学校等での環境教育の推進

- ① 専門的な知識や豊富な経験のあるアドバイザーの派遣
- ② 未就学児及び保護者を対象とした体験活動を通じた学びの支援
- ③ 小中学校・高等学校・特別支援学校における地域の教育資源（ひと・もの・こと）を生かした実践的な学習の推進
- ⑤ 教育におけるICT活用などの実践支援（授業で活用可能なデータの提供）

1 小・中学校・義務教育学校の取組

○ 吉賀町立吉賀中学校（吉賀中 緑の少年団）

吉賀町立吉賀中学校は、島根県西部の山口県との県境である鹿足郡吉賀町のほぼ中心に位置している。吉賀地域の豊かな自然を愛し、守り育てようとする心情や態度を養うことを目的に緑の少年団の活動を積極的に推進し、山陰地方で唯一の自生林を有する「コウヤマキ」に関する学習や、林業をテーマとした体験学習等を通して、森林保全活動に積極的に取り組んでいる。

(ア) コウヤマキ学習

第1学年では、森林学習として吉賀町の町木であるコウヤマキについて学んでいる。コウヤマキは朽ちにくく耐水性に富んでいるため、船材や風呂桶などに使われるほか、碁盤や将棋盤の材料としても使われる。

生徒はコウヤマキについて地元の方に説明を受けた後、実際に山に登り、コウヤマキに触れて「他の木よりも木の皮が柔らかい」など体験的に学んだ。また、この体験学習をもとに、文化祭では「コウヤマキの妖精が、コウヤマキ自生林の保全の大切さを伝える」という内容で劇を行うなど、コウヤマキへの理解を深めるとともに、学んだことを保護者、地域の方にまで広く伝える活動を行っている。



【コウヤマキ自生林の調査】



【コウヤマキ保全をテーマとする劇の発表】

(イ) 森林学習

第3学年では、「林業を学ぶ」をテーマに森林学習を行っている。吉賀町の森林は雨水を吸収する天然のダムとして大きな役割があること、しかし木が密集しすぎると光が木に当たらなくなり育たなくなるなどの理由で計画的に伐採もしていることなどを学んでいる。

また、木が密集している校区の山に登り、実際に木を伐採する現場を見学した。1本伐採すると

太陽光が地面まで差し込む様子が実際に確認でき、生徒は驚くとともに、関心を高めることができた。その後木材生産のために、大きな重機を使って伐採する現場を見学し、伐採から運搬、切り分けまで、全て重機を使って行っている様子を見学することで、故郷の自然と人々との関わりについても理解を深めている。

さらに、伐採見学に併せ、直径25センチの透明なプラスチック製ボールの中に石や土、コケ、ダンゴムシ、シンボルツリー、水分を入れてオリジナルのミニ地球を作る活動を行った。ミニ地球は透明ボールの中で物質が循環し、ダンゴムシやコケ、微生物が生き続けられるというものである。活動においては、生徒一人一人がオリジナルのミニ地球を作り、自然の働きを学ぶことができた。

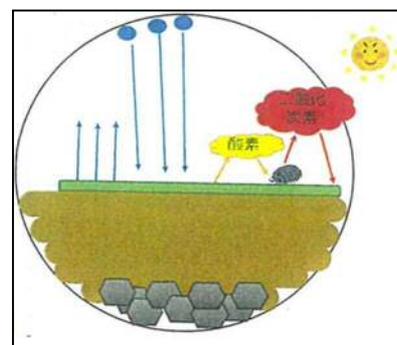
また、丸太を切って薪を作る薪割体験にも取り組み、できた薪は、次年度の野外炊飯活動で使用している。



【伐採現場見学】



【ミニ地球の製作】



【ミニ地球の作成】

(ウ) 高津川水質調査

第3学年では、7月に高津川の水質調査を行っている。高津川の源流は吉賀町内にあり、水質日本一にも輝いている。きれいな水の指標となる生物（ヒラタカゲロウやヒラタドROMシ、カワニナなど）が多く採取でき、川の水のきれいさが判定できた。

活動の後半は、「ガサガサ」と称する魚取り用のタモ網で川に棲む生き物を捕まえる活動をして、高津川に生息する魚を採取した。ドンコやヨシノボリ、オヤニラミなどが採取でき、その特徴について観察を通して学んだ。



【高津川の水質調査】

吉賀中学校では、これらの活動を通して、故郷の自然を大切にするとともに、自然と人が共存することの大切さを学んでおり、今後も地域の方と連携しながら直接自然に触れる実体験を重視した取組を系統的に行うことで、自ら考え地域の一員として社会に貢献できる活動を積極的にすすめるこ

とにしている。

2 県立学校の取り組み

ハッチョウトンボの保全を目的とした生育環境の解明（3年間の取り組み）

島根県立浜田高等学校自然科学部 南翔斐 北川隼人 嘉渡阿南 横山麗乃

1. 要旨

島根県浜田市の湿地には、ハッチョウトンボという日本最小のトンボが生息しており、レッドデータブックでは絶滅危惧Ⅱ類と記載されている。近年急激にこのトンボの生息数が減少しており、地元の「ハッチョウトンボを守る会」の方々によって保全活動が行われている。本校自然科学部は、数年前から地域の方々と協力してハッチョウトンボ観察会や生息地の除草作業、啓発のための研究発表を行ってきた。

現在のトンボ生息湿地の状況は、遷移の進行による富栄養化及び乾燥化が進んでいる。ハッチョウトンボの生育環境は貧栄養状態で浅く水が溜まった湿地が適していると考えられているため、地域の方々によって湿地の土砂の入れ替えや除草作業が行われている。一方で、実際に前年と比べてどの程度個体数が減少したのか、湿地の状態変化や植生の遷移がどの程度進んでいるのかについての詳細なデータがなかった。そのため自然科学部では2019年から浜田市金城町内の二カ所のトンボ生息湿地について4つの調査（環境DNA分析調査、水質調査、植生調査及び個体数計数調査）を行い、生態系の変化を追跡してきた。環境DNA分析調査は、湿地の採水だけで生物の存在の有無が確認でき、ヤゴを捕獲したり傷つけたりすることのない調査方法である。

2019年から3年間継続して行った調査結果から分かったことは、「①トンボの生育環境に関係が深いのは、水の栄養状態よりも、水流があるか否かであること」、「②そのような水流のある湿地にはミズゴケが多く分布していること」である。

今後もさらに調査を継続し地域の方々と研究成果を共有することで、地域に貢献したいと考えている。

2. ハッチョウトンボとは

ハッチョウトンボは、トンボ目トンボ科に属し、全長約18mmの日本一小さいトンボで、1円玉ほどの大きさである（図1）。東南アジアを中心に広く分布し、国内では本州以南に分布しているが、多くの県で絶滅危惧種に指定されている。以前からオスは水辺を、メスは草地を好むと言われていたが確認がなかった。しかし、2019年の調査でこのことが確かであることがわかった。島根県内では、低山地を中心に隠岐諸島を除く県全域に広く分布しているが、生息地は局所的で、絶滅危惧Ⅱ類に指定されている貴重なトンボである。このトンボは日当たりが良い湿地を好み、一年中浅い湿地状態を保つ限定的な環境に生息している。そのため造成等による埋め立てや植生遷移による湿地の乾燥化、草原化によ

り、生息地が減少していると考えられている。



図1.左がオス、右がメス

3. 先行研究

私たちの先輩方は、ハッチョウトンボが上昇気流を利用して山を越えることで、トンボ公園と自然湿地へ移動していることを発見した。

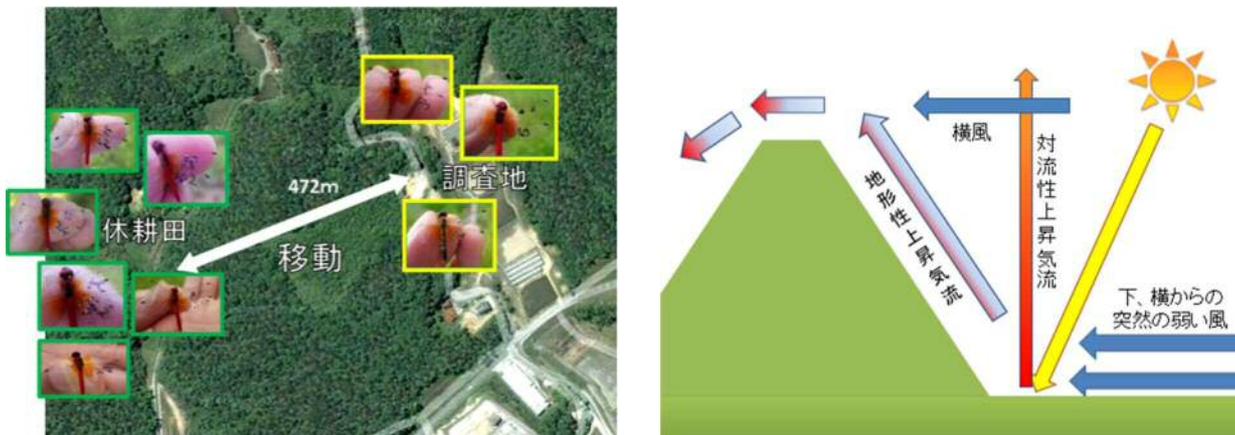


図2. 先行研究の資料

4. 調査方法

・調査地について

本研究は次の2か所の湿地で行った。1か所は人為的に整備された湿地の「トンボ公園」、もう1か所はトンボ公園から1 kmほど離れた同市内に位置する湿地で、人為的な手が加えられていない自然な状態の湿地である。この湿地を今後この論文では「自然湿地」と呼ぶ。さらに浜田市立金城中学校のグラウンド横のトンボ発生場所を「金城中」として新たに調査に加えた。それぞれの湿地の様子は以下の通りである。

「トンボ公園」：遷移の進行を抑えることを目的として、土を真砂土(花崗岩が風化してできた土)と入れ替えるなど、トンボ生息環境に適するように人為的な整備がされた湿地である(図3)。公園内部は通路で4つに区切られており、この調査ではそれぞれを地点①～④とした。地点①は、2019年1月に地域の方々によって富栄養化した土砂を取り除き、真砂土と入れ替えられ、その後人為的に湿性植物のイグサが植えられた。地点③は2020年2月に、繁茂した草本類はほとんど抜き取られ、その後イグ

サは植えられていない。また、公園周辺は年2回、草取りが行われている。

「自然湿地」：やや乾燥化が進んでいる。わずかに水を供給する水源があり、ところどころ水面が見えるが、乾燥化しているところでは、水面が見えず、歩けば水が染み出す程度の湿地である。湿地周辺は乾燥化が進んでおり、草原化している。周囲にはアカマツ林、その外側はコナラ林で囲まれている。水は地下から湧いており、今後は、自然な遷移によって、陽樹林を経て陰樹林へと変化すると予想される（図4）。

「金城中」：ハッチョウトンボが生息しており、自然湿地と環境が似て非なるものからこの地点を加えた。またこの地点も自然湿地同様、地下から水が湧いておりミズゴケの生息も確認されていることからこの地点は水の供給が十分であるといえる。（図5）

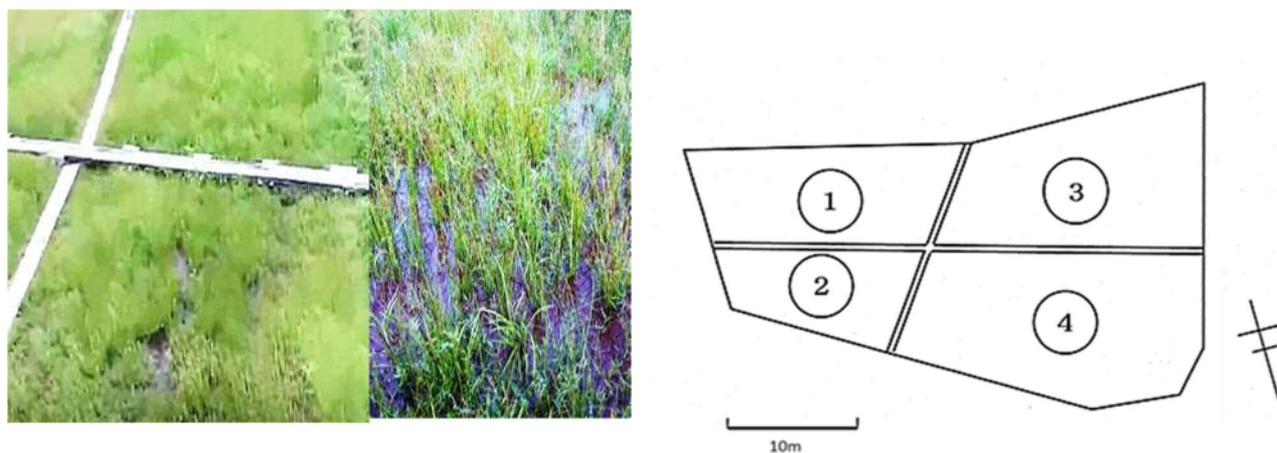


図3. トンボ公園の写真（左）とトンボ公園の地図（右）



図4. 自然湿地の写真



図5. 金城中の写真

・調査方法について

以下の4つの調査手法を用いた。

- I. 環境DNAによる調査（トンボ公園及び自然湿地）
- II. 目視による個体数計数調査（トンボ公園及び自然湿地）
- III. 水質調査（トンボ公園及び自然湿地）

IV. 植生調査（トンボ公園のみ）

I. 環境 DNA による調査方法²⁾

- (1) トンボ公園の地点①, ②でまとめて1つ、地点③, ④でまとめて1つ、自然湿地の北側で1つ、南側で1つの、計4つの水試料を採水した。
- (2) 持ち帰った水試料を実験室でガラスファイバーフィルタを用いてろ過し、試料中の DNA を取り出した。
- (3) この DNA を島根大学の高原准教授に分析していただいた。この分析では、作成したプライマーを用いたリアルタイム PCR 法によって試料中の DNA の有無やある程度の量を測定することが出来る。
- (4) この手順による調査を2か月に1回のペースで行った。

II. 水質調査方法

- (1) トンボ公園の地点①, ②でまとめて1つ、地点③, ④でまとめて1つ、自然湿地で1つの、計3つの水試料を採水した。
- (2) 持ち帰った水試料を、水質調査キットを用いて調査した。

III. トンボ公園の植生調査方法

- (1) トンボ公園に群生している植物を採集し、実験室に持ち帰った。
- (2) 採取した植物を、図鑑等の文献で種を同定した。種の同定には、複数の文献を用いた。
- (3) 同定できた植物を写真に撮り、記録として保存した。
- (4) 植物の特徴を調べ、優占度の高い種をトンボ公園の地図にマッピングした。
- (5) 種の分布から水量及び栄養状態を考察した。

IV. 目視による個体数計数調査方法

- トンボ公園

図3の地点ごとに、内部の草を棒で揺らし、目視で確認できた個体数及び性別を地点ごとに記録した。

- 自然湿地

湿地内の特に乾燥化が進んでいる4地点(地点 A. D. G. H)と、湿地環境が保たれている4地点(地点 B. C. E. F)を無作為にポイントし、そこを中心とした16m²の内部に居たトンボの個体数及び性別を記録した。

5. 結果

I. 環境 DNA 調査の結果

- トンボ公園

分析の結果、2019年10月と2021年6月に検出されている。(図5)

- 自然湿地

自然湿地では、2019年の6月、8月が特に多く検出されている。また2020年10月から増加傾向にある。(図6)

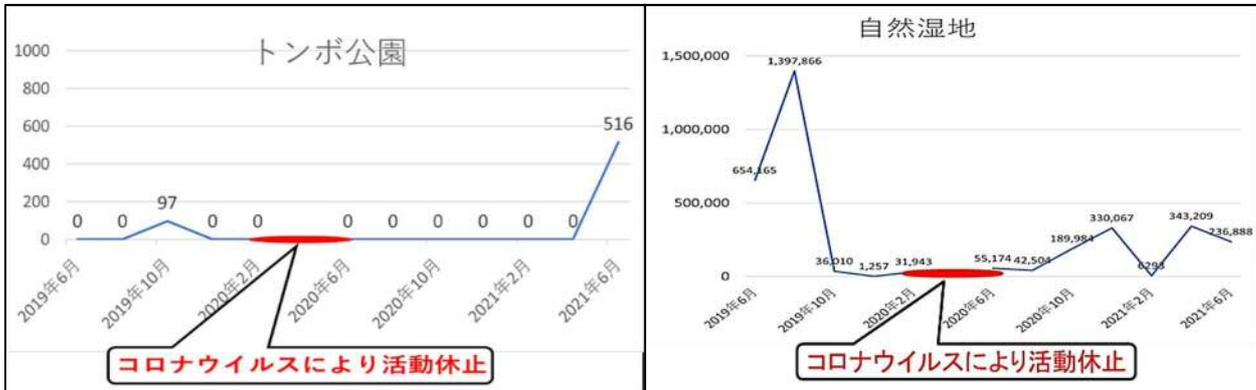
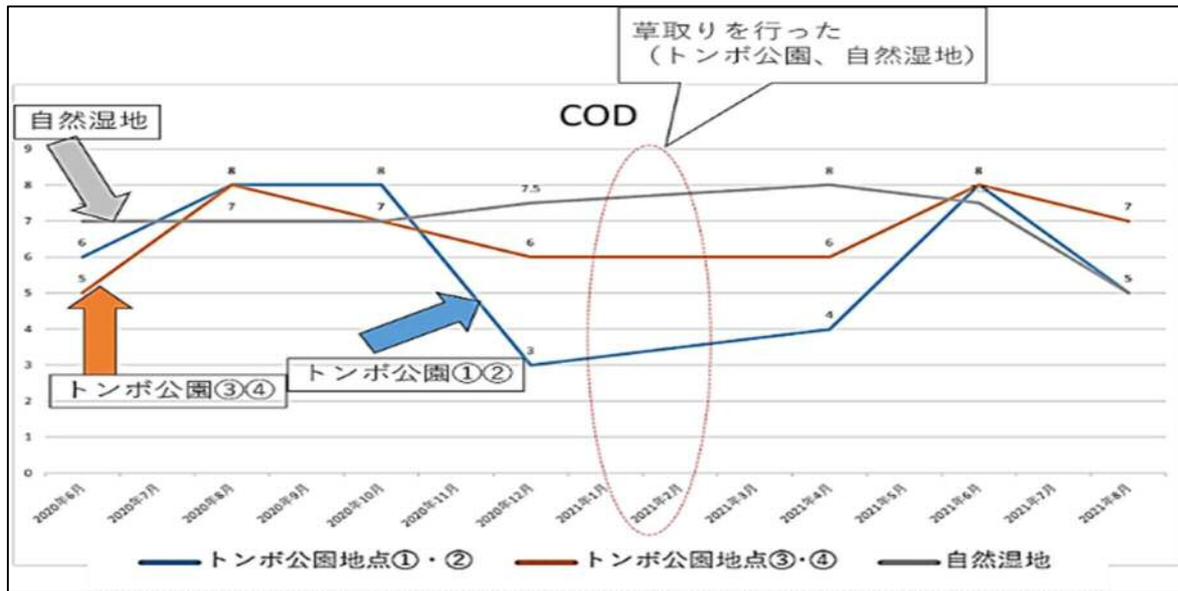


図6.自然湿地、トンボ公園における DNA 量

II. 水質調査の結果

2021年1月にCOD値が減少しており、特にトンボ公園①②では大きく減少している。冬から春にかけて減少しているが、6月以降増加しており、季節的変動が確認された。(図7)

図7. 各調査地におけるCOD値の変化



III. 植生調査の結果

- トンボ公園

2019年には赤く示した富栄養を好む植物が全体的に分布していたが、2020年、2021年には地点①②で青く示した湿生植物だけが群生している。

湿生植物	A イグサ	<i>Juncus effuses L. var decipiens Buchen</i>
湿生植物	B カンガレイ	<i>Schoenoplectus triangulates (Roxb.) Sojak</i>
湿生植物	C サワヒヨドリ	<i>Eupatorium lindleyanum</i>
湿生植物	D ミズオトギリ	<i>Triadenum japonicum</i>
乾燥土壤に生息する植物	E クズ	<i>Pueraria labata</i>
富栄養土壤に生息する植物	F ミゾソバ	<i>Persicaria thunbergii var. thunbergii</i>

※優占度の高い種を抜粋しました。

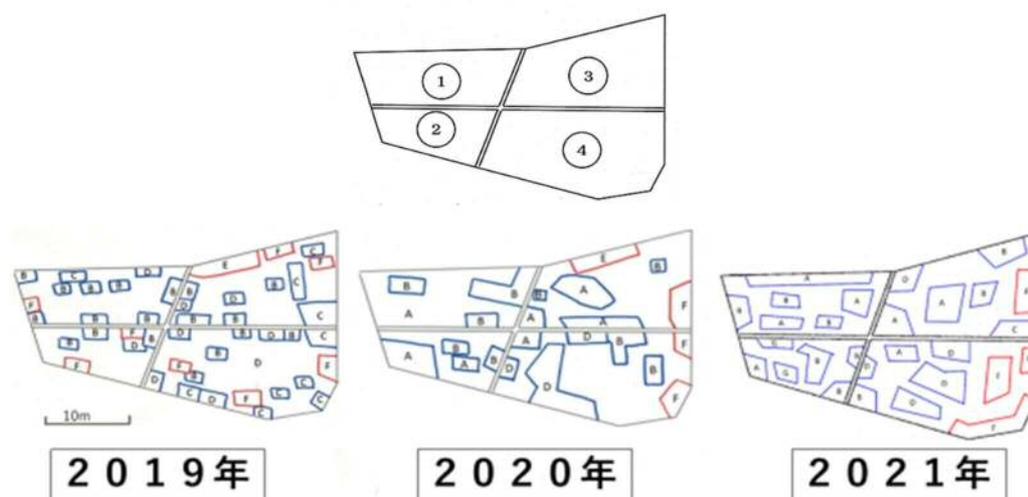


図8. 植生調査マップ



図9. 湿地で生息できる植物

図10. 富栄養化、乾燥土壤で生息できる植物

IV. 個体数調査の結果

トンボ公園と自然湿地の三年間の個体数の変化を、それぞれグラフにまとめた。

● トンボ公園

- ・ トンボ公園では、2019年から2020年にかけて地点①～④のすべての地点で個体数が減少傾向だ

が、地点③、④では 2021 年にやや増加している。

・雌雄別にみると、地点①、②では、オスが減少し、メスが増加した（図 11）。

●自然湿地

・両地点（乾燥地と湿地帯）ともに 2019 年から 2020 年にかけて上昇しているが 2020 年から 2021 年にかけて減少している（図 11）。

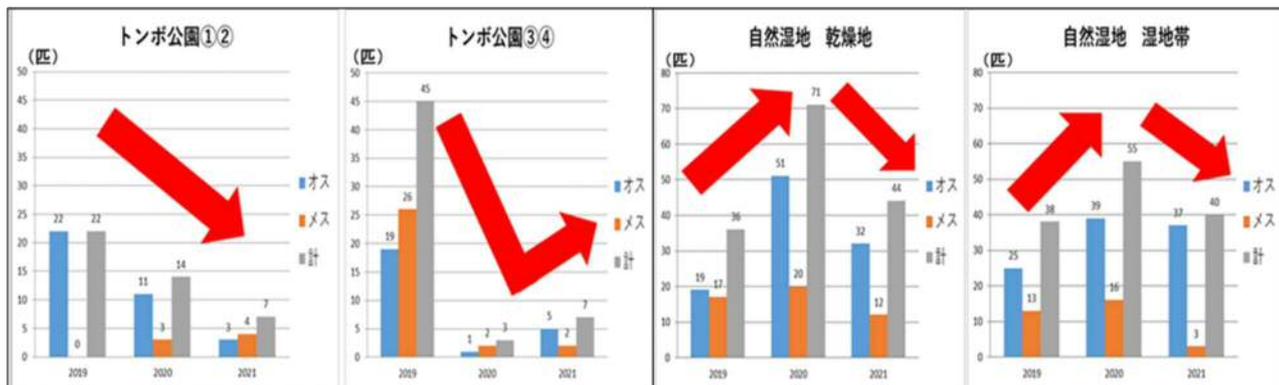


図 11. 個体数前年度比

V. 新たな発見について

・鉄細菌とは

鉄細菌は、水場に水の流動性がないところに発生する細菌であり、この鉄細菌が大量に発生すると、水面に油のような膜が張って、茶色い沈殿物が底にたまるという特徴がある。トンボ公園には油の膜のようなものが浮いていたことから、トンボ公園には水に流動性がないことがわかった。（図 12）

・ミズゴケ

ミズゴケは水が定期的に存在する場所に生息するコケである。（図 13）

ほとんどのハッチョウトンボ生息地の湿地ではミズゴケが確認されたが、トンボ公園ではミズゴケがほとんど見られなかった。このことからトンボ公園には水流、水量ともに少ないと考えられる。



図 12. 鉄細菌が作る油のような膜



図 13. 金城中のミズゴケ

6. 考察

I. 環境 DNA 調査結果について

・環境 DNA は、その水中の DNA 量を測っていることから、DNA の検出はヤゴの存在を意味していると考えられる。この DNA の増幅が確認できたトンボ公園地点①、②及び自然湿地では、2019 年の調査でハ

ハッチョウトンボのヤゴを発見でき、2020年にハッチョウトンボの成虫を発見できたことから、環境DNAによる調査自体は有効であるといえる。

- ・トンボ公園地点③で2020年冬以降DNAの増幅が確認できなかったのは、2020年2月に草の抜き取りが行われたためだと考えられる。
- ・自然湿地では、環境DNA量の変動は大きいですが、継続的に検出されていることから、翌年もトンボの発生が期待できる。
- ・環境DNAが少ない時期は、トンボが成虫となり水中のヤゴが減少している可能性があり、水中の環境DNAが減少すると考えられる。

II. 水質調査結果について

・結果より、トンボ公園、自然湿地ともに夏のCOD値が増加している。COD値は、水中の有機物の量を示すもので、これが高くなったことから、有機物を多く含んだ水が流れ込んだ可能性が高いと思われる。例えば、春夏に畑や田んぼで散布した肥料など、季節性のものである可能性も考えられる。

III. トンボ公園の植生調査結果について

2019年では、富栄養を好む植物が地点①～④全体に分布していたが、2020年、2021年では地点③、④のみの分布になっている。また、地点①、②で貧栄養および湿地性の植物が多く分布している。植生がその土地の水質や土壌の状態を反映していると考え、この植生の変化は、定期的な除草の効果が現れたためだと考えられる。

IV. 個体数調査結果について

・自然湿地では、2020年に多く発生し、2021年に減少している。この傾向と環境DNA分析の結果とを照らし合わせてみると、それぞれに隔年現象がみられることがわかる。自然湿地の2019年の環境DNAが多いことから、このときに水中にヤゴが多く生息しており、その翌年にヤゴが減少、一方でトンボの成体個体数が増加している。このヤゴの増減と成体の個体数のずれが、環境DNAの変動と個体数の変動に反映されていると考えられる。

I～IVとVの鉄細菌についてのまとめ

鉄細菌は、水場に水の流動性がないところに発生する細菌であり、この鉄細菌が大量に発生すると、水面に油のような膜が張って、茶色い沈殿物が底にたまるという特徴がある。トンボ公園にはこの鉄細菌が作る油のような膜があちこちで観察され、茶色い沈殿物が底にたまっていた。このことから、トンボ公園には水に流動性がないことがわかった。一方で、ミズゴケは水が定期的に存在する場所に生息する。ほとんどのハッチョウトンボ生息地の湿地ではミズゴケが確認されたが、トンボ公園ではミズゴケがほとんど見られなかった。このことからトンボ公園には水流、水量ともに少ないと考えられる。ハッチョウトンボ生息地として私たちが認識している湿地のほとんどにこのミズゴケが生息しており、このことからトンボの生息環境として、水流、水量が重要だと考えた。

7. 結論

- ・環境DNAが自然湿地、トンボ公園の両地点で検出されたことから、両地点でトンボの発生が期待でき

る。

- ・環境 DNA が少ない時期は、トンボが成虫となり、水中のヤゴが減少している可能性がある。
- ・ハッチョウトンボは、自然湿地から飛んできている可能性がある。
- ・トンボ公園の①，②は貧栄養で生育する植物が分布し、この場所の水の COD 値は低かった。またトンボ公園の③，④は富栄養を好む植物が分布し、この場所の水の COD 値は①、②よりも高かった。このことから、COD 値と植生との間に相関関係が認められた。
- ・自然湿地の COD 値はトンボ公園の COD 値に比べて高い。このことから、トンボ公園の COD 値を下げる、つまり貧栄養化に固執する必要はないかもしれない。
- ・ハッチョウトンボが多く生息している自然湿地と金城中にはミズゴケが多く生息しており、環境がよく似ていた。
- ・トンボ公園で鉄細菌が見られたことから水の流れが悪いことが分かる。一方、自然湿地と金城中では鉄細菌は見られず、ミズゴケが大量に生息しているという点で共通している。両地点では水の流れが良い（水が絶えず流入している）ことが分かる。このことから トンボ公園のトンボの個体数を増やすには水の流れをよくする必要があるのではないかと考えられる。

(今後の展望)

この3年間の調査で環境 DNA、トンボ公園の植生及び個体数などの多くのデータを集め、現在のこの2つの湿地の状態3年間の変化を把握することができた。

今後も、環境 DNA 調査は2か月に1回、植生調査は年2回季節ごとに、目視によるトンボの計数調査は年に1回の調査を継続する。本調査は長期継続してデータを積み重ねることで、環境変化をとらえることが出来る。来年以降どのように変化するかを詳細に観察し、今後のハッチョウトンボの生息環境の解明及び保全に役立てていきたい。

8. 参考文献

- 1) 島根県環境生活部自然環境課 (2014) 改訂しまねレッドデータブック 2014 動物編～島根県の絶滅の恐れがある野生動物～ 島根県
- 2) 一般社団法人環境 DNA 学会 (2019) 環境 DNA 調査・実験マニュアル
- 3) 岩瀬徹・川名興・飯島和子 (1987) 野外観察ハンドブック 校庭の雑草 全国農村教育協会
- 4) 矢野悟・波田善夫・竹中則夫・大川徹 (1983) 日本の植生図鑑 〈Ⅱ〉人里・草原 保育社
- 5) 八杉貞雄・可知直毅 (1971) 生物事典 旺文社
- 6) 角野康郎 (2014) ネイチャーガイド 日本の水草 文一総合出版
- 7) 奥田重俊 (1997) 生育環境別日本野生植物館 小学館
- 8) 高原輝彦 (2019) 環境 DNA を用いた水域生態系の解明に向けた取り組み

9. 謝辞

環境 DNA 分析についてご協力をしていただいた島根大学生物資源科学部の高原輝彦准教授、ハッチョウトンボを守る会の皆様、その他ご協力いただいたすべての方にこの場を借りてお礼を申し上げます。ありがとうございました